

일본의 합류식하수도 개선사업의 현황과 전망

김 원 재

한국건설기술연구원 국토환경연구소

Prospect and Present Status of Combined Sewer System in Japan

WeonJae Kim

National Land Research Department, Korea Institute of Construction Technology

1. 서론

지난 동안 우리나라는 공공수역의 수질을 개선하기 위해서 많은 예산과 노력을 투입하여 다양한 정책을 펼쳐왔다. 이러한 노력은 주로 산업폐수나 생활하수를 처리하기 위한 폐수종말처리장이나 하수처리장의 확대보급과 같은 점오염원에 의한 수질오염을 저감하는데 치중되어왔다. 이와 같은 노력의 결과로 점오염원에 의한 수질오염의 비중은 점점 줄어들고 있으나, 강우시 집중적으로 유출되는 비점오염물질에 의한 영향은 오히려 증대하여 전체에서 비점오염원이 차지하는 오염부하는 1998년에 28%에서 2020년에는 43%까지 증가할 것으로 예상되고 있다.¹⁾ 따라서 정부에서는 비점오염원을 효율적으로 관리하지 않고서는 획기적인 수질개선이 이루어지기 어렵다는 인식하에 2004년 3월에 7개 부처 합동으로 '4대강 비점오염원관리 종합대책'을 수립한 바 있으며, 환경부에서도 2005년 수질환경보전법의 개정을 통하여 비점오염원 관리에 관한 법적 근거를 마련하는 등 다양한 새로운 정책들이 정비, 시행되고 있다.²⁾ 한편, 이와 같은 국내 환경정책의 급속한 변화는 국내외의 정책동향, 관련기술의 적용사례 및 국내 적용가능성 등에 대한 충분한 검토가 뒷받침되지 않을 경우에 여러 시행착오를 초래할 수도 있음을 주지해야 할 것이다.

비점오염물질의 배출부하를 토지이용용도에 따라 구분하면, 개발사업이 집중되고 있는 도시지역의 배출부하가 농경지 및 산림에 비해서 절대적으로 큰 비중을 차지하고 있는데, 2005년 현재 전체의 55%에서 2020년에는 65% 이상으로 증가할 전망이다.¹⁾ 도시에서 발생하는 비점오염물질이 공공수역에 배출되는 과정은 하수의 배제방식에 따라서 세분될 수 있다. 우수와 오수를 분리하여 배제하는 분류식 하수관거로 정비된 신시가지 등에서는 강우유출수가 우수관거를 거쳐 공공수역으로 방류되는 반면, 우수와 오수를 동시에 배제하는 합류식 하수관거가 많이

도입되어 있는 대도시 및 구시가지에서는 강우시 하수처리시설의 처리용량을 초과하는 미처리하수가 직접 공공수역으로 방류됨으로써 이차적인 수질오염의 원인으로 지목되고 있다. 국내에서는 근래 분류식하수도가 활발하게 보급되고 있음에도 불구하고, 2004년 말 현재 합류식 하수관거의 총연장이 47,255 km(57.5%)로서 분류식 하수관거(34,959 km(42.5%))보다 널리 보급되어 있는 등 합류식 하수관거의 보급률이 여전히 높은 실정이다.³⁾ 특히, 강우초기에 발생하는 우천시하수 내의 오염물질농도는 건기시 하수농도의 수십 배 이상에 이르기기도 하는데, 이와 같은 합류식하수도 월류수(Combined Sewer Overflows, CSOs) 내에는 고농도의 유기물, 영양염류 및 병원성미생물 등이 포함되어 있는 것으로 보고되고 있다. 이처럼 합류식하수도가 태생적으로 안고 있는 수질보전 및 공공위생에 미치는 영향의 중차대성이 인지됨에 따라, 환경부에서도 주요 비점오염원 관리사업의 일환으로 CSO 대책을 추진하기 시작한 바 있다.⁴⁾

