

제 6 장 공공하수처리시설 계획

6.1 공공하수처리시설 현황

6.2 공공하수처리시설 신설(증설)계획

제 6 장 공공하수처리시설 계획

6.1 공공하수처리시설 현황

6.1.1 기존시설 현황

기존 “인천광역시 하수도정비기본계획(변경)(2015.10)”에서는 2015년 용유동내 공공하수처리시설 Q=16,000㎥/일을 건설토록 계획되었으나, 2017년 현재 다음과 같이 용유동 지역 발생하수를 처리하기 위한 용유공공하수처리시설이 없는 미처리구역이다. 인천광역시내 가동중인 하수처리시설 시설현황은 다음과 같다.

<표 6.1.1> 시설현황

구 분	소 재 지	시설용량(㎥/일)		처리공법	비 고
가 좌	서구 가좌동 598	1단계	260,000	MLE+응집+Disk Filter	
		2단계	90,000	4-Stage BNR+응집+Disk Filter	
		소계	350,000		
승 기	연수구 동춘동 947	1단계	240,000	MLE+응집	
		2단계	35,000	MLE+응집	
		소계	275,000		
굴 포	부천시 오정구 대장동 434	1단계	280,000 (600,000)	DeNiPho	
		2단계 1차분	117,000 (150,000)	4-Stage BNR	
		2단계 2차분	30,000 (150,000)	4-Stage BNR	
		소계	427,000 (900,000)		
공 춘	서구 경서동 517-5	1단계	26,000	KSMBR	
		2단계	39,000	KSMBR+URC	
		소계	65,000		
운 북	중구 운북동 933-6	1단계	12,000	A ² /O	
		2단계	11,000	DF(S)-MBR	
		소계	23,000		
송 도	연수구 동춘동 1002번지	1단계	30,000	Biostyr®	
		2단계	68,000	A ² /O+MBR	
		소계	98,000		
만 수	남동구서창동 502-10	70,000		Azenit-P®	
남 향	중구 신흥동 3가 69	125,000		Bio-SAC	
검 단	서구 오류동 1540-1	40,000		Biostyr®	
영 종	중구 운서동 영종하늘도시내	24,000		HANT+URC+오존	
송 산	중구 영종동 영종하늘도시내	30,000		KSMBR+URC+오존	

주) ()안 내용은 굴포처리시설 전체(인천시분 + 부천시분)시설용량임

6.2 공공하수처리시설 신설(증설)계획

6.2.1 총설

하수처리시설은 도시생활의 근간이 되는 하수도 시설물의 일부로서 일단 건설되면 개조 등이 곤란하고 그 효과가 장기에 걸쳐 발휘되므로 장기적인 견지에서 전체 계획을 감안한 단계별 계획이 수립되어야 하며, 특히 하수처리시설의 단계별 건설은 계획인구의 유입, 관로정비의 년차별 진척상황, 목표년도별 유입하수량 및 재정여건 등에 따라 적정하고 합리적인 시설규모로 결정되어야 한다.

기존 “인천광역시 하수도정비기본계획(변경)(2015.10)”에서는 본 부분변경 대상지역인 용유동 하수처리를 위해 다음과 같이 2030년 목표연도 기준 $Q=31,000\text{m}^3/\text{일}$ 의 공공하수처리시설을 신설토록 계획하였으나, 기존 “인천광역시 하수도정비기본계획(변경)(2015.10)” 수립이후 용유동 변경개발계획에 맞춰 다음과 같이 공공하수처리시설을 건설토록 변경하게 되었다.

<표 6.2.1> 용유지역 하수처리를 위한 단계별 하수처리시설 건설계획

(단위 : $\text{m}^3/\text{일}$)

처리 구역	구분		기존계획				부분변경			
			1단계 (2015년)	2단계 (2020년)	3단계 (2025년)	4단계 (2030년)	1단계 (2015년)	2단계 (2020년)	3단계 (2025년)	4단계 (2030년)
영종	하수량	영종	12,809	17,123	27,189	27,189	12,809	17,123	27,189	27,189
		용유	-	-	-	-	-	-	12,362	12,366
		계	12,809	17,123	27,189	27,189	12,809	17,123	39,551	39,555
	시설용량		24,000	24,000	28,000 (4,000)	28,000	24,000	24,000	39,600 (15,600)	39,600
용유	하수량		7,838	15,675	30,828	30,828	-	-	-	-
	시설용량		16,000 (16,000)	16,000	31,000 (15,000)	31,000	-	-	-	-

주) 1. ()는 신설 및 증설 용량임
2. 총 시설용량 표시는 토목시설 기준임

6.2.2 계획오수량

용유처리분구 계획오수량은 가정오수량과 영업오수량을 합한 생활오수량, 관광오수량, 개발하수량 및 지하수유입량으로 구분하여 산정하였다.

생활오수량은 계획처리인구에 최근 2017년 급수전별 사용량에 의해 산출된 오수원단위를 적용하였다. 관광오수량은 개인오수처리시설 상수공급량을 제외한 용유동 급수량에 의한 오수량에서 생활오수량을 제외하여 산정하였으며, 개발하수량은 개발계획에서 제시된 오수발생량이다. 또한, 지하수유입량은 일최대 생활오수량의 10%를 적용하여 산정하였다.

본 계획오수량을 기준으로 효율적인 투자계획을 수립하고 최종목표년도인 2030년까지 일관성 있는 단계별 계획이 되도록 계획하였으며 본 부분변경 대상지역인 용유동 처리대상구역에 대한 주요 연도별 계획유입하수량은 다음과 같다.

<표 6.2.2> 단계별 계획유입하수량

(단위 : m³/일)

구 분			기존계획				부분변경			
			2015년	2020년	2025년	2030년	2015년	2020년	2025년	2030년
영종	일평균	영종	11,121	14,648	22,878	22,878	11,121	14,648	22,878	22,878
		용유	-	-	-	-	-	-	9,857	9,863
		계	11,121	14,648	22,878	22,878	11,121	14,648	32,735	32,741
	일최대	영종	12,809	17,123	27,189	27,189	12,809	17,123	27,189	27,189
		용유	-	-	-	-	-	-	12,362	12,366
		계	12,809	17,123	27,189	27,189	12,809	17,123	39,551	39,555
	시간최대	영종	18,798	25,072	39,713	39,713	18,798	25,072	39,713	39,713
		용유	-	-	-	-	-	-	18,879	18,885
		계	18,798	25,072	39,713	39,713	18,798	25,072	58,592	58,598
용유	일평균		6,413	12,825	25,223	25,223	-	-	-	-
	일최대		7,838	15,675	30,828	30,828	-	-	-	-
	시간최대		11,400	22,800	44,840	44,840	-	-	-	-

6.2.3 계획유입 수질

하수의 수질은 공공하수처리시설 설계의 기초자료로서 용유동지역 생활오수, 기타하수량 등에 의해 결정되며, 하수관로를 통해 공공하수처리시설로 유입되는 유입수질과 공공하수처리시설의 반송수 수질 등을 고려한 설계수질로 구분된다.

가. 계획 유입수질

발생하수별 오염부하량 원단위와 개발지역에서의 예상수질을 적용하여 계획된 처리구역별 계획 유입수질은 다음과 같다.

<표 6.2.3> 단계별 일최대 계획유입수질

(단위 : mg/L)

구 분		기존계획				부분변경			
		2015년	2020년	2025년	2030년	2015년	2020년	2025년	2030년
영 중 처리구역 (용유포함)	BOD	179	196	215	215	179	196	216	216
	COD	147	157	169	169	147	157	165	165
	SS	175	192	210	210	175	192	217	217
	T-N	43.3	43.9	44.5	44.5	43.3	43.9	46.7	46.7
	T-P	5.8	5.9	6.0	6.0	5.8	5.9	6.4	6.4
용 유 처리구역	BOD	180	180	180	180	-	-	-	-
	COD	133	133	133	133	-	-	-	-
	SS	175	175	175	175	-	-	-	-
	T-N	32.9	33.0	33.0	33.0	-	-	-	-
	T-P	4.5	4.5	4.4	4.4	-	-	-	-

나. 인천광역시 하수처리시설 방류수 수질기준

「하수도법 시행규칙」 및 「한강수계 수질오염총량관리」에 의한 인천광역시 공공하수처리시설 방류수질은 다음과 같다.

<표 6.2.4> 인천광역시 하수처리시설 방류수 수질기준

(단위 : mg/L, 개/mL)

구 분		BOD	COD	SS	T-N	T-P	대장균군수
수 질 기 준	인천시 전지역	10이하	40이하	10이하	20이하	2이하	3,000이하
	별도적용(굴포)	4.4이하	40이하	10이하	20이하	0.4이하	

6.2.4 시설계획

가. 공공하수처리시설 설계기준

본 부분변경의 공공하수처리시설 신규시설에 대한 각 공정별 설계기준은 유입하수의 특성, 처리공정 및 처리효율을 고려하여 결정하여야 하며, 일반적인 국내와 외국의 시설 설계기준과 공공하수처리시설의 시설물 설계기준 하수량은 다음과 같다.

