

## 우리나라의 하수도현황과 전망

김 갑 수

서울시정개발연구원 · 도시환경연구부 수석연구원

### State of Swerage Systems and Prospects in Korea

Kap-Soo Kim

*Department of Environmental Management Seoul Development Institute*

#### Abstract

This study reviewed the current status and problems of sewerage system in Korea and then proposed possible methods to correct the problems. Also, evaluation of future development in sewerage system is included.

It can be summarized as follows ;

1. Investment in sewerage system is relatively low : 0.23% of GNP. Considering that the investment portion is 0.35% in OECD and 0.63% in Japan, it should be increased further.
2. The reasons why the nvestment in sewerage system is low can be :
  - ① Low priority is given to the investment in sewerage system. Local government builds and operates its own wastewater treatment plant. Local government as well as residents prefer to invest their money in roadwork, housing and parks to in wastewater treatment facilities becamese of greater investment effects.
  - ② Besides capital investment, more maintenance cost is needed for sewerage system. Proper operation of wastewater treatment facilities requires a well-trained operater. Because of public conception that operation of wastewater treatment facility is a dirty job, it is difficult to find a well-trained operater.

- ③ It is difficult to estimate the effect of sewerage system
  - ④ Cost required to build and maintain wastewater treatment facility should be paid by people, who benefit from the facility. People to benefit are sometimes different from people to pay.
3. Advanced treatment is necessary to protect the bay area and raw water source as well as to prevent eutrophication of lakes and ponds.
  4. Wastewater treatment facility were mainly build in big cities during the decade of 1980. Followings should be solved first to expand the facilities.
    - ① Rapid repair and construction of sewer.
    - ② Technical development of wastewater treatment
      - Prevention of efficient and economical wastewater
      - Development of efficient and economical wastewater treatment techniques
      - Development of high-efficiency treatment using bioreactor
      - Reuse of wastewater treatment plant effluent
    - ③ Sludge treatment and disposal
      - Composting of sludge cakes
      - Development of techniques to reduce the volume of sludge cake ; incineration and reuse of sludge ash and slag.
    - ④ Utilization of wastewater treatment facilities
      - Construction of community parks or sports facilities(ie, on the tops of the covered aeration tanks and sedimentation tanks)
      - Construction of wastewater treatment facilities under ground and of parking facilities and community parks above ground.
    - ⑤ Education of wastewater treatment personnel

## I. 서 론

경제발전에 의해 생활수준이 향상되면서 그동안 회생되어온 환경보전에 대한 인식이 높아졌다. 반면에 급속한 경제발전은 수질오염을 심각한 정도까지 악화시켜와 수질회복을 위한 하수도시설에 대한 필요성이 심각하게 대두됨에 따라 1980 년대에 들어서 하

수처리장 건설사업이 본격화되기 시작해 짧은 기간에 막대한 시설투자를 해야만하는 상황에 처하게 되었다.

그러나 하수도시설은 막대한 투자가 소요되면서도 가시적인 투자효과가 적고 또한 장기적으로 효과가 나타나는 관계로 필요성을 인정하면서도 시설투자에 인색하게 되어 국고의 지원이 없이 지방에서 자발적으로

시설투자를 적절히 배분하여 투자효과를 최대한으로 함으로써 수질을 국민들이 만족할 만한 수준으로 개선시킬 수 있는 종합적인 하수도사업계획의 수립이 필요하다.

본 고에서는 우리나라의 하수도 현황 및 문제점을 검토하고 나아가 대책 및 발전방향에 대하여 고찰하고자 한다.

## II. 하수도시설 및 투자현황

하수도는 현대도시가 갖추어야 할 가장 필수적인 도시기반시설의 하나로서 우수와 오수를 원활히 배제함으로써 홍수시 침수를 방지하고 도시생활 환경을 개선하며, 오수의 위생적인 처리에 의해 하천과 호소 등 공공수역의 수질오염을 방지하는 중요한 기능을 가지고 있다.

우리나라는 1960 년 이후 급속한 경제발진으로 생활수준이 크게 향상되었으나, 인구증가와 도시집중현상에 의한 하수의 증가로 '80 년대 하수발생량은 1 일 8,534 천톤이었으나, '92 년에는 1 일 19,675 천톤으로서 2.3 배가 증가되어 전국 주요 하천, 호소, 연안해역의 수질오염이 심화되어 상수취수원 등 각종 수자원이용에 많은 피해를 주고 있는 실정이다.

1992 년말 우리나라의 하수처리율은 선진국에 비해 상당히 낙후되어 있는 실정이며, 처리인구 기준으로 37%에 불과해 하수처리장 시설이 절대적으로 부족한 실정이다. 이에 정부는 신경제 5개년 계획기간동안 하수처리율을 1997 년까지 73%로 높이기 위해 하수처리장을 건설할 계획과 하수관망을 정비할 계획을 수립하여 연차적으로 시행해나

가고 있다.

1976 년 서울의 청계천 하수처리장(현재 중랑하수처리사업소 제 1 공장)의 준공으로 하수처리 시대의 문을 연 우리나라의 하수처리장은 18 년의 짧은 역사를 지나는 동안 많은 변화를 겪어왔다. 하수관거의 공사가 하수처리장 건설의 전제로 진행되었던 선진 외국과는 달리, 우리나라는 급속한 산업화와 도시화의 필연적인 결과로 하천과 호소 등 공공수역의 수질오염이 전국적으로 확산되고 심화되었으며, 또한 하수도 업무가 제도적, 재정적, 기술적으로 기반구축이 채 안된 상태에서 하수처리장 건설에 치중하지 않을 수 없었고, 이와같은 여건에서 처리장의 가동과 하수관거의 정비가 조화를 이루지 못하여 많은 문제점을 나타내고 있는 실정이다. 1992 년말 현재 완공되어 가동중인 하수처리장 현황은 <표 1>에 나타난 바와 같이 서울, 부산, 대구, 광주, 대전, 인천 등 대도시와 상수원보호구역 및 관방지 등의 시·읍·면이며 연도별 하수처리 보급률의 증가 추이는 <그림 1>과 같이 최근에 상당히 신장된 것으로 나타나고 있다.

한편 '93 년 현재 하수처리장이 준공예정 또는 건설되고 있는 도시는 <표 2>와 같으며, 이러한 도시들이 하수처리장을 가동하면 오염된 공동수역은 점점 개선 또는 회복될 것으로 전망하고 있다. 그러나 폐쇄성수역 또는 상수원보호구역에 대해서는 표준 활성오니법에 의한 2차 처리로서는 질소 및 인의 과다유입으로 인하여 부영양화가 계속 문제화될 수 있으며, 또한 안전하고 양질의 수돗물공급에 차질이 발생할 수 있다.

