

제 10 장 운영관리 개선계획

- 1.0 수도사업 경영체계 개선
- 2.0 민간위탁 관리방안 검토
- 3.0 수도에 관한 연구 및 기술개발 계획
- 4.0 수도관리 인원확보 및 교육훈련 계획
- 5.0 정보화 관리
- 6.0 수도관리기구 정비계획
- 7.0 시설현대화 및 자동화계획
- 8.0 정수장 소수력발전 도입검토

제 10 장 운영관리 개선계획

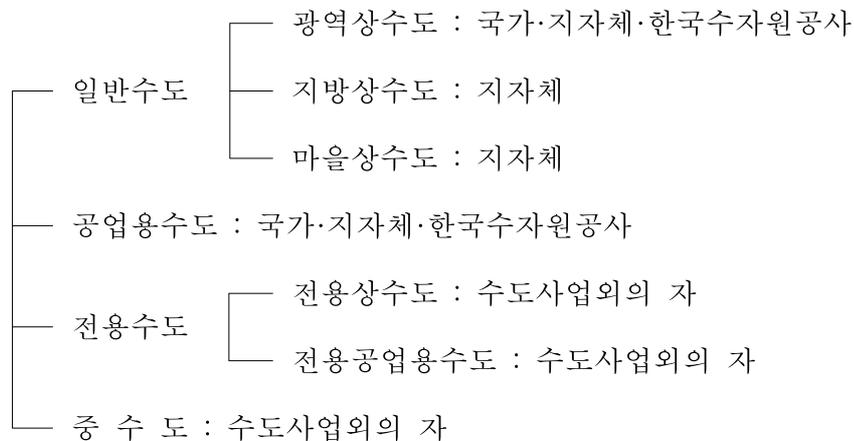
1.0 수도사업 경영체계 개선

1.1 상수도 사업 운영현황

1.1.1 수도법상의 수도운영체계

수도사업의 기본목표는 양질의 물을 풍부하고 값싸게 안정적으로 공급하는데 있으며, 이는 수요자에 대한 수도서비스의 질을 가늠하는 척도이기도 하다.

수도에 관한 종합적인 계획을 수립하고 수도를 적정하고 합리적으로 설치·관리함으로써 공중위생의 향상과 생활환경의 개선에 이바지함을 목적으로 하는 「수도법」에서는 수도시설과 그 관리주체를 다음과 같이 구분 정의하고 있다.



수도법상 수도시설과 관리주체

1.1.2 요금수준 및 유수율

대전광역시의 요금수준은 2007년말 기준 생산단가에 99.3%로 거의 원가 현실화 목표에 이르고 유수율 86.2%로 전국 평균인 81.1%보다 높은 것으로 확인되었다.

최근 5년간 대전광역시의 상수도 요금추이를 보면 다음 표와 같다.

대전광역시 상수도 요금추이

구 분		2003	2004	2005	2006	2007	비 고
생	산 량 (천톤/년)	192,099	193,191	193,740	187,861	186,882	
부	과 량 (천톤/년)	150,676	154,704	156,067	159,434	161,059	
부	과 액 (백만원)	63,865	72,155	75,907	77,492	78,077	
유	수 율 (%)	78.4	80.1	80.6	84.9	86.2	
평균 단가	판매단가(원/톤)	423.9	466.4	486.4	486.0	484.8	
	생산단가(원/톤)	433.0	394.4	487.0	486.4	488.0	
현 실 화 율 (%)		97.9	118.3	99.9	99.9	99.3	

자료) 1. 상수도통계 (환경부, 2004~2008)

2. 부가량은 유수수량과 동일한 개념으로 1년간 지방자치단체가 자체조례에 의해 일반수용가에게 수도 요금으로 부과한 수량(수돗물)을 의미함.

1.2 기본방향

1.2.1 요금수준의 현실화

가. 상수도 요금구조 및 현황

현행 상수도 요금의 구조는 기본요금과 구간으로 나누어 증가하는 초과 사용료로 요금이 구성되어 있는데(multi-part tariff) 이는 평균비용가격원리 (총비용과 총수입이 일치하는 수준에서 가격결정)와 블록가격제도(물 사용량에 따라 가격이 체증적으로 상승)를 절충한 제도로 볼 수 있다. 상수도 요금의 업종별 구분은 가정용, 영업용1·2종, 옥탕용1·2종, 공공용으로 분류하여 가정용에 저요금율, 영업용 등 기타 사용자에게는 고요금율 부과하는 등 업종별 차별요금을 적용하고 있다.

대전광역시의 2007년 상수도 판매단가는 484.8원인데 반하여 판매단위당 원가는

488.0원으로 톤당 3.2원의 재정적 적자를 나타내고 있다.

나. 상수도 요금의 문제점

1) 낮은 요금수준

대전광역시의 2007년 기준 생산원가는 488.0원/m³이나, 현행요금은 평균 484.8원/m³으로 생산단가의 99.3 % 수준이므로 최소한 수도 재정이 적자를 벗어 날 수 있는 요금체계로 변경할 필요가 있다. 낮은 요금수준으로 인한 상수도 사업의 경영 악화는 상수도 서비스의 원활한 공급에 영향을 미쳐 결국 상수도 이용자에게 불이익이 돌아가는 것으로 볼 수 있다. 예를 들어, 열악한 상수도 재정체계에서는 오늘날 시급한 과제인 수질 개선 문제도 해결할 수 없는 실정이다. 물가 안정적 측면에서 저요금 정책을 견지할 것인지, 또는 다소 요금부담은 커지더라도 상수도 서비스의 원활한 공급과 질적 개선을 도모해야 할 것인지 신중히 검토할 필요가 있다.

2) 지역별 요금격차가 심하다.

행정구역별 상수도 요금격차는 면급, 읍급, 광역시급, 시급의 순서로 그 격차가 크게 발생하고 있는데, 이는 읍·면급은 인근 수원에서 원수를 취수하여 원가가 저렴하고, 광역시급은 대규모 광역시설로 급수되기 때문에 상대적으로 원가가 절감되나, 일반시급은 수원확보의 문제와 자체시설 설치재원 부족 및 유지비 과다로 높은 원가를 발생시키는 요인이 되고 있다. 이러한 지역별 요금격차가 너무 크면 지역간 균형성장 측면에서도 저해요인이 될 수 있다.

대전광역시의 경우, 중리취수장의 원수를 사용하는 송촌정수장, 월평정수장의 경우 원수값이 톤당 6.6원이고, 대청댐 역조정지 원수를 사용하는 신탄진정수장의 경우 원수값이 톤당 47.9원으로 41.3원/톤의 차이가 난다.

3) 업종별 차별요금체계로 되어 있는데, 업종별 요금의 격차가 심하다.

부과량의 62%정도를 소비하고 있는 가정용의 경우 다른 업종에 비해 요금이

381.4원으로 낮게 책정되어 있어 이러한 요금구조는 수도물의 낭비를 초래할 가능성이 있다.

라. 외국의 수도요금 체계

수도요금 산정방법은 각 나라의 사정이나, 사회적·정치적 요인으로 크게 좌우된다. 대부분의 국가에서는 물 사용량이 증가함에 따라 요금이 높아지는 누진요금제와 물 사용량에 관계없이 수도요금이 결정되는 단일요금제, 정액요금제 등 다양한 수도요금체계를 적용하고 있다.

각국의 상수도 보급율을 기준으로 한 비교는 우리나라 상수도 사업이 선진 영국, 미국, 일본, 대만 등에 비해 약 10~20년 정도 낙후되어 있는 것으로 나타나고 있다. 외국의 수도요금 산정 방법은 다음과 같다.

국가별 수도요금 산정방법

국 가 명	관 리 주 체	요 금 산 정 방 법						
		기 본	단 일	정 액	체 증	체 감	Life	계 절
영 국	지역, 공영기업			○				
일 본	지역, 공영기업		○	○	○			
캐 나 다	지 역		○	○	○	○		
스 위 스	공영기업	○		○	○			
대 만	지 역	○		○	○			
태 국	지역, 공영기업				○		○	
호 주	지 역			○	○			
오 스트 리 아	지역, 공영기업		○	○				
벨 기 에	지역, 공영기업	○	○	○				
덴 마 크	지역, 공영기업	○	○					
프 랑 스	민간기업	○	○					
독 일	민간, 공영기업	○						
미 국	공영기업		○	○	○	○		○
중 국	국 가				○		○	
이 탈 리 아	공영기업		○		○		○	
계		6	8	9	9	2	3	1

자료) 상하수처리의 효율적 운영방안 연구(한국환경기술개발원, 1995)

1) 영 국

(1) 지역별 수도요금 체계

1989년 수법(Water Act)의 개정에 따라 민영화된 이후, 안정적인 수익확보를 위해 요금산정방식의 변화를 시도하여 1990년 4월 이후 요금산정방식은 물가연동제(Price Slide Method)로서 전년도의 소매물가지수(Retail Price Index)를 기준으로 한다.

(2) 수도권 수도요금 체계

영국의 수도권 지역을 담당하는 테임즈 수자원공사의 수도요금체계는 기본료+사용료=계량료, 비율료+기본료=비계량료, 시설부담금, 기타요금으로 구성되어 있다.

2) 일 본

수도요금은 각 지방자치단체들 간에 차이가 있지만, 일반적으로 정액요금(계량기 구경에 따른 정액화된 기본요금)과 용수사용량에 따라 요금이 증가하는 체중요금 또는 단위당 요금이 일정한 단일요금제가 혼합된 형태이다.

3) 미 국

급수에 대한 요금은 인플레이 상승율의 2배 정도의 수준으로 상승하고 있는데, 그 이유는 일반 인플레이, 높은 투자비용, 보다 강화된 환경규제 때문이다. 이러한 물값의 증가는 소중한 수자원을 관리하는 방법에 영향을 미칠 것이다.

원칙적으로 용수공급을 위한 경비분담을 수요자가 부담하는 형식으로 이루어져 있다. 일반적인 경비분담 방법은 상품-수요(Commodity-Demand) 방법과 기본-초과용량(Base-Extracapacity)방법으로 구분된다.

4) 프랑스

(1) 계약승인에 의한 가격결정 방법

계약을 승인하는 지방자치단체와 특별법인회사간의 상호합의에 의해 장래에

예측할 수 있는 발전에 대한 기술적인 운영조건과 서로 다른 지출항목들, 원금상환에 대한 상세한 분석에 의해 운영회사의 급료를 포함한 수도요금 상승이 가능하도록 비용을 결정한다.

(2) 판매비용이 포함되는 방법

비용상승은 비용분석에 따라 여러 항목의 비용 상승요인을 분석한 후 결정된다. 상승요인 중 90%만 요금인상 계산에 포함되는데, 이는 생산자가 생산을 향상시키도록 지속적인 압력을 가하기 위함이다.

5) 특 일

급수당국의 수도요금 결정원칙은 다음과 같다.

- 수도요금은 비용을 충당할 수 있어야 한다.
- 소비자는 소속된 지역의 급수비용을 지불해야 한다.
- 기본료와 사용량에 따른 요금결정에 있어서 비용구조가 고려되어야 한다.
- 적절한 자금환수가 이루어져야 한다.

1.2.2 수익증대

가. 경비부담구분 원칙의 철저한 이행

일반회계 등에서 부담하여야 할 경우의 예는 다음과 같다.

- 채산에 맞지 않는 급수결과 발생한 급수손실
- 소방용수에 대한 급수원가
- 중수도시설 및 사회정책적 차원에서 상수도요금을 감면해 주고 있는 경우의 감면액

나. 유수율 제고

- 유수율은 상수도사업의 운영방향을 제시하는 지표이므로 유량계를 설치운영한다.

- 상수도 관망도 작성을 의무화하고 일정기간(예:5년)마다 정기적으로 재정비토록 강제한다.
- 정기적인 누수탐사를 실시하여 배수량에서 상당량의 절감을 가져옴으로써 유수수량의 증대와 함께 수량 부족 문제를 해결할 수 있다.
- 계량기를 관리하여 각 계량기별로 정보를 체계적으로 유지함으로써 계량기 불감수량을 감소시킨다.

다. 효율적인 자금관리

- 합리적인 자금수급 계획을 수립하고 상황 변화에 따라 수시로 조정한다.
- 유희자금을 고수익 금융상품에 예치함으로써 이자 수익을 증대시킨다.

1.2.3 비용의 절감

가. 합리적인 예산관리

- 투자 우선순위 및 전년도 결산결과를 고려하여 예산을 편성한다.
- 예산집행시 예산편성지침을 단순화·포괄화 함으로써 관리자에게 재량권을 부여한다.
- 결산결과를 차기의 예산편성 자료로 활용한다.

나. 지방상수도의 광역화

각 자치단체가 독자적으로 취·정수시설을 설치·운영함으로써 규모의 경제를 실현하기 어려워 비효율을 초래하고 있다. 따라서 동일 수계나 수원을 이용할 수 있는 인근 시·군이 상수도시설을 공유하는 광역화방안을 모색할 필요가 있다.

1.2.4 책임경영체제의 확립

가. 경영의 자율권 부여

자율권을 부여한 후 경영결과에 대하여 신상필벌을 시행한다.

나. 경영평가의 정례화

달성해야 할 목표나 나아가야 할 방향을 미리 설정해주고, 사후에 이 기준과 실적을 비교·분석하여 보상을 실시하거나 책임을 추궁함으로써 경영 개선을 도모한다.

1.3 대전광역시의 수도요금 현실화 방안

1.3.1 자료의 출처 및 분석 범위

환경부 발간 “상수도 통계”, “전국수도종합계획(1998)” 및 기타 자료를 이용하였으며, 분석의 범위는 대전광역시 상수도 사업의 생산원가분석 및 요금인상요인, 손익상태 등을 포함하였다.

1.3.2 생산원가 분석

상수도 생산원가는 물을 취수·정수하여 공급하는데 소요되는 일체의 비용으로 인건비, 동력비, 약품비, 원·정수구입비, 수선비, 감가상각비, 기타경비 등으로 구성된다.

가. 생산원가 대비 판매단가

대전광역시의 2000년 이후 생산원가 대비 판매단가를 다른 광역시와 비교한 결과 대전광역시는 다른 광역도시에 비해 현실화율이 다소 높은 것으로 나타났다. 대전광역시의 생산원가는 최근 3년간(2005~2007) 487.0원, 486.4원, 488.0원으로 안정적이며, 판매단가도 최근 3년간(2005~2007) 486.4원, 486.0원, 484.8원으로 현실화율이 99%를 넘어서 안정적인 운영을 보여주고 있다.

생산원가 대비 판매단가

(단위 : 원/m³)

도 시	구 분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
서 울	판매단가	489.6	506.0	507.0	510.6	514.5	515.9	517.5
	생산단가	542.1	534.1	481.4	513.2	529.4	537.2	554.2
	비 율(%)	90.3	94.7	105.3	99.5	97.2	96.0	93.4
부 산	판매단가	566.4	592.0	586.9	584.3	585.7	612.4	644.1
	생산단가	670.2	675.9	638.3	654.1	691.0	759.8	758.8
	비 율(%)	84.5	87.6	92.0	89.3	84.7	80.6	84.9
대 구	판매단가	438.6	440.8	438.5	437.0	456.6	499.9	495.1
	생산단가	455.1	484.0	480.8	499.5	528.1	547.9	561.7
	비 율(%)	96.4	91.1	91.2	87.5	86.5	91.2	88.1
인 천	판매단가	514.5	511.3	516.4	559.4	576.8	598.4	636.3
	생산단가	523.0	566.1	562.4	611.8	630.0	611.1	619.4
	비 율(%)	98.4	90.3	91.8	91.4	91.6	97.9	102.7
광 주	판매단가	468.4	501.9	509.8	513.9	522.5	527.2	511.7
	생산단가	544.1	506.5	503.9	541.6	560.0	564.3	602.6
	비 율(%)	86.1	99.1	101.2	94.9	93.3	93.4	84.9
대 전	판매단가	428.6	426.1	423.9	466.4	486.4	486.0	484.8
	생산단가	432.6	489.2	433.0	394.4	487.0	486.4	488.0
	비 율(%)	99.1	87.1	97.9	118.3	99.9	99.9	99.3
울 산	판매단가	584.0	657.4	664.8	763.5	773.1	772.7	774.3
	생산단가	660.4	673.5	775.1	785.8	782.6	786.8	789.0
	비 율(%)	88.4	97.6	85.8	97.2	98.8	98.2	98.1

자료) 상수도통계(환경부, 2001~2007)

나. 생산원가 구성비율

대전광역시의 과거 5개년 생산원가 구성비율은 다음 표와 같다.

대전광역시의 생산원가 구성비율은 동력비, 약품비, 원·정수구입비는 안정세를 보이며, 원리금상환액이 30% 이상을 차지한다.

대전광역시 생산원가 구성

(단위 : 백만원, %)

년 도	계	인건비	동력비	약품비	원·정수 구입비	수선비	원리금 상환액	비고
2003	42,840 (100.0)	15,678 (36.6)	3,082 (7.2)	1,573 (3.7)	2,061 (4.8)	5,101 (11.9)	15,345 (35.8)	
2004	52,162 (100.0)	13,303 (25.5)	3,464 (6.6)	1,801 (3.5)	2,068 (4.0)	5,302 (10.2)	26,224 (50.2)	
2005	40,390 (100.0)	14,579 (36.1)	4,230 (10.5)	1,911 (4.7)	2,016 (5.0)	4,874 (12.1)	12,780 (31.6)	
2006	54,630 (100.0)	19,846 (36.4)	3,832 (7.0)	1,862 (3.4)	2,733 (5.0)	10,452 (19.1)	15,905 (29.1)	
2007	54,367 (100.0)	21,282 (39.2)	3,546 (6.5)	1,248 (2.3)	2,565 (4.7)	7,229 (13.3)	18,497 (34.0)	

자료) 상수도 통계(2003~2007, 환경부)
()는 백분율임

다. 결 론

대전광역시 정수장 운영비 구성은 타항목에 비해서 인건비 및 원리금 상환액 비중이 매우 큰 것으로 나타났다.

따라서 가능한 상수도 시설을 현대화 계획에 의해 운전이 가능한 생산체계를 구축함으로써 인건비를 절약하고, 최대한 빨리 원리금을 상환하여 이로 인한 원가 절감 효과를 기대하여야 한다.

1.3.3 요금수준 분석

가. 수도요금 산정원리

수도요금 수준 분석을 위하여 먼저 우리나라 수도요금 산정원리를 검토하기로 한다. 우리나라의 수도요금을 포함한 공공요금 수준은 실제 발생한 비용에 사업의 계속성을 유지할 수 있도록 원가에 공정보수를 반영하는 공정보수주의 원칙을 적용하고 있다. 공정보수란 사업기간 동안의 물가변동, 재투자 및 확장 투자사업비 재원확보 등을 목적으로 사업에 투자되어 운영되고 있는 순 고정자산에 일정보수율을 곱하여 산정된다.

지방공기업법 제22조(요금)에는 “요금은 제공한 급부의 원가를 보상함과 아울러 기업으로서 계속성을 유지할 수 있도록 하여야 한다”고 규정하고 있다. 수도요금의 경우에도 수돗물 생산원가에 공정보수를 가산한 총괄원가를 기준으로 요금을 책정한다. 공정보수는 가동중인 순 고정자산에 공정보수율을 곱하여 산출되는데 지방상수도에 적용되는 공정보수율은 9%로 되어 있다.

1.3.4 요금현실화 방안

가. 상수도 요금 현황

1) 일반적인 상수도요금 현황

현재 우리나라의 상수도 사업운영단체는 공기업 92개소, 비공기업 75개소로 총 167개에서 운영하고 있다. 이러한 수도요금의 결정기준은 독립재산원칙, 공공성의 원칙으로 결정되며 상수도 요금 체계는 다음과 같다.

- 이부 요금제 : 정액요금(기본요금)+사용요금
- 업종별 요금제 : 가정용, 업무용, 영업용, 옥당 1종, 옥당 2종, 공업용
- 체증 요율제 : 가정용 6단계, 업무용 5단계, 기타 4단계

위와 같은 요금제를 통해 결정된 우리나라의 수도요금은 생산원가의 70% 수준으로 선진외국 수도요금의 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{6}$ 정도에 불과하다

대전광역시 수도정비 기본계획(변경)

98년도 결산 된 자료에 의하면 상수도요금은 348.9원/톤, 생산원가는 496.9원/톤으로 집계되어 생산원가가 더욱 비싼 것으로 나타났다.

상수도 요금 현황

구 분	단체수	'98요금수입 (억원)	요금 (원/톤)	생산원가 (원/톤)	현실화율 (%)	인상요인 (%)
계(평균)	167	14,385	348.9	496.9	70.2	42.4
공기업	92	13,879	349.1	489.0	71.4	40.1
비공기업	75	506	345.3	711.0	48.6	105.9

※ 외국 요금과의 비교 : 런던 1,091원, 동경 2,114원, 파리 1,313원, 쥐리히 3,185원, 시드니 1,083원

요금현실화 실태

현실화율	단체수	40%미만	40%이상 ~50%	50~60%	60~70%	70~80% 미만	80%이상
단체수	167	33	26	31	31	31	15

'98 상수도재정 및 경영상태를 살펴보면 부채비율은 37.3%수준(공기업 단체, 억원)으로 공기업 단체당 평균 부채는 366억원으로 나타났다.

기관별 부채비율 ('98)

구 분	기 관 수	비 율
20% 미만	11	11.9%
20%~50%	35	38.0%
50%~100%	31	33.7%
100%~200%	14	15.2%
200% 이상	1	1.1%

2) 대전광역시 상수도요금 현황

- 수도법 제12조에 의하면 수도사업자가 합리적인 원가산정에 따른 요금체계를 확립하고 수도시설의 정비·확충 및 수도에 관한 기술 향상을 위하여 노력하여야 하며, 요금체계를 확립함에 있어서 수요자의 물절약을 유도하도록 규정하고 있다. 이에 따라 대부분 시도에서는 누진요금제를 시행하고 있다.

상수도 업종별 요금표

업종	사용량(m ³ /월)	m ³ 당 요금(원)	비고
가정용	1~20	370	<ul style="list-style-type: none"> • 공용급수전은 m³당 370원 일괄적용 • 사회복지시설의 41m³ 이상 사용요금은 m³당 580원 적용
	21~40	580	
	41이상	760	
일반용	1~50	520	<ul style="list-style-type: none"> • 계량기미설치 소방용수는 개소당 10,400원 적용 • 학교(초·중·고), 수영장, 대덕연구개발특구 입주기관 및 기업의 101m³ 이상 사용요금은 710원 적용
	51~100	710	
	101 이상	880	
목욕용	1~700	470	
	701~1,000	550	
	1,001 이상	610	
전용공업용		145	

자료) 대전광역시 상수도급수조례 별표2

구경별 기본요금

구 경	금 액	비 고
13mm	860원	
20mm	2,420원	
25mm	3,890원	
32mm	7,540원	
40mm	11,670원	
50mm	18,520원	
75mm	43,410원	
100mm	74,020원	
150mm	161,270원	
200mm	229,070원	
250mm	308,970원	
300mm	372,610원	
400mm	510,450원	

자료) 대전광역시 상수도급수조례 별표3

가. 개선방향

1) 원가 산정체계 개선방안

(1) 감가상각 내용연수

- 현재 각 지방상수도 사업에서 적용되는 감가상각 내용연수는 앞의 문제점에서 볼 수 있듯이 지방공기업법 시행규칙[별표2]의 「건물 등의 내용연수표」, [별표3]의 「업종별자산의 내용연수표」에 따라 적용되고 있음
- 각 지방자치단체의 수도관의 종류별 적용 내용연수를 검토하고 관계전문가, 실무자 등의 의견을 수렴하여 수도관의 적정 내용연수를 검토할 계획임
- 따라서 내용연수가 현실과 맞지 않는 수도관 등은 현행 내용 연수 25년~

40년에서 15년~20년으로 단축하여 감가상각비를 현실화함으로써 올바른 수도요금 총괄원가가 선정되도록 하는 방안을 검토할 예정임

- 예를 들면 수도관의 내용년수를 현행 40년에서 20년으로 단축할 경우 '99년 총괄원가에 미치는 효과는 다음과 같음

	현행	조정	증감율
영업비용	20,196,841천원	21,985,022천원	8.85%
자본비용	6,198,951	6,038,014	△2.60%
기타	△2,325,824	△2,325,824천원	-
총괄원가	24,069,968천원	25,697,212천원	6.76%
조정량	58,247천톤	58,247천톤	
톤당총괄원가	413.24원	441.18원	6.76%
톤당부과단가	359.81원	359.81원	
인상요인	14.85%	22.61%	7.76%

(2) 공정(적정) 투자보수율

- 공정투자 보수율 9%의 적정성 문제

- 현재 적용되고 있는 공정투자보수율 9%의 타당성을 검토하고 외국의 사례 및 국내 타 공공요금에 적용되는 공정투자보수율을 참고하여 수도사업에 적정한 투자보수율을 제시하고자 함
- 또한 앞의 문제점에서도 지적된 바와 같이 재정경제부의 「공공요금산정기준, 1982. 12. 24」의 공정투자보수에 관한 규정에 다소의 모순점이 있으므로 공정투자보수의 개념을 재정립할 필요가 있음
- 공정(적정) 투자보수율은 공기업의 건전한 유지발전과 미래에 예상되는 시설투자자금의 조성을 위해 적정한 수준으로 확보되어야 하며, 따라서 적정투자보수율의 적정이란 수용가에게는 수도사업의 독점이윤이 너무 높지 않게, 수도사업자에게는 재산의 손실이 발생할 정도로

너무 낮지 않게 산정 되어져야 함. 따라서 그 적정 폭은 공익성과 기업성의 조화를 이루게 하는 수준에서 결정 되어야 한다.

- 또한 현재 우리나라 공정투자보수율처럼 한번 결정되어지면 수년간 제도적으로 고정시킬 것이 아니라 물가변동 및 금리변동이나 경영능률의 향상에 따라 융통성을 부여하고, 또한 물가 등 경제상황 변화나 수도 시설투자의 시기별 규모 등에 따라 공정투자 보수율을 일정폭 변동시킬 수 있는 방안을 마련하는 방안을 마련해야 한다.
- 참고로 일본의 수도협회에서는 자본비용의 개념에 (지급이자+적정사업보수)를 제시하고 있으며, 사업보수액은 (시설개량비+배수시설확충비+원금상환금)-(감가상각비등에 의한 내부유보액+공사부담금)으로 상당히 확대된 개념을 적용하고 있음(우리나라는 자본비용에 지급이자 및 원금상환금을 제외하고 있음)

○ 공정투자보수율 9% 일률적용문제

- 현재 전국 지방상수도에 동일하게 9%의 공정투자보수율을 적용하고 있는 것에 대하여 그 동안 논란이 꾸준히 제기 되었기 때문에 이번에 개선방향을 모색해야 함
- 즉 지자체의 상수도 재정상태를 파악하여 이에 적합한 그룹별 가이드 라인을 제시하고자 함. 예를 들어 통합정수장 투자비를 부담한 지자체, 신규수도시설 운영지자체, 시설 규모 등 비교적 재정상태가 좋은 지자체 등 수도사업 특징별로 적합한 투자보수율 적용기준을 제시하는 것이 바람직함
- 또한 기준투자보수율을 정해주고 그 이상(Ceiling)은 금지시키고 기준 투보율 범위 내에서 지자체실정(자본비용을 고려한 투보율 수준)에 맞게 조정하도록 하는 방안을 마련할 필요가 있음
- 일본에서도 수도요금 조정시 물가대책위원회에서 그해에 적용할 공정

투자보수율을 결정해 주고 있음

(4) 총괄원가 산정기간 개선방안

- 현행 총괄원가 산정방법은 과거의 실적에 의한 것이기 때문에 미래의 투자계획이 반영되지 않아서 수도요금의 일관성 및 안전성을 해치고 있다는 것은 앞의 문제점에서도 제시하였음
- 따라서 요금의 안정성과 기간적 부담의 공평성, 원가파악의 타당성 및 수도사업자의 경영책임면 등 여러 요소를 감안하여 3~5년간의 장기평균비용에 의하여 총괄원가를 산정하는 방법을 고려할 필요가 있다고 사료됨
- 실제로 환경부의 하수도요금의 경우 「하수도요금 산정지침, 1992」에서 하수도요금의 산정기간을 2~5년으로 규정하고 있음
- 원가산정 방식으로 장기평균비용의 개념을 도입할 경우 이해를 돕고자 다음의 경우를 예시로 제시하고자 함

2) 누수량 수용가 부담 개선방안

- 누수비용을 전량 수용가에서 부담하고 있는 문제의 대안으로서 누수 비용의 일정부분을 수도사업자가 책임을 지도록 하고(이 경우 인정누수량 및 인정계량기 불감수량의 개념을 도입하여 약 13~15%의 누수율은 현행과 같이 수용가가 부담하는 방안 등을 연구), 총괄원가는 유수량 증대사업의 재원확보를 위해 이전의 원가수준 또는 그 이상으로 높여 책정하는 방안을 고려하고자 함
- 이 경우 수용가는 지불해야할 수도요금에 변동이 없기 때문에 아무런 변화가 없는 것처럼 보이나 사실은 수용가가 지불하는 금액의 가치가 달라지게 되며, 수도사업의 수입금이 유수량 증대 사업에 투입될 경향이 높아지기 때문에 장래 요금 인상 요인이 대폭 축소될 수 있을 뿐 아니라 수용가는 당해 수도사업자의 경영효율을 명확히 파악할 수 있게 됨
- 또한 수도사업자의 입장에서 볼 때 유수량을 증가할수록 총 수입금이 증가

하기 때문에 현 제도에 비해 노후수도관 개량사업 및 요금인상정책에 적극적으로 참여하게 될 것이며, 최소한 용자이율 이상의 유수율 향상을 기대할 수 있다면 유수율 개량사업이 하나의 수익사업으로 자리매김할 수 있을 것으로 보임

- 여기서 중요한 것은 초기 유수율 개량사업을 위한 자금의 확보인데 수도사업자는 유수율 향상사업을 위해 요금 인상을 추진할 것이므로 수용가의 입장에서는 시행초기에 수도요금의 부담이 다소 높아질 가능성은 있으나 유수율이 제고될 수록 원가 상승요인이 줄어들게 되므로 장기적으로는 국가, 수도사업자 및 수용가 모두에게 이익이 돌아가게 된다고 할 것임
- 아울러 제도개선을 실시한 이후에는 요금현실화 정책이 조속히 실현되어야 하며, 유수율 향상을 위한 국가의 지원도 한층 강화될 필요가 있는데 현재의 용자금 이율을 대폭 낮추거나 또는 국고로 전환하는 것을 추진할 필요가 있음(환경부에서는 요금제도 개선을 마련한 후 예산당국에 이러한 방향을 강력히 요구할 예정에 있음)
- 따라서 생산원가 산정의 현 체계가 회계이론상 문제가 있는 것은 아니나 이와 같은 체계를 지속할 경우 수용가가 지불하는 금액의 상당부분이 땅속에 버려져 사회 비용을 증가시킬 수밖에 없는 상황이므로 수도사업자 일부 부담체계로의 전환을 통해 초기 시행의 어려움을 극복하여 제도개선을 시행할 필요가 있음

3) 요금부과체계 개선방안

(1) 업종구분의 개선방안

- 미국의 경우 대부분 가정용, 비가정용 또는 가정용, 산업용, 영업용으로 2~3개 업종으로 되어 있고 일본의 경우도 대부분 2~3개 업종으로 단순화 되어 있음.
- 대전광역시는 위에서 언급한 선진국과 같이 가정용, 일반용, 목욕용, 전용

공업용 4가지고 구분한 요금체계를 적용하고 있어, 요금부과체계 개선사업은 계획하지 않음.

업종구분 개선방안(안)

현행	제 1 안	제 2 안	제 3 안
가정용	가정용	가정용	일반용
업무용	비가정용	일반용	공중목욕탕
영업용		전용공업용	전용공업용
욕탕 1종			
욕탕 2종			
전용공업용			

(2) 누진요금 체계 개선방안

- 현재 2~6단계의 누진구간으로 되어 있는 제도를 사용목적과 절수효과를 검토하여 재조정할 필요가 있음
- 즉 업종별 사용량 분포 및 성격을 분석하여 누진요금제의 적용이 꼭 필요한 경우를 파악하여 업종별로 적합한 누진체계의 도입이 필요함
- 미국의 뉴욕시의 경우는 업종별, 누진구간별 구분 없이 단일요금제를 채택하고 있는 바, 우리나라의 경우도 가정용 외에는 이러한 제도의 도입을 장기적으로 검토할 필요가 있음. 그러나 급격한 단일요금제도의 전환에 따른 충격완화로 사용구간의 축소를 검토할 수도 있음

(3) 정액요금의 비중 확대

- 정액요금은 고정비의 성격을 갖는 시설투자비를 안정적으로 회수하기 위한 요금체계임. 행정안전부에서는 정액요금의 비중을 급수수익의 15% 이내에서 산정하도록 권하고 하고 있다.
- 정액요금의 비중이 너무 높으면 고정비 회수에 따른 안정적인 기업운영을 기대할 수 있는 반면 사용량에 따른 요금 증가율이 낮아져 물 절약을 위한

- 요금체계에 부적합하고 절수의지 고취에 문제점이 있다는 지적이 있다.
- 그러나 수도설비 투자비를 안정적으로 회수하여 이를 재투자하기 위해서는 향후 정액요금의 비중을 점차적으로 높여야 할 것으로 판단된다.
 - 향후 물수요가 감소하는 경우에는 안정적인 자본비용 회수가 어려울 것으로 판단되므로, 정액요금 비중의 확대범위는 장기적인 물 사용량 추세와 수도설비 투자액을 비교 분석한 결과를 토대로 결정되어야 할 것임.

2.0 민간위탁 관리방안 검토

2.1 민간화의 법적 근거

우리나라의 민간화 정책은 영국 또는 프랑스와 같이 법적근거를 갖지 못하고 다만 국가행정력에 의해 계획되고 추진되고 있다.

이것은 정부의 민간화 정책이 어떠한 법적 구속력을 가지고 있지 않다는 것을 의미한다.

정부가 수행하는 모든 정책은 첫째, 시장의 자율화 및 경제의 효율성을 제고하여 궁극적으로는 국가경쟁력을 강화하는 것이며 둘째, 민간화가 성공적인 정책이 되기 위해서는 여러 가지 장애요인으로 인해 장기적인 시간이 요구된다.

그러므로 국가경제의 제고를 할 수 있는 주요 정책을 장기간 일관성 있게 추진하기 위해서는 법적 근거가 매우 중요하며, 수도사업에 민간부문이 참여할 수 있는 법적근거를 정리하면 다음과 같다.

수도사업에 있어서 민간화의 법적 근거

관련법	조항	내용
사회 기반 시설에 대한 민간투자법 (개정2009.6.9 법률9780)	제2조	<ul style="list-style-type: none"> • 민간투자 대상사업 <ul style="list-style-type: none"> - 생산활동의 기반이 되는 시설, 당해 시설의 효율을 증진시키거나 이용자의 편의를 도모하는 시설 및 국민생활의 편익을 증진시키는 시설로서 총 48가지 시설 - 수도법 제3항 5호에 정의된 수도
	제3조	<ul style="list-style-type: none"> - 수도사업과 관련된 관계법률인 수도법의 민간참여제한규정에도 불구하고 우선적으로 적용됨
	제4조	<ul style="list-style-type: none"> - 민간유치사업으로 조성된 시설은 국가 또는 지방자치단체에 귀속·사용됨
지방공기업법 (일부개정 2008.2.29 법률8852)	제2조	<ul style="list-style-type: none"> • 대상사업 <ul style="list-style-type: none"> - 수도사업(간이상수도사업 제외), 공업용수도사업, 궤도사업(도시철도사업 포함)등 총 8가지 사업에 민간부문이 참여할 수 있음 - 기타 주민의 복리증진에 기여하거나 지역개발 또는 지역경제 활성화에 이바지할 수 있으며, 경상경비의 50% 이상을 경상 수입으로 충당하는 사업으로서 지방의회의 의결을 얻은 사업
	제53조 1항,2항	<ul style="list-style-type: none"> • 공사의 자본금 출자규정 <ul style="list-style-type: none"> - 공사의 자본금은 지방자치단체가 전액을 현금 또는 현물로 출자 - 공사운영을 위하여 필요한 경우 자본금의 50%를 초과하지 않는 범위내에서 지방자치단체외의 자로 하여금 출자하게 할 수 있음
	제77조의 3항	<ul style="list-style-type: none"> • 지방공사 및 지방공사외의 출자법인 <ul style="list-style-type: none"> - 규정된 사업을 효율적으로 수행하기 위하여 지방자치단체는 자본금의 50% 미만을 출자하여 지방자치단체외의 자와 공동으로 상법에 의한 주식회사 또는 민법에 의한 재단법인을 설립·운영할 수 있음(민간공동출자사업)

2.2 민간화의 필요성

오늘날 정부부문의 공공서비스 공급에서 가장 보편적이고 근본적인 문제는 재정 부족과 이로 인한 서비스 공급수준에 대한 불만족이 제기되고 있다는 점이다.

특히 지방자치단체의 입장에서 본다면, 지역주민들의 세금을 지출한 만큼 서비스 공급이 불충분하다면 개선을 강력히 요구할 것이다. 이러한 상황 하에서 공공부문의 서비스 공급체계에 획기적인 변화가 없다면, 지방자치단체는 재정압박으로 인하여 효율적인 서비스 공급을 제공할 수 없을 것이다. 이때 고려할 수 있는 여러 가지 대안 중 하나가 공공서비스 공급에 민간화 도입이다.

공공부문에 민간자원을 이용한 미국, 일본 등 선진 여러 국가에서 그 필요성이 충분히 인정되고 있다. 우리나라에서도 최근 수년간에 걸쳐 제기되고 있는바, 공공부문만으로 해결하기 어려운 각종 국가기반시설 확충 등에 민간화가 활발히 진행되고 있다. 공공부문으로의 민간화는 민간부문의 창의성과 능률성을 공공부문에 도입할 수 있으며, 공공부문은 민간부문에 장기적인 공공사업참여의 기회를 제공한다는 등의 측면에서 그 필요성이 제기되고 있으며, 이는 비용절감이라는 이유를 그 근거로 하고 있다. 상수도 사업에 있어서 민간화의 필요성은 다음과 같다.

2.2.1 상수도 관리체계 및 운영의 개선

정부가 관리능력 면에서 운영비효율(X-inefficiency)로 인한 비용상승 및 조세 저항 등에 의해 재정압박에 직면하게 되는데, 이것은 공공부문이 민간부문에 비해 비효율적으로 운영되고 있다는 것을 의미한다. 공공부문의 비효율적 운영은 구조적 제약에서 야기되는 경우도 있으나 많은 경우 자본에 대한 수익률의 하락, 시설에 대한 미흡한 활용, 기업가정신의 부족 등에서 기인한다고 볼 수 있다. 그러므로 비효율적 공공부문의 민간화는 첫째, 공공부문의 재정부담을 축소할 수 있으며 둘째, 국가 소유의 공기업 지분을 다양한 방법으로 민간화 함으로서 재정압박의 문제를 해결할 수 있는 방안이 될 수 있다.

상수도사업에서의 민간화는 국내·외 상수도 전문 업체들로부터 높은 기술력을 도입함으로써 신기술 적용은 물론 환경변화에 따른 신속적인 대응력이 제고될 수 있다. 또한 전문업체의 고기술화, 시스템화, 인력의 적절한 수급·배치 등으로 생산성 향상을 추진할 수 있는 토대가 될 수 있다.

2.2.2 민간자본의 유치로 상수도 관련시설의 개량화 및 현대화

국가경제규모의 확대 및 산업화, 도시화에 따라 정부에 시민들의 행정수요가 급격히 팽창하고 있다. 따라서 중앙정부에서 지방자치단체에 이르기까지 극심한 재정압박에 시달리고 있는 것이 오늘날의 현실이다. 특히 각종 중·장기발전 계획에 의한 재정조달문제는 공공부문만으로는 해결하기가 쉽지 않다.

민간화는 이러한 적자 및 재정조달문제에 적절한 해답을 제공해 줄 수 있으므로 정부예산상의 바람직한 정책이 될 수 있으며, 민간투자자들이 자금을 지원하게 됨으로써 공공부문이 필요로 하는 사업계획을 용이하게 시행할 수 있다.

상수도 사업에서의 민간자본 유치는 취·정수시설 및 노후관의 개량화·현대화·자동화, 각종시설 및 급·배수관의 개선 등으로 급수의 수질개선이 달성될 수 있다.

2.2.3 효율적인 인력 및 조직관리

현대 행정에서 야기되는 복잡 다양한 행정수요의 충족을 위해 새로운 전문적인 기술을 도입해야할 필요성이 증대되고 있는데, 수요가 발생할 때마다 인력을 충원하거나 필요시설을 설치하기가 쉽지 않다. 그러므로 이러한 수요는 민간부문이 가지고 있는 기존의 전문지식과 장비를 민간화를 통해 활용함으로써 업무의 전문성은 물론 재정 절감을 동시에 달성할 수 있다.

즉 민간부문이 상수도사업에 참여함으로써 민간부문이 지니고 있는 여러 Know-How, 예컨대 자동화 및 소규모 전문 인력 위주의 운영으로 비용을 절감하거나 외부의 신기술 및 경영합리화를 통한 행정쇄신 등으로 기술 및 환경

변화에 대응하는 조직개편 및 효율적인 인력수급이 이루어질 수 있다.

조직구성원의 개인적 측면에서 볼 때도 공공부문은 재화 또는 서비스를 독점적으로 공급하므로 각자에게 생산성 향상을 위한 인센티브를 제공하기 어려울 것이나 민간부문은 실적제나 능력급 등을 도입하여 생산성 향상을 위한 인센티브의 부여가 가능하다. 이러한 민간화는 조직의 효율적인 인력관리에 유용하게 사용될 수 있다.

2.2.4 지역경제 활성화에 기여

정부부문이 독점하고 있는 공기업부문을 민간화 시킨다면, 민간부문에서의 새로운 고용창출은 물론 연관 산업의 파급효과도 가져온다. 특히 지방공기업의 경우에는 그 지역산업을 육성시켜 지역경제를 활성화시키는데 바탕이 된다.

예컨대, 1978년 미국 캘리포니아주가 세금 동결 조치 이후 25,000여명의 주·시·군의 공무원이 감원된 반면에 같은 기간 동안 민간 부분에서는 55,000명의 새로운 고용이 창출되었다.

마찬가지로 상수도사업의 민간화는 지방정부의 공공사업에 민간부문의 참여를 확대시킴으로서 지역 및 민간경제의 활성화를 도모하며, 이를 통하여 지역주민의 자치행정으로의 관심과 참여를 증진시키게 된다. 기타 부대적인 기대효과로는 첫째, 수자원 모니터링 및 위험에 대한 신속한 대응, 둘째, 축적된 관리경험 및 풍부한 정보의 이용, 셋째, 숙련된 기술자와 전문 인력의 양성 등을 들 수 있다.

2.3 대전광역시 상수도 민간화 추진방향 및 최적적용 모델개발

2.3.1 민간화의 추진방향

가. 적합한 민간화 모델의 제시

대전광역시 상수도의 적절한 민간화 모델은 모델1(현 운영체제의 부분적 보장),

모델2(현 운영체제의 획기적 개선), 모델3(상수도사업의 민간주도)으로 제시할 수 있다. 각 모델에 대한 참여방식 및 참여내용, 기대효과는 다음 표와 같다.

민간화 모델제시

구 분	모 델(1)	모 델(2)	모 델(3)
개 요	현 운영체제의 부분적 보장	현 운영체제의 획기적 개선	상수도사업의 민간주도
민간화방식	<ul style="list-style-type: none"> • 취·정수, 급수 및 관리분야의 서비스 계약 • 부분적 위탁관리 및 B.O.T 계약 	<ul style="list-style-type: none"> • 취·정수, 급수 및 관리 분야별 위탁관리 또는 B.O.T 계약 	<ul style="list-style-type: none"> • 수도사업 전반의 양여권 계약 또는 민영화
민간화내용	<ul style="list-style-type: none"> • 각 정수장의 고도정수처리 기술지원 • 급수관망의 긴급보수공사 대행 • 검침, 고지서발부 및 요금징수 • 대전광역시지역 비상급수 시설건설 및 B.O.T 계약 등 	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 정수장의 일부 또는 전부의 위탁관리 • 신규 정수장건설 및 B.O.T 계약 • 기존 배수지, 양수장의 위탁관리 • 신규 배수지건설 및 B.O.T 계약 • 신규건설포함 급수관망의 포괄적 B.O.T계약 등 	<ul style="list-style-type: none"> • 상수도사업에 관한 전반적인 양여권 계약 • 대전상수도공사의 설립 • 대전상수도(주)의 설립
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> • 고급기술지원으로 수질 및 생산성 향상 • 단순인력감축으로 예산절감 • 고가장비구입에 따른 예산 및 유지관리비 절감 	<ul style="list-style-type: none"> • 적극적 민자유치로 급수서비스의 질적 향상 • 고도의 기술력과 효율적 경영체제 도입 • 인력 및 조직의 획기적 감축으로 예산절감 	<ul style="list-style-type: none"> • 민간이전에 따른 지역경제 부양효과 • 고도의 기술력과 효율적 경영체제 도입 • 인력 및 조직의 획기적 감축으로 예산절감

나. 민간위탁의 장단점 검토

민간위탁의 장단점

구 분	지자체 직영시	민간위탁 운영시
장 점	<ul style="list-style-type: none"> • 주민신뢰 구축 용이 • 도산, 파업 등에 의한 업무중단이 없음 • 시설의 안정적 운영이 가능 • 영리추구가 주목적이 아니므로 공공의 신뢰성 확보 	<ul style="list-style-type: none"> • 운영관리의 탄력성 확보 • 지자체의 감독기능 부여 • 전문적인 운영관리로 비용절감 • 진보적 기술적용 가능 • 설계 및 시공인력 확보로 시설 개·보수 용이
단 점	<ul style="list-style-type: none"> • 감사를 의식한 조직의 경직성과 각종 보고 등 잡무의 과중으로 인한 운영관리의 효율성 저하 • 잦은 인사이동에 의한 전문성 결여 • 운영과 감독을 동시에 수행함으로써 감독기능의 저하 	<ul style="list-style-type: none"> • 이윤추구의 극대화로 공공의 신뢰성 저하 • 개·보수시 지자체와 협의 필요 • 도산, 파업 등에 의한 업무중단 우려 • 기존 처리장의 경우 기존근무인력 고용승계 곤란 • 주민에 대한 책임행정 구현미흡 • 상수도 요금현실화로 주민부담가중

다. 민간위탁의 경제성 검토

1) 유지관리비 현황

유지관리현황

(단위 : 백만원)

구 분	유지관리비	비고
계	47,622 (100%)	총 운영인력 : 481명 -행정직 : 59명 -기술직 : 99명 -기능직 : 188명 -기 타 : 135명
인 건 비	21,282 (44.7%)	
약 품 비	1,248 (2.6%)	
동 력 비	3,546 (7.4%)	
원·정수구입비	2,565 (5.4%)	
수선유지비	7,229 (15.2%)	
기 타	11,752 (24.7%)	

자료) 상수도통계(2008, 상수도통계)

2) 동력·약품비·수선유지비

전체운영비 중 동력비·약품비·원정수구입비·수선유지비의 비율이 30.6%에 불과하므로 기술개발에 의한 개선의 효과가 크게 나타나지는 않을 것으로 판단된다.

3) 이윤·부가가치세 추가

민간위탁시 이윤(제비용×5%)과 부가가치세(제비용+이윤)×10%가 추가적으로 보장되어야 할 것으로 보인다.

라. 민간위탁 참여방안

현재 맑은물을 공급하고자 하는 정부의 시책에 비추어 시민들에게 인간생활에 가장 중요한 먹는물인 상수도의 민간화도입 방안은 시민들의 정서에 비추어 고도로 민감한 정책부분이므로 정부의 주관하에 단계적으로 상수도 업무 공사화와 민간화를 추진하는 것이 바람직하다.

3.0 수도에 관한 연구 및 기술개발 계획

3.1 원수수량 확보 및 수질개선분야

3.1.1 개요

산업의 발달, 인구의 증가, 생활수준의 향상 등으로 각종 용수의 수요량은 계속 증가하고 있는 반면, 강우량의 계절적, 지역적 편중으로 인해 이용 가능한 수자원의 양은 한정되어 있다. 더구나 최근의 이상가뭄은 물부족 사태를 더욱 심각하게 만들었으며, 국민의 욕구를 충족시키기 위해 공급되어야 하는 물의 양은 부족하게 되어 상수원의 수질개선과 아울러 부족한 용수량 확보를 위한 노력이 절실히 요구되어 진다. 정부 및 지자체에서는 상수원의 수질개선을 위하여 하수처리장 건설 등 지속적인 투자확대와 방류수 수질규제 강화 등의 제도개선을 통한 노력을 계속하고 있으나, 새로운 오염원이 대폭 증가하여 상수원 수질은 개선되지 않고 있는 상황이다. 따라서 상수원의 효율적인 확보 및 안정적인 수량의 확보, 원수수질 개선에 대한 기술개발이 필요하다.

3.1.2 상수원의 효율적 보호를 위한 기술개발

- 상수원 보호구역 제도개선 및 강화 방안 마련에 따른 기술적 문제 연구
- 부영양화 방지 및 저감에 관한 연구, 개발
- 상류에서의 예기치 않은 독극물 등 유해물질 유입에 대비한 비상대책방안 및 자동 수질측정망 설치 및 예·경보 시스템 구축
- 수계 전체 수질 정보교환을 위한 전산 정보망 구축방안

3.1.3 원수 수량의 안정적 확보방안에 관한 기술개발

- 유역, 댐, 저수지에서의 최적 물 관리시스템 개발
- 지하수의 효율적 이용에 관한 연구
- 복류수의 효율적 이용을 위한 설계, 시공방법 개선방안
- 중수도(gray water)적용 가능한 분석 기법 개발

3.1.4 원수수질개선 방안에 대한 기술개발

1) 수질관리분야

국내 호소가 슬러지 및 퇴사 등에 의하여 부영양화 등 심각한 수질문제가 부각되고 있으나, 국내 호소의 관리처가 국토해양부, 환경부, 농림수산식품부, 지방자치단체 등 다양화되어 체계적 관리가 어려우며, 호소의 조건별 적절한 정책대안 수립에 의하여 체계적인 대책이 강구되어야 한다.

비점원 오염물질은 하천 및 폐쇄성 수역의 오염원으로서 주요한 부분을 차지하고 있음에도 불구하고 우리나라에서는 이의 처리대책 및 저감방안에 대한 연구실적은 미비한 상황으로 이에 대한 대책이 요구된다.

2) 수질·수량 종합관리분야

하천의 수질·수량 종합정보시스템의 개발은 수환경 및 수자원관리, 각종 정보의 효율적 관리를 위하여 매우 중요하다. 현재까지 하천의 수환경 분야와 수자원 관리 분야의 연구들이 각각 별도의 요소 기술확보에 집중되어 왔으며, 개별적으로 정보시스템의 구축을 시도하고 있다. GIS 기술을 도입하여 수환경 분야와 수자원관리 분야를 통합한 수질·수량 종합정보시스템의 구축이 시급하며, 아울러 위성정보를 이용한 수환경 관리기술의 개발이 필요하다.

3.2 정수처리공정 개선분야

3.2.1 개요

최근 상수원의 오염문제가 사회문제로 대두되어 많은 사람들의 우려와 주목의 대상이 되고 있으며, 상수소비량이 매년 증가함으로서 제한된 하천수량으로부터 공급할 수 있는 상수원 확보와 정수과정에서 양질의 수질을 생산하는데 많은 어려움이 있다. 그러므로 수질이 불량한 상수원수를 정수하여 양질의 먹는물로 만들기 위하여 정수처리공정중 기존의 비효율적인 설비 또는 비효율적인 운영을 개선하는 정수처리시설 운영최적화 방안이 최근 국내 동향으로 대두되고 있다. 시대의 변천에 따라 다양한 오염물질이 원수 중에 유입되고 있는데 반해, 현재

의 기존 정수처리시설은 다양한 오염물질을 전부 제거할 수 있는 시설이 아니고 탁도와 연계된 오염물질의 제거 및 소독공정 위주로 운영되고 있다. 따라서 원수의 특성에 따른 정수시설의 현대화가 시급하며, 이와 함께 고도정수처리법의 도입이 검토되어 투자와 시설의 건설이 이루어지고 있고, 계속적으로 고도정수처리시설 도입의 필요성이 대두되고 있다. 그러나 고도정수처리시설의 도입만으로 정수처리공정 개선이 이루어지는 것은 아니며, 원수의 수질과 기능 등을 종합적으로 이해하고 판단해야 할 것이다.

기존 정수처리시스템과 고도정수처리공정의 체계적인 연구로 국내 원수수질에 적합한 공정 및 운전조건에 관한 정수처리시스템과 고도정수처리공정의 체계적인 연구로 국내 원수수질에 적합한 공정 및 운전조건에 관한 정수처리기술을 축적하여 상수원의 원수수질 악화에 따라 기존의 정수처리공정으로는 만족스럽게 처리할 수 없는 경우에 고도정수처리시설을 설치하여야 할 것이다.

외국의 경우 수십년 전에 건설된 정수장의 경우 몇 년마다 설계기준을 추가, 강화하고 장비와 방법들을 교체하고 있다. 국내의 경우도 우선 고도정수처리 도입보다는 현재의 기존 정수처리시설을 개선하고 시설이나, 장비를 보수, 교체, 활용하는 것이 선결 과제이다.

막대한 비용을 들여 고도정수처리시스템을 설치하더라도 취약한 국내 정수장의 운영실태 개선과 전문기술자의 확보 없이는 운영이 힘들고, 외국에서 기술과 제품을 수입함으로써 유지관리가 어려워, 국내 현실상 고도정수처리의 도입이 최선이 아니라 국내 실정에 맞는 기존정수장의 보완과 건설이 시급하다.

따라서 기존 정수공정의 개선 및 신공정 추가에 의하여 정수능력을 향상시키고, 처리수질도 향상시킬 수 있도록 이에 대한 연구개발이 필요하다.

3.2.2 기존 정수처리공정의 개선분야

- 응집효율 증대를 위한 혼화·응집 개선방향 연구
- 여과효율 증대를 위한 기술개발
- 경사관 침전지의 설계 및 효율적 운영에 관한 연구

- 철 및 망간제거를 위한 침전, 여과법 개선
- 정수장 슬러지의 효과적이며, 경제적인 처리, 처분방법 연구

3.2.3 신공정 개발 및 응용분야

가. 고도정수기술 실용화

현재 국내 상수원 중독성을 나타내는 미량의 유·무기물질 등에 의하여 수질오염이 가중되어 기존 정수처리공정으로는 처리가 불가능하여 고도정수처리공정을 도입하여 가동중이거나 시공중인 정수장이 21개소에 이르고 있으나 외국기술에 대부분을 의존하고 있는 실정이다.

따라서 국내 실정에 맞는 고도정수기술의 개발과 함께 현장에 적용할 수 있는 실용화 기술의 개발을 통해 국민이 안심하고 마실 수 있는 맑은 물을 공급해야 한다.

나. 고도정수기술의 표준화 및 상품화

- 원수특성에 따른 고도정수실용화 공정의 표준화
- 고도정수자동화 기술개발
- 고도정수 Package 시스템 개발

3.3 상수관로 관리 개선분야

3.3.1 개요

많은 지역에서 누수량이 과다하고 관 내부의 부식문제가 심각하여 녹물 또는 이물질에 대한 소비자의 불평이 증가하고 있다.

누수는 경제적 손실뿐만 아니라 수압의 저하로 인한 급수불량 지역의 발생을 야기할 수 있고, 누수지점에서는 부압시 외부로부터 오수 또는 지하수가 유입될 가능성이 있기 때문에 중요하며, 관부식은 누수의 원인이 될 뿐만 아니라 녹물문제, 통수불량 문제 등을 유발시키는바 이의 개선을 위한 대책이 시급하

며, 이에 따른 관련 기술의 연구 문제도 우선적으로 수행되어야 한다.

3.3.2 상수도관로의 유지관리 시스템 개발

상수도관로의 통수단면적의 축소와 적수문제, 교차연결, 역류 그리고 관로파손 등에 따른 용수공급의 불균형과 수돗물에 대한 국민적인 불신감은 사회 전반적인 위기의식의 초래와 공공서비스의 목적인 상수도시설의 의미를 상실하게 된다. 다음의 4가지 목표계획을 갖고 상수도관로의 유지관리 시스템을 적용·개발하여야 한다.

- 지역별, 인자별로 관로 파손특성 분석
- 관로의 상태진단 및 평가방법 개발
- 관로의 진단시 경제성 평가방법 및 모델 개발
- 각종 관중에 따른 노후도 예측모델의 개발 및 현장적용

3.3.3 상수도관로의 정보관리시스템 개발

수돗물의 안전 및 안정급수의 확보측면에서 상수도관로 시설의 최적 유지관리 시스템의 도입이 불가피하며, 이를 위해서는 관로정보의 수집정리 및 분석, 이를 위한 유지관리 효율화 측면에서 D/B화 및 Computer Mapping System도입, 각종 관종별 노후도의 진단 평가방법 확립과 현장조사방법, 그리고 국내 관로 파손사고의 특성분석, 종합적이고 체계적인 관로개량계획 등 다양한 고도기술을 도입한 관로시설의 최적 유지관리기법 및 정보관리시스템의 도입을 위한 여러 가지 연구개발이 필요하다.

3.3.4 수돗물의 2차 오염 방지기술

국민들의 생활수준 향상에 따른 건강 관심도가 공공서비스 차원에서 충족되지 못했을 경우 발생할 수 있는 불안감과 먹는 샘물의 상업화에 따른 계층간 위화감을 불러일으키는 등 사회·문화적 악영향을 초래할 수 있다. 따라서 심미적이고 균형적 사회·문화적 구조를 갖추기 위해서는 수량과 수질을 동시에 만족시킬 수 있는 위생적으로 안전한 수돗물을 안정되게 공급할 수 있는 상수도관로의 2차 오염방지가 필수적이며, 다음의 3가지 사항을 유념하여야 한다.

- 2차 오염 방지기술 효율평가 및 표준화 연구
- 수돗물의 2차 오염 방지기술을 위한 소재 및 장치 개발연구
- 상수도 관망내 수질관로 및 수질개선 기술개발 연구

3.3.5 수도관로의 특성해석

관로의 특성해석으로서는 관망에서의 유량, 수압의 최적운용을 목표로 할 수리해석, 관망에서의 수질유지를 위한 수질해석 및 해석결과에 기초한 관망의 최적개선방법 등의 연구개발이 필요하다.

가. 관망의 수리해석

관망중의 유량, 압력의 현상을 파악해 그 결과에 따른 최적설계, 최적운용을 가능하도록 하기 위한 실제 관망모델링과 수리해석법 연구가 필요하다.