<표 6.2.5> 하수처리시설 설계기준

시설물	기준항목	단위	국내 설계기준	외국설계기준			
				미국 ¹⁾	미국 ²⁾	일본 ¹⁾	일본 ²⁾
침사지	체류시간	sec	30~60	45~90	-	30~60	30~60
	수면적부하	m ³ /m ² /d	1,800	-	-	1800	1800
	평균유속	m/sec	0.3	0.25~0.4	-	0.3	0.3
	침사량	m ³ /1000m ³	0.2	-	-	-	-
	협잡물량	m ³ /1000m ³	0.2	-	-	-	-
1차 침전지	체류시간	hr	2~4	1.5~2.5	-	1.2~6.4	2.0
	수면적부하	m ³ /m ² /d	33~40	32~48	35~41	25~50	35
	BOD제거율	%	-	-	-	-	-
	SS제거율	%	-	-	-	-	-
	침전슬러지농도	%	-	-	-	-	-
	월류부하	m ³ /m/d	250	125~500	-	250	200
	유효수심	m	2.5~4	3~5	2.4이상	2.5~4.0	3.0
	구비(원형)		10~20:1	6~17:1	-	10~20:1	-
	(장방형)		50~100:1	-	-	50~100:1	-
	장폭비		3~5:1	2.5~6:1	-	3~5:1	-
포기조 (활성 슬러지법)	포기시간	hr	4~8	4~8	4~8	6~8	-
	BOD 용적부하	kgBOD/m ³ /d	0.32~0.96	0.3~0.6	0.32~0.96	0.3~0.8	-
	BOD/SS 부하	kgBOD/kgSS/d	0.15~0.4	0.2~0.4	0.15~0.4	0.2~0.4	0.25
	반송슬러지농도	mg/L	-	-	-	-	-
	슬러지반송율	%	30~100	20~40	30~100	20~40	25
	MLSS 농도	mg/L	1500~4000	-	1500~4000	1500~2000	1700
	SRT	day	3~12	-	-	-	-
	슬러지일령	day	4~8	-	4.8	2~4	3.7
	유효수심	m	4~6	3~5	-	4~6	-
	소요공기량	m ³ /하수량m ³	3.5~1.5	-	-	3~7	5.7
		m ³ /kg제거BOD	30~55	30~55	-	30~40	37
		kgO ₂ /kg제거BOD	0.8~1.1	-	0.8~1.1	-	-

<표 6.4.5> 하수처리시설 설계기준(표계속)

시설물	기준항목	단위	국내 설계기준	외국설계기준			
				미국 ¹⁾	미국 ²⁾	일본 ¹⁾	일본 ²⁾
2차 침전지	체류시간	hr	3.0~5.0	-	-	2.5	-
	수면적부하	m ³ /m ² /d	20~30	16~32	-	20~30	25
	월류부하	m ³ /m/d	190이하	125이하	190이하	150이하	120
	고형물부하	kgSS/m/d	150~170	72~144	150~170	150~170	-
	BOD 제거율	%	-	-	-	-	-
	SS 제거율	%	-	-	-	-	-
	반송슬러지농도	%	-	-	-	-	-
	인발슬러지농도	%	-	-	-	-	-
	유효수심	m	3.3~6.1	3.5~5.0	3.3이상	2.5~4.0	3.0
중력농축조	장폭비		3~5:1	-	-	3~5:1	-
	체류시간	hr	18이하	-	-	12	-
	고형물부하	kgSS/m/d	25~70	60~100	25~70	60~60	60~90
	슬러지농도	%	3~8	4.0	3~8	2.4	2.5~3.5
	고형물제거율	%	-	-	-	-	-
	유효수심	m	3~4.0	-	3.0~3.6	4.0	3.4~4.0
	구배		5/100이상	-	-	5/100이상	-
원심농축기	운전시간	hr	-	-	-	-	-
	농축슬러지농도	%	-	-	-	-	-
탈 수 기	탈수속도	kgSS/m/hr	-	-	-	90~150	-
	운전시간	hr/d	-	-	-	-	-
	함수율	%	-	-	-	75~80	76~80
	응집제주입율	%	-	-	-	0.5~1.5	0.5~1.5
	(슬러지고형물당)						

주) 미국¹⁾ : Wastewater Engineering, 미국²⁾ : Wastewater Treatment Plant Design(W.P.C.F)
일본¹⁾ : 하수도시설 설계 지침과 해설, 일본²⁾ : 토목설계기준, 기계설계기준(일본하수도사업단)

<표 6.2.6> 설계기준 하수량

(단위 : m³/일)

구 분	설계기준 하수량		비고
	분 류 식	합 류 식	
침사지	시간최대 하수량	우천시 하수량	
유입펌프장	시간최대 하수량	우천시 하수량	
유량계 및 분배조	시간최대 하수량	우천시 하수량	
1차침전지	일 최 대 하수량	우천시 하수량	
생물반응조	일 최 대 하수량	일최대 하수량	
2차침전지	일 최 대 하수량	일최대 하수량	
연결수로	시간최대 하수량	우천시 하수량	
소독조	일 최 대 하수량	우천시 하수량	
방류수로	시간최대 하수량	우천시 하수량	

나. 수리계획시 고려사항

공공하수처리시설의 수리계획은 처리시설의 부지계획고, 유입펌프의 양정 등과 관련되어 처리장 공사비에 영향을 미치므로 경제적인 시설계획이 될 수 있도록 충분히 검토하여 계획하여야 하며, 일반적으로 수리계획에 고려되어야 할 사항은 다음과 같다.

- 홍수시 안전한 처리시설로 계획
- 처리시설 전체를 고려하여 계획
- 장래 시설 확장시에도 시설물 전체의 수리계획에 무리가 없도록 계획
- 하수유선 연장의 최소화 및 유선의 원활화를 도모하여 하수의 흐름을 위한 시설물 간의 수두차 최소화

다. 시설물 배치시 고려사항

인천광역시의 지형적 여건 및 장래확장부지 확보를 검토하여 하수처리구역에서 발생하는 생활하수와 공장폐수 등을 처리하도록 각 처리구역내 인접부지에 건설하여야 한다.

시설물의 배치계획은 최종목표년도의 계획하수량에 의한 시설규모를 감안하여 주변지역과 조화를 고려한 경관 및 미관에 유의하며 시설의 신설감을 도모하고 처리시설의 설비가 상호 연계성을 감안하여 배치계획을 수립하여야 하며, 시설물의 배치는 다음 사항들을 고려하여 가장 좋은 시설배치기 되도록 한다.

- 관리기능상의 합리적인 시설화
- 시설물의 계열화
- 손실수두의 최소화
- 유지관리 동선의 최소화
- 하수찌꺼기 유선의 최소화
- 전기 및 용수유선의 최소화
- 장래확장
- 주변지역과 조화

라. 공공하수처리시설 용량 확충계획

인천광역시의 지속적인 도시발전과 재정상태 등 지역적 여건을 종합적으로 고려하여 2030년까지 일최대 유입하수량을 전량 처리할 수 있도록 단계적인 시설용량 확충계획을 수립하였으며 다음과 같다.

<표 6.2.7> 공공하수처리시설 단계별 시설계획

(단위 : m³/일)

구 분	기존계획				부분변경			
	1단계 (2015년)	2단계 (2020년)	3단계 (2025년)	4단계 (2030년)	1단계 (2015년)	2단계 (2020년)	3단계 (2025년)	4단계 (2030년)
인천광역시	1,635,000 (108,000)	1,635,000	1,667,000 (32,000)	1,667,000	1,619,000 (92,000)	1,619,000	1,647,600 (28,600)	1,647,600
가 좌	350,000	350,000	350,000	350,000	350,000	350,000	350,000	350,000
승 기	275,000	275,000	275,000	275,000	275,000	275,000	275,000	275,000
만 수	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000
굴 포	427,000	427,000	427,000	427,000	427,000	427,000	427,000	427,000
남 향	125,000	125,000	125,000	125,000	125,000	125,000	125,000	125,000
공 춘	65,000	65,000	65,000	65,000	65,000	65,000	65,000	65,000
검 단	132,000 (92,000)	132,000	132,000	132,000	132,000 (92,000)	132,000	132,000	132,000
송 도	98,000	98,000	108,000 (10,000)	108,000	98,000	98,000	108,000 (10,000)	108,000
영 종	24,000	24,000	28,000 (4,000)	28,000	24,000	24,000	39,600 (15,600)	39,600
송 산	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
운 북	23,000	23,000	26,000 (3,000)	26,000	23,000	23,000	26,000 (3,000)	26,000
용 유	16,000 (16,000)	16,000	31,000 (15,000)	31,000	-	-	-	-

마. 각 처리시설별 시설계획

본 부분계획에서는 인천광역시 중구 용유동 하수처리를 위한 공공하수처리시설 신설·증설에 대해 검토하였으며, 각 처리시설별 검토내용을 제시하면 다음과 같다.

1) 영종하수처리시설

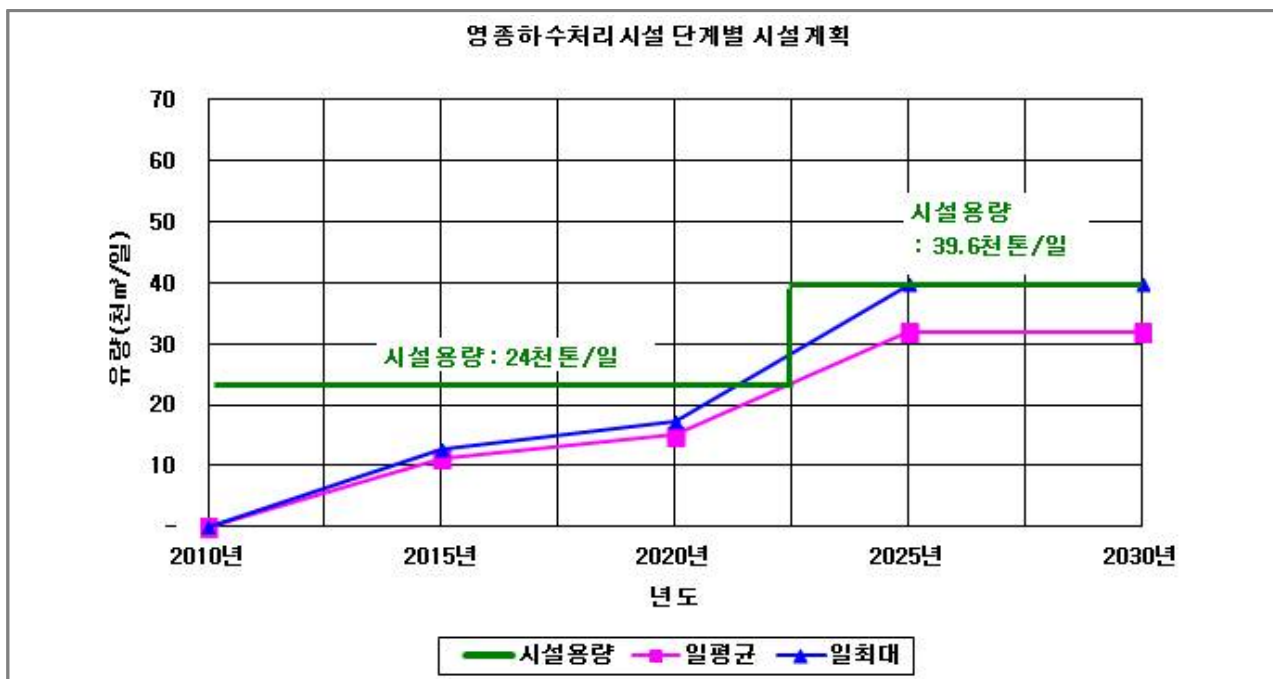
2017년 현재 영종하수처리시설의 가동율은 약 20% 정도로써 낮은 가동율을 나타내고 있으며, 용유지역내 공공하수처리시설 건설에 대한 주민민원 최소화 등을 고려하여 용유지역 발생하수를 영종하수처리시설에 처리함으로 인해 주민민원을 해소하고, 기존 영종하수처리시설 활용도를 높이기 위해 당초 용유처리구역을 영종처리구역으로 편입하는 것으로 계획하였다.

