

1.0 과업의 개요

1.1 과업의 목적

송도 하수처리 재이용수는 높은 염분 농도로 인하여 수요처에서 재이용수의 사용을 기피하고 있어 이에 대한 대책이 시급한 실정으로 이를 해결하기 위해 설치 예정인 염분제거설비 설치에 대한 타당성 조사와 적정운영 방안을 마련하는데 목적이 있다.

1.2 과업개요

◦ 위 치 : 인천광역시 연수구 송도동 일원

◦ 주요내용 : 하수관거 염분유입 원인조사 및 방지대책

재이용수 수요처 확대방안 (6,8공구 공급계획 포함)

염분제거설비 설치 도입 타당성 분석

하수 재이용시설 최적 운영방안



1.3 과업의 범위

1.3.1 시간적 범위

- 과업기간 : 용역착수일로부터 6개월(2017년 11월 24일 ~ 2018년 5월 24일)

1.3.2 공간적 범위

- 인천광역시 연수구 송도동 일원

1.3.3 내용적 범위

가. 사업개요

나. 타당성 조사

- 일반현황 분석
- 하수 재이용수 수요처 조사
- 하수관거 염분유입 원인조사
- 하수관거 및 주변현황 조사 분석
- 염분유입 방지 대책 및 개선 후 염분농도 예측
- 염분제거설비 설치 도입 타당성 분석

다. 시설개선 계획 수립

- 하수재이용시설 염분제거설비 설치기준
- 분야별 공정계획(토목, 건축, 기계, 전기, 계장, 통신, 조경 등)
- 유지관리 계획
- 재정계획

2.0 현장조사

2.1 기존시설 현황조사

2.1.1 처리구역 현황

송도경제자유구역은 총 11공구로 구성되어 있으며 이중 1~4공구는 송도 공공하수처리시설에서, 5, 7공구는 송기 공공하수처리시설에서, 6, 8공구는 남향 공공하수처리시설에서 처리하고 있으며, 공공하수처리시설 현황은 다음 <표 2.1-1>과 같고, 처리구역 현황은 <그림 2.1-1>과 같다.

<표 2.1-1> 공공하수처리시설 현황

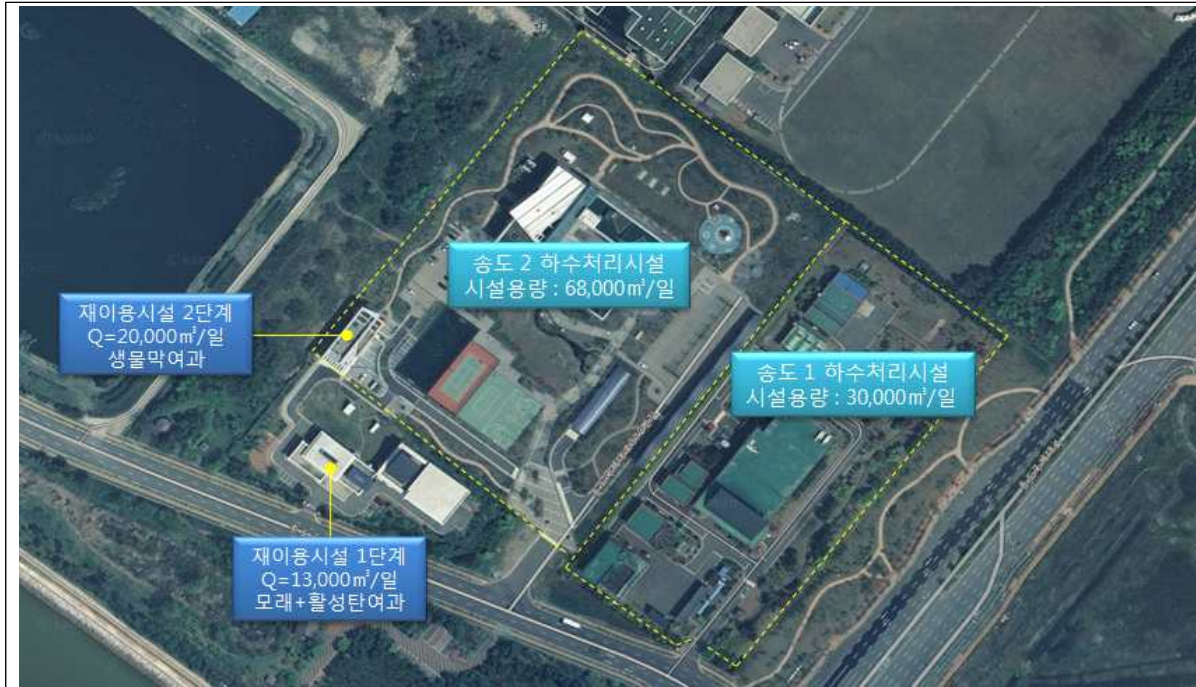
구 분	송 도		승 기	남 향
	송도1	송도2		
시설용량(m ³ /일)	30,000	68,000	275,000	125,000
처리공법	Biostyr	A2O + MBR	MLE + 응집	BIO-SAC



<그림 2.1-1> 처리구역 현황도

2.1.2 하수처리시설 및 재이용시설

송도 하수처리시설 및 재이용시설 위치는 다음 <그림 2.1-2>와 같다.



<그림 2.1-2>

송도 하수처리시설 및 재이용시설 위치도

가. 송도 하수처리시설

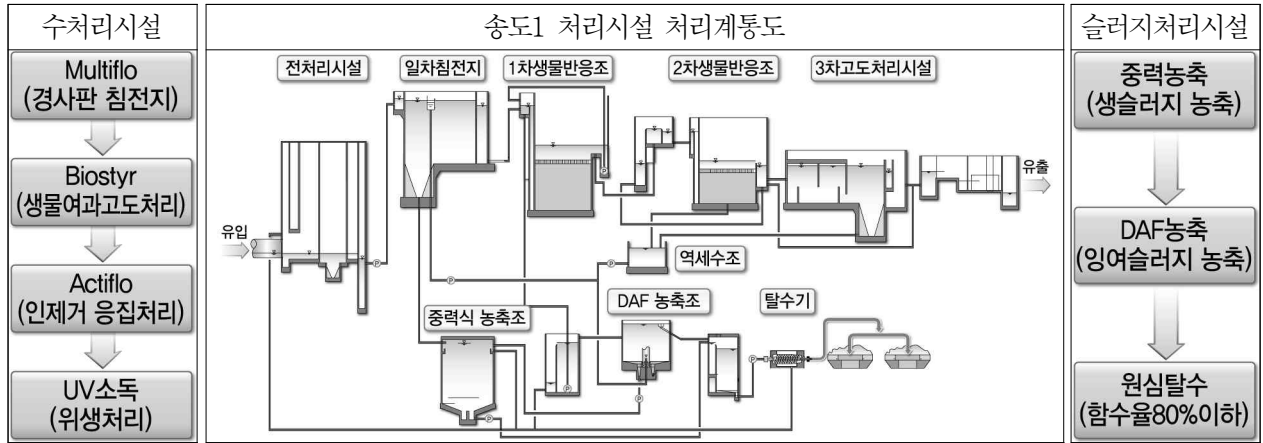
■ 오수배제 구역



송도 하수처리시설로 유입되는 오수는 1~4공구에서 발생하는 오수로, 오수배제 구역은 1공구의 호수공원 오수중계펌프장, 북측유수지 오수중계펌프장 구역의 압송구간과 자연유하 구간, 2공구의 오수중계펌프장 구역 및 자연유하구간, 3, 4공구의 자연유하 구간으로 구분된다.

■ 처리계통

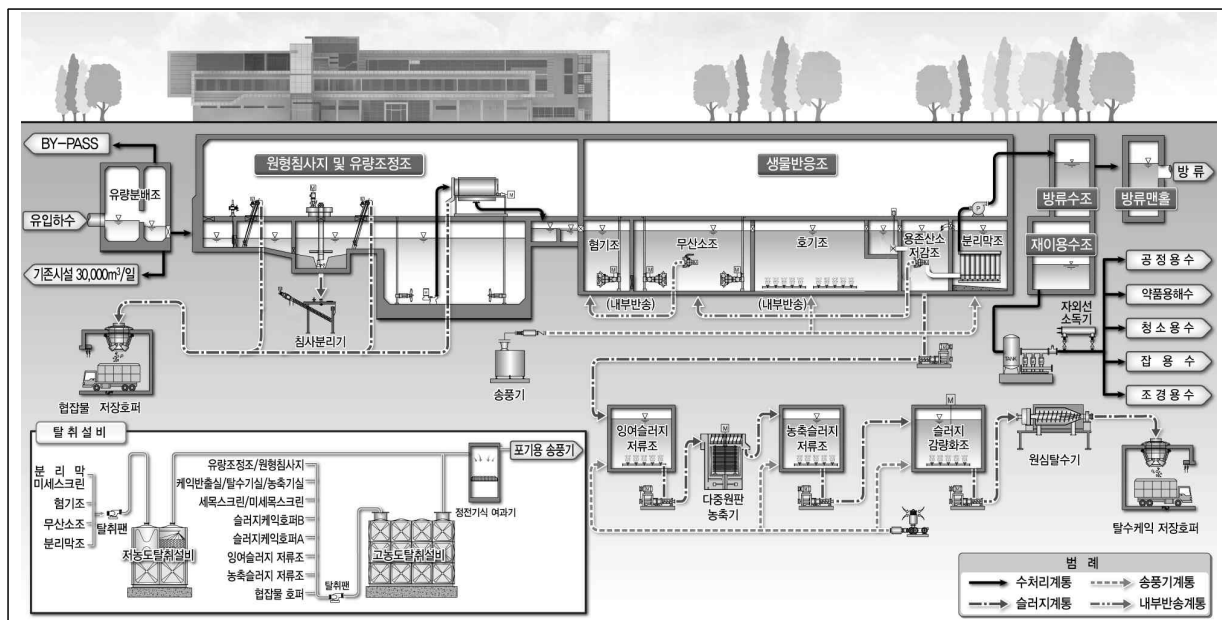
송도1 처리시설 용량은 30,000m³/일이며, 2017년 현재 일평균 유입량은 24,501m³/일이며 처리계통은 다음 <그림 2.1-3>과 같다.



<그림 2.1-3>

송도1처리시설 처리계통도

송도2 처리시설 용량은 68,000m³/일이며, 2017년 현재 일평균 유입량은 6,581m³/일이며 처리계통은 다음 <그림 2.1-4>와 같다.



<그림 2.1-4>

송도2처리시설 처리계통도

송도 하수처리수 재이용시설 염분제거설비 설치 등 타당성조사 용역

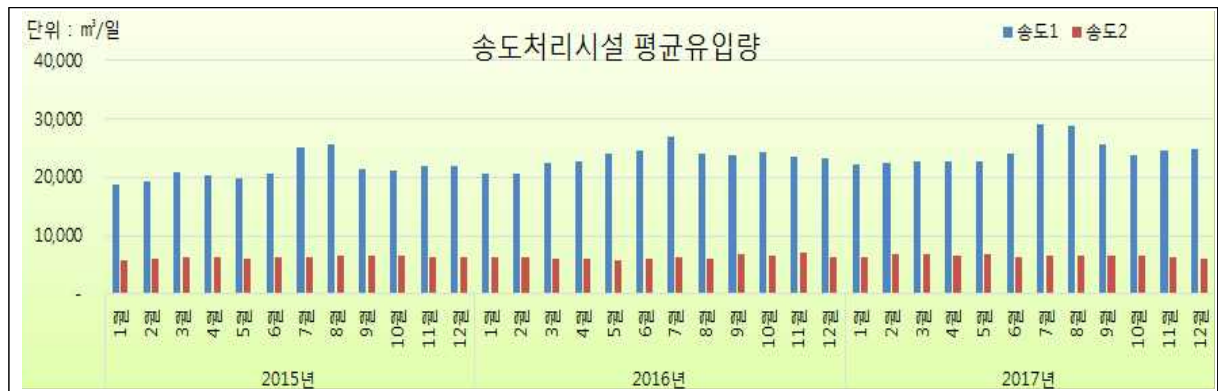
■ 운영현황

최근 3년간의 하수처리시설 평균 유입량은 다음 <표 2.1-2>, <그림 2.1-5>와 같다.

