

제 9 장 상수도 수요관리 계획

9.1 개 요

9.2 누수량 저감계획

9.3 유수율 향상계획

9.4 중수도 보급계획

9.5 절수설비 보급계획

9.6 빗물이용시설 설치계획

9.7 하수처리수 재이용계획



제 9 장 상수도 수요관리계획

9.1 개 요

9.1.1 상수도 생산량 분석

계룡시의 상수도 수요관리는 물수요관리 종합계획에 기초하였다. 물수요관리 종합계획은 수도사업의 효율성을 높이고 수돗물의 수요관리를 강화하기 위하여 1인당 적정 물사용량을 고려하여 관할 시·군·구별 물 수요관리 목표를 정하고 이를 달성하기 위한 종합적인 계획으로 생산량을 구성하는 각각의 수량에 타당성있는 저감계획을 수립하는 것이라고 할 수 있다.

이를 위해 생산량을 구성하는 요소들을 분석할 필요가 있으며 이에 대한 적절하고 기본적인 이해가 요구된다고 할 수 있다. 현재 각 사업소의 생산량 분석은 아래에 기술된 **환경부 상수도 통계작성지침**에 따라 주기적으로 작성되고 있으며 각각의 수량에 대한 정의는 다음 <표 9-1-1>과 같다.

환경부 상수도 생산량 분석

<표 9-1-1>

(단위 : 천톤/년)

년간생산량 A=B+C		유효수량 B=B1+B2	유수수량 B1=b11+b12 +b13	무수수량 B2=b21+b22+b23+b24		
				요금 수량 b11	분수량 b12	기 타 b13
...

				무효수량 C=C1+C2	조정감 액수량 C1	누수량 C2	누수율(%) k=C2/A *100
계량기 불감수량 b21	수도사업 용수량 b22	공공수량 b23	부정 사용량 b24				
...

주) 자료 : 상수도 생산량 분석 지침(환경부)

- 년간생산량은 정수장의 송수관 시점에서의 연간 합계 수량으로 유효수량과 무효수량으로 나뉘어짐
- 유수수량 (有收水量) : 유효수량 중 수돗물 사용량을 요금으로 징수할 수 있는 수량

- 요금수량 : 계량기에서 직접 계측되어 수도요금을 징수하는 수량으로 유수수량에서 타수도사업자에게 나누어준 수량 등을 제외한 수량
- 분수량(分水量) : 수돗물이 부족한 다른 수도사업자에게 나누어 준 수량으로 그 타수도사업자에게서 수입을 받을 수 있는 수량
- 기타 : 공원녹지용수, 공중변소용수 및 공업용수 등으로서 타회계로부터 요금징수로 수입이 있는 수량
- 무수수량(無收水量) : 유효수량 중 수입이 없는 수량
- 계량기불감수량 : 유효하게 사용된 수량 중 계량기 불감으로 요금 징수 대상이 되지 않는 수량
- 수도사업용수량 : 정수장, 배수지에서의 사용수량과 수도관 세정수량, 누수방지 작업용수 등 수도사업자가 사용한 수량
- 공공수량 : 소방용수 및 운반공급 용수 등으로 요금수입이 없는 수량
- 부정사용량 : 수도사업자의 허가를 받지 않은 수도용수 및 급수 업종변경, 계량기 조작 등의 방법으로 불법적으로 사용한 수량
- 조정감액수량 : 오염 등으로 요금징수 시 조정에 의하여 감액 대상이 된 수량
- 누수량(漏水量) : 수도사용자의 계량기 이전까지 발생한 누수량, 즉 노후 수도관 등으로 누수된 량

9.1.2 유수율 현황분석

가. 유수율 현황분석

계룡시의 최근 5년간 유수, 누수, 계량기 불감을 변화추이와 2007년도 상수도 생산량 비율분석결과는 다음 <표 9-1-2>과 같다.

최근 5년간 상수도 생산량분석

<표 9-1-2>

(단위 : %)

년 도	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	환경부목표
유수율	92.5	91.0	91.2	90.9	93.1	85.00
누수율	6.0	6.9	6.4	9.0	6.0	12.00
무수율	1.4	2.1	2.3	0.1	0.9	
계량기불감을	0.3	0.4	0.5	-	-	3.00
수도사업 및 공공용수	1.1	1.6	1.8	0.1	0.9	

주) 환경부 목표년도는 유수율 2016년, 누수율 2011년, 계량기 불감을 2010년임

위의 <표 9-1-2>에서 보면 2002년부터 매년 일정수준의 무수율이 증가추세를 보이
나 2005년을 정점으로 감소됨 있음을 알 수 있다.

이는 생산량 분석자료 중 무수율이 증가된 원인으로 분석되며 무수율의 증가원인은
2002년 이후 증가된 수도사업용수 및 공공수량에 기인한 것으로 분석된다.

계룡시의 2007년 현재 유수율은 93.1%로 충청남도 평균 71.3%보다 21.8%가량이 높
았고, 누수율은 전국평균 12.8%보다 6.8%, 충청남도 평균 18.5%보다 12.5%가량 낮게
나타났다.

상수도 유수율 현황

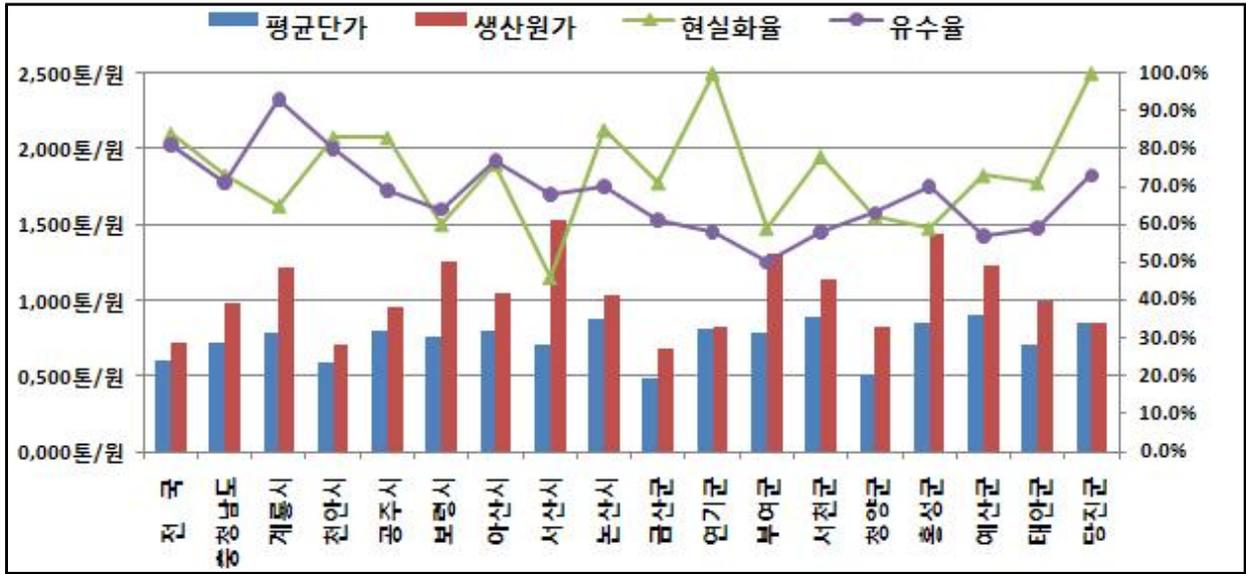
<표 9-1-3>

구 분	년간생산량 (천톤)	년간부과량 (천톤)	유 수 율 (%)	평균단가 (원/톤)	생산원가 (원/톤)	현실화율 (%)	비 고
전 국	5,747,390	4,658,946	81.1	604	715	84.4	
충청남도	185,136	132,019	71.3	714	979	72.9	
계 룡 시	3,255	3,031	93.1	788	1,212	65.0	
천 안 시	59,337	47,441	80.0	584	706	82.7	
공 주 시	11,036	7,657	69.4	792	956	82.8	
보 령 시	10,524	6,726	63.9	761	1,260	60.4	
아 산 시	22,650	17,358	76.6	800	1,047	76.4	
서 산 시	13,785	9,435	68.4	704	1,533	45.9	
논 산 시	12,544	8,755	69.8	878	1,034	84.9	
금 산 군	5,280	3,206	60.7	480	678	70.8	
연 기 군	8,874	5,101	57.5	816	820	99.5	
부 여 군	5,501	2,749	50.0	778	1,310	59.4	
서 천 군	5,514	3,202	58.1	888	1,136	78.2	
청 양 군	1,395	884	63.4	513	824	62.2	
홍 성 군	5,550	3,890	70.1	852	1,443	59.0	
예 산 군	6,384	3,618	56.7	900	1,235	72.9	
태 안 군	6,459	3,818	59.1	706	990	71.3	
당 진 군	7,041	5,138	73.0	845	848	99.6	

주) 자료 : 2007년 상수도 통계(2008, 환경부)

상수도 유수율 현황 비교

<그림 9-1-1>



9.1.3 상수도 수요량 저감방안

상수도수요량 저감을 위해서는 유수수량 저감이외에 적은 비중이지만 부정사용량이나 조정감액수량 등의 절감을 위한 기본적인 투자로 제반 기초자료 및 system의 구축도 병행되어야 구체적인 효과를 거둘 수 있다. 이처럼 직접적 또는 간접적 방법들은 서로 유기적인 관계를 가지고 있어 분리하여 생각하는 것이 곤란하지만 사업의 추진을 위해 방안을 적절히 분류하고 정리하면 다음 <표 9-1-4>와 같다.

물수요관리 추진방안 분류

<표 9-1-4>

분 류		방 안	비 고
구 체 적 저감계획	유 수 수 량 저 감	절수기기 보급	요금수량저감
		수도요금 현실화	요금수량저감
		급수원 다원화	간접적 효과
		교육 및 홍보	간접적 효과
	무 수 수 량 저 감	계량기불감수량 저감	
무 효 수 량 저 감	누수량 저감		
기 본 적 체계구축	기 초 자 료 구 축	관망도 작성	
		GIS 도입	
	s y s t e m 구 축	Block system 구축	

9.1.4 우수율 계획

계룡시는 현재 물 수요관리의 기본적 체계구축을 위한 관망도 작성 및 GIS 구축사업을 시행하고 있는 상태이나 블록시스템 구축사업등 기타 우수율 제고사업은 진행상황이 미진하나 우수율은 90%이상 유지하고 있다.

“충청남도 물수요관리 종합계획(2006.7)”에 의하면 2011년 계룡시 목표 우수율을 2003년 기준의 우수율 92.5%를 유지하는 것으로 계획하였다. 현재 우수율이 93.1%인 것을 감안하면 가능할 것으로 판단된다.

현재 우수율 93.1%를 누수탐사 및 누수관 개량사업등을 통하여 2011년까지 우수율을 92.5%로 유지하는 것을 목표로 계획하였다. 우수율은 일단 목표수치를 달성하였다 하더라도 지속적인 유지관리 수반되지 않으면 언제라도 하락될 수 있으므로 목표 우수율 달성 이후에도 우수율 제고사업은 지속적으로 추진되어야 할 것이며 보다 선진화된 우수율 관리 기법등을 도입하여 유지관리의 효율성을 제고해야 할 것이다. 본 계획의 단계별 우수율 향상계획은 다음 <표 9-1-5>과 같다.

우수율 향상계획

<표 9-1-5>

(단위 : %)

구 분	2007년	2010년	2015년	2020년	2025년	비고
충청남도 물수요관리 종합계획 (2005.10)	92.5	92.5	-	-	-	
본계획 적용	93.1	92.5	92.5	92.5	92.5	

주) 종합계획상의 2007년 수치는 계획수치임

9.2 누수량 저감계획

9.2.1 개요

국제 수도협회에서 조사된 누수에 영향을 미치는 인자로는

①지반의 변동 ②관의부식 ③도로의 교통하중증가 ④고수압 ⑤도로공사/굴착 ⑥관의 노후도 ⑦겨울철 저온 ⑧관의 결함 ⑨접합부의 파손 ⑩토양의 조건 ⑪시공불량 등으로 누수량 저감을 위해서는 이들 사항이 해소될 수 있어야 한다. 그러나 이들 영향인자중 지자체의 상수도 관련부서에서 재정적 뒷받침이 있어야 해결 할 수 있는 인자로는 관의부식, 고수압, 관의 노후도, 관의 결함, 접합부 파손 등으로 궁극적으로는 노후관 개량사업과 연계된다.

9.2.2 누수의 분류

가. 누수형태별

누수는 그 형태별로 지상누수와 지하누수로 크게 나눌 수 있다. 지상누수는 가시누수라고도 하며 지상으로 누수되어 눈으로 확인할 수 있어 발견이 용이하고 신속하며 일반적으로 단기간에 개보수 할 수 있다. 그러나 지하누수는 누수된 물이 지하로 스며들고 그 경로도 일정치 않기 때문에 특별한 조치를 거치지 않고서는 발견할 수 없고 따라서 누수가 발생한 지점부터 개보수 할때까지의 기간이 장기화될 수 있다.

나. 누수시설별

관로누수의 시설별 분류는 관로의 누수방법에 따르며 일반적으로 배수본관, 배수지관, 급수관 누수 등으로 분류한다. 급수관 누수인 경우 수도계량기 자재의 급수관 누수와 계량기로부터 급수전까지의 누수로 다시 세분된다.

다. 누수지역별

누수방지사업을 효과적으로 추진하기 위해서는 누수를 지역별 또는 구획별로 분류하고 관거 길이당 누수량과 누수 수리건수 등을 기록하여 정리하는 것이 바람직하다.

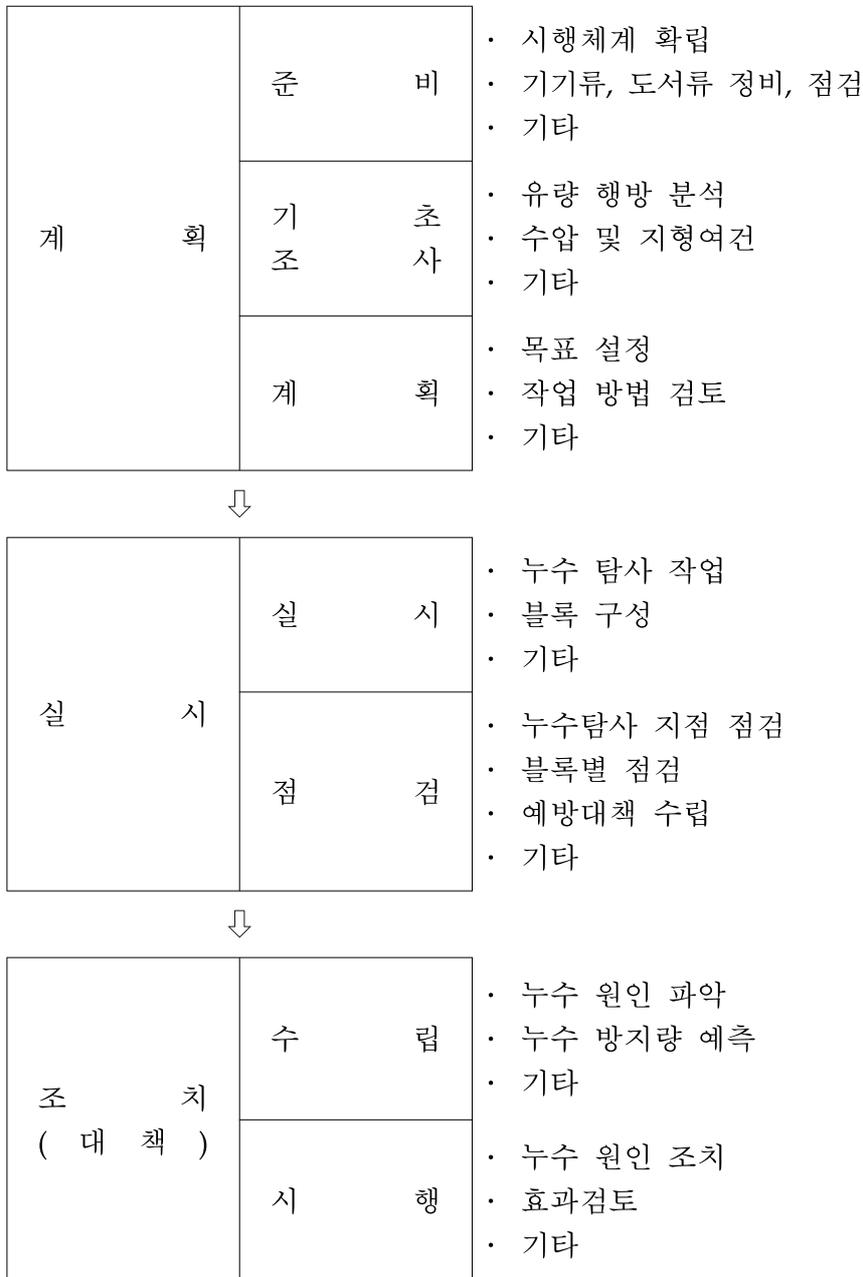
9.2.3 효율적인 누수저감방안

가. 누수방지사업의 추진

누수방지사업은 지속적으로 이루어져야 하는 것으로 우선 누수발생의 원인 및 누수발생의 여건을 정확하게 파악하여 완벽한 대책을 수립하고 조치하여야 하며 누수원인을 분석하여 향후 동일한 누수의 발생을 억제하여야 한다. 이를 정리하면 다음 그림과 같으며 P(Plan)→D,C(Do,Check)→A(Action)순으로 자발적이며, 계속적으로 진행한다.

누수방지사업의 진행순서

<그림 9-2-1>



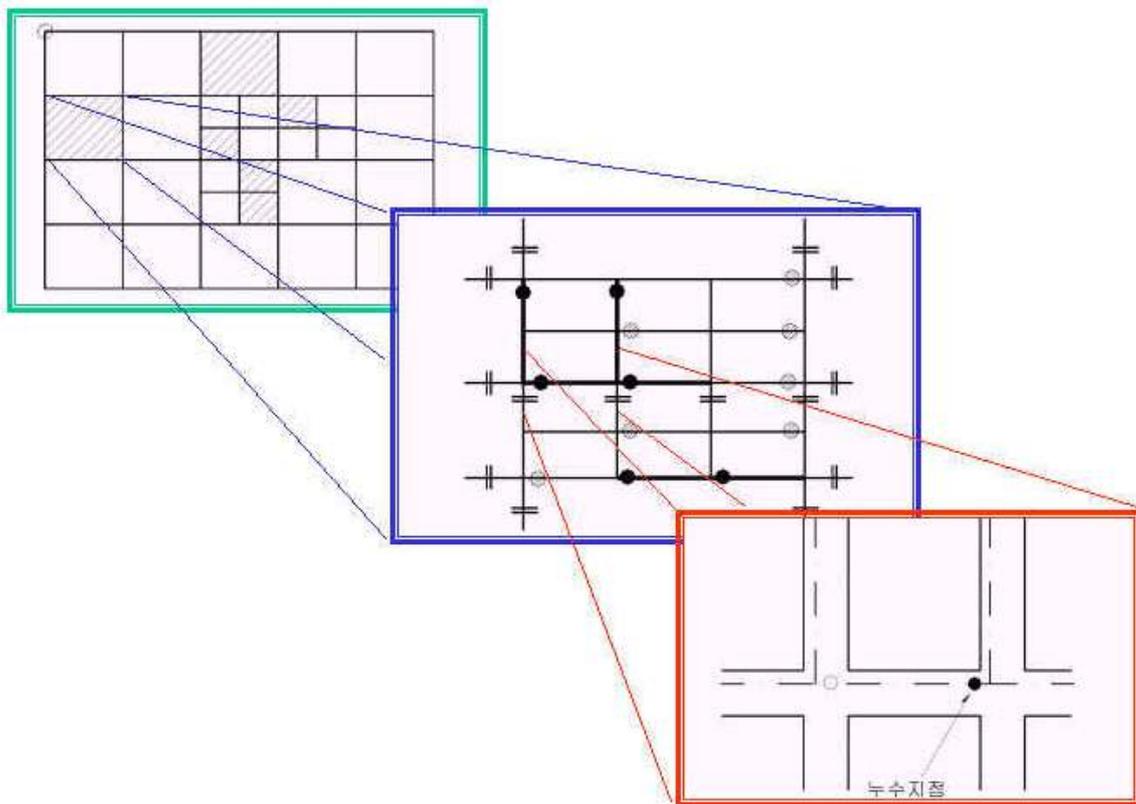
나. 누수탐사 방법

누수탐사 방법은 면 개념의 접근방법, 선 개념의 접근방법, 점 개념의 접근방법순으로 시행하며 각 지자체 현시설 및 인원구성의 여건, 중장기 계획 등에 의해 자체 시행 및 용역 발주 등으로 시행하게 된다.

면의 접근은 유량, 수압측정 등을 통해 유수율이 저조하고 누수가 많은 구역을 선정하는 개념이고 선의 접근은 선정된 구역에 대해 변류청음, 수용가 청음, Leak hunter, 상관식 누수탐지기 등을 사용하여 누수가 존재하는 관로로 접근하는 개념이며 점의 접근은 선정된 관에 대해 노면음청 조사 등을 통해 정확한 누수지점을 포착하는 개념이다.

누수 접근방법

<그림 9-2-2>



다. 누수원인별 분석 및 저감방안

누수 발생 인자를 보다 세분하여 더 정확히 파악하여야 보다 나은 저감방안 도출이 가능하므로 다음<표 9-2-1>과 같이 정리하였다.