○ 처리시설 개요

- 처리시설 위치 : 인천광역시 중구 영종해안남로 797 번길
- 방류수역 : 서해(인천 연안해역)

<표 6.2.8> 영종 하수처리시설 단계별 건설계획

단 계		기존계획				부분변경			
		1단계	2단계	3단계	4단계	1단계	2단계	3단계	4단계
목표년도(년)		2015	2020	2025	2030	2015	2020	2025	2030
처리인구(인)		19,877	31,277	57,877	57,877	19,877	31,277	61,805	61,852
계 획 하수량(㎥/일)	일평균	11,121	14,648	22,878	22,878	11,121	14,648	32,735	32,741
	일최대	12,809	17,123	27,189	27,189	12,809	17,123	39,551	39,551
시설용량(㎥/일)		24,000	24,000	28,000	28,000	24,000	24,000	39,600	39,600
증설용량(㎥/일)		-	-	4,000	-	-	-	15,600	-
사업기간		-	-	2023~2025	-	-	-	2021~2025	-



<그림 6.2.1> 영종 하수처리시설 단계별 건설계획도

6.2.5 하수처리방식

가. 하수처리방식

산업의 발달과 생활수준의 향상으로 영양염류 즉 질소와 인을 포함한 배출수는 방류수역의 부영양화를 가속시켜 수질오염의 원인이 되고 있으며 특히, 상수원과 어류양식 및 레크레이션으로 사용되는 경우는 피해가 심각하다. 그에 따라 하수도법에 의한 방류수질 기준이 강화 되었으며 하수처리공법도 이전 BOD, SS 등 유기물 처리에서 T-N, T-P처리를 할 수 있는 공법으로 전환되었다.

과거 방류수 수질기준변화에 따른 일반적인 적용공법 추이는 다음과 같다.

<표 6.2.9> 방류수 수질기준 변화

(단위 : mg/L, 개/mL)

구 분	BOD	COD	SS	T-N	T-P	대장균군	일반적 적용공법	
1996년 이전	20	-	20	-	-	-	BOD, SS처리를 위한 생물학적공법적용	표준활성슬러지법
1996년 1.1이후	20	40	20	60	8	-	T-N, T-P생물학적처리를 위한 공법적용	고도처리공법 적용
2004년 1.1이후	10	40	10	20(60)	2(8)	3,000	고도처리에 BOD, SS추가제거를 위한 3차처리적용	
2012년 1.1이후	10	40	10	20	2	3,000	겨울철 유예 제외	
한강 수계 오염총량제	4.4	40	10	20	0.4	3,000	BOD 및 T-P강화	

주) 오염총량제 및 개별하수처리장 환경영향평가에 의해 수질 강화됨

상기 표에 의해서 알 수 있듯이 과거의 2차처리 공정은 유기물, 영양염류, 기타 독성물질의 제거에 있어서 기대할 만큼의 방류수 수질개선 효과가 없는 실정이다. 또한 일부지역에서는 한정된 수자원의 부족으로 처리수의 재활용에 대한 필요성이 대두되고 있어 방류수역의 수질개선과 더불어 처리수 재활용의 측면에서도 고도처리의 필요성이 대두되었고 이러한 추세를 반영하여 현재 여러 종류의 하수처리공법이 난립되고 있으나 궁극적인 목적은 방류수역의 수질개선을 위하여는 유기물 뿐만아니라 영양염류도 함께 제거해야만 한다.

일반적으로 수처리 방식은 몇가지 단위조각과 단위공정을 기본으로 하여 처리할 하수의 유입 수질과 처리목적에 따라 이들 단위조각과 단위공정을 적절히 조합하여 하나의 처리 System에 의하여 수처리를 하며 처리방식은 크게 물리적처리, 화학적처리, 생물학적처리로 구분되며 3가지 방법에 대한 일반적인 특징을 가지고 있으나 국내 대다수 하수처리시설의 처리공법은 생물학적 처리방식으로 운영중이다. 각각의 주요처리특성은 다음과 같다.

<표 6.2.10> 처리방식

구 분		물리적 처리	화학적 처리	생물학적 처리
제 거 대 상		침전가능물질	부유물질	생물학적 분해 가능 유기물질
제거율 (%)	BOD	30	40~50	75~95
	SS	50~60	60~85	75~95
장 · 단 점		<ul style="list-style-type: none"> · 처리공정에 따라 소요부지 면적의 차가 크다. · 효율이 낮다. · 하수처리시설의 1차 처리에 주로 이용된다. · 운전이 쉽다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 처리공정에 따라 다르나 일반적으로 소요부지면적이 작다. · 고가의 유지관리비 때문에 대규모 하수처리시설에 잘 사용되지 않는다. · 화학약품 사용으로 인하여 슬러지 생산량이 많고 유지관리비가 고가이나 인의 대량 제거가 가능하다. · 운전이 어렵다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 부지소요면적이 상대적으로 크다. · 효율이 좋다. · 하수처리시설의 2차 처리수에 주로 이용된다. · 운전이 어렵다.
시 설 공 사 비		중	소	대
유 지 관 리 비		소	대	중

상기 표에서 알 수 있듯이 하수처리방식 중 유기물 처리효율이 높은 생물학적 처리방식을 원칙으로 하고, 필요에 따라 물리적 및 화학적 처리방식을 도입한다.

인천광역시의 경우 생물학적 처리방식을 주요공법으로 적용하였으며 시기별 적용공법의 차이가 발생하는 것을 알 수 있다.

다음은 인천광역시의 적용공법 추이이다.

1) 표준활성슬러지법

- ‘80~90년대 최초 하수처리장 도입시 BOD와 SS제거를 주목적으로 사용 된 생물학적 처리공법
- 주처리 방식 : “일차침전지 + 생물반응조(호기조) + 이차침전지+소독 “ 로 구성
 - 일차침전지 기능 : 생물반응조 유입수질 저감 등 하수의 일차처리를 목적으로 하여 설치

- 생물반응조(호기조) 기능 : 미생물에 의한 오염물질 제거(미생물이 오염물질을 먹이로 이용하여 오염물질이 제거됨-산소공급)
- 이차침전지 기능 : 생물반응조에서 오염물질 섭취한 미생물을 물과 분리하여 처리하는 기능으로 수질을 정화함(고액분리 기능 수행)
- 초기 하수처리장 운영한 가좌, 승기, 굴포, 공촌처리장에 적용됨

2) 고도처리공법(A2O 계열)

- ‘90년대 후반 부영양화 방지 등 T-N, T-P 방류수질 강화에 대비하여 도입된 생물학적 처리공법으로 표준활성슬러지의 처리방식과 유사하나 생물반응조에 혐기조, 무산소조, 호기조로 구분하여 T-N, T-P를 생물학적으로 처리하는 방법
- 주처리 방식은 : “일차침전지 + 생물반응조(혐기조, 무산소조, 호기조로 구성) + 이차침전지+여과지(3차처리시설)+소독 “로 구성
- 혐기조 : T-P제거를 위한 시설,
- 무산소조 : T-N제거를 위한 시설
- 호기조 : 표준활성슬러지법의 호기조 기능과 동일
- 여과지 : 2000년대 이후 BOD, SS 방류수질 강화대비 3차처리시설로 설치
- ※ 기존 표준활성슬러지법으로 운영중인 하수처리장의 경우 생물반응조 개량으로 고도처리 공법(A2O계열)으로 전환이 가능함
- 초기 하수처리장 고도처리개량시 많이 사용됨 가좌, 승기, 굴포, 운북, 송도 등

3) 최근 하수처리공법 적용추세

- 2000년대 이후 오염총량제 도입, 각 개별하수처리장의 환경영향평가 협의(환경부 협의)에 의해 BOD, SS등 방류수질이 강화되어 처리수질이 우수한 공법이 적용되는 추세임
- 또한, 하수처리장 신설의 경우 하수처리장 부지매입비용 절감 및 처리장 부지의 공원화 추세 등 최근 경향을 반영 부지 집약화가 가능한 하수처리공법을 적용하는 추세임
⇒ 분리막, 생물막 등 시설집약화 공법이 대두됨
- 분리막 방식 : “미세목시설+생물반응조(혐기조, 무산소조, 호기조+분리막)+소독(필요시)”로 구성
- 생물막 방식 : “일차침전지+생물반응조(혐기조, 무산소조, 호기조+생물막)+소독(필요시)”로 구성

<표 6.2.11> 인천광역시 하수처리장 적용공법

시설명	용량(㎥/일)	적용공법		비고
		당초	개량 및 증설	
가좌	350,000	표준활성슬러지법	MLE+응집+여과(1단계), 4-STAGE BNR+여과(2단계)	
승기	275,000	표준활성슬러지법	MLE+응집	
만수	70,000	Azenit-P [®]	-	
굴포	427,000	표준활성슬러지법	4-STAGE BNR	
남항	125,000	Bio-SAC	-	담체
공촌	65,000	표준활성슬러지법	KSMBR	막공법
검단	40,000	Biostyr [®]	-	생물막
송도	72,000	Biostyr [®]	A ² O+MBR	막공법
영종	24,000	HANT	-	막공법
송산	30,000	KSMBR	-	막공법
운북	23,000	A ² O	A ² O, DF [®] -MBR	막공법

나. 소독시설

1) 개 요

소독시설은 일반적으로 처리공정의 가장 후단에 위치하며, 하수처리수내에 존재하는 병원성 미생물을 물리·화학적 수단에 의해 사멸시키거나 불활성화시키는 공정이다.