송도 하수처리시설 운영현황

<표 2.1-2>

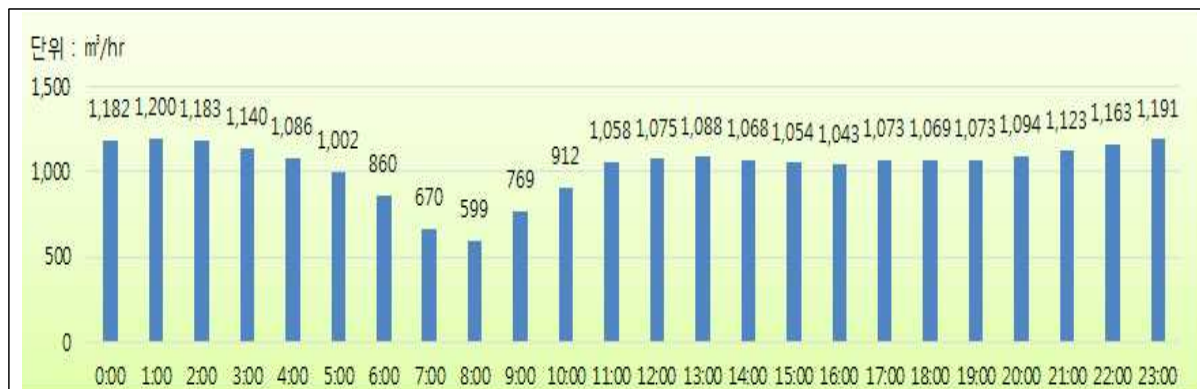
구분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
2015	송도1	18,824	19,354	21,023	20,465 ₄	19,795	20,588	25,209	25,672	21,343	21,106	22,027	21,932
	송도2	5,921	6,114	6,265	6,320	6,203	6,217	6,416	6,543	6,560	6,486	6,438	6,339
2016	송도1	20,563	20,719	22,361	22,690	23,940	24,533	26,852	23,994	23,844	24,256	23,481	23,157
	송도2	6,356	6,475	5,986	5,971	5,949	6,061	6,233	6,110	6,777	6,550	7,109	6,423
2017	송도1	22,219	22,421	22,845	22,745	22,775	23,967	29,108	28,900	25,678	23,923	24,687	24,747
	송도2	6,283	6,820	6,835	6,637	6,872	6,478	6,711	6,698	6,639	6,570	6,284	6,143



<그림 2.1-5>

송도 처리시설 평균유입량

하수처리시설 시간대별 유입량을 검토한 결과 최소유입 시간은 06:00~09:00, 최대 유입시간은 12:00~14:00, 23:00~01:00로 나타나 타 도시와는 차이가 많은 것은 송도지역에 오피스텔이 많은 것으로 판단되었다.



<그림 2.1-6>

송도 처리시설 시간대별 유입량

2017년 7월 강우 시 하수처리시설 유입량을 검토한 결과 강우시와 청천시의 유입량 변화가 거의 없는 것으로 나타나 우수관의 오수관 연결의 오점은 거의 없는 것으로 판단된다.

<표 2.1-3>

2017년 인천광역시 일강수량

(단위 : mm)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1일			8.1			0.5	0.2	0.6		4.6		0.2
2일	0.2		0.4			0.0	103.4			0.6	0.5	0.0
3일							12.3				0.0	5.7
4일							7.8					
5일		1.7	0.4	41.3					0.0			0.7
6일				0.7		17.2		0.0	1.9	0.0		0.1
7일						10.6	9.2					
8일				0.4			4.2					0.0
9일	0.1	0.0		0.0	6.7	1.2	15.3	0.3				0.0
10일	0.0	0.0			2.4	0.4	100.8	4.5	0.0	0.4	4.5	7.4
11일	0.0				0.0		2	33.8	19.0	16.2		
12일	0.3		0.0				0.1					
13일	0.4				8.1	0.0		0.0			0.1	
14일				7.4			0.1	2.1				
15일							43.7	89.8			0.0	0.3
16일		0.2					53.7	8.8				
17일		3.9		5.3			2.8	1.9			0.0	0.0
18일	0.0			1.8			1.1			0.0		3.0
19일		4.8						5.6	0.7			
20일	4.4	0.2		0.1		0.0		54.2			0.5	0.1
21일	4.2							8.8				
22일		5.4									1.2	
23일					4.4		69.3	21.3			1.4	
24일					0.0	0.0	14.5	7.1			0.3	21.0
25일											33.5	0.0
26일	0.5					19.4	5.6		0.0			
27일	3.5		0.0			0.0	8.9	0.0	0.0			
28일								11.7			0.2	0.0
29일	7.0											0.0
30일												1.5
31일			0.8					23.3				0.1
합계	20.6	16.2	9.7	57.0	21.6	49.3	478.3	250.5	21.6	21.8	42.2	40.1

송도 하수처리수 재이용시설 염분제거설비 설치 등 타당성조사 용역



<그림 2.1-7> 송도하수처리시설 강우 시 유입량

최근 3년간(2015년~2017년)의 하수처리시설 유입 및 방류 염분농도를 검토한 결과 유입농도는 점차적으로 줄어드는 것으로 나타났다.

<표 2.1-4> 송도 하수처리시설 유입 및 방류 염분농도

구분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
2015	유입	1,044	1,016	886	995	1,074	988	1,077	993	972	1,152	1,167	1,018
	방류	1,045	642	713	804	1,009	1,006	831	841	752	833	880	1,050
2016	유입	1,024	1,253	870	864	859	868	694	667	641	640	669	593
	방류	1,067	943	801	862	866	906	793	768	729	740	739	804
2017	유입	671	645	628	652	647	614	565	568	579	594	602	584
	방류	663	697	687	723	620	657	602	561	681	710	761	753



<그림 2.1-8> 송도하수처리시설 유입 및 방류 염분농도

■ 오수중계펌프장

송도 하수처리시설로 유입되는 1~4공구에는 3개의 오수중계펌프장이 있으며 펌프장 시설 현황은 다음 <표 2.1-5>와 같다.

<표 2.1-5>

오수중계펌프장 시설현황

구 분	호수공원 오수중계펌프장	북측유수지 오수중계펌프장	2공구 오수중계펌프장
위 치	타워대로 385-1	아트센터대로 50	신송로 118
시설전경			
건축연면적	238.82㎡	238.82㎡	562.34㎡
계획유입량	31,123㎥/일	31,876㎥/일	39,456㎥/일
시설용량	32,000㎥/일	32,000㎥/일	40,000㎥/일
오수펌프	수중형(자동탈착) 300A 7.21㎥/min×13m×37kW ×4대	수중형(자동탈착) 300A 7.38㎥/min×15m×45kW ×4대	수중형(자동탈착) 300A 9.20㎥/min×13m×37kW ×4대

■ 오수관로 관망도

1~4공구의 관경은 200~1,500mm로 이루어져 있으며 관종은 1,3공구는 강화플라스틱복합관, 2,4공구는 350이하는 이중벽 폴리에틸렌관, 400mm이상은 나선형수지 파형 피복강관으로 시공되어 있다.

<표 2.1-6>

오수관로 시설현황

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구
관경(mm)	250 ~ 1,000	200 ~ 1,350	200 ~ 1,350	200 ~ 1,500
관 종	강화플라스틱복합관	350mm이하 : 이중벽 폴리에틸렌관 400mm이상 : 나선형수지 파형 피복강관	강화플라스틱복합관	350mm이하 : 이중벽 폴리에틸렌관 400mm이상 : 나선형수지 파형 피복강관



<그림 2.1-9>

오수관망도

나. 재이용시설

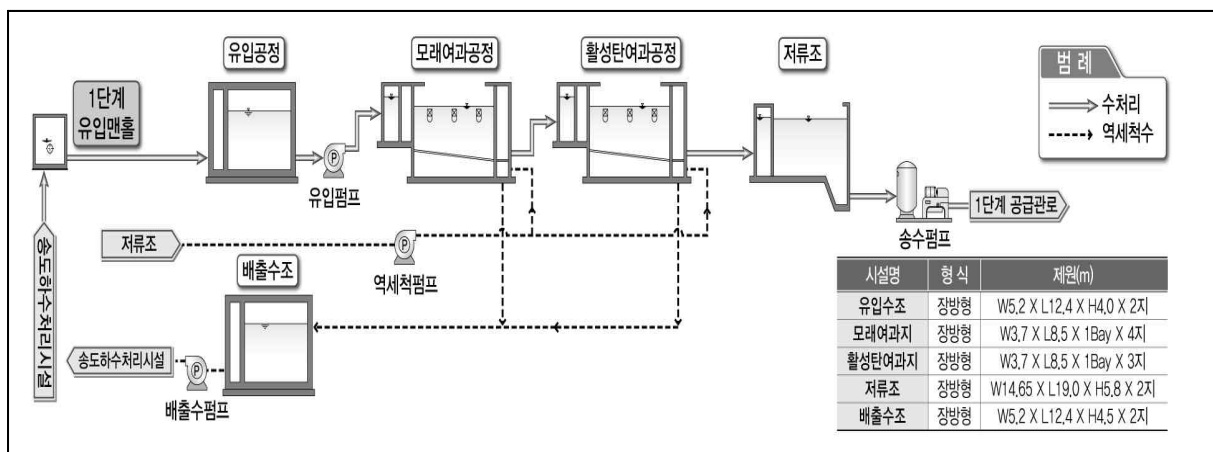
■ 시설현황

송도 하수처리시설 재이용시설은 송도 하수처리수를 처리하여 도시재이용수, 조경용수로 사용하고 있으며, 1단계시설은 T-N(15mg/L), T-P(2mg/L)농도가 목표수질기준 T-N(6mg/L), T-N(0.5mg/L)미달로 공급이 불가하여 가동이 중단된 상태로 현재는 2단계 시설 20,000m³/일만 운영 중에 있다.

재이용시설 현황

<표 2.1-7>

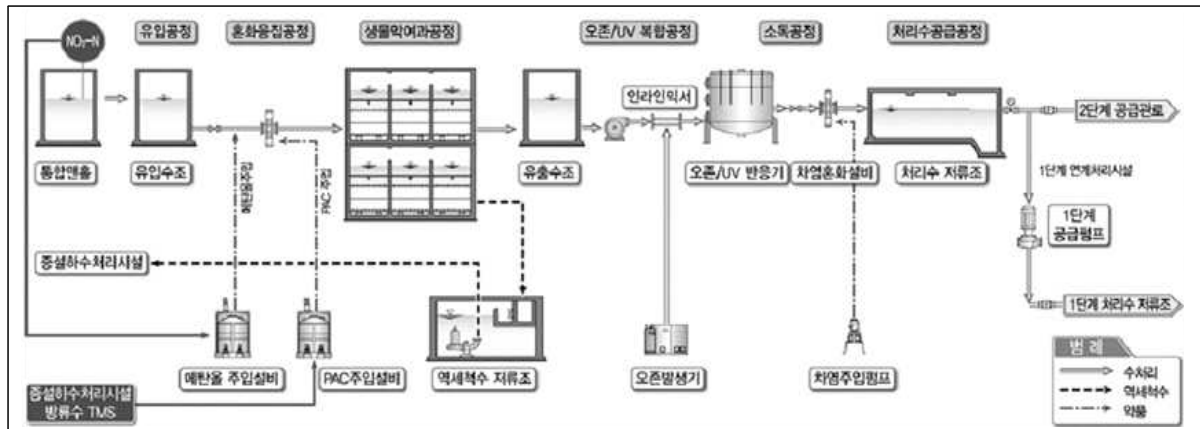
구 분	1단계 시설	2단계 시설
위치	송도 국제대로 372번길 6 (연수구 송도동 13-8번지 일원)	
시설전경		
시설규모	13,000m ³ /일, 관로 22.3km	20,000m ³ /일, 관로 17.5km
사업비	16,529백만원	23,512백만원
사업기간	2006. 01 ~ 2009. 05	2011.03 ~ 2015. 05
처리공법	급속여과공법(모래/활성탄)	생물막 여과 · 오존/UV공법



