

報 告

中水道の 經濟性

朴 基 英\* · 朴 仲 鉉\*\*

1. 中水道の 導入촉진지역

종래에 中水道の 보급에는 그 經濟性이 장애가 되지만 業務用水로서 물을 대량으로 사용하는 빌딩 등의 個別循環方式의 中水道와 가정용수로서 물을 사용하는 주택단지의 地域循環方式의 中水道는 경제성의 면에서는 다른 경향을 나타내고 있다.

業務用水를 대량으로 사용하는 빌딩에서는 個別循環方式의 경우 原水의 수질과 中水道の 용도에 의하지만 어느 정도 대규모의 빌딩이라면 1m<sup>3</sup>당 中水道の 공급비용과 수도요금과 하수도 요금의 합계와의 사이에는 큰 차이가 나지 않는다.

그것들은 水道의 요금체계가 대량으로 물을 사용하면 1m<sup>3</sup>당의 요금이 높게되는 누진제요금체도를 채용하고 근년에 와서 그 경향이 강화되었기 때문에 업무용수의 단가가 급격히 상승하고 있고 하수도요금도 수도요금과 같이 누진제요금체계가 채용되었기 때문이라고 생각된다.

需要量の 팽박, 上下水道시설의 건설비와 유지관리비의 상승을 고려하면 금후에도 給配水源가는 상승할 것으로 생각되고 사무소 빌딩 등에서 個別循環方式의 中水道도 어느 정도 규모 이상의 것에 대해서는 경제적으로 채산성이 있을 가능성이 높다고 豫測할 수 있다.

그러나, 주택단지에서 地域循環方式의 中水道の 경제성은 수도요금 및 하수도요금이 가정용에 대해서는 낮게 억제되고 있는 것을 감안한다면, 中水道の 공급비용은 현재로도 수도요금과 하수

도요금의 합계의 2~3배가 되므로 조금씩 中水道가 導入되는 것은 생각할 수 없다.

이상, 中水道の 經濟性을 수도요금과 하수도요금의 合計와 비교하여 볼수 있지만 경제적인 면에서도 中水道の 촉진은 전국에서 동시에 실시하지 못하고 물수급이 팽박한 대도시 등에서 어느 정도 규모 이상의 빌딩을 대상으로 中水道를 보급하는 것이 경제적으로도 유효하다.

2. 費用의 分析

(1) 處理設施의 費用 分析

① 建設費

個別循環方式에서 처리시설의 建設費의 실적을 處理水量 1m<sup>3</sup>/日 당의 建設費로 환산하면 그림 1와 같다. 일반적으로는 Scale Merit의 경향이 보이지만 같은 처리 수량 규모에서도 process의 차이 등에 의하여 건설비는 대폭으로 다르게 된다. 특히 처리 수량이 적은 경우 이 경향이 강하다.

個別循環方式에서 維持管理費의 실적은 그림 2에 나타나 있고 처리수량이 많게 되면 유지 관리비는 싸게 되는 경향이 있지만 300m<sup>3</sup>/日 이상이 되면 Scale Merit의 효과는 그다지 크지 않게 된다. 동규모의 처리수량에서도 처리방식이 다른 유지관리비는 상당히 다르고 限外濾過膜을 채용하고 있는 처리 방식은 急速濾過를 채용하는 것보다도 높게 된다.

(2) 費用 分析을 위한 前提 조건

① 中水道 供給費用의 구성요소와 影響因子

中水道 공급 비용은 일반적으로 다음과 같은 비용요소로 구성된다.