나. 관망의 수질해석

관망은 유량, 압력뿐만 아니라 수질에 따라서도 영향을 받으므로 관로의 특성해석으로서 수리해석과 함께 수질해석이 중요하므로 급·배수 수질이 모델링, 분석방법 및 관내 수질악화 원인의 해석에 관한 연구가 필요하다.

다. 관망의 최적개선방법

관망의 수리해석, 수질해석을 기초해 양질의 적정압력으로 필요량만큼 공급 가능하도록 관망을 개선하기 위한 정체수 방지대책과 관로내 염소주입방법에 관한 연구가 필요하다.

3.4 수도시설 자동화분야

3.4.1 자동화의 개요 및 필요성

가. 개 요

자동화란 “인간의 감시, 수고, 결정 등을 대신 해주는 기계적, 전자적 장치를 이

용하여 장치, 공정, 시스템 등을 스스로 작동, 제어되게 하는 것”이다.

정의에 의하면 자동화를 한다는 것을 공정상에 있어서 인간의 참여나 의사결정을 필요로 하는 중간적인 구성요소나 단계를 줄이고 이 부분을 보다 발전된 기술력으로 대체하는 것을 의미한다.

나. 정수처리시설 자동화의 필요성

실제로 오늘날의 모든 수처리 설비는 처리능력증가, 운영개선, 소비자와 정부 관리자에게 보다 많은 정보제공 등에 대한 필요성을 안고 있으나, 수입에는 제한이 있고 운영비용은 계속 증가하고 있다.

자동화를 하면 운영자수의 증가를 최소화하고 소요되는 에너지 및 약품은 절감하고도 정수수질개선을 위한 처리공정의 최적화를 통하여 보다 적은 비용으로 보다 높은 생산성을 얻을 수 있다.

3.4.2 개발방향 및 추진과제

시설무인화, 통합제어 및 감시를 바탕으로 통합운영체계의 구축과 함께 시설의 최적운영과 설비도입의 효율성과 경제성을 확보해야 되는 분야로 개발방향과 추진과제는 다음과 같다.

개발방향 및 추진과제

개발방향	추진과제
<ul style="list-style-type: none"> • 설비상태 감시 및 유지관리 기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 고장분석, 설비종합 효율 평가 • 온라인 모니터링 등 설비상태 진단 및 평가방법 • 진동해석에 의한 설비상태 감시 기술 • 설비별 유지관리 지침 개발
<ul style="list-style-type: none"> • 설비별 최적운영 기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 설비간 간섭현상 방지 기술 및 장치 개발 • 유량계 신뢰도 제고 및 센서 기술개발 • 열역학 추계법을 이용한 회전기기의 에너지절감 기술 • 원가절감을 위한 설비 최적운영 시스템 개발
<ul style="list-style-type: none"> • 유체해석 및 유동기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 프로그램을 이용한 수처리설비 효율 평가 • 컴퓨터를 이용한 CFD 해석 기반기술
<ul style="list-style-type: none"> • 시설제어 및 통합운영 체계 구축방안 정립 	<ul style="list-style-type: none"> • 통합시스템 원격감시 및 제어시스템 개발 및 표준화 • 원격감시 및 제어 시스템의 안정성 확보 및 보안체계 구축

3.5 기타 관련분야

3.5.1 개 요

원수수질 및 정수처리시설, 상수도 관로시설의 연구 및 기술개발 이외에도, 장래 상수도 관련 운영방안 또한 보다 안전하고 깨끗한 상수도 물공급을 위해선 개선·연구 되어야 한다. 세부 추진현황에 대하여 다음 표에 나타내었다.

기타 관련분야 연구개발

구 분	연 구 과 제	비 고
물 소비 절약	<ul style="list-style-type: none"> • 관부식 및 누수저감 방안 연구 • 물 소비 절약장치의 설치방안 연구 • 물 소비 절약을 위한 효율 체계를 포함한 제도적 측면에서의 연구 • 갈수기에 있어서의 물 소비 절약 특별 프로그램 개발 • 물소비 절약에 관한 소비자교육 방안 및 홍보 방안 연구 • 물소비 절약의 경제적 효과에 관한 연구 	
에너지 절약	<ul style="list-style-type: none"> • 상수도 시설 설계측면에서의 에너지 절약방안 연구 • 상수도 시설 운영측면에서의 에너지 절약방안 연구 • 에너지 절약을 위한 프로그램 개발 및 효과적 적용 방안 연구 	
전문인력 확보를 위한 교육	<ul style="list-style-type: none"> • 상수도 관련 전문인력 교육 프로그램 개발 • 기계분석을 포함한 수질분석 기술 교육방안 연구 	
상수도 관련 시설의 국산화 및 표준화	<ul style="list-style-type: none"> • 상수도 계량기의 정밀도향상에 관한 연구 • 상수도 계량기의 효율적 유지보수 기술개발 • 펌프 등 주요장비의 품질향상에 관한 연구 • 원격 자동제어방법 개발 및 응용 • 가정용 정수기의 효율, 신뢰도 향상 및 제도적 검사 연구 	

4.0 수도관리 인원확보 및 교육훈련 계획

4.1 개 요

정수시설을 유지하고 수질관리를 해 나가는 데는 무엇보다도 정수장 운영요원이 수처리 과정에 대한 개념을 먼저 이해하고 종사자들이 하고 있는 업무의 중요성을 인식하는 것이 필요하다.

따라서 정수장 관련 종사자들에게 수질시험과 정수장 운영관리 등에 관한 기본적인 간략한 내용의 교육을 실시하도록 한다.

4.2 수도관리 인원확보 현황

4.2.1 정수장 관리 인원현황

대전광역시 정수장 관리인원은 2007년 현재 총 159명으로 행정직 6명, 기술직 36명, 기능직 68명, 청원·일용직 49명으로 구성되어 있으며 현황은 다음 표와 같다.

대전광역시 정수장 관리 인원현황

정수장	운영인원(명)						
	직원총수	행정	시설	공업	기능	청원	일용
합 계	159	6	5	31	68	36	13
송촌정수장	53	2	2	14	19	11	5
월평정수장	56	2	1	9	27	13	4
신탄진정수장	50	2	2	8	22	12	4

자료) 2009 상수도통계(대전광역시 상수도사업본부)

4.2.2 수도관리 표준인원

정수장 관리 인원은 크게 시설관리, 수질관리 및 행정관리의 3부분으로 나눌 수 있다. 시설관리자는 각종 정수처리 시설의 운영, 점검, 보수 등의 업무를 수행하며, 수질관리자는 원·정수의 수질분석, 약품주입량 산정, 수처리공정의 관리 등의 업무를 수행하고 행정관리자는 인원, 자재 등에 관한 행정서비스를 담당하게 된다.

또한, 정수장관리 인원 중에는 수도법, 산업안전보건법, 소방법, 전기사업법, 고압가스 안전관리법, 수질환경 보전법등 각종 법령규정에 의하여 적정자격을 갖춘 인원 즉 법정관리 인원을 포함하여야 한다.

정수장관리 인원 중에 포함되어야 하는 법정관리 인원은 다음 표에 나타났다. 정수장관리 인원에 대한 표준은 1994. 8월 환경부(당시 환경처)에서 작성한 「정수장 인원관리 및 사기양양대책」에 상세히 검토되어 있다. 다음 표에 정수장관리 인원 산출기준, 정수장 용량별 표준인원을 나타냈다.

정수장 법정관리 인원기준

구분	근거 법령	사용 범위	업무 내용	표준 인원	자격 요건
수도시설 관리자	수도법 제21조	일반수도사업자	수도관리의 기술상 업무 및 사무에 종사하는 직원 감독	1인	수도법시행령 제33조의 규정에 해당하는 자
안전 관리자	산업안전보건법 제15조 및 동법시행령 제12조	상시 50인 이상의 근로자를 사용하는 사업장	수도사업 종사자의 안전에 관한 사항	0~1인	산업안전보건법 시행령 제14조의 규정에 해당하는 자
보건 관리자	산업안전보건법 제16조 및 동법시행령 제16조	상시 50인 이상의 근로자를 사용하는 사업장	수도사업 종사자의 보건에 관한 사항	0~1인	산업안전보건법 시행령 제18조의 규정에 해당하는 자
방화 관리자	소방법 제9조 및 동법시행령 제3조	1,2급 방화관리대상 건물	방화계획, 훈련실시, 화기 취급 등의 방화관리	0~1인	소방법시행령 제9조의 규정에 해당하는 자
전기안전 담당자	전기사업법 제45조	전기사업자 및 자가용 전기설비의 소유자 또는 검유자	전기설비의 공사·유지 및 운영	0~1인	전기추급분야에 국가기술자격을 취득한 자
고압가스 안전 관리자	고압가스 안전관리법 제15조 및 동법시행령 제11조	고압가스 사업자 및 특정고압가스사용 신고자	가스시설의 안전관리 및 위해방지	저장능력 250kg 이상 : 안전관리 총괄자 및 책임자 각 1인 저장능력 250kg 이하 : 안전관리 총괄자 1인	고압가스 취급분야의 국가기술자격을 취득한 자
배출수 처리시설 관리자	수질환경보전법 제23조 및 동법시행령 제19조	배출시설의 설치 또는 변경에 대한 허가를 받은 자	정수장 슬러지처리 및 배출수 관리	0~1인	수질환경보전법 제23조 및 동시행령 제19조의 규정에 의한 수질환경관리 기사1급 또는 2급

자료) 환경통계연감(환경부, 1996)

정수장 일반관리 인원기준

(시설규모 : 천m³/일)

구분	업무내용	시설규모별표준인원					
		3이하	3~5	5~20	20~100	100초과	
수질관리인원	수질관리 책임자	수질관리 업무총괄	0.25인	0.4인	1인	1인	1인
	수질시험	정수장수질검사 수도전수질검사 취수원수질검사	0.25인	0.4인	1~2인	1만톤당 0.3인 증	10만톤당 0.3인 증
	수처리공정 관리	수처리 공정관리 (응집→침전→ 여과→소독 등)	0.25인	0.4인	1~2인	1만톤당 0.3인 증	10만톤당 3인 증
	수질관리근무	정수장약품관리 수질자료 관리 대내외업무처리	0.25인	0.4인	1인	1만톤당 0.2인 증	10만톤당 2인 증
	야간근무자	정수장수질검사 및 관리	1조(0.5인)× 2교대 =1인	1조(1인)×2 교대 =2인	1조(1~2인) ×2교대 =2~4인	1만톤당 1조 당 0.2인 증	10만톤당 1조당 1인 증
시설관리인원	시설관리 책임자	시설관리 업무 총괄	0.25인	0.4인	1인	1인	1인
	송·배수시설 관리	송·배수관, 정수지, 배수지 시설관리	0.25인	0.4인	1~2인	1만톤당 0.3인 증	10만톤당 3인 증
	기계시설 관리요원	정수장 기계 시설 관리	0.25인	0.4인	1~2인	1만톤당 0.3인 증	10만톤당 3인 증
	전기·계장 시설관리요원	정수장 전기·계장설비 유지관리	0.25인	0.4인	1인	1만톤당 0.2인 증	10만톤당 2인 증
	야간근무자	정수장 시설점검 및 관리	1조(0.5인) ×2교대 =1인	1조(1인) ×2교대=2인	1조(1~2인) ×2교대 =2~4인	1만톤당 1조당 0.2인 증	10만톤당 1조당 1인 증

자료) 환경통계연감(환경부, 1996)

정수장 용량별 표준관리인원

(단위 : 인)

시설 용량	계	수리관리 (보건,환경,화공,별정)			시설관리 (토목,기계,전기)			행정관리(행정)		
		소계	일반 별정	기능	소계	일반 별정	기능	소계	일반 별정	기능
3천톤/일	5	2	1	1	2	1	1	1	1	-
5천톤/일	8	3	1	2	4	2	2	1	1	-
10천톤/일	13	6	3	3	6	3	3	1	1	-
20천톤/일	22	10	4	6	10	4	6	2	1	1
30천톤/일	24	11	5	6	11	5	6	2	1	1
50천톤/일	33	15	6	9	15	6	9	3	2	1
100천톤/일	44	20	8	12	20	8	12	4	2	2
200천톤/일	65	30	12	18	30	12	18	5	3	2
300천톤/일	87	40	16	24	40	16	24	7	4	3
500천톤/일	130	60	24	36	60	24	36	10	5	5
800천톤/일	195	90	36	54	90	36	54	15	8	7

자료) 환경통계연감(환경부, 1996)

4.2.3 과부족현황 및 확충계획

대전광역시 정수장의 2007년 현재 보유인원과 일반관리기준으로 산출한 소요인원을 비교해 볼 때 송촌정수장, 신탄진정수장은 시설용량 300천m³/일으로 87인이 필요한 것으로 산출되지만 실제로 송촌정수장 53인, 신탄진정수장 50인으로 운영되고, 월평정수장의 152인이 필요한 것으로 산출되지만 56인이 운영하고 있다.

이는 환경부에서 기준인원을 산정할 당시가 1996년으로 현재에는 정수장 현대화가 상당부분 이루어졌으므로 정수장별 소요인원이 달리 나타난 것으로 파악된다.

유지관리인원 과부족현황

구	분	송촌정수장	월평정수장	신탄진정수장	비 고
시 설 용 량(천m ³ /일)		300	600	300	
소 요 인 원	용량별관리기준	87	152	87	
	일반관리기준	48	94	48	
보 유 인 원		53	56	50	
과 부 족 (일반관리기준)		5	△38	△2	

4.3 수도관리자 교육훈련계획

상수도 업무의 전문화와 시민 서비스의 고급화를 위하여 수도관리자들에 대한 전문적인 교육훈련이 필요하다.

교육훈련은 자체교육 및 외부교육으로 나누어지며 그 내용은 다음과 같다.

4.3.1 환경부 교육훈련

환경부 교육훈련은 공무원의 직급별로 기본교육과정 및 전문교육과정으로 구성되어 있으며 환경보전 관련법규, 준수사항 및 실무분야별 환경전문기술을 교육훈련하고 있으며 교육훈련과정 현황은 다음 표와 같다.

환경부 교육훈련과정

구분	과 정	반 명	교육내용	교육대상	교육기간	교육횟수	교육인원		
기본교육	중견관리자과정	환경행정관리자반	• 환경정책수립 및 추진능력배양을 위한 직무교육	환경부 및 그 소속기관에 근무하는 5급 공무원	3주	1	42		
	초급관리자과정	환경행정초급관리자반	• 초급관리자로서 필요한 기본소양 및 지도력등 자질함양 교육	환경부 및 그 소속기관에 근무하는 5급승진 예정자	4주	1	10		
	중견실무자과정	환경행정중급실무자반	• 환경업무를 담당하는 중견실무자로서 갖추어야 할 자질함양 교육	환경부 및 그 소속기관에 근무하는 6·7급 공무원	2주	2	90		
	초급실무자과정	환경행정초급실무자반	• 환경업무를 담당하는 초급실무자로서 필요한 환경기초지식 및 기술배양을 위한 직무교육	환경부 및 그 소속기관에 근무하는 8·9급 공무원	3주	1	38		
전문교육	환경정책과정	환경제반	• 환경투자의 비용·편익분석의 사례 분석 • 환경의 가치추정	중앙부처·청 및 그 소속 기관과 시·도, 시·군·구에 근무하는 5·6급 공무원중 당해 교육을 필요로 하는 일반·특정직 공무원	1주	1	39		
		지구환경관리반	• 지구환경관리 국제동향 • 국제환경협약해설	중앙부처·청 및 그 소속 기관과 시·도, 시·군·구에 근무하는 공무원중 당해 교육을 필요로 하는 일반·특정직 공무원	1주	2	95		
	자연환경보전과정	자연환경보전과정	• 자연환경 보전실무 • 생태학	"	"	1주	2	129	
		환경영향평가반	• 환경영향평가법 해설 • 환경영향평가서 작성 및 검토요령 • 분야별 환경영향평가기법	"	"	2주	2	138	
		도양환경관리반	• 도양환경보전법 해설 • 도양오염원 관리 • 오염도양의 복원	"	"	1주	2	110	
	유독물질관리과정	유독물질관리반	• 유해화학물질관리 시책 • 유독물사고처리 요령	"	"	1주	2	105	
	상·하수도관리과정	상·하수도관리과정	상수도반	• 상수도 정책 • 상수도 관련 법규 • 상수도 시설계획	"	"	1주	2	91
			하수도반	• 하수도 정책 • 하수도 관련법규 • 하수도 시설의 유지관리 • 하수종말처리시설계획 및 설계	"	"	1주	2	110
			먹는물관리반	• 먹는물의 수질기준 해설 • 먹는물의 수질관리	"	"	1주	2	133
			하수처리시설운영반	• 하수처리의 이론 • 하수처리장 유지관리 • 기계, 전기설비와 운영방법	하수처리장에 근무하는 공무원 (단순노무자제외, 실험실근무자는 수질측정검사반으로 편성)중 당해 교육을 필요로 하는 공무원	1주	3	159	

4.3.2 한국수자원공사 교육훈련

수도교육을 담당하는 한국수자원공사 연수원의 교육은 수도운영 종사자들에게 필요한 맑은 물 공급의 사명감 고취 및 수도의 기본체제와 관련 분야의 이해, 관련업무내용에 대한 전문지식 습득을 목표로 교육하고 있으며, 이들 교육과정은 교과목별 강의 및 실습 등 실무자들에게 전문 지식 습득의 좋은 기회를 제공하여 주며, 자질향상에 상당한 도움을 줄 것으로 판단된다.

교육훈련과정 현황은 다음과 같다.

한국수자원공사 교육훈련 과정

과 정	반 명	대 상	기 간	대상인원	내 용
기본과정	수도시설 운영반	수도시설 종사자	1주(35시간)	40명×7회=280명	수도시설운영관련 기술습득
직무과정	수도토목반	6급이하 토목직	2주(70시간)	30명×7회=210명	수도토목관련 전문기술 습득
	수도수질반	6급이하 환경관리직	2주(70시간)	20명×5회=100명	수도수질 관련 전문기술 습득
	수도전기반	6급이하 전기직	2주(70시간)	35명×2회=70명	수도전기 관련 전문기술 습득
	수도기계반	6급이하 기계직	2주(70시간)	35명×2회=70명	수도기계관련 전문기술 습득
	수도시설 자동화반	수도시설 자동화 담당자	2주(70시간)	30명×3회=90명	수도자동화관련 전문기술 습득
전문과정	누수대책 실무반	누수방지업무 담당자	1주(35시간)	25명×5회=125명	누수탐사 및 방지관련 전문기술 습득
	수도시설 설계반	수도시설 설계관련자	1주(35시간)	30명×2회=60명	정수처리시설 설계 전문기술 습득
	수도계측반	수도계측제어 관리자	1주(35시간)	25명×1회=25명	수도계측제어 전문기술 습득
특별과정	수도관리자반	상수도 5급이상 관리자	3일(21시간)	30명×1회=30명	수도의 기본체제이해 및 상수도 송·배수계통이해

4.3.3 상수도 기술지원단 기술지원

가. 운영목적

원수 수질여건에 비해 정수처리 시설이 열악하고, 전문 인력 부족 및 예산부족으로 정수처리에 곤란을 겪고 있는 지방 중·소도시중 기술지원을 요청한 상수도 시설을 순회하며, 시설 및 운영관리 개선을 위한 기술지원과 시설종사자들에게 현지 실정에 맞는 실무교육을 통해 관리능력과 기술수준을 향상시키고 시설별 문제점에 대한 개선방향을 제시하여 상수도 시설의 운영·관리 개선대책을 제시, 수돗물 수질향상, 상수도 시설의 안전화, 효율화하여 국민에게 맑고 깨끗한 물을 생산, 공급하기 위함이다.

나. 지원단 구성

환경부에서 매년 환경기술개발 및 지원에 관한 법률 12조, 동법 시행령 21조·33조, 시행규칙 6조에 의거 환경관리공단, 한국수자원공사, 한국상수도협회와 역무대행 계약을 체결하여 기술지원 사업을 수행하고 있다.

다. 기술지원의 내용 및 방법

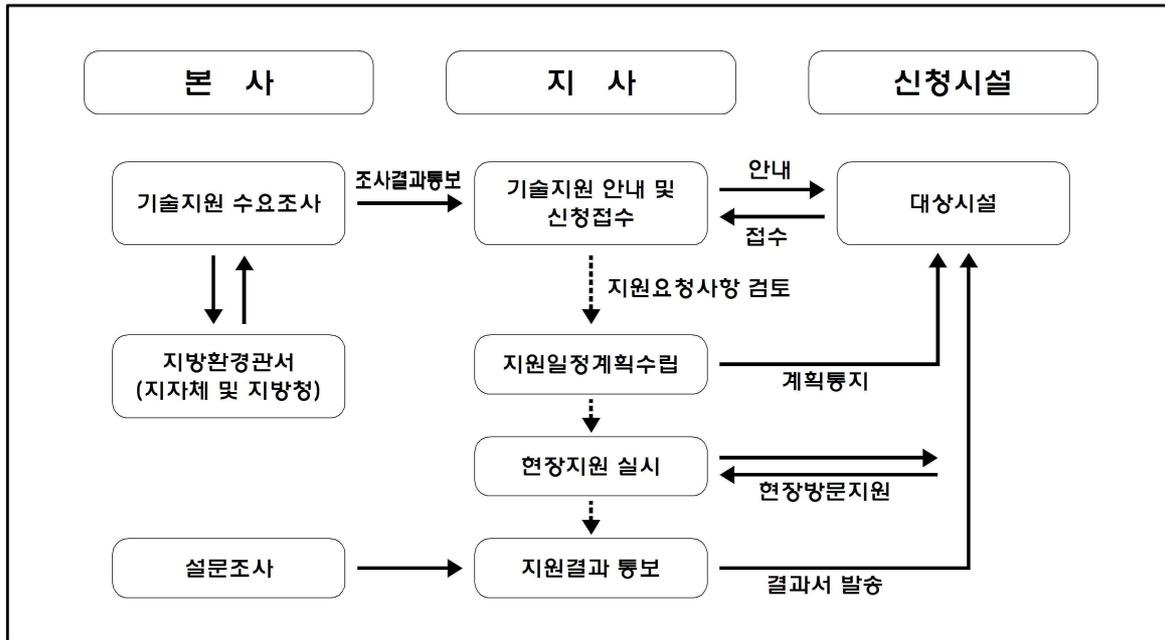
1) 환경관리공단

① 기술지원 업무

- 자원요청 사항에 대한 원인분석
 - 상호 관련사항 조사
 - 환경시설의 개선 및 효율화 방안
 - 시설 개선전 운영관리방안과 기존 시설의 최적화 방안
 - 시설개선의 응급, 단·장기 대책 방안
- 환경시설의 운영 및 관리방법 지도
 - 운전인자의 육안 관찰 및 제어방법
 - 적정처리 효율유지를 위한 일반사항 등

② 기술지원 방법

환경관리공단의 상수도 기술지원에 관한 절차는 다음과 같다.



업무지원 수행체계

2) 한국수자원공사

① 기술지원 내용

한국수자원공사에서는 지방상수도 기술지원효과의 극대화를 위해 2006년 이후 기술지원 개선을 통한 TSS(Total Support Service)를 운영중에 있다.

TSS란 기존의 현장 기술지원 외에 보고서 설명회를 통한 의사결정 지원, 공정 및 시설개선 기술자문, 운영교육 등 전 분야를 지속적으로 지원하는 기술지원 서비스를 말한다.

② 기술지원 방법

상수도 시설에 대한 기술지원은 TSS서비스의 5단계를 거치게 된다. TSS의 최종목표는 공정·운영·기술의 자문팀을 운영하여 지자체의 만족도를 향상 시킴으로써, 현장교육 및 공무원 전문교육과정을 실시하여 문제점 해결중심의 지원을 실시하는 것이다. TSS의 단계별 내용은 다음과 같다.

TSS단계별 주요업무

구 분	지 사 체	수 공	비 고
1단계 현장기술지원	자가진단 실시	공정/운영 적정성 확인	
2단계 보고서 설명회	참석인원, 장소, 설비준비	발표자료 준비	
3단계 자문실시	공정개선 자문신청	기술자문팀 운영	공정
	운영개선 자문신청	기술자문팀 운영	운영
4단계 공정개선 사후관리	개선효과 공동분석 신청	효과분석 및 실험실시	
5단계 개선사례 공유	개선사례 발표참여	교육활용/워크샵 개최	

3) 한국상수도협회

① 기술지원 내용

- 대상 정수시설별 현장조사를 통한 기술지원 실시
 - 시설 및 운영, 관리 현황 현장조사
 - 시설별·공정별 기능진단
 - 기존 시설을 최대한 활용한 공정 및 시설개선방안 제시
 - 정수시설 근무자 현장교육(필요시)
- 특별 기술지원 실시
- 기술지원 보고서 및 백서 발간 배포
- 전국 지방상수도 시설 현황 DATA File화 관리
- 상수도 운영관리 워크샵 개최

4.3.4 향후 교육훈련계획

정수시설을 유지하고 수질관리를 해나가는 데는 무엇보다도 정수장 운영요원이 수처리 과정에 대한 개념을 먼저 이해하고 종사자들이 하고 있는 업무의 중요성을 인식하는 것이 필요하나, 현재 정수장 관련 종사자들은 경험부족과 기술·정보의 부족으로 정수장의 운전·관리에 미숙한 점이 많기 때문에, 정수장 관련 종사자들에게 수질시험과 정수장 운영관리 등에 관한 기본적이고 간략한 내용의 교육을 실시하도록 해야 한다.

그러나, 현재 대전광역시 및 비슷한 규모의 지자체의 여건상 자체교육을 실시하기에는 어려움이 많으므로 환경관리공단, 한국수자원공사, 한국상수도협회에서 운영하는 상수도 기술지원단의 기술지원을 통하여 최소한 년 1회 이상 교육계획을 수립하여 실시하는 것이 바람직하다.

5.0 정보화관리

지금까지는 수도시설물에 대한 제어 및 감시가 단위 시설물에 국한되어 운영되고 있으나, 단위 시설물별 종합적인 인력에만 운영하는 수동 운전방식과 수작업에 의한 데이터 관리가 전 근대적인 방법으로 수도시설의 운영 및 유지관리상 문제점을 안고 있는 실정이다.

따라서 경제성 확보와 최소한의 인력으로 수도 업무의 효율 증대를 극대화하기 위한 상수도 시설물 통합관리 시스템 체계 도입이 절실히 요구되고 복수의 상수도 시설물(정수장, 배수지, 가압장, 관로 등)에 대한 감시 및 제어 운영관리와 자료의 축적, 관리, 맑은 물 공급과 경영혁신을 위하여 정보화를 도입하여 국가의 주요 자원인 물 절약과 상수도 업무의 효율성 제고 및 정보공개 확대를 통한 국민의 신뢰도 확보, 그리고 관련산업의 기술개발 촉진으로 국가 경쟁력 강화를 도모하고자 한다.

5.1 상수도 정보화의 추진목표

- 국가 수도정책의 체계적 발전, 수돗물의 안정적 공급

국가 수도정책의 체계적 발전, 수돗물의 안정적 공급을 위하여 2025년을 목표 연도로 한 전국의 시·군별 상수도 현황, 용수수급전망 및 개발계획, 상수도시설 개량 및 증설계획 등을 포함하는 전국 상수도종합계획 자료를 데이터베이스화하여 기초지방자치단체, 국토해양부, 농림수산식품부 등 관련기관에서 개별적으로 추진되고 있는 전국의 수도사업을 환경부에서 종합적·체계적으로 관리하여 향후 물 부족사태 등에 대비한 물 수요 관리정책 정보로 활용

- 상수도 시설물 DB 구축

상수도 시설물 DB 구축으로 노후수도관의 적기교체 및 노후 정수시설 등 노후 상수도 시설을 효율적으로 관리할 수 있도록 정보를 제공하며, 수도사업 운영 DB 구축을 통한 수도사업 인력·재원·기술관리를 계획적·수치적으로 계량화·체계화

○ 정보시스템 구축

환경부내 상수도종합계획 정보시스템 구축을 기반으로 지방자치단체 및 국토해양부, 농림수산식품부 등 관련기관과의 네트워크를 통한 기초자료 입력수행 및 자체자료 관리

○ 행정서비스 제공

상수도 정보의 종합적·입체적인 관리 및 국민에게 인터넷 등을 통한 속성 및 그래픽 정보를 제공하는 등 행정서비스의 질 향상

5.1.1 상수도 정보화의 기대효과**가. 안정적인 용수공급 가능**

169개 기초지방자치단체에서 설치·관리하는 일반수도 및 공업용수도, 국토해양부의 광역상수도 및 공업용수도, 농림수산식품부에서 관리하고 있는 농업용수도 등 관련기관에서 개별적으로 추진되고 있는 전국의 상수도 분야에 대한 종합적인 계획정보를 DB화함으로써 수도사업을 종합적·체계적으로 관리하여 향후 물 부족사태 등에 대비한 물수요관리 정책정보로 적극 활용

나. 상수도시설물의 효율적 관리

노후수도관의 적기 교체와 노후정수장 등 노후수도시설의 효율적 관리가 가능

다. 수도사업의 생산성 제고

인력·재원·기술관리가 계획적이고 수치적으로 계량화·체계화되어 수도사업의 생산성 향상

라. 합리적인 상수도정책입안 가능

전국의 상수도종합계획관련 도면정보를 수치화한 수치지도를 구축된 데이터베이스와 연계하여 관련정보를 신속하고 입체적으로 분석할 수 있게 됨으로써 보다 과학적이고 합리적인 상수도정책입안 가능

마. 정보서비스의 질 향상

상수도 유관기관이나, 전문가는 물론 학교와 일반 국민 등에 상수도 분야 정보를 쉽게 제공할 수 있는 등 정보서비스의 질을 획기적으로 향상

5.2 상수도 정보화 계획

- 국민에게 맑은 물의 안정적인 공급을 위해서는 상수원에서부터 취수장, 정수장, 급·배수관, 각 가정의 수도꼭지에 이르기까지 전과정에 걸쳐 적절한 관리가 필요하다. 이를 위해서는 정보 인프라 구축 및 관련제도 정보를 통해 수도행정의 투명성과 신뢰도 향상
- 미래지향적인 첨단 정보화 시스템 구축을 통하여 수도행정의 선진정보화를 실현하기 위한 상수도 전반에 대한 종합적이고 획기적인 관리계획 수립이 필요함
- 중앙기관에서도 상수도 정보화 계획을 포함한 물관리 전체를 대상으로 한 물관리정보화를 추진 중에 있음
- 대전광역시 상수도사업본부에서도 국민에게 맑은 물의 안정적인 공급 및 수도행정의 투명성, 신뢰도 향상 및 업무의 효율성을 위하여 상수도 정보화/자동화 시스템 구축을 위한 다양한 상수도 정보화 계획을 추진 중에 있음
- 상수도 정보화의 효율적이고 체계적인 사업시행을 위한 표준화가 절실히 요구되어지고 있어, 중앙기관(환경부)에서는 표준화 자문위원회를 구성하여 사업을 지원하고자 함
- 중앙기관에서 제시하는 상수도 정보화 표준화 방안을 기반으로 현 수도행정 특성에 입각하여 정보화 추진체계를 수립하여 보다 나은 수도행정의 기틀을 마련하여야 할 것으로 보임
- 상수도 정보화 계획 및 표준화 방안 마련에 있어 각 주요 관련기관별 정보화 계획 수행기능을 정립함으로써 정보화 구축을 통한 효율적인 수도행정 제고
- 주요 관련 기관으로는 크게 중앙정부, 도, 시/군, 정수장으로 분류할 수 있음
- 시/군의 경우에 있어서는 지자체별 ‘종합운영센터’의 구축을 통하여 상수도

시설 운영관리상의 단일화 방안을 강구하여 수도운영의 신뢰성 향상, 운전의 효율성 및 유용성 개선, 생산성의 향상 등 도모

- 정수장별 상수도 시설의 자동 및 수동운전의 적절한 분배 및 설비의 원격관리 수준의 일원화, 설비 가동데이터 및 수질데이터의 공유체계, 시설의 운영관리 및 유지보수체계의 단일화 등의 정책 마련을 통하여 안정적인 운영체계 마련이 필요할 것으로 판단됨

5.2.1 상수도 정보화 기본계획

가. 개요

- 계측제어 및 정보통신의 발달된 기술로 새로운 운영기법 및 합리적인 수도시설 운영체계 수립으로 수도운영의 신뢰성 향상, 운전의 효율성 및 유용성 개선, 생산성의 향상, 생산품질의 향상 도모 및 대국민 정보 제공을 위한 기반 구축

나. 목표

- 상수도 시설운영에 대한 「실시간 정보공개시스템」을 구축하여 행정의 신뢰도를 높이고 대국민 협력 유도
- 상수도 시설관리 및 업무처리에 자동화 및 정보화시스템 도입으로 행정의 효율성 제고 및 적시성 확보
- 관련 산업의 발달 및 정보통신기술 개발 촉진으로 국가 경쟁력 강화
- 상수도 정보화의 장기적 목표는 「환경과 경제가 상생하는 환경정책」으로 물 절약과 상수도 자원의 효율적 관리를 통한 경제성 확보

환경과 경제가 상생하는 환경정책

- 물 절약과 상하수도 자원의 효율적 관리를 통한 경제성 확보
- 환경보호와 경제성이 상생하는 ECO-2의 개념 달성

증상기적 목표

정보공개를 통한 신뢰성 제고

통합적 환경관리체계 구축

국가적 목표

- 정보화를 통한 통합적 환경관리체계 구축
- 자원의 효율적 이용
- 관련 기술개발 촉진 및 국산화
- 공개행정을 통한 환경정책의 투명성 제고

단기역량

상하수도 관리체계 구축

상하수도 정보화 목표

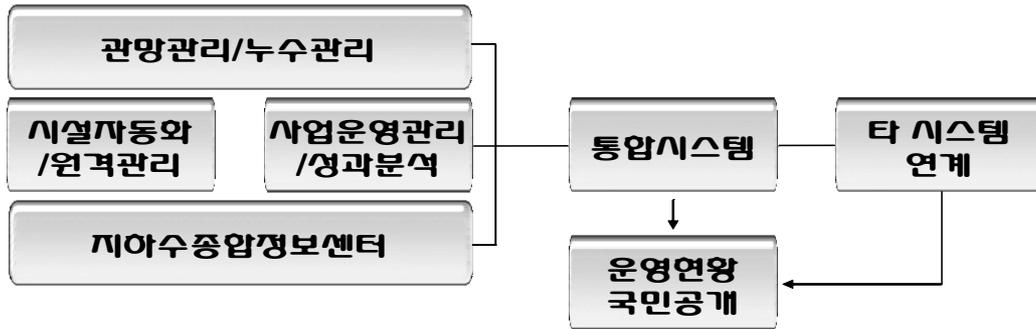
- 전국의 상하수도 정보화를 통한 기반구축
- 물 절약, 시설관리, 행정의 효율성 제고
- 정보공개를 통한 신뢰도 제고 및 국민참여
- 관련 사업의 기술개발 촉진

상수도 정보화 장기종합계획 목표

5.2.2 정보화 사업내용

- 정수장, 하수처리장 등 상하수도 시설의 체계에 대한 총체적인 자동화 및 정보화를 시도하기 위한 사업
- 관망관리·누수관리시스템, 시설자동화·원격 및 통합감시제어시스템, 사업 운영관리·성과분석, 지하수종합정보관리, 자료공개시스템이 환경부에서 추진하고자 하는 상수도 정보화의 주요구성 시스템임
- 타 시스템(수질환경정책수립지원시스템, 전국수도종합시스템, 물관리정보 공동활용 시스템 등)과의 연계를 통해 먹는 물에 대한 신뢰성 제고 및 상하수

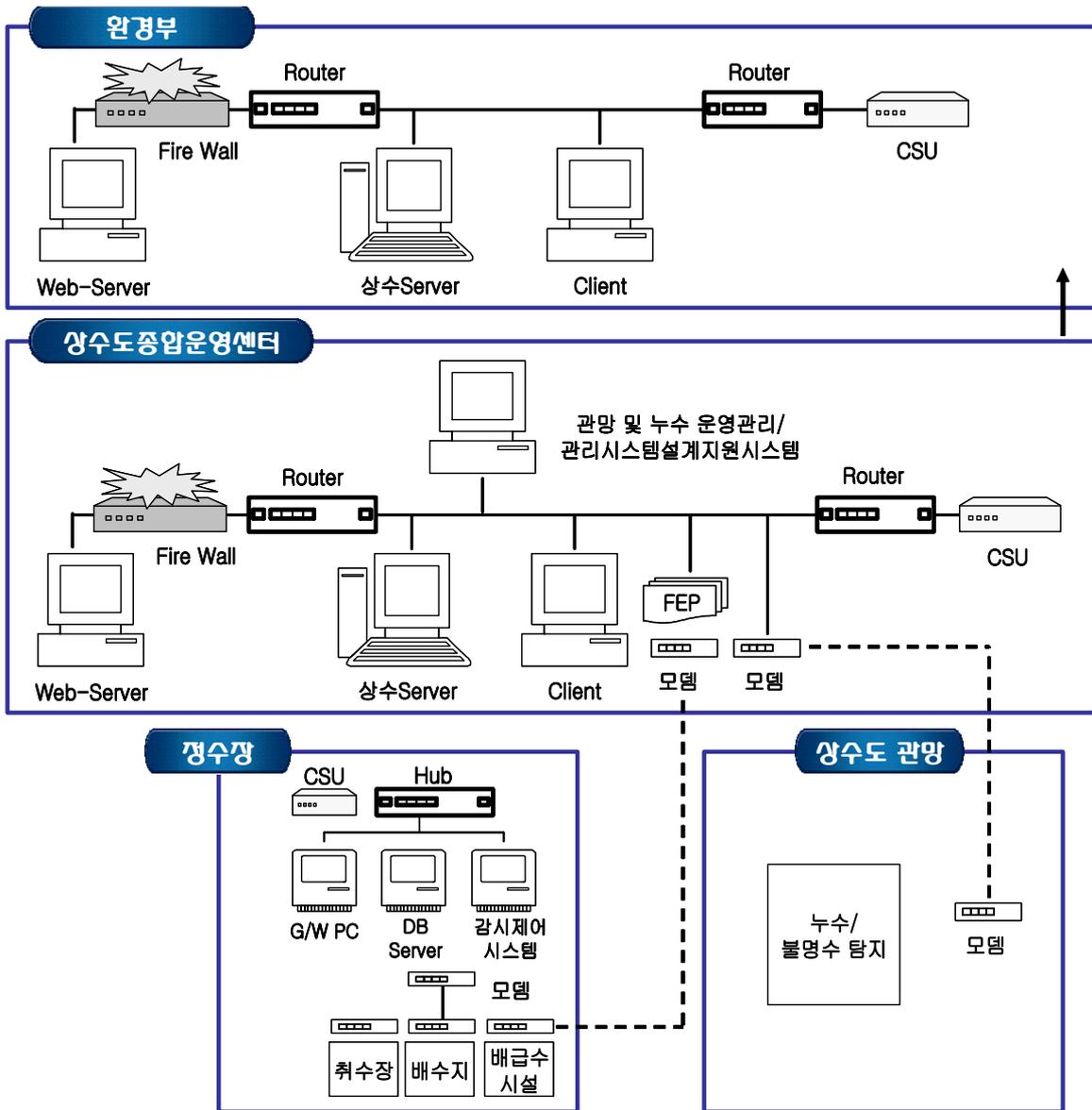
- 도 자원의 효율적 관리를 통한 경제성 확보
- 정수장 유출부에 수돗물 수질 자동계측기를 통한 수질자료의 실시간 공개
- 환경부에서 추구하는 상수도 정보화 단위시스템별 연계구성은 아래 그림과 같음



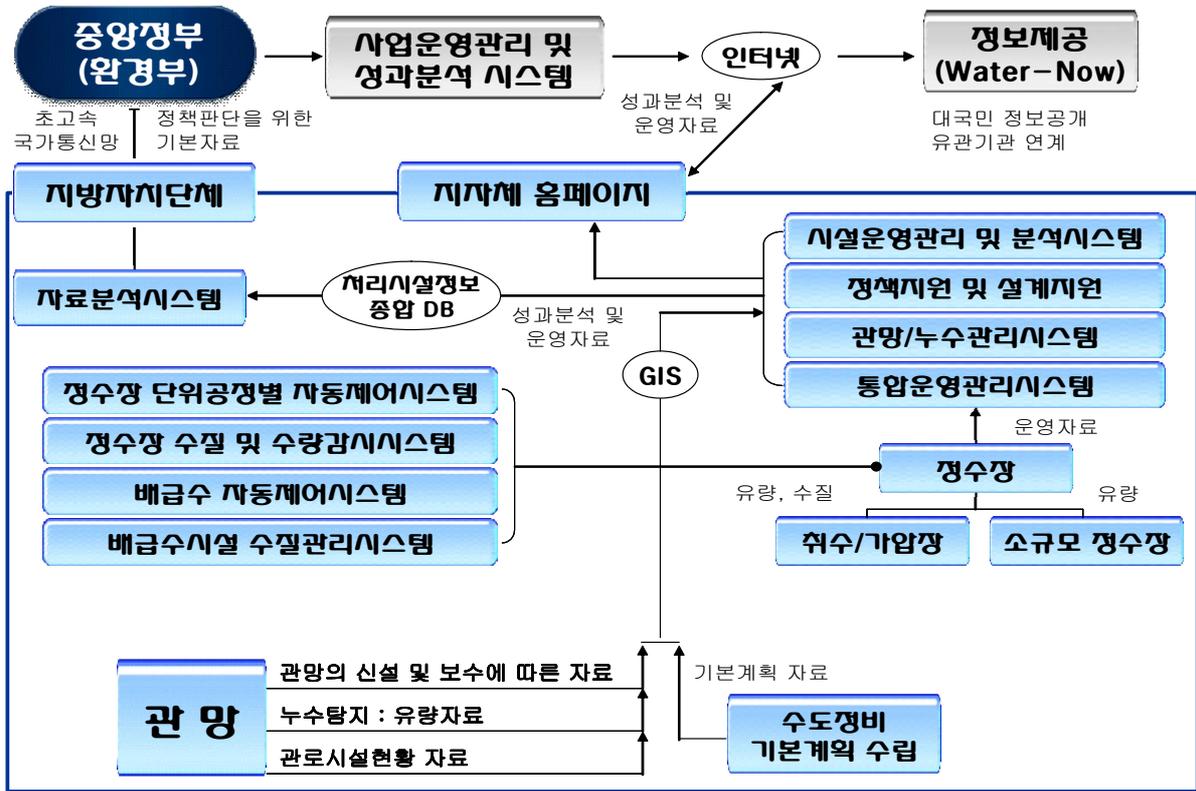
상하수도 정보화 단위시스템 연계구성도

5.2.3 시스템 구성도 및 자료전송체계

- 지자체별로 종합운영센터를 구축하고 지역내의 각 단위시설들로부터 데이터를 수집하여 통합운영시스템 체계 구축
- 각 단위 정수장은 취수/가압장, 배수지 등 관련시설의 데이터 취득·편집하여 종합운영센터 전송
- 종합운영센터에서는 향후 민영화 운영에 대비하여 단위시설별 연계 운전 체계 및 원격운전을 위한 단위시설별 자동화 운전체계 구축



상수도 정보화 장기계획 시스템 구성도(환경부)



자료전송 흐름도

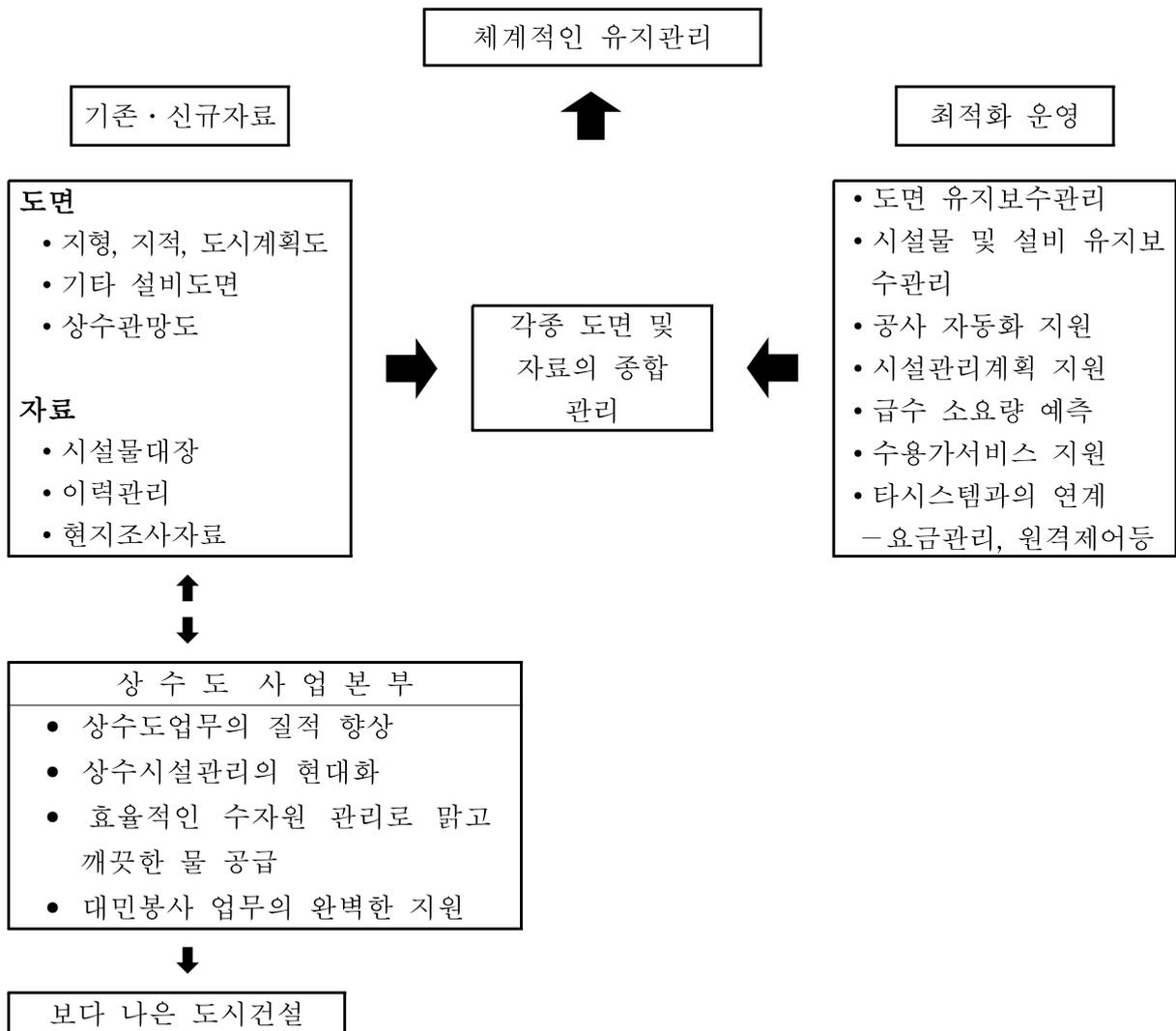
5.2.4 상수도 관망관리 시스템

가. 개 요

대전광역시가 상수도 관망관리시스템 구성사업을 실시하여 유지관리에 이용하면 상수도 관망관리의 유지관리가 용이할 것으로 판단되어 본 계획에서는 타도시에 서 기 실시한 도시종합정보시스템을 검토 수록하여 상수도 관망관리 시스템도입 을 살펴보도록 한다.

나. 상수도 관망관리 시스템

1) 개 요



2) 활용범위

상수도 관망관리 시스템의 활용 범위

구분	내용
관망관리시스템	1. 시설관리 1) 위치설비(12종) 2) 관로설비(4종) 3) 변류설비(8종) 4) 보조설비(3종) 5) 이력사항(8종)
	2. 관망자료 관리 1) 설비검색관리 2) 관망대장관리
	3. 관망도 관리 1) 도면입력관리 2) 도면출력관리
	4. 수도전 관리 1) 수전대장관리 2) 계량기관리 3) 폐수도전관리
	5. 노후관리 1) 관별수명관리 2) 세관 경쟁관리
	6. 폐관관리
	7. 통계관리
예측분석	1. 급수구역 관리 2. 관말지역 분석 3. 누수지역 분석
의사결정지원	1. 광역상수도계획 수립지원 2. 상수도 확장계획 수립지원 3. 배수관부설계획 수립지원

3) 응용업무 구성

상수도 관망관리시스템의 업무구성

구 분	업 무 구 성 시 스템
상수도 관망관리 시스템	<ol style="list-style-type: none"> 1. 시설물 입력/수정 시스템 2. 시설물 조회 시스템 3. 시설물 검색 시스템 4. 도면 출력 시스템 5. 도면 검색 시스템 6. 구역 계량 시스템 7. 관망 분석 시스템 8. 화일 관리 시스템 9. 통계 관리 시스템 10. 대장 관리 시스템

다. 상수도 종합정보시스템 내용

상수도 종합정보시스템 업무내용

시스템명	업	무	내	용
관망관리시스템	- 시설물관리 - 관망도관리 - 노후관관리	- 관망자료관리 - 수도전관리 - 폐관관리		
유량관리시스템	- 구역계량관리 - 누수탐사 복구관리	- 단수지역관리		
수질관리시스템	- 상수원 보호구역관리 - 수원지 오염원관리 - 수질검사 장비관리	- 정수약품관리 - 보호구역 불법행위 단속관리		
요금관리시스템	- 요금부과·수납관리 - 징수 처분·해제관리 - 과오납·감면관리	- 과태료·추징금 부과관리 - 체납자관리		
통계관리시스템	- 상수도시설 현황관리 - 상수도일반 현황관리	- 상수도공사 현황관리		
공사관리시스템	- 급수공사관리 - 송·배수관 부설공사관리	- 급수시설물 공사관리		
행정관리시스템	- 서무관리 - 인사관리 - 세입관리	- 예산관리 - 회계관리		
재산관리시스템	- 공유재산관리 - 보상관리	- 자재관리 - 차량관리		

5.3 지리정보시스템(GIS)의 구축계획

5.3.1 GIS의 개요

지리정보시스템(GIS : Geographic Information System)이란 공간정보와 속성 정보를 데이터베이스 형태로 구축하여 위치와 관련되는 업무의 경영, 관리, 계획 및 분석을 하기 위한 컴퓨터 기술로써 정보 인프라의 핵심기술이라고 할 수 있으며, 요약하면 공간정보를 이용하여 지형공간을 분석하는 시스템이라고 할 수 있다.

가. GIS의 기능

- 도면 및 속성의 자료입력, 수정, 검색, 조회, 출력
- 수작업시에 발생하는 정보의 누락 및 불일치성의 방지
- 정보의 신뢰도 향상
- 자료의 분석과 지도관리
- 공간의 도표 정보의 질의
- 자료의 재분류
- 지형, 통계 및 Network 분석
- 공간 연산
- 장래의 계획수립에 필요한 의사결정의 지원

나. GIS의 응용분야

GIS의 응용분야는 다양하나 대표적인 예를 들면 다음과 같다.

- 수질오염원의 분석 및 소음, 진동이나 대기오염 같은 환경관리
- 환경기초시설의 위치결정의 적지 분석관리
- 상하수도 관로, 도로망 등 지하 시설물의 관리
- 자연경관 분석, 지하수의 모델링과 같은 천연자원 관리
- 수질오염원과 토지이용계획의 통합 모형관리

5.3.2 GIS기법을 이용한 지하시설물 관리체계의 개발

가. 지하시설물 관리체계의 개발

땅속에 묻혀있는 상수도관은 물을 공급하고 하수관은 오수와 우수를 처리하며, 전력시설, 가스관, 통신시설 등의 시설물은 전기, 가스, 통신 등을 공급하는 국민 생활에 필수 불가피한 도시기반시설이다. 이러한 시설물의 매설과 관리는 시설물의 종류에 따라 다르다. 상·하수도과 도로는 지방자치단체가 담당하고, 가스는 가스회사, 전기는 전력회사, 전화는 통신회사가 각각 담당하기 때문에 필요시 관련자료의 통합활용이 어렵다.

또한 시설물들은 종류가 다양하고 좁은 지역에 집중적으로 매설되어 있으며, 눈에 보이지 않는 땅속에 있기 때문에 유지관리가 매우 어려운 실정이다. 이러한 시설물의 관리가 부실할 경우 예기치 않은 대형사고가 발생하며, 인명이나 재산상의 손실이 초래되기 때문에 선진국에서는 1980년부터 GIS기법을 도입하여 가스관, 상·하수도관 등의 매설위치와 깊이, 시설물 재질의 종류, 규모 등을 데이터베이스화하여 체계적으로 관리하고 있다. 따라서 지하매설물의 관리체계를 도입하여 사고를 사전에 예방하고 재해발생시 효과적으로 대처할 수 있는 준비태세를 갖추는 것이 필요하다.

나. 지하매설물 관리체계 개발계획 수립의 필요성

1) 개발계획 수립의 목적

지하매설물 관리체계를 개발하는 목적은 지방자치단체가 지하매설물을 효율적으로 관리하기 위함이다. 이와 더불어 다음과 같이 지하시설물 관리체계 개발계획이 수립되어야 하며 향후 파급효과가 크므로 반드시 전체계획에 대한 검토와 계획 각 과정에서 어떠한 내용이 수반되어야 할지에 대한 검토가 이루어져야 한다.

- 기본계획은 관련부서의 서로 다른 이해관계를 조정하고 성공적인 지하매설

물 관리체계를 개발하기 위한 첫 단계로써 체계적이고 종합적인 틀과 절차를 제시한다. (시스템을 개발하기 전에 관련부서 및 관계기관 사이의 이해관계 조정과 협조 체계 확립을 위한 계획수립은 성공적인 시스템 개발의 핵심이 된다.)

- 최근 많은 정보화 관련 사업들이 국가 차원에서 뿐만 아니라 지방자치단체별로 자체적으로 수행되고 있고 국가 차원의 사업으로 국가지리정보체계(NGIS) 구축 사업, 초고속정보통신망 사업 등이 있으며 지방자치단체 사업으로는 지역정보화 사업, 각종 점용료 산정시스템 구축 등이 있을 수 있다. 그런데 이러한 각종 정보체계는 자원배분의 측면에서 중복투자의 소지가 다분히 있다. (지방자치단체는 이러한 중복투자를 방지하기 위해 지하매설물 관리체계를 개발하기 전에 이미 수행되고 있는 사업이나 계획중인 사업을 파악하여 지하매설물 관리체계와의 연계성 등에 대한 전략을 미리 세워야 하는데 이를 위해 지하매설물 관리체계 개발계획이 수립되어야 한다.)
- 지하시설물 관리체계 개발계획 수립과정을 통해 해당 지방자치단체는 정보화 현황 및 자신이 처한 제반여건을 정확히 파악할 수 있을 뿐만 아니라 향후 어떠한 방향으로 지하매설물 관리체계 개발계획을 추진해 나가야 할지에 대한 전망을 할 수 있다.
- 지하시설물 관리체계 개발은 그 사업규모 자체가 막대하고 개발 후 지방자치단체의 관련 업무에 미치는 영향이 클 뿐만 아니라 관할 지역주민에 대한 서비스 질을 현격하게 개선하는 효과를 가져오게 된다.

2) 계획수립의 기본방향

지하시설물 관리체계를 개발하려면 다음과 같은 기본 방향에 입각해서 개발계획을 수립한다.

- 도시정보체계(UIS)의 하위체계로서의 지하매설물 관리체계
지하매설물 관리체계는 도시의 여러 가지 기반시설 관리를 지원하는 도시정

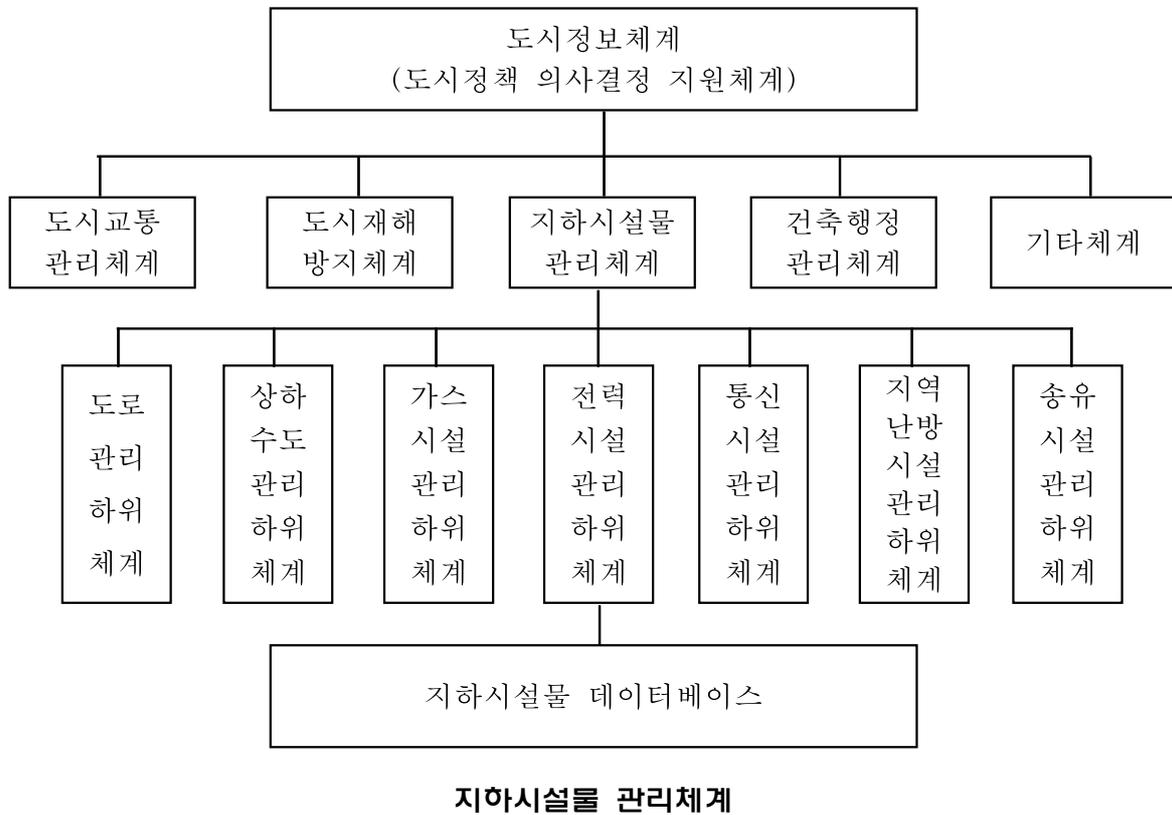
보체계(UIS)의 하위체계로서 개발되어 향후 도시경영에 필요한 주요 의사결정 지원체계의 한 부분이 되도록 한다.

○ 정확한 지하시설물 데이터베이스의 구축

정확하고 통합적인 지하시설물 데이터베이스 구축을 전제로 하여 응용체계 개발이 이루어져야 한다.

○ 유관기관 및 관련부서간의 통합관리체계 구축

유관기관 및 관련부서간의 통합관리체계 구축으로 상수도, 하수도, 가스관 등과 같은 지하시설물 하위체계가 유기적으로 연계관리되어야 하며, 나아가 다른 관리체계들과 연계 운용될 수 있어야 한다.



