
인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

최종보고서

2020. 11. 09

제 출 문

인천광역시장 귀하

본 보고서를 『인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 연구』 용역에 대한 최종보고서로 제출합니다.

2020년 11월 09일

수소지식그룹

목 차 (1/9)

I. 사업의 배경 및 목적 3

제1절 사업의 배경 3

- 1. 국내 동향 3
- 2. 해외 동향 6

제2절 사업의 목적 9

제3절 수소산업육성 필요성과 당위성 11

- 1. 수소산업 육성의 필요성 11
- 2. 수소산업 육성의 당위성 13
 - (1) 수소융복합단지 예타조사 과제 선정 13
 - (2) 수소산업 육성 조례 제정 13
 - (3) 수소산업위원회 발족 14

II. 국내외 수소경제 추진 동향 17

제1절 국내 수소경제 동향(정책, 기술, 사업모델) 17

- 1. 국내 수소산업 정책 동향 17
 - (1) 수소경제 활성화 로드맵('19.01.17) 18
 - (2) 수소경제 표준화 전략 로드맵('19.04.03) 20
 - (3) 미래자동차 산업 발전 전략('19.10.15) 21
 - (4) 수소 인프라 및 충전소 구축방안('19.10.22) 24
 - (5) 수소 기술개발 로드맵('19.10.31) 25
 - (6) 수소 안전관리 종합대책('19.12.26) 27
 - (7) 수소법 제정('20.01.09) 28
 - (8) 수소경제위원회('20.07.01) 29
 - (9) 「한국판 뉴딜」 종합계획('20.07.14) 30

목 차 (2/9)

2. 국내 수소산업 기술 동향	32
(1) 수소생산	32
(2) 수소 저장 및 이송	36
(3) 수소활용	38
(4) 국내 수소산업 생태계 구조	44
3. 국내 수소산업 주요 사업 모델	46
(1) 수소융복합단지 실증사업	46
(2) 수소시범도시	52
(3) 국내 지자체별 수소산업 분야 정책 추진 현황	56
제2절 국외 수소경제 동향(정책, 기술, 사업모델)	61
1. 국외 수소산업 정책 동향	61
(1) 유럽	61
(2) 독일	62
(3) 일본	65
(4) 중국	67
(5) 미국	70
(6) 수소경제 글로벌 추진 동향	72
2. 국외 수소산업 기술 동향	73
(1) 수소생산	74
(2) 수소 저장·운송	75
(3) 수소활용	77
(4) 주요국 수소산업 생태계 현황	82
3. 국외 수소산업 주요 사업 모델	83
(1) 그린수소	83
(2) 액화플랜트	84

목 차 (3/9)

제3절 국내외 수소타운, 수소밸리 등 개발 모델	86
1. 수소타운	86
(1) 국내사례	86
(2) 국외사례	87
제4절 국내외 수소산업 관련 신기술 및 신사업 모델	92
1. 국내	92
(1) 현대자동차 : 대형트럭	92
(2) 재료연구소 : 한국형 수소 생산모델 개발	93
2. 국외	94
(1) 일본 : 액체수소 수송선박	94
(2) 일본 : 무빙e	95
(3) 독일 : 수소 동력 상용차 생산	96

III. 인천시 수소산업 환경, 현황 및 성장전망 ... 99

제1절 지역 현황 및 입지여건	99
1. 도시·산업·에너지 등 개발 계획 분석	99
(1) 도시개발계획 분석	99
(2) 산업 현황 및 추진경과 분석	103
(3) 에너지 생산·소비 현황	108
2. 토지이용, 도시계획 및 교통현황	111
(1) 토지이용 현황	112
(2) 도시계획 현황	114
(3) 교통현황	115
3. 지역여건 종합분석	118

목 차 (4/9)

(1) 인천시 지역여건	118
(2) 인천 지역적 특수성	120
제2절 권역별 수소산업 잠재력	124
1. 인천시 수소산업 생태계 분석을 통한 전망	124
(1) 수소공급	124
(2) 수소저장 및 이송	129
(3) 수소활용	130
2. 인천시 수소산업 주요자원	136
(1) 수소융복합단지 실증사업	136
(2) 에너지인프라	138
(3) 앵커기업	140
(4) 혁신자원	140
제3절 인천시 수소산업 육성방향	142
1. 인천시 수소산업 SWOT 분석	142
2. 인천시 수소산업 환경 종합분석을 통한 착안점 도출	143
 IV. 인천시 수소산업 육성 마스터플랜 수립 ...	147
제1절 인천시 수소산업 육성을 위한 기본방향 및 중장기 목표	147
1. 인천 수소산업 육성 기본방향	147
2. 비전 및 목표	148
제2절 수소기반 에너지거점도시 조성을 위한 마스터플랜	150
1. 수소산업 생태계 육성방안	150
(1) 수소생산	150
가. 부생수소	151

목 차 (5/9)

나. 추출수소	156
다. 그린수소	159
라. 종합	163
(2) 수소이송	164
가. 인천 내 수소배관망 구축계획	164
나. 수도권 공급계획	169
(3) 수소활용	173
가. 승용차	173
나. 상용차(버스 및 트럭)	179
다. 특수차량(지게차 등)	180
2. 수소산업 확산 방안	184
(1) 수소모빌리티	184
가. 수소차 보급방안 : 보조금 확대 및 민관협업체 구축	185
나. 수소모빌리티 유형별 초기투자비, 운영비 및 경제성 확보방안	186
다. 사업용 수소차 연료보조금 지급(참고)	191
(2) 수소충전인프라	193
가. 용도별(승용, 특수용) 구축 방안	194
나. 수소충전소 유형별 초기투자비, 운영비 및 경제성 확보방안	196
다. 수소충전소 보조금 상한선 폐지(참고)	206
라. 수소충전소 가용부지 입지현황	206
(3) 연료전지 : 발전용 및 가정·건물용 보급 방안	208
가. 정부 보급사업 활용 : 그린홈 지원사업	211
나. 공공기관 신재생에너지 의무화제도 활용	213
다. VPP활용 수소도시 구축	214
라. 수소 발전 의무화 제도(HPS)	217
(4) 시범 및 실증사업	218
가. 수소버스 시범사업	218

나. 특수차량 시범사업	220
다. 산업단지 : RE100 산업단지 구축	222
3. 인천형 특화사업 추진 방안	225
(1) 수소융복합단지 실증사업 연계 방안	225
가. 수소융복합단지 실증사업 개요	226
나. 수소융복합단지 운영 흐름도	227
(2) 항만, 공항, 인수기지 등 인프라 연계 방안	227
가. 인천항만 특화사업	227
나. 인천국제공항 특화사업	231
다. LNG 인수기지 특화사업	234
4. 연구개발 및 인력양성 방안	237
(1) 수소 전담기관 설립	237
가. 수소 전담기관 설립 필요성	238
나. 인천에너지공사(가칭) 설립(사업내용)	239
다. 지방공기업의 유형과 법적 근거	242
(2) 산학연 협력 연구개발 추진 방안	242
가. 추진방안	243
나. 인천광역시 산학협력 및 지원현황	245
(3) 수소산업 맞춤형 인력양성 방안	248
가. 수소산업 인재육성센터 설립	248
나. 수소 특화 대학, 대학원 및 연구소 설립	251

V. 수소산업 육성을 위한 재원조달 방안 255

제1절 전략사업별 투자 및 재원조달 계획	255
1. 사업비	255

목 차 (7/9)

(1) 추출수소 플랜트 구축사업	256
(2) 액화수소 플랜트 구축사업	256
(3) 그린수소 실증사업	257
(4) 수소배관망 시범 및 확산사업	257
(5) 수소버스 시범 및 확산사업	258
(6) 특수차량 시범사업	258
(7) RE100 산업단지 구축 및 확대 적용 사업	259
(8) 부생수소 출하센터 구축사업	259
(9) 수소특화산업단지 조성사업	260
(10) 인천항만 연료전지 발전소 구축사업	260
(11) 인천에너지공사(가칭) 설립사업	261
(12) 수소산업 인력양성 사업	261
(13) 단계별 사업비 및 추진계획	262
2. 자원조달계획	263
(1) 추진방향	263
(2) 추진전략	263
제2절 국비 요청 가능사업 제안	267
1. 폐자원 활용 수소제조 기술 고도화 및 실증 설비 구축	267
(1) 사업개요	267
(2) 사업의 필요성	267
(3) 사업내역 및 소요사업비	267
(4) 기대효과	268
(5) 참고	268
2. 수소 벙커링 실증사업	268
(1) 사업개요	268
(2) 사업의 필요성	269

(3) 사업내역 및 소요사업비	269
(4) 기대효과	270
(5) 참고	270

1. 지원제도 및 규제 개선방안	273
(1) 수소차 지원금 확대	273
(2) 녹색인증제 도입	274
(3) 에너지공사 설립을 위한 조례 제정	276
2. 연관기업 유치·육성 방안(투자타당성 등)	277
(1) 기업 유치 전략 수립	279

1. 수소산업 관련 안전관리 방안	281
(1) 안전협의체 구성	282
(2) 비상대응체계 확립	283
2. 주민수용성 확보 방안	285
(1) 주민수용성 확보 방안	286

1. 기업이전, 일자리 창출효과	295
-------------------------	-----

목 차 (9/9)

(1) 매출발생으로 인한 효과	295
(2) 사업비 산출로 인한 효과	297
2. 기업이전, 일자리 창출효과 등 경제적 파급효과 분석	298
(1) 수소산업 Value Chain별 국내 주요 기업	298
제2절 환경개선 효과	300
1. 수소경제 활성화로 인한 온실가스(이산화탄소) 저감효과	300
(1) 수송부문에서 발생하는 온실가스(이산화탄소) 저감량	300
(2) 연료전지에서 발생하는 온실가스(이산화탄소) 저감량	301
(3) 종합	305
2. 수소차 보급에 따른 미세먼지 저감효과 등	305
제3절 정성적 기대효과	307
1. 수소공급	307
2. 수소이송	307
3. 수소활용	308
(1) 모빌리티분야	308
(2) 연료전지분야	308

표 목 차 (1/6)

[표 I -1] 국가온실가스 감축목표 및 부문별 감축계획(2030년)	4
[표 I -2] 재생에너지 3020 이행계획에 따른 연도별 목표	5
[표 I -3] 교토의정서와 파리협정 비교	6
[표 I -4] 주요국의 INDC 감축목표와 형태 및 배출비중 비교	7
[표 I -5] 에너지 패러다임의 변화	11
[표 II-1] 수소경제 활성화 로드맵 추진방향	18
[표 II-2] 수소 공급 현황 및 추진계획	24
[표 II-3] 수소 공급 현황 및 추진계획	26
[표 II-4] 수소경제 육성 및 수소 안전관리법 주요 내용	28
[표 II-5] 제1회 수소경제위원회 심의·의결 안건	29
[표 II-6] 수전해 기술 방식에 따른 장단점	33
[표 II-7] 국내 산업용 수소 중 유통 판매량	35
[표 II-8] 국내 수소 저장·운송 주요 기업	38
[표 II-9] 국내 수소연료전지차 관련 생태계 현황	41
[표 II-10] 연료전지의 형식별 종류	43
[표 II-11] 용도별 연료전지 분야의 주요 기업 분포 현황	44
[표 II-12] 국내 수소산업 생태계 구조	45
[표 II-13] 수소 시범도시	55
[표 II-14] 경기도 수소산업 육성 5대 분야 및 20대 중점과제	57
[표 II-15] 충청남도 국가혁신클러스터 조성 계획	58
[표 II-16] 지자체별 수소산업 관련 정책	60
[표 II-17] 기타 유럽 국가 수소 전략	62
[표 II-18] 독일의 주요 수소산업 지원정책 현황	63
[표 II-19] 독일 국가수소전략 이행조치	64
[표 II-20] 독일의 수소관련 투자 현황	65
[표 II-21] 일본의 수소기본전략('17.12.26)	66
[표 II-22] 일본 수소기본전략의 주요 목표	67
[표 II-23] 중국 중앙정부의 수소산업 정책	68
[표 II-24] 중국 수소전기차 중장기 발전 로드맵	69
[표 II-25] 중국 지방정부의 수소에너지 육성 전략	70
[표 II-26] H2USA와 CaFCP 민관파트너십	71
[표 II-27] 주요국 수소경제 동향	72
[표 II-28] 주요국의 수소 관련 정책 개요	73
[표 II-29] 국외 수소 생산기술 현황	75
[표 II-30] 주요국의 수소 저장 기술개발 현황	75
[표 II-31] 각국의 수소전기차 보급계획	78
[표 II-32] 국가별 수소전기차 및 충전소 육성 정책	79
[표 II-33] 주요국의 수소충전소 지원 내용	80
[표 II-34] 세계 주요국의 수소차 및 수소충전소 보급 목표	81
[표 II-35] 연료전지 해외 주요기업 현황	82
[표 II-36] 주요국 수소산업 생태계 현황	82

표 목 차 (2/6)

[표 II-37] 해외 주요국의 그린수소 추진 계획	83
[표 II-38] 기체수소 및 액화수소 경제성 비교(700bar 충전소 기준)	84
[표 II-39] 울산 수소타운 개요	86
[표 III-1] 인천광역시 그린뉴딜 초안	101
[표 III-2] 인천광역시 사업체 및 종사자 현황	103
[표 III-3] 인천광역시 산업별 사업체수 및 종사자수	103
[표 III-4] 인천광역시 제조업체 및 종사자	104
[표 III-5] 인천광역시 제조업 현황	105
[표 III-6] 인천광역시 산업단지 현황	105
[표 III-7] 인천광역시 산업단지 현황	106
[표 III-8] 인천광역시 1인당 지역내총생산(단위 : 백만원)	107
[표 III-9] 국내 에너지생산 현황(수입제외)	109
[표 III-10] 지역별 1차에너지 원별 공급량	109
[표 III-11] 부문별 에너지 소비현황	110
[표 III-12] 2018년 인천광역시 신재생에너지 생산량(단위 : 천TOE)	111
[표 III-13] 2018년 인천광역시 신재생에너지 발전량(단위 : GWh)	111
[표 III-14] 인천광역시 군·구별 면적(단위 : km ² , %, 개)	112
[표 III-15] 인천광역시 지목별 토지 현황	113
[표 III-16] 인천광역시 도시계획 용도지역 추이(단위 : km ² , %)	114
[표 III-17] 자동차 등록대수 추이(단위 : 대, %)	116
[표 III-18] 교통량 및 지점수 증감 추이	117
[표 III-19] 교통량 및 지점수 증감 추이	117
[표 III-20] 인천광역시 사업체 현황	118
[표 III-21] 2017년 제조업 산업형태별 비중	118
[표 III-22] 인천광역시 제조업 사업체 현황	120
[표 III-23] 인천항 현황	121
[표 III-24] 국내 주요 항만별 컨테이너 물동량 현황(단위 : 천TEU, %)	121
[표 III-25] 인천항 항별 컨테이너 물동량 추이(단위 : TEU)	122
[표 III-26] 인천항 여객선 수송량(단위 : 명, 톤)	122
[표 III-27] 인천국제공항 화물터미널 운영현황(단위 : m ² , 만톤)	123
[표 III-28] 인천국제공항 항공 운송 현황(단위 : 회, 천명, 천톤)	123
[표 III-29] 인천광역시에서 가능한 수소생산방법	124
[표 III-30] 인천광역시에서 가능한 수소생산방법	126
[표 III-31] 인천광역시에서 가능한 수소생산방법	126
[표 III-32] 국내 바이오가스 생산 및 이용 현황(단위 : 천m ³ /년, %)	128
[표 III-33] 수소이송방식의 분류	129
[표 III-34] 수소이송방식의 분류	130
[표 III-35] 지자체별 수소전기차 등록 현황(2020년 08월 기준)	131
[표 III-36] 수소기반 에너지거점도시 조성을 위한 인천의 강점	135
[표 III-37] 인천광역시 수소자원(잠재) 현황	136
[표 III-38] 수소융합단지 실증사업 참여기관	137

표 목 차 (3/6)

[표 Ⅲ-39] 수소융합단지 사업 내역 별 주요 내용	138
[표 Ⅲ-40] 인천광역시 에너지인프라 현황	139
[표 Ⅲ-41] 인천광역시 앵커기업 현황	140
[표 Ⅲ-42] 인천광역시 혁신자원 현황	140
[표 Ⅲ-43] 인천광역시 연구개발 현황(2018년)	141
[표 Ⅲ-44] 인천 수소산업 SWOT 분석	142
[표 Ⅲ-45] 분석 대상별 시사점 도출	143
[표 Ⅲ-46] 인천광역시 수소산업생태계 구축 착안점	144
[표 IV-1] 인천 수소산업 육성 기본방향	147
[표 IV-2] 비전체계도에 따른 추진사업	149
[표 IV-3] 수소 공급 확대 로드맵	150
[표 IV-4] 수소방식별 생산비용 전망	151
[표 IV-5] 국내 수소 생산 구성 및 공급 목표	152
[표 IV-6] 국내 수소생산 현황	153
[표 IV-7] 국내 주요 수소생산 업체의 부생수소 생산 능력	153
[표 IV-8] 부생수소 단계별 보급(안)	155
[표 IV-9] 규모에 따른 개질기 특징	157
[표 IV-10] 추출수소 단계별 보급(안)	158
[표 IV-11] 국내외 수전해 기술 현황	161
[표 IV-12] 그린수소 생산을 위한 잉여전력 발생량 산출	162
[표 IV-13] 연도별 그린수소 생산가능량 산정	163
[표 IV-14] 인천광역시 수소생산에 따른 단계별 보급(안)	163
[표 IV-15] 인천 내 수소배관망 구축계획 추진(안)	165
[표 IV-16] 인천 내 수소배관망 구축사업	166
[표 IV-17] 한국가스공사 수소사업 추진 로드맵	167
[표 IV-18] 한국가스공사 수소배관망 구축계획	168
[표 IV-19] 수소 공급 현황 및 추진계획	169
[표 IV-20] 수소차 보급 및 수소 수요 전망	170
[표 IV-21] 권역별 수소차 보급 및 수송용 수소전망	170
[표 IV-22] 국내외 튜브트레일러 현황	172
[표 IV-23] 친환경차 종류 및 특징	174
[표 IV-24] 지자체별 수소차 보급현황	175
[표 IV-25] 인천광역시 수소차, 수소충전소 목표 성과지표	175
[표 IV-26] 인천시 수소차 목표 성과지표 적정성 판단	176
[표 IV-27] 2030년 수소차 비율(예측치)	176
[표 IV-28] 정부 및 인천광역시 수소차 보급목표	177
[표 IV-29] 정부 수소차 보급목표(목표 및 가정치)	177
[표 IV-30] 인천광역시 수소차 보급목표 재설정(안) (단위 : 대)	177
[표 IV-31] 정부 및 인천광역시 수소충전소 보급목표 (단위 : 개소)	178
[표 IV-32] 정부 수소충전소 보급목표(목표 및 가정치) (단위 : 개소)	178
[표 IV-33] 정부 수소차/수소충전소 연도별 보급비율(가정) (단위 : 개소, %)	178

표 목 차 (4/6)

[표 IV-34] 인천광역시 수소충전소 보급목표 재설정(안) (단위 : 개소, %)	179
[표 IV-35] 전 세계 주요 수소버스 제원 비교	179
[표 IV-36] 수소자동차 저감효과	180
[표 IV-37] 차종별 연간 수소사용량과 수소충전소의 수소판매 수익 비교	180
[표 IV-38] 부문별 미세먼지 배출량(단위 : TON)	181
[표 IV-39] 국내외 수소건설기계 현황	182
[표 IV-40] 국내외 수소건설기계 개발 및 실증 현황	182
[표 IV-41] 수송수단별 기술수준 및 전망	183
[표 IV-42] 수소 선박·열차·드론·건설기계 현황	184
[표 IV-43] 수소차 보조금 현황(단위 : 원)	185
[표 IV-44] 민간협업체 구축	185
[표 IV-45] 수소모빌리티	186
[표 IV-46] 수소차, 전기차, 내연기관의 TCO 분석을 위한 기초자료	189
[표 IV-47] 수소버스, CNG버스, 전기버스 연료비 비교	192
[표 IV-48] 사업용 수소차 연료보조금 도입 계획	192
[표 IV-49] 수소공급방식에 따른 수소충전인프라	193
[표 IV-50] 수소충전소 구축 예시(안)을 위한 고려사항	195
[표 IV-51] On-Site 및 Off-Site 수소충전소 비교	197
[표 IV-52] 수소충전소 유형별 투자비	198
[표 IV-53] 수소충전소 연간 운영비용 추정액(단위 : 백만원)	200
[표 IV-54] 수소충전소 경제성분석(승용차용)	201
[표 IV-55] 일본의 수소충전소 설치 보조금 지원제도 현황	202
[표 IV-56] 적자 → 흑자 전환을 위한 수소충전소 단가 산정	203
[표 IV-57] 수소충전소 사업을 위한 최소운영비보전제도(MCC)의 재정지원보장내용	204
[표 IV-58] 임대형 민간투자사업(BTL)의 종류	204
[표 IV-59] 인천광역시 관내 버스공영차고지 현황	207
[표 IV-60] 연료전지 분류	209
[표 IV-61] 국내 수소연료전지 관련 정부 정책 및 제도	210
[표 IV-62] 연료전지 설치비 및 발전단가 전망	213
[표 IV-63] 공공기관 신재생에너지 설치의무화제도 공급의무화 비율	213
[표 IV-64] 인천광역시 공공기관 현황	214
[표 IV-65] 가상발전소 종류	216
[표 IV-66] 수소연료전지 보급제도 내용	217
[표 IV-67] 전기버스와 수소버스의 경쟁력 비교	218
[표 IV-68] 수소버스, CNG버스, 전기버스 비교	219
[표 IV-69] 국내 상용차 실증사업 현황	221
[표 IV-70] 추진체계도	223
[표 IV-71] 연도별 추진계획(안)	224
[표 IV-72] 사업협력체계	226
[표 IV-73] 수소융복합단지 비전 및 목표	226
[표 IV-74] 일본의 해외 생산수소 도입 사례	231

표 목 차 (5/6)

[표 IV-75] 지역별 신재생에너지 기구 비교	237
[표 IV-76] 인천에너지공사(가칭) 설립의 장단점	238
[표 IV-77] 서울에너지공사 설립 사례	239
[표 IV-78] 인천에너지공사(가칭) 운영체계 기본 개념(안)	241
[표 IV-79] 인천에너지공사(가칭) 설립단계	241
[표 IV-80] 국내 수소관련 기업 현황(2016년 기준) (단위 : 개소)	245
[표 IV-81] 인천광역시 LINC+ 사업단 현황	246
[표 IV-82] 산학융합사업 현황	247
[표 IV-83] 인천광역시 2020년 산학협력기술개발사업	248
[표 IV-84] 인재육성센터 교육과정(안)	249
[표 IV-85] 수소산업 융·복합 인력양성 전략(예시)	251
[표 V-1] 총사업비 산출현황	255
[표 V-2] 추출수소 플랜트 구축사업	256
[표 V-3] 액화수소 플랜트 구축사업	256
[표 V-4] 그린수소 실증사업	257
[표 V-5] 수소배관망 시범 및 확산사업	257
[표 V-6] 수소버스 시범 및 확산사업	258
[표 V-7] 특수차량 시범사업	258
[표 V-8] RE100 산업단지 구축 및 확대 적용 사업	259
[표 V-9] 부생수소 출하센터 구축사업	259
[표 V-10] 수소특화산업단지 조성사업	260
[표 V-11] 인천항만 연료전지 발전소 구축사업	260
[표 V-12] 인천에너지공사(가칭) 설립사업	261
[표 V-13] 수소산업 인력양성 사업	261
[표 V-14] 단계별 사업비 및 추진계획	262
[표 V-15] 2019~2023 분야별 자원배분 계획(단위 : 조원, %)	264
[표 V-16] 인천광역시 2020~2024 분야별 자원배분 계획(단위 : 억 원, %)	265
[표 V-17] 폐자원 활용 수소생산 실증사업 소요사업비(단위 : 억 원)	268
[표 V-18] 수소 선박 병커링 실증사업 개요	269
[표 V-19] 선박 병커링 실증사업 소요사업비(단위 : 억 원)	270
[표 VI-1] 지자체별 수소차 구매 보조금	274
[표 VI-2] 연도별 신재생에너지 설치비율(%)	275
[표 VI-3] 민간부문 건축물	275
[표 VI-4] 서울에너지공사 설립 사례	276
[표 VI-5] 광역지자체별 기업 유치지원제도 현황	278
[표 VI-6] 기업 유치 TFT	279
[표 VI-7] 기업유치 프로세스	280
[표 VI-8] 사고의 구분	284
[표 VII-1] 매출발생으로 인한 효과(2030년)	296
[표 VII-2] 추정에 활용된 유발계수표(2014 산업연관표 연장표 기준(2016년 발행))	297
[표 VII-3] 사업 투자로 인한 효과(2030년)	297

표 목 차 (6/6)

[표 VII-4] 수소산업 밸류체인별 국내 주요기업	299
[표 VII-5] 국내 수소 생산 구성 및 공급 목표	300
[표 VII-6] 인천광역시 수소차 보급에 따른 환경개선 효과 분석	301
[표 VII-7] 인천광역시 연료전지 목표 성과지표(단위 : MW)	301
[표 VII-8] 정부의 연료전지 보급목표(단위 : MW)	302
[표 VII-9] 인천광역시 발전용 및 가정건물용 연료전지 목표 성과지표(단위 : MW)	302
[표 VII-10] 발전용 연료전지의 발전량 및 연간 필요 수소량	302
[표 VII-11] 발전용 연료전지 LNG 소비량과 CO ₂ 배출량	303
[표 VII-12] LNG 복합화력 발전 시, LNG 소비량과 CO ₂ 배출량	303
[표 VII-13] 발전용 연료전지 보급목표 달성에 따른 환경개선 효과 분석	304
[표 VII-14] 가정건물용 연료전지의 발전량 및 연간 필요 수소량	304
[표 VII-15] 가정건물용 연료전지 보급목표 달성에 따른 환경개선 효과 분석	305
[표 VII-16] 수소경제 활성화로 인한 온실가스(이산화탄소) 저감효과(단위 : tCO ₂)	305
[표 VII-17] 수소차 대체에 의한 차종별 연간 미세먼지 제거량	306
[표 VII-18] 인천광역시 수소차 보급에 따른 미세먼지 저감효과 분석	306

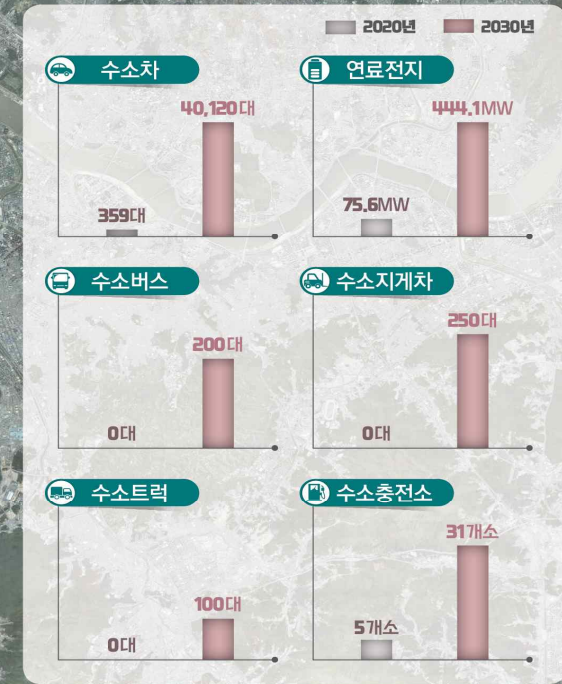
그 림 목 차 (1/2)

[그림 I-1] 국가별 인구 1인당 이산화탄소 배출량	4
[그림 I-2] 수소경제 활성화 로드맵	9
[그림 I-3] 에너지 패러다임의 변화	12
[그림 II-1] 수소경제 활성화 로드맵 요약	19
[그림 II-2] 수소경제 표준화 전략 로드맵_유관기관 협력체계	20
[그림 II-3] 2030 미래자동차 국가 비전	21
[그림 II-4] 2030 미래자동차 산업 발전전략 주요 정책 과제	23
[그림 II-5] 수소 인프라 및 충전소 구축방안 목표	24
[그림 II-6] 우리나라 수소충전소 배치(안)	25
[그림 II-7] 수소 안전관리 종합대책	27
[그림 II-8] 한국판 뉴딜 구조와 추진체계	30
[그림 II-9] 한국판 뉴딜 세부 추진 과제	31
[그림 II-10] 수소충전소의 구성	38
[그림 II-11] 수소공급방식에 따른 수소충전소 유형	39
[그림 II-12] 수소전기차 작동 원리	40
[그림 II-13] 연료전지의 원리	42
[그림 II-14] 인천 수소경제 클러스터 거버넌스 체계 구축	48
[그림 II-15] 전라북도 그린수소 생산 클러스터 구축 계획	49
[그림 II-16] 강원도 수소 클러스터	50
[그림 II-17] 울산 수소 모빌리티 클러스터 계획도	51
[그림 II-18] 경상북도 수소연료전지 산업클러스터 기본계획	52
[그림 II-19] 수소 시범도시 모델(안)	53
[그림 II-20] 수소도시 비전 및 목표	54
[그림 II-21] 수소시범도시 및 수소R&D특화도시	54
[그림 II-22] 충남 수소에너지·자동차부품 국가혁신클러스터	58
[그림 II-23] 독일 국가수소전략 거버넌스 구조	63
[그림 II-24] 기체수소 vs 액체수소 저장 공간 비교	76
[그림 II-24] 울산 수소타운 운영 효과	87
[그림 II-25] 덴마크 수소연료전지 도시프로젝트 개념도	88
[그림 II-26] 영국 Leeds City Gate Project 개념도	88
[그림 II-27] 네덜란드 Netherland Hystock Project 개념도	89
[그림 II-28] 호주 수소도시 개념도	90
[그림 II-29] 기타큐슈 수소타운 구성도	90
[그림 II-30] 후쿠오카 수소타운	91
[그림 II-31] 수소전용 대형트럭 넵툰	92
[그림 II-32] 세계 최초 수소운반선 '수소 프론티어 호'	94
[그림 II-33] 무빙e 시스템	95
[그림 II-34] 수소전기 쓰레기 수거 차량	96
[그림 III-1] 인천 산업단지 노후화 현황	99
[그림 III-2] 인천지역 제조업 생산 증가율	108
[그림 III-3] 인천광역시 지목별 토지현황	113

그 림 목 차 (2/2)

[그림 Ⅲ-4] 2030년 인천 도시기본계획구상도	115
[그림 Ⅲ-5] 전 세계 수소생산방식	125
[그림 Ⅲ-6] 수소 활용 - 모빌리티에 대한 개요	131
[그림 Ⅲ-7] 액체수소드론	132
[그림 Ⅲ-8] 수소 활용 - 연료전지에 대한 개요	133
[그림 Ⅲ-9] 수소융복합단지 실증사업 운영 흐름도	137
[그림 IV-1] 인천광역시 수소산업 육성을 위한 "비전체계도"	148
[그림 IV-2] 수소파이프라인 구축 개요	154
[그림 IV-3] 중부발전 내 부생수소 출하센터 구축(안)	155
[그림 IV-4] 전 세계 수소 생산 방식	156
[그림 IV-5] 저장기간/용량별 에너지 저장장치	160
[그림 IV-6] 한국가스공사 수소배관망 구축계획	168
[그림 IV-7] 수소필요량 산정(단위 : Ton/년)	171
[그림 IV-8] 파이프라인 구축 개요	173
[그림 IV-9] 연료별 차량 유지 비용	188
[그림 IV-10] 주요 국가별 TCO 분석	189
[그림 IV-11] 인천광역시 수소충전소 구축 예시(안)	195
[그림 IV-12] 수소충전소의 종류	196
[그림 IV-13] 수소충전소 운영에 따른 수익성 예측	201
[그림 IV-14] 수소충전소 부지 입지검토 및 배치기준 관련 주요 법령	207
[그림 IV-15] 수소충전소 입지검토(예시)	208
[그림 IV-16] 그린홈 지원사업	211
[그림 IV-17] 연료전지주택 구성도	212
[그림 IV-18] 가상발전소 개념도	215
[그림 IV-19] 그린산단 실증사업 추진(안)	224
[그림 IV-20] 수소융복합단지 실증사업 연계 방안	225
[그림 IV-21] 수소융복합단지 실증사업 운영 흐름도	227
[그림 IV-22] KIX Hydrogen Project 모식도	232
[그림 IV-23] 냉열 활용 가능 사업	236
[그림 IV-24] 인천에너지공사(가칭) 조직도	240
[그림 IV-25] 산학연 협력체계	243
[그림 IV-26] 인력양성 운영체계	249
[그림 IV-27] 인력육성 프로그램(안)	250
[그림 V-1] 페플라스틱 수소화 공정도	267
[그림 V-2] 수소 선박 벙커링 방안	270
[그림 VI-1] 수소안전전담기구	282
[그림 VI-2] 안전협의체 구성	283
[그림 VI-3] 수소에너지 바로 알기 공모전	286
[그림 VI-4] 일본 그린펀드 운영 메커니즘	290

행복한 시민·깨끗한 환경·신성장 산업이 공존하는 '수소도시 인천'



경제효과	4조 4,964억원
고용효과	21,167명
온실가스 감축효과	152,870Ton

I. 사업의 배경 및 목적

I. 사업의 배경 및 목적

제1절 사업의 배경

1970년대부터 주목받은 수소경제

1970년 GM 기술센터 강연에서 전기화학자인 존 보 크리스 교수에 의해 수소경제가 처음 사용되었다. 공식적으로는 1975년 출간된 그의 저서 "Energy : The Solar Hydrogen Alternative"에 언급되었으며, 2022년 미국의 미래학자 제레미 레프킨이 "The Hydrogen Economy"를 통해 무공해 무한 에너지인 수소를 중심으로 한 경제체제로 전환된 미래사회라는 의미에서 "수소경제"를 주창하고 미국 조지 W.부시 행정부의 수소경제 이니셔티브를 통해 대중에게 확산되었다.

수소는 친환경적이며, 공기 중 산소와의 화학반응을 통해 생성 가능

수소를 주목해야 하는 가장 큰 이유는 지역적 편중이 없는 보편적인 자원이며 화학적으로 탄화수소 연소과정에서 발생하는 온실가스 배출 문제로부터 자유롭다는 점이다. 수소는 어디에나 존재하는 공기 중 산소와 단순한 촉매화학반응을 통해 최종에너지인 전기와 열을 생산하고, 부산물로는 물을 만들기 때문에 활용에 기술적 난이도는 높지만, 지정학적 리스크로부터 상대적으로 자유롭고 친환경적으로 거의 영구적으로 쓸 수 있는 자원이다.

수소는 지역적 편중이 적어서 우리나라, 일본과 같은 에너지 자급률이 낮은 국가뿐만 아니라 중동, 호주와 같이 기존 전통적인 탄화수소 자원이 풍부한 국가도 수소산업을 육성할 수 있다.

경제적, 산업적 파급효과가 큰 수소산업 육성의 필요성

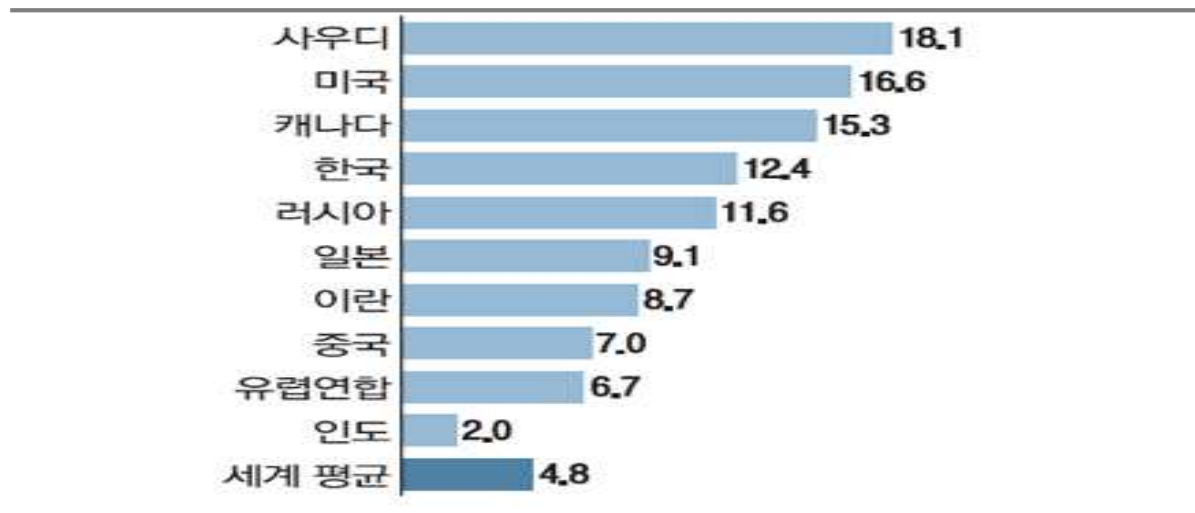
수소를 에너지원으로 활용하는 수소산업은 경제적, 산업적 파급효과가 큰 분야로 평가받고 있다. 해외에 절대적으로 의존하고 있는 우리나라의 에너지 자립도를 높일 수 있으며 4차 산업혁명 시대에 주력 에너지원이 될 수소산업의 확장을 위해 수소산업 육성 기본계획 수립이 필요하다.

1. 국내 동향

대한민국은 전 세계 이산화탄소 발생량 전국 4위

2018년 배출량 기준, 이산화탄소 발생량 세계 4위인 우리나라는 2030년까지 배출전망치 대비 37%의 이산화탄소 감축 의무를 지니고 있어, 화석연료를 대체할 새로운 청정에너지가 필요한 상황이다.

[그림 I -1] 국가별 인구 1인당 이산화탄소 배출량



자료: 글로벌 카본 프로젝트

2030년 BAU 대비 37% 감축 목표

Post-2020 온실가스 감축목표 설정 추진계획에 따르면, 2030년 온실가스 배출전망은 850.6백만톤으로 이를 감축하기 위한 국가 차원의 전략 및 정책 방향 제시를 위해 제1차 기후변화대응 기본계획을 발표했다.

[표 I -1] 국가온실가스 감축목표 및 부문별 감축계획(2030년)

부문	BAU (백만톤)	감축량 (백만톤)	온실가스 감축률	
			감축후 배출량(백만톤)	BAU 대비 감축률(%)
전환	(333.2)	57.8	(23.7)	-
산업	481.0	98.5	382.4	20.5%
건물	197.2	64.5	132.7	32.7%
에너지신산업	-	10.3	7.2	30.5%
수송	105.2	30.8	74.4	29.3%
공공기타	21.0	8.5	15.7	25.3%
폐기물	15.5	4.5	11.0	28.9%
농축산	20.7	1.6	19.0	7.9%
국내감축		276.5		32.5%
국외감축		38.3		4.5%
배출총량	851.0	314.8		37.0%

자료: 환경부, 2030 온실가스 감축 로드맵 수정안(2018)

재생에너지 보급을

더 나아가 온실가스 배출 저감을 위한 대안으로 2030년까지 전체 발전원

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

통한 온실가스 절감 목표 수립

가운데 재생에너지 비율을 20%로 끌어올리는 “재생에너지 3020” 정책을 확정·발표했다. 에너지전환 정책 추진으로 원자력을 축소하고 신재생에너지를 확대 보급하겠다는 기조 아래 신규설비 95% 이상을 태양광과 풍력 등 청정에너지로 공급한다는 계획이다. 이를 위해 정부는 2030년까지 49GW 규모의 신규설비를 보급하여 재생에너지 설비용량을 63.8GW까지 확대할 예정이다.

[표 I-2] 재생에너지 3020 이행계획에 따른 연도별 목표

구분		'17년	'22년	'30년
발전비중		7.6%	10.5%	20.0%
국민발전소	도시	29만호	76만호	156만호
	농촌	0.1GW	3.3GW	10.0GW

자료: 산업통상자원부, 수소경제 활성화 로드맵(2019)

수소에너지를 통한 온실가스 배출 저감 및 미세먼지 해결

파리기후협약의 성공적 이행을 위해서 온실가스로 분류되는 이산화탄소(CO₂)와 과불화화합물(PFCs) 및 질소산화물(NOx)의 배출 저감과 미세먼지 해결 수단으로써 가장 이상적인 친환경 에너지로 주목받고 있는 수소에너지로 에너지 패권을 변화시킬 필요가 있다.

탈원전 정책을 위한 에너지전환 로드맵 수립

이에 우리 정부는 에너지전환(탈원전) 정책 전반에 대한 중장기 목표와 방향(①원전의 단계적 감축, ②재생에너지 확대, ③지역·산업 보완 대책)을 담은 에너지전환 로드맵을 수립하였다.

또한, 혁신성장 가속화를 위한 3대 전략투자 분야와 8대 선도사업에 5조 원을 투입하는 ‘혁신성장 전략투자 방안’을 발표(‘18.08)했으며, 해당 정책을 통해 향후 혁신성장을 가속화하고 경제 체질 및 생태계 혁신을 촉진하기 위한 ‘플랫폼 경제(여러 산업에 걸쳐 필요한 인프라·기술·생태계)’를 구현하기로 했다. 정부가 채택한 3대 전략투자 분야는 『①데이터·블록체인·공유경제, ②인공지능(AI), ③수소경제』이다.

에너지패러다임 전환을 위한 핵심 플랫폼으로 수소경제 선정

이 중 ‘수소경제’는 에너지 패러다임 전환과 에너지 안보 및 미래 산업 육성을 위한 주요 핵심 플랫폼으로 선정되었다. 그리고 2030년까지 개질 기술을 기반으로 초기 수소공급망을 구축하는 동시에, 수전해·광분해 등 친환경 수소생산 원천기술 개발을 통해 수소 양산기술과 설비를 확보하기로 했다.

수소경제로의
도약을 위한
“수소경제 활성화
로드맵” 발표

이제 정부는 파리 기후협약으로 대변되는 환경규제 강화, 성장이 정체된 기업들의 새로운 성장 동력 확보, 그리고 탄소경제에 맞춰진 에너지 패권의 변화에 발맞춰 수소경제로의 도약을 위해, 지난 2019년 1월 수소경제 산업 활성화를 위한 중·장기 로드맵을 발표하였다. 우리나라의 강점인 ‘수소전기차’와 ‘연료전지’를 양대 축으로 2040년 세계 최고 수준의 수소경제 선도국가로 도약하고자 하는 비전을 담아 수소생태계 구축을 시작한 것이다.

2. 국외 동향

2020년대 들어
더욱 강해지는
환경규제

2021년부터는 기존 도쿄의정서 체제가 막을 내리고 파리기후협정체제가 시작된다. 파리협정은 지구 평균기온 상승을 산업화 이전 대비 2℃보다 상당히 낮은 수준으로 유지하고, 1.5℃로 제한하기 위해 노력한다는 장기적인 목표를 포함하고 있다.

교토의정서의 한계
극복을 위해
출범된 신기후체제
파리협정

신기후체제인 파리협정은 교토의정서의 한계를 극복하기 위해 출범되었다. 교토의정서는 주로 선진국을 중심으로 참여했으나 신기후체제에서는 개발도상국을 포함한 196개국이 참여하여 범위가 훨씬 넓어졌다.

[표 I-3] 교토의정서와 파리협정 비교

구분	교토의정서	파리협정
목표	온실가스 배출량 감축 (1차: 5.2 %, 2차: 18 %)	2 °C 목표 1.5 °C 목표 달성 노력
범위	주로 온실가스 감축에 초점	온실가스 감축만이 아니라 적응, 재원, 기술이전, 역량배양, 투명성 등을 포괄
감축 의무국가	주로 선진국	모든 당사국
목표 설정방식	하향식	상향식
목표 불이행시 징벌여부	징벌적 (미달성량의 1.3배를 다음 공약기간에 추가)	비징벌적
목표설정기준	특별한 언급 없음	진전원칙
지속가능성	공약기간에 종료 시점에 있어 지속가능한지 의문	종료 시점을 규정하지 않아 지속가능한 대응 가능
행위자	국가 중심	다양한 행위자의 참여 독려

자료: 환경부, 파리협정 길라잡이, 2016

온실가스 저감을
위한, 국가별

또한, 교토의정서에서는 감축 의무를 하향식(Top-Down)으로 결정하였으나, 신기후체제에서는 당사국이 스스로의 상황을 고려하여 자발적으로 목

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

자발적인 목표 설정

표를 정하도록 하였으며, 5년마다 상향된 감축목표를 제출하고 탄소 감축 약속 이행을 점검하기로 했다. 교토의정서 제1차 공약기간 동안 감축 의무를 부담하는 국가들의 수는 40개 정도였고, 이들 국가들의 온실가스 배출량은 세계 배출량 대비 22%에 불과하였다. 하지만, 2016년 4월 기준 NDC(국가결정기여)¹⁾ 제출국은 전 세계 배출량의 95.7%, 세계 GDP 비중은 99.7%, 인구 비중 98.7%(2010년 기준)으로 사실상 전 세계 국가로 확대되었다고 볼 수 있다.

[표 I -4] 주요국의 INDC 감축목표와 형태 및 배출비중 비교

파리협정 당사국	목표연도	감축형태	온실가스 감축목표	배출비중 (%)
중국	2030	GDP 원단위	2005년 대비 60~65% 감축	27.3
미국	2025	배출량	2005년 대비 26~28% 감축	16.4
EU	2030	배출량	1990년 대비 40% 감축	10.4
인도	2030	GDP 원단위	2005년 대비 33~35% 감축	6.6
러시아	2030	배출량	1990년 대비 25~30% 감축	4.4
일본	2030	배출량	2013년 대비 26% 감축	3.6
대한민국	2030	BAU 대비	2030년 기준 37% 감축	1.9
사우디아라비아	2030	BAU 대비	2030년 기준 최대 1.3억톤 감축	1.9
인도네시아	2030	BAU 대비	2030년 기준 29~41% 감축	1.8
캐나다	2030	배출량	2005년 대비 30% 감축	1.6
브라질	2030	배출량	2005년 대비 43% 감축	1.5
멕시코	2030	BAU 대비	2030년 기준 25~40% 감축	1.4
호주	2030	배출량	2005년 대비 26~28% 감축	1.2
터키	2030	BAU 대비	2030년 기준 21% 감축	1.0
태국	2030	BAU 대비	2030년 기준 20~25% 감축	0.9
싱가포르	2030	GDP 원단위	2005년 대비 36% 감축	0.6
우크라이나	2030	배출량	1990년 대비 40% 감축	0.6
아르헨티나	2030	BAU 대비	2030년 기준 15~30% 감축	0.6
카자흐스탄	2030	배출량	1990년 대비 15~25% 감축	0.6
스위스	2030	배출량	1990년 대비 50% 감축	0.1

자료: 유엔기후변화협약(UNFCCC)

유럽 중심의 환경 규제 강화 지속

파리협정은 법적 구속력이 없다는 한계가 지적되고 있지만, EU가 "European Green Deal"을 구체화하면서 탄소 국경세 부가를 검토하고 있는 등 법적 구속력이

1) NDC(Nationally Intended Contribution, 국가결정 기여) : 기후변화에 대응하기 위해 분야별로 당사국이 취할 노력을 스스로 결정하여 제출한 목표

없더라도 기업 또는 국가 차원에서 대비 정도에 따라 실질적인 경쟁력 요인으로 작용할 가능성이 크다.

목표달성을 위한
신재생에너지 보급

또한, 세계 각국은 적극적인 온실가스 감축 목표를 세우고 있다. 목표달성을 위해 신재생에너지를 확대 보급하고 있으며 관련 분야 정부 지원도 확대해 나가고 있다. 수소산업은 현재 빠르게 성장하고 있고 선진국을 중심으로 관련 시장을 선점하기 위한 움직임이 활발하며, 현재의 승용차 중심에서 다양한 운송수단으로까지 범위가 확대될 것으로 전망하고 있다.

현재 추진되고 있는 에너지신산업, 신재생에너지 보급목표, 에너지효율 개선 강화(제로에너지 빌딩, 피크수요관리 요금제도 등) 등 저탄소 관련 정책들이 효과적으로 진행되고, 진행된 정책들의 시너지효과를 잘 이용한다면 성공적인 체제 안착을 기대할 수 있다.

제2절 사업의 목적

발전가능성이 높은
수소분야는 친환경
미래에너지원으로
떠오르고 있음

우리나라뿐만 아니라 세계의 여러 국가가 수소 분야의 유용성과 발전 가능성에 대한 긍정적인 평가와 함께 적극적인 관심을 표명하고 있다. 청정 수소 생산 방식으로 평가받는 수전해 방식은 수소생산과정에서 많은 전력이 필요하다는 점에서 회의적 시각도 있으며, 기술적으로 해결해야 할 부분도 존재한다. 그런데도 글로벌 에너지믹스의 급격한 변화와 기술혁신으로 인해 수소에너지의 경제성이 빠르게 개선되고 있어 친환경 미래 에너지원으로서 수소 경제 자체의 가능성이 크게 평가되고 있으며 이에 따라 수소산업에 대한 주요국의 투자 역시 활발히 진행되고 있다.

우리나라도 2015년부터 수소차 보급 및 시장 활성화 정책을 마련하여 추진하고 있으며, 2019년에는 수소산업 전주기 종합 육성계획인 “수소 경제 활성화 로드맵”을 발표하는 등 수소산업 육성에 대한 강력한 의지를 표명하기도 하였다.

[그림 I -2] 수소경제 활성화 로드맵

수소경제 활성화 로드맵		2018년	2022	2040
수소차 단위: 대 	수출	1800	8만1000	620만
	내수	900	1만4000	330만
	가정·건물용	900	6만7000	290만
연료전지 단위: GW	발전용	0.307	1.5	15
	가정·건물용	0.007	0.05	2.1
수소공급	단위: 톤(연간 기준)	13만	47만	526만
수소가격	단위: 원(kg 당)	-	6000	3000

자료: 수소경제 활성화 로드맵 발표자료

국내외 수소산업의
동향 및 주요
이슈를 통한
인천시 수소산업
육성 계획 수립

정부가 강한 의지를 가지고 수소경제를 활성화시키기 위해 노력하는 현시점에서 수소 경제로의 전환에 따른 환경변화와 국내외 수소산업의 동향 및 주요 이슈를 점검하고 우리나라 수소산업의 현 위치와 경쟁력을 산업생태계 관점에서 분석하며, 이를 기반으로 인천시의 수소산업 육성을 위한 중장기 차원에서의 산업 생태계 조성 방안과 발전과제를 모색하는 작업이 필요하다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

현재 마련되고 있는 수소산업 육성정책은 2040년까지의 중장기 비전과 목표하에 분야별 전략이 체계적으로 담겨 있지만, 수소 활용 분야에 편중되어 있어 수소생산 및 이송 등 수소 공급부문과 연결되는 구체적인 이행방안 제시는 다소 부족하다고 볼 수 있다.

수소산업 생태계 전반의 육성 필요성

수소산업 생태계 전반이 초기 단계에 있으므로 수소 경제의 활성화를 위해서는 이러한 생태계 전반이 동시에 유기적으로 발전해야 하며, 수소 전 분야에 걸친 산업 창출과 활성화를 위해서는 수소에 대한 인식 제고와 산업 성장을 위한 제도적 지원 등도 고려해야 한다.

본 연구에서는 인천광역시 수소산업 육성 기본계획을 수립하기 위한 방안을 마련하고 인천광역시의 수소산업 가능성과 방향에 대해 연구하고자 한다. 특히, 수소기반 에너지거점도시 조성을 위한 마스터 플랜을 수립하고자 한다.

제3절 수소산업육성 필요성과 당위성

1. 수소산업 육성의 필요성

차세대
청정에너지원으로
부상하고 있는
수소

수소는 고갈되는 화석연료를 보완하거나 대체함으로써 기후변화 및 대기오염 등의 환경문제를 최소화하는 차세대 청정에너지원으로 부상하고 있다. 에너지원으로서의 수소는 사용 과정에서 유해한 부산물이 배출되지 않아 친환경성이 매우 높아 신기후체제에 적합한 에너지로 평가될 뿐 아니라 에너지효율 역시 높은 편이다. 또한, 수소는 지구상에서 가장 풍부한 자원이면서 화석연료를 궁극적으로 대체할 수 있는 유일한 대안이기 때문에 수소경제 실현을 위한 새로운 에너지공동체의 개념이 필요하다.

[표 I -5] 에너지 패러다임의 변화

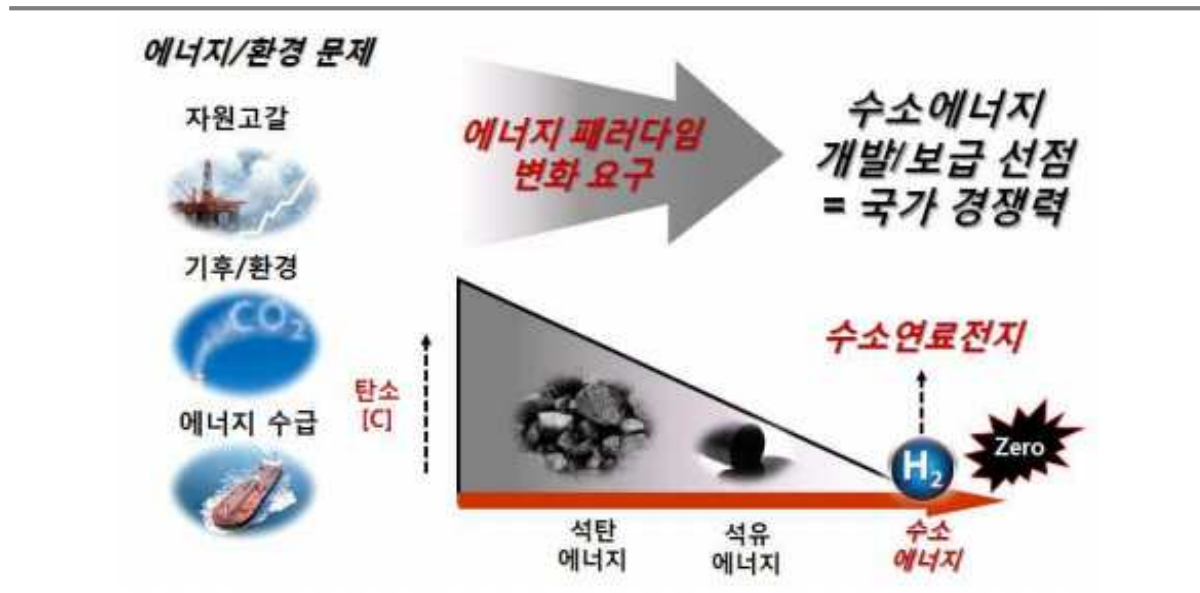
구분	탄소 경제	수소 경제
에너지 패러다임	탄소자원(석유, 석탄, 가스 등) 중심	탈탄소화 수소 중심
에너지 공급	중앙집중형 에너지 수급	분산형 에너지 수급
경쟁 양상	자원개발 및 에너지 확보 경쟁	기술경쟁력 확보 및 규모의 경제 경쟁
환경성	온실가스, 대기오염물질 배출	온실가스 배출이 적어 친환경적

수소경제를
위해서는 사회
전반에 걸친
산업구조 개편
필요

수소경제는 사회 기반 에너지시스템의 전환이 필요하기 때문에 사회 전반에 걸친 산업구조의 개편이 필요하다. 이는 국가 단위의 정치·경제·사회적 환경변화와 기술적 불확실성 해소 여부에 의해 결정될 수밖에 없어 보다 종합적인 로드맵 수립과 시행이 이뤄져야 하는 경제 사회 구축 체계를 필요로 한다.

하지만 이러한 수소경제의 완벽성은 오히려 먼 미래에 대한 불확실성과 맞물려 실현가능성을 저해하는 요인으로 작용할 수 있다. 기업의 입장에서 20~30년 이후의 확인되지 않은 가능성만을 가지고 사업을 접근하는 것은 쉽지 않다. 따라서 수소경제사회로 나아가기 위해서는 장기적 접근보다는 중·단기적인 대응 전략이 필요하며 이는 혁신이 아닌 점진적인 변화에 초점을 둔 수용적 전략 구축이 필요하다는 것을 의미한다.

[그림 I-3] 에너지 패러다임의 변화



①부존자원의 부재 및 에너지 다변화의 필요성, ②해외 에너지의 의존율을 낮추고 수소산업의 주도국으로 나아가야하는 방향성, ③중앙집중식 대형발전에서 분산형 발전으로의 전환을 통한 고품질 전기 공급의 필요성, ④전후방산업의 발전으로 신성장 동력산업으로의 육성 가능성 등을 통해 수소산업 육성이 필요하다. 이를 통해 수소사회로의 패러다임 전환이 가능할 것이다.

진정한 수소사회
달성을 위해서는
국민적인 합의가
중요

그러나 기술적인 측면만으로 이를 달성하기는 어려우며, 수소사회로의 전환에 대한 국민적인 합의가 더 중요하다. 전 국민이 수소사회에 대해 필요성을 느끼고 동참할 때만이 진정한 수소사회의 달성이 가능하며, 수소사회로의 전환을 촉진하기 위해서는 강력한 정부의 계도와 지원이 필요할 것이다. 수소사회의 구축에 필요한 관련 기술들이 충분히 개발 및 검증되어야만 정부의 보급 확대 활동들이 실효를 거둘 수 있을 것이다.

수소에너지의 산업 흐름은 크게 생산을 거쳐 저장과 이송, 최종적으로 활용 단계로 나타낼 수 있다. 에너지 패러다임 또는 에너지원 변천으로 볼 때 인류는 나무에서 석탄, 석유에서 현재 천연가스를 사용하면서 연료 중에서 탄소 대비 수소의 함유 비율이 점차 높아짐에 따라 탄소 배출량이 낮아지고 있다.

수소산업 밸류체인
형성을 통한
신산업 발굴

이처럼 수소에너지에 대한 관심이 고조되는 시점에 이와 관련된 연관 산업들이 기반이 되어 수소산업을 육성한다면 수소산업의 밸류체인을 형성할 수 있어서 하나의 신산업으로 발전할 수 있을 것이다.

2. 수소산업 육성의 당위성

인천은 그린뉴딜
정책과 연계한
사업을 통해
수도권 대표
수소도시로
탈바꿈하고자 함

미세먼지로 인해 환경에 대한 시민의 관심이 높고 친환경에너지인 수소에
너지가 에너지전환정책과 포스트 코로나 시대에 대비한 한국판 뉴딜정책이
맞물려 새로운 성장동력으로 주목받고 있다. 인천광역시는 이러한 시대적
흐름에 발맞춰 정부의 그린뉴딜 정책과 연계한 각종 시책과 사업을 통해
인천을 수도권 대표 수소도시로 탈바꿈할 것이라고 수소경제 추진에 대한
강한 의지를 나타내고 있다.

인천시는 수소경제 추진을 위해 정부가 발표한 “수소경제 활성화 로드맵”
을 바탕으로 수소생태계가 정착할 기반을 조성하기 위한 각종 시책을 강구
하고 있으며, 인천광역시 수소산업 육성 및 지원에 관한 조례 제정을 시작
으로 수소산업의 체계적인 육성과 지원을 위한 정책 방향을 설정하고 이를
위한 정책자문기구로서 수소산업위원회를 발족해 운영 중이다.

친환경 미래
에너지를 위해
수소산업 육성이
중요

수소에너지 관련 시책과 사업을 통해 공단, 물류트럭으로 연상되는 인천의
회색 이미지를 친환경 미래 에너지 수소도시로 탈바꿈하는 계기가 될 것으
로 기대되며 이를 위해서는 인천광역시의 수소산업 육성이 무엇보다 중요
하다.

(1) 수소융합단지 예비조사 과제 선정

수소생산 클러스터
조성을 위한
타당성 검토
수행중

인천시는 산업통상자원부가 주관하는 수소융합단지 실증사업 예비타당
성 조사연구과제에 '19년 12월 선정됐다.

수소융합단지 실증사업은 수소경제 활성화를 위해 권역별 수소산업 클러
스터 구축을 목표로 수소산업의 기술개발·인력양성·중소기업 육성 등 기반
조성 사업으로 인천테크노파크, 수도권매립지관리공사, 현대로템, 연세대
등과 협조해 '20년 1월부터 예비타당성 조사연구(~'21.06)를 진행중이다.
예비타당성 조사연구가 정부의 심의에 통과하면 '21~'25년까지 총사업비
880억 원이 투입돼 수도권매립지의 바이오가스를 이용한 수소생산클러스
터가 조성된다.

(2) 수소산업 육성 조례 제정

수소산업 생태계
조성을 위한
인천시 수소산업
육성 및 지원에

수소경제를 선도하기 위한 생태계를 조성하고, 수소산업 클러스터를 구축
하는 데 필요한 행정적·재정적 지원체계를 마련하기 위해 인천시의 “수소산
업 육성 및 지원에 관한 조례”가 제정되었다.

관한 조례 재정

해당 조례에는 수소산업 발전을 위한 시장의 책무, 수소산업 육성·지원에 관한 기본계획 수립, 수소산업 지원, 수소산업위원회 설치, 유관기관과 협력관계 구축 등의 내용을 담고 있다.

인천시는 수소산업 육성을 위한 발전전략 마련을 통해 수소산업 육성에 적극적으로 나설 예정이다.

(3) 수소산업위원회 발족

수소에너지 보급
활성화 및 관련
산업육성 지원을
위한

수소산업위원회
발족

인천시는 “인천시 수소산업 육성 및 지원에 관한 조례”에 따라 수소산업위원회를 발족했다. 수소산업위원회는 앞으로 수소에너지 보급 활성화와 관련 산업육성을 위한 시의 시정 방향을 지원할 예정이다.

‘20년 5월에 개최된 1차 회의에서는 수소산업 육성 기본계획 수립 방안을 주제로 논의하였으며, 인천이 보유한 수소생산·활용 부문 등의 무궁무진한 잠재력을 바탕으로 지역적 특성을 반영한 수소산업 생태계를 체계적으로 구축하기로 하였다.

인천시는 2020년 말까지 인천형 수소산업 비전과 정책 목표를 담은 인천형 수소산업 마스터플랜을 발표할 예정이며, 또 정부 정책에 따라 수소연료전지차 보급, 충전 인프라 구축 등 수소에너지 시대에 대비하기 위한 시책들을 준비하고 있다.

Ⅱ. 국내외 수소경제 추진 동향

II. 국내외 수소경제 추진 동향

제1절 국내 수소경제 동향(정책, 기술, 사업모델)

1. 국내 수소산업 정책 동향

기후변화에 따른
새로운 에너지원
요구 → 차세대
에너지원으로
수소에너지 도출

자원 고갈과 기후변화 문제로 인해 세계적으로 새로운 에너지원에 대한 요구가 커지고 있다. 수소는 환경친화적인 특성으로 차세대 에너지원으로 각광받고 있으며 수소 사회에 필요한 기술을 선점하기 위해서 세계 각국에서 투자와 연구를 진행하고 있으며 국가적으로도 이를 지원하여 미래의 막대한 부가가치를 창출할 수 있는 성장 동력으로 삼고 있다.

우리나라에서도 반도체 이외의 주력산업 다각화를 위해서 정부 차원에서 수소경제를 육성할 필요가 있으며, 수많은 R&D 투자와 더불어 표준화, 새로운 법령 제정, 규제 완화 등의 제도적 지원이 요구되고 있다.

이에, 우리나라는 2015년 12월 '수소차 보급 및 시장 활성화 계획'을 발표하고, 2017년 '친환경 충전 인프라 구축 방안', 2018년 '친환경차 보급 확산을 위한 정책 방향'을 연이어 수립하였다. 그러나 해당 정책들은 수소차와 충전소, 연료전지 등 수소산업 활용 분야에 대한 단기 방안이며, 장기적인 육성 방안은 사실상 부재했다고 볼 수 있다.

2019년 1월,
수소경제 활성화
로드맵 발표

수소산업에 대한 종합 육성 정책은 2019년 1월 정부가 발표한 '수소경제 활성화 로드맵'이라고 할 수 있다. 세계 최고 수준의 수소경제 선도국가 도약이라는 비전을 바탕으로 수소차 및 연료전지 세계시장 점유율 1위를 목표로 삼았다.

이후에는 수소경제 활성화 및 선도국 도약을 위한 국제표준, 핵심기술 및 인프라 구축 등의 실행 계획이 수립되었다. 2019년 4월 산업통상자원부는 수소산업 생태계를 조성하고 글로벌 시장 우위를 차지하기 위해 '수소경제 표준화 전략 로드맵'을 발표하였다. 수소모빌리티와 충전소, 연료전지, 그리고 수소생산, 저장 및 이송, 활용 부문 등에서 2030년까지 전체 국제표준의 20%를 점하는 것을 목표로 하고 있다.

2019년 10월에는 '수소 인프라 및 충전소 구축 방안'과 '수소 기술개발 로드맵(안)' 등 수소경제 활성화를 위한 구체적인 실행 방안을 발표하였다. 수소 인프라 및 충전소 구축 방안은 2040년까지 수소차 290만 대 보급과 충전소 1,200기 구축 목표를 설정하고 경제성과 편의성, 안전성을 확보하기 위한 세부 추진과제를 제시하고 있다.

이외에도 수소 안전관리 종합대책, 수소법 제정, 수소경제위원회 등 다양한 정책들이 발표되었으며, 수소산업 확장을 위한 수소산업 육성 정책들을 살펴보고자 한다.

(1) 수소경제 활성화 로드맵('19.01.17)

“수소차·연료전지를
양대축으로 세계
최고 수준의
수소경제
선도국가로의 도약”

2019년 1월 정부는 수소관련 로드맵을 발표한 일본, 호주, EU 등 다른 나라의 정책 추진 현황을 참조하고 경쟁여건, 시장 환경 변화, 기술발전추이 등을 면밀히 검토해 2040년까지 수소경제 활성화를 위한 정책 방향성과 목표 및 추진전략 등을 담아 수소경제 활성화 로드맵을 발표했다.

수소경제 활성화 로드맵의 비전은 수소차·연료전지를 양대축으로 세계 최고 수준의 수소경제 선도국가로 도약하는 것이며, 추진방향은 다음과 같다.

[표 II-1] 수소경제 활성화 로드맵 추진방향

구 분	추진방향
1	수송, 에너지(전기·열) 등 수소활용 확대로 세계시장 점유율 1위 달성
2	Grey 수소에서 Green 수소로 수소생산 패러다임 전환
3	안정적이고 경제성 있는 수소 저장·운송 체계 확립
4	수소산업 생태계 조성 및 전주기 안전관리 체계 확립

수소차 보급 목표 :
'40년 620만대,
연료전지 보급
목표 : '40년 15GW

수소경제 활성화 로드맵에 따르면, 수소차 누적 생산량을 '18년 2,000대에
서 '40년 6,200,000대(내수 2,900,000대, 수출 3,300,000대)로 확대하고 세
계시장 점유율 1위 달성이 목표이다. 또한, CO₂ 배출이 전혀 없고 도심지에
소규모로도 설치가 가능한 발전용 연료전지를 재생에너지 활용 수소생산과
연계하여 '40년까지 15GW(수출 7GW 포함) 이상으로 확대하고 수출산업화
를 추진 할 예정이다.

수소경제 활성화 로드맵의 내용을 요약하면 다음과 같다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[그림 II-1] 수소경제 활성화 로드맵 요약

	모빌리티						선박, 열차, 드론, 기계 등
	수소전기차	승용차	버스	택시	트럭	수소충전소	
2018년	1,800대 (900대)	1,800대 (900대)	2대	—	—	14개소	R&D 및 실증
2022년		~2022년 핵심부품 100% 국산화 연간 생산량 3만 5,000대		2019년 10대 시범사업 2021년 주요 대도시 적용	5톤 트럭 출시		
2040년	8만 1,000대 (6만 7,000대)	7만 9,000대 (6만 5,000대)	2,000대	—	10톤 트럭 출시	310개소	2030년까지 상용화 및 수출
		2023년 전기차 가격 수준 2025년 상업적 양산 (연간 10만 대 생산) 내연차 가격 수준		전국 확대			
	2030년 전 차종 생산 라인 구축		80만km 이상 내구성 확보	50만km 이상 내구성 확보	핵심 부품 100% 국산화	핵심 부품 100% 국산화	
	620만 대 (290만 대)	590만 대 (275만 대)	6만 대 (4만 대)	12만 대 (8만 대)	12만 대 (3만 대)	1,200개소	

	에너지				수소공급량	생산방식	수소가격
	연료전지	발전용	가정·건물용	수소가스터빈			
2018년		307MW	7MW		연간 13만 톤	화석연료 기반 (부생수소, 추출수소)	—
2022년		2019년 전용 LNG 요금제 신설 2022년 설치비 380만 원/kW 실현		R&D		수요처 인근 대규모 생산	
2040년		1.5GW (1GW)	50MW	실증	연간 47만 톤	수전해 활용	
		2025년 중소형 가스터빈 발전단가 수준 ~2040년 설치비 35%, 발전단가 50%	설치비 1,700만 원/kW 실현 설치비 600만 원/kW 실현	2030년 이후 상용화 추진		수전해 수소의 대용량 장기 저장 기술개발 해외수소 도입, 대규모 수전해 플랜트 상용화	4,000원/kg
		15GW (8GW)	2.1GW		연간 526만 톤	그린수소 활용 (수전해+해와생산)	3,000원/kg

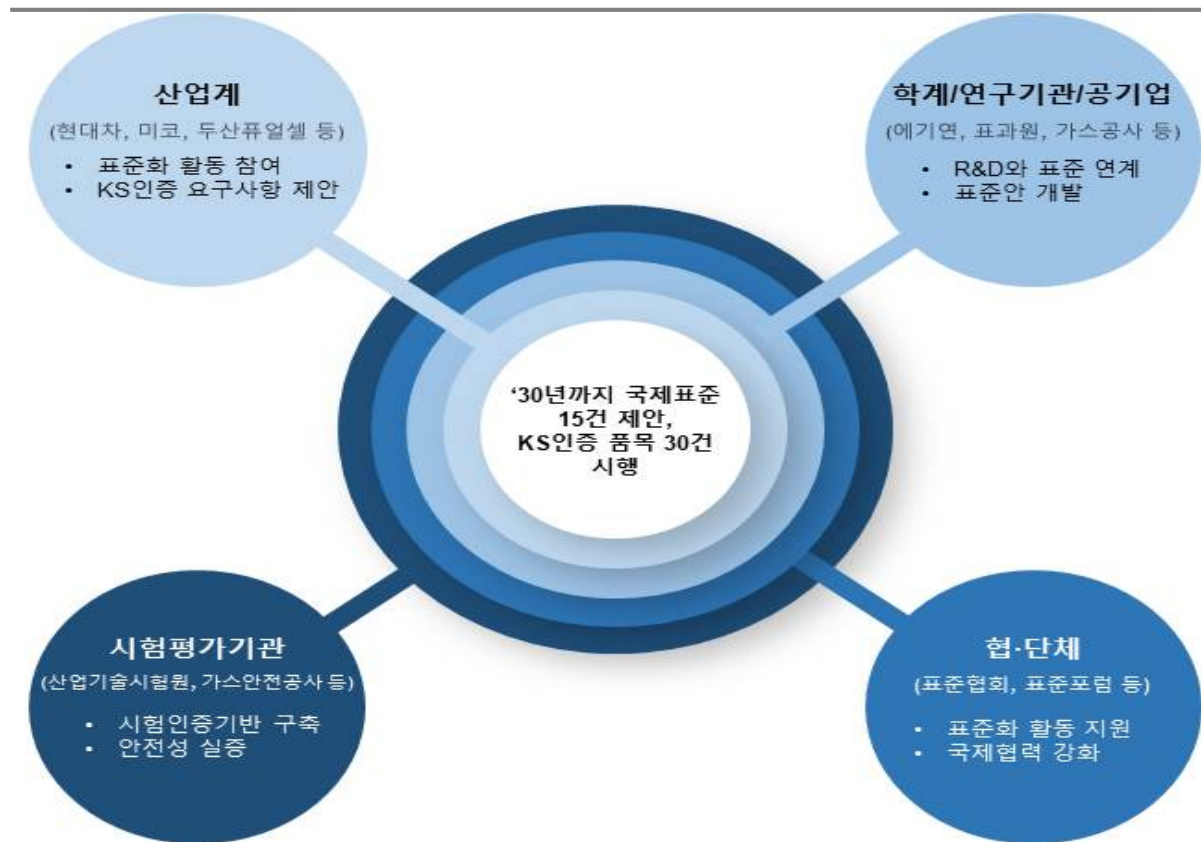
(2) 수소경제 표준화 전략 로드맵('19.04.03)

글로벌 수소경제를
주도하기 위해
'수소경제 표준화
전략 로드맵' 발표

수소경제 활성화 로드맵 발표 이후, 우리나라가 글로벌 수소경제를 주도해 나가기 위한 방안의 일환으로 2019년 4월, 정부에서는 수소경제 표준화 전략로드맵을 수립 및 발표하였다.

수소경제 표준화 전략 로드맵은, 우리나라에서 기술주도가 가능한 분야를 중심으로 '22년까지 드론·굴삭기용 연료전지 등 5건, '30년까지 재생전력 연계 수전해, 차세대 연료전지 등 10건, 총 15건 이상을 국제표준으로 제안 하여 수소분야 전체 국제표준의 약 20% 이상을 획득한다는 계획이다. 또한, 수소산업의 건전한 생태계 조성을 위해 국제표준에 부합한 국가표준을 마련하고 핵심부품에 대한 KS인증을 통해 성능과 안전성이 보증된 제품 및 서비스를 보급한다고 밝혔다.

[그림 II-2] 수소경제 표준화 전략 로드맵_유관기관 협력체계



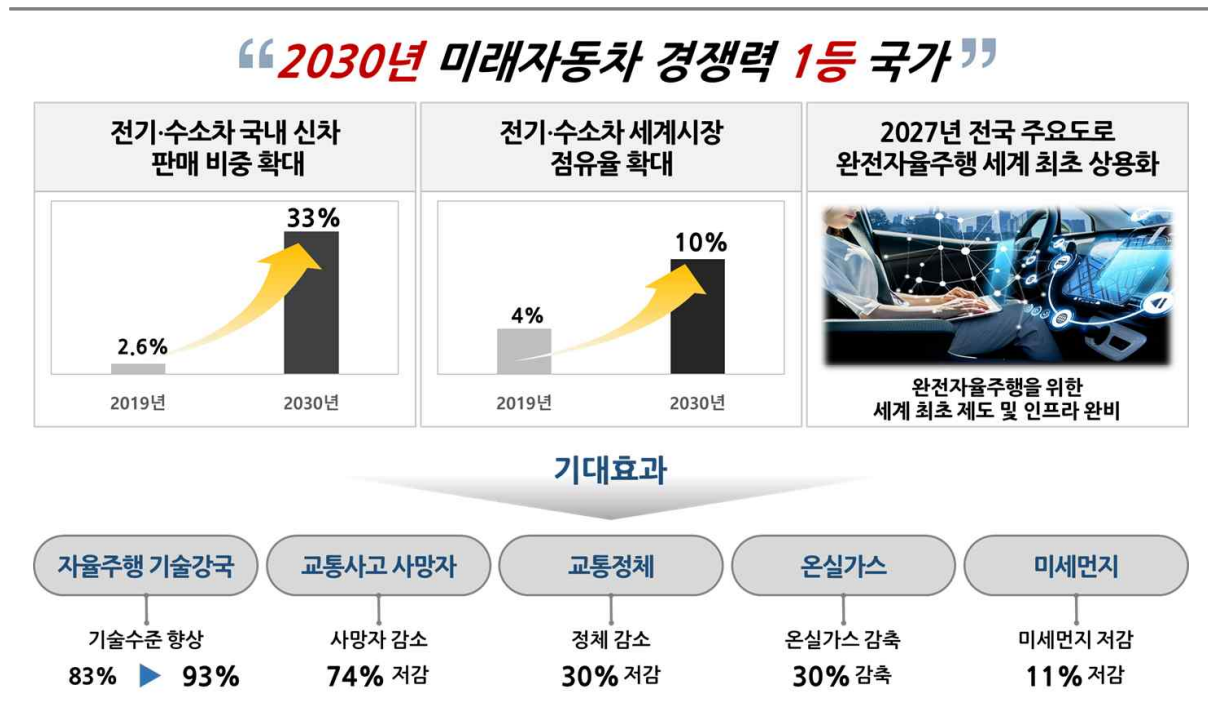
(3) 미래자동차 산업 발전 전략('19.10.15)

2030년 미래차
경쟁력 1등 국가를
위한 '미래자동차
산업 발전 전략'
발표

2019년 10월 정부는 현대자동차 남양연구소에서 '미래자동차 국가비전 선포식'을 개최하고 '미래자동차 산업 전략'을 발표했다. 이번 전략을 우리나라가 미래차의 핵심영역인 수소전기차(FCEV), 전기차(BEV), 배터리 등의 분야에서 강점이 있다는 판단에 따른 것이다.

'2030 미래차 산업 발전 전략'은 2030년 미래차 경쟁력 1등 국가를 목표로 하고 있으며, 시장의 조기 선점을 위해 2030년까지 계획한 중장기 로드맵과 분야별 구체적 방안을 포함하고 있다.

[그림 Ⅱ-3] 2030 미래자동차 국가 비전



①친환경 글로벌
경쟁력 확보 :
글로벌 경쟁력
확보

구체적인 방안은 다음과 같다. 첫째, 친환경차 글로벌 경쟁력을 확보한다. 전기차의 성능 중심 보조금 제도를 개선하여 고효율화 및 성능향상을 유도하고 수소전기차는 내구성 강화, 부품 국산화율 100% 달성 및 차량가격 인하를 추진한다.

또한, 차량 특성에 맞춰 전기차는 고급세단, 소형 SUV, 소형 트럭으로, 수소 전기차는 SUV 및 중대형 트럭을 중심으로 2030년까지 모든 차종의 친환경차 라인업을 구축하고 세계 최고 수준의 친환경차 성능 우위를 유지 및 확대한다.

또한, 친환경차 국내 보급을 가속화한다. 우선 수요 확대를 위해 버스, 택시, 트럭 등 상용차와 대중교통을 중심으로 대량 수요를 발굴·확산한다. 운수사업자 선정 시 수소전기버스 운행 우대 규정, 운수사업 인허가 시 필수 보유 차량 대수 산정 기준에서 수소전기버스 가중치 확대, 대형 물류 업체와 프랜차이즈 업체에 전기화물차 구매 실적 공표 및 의무 구매 비율 설정 등을 추진할 계획이다.

②자율 주행차
미래시장 선점 :
자율주행 4대 국가
핵심 인프라 구축

둘째, 자율주행차 미래시장을 선점한다. 자율주행차 발전전략에서는 정부의 개발 인프라 지원, 도로시설 인프라 구축, 관련 제도 개선이 핵심이다. 정부는 2024년까지 레벨4 자율주행을 위한 제도(성능검증체계, 보험, 사업화지원 등)를 도입하고 통신시설, 정밀지도, 교통관제, 도로 등 4대 인프라를 전국 주요 도로에 완비하여 2027년 최초 완전 자율주행 상용화를 목표로 한다.

③미래차 서비스
시대 준비 :
조기확산 및 3대
선도 서비스 추진

셋째, 미래차 서비스 시대를 준비한다. 미래차 서비스는 커넥티드 정보서비스, 자율주행 이동서비스, 새로운 교통수단 서비스 등을 통해 확산한다. 이를 위해 미래차 서비스 개발을 방해하는 데이터 공개, 개인정보 활용, 요금제도 등 3대 걸림돌을 적극 해소할 예정이다.

민간 주도 3대 서비스와 공공수요 기반 9대 서비스를 중심으로 규제특례를 적용하여 서비스 시범 운영을 추진하고, 이동시간을 대폭 단축할 수 있는 새로운 이동수단인 '플라잉카(Flying Car)' 서비스의 2025년 실용화를 추진한다.

④미래차 생태계로
전환 : 2027년 전국
주요도로
완전자율주행 세계
최초 상용화

넷째, 미래차 생태계로 전환을 가속화한다. 국내 자동차산업이 미래차 생태계로 조기에 전환될 수 있는 정책을 펼칠 계획이다. 현재 전체 자동차 부품기업 중 4%에 불과한 전장부품 기업 비율을 2030년까지 20%이상 늘리겠다는 지원 방안도 마련했다. 해외 완성차 기업과의 공동기술개발 및 연구·현장 핵심 인력 2천명 양성을 추진하고 미래차 설비 및 단기 유동성 공급을 위해 2조원 이상의 자금을 투입할 예정이다.

또한, 미래차 시장 선점을 위한 개방형 생태계를 구축하기 위해 정부와 대기업이 협력하여 스타트업의 미래차 창업을 적극 지원하고, 중소 및 중견기업의 사업기회 확보를 위해 대기업·중견·중소기업 간 협력모델을 마련한다.

[그림 Ⅱ-4] 2030 미래자동차 산업 발전전략 주요 정책 과제

1 친환경차 세계시장 선도	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (생산·수출) 가격, 성능혁신, 차종 다변화 등 글로벌 경쟁력 확보 ▪ (국내 보급) 보조금 등 다양한 혜택 및 충전인프라 구축
2 자율주행차 미래시장 선점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (인프라) 자율주행 4대 국가 핵심 인프라 구축 (~'24년) ▪ (제도) 자율자동차 제작, 성능검증, 보험, 보안체계 마련 (~24년) ▪ (기술) 완전자율주행 상용화 ('24년) 및 기술강국 도약 ('27년)
3 미래자동차 서비스 시대 준비	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (커넥티드) 서비스 걸림돌을 제거하여 조기 확산 추진 ▪ (자율주행) 교통약자 지원 등 3대 선도 서비스 추진
4 미래차 생태계 조기 전환 추진	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (부품) 부품기업의 미래차 전환 가속화 지원 ▪ (신사업) 개방형 협력을 통한 중소, 중견기업 기회 확대 ▪ (소재·부품) 핵심소재 및 부품 자립도 80%로 제고

정부는 '2030 미래차 산업 발전전략'이 원활하게 진행될 수 있도록 미래차 정책의 컨트롤 타워로서 '미래차 전략회의'를 신설(~'24년)할 계획이다. 컨트롤타워에는 산업부를 중심으로 관련 정부 부처와 업계 및 전문가가 참여한다.

해당 전략은 계획기간이 2030년까지인 중장기 로드맵이며 기존 대책에 비해 분야별로 구체적인 방안을 포함하고 있다. 글로벌 시장의 급변하는 상황을 반영하여 정책의 시기를 가속화하고 내용을 조정하는데 주안점을 두고 있으며, 친환경차는 국내 보급뿐만 아니라 글로벌 진출로, 제작사 규제 중심에서 대량 수요자 역할 강화를 포함시키며 균형있는 방향을 제시하고 있다.

(4) 수소 인프라 및 충전소 구축방안('19.10.22)

수소공급 안정화
및 수소충전소
균형배치를 위한
구축 방안 수립

산업부, 국토부, 환경부 등 관계부처는 '수소경제 활성화 로드맵' 및 '미래차 동차 산업 발전 전략'의 후속조치로 '수소 인프라 및 충전소 구축방안'을 수립 및 발표하였다.

'경제성·편의성·안전성을 기반으로 한 수소공급 및 충전 인프라'라는 비전하에 '효율적인 수소생산·공급을 통한 수소공급 안정화'와 '수소충전소 균형배치 및 자생적인 확산 기반마련'이라는 2개의 목표를 제시하였다.

[그림 II-5] 수소 인프라 및 충전소 구축방안 목표



전국 각지의 수소 공급 인프라 및 충전소 구축계획을 구체적으로 제시함으로써 지자체와 민간 사업자, 수소차 이용자의 수소경제에 대한 불확실성이 크게 해소될 것으로 기대된다.

[표 II-2] 수소 공급 현황 및 추진계획

구분	현황	추진계획
수도권	부생수소(대산, 울산 등) 위주	인천에서 생산되는 부생수소 활용 '수소 유통 허브' 및 파이프라인 구축
중부권	충청도는 부생수소(대산) 위주 강원도는 추출수소(삼척) 위주	지역 내 LNG 인수기지에서 해외수소 도입
영남권	부생수소(울산), 추출수소(창원) 위주	지역 내 LNG 인수기지에서 해외수소 도입, 액화수소의 도입 및 활용 확대
호남권	부생수소(여수) 위주	재생에너지 활용, 친환경 수전해 확대

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

2022년까지 총
310기의
수소충전소 구축
목표

수소충전소는 2022년까지 일반 수소충전소 및 버스전용 수소충전소를 주요 도시 내 250기, 고속도로 환승센터 등 교통거점에 60기를 설치하여 총 310기를 구축할 계획이라고 밝혔다.

[그림 Ⅱ-6] 우리나라 수소충전소 배치(안)



2022년까지 전국
주요도시에 250기
구축

구체적으로는 2022년까지 전국 주요도시에 누적 250기를 구축함으로써 수소전기차 운전자가 최대 30분 이내에 있는 수소충전소에 도달할 수 있도록 배치할 계획이고, 고속도로 등 교통거점에는 2022년까지 누적 60기를 구축하여 장거리 운행을 지원하고 다른 교통수단과의 연계도 강화할 예정이다.

2030년까지 660기,
2040년까지
1,200기 구축(누적)

장기적으로 2030년까지 누적 660기를 구축하여 주요도시에서 20분 내, 고속도로에서 75km 내에 충전소 이용이 가능하도록 배치하고 2040년에는 누적 1,200기를 구축하여 각각 15분, 50km로 단축할 예정이라고 밝혔다.

(5) 수소 기술개발 로드맵('19.10.31)

수소산업
밸류체인별
세부기술분류체계
정립

2019년 10월 정부는 수소에너지 분야에서 국내 기술 경쟁력 제고를 통해 수소경제 이행을 뒷받침하기 위해 "수소 기술개발 로드맵" 추진(안)을 수립하였다.

이 로드맵은 "수소경제 활성화 로드맵"의 기본방향을 바탕으로 ①생산, ②저장·운송, ③활용(수송수단), ④활용(발전·산업), ⑤안전·환경·인프라 등의 5개 대분류를 마련하고 세부기술분류체계를 정립하였다.

2040년까지 세계 최고 수준의 기술력 확보로 수소 경제 선도국으로의 도약

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

을 목표로 수소생산, 저장·운송 및 운송 인프라, 연료전지시스템 기반의 수소수단 저변 확대, 발전용 연료전지시스템의 고효율·저가화 기술 확보, 수소 안전·제도의 완비와 표준 선점 및 보급확대 기반을 목표로 제시하고 있다.

3개 중점 추진전략을 통한 기술개발 로드맵 구축

이를 위한 3개 중점 추진전략으로는 ①수소 전 주기(생산-저장-운송-활용) 분야별 목표 달성을 위한 핵심기술 개발 추진, ②2030년까지 수소산업 핵심 소재·부품의 기술자립도 제고, ③미래 시장 개척 및 글로벌 시장 선도를 위한 미래 유망기술 개발 및 시장 확대형 기술개발 추진 등이다.

수소 기술개발 로드맵 추진을 위해 총괄위원회와 5개 분야의 전문가위원회로 구성된 정부와 민간 합동 추진체계를 마련하고 있으며, 총괄위원회는 정부와 민간 공동의 총괄위원장을 두고 기술 로드맵 진행 상황 점검 등의 전체 총괄을 담당하며 전문가위원회는 산학연 전문가 약 70여명으로 구성 되어있다.

[표 II-3] 수소 공급 현황 및 추진계획

구분	이슈 및 전략
수소생산	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (이슈) 국내 수소 공급원인 부생수소는 생산량 확대에 한계가 있어 다양한 수소생산 기술 확보 필요 ▪ (전략) 수소 수요량(2040년 526만톤 예상) 대응, 화석연료 수준의 가격 및 경쟁력 확보 (2040년 3,000원/kg 목표), 기후변화대응을 위한 단계별 기술 개발을 통해 친환경 수소로 점진적 전환
수소저장·운송	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (이슈) 수소는 상온에서 부피가 크기 때문에 운송비용절감을 위해 대량으로 저장·운송할 수 있는 기술이 뒷받침되어야 하나, 수소기체를 압축하여 저장·운송하는 방식 외에는 개발 단계임 ▪ (전략) 기체저장·운송 기술을 고도화하여 수소 운송량을 증대하고, 수소를 대량으로 안정성 있게 저장·운송할 수 있는 액체수소·액상수소화물 저장·운송 기술 개발 추진
수소활용 (모빌리티)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (이슈) 경쟁국은 승용차 중심에서 상용차, 철도차량, 건설기계, 선박, 드론, 유인항공기로 기술을 확대해가는데 반해 한국은 아직 승용차 중심이며 일부 부품은 수입에 의존함 ▪ (전략) 수소수단에 모두 연료전지시스템이 적용되므로 타 분야로의 확장성이 큰 연료전지시스템을 전략적으로 활용하여 중복투자 방지 및 가격 저감을 유도하고, 독점성이 높은 부품은 국산화 추진
수소활용 (발전, 산업)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (이슈) 발전을 위한 연료전지시스템 제작·운영 기술은 세계 최고 수준이나 핵심 소재·부품의 수입 의존도가 높고 경제성이 부족 ▪ (전략) 발전용 연료전지시스템(가정·건물용, 분산발전용, 대규모 발전용)의 경제성 확보를 통해 설치비와 발전단가를 절감하고, 수입 의존도가 높은 주요 소재·부품의 국산화 및 고도화 추진
수소 전주기 안전·환경·인프라	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (이슈) 다른 분야와 비교하여 연구개발이 많이 진행되지 않아 유럽, 일본, 미국 대비 추격 단계에 있으며 해외 의존도가 높은 편 ▪ (전략) 수소 전 주기 기술개발을 위한 기반이므로 '30년까지 완비 추진

(6) 수소 안전관리 종합대책('19.12.26)

수소충전소
안전관리를 위한
수소 안전관리
전담기구 도입

정부는 수소 생산부터 활용까지 전 주기에 걸쳐 안전관리에 필요한 사항을 꼼꼼하게 점검할 수 있도록 수소 안전관리체계를 전면 개편하기로 하였다. 특히, 수소충전소, 수소생산기지, 연료전지시설 등 핵심 시설을 중점적으로 관리하고 지속 가능한 안전생태계를 조성하기 위해 기술개발과 인력 양성에도 나선다.

[그림 표-7] 수소 안전관리 종합대책

H ₂	현 황	안전기준	관리체계
01 생 산	<ul style="list-style-type: none"> 부생수소 방식 <ul style="list-style-type: none"> - 생산 164만톤  - 여유 5만톤 주출방식 <ul style="list-style-type: none"> - 28개소  수전해방식 <ul style="list-style-type: none"> - 5개소  	<ul style="list-style-type: none"> 부생수소 설비 <ul style="list-style-type: none"> - 고압가스법에 의한 안전기준 운영 중 주출기, 수전해 설비 등 <ul style="list-style-type: none"> - 제조·시설기준 마련 	<ul style="list-style-type: none"> 주출기, 수전해설비 <ul style="list-style-type: none"> - 제품검사+유통중 샘플검사 시공단계 <ul style="list-style-type: none"> - 기술검토+완성검사 운영단계 <ul style="list-style-type: none"> - 안전관리자 상주 - 정밀진단(매년), 실시간모니터링
02 운 송	<ul style="list-style-type: none"> 튜브트레일러 <ul style="list-style-type: none"> - 558대  수소배관 <ul style="list-style-type: none"> - 200km  	<ul style="list-style-type: none"> 저장용기 연결배관, 충돌 방지 프레임 등 기준 마련 배관 제조·설치기준 마련 	<ul style="list-style-type: none"> [운반차량] 등록제, 제품검사, 차량위치 추적 관리시스템 완성검사, 관리원 배치, 정밀진단제도 운영
03 저 장	<ul style="list-style-type: none"> 수소충전소용 <ul style="list-style-type: none"> - 195기 [33개소]  산업용 <ul style="list-style-type: none"> - 113기 [64개소]  	<ul style="list-style-type: none"> 저장탱크  <ul style="list-style-type: none"> - 이격거리 확보, 안전장치 부착 균열예방 등 제작기준 및 내부관리기준 신설 	<ul style="list-style-type: none"> 제조단계 <ul style="list-style-type: none"> - 공장심사(전수검사) - 기술검토, 완성검사 운영단계 <ul style="list-style-type: none"> - 안전관리자 상주 - 정밀진단(매년), 이중점검 체계
04 활 용	<ul style="list-style-type: none"> 수소충전소 <ul style="list-style-type: none"> - 33개소  연료전지 <ul style="list-style-type: none"> - 3200개소  산업용 <ul style="list-style-type: none"> - 575개소  	<ul style="list-style-type: none"> 수소충전소 및 산업용 <ul style="list-style-type: none"> - 고압가스법에 의한 안전기준 운영 중 연료전지 <ul style="list-style-type: none"> - 수소법 제정에 따라 제조·설치 기준 마련 	<ul style="list-style-type: none"> 충전소[700bar 이상] <ul style="list-style-type: none"> - 인증제품사용, 안전성평가, 매년정밀진단 분기별품질관리 연료전지[10bar 미만] <ul style="list-style-type: none"> - 제품검사, 완성 및 정기검사 산업용[120bar] <ul style="list-style-type: none"> - 안전관리자 상주, 법정검사

(7) 수소법 제정(20.01.09)

세계 최초의 “수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률” 제정

2020년 1월 세계 최초로 ‘수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률’(이하 수소법)이 제정되었다. 미국, 일본, EU 등 주요 선진국이 수소경제 육성을 위한 다양한 정책을 추진하고 있으나 수소경제 이행을 체계적·효율적·지속적으로 추진하기 위해 법률을 제정한 국가는 우리나라가 처음이다.

수소경제 관련 법률은 여야를 막론하고 그 필요성에 공감하여 총 8건의 법안이 발의되었고 국회 본회의에서 이견 없이 통과되었다. 이는 정부의 수소경제 활성화 로드맵 발표와 수소법 제정은 그 자체로 시장에 지대한 영향을 주고 있는 것을 나타내고 있다.

[표 II-4] 수소경제 육성 및 수소 안전관리법 주요 내용

구분		주요 내용	비고
수소경제 이행 추진체계		수소경제 기본계획 수립	제5조
		수소경제위원회(국무총리), 실무위원회, 실무추진단	제6조
		관계 법령 개선 권고	제8조
수소 전문기업 육성, 지원		수소전문기업 지원(기술개발 및 사업화 지원 등)	제9조
		보조/용자 및 조세/부담금 감면	제10조, 제17조
		수소전문투자회사	제13~15조
		수소특화단지(우선 입주)	제22조
수소충전소 및 연료전지 설치, 촉진		수소연료공급시설 설치 권고	제19조
		연료전지 설치 권고	제21조
		수소생산시설, 수소연료공급시설의 생산/수급계획 제출	제20조
기반조성		인력양성, 표준화, 통계, 국제협력, 기술개발 촉진 등	제26~30조
		사회적 공감대 형성(교육, 홍보 등)	제31조
전담기관		수소산업진흥전담기관 지정	제33조
		수소유통전담기관 지정	제34조
		수소안전전담기관 지정	제35조
안전관리	사업허가	수전해 설비 등 저압 수소용품 제조사업 허가	제36조
	안전관리자	수소용품 제조사업자의 안전관리자 선임, 신고 의무	제42조
	제조시설 검사	수소용품 제조시설에 대한 완성검사	제43조
	제품검사	수소용품의 판매, 사용전 제품검사 의무	제44조
	사용시설 검사	수소연료사용시설에 대한 완성검사, 정기검사	제47조
보칙		수소 판매가격의 보고 및 공개, 보험가입 의무, 자료제출 등	제50~57조

(8) 수소경제위원회('20.07.01)

수소 정책을
수립하고 추진할
수소경제
컨트롤타워로
"수소경제위원회"
출범

국무총리를 위원장으로 하고, 산업통상자원부 등 8개 관계부처 장관과 산업계·학계·시민단체 등 분야별 최고의 민간 전문가로 구성된 대한민국 수소경제 지휘본부(컨트롤타워)인 '수소경제위원회'가 출범했다.

수소경제위원회는 오는 2040년까지 1,000개의 수소전문기업 육성, 2030년까지 수소전기차 85만대 및 수소충전소 660기 확충, 3기 신도시 중 2곳 내외를 수소 도시로 추가 조성하는 등의 수소경제 정책을 제시하는 한편 수소경제 전담기관으로 수소융합얼라이언스추진단(진흥), 한국가스공사(유통), 한국가스안전공사(안전) 등 3곳을 지정했다.

수소산업 경쟁력
강화를 위한 "제1차
수소경제위원회"
개최

정부는 2020년 7월 1일 수소 경제 이행 가속화 및 글로벌 수소 선도국가 도약을 위해 수소산업 생태계 경쟁력 강화 방안을 수립하고자 '제1차 수소경제위원회'를 개최했다.

수소경제위원회는 '수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률'에 따라 '수소경제 기본계획'을 수립·시행·점검·평가하고, 관련 정책조정, 국가 간 협력, 생태계 구축 등 수소경제 선도국가로 도약하기 위한 주요 정책을 수립 및 추진하게 된다.

제1차 수소경제위원회에서는 수소산업 생태계 경쟁력 강화방안, 수소 기술 개발 로드맵 이행현황 및 향후 계획(안), 수소차·수소충전소 추진성과 및 향후 계획(안) 등 총 6개의 안건을 심의·의결하였으며, 주요내용은 다음 [표 II-5]과 같다.

[표 II-5] 제1회 수소경제위원회 심의·의결 안건

구분	내용
1호 안건	수소산업 생태계 경쟁력 강화방안
2호 안건	수소 기술개발 로드맵 이행현황 및 향후 계획(안)
3호 안건	수소차·수소충전소 추진성과 및 향후계획(안)
4호 안건	수소도시 추진현황 및 확산전략(안)
5호 안건	수소경제 전담기관 지정(안)
6호 안건	수소경제위원회 운영세칙 제정(안)

첫째, 경쟁력 있는 기업 생태계 조성을 위해 수소전문기업 육성(30년 500개, 40년 1,000개), 스마트한 수소규제(상시적 규제완화 및 기술혁신·수요창출 규제도입), 기업생태계 혁신토양(창업·업종 다각화로 진입 확대, 인력·금융 지원강화)을 발표했다.