국내의 도시 비점오염원을 적절하게 관리하기 위한 정책을 수립하거나 관련기술개발을 위해서는 선차적으로 외국의 관련정책 및 연구동향에 대해서 검토할 필요가 있다. 국내에서는 2000년을 전후한 시기로부터 주로 도시 비점오염원 관리방안의 일부로서 합류식하수도 개선사업이 고려되고 있음에 비하여, 이웃 일본에서는 훨씬 이른 1980년대 이후부터 관련개선사업을 추진하기 시작하여 상당한 연구개발실적 및 적용사례를 확보하고 있는 것으로 보고되고 있다. 또한, 강우시 도시로부터의 오염물질 유출특성이 유역면적, 토지이용형태 및 불투수층의 존재양상 등의 유역특성과 강우강도, 강우지속시간 및 선행건기일수 등의 강우특성 등에 따라 다양하게 변화한다는 점을 고려할 때, 유사한 도시발전양상 및 강우특성을 갖는 일본은 주요한 벤치마킹의 대상이 될 수 있을 것이다. 따라서 본고에서는 일본의 합류식하수도 개선사업의 현황과 전망을 개괄함으로써 향후 본격적으로 전개될 국내 합류식하수도 개선 방향을 고찰하는 데에 대한 시사점을 제공하고자 한다.

E-mail: wjkim1@kict.re.kr
Tel: 031-910-0303

Fax: 031-910-0291

2. 일본의 합류식하수도

2.1. 합류식하수도 도입현황

일본은 근대화 이후 하수도가 도입된 대부분의 도시에서 주로 합류식하수도에 의한 정비가 추진되어 왔다. 이는 이들 도시의 대부분이 연안지역의 평탄한 지형에 입지해 있을 뿐만 아니라 재정상의 어려움 등의 문제로 인해, 하수도를 경제적, 효율적으로 건설하기 위해서 우수와 오수를 동일한 관거로 빠르게 배제하는 합류식하수도의 채용이 합리적이라고 판단했기 때문이다. 이러한 조건에서 일본의 합류식하수도는 도시 생활환경의 개선과 침수피해를 예방하는데 상당한 역할을 담당해 온 것으로 평가받고 있다.

그러나, 1960년경부터 시작된 고도경제성장과 급속한 도시화의 전개는 다양한 환경문제를 일으켰으며, 공공수역의 수질오염도 커다란 사회문제로 대두되었다. 이를 계기로 1970년에 하수도법이 개정되어, 하수도의 목적에 ‘공공수역의 수질보전에 기여해야 한다’는 조항이 추가되었다. 이를 바탕으로 1972년에 개정된 ‘하수도시설설계지침과해설’에서는 합류식하수도가 수질보전상의 많은 문제를 안고 있다는 점이 반영되어, 하수도의 배제방식으로서 원칙적으로 분류식을 채택하도록 하고 있다.⁵⁾ Table 1과 Fig. 1에 정리한 바와 같이 2002년 현재, 합류식하수도는 일본 전국의 192개 도시에서 채용되어, 전국의 하수도보급 도시수의

Table 1. 일본의 합류식하수도와 분류식하수도의 도시수 및 계획면적

항목	합류식	분류식	합계
도시수	192	2,027	2,219
처리면적(천ha)	227	1,389	1,616



Fig. 1. 일본의 합류식하수도 실시도시의 분포.



Fig. 2. 동경도의 합류식하수도 보급지역 및 CSO 발생지점의 분포.

약 10%, 하수도정비면적의 약 15% 및 하수처리인구의 약 30%를 차지하고 있는 상황이다.⁶⁾ 특히, 인구 100만 명 이상의 대도시에서는 하수도정비면적의 약 48%에 합류식하수도가 도입되어 있어서, 합류식하수도는 전형적인 대도시형 환경문제 중의 하나로 간주되고 있다. Fig. 2에 도시한 바와 같이, 동경도의 경우에는 전체 하수도정비면적의 82%에 해당하는 46,000 ha에 합류식하수도가 도입되어 있는데, 동경도 내에 존재하는 CSO 배출구의 수만도 약 800개소에 달하는 것으로 보고되고 있다.⁷⁾