하수도는 도로, 상수도, 주택, 공원 등과

<표 1> '92년말 현재 시·도별 가동중인 하수처리사업소 현황

('92. 12. 31)

도시명	처리장명	처리용량 (천톤/일)	사업기간	총사업비 (백만원)	처리방법	방류수역
계	34 도시 38 개소	7043.8		1,327,400		
서울시	중랑	1460.0	'70~'92	167,600	표준활성오니법	한 강(중랑천)
	탄천(하남포함)	600.0	'83~'87	84,900	〃	한 강(탄 천)
	가양(광명포함)	1000.0	'84~'87	79,900	1 차 처리	한 강( - )
	난지	500.0	'84~'87	48,800	〃	한 강( - )
부산시	수영	286.0	'83~'88	50,100	심층포기법	남 해(수영천)
	장림	330.0	'86~'90	79,600	표준활성오니법	남 해(낙동강)
대구시	달서	250.0	'83~'87	32,600	〃	낙동강(금호강)
	신천	350.0	'87~'92	122,200	〃	낙동강(금호강)
인천시	가좌	190.0	'87~'91	56,709	〃	서 해( - )
광주시	광주	300.0	'85~'91	73,314	〃	영산강(광주천)
대전시	대전	150.0	'83~'89	32,255	〃	금 강(갑 천)
안양시	안양(의왕·군포)	150.0	'87~'92	42,066	〃	한 강(안양천)
의정부시	의정부	60.0	'83~'87	10,720	〃	한 강(중랑천)
성남시	분당	175.0	'89~'92	51,905	〃	한 강(탄 천)
고양시	일산	135.0	'90~'92	41,394	〃	한 강( - )
과천시	과천	30.0	'83~'86	9,100	〃	한 강(양재천)
안산시	안산	121.0	'81~'86	18,305	1 차 처리	서 해( - )
구리시	구리	50.0	'85~'89	12,619	표준활성오니법	한 강(왕숙천)
용인시	용인	18.0	'89~'92	11,723	〃	한 강(경안천)
광주시	광주	11.0	'90~'92	8,238	〃	한 강(경안천)
남양주시	화도	10.0	'90~'92	11,134	〃	북 한 강
양평시	양평	7.8	'90~'92	11,376	〃	남 한 강
춘천시	춘천	75.0	'85~'89	25,770	〃	북한강(공지천)
청주시	청주	150.0	'87~'91	35,871	〃	금 강(미호천)
청원군	문의	1.0	'85~'91	2,286	장시간포기법	금 강(대청댐)
보은군	보은	6.0	'90~'92	5,692	표준활성오니법	금 강( - )
영동군	영동	8.0	'90~'92	7,290	〃	금 강(영동천)
단양군	단양	5.0	'90~'92	3,990	장시간포기법	남한강(충주댐)
옥천군	옥천	18.0	'90~'92	17,931	표준활성오니법	금 강(대청댐)
전주시	전주	100.0	'83~'89	17,200	〃	만경강(전주천)
나주시	나주	22.5	'90~'92	17,786	〃	영산강( - )
동광양시	광양	5.5	'90~'92	2,819	〃	남 해
화순군	화순	2.0	'86~'89	1,400	〃	동 북 댐
경주시	경주	25.0	'75~'78	857	협기성라군법	형 산 강
구미시	구미	135.0	'81~'86	28,076	표준활성오니법	낙 동 강
영천시	영천	25.0	'90~'92	15,708	〃	낙동강(금호강)
마산(창원)시	마산	250.0	'84~'92	76,366	1 차 처리	마 산 만
울산(창원)시	울산	32.0	'87~'88	11,800	표준활성오니법	회 야 강

( )는 방류지점의 하천명

<표 2> '93년 현재 하수처리사업소 건설중 및 건설계획도시

구분	시·도별	처리장명	시설용량 (천톤/일)	사업기간
합계		75	8826.7	
'93완공	소계	12	797.2	
대 전 시 경 기 도  충 북 충 남 경 북 경 남  제 주	대전(중설)	150	'90~'93	
	수원	150	'87~'93	
	성남	165	'87~'93	
	용인(중설)	7.2	'91~'93	
	제천	35	'89~'93	
	천안	70	'89~'93	
	온정	6.5	'92~'93	
	진주	110	'88~'93	
	충무	20	'85~'93	
	부곡	13	'91~'93	
거창	10.5	'91~'93		
제주	60	'87~'93		
'93계속	소계	51	7767	
시별	12	3784		
서울시 4	중랑(중설)	250	'91~'96	
	탄천(중설)	150	'89~'94	
	*가양(2차)	(1000)	'88~'94	
	가양(중설)	1000	'91~'96	
	*난지(2차)	(500)	'88~'94	
	난지(중설)	340	'92~'96	
부산 3	수영(중설)	264	'91~'96	
	장림(중설)	250	'91~'2001	
	남부	340	'90~'94	
대구 3	달서천(중설)	150	'91~'94	
	북부	150	'92~'95	
	낙동강	350	'91~'96	
인천 1	송기	240	'91~'95	
광주 1	광주(중설)	300	'92~'96	
도별	39	3983		
경기도10	의정부(중설)	80	'90~'94	
	안양(중설)	150	'90~'94	
	굴포천	600	'91~'95	
	송탄	35	'92~'95	
	동두천	47	'89~'94	
	안산(중설)	264	'92~'95	
	구리(중설)	110	'90~'94	
	평택	30	'92~'95	
	이천	23	'92~'94	
	광명	(100)	'92~'94	
	시화	250	'91~'95	

주 : \* 처리장 수에 미포함.

구분	시·도별	처리장명	시설용량 (천톤/일)	사업기간		
강원도 4	원주	75	'89~'94			
	강릉	75	'91~'95			
	태백	30	'91~'94			
	속초	46	'92~'95			
	충주	50	'90~'94			
	공주	20	'91~'94			
	조치원	20	'92~'95			
	은양	36	'91~'95			
	계룡	23	'92~'94			
	전북 4	전주(중설)	200	'91~'95		
전남 3	군산	200	'90~'96			
	이리	50	'89~'94			
	남원	50	'90~'94			
	전남 3	목포	100	'90~'95		
	여수/여천	110	'91~'96			
	순천	120	'92~'96			
	경북 6	포항	80	'90~'95		
		경주(중설)	69	'90~'94		
		김천	60	'91~'95		
		안동	54	'91~'95		
구미(중설)		195	'91~'94			
영주		36	'92~'95			
경남 6		양산	48	'91~'94		
		진해	60	'92~'96		
		삼천포	43	'92~'96		
		김해	114	'92~'96		
	울산	250	'84~'94			
	은산	150	'85~'94			
제주도 1	서귀포	30	'91~'95			
'93신규		12	262.5			
광주시	송대	60	'93~'96			
	경기도	여주	10	'93~'96		
		곤지암	8	'93~'95		
		포천	15	'93~'95		
		가평	7.5	'93~'96		
		청평	5	'93~'96		
	강원도	춘천(중설)	25	'93~'95		
		충북	수안보	16	'93~'95	
			전북	정주	39	'93~'96
				경남	승주	5
경북					점촌	40
	경남				첨양	32

주 : 광명은 서울가양하수처리장 유입처리로 처리장수, 실용량에는 미포함.