<그림 2.1-10>

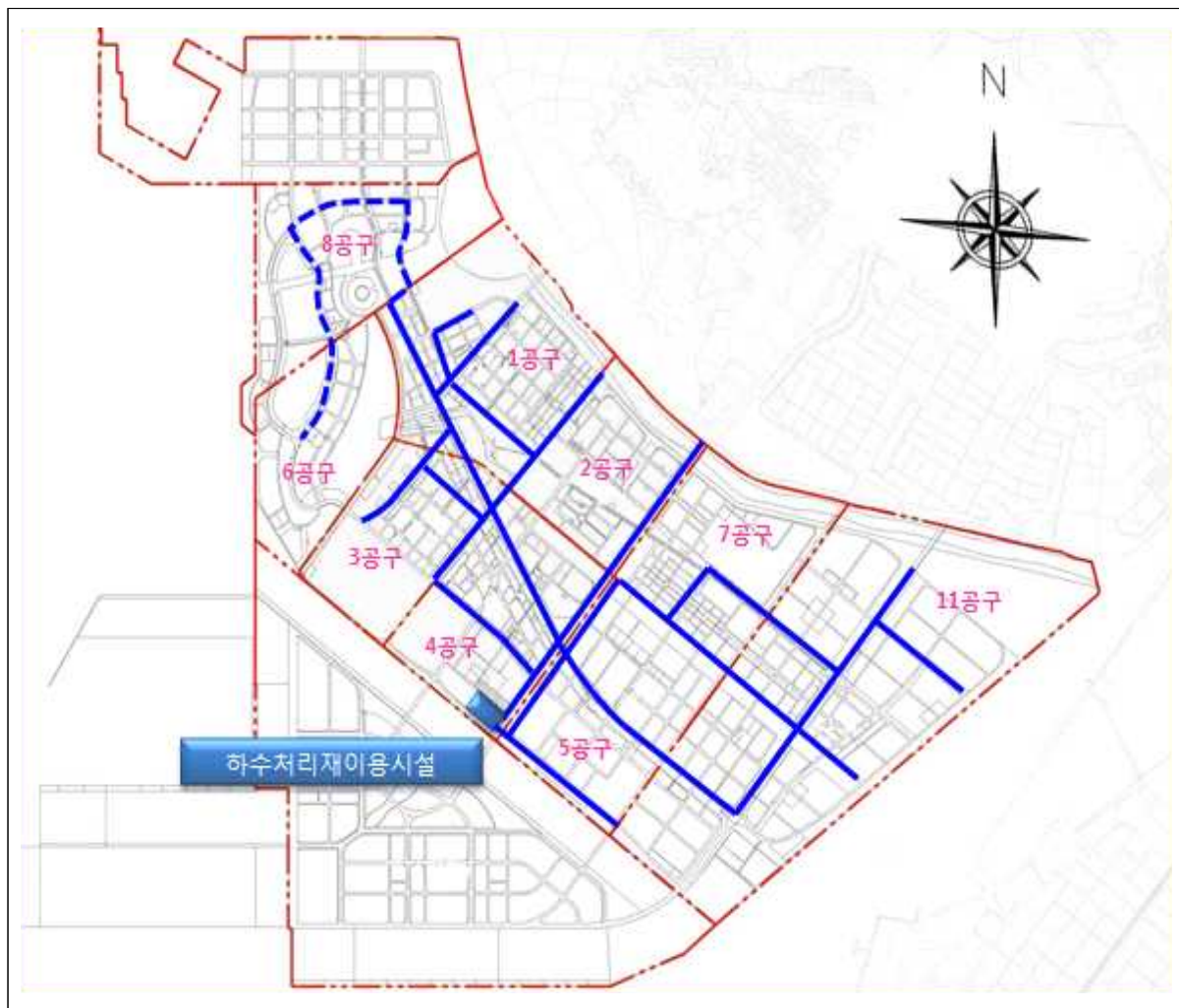
1단계 재이용시설 처리계통도

송도 하수처리수 재이용시설 염분제거설비 설치 등 타당성조사 용역



<그림 2.1-11>

2단계 재이용시설 처리계통도



<그림 2.1-12>

재이용수 공급관망도



■ 운영현황

재이용시설 유입 및 처리 염분농도

<표 2.1-8>

구분	2015년				2016년				2017년			
	1/4 분기	2/4 분기	3/4 분기	4/4 분기	1/4 분기	2/4 분기	3/4 분기	4/4 분기	1/4 분기	2/4 분기	3/4 분기	4/4 분기
유입수	986	1,012	960	997	942	958	910	1,200	738	817	628	741
처리수	1,040	995	949	1,053	997	990	930	1,200	744	857	537	794



<그림 2.1-13>

재이용시설 유입 및 처리 염분농도

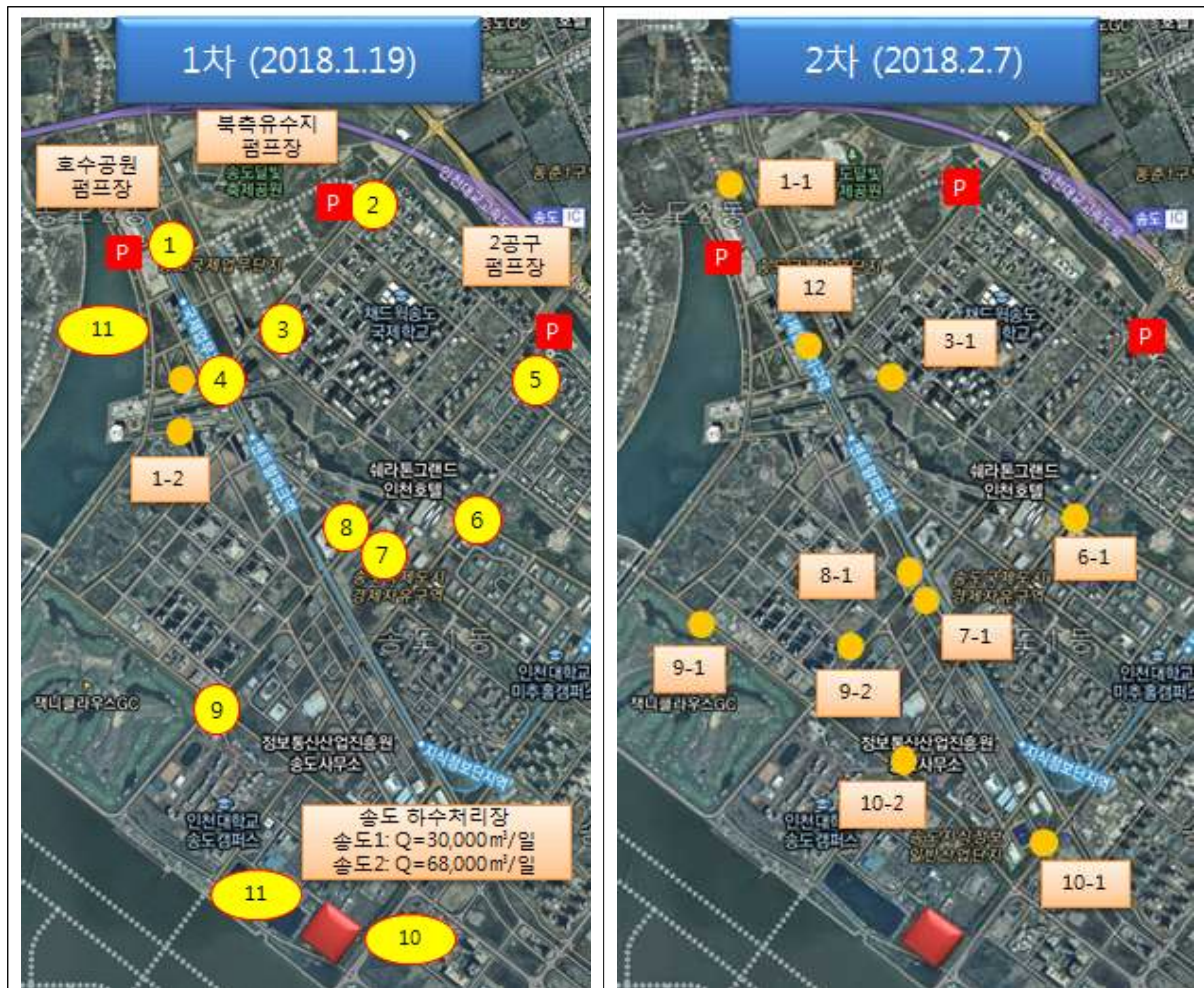
2.2 수질조사

2.2.1 조사목적

본 용역은 「송도 하수처리수 재이용시설 염분제거설비 설치 등 타당성조사 용역」을 수행함에 있어 송도 하수 재이용시설 유입수 및 방류수의 수질 변화 특성조사를 위한 수질검사를 실시하였다. 수질검사 항목은 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」의 재처리수 용도별 수질기준을 참고하였다. 수질검사는 하수 재이용시설 및 염분제거 설비 설치 및 개선 업무에 반영하였다.

2.2.2 조사위치

수질조사는 1차 분석 자료를 토대로 2차, 2차 분석 자료를 토대로 3차 조사를 시행하였다.



<그림 2.2-1>

수질조사 위치도



<그림 2.2-1 계속> 수질조사 위치도

<표 2.2-1>

조사지점 선정사유

구 분	위 치	관경(mm)	선정사유
①	호수공원 중계펌프장 유입	D600	매설심도(H=6.32m), 펌프장 유입
1-1	1공구 공사장 유입맨홀	D300	공사장 용수유입 확인
1-2	인천대교전망대 오션스코프앞	D300	자연유하 펌프장 유입
1-3	국제업무지구역 5번 출구	D500	국제업무지구역 오수 유입
1-3-1	국제업무지구역 5번출구 좌측	D400	3차 조사 시 1-3지점의 높은 염분농도
②	북측유수지 중계펌프장 유입	D500	매설심도(H=7.04m), 펌프장 유입
③	북측유수지 중계펌프장 유입	D400	매설심도(H=5.18m), 자연유하구간
3-1	센트럴로 불보전시장 앞	D300	3차 조사 시 ③지점의 높은 염분농도
④	호수공원, 북측유수지 압송관로 유입	D600	펌프장 유출맨홀
⑤	2공구 중계펌프장 유입	D900	펌프장 유입맨홀

송도 하수처리수 재이용시설 염분제거설비 설치 등 타당성조사 용역

<표 2.2-1 계속>

구 분	위 치	관경(mm)	선정사유
⑥	쉐라톤그랜드 인천호텔 앞	D450	자연유하구간
6-1	센트럴로 (주)경신 앞	D300	1차 조사 시 ⑥지점의 높은 염분농도
⑦	롯데마트 앞	D300	
7-1	인천대입구역 2번출구	D1,000	2공구 압송관로 유입
7-2	로즈가든 우측	D300	2차 조사 시 7-1 지점의 높은 염분농도
⑧	오라카이 송도파크호텔 앞	D300	
8-1	인천대 입구역 1번출구	D1,000	1공구 + 2공구 오수유입
8-2	투모로우시티 앞	D500	2차 조사 시 8-1지점의 높은 염분농도
8-3	투모로우시티 뒷편	D300	
⑨	3공구 자연유하구간 합류맨홀	D1,350	3공구 유출농도 확인
9-1	아카데미로 예송중 삼거리	D400	1차 조사 시 ⑨지점의 높은 염분농도
9-2	더샵마스터뷰아파트 2303동 앞	D1,350	
9-3	예송초등학교 앞	D400	
9-4	예송중 좌측편 3거리	D300	2차 조사 시 9-2지점의 높은 염분농도
⑩	송도 하수처리장 유입	D1,500	처리장 유입농도 확인
10-1	국제대로 첼시축구학교 앞	D500	1차 조사 시 ⑩지점의 높은 염분농도
10-2	하모니로 정보통신산업진흥원 앞	D1,000	
10-3	정보통신산업진흥원 정문 맞은편	D300	2차 조사 시 10-2지점의 높은 염분농도
11	호수공원 유수지, 남측유수지		펌프장 유입, 처리장 방류
12	국제업무지구역 집수정		인천1호선 역사 생활오수, 우수

2.2.3 조사기간 및 물량

수질 조사기간 및 항목

<표 2.2-2>

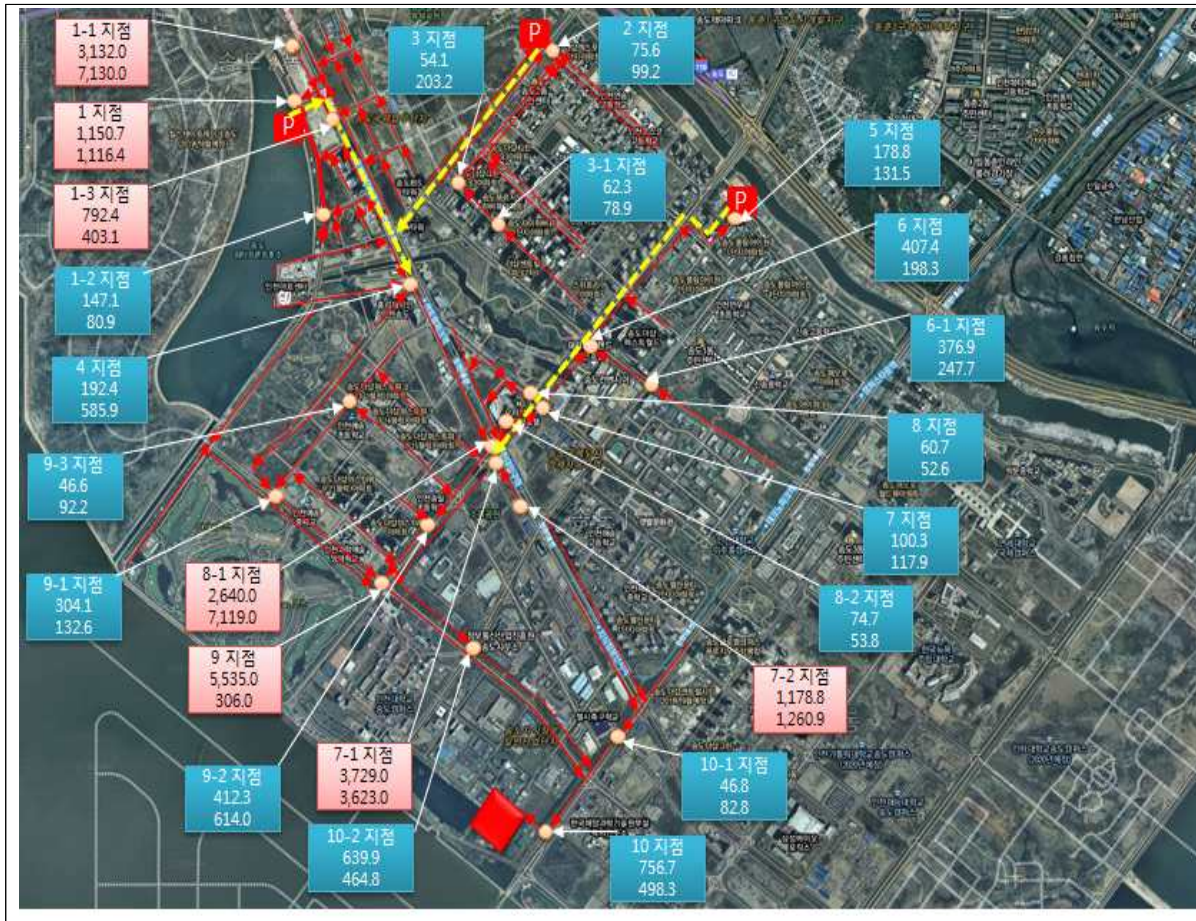
구분	조사기간	과업물량	실행물량
1차	2018.1.19. 오전, 오후	10지점	11지점 × 2 = 22지점
2차	2018.2. 7. 오전, 오후	10지점	11지점 × 2 = 22지점
3차	2018.3.13. 오전, 오후	10지점	4지점 × 2 = 8지점
합계		40지점	60지점

2.2.4 조사결과

1, 2, 3차 수질조사 결과에 대한 염분농도 및 염분유입 원인에 대하여 검토하였다.