3) 지하매설물 관리체계 개발계획 수립 절차

(1) 제 1 단계 : 목표 설정

구축하고자 하는 지하시설물 관리체계 개발의 목표를 명확하게 설정하고 관

리체계 개발 범위를 어느 정도까지 할 것인지를 정하는 단계로서 지하시설물 관리 업무를 담당하는 현업부서 실무자의 호응이 필요하다.

(2) 제 2 단계 : 현황 분석

지하매설물 관리체계를 개발하고자 하는 기관의 현재 상황을 정확하게 파악하고 앞으로의 잠재수요를 예측한다.

(3) 제 3 단계 : 타기관 구축경험 분석

지하매설물 관리체계는 대규모의 데이터베이스를 다루기 때문에 여기서의 시행착오는 많은 예산낭비의 요인이 되기 쉬우므로 반드시 계획 초기부터 엄밀한 분석과 예측을 수행해야 한다.

(4) 제 4 단계 : 필요 시스템 유형 도출

이상의 분석 단계에서 수집한 정보를 이용하여 지하시설물 관리체계를 구성할 각 업무 시스템별 유형을 도출한다.

(5) 제 5 단계 : 추진 전략계획 수립

이전 단계에서 도출된 필요 시스템들에 대한 우선순위를 결정하고 각 시스템별 유형별 하드웨어, 소프트웨어의 수요와 구축해야 할 데이터베이스 수요 및 인력수요를 분석함으로써 지하시설물 관리체계를 개발하는데 드는 소요예산을 산정한다.

(6) 제 6 단계 : 세부 추진계획 수립 및 승인

마지막 단계로서 선행 단계의 결과를 참고하여 세부 추진계획을 수립하는 단계로서 이전 단계에서 결정된 각 필요 시스템별 구축 우선순위와 하드웨어, 소프트웨어, 데이터베이스 수요 및 인력수요 그리고 시스템 구축에 소요되는 예산을 바탕으로 연차별 세부추진계획을 수립하는 단계이다. 이와 함께 해당 기관의 최고 의사 결정권자의 승인절차를 거친다.

다. 지하시설물 관리전산화의 법적 방안

현재 우리나라에서는 지하시설물을 관리하기 위한 관리체계의 도입이 몇몇 지방

자치단체와 유관기관에서 이루어지고 있으나, 아직 초보적인 단계에 머물러 있으며 체계적이고 종합적인 활용에는 상당한 시간이 걸릴 것으로 예상된다. 관리 주체별로 관할 시설물을 대상으로 관리체계를 개발할 경우 관련 시설물에 대한 자료의 통합활용이 어렵고 중복투자로 인한 예산낭비를 초래할 것으로 예상된다.

따라서 정부에서 21세기 고도정보화 사회를 대비하여 국토공간정보 인프라를 구축하기 위한 제도적 기반을 마련하기 위해 우선적으로는 시설물의 효율적 관리 측면에서 접근하고, 장기적으로 국토공간 정보의 생산관리, 활용, 유통에 대한 제도규정을 마련하고 국토공간 정보화 사업의 개별적 추진에 따른 비능률과 장기적 관점에서 통합성 결여 등의 문제를 해결하기 위해 다음과 같은 대안을 비교 평가하여 종합적으로 국토공간 정보화를 추진할 수 있는 법적 기반 마련을 위한 준비중에 있으므로 그 결과에 따라 시행하면 될 것이다.

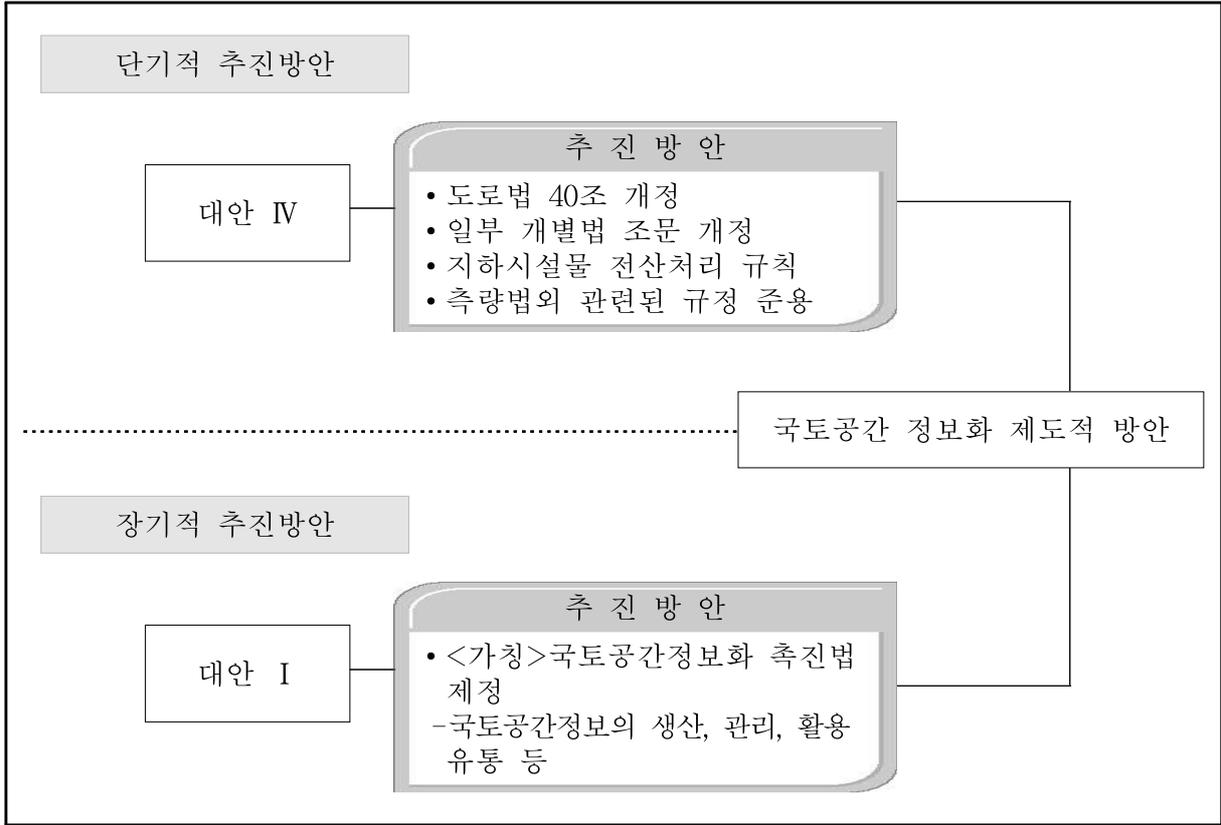
1) 제도정비의 대안

- 대안 I : <가칭>「국토공간 정보화 촉진법」 제정으로 국토공간정보의 생산, 관리, 활용, 유통 등을 규정하는 제도적 기반을 마련하는 방안
- 대안 II : 도시공간 시설물 관리를 중심으로 필요에 따라 <가칭>「지하시설물 관리법」과 <가칭>「지상시설물 관리법」을 만들어 추진하는 방안
- 대안 III : 정보화 촉진 관련법규와 국토공간계획 관련법규의 일부 조항을 개정하고 령 또는 규칙을 만들어 관리하는 방안
- 대안 IV : 도로법의 일부 조항을 개정하여 지하시설물 관리를 위한 령 또는 규칙을 만들어 관리하는 방안

2) 제도정비방안의 결정

- 단기적인 측면 : 대안 IV의 도로법 40조(도로의 점용)를 개정하는 방안을 추진
- 장기적인 측면 : 충분한 연구와 전문가의 자문, 유관기관 의견수렴 등을 거

처 단일 법률 제정방안인 대안 I 에 의거하여 국토공간 정보화의 제도적 기반 마련을 추진



3) 개별 지하시설물이 수도법에 미치는 영향

수도법의 관련조항 및 필요내용

법령명	관련조항	내용
수도법	제 3조 정의	전산관련 용어정의 추가
	제 4조 수도정비기본계획의 수립	전산화 관리 계획 필요
	제 8조 상수원 보호구역의 관리	전산화 관리 개정 필요
	제21조 수도시설의 관리	전산화 관리 개정 필요
	제46조 다른 법률과의 관계	전산화 관련 규정과의 관계
수도법 시행령	제15조 상수원 보호구역 관리	보호구역의 전산처리 방법

라. 지하시설물 정보관리 조직구성 방안

1) 조직 구성 방안

지하시설물 관리체계의 성공적인 구축을 위해서는 정책적 작업과 실무적 작업을 함께 추진해 나가기 위한 조직이 필요하다. 그러므로 기존의 부서나 조직을 기반으로 지하매설물 관리체계의 필요성과 활용방안을 모색하고 개발을 통솔, 지도할 수 있는 전담조직이 구성되어야 한다. 그러나 장기적인 측면에서 보면, 지하시설물 관리체계의 구축을 위한 조직구성과 역할보다는 구축된 관리체계를 효율적으로 유지, 관리, 갱신할 수 있는 조직구성이 매우 중요하다. 정보관리조직을 위한 방안은 다음 표와 같으며 관련제도 정비방안과 연계시켜 고려할 때 우선 대안 I의 방법으로 구성하는 것이 합리적이라고 판단되며, 장기적으로는 대안 II에 의거하여 조직을 구성하는 것이 바람직하다.

정보관리 조직 방안의 비교

구분	대안 I			대안 II
	상·하수도 담당부서	도로 담당부서	전산 담당부서	
장점	<ul style="list-style-type: none"> -지자체 중심의 시설물 정보관리 조직구성 가능 -상·하수도 업무의 실무 기술자가 참여하여 사용자 중심으로 운영되고 추가기능 분석이 쉬움 -단기적 측면에서의 접근 가능 	<ul style="list-style-type: none"> -도로를 중심으로 한 시설물로 대상범위의 확대관리가 가능 -지방자치단체만의 조직구성이 가능 -도로굴착 등을 관장하고 있어 강력한 통제 가능 	<ul style="list-style-type: none"> -전산마인드를 갖고 있어 초기단계의 조직 운영에 가장 잘 적용할 수 있음 -타 부서와 독립되어 있으므로 마찰을 최소화 할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> -새로운 조직적 요구환경에 적합한 조직구성 가능 -추후 도시정보관리 체계와 연계가 수월함 -시설물 관리부서의 과다업무 해소
단점	<ul style="list-style-type: none"> -타 부서와의 마찰이 예상됨 -전산업무 마인드의 부족으로 업무적응에 어려움이 있음 -타 정보관리시스템과 연계성 부족 -중복투자 가능성 발생 	<ul style="list-style-type: none"> -타 부서와의 마찰이 예상됨 -도로의 점용과 관련하여 허가업무 중심에서 시설물 관리중심의 업무 변환으로 인한 업무가중 -중복투자 가능성 발생 -전산마인드 부족 -도로 이외의 지역 시설물에 대한 관리 미흡 	<ul style="list-style-type: none"> -시설물 관리업무 처리, 습득이 어려움 -조직의 위상 정립 필요함 -업무담당자의 업무 과다로 정보의 질 저하 -타 부서와의 마찰이 예상됨 	<ul style="list-style-type: none"> -조직구성 초기의 어려움 발생 -잘못된 조직구성은 비용의 중복투자 및 업무의 공백 발생 -전문 인력 확보가 어려움

2) 협의체 구성

도시종합정보체계의 효율적인 관리 및 운영을 위하여 협의체를 구성 운영하여야 하는데 중앙협의체는 건설교통부가 중심이 되어야 하고 대전광역시는 유관 기관 해당지사의 실무자들로 지방협의체를 구성하여 운영한다.

(1) 중앙협의체의 주요 역할

- 제도정비 및 개선
- 자료의 보안, 공개 등의 정책 결정
- 국가적 차원에서의 자료관리
- 조직간의 관계 규정
- 정보화 추진사업을 촉진하는 재정지원 방안

(2) 지방협의체의 주요 역할

- 시스템 방안과 운영업무를 중심으로 중요한 사안에 대해 결정
- 관리체계의 실제 업무(자료 제공, 요구사항 제시, 실무 자문)의 문제 해결
- 업무 중심사항 담당

5.3.3 지하매설물 관리시스템 개발시 효과

지하시설물 관리시스템을 개발하는 목적은 도시기반시설의 일부인 전기, 가스, 통신 등 지하시설물을 체계적이고 종합적으로 관리하여 관련 업무처리 능력과 대민 서비스를 향상시키고, 재난사고 발생을 예방하며 발생한 사고를 신속하게 처리할 수 있는 대책을 마련하는데 있다. 이러한 관리체계 개발(전산화)에 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

- 종합적인 지하시설물도가 작성되므로 지하시설물에 대한 유지관리업무가 손쉬워질 것이며, 이에 따라 다른 시설물들에 대한 훼손을 미연에 방지함으로써 불의의 도시 재난사고를 줄일 수 있다. 또한 만약의 사태에도 신속히 대처할 수 있는 재난관리체계 수립이 가능하다.

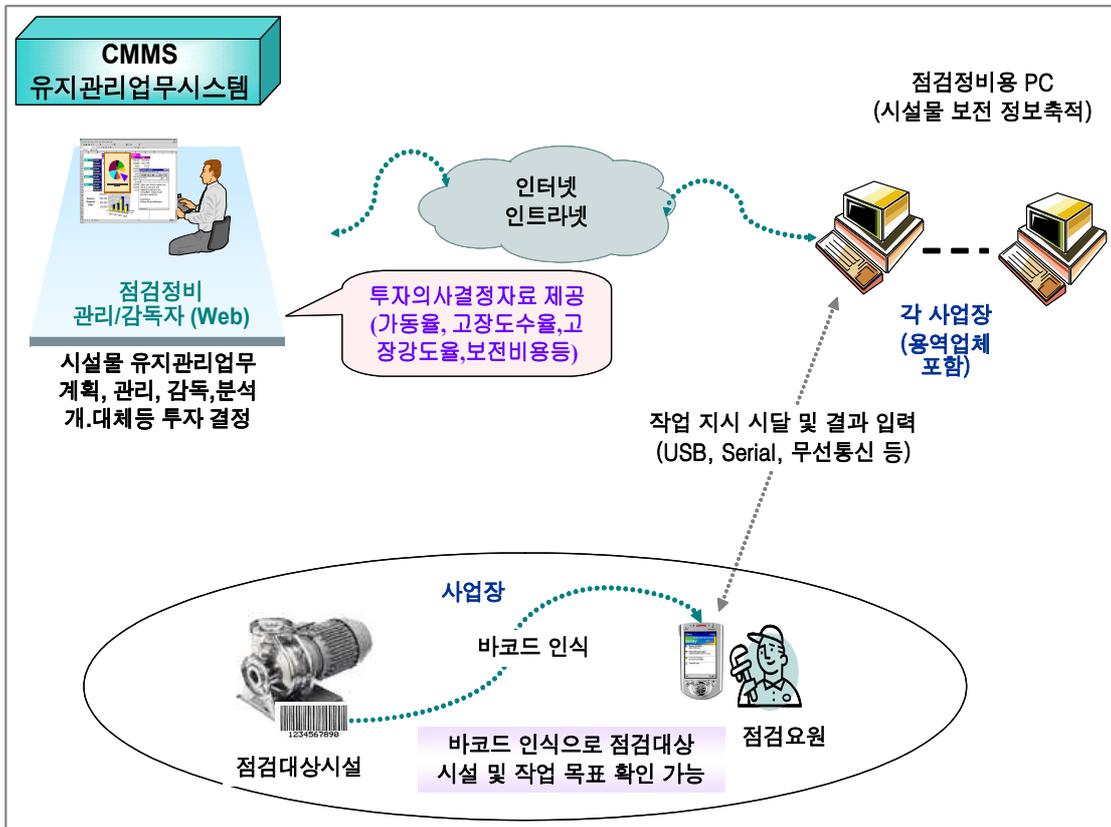
- 각종 지하시설물을 신설하거나 개량 또는 보수할 때 체계적으로 대처할 수 있어서 도로의 이중굴착 방지를 통해 시민생활의 불편을 해소할 수 있을 뿐만 아니라 예산도 절감할 수 있고 교통체증 유발요인도 줄일 수 있다.
- 다가오는 고도정보화 사회 속에서 지하시설물 관리의 정보화를 위한 기반이 마련될 수 있으며 이를 바탕으로 시행착오를 최소화하면서 체계적으로 정보화를 추진할 수 있다.

5.4 유지관리

5.4.1 유지관리업무시스템(CMMS) 구축

현재 대전광역시 수도시설물의 점검정비 및 유지보수는 기기의 고장 발생시 담당자에게 구두로 작업을 요청하고 담당자는 고장여부 확인 후 작업지시서를 발행하여 점검정비업체에 복구를 지시하고 있으며, 업체 기술자의 경험 및 기술력에 의존하여 수리를 하고 있는 상태로 체계화된 설비정보관리, 보전업무와 자재, 구매관리와의 시스템적 연계, 설비별 작업표준화, 설비별 관련자료(도면, 매뉴얼, 자재, 업체정보 등), 고장 수리 후 이력관리의 부재 등으로 수도시설물의 점검정비와 유지보수에 비효율적인 문제가 많은 상태로 개선이 요구된다.

따라서, 대전광역시 수도시설물에 대한 유지보수, 점검정비, 하자관리, 시험, 고장 및 사고 등의 유지관리에 관련된 모든 업무를 체계적이고 과학적으로 전산화시킨 유지관리업무시스템(CMMS : Computerized Maintenance Management System)을 구축하여야 한다.



유지관리업무시스템(CMMS)업무처리도

5.4.2 실시간 원격감시제어(SCADA) 시스템 구축

대전광역시 전체 시설물에 대한 감시제어가 이루어지지 않고 있어 효율적인 운영관리가 어려운 실정으로서, 현재 가압장 및 배수지를 분리하여 운영하던 사업장을 전체로 운영관리 함으로서, 인력과 비용발생을 절감하고 효율적인 운영 및 유사시 신속한 대응을 하기 위해 컴퓨터 및 통신기술을 이용하여 가압장 및 관로 등의 상수도 시설물을 중앙제어실이라는 한 장소에서 감시·제어하고, 데이터 수집, 기록, 분석 및 비상운전 및 경보 등 실시간 원격감시제어를 위한 SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)시스템을 구축해야 한다.

통합운영시스템 구축전략

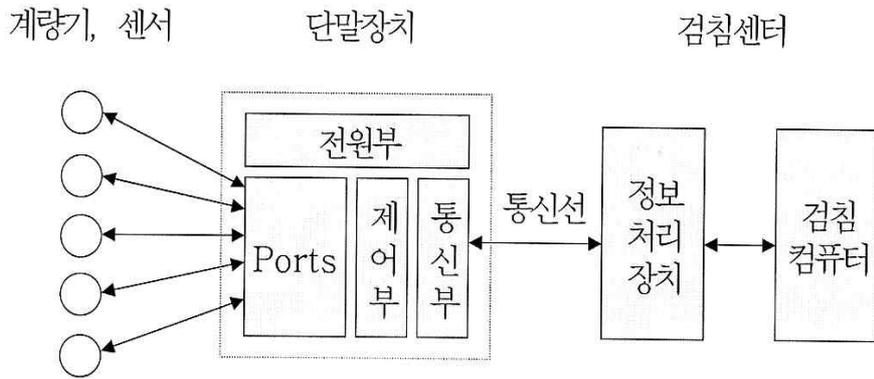
- 블록별 유량, 수압, 수질감시체계 구축
- 시설물 및 수량, 수압의 실시간 감시제어
- 실시간 사고, 누수정보취득 및 조치
- 지자체 수도사업소 정보제공, 고객서비스 강화

5.4.3 원격자동검침시스템(AMR: Automatic Meter Reading) 구축

원격검침시스템은 멀리 떨어진 지점의 측정 대상으로부터 측정결과를 전기적 신호로 변화하여 통신네트워크를 통해 데이터를 전송하고, 그 데이터를 컴퓨터에서 처리하는 것을 말한다. 상수도에서는 가정에 설치되어 있는 수도계량기를 검침원이 직접 방문하여 검침하는 수동적인 개념의 검침업무를 검침인력의 방문 없이 유선 또는 무선의 전송 매체를 통하여 자동으로 검침하는 일련의 시스템을 말한다.

가. 구성요소

- 계량기 : 수도 사용량을 계측하는 기기
- 검침기 : 계량기의 사용량 수치 데이터를 검침센터로 송신하는 기기(무선 검침기, 유선 검침기)
- 검침망 : 검침기와 검침 센터에 위치한 검침시스템 간 통신회선을 제공하는 서비스 (유선·무선 통신망)
- 검침 시스템 : 검침 정보를 수집, 관리하고 검침 정보를 사용자나 다른 업무 시스템에 제공하며, 검침기와 검침망 관리
- 인터넷 빌링 시스템 : 전자고지 및 전자지불



원격검침 구성도

나. 원격검침시스템 구축방안

- 단기적 추진방향으로 원격검침이 검침방법을 개선시키는 방안이기는 하나, 원격검침기의 가격이 높기 때문에 일시에 계량기 교체가 어려우므로 현행 인력 검침시스템을 유지하면서 점진적으로 원격자동검침 시스템을 도입할 필요가 있음. 또한 현재 고가인 원격검침기의 단가를 낮추기 위한 기술개발 지원, 대전광역시에 적합한 원격검침방법의 개발과 함께 새로이 조성되는 지역에 원격검침 시범실시를 우선적으로 실시하며 그 범위를 점진적으로 확대할 필요가 있음
- 중기 추진방향은 우수율 향상을 위해서 수도사업소 특성에 따라 단위블록별로 원격검침방법을 점진적으로 실시
- 장기 추진방향으로는 대전광역시 전역에 원격자동검침시스템을 실시

6.0 수도관리기구 정비계획

6.1 상수도 관리체제

6.1.1 상수도 행정조직의 연혁

상수도 업무는 정부 수립 이후 내무부 토목국에서 관장하여 왔으나 1961년 10월 신설된 경제기획원 소속 외청인 국토건설청 소관으로 이관되었다.

1962년 6월 국토건설청이 건설부로 승격된 이후 1963년 12월 건설부 특정지역국 용수과가 신설되면서 중앙정부 조직으로서 독립된 상수도 업무를 관장하는 부서가 독립되기에 이르렀다. 1979년 6월에는 건설부에 상하수도국이 신설되었으나 1981년 11월에는 간소한 정부조직의 개편 방침에 따라 상하수도국이 폐지되었고, 다시 1984년 12월에는 상하수도국이 부활되었다.

1991년 12월에는 하수도업무중 하수처리장 건설업무가 환경처로 이관된 바 있다. 1994년 5월에는 물의 양적 관리기능은 건설부가 담당하고, 질적관리기능은 환경처가 전담토록 한다는 정부 방침에 따라 건설부 소관의 상하수도 업무중 지역간 물의 균형적인 배분 기능을 갖는 광역상수도과와 공업용수도 건설 업무를 제외한 일반 상수도과와 하수도 업무를 환경처로 이관하게 된다. 이로서 환경처내에 상하수도국이 설치되면서 종래 보건사회부 소관의 음용수 관리 업무도 환경처로 이관되었다.

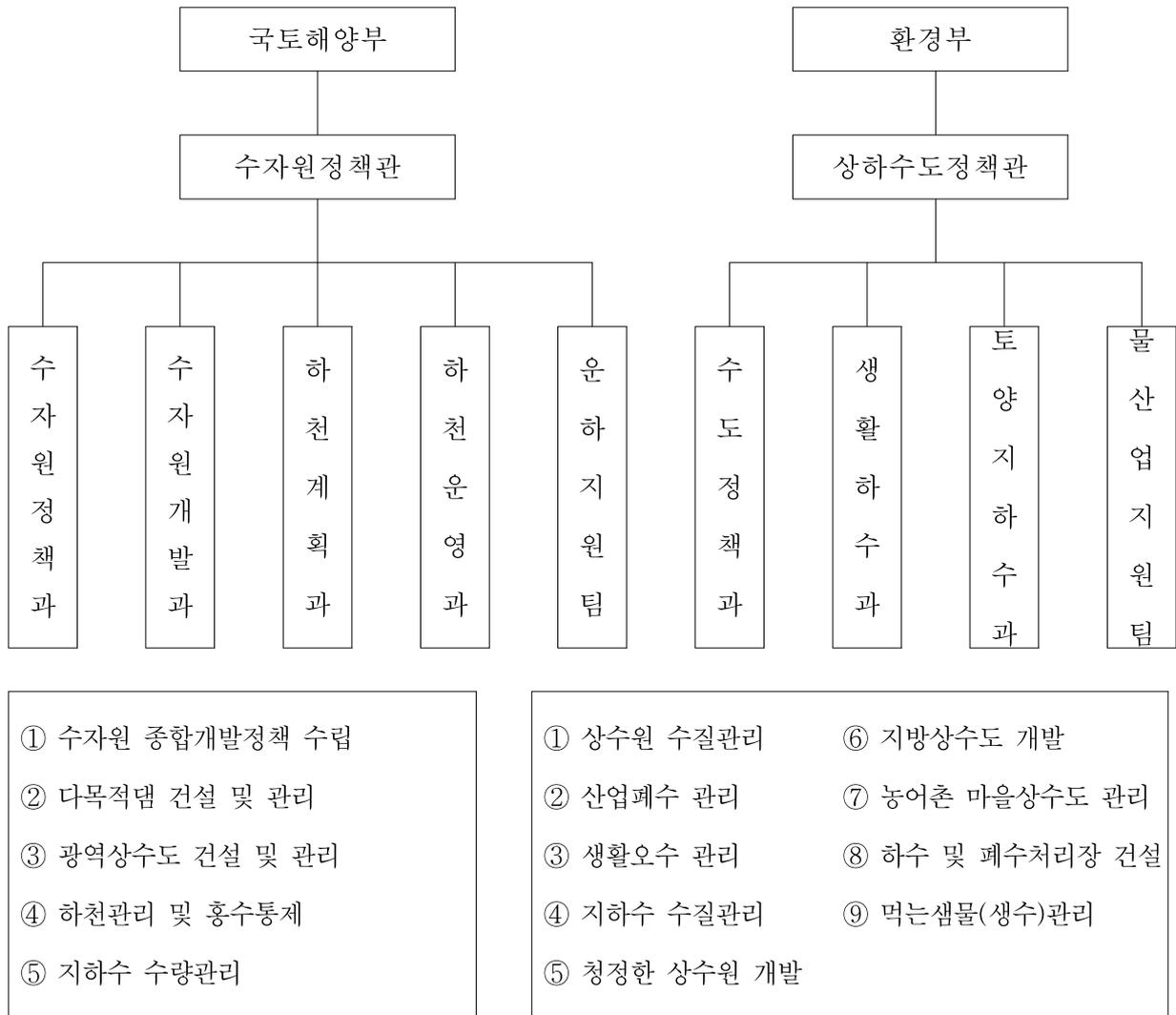
1994년 12월에는 환경처가 환경부로 승격되었고, 물의 양적관리를 관장하는 건설부는 국토해양부로 확대 개편되면서 건설지원실내에 수자원 심의관실에서 수자원 업무를 관장하고 있다.

6.1.2 현행 물관리 행정조직

현행 정부 조직상 물관리 업무는 국토해양부, 환경부, 행정안전부, 농수산식품부 등 4개 부처가 각각의 고유기능에 따라 분장하고 있다.

이중 물관리의 중추적인 기능을 담당하고 있는 국토해양부와 환경부의 물관리 조직과 업무내용은 다음과 같다.

한편, 국토해양부의 물관련 지방조직으로는 5개 지방국토관리청 산하의 하천국과 부대조직으로 5개 홍수통제소가 있으며, 산하 공기업으로는 다목적댐과 광역상수도의 건설 및 관리를 담당하고 있는 한국수자원공사가 있다. 환경부의 물관련 지방 조직으로는 7개 환경관리청 산하의 관리국과 부대조직으로 4개 수질 검사소가 있으며, 산하 공기업으로는 공단 폐수처리장과 폐기물 처리시설의 건설 및 관리 업무를 담당하고 있는 환경관리공단이 있다.



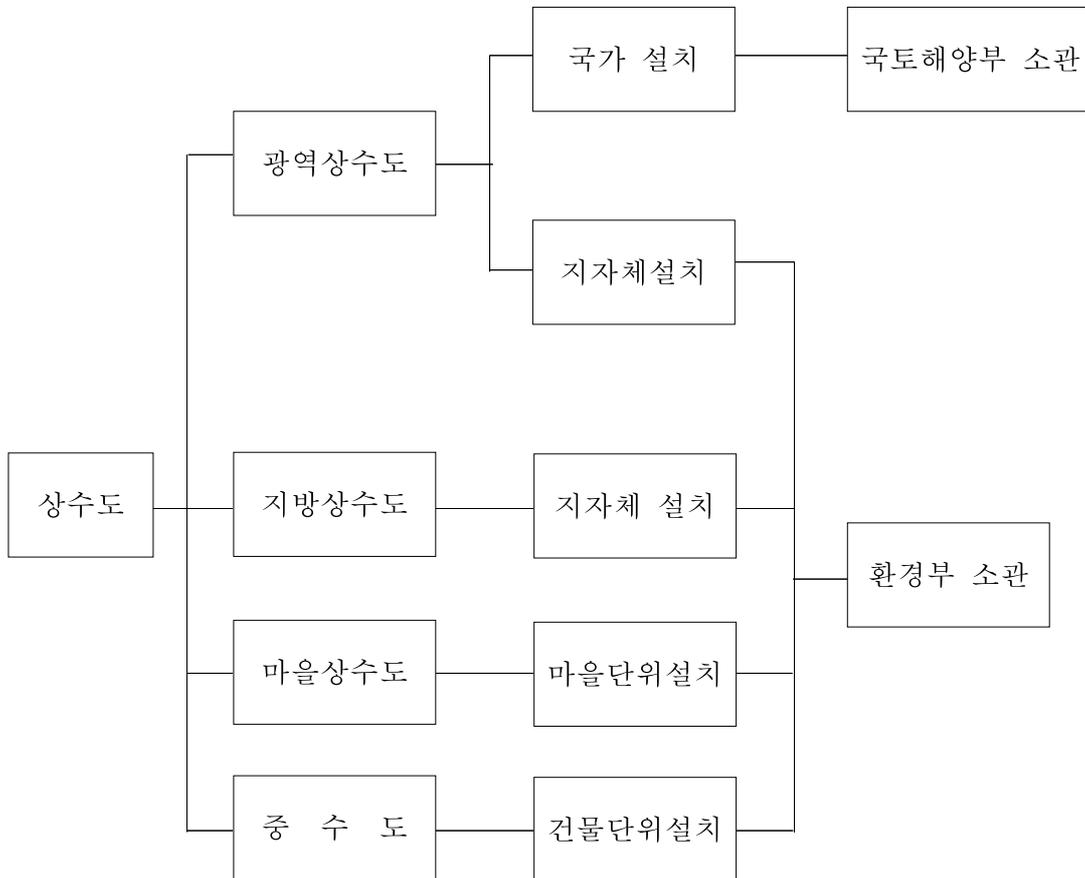
국토해양부와 환경부의 물관리 조직 및 분장업무

6.2 상수도 업무의 분장체계

상수도는 필요한 지역에 필요한 양을 필요한 수질로 공급하는 기반시설이므로 양적 공급 기능과 질적 관리기능을 동시에 갖는다.

이는 관점에 따라서 상수도는 양적 공급시설로 분류되기도 하고, 질적 관리 기능에 속하기도 하는 데 원칙적으로 분리 불가능한 물행정을 양적 관리와 질적 관리로 이원화한 정부 방침에 따라 상수도 업무도 그 주된 기능이 무엇인가에 따라 국토해양부와 환경부가 나누어 관장하고 있다.

국토해양부는 상수도 행정 가운데 국가가 직접 설치하는 광역상수도 업무를 관장하고, 그 외의 일반적인 상수도 행정은 환경부 소관이다. 상수도 업무분장체계는 다음 그림과 같다.



상수도 업무 분장 체계

상수도 업무의 분담

사업명		국가사무	지방위임 사무	지방사무	근거법령	비고
일반사항	국가설치 수도	수도시설 설치			수도법 제43조 제1항	
	수도사업의 경영			수도사업 경영 (지방자치 단체)	수도법 제12조	
	수도시설 비용부담			요금 등의 강제징수	수도법 제68조	
	수도사업의 폐지·휴지	일반수도사업의 폐지·휴지허가(국가설치 광역상수도 1만 및 10만톤/일 이상)(공업용수도 1톤/일 이상)	일반수도사업의 폐지·휴지허가(지자체 설치 광역상수도 1만 및 10만톤/일 이하)(지방상수도 1만 및 10만톤/일 이하)(공업용수도 1만톤/일 이하)	일반 수도사업의 폐지, 휴지허가(마을상수도)	수도법 제42조	
			일반수도사업의 폐지, 휴지허가 시 원수수질 협의	수도법 제42조	환경부장관과 협의	
공업용수도	공업단지의 공업용수도 시설 설치·공급(국가설치)			공업단지 공업용수도 시설 설치, 공급(지자체 설치)	수도법 제48조	
	공업용수도 사업 인가(1만톤/일 이상)	공업용수도 사업 인가(1만톤/일 이하)			수도법 제49조 시행령 제55조	국토부장관이 인가
	공업용수사업 인가 고시(1만톤/일 이상)	공업용수도 사업 인가 고시(1만톤/일 이하)			수도법 제49조	
	공업용수도 사업 준공 검사(1만톤/일 이상)	공업용수도 사업 준공 검사(1만톤/일 이상)			수도법 제49조	국토부장관이 수행
	공업용수도 시설관리(국가설치)					
	공업용수도 사업의 폐·휴지허가(1만톤.일 이상)	공업용수도 사업의 폐·휴지허가(1만톤.일 이상)			수도법 제49조 시행령 제55조	
일반수도	수도정비 기본계획 수립(국토해양부)				수도법 제4조 제1항	
	수도정비 기본계획 수립(변경)				수도법 제4조 제2항	국토부장관과 협의
					수도법 제4조 제3항	
	수도정비 기본계획 고시(국토해양부)				수도법 제4조 제5항	

<표 계속>

사업명	국가사무	지방위임 사무	지방사무	근거법령	비고
일반수도 사업의 인가	일반수도 사업 인가고시 (환경부장관, 국토해양부장관)			수도법 제17조 제3항	
광역상수도	국가가 설치하는 광역상수도 사업 인가 (국토해양부장관)			수도법 제17조 제1항	
지방상수도	광역상수도사업인가(국가 설치 정수시설 지자체 설치 1만 및 10톤/일 이상)	광역상수도사업인가(국가 설치 정수시설 지자체 설치 1만 및 10톤/일 이상)(시, 도지사)		수도법 제17조 제1항/시행령 제27조 제2항	
	지방상수도 사업 인가 (1만 및 10톤/일 이상) (환경부 장관)	지방상수도 사업 인가 (1만 및 10만톤/일 이상)(시, 도지사)		수도법 제17조 제1항/시행령 제27조 제2항	
마을상수도			마을상수도 사업 인가(시, 도지사)	수도법 제17조 제1항	
일반수도 수도시설의 설치·관리			수도공사 기술자의 배치	수도법 제21조	
	수도시설의 준공검사 (국가설치 광역상수도)	수도시설 준공 검사 (지자체 설치 광역상수도, 지방상수도)	수도시설 준공 검사 (마을상수도)	수도법 제19조 시행령 제31조	국토해양부 장관, 환경부 장관, 시, 도지사가 수행
			수도시설의 준공 시 수질검사	수도법 제19조 제1항	시, 도지사가 수행
	수도시설의 관리 (광역상수도)		수도시설의 관리 (지방, 마을상수도)	수도법 제21조	
	수도시설 관리자 임명 (관리상수도)		수도시설관리자 임명 (지방, 마을상수도)	수도법 제21조	
	수도의 수질검사 (광역상수도)		수도의 수질검사 (지방, 마을상수도)	수도법 제29조 제1항	시, 도지사가 수행
			수돗물 안정성 진단 위원회 구성, 운영	수도법 제30조 제1항	
	수도종사자 건강진단 (광역상수도)		수도종사자 건강진단 (지방, 마을상수도)	수도법 제32조 제1항	
	수도의 위생상 조치 (광역상수도)		수도의 위생상 조치 (지방, 마을상수도)	수도법 제33조 제1항	
			저수조 청소업 신고, 수리 및 관리	수도법 제34조~제35조	
	저수조 청소업 및 건축물 관리자 교육			수도법 제36조	한국수도 협회에 위탁
	급수의 긴급 정지 등 (광역상수도)		급수의 긴급정지 등 (지방, 마을상수도)	수도법 제37조	일반수도사업자, 시장, 군수
			수돗물 공급규정 제정, 운영	수도법 제38조	
			긴급 급수지원	수도법 제41조	

<표 계속>

사업명	국가사무	지방위임 사무	지방사무	근거법령	비고
일반수도			수도공사 기술자 의 배치	수도법 제21조	
	수도시설의 준공검사 (국가설치 광역상수도)	수도시설 준공검사 (지자체 설치 광역상수도, 지방상수도)	수도시설 준공 검사 (마을상수도)	수도법 제19조 시행령 제31조	국토해양부 장관, 환경부 장관, 시, 도지사가 수행
			수도시설의 준공 시 수질검사	수도법 제19조 제1항	시, 도지사가 수행
	수도시설의 관리 (광역상수도)		수도시설의 관리 (지방, 마을상수도)	수도법 제21조	
	수도시설 관리자 임명 (관리상수도)		수도시설관리자임명 (지방상수도, 마을상수도)	수도법 제21조	
	수도의 수질검사 (광역상수도)		수도의 수질검사 (지방, 마을상수도)	수도법 제29조 제1항	시, 도지사가 수행
			수돗물 안정성 진단 위원회 구성, 운영	수도법 제30조 제1항	
	수도종사자 건강진단 (광역상수도)		수도종사자 건강진단 (지방, 마을상수도)	수도법 제32조 제1항	
	수도의 위생상 조치 (광역상수도)		수도의 위생상 조치 (지방, 마을상수도)	수도법 제33조 제1항	
			저수조 청소업 신고 수리 및 관리	수도법 제34조~제35조	
	저수조 청소업 및 건축물 관리자 교육			수도법 제36조	한국수도 협회에 위탁
	급수의 긴급정지 등 (광역상수도)		급수의 긴급정지 등 (지방, 마을상수도)	수도법 제37조	일반수도사업자: 시장, 군수
			수돗물 공급규정 제정, 운영	수도법 제38조	
		긴급 급수지원	수도법 제41조		
공업용수도	국가의 전용 수도설치			수도법 제51조	
			전용상수도 인가	수도법 제52조 제1항	시, 도지사가 인가
	전용상수도 인가 시 원수수질 협의			수도법 제53조	환경관리청장에 게 위임
			전용상수도 준공검사 및 수질검사	수도법 제53조	
			전용공업용수도 인가	수도법 제54조	시, 도지사가 인가
		전용공업용수도 준공검사	수도법 제54조		

<표 계속>

사업명	국가사무	지방위임 사무	지방사무	근거법령	비고
수도 시설 감독 및 지원	수도사업자에 대한 수돗물 개선을 위한 필요한 조치명령			수도법 제62조	환경관리청장에 게 위임
	법령 위반자에 대한 인가 취소 등의 조치 (국가에 설치하는 광 역상수도)(지자체가 설치하는 1만 및 10 만톤/일 이상의 광역, 지방상수도) (1만톤/일 이상 공업 용수도)	법령 위반자에 대한 인가 취소 등의 조치 (지자체가 설치하는 1만 및 10만톤/일 이 하의 광역, 지방상수 도) (1만톤/일 이상 공업 용수도)	법령 위반자에 대한 인가 취소 등의 조치 (마을상수도) (전용수도)	수도법 제63조	인가관청이 권한 행사
	수도시설에 대한 개 선 명령(국가가 설치 하는 광역상수도)(지 자체가 설치하는 1만 및 10만톤/일 이상의 광역, 지방상수도) (1만톤/일 이상 공업 용수도)	수도시설에 대한 개 선명령(지자체가 설 치하는 1만 및 10만 톤/일 이하의 광역, 지방상수도) (1만톤/일 이하 공업 용수도)	수도시설에 대한 개 선명령(마을상수도) (전용 수도)		인가관청이 권한 행사
	수도공급 규정 변경 명령 (국가가 설치 하는 광역상수도) (1만톤/일 이상 공업 용수도)		수도공급 규정 변경 명령(마을상수도)	수도법 제65조	
	수도시설 설치자금 융자	정수시설설치 자금 융자		수도법 제75조	
	국가보조	수도사업 비용 국고 보조 또는 융자		수도법 제75조	
	기술연구, 개발 등	수도기술 연구개발 추진 및 지원 수도분야 종사자 교 육훈련 실시 및 지원		수도법 제73조 수도법 제73조	
	간이 상수도	마을상수도 기술 및 재정 지원		마을상수도 기술 및 재정 지원	수도법 제47조

<표 계속>

사업명		국가사무	지방위임 사무	지방사무	근거법령	비고
상수원 관리	수도시설의 감독		상수원 보호 구역의 지정, 변경 및 공고		수도법 제7조	시, 도지사에게 위임
				상수원 보호구역내 행위 허가 및 신고 수리 (시장, 군수)	수도법 제7조 시행령 제13조~제14조	
				상수원보호구역 관리 (시장, 군수, 도지사)	수도법 제8조 제1항~제2항	시장, 군수가 관리
		상수원 보호구역 관리상태 평가 (환경부장관)			수도법 제8조 제3항	환경관리청장에게 위임
상수원 관리	상수원 보호구역내 주민 지원 사업			주민지원 사업 계획 수립 시행 (시장, 군수, 도지사)	수도법 제9조 제1항	도지사 또는 시장, 군수가 수행
					수도법 제9조 제1항	
		주민지원 사업 소요 재원 국가보조(국가)			수도법 제10조 제1항	
	상수 보호구역 비용부담			상수원 보호구역 비용부담 협의 (시장, 군수, 도지사)	수도법 제11조 제1항	
기타	중수도 설치	중수도 설치권장 (국가)		중수도설치권장 (지방자치단체)	수도법 제14조	
		중수도 설치기술지원 (국가)		중수도 설치기술지원 (지방자치단체)	수도법 시행령 제24조 제2항	

6.3 대전광역시 상수도사업본부 현황

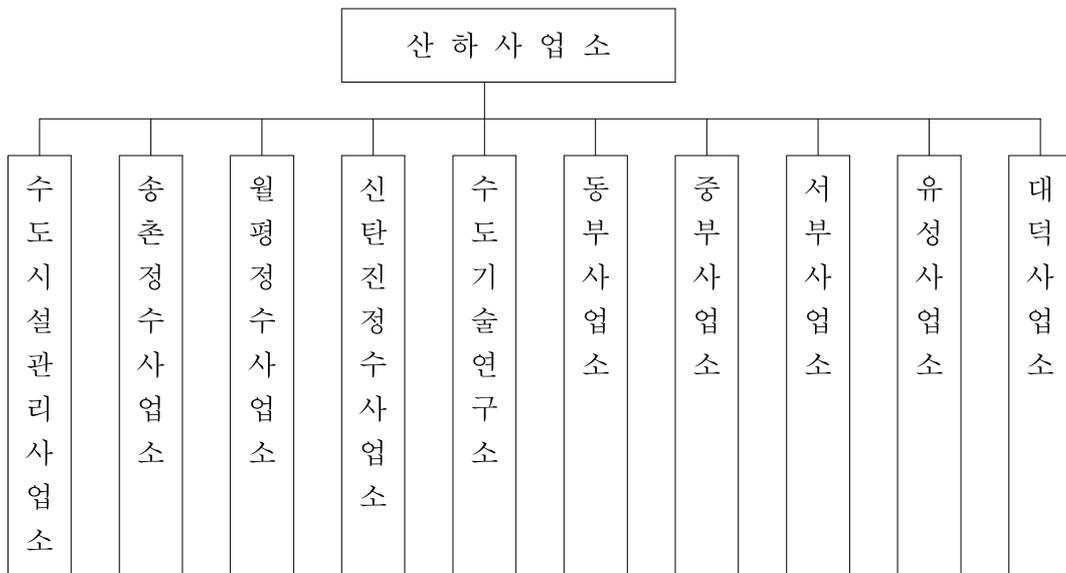
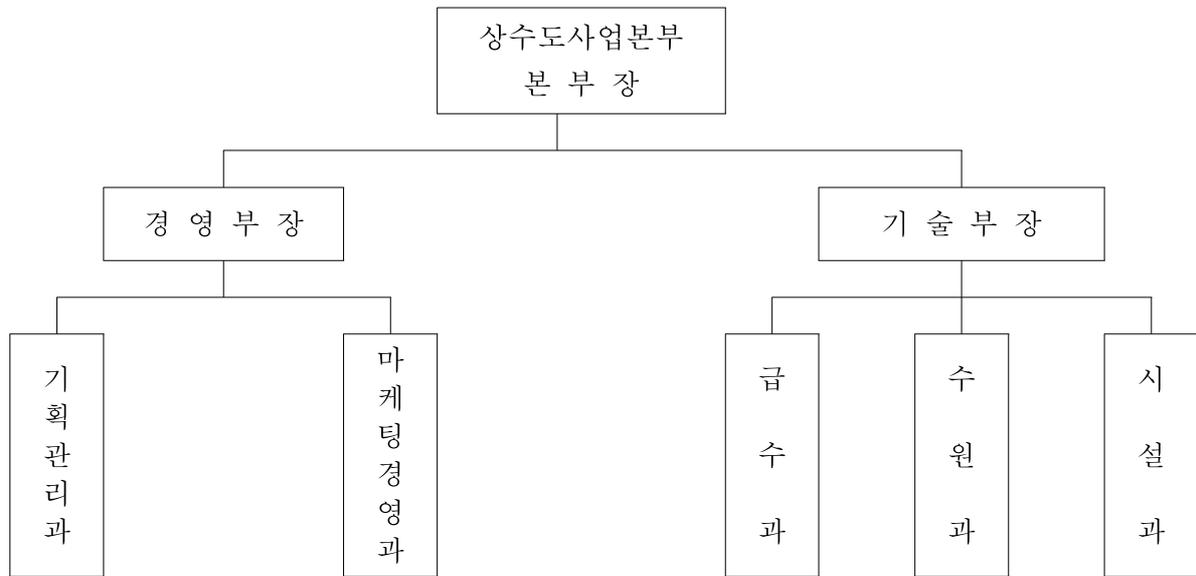
6.3.1 상수도사업본부 현황

- 1934. 11. 01 : 세천계통 상수도 창설공사 준공(세천저수지 및 판암정수장)
(3,500m³/일)
- 1950. 08. 03 : 유등천계통 산성정수장 1차 상수도 확장공사 준공(10,000m³/일)
- 1962. 01. 08 : 대전시 수도과 발족
- 1964. 11. 23 : 유등천계통 산성정수장 2차 상수도 확장공사 준공(10,000m³/일)
- 1969. 12. 31 : 금강계통 회덕정수장 상수도 확장공사 준공(60,000m³/일)
- 1971. 02. 15 : 수도국 발족(업무과, 공무과, 수도사업소)
- 1976. 01. 24 : 수도사업소를 수원지 관리사업소로 개편
- 1977. 03. 31 : 갑천계통 상수도확장사업 준공(20,000m³/일)
- 1978. 11. 16 : 갑천계통 삼천공업용수 생산시설 준공(15,500m³/일)
- 1980. 07. 31 : 대청호계통 송촌정수장1단계 상수도 확장공사 준공(100,000m³/일)
- 1981. 05. 15 : 세천계통 상수도 폐쇄
- 1981. 06. 05 : 회덕정수장 제2차 상수도 확장공사 준공(금강→대청호)
- 1987. 09. 30 : 대청호계통 송촌정수장2단계 상수도 확장공사 준공(200,000m³/일)
- 1989. 01. 01 : 신탄진정수장 편입(대덕군에서, 9,000m³/일)
- 1991. 05. 01 : 제1,2공단 공업용수 공급사업 준공(회덕정수장내, 20,000m³/일)
- 1992. 07. 01 : 대청호계통 월평정수장1단계 상수도 확장공사 준공(200,000m³/일)
- 1992. 12. 31 : 제3,4공단 공업용수 공급사업 준공(회덕정수장내, 36,000m³/일)
- 1995. 01. 01 : 대전광역시 상수도사업본부로 명칭개칭
- 1995. 05. 13 : 대청호계통 월평정수장2단계 상수도 확장공사 준공(200,000m³/일)
- 1997. 10. 31 : 유등천계통 산성정수장, 갑천계통 복수정수장 폐쇄
- 1998. 07. 24 : 대청호계통 월평정수장3단계 상수도 확장공사 준공(200,000m³/일)

- 1998. 09. 05 : 대전광역시 수도사업본부로 개편
(본청 하수과, 수질환경사업소 편입)
- 1998. 12. 08 : 대전 제4공단 공업용수 생산시설 회덕정수장내 준공(34,000m³/일)
- 2000. 12. 20 : 대전광역시 수도사업본부 직제 개편
(본청 환경국 물관리과로 하수과 이관, 수질환경사업소 민간위탁)
- 2003. 01. 01 : 대전광역시 상수도사업본부로 명칭 개정
- 2005. 10. 07 : 신탄진정수장 준공(300,000m³/일)

6.3.2 사업소 기구 및 부서

대전광역시의 상수도 관련 업무는 상수도사업본부에 2부 5과로 구성되어 있으며 산하조직으로 10개의 사업소로 조직되어 업무를 수행하고 있다. 상수도사업본부 인원은 현재 총 453명(정원460명)으로 일반직 170명, 기능직 177명, 정원외 106명으로 구성되어 있으며 기구 조직은 다음 그림과 같다.



상수도사업본부 기구조직표

6.3.3 현행 기구에 대한 검토

대전광역시 상수도관련 현행 기구는 충분한 조직과 인원구성이라고는 할 수 없으며, 향후 종합상황실 및 정수장 고도정수처리시설이 단계적으로 도입되면 신규 상수도 업무가 다량으로 발생하므로 현 체계를 보강할 필요가 있다.

이러한 관점에서 현행 기구를 검토하여 보면 다음과 같다.

- 상수도의 수요 증가에 따른 단순 인력의 증가는 있었으나 전문 상수도 직종이 없었으므로 전문화가 이루어지지 않았다.
- 따라서 조직의 기능 약화는 기획업무 및 기술 발전의 저해 요인이 되었으며, 책임 한계의 불분명, 전문직의 부재, 서비스의 부재 등 비효율적인 운영으로 인하여 상수도의 종합 경영 기능을 약화시켰다.
- 수도 종사자 및 기능직에 대한 교육 기능이 없으므로 직원의 자질향상에도모치지 못할 뿐 아니라 인력의 전문화를 통한 기술개발을 이룩할 수 있는 조직기능이 없다.
- 기업 회계제도 및 특별 회계제도에 따른 경영관리가 공기업 체제로 전환되지 못하였다.
- 수돗물의 수질은 국민보건과 밀접한 관련이 있으며, 수질관리가 수도에서 가장 핵심 업무라는 중요성을 고려하여 수질관리 업무를 전문화시켜야 한다.
- 정수장에 전문 직종 인원이 근무하지 않아 체계적인 시설물 및 수질관리가 어려운 실정이므로 인원 보강이 이루어져야 한다.

6.3.4 현행기구의 문제점

현행 상수도사업본부의 기구는 체계적인 조직을 갖춘 것으로 판단되나 장래 상수도 유지관리체제로 전환시 충분한 조직과 인원구성이라고는 할 수 없으며 단계적인 상수도 사업의 실시과정 및 유지관리 과정에서 추가업무가 다량으로 발생하므로 현 체제에 전문성을 보완할 필요가 있다고 판단된다.

- 상수도 본부의 직종은 수도전문직으로 상수도 시설확장에 따른 단순인력의 증가는 있었으나 상수도시설이 환경, 토목, 기계, 전기, 계장, 건축 등이 총망라된 종합시설물로서 분야별 세분화된 전문성이 필요한 상황을 고려할 때 순환보직 개념으로 보직을 수행함으로써 세분화된 분야별 전문화가 이루어지지 않고 있어 업무의 연속성 및 업무의 인계과정이 원활하지 못하다.

- 따라서 조직의 기능이 약화되고 기능약화는 기획업무 및 기술발전의 저해 요인이 되어 비효율적인 운영이 이루어진다.
- 수도종사자 및 기능직에 대한 교육의 기회가 적어 직원의 자질향상을 도모하기 어려우며 인력전문화를 통한 기술개발 기능이 효과적이지 못하다.
- 시설계획 및 공사업무와 유지관리 기능이 분리되어 호환적인 시설관리가 어렵다.

6.4 기구정비에 대한 제안

6.4.1 기구정비 기본방향

대전광역시는 상수도시설의 고도처리전환과 시설의 현대화, 자동화 시스템을 도입하는 추세를 감안하여 기구를 정비하고 구성원은 수도전문직제로 운영하여야 한다.

상수도사업본부는 도시의 가장 기본이 되는 기반시설의 상수도를 합리적으로 계획, 설치, 운영하고 있으나 현재의 상수도사업본부 직제를 정비하여 안정성 있는 관리체계를 유지하며 직원 개개인의 자질향상도모와 책임감 및 사명감의 증대, 우수한 인재집단에 의한 고도의 시설관리를 할 수 있는 태세를 갖추는 것이 필요하다.

이를 위해서는 정수장 시설운영의 자동화는 물론, 정보관리의 충실화, 생산의 안전성, 응급시의 대처능력 등을 향상시킬 수 있는 전문인력의 증대와 주기적인 직능별 교육이 필수적이다.

따라서 조직의 양적증가보다는 분야별 전문인력 개발이 수반되는 기술직 및 기능직의 고급화와 전문화가 함께 이루어져야 상수도 시설관리의 목적이 달성될 수 있을 것으로 판단된다.

6.4.2 기구 조직의 제안

대전광역시의 현재 상수도본부 기구조직은 상수도시설의 확장에 의한 복잡화,

자동화에 따른 기능에 대응할 수 있는 관리조직을 갖추었으나 급변하는 기술 변화에 대비한 조직의 보완이 필요할 것으로 판단된다.

따라서 기존의 기구조직에 상수도의 현대화와 고도의 시설 등 수도기술을 연구 담당할 수 있는 부설 수도기술연구소 및 수도시설의 유지관리를 담당하는 수도시설 관리사업소의 보완이 바람직하다고 사료된다.

6.4.3 인력구성 체계의 정비

현재 대전광역시 상수도사업본부의 인력 구성은 총 현원 453명으로 일반직 152명, 연구직 11명, 별정직 7명, 기능직 177명, 정원 외 106명으로 구성되어 있다. 향후 고도정수처리시설의 도입과 시설의 현대화 및 자동화가 이루어지면 보다 양질의 수도물을 공급하기 위해서 연구직이나 전문인력의 배치가 더 필요하리라 판단되므로 연구직의 비율을 점차 늘려가는 방향으로 정비가 이루어지거나, 현 기능직의 인원을 꾸준한 교육을 통해 일반직으로 전환시켜 일반직을 충원하는 방향으로 정비가 이루어져야 할 것이다.

대전광역시 상수도사업본부 인원현황

(단위:인)

구분	계	일반직								연구직	별정직	기능직
		소계	3급	4급	5급	6급	7급	8급	9급			
정원	351	155	1	6	12	45	57	34	-	11	7	178
현원	347	152	1	6	12	44	65	15	9	11	7	177
정원외	106	청원경찰 49, 일용직 57										

자료) 2009 대전광역시 상수도통계

7.0 시설현대화 및 자동화 계획

7.1 개요

급격한 도시발전과 인구증가에 따른 생활·공업용수의 수요량이 급속히 증가하면서 송·배수 관망이 복잡해지고 이에 따른 수도시설의 확장 및 신설이 이루어지고 있다. 이들 시설에 대한 관리 운영이 지금까지는 단위시설물의 제어와 감시에 국한되어 운전 및 관리데이터 수집 등이 인력에 의존하는 수동운전 방식이어서 수도시설의 운영 및 관리상에 많은 개선점을 가지고 있어 효율적이고 안정적인 용수공급 관리를 위한 운영관리시스템의 현대화와 자동화가 절실한 실정이다.

상수도 시설의 현대화는 상수도 시설을 안전하고, 합리적이며, 과학적이고, 경제적인 운전이 될 수 있도록 시설 전체에 대한 관리 및 운영의 최적화 및 효율화를 목적으로 한다. 따라서 본 계획에서는 취수장, 배수지, 가압장 등의 운영현황 및 실적 자료를 수집, 분석하고 Data Base를 구축하여 최적관리 및 미래를 예측하는 기초 자료로 활용하고, 이를 토대로 관리 및 운영 활동을 개선함으로써 고품질의 상수를 경제적으로 공급하기 위하여 관리 및 운영의 고도화를 이룰 수 있도록 계획하였다.

7.2 기본자료 및 분석

7.2.1 시설상태조사

지역내 산재되어 있는 상수도 시설에 대하여 계통별로 목록표를 작성하여 효과적인 시설의 운영가능여부 및 개량계획을 작성하고 감시반, 현장계측기기 등을 조사하여 교체, 교정, 보수 후 사용 등 시설전반에 대한 정밀조사를 실시한다.

7.2.2 시스템 운영 상태조사

- 최종적으로 현대화된 자동화 시설이 되도록 하기 위한 시설의 상태조사와 함께 운영 상태를 조사한다.

- 이에 대한 내용으로 운영자의 자동화 운전 능력, Data 송·수신 전송상태, 자동화관련 시설의 유용성 여부판단, 각종 계측제어기기의 설치년도 및 수명 등을 진단하여 자동화구축 범위를 계획한다.

7.2.3 기술진단 계획안 작성

- 기능별, 시스템별 및 계통별로 효율적인 자동화 시설을 갖추기 위한 세부적인 기술진단을 위한 진단항목 List를 작성하여 이에 따라 기술진단의 방향을 설정하고,
- 현장 조사하여 조사된 자료에 따라 기술진단 계획안을 작성하며,
- 이러한 기술진단을 통해 무인 자동화를 위한 공정의 자동화 계획과 시스템 자동화를 위한 각종 장비 등의 선정 및 자동화 수준을 결정한다.

