

〈하수도 기술 5개년 계획〉

합류식 하수도 개선에서 본 최신기술 동향 - SPRIT21과 검토 기술

글 다케시 도오루(武享) _ 가와사키(川崎)시 건설국 남부 하수도 사무소 주임

1. 서론

국토교통청이 진행하는 하수도 기술 개발 프로젝트 「SPIRIT21(Sewage Project, Integrated and Revolutionary Technology for 21 century)」에서의 연구 개발이 산·관·학(産·官·學)의 연계에 따라 활발하게 진행되고 있다.

SPIRIT21은 하수도에 관련되는 가장 중요한 과제 중에서 특히 기술개발이 요구되는 분야에 대하여 산·관·학의 적절한 역할 분담 아래 기술개발을 종합적·중점적으로 단기간에 실시하는 것으로 개발된 기술은 국토교통청의 중요 시책에 반영되고, 조기에 폭넓은 실용화를 꾀할 수 있기 때문에 민간의 기술개발 의욕 향상과 민간 활력의 도입을 목표로 하고 있다.

재단법인 하수도 신기술 추진기구는 국토교통청의 위탁에 따라 SPIRIT21 운영 사무국을 맡고 있다.

2. 합류식 하수도의 개선에 관한 기술개발

국토교통청은 SPIRIT21에서의 최초의 기술개발 과제로서 「합류식 하수도의 개선에 관한 기술」을 선정하여 합류식 하수도의 개선 대책 추진에 기여하는 것을 목표로 했다.

이것은 합류식 하수도의 정비 구역에서 우천시에 공공용수역(公共用水域)에 배출되는 미처리 하수에 포함되는 오탁(汚濁) 부하(負荷)와 폐유덩어리(오일볼 : Oil Ball) 등에 의한 물환경이 악화되고 있기때문에 긴급하게 합류식 하수도의 개선 대책을 추진할 필요성

이 대두되고 있다.

2002년 5월 SPIRIT21 개발 연구자를 모집하여 표 1)에 나타내듯이 24사(현재는 합병에 따라 23사), 24기술이 선정되었다. 한편, 지방공공단체에서는 17개 도시가 참여하였고 이 중 13개 도시가 연구 영역(Field)을 제공하고 있다.

연구는 2004년 중의 개발 완료를 목표로 24개의 기술을 불순물 제거, 고속 여과, 응집 분리 및 계측, 제어, 소독의 네 가지 분야로 분류하여, 각각의 개발 연구 소위원회에서 진행되고 있는데 각 개발 연구 소위원회에서는 조기 실용화를 향해서 위원회를 개최하고, 2003년 10월 SPIRIT21위원회에서 네 가지 기술이 소정 성능을 달성했다고 인정받았다. SPIRIT21에서 성능 달성이 인정된 최초의 기술이다.

또, 이 네 가지 기술에 대해서는 현재까지 기술 자료 검토위원회에서 실제 시설에 적용하기 위한 기술 자료(안)이 정리되고 있다.

하수도에 관한 기술은 토목, 건축, 위생, 기계, 전기 등 폭넓은 기술 분야에 관련되어 있기 때문에, 기술개발에 종사하는 관계자가 하수도 기술의 현재 상태와 요구에 대해서 공통 인식을 가지고, 하나의 방향성을 갖고 연구를 진행하기 위해서는 중기적인 목표와 방향을 구체적으로 나타낼 필요가 있다.

3. 연구개발이 종료된 기술의 개요

연구개발이 종료된 네 가지 기술의 개요를 소개한다.