<표 2.2-3> 수질조사 결과 염분농도 및 염분유입 원인

구 분	염분농도(mg/L)		염분유입 원인	비 고
	오전	오후		
①	1,150.7	1,116.4	오수관으로 공사현장 용수 유입, 지하철역사 생활하수 유입	
1-1	3,132.0	7,130.0	오수관으로 공사현장 용수유입	
1-2	147.1	80.9		양호
1-3	792.4	403.1	지하철 역사 오수유입	
②	75.6	99.2		양호
③	54.1	203.2	영구배수시스템 오점	
3-1	62.3	78.9		양호
④	192.4	585.9	오수관으로 공사현장 용수유입, 영구배수시스템 오점	
⑤	198.8	131.5		양호
⑥	407.4	198.3	관로 내부 이상	CCTV 조사
6-1	376.9	247.7	관로 내부 이상	CCTV 조사
⑦	100.9	117.9		양호
7-1	3,729.0	3,623.0	오수관으로 공사현장 용수유입, 지하수 유입(SS농도:28.5,14.8 mg/L)	
7-2	1,117.8	1,260.9	오수관으로 공사현장 용수유입	
⑧	2,964.0	7,119.0	관로 내부 이상	CCTV조사
8-1	60.7	52.6		양호
8-2	74.7	53.8		양호
⑨	5,535.0	306.0		CCTV조사
9-1	304.1	132.6	관로 내부 이상	CCTV조사
9-2	412.3	614.0	영구배수시스템 오점	
9-3	46.6	92.2		양호
⑩	756.7	498.3	공사현장 용수, 영구배수시스템 오점 관로 내부 이상, 지하철역사 생활하수 유입 등	
10-1	46.6	82.8		양호
10-2	639.9	464.8	영구배수시스템 오점	
11	10,429.0	1,678.5	오전 : 호수공원 용수 오후 : 남측유수지 용수	
12	8,790.0	6,046.0	오전 : 지하철 내 우수, 오후 : 지하철 내 생활하수	



<그림 2.2-2> 수질측정 결과



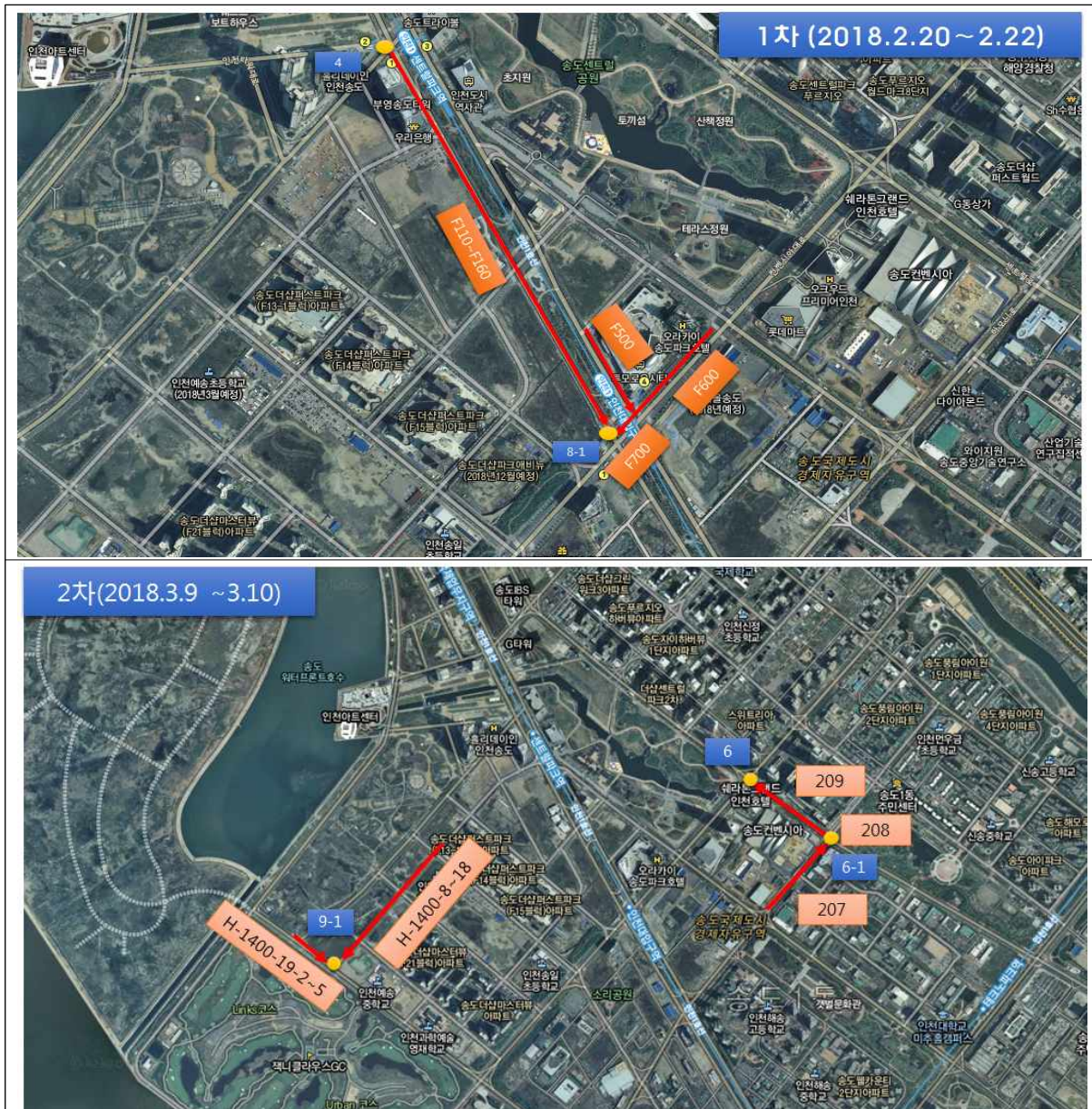
<그림 2.2-3> 주요지점 염분농도 비교도

2.3 CCTV조사

2.3.1 조사목적

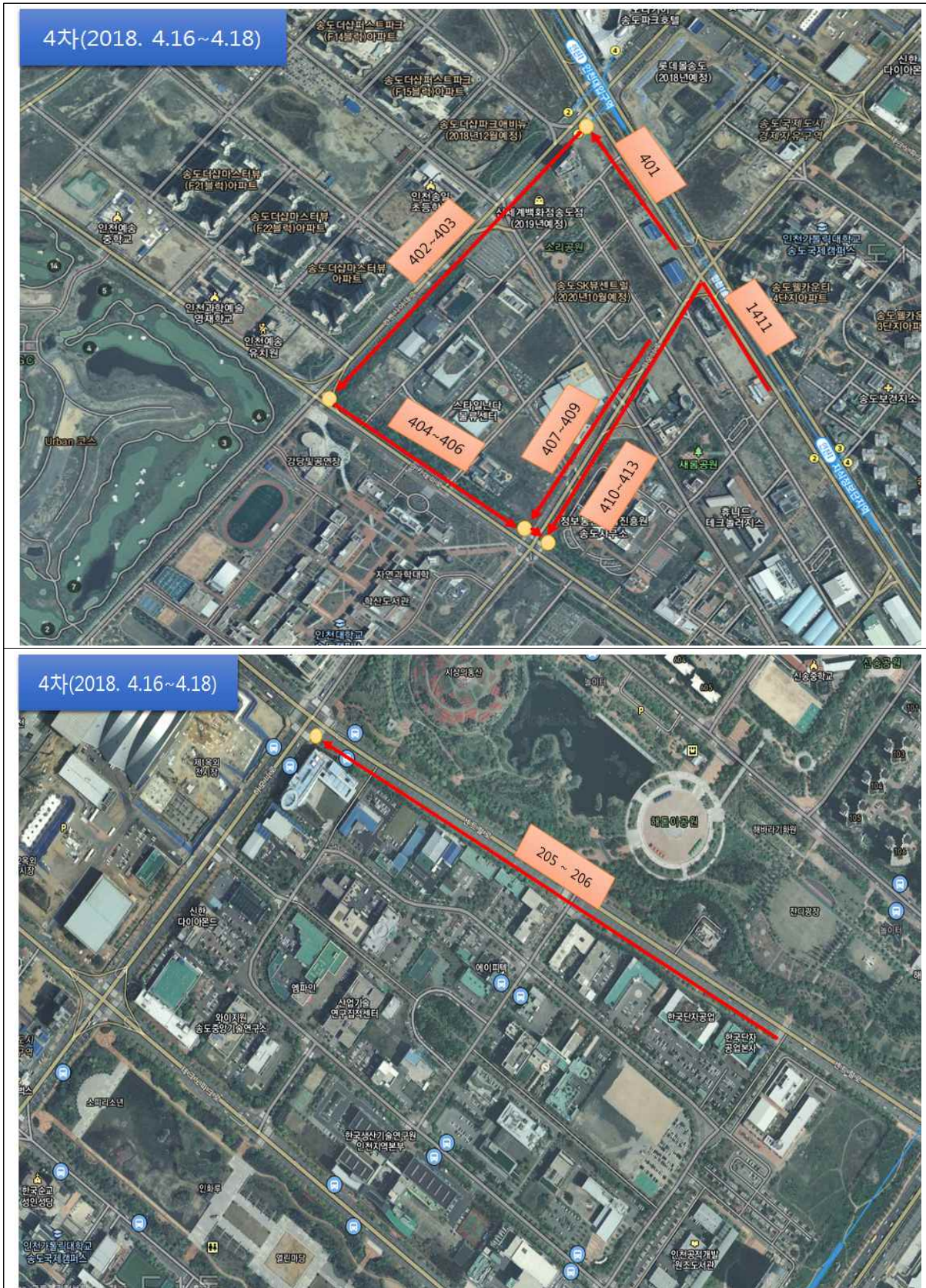
수질조사 결과 염분농도가 높은 지점의 유입관로에 대하여 CCTV조사를 통해 관거의 이상여부를 파악하기 위하여 조사를 시행하였다.

2.3.2 조사위치





송도 하수처리수 재이용시설 염분제거설비 설치 등 타당성조사 용역



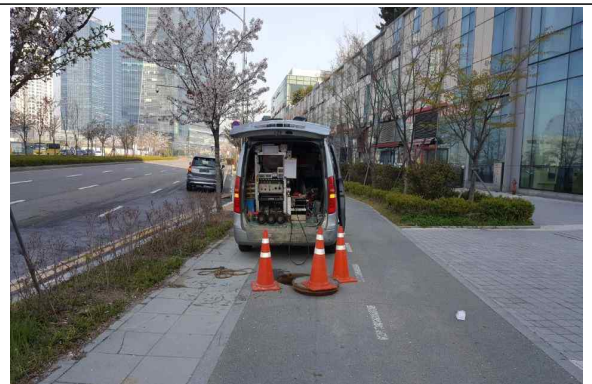
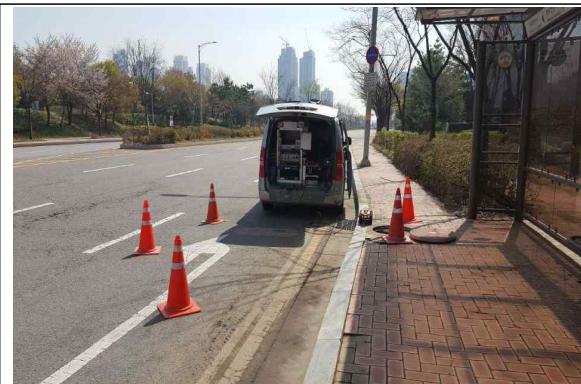


2.3.3 조사기간 및 물량

<표 2.3-1>

CCTV 조사기간 및 조사물량

구분	조사기간	대상연장	주행연장	미주행연장	조사불가
1차	2018.2.20 ~ 2.22	1,524.3	1,169.3	247.0	108.0
2차	2018.3.9 ~ 3.10	1,580.3	1,046.7	443.6	90.0
3차	2018.3.22 ~ 3.23	2,335.05	471.7	984.35	879.0
4차	2018.4.16 ~ 4.18	5,226.8	2,696.1	469.7	2,061.0
5차	2018.05.02.	1,057.1	730.6	37.0	289.5
합계		11,723.55	6,114.4	2,181.65	3,427.5



CCTV 작업 차량



만수로 인한 조사불가

2.3.4 조사결과

1차~5차에 걸친 CCTV 조사결과 이상항목 총괄 집계표는 다음 <표 2.3-2>와 같이 토사퇴적이 전체의 55.4%를 차지하고, 장애물(만수, 침전물)이 14.0%로 이 두 항목이 전체의 약 70%를 차지하고, 다음으로 관파손, 균열, 라이닝 결함(12.3%), 폐유부착(10.9%), 이음부(5.2%), 표면손상 및 뿌리침입(2.2%)순으로 나타났다.