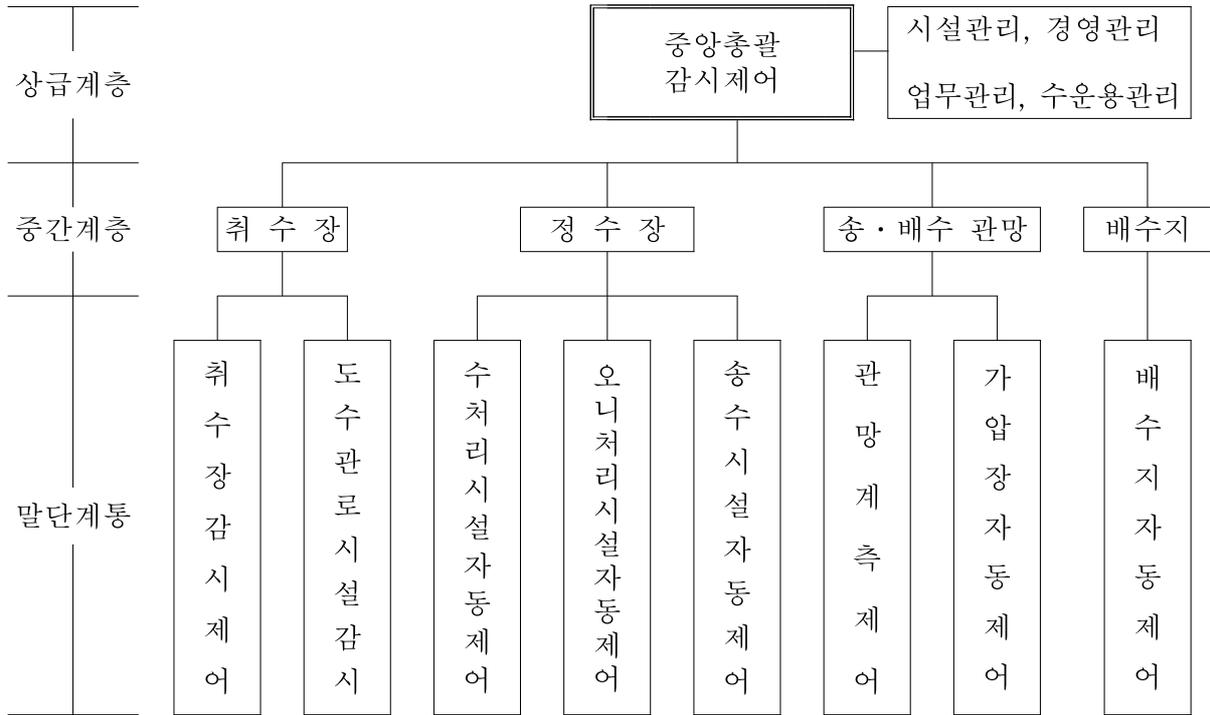
7.3 기본계획

7.3.1 계층적 감시제어 시스템

- 모든 관리 및 운영체제에 있어서 이들의 운영을 위한 계통 및 조직이 필요하듯이 수도시설의 자동 운영을 위해 나름대로의 계통조직 구성이 필요하다.
- 이러한 조직구조를 가장 효율적인 것으로 형성하기 위하여 그 시스템이 수행하여야 할 기능, 시스템 규모, 지역적 특성 및 운용요원의 구성요소의 상관관계 등을 충분히 반영하도록 한다.
- 본 사업의 수도시설의 현대화 및 개량사업은 단계적으로 시행될 것으로 판단되며 이에 따른 자동화 계획은 이에 맞도록 시행될 수 있도록 한다.
- 수도시설에 있어서 자동화 시스템 계획에 포함되는 기능을 대별하면 다음과 같다.
 - － 중앙 총괄 관리 시스템
 - － 취수장 감시제어
 - － 정수장 감시제어

- 송·배수 관망 감시제어
- 가압장 감시제어
- 배수지 관리

등을 계층별로 분석하여 도시하면 다음과 같다.



자동화 시스템 계통도

7.3.2 원격 감시제어 시스템

본 시스템은 수도시설이 넓게 산재되어 있으므로 가능한 무인자동화를 위한 것으로 가압장 및 배수지 등으로부터의 감시·계측제어 자료를 송·수신하기 위한 장치이며 그 전송선로는 한국통신의 선로를 임대하는 것과 직송의 광케이블을 포설하는 것이 있는바 제반시설 여건과 경제성 등을 충분히 검토하여 선정하도록 한다.

가. 도입 목적

1) 무인화 달성

원거리에 설치되는 가압장, 배수지 등에 운영관리자를 배치하는데 따르는 인원의 절감을 기할 수 있다.

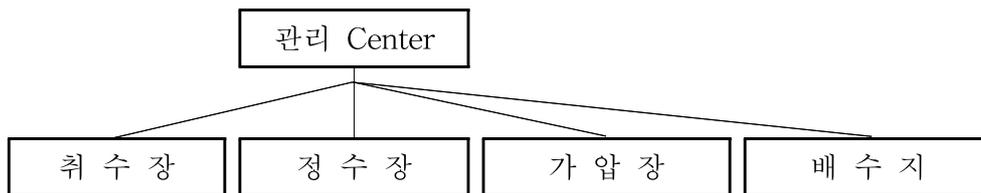
2) 운전의 합리화

- 원거리에 있는 기기의 감시 및 제어
- 효율 운전 : 한곳에서 전체 관련시설을 상호 연관적인 운전 가능
- 공급의 안전 확보
- 각종 Data 확보 및 개선

나. 각종 정보수집과 감시제어 시스템 구축

관리지역내의 제반 수도시설(가압장, 배수지 등)의 Process Data를 수집 관리하여 필요시 감시제어 기능을 위한 송·수신 기능을 확보하도록 한다.

다. 시스템 구성안



시스템 구성안

7.3.3 통합운영 시스템 구축

가. 시스템의 도입 목적

본 통합운영 시스템은 대전광역시에서 관리하는 상수도 시설을 안전하고 합리적이며, 과학적이고 경제적인 운전관리가 될 수 있도록 시설 전체에 대한 최적화 및 운영 효율화의 향상을 목표로 한다.

1) 안전한 수질의 확보 및 유지

취수장, 정수장 및 가압장, 배수지 등 개개의 수질을 종합적으로 관리(Database

화)하여 음용수 수질기준내의 수질을 확보 유지한다.

2) 안정된 공급량 및 수압의 확보

기상조건, 수요 등의 각종 요인에 의한 변동에 대하여 수요에 대응하는 취수장, 정수장 및 가압장, 배수지를 합리적, 경제적으로 운용한다.

3) 균일한 급수의 확보

통합운영 시스템에 의한 상수도시설 사고의 조기발견, 복구의 신속화 및 갈수 기시 수원의 연계운영에 의하여 각 급수구역에 균일한 급수가 되도록 한다.

4) 운영효율 향상 및 유지관리 강화

산재되어 있는 단위 수도시설을 통합운영 센터에서 일괄하여 관리함으로써 수 자원 및 에너지 절감, 시설의 개량 및 사고에 대한 조속한 대응을 할 수 있다.

나. 통합 운영 구축을 위한 시스템 구성

1) 통합 Database Server 설치

Database Server는 현장으로부터 수집한 데이터를 수집 및 가공하여 저장하며, 다양한 보고서 생성, 트렌드 감시, 공정 감시 및 분석 기능을 수행하도록 한다.

2) 통합 Operator Station 설치

통합운영센터의 운전조작반인 Operator Station은 현장 전 설비의 운전상태, 고장 등에 대한 모든 것을 감시하며, 주요설비(펌프, 밸브 등)의 제어 기능을 수행하도록 한다.

7.4 수운용 관리

7.4.1 수운용 관리의 목표

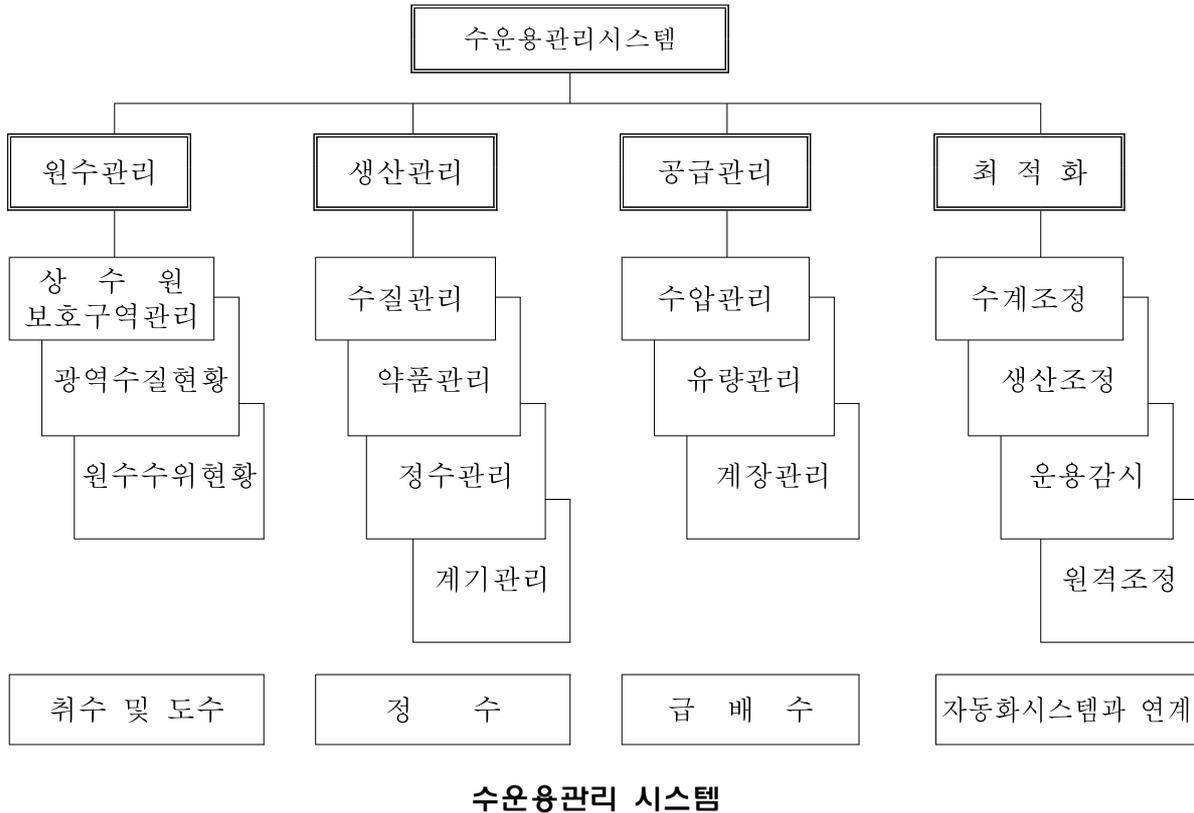
수운용 관리는 수원으로부터 수용가에 이르는 수돗물의 생산 및 공급을 위한 취·정수장, 가압장, 배수지 및 송·배수관로 등의 수운용 시설을 통합적으로 제어·감시하여 효율적인 수운용 업무를 지원하는 것으로 수운용 시설의 안전

과 합리적 운용을 위한 것이다.

- 안전한 수질의 확보
- 안정된 공급량, 수압의 확보
- 효율적 배수의 확보
- 물의 적절한 이용
- 운전·제어 수준의 향상 유지관리의 강화 및 용이화
- 수운용시설 갱신 및 시스템 개량의 적절한 대응

7.4.2 수운용 관리의 구성

수운용 관리는 수원지에서의 취수 및 도수를 관리하는 원수관리, 정수장의 처리과정을 관리하는 생산관리, 송수 및 급배수에 관한 공급관리 및 수원지에서 수용가까지 이르는 과정을 종합 수운용 센터에서 통합 운용관리하는 최적화로 구성된다.



7.4.3 수운용 관리의 주요기능

수운용 관리의 주요기능은 풍부하고 깨끗한 원수의 취득을 목적으로 상수원보호구역, 광역수질, 원수수위를 관리하는 원수관리 기능과 취수된 원수의 정수처리와 관계되는 수질, 약품, 계기를 관리하는 생산관리 기능 및 정수처리된 물을 원활하게 수용가로 공급하기 위해 필요한 적정수압, 유량, 급·배수시설을 관리하는 공급관리 기능이 주가 되며, 이를 종합적으로 감시·제어하는 최적화기능을 수행한다.

수운용 관리의 주요기능

시 스템		주 요 기 능
최적 제어	수 계 조 정	○ 송수, 배·급수의 최적배분
	생 산 조 정	○ 취수장간, 정수장간의 최적조정 생산배분
	운 용 감 시	○ 생산·공급의 총괄 감시
	원 격 조 정	○ 감시에 의한 변화요소를 조정
원수 관리	상수원보호구역관리	○ 시설관리시스템과 연계, 지도상에 표시하여 일괄표시
	광역수질현황	○ 광역수질현황을 온라인으로 연속감시
	원수수위현황	○ 저수량, 수위, 유량, 기상정보의 대비 파악
생산 관리	수 질 관 리	○ 원수 및 정수의 수질검사 자료관리, 약품투입 제어관리
	약 품 관 리	○ 정수약품대장, 시약 대장관리
	정 수 관 리	○ 취수량, 생산량, 소모수량 등의 감시 및 제어
	계 기 관 리	○ 정수처리의 가동계기 현황관리
공급 관리	수 압 관 리	○ 가압장과 배수지간, 관로 등의 수압감시
	유 량 관 리	○ 가압장 및 관로의 유량 감시
	계 장 관 리	○ 급·배수의 수운용 시설 관리

7.5 설비별 계획

7.5.1 취수 설비

Process에 따라 펌프의 자동운전의 조건을 검토하여 수위, 유량, 압력 등 필요한 계측 Date에 의해 자동운전 시스템을 구축하며, 필요한 경우 CCTV설비를 장치하여 통합운영센터에서 운전관리가 가능토록 하는 완전 무인화 운전이 되도록 하며 이를 위한 필요한 계측제어장치 즉 펌프관련 압력계, 온도계, 수위계, 유량계 등을 설치하여 현대화된 시설이 되도록 한다.

7.5.2 정수 설비

정수처리 공정을 대상으로 중앙 감시제어실에서 전체 시설을 감시 및 제어하여 통제할 수 있도록 구성하여 이를 위한 주요 기능은 다음과 같다.

- 수처리 공정(약품 및 염소설비 포함)의 자동제어
- 수질 관리
- 취수 및 송수관리
- 공정 관련 모든 기기의 운전상태 감시, 기록 정보 등
- 수위, 유량, 압력 및 각종 수질 계측 및 Data 수집 기록 및 보존
- 타 정수장 및 중앙 통제 Center와의 정보 송수신 기능 확보

7.5.3 송배수 설비

송·배수 시스템 종래의 송수펌프로 수용가에 직송하던 방식에서 배수지로부터 급수를 하는 배수지 급수방식을 택하는 추세이며 이를 감안하여 자동화 계획을 수립하도록 하며 배수설비의 자동화 계획은 다음 사항의 기능을 갖추도록 계획한다.

- 배수지 수위 관리
- 관망의 주요점 압력, 유량
- 수요예측에 따른 정수장 생산 지표의 자료 제공
- 실 급수량에 따른 배수지 운용지표의 제공

- 배수지 및 급수의 수질 자동 계측
 - 가압펌프장의 자동화 운전 및 원방 감시제어
 - 관망내의 누수의 방지 및 조기발견
 - 압력계에 의한 수압 정보를 중앙 통제소에서 수집, 감시하여 그 Data를 축적하여 압력조정, 관망정비의 자료로 이용할 수 있도록 한다.
 - 수압 조정점의 선정은 지역과 계통을 대표할 수 있는 지점과 원방 전송 장치를 설치할 수 있는 지점을 선정한다.
- 그리하여 전체 배수 관망 및 가압장에 대한 배수 운영체계가 과학적으로 이루어질 수 있도록 한다.

7.6 대전광역시 정보화 현황

대전광역시 상수도사업본부에서 추진하고 있는 상수도 지하시설물도 작성사업은 GIS를 기반으로 한 상수도 행정구현, 효율적인 시설물 유지, 대인서비스 향상, 과학적 관리체계 구축을 통해 예산절감을 목표로 하고 있다.

7.6.1 관망도 구축 현황

1982년에 작성된 1/500 및 1/2,500(청사진)도를 보유하고 있고, 관로교체, 밸브 추가 설치 등의 공사 시행 후 기존 도면에 수기로 보완하였으며, 2000년 ~ 2003년까지 GIS사업시행으로 도면의 전산화 및 시스템을 구축하여 수용가정보 시스템과 연계하여 활용하고 있다.

- 1차 사업 : 2000. 12 ~ 2001. 12
- 2차 사업 : 2001. 6 ~ 2002. 4
- 3차 사업 : 2002. 6 ~ 2003. 10
- GIS 구축 : 2003. 3 ~ 2003. 11

GIS 활용 시스템 현황

개발 시스템명	단위 시스템명	기능	개발 기간	개발 비용 (백만원)	개발 업체	개발 S/W, H/W
상수도 시설물 관리 시스템	상수공사 관리	공사대장관리, 급수공사관리, 공사계획관리, 공사설계관리, 공사공정관리	2003.03 ~ 2003.11	469	한국 통신 데이터 (주) 외 1개사	-S/W:범용프로그램1식, 제우스, 비주얼베이직 오라클 -H/W:D/B Server
	상수관망 관리	상수관로관리, 변류시설관리, 소방시설관리, 상수맨홀관리, 구역유량관리, 유량계관리, 수압계관리, 유수율분석 등				
	상수부속 시설관리	수원지관리, 취수장관리, 정수장관리, 배수지관리, 청사관리				
	수용가관리	급수관관리, 급수전계량관리				
	통계관리					

7.6.2 GIS 운영상황

GIS의 관로 교체, 밸브추가 설치 등의 공사를 시행한 후 측량을 실시하여 GIS에 반드시 업데이트가 이루어지도록 운영되고 있으며, 관로가 위 아래로 지나가는지 아니면 서로 접합되어 있는지 여부에 대한 조사는 양호하게 운영되고 있다.

블록별 정보화 관리자료 부분의 배수관로 및 각종 시설물의 입력은 정확한 반면, 급수관로에 대한 부분은 정확한 탐사 및 측량이 이루어지지 않고 수용가 급수계량기에서 가까운 배수관에 연결시키는 방법으로 급수관로가 입력되어 있어 지속적인 보완이 필요하다.

7.6.3 관망도 작성 평가

관망도상 기재된 관로와 2007년 대전광역시 상수도 통계상 관로를 비교 검토하였다. 관로 길이 수집은 구별로 수집하여 합산하였으며, 전반적으로 GIS상

관로 길이와 구별 통계자료가 상이하게 나타나 있었다.

관로현황

(단위: km)

구 분	상수도 통계				GIS				비 고
	계	도수관	배수관	급수관	계	도수관	배수관	급수관	
계	4,218.7	19.3	2,163.1	2,036.2	3,683.5	19.3	2,171.4	1,492.7	
동구	1,017.4	-	435.3	582.2	922.0	-	441.5	480.5	
중구	996.3	-	415.5	580.7	747.3	-	390.7	356.6	
서구	911.4	5.2	466.5	439.7	761.7	1.0	471.8	288.9	
유성구	585.0	-	447.9	137.1	609.7	-	462.7	147.0	
대덕구	708.6	14.1	397.9	296.5	642.9	18.3	404.8	219.8	

자료) 대전광역시 상수도통계(2007년)

급수전수 현황

(단위: 전)

구 분	상수도통계	GIS	비 고
계	121,609	113,566	93.4%입력
동구	31,454	32,613	
중구	30,435	25,641	
서구	28,395	28,375	
유성구	11,039	8,715	
대덕구	20,286	18,222	

자료) 대전광역시 상수도통계(2007년)

급수전수는 GIS에서 블록별로 수집하였으며 상수도통계와 비교하여 8,043전이 적게 수집되었다. 동구 관할 블록에서는 1,159전이 관망도상 많으며 중구, 서구, 유성구, 대덕구에서도 통계와 차이가 있었다.

관로는 도수관은 연장이 정확하였으며, 배수관은 관망도 상에 기재된 길이가 통계보다 약 8km 많았으며, 급수관은 543.5km가 적게 기재된 것으로 나타났다.

관망도 보율의 평가지표는

$$\begin{aligned} & - \text{관망도 보유율} = [\text{관망도 기재관로 길이(m)}] \div [\text{전체관로길이(m)}] \times 100 \\ & = (3,683.5 \div 4,218.7) \times 100 \\ & = 87.3\% \end{aligned}$$

관망도 GIS구축시 배수관은 탐사가 이루어졌으나, 급수관은 탐사를 하지 않고 이기하는 방법으로 추진한 결과 급수관의 연장이 통계에 비하여 많은 차이가 발생하였다.

대전광역시는 관망도 및 GIS 관리를 위하여 매월 마지막 금요일을 “관망도 정비의 날”로 지정하여 운영하고 있으며, 매년 12월을 “관망도 정비의 월”로 지정하여 합동으로 관망도 정비 및 보완을 하고 있다. 또한 수도관 및 부대시설은 준공과 동시에 GIS입력 및 관망도 정비를 하고 있다.

매년 수도관 교체 및 누수수선, 급수수탁 등 각종 공사시에 확인된 상수도시설물 및 관로의 오류, 누락된 시설물도 지속적으로 수정 보완하여 보다 신뢰할 수 있는 관망도를 보유해야 할 것이다.

GIS를 수용가정보와 연계하여 활용하고 있으며 설계 프로그램도 GIS에 있어 활용하고 있다.

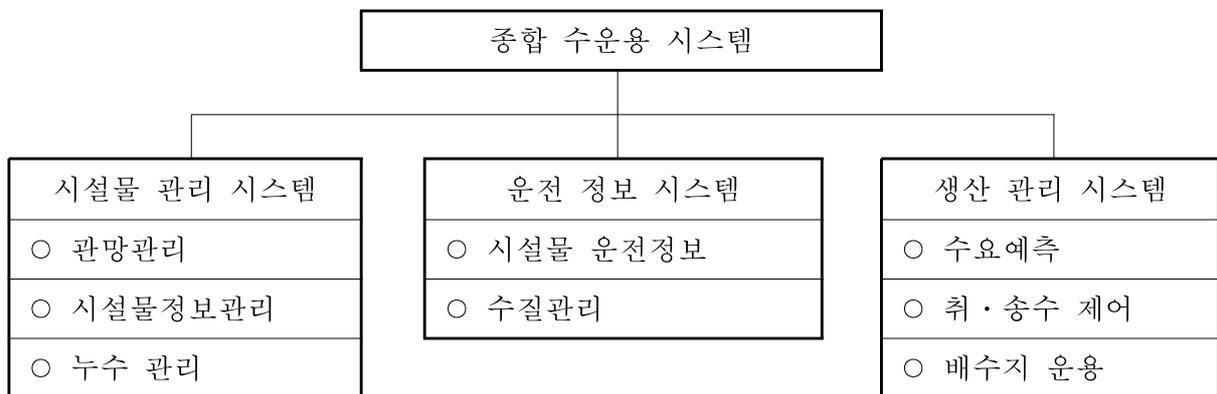
7.7 수운영시스템 계획

7.7.1 개 요

종합운영실에서는 각 취·정수장, 가압장 및 배수지에서 원격 전송된 주요 Data에 대해 실시간 Monitoring하여 아날로그 값으로 지시, 기록하며 전체 수처리 시설의 종합감시를 위한 워크스테이션급 Host Computer 적용하고, 데이터 저장 및 Back up용으로 Server 컴퓨터를 도입하여 운영관리의 질적 향상을 도모하고자 계획한다.

7.7.2 통합 감시시스템 기능

종합 운영실의 수운용 시스템은 관련 용수공급시설의 현황을 파악하고 각 시설별 필요 공정 감시 및 관리를 하는 기능을 갖는 것으로 정보의 일원화, 각종 자료의 통합화를 통해 자료의 표준화, 자료의 공유성, 자료의 효율성 및 신속 정확한 자료 제공을 통한 업무의 고도화와 합리적인 의사결정 지원을 위한 시설물 관리와 취수원에서 송·배수시설까지 이르는 모든 관련 사항을 관리 운용하므로 안정되고 효율적인 급수, 안전한 수질관리를 목적으로 하는 수운용 관리의 기능을 주기능으로 하며, 종류 및 특징은 다음과 같다.



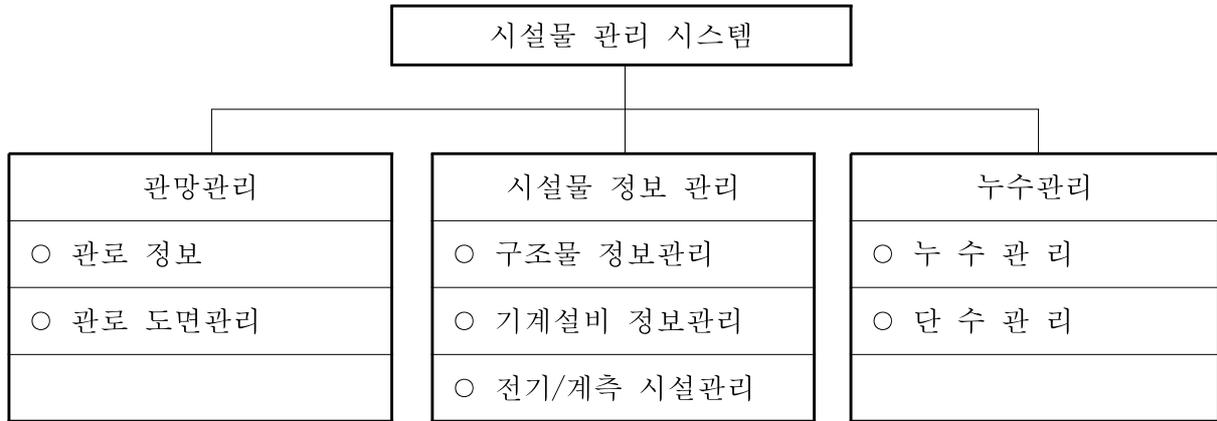
종합 수운용 시스템의 구성

가. 시설물 관리 시스템

시설물 관리 시스템은 용수공급시설의 도면 및 자료를 효율적으로 관리하여 업무수행에 필요한 정확한 시설정보를 신속하게 제공함으로써 유지관리 체계의 강화와 상수도 업무의 고도화 및 효율화를 추구하는 데 있다.

1) 구 성

시설물 관리 시스템은 관로 정보와 관로 도면관리를 담당하는 관망관리 시스템, 구조물과 기계설비 및 전기계측시설을 담당하는 시설물 정보관리 시스템, 그리고 누수 및 단수정보를 관리하는 누수관리시스템으로 구성한다.



시설물관리 시스템의 구성

2) 주요기능

(1) 관망 관리

관망관리는 관로와 관계되는 주요사항을 데이터베이스화하여 관로시설을 효율적으로 관리하는 관로정보와 향후 제작된 전자 지형도를 바탕으로 취수장에서 정수장 및 정수장에서 각 배수지에 이르는 주 관로를 표시한 배수관망도와 연계하여 관리하는 관로 도면관리로 구성되며, 그 주요 기능은 다음과 같다.

관망관리의 주요기능

시스템명	항 목	주 요 기 능
관망관리	관로정보	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관로에 대한 주요사항 자료의 등록, 관리, 수정, 검색 ○ 관로의 정기점검 계획수립 및 보수이력 파악 ○ 관로 현황보고서 출력, 기타 요구보고서 출력 ○ 노후관 정보조회
	관로 도면관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지형정보 및 관로 도면의 입력, 관리, 수정, 조회 ○ 도면 Plot

(2) 시설물 정보관리

시설물 정보관리는 시에서 제공하는 주요 구조물과 기계설비 및 전기/계측시

설의 정보에 대한 관리체계를 강화하고 용수공급시설 및 부속시설의 신속 정확한 자료 조회를 통해 효율적이고 신속한 업무수행을 행하며, 그 주요 기능은 다음과 같다.

시설물 정보관리 주요기능

시스템명	항 목	주 요 기 능
시 설 물 정보관리	구조물 정보관리	○ 구조물에 대한 Layout, 기본제원의 등록, 수정, 검색 ○ 구조물 정기점검 계획 수립 및 보수 이력파악 ○ 구조물 관리대장 조회 및 출력 등
	기계설비 정보관리	○ 설비계통도, 설비기본제원의 등록, 수정, 검색 ○ 설비 정기점검 계획 수립 및 보수이력 파악 ○ 설비관리대장 조회 및 출력, 기타 요구보고서 출력
	전기/계측 시설관리	○ 전기/계측설비 기본제원, 계통도 등록, 수정, 검색 ○ 전기/계측설비 정기점검 계획 수립 및 보수이력 파악 ○ 설비관리대장 조회 및 출력

(3) 누수관리

누수관리는 취수 및 배수관로별 각 배수구역별로 누수정보를 종합 관리하는 누수관리와, 관로 및 설비 이상이나 정기보수시에 단수지역을 파악하고 신속하고 적절한 조치를 취할 수 있도록 판단자료를 제공하는 단수관리로 구분되며, 그 주요기능은 다음과 같다.

누수관리 주요기능

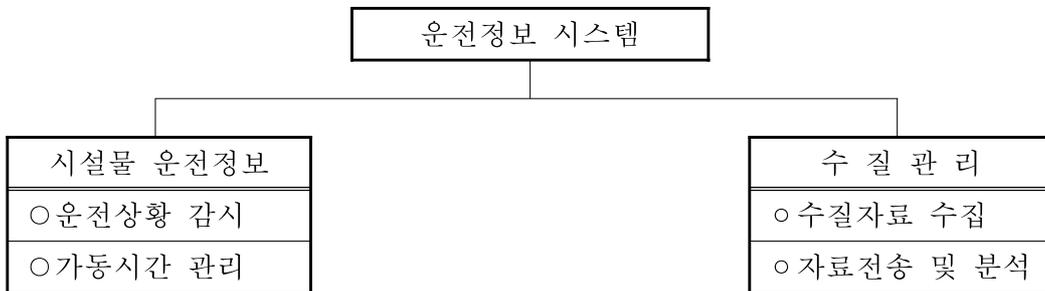
시스템명	항 목	주 요 기 능
누수관리	누수관리	○ 출수불량, 누수 등의 사고이력, 누수탐사 실적 입력 조회 ○ 누수위치 및 누수다발지역 조회 ○ 누수통계분석 ○ 누수율 계산
	단수관리	○ 단수작업계획 입력 ○ 단수지역 파악 ○ 단수실적 및 이력입력, 조회, 출력

나. 운전정보 시스템

종합 수운용 시스템과 관련된 각종 시설물의 동적 정보를 관리하기 위한 시스템으로 주요 시설물의 운전상태 감시는 물론 각 정수장별 설비의 가동시간, 수질 데이터를 수집, 관리한다.

1) 구성

운전정보 시스템은 시설물의 운전상태를 관리하는 시설물 운전 정보와 각 수질을 관리하는 수질관리로 구성한다.



운전정보 시스템 구성

2) 주요 기능

(1) 시설물 운전정보

시설물 운전정보는 각 정수장 및 수운용 시설과 관련한 주요설비의 운전상태 감시, 중고장등 이상상태 감시 및 가동시간 관리를 하는 것으로 다음의 시설물에 대한 정보를 수집, 정보, 적산 및 표시를 행한다.

시설물 운전정보 주요기능

시스템명	항 목	주 요 기 능
시설물 운전정보	운전상황 감시	○ On-Off 감시 펌프류, 밸브류(MOV), 약품, 염소 주입기, 수변전 설비, 컴퓨터 등 ○ ANALOG 감시 수위, 유량, 압력, 수질, 온도 등 ○ 이상 상태 감시 펌프류, MOV, 수변전설비, 컴퓨터, DCS, TM/TC 등
	가동시간관리	○ 취·송수펌프, 가압펌프등 펌프류

(2) 수질관리

수질관리는 각 정수장별 수질 데이터를 TM/TC를 통하여 ON-LINE 수집 관리함을 물론 원수 및 공급 용수 수질을 포함한 타 시스템등 필요 계산에 전송할 수 있는 기능을 갖고 수질관련 데이터를 일원관리하고 Report를 행할 수 있다.

3) 운 용

운전정보 시스템은 관리대상에 대해 각 정수장의 TM/TC를 통하여 실시간 데이터를 수집, 저장하고 실시간 데이터를 이용하여 운전상태를 감시하여 색상으로 표시하며, 이상 상태는 경고 메시지와 동시에 경고내용을 프린트하며 복구후는 정상 복귀한다. 가동시간 관리는 정지시간과 이전 가동시간과의 차를 적산하여 일, 월, 년간 및 총 가동시간을 누적 계산해서 표시, 프린트한다.

수질관리는 단말장치의 메뉴를 선택하는 방식으로 수질상태를 감시관리하며 일정량의 일보, 월보, 년보의 보고서를 제공한다. 수집된 데이터의 기간별 평균치, 최대 최소치를 보여주며 필요시 데이터의 수정 입력할 수 있다.

각 수질은 허용 기준을 표시하여 비교 분석하며 이에 대한 경고 등 처리를 할 수 있어야 한다.

다. 생산관리 시스템

수운용 관리 시스템은 수원으로부터 배수지에 이르는 수돗물의 생산 및 공급을 위해 산재한 취수장, 정수장, 가압장, 배수지 등의 용수 공급시설을 통합적으로 제어·감시하여 효율적인 수운용 업무를 지원하는 시스템으로 생산시설의 안전과 합리적 운용을 위해 관련 조직간의 유기적인 연계를 통해 대민서비스의 질적 향상을 추구하는데 있다.

1) 구 성

생산 관리 시스템은 원수 취수에서 각 배수지까지 생산 관리에 관한 모든 사항

을 상수도 사업본부에서 집중 감시 및 제어를 행하는 기능을 포함하는 것으로 취수 및 송수를 관리하는 취·송수제어, 정수지 및 배수지 수위를 관리하는 정·배수지운용, 수돗물 생산에 효율적이고 수용가에 안정적으로 공급하기 위한 생산량을 관리하는 수요예측으로 구성한다.



생산관리 시스템 구성도

2) 주요기능

생산 관리 시스템은 취수에서 배수지까지의 수도물 생산관리로써 배수지 수위, 정수장 생산량, 퍼지예측 모델과 칼만 필터를 이용하여 배수지 유량 등에 의거한 배수지별 수요예측을 실시하고 이를 토대로 각 정수장별로 수요예측량을 산출한다. 예측 항목은 원수, 월수요량 예측, 일수요량 예측, 시각별 수요량예측, 배수지 및 정수지 수위, 가동 펌프 운전 댓수 및 가동시간 예측 등으로 주요기능은 다음과 같다.

누수관리 주요기능

시스템명	항 목	주 요 기 능
생산관리	수요예측	<ul style="list-style-type: none"> ○ 다음날의 배수지별 일간/시간 배수량 예측 ○ 정수장별 취수량 및 송수량 예측 ○ 배수지별 송수량 예측 ○ 배수지별 시간 송수량 예측 ○ 일별/월별 배수량 산출
	취송수제어	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정수장별/가압장별 가동펌프 운전댓수 및 가동시간 산출 ○ 정수장별 송수량을 산출하여 1일분의 운영계획 수립 ○ 최저 펌프 운전 및 밸브제어에 의한 시간별 송수량 제어
	정배수운용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 배수지별 배수량을 산출하여 1일분의 운영 계획 수립 전송 ○ 정수지/배수지 수위 제어

3) 관련 Data

생산관리 시스템을 구축하기 위하여 관계되는 각 Data는 다음과 같다.

누수관리 주요기능

시스템명	항 목	DATA 항목
생산관리	수요예측	<ul style="list-style-type: none"> ○ 과거 수개월~수년간의 시간 배수량 실적치 ○ 과거 10후년~수십년간의 월별 일평균 배수량 실적치 ○ 상기항에 대응하는 기간의 기후, 기온 ○ 예측 당일의 요일, 기, 예상기온 ○ 기타 등등
	취송수제어	<ul style="list-style-type: none"> ○ 배수지 면적 ○ 배수지 수위 상,하한 ○ 예측 수요량 <ul style="list-style-type: none"> - 익일의 일간 배수량 - 익일의 매시간 배수량 - 실적 배수량 (일/월/시간별) ○ 수위 유량 제약 조건 ○ 각 시설의 접속 형태 ○ 각 시설의 능력 ○ 전력 설비
	정 배수지	○ 수위 ○유입 유량 ○유출 유량

4) 운용방법

생산관리 시스템은 수요예측, 취·송수 제어 및 정·배수지 제어가 통합 운용되어야 하며, 수요예측 모델 부분은 수요예측 인자(실적 배수량, 요일, 기온, 날씨 등)의 결정에 따라 수요예측 모델을 구축하는 부분으로 초기에 구축되어 송수량 예측치/실적치의 검증시 오차가 허용범위를 초과하는 경우 다시 수정되어 수정된 모델식이 예측 계산식으로 사용되어야 한다.

유량 및 관련 실적 데이터가 데이터베이스로부터 로드 되고 당일의 예상 기후 및 기온이 수치화 되어 배수지별 배수량 예측식에 입력되어 이로부터 산출된 배수지별 예측 배수량으로부터 정수장별 송수량과 취수량이 결정되어야 한다. 또한 산출된 정수장별 배수량과 유량계수(송수패턴)에 따라 배수지별 송수량이 결정되어야 한다. 배수지별 배수량은 유량 비율에 따라 배수지별로 시간별 송

수량이 예측되어 예측된 시간별 배수량에 따라서 펌프 운전 댓수와 가동시간이 결정되고 이에 따라 배수지 수위가 결정되어야 한다. 배수지별 시간당 실적 유량값과 송수량 예측치를 비교 검증하여 오차가 허용오차를 초과하는 경우는 모델식을 수정하여야 한다.

7.7.3 수운영시스템 계획 방향

대전시 전역에 광범위하게 산재되어 있는 상수도 시설물을 네트워크에 의한 원격감시와 수요예측, 관망해석 등으로 계획적이고 과학적인 통합관리체계를 구축 운영코자 함에 있다.

가. 설치배경 및 필요성

- 수돗물 생산·공급 과정을 실시간 관리 및 감시(유량, 수질, 수압, 수위, 운전 등)하여 업무효율성의 극대화.
- 급수구역에(233개: 블록 34개: 가압구역) 대한 적절한 수압관리와 GIS시스템을 연계한 관망해석으로 유수율 향상.
- 취. 정수장의 생산시설 따른 급수지역 수요량 예측.
- 각종 자료의 데이터베이스화로 계획적이고 체계적인 운영으로 상수도시설의 과학적 관리.
- 급수사고 발생시 체계적인 신속한 대응으로 안정적인 급수공급을 통한 대민 서비스 향상

나. 타시도 종합상황실 설치 및 운영현황 검토

1) 부산광역시 상수도 종합상황실

(1) 업무개요

종합상황실은 상수도 시설물을 네트워크에 의한 원격감시로 사고 발생에 대

한 긴급 상황 파악 및 대처 능력을 제고하여 각종 사고를 예방하고 있으며, 수요예측과 관망해석을 통하여 취·정수장 및 가압장 등의 효율적인 운영을 위한 운전 계획을 수립 시행하고, 시내 전역의 관로 정보를 분석하여 수압 관리 및 급수 계통 조정 등의 상수도 운영에 필요한 기술 정보 제공과 의사 결정을 지원하고 있다.

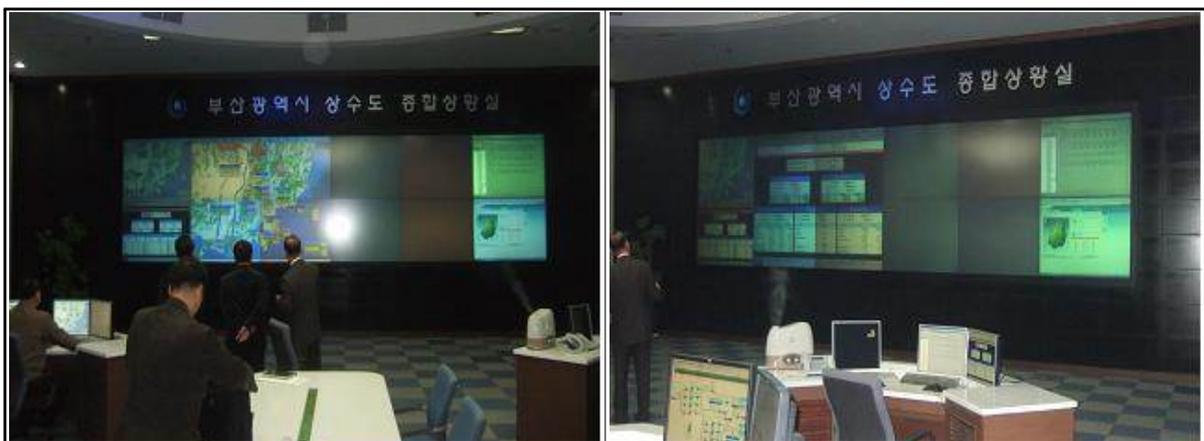
(2) 조직구성

- 소속 : 상수도사업본부 급수부
- 조직 : 파트리더3, 팀원 30명(시내급수조절 : 3개반)
- 근무 : 1일 3조 2교대(24시간 근무체제)

(3) 주요 업무내용

- 운영 상황 감시 : 취·정수장, 배수지 및 가압장, 송·배수 관망 상태
- 운전 계획 수립 : 취·정수장 생산량, 배수지 수위조절, 펌프운전 계획
- 기술적 검토 : 원활한 운영 및 공사시 타지역관련 급수상황 등 최적운영 방안제시
- 의사결정지원 : 상수도 운영 및 현장 운영에 필요한 기술정보 제공

(4) 내부전경



2) 기타 타시도 종합상황실 설치 및 운영현황

구분 시도별	시 설 명	업 무 내 용	인력 (명)	상황실 면적	비고
대전시	급수상황실	<ul style="list-style-type: none"> 대청댐 수위 GIS업무(배관망 관리) 	2	40m ²	미운영
서울시	수운영센터	<ul style="list-style-type: none"> 설계용역 발주 중 	-	330m ²	설계용역:6억 설치비:106억
부산시 (운영중)	상수도 종합상황실 (‘06년 준공)	<ul style="list-style-type: none"> 상수도 관련 시설물의 운영상황 감시 관망 해석 및 수요예측에 의한 수돗물 공급 돌발사고 발생시 긴급 상황 파악 및 대응 	34 (3교대)	400m ²	설계용역:5억 설치비:90억
광주시 (운영중)	물 관리 종합통제실 (‘03년 준공)	<ul style="list-style-type: none"> 생산 공급 조정 수요예측에 의한 수돗물 공급 돌발사고 발생시 긴급 상황 파악 및 대응 	4	390m ²	설계용역:5억 설치비:86억
대구시	급수상황실	<ul style="list-style-type: none"> 구역유량계 감시, 소요예측 상수도시설 운영관리, 관망해석 	-	48m ²	계획 중
인천시	급수상황실	<ul style="list-style-type: none"> 정수장 수돗물 생산, 배수지 수위 감시 돌발사고 지역 및 공사지역 단수 확인 	-	42m ²	계획 중
울산시	상황실 없음	<ul style="list-style-type: none"> 상수도시설물 운영감시 및 관리 수요예측에 의한 수돗물 공급 돌발사고 발생시 긴급 상황 파악 및 대응 	-	-	자체청사 확보 후 설치계획중

다. 대전광역시 각사업소별 시설물 운영현황

시설물	운영개소수	관 리 부 서
취 수 장	2개소	수도시설관리사업소, 신탄진정수사업소
정 수 장	4개소	송촌, 월평, 신탄진, 회덕 정수사업소
배수지 및 가압장	배수지(40개소) 가압장(46개소)	수도시설관리사업소, 각 지역사업소
블록시스템 및 GIS	블록시스템(233개소) GIS(1개소)	상수도사업본부 급수과

라. 통합운영관리체계 구축 사업개요

- 주요 사업내용
 - 종합상황실 설치
 - 종합 네트워크 구축
 - 종합 수운영시스템 구축
 - 원격계측설비 설치
- 구축대상 시설물
 - 시설물 : 92개
 - ▶ 취수장 2개소, 정수장 4개소, 배수지 40개소, 가압장 46개소
 - ▶ 블록시스템 : 233개 블록(상수도관로 4,218km)
 - ▶ 배수관로 : 2,165km 등
- 소요사업비 : 10,540 백만원

마. 수운영시스템(종합상황실) 구성시스템

- 시스템구성 : Network를 통한 원격감시 및 관리
(구성물 : 취·정수장, 가압장, 배수지, 블록시스템, GIS시스템, 배수관로 등)
- 수 운영시스템
 - 1) 감시제어 시스템 : 데이터수집, 처리, 관리, 전송, 네트워크 관리
 - ① 각종 사고예방 및 조기대응
 - ② 수질, 수위, 유량 등 감시.
 - ③ 설비운영. 운영감시.
 - 2) 수요예측 시스템 : 일, 시간별 수요예측, 배수량산출
 - ① 취·송수량, 최적운영.
 - ② 정수장 생산량 예측
 - ③ 배수지 수위예측
 - 3) 관망해석 시스템 : 구역, 블록별 유량·누수량측정
 - ① 수량,수질,수압관리

- ② 관로정보 분석
- ③ 급수계통 조정
- ④ 유수율 분석

바. 수운영시스템(종합상황실) 주요업무

- 대전광역시 전역에 대한 상수도 관련시설물 운영상황 종합관리(감시)
 - ① 취·정수장 운영상황 관리 및 감시.
 - ② 배수지 및 가압장 운영상황 감시.
 - ③ 송. 배수관 관망상태 감시.
 - ④ 주요 배수관의 수량·수질·수압관리
 - ⑤ 가압구역(34개). 구별유량(5개), 블록유량(233개→연속30개)측정.
- 상수도 시설물 운영계획 수립
 - ① 취 정수장 생산량 계획
 - ② 가압장 운영 및 배수지 수위조절 계획
 - ③ 펌프운전시간 계획
 - ④ 관망해석 및 수요예측을 이용한 장·단기 운영계획 수립
 - ⑤ 시설물에 대한 최적의 운영계획 수립
- 돌발적인 급수사고발생시 긴급 상황 파악 및 전파 신속대응(대처)
- 블록시스템, GIS시스템의 통합 운영관리(유수율 향상)

사. 수운영시스템 도입 설치 계획에 따른 문제점

- 사업예산의 과다소요로 재원확보의 어려움 (약10,540백만원)
- 수운영시스템 운영에 따른 소요인력(예상:12명/4명 3교대)
 - ⇒ 자체인력 조정 또는 증원(부산시 34명/급수조절원 22명포함, 광주시 4명)
- 수운영시스템 설치를 위한 공간 부족 (최소 200㎡, 최대 330㎡)
 - ⇒ 상수도사업본부 본관 3층 증축(714㎡) 또는 사무실 재배치

아. 사업효과

- 실시간 종합감시(관리)
 - ⇒ 시내전역에 산재된 생산. 공급시설 종합감시(관리)
- 각종 자료의 데이터베이스화
 - ⇒ 기존 운영자료 데이터베이스화로 계획적, 과학적인 운영관리
- 긴급대응체계 확립
 - ⇒ 집중감시에 의한 사고의 조기발견 및 신속한 대처
- 경제적인 생산 공급
 - ⇒ 수요예측을 통한 경제적이고 효율적인 생산, 공급
- 시내전역 균등급수
 - ⇒ 관망해석을 통한 균등하고 안정된 급수공급
- 우수유향상 기여
 - ⇒ 수 운영시스템, 블록시스템 및 GIS시스템을 통한 우수유향 분석

7.7.4 수운영시스템 계획 소요사업비

대전광역시 상수도시설의 수운영시스템 사업에 소요되는 소요사업비는 다음과 같다.

연도별 소요사업비

(단위 : 백만원)

구분 \ 연도별	계	2013년	2014년	2015년	2016년
사업비	10,540	540	3,334	3,334	3,332
사업내용	설 계 비 540 설 치 비 8,900 감 리 비 1,100	설계비	설치비 2,967 감리비 367	설치비 2,967 감리비 367	설치비 2,966 감리비 366

주) 상황실 설치공간 확보(별도) : 본관증축(714㎡/약10억원) 또는 사무실 재배치

7.7.5 수운영시스템 계획 세부사항

(단위 : 백만원)

구분	산출기초	금액
총계		10,543
소계		8,900
설치비	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수운영센터 <ul style="list-style-type: none"> · 통합DB시스템(S/W개발포함) 1식 <ul style="list-style-type: none"> - 통합 DB Server 1식 - 감시제어용 컴퓨터 8세트 - engineering work station 1세트 - 관망해석용, 수요예측용 work station 2세트, 시설물관리용 work station 1세트 - network management server 1세트 - date backup server, tss 각 1식 - 유량감시용client, gis용client, 수질감시용 client, VPN & Firewall 각 1세트 - Screen projector(24면), printer 각 1식 - UPS(70KVA) 1세트 - Ploter, Scanner 각 1세트 - 중대형 Switching HUB 2세트 - Router, CSU 각 4세트 등 ○ 정수사업소 <ul style="list-style-type: none"> · Gateway Server, VPN & Firewall, Router, CSU 각 4세트 ○ 지역사업소 <ul style="list-style-type: none"> · Gateway Server, VPN & Firewall, Router, CSU 각 5세트 ○ 기타 <ul style="list-style-type: none"> · 종합상황실 인테리어, 시운전비, 기타 배관배선 및 잡자재 등 1식 	6,741
		484
		605
		1,070
	소계	
설계비	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기본 및 실시설계(통신부분요율적용) 5.95% ○ 도서인쇄비, 손해배상공제료, 공제료 등 1식 	540
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 감리비 1식 	1,103

7.8 상수도시설물 관리시스템 고도화 계획

7.8.1 목적

노후화된 상수도시설물 관리시스템을 WEB 방식으로 기능을 개선하고 구역유량모니터링시스템 구축 및 유관시스템과의 연계를 통한 활용성 극대화로 종합적인 상수업무 포털 시스템으로 고도화 하고자 함

7.8.2 상수도시설물 관리시스템 현황 및 문제점

가. 현황

○ 범용프로그램 설계(2002)

건설교통부 지하시설물(상하수도) 범용 프로그램 기본 설계서 및 인증 기준공고 (건설교통부고시 제2003-137호)

○ 상수도시설물관리시스템 도입(2003)

TTA인증된 범용프로그램을 도입, 기능보완을 통해 현 시스템 개발

- 운영GIS엔진 : 한국통신데이터 (제품명: Zeus)
- 운영방식 : Client / Server 방식
- 소요예산 : 469백만원
- 개발기간 : 2003.03.14 ~ 2003.11.08

○ 상수도시설물관리시스템 활용(~현재까지)

시스템 도입 후 지속적인 업그레이드와 기능개선을 통해 시설물에 대한 관리와 민원처리 등 행정업무 수행

나. 문제점

- 사용자 요구사항의 다변화, 업무의 복잡도 증가로 인한 프로그램 및 데이터베이스의 개선 등 시스템 전반에 성능향상이 요구되나, 기존 시스템의 구조적

인 기능 한계로 인해 적절한 대응이 어렵고,

- 기존 C/S 환경에서는 전자결재시스템, 지하시설물 통합정보시스템 등 유관 행정시스템과 연계할 수 있는 모듈구현에 한계가 있음.
- 현장검침을 통한 유량정보 수집을 실시간 통신을 통한 정보의 수집체계로 전환하여 우수율 분석, 누수관리 등의 효율적 관리가 필요하고,
- 정수장 생산현황, 구별유량현황, 가압구역유량현황 등 각각의 시스템이 별도로 운영됨으로 인해 각기 독립적으로 산재되어 있는 상수관련 정보의 유기적 연계를 통한 체계적이고 종합적인 분석의 필요성이 대두됨.

7.8.3 상수도시설물 관리시스템 고도화 계획

가. 사업개요

- 사업기간 : 착수일로부터 10개월 (300일)
- 소요예산 : 595백만원
- 사업내용
 - C/S 기반의 『상수도시설물운영자시스템』 개발
 - Web 기반의 『상수도시설물공동활용시스템』 개발
 - 현장지원시스템(Mobile) 구축
 - 구역유량모니터링시스템 구축

나. 시스템 고도화 계획

1) 종합상수포털 시스템 구축

정수생산량, 상수공사 진행현황, 구별 및 구역 유량현황을 시설물 관리시스템과 유기적으로 연계하여 한눈에 파악가능 한 종합 상수 포털 시스템 구축

2) 업무처리속도개선

기능별로 시설물편집을 전담하는 시설물운영자시스템(C/S방식)과 생활민원, 누수민원 등을 전담하는 시설물공동활용시스템(Web방식)으로 분리 개발하여 시스템 접속의 분산처리 및 인터넷 기반 정보기술 활용으로 전반적인 업무처리속도 개선

3) 시스템 접근성 강화

Web 기능의 활용으로 행망에 연결된 PC는 어디서나 별도의 접속프로그램 설치 없이 시스템 활용

4) 기능강화

- 차단제수변 분석기능 강화로 다단계 차단 가능한 제수변 현황 조회 및 단수 예상 수용가에 대한 정보조회 기능구현
- 항공/위성 영상의 레이어 관리로 현장위치에 대한 식별력 향상
- 차트/그래프 등 다양한 그래픽 리포트 기능을 통해 각종 시설물현황/통계자료의 가독성 향상

5) 구역유량모니터링 시스템 구축

가압구역 외 일반구역에 대한 구역유량모니터링 시스템을 구축하여, 구역유량에 대한 정보수집 및 통계처리를 통한 유수율 분석의 기반 마련

6) 유관 시스템 연계

- 시공지시서, 수선지시 등 자체결재시스템을 온-나라 전자결재 시스템에 연계하여 시설물관리시스템에 접속하지 않아도 공사처리 내용의 확인이 가능하고, 다단계의 결재라인 변경이 가능하며, 결재과정의 기록·추적·공유로 결재문서로서의 신뢰성 확보
- 하수관, 가스관, 통신선로 등 지하시설물통합정보시스템 연계로 종합적인 지하시설물 현황 조회 기능 구현

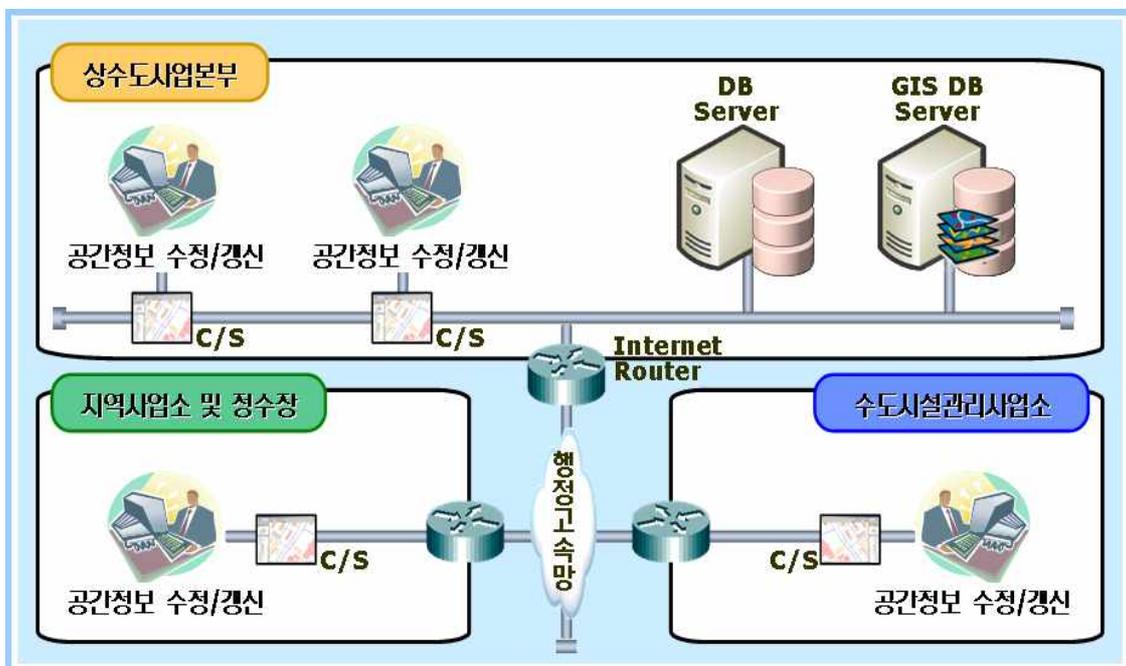
- 구별유량모니터링시스템 및 가압장모니터링시스템의 실시간연계로 구별/블록별 유량정보 수집 및 유수율 분석
- 수용가정보시스템의 급수전계량기 공동 활용으로 계량기 관련 자료의 정확성 확보

7) 현장지원

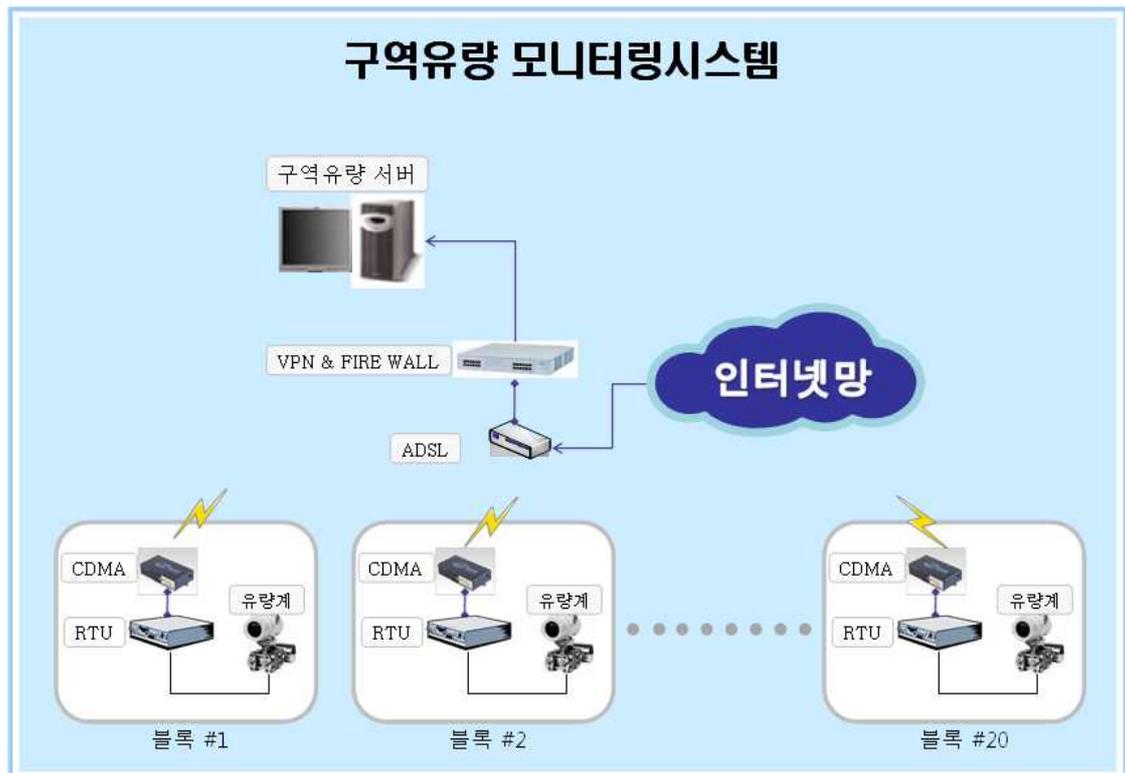
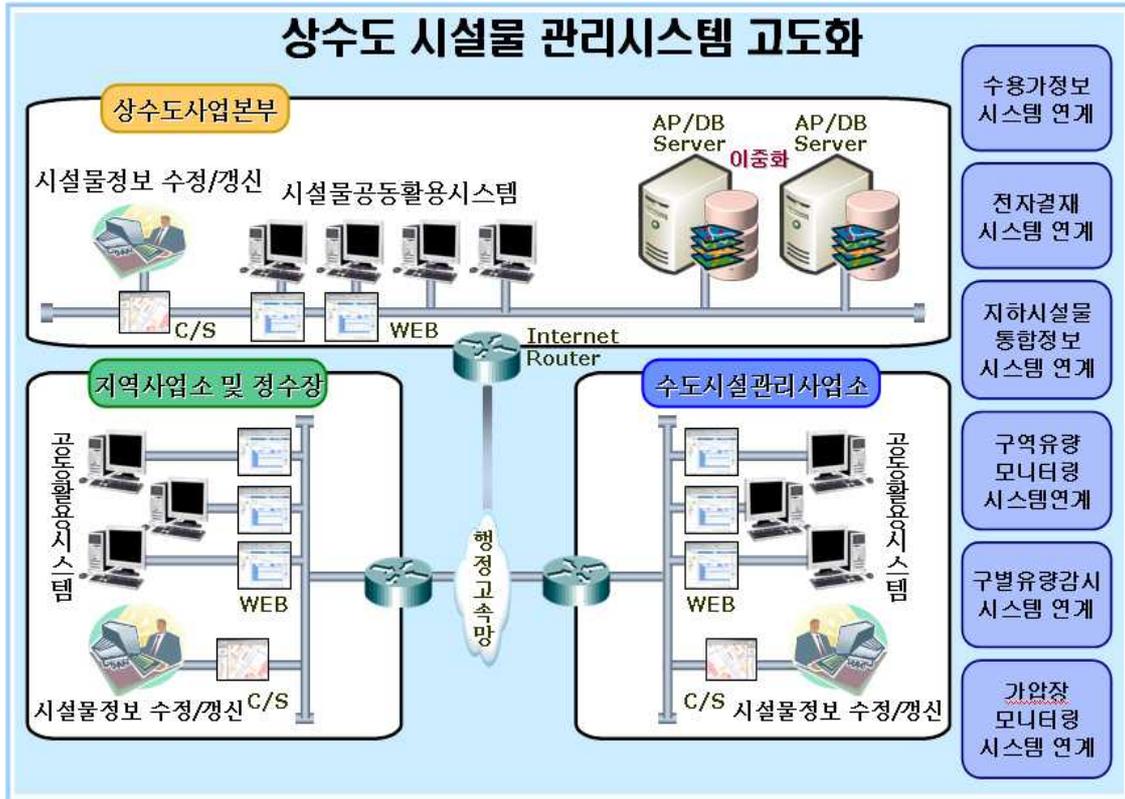
현장지원 PC에 GPS 연결을 통한 현장 위치 찾기, 시설정보, 보수내역 등 조회 및 현장 작업 내용 메모 기능 지원

8) 시스템 구성

- 기존시스템 구성도



○ 목표시스템 구성도



9) 사업추진에 따른 검토사항

- 유량계 데이터 전송용 CDMA 통신 가입(5개 지역사업소)
- '11년 이후 각 사업소별 연속유량계 설치 시 통신시설 포함 공사 및 통신비 별도 계상(5개 지역사업소)
 - ※ 통신비 산출기초 : 7,700원 × 12개월 × 유량계 수

7.8.4 기대효과

1) 종합적인 상수업무 의사결정 기반 마련

- 정수생산량에서 수용가 사용량까지 상수업무의 흐름에 따른 관리 체계 구축으로 종합적인 상수업무 의사결정 기반 마련

2) 업무능률향상

- 개별적으로 운영중인 유관 시스템 간 연계로 유기적인 정보 공동 활용 체계 구축
- 시스템 처리속도 개선 및 기능강화로 업무처리 담당자의 편의성과 효율성을 재고하고 사용자 중심의 시스템 설계로 업무능률 향상

3) 선진수도행정 실현

- 정보화 환경변화에 능동적으로 대처 가능하고 향후 확장 및 활용성을 높일 수 있는 상수도 정보화 기능 향상으로 선진 수도 행정 실현

8.0 정수장 소수력발전 도입 검토

8.1 소수력 발전

8.1.1 개요

오늘날 물은 세계에서 중요한 자원의 하나로 부각되고 있으나, 물은 무한재가 아닌 유한재로서 이제는 경제적인 재화로 인식된다. 물은 보통 연소 재활용될 수 있는 자원에 비하여 청정, 재활용되는 자원(풍력, 조력, 파력, 태양력과 지열 등)의 하나로 분류되며, 수력발전소에서 소비된 물은 물 순환과정으로 재활용될 수 있다.