누수원인별 대책

<표 9-2-1>

내 용	대 책
관의 부식 및 노후화	<ul style="list-style-type: none"> · 내식성 자재로 교체(다타일 주철관, 도복장 강관, PFP, Stainless Steel 등) · 토질 조건을 고려한 관종 선택
고수압	<ul style="list-style-type: none"> · 수압조절, 감압밸브 등을 활용한 수압저하
토양의 이동	<ul style="list-style-type: none"> · 내진 설계를 통한 시공 및 충분한 다짐 · 충분한 심도 유지
도로의 교통하중	<ul style="list-style-type: none"> · 교통량이 적은 보도 등을 이용한 시공 · 충분한 심도로 시공
폐관 미비	<ul style="list-style-type: none"> · 관로 통폐합 등 정비 공사 시 폐관 철거 시행
자재불량, 토질조건	<ul style="list-style-type: none"> · KS 규격에 적합한 자재 사용 · 자재조달시 시험을 통한 반입 · 토질조건을 고려한 관종 선택
시공불량	<ul style="list-style-type: none"> · 엄격한 공사관리 · 정기적인 기술 및 정신 교육
타공사 부주의	<ul style="list-style-type: none"> · 수도공사를 포함한 타 공사 시행 시 상수도 관리자 참석

1) 관의 부식 및 노후화

노후관은 내외부의 부식부분이 침식되어 누수공이 발생하는 것으로 이것 또한 분류하면, 외부적으로는 토질, 전식과 내부적으로는 관종, 수질 등에 의해 누수가 발생하는 것이며 누수가 빈번히 발생하는 곳은 정밀 분석하여 내식성 자재로 교체하여야 한다. 부설교체의 판단기준은 누수다발 관로, 관종 불량, 관로 및 급수전 다발 분기관로, 수압저하 및 단면부족관로, 박스속 및 하수관거속 관로, 사유지 통과관로 등을 고려하여 판단하여야 한다.

2) 고수압

수압의 고·저가 누수율, 관의 파손 빈도에 관계된다. 일반적으로 누수량은 관내 수압에 비례하기 때문에 감압하는 것은 그만큼 누수량을 감소시키는 것이 되어 누수방지에 아주 큰 효과가 있다. 따라서 고수압지역에 감압밸브 설치, 가압장의 경우는 양정조절을 통하여 안정된 급수가 가능한 범위에서 되도록 낮은 수압으로 한다.

3) 토양의 이동

토양의 이동은 흙의 함수율 변화나 온도변화에 따른 것으로 우리나라의 경우도 동절기에서 봄이 되는 해빙기에 누수사고가 많이 발생하게 된다. 그러므로 관 부설시 겨울철의 동파를 방지하기 위하여 충분한 심도로 부설하여 겨울철 동파를 미연에 방지하여야 한다.

4) 도로의 교통하중

도로의 교통하중에 의한 지속적인 충격으로부터 수도관 파열을 방지하기 위해서는 관 부설시 교통량이 적은 보도등을 이용하여 시공하는 것이 바람직하다. 부득이하게 도로를 횡단할 경우는 상부의 충격하중으로부터 보호받을 수 있도록 충분한 심도로 시공하여야 하며, 강판 등을 부설하여 하중을 노면에 넓게 분산하는 것이 필요하다.

5) 폐관미비(잔존관)

폐쇄 및 분리에 따른 잔존관 등에서 발생하는 누수로써, 노후된 수도관을 교체하면서 기존 노후관을 분기점에서 철저히 폐쇄하지 않아 발생하는 잔존 수도관에서 누수가 발생하고 있다. 따라서 기존관을 교체하거나 폐전할 경우는 배수관의 분기점에서 완전 철거 또는 철저한 폐쇄로 잔존급수관에서 누수로 인한 손실을 방지해야 한다

6) 자재 및 시공기술 불량

자재의 경우 충분한 관중검토를 거쳐 관종을 채택하도록 하며 시공기술의 경우 수도 공사업체의 정기적인 기술교육 및 정신교육을 통하여 예방하여야 한다.

7) 타공사에 따른 손상

지하매설물에 대한 부정확한 자료로 인하여 각종 도로공사 및 타 배관의 공사 굴착시 상수도관의 파열사고가 빈번히 발생하는데 타공사시 현장 입회하여 사고발생을 미연에 방지하여야 하며, 정확한 관망도를 작성하고 GIS화하여 체계적인 관리체계를 확립하여야 한다.

라. 옥내누수저감

옥내누수란 수도계량기 통과 이후의 수용가 내부배관에서 발생하는 누수를 일컫는다. 상기에서 살펴본 누수는 수도계량기 통과 이전에 발생하는 옥외누수로써 대부분의 누수원인을 차지하지만 옥내누수 또한 간과할 수는 없는 부분이다. 옥내누수가 발생하면 가정의 경제적 손실은 물론 수용가 건물의 손상으로 붕괴의 위험도 초래할 수 있으며,

더 나아가 수돗물 생산량의 증가를 초래하여 국가적으로 막대한 경제적 손실을 발생시킬 수 있다. 따라서 옥내누수의 제거는 필수적이며 장래의 물부족을 대비한 물 절약의 일환으로도 꼭 제거하여야 하며 수도 생산량을 절감하여 경제적 손실을 방지하여야 한다. 옥내누수여부는 정기적인 검침에 의하거나 수용가 자체에서 확인하여야 하는데 수용가에서는 다음과 같은 방법으로 간편하게 옥내누수여부를 판단할 수 있다.

- ① 수용가의 수도 사용료가 전월보다 큰 폭으로 증가된 경우
- ② 물사용량이 없어도 계량기가 작동하는 경우
- ③ 물이 바닥으로 배어 나오는 경우

전문적인 누수탐사장비로는 ① 단순 청음봉, ② 전자 청음봉, ③ 전자식 누수 탐지기, ④ 공기 압축기(에어 콤프레샤), ⑤ 금속관로 탐지기 ⑥ 비금속 관로 탐지기가 있으며 옥내누수가 확인된 경우에는 신고를 통해 신속히 조치하여야 한다.

9.2.4 허용누수량 및 누수원인의 복원

누수는 가능한 제어해야 하지만 경제적 혹은 기술적인 이유 때문에 방지할 수 없는 경우가 있다. 따라서 이러한 경우 허용하지 않으면 안될 누수량을 허용 누수량이라 한다. 일반적으로 이 한계에 대해서는 누수량을 중심으로 허용누수량 또는 허용 누수율을 정하여 이를 초과하는 누수에 대해서만 그 대책을 수립하여 누수방지를 도모하는것이 바람직하다.

허용누수량의 단위로는 배수관거 1km 당의 누수량($m^3/km/일$), 관경 1mm 당의 누수량($m^3/mm/일$)이 사용되며 허용누수율은 총 허용누수량/ 총 배수량의 관계로 표시한다. 허용누수량은 기술상 또는 경제적인 면을 고려하여 약 10%내외로 책정하고 있다. 누수는 복잡한 요인에 의해 항상 새로이 발생하고 성장하며, 거의 그 성장이 중단되는 법이 없다. 따라서 일단 누수를 어느 정도 제어했다 하더라도 일정기간 누수 방지작업을 중단하면 누수량은 증가하기 시작하여 또 다시 예전의 상태로 복원되기 마련이다. 이 때문에 일정기간마다 이 복원량을 상실시킬 수 있도록 지속적으로 누수방지작업을 해야 할 필요가 있다. 복원속도는 관거와 지역의 상황에 따라 다르며 이러한 복원속도 또는 복원량을 확정하기 위해서도 누수량을 계속해서 주기적으로 측정할 필요가 있다. 즉 최초의 측정 후 반년 또는 1년마다 누수량을 측정하고 전회의 잔존수량과 비교하여 그 증가율을 누수 복원량으로 본다. 경우에 따라서는 관거를 기준으로 하여 배수관 1km당 1년간 누수증가량을 복원율이라 하여 누수지표로 사용하기도 한다. 누수복원의 정도는 허용누수량의 책정에도 큰 영향을 미친다.

9.2.5 노후수도관 개량방안

가. 노후수도관의 정의

수도관은 정수시설과 함께 수도시설의 중요한 역할을 수행하며 수돗물의 수송기능과 더불어 수질유지 기능 등을 담당하고 있다.

수도관도 다른 수도시설과 마찬가지로 시간이 경과하거나 내·외부적인 원인에 의해 그 기능이 열화되는 등의 문제점이 발생한다.

이러한 문제점이 발생하는 원인으로는 내외부 압력, 매설환경, 부식 등의 여러 가지 요소들이 있으며, 발생하는 문제들에 대해 각각의 원인에 따른 대책이 필요하다.

이러한 기능적 열화의 정도를 ‘노후도’라고 표현하며 기관마다 노후도에 대한 잠정적인 정의를 내리고 있다.

환경부 ‘상수도 우수율제고 업무처리규정’ (환경부 훈령 제 486호)에 따르면 “노후수도관이라 함은 아연도 강관, 비내식성 금속관, 매설후 16년 이상 경과한 수도관 중 관석(Scaling) 및 부식이 심한 수도관 등 교체 또는 갱생이 필요한 수도관을 말한다.”고 정의하고 있으며 서울시 ‘우수율 대책 백서’ (서울특별시 상수도사업본부, 2000)에 따르면 “노후 상수도관이란 관의 내용연수가 지나 내외부가 부식하여 관파손 사고와 빈번한 누수, 적수 등의 문제를 일으키는 상수도관과 내용연수가 지나지 않은 관중에서도 비내식성 관의 내부 스케일로 적수를 일으키는 상수도관을 말한다.”라고 정의하고 있다.

이와 같이 ‘노후’라는 의미는 관이 본래의 기능을 발휘하지 못하는 수준, 즉 요구된 서비스를 만족하지 못하는 상태를 의미한다고 할 수 있다.

따라서 만족할 만한 기능을 발휘하지 못하고 있는 노후관에 대해서 노후의 정도와 원인에 따라 교체대상이 되는 관과 개량대상이 되는 관으로 분류되어 그 대책을 진행시키는 것이 바람직하며 일부 지자체에서는 이와 같은 방법으로 대책을 수립하고 있는 것으로 알려지고 있다.

이와 같은 노후관의 정의에도 불구하고 일반적으로는 수도관의 노후도가 갖고 있는 의미에 따라서 제대로 의미전달이 되지 않는 경우도 있다.

경우에 따라서는 노후라는 의미를 ‘매설 연수가 오래된 관’의 의미만이 강조되어 실제에 있어서는 경과연수만을 근거로 수도관의 노후 여부를 판단하는 사례도 있다.

이와 더불어 실제에는 각종 원인을 분석하고 수도관의 노후 여부를 판정하고 있으

면서도, 그 결과를 정리함에 있어서 매설년수를 최종적인 분류항목으로 채택하는 경우에는 단순히 매설년수로 노후 여부를 판정하고 있다고 인식될 수도 있어 노후관의 정의와 분류방법에 대해 체계적인 검토가 필요하다.

나. 수도관 노후화에 영향을 미치는 인자

수도관의 파손에는 여러 가지 원인들이 작용하고 있으며 이러한 원인을 정리한 사례를 살펴보면, 주로 관의 노후, 교통하중의 증가에 의한 이유를 거론하고 있으며 관로 주변의 토양 움직임도 원인 중의 하나라고 보고되고 있다.

다음<표 9-2-2>는 일본 수도관로 기술센터의 수도관의 파손원인을 나타낸 것으로 관의 재질, 시공기술, 급수의 상태, 매설환경, 다른 공사 및 재해에 의한 사고를 원인으로 거론하고 있다.

수도관의 파손원인

<표 9-2-2>

구 분	세 부 원 인
재 질	1) 관, 부대시설, 재질의 불량 2) 부식에 의한 강도저하(관재질, 수질, 토질, 미세전류) 3) 재질의 악화
관로매설 시공기술	4) 시공기술 5) 부적절한 매설 6) 다른 구조물과의 접촉
급수의 상태	7) 수압 8) 수충격(Water Hammer) 9) 수질(내부부식) 10) 온도변화 11) 누수방지에 의한 관로주변의 공동화
관로매설장소의 환경	12) 교통하중의 증가 13) 관로주변 토양의 움직임 (동결, 동토, 붕기, 갈수에 의한 함수율의 저하, 토질) 14) 지진에 의한 응력변화 15) 토양의 침식 16) 온도변화 17) 설계시공시의 제반여건과 현재 여건의 차이
다른 공사 및 화재에 의한 사고	18) 다른 공사에 의한 파손 및 환경의 변화 19) 재해에 의한 도로의 파손

미국수도협회연구기금(AWWARF)에서 발간된 ‘Guidance Manual - Water Mains Evaluation for Rehabilitation / Replacement (1986)’에서는 수도관로의 기능을 평

가하는데 사용될 수 있는 기준으로 다음의 4가지 요소를 들고 있다.

- 물리적 강도(Structural Integrity)
 - 관로에 미치는 내·외부의 하중을 지탱할 수 있는 정도를 나타내는 척도로서 관의 재질, 치수 및 관체의 두께 등이 있음
- 관내 수질(Water Quality)
 - 정수장으로부터 소비자에게 급수되는 동안 관로내 수질의 변화정도를 나타내며, 주로 관의 내부부식으로 인한 적수(Red Water)의 발생과 부압조건, 파손, 시공중 외부환경에 대한 노출 등에 의한 오염 등을 들 수 있음.
- 수리적 조건(Hydraulic Condition)
 - 급수구역내의 모든 지역에 적절한 압력으로 충분한 양의 물을 공급할 수 있는 정도를 나타내며, 수압의 평가는 관로 악화의 정도를 파악하는데 유용함
- 누수(Leakage)
 - 용수의 양적 손실을 나타내며, 이로 인한 경제적 손실뿐만 아니라 관의 지지 토양을 씻어내어 관을 휨상태(Bending Condition)에 놓이게 하여 파손을 촉진시킬 뿐만 아니라 배수특성에 따라 토양함수율을 증가시켜 외부 부식속도를 촉진시키고 수질악화의 원인이 되기도 함

따라서 상수관로가 정상적인 기능을 유지하려면 위에서 언급한 4가지의 조건을 모두 충족시켜야 하며 이들 요소들은 독립적으로 적용하는 것이 아니라 상호 영향을 미치므로 상수관로의 유지관리시에는 어느 하나의 인자에 의한 관리보다는 상호연관성을 지닌 복합적 요소들의 전체적인 관리가 필요하다

‘Planning the Rehabilitation of Water Distribution System(Water Research Centre, 1989)’에서는 과거 사고가 많았던 관(사고는 관이 갖고 있는 모든 약점이 표출된 결과임)을 우선적으로 보수보강하거나 교체대상으로 검토하는 것이 보다 합리적인 것으로 기술하고 있다.

수도관의 노후화를 최대한 지연시키기 위해서는 대상 시설의 특성 이를테면 관중 등에 따라 현 상태에서 노후화를 촉진시키는 요소중에서도 가장 크게 영향을 미치는 요소(대개는 부식관련 요소)를 찾아내어 중점적으로 관리하는 것이 무엇보다도 중요하다고 하고 있다. 상기 보고서에서 제시하고 있는 관로 노후화의 요소와 사고와의 관계를 다음<표 9-2-3>에 나타내었다.

관로 노후화의 요소

<표 9-2-3>

단 계	노 후 화 의 요 소
설 계	관경, 관중, 관 접합
시 공	기초공, 퇴메움토양, 매설년수
하 중	매설지역, 도로폭, 내부수압
운 영	무수율, 누수·파손기록, 부식방지
부 식	외부요소 : 토양비저항, pH, Reaox, 전위, 함수율, 황화물·염화물 내부요소 : C값

주)자료 : Planning the Rehabilitation of Water Distribution System(Water Research Centre, U.K. 1989)

9.2.6 누수량 저감 사업계획

계룡시의 누수량 저감계획을 위한 주요 사업내용은 노후관 개량계획과 누수탐사 계획등이 있으며 이를 통해 누수량 절감을 추진하고자 한다.

가. 노후관 개량계획

1) 수도관 현황

계룡시의 수도관 현황을 보면 1993년 수도사업을 시작하여 노후관으로 판단할 수 있는 20년이상 관이 0%이며, 11년이상된 합성수지관이 17%이며 다음<표 9-2-4~5>과 같다.

수도관 현황

<표 9-2-4>

구 분	관 종	계	92년이전관 (16년이상)	93년~97년 (11년~15년)	98년이후 (10년이하)	매설후 11년이상된 합성수지관
계룡시	계	79,428	-	51,914	27,514	13,543
	액상 에폭시 도복장 강관	15,861	-	15,861	-	-
	닥타일 주철관	22,077	-	21,487	590	-
	스테인레스관	10,209	-	1,023	9,186	-
	PE관	2,327	-	-	2,327	-
	HI-3P관	28,954	-	13,543	15,411	28,954

2) 노후수도관정비실적

최근 노후수도관 교체실적을 검토하여 보면 계룡시는 93년 이전의 관이 없어 노후관 교체사업의 실적이 없으며 계획중인 노후관 교체 사업도 없다.

3) 물수요관리종합계획 목표검토

“충청남도 물수요관리종합계획(2006.7, 충청남도)”에서는 계룡시의 유수율이 90%가 넘어 노후관 개량사업은 제외시켰다.

종합계획의 계룡시 노후관 개량계획

<표 9-2-5>

(단위 : km/년)

구 분	계	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년
계룡시	-	-	-	-	-	-	-	-

4) 노후관 개량계획

수도관 매설년도, 녹물 및 누수다발지역, 출수불량지역등을 종합적으로 고려하여 노후관 개량계획을 수립하였으며 상대적으로 누수 빈도가 높은 합성수지관을 교체하는 것으로 계획하였으며 노후관 개량 계획은 다음 표 <9-2-6>과 같다.

노후관 개량 계획

<표 9-2-6>

(단위 : m)

구 분	단계별	관경(mm)					
		계	D25	D40	D50	D80	D100
계룡시	계	13,543	30	85	335	8,500	310
	2단계	4,814	30	85	335	2,833	103
	3단계	4,364	-	-	-	2,833	103
	4단계	4,365	-	-	-	2,834	104

<표계속>

구 분	단계별	관경(mm)					비고
		D150	D200	D250	D300	D400	
계룡시	계	270	190	350	750	2,723	
	2단계	90	63	117	250	908	
	3단계	90	63	117	250	908	
	4단계	90	64	116	250	907	

5) 절감량 산출

2007년 상수도 통계를 참조하여 산출한 관거 1km당 누수추정량은 2.4천 m^3 /km/년으로 추정되므로 매년 1 km의 노후관 교체를 통하여 얻을 수 있는 누수저감량은 2.4천 m^3 으로 추정된다.

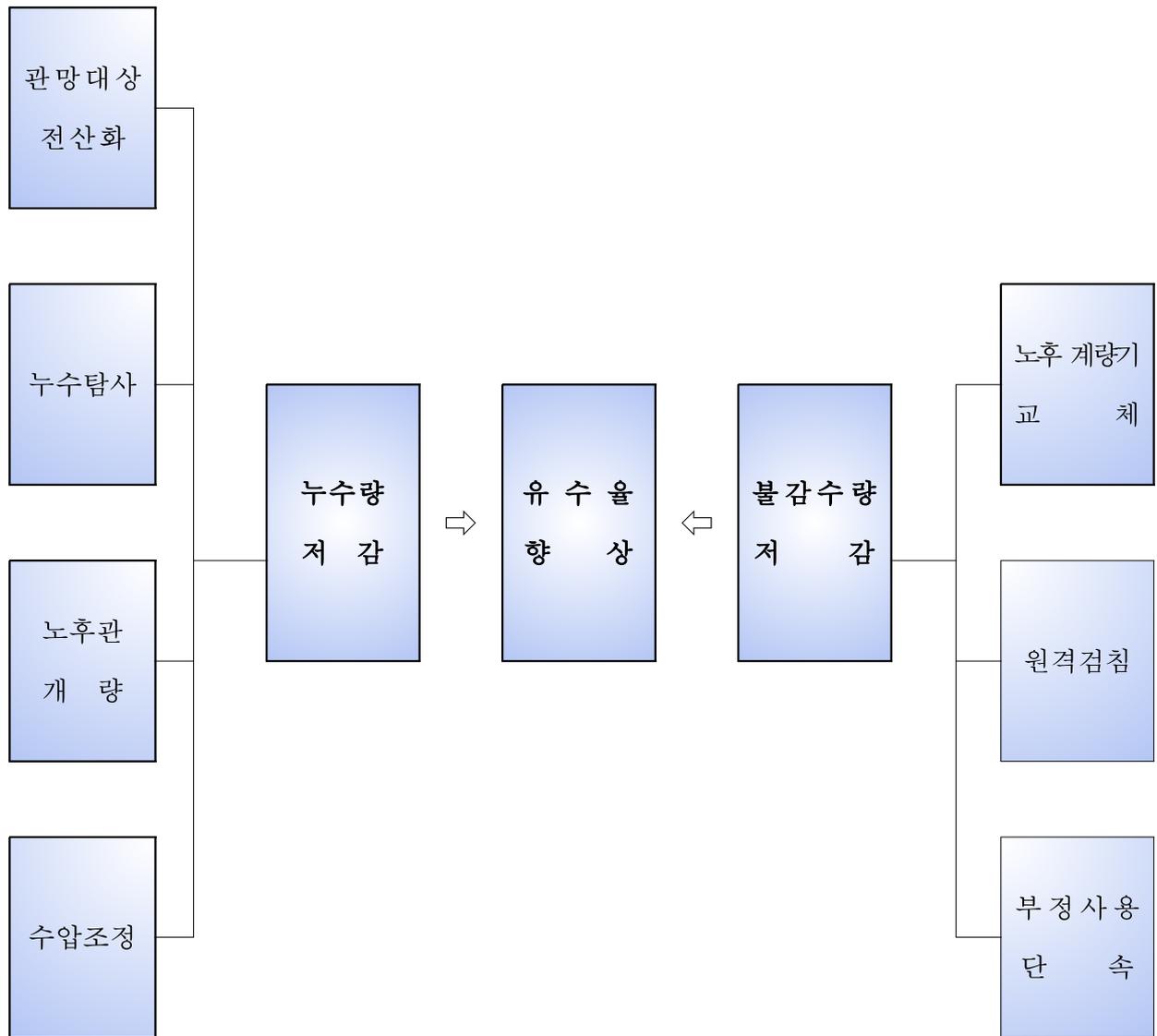
9.3 유수율 향상계획

9.3.1 개요

유수수량을 증대시키기 위해서는 앞절에서 계획한 누수탐사 및 노후관 정비를 통한 누수량 감소와 수도용수 중에 무수수량인 계량기 불감수량, 수도사업용수량 및 공공수량을 효율적으로 관리함으로서 유수율 향상을 기대할 수 있다. 따라서 본계획에서는 유수수량을 증대하기 위하여 무수율을 저감시키기 위한 수도계량기 교체계획 및 누수율 저감사업을 효율적으로 수행하기 위한 전제조건인 관망도 전산화 및 GIS 도입계획과 블록시스템 구축계획을 수립하였다.