조사 불가는 맨홀 없음, 맨홀 문힘, 맨홀개폐불가, 만수 시 등으로 나타났다.

<표 2.3-2> CCTV 이상항목 총괄표

구분	합계	토사퇴적	장애물 (만수, 침전물)	관파손, 균열 라이닝 결함	폐유부착	이음부	표면손상 뿌리침입
1차	17	10	1	3	-	3	-
2차	33	25	4	1	1	1	1
3차	43	28	7	8	-	-	-
4차	115	56	15	8	24	8	4
5차	21	8	5	8	-	-	-
계	229	127	32	28	25	12	5
구성비(%)	100.0	55.4	14.0	12.3	10.9	5.2	2.2

<표 2.3-3> CCTV 조사결과 이상항목

구 분	구 간	합 계			구조적 내부결함(관로)												운영적 내부결함(관로)								
					관파손 균열, 길이			균열, 복합 라이닝결함			이음부 변형, 연성관			표면손상 뿌리침입			장애물			토사퇴적			폐유부착 침입수		
		대	중	소	대	중	소	대	중	소	대	중	소	대	중	소	대	중	소	대	중	소	대	중	소
1차	F110 ~F160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F500	1	6	1	-	2	1	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-
	F600	7	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	2	-	-	-	-
	F700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	소 계	8	8	1	-	2	1	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	1	-	8	2	-	-	-	-
2차	207	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	208	8	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	8	-	1	-	-	-
	209	8	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	1
	H1400-8 ~ 18	6	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	3	-	-	3	-	-	-	-	-
	H1400-19-2 ~ 5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
	소 계	27	1	5	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1	-	3	-	1	24	-	1	-	-	1
3차	D130-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D140	-	2	6	-	2	4	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D200-1	6	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	4	-	-	-	-	-
	D201-2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
	D310	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-
	D311	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
	D700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	H1000 ~ H1300	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	H1400-19 ~ H1400-30	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	9	-	-	-	-	-
	소 계	31	6	6	-	2	4	-	-	2	-	-	-	-	-	-	7	-	-	24	4	-	-	-	-

<표 2.3-3계속>

CCTV 조사결과 이상항목

구 분	구 간	합 계			구조적 내부결함(관로)												운영적 내부결함(관로)								
					관파손 균열, 길이			균열, 복합 라이닝결함			이음부 변형, 연성관			표면손상 뿌리침입			장애물			토사퇴적			폐유부착 침입수		
		대	중	소	대	중	소	대	중	소	대	중	소	대	중	소	대	중	소	대	중	소	대	중	소
4차	1411	5	3	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	3	3	6	2	-	1
	205	3	7	5	-	2	1	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-	2	3	2	-	1	1
	401	5	8	4	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-	4	7	3	-	-	-
	407	5	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	4	2	5	-	-	-
	408	2	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	409	2	1	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1	-
	411	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	3	-	-
	412	4	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	1	-	1	-	-	1
	413	17	10	10	-	2	1	-	-	-	-	1	4	-	1	-	7	1	-	7	-	1	3	5	4
	소 계	47	31	37	-	4	3	1	-	-	-	1	7	-	3	1	14	1	-	22	15	19	10	7	7

<표 2.3-3 계속>

CCTV 조사결과 이상항목

구 분	구 간	합 계			구조적 내부결함(관로)												운영적 내부결함(관로)								
					관파손 균열, 길이			균열, 복합 라이닝결함			이음부 변형, 연성관			표면손상 뿌리침입			장애물			토사퇴적			폐유부착 침입수		
		대	중	소	대	중	소	대	중	소	대	중	소	대	중	소	대	중	소	대	중	소	대	중	소
5차	(재) F600-1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
	(재) F600-2	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	1	-	-	-	-
	D100	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	D110	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D110-2	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D113	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
	D120	-	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D130-2-1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D200	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-
	D200-1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
	소 계	8	10	3	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	5	2	1	0	0	0
합 계		121	56	52	0	14	10	1	0	3	0	4	8	0	4	1	27	4	1	83	23	21	10	7	8

3.0 타당성조사 결과

3.1 염분유입 원인 및 방지대책

<표 3.1-1>

염분유입 원인 및 방지대책

염분유입 원인	염분유입 방지대책	비 고
오수관으로 유입되는 공사용수	· 공사현장에 기 매설된 오수관으로 현장사무실의 화장실 용수만 유입되고, 그 외 세륜·세차시설용수, 터파기 시 발생 지하수 등 현장용수의 유입차단을 위한 교육, 홍 보, 감독, 점검 등이 필요함	단기대책
건물지하 영구배수 시스템의 지하수	· 현재 진행중인 송도기반과의 조사용역 결과에 따른 오 접 배관의 변경 및 재발방지 장치확보 · 신축건물에 대한 인·허가 시 사전고지 와 공사 준공 시 현장 실사 를 통한 점검	중기대책
하수관내 유입수 또는 침입수	· 금회 CCTV조사에 따라 토사퇴적 등으로 주행 불가 구간 을 준설과 동시에 CCTV조사를 실시하여 관 내부 상태에 따라 정비, 개량 등의 후속조치가 필요	장기대책
지하철 역사의 생활하수	· 현재 지하철 역사내의 배수체계를 개선하여 생활하수 집수조로 지하수 유입을 차단 하도록 협의	협의사항

3.2 높은 염분유입에 따른 문제점

3.2.1 개요

높은 염분유입에 따른 문제점은 크게 4가지로 구분된다.

- 가. 수요처에서 재이용수 사용을 기피
- 나. 수요처 재이용수 수급관망에 부식발생
- 다. 재이용수 사용처 제한
- 라. 하수처리시설에 악영향

3.2.2 문제점

가. 수요처에서 재이용수 사용을 기피

유료사용처 중 재이용수를 사용하다가 높은 염분농도로 인하여 사용을 중단한 수요처는 4개소(①해양경찰청, ②포스코 사옥, ③시설관리공단 공동구, ④G-TOWER)이며, 최근 3년간 사용 실적이 없는 수요처도 9개소(①송도 국제학교, ②3공구 지하공동구, ③투모로우시티, ④대우 하버뷰, ⑤센트로드, ⑥동북아 트레이드타워, ⑦대우 하버뷰(2단지), ⑧엠코, ⑨아트센터)이며, 기 사용 중인 수요처도 사용량이 점차 줄어드는 추세이다.

나. 수요처 재이용수 수급관망에 부식발생

재이용수 공급관로는 내충격 수도관으로 계획되어 부식에 영향이 없으나, 수요처 수급배관은 주로 STS 304 재질로 되어 있어 높은 염분으로 인하여 부식이 발생되고 있으며, 그에 대한 각종 논문 등 자료는 다음과 같다.

■ 「Stainless강의 부식에 대한 이해」(2004.08, 포항종합제철주식회사)

- 염소이온에 의한 부동태 피막의 파괴

스테인레스강은 중성의 물에서는 거의 부식이 되지 않지만 용액속에 염화물이온(Cl⁻)이 존재하면 부동태 피막이 국부적으로 파괴되어 이 부분에 구멍이 뚫리거나(Pitting), 인장 응력이 가해지는 환경 하에서는 터짐(stress corrosion crack)이 발생하는 원인이 되기도 한다.

Cl⁻는 부동태 피막중의 피막의 구조나 두께가 다소 불안정한 부분에서 산소나 수산화기와 치환 되므로써 금속 염화물의 착염을 형성하므로 이런 국부적으로 피막이 용해된 부분을 기점으로 해서 부식이 진행된다.

■ 「급수관의 부식특성」 (한국건설기술연구원 건설환경연구부 이 현동 수석연구원)

- 스테인레스강관의 내면부식 발생부위에 따른 부식상태와 주요 원인

부식 발생부위	부식의 상태	부식의 주요 원인	해당하는 배관계통				비고
			급수		배수, 통기		
			옥 내	매 설	옥 내	매 설	
1. 관, 이음부	(1) 국부부식 (공식, 파손 등) <u>.공식에 미치는 이물질부착의 영향</u> <u>.응력부식 파괴의 발생기구</u>	◦ 공식 염소이온 등으로 국부적 으로 부동태 피막이 파괴 되면 발생한다. 이물질(철 분 등)의 부착이나 틈이 있으면 촉진되기 쉽다. ◦ 응력부식파손 (SUS 304) 고온수 환경 하에서 염소 이온 과 인장응력이 존재 하면 발생하기 쉽다.	○	○			◦ 누수
2. 관, 이음 접속부	(1) 국부부식(틈 부식 등)	◦ 틈 부식 이음접속부에 틈이 있으 면 산소농도감전지작용과 염소이온 에 의해 틈 부위 의 부동태 피막이 파괴되 어 틈 부식이 발생한다.	○	○			◦ 누수

■ 「금속의 부식과 방지」 (2006.11. 한탑 기술사사무소)

- 응력부식균열(Stress Corrosion Cracking : SCC)

SCC는 금속표면이 응력을 받고 있는 상태에서 염화물 등의 할로겐 이온을 포함한 환경 속에 있을 때에 육안으로는 녹과 부식이 확인되지 않으나, 일정시간을 초과한 후에 표면에 미세한 조직이 생기는 현상이다. 정도의 차이는 있지만 각각 특이한 환경중 대부

분의 금속에서 SCC를 생성할 잠재력 가능성이 있지만 실용상 빈번하게 생겨서 문제가 되는 대표적 금속은 **오스테나이트계 스테인리스강**이다. 본 부식은 균형의 전과속도가 매우 빨라 부품의 파괴가 2~3일 혹은 수 시간 내에 일어날 수도 있으며, 중량의 구조물들은 오스트나이트계 wire등으로 지지해 놓은 환경 하에서 염소농도가 미친다면 매우 위험하다.

SOC의 발생에 영향을 미치는 환경인자는 **온도 및 염화물이온(Cl^-)의 농도**이다.

- 염화물에 의한 스테인리스강의 공식은 실제로는 구조적인 혹은 부착물 하부의 극간 부식이 선행되고 그것이 공식으로 발전되는 것이 보통이다. 따라서 스테인리스강 배관에서는 물속의 부유 현탁물의 부착을 방지하기 위해 유속을 가능한 한 높이는 것이 중요하다. 또한 물의 유동은 부동태 피막에 흡착되는 염화물 이온이 편재화하는 것을 방지하고 공식의 초기 단계에서 공동내의 수소이온을 세정하고 공동내에 산소를 보충함에 따라 재 부동태화를 촉진하여 공식의 발생과 성장을 억제할 수 있다.

그러므로 부유 현탁물이 많고 용질의 농축에 의해서 염화물 이온의 농도가 높아지는 개방계통의 **냉각수 배관에는 스테인리스 배관이 적합하지 않다.**

■ 「오스테나이트계 스테인리스강(STS 304) 용접배관의 부식원인 규명연구」(2007,연세대학교)

- 미국 NiDi(Ni Development Institute)에서 보고된 자료

오스트나이트계 스테인리스강(STS 304)에서 틈 부식이 발생하지 않고 사용될 수 있는 **염소이온농도는 200mg/L 이하임**

■ 포스코사옥 공급배관 부식



■ 현대프리미엄 아울렛 배관 부식 현황

(2016년 4월 OPEN~2018년 3월 현재 180개소 부식발생)



다. 재이용수 사용처 제한

해안매립지 특성상 하수의 염분농도가 재이용수 수질권고 기준인 250mg/L를 초과하여 (2017년 기준 600mg/L) 조경용수 사용이 곤란하다.

라. 하수처리시설에 악영향

높은 염분농도로 인하여 콘크리트 구조물의 철근 부식, 배관부식, 펌프부식이 진행 등 악영향을 미친다.

3.3 재이용수 수요량 산정

2020년 수요량은 2018년 사용량 및 설문조사 내용을 근거하여 산정하였고, 2025년 이후는 2017년, 2018년 최대값을 적용하고, 또한 수요처 확대방안에 따른 장래 수요량을 예측·반영하여 산정하였으며, 산정 결과 2020년 4,733m³/일, 2025년 9,927m³/일, 2030년 14,328m³/일로 나타났다.

<표 3.3-1> 장래 수요량 예측 (단위 : m³/일)

구 분		2020년	2025년	2030년
유료	쉐라톤호텔	41	41	41
	미추홀타워	60	60	60
	롯데몰	16	16	16
	센트럴파크호텔	7	7	7
	현대프리미엄아울렛	128	128	128
	차량급수탑	100	100	100
	G-TOWER	37	39	40
	트리플스트리트 A	7	7	7
	트리플스트리트 B	17	17	17
	트리플스트리트 C	2	2	2
	트리플스트리트 D	30	30	30
	인천1호선		200	300
	워터프런트		1,500	5,000
	골프장(2개소)		200	500
	소 계	445	2,347	6,248
무료	차량급수탑	111	111	111
	미추홀공원	734	734	734
	해돋이공원	1,351	1,351	1,351
	솔찬공원	1,906	2,901	2,901
	새아침공원	1	1	1
	새아침공원(북측유수지)	177	1,974	1,974
	소내 재이용연못	8	8	8
	중앙공원		500	1,000
	소 계	4,288	7,580	8,080
장래수요량 합계		4,733	9,927	14,328
재이용수 시설용량		5,000	10,000	15,000

3.4 재이용수 시설 개선계획

3.4.1 재이용수 수요량 및 시설용량

앞 절에서 산정한 장래 재이용수 수요량 및 시설용량은 다음 <표 3.4-1>과 같다.