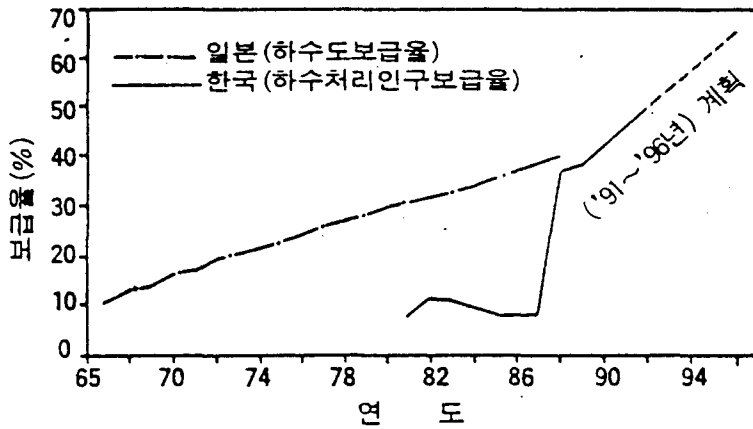


그림 1. 한국과 일본의 하수도 보급률

같이 귀중한 사회간접자본으로서 최소한 50년정도의 계획수명으로서, 현재는 물론 후손들도 사용할 수 있도록 하여야 할 공공시설물이다. 현재 하수도보급률이 44%인 일본의 경우 하수도에 대한 투자액과 GNP 대비 투자율은 <그림 2>와 같이 과거 30~40년 동안 생활수준의 향상에 따라 증가하여 왔

다. 1989년에 하수도에 투자된 총사업비는 2조 4,500억엔이며 GNP 대비 투자비는 0.62%, 정부고정자본대비 투자비는 9.5%에 달한다.

그러나 우리나라의 경우 하수도에 대한 정부차원의 투자는 <그림 3>과 같이 1989년의 총 하수도사업비는 4,793억 원이고 이

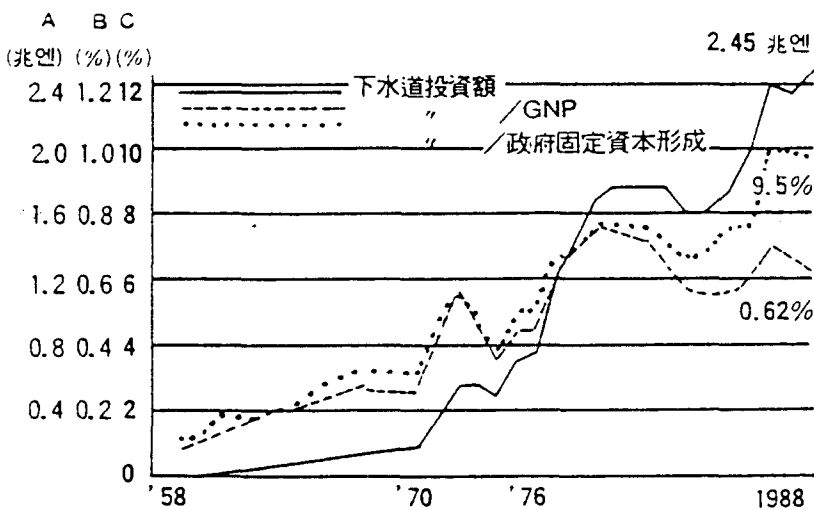


그림 2. 일본의 하수도 투자추이

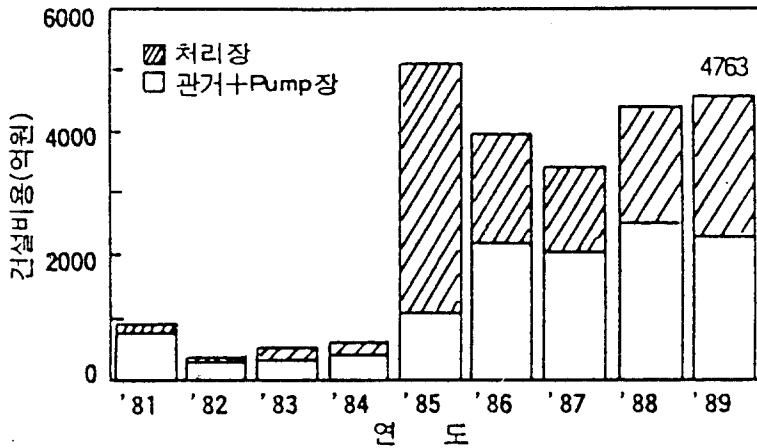


그림 3. 우리나라의 연간 하수도건설비

중 대부분이 하수처리장 건설에 투입된 자금이다. 이를 인구대비 투자액으로 비교하면 일본의 약 2 만엔/인·년에 비해 우리나라는 1.2 만원/인·년으로 약 1/9에 불과하다.

하수도는 하수관거와 처리장으로 구성되며 하수도가 정상적으로 가동되고 있는 외국의 경우 그 건설 및 유지관리에 드는 비용의 비율은 하수관거가 처리장에 드는 비용의 거의 2~4 배에 달하나, 우리나라의 최근의 투자계획은 하수처리장에만 치중되어 그 사업비의 2~4 배나 되는 하수관거사업비에 대한 조달계획은 전무하여 그 처리효과가 의문시되고 있는 실정이다. 무엇보다도 우리나라의 하수도에 대한 국민들의 의식수준이 높아져야 하고, 빠른 시일내에 하수관거가 정비되어 하수처리장이 건설되어 가동되고 있는 데도 불구하고 수세식변소에서 발생하는 오수가 하수처리장으로 직투입되지 않고 오수정화시설이나 분뇨정화조에 의하여 1차 정화된 후 공공하수처리장으로 유입되는 모순점을 해결하여야 한다.

우수배제를 주목적으로 하여 설치되어 온 하수관거는 하수처리장 건설과 병행하여 전면적으로 개량되어야 하나 막대한 시설비 소요와 거미줄처럼 얽힌 지하매설물을 파헤쳐야 하는 시공상의 난점 및 사망감 및 애국심 부족 그리고 하수관거 정비에 대한 지방자치단체의 재정부담 능력 미흡 등으로 체계적인 개량이 이루어지지 못하고 있다. 1989년말을 기준으로 한 하수관거 실태를 보면 <그림 4>와 같이 총 매설연장 37,532 km 가운데 분류식 관거는 전체의 8.1%에 불과한 3,057km이며, 오수를 흘려 내보내는데 지장이 없도록 하기 위하여 전면적으로 개량해야 할 개거만 해도 5.8%에 달하는 2,184km에 이르고 있다.

