

순환형사회의 상하수도시스템과 환경사업

1. 머리말

환경의 세기라고 하는 21세기는 자연환경을 보전 또는 개선하여 사회시스템과 조화를 이루어 나가도록 요구되고 있다. 그 중에서도 지역적으로 시기적으로 균형을 잃고 있는 순환형의 자원, 「물」의 이용 및 재생이 특히 중요과제로 대두되고 있다. 일본에서는 지금까지 상수도와 하수도가 별개의 시스템으로서 발전하여 왔으나 최근에는 종합적인 물의 순환시스템으로 생각하는 경향이 널리 확산되고 있다. 상하수도시스템은 보급이 진전된 20세기에서 서비스의 향상과 순환형사회와의 조화를 도모하는 21세기에로 들어서는 단계에 와 있다.

메이텐샤(明電舎)는 에너지이용, 프로세스 계속·제어 및 정보처리·통신분야에서 상하수도시스템의 발전에 특히 기여하여 왔다. 환경의 세기를 맞아, 이들의 기술을 기초로 하여 사회에 적합한 상하수도인프라의 리뉴얼, 최적운용·유지관리 및 환경부하 저감을 고객과 더불어 생각하는 수환경(水環境)솔루션 사업에 힘을 쏟고 있다.

여기서는 상하수도시스템의 동향을 기술하고 그에 대

응하는 환경사업의 추진방법과 시스템기술을 소개하기로 한다.

2. 上下水道시스템의 동향

상하수도는 보급률이 향상되어 이제부터는 늘어난 상하수도인프라의 운전·유지관리와 건설(리뉴얼)이 동시에 병행하여 시행되어 나갈 것으로 예상된다. 국가와 지방의 부채총액이 660조엔을 넘는 어려운 재정상황 속에서 상하수도의 기본이념에 따라 사회동향에 대응하여 시스템을 계속적으로 레벨업할 것이 또한 요구되고 있다.

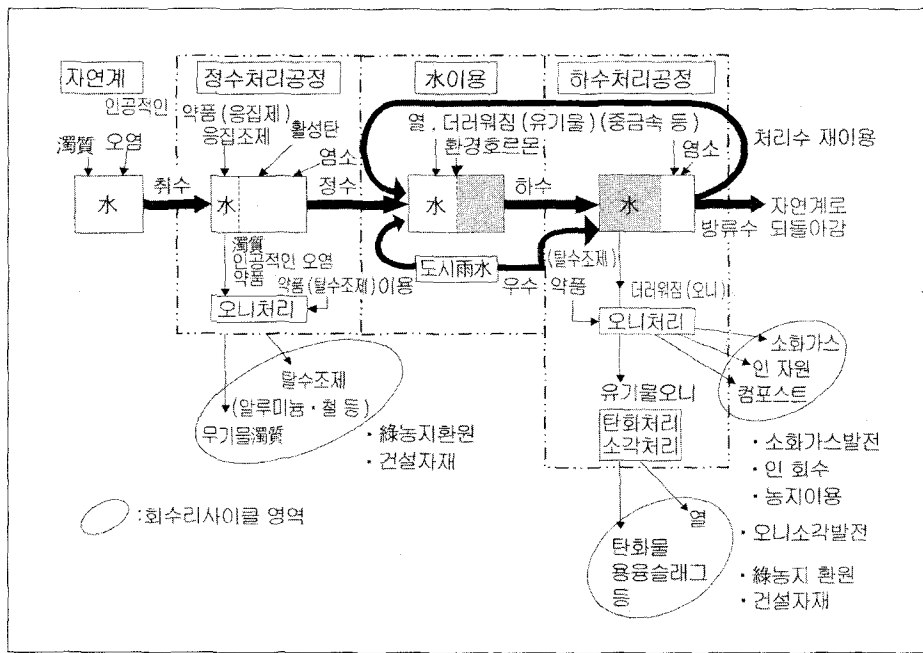
상수도에서는 2001년에 수도법이 개정되었는데, 안전한 수도물의 안정공급을 확보하기 위하여 ① 제3자에 대한 업무위탁의 제도화, ② 사업통합 등 절차의 간소화, ③ 전용수도의 범위 확대, ④ 수수조(受水槽)수도 관리의 충실, ⑤ 정보제공의 충실 등이 주요 개정골자로 되어 있다.

수도시설기준은 성능기준을 중심으로 한 시설기준성령(省令)이 공포되어 자기책임에 의한 신기술의 도입과 지역에 적합한 시스템 적용의 선택폭이 넓어졌다. 최근 수

도 수원(水源)은 탁질(濁質) 외에 생활배수에 의한 부영양화, 환경호르몬, 미량화학물질과 병원성미생물 등 인공적인 오염을 무시할 수 없게 되어 대도시를 중심으로 고도정수처리시스템의 도입이 진전되고 있다. 수원에서 취수, 정수, 송배수, 급수의 각 프로세스에 대한 위험관리를 철저히 하여, 수도꼭지에서부터 수질기준을 달성해 가지 않으면 안된다. 물의 수송계통도 자연환경보호, 에너지절약, 수질열화방지, 라이프라인의 강화 등 다면적으로 재검토가 필요하다.