<표 3.4-1> 재이용수 수요량 및 시설용량 (단위 : m³/일)

구 분	2020년	2025년	2030년
재이용수 수요량	4,743	9,927	14,328
시설용량	5,000	10,000	15,000

3.4.2 계획 목표수질

재이용수 공급목표수질은 도시복합용수로 가능한 환경부 재이용수 권고기준보다 강화된 기준을 적용하였으며, 앞 절에서 언급한 바와 같이 수요처 배관이 STS 304 재질로 되어있어 틈 부식이 발생하지 않고 사용될 수 있는 염분농도는 200mg/L이하이므로 200mg/L로 계획하였다.

<표 3.4-2> 공급목표수질

구 분	용도별 목표수질			
	조경용수	유지용수	화장실 세정용수	도로청소용수
SS (mg/L)	5 이하	5 이하	5 이하	5 이하
BOD (mg/L)	3 이하	3 이하	6 이하	6 이하
COD (mg/L)	5 이하	5 이하	10 이하	10 이하
DO (mg/L)	2 이상	2 이상	-	-
탁도(NTU)	2 이하	2 이하	2 이하	2 이하
잔류염소(mg/L)	-	0.1 이상	0.2 이상	0.2 이상
냄새	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것
색도(도)	20 이하	10 이하	20 이하	20 이하
외관	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것
CL ⁻ (mg/L)	200 이하	-	200 이하	-
T-N (mg/L)	6 이하	6 이하	10 이하	10 이하
T-P (mg/L)	0.5 이하	0.5 이하	1 이하	1 이하
대장균(개/100ml)	불검출	불검출	불검출	불검출

3.4.3 기존시설 개선계획

기존시설 개선계획

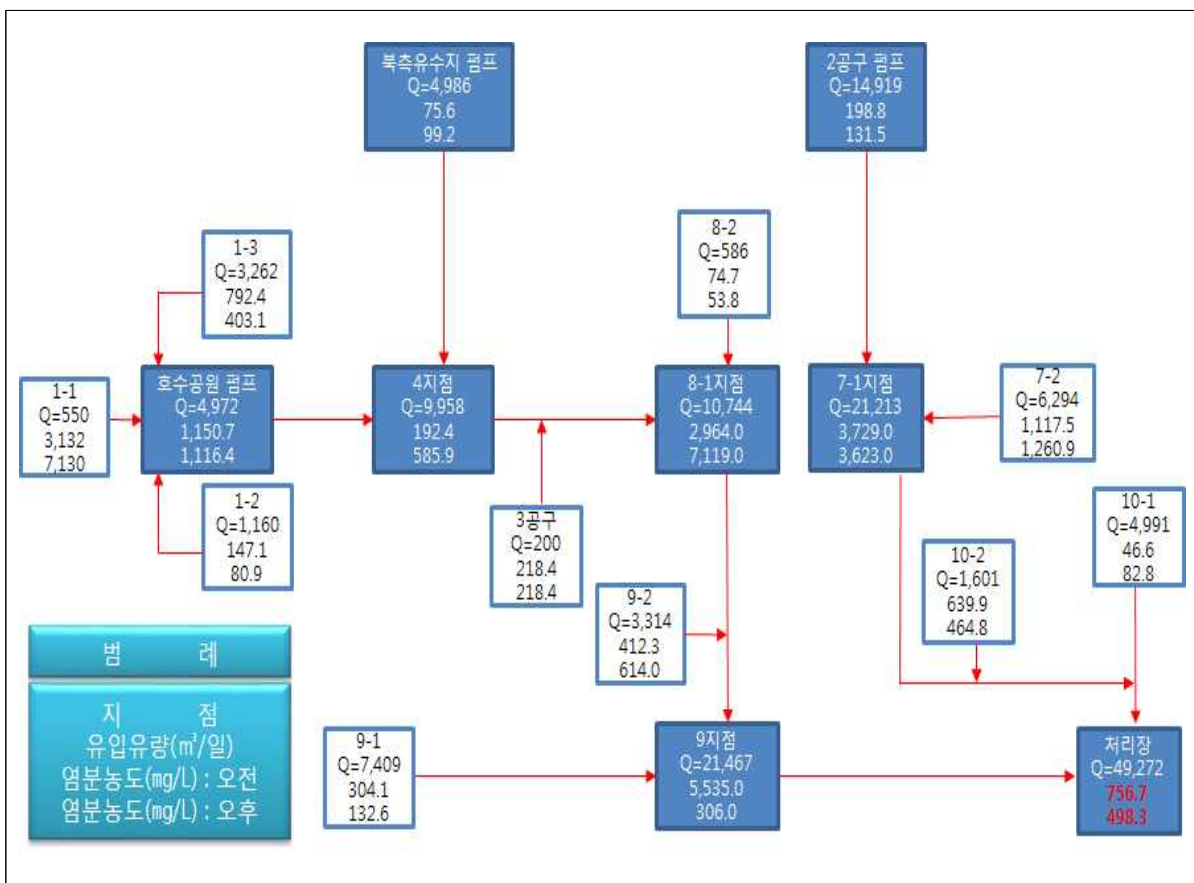
<표 3.4-3>

구분	기존시설 공법	개선계획	비 고
1단계 시설	모래+활성탄	UF+R/O	· 기존시설 폐지 후 활용 · R/O설비 (5,000m ³ /일) 단계별 증설
2단계 시설	생물막 여과	-	· 현 상태 유지(저류조, 가압펌프 포함)

3.4.4 염분농도 예측

가. 염분농도 현황

염분농도 현황은 앞에서 설명한 유량 값과 현장조사 시 유량이 많은 오후시간대의 수질값을 기준으로 지점별 측정된 값을 나타내었다.

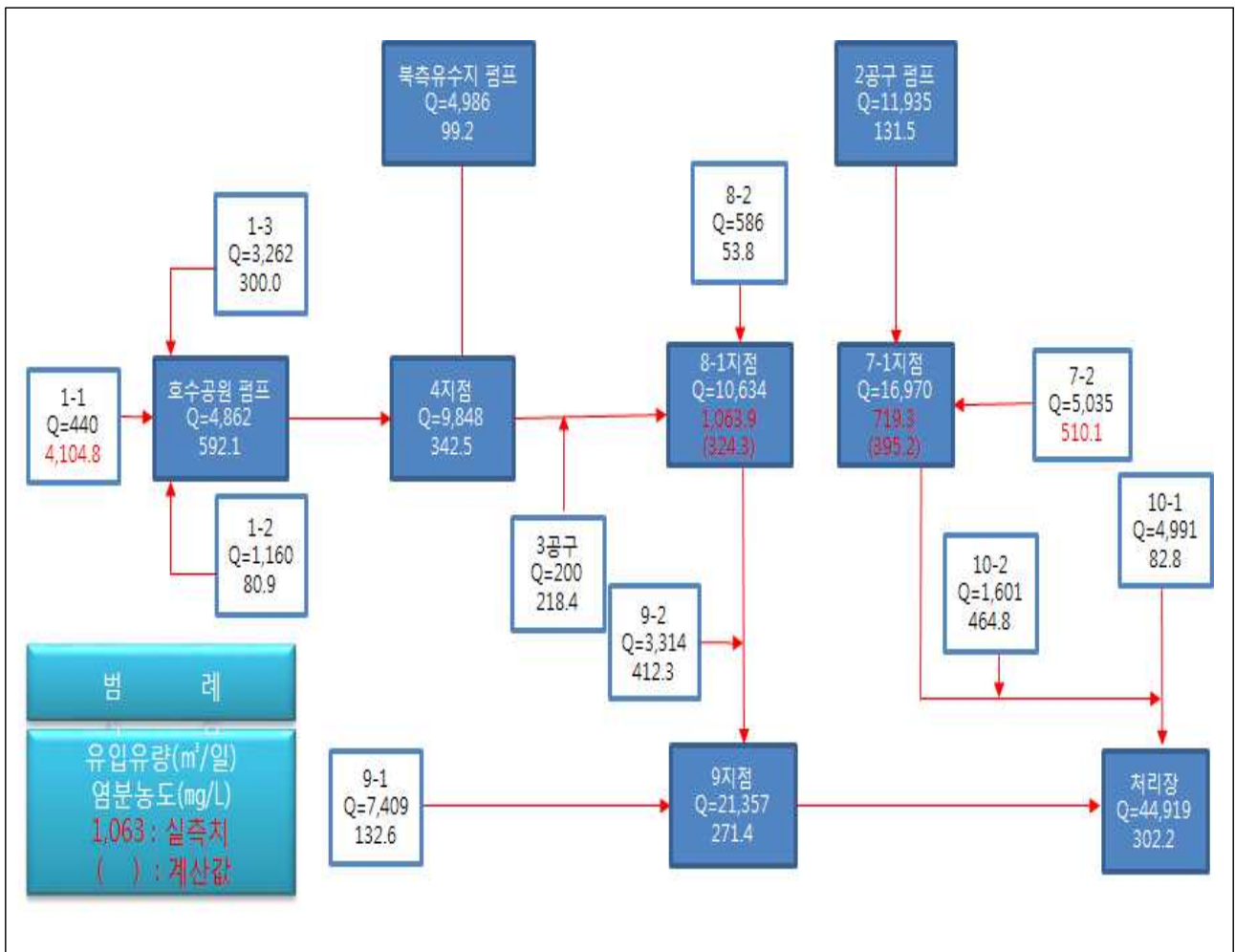


<그림 3.4-1>

염분농도 현황

나. 2020년 염분농도 예측(단기대책 후)

공사현장에서 오수관으로 유입되는 공사용수 차단후의 염분농도는 현장실사 시 건설현장 주변에서 측정한 개선 후의 수질 값을 적용하여 산정하였으며 처리장 유입수질은 498.3mg/L → 302.2mg/L로 개선되는 것으로 검토되었다.

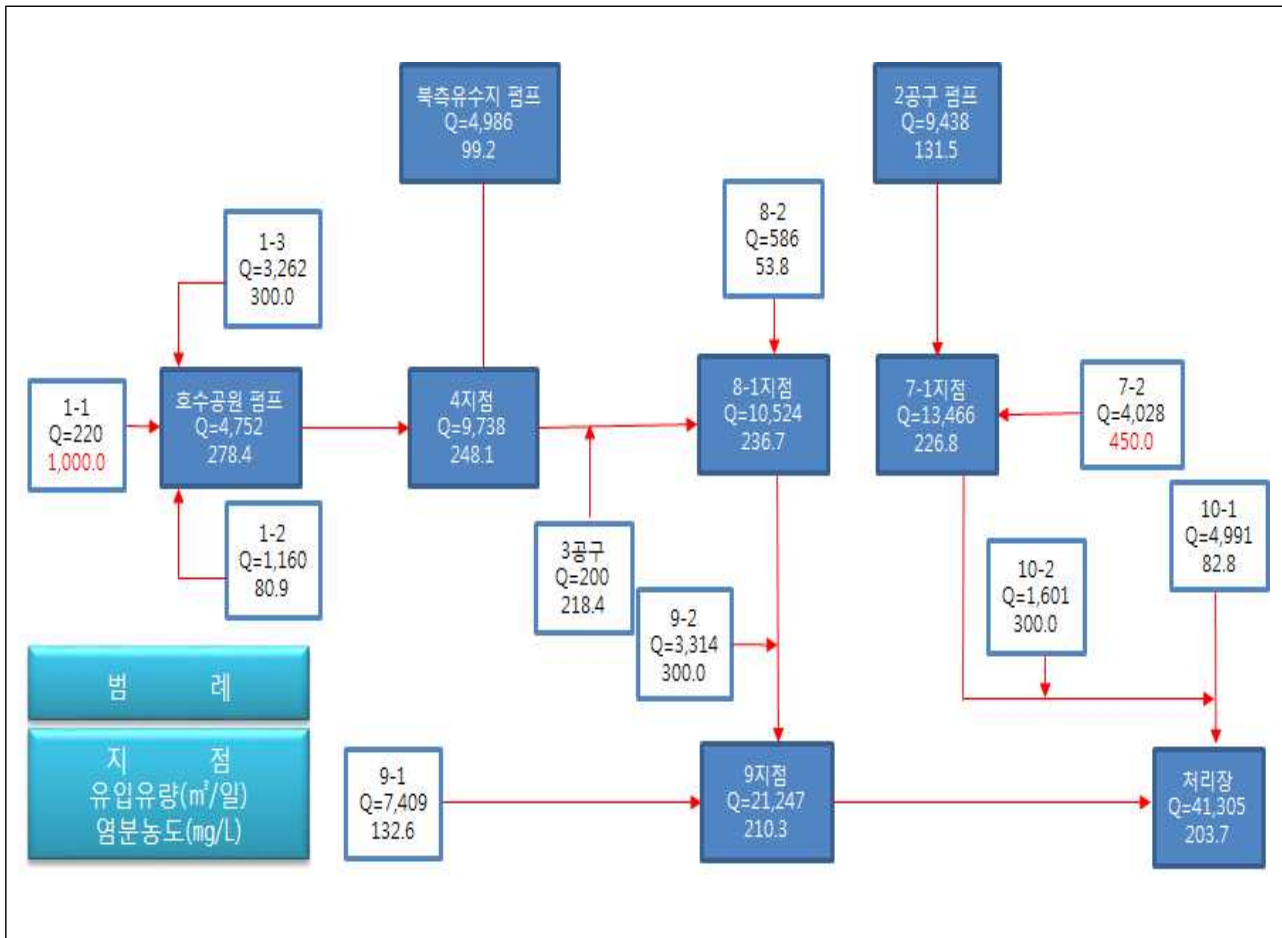


<그림 3.4-2>

염분농도 예측(2020년)

다. 2030년 염분농도 예측(중·장기대책 후)

공사현장에서 오수관으로 유입되는 공사용수 차단하고, 영구배수시스템 개선으로 유입수 염분농도를 400mg/L이상 → 300mg/L로 개선하고, 오수관거 이상항목에 대한 보수·보강 후의 염분농도를 예측한 결과 단기대책(2020년) 후의 염분농도 302.2mg/L → 203.7mg/L로 개선되는 것으로 검토되었다.



