

# 일본의 하수도사업단 동향

유재근 / 국립환경연구소수질공학과담당관理博

일본의 폐하수 처리현황을 파악하기 위하여 1985년 10월 28일 국립공중위생원 위생공학부장 Magnra 박사의 소개로 일본 하수도사업단의 조직, 기능 및 연구동향을 파악하고자 奇玉顯戶田市 下笹目 5141에 위치한 일본 하수도 사업단 기술개발부 개술개발과장의 안내로 직접 현장에서 사업단의 연구 및 문헌정보 현황을 파악하고 동시에 하수도사업단의 처리기술 개발 연구 동향에 대한 내용을 소개하고자 한다.

일본의 사업단은 사업과 관련된 기술자원 제공 일본하수도 사업단법의 사업의 목적은 다음과 같이 기술하고 있다.

일본하수도 사업단은 지방 당국으로부터 요구 받은 의뢰건에 따라 하수시스템의 주요 시설을 건설하며, 시설의 운영과 유지를 수행한다. 일본 하수도 사업단은 하수도사업과 관련된 기술적인 자원을 제공하고 하수도 기술자를 훈련시키며 실제적으로 적용 가능한 수질오염방지에 대한 연구 및 기술개발을 통하여 하수도시스템의 개선을 도모한다.

하수도 사업단의 목적은 거주환경의 향상과 상기활동을 통해 Public Waters의 수질 보존에

기여함에 있다. 제 26항은 제1항에서 언급된 목적을 달성하기 위해 다음의 운영을 설명한다.

▲지방당국의 요구에 따라, 하수도사업단은 하수처리장과 연결된 주요 관망과 펌프장의 건설을 수행한다.

▲지방당국의 요구에 따라, 하수도 사업단은 하수도시스템을 설계하고 하수사업을 감독 및 조정하며, 하수처리장과 펌프장을 운영, 유지한다.

▲지방당국의 요구에 따라, 하수도 사업단은 하수도시스템 기획의 기술적 지원을 제시하며, Projects를 담당하고 하수처리장을 포함한 하수도시스템을 운영, 유지한다.

▲하수도 사업단은 하수도 기술자를 훈련 개발하고 하수도사업 설계, 감독, 민원에게 자격을 주며, 하수처리장을 운영 유지한다.

일본하수도 사업단은 위임에 따라 지정된 상수원수가 환경수질기준에 맞도록 하기 위해 하수처리장 건설의 우선권을 결정한다. 대중적인 법인으로서 하수도 사업단은 일본하수도 사업법에 특별한 지위를 갖고 있다. 그 활동은 그 지역수준에 대한 하수도 Projects에 영향을 준다. 하수도 사업단은 지방당국의 대표들의 요구에 의해 설립되었다.

하수도 사업단 설립에 따른 비용은 그 운영 및 유지비용을 포함해서 중앙정부와 지방당국들에 의해 똑같이 부담되었다. 이 비용은 기술자 훈련과 연구 및 기술개발을 수행하는 비용을 포함한다. 지방 Project의 기획, 설계와 건설 비용은 지방당국에 의해 부담되었다. 그러나 일본 하수도 사업단의 역할은 그 지방당국이 하수도 시스템을 준비하도록 도울 뿐 아니라 수질오염 방지를 위한 국가적 프로그램의 한 부분으로서 전 국가의 수자원보전을 위해 기여한다. 하수도 사업단은 수자원보전에 기여하기 때문에 중앙정부에 의해 감독받고 지원받는다.

### 1960년대 급속한 경제성장으로 오염심화

일본은 꾸준한 회복기 이후 1960년경에 급속한 경제성장을 가져왔다. 그러나 사회환경의 현저한 변화가 발생하고 1960년대에 오염이 급속히 심화됐다. 오염에 대한 수많은 이유가 언급될 수 있지만 주요인은 1차산업에서 2차, 3차산업 형태로 산업구조가 변화함에 따라 1960년대에 현저한 경제성장을 했기 때문이다.