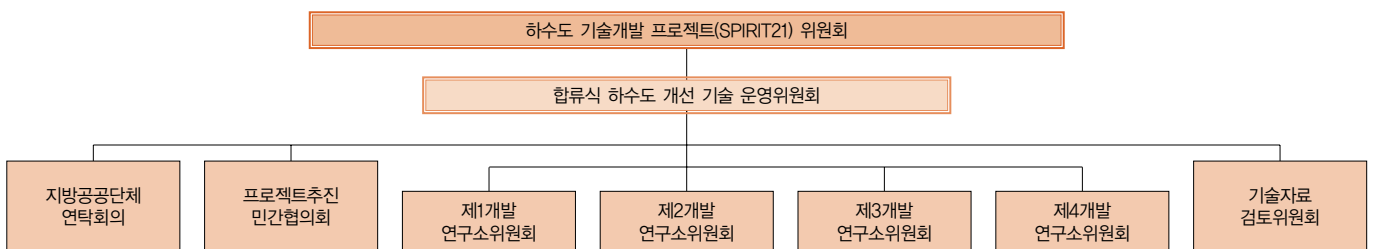


그림 1) SPIRIT21 연구 체제

번호	기술 제안자명	선정 기술	선정 기술 분야					필드 제공 도시
			S	F	C	D	M	
1	구보타	브러시 스크린	●					오사카시
2	니시하라 환경 테크놀로지	우천시 월류 스크린	●					
3	미쓰비시 공업, 신일본제철, 일본 인카, JFE엔지니어링, 히타치 플랜트 건설	CSO 스크린	●					센다이시
4	히타치 기전	디스크 스크린	●					교토시
5	히타치 기전	스톡 스크린	●					교토시
6	아타카 공업, 신강 솔루션, 히타치 플랜트 건설	섬유 목 테이퍼 구멍식 매쉬 패널에 의한 불순물 처리기술	●					니시토미시
7	미쓰비시 화공기	The copa raked bar screen	●					치바시
8	로터리 스크린		●					히가시오사카시
9	닛뽀 유리	우천시 고속 하수처리시스템		●				요코하마시
10	미쓰이 광산	고속여과장치(섬유 여과재)		●				가와사키시
11	쓰키시마 기계, 유니테카	특수 스크린 장착 스월 및 침전성 섬유 여과재를 이용한 고속 여과법		●				교토시
12	신강 솔루션, 미쓰비시 공업, 스미토모 중기, 히타치 플랜트 건설, 신일본 제철	초고속 섬유 여과		●				오카야마시
13	히타치 플랜트 건설	고속 여과 프로세스			●			
14	에바라 제작소, 니시하라 환경, 히타치 플랜트 건설	고속 응집 침전 처리(액티플로프로세스)			●			
15	아타카 공업, 쓰키시마 기계	특수 스크린 장착 스월에 의한 고속 응집 분리 시스템				●		가와사키시
16	구보타	빗물 펌프장에서의 고효율 소독				●		도쿄도
17	쓰키시마 기계	중압 자외선을 이용한 소독 장치				●		가와사키시
18	JFE엔지니어링	소독의 고속화 기술				●		요코하마시
19	미쓰비시 전기	고농도 오존을 응용한 고속 소독 기술				●		요코하마시
20	에바라 제작소	브롬계 소독제를 이용한 소독 기술				●		
21	쇼와 엔지니어링	오존에 의한 효율적 소독 기술				●		히로시마시
22	니시하라 환경	자외선 소독 장치				●		도쿄도
23	명전회(明電會)	침적형 자외선 흡광도계					●	치바시
24	명전회	대장균 자동 계측 장치					●	치바시

* S : 불순물 제거, F : 고속 여과, C : 응집 분리, D : 소독, M : 계측, 제어를 나타냄

표 1) 제안 기술 일람

(1) 우천시 고속 하수처리 시스템(간이 처리의 고도화)

① 기술 개요

본 시스템은 특수 여과재를 이용함으로써 최대 여과 속도 1,000m/일에서도 약품을 넣지 않고 높은 오타 물질 제거율을 실현한 상향류(上向流) 여과로서, 합류식 하수도의 종말처리장에

서 최초 침전지로의 유입수를 대상으로 하고 있다. 그림 2)에 나타내듯이 복수의 고속 여과지, 세정 배수조로 구성되고, 양수(揚手) 펌프에 의해 송수된 미처리 하수량 분의 여과수가 월류(越流)한다.