둘째, 함께 성장하는 지역 생태계 육성을 위해 거점별 수소인프라 구축(부생수소 공급변동에 대응 및 안정적 수소공급), 지역별 수소생태계 구축(정부사업의 유기적 연계 및 지역지원센터 구축), 지자체 수소경제 평가(우수지자체에 규제개선, 재정지원 확대)를 발표했다.

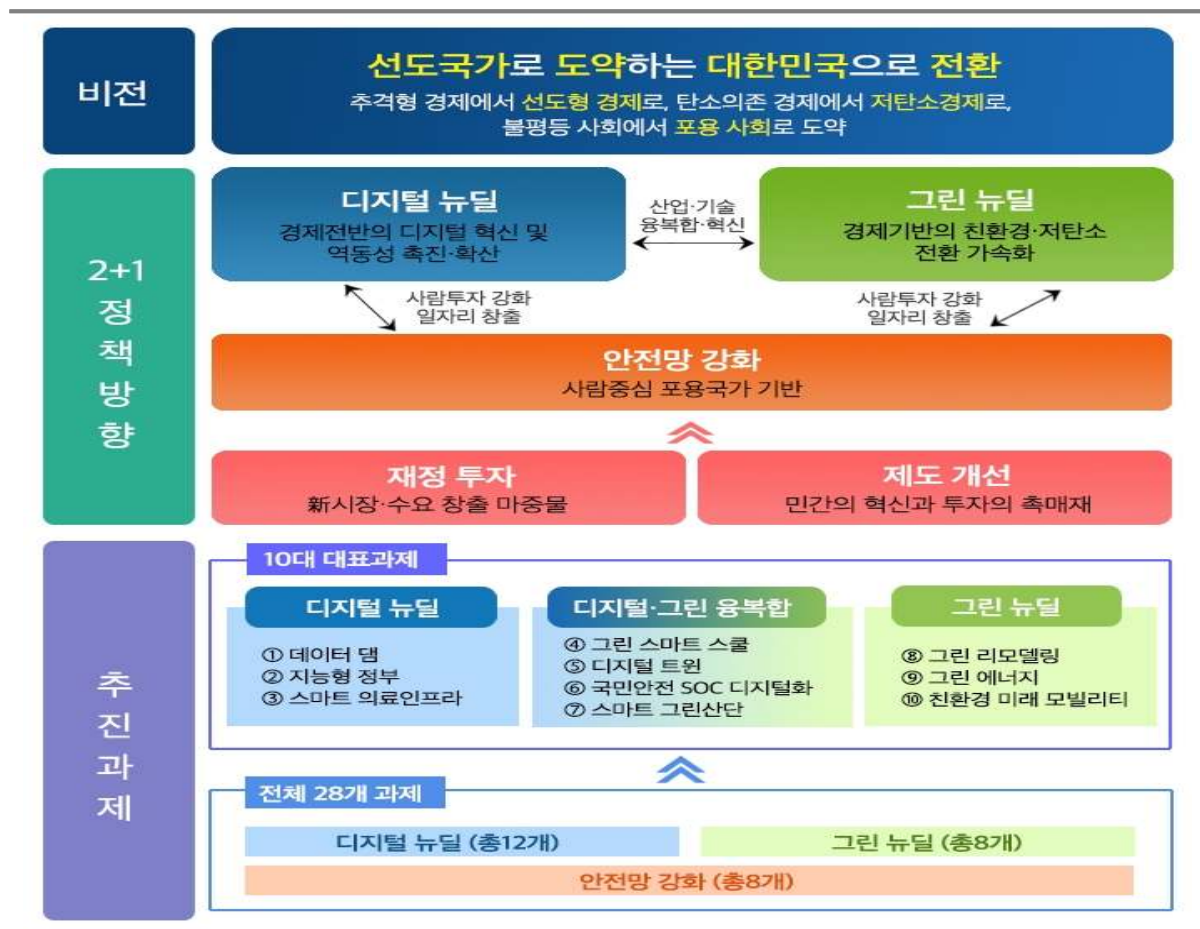
셋째, 미래지향적 글로벌 밸류체인 구축을 위해 대규모 해외 프로젝트(해외 그린수소 도입으로 안정적 수소공급), 기술협력 및 투자유치(다양한 생산·저장·운송기술 확보 및 핵심기업 유치)를 발표했다.

(9) 「한국판 뉴딜」 종합계획(20.07.14)

위기를 극복하고
글로벌 경제를
선도하기 위한
한국판 뉴딜
종합계획 발표

정부는 코로나19 사태로 인해 침체된 대한민국 경제의 새로운 도약과 사회경제적 패러다임의 대전환을 선도할 정부 주도의 대규모 경기 부양책으로 25년까지 총 160조원을 투자해 일자리 190만개를 만든다는 구상을 담은 한국판 뉴딜 종합계획을 발표했다.

[그림 II-8] 한국판 뉴딜 구조와 추진체계



최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

한국판 뉴딜은 튼튼한 고용 안전망과 사람투자를 기반으로 한 “디지털 뉴딜”과 “그린 뉴딜” 두 개의 축으로 추진하며, 2025년까지 총 160조 원(국비 114.1조 원)을 투입하여 총 190.1만개의 일자리를 만드는 것이 목표이다.

비대면 확산 및
디지털 역량
강화를 위한
“디지털 뉴딜”

첫째, 온라인 소비, 원격근무 등 비대면화가 확산되고 디지털 전환이 가속화 되는 등 경제사회 구조의 전환으로 디지털 역량의 중요성이 높아짐에 따라, 전 산업의 디지털 혁신을 위한 D.N.A(Data-Network-AI) 생태계를 강화하고 교육 인프라의 디지털 전환, 비대면 산업 육성, 교통·수자원·도시·물류 등 기반시설의 디지털화를 추진한다.

저탄소사회 전환을
위한 “그린 뉴딜”

둘째, 코로나19를 계기로 시급해진 기후변화 대응 및 탄소중립(Net-Zero) 사회를 지향하는 저탄소사회 전환을 위해 도시·공간 등 생활환경을 녹색으로 전환하고 저탄소·분산형 에너지를 확산한 저탄소 산업생태계를 구축한다.

[그림 Ⅱ-9] 한국판 뉴딜 세부 추진 과제

디지털 뉴딜 13.4조원 일자리 33만개	그린 뉴딜 12.9조원 일자리 15.4만개	고용안전망 강화 5조원 일자리 9.2만개
1 D.N.A 생태계 강화 <ul style="list-style-type: none"> 데이터 구축·개방·활용 5G 국가망 확산 및 클라우드 전환 1·2·3차 산업 5G·AI 융합 확산 A·S·W 핵심인재 10만명 양성 2 디지털 포용 및 안전망 구축 <ul style="list-style-type: none"> 농어촌 초고속 인터넷망 공공시설 WiFi 구축 K-사이버 보안체계 구축 3 비대면 산업 육성 <ul style="list-style-type: none"> 학교 디지털 교육 인프라 구축 감염병 안심 비대면인프라 중소기업 16만개 원격근무 인프라 4 SOC 디지털화 <ul style="list-style-type: none"> 4대 핵심시설 디지털 관리체계 구축 도시·산단 디지털 혁신 및 스마트 물류 체계 구축 	1 도시·공간·생활 인프라 전환 <ul style="list-style-type: none"> 공공시설 제로에너지화 전환 취수원부터 가정까지 ICT 기반 스마트 상수도 관리체계 구축 2 녹색산업 혁신 생태계 구축 <ul style="list-style-type: none"> 그린뉴딜 선도 100대 기업 및 5대 선도 녹색산업 육성 제조업 저탄소·녹색산업단 조성 3 저탄소·분산형 에너지 확산 <ul style="list-style-type: none"> 에너지관리 효율화 지능형 스마트 그리드 구축 태양광·풍력·수소 친환경 차량·전박친 조기 전환 	1 국민 대상 고용안전망 구축 <ul style="list-style-type: none"> 고용안전망 구축 0.9조원 고용보험 사각지대 2.7조원 한국형 실업부조로서 '국민취업지원제도' 시행 2 수요자 맞춤형 일자리 창출 <ul style="list-style-type: none"> 40대 대상 훈련·체험·채용 연계 패키지 신설 3 포용 사각지대 해소 <ul style="list-style-type: none"> 저소득층 긴급복지 지원요건 완화기간 연장 제2차 기초생보 종합계획 수립 4 공정경제와 상생협력 활성화 <ul style="list-style-type: none"> 상생경제 예치계좌 압류방지 통장 지정, 공공기관 동반성장 평가 대상 확대

또한, 산업통상자원부는 ‘한국판 뉴딜 종합계획’ 후속조치를 위한 컨트롤 타워로 ‘산업·에너지 한국판 뉴딜 추진단’을 발족했다. 추진단은 한국판 뉴딜 종합계획 중 산업·에너지 분야 추진 체계 구축 등을 논의하였으며, 산업구조 혁신과 산업 생태계의 경쟁력 강화를 위해 한국판 뉴딜을 통한 산업생태계의 디지털 전환과 그린 전환을 강력하게 추진하겠다고 밝혔다.

2. 국내 수소산업 기술 동향

(1) 수소생산

가. 부생수소

석유화학단지에서
부생수소가
발생하지만,
부생수소를 통한
수소공급은 미비한
상태

석유화학단지에서 나오는 수소 부산물에 산소를 더하여 전기화학반응을 일으켜 전력을 생산하는 방식으로, 기존의 에너지 산업 체제를 유지하면서 발생하는 수소를 한 번 더 활용하는 방식으로 현재 국내에서 가장 많이 사용하는 방법이다.

울산, 여수, 대산석유화학단지에서 나프타의 방향족 개질공정 및 나프타 분해를 통한 부생수소가 생산되며, 국내의 수소 총 생산량은 연간 190만톤으로 추정된다. 지역별 부생수소 생산비중은 울산 68%, 전남 28%, 충남 2%로 집계되고 있다. 190만톤 중 판매되는 수소의 양은 약 14%에 해당하는 연간 26만 톤 정도이다.

현재, 국내의 부생수소가 소량 생산되는 경우 주로 연료로 사용하여 자가 소비되고 있으며 대량 생산되는 경우네는 자가 소비하거나 가스 회사에서 구매하여 정제한 후 산업용 수소로 공급하고 있다. 수소충전소용이나 연료전지 발전용으로의 수소 공급은 미미한 상황이다.

나. 추출수소

수소를 대량으로,
경제적으로 생산할
수 있는 추출수소

탄화수소는 크게 기체 상태인 천연가스(LNG)와 액체 상태인 액화석유가스(LPG) 그리고 액체인 휘발유, 경유가 있다. 이런 탄화수소는 개질이라는 과정을 거쳐 수소로 전환 될 수 있으며 현실적으로 수전해 등 다른 수소제조 방법보다도 수소를 대량으로 그리고 경제적으로 생산할 수 있는 방법이다.

부생수소 운송료
부담으로 인한
On-Site
수소생산방식 증가

국내의 수소 생산의 대부분은 화학공정 등에서 부산물로 나오는 부생수소지만, 대부분 회수하여 공정에 재사용되고 극히 일부만이 파이프라인이나 튜브트레일러에 20MPa(200bar) 정도 압축돼 유통되고 있다. 이로 인해 부생수소가 생산되는 지역(울산, 여수, 서산) 외에는 운송료 부담으로 인해 실제 수소판매가격이 비싸지고 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해 도시가스 배관이 연결된 곳 혹은 바이오가스가 생산되는 곳에서 소규모의 개질기를 설치하여 현지에서 직접 수소를 생산하고, 공급하는 On-Site 수소생산방식이 더 경제적이다.

탄화수소 특히 천연가스의 개질 및 개질기 설계 기술은 정유 및 화학 산업

에 필요한 수소를 공급하기 위한 목적으로 오랫동안 해외 엔지니어링 회사에서 공정 개발 및 최적화가 진행되어 국내의 정유사 및 정밀화학사의 경우 수소를 대량 생산하기 위한 개질기 설계 및 제작을 자체 기술 개발 혹은 국내 연구기관과의 협업보다는 해외 기술을 도입하여 수행하고 있는 실정이다.

상암 수소충전소는
매립지가스를
활용해 개질수소
생산·공급

서울 상암동 노을공원 주변에서 발생하는 매립지가스(LFG)를 정제하여 바이오메탄을 생산한 후 개질해 수소를 생산 및 저장하고 이를 수소차에 공급하는 상암 수소충전소가 운영 중이다. 상암 수소충전소에서 바이오메탄 개질에 사용되는 개질기는 SK에너지에서 설계한 것으로 30Nm³/hr의 수소를 생산할 수 있다.

다. 수전해수소

수전해 기술방식에
따른 장단점

재생에너지원인 태양/풍력에너지를 이용하거나, 기존의 원자력 에너지를 이용하여 전력을 생산하고 이 전력과 심야전력을 이용하여 물을 전기분해하거나 수소를 생산하는 방법이다. 수소를 생산하는 가장 친환경적인 방법이며 고순도의 수소가 생산되고 환경오염이 가장 적다는 장점이 있지만 수전해 수소는 화석연료를 이용한 수소 생산비용보다 3배 정도가 비싸다는 단점이 존재하며, 전해질의 종류 및 전기분해 방식에 따라 크게 3가지 기술로 구분된다.

[표 II-6] 수전해 기술 방식에 따른 장단점

구분	내용
알칼라인 수전해 기술	<ul style="list-style-type: none"> 20 ~ 40%의 수산화칼륨 또는 수산화나트륨 용액을 전해질로 사용 현존하는 수전해 기술 중 기술 개발 수준이 높음 대용량 생산에 적합하며 상대적으로 가격이 낮다는 장점이 있지만 전류밀도가 낮고 부피가 큼
고분자전해질 수전해 기술	<ul style="list-style-type: none"> 수소이온의 이동을 위해 고분자 전해질을 사용하는 수전해 기술 전류밀도가 높아 에너지 효율이 높으나 알칼라인 수전해 기술에 비해 부피가 작음 전해용액을 사용하지 않기 때문에 부식 문제를 해결할 수 있다는 장점이 있지만 귀금속 전극을 사용함에 따라 초기 투자비용이 높음
고체산화물 수전해 기술	<ul style="list-style-type: none"> 고체상의 전해질을 사용하기 때문에 부식에 대한 내구성이 높고 고온에서 운전되기 때문에 물분해에 필요한 전기에너지가 낮음 700℃ 이상의 수증기가 공급되기 위해서는 추가 열원이 필요하며 고온 내구성을 극복할 필요가 있음

라. 수소생산업체

덕양, SPG케미칼,
에어리퀴드코리아,
창신산업이
대표적인 국내
수소 생산
공급업체임

우리나라의 수소생산업체로는 국내 최대 수소생산 및 공급업체인 덕양과 SPG케미칼, 에어리퀴드코리아, 창신산업 등이 대표적이다.

1961년 설립된 덕양은 산업가스를 제조해 공급하는 기업으로 울산공업단지에 위치하여 주변의 석유화학단지 등을 둘러싼 40km 규모의 배관망을 이용해 시간당 19만Nm³의 수소를 생산 및 공급하고 있다.

덕양은 수소생산과 공급 분야에서 국내 최대 규모로 알려져 있으며, 주요 생산 방식으로는 개질방식(LNG 및 LPG)을 활용하고 있고 석유화학 계열의 공장에서 나오는 부생수소를 정제하여 기업체에 공급하고 있다.²⁾

1975년 설립된 SPG케미칼은 40년간 국내 4개의 공업단지(울산 1공장, 울산 3공장, 서산공장, 군산공장)에 수소생산시설을 갖추고 공업용 고순도 수소를 생산하고 있다. 2013년 국내 최초로 메탄올을 원료로 사용하는 최고 순도 수소를 생산하는 신규 플랜트를 준공하였다.³⁾

1996년 설립된 에어리퀴드코리아는 에어리퀴드그룹의 자회사로서 정유, 화학, 철강 및 에너지 분야의 기업들에게 파이프라인을 이용하여 수소(고순도 99.999% 이상)를 공급하고 있다. 또한, 2020년까지 바이오가스 개질, 물 전기분해 중 재생에너지 사용, 천연가스를 이용한 수소 생산에서 탄소포집 기술 사용 등을 통해 수소 생산량의 50% 이상을 이산화탄소 배출이 없는 공정으로 제조할 것으로 기대되고 있다.

2) 덕양에서 생산되는 수소 제품군은 일반순도 99.99%이상, 고순도 99.999%이상, 초고순도 99.9999% 이상의 수소를 생산하고 있다.

3) 일반순도 99.99%이상, 초고순도 99.9999%이상의 수소제품을 생산하여 판매하고 있다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[표 II-7] 국내 산업용 수소 중 유통 판매량

업체명	원료공급처	지역	제조방식	생산능력(m³/hr)
덕양	한화케미칼	여수	소금물 분해	35,000
	SK어드밴스드	울산	프로판탈수소	10,000
	롯데정밀화학	울산	소금물 분해	13,000
	한화토탈	서산	나프타 분해	9,000
	태광화학	울산	프로판탈수소	13,000
	LG화학	여수	소금물 분해	11,000
	백광화학	군산	소금물 분해	5,000
		여수	소금물 분해	1,500
	롯데케미칼	서산	나프타 분해	3,000
		여수	나프타 분해	3,000
	롯데BP화학	울산	B-C 분해	2,500
	덕양(울산3공장)	울산	NG(LPG) 분해	50,000
	덕양(남동공단)	안천	-	100
소계				156,100
SPG케미칼	SPG케미칼	안산	메탄올 개질	2,000
	현대제철	당진	COG 정제	1,500
	롯데케미칼, LG화학	대산	나프타 분해	10,000
	현대오일			
	롯데케미칼, LG화학	여수	나프타 분해	45,000
소계				21,200
에어리퀴드	에어리퀴드1	여수	개질	10,000
	에어리퀴드2	여수	개질	38,000
	소계			311,500
린데	린데1	기흥	천연가스 개질	1,200
	린데2	기흥	나프타 분해	1,200
	소계			0
SDG	대한유화	울산	나프타 분해	5,300
	태광산업	울산	나프타 분해	2,000
	효성	울산	프로판탈수소	6,000
	SK어드밴스드	울산	프로판탈수소	10,000
	소계			0
대성산업가스	대성산업가스	파주	메탄올	2,000
창신화학	롯데케미칼, LG화학	서산	나프타 분해	5,200
SPG산업	롯데BP화학	울산	나프타 분해	6,000
	SK어드밴스드	울산	프로판탈수소	8,000
	효성	울산	프로판탈수소	2,000
	소계			0
총계				311,500

자료 : 산업통상자원부, 한국에너지공단 신재생에너지센터(2018)

* 총 유통 가능량 : 311,500m³/hr은 24시간, 연 330일 가동 기준임

(2) 수소 저장 및 이송

가. 고압기체저장 및 이송

고압기체저장방식은 운용방식이 간편하고 기술이 간단해 가장 널리 이용되는 방식임

고압기체저장방식은 수소의 저장 방법 중 가장 널리 이용되는 방법으로 고압의 금속 탱크에 압축된 기체 수소를 저장하는 방식이다.

운용방식이 간편하고 에너지 효율을 유지하면서 더 작은 부피로 저장할 수 있기 때문에 수소를 연료로 사용할 시 용이한 기술이지만 기술이 간단한 반면에 적은 수소 저장용량과 높은 위험성의 이유로 해당 방식의 사용에 상당한 제한이 있다. 국내에서 사용되는 수소의 대부분은 고압기체형태로 저장되고 주로 망간강 또는 합금강 용기에 수소기체를 충전하여 사용한다.

또한, 도로이송과 파이프라인을 통한 이송기술이 있으며, 국내 도로이송은 SPG, ALK, LDK, SDG, 덕양에너지 등이 튜브트레일러를 운행 중에 있으며 수소 가격의 약 20~30%를 운송비가 차지하고 있다.

나. 저온액체저장 및 이송

저온액체저장방식은 안정성 측면에서 유리하나, 단열성이 특수한 구조의 용기에 저장해야함

저온액체저장방식은 일정한 압력에서 온도를 낮춰 수소를 액화시켜 저장하는 방식이다. 수소를 상압에서 20K(-253℃)으로 냉각시키면 액화되어 그 밀도는 780배, 780bar로 압축된 기체수소에 비해 약 1.75배 높아진다. 액체수소는 수소의 효율적인 저장과 운송을 위해 질량 당 에너지 밀도 및 부피 당 에너지 밀도를 높인 상태라고 할 수 있다.

액화수소의 저장압력은 보통 3bar 미만으로 고압기체저장방식에 비해 안정성 측면에서도 유리하다. 하지만 극저온 상태의 액체수소는 쉽게 기화하여 손실되기 때문에 단열성이 훌륭한 특수한 구조의 용기에 저장할 필요가 있다. 액화 효율을 향상시키기 위해서는 예냉 과정이 필수적이며, LNG 또는 액체질소를 이용하여 비교적 저렴하고 간단하게 구성할 수 있는 예냉 과정을 적용하면 수소 액화 공정의 부하를 현저히 감소시킬 수 있다.

다. 고체저장(수소저장합금)

고체저장방식은 저장량은 우수하나, 상용화가 어려운 수준임

수소저장합금은 수소를 저장하기 위한 합성 금속체이며, 수소를 고체로 저장하기 위해서는 먼저 합금의 주원료를 수소 저장용기(실린더)에 들어갈 수 있는 크기와 형태로 만들고 합금이 삽입된 용기(실린더)에 기체수소를 압축해 저장하듯이 주입한다. 이 방법은 수소를 안전하게 저장 가능하다는 것이 최대 강점이며 과거에는 충전과 방출과정 상 열화 이슈가 존재했으나

현재는 해결된 상태이다.

수소저장합금의 에너지 부피 대비 저장량은 기체수소 700bar 기준 약 2배의 수소 저장이 가능해 매우 우수하다고 평가되기도 하지만 금속 고유의 무게로 인해 현재는 상용화가 어려운 수준이며 충전속도도 매우 느려 일반에 상용화되기는 더욱 어려운 상태지만 현재는 무게가 필요하거나 중요하지 않은 산업에 이용되고 있다.

라. 액체 유기 수소 캐리어(LOHC)

LOHC는 촉매 반응을 통해 수소를 저장

액체 유기 수소 캐리어 기술은 촉매 반응을 통해 수소화 혹은 탈수소화를 일으켜 수소를 물질에 화학적으로 저장하고 이송하는 기술이다. 해당 기술은 수소함유량이 높고 가역 반응성이 우수하고 촉매를 통한 반응속도가 비교적 빠르며, 수소 유출이나 폭발의 위험성이 거의 없다.

불포화상태의 유기화합물은 수소화 반응을 통해 수소 원자를 함유하며, 후에 촉매를 이용한 후처리 과정을 거치면서 탄소와 수소 사이 결합을 끊어 내어 수소를 추출할 수 있다. LOHC는 약 5~8wt%의 수소를 함유하고 있으며, 가역성이 우수하고 탈수소화 반응에 요구되는 온도가 비교적 낮으며 상업화 가능성이 높다.

마. 수소 저장·운송 업체

덕양, SPG, SDG, 에어리퀴드코리아는 파이프라인을 활용하는 대표적인 수소운송기업

우리나라 수소산업은 기술개발 초기 단계로 아직 저장 및 운송 관련 산업 생태계는 성숙하지 않은 것으로 분석되고 있다. 현재 국내에서 부생수소를 파이프라인으로 운송하는 업체는 덕양, SPG, SDG와 에어리퀴드코리아 등의 4개사가 있으며, 해당 기업들은 주로 산업용 수소 파이프라인 및 수소타운 구축과 관련한 사업을 수행하였다.

유일하게 튜브트레일러의 상용화 제품을 제작하는 이엔케이

기체저장방식의 튜브트레일러 부분은 엔케이의 자회사인 이엔케이가 유일하게 상용화 제품을 제작하고 있으며, 운송과 관련해서는 SPG, 에어리퀴드코리아, 린데코리아, SDG, 덕양에너지 등이 있다.

액체저장 및 운송방식은 기술개발단계로 하이리튬산업이 액화수소저장탱크를 개발하여 드론의 연료로 실증한 경험이 있으며, 국토교통부의 지원을 받아 2019년부터 5년간 “상용급 액체수소플랜트 핵심기술 개발사업” 등을 통해 액화저장에 대한 연구개발이 진행되고 있다.

[표 II-8] 국내 수소 저장·운송 주요 기업

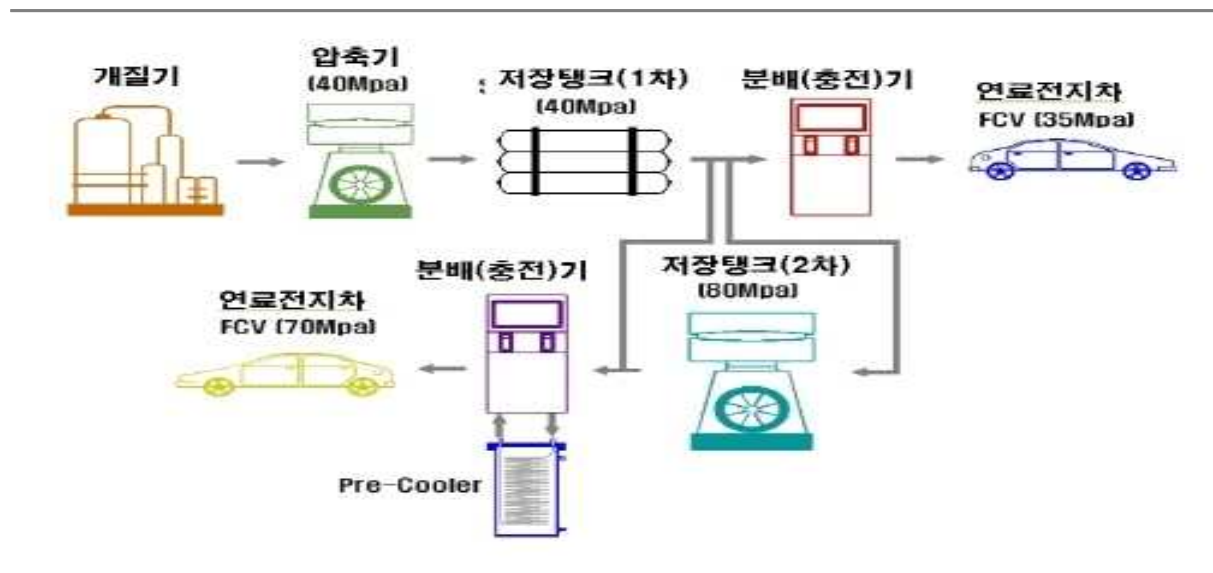
구분		국내기업 현황
기체수소	저장	이엔케이, 일진복합소재, 태광후지킨
	운송	SPG, SDG, 덕양에너지, 에어리퀴드코리아, 린데코리아
액체수소	저장	두산중공업, 하이리움산업, 메타비스타
	운송	-
파이프라인	운송	덕양, SPG, SDG, 에어리퀴드코리아

(3) 수소활용

가. 수소충전소

수소충전소는 기본적으로 수소를 저장하는 수소저장용기, 수소의 압력을 높이기 위한 압축기, 수소를 차에 충전하는 디스펜서로 구성되어있다.

[그림 II-10] 수소충전소의 구성



수소충전소는 수소공급 방식에 따라 3가지로 분류(Off-Site, 개질형 On-Site, 수전해형 On-Site)

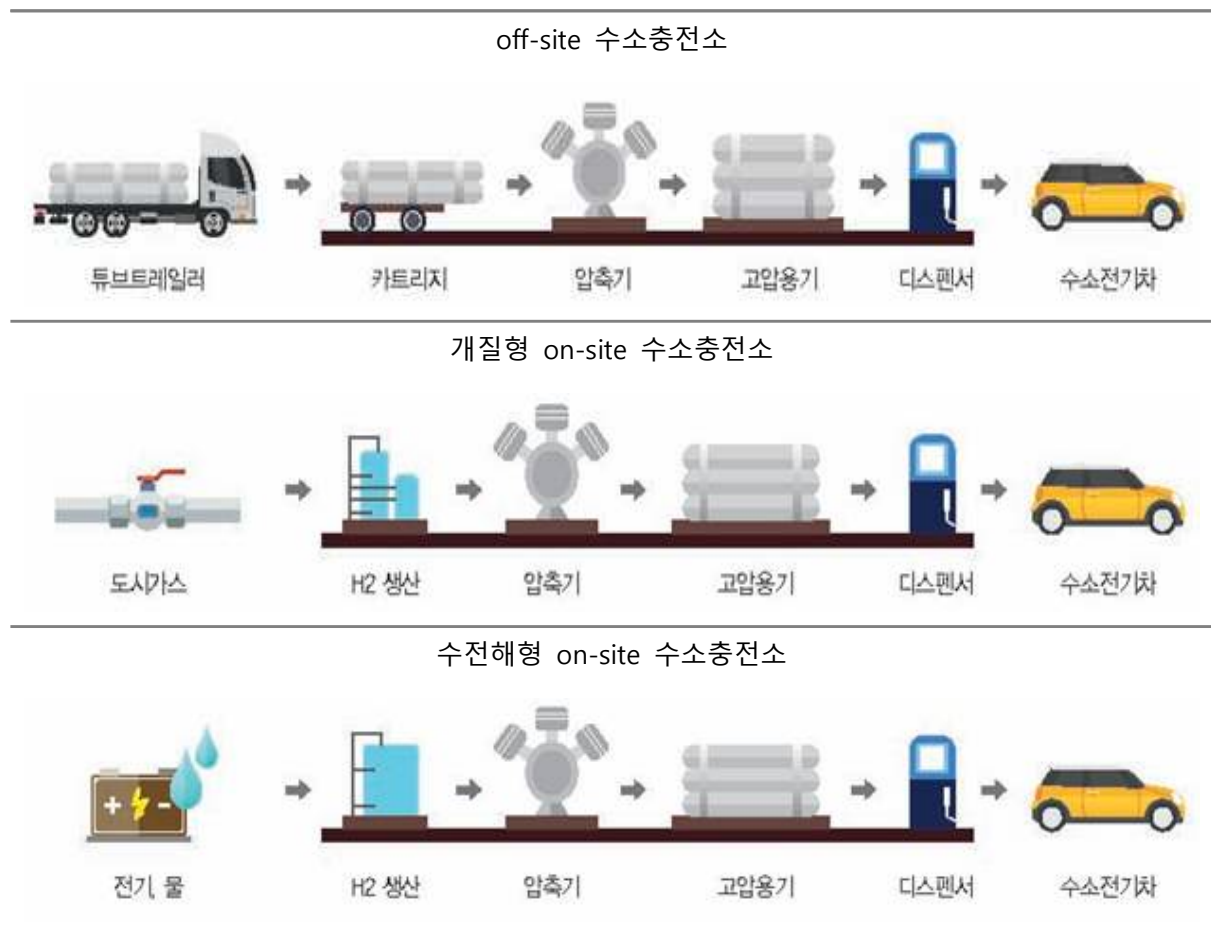
수소공급방식에 따른 수소충전소는 off-site, on-site로 분류할 수 있으며 on-site 수소충전소는 개질형과 수전해형으로 분류할 수 있다.

off-site 수소충전소는 튜브트레일러 또는 수소 배관을 통해 수소를 외부에서 공급받는 방법으로 현재 가장 많이 구축된 방식으로 수소 공급원으로부터 이송거리가 짧을 경우 적합한 방식이다.

개질형 on-site 수소충전소는 천연가스 또는 LPG 개질을 통해 수소를 자체에서 생산하여 공급하는 방식으로 수소 공급원으로부터의 이송거리가 장거리일 경우 선호되며 천연가스 또는 LPG의 공급이 용이하여야 한다.

수전해형 on-site 수소충전소는 물의 전기분해를 이용하여 수소를 생산하는 방식으로 이산화탄소 배출이 없고 전력만 공급가능하면 운영이 가능한 장점이 있다. 아직은 전력비용의 부담이 크지만 장래에 신재생에너지 발전 비중이 늘어나면 친환경적인 수소생산 방식이 도입된 수소충전소를 구축할 수 있다.

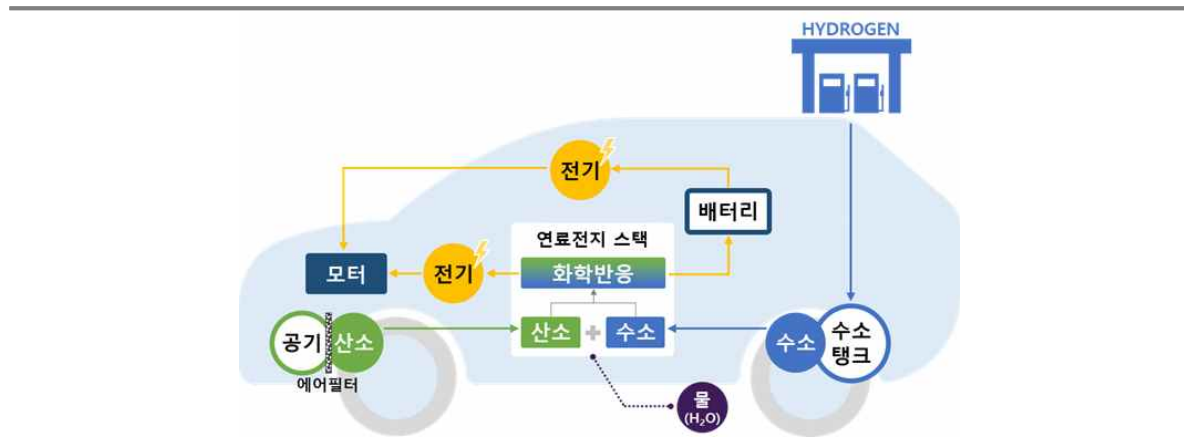
[그림 표-11] 수소공급방식에 따른 수소충전소 유형



나. 수소전기차

수소전기차의 정확한 명칭은 '수소 연료전지 자동차(Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV)'이다. 수소전기차는 전기차와 달리 수소연료전지 스택을 주 전원장치로 사용하며, 내연기관 차량에 있는 연료탱크 대신 수소를 저장하는 탱크를 탑재하고 있다.

[그림 Ⅱ-12] 수소전기차 작동 원리



수소전기차의 구동방식은 우선 공기를 흡입하는 과정에서 불순물을 제거하는 에어필터로 공기가 여과되며, 차량에 저장된 수소와 결합하여 화학반응을 거친다. 수소와 산소는 백금촉매를 거쳐 이온으로 분리되고 분리된 전자가 이동하면서 전기가 발생한다. 따라서 100% 무공해 차량으로 전기가 생성되는 과정에서 배출되는 것은 오로지 순수한 물(H_2O)이다.

현대자동차 :
수소전기차인
“넥쏘” 출시
(2018년)

현대자동차는 2000년 이전에 연료전지 개발 조직의 신설과 함께 수소전기차 개발을 시작했다. '13년에 세계 최초로 수소전기차 양산 모델인 '투싼 ix Fuel Cell'을 출시하였고 '18년도에는 차세대 수소전기차인 넥쏘(NEXO)를 출시하였다. 평창 동계올림픽에서의 홍보와 우수한 차량 성능으로 인한 넥쏘에 대한 관심은 판매실적으로까지 이어졌다. 넥쏘의 예약 판매 및 정식 판매 대수는 '18년 정부의 수소전기차 구매 보조금 지급가능 대수인 240대를 훨씬 넘긴 바 있다.

수소충전소 보급
촉진을 위해
수소버스 보급을
계획하고 있는
지자체들

한편, 울산을 비롯한 여러 지자체에서는 수소전기버스를 노선버스로 운행할 계획을 세우고 있다. 현재 수소충전소는 구축 시 수소전기차가 부족하여 가동률이 낮아 수익성이 보장되지 않는다. 하지만 수소전기버스를 노선버스 등에 활용하게 되면 버스 차고지에 수소충전소를 건립할 수 있고, 가동률을 100% 수준으로 높일 수 있다는 장점이 있다. 이를 통해 수소충전소 보급 촉진을 도모할 수 있다.

[표 II-9] 국내 수소연료전지차 관련 생태계 현황

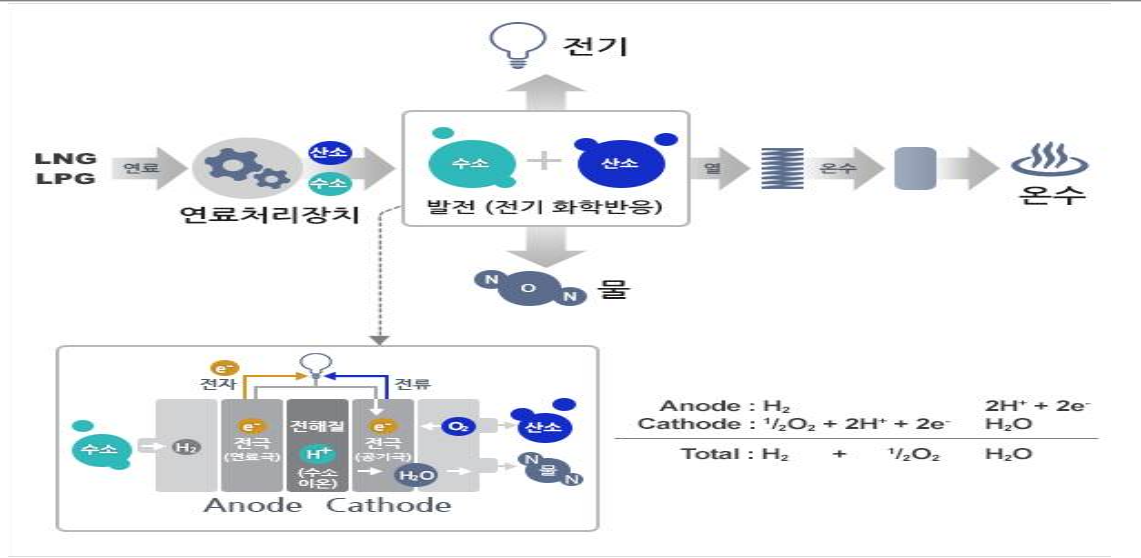
구분	부품	관련기업
연료전지 스택	막전극접합체	현대모비스, 코오롱, 동진세미켐, 비나텍
	기체확산층	제이엔티지
	분리판	현대제철, 포스코
	가스켓	동아공업, 대흥알앤티, 평화오일씰공업, 한국넷와일러
	셀전압모니터, 연료전지제어기	현대오토론, 현대캐피코
수소 공급장치	수소재순환장치	현대모비스, 세종공업
	워터트랩 및 부품	세종공업, 세명기업, 아센텍, 경원산업, 세정, 하이록코리아
	센서류	세종공업, 오토산업, 대양전기공업, 트루윈, 두원정공, 한국오므론, 케피코
공기 공급장치	에어필터, 소음기	한국3M, 코리아필터텍, 세종공업
	공기압축기	한온시스템, 뉴로스, 한화테크윈, 경주전장, 동화산업
	가습기	코오롱, 에어레인, 평화오일씰
	제어부품	모토닉, 현대모비스, 현대오토론, 현대캐피코, 세종공업, 인지콘트롤즈
열 관리장치	라디에이터, 열교환기	한온시스템, 두원공조, 코렌스, 갑을오토텍
	전동워터펌프	명화공업, 지엠비코리아, 현담
	히터	한온시스템, 우리산업
	밸브류 및 센서	인지콘트롤즈, 동우, 말레, 세종공업, 케피코
수소 저장장치	저장용기, 라이너, 탄소섬유	일진복합소재, 롯데케미칼, 동화산업
	수소충·방전장치	영도산업, 태광후지킨, 유니크
	고압밸브 및 배관	한일튜브, 모토닉, 세아FS, 하이록코리아

자료 : 환경친화적 자동차의 개발과 보급에 대한 국가적 목표 설정을 위한 연구, 박지영 외(2018)

다. 연료전지

연료전지는 화석연료의 연소를 통한 에너지변환과정을 거친 기존 발전방식과는 달리 수소와 산소의 전기화학반응에 의해 전기와 열에너지를 생산하는 고효율, 친환경 발전시스템이다. 연료전지는 다음과 같은 원리에 의해 작동한다.

[그림 II-13] 연료전지의 원리



자료: 두산퓨얼셀

연료전지는 물을 전기분해하면 전극에서 수소와 산소가 발생하는 원리를 역으로 이용하여 수소와 산소의 화학반응을 통해 전기를 생성하는 발전장치이다. 연료전지는 크게 연료극(-극, Anode)과 공기극(+극, Cathode)의 두 극과 전해질로 구성되며 전해질의 종류에 따라 발전원리는 달라진다.

연료전지에 사용되는 수소는 주로 천연가스 수증기 개질 방식을 통해 생성되며, 생성된 수소는 연료극에 공급된다. 연료극에서 수소가 수소이온과 전자로 분해되고 수소이온은 전해질 안에서만 이동할 수 있다. 전자는 전자도전체 안으로만 통과할 수 있기 때문에 수소이온은 전해질을 거쳐서 공기극으로 이동하고 전자는 외부 회로를 거쳐 전류를 발생시키는 것이 작동원리이다. 그리고 공기극으로 이동한 수소이온과 외부회로를 통해 전달된 전자가 산소와 결합하여 물이 되는 산소환원반응이 일어난다. 이러한 원리로 작동한 연료전지의 최종적인 생성물은 전기와 물 그리고 열이다.

사용되는 전해질과
촉매에 따라
구분되는 연료전지

연료전지는 사용되는 전해질에 따라 다음 [표 II-10]과 같이 6가지로 분류할 수 있다.

[표 II-10] 연료전지의 형식별 종류

구분	고온형 연료전지		저온형 연료전지			
	용융 탄산염 연료전지 (MCFC)	고체 산화물 연료전지 (SOFC)	인산염 연료전지 (PAFC)	알칼리 연료전지 (AFC)	고분자 전해질막 연료전지 (PEMFC)	직접 메탄올 연료전지 (DMFC)
작동온도(°C)	550~700	600~1000	150~250	50~120	50~100	50~100
주 촉매	니켈	Perovskite	백금	니켈	백금	백금
전해질의 상태	Li/K alkali carbonates mixture	YSZ ¹⁾ GDC ²⁾	H ₃ PO ₄	KOH	이온 교환막	이온 교환막
전해질 지지체	Immobilized liquid	Solid	Immobilized liquid	-	Solid	Solid
전하전달 이온	CO ₃ ²⁻	O ²⁻	H ⁺	OH ⁻	H ⁺	H ⁺
가능한 연료	H ₂ , CO (천연, 석탄가스)	H ₂ , CO (천연, 석탄가스)	H ₂ , CO (메탄올, 천연가스)	H ₂	H ₂ , CO (메탄올, 석탄가스)	메탄올
외부연료 개질기 필요	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
효율(%LHV)	40~60	50~60	40~45	85	< 40	40
주용도	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 대규모 발전 ▪ 중소사업소 설비 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 대규모 발전 ▪ 중소사업소 설비 ▪ 이동체용 전원 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 중소사업소설비 ▪ Biogas Plant 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 우주발사체 전원 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수송용전원 ▪ 가정용전원 ▪ 휴대용전원 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 휴대용전원
특징	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 발전효율 높음 ▪ 내부개질가능 ▪ 열병합 대응가능 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 발전효율 높음 ▪ 내부개질 가능 ▪ 복합발전 가능 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 내구성 큼 ▪ 열병합 대응가능 	-	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 저온작동 ▪ 고출력밀도 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 저온작동 ▪ 고출력밀도

국내에 주로
보급되는
연료전지는 PAFC,
MCFC임

국내 연료전지 발전용 부문에서 가장 많이 채택되는 방식은 PAFC와 MCFC
이며, 두산퓨얼셀, 포스코에너지 등이 대표적인 생산업체이다.

누적 설치량은 포스코에너지가 최대이나 경영상의 문제로 최근 수주실적은

두산이 앞서가고 있으며 최근에는 해외 업체인 블룸에너지(Bloom Energy), 퓨얼셀에너지(Fuel-Cell Energy)가 국내 시장에 진출하였다.

**발전사들의 RPS
의무 이행수단으로
선호도가 높은
연료전지**

한국전력의 발전 자회사들을 중심으로 신규 연료전지 사업이 활발히 추진되고 있으며 태양광 및 풍력발전보다 소요 면적이 작고 발전량 통제가 임의로 가능하기 때문에 REC 확보가 안정적이며 이에 따라 발전회사들의 RPS 의무이행 수단으로 선호도가 높다.

[표 II-11] 용도별 연료전지 분야의 주요 기업 분포 현황

구분	소재	스택	개질기	BOP	시스템	운전
PEFC	포스코, 하이스코, 오텍, 한국타이어, 코오롱, 한화, 동아와성, 협진	현대기아자동차, FCP, GSFC, 하이스코	한국가스공사, 코켈	한라공조, 두원공조, 명화공업, 코오롱	현대기아자동차, FCP, GSFC, 하이스코	-
SOFC	포스코파워, 한창산업, 삼전화학, LTC, 세라파워, 코미코	포스코파워, 삼성SDI, 삼성전기, 한국전력, HnPOWER	한국가스공사, 코켈	한국가스공사, 삼천리, 퓨얼셀파워, 삼성엔지니어링, 효성, Kbeing 에너지	한국전력, 포스코파워, 삼성SDI, 경동나비엔, 현대하이스코	-
MCFC	두산중공업, 트윈에너지, 단단, 나노기공소재, 삼전대정화금, 진영정기, 보림	두산중공업, 포스코파워, 오터엔, 백상엔지니어링	-	두산중공업, 포스코파워, YPP, 태양산업, 비전, 효성중공업, 한중, CES Eng	두산중공업, 포스코파워	두산중공업, 포스코파워, 한전 및 발전자회사, 한국가스공사

자료 : 2018 에너지산업 산업기술 R&D 전략 : 에너지 저장 분야, 산업통상자원 R&D 전략기획단(2018)

(4) 국내 수소산업 생태계 구조

국내 수소산업 생태계를 분야별로 살펴보면, 수소 생산의 경우 석유화학단지 등에서 생산되는 부생수소 부문은 상용화를 이루고 공급망을 갖추고 있다. 반면 추출수소 및 수전해는 실증 단계에 머물러 있다.

저장·운송 분야에서는 현재 고압기체 부문이 상용화 단계이지만 액화 및 액상기술은 개발단계이다. 또한 수소 충전 분야는 파이프라인, 튜브트레일러, 이동식, 개질, 수전해 등의 방식으로 구성되는데 2019년 10월 현재 수소충전소 31기가 구축되어있고 우리나라 수소충전소의 경우 현재 압축기·튜브트레일러 방식으로 공급되고 있다.

수소모빌리티 분야에서 우리나라는 2013년 수소전기차를 양산하는 등 세

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

계 경쟁력을 갖춘 것으로 평가된다. 그러나 수소 선박, 열차, 드론 등 여타 수소모빌리티 분야는 R&D 단계에 머물러 있는 실정이다. 수소연료전지는 방식에 따라 수송용, 가정·건물용, 발전용, 휴대용 등으로 나뉜다. 이 중 휴대용을 제외하면 국내 기술력은 선도국 수준인 것으로 평가되고 있다.

[표 II-12] 국내 수소산업 생태계 구조

구분	수소생산	저장·운송	충전	수소모빌리티	수소연료전지
제품 및 방식	<ul style="list-style-type: none"> 부생수소 추출수소 수전해수소 	<ul style="list-style-type: none"> 파이프라인 튜브트레일러 액화탱크로리 	<ul style="list-style-type: none"> 파이프라인 튜브트레일러 이동식 개질 수전해 	<ul style="list-style-type: none"> 수소차 수소버스 수소 선박 수소열차 수소드론 등 	<ul style="list-style-type: none"> 수송용 가정·건물용 발전용 휴대용
부품소재	<ul style="list-style-type: none"> 수소제조장치(개질, 전기분해) 개질기, 탈황장치, 수전해장치, PSA, 압축기 	<ul style="list-style-type: none"> 수소저장용기 트레일러 수소 공급 배관 유량계, 촉매, 센서, 고압 개관·밸브 등 	<ul style="list-style-type: none"> 압축기, 고압용기, 디스펜서 	<ul style="list-style-type: none"> 연료전지시스템(스택, 수소·공기 공급 장치 등) 수소 저장 장치 전장장치 운전장치 	<ul style="list-style-type: none"> 셀스택 연료변환기 BOP 전자장치
국내성과	<ul style="list-style-type: none"> 부생수소 상용화 추출 및 수전해는 실증단계 	<ul style="list-style-type: none"> 고압기체 상용화 액화 및 액상기술은 개발단계 	<ul style="list-style-type: none"> 수소충전소 31기 구축(2019.10) 	<ul style="list-style-type: none"> 수소차 양산단계 선박, 열차, 드론 등은 R&D단계 	<ul style="list-style-type: none"> 수송용(수소차), 발전용, 건물용 수소 연료전지 분야는 선도국 수준
경쟁력 수준	<ul style="list-style-type: none"> 원천기술 미흡 상용화, 실증 부족(추출, 수전해) 	<ul style="list-style-type: none"> 핵심기술 미흡 LNG, 부생수소 파이프라인 구축 경험 	<ul style="list-style-type: none"> 부품 국산화율 미흡(40%) 사업성 부족 	<ul style="list-style-type: none"> 수소차 양산(2013) 부품 국산화 99% 소재기술 미흡 	<ul style="list-style-type: none"> 시스템 및 운영기술 확보 전극, 촉매, 전해질 수입의존
국내기업	<ul style="list-style-type: none"> 중소기업 중심 	<ul style="list-style-type: none"> 중소기업 중심 	<ul style="list-style-type: none"> 중소·중견기업 중심 	<ul style="list-style-type: none"> 시스템·부품 다수 기업 형성 	<ul style="list-style-type: none"> 시스템·부품 다수 기업 형성
	<ul style="list-style-type: none"> 덕양, SPG케미컬, 창신화학 등 	<ul style="list-style-type: none"> 이엔케이, 일진복합소재, SPG, SDG, 덕양, 두산중공업 등 	<ul style="list-style-type: none"> 효성중공업, 이엠코리아, 광신기계, 제이엔케이히터, 엔케이 등 	<ul style="list-style-type: none"> 현대자동차, 현대모비스, 코오롱, 세중공업, 한온시스템, 현대제철, 동아공업 등 	<ul style="list-style-type: none"> 포스코, 두산퓨얼셀, 현대자동차, 두산중공업, 효성 등
해외기업	<ul style="list-style-type: none"> MKK, 에어리퀴드, 발러 등 	<ul style="list-style-type: none"> 에어리퀴드, 이와티니, 메차, JSW, 린데 등 	<ul style="list-style-type: none"> 에어리퀴드, 이와타니, 넬, H2D, SPC, FEF 등 	<ul style="list-style-type: none"> 토요타, 혼다, BMW, 벤츠, 파나소닉 등 	<ul style="list-style-type: none"> 고어듀폰, 오사카가스, 보쉬, 파나소닉, FEC, MTU 등

3. 국내 수소산업 주요 사업 모델

(1) 수소융합단지 실증사업

수소산업 클러스터
구축을 위한 예비
타당성 조사
진행중

산업통상자원부와 한국에너지기술평가원이 주관하는 '2019년 수소융합단지 실증사업' 공모 결과 인천광역시, 전라북도, 강원도, 울산광역시, 경상북도가 선정되어 수소산업 클러스터 구축을 위한 예비 타당성 조사연구를 실시하고 있다.

전국 11개 시·도에서 제안한 아이디어를 대상으로 전문가 평가를 거쳐 ① 수소생산, ②수소 저장·운송, ③수소 모빌리티, ④ 수소·연료전지 발전의 4가지 클러스터 과제를 선정했으며 신청기관(광역시·지방자치단체)은 하나의 과제에 대해서만 신청이 가능하나 지자체 공동으로 하나의 과제에 지원하는 것은 가능했다.

인천광역시,
전라북도 :
수소생산 클러스터

수소생산 클러스터 부문에는 인천테크노파크가 선정돼 인천시, 수도권매립지관리공사, 연세대, 현대로템(주)과 함께 예비타당성 조사 연구를 하며 국비 2억 원을 지원받는다. 수도권 수소생산·공급 허브로서 대규모 수소생산 시스템 구축, 관련 소재·부품·장치 개발 및 연계 실증, 경제성 확보, 사업화 연계 및 생산설비 구축 등이 주요 조사 및 연구 대상이다.

이와 함께 전라북도는 새만금 재생에너지를 활용한 그린수소 생산을 위해 수소생산부문에 선정됐다. 그린수소 생산클러스터는 그린수소 실증 및 상용화 기반을 구축하고 연구개발 지원을 통해 수소생산·연관기업 집적화로 국내 그린수소 산업을 한 단계 도약시킬 사업으로 전망된다.

강원도 : 수소
저장·운송 클러스터

수소 저장·운송 클러스터 부문에는 강원도(삼척, 동해)가 선정돼 2억 5,000만원의 예비타당성조사 연구비를 지급 받는다. 내년부터 수소 저장·운송 클러스터에 대한 예비타당성 조사가 시작되며 성공적으로 통과가 되면 국비 770억 원, 지방비 330억 원, 민자 350억 원 등 1,450억 원의 사업비가 삼척호산, 근덕, 정라동과 동해 북평지역에 투입된다.

울산광역시 : 수소
모빌리티 클러스터

수소 모빌리티 클러스터 부문에는 울산시가 선정됐으며 수소전기차 글로벌 초격차 유지 및 수소 모빌리티의 핵심기술, 소재, 부품, 장치의 개발 및 상용화로 시장 창출 및 산업 육성을 위한 산·학·연 연계 클러스터 구축을 목표로 한다. 수소 모빌리티 기업 유치를 통한 산업기반을 구축하고 수소 모빌리티 활성화를 위한 인프라 구축 및 보급 확대를 위한 시범사업 등을 추진하게 된다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

경상북도 : 수소·연료전지 발전 클러스터

수소·연료전지 발전 클러스터 부문에는 경상북도로 포항시, 포항TP, 포스텍, 에너지산업진흥원, 도화엔지니어링 등 관련 전문기관으로 컨소시엄을 구성했으며 기존 연료전지 테스트베드장비를 활용해 선제적으로 추진한 '발전용 연료전지 인증센터 구축사업'과 '연료전지 전용 산업단지를 활용한 기업집적지 조성의 계획' 등 우수한 평가를 받은 바 있다. 이번 사업선정으로 경상북도는 3억 2,000만원의 국비를 지원받아 앞으로 18개월 간 예비타당성 조사를 준비하게 되었으며, 이를 통해 국내 최대 수소연료전지 클러스터 조성이 목표이다.

해당 과제는 정부의 '수소경제 활성화 로드맵'에 따른 수소경제 산업 생태계 기반 조성사업으로 기술개발, 인력양성, 표준화, 안전기술 등의 기반을 토대로 수소산업 클러스터⁴⁾를 구축하는 사업으로, 공모과제에 선정된 기관들은 앞으로 1년 6개월 동안 2억 5,000만원 내외를 지원받아 수소산업 클러스터 구축을 위한 예비 타당성 조사 및 연구를 진행하게 된다.

가. 인천광역시

인천테크노파크는 산업통상자원부의 '수소융복합단지 실증사업'의 4개 공모과제 가운데 '수소생산 클러스터' 부문에 최종 선정됐다.

수소산업 클러스터는 수소산업 전반의 기술개발 및 대규모 실증 테스트베드 역할을 하며, 수소융복합단지는 수소산업과 연관 산업의 집적 및 융합을 위한 부품·소재개발, 제품 시험, 기술개발 및 실증, 인증·표준 등 산학연관의 협력 지원을 토대로 한 기술혁신과 새로운 산업적 가치 창출을 목표로 한다.

인천TP는 이번 공모 선정으로 인천시, 수도권매립지관리공사, 연세대학교, 현대로템(주)과 함께 앞으로 1년 6개월 동안 수소생산 클러스터 구축을 위한 예비타당성 조사·연구를 추진하게된다.

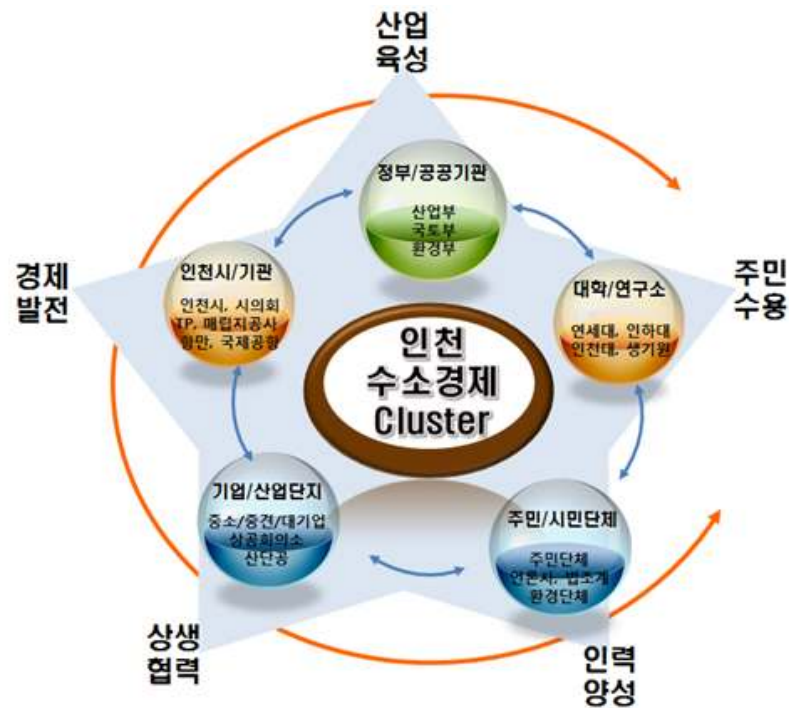
바이오가스를 활용한 수도권 수소생산·공급 허브 구축 목표

수도권 수소생산·공급 허브로서의 대규모 수소생산 시스템 구축, 관련 소재·부품·장치 개발 및 연계 실증, 경제성 확보, 사업화 연계 및 생산설비 구축 등이 주요 조사·연구 대상이다.

인천TP는 이번 공모 선정으로 인천 지역의 지속 가능한 수소 경제 산업생태계 조성과 수도권의 안정적인 수소공급망 확충 등 본격적인 수소 사회조기 진입에 적잖은 역할을 할 것으로 기대하고 있다.

4) 수소산업 클러스터 : 수소산업의 각 밸류체인별로 특정 지역 내 수평 또는 수직적으로 관련된 기업과 기관(대학, 연구소, 지자체)들이 상호 긴밀한 협력관계를 통해 기술혁신, 기술 상업화, 원가 절감, 품질향상 및 중소·중견기업 육성 등의 시너지 효과를 창출하는 혁신 클러스터

[그림 II-14] 인천 수소경제 클러스터 거버넌스 체계 구축



나. 전라북도

전라북도는 산업부의 '수소산업 클러스터 조성을 위한 예비타당성 조사 연구 공모'에서 수소생산 부분에 최종 선정돼 새만금 재생에너지와 연계한 그린수소 클러스터 구축에 탄력을 받게 되었다.

그린수소 클러스터
구축을 통한 수소
융복합산업
거점지역으로의
도약

해당 과제를 통해 수소 융복합산업 거점지역으로 도약하기 위한 집적시설인 그린수소 클러스터를 조성할 예정이며, 그린수소 클러스터를 통해 수소 생산과 저장·운송, 활용 등 수소산업 생태계의 한 축을 담당할 것으로 기대되고 있다.

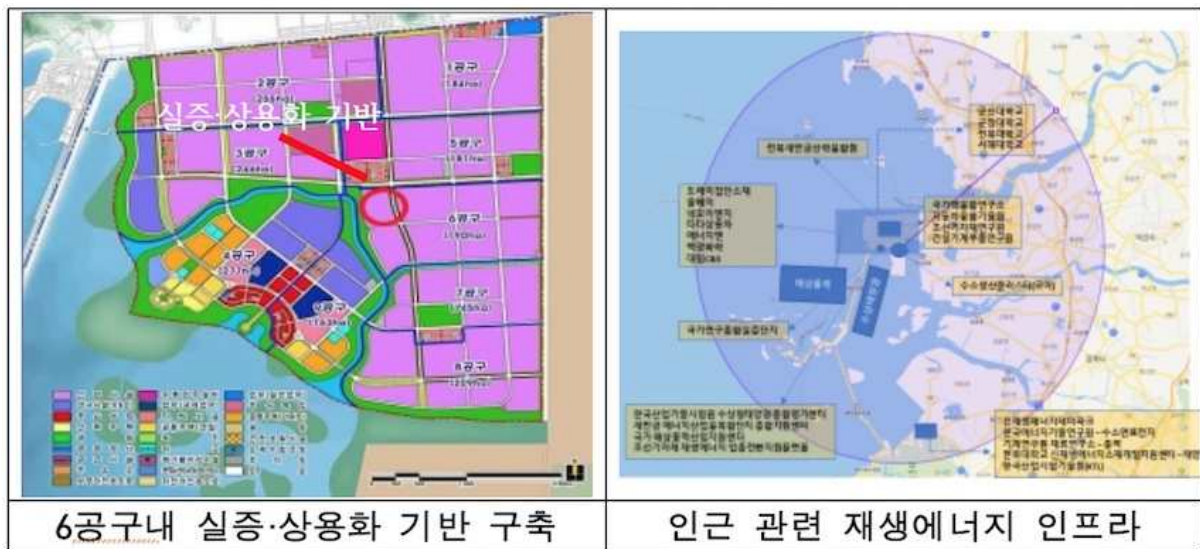
그린수소는 부생수소와 달리 재생에너지를 이용해 물을 전기분해하기 때문에 생산과정에서 이산화탄소가 발생하지 않는 CO₂-Free 수소이다.

현재 사용되는 대부분의 수소는 화학단지에서 발생하는 부생수소와 도시가스에서 수소를 추출하는 추출수소로 생산과정에서 이산화탄소 등의 화합물이 배출되어 친환경 에너지가 아니라는 지적을 많이 받아왔다. 새만금이 중심이 되어 그린수소가 수소산업의 중요 에너지원으로 부각된다면 완전한 친환경에너지원으로 환경문제만이 아닌 정부 정책의 당위성 확보에도 도움이 될 것으로 보인다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[그림 II-15] 전라북도 그린수소 생산 클러스터 구축 계획



다. 강원도

강원도형 수소경제
실현을 위한 수소
저장·운송
클러스터를
조성하는 강원도

강원도는 2019년 '수소 융복합단지 실증사업' 공모 과제 중 '수소 저장·운송 클러스터 구축'을 위한 예비타당성 조사 지원사업에 최종 선정되었다.

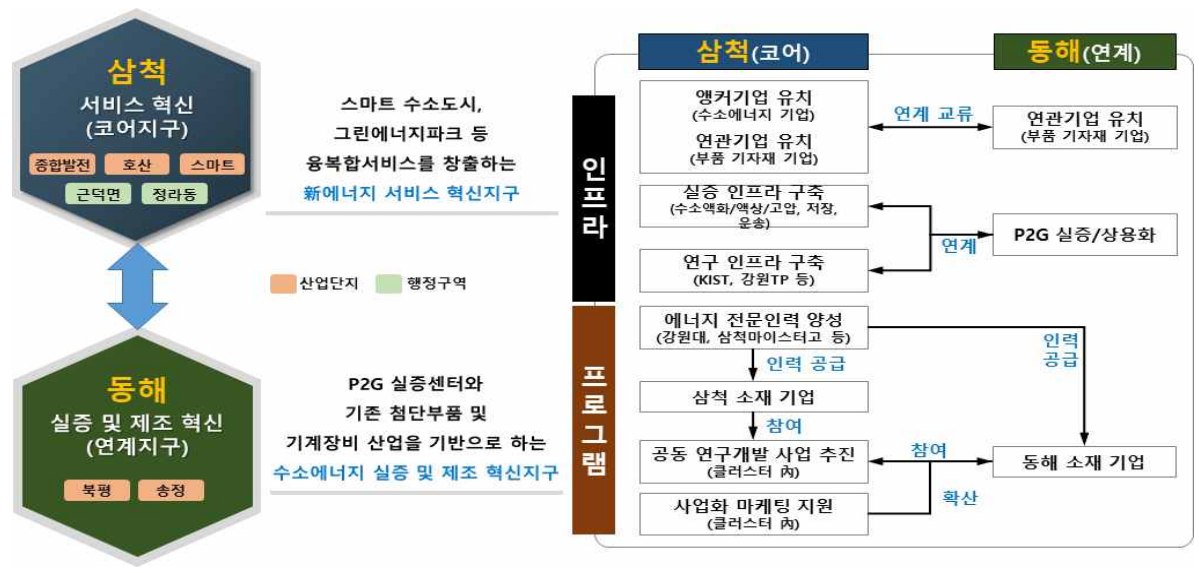
이에 강원도는 "강원도 수소경제 실현"을 위해 삼척 호산항 LNG 인수기지부터 동해시 북평산업단지까지 반경 20km 이내 총사업비 2,350억 원 규모를 투자해 국내 유일의 수소 저장·운송 클러스터를 조성할 계획이다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

원정 예정지였던 삼척에 스마트산업단지가 들어서고, LNG 인수기지를 통한 액체수소 기술 실증, 동해 북평국가산업단지에서는 그린수소 실증을 통해 '25년에는 수소융합 실증지원센터와 기체수소를 액화하는 인프라를 구축해 생산된 수소를 삼척과 동해에서 저장하고 이를 주변 기업과 가정에 공급할 수 있을 것으로 기대된다.

[그림 II-16] 강원도 수소 클러스터



라. 울산광역시

울산시는 지역산업 기반과 연계성이 크고 육성 때 파급효과가 가장 큰 수소 모빌리티 클러스터 구축사업에 응모하여 최종 선정되었다.

전국 유일한 수소 모빌리티 클러스터 구축을 통해 국가 수소 모빌리티 산업을 선도하고자 하는 울산광역시

이 사업은 울산시 전역을 대상으로 코어(핵심) 지구와 연계 지구로 각각 조성 될 예정이다. 코어 지구는 혁신도시와 테크노산단 일원의 연구개발 지구, 이화산단의 수소전기차 소재·부품 지구, 장현산단의 수소 건설기계 지구, 현대중공업과 현대미포조선의 수소 선박 지구 등 4대 권역으로 특화 육성된다. 또한, 연계 지구는 서부권역의 길천산단, 하이테크밸리를 중심으로 수소 버스와 이차전지 소재·부품 산업을 육성하며 수소 규제 자유 특구와도 연계해 시행할 예정이다.

울산시는 수소 모빌리티 산업기반 인프라 조성, 기술지원 체계 구축, 산업 생태계 조성, 거버넌스 구축 등 4대 분야 11개 세부사업을 시행할 계획이다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

전국 유일 수소 모빌리티 클러스터 구축사업을 통해 앞으로 국가 수소 모빌리티 산업을 선도하고, 수소 산업 전 분야에 시너지를 창출할 수 있을 것으로 기대된다.

[그림 표-17] 울산 수소 모빌리티 클러스터 계획도



마. 경상북도

경상북도는 '수소연료전지 발전 클러스터 구축을 위한 예비타당성 조사 연구'에 최종 선정되었다.

국내 최대
수소연료전지 발전
클러스터 조성이
목표인 경상북도

경상북도는 포항시, 포항테크노파크, 포스텍, 에너지산업진흥원, 도화엔지니어링 등 관련 전문기관으로 컨소시엄을 구성하였으며, 특히 기존 연료전지 테스트베드 장비(142억 원)를 활용해 선제적으로 추진한 '발전용 연료전지 인증센터 구축사업'과 '연료전지 전용 산업단지를 활용한 기업 집적지 조성의 계획' 등에서 우수한 평가를 받았다.

연료전지 생산 공장 소재, 포스텍/포항산업과학연구원/금속소재산업진흥원 등 산학연과 공동 협력 기술개발사업이 가능한 우수한 인프라는 경상북도만의 강점이다.

이번 사업선정으로 경상북도는 3억 2천만 원의 국비를 지원받아 2019년 12월부터 18개월간 예비 타당성 조사를 준비하게 되었으며, 이를 통해 국내 최대 수소연료전지 발전 클러스터 조성을 목표로 하고 있다.

경상북도는 정부의 수소경제 정책에 맞춰 포항시 영일만 산단 등에 2021년부터 2025년까지 2,427억 원(국비 1,214억 원, 지방비 605억 원, 민자 608억 원)을 투입하여 수소연료전지 제품 국산화 실증단지 및 산업화 단지를 조성하고, 발전용 연료전지까지 검인증이 가능한 인증센터를 설립해 기업과 연구소의 공동연구 및 기술교류가 상용화까지 이어지는 시스템을 구축하는 한편 포스텍 등 도내 대학의 인력양성 프로그램을 활성화하여 국내 연료전지 실력을 세계 최고 수준으로 끌어올리겠다는 계획이다.

수소연료전지 클러스터 조성사업이 성공적으로 추진되면 지역의 소재산업을 포함한 전통 제조업에도 새로운 활력을 불어넣을 수 있으며 에너지신산업 육성에도 크게 일조할 것으로 기대하고 있다.

[그림 II-18] 경상북도 수소연료전지 산업클러스터 기본계획



(2) 수소시범도시

도시 내
수소생태계를
조성하여 수소도시
구축

국토부는 수소 대중교통과 수소 도시를 양대 플랫폼으로 수소경제 생태계를 완성하고자 한다. 고속도로 수소충전소를 통한 수소 대중교통 활성화와 함께 도시 내에서 수소생산부터 저장, 운송, 활용까지 수소에너지를 활용하는 수소 도시를 구축할 계획이다.

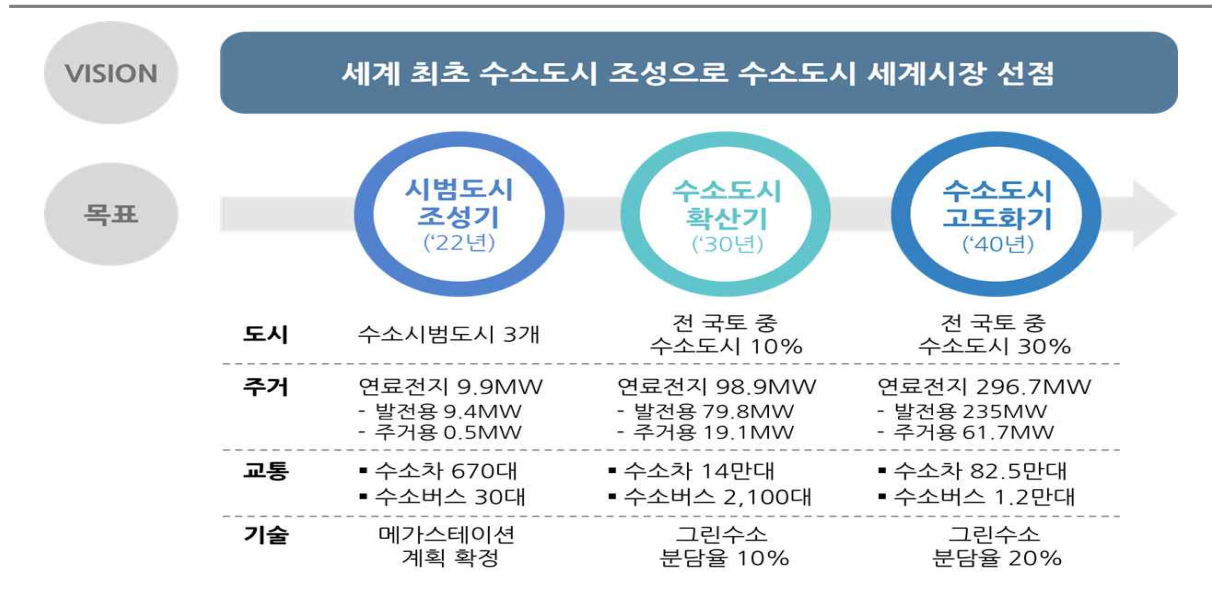
[그림 Ⅱ-19] 수소 시범도시 모델(안)



해당 사업은 정부가 발표한 '수소경제 활성화 로드맵'을 이행함과 동시에 현재 화석연료 중심의 도시 에너지를 상당 부분 수소로 전환함으로써 도시 내 에너지시스템의 실질적 전환을 목적으로 추진되었다.

다만, 현재 기술적 제약과 안전성의 우려가 있는 상황으로 도시 전반에 적용하기 위해 '수소시범도시'를 시작으로 단계적, 전략적으로 추진하고 있다.

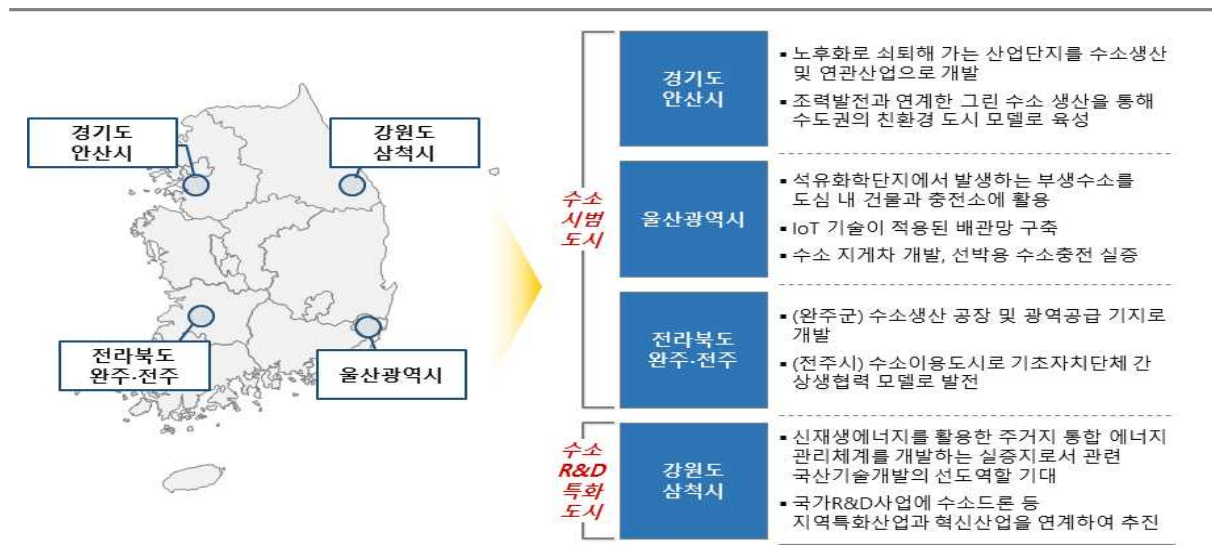
[그림 II-20] 수소도시 비전 및 목표



수소시범도시 선정(경기도 안산, 울산광역시, 전북 완주·전주), 수소R&D특화도시(강원 삼척)

국토부는 '수소시범도시 조성 사업'에 경기도 안산시, 울산광역시, 전라북도 완주·전주 3곳을 선정하고, 수소R&D특화도시로 강원도 삼척시를 선정하였다. 수소시범도시로 선정된 3곳은 주거와 교통분야에서 수소를 에너지원으로 적극 활용하고 지역특화산업 및 혁신기술육성 등을 접목한 특색 있는 도시로 조성 될 계획이다. 또한, 수소R&D특화도시로 선정된 삼척은 국산화 기반의 수소타운 기반시설 기술개발을 위한 실증지로서 육성될 계획이다.

[그림 II-21] 수소시범도시 및 수소R&D특화도시



경기도 안산시는 노후화로 쇠퇴해가는 산업단지를 수소생산 및 연관산업을 위해 활용하고, '글로벌 수소도시, ECO 안산'을 테마로 친환경 조력발전소의 기저전력을 연계한 그린수소 생산, 저장공간 없는 도시 배관망 등 제어·관제 기술 확보 등을 통해 친환경 에너지 활용 에너지 자립도시로서 서해 중심도시 역할을 수행할 방침이다.

울산광역시는 2013년부터 운영해 온 수소타운에서 축적된 경험을 바탕으로 석유화학단지에서 발생하는 부생수소를 도심 내 건물과 충전소에 활용하기 위해 IoT 기술이 적용된 배관망을 구축하고 수소지게차 및 선박용 수소충전소 실증 등 지역특화산업과 연계한 세계적인 수소도시로 거듭 날 전망이다.

전북 완주시는 수소생산공장 및 광역 공급기지로, 전주시는 수소활용도시로 기초자치단체간 상생협력 모델로 발전시켜나간다. 또한, 매년 천만 명 이상의 관광객이 방문하는 전주 한옥마을 인근에 홍보관을 설치함으로써 수소에너지 홍보에도 기여한다.

삼척시는 신재생에너지를 활용한 주거지 통합 에너지관리체계를 개발하는 실증지로서 관련 국산기술개발의 선도역할을 담당하고 국가R&D사업에 수소드론 등 지역특화산업과 혁신산업을 연계해 수송에너지 도시로 발전한다.

[표 II-13] 수소 시범도시

구분	수소시범도시			수소R&D특화도시
	울산	안산	전주·완주	삼척
기본요소	<ul style="list-style-type: none"> 임대주택(810호) 수소배관 10km 수소버스 11대 	<ul style="list-style-type: none"> 임대주택(232호) 수소배관 8km 수소버스 2대 물류센터 및 지게차 10대 	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택(408호) 수소배관 3.7km 수소버스 51대 	<ul style="list-style-type: none"> 신재생에너지와 연계한 소규모 수소타운 기술 개발

또한, 정부는 '22년도에 추진하는 3기 신도시 5곳(경기 남양주시 왕숙지구, 하남시 교산지구, 부천시 대장지구, 고양시 창릉지구, 인천 계양지구) 중 2곳 내외를 수소도시로 지정(공모방식으로 선정)해 수소충전소와 수소버스를 공급 할 예정이라고 발표했다.

(3) 국내 지자체별 수소산업 분야 정책 추진 현황

수소산업 육성을
위해 다양한
정책을 수립하고
있는 지자체들

정부가 수소산업 육성을 적극 추진하면서 전국 각 시도 등 지방자치단체들도 수소경제 발전에 집중하고 있다. 특히 정부의 수소정책 가운데 하나인 수소전기차 및 인프라 보급 확대와 관련한 지자체 사업이 증가하고 있으며, 현재 제주도를 제외한 각 도에서 수소 육성 계획을 마련하고 있으며 울산, 서울, 대구, 대전 등 주요 시 차원에서도 수소산업 육성을 위한 다양한 정책을 수립하고 있는 것으로 파악되고 있다.

가. 경기도

수소산업 육성을
위한 생태계 구축
기본계획을 발표한
경기도

- 수소생산기지 10개소
- 수소배관망 100km
- 수소차 13만대,
수소버스 3,000대,
수소충전소 200개소
- 연료전지 1GW 구축
- 수소클러스터 육성

경기도는 2019년 9월 '수소산업 육성을 위한 생태구축 기본계획'을 수립하고 수소산업을 '신 미래 성장 동력'으로 발전시키기 위한 다각적인 노력에 나선다고 발표했다.

'수소에너지 전환을 통한 CO₂/미세먼지 Free Zone 실현'이라는 비전 아래 수소생산기지, 배관망, 수소차 및 충전소 등 각종 인프라를 확충함으로써 환경과 산업 두 마리 토끼를 잡는 것은 물론 도를 수소에너지 산업 성장기를 주도하는 '글로벌 산업벨트'로 조성한다는 구상이다.

2030년까지 수소생산기지 10개소 발굴, 수소배관망 100km 확대, 수소차(13만 대)·수소버스(3,000대)·수소충전소(200개소) 보급, 수소연료전지발전 1GW 구축, 주력산업융합형 수소클러스터 육성 등 5대 추진목표와 이를 실현하기 위한 5대 분야 20대 중점과제 등으로 구성됐다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[표 II-14] 경기도 수소산업 육성 5대 분야 및 20대 중점과제

분야	20대 중점과제	예산
저렴하고 안정적인 수소공급 체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 평택 LNG인수기지 거점형 수소공급기지 육성(평택LNG기지를 수도권 남부 및 중부권역의 거점형 수소공급허브로 구축) ▪ 신규 조성시설 연계 그린수소 생산 ▪ 공공·민간투자를 통해 분산형 수소버스용 공급기지 유치(버스차량기지, 지역난방공사 등을 활용해 수소생산설비 및 충전소 9개소 설치) ▪ 생산기지-수소충전소 연계 수소배관망 지원사업 도입 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 463억 원
도민체감형 인프라 확대	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수소차, 수소버스, 수소충전소 인프라 확대 ▪ 산업·물류단지 수소지게차 등 건설장비 시범보급사업 ▪ 수소드론, 수소트램 실증사업 추진 ▪ 수소 생산시설 연계형 연료전지 시범사업 추진 ▪ 가정·건물 연료전지 보급지원사업 신설 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 5,753억 원
CO ₂ -프리존 수소융합 테마도시 구현	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수소모빌리티 전 분야 실현화한 '수소교통도시' ▪ 똑똑하고 깨끗한 '수소 스마트 선도산단' 구현 ▪ 수소연료전지 기반 '에너지자립타운 실증사업' 추진 ▪ 도·시군 수소융합도시 협의체 운영 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 101억 원
주력산업 융합형 수소클러스터 육성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 에너지, 자동차, 수소 생산융합형 수소클러스터 육성 ▪ 수소융합클러스터(기술개발, 실증)와 수소도시(기술, 제품적용) 연계 ▪ 수소산업 스타트업 지원을 통해 기업하기 좋은 경기도 육성 ▪ 소재 및 핵심 부품 분야 민관협력 R&D 투자 확대(신재생에너지(안산), 자동차(화성), 수소생 산거점지역(평택) 중심으로 수소산업 핵심 부품 글로벌 R&D 허브단지 조성 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 561억 원
안전한 수소에너지 지원 기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 경기도 수소산업 육성 및 지원에 관한 조례(해당 조례를 근거로 기술 지원, 인력 양성, 홍보 및 교육 진행) ▪ 수소박람회 개최, 체험장 및 홍보관 설치(2020년 국제수소엑스포 개최 예정) ▪ 도 수소전담팀 및 수소산업통합지원센터 등 신설 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 27억 원

자료 : 수소산업 육성을 위한 생태계 구축 기본계획, 경기도(2019)

나. 충청남도

수소에너지·자동차
부품
국가혁신클러스터
를 조성하고 있는
충청남도

충청남도는 수소경제 분야의 글로벌 거점으로 육성하기 위해 2027년까지 수소에너지·자동차부품 국가혁신클러스터 조성 계획을 수립하였다. 2018년부터 시작된 국가혁신클러스터 조성 계획은 내포신도시-당진-예산-서산-아산 일대 반경 20km에 수소에너지·자동차부품산업 중심단지를 구축하는 것이다.

[그림 II-22] 충남 수소에너지·자동차부품 국가혁신클러스터



수소버스 보급사업을 본격화한다는 방침을 세우고 2022년까지 수소차 1,200대와 수소충전소 20기 등의 인프라 구축을 계획하고 있다. 이를 위해 2020년부터 수소버스 9대, 수소차 174대 등 총 183대의 수소차를 우선보급하기로 결정하였다. 수소버스는 환경부의 '수소버스 시범사업' 대상으로 선정되어 서산시 5대, 아산시 4대 등이 우선 투입될 예정이며 논산시의 경우 수소연료전기차를 총 15대 보급 할 계획이다.

[표 II-15] 충청남도 국가혁신클러스터 조성 계획

시기	내용
1단계 (2018~2020)	<ul style="list-style-type: none"> 친환경자동차 부품과 수소산업 성장역량 확충을 위해 친환경자동차 제어부품 산업역량 확대와 수소생산거점 구축 사업화 R&D 지원을 통한 수소 활용 기업군 유치 기반 마련
2단계 (2021~2023)	<ul style="list-style-type: none"> 수소차와 수소에너지 생태계 활성화로 기업의 부품·제품 상용화와 활용 인프라 확충
3단계 (2024~2027)	<ul style="list-style-type: none"> 수소경제로의 전환과 수소사회 실현을 위해 국가 수소산업 거점 선정을 위한 생산기지와 수소발전소 건설을 추진

자료 : 수소에너지·자동차부품 국가혁신클러스터 조성, 충청남도

다. 강원도

수소산업 육성을 위한 실증사업을 추진하고 있는 강원도

- 수소시범도시
- 클러스터
- 수소생산기지 구축

강원도는 산업통상자원부와 협약을 체결하고 수소산업을 육성하고 있고, 기업과 연계하여 실증사업도 추진하고 있으며, 강원도 자체적으로 수소산업 발전을 위한 계획도 수립하고 있다.

강원도는 산업통상자원부의 2019년 수소생산기지 구축사업에 선정되어 국비 48억 5,000만 원을 확보하는 등 사업 추진 기반을 마련하였으며, 삼척시에 수소 기반의 에너지 거점 도시를 조성 할 계획이다.

또한, 수소시범도시 조성을 위해 SK텔레콤과 함께 과학기술정보통신부의 스마트빌리지 사업인 '에너지통합관리시스템 실증사업'을 진행하고 있다. 대표적으로 주택 대상 잉여전력 거래사업에 참여해 연료전지 30가구와 태양광 100가구를 대상으로 잉여전력의 이웃 간 거래사업 실증에 대한 착수가 계획되어 있다.

이 밖에도 삼척시는 한국동서발전과 업무협약을 체결하여 수소 중심 에너지 분야 사업계획과 산업융복합단지 조성 계획을 수립하고 연료전지 100MW 규모의 건설사업을 추진기로 했다.

강원도는 10톤급 미만의 수소어선 실증사업을 시작하였으며, 1회 충전으로 최대 5시간 체공이 가능한 액화수소드론 실증이 예정되어 있다. 2020년까지 수소전기버스 7대, 수소차 900대, 수소버스 충전소 2개소, 수소충전소 8개소 보급계획이 확정되어 있고 2025년까지 수소차 1만 2,000대와 수소충전소 18개소를 보급할 계획이다.

라. 지자체별 수소산업 관련 정책

각 지자체별 수소산업 관련 정책

지자체별 수소산업 육성정책들은 2019년 1월 정부의 수소산업 로드맵 발표 이후 수립되거나 계획 중인 정책이 대부분이지만, 각 지자체별로 로드맵 수립 이전에 마련된 정책 방안도 다수 존재하고 있다.

각 지자체에서 발표한 수소산업 육성정책들을 정리하면 다음과 같다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[표 II-16] 지자체별 수소산업 관련 정책

구분	주요 내용
서울	<ul style="list-style-type: none"> 충전 인프라 구축 계획 발표(2018) 현대차-서울시 수소경제 활성화 MOU 체결(2020)
경기도	<ul style="list-style-type: none"> 수소산업 육성을 위한 생태계구축기본계획(2019)
인천광역시	<ul style="list-style-type: none"> (생산) 연간 약 5만 톤, 수소유통허브를 통해 버스 차고지에 공급 (유통) 2023년까지 약 30km의 수소 전용 파이프라인 구축
강원도	<ul style="list-style-type: none"> 수소생산기지 구축(2019) 수소시범도시 조성 국내 최대 수전해 실증단지 착공 예정
충청남도	<ul style="list-style-type: none"> 수소에너지·자동차부품 국가혁신클러스터 조성(2018) 수소버스 보급사업 본격화
충청북도	<ul style="list-style-type: none"> 수소에너지 클러스터 구축 기본계획 수립(2019) 수소융복합실증단지(HOPE) 구축 계획(2019) 이동식 충전소 개발 및 설치 추진(충주, 음성)
대전시	<ul style="list-style-type: none"> 수소산업 전 주기 제품 안전성 지원센터 구축(2018) 수소산업 육성 로드맵 구축 예정
대구시	<ul style="list-style-type: none"> 수소차 보급 및 수소충전소 구축 기본계획(2019)_2030년까지 수소차 1만 2,000대 보급 및 충전소 40개소 한국가스공사 수소콤플렉스 유치 추진 중
광주광역시	<ul style="list-style-type: none"> 수소자동차 보급을 민간 분야로 확대
전라남도	<ul style="list-style-type: none"> 2022년까지 국가그린수소산업 중심지 목표
전라북도	<ul style="list-style-type: none"> 전라북도 수소산업육성계획 수립(2019) 수소전기차 및 수소 충전 인프라 중장기 보급계획(2019)
경상남도	<ul style="list-style-type: none"> 부산, 울산과 연계하여 동남권 수소경제권 구축
경상북도	<ul style="list-style-type: none"> 상주수소연료전지발전단지 조성(2019)

제2절 국외 수소경제 동향(정책, 기술, 사업모델)

1. 국외 수소산업 정책 동향

(1) 유럽

에너지 체계의
근본적인 전환을
위한 수소경제
육성 전략 '그린딜'
발표

2030년까지
1,000만톤 이상의
수소 생산능력
달성 목표 :
수소생산설비
'24년까지 6GW,
'30년까지 40GW

2020년 7월 유럽연합(EU)은 '기후 중립적인 유럽을 위한 수소전략'을 발표했다. 유럽연합이 수소 경제 육성 전략을 발표한 것은 이번이 처음이며, EU의 핵심국가 중 하나인 독일이 지난 6월 '국가 수소 전략'을 발표한 데 뒤이은 것이다.

핵심은 수소 생산 설비와 충전 설비에 대한 투자이며, 올해부터 2024년까지 신재생에너지를 이용해 물을 전기 분해해서 수소를 생산하는 설비를 총 6GW 용량으로 갖춰 원전 6개 분량의 전력으로 '수소 생산 공장'들을 가동하겠다는 의미이다. 이를 통해 연 100만톤 이상의 수소를 생산할 수 있으며, 2030년까지 수소 생산 능력을 1,000만톤으로 올릴 예정이다.

또한, 2031~2050년에는 수소연료전지를 경제 전반으로 확산시켜 내연기관을 사용하지 않는 '탈탄소화된 유럽'을 현실화 할 계획이다. EU는 수소 경제 규모를 올해 기준 20억 유로(2조 7,000억 원)에서 2030년까지 1,400유로(188조 8,000억 원)으로 키우겠다는 것이 목표이다.

EU는 '최종 사용 부문에서의 수요 확대'라는 제목의 항목을 별도로 만들어 수요 확보 전략을 제시했다. 그리고 대중교통의 수소화를 중심으로 한 수요 확보 전략을 밝혔다.

교통 분야에서 수소는 전기화가 어려운 곳에서의 유망한 선택지라며 배터리 기반 교통수단을 만들기 어려운 버스, 트럭, 열차 등에서 수소 활용에 나서겠다고 발표한 것이다.

[표 II-17] 기타 유럽 국가 수소 전략

구분	내용
영국	<ul style="list-style-type: none"> 상업지구의 탈탄소화 및 수소기반 시설 개발을 위한 기금 지원 '50년까지 탄소 순배출 Zero 목표를 위한 기후변화법 개정 수소 인프라 조직 UK H2 Mobility 설립 청정성장 전략을 일환으로 수소에너지 시스템 확충 강화
네덜란드	<ul style="list-style-type: none"> 북네덜란드에 풍력을 활용한 대규모 청정 전기 생산 '50년까지 3단계에 걸쳐 수소경제를 구축하는 로드맵 제시
덴마크	<ul style="list-style-type: none"> '50년까지 화석연료 의존도 0% 및 수소전기차 비중 50% 달성 유틸란드 반도에 수소 저장 프로젝트 진행중 롤란드섬에 수소도시 실증 실험

(2) 독일

독일은 수소산업을
통해 새로운
잠재력을 창출하고,
경제위기를
극복하기 위해
“국가수소전략”
발표

2020년 6월, 독일 정부는 에너지전환에서 선도적 지위를 차지하고 수소를 경쟁력 있는 산업으로 육성하기 위한 ‘국가수소전략’을 발표했다.

독일은 다른 EU국가와 함께 ‘유럽그린딜⁵⁾’에 합의하는 등 탈탄소화 전략을 수립하였으며, 이를 위한 실행방안으로 수소산업의 육성을 선택했다. 또한, 수소산업의 육성이 코로나에 따른 경제위기를 극복하고 독일산업의 새로운 잠재력을 창출할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

독일 정부는 수소를 독일 탈탄소 전략과 2050년 탄소 중립국 실현을 위한 핵심 요소로 판단하여 독일 수소 시장확대를 위해 70억 유로, 수소 확보를 위한 글로벌 파트너십 구축에 20억 유로를 투자할 계획이다.

5) '19년 12월 EU에서 발표한 기후변화 관련계획으로, '50년까지 신재생에너지 발전, 탄소배출권 구매 등으로 탄소의 순배출량 0을 목표로 함

[표 II-18] 독일의 주요 수소산업 지원정책 현황

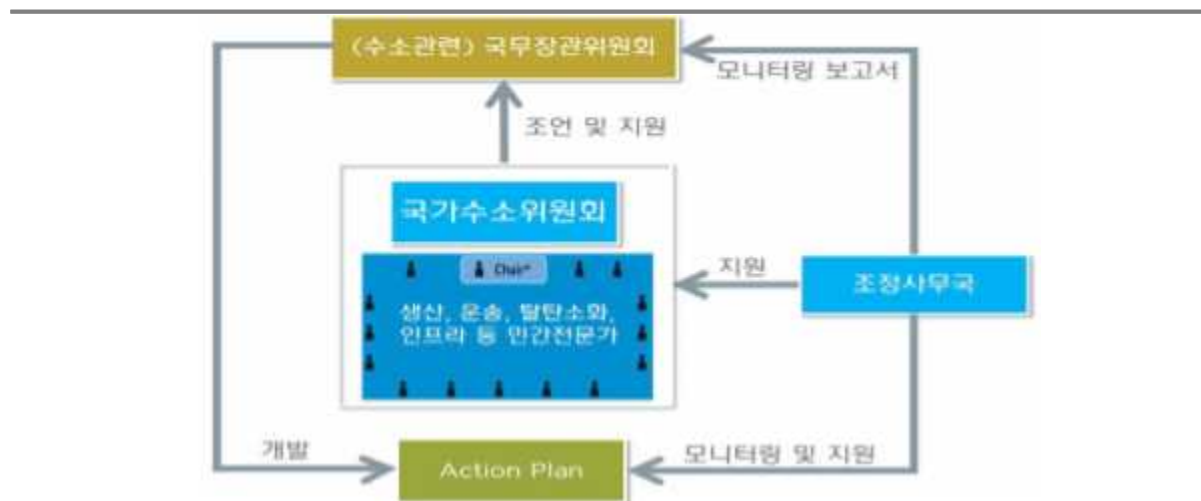
지원정책	금액
① '06~'26년 수소 및 연료전지 기술에 관한 국가 혁신프로그램	21억유로
② '20~23년 에너지 및 기후기금에 따른 그린수소 개발, 수소기술 관련 에너지 연구	5.3억유로
③ '20~'23년 수소관련 기술 시장화 목적의 '에너지 전환을 위한 규제 샌드박스'	6억유로
④ '20~'23년 생산공정의 탈탄소화를 위해 수소를 사용하는 대규모 산업시설 지원	10억유로
⑤ '20~'30년 국가수소전략(수소기술의 사업화, 국제 협력)	90억유로

자료 : 독일 연방경제에너지부(2020), 'The National Hydrogen Strategy'

국가수소전략
수립과 올바른
이행을 위한
거버넌스 조직
구성

본 전략에서는 수소 기술 개발 및 내수시장 확대를 위한 첫 단계로 정부가 추진해야 할 세부 분야별(운송, 산업, 난방, 인프라, 연구혁신, 국제협력 등) 총 38가지의 조치를 제시하였다. 또한, 국가수소전략의 수립과 올바른 이행을 위한 거버넌스 조직을 구성하여 수소내각위원회와 분야별 전문가로 구성된 수소위원회 및 컨트롤 센터를 수립하였다. 국가수소전략 및 세부 실행계획을 수립 및 개선하고 이행여부를 모니터링하여 목표 성과 달성을 위한 핵심 역할을 수행할 것이다.

[그림 II-23] 독일 국가수소전략 거버넌스 구조



자료: 독일 연방경제에너지부(2020), The National Hydrogen Strategy

국가수소전략 실행계획을 통해 독일 정부는 수소의 경제적이고 지속가능한 생산, 운송 및 사용을 위한 민간 투자 확대를 촉진했다. 이는 코로나-19 사태에 따른 독일 및 유럽의 경제적 위기를 극복하는 데에도 기여 가능하며,

따라서 이를 위해 각 정부 부처 차원에서 일관적이며 체계적인 방식으로 다양한 조치를 시행하고 있다.

[표 II-19] 독일 국가수소전략 이행조치

구분	내용
수소생산	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 재생에너지 전력의 효율적 사용을 위한 제반조건 개선 ▪ 탄소가격제 시행 및 재생에너지부담금 인하 ▪ 수소 생산 업체 및 전력망 업체간 협력 모델 구축 ▪ 수전해설비 지원 및 해상풍력 기반 수소 생산 투자 확대
수소모빌리티	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 환경친화적 상업용 차량 구매 보조금 9억 유로 지원 ▪ 대중교통 및 지역 철도 등에도 수소 인프라 설치 ▪ 연료전지 구동 차량의 유럽 내 이동을 위한 인프라 및 제도 개선 ▪ 수소 및 연료전지 시스템 국제 표준 적용
산업	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 산업계의 탈탄소화 및 수소 사용 지원 ▪ (화학 산업) 회색수소 → 그린수소 대체 지원 ▪ (철강 산업) 완전한 수소환원제철공법 논의 ▪ (항공 산업) 수소 기술 적용 여부 검토
난방	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고효율 연료전지 가열장치 사용 권장 및 자금 지원 ▪ 연료전지 가열장치 홍보
인프라	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기존 인프라를 최대한 활용하고, 필요시 새로운 인프라 구축 ▪ 수소 인프라 구축 및 확장과 관련해 규제 수립 진행 중 ▪ 유럽 내 인프라 연결성 강화 ▪ 도로·철도 네트워크 및 수로에 수소충전소 설치
연구혁신 및 교육	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수소 기술의 새로운 연구에 대한 이니셔티브 추진 ▪ 과학계와 산업계 간 혁신 연구 네트워크 강화 ▪ 혁신 친화적인 프레임워크 수립을 통해 수소 기술 상용화 추진 ▪ 우수 젊은 인력 양성을 위해 연구기관 및 대학 간 협력 추진
유럽차원의 조치	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 유럽 차원의 규정 및 표준 마련 ▪ 유럽 차원의 그린수소 연구개발 투자 확대 ▪ 유럽 수소사회를 구축하여 유럽 내 수소 생산능력 및 인프라 강화
글로벌수소시장 및 국제무역파트너십	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 에너지 수출·수입국과의 수소 에너지 관련 신규 파트너십 구축 ▪ 수소 파트너 국가와 협력을 확대하여 글로벌 시장 선점 ▪ 국가별 수소 생산 역량을 분석하여 잠재 수소 수출 및 수입국 파악

동 실행계획은 2023년까지 추진 할 국가수소전략의 첫 번째 단계를 나타내며, 수소 시장 진입 기회 확대 및 연구개발 강화 등을 목표로 하고 있다. 2023년에 시작되는 두 번째 단계는 독일 수소 내수시장 강화 및 통합을 바탕으로 유럽 및 글로벌 차원에서의 계획 확립과 독일 경제 성장 촉진을 위한 것으로 동 전략은 기획 단계에서부터 전략의 지속가능한 이행 여부를 중점으로 하고 있다.