### III. 하수도 현황과 대책

#### 1. 하수도 현황 및 애로요인 분석

앞서 설명된 바와 같이 우리나라의 하수도 사업은 1980년대에 들어와서 본격화되

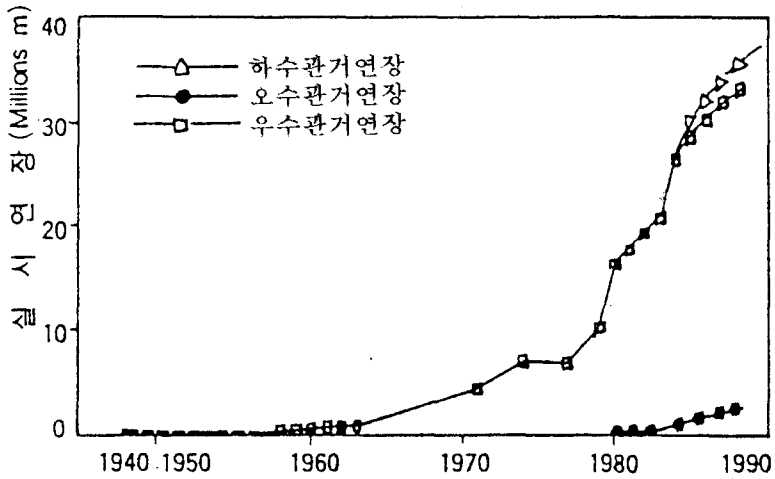


그림 4. 우리나라 하수관거의 보급 추이

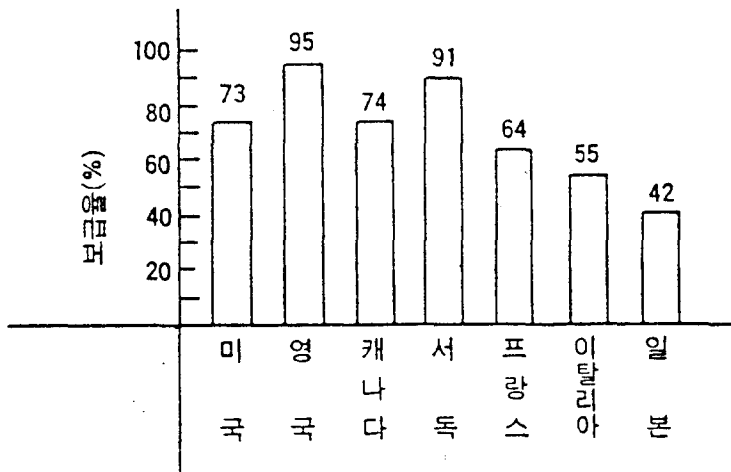


그림 5. 선진외국의 하수도 보급률

어 아직 초보단계에 머무르고 있으며, 따라서 하수처리율도 <그림 5>와 같이 선진외국의 예와 비교할 때 매우 저조한 수준에 머무르고 있다.

하수처리장과 같은 사업은 경제성장과 공업화 등과는 직접적인 연관이 없기 때문에 경제성장을 어느 정도 이룬 다음에야 투자

가 본격화되는 것이 보통이다. 그러나 이 때는 이미 수질이 악화되어 하수도 사업에 더 막대한 투자가 소요되는 것이 보통이며, 우리나라 하수도 사업투자를 선진외국과 비교해 보고 투자가 활발하지 못한 애로 요인을 분석해 보면 다음과 같다.



〈표 3〉 기존 하수도사업 투자비의 대GNP 분석

(단위 : 억원, %)

구 분	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	연평균
GNP	366,723	451,262	507,246	589,858	664,082	728,498	838,330	
투자액(전국)	384	428	552	635	3,143	3,982	3,559	0.31
대 GNP 비율	0.01	0.09	0.11	0.11	0.47	0.55	0.42	
투자액(서울제외)	268	198	311	362	1,043	2,095	2,521	0.164
대 GNP 비율	0.07	0.04	0.06	0.06	0.16	0.29	0.30	

(자료 : 경제기획원, 주요경제지표, 1987)

(1) 하수도사업에 대한 대 GNP 투자비율

〈표 3〉은 1980년부터 1986년 사이의 하수도 사업 투자비의 대 GNP 비율을 분석한 내용인데 이 표로부터 전반적으로 낮은 투자규모를 유지하다가 1984년부터 급격히 증가하게 되는 것을 알 수 있으며, 이는 아시아게임과 올림픽게임을 대비한 한강종합개발사업에 의해 서울에 4개소의 대규모 하수처리장이 건설 또는 증설되었기 때문에 정상적인 투자 증가라고는 볼 수 없다.

따라서 그 동안의 투자비율은 GNP의 약 0.23% 정도라고 볼 수 있으며 〈표 3〉의 투자실적을 평균해도 0.31%로서 이는 OECD 제국의 평균이 GNP의 0.35%를 투자하고 있고 전술한 것처럼 일본이 지속적으로 0.63%인 점을 감안하면 당연히 상향 조정해야 한다. 특히 대부분의 OECD 국가는 오랜 기간 동안 하수도 사업에 투자를 하여 하수처리율이 70%를 훨씬 초과하고 있는 상태에서 이보다 같은 투자를 하고 있음을 감안하면 아직 하수처리율이 겨우 30% 정도인 우리나라의 경우 투자가 너무 저조한 것을 알 수 있다.

(2) 투자 애로요인

생활수준이 높아지면서 하수도사업에 대한 투자의 필요성을 절실히 느끼면서도 이

〈표 4〉 일본의 중·소도시민의 생활환경시설 정비에 관한 희망분포

시 설	분 포 (%)		
	전 체	하수도 정비지역	하수도 미정비지역
도로	17.6	18.9	15.1
쓰레기처리	18.2	17.9	18.4
하수도	19.6	16.3	23.6
분뇨	13.1	10.2	16.7
교통	5.9	6.9	4.9
소방	3.0	3.2	3.3
교육	4.6	5.4	3.6
병원	9.6	10.9	8.1
공원	4.2	2.1	2.7
회관	1.8	5.5	1.2
도서관	0.8	0.8	0.9
기타	1.6	1.9	1.5

에 대한 투자가 활발하지 못한 요인을 분석하면 다음과 같다.

• 첫째, 사회간접자본 시설중에 하수도 사업에 대한 투자 우선순위가 낮다는 점을 들 수 있다. 하수처리장의 건설과 운영의 주체가 지방정부인데 지방정부로서는 제한된 예산범위내에서 사업수행의 가시적인 효과가 큰 도로나 주택, 공원 등의 사업수행에 더 큰 비중을 두게되며, 주민들의 선호도 또한 하수도 사업보다는 도로나 주택 등이 사업시행을 선호하게 되어 활발한 투자가 되지 못하고 있다. 일본의 경우, 중소도시의 경우

도 <표 4>에 나타난 바와 같이 이제 하수도 와 분뇨 그리고 쓰레기 처리 등의 환경관련 사업에의 희망이 높아지고 있어 이에 대한 높은 투자를 유의하여 참고할 필요가 있다고 본다.

또한 일본의 전국 시·정·촌(우리나라의 시·읍·면)에서의 의식조사(1984. 3)에 의하면 그림 6 과 같이 하수도분야에 대한 사회간접자본의 투자비 확충이 긴급하고 장기적으로 중요하다는 것을 알 수 있다.

• 둘째, 하수도사업은 시설비 뿐만 아니라 처리장의 경우 계속 운전하고 유지관리를 해야 하며 이를 위해 투자가 필요하고 또한 전문인력이 필요한 사업인 반면, 하수도 시설은 혐오시설로 간주되고 있어 시설의 운전과 유지관리를 위한 하수도 사용료의 징

수와 전문인력의 확보에 제한이 있다는 점이다.