특수 부상 여과재는 요철(凹凸)이 크고 풍차형이며 미세한 점이 특징이다(그림 3) 참고). 공극률(空隙率)이 높기 때문에 SS의 보충에

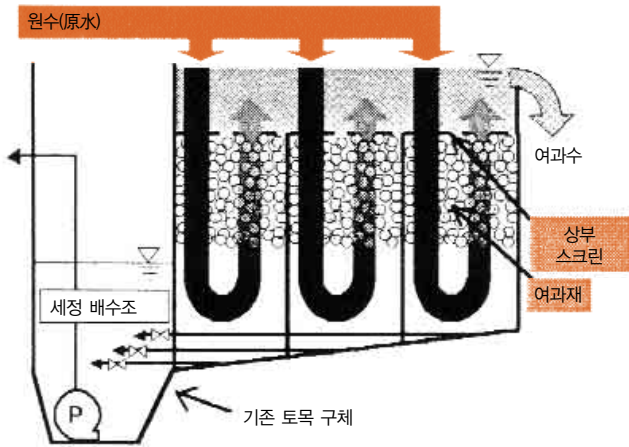


그림 2) 처리 흐름

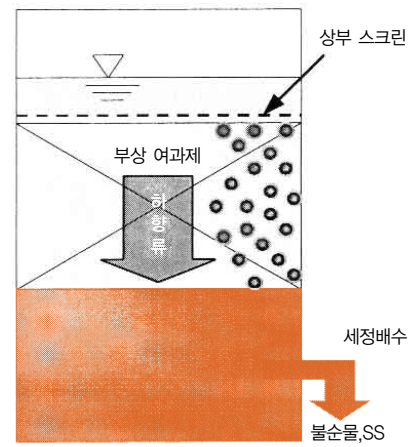


그림 4) 세정

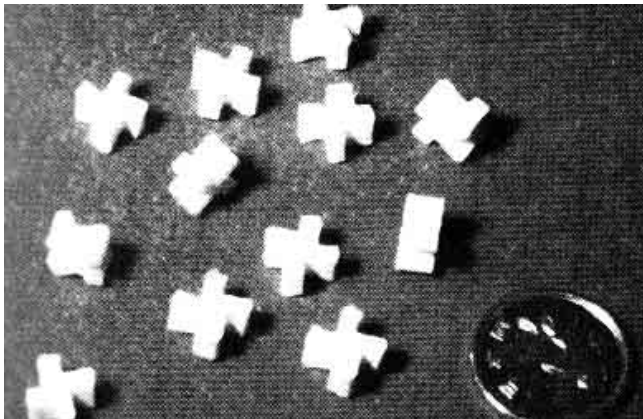


그림 3) 특수 부상 여과재

유리하고, 여과 지속 시간이 비교적 길어진다. 세정은 그림 4)에서 나타내듯이 여과층의 상부에 저장한 여과수를 이용해서 하향류를 일으켜 실시한다. 요철(凹凸)부 표면에 보충된 SS와 불순물은 급격한 하향류에 따라 사이에 틈이 생겨 용이하게 배출된다. 강우 종료 후는 2차 처리수로 여과재를 세정하고, 다음 강우까지 2차 처리수로 여과지 전체를 채운다. 또, 세정시에도 미처리 하수가 유입하지만 세정시간을 약 1분으로 짧게 하고, 여과수 회수비(回收比)의 저하를 억제하고 있다. 아래에 본 시스템의 특징을 나타낸다.

- a) 신설 외에 최초 침전지, 빗물 침전지 등 기존 시설의 개조에 의해 도입이 가능하다.
- b) 가느다란 스크린 통과 후의 미처리 하수의 SS, 불순물의 효율적인 제거가 가능하다.
- c) 약품을 넣지 않고 여과하기 때문에 약품 용해 준비와 관리가 불필요하여, 유지 관리가 용이하고 비용이 적게 든다.
- d) SS 제거에 따라 소독제의 절감이 가능하다.

② 기술 평가

적용범위	합류식 하수도에 있어서 종말처리장에서의 최초 침전지로의 유입수
개발목표 (필요성능)	종래 기술(빗물 침전지)의 오탁 물질 제거성능(BOD 제거율 30%, SS 제거율 30%)을 넘는 성능을 가지는 기술로 한다
평가결과	BOD 제거율 30% 이상, SS 제거율 30% 이상이 되고, 필요 성능을 가지는 것으로 인정된다.