유수량 증대 계획 개념도

<그림 9-3-1>



9.3.2 관망도 작성 및 GIS도입 방안

가. 관망도와 GIS 도입의 필요성

관망도는 배·급수시스템에서의 관로와 각종 밸브 등 시설의 위치를 지도상에 표시한 것으로 수도관리에 필요한 기본적인 자료의 하나이다. 이러한 관망도는 누수발생, 수용가 관리, 각종 개량 및 교체 공사 등에 광범위하게 사용되고 있으며 기타 전화공사, 지하철, 전기, 가스관 관련 공사 등 타공사에도 매우 중요하게 사용되고 있다. 따라서, 관로 및 시설정보의 정확성은 곧바로 관련공사 및 시설유지의 신뢰성과 밀접한 관계를 가지게 된다.

현재 우리나라의 경우 각 지자체별로 관망도를 유지관리 및 보수 갱신을 실시하고 있다. 또한 최근에 들어서는 종이에 기록된 관망정보를 컴퓨터에서 사용할 수 있도록 데이터 베이스화하는 작업이 진행되고 있는데 이러한 작업은 통상 상수도 관련 부분만이 아니라 지하시설물의 대부분과 지상의 교통, 도로 등의 지형지물자료까지 포함하여 총괄적으로 진행되고 있으며 이를 GIS(지리정보시스템)라고 한다.

다시 말하면, GIS(지리정보시스템 : Geographic Information System)란 종이지도(紙地圖)로 보관되었던 다양한 지리정보를 컴퓨터에 데이터베이스화함으로써 검색이나 표시, 해석 등을 간단히 할 수 있게 해주는 시스템이다.

이전까지는 고정자산세업무, 도시계획업무, 지적조사성과의 활용, 시설관리 등 지도상에 표시되는 정보를 종이지도로 보관해 왔으나, 종이지도로는 정보관리, 보완 등에 많은 시간과 장소가 필요함은 물론, 여러 부서간에 정보를 상호 이용하거나 다양한 지도를 복합적으로 이용하기가 곤란한 점이 있었다. 이러한 단점들을 보완하기 위해 컴퓨터에 의한 처리 등 간소화할 수 있는 방법이 점차 요구되기 시작했다.

상수도시설 특히 송·배수시설에서의 구체적인 활용방안으로서는 관망도나 매설도를 수치화함으로써 문의나 열람, 사고시의 긴급대응, 이설이나 갱생 등에 필요한 정보를 신속히 제공하거나, 도면보관이 간소해지고 수정반복으로 인한 도면의 훼손이나 손실 등을 미연에 방지할 수 있다.

나. 국내의 추진현황

1) 국내 추진현황

가) GIS관련 상수도 분야의 국내 추진현황

NGIS (National Geographic Information System : 국가 지리 정보 시스템) 사업에서는 통신시설, 난방열관, 가스시설, 상수도, 광역상수도, 하수도, 전기시설 등 7대 시설물을 중점 사업대상으로 하고 있다. 이중 상수도 관련시설 지하시설물의 수치지도의 구축현황은 지자체 평균 39.5%수준이며 광역상수도의 경우는 30.8% 수준을 나타내고 있다. 지자체별 상수시설물 수치지도 구축현황을 살펴본 바, 단위 연장당 구축비용은 1.29백만원/km이다.

나) 상수도관련 GIS 활용시스템의 개발 현황

2000년 3월 현재, 상수도 관련 활용시스템을 개발하고 있는 지자체는 전체 79개 지자체 중에서 35개이며 개발비용은 10,044백만원으로 시스템당 286백만원이 소요된 것으로 파악되고 있다. 지자체별로 채용하고 있는 상수도와 관련된 GIS관련 단위시스템의 전체적인 역할은 비슷하나 지자체의 지역별 특성과 여건을 고려하여 시스템 명칭이나 부분별 구분이 서로 다르게 수립되고 있는 실정이다. 계룡시는 2006년 9월에 계룡시 전체에 대하여 “도로와 지하시설물도 공동구축(GIS) 사업”을 시작하여 현재 3단계 사업을 진행 중이다.

2) 외국의 GIS활용상황과 최근 경향

미국 수도업계는 15년전부터 자동지도작성(Automated Mapping ; AM), 시설물관리(Facility Management ; FM) 및 지리정보시스템(Geographic Information System ; GIS) 기술을 도입하여 꾸준히 자동화를 추진하여 왔다.

영국의 경우 GIS 프로그램인 IBM의 시설물관리 GeoGPG를 이용하여 프로그램화 하였으며, 이러한 관망 정보시스템은 수리계산모델에 의한 관망의 상황 파악 및 자산관리, 비용관리, 의사결정 등에 효율적이며 시민에게 정보를 제공하는데도 유용하게 쓰이고 있다.

일본의 경우 수도관로에 관한 기존자료들은 대부분 배관도나 마이크로 필름으로 보존되어 있지만, 관로시설의 유지관리와 이용시의 신속성 및 편리성 등을 위하여 실용적인 맵핑시스템(Mapping System)의 도입을 추진하고 있다.

다. 관망도 및 GIS자료 구축

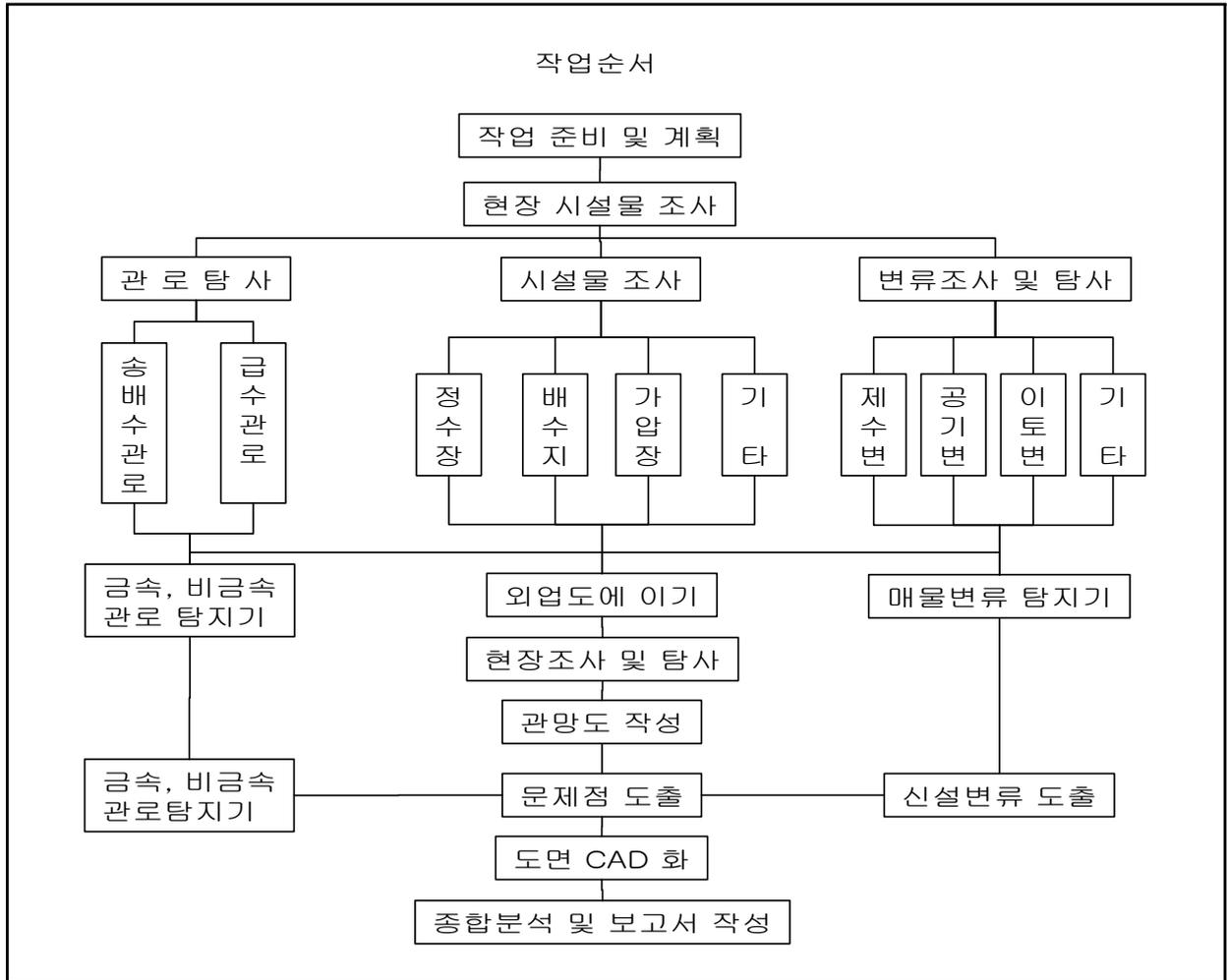
1) 관망도의 작성

수도시설을 유지관리하는데 있어서 관망도를 100% 보유하고 이를 정기적으로 정비관리하는 것은 대단히 중요하다. 현재에는 이러한 관망도의 갱신이나 정비를 보다 효율적으로 하고자 도시시설물전산관리의 일환으로 관망도를 GIS의 활용시스템에 편입하여 보다 광범위한 이용을 도모하고 있다.

일반적으로 관망도의 작성은 다음 <그림 9-3-2>과 같이 진행된다. 관망도의 작성에 있어서 관로의 위치나 대상시설물의 정확한 정보를 확인하고 이를 기입하는 것이 중요하다. 관망도 작성시 작업의 내용과 관망도 도면의 표기내용을 간략하게 요약하면 다음 <표 9-3-1>, 그림 <9-3-3>와 같다.

관망도 작성 작업순서

<그림 9-3-2>



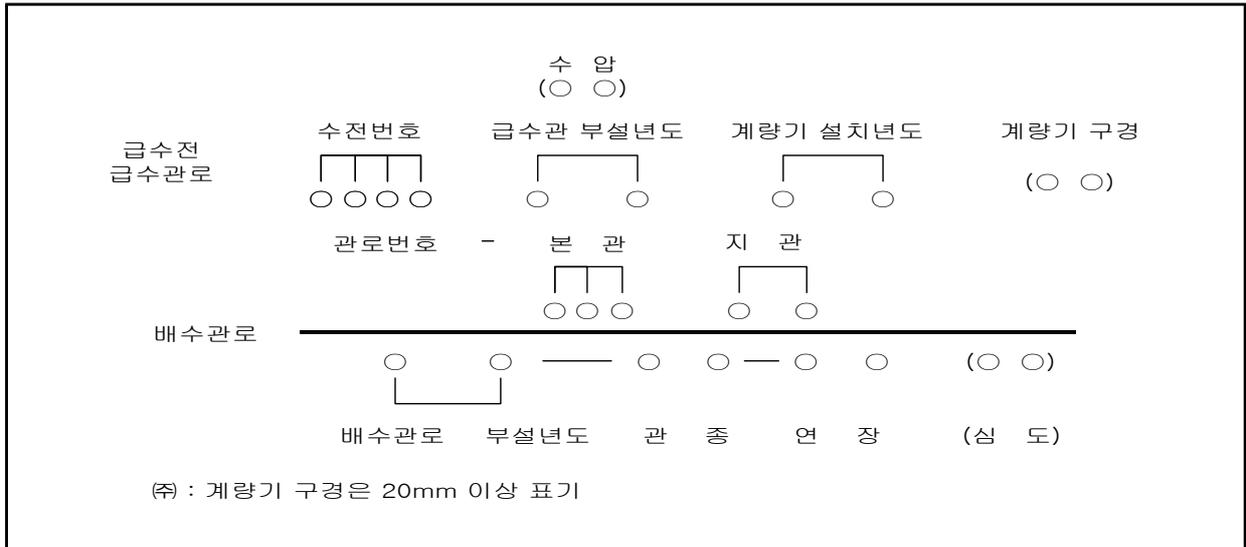
관망도 작성시 작업수행내용

<표 9-3-1>

작업수행내용	
<ul style="list-style-type: none"> • 자료 수집 • 도관분할 및 복사 청사진 • 각종자료이기 • 구경, 급수관, 급수전 • 부설년도 이기 • 관중, 관경, 매설심도 	<ul style="list-style-type: none"> • 연장, 부설년도 조사 • 관로탐지기 이용 • 관로탐사 • 제수변탐지기 이용 • 제수변탐사

관망도 작성시 도면표기 내역도

<그림 9-3-3>



2) 관망도의 전산화

관로탐사와 구역내의 자료의 수집과 이를 통한 전산화 작업이 누수방지 사업의 일환으로 추진되고 있으며 그 활용도가 점차 높아지고 있다. 이후 보다 다양한 자료활용과 유지관리의 효율성을 기하기 위해 수집된 자료를 전산화하여 수도관리 시스템이나 GIS활용시스템으로 이용할 수 있을 것이다.

3) 상수도관리시스템의 개발

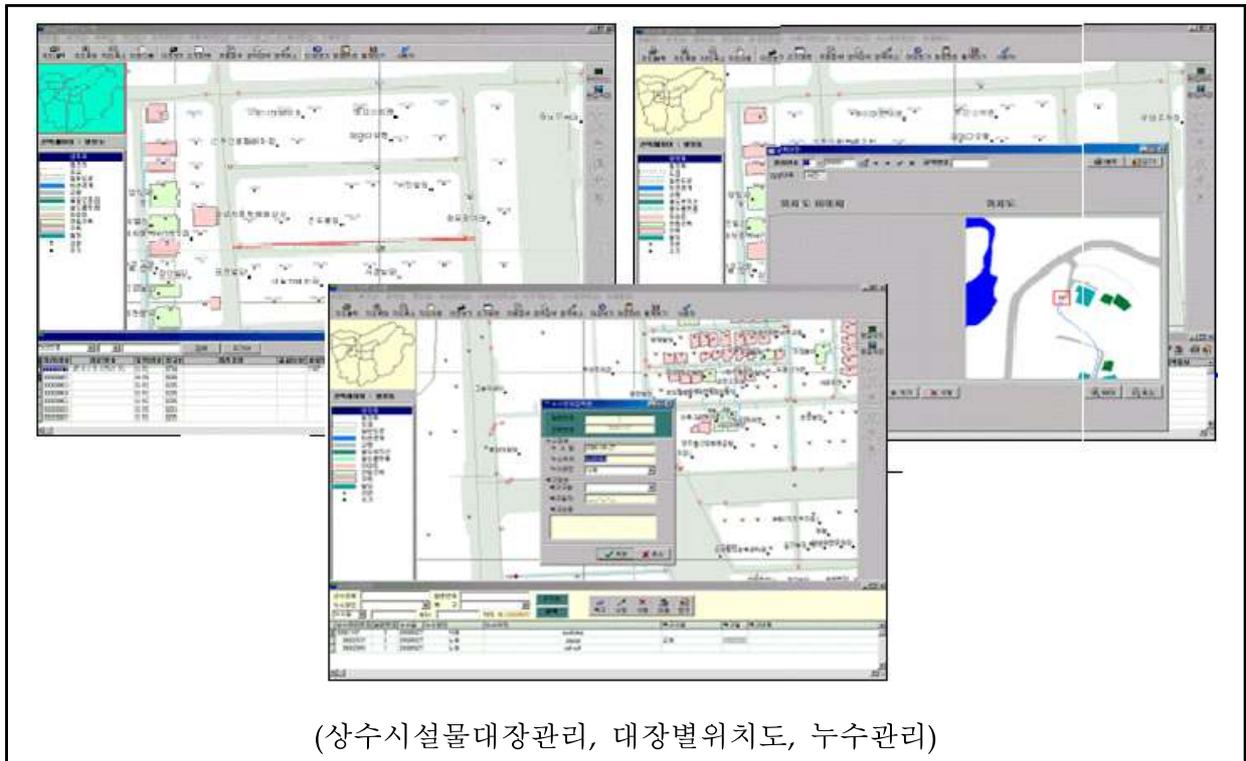
작성된 신뢰성 있는 관망도를 바탕으로 GIS사업에 연계하여 이를 전산화하더라도 이러한 D/B화된 자료를 효율적으로 이용할 수 있는 시스템이 유지되지 않는다면 관망 관리의 효율성을 기대하기가 어렵다. 상수도 관리시스템이란 이러한 지하에 복잡하게 얽혀있는 모든 상수도관망의 현황을 통합관리하는 시스템으로서, 새로운 관망의 매설, 제거 및 기타 공사로 인하여 변경되는 자료들의 전산화와 이미지 입력 등 전반적인 모든 상하수도관망을 한 곳에서 관리할 수 있도록 해 줄 수 있다. 상수도 관리 시스템의 궁극적인 목표는 관망관리의 계획수립과 의사결정 및 산업활동을 효율적으로 지원할 수 있는 정보시스템을 구축하는 것이다. 다음은 상수도 GIS활용시스템의 상수도 관리업무를 분석한 예이다.

- 관로관리
- 수용가관리업무
- 부대시설관리
- 통 계
- 누수관리업무

<그림 9-3-4>은 실제의 운영시스템의 일종으로서 이렇게 전산화된 자료를 통하여 상수도관리시스템이나 GIS활용시스템의 상수도관련분야를 이용하여 **관로확인, 대장별 위치도, 누수관리를 실행하고 있는 화면이다.** 이를 통해 신속하고 정확한 관망관리가 가능하며 유지관리의 시간적 단축과 효율적인 유수율제고 및 누수방지에 이용하고 있다.

상수도 관리시스템의 활용(예)

<그림 9-3-4>



4) 계룡시의 상수도 GIS 구축현황

GIS를 상수도에 적용함에 있어서 나타나는 문제 중에서 가장 많이 지적되는 것이 자료의 신뢰도 문제이다. 자료의 신뢰도에 문제가 있을 경우, 막대한 예산과 인력이 낭비됨은 물론 향후의 상수도시설의 신뢰성에도 영향을 미친다. 따라서 이러한 자료의 신뢰도를 향상시키기 위해서는 인력과 예산의 확충은 물론 체계적이고 과학적인 검정절차와 아울러 상수도 GIS구축에 관한 전반적인 시스템의 규격화와 체계화가 시급하다고 할 수 있다.

계룡시는 2006년부터 1차, 2차, 3차에 걸쳐서 상수도 GIS 구축에 관한 시스템을 구축하고 있다.

9.3.3 블록시스템 구축 방안

블록시스템을 도입함으로써 얻을 수 있는 장점을 유수율 제고 측면에서 검토하고 계룡시 현황을 고려하여 계룡시에 도입시 예상되는 문제점을 바탕으로 향후에 추진 가능한 수준의 관리시스템 구축을 검토하였다.

가. Block system의 정의

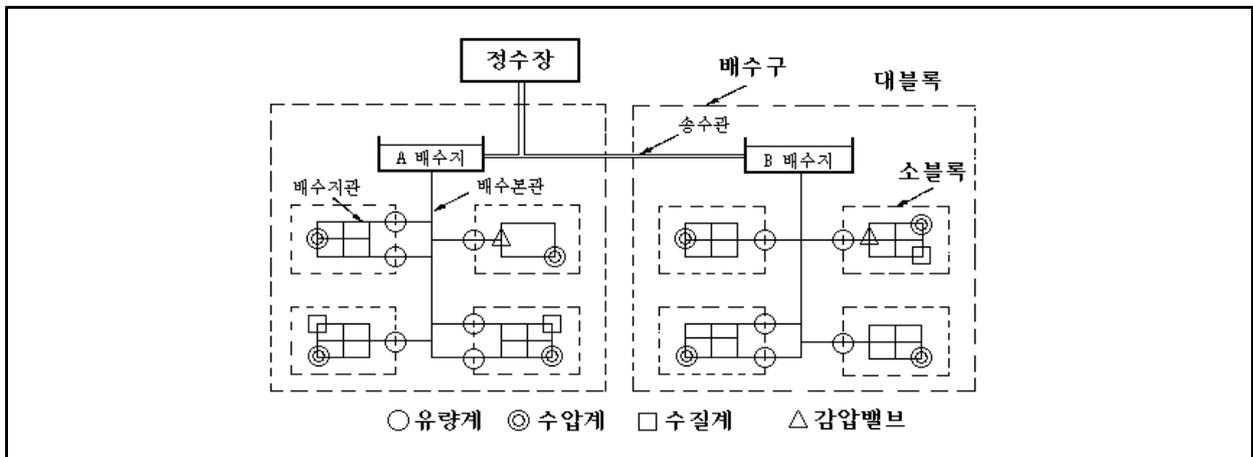
원래 블록시스템은 일본 新潟市에서 1964년의 대지진 이후에 이를 복구하기 위하여 적용된 배수관망조직법을 말한다. 당시에는 재해에 강한 배수시스템의 건설이 주목적이었지만, 이러한 조직방법이 배수시스템의 유지관리에도 효율적으로 대처할 수 있다는 것이 증명되면서 일본에서 널리 보급되기 시작하였다. 배수관망의 블록화는 초기에는 복구하기 쉬운 배수관망을 형성한다는 것에 주안점을 두었으나, 최근에는 이에 부가하여 유지관리를 효율적이면서 용이하게 할 수 있는 관망의 형성을 목표로 하고 있다.