어떤 단체들은 소수력만을 재활용적이라며 소수력에 대한 연구개발이 필요하다고 하나 소수력 그 자체는 새로운 기술이 아니다. 세계 전력생산의 입장에서 중·대규모 수력이 주로 관심의 대상이 되며, 소수력발전은 긍정적, 부정적 영향이 증명된 완성기술이다. 약 100년이 넘는 장기적 수명과 다른 자원을 사용하는 발전소들보다 더 효율적이며, 유지 운전비용이 저렴하고 조작제어가 상대적으로 간단하다. 환경오염이 적고 효율적으로 출력이 조절되며 변동하는 수요에 대한 빠른 응답에서 유리하다.

전반적인 환경에서는 관심은 수력발전 개발에 호의적이나 지역적인 특별한 장소에 대해서는 가끔 그렇지 않은 경우도 있다. 심도 있게 계획되지 못하면 사회적 격변 또는 환경에 부정적 영향을 야기할 수 있으나, 세심하게 수립된 수력계획은 환경에 부응되는 전력자원으로 주요한 부수적 이득을 가져올 수 있다. 그렇지만 대규모 설비는 큰 용량의 저수지가 필요하여 현재 수력의 부정적 영향들이 관심의 대상이 되고 있다. 반면에 긍정적인 영향들(홍수조절, 온난화 가스 비배출, 항로개발 등)은 자주 간과되거나 무시된다.

그러나, 기존 정수장 및 공공하수처리시설을 이용한 소수력발전 계획, 작고 지역적으로 운용되는 발전 프로젝트, 특별히 소규모 수력발전소의 건설은 가끔

전력화를 증진시키고 삶의 질을 개선하며, 산업발전을 촉진하고 향상시키는데 가장 빠른 길을 제공한다. 소수력은 비록 대규모 수력과 많은 공통의 특성을 갖는 것이 명백함에도 대·중소규모 수력과는 자주 구분된다.

소수력발전(small hydro power)은 제1차 석유과동 이후 1978년 강원도 횡성군 안흥에 설비용량 450kW의 시범소수력발전소를 건설한 것이 우리나라 국내 소수력의 효시로서 소수력은 엄밀하게 정의내리기 어려우나 국내의 경우 일반적으로 설비용량으로 구분하여 통상적인 수력(conventional hydropower)에 비해 설비용량이 3,000kW 이하의 수력발전소를 말한다. 일본의 경우 발전설비용량이 10,000kW 이하를 소수력 발전사업으로 정의하고 있으며, 이러한 소수력은 설비용량 및 낙차발전방식에 따라 분류하기도 한다. 소수력은 설비용량에 따라 Micro hydropower(100kW 미만), Mini hydropower(100~1,000kW), Small hydropower(1,000~10,000kW)과 같이 구분되며 낙차에 따라 Low head(2~20m), Medium head(20~150m), High head(150m 이상)로 구분하기도 한다.

8.1.2 소수력 발전 도입의 타당성

소수력 발전소는 계획과 건설이 빠르고 특히, 정수장 및 공공하수처리시설 등의 기존시설을 이용할 경우는 더욱 빠르고 환경훼손을 최소화하며, 값싼 도구와 재료들을 사용할 수 있고 개발 가능한 소수력발전 개발지점과 부존자원도 많은 것으로 알려져 있다. 수력발전은 복원가능성이 크고 화력, 원자력 등 오염유발 에너지 자원을 대신한다. 식수공급체계와 관개프로젝트에 있어서 더 높은 효율과 양질로서 미니 소수력 개발에 더 많은 기회를 제공하고 있다.

소수력은 전력을 생산하기 위해 재활용될 수 있는 에너지자원을 이용하며 유한한 자원을 고갈시키지 않고 에너지를 쉽게 공급할 수 있다.

소수력 발전은 일반적인 대규모 수력발전과 원리 면에서는 차이가 없으나 국지적인 지역조건과 조화를 이루는 규모가 작고 기술적으로 단순한 수력발전이

라고 할 수 있다.

소수력발전은 공해가 없는 청정에너지로서 국내에서도 150MW 정도의 부존량 (한국 에너지 기술 연구소 연구보고서, 1992)이 확인되어 있으며, 다른 대체 에너지원에 비해 높은 에너지 밀도를 가지고 있기 때문에 개발 가치가 큰 부존 자원으로 평가되어 구미 선진국을 중심으로 기술개발과 개발 지원 사업이 경쟁적으로 활발하게 진행되고 있다.

소수력 자원의 적극적인 개발은 에너지원의 개발차원 뿐 아니라 환경적, 경제·사회적으로 전력수요 급증시의 부하 평준화 효과 및 석유수입 대체, 민간 및 지자체 주도의 반영구적인 공익사업으로서 환경 친화적인 에너지원의 개발을 통한 지역개발의 촉진과 이로 인한 경제적 파급효과의 극대화 등의 부수적인 효과를 거둘 수 있다고 평가되고 있다.

따라서, 본 검토에서는 국내뿐만 아니라 해외 주요 국가에서의 소수력발전 보급현황을 알아보고 국내 소수력 발전소에서 정수장 및 공공하수처리시설과 연계하여 계획된 충청남도 및 서울특별시 소수력발전 개발계획 사례를 조사하여 검토함으로써, 대전광역시 정수장 소수력발전 도입에 대한 개략적 검토를 수행하는 것으로 한다.

8.1.3 소수력 발전의 장점

소수력 발전은 화력 및 원자력과 비교할 때 환경에 영향이 거의 없는 청정한 에너지로서 개발이 매우 유망한 에너지로 외국에서도 각광을 받고 있다. 에너지 자원이 절대 부족하여 에너지 해외의존도가 95%를 상회하는 우리나라의 경우는 각 지역에 산재한 부존에너지의 적극적인 활용과 정수장 및 공공하수처리시설 등 미활용 수력에너지의 적극적인 연구와 개발이 필요하다. 소수력 자원은 다른 대체에너지 자원에 비해 에너지 밀도가 매우 크고 환경에 영향을 극히 적게 미치는 환경 친화적인 에너지이며 개발가치가 상당히 큰 부존자원

이다.

정부에서는 개인, 기업 및 지자체 등에 의하여 소수력 발전소가 원활히 개발될 수 있도록 배려하기 위하여 인가, 용자 및 생산전력의 판매 등이 특별히 고려되어 민간인의 참여를 활성화하고 있다. 소수력 발전은 다른 대체에너지에 비해 사회적, 경제적, 환경적 등 여러 측면의 이점 때문에 최근 선진국에서도 매우 큰 관심을 끌고 있으며, 소수력 발전의 장점은 다음과 같다.

- 비교적 짧은 계획, 설계 및 공사기간
- 경제적인 건설 투자비용
- 주변 인력이나 건설자재를 이용한 쉬운 설치
- 개인이나 기업의 투자참여 가능
- 지역자금의 참여 및 운용을 통한 지역개발 효과
- 예상치 않은 돌발사고에 대한 유연성
- 사회적 이점 및 적은 환경적 피해

특히, 정수장 및 공공하수처리시설에 소수력 발전 시스템을 설치할 경우 기존 구조물의 설비변경만으로 건설이 가능하고 안정적인 유량확보로 가동률이 하천(약 40~50%)의 두 배(약 90% 이상)로 발전량이 증대되며, 발전소 운영은 정수장 및 공공하수처리시설의 운영요원으로 유지가 가능하므로 유지관리비가 적게 소요되는 등의 장점이 있다.

8.1.4 소수력 발전의 분석기법 및 특성

정수장 및 공공하수종말처리시설의 소수력 발전 타당성을 검토하기 위해서는 각 시설물에서의 소수력 발전 입지조건 및 특성분석 등이 필요하며, 이를 통하여 정수장 및 공공하수종말처리시설에 적합한 발전규모, 발전소의 연평균 발전량 및 연간 전기생산량 등을 예측하여야 한다.

소수력 발전소 위치는 각 시설물의 운영요원 병행관리 및 유지와 소수력 발전

의 수요처 등을 감안하여 정수장 착수정의 인접지역에 위치하는 것을 전제로 검토한다. 소수력 발전 시스템은 사용수량과 낙차로부터 에너지를 추출하고 여기에 시스템의 효율을 고려하여 발전규모 및 연간 전기 생산량을 산정하게 된다.

또한 시스템의 가동률은 일반 하천 및 소계곡 소수력 발전소의 경우 유하량이 불규칙하기 때문에 약 40~50% 정도이나, 정수장 및 공공하수종말처리시설의 경우는 원수 유입량 및 하수처리량이 거의 일정하여 가동률은 약 90% 이상을 적용하여 연간 전기생산능력을 산정한다.

8.1.5 소수력 산정방법 및 기준

가. 시설용량

소수력 발전은 그 형식에 따라 약간의 차이는 있으나, 기본적인 원리는 높은 곳에 있는 물을 아래로 흘러 떨어지는 힘, 즉 물의 고저차(낙차)에 의한 위치에너지로 수차의 회전력을 발생시키고 수차와 직결되어 있는 발전기에 의해서 전기 에너지를 생성하는 발전방식으로 수차를 회전시키는 물의 수량이 많을수록 물이 떨어지는 낙차가 클수록 시설용량이 커지고 전력생산량도 그만큼 많아진다. 물이 위치에너지에서 전기에너지로 변화되는 소수력 발전능력의 유도식은 아래와 같다.

$$P = 9.8 \times Q \times H \times \eta_t \times \eta_g$$

여기서, P : 시설용량(kW)
 Q : 사용수량(m³/sec)
 H : 유효낙차(m)
 η_t : 수차 효율
 η_g : 발전기 효율
 η : 합성효율($\eta_t \times \eta_g$)

나. 사용수량

일반적으로 정수장 및 공공하수종말처리시설의 소수력 발전은 기상 및 강우특성에 따라 시간적, 공간적으로 유하량 변동을 크게 받는 일반 대수력 발전소와는 달리 직접적인 영향은 거의 없으나, 단지 온도가 상승하는 하절기에는 급수량의 증대에 따라 유입량 및 하수발생량이 증가하게 되며 반대로 동절기에는 감소하게 된다.

따라서, 소수력 발전에 이용되는 발전 사용수량은 정수장 및 공공하수종말처리시설 계획시 전술한 시간적, 공간적으로 변화하는 유하량을 감안하여 설정된 목표년도 계획공급량 및 하수처리 용량을 사용수량으로 적용한다.

다. 유효낙차

유효낙차란 소수력 발전 시스템의 출력을 산정하는데 있어서 매우 중요한 인자로서 물이 수차발전기에 도달하기까지의 수직거리를 말하며, 수차발전기에 유용한 에너지를 주는 낙차를 설계유효낙차라 한다.

정수장의 시설계획은 댐 유입량을 전제할 경우 안정적인 용수공급을 위해 「상수도 시설기준(04, 환경부)」에 따라 저수위(L.W.L)를 기준으로 각종 시설물을 계획한다. 그러나 수력발전은 저수지에서 이루어지는 하천유입량, 용수공급량, 증발량 등의 수문학적 관계를 저수지 모의운명을 통해 저수지 평균수위를 산정하고, 평균수위에서 착수정 수위를 뺀 총낙차에서 발전소까지의 각종 손실수두를 제외한 유효낙차를 일반적으로 적용한다. 따라서, 계획할 발전소의 Valve손실, 관마찰손실 등 손실수두를 감안하여 정수장별 유효낙차를 산정하여 반영한다.

라. 손실수두

1) 마찰손실수두

(1) 콘크리트 또는 BOX관(Darcy-Weisbach 공식 : 단구간 적용)

$$H_f = f \times (L/D) \times V^2 / (2g)$$

여기서, H_f : 마찰손실수두(m)
 f : 마찰손실계수
 D : 관경(m)
 g : 중력가속도(9.8m/sec²)
 L : 관연장(m)
 V : 유속(m/sec)

(2) 압력관(Hazen-William 공식 : 장구간 적용)

$$H_f = I \times L = 10.666 \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85} \times L$$

여기서, H_f : 마찰손실수두(m)
 Q : 유량(m³/sec)
 I : 동수경사
 C : 유속계수(100~130)

관종	C값	비고
주철관 도복장강관	110	부설 후 20년
경질염화비닐관 원심력 콘크리트관 콘크리트관 P.S콘크리트관	110 130	굴곡부 손실 등을 고려하여 = 110~130 정도가 안전

2) 미소손실수두

(1) 유입 및 흡입 손실수두(h_i)

$$h_i = f_i \times V^2 / 2g$$

여기서, h_i : 유입 및 흡입 손실수두(m)
 f_i : 유입 및 흡입 손실계수(0.10~0.56)

(2) 유출손실수두(h_o)

$$h_o = f_o \times V^2 / 2g$$

여기서, h_o : 유출 손실수두(m)
 f_o : 유출 손실계수(1.0)

(3) 점축소에 의한 손실수두(h_{gc})

$$h_{gc} = f_{gc} \times V^2 / 2g$$

여기서, h_{gc} : 점축소 손실수두(m), n : 관경비(D/d)
 f_{gc} : 점축소 손실계수(1.0), D : 유입관경(m)
 α : 점축소 각도, d : 유출관경(m)

n=D/d	1.15	1.25	1.50	1.75	2.0	2.5
-	f_{gc} 값					
6°	0.006	0.018	0.085	0.23	0.5	1.5
8°	0.009	0.028	0.138	0.373	0.791	2.42
10°	0.012	0.04	0.20	0.53	1.05	3.4
15°	0.022	0.07	0.344	0.934	1.98	6.07
20°	0.045	0.12	0.60	1.73	3.5	11.0
30°	0.280	0.25	1.25	3.4	7.0	

(4) 점확대에 의한 손실수두(h_{ge})

$$h_{ge} = f_{ge} \times V^2 / 2g$$

여기서, h_{ge} : 점확대 손실수두(m),
 f_{ge} : 점확대 손실계수($4/3 \times \tan(\alpha/2)$)

(5) 분기손실(h_b)

○ 대칭 Y자관

대칭 Y자관은 수력발전소의 분기에 가장 보편적으로 사용되지만, 그 분기손실에 관해서는 분기각, 주관과 분기관의 관계가 명확하게 밝혀지지 않으나 경험적으로 대칭 Y자관에서 손실수도는 0.75를 적용하고 있다.

$$h_b = f_b \times V^2 / 2g$$

여기서, h_b : 분기 손실수두(m)
 f_b : 분기 손실계수(0.75)

○ T자관

T자관은 분관에서 지각 또는 일정각도로 분기할 경우 분기손실계산에 관하여 Garde의 실험결과 도표에 의한다.

$$h_B = f_B \times V^2 / 2g$$

여기서, h_B : 지관의 손실수두(m)
 f_B : 지관 분기 손실계수(0.75)

(6) 굴절에 의한 손실수두(h_c)

$$h_c = f_c \times V^2 / 2g$$

여기서, h_c : 굴절 손실수두(m)
 f_c : 굴절 손실계수 = $0.9457 \sin^2 \frac{Q}{2} = 2.047 \sin^4 \frac{Q}{2}$

(7) Valve 손실(h_v)

$$h_v = f_v \times V^2 / 2g$$

여기서, h_v : Valve에 의한 손실(m)
 f_v : Valve에 의한 손실계수

(8) 곡관에 의한 손실(h_b)

$$h_b = f_{b1} \times f_{b2} \times V^2 / 2g$$

여기서, f_{b1}, f_{b2} : Anderson-Straub 공식에 의한 손실계수
 $f_{b1} : 0.131 + 0.1632 \times (D/r)^{7/2}$
 $f_{b2} : (\Theta/90^\circ)^{0.5}$
 r : 곡률반경(m)
 Θ : 굴절각(°)

(9) 급확대 손실(hse)

$$h_{se} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} = \frac{V_1^2}{2g} \times \left\{ 1 - \left(\frac{A_1}{A_2} \right) \right\}^2 = f_{se} \times \frac{V_1^2}{2g}$$

여기서, f_{se} : 급확대 손실계수
 V_1, A_1 : 급확대 전의 유속, 단면적
 V_2, A_2 : 급확대 후의 유속, 단면적

D ₁ /D ₂	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
f_{se}	1.00	0.98	0.92	0.82	0.70	0.56	0.41	0.26	0.13	0.04	0.00

(10) 급축소 손실(hsc)

$$h_{sc} = \left(\frac{1}{C_1} - 1 \right)^2 \times \frac{V_2^2}{2g} = f_{sc} \times \frac{V_2^2}{2g}$$

여기서, f_{sc} : 급축소 손실계수
 C_e : 유속계수 $\left(\frac{d}{D} \right)^2$
 V_1, A_1 : 급축소 전의 유속, 단면적
 V_2, A_2 : 급축소 후의 유속, 단면적

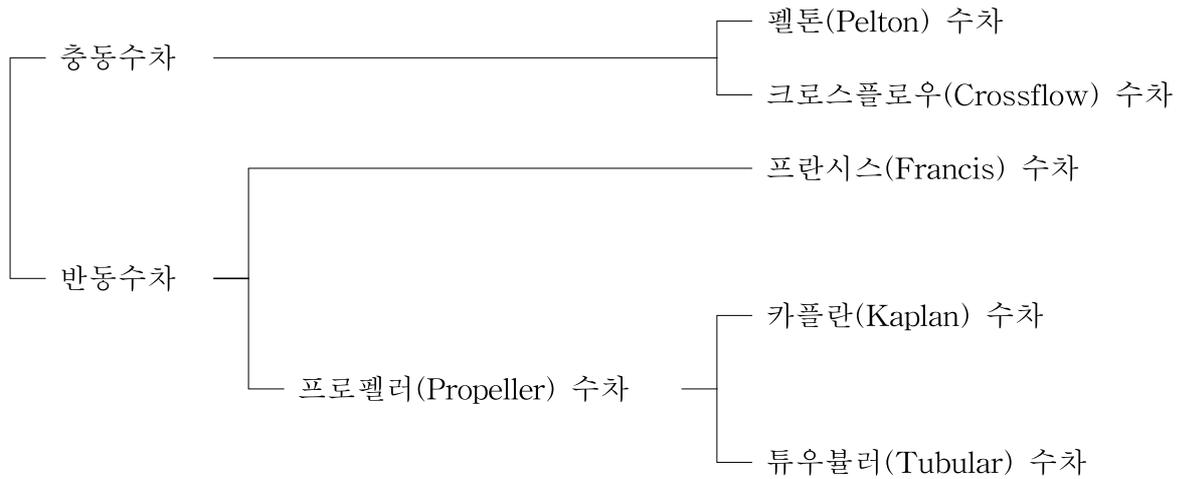
D ₁ /D ₂	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
f_{sc}	0.50	0.50	0.49	0.49	0.46	0.43	0.38	0.29	0.18	0.07	0.00

8.1.6 수차 형식 및 대수

가. 수차 형식

소수력 발전의 가장 중요한 설비는 수차이며, 발전편익을 위해서는 적합한 수차의 결정이 가장 중요한 인자의 하나이다. 일반적으로 수차의 형식은 충동형(impulse turbine)과 반동형(reaction turbine) 수차로 나눌 수 있다. 충동형은 물의 유속에너지를 이용 수류의 속도에 의한 고낙차에 효율적이며, 반동형은 수압

에 의한 에너지 즉 압력에 의해 작용하고 일반적으로 저낙차에 주로 이용된다.



수차의 분류

소수력을 위한 수차의 연구가 원활히 이루어지고 있으며, 대량 생산에 의해 막대한 설비비용을 절감할 수 있다. 최근의 수차는 저낙차에서도 설치할 수 있고 효율도 80% 이상에 이르고 있다. 여러 가지 수차 중 소수력 발전에 적합한 수차는 설치될 지점의 유량과 낙차에 따라 기종이 결정된다.

수차는 장래 예상되는 운전상태라든가 효율곡선의 비교, 건설비, 기타사항 등을 고려하여 발전원가가 최저로 되는 형식을 결정하여야 한다.

수차의 형식별 특성은 다음과 같다.

수차 형식별 특성

형 식	특 성
펠톤 (Pelton)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물의 유속을 이용한 충동수차 ○ 비속도(N_s)가 낮아 250m 이상의 고낙차에 적합 ○ 주로 대용량 수차에 적용
크로스플로우 (Crossflow)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수량변동이 심한지역에서 연간발전량이 많음 ○ 간단한 구조 가이드벤 1개 러너의 용접구조로 자체 청소기능과 정비가 수월 ○ 변동유량에도 출력(효율)이 일정 ○ 가이드베인 및 러너는 반영구적 ○ 오일유출이 없는 친환경터빈 ○ 0~100%(첨두부하)까지 Cavitation이 없음
프란시스 (Francis)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물의 압력에 의한 에너지를 이용 ○ 적용낙차는 약 50~500m로 광범위하게 채용됨 ○ 구조가 간단 ○ 중낙차로서 유량이 비교적 클 때 유리
프로펠러 (Propeller)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물의 압력에 의한 에너지를 이용 ○ 비속도(N_s)가 높아 80m 이하의 저낙차에 적합 ○ 고정날개형 Propeller 수차는 구조가 간단하여 경제적이며 낙차와 부하가 일정할 경우 유리
카플란 (Kaplan)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가동날개를 가지고 있어 부분부하에서도 효율저하가 적음 ○ 변동부하와 변동낙차와의 발전소에 적합
튜우블러 (Tubular)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 효율이 높고 굴착이 적어 토목공사비가 적게 소요되므로 15m 이하와 같은 저낙차에 특히 유리 ○ 시공 및 운영유지가 용이

나. 수차 대수

수차 대수의 선정은 발전소 건설비와 유지관리 보수상의 문제점 등을 고려하여 가급적 동일용량의 수차로 계획하는 것이 바람직하고, 생산전력과 건설비 등 경제성을 비교·검토하여 가장 적합한 수차 대수로 계획하여야 한다. 일반적으로 동일용량의 수차 대수 결정시 개략적으로 다음 식을 이용하여 검토한다.

$$N = 0.6 \times \{ Q_{\max} / Q_{\min} \}$$

여기서, N : 위 식을 만족하는 최대의 정수로 수차의 대수

Q_{\max} : 최대 사용수량

Q_{\min} : 최소 사용수량

8.1.7 발전기

가. 발전기 형식

소수력 전용으로 적용되고 있는 발전기는 동기발전기와 유도발전기가 있으며, 최근 1,000kW 이하의 경우에는 유도발전기의 사용이 두드러지고 있다. 유도 발전기는 경제적이고 구조가 간단하여 유지보수가 용이한 것이 장점이나, 단독운전이 불가능하고 전력계통에 병입시 돌입전류가 계통의 전압강하를 초래하여 계통으로부터 여자전류를 공급받기 때문에 무효전류를 소비하게 되어 계통의 역률을 저하시키는 단점이 있다. 유도발전기와 동기발전기의 장·단점은 다음과 같다.

발전기별 장·단점 비교

항 목	유 도 발 전 기	동 기 발 전 기
구 조	고정자는 동기발전기와 동일, 회전자는 농형으로서 구조가 간단, 견고하며, 운전조건이 나쁠 경우에도 쉽게 대응할 수 있음	회전자는 Damper Winding 외에 여자권선 및 교류여자가 있어서 복잡함
여자장치 및 계자조정장치	불필요함	반드시 필요함
동기투입장치	강제로 계통에 병입하므로 불필요	필요함
보 수	일반적으로 용이함	복잡함
가 격	낮 음	높 음
용 량	대용량기는 제작이 어려우며 수천 kW 이하가 적당	대용량기 제작가능
전력발생원리	고정자권선에 의하여 발생하는 회전자계의 회전속도와 회전자속도사이의 slip 관계	회전자와 발전기 단자전압 사이의 각변위 관계
효 율	저속기의 경우 낮음	높 음
운전의 안전성	부하변동에 대하여 동기탈조 없이 안전하게 운전됨	급격한 부하변동시에 동기탈조 가능성이 있음
단독운전	계통으로 여자전류를 취하여야 하므로 불가능	가 능
출력제어 가능범위	유효전력	유효, 무효전력
고주파부하에 대한 특성	회전자 권선의 열용량이 커서 고주파 부하에 대해서도 강하다	Damper winding의 열용량으로 허용출력이 제한됨
병입시의 돌입전류	강제병입하므로 큰 과도전류가 흘러 계통의 전압강하가 발생	계통에 동기를 맞추어 병입하므로 돌입전류는 무시됨
무효전류 (여자전류)	계통으로부터 소비하여 계통의 역률을 저하시킴	직류여자이므로 작다
전압, 주파수, 역률의 조정	계통에 따라 지배되므로 조정 불가능	임의로 조정 가능
기 동	단 순	복 잡
고정전류의 크기 및 지속시간	작고 짧다	크고 길다

나. 단자전압

1) 개요

발전기의 최적단자전압은 전기자권선의 병렬회로수와 관계가 있으며 일반적으로 병렬회로의 수는 극수(POLE)의 약수가 되어야 한다. 1 병렬회로당의 전류는 경제성을 고려하여 최소 1,500A~최대 2,800A 정도가 한도이다. 발전기는 전압이 높을수록 코일의 절연이 두껍게 되고 도체의 점적률이 저하하여 중량이 늘어나고 고가가 된다. 반면, 용량에 비해 전압을 낮추면 고정자 코일의 감긴 횟수가 줄어들어 설계상의 자유도가 없어서 제작이 어려우며, 변압기에 이르기까지의 모선 및 개폐설비의 용량 등도 고려하면 저전압 대전류는 비경제적인 면이 많다. 그러나 이상의 내용은 대규모 발전소의 발전기 단자전압을 결정하기 위한 이론적인 접근방법이고, 500kW 미만의 소규모 발전설비에는 적절하지 못하다고 사료되며, 아래와 같은 접근방법을 통하여 단자전압을 결정하는 것이 기기의 COST-DOWN과 향후 휴지보수에 유리하다고 판단된다.

2) 해외 MAKER 발전기의 단자전압

국내에는 소수력 발전에 사용되는 수차발전기에 대한 표준화 작업이 이루어지지 않았으므로, 소수력 개발이 활발하며 표준화작업이 이루어지고 있는 가까운 일본의 자료 및 제조사의 규격을 통하여 수차 발전기의 적정 단자전압을 선정할 수 있을 것이라 판단된다.

발전용량별 단자전압

구 분	용 량	사용전압(V)
일본 신에너지 재단	5,000kW 초과	6,600
	5,000kW 이하	3,300
일본 Fuji 전기	500~5,000kW	3,000 또는 6,600
	500kW 이하	400
	250kW 이하	200

8.2 소수력 발전 현황

8.2.1 주요국의 소수력 발전 현황

구미선진국과 중국 등지에서는 일찍부터 소수력 개발의 사회·경제적 중요성을 인식하고 수문학적 자료를 비롯한 기초 통계자료의 확보와 기술개발 및 보급에 힘을 기울여 소수력 발전을 에너지원으로서 뿐만 아니라 주요 산업으로 자리를 잡아가고 있다.

소수력 자원은 다른 대체 에너지에 비해 에너지 밀도가 매우 크기 때문에 개발할 가치가 큰 부존자원으로 평가되고 있다. 따라서 외국의 경우 소수력 개발을 위한 자원의 타당성 평가기법, 발전소의 최적 설계기법, 수차 발전 시스템의 표준화, 자동제어 시스템의 개발, 토목재료의 개발 및 최적 운용기법 개발 등으로 소수력 발전소의 경제성 향상을 도모하기 위해 국가 차원에서 시범 소수력 발전소를 개발하여 현재 수많은 소수력 발전소가 가동·운영중에 있다.

전세계 주요국의 소수력 발전소 운영 현황을 살펴보면 다음과 같이 아시아권에서는 중국 58,000개소, 일본 600개소로서 가장 많이 운영되고 있으며, 유럽의 경우 프랑스 1,479개소, 독일 5,882개소, 미국의 경우 1,751개소 등으로 선후진국을 막론하고 우리나라의 24개소에 비해 월등하게 많은 소수력 발전소가 운영되고 있고 북한에서도 800여개소가 운영되고 있음을 간과해서는 안 될 것이다.

선진외국의 경우 대형댐, 원자력, 화력발전소 건설을 배제하고, 다수의 소수력 발전을 지향하고 있다. 환경부국인 오스트리아의 경우 약 1,200여개의 소수력 발전만으로 국가 에너지를 충당하고 있어 소수력 발전사업의 대표적 국가라 할 수 있다.

주요국의 소수력 발전 보급 현황

구분	미 국	중 국	일 본	프랑스	독 일	비 고
발전소수 (개소)	1,715	58,000	600	1,479	5,882	
설비용량 (MW)	3,420.0	13,250.0	538.0	16,460.0	314.4	

이들 소수력 발전 강국들은 토목 공사비를 절감하기 위한 방안으로 관개용 등 기존의 댐을 활용한 소용량 발전 시스템의 상용화와 사이폰식 저낙차 시스템의 개발을 추진하고 있다. 발전용댐 건설 기술의 개량과 댐 설계 및 운용의 최적화 기술의 개발에도 투자를 아끼지 않고 있으며, 수차를 비롯한 다양한 소수력 발전 설비의 표준화를 추진하여 큰 성과를 거두고 있는 것으로 나타났다.

8.2.2 국내 소수력 발전 현황

우리나라에서는 1982년에 「소수력 개발 활성화방안」이 공포되면서부터 소수력 자원의 개발이 본격적으로 추진되기 시작하였다. 소수력 부존자원의 평가는 1970년대 초 1차 석유파동 이후, 1974년 과학기술처와 원자력 연구소에서 「소수력 발전 입지조사」를 수행하였다. 이 당시의 평가는 국내 개발가능 자원량 평가를 목적으로 평가한 결과 전국에서 2,400개소로 총 발전용량 582,000kW가 개발 가능한 것으로 추정되었다. 정부의 소수력개발 활성화방안이 발표된 이후 기업체, 한전, 공기업, 개인사업자 및 지자체 등에 의해 1999년 12월 말 현재 운영되고 있는 소수력 발전소는 다음 표와 같이 24개소에서 발전시설용량 42,164kW이며 연간 전력생산량은 108,491MWh로 생산전력 판매액은 99년 판매 기준 50여억원에 불과한 실정이다. 한편 정부는 소수력 발전의 보급확대를 위해 발전된 전력에 대한 매입단가 보장, 장기저리의 시설자금 융자 등의 보급확대 정책을 펴고 있다.

국내의 소수력 발전 보급현황 및 개발 가능량

보급 현황(99. 12월 기준)			개발가능량 추정		비고
현재 개발량	발전소 수	연간 전력생산량	자원량	개발 가능량	
42,164kW	24	108,491MWh	¹⁾ 582,000kW	²⁾ 147,000kW	

자료) 1) 한국원자력연구소 연구보고서(1974)
 2) 한국에너지기술연구소 연구보고서(1992)

우리나라 소수력 자원의 조사를 통하여 도출된 결과에 의하면 대부분의 소수력 발전 입지는 자연낙차가 크지 않다는 것을 알 수 있으며, 자연낙차가 큰 소수력 발전 입지는 매우 제한되어 있기 때문에 낙차가 작은 저낙차 소수력 발전소의 건설에 노력을 기울일 필요가 있다.

또한 이와 병행하여 저낙차이면서도 고낙차 소수력 발전소에 비하여 경제성 면에서 뒤지지 않는 저낙차용 수차의 개발이 시급한 실정이다. 국내에서 가동되고 있는 소수력 발전소의 설비용량은 다음 표와 같이 3,000kW 미만이고 대부분이 낙차가 큰 곳에 위치해 있다. 그러나 고낙차의 입지가 줄어들고 있어 앞으로는 저낙차 소수력 자원을 효과적으로 개발할 수 있는 기술의 개발이 필요하다. 아울러 소수력 발전의 경제성을 극대화시킬 수 있는 소수력 발전소 최적 설계기법과 최적 운영기법 개발이 정부차원에서 적극적으로 추진되어야 할 것이다.

국내의 소수력 발전 보급현황 및 개발 가능량

발전소	전력수급 개시일	시설용량 (MWh/년)	시설장소	소유법인
안 홍	78. 6	450	강원 횡성군 안홍면 강림리	한국전력공사
봉 정	93. 5	480×4	강원 정선군 북면 본정리	동진소수력(부도)
덕 송	93. 3	1,000×2	강원 정선군 정선읍 덕송리	영동소수력
영 월	94. 4	400×7	강원 영월군 영월읍 장양리	한국수력발전
연 천	85. 5	3,000×2	경기 연천군 청산면 장탄리	현대건설
포 천	86. 2	495×6	경기 포천군 영북면 대회산리	한국수력발전
추 산	78. 8	600×2	경북 울릉군 북면 나리동	한국전력공사
임 기	86. 8	550×2	경북 봉화군 법전면 늘산리	대동기업
소 천	87. 7	480×5	경북 봉화군 소천면 현동리	한여울
봉 화	88. 9	500×4	경북 봉화군 명호면 삼동리	현대건설
경 천	95. 6	400×2	경북 문경시 동로면 마광리	경천소수력
반 변	96. 10	530×2	경북 안동군 임하면 천전리	수자원기술공단
운 문	98. 11	330×1	경북 청도군 운문면 대천리	수자원기술공단
성 주	99. 9	500×3 300×1	경북 성주군 가천면 중산리	(주)성주발전
광 천	91. 11	450	전남 승주군 주암면 광천리	수자원기술공단
동 진	87. 1	500×4	전북 정읍시 정우면 우산리	연화산업
산 내	89. 9	500×1 320×1	전북 남원군 산내면 장항리	산내소수력
대 아	93. 6	500×6	전북 완주군 고산면 소향리	한국수력개발
부 안	98. 6	193×1	전북 부안군 변산면 중계리	한국수자원공사
방우리	87. 3	530×4	충남 금산군 부리면 방우리	서우수력
보 령	97. 12	145×1 556×1	충남 보령시 미산면 상계리	한국수자원공사
괴 산	57. 4	2,600	충북 괴산군 칠성면 사은리	한국전력
금 강	88. 3	450×3	충북 옥천군 동이면 우산리	현대건설
단 양	89. 4	350×6	충북 단양군 영춘면 사자원리	현대산업개발
계(24개소)		42,164		
장 남	건설중	375×2	전북 장수군 산서면 상계리	

- 자료) 1) 한국전력(주) 소유의 괴산, 안홍, 추산소수력 발전소는 실 발전량 기준이며, 기타 발전소의 경우는 한전의 매입전력량(60.93원/kWh)기준임
 2) 한국에너지기술연구소 연구보고서(1992)
 3) 99년도 신·재생 에너지관련 자료집(2000. 5, 산업자원부/에너지관리공단)

8.3 소수력 발전 개발계획 사례 검토

8.3.1 부안댐 소수력 건설사업

가. 사업의 개요

부안댐 소수력 건설사업은 전북 부안 및 고창을 비롯한 인근 서해안 지역에 생활용수, 공업용수를 공급하게 될 부안 광역상수도 건설사업 중 정수장 상부에 있는 부안댐에서 정수장까지의 도수관로상에서 댐 수위와 정수장 착수정 수위의 잉여낙차를 최대한 이용할 수 있도록 정수장 착수정 유입부 전단에 소수력 발전소를 신설하여 일최대 87.0천 m^3 /일의 용수를 공급하는 것을 이용해 발전 후 정수장에 유입하도록 하여 수자원의 이용효과를 최대한 활용할 뿐 아니라 탈석유 대체에너지의 개발로 국가산업 발전에 기여코자 한다.

나. 발전설비 및 송·변전설비 개요

1) 수력설비

(1) 저수지

- 총 저수용량 : 41.54 $\times 106m^3$
- 유효 저수용량 : 35.59 $\times 106m^3$
- 계획홍수량 : 10.00 $\times 106m^3$

(2) 댐 취수구 및 방수구의 위치

- 댐 취수구의 위치 : 전북 부안군 변산면 중계리
- 방수구의 위치 : 전북 부안군 변산면 중계리

(3) 최대 상시 첨두별 유효낙차

- 총 낙 차 : 26.7m
- 최대유효낙차 : 25.7m
- 정격유효낙차 : 19.6m
- 최저유효낙차 : 7.5m

2) 발전설비

(1) 발전소의 명칭 및 위치

- 발전소의 명칭 : 부안댐 소수력 발전소
- 발전소의 위치 : 전북 부안군 변산면 중계리

(2) 수차 및 발전기 사양

- 수차
 - 종류 : 횡축 Package형 Propeller 수차
 - 출력 : 205kW
 - 회전수 : 1,200RPM
 - 대수 : 1대
- 발전기
 - 종류 : 농형 유도발전기
 - 시설용량 : 193kW
 - 회전수 : 1,200RPM
 - 대수 : 1대
 - 발전량 : 1,522천kWh/년

3) 변전설비

(1) 변전소의 명칭 및 위치

- 발전소의 명칭 : 부안댐 소수력 발전소
- 발전소의 위치 : 전북 부안군 변산면 중계리

(2) 변압기

- 종류 : 몰드형
- 용량 : 300kVA
- 전압 : 380V/22.9kV
- 결선방식 : Δ -Y

○대수 : 1대

4) 송전설비

(1) 송전선의 명칭·구간 및 송전용량

○명칭 : 부안댐 소수력 발전소

○위치 : 한전 부안변전소로부터 부안댐 정수장까지 연결된 설로 중 정수장 입구 주상에 연결하며, 발전소는 이 지점으로부터 100m 지점에 위치함

○송전용량 : 193kW

(2) 개폐소의 위치 : 전북 부안군 변산면 중계리

(3) 송전선로

○종 류 : CNCV

○길 이 : 100m

○회선수 : 1회선

○1회선당 조수 : 3조

다. 발전시설용량 결정 및 발전량 산정

1) 사용수량의 결정

용수공급 능력은 저수지 모의운명을 실시한 결과 용수공급량이 연간 36.7백만 m^3 ($1.06m^3/sec$)이 가능하며 이중 저수지 수위변동에 관계없이 정수장으로 공급 되는 취수량 28.5백만 $m^3/년$ ($0.9m^3/sec$)의 물이용 효율을 가능한 크게 하도록 발전사용수량으로 결정되었다.

즉, 수차의 크기가 일단 결정되면 출력과 수차구경이 결정되므로 낙차의 변동에 따라 취수량 역시 변동하게 되는데 물이용 효율을 최대로 하기 위해서는 정격낙차에서 최대사용수량(수차개도 100%)으로 수차의 크기를 정하고, 수차효율이 가장 좋은 위치에서 방류량이 $0.9m^3/sec$ 가 되도록 발전 사용수량을 결정하였다.

또한 수위변동에 따른 취수량의 변동은 수차개도를 조정하여 취수량이 0.9m³/sec로 일정하게 유지하는 것이 바람직하나, 소수력 발전소의 경우 정격낙차에서 방류량이 최대 사용수량의 82% 부근에서 수차의 효율이 가장 좋으며, 이때 수차의 최대 사용수량은 1.1m³/sec이다.

2) 출력의 결정

(1) 부안댐 저수지 및 방수로 수위

- 댐 정 상 : EL.49.00m
- 홍수위(F.W.L) : EL.43.80m
- 상시만수위(N.H.W.L) : EL.41.20m
- 정격수위(R.W.L) : EL.35.13m(2/3H)
- 저수위(L.W.L) : EL.23.00m
- 방수위(T.W.L) : EL.14.50m(착수정 평균수위)
- 착수정저수위(LW.L) : EL.11.00m

(2) 낙차결정

- 총낙차(Hg) : 26.70m(N.H.W.L-T.W.L)
- 최대유효낙차(Hmax) : 25.70m(N.H.W.L-T.W.L-hL)
- 정격유효낙차(Hg) : 19.6m(R.W.L-T.W.L-hL)
- 최저낙차(Hmin) : 7.5m(L.W.L-T.W.L-hL)

(3) 발전 사용수량 계산

- 최대 낙차시

$$Q_h = \frac{P_t}{9.8H_{\max}N_t}$$

여기서, P_t : 수차출력(205kW)

N_t : 수차효율(0.92)

$$Q_h = \frac{205\text{kW}}{9.8 \times 25.7 \times 0.92} = 0.88\text{m}^3/\text{sec}$$

- 정격 낙차시

$$Q_r = Q_m = 1.136 \text{ m}^3/\text{sec}$$

- 최저 낙차시

부안댐 저수지 수위중 상수도 공급용 저수지 최저수위 EL. 23.00m에서 용수 공급량 73,670m³/일을 공급해야 하므로 Qmin은 약 0.85m³/sec가 된다. 이는 부안댐 광역상수도 일평균 공급량이다.

(4) 출력결정

- 수차출력

$$P_t = 9.8 Q_{\max} H_r N_t$$

여기서, P_t : 수차시설용량(kW)

Q_{\max} : 최대사용수량(1.136m³/sec)

H_r : 정격낙차(19.6m)

N_t : 수차효율(0.92)

$$\begin{aligned} P_t &= 9.8 \times 1.136 \text{ m}^3/\text{sec} \times 19.6 \text{ m} \times 0.92 \\ &= 201 \text{ kW} (\text{제작사 사양 } 205 \text{ kW}) \end{aligned}$$

- 발전기 출력

$$P_t = 9.8 Q_{\max} H_r N_t N_g = P_t N_g$$

여기서, N_g : 발전기 효율(0.945)

$$P_t = 205 \text{ kW} \times 0.945 = 193 \text{ kW}$$

라. 가능 발전전력 및 가능 발전전력량

부안댐 소수력 발전소의 가능 발전전력 및 전력량은 일평균 용수 공급량 78,082 m³/일(일최대 86,700m³/일)을 부안댐에서 취수하여 광역상수도 정수장으로 공급 되도록 계획하였는바 이를 이용하여 가능발전량을 저수지 모의운명을 실시하여 산정하였다.

1) 저수지 모의운영

저수지 모의 운영의 기준은 댐 지점의 과거 26년(63~88년)간의 자연유량을 토대로 실시하였으며, 용수공급량은 생활용수 51,781m³/일, 공업용수 26,301m³/일, 농업용수 22,466m³/일로 총 100,548m³/일을 공급하는 것으로 하여 이중 생활용수와 공업용수 78,082m³/일을 발전사용수량으로 계획되었다. 수차의 수두는 저수지 평균수위와 방수위(착수정 평균수위 EL. 14.50m)의 차에서 손실수두를 제외한 값으로 취하였으며, 저수위가 하강하여 수위가 L.W.L 23.00m 이하로 되면 발전량은 없는 것으로 하였다.

2) 연도별 용수공급계획

연도별 용수공급계획

(일최대 : m³/일)

구 분	1997년	2001년	2011년
부안댐 용수공급량	51,100	64,800	86,700 (78,082)

주) () 내는 일평균 공급량임

마. 발전원가

1) 산정기준

- 총사업비 : 462.70백만원
- 자금조달 및 이자율
 - 자체자금 : 462.70백만원(연리 10%)
- 내구연한 : 30년
- 법인세 및 체세 : 총 사업비의 0.2%
- 보험료 : 총 사업비의 0.2%
- 운전유지 및 수선비 : 총 사업비의 1.09%

2) 연간 투자자본 회수비 = 총 자본회수비 현가 × CRF

○ 자체자금에 대한 현가 누계 : 498.01백만원

○ 총 자본회수비 현가 누계 : 498.01백만원

$$\text{자본회수계수(CRF)} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = 0.106079$$

$$\therefore \text{연간 투자자본 회수비} = \text{총 자본회수비 현가} \times \text{CRF}$$

$$= 498.01\text{백만원} \times 0.106079$$

$$= 52.83\text{백만원/년}$$

3) 연간 운전유지비

○ 법인 및 제세 = 498.01백만원 × 0.002 = 996.02백만원

○ 보험료 = 498.01백만원 × 0.002 = 996.02백만원

○ 운전유지 및 수선비 = 498.01백만원 × 0.0109 = 5.43백만원

∴ 연간 투자자본 회수비 = 7.42백만원

○ 연간경비 = 연간 투자자본 회수비 + 연간 운전유지비 = 52.83 + 7.42 = 60.25백만원/년

4) 발전원가

$$= \frac{\text{연간경비}}{\text{연간 발전량}} = \frac{60.25\text{백만원}}{1,522.80\text{MWh}} = 39.56(\text{원/kWh})$$

5) 연간수익(구매단가 : 48.38원/kWh)

$$1,522.80\text{MWh} \times 48.38\text{원} = 73.67\text{백만원}$$

6) 결과

발전원가 산정

구분	발전원가	비고
1. 총공사비 (백만원)	498.01	자체자금 투입 (이자율 10% 적용)
2. 연간경비 (백만원/년)	60.25	
3. 연간수익 (백만원/년)	73.67	
4. 연간 발전량 (MWh)	1,522.80	
5. 전력판매단가 (원/kWh)	48.38	
6. B-C (백만원)	13.42	
7. B/C	1.22	
8. 발전원가 (원/kWh)	39.56	

주) 유지보수기간 5일/년 적용

8.3.2 충청남도의 소수력 발전 타당성 조사

가. 연구목표 및 중요성

충청남도 내 가동중인 5개의 공공하수처리시설의 소수력 발전 타당성을 조하하여 지역경기 활성화를 도모하고, 국가 에너지 정책 목표를 효과적으로 달성하기 위한 것으로 충청남도의 공공하수처리시설을 대상으로 하여 공공하수처리시설별 소수력 발전 시스템 및 히트 펌프 시스템의 적용 가능성을 검토하여 시범사업과 연계함으로써 실질적인 지역경제에 기여하기 위하여 경제성에 입각한 사전 타당성 조사가 수행되었다.

나. 연구의 내용 및 범위

- 공공하수처리시설별 현장조사 및 자료수집
- 소수력 발전의 성능분석을 통한 발전설비계획 및 발전량 산정
- 히트펌프 시스템 설치 가능성 검토
- 편익분석 및 시공계획
- 시스템 설치 후 다목적 개발방안 도출

다. 발전규모 검토

충청남도에서 가동중인 천안, 아산, 공주, 계룡 및 연기 공공하수처리시설에 대하여 소수력 발전 설치가능성을 검토하기 위하여 현지조사 및 기존자료를 토대로 발전규모를 검토한 결과는 다음 표와 같다.

발전규모 검토

구분		천안	아산	공주	계룡	연기
○ 처리용량 (일최대 :m ³ /일)	현재(Ⅰ단계)	70,000	36,000	20,000	27,000	20,000
	준설계획 (Ⅱ단계)	80,000 (2001년)	54,000 (2006년)	30,000 (2001년)		20,000 (2006년)
○ 현지조사 결과	개발여건	설치조건 양호	설치조건 양호	건설비 과다소요	경제성이 낮음	경제성이 낮음
	가능성 여부	가	가	가	부	가
○ 시설조건 (EL. m)	처리장 표고	25,450	10,750	20,500		29.00
	홍수위(S.W.L)	23,500 (50년 빈도)	10,060 (80년 빈도)	19,000		27.44 (50년 빈도)
	시간최대수위 (H.W.L)	23,868	10,068	19,517		26.65
	일최대(정격)수위 (D.W.L)	23,836	10,064	19,517		26.41
	방수로 수위 (T.W.L)	21,300	3,100	12,000		21.50
	방수역	천안천	곡교천	금강		조천
○ 낙차결정 (m)	총낙차(Hg)	4.02	6.21	9.16		4.507
	손실낙차(he)	0.717	0.204	0.158	0.058	0.074
	유효낙차(HL)	3.30	6.00	9.00	2.0	4.50
○ 출력결정	사용수량(m ³ /sec)	0.810	0.417	0.286	0.312	0.232
	시스템 효율(%)	80	80	80	80	80
	설비용량(kW)	21	20	20	5	8
	발전량(MWh/년)	165.6	157.7	157.7	39.4	63.1
	가동률(%)	90	90	90	90	90

자료) 하수종말처리장의 소수력 발전 타당성 조사 연구(1999. 12, 충청남도)

라. 경제성 분석

발전규모 검토

구 분	천 안		아 산	공 주	계 통	연 기
	I 단계	II 단계				
발전규모(kW)	21	24	20	20	5	8
공사비(백만원)	130	140	140	250	70	100
편익·비용비 (B/C)	1.38	1.47	1.20	0.69	0.60	0.70

충청남도 내 공공하수처리시설의 소수력 발전은 B/C 비가 높게 나타난 천안과 아산 공공하수처리시설에 소수력 발전소가 건설될 경우 미활용되는 방류수를 이용해 연간 323.3MWh 전력의 생산으로 전기에너지 절약과 미활용 수력에너지를 이용한 효과가 크게 기대된다.

마. 히트 펌프 적용 타당성 검토

- 하수를 이용한 히트펌프 시스템은 히트펌프가 높은 COP 상태로 연중 작동될 수 있고 동절기에도 적절한 사용처만 있다면 많은 양의 에너지를 절감할 수 있기 때문에 대단히 효과적이다.
- 공공하수처리시설은 하절기에 많은 양의 메탄가스가 남아 버리고 있기 때문에 메탄가스의 효율적인 활용에 대한 재검토가 필요하며, 메탄가스가 소화조 가열 이외에 효율적으로 활용이 될 경우 소화조 가열을 위한 하수열 이용 히트펌프 시스템은 경제성 측면에서도 대단히 좋은 시스템임이 확인되었다.

8.3.3 서울특별시의 소수력 발전 타당성 조사

가. 사업목적

서울특별시의 소수력발전 타당성조사 사업은 대체에너지 개발 사업의 일환으로

수행된 「미활용 에너지 실태조사 및 이용방안 연구(1998. 8, 서울시)」 결과, 서울시 관내 기존 4개 공공하수처리시설 중에서 하수처리 후 방류수를 이용하여 소수력 개발시 경제적 타당성이 있는 것으로 판단되는 것은 난지 및 가양(안양천) 공공하수처리시설의 소수력 발전소 건설사업이다.

나. 시설개요

소수력 발전소 사업지점으로 행정구역상 난지는 경기도 고양시 현천동, 가양은 서울시 강서구 마곡동이며, 각각의 기존 공공하수처리시설 방류관거 말단 고수부지 지점에 위치하게 되며, 발전 후 방류수는 행주대교 상류의 한강 본류로 방류된다. 주요 사업내용은 다음 표와 같고 난지, 가양의 시설용량은 각각 282kW, 564kW이고 여간 발전량은 2,201MWh, 4,251MWh이다.

소수력 발전 사업개요

구분		단위	난 지	가 양	비 고
○ 하천			한강 본류	한강 본류	하수 방류
○ 공공하수 처리시설	위치		경기 고양 현천동	서울 강서 마곡동	
	시설용량	m ³ /일 (m ³ /sec)	100만(11.78)	200만(23.33)	기존
			-	220만(25.35)	I 단계 증설후(2006년)
	유입하수량	m ³ /sec	121만(13.97)	256만(29.62)	II 단계 증설후(2011년)
			8.31~15.96	14.78~27.28	기존
			8.31~15.96	16.80~29.30	I 단계 증설후(2006년)
10.50~18.15			21.07~33.57	II 단계 증설후(2011년)	
○ 발전소	위치		방류관거 말단 고수부지 지점	방류관거 말단 고수부지 지점	기존 하수처리장
	형식		철근 콘크리트 반지하식 구조	철근 콘크리트 반지하식 구조	
	마루표고	EL. m	6.6	6.4	
	면적	m ²	119(10mL×7mB)	199(19mL×11mB)	
○ 낙차	총낙차	m	5.21	5.61	
	손실낙차		0.92	1.39	
	유효낙차		3.6(4.29)	3.6(4.22)	한강 평수위 기준 () : 갈수위 기준
○ 사용수량	최대	m ³ /sec	10.7	21.4	
	정격		10.2	20.4	
	최소		8.8	17.6	
○ 월류웨어	형식		콘크리트중력식	콘크리트중력식	
	마루표고	EL. m	6.6	6.4	
	높이	m	2.0	2.0	
	연장	m	19.0	31.0	
○ 변전소	위치		기존 탈수기동 전기실내	기존 방류동내	
	규모	m ²	60	60	
○ 가설공사	규모	m ²	800	800	사무소, 창고, 장비보관소, 주차장 등 기존 처리장 부지내
○ 수차	형식		입축 프로펠러형	입축 프로펠러형	
	효율	%	78.4	78.4	합성효율
	회전수	rpm	182	182	
	사용수량	m ³ /sec	10.2	20.4	
○ 발전기	형식		3상 교류 유도형	3상 교류 유도형	
	회전수	rpm	910	910	
	시설용량	kW	282	564(282×2기)	
	연간발전량	MWh	2,201	4,251	
	설비이용률	%	89.1	86.0	
○ 변압기	형식		몰드형	몰드형	
	출력	V	1차 600 2차 22,900	1차 600 2차 22,900	

<표 계속>

구분	단위	난지	가양	비고	
○ 송전설비	공장	m	184	211	
	전기방식		3상 4선식	3상 4선식	
	설치방식		케이블지중선로	케이블지중선로	
	회선수	회선	1	1	
	전압	kV	22.9	22.9	
○ 수압철관		m	2.0D×12.7L×1조	2.0D×12.7L×2조	
○ B/F밸브	직경	m/m	2,000×1조	2,000×2조	
○ Stoplog		m	2.0B×2.0H×1조	2.0B×2.0H×2조	
○ 공급상대	상호		한국전력공사	한국전력공사	
	주소		서울시 강남구 삼성동 167	서울시 강남구 삼성동 167	
	공급지점		한국전력공사 22.9kV 현천간 No.125호 전주	한국전력공사 22.9kV 공항간 No.H40/R28 전주	

자료) 하수처리장 방류수를 이용한 소수력 발전소 건설기술연구(1999. 10, 서울특별시)

다. 소요 사업비

사업비 총괄표

(단위 : 백만원)

구분	난지	가양	계	비고
1. 건설비	1,058.7	1,696.2	2,754.9	
(1) 토목공사비				
○ 가설 및 가물막이 공사	60.7	61.0	121.7	
○ 기초공사	8.1	18.2	26.3	
○ 발전소 및 웨어공사	194.9	293.0	487.9	
소 계	263.7	372.2	635.9	
(2) 기계공사비	368.2	724.2	1,092.4	
(3) 전기공사비	182.5	208.4	390.9	
(4) 합 계	814.4	1,304.8	2,119.2	
(5) 건설비(간접비 30%)	1,058.7	1,696.2	2,754.9	간접비 포함
2. 설계비 및 감리비	74.1	118.7	192.8	건설비×0.07
3. 예비비	52.9	84.8	137.7	건설비×0.05
4. 총사업비	1,185.7	1,899.7	3,085.4	1.+2.+3.