인구분포 역시 농업, 어업지역으로부터 도시로 인구가 이동함에 따라 변화가 시작되었다. <표-1>에서 나타난 바와 같이 도시인구는 1960년에 전 인구의 43.3%였으나 1975년에 57

Table I. Changes in Population Distribution for Urban and Nonurban Areas, for Selected Years, 1960 ~ 75

Year	Whole Country		Urban Areas			Nonurban Areas		
	Total Population	Total Area	Population	Area	B/A	Population	Area	C/A
	( $\times 10^4$ ) (A)	( $km^2$ )	( $\times 10^4$ ) (B)	( $km^2$ )	(%)	( $\times 10^4$ ) (C)	( $km^2$ )	(%)
1960	9,430	374,773	4,083	3,865	43.3	5,347	370,908	56.7
1965	9,920	375,070	4,726	4,605	47.6	5,194	370,465	52.4
1970	10,466	377,535	5,599	6,444	53.5	4,867	371,091	46.5
1975	11,194	377,535	6,382	8,275	57.0	4,812	369,268	43.0

%로 증가되었다. 도시지역 역시 1960년에 3,865  $km^2$ 에서 1975년 8,275  $km^2$ 로 증가되었고 도시화 및 산업화를 향한 성장 경향을 나타내고 있다. 더우기, 일본에서 생산 및 소비활동은 어떤 제한지역 안에 매우 집중되었음이 지적된다. 만약 물의 공급과 하수도시스템이 사회자본 축적의 지표로 사용된다면 다른 나라에서의 이 시설이 준비된 인구비율은 큰 범위를 갖는 것으로 나타났다.<표-2>

도시지역의 거주민들에게 물공급시스템 통해 공급되는 물은 사용 후 수집되어 하수처리장에서 처리되어야 한다. 수도공급시스템의 분포 정도는 하수시스템의 분포와 거의 같을 때, 적절한 처리가 이루어질 수 있다는 것은 사실이다. 불균형이 이 둘 사이에 존재할 때, 도시지역에 공

Table II. Provision for Sewers and Piped Water by Country (1960 ~ 78)

Country	Population provided with Piped Water: Sewers (%)	
	Piped Water	Sewers
Britain	99	97
France	79	43
Germany	91	88
Japan	90	27
Netherlands	98	90
Sweden	95	82
U.S.	93	71

급되는 물은 방지 또는 적절한 처리없이 공공 용수만으로 직접 방류될 수 있다.

1960년대 일본사회환경의 급속한 변화는 공공용수의 오염을 증가시켰다. 이 오염은 1970

년 4월에 설정된 환경수질기준치까지 전국적으로 확산되었다. 하수도시스템의 설치는 1970년 이후 중요한 정부방침으로 전국에서 수행되었다. <표-3>은 국민총생산(GNP)의 비율로서 하수도

Table III. Comparison of GNP and Investment in Wastewater Works, 1960~75 (Billions of Yen)

Year	GNP (A)	Government Investment (B)	Investment in Wastewater Works (C)	B/A (%)	C/A (%)
1960	16,207	1,220	20.4	7.52	0.125
1965	32,982	2,997	70.5	9.08	0.213
1970	75,524	6,144	189.4	8.13	0.250
1975	153,126	14,010	697.6	9.14	0.455

시스템에 대한 투자를 나타냈다. 투자가 1975년에 0.455%로 급격히 증가되었으나 최초의 물질적인 증가는 1971년인 것으로 관찰된다.