하수는 일반적으로 아래 표와 같이 인체내에서 질병을 유발할 수 있는 세균, 바이러스, 원생 동물 및 기생충을 함유하고 있다.

<표 6.2.12> 인체내 질병을 유발할 수 있는 병원성 미생물

구 분	병원성 미생물	질 병
I . Bacteria	Shigella(4 spp.) Salmonella typhi Salmonella(1700 spp.) Vibrio Cholerae Campylobacter Legionella	Shigellosis(Bacillary Dysentery) Typhoid Fever Salmonellosis Cholera Gastroenteritis Legionnaire's disease, Pontiac fever
II . Viruses	Enterovirus(71 types) Hepatitis A virus Adenovirus(31 types) Rotavirus Reovirus Norwalk-like	Gastroenteritis, heart anomalies, meningitis Infectious hepatitis Respiratory disease Gastroenteritis Not clearly established Gastroenteritis
III. Protozoa	Entamoeba Histolytica Giardia lamblia Cryptosporidium	Amebiasis(Amoebic Dysentery) Giardiasis Cryptosporidiosis
IV. Helminths	Ascaris lumbricoides Ancylostoma duodenale Necator americanus Ancylostoma(spp.)	Ascariasis Ancylostomiasis Necatoriasis Hookworm

근래에 우리나라는 하절기뿐만 아니라 봄, 가을에도 식중독, 세균성 이질, 말라리아 등의 만연으로 심각한 사회문제가 대두되었다. 이는 우리주변의 비위생적인 생활환경이 원인이 되기도 하지만 국가기간산업으로 건설되는 오수 및 하수처리장의 처리수를 소독 또는 살균하지 않고 하천 및 바다에 그대로 방류시키는 것도 한 원인으로 지적되고 있다.

또한 미국, 영국, 일본 및 호주 등 전세계적으로 상수원수 및 수돗물이 원생동물, 특히 지아디아(Giardia lamblia)와 크립토스포리디움(Cryptosporidium parvum)에 오염되어 수천 ~ 수십만명이 집단설사, 사망 등 질병이 발생하여 상수도역사 이래 최대라고까지 불리우는 위기를 맞기도 하였다. 이들 질병 발생 지역의 공통적인 특징 중의 하나가 취수구 근처에 크립토스포리디움 오시스트(oocyst)를 배출하는 시설, 즉 하수처리장이나 방목장, 축사 등 오염원이 존재하였다는 사실을 감안한다면, 상수원 상류의 분변성 오염의 관리기준이 없는 하수처리장의 방류수를 취수하여 수돗물을 공급하는 국내의 실정에서 이들 병원성 원생동물에 노출될 가능성은 지극히 높을 것으로 판단된다.

2) 하수중의 분변성 미생물의 농도

사람의 대변 1g에는 1,012 마리 정도의 생물체가 존재하며, 그 중 총 대장균군수는 107~109 마리, 그리고 분변성균은 106~109마리인 것으로 알려져 있다.

하수중의 병원성 미생물은 자연계에서 시간이 경과함에 따라 대다수가 사멸하지만 그 일부는 미생물의 종류와 환경조건에 따라 수개월이상 생존하거나 번식 또는 잠복하는 경우가 있다.

일반적으로 가정오수 및 재래식활성슬러지법으로 처리된 방류수에 존재하는 대장균, Streptococci, Virus 등의 농도는 다음과 같다.

하수내에는 각종 미생물들이 대단히 많이 존재하며, 하수처리과정에서 90~99% 정도가 제거되더라도 하수처리수에는 많은 수의 미생물이 남아 있으므로, 생물학적 하수처리수의 소독공정은 방류수역의 수자원이용목적과 생태계의 영향을 고려하여 선정하여야 한다.

<표 6.2.13> 유입하수 및 2차처리수내의 병원균 및 지표세균 농도

(단위 : MPN/100mL)

Organism	유 입 하 수		2차 처리수		제거효율 (%)
	최 소	최 대	최 소	최 대	
Total Coliforms	1,000,000	100,000,000	45,000	2,020,000	98
Fecal Coliforms	340,000	49,000,000	11,000	1,590,000	97
Fecal Streptococci	64,000	4,500,000	2,000	146,000	97
Virus	0.5	10,000	0.05	1,000	90

주) 하·폐수종말처리장 방류수 수질기준 설정에 관한 연구(1996, 환경부)

3) 하수소독에 대한 법적기준

국내의 하천, 호소, 해역에서 환경기준으로 설정된 대장균군수의 규제치를 보면 다음과 같다. 따라서 공공하수처리시설에서 방류되는 유출수중의 대장균군수는 방류된 후 아래의 환경기준을 만족시킬 수 있는 수질이어야 하며, 장래의 기준강화에도 대비할 수 있도록 하여야 한다. 미국과 일본의 경우에는 다음과 같은 기준을 적용하고 있다.

- 일본 : 방류수의 대장균군수 3,000MPN/100mL
- 미국 : 방류수의 대장균군수 300MPN/100mL

<표 6.2.14> 국내 대장균수에 대한 수계등급별 환경기준

(단위 : MPN/100mL)

구 분	등 급	이용목적별 적 용 대 상	하 천	호 소	해 역
생활환경	I	상수원수 1급 자연환경보전	50 이하	50 이하	200 이하
	II	상수원수 2급 수산용수 1급 수 영 용 수	1,000 이하	1,000 이하	1,000 이하
	III	상수원수 3급 수산용수 2급 공업용수 1급	5,000 이하	5,000 이하	-

주) 해역에서 등급 I 은 수산생물의 서식, 양식 및 산란에 적합한 수질을 말하여, 등급 II는 해수욕 등 해양에서의 관광 및 여가선용과 등급 I 외의 수산생물에 적합한 수질을 말한다.

2003년부터 시행된 공공하수처리시설의 방류수 수질기준에 대장균수가 신설되어 이에 대한 조치사항이 필요하였으며, 그 기준은 다음과 같다.

상수원의 수질에 큰 영향을 미치는 지역은 1,000개/mL의 기준을 적용하고, 상수원의 수질에 미치는 영향이 비교적 적은 기타지역은 3,000개/mL의 기준을 적용하며, 하수처리수를 하천 유지용수로 재이용시에는 1,000개/mL의 기준을 적용하도록 설정되어 있다.

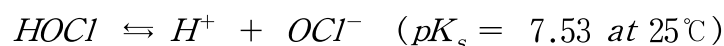
4) 소독방법의 장단점 비교

가) 염소 소독

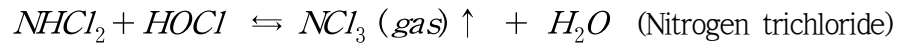
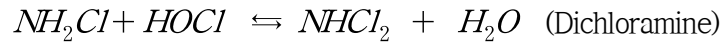
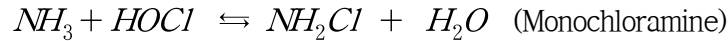
염소처리는 원래 탈취의 목적으로 하수처리장에 사용되기 시작하였으나 간편하고 경제적이며, 소독의 효과가 확실하기 때문에 미국에서는 1958년경에 전체 하수처리장의 30%가, 그리고 1982년에는 약 7,800여 개소의 하수처리장이 염소처리를 택하기에 이르렀다. 하수는 일반적으로 부유물질, BOD 또는 COD로 표현될 수 있는 유기물질, 박테리아, 바이러스, 원생동물, 기생충 등 여러 종류의 불순물을 함유할 수 있다. 염소는 미생물의 세포막의 투과성을 변화시켜 미생물을 사멸시키거나 불활성화 시킨다. 염소가 물에 투여되면 차아염소산(HOCl)과 염산의 혼합물이 생성된다.



반응은 pH에 따라 달라지며, 10-3초 내에 완결된다. 생성된 HOCl은 약산이며, pH 6이하에서 약간 해리된다. pH 6.0 ~ 8.5에서 해리상태가 불완전한 HOCl 및 완전한 HOCl이 동시에 존재한다. HOCl은 다음과 같이 해리되어 이온화된다.

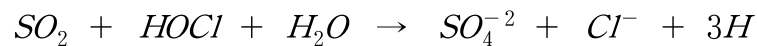


HOCl은 pH 4.0 ~ 6.0에서 주로 존재하며, pH 7.5 이상, 20℃ 및 pH 7.8 이상 0℃에서 OCl⁻가 지배적이다. pH 9 이상에서는 OCl⁻이온이 주로 존재한다. 하수는 상당한 양의 암모니아를 함유하는데 염소가 주입되면 상호 반응하여 클로라민(chloramine)화합물을 생성한다.

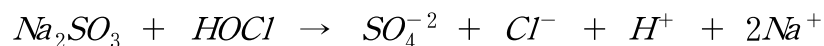


이러한 반응은 pH, 온도, 접촉시간, 초기의 염소와 암모니아의 비 등에 크게 영향을 받으며, 이들도 소독작용을 한다. 유리잔류염소 및 클로라민 잔류물들은 0.002mg/L의 농도에서도 특정어류, 플랑크톤, 기타 수중생물에 독성이 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 하수의 염소소독 후 잔류염소는 전체적 또는 부분적인 제거가 요구된다. 잔류염소는 아황산가스, 아황산염 등 환원물질에 의해 완전제거가 가능하다. 잔류염소 제거에 대한 기술은 잘 알려진 편이며, 그 반응은 다음과 같다.

아황산 가스(SO₂)



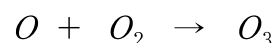
아황산염(Ml₂SO₃)



염소소독에 의해 생성된 독성물질들은 잔류염소의 제거에 의해 많이 감소시킬 수 있다. 예를 들면 phenol이 염소와 반응하여 보다 독성이 강한 여러 종류의 chlorophenol이 생성되지만 잔류염소 제거시 대부분 무독성화되는 것으로 이해되고 있다.

나) 오존 소독

일반적으로 오존의 소독기전은 오존의 발생기 산소와 hydroxyl radical(·OH)이 박테리아나 바이러스의 세포벽을 투과하여 세포질 구성물질을 산화시켜 불활성화시키는 것으로 알려져 있다. 오존은 현장에서 발생시켜야 하는 기체로 오존생성에 관한 화학반응은 다음과 같다.