주) 예비비 : 물가상승비(건설비의 5%)

라. 경제성 분석

경제성 분석

구 분	난 지	가 양
1. 순현재가 방법에 의한 경제성 평가 ○ 비용편익비(B/C)	1.07	1.37
2. 발전원가 기준시 경제성 평가 ○ 비용편익비(B/C)	1.04	1.32

8.3.4 울산광역시의 소수력 발전 타당성 조사 연구

가. 개요

소수력 발전은 화력 및 원자력과 비교할 때 환경에 대한 영향이 거의 없는 청정한 에너지로서 개발이 매우 유망한 에너지로 외국에서도 각광을 받고 있다. 에너지 자원이 절대 부족하여 에너지 해외 의존도가 95%를 상회하는 우리나라의 경우는 각 지역에 산재한 부존에너지의 적극적인 활용과 정수장 및 공공하수처리시설 등 미활용 수력에너지의 적극적인 연구와 개발이 필요하다. 소수력 자원은 다른 대체에너지 자원에 비해 에너지 밀도가 매우 크고 환경에 영향을 극히 적게 미치는 환경친화적인 에너지이며 개발가치가 상당히 큰 부존자원으로서 울산광역시에 기건설 또는 개발이 확정된 선암, 사연 및 회야 정수장과 용연, 회야, 방어진 및 온산 공공하수처리시설에서의 소수력 발전 타당성을 검토한다.

나. 정수장 계통

1) 사용수량

발전사용수량은 생활용수에서 1인당 하루에 소비되는 소비량 즉, 급수량(일평균 수요량)을 적용하며, 일반적으로 생산용량 및 정수장 시설용량은 이와 달리 상수도 시설기준에 따라 일최대 수요량으로 계획된다. 울산광역시는 지속적인 인

구증가와 문화수요 향상 및 대규모 산업 기반시설 입지계획으로 생·공용수 수요량이 폭등함에 따라 장래 용수공급 시설은 턱없이 부족한 실정이므로 발전사 용수량은 장래 목표연도의 시설용량에 일반적으로 사용하는 침투부하율(일최대 수요량/일평균 수요량) 1.25를 적용하여 산정하였다.

침투부하율은 일반적으로 「상수도 시설기준(04, 환경부)」에 따라 생산용량 및 정수장 시설용량으로 적용되는 일최대 생활용수 수요량을 1인당 하루에 소비하는 소비량 즉 일평균 생활용수 수요량(급수량)으로 나눈 값을 뜻하며, 이는 일반적으로 도시의 규모, 급수장의 사용실태 등에 따라 다르나 평균적으로 1.25를 적용한다. 각 정수장의 사용수량 현황은 다음과 같다.

경제성 분석

구분	단위	선암	사연	회야
시설용량	천 m ³ /일	60.0	220.0	270.0 (회야댐 : 120, 낙동강 : 150.0)
사용수량 (일평균 수요량)	천 m ³ /일	48.0	180.0 (176.0)	216.0
	m ³ /sec	0.56	2.08	2.50
목표년도	-	2006년	2006년	2001년

주) () 내는 일평균 수요량이나 사용수량은 여기에 예비량이 포함된 계획공급량을 반영

2) 유효낙차

(1) 저수지 평균수위

저수지의 평균수위는 댐에서의 저수지 유입량, 용수공급량, 증발량 등의 수문학적 매개관계를 저수지 모의운명을 통하여 산정한다.

저수지 모의운명을 실시하기 위해 가장 민감하면서도 중요하게 분석되어야 할 저수지 유입량은 kajiyama 유출고 적용법, KRIHS Model, Tank Model 등 여러 방법으로 분석할 수 있으나, 최근에 「울산권 광영상수도사업 타당성 조사 및 취수원 실시설계(1996. 12, 한국수자원공사)」에서 사연댐의 실측자료

를 토대로 적용하여 분석된 Tank Model을 본 검토에서도 동일한 조건을 고려하여 유출량을 산정하였다.

저수지 유입량은 한국수자원공사에서 사연댐을 운영하면서 기록한 실측자료를 토대로 Tank의 크기, 수위, 유출공 및 침투공 크기 등의 물리적 특성치를 시산법으로 산정하였으며, 기존 댐인 대암제와 회야댐은 낙동강 취수량을 감안하였고 사연댐은 건설추진 중인 대곡댐과 연계 운영하여 저수지 유입량을 산정하였다.

저수지 평균수위는 Tank Model로 분석한 저수지유입량, 낙동강 도수량 및 상류댐 유입량, 저수지 증발량과 설계당시 적용된 댐하류 관개용수, 생공용수 공급량 등의 매개변수를 감안하고 저수지별로 33개년(66~98년)간 모의운영을 실시하여 분석한 평균수위는 대암제 EL.47.82m, 사연댐 EL.55.25m, 회야댐 EL. 28.87m로 다음 표와 같다.

경제성 분석

구 분	단 위	대암제	사연댐	회야댐
○ 저수지				
- 상시만수위(N.H.W.L)	EL. m	48.50	60.00	30.00
- 저수위(L.W.L)	EL. m	44.50	45.00	21.50
○ 용수공급량				
- 생·공용수	백만m ³ /년 (천m ³ /일)	17.52 (48.0)	65.70 (180.0)	78.84 (216.0)
- 관개용수	백만m ³ /년	3.00	1.82	2.21
○ 저수지 평균수위	EL. m	47.82	55.25	28.87

한편, 사연댐의 19개년(80~98년)간 실적자료를 살펴보면 생공용수 공급량은 공칭공급량 100.0천m³/일 보다 많은 124.3천m³/일을 공급하고 있는 것으로 조사되었으며, 저수지 실측평균수위는 EL. 55.11m로 조사되었다. 사연댐의 평균수위는 상류의 대곡댐과 연계운영 할 경우 실측수위 0.14m 높은 EL. 55.25m로 산정되었다.

(2) 발전소 손실수두

정수장의 착수위는 댐 저수위(L.W.L)에서 착수정 및 혼화지까지의 관마찰 손실, 유입·출 손실, 곡관손실 등 각종 손실수두를 고려하여 결정된다. 착수정, 침전지, 여과지 및 정수지 등 정수장 시설물이 계획된 당초 설계와 최종 변경된 설계도면을 참고하여 정수장 계통별 각종 손실수두를 재검토하였으며, 여기에 발전소 입지계획에 따라 추가되는 관마찰 손실, Valve 손실 등의 발전소 내 손실수두를 정수장별로 산정하였다.

가) 정수장 계통 손실수두

① 선암정수장

□관로조건

- 대암제 저수위 = EL.44.50m
- 울산공업용수도 분기점 = EL.39.00m(EL.39.17~EL.37.34m)
- 계획유량(Q) = 60,000 × 1.1 = 66,000m³/일(0.764m³/sec)
- 관로직경(D) = 900mm
- 평균유속(V) = 1.202m/sec
- 길이(L) = 420.0m
- 이형관 = 유입부 1개소, 45°곡관 7개소, 밸브 2개소, 유출부 1개소

□손실수두

- 취수탑~분기점 = 44.50 - 39.00 = 5.50
- 관마찰 손실수두 = $\left(0.04 + \frac{0.001}{0.9}\right) \times \frac{420}{0.9} \times \frac{1.202^2}{2 \times 9.8} = 1.413$
- 미소 손실수두
 $= (0.50 + 0.182 \times 7 + 0.25 \times 2 + 1.0) \times \frac{1.202^2}{2 \times 9.8} = 0.241$
- 착수정 손실 및 기타
- ∴ 계 = 8.154 ≒ 8.20m

② 사연정수장

□관로조건

구분		취수탑	A구간	B구간	C구간	D구간	계
유량	천 m ³ /일	231.0	231.0	231.0	231.0	231.0	
	m ³ /sec	2.674	2.674	2.674	2.674	2.674	
관경(mm)			3,000	6,000	1,200	1,500	
유속(m/sec)			0.378	0.095	2.366	1.514	
길이(m)			50.0	220.0	210.0	3,200.0	
비고		유입		급확대	45°곡관 급축소 급확대		
손실수두(m)		0.415	0.002	0.005		5.479	7.402 ≒7.50

□손실수두

○취수탑

$$\begin{aligned}
 \text{- Orifice 손실} &= \left(\frac{Q}{C \cdot A \sqrt{2g}} \right)^2 \\
 &= \left(\frac{2.674 \times 1/2}{0.6 \times \pi/4 \times 1.0^2 \times \sqrt{2 \times 9.8}} \right)^2 = 0.411
 \end{aligned}$$

$$\text{- 인출관 입구} = 0.5 \times \frac{0.378^2}{2 \times 9.8} = 0.004$$

$$\therefore \text{소계} = 0.415\text{m}$$

○A구간

$$\text{- 터널손실} = \frac{124.5 \times 0.015^2}{3.0^{1/3}} \times \frac{50}{3.0} \times \frac{0.378^2}{2 \times 0.98} = 0.002\text{m}$$

○B구간

$$\text{- 터널손실} = \frac{124.5 \times 0.015^2}{6.0^{1/3}} \times \frac{220}{6.0} \times \frac{0.095^2}{2 \times 0.98} = 0.001\text{m}$$

$$- \text{급 확대} = 0.6 \times \frac{2.366^2}{2 \times 9.8} = 0.004\text{m}$$

$$\therefore \text{소계} = 0.005\text{m}$$

○C구간

- 관마찰 손실

$$= 10.666 \times 100^{-1.85} \times 1.2^{-4.87} \times 2.674^{1.85} \times 210.0 = 1.135$$

- 급축소, 45°곡관, 급 확대 손실

$$= (0.922 + 0.230 + 0.150) \times \frac{2.366^2}{2 \times 9.8} = 0.366$$

$$\therefore \text{소계} = 1.501\text{m}$$

○D구간

- 관마찰 손실

$$\text{기존관} = 10.666 \times 100^{-1.85} \times 1.5^{-4.85} \times 1.514^{1.85} \times 2,000 = 3.645$$

$$\text{신설관} = 10.666 \times 110^{-1.85} \times 1.5^{-4.85} \times 1.514^{1.85} \times 1,200 = 1.834$$

$$\therefore \text{소계} = 5.479\text{m}$$

○총 손실수두 = 7.402 ≒ 7.50m

③ 회야정수장

□관로조건

구분		취수탑	A구간	B구간	C구간	D구간	E구간	F구간	착수정 (확장)	계
유량	천 m ³ /일	503.0	503.0	503.0	462.0	462.0	462.0	330.0	330.0	
	m ³ /sec	5.822	5.822	5.822	5.347	5.347	5.347	3.819	3.819	
관경(mm)			2,400	1800×2	1800×2	2,400	2,200	2,200		
유속(m/sec)			1.288	1.288	1.051	1.183	1.407	1.005		
길이(m)			85.0	88.0	509.0	187.0	4.0	138.0		
비고		유입	Y분기	B.F T형관 90°곡관	입구	급축소	T형관	B.F 45°곡관 T형관	B.F×2 90°×2 T형×2	
손실수두(m)		0.123	0.110	0.153	0.308	0.091	0.094	0.122	0.087	1.088 ≒1.1

□관로조건

○ 취수탑

$$\begin{aligned}
 - \text{Oriffice 손실} &= \left(\frac{Q}{C \cdot A \sqrt{2g}} \right)^2 \\
 &= \left(\frac{5.822 \times 1/3}{0.6 \times 1.6 \times 1.6 \times \sqrt{2 \times 9.8}} \right)^2 = 0.081 \\
 - \text{터널 입구} &= 0.5 \times \frac{1.288^2}{2 \times 9.8} = 0.042
 \end{aligned}$$

$$\therefore \text{소계} = 0.123\text{m}$$

○ A구간

$$\begin{aligned}
 - \text{관마찰} \\
 &= 10.666 \times 120^{-1.85} \times 2.4^{-4.87} \times 5.822^{1.85} \times 85.0 = 0.047 \\
 - \text{Y자 분기관} &= 0.75 \times \frac{1.288^2}{2 \times 9.8} = 0.063
 \end{aligned}$$

$$\therefore \text{소계} = 0.110\text{m}$$

○ B구간

$$\begin{aligned}
 - \text{관마찰} \\
 &= 10.666 \times 120^{-1.85} \times 1.8^{-4.87} \times 2.911^{1.85} \times 88.0 = 0.055 \\
 - \text{B.F Valve} &= 0.25 \times \frac{1.145^2}{2 \times 9.8} = 0.017
 \end{aligned}$$

$$- \text{T형관} = 0.90 \times \frac{1.145^2}{2 \times 9.8} = 0.060$$

$$- 90^\circ \text{곡관} = 0.985 \times \frac{1.145^2}{2 \times 9.8} = 0.021$$

$$\therefore \text{소계} = 0.153\text{m}$$

○ C구간

$$\text{- 관마찰} = 10.666 \times 120^{-1.85} \times 1.8^{-4.87} \times 2.674^{1.85} \times 509.0 = 0.272$$

$$\text{- 도수터널 입구} = 0.50 \times \frac{1.183^2}{2 \times 9.8} = 0.36$$

$$\therefore \text{소계} = 0.308\text{m}$$

○D구간

- 관마찰

$$= 10.666 \times 120^{-1.85} \times 2.4^{-4.87} \times 5.347^{1.85} \times 187.0 = 0.089$$

$$\text{- 급축소} = 0.026 \times \frac{1.183^2}{2 \times 9.8} = 0.002$$

$$\therefore \text{소계} = 0.091\text{m}$$

○E구간

- 관마찰

$$= 10.666 \times 120^{-1.85} \times 2.2^{-4.87} \times 5.347^{1.85} \times 4.0 = 0.003$$

$$\text{- T형관} = 0.09 \times \frac{1.407^2}{2 \times 9.8} = 0.091$$

$$\therefore \text{소계} = 0.094\text{m}$$

○F구간

- 관마찰

$$= 10.666 \times 120^{-1.85} \times 2.2^{-4.87} \times 3.819^{1.85} \times 138.0 = 0.054$$

$$\text{- B.F Valve} = 0.25 \times \frac{1.005^2}{2 \times 9.8} = 0.013$$

$$\text{-45° 곡관} = 0.182 \times \frac{1.005^2}{2 \times 9.8} = 0.009$$

$$\text{-T형관} = 0.90 \times \frac{1.005^2}{2 \times 9.8} = 0.046$$

$$\therefore \text{소계} = 0.122\text{m}$$

○ 착수정(낙동강 I, II 단계)

$$- \text{B.F Valve} = 0.25 \times \frac{0.893^2}{2 \times 9.8} = 0.010$$

$$- 90^\circ \text{곡관} = 0.985 \times \frac{0.893^2}{2 \times 9.8} = 0.040$$

$$- \text{T형관} = 0.90 \times \frac{0.893^2}{2 \times 9.8} = 0.037$$

$$\therefore \text{소계} = 0.087\text{m}$$

○ 총 손실수두 = 1.088m \approx 1.10m

나) 발전소내 손실수두

① 선암 정수장

□ 설계제원

○ 발전수량(Q) : 48,000m³/sec (0.56m³/sec)

○ 단 면 적(A) : 0.92 × π/4 = 0.64m²

○ 유 속(V) : 0.56 / 0.64 = 0.87m/sec

□ 손실수두

○ 추가관로(Δh)

$$= 10.666 \times 110^{-1.85} \times 0.9^{-4.87} \times 0.56^{1.85} \times (28.84 - 24.70) = 0.01\text{m}$$

○ 밸브손실(2개소)

$$h_v = 2 \times \left(0.25 \times \frac{0.87^2}{2 \times 9.8} \right) = 0.02\text{m}$$

○ 곡관손실(중단 2개소, 횡단 2개소)

$$h_b = 4 \times \left(0.183 \times \frac{0.87^2}{2 \times 9.8} \right) = 0.03\text{m}$$

○ 분기관 손실

$$h_{kl} = 1.45 \times \frac{0.87^2}{2 \times 9.8} = 0.06\text{m}$$

○ 합류관 손실

$$h_{k2} = 1.20 \times \frac{0.87^2}{2 \times 9.8} = 0.04m$$

○ 여 유 고 : 유효낙차의 5%

$$(47.65 - 44.50) \times 0.05 = 0.16m$$

$$\therefore \Sigma \Delta h = 0.32 \approx 0.40m$$

② 사연 정수장

□ 설계제원

○ 발전수량(Q) : 180,000m³/sec(2.08m³/sec)

○ 단 면 적(A) : 1.52 × π/4 = 1.77m²

○ 유 속(V) : 2.08 / 1.77 = 1.18m/sec

□ 손실수두

○ 추가관로(Δh)

$$= 10.666 \times 110^{-1.85} \times 1.5^{-4.87} \times 2.08^{1.85} \times (33.0 - 30.5) = 0.01m$$

○ 밸브손실(2개소)

$$h_v = 2 \times \left(0.25 \times \frac{1.18^2}{2 \times 9.8} \right) = 0.04m$$

○ 곡관손실(중단 2개소, 횡된 2개소)

$$h_b = 4 \times \left(0.183 \times \frac{1.18^2}{2 \times 9.8} \right) = 0.05m$$

○ 분기관 손실

$$h_{k1} = 1.45 \times \frac{1.18^2}{2 \times 9.8} = 0.10m$$

○ 합류관 손실

$$h_{k2} = 1.20 \times \frac{1.18^2}{2 \times 9.8} = 0.09m$$

○ 여 유 고 : 유효낙차의 5%

$$(55.90-44.06) \times 0.05 = 0.55m$$

$$\therefore \Sigma \Delta h = 0.83 \approx 0.90m$$

③ 회야 정수장

□ 설계제원

○ 발전수량(Q) : 216.0천 m³/일 (시설용량 : 270.0천 m³/일)

○ 단 면 적(A) : A = 3.80m², A1 = 1.77m²

○ 유 속(V) : V = 0.66m/sec, V1 = 0.98m/sec

□ 손실수두

○ 추가관로(Δh_1)

$$= 10.666 \times 110^{-1.85} \times 1.8^{-4.87} \times 2.5^{1.85} \times (19.0 - 5.5) +$$

$$10.666 \times 110^{-1.85} \times 1.5^{-4.87} \times 1.34^{1.85} \times 24.5 = 0.02m$$

○ 밸브손실(2개소)

$$h_v = 2 \times \left(0.25 \times \frac{0.66^2}{2 \times 9.8} \right) = 0.01m$$

○ 곡관손실(종단 2개소, 횡단 2개소)

$$h_b = 4 \times \left(0.183 \times \frac{0.66^2}{2 \times 9.8} \right) = 0.02m$$

○ 분기관 손실

$$h_{k1} = 1.45 \times \frac{0.66^2}{2 \times 9.8} = 0.03m$$

○ 합류관 손실

$$h_{k2} = 1.20 \times \frac{0.66^2}{2 \times 9.8} = 0.03m$$

○ 여 유 고 : 유효낙차의 5%

$$(29.10-21.50) \times 0.05 = 0.38m$$

$$\therefore \Sigma \Delta h = 0.51 \approx 0.60m$$

(3) 유효낙차 결정

발전량 산정을 위한 유효낙차는 저수지 평균수위에 착수정 수위를 뺀 총낙차에서 정수장계통 및 발전소 손실수두를 감하여 산정하였다. 최대낙차의 경우도 동일한 방법으로 산정하였으며, 각 정수장별로 산정된 유효낙차와 최대낙차는 다음과 같다.

정수장별 유효낙차

구분	단위	선암	사연	회야
○ 저수지				
- 저수지명		대암제	사연제	회야댐
- 상시만수위(N.H.W.L)	EL.m	48.50	60.00	30.00
- 평균수위(R.W.L)	EL.m	47.82	55.25	28.87
- 저수위(L.W.L)	EL.m	44.50	45.00	21.50
○ 정수장				
- 착수위(H.W.L)	m	33.50	35.60	20.50
○ 손실수두				
- 총 손실수두(hL)	m	8.60	8.40	1.70
- 정수장계통 손실수두	m	8.20	7.50	1.10
- 발전소 손실수두	m	0.40	0.90	0.60
○ 낙차				
- 총 낙차(H_g)	m	13.50	24.40	9.50
- 최대낙차(H_{max})	m	4.90	16.00	7.80
- 유효낙차(H_r)	m	4.22	11.25	6.67

- 주) 1. 선암정수장 착수정 수위검토서(98. 7, 울산전문대학 건설환경연구소) : 관료변경시 검토
 2. 울산권 광역상수도 사업 타당성 조사 및 기본계획(96. 12, 한국수자원공사)
 3. 낙동강 계통 상수도 확장사업 기본 및 타당성 조사(87. 5, 울산시)
 4. 회야는 댐 저수지 22.20m부터 발전

3) 발전규모

정수장별 소수력 발전 규모는 사연댐 실측유입량의 기초자료를 Tank Model로 분석한 하천유입량과 댐하류 관개용수, 저수지 증발량 등의 수문학적 매개변수와 수위변화에 따른 발전효율, 발전사용수량 등의 발전인자를 적용하여 모의운

영을 실시하였으며, 저수지 모의운영은 범용성 있는 HEC-5 모형을 이용하여 33개년(66~98년)간 산정하였다. 한편, 소수력 발전의 설비이용률은 유사사업으로 정수장에 설치되어 98년 6월부터 운영중인 부안댐계통 광역상수도 소수력 발전소의 경우에는 운영기간이 약 2년 6개월 뿐으로 거의 100% 설비이용률을 보이고 있다. 일반적으로 수차 및 발전기는 홍수전 점검, 시설 보수 및 교체, 한전의 정기 및 상시점검 등으로 소수력 발전의 정지가간이 약 30일이 소요되는 것을 감안하여 설비이용률을 90%로 적용하였다.

정수장별 소수력 발전소의 적정한 발전규모를 검토하기 위하여 최대낙차와 평균낙차로 구분하여 산정한 결과, 연간 발전량이 최대낙차시는 평균낙차시에 비해 선암 9.4%, 사연 6.3%, 회야 5.3%가 많은 것으로 나타났다.

정수장별 발전규모 검토

구분		단위	선암	사연	회야
○ 사용수량(Q)		m ³ /sec	0.56	2.08	2.50
○ 설비이용률		%	90	90	90
최대 발전	○ 최대낙차(Hmax)	m	4.90	16.00	7.80
	○ 합성효율(η)	%	53~81	56~78	53~76
	○ 최대출력(Pm)	kW	22	264	153
	○ 순수 연간발전량	MWh/년	163.0	1,536.2	1,087.4
	○ 연간발전량	MWh/년	146.7	1,382.6	978.7
평균 발전	○ 유효낙차(Hr)	m	4.22	11.25	6.67
	○ 합성효율(η)	%	54~82	58~81	55~80
	○ 평균출력(Pr)	kW	19	200	131
	○ 순수 연간발전량	MWh/년	149.0	1,444.9	1,033.1
	○ 연간발전량	MWh/년	134.1	1,300.4	929.8

다. 공공하수처리시설 계통

1) 사용수량

(1) 개요

소수력 발전 최대 사용수량은 kW당 건설비 및 발전원가의 허용범위 내에서 발전 전력량을 최대로 할 수 있는 규모로 발전시설용량을 산정하는 것이 유리하며, 장래의 유량변동을 고려하여야 한다.

일반적으로 수로식 발전소의 최대 사용수량은 보통 하천 갈수량의 2~3배로 유험곡선에서 평수량(약 50% 지속유량) 정도이고, 댐식 발전소에서는 풍수량(약 26% 지속유량) 정도로 작용하는데, 공공하수처리시설의 경우는 연간 유량변동이 적으므로 풍수량 이상인 계획시설용량을 적용하는 것이 적절할 것으로 사료된다.

(2) 공공하수처리시설 유험분석

울산광역시에서 2000년 현재 운영중인 용연(울산), 회야 및 온산 공공하수처리시설에 대해 99년 하수유입 실적량을 조사하였으며, 이를 토대로 유험분석한 결과는 다음과 같다.

정수장별 발전규모 검토

(단위 : m³/일)

구 분	시설용량 (I 단계)	최대유량 (Q1)	중수량 (Q95)	평수량 (Q185)	저수량 (Q275)	갈수량 (Q355)
용 연	250,000	229,439	153,599	143,514	135,750	110,934
회 야	32,000	44,850	39,890	38,200	35,270	25,330
온 산	150,000	75,916	46,214	39,299	32,191	21,861

(3) 사용수량 결정

소수력 발전 사용수량을 결정하기 위하여 운영중인 하수처리장의 유입실적량

을 조사한 결과 비교적 균등한 것으로 나타났다. 따라서 용연 350.0천m³/일, 방어진 100.0천m³/일, 회야 32.0천m³/일, 온산 150.0천m³/일의 계획 하수처리 시설용량을 발전사용수량으로 결정하였으며, 각 시설별 개요는 다음과 같다.

공공하수처리시설별 시설개요

구분	단위	용연	방어진	회야	온산	
목표년도	-	2001년	2006년	2001년	1991년	
계획처리면적	ha	5,777.4	1,544.0	681.1	1,445.0	
계획처리인구	천인	665.0	285.0	25.7	32.0	
시설용량	천m ³ /일 (m ³ /sec)	350.0 (4.05)	100.0 (1.16)	32.0 (0.37)	150.0 (1.74)	
계 획 하 수 량	일평균	천m ³ /일	308.5	82.4	30.7	146.0
	일최대	천m ³ /일	343.8	98.1	32.1	147.6
	시간최대	천m ³ /일	440.8	142.0	48.3	245.1

2) 유희낙차

(1) 방류시설 현황

공공하수처리시설에서 처리된 방류수는 일반적으로 해양이나 하천으로 방류되는데 용연, 방어진 및 온산 공공하수처리시설은 지형 여건상 하수처리수를 자연유하로 방류할 수 없어 부득이하게 방류 펌프장을 설치하여 압송 후 울산만으로 방류하는 것으로 계획되어 있으며, 회야 공공하수처리시설은 방류 펌프장에서 Pumping 후 회야댐 직하류 회야강으로 방류하는 것으로 계획되어 있다. 시설별 방류시설 현황은 다음과 같다.

공공하수처리시설별 방류시설 현황

구분	단위	용연	방어진	회야	온산	
시설용량	천m ³ /일	350.0	100.0	32.0	150.0	
방류펌프동	H.W.L	EL. m	4.43	18.0	56.75	4.00
	L.W.L	EL. m	3.09	16.0	54.35	4.00
토출구	EL. m	0.61	10.85	-	-	
방류펌프		82m ³ /min ×7mH×5대	33.6m ³ /min ×37mH×4대	7.4m ³ /min ×22mH×4대	2.87m ³ /min×16m H	
방류형태		Pumping 후	Pumping 후	Pumping 후	Pumping 후	
방류관로	m	D=2.2, L=3,240 D=1.8, L=470	D=1.5, L=5,120	D=0.7, L=8,209 D=0.5, L=1,809 BOX 0.6×0.8, L=219	D=1.8, L=1,810	
방류지점		울산만	울산만 염포 3거리	회야댐 상류	울산만	

- 주) 1. 울산(용연) 하수종말 처리시설 증설 및 2차 처리시설 공사(97. 11, 울산광역시)
 2. 방어진 하수종말 처리시설 건설공사 실시설계(97. 12, 울산광역시)
 3. 회야 하수종말 처리시설 증설공사 기본 및 실시설계(96. 12, 울산광역시)
 4. 온산 하수종말 고도처리시설 증설공사 실시설계(99. 12, 울산광역시)

(2) 용연 하수처리장

소수력 발전소 위치는 하수처리장내(약 100m)에 설치하는 것으로 계획하였을 경우 유효수두는 아래와 같이 0.06m로 산정되었다.

- 방류구 최고수위(H.W.L) : 4.43m
- 방류관거 총손실수두 : 3.82m
- 유효손실수두
 - 시간최대 하수량(Q) : 470.0천m³/일(5.44m³/sec)
 - 유속(V) : 5.44 / (0.785 × 2.22) = 1.43m³/sec
 - 방류정손실(h1) : 0.5 × 2.22 / (2 × 9.8) = 0.05
 - 방류관손실(h2)

$$\frac{124.5 \times 0.013^2}{2.2^{1/3}} \times \frac{100}{2.2} \times \frac{1.43^2}{2 \times 9.8} = 0.08$$

$$\therefore \text{유효수두} = 4.43 - (0.05 + 0.08) - 0.29 = 4.01\text{m}$$

발전이후 필요수두는 해양 방류관거 총손실 수두 3.82m에서 방류정 및 방류관 손실을 제외하면 실질적인 유효수두는 0.06m이다.

(3) 방어진 하수처리장

배제관로는 하수처리장에서 염포 3거리까지 약 5.1km이고, 배제관로 노선 중 지형적으로 가장 높은 서부동 당고개(EL. 50.30m) 지점에 소수력 발전을 계획하였으며, 유효수두는 다음과 같이 0.52m로 산정되었다.

- 시간최대 하수계획량(Q) : 142.0천 m³/일(1.64m³/sec)
- 방류펌프규모 : 33.6m³/분×37mH×4대(예비 1대)
- 구내배관손실수두(h1) : 0.23m
- 유속계수(C) : 100
- 방류관 손실수두(h2)

$$h2 = 10.666 \times 100^{-1.85} \times 1.5^{-4.87} \times 1.64^{1.85} \times 4,040 = 2.99\text{m}$$

$$\therefore \text{유효수두} = 50.30 - \{(16.0 + 37.0) - (0.23 + 2.99)\} = 0.52\text{m}$$

(4) 회야 하수처리장

발전소 위치는 최종방류구인 회야댐 인근으로 계획하여 유효낙차를 0.12m로 산정 되었으며, 이는 최소의 지하 매설관으로 잉여수두는 거의 없는 것으로 산정되었다.

- 시간최대 하수계획량(Q) : 48,300천 m³/일(0.56m³/sec)
- 유속계수(C) : 100(D.C.I.P관)
- 방류펌프규모 : 7.4m³/분 × 22mH × 45kW × 4대(예비 1대)
- 구내배관손실수두(h1) : 0.23m
- 관로마찰손실수두

$$h1 = 10.666 \times 100^{-1.85} \times 0.7^{-4.87} \times 0.56^{1.85} \times 8,209 = 33.84m$$

$$h2 = 10.666 \times 100^{-1.85} \times 0.5^{-4.87} \times 0.56^{1.85} \times 1,802 = 38.39m$$

○ 유효수두

- 통천리 동산 = $(54.35 + 22) - 33.84 = 42.51m$

- 방류구 = $42.51 - 38.39 = 4.12m$

∴ 유효수두 = 에너지 수두(4.12) - 하상고(5.0) - 토피(1.0m) = 0.12m

(5) 온산 하수처리장

발전소 위치는 하수처리장내(약 100m)에 설치하는 것으로 계획하였으며, 유효수두는 아래와 같이 0.48m로 산정되었다.

○ 방류구 최고수위(H.W.L) = 4.00m

○ 시간최대 하수계획량(Q) : 245.1천 m³/일(2.84m³/sec)

○ 유속계수(C) : 100(D.C.I.P관)

○ 유속(V) : $2.84 / (0.785 \times 1.82) = 1.12m/sec$

○ 발전소 이전 손실수두(h1)

- 방류관실 = $1.5 \times 1.122 / (2 \times 9.8) = 0.10m$

- 관로손실

$$= 10.666 \times 100^{-1.85} \times 1.80^{-4.87} \times 2.84^{1.85} \times 100 = 0.08m$$

$$\Delta\Sigma h1 = 0.10 + 0.08 = 0.18m$$

○ 발전소 이후 손실수두(h2)

- 관로손실

$$= 10.666 \times 100^{-1.85} \times 1.80^{-4.87} \times 2.84^{1.85} \times 1,710 = 1.43m$$

- 밀도수두 = $(1,026 - 1,000) / 1,000 \times 25.0(\text{수심}) = 0.65m$

- Diffuser 및 기타손실 = 1.0m

- riser 및 nozzle = $4.0 \times 1.122 / (2 \times 98) = 0.26m$

$$\Delta\Sigma h2 = 1.43 + 0.65 + 0.26 + 1.0m = 3.34m$$

∴ 유효수두 = 4.00 - 0.18 = 3.82m

- 발전을 위한 유효수두는 3.82m이나 발전이후 해양방류에 필요한 관로손실, 밀도수두 등 각종손실 3.34m를 제외하면 실질적인 유효수두는 0.48m이다.

3) 발전규모

(1) 시설별 발전규모

소수력 발전은 사용수량에 낙차, 수차 및 발전효율을 적용하여 시설용량을 산정하였으며, 여기에 발전시설 설비이용률 약 90%를 적용하여 연간 발전량을 산정하였다. 시설별 소수력 발전 시설용량은 모두 10kW 미만의 미소한 발전규모로 산정되었다.

공공하수처리시설별 방류시설 현황

구분	단위	용연	방어진	회야	온산
사용수량(Q)	m ³ /sec	4.05	1.16	0.37	1.74
정격유효낙차(H)	m	0.06	0.52	0.12	0.48
합성효율(η)	%	86	86	86	86
정격출력(P)	kW	2	5	0.4	7
설비이용률	%	90	90	90	90
연간발전량	MWh	15.8	39.4	3.1	55.1

(2) 방어진 공공하수처리시설 방류구에서의 소수력 발전 타당성 검토

가) 개요

울산광역시에서 현재 운영중인 용연, 회야 및 온산 공공하수처리시설에서의 소수력 발전 타당성을 검토한 결과, 발전규모가 적고 추가 발전시설에 대한 공사시 많은 문제점이 예상된다. 그러나, 방어진 공공하수처리시설은 현재 건설중에 있어 기존시설 보다는 공사시 발생하는 문제점 등이 적을 것으로 판단되어 발전소 입지 타당성을 추가로 검토하였다.

방어진에서 발생하는 생활하수 및 공장폐수를 전량 차집하고 방류수 수질기준에 적합하게 처리하기 위해 현재 건설중인 시설의 무효 방류량을 수자원의 재활용뿐만 아니라 대체에너지의 개발로 국가 산업발전에 기여하고자 방류관로 중 당고개 위치와 방류구 인근지점에서의 소수력 발전소 개발의 타당성을 추가로 검토하였다.

나) 당고개 지점에서의 소수력 발전 타당성 검토

- 배제관로 노선 중 지형적으로 가장 높은 서부동 당고개 지점에 소수력 발전소를 계획하는 방안(발전이후의 손실은 무시)
 - 방류펌프 양정을 추가로 약 30.0m 높였을 경우를 가정하여 이에 대한 유효수두를 이용하는 방안
 - 현 상태에서의 소수력 발전소를 계획하는 방안
- 조건
 - 방류펌프 추가높이(H) : 30.0m
 - 하수처리량(Q) : 100.0천m³/일(1.16m³/sec)
- 개발계획 비교 검토

구 분	방류펌프 추가	소수력 발전
출력규모	$P = \frac{9.8 \times 1.16 \times 30}{0.75} (1 + 0.15)$ $= 523\text{kW}$	$P = 9.8 \times 1.16 \times 30 \times 0.85$ $\approx 290\text{kW}$
개략 공사비	2,000백만원	700백만원

- 연간경비
 - 연간투자회수비 : 2,700백만원 × 0.08174 = 220.1백만원
 - ※ 자본환원계수 : 할인율 8%, 내구연한 50년
 - 연간 유지관리비 : 2,700백만원 × 0.02 = 54.3백만원
 - 연간 추가전력비

- 계약전력비 : $523\text{kW} \times 3,960\text{원/kW} \times 12\text{개월} \times 1.1 = 27.3\text{백만원}$
 - 사용전력비 : $523\text{kW} \times 47.1\text{원/kWh} \times 365\text{일} \times 12\text{hr} \times 1.1 = 237.4\text{백만원}$
- 계 = 539.1백만원/년

○ 연간편익

- 연간발전량 = $290\text{kW} \times 0.90 \times 365\text{일} \times 24\text{hr} = 2,286.4\text{MWh/년}$
- 소수력 구매단가 = 60.23원/kWh (2000년 기준)
- 연간편익 = $2,286.4\text{MWh/년} \times 60.23\text{원/kWh} = 137.7\text{백만원/년}$

○ 경제성 평가

- 연간경비 = 539.1백만원/년
- 연간편익 = 137.7백만원/년
- B - C = $\Delta 401.4\text{백만원/년}$
- B / C = 0.26

다) 방류구 인근지점에서의 소수력 발전 타당성 검토

- 배제관로 중 당고개(No.10+40)부터 약 900m 지점(No.12+140)까지 PC관 매설계획에서 유효수두를 이용하기 위해 압력관으로 교체하여 소수력 발전을 개발하는 방안

○ 조건

- 서부동 당고개(No.10+40) : 관저고 47.40m
- No.12+140 : 지반고 22.5m - 3.0m(토포, 관경 등) = 19.50m

- 관로손실 수두

$$10.666 \times 110^{-1.85} \times 1.5^{-4.87} \times 1.16^{1.85} \times 900 = 0.30\text{m}$$

- 유효수두 = $47.40 - 19.50 - 0.30 + 0.52 = 28.12\text{m}$

※ 방류펌프동에서 서부동 당고개까지의 유효수두 0.52m 고려

○ 발전규모

$$P = 9.8 \times 1.16 \times 28.12 \times 0.85 \approx 270\text{kW}$$

○ 개략공사비

- 관중변경

- 기존 1,500m/m PC관 = 900m × 790천원/m = 711백만원
- 신설 1,500m/m SP관 = 900m × 1,810천원/m = 1,629백만원
- 추가공사비 = 1,629-711 = 918백만원

- 발전소 공사비 = 700백만원

계 = 1,618백만원

○ 연간경비

- 연간투자회수비 : 1,618백만원×0.08174 = 132.3백만원

- 연간 유지관리비 : 1,618백만원×0.02 = 32.4백만원

계 = 164.7백만원/년

○ 연간편익

- 연간발전량 = 270kW × 0.90 × 365일 × 24hr = 2,128.7MWh/년

- 소수력 구매단가 = 60.23원/kWh (2000년 기준)

- 연간편익 = 2,128.7MWh/년 × 60.23원/kWh = 128.2백만원/년

○ 경제성 평가

- 연간경비 = 164.7백만원/년

- 연간편익 = 128.2백만원/년

- B - C = △36.5백만원/년

- B / C = 0.77

라) 검토결론

방어진 공공하수처리시설의 방류관로 중 당고개 위치와 방류구 지점에 소수력 발전소 개발의 타당성을 추가로 검토한 결과, 비용편익차가 △401.4백만원과 △36.5백만원으로 산정되었으며, 비용편익비가 0.26과 0.77로 산정되어 경제성 측면에서 타당성이 없는 것으로 검토되었다.

라. 검토결론

1) 정수장 계통

저수지에서 정수장의 착수정 및 혼화지까지 도수관로 노선을 통해 공급되는 생공용수 공급량은 저수지 여유수두를 활용한 소수력 발전을 시행하여 전체의 환경친화적인 에너지로 개발가치의 타당성을 검토하였다.

발전사용수량은 각 정수장별 장래 목표연도 생공용수 소비량을 적용하였으며, 정수장별로 적용된 각종 손실수도와 발전소 입지계획에 따른 발전소 손실 등을 고려하여 유효낙차를 산정하였다. 정수장별 발전규모는 기존 사연댐의 실측 운영자료를 토대로 Tank Model로 분석하여 산정된 저수지 유입량, 저수지 증발량, 댐하류 관개용수 등의 수문학적 매개변수와 발전사용수량, 수위변화에 따른 수차 및 발전효율 등의 발전 주요 인자를 적용하여 33개년(66~98년)간 저수지 모의운명을 범용 HEC-5 Program을 이용하여 연간 발전량을 산정하였다.

정수장별로 소수력 발전능력을 검토한 결과, 평균 낙차시 발전시설 용량이 선암정수장 19kW, 사연정수장 200kW, 회야정수장 131kW로 소수력 발전 규모면에서 타당성이 있는 것으로 나타났으며, 최대 낙차시는 평균 낙차시에 비해 연간 발전량이 5.3~9.4% 정도가 많은 것으로 나타나 향후 기본설계를 통하여 최대 및 평균낙차에 따른 개략사업비, 경제적분석 등을 실시하여 적정한 소수력 발전소의 타당성을 평가하였다.

2) 공공하수처리시설 계통

울산광역시에서 운영중인 용연(울산), 회야 및 온산 공공하수처리시설과 2003년 완공 예정인 방어진 공공하수처리시설에서 해양 및 하천으로 방류되는 하수처리 방류수를 에너지 재활용 차원에서 소수력 발전 건설 가능성을 검토하였다.

소수력 발전 규모를 검토하기 위한 주요 인자 중 발전사용수량은 2000년 현재 운영중인 용연(울산), 회야 및 온산 공공하수처리시설의 99년 하수유입량 실적

자료를 검토한 결과, 유량변동이 비교적 적은 것으로 나타나 계획시설용량을 사용수량으로 적용하였다.

공공하수처리시설 계통의 발전소 위치 중 용연과 온산은 시설내(약 100m)에 발전소를 설치하는 것으로 계획하였고 회야는 최대 발전규모를 검토하기 위해 최고 위치인 회야댐 인근에 발전소를 계획하였으며, 방어진은 배제관로 노선중 배제펌프의 경계점인 서부동 당고개 지점으로 계획하여 유효낙차를 계산한 결과, 유효수두는 모두 1m 미만으로 산정되었다.

소수력 발전 규모를 산정하기 위하여 운영중인 3개 시설, 건설중인 1개 시설 등 4개 지점을 검토한 결과, 발전시설용량은 10kW 이하로 국내에서 운영중인 부안댐 소수력 발전 규모 193kW에 비해 약 3.0%에 불과한 것으로 산정되었다. 현재의 수차 제작기술상 유효낙차가 2m 미만일 경우에는 기술적으로 소수력 개발이 불가능하고 해양으로 방류되는 용연 및 온산은 발전 이후 에너지 손실(수두)로 바닷물의 역류가 예상됨에 따라 발전소 및 공공하수처리시설 운영중 단 등의 비상사태가 우려되며, 회야 및 방어진은 현재 설치된 개수로를 압력관으로 전환하지 않을 경우에는 소수력 발전을 위한 수원확보가 곤란하다. 따라서, 용연, 방어진, 회야 및 온산에서의 소수력 발전 타당성은 공학적 측면에서 모두 없는 것으로 나타났다.

한편, 공공하수처리시설 계통 중 발전소 건설이 기존시설보다 공사시 발생하는 문제점이 적을 것으로 판단되는 방어진에서의 방류관로 중 당고개 위치와 방류구 지점에 발전소 입지 타당성을 추가로 검토한 결과, 비용편익비가 0.26과 0.77으로 산정되어 경제성 측면에서 타당성이 적은 것으로 검토되었다.

마. 기본설계

1) 수차형식 및 대수

(1) 수차형식 선정

정수장별 수차형식 선정

구분		단위	선암	사연	회야	비고
발전시설	최대발전	kW	22	264	153	
	평균발전	kW	19	200	131	
수차선정		-	Tubular	Tubular	Tubular	

(2) 수차대수

선암, 사연 및 회야정수장의 소수력은 주목적이 수력발전이 아니고 생활용수를 공급하기 위한 목적으로 저수지에서 유입하는 수도용량을 에너지의 재활용과 수자원의 효율적 이용차원에서 계획되는 시설로써 사용수량의 변화폭이 적으므로 경제성 및 유지관리 측면을 고려하여 공히 1대씩으로 계획하였다.

2) 발전기

(1) 발전기 형식 선정

발전기의 형식은 발전기별 장단점 비교와 같이 구조적인 측면과 운전의 안전성 및 경제성 측면에서 유도발전기가 유리하며, 그중 회전자를 동기속도 이상으로 회전시켜 발전하는 농형이 회전자의 2차에 외부에서 교류전압을 인가하여 2차 유기전압과 상쇄되는 점을 동기속도로 발전하는 권선형에 비해 구조적으로 견고하므로 농형 유도발전기로 계획하였다.

(2) 단자전압

유도발전기 500kW 미만의 적정전압은 외국사례 및 유사사업 적용사례를 참조하여 380V로 계획하였다.

3) 토목

(1) 발전소 위치

발전소는 정수장 관리요원의 병행관리 및 유지 차원에서 정수장내 착수정으로 유입하는 관로에 별도의 발전 전용관로를 설치토록 하고, 발전관로를 포함

한 발전소 배치계획은 공사비 및 도수관로에서의 손실수두가 최소가 되도록 계획하였다.

선암과 사연정수장은 현재 건설중으로 효율적인 정수장 운영 등에 따라 설계 변경된 착수정 위치 등을 감안하되, 선암정수장은 착수정으로 유입하는 도수관로 중 전오존접촉지 부지에 발전소를 계획하였고 기존 도수관로에는 발전소 유지관리 및 비상시에 개폐할 수 있는 밸브를 설치토록 계획하였으며, 사연정수장의 경우도 착수정 도수관로와 최대한 가까운 부지에 발전소와 유량 조절용 밸브를 계획하였다. 한편, 회야정수장은 본선 도수관로에서 기존정수장 도수관로와 증설정수장 도수관로 사이에 발전소를 계획하였으나, 부지가 협소하여 불가피하게 증설정수장의 유입 도수관로를 일부 변경하는 것으로 하고 유량 조절용 밸브는 기존 밸브를 이용하는 것으로 계획하였다.

(2) 발전소 배치

발전소는 지상의 기존시설물 활용 및 기능에 영향이 없도록 반지하 철근 콘크리트 구조물로 계획하였고 발전기, 수차 및 제어계통의 경우도 모두 지하구조물 내로 배치하였다. 발전소 또는 수차의 조립설치 및 해체가 용이하도록 발전소건물 천정에 모노레일 크레인을 설치하였으며, 착수정의 유입고와 수차, 발전기의 설치 표고를 고려하여 반지하식 발전소를 계획하였다.

발전소 계획고는 강우 유입방지 등을 고려하여 주변 지반고와 착수위보다 약 0.3m 이상 높게 계획하였고 그 위에 발전소의 지상건물을 설치하였다. 평균 발전에 대한 정수장발 발전규모는 다음과 같다.

정수장별 발전소 규모

구분		단위	선암	사연	회야
발전소	높이	m	7.75	5.40	6.60
	폭	m	6.60	7.60	7.60
	길이	m	12.60	15.10	16.60
주변지반고		EL. m	36.00	34.00	20.00
착수정유입고		EL. m	31.70	32.70	18.50
착수위		EL. m	35.00	35.60	20.50
도수관로관경		mm	D 900	D 1500	D 1800

4) 건축

(1) 기본개념

가) 기본개념

- 시설의 최적기능 발휘와 유지관리가 용이한 건물 구성
- 지역적 특성을 반영한 주변 경관과 조화되는 외관 형성

나) 건축규모

- 층수 : 지하 1층, 지상 1층
- 구조 : 철근콘크리트구조
- 외부마감 : 외벽-본타일(지정색), 지붕-칼라아스팔트형글(지정색)
- 내부마감 : 내벽-에멀존페인트(지정색), 바닥-에폭시코팅(지정색)

정수장별 발전소건물 규모

구분		단위	선암	사연	회야
발전소	높이	m	6.55	6.55	6.55
	폭	m	6.60	7.60	7.60
	길이	m	12.60	15.10	16.60
건물면적		m ²	83	115	126

(2) 배치계획

가) 평면계획

- 수차 및 발전기 설비를 연계하여 동선이 고려된 공간의 효율성과 유지관리의 편리성을 고려하여 계획
- 발전소로 차량접근 용이토록 계획
- 유효면적의 확보 및 시설공정을 고려한 최적 평면 고려
- 단순한 내부 동선계획

나) 입면계획

- 발전소의 이미지 개선을 위해 깨끗하고 산뜻한 이미지로 주변환경과 조화 고려
- 지붕판의 분절을 통한 시각적 거부감 해소
- 자연채광 유입을 고려한 창호 설치
- 지붕면을 곡면 처리하여 우수배출 용이 및 아스팔트 형글재 마감을 적용하여 미관 증대효과 기대

다) 단면계획

- 설비·유지관리 및 호이스트 운행공간을 고려한 단면계획
- 소요면적만으로 지하층 설치, 경제성 고려

라) 주요자재 사용계획

자재 선정 기준

기 능 성	각실 기능에 적합한 KS 자재
경 제 성	보수 및 유지관리가 용이하며 경제적인 재료
미 관 성	외관이 미려하고 쾌적한 공간을 구성하는 재료
내 구 성	내부적, 내마모, 내화 및 방수기능이 강한 재료
통 일 성	질감, 색상 등 전체적인 조화를 이루는 재료

마감재료 사용계획

구 분		선정시 고려사항	사용재료
외장재	지붕	재료의 내구성, 내화성, 방수성, 단열성, 내부식성	철근콘크리트 슬라브 위 아스팔트 청글
	외벽	미관의 우수성, 경제성, 내구성	아크릴 본타일
내장재	바닥	미관의 우수성, 경제성, 내구성	에폭시 코팅
	벽	재료의 경제성	에멀존 페인트
	천정	재료의 경제성	에멀존 페인트

5) 기계

(1) 개요

수차의 유지보수를 위한 수차실 입구밸브, 출구밸브 시설과 신축관, 강관류 설치와 본관차단 및 통수를 위한 본선 밸브실내의 밸브와 신축관 및 강관설비와 구조물내 배수를 위한 배수펌프설비, 그리고 발전소와 수차의 해체, 설치 및 수리의 유지보수에 필요한 모노레일 크레인 등으로 계획하였다.

(2) 밸브설비

정수장별 밸브설비 계획(1)

구 분	선 암	사 연	회 야
밸브형식	혼합역지밸브		
설치위치	수차입구	수차입구	수차입구
밸브규격(mm)	900	1,500	2,200
수량(대)	1	1	1
설계압력(kg/cm ²)	7.5		
조작방법	유압구동식 버터플라이 밸브 + 긴급차단밸브		
접속방법	FLANGE 접속, KS D 3578 F12		

정수장별 밸브설비 계획(2)

구분	선 암		사 연		회 야
밸브형식	전동식 버터플라이 밸브, 수평형, 일상식				
설치위치	출구	본관	출구	본관	출구
밸브규격(mm)	900	900	1,500	1,500	2,200
수량(대)	1	1	1	1	1
설계압력(kg/cm ²)	7.5				
조작방법	전동식				
접속방법	380V × 3Ø × 60Hz				
예상동력(kW)	2.2	2.2	3.7	3.7	5.5
접속방법	FLANGE 접속, KS D 3578 F12				

(3) 신축관 설비

정수장별 신축관 설비 계획

구분	선 암		사 연		회 야
형식	벨로우즈형 신축관, 내부슬리브 부착형				
규격(mm)	900		1,500		2,200
수량(대)	3		3		2
설계압력(kg/cm ²)	7.5				
접속방법	FLANGE 접속, KS D 3578 F12				

(4) 배수펌프 설비

정수장별 배수펌프 설비 계획

구분	선 암		사 연		회 야
형식	수주모터펌프				
용량	0.3m ³ /분 × 10mH				
수량(대)	2대(1대 예비)		2대(1대 예비)		2대(1대 예비)
전원공급	380V × 3Ø × 60Hz				
예상동력(kW)	1.5				
조작방법	자체수위계에 의한 자동운전				

(5) 강관설비

강관 및 이형관은 수도용도복장강관으로 계획하였다.

(6) 크레인 설비

수차 또는 발전기 등의 조립과 분해, 설치, 철거를 위하여 발전소내 모노레일 크레인을 설치하였으며, 크레인 규모는 제작자의 제시사양에 따라 선암 2톤, 사연 3톤, 회야 3톤으로 계획하였다.

크레인형식은 점검 및 유지보수시 크레인 본체 상부 통행의 안전과 기능을 고려하였고 운전실은 소형크레인으로 별도로 계획하지 않았다. 권상 높이는 수차실 바닥에서 조립실 바닥까지의 높이와 조립실에서 크레인 Hook의 최대 권상 위치 등을 고려하여 계획하였다.

6) 전기

(1) 변전소 설비

변전소의 구성은 발전소가 500kW 이하의 소규모 발전소이고 설비가 간단하므로 변전소 근처 또는 정수장의 여유공간을 이용한 옥외형 Cubicle type 변전 설비를 각각 설치하는 것으로 계획하였다.

가) 주 변압기

- 형식 : 옥내 몰드형
- 상수 : 3상
- 전압 : 1차측(380V), 2차측(23.9F-22.9F-21.9F-20.9F kV)
- 주파수 : 60Hz
- 결선 : Δ -Y
- 대수 : 1대

나) 차단기

- 형식 : 진공차단기, 인출형
- 정격전압 : 24kV

○ 차단시간 : 3Cycle 이내

○ 조작전원 : DC 110V

다) 소내용 전원

발전소 소내용 전원은 공사비 절감을 위하여 정수장 인근의 저압배전반 또는 전동기 기동반(MCC)에서 인출하여 사용하는 것으로 계획하였다.

(2) 발전소 제어방식

발전소 운전제어는 1인 제어방식을 기준으로 수동운전, 자동운전 및 비상정지 방식으로 분류계획하였고 운전제어반은 발전소내 배치하도록 계획하였으며, 원방제어설비는 정수장 중앙제어실에 배치하여 원방 감시제어도 가능하도록 계획하였다.

(3) 송전선로

소수력 발전소와 연계되는 선로는 정수장으로 인입되는 인입선으로 즉 정수장 입구의 말단전주에 연결하여 송전하는 것으로 계획하며, 발전소에서 말단전주까지는 PE관에 매입하여 지중선로를 포설토록 계획하였다.

8.3.5 인천광역시의 소수력 발전 개발계획

가. 지역에너지 타당성조사 연구(2005, 한국에너지기술연구원)

1) 과업의 목적

인천광역시에서 운영중인 정수장 2개소와 공공하수처리시설 1개소를 이용한 에너지 획득, 절감효과 향상 및 개선을 위하여 소수력 설비를 설치함으로써, 소수력 개발을 통하여 정수장과 공공하수처리시설의 운영여건 개선에 기여하기 위함이다.

2) 과업 내용

○ 남동 및 수산정수장, 가좌공공하수처리시설에 대한 현장조사 및 자료수집

○ 소수력 발전설비 계획, 발전량 산정 및 편익분석

관련 연구결과 요약

구분	단위	내용	비고
1. 현장조사 결과			
처리용량	m ³ /일	542,000	
2005년 현재 처리량	m ³ /일	268,000	
발전가능성	-	가능	
현장여건	-	설치조건 양호	
2. 발전규모 및 발전량			
사용수량	m ³ /sec	3.10	
유효낙차	m	17.7	
설비용량	kW	430	
발전량	MWh/년	3,201.8	
3. 추정공사비			
실시설계	백만원	40	
건축 및 부대설비	백만원	360	
발전설비 제작 및 설치	백만원	500	
시운전 및 준공	백만원	35	
예비비	백만원	15	
계	백만원	950	
4. 편익분석			
총투자비	백만원	950	
B/C	-	3.86	

나. 소수력 발전사업 수리의견 검토(2004, 한국수자원공사)

1) 과업의 목적

인천광역시는 남동정수장(4단계) 착수정으로 유입되는 원수의 잔류수두를 이용, 대체에너지 개발을 위해 소수력 발전사업을 계획중이며, 실시설계 용역에 앞서 수리검토 의견을 요청, 수리의견 검토하여 발전을 위한 최적 잔류수두를 예측하기 위함이다.

2) 과업 내용

주변여건에 따라 심한 변화를 보이는 유입량 및 잔류수두에 대한 과거실적분석과 관망해석 시뮬레이션을 통한 유입량과 잔류수두와의 관계를 파악한다.

(1) 유입량 및 압력분석

2000년~2004년의 유입량 및 압력자료를 이용하여 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

관련 연구결과 요약

구 분	시간당	평 균	일평균	비 고
최 대	18,660	12,392	381,730	단위 : m ³ /일
최 소	6,590	10,730	212,070	
평 균		11,441	274,581	

(2) 관망해석 시뮬레이션 분석

- 2취수장 STL 운전범위는 92~100m(설계 STL=100.3m > 3,4단계 시설용량 2,775m³/일을 송수할 경우 광명가압장 및 인천계통 도달압력이 0.2kg/cm² 이상 유지되는 범위 내에서 결정)
- 현재 광명가압장은 운휴중이며 노온정수장 유입압력이 0.2kg/cm² 확보되기 위해서는 최소 92m 이상 운전되어야 하며 93~96m로 운영되고 있는 실정임

관련 연구결과 요약

구 분	팔당2취수장 STL(EL.m)	남동정수장 유입압력	비 고
206. 8월 평균유량 공급시	93.0	HGL=51.0m P=2.46kg/cm ² HL=42.0m	남동정수장 유입물량 280천 m ³ /일
206. 8월 공급량의 30% 증가시	100.0	HGL=38.9m P=1.25kg/cm ² HL=61.1m	남동정수장 유입물량 339천 m ³ /일

(3) 유입잔류수두 분석

- 과거 공급량 실적을 기초한 유입량 대비 잔류수두 분포는 최대 38.59~최소 1.09m로 분석됨
- 확률 50% 지점에서 21.49m이며 확률 90% 이내에서 11.49m로 분석됨

(4) 결론

- 정수장 착수정에서 잔류수두 관계식 산정($Q < 350,000\text{m}^3/\text{일}$)

$$Y = -0.004Q + 61.382 - 1.91$$
 - Y : 잔류수두
 - Q : 유입량(m^3/sec)
- 평균유량 $11,411\text{m}^3/\text{hr}$ 원수 유입시 13.7m의 잔류수두 발생 예측
- 전체시설용량($542\text{천}\text{m}^3/\text{일}$) 유입시 잔류수두는 0m에 근접할 것임

다. 기본 및 실시설계

1) 개요

소수력 개발은 에너지원 개발 차원뿐 아니라 경제·사회적으로 전력수요가 급증할 경우 부하 평준화 효과, 석유수입 대체, 민간 및 지자체 주도의 반영구적 공익사업으로서 환경친화적인 에너지원의 개발을 통한 지역개발의 촉진과 경제적 파급효과의 극대화 등 부수적인 효과를 거둘 수 있다고 평가되고 있다.

소수력 자원은 다른 대체에너지 자원에 비해 에너지 밀도가 매우 크고 환경에 영향을 극히 적게 미치는 환경친화적인 에너지차원에서 소수력 에너지 개발이 필요하다. 소수력의 최적개발규모를 검토하기 위해서는 소수력 발전 입지조건 및 특성분석 등이 필요하다. 이를 통하여 남동 소수력 발전소의 적정 발전규모, 발전소의 연평균 발전량 등의 공학적 예측이 필요하다.

소수력 발전의 기본적인 원리는 물의 고저차(낙차)에 의한 위치에너지를 이용하여 수차의 회전력을 발생시키고 수차와 직결되어 있는 발전기에 의해서 전기 에너지를 생산하는 방식으로써 수차를 회전시키는 물의 수량이 많을수록 낙차

가 클수록 시설용량이 커지고 전력 생산량도 그만큼 많아진다.

$$P = 9.8 \times Q \times H \times \eta_t \times \eta_g$$

여기서, P : 시설용량(kW) η_t : 수차 효율
 Q : 사용수량(m^3/sec) η_g : 발전기 효율
 H : 유효낙차(m) η : 합성효율($\eta_t \times \eta_g$)

남동정수장내 유입되는 원수의 유량 및 압력은 물의 유입상황과 사용수량에 의하여 계속적으로 변동된다. 따라서 소수력 발전을 위해서는 발전소의 발전량이 최대가 될 수 있도록 정격수위를 결정하여야 한다.