GNP의 비율로서 공공 Projects의 정부투자는 1960년에 7.52%, 1965년에 9.08%, 1970년에 8.13%, 1975년 9.15%였다. GNP의 연간 성장율은 1960년에서 1975년의 15년간에 11.6%였다. 이 기간동안 하수사업에 대한 투자는 12.8%로 증가되었다. 하수처리사업에 인상되는 투자의 경향은 대도시들로부터 중·소도시들로 하수시스템의 건설에서의 이동에 의해 주요 부분이 사용되었고, 이것은 국가 전체를 통해 도입되고 또 중·소도시에 대해 주요하게 준수할 문제거리인 환경수질기준의 준수를 이루기 위한 것이었다. 그러나, 이 시점에서 지방당국의 하수도시스템 건설분과들은 대도시에서 숙달된 기술자의 과부족 때문에 개선된 시스템을 설치할 준비가 되어있지 못했다.

중·소도시에서 하수처리장은 기획, 설계, 건설, 운영 및 유지의 책임을 질 위생, 기계, 전기 기술자와 화학자, 생물학자를 고용하는데 어려움이 있었다. 이런 상황을 해결하기 위해 중앙 및 지방정부는 한 시스템을 가능한 조속히 설립하여 그 아래 한 기구에서 잘 훈련된 기술

자들을 한 기구에 모아놓고 필요에 따라 지방당국으로 파견하며, 새로운 기술을 개발하며, 훈련시키고 건설비의 일부분을 관리할 기초적인 방안을 마련해야 했다.

하수사업센터법은 1972년 5월에 통과되었고 이 센터는 동년 11월에 중앙정부와 지방당국들의 계약하에 하수처리장의 설계와 건설이 수행되었다. 이 센터의 운영비는 중앙과 지방당국들에 의해 균등하게 배분되었다. 기술자들의 훈련과 연구, 새로운 기술의 개발과 새로운 기술의 실제적용에 대한 시험이 이 센터에 의해 수행되었다. 다른 말로, 이 센터는 지방당국이라기 보다는 하수사업들을 증진하기 위한 보조기관으로 활동했다.

환경수질기준은 전국을 통해 연계적으로 설정되었고 일본의 수자원이 보전되려면 즉각적인 관심이 요구된다는 국가적인 문제를 인식하게 되었다. 지방당국들로부터 하수사업센터에 이르는 요구들은 처리장과 같은 하수시설의 건설을 위한 자극으로 나타났다. 3년의 급속 성장은 하수사업센터의 설립으로부터 1975년 6월 19일 일본하수도 사업국법의 제정을 결과적으로 만들어냈다. 일본하수도 사업단은 동년 8월 1일에 운영, 기능, 조직 및 센터의 구조를 확장하고 센

터의 책임을 완전히 인수받음으로서 시작되었다.  
하수도 사업단의 활동

1) 협의회

하수도 사업단법 제 23 항에 따라, 협의회는 하수도사업단 운영상의 주요 항목을 검토하기위해 설립되었다.

협의회 회장은 하수도사업단에 투자한 지방당국의 장들이며, 다른 전문가들과 함께 협의회 회원은 이들이며 지명에 의해 선출된다. 이 지명은 건설부장관의 승인을 받아야 한다. 현재는 15명의 위원으로 구성되었고, 그 구성은 현직 지방당국의 장 7명, 5명의 시장과 3명의 전문가로 되어있다. 이 협의회는 도쿄에서 1년에 두

번씩 만난다.

2) 감독회

이 회의 의장과 부의장, 그리고 5명의 실행 감독관들과 3명의 Part-Time 감독관으로 구성된 10명의 위원들은 운영과 관련한 문제들을 처리한다. 정기 감독회는 1주에 한번씩 모인다. Part-Time 감독관을 포함한 감독회는 1년에 두번 모이며 이 두 가지 모임은 도쿄에서 열린다.