현재에는 이 개념이 우리나라에서도 어느 정도 잘 알려져 있고, 일부의 도시에서 이 개념에 의해 기존 배수관망의 재정비를 진행 중에 있다. 그러나 대부분의 도시는 아직도 기존의 배수관망조직을 그대로 유지하고 있기 때문에 일부 개선되어야 할 점이 있는 것으로 평가되고 있다. 이러한 블록시스템이 일반적으로 고려하고 있는 기본적인 구성원칙은 다음과 같다.

- 관로의 독립성(기능분리, 지역성, 세분화)
- 관로의 연대성(망상화, 중치화, 연락화)
- 관로의 단순성(관로의 생략, 통합, 규격화)

블록시스템의 개념도

<그림 9-3-5>



나. Block system의 장점

블록시스템을 이용하여 배수관망을 구축하는 경우에는 일반적으로 다음과 같은 장점들이 있다고 알려지고 있다.

- 모든 관로를 관경 등에 따라 그 기능을 분산하고, 배수지관 블록으로의 주입점을 규제함으로써 배수 블록내에서 적절한 수압을 유지할 수 있다.
- 각 배수 블록마다 유효율 또는 유수율 등의 각종 정보를 비교적 정확히 파악할 수 있고 노후관 대책이나 누수 방지 계획을 수립하기 쉽다.
- 각 배수 블록이 독립되어 사고시나 재해시에 백업(backup) 및 급수조절이 용이하다.
- 가뭄시의 취수 제한이나 정수장 가동중지 등의 이상사태에서 감압급수 또는 시간제한급수를 실시할 수 있어 급수의 균등화를 도모할 수 있다.
- 대규모의 재해시 각각의 지관, 블록 단위로 동시에 재해 복구에 착수함으로써 전체 작업을 빠르게 추진할 수 있다.
- 지역에 따른 필요수량 및 수질을 보다 쉽게 파악할 수 있어 장래의 확장계획에 중요한 정보를 얻을 수 있다.

이러한 장점중에서 유수율 제고와 관련된 장점을 정리하면 다음의 <표 9-3-2>와 같다.

기존 배수관망과 블록화된 배수관망의 특성비교

<표 9-3-2>

현재의 배수관망	블록화된 배수관망
1. 관망해석이 복잡, 난해하고 간이 관망해석으로 잔류수압을 정확히 알지 못하므로 사전 출수 불량예상지역 파악이 곤란하다.	1. 관망해석이 정확하고 소구경의 관로에 대해서도 관망해석이 이루어져 잔류수압을 정확히 알 수 있으므로 출수불량지역 예측이 가능하다.
2. 도로횡단관이 많아 누수가 발생하면 대형 사고의 위험이 높다.	2. 비상연락관을 제외한 도로횡단관의 정비계획을 수립할 수 있어 누수로 인한 사고를 줄일 수 있다.
3. 누수가 많은 지역과 적은 지역을 알수 없어 누수탐사가 능률적이지 못하다.	3. 간접유량측정법에 의한 최소야간유량을 비교 분석하여 누수가 많은 지역을 확인할 수 있어 누수방지작업의 능률을 높일 수 있다.
4. 정수장별, 가압장별, 배수지별 또는 구역별로 유량계측설비가 갖추어지지 못해 배수량분석이 불가능하다.	4. 대·중·소구역별로 유량계측설비를 설치할 수 있어 배수량분석이 체계화 될 수 있다.
5. 단순격자형 배수관망에 있어서는 구역별로 수압조절이 어렵다.	5. 수압이 높게 작용하는 지역은 구역별로 수압조정체계 구축이 가능하다.
6. 공동주택, 공장 등 수돗물을 다량으로 사용하는 수용가의 급수전이 낭비계량지구내 배수관에서 분기됨으로 인해 최소야간유량 측정에 오차가 크게 발생한다.	6. 공동주택, 공장 등 수돗물을 다량 사용하는 수용가의 급수전은 중구역 주관로에서 분기하여 최소야간 유량측정의 오차를 감소시킬 수 있다.

블록시스템 구축시에 많은 도시에서 다음과 같은 관리방법을 계획, 검토하여 재해대책이나 평상시의 유지관리 능력을 향상시키고 있다.

- 수량관리
- 압력관리
- 수질관리

즉 배수관망을 블록화 하였을 경우 수량과 수압, 그리고 수질상의 이점이 있으며 이를 블록의 크기에 따른 기능성과 장점을 정리하면 다음의 <표 4-2-3>과 같다.

블록화의 목적과 장점

<표 9-3-3>

구분	요소	정보취득	평상시 유지관리	긴급시의 대응
대블럭	수량	• 대블럭단위의 유수율, 유효율·시간계수 등의 정보를 얻을 수 있게 된다.	• 수량관리가 쉬워진다	• 대블럭간의 백업기능을 활용할 수 있다. • 가뭄시의 급수제한을 공평히 할 수 있다.
	수압	• 수압분포를 보다 쉽게 파악할 수 있게 된다.	• 등압급수 등 배수조절이 쉬워진다.	• 가뭄시의 급수제한을 공평히 할 수 있다.
	수질	• 수질변화를 추적하기 쉽게 된다.	• 적수,정체수의 배제를 계획적으로 할 수 있다.	• 수질오염을 국지화 할 수 있다. • 수질오염의 원인규명이 쉬워진다.
	관로 시설 등	• 관로의 기능이 명확하게 된다.	• 내진성향상, 여유량 확보 등 배수관 간선의 부설 계획을 합리적으로 할 수 있다.	• 배수관 간선의 복구 계획을 세우기 쉽다. - 배수지를 응급급수 거점으로 이용할 수 있다.
소블럭	수량	• 소블럭단위의 시간계수, 유수율, 유효율 등을 자세히 파악할 수 있게 된다. • 누수조사가 쉬워진다.	• 소블럭단위로 급수구역의 변경이 쉬워진다. • 소블럭간 융통성이 향상된다. • 배수조절이 쉽게 된다. • 가뭄시 대책수립을 효율적으로 할 수 있다.	• 소블럭단위로 수량조절이 가능하고, 가뭄시의 급수 제한 등을 공평히 할 수 있다.
	수압	• 최대, 최소수압 등 수압변동을 자세히 파악할 수 있다.	• 감압, 가압구역의 설정이 쉬워진다. • 출수불량지점을 합리적으로 개량할 수 있다.	• 소블럭단위로 수량조절이 가능하고, 가뭄시의 급수 제한 등을 공평히 할 수 있다.
	수질	• 수질변화를 추적하기 쉽게 된다.	• 적수, 정체수의 배제를 계획적으로 할 수 있다.	• 수질오염을 국지화 할 수 있다. • 수질오염원인규명이 쉽다.
	관로 시설 등	• 관로의 기능이 명확해진다.	• 교체대상 관로 등의 우선 순위를 확실히 정할 수 있다.	• 돌발사고에 대처하기 쉽다. • 소블럭의 복구계획을 세우기 쉽다.

다. 효율적인 Block System 구축

1) 지역화 계획 및 지역분할

배수관망에 있어서 지역화라는 것은 급수구역을 어떠한 특정요소들을 기준으로 하여 서로 공통된 부분들을 중심으로 전체급수구역을 몇 개의 소구역으로 분할하는 것을 의미한다. 이 때에 고려되는 요소는 자연적 요소, 인공적 요소, 사회적 요소가 있으며 이에 배수관의 구경과 블록의 크기가 추가될 수 있다. 자연적인 요소는 지형을 들 수 있으며 인공적인 요소로서는 도로, 철도, 운하, 사회적 요소로서는 용도지역제, 급수밀도 등을 들 수 있다.

가) 지 형

자연적 지형과 인공적 지형 즉, 철도 및 도로 등을 함께 고려하고 시설의 관리 상 행정구역도 포함한다. 지반고는 배수관망의 경제적 계획과 배수조절면에서 가장 중요한 요소가 된다. 고지대에서는 출수 불량상태가 자주 야기되기 때문에 고지대와 저지대를 분리하도록 하며, 대하천이 도시를 횡단하는 경우는 될 수 있는 한 취수로부터 배수에 이르기까지의 모든 경로를 전부 별개의 시설로 설치하고 비상시를 위해 송수관이나 배수간선 등을 서로 연결해 두도록 할 필요가 있다. 배수지관구역을 형성하는 데에는 소하천, 도로에 의해 단수구역은 주로 도로에 의해 분리하도록 한다.

나) 용도지역제

지역 용도에 따른 상수사용형태는 많은 영향을 끼치므로 지역화를 고려하는 데에 있어서는 각 도시가 설정하고 있는 용도지역제를 충분히 감안하여 블록화해야 한다. 이와 더불어 대량수요자가 많은 지역과 적은 지역, 급수밀도가 높은 지역과 낮은 지역, 탱크식 급수방식 지역과 저류탱크가 거의 없는 지역 등도 중요한 요소로 함께 고려해야 한다.

다) 블록의 규모

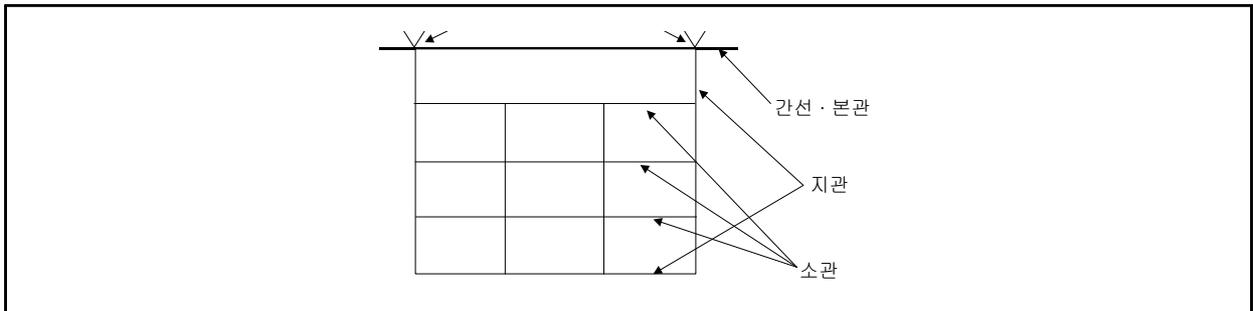
블록의 규모를 작게 설정할수록 블록의 수가 많아지고 따라서 당연히 기대되는 효과도 높아지지만 건설비용은 물론이고, 극단적인 소규모화로 인하여 유지관리 비용과 노력은 증가하기 마련이다. 극단적인 경우는 블록화를 적용한다는 것이 도리어 비합리적이 되어 버리는 경우도 발생한다. 그러므로 급수지역의 지형적 조건과 지리적 조건에 배수관연장, 관망형태, 관경, 블록내의 손실수두, 유량조사의 효율성, 도시계획 등을 고려하여 적정규모를 설정하도록 한다

2) 주입점의 선정

상위 관망조직에서 하위 관망조직으로 상수를 공급하는 관을 주입관이라 하고 주입관이 하위조직에 연결되는 점을 주입점이라 한다. 따라서 하위관망조직에의 주입점은 그 관망의 외곽부에 설치되며 그 수는 보통 3~4개 이하가 일반적이고 2개이상인 바람직하다.

관의 기능분류 모식도

<그림 9-3-6>



3) 연락관

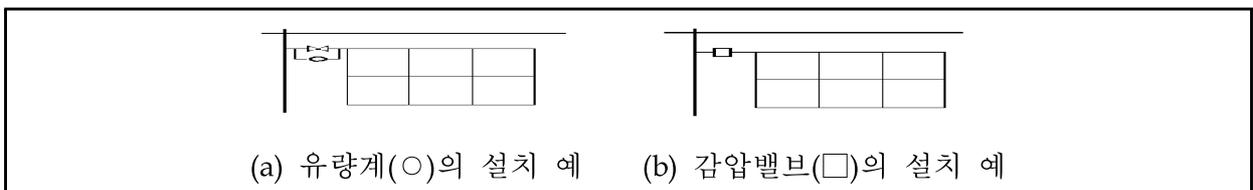
블록시스템의 상하위조직 사이에 어느 한 곳에서라도 이상이 있을 때는 그 이하의 모든 구역은 당연히 피해지역이 되기 때문에 관의 파열, 수질오염, 이상수요증가 등에 대비하여 동급의 서로 다른 블록사이를 연결하는 연락관을 설치하는 것이 바람직하다.

4) 감압밸브의 설치

블록시스템의 경우 관망조직이 기능적으로 지역적으로 분리되어 운용되기 때문에 수압조절에 의한 누수제어가 가능하며 효과적으로 사용될 수 있다. 블록시스템에 감압밸브를 설치하고자 하는 경우 각 블록의 주입관에 설치하도록 한다.

구역유량계와 감압밸브의 설치 예

<그림 9-3-7>



5) 블록별 유수율 및 누수율 분석

블록별 유량측정은 다음과 같은 이점이 있는 것으로 알려져 있다.

- 실시간 관망해석
- 야간최소유량 측정
- 누수탐사
- 유량계의 위치결정
- 배수량 분석

6) 단수구역의 설정

관거가 파열되었거나 수질오염이 발생하는 등 단수를 해야 하는 경우에 수량이나 수압면에서 그 하류 측이 받는 영향을 될 수 있는 한 작게 되도록 해당지역의 특성과 관망형태 등을 충분히 검토한 후에 제수밸브를 설치함으로써 단수구역을 설정한다. 일반적으로 수량, 수압, 수질의 최적관리를 목표로 하는 합리적인 단수지역의 설정에 있어서 고려할 사항은 다음과 같다.

- 수량, 수압, 수질 면에서 직접 또는 간접적으로 받는 영향을 최소화하도록 한다.
- 동일 단수구역내에서는 상수수요형태나 지역의 특성이 같도록 한다.
- 단수작업을 원활히 할 수 있도록 한다.
- 수량, 수압, 수질관리에 편리해야 한다.
- 제수밸브의 설치나 유지관리에 경제적이 되도록 한다.

9.3.4 우수수량 증대 사업계획

가. 관망도 작성 및 GIS 도입계획

1) 관망도 작성계획

계룡시는 2006년 수도시설물관리에 소요되는 예산절감 및 효율적인 투자의 효과, 각종사고 및 재난발생시에 신속히 대응하고, 시민생활의 안전을 도모하며 시민에게 질 높은 행정서비스를 제고하기 위하여 계룡시 상수도시설물에 대한 DB구축의 일환으로서 “계룡시 도로와 지하시설물도 공동구축(GIS)사업”을 시행하여 관련 업무의 데이터를 체계적으로 관리할 수 있게 DB구축을 실시하였다. 전반적인 사업개요는 다음과 같다.

가) 사 업 명 : 계룡시 도로와 지하시설물도 공동구축(GIS)사업

나) 사업내용

데이터베이스 구축(도시기준점 설치 및 측량, 도로시설물 조사 및 DB구축, 상수시설물 조사/탐사 및 DB구축, 하수시설물 조사/탐사 및 DB구축 등), GIS기본계획 및 시스템 개발(계룡시 GIS기본계획 수립, 범용프로그램 도입 및 수정/추가개발, 웹기반 인트라넷정보 시스템 개발, 인터넷 생활지리정보 시스템 개발, 지하시설물 통합관리시스템 개발 등)

2) 상수도 시설물 측량 및 조사

계룡시 일원에 매설된 상수도 시설물을 효율적이고 체계적으로 관리하기 위하여

상수도 시설물의 위치, 심도, 이격거리등을 측정

3) 향후사업계획

계룡시는 현재 관망도의 전산화 작업이 진행 중인(3단계) 상태이고, 향후 지속적인 유지관리를 통하여 보완 및 수정작업이 이루어져야 할 것이며 신설 및 개량관로와 밸브시설등의 신속한 자료구축 및 보다 효율적인 운영시스템의 개발로 유수율 제고 및 누수방지사업에 적극적으로 활용해 나갈 계획이다.

나. 블록시스템 구축계획

계룡시는 상수도 관망도 전산화 작업을 위하여 수행한 “계룡시 도로와 지하시설물도 공동구축(GIS)사업”을 통하여 관망 정비를 실시하고 있는 단계이다.

따라서 보다 효율적인 유수율 제고사업 및 체계적인 관망관리를 위해서는 블록시스템의 구축이 필수적이므로 본 계획에서는 현재 수행중인 계룡시 수도정비기본계획과 관련하여 다음<표 9-3-4>과 같이 블록시스템 구축을 계획하였다.

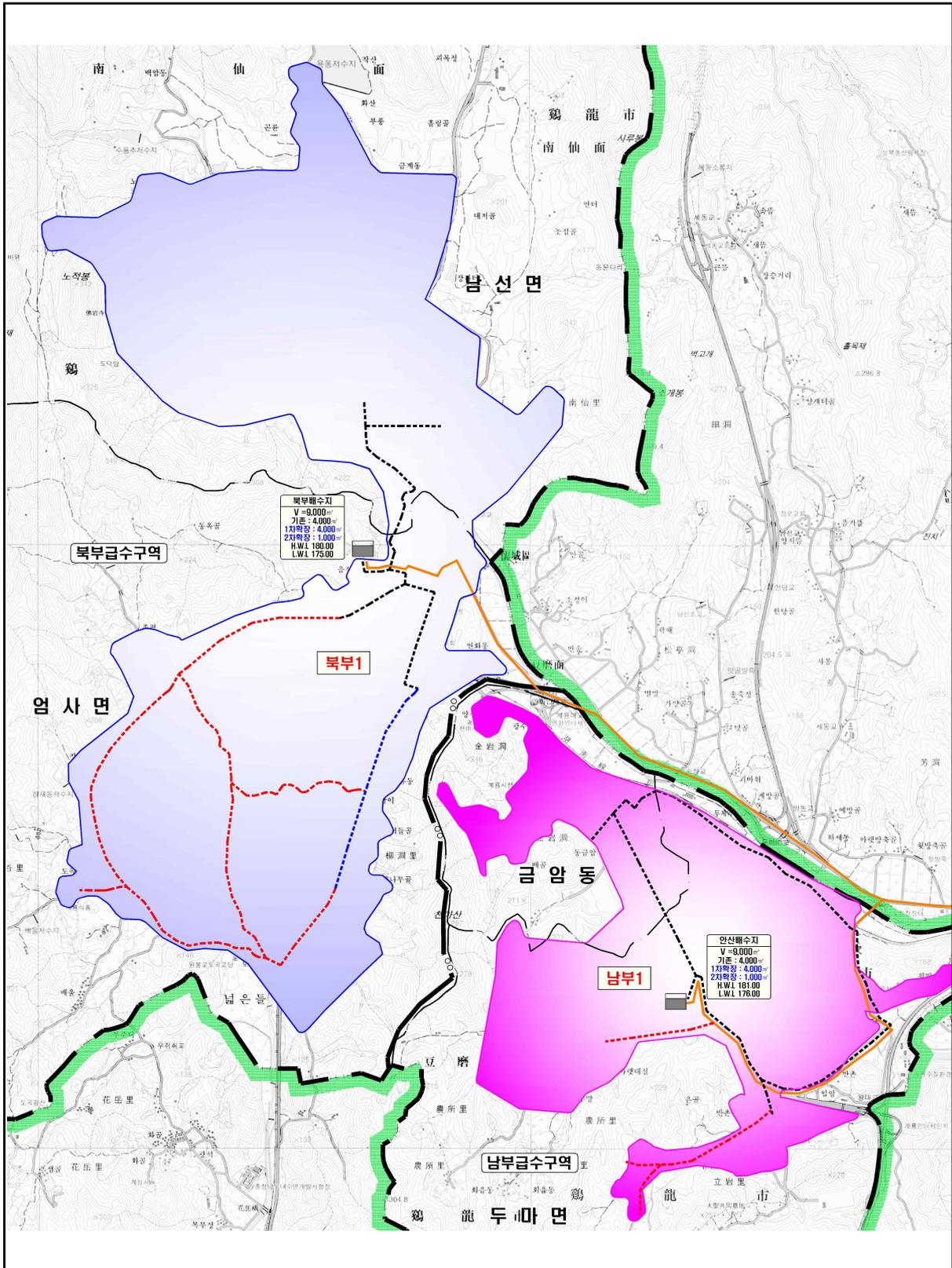
계룡시 블록시스템 구축 계획

<표 9-3-4>

구 분	중블록	소블록	비 고
계	2구역	2구역	
북 부 급 수 구 역	1구역	1구역	
남 부 급 수 구 역	1구역	1구역	

블록 분할도

<그림 9-3-8>



본 계획에서는 상기와 같은 블록시스템 구축사업을 다음 <표 9-3-5>과 같이 2015년 도까지 년도별로 시행하는 것으로 계획하였다.

블록시스템 구축 시행계획

<표 9-3-5>

구 분	계	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
관망블록화(개소)	2	-	-	-	-	2
사업비(백만원)	144	-	-	-	-	144

다. 수도계량기 교체계획

1) 수도계량기 설치현황

계룡시에 현재 설치되어 있는 수도계량기의 구경별 년도별 현황은 다음과 같다.