산소를 해리시키기 위해 요구되는 에너지는 사용되는 장치에 따라 8,000~20,000V의 DC 또

는 AC 전기장으로부터 공급된다. 이러한 조건에서 코로나방전(corona discharge)이라 불리는 플라즈마(plasma)가 발생된다. 오존 생성량은 전압, 파장, 오존발생기의 설계, 사용된 기체의 형태에 따라 다르다.

오존은 효과적이고 강력한 소독물질이지만 산화력이 대단히 강하여 수중에 존재하는 물질, 특히 유기물질에 의해 다량으로 소비되고, 이들간의 산화반응은 비교적 신속히 일어나므로 후속되는 소독과정에서의 충분한 소독효과를 기대하기 어렵다. 그러므로 유기물질을 함유하는 경우에는 소독조에 잔류오존을 확보하기 위해 다량의 오존주입이 필요한 경우가 많다.

또 자기분해 속도가 빨라 비록 수중에 오존 소비물질이 존재하지 않더라도 장시간 수중에 잔존시킬 수 없다. 반대로 잔류효과가 없어 방류수역의 생태계에 대한 악영향이 거의 없다.

다) 자외선 소독

자외선(Ultraviolet light)은 가시광선의 파장(400nm)보다는 짧고, X-선(100nm)보다는 긴 파장 범위를 가진 전자방사선을 의미한다. 살균력이 가장 큰 파장은 253.7nm이며, 이 파장에서 대부분의 에너지는 대기에 흡수되기 때문에 태양광선에는 매우 적은 양이 존재한다.

현재는 저압수은 아크램프(low pressure mercury arc lamp)를 사용하고 있다. 램프에서 발생하는 자외선에너지는 85%가 253.7nm의 파장이다.

수은가스를 통해 전기를 통과시키면 아크(arc)가 발생하고 그로부터 생긴 에너지의 방출이 자외선 조사가 되는 것이다.

253.7nm 파장을 갖는 자외선은 박테리아, 바이러스 등과 같은 각종 미생물이 갖고 있는 유전인자 특성에 변형을 초래하여 번식하지 못하도록 하며, 특히 각종 미생물의 세포막을 투과하여 핵산(DNA)을 손상시킨다.

살균에 필요한 자외선 조사량은 $\text{microwatt-second/cm}^2$ 로 나타낸다. 즉, 광선의 강도에 접촉시간을 곱한 것이다. 자외선 강도나 접촉시간에 영향을 미치는 요소들은 자외선 투과율, 부유물질 농도, 용존유기물의 농도, 총 경도, 유량, 접촉조(반응조)의 설계, 슬리브의 깨끗한 정도, 램프의 노후상태, 처리공정 등이다.

<표 6.2.15> 각 소독방법의 장단점 및 효과비교

구 분	Cl ₂	Cl ₂ /FeCl ₂	O ₃	UV
시설규모	전규모	전규모	대·중규모	중소규모
소독처리시 응용단계	모든단계	모든단계	2차처리	2차처리
장비의 신뢰성	좋음	아주좋음	아주좋음	아주좋음
기술의 상대적 복잡성	간단-보통	보통	복잡	간단-복잡
안전성, 현장으로의 운반	위험 필수적	위험 필수적	안전 보통	안전 최저
박테리아의 사멸	좋음	좋음	좋음	좋음
바이러스 사멸	나쁨	나쁨	좋음	좋음
어독성	독성	무독성	가능성 없음	무독성
유해부산물	있음 (THM)	있음 (THM)	있음 (Aldehyde)	없음
잔류성	길다	없음	없음	없음
접촉시간	길다 30~60분	길다 30~60분	보통 10~20분	짧다 1~5초
용존산소에 대한 기여	없음	없음	기여	없음
암모니아와의 반응	반응	반응	반응(높은 pH)	무반응
색도제거	보통	보통	제거	제거안됨
용존고형물의 증가	증가	증가	증가	증가안됨
pH 영향	있음	있음	약간(높은 pH)	없음
유지·관리의 민감성	최소	보통	높음	보통
부식성	있음	있음	강함	없음

5) 소독방법의 선정

본 계획에서 소독방법은 국내하수처리장에서 일반적으로 적용되고 있는 액체염소, 차아염소산나트륨 및 자외선소독에 대하여 다음과 같이 비교하였다.

<표 6.2.16> 소독방법의 비교

구 분	염 소(Cl_2)	NaOCl	자외선조사(UV)
1. 소독개요	<ul style="list-style-type: none"> HOCl이 세균의 세포내에 침투, 대상작용에 필요한 염소에 작용하여 생명을 잃게 하여 멸균 작용 액체염소를 기화기에서 기체화하여 물과 혼합, 염소소독시설을 이용하여 처리수에 주입소독 	<ul style="list-style-type: none"> 유효염소 5~15%의 차아염소산나트륨 수용액을 주입하여 저류조에 저장 후 주입펌프에 의해 주입함 	<ul style="list-style-type: none"> 고도의 조사강도를 가진 자외선램프를 이용하여 2차 처리수에 직접 자외선을 조사함 250~260nm파장의 자외선이 대장균의 세포막을 투과하여 핵산(DNA)을 손상함으로써 살균함
2. 시설의 구성	<ul style="list-style-type: none"> 염소실 염소중화실 염소주입기 염소기화기 염소콘테이너, hoist 및 계량저울 중화설비 염소노출설비 멸균수 공급펌프 배관설비(급수배관, 진공배관, 염소살균설 배관) 염소혼화지 Control 설비 	<ul style="list-style-type: none"> 저류탱크 계량펌프 계장서리 	<ul style="list-style-type: none"> 수로(구조물) UV 램프 UV 모듈 지지대 자외선 강도센서 PLC제어장치 유량조절 및 수위조절 장치 세정장치
3. 설비면적	· 작다	· 크다	· 비교적 작다
4. 관리기술	· 복잡	· 다소 용이	· 용이
5. 작업조건	· 유독가스로 인한 사고의 위험성이 큼	· 액화농도가 높지만 인체에 미치는 위험성은 비교적 적음	· 직접 UV에 노출되면 눈과 피부에 화상을 입을 수 있지만 타 방법에 비해 안전
6. 시 설 비	· 고가	· 중간	· 저가
7. 유지관리비	· 중간	· 고가	· 중간

<표 6.2.16> 소독방법의 비교(표계속)

구 분	염 소(Cl_2)	NaOCl	자외선조사(UV)
8. 장 점	<ul style="list-style-type: none"> · 소독력이 강함 · 잔류효과가 큼 · 박테리아에 대한 효과적인 살균제임 · 구입이 용이하고 가격이 저렴 	<ul style="list-style-type: none"> · 보조기기가 적고 설비가 간단 · 설치비가 저렴함 · 정량펌프를 이용하므로 주입량의 자동제어가 용이함 · 효과의 지속성이 있고 조류발생 억제 효과가 기대됨 · 수리손실이 자외선 보다 적음(HL=0.6m) 	<ul style="list-style-type: none"> · 자외선의 강한 살균력으로 바이러스에 대해 효과적으로 작용 · 유량과 수질의 변동에 대해 적응력이 강함 · 전력이 적게 소비되고 램프수가 적게 소요되므로 유지비가 저렴 · 화학적 부작용이 적어 안전 · 인체에 위해성이 없음 · 설치 및 유지관리가 용이함 · pH 변화에 관계없이 지속적인 살균이 가능
9. 단 점	<ul style="list-style-type: none"> · 불쾌한 맛과 냄새를 유발 · 바이러스에 대해서는 효과적이지 않다 · 인체에 유해성이 높음 · 불순물로 발암물질인 THM을 유발 · 초기 투자비가 높음 · 유지관리가 어렵고, 유지비가 높음 · 유량변동에 대해 적응하기 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> · 유효염소의 경시저하가 있고 저장에 비교적 어려움 · 자극성이 있어 취급에 주의를 요함 · 유기염소화합물 생성문제 등이 최근 논란이 되고 있음 · 소규모의 경우 많이 채택되고 있으나 대규모는 채택되지 않고 있는 실정임 	<ul style="list-style-type: none"> · 산화제가 잔류하지 않음 · 물이 혼탁하거나 탁도가 높으면 소독 능력에 영향을 받음

다. 탈취시설

1) 악취발생원

공공하수처리시설에서 발생하는 취기는 하수의 구성성분과 처리공정 등에 따라 그 종류와 정도를 달리하지만 지금까지 알려진 바에 의하면 일반적인 취기의 구성물질은 약 50여종 이상이 있으며, 그 중에 대표적인 취기물질과 그들에 대한 특성은 다음과 같다.

따라서 공공하수처리시설에서 발생하는 취기는 인근 지역에 2차공해로서 작용하여 지역주민들에게 혐오시설로 인식되는 등의 부작용이 있으므로 냄새에 의한 영향을 최소화 할 수 있는 대책 수립이 요구된다.

<표 6.2.17> 하수취기와 관계가 깊은 물질의 예

분 류	명 칭	감지농도 ¹⁾ (ppm)	악취의 특성	주발생원 ²⁾
무기 Gas	황화수소	0.00041	부패취	수, 슬러지
	암모니아	1.54	자극취	슬러지(탈수, 소각)
	이산화질소	0.03	자극취	슬러지 소각
	스 틸 렌	0.03	도시가스취	수, 슬러지
황화합물	메칠메르캅탄	0.00007	단무지 냄새	수, 슬러지
	디메칠 설퍼아이드	0.003	썩은 양배추 냄새	수, 슬러지
	디메칠디설퍼아이드	0.0022	해초냄새	수, 슬러지
산소화합물	포말알데이드	0.41	자극취	슬러지 소각
	아세트알데히드	0.0015	마취제 같은 자극취	슬러지 소각
	프로피온알데히드	0.00067	느끼한 Formaldehyde취	슬러지 소각
	이소바릴알데히드	0.00055	약한 Ester취	슬러지 소각
	n-부틸알데히드	0.00029	약한 불쾌취	슬러지 소각
	이소부틸알데히드	0.000069	약한 불쾌취	슬러지 소각
	초 산	0.0042	식초냄새	수, 슬러지
	프로피온산	0.0057	불쾌취, 약한초산취	수, 슬러지
	부티릭산	0.00019	치이즈 냄새	수, 슬러지
	이소부티릭산	0.0015	불쾌취	수, 슬러지
	이소 Veleric산	0.000078	불쾌취	수, 슬러지
	n-Veleric산	0.000037	불쾌취	수, 슬러지
질소화합물	트리메칠아민	0.000027	썩은 어류 냄새	슬러지(탈수, 소각)
	Indole	0.0003	대변 냄새	슬러지(탈수, 소각)
	Skatole	0.0000056	대변 냄새	슬러지(탈수, 소각)

주) 1) 3점 비교식 취대법

(일본 토목연구소, 취기와 탈취방법에 관한 조사 제2차, 제3차 중간보고서)

2) 수 : 수처리계, 슬러지 : 슬러지처리계

2) 악취의 규제기준

국내의 악취방지에 대한 법규는 2005년 2월에 개정된 악취방지법에 의한 규제대상 시설로 공공하수처리시설이 대상 시설로서 포함됨에 따라 이에 따른 악취방지대책을 강구하여야 한다.