3) 상세한 설계 및 건설사업

하수도사업단은 지역당국들의 위임계약 협정하에 하수처리장의 상세설계 및 건설에 많이 관련되어 있다. 그러나 <표-4>에서 나타나는 바대로

Table IV. Detailed Design and Construction Costs for Projects Conducted by JSWA, 1972~83

	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
<b>Construction works</b>												
<b>Municipal projects</b>												
Millions of yen	50	6,377	21,325	34,682	54,429	63,769	74,995	81,543	86,024	101,963	101,330	108,000
No. of projects	1	16	23	45	55	64	73	82	99	101	103	115
<b>Regional projects</b>												
Millions of yen	-	-	199	7,060	9,985	19,305	28,009	34,013	37,714	31,046	24,191	27,000
No. of projects			3	7	8	11	16	17	18	20	24	27
<b>Total</b>												
Millions of yen	50	6,377	21,524	41,742	64,414	83,074	103,004	115,556	123,738	133,009	125,521	135,000
No. of projects	1	16	26	52	63	75	89	104	117	121	127	-
<b>Design</b>												
Millions of yen	361	469	724	1,216	946	1,349	2,337	2,273	2,713	3,236	34,11	3,800
No. of projects	9	14	20	28	22	41	63	79	101	125	121	130

Project의 비용은 매년 증가하고 있다. 백 개 이상의 건설 프로젝트가 이미 완료되었고 1975년 이래로 가동 중에 있다.

위임계약하에 지역당국들에게 그 프로젝트의 계약된 비용을 이 사업국에서 지급한다. 사업의 완료시, 이 사업국은 경비의 정확한 계산을 하여 경비의 사용내역을 결정한다. 사업국에 대한 지불은 국가기금과 지역당국들로부터의 차관에 의해 지원된다.

4) 종합적인 시험운전과 추후협조

건설이 완료시 하수도사업단은 시설물을 Line 위에 배열하기 앞서 처리장의 여러 시설을 종합적으로 시험 운전한다. 시험운전은 초기 운전기

간 동안에 발견되는 어떤 문제점을 도출하여 수정하는 작업적인 조절과 다양한 시설과 장비를 연속 운전할 처리기술자들을 훈련하는 것도 포함한다. 시험운전은 전형적으로 처리시스템에 대해 30일, 오니처리시스템에 대해 30일, 펌프시스템에 대해 10일 동안에 이루어진다. 종합적인 시험운전이 완료된 후, 지역당국들은 그 시설의 운전과 유지를 가정한다.

운영과 유지 과정에서 하수도사업단은 정기적인 조사를 수행하며, 다음 Line에 따라 기술적인 협조를 제공한다.

▲처리장 운영과 조정에 관련된 기술적인 협조

▲시설의 감시와 문제점들에 대한 방법들

▲운영과 유지에 대한 Data의 보급 및 수질 처리

5) 기술자의 훈련

지방 당국들의 요구에 따라, 연구계획이 준비되고 훈련계획은 하수도사업단의 시설을 사용하여 수행한다. 연구과정은 <표-5>에 열거되어 있다. 이 표는 이 과정을 이수한 훈련자의 수를 나타냈다. 더불어 하수도사업단의 훈련과에 의해 감독을 받는다.

6) 연구 및 기술개발

연구 및 기술개발과는 연구, 조사와 하수시스템 시설과 전처리시설에 대한 실제적으로 적용할 기술개발을 위해 실험을 수행한다. 이 과는 실제 설계에 적용을 위해 설계부의 다른 과와함께 그 사업을 협조한다.

7) 조직 및 인원

조직구조는 <표-6>에 나타나 있다. 1983년에 하수도사업단은 본부에 5개과와 연구 및 훈련부에 2개과를 가지고 있었다. Tokyo와 Osaka

Table V. Number of Trainees in the Engineering Training Program, 1972 ~ 83

Course Description	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Planning	-	61	108	59	59	64	62	64	60	69	76	75
Designing	69	257	342	434	443	637	803	788	709	734	745	690
Supervision of construction	-	28	-	46	56	50	45	66	62	80	68	90
Operation and maintenance	-	59	66	108	140	199	255	300	314	324	322	290
Supervision of works	-	-	-	9	78	60	36	31	35	30	48	55
Total	69	405	516	656	776	1,010	1,201	1,249	1,180	1,237	1,259	1,200

지방 사무소에는 각각 22개와 16개의 건설사무소를 가지고 있었다. 1972년부터 1983년까지 임직원수의 증가는 <표-7>에 나타나 있다. 779명의 현재 직원중 약 80%가 기술자로 구성되어 있다.