\* 서울大學校 大學院 博士過程  
\*\* 서울大學校 教授

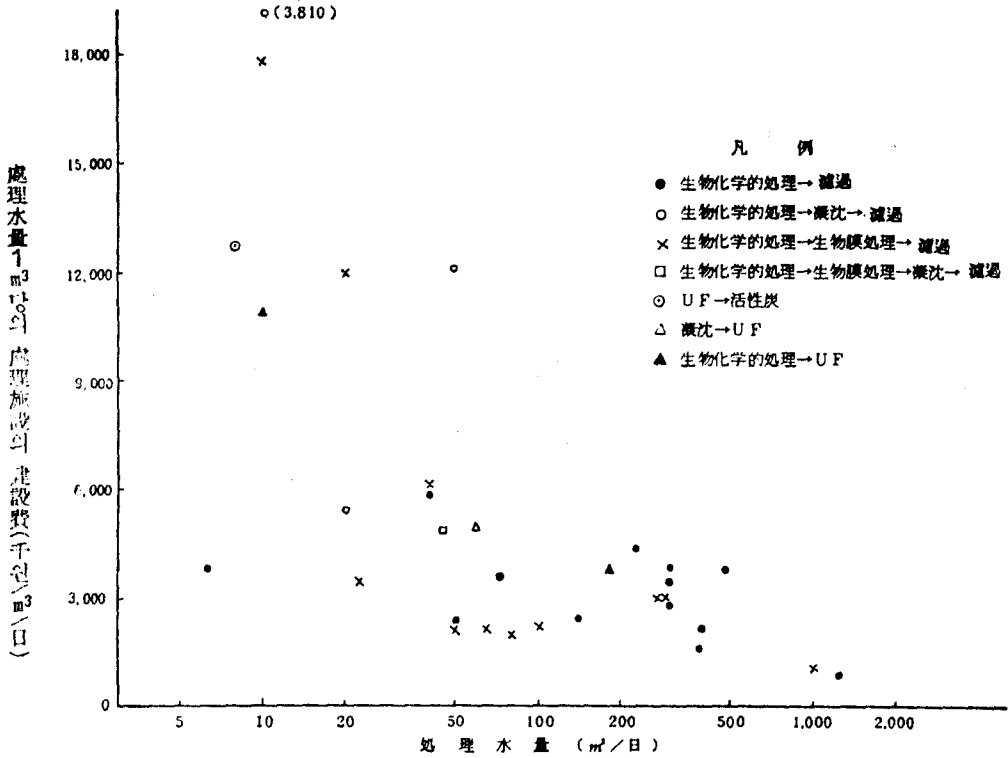


그림 1. 單位處理水量當 處理施設 建設費의 실적(個別循環方式)

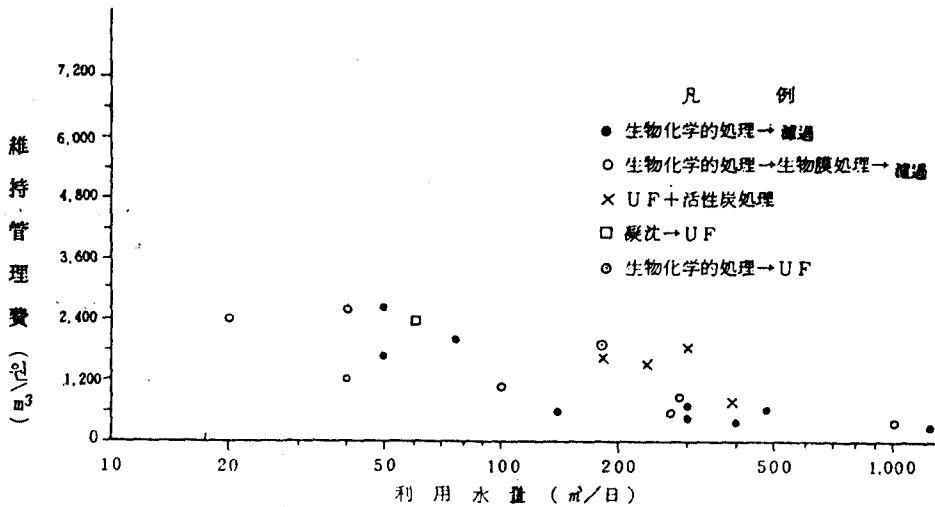


그림 2. 維持管理費의 실적(個別循環方式)

- 處理 費用
- 送配水 費用
- 室內 給配水 費用
- 用地 費用

이들에 영향을 미치는 인자로서는 中水道 利用量, 原水水質, 中水道の 공급 수량, 처리 시설과 수요지간의 거리, 中水道 需要密度, 건물 조건, 地價 등을 들 수 있다.

표 1. 組合 MODEL

MODEL No.	循環方式	原水의 種類	用 途				備 考
			水洗便所	冷却	造景	기타	
1	個別	雜 排 水	○				
2	"	"	○	○		散水, 情掃	
3	"	水洗便所排水	○				
4	"	"	○	○			
5	地區	下水處理水	○				住宅團地
6	"	"	○		○	散水, 情掃	"

표 2. 規模別 給水量

規 模 No.	延床面積 (m <sup>2</sup> )	人 員 數 (人)	水 量 (m <sup>3</sup> /日)				
			全 體	水洗便所	%	冷却用水	%
1	5,000	650	65	45	69	15	23
2	15,000	1,950	195	90	46	50	26
3	50,000	6,500	650	230	35	160	25

② 原水, 用途, 이용형태를 組合시킨 model의 설정

中水道는 原水의 종류, 中水道의 용도 및 이용 형태에 의하여 여러 조합을 들 수 있지만 組合 모델을 설정하는데 있어서는 시설의 가능성, model의 대표성 등을 감안해야 한다.

본 조사에서 비용분석의 대상으로 하는 model을 표 1에 나타내고 있다.

③ 대상규모

가. 個別 循環 方式

個別循環方式의 中水道 검토에서 사무소 빌딩

표 3. 規模別 給水量

規 模 No.	人 口 (人)	水洗便所用水量 (m <sup>3</sup> /日)	散水, 造景洗淨用水量 (m <sup>3</sup> /日)
1	5,000	200	50
2	10,000	400	100
3	20,000	800	200

의 규모, 추정사용수량을 표 2에 나타냈다.