[표 II-20] 독일의 수소관련 투자 현황

구 분	내용
수소연료전지 국가혁신 프로그램	<ul style="list-style-type: none"> 2006년 ~ 2017년 사이 7억 유로가 투입되어 수소와 연료전지 기술개발에 사용되었으며, 추가로 14억 유로가 2016년 ~ 2026년 기간에 투입되어 활용 중
에너지기후기금	<ul style="list-style-type: none"> 2020년부터 2023년까지 3억 1,000만 유로가 에너지기후기금을 통해 그린수소와 관련된 기초연구에 투입될 계획임
규제 샌드박스 ⁶⁾	<ul style="list-style-type: none"> 에너지전환을 위한 규제 샌드박스를 통해서 2020년부터 2023년 사이 1억 유로가 수소 기술 혁신을 위해 투입될 것으로 계획되어 있음
미래 패키지	<ul style="list-style-type: none"> 2020년 6월 3일 발표된 미래패키지를 통해, 7억 유로는 독일 내 수소 시장을 촉진하기 위해 2억 유로는 수소 사업과 관련한 국제 연대를 강화하기 위해 투자될 것으로 계획되어 있음

체계적인 이행상황
점검 및 전략
개발을 위한
국가수소위원회
설립

국가수소전략에 대한 체계적인 이행상황의 점검 및 전략의 개발을 위해서 거버넌스를 구성했다. 운송, 생산, 인프라, 산업의 탈탄소화 등에 관련된 민간 전문가 26명으로 이루어진 '국가수소위원회(National Hydrogen Council)'를 설립하여, 수소관련 국무장관위원회에 전략을 제안하고 국가수소위원회와 정부부처의 긴밀한 연계를 보장하기 위해서 국무장관위원회와 정기적인 공동회의를 개최 할 예정이다.

(3) 일본

일본은 세계 최초
수소시대 선언('17)
및 수소기본전략
발표

일본은 2002년 고이즈미 총리의 수소경제 필요성 강조 이후, 아베 정부가 2017년 4월 '세계 최초 수소시대'를 선언하였다. 제4차 에너지기본계획을 바탕으로 2017년 12월 수소기본전략을 발표하여 수소생산 및 활용 전 분야에 걸쳐 시장 창출 및 기술개발 목표를 설정하는 등 정부 주도로 수소산업의 육성을 위해 전방위적으로 노력하는 것으로 알려졌다. 또한, 2018년 7월 향후 30년을 위한 정책 대응과 50년간의 시나리오가 포함된 제5차 에너지기본계획을 발표했다.

6) 규제샌드박스 기금은 독일의 탈탄소화를 목표로 하며, 총 6억 유로 규모로 조성되었음

[표 II-21] 일본의 수소기본전략('17.12.26)

수소기본전략('17) 목표			수소·연료전지 전략 로드맵 목표		접근방안
이용	수송	[FCEV] ▪ '25년 : 20만대 ▪ '30년 : 80만대	'25년	<ul style="list-style-type: none"> ▪ FCEV와 HEV 가격차 : 300만엔 → '25년 70만엔 ▪ (연료전지) 2만엔/kW → '25년 5,000엔/kW ▪ (수소저장시스템) 70만엔 → '25년 30만엔 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철저한 규제 개혁 및 기술 개발
		[HRS ⁷⁾] ▪ '25년 : 320개소 ▪ '30년 : 900개소	'25년	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 구축비 : 3.5억엔 → '25년 2억엔 ▪ 운영비 : 3,400만엔 → '25년 1,500만엔 [충전소 설비 가격] ▪ (압축기) 0.9억엔 → '25년 0.5억엔 ▪ (축열기) 0.5억엔 → '25년 0.1억엔 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 전국 단위의 충전 네트워크 확대 ▪ 운영시간 확대(주말) ▪ 가솔린 충전소, 편의점 등에 충전소 확대
		[버스] ▪ '30년 : 1,200대	'25년	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1억 500만엔 → '25년 5,250만엔 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연료전지 버스용 HRS 구축 확대
	발전	▪ '30년까지 상용화	'20년	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수소 발전 효율성 : 26% → 27%(1MW 규모) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고효율 연소기 등 기술 개발
	연료전지	▪ 그리드 패리티 초기도달(자립화)	'25년	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 업무 및 산업용 연료전지의 '25년 그리드 패리티 실현(폐열 이용 포함) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연료전지 셀/스택 기술 개발
공급	화석연료+CCS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ '30년 : 30엔/Nm³ ▪ 장기적 : 20엔/Nm³ 	'20년 초반	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 생산(갈탄 이용한 개질수소) : 수백엔/Nm³ → 12엔/Nm³ ▪ 저장 및 이송(액화수소탱크) : 수천m² → 5만m² ▪ (수소 액화기술 효율성) 13.6kWh/kg → 6kWh/kg 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 갈탄으로부터 수소를 추출하는 가스화 기술 효율성 제고 ▪ 극저온 지속 유지가 가능한 수소저장탱크 개발(단열성 확보)
	그린수소	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수전해 시스템 비용 5만엔/kW 달성(장기) 	'30년	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 알칼라인 수전해 시스템 비용 : 20만엔/kW → '30년 5만엔/kW ▪ 알칼라인 수전해 장치 에너지 소비량 : 5kWh/Nm³ → '30년 4.3kWh/Nm³ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ FH2R⁸⁾가 있는 후쿠시마 현 등을 대상으로 수소 관련 기술 집중 적용 → 수소사회 모델 도시 구현 ▪ 수전해 장치 효율성·내구성 향상

자료 : 현대차그룹 글로벌경영연구소, 현대차증권

일본은 '수소기본전략'을 통해 ①저비용 수소 공급체제 구축, ②국제 수소 생산·공급망 개발, ③수소 수송·저장을 위한 에너지 운송 개발, ④재생에너

7) HRS(Hydrogen Refueling Station) : 수소충전소

8) FH2R(Fukushima Hydrogen Energy Research Field) : 후쿠시마 수소에너지 연구 필드

지원 전력의 수소화 기술개발, ⑤지역 자원 활용 및 미이용 에너지원 활용 제고, ⑥발전 부문 수소 이용 확대, ⑦모빌리티 수소 이용 확대 등으로 구분하여 세부 달성 목표를 설정하였다.

구체적으로 2030년 수소 도입 가격을 현재의 1/3 이하인 30엔/Nm³(공장 인도 가격 기준), 2050년에는 20엔/Nm³ 정도까지 절감하는 것을 목표로 제시하였다. 이를 위해 해외 미이용 에너지원 및 재생에너지를 활용하겠다는 방침이다.

[표 II-22] 일본 수소기본전략의 주요 목표

구분	주요 목표
수소 가격	<ul style="list-style-type: none"> 2030년 30엔/Nm³ 정도 2050년 20엔/Nm³ 정도까지 수소 비용 절감
수소 제조비용	<ul style="list-style-type: none"> 2017년 기준 수백 엔/Nm³에서 2022년 12엔/Nm³
수소 액화 원단위	<ul style="list-style-type: none"> 2017년 기준 5톤/일로 13.6kWh/kg, 2022년 6.0kWh/kg
수소 유기 하이드라이드	<ul style="list-style-type: none"> 2030년 톨루엔의 손실비율 1.4%로 절감 목표

자료 : 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議(2017)

(4) 중국

중국은 에너지 구조 전환을 위한 신에너지 육성 정책 수립

중국은 에너지 안보와 환경보호 등의 문제가 대두된 2000년대 초반부터 에너지 구조 전환을 위한 신에너지 육성 정책을 수립하였다. 제11차 5개년 계획에서 '신에너지산업' 관련 발전 목표를 처음으로 수립하였으며, 에너지 절약과 환경표준 제시 및 에너지 사용량과 배출량의 목표 달성률을 명시하였다. 또한 대체에너지 개발 계획을 발표하여 환경친화적 에너지 개발을 장려하고 2011년 이후 '전략산업구조 과학기술재정' 등을 통해 수소연료전지와 관련 산업을 포함한 수소 산업 발전을 유도하는 정책을 잇따라 발표했다.

[표 II-23] 중국 중앙정부의 수소산업 정책

구분	정책	내용
2018	▪ 신에너지 자동차 확산·응용을 위한 보조금 정책 개선에 관한 통지	▪ 연료전지 보조금 정책 유지
2016.10	▪ 수소차 발전규획	▪ (2020년) 수소차 5,000대 및 충전소 100개 ▪ (2030년) 수소차 100만대 및 충전소 1,000개
2016	▪ 국가개혁개발위원회와 국가에너지국 시스템 내부 문건	▪ 15개 중점 혁신 임부 발표, 그 가운데 수소에너지와 연료전지기술 혁신에 대한 내용
2015	▪ 중국제조 2025	▪ 연료전지자동차 운행 규모 확대를 위해 2025년까지 수소 제조 및 충전설비 등 기초 인프라 구축, 지역 혹은 소규모 운행 실현 목표 - 부품소재의 국산화 실현 - 연료전지와 배터리 안전성 제고 - 연료전지자동차의 운행 규모를 1,000대로 확대
2014	▪ 신에너지 자동차 충전시설 건설 장려에 관한 통지	▪ 국가기술표준인 수소 충전 능력이 최소 200kg에 부합하는 연료전지자동차 수소전지충전소 건설 시 보조금 400만 위안 지급
2011	▪ 중화인민공화국 차선세법	▪ 연료전지, 하이브리드자동차세 50% 감면
2009	▪ 에너지 절약과 신에너지 자동차 시범 확산을 위한 재정 보조금 관리 방법	▪ 저에너지 하이브리드자동차 : 4,000만 ~ 42만 위안 차등 지급 ▪ 연료전지자동차 : 6만 ~ 60만 위안 차등 지급

자료 : 중상산업연구원(2019)

중국은 2019년 3월 전국인민대표회의에서 수소에너지 설비와 수소충전소 건설 추진 내용이 포함되면서 중앙 정부 차원의 수소전기차 관련 산업 육성 의지를 표명하였다. 이후 국가발전개혁위원회는 '산업구조조정을 위한 지침서' 초안을 발표하여 수소에너지 및 충전설비를 장려산업으로 분류하였으며 재무부는 수소차 보조금을 2020년까지 유지하는 계획을 발표하였다. 이를 토대로 신에너지 자동차 판매 비중 목표를 2020년 7%, 2025년 15%, 2030년 40% 이상으로 제시하였다.

[표 II-24] 중국 수소전기차 중장기 발전 로드맵

구분		~2020년	~2025년	~2030년(상용화수준)
종합목표		<ul style="list-style-type: none"> 특정 선별지역 내 공공차량 소규모 시범 운용 (5,000대) 기업당 연료전지시스템 1,000개 이상 생산 	<ul style="list-style-type: none"> 도심 내 승용 및 서비스 차량 위주의 대규모 운용 (운용지역 확장, 5만 대) 기업당 연료전지시스템 10,000개 이상 생산 	<ul style="list-style-type: none"> 대규모의 승용 및 상용차량 상용화(100만 대) 기업당 연료전지시스템 10만 개 이상 생산
수소차	기능	<ul style="list-style-type: none"> (냉시동성) 영하 30°C, 동력시스템 구조 최적화 하이브리드형(저전력 연료전지 + 고용량 배터리) 전기차 수준 제조비용 	<ul style="list-style-type: none"> (냉시동성) 영하 40°C, 소규모 생산 하이브리드형(고전력 연료전지 + 중용량 배터리) 동급 HEV 수준 제조비용 	<ul style="list-style-type: none"> 내연기관차 수준 성능 및 제품 경쟁력 우위 확보 * 전력, 경제성, 내구성, 환경적합성 및 비용측면 수소 100% 이용
	상용	<ul style="list-style-type: none"> 제조비 150만 위안 이하 	<ul style="list-style-type: none"> 제조비 100만 위안 이하 	<ul style="list-style-type: none"> 제조비 60만 위안 이하
	승용	<ul style="list-style-type: none"> 시속 160km/h 이상 수명 20만km 제조비 30만 위안 이하 	<ul style="list-style-type: none"> 시속 170km/h 이상 수명 25만km 제조비 20만 위안 이하 	<ul style="list-style-type: none"> 시속 180km/h 이상 수명 30만km 제조비 18만 위안 이하
공통기술	스택	<ul style="list-style-type: none"> (수명) 5,000시간/10,000시간 (냉시동성) 영하 30°C (소재비) 1,000위안/kW (출력) 70kW (에너지밀도) 2kW/kg 	<ul style="list-style-type: none"> (수명) 6,000시간/20,000시간 (냉시동성) 영하 40°C (소재비) 500위안/kW (출력) 90kW/120kW (에너지밀도) 2.5kW/kg 	<ul style="list-style-type: none"> (수명) 승용차 : 8,000시간, 상용차 : 30,000시간 (냉시동성) 영하 40°C (소재비) 150위안/kW (출력) 120kW/170kW (에너지밀도) 3.0kW/kg
	기초소재	<ul style="list-style-type: none"> 고성능 박막 재료 저백금 촉매, 금속 분리판 	<ul style="list-style-type: none"> 박막/촉매/분리판 신뢰성 개선 	<ul style="list-style-type: none"> 전극 접합체/박막/분리판 비용 절감
	제어	<ul style="list-style-type: none"> 연료전지 시스템 제어기능 최적화 	<ul style="list-style-type: none"> 연료전지 신뢰성 개선 	<ul style="list-style-type: none"> 연료전지 비용 절감
	수소저장	<ul style="list-style-type: none"> 수소공급시스템 핵심부품 개발(탄소섬유, 압력저감 밸브 등) 고압(70MPa 국제기준) 수소저장용기 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 수소공급시스템 핵심부품 신뢰성 확보 70MPa 수소저장용기 대량 생산 	<ul style="list-style-type: none"> 수소공급시스템 비용 저감 고밀도 수소 저장 용기 개발
인프라	수소생산	<ul style="list-style-type: none"> 부생수소 이용 잉여 재생에너지 발생 시 수소 생산 등 	<ul style="list-style-type: none"> 재생에너지 이용 수소 생산 중심 수소충전소 현지(On-Site) 생산도 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 재생에너지 이용 수소 생산 확대 → 분산형 수소 생산 시스템 구축
	운송	<ul style="list-style-type: none"> 고압 수소 저장 및 운송 	<ul style="list-style-type: none"> 고압 수소 및 액화수소 형태 저장 및 운송 	<ul style="list-style-type: none"> 상압 고밀도 액화수소 저장 및 운송
	충전소	<ul style="list-style-type: none"> 100개소(35MPa/70MPa) 	<ul style="list-style-type: none"> 300개소(35MPa/70MPa) 복합충전소 형태 확대(주유소, 전기차 충전소 포함) 	<ul style="list-style-type: none"> 1,000개소(35MPa/70MPa)

자료 : 에너지 절약 및 신에너지차 기술 로드맵

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

각 지방정부는 수소에너지 산업 육성을 위한 방안 발표

중국의 각 지방정부에서도 수소에너지산업 육성을 위한 방안을 잇따라 발표하고 있다. 상하이시는 2025년까지 수소충전소 50개소를 구축하고 수소승용차 2만 대 이상, 수소상용차 등 기타 차량은 1만 대 이상의 운영 계획을 발표했다. 광둥성 포산시도 올해 수소충전소 10개소를 운영하고, 1,000대의 수소버스 운영 시범사업을 추진할 계획이다. 포산시는 광둥성의 수소에너지 육성 시범도시로 '포산시 수소에너지산업 발전 계획(2018~2030)'을 발표하며 수소충전소와 주유소, 가스충전소, 전기충전소 병합 설치를 독려하고, 2030년 총 57개의 수소충전소를 설치하겠다는 계획을 발표하였다. 산둥성과 장쑤성은 '녹색에너지 수소에너지 도시'와 '수소에너지 시범도시'를 건설하여 수소에너지 기술개발과 산업 보급 응용에 집중하고 있다.

[표 II-25] 중국 지방정부의 수소에너지 육성 전략

구분	추진내용
상하이	<ul style="list-style-type: none"> 2017년 9월 '상하이 수소연료전지차 발전계획' 발표 2019년 자딩구 지역에 산업 클러스터 조성
베이징	<ul style="list-style-type: none"> 2017년 말 수소전기차 산업을 중점 육성 분야로 확정
후베이	<ul style="list-style-type: none"> 우한 내 중국 최초 수소연료전지개발 산업단지 구축 예정 2020년까지 100개 이상의 수소전기차 관련 기업 유치
저장성	<ul style="list-style-type: none"> 2022년까지 수소전기차 배터리 및 완성차 생산 시스템 구축

(5) 미국

DOE 주도하에 수소 관련 정책을 시행하고 있는 미국

- 매년 수소연료전지
프로그램 및 평가보고서
발간

연방정부에서는 DOE(Department of Energy)의 주도하에 정책을 시행하고 있으며, 2006년 수립된 Hydrogen Posture Plan을 바탕으로 기술개발, 시장 침투, 시장확대 및 인프라 정비 등 단계별 목표를 설정하고 통합 프로그램을 시행중이다.

DOE는 매년 발간하고 있는 '수소연료전지 프로그램' 및 '연간 성과 검토 및 평가보고서' 등을 통해 수소에너지 분야의 연구개발 현황을 공개하고 있으며, 뿐만 아니라 각 과제에 대한 평가를 첨부하는 등 과제 수행의 투명성을 강조하고 있다.

미국 수소산업 추진에서의 큰 특징은 캘리포니아 주정부 차원의 민간파트너십인 CaFCP와 연방정부 차원의 DOE 중심 민간파트너십인 H2USA, 두 단체가 해당 산업의 확대를 주도하고 있다는 점을 들 수 있다.

[표 II-26] H2USA와 CaFCP 민관파트너십

구분		H2USA	CaFCP	
설립연도		▪ 2013년도	▪ 1999년도	
성격		▪ 연방 차원 민관파트너십	▪ 주 차원 민관파트너십	
목표		▪ 미국 FCEV 상용화 및 수소연료 충전소 보급	▪ 주 FCEV 상용화 촉진 및 수소 연료충전소 보급	
사업내용		▪ 수소에너지 상용화 기술개발 ▪ 수소연료충전소 인프라 확대 ▪ 시장지원 ▪ 자금조달	▪ 수소충전소 확대 ▪ 연료전지 안전 관련 규정과 표준의 개발 및 지원 ▪ 커뮤니티 준비 ▪ 자금조달기재 확립	
정부 지원 방식		▪ 기술개발 프로젝트 지원	▪ 수소충전소 건설비용 지원	
참여기관구성	공공	정부기관	4개	7개
		연구기관	10개	7개
		공기업	-	2개
	민간	자동차업체	8개	8개
		가스회사	4개	4개
		연료전지공급자	10개	5개
		비영리조직	4개	4개
	합계		40개	37개
운영		▪ 운영위원회(경영 및 집행총괄) ▪ 사무국(FCHEA 주도) ▪ 4개의 워킹그룹별 사업 진행	▪ 운영팀(집행총괄) ▪ 행정지원 실행팀(다양한 프로젝트 실행)	
예산		▪ 연구 프로젝트는 연방정부 지원 ▪ 조직 운영비용은 구성원 부담	▪ 충전소 초기 예산은 주정부 지원 ▪ 조직 운영비용은 구성원 부담	
활동 성과		▪ 7개 주 '수소 로드맵' 신규 수립	▪ 충전소 건설 가속화 상황에 따른 정책조정 실시	

자료 : 미국의 수소연료전지차 보급을 위한 민관파트너십 사례와 시사점, 충남연구원(2015)

캘리포니아주를
중심으로
수소산업을 확장해
나가는 미국

DOE는 H2USA를 통해 수소연료전지 관련 분야를 통합적으로 운영하여 인프라 확대를 위한 노력을 지속하고 있는데, 2016년 11월 3,000만 달러 투자 및 캘리포니아를 포함하는 10개 주에서 2025년까지 신차 판매의 16%를 무공해 자동차로 해야 하는 것으로 강제하고 있다. CaFCP는 2030년까지 1,000기의 수소충전소, 100만 대의 수소전기차 보급을 목표로 설정하여 수소 인프라 확장을 주도하고 있는 상황이다.

장기적인 관점에서 미국의 수소정책은 정부 차원의 DOE가 주도적으로 실행 계획을 수립하고 있지만, 이러한 계획의 실천을 위해 민간 주도의 조직을 구성하여 적극적으로 추진하고 있음을 알 수 있다. 뿐만 아니라 이미

2000년대 초반부터 수소 및 연료전지 분야에 대한 전담 부서와 인력이 배치되어왔고 정권에 따른 정책 이행의 강도는 다르지만 지속적으로 R&D 투자가 이루어지고 있는 것으로 파악된다.⁹⁾

(6) 수소경제 글로벌 추진 동향

수소에너지 관련 활발한 움직임을 보이는 선도국은 미국, EU, 일본 등으로 주요 국가들은 수소경제 산업을 기술적, 경제적 초기 단계로 인식하고 정부가 주도하는 R&D 및 실증 프로젝트에 민간 기업이 참여하는 형태로 추진하고 있다.

[표 II-27] 주요국 수소경제 동향

구분	최근동향
미국	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (기업) 미국 내 자원을 활용한 수소 생산량을 확보하면서, 수소 밸류체인 전반의 기술과 자원 확보로 에너지 리더십 강화 모색중 ▪ (지역) 재생에너지 공급이 풍부한 캘리포니아주를 중심으로 수소 인프라 확산 지원 추진중 (25년까지 수소 충전소 200개 설치 추진) ▪ (해외) 수소 업계 글로벌 리더들을 중심으로 해외 진출 추진중(블룸에너지-SK간 합작법인, 에어프로덕츠-울산 투자 의향서 체결 등)
호주	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (기업) 풍부한 재생에너지원과 정책적 지원('19년 11월 발표한 국가 수소전략에 따른 보조금, 규제 완화 등)을 바탕으로 수소 산업 생태계 구축중 ▪ (지역) South Australia, Western Australia, Tasmania등 주별로 재생에너지를 사용한 수소 생산 계획을 적극 추진중(톤슬리 수소 공원 사업 등) ▪ (해외) 한국, 중국, 일본 등 주요 수소 수요처에 수소 수출 방안을 모색 중
일본	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (기업) 수소차 구매 및 인프라(충전소) 확산을 우선적으로 모색해왔으며, 최근 대규모 수소 서플라이체인 구축을 위해 수소 운송·저장 정책지원 추진 ▪ (지역) 도쿄 등 각 지자체에 의해 FCEV 구입 보조 등 수소 모빌리티 보급 및 개별 수소 프로젝트 추진(기타큐슈 - 제철소 부생 수소 활용 등) ▪ (해외) 국제 수소 서플라이 체인을 구축, 해외로부터의 수소 수입 모색(HySTRA - 호주, AHEAD - 브루나이 NG 개질)
독일	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (기업) 민관합동 특수목적법인 'H2모빌리티' 설립, 모빌리티 영역에 우선적으로 집중하여 인프라 구축을 지원중 ▪ (지역) 7개의 중심(TIER 1)지역을 연결하는 9개의 간선을 중심으로 수소 충전소를 정비 중이며, 수소차 공유 스타트업도 설립 및 운영 ▪ (해외) 자국 내 수소 생산량 부족을 보완하기 위해 가나, 나이지리아 등 서아프리카로부터 수소공급망 탐색 및 공급업체 계약 진행
중국	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (기업) '19년 40개 완성차 기업에서 56종 수소전기차 개발 및 연구중이며, FCEV 보조금을 통해 시장 활성화 지원중 ▪ (지역) UNDP 선정 수소경제 시범도시로 '루가오'외 2개 지역 선정 ▪ (해외) 세계 최대 암모니아 제조국으로 호주 등 암모니아시장 협력 검토

9) 산업연구원, 한국 수소산업 생태계 분석과 발전과제

또한, 수소산업 생태계 구축을 위한 다양한 정책을 적극적으로 시행 중이며 각국은 수소의 생산, 저장 및 유통, 활용과 관련하여 정책적인 우선순위에서 차이점을 보이고 있다.

수소경제에 대해 각국은 이미 주요 에너지시스템으로 인식하고 있으며, 향후 주로 재생에너지와 결합하는 방향으로의 진화가 예상된다. 또한, 각국은 수준의 차이는 있으나 대체로 수송용 시장을 가장 중요시하고 있다.

각 국가별 수소경제 추진 동향은 다음과 같다.

[표 II-28] 주요국의 수소 관련 정책 개요

구분	일본	미국	유럽
대표 정책	<ul style="list-style-type: none"> 4차 에너지 기본계획 2040년 수소·연료전지 전략 로드맵 	<ul style="list-style-type: none"> Hydrogen Posture Plan Department of Energy CaFCP 	<ul style="list-style-type: none"> 유럽 : FCH JU 독일 : NIP 영국 : UK H2 Mobility 프랑스 : H2 Mobility France
배경	<ul style="list-style-type: none"> 연료전지 기술 선도 수소전기차 상용화 임박 → 수소 수요 확대에 대응 	<ul style="list-style-type: none"> 셰일 혁명에 의한 천연가스 가격 하락 천연가스 활용방안 모색 석유화학 산업 부활 	<ul style="list-style-type: none"> 신재생에너지산업이 성숙 단계에 진입 신재생에너지의 잉여 전력 활용방안 모색
생산	<ul style="list-style-type: none"> 부생수소 활용 해외의 수소 대량 수입 	<ul style="list-style-type: none"> 천연가스 개질 방식 확산 대규모 풍력단지 중심 생산 부생수소 활용 	<ul style="list-style-type: none"> 신재생에너지의 잉여전력을 활용한 수소 집중형 대량 생산
운송	<ul style="list-style-type: none"> 튜브 트레일러 활용 수소 파이프라인 활용(석유화학단지 중심) 	<ul style="list-style-type: none"> 천연가스 활용 튜브 트레일러 활용 	<ul style="list-style-type: none"> 천연가스 그리드 활용 수소 파이프라인 활용(북유럽 일부지역)
저장	<ul style="list-style-type: none"> 대용량 저장소 구축 수소탱크활용(고압방식, MCH 방식) 	<ul style="list-style-type: none"> CNG충전소 활용(HCNG) 주유소 연계방식(수소탱크활용) 	<ul style="list-style-type: none"> 대용량 지하저장소 구축 열병합 발전소와 연계 복합형 클러스터 구축(수소/CNG/전기/열)
정책 특징	<ul style="list-style-type: none"> 수소전기차용 수소충전소 확충 가정용/발전용 등 수소 어플리케이션 확대 	<ul style="list-style-type: none"> 캘리포니아주에서 미국 전역으로 확산 수소전기차용 수소충전소 확충 	<ul style="list-style-type: none"> 신재생에너지 활용 가스그리드 활용 대용량 수소저장소 구축 수소전기차용 수소충전소 확충

2. 해외 수소산업 기술 동향

2030년 이후 세계
수소에너지 수요
급증 예상

맥킨지 보고서에 따르면, 세계 수소경제는 2050년 2조 5,000억 달러 규모의 시장 형성이 예상되며 약 5,000만 개(누적)의 일자리가 창출될 것으로 기대되고 있다.

현재 생산된 수소 대부분이 산업용 원료로 사용되고 있지만 2030년경에는 세계 수소 에너지의 수요가 급증할 것으로 예측되고 있다. 특히, 수소모빌리티(수소택시, 버스, 트럭, 드론 등)와 연료전지 분야로부터 촉발될 것으로 전망된다.

또한, 산업 공정에서의 원자재, 열원, 동력원, 발전용과 저장 등 다양한 형식의 수소 사용 증가가 예상되고 2050년 대략 5억 4,600만 톤의 수소가 활용될 것으로 예측되고 있다.¹⁰⁾

(1) 수소생산

맥킨지 보고서에 따르면, 전 세계 연간 수소생산량은 약 6,500만 톤임

전 세계의 연간 수소 생산량은 약 6,500만 톤¹¹⁾이며, 이러한 수소의 이용분야는 석유정제 및 회수공정 47%, 암모니아 생산 45%, 메탄올 공정 4%, 금속 공정 2%, 기타 2% 순으로 나타나고 있다. 또한 수소생산 시장의 성장률을 살펴보면 2016~2021년간 5.2%의 연평균 성장률을 지속할 것으로 보이고 있으며 2021년경 1,520억 9,000만 달러 규모의 수소 생산 시장이 생성될 것으로 예측하고 있다. 이러한 수소생산 시장의 꾸준한 성장은 친환경 수소에너지에 대한 수요 증가와 암모니아 및 메탄올 공정에서의 수요 증가, 오일샌드 정유와 석탄가스화 공정 수요 증가 등에 의한 것으로 판단된다.

천연가스 개질 방식을 주로 사용하는 미국,

미국, 유럽, 일본 등 주요국의 수소생산현황을 간략히 살펴보면, 우선 미국은 연간 1,200만톤의 수소를 생산하고 있으며 주요 생산 방식은 천연가스 개질 방식으로 알려지고 있다. 수소 운송은 장거리인 경우 산업단지를 중심으로 구축되어 있는 2,600km에 이르는 파이프라인을 통해 이루어지고 있으며, 짧은거리(150~300km)는 튜브트레일러를 이용하고 있다. 1,600km 이상의 거리인 경우 액체 저장방식으로 운송하고 있다.

신재생에너지를 이용한 수전해방식을 사용하는 유럽

유럽에서는 연간 900만 톤의 수소가 생산되며, 생산방식은 신재생에너지를 이용한 수전해방식이다. 수소의 저장·운송은 천연가스 파이프라인을 통해서 이루어지고 있다. 생산된 수소는 900여 대의 수소전기차와 106개 수소충전소, 40여 대의 수소버스에 사용되고 있다.

부생수소 및 천연가스 개질방식을 사용하는 일본

일본은 연간 300만 톤의 수소를 생산하고 있으며, 생산방식은 부생수소 이용, 천연가스 개질방법을 이용하고 있다. 생산된 수소는 액화저장, 고압기체로 운송되고 있으며 향후 대형 액화선박을 도입할 예정이다. 수소의 주 수요처는 2,400여 대의 수소전기차, 수소충전소 92개소, 가정용 연료전지

10) 맥킨지 보고서(2018.09)

11) 한국수소산업협회 내부 자료

194,710기이다.

중국은 연간 2,000만 톤의 수소를 생산하고 있는데 생산방식은 부생수소 이용이다. 생산된 수소는 고압기체로 저장·운송되며 수소의 주 수요처는 60여 대의 수소전기차, 수소충전소 5개소, 수소버스 10여 대이다.

[표 II-29] 국외 수소 생산기술 현황

구분		미국	일본	유럽
생산	부생수소	● 에어프로덕트	● JSTG 에너지	● 린데, 에어리퀴드
	개질수소	● 에어프로덕트	● 오사카가스/미쯔비시	● 린데
	수전해수소	● 하이드로제닉스/프로톤	① 도시바	● IMP Power/지멘스

* ① : 실증실험, ● : 상용화

(2) 수소 저장·운송

가장 상용화된
기술은 고압기체
저장 방식임

수소저장·운송 중 고압기체 저장 방식이 국내는 물론 국외에서도 가장 상용화된 기술이다. 액화저장은 미국과 유럽이 기술을 선도하고 있으며 최근 일본이 관련 기술을 빠르게 추격하고 있다. 액상저장 부문은 유럽과 일본이 기술 실증을 수행하고 있는 것으로 나타났으며, 고체 저장 및 운송은 세계적으로 연구개발 단계이다.

[표 II-30] 주요국의 수소 저장 기술개발 현황

구분	일본	미국	유럽
고압저장 및 운송	상용화 단계(JSW)	상용화 단계(핵사곤 컴포지트)	상용화 단계(린데, 에어리퀴드)
액화저장 및 운송	상용화 단계(이와타니)	상용화 단계 (에어프로덕트/플렉스에어)	상용화 단계(린데, 에어리퀴드)
액상저장 및 운송	실증단계(치요다)	-	실증 단계(하이드로제니우스)

자료 : 상용급 액화수소플랜트 핵심기술 개발사업 기획보고서, 국토교통부(2019)

액체수소는 수소 대량 저장 및 공급에 필요한 핵심기술로, 전 세계적으로 액화수소플랜트 기술을 확보하고 있는 국가는 미국, 독일, 프랑스, 일본 등 4개 국가이다.

기체수소 대비 큰
체적 에너지
밀도로 부피를
1/800로 감소시킬
수 있는 액체수소

액체수소는 기체수소의 부피를 약 1/800로 감소시킬 수 있어 동일 압력에서 기체수소 대비 800배의 체적에너지 밀도를 가지며, 대기압에서 저장 가능함에 따라 저장용기의 안전성 부분에서 장점을 가지고 있어 낮은 온도로 기존 고압 기체수소에 비해 폭발 위험성이 낮은 장점을 가지고 있다. 또한, 단위 부피 및 무게당 에너지 저장밀도가 가장 높고 활용을 위해 다른 공정이 필요 없이 단순 기화만으로 즉시 활용 가능하다는 장점도 있다. 하지만, 액화수소의 생산을 위해 기체수소의 액화 공정이 필요하여 대규모의 시설투자가 필요하고, 단순 압축 저장방식에 비해 많은 에너지가 필요함으로써 경제성 문제가 수반되는 것이 단점이다.

[그림 II-24] 기체수소 vs 액체수소 저장 공간 비교



자료: 액화수소 핵심기술 개발, 월간수소경제(2019)

액화수소 상태로 저장하기 위해서는 온도가 액화점인 영하 253°C 이상이 될 경우 수소 증발에 의한 압력상승이 발생하므로 내압 성능이 우수한 압력용기가 필요하다.

미국은 1950년대부터 수소의 액화기술을 꾸준히 개발하여 1960년대에 우주개발 프로그램과 맞물려 급격하게 성장하였으며, 현재는 저장용기 용량이 300,000m³이상, 저장기간이 1,000일 이상인 상용화 시설을 갖추고 있다. 특히, NASA Kennedy Space Center가 지난 30년간 우주왕복선 프로그램들을 운영관리하면서 액화수소 기술 개발을 주도했다.

일본은 수소에너지 연구개발 계획인 WE-NET(World Energy NETwork)을

중심으로 해외수소를 액화하고 액화수소 운반선을 통해 수소수요지에 수송하여 공급·활용하는 액체수소 기반의 수소 공급 시스템을 추진 중이며, 수소 액화기술 개발을 진행 중이다.

또한, EU는 액화수소에 대해서는 액화수소생산, 액화수소항공기, 액화수소 규정 프로그램을 통하여 액화수소 연구개발을 지원하고 있다.

(3) 수소활용

가. 수소차

수소전기차 초기
시장의 형성 :
독일의
NECAR1부터
일본의 미라이까지

1990년대 초 수소전기차 기술 개발이 진행되어 1994년 독일 다임러사가 세계 최초로 수소전기차 NECAR1을 개발하였다. 이후 많은 완성차가 상용화를 위해 기술개발 되었으며, 2013년 국내 현대차가 세계 최초로 양산차인 투싼ix 수소전기차를 출시하였다. 1년 이후 일본 도요타에서 세계 최초로 전용 차체를 적용한 미라이 수소전기차가 출시되면서 수소전기차의 초기시장이 형성되기 시작하였다.

독일은 2020년까지 가장 많은 수소전기차 보급계획을 가지고 있지만, 자국내 수소전기차 출시가 늦어져 달성은 어려울 것으로 보이며, 영국 및 프랑스도 마찬가지로 전망된다. 유럽을 제외하면 일본이 가장 높은 수소전기차 보급을 목표로 하고 있으며 현재 계획대로 보급될 것으로 예상된다.

미국의 경우 현재 가장 많은 수소전기차가 보급되어 있으나 서부에서 시작된 시장이 동부로 확대되고 있어 2020년까지 10만대까지는 어려울 수 있으나 지금은 같이 세계시장의 50% 내외를 차지할 것으로 예상된다.

중국의 경우 2020년 5천대라고 발표하였으나 2017년 수소차 생산대수와 랴오닝성, 상하이시, 장쑤성 루가오시, 관둥성 포산시 등 광범위한 지역에 200대의 수소전기차가 운행되는 것을 보면 1만대 이상이 보급될 예상된다.

[표 II-31] 각국의 수소전기차 보급계획

구분	2020년	2030년
독일	15만대	180만대
미국	~10만대	~100만대
영국	5만대	160만대
일본	4만대	80만대
프랑스	2만대	80만대
중국	0.5만대	100만대
덴마크	0.2만대	15만대

나. 수소충전소

수소충전소 확산을 적극적으로 추진 중인 미국, 일본, 독일 등의 선진국들은 정부차원에 서 수소충전인프라 설치비용은 물론 운영비의 일부를 보조하고 있다.

[표 II-32] 국가별 수소전기차 및 충전소 육성 정책

구분	지원	인프라 구축 및 상용화
한국	<ul style="list-style-type: none"> 대당 2,250만원의 구매보조금 지원(지방정부 지원 별도) : 현대 3,000만원대 후반, 2020년까지 2,000만원대 초반 목표 수소충전소 1기당 15억 원의 설치보조금 지원 	<ul style="list-style-type: none"> 2020년까지 수소전기차 5,000대 보급, 수소충전소 130기 구축 2022년까지 수소전기차 1만 5,000대 보급, 수소충전소 310기 구축 2030년까지 수소전기차 60만 대 이상 보급, 수소충전소 800기 구축
미국	<ul style="list-style-type: none"> 대당 1,300달러의 보조금 지원 캘리포니아는 수소 공급 인프라 지원을 위한 3,300만 달러의 보조금 발표 수소충전소 1기당 70~90%의 설치비용 및 60~100%의 운영비용 지원(3년간) 	<ul style="list-style-type: none"> CVRP 예산 증가를 통해 저소득층에 보조금 지원 강화 수소충전소 건설 및 생산업체에 30% 세제 감면 정책 실행 ARFVT 프로젝트를 통해 연간 2,000만 달러의 수소충전소 개발 비용 지원 2020년까지 수소전기차 1만 5,000대 보급, 수소충전소 100기 이상 구축 2030년까지 수소전기차 100만 대 보급, 수소충전소 1,000기 구축
중국	<ul style="list-style-type: none"> 대당 최대 20만 위안의 보조금 지원(지방 정부 지원 별도) 수소충전소 1기당 60%의 구축비용 지원 	<ul style="list-style-type: none"> 2020년까지 수소전기차 5,000대 보급, 수소충전소 100기 구축 2030년까지 수소전기차 100만 대 보급, 수소충전소 1,000기 구축
일본	<ul style="list-style-type: none"> 수소전기차 취득세 및 등록세 면제 대당 최대 303만 엔의 보조금 지원(중앙정부 202만 엔, 지방정부 101만 엔) 수소충전소 1기당 50%의 설치비용 및 최대 2,200만 엔의 운영보조금 지원 	<ul style="list-style-type: none"> 2020년까지 수소전기차 4만 대 보급, 수소충전소 160기 구축 2030년까지 수소전기차 80만 대 보급, 수소충전소 900기 구축
독일	<ul style="list-style-type: none"> 대당 최대 1만 1,000유로의 보조금 지원 수소충전소 1기당 50%의 설치비용 및 50% 이상의 운영비용 지원(총 4억 유로) 	<ul style="list-style-type: none"> 2020년까지 수소전기차 15만 대 보급, 수소충전소 400기 구축 2030년까지 수소전기차 180만 대 보급, 수소충전소 1,000기 구축
영국	<ul style="list-style-type: none"> 대당 최대 4,500파운드의 보조금 지원 무공해차량(ZEV) 이외의 모든 차량에 보유세 부과 	<ul style="list-style-type: none"> 2020년까지 수소충전소 65기 구축 2030년까지 수소충전소 1,150기 구축
유럽	<ul style="list-style-type: none"> 수소충전소 구축시 건설비의 50~100% 지원 	<ul style="list-style-type: none"> 2020년까지 수소버스 500~1,000기 보급, 수소충전소 1,000기 건설 2014~2020년까지 14조 7,000억 원 투자(수소 생산·저장 인프라에 약 3조 원 투자)

수소충전소
가동률에 따른
운영금을 지원하는
미국

미국은 캘리포니아 주를 중심으로 수소전기차 보급이 활발하게 진행되고 있는데 에너지위원회에서 수소충전소의 구동현황을 모니터링한 후 가동률에 따라 운영 지원금 상한액을 결정하고 있다. 캘리포니아 중에 위치한 수소충전소는 가동률에 따라 한화 약 7,100만원에서 3억 2,000만원 한도 내

에서 운영보조금을 지원받을 수 있으며 이는 가동률이 70% 도달할 때까지 지원되고 있다.

수소충전소
운영비를 지원하는
일본(기본 50%
지원)

일본도 연료전지자동차 신규 수요창출 활동 보조 사업을 통해 수소충전소 운영비를 보조하고 있다. 기본적으로 수소충전소 설치 및 운영비의 50%를 지원하는 것으로 파악되며, 충전소 설비용량과 공급방식, 건설비용 등에 따라 차등적으로 보조금을 지급하고 있다. 대략, 한화로 약 2억 1,700만원 한도 내에서 전년도 실제 운영비의 2/3을 지급한다. 또한 도쿄 도나 카가와 현 등 일부 지자체는 나머지 1/3을 추가로 지원하고 있어 해당 지자체에 설치된 수소충전소는 운영비 전액을 지원받을 수도 있다.¹²⁾

수소충전소
설치비의 60%를
지원하는 중국

중국은 수소차 보급 로드맵을 통해 2020년까지 수소차 5,000대, 충전소 100기를 보급하고, 2025년에는 수소차 5만 대, 충전소 300기 보급 계획을 발표하였다. 또한, 2030년에는 수소차 100만 대, 충전소 1,000기를 보급하여 세계 제일의 수소차 시장을 구축하겠다는 목표를 발표하였다. 중국은 수소충전소 보급 확대를 위해 충전소 설치비의 60%까지 지원하고 있다.

[표 II-33] 주요국의 수소충전소 지원 내용

구분	지원현황
미국	<ul style="list-style-type: none"> 연간 2,000만 달러의 보조금으로 미국 전역에 100기 건설 목표 (캘리포니아주) 2023년까지 2,000억 원 지원 예정 <ul style="list-style-type: none"> - 수소충전소 설치비용의 70~95% 지원 - 수소충전소 가동률이 70%에 도달할 때까지 운영비의 60~100% 지원
일본	<ul style="list-style-type: none"> 수소충전소 설치비의 50% 지원, 수소공급 방식, 용량, 건설비에 따라 차등 지급 수소충전소 운영비의 50% 지원(최대 2,200만 엔)
유럽	<ul style="list-style-type: none"> (유럽) 수소충전소 구축 시 건설비의 50~100% 지원 (독일) 수소충전소 설치비 50% 지원, 운영비 50% 지원
중국	<ul style="list-style-type: none"> 수소충전소 설치비의 60%까지 지원
한국	<ul style="list-style-type: none"> 수소충전소 설치비의 50%까지 지원(최대 15억 원), 운영비 보조금 제도는 부재 <ul style="list-style-type: none"> - (지자체 보급사업) 정부 50%, 지자체 50% - (민간보조사업) 정부 50%, 민간 50%

자료 : 한국 수소산업 생태계 분석과 발전과제, 산업연구원(2019)

전 세계 구축
운영중인 충전소는

2019년 기준¹³⁾, 전 세계에서 구축 운영 중인 수소충전소는 총 402기로 나타나고 있다. 국가별로는 일본이 110기로 가장 많이 구축되어 있으며 독일

12) 중소기업은 설치비 전액 지원, 대기업은 설치비의 80% 지원

13) 2019년 7월 기준 자료

총 402개소이며,
일본이 110개소로
가장 많이
구축되어 있음

78기, 미국 69기, 한국 28기, 프랑스 20기, 중국 17기 등의 순이다. 한편 주요국의 수소충전소 보급 계획을 보면 미국은 2020년까지 100기 이상, 2030년까지 1,000기를 구축 할 계획이다. 일본도 2020년까지 수소충전소 160기를 구축하고 2030년에 900기를 구축하며, 중국과 독일은 2030년까지 각각 1,000기 구축을 계획하고 있다.

[표 II-34] 세계 주요국의 수소차 및 수소충전소 보급 목표

구분	국가	보급목표(누적)		비고
		수소차	수소충전소	
2030년	일본	80만 대	900개	-
	미국	100만 대	1,000개	캘리포니아 주도로 수소차, 수소충전소 보급 확대
	독일	180만 대	1,000개	
	중국	100만 대	1,000개	2022년 수소버스 200대 운행

자료 : 국내외 수소충전소와 수소차의 보급 및 개발동향, 허세갑(2018)

다. 연료전지

연료전지 핵심소재
시장은 미국, 일본
등 선진업체가
독점

연료전지 시스템은 촉매, 전극, 전해질, 분리판 등 소재로부터 최종 발전 시스템까지 다단계 Value Chain으로 구성된 기술 집약적 산업으로 핵심 소재 시장의 대부분은 미국, 일본 등 선진업체가 독점하고 있다.

발전용 연료전지 시장은 미국 캘리포니아 州가 시행하고 있는 자가발전 인센티브 프로그램과 한국의 신재생에너지 공급 의무화제도에 의해 주도되고 있으며 미국의 Fuel Cell Energy, Bloom Energy와 한국의 포스코에너지, 두산퓨얼셀 등 대표 제조사에 의해 지배되고 있다.

최고 수준의
연료전지 기술을
보유하고 있는
블룸에너지는
200MW 이상 설치
실적 보유(미국 내)

미국의 블룸에너지는 글로벌 최고 수준의 연료전지 기술을 보유하고 있는 그룹으로 이미 미국에서만 200MW급 이상 설치 실적을 보유하고 있으며, 블룸에너지가 보유한 기술은 연료전지 작동방식 가운데 유망주로 평가받는 고체산화물 연료전지(SOFC)이다. 상용화된 기술 가운데 가장 효율이 높고 구조가 간단하며 내부 개질로 다양한 연료 공급이 가능하다는 것이 특징이다.

블룸에너지와 퓨얼셀에너지는 미국 연료전지 발전 시장을 주도하며 캘리포니아 州에 2013년까지 131MW를 보급하였으며 코네티컷 주에 위치한 퓨얼셀에너지 州의 15MW급 연료전지는 지금까지 최대 규모의 단일프로젝트이다.

[표 II-35] 연료전지 해외 주요기업 현황

구분		내용
발전용	미국 (Bloom Energy)	<ul style="list-style-type: none"> 전세계 SOFC 상용화 선도기업 200~300kW SOFC 제품 보유 일본 Soft Bank와 JV 설립 일본 내 4개소 200kW 제품 9기 설치운전 중
	일본 (MHPS)	<ul style="list-style-type: none"> MHI와 Hitachi의 화력발전 부문 통합 JV 설립 250kW급 SOFC-가스터빈 복합시스템 상용화
	일본 (Fuji Electric)	<ul style="list-style-type: none"> 100kW급 PAFC 생산업체 전세계 90여 사이트 운영중(일본, 한국, 미국, 독일, 남아프리카)
가정용	일본 (파나소닉)	<ul style="list-style-type: none"> 일본 주택용 연료전지 PEMFC 선두주자 '17년 주택용 연료전지 누적 24만대 보급 '16년말 독일시장 진출 2,000대 판매
	일본 (도시바)	<ul style="list-style-type: none"> PEMFC 주택/건물용 연료전지 생산업체 '17년 주택용 연료전지 누적 7만대 보급 100kW PEMFC 수소용 연료전지 100대 보급

자료 : 수소경제 활성화 로드맵 보고서(2019)

(4) 주요국 수소산업 생태계 현황

대부분의 OECD 국가들은 수소연료전지와 같은 수소에너지에 대한 연구개발을 활발히 진행중이며, 미국/일본/유럽은 글로벌 경쟁력을 갖춘 자국 업체가 다수 존재하며 수소 밸류체인 주요 기술에 대한 연구 및 상용화가 적극 진행중이다.

[표 II-36] 주요국 수소산업 생태계 현황

구분		미국	일본	유럽
생산	부생수소	● 에어프로덕트	● JSTG 에너지	● 린데, 에어리퀴드
	개질수소	● 에어프로덕트	● 오사카가스/미쯔비시	● 린데
	수전해수소	● 하이드로제닉스/프로톤	① 도시바	● IMP Power/지멘스
저장 및 이송	고압	● 핵사곤 컴포지트(저/고용량)	● JSW(저/고용량)	● 린데, 에어리퀴드(저/고용량)
	액화	● 에어프로덕트/플렉스에어	● 이와타니	● 린데, 에어리퀴드
	액상	-	① 치요타	① 하이드로제닉스
활용	수소전기차	● 도요타(일), 현대차(한)	● 도요타, 혼다	● 도요타(일), 현대차(한)
	충전기술	● 하스겔	● 미쯔비시	● 린데, 호퍼, 에어리퀴드
	산업용	● 블룸에너지(건물용)	● 에네팜(가정용) ① 가와사키(수소발전)	● 헥시스(가정용), ● 솔리드파워(건물용)
	이동형	● 플러그파워(지게차)	① 도요타(지게차)	① 하이드로제닉스(캐)

* ○ : 기초연구, ① : 실증실험, ● : 상용화,

3. 국외 수소산업 주요 사업 모델

(1) 그린수소

청정수소 확보를
위한 청정수소
정책 강화

미국, 일본, 중국 및 유럽 등 세계 각국이 “수소경제” 선점을 위한 정책 지원을 강화하고 있다. 특히 독일과 유럽연합(EU)은 신재생에너지로 전환하는 과정에서 신재생에너지 간헐성을 보완하기 위한 수단으로 청정수소를 확보하기 위해 생산과정에서 이산화탄소 발생량이 적은 청정수소 정책을 강화했다.

[표 II-37] 해외 주요국의 그린수소 추진 계획

구분	추진 계획
미국	<ul style="list-style-type: none"> 미국 캘리포니아주 랭커스터시 세계 최대 규모 폐휴지 기반 친환경 수소 생산 시설 구축 예정 매년 42,000Ton의 재활용 종이, 플라스틱 등을 사용하여 바이오매스를 원료로 하는 그린수소 생산
프랑스	<ul style="list-style-type: none"> P2G 실증단지를 주거지 및 산업용 대상으로 '23년까지 1~10개, '28년까지 10~100개 구축 계획을 발표함(주거지 대상 : GRHYD 프로젝트, 산업용 대상 : Jupiter 1,000 프로젝트)
덴마크	<ul style="list-style-type: none"> 덴마크 최대 6개 기업(선사 AP몰러머스크, 풍력발전기업 오스테드, 항공사 SAS, 물류회사 DSV, 해운사 DFDS, 코펜하겐공항 등), 풍력에너지 기반 대형 수전해 장치와 3GW 규모의 해상 풍력발전소 구축 계획 발표
호주	<ul style="list-style-type: none"> 서호주 퍼스에 태양광, 풍력을 활용한 대규모 그린수소 생산단지 구축 프로젝트(애로우스미스 프로젝트) 시작 초기에는 하루 25톤, 향후 하루 100톤 수소 생산 가능 단지로 구축 예정
노르웨이	<ul style="list-style-type: none"> MO 국가산업단지에 재생에너지 기반 그린수소를 생산하는 시설을 건설하여, 고온 금속공정/철강 제조 공정 등에 적용하여 화석연료를 대체하기 위한 계획 수립

그린수소 생산시설
구축계획을 발표한
독일

독일 연방정부는 “국가수소전략”을 채택하며, 2040년까지 총 10GW 규모의 그린수소 생산시설을 구축하겠다는 계획을 발표했다. 독일은 계획에 따라 2030년까지 그린수소 생산시설 5GW를 확보하고 2035년에서 2040년 5GW를 증축할 계획이다. 또한, 내수시장을 구축하면서 독일 내 재생에너지 생산 한계를 감안해 해외에 수소생산기지를 건설에 수입을 추진 할 계획이다.

구체적으로는 모로코 등 독일 국내 생산보다 가격 경쟁력이 있는 아프리카 국가에 그린수소 생산기지를 구축하고 수입하는 방안을 제시했으며, 잠재적으로는 북해·발틱해 인근 EU 회원국과 개발도상국이 독일에 수소를 수출

할 것으로 예상하고 있다.

재생에너지 기반
수전해시설을 통해
그린수소 생산
계획을 발표한 EU

EU에서도 청정수소 공급망 확보를 위해 “수소 전략”을 발표하면서 청정수소 확대 방안에 대한 전략을 수립했다. 올해부터 2024년까지 최소 6GW의 재생에너지 기반 수전해시설을 설치해 최대 10만Ton의 그린수소¹⁴⁾를 생산할 계획이며, 2025년에서 2030년까지는 최소 40GW의 재생에너지 기반 수전해 시설을 설치하여 1,000만Ton의 그린수소를 생산할 계획이다. 2030년까지 탈탄소화가 어려운 모든 분야에 그린수소를 대규모로 활용한다는 계획도 제시했다.

수전해 기술은
유럽과 미국이
선도

최근 신재생에너지로 전환하는 과정에서 특유의 간헐성을 보완할 대체제로 청정수소가 떠오르고 있으며, 현재 그린수소를 생산하는 수전해 기술은 유럽과 미국이 선도하고 있다.

(2) 액화플랜트

안전하고 에너지
저장밀도가 높은
액체수소

액체수소는 기체수소의 부피를 약 1/800로 감소시킬 수 있어 동일 압력에서 기체수소 대비 800배의 체적에너지 밀도를 가지고 있다. 대기압에서 저장 가능함에 따라 저장용기의 안전성 부분에서 장점을 가지고 있으며, 낮은 온도로 기존 고압 기체수소에 비해 폭발 위험성이 낮다.

또한, 단위 부피 및 무게 당 에너지 저장밀도가 가장 높고, 활용을 위해 다른 공정이 필요 없이 단순 기화만으로 즉시 활용이 가능하다는 장점이 있다. 액화수소의 생산을 위해 기체수소의 액화 공정이 필요한데 대규모의 시설투자가 필요하고, 단순 압축 저장방식에 비해 많은 에너지가 필요함으로써 경제성 문제가 수반되는게 단점이다.

[표 II-38] 기체수소 및 액화수소 경제성 비교(700bar 충전소 기준)

구분	충전소 공급량	기체수소 충전소	액체수소 충전소
2020년(1만대)	300kg/day	13.25\$/kg-H ₂	13.72\$/kg-H ₂
2025년(10만대)	1,000kg/day	7.40\$/kg-H ₂	6.59\$/kg-H ₂
2030년(63만대)	1,000kg/day	7.26\$/kg-H ₂	6.04\$/kg-H ₂

자료 : 수소경제 로드맵 수소저장·운송분과

* 미국 DOE에서 제공하는 수소 스테이션 경제성 해석 모델인 HDSAM을 이용해 수소생산/액화/운송/충전을 모두 고려한 수소 공급 가격을 예측(도시면적 13,000km² 기준, 수소생산지로부터 도시경계까지 100km 가정, 기체수소 생산가격 제외)

14) 생산과정에서 이산화탄소 배출을 수반하지 않는 청정수소로 기후변화 대응에 탁월함

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

액체수소플랜트 기술 확보(미국, 독일, 프랑스, 일본)

전 세계적으로 액화수소플랜트 기술을 확보하고 있는 국가는 미국, 독일, 프랑스 및 일본 등 4개 정도에 불과하다.

독일은 액화수소충전소가 상용화되고 있으며, 린데그룹은 액화수소충전소를 독일 전역 5곳에 설치했다. 액화수소충전소는 일반수소충전소에서 고압 가스로 수소를 저장했다가 충전해서 쓰는 것과 달리 액체수소를 저장탱크에 저장했다가 충전할 때 사용한다. 액체수소 저장탱크 내부압력은 일반 공기와 비슷한 2기압으로 폭발 위험을 크게 낮췄다.

액화수소충전소는 부피가 큰 기체를 액체로 바꿔 저장하기 때문에 가로·세로 5m, 8평 정도¹⁵⁾의 좁은 공간에서도 충전소 설치가 가능하다는 장점이 있다.

미국은 1950년대부터 수소의 액화기술을 꾸준히 개발하여 1960년대에 우주개발 프로그램과 맞물려 급격하게 성장하였으며, 현재는 저장용기 용량이 300,000m³이상, 저장기간이 1,000일 이상인 상용화 시설을 갖추고 있다. 특히, NASA Kennedy Space Center가 지난 30년간 우주왕복선 프로그램들을 운영관리하면서 액화수소 기술 개발을 주도했다.

상용 수소액화플랜트 기술은 미국의 Air Product & Chemicals 및 Praxair, 독일의 Linde, 프랑스의 Air Liquide 등 4개 기업에서 독점하고 있으며, 일본의 이와타니산업 등에서도 수소액화플랜트를 운영하고 있지만 위의 4개 기업의 원천기술에 의존하고 있는 실정이다.

15) 자동차 1대 세차하는 공간으로 액화수소충전소 1개 설치 가능

제3절 국내외 수소타운, 수소밸리 등 개발 모델

1. 수소타운

수소타운 : 수소를
이용해 전기와
열을 생산하는
수소발전주택으로
구성된 마을

미래에너지타운이란 천연가스와 신재생에너지 융합만으로 에너지 자립이 가능한 친환경 주거단지를 일컫는다. 천연가스를 개질하여 연료로 사용하는 친환경 발전 시스템인 연료전지와 신재생에너지 발전원 등 청정 에너지원으로 일상생활이 가능하다. 수소타운은 미래에너지타운의 한 종류로써, 부생수소를 이용해 전기와 열을 생산하는 수소발전주택으로 구성된 마을이다.

(1) 국내사례

가. 울산 수소타운

그린홈 100만호
사업의 일환인
울산 수소타운,
부생수소 활용한
국내 최초의
수소도시

2013년 당시 전국에서 1인당 에너지소비가 가장 높고 사용하는 에너지원 중 신재생에너지 비율이 가장 낮은 지역인 울산은 이산화탄소 저감과 신재생에너지 비율 증가를 목표로 세계 최대 규모의 수소연료전지 주거타운인 '울산수소타운' 운영 사업을 진행하였다.

이 타운은 그린홈 100만호 사업의 일환이며 온산국가산업단지의 부생수소를 각 가정과 공공시설에 보내 전기를 생산하고 사용하는 국내 최초의 수소도시이다.

[표 II-39] 울산 수소타운 개요

구분	내용
마을명	울산시 온산읍 덕산마을
설치장소	LS니코동제련(주) 사택 및 주변건물 (울산광역시 울주군 온산읍 덕산리)
세부사업	그린홈 100만호 : 140개소(140kW) 일반보급 : 2개소(45kW) 지방보급 : 1개소(10kW)

울산 내에 위치하고 있는 울산미포국가산업단지와 온산국가산업단지에서는 시간 당 120Nm³/hr의 수소를 생산하고 있으며 이 중 잉여분 10%가 수

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

소연료전지에 활용되고 있다. 이 잉여분 10%는 약 179MWh에 해당하는 양의 전력을 생산할 수 있는 것으로 나타나고 있다.

온실가스 배출량 감소, 승용차 방출 온실가스 감소 및 산림조성효과 등의 효과 발생

현재 수소타운 내에는 1kW급 가정용 140기, 5kW급 공공시설용 9기, 10kW급 체육관용 1기가 수소타운 내 보급되어 있으며 단일 규모로는 세계 최대 규모로 알려져 있다. 5년간의 시범 운영 결과 온실가스 배출량 감소, 승용차 방출 온실가스 감소 및 산림조성 효과가 발생하였다.

[그림 II-24] 울산 수소타운 운영 효과



자료: 울산 수소타운 시범사업 현황

(2) 국외사례

가. 덴마크

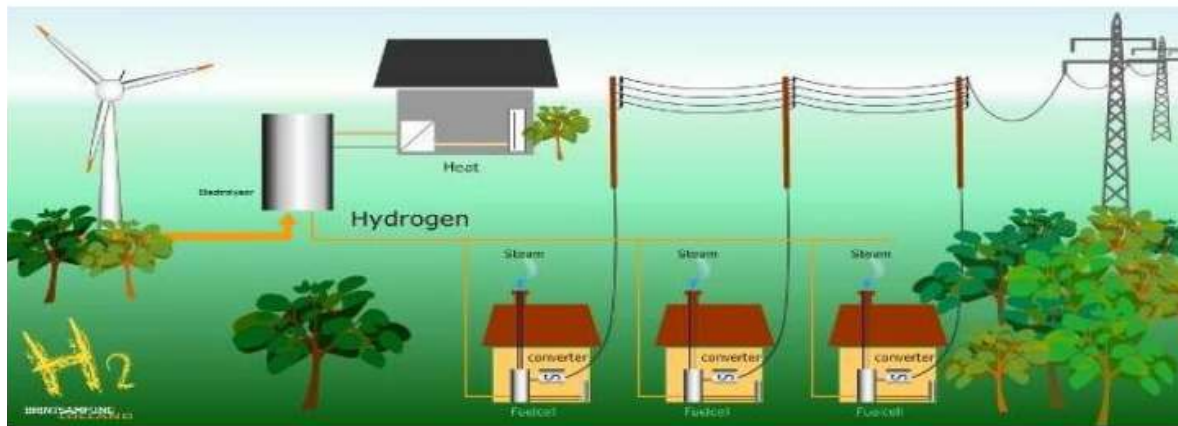
연료전지모듈을 활용한 덴마크 수소도시, 35가구에 수소를 공급할 수 있는 공급망 구축

덴마크는 Nakskov Hydrogen Society Project를 통해 롤란드섬 Nakskov에서 수소를 생산하고 Vestenskov에 수소를 공급하고 있다. 이를 위해 연료전지모듈(마이크로 수소연료 열병합발전소)을 각 가정에 설치하고, 2008년 4가구에서 2009년 35가구에 수소를 공급할 수 있도록 공급망을 구축했다. 공급방식은 천연가스공급방식과 동일하며 수소가 각 가정에 공급되기 전에 탱크에 저장되며 파이프를 통해 공급한다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[그림 II-25] 덴마크 수소연료전지 도시프로젝트 개념도



자료: 미래를 반기는 깨끗한 수소 시범도시 추진전략, 국토교통과학기술진흥원, 2019

나. 영국

천연가스 배관을
활용한 영국의
수소도시, 세계
최초 수소도시
전환 목표

영국은 2030년까지 영국 리즈(Leeds)시를 세계 최초 수소도시로 전환하기 위해 H21 Leeds City Gate Project를 진행 중이다. 이 프로젝트는 2016년 7월 프로젝트 추진을 위해 기술적, 경제적 관점의 타당성 검토를 수행하였으며, 기존 천연가스 배관을 이용해 수소를 공급 할 예정이다. 기존의 가스소비자에게 미치는 영향을 최소화하면서 점진적인 수소 전환 계획을 가지고 있으며 천연가스 개질과 열 공동 저장방식 등 기존 인프라를 활용 할 계획이다.

[그림 II-26] 영국 Leeds City Gate Project 개념도



자료: 미래를 반기는 깨끗한 수소 시범도시 추진전략, 국토교통과학기술진흥원, 2019

다. 네덜란드

수전해를 활용한
네덜란드 수소도시,
친환경 수소 경제
도시 구현

네덜란드는 Netherlands Hystock Project를 추진하고 있다. 유럽 내 수소에너지 생산 2위인 북부지역을 중심으로 친환경 수소 경제 도시 구현이 목표이다.

이 프로젝트는 네덜란드의 첫 번째 수전해 활용 수소생산 프로젝트로 1MW용량의 태양광 에너지를 활용해 연 27만 톤의 수소를 생산 및 활용하고 있다. 또한 해상풍력발전, 천연가스 개질 등 2050년까지 수소 대량 생산을 통해 kg당 2~3유로의 수소에너지 가격 경쟁력 확보도 추진하고 있다.

[그림 표-27] 네덜란드 Netherlands Hystock Project 개념도



자료: 미래를 반기는 깨끗한 수소 시범도시 추진전략, 국토교통과학기술진흥원, 2019

라. 호주

국가 수소로드맵에
따른 수소도시
조성

호주는 국가 수소로드맵에 따라 수소도시 조성을 위한 타당성 조사가 추진 중이다. 이 사업은 수소도시 지정 타당성 조사 수행 및 시범도시 지정 사업 착수 등 수소사용 시연, 주거용 설비의 공동설치 계획 등이 진행되고 있다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[그림 II-28] 호주 수소도시 개념도



< 호주 수소도시 개념도 >

자료: 미래를 반기는 깨끗한 수소 시범도시 추진전략, 국토교통과학기술진흥원, 2019

마. 일본

수소도시 구축을
위한 수소타운
프로젝트 시행

일본은 수소도시 구축을 위한 키타큐슈 수소타운 프로젝트를 2011년 1월부터 시행하고 있다.

경제 산업성의 수소이용 사회시스템 구축 실증사업의 일환으로 수소에너지 모델타운 구축을 위한 실증시험인 이 프로젝트는 키타큐슈시 시가지를 통과하는 파이프라인으로 일반가정, 상업시설, 공공시설에 수소를 공급하고 있다.

[그림 II-29] 키타큐슈 수소타운 구성도



자료: 미래를 반기는 깨끗한 수소 시범도시 추진전략, 국토교통과학기술진흥원, 2019

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

가정용 연료전지시스템을 집중 설치한 후쿠오카 수소타운

후쿠오카 수소타운은 가정용 연료전지시스템을 집중적으로 설치한 세계 최대의 수소타운이다. 신일본석유주식회사, 서부가스에너지주식회사와 공동으로 마에바루시의 미나카제다이단지와 미사키가오카단지의 150세대를 대상으로 LP가스를 연료로 한 가정용 연료전지시스템을 설치하였다.

2008년 말부터 4년간에 걸쳐 에너지 절감효과 등을 검증하고 있으며, 가정용 연료전지시스템을 100세대가 넘는 규모로 집중 설치한 것은 세계 최초의 시도이다. 2010년 4월 ~ 9월 기간 중 150세대의 평균 이산화탄소 절감량은 32.9kg/월(세대)이며, 연간 환산하면 전체 59Ton/년을 절감하였다.

연간 200건 이상의 시찰 및 취재

수소타운은 국내외로부터 연간 200건 이상의 시찰 및 취재가 있는 등 큰 주목을 끌고 있으며 향후 가정용 연료전지의 성능향상을 위한 실증 자료 수집을 계속 시행하여 수소타운 시책을 통한 가정용 연료전지의 보급을 지원해 갈 예정이다.

[그림 Ⅱ-30] 후쿠오카 수소타운



자료: 후쿠오카 수소타운

제4절 국내외 수소산업 관련 신기술 및 신사업 모델

1. 국내

(1) 현대자동차 : 대형트럭

현대자동차 :
수소전용 대형트럭
“넵튠” 공개

현대자동차는 2020년에 개최된 “제1회 수소모빌리티+쇼”에서 수소전용 대형트럭 콘셉트카인 “넵튠”을 공개하였다. 미래 수소전기 트럭의 방향성을 제시하는 넵튠과 함께 현대자동차는 리더십을 상용 부문으로 확장하고 미래 친환경 상용차 시장의 패러다임 변화를 주도해 나간다는 방침이다.

[그림 표-31] 수소전용 대형트럭 넵튠



자료: 현대자동차

넵튠의 디자인은 1930년대 유선형 스타일의 뉴욕 중앙철도 기관차에서 영감을 받아 탄생하였으며, 물 흐르듯 매끄럽고 둥근 형태의 전면부와 매끈한 일체형 구조가 적용돼 수소전기트럭에 특화된 독창적인 차체를 구현했다.

3~4년 내 새로운
연료전지시스템을

현대차는 향후 3~4년 내 대형트럭에 최적화된 고내구·고출력의 새로운 연료전지시스템을 개발 및 적용해 출시 할 계획이다. 이와 함께, 현대자동차

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

장착한 트럭 출시 예정

는 이동형 수소연료전지 발전기를 선보여 수소연료전지시스템의 다양한 산업 분야로의 확장 가능성도 제시하였다.

발전용 수소연료전지시스 템인 이동형 수소연료전지 발전기 공개

이동형 수소연료전지 발전기는 수소전기차 넥쏘에 탑재된 연료전지 스택 2기를 결합해 제작한 발전용 수소연료전지시스템이다. 별도의 보조 전력저장장치 없이 연료전지 스택만으로 전기를 공급하는 방식으로, 160kW의 최대 출력을 갖춰 정전 등 비상상황이 발생했을 때 전기 공급이 가능하다. 섬이나 고산지대, 사막, 극지 등 전기 공급이 어려운 지역과 영화 및 방송 등 야외 촬영 현장에서도 사용할 수 있다.

특히, 2대의 전기차를 동시에 급속 충전할 수 있을 뿐만 아니라 승용차는 물론 배터리 용량이 큰 버스와 트럭 등의 상용차 충전도 가능하다. 돌발 상황에서 충전이 필요한 전기차 모터스포츠 등 다양한 분야에서 사용할 수 있어 활용 범위가 매우 넓은 것이 강점이다.

이동형 수소연료전지 발전기는 물 이외의 오염물질을 배출하지 않는 친환경 발전기로서 향후 디젤 발전기의 대안이 될 것으로 기대된다.

(2) 재료연구소 : 한국형 수소 생산모델 개발

한국형 수소 생산모델 개발을 위해, 재료연구소는 세계 최초로 촉매 일체형 전극 개발

과학기술정보통신부 산하 정부출연연구기관인 재료연구소(KIMS) 표면기술 연구본부 에너지융합소재연구센터 연구팀은 “소재-부품-시스템 전주기 통합 기술”의 핵심기술 중 하나인 성능과 내구성을 동시에 향상시킬 수 있는 촉매 일체형 전극을 2020년 8월 세계 최초로 개발했다.

온실가스 배출 없이 그린수소 생산에 적합한 수전해 기술 중 “음이온교환막수전해”는 비귀금속 촉매를 사용해 고순도의 수소를 저가로 안전하게 생산할 수 있으나 촉매 활성과 내구성이 낮으며 고가의 이리듐 산화물이나 백금 촉매를 사용해야하는 한계가 있다.

연구팀은 이를 해결하기 위해 기능화 표면처리와 형상제어가 가능한 원시스템 촉매전극 직접성장 기술을 개발해 촉매의 활성과 내구성이 동시에 향상된 촉매 일체형 전극을 개발하고 이에 대한 시스템 모사 연구를 수행했으며, 본 연구결과를 실제 음이온교환막수전해 시스템에 적용하기 위해 현재 실증 연구를 진행 중에 있다.

2. 국외

(1) 일본 : 액체수소 수송선박

액화상태로 수소를
운반할 수 있는
수송선박 개발

수소연료전지차 등에 사용 될 수소를 액화상태로 운송할 수 있는 액화수소 운반선이 개발됨에 따라, 폭발 위험성 때문에 불가능했던 장거리 운송이 액화운반선의 등장으로 액화천연가스처럼 장거리 운송이 가능해 질 전망이다.

시범사업으로
8,000톤급 액체수소
운반선 출항

일본 고베의 가와사키 중공업 야적장에서 '수소 프론티어'라고 불리는 액체 수소 운반선이 출항했다. 이 액체수소 운반선은 친환경 수소 연료전지의 전 세계 공급망을 건설하려는 일본의 계획 일환으로, 8,000톤 급 액체수소 운반선의 출항은 시범사업의 첫 단계이며 일본의 국가 에너지 전략에서 아주 중요한 진전이라고 볼 수 있다.

가와사키중공업은 이와타니산업 등과 함께 호주에서 버려지는 갈탄에서 뽑은 수소를 -253°C 로 액화해 고베시내에 건설 중인 저장시설까지 운반한다는 계획이며, 운반선은 올해 안전기준 시험 완료 후 시범 운항에 들어갈 예정이다.

2년 이내 상용화
목표

일본은 2년 이내에 액화천연가스(LNG) 운반선에 해당하는 16만 m^3 의 수소를 한 번에 대량으로 수송할 수 있는 선박의 상용화를 목표로 하고 있다.

[그림 II-32] 세계 최초 수소운반선 '수소 프론티어 호'



(2) 일본 : 무빙e

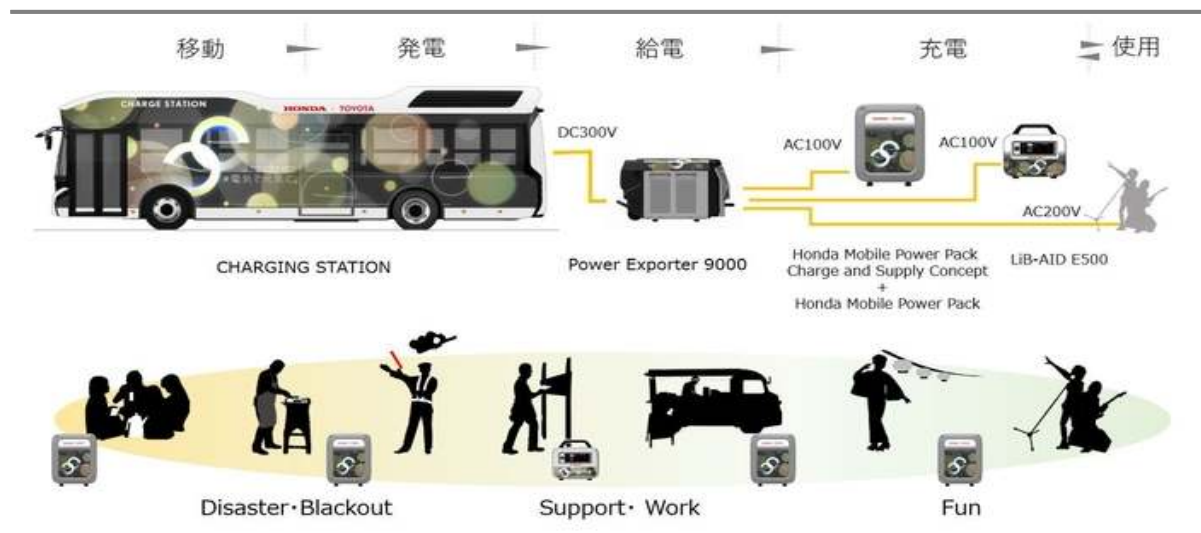
일본에서
수소전기버스를
활용한 이동식
발전시스템 개발

도요타자동차와 혼다 R&D가 손을 잡고 수소전기버스와 휴대용 외부전원 출력장치, 휴대용 배터리로 구성된 이동식 발전시스템을 개발했으며, 태풍과 지진 등 자연 재해로 인한 전력망 피해를 돕기 위해 “무빙e(Moving e)”라는 발전·출력 시스템을 개발, 9월부터 현장 실증에 들어간다고 밝혔다.

무빙e 시스템은 도요타의 수소전기버스, 혼다의 휴대용 외부전원 출력장치인 Power Exporter 900, 혼다의 휴대용 배터리 2종(LiB-AID E500, Honda Mobile Power Pack), 혼다 모바일 파워팩을 위한 충·방전 장치로 구성된다.

도요타는 충분한 양의 전기를 공급하기 위해 기존 수소전기버스를 개량해 수소탱크의 숫자를 두 배로 늘렸으며, 고출력 대용량 발전용량(최대 출력 18kW로 454kWh 생성)을 갖춘 연료전지를 탑재하고 있으며, 차량 내부는 쉼터나 대피 공간으로도 활용할 수 있다.

[그림 Ⅱ-33] 무빙e 시스템



재난으로 인한 정전 시 무빙e는 Power Exporter 9000을 통해 수소전기버스에서 생성된 전기를 대용량 휴대용 배터리에 저장해 차량 내부뿐만 아니라 피난소 등 실내 공간에 전력을 공급하게 된다. 그러나, 너무 먼 거리를 이동할 경우 전기로 변환할 수 있는 수소의 양이 부족해져, 무빙e의 기동성은 반경 약 100km 이내에 수소충전소가 있을 때로 제한 된다.

(3) 독일 : 수소 동력 상용차 생산

독일은 수소전기로
구동하는 폐기물
수거차량과
도로청소차를
생산하고 있음

독일 키르히호프 그룹의 자회사인 Faun이 오스터홀츠샤름베크에 있는 본사에서 수소전기로 구동하는 10톤급 폐기물 수거 차량과 도로청소차를 생산하기 시작했으며, 이들 사용차는 수소연료전지와 전기 배터리의 조합으로 구동된다.

[그림 Ⅱ-34] 수소전기 쓰레기 수거 차량



특수차량(수소)은
'20년 8월 실증
사업 진행중

수소 차량은 20년 8월 브레멘에서 실제 테스트에 들어갔으며, 첫 번째 고객 차량은 가을에 인도될 예정이다.

프로토타입에서 양산 준비가 완료된 차량에 이르기까지 전체 개발 비용은 NIP(National Innovation Program Hydrogen and Fuel Cell Technology)의 일환으로 연방 교통 및 디지털 인프라 부에서 50만 유로(약 7억 원)의 자금을 지원받았으며, Faun의 차량에 들어가는 연료전지 시스템은 커민스(Cummins)를 통해 공급받은 것으로 알려져있다.

각 트럭에는 100% 전기 구동 장치가 있고, 최대 560km를 주행할 수 있으며, 배기가스는 배출하지 않는다. 트럭에 포함된 3개의 연료전지로 주행거리를 늘렸으며, 셀당 최대 30kW의 출력을 지원 한다. 트럭마다 최대 6개의 수소탱크가 장착되며, 탱크 하나에 들어가는 수소용량은 4kg이다.

Ⅲ. 인천시 수소산업 환경, 현황 및 성장전망

Ⅲ. 인천시 수소산업 환경, 현황 및 성장전망

제1절 지역 현황 및 입지여건

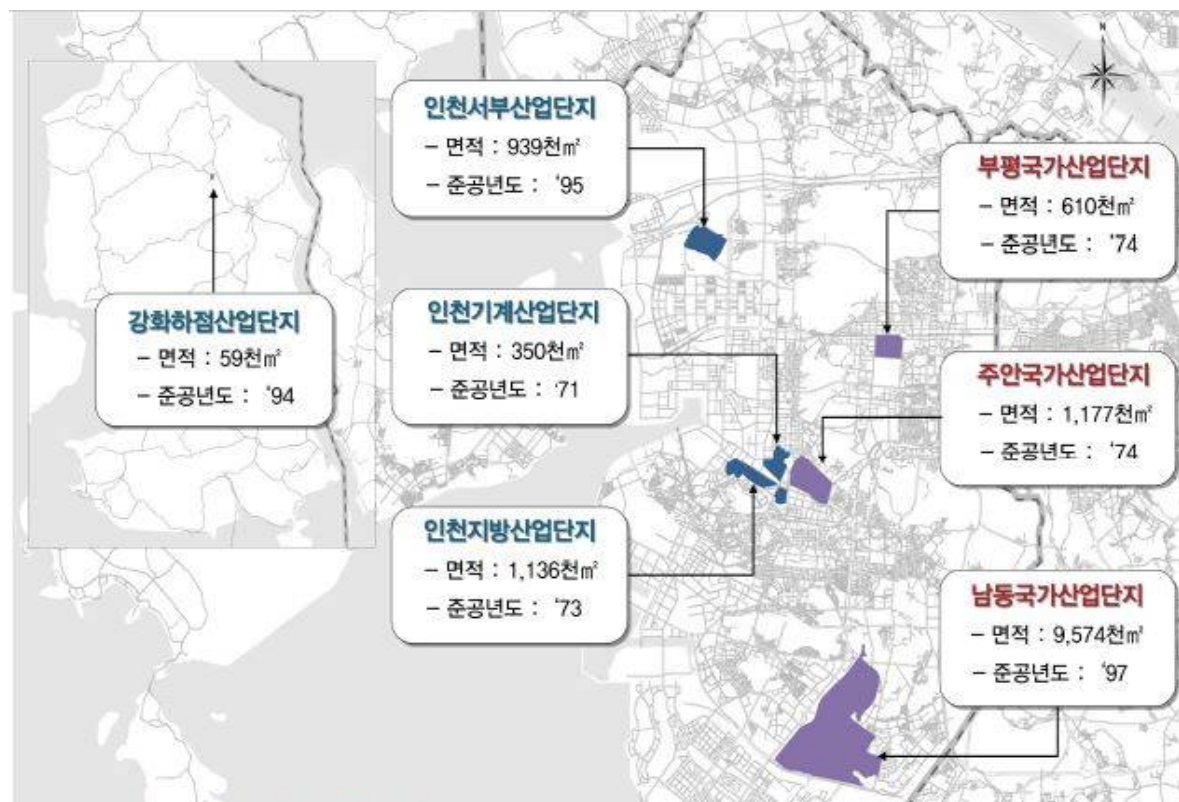
1. 도시·산업·에너지 등 개발 계획 분석

(1) 도시개발계획 분석

인천의 산업기반
노후화 심화

인천은 원도심에 위치한 산업단지의 노후화가 심화되고 있지만 서비스 산업은 신도시 지역에서 집중적으로 증가세를 나타내고 있다.¹⁶⁾

[그림 Ⅲ-1] 인천 산업단지 노후화 현황



16) 인천 원도심 균형발전계획(2019)

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

산업구조 고도화 및 재생사업을 통한 제조업 경쟁력 제고 필요

인천은 일자리 창출과 연계한 전략산업 육성과 노후공업 지역의 재생을 통한 전통산업과 신산업의 융화를 지향할 전략적 행동이 절실하다. 이에, 주요 산단의 노후화된 시설을 산업구조 고도화 및 재생사업 등을 통해 인천시 기반산업인 제조업 특화 및 경쟁력을 키워야 한다.

이외에도 주거 및 공업기능 간 상생발전을 위한 방안과 지역 맞춤형 도시재생 방안을 마련하는 것도 중요하다.

정부의 '도시재생 뉴딜정책' 추진에 따라 2030년까지 장기적으로 인천시 원도심 균형발전을 체계적으로 수행할 수 있도록 공간재편 및 구상과 수소산업 육성에 근간이 되는 수소공급시설 구축 등의 논의가 복합적으로 이루어질 필요가 있다.

가. 인천형 그린뉴딜 종합계획

인천형 그린 뉴딜 종합계획 초안 발표

인천광역시는 2020년 10월 13일 "인천형 그린 뉴딜 종합계획"의 초안을 공개했다. 종합계획 초안에 따르면, "그린 뉴딜을 통한 환경·안전 개선과 신성장동력 창출"이라는 비전을 실현하기 위해 2025년까지 총사업비 약 5조 원(시비 약 8,000억 원)을 투자해 인천경제와 시민 생활의 녹색전환을 위한 4대 분야 11개 과제를 추진할 계획이다. 구체적인 과제와 사업 규모는 일반 시민, 지방의회, 관련 시민단체들의 의견을 충분히 수렴한 후 10월 중순에 확정할 예정이다.

인천시는 기후변화와 세계 경기침체라는 어려운 상황을 극복하기 위해 주요 선진국이 채택하고 있는 경제전략인 그린 뉴딜이 인천의 경제와 환경, 기후변화로부터 시민들의 안전을 지키기 위해 필요하다고 판단하고 있다. 특히 인천시는 수도권매립지, 미세먼지 등 다양한 환경문제를 가지고 있어 그린뉴딜이 새로운 그린기술과 시민들의 참여로 인천의 환경문제 해결에 큰 도움이 될 것으로 기대하고 있다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[표 III-1] 인천광역시 그린뉴딜 초안

구분	기반 구축기 (‘20~‘22년)	그린 전환기 (‘23~‘25년)	그린전환 완성이 (‘26~‘30년)
저탄소에너지 도시 인천	<ul style="list-style-type: none"> ■ 인천광역시 녹색건축물 설계기준 제정(‘20~) ■ 친환경 운행관리시스템(‘21~) ■ 공공기관·단독주택 태양광 보급(‘22~) ■ 자전거길 및 공유자전거 시스템 구축(‘22) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 스마트그리드 구축(‘25) ■ 환경기초시설 탄소중립프로그램(‘25) ■ 노후경유차 제로화(‘25) ■ 공공건축물 그린리모델링(‘25) ■ 원도심 그린주거환경 조성(‘25) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 친환경차(전기·수소차) 보급 확대(‘21~) ■ 해상풍력발전단지 조성(‘26) ■ 수소생산 클러스터 조성(‘26)
청정 생태계 도시 인천	<ul style="list-style-type: none"> ■ No-일회용품 문화 확산 및 재활용 수거체계 개선(‘22) ■ 미세먼지 저감시스템 및 측정장비 구축(‘22) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ICT 기반 상하수도 조성 및 정수장 고도화(‘25) ■ 생활속 도시숲 조성(‘25) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 친환경 자체매립지 조성(‘26) ■ 소각시설 현대화사업(‘25~)
클린해양도시 인천	<ul style="list-style-type: none"> ■ 해양-녹지축 복원사업(‘21) ■ 친환경 양식업 육성(‘21) ■ 갯벌 및 생태습지 복원(‘22) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 철새 보호서식지 조성(‘24) ■ 도서지역 관광자원화(‘25) 	
녹색산업혁신 도시 인천	<ul style="list-style-type: none"> ■ 스마트 에너지 플랫폼 조성(‘22) ■ 녹색혁신 상생협력 사업(‘22) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 그린스마트 금융타운 조성(‘25) ■ 플라스틱 대체물질 소재 부품장비산업 지원센터 조성(‘25) ■ 제조업 친환경 관리인프라 구축 위한 기술지원(‘25) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 에코사이언스파크 강소연구개발특구 조성(‘26)

자료 : 인천광역시 홈페이지(인천형 뉴딜)

첫째, 해상풍력단지, 수소생산 클러스터, 태양광 보급을 통한 신재생에너지 도시 지향

인천시가 발표한 그린 뉴딜의 4대 추진전략과 주요 과제를 살펴보면 먼저 “저탄소 에너지 도시, 인천으로 전환”이다. 2026년까지 해상풍력발전단지·수소생산 클러스터를 조성하고 공공기관뿐만 아니라 공동·단독주택에도 태양광 보급을 확대하는 등 신재생에너지 도시를 지향한다.

또한, 전기차·수소차의 보급을 확대해 친환경차 이용률을 현재 2.9%에서 2025년까지 5.6%, 2030년까지 12.3%로 높일 예정이다. 2021년까지 순환자전거길의 조성을 완료하고 전기자전거 공유서비스 확대사업을 2022년부터 진행하는 등 친환경 모빌리티 도시체계를 구축한다. 2023년까지 원도심지에 걷고 싶은 친환경 스마트공원을 조성하고 2025년까지 원도심지 전역에 전선·통신선 지중화사업을 진행해 도시 미관을 개선한다.

둘째, 친환경

둘째는 “청정 생태계 도시 인천”을 조성한다. 2025년까지 수도권매립지를

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

자체매립지 조성

종료하고 친환경 자체매립지를 조성해 매립지도시의 오명에서 벗어난다는 계획이다.

2022년까지 인천 전역에 미세먼지의 효율적 관리를 위해 미세먼지 자동 측정장비 등을 구축하고 미세먼지 저감을 위해 총 18개소의 미세먼지 차단숲을 조성한다. 2025년까지 일상 속 녹지공간체감도 제고를 위해 역사 등 생활권 주변에 총 5개소의 생활밀착형 숲을 조성하고 등하교길 생활환경 개선을 위해 총 5개소의 자녀안심 그린숲을 조성한다.

또한, 붉은 수돗물사태·유충사태의 오명을 씻고 시민이 안심하는 수돗물을 공급하기 위해 2023년까지 수돗물 공급 전 과정에 ICT기반의 실시간 감시·대응체계를 구축하고 고도정수처리시설을 도입하여 수돗물사고를 원천적으로 예방한다.

셋째, 인천만의 청정 해양 서식지 조성

셋째는 “클린 해양도시 인천”을 만든다. 해양쓰레기의 수거 및 관리강화, 친환경·스마트 어업을 육성하는 등 인천만의 청정 해양 서식지를 조성한다. 2022년까지 아름다운 강화갯벌, 소래습지를 복원하고 희귀종인 저어새, 두루미 등을 보호하기 위해 2023년까지 저어새 센터, 두루미 생태마을을 조성하여 시민-자연 상생도시를 구현한다.

또한, 2021년까지 아라뱃길 등 친수공간과 녹색공간의 조화를 위한 종합 발전계획을 수립하고 23년까지 백령에 바다쉼터를 조성하는 등 친수공간을 시민들의 휴식처 및 관광자원으로 활용할 계획이다.

넷째, 첨단 녹색산업 육성을 통한 녹색산업 선도도시로의 성장

마지막 네 번째는 “녹색산업 선도도시로 성장”이다. 인천 서구에 2026년까지 전국 유일의 환경산업특화 강소연구개발특구인 에코사이언스파크 조성을 통해 첨단 녹색산업을 육성하고 송도에 2025년까지 녹색기후 국제가구·기업을 집적화한 그린스마트 금융타워를 조성해 글로벌 그린도시로서 발돋움한다는 계획이다.

또한, 2024년까지 인천시 주요산업단지를 친환경적으로 대개조하기 위해 클린팩토리를 도입한다. 인천시 기간산업인 제조업의 친환경적 고도화를 위해 온실가스·유해물질 저감 모니터링시스템, 저탄소 혁신기술 설비 등을 대기업·중앙부처와 협업해 지원할 예정이다.

인천은 그린뉴딜을 통해 인천이 가진 다양한 환경문제를 해결하는 동시에 그린산업 육성을 통해 지역경제와 일자리 문제를 해결하고자 한다.

(2) 산업 현황 및 추진경과 분석

가. 사업체 현황

인천시는 2018년 기준, 인천광역시 소재 종사자 1인 이상의 총 사업체수는 총 202,493개 사업체, 202,493개로 전년 대비 2.94%가 증가하였으며, 총 종사자수는 1,070,454명으로 전년 대비 3.49%가 증가하였다.

[표 Ⅲ-2] 인천광역시 사업체 및 종사자 현황

구분	2017년		2018년		증감률	
	사업체(개)	종사자(명)	사업체(개)	종사자(명)	사업체(개)	종사자(명)
인천광역시	196,705	12,034,344	202,493	1,070,454	2.94	3.49
전국	4,019,872	21,626,904	4,103,172	22,234,776	2.07	2.81
구성비(%)	4.89	4.78	4.94	4.81	-	-

자료 : 인천광역시, 사업체조사 보고서(2018년 기준)

제조업의 산업별 사업체수를 살펴보면, 도매 및 소매업(46,705개), 숙박 및 음식점업(35,316개), 제조업(24,826개), 운수업(24,187개) 등의 많이 차지하고 있다.

[표 Ⅲ-3] 인천광역시 산업별 사업체수 및 종사자수

구분	사업체수(개)	종사자수(명)	종사자 입지계수(LQ)
농림어업	36	201	0.139
광업	32	549	0.825
제조업	25,235	247,361	1.295
전기·가스·증기·공기조절업	67	3,726	1.153
수도·하수·폐기물처리·원료재생업	495	6,488	1.376
건설업	6,278	55,565	0.741
도·소매업	47,008	146,626	0.939
운수·창고업	26,111	84,685	1.457
숙박·음식점업	36,043	111,297	0.998
정보통신업	1,023	9,902	0.321
금융·보험업	1,802	25,635	0.744
부동산업	8,175	23,363	0.881
전문·과학·기술서비스업	3,840	30,601	0.612
사업시설·사업지원·임대서비스업	3,029	47,082	0.782
공공행정	485	36,806	1.003
교육서비스업	8,321	73,735	0.963
보건·사회복지업	7,384	101,680	1.112
예술·스포츠·여가업	6,882	21,974	0.942
협회·수리·개인서비스업	20,247	43,178	1.006
합계	202,493	1,070,454	-

자료 : 인천광역시, 사업체조사 보고서(2018년 기준)

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

전체 사업체 중 제조업은 12.5% 차지

2018년 말 기준, 인천광역시에 있는 제조업체수는 25,235개로 전체 사업 수 대비 12.5%를 차지하고 있다. 인천의 지역경제 내에서 제조업이 차지하는 위상은 다소 하락하고 있으며, 전체 부가가치 생산액 및 전체 고용에서 제조업이 차지하는 비중이 하락하고 있다. 그러나, 전체 사업수에서 제조업이 차지하는 비중은 상승하고 있다.

[표 Ⅲ-4] 인천광역시 제조업체 및 종사자

구분		'14년	'15년	'16년	'17년	'18년
사업체	전체(개)	183,595	186,011	191,588	196,705	202,493
	제조업(개)	23,276	24,200	24,246	24,826	25,235
	비율(%)	12.7	13.0	12.7	122.6	12.5
종사자	전체(명)	931,822	984,652	1,004,783	1,034,344	1,070,454
	제조업(명)	235,135	242,922	247,613	250,329	247,361
	비율(%)	25.2	24.7	24.6	24.2	23.1

자료 : 인천광역시, 사업체조사 보고서(2018년 기준)

제조업 고도화 지연, 소기업 유입 증가로 인한 문제점 발생

즉, 인천경제 전체의 양적인 규모 증가 속도보다 제조업의 규모 증가 속도가 더디므로 상대적으로 제조업의 비중이 감소한다고 볼 수 있다. 특히, 전체 사업체 수 중에서 제조업체수가 증가하였음에도 부가가치생산액 및 고용자 수의 비중이 감소하였다는 것은 인천지역 제조업의 고도화가 지연되고 있거나 중견 이상 기업은 다른 지역으로 유출되고 소기업의 유입이 증가하였음을 의미한다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[표 Ⅲ-5] 인천광역시 제조업 현황

구분	인천		입지계수		성장률	
	사업체(개)	종사자(명)	사업체(개)	종사자(명)	사업체(개)	종사자(명)
금속가공제품 제조업	5,612	38,417	1.39	1.33	0.19	0.23
전기장비 제조업	1,825	17,010	1.40	1.09	0.42	0.35
기타 기계 및 장비 제조업	4,279	42,085	1.50	1.45	0.40	0.14
자동차 및 트레일러 제조업	610	25,874	0.96	1.15	0.27	0.11
기타 운송장비 제조업	67	697	0.30	0.08	0.24	-0.11
기타 제품 제조업	865	4,354	0.79	0.98	0.10	0.12
산업용 기계 및 장비 수리업	464	1,340	0.60	0.44	0.07	-0.05
제조업 전체	24,826	250,329	1.00	1.00	0.23	0.20

자료 : 전국사업체조사, 국가통계포털(2008, 2017)

* 입지계수 : (인천지역/산업구성비) / (전국/산업구성비)

** 성장률 : (2017년 - 2008년) / 2008년

*** 제조업 중 수소산업과 연관 있는 부분만 발체

나. 산업단지 현황

인천시는 총
15개의 산업단지
지정

인천광역시 內 산업단지는 총 15개로 국가산업단지 2개(13.3%), 일반산업
단지 11개(73.3%), 도시첨단산업단지 2개(13.3%) 등이 지정되어 있다.

[표 Ⅲ-6] 인천광역시 산업단지 현황

구분	국가산업단지	일반산업단지	도시첨단단지	합계
산업단지(개소)	2	11	2	15
지정면적(천m ²)	11,361	8,657	1,404	21,422
분양률(%)	100.0	98.0	33.0	-
기업수(개)	8,889	2,365	29	11,283
고용인원(명)	128,808	40,818	495	170,117

자료 : 산업단지관리공단, 산업단지현황조사(20년 1분기)

지정면적인 국가산업단지 11,361천m²(53.0%), 일반산업단지 8,657천
m²(40.4%), 도시첨단산업단지 1,404천m²(6.6%) 등이 지정되어 있다. 산업
단지는 단지수의 점유율은 낮으나 지정면적의 점유율은 높아 단지당 지
정면적이 큰 것으로 나타나고 있다.

[표 Ⅲ-7] 인천광역시 산업단지 현황

구분	단지명	지정면적 (m ²)	입주업체수 (개)	가동업체수 (개)	가동률 (%)	종업원수 (명)
국가 산업단지	남동	9,574	6,802	6,594	96.9%	102,975
	한국수출	1,787	2,087	2,080	99.7%	25,833
일반 산업단지	인천기계	350	179	178	99.4%	2,674
	인천	1,136	493	478	97.0%	6,538
	검단	2,251	944	910	96.4%	11,142
	인천서부	939	275	271	98.5%	5,550
	청라1지구	194	35	35	100.0%	862
	송도지식정보	2,402	222	220	99.1%	13,292
	강화하점	59	15	8	53.3%	81
	강화	462	75	39	52.0%	538
	서운	525	70	33	47.1%	-
	인천서부자원	56	-	-	-	-
	I-FoodPark	283	57	5	8.8%	92
	도시첨단 산업단지	IHP	1,171	29	5	17.2%
남동		233	-	-	-	-

자료 : 한국산업단지관리공단, 산업단지현황조사(2020.1분기)

6개의 산업단지가 노후화 상태로 경제 회복을 위한 개선이 시급함

인천은 15개의 산업단지 중 6개의 산업단지가 노후화 상태¹⁷⁾로 산업단지 경쟁력이 저하됨에 따라 경제 성장 한계점이 도출되고 있다. 또한, 인천의 제조업은 고용, 생산면에서 산업단지에 크게 의존하고 있으나 산업단지의 수출비중이 전국에 비해 상대적으로 열세를 보이고있어 제조업의 기술개발을 통한 고부가가치 산업화 필요 등 산업단지의 변화 요구가 증대되고 있다.

이에 따라 인천시는 지역 내 산업단지의 기반시설 확충과 스마트 산업단지, 산업환경 개선, 구조고도화 등을 추진해 경쟁력 있는 산업단지로 혁신한다는 계획이다.

다. 지역내총생산(GRDP)

지역내총생산은 높으나, 민간소비현황 및 개인소득이 낮은편

2018년 기준, 인천광역시의 지역내총생산(명목)은 88.4조원으로 전국의 4.7%를 차지하고, 실질 지역내총생산은 전년 대비 0.4% 성장하였다. 민간 소비(3.0%)와 정부소비(5.3%)는 증가세를 지속하고 있으며, 설비투자(4.5%)는 증가로 전환한 반면에 건설투자(-9.8%)는 감소하고 있는 추세를 보이고 있다.

인천광역시의 지역내총생산 경제활동별 세부 내용은 다음과 같으며, 제조업 분야에서 가장 많은 지역내총생산이 이루어지고 있음을 알 수 있다. 산

17) 통상적으로 착공된 지 20년이 경과한 산업단지를 노후화 산업단지라고 함

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

업별 비중과 증가율을 보면 건설업은 -9.3%감소, 전기·가스업은 -9.7% 감소하였으나 보건·사회복지업은 9.2% 증가, 운수업은 3.8% 증가하였다.