8) 신기술평가 협의회

최근의 하수처리분야에서의 기술개발과 관련하여, 지방당국들은 가장 적용 가능한 기술을 선정하기 위해 정확한 Data를 요구하게 됐다.

이러한 점에서 신기술평가 협의회가 하수도사업단 의장을 위한 고문기관으로서 설립되었다. 이 위원회는 다음과 같은 위원들로 구성되었다.

- ▲대학교수 ..... 2
- ▲지역당국의 하수사업국장 ..... 5
- ▲건설부 오물 및 하수정화국 국장 ..... 1
- ▲건설부 공중사업연구소 수질보전 국장 ... 1

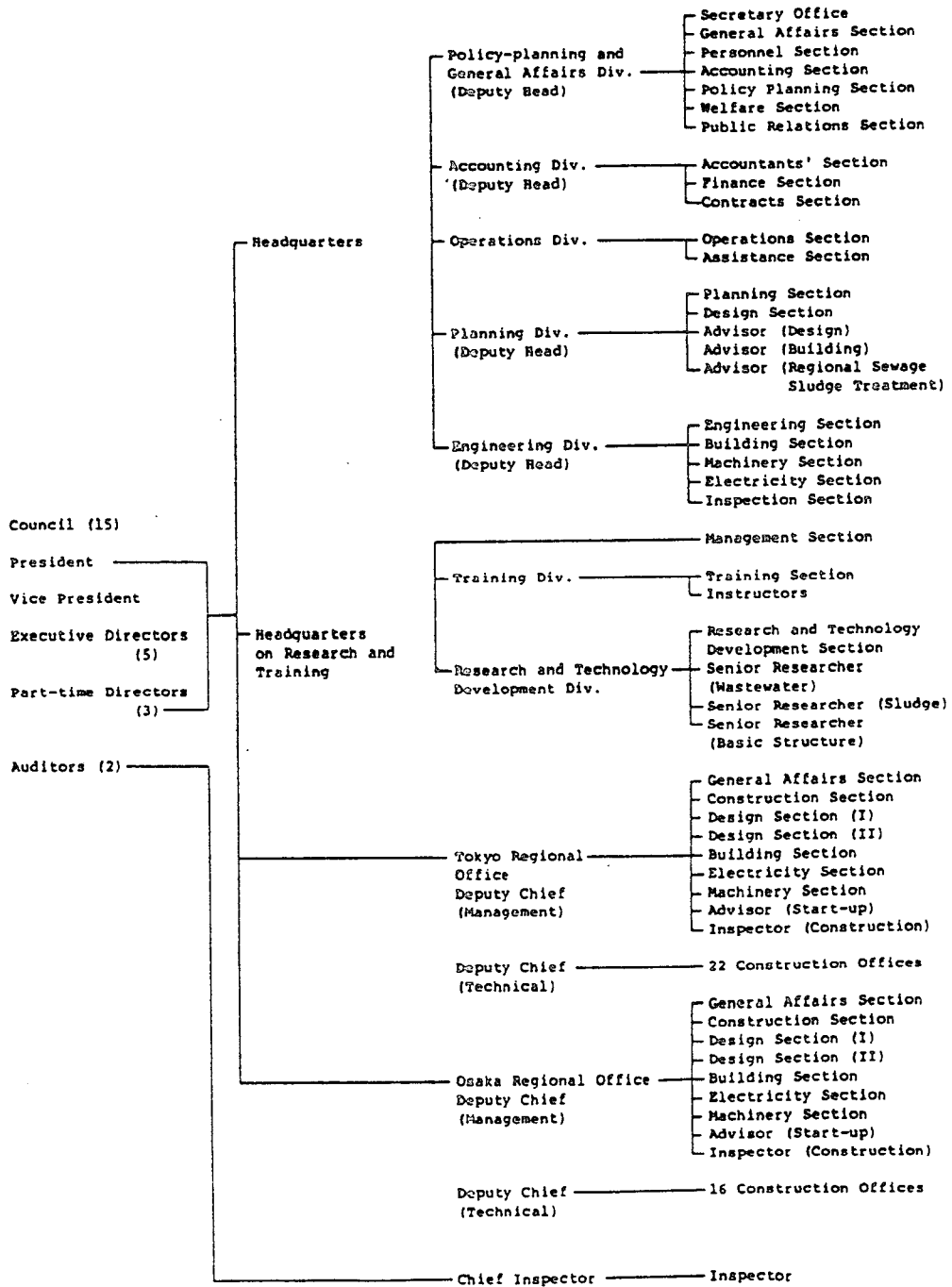
▲일본 하수도사업협회 회장 ..... 1  
 ▲하수도사업단 실행국장 ..... 2  
 수행된 과제와 수행될 과제가 <표-8>에 나타나 있다. 연구 및 기술개발과는 평가에 사용된 기법들을 감독한다.