나. 地區循環方式

주택단지에서 中水道의 검토에서 단지의 규모, 추정사용수량을 표 3에 나타냈다.

표 4. 組合 MODEL별 處理 flow

MODEL No.	循環方式	原 水	用 途	處 理 過 程
1	個別循環方式	雜排 水 (廚房排水包)	水洗便所用水	(스크린)→流量調整→生物化學的處理→(凝集沈澱)→濾過→鹽素注入
1'		雜排 水 (廚房排水不包)	水洗便所用水	(스크린)→流量調整→(生物化學的處理)→(凝集沈澱)→濾過→鹽素注入
2		雜排 水 (廚房排水包)	水洗便所用水 冷却塔補給水 造景用水	(스크린)→流量調整→生物化學的處理→(凝集沈澱)→濾過→活性炭處理→鹽素注入
3		汚 水	水洗便所用水	(스크린)→流量調整→生物化學的處理→막처리→(活性炭處理)→鹽素注入
4	個別循環方式	汚 水	水洗便所用水 冷却塔補給水 造景用水	(스크린)→流量調整→生物化學的處理→(凝集沈澱)→濾過→活性炭處理→鹽素注入
				(스크린)→(生物化學的處理)→膜處理→活性炭處理→鹽素注入

5	地區循環方式	下水處理水	水洗便所用水	(流量調整)→(凝集沈澱)→濾過→鹽素注入
6		下水處理水	水洗便所用水 造景用水 散水用水 情掃用水	(流量調整)→(凝集沈澱)→濾過→活性炭處理→鹽素注入  (流量調整)→膜處理→(活性炭處理)→鹽素注入

- 註：1. 生物化學的處理方式에는 活性污泥法, 回轉圓板法, 接觸曝氣法 등이 있다.  
 2. 地區循環方式은 住宅團地를 대상으로 하고 있지만, 수개의 빌딩을 대상으로 하는 경우의 原水, 處理過程은 個別循環方式에 準한다.  
 3. ( )內的 處理技術은 原水, 用途, 利用者 등의 조건에 따라 變移가능하다.

④ 처리 flow

비용분석을 하는데 있어서 순환방식, 원수, 용도, 처리 flow, 원수 수질, 목표 수질의 조합 모델을 표 4에 나타내었다.

⑤ 給配水 및 配水조건

빌딩의 형상은 다음을 들수 있다.

- 規模 No. 1 : 延床面積 5,000m<sup>2</sup> 地上 7층, 地下 2층  
 規模 No. 2 : 延床面積 15,000m<sup>2</sup> 地上 9층, 地下 3층  
 規模 No. 3 : 延床面積 50,000m<sup>2</sup> 地上 15층, 地下 3층

(3) 費用分析

① 처리시설의 비용

中水道에서 처리시설의 건설비를 循環方式, 廢水의 종류, 용도의 조합에 의해서 처리흐름별로 整理하면 그림 3, 그림 4에 나타났다.

또 같은 방식으로 각 처리흐름별로 유지관리비를 정리하면 그림 5, 그림 6과 같다.

② 送配水 시설 및 給水시설의 비용

個別循環方式에서 처리시설이 해당빌딩내에 설치된 경우가 많기 때문에 송배수 시설의 필요성은 없지만 地區循環方式에서는 처리시설이 설치 장소에 따라 中水道의 수요자인 각 건물까지 送

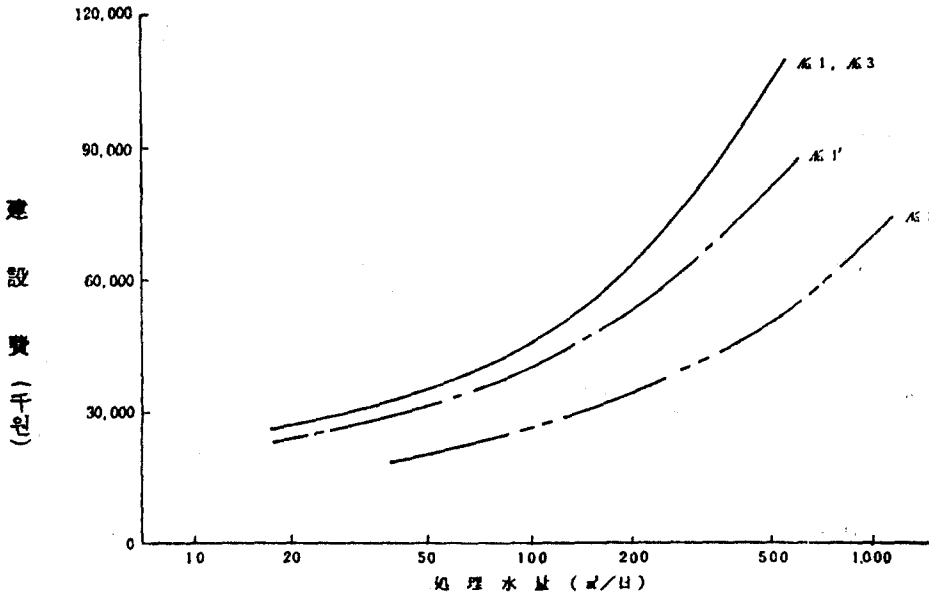


그림 3. 處理施設建設費(1)