수도계량기 구경별 년도별 현황

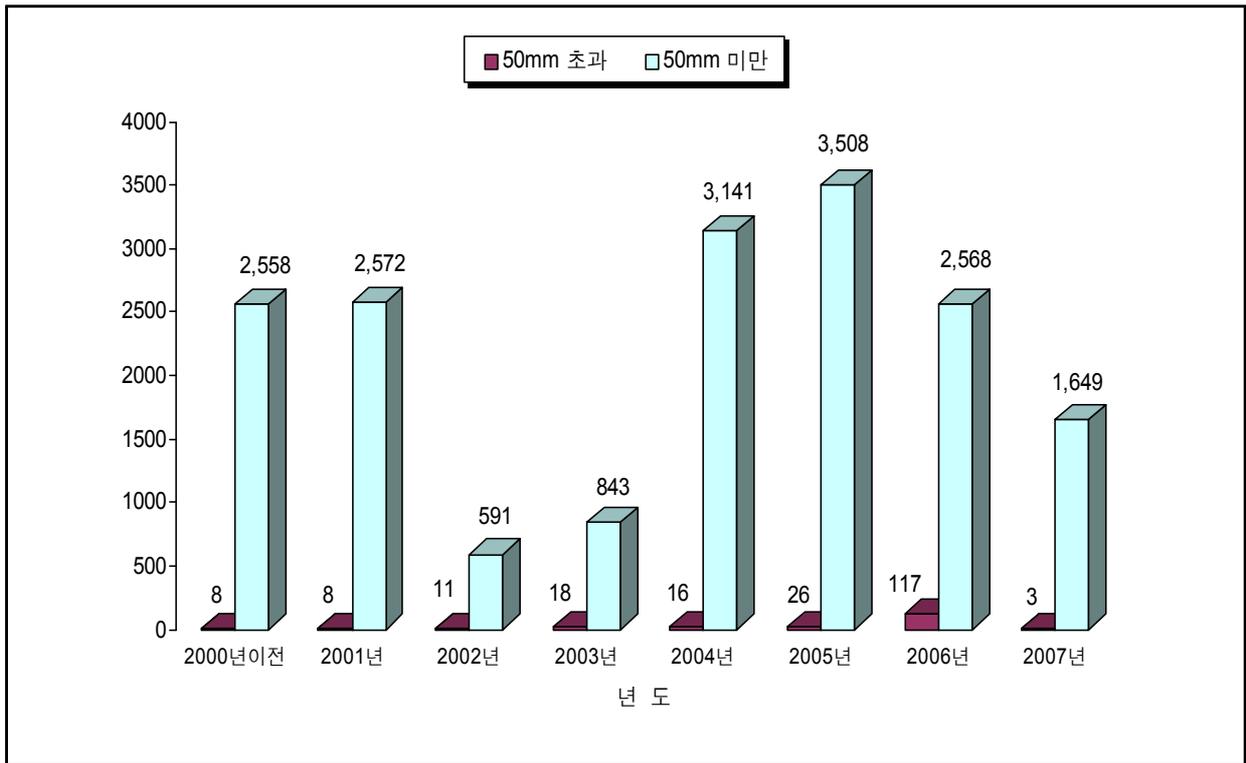
<표 9-3-6>

구 분	구 경(mm)										
	계	13	20	25	32	40	50	75	80	100	150
1994년	43	13	12	16						1	1
1995년	57	24	18	13	1					1	
1996년	46	11	19	10		1	2		1	1	1
1997년	84	32	35	10		4				2	1
1998년	19	5	8	4					1	1	
1999년	34	24	3	1		1		2	1	2	
2000년	51	18	25	6	1	1					
2001년	80	45	27	7		1					
2002년	137	79	26	25	3	2					2
2003년	60	26	22	7	3	1		1			
2004년	33	21	8	2		1		1			
2005년	83	33	19	12	3	5	1	7			3
2006년	82	55	19	1		5		1		1	
2007년	63	21	17	12	3	4	3	1		1	1
합 계	872	407	258	126	14	26	6	13	3	10	9

구 분	계	2000년 이전	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년
계	872	334	80	137	60	33	83	82	63
50mm초과	35	16	-	2	1	1	10	2	3
50mm이하	837	318	80	135	59	32	73	80	60

수도계량기 현황

<그림 9-3-9>



2) 수도계량기 신설 및 노후계량기 교체계획

계량기 불감수량은 유효하게 사용된 수량중 계량기 불감에 의해 요금징수 대상이 되지 않는 수량으로 정의되므로 계량기 불감율을 저감하는 것은 유수율 증대에 기여를 할 것으로 판단된다.

2007년 기준 계룡시 계량기 불감율은 0%로 충청남도 평균 3.8% 및 전국평균 3.8% 보다 낮으므로 내구년 경과 계량기에 대한 구체적인 운영방안을 수립하여 불감율을 저하시켜야 할 것이다.

계룡시 계량기 교체 방향은 「계량에 관한 법률 시행규칙」 제20조 1항에서 정한 계량기 검정주기(50mm 초과 6년, 50mm이하 8년)를 기준으로 「상수도 유수율 제고업무처리규정」 제32조 “수도계량기 교체·정비대상 판단 기준”을 참고로 노후화 된 계량기는 적기 교체하고 주기적인 검·교정을 통해 계량기 불감율을 줄어나갈 계획이다. 따라서 본 계획에서는 조사현황을 토대로 다음<표 9-3-8>의 기준에 의거한 계량기 교체계획과 장래급수인구 증가에 따른 신규계량기의 설치계획을 수립하였다. 신규계량기수는 2007년 급수인구 대비 급수전수의 비율을 적용하여 산정하였다.

교체 및 보수·정비 계량기 판단기준

<표 9-3-7>

구 분		기 준	비 고
교 체 대 상	문 제 계 량 기	• 파손, 회전불가, 매몰, 수몰 등 계량기	
	내 구 년 경 과 계 량 기	• 직경 50mm이하 : 8년, 50mm초과 : 6년	
	부 적 정 구 경 계 량 기	• 물사용량에 비하여 계량기의 구경이 지나치게 크거나 적은 계량기	
보 수 정 비 대 상	미 봉 인 계 량 기	• 계량기가 봉인되지 않아 임의조작이 가능한 계량기	
	위 치 이 전 계 량 기	• 계량기의 설치위치가 부적합하여 이전이 필요한 계량기	
	적 치 물 계 량 기	• 적치물이 쌓여 계량기 검침이 불가능한 계량기	
	규 격 외 보 호 통	• 계량기 보호통의 규격이 부적합하여 보수·정비가 필요한 계량기	

년도별 계량기 신설 및 교체 계획

<표 9-3-8>

년 도	총인구 (인)	급수인구 (인)	계량기수 (전)	계량기신규설치 (전)	신규설치분 교체 (전)	비 고
2007년	37,920	35,213	872	-	-	
2008년	41,143	38,650	957	85	120	
2009년	43,377	40,937	1,014	57	148	
2010년	43,965	41,886	1,037	25	203	
2011년	47,378	45,374	1,124	87	136	
2012년	47,965	45,963	1,138	14	100	
2013년	60,342	58,837	1,457	320	76	
2014년	62,281	60,786	1,505	48	80	
2015년	64,220	63,810	1,580	74	60	
2016년	64,591	64,183	1,589	9	-	
2017년	65,443	65,037	1,611	21	-	
2018년	65,875	65,471	1,621	11	-	
2019년	66,310	65,908	1,632	11	-	
2020년	66,680	66,280	1,641	9	-	
2021년	66,932	66,535	1,648	7	-	
2022년	67,184	66,790	1,654	6	-	
2023년	67,436	67,045	1,660	6	-	
2024년	67,688	67,301	1,667	6	-	
2025년	67,940	67,556	1,673	7	-	

노후계량기 교체 및 계량기 신설계획

<표 9-3-9>

(단위 : 전)

구 분	계	2008년~2010년	2011년~2015년	2016년~2020년	2021년~2025년	비 고
계	1,724	636	995	61	32	
노후계량기 교체	923	471	452	-	-	
계량기 신규	801	165	543	61	32	
사업비(백만원)	154	57	89	5	3	

9.4 중수도 보급계획

9.4.1 현황 및 문제점

가. 추진경과

중수도 설치 촉진사업은 수도법 상에서 1991년 중수도 제도 규정을 신설함으로써 시작 되었으며, 94년에는 중수도 실무지침서 및 설치모델 개발·보급, 중수도 시설 기준 및 유지관리 지침을 보급하였고, 97년에 중수도 기술지침서를 발간하였다. 중수도 설치에 관하여 제시된 관련내용은 다음<표 9-4-1>과 같다.

현행 중수도 관련 수도법 내용

<표 9-4-1>

구 분	주 요 내 용
수도법	<p>제14조 (중수도의 설치)</p> <p>① 물을 효율적으로 이용하기 위하여 다음 각호의 어느 하나에 해당하는 시설물을 신축(증축·개축 또는 재축되는 부분이 다음 각호의 1에 해당하는 경우를 포함한다. 이하 이 조에서 같다)하려는 자는 단독 또는 공동으로 사용수량의 10퍼센트 이상을 재이용할 수 있는 중수도를 설치·운영하여야 하고, 중수도의 설치 결과를 환경부령이 정하는 바에 따라 시장·군수·구청장에게 알려야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 「공중위생관리법」의 규정에 의한 숙박업 또는 목욕장업 중 연면적이 6만제곱미터 이상 시설 2. 「산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률」에 의한 공장으로서 폐수 배출량이 1천 500세제곱미터 이상인 시설 <p>② 중수도의 시설기준 및 관리에 관한 사항과 사용수량, 건축 연면적, 폐수 배출량의 산정 기타 필요한 사항은 환경부령으로 정함.</p> <p>③ 국가 및 지자체는 중수도 설치 비용을 지원할 수 있고, 지자체는 수도 요금을 경감할 수 있다.</p> <p>④ 시장·군수 또는 구청장은 중수도를 설치·운영하지 아니하는 경우 이행을 명할 수 있다.</p>

이후 수도요금 감면조례를 제정한 후 중수도 설치비용의 5% 상당액을 법인세 또는 소득세에서 공제하였으며, 2001년 3월 수도법개정을 통해 중수도 설치의 경제성이 객관적으로 검증된 일정규모 이상의 물 사용 신축건물에 대해 중수도 시설 설치 의무화를 시행하였으며 그 내용은 다음<표 9-4-2>과 같다.

중수도 의무대상시설

<표 9-4-2>

구 분	의무화 대상 규모	비고
대형호텔, 백화점	· 건축연면적 60,000㎡ 이상(객실수 400 ~ 500개)	
공 장	· 폐수배출량 1일 1,500톤이상 (1종 사업장 모두, 사업장 일부)	
기타 건물	· 건축연면적 60,000㎡(사례 주택공사 본사)	

중수도 시설 미설치시 2년 이하의 징역 또는 1,000만원 이하의 벌금형으로 설치를 강제하였으며 또한 의무화 제정과 함께 중수도 설치시 재정적인 인센티브를 강화하였다.

중수도 설치자 인센티브

<표 9-4-3>

구 분	법 령	개선 전	개선 후
설치비 세액 공제	· 관계부서와 협의추진 (2000. 7)	5%	5~10%
설치자금 융자지원	· 환경개선 자금 융자 지원 요강 개정(2000. 2)	없음	50%이내 저리 융자
상수도 요금 감면	· 지방자치단체 조례개정 지침시달 (2000. 3)	10~65%	50~70%
하수도 원인자 부담금 감면	· 원인자 부담금 산정지침 (2000.3)	없음	전액면제
환경개선부담금감면	· 환경개선 비용 부담법 개정 (2000.7)	없음	25% 감면
조세특례제한법	· 소득세 또는 법인세 감면 (2000.12)	없음	투자금액의 100분의3

나. 전국 중수도 보급실적

2007년 전국의 중수도 설치개소는 237개소이며 처리용량은 1,909,486㎡/일로 년도별 설치개소 및 용량은 다음<표 9-4-4>과 같다.

연도별 중수도 설치 개소 및 용량

<표 9-4-4>

년 도	처리용량(m ³ /일)	개 소
2003	1,667,467	140
2004	1,647,953	156
2005	1,754,819	173
2006	2,719,876	201
2007	1,909,486	237

주) 자료 : 상수도 통계(2004~2008, 환경부)

시도별 보급실적에 있어 중수도 설치가 수도권에 집중되어 있는데 이는 수도권 물 사용량이 큰 건물이 다수 존재하며 지방은 대부분의 경우 공업단지의 업체들이 공업용수용 중수도를 설치하고 있다. 계룡시가 포함된 충청남도내의 중수도 시설은 천안시 5개소, 아산시 1개소, 금산군 1개소, 연기군 1개소 총 8개소로 주로 대규모 공업단지에 시설이 집중되어 있다.

2007년말 기준 시도별 중수도 보급 실적

<표 9-4-5>

지 역	개 수 (개소)	처리용량 (m ³ /일)	지 역	개 수 (개소)	처리용량 (m ³ /일)
전 국	221	1,909,486	강 원 도	7	19,550
서 울 시	52	17,484	충청북도	2	465
부 산 시	17	5,986	충청남도	8	23,350
인 천 시	11	26,510	전라북도	7	100,410
대 구 시	4	6,350	전라남도	7	149,960
광 주 시	7	6,850	경상북도	27	151,366
대 전 시	5	1,525	경상남도	5	5,440
울 산 시	3	1,216	제 주 도	3	295
경 기 도	56	83,222	수자원공사	16	1,309,507

주) 자료 : 2007년 상수도통계(2008, 환경부)

다. 문제점

국내 중수도 설치 촉진상의 문제점은 크게 경제적 요인과 제도적 요인, 기술적 요인으로 구분할 수 있다.

1) 경제적인 문제

중수도 설치 및 운영비 보다 저렴한 수도요금은 중수도 설치를 기피하는 결과를 초래하므로 수도요금 현실화를 통해 수돗물을 공공재에서 소비재로의 인식전환이 필요하다.

예를 들어 초기 투자주체인 건축주와 투자로 인한 편익 회수주체인 세입자 또는

운영자 사이의 분리 가능성이 있기 때문에 건축주의 적극적인 중수도 설치 노력
이 없다.

상수도 요금감면 인센티브는 상수도 요금 현실화 기본방향과 대치되며, 중수도 설치
촉진을 위해서는 초기 투자 위주로 변경하는 것이 바람직하다.

2) 제도적인 문제

기본적으로 중수도시설은 수질오염방지시설인 동시에 절수설비이긴 하지만 수질
환경 보전법에서 언급하고 있는 폐수배출시설이라 할 수 없음에도 불구하고 현행
법규상 중수도에 대한 명확한 규정은 없고, 대신 역세수를 배출하는 산업시설의
정수시설 (정수능력 100m³/일이상)과 같은 적용을 받아 수질오염 방지시설 및
허가를 모두 받아야 하며, 정기 또는 수시로 지도점검 등에 따른 중수도 관리및
유지비용을 부담해야 하는 실정이다.

3) 기술적인 문제

현재의 중수도 기술은 신축건물 위주이며 기존 건물에 중수도를 설치할 경우 경
제적인 면과 미관상 어려움이 있다. 또한 처리과정에서 발생하는 폐기물(슬러지,
무기염류) 처리에 문제가 있으며, 이를 해결하기 위해서는 지자체 별로 설치 건물
의 여건을 따른 슬러지 처리방안이 필요한 것으로 판단된다.

9.4.2 중수도 설치 계획

가. 기본방향

단기에는 대형레저타운 및 건물의 중수도 설치 확대를 목적으로 기존의 인센티브
제도를 보완하며, 수도요금 현실화되는 중·장기에는 하수처리수 재이용과 병행하
여 지구순환방식 도입 등을 통해 중수이용을 확대하는 방안이 바람직하다.

1) 단기대책

현재의 인센티브 중의 수도요금 감면 혜택은 수도요금 현실화를 추진하고 있는
정책과는 상반되는 제도이며, 실제 중수도를 설치할 사업주에 직접적인 유인책이
되지 못하므로 중수도 설치에 따른 수도요금 감면 혜택보다 감면분 만큼을 중수
도 초기 투자비 지원으로 전환하는 것이 중수도 설치 촉진에 더욱 효과적일 것으
로 판단되며 해외 사례를 살펴보더라도 초기 투자비 지원위주의 정책을 시행하고
있다.

중수도 시설 수도요금 감면 혜택 선정(예)

<표 9-4-6>

시설용량(m ³ /일)	요금감면 산정	감면요금
1,000	1,000×601/m ³ ×365×15년×20%	658백만원

- 주) 1. 계룡시 2007년 가정용 평균 상수도 요금 601원/m³ 적용
 2. 중수도시설의 내구년한 15년 적용
 3. 요금감면혜택 20%적용

2) 중기대책

가) 개별순환방식 중수도 사업 결과 홍보

신규 시설을 대상으로 중수도 도입에 따른 결과 및 효과에 대한 교육, 홍보를 시행하여 하며, 경제성 확보 가능 대상 신규시설에 대한 자발적 설치 의지를 고취시켜야 할 것이다.

나) 광역, 지구순환 중수도 시설 설치

충청남도에 가장 적합한 방법으로 판단되는 광역중수도 시설 설치를 위해서는 관련 시범사업 시행 이전에 국가차원의 관련 기술 개발 및 지원방안에 따라 대상 선정 및 예상 시나리오 구성에 따른 경제성 평가가 실시되어야 하며, 이는 국가의 계획이 결정된 이후부터 검토할 수 있으며, 개별방식과는 병렬적으로 운용되다가 향후 효과에 따라 복합방식으로 전환하는 정책이 필요하다.

다) 계룡시 중수도 시설 보급방안

현재 계룡시에는 중수도 시설이 없고, 시에서도 계획을 갖고 있지 않으나, 입암 산업단지 및 대실지구가 정상 가동될 2013년대에는 검토하여 시범사업단지를 운영 할 것이다.

기 간	보급방안
2010년	시범사업대상 선정
	↓
2011~2014년	시범사업안 수립 및 시설설치
	↓
2015년	지속적 사업추진

9.5 절수설비 보급계획

9.5.1 개요

절수설비는 기존주택에 대한 것과 신규주택에 대한 것으로 분류될 수 있다. 기존 주택에 대한 절수설비는 1999년부터 환경부의 지원하에 공공근로 사업과 일부 시·군비가 투입되어 2003년도까지 수행되었으며, 2004년부터는 지자체의 시·군비로 진행되어왔다.

주요 절수설비로는 변기와 수도꼭지 그리고 절수형 샤워기 등이다. 신규주택에 대한 절수설비는 수도법상(15조1항)에 신규건축물에는 절수설비를 의무적으로 시설토록 되어 있어 장래주택 공급 계획에 맞추어 설치계획을 수립하였다.

물 수요 억제를 위한 절수 시책은 지방자치단체와 일반 수요자가 공동으로 펼쳐야 하는 장기적인 사업으로, 지역 내의 관광 및 산업단지, 군부대, 학교등과도 유기적인 협조와 정보공유 및 적극적인 군 재정 지원으로 절수시책은 단순한 개인의 물 절약 이외에 국가적인 차원에서의 장기적인 수자원관리 방안의 하나로 추진되어야 하며 지속적인 관심과 투자가 병행되어야 한다.

9.5.2 절수기기 분석 및 검토

가. 절수형 수도꼭지 종류 및 방식

1) 세척용으로 사용되는 수도꼭지에서 토수유량을 줄임으로써 절수하는 방식

예) 절수부속 부착·내장 수도꼭지 : 정유량 절수기, 포말 발생 절수기, 샤워수 발생 절수기, 감압디스크 등

2) 세척용으로 사용되는 수도꼭지에서 일정시간동안 지수(止水)시킴으로써 절수하는 방식

예) 전자감응(電子感應)식, 풋밸브(foot valve)부착식, 자폐(自閉)식, 즉시지수식 개폐밸브 부착 샤워헤드 등

- 온수·냉수를 혼합하여 사용하는 수도꼭지에서 적정온도로 토수되기까지 걸리는 시간을 단축시킴으로써 절수하는 방식

예) 1개 레버식, 자동온도조절(Thermostat)식

3) 물받이용 수도꼭지에서 필요한 양의 물만 받도록 함으로써 절수하는 방식

예) 정량지수(定量止水)식

절수형 수도꼭지의 절수방식별 기능 및 장단점을 요약하면 다음<표 9-5-1>과 같다.