9) 기술위원회

하수도사업단은 그 본부에 이 사업국의 업무상 발생하는 주요 문제들의 기술적인 면에 대해 조사하고 자문할 목적으로 기술위원회를 설립했다. 이 위원회는 기획, 기술자, 기술 연구 개발 및 연구과의 과장들과 Tokyo와 Osaka 지역사무소의 소장과 그들의 기술부의 장들로 구성되었다. 현재 대학들로부터 3명의 교수들로 기술적인 문제만을 다루기 위해 기술위원회에 참여하고 있다. 조사 및 연구 항목들은 다음과 같다.

▲설계기준에 관한 항목

Table VI. The Organizational Structure of JSWA (1983)



▲건설사업을 위한 방지 및 감독기준에 관한 항목

▲고차수준의 기술평가에 필요한 Projects의 설계

Table VII. Number of People on the Regular Staff of JSWA, 1972~83

Staff Offices	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Headquarters	51	41	57	94	102	104	107	108	108	107	107	107
Research and training	9	10	13	35	39	40	41	42	41	41	41	41
Tokyo regional office				35	45	50	75	88	95	95	95	95
Construction office (Tokyo)		33	70	133	162	187	214	255	252	257	265	265
Osaka regional office		15	18	35	39	43	57	67	77	77	77	77
Construction office (Osaka)		18	41	104	132	156	176	196	202	202	194	194
Total	60	117	199	436	519	580	670	756	775	779	779	779

Table VIII. Subjects for Technology Evaluation

Subjects	Consulted Date	1st Report Submitted Date	2nd Report Submitted Date	3rd Report Submitted Date
1) Technology Evaluation on Automated Control of Sewage Treatment Plants	July, 1974	October, 1975	June, 1980	
2) Technology Evaluation on Pure Oxygen Activated Sludge Process	July, 1974	October, 1975	November, 1978	June, 1980
3) Technology Evaluation on Existing Sewage Sludge Incinerators	June, 1975	June, 1980		
4) Technology Evaluation on Rotary Kiln	August, 1977	October, 1980		
5) Technology Evaluation on Carver Greenfield Process	August, 1977	August, 1979		
6) Technology Evaluation on Rotating Biological Contactor Process	August, 1977	November, 1978	December, 1982	
7) Technology Evaluation on Sewage Sludge Composting Facilities	June, 1981			
8) Technology Evaluation on Oxidation Ditch	December, 1982			

▲신기술 도입에 관계된 항목

하수도사업단은 정돈된 방법으로 그 Projects 안으로 신기술을 도입한다. 하수처리사업에 처음으로 사용되는 기술들과 관련하여 이 기술의 도입과 평가가 수행되어야 한다. 처리방법의 평가, 자동 및 기계화를 위한 장치와 사용중이나 시험을 기다리는 기술들이 검토되어진다. 대부분의 조사는 신기술의 실제사용을 도모하기

위해 기술협의회에 의해 수행되어진다.