대기오염 공정시험방법상에서 관능법으로 측정했을 때 취기강도를 6단계 취기강도 표시법으로 분류하여 2도 이하이면 적합, 3도 이상이면 부적합으로 판정하고 있고 식염수법에 의한 측정치는 각판정자에 감지된 취기 회석 배수치를 평균하여 20이하이면 적합, 20을 초과하면 부적합으로 판정하도록 되어 있다.

<표 6.2.18> 악취의 배출허용 기준

측정방법	배출허용기준		
직접관능법	악취도 2도 이하		
공기회석 관능법 (복합악취)	가. 배출구 (1) 공업지역내의 사업장 : 회석배율 1,000이하 (2) 기타 지역내의 사업장 : 회석배율 500이하 나. 부지경계선 (1) 공업지역내의 사업장 : 회석배율 20이하 (2) 기타 지역내의 사업장 : 회석배율 15이하		
기기분석법 (지정악취물질)	악취물질	공업지역안의 사업장	기타 지역안의 사업장
	암모니아	2 ppm 이하	1 ppm 이하
	메칠메르캅탄	0.004 ppm 이하	0.002 ppm 이하
	황화수소	0.06 ppm 이하	0.02 ppm 이하
	다이메틸설파이드	0.05 ppm 이하	0.01 ppm 이하
	다이메틸다이설파이드	0.03 ppm 이하	0.009 ppm 이하
	트라이메틸아민	0.02 ppm 이하	0.005 ppm 이하
	아세트알데히드	0.1 ppm 이하	0.05 ppm 이하
	스타이렌	0.8 ppm 이하	0.4 ppm 이하
	프로피온알데하이드	0.1 ppm 이하	0.05 ppm 이하
	뷰티르알데하이드	0.1 ppm 이하	0.29 ppm 이하
	n-발레르알데하이드	0.02 ppm 이하	0.009 ppm 이하
	i-발레르알데하이드	0.006 ppm 이하	0.003 ppm 이하

주) 배출허용기준의 측정은 복합악취(공기회석 관능법)를 측정하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 악취물질 배출여부를 확인할 필요가 있는 경우에는 지정악취물질을 측정할 수 있다. 이 경우 어느 하나의 측정방법에 의하여 기준을 초과한 때에는 배출허용기준을 초과한 것으로 본다.

3) 악취의 포집계획

취기기술이라고 하면 탈취방식을 중점적으로 생각하는 경향이 있지만 그보다 먼저 선행되어야 할 것이 취기의 포집방법이다. 여기에는 처리공정의 유지관리를 보다 깨끗하게 하여 취기의 발생을 제어하는 기술과 발생된 취기를 어떻게 효과적이고 적절한 방법으로 외부공기를 적게 흡입하면서 고농도의 취기를 소풍량으로 흡입포집 할 것인가에 중점을 주어야 하는데 전자는 유지관리상의 문제이고 후자는 취기포집 기술상의 문제라고 할 수 있다.

따라서 본 계획에서는 이러한 취기포집 방법의 중요성을 감안하여 취기포집 계획을 수립토록 하되 다음 사항을 원칙으로 계획한다.

- 취기발생원을 가능한 밀폐시켜 외부로 취기가 발산되지 않도록 한다.
- 취기를 발생하는 모든 기계류는 기계자체에 밀폐 Cover를 씌워 소풍량의 고농도 취기를 흡입할 수 있도록 함으로써 경제적인 취기포집이 되도록 하고 악취가 발산됨으로 인한 작업환경의 오염을 방지한다.
- 기계자체를 밀폐시키기 곤란한 구조로 되어 있는 부분들은 가능한 Hood를 사용하여 소풍량의 고농도 취기를 흡입할 수 있도록 한다.
- 기계류 등 취기발생원을 밀폐시키는 부분들은 유지관리에 지장이 없도록 Door설치 및 Cover의 해체가 용이토록 계획하며 필요에 따라서는 기계가 잘 보이는 투명한 재료로 밀폐한다.

공공하수처리시설에서 악취가 발생하는 시설은 침사지 및 유입펌프장, 일차침전지, 슬러지발효조, 설비동 등이며, 각 시설별 악취포집계획은 다음 표와 같다.

<표 6.2.19> 악취 포집계획

구 분	내 용
개 요	<ul style="list-style-type: none"> · 취기 발생원은 가능한 cover를 씌워 소풍량의 고농도 취기를 흡입 · 기계자체를 밀폐하기 곤란한 경우에는 후두(Hood) 사용 · 기계류등 취기발생원을 밀폐시키는 부분들은 유지관리에 지장이 없도록 Cover의 해체가 용이하도록 계획
악취포집계획	
· 침사지 및 유입펌프장	· 침사지를 밀폐공간으로 하여 고농도 소풍량의 취기 포집
· 일차침전지	· 상부 개구부를 FRP Cover로 밀폐하여 취기포집
· 슬러지발효조	· 밀폐공간으로 하여 고농도 소풍량의 취기 포집
· 슬러지처리시설(설비동)	· 케이크 저장실은 밀폐공간으로 하여 Duct 설치

4) 탈취방법의 선정

가) 선정기준

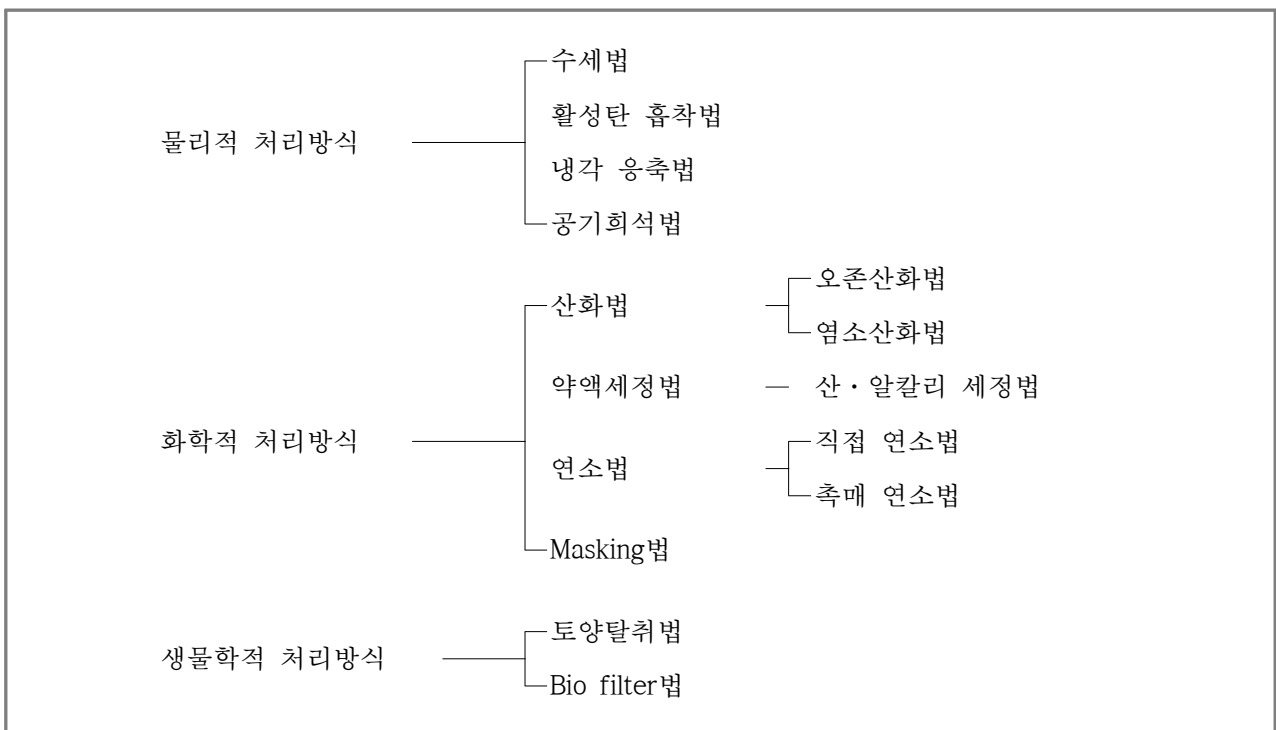
탈취방법의 선정시에는 다음 사항을 고려하여 선정하여야 한다.

- 탈취효과가 확실하고 모든 악취 물질의 제거가 가능할 것
- 기존 하수처리시설에 적용실적이 많을 것
- 시설비 및 유지관리비가 저렴할 것
- 유지관리가 용이하고, 시설의 내구성과 자재의 호환성이 좋을 것
- 2차 공해가 유발되지 않을 것

나) 탈취방법의 분류

현재 악취방지를 위해 이용되고 있는 탈취방법을 악취제거 방식별로 분류해 보면, 물리적 처리방식과 화학적처리방식 및 생물학적처리방식으로 대별할 수 있으며, 각각의 처리방식에 따른 탈취방법은 아래와 같이 분류해 볼 수 있다.

탈취대상 처리조건에 따라 연소법, 흡착법, 산알칼리 세정법 및 오존산화법, 토양탈취법, Bio filter 등이 사용되고 있다.



다) 탈취방법의 비교 검토

본 계획에서는 국내의 하수처리장에 많이 적용되고 있는 미생물법, 약액세정법, 활성탄흡착법, 오존산화법에 대해 비교 검토하였다.