2.2. 합류식하수도의 문제점

합류식하수도는 전술했던 바와 같이, 재원의 제약이 따르는 중에서도 침수지구의 해소와 하수도의 보급에 대하여 상당한 역할을 수행하여 왔으나, 우천시하수가 일정용량 이상을 초과하는 경우, 우수에 의해 희석된 하수가 우수도 실이나 우수배수펌프장에서 공공수역으로 방류되는 구조로 되어 있기 때문에 여러 문제를 유발하고 있다. 국토교통성이 실시한 모의결과에 의하면, 합류식하수도에서 연간 공공수역에 방류되는 오염부하량(BOD 기준)의 약 70%가 강우시 CSO(미처리방류수와 간이처리방류수)에 기인하고 있다고 밝히고 있다.⁶⁾

하수차집량은 각 도시의 특성을 고려하여 결정되고 있으나, 합류식하수도가 많이 채용되던 시점의 1968년판 ‘소규모하수처리기준과해설’에 따르면, 계획시간최대오수량의 2~3배로 추천되고 있다. 한편, 합류식하수도를 채용하고 있는 중대도시에서는 1970년대 이후 예상을 뛰어넘는 급격한 인구증가에 의해 계획차집량 이상의 우천시하수가 공공수역으로 CSO로서 월류하는 상태가 빈발하는 상황이 되었다. 특히, 강우초기에는 관거나 펌프정에 퇴적된 오염물질이 재부상하여 충분히 희석되지 않은 상태로 일시에 고

농도로 공공수역에 방류되는 초기강우(First flush) 현상이 관찰되는 경우가 많다.

CSO는 BOD로 표현되는 유기물이나 SS 이외에도 질소, 인화합물, 대장균, 병원성박테리아, 장관계바이러스(Enteric viruses), 중금속 등의 미량물질 및 유지스킵 등 다양한 문제를 내포하고 있어서, 상당한 수준으로 희석되었다고 하더라도 ‘미처리’ 상태라는 사실 그 자체가 문제로 인식되고 있다. 마찬가지로 시민들의 눈에 직접 관찰되는 협잡물 또한 큰 문제가 되고 있다. 우수토실로부터 쓰레기나 화장실용 휴지 등이 유출되고, 방류수역에서는 공중위생상의 문제가 우려되고 있을 뿐만 아니라, 경관을 현저하게 해치고 있다. 또한 우수토실이나 펌프장의 방류수역, 우수받이 등에서 강우 종료 후에 악취가 발생하는 경우도 보고되고 있다.

근래에는 하수도의 정비가 착실하게 진행되어 공공수역의 수질이 상당한 수준까지 개선되고 있음에도 불구하고, 보다 양질의 수환경에 대한 사회적 요구가 높아지고 있는 추세이다. 이러한 상황 하에서 2000년에는 CSO에 기인하는 백색고형물(Oil-ball)이 동경만의 오다이바 해변공원(お台場海浜公園)에 표착한 사실이 매스컴에 크게 보도된 바 있다.⁸⁾ 그 이후 강우시 합류식하수도에서 발생하는 CSO가 사회문제로 부각되어, 합류식하수도에 대한 긴급하면서도 장기적 시점에 입각한 종합적인 개선대책의 추진이 사회적으로 강하게 요구되었다.

3. 합류식하수도 개선 연구개발사업: SPIRIT21

여기에서는 일본의 합류식하수도 개선을 위한 연구개발사업과 관련하여 2002년부터 3년간 진행된 SPIRIT21 프로젝트(Sewage Project, Integrated and Revolutionary Technology for 21st Century)에 대해서 개괄적으로 소개하고자 한다.

3.1. 연구개발 배경

일본에서 CSO 문제는 전술했던 2000년도의 동경만 오일볼(Oil-ball) 표착 사건이 매스컴에 대대적으로 보도된 것을 계기로 하여 사회적인 이슈로 등장하게 되었다. 다음해인 2001년, 국토교통성은 ‘합류식하수도 개선대책 검토위원회’를 설치해, 합류식하수도의 CSO에 대한 실태조사를 실시하였다. 그 결과, 합류식하수도가 채용된 도시수는 전국에서 총 192개이며, 하수토구가 2,420개소, 펌프장이 544개소 등 합계 2,964개소로부터 CSO가 발생하여 방류 수역의 수질에 지대한 영향을 미치고 있다는 사실이 명확해졌다.⁹⁾