신기술이 기술협의회에 의해 실행가치가 있는 것으로 평가될 때, Full-Scale 운전시험을 위해 실험장으로서 한 처리장이 지정된다. 이 단계에서 처리장의 설계, 기획과 작업결과를 고려하여 전체적인 평가가 신기술평가 위원회에 의해 검토되어진다.

**1984년도 연구과제 동향**

일본 하수도사업단은 하수도에 관한 기술을 개발하였다. 이것을 실용화하기 위하여 연구, 조사, 시험 및 평가를 실시하였다. 기술개발부에 있어서 시험연구업무에는 사업단이 전국적인 시야에서 자주적으로 연구를 실시하고 고유연구

와 하수도에 관한 신기술의 적절한 도입을 도모하기 위하여 기술평가가 있었다. 또한 건설공급 및 지방공공단체에서의 위탁을 맡아서 실시한 수탁연구가 있다.

1984년도 시험연구의 실시한 과제는 아래에 표시하였다.

구 분	테마수	비 고
고 유 연 구	6	국급 및 주요지방공공단체에서 지출된 업무운영보조금에 의하여 조사연구
기 술 평 가	2	하수도에 관한 신기술의 채용에 있으므로 그 기술의 평가를 실시하기 위한 조사
수 탁 연 구 (건설성)	8	국가긴급을 요하기 때문에 일본 하수도사업단에 위탁하여 시험연구로서 하수도사업조사비에 의한 것
수탁연구(지방공공단체)	12	지방공공단체 등에 신기술이 채용되었으므로 일본 하수도사업단에 위탁한 기술조사
계	28	

기술 개발부에서는 1975년도보다 시험 연구를 연구기본목표에 의하여 총괄하였다. 1984년도의 연구기본 목표는 다음으로 미루었다.

- ▲오니와 처리처분에 관한 기술
- ▲호소 등의 부영양화 방지에 관한 3차처리 등의 기술
- ▲2차처리시설의 개량에 관한 기술
- ▲하수도 시설의 성자원·성에네르기화에 관한 기술
- ▲하수도 시설의 합리적 설계·시공에 관한 기술

▲신기술평가를 위한 조사  
 당년도에 각각의 시험연구 과제의 개요는 다음으로 통과하였다. 또한 “미생물에 의한 고도 처리기술의 시험조사” “배치시스템에 의한 하수처리기술의 개발조사” “소규모 하수도에 적합한 시험의 개발에 관한 조사”에 대하여는 시험연구의 일부 민간기업 등과의 공동연구에 의하여 실시하고 있었다.

구 분	과제수	비 고
고 유 연 구	6	정부 및 주요 지방공공단체에서 지출되는 업무운영 보조금에 의한 조사연구
기 술 평 가	2	하수도에 관한 신기술의 도입에 관한 기술의 평가조사
수 탁 연 구 (건설성)	9	국가에서 긴급을 요하는 의뢰로서 일본 하수도사업단의 위탁하는 시험연구와 하수도사업 조사비에 의한 조사
수탁연구(지방공공단체)	12	지방공공단체 등과 신기술의 도입에 관한 사항으로 일본 하수도사업단에 위탁의뢰되는 기술조사
계	29	

**1985년도 연구과제 동향**

일본 하수도사업단은 하수도에 관한 기술개발

과 그 연구의 실용화에 관한 연구, 조사, 시험 및 평가를 하고, 기술개발부에서는 시험연구 업



무를 전국적으로 자주적 연구를 실시함과 고유 연구인 하수도에 관한 신기술의 도입에 관한 기술평가를 실시하고 있다.