우리나라는 도시의 규모에 따라 <표 5>와 같이 0%에서부터 80%까지 차등을 두어 국고보조를 해주고 있는데 이는 처리장과 차집관거에 대한 지원이므로 필요한 관거의 건설이나 개보수와 처리장의 유지관리에 대해서는 국고보조가 없어 하수도사업 총지출에 대한 국고보조는 11.5%에 불과하여 하수도사업의 수행에 따른 지방재정의 부담이 너무 크다. 한편, 1992년부터 새로 실시되고 있는 하수처리시설 건설을 위한 국고보조에 대하여 검토해 보면 지방양여법 도입(주세 60%, 전화세 100%, 토지초과이득세 50%)에 의해 <표 6>과 같이 일부의 사회간접시설의 확충재원으로 이용하고 있다. 즉 지방

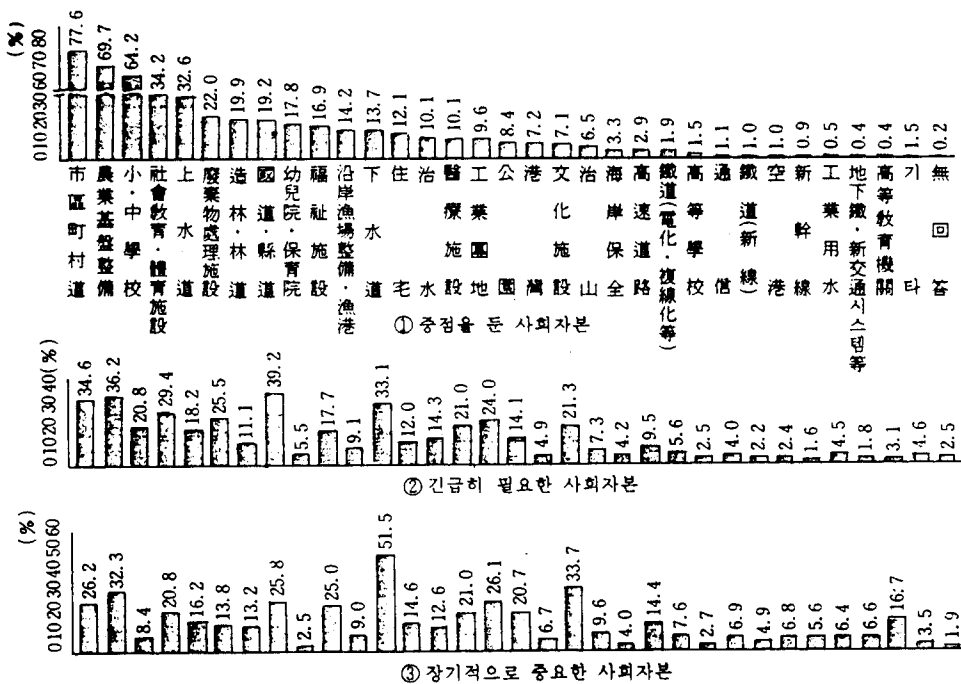


그림 6. 일본에서의 장래의 지역상에 관한 전국 시·町·村의 의식조사(1984. 3)

<표 5> 하수처리장건설 투자재원 비율

구 분	종 래	'90 이 후
서울	국고(0%)	국고(0%)
직할시	국고(30%)	국고(0%)
도청소재지	국고(50%), 시비(50%)	국고(60%), 도비(20%), 시비(20%)
중소도시	국고(70%), 시·군비(30%)	국고(80%), 도비(10%), 시·군비(10%)

<표 6> 지방양여세 수입에 의한 사회간접자본시설 확충 비율

<ul style="list-style-type: none"> <li>· 도로 : 70.5%</li> <li>· 수질오염방지사업비 : 17%</li> <li>· 농어촌개발사업비(정주권) : 11.5%</li> <li>· 청소년육성비 : 1%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 하수처리장 : 72%</li> <li>② 관거 : 11%</li> <li>③ 분뇨 : 10%</li> <li>④ 오염하천정화사업 : 7%</li> </ul>
---	--

<표 7> 각국의 하수도 재원조달 원칙

국 명	건설비에 대한 국고보조율	유지관리비 충당방법	사용자부담금 부과방법
일본	50~55%	주로 하수도 사용료, 부분적으로 일반재정	하수도 사용량 비례
미국	55%	∕	사용량, 고정자산비례 병용
영국	없음	전적으로 하수도 사용료	고정자산 비례
프랑스	41%	∕	하수도 사용량 비례
서독	40~80%	∕	∕

\* 주) 모든 상급정부의 보조를 합친 숫자임.

양여세 수입증에서 중앙정부가 서울시 및 직할시를 제외한 시·읍·면에 대해 <표 6>과 같이 하수처리시설 투자재원을 지원하고 있다. 여기에서 언급하고 싶은 것은 맑은 물

공급대책을 위해서는 도로건설에 대한 비율을 10%정도 낮추고 그 대신 수질오염방지사업비를 27%로 높이는 방법과 또한 토초세 및 주세에 대한 비율을 상향조정하여 빠

른 시일내에 하수처리시설 등 관거정비를 하기 위해서 투자재원을 확충할 필요가 있다고 생각된다. 미국의 경우는 처리장 건설이 거의 완료단계에 있어 처리장 건설에 대한 국고보조는 없어지고 있으며 선진외국의 경우 대부분 처리장, 펌프장 및 간선관거 건설비에 대한 국고보조는 유지하고 있고 <표 7>과 같이 유지관리비는 사용자 부담금에 의해 충당하는 것을 알 수 있다.

• 셋째, 하수도사업의 효과를 계량화하여 제시하기가 어렵다는 점을 들 수 있다. 어떤 사회간접자본에 대한 투자기준 우선순위를 높이기 위해 사업의 효과를 경제적인 자료에 의해 계량하여 투자의 효율성을 제시하는 것이 필요하지만 하수도사업의 효과는 국민보건위생의 향상이나 자연환경보전의 차원에서 장기적으로 나타나기 때문에 효과를 계량화하기가 어렵다.

하수도사업 효과의 계량화는 하수도부문의 투자범위내에서도 제한된 예산을 어떻게 적정하게 우선순위를 정하여 투자해야 가장 높은 효과가 있는가를 나타내는 데에도 활용될 수 있는데 아직 이에 대해서는 명확한 방안이 제시되지 못하고 있다.

사업효과를 계량화하기가 어렵다는 것은 투자의 필요성을 결정하는데 있어서 투자의 효율성을 고려하기 보다는 사회기반시설로서 반드시 우선적으로 갖추어져야 한다는 관념에 의해 투자가 결정되어야 하기 때문에 투자가 저조할 수밖에 없다고 본다.

• 넷째, 하수도사업의 수혜자는 불특정 다수이고 하수도사업의 건설이나 유지관리에 대한 비용부담자와 수혜자가 다를 가능성이 많은 사업으로서 자기 지방의 하수도 사업

의 수행에 따른 수혜자가 자신들보다는 하류부 지역의 주민들이 될 경우가 많아 지방 도시 단위로 사업수행이 어렵다는 점이 고려되어야 하며, 경우에 따라서는 수계별로 광역화하여 하수도사업을 추진하는 것도 필요하다고 볼 수 있다.

## 2. 오수정화시설(합병정화조)

우리나라의 분뇨정화조는 생활잡배수(취사, 목욕, 세탁배수)를 처리하지 않기 때문에 오염부하의 절감면에서는 <그림 7>의 단독정화조와 같이 생활배수 총 49g 중 8g만 제거되는 것을 알 수 있다.