[표 III-8] 인천광역시 1인당 지역내총생산(단위 : 백만원)

구분	2018년 당해년가격	2015년 기준가격(연쇄)
지역내총생산(시장가격)	88,735,401	86,426,825
순생산물세	8,527,276	7,855,623
총부가가치(기초가격)	80,208,125	78,585,491
농업, 임업 및 어업	249,852	257,548
광업	92,500	87,454
제조업	21,867,040	21,204,060
음식료품 및 담배제조업	1,003,809	922,869
섬유 의복 및 가죽제품 제조업	300,401	265,668
목재종이인쇄 및 복제업	935,665	937,688
석탄 및 석유 화학제품 제조업	3,784,289	3,844,551
비금속광물 및 금속제품 제조업	4,428,432	4,279,382
전기 전자 및 정밀기기 제조업	5,127,712	4,714,940
기계 운송장비 및 기타 제품 제조업	6,286,732	6,200,678
전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	2,630,507	3,855,800
건설업	4,957,361	4,431,636
도매 및 소매업	5,857,715	5,682,850
운수 및 창고업	8,720,238	9,496,747
숙박 및 음식점업	2,134,492	1,935,318
정보통신업	1,436,318	1,504,870
금융 및 보험업	3,583,043	3,379,723
부동산업	6,826,892	6,586,697
사업서비스업	5,667,786	5,218,360
공공행정, 국방 및 사회보장 행정	5,215,810	4,688,151
교육서비스업	4,197,732	3,987,752
보건업 및 사회복지 서비스업	4,006,407	3,820,168
문화 및 기타서비스업	2,764,432	2,374,651

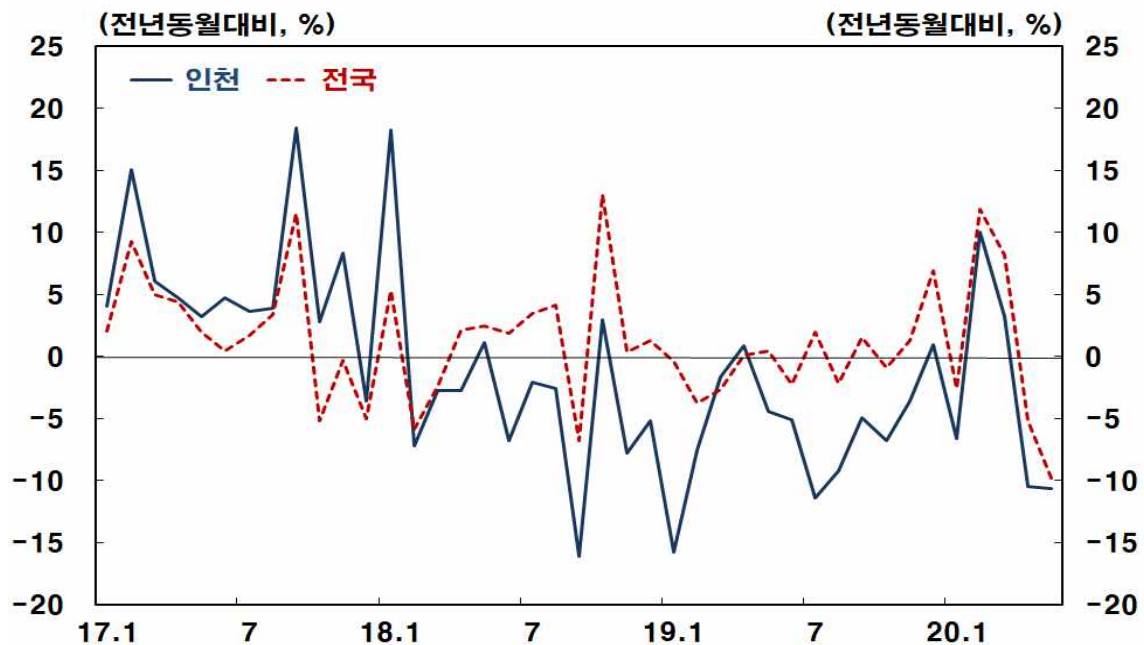
자료 : 통계청, 시도별 경제활동별 지역내총생산(2018)

소비위축, 경제 회복 개선을 위한 신산업 육성 필요

그러나, 2018년 이후 최근 인천지역의 제조업 생산증가율을 보면 전국 평균에 다소 미치지 못하는 추세를 나타내고 있다. 코로나로 인해 전년 대비 의약품 생산증가율이 눈에 띄고 (+16.7%→+73.0%), 전자부품 (-24.8%→-24.2%), 식료품(-9.2%→8.8%) 및 전기장비(-6.8%→-5.0%)의 감소세가 둔화되었으나 화학제품(+12.1%→-4.6%)이 감소로 전환되고 기계 장비(-11.0%→-19.1%), 자동차(-24.9%→-41.0%), 금속가공(-23.2%→-27.0%) 등의 감소세가 확대됨으로 인해 주요업종의 침체가 지속되고 있으며, 설비투자 BSI 역시 2020년 6, 7월에 전월 대비 하락이 전망되고 있다.¹⁸⁾

18) 한국은행 인천 지역본부, 2020년 7월 자료

[그림 Ⅲ-2] 인천지역 제조업 생산 증가율



자료 : 통계청, 제조업생산지수 기준

인천은 전통산업과 신산업간의 발전적 융합을 통해 정체에 빠진 산업의 신성장동력 확보에 중요한 분기점에 있다고 볼 수 있다.

(3) 에너지 생산·소비 현황

가. 에너지생산 현황

원자력,
신재생에너지가
국내 에너지
생산의 95% 차지

국내 에너지생산량은 원자력 발전을 포함하여 2018년 12월 기준 4,836만 2천 toe며, 그 중 원자력이 58.8%, 신재생에너지가 36.2%를 차지하고 있다.

전체 생산량 중 가장 큰 비중을 차지하는 원자력의 경우, 2008년과 비교해 12.4%가 감소하였고 가장 큰 감소량을 보인 석탄생산량은 55.9%가 감소하였다. 가장 큰 증가율을 보인 에너지원은 신재생에너지 부문이며, 2008년 대비 70.3%의 증가율을 보였다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[표 Ⅲ-9] 국내 에너지생산 현황(수입제외)

구분	1차 에너지(천toe, %)					
	석탄 (무연탄)	LNG (천연가스)	수력	원자력	신재생	합계
2014년	787 (1.7%)	322 (0.7%)	1,650 (3.5%)	33,002 (70.6%)	10,956 (23.5%)	46,716 (100%)
2015년	794 (1.6%)	188 (0.4%)	1,223 (2.5%)	34,765 (69.8%)	12,839 (25.8%)	49,809 (100%)
2016년	777 (1.6%)	154 (0.3%)	1,400 (2.8%)	34,181 (68.2%)	13,575 (27.1%)	50,087 (100%)
2017년	702 (1.4%)	341 (0.7%)	1,490 (3.0%)	31,615 (64.4%)	15,847 (30.5%)	49,995 (100%)
2018년	568 (1.2%)	305 (0.6%)	1,549 (3.2%)	28,437 (58.8%)	17,504 (36.2%)	48,362 (100%)

자료 : 에너지통계월보, 에너지경제연구원

화석연료를 사용한

1차 에너지

생산량이 높음

인천광역시에는 화력발전 및 복합화력발전소가 위치하고 있어 화석연료를 사용한 1차 에너지생산량이 높은 수준이며, 신재생에너지 생산 비중은 비교적 낮은 편이다.

[표 Ⅲ-10] 지역별 1차에너지 원별 공급량

구분	1차 에너지(천toe, %)						
	석탄 (무연탄)	석유	LNG (천연가스)	수력	원자력	신재생	합계
서울	68	5,603	4,604	-	-	392	10,667
부산	44	2,929	2,925	-	6,350	259	12,508
대구	205	1,765	1,405	1	-	189	3,565
인천	8,858	9,607	4,822	7	-	405	23,699
광주	16	1,046	708	2	-	78	1,849
대전	25	1,099	769	-	-	132	2,026
울산	468	22,990	5,161	-	1,351	1,030	31,000
세종	-	173	751	-	-	76	1,001
경기	285	12,078	17,326	209	-	1,670	31,568
강원	5,816	2,105	1,139	364	-	1,181	10,605
충북	1,107	2,304	878	184	-	676	5,149
충남	33,930	23,509	3,046	16	-	2,477	62,978
전북	12	2,520	1,382	161	-	1,485	5,561
전남	13,724	21,843	4,348	17	6,353	3,423	49,708
경북	9,736	3,610	3,819	337	14,384	2,464	34,349
경남	12,359	4,008	1,957	250	-	715	19,290
제주	-	1,332	-	-	-	465	1,797
합계	86,651	118,521	55,224	1,549	28,437	17,119	307,501

자료 : 2019 지역에너지통계연보, 에너지경제연구원

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

노후화력발전소
셸다운에 따른
인천 LNG 발전량
증가 예상

한국남부발전, 한국서부발전, 한국중부발전, 포스코에너지 등 여러 화력발전소가 밀집되어 있어, 1차 에너지원 중 석탄 및 LNG 등 화력발전이 높은 비중을 차지하고 있으며, 정부의 “노후화력발전소 셸다운¹⁹⁾” 정책에 따른 인천의 LNG 발전량은 더욱 증가할 것으로 예상되고 있다.

나. 에너지소비 현황

지역적 특성에
따라 수송부문에서
많은 에너지를
소비하고 있음
(공항, 항만)

인천광역시의 부문별 최종에너지 소비량이 가장 많은 부문은 수송부문으로 2017년 기준 전체에너지 소비량의 42.7%(5,794천TOE)를 점유하고, 산업부문이 38.4%(5,215천TOE), 가정상업부문이 16.3%(2,219천TOE), 공공기타 2.6%(347천TOE)를 차지하고 있다.

부문별 에너지 소비현황은 수송부문 및 산업부문이 가장 많이 차지하고 있으며, 산업부문은 신규 산업단지 조성으로 인한 증가요인과 수송부문은 꾸준히 증가 될 것으로 전망되고 있다.

[표 Ⅲ-11] 부문별 에너지 소비현황

구분	산업부문	수송부문	가정·상업부문	공공기타	합계
전국(천toe)	144,260	42,796	39,907	6,938	233,901
(비중)	61.7%	18.3%	17.1%	3.0%	100.0%
인천(천toe)	5,215	5,794	2,219	347	13,575
(비중)	38.4%	42.7%	16.3%	2.6%	100.0%
비율	3.6%	13.5%	5.6%	5.0%	5.8%

자료 : 에너지경제연구원(2019)

인천광역시의 최종에너지원별 소비는 233,901천TOE로 전년보다 3.6% 증가하였으나 인천은 산업부문과 수송부문의 영향으로 7.4%가 증가하였다.

다. 신재생에너지 현황

에너지자립도는
높으나
신재생에너지
발전량은 낮음

인천광역시의 에너지자립도는 전국 1위를 기록하고 있으나 신재생에너지 발전량은 9위, 총발전량 대비 신재생에너지 발전량은 1.3%로 신재생에너지의 보급 확산이 필요한 상황이다.

19) 인천에 위치한 화력발전소는 노후화력발전소 셸다운 정책에 포함되지 않음

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

태양광, 풍력 등 타에너지원의 보급 활성화 필요

이에, 인천광역시는 에너지 전환 패러다임에 맞춰 신재생에너지보급 중장기 계획을 수립하고, 매년 신재생에너지 발전량이 증가하고 있으나 신재생에너지 중 바이오와 폐기물에 지나치게 편중되어 있어 정부 정책과의 일관성 확보를 위해 태양광, 풍력 등 타 에너지원의 보급 활성화가 필요하다.

[표 Ⅲ-12] 2018년 인천광역시 신재생에너지 생산량(단위 : 천TOE)

구분	태양열	태양광	풍력	수력	지열	바이오	폐기물	연료 전지	합계
전국	27.4	1,977	525.2	718.8	205.5	4,442.4	9,084.2	376.3	17,838
인천	0.7	24.0	9.2	7.5	6.8	187.7	132.5	44.3	412.6
비율(%)	2.6	1.2	1.8	1.0	3.3	4.2	1.5	11.8	2.3

자료 : 신재생에너지 보급통계(2018년, 2019년 공표 자료)

연료전지 에너지생산량은 전국에서 차지하는 비중이 높으나, 바이오에너지의 에너지생산량이 높고 태양열, 태양광, 풍력 등 타 신재생에너지의 비중은 전국 평균과 비교하여 상대적으로 낮다.

[표 Ⅲ-13] 2018년 인천광역시 신재생에너지 발전량(단위 : GWh)

구분	태양광	풍력	수력	바이오	폐기물	연료 전지	합계
전국	9,208.1	2,464.9	3,374.3	9,363.2	24,355.4	1,764.9	52,718
인천	109.0	42.9	35.2	262.4	70.7	207.8	728
비율(%)	1.2	1.7	1.0	2.8	0.3	11.8	1.4

자료 : 신재생에너지 보급통계(2018년, 2019년 공표 자료)

생산량 비중보다 낮은 발전량 비중

인천은 바이오 및 연료전지 등 열에너지를 생산하는 신재생에너지 비중이 높아 전국 대비 인천의 신재생에너지 발전량 비중(1.4%)이 전국 대비 인천의 신재생에너지 생산량 비중(2.3%)보다 낮다.

2. 토지이용, 도시계획 및 교통현황

인천광역시의 군·구별 토지 면적 현황

대한민국의 수도인 서울과 28km 거리에 위치한 인천은 황해에 접해있으며, 한강의 하류에 위치해 있다.

인천은 직할시로 승격 당시 면적은 201.21km²였으며, 1989년 경기도 김포군 계양면(30.9km²)과 옹진군 영종·용유면(72.0km²) 편입으로 면적이 310.83km²가 되었으며, 1995년 광역시로 명칭 변경과 같은 해 강화군(401.3km²), 옹진군(163.6km²), 김포군 검단면(42.2km²)의 통합으로 면적이

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

955km²이 되었다. 2000년 이후 공유수면매립 등으로 2005년에는 면적이 994.12km²로 전 국토 면적의 1%로 확장되었으며 2019년 1,063.26km²에 이르고 있다.

[표 Ⅲ-14] 인천광역시 군·구별 면적(단위 : km², %, 개)

구 분	면적(km ²)	구성비(%)	행정동(개)	법정동(개)	읍(개)	면(개)
중구	140.19	13.2	11	52	-	-
동구	7.19	0.7	11	7	-	-
미추홀구	24.84	2.3	21	7	-	-
연수구	54.95	5.3	13	6	-	-
남동구	57.05	5.4	19	11	-	-
부평구	32.00	3.0	22	9	-	-
계양구	45.57	4.3	12	23	-	-
서군	116.90	11.0	21	20	-	-
소계	478.69	45.1	130	135	-	-
강화군	411.43	38.7	-	-	1	12
옹진군	172.48	16.2	-	-	-	7
소계	583.91	54.9	-	-	1	19
합계	1,062.60	100.0	130	135	1	19

자료 : 인천광역시 균형발전 5개년 계획수립(2018)

(1) 토지이용 현황

대한민국의 전체
면적의 1%를
차지하고 있는
인천은, 임야가
가장 많은 비율을
차지하고 있음

인천광역시의 총 면적인 1,063.26km²으로 전국 면적의 1%를 차지하고 있으며, 총 면적 중 임야가 393.13km²(36.97%)로 차지하는 비율이 가장 높으며, 그 다음으로 답이 162.66km²(15.30%)를 차지하고 있다. 인천광역시의 지목별 구성현황은 다음과 같다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[표 Ⅲ-15] 인천광역시 지목별 토지 현황

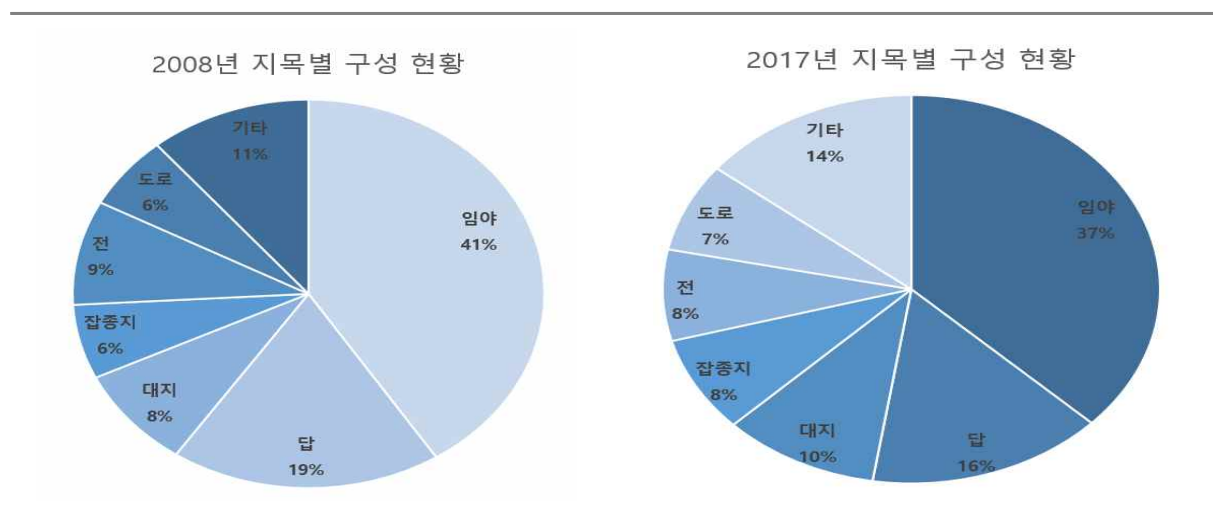
구 분	면적(km ²)	비율(%)
전	80.49	7.57
답	162.66	15.30
과수원	1.61	0.15
목장용지	2.69	0.25
임야	393.13	36.97
염전	4.08	0.38
대지	109.90	10.34
공장용지	25.86	2.43
학교용지	11.63	1.09
도로	81.78	7.69
기타	189.43	17.82
합계	1,063.26	100.00

자료 : 인천통계연보(2019)

지목별 토지 현황 :
임야 > 답 > 대지
순으로 구성

지목별 토지 현황으로는 2017년 기준 임야가 37.1%로 가장 큰 비율을 차지하고 있으며 그 뒤로 답 15.4%, 대지 10.2%, 전 7.6% 순으로 나타나고 있다. '08년도와 비교하여 '17년 현재 주차장, 창고용지, 공원, 체육용지 등이 두 배 이상 증가하였고 전, 답, 임야, 염전 등이 감소한 것으로 나타나고 있다.

[그림 Ⅲ-3] 인천광역시 지목별 토지현황



(2) 도시계획 현황

가. 도시계획 용도지역

인천광역시의
도시계획에 따른
용도지정현황

인천광역시 도시계획 용도지역은 '16년 기준 1,070.95km²이며 미지정지역을 포함한 총 면적은 1,156.67km²이다.

용도지역 중 도시지역과 비도시지역은 각각 44.44%, 51.83%를 구성하고 있고 용도가 정해지지 않은 미지정지역은 85.73km²으로 '06년 대비 53.87%가 감소하였다.

도시지역의 구성비는 녹지지역이 25.94%로 가장 높게 나타났으며 그 뒤로 주거지역 10.64%, 공업지역 5.77%, 상업지역 2.10% 순으로 나타났다.

[표 Ⅲ-16] 인천광역시 도시계획 용도지역 추이(단위 : km², %)

구 분			'07년(km²)	'16년(km²)	'16년 구성비	'07년 대비 증감률	연평균 증가율
총 면적(km²)			1,298.19	1,156.67	-	-10.90	-1.27
용 도 지 역	합계		1,112.35	1,070.95	100.00%	-3.72	-0.42
	도시 지역	소계	535.05	494.38	46.16%	-7.60	-0.87
		주거	104.72	118.31	11.05%	12.98	1.36
		상업	16.95	23.40	2.18%	38.05	3.65
		공업	50.21	64.14	5.99%	27.74	2.76
		녹지	363.17	288.53	26.94%	-20.55	-2.52
	비 도시 지역	소계	577.30	576.57	53.84%	-0.13	-0.01
		관리	313.65	313.40	29.26%	-0.08	-0.01
		농림	263.60	263.12	24.57%	-0.18	-0.02
		자연보전	0.05	0.05	0.005%	0.00	0.00
미지정지역			185.84	85.72	-	-53.87	-8.24

자료 : 한국토지주택공사, 도시계획현황

인천광역시 구·군별 도시계획 용도지역을 살펴보면 주거지역과 공업지역은 서구가 각각 26.0km², 19.4km², 상업지역은 중구가 6.0km²으로 가장 넓은 것으로 나타나고 있다. 또한, 비도시지역은 강화군 393.3km², 옹진군 163.4km², 서구 19.9km² 순으로 분포하고 있고 나머지 구들은 모두 도시지역에 포함되고 있다. 미지정지역은 연수구 68.9km², 남동구 12.0km², 옹진군 4.3km² 순으로 넓게 나타나고 있다.

나. 도시계획

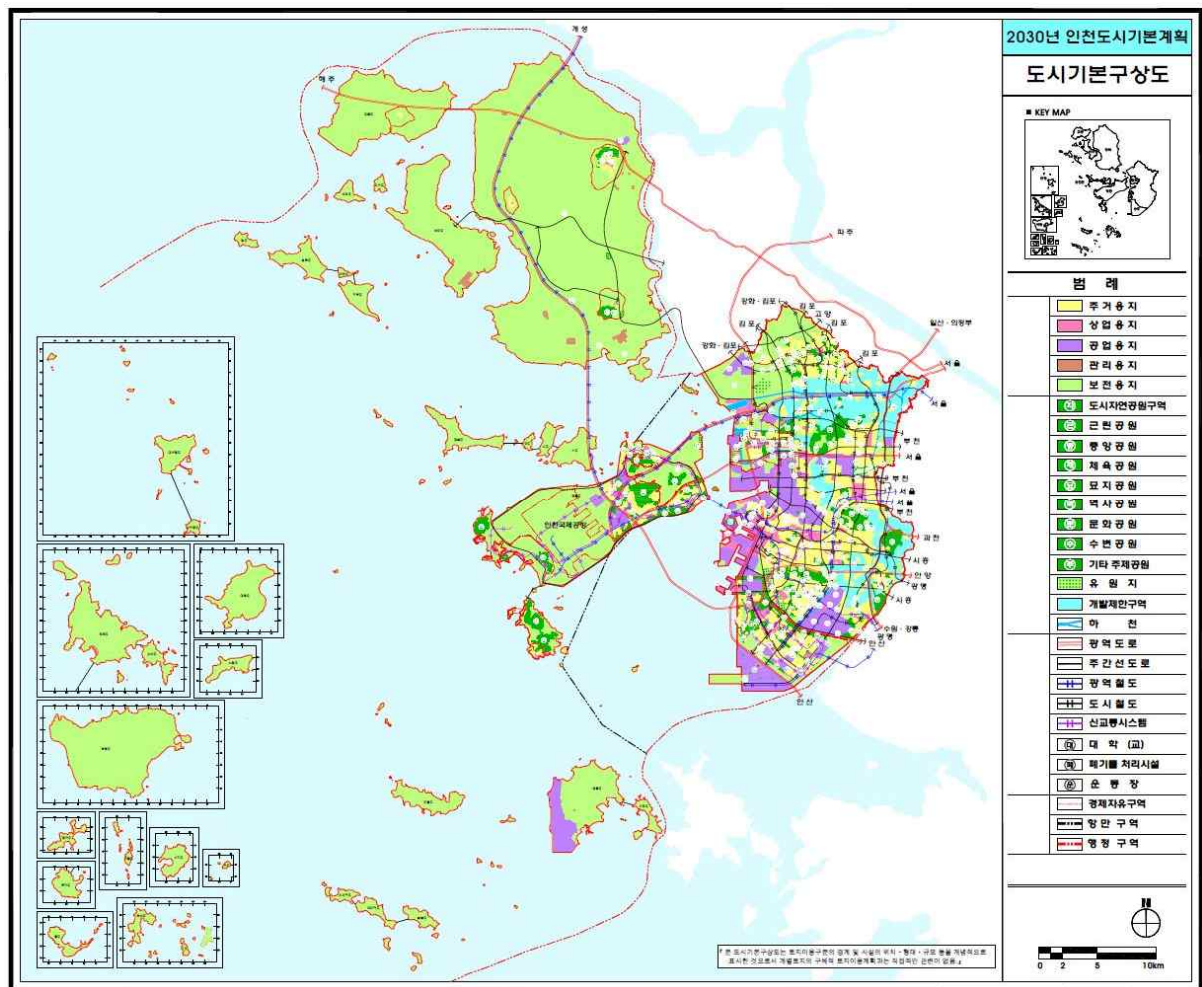
인천광역시는 한반도 중앙부 서해안에 위치하고 있는 항구도시이며 서울

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

특별시, 경기도와 함께 수도권을 형성하고 있다. 행정구역은 계양구 하야동부터 옹진군 백령면까지 동서 간 약 192.2km, 옹진군 덕적면부터 옹진군 백령면까지 남북 간 117.6km에 달하는 넓은 지역을 포함하고 있다.

[그림 Ⅲ-4] 2030년 인천 도시기본계획구상도



(3) 교통현황

가. 자동차 등록현황

전체 자동차 중
44%가 수도권에
등록

전국의 자동차 등록 대수는 지난 10년간 연평균 3.32%씩 증가하여 2019년 12월 기준 23,677,366대에 이르고 있으며 전체의 44.5%(10,525,172대)가 수도권(서울, 경기도, 인천)에 등록되어 있다.

[표 Ⅲ-17] 자동차 등록대수 추이(단위 : 대, %)

구 분		2017년(대)	2018년(대)	2019년(대)	연평균증가율(%)
전국		22,528,295	23,202,555	23,677,366	2.5%
수도권	서울	3,116,256	3,124,651	3,124,157	0.1%
	경기	5,386,022	5,617,611	5,765,692	2.6%
	인천	1,510,319	1,577,607	1,635,323	3.7%
	소계	10,012,597	10,319,869	10,525,172	2.0%
광역시	부산	1,333,224	1,371,172	1,395,183	1.8%
	대구	1,157,053	1,178,353	1,190,154	1.0%
	광주	649,293	664,316	676,281	1.8%
	대전	659,619	669,959	673,899	0.6%
	울산	549,489	558,106	565,639	1.3%

나. 도로현황

1) 광역도로망

광역 도로를 통한
서울 및
수도권지역으로의
연결 양호

인천광역시와 연결된 광역도로는 경인고속도로, 제2경인고속도로, 제3경인고속화도로, 인천국제공항고속도로(동서방향), 영동고속도로, 서울외곽순환고속도로, 지방도305호선, 307호선(남북방향) 등이 있으며 이들 도로를 통한 서울과 경기지역으로 연결이 양호하다.

2) 간선도로망

간선도로망은 63개의 간선도로가 격자형으로 구성되어 있으며, 지역 내부 중심을 경인전철과 경인고속도로가 관통하고 있다. 도시 중심부에 있는 구릉지 및 대형시설(군부대 등) 지장물에 의한 부분적 단절이 심해 도로의 위계 및 기능분담이 체계적이지 못하여 주요 도로의 차량 흐름이 원활하지 못하다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[표 Ⅲ-18] 교통량 및 지점수 증감 추이

구분	구간	연장(km)	차로수
경인고속도로	서울 ~ 인천	23.9	4 ~ 8
영동고속도로	인천 ~ 강릉	4.4	6
제2경인고속도로	인천 ~ 서울	49.5	6
제3경인고속도로	인천 ~ 시흥	14.3	4 ~ 6
서울외곽순환고속도로	구리 ~ 일산	127.6	8
인천공항고속도로	공항 ~ 서울	31.9	6 ~ 8
제2외곽순환고속도로	인천 ~ 김포	28.9	4 ~ 6

자료 : 경인고속도로 일반도로화 및 주변지역 개발 기본구상 보고서, 인천광역시(2017)

다. 교통현황

인천시의 교통량은
연평균 0.8%씩
증가하고 있음

- 고속도로 : 2.7%
- 도로구간 : 0.2%
- 교차로 : 0.9%

2019년 도시교통 기초조사 자료에 따르면, 총 교통량은 10,416,638대/일이며 조사지점 유형별 교통량은 고속도로가 1,723,883대/일, 도로구간이 2,647,089대/일 그리고 교차로에서 6,045,666대/일로 집계되었다.

2014년부터 2019년까지 연도별 동일지점에 대한 총 교통량 집계 결과 연평균 0.8%가 증가하였으며 세부적으로는 고속도로²⁰⁾에서 연평균 2.7%로 가장 많이 증가하였고 도로구간²¹⁾과 교차로에서는 각각 0.2%, 0.9%가 증가하였다.

[표 Ⅲ-19] 교통량 및 지점수 증감 추이

구분		총교통량	유형		
			고속도로	도로구간	교차로
2019년(대) (170개소)		10,416,638 (170)	1,723,883 (23)	2,647,089 (75)	6,045,666 (72)
연도별 동일 지점 교통량 비교 (대/일)	동일지점 개소수	109	5	66	38
	'14년	5,456,757	590,712	2,440,483	2,425,562
	'15년	5,609,365	616,219	2,516,093	2,477,053
	'16년	5,628,268	632,743	2,518,617	2,476,908
	'17년	5,557,992	638,428	2,428,564	2,491,000
	'18년	5,601,092	645,288	2,460,225	2,495,579
	'19년	5,683,838	676,252	2,464,946	2,542,640
증감율		▲0.8	▲2.7	▲0.2	▲0.9

* '14년 조사결과는 교차로 접근부를 도로구간으로 가정하여 왕복교통량으로 집계하였으나, 표에서는 '15~'19년도와의 비교를 위해 접근교통량만 집계하여 재정리한 결과

*** 연도별 동일지점 교통량 비교를 위해 '17~'19년까지 주요교차로(19개소)는 6시간 교통량 집계결과를 반영함('14~'16년 주요교차로는 6시간 조사 수행)

20) 경인고속도로 일반화 구간(인천기점~서인천IC)은 고속도로 유형으로 분류하여 집계함

21) 도로구간 중 일반도로구간 48개소, 섬라인 8개소, 아라뱃길라인 6개소, 경인철도라인 13개소로 구분하여 분석함

3. 지역여건 종합분석

(1) 인천시 지역여건

인천광역시 산업현황을 통한 지역 특화산업을 정량적으로 분류하면 다음 [표 Ⅲ-20]과 같다.

[표 Ⅲ-20] 인천광역시 사업체 현황

산업 대분류	사업체		종사자		종사자 입지계수(LQ)
	개	비율(%)	명	비율(%)	
농업, 임업 및 어업	27	0.0	262	0.0	0.139
광업	33	0.0	614	0.1	0.825
제조업	24,246	12.7	247,613	24.6	1.295
전기, 가스, 증기 및 수도사업	69	0.0	4,217	0.4	1.153
하수·폐기물 처리 원료 재생 및 환경복원업	434	0.2	5,554	0.6	1.376
건설업	5,506	2.9	48,370	4.8	0.741
도매 및 소매업	46,002	24.0	139,726	13.9	0.939
운수업	24,242	12.7	76,455	7.6	1.457
숙박 및 음식점업	34,298	17.9	102,166	10.2	0.998
출판 영상 방송통신 및 정보서비스업	864	0.5	8,592	0.9	0.321
금융 및 보험업	1,722	0.9	25,502	2.5	0.744
부동산업 및 임대업	7,892	4.1	23,650	2.4	0.881
전문, 과학 및 기술 서비스업	3,324	1.7	28,811	2.9	0.612
사업시설관리 및 사업지원 서비스업	2,167	1.1	40,439	4.0	0.782
공공행정, 국방 및 사회보장행정	478	0.2	32,767	3.3	1.003
교육 서비스업	7,698	4.0	70,690	7.0	0.963
보건업 및 사회복지 서비스업	6,842	3.6	84,781	8.4	1.112
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	6,076	3.2	17,785	1.8	0.942
협회 및 단체 수리 및 기타 개인 서비스업	19,648	10.3	46,789	4.7	1.006
전체 산업	191,568	100.0	1,004,783	100.0	-

자료 : 인천광역시(2016년), 인천광역시 사업체 조사

입지계수(LQ)분석을
통한, 제조업 산업
형태별 비중 파악

인천광역시 사업체 종사자 입지계수(LQ) 분석을 통한 기반산업은 제조업, 전기·가스·증기 및 수도사업, 하수·폐기물처리, 원료재생 및 환경복원업, 운수업 등으로 나타났으며, 제조업 산업형태별 비중은 아래와 같다.

[표 Ⅲ-21] 2017년 제조업 산업형태별 비중

구분	사업체수		종사자수	
	전국	인천	전국	인천
기초소재형	21.3%	18.4%	25.8%	24.5%
가공조립형	42.5%	60.2%	54.8%	63.5%
생활관련형	33.0%	19.6%	18.1%	11.5%

자료 : 국가통계포털, 전국사업체조사(2017)

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

제조업 중 가공조립형의 비중이 높음

제조업은 생산품의 특성에 따라서 기초소재형, 가공조립형, 생활관련형으로 분류하며, 인천은 가공조립형 산업의 비중이 사업체 및 종사자 수 기준 각각 60.2%, 63.5%로 가장 높은 것으로 나타나고 있다.

기초소재형 제조업 생산액은 최근 10년(2008년~2017년)간 1.15% 증가세를 보이며, 업종별로는 '의료용 물질 및 의약품 제조업'의 증가율이 26.85%로 가장 큰 증가세를 보인다. 특히 코로나 여파로 인해 타제조업의 부진속에서 의약품분야는 전년 4월대비 +16.7%→+73.0%의 상승률로 눈에 띄는 성장세를 보여주고 있다.

가공조립형 제조업은 사업체 수 기준 '금속가공제품 제조업'의 비중이 37.6%로 가장 높았으며, '기타 기계 및 장비 제조업'의 사업체 수가 28.6%로 두 번째로 많은 비중을 차지했다.

인천의 주력산업

- 전자부품
- 자동차
- 기계 제조업

인천의 주력산업으로 분류되어 온 전자부품, 자동차, 기계 제조업이 여전히 중핵적 위상을 차지하고 있으며, 종사자 수 또한 지속해서 증가해 왔다.

그러나, 2008년부터 2017년까지 10년간 인천의 지역경제 내에서 제조업이 차지하는 비중을 추세로 보면 다소 하락하는 경향을 보이고 있다. 전체 부가가치 생산액 중 제조업의 비중은 30.7%에서 27.6%로 하락하였고, 전체 고용 중에서 제조업이 차지하는 비중은 27.3%에서 24.2%로 낮아졌다. 다만 전체 사업체 수에서 제조업이 차지하는 비중은 12.3%에서 12.6%로 소폭 상승한 것으로 나타났다.

이는 인천 경제 전체의 양적인 규모 증가 속도보다 제조업 규모 증가 속도가 상대적으로 더디다는 것을 나타내며, 특히 전체 사업체수 중에서 제조업체 수가 지난 10년간 소폭의 증가가 있었음에도 부가가치 생산액 및 고용자 수의 비중이 감소했다는 사실은 주목할 만하다.

결과적으로 인천지역 제조업의 고도화가 지연되고 있거나, 중견 이상 기업은 다른 지역으로 유출되고 중소기업의 유입이 증가한 것으로 판단될 수도 있는 부분이다.

[표 Ⅲ-22] 인천광역시 제조업 사업체 현황

구분	생산 유발효과	부가가치 유발효과	수입 유발효과	취업 유발효과	상용근로자 1인당 연간평균 급여액(백만원)
금속가공제품 제조업 (기계 및 가구 제외)	2.306	0.672	0.332	8.9	36.4
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	2.021	0.563	0.430	8.0	36.6
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	2.030	0.610	0.378	8.9	34.9
전기장비 제조업	2.021	0.563	0.430	8.0	33.9
기타 기계 및 장비 제조업	2.301	0.656	0.339	9.2	42.9
자동차 및 트레일러 제조업	2.474	0.665	0.328	8.1	58.5
기타 운송장비 제조업	2.474	0.665	0.328	8.1	35.2

자료 : 지역산업연관표(2013)

인천시의 입지여건에 따른 수소산업과의 연계성 확인

제조업 중분류 기준 2017년 생산액 10조 원 이상의 유일한 업종은 '자동차 및 트레일러 제조업'으로 인천의 최상위 주력산업이라고 할 수 있다. '의료용 물질 및 의약품 제조업'과 '전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업'이 큰 증가세를 보이는 이유는 바이오 대기업 및 반도체 대기업의 연이은 인천지역 투자유치 성공에서 발전 요인이 발견된다.

하지만, 아직 바이오산업이 주력업종이라고 할 수는 없으며, 품목 중심의 타겟산업 육성정책에서 제조업 전반의 융·복합적 고도화 방식으로의 정책 전환을 하거나 신규 유망산업의 원부자재 및 부품 설비가 지역 내에서 공급될 수 있도록 기존 중소제조업의 업종 전환 또는 역량 강화를 위해 인천시의 지원이 필요해 보인다.

인천시의 입지여건을 통해 산업현황 및 제조업 현황을 살펴보았으며, 이를 수소산업 연계를 위한 중요한 기초자료로 활용하고자 한다.

(2) 인천 지역적 특수성

인천광역시는 항만과 국제공항을 보유하고 있어 인적·물적 자원 수송에 있어 국내·외 여타 도시들과 비교하여 상대적으로 경쟁력을 지니고 있다.

가. 인천항만

인천광역시는 128개의 선석을 접안할 수 있는 인천항만 보유 인천광역시의 항만은 북항, 내항, 남항, 연안항 등이 있으며 인천신항 개발 사업이 진행되고 있다. 여객부두는 2개소로 연안여객부두, 국제여객부두가 있으며 현재 접안능력 6선석(최대 1만 2천 TEU급 등), 하역능력 210만 TEU/년 규모의 인천신항 사업을 추진하고 있다.

[표 Ⅲ-23] 인천항 현황

구분	접안능력		부두길이(m)	하역능력	
	선박규모(DWT)	선석(개)		BULK(천RT)	CONT(천TEU)
신항	2,000~3,000TEU	6	1,600	-	2,100
내항	2,000~50,000	46	9,838	38,161	-
남항	2,000~100,000	28	3,841.5	17,600	1,100
연안항	500~50,000	9	1,429	-	-
북항	5,000~100,000	26	6,421	13,900	-
송도	3,000~75,000	4	1,300	-	-
영흥도	1,000~200,000	5	1,126	14,690	-
거침도	5,000	4	675	8,320	-
계루시설	-	-	2,505	-	-
합계		128	28,735.5	92,671	3,210

자료 : 인천항만공사

두 번째로 높은 물동량을 처리하고 있음 전체 컨테이너 물동량을 기준으로 볼 때, 인천항은 3,048천 TEU(전국항의 11.1%) 수준으로 부산항에 이어 두 번째로 나타났으며 가장 높은 증가율(13.8%)을 보이고 있다.

[표 Ⅲ-24] 국내 주요 항만별 컨테이너 물동량 현황(단위 : 천TEU, %)

구분	2016년			2017년				
	수출입	환적	전체	수출입	환적	전체	비중	증감율
전국물량	15,414	10,329	26,005	16,311	10,710	27,468	100.0	5.6
인천항	2,655	16	2,680	2,978	24	3,048	11.1	13.8
부산항	9,620	9,836	19,456	10,186	10,225	20,493	74.6	5.3
광양항	1,806	443	2,250	1,754	442	2,233	8.1	-0.7
평택항	611	12	623	636	5	643	2.3	3.2
울산항	412	11	423	453	2	466	1.7	10.7

자료 : 해양수산부(2017), 항만별 컨테이너 화물처리 실적

인천항 물동량은 최근 10년 동안 연평균 1.7% 소폭 증가하였으나, 내항물동량은 같은 기간 동안 연평균 -5.3% 감소하였다. 내항물동량이 인천 항만 물동량에서 차지하는 비율도 2008년 27%에서 2017년 14%로 감소하였다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

내항의 비중은 20% 미만으로 하락하였으며, 인천 신항 컨테이너 터미널 개장 시 컨테이너 물동량이 내항으로부터 급격하게 이탈할 것이 예상되고 있다.

[표 Ⅲ-25] 인천항 항별 컨테이너 물동량 추이(단위 : TEU)

구분	'14년	'15년	'16년	'17년	'18년	'19년	'20년(6월)
신항	-	296,834	822,309	1,491,887	1,676,739	1,695,274	900,220
남항	1,576,858	1,376,244	1,202,955	1,089,863	966,534	977,635	457,584
내항	549,234	507,154	442,589	236,278	238,367	211,407	81,039
북항	133	1,384	5	14	32	43	35
여객부두	208,714	195,381	211,646	230,374	229,696	207,596	107,602
합계	2,334,939	2,376,996	2,679,504	3,048,415	3,121,368	3,091,955	1,546,479

자료 : 인천항만공사

화물과 여객 수송량은 2011년부터 2013년까지 계속 증가하였으나, 2014년과 2015년 사이에 급격하게 감소한 이후 2016년에는 반등하였다.

[표 Ⅲ-26] 인천항 여객선 수송량(단위 : 명, 톤)

구분	합계		연안여객선		외항선	
	여객	화물	여객	화물	여객	화물
2011년	2,595,626	1,092,434	1,552,396	683,183	1,043,230	409,251
2012년	2,695,626	1,129,651	1,710,913	736,111	984,713	393,540
2013년	2,700,671	1,721,349	1,782,234	1,338,436	918,437	382,913
2014년	2,447,907	709,243	1,480,271	311,776	967,636	397,467
2015년	2,188,775	709,225	1,375,366	317,196	813,409	392,029
2016년	2,284,244	1,092,130	1,363,853	676,696	920,391	415,434

자료 : 인천광역시(2016), 인천광역시 기본통계

나. 인천국제공항

409만 톤의 화물을
처리할 수 있는
인천국제공항 보유

인천국제공항은 국내 항공물류의 중심지이며, 2016년 국제화물 처리실적에서 4위를 차지하였다. 2018년 기준 7개사가 8개의 화물터미널을 운영하고 있으며 총 화물처리 능력은 409만 톤 수준이다.

현재 공항물류단지에는 34개 업체가 입주하여 운영 중이며, 21개 화물항공사 90개 도시로 취항하여 전 세계적인 네트워크를 형성하고 있다. 화물터미널 인근에 물류센터, 배송센터 등을 입지시켜 집적 효과를 기대하고 있는 공항물류단지 개발이 2단계까지 완료되었고 3단계 물류단지개발이

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

2021년 완공 될 예정이다.

[표 Ⅲ-27] 인천국제공항 화물터미널 운영현황(단위 : m², 만톤)

구분		연면적(m ²)	처리능력(만톤)
대한항공	제1터미널	73,761	143
	제2터미널	37,466	26
아시아나항공		70,509	110
외항사		75,805	52
미군사우편시설		1,973	2
국제우편물류시설		33,584	35
DHL		19,947	22
AACT		15,746	19
합계		328,791	409

자료 : 인천국제공항공사 웹사이트

2017년 기준 연간 36만회 항공편이 운항하였고 6,208만 명을 수송하여 역대 최대치를 기록하였다. 화물 수송량은 2013년 209만 톤에서 2017년 280만 톤 수송을 기록하며 증가세를 보이고 있다.

[표 Ⅲ-28] 인천국제공항 항공 운송 현황(단위 : 회, 천명, 천톤)

구분	항공기 운항 횟수(회)	여객(천명)	화물(천톤)
2012년	254,037	38,970,864	2,456,724
2013년	271,224	41,482,828	3,097,572
2014년	290,043	45,512,099	3,243,111
2015년	305,446	49,281,210	3,330,750
2016년	339,673	57,765,397	3,542,643
2017년	360,295	62,082,032	3,806,251

자료 : 인천국제공항공사(2018), 2017 인천공항 항공통계 분석 보고서

제2절 권역별 수소산업 잠재력

1. 인천시 수소산업 생태계 분석을 통한 전망

인천의 수소자원을
통한 밸류체인별
잠재력 분석

인천광역시는 수소산업 육성을 위한 기반을 보유하고 있으며, 수소산업을 확장하기 좋은 잠재적인 역량을 가지고 있다. 이에, 수소공급/수소저장 및 이송/수소활용 총 3가지의 수소산업 전주기 분야를 통해 인천광역시의 수소산업의 현황 및 잠재적 역량을 살펴보았다.

(1) 수소공급²²⁾

인천광역시가 생산가능한 수소생산방법은 다음 [표 Ⅲ-29]과 같으며, 수소생산의 다양성을 확보하고 있다.

[표 Ⅲ-29] 인천광역시에서 가능한 수소생산방법

구분	종류	생산방법
현황	1) 추출수소_LNG 개질	LNG 터미널 활용
	2) 부생수소	SK인천석유화학 활용
잠재력	1) 추출수소_LNG 개질	LNG 터미널 활용
	2) 부생수소	SK인천석유화학 활용
	3) 그린수소_수전해수소	신재생에너지 활용
	4) 바이오가스 활용 수소	수소융복합실증사업

가. 추출수소(Grey Hydrogen)

한국가스공사의
인천생산기지를
활용하여 추출수소
생산플랜트 구축
가능

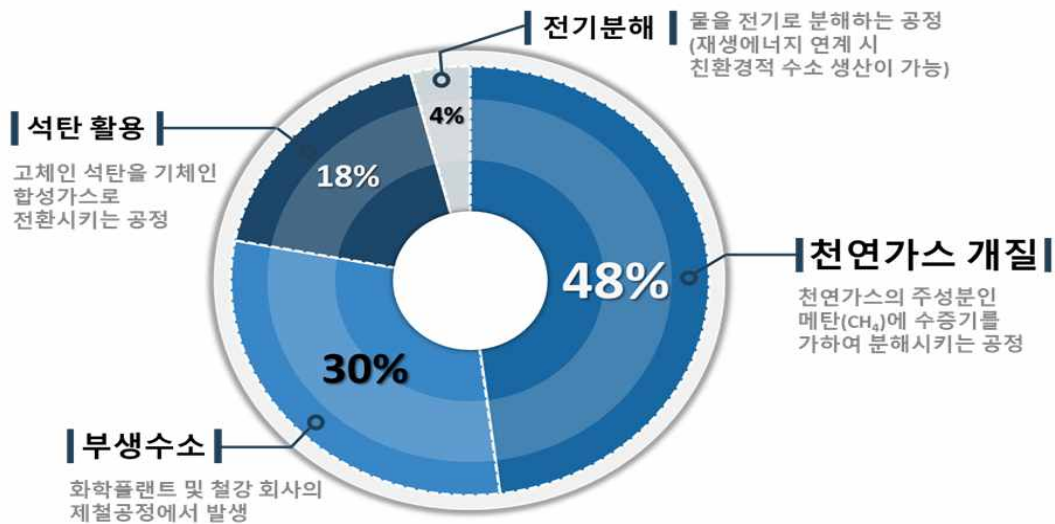
추출수소란, 화석연료(LNG, LPG, 석탄)를 열화학적 방식으로 개질하여 이산화탄소와 분리시킨 후 추출된 수소를 말한다.

현재, 전 세계적으로 생산되는 수소의 약 96%²³⁾가 추출수소 생산방식으로 생산되고 있다. 수증기 개질 및 가스화(추출수소 생산방식)를 통한 수소생산은 저렴한 비용으로 대량생산이 가능하고, 다른 수소생산 방식에 비해 안정적이다.

22) 수소공급분야는 수소도입(수소수입)은 배제하고, 인천광역시 내 수소생산만을 고려함

23) 수소경제의 경제적·기술적 이슈, 포스코경영연구원(2019.05.01.)

[그림 Ⅲ-5] 전 세계 수소생산방식



자료: 한국수소산업협회, NH 투자증권 리서치 본부

국내 산업용 수소의 90% 이상은 천연가스, 석탄, 석유 등 탄화수소계 화석연료를 촉매 반응하여 생산하고 있다.

인천광역시는 LNG 터미널을 보유하고 있어 대규모 천연가스 개질을 통한 대량의 추출수소 생산이 가능하다. 수소생산비용의 측면에서 보면, 상대적으로 제철소 및 정유공장에서 발생하는 부생가스가 가장 저렴하지만 공급량의 한계가 있어 현실적으로는 LNG, LPG 등의 개질로 추출하는 생산방식이 가장 경제적인 대안이라고 볼 수 있다.

더욱 정부의 수소경제 활성화 로드맵에 따르면, 초기 수소경제 이행의 핵심 공급원으로 추출수소를 활용하고, 천연가스 공급망에 대규모·거점형 수소생산기지를 구축해야 한다고 발표한 바 있다.

나. 부생수소

SK인천석유화학의 부생수소 활용 가능

부생수소란, 석유화학 및 철강제품 등의 제조공정에서 부수적으로 발생하는 수소를 말한다. 일반적으로 부생수소는 가스회사에 판매하거나 생산 공정 내의 보일러 등 열원으로 사용되며, 제철소 부생가스 및 납사 분해 공정 등에서 발생하고 있다.

국내에서 발생하는 부생수소는 주로 석유 및 화학업체로부터 생산되고 있으며, 연간 생산량 164만톤(수소전기차를 연간 820만 대 운행할 수 있는 양) 중 대부분은 석유 및 화학업체가 자가소비하고 약 23만 톤만 외

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

부로 유통되고 있다.

다음 [표 Ⅲ-30]에서 나타난 바와 같이 수소는 울산, 여수, 대산지역 등에서 생산되며 인천광역시는 SK인천석유화학에서 연간 50,000톤을 생산하고 있다.

[표 Ⅲ-30] 인천광역시에서 가능한 수소생산방법

구분	생산량 (TON/년)	비율 (%)	외부유통 (TON/년)	비율 (%)
울산지역	816,167	49.7	95,883	42.0
여수지역	554,862	33.6	96,627	42.4
대산지역	180,666	11.0	31,126	13.6
기타지역	91,755	5.6	4,466	2.0
합계	1,643,452	100.0	228,102	100.0

자료 : 한국수소산업협회 내부자료(생산량은 연평균 가동시간 8,000시간 가정)

전체 연료 중 95%는 화석연료 천연가스 열화학적 방식, 5%는 NaCl 전기 분해방식으로 연간 164만 톤의 수소가 생산되고 있다. 이 중 45%는 정유업체에 공급되며, 40%는 화학업체, 15%는 기타 산업에 공급되고 있다.

부생수소의 가격 현황은 다음 [표 Ⅲ-31]과 같으며, 생산원가는 저렴하나 생산지로부터 먼 거리에서 공급받기 위해서는 파이프라인이나 튜브트레일러 등을 이용하여 운송해야 하므로 이 과정에서 비용이 크게 증가하고 있다.

[표 Ⅲ-31] 인천광역시에서 가능한 수소생산방법

구분	가격	범위	비고
부생수소 생산업체	150~200원/Nm ³	석유화학단지의 부생수소를 정제 및 유통업체에 판매하는 가격	납사 및 천연가스 가격에 따라 변동
부생수소 정제 및 판매업체	파이프라인 170~220원/Nm ³	수소정제 및 유통업체에서 고순도 수소로 정제 후 소요처에 공급하는 가격	2,000~2,600원/kg (운송비 포함)
	카드리지 600~700원/Nm ³		7,100~8,200원/kg (운송비 포함)

다. 그린수소

친환경 에너지
생산을 위해서는
그린수소 생산이
필수적

그린수소란, 재생에너지(태양광, 풍력발전)의 잉여전력을 활용해 수전해 설비를 이용하여 생산하는 수소이다. 이 과정에서 탄소가 배출되지 않아 생산과정에서 탄소가 배출되는 추출수소 대비 친환경적이다.

2030년까지 신재생에너지 공급 의무 비율을 20%로 조정하는 '신재생 3020 이행계획'에 따라 향후 태양광 및 풍력전력을 이용한 신재생에너지 개발이 가속화될 것이며 신재생에너지 도입 확대에 따른 잉여전력의 문제가 발생할 것으로 예상된다.

태양광 및 풍력에너지와 같은 재생에너지의 특성상 자연 조건과 시간에 따라 출력이 변동하는 간헐적 특성이 있어 생산되는 재생에너지 전부를 계통에 보낼 경우 계통 안정성이 크게 저하된다. 전력계통에 공급되지 못한 잉여전력 문제를 해결하기 위한 방법으로는 피크부하를 커버할 수 있는 전원을 확보하거나 전력그리드를 확장하여 수요를 분산시키는 방법, 스마트 그리드 등을 활용하여 수요를 조절하는 방법, 에너지저장장치를 활용하는 방법 등이 있다.

보통 피크전원 공급과 전력그리드를 확장시키는 방법이 일반적이지만 이는 지역주민들로부터 민원을 야기하고 정부나 지자체가 많은 비용을 부담하게 된다는 단점이 있다. 스마트그리드를 통한 수요조절방법 또한 그리드를 안정화시킬 수는 있지만 수요에 대해 충분한 조절능력을 가지고 있지는 못하다. 따라서 잉여전력 발생 문제를 해결할 수 있는 가장 실용적이고 현실적인 방안은 '에너지 저장'을 통한 전력의 수요 및 공급을 조절하는 것이다.

인천광역시가 가지고 있는 신재생에너지 잠재량으로부터 발생된 잉여전력을 가스 형태(수소 혹은 메탄)의 에너지로 변환하는 Power-to-Gas(P2G) 기술에 활용할 수 있다.

라. 바이오가스 활용

매립지의
바이오가스를
활용하여
수소생산클러스터
예타조사를 실시중

버려지는 바이오가스에서 에너지화하는 바이오가스를 정제하여 수소를 생산하는 추출 시스템이 바이오가스 활용 수소생산방법이다.

바이오매스는 화학적 에너지로 사용 가능한 식물/동물/미생물 등의 생물체이며, 즉 바이오에너지의 에너지원을 의미한다. 바이오매스의 종류로는 곡물과 식물, 폐목재, 식물 줄기와 같은 목질계, 해조류, 동물의 분뇨나 음식물 쓰레기, 유기성 폐수 등이 있다.

이러한 바이오매스는 그냥 버려지는 것이 아니라 에너지자원으로 재활용할 수 있다. 바이오매스를 열분해 또는 발효 과정을 거쳐 바이오에너지로 채취하거나 퇴비 및 사료, 각종 플라스틱과 같은 제품으로 전환해 사용한다. 바이오매스로부터 얻어지는 에너지는 그 용도나 형태에 따라 바이오가스, 바이오에탄올, 바이오디젤, 메탄올, 수소 등이 있으며 이는 난방의 원료나 자동차 및 발전의 연료, 산업용, 도시가스 등으로 이용할 수 있다.

2016년 말 기준 바이오가스를 생산 및 이용하는 시설은 90개소로 총 처리용량은 5만 9,204톤/일, 처리량은 1,894만 9,000톤/년이다. 연간 바이오가스 총 생산량은 3억 429만 3,000m³로 이중 약 80%가 발전 연료 등으로 이용되고 있다.

[표 Ⅲ-32] 국내 바이오가스 생산 및 이용 현황

구분	생산량 (천m³/년)	활용량(천m³/년)				미활용 (연소처리)
		용도별 이용량			소계	
		발전	외부공급	자체이용		
음식물	85,707	17,481	24,878	18,694	61,053	24,654
가축분뇨	3,202	2,655	-	393	3,048	154
하수슬러지	99,277	15,930	18,716	48,802	83,448	15,829
병합	116,107	17,133	28,611	47,264	93,008	23,099
합계	304,293	53,199	72,205	115,153	240,557	63,736

자료 : 환경부 폐자원에너지과 사전정보공표자료(2018.01.22.)

국내에서 연간 생산된 바이오가스 중 약 20%는 미활용되어 방출이나 연소를 통해 처리하는 실정이며, 이는 약 1만 5,000톤의 수소 생산(연간 수소전기버스 약 2,000대 공급량)이 가능한 양이다.

수도권매립지관리공사는 지난 2006년 12월 세계 최대 규모의 50MW급 매립가스발전소를 준공하고 지금까지 상업 운전을 하고 있다. 또한, 2011년 6월 수도권매립지의 음식물 폐수로 생산한 바이오가스를 자동차 연료로 공급하는 “자동차연료화시설”²⁴⁾을 준공한 바 있다.

인천시는 수소융합단지 지원사업을 통해 수도권매립지에서 발생하는 바이오가스로 수소를 생산하는 예비타당성 조사를 수행 중이다.

24) 천연가스(CNG)와 바이오가스를 혼합해(77:23 비율) 자동차 연료로 제조, 인근 시내버스 및 청소차 등에 바이오가스 연료를 공급하는 시설

(2) 수소저장 및 이송

수소활용 부분
육성에 따른 생산
및 공급 확대

수소활용 부문이 충분히 육성 및 확대되면, 자연스럽게 파생 수요로서 '수소' 자체에 대한 신규 수요 역시 확대될 수밖에 없으며 이로 인해 수소에 대한 생산 및 공급이 확대될 것이다. 수소의 생산 및 공급 확대는 국내 유통되는 수소의 물류 규모의 확대로 이어져 자연스럽게 수소를 저장하고 운송해야 할 필요성이 커지며 수소저장 및 이송 부문의 확대도 유도될 것이다.

수소저장은 고체, 기체 및 액체 저장으로 나눌 수 있으며, 이송 방법과 매우 밀접하게 연계되어 있다. 기체 저장일 경우 기체 이송, 액체 저장일 경우 액체 이송으로 연계되는 것이 일반적이다. 수소저장기술 중 가장 보편적인 방법으로는 기체 상태로 저장하는 것이며, 수소저장방식별 내용은 다음 [표 Ⅲ-33]과 같다.

[표 Ⅲ-33] 수소이송방식의 분류

구분		고압기체	액화	액상(암모니아)
특징		▪ 수소기체를 고압으로 압축	▪ 극저온 상태로 수소를 액체화	▪ 암모니아(NH ₃) 등 화합물 형태로 액상 저장
저장조건		700기압	-253℃	-33.4℃
수소저장 (wt, %)		100	100	17.8
저장밀도 (kg/m ³)		39.6	70.8	120
운송방식		▪ 튜브트레일러	▪ 탱크로리 ▪ 수소 선박 등	▪ 기존 가솔린 (디젤) 인프라, 선박 등
장점		▪ 기존 인프라 활용 ▪ 고순도 수소 저장	▪ 고가 압축기 불필요 ▪ 고순도의 수소저장 및 대용량 운송가능	▪ 기존 암모니아 인프라 활용 가능 ▪ 일반 압력용기 저장 가능 ▪ 직접 연료로 사용 가능
단점		▪ 고압 저장에 에너지 소모가 큼 ▪ 낮은 에너지 저장 밀도	▪ 액화에 에너지 소모가 큼 ▪ 장기간 저장 및 기화가스제어 어려움 ▪ 액화플랜트 설치비용이 큼	▪ 수소발생에 에너지가 필요함 ▪ 유독·폭발 부식성이 있음
기술 수준	국내	▪ 실증단계	▪ 초기 개발 단계	▪ 초기 개발 단계
	국외	▪ 실증단계(미국, 캐나다)	▪ 상용화(독일, 프랑스, 미국 등)	▪ 실증단계(일본, 호주 등)

수소이송
 - 기체이송(T/T, 배관망)
 - 액체이송(액화, 액상)

수소이송은 크게 기체이송과 액체이송으로 나눌 수 있으며 액체이송은 다시 액화와 액상이송으로 나누어진다. 기체이송은 튜브트레일러로 운송하는 방법과 배관망을 이용해 운송하는 방법으로 나누어진다. 일반적인 이송방법은 다음 [표 Ⅲ-34]과 같이 분류될 수 있다.

[표 Ⅲ-34] 수소이송방식의 분류

구분		이송방식	적합한 이송 조건
기체운송		튜브트레일러	<ul style="list-style-type: none"> 중·소규모, 중·장거리에 간헐적으로 공급 할 경우
		배관망	<ul style="list-style-type: none"> 소규모, 단거리에 연속적으로 공급 할 경우 대규모, 장거리에 연속적으로 공급 할 경우
액체운송	액화	탱크로리	<ul style="list-style-type: none"> 액화 제조 및 저장시설과 연계될 경우 중·대규모, 중·장거리에 공급 할 경우 액화시 소요되는 전력에 의한 온실가스 배출량 증가 부분 고려 필요
	액상	탱크로리	<ul style="list-style-type: none"> 액상물질(암모니아, 액체유기물질 등) 제조시설과 연계될 경우 중·대규모, 중·장거리에 공급할 경우

근거리는 배관,
 중장거리는 T/T를
 활용하고 있음

아직은 대규모 수소가 필요하지 않은 국내 여건에서는 수소를 이송하는 방법으로 근거리의 경우 저압배관방식과 중장거리의 경우 고압 튜브 트레일러(카트리지)로 운송하는 방법이 주가 되고 있다. 배관 이송 방식은 수소 운송량이 적고 소비자가 수소생산시설과 인접하여 배관 건설비용이 사용량 대비 효율성이 있을 때 주로 사용되는 방법이다. 튜브트레일러를 통한 이송은 강재로 만들어진 실린더(용기) 또는 카트리지에 담아 이송하는 방식으로, 현재는 중장거리에 중소규모 단위로 공급하는 곳에 적합하다.

(3) 수소활용

모빌리티와
 연료전지를 통한
 다양한 연계사업
 추진 가능

인천의 수소 활용 분야는 큰 범위에서 모빌리티와 연료전지로 나눌 수 있다. 모빌리티 분야는 수소를 동력으로 사용해 움직이는 장치로 인천에서는 차량, 선박, 드론 분야에 활용할 수 있다. 연료전지 분야는 수소연료전지를 통해 가정·건물용, 발전용으로 사용 가능하며 연료전지발전을 통해 발생하는 전기와 열, 수전해를 통해 발생하는 산소를 활용해 스마트팜 및 휴양시설에 활용할 수 있다.

가. 모빌리티

수소경제 분야에 대한 개발과 논의가 가장 두드러지는 분야는 모빌리티분야이다.

[그림 Ⅲ-6] 수소 활용 - 모빌리티에 대한 개요



1) 차량

수소전기차 보급을 위한 인프라 구축

국토교통부의 자동차 등록 통계(2020년 8월 기준)²⁵⁾에 따르면 지역별 수소전기차 등록 현황은 다음과 같다.

[표 Ⅲ-35] 지자체별 수소전기차 등록 현황(2020년 08월 기준, 단위 : 대)

서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	세종	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
1,115	789	53	378	578	397	1,620	37	1,306	697	271	405	253	76	13	795	1

※국가승인통계, 지역별 등록된 수소차 등록대수를 의미

자료: 국토교통부 통계누리(등록대수 기준), 2020

수소전기차 보급이 활성화되기 위해서는 보조금 지급이나 차량 가격 인하, 규제 정책 완화 및 인센티브 정책 추진 등이 필요하나 무엇보다도 수소전기차 보급 확대 계획이 동력을 얻기 위해서는 수소충전소의 설치가 우선적으로 이루어져야 한다.

25) 수소차 등록 현황 중 사업용은 제외

2) 드론

수소드론의 장점 :
장시간 비행가능,
활용성 높음

드론사업은 제조 및 서비스 융합 모델로 주목받고 있으며, IT기술 및 다양한 서비스 등과 융합하면서 시너지 창출이 가능하다.

수소드론의 장점은 기존의 리튬배터리 드론보다 장시간 비행이 가능하다는 점이다. 기존 드론에서 흔히 사용되는 배터리 드론의 경우 체공시간을 늘리기 위해 배터리를 추가 탑재 시 무게증가에 따른 효율이 높지 않다. 현재 장시간 체공이 필요한 무인항공기는 대부분 수소를 연료로 사용 중이며, 수소드론은 배터리 드론 대비 체공시간이 길고 운행거리를 연장시켜 다양한 임무 수행이 가능하다.

[그림 Ⅲ-7] 액체수소드론



인천은 융복합 산업인 드론산업을 미래 먹거리 산업으로 육성하기 위해 2017년부터 드론산업 육성계획을 발표하고, 드론인증센터를 유치하는 등 드론산업 투자에 집중하고 있다.

더 나아가 일반 드론뿐만 아니라 수소드론으로 확장함으로써 산불감시, 재난관리, 도서지역의 우편물 배송 및 재난으로 고립된 마을에 긴급구호품 전달 등 다양한 분야에 활용이 가능하다.

나. 연료전지

연료전지를 이용한
수소 활용 방안

정부의 “수소경제 활성화 로드맵”은 우선적으로 수소전기차를 비롯해 발전용 및 자가용 수소 연료전지 등 수소 활용 산업에서 시장창출과 육성을 중심으로 하고 있다. 국내에서 현재 상용화되어 있는 연료전지는 발전용이 높은 비율을 차지하고 있으며, 가정·건물용 및 발전용 목적으로 활용하기

위한 기술개발 및 시장확산 노력이 가시화되고 있다.

연료전지는 기존의 발전방식에 비해 발전효율이 높아 모빌리티 분야를 비롯해 분산용 발전과 가정·건물용 전원 및 냉난방, 이동용, 군수용, 선박용, 비상전원용 등으로 다양하게 활용이 가능하다. 연료전지 산업은 수소경제를 견인하는 산업으로 상당량의 수소 수요가 창출될 것으로 예상된다.

[그림 Ⅲ-8] 수소 활용 - 연료전지에 대한 개요



1) 분산발전

분산발전(연료전지 기반)을 통한 전기 공급

연료전지를 기반으로 한 발전효율은 45% 이상이며, 폐열 활용까지 고려한 종합적인 효율은 85% 이상이다. 또한, 미세먼지를 저감할 수 있는 친환경 발전시스템이다. 태양광 및 풍력과 같은 재생에너지 발전에 비해 간헐성 문제가 없으며 설치 면적 또한 적어 공간적인 측면에서도 높은 효율성을 가진다.

전기가 필요한 곳에서 전기를 직접 생산할 수 있으며, 송전 과정에서의 손실이 없고 전력 인프라 구축에 필요한 비용을 줄일 수 있어 연료전지를 활용한 분산발전이 주목받고 있다. 대규모 발전설비로 인해 나타났던 문제들이 상대적으로 적게 발생되면서 주민수용성 또한 상대적으로 높아졌다.

연료전지 활용 분산전원은 송배전의 설치가 어려운 도서지역까지 적용할 수 있어 지역적 제한이 거의 없다. 대규모 정전사태가 발생하더라도 안정적으로 전력을 공급할 수 있어 전력수급 안정화에 크게 기여할 수 있다. 재생에너지 발전의 단점인 공급과 수요의 불일치를 극복하고 친환경 발전 시

시스템의 대량 보급을 위해서는 에너지 저장과 제어가 가능한 연료전지 분산 발전이 필수적이라고 할 수 있다.

또한, 연료전지발전소 주변 지역 지원에 관한 법률에 따라 전력기반 발전 센터 발전기금에서 주변 지역 주민의 복리증진을 위해 건설기간 중 특별지원금과 매년 기본지원금도 제공된다.

2) 마이크로그리드(가정·건물용)

주거형태 및
인구규모를 고려한
인프라 구축을
통한 연료전지
활용

정부에서 발표한 수소경제 활성화 로드맵에 따르면, 2040년까지 연료전지 발전용 15GW(내수 8GW) 및 가정·건물용 연료전지 2.1GW(94만 가구)를 보급할 목표를 발표했다.

일본에서는 가정용 연료전지시스템인 “에너팜”이 25만 대 보급을 달성하였으며, 가정용에 더욱 적합한 소형 모델을 개발하고 연료전지 전용 요금체계를 도입하는 등의 연료전지 활성화를 위한 노력을 진행중에 있다.

인천에서도 소규모에서 대규모 단지까지 주거형태나 인구규모를 고려한 인프라 구축을 통해 수소 및 연료전지 열 활용이 가능할 것으로 판단된다.

3) 스마트팜

연료전지 폐열
활용을 통한
스마트팜 난방공급

스마트팜이란 빅데이터와 첨단 IoT 기술을 접목하여 스마트폰이나 PC를 통해 농장의 온도, 습도, 이산화탄소 등을 분석 관리하여 최적의 상태를 유지시켜 주는 시스템을 말한다.

이제 여기서 나아가 스마트팜은 친환경 연료전지와 연계되는 신재생-농업 융·복합 사업으로 발전하였다. 연료전지 시스템을 스마트팜 운영에 활용하게 되면, 전기 생산은 물론 냉/난방을 위한 에너지도 제공할 수 있게 된다.

스마트팜을 운영하기 위한 첨단 온실은 난방부하가 크기 때문에 에너지 소모가 훨씬 크다. 층고가 높고 유리온실의 경우에는 그 비용이 더욱 증가하게 된다. 농산물 가격은 시간에 따라 큰 변동이 없는 상황에서 투자비용만 계속적으로 상승하게 되고 이는 농업을 비롯한 전후방산업에 큰 피해를 끼치게 된다. 만약 연료전지 발전을 통해 발생하는 폐열을 활용하게 되면, 에너지 비용에 대한 부담을 줄여야 할 것이다.

[표 Ⅲ-36] 수소기반 에너지거점도시 조성을 위한 인천의 강점

구분		인천의 적합성			
도시 내 수소 생태계 구축	생산	개질		LNG 인수기지(인천기지본부)	
				수소융복합단지 실증사업(바이오가스 활용)	
		수전해		재생에너지 활용(태양광, 육상풍력, 해상풍력)	
		해외도입		인천 항만 활용	
				인천 공항 활용	
		부생수소		SK인천석유화학 활용	
	저장 이송	기체 / 액체		튜브트레일러	
				배관망	
				액화플랜트	
				LOHC	
				암모니아	
	활용	모빌리티	승용차	수소차 보급사업, 렌터카 활용	
			버스	버스노선 투입, 관광버스 적용	
			어선	수소차 연료전지스택 활용	
			드론	농업용 활용, 도서지역 내 물류 이송 활용	
		발전	발전용	화력발전소 활용(중부발전, 서부발전, 남동발전)	
			상업용	리조트	Micro Energy Grid
				수영장, 대중탕	상업판매용
			주거용	집단주택	
				단독주택	
				마을	
		연계	스마트농업	스마트팜	
			자립섬	에너지자립섬	
			수소도시	VPP연계 수소도시 구축	

2. 인천시 수소산업 주요자원

수소자원과의
유기적인 결합을
통한 수소산업
육성

인천광역시는 에너지인프라, 앵커기업, 혁신자원 및 수소산업 확산을 위한 자원이 풍부하며, 정부의 수소융합합 공모사업에서 선정되는 등 수소에너지 확산을 위한 제반여건을 갖춘 것으로 판단된다. 이러한 주요자원과의 유기적인 결합을 통한 인천시만의 특화된 수소산업 육성이 필요하다.

[표 III-37] 인천광역시 수소자원(잠재) 현황

구분	수소융합 실증사업	에너지인프라	앵커기업	혁신자원
기업	<ul style="list-style-type: none"> 인천광역시 연세대학교 인천테크노파크 현대로템 수도권매립지공사 	<ul style="list-style-type: none"> 한국남동발전 한국중부발전 한국서부발전 SK인천석유화학 등 	<ul style="list-style-type: none"> 인천국제공항 인천항만공사 한국가스공사 삼천리 인천도시가스 등 	<ul style="list-style-type: none"> 연세대학교 인하대학교 인천대학교 인천연구원 인천테크노파크
역할	<ul style="list-style-type: none"> (인천테크노파크) 총괄주관 (연세대학교) 기술분야 기획 및 검토, R&D 및 홍보관 구축 기획, 산학연 간 업무 협력 조정 (현대로템) 바이오 및 LNG에서 수소생산을 위한 인프라 구축 	<ul style="list-style-type: none"> (발전사) 탈탄소화에 따른 대체에너지 발굴 → 연료전지, 태양광, 풍력 등 신재생에너지 사업 추진 (SK인천석유화학) 활용 가능한 연 50,000톤의 부생수소 보유 	<ul style="list-style-type: none"> (인천국제공항) 수소충전소 구축, 수소지게차 실증사업 (인천항만공사) 컨테이너 운반 수소야드트럭 및 운반트럭 실증 (도시가스사) 연료전지 발전 사업 추진 	<ul style="list-style-type: none"> (대학교) 인력양성을 위한 인재, 시설 등 입지의 최적지 (지원기관) 다양한 시정 정책 추진을 위한 지원기관을 보유하고 있으며 향후 수소산업 관련 연구개발 및 교육 등에서도 연계 가능

(1) 수소융합단지 실증사업

수도권매립지관리
공사의
바이오가스를
활용한 수소생산
클러스터 타당성
조사 수행중

인천시는 산업통상자원주관 사업비 2억 5,000만 원의 수소융합단지 실증사업 예비타당성 조사연구과제에 2019년 12월 선정되었다. 산업부가 공모한 수소융합단지 실증사업은 수소 경제 로드맵에 따라 수소 경제 활성화를 위해 권역별 “수소 산업 클러스터 구축”을 목표로 수소산업의 기술개발, 인력양성, 중소기업 육성 등의 기반을 조성하는 사업이다.

인천시는 인천테크노파크, 수도권매립지관리공사, 현대로템, 연세대학교와 협조하여 2020년 1월부터 2021년 6월까지 총 18개월간 예비타당성 조사연구를 진행하며, 예비타당성 조사연구가 정부의 심의에 통과하면 2021년부터 2025년까지 총사업비 880억 원이 투입돼 수도권매립지의 바이오가스를 이용한 수소생산 클러스터가 조성 될 예정이다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[표 Ⅲ-38] 수소융합단지 실증사업 참여기관

구분	기관 및 역할
참여기관	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (인천광역시) 행정지원 ▪ (인천테크노파크) 주관기관 ▪ (연세대학교) 홍보관 운영 및 전문 인력 양성 ▪ (수도권매립지관리공사) 부지제공 ▪ (현대로템) 수소 생산 및 산업협력 체계구축, 소재부품 국산화 개발
지원기관	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (한국가스공사) LNG공급, 대규모 수요처와의 배관 등 인프라 구축 ▪ (인천국제공항공사) 수소 활용 실증(특수차 등) ▪ (인천항만공사) 수소 활용 실증(선박 등) ▪ (인천상공회의소) 수소 소재부품 산업단지 육성

대규모 수소생산
시스템 구축이
가능하며, 해당
사업은 인천시
수소산업 육성을
위한 마중물 역할

수소생산 클러스터가 조성되면 대규모 수소생산 시스템을 구축하며, 수소 관련 소재 및 부품 개발을 추진하고 수소산업 홍보관 운영으로 인천시는 수소산업에 대한 중심도시로 거듭날 수 있다. 인천국제공항공사, 인천항만공사 등 지역 인프라를 이용해 인천형 수소산업 모델을 마련하고 수소에너지에 대한 주민수용성 향상과 함께 침체된 지방 산업단지의 고도화를 꾀할 수 있을 것으로 전망하고 있다.

[그림 Ⅲ-9] 수소융합단지 실증사업 운영 흐름도



최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

수소융복합단지 실증사업에 대한 운영 흐름도는 위의 그림과 같으며, 1일 총 수소생산량 목표를 3,200kg/일로 볼 때 바이오가스 사용량은 ~324Nm³/hr이며, 나머지 236Nm³/hr는 도시가스로 공급 할 예정이다.

[표 Ⅲ-39] 수소융복합단지 사업 내역 별 주요 내용

구분	사업내용
바이오가스 정제시설 구축	<ul style="list-style-type: none"> 바이오가스 정제·고품질화 기술 최적화 공정 선정 및 시스템 설계·제작 600m³/hr(인입 바이오가스) 규모의 바이오가스 정제·고품질화 시스템 개선 설비 구축 바이오가스 정제·고품질화 시스템 운영 및 실증평가
수소 추출설비 구축(리포머)	<ul style="list-style-type: none"> 고순도 바이오메탄(메탄 95% 이상)으로 수소 추출 설비를 통해 고순도 수소(99.999% 이상)을 추출 수소생산량 : 수소추출설비(640kg/일) X 5대 = 3,200kg/일 수소 추출 설비(리포머) 사양 : ①Capacity : 300Nm³/hr(640kg/일), ②Row ③④ 수소충전소 구축 및 실증
수소충전소 구축	<ul style="list-style-type: none"> 수소충전소 사양 : ①충전시간 : 승용차 3분 이내 완충, 버스 20분 이내 완충, ②완충기준 : SOC 98% 이상, ③수소충전소 충전 시뮬레이션, ④SAE J2601적합성
R&D센터/홍보관 구축	<ul style="list-style-type: none"> 홍보/교육관 구축 R&D 센터 구축 및 연구 : 수소산업 전주기 안전관리 시스템 구축, 바이오/매립지 가스 분리정제 공정 고도화, 수소산업 관련 표준화 기술개발 등
시설 안정화 및 클러스터 구축	<ul style="list-style-type: none"> 시스템 모니터링 구축 및 업그레이드 특화산업 육성 방안 수립 수소산업 클러스터 및 네트워크 구축 시스템 안정화 자립화 방안 수립 타 산업 연계 방안

(2) 에너지인프라

3개의 발전사(남동, 서부, 중부)와 LNG인수기지 보유

인천광역시는 수소산업 관련 주요 에너지인프라로 3개의 발전사가 발전소를 운영하고 있으며, 한국가스공사의 송도 LNG 인수기지(인천생산기지), 부생수소 공급이 가능한 SK인천석유화학이 소재하고 있다.

3개의 발전 공기업(한국남동발전, 한국서부발전, 한국중부발전)은 화력발전소를 운영 중이며, 발전공기업은 RPS 이행을 위해 신재생에너지 사업을 적극 추진 중에 있다.

[표 III-40] 인천광역시 에너지인프라 현황

구분	현황
한국남동발전	<ul style="list-style-type: none"> 수도권 전력 사용량의 약 20% 공급 발전기 1~2호기 각 800MW, 3~6호기 각 870MW 태양광 8MW, ESS설비 15MW, 풍력발전기(17기) 46MW
한국서부발전	<ul style="list-style-type: none"> 대기오염이 거의 발생하지 않는 청정연료인 천연가스를 사용하는 친환경발전소 발전기 1~8호기 각 225MW 연료전지발전소 1단계 11.2MW, 2단계 5MW, 3단계 18MW 태양광 1단계 1.1MW, 2단계 0.09MW
한국중부발전	<ul style="list-style-type: none"> 우리나라 최대 전력수요지인 수도권에 위치 전기 생산 후 송전 시 전력손실이 적으며, 수도권 전력계통 안정에 기여 복합화력 1호기 503.539MW, 2호기 508.908MW, 3단계 450MW 태양광 0.304MW
한국가스공사 (송도LNG인수기지)	<ul style="list-style-type: none"> 국내 천연가스 수요의 70% 이상을 차지 2,000만 수도권 시민에게 안전하고 안정적으로 천연가스를 공급하는 한국 천연가스산업의 중심지 LNG 저장탱크 20기 운영중
SK인천석유화학	<ul style="list-style-type: none"> 연간 약 5만톤 규모의 부생수소를 공급할 수 있는 석유화학시설 수소경제 초기 수소 수요량 대응을 위한 가장 경제적인 대안

**발전사 : 연료전지
발전소 구축 및
풍력단지 구축
예정**

2020년 기준, 3개 발전 공기업에서 총 117.3MW 규모²⁶⁾의 수소연료전지발전소를 운영 중이다. 한국서부발전 서인천연료전지발전소 1단계 11.2MW/2단계 5MW/3단계 18MW/4단계 22MW, 한국남부발전 신인천연료전지 20MW/18.5MW/20.2MW 등이 운영 중이며, 모두 LNG 등 화력발전을 사용 중인 발전소 내에 2014년부터 차례로 건립되었으며 해당 수소연료전지발전소는 모두 서구에서 운영 중이다.

추가로 한국중부발전이 서구에 인천수소연료전지 20MW, 인천연료전지 1단계 15MW를 추진 중이며, 한국서부발전이 서인천연료전지발전소 5단계 20MW를 추진 중이다.

또한, 한국가스공사 인천기지본부는 1996년 10월 처음 운전을 개시하여 현재 23년 동안 수도권의 심장 역할을 수행하고 있다. 규모는 약 41.8만평에 저장용량은 총 348만kL급이다. 한국가스공사 인천기지본부는 국내 최대 규모의 LNG생산기지로서 전국 천연가스 수요의 38%를 공급²⁷⁾하고 있다.

26) 포스코에너지 인천연료전지발전소 : 2.4MW, 한국서부발전 서인천연료전지발전소 1단계 11.2MW, 2단계 5MW, 3단계 18MW, 4단계 22MW, 한국남부발전 신인천연료전지 20MW/18.5MW/20.2MW

27) 전국 수요는 3,400만톤/년이며, 인천 LNG 생산기지는 1,300만톤/년을 공급하고 있음

(3) 앵커기업**앵커기업의
수소사업 계획
현황**

인천시에는 수소산업 육성을 위한 주요 앵커기업이 다수 있으며, 앵커기업들은 수소산업을 위한 다양한 프로젝트를 계획 및 추진 중이다.

[표 Ⅲ-41] 인천광역시 앵커기업 현황

구분	수소사업 계획 및 추진 현황
발전사	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (한국남동발전) 연료전지 4단계 20MW, 해상풍력 600MW ▪ (한국서부발전) 연료전지 4단계 22MW, 연료전지 5단계 20MW ▪ (한국중부발전) 연료전지 2단계 15MW, 해상풍력 1GW
한국가스공사	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 백령도 내 수소아일랜드 ▪ SK인천석유화학 부생수소를 서울 공용차고지까지 수송 방안 검토 중 ▪ 냉열활용 개질수소 생산 및 CO₂ 포집 방안 고려
인천항만공사	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 컨테이너운반 수소야드트럭 실증사업 ▪ 수소트럭 실증사업 ▪ 수소기반의 소형선박 연구개발 실증 사이트 활용(인천항만)
인천국제공항	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내 최초 공항 내 수소충전소 구축 ▪ 수소버스 충전소 구축 ▪ 수소전기버스 및 수소지게차 도입
SK인천석유화학	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수소연료전지 발전소 ▪ 부생수소 50,000Ton/년 활용 사업

(4) 혁신자원**산학연 협력
연구개발을 위한
대학 및 연구소
보유**

인천의 혁신자원으로는 인천테크노파크를 비롯해 주요 대학과 연구원 등을 확보하고 있으며, 이들 기관을 활용한 수소산업의 기획·연구개발·인력개발 등의 사업을 추진할 수 있다.

[표 Ⅲ-42] 인천광역시 혁신자원 현황

구분	수소관련 추진 내용
지원기관	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (인천테크노파크) 산업기술 발전과 중소기업 육성을 통해 지역경제 활성화 및 인천 시민의 삶의 질 제고, 지역 산학연관을 비롯한 지역혁신기관과의 유기적인 협력 네트워크 구축, 수소융합실증사업 수행중(총괄주관)
대학교	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연세대학교) 수소융합실증사업 수행_기술주관 및 홍보/교육센터, 연세대학교 송도캠퍼스 내 R&D/교육 및 홍보관 구축 ▪ (인하대학교) 고분자 전해질 분리막 연료전지 개발, 공학 및 과학적 소양을 갖춘 인력양성을 위한 연료전지 인력양성사업단 운영 ▪ (인천대학교) 고체산화물 연료전지 버너개발 과제 수행 ▪ 인천국가산업단지 내 특화산업 육성을 위한 교육, R&D 수행 가능
연구소	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (인천연구원) 시정 전반에 관한 각종 과제를 현실적이며 체계적으로 연구/조사 및 분석

3. 발전잠재력

인천시는 지리적
이점을 보유하고
있으며, 수도권
경제의 주요한
중심지 역할 담당

인천광역시는 수도권에 있으며 공항만과 도로 및 철도 교통의 요지로서, 서울 및 경기지역 기업들과의 거래와 협력이 용이하며, 우수 연구개발 인력 유치에 유리한 이점을 가지고 있다. 또한, 제조업 기반의 산업단지와 함께 경제자유구역의 조성을 통해 기존 전략사업과 신성장산업이 동반 성장할 수 있는 기반이 마련되어 있으며 수도권 경제의 주요한 중심지 역할을 담당하고 있다.

산업단지에 다양한 업종의 중소기업이 밀집되어 있어 내부적으로도 협력할 수 있으며 산업 동향에 맞도록 R&D 수요 증대가 충분히 가능하나 지역의 발전을 담당하고 기초연구를 수행하는 대학과 연구기관이 부족한 편이다. 2017년 기준, 전국 전문대학 및 대학교 수는 339개이며 인천시 관내에는 7개가 있으며, 연구기관은 2,287개소로 전국 대비 5.8%를 차지하나 민간 기업을 제외하면 공공연구기관과 대학이 각각 16곳, 14곳에 불과하다.

연구개발 인력이
상대적으로 부족한
상태임

또한, 기술혁신 연구개발을 담당할 인력이 상대적으로 부족하다. 2016년 기준, 전국 연구개발 인력 624,910명 중 25,603명으로 4.1% 정도를 차지하고 있어 경제 규모나 인구 규모 대비 상대적으로 부족하며, 특히 연구인력 대부분이 민간 기업체 소속이어서 공공부문 연구인력의 유치가 필요한 상황이다.

[표 III-43] 인천광역시 연구개발 현황(2018년)

구분		공공연구기관	대학	기업체	합계
연구 개발조직	인천(개)	15	16	2,438	2,469
	전국(개)	569	410	42,531	43,510
	비율(%)	2.6	3.9	5.7	5.7
연구 개발인력	인천(명)	1,722	6,018	19,331	27,071
	전국(명)	55,816	185,660	408,767	650,243
	비율(%)	3.1	3.2	4.7	4.2
연구 개발비	인천(억 원)	2,356	2,071	21,055	25,482
	전국(억 원)	95,432	66,825	625,634	787,892
	비율(%)	2.5	3.1	3.4	3.2

자료 : KOSIS(통계청)

제3절 인천시 수소산업 육성방향

1. 인천시 수소산업 SWOT 분석

국내외 수소경제 추진 동향 및 인천시 수소산업 환경, 현황의 종합분석 결과 도출된 SWOT분석²⁸⁾은 다음과 같다.

[표 Ⅲ-44] 인천 수소산업 SWOT 분석

구분	S. 강점	W. 약점
	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 수소생산의 가능성 (LNG, 바이오, 부생, 그린) 높은 에너지자립도 에너지공기업 및 다양한 앵커기업 보유 공항 및 항만을 이용한 산업확장 이점 	<ul style="list-style-type: none"> 수소밸류체인 초기 구축 단계 고가의 생산비용 원천기술 확보 및 기술상용화 어려움 수소전문기업 부족 수소안전체계 부족
O. 기회	S-O 전략	W-O 전략
<ul style="list-style-type: none"> 우호적인 수소산업 확산 정책 산업적용의 다양성 주요 에너지기업의 앵커기업 활용 가능성 수소융복합실증단지 타당성 조사 수행 	<ul style="list-style-type: none"> 수도권 수소공급처로서의 위상 강화 다양한 방식의 수소생산 - 산업기회 모색 에너지공기업 및 주요 앵커기업을 활용한 사업 추진 수소융복합실증사업의 성공적 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 전문기업 유치 및 지원 거점 확보 수소융복합 예타사업 추진을 통한 생산, 실증거점, 관련 밸류체인 확산, 인력양성 등의 순기능 확보 신산업 발굴 및 육성 계획 수립·추진
T. 위협	S-T 전략	W-T 전략
<ul style="list-style-type: none"> 환경문제에 대한 시민의식 강화 초기 경제성 확보 난항 전국 지자체 수소산업 경쟁 심화 인천광역시 대비 수소산업 준비 및 추진실적 확보한 지자체 다수 수소에너지 주민수용성(전국 공통) 	<ul style="list-style-type: none"> 바이오가스 활용 차별화 확보 산학연관 참여 클러스터 조성을 통한 초기 수소산업 기반 마련 수소자원(대학, 연구소)의 협업을 통한 산업육성 및 인력양성 지역 특화 수소산업 구축 강화 	<ul style="list-style-type: none"> 지역자원 적극 활용·초기 산업 확산 앵커기업 참여로 리스트 완화 수소산업 육성을 위한 규제 완화 기초 수소관련 인프라 건설 정부 공모사업 적극 참여

28) 인천의 환경분석을 통해 강점과 약점, 기회와 위협 요인을 규정하고 이를 토대로 수소산업 육성 전략을 수립

2. 인천시 수소산업 환경 종합분석을 통한 착안점 도출

현황 분석을 통한
인천시의 수소산업
육성을 위한
착안점 도출

국내외 정책 현황, 인천시 일반현황, 인천시 상위계획 및 인천의 수소자원 분석을 통해 도출된 시사점을 수소산업 확산을 위한 핵심이슈와 결합하여 인천시만의 특화된 수소산업생태계를 구축을 위한 방향을 제시하고자 한다.

[표 Ⅲ-45] 분석 대상별 시사점 도출

구분		시사점
대외 환경	정책적 측면	<ul style="list-style-type: none"> 정부 수소산업 정책 확장에 따른 연계사업 추진 필요 정부 추진 공모사업 참여
	글로벌 측면	<ul style="list-style-type: none"> 글로벌 수소산업 경쟁 본격화에 따른 기술개발 추진 필요 그린수소 생산 기술이 주목받고 있으며 그 중 수전해
	산업적 측면	<ul style="list-style-type: none"> 산업생태계 구축에 따라 빠르게 성장하는 시장 움직임 (생산) 그린수소, (저장 및 이송) 액화플랜트, (활용) 모빌리티
일반 현황	인구수&자동차수	<ul style="list-style-type: none"> 수소차 보급 확산 필요
	경제성장률	<ul style="list-style-type: none"> 제조업 고도화 및 신산업 발굴 필요
	산업단지 현황	<ul style="list-style-type: none"> 산단 스마트화 및 소재·부품·장비 산업 강화 필요
	신재생에너지 현황	<ul style="list-style-type: none"> 그린수소 생산을 위한 재생에너지 보급 확산 필요
상위 계획	2030 미래이음	<ul style="list-style-type: none"> 신성장동력을 위한 미래에너지(수소) 사업 발굴 필요 지역 특수성이 반영된 균형발전 필수적
	도시기본계획	<ul style="list-style-type: none"> 신기술을 적극 수용을 통한 산단 활성화 제고 수소산업 연계 클러스터 조성 필요
	신재생에너지 보급계획	<ul style="list-style-type: none"> 재생에너지 보급 목표 향상을 통한 그린수소 제조 연료전지, 풍력 중심의 재생에너지 보급 필요
수소 자원	추진사업	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 수소생산 클러스터로서의 위상 정립 가능
	에너지 인프라	<ul style="list-style-type: none"> 연료전지 발전사업을 통한 신산업 기회 확대 부생수소 적극 활용 방안 모색을 통한 산업 확산 기폭
	앵커기업	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 실증사업 참여 유도 앵커기업 주도 신규사업 및 프로젝트 활성화 유도
	혁신자원	<ul style="list-style-type: none"> 혁신기관 활용, 산업육성 네트워크 확산 및 연구개발/인력양성

착안점 도출

- ① 다양한 수소생산방식 도입(그린수소)
- ② 지역 공급 우선(향후, 수도권 공급을 위한 이송방안 마련)
- ③ 수소전기차 보급목표 상향 필요(이에 따른 충전소 보급목표 상향)

시사점을 바탕으로 도출된 인천 수소산업 육성을 위한 수소산업생태계 구축 착안점은 다음과 같다.

첫째, 수소생산방식에서는 다양한 수소생산 방식을 도입하고 향후 그린수소 제조를 위한 기반을 조성해야한다.

둘째, 수소 저장 및 이송방식에서는 지역 수소공급(자급)을 우선으로 하

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

④ 인천의 특수성 반영한 사업 추진

고 향후 수도권 공급을 위한 최적의 이송방안을 마련하고 액화방식 도입에 대한 우선 검증이 필요하다.

셋째, 수소활용방식에서는 수소전기차 보급목표 상향이 필요하고 연료전지 확대를 통한 수소산업 확장이 요구되며 기타 모빌리티 실증사업의 적극 추진이 필요하다.

넷째, 충전인프라방식에서는 수소차 보급목표에 맞춘 충전인프라 추가 확보가 요구되며 보급 초기 구축은 정부 예산을 적극 활용하고 점차 민간의 투자를 유도하는 정책 추진이 필요하다.

마지막으로, 특화전략방식에서는 인천이 지닌 특수성(항만, 공항 등)을 적극 활용해 관련 수소사업 아이템 발굴이 필요하며 수도권 주요 수소공급지로서의 역할에 상응하는 보상방안 마련이 필요하다.

[표 Ⅲ-46] 인천광역시 수소산업생태계 구축 착안점

구분	착안점
수소생산	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 수소생산 방식 도입 향후 그린수소 제조를 위한 기반 조성
수소 저장 및 이송	<ul style="list-style-type: none"> 지역 수소공급(자급)을 우선으로 하고 향후 수도권 공급을 위한 최적의 이송방안 마련 액화방식 도입에 대한 우선 검증 필요
수소활용	<ul style="list-style-type: none"> 수소전기차 보급목표 상향 필요 연료전지 확대를 통한 수소산업 확장 요구 기타 모빌리티 실증사업 적극 추진
충전인프라	<ul style="list-style-type: none"> 수소차 보급목표에 맞춘 충전인프라 추가 확보 요구 보급 초기 구축은 정부 예산을 적극 활용하고 점차 민간의 투자를 유도하는 정책 추진
특화전략	<ul style="list-style-type: none"> 인천이 지닌 특수성(항만, 공항)을 적극 활용해 관련 수소사업 아이템 발굴 필요 수도권 주요 수소공급지로서의 역할에 상응하는 보상방안 마련 필요

IV. 인천시 수소산업 육성 마스터플랜 수립

IV. 인천시 수소산업 육성 마스터플랜 수립

제1절 인천시 수소산업 육성을 위한 기본방향 및 중장기 목표

1. 인천 수소산업 육성 기본방향

인천시의 수소산업 관련 환경분석과 이슈 점검, SWOT분석 등을 통해 수소산업 육성 기본방향을 제시하고자 한다.

[표 IV-1] 인천 수소산업 육성 기본방향

구분	시사점
1) 수소산업 밸류체인	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 수소생산방식의 구체화 필요 부생수소, 개질수소, 그린수소 각각의 구체적인 계획 수립 필요 수소공급1(부생수소), 수소공급2(개질수소) 각각의 이송방안 마련 필요
2) 수소활용(모빌리티)	<ul style="list-style-type: none"> 정부 보급목표와 비례한 수소차 보급계획 구체화 필요 지역여건에 맞는 특수차량의 실증사업 적극 추진 필요
3) 수소활용(연료전지)	<ul style="list-style-type: none"> 지역 앵커기업을 통한 수소연료전지발전소 구축 강화 필요 발전/건물용 연료전지 보급 계획 구체화 필요 지역 산업단지 및 특수소재지(항공, 항만) 발전소 구축 가능성 확인 필요
4) 충전인프라	<ul style="list-style-type: none"> 강화 될 수소차 보급계획에 맞춘 충전인프라 구축 필요 On-Site(수전해형, 개질형) 및 Off-Site(부생수소 외부공급) 등 다양한 방식 채택 필요
5) 특화산업 육성	<ul style="list-style-type: none"> 인천의 특수성을 적극 활용해 타지역과 차별화하면서도 수소산업 확산에 기여할 수 있는 아이템 발굴 필요
6) 이해관계자	<ul style="list-style-type: none"> 산학연관 주체는 물론 시민사회와의 합의를 이끌 수 있는 수소기본계획 마련 필요

2. 비전 및 목표

인천시 수소산업 육성을 위한 2030년 인천시의 비전 및 목표는 다음과 같다.

[그림 IV-1] 인천광역시 수소산업 육성을 위한 “비전체계도”



비전체계도에 따라 3대 추진전략과 12대 중점추진과제를 선정하였으며, 이에 따른 추진사업들은 다음과 같다.

[표 IV-2] 비전체계도에 따른 추진사업

3대 전략	12대 중점과제	추진사업
선순환 수소산업 생태계 구축	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 수소생산지 확보 	<ul style="list-style-type: none"> (부생수소) SK인천석유화학 출하센터 (추출수소) LNG인수기지, 매퍼지바이오가스 (그린수소) 재생에너지 확대에 따른 잉여전력 수전
	<ul style="list-style-type: none"> 안정적인 수소공급망 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 인천시 수소배관 실증사업(2km) → 확대 부생수소 출하센터 부생수소 파이프라인 공급망(정책과 연계)
	<ul style="list-style-type: none"> 수소모빌리티 확산 	<ul style="list-style-type: none"> 수소차 보급 확대 인천항·공항 내 특수차량 수소모빌리티 단계적 전환 물류단지 내 수소지게차 시범사업 추진 및 확대
	<ul style="list-style-type: none"> 수소 중심 그린산단 전환 	<ul style="list-style-type: none"> 남동산단 대상 수소 중심의 RE100 시범사업 추진 기타 산단 → 남동산단 모델 확대
인천 특화 수소산업 확산	<ul style="list-style-type: none"> 항구형 수소도시 모델 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 인천항만을 활용한 최초의 항만형 수소도시 모델 구축 수소추출 → 연료전지 → 활용(주거, 특수차량, 선박 대상 실증사업)
	<ul style="list-style-type: none"> 수소융복합클러스터 성공적 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 바이오가스·LNG 추출형 수소생산 → 충전인프라에 활용 수소홍보관 조성을 통한 주민수용성 확보
	<ul style="list-style-type: none"> 수소산업 실증단지 확산 	<ul style="list-style-type: none"> (선박벽커링) 수소 선박에 수소연료 공급시스템의 실증 추진 (시범사업) 수소버스, 특수차량 등 (폐자원실증) 폐플라스틱 재활용 → 연료유 생산 → 추출 → 수소생산
	<ul style="list-style-type: none"> 인천형 수소전문기업 육성 	<ul style="list-style-type: none"> 전문기업 육성 펀드 조성 유망기업 유치 및 신규 창업유도 환경 조성
지속가능한 성장 DNA 확보	<ul style="list-style-type: none"> 수소전담기관 설립 	<ul style="list-style-type: none"> 인천에너지공사 설립 → 수소산업 전담기구 化 수소산업육성, 실증사업추진, 연구개발, 인력양성 전담
	<ul style="list-style-type: none"> 인력양성·연구개발 추진 체계 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 인천에너지공사 내 인력양성센터 및 연구개발센터 구축 산학연관 유기적 체계 구축
	<ul style="list-style-type: none"> 시민과 소통하는 네트워크 구현 	<ul style="list-style-type: none"> 인천에너지공사 내 시민소통 시스템 구축 시민참여형 프로그램 개발 및 확산
	<ul style="list-style-type: none"> 수소산업 안전체계 확립 	<ul style="list-style-type: none"> 인천에너지공사 내 수소안전네트워크 구축 한국가스안전공사(인천본부) 유기적 협력체계 구축

제2절 수소기반 에너지거점도시 조성을 위한 마스터플랜

1. 수소산업 생태계 육성방안

(1) 수소생산

수소경제 활성화 로드맵에 따라 수소 활용산업이 육성·확대되면 파생수요로서 수소 자체에 대한 수요가 확대되며, 자연스럽게 에너지 부문을 중심으로 수소시장의 규모도 커지게 될 것으로 전망된다. 현재 수소차와 연료전지 등 수소 활용산업에서 창출되는 수소수요는 연간 13만톤 정도이지만, 로드맵대로 수소 활용산업이 성장할 경우 2022년에는 연간 47만톤, 2030년에는 194만톤에서 2040년에는 526만톤까지 확대된다.²⁹⁾

[표 IV-3] 수소 공급 확대 로드맵

구분	'18년	'22년	'30년	'50년
공급량 (=수요량)	13만톤/년	47만톤/년	194만톤/년	526만톤/년 이상
공급방식	① 부생수소(1%) ② 추출수소(99%)	① 부생수소 ② 추출수소 ③ 수전해	① 부생수소 ② 추출수소 ③ 수전해 ④ 해외생산 * 추출수소(50%), 나머지(50%)	① 부생수소 ② 추출수소 ③ 수전해 ④ 해외생산 * 추출수소(30%), 나머지(70%)

자료: 수소경제 활성화 로드맵, 2019

수소 수요 확대에 따라, 수소 생산단가가 가장 저렴한 생산방식(기술)부터 수요를 충족시키기 위한 공급이 이루어져야한다. 수소생산 방식별 생산비용(생산단가)은 2018년 기준 부생수소 방식이 수소 1kg당 2,000원 미만으로 가장 저렴하며, 천연가스 추출방식은 2,700~5,100원 수준, 수전해 방식은 최소 9,000~10,000원 수준이다.