또한 남동 소수력 발전소의 발전량을 산정하기 위해서는 유효수두가 요구되며, 유량 및 압력계측이 이루어지는 유량계실~착수정까지의 표고차, 관로 및 기타 손실로 인한 손실수두 산정이 요구된다.

정격수위산정 및 손실수두 계산 후 발전기의 유효수두와 유량을 결정하고 수차-발전기의 효율을 최고로 높일 수 있는 수차-발전기 선정이 필요하다.

2) 유입유량 및 압력검토

발전계획시 결정하여야 할 사용수량은 최대사용수량과 상시사용이 있으며 전자는 발전소에서 사용하는 최대의 수량이며 최대 출력은 이것에 의해 결정된다. 상시사용수량은 1년 중 통하여 상시(유입식 발전소 : 355일, 저수지식 : 365일) 사용할 수 있는 유량으로 상시출력(Firm Power)은 이것에 의해 결정된다.

남동정수장내 소수력 발전시설(이하 남동소수력)은 저수지나 댐식 발전소와는 다르게 상수도 관로내 잉여에너지를 사용한 발전을 계획하고 있으므로 유입식 발전의 경우와 같이 접근할 필요가 있다. 상수도 관로의 유수는 계절, 수수량 뿐만 아니라 하루 중 시간별 변동도 잦으므로 월별, 시간별 유입형태를 조사하여 유량곡선을 작성하고 적정한 설비 이용률을 선정하여 최대사용수량 및 상시 사용수량을 결정하여야 한다.

따라서 남동소수력의 적정시설용량 결정을 위해 최근 4개년도(2004~2007년)의 남동정수장내 시간별 유입 계측자료를 이용하여 발전사용수량 결정을 위한 기

본검토를 연도-월별 평균, 시간대별 평균자료를 사용하여 검토하였다.

(1) 일-월자료 검토

분석기간 내 남동정수장의 월별 평균 유량은 231~312천m³/일, 압력은 1.15~2.66kg/cm²의 변화범위를 보이고 있으며 일평균 유량과 압력은 각각 252,932m³/일, 1.80kg/cm²로 분석되었다.

연도-월별 평균유입량

(단위 : m³/일)

구분	2004년	2005년	2006년	2007년	일평균
1월	260,090	270,352	242,029	231,790	251,065
2월	264,864	267,253	234,711	233,271	250,025
3월	256,800	259,210	2476,72	231,879	248,890
4월	258,325	247,643	244,977	238,570	247,379
5월	255,696	311,986	238,814	237,953	261,112
6월	269,731	252,495	238,111	252,199	253,134
7월	269,729	257,580	255,492	-	260,934
8월	264,421	261,027	262,345	-	262,598
9월	256,126	247,859	256,835	-	253,607
10월	267,929	233,001	246,933	-	249,288
11월	268,384	236,018	241,929	-	248,747
12월	266,147	244,730	237,798	-	249,558
평균	263,187	257,430	245,630	237,610	252,932

(2) 시간대별 검토

일-월자료의 결과는 단위시간당 계측된 유량과 압력을 일단위로 합산하고, 이를 월별로 집계하여 평균한 결과이며 시간대별 유량과 압력변동을 나타내지 못하고 있다. 따라서 시간대별 변화를 고려하기 위해 시간대별 유입량 및 압력변화를 분석하였으며 그 결과는 다음과 같다.

시간대별 유량 및 압력변화

구 분	최 대		최 소		평 균	
	압력(kg/cm ²)	유량(m ³ /hr)	압력(kg/cm ²)	유량(m ³ /hr)	압력(kg/cm ²)	유량(m ³ /hr)
1	3.89	20,300	0.38	972	2.01	10,029
2	3.91	21,800	0.39	976	2.05	9,939
3	3.88	29,500	0.38	993	2.06	9,904
4	3.84	20,560	0.37	987	2.06	9,850
5	3.78	23,920	0.34	700	2.05	9,873
6	3.82	26,790	0.28	991	2.04	9,868
7	4.05	26,100	0.34	982	1.99	9,906
8	3.75	45,700	0.35	997	1.87	10,130
9	3.72	22,300	0.36	1,014	1.78	10,389
10	3.56	45,830	0.32	1,017	1.71	10,707
11	3.52	30,050	0.27	1,031	1.68	10,797
12	3.44	31,700	0.27	810	1.65	10,928
13	4.69	44,840	0.23	1,000	1.63	10,970
14	4.66	33,890	0.30	680	1.59	11,093
15	4.66	24,900	0.14	1,030	1.57	11,045
16	4.69	37,280	0.25	780	1.56	11,146
17	4.66	31,700	0.25	1,016	1.60	11,163
18	3.59	39,820	0.29	1,003	1.63	11,070
19	5.00	38,940	0.27	985	1.68	10,958
20	3.42	31,900	0.20	976	1.71	10,817
21	3.45	37,720	0.26	977	1.74	10,764
22	3.64	38,920	0.30	570	1.78	10,706
23	3.74	25,820	0.30	1,031	1.82	10,519
24	3.74	32,740	0.40	997	1.92	10,363
최 대	5.00	45,830	0.40	1,031	2.06	11,163
최 소	3.42	20,300	0.14	570	1.56	9,850
평 균	3.96	31,793	0.30	938	1.80	10,539

이상과 같이 남동정수장의 원수유입특성은 시간-일별로 최대-최소 유량-압력간의 다소 큰 변화폭을 지니고 있으나 시간대별 평균 유입량 및 압력에는 큰 변화가 없음을 알 수 있다. 따라서 평균유량을 사용한 소수력 발전소의 시설용량 산정의 적정성을 파악하기 위하여 유황분석이 필요하다.

(3) 유황분석

시설용량 결정을 위한 최대사용수량은 건설비 및 발전원가의 허용범위 내에서 발생전력을 최대로 할 수 있는 규모로 선정하며, 일반적인 사용수량의 규모는 약 50% 지속유량(하천에서는 평수량)으로 선정하는 것이 보통이다.

남동정수장의 유입원수의 유황분석 결과 연중 95%는 $2.34\text{m}^3/\text{sec}$ ($202,176\text{m}^3/\text{일}$) 이상의 유량이 지속되는 것으로 나타나며 평균유량의 120%에 해당되는 $3.5\text{m}^3/\text{sed}$ 이상이 발생할 확률은 약 2%(약 7일) 정도로 나타났다. 또한 수차가동이 정격사용유량의 50~120%의 범위에서 가능하다고 가정한다면 이 유량 또한 연중 지속가능하므로 평균유량에 해당하는 $2.93\text{m}^3/\text{sec}$ ($252,932\text{m}^3/\text{일}$)을 발전사용수량으로 선정한다면 연간 95%(346일) 이상 발전이 가능할 것으로 판단된다.

발생확률별 유량

(단위 : m^3/sec)

순 위	확 률	2004년	2005년	2006년	2007년	평 균
95	26.0%	3.14	3.06	3.14	2.77	3.03
185	50.7%	3.03	2.97	3.03	2.70	2.93
275	75.3%	2.95	2.82	2.95	2.64	2.84
355	97.3%	2.77	2.62	2.76	2.55	2.68

(4) 낙차검토

남동정수장의 유량 및 관압계는 발전시설이 위치할 착수정 유입부로부터 약

200m 전단에 설치되어 있으며 이에 따라 유효낙차 산정시 계측지점 이후구간에 대해 손실수두에 대한 고려가 필요하다.

손실수두는 크게 마찰손실수두, 미소손실수두로 구분되며 상수도 시설기준 및 각종 시설기준에 따라 산정공식을 적용하였다.

3) 발전시설용량

남동정수장의 발전시설용량 산정을 위한 유량 및 낙차는 정수장 계측자료를 이용하여 검토하였으며 그 결과는 다음과 같다.

유량 및 압력 분석결과

구 분		시간당	시간대별	일평균
최 대	유량(m ³ /일)	1.099.920	267.912	520.680
	압력(kg/cm ²)	5	2.06	3.14
최 소	유량(m ³ /일)	13.680	23.640	23.982
	압력(kg/cm ²)	0.14	1.56	0.64
평 균	유량(m ³ /일)	252.936	252.936	252.932
	압력(kg/cm ²)	1.8	1.8	1.8

또한 일평균 유입량과 유효낙차와의 상관관계를 분석한 결과 동일 유량 유입시에도 많은 유효낙차 변동이 있음을 알 수 있다.

이와 같은 결과를 토대로 발전사용수량 범위로 일평균 유입량인 2.93m³/sec의 80~120%를 선정하고 유량-유효낙차 관계식으로 산정된 평균유효낙차 13.4m를 적용한 발전량을 검토하여 발전시설의 정격 용량을 산정하였으며 그 결과는 다음과 같다. 이 때, 수차 및 발전기의 합성효율은 0.82로 하여 발전출력을 산정하였다. 그 결과 정격출력은 사용유량 범위 내에서 평균 발전가능량인 320kW로 결정하였고, 이를 기준으로 하여 수차형식검토 및 연간 발전량 산정을 실시한다.

유량 및 압력 분석결과

구 분	사용유량(m ³ /sec)	유효낙차(m)	발전출력(kW)	비 고
최 대	3.52(120%)	22.9	430	합성효율 0.82
최 소	2.35(80%)	3.9	110	
평 균	2.93	13.4	320	

4) 수차형식

수차형식은 발전시설 입지의 조건과 정수장 유입유량 특성상 유량과 낙차변동이 심한 점을 고려하여 높은 효율로 발전량을 최적화 할 수 있게 검토하였다.

수차형식 검토를 위한 조건은 다음과 같다.

- 정격수두 HR = 13.4m
- 정격유량 QR = 2.93m³/sec
- 정격출력 Pt = 320kW

(1) 수차형식 선정

남동소수력의 유량 및 낙차조건에 따른 수차형식은 대유량-고낙차를 필요로 하는 펠톤, 프란시스 등을 제외하였고, 현지여건에 대한 적합성, 시공 및 경제성 등을 검토하여 가변유량 및 낙차에 효율적인 크로스플로우(Crossflow) 및 마이크로튜블러(Tublar) 형태의 수차가 적합한 것으로 분석되었다.

가) 크로스플로우 수차

크로스플로우 수차는 유량 및 낙차변동이 심한 경우에도 거의 일정한 효율을 나타내며 반영구적인 구조로 정비 및 유지보수가 편리한 장점이 있다.

또한 오일유출의 우려가 없어 정수장과 같이 원수를 처리하여 공급하는 시설에 적합한 친환경적인 특징을 가지고 있다.

크로스플로우 수차 선정시 발전시설의 위치는 방수위(EL.26.5m) 보다 높게 설치되어야 하는 크로스플로우 수차 특성상 착수정 내부에 유입관로를 분기하여 설치하여야 한다. 착수정 내부에 설치하는 방안은 착수정 유입수로 이

외에 별도의 구조물을 필요로 하지 않고 운영 및 관리차원에도 많은 이점이 있으나 기존 유입체계를 변경함으로써 발생하는 문제에 대한 검토가 필요하다.

나) 마이크로튜블러 수차

마이크로튜블러 수차는 원수관로 상에 설치되는 가변깃 프로펠러형식의 수차로 런너의 유량에 따른 가변제어와 유입 전에 설치되어 있는 Wicket Gate를 통하여 발전유량을 효율적으로 제어하는 형식의 수차이다. 본 수차는 5~200kW의 전력생산에 적합하며 크기가 작고 병렬 혹은 직렬연결을 통해 관로 내의 에너지를 이용한 효율적인 발전생산을 가능하게 한다.

마이크로튜블러 수차는 기존 관로상에 바이패스관로를 분기시켜 긴급 및 발전중지시 기존 원수유입체계를 유지하는 방안으로 검토하였으며 이를 위해 착수정 유입 전단에 지하구조물을 설치하여 발전시설을 구성하는 것으로 검토하였다.

이는 원수유입체계를 변경하지 않음으로서 착수정 유입 이후 약품처리공정에 대한 영향을 최소화하고 독립적인 발전시설 운영을 가능케 하는 이점이 있으나, 현재 유입되고 있는 유량 및 압력조건에 부합하기 위해서는 2대를 직렬로 연결하여 운영하여야 하는 단점이 있다.

다) 수차형식 결정

수차 형식별 결정

구분	제1안(크로스플로우, 350kW)	제2안(마이크로튜블러, 350kW)
위치	착수정 건축물 내부	착수정 진입도로 우측 사면부
장점	<ul style="list-style-type: none"> • 별도의 구조물을 필요로 하지 않으므로 공사비 저렴 • 유량변동에 대응이 용이하며 높은 효율을 지님 • 지상에 발전시설 위치로 유지관리가 용이 	<ul style="list-style-type: none"> • 별도의 구조물에 위치하여 독립적인 발전소 운영이 가능 • 소음 및 진동유발에 의한 피해가 적음 • 착수정 원수유입계통에 변화 없음
단점	<ul style="list-style-type: none"> • 공사시 착수정 내부 소음 및 진동 다소 있음 • 원수유입체계 변경 (지하부 유입수로 조성) 	<ul style="list-style-type: none"> • 토공 및 구조물 설치비용 과다 • 추가적인 밸브시설 필요(Bypass관로) • 소형 직렬연결 필요
채택	○	
검토결과	<ul style="list-style-type: none"> • 수차 및 발전효율 측면에서는 그 차이가 미미하나, 수차 가격, 토목공사 비용, 밸브설치비용적 측면에서 제1안이 유리함 • 기존 착수정 구조물 및 원수처리공정상 이상 유무 검토 후 제1안(크로스플로우)으로 설치하는 것이 타당함 	

라) 수차 배치계획

채택된 크로스플로우 수차의 형식은 착수정 건축물(약품투입동) 내부에 설치되므로 기존 약품투입시설과의 간섭을 최소화하는 동시에 효율적인 내부공간 이용이 이루어져야 한다. 따라서 본 수차의 위치를 약품투입동 내부의 가능한 배치를 검토하여 최적의 위치를 선정하였다.

5) 연간발전량 산정

남동소수력의 연간발전량은 다음과 같은 조건을 바탕으로 크로스플로우 수차의 일반적인 사용유량범위 및 효율을 고려하여 산정하였다. 그 결과 평균 259kW의 발전이 이루어지며 연간 2,259MWh의 발전이 가능한 것으로 나타났다. 이는 정

격출력이 전년에 걸쳐 이루어지는 것을 100%로 가정한다면 설비이용률 80.9%에 해당하는 규모이다.

연간 발전량 산정조건

구 분	내 용	비 고
수차형태	크로스플로우	
사용유량범위	2.35~3.52 (80~120%)	
사용낙차범위	3.9m~22.9m	
정격출력	320kW	
합성효율	82%	

연간 발전량 산정결과

구 분	크로스플로우					비 고
	2004년	2005년	2006년	2007년	평 균	
일평균유량(m ³ /sec)	3.05	3.00	3.05	2.72	2.96	※최대가동률 정격출력일÷ 365일×100%
평균압력(kg/cm ²)	1.75	1.84	1.75	1.82	1.79	
평균사용수량(m ³ /sec)	2.82	2.96	2.82	2.62	2.81	
유효낙차(m)	12.04	13.22	2.05	13.02	12.58	※설비이용률 연간발전량÷ (320kW×365일) ×100%
일평균발전출력(kW)	241	286	241	268	259	
연간발전량(MWh)	2,120	2,509	2,113	1,166	2,259	※2007년도는 6월까지 적용
최대가동률(%)	40.71	48.49	40.82	37.57	41.90	
설비이용률(%)	75.6	89.5	75.4	83.2	80.9	

라. 사업비 및 경제성 분석

1) 사업비 산정

사업비

공종	금액	비고
■총사업비	907,000,000	만 이하 절사
I. 토목, 건축, 기계, 전기	907,000,000	
가. 토목	145,153,820	
1. 토공	43,531,605	
2. 구조물공	37,531,745	
3. 포장공	585,517	
4. 사급자재비	63,504,953	강관 등
나. 건축	11,345,229	
1. 출입시설변경	11,345,229	
다. 기계	547,886,282	
1. 기자재설치비	14,189,993	
2. 배관공사비	3,573,689	
3. 자재비	530,122,600	수차 및 밸브
라. 전기 및 계측제어	70,412,926	
1. 동력제어공사	27,029,521	
2. 계측제어공사	2,911,215	
3. 수변전설비공사	40,157,630	
4. 사용전검사수수료	314,560	
마. 폐기물처리비	2,490,000	
바. 제경비(부가세 포함)	129,752,043	

2) 경제성 분석

경제성 평가는 기술적, 경제적 타당성을 토대로 최적의 소수력 발전소 규모를 선정하기 위해 건전한 공학적 판단을 실시하는데 그 목적이 있다. 따라서, 남동 소수력의 경제성 검토의 기준이 되는 발전원가와 대부분의 공공부문 투자사업

에서 사용하는 경제분석 평가방법인 순현재가, 비용편익비 및 내부수익률 등을 산정하여 경제성 평가를 실시하였다.

(1) 산정기준

가) 분석기간(내구연한)

경제성 평가를 실시하는데 있어 분석기간은 당해 사업 또는 시설물의 내용연수(내구연한)와 같거나 그보다 짧은 것이 통례이다. 토목부분은 「댐 시설기준(1993, 건설부)」의 50년으로 결정하고, 기전부분은 「지방공기업 시행규칙[일부개정 2005.3.31 행정자치부령 제272호] [별표2] 건축물 등의 내용연수」에서 도수·정수설비시설 등 상·하수도 시설물의 경우 다음과 같이 적용하고 있다.

- 수도시설 : 30년(취수, 도수, 정수, 배수지 설비시설 등)
- 스텐레스관, 주철관, 강관 : 30년
- PVC관, PE관 : 20년
- 아연도강관 : 10년
- 그 밖의 관(재질에 따라) : 20~30년
- 수도관 부속설비 : 20~30년
- 하수처리장시설
 - 슬러지 처리시설 : 20년
 - 그 밖의 수처리시설 : 30년
 - 중계펌프장시설 : 30년

따라서 수도시설에 적용되는 기계 및 전기설비의 내용연한을 적용하여 30년으로 결정하였다.

나) 유지보수비 및 제세

경제적 타당성 분석에서 유지보수비(Operation and Maintenance cost)는 투자사업의 완공 후 그 사업시설의 운영비와 수선유지비 그리고 사업시설을

가동함에 따라 수혜자가 부담하는 비용을 모두 포함하는 것으로 유지관리비와 제세는 「댐 시설기준(1993, 건설부)」에 따라 2.90%와 0.42%로 결정하였다.

(2) 발전원가

가) 연간경비

연간경비는 자본비 및 연간투자 회수비, 유지관리비 등으로 나누어지며, 연간 투자 회수비는 총자본 회수비 현가에 자본환원계수(Capital recovery factor, CRF)를 곱하여 산정하였고 연간 유지관리비는 산정기준에 따라 유지관리비 2.90%, 제세 0.42%를 각각 적용하였다.

$$\text{자본환원계수(CRF)} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = \text{토목}(0.06344), \text{기전}(0.07265)$$

여기서, i : 할인율(6%)

n : 내구연한(토목 50년, 기전 30년)

나) 연간편익

연간편익은 발전된 전력이 소내에서 제한적으로 사용되는 점을 감안하여 연간 발전량에 2007년 산업용 저압전력 구매단가의 평균치인 55.83원/kWh를 적용하여 산정하였다. 또한 신재생에너지 발전차액지원제도를 고려하여 발전전력 적용기준 및 기준가격(06. 10. 11 이후) 적용시도 비교하여 검토하였다.

전력량 요금

구 분	기본요금 (원/kW)	전력량요금(원/kWh)			평 균	
		여름철 (7~8월)	봄, 가을철 (3~6, 9~10월)	겨울철 (11~2월)		
저압전력	4,190	64.4	48.5	54.6	55.83	
고압A	선택 I	4,440	64.1	48.4	54.5	55.67
	선택 II	5,110	60.6	45.0	50.7	52.10
고압B	선택 I	41,00	63.2	47.6	53.6	54.80
	선택 II	4,730	59.9	44.3	49.9	51.37

신재생에너지 적용대상 전원의 적용기준 및 기준가격(06. 10. 11 이후)

전 원	적용설비 용량기준	구 분		기준가격(원/kWh)		비 고
				고정요금	변동요금	
태양광	3kW 이상	30kW 이상		677.38	-	감소율 4%
		30kW 미만		711.25	-	
풍 력	10kW 이상	-		107.29	-	감소율 2%
수 력	5MW 이하	일반	1MW 이상	86.04	SMP+15	
			1MW 미만	94.64	SMP+20	
		기타	1MW 이상	66.18	SMP+5	
			1MW 미만	72.80	SMP+10	
폐기물소각 (RDF 포함)	20MW 이하	-		-	SMP+5	화석연료 투입비율: 30% 미만
바이오 에너지	LPG	20MW 이상		68.07	SMP+5	
		20MW 미만		74.99	SMP+10	
	바이오가스	150kW 이상		72.73	SMP+10	
		150kW 미만		85.71	SMP+15	
바이오매스	50MW 이하	목질계 바이오		68.99	SMP+5	
해양 에너지	조력	최대조차 8.5m이상	방조제유	62.81	-	
			방조제무	76.63	-	
		최대조차 8.5m미만	방조제유	75.59	-	
			방조제무	90.59	-	
연료전지	200kW 이상	바이오가스 이용		234.53	-	감소율 3%
		기타연료 이용		282.54	-	

- 주 1) 기준가격의 적용대상은 정부 무상지원금의 지원비율이 30% 미만에 한함.
 2) 화석연료 투입비율은 월 단위를 기준으로 하며, 발전에 소요된 열량에 대한 화석연료의 열량비율임.
 3) 태양광발전의 시설용량은 모듈정격용량임.
 4) 수력의 일반은 수력발전을 주목적으로 하는 설비이며, 기타는 수력발전이 부가적인 목적의 설비임.

다) 발전원가

발전원가는 연간 발전소운영비 즉, 연간경비를 연간발전량으로 나누어 산정한 것으로 발전원가를 산정하였다.

(3) 경제성 분석기법

가) 순현재가.

순현재가 분석은 사업의 경제성을 분석하는 기법 중 하나로 일반적으로 순현재가가 “0”보다 작으면 사업안을 기각하고 “0”보다 크면 가장 큰 순현재가를 나타내는 사업이 가장 높은 순위 매김을 받게 된다. 금회 검토시 6%의 할인율에 대하여 다음의 간편식에 의하여 비교·검토하였다.

$$NPV = \frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n} = \sum_{t=1}^n \frac{NB_t}{(1+r)^t}$$

여기서, B_t : t차년도에 발생하는 편익

C_t : t차년도에 발생하는 비용

NB_t : t차년도에 발생하는 순편익 또는 순가(= $B_t - C_t$)

n : 분석기간, r : 할인율

나) 비용·편익비(Benefit-Cost ratio, B/C)

비용·편익비는 가장 통상적인 평가방법으로 어느 시점으로 할인된 편익과 비용의 율로서 NPV와 같이 산출되며, 일반적으로 B/C는 1.0보다 크면 경제성 측면에서 사업성이 높은 것으로 평가된다.

$$B/C \text{ ratio} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

다) 내부수익율(IRR)

내부수익율은 편익과 비용의 현재가치를 동일하게 할 경우의 비용에 대한

이자율을 산정하는 기법을 말하며, NPV와 IRR은 서로 다른 경제성의 결론에 도달한다.

$$\frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n} = \sum_{t=1}^n \frac{NB_t}{(1+r)^t} = 0$$

경제성 분석기법의 특징

방법	특징 및 장점	단점
순현재가(NPV)	<ul style="list-style-type: none"> • 적용이 쉽다. • 결과나 규모가 유사한 대안을 평가할 때 이용된다. • 각 방법의 경제성 분석결과가 다를 경우 이 분석결과를 우선으로 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 투자사업이 클수록 크게 나타난다. • 자본투자의 효율성이 드러나지 않는다.
비용·편익비(B/C)	<ul style="list-style-type: none"> • 적용이 쉽다. • 결과나 규모가 유사한 대안을 평가할 때 이용된다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업규모의 상대적 비교가 어렵다. • 편익이 늦게 발생하는 사업의 경우 낮게 나타난다.
내부수익률(IRR)	<ul style="list-style-type: none"> • 투자사업의 예상수익율을 판단할 수 있다. • NPV나 B/C 적용시 할인율이 불분명할 경우 이용된다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 짧은 사업의 수익성이 과장되기 쉽다. • 편익발생이 늦은 사업의 경우 불리한 결과가 발생한다.

라) 경제성 분석 결과

경제성 분석 결과 발전원가방식(B/C)은 소내전력 이용시 1.88로 경제성이 우수한 것으로 나타났으며, 소내전력 단가보다 높은 전력구매단가를 갖는 신재생에너지 기준가 기준의 분석은 2.89로 상당히 높은 경제성을 갖는 것으로 분석되었다. 또한 소내전력 이용시 내부수익률(IRR)은 10.08%, 투자비 회수년도는 25년으로 분석되었다.

경제성 분석 결과

구 분	전력 단가별 분석	
	소내전력이용	신재생에너지 기준가
○ 총사업비(백만원)	907	907
- 시설공사비	185	185
- 발전시설공사	722	722
○ 연간 경비		
- 총 자본 회수비 현가	907	907
- 연간투자 회수비	52	52
- 유지관리비	22	22
- 연간 경비	74	74
○ 연간 편익		
- 연간 발전량(MWh)	2,259	2,259
- 전력구매단가(원)	55.83	86.04
- 연간 편익	126.12	194.36
○ 발전원가(원/kWh)	32.76	32.76
○ 발전원가방식 B/C	1.70	2.63
○ 내부수익율(%)	10.08	17.98
○ 투자비 회수년도	25년	13년

3) 종합결론

남동정수장 착수정의 잔류수두를 이용한 소수력 발전시설의 설계 제원은 다음과 같이 분석되었다.

남동소수력 제원

구 분	단 위	내 용	비 고
수차형태		크로스플로우	
수차위치		남동정수장 착수정 내	
정격사용유량	m ³ /sec	2.93	
정격출력	kW	320	
합성효율	%	0.82	
연간발전량	MWh	2,259	
B / C		1.70	

8.4 대전광역시 정수장 소수력 발전 도입 검토

8.4.1 대전광역시 정수장 현황

대전광역시 정수장 현황

구분	단 위	승 촌	월 평	신탄진
시설용량	m ³ /일	300,000	600,000	300,000
	m ³ /sec	3.47	6.94	3.47
2008년 일평균 급수량	m ³ /일	136,135	318,988	25,203
	m ³ /sec	1.58	3.69	0.29
2025년 일평균 급수량	m ³ /일	230,000	450,000	215,000
	m ³ /sec	2.66	5.21	2.49

8.4.2 유효낙차 산정

시설용량 기준 유효낙차

구분	단 위	승 촌	월 평	신탄진	비 고
취수장 L.W.L	m	60.00	60.00	24.50	
취수장 펌프 양정	m	60.00	66.00	92.00	
정수작 착수정 수위					
- H.W.L	m	109.70	109.70	105.80	
- L.W.L	m	105.50	105.50	100.80	
손실수두		3.45	7.22	1.46	
- 관로 손실수두	m	2.45	6.22	0.46	
- 발전소 손실수두	m	1.00	1.00	1.00	가정
낙차					
- 총낙차(H _g)	m	14.50	20.50	15.70	
- 최대낙차(H _{max})	m	11.05	13.28	14.24	
- 유효낙차(H _r)	m	6.85	9.08	9.24	

2008년 일평균급수량 기준 유효낙차

구분	단위	송촌	월평	신탄진	비고
취수장 L.W.L	m	60.00	60.00	24.50	
취수장 펌프 양정	m	60.00	66.00	92.00	
정수장 착수정 수위					
- H.W.L	m	109.70	109.70	105.80	
- L.W.L	m	105.50	105.50	100.80	
손실수두		1.57	2.93	1.00	
- 관로 손실수두	m	0.57	1.93	0.00	
- 발전소 손실수두	m	1.00	1.00	1.00	가정
낙차					
- 총낙차(H_g)	m	14.50	20.50	15.70	
- 최대낙차(H_{max})	m	12.93	17.57	14.70	
- 유효낙차(H_r)	m	8.73	13.37	9.70	

2025년 일평균급수량 기준 유효낙차

구분	단위	송촌	월평	신탄진	비고
취수장 L.W.L	m	60.00	60.00	24.50	
취수장 펌프 양정	m	60.00	66.00	92.00	
정수장 착수정 수위					
- H.W.L	m	109.70	109.70	105.80	
- L.W.L	m	105.50	105.50	100.80	
손실수두		2.50	4.65	1.21	
- 관로 손실수두	m	1.50	3.65	0.21	
- 발전소 손실수두	m	1.00	1.00	1.00	가정
낙차					
- 총낙차(H_g)	m	14.50	20.50	15.70	
- 최대낙차(H_{max})	m	12.00	15.85	14.49	
- 유효낙차(H_r)	m	7.80	11.65	9.49	

8.4.3 발전규모 검토

시설용량 기준 발전규모

구분	단위	송촌	월평	신탄진	비고
정수장 시설용량	m ³ /sec	3.47	6.94	3.47	
설비이용률	%	90.0	90.0	90.0	
최대발전					
-최대낙차(H _{max})	m	11.05	13.28	14.24	
-합성효율	%	80.0	80.0	80.0	가정
-최대출력(P _m)	kW	301	723	387	
-순수 연간발전량	MWh/년	2,637	6,333	3,390	
-연간발전량	MWh/년	2,373	5,700	3,051	
평균발전					
-유효낙차	m	6.85	9.08	9.24	
-합성효율	%	80.0	80.0	80.0	가정
-최대출력(P _m)	kW	186	494	251	
-순수 연간발전량	MWh/년	1,629	4,327	2,199	
-연간발전량	MWh/년	1,466	3,894	1,979	

2008년 일평균급수량 기준 발전규모

구분	단위	송촌	월평	신탄진	비고
정수장 시설용량	m ³ /sec	1.58	3.69	0.29	
설비이용률	%	90.0	90.0	90.0	
최대발전					
-최대낙차(H _{max})	m	12.93	17.57	14.70	
-합성효율	%	80.0	80.0	80.0	가정
-최대출력(P _m)	kW	160	508	33	
-순수 연간발전량	MWh/년	1,402	4,450	289	
-연간발전량	MWh/년	1,262	4,005	260	
평균발전					
-유효낙차	m	8.73	13.37	9.70	
-합성효율	%	80.0	80.0	80.0	가정
-최대출력(P _m)	kW	108	387	22	
-순수 연간발전량	MWh/년	946	3,390	193	
-연간발전량	MWh/년	851	3,051	174	

2025년 일평균급수량 기준 발전규모

구분	단위	승촌	월평	신탄진	비고
정수장 시설용량	m ³ /sec	2.66	5.21	2.49	
설비이용률	%	90.0	90.0	90.0	
최대발전					
-최대낙차(H _{max})	m	12.00	15.85	14.49	
-합성효율	%	80.0	80.0	80.0	가정
-최대출력(P _m)	kW	250	647	283	
-순수 연간발전량	MWh/년	2,190	5,668	2,479	
-연간발전량	MWh/년	1,971	5,101	2,231	
평균발전					
-유효낙차	m	7.80	11.65	9.49	
-합성효율	%	80.0	80.0	80.0	가정
-최대출력(P _m)	kW	163	476	185	
-순수 연간발전량	MWh/년	1,428	4,170	1,621	
-연간발전량	MWh/년	1,285	3,753	1,459	

※ 발전규모 산정방법

1. 설비이용률 : 일반적으로 수차 및 발전기는 홍수전 점검, 시설보수 및 교체, 한전의 정기 및 상시점검 등의 소수력발전의 정지기간이 약 30일이 소요되는 것을 감안하여 90% 적용
2. 합성효율 : 울산광역시 선암, 사연, 회야정수장의 타당성조사시 합성효율은 53~81%, 56~78%, 53~76%임(최대발전시)
3. 최대출력 : $9.8 \times \text{유량(m}^3\text{/sec)} \times \text{수두} \times \text{합성효율}$
4. 연간발전량 : $\text{최대출력} \times 365\text{일} \times 24\text{시간} / 1,000$
5. 순수 연간발전량 : $\text{연간발전량} \times \text{설비이용률}$

8.4.4 개략사업비

개략사업비

총공사비	단 위	계	송 촌	월 평	신탄진	비 고
계	백만원	2,544	719	1,106	719	
토목	백만원	728	139	450	139	
건축	백만원	140	64	12	64	
기계	백만원	1,263	401	461	401	
전기	백만원	141	38	65	38	
설계비 및 감리	백만원	159	45	69	45	7%
예비비	백만원	113	32	49	32	5%

- 주) 1. 송촌, 신탄진정수장 소수력 발전 개략사업비 : 울산 사연정수장 적용(사용수량 2.08m³/sec)
 2. 월평정수장 소수력 발전 개략사업비 : 울산 회야정수장의 1.5배 적용(사용수량 2.50m³/sec)

8.4.5 전력요금 및 CO2 절감량

시설용량 기준 전력요금 및 CO2 절감량

구 분	단 위	송 촌	월 평	신탄진	비 고
연간발전량	MWh/년	1,466	3,894	1,979	
전력요금					
-단위 전력요금	kWh	63.31	63.31	63.31	
-전력요금 절감량	백만원	93	247	125	
CO ₂ 절감량					
-kW당 CO ₂ 발생량	g	424	424	424	
-년간 CO ₂ 감소량	ton/년	622	1,651	839	

2008년 일평균급수량 기준 전력요금 및 CO2 절감량

구 분	단 위	송 촌	월 평	신탄진	비 고
연간발전량	MWh/년	851	3,051	174	
전력요금					
-단위 전력요금	kWh	63.31	63.31	63.31	
-전력요금 절감량	백만원	54	193	11	
CO ₂ 절감량					
-kW당 CO ₂ 발생량	g	424	424	424	
-년간 CO ₂ 감소량	ton/년	361	1,294	74	

2025년 일평균급수량 기준 전력요금 및 CO2 절감량

구분	단위	송촌	월평	신탄진	비고
연간발전량	MWh/년	1,285	3,753	1,459	
전력요금					
-단위 전력요금	kWh	63.31	63.31	63.31	
-전력요금 절감량	백만원	81	238	92	
CO ₂ 절감량					
-kW당 CO ₂ 발생량	g	424	424	424	
-년간 CO ₂ 감소량	ton/년	545	1,591	619	

8.4.6 경제성 분석

가. 개요

경제성 평가는 기술적, 경제적 타당성을 토대로 최적의 소수력 발전소를 선별하기 위해 건전한 공학적 판단을 실시하여 국가에너지 정책목표를 효과적으로 달성하는데 그 목적이 있다. 따라서, 연간발전소 운영비 즉, 연간경비를 연간발전량으로 나눈 값으로 소수력 발전소의 경제적 타당성 검토의 기준이 되는 발전원가와 대부분의 공공부문 투자사업에서 일반적인 경제분석 평가방법인 순현재가, 비용편익비 및 내부수익율 방법 등으로 송촌, 월평, 신탄진 정수장별로 2025년 일평균급수량 기준에 대해 경제성 평가를 실시하였다.

나. 산정기준

1) 분석기간(내구연한)

경제성을 평가하는데 있어 분석기간은 당해 사업 또는 시설물의 내용연수(내구연한)와 같거나 그보다 짧은 것이 통례이다.

토목부문에서 수공구조물에 대한 내구연한은 통상적으로 「댐 시설기준(1993, 건설부)」에서 50년으로 언급되어 있고 특정다목적댐 시행령 제 19조(상각액)

특별기준, 경제기획원 투자조사편람(농업부분)의 기준 및 우리나라에서 적용하고 있는 설비별 경제적, 기술적 내용연수와 외국에서 적용하고 있는 내용연수는 다음 표들과 같다.

특정다목적법 시행령 제19조(상각액)

사업항목	상각율(%)	내용연수(년)	잔존가치(%)	비 고
발 전	2.00	45	10	
관 개	1.82	55	0	
홍수조절	1.25	80	0	
공업용수도	2.00	45	10	
상수도	2.00	45	10	

자료) 특정 다목적법 시행령 제19조

주요 수리시설의 내용연수

구 분	수 명(년)	구 분	수 명(년)
저수지	70	토 공	50
양수장 및 토목공사	40	수로구조물	30
전동기	40	방수제	100
내연기관	7	방조제	100
용수로	40	배수갑문	40

자료) 경제기획원(1982)

국내외 적용 내용연수

구 분	한 국	일 본	미 국
수 력	50	35~45	50
화 력	25	16	30
원자력	25	16	30~35

한편, 기전부문은 현행법령집의 전기, 기계편에 발전기 15년으로 제시되어 있고 기타 사용기기별 부속품에 따라 내용연한이 최소 5년에서 최고 40년까지 나누어 명시하고 있으나, 경제성평가지 사용기기 및 장치 부속품별로 분석기간을 적용할 수 없으므로 일반적으로는 30년을 사용하고 있다.

따라서, 내용연수는 토목·건축 50년, 기계·전기는 30년으로 결정하여 경제성 분석을 실시하였다.

2) 이자율과 할인율

(1) 이자율

이자율이란 어떤 특정기간 동안의 투자에서 얻어지는 수익과 투자액과의 비율을 말한다. 이자율의 개념은 투자사업의 타당성 평가시 미래의 편익·비용을 현재가치로 환산하는 할인율이라는 개념으로 나타난다. 우리나라의 경우 건설사업의 타당성 평가시 사용하는 할인율에 대한 결정은 국토해양부 장관이 협의 결정한 할인율을 적용하여야 하며, 만약 고시된 할인율이 없는 경우, 현재 시중에서 사용되는 이자율을 고려하여 결정한다(특정다목적댐 시행규칙, 1994). 그러나, 정부에서 고시한 할인율도 없는 실정이고 시중에서 사용되는 이자율은 은행이 예금자에게 지불하는 이자, 대출자가 은행에 지불하는 이자, 지방채 이자율, 공공채 이자율 등이 서로 상이함으로 할인율 결정에 많은 어려움이 있다.

(2) 할인율

소수력 발전사업 등 일반적인 공공부문 투자사업의 투자효과는 수십년에 걸쳐 나타난다. 어떤 투자사업의 사업계획기간(내용연수)이 여러 해 또는 수십년일 경우 채수명이 끝나는 시기까지 각기 다른 기간마다 다른 비용과 편익을 명목가치 그대로 비교하기 어려우므로 미래의 상이한 시점에서 발생하는 편익과 비용의 흐름을 현재가치로 환산하는 수단으로 할인율을 사용하며, 이때 적절한 할인율의 크기 결정이 매우 중요하다.

현재 국내에서는 할인율에 대한 ‘특정다목적댐 시행령 제8조’에 “건설부장관이 관계 중앙행정기관의 장과 협의 결정”이라고 정성적 언급만 되어있고, 「댐 시설기준(1993, 건설부)」에는 “8~10%가 관례적으로 적용”이라고만 언급되어 있는 실정이다. 또한 할인율 결정시 사용되는 사회적 할인율은 추정된 민간부분의 투자수익율로 사후적 수치로 기회비용의 추정에는 불충분하며, 재무적 할인율은 공익적 측면에 대한 평가를 반영하지 못하는 단점이 있다. 그러나, 공공부문 투자사업의 편익과 비용을 산정하지 못하는 상황에서 공공적 기회비용의 조정방법을 알 수 없으며, 사회적 할인율이 반드시 민간부분의 재무적 할인율보다 낮아야 할 이유가 없고, 미국 연방정부에서는 공공사업의 할인율은 민간부문투자의 평균 투자수익율 정도가 되어야 한다고 결론을 내렸으며, 1972년에는 미국 예산관리처(OMB)에서 “Circular A94”를 통하여 대부분의 공공투자의 경우 10%의 할인율을 쓸 것을 요구하였다. 위와 같이 적절한 할인율 결정은 어려우나, 대전광역시 정수장 소수력 발전 경제성 분석에 적용할 할인율로 최근의 수치인 2009년 8월말 기준 국고채(5년) 이자율인 4.91%를 적용하여 신뢰성을 확보하도록 하였다.

다. 유지보수비 및 제세

경제적 타당성 분석에서 유지보수비(Operation and Maintenance cost)는 투자사업의 완공 후 그 사업시설의 운영비와 수선유지비 그리고 사업시설을 가동함에 따라 수혜자가 부담하는 비용을 모두 포함시킨다. 유지보수비는 공사기간이 짧은 공사계획의 경우에는 완공 후부터 발생하는 것으로 계상하며, 공사기간이 긴 사업의 경우는 공사기간중의 적정년도부터 발생하는 것으로 간주한다.

초기년도의 유지관리비는 사업성격에 따라 100%가 모두 발생하는 경우도 있으나, 가동율이 증가함에 따라 대체로 그중 인건비만이 연차적으로 발생하다가 일정한 기간이 지난 후에는 유지관리비가 전액 일정한 수준에서 매년 되풀이하여 발생한다.

조세, 보조금, 이자 및 감가상각비 등의 제세는 경제적 타당성 분석에 있어서 사업집행상 투입자재에 부과되는 조세, 부가세 및 관세 등을 이전지출액(Transfer Payment)이라 하며, 이를 제외한 과세전 가격과 비용개념을 사용한다.

투자사업을 운영·관리하기 위해서는 일정수준의 유지관리비 및 제세의 적용이 필요하고 이는 사업기간중 투자비의 주요 항목으로 구성되며, 연간 유지관리비 및 제세를 산정하기 위해서는 우선 계획중인 시설완공후 예상되는 연간 소요비용을 추정한다. 소수력 발전소가 완공후 가동될 경우를 재무상태의 실적치 또는 동사업의 타사례를 이용하거나, 기술적 측면의 산출기준으로부터 추정할 수 있다.(투자심사편람, 1982 경제기획원)

유사한 사업으로 소수력 발전소를 현재 운영·관리하고 있는 금강, 봉화 및 연천 소수력 발전소의 과거 운영기간동안의 실적을 조사하였다. 금강 및 봉화 소수력은 11개년간, 연천 소수력은 14개년간 물가상승율을 고려한 연평균 발전단가는 42~44원 정도로 운영된 것으로 조사되었다.

금강, 봉화 및 연천 소수력 발전소의 운영·관리실적을 토대로 물가상승율을 감안한 총공사비에서 유지보수비와 중기비로 산정한 평균 유지보수율을 금강 0.74%, 봉화 2.00%, 연천 0.72%로 전체의 평균유지보수비는 1.15%로 운영되고 있는 것으로 조사되었다.

한편, 유지관리비와 제세는 「댐 시설기준(1993, 건설부)」에 2.90%와 0.42%로 제시되어 있고 「미활용 에너지 실태조사 및 이용방안 연구」에서는 0.7~1.2%를 적용하고 있으며, 최근 계획되고 있는 소수력 발전소에서는 2.00% 내외를 적용하고 있다.

유지관리비 및 제세의 적용기준이 각각 차이가 있어 본 검토에서는 「댐 시설기준(1993, 건설부)」에서 제시한 유지관리비 2.90%, 제세 0.42%를 합하여 공사비의 3.32%를 적용하는 것으로 결정하였다.

소수력 발전소별 운영·관리실적

구분	단위	금강	봉화	연천
○ 시설용량	kW×기	450 × 3	500 × 4	3,000 × 2
○ 수차형식		Propeller	Bulb Propeller	Kaplan Turbine
○ 사업기간	년	1986.10~1988.3	1987.10~1988.9	1983.10~1985.5
○ 매출액	천원	198,039	447,886	1,218,599
○ 매출원가	천원	255,906	342,672	895,840
-노무비	천원	114,038	95,245	185,004
-경비	천원	140,220	185,319	641,345
(댐사용권상각)	천원	38,841	53,045	301,805
(감가상각비)	천원	55,274	67,823	175,744
-중기비	천원	1,647	13,768	2,241
-시설유지비	천원	12,845	48,340	98,250
·재료비	천원		24,549	45,822
·노무비	천원		23,791	52,428
○ 영업이익	천원	57,867	105,215	322,759
○ 발전량	MWh	4,503	10,106	29,378
○ 판매단가	원/kW	44.48	43.94	42.75

소수력 발전소별 유지보수율 추이

구분	금강	봉화	연천	평균
1988	1.11	0.14	0.35	0.54
1989	0.62	5.77	0.44	2.28
1990	0.52	3.30	0.64	1.49
1991	0.47	1.08	0.52	0.69
1992	0.39	1.07	1.70	1.05
1993	0.88	1.28	0.52	0.89
1994	0.46	2.62	0.51	1.19
1995	0.52	1.10	0.60	0.74
1996	0.67	1.87	0.61	1.05
1997	1.04	1.61	0.34	1.00
1998	1.43	2.18	1.67	1.76
평균	0.74	2.00	0.72	1.15

다. 연간경비

1) 유지관리비

유지관리비는 산정기준에 따라 총 공사비의 3.32%(유지관리비 2.90%, 체세 0.42%)를 적용하여 정수장별로 다음과 같이 산정하였다.

정수장별 소수력 발전소 연간 유지관리비

구분	단위	승촌	월평	신탄진
2025년 일평균 급수량 기준	백만원	23.87	36.72	23.87

라. 연간편익

1) 전력단가 산정

- 기준년도 : 2009년 1월
- 적용조건 : 산업용전력(갑), 선택요금(Ⅱ), 고압전력A
 - 기본요금 : 5,110원/kWh
 - 사용요금 : 50.45원/kWh (여름:봄·가을:겨울=2:4:6=60.6원:45.0원:50.7원)
 - 적용요금 : $\{(5,110\text{원}/\text{kWh} \div 720\text{hr}) + 50.45\text{원}\} \times 1.1 = 63.31\text{원}/\text{kWh}$

2) 연간편익

연간편익은 발전소의 연간발전량에 전력단가 63.31원/kWh를 정수장별로 적용하여 산정하였으며 그 결과는 다음과 같다.

정수장별 연간편익

구분	승촌	월평	신탄진	
2025년 일평균 급수량 기준	○ 연간편익(백만원)	81.35	237.60	92.37
	- 연간발전량(MWh)	1,285	3,753	1,459

마. 경제성 평가

1) 개요

경제성 분석은 사업계획의 입안과정 또는 입안후의 경제성 측면에서의 타당성을 분석평가하는 것으로 경제분석과 재무분석으로 구분되며, 경제분석은 편익을 기준으로 분석하는데 반해 재무분석은 실수익을 기준으로 분석하는 것이다.

2) 경제성 분석기법

(1) 순현재가(Net Present Value, NPV)

순현재가 분석은 사업의 경제성을 분석하는 기법 중 하나로 일반적으로 순현재가가 “0”보다 작으면 사업안을 기각하고 “0”보다 크면 가장 큰 순현재가를 나타내는 사업이 가장 높은 순위 매김을 받게 된다. 금회 검토시 6%의 할인율에 대하여 다음의 간편식에 의하여 비교·검토하였다.

$$NPV = \frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n} = \sum_{t=1}^n \frac{NB_t}{(1+r)^t}$$

여기서, B_t : t차년도에 발생하는 편익
 C_t : t차년도에 발생하는 비용
 NB_t : t차년도에 발생하는 순편익 또는 순가(= $B_t - C_t$)
 n : 분석기간, r : 할인율

(2) 비용·편익비(Benefit-Cost ratio, B/C)

비용·편익비는 가장 통상적인 평가방법으로 어느 시점으로 할인된 편익과 비용의 율로서 NPV와 같이 산출되며, 일반적으로 B/C는 1.0보다 크면 경제성 측면에서 사업성이 높은 것으로 평가된다.

$$B/C \text{ ratio} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

(3) 내부수익율(IRR)

내부수익율은 편익과 비용의 현재가치를 동일하게 할 경우의 비용에 대한 이자율을 산정하는 기법을 말하며, NPV와 IRR은 서로 다른 경제성의 결론에 도달한다.

$$\frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n} = \sum_{t=1}^n \frac{NB_t}{(1+r)^t} = 0$$

경제성 분석기법의 특징

방 법	특징 및 장점	단 점
순현재가 (NPV)	<ul style="list-style-type: none"> • 적용이 쉽다. • 결과나 규모가 유사한 대안을 평가할 때 이용된다. • 각 방법의 경제성 분석결과가 다를 경우 이 분석결과를 우선으로 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 투자사업이 클수록 크게 나타난다. • 자본투자의 효율성이 드러나지 않는다.
비용·편익비 (B/C)	<ul style="list-style-type: none"> • 적용이 쉽다. • 결과나 규모가 유사한 대안을 평가할 때 이용된다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업규모의 상대적 비교가 어렵다. • 편익이 늦게 발생하는 사업의 경우 낮게 나타난다.
내부수익율 (IRR)	<ul style="list-style-type: none"> • 투자사업의 예상수익율을 판단할 수 있다. • NPV나 B/C 적용시 할인율이 불분명할 경우 이용된다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 짧은 사업의 수익성이 과장되기 쉽다. • 편익발생이 늦은 사업의 경우 불리한 결과가 발생한다.

송촌정수장 소수력 발전소 경제성 평가

연차	연도	비용(Cost)(백만원)			편익(Benefit)(백만원)			현재가액(백만원)		
		사업비	유지 관리비	계	연간발전량 (MWh)	전력단가 (원/kWh)	계	현재가계수 (i=4.91%)	비용	편익
0	2010	719.00		719.00				1.0491	754.30	0.00
1	2011		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	1.0000	23.87	81.35
2	2012		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.9532	22.75	77.54
3	2013		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.9086	21.69	73.91
4	2014		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.8661	20.67	70.46
5	2015		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.8255	19.70	67.15
6	2016		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.7869	18.78	64.01
7	2017		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.7501	17.90	61.02
8	2018		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.7150	17.07	58.17
9	2019		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.6815	16.27	55.44
10	2020		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.6496	15.51	52.84
11	2021		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.6192	14.78	50.37
12	2022		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.5902	14.09	48.01
13	2023		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.5626	13.43	45.77
14	2024		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.5363	12.80	43.63
15	2025		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.5112	12.20	41.59
16	2026		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.4872	11.63	39.63
17	2027		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.4644	11.09	37.78
18	2028		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.4427	10.57	36.01
19	2029		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.4220	10.07	34.33
20	2030		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.4022	9.60	32.72
21	2031		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.3834	9.15	31.19
22	2032		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.3655	8.72	29.73
23	2033		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.3484	8.32	28.34
24	2034		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.3321	7.93	27.02
25	2035		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.3165	7.55	25.75
26	2036		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.3017	7.20	24.54
27	2037		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.2876	6.87	23.40
28	2038		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.2741	6.54	22.30
29	2039		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.2613	6.24	21.26
30	2040		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.2491	5.95	20.26
31	2041	439.00	23.87	462.87	1,285	63.31	81.35	0.2374	109.89	19.31
32	2042		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.2263	5.40	18.41
33	2043		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.2157	5.15	17.55
34	2044		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.2056	4.91	16.73
35	2045		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.1960	4.68	15.94
36	2046		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.1868	4.46	15.20
37	2047		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.1781	4.25	14.49
38	2048		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.1697	4.05	13.81
39	2049		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.1618	3.86	13.16
40	2050		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.1542	3.68	12.54
41	2051		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.1470	3.51	11.96
42	2052		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.1401	3.34	11.40
43	2053		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.1336	3.19	10.87
44	2054		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.1273	3.04	10.36
45	2055		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.1214	2.90	9.88
46	2056		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.1157	2.76	9.41
47	2057		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.1103	2.63	8.97
48	2058		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.1051	2.51	8.55
49	2059		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.1002	2.39	8.15
50	2060		23.87	23.87	1,285	63.31	81.35	0.0955	2.28	7.77
계		1,158.00	1,193.50	2,351.50	64,250	3,165.50	4,067.50	20.4711	1,322.12	1,579.98

○ 비용(C)의 현재가계 : 1,322.12백만원 ○ 순편익(NPV, B-C) : 257.86백만원
 ○ 편익(B)의 현재가계 : 1,579.98백만원 ○ 편익비용비(B/C) : 1.20

일평정수장 소수력 발전소 경제성 평가

연차	연도	비용(Cost)(백만원)			편익(Benefit)(백만원)			현재가액(백만원)		
		사업비	유지 관리비	계	연간발전량 (MWh)	전력단가 (원/kWh)	계	현재가계수 (i=4.91%)	비용	편익
0	2010	1,106.00		1,106.00				1.0491	1,160.30	0.00
1	2011		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	1.0000	36.72	237.60
2	2012		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.9532	35.00	226.48
3	2013		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.9086	33.36	215.88
4	2014		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.8661	31.80	205.79
5	2015		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.8255	30.31	196.14
6	2016		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.7869	28.89	186.97
7	2017		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.7501	27.54	178.22
8	2018		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.7150	26.25	169.88
9	2019		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.6815	25.02	161.92
10	2020		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.6496	23.85	154.34
11	2021		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.6192	22.74	147.12
12	2022		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.5902	21.67	140.23
13	2023		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.5626	20.66	133.67
14	2024		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.5363	19.69	127.42
15	2025		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.5112	18.77	121.46
16	2026		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.4872	17.89	115.76
17	2027		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.4644	17.05	110.34
18	2028		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.4427	16.26	105.19
19	2029		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.4220	15.50	100.27
20	2030		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.4022	14.77	95.56
21	2031		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.3834	14.08	91.10
22	2032		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.3655	13.42	86.84
23	2033		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.3484	12.79	82.78
24	2034		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.3321	12.19	78.91
25	2035		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.3165	11.62	75.20
26	2036		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.3017	11.08	71.68
27	2037		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.2876	10.56	68.33
28	2038		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.2741	10.06	65.13
29	2039		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.2613	9.59	62.08
30	2040		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.2491	9.15	59.19
31	2041	526.00	36.72	562.72	3,753	63.31	237.60	0.2374	133.59	56.41
32	2042		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.2263	8.31	53.77
33	2043		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.2157	7.92	51.25
34	2044		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.2056	7.55	48.85
35	2045		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.1960	7.20	46.57
36	2046		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.1868	6.86	44.38
37	2047		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.1781	6.54	42.32
38	2048		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.1697	6.23	40.32
39	2049		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.1618	5.94	38.44
40	2050		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.1542	5.66	36.64
41	2051		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.1470	5.40	34.93
42	2052		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.1401	5.14	33.29
43	2053		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.1336	4.91	31.74
44	2054		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.1273	4.67	30.25
45	2055		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.1214	4.46	28.84
46	2056		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.1157	4.25	27.49
47	2057		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.1103	4.05	26.21
48	2058		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.1051	3.86	24.97
49	2059		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.1002	3.68	23.81
50	2060		36.72	36.72	3,753	63.31	237.60	0.0955	3.51	22.69
계		1,632.00	1,836.00	3,468.00	187,650	3,165.50	11,880.00	20.4711	1,998.31	4,614.65

○ 비용(C)의 현재가계 : 1,998.31백만원 ○ 순편익(NPV, B-C) : 2,616.34백만원
○ 편익(B)의 현재가계 : 4,614.65백만원 ○ 편익비용비(B/C) : 2.31

신탄진정수장 소수력 발전소 경제성 평가

연차	연도	비용(Cost)(백만원)			편익(Benefit)(백만원)			현재가액(백만원)		
		사업비	유지 관리비	계	연간발전량 (MWh)	전력단가 (원/kWh)	계	현가계수 (i=4.91%)	비용	편익
0	2010	719.00		719.00				1.0491	754.30	0.00
1	2011		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	1.0000	23.87	92.37
2	2012		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.9532	22.75	88.05
3	2013		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.9086	21.69	83.93
4	2014		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.8661	20.67	80.00
5	2015		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.8255	19.70	76.25
6	2016		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.7869	18.78	72.69
7	2017		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.7501	17.90	69.29
8	2018		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.7150	17.07	66.04
9	2019		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.6815	16.27	62.95
10	2020		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.6496	15.51	60.00
11	2021		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.6192	14.78	57.20
12	2022		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.5902	14.09	54.52
13	2023		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.5626	13.43	51.97
14	2024		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.5363	12.80	49.54
15	2025		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.5112	12.20	47.22
16	2026		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.4872	11.63	45.00
17	2027		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.4644	11.09	42.90
18	2028		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.4427	10.57	40.89
19	2029		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.4220	10.07	38.98
20	2030		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.4022	9.60	37.15
21	2031		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.3834	9.15	35.41
22	2032		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.3655	8.72	33.76
23	2033		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.3484	8.32	32.18
24	2034		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.3321	7.93	30.68
25	2035		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.3165	7.55	29.24
26	2036		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.3017	7.20	27.87
27	2037		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.2876	6.87	26.57
28	2038		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.2741	6.54	25.32
29	2039		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.2613	6.24	24.14
30	2040		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.2491	5.95	23.01
31	2041	439.00	23.87	462.87	1,459	63.31	92.37	0.2374	109.89	21.93
32	2042		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.2263	5.40	20.90
33	2043		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.2157	5.15	19.92
34	2044		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.2056	4.91	18.99
35	2045		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.1960	4.68	18.10
36	2046		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.1868	4.46	17.25
37	2047		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.1781	4.25	16.45
38	2048		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.1697	4.05	15.68
39	2049		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.1618	3.86	14.95
40	2050		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.1542	3.68	14.24
41	2051		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.1470	3.51	13.58
42	2052		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.1401	3.34	12.94
43	2053		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.1336	3.19	12.34
44	2054		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.1273	3.04	11.76
45	2055		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.1214	2.90	11.21
46	2056		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.1157	2.76	10.69
47	2057		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.1103	2.63	10.19
48	2058		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.1051	2.51	9.71
49	2059		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.1002	2.39	9.26
50	2060		23.87	23.87	1,459	63.31	92.37	0.0955	2.28	8.82
계		1,158.00	1,193.50	2,351.50	72,950	3,165.50	4,618.50	20.4711	1,322.12	1,794.03

○ 비용(C)의 현가누계 : 1,322.12백만원 ○ 순편익(NPV, B-C) : 471.91백만원
 ○ 편익(B)의 현가누계 : 1,794.03백만원 ○ 편익비용비(B/C) : 1.36