표 2) 모집 요항에 기재된 개발목표와 평가

적용범위	합류식 하수도에 있어서 종말처리장에서의 최초 침전지로의 유입수
개발목표	[제거율] 여과 속도 1,000m/일에서의 목표 제거율을 아래와 같이 설정 - SS : 70% 이상(원수 200mg/L) - 불순물 : 100% [평균 여과수 회수비] - 실제 우천시 하수량에 대하여 : 90% 이상
평가결과	[제거율] 여과 속도 1,000m/일(유효 여과 속도 800m/일), 원수 200mg/L 이상의 조건에서 개발목표를 대체로 달성했다고 인정된다. [평균 여과수 회수비] 본 실험을 기초로 운용상의 평균 여과 속도로 생각되는 365m/일 (유효 여과 속도 330m/일), 원수 ss180mg/L의 조건에서 대체로 개발목표를 달성했다고 인정된다.

표 3) 기술 제안자가 제시한 개발목표와 평가

모집 요항에 기재된 개발목표와 평가 결과를 표 2)에, 또 기술 제안자가 제시한 개발목표와 평가 결과를 표 3)에 나타낸다.

(2) 고속 여과 프로세스

① 기술 개요

본 프로세스는 합류식 하수도에서의 종말처리장의 최초 침전지 유입수를 대상으로 하고 있다.

그림 5)에 나타내듯이 유입 하수에 카티온계 폴리머(Polymer)를 첨가한 후, 여과 속도 1,000m/일로 상향류식 여과지에 물이 흐르고, 부유물을 부상 여과재(비중 0.9)에 보충시켜 제거하는 기술이다.

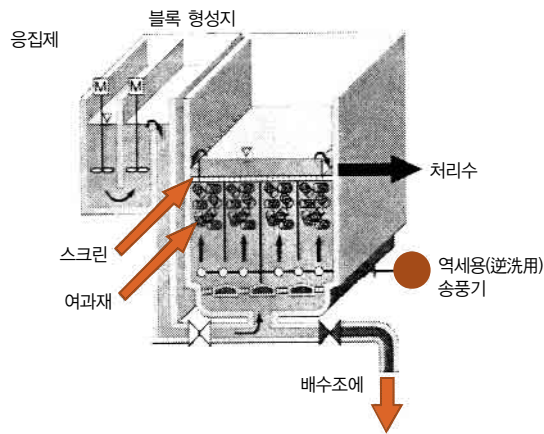


그림 5) 처리 흐름

여과재는 폴리프로필렌제로 안지름이 크고, 공극률이 높은 중공(中空) 원통(圓筒) 격자(格子) 모양의 것(그림 6)참조)을 사용하고 있다. 이 때문에 충진한 여과재의 거의 전체 층에서의 SS 보충이 가능해진다.

여과재의 세정은 그림 7)에 나타내듯이 선회류식(旋回流式)의 공기 세정을 한 후 배수한다. 이것을 1사이클에 2번 한다. 여과재에서 박리된 SS는 세정 배수로서 배출된다. 세정용수는 유입 하수를 이용한다. 본 프로세스의 특징은 다음과 같다.

- a) 높은 여과 속도로 인해 공간 절약을 할 수 있다.
- b) 폴리머를 주입함으로써 높은 SS, BOD 제거율을 얻을 수 있다.
- c) 공극률이 높은 여과재를 사용하기 때문에 세정 간격이 길고, 여과수 회수비가 높다.
- d) 맑은 때는 최초 침전지의 대체로 운전할 수 있다.
- e) 신설 외에 최초 침전지의 일부를 개조하여 도입하는 것이 가능하다.