이러한 조사결과를 바탕으로 대책검토위원회에서는 개선목표를 검토하고, 2002년 2월에 ‘합류식하수도의 개선 대책에 관한 기본적 사고’를 정리해 약 10년에 걸쳐 달성가능한 당면의 개선목표를 다음과 같이 발표하였다. (1) 오염부하량의 삭감분은 분류식하수도로 전환했을 경우에 배

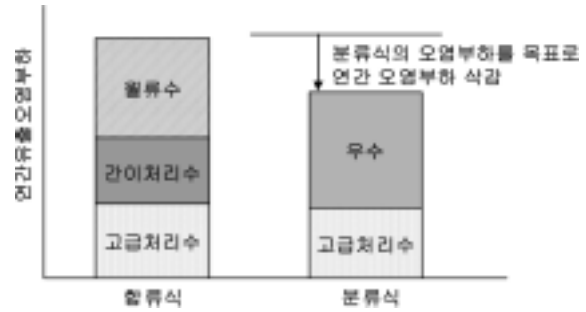


Fig. 3. 합류식하수도 개선시 오염부하 삭감의 당면목표.

출되는 오염부하량과 동일한 정도 이하로 한다(Fig. 3). (2) 공중위생상의 안전 확보: 모든 토구에 대하여 미처리방류수의 방류 회수를 반감한다. (3) 협잡물 삭감: 모든 토구에서 협잡물의 유출을 최대한 방지한다. 이상의 당면 개선 목표는 자연스럽게 2002년 이후에 여러 도시들에서 실시된 합류식하수도 개선대책의 기본 방침이 되었다.

또한, 합류식하수도의 개선대책의 중요성과 긴급성을 고려하여, ‘합류식하수도의 개선에 관한 기술’이 SPIRIT21의 최초 기술개발 주제로 선정되어 2002년 3월부터 3년간에 걸쳐 연구·기술개발이 추진되었다.^{9,10)} SPIRIT21은 하수도사업의 여러 과제 중에서 특히 중점적으로 기술개발을 추진해야 할 분야에 대해서, 민간 주도에 의한 기술개발을 유도·추진함과 동시에 개발된 기술을 조기에 폭넓게 실용화하는 것을 목적으로 한 산학관의 강력한 제휴에 의한 새로운 기술개발 프로젝트라 할 수 있다.

3.2. 연구개발 목표

선정된 합류식하수도의 개선을 위한 신기술개발 연구과제의 연구개발 목표는 다음과 같다. 하수토구, 우수토실 및 하수처리장 간이처리 대체공정 등 합류식하수도 개선에 적용 가능할 것으로 기대되는 다양한 분야에 걸쳐 연구개발이 추진되고 있는 것이 특징이라 할 수 있다.

3.2.1. 효율적인 처리기술에 관한 개발연구

- (1) 하수토구 등의 유출수 중에 포함된 협잡물을 제거하는 기술
- (2) 우수토실 등의 유출수 중의 SS, BOD 등의 오염물질 제거기술
- (3) 처리장 방류수 중의 SS, BOD 등의 오염물질을 배출수 기준치 이하로 하는 기술