- No. 1 雜排水(廚房排水를 포함)를 처리하여 水洗便所用水에 이용한 Case  
 No. 1' 雜排水(廚房排水를 포함하지 않음)를 처리하여 水洗便所用水에 이용한 Case  
 No. 3 汚水를 처리하여 水洗便所用水에 이용한 Case  
 No. 5 下水處理를 處理하여 水洗便所用水에 이용한 Case

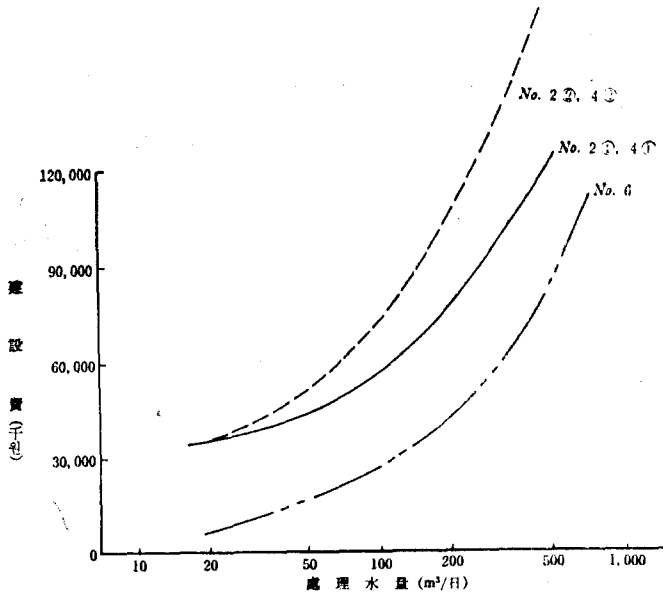


그림 4. 處理施設建設費(2)

- No. 2 ㉑ 雜排水(廚房排水를 포함)를 처리(活性炭)하여 水洗便所用水, 冷却塔補給水 등에 이용한 Case
- No. 2 ㉒ 雜排水(廚房排水를 포함)를 처리(UF)하여 水洗便所用水, 冷却塔補給水 등에 이용한 Case
- No. 4 ㉓ 汚水を 처리(活性炭)하여 水洗便所用水, 冷却塔補給水 등에 이용한 Case
- No. 4 ㉔ 汚水を 처리(UF)하여 水洗便所用水, 冷却塔補給水 등에 이용한 Case
- No. 6 下水處理를 처리하여 水洗便所用水, 造景用水, 散水用水 등에 이용한 Case

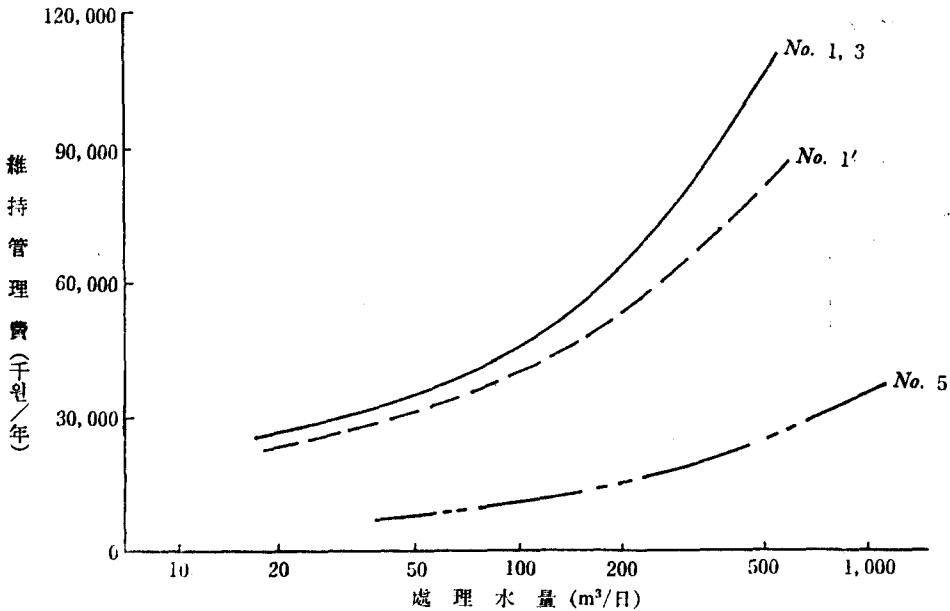


그림 5. 處理施設維持管理費(1)

- No. 1 雜排水(廚房排水를 포함)를 처리하여 水洗便所用水에 이용한 Case
- No. 1' 雜排水(廚房排水를 포함하지 않음)를 처리하여 水洗便所用水에 이용한 Case
- No. 3 汚水を 처리하여 水洗便所用水에 이용한 Case
- No. 5 下水處理를 처리하여 水洗便所用水에 이용한 Case