29) 산업통상자원부 2019, 김재경 2019a

[표 IV-4] 수소방식별 생산비용 전망

구분	'18년	'22년	'30년	'50년
부생수소	1,500 ~ 2,000원	1,500 ~ 2,000원	1,500 ~ 2,000원	1,500 ~ 2,000원
추출수소	2,700 ~ 5,100원	2,600 ~ 4,800원	2,500 ~ 4,300원	2,400 ~ 3,900원
수전해	9,000 ~ 10,000원	7,000 ~ 8,000원	3,000원	2,000원
수입	-	-	3,000원	2,000원

자료: 수소경제 활성화 로드맵, 2019

수소수요가 충분치 않은 초기에는 천연가스 추출수소를 핵심 공급원으로 삼아 LNG 공급망, 수요처 인근 등에 규모별 수소생산기지를 구축해 나갈 예정이지만, 추가적으로 제한적인 친환경 수소생산 여력을 감안하여 2030년부터는 해외 재생에너지, 갈탄 등을 활용하여 생산된 친환경 수소를 수입하여 부족분을 보충함으로써 2040년에는 전체 수소수요량의 70%를 이상 화탄소가 발생하지 않는 친환경 수소로 공급할 계획이다.

수소생산방식에 따른 장단점

부생수소는 특성상 생산가격이 저렴하다는 장점이 있으나, 석유화학단지(울산, 여수, 대산)의 공정전환 없이는 추가적으로 대량 공급이 어렵다는 단점이 있다. 추출수소는 이미 구축된 천연가스 공급망과 연계할 수 있는 잠재력이 있으나 기술력 부족으로 초기 단계의 소형추출기 정도를 활용할 수 있으며 대량 생산을 위해서는 필수적인 대형 추출기 기술 확보가 절실하다. 그리고 수전해 기술은 선진국에 비해 대규모 재생에너지 단지가 부족하여 재생에너지를 활용하는데 한계가 있으며, 아직 수전해 기술개발 및 실증·상용화 기술 확보도 지연되고 있다. 장기적으로 재생에너지 연계 대규모 수전해 방식(P2G)이 필요하나 국내기업의 기술경쟁력이 선진국 대비 미흡한 상황이다.

가. 부생수소

1) 배경 및 현황

- 1)초기 : 부생, 추출
- 2)중기 : 수전해,
해외생산
- 3)장기 : 수전해,
해외생산·수입

수소경제 활성화 로드맵에서는 주요 수소 생산방식을 부생수소, 추출수소, 수전해, 해외생산 등 4가지로 구분해 제시했으며, 초기에는 부생수소와 추출수소, 중기에는 수전해 및 해외생산, 장기로는 수전해, 해외생산·수입 등 그린수소 확대 연계에 걸친 계획을 수립하였다.

수소경제 이행 초기단계에서는 부생수소 및 추출수소 등 그레이 수소(Grey Hydrogen)를 통해 수소를 충당할 계획이며 이를 위해 천연가스 공급망과

수요처 인근에 수소생산기지를 확대 구축하기로 했다.

향후 대규모 태양광·풍력 발전과 연계한 수전해를 통해 수소를 대량생산하고 안정적인 수소 수급과 가격 안정을 위해 해외 생산 수소를 도입함으로써 그린수소(Green Hydrogen)로 생산 패러다임을 전환하겠다고 밝혔다.

[표 IV-5] 국내 수소 생산 구성 및 공급 목표

구분	현재	2022년	2030년	2040년
구성	① 부생수소 ② 추출수소	① 부생수소 ② 추출수소 ③ 수전해	① 부생수소 ② 추출수소 ③ 수전해 ④ 해외생산 ※ ①+③+④=50% ②=50%	① 부생수소 ② 추출수소 ③ 수전해 ④ 해외생산 ※ ①+③+④=70% ②=30%
	-	수도권 인근 대규모 생산	해외생산 수소 활용	CO ₂ free 수소 대량 도입
공급	13만톤/년	47만톤/년	194만톤/년	526만톤/년

자료 : 수소경제 활성화 로드맵(2019)

석유화학공장에서
원료 생산 중
발생하는 수소
부산물이 부생수소

석유화학공장에서 나프타를 분해하여 에틸렌, 프로필렌 등 석유화학제품의 기초 원료를 만드는 과정 중 발생하는 수소 부산물을 부생수소라고 한다. 기존의 에너지 산업 체제를 유지하면서 발생하는 수소를 한 번 더 활용하는 방식으로 현재 국내에서 가장 많이 사용하는 방법이다.

국내에서 발생하는 부생수소는 주로 석유 및 화학업체로부터 생산되고 있으며, 연간 생산량 164만톤 (수소전기차를 연간 820만 대 운행할 수 있는 양) 중 대부분은 석유 및 화학업체가 자가소비하고 약 23만 톤만 외부로 유통되고 있다.

[표 IV-6]에서 나타난 바와 같이 수소는 울산, 여수, 대산지역 등에서 생산된다.

[표 IV-6] 국내 수소생산 현황

구분	생산량 (ton/년)	비율 (%)	외부유통 (ton/년)	비율 (%)
울산지역	816,167	49.7	95,883	42.0
여수지역	554,862	33.6	96,627	42.4
대산지역	180,666	11.0	31,126	13.6
기타지역	91,755	5.6	4,466	2.0
합계	1,643,452	100.0	228,102	100.0

자료 : 한국수소산업협회 내부자료

* 생산량은 연평균 가동시간 8,000시간 가정

국내의 주요 수소생산업체는 덕양, SPG, 에어리퀴드, SDG, 등이 있으며, 국내 주요 수소생산 업체의 부생수소 생산능력은 다음과 같다.

[표 IV-7] 국내 주요 수소생산 업체의 부생수소 생산 능력

구분	생산량 (m³/hr)	생산량 (만톤)	점유율 (%)
덕양	9,600	0.75	37.0%
SPG케미칼	6,500	0.51	25.0%
창신화학	5,200	0.41	20.0%
SDG	3,150	0.25	12.0%
에어리퀴드	1,000	0.08	4.0%
린데	300	0.02	1.0%
합계	25,750	2.01	100.0%

자료 : 수소경제 활성화 로드맵 수립 연구보고서(2019)

외부 유통량과
확보 가능한
부생수소로
수소공급 계획
발표

정부는 현재 외부 유통량인 23만 톤과 석유화학 공정 가동률을 높임으로써 확보 가능한 약 5만 톤을 국내 수소경제 활성화를 위한 수소로 공급 할 계획이다.

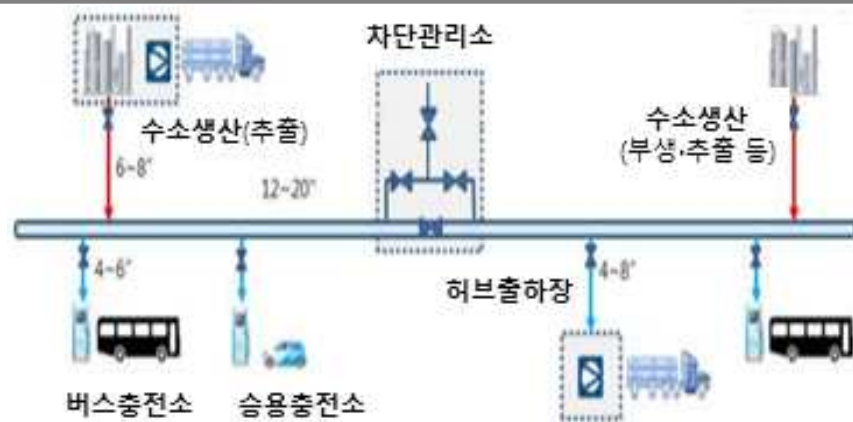
그러나, 부생수소 공급 가능 지역은 해안선(당진, 울산 등)을 따라 U자형으로 분포하고 이에 일부 내륙지역에는 수소 공급 공백지역이 발생하고 있는 상황이다.

2) 추진 계획 및 단계별 보급(안)

인천지역에서 생산되는 부생수소는 연간 50,000톤 정도로 수소차 약 300,000대의 차량을 1년간 운행할 수 있는 물량이다. 부생수소는 수소경제 초기 수소 수요량 대응을 위한 가장 경제적인 대안으로 사용할 수 있다.

수소경제 활성화를 위한 "수소 인프라 및 충전소 구축방안"에 따르면, 정부는 수도권 부생수소 생산지에서 수도권 수소 활용지까지의 공급을 위한 배관망 & 수소유통허브 구축 계획을 추진 중이며, 인천이 수도권의 수소공급지로 떠오르고 있다.

[그림 IV-2] 수소파이프라인 구축 개요



자료 : 수소경제 활성화를 위한 수소 인프라 및 충전소 구축 방안('19.10)

인천시에서
생산되는
부생수소를
수도권에 공급
예정(정부계획)

정부는 인천시에서 생산되는 부생수소(SK인천석유화학)를 활용하여 수소유통허브 및 파이프라인을 구축하여 수도권의 부족한 수소를 공급한다고 발표하였다.

향후, 수도권 내 수소가 필요 없을 시에는 ① SK인천석유화학에서 중부발전 내 유희부지까지 배관망을 연결 후 부생수소 출하센터 구축, ② SK인천석유화학에서 중부발전 유희부지까지 배관망을 연결 후 압축 저장하여 액화수소플랜트를 건설하여 인천 내 수소를 공급할 수 있다.

[그림 IV-3] 중부발전 내 부생수소 출하센터 구축(안)



자료 : 수소 생산클러스터 구축 사업 발표자료

중부발전 내 유휴부지를 활용한 부생수소 출하센터 구축

- 향후 액화플랜트와의
연계 고려

한국중부발전 내 유휴부지를 활용하여 부생수소 출하센터를 구축하고 SK 인천석유화학에서 생산되는 수소는 수소배관을 설치(약 4km)하여 공급한다. 초기에는 부생수소 출하센터에서 튜브트레일러(T/T)를 통해 직접 이송하며, 향후 액화플랜트 구축을 통해 액화수소 탱크로리를 활용한 수소 공급이 가능하다.

SK인천석유화학에서 생산되는 부생수소를 바탕으로 산정한 단계별 보급(안)은 다음과 같다.

[표 IV-8] 부생수소 단계별 보급(안)

구분	1단계('21~'23년)	2단계('24~'26년)	3단계('27~'30년)
수소생산량	10,000Ton/년	30,000Ton/년	50,000Ton/년

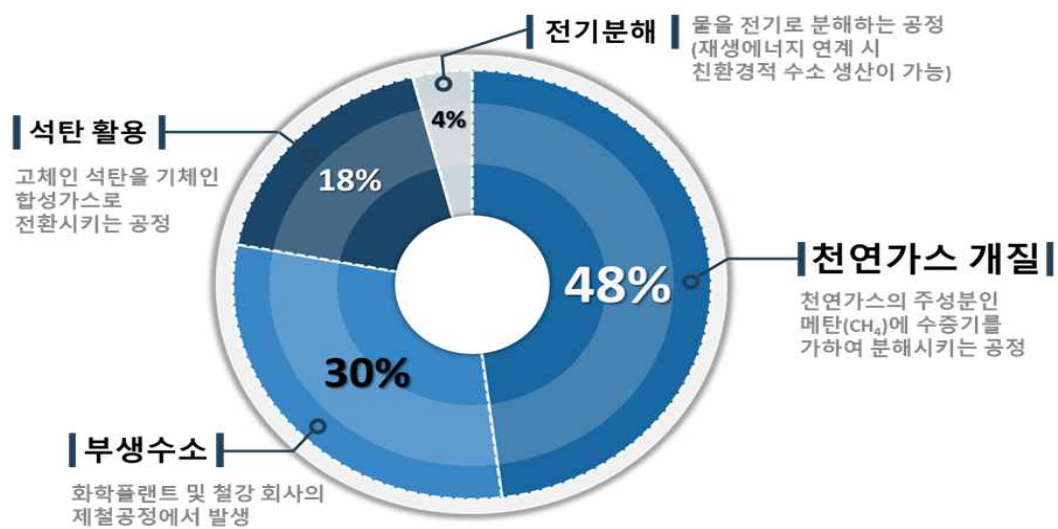
나. 추출수소

1) 배경 및 현황

수소생산의 96%가
추출수소 생산방식

현재 글로벌 수소 생산의 약 96%³⁰⁾가 추출수소 생산방식으로 생산되고 있다.³¹⁾ 수증기 개질 및 가스화(추출수소 생산방식)를 통한 수소 생산은 저렴한 비용으로 대량생산이 가능하고, 다른 수소 생산방식에 비해 안정적이다.

[그림 IV-4] 전 세계 수소 생산 방식



자료: 한국수소산업협회, NH 투자증권 리서치 본부

수소 생산비용의 측면에서 보면, 상대적으로 제철소 및 정유공장에서 발생하는 부생가스가 가장 저렴하지만 공급량에 한계가 있어서, 현실적으로는 LNG, LPG 등의 개질로 추출하는 생산방식이 가장 경제적인 대안이라 볼 수 있다.

30) 수소경제의 경제적·기술적 이슈, (2019.5.1), 포스코경영연구원

31) 국내 산업용 수소의 90% 이상은 천연가스, 석탄, 석유 등 탄화수소계 화석연료를 촉매 반응하여 생산

[표 IV-9] 규모에 따른 개질기 특징

구분	대형 개질기	중형 개질기	소형 개질기
용도	<ul style="list-style-type: none"> 수소플랜트(NH₃ 및 정유공정) GTL 및 메탄올 플랜트 	<ul style="list-style-type: none"> 중-대형 연료전지 발전 수소충전소 	<ul style="list-style-type: none"> 가정용 및 소규모 연료전지 발전 이동형 전력, APU
규모	<ul style="list-style-type: none"> 1,000~수백만 Nm³/hr 	<ul style="list-style-type: none"> 100~1,000 Nm³/hr (50~2,000 kg/day) 	<ul style="list-style-type: none"> 1 ~ 50 Nm³/hr(1 ~ 50kW)
주요특징	<ul style="list-style-type: none"> 단일관형 Reactor 고온, 고압운전 	<ul style="list-style-type: none"> 단일관형, 이중관형 Reactor 중압운전 	<ul style="list-style-type: none"> 단일 구조 이중관형 Reactor WGS 일체형 저압운전
공급방식	<ul style="list-style-type: none"> 별도의 HP Steam Boiler 사용 	<ul style="list-style-type: none"> 자체 폐열 회수를 사용한 소형 Steam Generator 사용 개질기 뿐만 아니라 주변장치의 공간이 제약되어 있기 때문에 장치의 모듈화 및 단순 설계 필요 	
촉매계	Ni		Ru, Pt, Ni
개질연료	NG, LPG, Naphtha	NG, LPG	NG, LPG, MeOH, Kerosene, Diesel, Toluene
개질방식	Steam Reforming		Steam Reforming, Auto-thermal Reforming, Partial Oxidation

자료 : 수소경제 활성화 로드맵 수립 연구보고서(2019)

천연가스 공급망에 대규모-거점형 수소생산기지 구축 필요성 대두

더욱이 정부의 수소경제 활성화 로드맵에 따르면, 초기 수소경제 이행의 핵심 공급원으로 추출수소를 활용하고, 천연가스 공급망에 대규모-거점형 수소생산기지를 구축해야 한다고 발표한 바 있다.

인천광역시는 다양한 수소를 생산할 수 있는 여건이 확보되어 있으나, 수소산업 확장을 위해서는 수소생산기지 구축이 필수적이다.

LNG 터미널을 통한 대량의 추출수소 생산 가능

인천 송도에 LNG 인수기지(한국가스공사 인천기지본부)가 있어 해당 인프라를 활용해 천연가스 기반 추출수소를 생산할 수 있다. 도시가스 배관이 연결된 곳에 소규모 개질기를 설치하여 현지에서 수소를 생산하여 공급하는 On-Site(현장생산방식) 수소생산 시스템 및 대규모 개질기를 설치함으로써 거점형 수소생산기지를 구축한 후 생산된 수소를 튜브트레일러나 파이프라인으로 이송해 공급하는 Off-Site(중앙집중방식) 수소생산 시스템도 전략이 될 수 있다.

본 용역에서는 천연가스 수증기 개질방법을 통해 추출수소를 생산하고 튜브트레일러 및 파이프라인을 통해 생산된 수소를 공급 할 계획이며, 2030년까지 3단계에 걸친 확장계획과 함께 각 단계별 수소 수요량을 예측하였다.

2) 추진계획 및 단계별 보급(안)

인천은 수도권매립지와 송도 LNG 인수기지를 활용하여 추출수소를 생산할 수 있다.

수소
생산클러스터를
통해 약
3.2Ton/day의 수소
생산 가능

국내에서 연간 생산된 바이오가스 중 약 20%(63,736,000m³)가 미활용되어 방출되고 있으며 이를 수소생산에 활용할 경우 연간 수소버스 약 2,000대에 공급이 가능한 약 15,000Ton/년의 수소생산이 가능하다. 상암수소충전에서는 세계 최초로 바이오가스기반의 수소충전소를 운영중이며, 인천광역시에서는 수도권매립지관리공사와 함께 '20년 1월부터 '21년 6월까지 예비타당성 조사를 거쳐 수도권매립지의 바이오가스를 이용한 수소생산 클러스터를 조성하고자 현재 타당성검토를 진행중이다. 인천광역시는 권역별 바이오가스시설 중 가장 큰 용량을 보유(약 1.739Ton /day)하고 있으며, 예비타당성 조사 사업 진행으로 약 3.2Ton/day의 수소생산이 가능함을 예측하였다.

향후 인천 및
수도권의 수소량
산정에 따라 LNG
인수기지를 활용한
추출수소 플랜트
구축 필요

또한, 한국가스공사가 보유하고 있는 인천생산기지는 전국 LNG 인수기지 중 가장 큰 부지(41.8만평), 전국 2위의 저장규모 보유(288kL) 및 전국 1위의 송출량(14.180Ton/hr)을 나타내고 있다. LNG의 주성분인 메탄으로부터 수소를 추출하는 수소제조방식은 수소경제 초기 가장 효율적인 방안으로 인천생산기지를 활용한 추출수소 생산플랜트 구축이 가능하며, 향후 LNG 인수기지를 활용한 액화수소 생산플랜트 구축 가능성도 보유하고 있다. 수소산업 초기에는 인천시의 수소활용에 필요한 수소량을 공급하고, 이후 인천 및 수도권의 수소량에 따른 용량을 산정하여 LNG 인수기지를 활용한 수소생산기지를 구축이 필요하다.

인천광역시에서 생산되는 추출수소를 바탕으로 산정한 단계별 보급(안)은 다음과 같다.

[표 IV-10] 추출수소 단계별 보급(안)

구분	1단계('21~'23년)	2단계('24~'26년)	3단계('27~'30년)
수소생산량	934.4Ton/년	향후, 인천 및 수도권의 수소량에 따른 용량 산정 필요	

다. 그린수소

1) 배경 및 현황

이산화탄소 발생량에 따른 수소 구분

수소를 생성하는 과정에서 이산화탄소가 얼마나 많이 발생하느냐를 구분하기 위해 생성 방식에 따라 수소를 색깔로 구분한다. 가장 많이 이산화탄소를 발생시키는 “브라운(Brown) 수소”와 그레이(Grey)수소는 각각 화석연료인 석탄이나 천연가스를 사용하여 만드는 수소를 말한다.

그리고 천연가스와 이산화탄소 포집설비를 이용하는 하이브리드형 수소는 “블루(Blue) 수소”라고 불리며, 오로지 재생에너지만을 이용하여 만드는 수소를 “그린(Green) 수소”라고 한다. 블루 수소는 이산화탄소가 발생되기는 하지만 브라운 수소나 그레이 수소보다 발생량이 현저히 낮고, 그린수소는 이산화탄소 발생량이 제로(Zero, 0)다.

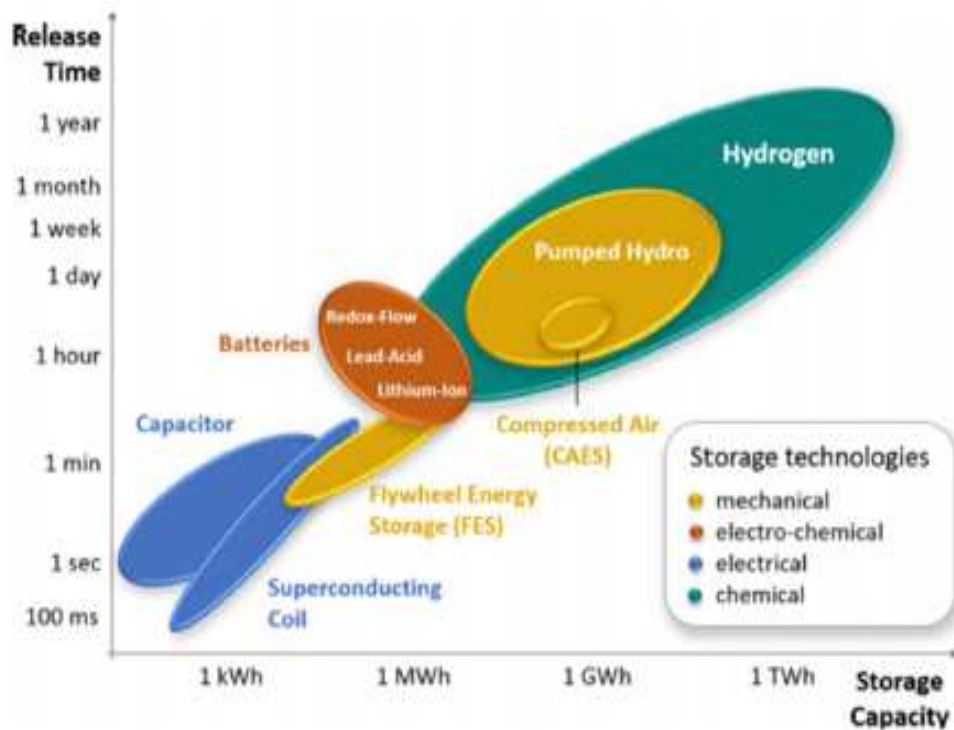
미래에는 녹색수소 방식이 대세가 될 전망

장기적으로 수소 확보는 재생에너지 잉여 전력을 수전해하여 수소를 생산하는 녹색수소 방식이 대세가 될 전망이다. 이미 재생에너지 투자가 많이 이루어진 지역에서는 이러한 방식의 수소 생산 상업화가 타진되고 있다. 또한, 재생에너지가 부족한 일본은 재생에너지 잠재력이 풍부한 지역에서 잉여전력으로 물을 전기분해하여 생산한 수소를 국내로 도입하는 방법이 시험중이며, 호주는 장기적으로 대량의 녹색수소 수소 수출을 계획하고 있다.

P2G 기술을 활용한 장기/대용량/고밀도 에너지 저장이 가능한 수소

P2G 기술은 장기/대용량/고밀도 에너지 저장이 가능해 계절에 따라 출력 변동이 높은 재생에너지와 결합에 적합한 것으로 평가되고 있다. 전력 저장이라는 면에서 LiB 2차전지를 활용한 ESS와 유사한 기능을 하지만, 수소를 활용하는 방법이 대용량 장기 저장에 좀 더 용이하다. 10시간 이내, 10MWh 이하 소규모 저장에는 ESS, 1GW ~ 1TWh 대용량 저장과 장기간(1~1,000시간) 저장에는 수소를 활용하는 것이 효율적인 것으로 평가되고 있다.

[그림 IV-5] 저장기간/용량별 에너지 저장장치



자료: 산업은행, IDTS, 현대차증권

국내에서는 2016년부터 재생에너지 연계 수전해 기술 개발이 시작되어, 개별 단전지 성능을 높이는데 주력하여 단전지 성능은 선진국 수준에 근접하였으나 현재 핵심기술은 선진국 대비 약 70% 수준으로 수소공급원으로서 활용 가능한 대규모, 고효율 수전해 기술 등에 대한 기술개발이 필요한 상태이다.

[표 IV-11] 국내외 수전해 기술 현황

구분	국외			국내
	독일	미국	일본	
기술 및 시장동향	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (EU 프로젝트, HORIAON2020) 독일과 북유럽 중심 컨소시엄구성, 재생전력과 가스망을 통합운용 실증 사업 중 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (DOE : NREL) 수요기업 중심 개발 및 실증, 재생에너지 연계 수소생산실증 운전 데이터 확보(10년), PEM 수전해 집중 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (NEDO의 R&D 지원과 수요 기업 중심) 대용량 알칼라인 수전해 집중, 재난대비 비상전력(72h)용 PEM 수전해 기술확보 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (중소기업 위주 소형 수소발생기 중심) 선진국 대비 핵심기술 70% 수준, 2016년부터 재생에너지 연계 수전해 연구과제 지원
기술수준	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (효율) 70~80% ▪ (용량) 4~10MW 			<ul style="list-style-type: none"> ▪ (효율) 50~60% ▪ (용량) 0.25MW
대표기업	알칼라인 수전해 기업			
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ NEL Hydrogen (노르웨이) 	-	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Asahi Kasei(일본) ▪ Hitachi Zosen(일본) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수소에너지 ▪ EM솔루션
	PEM 수전해 기업			
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Siemens(독일) ▪ ITM Power(영국) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Giner ELX(미국) ▪ Hydrogenice(캐나다) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Toshiba(일본) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 엘캠텍

이산화탄소가 배출되지 않아 친환경적인 그린수소

그린수소란, 재생에너지(태양광, 풍력발전)의 잉여전력을 활용해 수전해 설비를 이용하여 생산하는 수소이다. 이 과정에서 탄소가 배출되지 않아, 생산과정에서 탄소가 배출되는 추출수소 대비 친환경적이다.

2030년까지 신재생에너지 공급 의무 비율을 20%로 조정하는 '신재생 3020 이행 계획'에 따라 향후 태양광 및 풍력에너지를 이용한 신재생에너지 개발이 가속화될 것이며 신재생에너지 도입 확대에 따른 잉여전력의 문제가 발생될 것으로 예상된다.

2) 추진계획 및 단계별 보급(안)

정부는 수전해 등 재생에너지와 연계해 수소를 생산하는 그린수소 생산 원천기술 확보에 집중 투자·육성을 발표하였으며, 이를 위해 부생수소 개질방식의 수소생산을 재생에너지 연계 그린수소 수소생산 방식으로 전환하기 위해 재생에너지 연계 실증 사업을 추진중³²⁾이다.

태양광, 풍력 보급계획에 따른

인천광역시의 신재생에너지 보급 중장기 종합계획에 따른 풍력, 태양광의 누적용량을 바탕으로 최대 공급 가능한 수소량을 산정³³⁾하였다.

32) '22년까지 MW급 재생에너지 연계 수전해 기술 개발 및 100MW급 재생에너지 연계 실증사업 추진 예정

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

수소량 산정

보급계획에 따른 2030년 태양광 및 풍력의 누적용량은 1,404.9MW이며 이를 통해 발생된 잉여전력을 가스 형태(수소 혹은 메탄)의 에너지로 변환하는 P2G(Power to Gas) 기술에 활용할 수 있다.

그린수소 생산을 통해 인천시는 다양한 수소생산지로서의 수소생산거점으로 거듭날 수 있으며, CO₂-free 수소의 생산 기반을 확보할 수 있다. 재생에너지 연계 수전해 기술을 도입하기 위해서는 수전해 실증단지 및 실증 연구센터가 인접한 곳에 위치해야 한다.

잉여전력 발생량에 따른 단계별 수전해 설비 용량 확장 계획

2030년까지의 신재생에너지 발전용량에 따라 얻어지는 총 발전량에 대해 약 10%의 잉여전력 발생을 가정한 후 해당 잉여전력을 수전해와 연계시켜 해당 잉여전력을 수전해와 연계시키는 단계별 확장 계획을 수립하였다.

[표 IV-12] 그린수소 생산을 위한 잉여전력 발생량 산출

구분	누적용량 (MW)	발전량 (MWh)	잉여전력량 (MWh)	수소생산량 (Nm ³ /hr)	수소생산량 (Ton/년)
풍력	655.3	1,722,128	172,212.8	3,931.8	3,075.2
태양광	749.6	984,974	98,497.4	2,248.8	1,758.9
합계		2,707,102	270,710.2	6,180.6	4,834.1

* 발전량(MWh) : 누적용량(MW) X 이용률(풍력 0.3, 태양광 0.15) X 가동시간(hr)

** 잉여전력(MWh) : 발전량(MWh) X 0.1

*** 수소생산량(Nm³/hr) : 잉여전력(MWh/년) / 수전해 전기소모량(kWh/m³) / 가동시간(hr)

2030년 잉여전력량 : 270,710MWh/년

인천시의 태양광, 풍력의 신재생에너지 보급계획에 따라 발생하는 잉여전력은 약 270,710.2MWh로 추산되며, 이는 약 30MW급 수전해를 가동할 수 있다. 30MW급 수전해 설비는 시간당 약 6,000Nm³의 수소를 생산할 수 있다.

따라서 1단계('~23년)에는 재생에너지를 연계한 5MW급 수전해 설비로부터 약 980Nm³/h의 수소를 얻을 수 있다. 해당 설비의 2단계('24~'26년) 및 3단계('27~'30년)에 얻을 수 있는 그린수소 생산량은 아래와 같다.

[표 IV-13] 연도별 그린수소 생산가능량 산정

구분	풍력		태양광		총발전량 (MWh)	잉여전력량 (MWh)	수소생산량 (Nm ³ /hr)	수소생산량 (Ton/년)
	누적 (MW)	발전 (MWh)	누적 (MW)	발전 (MWh)				
'20년	49.0	128,772	107.6	141,386	270,158	27,016	616.8	482.4
'21년	49.0	128,772	124.0	162,936	291,708	29,171	666.0	520.9
'22년	49.0	128,772	140.3	184,354	313,126	31,313	714.9	559.2
'23년	49.0	128,772	228.7	300,512	429,284	42,928	980.1	766.6
'24년	49.0	128,772	291.2	382,637	511,409	51,141	1,167.6	913.2
'25년	155.3	408,128	388.1	509,963	918,092	91,809	2,096.1	1,639.4
'26년	255.3	670,928	462.4	607,594	1,278,522	127,852	2,919.0	2,283.1
'27년	355.3	933,728	516.8	679,075	1,612,804	161,280	3,682.2	2,880.0
'28년	455.3	1,196,528	557.6	732,686	1,929,215	192,921	4,404.6	3,445.0
'29년	555.3	1,459,328	607.7	798,518	2,257,846	225,785	5,154.9	4,031.9
'30년	655.3	1,722,128	749.6	984,974	2,707,103	270,710	6,180.6	4,834.1

라. 종합

수소생산방식에
따른 단계별
보급(안)

앞서 산정한 인천의 수소생산방식을 종합한 결과, 인천의 수소생산방식에 따른 단계별 보급(안)은 다음과 같다. 향후 인천시 및 수도권 수소필요량에 따라 추출수소 플랜트(2단계) 및 액화수소 플랜트(3단계) 구축시 수소생산량은 달라질 수 있다.

[표 IV-14] 인천광역시 수소생산에 따른 단계별 보급(안)

구분	1단계('21~'23년)	2단계('24~'26년)	3단계('27~'30년)
부생수소 (ton-H ₂ /년)	10,000	30,000	50,000
추출수소 (ton-H ₂ /년)	934.4	934.4	934.4
그린수소 (ton-H ₂ /년)	766.6	2,283.1	4,834.1
합계 (ton-H ₂ /년)	11,701.0	33,217.5	55,768.5

* 수소생산량 : ton-H₂/년

인천시의 수소차 보급계획에 따른 수소 필요량은 충족 가능하며, 잉여량은 다른 분야에 활용하거나 수도권에 공급이 가능하다.

(2) 수소이송

가. 인천 내 수소배관망 구축계획

인천광역시 내 수소이송방안

- 튜브트레일러
- 파이프라인
- 액화트레일러(액화플랜트가 없어 현재는 활용 불가능)

인천광역시 내에서 생산된 수소를 이송하는 방식은 크게 기체수소를 이송하는 튜브트레일러(고압용기), 파이프라인, 액체수소를 이송하는 액화트레일러 방식이 있다.

200kg/day급 수소충전소의 경우 액화튜브트레일러 방식이 가장 유리하며, 800kg/day급 수소충전소의 경우 튜브트레일러 방식이 유리하며, 그 이상의 경우 파이프라인 방식이 가장 유리한 것으로 알려져있다. 그러나 국내에는 아직 액화플랜트가 없어 액화트레일러는 활용하기 어려우며, 현재 활용 가능한 것은 파이프라인과 튜브트레일러 방식이다.

초기에는 튜브트레일러를 활용하고, 이후 파이프라인을 활용하는 것이 바람직

파이프라인 구축의 경우 시간과 비용이 드는 건설사업으로 인천광역시 또는 국가 차원에서 이루어져야 가능하며, 초기에는 튜브트레일러 방식을 이용하여 수소를 이송하고, 이후에는 구축된 파이프라인을 활용하여 수소를 이송하는 방법을 활용하는 것이 가장 바람직하다.

인천광역시 내 수소공급을 위한 주 배관망이 형성되면 인천 지역 내에서 생산된 수소가 배관망으로 들어올 수 있으며, 인천 및 수도권에 원활한 수소 공급이 가능하게 된다.

인천광역시 내 생산된 수소³⁴⁾를 산업현장, 충전인프라, 가정, 빌딩 등 시내 곳곳에 공급하기 위해서는 수소공급배관망이 구축되어야 한다. 먼저, 시범사업으로 일정 구역을 지정하여 배관망을 구축·운영(기 구축된 가스배관망 부지를 활용하여 수소배관망 설치)하여 안정적 공급시스템을 실증하고, 그 결과에 대한 문제점 개선 등을 거친 후 시내 전역으로 확대하도록 한다.

34) 수도권매립지공사, SK인천석유화학, LNG 인수기지 활용

[표 IV-15] 인천 내 수소배관망 구축계획 추진(안)

구분	1단계	2단계	3단계
목표	<ul style="list-style-type: none"> 수소배관망 시범사업 추진 수소생산지로부터 반경 2km 이내 수소활용지까지 	<ul style="list-style-type: none"> 수소 수요처 확대를 통한 경제성 확보 수소생산지로부터 반경 5km 이내 수소활용지까지(5km 반경으로 2개소 구축) 	<ul style="list-style-type: none"> 수소 사용량 증가 시 값싼 수소를 공급하기 위한 배관망 구축 장기 프로젝트 돌입 인천시 주요 관내 배관망 구축(10km * 3개소 구축)
주요사업	<ul style="list-style-type: none"> 실증이 가능한 후보지 선정 및 타당성 분석 효율적인 배관 구축 및 안전성 확보 방안 마련 	<ul style="list-style-type: none"> 인천 수소유통 전문기관 지정 및 육성 다소비 수요처로 안정적인 수소공급 	<ul style="list-style-type: none"> 수소 수요량 예측 프로그램 운용 정부 수소배관망 구축계획과의 연동
추진방안	<ul style="list-style-type: none"> SK인천석유화학-한국가스공사 : 부생수소 수소생산클러스터 : 추출수소 	<ul style="list-style-type: none"> 수소생산지 인근 다소비 수소 수요처 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 협력 파트너(한국가스공사) 유인 필요 주 에너지로 수소 사용
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> 배관망 구축 및 운영에 따른 안전성·운전노하우 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 수소 사용 증가 시 계획적이고 안정적인 공급체계 구축 가능성 제고 	<ul style="list-style-type: none"> 정부 정책에 부합한 수소경제 달성 가능성 제고

인천 내
수소배관망 구축을
위해
수소생산지로부터
반경 2km 이내로
시범사업 추진

먼저, 수소생산지(SK인천석유화학)부터 반경 2km 구간을 시범지구로 지정하고, 이 지구에 수소 파이프라인을 건설한다. 시범지구 파이프라인을 통해 시내주택, 상업시설 등 시범지구 내 설치된 연료전지에 수소를 공급하는 실증·검증을 수행하고, 시범사업을 통해 수소 파이프라인의 안전성과 안전한 수소공급 가능성을 확인한다. 이후, 수소배관 압력제어방법, 요금 부과 시스템 구축을 위한 기술적 과제 도출, 연료전지 운용 관련 검증을 수행하고 이를 바탕으로 시내 전역으로 사업을 확대한다.

시범사업을 통한
장애요소 및
문제점 해결

시범사업을 성공적으로 완료한 후 시내 전역을 대상으로 수소공급 파이프라인을 구축하고, 수소수요기업, 가정, 빌딩, 공동주택, 상업시설, 공공시설, 충전인프라 등에 수소를 공급한다.

지역 내 수소밸류체인 전 단계 완성으로 지역기업의 수소사업 진입 촉진, 역외 기업 투자유치 촉진, 연료전지와 연계한 수소에너지 이용 활성화로 친환경 수소 에너지사회 실현을 통한 자족도시 실현에 크게 기여할 것으로 기대된다.

수소생산지로부터 반경 2km에 실증단지까지 수소배관망을 구축 할 경우, 수소배관망의 예상 소요 비용은 다음 [표 IV-16]과 같다.

[표 IV-16] 인천 내 수소배관망 구축사업

구분	사업비(억원)	비고
수소배관망 구축비	10	<ul style="list-style-type: none"> 수소배관경의 크기에 따라 사업비 변동 있음 수소 전용 파이프라인 구축비용 : 약 4억 원/km
수소수소요공급 관리 전문기관 및 유통업체	6	
건설비용	20	<ul style="list-style-type: none"> 파이프라인 건설비용 : 100m 당 약 1억 원
기타	3	<ul style="list-style-type: none"> 주민수용성 활동비 및 예비비 포함
합계	39	

1) 한국가스공사 수소배관망 구축계획

국가 전체 수소
수요의 60% 이상
공급을 목표로 한
한국가스공사의
수소사업 추진
로드맵

2019년 1월 정부의 "수소경제 활성화 로드맵" 발표 이후 한국가스공사는 대내외 전문가 그룹을 중심으로 TF팀을 꾸려 약 3개월간 의견 수렴 및 연구 분석 등을 실시하고 미래 저탄소·친환경 에너지 시대를 선도하고 수소경제를 활성화하기 위한 "중장기 수소사업 추진 로드맵"을 발표했다.

"수소 생산·유통망 구축을 통해 수소경제 활성화를 견인한다"는 비전으로, 국가 전체 수소 수요의 60% 이상을 공급하겠다는 것이 한국가스공사의 목표이다. 수소충전소 수요량의 100%, 연료전지 및 혼소 발전 수요의 약 60%를 공급하겠다는 것이다. 이를 위해 오는 2030년까지 총 4조 7,000억 원을 신규 투자해 일자리 5만 개 창출에 나선다는 계획이다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[표 IV-17] 한국가스공사 수소사업 추진 로드맵

비전		수소 생산·유통망 구축을 통한 수소경제 활성화 견인		
목표 (국가 수요)		국가 전체 수요의 60% 이상 공급		
		준비기(~'22)	확산기(~'30)	선도기(~'40)
		[47만톤] → 47만톤(100%) ▪ 모빌리티 : 100% ▪ 에너지 : 100% - 가정·건물 : 100% - 발전 : 100%	[194만톤] → 173만톤(89%) ▪ 모빌리티 : 100% ▪ 에너지 : 85.71% - 가정·건물 : 50% - 발전 : 100%	[526만톤] → 345만톤(65.8%) ▪ 모빌리티 : 100% ▪ 에너지 : 57.55% - 가정·건물 : 50% - 발전 : 60%
		▪ 선제적 수소 인프라 구축 ▪ 수소산업 상업 기반 조성 ▪ 기술 자립 실현을 위한 도전적 R&D ▪ 안전관리 체계 확립		
전략 방향별 과제	수소 인프라 구축	▪ 생산기지	9개소	16개소
		▪ 제조기지	-	1개소
		▪ 수입배관	-	1,000km
		▪ 공급배관	100km	640km(발전소배관 40km 포함)
		▪ 충전소	100개소	10개소
		▪ T/T	140대	360대
전략 방향별 과제	상업 기반 조성	▪ 유통기구조 기반 마련 ▪ 거래가격 안정화 (거래체계, 보조금 정책 개선) ▪ 수소산업 생태계 조성	▪ 유통구조 효율화 ▪ 가격 경쟁력 확보 (대량공급, 기술개발) ▪ 수소산업 생태계 확장	▪ 유통구조 고도화 ▪ 가격경쟁력 증대(해외 제조·수입 등 제조 다변화) ▪ 수소산업 생태계 완성
	도전적 R&D	▪ 생산/이용 기자재 국산화(생산기지/충전소 중심) ▪ 천연가스 배관 활용 기술	▪ 탄소 포집/자원화 기술 ▪ 수소 액화/저장 기술	▪ 수전해 기술개발/실증
	안전 관리	▪ 수소 공급인프라 설계 및 시공기술 적립 ▪ 안전관리시스템 구축(국제표준 인증)	▪ 안전관리전문가 육성 ▪ 중소기업 성능평가 지원 ▪ 안전교육체계 구축	▪ 국제표준화 활동 선두 ▪ 안전관련 기술 해외수출

'30년까지 수소배관 700km 구축 목표

- 서울(50km) 및 5대 광역시(각 10km)
- 수도권(240km), 부산권, 대전권, 광주권, 대구권
- 수입기지 및 대량수요처 연장

수소 운송 인프라와 관련하여 2030년까지 튜브트레일러 500대(소유 : 가스공사, 운영 : 민간 위탁), 수소배관 700km 구축을 목표로 설정했다. 초기에는 튜브트레일러를 통해 공급하고, 중장기적으로 배관과 튜브트레일러(T/T) 공급을 병행한다는 방침이다.

한국가스공사는 2022년까지 T/T 140대와 주요 거점도시에 수소배관 100km, 2025년까지 T/T 100대 및 거점도시 중심의 광역권 환상망 500km, 2030년까지는 T/T 260대와 수요 증가 및 해외 수입 대비 배관망 100km 이상을 구축할 계획이다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[표 IV-18] 한국가스공사 수소배관망 구축계획

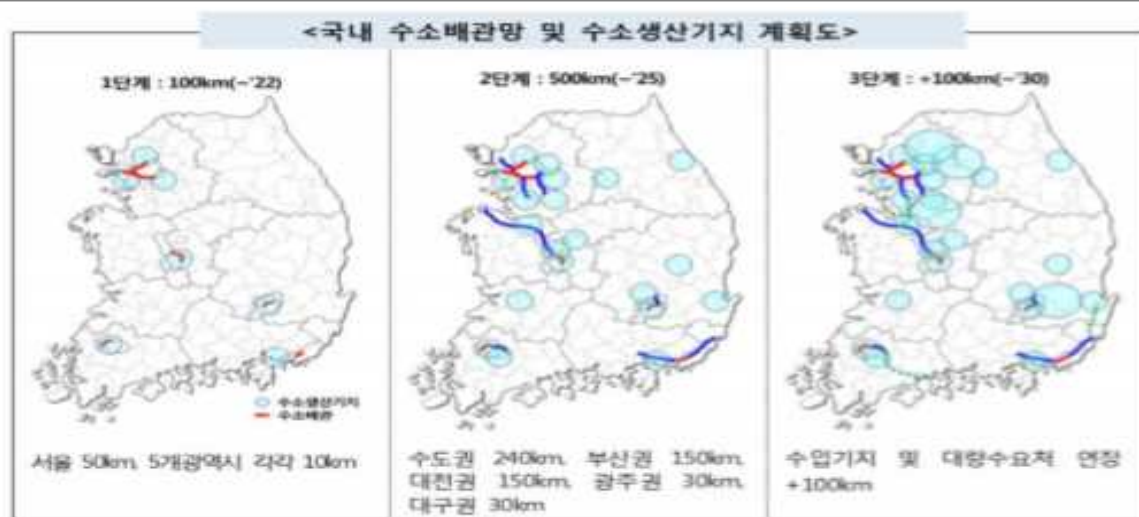
구분	거점화 단계(~'22년)	확장 단계(~'25년)	효율화 단계(~'30년)
배관망 구축	<ul style="list-style-type: none"> 거점 도시 내 100km 	<ul style="list-style-type: none"> 광역권 배관망 500km 	<ul style="list-style-type: none"> 수요 증가와 해외 수입에 대비한 배관망 100km 이상 건설

천연가스 사업과의
연계성으로
수소사업 추진시
시너지효과 창출
가능

한국가스공사는 천연가스 배관망 및 공급관리소 설계·건설·운영, 해외에서의 자원 수입 및 인프라 사업, CNG 및 LNG 충전사업, 요금제도 설계·운영 등의 경험과 노하우를 보유하고 있고 천연가스 사업과의 연계성으로 인해 수소사업을 추진하는데 있어 시너지효과 창출이 가능할 것으로 보인다.

한국가스공사는 2030년까지 총 4조 7,000억 원을 신규 투자해 수소경제 활성화를 도모한다. 또한, 2022년 주요 거점 도시에 수소 배관을 설치하는 것을 바탕으로 2030년까지 700km의 수소 배관망을 설치하기로 했다.

[그림 IV-6] 한국가스공사 수소배관망 구축계획



구분	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	계
수소배관(km)	20	30	50	150	150	200	20	20	20	20	20	700
T/T(대수)	30	40	50	50	50	50	50	40	40	40	40	500
수소배관 (억 원)	240	360	600	1,800	1,800	2,400	240	240	240	240	240	8,400
T/T(억 원)	60	80	100	100	100	250	250	200	200	200	200	1,780

자료: 한국가스공사

나. 수도권 공급계획

수소경제 활성화
로드맵의 수소차
확대에 따른 수소
수요 증가

산업통상자원부, 국토교통부, 환경부 등 관계부처는 “수소경제 활성화 로드맵” 및 “미래자동차 산업 발전 전략”의 후속 조치로 “수소 인프라 및 충전소 구축 방안”을 수립하였다. “수소 인프라 및 충전소 구축 방안”에 따르면, 수소 생산 방식의 다양화 및 저장·운송 인프라 확충을 통해 증가하는 수소 수요에 적절히 대응하고, 수소 가격을 지속 안정화하기로 했다.

오는 2022년 수소전기차 67,000대(승용차 65,000대, 버스 2,000대) 보급목표 달성 시 연간 약 3만톤의 수소 수요가 발생할 것으로 예상됨에 따라 지역별 특화된 수소 생산 및 저장·운송 방식을 통해 해당 수요에 대해 적절히 대응 할 계획이다.

[표 IV-19] 수소 공급 현황 및 추진계획

구분	현황	추진계획
수도권	부생수소(대산, 울산 등) 위주	인천에서 생산되는 부생수소 활용 ‘수소 유통 허브’ 및 파이프라인 구축
중부권	충청도는 부생수소(대산) 위주 강원도는 추출수소(삼척) 위주	지역 내 LNG 인수기지에서 해외수소 도입
영남권	부생수소(울산), 추출수소(창원) 위주	지역 내 LNG 인수기지에서 해외수소 도입, 액화수소의 도입 및 활용 확대
호남권	부생수소(여수) 위주	재생에너지 활용, 친환경 수전해 확대

정부는 인천에서
생산되는
부생수소를
활용하여 수도권에
공급 예정

수도권은 인천에서 생산되는 부생수소를 활용해 수소유통허브 및 파이프라인을 구축하고, 중부권과 영남권은 지역 내 LNG 인수기지에서 해외 수소를 도입하고, 호남권은 재생에너지를 활용한 친환경 수전해 수소생산을 확대 한다는 계획이다. 또한, 영남권은 추가로 액화수소의 도입 및 활용도 확대 할 계획이다.

정부는 2022년까지 수소차 15,000대 보급과 수소충전소 310기 구축 목표를 제시하였으나 이 목표를 달성하기 위해서는 수소차 보급과 수소충전소 구축뿐만 아니라 수소 공급의 문제 해결이 시급한 상황이다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[표 IV-20] 수소차 보급 및 수소 수요 전망

구분	수소승용차 (대)	수소버스 (대)	수소택시 (대)	수소트럭 (대)	합계 (대)	수소수요량 (톤/년)
'22	65,000	2,000	-	-	67,000	29,150
'30	810,000	20,000	10,000	10,000	850,000	373,500
'40	2,750,000	40,000	80,000	30,000	2,900,000	1,014,500

* 연간 수소 수요량(Ton/년) : (승용차) 0.15, (버스) 9.7, (택시) 0.8, 트럭 5.0

수소 수요에 따른 권역별 수소 필요량 산정

“수소 인프라·충전소 구축 방안” 발표자료에 따르면, 우선 수도권/중부권/영남권/호남권으로 구분해 수소공급망을 조성한다고 밝혔다. 이는 수소 생산 방식의 다양화, 저장·운송 인프라 확충을 통해 증가되는 수소 수요에 적절히 대응하고 수소가격의 안정화를 지속적으로 유지하기 위한 복안이다. 해당 자료는 수소융합얼라이언스 예측 통계 자료에서 발췌했으며, 권역별 수소차 보급 및 수소용 수요전망 데이터는 다음과 같다.

[표 IV-21] 권역별 수소차 보급 및 수송용 수소전망

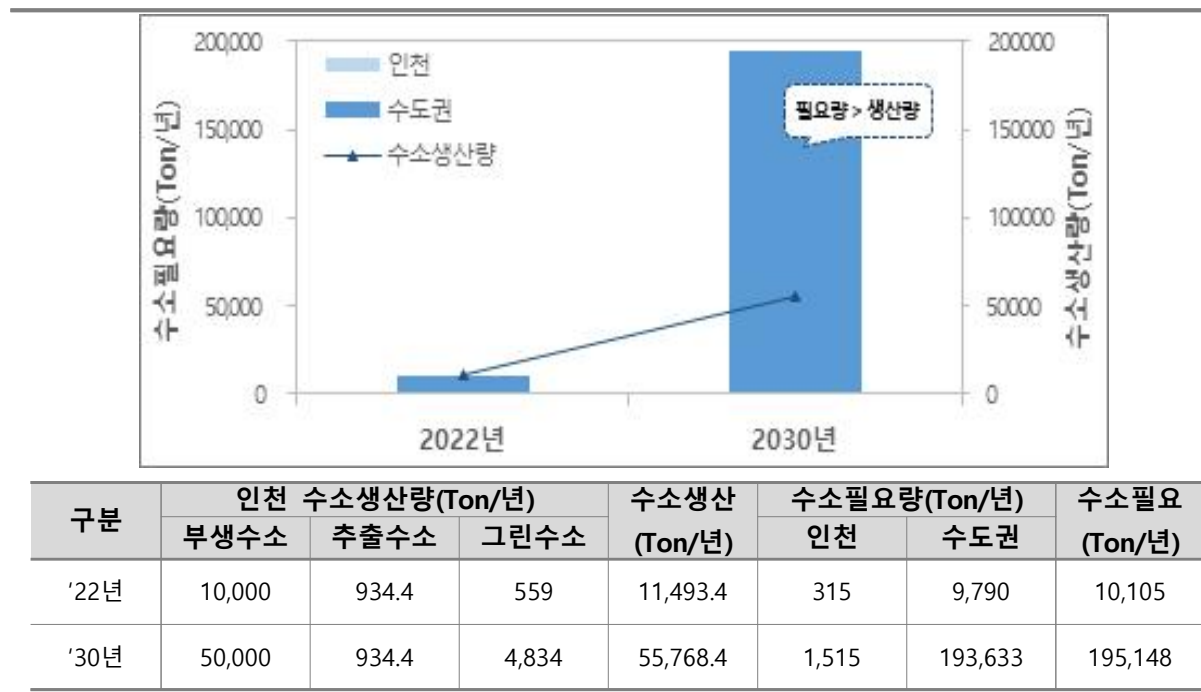
구분			수도권	중부권	영남권	호남권	제주	합계
'22	승용	대	20,000	18,000	16,500	9,500	1,000	65,000
		톤/년	3,000	2,700	2,475	1,425	150	9,750
	버스	대	700	350	700	250	0	2,000
		톤/년	6,790	3,395	6,790	2,425	0	19,400
	수소수요총계(톤/년)		9,790	6,095	9,265	3,850	150	29,150
'30	승용	대	360,000	122,200	217,200	91,200	19,400	810,000
		톤/년	54,000	18,330	32,580	13,680	2,910	121,500
	버스	대	11,730	1,890	4,410	1,510	460	20,000
		톤/년	113,781	18,333	42,777	14,647	4,462	194,000
	택시	대	4,440	1,520	2,670	1,120	250	10,000
		톤/년	3,552	1,216	2,136	896	200	8,000
	트럭	대	4,460	1,520	2,660	1,120	240	10,000
		톤/년	22,300	7,600	13,300	5,600	1,200	50,000
	수소수요총계(톤/년)		193,633	45,476	90,793	34,823	8,772	373,500

자료 : 수소융합얼라이언스 예측 통계 자료

* 수소모빌리티별 연간 수소필요량 : 승용차 0.15Ton, 버스 9.7Ton, 택시 0.8Ton, 트럭 5Ton 기준 산정

앞서 예측된 수도권의 수소필요량, 인천의 수소필요량 및 수소생산량을 바탕으로 공급가능여부를 먼저 파악하였다.

[그림 IV-7] 수소필요량 산정(단위 : Ton/년)



* 2022년 : 수소생산량 > 수소필요량

** 2030년 : 수소필요량 > 수소생산량

- '22년 : 수도권
공급 가능
- '30년 : 수도권
공급 불가능

본 용역에서 예측한 단계별 수소생산량에 따르면, 2022년은 인천에서 생산되는 수소가 인천 및 수도권의 수소필요량보다 많아 100% 공급이 가능하지만, 2030년은 인천에서 생산되는 수소보다 인천 및 수도권의 수소필요량이 많아 100% 공급이 불가능하다.

초기에는
튜브트레일러를
활용하고, 이후
수소배관망을
활용하여 수소
공급

인천의 수소필요량은 인천 내 자체 생산·공급이 가능하지만 정부 정책에 따른 향후 수도권 공급 추진 시, 초기에는 튜브트레일러를 활용하고 수소배관망 구축 후에는 수소배관망을 활용하여 수소를 공급한다.

첫째, 여러 개의 Type 1 원통형 저장탱크³⁵⁾에 180~200bar 수소기체를 압축·저장한 뒤 트레일러로 운송하여 수도권 내 수소가 필요한 곳에 수소를 공급하는 방법이다.

수소 튜브트레일러는 특장차 위에 카트리지 형식의 수소가스 저장용기가 장착된 차량으로, 공급지에 바퀴가 달린 카트리지만 내려놓고 차량은 돌아가게 된다. 튜브트레일러는 대량의 수소를 저장해 장거리를 운행해야 하고, 운송 중 차량 진동 등의 문제로 인해 안전성 확보와 사후관리가 중요하다.

35) Type 1 저장탱크는 주철로 만든 고압용기로 중량 대비 수소저장량이 매우 작으며, 25톤급 튜브트레일러 1대에 총 중량의 1.2%인 300kg(0.3Ton) 정도의 수소 운반 가능

특히 최근 발생한 강릉 수소탱크 폭발사고를 교훈 삼아 안전성이 확보된 제품이 시장에 공급돼야 한다는 지적이다.

정부는 수소 운송 단계에서 경제성 확보를 위해 현재 수소 튜브트레일러 1대당 수소전기버스 8대분이던 용량을 20대분 용량으로 확대하기로 하고, 복합재료 튜브트레일러 용기 용량을 150L에서 450L, 최고충전압력은 35MPa에서 45MPa로 각각 상향 조정했다. 아울러 해외 튜브트레일러용 복합재 용기 기준을 분석해 국내 실정에 맞는 시제품 제작 및 실증테스트를 통해 대용량 초고압 튜브트레일러용 Type 4 복합재료 용기 기준을 마련 할 예정이다. 일본, 미국, 유럽 등 해외의 경우 대용량 튜브트레일러용 복합재료 용기 기준을 마련해 운영중(충전압력 45MPa, 용기용량 315L 이상)이다.

[표 IV-22] 국내외 튜브트레일러 현황

구분	내용
한국	<ul style="list-style-type: none"> 200bar 튜브트레일러 상용화 → 340kg/회 운송 가능 용기 용량 제한(150L)
일본	<ul style="list-style-type: none"> 450bar 튜브트레일러 상용화 용기 용량 제한(350L) → 400kg/회 운송으로 버스용 등 대용량 충전소 이용 불가
미국	<ul style="list-style-type: none"> 500bar 튜브트레일러 상용화 → 700bar 튜브트레일러 실증중 용기의 용량 제한이 없으므로, 용기 용량 확대를 통해 대용량 운송 가능

자료 : 수소경제 활성화 로드맵 수립 연구보고서(2019)

대용량 저장탱크를 수소운송해 투입해 1회 운송량을 두 배 남짓 올리면 운송비를 절반 아래로 떨어트릴 수 있으며, 수소기체를 액화하면 부피가 1/800으로 줄어 저장과 운송에 드는 비용을 크게 줄일 수 있다.

인천의 부생수소
생산지로부터
수도권 내
버스차고지까지
파이프라인 구축

둘째, 인천광역시 부생수소 생산지로부터 버스차고지까지 이어지는 약 30km의 수소 전용 파이프라인을 구축³⁶⁾하여 수소를 공급한다. 또한, 파이프라인 인근에 별도의 수소 유통 허브를 구축하고, 수도권으로 향하는 튜브트레일러를 충전하는 기지로 활용한다.

36) 부생수소 생산기업, 한국가스공사, 현대차, HyNet, 지자체(서울, 경기, 인천)의 MOU 체결 및 프로젝트 구
체화로 추진 가능

[그림 IV-8] 파이프라인 구축 개요



수소가스 배관망을 설치하는 것은 수소의 대용량 운송을 위한 최적의 방안이나 비용, 주민 수용성 측면에서 초기에는 활용이 불가능하여 추후 활용이 가능할 것으로 보인다.

(3) 수소활용

가. 승용차

환경 규제 강화에
따른 친환경차
시장의 확대

국제 환경 규제 강화에 따라 친환경차는 자동차 산업 패러다임 전환의 한 축을 담당하고 있으며 특히 환경문제에 관한 관심이 높아짐에 따라 그 중요성이 조명받고 있다. 미래 친환경차로서 다양한 후보들이 거론되고 있으며, 친환경차 시장은 점차 확대될 것으로 기대된다.

[표 IV-23] 친환경차 종류 및 특징

구분	하이브리드 전기차(HEV)	플러그인하이브리드차(PHEV)	주행거리확장 전기차(eREV)	배터리전기차 (BEV)	수소전기차 (FCEV)
구조					
에너지 (연료)	화석연료 + 전기	전기 + 화석연료(방전시)	전기 + 화석연료	전기	전기 (수소로 생성)
구동방식 및 특징	<ul style="list-style-type: none"> 내연기관과 전기에너지를 동력원으로 사용하며, 외부 충전 불필요 배출가스 절감량이 적음 	<ul style="list-style-type: none"> 하이브리드와 같은 구동 방식이지만, 외부 전력 연결로 배터리 재충전이 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 소형 엔진(발전기 역할)으로 배터리 충전하여 모터로 구동 	<ul style="list-style-type: none"> 내연기관 없이 배터리와 모터로 구동 배출가스 없음 	<ul style="list-style-type: none"> 수소를 사용하여 발생시킨 전기로 모터를 구동 배출가스 없음

수소 사회 전환을
지향하는 수소차가
주목받고 있음

친환경차 후보기술 중 수소전기차는 부품 안정성, 높은 생산 원가, 연료 조달 등의 여러 기술적 난제에도 불구하고 긴 주행거리, 짧은 충전시간, 친환경성, 대형차 적용 가능성 등의 장점을 가지며, 수소사회로의 전환을 지향한다는 점에서 주목받고 있다.

미래 친환경차의 주요 대안으로서 수소전기차의 중요성을 고려하여, 현 수준을 진단하고 전략적 투자를 위한 정책적 함의를 도출할 필요가 있다.

1) 현황

수소충전소 구축
본격화에 따른
수소차 보급실적
증가

환경부 미래차 보급사업의 일환으로 2019년 1분기와 2020년 1분기의 수소전기차 보급실적을 비교한 결과, 455.3%의 증가율을 보인 것으로 나타났다. 수소전기차는 지난해 1분기 188대가 보급됐으나, 올해 1분기에는 1,044대가 보급되었다.

수소충전소 구축이 본격화되면서 충전 불편이 다소 해소됨에 따라 국산 수소차에 대한 수요자의 선택이 높아지는 등 보급실적이 대폭 증가한 것으로 나타났다. 지자체별 수소전기차 보급 현황은 다음과 같다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[표 IV-24] 지자체별 수소차 보급현황

구분	전기차(대)		수소차(대)		합계(누적)
	'20년 1분기	누적	'20년 1분기	누적	
서울	2,488	21,016	24	625	21,641
부산	409	5,039	155	715	5,754
대구	528	14,748	-	4	14,752
인천	656	3,830	96	320	4,150
광주	296	3,039	-	492	3,531
대전	335	3,662	23	227	3,889
울산	219	2,190	147	1,446	3,636
세종	83	921	-	15	936
경기	2,139	17,228	257	848	18,076
강원	199	2,977	126	269	3,246
충북	182	2,748	7	106	2,854
충남	452	3,425	33	326	3,751
경북	356	4,430	-	6	4,436
경남	691	4,496	158	715	5,211
전북	422	2,470	7	13	2,483
전남	630	4,716	11	14	4,730
제주	1,011	22,088	-	-	22,088
합계	11,096	119,023	1,044	6,141	125,164

인천시 수소차,
충전소 보급목표

2020년 1분기까지의 수소차(누적) 등록 대수는 320대이며, 인천 2030 미래이음(2019년)에서 설정된 수소차, 수소충전소 목표 성과지표는 다음과 같다.

[표 IV-25] 인천광역시 수소차, 수소충전소 목표 성과지표

구분	'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	'25년	'26년	'27년	'28년	'29년	'30년
수소차(대)	600	1,100	2,100	3,100	4,100	5,100	6,100	7,100	8,100	9,100	10,100
충전소(개소)	3	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24

자료 : 인천 2030 미래이음(2019)

인천광역시가 설정한 수소차 목표 성과지표의 적정성 판단을 위해 전국 및 타지자체(경기도, 울산)와의 비교 분석을 수행하였다.

[표 IV-26] 인천시 수소차 목표 성과지표 적정성 판단

구분	전국	경기도	인천	울산
인구수(천명)	51,826	13,077	2,936	1,150
자동차 등록대수(천대)	18,420	4,782	1,102	474
자동차 1대당 인구수	2.81	2.73	2.66	2.43
수소차(대)	7,560	1,099	345	1,523
수소차 비율(%)	0.04%	0.04%	0.03%	0.32%
'30년 수소차 보급목표(대)	850,000	130,000	10,100	67,000

자료 : 통계청(2018, 인구현황), KOSIS(2020.06, 자동차 등록 현황)

'30년도 수소차 비율 예측치를 통한 인천 보급목표의 적정성 확인

과거 10년간의 자동차 증가 비율을 산정한 결과, 평균 약 3%씩 증가하였으며 이를 가정하여 전국, 경기도, 인천광역시 및 울산광역시의 2030년 자동차 등록대수(가정)를 산정하였다. 또한, 산정된 '30년 자동차 등록대수(가정치)로 '30년 수소차 비율을 예측한 결과는 다음과 같다.

[표 IV-27] 2030년 수소차 비율(예측치)

구분	전국	경기도	인천	울산
'30년 자동차수(만대, 예측)	2,475	643	148	64
'30년 수소차 보급목표(만대)	8.5	1.3	1.0	6.7
수소차 비율(%)	3.43	2.02	0.68	10.52

* 2030년 자동차수 : 연평균 자동차수가 3%씩 증가함을 가정하여 산정

수소산업 육성을 위해 수소차 보급 확대 필요

자동차 1대당 인구수(명/대) 및 전체 자동차 대비 수소차 비율(%)은 전국 및 경기도와 비슷한 수치를 보인다. 그러나, 전국/경기도/울산광역시 및 인천광역시의 보급계획을 바탕으로 산정한 '30년 수소차 비율(예측치)은 전국 대비 낮은 수치를 보여 수소산업 육성을 위한 수소차 보급 확대가 필요하다고 판단된다.

2) 수소차/수소충전소 보급목표 재설정(추가제안)

수소차/수소충전소 보급목표 재설정을 위한 고려사항

현재 인천시에서 수립한 수소차 보급계획을 검토한 결과, 전국 및 타 지자체 대비 낮은 수치를 나타내 수소산업 육성을 위한 수소차 보급 확대가 필요하다. 이에, 인천시 수소차 보급목표 재산정을 위해 정부의 연도별 보급목표는 정부의 '22년, '30년 보급목표 균등 분배, 전국 대비 인천광역시 LPG 비율(4.72%) 및 전국 대비 인천광역시 전체 자동차 등록비율(5.84%)을 고려하여 분석하였으며 정부 및 인천광역시의 수소차 보급목표³⁷⁾는 다음과 같다.

37) 정부 수소차 보급목표 : 수소경제 활성화 로드맵 및 수소 인프라 및 충전소 구축방안 참고, 인천 수소차 보급목표 : 인천 2030 미래이음 참고

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[표 IV-28] 정부 및 인천광역시 수소차 보급목표

구분	'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	'25년	'26년	'27년	'28년	'29년	'30년
정부(대)	-	-	65,000	-	-	-	-	-	-	-	810,000
인천(대)	600	1,100	2,100	3,100	4,100	5,100	6,100	7,100	8,100	9,100	10,100

자료 : 수소경제 활성화 로드맵, 수소 인프라 및 충전소 구축방안, 인천 2030 미래이음

균등 분배를 통한
정부의 연도별
수소차 보급목표
설정

정부가 발표한 “수소경제 활성화 로드맵” 및 “수소 인프라 및 충전소 구축 방안”에 따르면 '22년과 '30년도의 보급목표만 도출되어 있어, 해당 데이터를 바탕으로 균등 분배를 통한 정부의 연도별 수소차 보급목표를 가정하였다.

[표 IV-29] 정부 수소차 보급목표(목표 및 가정치)

구분	'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	'25년	'26년	'27년	'28년	'29년	'30년
목표(대)	-	-	65,000	-	-	-	-	-	-	-	810,000
가정(대)	21,667	43,334	65,000	158,125	251,250	344,375	437,500	530,625	623,750	716,875	810,000

* 정부의 연도별 보급목표('20년 ~ '22년 : 65,000 / 3 = 21,667), ('23년 ~ '30년 : 745,000 / 8 = 93,125)

인천시 수소차
보급목표
재설정(안)

위에 산정된 정부 수소차 보급목표(가정치)에 LPG 승용차 비율(4.72%, 1안)과 전체 자동차 비율(5.84%, 2안)을 곱하여 산정된 인천광역시의 수소차 보급목표 및 수소 필요량은 다음과 같다.

[표 IV-30] 인천광역시 수소차 보급목표 재설정(안) (단위 : 대)

구분	'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	'25년	'26년	'27년	'28년	'29년	'30년
가정	21,667	43,334	65,000	158,125	251,250	344,375	437,500	530,625	623,750	716,875	810,000
1안	1,023	2,045	3,068	7,464	11,859	16,255	20,650	25,046	29,441	33,837	38,232
필요량	153	307	460	1,120	1,779	2,438	3,098	3,757	4,416	5,075	5,735
2안	1,265	2,531	3,796	9,235	14,673	20,112	25,550	30,989	36,427	41,866	47,304
필요량	190	380	569	1,385	2,201	3,017	3,833	4,648	5,464	6,280	7,096

* 수소필요량 : 수소차 1대가 연간 15,000km 주행 가정(수소차 1대당 연간 0.15Ton 사용)

수소충전소
보급목표 재설정을
위한 고려사항

수소차 보급목표 재설정에 따른 수소충전소 보급목표 재설정을 위해 정부 로드맵의 수소차/수소충전소 비율을 고려하여 분석하였으며, 정부 및 인천광역시의 수소충전소 보급목표는 다음과 같다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[표 IV-31] 정부 및 인천광역시 수소충전소 보급목표 (단위 : 개소)

구분	'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	'25년	'26년	'27년	'28년	'29년	'30년
정부	-	-	310	-	-	-	-	-	-	-	660
인천	3	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24

자료 : 수소경제 활성화 로드맵, 수소 인프라 및 충전소 구축방안, 인천 2030 미래이음

균등 분배를 통한
정부의 연도별
수소충전소
보급목표 설정

정부가 발표한 "수소경제 활성화 로드맵" 및 "수소 인프라 및 충전소 구축 방안"에 따르면 '22년과 '30년도의 보급목표만 도출되어 있어, 해당 데이터를 바탕으로 균등 분배를 통한 정부의 연도별 수소충전소 보급목표를 가정하였다.

[표 IV-32] 정부 수소충전소 보급목표(목표 및 가정치) (단위 : 개소)

구분	'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	'25년	'26년	'27년	'28년	'29년	'30년
목표	-	-	310	-	-	-	-	-	-	-	660
가정	103	206	310	354	398	442	486	530	574	618	660

* 정부의 연도별 보급목표('20년 ~ '22년 : $310 / 3 = 103$), ('23년 ~ '30년 : $350 / 8 = 44$)

연도별 수소충전소 보급비율 산정을 위해 앞서 산정된 정부의 수소차 보급 목표(가정치)와 정부의 수소충전소 보급목표(가정치)를 각각 연도별로 나눠 연도별 보급비율을 산정하였다.

[표 IV-33] 정부 수소차/수소충전소 연도별 보급비율(가정) (단위 : 개소, %)

구분	'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	'25년	'26년	'27년	'28년	'29년	'30년
충전소 (목표)	-	-	310	-	-	-	-	-	-	-	660
충전소 (가정)	103	206	310	354	398	442	486	530	574	618	660
수소차 (목표)	-	-	65,000	-	-	-	-	-	-	-	810,000
수소차 (가정)	21,667	43,334	65,000	158,125	251,250	344,375	437,500	530,625	623,750	716,875	810,000
비율	0.0048	0.0048	0.0048	0.0022	0.0016	0.0013	0.0011	0.0010	0.0009	0.0009	0.0008

* 연도별 비율 : 수소충전소(가정) / 수소차(가정) * 100

인천시 수소충전소
보급목표
재설정(안)

산정된 인천 수소차 보급목표 재설정(안)에 정부 수소차/수소충전소 연도별 보급비율(가정치)을 곱하여 산정된 인천광역시의 수소충전소 보급목표는 다음과 같다.

[표 IV-34] 인천광역시 수소충전소 보급목표 재설정(안) (단위 : 개소, %)

구분	'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	'25년	'26년	'27년	'28년	'29년	'30년
비율	0.0048	0.0048	0.0048	0.0022	0.0016	0.0013	0.0011	0.0010	0.0009	0.0009	0.0008
1안	1,023	2,045	3,068	7,464	11,859	16,255	20,650	25,046	29,441	33,837	38,232
충전소	4	9	14	16	18	20	22	25	27	29	31
2안	1,265	2,531	3,796	9,235	14,673	20,112	25,550	30,989	36,427	41,866	47,304
충전소	6	12	18	20	23	25	28	30	33	36	38

* 수소필요량 : 수소차 1대가 연간 15,000km 주행 가정(수소차 1대당 연간 0.15Ton 사용)

나. 상용차(버스 및 트럭)

수소전기차(수소승용차) “넥쏘”의 성공적인 출시 이후 “수소상용차”를 본격적으로 보급해야 한다는 공감대가 형성되고 있다. 수소상용차(버스, 트럭 등)가 수소승용차보다 미세먼지 저감 효과가 더 크고 수소충전인프라를 확충하는 데 결정적인 역할을 할 것으로 기대되기 때문이다.

[표 IV-35] 전 세계 주요 수소버스 제원 비교

구분	모터출력	연료전지	수소탱크	주행거리	비고
한국(HMC)	240kW (120X2)	190kWh (98X2(FE))	38kg/700bar	485km	수소연료전지
일본(TOYOTA)	226kW (113X2)	228kWh (114X2(Mirai))	24kg/700bar	306km(추정)	수소연료전지
중국(우통)	240kW (120X2)	140kWh	34kg/350bar	434km(추정)	수소연료전지+배터리
독일(Benz)	240kW (120X2)	140kWh	34kg/350bar	434km(추정)	수소연료전지+배터리

자료 : 수소경제 활성화 로드맵 보고서(2019)

수소에너지 업계 및 전문가들에 따르면 대중교통 수단이 버스를 수소버스로 대체 시 미세먼지 및 온실가스 저감 등 환경개선 효과가 상당하다. 수소차 1대 당 연간 2~56톤의 온실가스 저감이 가능한 것으로 알려졌다. 특히 수소버스는 56톤의 온실가스를 저감해 수소승용차(2톤)와 수소택시(8톤)보다 환경개선효과가 크다. 연간 대기오염물질도 수소버스는 880kg을 저감해 수소승용차(5kg), 수소택시(25kg)보다 저감효과가 월등하다. 수소전기차는 1대당 연간 성인 6~60명이 마실 수 있는 공기정화도 가능하다. 수소버스의 연간 공기정화(60명)는 수소승용차(6명)와 수소택시(23명)보다 효과가 탁월하다.

[표 IV-36] 수소자동차 저감효과

구분	수소차	수소택시	수소버스
온실가스 저감	2Ton	8Ton	56Ton
대기오염물질 저감	5kg	25kg	880kg
공기정화 효과	6명	23명	60명

자료 : 수소승용차 성공적 출시, 월간수소경제(2018.05.02)

또한, 수소버스는 주행거리가 길어 대량의 수소를 소비하기 때문에 수소전기차 보급 초기 수소충전소 보급을 촉진할 수 있다는 장점이 있다. 수소버스 1회 충전량도 수소승용차의 5배 수준인 25kg이다. 수소버스 8대가 도입되면 수소충전소의 가동률(250kg/일)이 100%(10시간 운영 기준) 가까이 상승할 수 있다. 일반 수소승용차 대비 50배 이상의 수소연료 소비 촉진 효과가 발생하는 셈으로 수소충전소 수익성 제고에 크게 기여할 수 있다.

[표 IV-37] 차종별 연간 수소사용량과 수소충전소의 수소판매 수익 비교

구분	일 평균 주행거리 (km/년·대)	연간 평균 주행거리 (km/년·대)	연비 (km/kg)	수소충전소 기준		
				수소판매량 (km/년·대)	판매수익 (천원/년·대)	승용대비 (배)
수소차(승용)	38.4	14,016	76.8	183	365	1
전세버스용 수소차	154.0	56,210	9.5	5,917	11,834	32.3
시내버스용 수소차	266.1	97,127	9.0	10,792	21,584	59.0
시외버스용 수소차	397.2	144,978	9.5	15,261	30,522	83.4
고속버스용 수소차	495.9	181,004	10.0	18,100	36,200	98.0

자료 : 수소융합얼라이언스추진단(대중교통 수소버스 활성화를 위한 정책 세미나 자료, 2018년)

* 화물차, 특수차는 기술개발이 필요하기 때문에 제외

** 국내 출시 수소차가 SUV이기 때문에 승용 중 다목적형(중형, 자가용)을 기준으로 함

*** 버스는 시내, 시외, 고속, 전세로 구분

**** 미국 수소버스 실증자료의 도로운행 결과, 버스제원을 활용한 추정치

***** 수소판매 마진 2,000원/kg 적용

다. 특수차량(지게차 등)

에너지 전문가들은 “수소연료전지 건설기계”의 도입이 대기환경 개선이 큰 도움이 될 것으로 보고 있다. 하루 10시간 이상을 운행하는 건설기계를 수소연료전지 건설기계로 교체할 시 미세먼지 및 대기오염물질을 크게 줄일 수 있기 때문이다.

실제로 국내 미세먼지의 발생량은 일반 자동차보다 건설장비에 의한 것이 더 많다. 국가미세먼지정보센터가 발표한 “부문별 배출량” 자료에 따르면, 경유차 등 일반도로 이동오염원이 배출한 미세먼지는 9,473Ton이고, 건설장비 등 비도로 이동오염원이 배출한 미세먼지는 16,194Ton으로 나타났다.

일반 자동차보다 약 1.7배에 육박하는 양의 미세먼지를 비도로 이동오염원이 내뿜고 있는 셈이다.

[표 IV-38] 부문별 미세먼지 배출량(단위 : TON)

구분	CO	NOx	SOx	TSP	PM10	PM2.5	VOC	NH ₃
도로이동오염원	237,152	434,038	277	9,473	9,473	8,715	45,920	4,437
비도로이동오염원	176,455	309,309	35,710	16,198	16,194	15,002	59,407	120

자료 : 국가미세먼지정보센터(2017년 기준)

노후된 건설기계는 사정이 더 심각하다. 한국자동차환경협회에 따르면 노후 경유차의 경우 한 대당 5.6kg의 미세먼지를 배출하지만, 지게차나 굴삭기 등의 노후 건설기계 한 대가 연간 배출하는 미세먼지는 약 60.5kg이다. 약 11배에 해당하는 미세먼지를 배출하는 셈이다.

우리나라에 등록된 건설기계는 전체 차량 대수의 2%에 불과하지만 배출하는 미세먼지는 일반 디젤차 11%보다 큰 16%에 해당하기 때문에 건설기계들을 수소연료전지 건설기계로 전환할 시 에너지 문제뿐만 아니라 대기오염, 소음문제 등 사회적 문제들을 해결하는 데 큰 도움이 될 것이다.

2019년 인천국제공항공사는 수소경제 활성화를 위해 수소지게차용 연료전지팩 제작사 및 공항 내 4개 물류업체³⁸⁾와 “수소연료전지 지게차 도입을 위한 업무협약”을 체결했다. 이번 협약을 통해 공항물류단지 내에서 사용 중인 약 500여 대의 디젤 및 노후 전기지게차를 단계적으로 수소연료전지 지게차로 전환할 계획이다.

이번에 도입할 지게차용 연료전지팩은 국내 중소기업 “가온셀”이 개발한 제품으로, 약 5분 충전 시 8시간 연속 운영이 가능해 기존에 사용하고 있는 지게차 대비 작업효율이 크게 향상될 전망이다. 또한, 배기가스 배출이 없어 작업환경 개선과 근로자의 건강에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대된다.

인천국제공항공사는 이번 협약을 통해 공공기관 최초로 수소연료전지 지게차를 도입하고, 수소충전소 설치 업무협약을 바탕으로 연내에 인천공항 하늘정원에 수소충전소를 설치하고, 공사 업무용 차량과 공항 내 순환 버스를 수소차로 순차적으로 전환할 계획이다.

38) 연료전지팩 제작사 : (주)가온셀, 공항 물류업체 : 동아물류(주), (주)세인트앤엘, 에이치로지스틱스(주), 인천공항 포워딩소장협의회

[표 IV-39] 국내외 수소건설기계 현황

한국(프로파워)	한국(범한산업)	미국(플러그파워)	일본(도요타)
			
독일(키온)	스웨덴(볼보)	노르웨이(니스타)	독일(보쉬)
			

미국에서는 수소지게차가 판매되고 있으며 일본과 유럽은 수소굴삭기와 특장차를 개발해 사업화를 위한 회사별 협력을 강화하고 있는 상황이다. 그러나 우리나라의 경우 정부 주도로 수소지게차와 수소굴삭기를 개발했지만 부품기술 부족과 수소 인프라 및 인증 법규 미비로 상용화에 어려움을 겪었으며, 수소지게차 활성화를 위해 2019년에 수소지게차 안전기준을 마련하였다.

[표 IV-40] 국내외 수소건설기계 개발 및 실증 현황

구분	내용
한국	<ul style="list-style-type: none"> 정부사업으로 프로파워(주)와 수성(주)이 수소기차 2종 개발완료하였으며, 범한산업(주)와 두인(주)가 수소굴삭기를 개발함('19년 9월 완료)
미국	<ul style="list-style-type: none"> 월마트, 아마존, 코카콜라 등 30개 이상 사업장에서 플러그파워의 파워팩 등을 적용한 수소지게차 22,000대 운영중
일본	<ul style="list-style-type: none"> 도요타를 중심으로 공장, 도매시장 등에서 수소지게차 500대 이상 실증시험중, '30년까지 10,000대 이상 보급목표
유럽	<ul style="list-style-type: none"> 키온과 BMW가 협력하여 300여대의 수소지게차와 공항용 수소트럭을 개발중이며 볼보그룹은 소형 수소굴삭기를 개발, NASTA는 일본 히타치와 수소굴삭기 개발 실증중

라. 기타

수소를 활용할 수 있는 수송수단은 크게 도로, 철도, 항공, 해운(해양) 등 4가지로 구분되며, 이 중 도로 수송수단 중 수소차 외에도 개인 이동 수단(동력 발생장치 탑재)이나 도로 운행이 가능한 건설기계 등도 포함된다.

수소차를 제외한 수소를 활용할 수 있는 수송수단 중 상용화되어 시장 진입 단계에 도달할 수 있는 분야는 도로부문의 수소건설기계(수소지게차), 수소열차, 수소드론 및 수소 선박 일부가 해당된다.

[표 IV-41] 수송수단별 기술수준 및 전망

분류	수송수단	현재	~2022년	~2030년	미래
도로	지게차	미보급	시장 진입	시장 확대	저변 확대
	개인이동수단	미개발	기술 개발	초기 시장	시장 확대
철도	고속열차	미개발	-	개발 타당성 분석	기술 개발
	일반열차	미개발	기술 개발	실증 및 초기시장	시장 확대
	도시열차	미개발	기술 개발	실증 및 초기시장	시장 확대
	기관차	미개발	-	개발 타당성 분석	기술 개발
항공	여객기	미개발	개발 타당성 분석	보조전원	시장 확대
	드론	초기시장	적용범위 확대	시장 확대	저변 확대
	헬리콥터	미개발	-	개발 타당성 분석	기술 개발
	비행선	미개발	개발 타당성 분석	기술 개발	초기 시장
	우주비행체	미개발	개발 타당성 분석	액화연료 확보	기술 개발
해양	상선	미개발	기술 개발	소형선 시장	중/대형선 시장
	특수작업선	미개발	기술 개발	실증	초기 시장
	군사용함정	보급중	초기 시장	적용범위 확대	시장 확대
	어선	미개발	기술 개발	기술 개발	실증
	부유식 해상구조물	미개발	개발 타당성 분석	기술 개발	실증

자료 : 수소경제 활성화 로드맵 보고서

수소를 활용한 도로 수송수단 중 수소차를 제외할 경우, 수소 지게차 등 수소건설기계 정도가 실증단계를 넘어 상용화 단계에 도달하였으며 수소열차는 유럽을 중심으로 디젤열차를 수소열차로 대체하려는 계획이 수립되었고 독일, 중국 등에서 일부 상용화되어 운행중이다. 항공분야에서는 수소활용 수송수단으로 수소드론의 초기시장이 형성 중이지만, 중대형 항공부문은 상용화 이전 개발 단계에 머물고 있다. 또한, 해양분야에서 수소활용 수송수단인 수소 선박은 선박의 크기와 형태는 다양하나 상선, 군사용함정, 특수작업선의 경우 현재 기술 선진국을 중심으로 실증 프로젝트가 수행되고 있으며 실증이 완료된 일부 선박은 운행중에 있다.

[표 IV-42] 수소 선박·열차·드론·건설기계 현황

구분	수소 선박	수소열차	수소드론	수소건설기계
한국	<ul style="list-style-type: none"> 액체수소 운송선 CCS 개발 과제 수행 중 한국선급 + 조선3사 CO₂ 포집 및 저장 	<ul style="list-style-type: none"> 수소열차 연구개발 진행 중 안정성 및 효율성 검증 후 상용화 	<ul style="list-style-type: none"> 액화수소 저장 기술 적용 실증 (하이리움산업) 비행시간 5시간 연료전지 스택/파워팩 개발(두산) 	<ul style="list-style-type: none"> (지게차) 시제품 개발 완료(프로파워) (굴삭기) 시제품 개발 중(범한산업)
일본	<ul style="list-style-type: none"> 액체수소 및 액화 운송선 개발 가와사키/미쓰비시 ('17~'20) 	<ul style="list-style-type: none"> 수소 + 축전기 하이브리드 열차 시험 	<ul style="list-style-type: none"> 초기 개발 수준 비행법규로 산업 전무 	<ul style="list-style-type: none"> 수소 지게차 보급(도요타) 80대 판매
유럽	<ul style="list-style-type: none"> 수소연료 여객선 개발 및 운행 (독일) Hamburg Alster 지역 운행 중 대형선박 기술개발 시작 (독일) 지멘스 - (스웨덴) Power Cell (스웨덴) ABB - (캐나다) Ballard 	<ul style="list-style-type: none"> 세계 최초 수소연료전지 열차 상업 운행 독일 니더작센주 상업운행(알스톰 제작) 	<ul style="list-style-type: none"> 수소연료전지 파워팩 적용 비행시간 2시간 	<ul style="list-style-type: none"> BMW-린데 연료전지 사용 수소지게차 개발 중
미국	<ul style="list-style-type: none"> 액체수소연료 선박 건조 중(상용화 단계) 최초 수소 선박(페리) 건조 계획 	<ul style="list-style-type: none"> 시험용 수소연료전지 하이브리드 기관차 개발 재난 시 예비동력용 	<ul style="list-style-type: none"> 군용 액화수소 무인드론 개발 시험 중 액화 수소 사용 Air Taxi 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 수소지게차 분야 최대 상용화 시장 (플러그파워) 코카콜라, 월마트 등에 물류운송 지게차 적용

자료 : 수소경제 활성화 로드맵 보고서

2. 수소산업 확산 방안

(1) 수소모빌리티

다양한
수소모빌리티가
개발·보급중

- 수소버스
- 수소트럭
- 수소지게차 등

온실가스로 인한 지구온난화에 대한 문제 등으로 인해 청정에너지 관심이 증대되면서 수소모빌리티의 확산 발판이 마련되었다.

수소자동차를 필두로 다양한 수소모빌리티가 개발·보급중에 있으며, 승용차는 한국 및 일본 양국이 시장을 선도하고 있고 주요 제조사들은 '20년 이후 본격적으로 수소전기차가 출시 될 예정이다. 긴 주행거리에 적합한 수소전기차는 승용차보다 상용차 분야에서 전기차에 우위를 가지며 수소화물

차, 수소버스 등이 개발 및 운행중이다. 또한, 수소자동차 이외에도 철도차량, 항공기, 선박 등 다양한 수소모빌리티의 연구가 이루어지고 있다.

가. 수소차 보급방안 : 보조금 확대 및 민관협의체 구축

수소차 지자체 보조금 확대 필요

각 지자체별 수소차 지원금을 살펴보면 가장 많은 수소차 비용을 지원하는 곳은 강원도이다. 차 값의 절반이 넘는 60%를 지원하고 있으며, 인천은 타 지자체에 비해 가장 적은 수소차 비용을 지원하고 있다.

낮은 보조금과 부족한 충전인프라 구축으로 주요 광역시도 대비 수소차 보급량이 정체되고 있어 인천광역시 지자체의 수소차 보조금 증대가 필요하다.

[표 IV-43] 수소차 보조금 현황(단위 : 원)

구분	서울	강원	전북	부산, 대전	울산	경남	나머지
정부 보조금	22,500,000						
지자체 보조금	12,500,000	20,000,000	14,000,000	12,000,000	11,500,000	10,500,000	10,000,000
합계	35,000,000	42,500,000	36,500,000	34,500,000	34,000,000	33,000,000	32,500,000

자료 : 현대자동차 홈페이지(2020년 2월 기준)

* 나머지 지역 : 인천, 대구, 광주, 세종, 경기, 충북, 충남, 전남

수소차 활성화 및 주민수용성 확보를 위한 민관협의체 구축 필요

또한, 수소차 및 충전인프라 보급 촉진을 위해서는 지원체계 구축(민관협의체 구축)이 필요하다. 보급 초기인만큼 인천광역시의 보조금을 확대하여 수소충전소를 확대하거나 민간 사업자를 유치하고 이를 통해 수소차 보급을 활성화 할 필요가 있다.

또한, 수소차 보급 및 수소충전소 구축을 위해서는 정부와 시민들의 창구역할을 수행 할 민관협의체를 구축할 필요가 있으며, 민관협의체는 정부와 시민들의 의견을 수렴하고 보완하는 중재자 역할을 수행할 수 있다.

[표 IV-44] 민관협의체 구축

구분	정부 및 지자체	민관협의체	시민
역할	<ul style="list-style-type: none"> 지원정책 수립 제도개선 정책지원 	<ul style="list-style-type: none"> 홍보 사업자료 DB화 타당성 분석 및 체계화 기술적 해결방안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 계획수립 및 사업추진 비즈니스 모델 제안 문제점 발견

나. 수소모빌리티 유형별 초기투자비, 운영비 및 경제성 확보방안

수소경제 활성화 로드맵 발표 이후, 우리나라는 수소자동차를 필두로 다양한 수소모빌리티를 개발·보급중에 있다.

[표 IV-45] 수소모빌리티

구분	내용
승용차	<ul style="list-style-type: none"> 한국, 일본 양국이 시장을 선도하고 있으며 주요 제조사들은 '20년 이후 본격적으로 수소전기차를 출시 할 예정임 '18년 4월 출시된 현대차의 2세대 수소전기차 "넥쏘"는 609km의 항속거리 및 113kW 모터출력을 보유하여 경쟁 모델 대비 우수한 제원을 보유하고 있음 주요 글로벌 자동차 제조사인 GM, Ford, 닛산은 '20년에 수소전기차 출시를 목표로 하여 본격적인 경쟁이 예고됨
상용차	<ul style="list-style-type: none"> 긴 주행거리에 적합한 수소전기차는 승용차보다 상용차 분야에서 전기차에 우위를 가지며 수소화물차, 수소버스 등이 개발 및 운행 중 배출규제 강화로 인해 수소화물차에 대한 관심이 증가하고 있으며 현대차는 스위스 수소에너지기업에 전기트럭 1,600대 공급 MOU 체결 국내에서는 3세대 수소전기버스를 생산하여 '18년 10월 울산, 11월에는 서울 시내 버스 노선에 투입하여 시범운행을 실시함
기타 모빌리티	<ul style="list-style-type: none"> 수소자동차 이외에도 철도차량, 항공기, 선박 등 다양한 수소모빌리티의 연구가 이루어지고 있음 현대차그룹과 삼척시는 5톤급 소형 수소추진 어선 개발 MOU를 체결하였고, 전 세계 다양한 기관 및 업체에서 수소 항공기 개발 진행중

다양한 수소모빌리티에 따른 정부, 지자체 및 민간 보조금을 제외한 초기투자비를 산정하고 이에 따른 운영비 분석을 통한 경제성 확보방안을 도출하고자 한다.

1) 초기투자비

① 수소승용차

수소승용차,
수소버스,
특수차량의
보조금을 제외한
초기투자비 산정

우리나라에서 현재 출시되고 있는 수소승용차는 넥쏘(NEXO)로 출시가격은 6,890~7,220만원이며, 정부에서 2,250만 원을 지원하고 지자체에서는 1,000~2,000만원 가량을 지원하고 있다.

인천시는 지자체 보조금 1,000만 원을 지원하고 있어 인천시에서 수소차 구매시 수소승용차의 초기투자비는 약 3,640~3,970만원으로 수소승용차를 구매할 수 있다.

② 수소버스

수소버스 가격은 6억 원 가량으로 환경부가 구매보조금으로 대당 1억 5,000만원을 지원하며 지자체 및 민간(현대자동차)에서 약 3억 2,000만원을 지원하고 있다.

보조금을 제외한 수소버스 초기투자비는 약 1억 3,000만원 수준으로 일반 경유 버스 가격으로 수소버스를 구매할 수 있다.

③ 특수차량(수소트럭, 수소지게차 등)

수소트럭은 '21년 이후 상용화되어 출시될 예정이며, 현대자동차에 따르면 판매가 아닌 운행한만큼 사용료를 지불하는 모빌리티 서비스 방식으로 출시된다고 밝혔다. 또한, 수소지게차도 현재 시범사업 및 상용화 제품이 출시되지 않아 구매 비용이 산정되지 않았다.

이에, 수소트럭 및 수소지게차 등에 대한 초기투자비는 상용화 이후 산정이 가능하다.

2) 운영비

연료별 차량 유지비용 분석

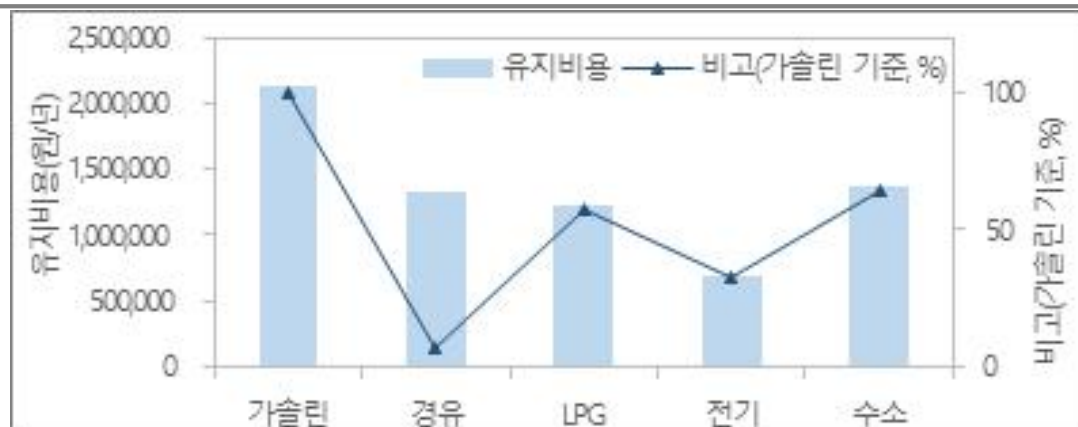
수소차는 상용에서 지니는 많은 강점에도 불구하고, 확산이 더딘 이유는 기존 내연기관과 전기차 대비 비싸기 때문이다. 수소차는 기술 및 양산 경험 이 오래되었고 규모의 경제를 달성한 내연기관보다는 당연히 뒤처지지만, 전기차 대비로도 비용부담이 높다.

전기차와 비교하면 구매비의 경우 구동계에서 전력모터가 탑재되는 것은 동일하지만 수소차는 에너지모듈에서 수소탱크와 연료전지시스템이 추가로 필요하다. 내연기관 대비 소규모 생산인 것은 전기차와 수소차 모두 동일하지만, 둘을 비교하면 전기차가 판매우위라는 점도 중요하며, 대당 연구 개발비용, 이익산정, 감가상각 등에서 수소차의 비용이 더욱 발생한다는 점도 중요하다.

또한, 상대적으로 공급이 쉬운 전기와는 달리 수소는 조달부터 어려움이 있고 충전소를 설립하고 운영하는 비용도 높아 운영비에서도 부담 요인이 많다. 판매 대수가 많지 않다 보니 사고 이후 부품을 교체하는 A/S 부담도 상승할 수밖에 없고, 이는 결국 보험요금의 인상으로 이어지게 된다.

연비로 인한 경제적 이득을 가늠하기 위해, 연간 유류비를 통해 연료별 경제성을 분석하였다.

[그림 IV-9] 연료별 차량 유지 비용



구분	차량모델	연료량	가격 (원/L)	복합연비 (km/L)	유지비용 (원/년)	비고 (가솔린기준)
가솔린	싼타페	71L	1,351.8	9.5	2,133,420	기준
경유	싼타페	71L	1,153.7	13	1,331,190	62.4
LPG	쏘나타	5.6kg	771.7	9.5	1,218,470	57.1
전기	코나EV	6.5kW	255.7원/kWh	5.6km/kWh	684,910	32.1
수소	넥쏘	6.33kg	8,800원/kg	96.2km/kg	1,372,140	64.3

* 연간주행거리 : 15,000km 기준

** 전국 단위 평균 판매가격(오피넷) 기준(20.09.19)

수소차는 가솔린
차량 대비
유지비용이 약 63%
낮음

20년 9월 기준, 수소차는 가솔린 차량 연료비 대비 63%로 낮은 유지비용을 나타내고 있으나 타 차량(전기, LPG, 경유) 대비 경제성이 좋지 않은 결과를 나타냈다.

많은 강점에도 불구하고 현실적인 대안으로 채택되기 어려운 부분인 수소차의 운영비 분석을 위해 수소차, 전기차 및 내연기관의 구매비와 운영비를 분석하였다.