3.2.2. 소독기술에 관한 개발연구

펌프장 등 배출수의 대장균군수를 3,000 개/mL 이하로 하는 한편 소독의 능률화를 도모하여 하류측 수역에 미치는 영향을 최소화하는 기술

3.2.3. 계측·제어에 관한 개발연구

- (1) 합류식하수도 우수토실의 수량·수질을 측정하는 기술
- (2) 실시간제어 관련기술

Table 2. SPIRIT21 개발기술 및 참여기업

구분	N0.	기술명	기술제안자
협잡물 제거 (스크린) (8기술)	1	브러쉬스크린	(주) 쿠보타
	2	우천시 월류수 스크린	(주) 니시하라환경테크놀로지
	3	CSO스크린	미츠비시공업(주), 신일본제철(주), 일본잉카(주), JFE엔지니어링(주), 히타치플랜트건설(주)
	4	디스크스크린	히타치기전공업(주)
	5	스톱스크린	히타치기전공업(주)
	6	미세공 메쉬패널을 이용한 제진기	아타카대기(주), (주)신강환경솔루션, 히타치플랜트건설(주), 전택공업(주)
	7	The Copa Raked Bar Screen	미츠비시화공기(주)
	8	로터리 스크린	(주)이시가키
고속여과 (5기술)	9-1	우천시 고속하수처리시스템(간이처리의 고도화)	일본가이시(주)
	9-2	우천시 고속하수처리 시스템 (미처리하수의 간이처리)	
	10	고속여과장치(섬유여재)	미츠이조선(주)
	11	특수스크린 스월 및 침강성 섬유여재를 이용한 상하향류가변식 고속여과법	츠키시마기계(주), 유니치카(주)
	12	우천시 미처리방류수 등의 초고속섬유여과기술	(주)이시가키, 쿠리타공업(주), (주)신강환경솔루션, 산키공업(주), 스미토모중기공업(주), 히타치플랜트건설(주), 전택공업(주), 신일본제철(주)
	13	고속여과프로세스	히타치플랜트건설(주)
응집분리 (2기술)	14	고속응집침전처리(액티프로프로세스)	(주)니시하라환경테크놀로지, (주)에바라제작소, 히타치플랜트건설(주), 전택공업(주)
	15	특수스크린 스월에 의한 고속응집분리시스템	츠키시마기계(주), 아타카대기(주)
소독 (7기술)	16	이산화염소를 이용한 고효율 소독기술	(주)쿠보타
	17	스월에 의한 고속응집을 조합한 중압자외선에 의한 소독	츠키시마기계(주)
	18	이산화염소를 이용한 소독고속화 기술	JFE엔지니어링(주)
	19	고농도 오존을 응용한 고속소독기술	미츠비시전기(주)
	20	브룸계 소독제를 이용한 소독기술	(주)에바라제작소
	21	오존에 의한 효율적 소독기술	쇼와엔지니어링(주)
	22	자외선 소독장치(UV시스템)	(주)니시하라환경테크놀로지
계측제어 (2기술)	23	침지식 자외선흡광도계	(주)메이텐샤
	24	대장균 자동측정장치	(주)메이텐샤

3.3. 연구개발 성과

이상의 연구개발 목표에 부합하는 합류식하수도 개선에 관련된 신기술을 모집한 결과, Table 2와 같이 총 24개의 기술이 민간 24사부터 제안되었다. 24개의 각 기술들은 협잡물 제거, 고속여과, 응집분리, 소독 및 계측 제어로 구분되어 연구개발이 진행되었다. 그 결과, 2005년 3월의 SPIRIT21 위원회는 예정된 24개의 기술 모두에 대해 실용화 연구개발이 완료된 것으로 보고하였다.

4. 일본의 합류식하수도 개선사업 현황

4.1. 합류식하수도 개선사업의 추진현황

일본의 합류식하수도의 개선대책은 대도시를 중심으로 하여 비교적 이른 시기부터 다양한 대책들이 추진되어 왔다. 1982년에는 일본하수도협회에 의해 ‘합류식하수도월류수대책과잠정지침’이 발행되었는데, 이는 기술적, 이념적으

로 새로운 것으로서 그 후 각 도시들이 합류식하수도 개선 대책을 수립하도록 촉진하는 계기가 되었다. 그러나 하수도의 보급이 선결과제였던 점이나 재정상의 이유 등에 의해 본격적으로 추진되기 시작한 것은 근래의 일이라고 할 수 있다.