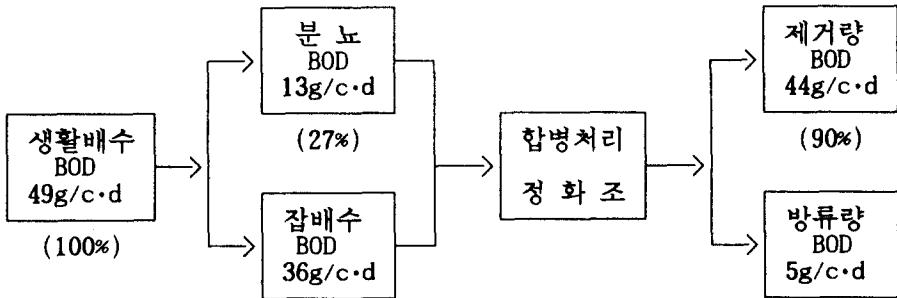
이에 비교하여 일본에서는 분뇨뿐만 아니라 생활잡배수도 함께 처리하는 합병정화조가 보급되어 수질보전에 실질적으로 기여하고 있다. 한편 우리나라의 오수정화시설이 일본의 커뮤니티플랜트(Community Plant) 내지는 합병정화조에 해당하는 시설로 생각되나, 우리나라의 경우 약 60%가 처리효율이 50%도 되지 않는 임호프탱크로 되어 있으며 또한 유지관리측면이 부실해서 제대로 기능을 다하지 못하고 있는 것으로 생각된다.

일본에서는 합병정화조가 처리대상인원이 51인 이상이며, 커뮤니티플랜트의 경우는 50,000인 이하로 되어 있어 우리나라의 읍·면 이하의 중·소규모 처리시설에 해당된다.

따라서 처리수질의 환경기준도 공공하수도의 방류수질과 같은 BOD 20mg/l로 되어 있어 처리수를 바로 공공수역으로 직접 방류하고 있다.

한편 일본에서는 1988년부터 상수원보호

합병처리정화조(20mg/L)



단독처리정화조

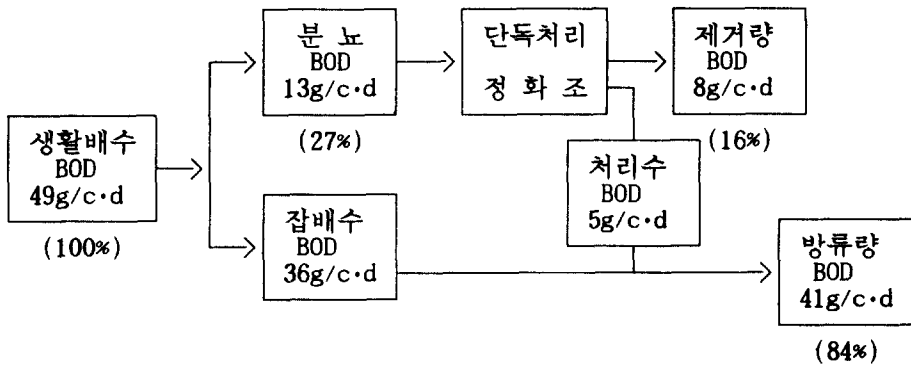


그림 7. 합병처리정화조와 단독정화조의 처리효과 비교

구역, 폐쇄성구역, 호소범지정지역 등 특정 지역에 해당되는 곳에 방류시키는 경우, 예를 들면 5인 가족의 단독 주택에 대한 수세식변소오수 및 생활잡배수를 동시에 처리하여 공공수역으로 방류하게 되어 있으며 그 기준치는 BOD 값이 20mg/l이다. 이와 같이 일본에서는 특정지역의 수질보전을 도모하기 위해서 합병정화조의 설치를 의무화하고 있는 대신에 단독정화조(우리나라에서는 분뇨정화조) 대신 합병정화조를 설치하여야 하는 곳에서는 주민의 부담을 덜어주기 위해서 설치비용의 약 70%에 해당되는 금액

을 정부 및 지방자치단체 등에서 보조하고 있다. 따라서 우리나라에서도 오수정화시설 및 분뇨정화조에 대한 설치기준 및 방류수질을 더욱더 세분화하여 공공수역의 수질보전 및 맑은 물 공급대책에 주력해야 된다고 생각한다.

그러나 최근 수도권 일원에 용수를 공급하는 팔당호 주변이 오·폐수·분뇨 및 축산 폐수로 인한 환경기준 유지가 곤란하다고 판단하여 '92년 12월에 환경처가 수질보전을 위한 특별호소수질관리구역으로 지정하였고, 또한 91. 9. 9일자로 오수·분뇨

및 축산폐수에 관한 법률시행령이 대통령령으로 공포됨에 따라 동시행령 및 시행규칙에 근거한 방류수 수질기준을 만족할 수 있는 시설을 설치하기 위하여 처리공법중에서 임호프탱크법을 삭제하였다. 또한 방류수질도 <표 8>과 같이 특정지역에 대하여 BOD 방류 수질을 30mg/l이하로 강화시켰다. 그러나 필자의 생각으로는 수도권시민의 상수원인 팔당호를 1급수로 보전하고 안심하고 마실 수 있는 맑은 물을 공급하기 위해서는 오수정화시설 설치 규모이하인 음식점 및 유흥업소 등에 대해서도 골프장의 오수정화시설 방류수수질기준과 같은 BOD 10mg/l이하로 낮출 필요가 있다고 생각한다.

그러나 '93년 9월 1일 조선일보에 의하면 팔당상수원 특별대책지역내의 연면적 8백m<sup>2</sup> 또는 바닥면적 4백m<sup>2</sup> 이하의 4,750개

업소(음식점, 소형 위락시설)에서 배출되는 오수(2,200m<sup>3</sup>)를 간이정화조 또는 아무런 처리를 거치지 않은 채 팔당호에 그대로 유입되어 호수의 부영양화 및 상수원수를 오염시키고 있는 실정이라고 보도하고 있다. 이와 같은 수질오염에도 불구하고 이곳 주민들은 오수정화시설 설치가 의무조항이 아니어서 처벌을 받지 않기 때문에 돈을 들여가며 갖출 필요가 없다는 반응이다.

반면에 환경처관계자는 현재의 규정상 소형음식점 등의 하수처리는 전적으로 업소들의 양식에 맡길 수밖에 없다며 주민들의 협조를 부탁하고 있으나 법을 강화하고 또한 오수정화시설 시설투자에 대한 국고보조를 하여 상수원보호구역에 대한 오염원을 삭감시켜야 한다고 생각한다.

오수정화시설의 장점은 하수도와 동등의

<표 8> 개정후의 방류수 수질기준

지역	항 목	구 분	분 류 정화조	오수정화시설(1일 처리용량)		
				100m <sup>3</sup> 미만/d	100~200m <sup>3</sup> d	200m <sup>3</sup> 이상/d
특 정 지 역	BOD 제거율(%)		65 이상	-	-	-
	BOD (mg/l)		100이하	30이하	30이하	30이하
기 타 지 역	BOD 제거율(%)		50이상	-	-	-
	BOD (mg/l)		-	100이하	80이하	60이하

- 토양침투 처리방법에 의한 기준
  - ┌ 1차 처리장치에 의한 부유물질 : 55% 이상 제거
  - └ 1차 처리장치를 거쳐 토양침투시킬 때 부유물질량 : 250mg/l이하
- 골프장의 오수정화시설 방류수 수질기준 : BOD 10mg/l

\* 이 표에서 특정지역은 수도법 제 3 조 규정에 의한 상수원보호구역, 환경정책기본법 제 22 조 규정에 의한 특별대책지역 및 수질환경보전법 제 33 조 규정에 의한 특정호소수질관리구역으로 한다.

오염부하 삭감효과, 시간적, 장소적 선택의 자유도가 크며 비용효율이 큰 것을 들 수 있기 때문에 공공하수도가 설치되기 이전의 시설로서 많이 확대하여 보급시킬 필요가 있다고 생각한다.