최종보고서

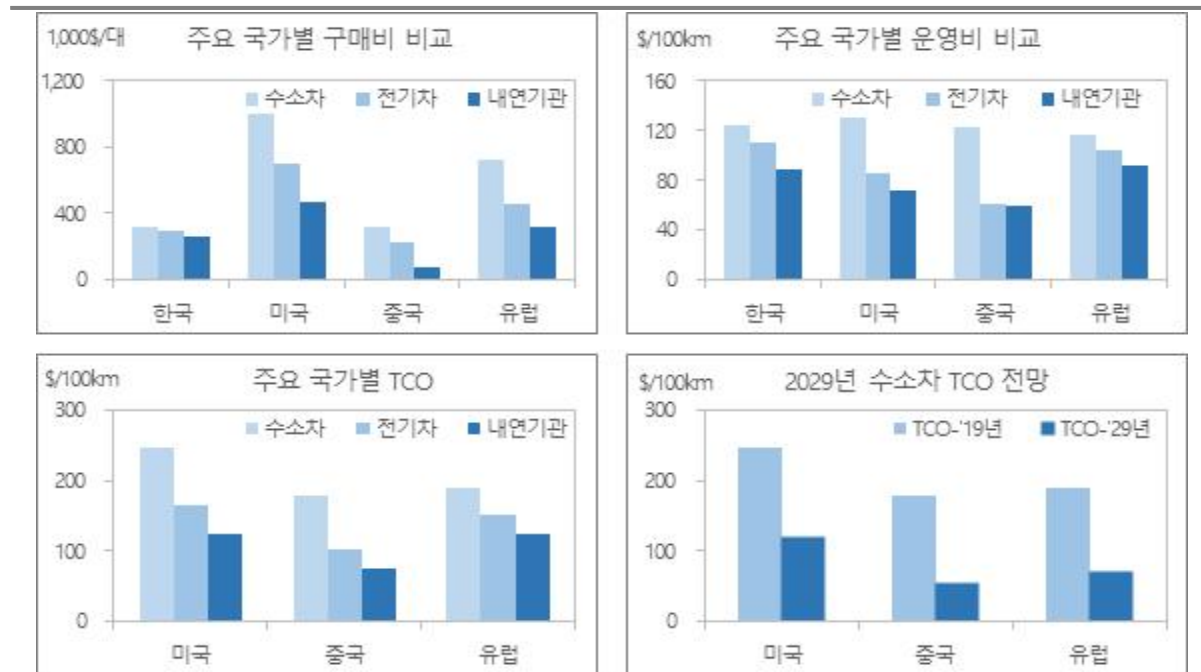
인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[표 IV-46] 수소차, 전기차, 내연기관의 TCO 분석을 위한 기초자료

구분		수소차(FCEV)	전기차(BEV)	내연기관
구 매 비	구동계	전력모터, 기타 등	전력모터, 기타 등	엔진
	에너지모듈	수소탱크, 연료전지시스템, 배터리	배터리, BMS	연료탱크
	마크업	연료전지, 소규모 생산	배터리, 소규모 생산	N/A 규모의 경제 도달
	기타부품	공통(샤시, 바디, 전자부품)		
	기타비용	충분원가	N/A	N/A
운 영 비	연료	수소가격	전기료	디젤, 가솔린
	충전소	수소충전소 운영비	전기차 충전기 운영비	N/A 연료 가격에 포함되어 산정
	유지보수	일일 차량 유지보수 비용	일일 차량 유지보수 비용	일일 차량 유지보수 비용
	부품교체	연료전지시스템, 배터리	배터리	엔진
	기타	공통(보험 등)		

주요국별로 수소차, 전기차, 내연기관의 TCO³⁹⁾를 비교하면 비용차이가 크
다는 것을 확인할 수 있다.

[그림 IV-10] 주요 국가별 TCO 분석



자료: SK증권, 산업자료

구매비는 국가별 차량 믹스와 정부의 보조금 규모에 따라 국가마다 다르긴

39) 자동차 경제성은 자동차 가격, 연료비, 각종 세금 및 보험료, 차량을 처분할 때 받을 수 있는 중고차 가격 등을 감안한 총소유비용(Total cost of ownership, TCO)로 측정, $TCO = \text{초기 구입비} + \text{보유연수} \times (\text{자동차세} + \text{연간 연료비})$

하지만, 내연기관과 비교하면 2~3배 가량, 전기차와 비교하면 40~60% 가량 높은 수준이다. 운영비는 구매비 만큼 차이가 심하지는 않지만, 경쟁력이 없는 수치임을 확인할 수 있다.

물론 수소인프라에 투자가 진행되고, 정부 보조로 수소차량이 증가하며 규모의 경제 효과를 누릴 수 있다면 TCO는 낮아질 수 있다. 딜로이트와 발라드사에서 투자가 이루어질 경우 2029년 수소차의 TCO는 100km 당 미국은 121달러, 중국은 55달러, 유럽은 70달러로 낮아질 것으로 예상했다. 2019년과 비교하면 각각 51%, 69%, 63% 하락함에 따라 전기차와 내연기관과 비교해도 경쟁력을 확보할 수 있는 수준이다.

3) 경제성 확보방안

① 차량의 경쟁력 확대

수소차의 경쟁력이 확대되고, 연료비가 낮아지고, 충전기반 시설이 확충되면 수소차의 경쟁력 확보 가능

현재, 수소모빌리티는 내연기관 대비 40% 가량 높은 출고가격으로 인해 내연기관보다 경제성이 낮아 시민 또는 운수업체 사업자들에게 큰 걸림돌로 작용하고 있다. 이에, 정부 또는 지자체에서 구매보조금을 지원하고 있지만 보급률이 낮아 차량 가격의 인하가 필요해 보인다.

노르웨이의 경우, 내연기관 자동차 구매시 많은 세금을 부과하고 친환경차 구매시 후한 세제 혜택을 줌으로써 신차 판매의 절반은 친환경차량이 차지하고 있다.

우리나라도 차량의 가격 인하뿐만 아니라 내연기관차량과 친환경차량의 혜택을 차별화하여 시민들이 친환경차량을 구매할 수 있는 여건을 만들어야 한다.

② 연료비

연료비는 차량 유지비를 결정하는 가장 중요한 부분이다. 수소차는 연료 1kg당 약 96.2km 주행이 가능하며, 현재 수소 충전 요금을 1kg당 8,800원으로 계산하면 연간 20,000km 주행 시 약 180만원 남짓한 연료비가 소요되고 있다.

수소 생산 비용 및 수소 이송 비용이 높아 수소 연료 비용이 타 자동차 대비 높은편이다. '22년부터 사업용 수소차 연료비 보조를 통해 운수업체들의 경제성은 확보가 되고 있으나, 시민들을 위한 수소연료비용 절감 또한 필요하다.

③ 충전기반시설 확충

수소차의 보급을 확대하기 위해서는 충전인프라 확충이 시급하며, 수요자 중심의 도심지 충전인프라 구축 조기 확대가 필요하다.

독일과 일본의 경우, 도심지 위주로 충전인프라를 선 구축 후 수소차 보급을 추진하였으며 우리나라는 현재 도심지보다는 외곽쪽에 충전인프라가 설치되어 있는 상황이다.

이동인구와 충전 수요가 많은 지점에 전략적인 충전인프라를 구축함으로써 수소차의 보급 확대를 통한 경제성 확보 또한 가능할 것이다.

④ 종합

수소차의 보급
확대에 따라 차량
경쟁력 확보 가능

수소모빌리티 정부 정책 추진이 적극적으로 이뤄지고 차량 보급이 빠르게 진행된다면 규모의 경제를 통한 차량 가격 경쟁력 확보(지자체 보조금 유연성 확보)가 가능하다.

또한, 주행거리가 짧을수록 전기차의 배터리 시스템이 비용적인 측면에서 유리하나 일정수준을 넘어서면 수소차의 연료전지 시스템이 훨씬 유리해 상용차 보급을 통한 경제성 확보가 가능하다. 또한, 수소차의 경쟁력 확보에 따라 전기차와 내연기관과 비교하여 경쟁력을 확보할 수 있는 수준에 도달이 가능하다.

다. 사업용 수소차 연료보조금 지급(참고)

운수업체들의
경쟁력 확보
방안으로 사업용
수소차 연료보조금
지급 예정

수소경제 활성화의 핵심인 수소상용차의 확산을 위해서는 운영주체인 운수업체들의 수소차 구매 동기 유발이 무엇보다 중요하다. 수소전기버스는 1대당 가격이 6억 5,000만원 수준이지만 환경부와 지자체가 구매비용을 지원하고 있어 대당 1억 5,000만원 정도에 구매할 수 있어 친환경차에 의지를 가지고 있는 운수업체는 이 정도 가격이면 부담이 크지 않은 것으로 알려졌다.

그러나 가장 큰 문제는 수소버스를 실제 운영할 때 드는 연료비가 CNG, 경유버스 및 전기버스에 비해 약 1.6~1.8배 비싸다는 점이다. 전기버스(348.6원/km)와 비교하면 수소버스 연료비(615.4원/km)가 1.8배 높아 운수업체에 있어서는 수소차 운영은 큰 부담이 될 수 있다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

이에 국토부는 현행 사업용 차량⁴⁰⁾(경유, LPG, CNG) 유가보조금 제도에 착안해 수소차에 연료보조금 지급을 위한 연구용역을 한국교통연구원에 의뢰하고 그 용역 결과와 창원시 수소버스 실증운영 자료를 토대로 사업용 수소차 연료보조금 도입방안을 '20년 7월 발표했다.

버스, 택시, 화물차 모두 수소연료 보조금 지급 예정

국토부에 따르면 현행 유가보조금 대상인 노선버스 및 전세버스와 택시, 화물차 모두에 수소연료보조금을 지급할 계획이며, 연료보조금 지급단가는 수소차와 기존 차량 간 연료비의 차이로 정해질 예정이다. 가장 저렴한 전기차 연료비를 감안해 수소버스 연료보조금은 kg당 3,500원(수소가격 8,000원/kg 가정) 수준으로 지급될 것으로 보이며 내년 초 "여객자동차 유가보조금 지급지침" 개정을 통해 더욱 구체화 될 예정이다.

[표 IV-47] 수소버스, CNG버스, 전기버스 연료비 비교

구분	수소버스 (저상버스 기준)	CNG버스 (저상버스 기준)	전기버스 (저상버스 기준)
연비	13km/kg	1.9km/m ³	0.8km/kWh
연료가격	4,500원/kg	740원/m ³	313원/kWh
1km당 연료비	346.2원/km	389.5원/km	391.3원/km

자료 : 수소경제 활성화 로드맵 보고서(2019)

* 수소버스 연료가격은 8,000원/kg이나, 연료보조금 3,500원/kg 지급시의 연료비를 산정

수소버스는 내년에 100대 이상의 시범사업을 실시한 후 2022년부터, 택시와 화물차는 현재 시범운영 및 기술개발 단계임을 감안해 2023년부터 연료보조금 제도를 각각 시행할 예정이며, 연료보조금 지급단가는 시범운영 및 기술개발 등을 토대로 2022년에 산정될 예정이다.

[표 IV-48] 사업용 수소차 연료보조금 도입 계획

구분	2021년	2022년	2023년 이후
버스	시범사업	本格시행	
택시, 화물차	시범운영 및 기술개발	시범운영 및 기술개발	本格시행

사업용 수소차 연료보조금 도입은 수소차의 가격경쟁력을 높여줌으로써 수소 소모량이 많은 사업용 수소차의 보급 확대를 이끌 수 있다. 이에 따라 온실가스 및 미세먼지 감축 등 그린 모빌리티를 확산, 일자리 창출 등 수송

40) 사업용 수소차란, 현행 여객자동차 및 화물자동차 운수사업법에 따라 차량등록을 한 후 사업용으로 운영 하는 차를 의미

분야 수소경제 활력을 제고함으로써 우리나라 수소경제 활성화에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

(2) 수소충전인프라

수소충전소의 종류

수소충전소는 수소차의 연료인 수소를 충전하는 설비로 제조식 또는 저장식으로 설치 및 운영되고 있다.

수소충전소는 수소공급방식에 따라 Off-Site(중앙공급방식, 운반저장식), On-Site(현지공급방식, 현지제조식)로 구분되며 현재 국내에서는 석유화학단지, 제철단지에서 나오는 부생수소를 이용하는 Off-Site 방식이 주로 사용되고 있다.

[표 IV-49] 수소공급방식에 따른 수소충전인프라

구분	내용
Off-Site	<ul style="list-style-type: none"> ■ 일정 지역에서 대량생산한 수소를 파이프라인 또는 튜브트레일러 운반차로 수소충전소까지 이송하는 형태 ■ 대량으로 수소를 생산하여 수소생산비용이 저렴함 ■ 수소이송에 따른 추가적인 운송비용 발생하며, 부생수소 생산단지에서 거리가 먼 수소충전소일수록 충전요금이 비쌈
On-Site	<ul style="list-style-type: none"> ■ 수소충전소에서 천연가스, LPG 등을 개질하여 생산·충전하는 방식 또는 수전해 방식으로 수소를 생산·충전하는 방식 두 가지 형태 ■ 수소생산지역에서 거리상 많이 떨어져 이송비용이 증가할 경우 현지 생산하여 유리 ■ 수소를 생산하기 위해 개질 장치 및 수전해 장치가 필요하여 초기 수소충전소 설치비용이 비쌈

수소충전소 설치방식에 따른 분류

수소충전소는 설치방식에 따라 단독형, 융복합형, 패키지형, 이동형 등으로 구분된다. 단독형은 수소충전시설만 설치 및 운영하는 방식이며 융복합형은 기존 주유소, LPG, CNG 등이 있는 부지에 수소충전시설을 함께 설치 및 운영하는 방식이다. 융복합형에는 다시 충전방식에 따라 수소 현지 제조식 충전을 하는 융합형과 수소 운반 저장식 충전을 하는 복합형으로 구분된다. 패키지형은 수소차의 충전설비를 하나의 보호함에 장착한 충전시설을 일정한 장소에 배치하여 충전하는 방식이며, 이동형은 수소를 실은 차량이 이동하면서 충전·공급을 하는 형태이다.

수소차 및 충전인프라 활성화를 위해 구매보조금 지급, 설치비 지원, 기술개발 지원 등을 정책적/제도적/기술적 지원을 적극적으로 추진하고 있으나, 충전사업자들의 수익성 개선을 위한 제도개선이 필요하다. 또한, 수소충전소 확대를 위해서는 우리나라의 중앙정부와 지방자치단체가 구체적인 로드

맵과 미래비전을 갖고 주도하여 이해관계자들에게 경제성과 편의성은 더 높이고 투자비용과 위험부담은 최소화하는 시스템 구축이 필요하다.

가. 용도별(승용, 특수용) 구축 방안

충전인프라 구축방안

- 다양한
수소모빌리티 적용
- 공격적인
충전인프라 구축
- 시범 및
실증사업을 통한
충전인프라 확대

충전인프라 구축을 위해서는 다양한 수소모빌리티에 적용을 해야 하며, 공격적인 충전인프라를 구축하고, 시범 및 실증사업을 통한 충전인프라를 확산·구축해야한다.

첫째, 승용차용 충전인프라 뿐만 아니라 버스용 충전인프라 구축, 특수차량용 충전인프라 구축 등 실증사업과 연계하여 다양한 수소모빌리티 충전인프라를 구축해야한다. 이를 통한, 수소차뿐만 아니라 다양한 수소 모빌리티의 보급 확산이 가능하다.

둘째, 수소차의 원활한 보급을 위해서는 충전인프라 구축이 필수적이며 충전인프라의 공격적인 구축을 통해 인천광역시의 수소차 보급 목표 조기 달성이 가능하다.

셋째, 국내외적으로 도심이든 외곽지역이든 기존에 운영하는 주유소나 LPG, CNG 충전소에 수소충전소를 함께 복합적으로 설치 및 운영하는 것이 경제성, 이용 편의성 측면에서 효율적이기 때문에 인천광역시에서도 이를 적극 육성하고 지원하는 정책 추진이 필요하다. 복합형 수소충전소는 부지면적 해결 용이, 충전소 구축비용 절감, 운영비용 절감, 기존 충전소 운영 노하우 활용, 추가 운용인력 최소화, 인허가 문제해결 용이, 민원 등 주민수용성 해소 용이 등 많은 장점이 있기 때문에 적극 장려할 필요가 있다.

외곽지역이 아닌 도심지역 및 인구밀집지역에 충전인프라 확대 시급

선진국의 경우 대도시 도심지역의 인구밀집센터와 간선도로 교통요충지에 전체 수소충전소의 60~80%를 설치하고 있는데 반해 우리나라는 외곽지역이나 산업단지 주변 지역을 중심으로 설치하고 있다.

유럽은 115개소 중 76개소를 도심지와 인근 교외지역에 설치하고 있으며, 특히 미국 캘리포니아주는 운영 중인 39개소 중 33개소를 대도시 인구밀집지역인 샌프란시스코, 로스앤젤레스의 도심 및 가까운 인근지역에 설치 및 운영하고 있다. 또한, 일본도 입지규제 완화를 통해 수소충전소를 도쿄 도심이나 가까운 주변 지역에 많이 설치하고 있다.

미국, 독일, 프랑스, 영국, 일본 등은 수소충전소 입지를 도심지역에서 도심 인근 근교지역으로 더 나아가 시 외곽지역으로 확장하고 있다. 반면 우리나라는 거꾸로 시 외곽지역에서 도심 인근 근교지역 및 도심지역 순으로 설치하는 경향이 있어 이용자 편의성 제고를 통한 수소차 보급 확대를 위해

서는 선진국처럼 도심지 우선 수소충전소 설치 정책으로 전환할 필요가 있다.

1) 수소충전소 구축 예시(안)

환선망 벨트 우선
구축을 통한
수소충전소 보급

인천광역시 내 수소충전소는 수소차 수요가 많은 인구 밀집 지역을 잇는 환선망 벨트를 우선 구축하고 이후 도시와 도시를 연결하는 외곽지역에 순차적으로 설치되어야 한다. 수소충전소 구축 예시(안) 마련을 위해 인구수, 수소차 등록현황, 기구축 인프라 및 구축계획을 고려하고자 한다.

[표 IV-50] 수소충전소 구축 예시(안)을 위한 고려사항

구분	고려사항
인구수	▪ 수소차 수요가 많은 인구 밀집지역 고려(미추홀구, 부평구)
수소차	▪ 수소차가 많이 등록된 밀집지역 고려(연수구)
기구축 인프라	▪ 인천 내 LPG충전소, 일반주유소 입지 현황 파악
구축계획	▪ 기관, 앵커기업 등 충전소 구축 계획 여부 파악

수소충전소 구축
예시(안)

기구축 수소충전소와 수소충전소 구축을 위한 고려사항을 반영한, 인천광역시의 수소충전소 구축 예시(안)은 다음과 같다.

[그림 IV-11] 인천광역시 수소충전소 구축 예시(안)



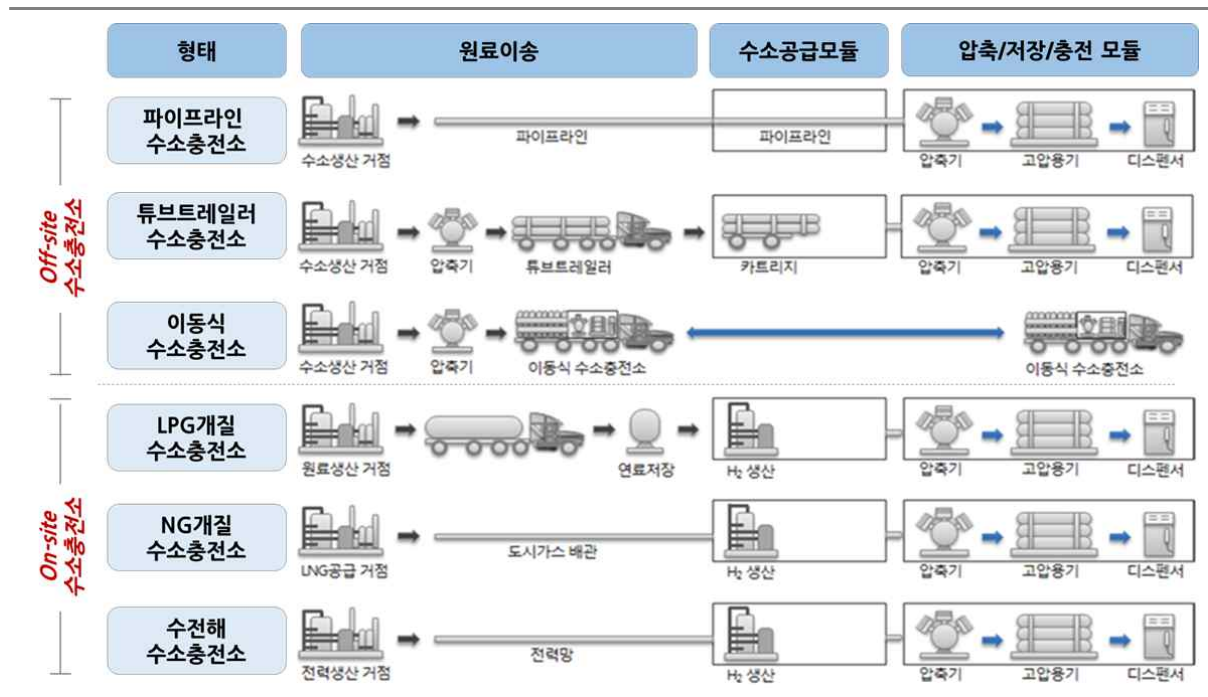
나. 수소충전소 유형별 초기투자비, 운영비 및 경제성 확보방안

1) 수소충전소 초기투자비

공급 방식에 따른
수소충전소 분류 :
On-Site와 Off-Site

수소충전소는 충전소 내 수소의 공급방식에 따라 On-Site와 Off-Site 방식으로 분류된다. On-Site 충전소는 수소충전소 내에서 수소를 직접 생산(개질, 수전해 등)하여 공급하는 방식이며, Off-Site 충전소는 석유화학단지에서 부생수소를 수송하거나 대규모 수소생산단지에서 생산된 수소를 튜브트레일러로 수송해 공급하는 방식이다.

[그림 IV-12] 수소충전소의 종류



현장에서 직접
수소를 생산하여
공급하는 On-Site
방식

On-Site 충전소는 현장에서 직접 수소를 생산하여 공급하는 방식으로 천연가스, LPG 등의 화석연료를 개질하는 방법과 물을 전기분해하는 수전해 방법으로 수소를 생산해서 충전하게 된다.

수소생산지역에서 거리상 멀리 떨어져 있어 운송비용이 증가할 경우 해당 충전소 형태가 유리한 장점이 있으나 개질이나 수전해 장치 등 수소생산을 위한 설비가 추가되기 때문에 Off-Site 수소충전소에 비해 초기 건설비용이 높다는 단점이 있다.

또한, 개질방식의 경우 화석연료를 사용한다는 단점이 있다. 수전해 방식의

경우 심야의 잉여전력을 활용하여 저렴하게 수소를 생산하거나 친환경 재생에너지를 활용한다면 오염물질 배출 없이 수소를 생산할 수 있어 미래지향적인 수소충전소 형태로 평가되고 있다.

**부생수소를
운송하여 공급하는
Off-Site 방식**

Off-Site 충전소는 석유화학단지나 대규모 수소생산단지에서 대량으로 생산된 수소를 충전소까지 파이프라인이나 튜브트레일러로 운송하는데 국내는 현재 부생수소를 활용하는 Off-Site 충전소가 대부분이다.

대량의 수소를 생산한다는 점에서 수소생산비용은 저렴하지만 수소 운송에 따른 운송비용이 발생한다는 단점이 있다. 만약 파이프라인으로 공급한다면 수소생산지에서 충전소까지 거대한 운송용 파이프라인을 설치해야하기 때문에 인프라 구축을 위한 설비 투자비용 또한 발생하게 된다.

[표 IV-51] On-Site 및 Off-Site 수소충전소 비교

구분	On-Site 충전소		Off-Site 충전소	
	천연가스 추출	수전해	튜브트레일러	파이프라인
의미	▪ 수소충전소 내 자체적으로 수소 생산		▪ 외부에서 생산된 수소를 충전소로 공급	
장점	▪ 구축해 둔 천연가스 공급라인을 이용해 수소생산 가능	▪ 심야의 잉여전력을 이용해 수소생산 가능, 환경 오염 없이 수소를 운송할 수 있음	▪ 운송 인프라 구축에 필요한 설비 투자비용이 발생하지 않음	▪ 안정적으로 많은 양의 수소를 운송할 수 있음
단점	▪ 생산 설비 구축을 위한 비용 발생 및 화석연료 사용	▪ 생산 설비 구축을 위한 비용 필요	▪ 운송비용 발생	▪ 초기에 막대한 설비 투자비용 발생

**수소충전소는
보조금 50% 지원,
고속도로 내
충전소는 보조금
33% 지원**

정부는 초기 수소충전소 설치 확대를 위해 보조금을 지원하고 있다. 정부의 수소충전소 설치보조금을 보면 환경부는 1개소 당 설치보조금의 50%(15억 원 한도), 국토부는 고속도로 휴게소 1개소 당 10억 원을 지원하고 있다.

수소충전소 유형 및 설치비용을 보면 수소 파이프라인 연결형(3개 도시 기준 구축망 활용, 200km)은 27억 원, 수소가스 운반형(튜브트레일러 활용)은 26~30억 원, 도시가스 추출형(수소 추출기 설치)은 약 56억 원이 소요되는 것으로 파악되고 있다.

[표 IV-52] 수소충전소 유형별 투자비

구분	수소 파이프라인 연결형	수소가스 운반형	도시가스 추출형
투자비	<ul style="list-style-type: none"> 설비구축비용 : 18억 원 현장 공사비용 : 9억 원 총 투자비 : 약 27억 원 	<ul style="list-style-type: none"> 설비구축비용 : 17억 원 현장 공사비용 : 9억 원 총 투자비 : 약 26억 원 	<ul style="list-style-type: none"> 추출기 구축비용 : 22억 원 설비구축비용 : 21억 원 현장 공사비용 : 13억 원 총 투자비 : 약 56억 원

**충전소 현황에
따른 보조금 증대
필요성**

현재까지 구축된 수소충전소는 대부분 수소가스 운반형(튜브트레일러)으로 환경부 보조금을 최대 15억 원까지 지원받았다. 하지만, 도시가스 추출형으로 설치할 경우 현재의 보조금 수준으로는 충전소 구축이 힘들 것으로 보인다.

부생수소 주요 생산지인 울산, 대산, 여수와 멀리 떨어져 있는 지역은 튜브트레일러 운송비가 수소 가격에 많은 부분을 차지하고 있다. 이 때문에 서울, 경기도, 강원도 등의 경우 도시가스 추출형 충전소가 초기투자비는 많이 들지만 중·장기적으로는 운송비를 대폭 줄일수 있어 추출형이 경제적일 수 있다.

한 번에 5kg 충전이 필요한 일반 수소차량에 비해 수소버스는 25kg 가량 충전이 필요하다. 수소차에 비해 많은 충전이 필요한 수소버스용 충전소의 충전 용량은 일반 수소차 충전소의 충전 용량인 250kg 대비 2배 규모(500kg)이다.

**수소전기버스 전용
충전소 구축비는
약 60억 원이며,
보조금 70% 지원**

환경부의 2020년 수소연료전지차 보급 및 충전소 설치사업 보조금 업무처리 지침에 따르면 2020년 추경 예산(안)에는 수소전기버스 전용 충전소⁴¹⁾ 설치보조금(총 13개소, 546억 원)이 반영되어있다. 수소전기버스 충전소 1기당 구축비용을 60억 원으로 가정해 정부가 70%(42억 원⁴²⁾)를 지원하고, 지자체 및 민간이 30%(18억 원)을 부담하는 방식이다.

국토교통부에 따르면 7월말 현재 수소차 등록대수는 8,167대⁴³⁾이며, 2018년 말 900대에서 9배 증가한 것을 알 수 있다. 올 하반기에는 1만대를 넘길 전망이다. 수소충전소는 전국 37개소가 전부이다. 그나마 수소차가 많은 서울은 2개소가 운영 중이고, 경기도는 4개소가 운영 중이지만 모두 고속도로에 구축되어 있다.

41) 수소버스충전소 보조금 지원 대상 : 장비 설치공사, 배관공사, 전기공사, 건축 및 토목공사, 검사 및 인허가 설비 소요비용과 필수 부대 설치 비용 일체, 튜브트레일러 2기 구매비(10억 원 이내) 포함

42) 1기당 설비비용의 최대 70%를 지원하며, 부지매입비 등은 제외

43) 사업용 제외, 비사업용 수소차 기준

수소충전소 보조금
상한선 폐지

2021년부터는 수소차 충전기 보조금 상한선이 폐지될 예정이며, 이에 따라 한 번에 두 대의 차량을 충전할 수 있는 충전기 설치가 가능해질 예정이다. 수소충전기 한 기당 15억 원까지 지원이 됐던 보조금 상한 규정이 폐지되면서 45억 원 가량 하는 듀얼 디스펜서(이중 충전기)를 수소충전소에 설치할 수 있게 된다. 다중 충전기가 설치됨에 따라 1개 충전소에서 처리할 수 있는 차량 대수가 늘어날 것이라고 예상하고 있다.

수소차 보급 대수는 가파르게 증가하고 있지만 수소충전소 설치속도는 부진하고 수소충전소 설치가 당초 계획보다 느리게 진행되어 보조금 상한선을 폐지 배경으로 지적되고 있다.

2) 수소충전소 운영비 현황

“수소경제 활성화 로드맵” 발표 이후 수소전기차 수요 증가와 함께 수소충전소 구축도 활기를 띠고 있으며, 수소충전소 확충을 위해 정부는 수소충전소 설치보조금을 지원하고 있다.

충전인프라
1개소당
설치비용의 50%
지원(최대 15억 원)

현재 수소충전소 공급 용량은 모두 250kg/day 규모로 환경부는 1개소 당 설치비용의 50%(15억 원 한도), 국토부는 고속도로 휴게소 1기 당 10억 원을 지원하고 있다. 하지만, 수소충전소 구축 사업자들은 그 정도 지원으로는 손실을 감당 할 수 없다는 입장이다. 지난 해 수소충전소 20기를 구축하면서 “세계 최대 구축”이라는 성과는 달성했지만, 그 이면에는 “적자 운영”이라는 고충이 숨겨져 있다.

LPG 충전소나 주유소 사업자들이 수소충전소 구축과 운영에 관심을 보이고 있지만 과도한 구축비용 외 운영 적자를 피할 수 없다는 판단으로 쉽게 결정을 내리지 못하고 있다. 실제 수소충전소를 구축 및 운영하기로 했으나 사업권을 포기하는 사례도 종종 발생하고 있다.

[표 IV-53] 수소충전소 연간 운영비용 추정액(단위 : 백만원)

구분	단독운영	복합운영(위탁)	비고
인건비 ¹⁾	103~130	62~78	연도별 임금인상률 3% 고려
전력료 ²⁾	16~146	14~146	수소차 증가에 따른 충전 수요 고려
운영관리비	24	24	가스품질검사, 정기검사, 유지소모품 등
유지관리비	60	60	하자보증기간(2년) 만료 이후부터 산정
부지임차료	60	60	월 500만원 산정
계	263~420	222~368	

자료 : 국토교통부

* 주 1) 인원운영 : (단독) 안전관리책임자 1명, 충전원 1명, (복합) 충전원 1.5명(교대근무 고려)

2) 전력료⁴⁴⁾ : 충전 수소 1kg 당 전력소모량 5kW/kg

투자비, 운영비 대비
수익이 낮아
충전인프라
운영자들의 손실이 큼

수소 구입비용을 제외하고 수소충전소 운영 시 평균적으로 약 2~3억 원이 소요되는데, 이를 정부 차원의 지원 없이 민간에 맡기면 장기간 손실 발생이 불가피하다고 보고 있다. 민간자본 사업자는 7년간 충전소 실질 소유권이 없어 금융차입도 어려운 실정으로 민간 보조방식에도 이자상환 등 자금 압박 방지를 위해 자립할 때까지 운영보조금 및 정책 자금 지원이 필요하다.

수소충전소의 경제성 분석을 위해 아래의 내용을 가정하여 경제성을 확인하였다.

- ☑ 수소매입비용은 '수소경제 활성화 로드맵'의 수소가격에 따른다.
6,000원/kg ('22년) → 4,000원/kg ('30년) → 3,000원/kg ('40년)
- ☑ 수소충전소 충전비율⁴⁵⁾은 시간에 따라 증가한다.
36%(현재) → 48%('22년) → 100%('30년) → 100%('40년)
- ☑ 수소판매가격은 현재 휘발유차와 디젤차 연료 수준인 8,800원/kg으로 유지된다.
- ☑ 투자비 및 부지임차료는 제외하고 산정한다.
- ☑ 운영비용은 인건비, 전력비, 운영관리비, 유지관리비로 구성되며 연간 상승분은 고려하지 않는다.

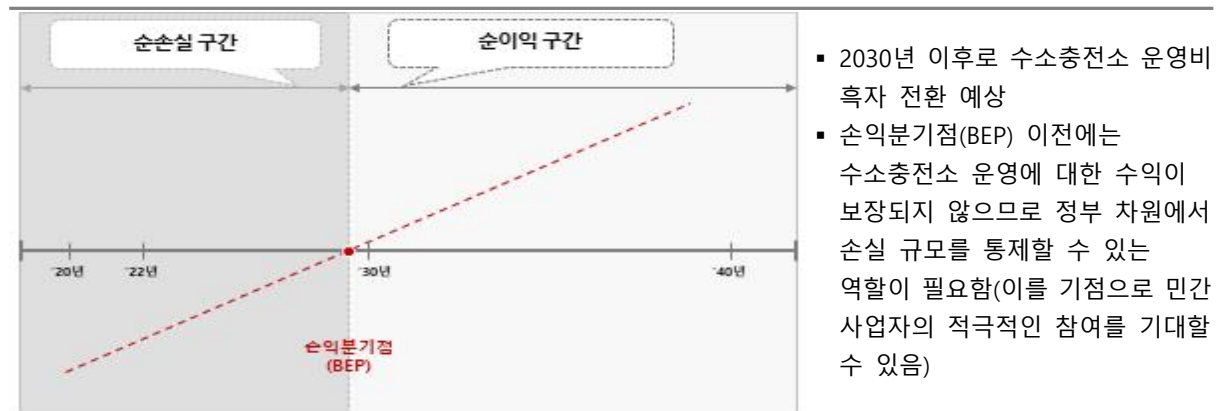
44) 일반용 전력 기준 적용

45) 수소충전소 규모는 250kg/day지만, 현재 수소산업 초기 단계로 수소차가 활성화되지 않아 충전소의 수소가 매일 100% 판매되지 않아 임의로 가정한 값(20년 기준, 인천의 수소차는 224대가 보급되었으며 1대당 0.15Ton/년의 수소가 필요하다고 가정하면 33.6Ton의 수소가 필요하며 충전소가 연중휴무시 91.3Ton/년의 수소 공급 가능 → 현재 수소 필요량은 충전소 최대 공급가능량의 36%)

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[그림 IV-13] 수소충전소 운영에 따른 수익성 예측



충전인프라
운영사업자는 약
10년간 손실을
감당해야함

수소충전소 운영적자시기에는 위험부담주체가 정부이지만, 순익분기점(BEP)인 2030년 이후로는 흑자전환에 따라 위험부담주체가 민간사업자로 바뀌게 된다. 수소경제 활성화 초기 단계에는 시장 위험을 정부가 부담하면서 민간사업자는 사업운영을 효율적으로 실행할 수 있도록 적절한 제도가 마련되어야 한다.

[표 IV-54] 수소충전소 경제성분석(승용차용)

구분	수소 판매량 (Ton/년)	수소 판매비용 (백만원)	운영비(백만원)						경상이익 (백만원)
			인건비	전력비	운영 관리비	유지 관리비	수소 매입비용	합계	
'20년	33	289	103	80	24	60	230	497	-208
'21년	38	336	103	80	24	60	230	497	-161
'22년	43	383	103	80	24	60	229	496	-113
'23년	49	429	103	80	24	60	261	528	-99
'24년	54	476	103	80	24	60	293	560	-84
'25년	59	523	103	80	24	60	325	592	-69
'26년	65	569	103	80	24	60	356	623	-54
'27년	70	616	103	80	24	60	388	655	-39
'28년	75	663	103	80	24	60	420	687	-24
'29년	81	710	103	80	24	60	452	719	-9
'30년	86	756	103	80	24	60	323	590	167
'31년	91	803	103	80	24	60	344	611	192
'32년	91	803	103	80	24	60	365	632	171
'33년	91	803	103	80	24	60	365	632	171
'34년	91	803	103	80	24	60	365	632	171
'35년	91	803	103	80	24	60	365	632	171
'36년	91	803	103	80	24	60	365	632	171
'37년	91	803	103	80	24	60	365	632	171
'38년	91	803	103	80	24	60	365	632	171
'39년	91	803	103	80	24	60	365	632	171
'40년	91	803	103	80	24	60	242	509	294
IRR									7%

일본에서는 여러 형태로 충전인프라 보조금을 지원하고 있음

해외 사례를 살펴보면 수소충전소 보급이 활발한 일본은 설비용량, 공급 방식 등 여러 형태로 보조금을 구분해 지원하고 있다. 형태별로는 개질, 트레일러, 이동식, 수소집중생산설비, 액화수소 지원설비로 구분되었고 여기서 다시 중형과 소형으로 나누어 보조율과 보조금 상한을 차등 지원하고 있다. 또 개질 및 트레일러 방식에서는 패키지 여부에 따라 보조율과 보조금 상한이 달라진다.

[표 IV-55] 일본의 수소충전소 설치 보조금 지원제도 현황

구분	수소공급능력(Nm³/hr)	공급방식		보조율	보조상한액
소규모	100 이상 300 미만	On-Site	패키지형	2/3	220 백만 엔
				1/2	220 백만 엔
		Off-Site	비패키지형	2/3	180 백만 엔
				1/2	180 백만 엔
		이동식		2/3	180 백만 엔
중형	300 이상	On-Site	패키지형	2/3	220 백만 엔
				1/2	220 백만 엔
		Off-Site	비패키지형	2/3	180 백만 엔
				1/2	180 백만 엔
		이동식		2/3	180 백만 엔
수소생산설비				1/2	60 백만 엔
액화수소 지원 설비				1/2	40 백만 엔

* 수소공급능력 : 연료전지 자동차 등의 평균적인 수소충전능력

** 수소생산설비 : 공급처 수소공급설비에 수소를 집중적으로 생산 및 공급

지자체에서도 보조금을 지원하고 있는데 도쿄의 경우 특히 파격적이다. 대기업은 설치비의 4/5까지, 중소기업은 설치비 전액을 보조하고 있다. 중소기업의 경우 설치비가 50억 원이라면 정부 보조금 30억 원에 도쿄 보조금 20억 원까지 보조금을 받아서 무료로 충전소를 구축할 수 있는 셈이다. 도쿄 이외의 지자체들은 0.3~1.45억 엔을 보조하고 있다.

① 적자 → 흑자 전환을 위한 마진단가 산정(참고)

수소충전소 경제성 분석 결과, 2030년부터 흑자로 전환되며 적자 기간인 2020년부터 2029년 기간동안 흑자로 전환하기 위한 수소판매단가를 임의로 가정하여 산정하였다.

[표 IV-56] 적자 → 흑자 전환을 위한 수소충전소 단가 산정

구분	현재(적자)			흑자전환			흑자 전환을 위한 마진(원/kg)
	수소 판매금액 (원/kg)	수소 판매비용 (백만원)	경상이익 (백만원)	수소 판매금액 (원/kg)	수소 판매비용 (백만원)	경상이익 (백만원)	
'20년	8,800	289	-208	15,200	499	2	8,200
'21년	8,800	336	-161	13,100	500	3	6,100
'22년	8,800	383	-113	11,500	500	4	5,500
'23년	8,800	429	-99	10,900	532	4	4,900
'24년	8,800	476	-84	10,400	563	3	4,400
'25년	8,800	523	-69	10,000	594	2	4,000
'26년	8,800	569	-54	9,700	628	4	3,700
'27년	8,800	616	-39	9,400	658	3	3,400
'28년	8,800	663	-24	9,200	693	6	3,200
'29년	8,800	710	-9	9,000	726	7	3,000

* 수소매입비용 : ('20~'21년 7,000원/kg, '22~'29년 6,000원/kg)

** 수소판매량은 [표 IV-53]의 수소판매량과 동일

흑자 전환을 위한 마진 산정결과는 위의 [표 IV-55]와 같으며, '20년의 경우 수소매입비용인 7,000원/kg의 2.2배인 15,200원/kg에 수소를 판매해야 흑자로 전환이 가능한 것으로 산정되었다.

그러나, 현재 수소충전소 경제성 분석을 위해 충전비율을 가정하였으며 운영비(인건비, 전력비, 운영관리비, 유지관리비)의 연간 상승분을 고려하지 않았고 부지비 및 투자비를 제외하고 경제성 분석을 산정하였기에 해당 수치의 변동에 따라 흑자 전환을 위한 마진 비용은 달라질 수 있다.

3) 경제성 확보방안

① 운영비 지원

최소운영비보전제도 도입을 통한
운영자의
재정부담완화

경제성 분석을 통해 최소비용보전제도(Minimum cost support, MCC)를 운영비 보전 방안으로 도입할 것을 제안한다. MCC는 기존의 최소수익보장제도(Minimum revenue guarantee, MRG)의 정부 재정부담 완화를 위해 만들어진 제도이다.

[표 IV-57] 수소충전소 사업을 위한 최소운영비보전제도(MCC)의 재정지원보장내용

구 분	내 용	비 고
보장기준(A)	운영비	기존의 투자원리금은 제외
실제수입(B)	수소판매수입+부속사업수입	-
재정지원(A-B)	보장기준과 실제수입의 차액	-
수입환수	실제수입이 보장기준 초과 시 환수	-
재정지원시기	(사업자와 협의)	(예시) 분기별 재정지원

MCC는 사업운영에 필요한 표준사업비를 기준운영비로 설정하고, 실제 운영수익이 이에 못 미치는 경우 정부가 민간 사업자에게 그 차액을 보전하는 방식이다. 다만, 수소충전소 구축사업에 해당 제도를 도입할 시 투자 원리금을 제외한 운영비만을 고려한다.

해당 제도를 통해 실제 수입이 사업운영비에 미치지 못하는 만큼 지원을 받을 수 있으나 협의에 따라 실제 수입이 그 이상 도달할 시 반대로 환수하게 된다.

MCC와 비교해 BTL 사업모델(BTO, BTO-a, BTL 등)의 경우에는 상대적으로 수익성이 낮은 사회기반시설에 민간투자를 유치하기 위해 고안된 방법이다. 따라서 정부의 운영권 임대 형식의 수익 보전 모델은 수소경제 활성화 로드맵 실현 시 수익성이 담보되는 수소충전소 모델에는 적합하지 않다고 판단된다.

[표 IV-58] 임대형 민간투자사업(BTL)의 종류

구 분	내 용
BTO (Build-Transfer-Operate)	가장 일반적인 사업형태로 시행사가 시설 건설 뒤 소유권을 정부 또는 지자체에 넘기고 운영권만 얻어 특정기간동안 수익을 내는 형태
BTO-a (Build-Transfer-Operate-adjust)	일반적으로 정부가 민간투자금액 70%에 대한 원리금 상환액 보전, 초과 이익 시 공유
BTO-rs (Build-Transfer-Operate-risk sharing)	정부 민간사업자가 사업시설 투자비와 운용비용을 부담하고, 초과수익이나 손해가 발생하면 공유하는 방식

② 융복합·패키지형 수소충전소 구축

단독 충전소가 아닌

복합수소충전소는 기존의 LPG나 CNG충전소 및 주유소 부지를 활용하는 측면에서 신규 부지 확보의 어려움을 해결할 수 있고, 기존 시설을 활용하

융복합·패키지형
충전인프라 구축을
통한 투자비 절감

기 때문에 구축비용과 구축 기간, 운영비용을 획기적으로 절감할 수 있다.

특히 주요 설비가 컨테이너 안에 설치되는 형태의 패키지형⁴⁶⁾ 수소충전소는 기존 충전소 대비 설치 면적 17%(1,200m² → 1,000m²), 설치 기간 40%(10개월 → 6개월), 구축비용 33% 이상(30억 → 20억 원)을 줄일 수 있는 장점이 있다.

따라서 국토 면적이 좁고 토지 구매비용이 높은 우리나라에서 수소충전소 보급을 위한 최고의 전략으로 손꼽힌다.

보통 수소충전소 운영비용은 인건비(안전관리책임자, 안전관리원), 경상경비(복리후생비, 통신비, 시설유지비, 사무용품비), 공과금(전력비, 검사료, 보험료, 수도료 등), 일반관리비로 구성된다. 운영비 항목 중 수소구매비용을 포함한 시설유지비의 지출이 가장 많은 것으로 조사되었으며 연간 수소 매입비용은 약 1억 7,000만 원으로 확인된다.

또한, 시설유지비 중 유지보수비용은 수소충전소 내 부품이 대량 생산품이 아닌 해외 수입 부품이 많으므로 지출이 많은 것으로 분석된다.

단독수소충전소와 복합수소충전소의 운영비를 비교했을 때 연간 약 1억 1,000만 원이 차이 난다. 공과금이나 일반관리비, 경상비 등은 비슷한 수준이나 복합수소충전소 구축 시 인건비 지출 감소 비율이 가장 높으며 약 8,000만 원 정도 절감이 가능하다.

③ 수소충전소 용량 증대

현재의 수소충전소 공급 용량은 모두 하루 250kg 규모이다. 현재의 수소충전소 용량은 수소승용차를 충전하기에는 적합하지만 향후 수소전기버스, 수소트럭 및 수소모빌리티 확대에 따라 안정적인 연료 보급을 위해서는 적정용량의 수소충전인프라 구축이 필요하며 수소충전소의 공급용량을 현재의 250kg/day에서 500kg/day 이상으로 상향 조정해야한다.

수소충전소 용량 증대 시 수소가격이 하락함에 따라 수소충전소 운영비 절감이 가능하다. 또한 수소충전소 용량 증대와 함께 압력 증대 시 700bar 충전시 350bar 단일 충전 대비 약 2~2.5배 빠른 충전시간 확보가 가능하며 350bar보다 많은 수소차 충전이 가능하다.

46) 융·복합 및 패키지형 자동차충전소 시설기준 등에 관한 특례기준에 따라 구축 가능

다. 수소충전소 보조금 상한선 폐지(참고)

'21년부터
수소충전소 보조금
상한선 폐지에
따라, 다중충전기
설치 가능

산업통상자원부와 자동차 업계에 따르면 '21년부터 수소차 충전기 보조금 상한선이 폐지될 예정이다. 이에 따라, 한 충전기에서 두 대의 차량이 동시에 수소연료를 충전하는 다중충전기 설치가 가능해진다.

정부가 수소충전기 보조금 제도를 개편하고 나선 이유는 수소차 보급 대수는 가파르게 증가하지만 수소충전소 설치속도는 지지부진하기 때문이다.

또한, 정부는 충전소 신설뿐만 아니라 증설에도 보조금을 지급하기로 했다. 충전기를 늘리는 경우에도 보조금을 줌으로써 충전소 한 곳당 충전 능력을 높이겠다는 것이며, 다중 충전기를 설치하면 차량 처리능력이 대폭 개선될 수 있다.

시간당
충전가능차량 대수
증가

보조금 상한선 폐지로 인해 수소충전소의 시간당 충전가능차량 대수가 증가함으로 인해 수소연료전지차(수소차) 운전자들이 충전과정에서 겪는 어려움이 줄어들 전망이다.

라. 수소충전소 가용부지 입지현황

수소충전소
설치규제에 따른
구축 지연

수소전기차 보급 확대에 따라 수소충전소도 늘어나야 하지만 설치규제로 인해 수소충전소 구축이 지연되고 있어 수소경제의 걸림돌로 지적되고 있다.

수소충전소는 크게 부지확보, 기술검토, 충전허가(변경허가), 시공 및 중간·완성검사를 거쳐야하며, 안전기준, 관련 법규 및 인허가 등 검토사항이 방대하고 현재는 표준화된 수소충전소 구축 업무 가이드라인이 없어 부지 확정부터 입찰 및 설비구축에 1~2년이 지연되기도 하는 실정이다.

수소충전소
부지확보
단계에서의 어려움

첫 번째 단계인 부지는 까다로운 조건 탓에 확보가 쉽지 않다. 수소충전소 구축이 가능한 단독 부지 면적은 약 991m²(300평) 이상이어야한다. 기본적으로 고압가스안전관리법을 적용받지만 이와 함께 부지확보 시 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령, 교육환경보호에 관한 법률, 건축법 시행령, 개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별법 조치 시행령, 주택건설 건설기준 등에 관한 규정, 각 지자체의 조례·고시 등 관련 법령에 적합해야 충전허가를 신청할 수 있다. 또한, 용·복합 충전소의 경우에는 위험물안전관리법 등도 검토해야만 한다.

수소충전소 부지 입지검토 및 배치기준 관련 주요 법령은 다음과 같다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[그림 IV-14] 수소충전소 부지 입지검토 및 배치기준 관련 주요 법령

1 부지면적


- 필요 설비 면적
 - 충전소 설비 면적 : 최소 266㎡ (80평) 이상 필요 (투브트레일러 및 충전소 설비를 기준으로 하며 사무동은 기존 건물 활용을 가정함)
 - 최소한의 이격거리 포함 시 필요 면적 : 500㎡ (150평) 이상 필요

2 입지검토 주요 법령

- 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령 제71조(용도지역안에서의 건축제한)

가능	조건부 가능		불가능
	도시계획 조례에 따라 가능	시내버스 차고지에서만 가능	
공업지역, 생산녹지	보전녹지, 자연녹지, 보전관리, 생산관리, 계획관리, 농림지역	일반주거, 준주거, 상업지역	전용주거, 자연환경보전지역
- 교육환경보호에 관한 법률 제9조(교육환경보호구역에서의 금지행위 등)
 - 학교 출입문에서 직선거리로 50m까지 (중대보호구역) : 설치 불가
 - 학교 경계 등으로부터 직선거리로 200m까지 (상대보호구역) : 심의 대상
 - ※ 해당 조건 위배 시 지역위원회 심의 통과할 경우 설치 가능하나 사실상 불가능함
- 개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별조치법 시행령 제13조(허가대상 건축물 또는 공작물)
 - 저장물질이 고압가스안전관리법에 따른 고압가스, 위험물안전관리법 제2조1호에 따른 위험물 또는 화학물질관리법 제2조2호에 따른 유독 물질이 아닐 것
 - 높이가 10m 이하일 것
 - 용적률이 120% 이하일 것
- 토지이용계획확인원 지목 확인
- 연구개발특구법 시행령 : 특구 내 상업용 충전소 건립 조건

3 배치 기준



배치기준 다이어그램은 의도시설(약국 제외)과 학교를 연결하는 수평 선을 보여줍니다. 선 위에는 철도, 수소충전소, 공공주택의 아이콘이 배치되어 있습니다. 각 시설 간의 최소 이격거리는 다음과 같습니다:

- 의도시설(약국 제외)에서 철도까지: 50m 이상
- 철도에서 수소충전소까지: 30m 이상
- 수소충전소에서 공공주택까지: 50m 이상
- 공공주택에서 학교까지: 200m 이상

수소충전소 구축을 위한 입지 선정시에는 부지확보의 용이성(공유지 여부, 부지면적 충족 여부(단독형 200평 이상), 융복합연계 용이(가용여유부지면적 충족 여부(융복합형 90평 이상, 전체 450평 이상)), 안전성(현행법 입지 제한 여부, 주변보호시설 이격거리유지 법규 저촉 여부), 이용 접근성(교통요충지), 시장성(인구, 자동차등록대수), 민원 수용성 및 형평성(지역 안배) 등을 고려하여 선정해야한다.

인천광역시 관내 버스공영차고지 현황

인천광역시는 수소버스와의 연계성 확보를 위해 인천광역시 관내 버스공영차고지 내 수소버스충전소 구축이 필요하며, 관내 버스공영차고지 현황은 다음과 같다.

[표 IV-59] 인천광역시 관내 버스공영차고지 현황

구분	내용
장수버스공영차고지	<ul style="list-style-type: none"> 위치 : 남동구 수현로 9 일원 면적 : 7,672m²(70대 주차 가능)
송도버스공영차고지	<ul style="list-style-type: none"> 위치 : 연수구 송도동 일원 면적 : 12,095m²(72대 주차 가능, 21년에 전기 충전기 설치 예정)
서창공영차고지	<ul style="list-style-type: none"> 위치 : 남동구 서창방산로 136 일원 면적 : 14,382m²(118대가 주차 가능, CNG 충전소 보유)
청라공영차고지	<ul style="list-style-type: none"> 위치 : 서구 파랑로 105 일원 면적 : 21,835m²(115대 주차 가능)
영종버스공영차고지	<ul style="list-style-type: none"> 위치 : 영종항공산업단지 내 중구 운북동 779 일원 면적 : 12,568m²(관리동, 정비동 및 CNG 충전소 보유)

인천광역시는 버스 공영차고지 5개소(장수, 송도, 서창, 청라, 영종)를 운영하고 있으며, 향후 계양권역(오류동) 및 검단산단(서구 오류동) 등 권역별로 버스 공영차고지를 추가로 조성할 계획이다.

**버스차고지, LNG
충전소, 시유지를
활용한 충전소
구축 필요**

수소차 확산 및 경제성 확보(수소충전소)를 위해서는 수소버스 도입이 필요하며, 이를 위해서는 인천광역시 관내 버스공영차고지 내 버스용 수소충전소 설치가 필수적이다.

현재 운영하는 버스공영차고지의 수소충전소 입지검토(예시)는 다음과 같으며, 인천광역시는 수소충전소 구축을 위해 버스차고지 뿐만 아니라 LNG 충전소 및 시유지를 활용할 수 있다. 또한, 향후 최초의 액화수소충전소 구축 노력을 통해 상징성을 확보할 수 있을 것으로 본다.

[그림 IV-15] 수소충전소 입지검토(예시)



[서창버스 공영차고지]

- 고압가스 안전관리법 : 자연녹지지역(조건부 가능)
- 인접도로 : 도로접합(적합)
- 부지면적 : 14,382.2m²(여유부지 X)
- 주변보호시설 : 주택 160m(적합)

조건부 가능
(주차면수 감량 등 여유부지 확보 시)

(3) 연료전지 : 발전용 및 가정·건물용 보급 방안

지구상의 화석연료 자원은 한정적이지만, 산업 활동에 필수적인 에너지는 그 사용량이 계속 증가하고 있다. 자원의 생성 속도보다 10만 배 이상 빠른 소비 속도로 인해 세계 에너지 시장은 불안정해지고 있다.

수소에너지가 궁극적으로 에너지 및 기후변화 문제를 동시에 해결할 수 있는 대체에너지 자원으로 떠올랐다. 수소는 지구에서 가장 많이 존재하는 물에서 얻을 수 있어 자원의 제한이 없고, 연료로 사용한 후에도 물로 돌아가므로 생태학적으로 안정적이고 친환경적인 에너지원이기 때문이다. 그러나 아직까지는 화석연료를 직접 사용하는 것보다 수소에너지를 이용하는 것은 에너지 효율이 낮아 경제성이 떨어진다. 이러한 수소에너지의 문제점을 극복하고 앞으로 시대를 이끌어 갈 기술로 "수소연료전지"가 대두되고 있다.

수소연료전지는 수소에너지 경제에서 대체에너지의 불안정한 공급 문제를

경제적으로 조절하고 보완할 수 있는 에너지 기술이다.

높은 발전효율과
친환경성을 가지며
설치제약이 적은
연료전지

연료전지는 높은 발전효율과 친환경성을 동시에 지니면서도 비교적 제약 없이 건설 및 이용이 가능하다는 특징이 있다. 이처럼 수소연료전지의 기술적인 잠재성과 친환경적인 특성 때문에 최근 수소연료전지의 상용화가 활발하게 늘어나고 있는 추세이다.

[표 IV-60] 연료전지 분류

구분	내용
발전용 연료전지	▪ 수백kW급 ~ 수MW급의 연료전지 시스템으로 주로 분산발전용으로 활용되고 있으며, 수소로부터 전기와 열을 동시에 생산 및 공급
건물용 연료전지	▪ 5kW급 ~ 수백kW급의 연료전지 시스템으로 병원, 공공건물 등의 건물에 전기와 열을 공급
가정용 연료전지	▪ 1 ~ 5kW급 연료전지 시스템으로 일반 가정에 설치되어 전기와 열을 생산 공급하며, 잉여로 생산된 전기는 전력망에 되팔 수 있음

최소 면적으로
설치 가능

연료전지는 가정, 건물, 공장 등에 최소 면적으로 설치 가능하여 입지 제약이 상대적으로 적어서 대규모 중앙집중식 공급 시스템에서 분산전원, 에너지자립으로 전이되는 에너지 패러다임의 최근 변화에 최적화된 친환경 에너지 전환 기술로 주목받고 있다.

연료전지 기술을
주도하고 있는
우리나라는 향후
수출 확대
가능성이 큼

2015년 기준 세계 연료전지 시장규모는 약 36억 달러 규모이며, 2024년에는 255억 달러로 7배 이상 성장이 예견되며, 2030년 20GW에서 2050년에는 100GW 규모로 성장할 것으로 전망된다. 그러나 세계적으로 아직 상용화된 기술을 보유한 업체가 7~8개 업체에 불과하고, 연료전지 기술을 우리나라가 주도하고 있어 향후 수출 확대로도 연결할 수 있는 잠재력을 지니고 있다.

[표 IV-61] 국내 수소연료전지 관련 정부 정책 및 제도

구분	내용
신재생에너지 발전차액 지원제도	<ul style="list-style-type: none"> 2006년 10월 연료전지를 신규대상으로 정함 2008년부터 15년간 매년 10월 11일을 기점으로 전년 대비 3%씩 인하여 차액지원금을 지급 2012년 RPS 제도로 대체
신재생에너지 의무할당제	<ul style="list-style-type: none"> 2012년부터 본격시행, 2020년까지 발전량의 10%를 신재생에너지로 보급 계획 정부가 의무대상자(500MW)를 정하면, 의무 대상자는 일정 기간 내에 목표를 완수해야 함 의무대상자는 신재생에너지 분야에 직접 투자하거나 REC를 거래하여 의무이행 가능, 발전 유형별 가중치 부여 검토중
그린홈 100만호 보급사업	<ul style="list-style-type: none"> 2020년까지 신재생에너지 설비 설치시 비용 일부 지원(그린홈 100만호 보급) 연료전지의 경우 현재 설치비용의 최대 75%를 정부가 지원(타 에너지원 최대 50%)
공공건물 신재생에너지 설치의무화 제도	<ul style="list-style-type: none"> 2011년 이후 공공기관이 신축, 증축 또는 연면적 3천m² 이상의 건축물에 대해 홈에너지 사용량의 10% 이상을 신재생에너지로 충당(이전에는 건축비 기준 5%, 2009년부터 증/개축 건물 포함) 의무비율을 2011년 10%에서 2020년 20%까지 확대하고, 대상 건축물을 1,000m² 이상으로 조정(2012년)
신재생에너지 활성화 방안	<ul style="list-style-type: none"> 신재생 열에너지 공급의무화제도를 통한 열에너지 산업 성장 및 열생산 전력낭비 감축 그리고 신재생에너지 보급 촉진, 열에너지의 10%(2016년) → 20%(2030년) 신재생 주민발전소 지원확대(REC 우대) 가중치 0.7 → 1.0(30~50%) → 1.2(50~100%) 전력다소비 사업장(5천kW 이상) 계약전력 3~15% 신재생설비 설치권고(인센티브) LNG 연료비 연동형 REC 가중치 도입

인천시 연료전지 보급방안

인천시는 2035년까지 수소연료발전으로 600MW 계획을 마련하고 수소연료전지발전소를 건설하는 등 목표 달성을 위해 노력하고 있지만, 추가적으로 가정·건물용 및 발전용 연료전지 보급 방안(정부 보급사업 활용, 공공기관 의무화제도 활용, VPP활용 수소도시 구축, 수소 발전 의무화제도 활용)에 대해 살펴보고자 한다.

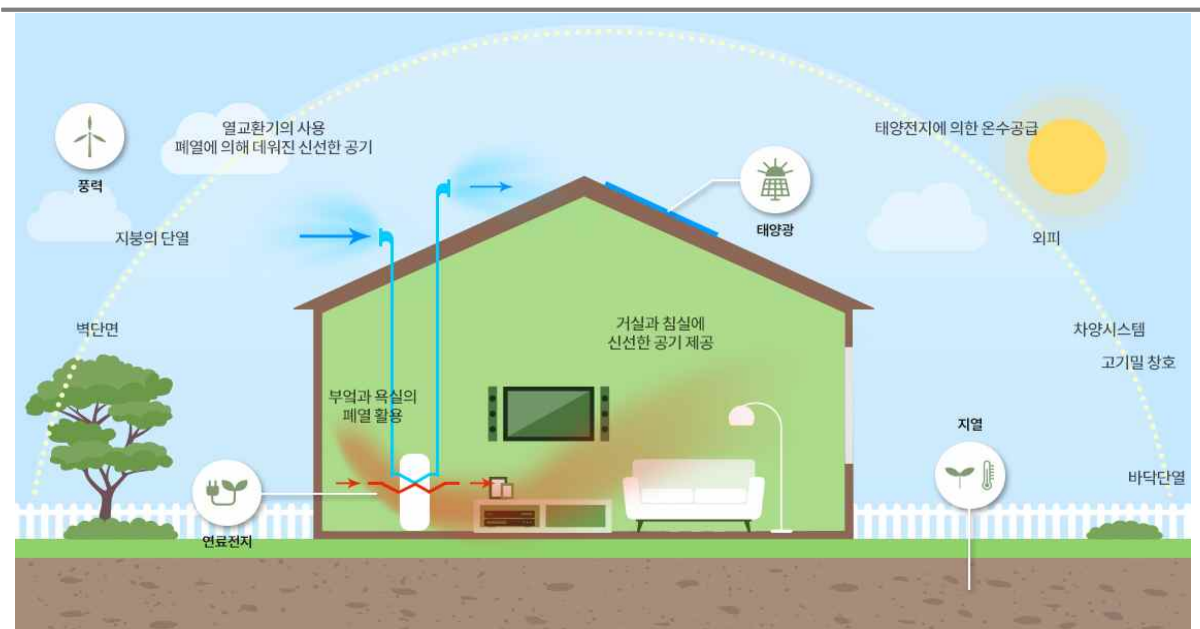
가. 정부 보급사업 활용 : 그린홈 지원사업

1) 배경

그린홈
주택지원사업을
활용한 연료전지
보급 확대

한국에너지공단의 그린홈 주택지원사업⁴⁷⁾이란, 태양광/태양열/지열 등 신재생에너지를 도입하고 고효율 조명 및 보일러, 친환경 단열재를 사용함으로써 화석연료 사용을 최대한 억제하고 온실가스 및 공기오염물질의 배출을 최소화하는 저에너지 친환경 주택을 일컫는다.

[그림 IV-16] 그린홈 지원사업



자료: 한국에너지공단

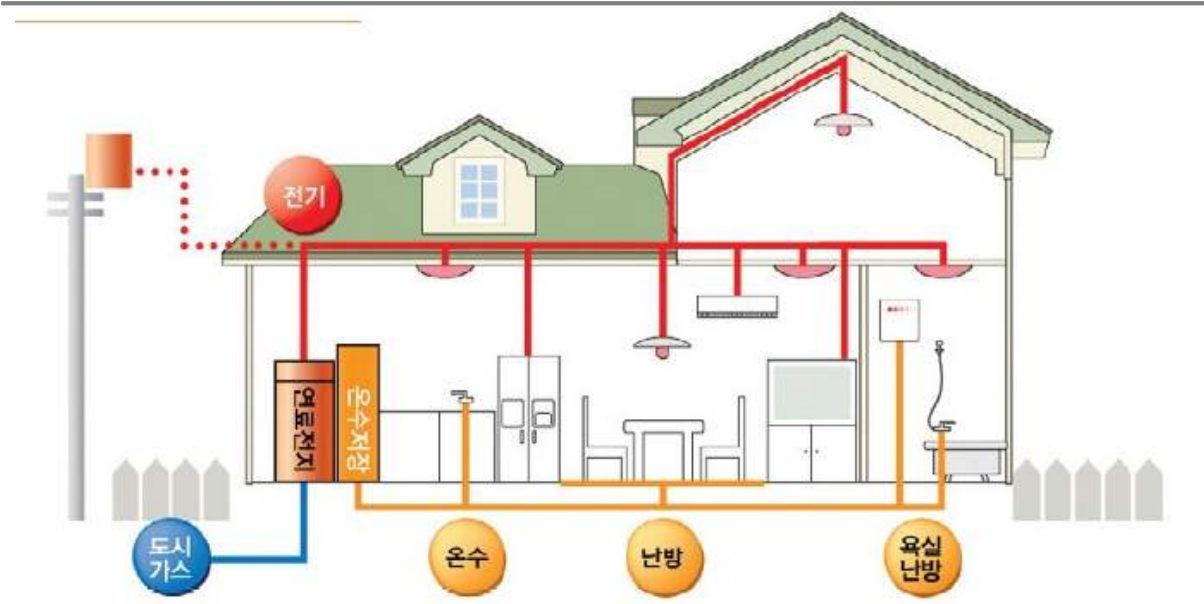
주택 내
연료전지를
설치하여 전기와
열을 활용

연료전지 주택이란 연료용 가스가 포함되어 있는 수소를 대기중의 산소와 반응시켜 전기와 열을 동시에 생산하는 연료전지를 주택에 설치하여 이용하는 것을 연료전지 주택이라고 한다.

도시가스가 공급되는 주택에 연료전지를 설치하면 여기에서 전기와 열이 생산되는데, 전기는 가정에서 사용하는 전기의 일부로 활용하고 열은 온수나 난방의 일부로 사용하는 것을 말한다. 즉, 연료전지 기술의 핵심은 수소와 산소가 화학반응으로 생기는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 기술이라고 할 수 있다.

47) 그린홈 주택지원사업 : 태양광/태양열/지열 등 신재생에너지를 도입하고 고효율 조명 및 보일러, 친환경 단열재를 사용함으로써 화석연료 사용을 최대한 억제하고 온실가스 및 공기오염물질의 배출을 최소화하는 저에너지 친환경 주택

[그림 IV-17] 연료전지주택 구성도



자료: 한국에너지공단

총 효율은 70~80%
수준, 소용량
연료전지가
상용화되어 있음

연료전지는 전기를 생산하는 발전효율은 30~40%, 열을 생산하는 효율은 40% 이상으로 총 70~80%의 효율을 가지고 있다고 알려져 있다. 현재 국내에서 가장 많이 적용되고 있는 방식은 고분자 전해질형(PEMFC) 형태로 80도 이하의 온도에서 동작하며 1kW~10kW의 소용량이 상용화되어 있고, 국내 그린홈 보급사업에서도 이 형식이 사용되고 있다.

1kW용량의 연료전지를 설치하기 위해서는 약 2m²의 면적이 필요하며, 이는 기존 보일러실에 있는 보일러 정도의 면적이다.

2) 활용방안

약 70%의 보조금
지원(1kW당 약
23.45백만원)

신재생에너지 보급 지원사업의 일환으로 현재 주택 및 일반건물에 신재생 에너지를 설치하면 설치비 일부를 보조해주는데, 주택용 연료전지 보조율은 약 70% 수준이다. 2019년 기준 총 126억 원에 달하는 "신재생에너지 보급 지원사업"을 통해 주택용 연료전지는 kW당 23.4백만 원을 지원받았다.

주택용 연료전지(1kW 이하) 보조금 지원단가는 kW당 1,875만원(VAT 포함), 도서지역 지원단가는 kW당 2,250만원(VAT 포함)이며, 건물용 연료전지 보조금 지원단가는 kW당 1,864만원이다.

[표 IV-62] 연료전지 설치비 및 발전단가 전망

구분		2018년	2022년	2030년	2040년
가정용	설치비(만원/kW)	2,640	1,600	700	410
	발전단가(만원/kW)	158	149	146	146

정부의 “신재생에너지 보급 지원사업” 예산을 활용하여, 연료전지 주택을 단계적으로 확대한다면 인천광역시의 연료전지 보급달성이 가능할 것으로 보인다.

나. 공공기관 신재생에너지 의무화제도 활용

1) 배경

공공기관
신재생에너지
의무화제도를
활용하여 연료전지
보급 가능

2020년 5월, 산업통상자원부는 2020년 이후 30%로 고정된 공공부문 신재생에너지 공급의무비율이 2030년까지 40%로 상향조정된다는 “신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법” 일부 개정(안)을 입법 예고했다.

해당 개정(안)은 재생에너지 3020 목표 달성을 위해 공급 의무화 비율을 상향하는 등 관련 규정을 보완하고 신재생에너지 설비의 사후관리를 시행해야 하는 기관 등을 지정, 공공부문 신재생에너지 공급의무에 대한 이행관리를 강화할 것으로 기대된다.

2011년부터 시행된 공공기관 신재생에너지 설치의무화제도는 일정 면적 이상의 지자체, 정부 투자기관 및 출자기관 등 공공기관 건축물을 신축·증축·개축하는 경우 건물의 총 에너지사용량의 일정 비율을 신재생에너지로 대체해야 하는 제도이다.

공급의무비율은 2011년 10%로 시작해 단계적으로 비율을 늘려 2020년 이후 30% 고정값을 유지하는 계획을 세운 바 있다. 그러나 이번 개정(안)에 따르면 제로에너지 건축물인증 의무화 등을 고려해 공공부문 공급의무화 비율을 단계적으로 확대할 계획이다.

[표 IV-63] 공공기관 신재생에너지 설치의무화제도 공급의무화 비율

구분	‘20~’21년	‘22~’23년	‘24~’25년	‘26~’27년	‘28~’29년	‘30년 이후
공급의무비율(%)	30	32	35	36	38	40

공급의무 비율이 건물의 총에너지사용량에 대한 신재생에너지 사용 비율이었다면 의무공급량은 발전사업자가 전체 발전량의 일정 부분 이상을 신재생에너지로 공급해야하는 비율이다. 2012년부터 시작된 신재생에너지 공급의무화제도(RPS)에 의해 50만kW 이상의 대규모 발전사업자는 연도별로 정해진 의무공급량을 채워야 한다.

2) 활용방안

인천 내 공공기관 활용

인천광역시 내 위치한 공공기관은 다음과 같으며, 해당 기관을 통해 건물용 연료전지 보급목표 달성이 가능하다.

[표 IV-64] 인천광역시 공공기관 현황

구분	공공기관
인천광역시	인천광역시청, 경찰서, 우체국, 인천국제공항, 인천항만공사, 국립환경과학원, 소상공인시장진흥공단, 인천광역시 교육지원청 등

다. VPP활용 수소도시 구축

VPP를 활용한 수소도시 구축을 통해 연료전지 보급 활성화 가능

한국은 안전하고 깨끗한 에너지를 통해 온실가스와 기후변화 등 지구의 환경 문제를 해결해 나가려는 세계적 흐름에 맞춰 에너지 전환을 추진하고 있다. 전통 에너지원인 석탄과 원전 비중을 줄이고 친환경 에너지원인 재생에너지 비중을 늘리고 있다.⁴⁸⁾

하지만 재생에너지는 바람이 불지 않거나, 흐린 날씨에는 출력이 떨어진다는 단점이 있으며, 필요한 시점에 전력을 생산하기 어려울 수 있다. 이는 결과적으로 전압 및 주파수의 이상을 초래하여 전력품질을 떨어트리게 된다. 특히 신재생에너지원의 불확실한 발전량은 적정 규모의 전력망 투자와 효율적 운영을 어렵게 할 수 있다. 또한, 분산형 에너지원은 그 규모가 작고 설치 기기 수가 매우 많아서 이를 개별적으로 감시하거나 관리할 수가 없기 때문에 개별 단독으로 전력시장에 투입되는 것이 현실적으로 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위한 대표적인 방법이 VPP(가상발전소)⁴⁹⁾라고 할 수 있다.

1) 배경

VPP를

VPP란 다양한 유형의 분산형 에너지원을 정보통신기술(ICT)을 이용해 통합

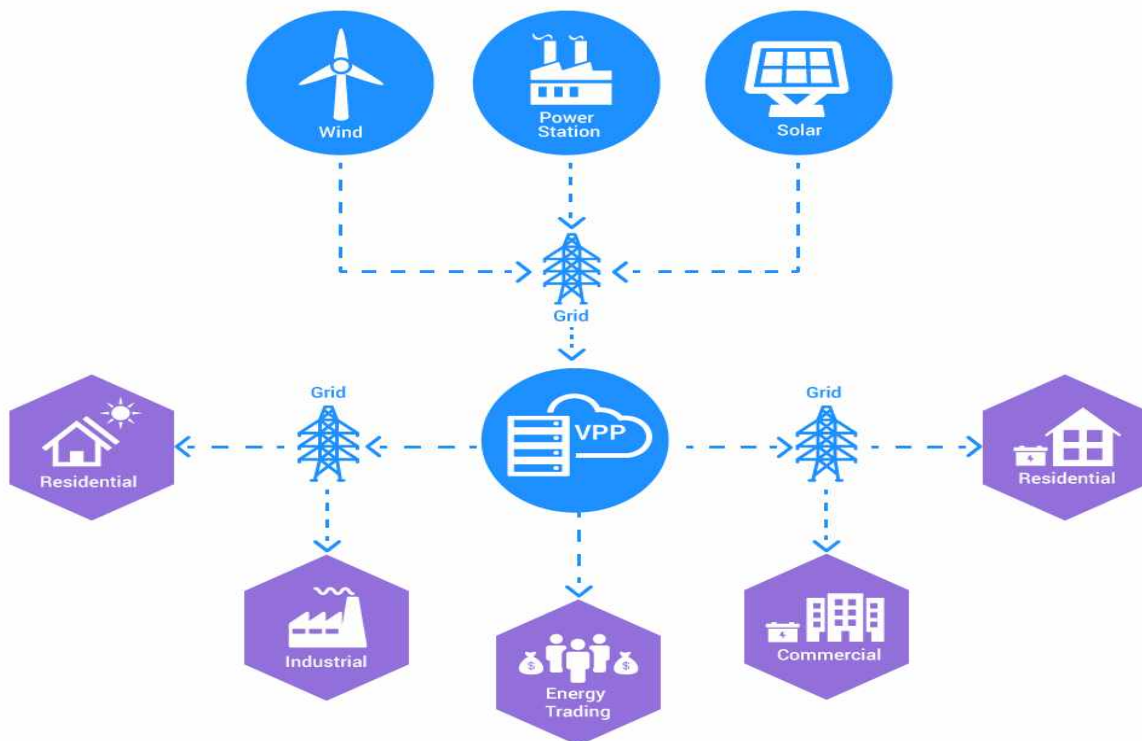
48) 제3차 에너지 기본계획에 따르면, 2040년까지 재생에너지 발전 비중 목표치는 30~35% 수준

49) VPP(Virtual Power Plant) : 가상발전소로 수요반응(DR) 사업을 중심으로 전력사업을 수행하는 회사로 발전기 없는 발전회사로 불림

**활용함으로써 전력
저장 및 제어 가능**

운영함으로써 중앙 급전 발전기와 같이 유연하면서도 제어를 쉽게 하기 위한 기술이다. 즉, 신재생에너지로 발전한 전기를 수백, 수천 개의 가정, 기업 내 에너지저장시스템(ESS)에 저장하고 각 ESS를 인터넷으로 연결해 하나의 발전소처럼 관리함으로써 전력 수급 조정에 유용하게 사용하는 방식이다.

[그림 IV-18] 가상발전소 개념도



자료: 에너지기후정책연구소

따라서 가상발전소의 핵심은 ESS와 IoT(사물인터넷)이다. 여러 개의 ESS에 전용기기를 설치해 충전 상황 등의 정보를 수집하고 실시간으로 화면에 표시해 충·방전을 제어하는 시스템으로 활용해야 하기 때문이다.

가상발전소의 종류는 크게 3가지 형태가 있으며 각 형태에 대한 내용은 다음과 같다.

[표 IV-65] 가상발전소 종류

구분	내용
수요기반 VPP	<ul style="list-style-type: none"> 수요반응(DR)⁵⁰⁾의 자원을 모아 발전소 역할 수행을 하는 것으로 현재의 수요자원 거래시장 공장이나 대형마트, 빌딩 등 전력을 아낄 수 있는 기관 및 일반소비자가 기존 사용량보다 적게 전기를 쓰기로 중개업체(수요관리 사업자)와 계약을 맺은 뒤 수요관리사업자가 아낀 전기를 모아 전력시장에 판매하고 수익을 나누는 방식
공급기반 VPP	<ul style="list-style-type: none"> 신재생 발전원, ESS, 전기자동차 등의 분산형 발전자원을 모아 발전소를 운영하는 형태로 현재의 소규모 전력 중개시장⁵¹⁾
혼합형 VPP	<ul style="list-style-type: none"> 수요기반 VPP와 공급기반 VPP를 통합한 형태로 궁극적으로 추구하는 가상 발전소 유형

가상발전소의 핵심은 ICT(정보통신기술)이라고 할 수 있다. 가상발전소는 전기 공급을 위한 계통 제어 시스템을 갖춰야 하고, 분산된 에너지를 수집하고 원격으로 에너지 흐름을 감시할 수 있어야 하며, 첨단 배전 시스템도 필요하다. 또한, 에너지 수집과 분석 과정에서 전력 수요와 공급을 사전에 예측해야 한다. 이런 시스템을 갖추는데 AI(인공지능)와 블록체인 기술을 활용하기도 한다.

2) 활용방안

3기 신도시 수소도시 구축 및 항만연계형 수소도시 구축방안 수립 필요

제1회 수소경제위원회에서 정부는 경기 남양주시 왕숙지구, 하남시 교산지구, 부천시 대장지구, 고양시 창릉지구, 인천 계양지구 등 3기 신도시 가운데 공모를 거쳐 2곳을 수소도시로 선정한다고 밝혔다. 또한, 인천광역시도 항만을 보유하고 있어 타 지자체와는 차별성으로 항만형 수소도시 구축이 가능하다.

인천광역시 내 VPP 활용 수소도시 구축을 통해 연료전지 보급 목표 달성 및 수소산업 육성이 가능하다.

50) 수요반응 자원 : 소비자들이 아낀 전기를 말하며, 이것을 되팔 수 있는 전력 거래시장을 수요자원 거래시장이라고 함

51) 소규모 전력 중개시장 : 1MW 이하의 신재생에너지와 에너지저장장치(ESS), 전기자동차(규모제한없음)에서 생산·저장한 전기를 중개사업자가 모아 전력시장에서 거래하는 사업

라. 수소 발전 의무화 제도(HPS)

1) 배경

RPS 제도에서
분리되어 HPS제도
신설('21년 도입
예정)

'20년 10월 개최된 제2차 수소경제위원회에 따르면, 수소 발전 의무화 제도 도입방안 등 2개 안건을 심의·의결하고, 수소 시범도시 기본계획 및 수소도시법 제정방안 등 3개 안건을 보고했다.

정부는 수소경제의 핵심축인 수소연료전지의 체계적인 보급 확대를 위해 "수소 발전 의무화 제도(HPS⁵²⁾)" 도입을 추진하기로 했다.

수소 인프라 확충은 기존 신재생 보급 체계를 중심으로 이루어지고 있으며, 특히 발전용 연료전지는 태양광·풍력 등 재생에너지를 중심으로 설계된 RPS⁵³⁾ 제도를 통해 보급이 지원되고 있다. 그러나 RPS 제도는 발전용 연료전지 보급의 한계를 드러내고 있으며, 수소 경제의 다른 분야도 단순한 보조금을 넘어 지원 체계에 대한 종합적이고 세밀한 검토가 필요하여 발전용 연료전지 분야의 제도개편을 추진하기로 한 것이다.

[표 IV-66] 수소연료전지 보급제도 내용

구분		내용	
사업용 (발전용)		의무공급 (RPS)	<ul style="list-style-type: none"> 대형 발전사업자에게 발전량의 일정비율을 신재생에너지로 공급하도록 의무부과('12년~) 직접 공급 혹은 REC 구매를 통해 간접적으로 의무 이행
자가용	주택 건물	보급사업	<ul style="list-style-type: none"> 주택, 건물에 자가용 신재생에너지 설비 구축 시, 설치비 일부(1,500만원 내외, 약 70%)를 보조('05년~)
	공공 기관	설치의무	<ul style="list-style-type: none"> 1,000m² 이상 공공기관 신·증축시 에너지소비의 일정비율('20년 30% → '30년 40%)을 신재생에너지를 통해 공급토록 의무('04년~)

내년까지 수소법을 개정해 "수소 발전 의무화 제도"를 도입할 예정이며, 수소법상 수소기본계획에 중장기 보급의무를 설정하고 경매를 통해 친환경·분산형 연료전지 발전전력을 구매해 나간다는 계획이다. 또한, 이 제도가

52) HPS : Hydrogen Portfolio Standard

53) RPS제도 : 대규모 발전사업자로 하여금 총 발전량의 일정 비율 이상을 신재생에너지로 공급하도록 하는 제도

시행되면 발전용 연료전지사업자는 안정적 판매처를 확보하게 되어 향후 20년간 25조원 이상의 신규투자가 창출될 것으로 기대된다.

2) 활용방안

HPS 제도를 통한 발전용 연료전지 보급 가능

향후 “수소경제 기본 계획”을 통해 연도별 의무 물량을 수립할 예정이며, 현재 공급의무자(의무이행 대상자)로는 RPS 의무사업자 또는 판매사업자(한전) 등이 검토되고 있다. 공급의무자와 물량이 결정된 후에는 태양광에서만 시행되던 장기고정계약이 연료전지에도 적용 가능해질 것으로 보인다.

HPS시장은 '21년 수소법 개정 후 '22년에 시행 될 예정이며, HPS를 통해 인천광역시는 발전용 연료전지 보급 활성화가 가능하다.

(4) 시범 및 실증사업

가. 수소버스 시범사업

수소차는 주행거리가 많은 버스 운행에 적합

수소버스는 전기버스 대비 주행거리가 2.5배 이상이고 충전시간이 짧아 운행 특성상 주행거리가 긴 버스 운행에 적합하다. 차량 가격의 경우 전기버스는 배터리, 온보드차저 등이 차별적으로 사용되고 수소버스는 연료전지, 연료탱크 등의 부품이 추가돼 초기 가격은 5억 원 수준으로 유사한 것으로 평가된다. 그러나, 수소버스는 연료전지의 높은 양산 효과로 차량 가격이 빠르게 하락할 가능성이 높다는게 업계의 전망이다.

[표 IV-67] 전기버스와 수소버스의 경쟁력 비교

구분	전기버스	수소버스
차량 가격	5억 원 수준	5억 원 수준
1회 충전량	전력 256kWh	수소 25kg
충전시간	67분	15분
주행거리	290km	400km 수준
시내주행	약 150km	약 350km
운영비	CNG버스의 1/3수준 → 정부 연료보조(60~70%)	CNG버스와 유사 → 5,000원/kg
비교	(에어컨) 244.2kWh/월	(CNG버스 주행거리/회) 380km

자료 : 수소융합얼라이언스추진단(대중교통 수소버스 활성화를 위한 정책 세미나 자료)

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

현재 운영비
측면에서
전기버스는 연료비
보조로 유리하나,
향후 수소버스가
유리

정부의 연료비 보조 때문에 운영비 측면에서는 전기버스가 다소 유리하다. 전기버스는 현재 산업부와 환경부의 연료비(전기가격) 보조로 정상가격의 60~70%를 받고 있어 CNG 버스 대비 1/3 수준의 운영비로 운영이 가능하다. 수소버스는 울산 기준 5,000원/kg 수준으로 정부 보조 없이도 CNG 버스와 유사한 수준이나 다만 연료비 보조를 받는 전기버스에는 못 미친다.

[표 IV-68] 수소버스, CNG버스, 전기버스 비교

구분		수소버스 (저상버스 기준)	CNG버스 (저상버스 기준)	전기버스 (저상버스 기준)
가 격	출시	8.3억 원	2.2억 원	4.8억 원
	보조금	(국고) 환경부 2억 국토부 1억 (지자체) 2억 (제작업체) 2억	(국고) 환경부 600만원 국토부 1억 (지자체) 600만원	(국고) 환경부 1억 국토부 1억 (지자체) 2,000만원~1억
1회 충전시 주행거리		300km 이상	350km	290km
내구성		10만km('20년 25만km)	100만km	20만km이하
연비		13km/kg	1.9km/m³	0.8km/kWh
연료가격		8,000원/kg	740원/m³	313원/kWh
1km당 연료비		615.4원/km	389.5원/km	391.3원/km
충전시간		100%(10분 내외)	100%(10분 내외)	100%(70분)
차량 성능		연비저하 미미	연비저하 미미	30% 감소

자료 : 수소경제 활성화 로드맵 보고서(2019)

시민들이 주로
이용하는 노선에
시범사업을
추진함으로 경제성
및 주민수용성
확보 가능

수소버스의 특성상 운행 장점이 많고 기대효과가 큰 만큼 인천시민들이 주로 이용하는 노선의 버스에 수소버스를 도입함으로써 경제성과 주민수용성 모두 확보할 수 있다.

시내버스 차종 중 전환대상, 충전인프라 여건, 중장기 수소버스 보급계획 등을 종합적으로 검토해 대상 지역 및 노선을 우선 선정 후 초기 2대의 시범사업을 추진한다. 시범사업을 통해 안전성 및 주민수용성을 확보할 수 있고 애로사항들을 보완하여 향후 시범사업을 확대·적용시킬 수 있다.

1) 해외 사례

해외에서도
수소버스 개발
시작

- 캐나다
- 일본
- 중국

해외에서도 수소버스 개발 및 실증 운행이 진행되고 있다. 수소버스는 2000년대 초반부터 캐나다 발라드파워시스템즈를 중심으로 개발이 시작됐으며, 2005년 이후 각국의 주요 완성차 업체들이 수소버스를 개발하기 시작했다. 특히 일본은 2018년부터 도요타의 수소전기버스 "소라(Sora)"의 상용화(판매)에 나섰다, 2020년 수소버스를 본격 투입해 2020년 100대, 2030년 1,200대의 수소버스를 보급 할 계획이다. 일본 정부는 수소버스의 운행

- 유럽 등

경로가 일정하고 대량의 수소를 사용하므로 수소충전소의 채산성 개선에 크게 기여할 것으로 기대하고 있다.

중국은 2017년 7월 세계 최대 규모의 수소버스 생산기지(연간 5,000대)를 완공했으며, 수소버스 실증사업을 진행 중이다. 중국 정부는 수소버스 대중화를 위해 대당 30~50만 위안의 정부 보조금을 지원하고 있으며, 베이징 동계올림픽과 연계해 오는 2022년까지 수소버스 200대를 운행할 계획이다.

유럽은 수소버스 상용화 계획을 발표하고 90여 대의 수소버스를 실증·운행 중이다. 수소버스 상용화를 위한 JIVE2 프로젝트를 통해 2020년 초까지 유럽 전역의 22개 도시에 약 300대의 수소버스를 배치 할 예정이다.

나. 특수차량 시범사업

인천 내 물류센터, 항만, 공항 등을 활용한 특수차량 시범사업 추진

인천시 내 물류센터, 인천항만공사, 인천국제공항 등을 활용하여 다양한 수소모빌리티 시범 및 실증사업 추진이 가능하다.

첫째, 인천시 내 인천국제물류센터, 쿠팡 인천 물류센터 등 규모가 큰 물류센터를 대상으로 특정 물류센터와 특수차량 시범운영 협약 체결 후 수소트럭 시범사업을 추진(2대)하고 향후 시범사업을 확대 적용(200대 이상)할 수 있다. 특수차량 시범사업을 통해 특수차량용 충전인프라 실증사업도 연계하여 추진할 수 있다.




둘째, 인천항만 내 모빌리티를 수소로 전환하는 사업을 추진할 수 있다. 항만 내 야드트럭, 지게차 등을 수소로 전환함으로써 근로자 및 시민들에게 수소의 안전성을 보여줄 수 있으며, 인천항만은 특수성으로 인해 다양한 모빌리티 실증사업을 수행할 수 있다.

셋째, 인천공항 내 다양한 모빌리티를 수소로 전환하는 사업을 추진할 수 있다. 인천공항에는 지게차, 버스, 트램 등 다양한 모빌리티들이 사용되고 있으며 공항 이용객들이 다양한 수소 모빌리티를 경험할 수 있는 실증의 최적지이다.

1) 실증사업 추진 사례 : 국내

수소전기트럭과 수소전기택시의 실증사업이 진행됨으로써 그동안 승용차 부문에 집중됐던 수소전기차 보급이 상용차와 대중교통으로 확산될 전망이다.

[표 IV-69] 국내 상용차 실증사업 현황

구분	내용
 수소트럭	<ul style="list-style-type: none"> 창원시에서 쓰레기수거용 수소트럭 1대를 시범운영(~2021년 말까지) 수소트럭이 국내 도로에서 실제 운영되는 첫 사례 수소트럭 충전이 용이한 대용량 충전소 완공 예정(~2020년 말까지)
 수소택시	<ul style="list-style-type: none"> 서울시 : 대덕운수, 유창상운은 수소택시 10대 시범운영 진행중(~2022년 말까지) 2019년 10대 투입 이후, 올해 10대 추가 투입(내구성 검증 및 개선 추진)
 수소버스	<ul style="list-style-type: none"> 부산 5대, 창원 5대, 울산 3대 등 총 13대의 수소버스가 시범 운영 중 전주, 서산 등 수소버스 시범운영 예정

국내에서는 트럭,
택시, 버스뿐만
아니라
쓰레기수거용
차량도 시범사업
추진중

창원시는 쓰레기수거용 수소트럭 1대를 2021년 말까지 시범운영하고, 연료비 및 운전인력 등 시범 운행에 필요한 제반 사항을 지원 할 예정이다. 또한, 쓰레기수거용 수소트럭 운행으로 인한 수소승용차 사용자의 불편을 최소화하기 위해 올해말까지 수소트럭 충전이 용이한 대용량 충전소를 완공 할 예정이다.

대덕운수, 유창상운은 수소택시 10대를 서울에서 2022년말까지 시범운영하고 운전자 지정 등 시범 운영을 지원한다. 한국자동차연구원이 차량에 대한 기술적 관리를 지원하고 실증사업 결과를 분석·공유해 수소차 성능개선에 이바지할 예정이며, 수소융합얼라이언스는 수소택시 시범운영 기간에 연료비를 지원하고 택시기사·승객 등을 대상으로 개선사항 등에 대한 설문조사를 실시할 예정이다.

2) 실증사업 추진 사례 : 국외

국외에서는
수소지게차 상용화
- 미국 : 22,000대
- 일본 : 500대 이상
- 유럽 : 200대 이상

글로벌 건설기계 시장은 대기환경 개선을 위한 배기가스 규제 강화 등으로 인해 지게차와 굴삭기를 중심으로 수소건설기계 개발을 활발히 진행중이며, 국내에서도 수소건설기계 개발이 진행되고 있지만 수소충전인프라와 상용화 기반구축이 함께 이뤄져야 한다는 목소리가 높다.

미국에서는 이미 수소지게차가 상용화되어 현재 코카콜라, 아마존, 월마트 등 30개 이상 사업장에서 플러그파워의 연료전지 파워팩 등을 적용한 22,000여 대가 운영되고 있다.

일본은 도요타를 중심으로 공장, 공항, 도매시장 등에서 500대 이상의 수소 지게차가 시범운영 중이며, 오는 2030년까지 10,000대 이상을 보급할 계획이다.

유럽에서는 프랑스, 오스트리아, 독일 등의 물류센터에서 200대 이상의 수소지게차가 실증 운전 중이다. 영국에서는 굴삭기 업체와 JCB와 연료전지 업체인 ITM이 수소 굴삭기 공동사업을 검토 중이며, 독일의 보쉬는 견인 트럭과 화물 이송을 위한 산업용 수소 트랙터를 개발했다. 볼보와 연료전지 업체인 Symbio는 2.5톤급 수소 굴삭기를 개발했고, 노르웨이 NASTA와 일본 히타치는 수소 굴삭기를 개발해 실증·운영 중이다. 또한, 키온과 BMW는 300여 대의 수소지게차와 공항용 수소트럭을 개발 중이다.

다. 산업단지 : RE100 산업단지 구축

스마트산단으로
선전된
남동국가산업단지를
RE100
산업단지로 구축

산업통상자원부가 선정하는 “2020년 스마트산단”으로 인천 남동산업단지가 선정되었다. 스마트산단은 개별기업의 스마트화를 넘어 정보통신기술(ICT)를 활용, 산업단지 내 기업 간 데이터 연결·공유를 통해 동일업종·밸류체인 기업들이 스스로 연계하여 스마트화되는 산단이다. 제조혁신으로 기업 생산성을 제고하고, 창업과 신산업 시험을 자유롭게 할 수 있으며 쾌적한 근로·정주환경을 갖춰 근로자 만족도를 제고하는 미래형 산단이다.

남동산업단지는 공항, 항만, 고속도로, 도시철도망이 동시에 갖추어진 최적의 광역교통망과 대학, 연구기관의 풍부한 산학연 협력인프라 등 우수한 입지여건을 가지고 있으며, 경제자유구역(IFEZ) 스마트시티 구축 플랫폼 활용 및 송도 바이오 클러스터 등 첨단산업과의 연계성도 가지고 있어 스마트산단으로 적합하다.

인천광역시는 남동 스마트산단 조성사업을 본격적으로 추진하여 남동산업단지를 쾌적하고 스마트한 미래형 산단으로 탈바꿈시킨다고 하였으며, 남동산단 구조고도화를 위한 스마트산단 조성사업을 2023년까지 준공하겠다는 목표를 밝혔다.

남동산업단지의 스마트산단 조성사업을 위해, 한국산업단지공단에서 주관하는 “산업단지 에너지 자급자족형 인프라 구축사업”의 실증을 통해 남동산업단지를 비롯한 산업단지들의 스마트화 및 RE100 산업단지 구축이 가능하여, 남동국가산업단지를 RE100 산업단지로 구축하는 실증사업을 제안하고자 한다.

1) 산업단지 에너지 자급자족형 인프라 구축사업

한국산업단지공단
에서 주관하는
사업 참여

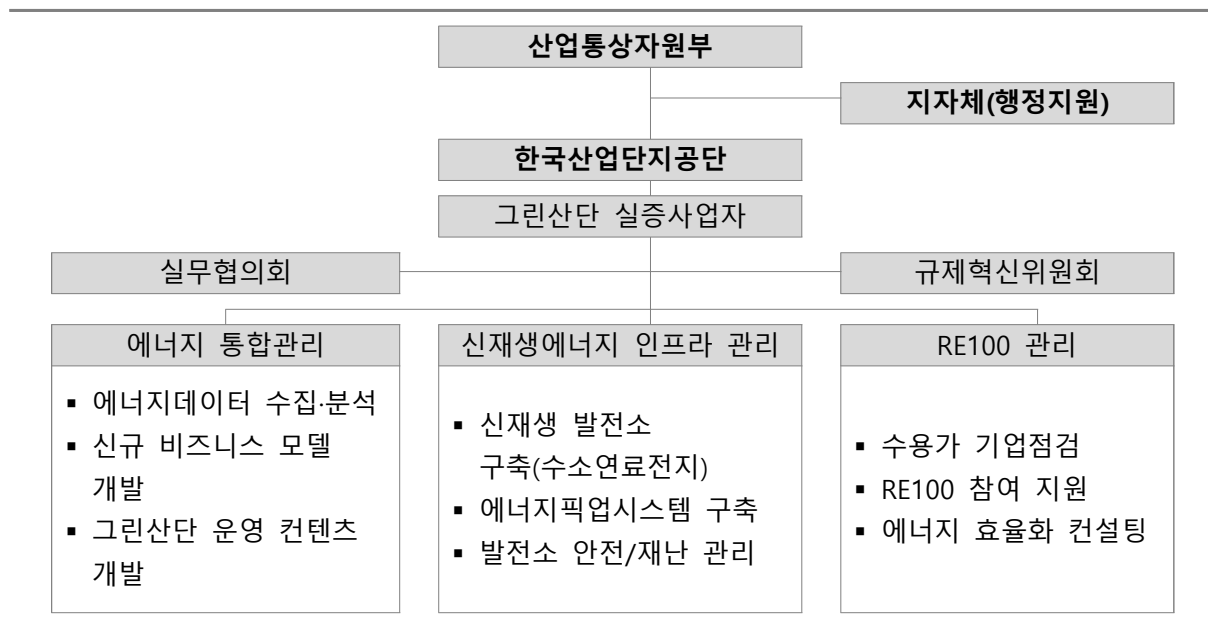
해당 사업은 한국산업단지공단에서 주관하며 기존 산업단지를 친환경적 그린 산업단지로 전환하기 위한 사업으로 에너지 자급자족, 신재생에너지 활용 콘텐츠 개발 및 운영이 가능한 실증산업단지를 구축하는 사업이다.

‘20년도에는 ‘19년도에 스마트산단으로 지정된 창원국가산업단지에 대한 실증사업을 추진중이며, 사업예산은 3년간 약 330억 원⁵⁴⁾(국비 191억 원, 지방비 139억 원)으로 책정⁵⁵⁾되었다. 창원국가산업단지에 대한 실증 사례를 바탕으로 남동산업단지도 스마트산단 조성을 위해 RE100 산업단지 구축이 필요하다.

2) 추진체계

한국산업단지공단은 사업추진총괄로 사업계획수립, 수행기관 선정·관리·감독 역할을 담당하며, 실무협의회는 기술개발사업 및 실증사업 통합관리를 규제혁신위원회는 사업 걸림돌 확인 및 해소방안 검토를 그리고 그린산단 실증사업자는 에너지통합관리, 신재생에너지 인프라 관리 및 RE100 관리 등의 역할을 담당하고 해당 사업을 위한 추진체계는 다음과 같다.

[표 IV-70] 추진체계도



3) 사업내용

산단 내
그린에너지를
공급하는 발전소

산업단지 신재생에너지 인프라 및 통합 에너지 관리 시스템 구축을 위해 산업단지 내에 그린에너지를 공급할 수 있는 신재생에너지 발전소, 전기차 충전인프라 및 V2G 시스템을 구축한다.