2002년 2월에는 ‘합류식하수도개선대책 검토위원회’에 의한 각 제안들이 종합적으로 정리되어 개선대책 추진에 관한 기본적인 접근방법이 제시되었다.¹¹⁾ 그 제안은 전술한 잠정지침의 개정에 큰 영향을 미쳐, 2003년에 개정된 ‘하수도법시행령’의 중요한 부분을 구성하게 되는 등, 그 후의 합류식하수도 개선의 촉진에 큰 역할을 담당하게 되었다. 이와 같은 커다란 흐름에 힘입어, 각 도시들도 오염부하의 삭감뿐만 아니라 공중위생상의 안전이나 수변경관까지 고려하여 비용효과를 반영한 종합적인 시점에서 다양한 방법들을 검토한 개선대책을 수립하기 시작하였다.^{12,13)}

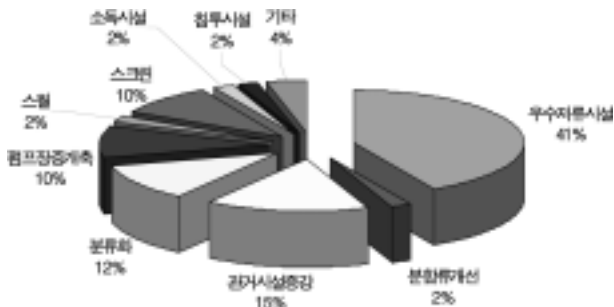


Fig. 4. 일본의 합류식하수도 개선대책의 적용사례.

2002년 현재, 합류식하수도가 도입된 도시들의 약 1/3에서 합류식하수도 개선계획이 입안되고 있다. 그 개선계획의 대부분은 사업비를 고려하여 분류화보다는 합류식을 분류식 수준의 기능을 갖도록 개선하는데 주력하고 있다.¹⁴⁾ 즉, 우수저류지의 건설이나 관거시설을 증설하여 일시적으로 우천시하수를 저류한 다음, 강우 종료 후 하수처리용량에 여유가 있을 때 처리하는 것이 더욱 효율적이라는 판단이다. 특히, Fig. 4에서 보여주고 있듯이 계획·실시되고 있는 개선대책 중에는 우수저류지 등의 저류시설의 건설에 의한 것이 많은 것이 특징인데, 이는 집중관리하기 쉽고, 대규모의 우수저류지의 건설이 선호된 결과라고 할 수 있다.^{15,16)}

4.2. 합류식하수도 개선사례

대표적인 합류식하수도 개선사례들은 다음과 같다.⁶⁾ 특히 본고에서는 대도시들 중에서 그 개선대책이 선진적인 것으로 평가받고 있는 오사카시(大阪市)의 대책에 대해서 보다 구체적으로 소개하였다.

4.2.1. 삿포로시(札幌市)

차집관을 증강함과 동시에 강우시 및 융설시의 미처리방류 등에 의한 수질오염을 해소하기 위해 내경 5 m의 저류관(용량: 46,000 m³)을 설치·운영하고 있다.

4.2.2. 센다이시(仙台市)

CSO 관련대책을 단계적으로 실시하기 위해 제1단계에서는 토구로부터 협잡물의 유출을 방지할 수 있도록 스크린을 설치하고, 제2단계에서 오수의 유출을 줄이기 위한 우수저류관을 설치하고 있다.

4.3.3. 야마자키시(山崎氏)

4개의 미처리하수 저류시설(우수저류지: 저류능력 89,280 m³)을 도입하였다. 또한 5곳의 우수펌프장에서 염소소독 대책을 실시하고 있다.

4.3.4. 동경도(東京都)

종래부터 추진해 온 중기적 대책으로서 ‘합류식하수도개선 전체계획’에 추가하여, 긴급대책으로서 ‘합류개선 킥플랜’을 착실하게 추진하는 등 단계적인 합류식하수도 개선

을 실시하고 있다. 킥플랜의 주요 특징은 다음과 같다.

- 백색고형물(Oil-ball)이나 강우시 유출되는 조대쓰레기 등으로부터 수변환경을 지키기 위한 대책 실시
- 내부하천이나 운하 등의 폐쇄성수역과 하수재생수 도입에 의한 하천 되살리기 등을 중점화
- 시민이나 도로관리자 등에도 협력 요청

4.3.5. 오사카시(大阪市)

오사카시에서는 합류식하수도 개선의 당면목표를 달성하기 위해 관거 내에 퇴적되는 오염물질의 삭감과 더불어, (1) 우천시하수의 저류 및 (2) 우천시하수의 처리를 주요 대책으로 하고 있다. 두 대책에 대해서 간략하게 설명하면 다음과 같다.^{17,18)}