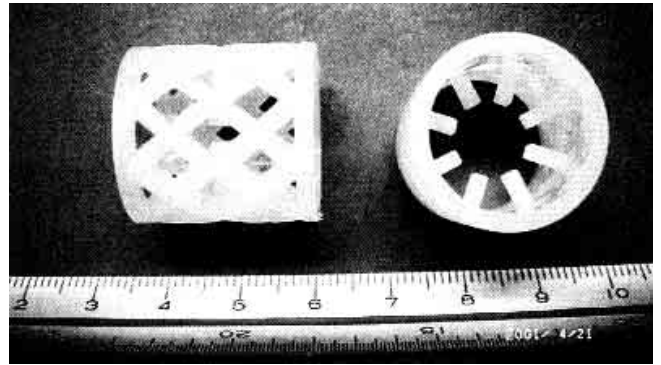


그림 6) 고속 여과 프로세스 여과재



그림 7) 운전 사이클

② 기술 평가

모집 요항에 기재된 개발목표와 평가 결과를 표 4)에, 또 기술 제안자가 제시한 개발목표와 평가 결과를 표 5)에 나타낸다.

적용범위	합류식 하수도에 있어서 종말처리장에서의 최초 침전지로의 유입수
개발목표 (필요성능)	종래 기술(빗물 침전지)의 오탁 물질 제거 성능(BOD 제거율 30%, SS 제거율 30%)을 넘는 성능을 가지는 기술로 한다.
평가결과	BOD 제거율 30% 이상, SS 제거율 30% 이상이 되고, 필요 성능을 가지는 것으로 인정된다.

표 4) 모집 요항에 기재된 개발목표와 평가

적용범위	합류식 하수도에서 종말처리장에서의 최초 침전지로의 유입수
개발목표	여과 속도 1,000m/일에서의 목표 제거율을 아래와 같이 설정 - SS 제거율 70% 이상 - BOD 제거율 50% 이상
평가결과	여과 속도 1,000m/일(유효 여과 속도 851m/ 일)에서 - SS 제거율은 평균 77.9%가 되고, 개발목표를 대체로 달성했다고 인정된다. - BOD 제거율은 평균 51.8%가 되고, 개발목표를 대체로 달성했다고 인정된다.

표 5) 기술 제안자가 제시한 개발목표와 평가

(3) 고속 응집 침전 처리(액티브 플로)

① 기술 개요

본 프로세스는 합류식 하수도에서 빗물 펌프장의 유입수 및 미처리 하수, 종말처리장의 유입수 및 최초 침전지 유입수, 월류수를 대상으로 하고 있다.

그림 8)에 나타내듯이 처리 대상수에 무기 응집제, 고분자 응집제, 마이크로 샌드를 첨가함으로써 마이크로 샌드를 핵으로 한 침강 속도가 빠른 플록을 형성시키고, 고액(固液) 분리에 의해 고속으로 오탁 물질을 제거하는 기술로 다음의 특징을 갖고 있다.

- a) 마이크로 샌드를 이용한 응집 침전에 의해 신속한 침전 제거가 가능하다(그림 9) 참조.
- b) 총 체류시간 약 6분 및 고액 분리부 상승 속도 120m/시에 의해 공간 절약화를 꾀할 수 있다.
- c) 응집제 첨가에 의해 높은 오탁 물질 제거율을 가지며, 종말처리장 및 펌프장에 적용할 수 있다.
- d) 슬러지는 연속 빼내기 및 연속 배출에 의해 시설의 연속 운전이 가능하다.
- e) 기본적으로 자동 제어를 채용하고 있기 때문에 운전, 유지 관리가 용이하다.