<표 6.2.20> 탈취방법의 비교

기종 항목	미생물(Bio filter)법	약액 세정법 (선회류식, 물전기분해)	활성탄흡착법	오존산화법
구 조	<ul style="list-style-type: none"> · 악취물질을 Bio Filter에 통과시켜 미생물이 소화 흡수시킨후 물(H₂O)과 이산화탄소(CO₂)로 분해 	<ul style="list-style-type: none"> · 물의 전기분해시 생성된 산성수와 알칼리수에 악취물질을 산화, 환원, 중화반응을 이용하여 흡수 제거 	<ul style="list-style-type: none"> · 활성탄, 실리카겔에 의한 악취성분의 흡착 	<ul style="list-style-type: none"> · 오존의 산화분해력을 이용한 악취물질 산화 분해 처리
처리 대상 악취 물질	<ul style="list-style-type: none"> · 대기중의 악취 및 휘발성 물질(VOCs)를 제거 	<ul style="list-style-type: none"> · 산세정 : 암모니아,아민류 · 알칼리세정 : 유화수소, 메르캅탄, 고급지방산 등 	<ul style="list-style-type: none"> · 흡착제에 따라 차이가 있음 · 흡착제의 조합에 따라 발생악취의 전물질에 대해 효과적임 	<ul style="list-style-type: none"> · 산화성물질에 선택적 적용 · 환원성물질에 대해 효율 저하
장치의 특 성	<ul style="list-style-type: none"> · 악취물질을 물(H₂O)과 이산화탄소(CO₂)로 완전히 분해함으로서 슬러지가 발생되지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> · 수용액과의 친화성, 기액접촉면에 따라 효과가 변함 · 산성수 : pH 2.5이하 · 알칼리수 : pH 11.0이상 	<ul style="list-style-type: none"> · 암모니아 등 자극성이 강한 gas등은 흡착되지 않음 · 활성탄에는 중성gas용, 산성gas용, 알칼리성 gas 용이 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · 탈취효율 : 80~90%
장 점	<ul style="list-style-type: none"> · 미생물에 대한 높은 부착성, 내화확성이 우수한 여재 사용 · 충분한 탄력성과 압력에 대한 안전성 · 미생물 환경의 최적 조건 유지로 탈취능력이 우수 · 완벽한 탈취와 부산물의 발생이 없음 · 복합취기에 효과적 · 탈취효율이 우수 	<ul style="list-style-type: none"> · Mist, 분진이 동시에 제거 · 복합취기에 효과적 · 탈취효율이 우수 · 유지비 저렴 	<ul style="list-style-type: none"> · 저농도 취기에 효과적임 · 탈취효율이 우수 · 장치구조가 간단 	<ul style="list-style-type: none"> · 탈취물질의 선택성이 범용 · 복합취기에 효과적
단 점	<ul style="list-style-type: none"> · 미생물 보호를 위해 보온장치가 필요 · 탈취용량이 커질 경우 초기 투자비가 다소 높음 	<ul style="list-style-type: none"> · 배수처리가 필요 · 운전조작에 기술 요함 · 약품 저류조등 부대시설이 필요 · 약품취급에 주위 요함 	<ul style="list-style-type: none"> · 타르, 분진등 흡착제에 부착된 이물질 제거 하므로 전처리 필요 · 정기적인 활성탄의 재생과 보충 필요 · 시설비가 많이 소요됨 	<ul style="list-style-type: none"> · 설비가 복잡하고 운전 제어가 복잡하다 · 초기투자비가 많이 소요됨 · 잉여오존의 배출로 대도시에 적용곤란

6.2.6 공공하수처리시설 위치선정

가. 추진방향

본 부분변경과 관련된 계획 공공하수처리시설인 영종 공공하수처리시설은 기존 확장부지 내에 「공공하수도시설 설치사업 업무지침(2014. 1, 환경부)」에 의거하여 적정한 하수도시설 계획이 되도록 사업추진방향을 설정토록 하였다.

1) 공공하수처리시설의 위치 및 규모

- 공공하수처리시설의 위치는 도시계획, 구역의 특성, 토지이용현황, 방류수역의 물이용 현황 등을 종합적으로 고려하되, 설치비, 운영관리비 등의 경제성과 생태계보전을 위한 환경성 등을 종합적으로 검토하여 하수의 수집·수송 및 처리가 용이한 지역을 선정하여야 한다.
 - 공공하수처리시설의 부지선정은 「하수도법」 제17조 규정에 의한 법령 외에 기타 입지와 관련된 타 법령의 저촉여부를 사전에 면밀히 검토하여 결정하여야 한다.
- 공공하수처리시설의 규모는 시설설치비, 운영관리비 등의 경제성과 수 처리 효율성 등을 종합적으로 고려하여 합리적으로 결정하여야 한다.
 - 도시계획 등 상위계획에 의하여 하수를 새로이 발생시키는 산업단지, 택지개발사업, 재개발사업 등을 시행하는 경우에는 우선적으로 기존 공공하수처리시설과의 연계처리의 타당성을 검토하고, 신설할 경우 상기 내용을 참조하여 공공하수처리시설의 위치 및 규모를 결정한다.

2) 공공하수처리시설의 단계별 설치

- 공공하수처리시설 설치사업은 하수도정비기본계획을 기본으로 하여 사업을 추진하여야 한다.
 - 「하수도법」 시행규칙 제2조에 의해 하수도정비기본계획의 변경승인대상이 되는 경우에는 반드시 하수도정비기본계획을 변경한 후에 공공하수처리시설 설치사업을 추진하여야 한다.
- 공공하수처리시설은 기본계획 수립시 시설용량을 5년 단위로 단계별로 설치할 수 있도록 계획하여야 한다.
 - 시설용량을 단계별로 설치하는 경우 초기단계에 과다투자가 되지 않도록 시설물(수처리 구조물, 건축물 및 기계·전기설비 등)을 단계별로 설치하여야 한다.
 - 1단계사업에서 2단계 시설물을 포함하여 설치할 경우 새로운 처리기술이 개발되어도 2단계사업에 적용하기가 곤란한 등 문제점이 발생할 수 있으므로 단계별 시설물 설치

획을 수립하여야 한다.

- 특히, 설계·시공일괄입찰의 경우 1단계 사업에 2단계용 시설물 설치계획을 포함시킬 경우에는 계약과정에서 당초 계획한 물량을 확보할 수 없는 문제가 발생할 수 있으므로 현 단계에서 반드시 필요한 시설물에 대해서만 사업계획에 포함하여야 한다.
- 공공하수처리시설의 증설은 당초 계획한 하수의 유입실태, 공공하수처리시설 운영실태 및 지역의 개발상황 등 여건변화를 충분히 검토·분석한 후 규모 및 시기를 결정하여야 한다.
- 특히, 하수 유입량은 많으나, 하수관거가 불량하여 공공하수처리시설에 유입되는 수질이 현저히 낮은 경우에는 공공하수처리시설의 증설을 억제하고, 불량 하수관거정비사업을 우선적으로 추진한 후 증설여부를 판단하여야 한다.
- 유입하수량 변동에 탄력적으로 대응하기 위하여 공공하수처리시설을 계열별로 운전할 수 있도록 설치계획을 수립하여야 한다.
 - 공공하수처리시설의 처리계통을 계열화함으로써 가동효율을 증대시키고 불필요한 운영 관리비의 지출을 억제하여야 한다. 다만, 농어촌마을하수도는 부득이한 경우를 제외하고는 계열화하여서는 아니된다.
 - 구조물(침사지, 침전지, 포기조, 고도처리시설, 농축조, 탈수설비 등), 기계설비(펌프류, 송풍기, 밸브류, 탈수기 등) 및 전기설비 등도 계열화 운전에 적합하도록 설치계획을 수립하여야 한다.
- 무인화 및 자동화운전에 대비하여 자동화시설을 설치할 수 있도록 계획하고 호환성이 있는 설비를 설치하도록 하여야 한다.
- 공공하수처리시설 설치사업은 발주계획단계부터 준공까지 공공하수처리시설 담당부서의 참여를 의무화하여야 한다.
- 공공하수처리시설 설치사업시 공법선정 및 건설기술심의 참여자에 대한 실명제를 실시하여야 한다.

3) 입지여건에 따른 공공하수처리시설의 특성화

- 공공하수처리시설의 공정 및 부대시설을 선정할 때에는 유입하수의 성상, 방류수역의 환경기준 및 수리이용상황, 방류수 및 하수찌꺼기(슬러지)의 재이용계획, 공공하수처리시설의 입지특성, 유지관리 용이성, 타 공공하수처리시설과의 통합운영 가능성 등을 종합적으로 고려하여 경제성과 효율성이 확보되도록 하여야 한다.

<표 6.2.21> 시설 설치계획 수립시 고려사항

시 설 입 지	입 지 여 건	공정 및 시설 특성화
도 심 지	<ul style="list-style-type: none"> •주거 및 상업시설 밀집지역내에 입지 •주민의 민원발생요인이 많음 •지가가 높고 용지 확보 곤란 	<ul style="list-style-type: none"> •적극적인 탈취시설 설치 필요 •특별한 경우에 한해 시설물은 공원화 또는 건물내 설치 검토
도 시 외곽	<ul style="list-style-type: none"> •주거지 외곽의 농경지 등에 입지 •주민의 민원발생 요인이 다소 있음 •지가 및 용지 확보 보통 	<ul style="list-style-type: none"> •도심지와 농어촌형의 중간 모델
농 어 촌	<ul style="list-style-type: none"> •주거지와 이격된 농경지 등에 입지 •주민의 민원발생요인이 적음 •지가가 낮고 용지 확보 용이 	<ul style="list-style-type: none"> •시설설치의 경제성, 운영관리의 안정성 및 편의성 우선 고려
마 을 단 위	<ul style="list-style-type: none"> •마을단위로 설치 •소규모로 상주관리 곤란 •주민의 민원발생요인이 적음 	<ul style="list-style-type: none"> •무인 자동 시설화 가능 •운영관리의 안정성 및 편의성 우선 고려

- 공공하수처리시설은 해당 지역 여건을 고려하여 주민편의공간으로 활용할 수 있도록 하되 친환경 토목·건축자재 사용, 친환경적 설계 등을 통해 환경친화적 시설이 되도록 한다.
- 농어촌마을하수도는 인근 공공하수처리 시설과의 무인통합운영관리를 원칙으로 하되, 시설물은 수처리시설만 설치하고 효율성이 떨어지는 관리동, 실험실, 탈수설비등은 특별한 경우를 제외하고는 설치하지 않아야 한다.