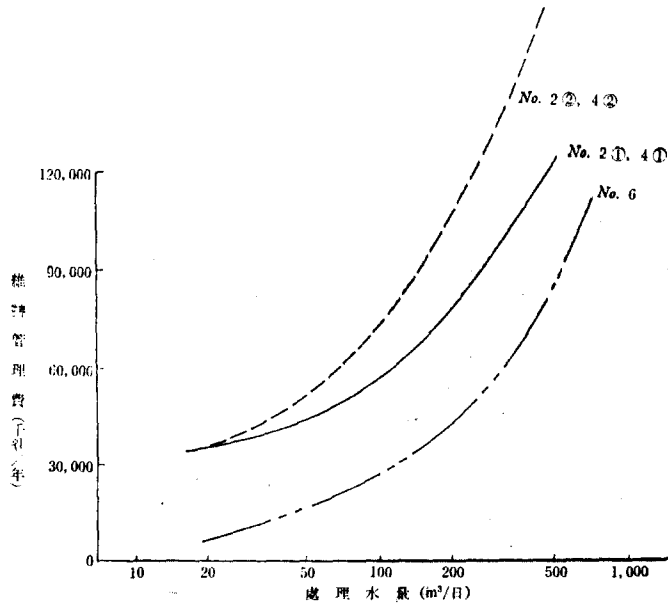


그림 6. 處理施設維持管理費(2)

- No. 2① 雜排水(廚房排水를 포함)를 처리(活性炭)하여 水洗便所用水, 冷却塔補給水 등에 이용한 Case
- No. 2② 雜排水(廚房排水를 포함)를 처리(UF)하여 水洗便所用水, 冷却塔補給水 등에 이용한 Case
- No. 4① 汚水を 처리(活性炭)하여 水洗便所用水, 冷却塔補給水 등에 이용한 Case
- No. 4② 汚水を 처리(UF)하여 水洗便所用水, 冷却塔補給水 등에 이용한 Case
- No. 6 下水處理를 처리하여 水洗便所用水, 造景用水, 散水用水 등에 이용한 Case

표 5. 송배수, 급수시설의 건설비 및 유지관리비

MODEL No.	規 模 No.	建 設 費				維 持 管 理 費		
		使用水量 (m³/日)	送配水 施設費 (萬원)	給水 施設費 (萬원)	計 (萬원)	使用電力量 (KWH/日)	單 價 (원/KWH)	電力費 (萬원/日)
1, 3	1	45	—	1,680	1,680	5.5	120	24
	2	90	—	3,360	3,360	15	120	66
	3	230	—	8,580	8,580	55	120	240
2, 4	1	60	—	2,460	2,460	7.5	120	36
	2	140	—	5,700	5,700	22	120	96
	3	390	—	15,960	15,960	75	120	330
5	1	200	36,480	7,440	43,920	30	120	132
	2	400	72,900	14,880	87,780	66	120	288
	3	800	145,860	29,760	175,620	111	120	486
6	1	250	40,080	10,260	50,340	44	120	192
	2	500	80,220	20,460	100,680	66	120	288
	3	1,000	160,440	40,920	201,360	165	120	720

註: 1. Model 2, 4, 6은 用途가 증가하기 때문에 Model 3, 5보다도 10% 工事費를 증가시킨다.  
 2. 個別循環方式의 給水方式은 高架 tank 방식.  
 3. 維持管理費의 算定은 時間最大給水量으로 행하지 않고 日最大給水量의 2배로 한다.

配水 시설이 필요하다. 送配水管 건설비는 中水道의 수요밀도에 의해 영향이 크다. 한편 給水 시설내에 中水道를 설치함으로써 증가하는 설비는 中水道의 실내 배관, 수세조 양수 펌프, 고가 수조 등으로 변기 등의 위생기구의 증가는 없다.

中水道에서 送配水 시설 및 급수시설의 건설비 및 유지관리비를 循環方式, 原水의 종류, 용도에 따른 모델의 규모마다 계산하면 표 5와 같다.

(4) 供給原價

水道의 原價는 다음 식에 의하여 算出한다.

供給原價(원/m<sup>3</sup>)

$$= \frac{\text{償却費(원/年)} + \text{維持管理費(원/年)}}{\text{年間 中水道 利用量(m}^3\text{/年)}}$$

減價償却費, 지불이자 등의 償却費는 다음의 식으로 구할 수 있다. 또, 시설의 償却年數는

토목시설, 기계, 전기시설을 평균해서 15년 잔존가격을 10%로 한다.

$$\text{償却費(원/年)} = (\alpha + \beta) \times (1 + K) \times M$$

여기서  $\alpha$  : 利率(=0.08)

$\beta$  : 定額法에 의한 減價償却率  
(= (1-0.1)/15=0.06)

$K$  : 건설이자율( $\alpha \times 0.4 \times \text{工期} = 0.032$ )

$M$  : 建設費

中水道의 공급원가를 이용형태와 용도에 따라 정리하고 도시하면, 그림 7~그림 9와 같이 된다. 그림 10~그림 12는 건설부에서 추정한 중수도의 원가를 처리규모에 대한 톤당 단가로 계산하여 나타낸 것이다.