### 3. 하수처리장 및 처리기술 현황

전술한 바와 같이 우리나라의 하수처리장은 현재 전국에 38 개가 가동되고 있으며, 그 처리방법은 표준활성슬러지법(2 차처리)이 대부분이다.

즉, 이러한 수처리방법으로서 BOD 및 SS는 약 90% 이상 제거되나 부영양화의 주요 제한인자인 질소 및 인을 제거하기 위한 고도처리(3 차처리)가 필요하다. 일본에서는 1991년말 현재 전국에 836 개소의 하수처리장이 건설되어 가동되고 있으며 그중 <표 9>와 같이 고도처리를 하고 있는 곳이 23 개소나 되며, 또한 기존의 표준활성오니공법을 개조하여 추가로 질소 및 인을 처리하는 곳도 많다고 알려져 있다.

### 4. 고도처리기술의 필요성

하수처리분야에서 고도처리란 용어는 활성슬러지법을 주로 한 종래의 2 차처리에 의한 처리수의 수질을 더욱 향상시키는 모든 처리법을 가리키는데 사용된다. 그러므로 통상 2 차처리 후에 행해지는 물리·화학적처리 프로세스를 가리키는 3 차처리보다는 넓은 의미를 갖는다.

일본에서는 다음의 경우에 하수처리장에서 고도처리가 적용되고 있다.

- ① BOD, COD의 수질항목으로 대표되는 수질환경기준의 유지, 달성을 위해 처

리의 고도화가 필요한 경우

- ② 호소 등의 정체수역에서 부영양화가 문제가 되는 경우
- ③ 처리수의 재이용에 고도의 처리수질이 요구되는 경우

하수의 고도처리기술 또는 3 차처리기술로서 개발되는 기초프로세스에는 <표 10>과 같이 여러가지가 있다. 또한 <표 10>에서 나타난 것처럼 각각의 프로세스는 질소와 인을 제거하기 위해 적용시킬 가능성이 있지만 하수처리시스템중 이들 모든 프로세스가 현재 실시하고 있는 단계에 있는 것은 아니다. 예를 들면 질소제거법인 암모니아스트립핑(Ammonia Stripping), 불연속점염소처리법(Breakpoint Chlorination)은 1960년대 3 차처리기술이 개발될 당시는 주목을 받았지만, 그후 보다 적은 비용으로 적용할 수 있는 생물학적 탈질소법이 개발되어 현재에는 하수의 고도처리에 적용되지 않고 있다.

현재 일본에서는 일본 최대의 호소로 불리우는琵琶湖(비와코), 霞が浦(카스미가우라) 등의 폐쇄성 수역에서 부영양화에 의한 수질오염이 질소와 인에 의하여 주로 기인함을 인식하게 되어 질소 및 인의 환경기준이 1982년 12월에 고시되어 1989년도까지 비와코 등 44개 수역에 대한 유형지형이 실시되었다. 더욱이 호소에 관계되는 질소 및 인의 일반 하·폐수기준이 질소 120mg/l, 인 16mg/l(일간평균 8mg/l)로 규정되어, 1985년 7월부터 인에 대해서는 1,022개 호소, 질소에 대해서는 45개 호소를 대상으로 하·폐수규제가 실시되었다. 그 후 규제 호소수는 인에 대해서 1,066, 질소에 대해서는 78개소로 되어 있다. 따라서 질소 및 인의

〈표 9〉 일본에서의 고도처리 실시현황

處理場名	目標水質 (mg/l)	處理能力 (m <sup>3</sup> /日)	處理方法	使用開始年度
多摩天流域下水道 多摩處處理場	BOD 8 SS 5	17,600	凝集沈澱, 急速모래여과	'76
카스미가우라常南流域下水道 利根淨化센터	BOD 5 SS 1	75,000	凝集沈澱, 急速모래여과	'78
大阪市公共下水道 平野終末處處理場	BOD 8 SS 5	100,000	急速모래여과	'79
白樺湖下水道組合公共下水道 白樺湖汚水處處理場	BOD 12 SS 10	8,000	急速모래여과	'80
手賀沼終末處 手賀沼終末處處理場	BOD 10 SS 10	57,000	急速모래여과	'81
神戸市公共下水道 津處處理場	BOD 4.7 SS 2.2	37,500	急速모래여과, 凝集沈澱	'81
近江八幡市公共下水道 沖島淨化센터	N 10 P 0.5	200	凝集沈澱, 急速모래여과	'82
琵琶湖流域下水道 湖南中部淨化센터	BOD 5 SS 6 N 10 P 0.5	37,000	活性汚泥循環變法, 凝集沈澱, 急速모래여과	'82
카스미가우라湖北流域下水道 카스미가우라淨化센터	BOD 10 SS 15 N 20 P 1	42,000	同上	'83
琵琶湖流域下水道 湖西淨化센터	BOD 5 SS 6 N 10 P 0.5	15,000	同上	'84
奈良市公共下水道 青山清水園	BOD 5 SS 5	4,300	凝集沈澱, 急速모래여과 活性炭吸着	'84
카스미가우라水郷流域下水道 潮來淨化센터	BOD 10 SS 15 N 20 P 1	5,400	活性汚泥循環變法, 凝集沈澱, 急速모래여과	'85
武庫川流域下水道 武庫川上流處處理場	BOD 10 SS 6	31,400	急速모래여과	'85
生駒市公共下水道 山田川淨化센터	BOD 10 SS 15	59,000	急速모래여과	'85
日湯光元市公共下水道 終末處處理場	P 0.2~0.4	3,300	凝集沈澱	'86
東京都公共下水道 落台終末處處理場	BOD 10	450,000	急速모래여과	'87
丹波山村公共下水道 丹波山淨化센터	BOD 5 T-P 0.5	480	凝集沈澱, 急速모래여과	'87
小菅村公共下水道 小菅淨化센터	BOD 5 T-P 0.5	680	凝集沈澱, 急速모래여과	'88
兒島湖流域下水道 兒島湖淨化센터	BOD 5 SS 5 N 10 P 0.5	13,100	活性汚泥循環變法, 急速모래여과	'88
요도가와左岸流域下水道 渚處處理場	BOD 10 SS 8	32,600	急速모래여과, 曝氣付礫 間接觸酸化池	'88
宇陀川流域下水道 宇陀川淨化센터	BOD 5 SS 5	9,100	急速모래여과	'90
琵琶湖流域下水道 東北部淨化센터	BOD 5 SS 6 N 10 P 0.5	5,200	活性汚泥循環變法, 凝集沈澱, 急速모래여과	'90
巖手市公共下水道 創成川處理場	BOD 12 SS 5	48,000	急速모래여과	'91

\* 1989년 「日本の下水道」



〈표 10〉 고도처리의 목적과 제거대상물질 및 제거프로세스

목적	제거대상항목	관련수질항목	제거프로세스	
기준유지달성	유기물	浮遊性	SS, VSS	급속여과, 응집침전, 규조토여과, 限外여과, 스크린
		溶解性	BOD, COD, TOC, TOD, UV吸光度	활성탄흡착, 응집침전, 오존산화, 접촉산화*
富營養化의 방지	영양염류	窒素	T-N, Kj-N, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	선택적 이온교환, 不連續點염소처리, 생물학적 窒化脫窒法*, 암모니아, Stripping
		磷	PO <sub>4</sub> -P, T-P	응집침전, 응집제침가  활성슬러지법, 생물학적脫磷*, 晶析脫磷, 흡착·이온 교환
再 利 用	미량성분	溶解鹽類	TDS, 전도도, Na, Ca, Cl <sup>-</sup> , Cd이온 등	역침투법, 전기透析, 이온교환
		微生物	세균, 바이러스	멸균, 소독(염소가스, NaOCl, 오존, 적외선)

註 : \*표는 生物學的 處理프로세스

항목이 환경기준으로 설정됨에 따라 일반적인 생물학적 2차처리시설에 추가적으로 질소와 인을 제거하기 위한 고도처리시설의 설치가 필수적으로 도입되게 되었다. 이와 같이 수질환경기준을 달성하고 호소에서의 부영양화를 방지하기 위한 고도처리의 필요성 때문에 하수의 고도처리를 실시하고 있다.