승촌정수장 소수력 발전소 내부수익률 분석

○ 내부수익률(IRR) : 7.2468%

연차	연도	비용(Cost)(백만원)	편익(Benefit)(백만원)	순편익(백만원)	현재계수	현재가격
0	2010	719.00	0.00	-719.00	1.0725	-771.13
1	2011	23.87	81.35	57.48	1.0000	57.48
2	2012	23.87	81.35	57.48	0.9324	53.59
3	2013	23.87	81.35	57.48	0.8694	49.97
4	2014	23.87	81.35	57.48	0.8107	46.60
5	2015	23.87	81.35	57.48	0.7559	43.45
6	2016	23.87	81.35	57.48	0.7048	40.51
7	2017	23.87	81.35	57.48	0.6572	37.78
8	2018	23.87	81.35	57.48	0.6128	35.22
9	2019	23.87	81.35	57.48	0.5714	32.84
10	2020	23.87	81.35	57.48	0.5328	30.63
11	2021	23.87	81.35	57.48	0.4968	28.56
12	2022	23.87	81.35	57.48	0.4632	26.62
13	2023	23.87	81.35	57.48	0.4319	24.83
14	2024	23.87	81.35	57.48	0.4027	23.15
15	2025	23.87	81.35	57.48	0.3755	21.58
16	2026	23.87	81.35	57.48	0.3501	20.12
17	2027	23.87	81.35	57.48	0.3265	18.77
18	2028	23.87	81.35	57.48	0.3044	17.50
19	2029	23.87	81.35	57.48	0.2838	16.31
20	2030	23.87	81.35	57.48	0.2647	15.21
21	2031	23.87	81.35	57.48	0.2468	14.19
22	2032	23.87	81.35	57.48	0.2301	13.23
23	2033	23.87	81.35	57.48	0.2146	12.34
24	2034	23.87	81.35	57.48	0.2001	11.50
25	2035	23.87	81.35	57.48	0.1865	10.72
26	2036	23.87	81.35	57.48	0.1739	10.00
27	2037	23.87	81.35	57.48	0.1622	9.32
28	2038	23.87	81.35	57.48	0.1512	8.69
29	2039	23.87	81.35	57.48	0.1410	8.10
30	2040	23.87	81.35	57.48	0.1315	7.56
31	2041	462.87	81.35	-381.52	0.1226	-46.77
32	2042	23.87	81.35	57.48	0.1143	6.57
33	2043	23.87	81.35	57.48	0.1066	6.13
34	2044	23.87	81.35	57.48	0.0994	5.71
35	2045	23.87	81.35	57.48	0.0927	5.33
36	2046	23.87	81.35	57.48	0.0864	4.97
37	2047	23.87	81.35	57.48	0.0806	4.63
38	2048	23.87	81.35	57.48	0.0751	4.32
39	2049	23.87	81.35	57.48	0.0700	4.02
40	2050	23.87	81.35	57.48	0.0653	3.75
41	2051	23.87	81.35	57.48	0.0609	3.50
42	2052	23.87	81.35	57.48	0.0568	3.26
43	2053	23.87	81.35	57.48	0.0529	3.04
44	2054	23.87	81.35	57.48	0.0494	2.84
45	2055	23.87	81.35	57.48	0.0460	2.64
46	2056	23.87	81.35	57.48	0.0429	2.47
47	2057	23.87	81.35	57.48	0.0400	2.30
48	2058	23.87	81.35	57.48	0.0373	2.14
49	2059	23.87	81.35	57.48	0.0348	2.00
50	2060	23.87	81.35	57.48	0.0324	1.86
계		2,351.50	4,067.50	1,716.00	15.4238	-0.04

월평정수장 소수력 발전소 내부수익율 분석

○ 내부수익율(IRR) : 18.1089%

연차	연도	비용(Cost)(백만원)	편익(Benefit)(백만원)	순편익(백만원)	현가계수	현재가액
0	2010	1,106.00	0.00	-1,106.00	1.1811	-1306.30
1	2011	36.72	237.60	200.88	1.0000	200.88
2	2012	36.72	237.60	200.88	0.8467	170.09
3	2013	36.72	237.60	200.88	0.7169	144.01
4	2014	36.72	237.60	200.88	0.6069	121.91
5	2015	36.72	237.60	200.88	0.5139	103.23
6	2016	36.72	237.60	200.88	0.4351	87.40
7	2017	36.72	237.60	200.88	0.3684	74.00
8	2018	36.72	237.60	200.88	0.3119	62.65
9	2019	36.72	237.60	200.88	0.2641	53.05
10	2020	36.72	237.60	200.88	0.2236	44.92
11	2021	36.72	237.60	200.88	0.1893	38.03
12	2022	36.72	237.60	200.88	0.1603	32.20
13	2023	36.72	237.60	200.88	0.1357	27.26
14	2024	36.72	237.60	200.88	0.1149	23.08
15	2025	36.72	237.60	200.88	0.0973	19.55
16	2026	36.72	237.60	200.88	0.0824	16.55
17	2027	36.72	237.60	200.88	0.0697	14.00
18	2028	36.72	237.60	200.88	0.0590	11.85
19	2029	36.72	237.60	200.88	0.0500	10.04
20	2030	36.72	237.60	200.88	0.0423	8.50
21	2031	36.72	237.60	200.88	0.0358	7.19
22	2032	36.72	237.60	200.88	0.0303	6.09
23	2033	36.72	237.60	200.88	0.0257	5.16
24	2034	36.72	237.60	200.88	0.0218	4.38
25	2035	36.72	237.60	200.88	0.0184	3.70
26	2036	36.72	237.60	200.88	0.0156	3.13
27	2037	36.72	237.60	200.88	0.0132	2.65
28	2038	36.72	237.60	200.88	0.0112	2.25
29	2039	36.72	237.60	200.88	0.0095	1.91
30	2040	36.72	237.60	200.88	0.0080	1.61
31	2041	562.72	237.60	-325.12	0.0068	-2.21
32	2042	36.72	237.60	200.88	0.0057	1.15
33	2043	36.72	237.60	200.88	0.0049	0.98
34	2044	36.72	237.60	200.88	0.0041	0.82
35	2045	36.72	237.60	200.88	0.0035	0.70
36	2046	36.72	237.60	200.88	0.0030	0.60
37	2047	36.72	237.60	200.88	0.0025	0.50
38	2048	36.72	237.60	200.88	0.0021	0.42
39	2049	36.72	237.60	200.88	0.0018	0.36
40	2050	36.72	237.60	200.88	0.0015	0.30
41	2051	36.72	237.60	200.88	0.0013	0.26
42	2052	36.72	237.60	200.88	0.0011	0.22
43	2053	36.72	237.60	200.88	0.0009	0.18
44	2054	36.72	237.60	200.88	0.0008	0.16
45	2055	36.72	237.60	200.88	0.0007	0.14
46	2056	36.72	237.60	200.88	0.0006	0.12
47	2057	36.72	237.60	200.88	0.0005	0.10
48	2058	36.72	237.60	200.88	0.0004	0.08
49	2059	36.72	237.60	200.88	0.0003	0.06
50	2060	36.72	237.60	200.88	0.0003	0.06
계		3,468.00	11,880.00	8,412.00	7.7018	0.00

신탄진정수장 소수력 발전소 내부수익률 분석

○ 내부수익률(IRR) : 9.0217%

연차	연도	비용(Cost) (백만원)	편익(Benefit) (백만원)	순편익 (백만원)	현재가계수	현재가액
0	2010	719.00	0.00	-719.00	1.0902	-783.85
1	2011	23.87	92.37	68.50	1.0000	68.50
2	2012	23.87	92.37	68.50	0.9172	62.83
3	2013	23.87	92.37	68.50	0.8413	57.63
4	2014	23.87	92.37	68.50	0.7717	52.86
5	2015	23.87	92.37	68.50	0.7079	48.49
6	2016	23.87	92.37	68.50	0.6493	44.48
7	2017	23.87	92.37	68.50	0.5956	40.80
8	2018	23.87	92.37	68.50	0.5463	37.42
9	2019	23.87	92.37	68.50	0.5011	34.33
10	2020	23.87	92.37	68.50	0.4596	31.48
11	2021	23.87	92.37	68.50	0.4216	28.88
12	2022	23.87	92.37	68.50	0.3867	26.49
13	2023	23.87	92.37	68.50	0.3547	24.30
14	2024	23.87	92.37	68.50	0.3253	22.28
15	2025	23.87	92.37	68.50	0.2984	20.44
16	2026	23.87	92.37	68.50	0.2737	18.75
17	2027	23.87	92.37	68.50	0.2511	17.20
18	2028	23.87	92.37	68.50	0.2303	15.78
19	2029	23.87	92.37	68.50	0.2112	14.47
20	2030	23.87	92.37	68.50	0.1938	13.28
21	2031	23.87	92.37	68.50	0.1777	12.17
22	2032	23.87	92.37	68.50	0.1630	11.17
23	2033	23.87	92.37	68.50	0.1495	10.24
24	2034	23.87	92.37	68.50	0.1372	9.40
25	2035	23.87	92.37	68.50	0.1258	8.62
26	2036	23.87	92.37	68.50	0.1154	7.90
27	2037	23.87	92.37	68.50	0.1058	7.25
28	2038	23.87	92.37	68.50	0.0971	6.65
29	2039	23.87	92.37	68.50	0.0891	6.10
30	2040	23.87	92.37	68.50	0.0817	5.60
31	2041	462.87	92.37	-370.50	0.0749	-27.75
32	2042	23.87	92.37	68.50	0.0687	4.71
33	2043	23.87	92.37	68.50	0.0630	4.32
34	2044	23.87	92.37	68.50	0.0578	3.96
35	2045	23.87	92.37	68.50	0.0530	3.63
36	2046	23.87	92.37	68.50	0.0486	3.33
37	2047	23.87	92.37	68.50	0.0446	3.06
38	2048	23.87	92.37	68.50	0.0409	2.80
39	2049	23.87	92.37	68.50	0.0375	2.57
40	2050	23.87	92.37	68.50	0.0344	2.36
41	2051	23.87	92.37	68.50	0.0316	2.16
42	2052	23.87	92.37	68.50	0.0290	1.99
43	2053	23.87	92.37	68.50	0.0266	1.82
44	2054	23.87	92.37	68.50	0.0244	1.67
45	2055	23.87	92.37	68.50	0.0224	1.53
46	2056	23.87	92.37	68.50	0.0205	1.40
47	2057	23.87	92.37	68.50	0.0188	1.29
48	2058	23.87	92.37	68.50	0.0173	1.19
49	2059	23.87	92.37	68.50	0.0158	1.08
50	2060	23.87	92.37	68.50	0.0145	0.99
계		2,351.50	4,618.50	2,267.00	13.0136	0.02

바. 검토결과

경제성 분석은 정수장별로 할인율 4.91%에 대해 순편익, 비용편익비, 내부수익율 방법으로 산정하였으며, 이중 일반적으로 공공투자심사 기준으로 사용되는 순편익에 따른 비용편익비를 살펴보면 송촌 1.20, 월평 2.31, 신탄진 1.36으로 산정되었으며, 세 개 정수장 모두 경제성을 확보할 수 있는 것으로 나타났다.

경제성 분석 결과

구분	단위	송촌	월평	신탄진
비용의 현재 누계	백만원	1,322.12	1,998.31	1,322.12
편익의 현재 누계	백만원	1,579.98	4,614.65	1,794.03
순편익(NPV)	백만원	257.86	2,616.34	471.91
편익비용비(B/C)	-	1.20	2.31	1.36
내부수익율(IRR)	%	7.2468	18.1089	9.0217

8.4.7 향후 교육장 등 다목적 개발방안

소수력 발전소를 갖춘 방문객에게 물을 통해 얻어지는 천혜의 에너지인 수력 발전의 원리를 홍보하는 교육적 차원에서 향후 교육장 등 다목적 개발방안을 검토하였다.

본 소수력 발전소는 주목적이 취수장에서 정수장을 통해 각 가정으로 공급되는 생활용수 공급시스템으로 수자원의 효율적 이용과 활용 차원에서 부가적으로 발생하는 에너지를 재활용하기 때문에 체계적인 내용의 전개와 다양한 매체가 이용되는 전시관 및 홍보관 등의 거시적인 개발방안 보다는 홍보물 및 게시관 등의 소극적인 다목적 개발방안을 검토하였다.

정수장의 소수력 발전소 홍보물 및 게시판에는 소수력 발전의 근원인 물부터 에너지 절약까지 소수력 발전의 흥미와 에너지의 정보가 기억에 남을 수 있는 내용을 아래와 같이 구상하였다.

<정수장 소수력 발전소의 홍보물 및 게시판 내용>

- 설립개요
 - 명칭, 위치, 추진배경, 시설개요(저수지 규모, 수차 및 발전소, 발전규모, 발전소 규모, 발전수혜지역 등), 사업기간 등
- 용수 및 발전생산 규모
 - 연간 발전생산량(계획, 월별 생산량실적), 생활용수 급수실적
- 물에서 수력을 통해 발전되는 과정과 물순환 등의 교육내용
 - 물 및 소수력 개념, 물과 생명과 이해, 물의 소생과정, 소수력 발전의 생성과정, 에너지 소비의 과정, 물순환 과정
- 물과 에너지의 현재와 미래
- 소중한 물 및 에너지에 대한 인식
- 물 및 에너지의 절약
 - 가정, 학교, 직장 등의 생활 주변에서 물 및 에너지를 절약할 수 있는 사항

8.5 태양광 발전 검토

8.5.1 개요

본 계획에서는 태양광 발전시설에 대한 일반적인 내용을 언급하고, 대전광역시 정수장에 태양광 발전시설 설치 가능성, 설치공사비, 설치효과 등의 개략적인 검토를 수행하는 것으로 하였다. 향후, 대전광역시 정수장에 태양광 발전시설을 설치시 보다 심도 있는 타당성 조사를 거쳐 사업에 대한 타당성이 확보된 후에 태양광발전시설에 대한 설계가 이루어져야 할 것이다.

8.5.2 태양광 발전의 일반사항

가. 태양광 발전 도입의 필요성

인류가 영원히 사용할 수 있다고 생각했던 화석연료는 향후 50년 이내에 대부분 고갈될 것으로 예상되고 있는 실정이다. 특히 화석연료는 에너지 변환과정에서 지구온난화를 유발시키는 이산화탄소의 배출로 지구환경을 심각하게 위협하고 있다.

이런 상황에서 인류가 선택할 방법은 새로운 에너지의 개발뿐이다. 에너지 절약도 장기적으로 추진되어야 할 과제이지만 대체에너지의 개발은 더 이상 미룰 수 없는 과제로 부각되고 있다.

이에 따라서, 세계 각국은 이산화탄소를 발생하는 화석연료의 사용을 줄이고 각 국가특성에 가장 적합한 대체에너지로는 태양광(태양전지), 태양열, 바이오매스, 풍력, 조력, 지열, 연료전지, 수소에너지, 폐기물에너지 등이 있다.

에너지 다소비 산업구조를 가진 우리나라는 에너지자원의 대부분을 외국에서 수입하는 실정으로 우리나라의 대체에너지 개발실정은 선진국에 비해 후진성을 면치 못하고 있지만 태양광을 비롯한 풍력발전과 바이오매스 등 일부 기술을 이용한 대체에너지 개발이 정부주도로 활발히 진행되고 있다.

생활이 편리해짐에 따라서 쾌적한 생활을 즐기려는 욕구가 증대되고, 이러한 욕

구는 여름철 냉방수요의 증가로 나타나고 있다.

다양한 대체에너지원 중에서 태양광을 전기에너지로 바꾸는 태양전지는 햇빛을 받으면 광-전 변환으로 전기에너지를 직접 생산하며, 여름철 냉방부하 수요에 가장 적합한 에너지원으로 평가받고 있다.

즉, 햇빛이 강하면 강할수록 보다 많은 전기를 생산한다. 우리나라의 에너지의존도는 97% 이상이다. 이런 엄청난 에너지 수입국에서 에너지 수출의 신화를 이룩할 수 있는 산업은 태양광전지를 기반으로 한 태양광 발전에너지이다. 태양전지는 기본적으로 n-형 반도체와 p-형 실리콘 반도체를 접합한 반도체이다. 우리나라는 반도체 제조공정과 생산시설기반에서 세계 최고수준의 국제경쟁력을 갖춘 분야이다.

태양광발전의 실용화는 이미 선진국을 중심으로 현재 활발하게 전개되고 있다. 미국은 정부의 주도로 대규모 태양광 발전소를 계속적으로 증설하고 있으며, 전기자동차의 생산을 의무적으로 늘려나가는 법안을 통과시켜 이미 시행하고 있다. 산업체는 또한 새로운 공장과 생산량을 꾸준히 늘려가고 있다.

일본은 정부주도로 태양광 발전 시스템의 설치비용을 50%까지 무상으로 지원해주고 있으며 국가차원의 대규모 태양에너지 개발계획을 추진하고 있다.

이런 개별 국가차원의 노력과 병행하여 국제기구의 협력이 진행되고 있다. 사막에 대규모 원자력발전 수기에 맞먹는 Giga Watt급 태양광 발전소를 설립하여 인접 국가들이 전력을 공유하는 방안이다. 예를 들면, “고비사막 프로젝트”나, “사하라 프로젝트”가 발족되어서 경제적 타당성 조사가 진행되고 있다. 또한 태양전지를 이용한 양수 펌프로 지하수를 퍼 올려 사막의 녹지화가 가능하여 식물 재배가 가능해진다.

이와 같은 항구적인 청정에너지 기술로서 기대되어 온 태양광 발전 시스템의 실용화의 전망은 의외로 빠르게 현실화되어 가고 있다. 그러나 현재 태양전지를 사용한 전기에너지는 화석에너지에 비해서 경제성이 낮아 민간이 개발투자하기

에는 어려움이 있다.국외에서는 정부가 태양전지 직접개발에 참여하거나 개발자와 수요자에게 세금혜택을 주고 보조금을 지급하는 등 다양한 방법으로 지원을 하여 태양전지의 수요가 공급을 앞서가고 있다. 우리 인류에게 적어도 50억년 이상은 무료로 에너지를 사용할 수 있게 하는 태양전기에너지를 대체에너지로 사용할 수 있도록 하는 정부의 정책이 필요한 시기이다.

나. 태양광 발전 도입의 배경

인류가 지표로부터 채집할 수 있는 에너지는 99.98%가 태양에너지에 의한 것이다. 그 나머지 0.02%가 지열이다. 우선 태양에너지의 양이 어느 만큼 큰 것인가에 관해서는 전술한 것과 같이 태양에서 1억 5,000만 km 떨어진 지구에 들어오는 태양에너지는 이것을 전력으로 환산하면 $1.77 \times 1,014 \text{ kW}$ 정도이고, 이 값은 전 세계의 평균 소비전력과 비교해서 수십만배 크다. 요컨대 문명활동에 사용되고 있는 총에너지가 지금의 수배가 되었다고 해도 그것은 태양의 흑점활동에 의한 지표도달 에너지의 변화보다 현저히 작은 차이 정도이다.

태양전지에 의해서 태양에너지를 직접 전기에너지로 변환하는 “태양광 발전 시스템”은 입사되는 태양광선이 무한하고, 게다가 “무료”이며, 태양에너지 이용기술 원래의 merit 외에, 미래의 에너지원으로서 다른 시스템과는 다른 몇 가지의 독특한 특징을 갖고 있다.

- 가동부분이 없고 깨끗한 에너지의 발생
- 유지보수가 간편하고 자동화 및 무인화가 용이
- 규모의 대소에 관계없이 일정효율로 발전
- 모듈 구조에 의한 양산성이 풍부하고, scale merit가 큼
- 확산광에 의해서도 발전
- 광발전은 버리는 에너지의 유효이용

다. 태양광 발전 도입의 목적

- 대전광역시 정수장 여유부지에 태양광 발전 시설을 설치하여 전력에너지를 생산하므로 정수장 이미지 쇄신 및 가치 증대
- 신·재생 에너지 지방보급 확대에 국가정책에 적극적 대응
- 청정 에너지 교육을 연계하여 신·재생에너지 견학 및 교육 홍보장으로 활용

라. 태양광 발전 도입의 효과

대전광역시 정수장 동력원의 일부를 무공해 청정에너지로 공급함으로써 정수장의 친환경적 이미지를 부각시키고, 동력원의 일부를 태양에너지를 이용함으로써 정수장 유지관리비를 절감하고 신·재생에너지에 대한 시민홍보 효과가 있다.

마. 태양에너지의 태양광 발전

태양에너지를 태양광 발전 시스템을 이용하여 전기로 변환할 경우, 시스템의 총 변환효율을 10%로 하면, 1㎡당 0.1kW의 정격출력이며, 1㎡에서 태양빛이 1시간 내리쬐면 0.1kWh를 발전하게 된다.

대략적으로 면적 10㎡의 태양전지로 표준상태의 경우, 1kW의 정격출력으로 생각할 수 있다. 기존의 계산으로부터 필요출력을 10배하면 태양전지의 필요면적을 구할 수 있으며, 태양전지의 ㎡단위의 면적을 10으로 나눈 것이 kW 단위 정격출력이다.

태양에너지는 여름철 맑게 갠 때에는 1㎡당 1kW의 에너지를 지구표면에 내리쬐는다. 그러나 1년 중에는 갠 날이나, 흐린 날, 비오는 날, 겨울과 여름 등 여러 조건에 따른 햇빛이 쬐이는 시간에 차이가 있다.

이러한 것을 기상청에서 오랫동안 측정하여 1㎡당 1kW의 에너지로 태양이 빛나고 있는 시간으로 환산한 1년을 평균하면 하루에 3.84시간이다.

8.5.3 태양광 발전 설비

태양광 발전시설을 구성하는 설비는 다음과 같다.

- 태양전지 모듈
- 어레이 접속반
- 인버터
- 감시 및 제어설비

이 외에 구조물 및 전기, 제어설비의 배관, 배선 등의 설비를 포함한다.

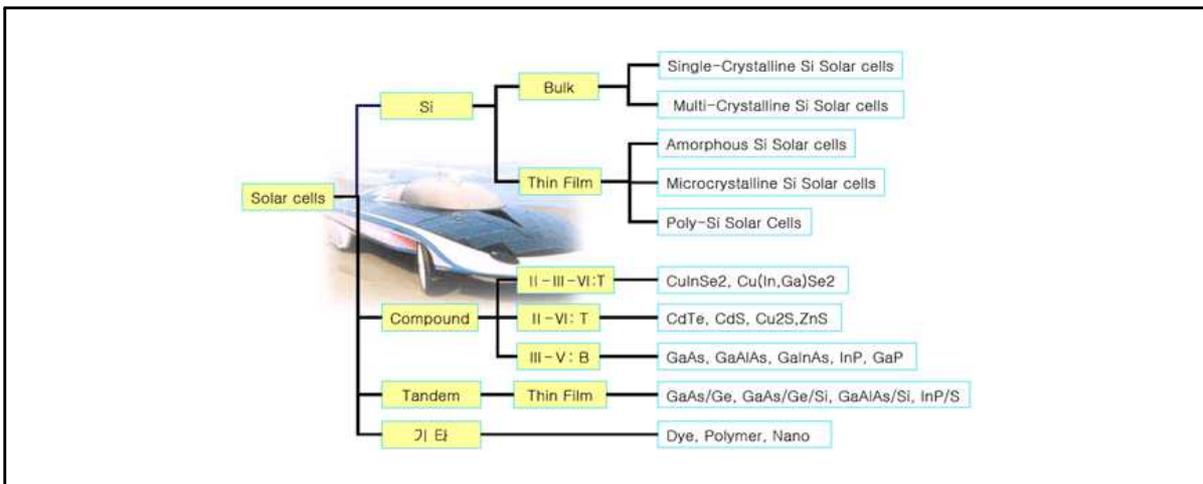
가. 태양광 발전 설비

1) 태양전지 모듈

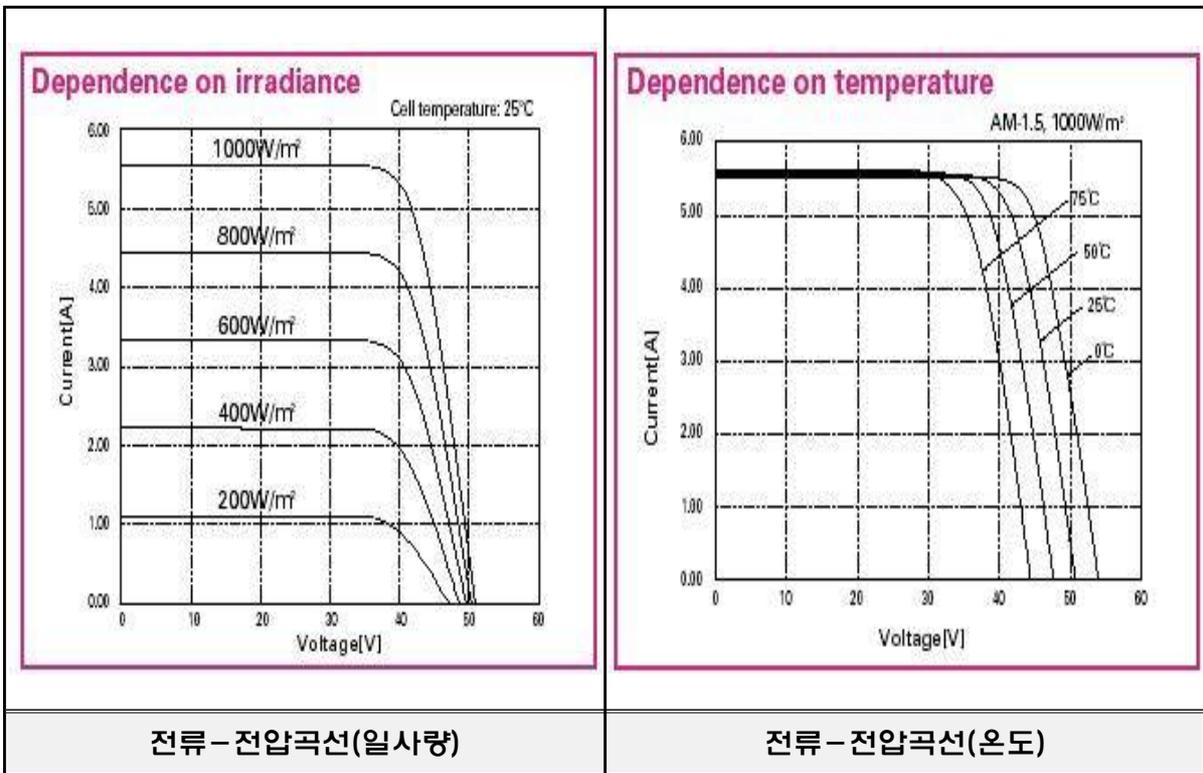
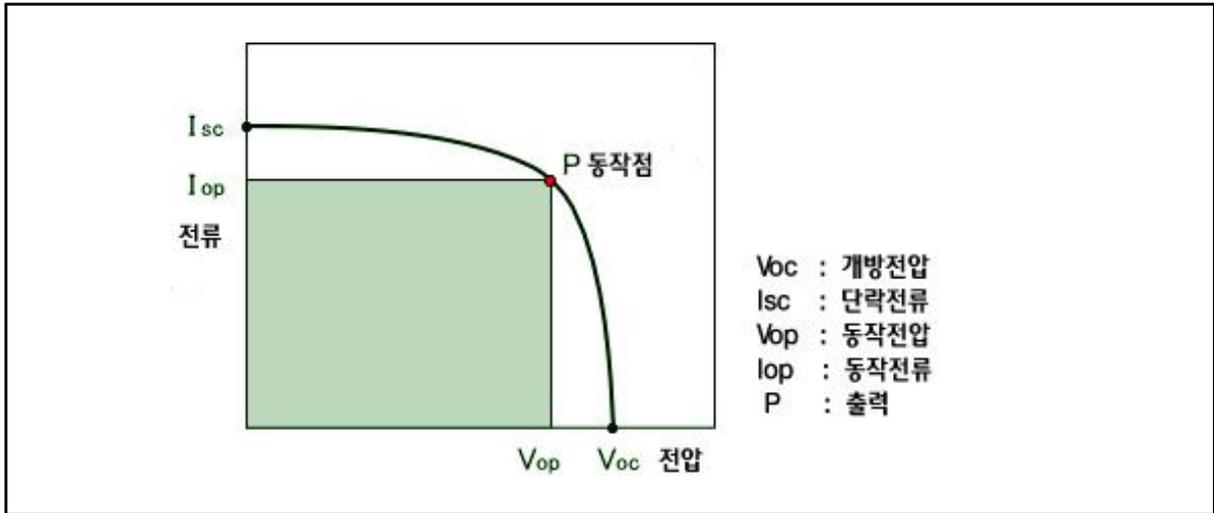
태양전지란 태양광 에너지를 직접 전기로 변환시키는 반도체 화합물 소자이다. 모듈이란 태양전지의 최소단위를 셀이라고 하며 복수의 셀을 패키지로 한 것을 모듈이라 한다. 태양전지 모듈은 효율이 높고 비슷한 셀을 조합해야 최고의 품질의 모듈로 생산이 가능하다.

(1) 태양전지의 종류 및 특성

① 태양전지의 종류

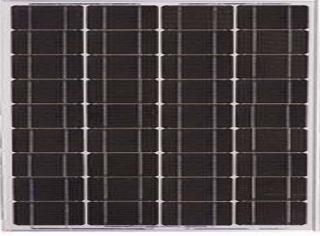
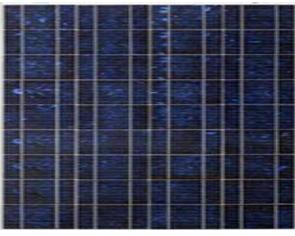


② 태양전지 출력특성



(2) 태양전지의 종류 및 특성 비교

① 단결정, 다결정 특성비교

구분	단 결 정(Mono-silicon Cell)	다 결 정(Poly-silicon Cell)
정의	단결정이란, 원자가 규칙적으로 배열된 물질	단결정 실리콘의 입자가 여러 개 모인 물질
형태		
제조 과정	<ul style="list-style-type: none"> ① 실리콘을 단결정으로 성장 시킨 후 자르고 연마하여 웨이퍼로 만든 후 전극을 연결함 ② 고순도 실리콘을 1500℃정도 가열 하여 대형 결정 만듦 ③ 1,000℃에서 확산법을 이용 P-N 접합 하여 만듦 ④ 제조공정이 복잡 제조 온도가 높아 대량의 전력소모. 	<ul style="list-style-type: none"> ① 캐스트법 실리콘의 덩어리를 녹인 액체를 주형속에서 서서히 식힌 다음 균형서제조 ② 작은 결정을 여러 개 모아 연마하여 전극을 연결함
초기 연구	1954년 연구개발	1967년 연구개발
수명	약30년	약30년
효율	14 ~ 16%	12 ~ 15%
가격	높 다	낮 다
모듈 품질	효율이 높고, 비슷한 Cell을 조합해야 최고의 품질이 나타남.	

② 고정식 및 추적식 비교 검토

구 분	고정식	단축 추적식	양축 추적식
시설단가(%)	100	110	115
발전시간(hr)	3.8	4.6	5
발전효율(%)	100	115	125
디자인	다양한 디자인 가능	디자인 적용시 한계	
유지보수	비교적 간단	태양광 추적센서, 구동모터 등 유지보수시 비용이 많이 듦	

③ 국내·외 제품 특성비교

국내 인증제품 현황

제품명	모듈인증번호	인증일	공급사	비고
XZST-170W/24V	결정질태양전지모듈-039	08.4.23	비제이P&S	중국
STM170-S5	결정질태양전지모듈-035	08.3.24	솔라테크(주)	한국
SM-170Q	결정질태양전지모듈-004	07.8.30	에스에너지(주)	한국
UM-170S	결정질태양전지모듈-002	07.8.30	유니슨(주)	한국
PVM S170	결정질태양전지모듈-022	08.2.26	LS산전(주)	한국
KD210GH-AP	결정질태양전지모듈-061	08.7.29	교세라	일본

모듈사양 비교표

제품명	용량	효율	사이즈(mm)	개방 전압(V)	단락 전류(A)	정격 전압(V)	정격 전류(A)
XZST-170W/24V	170Wp	13.6%	808×1580×35	43.8	5.14	35.20	4.83
STM170-S5	170Wp	13.6%	810×1610×40	44.34	5.04	36.20	4.70
SM-170Q	170Wp	13.9%	790×1587×38	44.28	5.30	35.42	4.80
UM-170S	170Wp	14.1%	802×1580×46	43.9	5.23	35.70	4.78
PVMS170	170Wp	14.1%	782×1574×40	44.4	4.98	36.02	4.73
KD210GH-AP	210Wp	14.2%	990×1500×36	33.2	8.58	26.6	7.9

2) 태양전지 어레이

태양전지 어레이는 엄밀히는 태양전지 모듈뿐만 아니라, 직·병렬접속을 위한 배선과 각종 보호 장치, 모듈들을 설치하기 위한 가대, 그리고 가대의 기초나 주위를 둘러싼 것을 포함한 하나의 직류발전 전체를 말한다.

모듈

Peak Power	210W
Max. Power Voltage	26.6V
Open Circuit Voltage	33.2V
Max. Power Current	7.90A
Short Circuit Current	8.58A

어레이

Peak Power	5.04KW
Max. Power Voltage	638.4V
Open Circuit Voltage	796.8V
Max. Power Current	150.1A
Open Circuit Current	163.02A

3) 어레이 접속반

태양전지 모듈의 출력과 인버터의 입력사이에 설치되는 접속반은 태양전지 어레이 군별 감시 및 제어를 수행하는데 필요한 설비로서 이상시 고장 부위를 차단하는 역할을 한다.

어레이 접속반의 주요 구성은 차단기 및 퓨즈 그리고 역류 방지 다이오드 등으로 구성되어 있으며 어레이 접속반은 설비의 신뢰성, 안정성 및 외관의 미적요소를 고려하여야 한다.

어레이 접속반

Main Breaker	225AF/225AT 외
Fuse	1000V/20A
Diode	1000V/20A
계측기	600V, 100A

4) 인버터

태양전지 어레이의 출력은 직류전력이지만, 그 직류를 교류전력으로 변환하는

장치가 인버터이다. 현재 일반적으로 사용되는 전기기기는 교류전원으로 사용되게 만들어진 것이 많지만, 이들을 태양광발전시스템으로 가동하기 위해서는 직류전력을 교류전력으로 변환해야만 저압설비와 함께 연계하여 사용할 수 있다.

(1) 인버터가 보유하는 주된 기능

- ① 태양전지에서 발생한 전력(직류)을 효율이 좋게 교류로 변환하여 불필요한 고주파 전류나 무효전력을 발생하는 일이 없고, 품질이 높은 전력을 부하나 배전선에 공급한다.
- ② 교류계통의 전압·주파수 변동 등 경미한 변동에 대해서 안전하게 운전한다.
- ③ 저압설비에 사고가 발생할 경우나, 인버터 내부가 이상할 때에는 곧바로 저압설비와의 연계를 차단하고 천천히 정지한다.
- ④ 태양전지의 출력을 감시하고 자동적으로 기동·정지를 행한다.
- ⑤ 일사강도와 태양전지모듈의 온도등에 의해 변동하는 태양전지의 출력특성에 따라서 태양전지로부터 얻을 수 있는 전력이 항상 최대가 되도록 제어한다.
- ⑥ 완전한 정지형의 기기로서 구성되고 그 동작속도도 빨라, 전력기기 중에서는 뛰어나게 제어성이 좋은 장치이다.

(2) 인버터 형식

종류는 크게 전류형 인버터와 전압형 인버터가 있다.

5) 감시 및 제어설비

감시 및 제어 설비는 발전설비를 최적의 환경으로 운영하는 역할을 담당하는

핵심적인 설비로서 아래의 기능을 갖도록 한다.

(1) 감시제어설비가 보유하는 주된 기능

- ① 다양한 방식의 통신과 전력제어 및 전력감시 통신기기들 간의 데이터 통신의 안정성을 위한 기능
- ② 시스템의 제어 계측 감시를 위한 고속 데이터 통신기능
- ③ 태양광 어레이 모듈 증설시 모듈의 계측이 가능하기 위한 어레이 계측 확장성 기능
- ④ 전력 계측 장치 증설시 별도의 장치 추가 없이 S/W up grade로 가능하기 위한 S/W 확장성
- ⑤ 전력변환장비(인버터)의 계측데이터(AC/DC 전원, AC/DC 전류, AC/DC POWER, 역률, 상 전압, 선간 전압)의 전력 계측 기능
- ⑥ 태양광 어레이 개별군의 계측데이터(DC 전압, DC 전류, DC Power)의 계측 기능
- ⑦ 전력계측 및 보호장치의 계측 데이터(전력량, Peak, 전압, 전류, 주파수)의 계측 기능
- ⑧ 전력 계통의 흐름을 직관적으로 알 수 있고 그 상태(전력장비의 상태 및 개폐 스위치 상태)가 표시하기 위한 전력계통 감시 및 표시기능
- ⑨ 태양광 발전시스템의 시각은 위성수신장치로 받은 시각으로 연동하여 전체 장비의 시각을 동일하게 하는 시간 일치 기능
- ⑩ 각 개별 장치는 이상 유무 진단을 위한 자기 진단 기능
- ⑪ 인터페이스 통신라인 절연

(2) 감시제어설비 구성

- ① 자동 기준시각장치(AGPS)

- ② 전력변환장치 감시제어장치(AIS)
- ③ 자동 기상관측장치(AWS)
- ④ 자동 태양전지 어레이 모듈 계측장치(AAMS)
- ⑤ 시스템 메인장치(MCS)
- ⑥ 연계감시, SWITCH 감시 및 제어장치(ASS)
- ⑦ 운영제어 컴퓨터

나. 태양광 발전 시스템 설계시 고려사항

구 분	일반적 측면	기술적 측면	비 고
설치위치 결정	-양호한 일사조건	-태양 고도별 비음영 지역선정	
설치방법의 결정	-설치의 차별화	-유지보수의 적절성	
디자인결정	-조화로움 -실용성 -혁신성 -실현가능성 -설계의 유연성	-경사각, 방위각의 결정 -구조안전성 판단 -시공방법	
태양전지모듈의 선정	-시장성 -제작가능성	- 설치 형태에 적합한 모듈선정 - 건자재로써의 적합성 여부	
설치면적 및 시스템 용량 결정	-설치부지와 모듈크기	-모듈크기에 따른 설치면적결정 -어레이 구성방안고려	
사업비의 적정성	-경제성	-설치비의 최소화	
시스템 구성	-최적시스템구성 -실시설계 -사후관리 -복합시스템구성방안	-성과와 효율 -어레이 구성 및 결선방법 결정 -계통연계 방안 및 효율적 전력공급 방안 -발전량 시뮬레이션 -모니터링 방안	
구성 요소별 설계	-최대발전보장 -기능성 -보호성	-최대발전 추종제어 -역전류방지 -최소전압강하 -내외부 설치에 따른 보호기능	

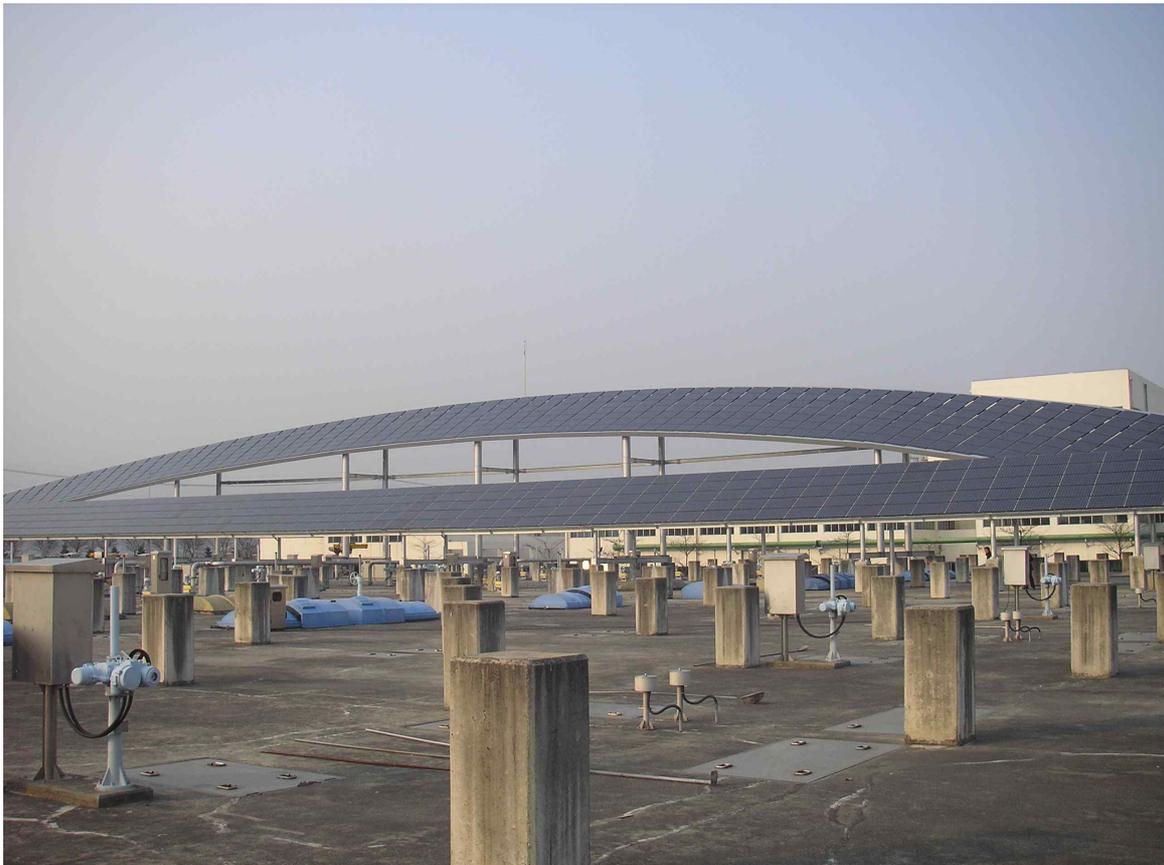
다. 태양광 발전설비 설치에 관한 관련법규

- 신·재생에너지 개발 및 이용, 보급촉진법 및 신·재생에너지 설비의 지원·설치·관리에 관한 기준(지식경제부 고시 2008-3호)
- 한국산업표준규격(KS)
- 전기사업법, 전기공사업법, 전력기술관리법 및 관계령, 규칙, 전기설비기술기준(ICE 60364)
- 내선규정, 배전규정
- 건축법, 건설기술 관리법, 건설업법 및 관계령, 규칙

라. 태양광 발전시설 설치 사례 검토

1) 춘천하수처리장 태양광 발전설비

태양광 어레이



접속반



인버터



전광판



(1) 시설개요

- 위치 : 강원도 춘천시 춘천하수처리장내
- 태양광 발전 시설 규모 : 600kWp
(1차 : 100kWp, 2차 : 100kWp, 3차 : 150kWp, 4차 : 250kWp)
 - 현재 2차 사업 완료
- 설치위치 : 생물반응조 상부 슬라브

(2) 사업기간 및 준공

- 사업기간 : 2006년 ~ 2010년
- 공사금액 : 5,655백만원
- 준 공 : 1차 2008년 1월 준공, 2차 2008년 9월 준공

(3) 설비 현황

- 인버터 총용량 : 200kWp(100kWp × 2대)
- 태양광 모듈 : 200W × 1,009장(200kWp)
- 기타 : 운전전광판 및 모니터링 시스템

(4) 조사결과

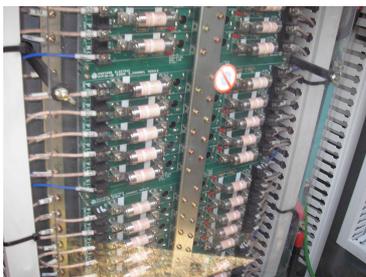
- 1차 설치된 태양광 발전설비는 무지개를 형상화하여 야간 경관을 향상 시켰음.
- 2차 설치된 태양광 발전설비는 전형적인 인삼밭 형식의 배치로 효율 극대화 하였음.
- 총 600kWp 중 현재는 200kWp만 설치되어 운전중에 있고, 향후 400kWp를 추가로 설치할 예정임.
- 발전설비 운영관리 인력 추가없이 기존 하수처리장 관리인력 활용.
- 지방보급사업으로 사업 추진 및 발전된 전력 구내 동력으로 사용.

2) 제천하수처리장 태양광 발전설비

태양광 어레이



접속반



인버터



모니터링 시스템



(1) 시설개요

- 위치 : 충청북도 제천시 제천하수처리장내
- 태양광 발전 시설 규모 : 200kWp(1차 : 100kWp, 2차 : 100kWp)
 - 현재 2차 사업 시공중
- 설치위치 : 원형 이차침전지 상부, 생물반응조 주변 유휴공간

(2) 사업기간 및 준공

- 사업기간 : 2007년 ~ 2008년
- 공사금액 : 1,935백만원
- 준 공 : 1차 2008년 1월 준공, 2차 2008년 12월 준공예정

(3) 설비 현황

- 인버터 총용량 : 100kWp(100kWp × 1대)
- 태양광 모듈 : 170W × 588장(99.96kWp)
- 기타 : 운전전광판 및 모니터링 시스템

(4) 조사결과

- 1차 설치된 태양광 발전설비는 이차침전지 상부 철구조물로 지지하여 이차침전지 경관을 향상 시켰음.
- 현재 설치 공사중인 태양광 발전설비는 전형적인 인삼밭형식의 배치로 효율 극대화 하였음.
- 총 200kWp 중 현재는 100kWp만 설치되어 운전중에 있고, 현재 100kWp를 추가 설치 공사중임.
- 발전설비 운영관리 인력 추가없이 기존 하수처리장 관리인력 활용.
- 지방보급사업으로 사업 추진 및 발전된 전력 구내 동력으로 사용.

3) 신천하수처리장 태양광 발전설비

태양광 어레이



전 광 판

접 속 반

일사량계



(1) 시설개요

- 위치 : 대구광역시 북구 서변도 신천하수처리장내
- 태양광 발전 시설 규모 : 679kWp(1차 : 479kWp, 2차 : 200kWp)
- 설치위치 : 일차침전지 상부 슬라브

(2) 사업기간 및 준공

- 사업기간 : 2003년 10월 ~ 2008년 3월
- 공사금액 : 6,299백만원
- 준 공 : 1차 2004년 8월 준공, 2차 2008년 3월 준공

(3) 설비 현황

- 인버터 총용량 : 670kWp(40kWp × 8대, 50kWp × 7대)
- 태양광 모듈 : 80W × 6,030장(482.4kWp)
175W × 1,152장(201.6kWp)
- 기타 : 운전전광판 및 모니터링 시스템

(4) 조사결과

- 신천하수처리장에 설치된 태양광 발전설비는 전형적인 인삼밭 형식의 배치로 효율을 극대화 하였음.
- 태양광 발전설비는 신천하수처리장 전체 소요동력의 약 1.5% 정도를 분담.
- 발전설비 운영관리 인력 추가없이 기존 하수처리장 관리인력 활용.
- 지방보급사업으로 사업 추진 및 발전된 전력 구내 동력으로 사용.

4) 덕산정수장 태양광 발전설비

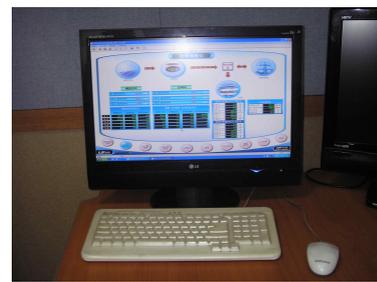
태양광 어레이



전 광 판

접 속 반

모 니 터 링 시 스템



(1) 시설개요

- 위치 : 경남 김해시 덕산정수장내
- 태양광 발전 시설 규모 : 241kWp(1차 : 108kWp, 2차 : 133kWp)
- 설치위치 : 3정수 여과지 덮개 상부 및 1정수 여과지 건축물 지붕 상부

(2) 사업기간 및 준공

- 사업기간 : 2006년 8월 ~ 2008년 11월
- 공사금액 : 1,966백만원
- 준 공 : 1차 2007년 2월 준공, 2차 2008년 12월 준공 예정

(3) 설비 현황

- 인버터 총용량 : 240kWp(55kWp × 2대, 50kWp × 2대, 30kWp × 1대)
- 태양광 모듈 : 80W × 1,350장(108kWp)
175W × 760장(133kWp)
- 기타 : 운전전광판 및 모니터링 시스템

(4) 조사결과

- 1차 설치된 태양광 발전설비는 3정수 여과지 상부 덮개에 설치하여 덮개 설비 이용극대화 하였으나 태양광 발전 효율은 저하됨.
- 2차 설치된 태양광 발전설비는 1정수 여과지 상부 지붕에 설치하여(전인 삼발 형식)효율을 극대화 하였음.
- 발전설비 운영관리 인력 추가없이 기존 정수장 관리인력 활용.
- 지방보급사업으로 사업 추진 및 발전된 전력 구내 동력으로 사용.

마. 대전광역시 정수장 태양광 발전 도입 검토

1) 개 요

동력원의 일부를 무공해 청정에너지로 공급함으로써 정수장의 친환경적 이미지를 부각시키고, 동력원의 일부를 태양에너지를 이용함으로써 유지관리비를 절감하고 신·재생에너지에 대한 시민홍보 효과가 있다.

2) 설치위치 검토

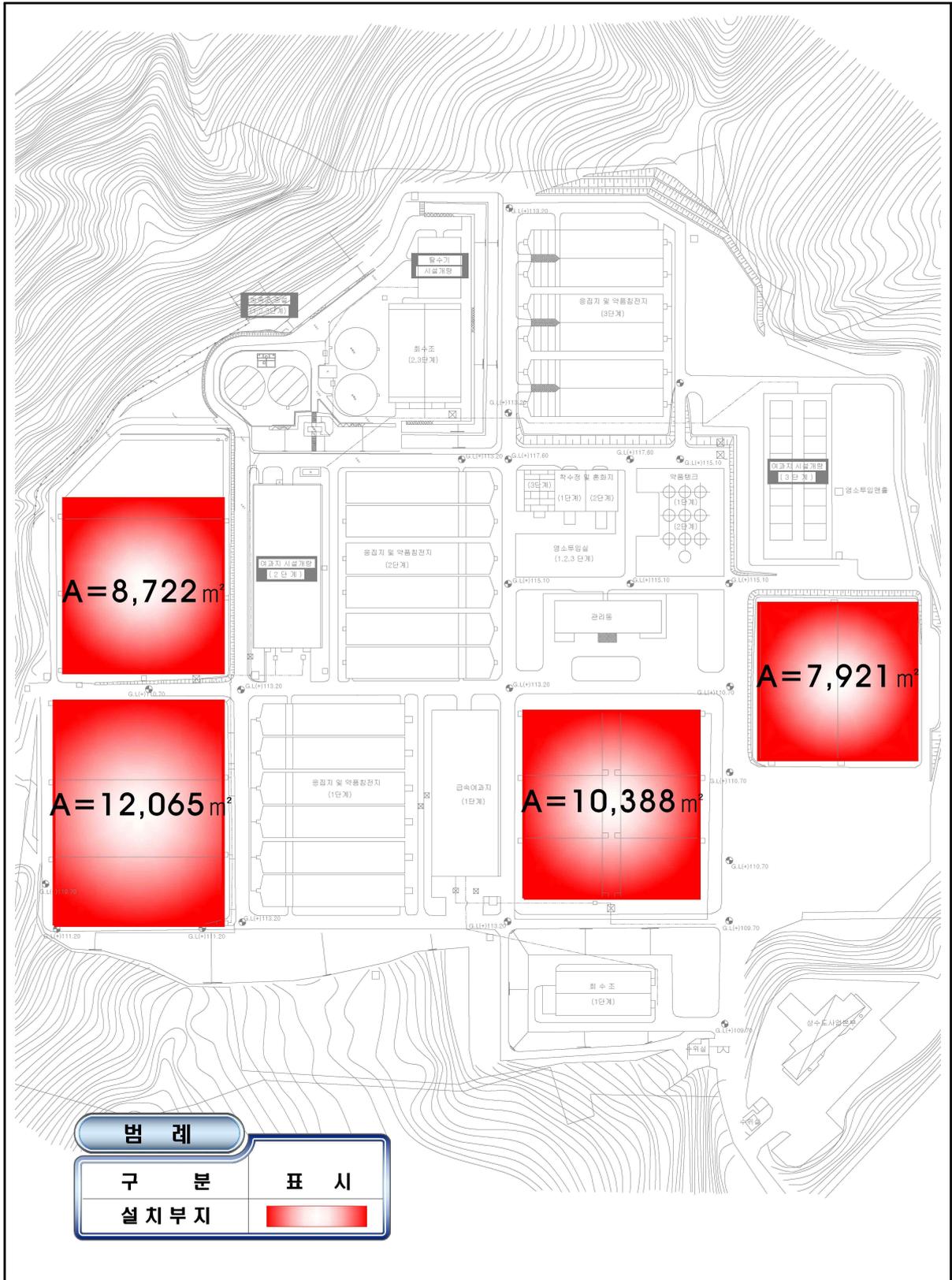
대전광역시의 정수장은 월평, 송촌, 신탄진, 회덕정수장이 있으며, 사례검토를 통해 정수장의 설치가능한 위치는 구조물의 복개구간이나 장내 향후 증설계획이 없는 유희부지에 설치하는 것이 타당한 것으로 판단되어 진다.

따라서 본 과업에서는 정확한 설치위치의 확정이 아닌 월평과 송촌정수장 복개구간인 배수지에 설치하는 것으로 계획하여 사업비를 산출하였으며, 정확한 설치위치에 확정은 향후 타당성조사를 통한 위치선정이 필요하다.

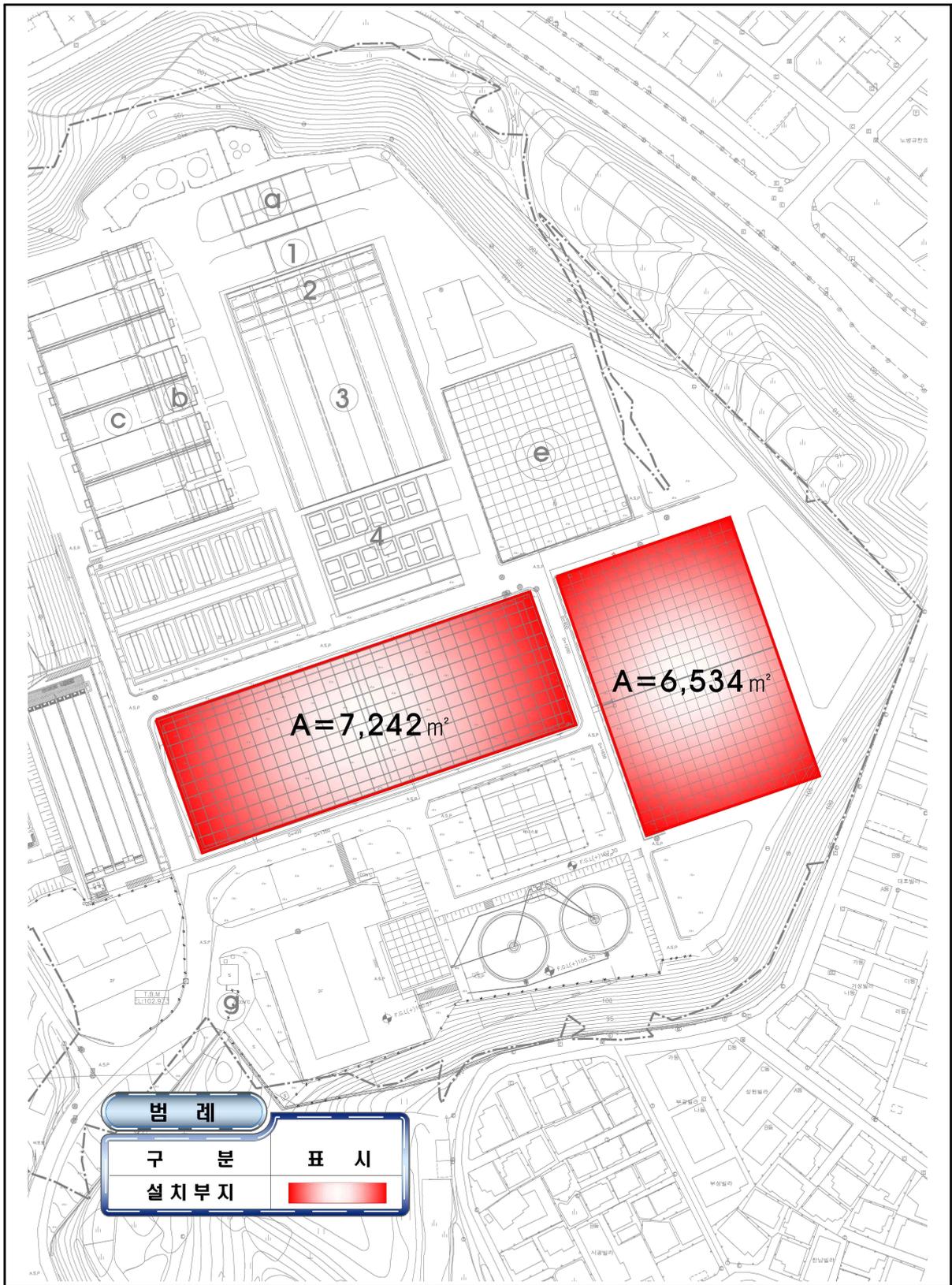
월평, 송촌정수장내 배수지에 설치할 태양광 발전설비 부지면적은 다음과 같다.

태양광발전 설치부지 면적

구 분	단 위	부지면적	비 고
월평정수장	m ²	39,096	
송촌정수장	m ²	13,776	
계	m ²	52,872	



월평정수장 태양광발전 계획위치



송촌정수장 태양광발전 계획위치

3) 연간발전량, 투자비

태양광발전 사업에 필요한 사업비는 월평정수장 17,556백만원, 송촌정수장 5,544백만원을 총 23,100백만원으로 산정되었다.

월평정수장 연간발전량 및 투자비

구분	내용	비고
사업개념	- 지방자치단체에서 환경 친화적인 신·재생 에너지 발전설비를 구축하여 전력을 생산하고 자체 사용하는 사업	
시설용량	- $39,096\text{m}^2(\text{부지면적}) \div 20\text{m}^2 = 1954.8\text{kW} \approx 1,900\text{kW}$ - $200\text{Wp} \times 9,500\text{EA} = 1,900\text{kWp}$	
추정사업비	- $1,900\text{kWp} \times 9.24\text{백만원} = 17,556\text{백만원}$	
사업비 분담	- 17,556백만원	
발전용량	- $1,900\text{kWp} \times 3.8\text{h} \times 365\text{일} = 2,635,300(\text{kwh}/\text{년})$	
발전요금	- $2,635,300(\text{kwh}/\text{년}) \times 60(\text{원}/\text{kwh}) = 158\text{백만원}$	
특징	- 신·재생에너지 발전설비 설치로 국가정책에 적극적 대응 - CO ₂ 저감으로 지역 환경 개선	

송촌정수장 연간발전량 및 투자비

구분	내용	비고
사업개념	- 지방자치단체에서 환경 친화적인 신·재생 에너지 발전설비를 구축하여 전력을 생산하고 자체 사용하는 사업	
시설용량	- $13,776\text{m}^2(\text{부지면적}) \div 20\text{m}^2 = 688.8\text{kW} \approx 600\text{kW}$ - $200\text{Wp} \times 3,000\text{EA} = 600\text{kWp}$	
추정사업비	- $600\text{kWp} \times 9.24\text{백만원} = 5,544\text{백만원}$	
사업비 분담	- 5,544백만원	
발전용량	- $600\text{kWp} \times 3.8\text{h} \times 365\text{일} = 832,200(\text{kwh}/\text{년})$	
발전요금	- $832,200(\text{kwh}/\text{년}) \times 60(\text{원}/\text{kwh}) = 49.9\text{백만원}$	
특징	- 신·재생에너지 발전설비 설치로 국가정책에 적극적 대응 - CO ₂ 저감으로 지역 환경 개선	

☞ 태양광발전시스템 1kW당 설치면적 : 10~20m²(20m² 적용)

☞ 1kW당 설치단가 : 9.24백만원(지식경제부)