① 個別循環方式으로 수세변소수에 이용하는 경우

공급원가는 廚房排水를 포함하지 않는 오염이 크지 않은 雜排水를 原水로 하는 경우에는 原水

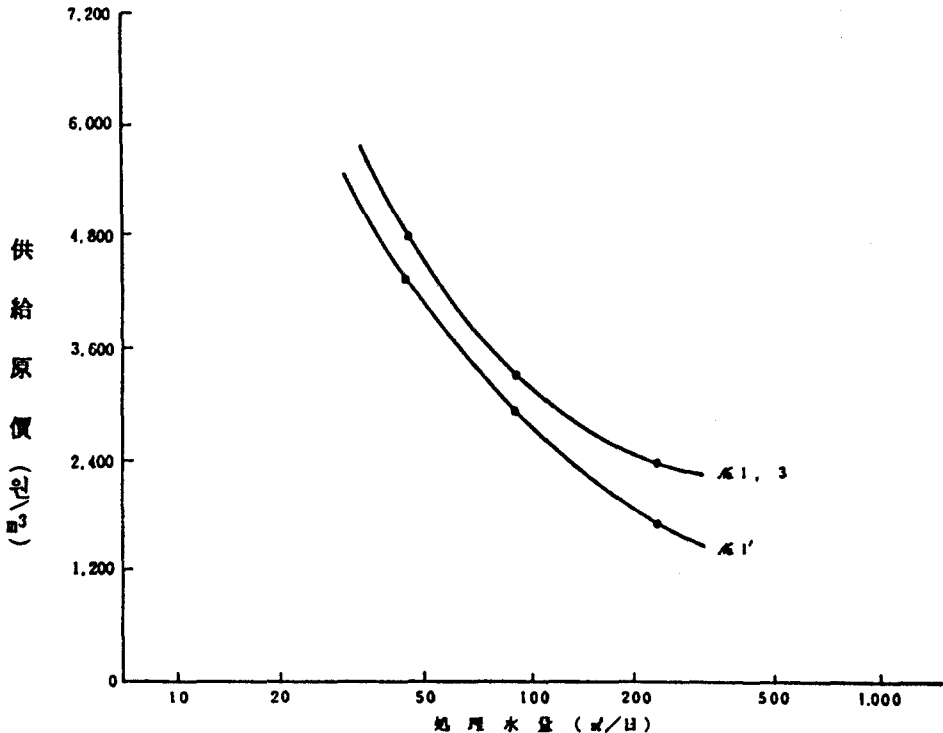


그림 7. 中水道의 供給原價(個別循環: 水洗便所用水)

No. 1 糞배수(주방배수를 포함)를 처리하여 수세변소수에 이용한 Case

No. 1' 糞배수(주방배수를 포함하지 않음)를 처리하여 수세변소수에 이용한 Case

No. 3 오수를 처리하여 수세변소수에 이용한 Case

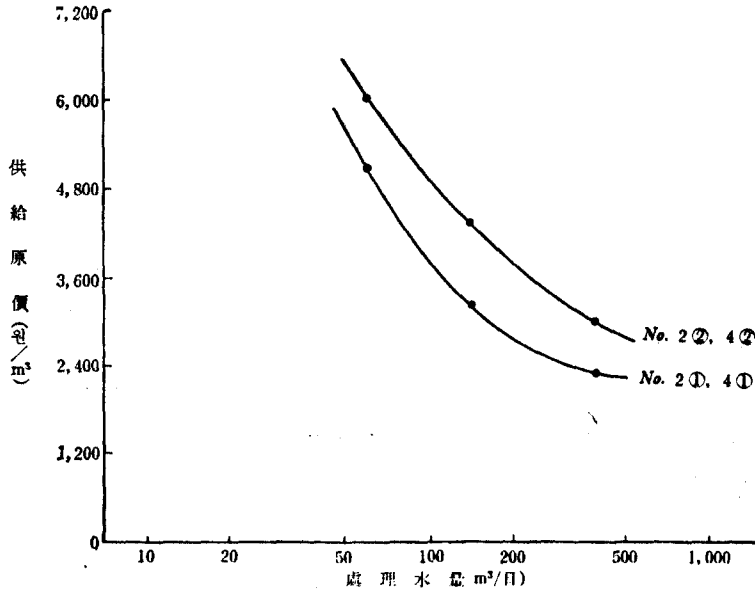


그림 8. 中水道의 供給原價(個別循環: 水洗便所用水, 冷却塔補給水, 修景用水)