절수형 수도꼭지의 종류별 기능 및 장단점

<표 9-5-1>

종 류	설 명	절수 기능	장 · 단점
절수부속 부착·내장식	<ul style="list-style-type: none"> • 수압을 저하시켜 토수유량 줄이는 방식 • 포말 발생장치, 샤워수발생장치, 감압판 등을 부착·내장 	<ul style="list-style-type: none"> • 토수유량을 줄여 기본적인 절수효과를 발생 	<ul style="list-style-type: none"> • 기본적인 절수에 불과 • 온냉수 혼합 수도꼭지에 적용시 역류방지 장치 설치가 필수 • 감압판 부착제품의 경우 편의성 저해 우려
전자 감응식	<ul style="list-style-type: none"> • 물체가 일정거리에 접근/이탈했을 때 전기적인 힘에 의하여 토수와 지수가 자동으로 이루어지는 방식 	<ul style="list-style-type: none"> • 사용하지 않는 동안 신속히 지수됨으로써 절수 효과 발생 • 세면대 등에 적용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 편의성 · 절수효과 우수하나 고가
자폐식	<ul style="list-style-type: none"> • 레버·핸들 등 조작부를 작동하고 손을 떼면 일정량이 토수된 후 자동으로 지수되는 방식 	<ul style="list-style-type: none"> • 일정시간 경과후 자동 지수됨으로써 절수효과 발생 • 샤워기, 물받이용에 적용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 편의성 · 절수효과 우수하나 고가 • 내구성 미흡 우려 • 토수시간 조절이 가능한 제품이 바람직
개폐 밸브 부착식	<ul style="list-style-type: none"> • 개폐밸브를 누르거나 조작하는 동안만 토수되며 개폐밸브에서 손을 떼면 지수되는 방식 	<ul style="list-style-type: none"> • 사용하지 않을 때 지수됨으로써 절수효과 발생 • 샤워기에 적용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 비교적 저렴 • 편의성 다소 미흡
1개 레버식	<ul style="list-style-type: none"> • 토수온도, 토수유량, 토수·지수 등을 한 레버에 의해 작동할 수 있는 방식 	<ul style="list-style-type: none"> • 토수온도를 빠르게 조절하여 온도조절시의 물낭비량을 줄이고 편의성 향상 	<ul style="list-style-type: none"> • 초기 절수에 불과 • 절수보다는 편의성 향상 측면이 강함
자동온도 조절식	<ul style="list-style-type: none"> • 미리 설정한 토수온도로 온수와 냉수가 혼합되어 토수되는 방식 	<ul style="list-style-type: none"> • 토수온도를 빠르게 조절하여 온도조절시의 물낭비량을 줄이고 편의성 향상 	<ul style="list-style-type: none"> • 초기 절수에 불과 • 절수보다는 편의성 향상 측면이 강함
정량 지수식	<ul style="list-style-type: none"> • 레버·핸들 등 조작부에서 미리 설정한 양의 물만 토수된 다음 자동으로 지수되는 방식 	<ul style="list-style-type: none"> • 일정량 토수후 자동지수됨으로써 절수효과 발생 • 주로 물받이용으로 사용 	<ul style="list-style-type: none"> • 편의성 · 절수효과 우수하나 고가 • 물받이용의 경우 물절약에 효과적
샤워헤드	<ul style="list-style-type: none"> • 수압을 저하시켜 단위시간당 토수량을 줄이는 방식 	<ul style="list-style-type: none"> • 개·폐 밸브 설치 제품은 추가적인 절수효과 발생 	<ul style="list-style-type: none"> • 비교적 가격이 저렴 • 온냉수 혼합 수도꼭지에 적용시 역류방지 장치 설치가 필수
감압판등 절수부속	<ul style="list-style-type: none"> • 수압을 저하시켜 토수유량을 줄이는 방식 • 포말 발생장치, 샤워수 발생장치, 감압판 등을 부착·내장 	<ul style="list-style-type: none"> • 토수유량을 줄여 기본적인 절수효과 발생 	<ul style="list-style-type: none"> • 기본적인 절수에 불과 • 온냉수 혼합 수도꼭지에 부착시 역류방지장치 설치가 필수 • 가격이 저렴하나 편의성 저해 우려

나. 절수형 변기 종류 및 방식

1) 절수부속 사용 방식 : 기존의 좌변기에 사용되는 물을 저감시킬 수 있는 부속품을 설치하는 방식

가) 사용수량(使用水量) 조절형 : 기존 설치된 로탱크에 설치해 대변 세척에 필요한 적정 사용수량만을 배출되도록 함으로써 절수하는 방식

예) 중력식 절수기, 사이펀 덮개 방호벽, 물주머니 등

나) 대·소변 구별형 : 대변·소변별로 사용수량을 조절할 수 있도록 고안된 절수 부속을 설치하는 방식

예) 대·소변 구별형 로탱크용 절수부속, 대·소변 구별형 세척밸브

2) 사용수량 저감형 변기 방식 : 적은 양의 물로도 대·소변의 세척성능을 확보할 수 있도록 변기의 세척 구조를 달리한 제품.

예) 적정 사용수량 6~9L의 좌변기, 적정 사용수량 3L 이하의 소변기

대변기 절수기기 종류별 기능 및 장·단점

<표 9-5-2>

종 류	설 명	절수 기능	장·단점
사용수량 조절형 (로탱크용)	<ul style="list-style-type: none"> 사이펀현상을 일으키는데 필요한 만큼의 물만을 토출시키도록 하는 방식 사이펀덮개·중력식절수기·물주머니 등 	<ul style="list-style-type: none"> 과잉 토출수 절감 사용수량 13L인 변기에 적용시 최대 2L 절감 	<ul style="list-style-type: none"> 사용수량 13L 이상인 변기 외에는 적용 불가 가격이 저렴하나 세척 불량으로 인해 재작동시 물 낭비 발생 우려
대·소변 구별형 (로탱크용)	<ul style="list-style-type: none"> 레버가 2단으로 작동해 1단은 소변용, 2단은 대변용으로 사용되는 방식 	<ul style="list-style-type: none"> 소변배출시 과다토출수를 30~40% 절감 다음과 같은 사용수량 변기에서 대변 배출 <ul style="list-style-type: none"> - 13L:소변시 5L절감 - 9L:소변시 4L절감 - 6L:소변시 2.5L절감 	<ul style="list-style-type: none"> 사용수량 13L 이상인 변기에서는 사용수량 조절을 통해 최대2L 추가 절감 가능
대·소변 구별형 (절수세척밸브)	<ul style="list-style-type: none"> 레버가 2단으로 작동해 1단은 소변용, 2단은 대변용으로 사용되는 방식 	<ul style="list-style-type: none"> 소변 배출시 과다 사용되는 토출수를 30~40% 절감 다음과 같은 사용수량 변기에서 대변 배출 <ul style="list-style-type: none"> - 13L:소변시 5L절감 - 9L:소변시 4L절감 	

9.5.3 절수기기 효과 검토 및 분석

가. 절수형 수도꼭지 설치에 따른 절수효과

절수설비 및 절수기기 설치에 따라 최대 토수유량이 20~40% 저감되며 시판 절수형 수도꼭지의 절수효과는 다음<표 9-5-3>과 같다.

시판 절수형 수도꼭지의 절수효과(2002, 환경부)

<표 9-5-3>

종 류	최대토수유량[L/min]		
	최대토수유량기준	기설치 일반제품	절수형 제품
샤워용(입식)	9.5	14	6~10
샤워·욕조용	샤워헤드 방향	9.5	12
	토수구 방향	9.5	15
세면용 (온냉수 혼합형)	1개 레버식	7.5	9.5
	2개 핸들식	7.5	9
세면·샤워용 (1개 레버식)	샤워헤드 방향	9.5	12
	토수구 방향	7.5	14
비 고	최대토수유량 기준은 수도법 시행규칙에 따른 최대토수유량 값		

나. 절수형 변기 설치에 따른 절수효과

시판 절수형 대변기는 대변시 사용수량이 6~9L이며, 일반적으로 많이 보급되어 있는 대변기는 사용수량이 13~15L이며 절수효과는 다음과 같다.

- 로탱크 부착형 좌변기 : 13.54% 절수(소변시는 30~73% 절수)
- 세척밸브 부착형 좌변기(9L급 변기 설치시) : 40% 절수(절수 세척밸브 설치한 경우 소변시 77% 절수)
- 세척밸브 부착형 동양식 변기(절수 세척밸브 설치시) : 40% 절수

시판 절수형 변기의 물 사용수준은 다음<표 9-5-4>과 같다.

시판 절수형 변기의 물 사용 수준(2002, 환경부)

<표 9-5-4>

종 류	사용수량	설치가능 절수기기	사용수량[L]	
			대변후 작동시	소변후 작동시
로탱크형 좌변기	절수형(6L형)	대·소변 구분형	6	3.5
	절수형(9L형)	대·소변 구분형	8~9	4.5~5
	일반형(13L형)	대·소변 구분형	13~15	8~9
		사용수량 저감형	11~13	11~13
세척밸브형 좌변기	절수형(9L형)	절수 세척밸브	9	5
	일반형(15L형)	절수 세척밸브	15	9
세척밸브형 동양식 변기	일반형(15L형)	절수 세척밸브	15	9

다. 숙박업소의 절수효과 산정 사례

2001년, 환경부의 숙박업, 목욕장업, 골프장업의 절수설비 및 절수기기 의무화 방안 보고서 자료중에서 전국 숙박업소에서 절수형 수도꼭지 및 변기를 설치한 경우의 평균 절수효과는 약 25%정도로 추정되는 것으로 제시하였으며 평균 절수효과는 다음 <표 9-5-5>과 같다.

절수기기 설치 후 평균 절수효과

<표 9-5-5>

구 분	종 류	절수효과
수도꼭지 설치	샤워용 수도꼭지	약 30%
	세면용 수도꼭지	약 20%
	세면·샤워용 수도꼭지	약 30%
변기 설치	로탱크형 대변기	약 15~25%
	세척밸브 부착형 대변기	약 30%
평균 절수효과	약 25%	

따라서 전국 2만 7천개 숙박업소의 객실(업소 당 평균 25개실)에 절수기기를 설치할 경우 상수 절감량은 약 35.03백만톤으로 추정되며 숙박업소 1개소 당 절감량은 1,297.41톤으로 예상된다.

전국 숙박업소의 절수기기 설치 후 평균 절수 효과

<표 9-5-6>

구 분	업소(개소)	사용량(백만톤)	절감량(백만톤)	절감량(톤/개소)
숙박업소	27,000	140.11	35.03	1,297.41

라. 절수기기 선정방안

친환경상품진흥원은 수도법에 명시되어 있는 설치 기준과 친환경상품진흥원의 환경마크 인증기능을 만족시킨 제품에 환경마크를 인증해주며 종류별 현황을 보면, 절수형 수도꼭지는 13개 업체의 144개 제품, 샤워헤드 및 수도꼭지 절수부속은 8개 업체의 17개 제품, 절수형 양변기는 3개 업체의 13개 제품, 양변기용 부속은 4개 업체의 8개 제품이다.

2008년 1월 인증된 친환경상품진흥원의 환경마크 인증제품은 다음<표 9-5-7>과 같다.

환경마크 인증 절수형 제품

<표 9-5-7>

구 분	업체명	인증제품수	비 고
절수형 수도꼭지	소 계	251	
	(주)기승금속	11	
	(주)다다	110	
	(주)디앤이	2	
	(주)바시스시스템	4	
	(주)삼립엔지니어링	1	
	(주)워터웍스유진	8	
	(주)워터피아인더스트리	8	
	(주)자타	8	
	(주)정우이노텍	1	
	(주)하이릭스	2	
	대림통상(주)	54	
	대신건기산업(주)	7	
	두성	5	
	디앤씨(주)	3	
	세비양(주)	2	
아메리칸스탠다드코리아(유)	25		
샤워헤드 및 수도꼭지 절수부속	소 계	25	
	(주)동일절수	2	
	(주)워터박스	1	
	(주)워터웍스유지	9	
	(주)케이엔텍	8	
	대류산업(주)	1	
	대림통상(주) 금구공장	1	
	아메리칸스탠다드코리아(유)	3	
절수형 양변기	소 계	58	
	(주)보고글로벌	2	
	(주)보광세라믹스	2	
	(주)월드바스	3	
	(주)케이씨씨	1	
	계림요업(주)	9	
	굿바스코리아(주)	1	
	대림비엔코(주)	12	
	동서산업(주) 아산지점	15	
	동원세라믹(주)	3	
	세림산업(주)	4	
	세우기업사	1	
	아메리칸스탠다드코리아(유)	5	
양변기용 부속	소 계	3	
	(주)이엔텍	1	
	와토스 코리아(주)	2	

주) 자료 : 친환경상품진흥원(2008.10)

9.5.4 절수기기 보급 사업계획

가. 절수기기 설치 현황

계룡시는 2003년부터 국가법률에 근거하여 공공근로사업으로 절수기기 무상보급사업을 시행하여 2007년까지 총 4,940개의 절수기기를 보급하였으며, 절수기 설치 현황 및 의무화 대상 설치 실적은 다음 <표 9-5-8> 및 <표 9-5-9>과 같다.

절수기기 설치현황

<표 9-5-8>

(단위 : 개)

구 분	2003년(계룡시 2007년)까지 설치실적(개수)				비 고
	계	샤워기	수도꼭지	양변기	
충청남도	211,092	26,902	105,628	78,562	
계 룡 시	4,940	4,940	-	-	

자료 : 충청남도 물수요관리 기본계획, 건설과(2007)

계룡시 의무화 대상 설치 실적(2007년)

<표 9-5-9>

구 분	2007년까지 설치실적(개수)				비 고
	계	샤워기	수도꼭지	양변기	
계	400	200	-	200	
주 택	306	153	-	153	
공 공 기 관 학 교 목 욕 업	10	5	-	5	
기 타	84	42		42	

자료 : 계룡시 내부자료(2007. 건설과)

나. 물수요관리종합계획 목표검토

충청남도 물수요관리종합계획에서는 급수가구와 수세화가구의 70%를 대상으로 하여 보급목표를 설정하였으며 계룡시는 보급목표 변기용 6,418개, 수도꼭지용 8,538개를 달성하지 못하였다. 현재 국가적 지원이 2003년 이후 미비하여 목표 달성이 어려운 실정이다.

다. 절수기기 보급계획

충청남도 물수요관리종합계획에서의 계룡시 목표연도의 절수설비 및 기기 예상 보급

량은 2011년까지 14,956개이나, 신도시 특성상 신규 아파트 및 건물이 대다수 이고, 앞으로 대부분 개발계획에 의해 신규건물들이 세워질 계획이며, 현재 계룡시의 절수기기 보급계획이 없는 상태이기 때문에 본 계획에서는 **의무화 및 민자유치**에 의한 보급으로 계획하였다.

년도별 절수기기 신설계획

<표 9-5-10>

(단위 : 개)

년 도	총인구 (인)	급수인구 (인)	가구수 (세대)	가구수 증가	신규설치분			비 고
					소계	변기	수도꼭지	
2008년	41,143	38,650	12,876	1,181	4,617	1,934	2,683	
2009년	43,377	40,937	13,645	769	4,617	1,934	2,683	
2010년	43,965	41,886	13,962	317	4,617	1,934	2,683	
2011년	47,378	45,374	15,124	1,162	4,614	1,933	2,681	
2012년	47,965	45,963	15,321	197	4,250	1,500	2,750	
2013년	60,342	58,837	19,612	4,291	9,500	3,000	6,500	
2014년	62,281	60,786	20,262	650	4,250	1,500	2,750	
2015년	64,220	63,810	21,270	1,008	4,230	1,411	2,819	
2016년	64,591	64,183	21,394	124	332	111	221	
2017년	65,443	65,037	21,679	285	666	222	444	
2018년	65,875	65,471	21,823	144	376	125	251	
2019년	66,310	65,908	21,969	146	374	125	249	
2020년	66,680	66,280	22,093	124	330	110	220	
2021년	66,932	66,535	22,178	85	128	43	85	
2022년	67,184	66,790	22,263	85	128	43	85	
2023년	67,436	67,045	22,348	85	126	42	84	
2024년	67,688	67,301	22,433	85	128	43	85	
2025년	67,940	67,556	22,518	85	126	42	84	

절수기기 보급계획

<표 9-5-11>

(단위 : 개)

구 분		계	2008년 ~2010년	2011년 ~2015년	2016년 ~2020년	2021년 ~2025년	비 고
신규설치 계 획	소계	43,409	13,851	26,844	2,078	636	
	변기	16,052	5,802	9,344	693	213	
	수도꼭지	27,357	8,049	17,500	1,385	423	
사업비(백만원)		287.8	91.1	178.6	13.9	4.2	

라. 절감량 산출

계룡시는 환경부의 절수기기 설치목표를 기달성하였으므로 절수기기 설치에 따른 절감량은 신규설치분에 대하여 적용하였다. 각 절수기기 설치에 따른 개당 절감량은 『충청남도 물 수요관리종합계획(2006. 7, 충청남도)』의 각 지자체별 절감량 평균을 산정하여 변기는 8.1m³/개·년, 수도꼭지는 3.2m³/개·년을 적용하였다.

절수기기 설치에 따른 누적절감량 산출

<표 9-5-12>

년도	구분		설치계획	개당절감량 (m ³ /개·년)	누적절감량 (천 m ³ /년)
계			43,409	-	530
2008년 ~2010년	신규설치 계 획	소계	13,851	-	149
		변기	5,802	8.1	96
		수도꼭지	8,049	3.2	53
2011년 ~2015년	신규설치 계 획	소계	26,844	-	447
		변기	9,344	8.1	268
		수도꼭지	17,500	3.2	179
2016년 ~2020년	신규설치 계 획	소계	2,078	-	495
		변기	693	8.1	296
		수도꼭지	1,385	3.2	199
2021년 ~2025년	신규설치 계 획	소계	636	-	530
		변기	213	8.1	317
		수도꼭지	423	3.2	213

9.6 빗물 이용시설 설치계획

9.6.1 개요

환경부에서는 빗물이용시설 설치에 부정적·긍정적인 상반된 견해가 있어, 운영중인 빗물이용시설을 대상으로 운영·관리, 경제성, 법·제도 등에 대하여 실증적인 연구용역을 수행한 결과(환경부 수도정책과-2588호) 우리나라의 기후 특성상 강우량의 70%가 하절기에 집중되어, 동절기에는 빗물이용이 크게 제한되고, 빗물이용시설을 20년간 사용하는 경우 경제성 측면에서 다른나라의 경우에 비하여 상대적으로 미흡하므로, 공공재인 빗물을 이용하기 위하여 민간에게 시설 등을 강제하는 것은 위법의 소지가 있는 것으로 검토되었다.

따라서, 빗물이용시설 설치대상 외 추가적인 확대는 신중한 검토가 필요한 사항이므로 규정에 의하여 지붕면적이 넓은 시설물 중 대통령이 정하는 시설물 즉, 운동장

또는 체육관으로서 지붕면적이 2,400m² 이상이고 관람수가 1,400석 이상인 시설물 이외의 확대방안은 기술적 측면으로도 가능하며 비용편익 측면보다는 교육적인 효과 측면이 높은 것으로 판단되는 학교를 대상으로 대상지역의 선정을 검토하도록 한다.

9.6.2 빗물이용시설 설치사례

가. 충청남도

1) 가의도의 빗물이용 필요성

가의도 주민은 심한 용수난에 시달리고 있고 최근 관광객이 증가하면서 별도의 용수공급 대책이 절실하게 대두되고 있으나 암으로 이루어진 지질여건상 지하수 부존 가능성이 희박하고 경사가 급한 지형특성상 강우와 동시에 바다로 빗물이 유출되는 단점이 있다. 그러나 연간 1,048mm 정도의 풍부한 강수량과 오염되지 않은 천혜의 국립공원 지역으로 간단한 시설만 설치하여도 생활용수뿐만 아니라 음용수로도 사용 가능할 것으로 예측되며 용수확보 대책으로 빗물을 활용하는 방법 이외에 별다른 방안이 없을 것으로 판단되고 있다.

2) 빗물의 음용수 전환 방법의 구상

가의도 빗물의 경우 오염원이 전무하고 천연림으로 피복되어 있어 강우유출수(빗물)의 수질이 육안으로 보아도 매우 양호한 것으로 보이며 실제 지역주민은 약 400년 동안 깊이 2m 정도의 마을내 웅달샘에서 빗물이 스며든 물 길어다가 식수로 사용하고 있는 것을 확인한 바 있다.

3) 정수 방법 결정

가의의 용수난을 해결하기 위해 현지 답사한 결과 강우 직후의 지표수(빗물)는 수질이 매우 양호하여 간이처리 방식에 의해 음용수 전환이 가능할 것으로 판단되나 중국과 인접한 서해안의 지리적 특성상 황사에 의한 오염가능성, 최근 대기오염에 의한 빗물의 오염가능성, 최근 대기오염에 의한 빗물의 오염가능성이 있으므로 주민들에게 보다 맑고 깨끗한 용수를 안정적으로 공급하기 위하여 유공관 활용 자연여과 장치(완속여과)+소독방식을 선정하여 적용하였다. 참고로, 환경부 제정 “상수도 시설기준(2004)”에서 제시하고 있는 원수수질에 따른 정수방법을 요약하면 다음과 같다.

가) 간이처리방식

- 원수수질기준 : 원수수질이 양호하고 대장균군 50(MPN/100mℓ)이하, 일반세균 500(CFU/mℓ)이하, 기타항목이 정수수질기준등에 상시 만족할 경우
- 적용범위 및 특징 : 일반적으로 수질 양호한 지하수(빗물)를 수원으로 하는 경우에 적용하며 처리과정이 가장 단순한 방법이다.

나) 완속여과 방식

- 원수수질기준 : 원수수질이 비교적 양호하고 대장균군 1,000(MPN/100mℓ) 이하, 기타항목이 정수수질기준등에 상시 만족할 경우
- 적용범위 및 특징 : 지하수 및 부영양화가 진행되지 않는 호소수, 하천수 (빗물, 계곡수, 지표수)등에서 미량의 토질 및 미량의 유기물이 검출되는 경우에 적용할 수 있으며 유지관리가 간단하고 안정된 처리수를 얻을 수 있는 비교적 단순한 처리방법이다.

다) 확대적용

태안군내 가의도 빗물이용시설 2개소 외 유공관을 이용한 자연여과장치를 사용하여 빗물 또는 지하수를 음용수로 전환한 사례는 3개소로 다음과 같다.

태안군 빗물이용시설(가의도 외 지역)

<표 9-6-1>

구 분	시설명	급수입구 (인)	시설용량 (m ³ /일)	비 고
공공사업	소원면 의항리 간이상수도	60 (20가구)	19	산간지역
	원북면 동해리 소규모 급수시설	57 (19가구)	20	산간지역
민간적용	원북면 신두리 지하수 개발	282 (94가구)	290	해안지역(사구)
합 계	3건	339 (133가구)	339	

나. 전라북도

선유도를 비롯한 도서지역에서는 빗물활용이 오래 전부터 생존을 위한 식수 확보용으로 사용되었다. 최근 들어 육지로부터 식수공급이 원활해지고 해수담수화시설 및 도서 지역내의 저수지 등을 활용한 수도관망시설확충으로 인하여 전통적 방식의 빗물활용시설은 서서히 자취를 감추고 있는 추세이다.

1) 선유도 사례

가) 모텔 안정(安亭)의 이용실태

전라북도 군산시 옥도면 선유도 319번지에 위치한 모텔<安亭>은 객실에서 사용되는 샤워용수와 청소 및 유지관리용수가 부족함에 따라서 신축 모텔 설계 단계에서, 모텔 앞 지하에 폭 6m×길이9m×깊이2.7m의 100m³ 규모의 지하 저류조를 설치하였다. 빗물 집수는 4층의 모텔 지붕과 안채건물 및 식당의 지붕에서 집수하여 일단 저류시킨 후 야간의 저렴한 전기를 활용, 펌핑하여 모텔 옥상 저류조에 저장시킨 후 모텔 투숙객의 샤워용수 및 청소용수로 사용하고 있다.