54) 정부 출연금은 전담기관 간접비가 포함된 총 금액이며, 전담기관 간접비 배분율은 매년 협약(산업부, 전담기관)에 따라 변동될 수 있음

55) 창원국가산단 사업비 : 1차년도 26억 원, 2차년도 157억 원, 3차년도 147억 원 총 330억 원

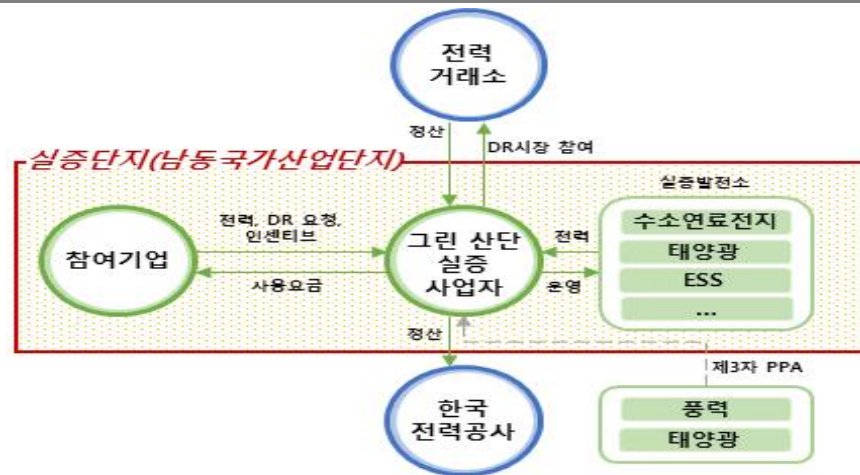
최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

구축, RE100 참여
기업 모집 등을
통한 RE100 산단
구축

연료전지(1.7MW 연료전지 발전소), ESS(1.5MWh 이상의 리튬이온축전지 시스템 구축), PV(공장지붕, 주차장 등을 활용한 1MW 이상의 태양광 발전소 구축), 전기차 충전인프라와 V2G 등으로 구성된 스마트산업단지 적용 분산발전소를 구축하고, 지역 RE100 참여 희망 기업을 대상으로 PPA 거래를 통한 전력공급을 통해 RE100을 선행적으로 달성하도록 지원하며, 에너지 자급자족 그린산단 실증사업 추진(안)은 다음과 같다.

[그림 IV-19] 그린산단 실증사업 추진(안)



해당 실증사업을 위한 연도별 추진계획(안)은 다음과 같다.

[표 IV-71] 연도별 추진계획(안)

구분	추진 목표 및 내용
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> 연료전지-ESS-PV 하이브리드 그린에너지 발전소 설계 및 사양 확정 수용가 확정 및 부하패턴 분석 에너지 서비스 콘텐츠 확정 에너지플랫폼 통합 방안 제시 발전소별 안전인자 분석 및 통합 안전진단 프로세스 설계 RE100 달성, 지원 로드맵 구축
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> 그린에너지 발전소 구축 에너지 통합관리시스템 구축 에너지 서비스 콘텐츠 개발 : P2P, e-Mobility 등 디지털 통합 안전진단 시스템 개발 RE50 달성 지원
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> 발전소 운영 효과 정량적 분석 수용가에 에너지 서비스 제공 최적의 유지보수를 위한 디지털 솔루션 개발 및 적용 발전소 장기 운영 방안 확립 발전소별 안전진단 서비스 제공 RE100 달성 지원

3. 인천형 특화사업 추진 방안

(1) 수소융합단지 실증사업 연계 방안

수도권 수소공급
허브를 위한 수소
생산 클러스터
예비타당성 조사
수행중

수소융합단지 실증사업은 수도권 수소공급 허브를 위한 수소융합실증단지 구축 지자체 특화 모델 발굴을 위한 예비타당성 과제이다. 타당성 여부에 따른 심사 후 수소 생산클러스터 실증단지 구축이 가능하며, 해당 사업을 통해 수소생산/수소활용/홍보관 운영 등 다양한 수소산업 연계가 가능하여 해당사업은 인천 내 수소산업을 위한 마중물 역할을 수행할 수 있다.

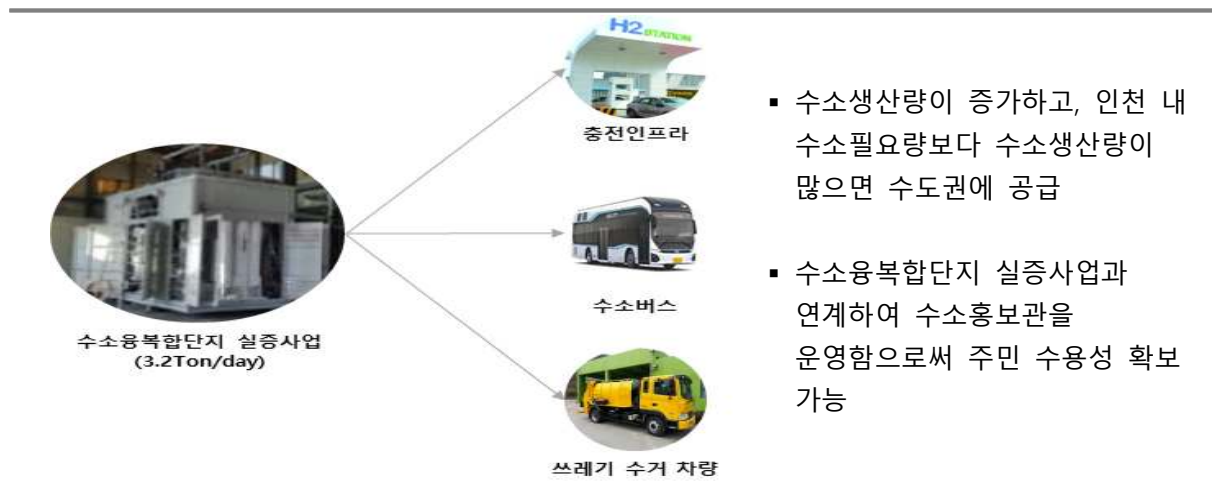
수소융합단지 실증사업을 통해 인천광역시는 부생수소, 추출수소, 그린수소뿐만 아니라 바이오가스를 활용한 수소생산을 통해 다양한 수소 생산지라는 위상 정립이 가능하다.

수소버스, 쓰레기
수거차량,
충전인프라 사업과
연계 추진

수소융합단지 실증사업을 통해 생산된 수소를 수소모빌리티 실증사업에 적용할 수 있다. 수소버스 및 쓰레기 수거 차량에 활용할 수 있으며, 실증사업을 위한 충전인프라를 구축하고 수소융합단지 실증사업을 통해 생산된 수소를 충전인프라에 공급할 수 있다. 실증사업 초기 생산되는 수소의 양이 3.2Ton/day 정도라 2~3대의 수소모빌리티 실증사업을 추진하고, 향후 수소생산량 증가시 실증사업을 확대 적용하는 한편, 수소 생산량이 인천 내 수소 필요량보다 많으면 수도권 내 수소를 공급할 수 있다.

또한, 수소홍보관을 운영함으로써 해당 사업에 대한 주민 수용성 뿐만 아니라 수소산업에 대한 주민 수용성도 확보가 가능하다.

[그림 IV-20] 수소융합단지 실증사업 연계 방안



가. 수소융합단지 실증사업 개요

인천광역시는 '19년도 수소융합단지 실증사업 예타조사 지원사업에 선정되어 바이오가스를 이용한 수소생산 클러스터 구축 타당성 조사를 진행 중이다.

[표 IV-72] 사업협력체계

구분	역할
인천테크노파크	▪ 총괄주관
인천광역시	▪ 행정 및 인프라 지원
수도권매립지관리공사	▪ 바이오가스 생산/정제, 태양광/풍력 수전해, 수소충전소/수송배관
SK인천석유화학	▪ 부생수소 공급 및 발전사업화 추진
현대로템	▪ 바이오가스 개질, 수소수송배관/충전소 구축
인천항만공사	▪ 수소야드트럭, 연료전지 컨테이너 실증
인천국제공항	▪ 공항 내 수소버스/트럭, 수소승용차 실증
인천상공회의소	▪ 수소관련 설계, 장비, 소재, 부품 산업단지 육성
연세대학교	▪ 기술 및 R&D 기획, 교육 및 홍보센터 구축

수도권 수소공급 허브를 위한 수소융합실증단지 구축 및 지자체 특화 모델 발굴을 목표로 수도권매립지관리공사 내 실증단지를 구축하여 3.2Ton/day의 수소를 생산하고자 한다.

[표 IV-73] 수소융합단지 비전 및 목표

비전	지속가능한 Green Energy-Green Life		
목표	수도권 수소 생산·공급 허브로서의 수소 생산 실증단지 구축		
전략	① 실증단지 구축	② 교육 및 R&D센터 구축	③ 표준화 발굴
세부전략	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biogas 정제 설비 구축 ▪ 수소 생산기지 및 충전소 구축 ▪ CNG 개질 및 수전해 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 교육 및 홍보관 센터 구축 ▪ R&D 및 기술 컨설팅 ▪ 산업단지 연계 신산업 발굴 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국가표준 전략 수립 ▪ 국가 표준(KS) 개발 ▪ 국제 표준(ISO) 연계 개발

인천시는 수소생산에 핵심적인 자원, 지리적 이점 등을 갖추고 있어 수도권 수소 공급 허브로 적합하며, 항만시설 및 LNG 공급기지 등이 위치하고 있을 뿐만 아니라 지리적으로 50km 이내에 수도권 전 지역이 위치하고 있어 수도권 수소 공급 허브로 최적지로 손꼽히고 있다.

나. 수소융합단지 운영 흐름도

바이오가스를
활용하여 1일 총
3.2Ton의 수소
생산 가능

바이오가스를 이용한 수소생산 1일 총 수소생산량 목표를 3.2Ton으로 할 때 바이오가스 사용량은 $\sim 324\text{Nm}^3/\text{hr}$ 정도이며 나머지 부족량인 $236\sim\text{Nm}^3/\text{hr}$ 은 도시가스를 활용해 공급 할 예정이다. 이후 2단계에서는 태양광/풍력발전을 이용한 그린수소를 생산하여 공급할 수 있는 시스템을 구축할 예정이다.

[그림 IV-21] 수소융합단지 실증사업 운영 흐름도



생산된 수소는
버스 및 쓰레기
반입 차량에
활용하고, 향후
수도권에 공급
예정

바이오가스를 정제한 바이오메탄(CH₄-95% 순도)을 개질하여 수소를 생산하고 1차적으로 수도권매립지 통행 쓰레기 운반 수소차량 및 수소버스에 수소를 충전할 예정이며, 2차적으로 수도권 내 수소충전소로 보급 할 수소 공급지로서 수소생산단지로 구축 할 예정이며, 튜브트레일러를 통한 외부 수소 공급을 위해 압축기 및 카트리지를 구축할 예정이다.

향후 수소생산클러스터 조성사업을 통해 관련 산업 육성과 인력육성을 추진하고 생산된 수소는 인천시 자체 수요 및 수도권 공급, 다양한 실증사업 추진을 목표로 추진하고 있다.

(2) 항만, 공항, 인수기지 등 인프라 연계 방안

가. 인천항만 특화사업

1) 사업개요

인천항만은 많은
선박들로 인해
온실가스 및
대기오염물질
배출이 많음

인천항만은 많은 양의 온실가스 및 대기오염물질⁵⁶⁾을 배출하고 있으며, 인천광역시의 대기질 개선을 위해서는 인천항만에서 발생하는 온실가스 및 대기오염물질 저감이 필수적이다.

인천항만은 대기질 개선을 위해, 인천항에서 발생하는 미세먼지의 40% 저감을 목표로 설정하고 선박의 육상전원공급 활성화, 신재생에너지 도입 등 대기오염 저감을 위해 노력하고 있다.

인천항만 내 연료전지 발전소 구축, 수소모빌리티 실증사업 및 충전인프라 구축을 통해 온실가스 및 대기오염물질 저감이 가능하며, 타 도시와 차별화된 인천형 특화사업 추진이 가능하다.

2) 국내외 수소항만 사례

① 국외 사례

항만지역 대기환경 오염을 줄이고 개선하기 위한 국외 수소경제는 이미 진행 중이다. 스페인 발렌시아항에서는 수소항만(H2Ports) 시범사업으로 컨테이너 운송장비(스태커 트랙터 등)에 수소 공급을 위한 이동주유소를 설치·운영 중이며, 뉴질랜드 오클랜드항은 수소를 활용해 2040년까지 대기오염 물질 배출을 없애는 “제로 배출 항만”을 구현하는 것을 목표로 세우고 항만에서 수전해 방식으로 수소를 생산해 예인선, 스트래들 캐리어 등 중장비에 공급하는 시설을 건설하고 있으며 하역장비와 운송차량에도 투자할 예정이다.

또한, 독일의 엠덴항은 '19년 2월 풍력발전기에서 생산된 잉여전기를 수소 형태로 저장해 항만의 다양한 시설에 활용하는 시범사업을 시작했다. 국제해사기구(ICS)는 배출규제해역 등을 도입해 환경오염을 줄이기 위한 국제적 노력을 선도하고 있고, 수소추진 선박이 대안으로 개발 중(독일, 프랑스, 네덜란드, 미국)이다.

② 국내 사례(부산)

부산시와 부산산업과학혁신원(BISTEP)은 국가균형발전위원회의 “초광역 협력 프로젝트 발굴 및 기획지원 사업”에 부산·울산·경남 지역을 묶는 “동남권 그린 수소항만 조성사업”을 신청하고 20년 12월 최종 선정되었다.

동남권 그린 수소항만 사업에는 ①항만 수소 활용 인프라 구축, ②수소를

56) 컨테이너 선박 1척은 디젤 승용차량 5천만대의 SOx와 트럭 50만대의 미세먼지 배출량과 같은 양의 대기오염물질을 배출

이용한 선박 개발, ③수소를 이용한 하역장비 및 안전감시 드론 개발, ④수소 활용 항만물류 수송·하역·운송과 안전감시 실증사업을 추진할 예정이다.

3) 사업내용

① 연료전지 발전소 구축

항만 내 연료전지 발전소 구축을 통해 전력사용량 대체

인천항만공사의 '19년도 온실가스 배출량 중 간접배출량은 1,070,000tCO₂로 전체의 73%를 차지하고 있다. 간접배출은 전력, 열, 폐기물 등 여러 방안으로 배출되지만, 현재 인천항만의 간접배출량을 100% 전력이라고 가정하여 전력사용량으로 역산한 결과 약 2,329,124MWh/년의 전력을 사용⁵⁷⁾하는 것으로 나타났다.

2,329GWh/년의 전력을 생산하기 위해서는 약 300MW 연료전지 발전소 구축이 필요하며, 발전소에서 생산되는 전력으로 대체함으로써 온실가스 및 대기오염물질 저감이 가능하다.

인천항만 내 연료전지 발전소 구축 시, 이산화탄소 포집 및 활용 기술(CC U⁵⁸⁾, Carbon Capture & Utilization)도 구축함으로써 CO₂ 발생 문제를 해결할 수 있다. 연료전지 발전소의 연료는 초기에는 LNG를 활용하고, 향후에는 한국가스공사에서 LNG를 개질하여 수소를 생산한 후 항만의 연료전지 발전소의 연료로 활용하는 방안도 고려할 수 있다.

인천항만 내 연료전지 발전소에서 생산된 전력은 현재 인천항만 내 활용되는 전력사용량을 대체할 수 있으며, AMP(항만 육상전원공급설비)에 사용되는 전력을 연료전지 발전소 내 생산되는 전력으로 대체함으로써 대기오염물질 및 온실가스를 절감할 수 있다.

② 수소모빌리티(트럭 및 특수차량) 실증사업

인천항만은 특수성으로 인해 다양한 모빌리티의 실증사업을 수행할 수 있어, 인천항만 내 사용되고 있는 모빌리티를 수소로 전환하는 실증사업을 추진한다.

항만 내 야드트럭, 지게차 등을 수소로 전환함으로써 근로자 및 시민들에게 수소의 안전성을 보여줄 수 있으며, 특수차량의 수소모빌리티 도입을 통해 다양한 수소모빌리티 확대·적용, 수소모빌리티의 경제성 확보 및 CO₂ 배출

57) 전력배출계수 : 0.4594tCO₂-eq

58) CCS 기술과 달리 포집된 이산화탄소를 따로 저장하지 않고 산업적인 용도로 직접 활용하거나 부가가치가 높은 물질로 전환함으로써 대규모 저장소 확보에 어려움이 있는 상황에 적합

을 줄일 수 있다.

실증사업 초기에는 트럭, 야드트럭 및 지게차를 대상으로 5~10대 이내로 수소모빌리티로 전환하고, 향후에는 보유 차량 대수의 20% 이상 확대 등 점진적으로 실증사업을 확대·추진함으로써 환경친화적인 도시로 탈바꿈할 수 있다.

③ 충전인프라 구축

인천항만은 '17년 미세먼지 저감을 위해 경유로 운행되고 있는 야드트랙터를 LNG용 야드트랙터로 전환하는 사업을 추진했으며, 운행 중인 트랙터들의 LNG 전환 시기를 앞당기기 위해 노력하였으나 LNG 충전시설이 없고 해당 사업 추진에 어려움을 겪었다.

마찬가지로 수소모빌리티 실증사업을 추진하기 위해서는 충전인프라 구축이 필수적이며, 실증사업 도입과 함께 충전인프라가 필수적으로 구축되어야 한다.

④ 기타(해외수소 도입)

'30년 이후
안정적인
수소공급을
위해서는
해외수소도입이
필요

국내에서 제한된 그린수소 생산여력을 감안할 경우, 2030년부터는 해외 재생에너지, 갈탄 등을 활용하여 생산된 그린수소를 수입해 상당량의 부족분을 보충해야 할 필요가 있다. 또한, 수소 해외 생산은 안정적 수소 수급과 가격 안정, 국내 온실가스 감축, 수소경제선도 등과 함께 수소운반선박 등 관련 산업 육성에도 기여할 수 있다.

수소 수입 방안은 안정적인 수소 수급과 가격 안정, 국내 온실가스 감축, 수소경제 선도 등과 함께 수소운반 선박 등 관련 산업 육성에 기여할 수 있다는 점에서 적극적으로 고려되고 있다. 이에 정부는 해외 친환경 수소의 국내 도입을 위한 액화수소 운송 선박 핵심기술(극저온 단열 기술, 적하역 기술, BOG 처리 기술)을 집중적으로 지원하여 '30년까지 개발 및 실증을 완료, 시험운항 및 상용화한다는 계획과 함께 액상(유기화합물) 운반선에 대한 장기적인 기초연구도 병행할 예정이다.

우리나라와 유사한 여건을 갖추고서 수소경제를 추진하는 일본의 경우, 자국 내 부족한 그린수소 생산 여력 보충과 수소교역을 대비하여 호주나 브루나이 등과 함께 해외생산 수소의 일본 수송 프로젝트를 추진중이며, 우리나라도 이를 벤치마킹할 필요가 있다.

[표 IV-74] 일본의 해외 생산수소 도입 사례

구분	내용
HySTRA 프로젝트	<ul style="list-style-type: none"> 호주 빅토리아에 매장된 갈탄에서 수소를 생산하고 저장, 운송, 이용까지 한번에 가능한 액화 수소 공급망 구축을 하는 일본(NEDO) 시범 프로젝트를 일본 4개사 공동으로 HySTRA⁵⁹⁾을 설립, 각 기업의 특화 기술을 중심으로 협업 추진 중 갈탄의 가스화, 액화수소의 장거리 대량운송, 액화수소 하역 등 기술을 개발 진행하여 2030년 일본 도입을 목표로 추진 중
SPERA 프로젝트	<ul style="list-style-type: none"> 미쓰비시의 브루나이 생산 천연가스의 LNG액화기지에 치요다 화공건설이 수소화플랜트시설 건설, 천연가스에서 수소분리, 니폰유센이 선박을 이용하여 일본으로 '20년부터 수소 수송을 개시할 계획으로 진행중이며, 실증단계에서는 4만대분(210Ton/년)의 수소가 공급 될 예정 치요다 화공건설이 현지에 건설 중인 수소화 플랜트에서는 천연가스 추출수에 톨루엔을 첨가, 액상 MCH로 변환하여 일본으로 수송하고 일본에 하역 후 가와사키에 탈수소 플랜트를 건설하고 다시 수소로 전환하여 가스터빈 발전의 연료로 사용 예정임
액상 방식 운송프로젝트	<ul style="list-style-type: none"> 호주는 태양광 발전의 전력을 활용하여 수전해 방식으로 수소를 생산함과 동시에 공기로부터 질소를 분리하여 수소와 질소를 결합하는 Haber-Bosch 공정을 통해 암모니아를 합성하는 프로젝트 추진 중 일본은 호주가 생산한 대규모 액상 암모니아를 LPG 선박을 활용하여 저장 후 일본으로 운송하는 프로젝트를 함께 추진 중

인천광역시도 장기적인 관점에서 해외 생산수소의 국내 도입 시스템을 구축해야 한다.

인천 항만을 해외 수소 도입 인수기지로 활용

인천 항만을 활용하여 해외 수소 도입을 추진하고자 한다면 수소운반선박 개발만 해서는 안 되며, 수소 해운이송 관련 전체 밸류체인별 특화 기술을 함께 개발하는 종합적인 수소 운송 프로젝트가 필요할 것이다.

또한, '30년부터 수소 해운 이송과 도입을 목표로 한다면 지금부터 수소 수입을 위한 인수기지 기획이 필요하며, 보통 인수기지 등 항만개발과 연계된 중·대규모 인프라 사업은 기획 단계부터 실제 건설, 운영에 이르기까지 대략 10년 이상의 기간이 소요되므로 첫 단계로서 인수기지 부지 선정 작업부터 시작해야 한다.

나. 인천국제공항 특화사업

1) 사업개요

인천공항은 많은 양의 온실가스 및 대기오염물질⁶⁰⁾을 배출하고 있으며, 인

59) HySTRA는 일본 경제산업성의 수소공급망 수립전략 로드맵('14.06)에 따라 NEDO에서 프로젝트 시행('15.06)을 위해 가와사키 중공업, J파워, 이와타니산업, 쉘 재팬 등에 의해 설립('16.02)된 협의체

60) 컨테이너 선박 1척은 디젤 승용차량 5천만대의 SOx와 트럭 50만대의 미세먼지 배출량과 같은 양의 대기

천광역시의 대기질 개선을 위해서는 인천공항에서 발생하는 온실가스⁶¹⁾ 및 대기오염물질 저감이 필수적이다.

인천공항은 버스 및 지게차 등 인천공항 내 수소모빌리티 실증사업을 추진하고 있으며, 인천국제공항 내 수소모빌리티 실증사업 및 충전인프라 구축을 통해 타 도시와 차별화된 인천형 특화사업을 추진할 수 있다.

2) 국내외 수소공항 사례

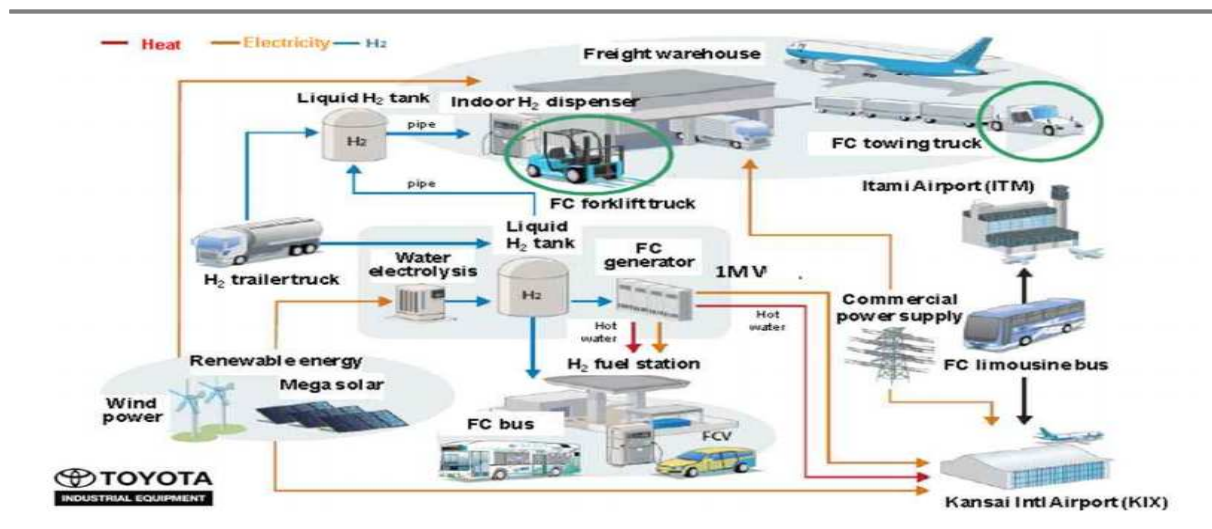
① 국외사례(일본)

일본은 '16년에 간사이국제공항에 수소충전소를 준공한 데 이어, '19년 11월 주부국제공항과 도쿠시마공항 내 지게차용 수소충전소(상용 수소충전소)가 운영을 시작⁶²⁾했다.

주부국제공항과 도쿠시마공항 내 설치된 수소충전소는 수소전기버스도 충전할 수 있도록 설계되어 있으나 아직 수소전기버스를 도입하지 않아 간사이국제공항에서 수소전기버스 시승 행사 진행 시 이곳에서 수소전기버스를 충전했다.

간사이국제공항은 "스마트 아일랜드 구상"을 추진중이며, 해당 프로젝트의 모식도는 다음과 같다.

[그림 IV-22] KIX Hydrogen Project 모식도



오염물질을 배출

61) 2018년 온실가스 배출량 : 1,446,733tCO₂(이중 항공기(항공기 이착륙, 상승, 지상이동 및 보조엔진)에서 약 695,367tCO₂를 배출하여 48%를 차지)

62) 공항에 설치된 태양광발전소에서 생산된 전기로 물을 분해해 수소를 충전

태양광 및 풍력발전, 수소 등 친환경 에너지를 활용해 간사이 국제공항을 “환경 선진 공항”으로 재탄생 시킨다는 목표로 5kW급 풍력발전 터빈 3기와 30kW급 태양광발전소에서 생산한 전기로 물을 분해해 수소를 충전하고 음식물 쓰레기 등에서 발생한 바이오가스를 개질해 수소를 생산한다. 장기적으로는 간사이국제공항과 오사카국제공항을 잇는 수소전기버스와 연료전지 토잉트랙터(화물의 컨테이너를 항공기에 배송) 등을 도입할 예정이다.

3) 사업내용

① 수소모빌리티 실증사업

인천공항에는 지게차, 버스, 트램 등 다양한 모빌리티들이 사용되고 있으며, 공항 이용객들이 다양한 수소 모빌리티를 경험할 수 있는 실증의 최적지로서 다양한 수소모빌리티 실증사업을 추진할 수 있다.

이에, 인천국제공항은 수소지게차 도입을 위한 업무협약 추진, 수소전기버스 도입을 위한 버스용 충전인프라 설치 등 수소모빌리티 전환을 위한 사업들을 추진하고 있지만 수소모빌리티 실증사업을 확대 추진할 필요가 있다.

실증사업 초기에는 버스, 지게차를 대상으로 5~10대 이내로 수소모빌리티로 전환하고, 향후 보유 차량 대수의 20% 이상 확대 등 점진적으로 실증사업을 확대·추진할 수 있다.

향후에는 인천공항 내 트램을 수소전기트램으로 전환할 수 있다. 울산시는 현대로템과 수소 트램 실증 및 상용화를 위한 협약을 추진하고 태화강역에서 울산항을 잇는 울산항선 4.6km 구간의 철도를 활용해 현대로템의 수소전기트램 실증화 사업을 지원하고 있다. '20년 말까지 트램용 핵심 부품 및 성능시험 플랫폼을 구축하고, '21년부터 수소전기트램 시제차량을 제작하여 '23년 본격 상용화를 목표로 하고 있다. 인천공항에도 '23년 이후 수소트램을 도입할 수 있을 것으로 보이며, 다양한 수소모빌리티 실증사업을 통해 CO₂ 절감이 가능하며, 시민들의 직접 체험을 통한 주민수용성을 확보할 수 있다.

② 충전인프라 구축

수소모빌리티 실증사업 추진을 위해서는 충전인프라 구축이 선행되어야 한다. '21년 3월 준공을 목표로 수소전기버스 충전소가 인천국제공항 제2여객터미널 인근 부지에 구축되고 있으며, 충전소가 완공되면 인천국제공항에서 운영 예정인 1터미널-2터미널 간 셔틀 수소버스와 공항 업무용 수소차의 충전 편의를 제공하게 되며, 국내외 여행객을 대상으로 수소차 렌트사

업을 위한 충전인프라로도 활용이 가능할 전망이다.

일반 차량뿐만 아니라 특수차량을 위한 충전인프라 구축도 필요하다. 인천 국제공항은 수소지게차 도입을 위한 업무협약을 추진하였으며, 수소지게차 도입을 위해서는 일본과 같이 지게차용 수소충전소 구축이 필요하다.

다. LNG 인수기지 특화사업

인천은 세계 최초
해상 천연가스
생산기지 보유

1996년 천연가스 생산과 공급을 시작한 한국가스공사 인천생산기지는 송도국제도시 서남측 해상, 총 45만평(여의도의 1.8배)에 달하는 광활한 부지에 자리하고 있는 세계 최초의 해상 천연가스 생산기지⁶³⁾이다.

10만kL급 10기, 14만kL급 2기, 20만kL급 8기 총 20기의 저장탱크를 운영하고 있는 인천생산기지의 총 저장용량은 228만kL이며, 가스공사가 연 평균 도입하는 약 3천만 톤의 LNG 중 약 36%인 천만 톤 이상을 인천생산기지 에서 처리하고 있다.

1) 사업개요

LNG 개질을 통해 수소를 제조할 경우 대량의 수소생산이 가능할 뿐만 아니라 나프라 개질 수소생산 방식 대비 약 38%의 이산화탄소 발생량을 절감할 수 있으며, LNG 배관망을 이용해 On-Site 방식으로 수소를 생산·공급할 경우 기존 수소생산방식 대비 생산원가가 저렴하여 경제성이 우수하다. 또한, LNG 냉열을 이용한 냉동창고, 연료전지 및 수소충전소 등과 융·복합한 비즈니스 모델 구축이 가능하며, 인천광역시도 LNG 인수기지를 활용한 수소산업 육성이 필수적이다.

LNG 인수기지를 활용하여 추출수소 플랜트 구축, 액화수소 플랜트 구축, 냉열 활용사업 추진 등이 가능하며 다음 사업들을 통해 인천 및 수도권 내 안정적인 수소 공급이 가능하다.

2) 국내외 인수기지 사례

① 국내사례(경기도 평택)

경기도는 수소 산업을 신성장 동력으로 발전시키기 위해 “경기도 수소에너지 생태계 구축 기본계획”을 발표하였으며, 중점 과제 중에 평택 LNG 인수

63) 자원이 부족한 우리나라는 대부분의 천연가스를 해외에서 수입하고 있으며, 선박을 통해 도입한 LNG를 저장하여 각 지역본부에 공급하는 역할을 수행하며, -162℃ 초저온을 도입되는 LNG 탱크에 저장했다가 압력을 가해 다시 NG로 바꾼 후 전국 공급배관망을 통해 수요처까지 공급

기지의 냉열을 이용한 액화수소 등을 도입하기 위한 수소인수기지로 활용
해 중부권 거점형 수소공급허브로 만든다는 내용을 포함하고 있다.

평택 LNG 기지 옆 포승읍 원정산업용지에 하루 5Ton 규모의 수소생산기지가 들어설 예정이며, 향후에는 LNG 냉열을 활용한 액화수소플랜트를 구축할 예정이다. 액화수소플랜트 부지 내 충전인프라 및 연료전지 발전설비 등을 융복합으로 구성하는 방안을 계획중이며, 하루 5Ton 및 30Ton 규모 2가지(안)을 놓고 검토 중⁶⁴⁾이다.

3) 사업내용

① 추출수소 플랜트 구축

LNG를 활용하여
추출수소 플랜트
구축 가능

인천광역시는 한국가스공사의 인천생산기지를 활용하여 수소를 대량생산하는 거점형 수소생산기지 구축이 가능하다. 인천생산기지는 전국 2위의 LNG 저장규모를 보유하고 있으며 향후 인천 및 수도권에 수소필요량에 따른 플랜트 용량을 산정하여 LNG 인수기지를 활용한 수소생산기지 구축을 통해 인천 및 수도권에 안정적인 수소 공급이 가능하다.

LNG 인수기지를 활용한 추출수소 플랜트 구축 시 기존 생산방식 대비 생산원가가 저렴하여 경제성이 우수하며, 추출수소 플랜트 인근 수소수요가 많은 지역에 수소 공급 및 배관망 사업을 연계 추진할 수 있다.

② 액화수소 플랜트 구축

냉열을 활용하여
향후 액화수소
플랜트 구축 가능
- 액화수소 플랜트
구축을 통한
수소산업 경제성
확보 가능

액화수소는 극저온 상태(대기압 기준 -253°C)로 냉각하여 액화된 수소이며, 기체수소에 비해 부피가 약 1/800로 감소하여, 동일 압력에서 기체 수소 대비 800배의 체적 에너지 밀도(대기압 기준 약 71kg/m^3)를 가지고 있다. 또한, 액화수소는 대기압에서 저장이 가능하고 이에 따라 저장용기의 안전성 부분에서 장점을 가지고 있어 낮은 온도로 인해 기존 고압 기체수소에 비해 폭발 위험성이 낮다.

액화수소는 수소 대량 저장 및 공급에 필요한 핵심기술로 기술개발이 필요하며, 인천광역시는 한국가스공사의 인천생산기지에서도 발생하는 냉열을 활용하여 액화수소플랜트를 건설할 수 있다. 또한, 액화수소출하센터(가칭)를 구축하여 인천 및 수도권의 수소필요량을 충당할 수 있는 새로운 공급처로의 역할을 이행할 수 있다.

64) 하루 5Ton 규모는 1,000억원, 하루 30Ton 규모는 3,000억원의 사업비 소요

③ 기타(LNG 냉열 활용사업)

한국가스공사는 단일 기업으로 세계에서 가장 많은 액화천연가스(LNG)를 수입하고 있다.

냉열을 활용한
다양한 사업
추진이 가능

천연가스는 액화를 시키는 과정에서 압력을 가하면서 온도를 낮춰야 하고, 반대로 섭씨 -162°C 의 초저온 상태인 LNG를 배관망을 통해 보급하려면 기화시켜야 하는데 이 때 냉열이 발생⁶⁵⁾한다. LNG 냉열은 다른 연료가 필요 없는 무공해 에너지로 LNG 냉열을 이용해 발전기를 돌려 전기를 생산할 수 있으며, 냉동창고로도 활용이 가능하다.

[그림 IV-23] 냉열 활용 가능 사업



일본에서는 1974년 최초로 냉열발전에 성공했으며, 현재 16개의 냉열발전소를 운영하고 있다. 도쿄가스는 -60°C 에서 참치를 저장하는 냉동창고 3개를 보유하고 있으며, 세이브가스 냉동창고는 -30°C 에서 새우, 게, 냉동식품을 저장하고 있다.

한국에서는 LNG 냉열 사업은 시작 단계이며, 유진초저온 펄텍 오성물류단지가 LNG 냉열을 활용한 첫 사업으로 이 단지에는 어류, 육류, 청과물 등 신선식품을 산지에서 가정까지 저온 상태로 배송하는 콜드체인이 구축되어 있다. 유진초저온은 가스공사로부터 구매한 LNG를 탱크로리로 가져와 단지 내 기화시설에서 냉열 에너지를 만들고 있다.

인천광역시는 한국가스공사의 인천생산기지에서 생산되는 LNG 냉열을 활

65) 수입하는 LNG양이 방대하여, LNG 냉열도 많이 발생하며, 이는 원자력발전소 1기가 1년에 발전할 수 있는 양과 비슷함

용하여 한국형 LNG 냉열발전 시범사업 추진, LNG 냉열을 활용한 액체수소 생산기지 구축 및 이산화탄소 포집을 위한 냉열 활용 연구사업 등의 추진이 가능하다.

4. 연구개발 및 인력양성 방안

(1) 수소 전담기관 설립

지자체 내 에너지 전담기구 설립의 필요성 인식

정부는 지역 중심의 재생에너지 전담기구 설립·지원의 필요성을 인식하고, “지자체 재생에너지 보급계획 수립 및 전담기구 설립 지원 방안(’17.08)”을 발표했다. 현재 전국적으로 신재생에너지 사업 추진 전담기구는 서울, 경기, 제주 등 3개 시도에 설립·운영 중인 것으로 나타났다. 경기도는 “경기도 에너지 기본 조례” 제20조(에너지센터 설립 등)의 조문에 에너지센터 설립 근거를 마련하였으며, 서울시는 재정 자립화 기반으로 집단에너지공급시설 운영 및 제주도는 풍력발전을 통한 전력판매수익이 발생함으로써 에너지공사로 설립이 가능했다.

[표 IV-75] 지역별 신재생에너지 기구 비교

구분	서울에너지공사	제주에너지공사	경기도에너지센터
내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (설립) 2017년 ▪ (자본금) 1조원 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (설립) 2012년 ▪ (자본금) 1,000억 원 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (설립) 2016년 ▪ (자본금) 27억 원
주요 사업	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 집단에너지사업 ▪ 신재생에너지 관련 사업 ▪ 에너지진단 관련 사업 ▪ 온실가스 배출권 관련 사업 ▪ 사회취약계층의 에너지이용 지원 등과 관련된 사업 ▪ 관련조사, 연구, 개발, 교육, 홍보, 컨설팅, 전문인력 양성을 위한 산학연 협력사업 ▪ 관련 사업을 위한 토지·건물 및 시설 등의 취득·설치·운영·대여 및 양도 ▪ 국내외 협력·교류사업 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 풍력 등 신재생에너지와 석유, 가스, 석탄 등의 생산, 수송, 분배, 판매사업 등 ▪ 에너지연구기술센터 운영, 풍력발전시설 유지관리 ▪ 집단에너지 사업 ▪ 에너지시설 건설·운영사업 ▪ 에너지시설 건설 및 운영에 필요하다고 인정되는 부동산 및 공유자원 개발사업 ▪ 에너지 관련 교육·홍보 및 컨설팅, 전문인력 양성을 위한 산학연 협력사업 등 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 에너지절약 방안 마련 및 에너지 이용합리화 지원 ▪ 신재생에너지 기술개발, 이용·보급, 사업자에 대한 지원 및 관리 ▪ 신재생에너지기술의 사업화에 따른 지원 및 관리 ▪ 온실가스 감축 및 미활용에너지 보급·활용 ▪ 에너지 관련 국내외 주시연구 및 국제협력사업 추진 ▪ 에너지 통계 작성 및 관리 ▪ 에너지 교육·홍보지원·관리

추가적으로 작은 규모지만 대전시는 현재 대전테크노파크의 “에너지산업 육성팀”에서 관련 사업을 전담하고 있으며, 향후 대전도시공사 내 부서를 신설할 계획 중인 것으로 조사되었다. 인천시에서도 당초 “인천에너지공사” 단위로 설립하고자 하였으나 계획이 미정으로 보류된 상태이다.

가. 수소 전담기관 설립 필요성

지역 특성에 맞는
사업 발굴, 홍보 및
소통 매개체 역할
수행

정부는 에너지전환 정책의 일환으로 재생에너지 3020을 발표하였으며, 이를 효과적으로 달성하기 위해 산업통상자원부는 “지방자치단체 재생에너지 보급 전담기구 설립 지원 방안”을 재생에너지 정책협의회에서 제시하였다. 2019년 6월 확정된 제3차 국가에너지기본계획에 지방정부의 적극적 역할 확대 및 역량 강화, 이를 위한 지역에너지센터와 같은 거버넌스의 설립 및 운영을 제시하였다. 에너지보급 확대는 물론, 에너지 분야 지역 지원사업 위탁관리, 지역 특성에 맞는 사업 발굴 기획, 교육홍보 및 소통의 매개체 역할 수행이 제시되고 있다.

[표 IV-76] 인천에너지공사(가칭) 설립의 장단점

구분	내용
장점	<ul style="list-style-type: none"> ■ 운영의 자율성과 책임경영이 가능하여 여건 변화에 능동적으로 대응할 수 있음 ■ 주민의 수요와 지역 여건에 맞는 정책을 사업운영에 반영하기 용이함 ■ 지방자치단체의 공신력과 조세권을 담보로 장기·저리의 자금을 대규모로 조달할 수 있어 중장기적이고 대규모의 사업 시행 가능 ■ 사업의 효율성 확보를 위한 적극적이고 유연한 경영이 가능함 ■ 소비자 부담을 줄이고 수익성이 없어 민간이 진출하지 않는 영역에 대해 공공성 차원에서 필요한 서비스를 제공할 수 있음
단점	<ul style="list-style-type: none"> ■ 공공성과 수익성의 조화가 중요하나 지방자치단체의 정책에 따라 수익성 혹은 공공성이 지나치게 강조될 경우, 공기업 설립 목적과 상치되는 결과가 발생할 수 있으며 자유재량의 범위가 줄어들 수 있음 ■ 자율성에 비해 책임이 뒤따르지 않으면 경영이 방만하게 이루어져 사업의 효율성이 저하 될 가능성이 있음

체계적인 검토를
통한
인천에너지공사
구축 여부 결정

지자체 에너지 전담기관의 설립을 위해서는 정부 및 인천광역시의 설립 필요성과 의지가 중요하며, 전담기관의 역할 및 실제 운영을 종합 고려한 경제성의 고려 역시 중요하다.

지속 가능한 에너지 자립기반 구축을 위해 인천광역시의 청정에너지 자원의 적극적인 개발·이용과 발생이익의 합리적인 도민 환원을 위한 기업형 전담추진기구 설립을 장기적으로 검토하는 것이 필요하다. 이에, 인천광역시는 정부의 에너지 전환 정책에 대한 효율적 수행과 함께 지역의 파급효과 제고, 총괄된 에너지 정책의 수행을 위해 이를 종합적으로 기획 관리할 수 있는 인천에너지공사(가칭)와 같은 전담기관의 설립에 대한 체계적인 검토⁶⁶⁾가 필요하며 중요하다.

66) 공사 설립운영 타당성 검토 용역 추진 → 행정안전부의 승인 필요 → 주민의 의견수렴 및 도의회 조례 제정 등을 통해 기관의 설립 과정을 거쳐야 설립 가능

[표 IV-77] 서울에너지공사 설립 사례

기본계획 수립	타당성 검토용역	주민 공청회	행자부 협의	설립심의 위원회	조례정관 제정	임원선발	자본금 납부	설립 등기
d-day	d+6개월	d+7개월	d+8개월	d+6개월	d+9개월	d+10개월	d+11개월	d+11개월

인천광역시의 에너지 자원의 공공적 관리, 산업육성 기획, 기술개발 및 산업화 보급 등의 기능을 수행할 인천에너지공사(가칭)의 주요기능 및 역할은 다음과 같다.

☑ 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 제2조 제1호에 따른 신재생에너지와 석유, 가스, 석탄 등의 생산, 수송, 분배, 판매, 그 밖에 이와 관련된 사업 수행(에너지시설 건설 및 운영, 에너지 관련 교육/홍보 및 컨설팅, 전문인력양성, 위탁사업 등)

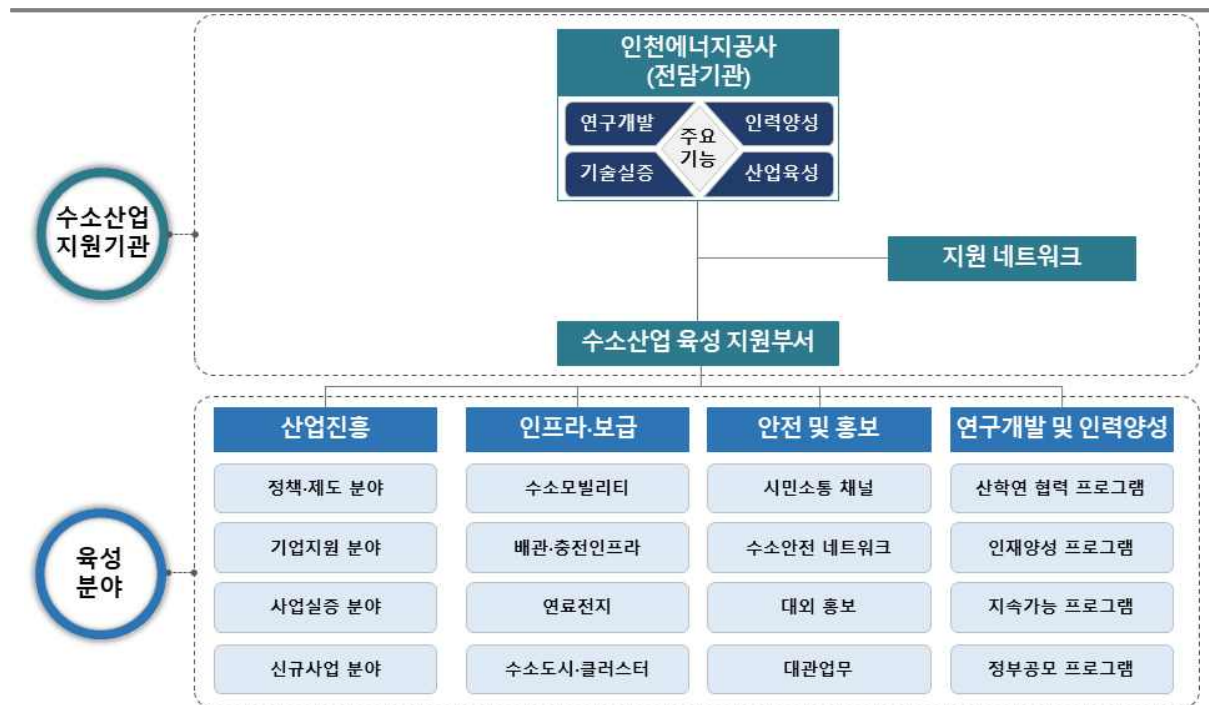
인천에너지공사(가칭) 설립을 통해 에너지 자원의 공공 관리정책의 효율적 추진과 청정에너지 자원의 도민 공유, 수익금의 합리적 지역 환원을 통한 지역 경제 활성화 및 민간참여 개발추진으로 수용성 제고를 기대할 수 있다.

나. 인천에너지공사(가칭) 설립(사업내용)

에너지공사 내
수소산업 육성
지원부서 구축

현재의 사업 여건으로는 다양한 수소사업 추진에 한계가 있으므로, 수소산업의 체계적이고 지속 가능한 육성을 위해 컨트롤타워로 인천에너지공사(가칭)를 구축·운영한다. 인천에너지공사(가칭) 설립을 통해 수소산업 밸류체인 관련 연구기반 마련, 최적화된 연구수행 인프라 구축 및 연구개발, 실증, 사업화, 인력양성 등의 시너지 제고가 가능하다.

[그림 IV-24] 인천에너지공사(가칭) 조직도



컨설팅팀 구축을
통해 다양한 사업
추진 가능

인천에너지공사를 거점으로 수소산업 마케팅, 국내·외 협력 네트워크 강화, 다양한 유통채널 확보, 판로개척 등 다양한 지원기능을 수행하도록 한다. 또한, 대기업 마케팅 근무경험자 및 퇴직자, 국제협력 담당 경험자, 법무전문가 및 변호사 등 다양한 전문가로 구성된 컨설팅팀을 조직·운영하여 지역 기업에게 전문적인 상담서비스를 제공하도록 한다.

또한, 지역기업의 수소산업 활성화를 위한 다양한 조사 및 분석, 교류협력 사업을 수행한다. 수소산업에 사용되는 기술, 제품, 관련 서비스 품질 향상과 호환성 확보 등을 위한 표준화 사업을 추진하고, 수소산업 관련 국제협력 활성화와 중소기업 등의 해외시장 진출 촉진을 위한 사업을 수행하며, 수소산업 관련 기술개발 촉진을 위한 조사 및 분석과 정보교류 거점 역할을 담당한다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[표 IV-78] 인천에너지공사(가칭) 운영체계 기본 개념(안)

구분	내용
연구개발 부서	<ul style="list-style-type: none"> ■ 선도 기술 및 플랫폼 기술 연구 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지효율 및 소재 - 신재생에너지(재생에너지 연계 그린수소 등) - 이산화탄소 처리 및 이용(기후변화대응) - 에너지 관련 융·복합
실증사업 부서	<ul style="list-style-type: none"> ■ 산업체 연계 기술 실증, 검증 지원 <ul style="list-style-type: none"> - 기술실증 추진 - 우수기술의 사업화 및 보급 확산 - 중소·중견기업의 역량강화를 위한 공동기술 개발 및 애로기술 지원 - 시험평가 및 인증
전문가육성 부서	<ul style="list-style-type: none"> ■ 코어(CORE)기술 교육 ■ 수소인력양성센터 연계 <ul style="list-style-type: none"> - 수소인력양성센터와 MOU를 추진한 대학교와 석·박사 학위과정 진행 - 동문 네트워크를 활용한 과학기술 및 전문 인력 육성에 관한 ODA 사업 추진
산업육성 부서	<ul style="list-style-type: none"> ■ 세부 실행계획 수립 ■ 기술 상업화 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지 기술 개발 동향 수집 및 분석 - 에너지, 환경문제 대응 미래 전략 기술 기획 및 정책 반영 지원 - 사업화 지원(멘토링, 펀딩, 투자 연계 등)

지방공사의 설립단계는 아래 [표 IV-78]과 같이 6단계로 이루어진다.

[표 IV-79] 인천에너지공사(가칭) 설립단계

구분	내용
설립방침 결정전	<ul style="list-style-type: none"> ■ 대상사업의 성격, 유형 등 내부 검토 ■ 민간위탁, 직영, 공사, 공단 설립 등 형태별 추진방안 비교 분석
설립방침 결정단계	<ul style="list-style-type: none"> ■ 설립요건 검토 및 형태 결정 ■ 공사 설립검토안 마련 ■ 행정안전부 및 지방의회 등 관계기관 의견수렴 ■ 설립추진 기본방침 결정
설립타당성 검토	<ul style="list-style-type: none"> ■ 설립타당성 연구용역 추진 ■ 설립타당성 검토보고서 확정
설립심의 단계	<ul style="list-style-type: none"> ■ 주민설명회(공청회) 등 주민의견수렴 ■ 행정안전부와 협의 ■ 설립심의위원회 구성(민간위원 과반수) ■ 심의 검토기준 제시 및 위원회 심의
조례 재정 단계	<ul style="list-style-type: none"> ■ 자치단체장의 설립 결정 ■ 자치단체 조례제정안 마련 및 의회심의를 거쳐 조례 공포
설립단계	<ul style="list-style-type: none"> ■ 정관 등 제규정 작성, 임원추천위 구성 ■ 임원공모 및 임명 ■ 설립등기(자본금 납입 후 3주일이내) ■ 설립보고(등기 후 10일이내)

**인천에너지공사
설립을 통한
기대효과**

인천에너지공사(가칭) 설립으로 다양한 주체들과의 네트워킹을 통해 사업의 민간투자율과 참여를 확산하고 시민들이 신뢰할 수 있는 중개인의 역할을 통해 안정적이고 지속가능한 서비스를 제공할 수 있다.

또한, 지역기업 수소산업에 대한 체계적 지원으로 수소산업 활성화에 기여하며, 수소산업 비즈니스 기회 창출의 거점 역할 수행으로 지역은 물론 우리나라 수소산업 활성화에 기여할 것으로 기대된다.

다. 지방공기업의 유형과 법적 근거

**지방공기업 설립의
법적 근거**

“지방공기업법” 제1조에서 명시한 지방공기업이란 지방자치단체가 직접 기업을 설치·운영(행정조직형태)하거나, 법인을 설립(지방공사·공단·민관공동출자법인)하여 경영하는 기업을 의미한다.

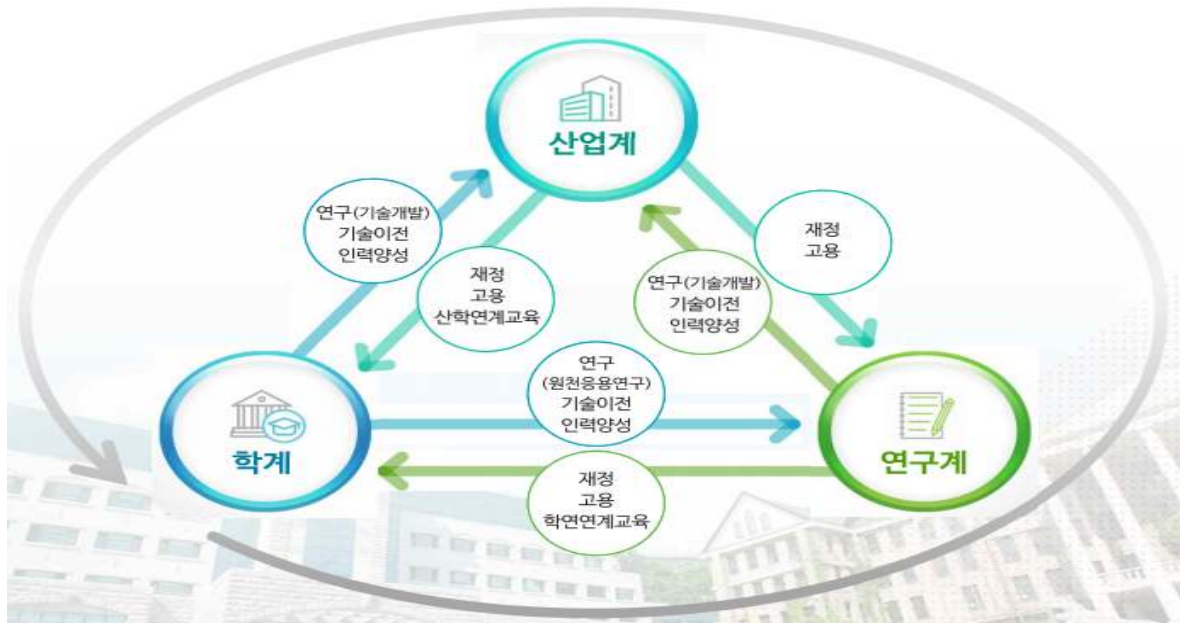
지방공기업은 지방자치단체가 직접 경영하는 지방직영기업과 50%이상 출자한 독립 법인으로 운영되어 지방자치단체와 상관없는 지방공사·공단으로 분류된다. 또한, “지방공기업법” 제49조(지방공사 설립) 제2항에서는 “지방자치단체는 공사를 설립 하는 경우 그 설립, 업무 및 운영에 관한 기본적인 사항을 조례로 정하여야 한다.”라고 명시하고 있어 지방공기업의 설립은 이에 준거하여 설립하며, 이에 대한 운영 및 관리는 지방자치단체의 조례로 정하여 운영·관리된다.

(2) 산학연 협력 연구개발 추진 방안

**연구개발 추진을
위해서는 산학연
협력이 필수적**

산학협력은 연구·기술개발 또는 인력양성·훈련, 인적교류 및 정보교환 등과 같은 다양한 목적의 사업을 추진하는 과정에서 산업체·연구소·대학 등 각 참여 주체들이 상호 작용·협력하는 현상으로 주된 목적에 따라 공동연구·기술 개발, 교육·훈련, 생산지원 및 기술이전, 인적교류 및 정보교환 등 매우 다양한 형태로 전개된다.

[그림 IV-25] 산학연 협력체계



구분	주요 내용
연구·기술개발	<ul style="list-style-type: none"> 공통연구(국가 R&D과제 등), 위탁연구, 파견연구, 초청연구 등
교육·훈련	<ul style="list-style-type: none"> 주문식·맞춤형 교육, 재학생 현장실습 및 인턴사원 채용, 산업체직원 재교육훈련, 산업체 장학금 지원 후 수혜학생 채용 등
생산지원 및 기술이전	<ul style="list-style-type: none"> 대학·연구소 기술의 기업이전, 생산현장 애로기술해결·기술지원, 기업기술개발지원을 위한 기반시설 및 창업보육센터 운영, 시설공동이용 등
인적교류 및 정보교환	<ul style="list-style-type: none"> 연구자의 교류·이동, 공동 학술세미나, 연구인력 간 비공식적 네트워크 등

자료 : 지역산업육성과 지역혁신체제 구축에 관한 연구

산학협력을 통해 대학 및 연구소는 과학기술기반의 확충, 교육·연구기회의 확대, 그리고 실용화기술에 적합한 인력양성과 취업기회의 확대 등 다양한 이익을 실현할 수 있으며, 산업계에서는 개발리스크의 존재로 자체적으로 수행하기 어려운 기초·원천 기술의 응용, 대학·연구소로부터의 기술이전을 통한 제품경쟁력 강화, 유능한 인력 확보 등의 이익을 추구하는 것이 가능해 참여 주체들 모두가 이익을 얻을 수 있다.

가. 추진방안

산학협력의 사업유형은 크게 3가지로 공동연구개발을 위한 산학협력, 고급 인력양성을 위한 산학협력, 기술이전 및 창업보육을 통한 산학협력 등으로 구분할 수 있다.

공동연구개발을 위한 산학협력은 정부 각 부처별로 장·단기 연구개발사업 추진을 통해 이뤄져 왔으며, 과학기술부의 21세기 프로티어연구개발사업,

국책연구개발사업, 우수연구센터(SRC, ERC) 육성사업 등과 산업자원부의 공동연구기반구축사업, 산업기술기반조성사업, TIC 등, 그리고 중소기업청의 산학연 컨소시엄사업 등이 해당된다.

고급인력양성을 위한 산학협력은 이론과 실무를 겸비한 현장맞춤형 인재양성사업으로 발전하였으며, 교육인적자원부는 BK21사업, NURI사업 등을 중소기업청은 대학의 인력·설비활용을 통한 중소기업기술인력양성사업 등을 그리고 산업자원부는 산학협력중심대학, 지역혁신인력양성사업, 신기술중소기업인력지원사업 등을 수행하고 있다.

기술이전 및 창업보육을 통한 산학협력은 연구개발사업 성과의 거래 및 사업화를 위한 기술이전 촉진사업, 창업보육센터 운영 등이 있으며, 과학기술부는 연구성과확산사업, 산업자원부는 신기술 실용화 및 창업보육사업 등 분야별로 기술이전 사업을 운영하고 있다.

1) 산학연 연계체제 구축

연계체제 구축을
통해 체계적인
연구개발 및 실증
수행 가능

산학연 연계·협력 조직의 역량 강화 차원에서 대학 산학 협력단의 관련 세제제도 개선 등을 통해 역량을 확충하고 기술이전·사업화 전담, 평가 등 전문 인력의 확충을 유도하는 것이 중요하다. 현재 산학협력단, 기술이전센터 등 다양한 기관들이 대학에 설치되어 있으나 예산제약으로 전담인력이 부족하고 특히 특허관리, 기술이전을 담당할 전문인력이 크게 부족하며, 이들 기관들의 성격이 공익적인 목적으로 되어 있어 비즈니스 마인드를 가지고 사업을 전개하기 힘든 상황이다.

또한, 공공 부분의 부족한 산학협력 역량을 보완하기 위해 기술이전 중개·알선을 전문적으로 수행하는 민간전문기업을 육성해야한다. 조직형태는 기술이전·사업화에 투자하는 펀드, 기술거래를 알선하는 컨설팅 업체 등 다양화해서 운용할 수 있다.

보다 체계적인 국가과학기술종합정보시스템(NTIS)의 적극적인 활용이 필요하다. 산학연 협력이 더욱 원활하게 이루어지기 위해서는 과학기술혁신주체들에 대한 다양한 정보와 네트워크 구축이 효율적으로 이루어질 수 있어야 하며, 이를 위해 국가 차원의 정보망을 적극적으로 활용해야만 한다.

2) 지역특화 산학연협력 거버넌스⁶⁷⁾ 강화

인천 수소산업 육성을 위해 효율적이고 경제성 있는 수소, 제조, 저장, 유

67) 지역적 정책이나 문제 제기에 대해 지역의 다양한 행위 주체들이 수평적, 분권적 네트워크를 형성하여 긴밀하게 협조하고 협력하는 통치체계

통, 이용의 기술 개발이 필요하며, 이를 통해 수소차, 충전인프라, 연료전지 등의 전·후방 산업에 대한 육성이 필요하다. 특히, 수소산업 육성에 인천 지역의 중소·중견기업을 필수로 참여시킴으로서 인천광역시의 수소 산업 생태계를 조성할 수 있다.

연구개발의 경우 중앙정부의 주도 아래 여러 지자체간의 협력 네트워크 구축이 필요하며, 중앙정부의 연구 개발 계획을 중심으로 인천의 산업 특성을 고려하고 중복 투자를 방지하여 지역에 맞는 기술과 산업을 선택하여 집중적으로 육성해야한다.

수소 관련 산업은 기술이 복잡하고 전후방 산업의 범위가 넓어 높은 수준의 산학연 협력을 요구하고 있으며, 지자체 간의 상호협력이 필요한 것처럼 인천광역시 내의 이해관계자가 서로 협력하며 소통할 수 있는 산학연 협의 체계가 구축되어야 한다.

[표 IV-80] 국내 수소관련 기업 현황(2016년 기준) (단위 : 개소)

구분	수소제조	수소저장 및 이송	연료전지	부품/설비	기타	합계
서울	8	3	30	28	25	94
경기	3	3	30	40	7	83
인천	1	-	5	7	4	17
부산	2	3	5	16	5	31
대구	1	3	8	5	11	28
광주	1	-	4	1	4	10
대전	1	2	7	2	2	14
울산	14	3	2	11	15	45
강원	-	-	1	1	-	2
충청	2	1	8	12	2	25
전라	1	-	4	3	3	11
경북	1	-	18	14	10	43
경남	1	6	10	13	7	37
제주	-	-	-	-	1	1

자료 : 한국수소산업협회 내부자료

나. 인천광역시 산학협력 및 지원현황

1) 산학협력선도대학(LINC+) 사업단

LINC+사업은 교육부 재정지원사업으로 산학협력을 통해 실무인력을 양성하고 기업을 지원하는 프로젝트를 수행하는 사업으로 대학별로 특화 분야를 설정하고 특화 분야의 인력양성을 집중적으로 지원한다.

[표 IV-81] 인천광역시 LINC+ 사업단 현황

학교명	LINC+ 과정	사업목표
인천재능대학교	<ul style="list-style-type: none"> SW품질관리융합반(정보통신과, 전자과, 컴퓨터정보과) 스마트제조산업선도반(전자과, 정보통신과) 스마트미디어융합반(컴퓨터정보과, 정보통신과) GLB특별반(마케팅경영과) WCCA인재반(글로벌호텔외식조리과) 외식산업선도반(글로벌호텔외식조리과) 화장품산업선도반(화장품과) 에스테틱산업선도반(건강관리과) 뷰티스타일전문가반(뷰티케어과) 바이오A&QC선도반(송도바이오과) 	<ul style="list-style-type: none"> 4차 산업혁명 시대에 부합하는 창의 융합형 인재양성 인천지역 8대 전략산업과 부합하는 스마트, 소프트웨어, 서비스 산업에 특화된 융합형·집중형 명품인재 양성 목표로 지역사회 발전과 세계화 시대를 선도
인하공업전문대학	<ul style="list-style-type: none"> 첨단뿌리기술 인력양성(금속재료과) 산업용 로봇 및 자동화 시스템인력양성(메카트로닉스과) 전기설비자동제어 실무과정(전기정보과) 네트워크 및 단말 통합과정(정보통신과) 임베디드 SW 엔지니어양성(컴퓨터시스템과) 소프트웨어 융합 엔지니어양성(컴퓨터정보과) 수입자동차 전문인력양성(자동차과) 하수처리시설 운영관리반(토목환경과) 	<ul style="list-style-type: none"> (교육) 현장중심 역량기반 교육시스템 구축 및 수요자 맞춤형 교육과정 개발/운영 (산학) 취업활성화 인프라 구축 및 산학협력 인프라 고도화 (특성화) 5대 영역 경쟁력 강화 및 특성화 영역 직무교육 현장성 강화

자료 : LINC+ 홈페이지

2) 인천산학융합원

인천산학융합원은 산업통상자원부, 인천광역시, 인하대학교, 인천테크노파크, 한국산업단지공단, 한국생산기술연구원, 인천창조경제혁신센터 등이 컨소시엄을 구성하고 인천지역 140여개의 관련기업이 참여한 산학융합지구 조성사업으로 '17년 4월 설립되었다.

산업단지와 대학을 공간적으로 통합하고, 현장 중심의 산학융합형 교육시스템을 도입함으로써 산업현장에서 R&D-인력양성-고용이 선순환되는 체계의 구축을 목표로 하며 생산 중심의 산업단지를 생산, 교육, 문화 등이 어우러지는 복합공간으로 재창조하여 근로자에게 평생 교육의 기회 확대 및 근로 생활의 질적 향상을 이루고자 한다.

항공산업과 기계금속·뿌리산업 융복합을 통한 산학융합지구 조성과 미래지향적 신산업 육성이라는 비전달성과 인천시 8대 전략사업 중에 하나인 항공산업의 육성을 위해 노력하고 있다.

[표 IV-82] 산학융합사업 현황

구분	사업내용
산학융합지구촉진사업	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 산학융합지구 캠퍼스 내 근로자 기능교육을 통한 직무능력 향상 ▪ 항공, 빅데이터, Metal 3D Printer 분야 전문인력양성 ▪ 인천 스마트모빌리티산업 초급전문가 육성
항공우주전문인력양성사업	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 금속 3D 프린팅 산업을 활용한 신규 블루오션 시장 진입 및 부품 제조 기업의 역량 레벨업 ▪ 산업 고도화 및 선진화를 통한 지역 사회 고용 창출 및 산업 체계 포트폴리오 선진화
수송급 항공기 개발사업	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내외 중장기 항공교통 수요예측을 기초로 수송급 항공기 개발 및 인증체계 구축사업 추진의 타당성을 분석하고 최적의 항공기 개발 지원 및 협력체계를 제시 ▪ 수송급 항공기 개발 및 인증체계 구축의 기술적/경제적 분석
미니클러스터사업	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 항공부품소재융합산업 육성을 통한 지역산업 첨단화
소재부품장비 스마트촉진 인력양성사업	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (재직자 교육) 메탈 3D프린팅 기반 항공융복합 산업분야 부품/소재 개발을 위한 현장 R&D 인력양성 ▪ (프로젝트랩) 기업 수요를 수렴하여 도출된 프로젝트랩의 목표와 내용을 기반으로 프로젝트 문제 해결 능력 향상에 초점을 맞추어 교육 과정 운영
ICAO AMO 국제인증체계 대응 연구 사업	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 정비조직인증(AMO) 국제인증체계 수립에 관한 ICAO 로드맵의 선제적 대응과 미국 FAA 항공안전협정(BASA-MIP) 체결을 위한 AMO 승인 및 감독 규정체계 선진화

자료 : 인천산학융합원 홈페이지

3) 인천광역시 지원현황

인천광역시는 대학·연구기관의 연구개발 인프라를 활용함으로써 중소기업에 필요한 기술개발을 지원하여 기업의 기술혁신 능력 및 경쟁력을 제고하기 위한 2020년 산학협력기술개발사업을 진행하고 있다.

[표 IV-83] 인천광역시 2020년 산학협력기술개발사업

구분	내용
지원근거	<ul style="list-style-type: none"> 중소기업 기술혁신 촉진법 제3조 및 제9조 인천광역시 기업활동 지원에 관한 조례 제10조
관리기관	<ul style="list-style-type: none"> 인천광역시, 중소벤처기업부, 한국산학연합회
전문기관	<ul style="list-style-type: none"> 중소기업기술정보진흥원
주관 및 공동개발	<ul style="list-style-type: none"> (주관) 중소기업, (공동개발) 관내 대학 및 연구기관
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> 대학 및 연구기관의 연구개발 인프라를 활용함으로써 중소기업에 필요한 기술개발을 지원하여 기업의 기술혁신 능력 및 경쟁력 제고
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> '18년 선정 지역유망중소기업 지원(6과제)
총사업비	<ul style="list-style-type: none"> 292백만원(국비 146백만원, 시비 73백만원, 기업 73백만원)
기타	<ul style="list-style-type: none"> '29년 본 사업의 일몰로 인하여 계속 수행 과제만 지원(신규과제 없음)

(3) 수소산업 맞춤형 인력양성 방안

산업 구축을 위한 기술인력양성의 중요성

수소산업 기반 구축에 부합하는 기술인력 양성체계 구축은 무엇보다 중요하며, 이를 위해서는 산학연관 연계협력을 통한 우수인력 양성 거점이 마련되어야 한다. 정부의 수소산업 정책 의지를 뒷받침하고 국내 수소경제 가치사슬의 기존 한계를 극복하고 공급망을 탄탄히 구축하기 위해서는 수소경제에 대한 포괄적인 이해를 바탕으로 다양한 기술요소들을 소화해 산업에 바로 투입될 수 있는 수소산업 융·복합 전문인력의 육성이 시급한 실정이다.

수소산업 특화형 융·복합 인력은 수소생산, 저장·이송, 활용 등 수소경제의 가치사슬에 관한 폭넓은 이해를 바탕으로 전후방 산업을 관통하는 다양한 기술 간 융합능력의 함양을 통해 수소 신산업 창출 및 확산에 기여할 수 있는 석·박사급 고급인력으로 정의할 수 있다.

가. 수소산업 인재육성센터 설립

에너지공사 산하 인력양성센터 구축

수소산업 인재양성을 위해 인천광역시가 주관하고 에너지공기업 및 협력기업 재직자들이 참여하는 인재육성센터를 인천광역시 내 설립(인천에너지공사)한다.

[그림 IV-26] 인력양성 운영체계



수소산업에 필요한
맞춤형 인재 육성

수소산업에서 요구되는 필요 인재 육성을 위한 교육인프라(조직, 체계, 프로그램)를 구축하고, 수소산업에 필요한 맞춤형 인재의 육성 및 배출을 목표로 운영한다.

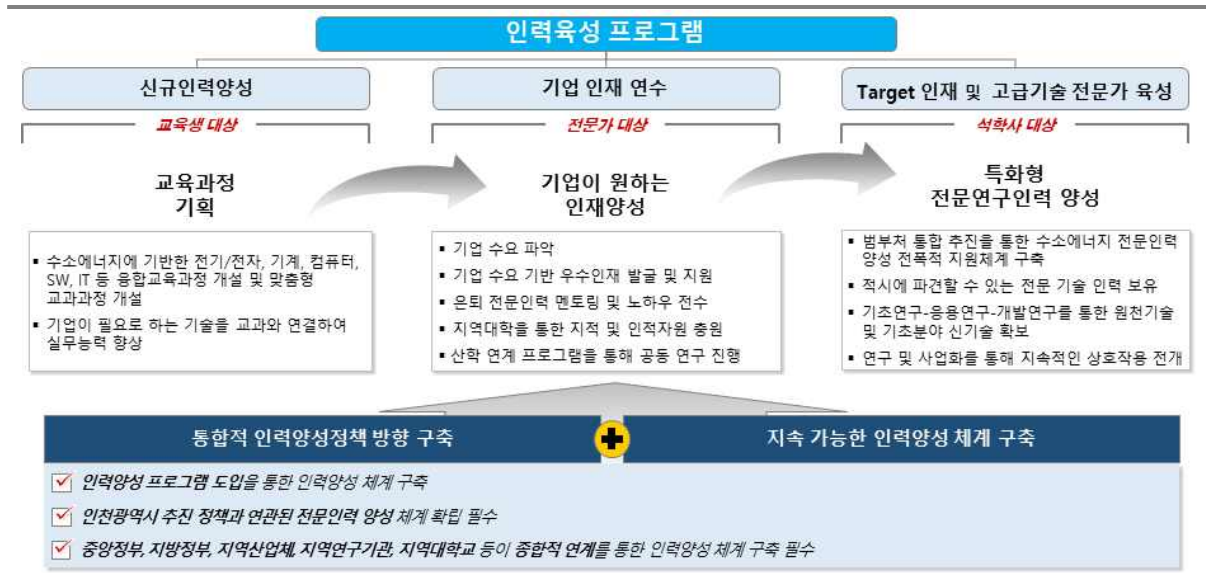
수소산업 인재육성센터에서는 수소 생산, 저장·이송, 활용 기술에 대한 공학적 지식을 이해하고, 수소산업 전 주기에 걸친 기술 간 최적화 설계 및 효율적 이용방법에 대한 이해를 갖춘 전문인력 배출을 목표로 한다.

[표 IV-84] 인재육성센터 교육과정(안)

구분	교육내용
Level 1	<ul style="list-style-type: none"> 기초과정으로 미취업자 교육 등을 포함하여, 수소산업에 대한 포괄적 전문지식 습득 및 취업 연계를 목표로 함
Level 2	<ul style="list-style-type: none"> 인재육성센터와 연계된 기업에서 소속 인원의 역량강화 또는 신사업 추진 등을 위하여 별도의 교육을 사전에 요청한 경우, 혹은 사전에 채용을 확정하고 선정된 인원에 대하여 교육을 요청하는 경우 맞춤형 교육 진행 연구개발, 설계 등 다양한 직무에 적합하도록 교육과정을 약간씩 다르게 편성하여 기업인재의 특성을 극대화해주는 방안을 마련하고자하는 프로그램
Level 3	<ul style="list-style-type: none"> 재직자 또는 다년간의 경력자를 대상으로 하는 고도화된 기술교육으로 공동연구개발 사업을 포함하여 신기술에 대한 아이디어를 사업화하고자 한다면 창업연계 부문까지 고려
Level 4	<ul style="list-style-type: none"> 기업 경영인 및 임원들을 대상으로 기술교육 및 네트워크 형성을 위한 커리큘럼을 구성하며 이를 통해 기업 간 교류의 장을 제공

이에 수소산업 분야에서의 활용성 및 우수성, 고용유발 효과, 인력 활용의 관점에서 R&D 기반 프로젝트를 수행하고 목적별 트랙 교육과정을 제공함으로써 우수 전문인력을 육성할 수 있다.

[그림 IV-27] 인력육성 프로그램(안)



수소전문기업 경영자·기술자를 비롯하여 수소 관련 분야 진입을 목표로 하는 기업의 경영자, 종업원, 현장 기술자, 석·박사 및 교육생 대상으로 하며, 교육훈련은 수소 관련 현장 실험·실증 중심으로 구성된 프로그램을 운영한다.

수소산업 인재육성센터의 인력육성 프로그램(안) 교육을 통해, 지역 수소 기업 종사자의 전문성 강화, 수소산업 진입 활성화로 새로운 비즈니스 기회 창출에 기여할 것으로 기대되며, 수소에 특화된 전문 인력 교육훈련으로 인천광역시는 수소산업 인력양성의 메카로 자리매김할 것이며, 수소산업의 전반적인 경쟁력 강화에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

인력양성센터를 답습하는 형태가 아닌 지역의 산업 특화발전과 자립적 성장을 극대화하기 위해 관련 기업과의 MOU 등 협력체계를 통해 지역 인력을 우선적으로 고용할 수 있는 방안을 마련하고 기업이 함께 참여하는 지역 인적 자원 양성사업을 수행한다면 인력양성센터의 성공적인 도입과 함께 원활한 운영을 할 수 있을 것이다.

또한, 지역 내에 있는 관련 기관을 넘어 전국의 수소 산업 관련 기업체와 지속적인 기술 활동 및 정보교류를 통해 종합적인 네트워크 구축은 물론 실무적인 지식을 제공함으로써 프로그램을 다양화(예 : 기업현장실습/전

문가 초청 세미나/온-오프라인 교육 등 다양하고 체계적인 인력양성 프로그램 구축, 이론 및 실무지식을 효율적으로 전달하고 교육대상자 수준을 세분화하여 개선된 맞춤형 인력양성 프로그램 개발, 다양한 흥미유발 요소를 교육과정에 적용하고 가능한 범위 내에서 장학금 등의 혜택 부여)한 다면 인재육성센터의 활성화가 가능할 것이다.

나. 수소 특화 대학, 대학원 및 연구소 설립

수소 관련 특화 대학, 대학원 및 연구소 설립을 통한 수소산업 활성화

수소산업 육성에 필요한 전문인력을 양성하기 위한 거점으로 수소 특화 대학, 대학원 및 연구소를 설립한다. 수소 특화 대학, 대학원 및 연구소 내 수소산업 융복합 인력양성 사업단을 운영함으로써 수소 생산, 저장·이송, 활용 기술에 대한 전문지식과 실무역량을 갖춘 전문인력을 체계적으로 양성할 수 있으며 수소 신산업 분야의 연관 수요기업에 맞춤 인력을 공급 할 수 있게 된다.

[표 IV-85] 수소산업 융·복합 인력양성 전략(예시)

구분	1단계(도입, 성숙)		2단계(운영, 완성 및 재생)		
	1차년도(도입)	2차년도(성숙)	3차년도(운영)	4차년도(완성)	5차년도(자립)
교육 분야	<ul style="list-style-type: none"> 수소산업 특성화 교육생 홍보 및 모집 교육과정 트랙 구성 융·복합과정 교육개선 시스템 구축 교육과정 트랙 구성 국제화 프로그램 구성 	<ul style="list-style-type: none"> 수소산업 특성화 교육생 증원 융·복합과정 운영 및 교육과정 개선 트랙 및 분야별 전문인력 양성 국제화 프로그램 활성화 	<ul style="list-style-type: none"> 수소산업 융복합과정 완성 특성화 교육과정 트랙완성 융합과정의 국제적 인지도 확립 융복합과정 자립화를 위한 독립 프로그램 구성 준비 		
R&D 분야	<ul style="list-style-type: none"> 산업맞춤형 인력양성 교육시스템 구축 산학협력 연계네트워크 구축 유형별 산학연계 인력 양성 모델 개발 산학협동 Co-op 교육과정 개발 기업 밀착형 인력양성 프로그램 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 산업맞춤형 인력양성 교육시스템 개선 산학협력 연계네트워크 활성화 기업맞춤형 트랙 운영개선 기업밀착형 인력양성프로그램 개선 산학협동 Co-op 과정 활성화 	<ul style="list-style-type: none"> 산업맞춤형 인력양성 교육시스템 완성 산학협력연계 네트워크 완성 기업 밀착형 인력양성 프로그램 활성화 		

초기 배출된 교육생의 산업 적응성 및 기업기여도를 평가 분석해 분야별 수소생산, 저장·이송, 활용 융복합 산업 맞춤형 고급인력 양성트랙을 완성하고, 수소산업 기여도를 평가 분석해 전문인력양성 트랙을 개선한다.

또한, 주력산업 혁신 유형 및 지역 활력 제고 유형 인력양성 시스템을 본격적으로 활성화하고 참여기업을 확대해 취업률을 증진시키고 앞서 확립된 융복합과정 프로그램을 운영·홍보해 참여·수요 기업체 수의 증가와 융합과정의 자립화를 달성한다.

인력양성 사업을 통해 수소산업 전반에 걸친 폭넓은 지식과 실무역량을 갖춘 인력을 체계적으로 양성함으로써 수년 내 확대될 것으로 예상되는 수소산업에 맞춤 인력을 공급할 수 있을 뿐만 아니라 해외시장도 선점할 수 있는 기틀을 마련할 수 있다.

수소산업 융복합 인력양성 사업단은 구축된 산학관 연계 협력 인프라를 통해 수소 관련 기업 종사자의 전문성 강화, 수소 분야 신규사업 진입 활성화로 새로운 비즈니스 기회 창출에 기여할 수 있으며, 수소에 특화된 전문인력 교육훈련 시스템은 수소산업 생태계를 활성화해 수소뿐만 아니라 다양한 국가 산업과의 교류를 촉진함으로써 국가 경제발전의 가교역할을 담당할 수 있을 것으로 기대된다.

인천광역시의 수소산업 맞춤형 인력양성을 통해 지역 수소기업 종사자의 전문성 강화, 수소사업 진입 활성화로 새로운 비즈니스 기회 창출에 기여할 것으로 기대되며, 수소에 특화된 전문인력 교육훈련으로 인천광역시가 수소산업 인력양성의 메카로 자리매김하고 수소산업의 전반적인 경쟁력 강화에도 크게 기여할 수 있다.

또한, 지역 수소기업 종사자의 전문성 강화, 수소산업 진입 활성화로 새로운 비즈니스 기회 창출에 기여할 것으로 기대되며 수소에 특화된 전문인력 교육훈련으로 인천광역시는 수소산업 인력양성의 메카로 자리매김할 것이며 수소산업의 전반적이 경쟁력 강화에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

V. 수소산업 육성을 위한 재원조달 방안

V. 수소산업 육성을 위한 재원조달 방안

제1절 전략사업별 투자 및 재원조달 계획

1. 사업비

인천광역시 수소산업 육성을 위한 사업은 IV장(인천시 수소산업 육성 마스터플랜 수립)에 정리하였으며, 여러 사업 중 인천시의 전략사업(핵심/기타) 별 사업비를 정리하면 다음과 같다.

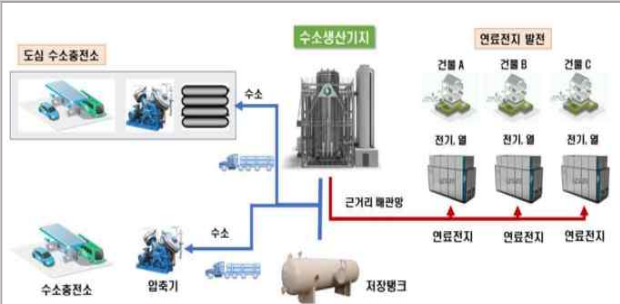
[표 V-1] 총사업비 산출현황

구분		사업비(억 원)	비고
산업생태계	추출수소 플랜트 구축	300	5,000Nm ³ /hr(10Ton/day) 기준
	액화수소 플랜트 구축	1,000	2,300Nm ³ /hr(5Ton/day) 기준
	그린수소 실증사업	100	5MW 기준
	수소배관망 실증사업	39	시범사업 2km 기준
	수소배관망 확산사업	300	확산사업 10km*3개
	수소버스 시범사업	12.6	시범사업 2대 기준
	수소버스 확산사업	1,000	확산사업 200대 기준
	특수차량 시범사업	10	시범사업 지게차 2대, 트럭 2대 기준
	RE100 산업단지 구축	330	남동국가산업단지 기준
	RE100 산업단지 확산	400	향후 2개 산단 확산사업
	부생수소 출하센터 구축	100	30,000Ton 기준 + 배관망(4.7km)
	수소특화산업단지 조성	3,000	수도권매립지 활용(100만m ²)
특화사업	인천항만 연료전지 발전소 구축	13,000	300MW 기준
국비사업	폐플라스틱 실증사업	30	250Nm ³ /hr 기준(개질기 + 플랜트)
	선박 병커링 실증사업	50	실증장비비용(선박비용제외)
기타	인천에너지공사(가칭) 설립	2,000	타 에너지공사 자본금 기준
	수소산업 인력양성 센터 구축	20	-
합계		21,871.6	

인천광역시 수소산업 육성을 위한 전략사업별 사업 추진 목적, 위치, 규모, 사업비, 사업주체, 사업기간 및 사업영역은 다음과 같다.

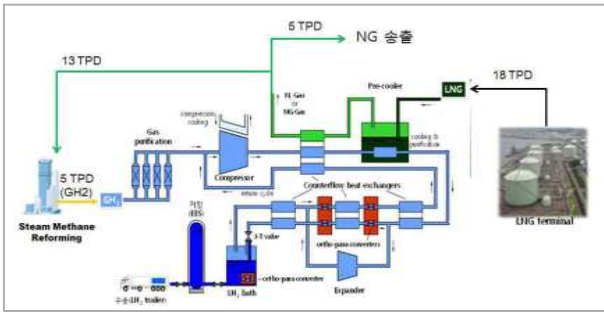
(1) 추출수소 플랜트 구축사업

[표 V-2] 추출수소 플랜트 구축사업

사업추진목적	수소를 저렴한 가격에 생산할 수 있는 인천생산기지를 활용하여 추출수소 생산플랜트 구축
위치	한국가스공사 인천기지본부 내
규모	약 5,000Nm ³ /hr(10Ton/day) 기준
사업비	약 300억 원
사업주체	산업통상자원부, 인천광역시, 한국가스공사
사업기간	2024년 이후(2단계)
사업영역	

(2) 액화수소 플랜트 구축사업

[표 V-3] 액화수소 플랜트 구축사업

사업추진목적	인천액화수소 플랜트 구축을 통한 수소 어플리케이션 개발 가능
위치	한국가스공사 인천기지본부 내
규모	약 2,300Nm ³ /hr(5Ton/day) 기준
사업비	약 1,000억 원
사업주체	정부, 인천광역시, 한국가스공사
사업기간	2027년 이후(3단계)
사업영역	

(3) 그린수소 실증사업

[표 V-4] 그린수소 실증사업

사업추진목적	간헐적인 그린수소 생산과 수요에 적극적으로 대응하기 위한 수소 공급 인프라 확대		
위치	영흥도 내		
규모	약 5MW 규모		
사업비	약 100억 원		
사업주체	정부, 인천광역시, 발전본부		
사업기간	2024년 이후(2단계)		
사업영역	실증연구	수소저장	수소이송
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 그린수소 생산을 위한 Pilot Plant 구축 ■ 그린수소 산업 밸류체인 관련 연구수행 	<ul style="list-style-type: none"> ■ (기체수소) 경제성이 확보된 압축시스템 연구 ■ (액체수소) 수소 모빌리티 적용을 위한 Pilot Plant와 연계 	<ul style="list-style-type: none"> ■ (기체수소) 실증단지 내 파이프라인 설치 ■ (액체수소) 타 지역으로 이송을 위한 탱크로리용 단열재 개발

(4) 수소배관망 시범 및 확산사업

[표 V-5] 수소배관망 시범 및 확산사업

사업추진목적	인천광역시 내 생산된 수소를 인천 및 수도권에 효율적으로 이송하는 방법 강구		
위치	SK인천석유화학 반경 2km, 이후 10km*3개소 구축		
규모	약 100가구 내외		
사업비	39억 원		
사업주체	인천광역시, SK인천석유화학, 한국가스공사		
사업기간	2021~2030년(1~3단계, 시범사업 후 확산사업)		
사업영역	튜브트레일러	탱크로리	배관망
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 고압으로 압축된 수소를 트레일러 차량에 장착한 대용량의 용기에 담아 이송하는 방법 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 액체수소를 트럭 등에 장착한 탱크에 담아 이송하는 방법 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기 구축된 천연가스 배관망 부지 또는 고속도로 인근에 수소배관망을 설치하는 방법 ■ 타지역으로 효율적으로 이송 가능

(5) 수소버스 시범 및 확산사업

[표 V-6] 수소버스 시범 및 확산사업

사업추진목적	인천 시민들이 수소버스를 직접 체험함으로써 주민수용성 및 안전성 확보 가능		
위치	시민들이 주로 사용하는 노선 선정		
규모	시범사업 : 2대, 향후 100대 이상 점진적인 증가		
사업비	약 12.6억 원(1대당 6.3억 원 * 2대 기준)		
사업주체	환경부, 인천광역시, 현대자동차, 운수업체		
사업기간	2021~2030년(1~3단계, 시범사업 후 확산사업)		
사업영역	1단계	2단계	3단계
	<ul style="list-style-type: none"> 인천 시민들이 가장 많이 사용하는 버스 노선 중 1개를 선정하여 2대의 수소버스 시범사업 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 수소버스 적용 노선의 확장 수소버스의 점진적인 확대 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 인천시 소유 버스의 10% 이상을 수소버스로 교체 등의 목표 설정

(6) 특수차량 시범사업

[표 V-7] 특수차량 시범사업

사업추진목적	다양한 모빌리티의 적용을 위한 수소를 적용한 특수차량 시범사업 추진		
위치	대형물류센터, 인천항만공사, 인천국제공항		
규모	시범사업 : 2대, 향후 점진적 증가		
사업비	약 10억 원(지게차 2대, 트럭 2대 기준)		
사업주체	인천광역시, 인천항만공사, 인천국제공항, 인천물류센터 등		
사업기간	2021~2030년(1~3단계, 시범사업 후 확산사업)		
사업영역	물류센터	인천항만	인천공항
	<ul style="list-style-type: none"> 인천시 내 대형 물류센터의 수소트럭 시범사업 추진 향후 수소트럭 사업 확장이 가능하며, 대형차 전용 충전소 구축 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 인천항만 내 수소야드트럭 및 수조지게차 시범사업 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 인천공항 내 수조지게차, 수소버스 및 수조트램 시범사업 추진 시민들이 직접 체험함으로써 수용성 확보 가능

(7) RE100 산업단지 구축 및 확대 적용 사업

[표 V-8] RE100 산업단지 구축 및 확대 적용 사업

사업추진목적	기존 산업단지를 친환경적 그린산업단지로 전환		
위치	남동국가산업단지		
규모	약 9,754m ² (공장 : 5,925m ² , 공공시설 : 3,649m ²)		
사업비	3년간 약 330억 원		
사업주체	산업통상자원부, 한국산업단지공단, 실증사업자		
사업기간	2021~2030년(1~3단계, 시범사업 후 확산사업)		
사업영역	통합관리	인프라관리	RE100 관리
	<ul style="list-style-type: none"> 스마트에너지 서비스(수집, 분석, 활용) 개발 신규 비즈니스 모델 개발 그린산단 운영 컨텐츠 개발 및 실증 	<ul style="list-style-type: none"> 산업단지 신재생에너지 발전소 구축 발전소 안전 및 재난 관리 에너지픽업시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 수용가 기업 점검 RE100 참여 지원 수용가 기업 에너지 효율화 컨설팅 수행

(8) 부생수소 출하센터 구축사업

[표 V-9] 부생수소 출하센터 구축사업

사업추진목적	인천광역시 내 수소공급 및 수도권의 수소공급을 위한 부생수소 출하센터 구축	
위치	중부발전 내(여유부지)	
규모	약 30,000Ton/년 규모	
사업비	약 146억 원(배관구축비 포함)	
사업주체	정부, 인천광역시, 중부발전, SK인천석유화학	
사업기간	2021~2023년	
사업영역	출하센터	배관망 구축
	<ul style="list-style-type: none"> SK인천석유화학에서 생산된 30,000Ton/년의 수소를 저장하고 인천 및 수도권에 공급하기 위한 출하센터 구축 약 30,000Ton/년의 용량을 위한 출하센터 구축 시 100억 원 	<ul style="list-style-type: none"> SK인천석유화학에서부터 중부발전까지 약 4.6km 거리에 수소배관망 구축 약 4.6km 수소배관망 구축시 46억 원(1km 당 약 10억 원)

(9) 수소특화산업단지 조성사업

[표 V-10] 수소특화산업단지 조성사업

사업추진목적	수도권매립지관리공사 종료 후 여유부지 내 수소특화산업단지를 조성	
위치	수도권매립지관리공사 내	
규모	약 100만m ² 규모(부지조성비)	
사업비	약 3,000억 원	
사업주체	정부, 인천광역시, 한국산업단지공단	
사업기간	2027~2030년(3단계)	
사업영역	산업단지 구축	관련기업
	<ul style="list-style-type: none"> 수도권매립지관리공사 종료 후 남는 부지에 수소특화산업단지를 조성(약 100만m² 규모의 수소특화산업단지 조성 가능) 	<ul style="list-style-type: none"> 수소생산업체 PSA 제조업체 및 관련 부품기업 관련 소부장 업체 모빌리티 관련 소재 및 부품기업 연구개발 실증 업체

(10) 인천항만 연료전지 발전소 구축사업

[표 V-11] 인천항만 연료전지 발전소 구축사업

사업추진목적	인천항만 내 사용하는 전력을 연료전지 발전소에서 생산하는 전력으로 대체
위치	인천항만 내
규모	약 300MW 규모
사업비	약 13,000억 원
사업주체	정부, 인천광역시, 인천항만공사
사업기간	2021~2023년
사업영역	

(11) 인천에너지공사(가칭) 설립사업

[표 V-12] 인천에너지공사(가칭) 설립사업

사업추진목적	인천광역시 수소산업의 체계적이고 지속가능한 육성을 위한 컨트롤타워 구축 필요성		
위치	인천광역시 내(미정)		
규모	약 66,000m ² (7층 규모)		
사업비	2,000억 원(타 에너지공사 자본금 기준)		
사업주체	인천광역시		
사업기간	2021~2023년(1단계)		
사업영역	기초연구	연구개발	사업화
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ R&D 투자 ▪ R&D 전략 및 기획 ▪ R&D 프로젝트 관리 ▪ 기술경영컨설팅 ▪ 기술 예측 등 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수소생산에 대한 핵심요소 및 기술개발 ▪ 성능평가 ▪ 시스템개발 ▪ 원천기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기술이전 및 기술지도 ▪ 기술상용화 ▪ 특허 분석 및 출원 지원 ▪ 대외홍보 및 네트워크 구성

(12) 수소산업 인력양성 사업

[표 V-13] 수소산업 인력양성 사업

사업추진목적	수소산업 인재양성을 위한 인프라 기반 마련 및 확충(교육환경조성)		
위치	인천에너지공사 내		
규모	약 8,000m ² (4층 규모)		
사업비	약 200억 원		
사업주체	산업통상자원부, 인천광역시		
사업기간	2021~2023년(1단계)		
사업영역	기획운영	교육운영	자격관리
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 중장기 계획 수립 ▪ 양성프로그램 개발 ▪ 예산 및 과제관리 ▪ 성과창출 프로그램 개발 및 운영 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 양성프로그램 진행 ▪ 수강생 및 지도자 수급 및 양성 ▪ 교육 협업기관 네트워크 관리 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 자격시험 기획 ▪ 자격시험 운영 ▪ 전문가 POOL 운영 ▪ 민원처리 및 응시료 관리

(13) 단계별 사업비 및 추진계획

앞서 도출된 인천광역시 수소산업 육성을 위한 전략사업별 단계별 추진계획은 다음과 같다.

[표 V-14] 단계별 사업비 및 추진계획

단계별 사업목표		1단계(~23년) [수소산업 기본 인프라 구축]	2단계(24~26년) [수소산업 육성 기반 마련]	3단계(27~30년) [산업화 확장 수소도시 권역화]
주요 추진 사업	산업 생태계	<ul style="list-style-type: none"> 인천에너지공사(가칭) 설립 부생수소 출하센터 구축 스마트 산업단지 실증사업(남동산단) 수소배관망 실증사업 수소버스 시범사업 수소안전·시민소통 체계 구축 수소차·충전인프라 보급 확대 가정·건물용 연료전지 보급 기반 마련 	<ul style="list-style-type: none"> 수소배관 수도권 공급망 구축사업 RE100 스마트 산업단지 모델 구축 LNG인수기지 활용 추출플랜트 구축 재생에너지 잉여전력 활용 그린수소 생산 특수차량 모빌리티 시범사업(인천항, 인천공항) 물류단지 수소지게차 시범사업 수소전문기업 육성 방안 마련 및 추진 가정·건물용 연료전지 보급 확대 	<ul style="list-style-type: none"> 수소액화플랜트 구축 수소 중심 에너지자립섬 추진 수소클러스터 전용 산단 추진 수소차·충전인프라 보급 전환(민간중심) 인천시 전력 수소 수요처 수요조사 및 확산 방안 수립 인천 주요 산단 RE100 추진 및 확대
		총사업비 : 2,727.6억 원	총사업비 : 2,010억 원	총사업비 : 4,100억 원
	특화사업	<ul style="list-style-type: none"> 인천 항만 연료전지 발전소 구축 항구형 수소도시 사업계획 수립 수소융복합클러스터 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 수소홍보관(매립지수소생 산기지) 구축 항구형 수소도시 구축·운영 인천항 에너지자립(연료전지) 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 수소도시 확장형 구축 액화수소 출하센터 구축 인천공항 수소기반 운영 전략 수립
		총사업비 : 13,000억 원	-	-
	국비사업	<ul style="list-style-type: none"> 재활용 수소생산 플랜트 구축 수소 선박 벙커링 사업참여자 협약체결 	<ul style="list-style-type: none"> 재활용 수소생산 실증사업 운영 수소 선박 벙커링 실증사업 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 재활용 수소생산 전국 사업 확대 수소 선박 벙커링 기준 확립 및 확산
		총사업비 : 80억 원	-	-

2. 재원조달계획

(1) 추진방향

국비 및 지방비
확보방안 구축을
통한 원활한 사업
추진

수소산업 육성을 위한 전략사업 14가지를 수행하는 데 필요한 총사업비 2조 1,871억 원은 국비, 시비, 기타(민자, 지방채 등)에 의해 조달할 수 있으며, 국비/시비 등 재원조달계획을 체계적으로 수립하여 사업이 원활히 추진될 수 있도록 관리체계를 확립해야 한다.

(2) 추진전략

가. 국비 확보 방안

국고보조금이란 지방정부가 특정 업무를 수행하도록 장려하기 위하여 국가가 사용 용도를 지정하여 교부하는 재정상의 원조를 의미하며 “지방재정법”, “보조금 관리에 관한 법률” 및 “지방자치법”에 따라 국고보조금을 지원하고 있다.

국고보조금은 보조금 집행계획의 수립, 보조금의 신청, 보조금 예산의 편성, 보조금 예산의 통지, 보조금의 교부신청과 교부 결정, 보조사업의 수행, 보조금의 정산, 사후관리 등의 체계에 따라 관리·운영된다. 2019~2023년 국가재정운용전략에 따른 분야별 재원배분 방향은 다음과 같다.

☑ **(경제분야) 신산업에 대한 투자 확대**를 통해 미래성장 동력을 창출하고, 생활편의 증진 및 안전 인프라 확충

☑ **(산업·중소기업·에너지) 주력산업의 경쟁력 강화** 및 수출, 창업·벤처 지원을 강화하고, 핵심규제 해소를 통한 신산업·일자리 창출 지원 : **신재생에너지 보급 지속 확대 및 에너지시설 안전관리 강화**

☑ **(SOC) 노후 기반시설에 대한 안전투자를 확대**하고, 신기술(AI, 5G 등)을 접목하여 국민생활 편의를 증진하는 인프라 확충

☑ **(R&D) 핵심 소재·부품·장비의 조기 공급안정을 지원**하고, 데이터·5G·AI 및 3대 핵심사업 등에 집중 투자

국가의 분야별
재원배분계획

국가의 분야별 재원배분계획을 분석해보면, 환경분야가 46.5조원으로 1.7%를 차지하고, R&D분야가 130.9조원으로 4.8%를 차지하고, 산업·중소기업·에너지분야가 127조원으로 4.7%를 차지하고, SOC분야가 112.9조원으로

4.2%를 차지하고 있다.