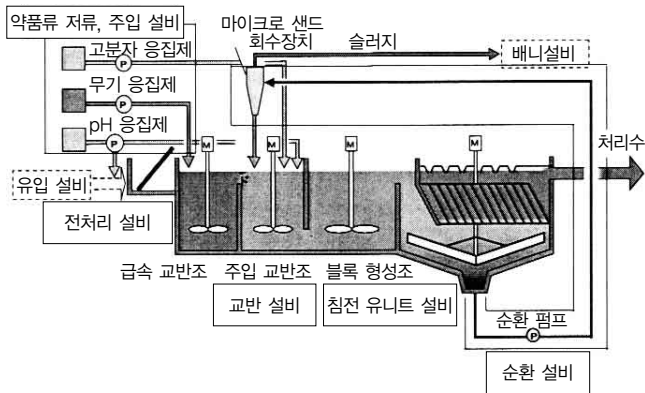


그림 8) 처리 흐름

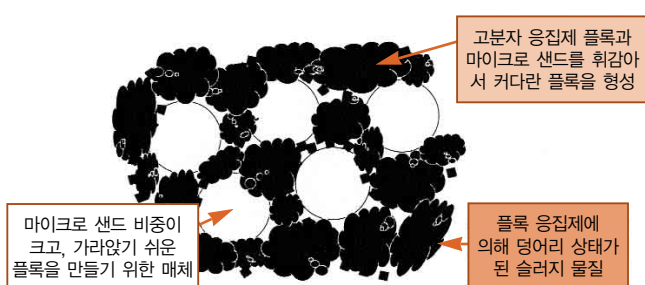


그림 9) 마이크로 샌드와 플록의 결합 이미지

② 기술 평가

모집 요항에 기재된 개발목표와 평가 결과를 표 6)에, 또 기술 제안자가 제시한 개발목표와 평가 결과를 표 7)에 나타낸다.

적용범위	- 펌프장에서 배출되는 하수 - 종말처리장에서의 최초 침전지로의 유입수
개발목표 (필요성능)	종래 기술 (빗물 침전지)의 오탁 물질 제거 성능 (BOD 제거율 30%, SS 제거율 30%)을 넘는 성능을 가지는 기술일 것
평가결과	BOD 제거율 30% 이상, SS 제거율 30% 이상이 되고, 필요 성능을 가지는 것으로 인정된다.

표 6) 모집 요항에 기재된 개발목표와 평가

적용범위	- 펌프장의 유입수 - 펌프장에서 배출되는 하수 - 종말처리장의 유입수 - 종말처리장의 최초 침전지 유입수	- 종말처리장의 최초 침전지 월류수
개발목표	1강우 마다 오탁 부하 제거율로 SS제거율 80%, BOD제거율 75%, COD제거율 55%, T-N제거율 15%, T-P제거율 80% 이상으로 한다.	
평가결과	1강우 마다 오탁 부하 제거율로 SS제거율 80%, BOD 제거율 75%, COD제거율 55%, T-N제거율 15%, T-P제거율 80% 이상이 되고, 개발목표를 달성했다고 인정된다.	1강우 마다 오탁 부하 제거율로 SS제거율 80%, COD 제거율 55%, T-N제거율 15%, T-P제거율 80% 이상이 되고, 개발목표를 달성했다고 인정된다. 또한, BOD 제거율은 68.4 ~74.7%였다.

표 7) 기술 제안자가 제시한 개발목표와 평가

(4) 브롬계 소독제를 이용한 소독 기술

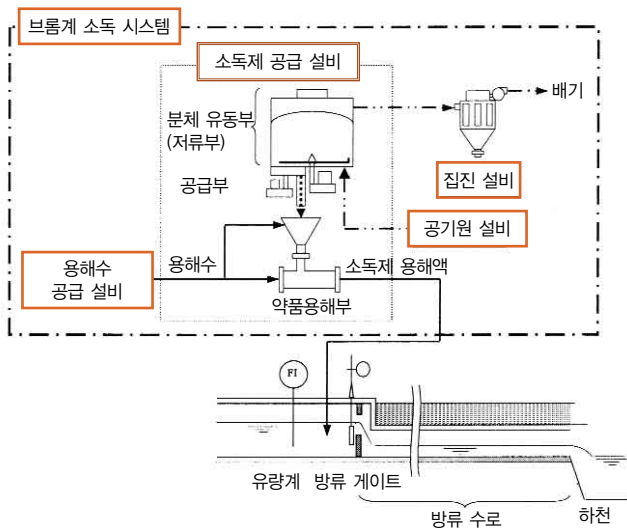
① 기술 개요

본 소독 기술은 분체(粉體)인 브롬계 소독제를 적정량 공급하고, 용해수에 의한 혼합, 용해를 하면서 합류식 하수도에서의 미처리 하수 및 간이 처리수에 주입하고, 그 산화력에 의해 소독처리수의 대장균 무리수를 3,000개/cm³ 이하로 하는 것으로 그림 10)에 시스템 구성을 나타낸다.