나) 기타 인근 가옥내의 이용실태

선유도 내의 인근 지역에서는 부족한 생활용수로 활용하기 위하여 전통적인 빗물활용방식으로 집수통에 낙수홈통을 연결하여 빗물을 모아 사용하고 있다.

2) 위도 사례

전라북도 부안군 위도면의 경우 약 1,500여명이 거주하는 작은 섬으로서 불과 몇 년전까지도 식수가 절대적으로 부족하여 빗물과 지하수를 음용수로 사용하여 왔다. 최근에는 위도정수장이 건설되어 일일 200m³의 식수를 주민들에게 공급하게 됨에 따라 자연스럽게 빗물이용시설이 사라지게 되었다. 하지만 선유도와 마찬가지로 빗물 이용시설이 남아있고 다른 용도로 사용되고 있는 흔적을 쉽게 찾아 볼 수 있다.

다. 기타 국내설치 현황

현재 국내에 설치된 대표적인 빗물이용설치시설로는 2002년 월드컵 개최 도시의 운동장 10개 중 4개(인천, 대전, 전주, 서귀포)에 빗물 이용시설을 설치하여 화장실 세정수, 청소용수, 조경수 등으로 활용하고 있으며 이 외에도 빗물이용시범학교를 운영하여 현재 16개 학교에 설치되어 있다. 이중 의왕시 갈피중학교의 빗물이용 시범사업이 가장 큰 시설로써 빗물이용시설이 설치되어 있으며 여기에 빗물 박물관을 설립함으로써 학생들에게 빗물의 중요성을 교육하기 위해 스쿨 오아시스 프로젝트를 추진한 바 있다.

갈피중학교의 빗물이용시스템은 1,713m²의 집수면적, 파형강관으로 제작된 120m³ 규모의 저류조와 침투조를 포함한 두 개의 처리시설, 두 개의 수중펌프를 포함한 급수 시설, 모니터링 시스템과 조경용 연못으로 구성되어있다. 지붕면으로부터 모아진 빗물은 청소용수, 정원용수, 비상용수, 연못용수로 사용될 수 있다.

이 프로젝트에 기초하여 우리나라에서의 빗물모으기와 이용에 대한 적절한 방안이 제시될 것을 기대하고 있다.

빗물이용시설 설치사례

<그림 9-6-1>



9.6.3 빗물이용시설 설치 사업계획

가. 기본방향

계룡시는 현재 빗물이용시설의 의무화 대상 시설은 없는 실정이나 시설의 활용성 검토 및 교육, 홍보효과 등을 고려하여 현재 계획중인 종합운동장 및 학교 등에 빗물이용시설 설치를 고려하고 있으나 구체적인 계획은 없다.

나. 연차별 사업계획

시범적으로 1개 학교를 선정하여 빗물이용시설을 설치하는 것으로 계획하였으며 절감량 산정은 세부설치사항으로 제안한 빗물저수조 용량 10m³과 연간 이용가능횟수 12회(빗물모으기 국제워크샵, 2003)를 적용하였다.

빗물이용시설 설치계획

<표 9-6-2>

구 분	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년
보급개수(개소)	-	-	1	-	-	-
절감량(m ³ /년)	-	-	120	120	120	120

다. 세부 설치 계획

본 계획에서는 빗물이용시설 설치 계획 수행 시 필요한 교육청 등의 협조 사항 및 행정 절차 등으로 설치대상 학교 확보보다는 빗물이용시설 설치를 희망하는 학교를 조사하는 것을 기본으로 하여,

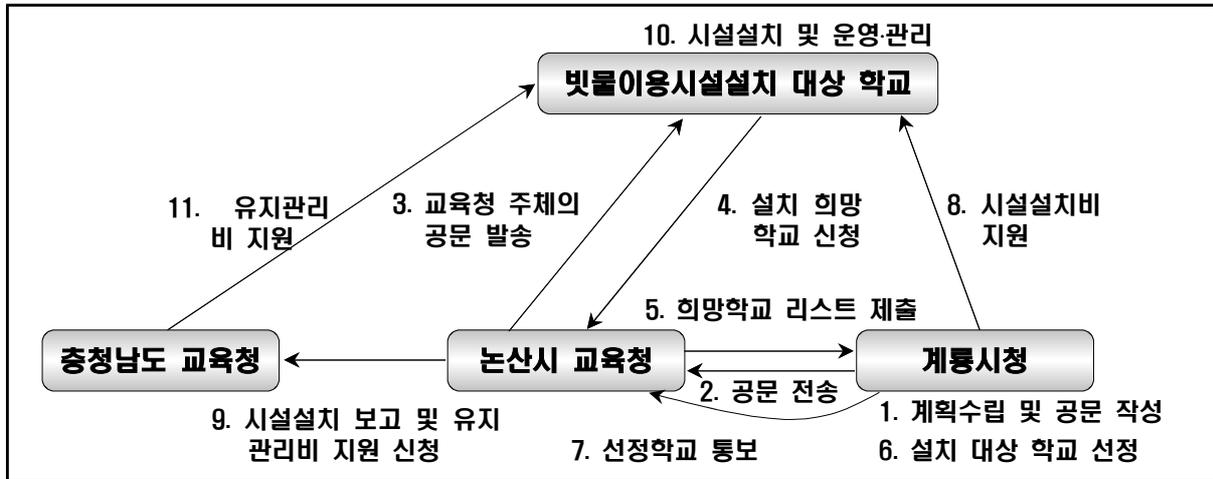
향후 계룡시청과 논산시 교육청 및 충청남도 교육청과의 빗물이용시설 설치 계획에 대한 협조적 관계 수립 이후 사업 구도 및 진행 방향에 대해 제시하였다.

1) 사업 추진 방안

학교는 교육청 산하 관리 기관으로, 계룡시청과 교육청과의 연계가 필요하므로 계룡시청과 논산시 교육청, 설치 대상학교를 사업 추진 체계 단위로 구성하였다.

빗물이용시설 설치 사업 추진 체계(안)

<그림 9-6-2>



빗물이용시설 설치 사업을 위한 추진 단계는 다음과 같이 진행할 수 있다.

빗물이용시설 설치 사업 추진 단계(안)

<표 9-6-3>

추진단계	추진 주체	업무 내용	대 상
1	계룡시청	빗물이용시설 설치세부계획 수립	설치 희망 학교
2	계룡시청	설치 희망학교 공모 관련 공문 발송	논산시 교육청
3	논산시 교육청	교육청 주체의 공문 발송 및 사업 홍보	계룡시 내 초·중학교
4	계룡시내 초·중학교	설치 희망 학교 공모 신청서 제출	논산시 교육청
5	논산시 교육청	신청서 및 관련서류 제출	계룡시청
6	계룡시청	설치 대상 학교 최종 선정	논산시 교육청과 연계 가능
7	계룡시청	최종선정 학교 통보	논산시 교육청
8	계룡시청	빗물이용시설 설치비 지원	설치 대상 1개교
9	논산시 교육청	시설 설치 현황 보고 및 유지관리비 신청	충청남도 교육청
10	설치 대상 1개교	빗물이용시설 설치 및 운영·관리	교내 내부 협의
11	충청남도 교육청	시설 유지관리비 지원	설치 대상 1개교

가) 각 주체별 업무 추진

- 계룡시청

논산시 교육청과 사업추진 협조관계 수립 후 계룡시 교육청으로 작성한 공문을 전송하며 빗물이용시설 설치학교 공모 계획 관련 공문의 형태는 다음과 같이 작성할 수 있다.

2008년도 계룡시 빗물이용시설 설치학교 공모 계획(안)

- I. 추진 근거 및 배경
 - 계룡시 물수요관리 시행계획
 - 우리나라 물 수급 전망(2006년 4억톤, 2011년 20억톤 부족)
 - UN 물 부족 국가 지정 및 정부 물 절약 종합 대책
- II. 목적
 - 국가 물 부족 사태에 대비
 - 빗물 이용에 대한 인식 제고 및 홍보
 - 빗물 이용을 통한 물 절약 의식의 고취
- III. 방침
 - 물 절약 교육 및 지자체의 물 수요 관리 차원에서 빗물이용시설 설치 학교 선정·운영
 - 계룡시 내 총 1개교의 빗물이용시설 설치학교 운영
 - 빗물이용에 관한 여러 가지 교육, 연구, 홍보 실시
- IV. 추진 계획
 1. 설치대상교수 : 1개교
 2. 공모 대상: 초·중학교
 3. 신청 조건
 - 가. 빗물 이용교육의 기본 취지에 공감·참여를 희망하는 학교
 - 나. 빗물이용시설 설치 활용이 가능한 학교
 - 다. 체험학습 기반시설이 되어있는 학교
 - 라. 빗물 이용교육에 대한 학교장의 의지가 투철한 학교
 - 마. 평소 물 절약 교육을 추진하고 있는 학교
 4. 운영 내용
 - 가. 빗물이용시설 설치 및 활용
 - 나. 빗물 이용교육 추진 및 일반화
 - 다. 빗물이용 홍보 및 게시판 설치
 - 라. 빗물이용 프로그램 개발 및 지도
 - 마. 빗물 이용 교육에 대한 자체 평가
 - 바. 빗물 이용 및 물 절약 홍보
 - 사. 빗물을 이용한 교내의 수목, 화초, 생활용수로 활용
 - 아. 물 절약 추진
 5. 설치 희망 학교 신청
 - 가. 신청대상: 초·중학교 중 설치를 희망하는 학교
 - 나. 추천기간: 0000년0월00일까지
 - 다. 신청서류
 - 지역교육청 교육장 추천서 1부
 - 설치운영계획서 각1부
 - 라. 설치·운영비 교부: 0000년0월00일(일)/ 학교 당 0000만원 지원 예정
 6. 설치 지정학교 선정
 7. 기타
 - 평가 결과가 우수한 운영학교는 연말에 학교 및 담당자 교육감 표창 예정

설치대상 학교 선정기준은 다음<표 9-6-4>과 같이 할 수 있다.

계룡시 빗물이용시설 설치 신청학교 선정 기준(안)

<표 9-6-4>

항 목	세부기준	배점	득점
빗물이용시설 설치 가능 공간 확보수준(20점)	• 충분	20	20
	• 보통	15	
	• 미흡	10	
체험학습 기반시설(20점) -화단, 교재원, 생태연못	• 화단, 교재원, 생태연못, 조류사육장, 농사체험학 습장 등 3개 이상 시설 확보	20	20
	• 2개 시설 확보	15	
	• 1개 시설 확보	5	
관리자의 관심도(15점)	• 적극적	15	15
	• 보통	10	
	• 소극적	5	
대응예산 확보수준(15점)	• 000만원이상	15	15
	• 000만원이상	10	
	• 미확보	0	
물 절약 교육 추진(15점)	• 적극적	15	15
	• 보통	10	
	• 미흡	5	
환경관련특별활동반 조직운영현황(15점)	• 2개 단체 조직 운영	15	15
	• 1개 단체만 운영	10	
	• 조직 운영 예정	5	
합 계(만점: 100점)			100

- 설치대상 학교
 - 빗물이용시설 설치 후 그 주위에 물 전용 게시판을 설치하여 학생들에게 물 관련 정보를 제공
 - 계룡시의 물 자원 현황 및 물의 소중함, 물 절약의 필요성, 빗물이용시설과 절수기기의 효과, 물 절약을 위한 생활지침 등
 - 빗물이용시설을 설치하는 학교는 계룡시 물 수요관리 시행계획에서의 기본 방침을 따라 학생들에게 물 절약 의식을 고양시키고 빗물이용시설의 교육적 효과를 증진시키기 위한 활동 수행
 - 빗물이용시설 및 물 전용 게시판을 담당할 선생님이나 팀 선정
 - 빗물이용 엽서, 포스터 및 토론회 대회 개최, 물 절약 관련 가정통신문 발송 등

2) 시설 설치 계획

가) 사업개요

빗물저수조 이외에 주변의 연못시설과 물 전용 계시판 등을 설치하며 빗물이용 시설을 설치하기 위해 필요한 공간 확보, 빗물이용시설 설계, 설계사 도입 등의 구체적 사항들은 각 학교의 자율업무로 정한다.

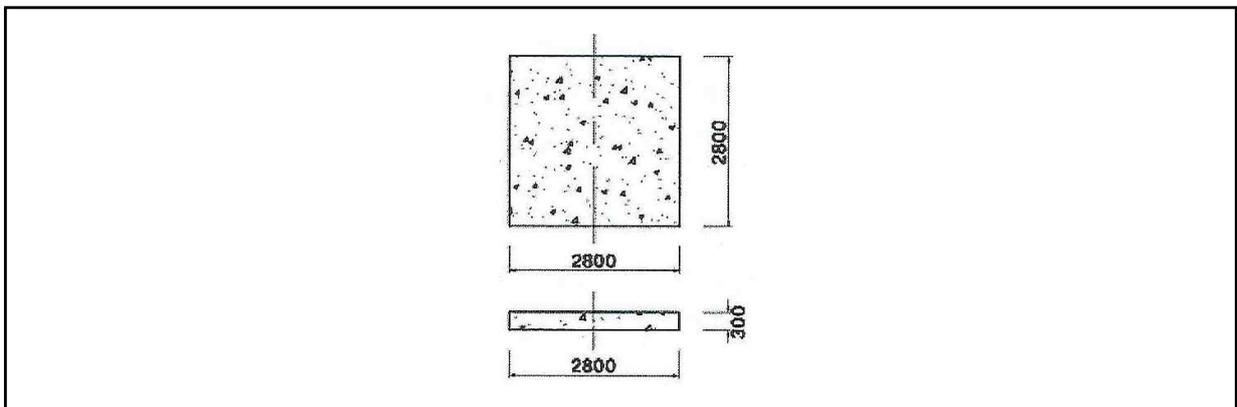
빗물저수조 및 빗물을 이용한 연못 시설 주변에 빗물을 포함한 물 전용계시판을 설치하고 정기적으로 계시물을 작성하고 계시판을 담당할 선생님의 선정 등을 통하여 빗물이용시설의 교육적 효과를 증진시키도록 한다.

나) 빗물이용시설 설계

- 빗물이용시설 설치비: 약 2,000만원
- 시설 설치 소요기간: 약 2~3주
- 빗물이용용도: 연못 유지용수, 화단 등 조경용수, 청소용수 등
- 빗물저수조 용량: 약 10~12m³
- 빗물이용 세부 시설 설계 예
 - 빗물저수조
 - 용량: 10m³
 - 재질: FRP(섬유강화플라스틱)
 - 형태: 너비 2,500mm, 높이 2,100mm의 원통형
 - 빗물집수형식: 건물옥상에 설치된 배수관 및 홈통으로 연결하여 빗물을 집수
 - 빗물저수조의 기초를 가로, 세로 2,800mm과 높이 300mm로 할 수 있으며, 기초 설계도를 다음과 같이 할 수 있다.

빗물저수조 기초의 설계

<그림 9-6-3>

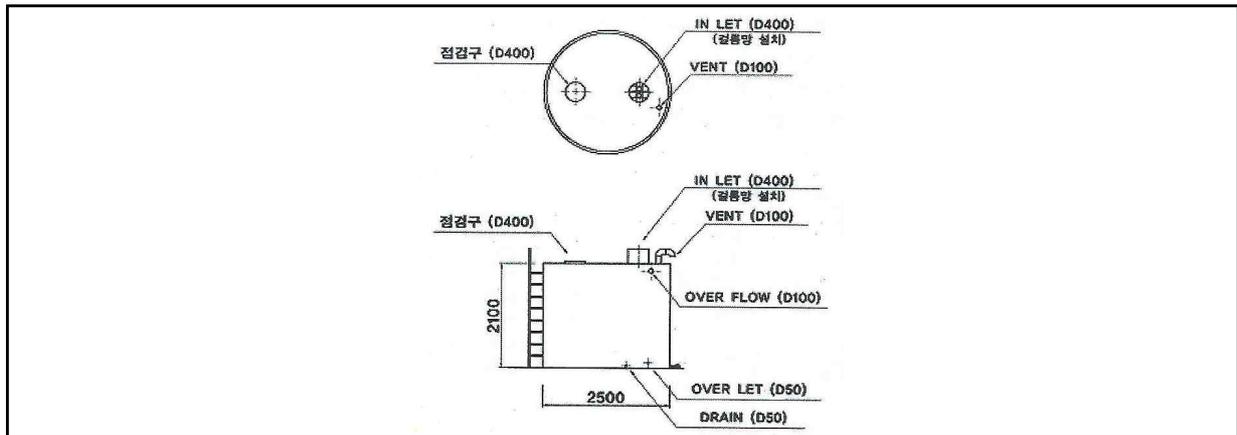


빗물저수조 자체에는 기존 배수관 및 홈통과 연결되어 빗물이 집수될 수 있도록 유입구를 만들고, 수시로 시설을 점검할 수 있는 점검구 및 초기 우수의 협잡물을 제거할 수 있도록 걸름망 등을 설치할 수 있다.

빗물저수조 자체의 세부 설계는 다음과 같이 할 수 있다.

빗물저수조 자체의 설계도 평면도(위)와 측면도(아래)

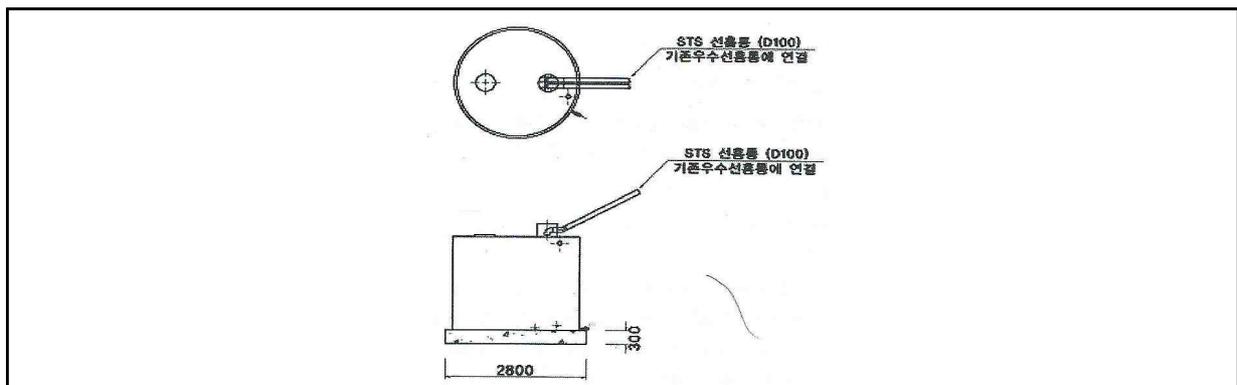
<그림 9-6-4>



빗물 집수관 및 기존에 설치되었던 배수관/홈통과의 연결도는 다음과 같다.

지붕으로부터 배수관을 통한 빗물저수조로의 홈통 연결도

<그림 9-6-5>



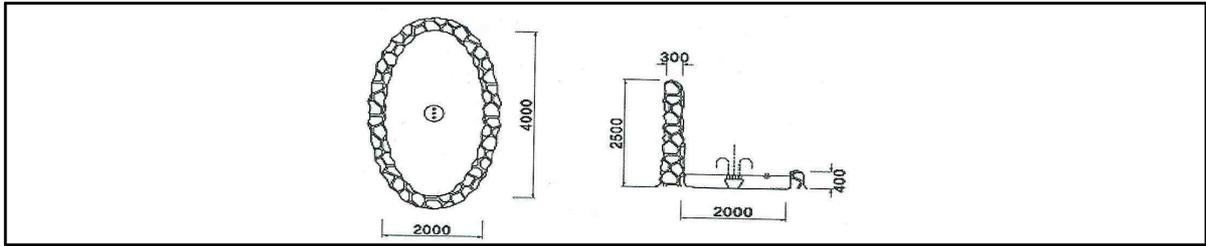
- 주변 연못시설

빗물저수조 외관의 조경과 심미적 미를 고려하고, 학생들의 빗물이용교육효과를 증대시키고 휴식공간으로도 활용 가치를 높이기 위해 빗물저수조 주변을 인공암이나 물레방아 등을 설치하여 연못을 조성함

- 연못 최대 저수 용량: 4.8m³
- 연못시설은 평면 가로 2,000mm, 세로 4,000mm, 높이 400mm로 설계할 수 있으며, 설계도는 다음과 같이 만들 수 있다.

연못시설의 설계 평면도(좌)와 측단면도(우)

<그림 9-6-6>



9.6.4 활성화 방안

가. 빗물이용시설설치조례 제정

1) 서울특별시의 조례 제정 진행 사례

서울특별시 빗물관리에 관한 조례는 타시에서 추진 중인 빗물이용시설 설치 조례 내용과는 개념과 범위 면에서 다소 차이가 있다.

타시 조례안과는 다르게, 서울특별시 빗물관리에 관한 조례에서는 빗물이용시설 설치목적이 단순히 빗물의 효율적인 이용 외에 재해 예방과 환경보전을 포함하고 있으며, 빗물 이용을 넘어서 빗물을 관리하는 차원에서 빗물 침투시설, 빗물저류 시설, 빗물이용시설로 구분하여 폭넓은 개념을 포괄하고 있다.

앞으로 우리나라가 연구하고 추진해야 할 빗물 이용에 대한 개념과 연구방향을 내포하고 있어 참고가 될 만하다고 판단된다. 주요내용은 다음과 같다.

가) 빗물관리시설의 설치권장 대상시설을 다음과 같이 정하였다.

- 보도·주차장·공원 등 공간 시설
- 학교·공공청사 등 공공시설
- 환경영향평가 대상시설
- 계곡지역 및 침수발생지역 등
- 지붕면적이 1,000㎡이상이거나 대지면적이 2,000㎡이상인 신축건축물

나) 빗물관리시설의 규모 및 설치기준은 해당 시설의 면적·설치여건 등을 고려하여 정하도록 하였다.

다) 빗물관리시설을 설치하는 경우에 설치비의 일부를 지원할 수 있는 근거를 마련 하였다.