[표 V-15] 2019~2023 분야별 자원배분 계획(단위 : 조원, %)

구분	'19년	'20년	'21년	'22년	'23년	'19~'23년 연평균
보건·복지·고용	161.0(11.3)	181.6(12.8)	198.4(9.3)	213.2(7.4)	229.1(7.5)	(9.2)
교육	70.6(10.1)	72.5(2.6)	76.0(4.9)	79.1(4.1)	82.0(3.5)	(3.8)
문화·체육·관광	7.2(12.2)	8.0(9.9)	8.3(4.6)	8.6(3.8)	9.0(3.6)	(5.4)
환경	7.4(7.2)	8.8(19.3)	9.6(8.5)	10.1(5.8)	10.6(4.2)	(9.3)
R&D	20.5(4.4)	24.1(17.3)	26.7(10.7)	28.7(7.7)	30.9(7.6)	(10.8)
산업·중기·에너지	18.8(15.4)	23.9(27.5)	26.4(10.3)	28.0(6.1)	29.9(6.9)	(12.4)
SOC	19.8(4.0)	22.3(12.9)	23.4(4.9)	23.7(1.4)	23.7(△0.3)	(4.6)
농림·수산·식품	20.0(1.5)	21.0(4.7)	21.5(2.3)	21.9(1.9)	22.2(1.6)	(2.6)
국방	46.7(8.2)	50.2(7.4)	53.4(6.5)	56.4(5.7)	59.5(5.4)	(6.2)
외교·통일	5.1(7.2)	5.5(9.2)	5.9(6.2)	6.3(6.5)	6.6(5.6)	(6.9)
공공질서·안전	20.1(5.6)	20.9(4.0)	21.8(4.2)	22.7(3.9)	23.5(3.7)	(4.0)
일반·지방행정	76.6(11.0)	80.5(5.1)	82.4(2.4)	84.3(2.3)	86.1(2.2)	(3.0)
총지출	469.4(9.5)	513.5(9.3)	546.8(6.5)	575.3(5.2)	604.0(5.0)	(6.5)

자료 : 2019~2023 국가재정운용계획(2019)

행정조직 정비를 통한 대응력 강화

행정조직 정비를 통해 국비확보를 위한 대응력을 강화할 필요가 있으며, 이를 위해 성과별 국가사업 및 국비 보조사업의 추진현황에 대한 상시모니터링체제를 구축할 필요가 있다. 또한, 국비확보를 위한 전담팀을 운영하여 적기에 국비를 확보할 수 있는 시스템을 구축해야 한다.

또한, 사업별 사전타당성 검토를 통해 국가사업, 국비 보조사업 등 사업별 대응 논리 개발과 검토를 통해 대응성을 강화할 필요가 있다.

국가 공모사업을 통한 국비 확보

특히 국가 투자예산 사업이 공모사업으로 전환되고 있는 추세에 맞춰 차별화된 전략으로 인천광역시 사업 우선순위를 선정하고, 중앙부처에 지속적으로 사업을 건의·관리하는 방식으로 국비 확보에 전력을 다해야 한다.

나. 지방비 확보 방안

인천광역시의 세출 전망에 따른, 분야별 자원배분 방향 중 수소산업과 관련된 분야를 발췌하였다.

☑(미래산업 육성) 신산업 성장기반 조성, 혁신창업 생태계 구축, 핵심 선도사업 및 플랫폼 경제 지원 등 고용창출 효과가 큰 **미래전략산업 육성을 위한 혁신성장 지원** 증가

☑(안전 인프라) 상하수도 노후관로 교체 등 물관리 체계 지속 개선, 재난 및 **안전관리 강화**, 소방력 강화를 위한 장비의 지속확충 등 시민안전을 위한 예방 투자 지속 확대 전망

☑(환경 보호) 미세먼지 저감 정책의 지속 추진, 지속가능한 자원순환정책 강화 및 공원 조성 규모 확대에 따라 환경 관련 세출 예산이 큰 폭으로 증가할 전망

인천광역시 분야별 자원배분계획

인천광역시의 분야별 자원배분계획을 분석해보면, 환경 분야가 55,405.7억 원으로 8.9%를 차지하고, 산업·중소기업 분야가 16,258.3억 원으로 2.6%를 차지하며, 과학기술 분야가 1,821.7억 원으로 0.3%를 차지하는 것으로 계획되어 있다.

[표 V-16] 인천광역시 2020~2024 분야별 자원배분 계획(단위 : 억 원, %)

구분	'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	합계
일반공공행정	13,981.3	14,624.6	14,936.1	15,329.3	15,382.0	74,253.3
공공질서·안전	5,658.5	6,024.3	6,539.7	6,857.8	7,427.1	32,507.5
교육	7,696.4	7,950.6	8,190.9	8,325.2	8,434.0	40,597.2
문화 및 관광	4,406.4	4,407.6	4,518.0	5,270.1	5,317.9	23,919.9
환경	11,742.5	11,482.9	10,888.1	10,617.1	10,675.1	55,405.7
사회복지	37,551.8	38,555.4	39,901.4	41,388.3	43,677.2	201,074.1
보건	520.3	512.8	575.0	443.6	320.7	2,372.4
농림해양수산	1,712.9	1,392.3	1,314.3	1,280.0	1,233.6	6,933.1
산업·중소기업	2,899.4	2,990.1	3,203.2	3,283.1	3,882.5	16,258.3
교통 및 물류	15,825.5	14,666.4	17,394.9	17,918.3	19,164.6	84,969.6
국토·지역개발	10,850.9	10,340.5	10,362.2	8,937.3	7,611.7	48,102.6
과학기술	313.6	347.7	389.3	367.4	403.6	1,821.7
예비비 및 기타	7,090.7	7,276.7	7,390.2	7,545.2	7,713.5	37,006.4

자료 : 인천광역시, 2020~2024 중기재정계획

중앙정부
재정운용에 대한
선제적 대응체계를
구축하여 지방비
확보방안 마련

중앙정부의 재정운용방향은 균형재정 회복의 기틀 마련과 중점추진과제 전략적 지원에 있어 모든 재정사업을 제로베이스에서 재검토하고 성과평가 미흡, 집행부진사업을 축소하여 균형재정을 추구하는 방향으로 설정할 필요가 있으며, 이를 통해 확보된 재원을 활용하여 시중합계획 재정투자사업을 원활히 추진해야한다.

또한, 중앙정부는 신규사업에 대한 타당성 검토를 강화하는 경향을 보이고 있어 주요 SOC 관련 현안사업 중앙정부 제안시 사업의 필요성, 시급성, 사업계획 구체성 등 사업계획의 구체화 및 적극적인 활동을 전개할 필요가 있다.

다. 민간투자 활성화 방안

민간투자사업에
대한 부정적 인식
개선 필요

클라우드 펀딩, 공모, 유동화 등 다양한 자원조달 기법을 활용한 사업수익 공유 확대로 투명성을 개선하고 민간투자사업에 대한 부정적 인식 개선 유도가 필요하다.

수익성이 높은 사업의 경우 공모 확대를 통해 수익 공유를 유도하고 민간투자의 참여를 유인하며, 부분참여/지분투자 등 정부투자 참여를 통해 민간투자 보호 및 투자 유인 확대가 필요하다. 또한, 사업의 성과공유 사례집 발간 및 세미나 등을 통해 교육 및 민간투자사업에 대한 인식 개선 도모가 필요하다.

국내 민간자본
유치 확대를 통한
민간투자 활성화

민간자본의 생산성 향상을 위해 사회간접시설 투자에 대해서는 민간자본을 적극적으로 유치해야한다.

또한, 국외기업 유치에 따른 파급효과는 지역 내 생산 및 고용 개선에 크게 기여할 뿐 아니라 지역경제 활성화로 이어져 지방세 세수 기반을 확대할 수 있어 적극적으로 국외기업 유치를 확대해야 한다.

제2절 국비 요청 가능사업 제안

1. 폐자원 활용 수소제조 기술 고도화 및 실증 설비 구축

(1) 사업개요

폐자원 활용 수소생산 기술 고도화 및 실증사업 추진을 위해, 기 개발된 폐자원에서 대체연료유를 생산하는 기술을 고도화해 최종적으로 수소를 생산함으로써 수소경제에 걸맞는 유용한 에너지를 생산할 수 있으며 폐자원 재활용, 수소공급 및 산업화 효과를 나타낼 수 있다.

[그림 V-1] 폐플라스틱 수소화 공정도



(2) 사업의 필요성

연간 발생하는 폐플라스틱 856만 톤 중 매립되고 소각되는 311만 톤을 수소 생산 자원으로 활용함으로써 환경문제를 해결할 수 있다. 연간 매립 및 소각되는 폐플라스틱 311만 톤으로 연간 폐플라스틱 납사 264만 톤을 생산할 수 있으며, 이를 통해 연간 수소 75만 톤을 생산할 수 있다. 연간 생산할 수 있는 75만 톤은 수소차 약 345만대에 필요한 수소량으로 수소경제에 활용할 수 있다.

또한, 적체된 폐자원을 자원화하고 기술 보유 기업 내 실증플랜트를 구축함으로써 주민수용성 문제를 해결할 수 있으며, 전국 최초 재생수소 기술을 확보함으로써 전국 최초 재생수소 실증플랜트 구축이라는 상징성을 확보할 수 있다.

(3) 사업내역 및 소요사업비

폐자원 활용 수소제조 기술 고도화 및 실증 설비 구축을 위한 총사업비는 30억 원(국비 20억 원, 지방비 8억 원, 민간 2억 원)이며, 연도별 사업비는 다음과 같다.

[표 V-17] 폐자원 활용 수소생산 실증사업 소요사업비(단위 : 억 원)

총사업비 (국비)	2019년까지 집행액	2020년도		2021년도		2021년 이후 사업비
		사업량	예산액	사업량	건의액	
30 (20)	-	-	-	설비 구축	15 (10)	15 (10)

(4) 기대효과

연간 발생하는 폐플라스틱은 856만 톤이며, 이 중 매립 및 소각되는 폐플라스틱이 311만 톤(36%), 재활용되는 폐플라스틱이 545만 톤(64%)에 해당된다. 연간 매립 및 소각되는 폐플라스틱 311만 톤으로는 연간 폐플라스틱 납사 264만 톤을 생산할 수 있으며, 이를 통해 연간 수소 75만 톤을 생산할 수 있다.

재생수소 활용을 통해 폐자원 재활용으로 환경문제 해결이 가능하며, 주민들의 인식 개선 또한 가능하다. 전국 최초의 재생수소 기술 확보가 가능하며, 해당 실증사업을 통한 연구개발 및 사업화 동력을 확보할 수 있다. 또한, 사업화를 통한 수익 창출 및 기술 수출 가능성을 제고할 수 있다.

(5) 참고

현재 해당 기술을 보유한 업체가 인천광역시 내 소재하고 있으며, 해당 업체와 MOU를 추진하여 수소융합단지 실증과제 근처 내 플랜트기와 개질기를 설치하여 폐자원을 활용한 수소생산단지를 구축할 수 있다.

상용화가 실증되고 있는 주요 국가의 벤치마킹 또는 실증 기술이전을 통해 수소 생산 방식의 다양성 확보가 필요하다. 사례로, 영국에서는 대규모 실증을 위한 프로토스 에너지 허브 사이트 임차계약이 완료되었으며, 일본에서는 폐플라스틱에서 제조된 수소를 호텔로 공급하여 연료전지로 전기를 생산하여 호텔 전력에 사용하고 있다.

2. 수소 벙커링 실증사업

(1) 사업개요

선박에 대한 환경규제가 강화⁶⁸⁾됨에 따라 친환경 선박에 대한 관심이 급증하고 있으며, 그에 따라 제로 대기오염물질인 수소연료 추진선박이 주요 대

68) IMO는 최고 수준의 선박연료 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx), 온실가스(GHG) 배출량 감축을 위한 로드맵을 마련

안으로 부상하고 있다.

수소는 친환경적이면서도 고에너지 효율의 장점을 가지고 있으며, 액화수소의 경우 800배의 저장밀도와 수소저장용기 공간도 적어 에너지 저장매체로도 뛰어난 효율을 갖고 있어 미래의 에너지원으로 충분한 경쟁력을 확보하고 있다.

수소 선박에 수소를 공급하는 수소 벙커링 연구를 현재 한국선급에서 수행하고 있으며, 이에 대한 실증을 인천광역시 항만에서 추진할 수 있다.

[표 V-18] 수소 선박 벙커링 실증사업 개요

구분	내용
고압수소 벙커링 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고압액화수소 기화 기술(기화기) 개발 ▪ 고압수소 압축 기술(액화기) 개발 ▪ 고압수소 벙커링 운영을 고려한 공정 제어 시스템 설계 기술 개발 등
액화수소 벙커링 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 터미널 액화수소 저장 탱크 기술 개발 ▪ 액화수소 이송 기술(펌프) 개발 ▪ 수소 액화 설비 개발 ▪ 공정 제어 시스템 설계 기술 개발 등
수소벙커링 스테이션	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수소 선박에 수소를 이송하기 위한 항만 수소 벙커링 스테이션 실증사업

(2) 사업의 필요성

인천은 항만을 보유하고 있어 수소 선박 벙커링 실증사업을 위한 최적의 입지 조건을 보유하고 있으며, 해당 실증사업으로 친환경기술의 적용 확대를 통해 선박 연료 사용량 감소에 의한 연료비 및 온실가스 절감이 가능하다.

(3) 사업내역 및 소요사업비

선박 벙커링 실증사업을 위한 총사업비는 약 50억 원(국비 15억 원, 지방비 30억 원, 민자 5억 원)이며, 연도별 사업비는 다음과 같다.

[표 V-19] 선박 벙커링 실증사업 소요사업비(단위 : 억 원)

총사업비 (국비)	2019년까지 집행액	2020년도		2021년도		2021년 이후 사업비
		사업량	예산액	사업량	건의액	
50 (15)	-	-	-	실증 장비	30 (10)	20 (5)

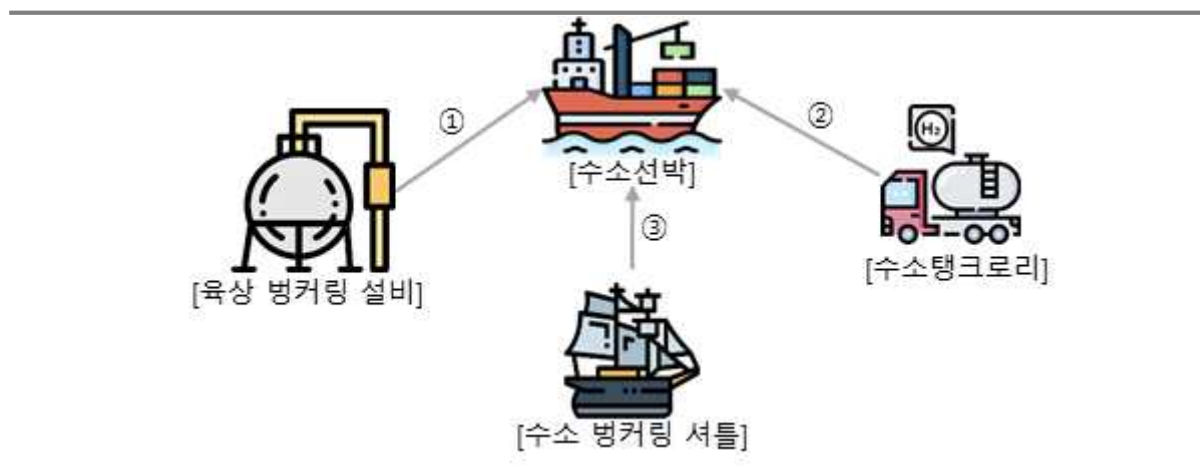
(4) 기대효과

IMO에 따른 온실가스 감축목표 달성이 가능하며, 기술집약적 산업 육성으로 기술 이전 등을 통한 부가가치 창출이 가능하다. 또한, 수소 선박 실증사업을 통해 다양한 수소 모빌리티 실증사업 추진이 가능하다.

(5) 참고

수소 연료는 수소탱크로리, 육상 벙커링 설비, 수소 벙커링 셔틀 활용 등을 통해 공급이 가능하며, 수소 선박 벙커링의 방법은 다음과 같다.

[그림 V-2] 수소 선박 벙커링 방안



VI. 수소산업 생태계 조성을 위한 정책지원 및 주민수용성 확보 방안

VI. 수소산업생태계 조성을 위한 정책 지원 및 주민수용성 확보 방안

제1절 수소경제 산업생태계 조성을 위한 정책지원 과제

1. 지원제도 및 규제 개선방안

수소산업은 에너지
특수성으로 인해
제도적 지원이
필요함

수소산업은 저장·이송·활용 측면에서 산업적 가치를 높일 수 있지만, 수소 에너지의 특수성으로 인해 상당한 제도적 장벽도 존재하는 것이 현실이다. 제도적 지원이 이루어지지 않는다면 수소산업의 조기 발전은 사실상 기대하기 어려울 수 있다.

수소는 복잡성을 가진 새로운 타입의 에너지로서, 단독 에너지원으로서 다른 에너지원과 비교하는 것이 아니라 전체의 시스템적인 관점에서 수소가 국가 에너지원으로서 어떠한 역할을 하고 있는지를 파악해 평가해나갈 필요가 있다. 이를 토대로 역할을 적절히 담당할 수 있도록 제도적 지원도 수반되는 것이 필요하다. 수소산업에 영향을 미치는지를 파악하고 이를 기반으로 폭넓은 의견 수렴을 통해 제도 및 규제의 개선 수준을 어느 정도로 하는 것이 바람직한지 충분한 논의가 필요하다.

수소에너지의
수용성을 높이는
방향으로 지원제도
및 규제 개선 필요

수소가 새로 등장한 에너지라는 점에서 기존 에너지 기반의 제도 및 규제는 수소 분야의 성장을 일부 지연시키는 장벽으로 작용하고 있다. 사회적 공감대와 산업적 가치, 국가적인 필요성 등을 종합 반영하여 수소에너지의 수용성을 높이는 방향으로 제도 및 규제를 개선한다면 수소산업의 발전을 촉진할 수 있을 것이다.

(1) 수소차 지원금 확대

수소차 지자체
보조금 확대

환경부에서 발표한 “2020년 수소연료전지차 보급 및 충전소 설치사업 보조금 업무처리지침”에 따르면, 수소연료전지자동차의 보조금 예산이 총 227,250백만원으로 10,100대에 달하는 차량이 지원 대상에 포함된다. 한 대당 수소차 보조금은 22.5백만원이며 중복 지급은 불가하다.

각 지자체별 수소차 지원금을 살펴보면 가장 많은 수소차 비용을 지원하는 곳은 강원도이다. 차 값의 절반이 넘는 60%를 지원해주는 강원도는 국내에서 유일하게 수소차인 현대 준중형 SUV 넥쏘 구매비용 6,890만원의 최대

60%인 4,250만원을 지원한다. 지원금은 국비 2,250만원에 도비 1,000만원, 시군비용이 1,000만원 지원돼 책정하였다.

강원도 다음으로 지원금이 많은 곳은 대전이다. 국비 2,250만원에 시비 1,300만원이 더해져 3,550만원을 지원한다. 대전은 오는 2022년까지 관용차 5대를 포함해 수소차 1,045대를 보급 할 방침이며, 이와 함께 유성구와 동구에 충전소를 각각 1개소씩 세울 계획이다.

경남 지역의 울산과 부산은 약 3,400만원의 지원금을 준다. 일단 울산은 전국에서 가장 많은 보급대수인 1,000대 보급목표를 세웠다. 울산은 오는 2022년까지 7,000대의 수소차가 주행하는 것을 목표로 두고 있다.

부산의 경우 지원 규모는 200대이며, 구매보조금을 시비 1,200만원을 포함 3,450만원까지 지원해준다. 여기에 더해 광안대로 통행료 면제 혜택도 준다.

수소차 보조금에 더해 받을 수 있는 혜택들도 많다. 수소차 구매 시 개별소비세, 지방교육세, 취득세 등 세금 감면 혜택을 받을 수 있으며, 개인용 차량의 경우 매년 납부하는 자동차세 또한 연 13만원으로 일괄 적용되는 세금 감면 혜택을 받게 된다. 또한, 공용주차장 이용 시 주차료를 50% 할인받을 수 있으며 고속도로 통행료도 50% 할인받을 수 있다.

[표 VI-1] 지자체별 수소차 구매 보조금(단위 : 만원)

구분	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	세종
정부 보조금	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250
지자체 보조금	1,250	1,200	1,250	1,000	1,000	1,200	1,150	1,750	2,000	1,000	1,000	1,350	1,500	-	1,060	1,000
합계	3,500	3,450	3,500	3,250	3,250	3,450	3,400	4,000	4,250	3,250	3,250	3,650	3,750	2,250	3,310	3,250
비고	-	-	-	-	-	-	-	화성 기준	-	-	아산 (3,450)	-	여수 기준	-	-	-

인천광역시의 경우 1,000만원을 지원하고 있지만, 타 기초지자체에 비해 낮은 금액을 지원하고 있다. 인천광역시는 수소차 보급 확대를 위해 수소차 보조금 지원을 개선할 필요가 있다.

(2) 녹색인증제 도입

민간 건축물의
녹색인증제 도입을

서울특별시시는 건물부분의 온실가스 배출량이 전체 온실가스 배출량의 약 64%(31백만tCO₂)를 차지하고 있다.⁶⁹⁾ 서울특별시시는 건물에서 발생하는 온

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

통한 연료전지 보급 활성화

실가스 배출량 감소를 위해 이전의 서울시 녹색건축물 설계 기준을 폐기하고 개정된 서울시 녹색건축물 설계 기준을 '19년 2월 24일부터 시행하고 있다.

개정된 "서울시 녹색건축물 설계 기준"에 따르면, 건축물 에너지절약설계기준 적용 대상인 신축, 증축, 개축, 재축, 대수선, 리모델링, 용도변경(열손실 변동 수반의 경우만 해당) 건축물은 모두 연도별 설치비율에 따라 신재생 에너지를 의무적으로 설치해야만 한다.

[표 VI-2] 연도별 신재생에너지 설치비율(%)

구분		'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	~'23
공공건축물		15%	18%	21%	24%	27%	30%	-	-	-
민간	주거	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
	비주거	7%	7%	9%	9%	11%	11%	12%	12%	14%

민간 부분에 해당하는 건축물은 "녹색건축물 조성 지원법" 제14조에 따른 에너지 절약계획서 제출 대상 건축물과 "주택법" 제15조에 따른 사업계획 승인 대상 공동주택에 해당하며, 용도와 규모에 따라 다음과 같이 구분하고 있다.

[표 VI-3] 민간부문 건축물

구분	주거 ⁷⁰⁾	비주거 ⁷¹⁾
가	1,000세대 이상	연면적 합계 100,000m ² 이상
나	300세대 이상~1,000세대 미만	연면적 합계 10,000m ² 이상~100,000m ² 미만
다	30세대 이상~300세대 미만	연면적 합계 3,000m ² 이상~10,000m ² 미만
라	30세대 미만	연면적 합계 3,000m ² 미만

인천광역시의 건물용 연료전지 보급 확대를 위해서는, 서울특별시의 녹색 건축물 설계 기준을 벤치마킹하여 인천형 녹색건축물 설계 기준 제도 수립을 통해 연료전지 보급 활성화가 가능할 것으로 보인다.

69) 이는 서울시 전력사용량의 83%이며, 서울시 에너지 소비의 56.8%에 해당하는 수치임

70) 동별 세대수의 합계로 구분

71) 동별 연면적의 합계로 구분(냉·난방 면적이 연면적의 50% 미만인 경우에는 냉난방 면적의 합계를 적용)

(3) 에너지공사 설립을 위한 조례 제정

지속가능한 에너지 자립기반 구축을 위해 인천광역시의 적극적인 에너지 산업 개발·이용과 발생이익의 합리적인 도민 환원을 위한 기업형 전담추진 기구 설립을 장기적으로 검토하는 것이 필요하다.

인천에너지공사 설립 과정

인천광역시 내 인천에너지공사(가칭)와 같은 전담기관의 설립에 대한 체계적인 검토가 필요하며, 인천에너지공사(가칭) 설립을 위한 설립 과정은 다음과 같다.

[표 VI-4] 서울에너지공사 설립 사례

기본계획 수립	타당성 검토용역	주민 공청회	행자부 협의	설립심의 위원회	조례정관 제정	임원선발	자본금 납부	설립 등기
d-day	d+6개월	d+7개월	d+8개월	d+6개월	d+9개월	d+10개월	d+11개월	d+11개월

에너지공사 설립을 위해서는 인천광역시 조례 제정이 필수적

인천에너지공사(가칭) 설립을 위한 여론 수렴을 위해 시의회 및 토론회 등 공론화 과정을 거치고, 에너지공사 설립을 위한 타당성 조사 용역을 수행하며, 시민 공청회 및 시의회 설립심의를 거쳐 최종적으로 “인천광역시 인천에너지공사(가칭) 설립 및 운영 조례”를 제정하고 최종적으로 인천에너지공사(가칭)를 설립할 수 있다.

☑ “지방공기업법” 제49조(설립) 제1항에 따르면, 지방자치단체는 제2조에 따른 사업을 효율적으로 수행하기 위하여 필요한 경우에는 지방공사(이하 “공사”라고 한다)를 설립할 수 있다. 이 경우 공사를 설립하기 전에 특별시장, 광역시장, 특별자치시장, 도지사 및 특별자치도지사는 행정안전부장관과 시장·군수·구청장은 관한 특별시장·광역시장 및 도지사와 협의하여야 한다.

☑ “지방공기업법” 제49조(설립) 제2항에 따르면, 지방자치단체는 공사를 설립하는 경우 그 설립, 업무 및 운영에 관한 기본적인 사항을 조례로 정하여야 한다.

이에 따라, 인천광역시 내 인천에너지공사(가칭) 설립을 위해서는 타당성 조사 용역 및 공청회를 거쳐 인천광역시의 조례 제정을 통해 인천에너지공사(가칭)를 설립할 수 있다.

2. 연관기업 유치·육성 방안(투자타당성 등)

경제는 인적자원, 물적자원, 이 둘을 결합시키는 기업, 제도적 기반을 마련하는 정부 등이 유기적 결합을 통해 이루어지지만 그중에서도 기본이 되는 것은 기업이라고 할 수 있다.

기업유치는
고용창출을 통해
부가가치가
창출되고 관련
산업 생산 증가 및
경제성장의
잠재력을 확대하는
효과가 있음

기업유치는 자본형성을 증가시켜 경제성장을 촉진하는 긍정적인 효과가 있다. 기업유치로 인해 유입된 자본은 그 자본이 직접적으로 유입된 산업의 생산력을 증가시키고 고용창출을 통해서 부가가치 창출에 영향을 미치게 되는데 이러한 관련 산업의 생산증가와 부가가치 창출을 통해 궁극적으로는 경제성장을 촉진하는 효과가 발생하게 된다. 이와 같이 기업유치를 통해 창출된 부가가치는 그 자체로 소득증대를 가져올 뿐만 아니라 이 중 상당 부분이 재투자되어서 고정자본 형성에 기여하고 생산가능 곡선을 확장시켜 경제성장의 잠재력을 확대하는 효과가 있다.

또한, 투자된 자본은 산업구조에 자본집약적인 형태로 흡수되어 자본축적을 늘리고 경제의 효율성과 경쟁력을 향상시켜 보다 높은 부가가치 창출을 통해 장기적인 경제성장 촉진 효과를 갖게되며, 지역의 성장 잠재력 등으로 인한 내부역량이 축적되어 있을 경우 투자자본과의 상호작용으로 경제성장에 미치는 효과가 더욱 커지게된다.

이에 국내 광역지자체들은 기업의 원활한 유치를 위해 관련조례를 제정하고 있으며, 개별 지자체들은 동 조례에 의거하여 기업유치를 위해 보조금 지원, 조세감면, 고용 및 교육·훈련지원, 금융지원 등 다양한 지원을 모색하고 있다.

[표 VI-5] 광역지자체별 기업 유치지원제도 현황

구분	주요내용	근거
부산	지방세감면, 산업입지지원, 설비투자 보조금, 생산자서비스업지원, 금융지원, 행정지원 등	부산광역시 기업 및 투자유치 촉진조례
대구	시설용지, 시설비보조, 금융지원, 특별지원 등	대구광역시 기업유치 촉진조례
인천	고용보조, 고용장려, 교육훈련, 임차료, 시설보조, 행정지원, 특별지원 등	인천광역시 기업투자유치 조례
광주	지방세감면, 입지보조, 설비투자보조, 고용보조, 교육훈련보조, 컨설팅보조, 금융지원, 특별지원 등	광주광역시 투자유치 촉진조례
대전	본사이전보조, 입지보조, 설비투자보조, 임대금보조, 고용보조, 교육훈련보조, 기술이전보조 등	대전광역시 기업유치 및 투자촉진조례
울산	이전보조, 외투기업 지원준용, 특별지원 등	울산광역시 기업 및 투자유치 등에 관한 조례
세종	입지보조, 설비투자보조 등	세종특별자치시 기업 및 투자유치 촉진에 관한 조례
강원	이전보조, 세제감면, 용지지원, 금융지원 등	강원도 투자유치 지원조례
충북	이전보조, 시설투자보조, 운영비지원, 특별지원 등	충청북도 기업 및 투자유치 촉진조례
충남	입지보조, 투자보조, 조세감면, 고용지원, 금융지원 등	충청남도 국내기업 투자유치 촉진조례
전북	토지매입비, 건축비, 시설장비, 기반시설, 고용보조, 교육훈련보조 등	전라북도 기업 및 투자유치 촉진조례
전남	토지매입비, 공유재산 임대, 이전보조 등	전라남도 국내외기업 및 자본투자유치를 위한 지원조례
경북	고용보조, 교육훈련보조, 입지보조, 이전보조 등	경상북도 기업 및 투자유치 촉진조례
경남	임대용지, 입지보조, 고용보조, 교육훈련보조, 시설보조 등	경상남도 기업 및 투자유치 등에 관한 조례
제주	입지보조, 설비투자보조, 고용보조, 교육훈련보조 등	제주특별자치도 투자유치 촉진조례

자료 : 자치법규정보시스템(ELIS)

개별 광역지자체들의 기업유치 지원내용은 대동소이하나, 운용방식은 지자체의 기업유치 여건에 따라 상이하며 구체적으로 기업유치 관련 다양한 지원사업에 투입되는 재원은 산업통상자원부의 “지방자치단체의 지방투자기업 유치에 대한 국가의 재정자금 지원 기준”에 의거 광역 지자체별로 운용되고 있다.

이로 인해 기업유치 여건이 양호한 지역의 경우, 입지 및 설비투자지원 비중이 높아지게 되면 여타 부문의 지원 여력이 그만큼 줄어들게 되고 기업유치 여건이 열악한 지역은 입지 및 설비투자 지원이 상대적으로 낮아져 여타 부문의 지원 여력이 그만큼 높아질 개연성이 크다.

수소산업의 육성을 위해 연관기업 유치·육성 방안을 위한 방안을 다음과 같이 정리하였다.

(1) 기업유치 전략 수립

기업유치 전략
수립을 위한
기업유치 TFT팀
신설

기업유치 전략 수립을 위해 인천광역시, 실무추진단, 투자·기술 전문가 등 산학연관으로 구성된 기업유치 TFT를 신설하고 효율적 유치 전략을 수립한다. 대면활동에서부터 사후관리까지 기업유치 프로세스를 확립하고 유치에 따른 문제점에 대한 해결방안을 사전에 마련함으로써 신속대응 체계를 구축할 수 있다.

연료전지, 충전인프라, 수소드론 부품 등의 기업들과 수소산업 분야로 업종 전환 또는 신규투자 기업의 현황 조사·분석을 통해 인천시 수소산업 육성 목표와 방향에 부합하는 Target 기업군을 도출하여 집중 관리를 추진한다.

[표 VI-6] 기업유치 TFT

구분		구성	주요 역할 및 기능
인천광역시		▪ 에너지정책과	▪ 기업 투자·유치를 위한 입지지원 및 인센티브 제공
실무추진단		▪ 실무추진단	▪ 전문가 네트워크 운영, 사업추진점검 및 성과분석
기업 기관 유치	기업·기관유치 TFT	▪ 실무추진단	▪ 유치대상 기업 발굴, 유치계획 수립 및 유치관리
	연계협력기관	▪ KOTRA, KIAT 등 혁신기관	▪ 국내·외 기업 유치 협력
	전문가그룹	▪ 지역내·외 기업기술 전문가	▪ 기업·기술 검토 및 자문
혁신네트워크구축 및 운영		▪ 산학연관 전문가 ▪ 수소관련 정책 지원, 글로벌 협력 전문가 ▪ 정책, 경제, 에너지분야 전문가	▪ 신규 사업 기획 및 제안

인천광역시는 u-IT 클러스터 구축사업의 일환으로 RFID/USN 관련 국내 기업유치를 위한 TFT팀을 운영한 경험을 보유하고 있어 이를 바탕으로 수소산업 관련 기업유치를 위한 TFT팀을 신설하여 효율적인 유치 전략을 수립하고 전략적인 기업유치가 가능할 것이다.

가. 기업유치 프로세스 확립

인천의 기업환경을
고려한 유치전략
수립

기업은 투자 시 대상지역의 기업환경 요소를 복합적으로 고려하여 투자여부를 결정하므로, 인천광역시 기업환경을 고려한 맞춤형 투자유치전략(기업유치 프로세스)을 수립한다.

[표 VI-7] 기업유치 프로세스

단계	기업유치 프로세스	주요내용
투자유치 사전단계	① 투자의향 기업 정보수집 및 DB구축	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 지방이전, 신설, 창업 등을 고려하는 기업 대상 ▪ 유관기관 및 출향인사 활용
	② 유치 대상기업 Target 설정	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기업투자유치 촉진위원회 개최
투자유치 진행단계	③ 투자유치 설명회 개최 및 투자의향 조사	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 유관기관(KOTRA, 산단공, 인천 등) 연계 ▪ 리서치 기관 연계
	④ 현장에서 LOI 체결	<ul style="list-style-type: none"> ▪ LOI 체결 ▪ 정식 계약 전 LOI 작성
	⑤ 해당기업 현지 방문 및 대면논의	<ul style="list-style-type: none"> ▪ MOU 체결 ▪ 투자양해각서 체결
투자유치 후속단계	⑥ 사후 조치(맞춤형 투자유치 서비스 제공)	

전략적인 기업유치 프로세스 확립의 중요성

투자유치 대상의 선정은 투자유치 전략의 주요 내용 중 하나로, 가능성⁷²⁾과 필요성⁷³⁾을 고려하여 유치 대상기업 Target을 선정한다. 단기적인 성과를 높이기 위해 가능성이 높은 투자를 유치한다면 상대적으로 지역경제의 파급효과가 높지 않은 투자도 유입되는 현상이 발생하고, 필요성이 높은 투자는 파급효과가 큰 투자이나 지나치게 필요성만 강조할 경우 투자유치 성과를 거두기 어려워 지역경제에 파급효과가 커서 필요성이 높고 가능성도 높은 투자를 중점으로 전략적인 기업유치 프로세스 확립이 필요하다.

나. 기업투자 유치활동 강화

기업투자 유치활동 강화 필요성

유관기관 등 다양한 채널을 통해 설정된 유치 기업 Target을 대상으로 투자유치 설명회, 투자유치 팸투어를 개최하고 참여기업의 투자의향 및 투자시 필요로 하는 다양한 인센티브에 대한 수요조사를 실시하며, 수요조사를 통해 발굴된 지원수요에 대한 재원은 “투자유치기금(가칭)”을 활용토록 한다.

또한, 인천광역시 홈페이지, 온라인 광고, 신문, 옥외광고, 홍보 팸플렛, 홍보 동영상, SNS 등 다양한 온-오프라인 매체를 통해 인천광역시가 투자 적격지임을 지속적으로 알리는 등 적극적인 홍보마케팅 추진을 통해 기업투자 유치활동을 강화할 수 있다.

72) 가능성은 투자가 실현될 확률이 높은 기업 의미

73) 필요성은 지역경제에 대한 파급효과가 높은 기업 의미

제2절 주민수용성 확보

수소는
산업현장에서
수십년간 사용하고
있으며, 안전관리
노하우가 축적됨

수소 전문가들에 따르면 수소는 이미 석유화학, 정유, 반도체, 식품 등 산업 현장에서 수십 년간 사용해 온 가스로써 이미 안전관리 노하우가 축적된 분야이다.

수소의 폭발 가능성은 과학적으로 물리적, 화학적 폭발로 구분할 수 있다. 물리적 폭발은 고압에 의한 저장 용기 균열 등에서 발생하며, 화학적 폭발은 연소 반응으로 누출 → 가스구름 → 발화원의 3가지 요소가 충족되었을 경우 발생한다. 수소는 가장 가벼운 기체⁷⁴⁾로 누출시 빠르게 확산되어 가스구름이 생성되기 어렵고, 공기 중에 쉽게 희석되어 폭발을 위한 3가지 요소 충족이 어렵다.

한국산업안전관리공단과 미국화학공학회에 따르면 수소의 종합적인 위험도 분석(자연발화온도, 독성, 불꽃온도, 연소속도 등) 결과 수소는 도시가스보다 위험도가 낮으며, 수소전기차의 연료인 수소는 수소폭탄에 사용되는 중수소·삼중수소와 다르고 자연상태에서는 수소가 중수소·삼중수소가 될 수 없다.

선진국에서는 10년
이상 안정적으로
수소충전소를
운영중

또한, 수소충전소의 경우 미국, 유럽, 일본 등의 선진국에서 10년 이상 안정적으로 운영 중이다. 우리나라도 선진국과 동일하게 ISO 국제기준에 따른 안전검사를 통과한 부품 사용, 충전소 구축 후 안전검사 시행, 방폭 및 안전 구조물 설치, 안전관리자 상주 등의 안전 조치를 시행하고 있다. 아울러 수소충전소 시설에는 압력 이상 발생 시 긴급차단장치, 가스누출 경보장치 등의 안전장치가 설치돼 있다.

이처럼 수소에 대해 막연한 불안감을 가질 필요는 없다는 게 전문가들의 얘기다. 그러나 수소 취급 부주의, 부품 결함 등으로 인해 언제든지 사고가 날 수 있다는 점은 명심해야 한다.

1. 수소산업 관련 안전관리 방안

수소안전 확보를
위해 정부는
수소안전전담기구
(가스안전공사
내)를 설치

수소경제 활성화를 위해서는 수소안전 확보가 필수적이다. 수소전기차, 수소충전소, 연료전지 등의 수소경제가 일반 국민 생활 속으로 들어오는 것이기 때문에 수소안전이 확보되지 않으면 지역주민들의 반발에 부딪혀 수소충전소 등의 수소 인프라 구축이 어려워질 수밖에 없다. 그러나, 우리나라는 수소경제 초기인 만큼 안전관리 법·제도와 역량이 미흡하므로 수소에 대한 막연한 불안감을 해소하는 것도 시급하다.

74) 수소는 공기보다 14배 가벼움

수소생산기지, 충전소 등 수소 인프라 구축이 속도감 있게 진행됨에 따라 이에 대응하는 안전관리 법·제도 마련이 시급한 정책과제로 대두됨에 따라 정부는 “수소 전주기 안전관리 종합대책”을 통해 수소경제 안전성 확보방안을 제시했다.

[그림 VI-1] 수소안전전담기구



정부와 더불어 인천광역시는 수소산업 전분야에 대한 안전관리 사항이 고려될 필요가 있으며, 다음과 같이 안전관리 방안을 수립할 수 있다.

(1) 안전협의체 구성

수소산업의
안전관리를 위한
방안으로
안전협의체 구성이
필수적

수소산업 확산을 위해 인천광역시를 주관으로 한국가스안전공사, 소방서, 경찰서 등 시공사, 긴급보수업체 등으로 안전관리 실무협의체를 구성하고, 구성원 간 협조를 통해 안전대책 준수사항을 수립하고 대책의 수행 사항을 확인 및 점검·관리하도록 계획한다.

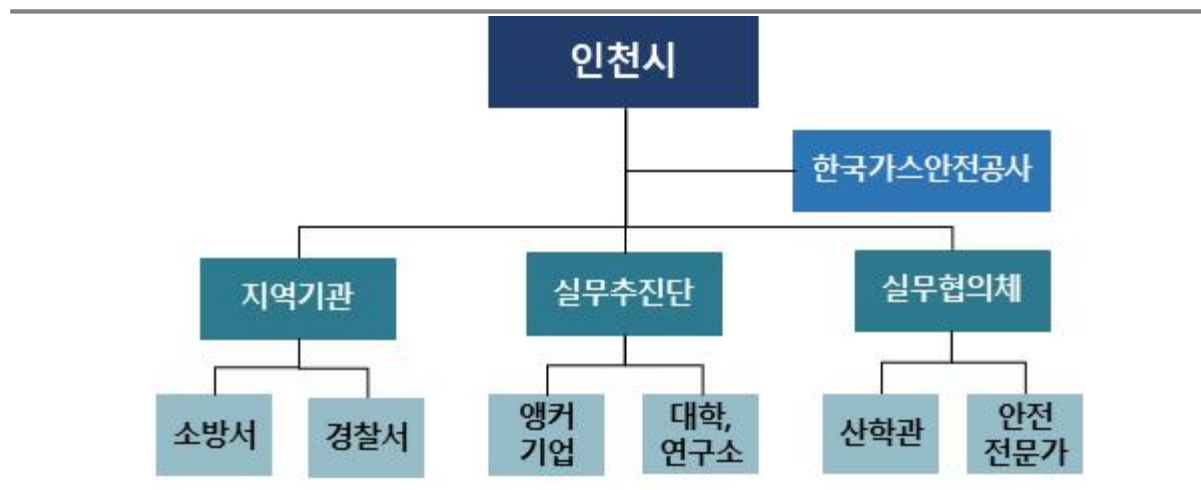
인천광역시는 수소산업 중 발생할 수 있는 위험사항에 대한 종합적인 행정 지도, 관련 제반사항 지원 및 안전대책의 수립과 수행 상태를 모니터링하고, 에너지정책과 중심으로 안전관리 실무협의체에 참가하여 수소산업 전반의 안전에 대한 컨트롤타워 기능을 수행한다.

실무추진단은 한국가스안전공사, 참여기업체, 대학, 연구소 등으로 구성된 안전전문가와 인천광역시로 구성된 안전관리 실무협의체를 운영하며, 협의체에서 안전과 관련된 모든 실무를 총괄할 수 있도록 지원하고, 위험사항 발굴, 안전관리 실무협의체 구성원 요청사항 및 운영 제반사항에 대해 지원한다.

지역기관은 수소산업 추진 중 발생할 수 있는 재난 상황을 상정하여 소방, 경찰, 지역사회 등 민관 협력에 집중하고, 종합방재센터와 안전관련 이슈사항을 공유하여 대응방향 수립 및 지속적인 지역사회 안전 네트워크를 구축한다.

실무협의체는 산학관 및 안전전문가로 구성되며, 참여기업과 함께 실증시스템의 위험성평가 실시 및 세부적인 안전관리를 확립한다.

[그림 VI-2] 안전협의체 구성



(2) 비상대응체계 확립

안전협의체를
중심으로
비상대응체계
확립이 필요

모든 안전관리는 안전협의체를 중심으로 시행하며, 안전협의체의 간사가 안전관리자, 각 세부사업별로 안전관리자를 선임하고 비상대응체계는 세부사업별로 사업의 특성과 조직에 맞게 확립한다.

안전관리자는 보유설비와 취급하고 있는 위험물질에 의해 발생 가능한 비상사태를 체계적으로 검토해야하며, 위험성 파악과 발생 가능성이 큰 비상사태를 기준으로 비상조치계획을 수립하되 발생가능성은 적으나 심각한 결과를 초래할 수 있는 비상사태도 포함해야한다.

[표 VI-8] 사고의 구분

구분		분류 기준
등급별	1급사고	<ul style="list-style-type: none"> 사망자가 5명 이상 발생한 사고 사망자 및 중상자가 10명 이상 발생한 사고 사망자 및 부상자가 30명 이상 발생한 사고 물적 손해의 피해액이 20억 원 이상 발생한 사고
	2급사고	<ul style="list-style-type: none"> 사망자가 1명 이상 4명 이하 발생한 사고 중상자가 2명 이상 9명 이하 발생한 사고 부상자가 6명 이상 29명 이하 발생한 사고 물적 손해의 피해액이 10억 원 이상 20억 원 미만 발생한 사고
	3급사고	<ul style="list-style-type: none"> 1급사고 및 2급사고 이외의 인명피해 또는 재산피해가 발생한 사고 가급 : 1억 원 이상 10억 원 미만 나급 : 1천만원 이상 1억 원 미만 다급 : 50만원 이상 1천만원 미만 라급 : 50만원 미만
	4급사고	단순누출, 과열화재, 교통사고 등
	5급사고	방화, 자해, 가해, 고의흡입 등의 원인으로 발생한 것
	5급사고	방화, 자해, 가해, 고의흡입 등의 원인으로 발생한 것
형태별	누출사고	가스가 누출된 것으로서 화재 또는 폭발 등에 이르지 않는 것
	화재사고	누출된 가스가 인화하여 화재가 발생한 것으로 폭발사고와 파열사고를 제외
	폭발사고	누출된 가스가 인화하여 폭발 또는 폭발 후 화재가 발생한 것
	중독사고	가스연소기의 연소가스 또는 독성가스에 의하여 인적피해가 발생한 것
	산소결핍	가스시설 등에서 산소의 부족으로 인한 인적피해가 발생한 것
	파열사고	가스시설, 특정설비, 가스용기, 가스용품 등이 물리적 또는 화학적인 현상 등에 의하여 파괴되는 것
인명 피해별	사망자	가스사고로 인하여 사고현장에서 사망하였거나, 72시간 이내 사망한 자
	중상자	가스사고로 인하여 부상을 당하여 3주 이상의 치료를 요하는 진료소견을 받은 자
	경상자	사망자와 중상자 이외의 자

사고가 발생한 경우 사고 최초 발견자는 안전협의체에 즉시 보고하고, 안전 관리책임자(안전협의체 간사)는 보고체계에 의하여 사고 발생 사항을 제일 먼저 안전관리 총괄책임자에게 통보하고 필요시 인천광역시, 소방서 및 병원 등 유관기관에 협조 요청을 해야 한다.

중대 사고가 발생한 경우에는 지체 없이 인천광역시, 소방서 및 한국가스안전공사 등 유관기관에 전화 또는 적절한 방법으로 보고하고 안전관리책임자는 사고 발생 날부터 1개월 이내에 사고조사표를 작성하여 유관기관장에게 제출해야한다.

2. 주민수용성 확보 방안

정부에서는 수소 인프라 구축을 위해 찾아가는 주민설명회 개최 추진

정부는 오는 2021년부터 충전소 등 수소 인프라 구축에 대한 이해와 수용성 제고를 위해 찾아가는 주민설명회 개최 등을 추진한다. 산업부, 유관기관, 업계 등 수소경제 관련 기관을 망라한 전담 교육·홍보팀을 구성해 콘텐츠 개발 등의 전략적 홍보를 실시하고, 주민센터를 활용해 “찾아가는 주민설명회”를 연중 개최할 예정이다. 충전소 인근 지역을 대상으로 집중 홍보하고 전국적으로 확대한다는 방침으로, 여수시, 화성시에 소재한 주민센터 등에서 시범사업을 추진할 예정이다.

주민단체 등과 협업을 통한 이해 증진 및 정책 수용도 제고

또한, 수소관련 시설 등이 위치한 주민단체 등과 협업을 통해 수소경제에 대한 이해 증진 및 정책 수용도를 제고할 계획이다. 지역주민단체 등이 수소전기차를 체험하고 수소충전소를 방문할 수 있는 체험프로그램을 운영해 신뢰성을 제고하고, 증강현실·가상현실 등 IT 기술을 활용한 이동식 및 온라인 체험관도 개설해 찾아가는 수소 안전교육·홍보를 실현한다는 계획이다.

주민참여와 정보공개를 통한 지역수용성 제고에도 힘쓸 예정이다. 충전소 안전성 평가 시 민간전문가를 참여시키고 평가 결과를 주민설명회 등을 통해 공개해 지역주민의 신뢰를 확보하고, 충전소 운영현황, 법정검사 결과, 정비이력 등에 대한 종합적 정보를 제공하는 “수소정보 제공시스템”을 구축·운영할 예정이다.

방송 다큐 제작, 대중교통 광고 등 생활 체험 위주 홍보 진행

생활 체험 위주의 수소교육·홍보도 진행된다. 방송 다큐 제작, 버스·지하철 등의 대중교통 광고 등 대중매체의 활용과 함께 유튜브·인스타그램 등에서 영향력이 있는 인플루언서 등을 활용한 수소전기차 체험 등의 수소 홍보를 추진한다.

이와 함께 국민 참여이벤트 및 체험관 건립 등을 통해 일반 국민에게 체험 학습기회를 제공한다. 수소경제 및 안전 공모전 개최 등 국민에게 흥미와 자발적 참여를 유도할 수 있는 온·오프라인 이벤트를 시행하고, 대국민 수소안전 교육과 안전문화 확산의 거점으로서 접근성이 용이한 장소에 수소안전체험관을 2021년 하반기까지 건립할 예정이다.

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[그림 VI-3] 수소에너지 바로 알기 공모전



이밖에 “수소의 날”, 수소박람회 등을 통해 수소산업의 미래를 홍보하는 한편 대기업과 협력업체 간 교육·인력·안전관리비 지원 등에 관한 안전상생 협력 MOU 체결 유도, 수소안전 우수업체 인센티브 지원, 안전포럼 운영 등 기업의 자발적 안전문화 확산을 추진할 계획이다.

(1) 주민수용성 확보 방안

정부에서 수소산업 육성을 위해 주민수용성 확보를 위한 다양한 방법을 논의 및 추진하고 있지만, 인천광역시의 수소산업 육성을 위해서는 지자체에서도 주민수용성을 위한 방안을 마련·추진해야 하며, 주민수용성 확보를 위한 방안은 다음과 같다.

인천시 수소산업 육성을 위한 주민수용성 확보방안

- SNS 활용
- 주민참여형 사업 추진
- 기자단 운영
- 수소홍보관 운영
- 수소와 관련한 리빙랩 운영

첫째, 인천광역시 공식 SNS채널(블로그, 페이스북, 카카오톡스토리, 카카오톡 플러스친구, 트위터, 인스타그램, 유튜브)을 통한 지속적인 소통을 강화하여 수소에너지에 대한 유익한 정보를 1:1 대화 방식으로 전달함으로써 주민수용성을 확보할 수 있다.

둘째, 재생에너지 사업 시 해외에서 많이 사용되고 있는 방법으로 수소산업 관련 사업 추진 시 주민참여형 사업을 추진함으로써 지역 주민들의 안전성 확보를 높일 수 있다.

셋째, 수소산업에 관련된 사업 추진 시 시민과 학생 기자단이 해당 내용을 취재하고 콘텐츠를 제작함으로써 수소에 대한 불안감 해소 및 안전성, 효율성 등 긍정적인 이미지를 확산시킬 수 있다.

넷째, 인천광역시 내 주민들이 쉽게 접할 수 있는 위치에 수소홍보관 운영하고 학생 및 주민들을 대상으로 견학 프로그램 운영 등을 통해 수소가스의 안전성, 수소경제의 영향, 수소에너지의 친환경성 등을 전달함으로써 주민 수용성을 확보할 수 있다.

다섯째, 유럽을 중심으로 추진⁷⁵⁾되고 있는 “리빙랩” 개념을 수소산업 분야에 접목하여 수용성을 확보할 수 있다. 리빙랩은 시민들의 안전성을 확보할 수 있는 사용자 주도형 기술혁신 모델을 구축하는 것으로 수소와 관련한 리빙랩을 운영함에 따라 주민들이 직접 살아보면서 연관된 기술을 경험할 수 있으며, 체험을 통해 수소에 대한 시민들의 불안감을 해소할 수 있다.

국내 여건에 맞는 주민 이익공유제도 도입 필요

또한, 국내 여건에 맞는 주민 이익공유제도 도입을 통해 주민수용성을 높일 수 있다. 국내에서 현재 시행중인 제도는 기본적으로 주민들이 일정 수준 이상을 투자할 때에만 적용이 가능하게 되어 있어 경제적 이익공유 관점에만 초점이 맞춰진 주민참여 인센티브 제도를 개선할 필요가 있다.

[발전소 주변지역 지원금 산정방법]

☑ [전전년도 발전량(kWh) X 발전원별 지원금 단가(원/kWh)] +
[설비용량(MW) X 발전원별 설비용량 단가(만원/MW)]

☑ 발전원별 지원금 단가는 신재생에너지 지원금 단가의 0.1(원/kWh)

☑ 시설용량이 10,000kW를 초과하는 신재생에너지 설비는 최저 3,000만원의 지원금 지원

☑ 시설용량이 10,000kW 이하인 신재생에너지 설비는 최저 2,000만원의 지원금 지원

가. 국내 사례

주민수용성 확보를 위해 지역주민 참여형 사업 확대 추진

정부는 재생에너지 확대 보급을 위해 적극적인 시민참여에 중점을 둔 정책을 마련하고 있다. “2020년 제1차 에너지미래포럼”에서는 재생에너지 시장을 구축하기 위해 지역 주민의 참여를 활성화시키고, 재생에너지로 인한 이익을 지역과 주민이 많이 가져갈 수 있도록 하겠다고 발표하며 올해 에너지 전환 정책 방향을 밝혔다.

또한, 발전자회사들도 사업 진행 시 주민수용성을 염두에 두고 사업을 진행

75) 유럽 내 국가들은 200개 이상의 리빙랩 프로젝트를 추진중에 있음

하고 있다. 신재생에너지 사업 수행 중에 발생하는 지역주민과의 이해충돌과 환경문제 해결을 위해 한국수력원자력은 새만금 태양광사업을 새만금 주변 3개 시·군 지역주민이 참여해 발전소 운영수익을 공유하는 “주민참여형 사업”으로 추진하고 있다. 중부발전소 서천해상풍력, 영광해상풍력 등 재생에너지 사업 추진시 지역주민 참여형 사업을 추진함으로써 주민수용성을 확보하고 있다.

1) 서울 노을연료전지 발전사업

한국수력원자력, 한국지역난방공사, 서울도시가스, 포스코에너지가 출자해 특수목적법인(SPC)인 노을그린에너지(주)를 설립하였다.

서울시는 노을연료전지 발전사업에 시민이 투자에 참여할 수 있도록 발전소 건립에 드는 총사업비 1,219억 원 중 114억 원을 시민참여 펀드⁷⁶⁾로 조성하였다. 해당사업부지를 제공한 서울시가 간서스자산운용과 하나은행 측에 주민수용성 확보 방안으로 시민참여형을 제안하였고, 최근 시민펀드 만기로 원금과 연이율 3.9% 수익금 전액을 참여 시민들에게 상환하였다.

연료전지 시민펀드는 시민이 에너지 발전사업에 참여함으로써 신재생에너지에 대한 관심을 높이고 창출된 수익을 공유하는 시민 참여형 수소 경제 모델을 만들었다는 점에서 의의가 크다.

2) 울산 삼호 철새마을 그린빌리지 사업

울산시는 지난 2016년 “삼호 철새마을 그린빌리지 사업”을 통해 주민참여를 이끌었다. 2017년 494가구, 2018년 185가구에 3kW 태양광 설비를 설치했으며, 철새 피해를 호소하는 지역 특성을 고려하고 추진협의회 등을 통해 사업 과정에서 주민참여를 보장하고, 해당 사업을 통해 발생한 이익은 지역주민들과 공유해 해당 사업 추진에 큰 호응을 이끌어냈다.

3) 루트에너지

에너지 스타트업인 루트에너지는 국내 최초로 재생에너지 전문 핀테크 플랫폼을 출시해 발전소에서 생산한 전력으로 시민들과 이익을 나누고 있다. 투자자는 발전소 시공과 운영에 필요한 자금을 투자하고 발전소의 전력 판매로 발생한 이익을 공유하고 있다.

루트에너지는 재생에너지 커뮤니티 펀딩 사업으로 투자자의 자금을 모으고

76) 노을연료전지 시민펀드는 난지 쓰레기매립지를 공원으로 만든 노을공원 내 수소를 활용한 신에너지 연료전지 발전을 시행하며 그 사업비 일부를 일반 시민이 직접 투자할 수 있도록 한 상품

있으며, 최근에는 총사업비 1,200억 원에 43MW에 달하는 대규모 풍력발전 주민참여형 사업을 강원도, 동서발전 등과 함께 진행하고 있다.

나. 해외 사례

해외에서는 재생에너지 발전사업에 다양한 방식으로 주민들이 참여하고 있다. 주민참여형 풍력사업은 지역 주민, 투자자, 기업, 학교, 기관 또는 지역 사회가 온실가스를 감축하면서 경제적 이익도 취하기 때문에 풍력에너지를 활용하여 지역 주민 또는 이해관계자들이 사업의 전부 또는 대부분을 소유하거나 주민기반 조직이 사업상의 경영권 또는 결정권을 소유하고 사회적, 경제적 편익의 대부분이 지역사회로 환원되는 방식이다.

덴마크, 독일, 미국, 일본 등 몇몇 국가에서는 신재생에너지에 대한 사회적 수용성이 높고 주민참여모델이 일반화되어 있다. 대부분 지속할 수 있고 환경친화적인 에너지시스템 구축과 경제성장 효과 창출이라는 두 마리 토끼를 잡는 데에 집중하고 있다.

1) 덴마크

덴마크는 1970년대부터 상업용 풍력발전을 보급하였고, 덴마크 정부는 국가 에너지 및 환경정책을 충족하기 위해 풍력발전 사업에 파격적인 지원과 인센티브를 제공함으로써 주민참여를 적극적으로 유도하였다. 또한, 풍력 발전에 대한 세금을 면제하고 유리한 조건에 풍력발전기를 구입하고 전기를 판매할 수 있도록 지원하였다.

주민참여형
풍력발전 사업으로
주민 수용성
제고에 성공한
덴마크

덴마크는 주민참여형 풍력발전의 선두주자이다. 덴마크는 2002년에 이미 15%의 전력을 풍력발전기로부터 얻었고, 풍력발전기의 59%가 개인의 소유이며, 협동조합의 소유는 23% 정도가 된다. 덴마크 코펜하겐시 해안에 설치되어있는 미델그룬델 풍력발전기 20기 중 10기는 민간단체인 코펜하겐 에너지 협회가 지분을 가지고 있다. 미델그룬델 풍력발전기는 주민참여형 풍력발전의 대표적인 모델인데, 이는 약 8,600명의 지역 주민들이 참여해있다. 정부는 생산된 전력에 대하여 시장가격보다 높은 금액을 보장해줄 뿐만 아니라 일부에 한하여 세금 면제 혜택을 부여하는 등 적극적인 지원 정책을 하고 있다.

2) 독일

독일은 1990년대 초반부터 지역의 주민협동조합이 전력회사를 만들고 운영하기 시작했으며, 이러한 역사가 에너지협동조합으로 발전하여 재생에너지 발전사업을 소유 및 운영하는 비중도 높아지고 있다.

독일의 주민발전소는 약 33.5GW로 소유권을 세분하면 개인소유가 18,362MW(55.2%), 시민에너지회사 소유가 6,687MW(9.2%), 시민지분이 8,483MW(11.6%)이며, 재생에너지 시설에서 발생하는 이익을 해당지역에 환원할 수 있도록 사업을 설계함으로써 주민참여형 사업이 확대되고 있다.

정부의 적극적인
정책과 홍보로
주민참여형
신재생에너지
사업을 추진하고
있는 독일

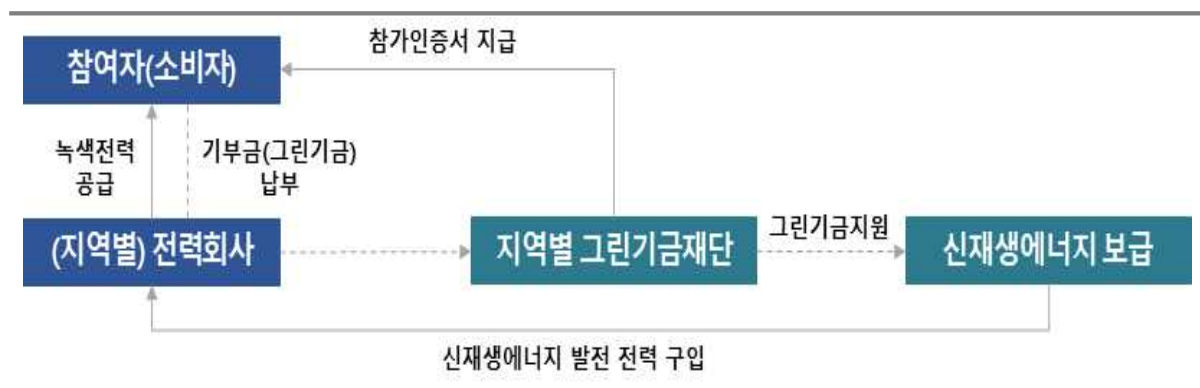
독일의 다르데스하임 역시 신재생에너지 사업에 주민들이 참여하고 있다. 다르데스하임은 신재생에너지 자급 마을인데 태양전기, 풍력, 바이오매스로 에너지를 만들고 2012년 기준 9개의 태양광 공장 중 무려 4개가 마을 공동체의 소유이다. 주민참여는 이 마을의 성공사례의 가장 핵심적인 부분으로 꼽히는데, 이는 정부의 적극적인 정책과 홍보 덕분이다. 독일 정부는 신재생에너지 발전시설의 일부를 주민들에게 판매하여 주민들의 사업 참여를 유도하였고, 참여 인센티브 또한 제공하였다. 마을 주민들 역시 월간 뉴스를 제작하여 생산된 전력, 수익금, 투자 회수금 등을 기재하여 이해를 도왔다.

3) 일본

그린펀드를 활용한
풍력발전기 건설
사업을 추진한
일본

일본은 영리 추구하고 환경보호를 동시에 달성할 수 있는 수단으로 주민 참여를 유도하고 있다. 일본은 반원전 시민 단체인 “�카이도 그린펀드”를 만들었는데, HGF는 매달 전기 요금의 5%에 해당하는 금액을 기부 받아 풍력발전기 설치를 위한 기초자금 1천만 엔을 모금하였다. 모금 한 돈으로는 풍력발전기를 건설하였는데, 이 일을 계기로 현재 시민풍력발전이 개발, 관리하는 풍력발전기는 모두 14기이다. 출자자들은 약 2~2.5%의 이익배당금을 받고 있으며 리스크는 있으나 이는 시중 은행의 보통예금 이율보다 높다.

[그림 VI-4] 일본 그린펀드 운영 메커니즘



4) 미국

실생활을 통한
수용성 제고

미국에서 수소가스는 휘발유와 같이 연료 중 하나로 인식되고 있으나, 국민 수용성 제고를 위한 노력을 펼치고 있다. 예를 들어, 풋볼경기장에 수소연료전지를 이용한 조명시설을 설치·운영함으로써 경기장을 찾는 시민들이 자연스럽게 접할 수 있게 하고 있다. 또한, 중·고등학교 교육과정에 수소 취급 요령, 안전성 등을 포함시켜 생활 안전 일환으로 교육을 진행하고 있다.

다. 종합

주민수용성 확보를
위한 주민 참여형
사업 모델
확대·적용 필요

재생에너지 설비의 보급이 증가하면서 시설 입지를 둘러싼 마찰과 갈등이 빈번하게 발생하고 있다. 하지만, 에너지 안보를 강화하고 국가 온실가스 감축 목표 달성을 위해서는 발전부문에서 재생에너지의 활용은 필수 불가결하다. 국내에서 재생에너지 발전의 확대를 위해서는 주민 수용성을 제고하기 위한 주민 참여형 사업모델의 확대·적용이 필요하다.

주민 수용성 확보를 위한 주민참여형 사업을 활성화하려면 사업참여자(주민, 개발사업자, 금융권, 발전기 공급업체, O&M 회사, 발전회사, 지자체와 정부 등) 모두에게 유무형의 이익이 제공되어야 사업모델은 순조롭게 진행할 수 있다.

Ⅶ. 수소산업 육성에 따른 기대효과

VII. 수소산업 육성에 따른 기대효과

제1절 경제적 파급효과

수소에너지는 친환경 청정 에너지원이자 온실가스 및 미세먼지 감축을 위한 유력한 수단으로 각광받고 있다. 수소에너지는 연료전지 발전소뿐만 아니라 수소차, 충전인프라 및 유통, 관련 소재·부품 활성화에 이르기까지 다양한 신산업을 창출할 수 있다.

정부차원에서도 미세먼지 등 환경문제를 해결할 수 있는 대안을 제시하고자 주요 정책 분야에서 수소경제를 핵심과제로 선정하고 세부계획을 수립했다. 기획재정부의 “3대 전략투자 분야”, 산업통상자원부의 “수소경제 활성화 로드맵”, 국토교통부의 “7대 혁신기술”에서 수소경제를 포함하고 있으며 수소경제 활성화를 위한 정부의 관심이 증가하고 있다.

수소산업 선점을 위한 지자체간 경쟁 심화

정부의 수소산업에 대한 관심이 증대함에 따라, 지자체들도 수소산업 육성을 위한 로드맵을 발표하고 관련 사업을 추진하는 등 미래먹거리 산업으로 통하는 수소산업을 선점하기 위한 지자체간 경쟁이 달아오고 있다.

보급목표에 따른 경제적 파급효과 산정

수소경제 활성화 로드맵에 따라 인천광역시가 수립한 수소차 및 연료전지 보급목표가 2030년까지 목표를 달성될 경우를 상정하여, 수소산업 육성에 따른 경제적 파급효과를 산정하고자 한다.

수소산업 육성에 따른 경제적 파급효과는 크게 수소경제 밸류체인 상 발생하게 되는 매출로 인한 파급효과로 추정하였다.

1. 기업이전, 일자리 창출효과

(1) 매출발생으로 인한 효과

수소경제의 수소나 수소활용 제품 생산을 위해서는 원료나 부품 등 중간재가 필요하며, 이로 인해 수소나 수소활용 제품 판매는 부수적으로 해당 제품의 중간재의 생산 및 판매를 함께 유발하게 된다.

결국 이는 수소경제의 후방 연관산업(즉, 중간재 산업)에서 수소경제의 직접적인 매출 외에 추가적인 간접적인 매출을 발생하게 되며, 수소경제로 인해 발생하게 될 경제적 파급효과는 직접적인 효과와 함께 간접적으로 파급되어 유발된 효과까지 포괄(생산유발액 = 수소경제 매출 + 수소경제 유발

매출) 해야한다.

경제적 파급효과는 수소경제 밸류체인 상 발생하게 되는 매출(수소차, 수소충전소, 연료전지 발전소, 수소생산판매)로 인한 파급효과로 추정하였다.

[표 VII-1] 매출발생으로 인한 효과(2030년)

구분		연간 판매량	판매단가 (만원)	시장규모 (억 원)	생산유발액 (억 원)	부가가치 유발액 ⁷⁷⁾ (억 원)	고용 유발인원 ⁷⁸⁾ (명)
수 소 차	승용차	1,000대	3,700	370	947	255	233
	택시	-	-	-	-	-	-
	버스	-	-	-	-	-	-
	트럭	-	-	-	-	-	-
수소충전소		2기	300,000	60	123	42	184
연료전지		20MW	157,000	314	688	215	212
수소생산판매		6,700Ton	169	113	211	78	20
합계				857	1,969	590	649

* 시장(매출)규모 = 연간판매량 X 판매단가

** 생산유발액 = 시장(매출)규모 X 생산 유발계수

*** 부가가치유발액 = 시장(매출)규모 X 부가가치 유발계수

**** 고용유발인원 = 시장(매출)규모 X 고용 유발계수

밸류체인 상 발생하는 매출로 경제적 파급효과 산정

- 수소차
- 충전인프라
- 연료전지
- 생산판매

인천광역시의 수소경제가 활성화될 경우 2030년 기준으로 수소경제의 직접적인 총 매출액 규모는 약 1조 969억 원, 이 중 중간재(원료, 부품 등) 비용을 공제할 경우 직접 부가가치 총 규모는 약 590억 원에 이를 것으로 추정된다. 또한, 이러한 매출 창출을 위해 투입된 인력규모(일자리, 고용인원 기준)는 약 649명으로 추정된다.

인천광역시의 수소경제 활성화로 인한 경제적 파급효과를 산정하기 위해 “수소경제 활성화 로드맵”의 유발계수표를 참고하였으며, 추정에 활용된 유발계수표는 다음과 같다.

77) 수소나 수소활용 제품을 생산, 판매하여 매출을 발생시키며, 발생한 매출에서 중간재(원료 및 부품 등) 구입비용을 공제한 만큼 부가가치를 창출하게됨

78) 매출 발생을 위해 투입된 인력규모만큼 일자리도 창출 가능(취업인원 및 고용인원 등)

[표 VII-2] 추정에 활용된 유발계수표(2014 산업연관표 연장표 기준(2016년 발행))

구분		산업연관표상 부문명	생산유발계수	부가가치유발계수	취업유발계수 (매출 10억 원 : 명)
수 소 차	승용차	승용차	2.560	0.689	6.285
	택시	승용차	2.560	0.689	6.285
	버스	버스	2.400	0.702	6.285
	트럭	트럭	2.367	0.696	6.285
수소충전소		기타, 건설	2.056	0.699	30.725
연료전지		발전 및 전동기	2.190	8.364	6.765
수소생산판매		산업용 가스	1.861	2.539	1.761

자료 : 수소경제 활성화 로드맵 보고서

(2) 사업비 산출로 인한 효과

본 용역에서는 인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립에 따른 전략사업을 선정하였고, 전략사업 추진에 따른 경제적 파급효과를 분석하였다.

[표 VII-3] 사업 투자로 인한 효과(2030년)

구분	사업비 (억 원)	생산 유발계수	고용 유발계수	생산유발액 (억 원)	고용 유발인원 (명)
추출수소 플랜트 구축	300	2.05	10.2	615.0	306.0
액화수소 플랜트 구축	1,000	2.05	10.2	2,050.0	1,020.0
그린수소 실증사업	100	2.14	8.0	214.0	80.0
수소배관망 시범사업	39	2.05	9.4	615.0	282.0
수소배관망 확산사업	300	2.05	9.4	80.0	36.7
수소버스 시범사업	12.6	2.59	6.4	32.6	8.1
수소버스 확산사업	1,000	2.59	6.4	2,590.0	640.0
특수차량 시범사업	10	2.3	6.5	23.0	6.5
RE100 산업단지 구축	330	1.45	2.3	478.5	75.9
RE100 산업단지 확산	400	1.45	2.3	580.0	92.0
페플라스틱 실증사업	30	2.14	8.0	64.2	24.0
인천에너지공사 설립	2,000	2.05	9.7	4,100.0	1,940.0
인력양성센터 설립	200	2.05	9.7	410.0	194.0
부생수소 출하센터	100	2.05	10.2	205.0	102.0
수소특화산업단지	3,000	2.05	10.2	6,150.0	3,060.0
연료전지 발전소 구축	13,000	2.05	10.2	26,650.0	13,260.0
선박 벙커링 실증사업	50	2.14	8.0	107.0	40.0
합계				44,964.3	21,167.1

* 생산유발액(억 원) : 사업비(억 원) * 생산유발계수

** 고용유발인원(명) : 사업비(억 원) * 고용유발계수 / 10(10억 원 : 명 기준)

경제적 파급효과는 전략사업 추진 시 발생하게 되는 생산유발액과 고용유발인원으로 파급효과를 분석하였다. 인천광역시 내 전략사업이 모두 추진될 경우 2030년을 기준으로 수소산업의 경제의 직접적인 총 생산유발액은 4조 2,963억 원, 생산유발을 위한 투입된 인력규모(일자리, 고용인원 기준)는 약 21,167명으로 추정된다.

2. 기업이전, 일자리 창출 등 경제적 파급효과 분석

(1) 수소산업 Value Chain별 국내 주요 기업

수소산업
밸류체인별 국내
주요 기업 리스트
분석을 통한 기업
도출 필요

기업유치 및 투자유치를 위해서는 보다 전략적인 분석이 요구된다. 산업분석을 통한 기업리스트와 수요조사를 통한 기업리스트를 종합하여 그룹화시키는 작업을 진행해야 한다. 아래 [표 VII-4]은 수소산업 밸류체인별 국내 주요 기업 리스트이며, 추가적으로 각 업체별 수요조사를 통한 기업리스트를 도출해야한다.

산업분석 및 수요조사를 통해 기업리스트를 확보하게 되면 ① 투자가능성이 높은 기업으로 핵심적으로 유지활동이 필요한 기업(단기적 적극 마케팅), ② 투자 가능성이 있지만, 시장적 불확실성이 존재해 지속적으로 동향을 파악하고 인센티브 마케팅이 필요한 기업(중단기적 투자 유치), ③ 잠재적 투자가능성이 있어 지속적이 확인이 필요한 기업(장기적 관점의 투자 유치 홍보) 등으로 분류하여 최종 기업 리스트를 작성해야 한다.

이러한 방법으로 최종 기업 리스트를 확보한 후에는 적극적인 투자 마케팅을 위해 방문 초청을 통한 IR활동, 부지 조성 및 분양가의 탄력적인 운영, 부지 이전에 대한 세부 사항 대응 등이 필요시 될 것 이다.

[표 VII-4] 수소산업 밸류체인별 국내 주요기업

대분류	중분류	소분류	관련기업		
			대기업/공기업	중견기업	중·소기업
수소 공급	수소 생산	부생수소	현대제철, 한화토탈, SK인천석유화학, 롯데케미칼	린데코리아, 에어리퀴드코리아	
		추출수소	한국가스공사	제이엔케이히터	에이치엔파워
		수전해	넬코리아		엘캠텍, 아크로랩스, 이엠솔루션, 수소에너지, 가스텍
		탄소자원화		제이엔케이히터	리카본, 그린사이언스
		재생수소			
	수소 저장·이송	고압기체		린데코리아, 에어리퀴드코리아(이상 중복), 덕양, SPG산업	창신화학, SDG
		액체		원익머티리얼즈(암모니아)	하이리움산업, 메타비스타
		고체			원일티앤아이, 엔팩, 다음에너지
		저장용기		엔케이	일진복합소재, 태광후지킨, 한국HPC, 대웅시티, 이엔케이, 한비크라이오
수소 수요	수소 전기차	차량제조	현대자동차		
		핵심부품	현대모비스, 현대제철(중복)	세종공업, 한온시스템, 동희산업, 코오롱인더스트리, 모토닉, EG, 뉴인텍	명화공업, JNTG, 영도산업, 케피코, 코멧텍, 동아화학, 동진세미캠, 에이스크리에이션, 상아프론티어
		소형 모빌리티	현대로템	린데코리아	가온셀
	충전 인프라	충전소 구축	넬코리아, 효성, 한국가스기술공사	지성큐애텍, 범한산업, 에어리퀴드코리아, 제이엔케이히터, 이엔케이(이상 중복)	광신기계공업, 에코바이오홀딩스, 발맥스기술, 이엠솔루션(중복)
		주요장비			지티씨, MS이엔지, 허스켈, 한국유수압, 소나무, 프로템, 월드파워텍
		부품 및 밸브			디케이락, 하이록코리아, 대정밸브
	연료전지 발전	스택	두산, 포스코에너지	STX중공업, 경동나비엔, 범한산업, 귀뚜라미	에스퓨얼셀, 에이치엔파워, MTFC, CNL에너지, 미코, 한국광유, 케이세라셀, 피엔피에너지텍
		소재/BOP		한중엔시에스	한라공조, 황해전기동일브레이징, 원아테크, 나라셀텍, 지필로스, 플라스포, 한빛전자, 오텍, 희성촉매, 대주전자재료, 세우산전, 싸이텍코리아, 알티엑스 등

제2절 환경개선 효과

1. 수소경제 활성화로 인한 온실가스(이산화탄소) 저감효과

수소경제 활성화로 인한 온실가스(이산화탄소) 저감효과는 인천시의 수소차 및 연료전지 보급계획에 따라 2030년까지의 목표가 달성될 경우를 상정하여 효과를 추정하였다.

또한, 수소경제 활성화 로드맵에 따라 2030년까지 수소생산 방식 구성(수소생산 포트폴리오) 목표가 달성될 경우를 산정하여 효과를 산정하였으며 연료전지 부문 온실가스(이산화탄소) 저감효과 산정시 수소경제 활성화 로드맵에 따라 전체 수소경제에서 천연가스 추출수소(그레이수소)와 그린수소의 비중을 적용⁷⁹⁾하여 추정하였다.

[표 VII-5] 국내 수소 생산 구성 및 공급 목표

구분	현재	2022년	2030년	2040년
구성	① 부생수소 ② 추출수소	① 부생수소 ② 추출수소 ③ 수전해	① 부생수소 ② 추출수소 ③ 수전해 ④ 해외생산 ※ ①+③+④=50% ②=50%	① 부생수소 ② 추출수소 ③ 수전해 ④ 해외생산 ※ ①+③+④=70% ②=30%

자료 : 수소경제 활성화 로드맵(2019)

수소생산 방식별 이산화탄소 배출계수(kg CO₂/kg H₂)는 맥킨지 "Korea Hydrogen Roadmap"에 따라 추출수소 9.5, 부생수소 5.5, 바이오가스 0.58, 수전해 및 수입수소는 0을 적용하였다.

(1) 수송부문에서 발생하는 온실가스(이산화탄소) 저감량

수소차 보급에
따른 CO₂ 저감량
산정

인천광역시가 2020년부터 2030년까지 수소차 총 56,600대를 보급 할 경우 148,348.6kL의 가솔린 대체효과, 152,810Ton의 온실가스 감축효과, 220.7Ton의 질소산화물 감축효과가 발생한다.

온실가스 감축효과는 2022년까지 10,260Ton, 2030년까지 152,810Ton에 이르러 대기오염 예방과 지구온난화 방지에 크게 기여할 것으로 예상된다.

79) 2022년까지는 추출수소 100%로 산정, 2030년은 추출수소 50%로 산정

또한, 미세먼지 주범인 질소산화물 감축효과는 2022년까지 14.8Ton, 2030년까지 220.7Ton에 이르러 수도권에 심각한 미세먼지 해결에 기여할 것으로 보인다. 수소차 56,600대 운행은 질소산화물을 주로 배출하는 경유차 113,200대를 대체하는 역할을 한다.

[표 VII-6] 인천광역시 수소차 보급에 따른 환경개선 효과 분석

구분	수소차 목표대수(대)	가솔린 대체효과(kL)	온실가스 감축효과(톤)	질소산화물 감축효과(톤)
'20년	600	1,572.6	1,620.0	2.3
'21년	1,100	2,883.1	2,970.0	4.3
'22년	2,100	5,504.1	5,670.0	8.2
'23년	3,100	8,125.1	8,370.0	12.1
'24년	4,100	10,746.1	11,070.0	16.0
'25년	5,100	13,367.1	13,770.0	19.9
'26년	6,100	15,988.1	16,470.0	23.8
'27년	7,100	18,609.1	19,170.0	27.7
'28년	8,100	21,230.1	21,870.0	31.6
'29년	9,100	23,851.1	24,570.0	35.5
'30년	10,100	26,472.1	27,270.0	39.4
합계	56,600	148,348.6	152,820.0	220.7

자료 : California Fuel Cell Partnership(2018) 보고서 수소차의 환경개선 효과

* 가솔린 대체효과 : 수소차 1대당 연간 가솔린 2,621L 대체

** 온실가스 감축효과 : 수소차 1대당 연간 온실가스(GHG) 2.7Ton 감축

*** 질소산화물 감축효과 : 수소차 1대당 연간 질소산화물(NOx) 0.0039Ton 감축

(2) 연료전지에서 발생하는 온실가스(이산화탄소) 저감량

인천시의 연료전지 보급계획은 발전용, 가정건물용으로 분류되어 있지 않아 수소경제 활성화 로드맵에 따른 비율로 가정하여 인천시의 연료전지에서 발생하는 온실가스(이산화탄소) 저감량을 추정하였다.

인천 2030 미래이음에 따른 인천광역시의 연료전지 목표 성과지표는 다음과 같다.

[표 VII-7] 인천광역시 연료전지 목표 성과지표(단위 : MW)

구분	'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	'25년	'26년	'27년	'28년	'29년	'30년
보급량	81.8	92.0	30.0	50.0	30.0	60.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
누적량	81.8	174.1	204.1	254.1	284.1	344.1	364.1	384.1	404.1	424.1	444.1

자료 : 인천 2030 미래이음(2019)

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

또한, 수소경제 활성화 로드맵에 따른 발전용과 가정건물용 연료전지 보급 목표는 다음과 같다.

[표 VII-8] 정부의 연료전지 보급목표(단위 : MW)

구분	'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	'25년	'26년	'27년	'28년	'29년	'40년
발전용	-	-	1,000	-	-	-	-	-	-	-	8,000
가정건물용	-	-	50	-	-	-	-	-	-	-	2,100

자료 : 수소경제 활성화 로드맵, 2019

수소경제 활성화 로드맵에 따른 비율로 가정한 인천시의 발전용 및 가정 건물용 연료전지 보급목표는 다음과 같다.

[표 VII-9] 인천광역시 발전용 및 가정건물용 연료전지 목표 성과지표(단위 : MW)

구분	'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	'25년	'26년	'27년	'28년	'29년	'30년
발전용	77.7	87.4	28.5	39.5	23.7	47.4	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8
가정건물용	4.1	4.6	1.5	10.5	6.3	12.6	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
합계	81.8	92.0	30.0	50.0	30.0	60.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

* 수소경제 활성화 로드맵의 연료전지 보급목표 비율에 따라 산정한 값

위에 산정된 연료전지 보급목표는 수소경제 활성화 로드맵의 비율에 따라 임의적으로 가정한 수치로 인천광역시의 발전용 연료전지 및 가정건물용 연료전지 보급목표 설정 시 온실가스(이산화탄소) 저감량은 달라질 수 있다.

가. 발전용 연료전지

2030년 기준 인천광역시 내 발전용 연료전지 383.2MW가 보급된다고 가정할 경우, 예상되는 연간 발전량은 2,679,933.2MWh(제8차 전력수급계획 발전용 연료전지 평균 가동률 : 80%)다.

[표 VII-10] 발전용 연료전지의 발전량 및 연간 필요 수소량

구분	보급목표량 (MW)	예상 연간발전량 (MWh)	연간 필요수소량 (Ton)
2022년	193.6	1,353,953.2	84,796.8
2030년	383.2	2,679,932.2	167,841.6

자료 : 수소경제 활성화 로드맵 보고서

* 연료전지 1MW당 수소필요량은 700Nm³/hr기준 산정

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

보급목표 달성 시 발전용 연료전지의 LNG 소비량과 CO₂ 배출량은 다음과 같다.

[표 VII-11] 발전용 연료전지 LNG 소비량과 CO₂ 배출량

구분	LNG 소비량 (Ton)	LNG 소비량 (TOE)	CO ₂ 배출량 (tCO ₂)	공정폐열 제외 CO ₂ 배출량(tCO ₂)
2022년	301,876.6	355,610.6	831,008.6	581,706.0
2030년	298,758.0	351,937.0	822,424.0	575,696.8

자료 : 수소경제 활성화 로드맵 보고서

* 수소 1Ton 생산을 위해서는 LNG 3.56Ton이 필요함

** LNG 환산계수 : 1.178TOE/Ton

*** CO₂ 배출량 환산계수 : 2.33685tCO₂/TOE

**** 공정폐열 제외 CO₂ 배출량은 실제 CO₂ 배출량에서 공정 폐열을 고려하여 30% 공제

발전용 연료전지
CO₂ 발생량 VS
복합화력 발전시
CO₂ 발생량

연간 예상 발전량을 LNG 복합화력 발전으로 생산 시, LNG 소비량과 CO₂ 배출량은 다음과 같다.

[표 VII-12] LNG 복합화력 발전 시, LNG 소비량과 CO₂ 배출량

구분	LNG 소비량 (Ton)	LNG 소비량 (TOE)	CO ₂ 배출량 (tCO ₂)
2022년	182,106.7	214,521.7	501,305.0
2030년	360,450.9	424,611.2	992,252.7

자료 : 수소경제 활성화 로드맵 보고서

* LNG 소비량 : 1MWh 발전시 LNG 0.1345Ton 필요

** LNG 환산계수 : 1.178TOE/Ton

*** CO₂ 배출량 환산계수 : 2.33685tCO₂/TOE

'30년 기준 발전용 연료전지 383.2MW 보급으로 온실가스(이산화탄소) 발생량은 407,806.9tCO₂가 감소하였으며, LNG 소비량도 72,674.0TOE를 감소시키는 효과를 나타내었다.

이는 발전용 연료전지와 동일 발전량을 생산하는 LNG 복합화력 발전기를 대체한다는 가정에서 연도별 온실가스(이산화탄소) 배출량의 차이로 저감량을 산정하였다. 또한, 추출수소의 비중을 100%로 상정한 2022년에는 온실가스가 증가하는 효과가 나타나지만, 점진적으로 추출수소의 비중을 낮춰 2030년 50%로 축소함에 따라 저감효과가 확대됨을 알 수 있다.

[표 VII-13] 발전용 연료전지 보급목표 달성에 따른 환경개선 효과 분석

구분	LNG 소비량 (Ton)	LNG 소비량 (TOE)	CO ₂ 배출량 (tCO ₂)
2022년	-119,769.9	-141,088.9	-80,401.0
2030년	61,692.8	72,674.2	416,555.9

자료 : 수소경제 활성화 로드맵 보고서

나. 가정건물용 연료전지

2030년 기준 인천광역시 내 가정건물용 연료전지 60.6MW가 보급이 된다고 가정할 경우, 연간 예상되는 발전량은 319,575.3MWh(에너지통계연보 2017 평균 가동률 : 60.2%)이다.

[표 VII-14] 가정건물용 연료전지의 발전량 및 연간 필요 수소량

구분	보급목표량 (MW)	예상 연간발전량 (MWh)	연간 필요수소량 (Ton)
2022년	10.2	53,761.1	3,840.1
2030년	60.6	319,404.0	22,814.6

자료 : 수소경제 활성화 로드맵 보고서

* 가동률 : 60.2% 기준으로 산정(에너지통계연보의 2017년 평균 가동률)

가정용 연료전지 CO₂ 발생량 VS 계통전력 생산시 CO₂ 발생량

가정용 연료전지와 동일 발전량을 생산하는 전력 계통상의 평균적인 발전기와 대체한다는 가정에서 연도별 온실가스(이산화탄소) 배출량의 차이로 저감량을 산정하였다.

'30년 연간 예상 발전량을 가정용 연료전지로 생산 시 온실가스는 78,242.8톤이 발생하지만, 동일 발전량을 계통전력으로 활용하면 온실가스가 146,446.7톤이 발생한다. 이에, '30년도 기준 가정건물용 연료전지 보급으로 온실가스(이산화탄소)를 68,203.9톤 저감할 수 있다.

가정건물용 연료전지도 발전용 연료전지와 마찬가지로 추출수소의 비중을 100%로 상정한 2022년에는 온실가스가 증가하는 효과가 나타나지만, 점진적으로 추출수소의 비중을 낮춰 2030년 50%로 축소함에 따라 저감효과가 확대됨을 알 수 있다.

[표 VII-15] 가정건물용 연료전지 보급목표 달성에 따른 환경개선 효과 분석

구분	가정용 연료전지 CO ₂ 발생량(tCO ₂)	공정폐열 공제 CO ₂ 발생량(tCO ₂)	계통전력 생산시 CO ₂ 발생량(tCO ₂)	CO ₂ 저감량(tCO ₂)
2022년	37,627.4	26,339.2	24,649.5	-1,689.7
2030년	111,775.4	78,242.8	146,446.7	68,203.9

자료 : 수소경제 활성화 로드맵 보고서

(3) 종합

'30년 보급목표
달성시, 인천의
온실가스 저감량

수소경제 활성화로 인한 온실가스(이산화탄소) 저감량은 수송부문 및 발전
용·자가용 연료전지 보급으로 인한 온실가스(이산화탄소) 저감량을 합산하
여 산정하였다.

2030년 기준 수소경제 활성화로 인한 온실가스(이산화탄소)는 약
512,029.8Ton으로 온실가스 BAU 대비 0.077%이며, 500MW급 석탄 화력발
전소 0.2기의 온실가스 배출량에 상당하는 양이다.

[표 VII-16] 수소경제 활성화로 인한 온실가스(이산화탄소) 저감효과(단위 : tCO₂)

구분	2022년(tCO ₂)	2030년(tCO ₂)
수송부문	5,670.0	27,270.0
발전용 연료전지	-80,401.0	416,555.9
가정건물용 연료전지	-1,689.7	68,203.9
합계	-76,420.7	512,029.8

자료 : 수소경제 활성화 로드맵 보고서

2. 수소차 보급에 따른 미세먼지 저감효과 등

수소차는 수소탱크에서 공급된 수소와 공기 중의 산소를 반응시켜 전기를
만들고 전기로 모터를 구동하는 방식으로 오염물질을 전혀 배출하지 않는
다는 큰 장점을 가지고 있다.⁸⁰⁾ 또한, 수소차는 주변 공기를 빨아들이면서
전기를 얻는 데 필요한 산소를 제외하고 나머지를 걸러냄으로써 미세먼지
를 제거하는 역할까지 한다.

현대차가 출시한 “넥쏘”는 1시간당 공기 26.9kg을 정화한다고 한다. 정확한
수소차 보급에 따른 미세먼지 저감효과를 산정하기 위해, 수소모빌리티별
1대당 미세먼지 저감량을 산정하였다.

80) 수소와 산소가 결합함으로 물만 발생(오염물질 배출 없음)

최종보고서

인천광역시 수소산업 육성 기본계획 수립 용역

[표 VII-17] 수소차 대체에 의한 차종별 연간 미세먼지 제거량

구분		수소승용차	수소택시	수소버스	수소트럭
'18년	보급대수 (대/년)	900	-	2	-
	미세먼지 저감량 (Ton/년)	1.83	-	0.01	-
	1대당 미세먼지 절감량 (Ton/대)	0.00203	-	0.005	-
'22년	보급대수 (대/년)	65,000	-	2,000	-
	미세먼지 저감량(Ton/년)	132	-	13	-
	1대당 미세먼지 절감량 (Ton/대)	0.00203	-	0.0065	-
'30년	보급대수(대/년)	810,000	10,000	20,000	10,000
	미세먼지 저감량(Ton/년)	1,644	180	128	71
	1대당 미세먼지 절감량 (Ton/대)	0.00203	0.018	0.0064	0.0071

자료 : 수소경제 활성화 로드맵

* 1대당 미세먼지 절감량(Ton/대) = 미세먼지 저감량(Ton/년) / 보급대수(대/년)

** 보급대수와 미세먼지 저감량은 수소경제 활성화 로드맵의 수치 참고

앞서 산정된 수소모빌리티별 1대당 미세먼지 저감량을 바탕으로 산정한 인천광역시의 수소차 보급목표에 따른 미세먼지 저감량은 다음과 같다.

[표 VII-18] 인천광역시 수소차 보급에 따른 미세먼지 저감효과 분석

구분	보급목표 기준 ⁸¹⁾		추가제안 기준 ⁸²⁾	
	수소차 목표대수(대)	미세먼지 저감량(Ton)	수소차 목표대수(대)	미세먼지 저감량(Ton)
'20년	600	1.38	1,023	2.35
'21년	1,100	2.53	2,045	4.70
'22년	2,100	4.83	3,068	7.06
'23년	3,100	7.13	7,464	17.17
'24년	4,100	9.43	11,859	27.28
'25년	5,100	11.73	16,255	37.39
'26년	6,100	14.03	20,650	47.50
'27년	7,100	16.33	25,046	57.61
'28년	8,100	18.63	29,441	67.71
'29년	9,100	20.93	33,837	77.83
'30년	10,100	23.23	38,232	87.93
합계	56,600	130.18	188,920	434.52

자료 : 수소경제 활성화 로드맵

* 수소승용차 1대당 미세먼지 절감량은 0.0023Ton임

81) 인천광역시 미래이음 2030에 나온 연도별 수소차 보급목표에 따라 산정

82) 인천광역시의 수소차 보급목표(안)의 기준에 따라 산정

제3절 정성적 기대효과

수소기반
에너지거점도시
조성으로 인한
정성적 효과 분석

인천시에 수소기반 에너지거점도시를 조성함으로써 얻을 수 있는 정성적 기대효과를 수소공급, 수소이송, 수소활용 총 3가지 밸류체인으로 나누어 분석하였다.

1. 수소공급

수소공급은
1. 추출수소
2. 그린수소
3. 부생수소
4. 수소수입으로
구분

인천광역시는 LNG 인수기지를 보유하고 있으므로 이를 활용한 천연가스 개질을 통해 대량의 수소생산이 가능하다. 또한, 현시점에서는 천연가스 개질을 통한 추출수소 생산이 부생수소를 대체할 수 있는 가장 경제적인 대안으로, LNG 인수기지를 연계한 수소생산기지를 구축하여 인천광역시 내 원활한 수소공급과 함께 수도권에 수소를 공급할 수 있는 거점으로써의 역할을 수행할 수 있다.

2040년 이후부터 폭발적으로 증가할 수소 수요를 충족하기 위해서는 수소수입이 불가피하다. 따라서 수소 인수기지 구축을 위한 부지 선정이 필요하
는데, 인천광역시는 지리적으로 항만과 공항을 보유하고 있어 타지자체 대
비 수소 인수기지로 활용이 우수하다.

이를 통해, 인천광역시는 수소경제 산업 생태계의 경쟁력 및 수소 접근성 제고가 가능해지며, 궁극적으로는 에너지 자립을 실현할 수 있게 된다.

2. 수소이송

수소이송은
1. 파이프라인
2. 도로로
구분되며,
향후 탱크로리를
활용하여 수소를
이송할 수 있음

수소를 이송하기 위해서는 현재는 파이프라인을 통한 수소이송이 가장 적절하다고 판단된다. 첫째, 수소를 이송할 수 있는 파이프라인(수소그리드)을 설치하기 위해서는 기존의 천연가스 배관망 부지를 활용할 수 있다. 수소그리드 구축은 정부가 추진하고 있는 수소 배관망 사업의 일환으로 정부 정책에 적극적으로 부응하는 것이다.

둘째, 간선 도로망을 통한 수소이송으로 서울 및 수도권 수소공급의 중계지역으로써의 역할을 할 수 있다. 인천광역시가 서울 및 수도권 지역의 수소공급에 기여함으로써 에너지 공급의 사회적 보편성 제고 및 에너지 복지의 균등적 기회를 제공할 수 있게 된다.

셋째, 향후 액체수소에 대한 기술 개발이 이루어짐에 따라 탱크로리를 활용한 수소를 이송하는 방안이 가장 안전하고 많은 양의 수소를 공급할 수 있는 방안이다.

3. 수소활용

수소활용은

1. 모빌리티
2. 연료전지로 구분

수소활용분야는 크게 모빌리티와 연료전지(융·복합)으로 나눌 수 있다. 모빌리티 분야는 수소를 동력으로 사용해 움직이는 장치로 열차, 드론, 선박, 차량에 해당되며, 연료전지(융·복합) 분야는 수소연료전지를 통해 전기를 공급하고 부수적으로 발생하는 열을 스마트팜(농·어업), 아파트 등에 적용하는 것을 의미한다.

(1) 모빌리티분야

수소열차, 수소드론,
수소 선박 등
다양한 모빌리티에
적용할 수 있음

수소열차는 전선 및 변전소와 같은 급전 설비를 필요로 하지 않아 인프라 구축비용을 절감할 수 있다. 열차는 장거리 수송과 대량 수송이 가능하기 때문에 수소를 적용할 시 수소의 친환경성과 효율성이 높아질 것으로 기대된다. 수소열차는 친환경에너지로 동력원으로 한 모빌리티 개발흐름과 현 정부의 방침에도 부합한다.

수소드론은 기존 리튬배터리 드론보다 장시간 비행이 가능하다. 체공 시간이 길고 운행 거리를 연장할 수 있기 때문에 다양한 임무 수행이 가능하며, IT 기술을 비롯한 다양한 서비스와 융합시켜 시너지 창출이 가능하다.

수소 선박·어선은 수소연료전지를 동력원으로 사용하기 때문에 기존 디젤 엔진에서 발생하는 소음과 매연에서 벗어나 환경 규제에 대비하고 어업인의 조업환경을 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

수소차 보급을 앞당기기 위해 수소차 카셰어링 사업 등을 추진한다면 이를 활용한 관광산업도 활성화할 수 있을 것으로 기대된다. 더 나아가, 수소차보다 미세먼지 및 온실가스 저감효과가 큰 수소버스를 도입하여 충전인프라 보급을 촉진하고 충전인프라 이용률 상승을 기대할 수 있다.

(2) 연료전지분야

연료전지를 통한
전력 및 열공급
가능

연료전지 분야는 전기를 생산하고 부수적으로 발생하는 열을 활용함으로써 전체 효율이 약 90% 이상이라고 보고된다. 기존 발전방식보다 효율이 높은 연료전지는 모빌리티에 탑재될 뿐만 아니라 분산발전, 가정·건물용 전원, 냉·난방, 비상 전원용 등으로 다양하게 활용할 수 있다.

연료전지를 활용한 분산발전은 태양광 및 풍력발전과 달리 간헐성 문제가 없고 설치면적이 적어 공간적인 측면에서 높은 효율성을 가진다. 또한, 전기를 직접 생산하여 사용하기 때문에 송전 과정에서 손실이 없고 전력 인프라 구축에 필요한 비용도 줄일 수 있다.

연료전지 발전 시 부수적으로 발생하는 열을 농업과 어업에 활용할 수 있다. 최근에는 농가 생산성 및 소득향상을 비롯하여 새로운 사업모델을 개발하고자 빅데이터 및 첨단 IoT 기술을 접목한 스마트팜이 빠르게 확대되고 있다. 스마트팜을 연료전지와 연계시켜 연료전지에서 발생하는 부수적인 열을 스마트팜 운영에 활용한다면 전기생산 및 냉·난방을 위한 에너지를 제공할 수 있으며 결과적으로 에너지 비용에 대한 부담을 줄일 수 있다.