(1) 우천시하수의 저류

강우초기의 우천시하수는 도시의 지표면이나 관거의 비점오염물질을 세정하면서 유하하는 초기강우 현상이 발생하기 때문에 우수량은 적지만 오염농도가 높게 된다. 이를 저류하여 강우 후 통상의 2차처리시설에서 처리하고자 하는 방안이 우천시하수의 저류가 목적하는 바이다. 오사카시는 처리장이나 펌프장 등의 용지가 협소할뿐더러 이러한 시설들은 시가지와 연이어 있어서 신규용지의 취득이 곤란하다. 따라서 저류시설의 콤팩트화가 시도되고 있다(히라노(平野) 하수처리장 등). 이러한 저류지외는 별도로 침수대책을 위해 건설된 우수전용저류시설을 CSO대책시설로 활용하는 방안 또한 적극적으로 도모되고 있다(나니와 대방수로 등).

(2) 우천시하수의 처리

오사카시에서는 강우시의 간지방류에 추가적으로 더욱 향상된 방류수질을 얻기 위하여 시간최대오수량(1 Qsh)의 3배(3 Qsh)까지의 하수를 활성슬러지법으로 처리하는 것을 목표로 실시시설을 이용한 실험을 실시해 왔다. 3 Qsh의 우천시하수를 그대로 포기조에 유입시키면 최종침전지의 고형물부하가 급격하게 증대하여 지내의 슬러지계면이 상승하여 슬러지의 유출이 발생한다. 따라서 Fig. 5에 도시한 바와 같이 포기조의 최종단에 유입시킴으로써 최종침전지의 고형물부하를 증대시키지 않고 2차처리수량을 증대시키는 것이 가능해진다. 이 우천시활성슬러지처리법(Wet Weather Wastewater Treatment Method: 3W처리법)은 기존시설을 이용하여 실시할 수 있을 뿐만 아니라, 우천시 처리하수량이 2~3 Qsh일 경우에 BOD, SS 모두 15 mg/L 이하의 안정된 처리수질을 얻을 수 있었다. 또, 이 3W처리법을 간지방류를 실시한 기존의 처리방식과 비교한 결과 우천시의 방류부하 평균삭감량이 60~70%에 달하는 등 높은 제거효과를 얻을 수 있었다. 또한, 침전처리에 있어서도 한정된 용지 내에서 대량의 우천시하수를 처리하기 위해 경사판침전지 및 응집·침전공정의 도입을 검토하고 있다.

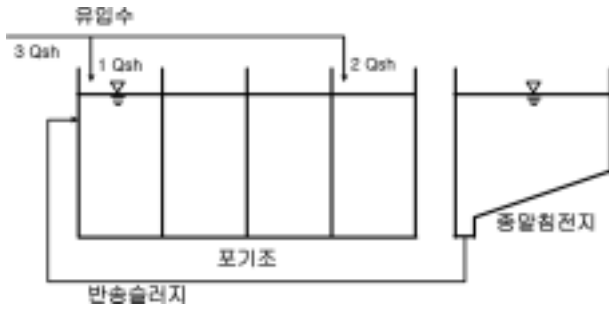


Fig. 5. 우선시활성슬러지처리법(3W처리법) 개념도.