<그림 3.4-3>

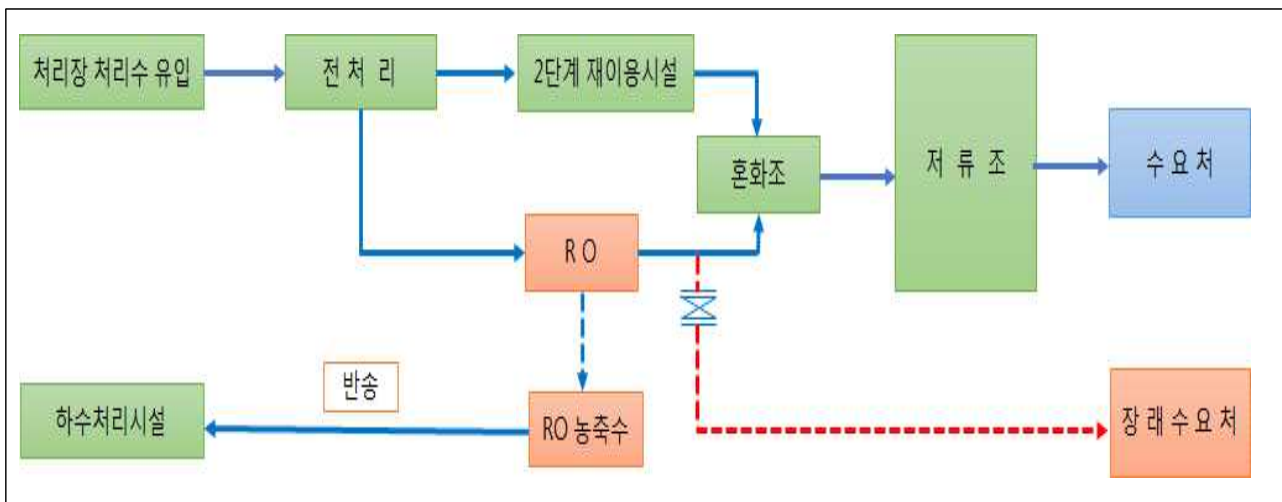
염분농도 예측(2030년)

3.5 R/O 시스템의 경제성 분석

3.5.1 공정구성

R/O시스템의 처리수 회수율이 65% 정도이므로 5,000m³/일 처리 시 유입하수 처리수는 7,700 m³/일이 필요하다.

염분농도를 적정 처리하고 처리비 절감을 위한 공정구성으로 처리수 일부를 R/O로 처리한 후 처리수를 혼합(BLENDING)하여 기준을 준수토록 계획 하였다 처리장 방류수의 염분농도를 실시간으로 측정하여 저농도 시에만 R/O 시설로 선택적으로 유입할 수 있도록 계획하였다.



<그림 3.5-1>

처리공정 구성도

3.5.2 경제성 분석

단계별 시설용량

<표 3.5-1>

구 분	2020년	2025년	2030년
유료 사용량	445(9%)	2,347(24%)	6,248(42%)
무료 사용량	4,288(91%)	7,580(76%)	8,080(58%)
합 계	4,733	9,927	14,328
시 설 용 량	5,000	10,000	15,000

- 재이용수 부과액
 - 재이용수 요금 × 365일 × 단계별 시설용량 × 단계별 유료사용비율(%)
- 상수요금 절감액 :
 - 상수도 요금(1,200원/m³) × 365일 × 단계별 시설용량 × 단계별 무료사용비율(%)

송도 하수처리수 재이용시설 염분제거설비 설치 등 타당성조사 용역

<표 3.5-2>

(단위 : 천원)

년 도	총비용	현가분석			편 익 비 용			현가분석		
	공사비, 운영비	할인율 (5.5%)	비용현가	누적 비용현가	재이용수 부과액	상수요금 절감액	계	할인율 (5.5%)	편익현가	누적 편익현가
2019	5,637,000	1.0000	5,637,000	5,637,000	-	-	-	1.0000	-	-
2020	930,750	0.9479	882,258	6,519,258	141,912	1,992,900	2,134,812	0.9479	2,023,588	2,023,588
2021	930,750	0.8985	836,279	7,355,537	141,912	1,992,900	2,134,812	0.8985	1,918,129	3,941,717
2022	930,750	0.8516	792,627	8,148,164	141,912	1,992,900	2,134,812	0.8516	1,818,006	5,759,723
2023	930,750	0.8072	751,301	8,899,465	141,912	1,992,900	2,134,812	0.8072	1,723,220	7,482,943
2024	6,567,750	0.7651	5,024,986	13,924,450	141,912	1,992,900	2,134,812	0.7651	1,633,345	9,116,288
2025	1,861,500	0.7252	1,349,960	15,274,410	756,864	3,328,800	4,085,664	0.7252	2,962,924	12,079,211
2026	1,861,500	0.6874	1,279,595	16,554,005	756,864	3,328,800	4,085,664	0.6874	2,808,485	14,887,697
2027	1,861,500	0.6516	1,212,953	17,766,959	756,864	3,328,800	4,085,664	0.6516	2,662,219	17,549,915
2028	1,861,500	0.6176	1,149,662	18,916,621	756,864	3,328,800	4,085,664	0.6176	2,523,306	20,073,221
2029	7,498,500	0.5854	4,389,622	23,306,243	756,864	3,328,800	4,085,664	0.5854	2,391,748	22,464,969
2030	2,792,250	0.5549	1,549,420	24,855,663	1,986,768	3,810,600	5,797,368	0.5549	3,216,960	25,681,929
2031	2,792,250	0.5260	1,468,724	26,324,386	1,986,768	3,810,600	5,797,368	0.5260	3,049,416	28,731,344
2032	2,792,250	0.4986	1,392,216	27,716,602	1,986,768	3,810,600	5,797,368	0.4986	2,890,568	31,621,912
2033	2,792,250	0.4726	1,319,617	29,036,219	1,986,768	3,810,600	5,797,368	0.4726	2,739,836	34,361,748
2034	8,429,250	0.4479	3,775,461	32,811,680	1,986,768	3,810,600	5,797,368	0.4479	2,596,641	36,958,389
2035	3,723,000	0.4246	1,580,786	34,392,466	3,784,320	3,504,000	7,288,320	0.4246	3,094,621	40,053,010
2036	3,723,000	0.4024	1,498,135	35,890,601	3,784,320	3,504,000	7,288,320	0.4024	2,932,820	42,985,830
2037	3,723,000	0.3815	1,420,325	37,310,926	3,784,320	3,504,000	7,288,320	0.3815	2,780,494	45,766,324
2038	3,723,000	0.3616	1,346,237	38,657,163	3,784,320	3,504,000	7,288,320	0.3616	2,635,457	48,401,780
계	65,362,500		38,657,163	429,297,818	29,565,000	59,677,500	89,242,500		48,401,780	449,941,538

비용편익 분석표

<표 3.5-3>

(단위 : 천원)

년 도	비용현가 (A)	누적 비용현가 (B)	편익현가 (C)	누적 편익현가 (D)	순 현재가치 (E=C-A)	B/C ratio (F=E/B)	IRR
2019	5,637,000	5,637,000	-	-	-5,637,000	-	
2020	882,495	6,519,495	3,379,074	3,379,074	2,496,579	0.52	
2021	836,504	7,355,998	3,202,973	6,582,047	2,366,469	0.89	
2022	792,840	8,148,838	3,035,784	9,617,831	2,242,944	1.18	
2023	751,503	8,900,341	2,877,506	12,495,337	2,126,003	1.40	
2024	5,025,177	13,925,518	2,727,428	15,222,765	-2,297,748	1.09	
2025	1,349,960	15,275,478	5,169,661	20,392,426	3,819,701	1.33	
2026	1,279,595	16,555,073	4,900,200	25,292,626	3,620,605	1.53	
2027	1,212,953	17,768,026	4,644,996	29,937,622	3,432,042	1.68	
2028	1,149,662	18,917,689	4,402,623	34,340,245	3,252,961	1.82	
2029	4,390,207	23,307,896	4,173,082	38,513,327	-217,125	1.65	
2030	1,549,447	24,857,343	5,933,213	44,446,540	4,383,765	1.79	
계	24,857,343	167,168,695	44,446,540	240,219,840	19,589,196		37.14%

- 재이용수 사용(무료수요처)에 따른 상수요금 절감액을 반영하여 산정한 BC ratio는 2028년 1.06으로 나타났으며, 순 현재가치(NPV)는 1,289백만원, 내부 수익률(IRR)은 11.18%로 나타났다.

4.0 재정계획

4.1 소요사업비

송도 재이용시설의 염분제거설비 설치에 소요되는 사업비는 1단계(2020년)기준으로 다음 <표 4.1-1>과 같으며, 총사업비는 약 5,637백만원으로, 재이용시설의 공사비 5,000백만원, 용역비 및 기타 비용은 637백만원이 소요되는 것으로 나타났다.

염분제거설비 설치 총사업비

<표 4.1-1>

구 분	사 업 비(백만원)	비 고
1. 재이용시설 공사비	5,000	
2. 용역비 및 기타	637	
1) 설 계 비	155	2018년 하수도분야 보조금편성요령 (환경부)
2) 감 리 비	469	
3) 시 설 부 대 비	13	
3. 총사업비	5,637	

4.2 사업집행 계획

송도 재이용시설 염분제거설비 설치 건설공사 기간은 시운전 2개월을 포함하여 12개월로서 주요 공종별 사업집행계획은 다음 <표 4.2-1>과 같다.

사업집행 예정 공정표

<표 4.2-1>

구 분	규 격	일정계획												비고
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1. 염분제거설비	Q=5000m ³ /일													
• 토목공사	1식													
• 기계공사	1식													
• 전기/계측공사	1식													
• 기타공사 (부대공사)	1식													
2. 감 리	12개월													
3. 시 운 전	2개월													

4.3 연차별 투자계획 및 자원조달계획

본 사업에 소요되는 총사업비는 5,637백만원으로 공사예정 공정에 따른 연차별 투자계획 및 자원조달계획은 다음 <표 4.3-1>과 같다.

연차별 투자 및 자원조달계획

<표 4.3-1>

(단위 : 백만원)

구 분	계	2019년	2020년	비고
총사업비	5,637	2,255	3,382	100%
국비	1,691	677	1,014	30%
지방비	3,946	1,578	2,368	70%

5.0 사업의 효과

5.1 R/O설비 도입 후의 효과

- 지역경제에 미치는 파급효과
 - 기존 상수도 사용을 재이용수 대체로 추가가용 수자원 확보
 - 한정된 수자원의 효율적 이용 및 양질의 안정적 용수공급원으로 물 부족 해소
 - 저탄소 녹색성장을 선도적으로 실천
 - 재이용수 사용으로 수요처 비용절감
 - 사회적·경제적 비용 절감
 - 물 절약 및 새로운 수자원 확보로 공공이익 효과
 - 불명수 절감에 따른 처리효율 증대 및 처리비용 절감
 - 물 순환시스템 도입에 따른 친환경 국제도시로 투자유치 확대
- 지역 균형개발 효과
 - 용수사용비용 절감으로 제품 경쟁력 확보
 - 수요처의 확대가 용이(조경용수, 공업용수 등) 하여 재이용수 수입 증가
 - 하수처리수 재이용을 제3의 물 시장(The Third Water Market)으로 육성 및 고용창출
- 방류수역의 수질개선
 - 재이용수 사용량만큼 방류수역의 오염부하량 감소
 - 방류수역의 수질개선 및 인근해역의 적조발생 저감효과

6.0 타당성 정도 평가 및 사업 수행 방안

6.1 염분유입 원인 및 저감방안

현장조사(수질조사 및 CCTV조사)결과를 검토한 결과 염분유입 원인은 크게 4가지로 구분하여, 오수관으로 유입되는 공사용수(단기), 건물지하 영구배수시스템의 지하수(중기), 하수관내 유입수 또는 침입수(장기)로 구분하여 저감방안을 다음 <표 6.1-1>과 같이 검토하였다.