나. 공공하수처리시설 위치선정시 고려사항

공공하수처리시설은 일단 건설되면 이전은 물론 증개축이 곤란한 반영구시설물로서 하수도시설의 최말단 시설이며 또한 모든 하수도시설의 기준이 되는 매우 중요한 시설이다.

따라서 하수처리시설의 위치를 결정하는데 있어서는 차집관거 시설과의 관계 및 자연환경, 주변 토지이용상황, 도시계획, 입지 및 진입조건, 시공성, 경제성 등을 종합적으로 검토하여 최적의 위치를 선정하기 위한 주요 고려사항은 다음과 같다.

<표 6.2.22> 하수처리시설 위치선정시 고려사항

조 건	세 부 검 토 사 항
1. 기술적 조건	<ul style="list-style-type: none"> •처리시설 건설 및 확장을 고려한 충분한 부지면적 및 지반고 •방류선의 확보가 용이하고 현재 및 장래의 토지이용계획상 문제가 없는 곳 •처리시설의 진출입 및 동력인입이 용이한 곳 •가급적 처리구역에 가깝고 자연유하로 하수유입이 가능한 곳 •홍수 등의 재해로 인한 처리시설의 기능에 지장이 없는 곳 •타 환경기초시설과의 연계운영이 용이한 곳 •방류수역의 물이용에 지장을 주지 않는 곳
2. 사회적·경제적 조건	<ul style="list-style-type: none"> •취기, 소음 등 주변지역에 미치는 영향이 적고 환경친화적인 시설배치가 가능한 곳 •용지매입이 용이하고 주변 지장물에 의한 영향이 적은 곳 •차집관거를 포함한 전체 하수도 시설의 경제성에 유리한 곳 •경제적인 유지관리가 가능한 지리적, 지형적인 여건

다. 대상부지 검토

1) 영종공공하수처리시설

앞서 기술한바와 같이 영종공공하수처리시설은 예정된 하수처리시설 확장부지에 건설토록 계획하였다.



6.2.7 환경친화시설 및 공간조성계획

가. 개 요

공공하수처리시설 특성상 악취 등으로 인하여 주민들에게 혐오시설로 인식되기 때문에 하수처리시설 위치 선정에 많은 어려움을 겪어 왔으나, 최근에는 악취의 완벽한 처리와 함께 공공하수처리시설에 공원, 운동시설 등 환경친화시설 및 주민 편의시설을 설치하여 혐오시설이란 인식에서 벗어나려는 노력을 많이 기울이고 있다.

환경친화시설 및 공간조성에 대한 기본방향은 다음과 같다.

- 지역 및 지역 주민에 대한 친화적인 시설로 하수처리시설을 개선하여 종래의 혐오시설 이미지 해소
- 처리시설에 대하여 하수처리과정에서 발생하는 악취의 외부 비산방출을 최대한 억제하며 인근지역 및 처리시설 운영자의 생활근무환경 개선
- 처리장 주변에 주민친화적인 녹지공간, 휴식공간, 운동공간 등을 조성



나. 환경친화시설 계획



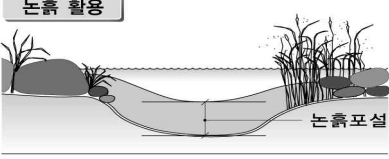

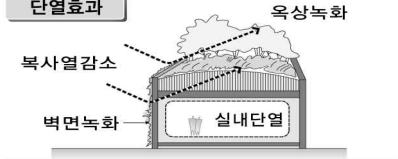

1) 개 요

- 자연 토양의 보전(인근의 절토지 흙과 물을 이용)
- 우수의 침투 유도 : 잔디 블록 사용, 쇠골재 다짐 사용, 우수 배수로
- 생태적 식재 : 기존의 식생보존 및 이식, 자생 및 향토 수종식재, 다층구조화
- Biotope(소생활권)의 조성 및 연계 : 지역의 물과 연결, 기존의 녹지와 연결

2) 생태환경계획

- 공간중첩을 통한 종 다양성 증진으로 건강한 생태환경조성
- 산림축, 수경축의 연계를 통한 생태적 연속성
- 생태연못, 습지, 다공질 공간 등 다양한 소생물 서식공간조성

3) 친환경계획

책적성	자원재활용	청정에너지
<ul style="list-style-type: none"> ■ 쾌적한 환경을 위한 녹의 도입 ■ 취기 완화를 위한 방향성수종 식재 ■ 식물을 이용한 수질정화 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 현장내 토양, 자갈, 암석 등을 재활용 ■ 발흙은 가능한 식재시 포토로 활용 ■ 논흙은 연못바닥 재료로 이용 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 옥상 녹화를 통한 에너지 절감 ■ 풍력, 태양광을 활용한 옥외조명 ■ 환경학습 및 홍보효과
<p>대기정화</p>  <p>수질정화</p> 	<p>논흙 활용</p>  <p>현장석 활용</p> 	<p>단열효과</p>  <p>태양광에너지 이용</p> 

4) 식재의 선정기준

- 생육 가능하고 지역특성을 나타낼 수 있는 수종으로 자연 생태적 특성에 맞게 수종의 선정
- 낙엽수보다는 상록수 위주로 선정
- 식재 및 관리가 용이하고 수급이 용이한 수종
- 각 시설의 특성과 주변공간과의 조화에 알맞은 수종

5) 입면녹화 계획

입면녹화란 건축물의 벽면, 각종 울타리, 방음벽, 콘크리트 옹벽 등의 수직면과 사면 등 인공적으로 만들어진 입면을 식물로 푸르게 하는 것을 말한다.

가) 목 적

도시의 녹지가 갖는 기능은 대기정화, 소음차단, 기후조절, 경관향상, 생물서식공간 제공 등 매우 다양하나, 오늘날의 도시는 인구집중에 따른 건축구조물의 증가 등으로 녹지공간이 감소되고 있다.

녹지공간으로 이용할 수 있는 토지가 한정되어 있으며, 적절한 토지가 존재하더라도 지가 상승으로 인해 녹지공간을 확보하기 곤란한 실정이므로 입면을 이용한 녹화방법은 공간을 가장 효율적으로 활용하는 도시녹화 방법이다.

아울러 입면은 건축물이 고층화되어 감에 따라 면적이 증가하고 있어 경관향상 및 도시녹지공간 확보를 위한 적절한 대안이 될 수 있다. 따라서 저비용으로도 도시공간을 풍요롭게 할 수 있으므로 파급효과가 큰 관공서 및 공공기관부터 우선적으로 입면녹화를 도입할 필요가 있다.

나) 입면녹화의 효과

구 분	내 용
경관향상	<ul style="list-style-type: none"> ■ 삭막한 콘크리트 벽, 회백색의 벽면을 녹음으로 덮음으로써 도시경관이 향상됨 ■ 건축물 벽면은 멀리서도 잘 보이기 때문에 도시경관에 미치는 영향이 큼
생태계 향상	<ul style="list-style-type: none"> ■ 곤충 등 작은 동물에게 서식처 및 피난처를 제공하며, 인근의 정원이나 생태공원, 하천 등과 연결됨으로써 지역전체의 생태계를 향상시킬 수 있음
에너지 절감 효과	<ul style="list-style-type: none"> ■ 건축물 표면은 재질에 따라 차이가 있으나, 여름철에 50℃ 가까이 상승하여 실온 상승을 초래하는데, 벽면을 녹화할 경우 3℃까지 차이가 나므로 냉방에너지 절감 ■ 에너지 과소비에 의한 CO₂ 발생량 증가를 막고, 도로·건축물의 복사열 발산 작용을 감소시키는 효과가 있음 ■ 겨울철에도 실내열이 옥외로 빠져나가는 것을 방지하므로 난방에너지 절감
건축물 내구성 향상	<ul style="list-style-type: none"> ■ 산성비 및 자외선 차단으로 벽 표면온도의 일교차, 계절교차, 습도변화가 적게 되어 콘크리트 표면의 균열, 침식, 도료탈색 등이 방지되어 건축물의 내구성이 향상됨
반사광 방지	<ul style="list-style-type: none"> ■ 회백색 벽면 및 금속재 방음벽으로부터의 반사광은 시각적인 쾌적성과 도로의 안전운행을 저해하나, 녹화할 경우 반사광의 발생을 방지할 수 있음
건축물 강도 증가	<ul style="list-style-type: none"> ■ 흡착력이 있는 덩굴식물로 녹화하면 지진시 붕괴방지를 위한 보강재 효과가 있음 ■ 식물 종류에 따라 다르나, 굵기가 5~20mm정도인 덩굴을 떼어내기 위해서 담쟁이덩굴은 4kg이상, 송악은 1.5~2kg내외의 힘을 필요로 할 정도의 부착력을 가짐
기타	<ul style="list-style-type: none"> ■ 수목은 오염물질(SOx, NOx 등)을 흡수·흡착하여 대기오염농도를 감소시킴 ■ 콘크리트 등 무기물질로 덮혀진 도시 외부공간에 살아있는 식물을 증가시킴으로써 도시민에게 정서적, 심리적인 안정감을 줄 수 있음

다. 공간조성 계획

지역 및 지역 주민에 대한 친화적인 시설로 하수처리시설을 개선하여 종래의 혐오시설 이미지를 해소하기 위하여 처리장 주변에 주민친화적인 녹지공간, 휴식공간, 운동공간 등을 조성하도록 한다.

<p style="text-align: center;">체육시설</p>  <ul style="list-style-type: none"> •멀티경기장 •놀이체육시설 	<p style="text-align: center;">지역행사장</p>  <ul style="list-style-type: none"> •폴(Pole)을 이용한 막구조 System •지역경제 문화 활성화
<p style="text-align: center;">야외공연장</p>  <ul style="list-style-type: none"> •문화공연 및 마을 행사장 	<p style="text-align: center;">생태공원</p>  <ul style="list-style-type: none"> •자연학습 •체험 학습장 •건강적 접근 •주민휴게쉼터