또한 건설부 및 지방공공단체에서 의뢰되는 연구사업은 다음과 같이 실시하고 있다.

기술개발부에서 1975년도부터 연구기본 목표는 계속적으로 연구하는 체계로써 1985년도까지의 연구기본 목표는 다음과 같다.

▲오니의 처리처분에 관한 기술

▲호소 등의 부영양화 방지에 관한 3차처리 등의 기술

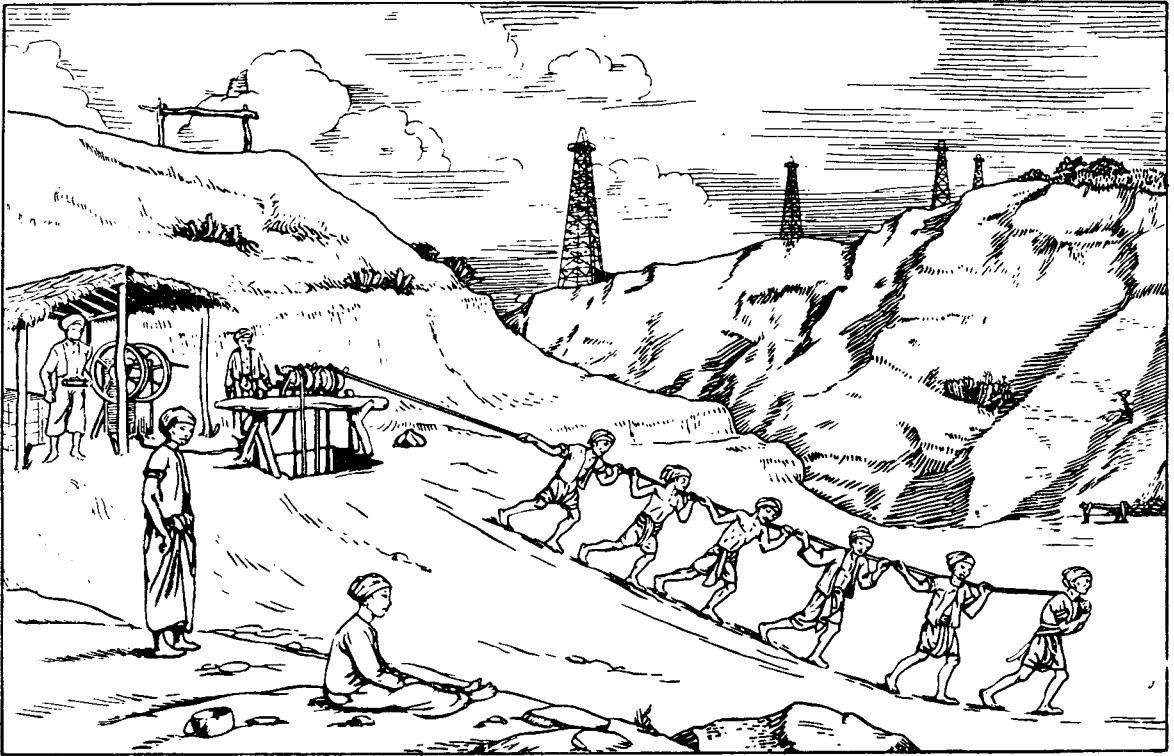
▲2차처리시설의 개량에 관한 기술

▲하수도 시설의 성자원의 기술

▲하수도 시설의 합리적 설계, 시공에 관한 기술

▲신기술 평가에 관한 조사

금년도의 개개의 시험연구 과제 개요는 “미생물에 관한 고도처리기술의 시험조사” “하수처리기술의 개발조사” “비파호류젠 하수도에 관한 고도처리의 기본 조사” 등으로 시험연구의 일반 및 민간기업 등의 공공연구로써 실시하고 있다.\*



너도나도 환경보전  
우리모두 감시요원