브롬계 소독제는 프로모클로로디메틸히단트인(BCDMH) (그림 11) 참고)을 주성분으로 하는 소독제이고, 가수분해하여 차아브롬

기술평가대상항목	개발목표(필요성능)	평가결과
처리 성능	배출수의 대장균 무리수 3,000개/cm ³ 이하	미처리 하수 및 간이 처리수에 대하여 체류시간 5분 이내에 처리수의 대장균 무리수를 3,000개/cm ³ 이하로 할 수 있고, 필요 성능을 가진다고 인정된다.
소독의 능률화	소독 효과를 얻기 위한 시간이 단시간일 것	
하류측 수역의 안전성	소독 결과, 하류측 수역의 수서(水棲) 생물에 미치는 영향이 적을 것	미처리 하수 등에 대하여 소독을 충분히 할 수 있는 첨가조건에서 소독제를 첨가한 경우에 종래 기술에 의한 소독과 비교해서 안전성이 같은 정도 또는 보다 높다고 판단되어 필요성능을 가진다고 인정된다.
기타	약품량, 전력량의 절감을 꾀할 것	약품량, 전력량이 실용범위이고, 게다가 설비가 콤팩트하여 기존 시설에 넣기 쉽다고 인정된다.

표 8) Pilot Plant 역세척 조건



주 : 종말처리장의 간이 방류를 대상으로 한 경우의 개념도

그림 10) 시스템 구성



그림 11) 프로모클로로디메틸히다نت인

산(HOBr), 차아염소산(HOCl) 및 디메틸히다نت인(DMH)을 생성한다. 이 차아브롬산 및 차아염소산의 산화작용에 의해 소독 효과를 나타낸다.

다만, 본 기술의 채용에 있어서 방류지역의 하수에 상수도의 취수구가 있는 경우에는 브롬산의 생성과 영향에 대하여 신중한 검토가 필요하다. 아래에 본 기술의 특징을 나타낸다.

- a) 단기간의 소독이 가능하기 때문에 충분한 접촉시간을 확보할 수 없는 시설에도 적용할 수 있다.
- b) 소독 효과를 나타내는 차아브롬산은 pH7 이상의 하수에 대

해서도 또 암모늄 이온 존재 아래에서도 소독 효과가 저하하지 않는다.

- c) 브롬계 소독제는 흡습성이 낮기 때문에 분체 상태에서 장기 보관이 가능하다(유효기간 : 3년).
- d) 용해 설비가 일체로 된 연속 주입장치이기 때문에 장치가 콤팩트하여 기존 시스템에 넣기 쉽다.
- e) 원칙적으로 소독제의 보충 작업 이외는 모두 자동제어이기 때문에 운전, 유지 관리가 용이하다.

② 기술 평가

본 소독제의 개발 목표와 평가 결과를 표 8)에 나타낸다.

4. 결론

SPiRiT21의 최초의 연구 과제인「합류식 하수도의 개선에 관한 기술개발」은 벌써 최종연도가 되어 이제 1년을 남겨두게 되었다. 아직 연구개발 중인 20가지 기술에 대해서도 연구를 계속하고 있지만, 그 중에서 불순물 제거 기술에 대해서는 제1개발 연구 소위원회에서 개발 연구보고서 정리가 종료된 바이다. 향후, 합류식 하수도 개선 기술 운영위원회의 심의, SPiRiT21위원회에 보고하고, 2004년도에 개발 완료를 예정하고 있다.

또, 2003년 9월에는 하수도법 시행령이 개정되어, 금년 4월 1일부터 시행되고 있다. 이 개정은 합류식 하수도 개선 대책 검토위원회(마쓰오 유코(松尾友矩) 위원장)가 정리한 「당면한 개선 목표」의 실현을 지향하는 것으로 합류식 하수도는 10년(일부는 20년) 동안에 개선을 완료해야만 하는 것이었다.

SPiRiT21에서 연구 개발된 신기술의 활용에 따라 합류식 하수도의 개선대책이 보다 한층 더 촉진될 것으로 기대하고 있다.