- No. 2 ㉑ 雜排水(廚房排水를 포함)를 처리(活性炭)하여 水洗便所用水, 冷却塔補給水 등에 이용한 Case
- No. 2 ㉒ 雜排水(廚房排水를 포함)를 처리(UF)하여 水洗便所用水, 冷却塔補給水 등에 이용한 Case
- No. 4 ㉑ 汚水를 처리(活性炭)하여 水洗便所用水, 冷却塔補給水 등에 이용한 Case
- No. 4 ㉒ 汚水를 처리(UF)하여 水洗便所用水, 冷却塔補給水 등에 이용한 Case

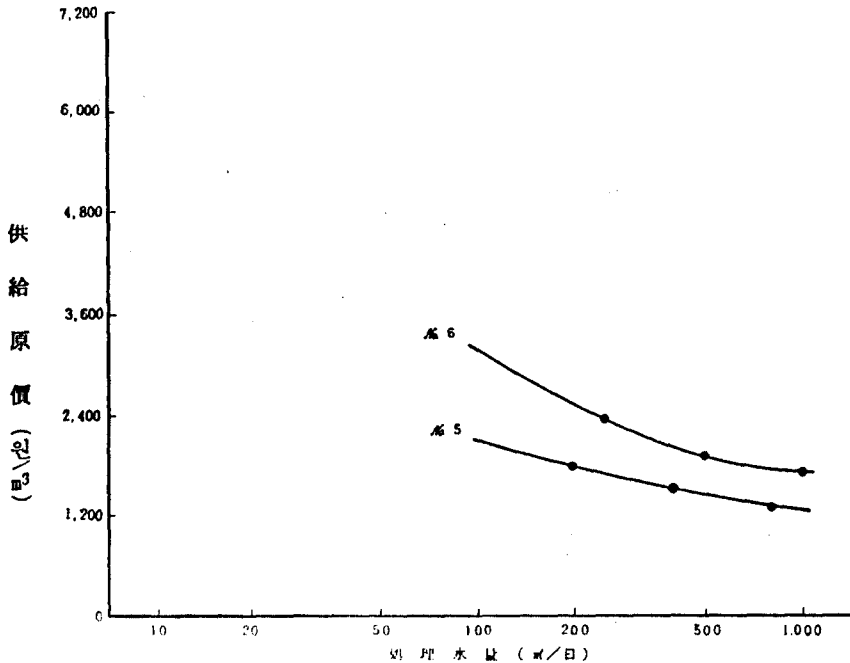


그림 9. 中水道의 供給原價(地區循環)

- No. 5 下水處理를 처리하여 水洗便所用水에 이용한 Case
- No. 6 下水處理를 처리하여 水洗便所用水, 造景用水, 散水用水 등에 이용한 Case



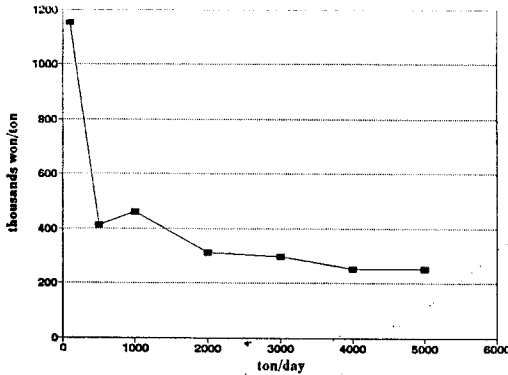


그림 10. 中水道의 施設原價(建設部)

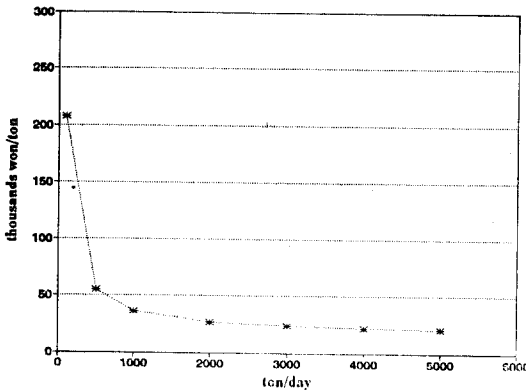


그림 11. 中水道의 運營原價(建設部)

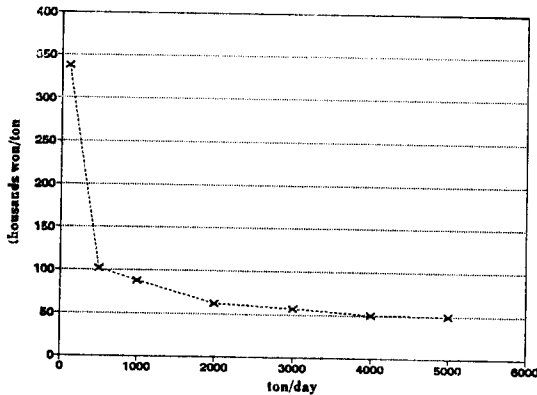


그림 12. 中水道의 運營+資本回收原價(建設部)

가 水洗便所排水 등의 경우보다도 10~30%정도 싸게 된다. 原水에 廚房排水를 포함한 雜排水를 이용하는 경우에는 수질적으로 水洗便所排水와 큰 차이가 없으므로 그 차이는 없는 것으로 생각된다.