라) 빗물관리에 관한 계획 및 설치비 지원 등에 관한 사항을 자문하기 위하여 서울특별시 빗물관리위원회를 설치·운영하도록 하였으며 참고로 서울특별시 빗물관리에 관한 조례는 다음과 같다.

서울특별시 빗물관리에 관한 조례(안)

제1조(목적) 이 조례는 서울특별시의 빗물관리정책을 종합적·체계적으로 추진하기 위하여 필요한 사항을 규정함으로써 빗물의 효율적인 이용을 도모하고, 재해예방 및 환경보전에 기여함을 그 목적으로 한다.

제2조(정의) ① 이 조례에서 “빗물관리시설”이라 함은 다음 각호의 시설을 말한다.

1. 빗물침투시설: 빗물을 지표면 아래로 침투시키기 위하여 설치된 시설
2. 빗물저류시설: 빗물을 저류하거나 방류하기 위하여 설치된 시설
3. 빗물이용시설: 빗물을 일정한 용도에 사용하기 위하여 설치된 시설

② 제1항의 규정에 의한 빗물관리시설의 세부적인 설치기준은 서울특별시시장(이하 “시장”이라 한다)이 정한다.

제3조(빗물관리기본계획의 수립) ①시장은 서울특별시의 빗물관리정책을 종합적·체계적으로 시행하기 위하여 서울특별시빗물관리기본계획(이하 “기본계획”이라 한다)을 수립하여야 한다.

②제1항의 규정에 의한 기본계획에는 다음 각호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 빗물관리정책의 기본목표 및 추진방향에 관한 사항
2. 빗물관리정책의 주요시책 및 제도개선에 관한 사항
3. 빗물관리시설의 구축 및 관리에 관한 사항
4. 그 밖에 빗물관리정책의 효율적 추진을 위하여 필요한 사항

③제1항의 규정에 의한 기본계획은 제8조의 규정에 의한 위원회의 심의를 거쳐야한다.

제4조(관계기관의 협조)시장은 빗물관리정책의 원활한 추진을 위하여 자치구청장·공공기관·법인 및 단체 등에 대하여 필요한 협조를 요청할 수 있다.

제5조(빗물설치권고) ①시장은 다음 각호의 1에 해당하는 시설물 또는

건축물의 설치자 및 관리자에 대하여 빗물관리시설을 설치할 것을 권고할 수 있다.

1. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조제6호의 규정에 의한 기반시설
2. 「환경정책기본법」 제25조의 규정에 의한 사전환경성검토 대상시설
3. 「서울특별시 환경·교통·재해 영향평가 조례」 제2조제1호가목의 규정에 의한 환경영향평가 대상시설
4. 대지면적이 2,000제곱미터 이상이고, 연면적이 3,000제곱미터 이상인 건축물
5. 그 밖에 빗물관리시설의 설치가 필요한 시설로서 시장이 정하는 시설

②제1항의 규정에 불구하고 「체육시설의 설치·이용에 관한 법률 시행령」 별표 1의 규정에 의한 운동장 또는 체육관에 설치하는 빗물이용시설에 대하여는 「수도법」 제11조의3 및 「수도법 시행령」 제15조의 3의 규정에 의한다.

제6조(빗물관리시설의 개선권고) 시장은 빗물관리시설이 다음 각호의 1에 해당하는 경우에는 당해 빗물관리시설의 설치자 또는 관리자에 대하여 그 시설을 개선할 것을 권고 할 수 있다.

1. 빗물관리시설이 제2조제2항의 규정에 의한 설치기준에 미달한다고 인정되는 경우
2. 빗물관리시설의 기능상태가 현저히 불량하여 그 설치목적에 이용되지 못하는 경우

제7조(빗물관리시설 설치에 대한 비용지원) ①시장은 빗물관리시설을 신규로 설치하는 자에 대하여는 그 설치에 필요한 비용의 전부 또는 일부를 예산의 범위안에서 지원할 수 있다.

②시장은 제1항의 규정에 따라 지원받은 자가 다음 각호의 1에 해당하는 경우에는 당해 지원금의 전부 또는 일부를 환수할 수 있다.

1. 허위 또는 부정한 방법 등으로 지원금을 받은 경우
2. 정당한 사유없이 빗물관리시설을 운영하지 아니하는 경우
3. 빗물관리시설에 대한 개선권고를 받고 이를 이행하지 아니하는 경우

제8조(빗물관리위원회의 설치) 빗물관리정책의 추진에 관한 다음 각호의 사항을 심의하기 위하여 시장 소속하에 서울특별시빗물관리위원회(이하 “위원회”라 한다)를 둔다.

1. 기본계획의 수립·시행에 관한 사항
2. 빗물관리시설의 설치기준에 관한 사항
3. 빗물관리정책의 점검 및 평가에 관한 사항
4. 그 밖에 빗물관리정책의 효율적인 추진을 위하여 시장이 필요하다고 인정하는 사항

제9조(빗물관리위원회의 구성) ①위원회는 위원장 1인을 포함하여 15인 이내의 위원으로 구성한다.

②위원회의 위원장은 환경국장으로서 하며, 위원은 다음 각호의 자중에서 시장이 지명·위촉하는 자로 한다.

1. 수질과장·공원과장·하수계획과장·치수과장 및 건축과장
2. 수질·빗물관리 또는 도시계획 등에 관한 학식과 경험이 풍부한 자
3. 서울특별시의회 의원

③위촉직위원의 임기는 2년으로 하되, 1회에 한하여 연임할 수 있다. 다만, 보권위원의 경우에는 전임자의 잔여기간으로 한다.

제10조(위원장의 직무) ①위원회의 위원장은 위원회를 대표하고, 위원회의 사무를 통할한다.

②위원장이 부득이한 사유로 직무를 수행할 수 없는 때에는 위원장이 사전에 지명한 위원이 그 직무를 대행한다.

제11조(빗물관리위원회의 회의) ①위원회의 회의는 재적위원의 3분의 1이상이 요청하거나 위원장이 필요하다고 인정하는 때에 소집한다.

②위원회의 회의는 재적위원 과반수의 출석과 출석위원 과반수의 찬성으로 의결한다.

제12조(수당) 위원회에 참석한 위원에 대하여는 예산의 범위안에서 수당 및 여비를 지급할 수 있다. 다만, 공무원이 그 직무와 직접 관련하여 참석하는 경우에는 그러하지 아니하다.

제13조(운영세칙) 위원회의 회의 및 운영에 관하여 필요한 사항은 위원회의 의결을 거쳐 위원장이 정한다.

2) 외국의 조례 제정 관련 사례

빗물 배출에 대한 부과금을 적용하거나, 빗물이용시설설치에 대한 경제적인 인센티브 지원 등을 외국의 조례 제정 사례를 통해 살펴볼 수 있으며, 이를 참고하여 지자체의 조례 제정 시에도 적용 가능하리라 판단된다.

빗물이용시설 설치에 대한 각 국에서의 경제적인 지원 사례는 다음<표 9-6-5>과 같다

외국의 빗물이용시설설치에 대한 경제적 지원 사례

<표 9-6-5>

지원형태	시행국	지원 내용	근거
세금감면	일본	잡용수 이용을 행하기 위한 시설을 설치한 경우, 배수처리시설은 16%, 배수처리시설과 동시에 설치된 우수저류조는 12%의 소득세, 법인세의 특별상각을 인정	우수저류·이용침투 시설정비촉진세제(제11조, 제43조)
		대도시 지역 등에 있어서 200m ³ 이상의 우수를 저류하여 이용 또는 침투시키는 건축물 등의 설치시 소득세< 법인세에서 5년간, 1할 증가의 할증상각을 인정	우수저류·이용침투 시설정비촉진세제(제14조, 제47조)
용자형태	일본	주택금융공고등이 정책용자기술기준에 있는 것의 건설을 목적으로 하는 용자에 대해 자연조건 등 대응형은 100만엔~400만엔/호, 거주환경정비형은 200만엔/호의 용자액 가산을 시행	주택마스터플랜
		일본 정책 투자은행에서 수자원의 유효활용과 우수의 유출억제, 오탃부하의 저감을 꾀하는 건축물의 정비사업을 대상으로 용자(용자비율 50%)	에코빌정비사업
상하수요금 감면	독일	하수도 비용을 하수량과 빗물 유출량으로 분리함으로써 빗물을 사용했을 경우 빗물 유출량에 대한 비용을 감소시킬 수 있도록 규정	
정부주도 시설물설치	중국	간수 지방 정부는 빗물 모을 수 있는 장소 1개, 저장조 2개 만들어주고 농작물 경작할 토지 1곳 제공	빗물모으기프로젝트 121
	태국	재정적 운영과 건설에 해당 마을 사람 포함하고, 교육·기술·조사·행정비용 정부가 지원(기술적인 지원 제공하고 빗물 향아리 제작방법 가르쳐주거나, 충분한 노동력이 없는 마을의 경우 차관기금을 이용해 향아리를 구입할 수 있도록 원조)	Jar program
부수입권장 형태	필리핀	카피즈 지방에서 저장조 시설비용과 영농비용으로 미화 200달러 정도의 자금 대출, 저장조 건설비용, 돼지의 구입과 사육 같은 부수입 활동에 각각 미화 25달러 정도의 혜택 부여, 성숙된 돼지는 대출금 상환에 충분한 마리 당 미화 90달러 수익획득. 3년에 걸쳐 반환	
직접적보조금지원	대만	스테인레스강, 철강 콘크리트, 강화벽돌 자재의 경우 1000NT\$(대만달러)/개·톤의 보조금 지원	빗물저장시설 추진계획 집행요점
	일본	빗물 저장조 시스템(5개 도시), 빗물침투설비(11개 도시), 정화조를 빗물 저장조(7개 도시)로 전환시켜 사용하는 시스템의 세 분야에 대해 개당 또는 일정 부피당 지역별로 다른 보조금 지급	예) Kawagoa시는 저수조1개19,000엔, 2개 38,000엔 설치비 지원
	독일	물공급이 과도한 지역의 경우 빗물이용 장치에 보조금을 지원하지 않으나 공급할 수 있는 수량의 상한선에 도달한 지역(Saarland, Schleswig - Holsterin, Northrhine-Westfalia, Bremen 등)은 빗물이용 장치를 설치하는데 보조금 지원	
		베를린 생태 도시 계획국과 건물 주거생활 및 교통행정국으로부터 50%, 그밖에 50%는 베를린 공공주택회사"GSW"의 소유주들 지원	베를린 계획
	미국	중수도 또는 두 가지의 혼합된 형태의 사용에 대해 50%(최대 \$3000)의 정부보조금 지원	California Water Conservation Tax Law
텍사스주 오스틴은 빗물집수시스템의 설치 비용 중 30%(한도 \$500) 보조			

9.7 하수처리수 재이용 계획

9.7.1 하수처리수 재이용 방안

가. 배경 및 필요성

물의 재이용 방안중 하나인 하수처리수의 재이용 방안은 지금까지 2차 처리의 한 계로 인해 하수처리장의 활용은 극히 제한되어 왔다. 이에 정부에서는 “하수처리수 재이용 촉진 시범사업”을 통해 하수종말처리장의 처리수 재이용률을 높이기 위한 재이용 활성화대책을 수립하는 동시에 재이용률이 높은 지자체에 인센티브를 제공하는 정책을 추진중이며 고도처리 후 방류되는 하수종말처리장의 처리수를 공업용수, 조경 및 살수용수 등으로 재이용할 경우 시의 친환경적 이미지 제고와 시민의 물질약 의식고취에도 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

나. 기본방침

- 1) 하수처리 재이용수는 사용자가 사용할 때 심미적으로나 위생적으로 위해가 없어야 하며 항상 안정되게 공급할 수 있어야 한다.
- 2) 재이용 시설은 합리성, 안정성, 경제성이 있어야 하며, 이와 함께 유지관리면에 대해서도 충분히 고려되어야 한다.
- 3) 기본적으로 검토되어야 할 사항은 공급구역 결정, 재이용용도 및 수량, 용도별 목표수질, 재이용 시스템 등이 있다.

다. 효과

하수처리수의 재이용을 통해 얻을 수 있는 효과는 직·간접적으로 매우 다양하며, 우선 국가적인 측면에서 살펴보면 수자원 부족현상에 대비하여 용수수요량 대체가 가능해지므로 댐, 정수장 등의 사회간접자본시설의 확충시기를 연장시킴으로써 공공투자의 우선순위에 여유를 줄 수 있는 효과가 있으며 계룡시 측면에서는 대내외적 이미지 개선 및 친환경적인 시행정을 널리 홍보할 수 있다. 또한 물 재이용이라는 정부추진시책에 적극 협조·동참함으로써 향후 국고지원 추가배정과 같은 인센티브 획득이 가능하게 된다.

라. 관련계획검토

- 1) 하수도정비기본계획 수립지침(환경부)

2000년 12월 하수도법 개정을 통해 하수도정비기본계획을 수립시 하수처리수의 이용계획 및 이용시설설치에 관한 사항 포함을 의무화하였으며, 지역의 제반 여건을

감안하여 대체 수자원으로 활용토록 하였으며, 처리수 이용 용도로는 처리장 내의 잡용수 및 인근 주거·상업시설의 화장실용수, 조경용수 및 산업단지의 공업용수 등으로 설정 하였다.

- 처리시설 일체, 방류관, 처리수 송수관 및 저류조 : 국고보조
- 방류수 이용을 위한 이송관로 : 수혜자 부담

설비·공정을 물 절약형으로 개선, 폐수발생저감 신기술 도입, 사업장내 오·폐수 이용 및 수도설비 절수형교체 시범사업 실시 등을 통하여 개별 공장 폐수처리수 이용확대를 유도하도록 하였으며, 폐수재이용업체에 배출부과금 중 기본 부과금 감면제도 신설, 폐수재이용 확대(수질환경보전법시행령 개정, 2000.9)하도록 하였다.

2) [물 절약 종합대책] 성과와 향후 추진계획(2003.9, 환경부)

정부는 광역순환중수도(대규모 지역에 하수처리장 등의 방류수를 재처리하여 광역적으로 중수를 공급하는 방식) 확대의 일환으로 하수종말처리시설의 처리수 이용율을 확대시킬 계획이며, 하수도정비기본계획 승인 시 하수처리수 이용계획 반영여부를 확인하고 중수도, 공업용수로 재이용하기 위한 처리시설 설치 사업비는 국고를 지원할 계획이다.

3) '하수처리수 재이용 촉진 시범사업 추진계획'(2005.3, 환경부)

정부는 하수처리수 재이용이 안정적인 새로운 수자원 공급원으로 활용하는 한편, 깨끗하고 유용한 자원이라는 인식을 심어줄 계획으로 '하수처리수 재이용 촉진 시범사업'을 추진하고 이와 병행하여 '하수처리수 재이용 수질 권고기준'을 마련할 계획이다.

가) 하수처리수 재이용 촉진 시범사업

시범사업은 농업용수, 공업용수, 하천유지용수, 기타분야인 4개 분야로 나누어 2006년까지 총 400억원을 투자하여 2007년 최종평가회와 확대보급 및 홍보, 관련 지침을 개정할 예정이다. 앞으로, 정부는 신규 설치 처리장에 대하여는 하수처리수 재이용을 의무화하도록 하수도법을 개정하고, 지방자치단체 및 관계자를 대상으로 설명회·평가회를 개최하여 하수처리수 재이용 시책을 조기에 정착시켜 나갈 계획이다.

나) 하수처리수 재이용 수질 권고기준

검증된 하수처리수를 안전하게 공급할 계획을 2004년 10월 권고기준(안)을 관련기관 공청회를 거쳐 2005년 11월 '하수처리수 재이용 수질 권고기준'을 마련하였다.

마. 문제점 고찰

1) 기술상의 문제점

- 하수처리수 재이용을 확대시킬 수 있는 결정적인 요인은 상수보다 중수 생산비용이 낮아야 하고 유지관리가 간단해야 한다는 점임. 하수처리수 재이용의 경제성을 높이기 위해서는 하수처리수의 처리기술이 매우 중요한 역할을 하는데 이에 대해 해결해야 할 기술상의 문제점은 다음과 같다.

- 하수처리수의 용도별 적합 처리기술 개발
- 상수도와의 오접합 방지대책

2) 위생상의 문제점

- 하수처리수 재이용의 용도가 피부접촉이나 음용이외의 사용에 제한되어 있으므로 이에 대한 다음과 같은 관리 대책이 필요하다.

- 사용단계에서의 오염, 오사용방지
- 세균, 바이러스 등의 병원성 미생물의 효과적인 제거

3) 관리상의 문제

- 하수처리수 재이용 설비의 원활한 유지관리를 담당할 일정 기술을 소지한 관리자가 있어야함

4) 비용의 문제

하수처리수 재이용 제도의 확대 보급에서의 최대 장애요인은 하수처리수 생산비가 수도요금보다 높다는 점임. 따라서 하수처리수 재이용 제도를 확대보급시키기 위해서는 상·하수도, 공업용수에 대한 행정상 및 법제상의 조치에 준한 시책을 강구하는 것과 금융·조세상의 촉진책을 마련하여 경제성을 높여야 함. 하수처리수 재이용 생산비와 수도요금과의 격차를 줄이고, 상수도 재정의 적자를 줄이기 위해서는 수도요금 현실화가 반드시 필요하다.

5) 법령상의 문제

현재 하수처리수 재이용과 관련한 법제도의 뒷받침이 미비한 상태이므로 이에 대한 관련법 및 조례를 제정 및 정비해야 함. 본 제도의 장점이 개인이나 국가의 물 이용 합리화에 커다란 영향을 미칠 수 있는 새로운 제도이므로 법제도 및 기술적 문제점을 해결해 나간다면 빠른 시일 내에 새로운 물 이용제도로 정착될 수 있을 것으로 사료된다.

6) 기타 문제점

하수처리수 재이용의 또 다른 문제는 이용자의 감각적 거부감에 대한 것임. 하수처리수 재이용은 개인의 이익뿐만 아니라 물을 절약해 줌으로써 공익이 수반될 수 있다는 점을 인식시켜야 할 것이며, 나아가 하수처리수를 이용함에 있어서 장애 요인이 발생되지 않는 재이용시설의 설계 및 유지관리가 수반되어야 할 것이다.

9.7.2 하수처리수 재이용과 개별 중수도 시설 비교

하수처리수 재이용사업은 추진 주체가 지방자치단체로서 하수처리수를 하수처리장에서 재처리하여 일반 수요자에게 공급하고 수요자는 건물내 배관을 설치하고 재이용수의 사용요금을 지불한다는 점에서 다음<표 9-7-1>과 같이 개별 중수도와는 다르다. 오히려 상수도과 유사한 공급 및 지불체계를 가진다고 할 수 있으므로 하수처리수 재이용사업을 위한 관련법은 중수도에 관련하여 지방자치조례로 별도 규정되어야 할 것이다.

하수처리수 재이용과 개별 중수도 체계의 비교

<표 9-7-1>

구 분	하수처리수 재이용 시스템	개별 중수도 시스템
중수도 설치·관리자	지방자치단체	중수도 사용자(중수도 설치자)
물 공급자	지방자치단체	중수도 사용자
물 사용요금	하수처리 재이용수 요금	필요 없음
시설 설치에 대한 지원대상자	처리시설, 송배수관 : 지방자치단체	물사용자(중수도 설치자)
	건물내 급수관 : 물 사용자	
수도요금 감면	하수처리 재이용수 사용요금 감면	중수도 사용량만큼 수도요금 감면
공급자	중수도 생산시설, 송배수관	중수시설, 건물내 급수관
수요자	건물내 급수관	

9.7.3 하수처리수 재이용계획

가. 하수처리시설 및 재이용현황

2006년 계룡시내 하수처리시설은 계룡하수처리장으로 시설용량은 Q= 27,000m³/일에 달하며 하수처리수의 장내재이용수는 9.4%이고 장외재이용수는 없는 실정이다.

하수처리시설 및 재이용현황

<표 9-7-2>

구 분	시설용량	처리방법	위 치	재이용량
계룡하수처리장	27,000m ³ /일	DeNiPho	두마면 왕대리	9.4%

나. 하수처리수 재이용방안 및 계획

계룡시는 현재 다음 <표 9-7-3>과 같이 장내 청소, 세정, 냉각, 희석, 조경 등의 용수로 재이용하고 있으며, 장외용수로는 공사의 살수로 소량 사용 중이다.

계룡시 하수처리수 장내 재이용율

<표 9-7-3>

(단위 : 천m³/년)

구 분	방류량	재 이 용 현 황								
		계	청소 용수	세정 용수	역세척 용수	냉각 용수	희석 용수	조경 용수	기타 용수	이용률 (%)
2004년	5,475	102.2	29.9	16.2	-	26.1	29.5	0.6	1.0	1.9
2005년	5,717	138.9	32.7	18.8	-	22.9	61.0	3.5	-	2.4
2006년	5,168	485.2	96.7	23.6	279.9	24.8	44.3	15.9	-	9.4
평 균	5,453	242	53	20	93	25	45	7	0	4.4

자료 : 계룡시 하수종말처리시설 운영결과 조사표 (2001~2005)

세정용수(탈수여포 세정수), 냉각용수(송풍기 냉각수), 희석용수(폴리머 용해수), 환경용수(하천유지용수 등 환경개선 목적을 위해 이용하는 용수), 기타용수(잡용수, 역세척수, 펌프 썰링수), 조경용수(약200일 이상), 농업용수 (장외 재이용수)

1) 하수처리수 재이용계획

계룡하수처리장 처리수 재이용 방안을 검토한 결과 현 시설여건으로는 장외용수의 이용이 별도의 시설개선이 이루어 지지 않으면 적절하지 않다고 판단 된다.

향후 하수도정비 기본계획의 수립을 통하여 다양한 수요처에 적용여부를 검토할 수 있으므로 본 계획에서는 별도의 재이용계획은 수립하지 않았다.