5. 결 론 : 합류식하수도 개선대책으로서의 우수저류시설

전술한 바와 같이, 현재 일본의 합류식하수도 개선계획의 대부분은 사업비를 고려하여 분류화보다는 합류식을 분류식 수준의 오염부하 삭감기능을 갖도록 개선하는데 주력하고 있다. 합류식하수도의 오염부하를 분류식하수도 와 같은 수준으로 삭감하기 위한 핵심적인 시책으로서 ‘하수처리장과 연계한 우수저류시설의 운영’이 가장 일반적으로 채택되고 있는 점이 큰 특징이라 할 수 있다. 일본에서도 합류식하수도의 개선 실적이 여전히 충분하지 않은 상황이지만 그중에서도 우수저류시설이 비교적 많은 실적을 갖고 있는 것은 이 개선대책이 경제성, 처리효율 및 유지관리의 용이성 등의 측면에서 매우 유력하기 때문 이라고 판단된다. 또한 우수저류시설은 오염부하의 삭감 이외에도, 사회문제화한 유시스킴의 제거, 대장균 등의 병 원성미생물, 질소나 인화합물 및 도로나 지표면에서 유출 되는 중금속 등의 미량물질 등이 고농도로 함유된 초기 강우를 포함한 일정량의 우수를 저류함으로써 상당한 처 리효율을 기대할 수 있다. 그러나 건설실적이 비교적 많 음에도 불구하고 실제 운전조건에 기반한 오염부하 삭감 효과 및 적정운전방안 등 우수저류시설의 운영에 대한 연 구실적은 매우 적은 실정이다. 따라서 보다 많은 건설 및 운영실적을 축적함과 동시에 다양한 강우사상에 대응할 수 있는 우수저류시설의 적정 운전방안을 확립하는 것이 향 후 과제로 요구된다고 할 것이다.

향후에는 우수저류뿐만이 아니라 우수침투기술을 활용 한 분산형 대책의 적용 및 실시가 병행될 것으로 기대되고 있다. 즉, 가능한 한 강우유출수를 하수도로 유입시키 지 않는 것을 우선시하고, 도로나 주택행정과의 연대를 포 함한 투수성포장이나 지붕빗물침투반이 등의 우수침투시설 을 적극적으로 도입하는 것이 더욱 효과적인 하수도 시스 템의 구축으로 연계될 수 있음이 점차 인식되고 있다. 한 편, 하수도시스템에 있어서 우수침투에 의한 도시비점오 염부하의 삭감효과도 무시할 수 없을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 관계부처합동, 물관리 종합대책의 추진강화를 위한 4대 강 비점오염원관리 종합대책(2004).
2. 환경부, 환경관리공단, 제2회 비점오염원 관리능력 제고를 위한 워크샵(2007).
3. 환경부, 2005 환경백서(2005).
4. 환경부, 비점오염원관리 업무편람(2006).
5. 日本下水道協會, 下水道施設設計書・設計指針と解説—前編—(2001).
6. 国土交通省都市・地域整備局下水道部, 財団法人下水道新技術推進機構, 合流式下水道の改善対策に関する調査報告書(2002).
7. 松浦 啓行, 東京都(區部)における合流式下水道の改善と高度處理, 資源環境對策, 40(3), 51~57(2004).
8. 岡本誠一郎, 合流改善の基本方針と総合的な對策の推進, 水環境學會誌, 25(9), 518~523(2002).
9. 下水道新技術推進機構, 下水道新技術推進機構年報(2003年度[1/2卷][2/2卷], 2004年度[1/2卷][2/2卷])
10. 伊藤昭彦, SPIRIT21合流改善技術と今後の展開, 下水道協會誌, 43(528), 17~20(2006).
11. 日本下水道協會, 合流式下水道改善對策指針と解説—2002年版—(2002).
12. 松原 誠, 合流式下水道改善對策と雨天時放流水質基準, 下水道協會誌, 41(496), 19~24(2004).
13. 田嶋 淳, 合流式下水道の改善事業の意義と今後の展開, 下水道協會誌, 43(528), 4~7(2006).
14. 經濟調査會編, 最新雨水貯留・浸透施設要覽, 經濟調査會(2004).
15. 古米弘明, 市街地ノンポイント汚染對策技術と適用事例, 水環境學會誌, 30(4), 172~175(2007).
16. 古米弘明, 都市域の雨天時汚濁負荷流出解析の現狀と課題, 水環境學會誌, 25(9), 524~528(2002).
17. 安部浩和, 安井幹人, 合流式下水道のあり方と對策論—雨天時の完全制御を目指した將來の合流下水道システム—, 水道公論, 39(6), 76~87(2003).
18. 城居 宏, 大阪市における合流式下水道改善計畫, 下水道協會誌, 43(528), 24~29(2006).
19. 山崎武志, 雨水滯水池による合流式下水道の改善に関する研究, 東京大學博士論文(2005).