#### 4. 대책 및 발전방향

하수도에 관한 기술축적이 되지 않아 1980년대에 대도시 위주의 하수처리장 건설시대를 맞았던 우리나라로서는 향후 여건에 부합되는 하수도시설의 확충을 유도하기 위해서는 다음과 같은 과제들이 해결되어야 할 것이다.

##### (1) 하수관망의 정비

하수종말처리장이 설계수질 및 유량이 유입될 수 있도록 하기 위해서는 하수관거 정비가 시급한 실정이다. 또한 하수배제방식이 합류식이든 분류식이든 관거를 통한 분뇨의

직송체계를 갖추는 것이 무엇보다 시급하고 중요한 일로서 우리나라 하수관망의 실태와 가로망, 지하매설물 설치상황을 고려할 때 다음과 같은 관거정비방식이 제안될 수 있다.

- ① 기존의 관거는 분뇨를 받아들이는 것을 전제로 한 것이 아니기 때문에 우수전용 관관으로 사용하고 별도의 우수전용관을 단계적으로 설치해 나가는 방식
- ② 기존의 관거를 분뇨의 유송이 가능하고 우수소통이 원활한 합류식관으로 이용가능하도록 관경, 구배의 조정과 취기방지장치, 월류대책, 지하수침입방지 등을 추구해 나가는 방식
- ③ 신도시, 신시가지의 개발시에는 원칙적으로 우수, 오수의 완전한 분류식 하수관망 체계 확립
- ④ 분류식 하수관거 공사시에는 투자효율 제고 및 공공수역의 오염방지를 위하여 우수관 및 오수관의 식별이 용이하

## 도록 조치를 강구

### (2) 하수처리기술개발

현재, 시급 도시에 중점적으로 건설하고 있는 표준활성오니법에 의한 하수처리방식은 중·대규모 시설 및 운전조건이 알맞을 경우 처리수질 및 안정성 등에서 신뢰성이 높다는 장점을 지니고 있으나 반면에 방대한 에너지소비, 넓은 부지, 또한 다량의 잉여오니가 발생하는 단점이 있기 때문에 앞으로는 도시규모와 특성, 하수관망의 상태, 방류수역의 이용도, 기술인력과 운전관리비의 가용성 등을 고려하여 적합하수처리방식의 연구개발이 필요하다고 생각된다.

#### ① 수처리기술 개발

- 폐쇄성수역에 대한 부영양화 방지대책
- 소규모 읍면 및 지역처리프로세스 (Community Plant) 개발
- 효율적이고 경제적인 오수정화시설 (합병정화조) 개발
- 무회석분뇨처리기술 개발
- Bioreactor 를 이용한 고효율처리기술 개발
- 에너지절약·저가격화
- 처리시설의 Compact 화
- 처리수질의 고도화
- 유가자원의 회수
- 하수처리수의 재이용
- 유지관리의 용이
- 유용미생물의 발견

#### ② 슬러지의 처리·처분

- 혐기성 소화조의 기능개선에 관한 연구
- 보다 효율적인 탈수기 개발

- 탈수케익의 비료화(Composting)

- 탈수케익의 토양개량재 이용

- 탈수케익의 감량화를 위한 소각로 개발과 소각회 및 용융 Slag 의 재이용 기술개발

### (3) 하수도시설의 활용

- 하수처리장을 복개하여 근린공원이나 스포츠 시설용지로 확충
- 하수처리장의 지하건설에 의한 상부 주차장시설 및 공원화

### (4) 하수처리장 운영요원의 양성

현재 전국 13개 도시의 하수처리장 근무요원은 약 1,500명에 이르고 있다. 이 중 약 230명이 88년부터 91년까지 건설부와 한국건설기술연구원에서 주관하는 하수도 실무교육과정을 5주간에 걸쳐 이수하였다. 또한 92년부터도 건설공무원교육원 및 환경공무원교육원에서 지속적인 환경과 관련된 교육을 실시하고 있는 중이다.

## VI. 결 언

환경처는 국내 주요 수계와 해안 수질보전을 위해 1997년까지 6조 4309억원을 투자하여 전국 시급도시와 상수원보호구역 등 중요 읍·면에 하수처리장을 건설하는 계획을 수립 발표하였으며, 동 계획에 의하면 1992년말 37%에 불과한 하수처리율을 1997년까지 73%로 높힘으로써 국내 모든 상수원 수질을 1등급 내지 2등급으로 유지시킬 계획이다.

이 중에도 내륙 호소 등의 상수원에 직접 유입되는 하수의 고도처리를 위해 보다 경제적이고 실용적인 영양염류를 경제적으로

제거할 수 있는 기술개발이 필요하다고 생각된다.

한편, 대도시에 있어서 물수요신장은 현저하여 이 때문에 물수요의 형편이 매우 절박한 지역도 발생하고 있다. 따라서 안정적인 물공급을 확보하기 위해서는 물이용의 합리화가 필요하다. 그 대책의 하나로서 하수를 고도처리하여 수세식변소용수, 세정용수, 냉각용수, 살수용수, 수경용수, 세차용수 등으로 재이용하는 중수도(잡용수도)시스템을 적용시켜 활용할 필요가 있다. 중수도 활용시 여러가지 문제중 기술, 재정 및 법제면에 관하여 충분한 검토가 되어야 한다.

### 참고문헌

1. 金甲守 : 우리나라의 下水道現況과 展望, 국토정보, 3~6, 1990. 3.
2. 金甲守 : 公共水域의 水質保全과 回復을 위한 小考, 建設技術情報, 31~37, 1991. 1
3. 이상은, 김갑수, 김광수 외 : P/L 프로세스 개발에 관한 연구(II), 한국건설기술연구원, 1990. 4
4. 在藤和明 : 下水處理施設における水質汚濁防止對策, 水質汚濁研究, 151~154, 12, 3, 1989.
5. 日本の下水道 : (社)日本下水道協會, 1990.
6. 金甲守 : 최신 하수처리기술 현황과 전망, 토지개발기술, 통권 13호 33~34 (1991, 春)
7. 金甲守 : 국내의 하수도시설의 비교 및 국내하수도기술의 발전방향, 럭키개발건설기술, 17~33, 제 2호, 1991.
8. 류지영 : 국내하수처리 시설 현황과 향후 추진방향, 첨단환경기술, 58~63, 8월호, 1993.