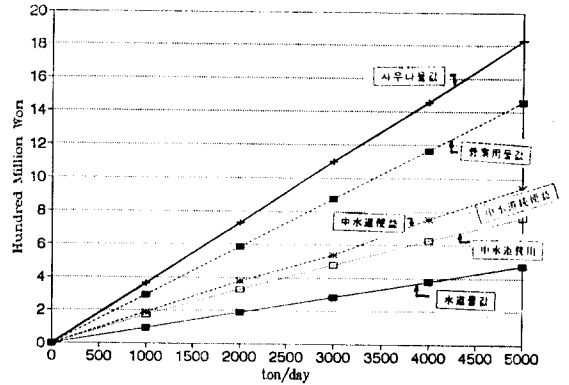


그림 13. 規模別 中水道 開發費 比較(建設部)

② 個別循環方式에서 水洗便所用水, 冷却塔 補給水 등에 이용하는 경우

처리흐름이 砂濾過+活性炭과 膜處理를 비교 하였지만 膜處理의 방식이 약 30% 높게 된다.

③ 地域循環方式의 경우

주택단지에서 下水處理水를 原水로서 中水道를 실시하는 경우 공급원가는 용도가 水洗便所用水만의 경우는 기타, 散水, 造景用水 등에 이용하는 경우에 비해서 처리의 정도가 낮기 때문에 30~50%정도 싸게 된다.

### 3. 經濟性 評價

#### (1) 中水道 導入의 利點

中水道 導入의 利點으로는 다음과 같은 사항을 들 수 있다.

① 中水道의 도입은 水道水源을 확보하고 지역적인 水道水需給의 浬박을 완화할 수 있다.

예를 들면 水洗便所用水의 공급에 中水道를 이용하게 되면 中水道를 공급한 수량과 같은 양의 水道水를 水洗便所用 이외의 水道水 수요로 돌릴 수 있다. 즉 中水道의 도입은 雜用水轉換 수량분으로 보아 수도수원을 상실한 方法에 의해 개발한 경우와 같은 효과를 가지고 이 의미에서 중요한 水道水源의 確保 對策이 된다.

② 節水 및 물사용의 合理化 의식의 高揚

물사용자가 食用가능한 물의 有限성을 인식함으로써 節水 및 물사용의 合理化에 힘쓰도록 한다.

## ③ 渴水時 等에서의 효과

渴水 等에 의해 수도가 給水제한중에 있더라도 雜用水用途(水洗便所 等)의 기능을 상당히 유지할 수 있으므로 給水制限에 따른 장애를 輕減할 수 있다.

## ④ 下水道 水量負荷 輕減의 효과

中水道의 도입은 그 형태에 따라 하수도로서의 하수 排出量을 감소시키는 효과를 가진 경우가 있다.

예를 들면, 신규대형빌딩건설시에 個別循環方式의 中水道를 도입하면 그에 대응하는 분량만큼 하수도시설 확장 등의 비용을 감소시킬 수 있다. 그러나 中水道의 보급을 촉진한 후에 경제성의 문제가 종래부터 최대의 장애가 있는 것이 지적되었지만 中水道는 물수요 제어라는 효과가 있으므로 오늘날과 같이 수도요금과 하수도요금이 높게 되어질 것을 고려한다면 中水道의 경제성도 어느 정도 완화할 수 있다.

## (2) 水道料金과 下水道 料金の 합계

우리나라의 물수요는 1960년 경제개발 이후

고도성장에 따른 도시로의 인구집중, 생활수준의 향상, 공업개발에 의한 경제의 발전 등에 의해 크게 증대하였다. 최근 수년동안의 經濟의 정체, 물사용의 合理化 등의 영향이 있어 일시적인 증가의 둔화현상은 있지만 장래 물수요가 증대될 것으로 생각되어 진다. 한편, 이 물수요에 대한 수원확보는 댐건설, 호소개발 등에 의하고 있지만 최근에는 개발적합지역의 감소, 建設費 상승, 水源地域의 補償문제 등에 의해 계획대로 신규수원을 확보할 수 없는 상태이다. 신규수원의 개발의 곤란성에 의한 水源開發費의 상승, 原水汚濁에 따른 淨水費의 증가, 인건비 및 전력비의 상승 등에 의해 각 수도사업체에서는 수도요금의 상승이 부득이하고 가격인상을 해마다 높이게 된다. 그리고 下水道에서도 建設費와 維持管理費의 상승에 따라 최근에는 수도사업의 양상과 같이 하수도 사용료의 대폭인상을 실시하고 있다. 그림 13에는 建設部에서 규모별로 中水道의 개발비를 비교한 것이다.