<표 6.1-1> 염분유입 원인 및 저감방안

염분유입 원인	염분유입 방지대책	비 고
오수관으로 유입되는 공사용수	· 공사현장에 기 매설된 오수관으로 현장사무실의 화장실 용수만 유입되고, 그 외 세륜·세차시설용수, 터파기 시 발생 지하수 등 현장용수의 유입차단을 위한 교육, 홍보, 감독, 점검 등이 필요함	단기대책
건물지하 영구배수 시스템의 지하수	· 현재 진행중인 송도기반과의 조사용역 결과에 따른 오 접 배관의 변경 및 재발방지 장치확보 · 신축건물에 대한 인·허가 시 사전고지 와 공사 준공 시 현장 실사 를 통한 점검	중기대책
하수관내 유입수 또는 침입수	· 금회 CCTV조사에 따라 토사퇴적 등으로 주행 불가 구간을 준설과 동시에 CCTV조사를 실시하여 관 내부 상태에 따라 정비, 개량 등의 후속조치가 필요	장기대책
지하철 역사의 생활하수	· 현재 지하철 역사내의 배수체계를 개선하여 생활하수 집수조로 지하수 유입을 차단 하도록 협의	협의사항

6.2 대안제시

6.2 1단계 재이용시설

가. 추진배경

인천광역시 송도국제도시를 친환경도시로서의 위상을 높임으로서 경제자유구역 국가경쟁력을 확보하기 위하여 바다로 방류되던 하수처리수를 재처리하여 국내 최초 도시복합 생활용수로 사용하고자 하수처리수 재이용시설이 시공되었다.

송도하수처리장에서 처리후 방류하는 처리수를 모래/활성탄 여과, 차염소산 소독 등 재처리하여 1차적으로 송도국제도시 1~4공구 지역에 1일 13,000m³/일 공급계획으로, 이로 말미암아 그간 공공수역으로 배출되는 오염부하량의 총량삭감 및 상수사용량의 절감과 안정적인 수자원 확보 등 기후변화에 따른 물부족 현상에 대응하는 녹색성장의 사례로자리 잡을 것으로 예상하였다.

나. 사업개요

- 사업기간 : 2006년 11월 ~ 2009년 6월
- 사업주체 : 인천경제자유구역청
- 재이용공급량 : 계획 시설용량 13,000m³/일
- 사업비 : 16,529백만원
- 소재지 : 인천광역시 연수구 송도동 13-8
- 사업량
 - 하수재이용시설 : 용량 13,000m³/일
 - 모래/활성탄 여과시설
 - 공급관로 : D75 ~ D400mm, L = 2.2km

다. 추진경위

- 2002.10.04. : 하수종말처리시설 건설착공
- 2004.02.26. : 송도하수처리수 재이용시설 도입 검토
- 2004.12.28. : 기본 및 실시설계용역 위·수탁 협약서 체결
(환경관리공단 ⇔ 인천경제자유구역청)
- 2005.06.07. : 환경부 하수처리수재이용시범사업 선정
- 2005.11.30. : 하수처리수 재이용수 수질 권고기준 설정(환경부)
- 2005.12.22. : 인천광역시 지방건설기술 심의
- 2005.12.29. : 공공하수도(송도하수종말처리장) 설치 변경인가 고시
- 2006.11.22. : 공사착공
- 2009.06 : 공사준공

라. 설계수질

최초 송도 하수처리 재이용수 사용범위를 결정시 조정, 생태연못 용수는 해안매립지 특성상 불명수(해수)유입으로 염분농도가 재이용수 수질권고 기준인 250mg/L를 초과 800~900mg/L로 검출되고, 이 염도 처리를 위한 MF, R/O 막여과 시스템도입은 생산단가가 과도하여 사용범위를 확장할 세정용수, 도로 청소용수로 하고 이에 맞는 처리공법을 모래/활성탄 여과시스템으로 결정하였다.

- 설계수질

<표 6.2-1> 1단계 재이용시설 설계수질 (단위 : mg/L)

구 분	BOD	COD	SS	T-N	T-P
설계수질	10이하	20이하	10이하	15이하	2이하

당초 1단계 설계수질은 상기 표와 같이 계획되어 T-N(15mg/L), T-P(2mg/L)가 공급 목표수질 T-N(6mg/L), T-P(0.5mg/L)미달로 공급이 불가하여 가동이 중단된 상태이다.

- 공급목표수질

재이용수 공급목표수질은 도시복합용수로 가능한 환경부 재이용수 권고기준보다 강화된 기준을 적용하였으며 다음 <표 8.2.1-2>와 같다.

<표 6.2-2>

공급목표수질

구 분	용도별 목표수질			
	조경용수	유지용수	화장실 세정용수	도로청소용수
SS (mg/L)	5 이하	5 이하	5 이하	5 이하
BOD (mg/L)	3 이하	3 이하	6 이하	6 이하
COD (mg/L)	5 이하	5 이하	10 이하	10 이하
DO (mg/L)	2 이상	2 이상	-	-
탁도(NTU)	2 이하	2 이하	2 이하	2 이하
잔류염소(mg/L)	-	0.1 이상	0.2 이상	0.2 이상
냄새	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것
색도(도)	20 이하	10 이하	20 이하	20 이하
외관	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것
CL ⁻ (mg/L)	200이하	-	200이하	-
T-N (mg/L)	6 이하	6 이하	10 이하	10 이하
T-P (mg/L)	0.5 이하	0.5 이하	1 이하	1 이하
대장균(개/100ml)	불검출	불검출	불검출	불검출

[대안 1]

따라서 1단계 재이용수 처리시설은 현재의 처리공법으로는 재이용수 수질기준을 만족할 수 없으므로 **기존시설을 폐지**하며, 공칭용량을 축소(33,000m³/일 → 20,000m³/일)하여 가동율에 대한 적절한 비율을 산정하고, **염분제거 설비의 설치공간으로 활용**

[대안 2]

재이용수의 수요처가 현재는 무료사용량이 대부분(92%)이므로 유료사용처를 확보하기 위하여 염분농도 저감방안 실시와 함께 재이용수 수질기준 이하로 운영될 수 있도록 **염분제거공법(R/O 등)을 단계별로 도입**

[대안 3]

수요처 설문조사에서와 같이 염분농도를 30mg/L이하로 공급 받고자 하므로 개별건물의 입주시에 재이용수의 염분농도를 협의하여 **기존 2단계 재이용시설과 염분제거공법을 이원화 운영**이 될 수 있도록 **장래 운영계획 수립**

6.3 경제적, 정책적 고려사항 등

- 송도경제자유구역은 바다로 둘러 쌓여있으므로 토양은 염분이 많아 식물의 생장이 어렵고, 최근의 국내기후환경이 연중 6개월 정도(10월~3월) 비가 안오는 건기가 지속되어 조경용수의 확보가 절실하므로 재이용수에 대한 일반적인 경제성 분석은 적용이 부적절함
- 재이용에 관한 법률에 의거하여 일정규모이상에서는 자체 중수처리시설을 도입하거나, 공공의 재이용수를 이용해야 하고 사무실 건물, 교육시설(초, 중, 고 대학교)등에서는 화장실 용수가 상수사용량의 60%정도를 차지하므로 송도 재이용수 처리시설은 지속적으로 유지·운영되어야 함
- 재이용수의 염분제거설비로 R/O공법을 도입하면 농축수가 35%정도 발생하게 되는데, 이 농축수를 별도로 처리할 경우 처리시설이 복잡하고 고비용을 투자해야 하는데, 송도의 경우 하수 처리수는 바다로 직 방류하므로 별도의 농축수 처리시설을 설치하지 않고 하수처리시설로 반송하여 하수처리수와 통합하여 방류하는 것이 바람직함

6.4 사업의 효과에 대한 평가 방안 제시

- 염분농도 증가 원인이 여러 가지이고 발생시기가 불분명하므로 주요지점(또는 맨홀)에 유량과 수질(염분농도)을 측정할 수 있는 장치를 설치하여 지속적인 관리시스템 구축이 필요함
- 재이용수 수요처에 대하여 재이용수 공급전과 공급후로 나누어 상수도사용량 절감과 그에 따른 수도요금의 비교를 통하여 재이용수 사용에 따른 효과를 확인하고, 물 사용량 절감, 하수도요금의 감면, 물 순환시스템 구성 등의 홍보를 통하여 사업의 효과를 증대

6.5 송도재이용 1, 2단계시설, 운영관리 미비점 파악 및 개선사항

- 송도하수처리시설 유입수의 염분농도가 유입량의 변화에 따라 차이가 발생하므로 재이용수 처리시설의 가동은 하수처리시설 방류수의 염분농도를 실시간 측정하여 저 농도 시에만 선택적으로 유입할 수 있도록 시스템 개선
- 송도 하수재이용 시설의 공급배관에 유량계, 압력계 등을 설치하여 배관의 사고 등에 즉시 대처
- 이원화로 인한 신설배관의 경우는 스마트 관로시스템 등을 도입하여 누수사고 등을 예방할 수 있도록 하여 운영효율 제고
- 재이용수 수요처의 관리자와 현재수질, 공급압력, 단수시기 등 관련정보를 공유할 수 있도록 통합 네트워크시스템을 구축

6.5.1 스마트 관로시스템(Smart Pipeline System)

기존에 발생한 하수관 문제는 별도의 해결방안을 찾아 해결하여야 하나 문제구간을 확인하고 복구하는데 과도한 비용이 발생되고 교통, 민원문제 등으로 많은 문제점이 발생됨.

대부분의 하수관 사용연수는 약 50년으로 사용 중에 다양한 사고가 발생하며 환경부 자료에 의하면 연결관, 부등침하, 퇴적, I/I문제가 가장 큰 문제로 나타나고 있으며, 가장 큰 비중을 차지하는 것은 연결관 문제(오점포함)와 부등침하로 인한 하수관 파손사고임.

퇴적 및 I/I문제는 연결관 및 부등침하 문제가 해결되면 대부분 해결될 사항이기 때문에 연결관 문제와 부등침하 문제를 해결하는 것이 매우 중요함. 그리고 타 공사로 관이 파손되는 것을 예방할 수 있으면 유지관리비용을 절감할 수 있고, 하수관 수명을 획기적으로 절감할 수 있을 것으로 판단됨.

최근에 국책과제를 통해 ICT(또는 IoT)기술을 이용한 시스템인 스마트파이프라인 시스템이 개발되어 사용 중에 있으며 이 시스템을 사용하면 하수관 문제를 근본적으로 해결할 수 있을 것으로 판단됨.

이 시스템 구축비용은 표준공사비 기준 약 5% 정도 추가되는 것으로 나타나나, 관망을 효율적으로 관리할 수 있어 유지관리비용을 절감할 수 있고 교체주기를 늘릴 수 있는 매우 효율적인 시스템임.

정부가 지하시설물에 대한 안전관리와 스마트화를 위해 2017년 3월21일에 “스마트도시 조성 및 산업진흥 등에 관한 법률”을 제정하였고 이 법률은 2017년9월22일에 발효되었음.

스마트시티법 제2조에 따르면 “스마트도시란 도시의 경쟁력과 삶의 질의 향상을 위하여 건설, 정보통신기술 등을 융, 복합하여 건설된 도시기반시설을 바탕으로 다양한 도시서비스를 제공하는 지속 가능한 도시”를 말하며,

“스마트도시서비스”란 스마트도시기반시설 등을 통하여 행정, 교통, 복지, 환경, 방재 등 도시의 주요기능별 정보를 수집한 후 그 정보 또는 이를 서로 연계하여 제공하는 서비스로 대통령령으로 정하는 서비스를 말한다. 고 규정하고 있음.

시행령 제2조의 스마트도시서비스에 따르면 환경, 에너지, 수자원, 방법, 방재, 시설물 관리 등이 포함되어 있고, 제6조 적용대상의 규모에 따르면 30만평이상의 택지개발지구 등에 스마트도시건설사업을 시행하는 경우로 정하고 있음

최근 하수관을 통해 송도하수처리장에 염분이 유입되어 많은 문제점이 발생하고 있으나, 동일 사고가 재발하는 것을 예방하기 위해 신규로 부설하는 관로에는 실시간 모니터링이 가능한 시스템을 도입하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.

하수관은 장기간 사용하면 필연적으로 파손, 노후되어 물이나 토사가 유입되거나 토양오염 및 하천오염을 유발하므로 실시간 모니터링하여 복구하지 못하면 동일한 사고가 반복될 수밖에 없음

스마트파이프라인시스템 구성

- 파손예방시트 : 굴착공사 중 하수관 파손예방 기능수행

(관 파손 전에 중장비 기사에게 알려 관 파손예방)

- 관 파손감지시트 : 연결관 공사 시 발생하는 오점 및 부실공사 예방

(시트에 내장된 감지선 파손 시 관리자에게 알람)

- I/I감지 및 부등침하 감지센서 : 이음부에서 발생하는 I/I 및 부등침하 실시간 감지
- 원격감지장치 : 누수 및 파손사고 발생시 서버로 신호를 보내 관리자에게 알람



<그림 6.5-1> Smart Pipeline System