양질의 물을 안정적으로 공급하는 수도사업의 이념을 계속해 가기 위한 기술개발은 앞으로도 중요하다. 또한 재정면에서도 사업경영에 대한 재검토가 이루어지고 있으며 PFI(Private Finance Initiative)와 사업통합에 수반하는 광역화 등 경영효율화와 LCC(Life Cycle Cost)의 저감을 도모하는 사업형태가 나타나고 있다.

하수도에서는 도시우수(雨水)대책과 함께 공공용수역(水域)의 수질보전을 위한 역할이 더욱 중요시되고 있다. 급수율의 향상에 따라 방류선(放流先) 수역에서 점하는 하수처리수의 비율도 증가하고 있어, 수환경의 개선·재생을 목적으로 하는 재생수(再生水) 이용과 질높은 처리수의 방류가 과제로 되어 있다. 수환경사이클의 하류에 있는 하수처리시스템은 수이용과정에서 유기물, 폐열, 인공적인 오염물질 등이 혼입된 오수(汚水)를 받아들여 처리하고 있다. 질소·인 등 영양염류의 제거, 병원성미생물과 환경호르몬에 대한 안전성 확보 등 방류수에 대한 요구와 동시에 폐열과 하수오니(汚泥)의 유효활용 등 자원·에너지 리사이클센터의 역할도 있다. 더하여 빈발하는 도시 침수피해에 대한 안전도의 향상과 하수처리 시설의 다목적 이용 등 하수도의 역할은 복잡·다양화되고 있다. 도시재생의 노력과 아울러 합류식하수도의 월류수



〈그림 1〉 물(水)의 순환계와 물질리사이클

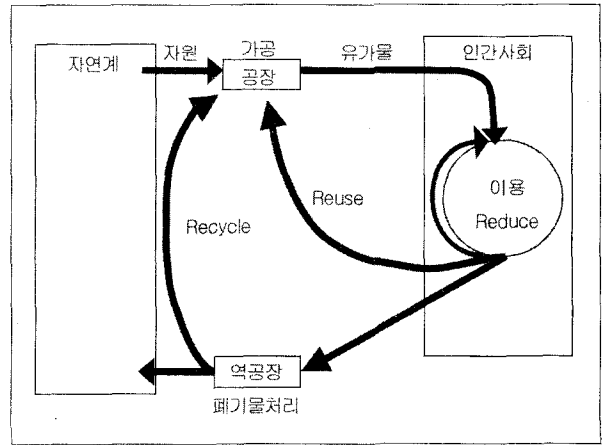
(越流水)대책, 도시우수의 잡용수(雜用水) 이용 등 수환경 보전과 도시가 배출하는 환경부하의 저감을 위해 리뉴얼이 되풀이되고 있다. 여기에서도 「성능발주(性能發注)라는 개념에 기초한 민간 위탁을 위한 가이드라인」과 「하수도공사코스트감축대책에 관한 실행동기준」 등에 의거하여 시설관리, 경영의 효율화가 도모되고 있다.

물의 적정이용, 수량·수질의 유지와 환경부하 저감을 묘사한 물의 순환계와 자원리사이클의 흐름을 그림 1에 표시하였다. 21세기에 걸맞는 물(水)순환시스템의 구축이 요망되고 있다.

3. 앞으로의 環境事業

환경분야의 사업 전개에서는 2개의 순환계(閉루프)를 고려해야 하는데 하나는 인버스 매뉴팩처링, 생산시스템의 순환계이고 또 하나는 인프라시설의 순환계이다.

생산시스템의 순환계를 그림 2에 표시하였다. 자연계에서 소재나 에너지 자원을 취해서 공장에서 유가물로 가공하여 인간사회에서 이용한다. 유가물은 최적한 유지관리로 가능한 한 '오래 사용'(Reduce)하는 것이 바람직하다. 이용 후, 잔존가치가 있는 것은 재이용(Reuse)된다. 폐기물은 역(逆)공장에서 처리되어 다시 자원으로 이용(Recycle)되거나 쓰레기로 자연계에 되돌려진다. 이 순환계에서 '쓰레기 제로', '제로 에미션'이 궁극적인 목표이다. 순환형의 자원인 「물」을 취급하는 상하수도시스템은 그림 1에 표시한 것과 같이 전형적인 인버스 매뉴팩처링 시스템으로 되어 있다. 물을 취했으면 될 수 있는 한 낭비없이 다 사용하고 리사이클시켜 수계로 돌려보낸다. 도시우수(雨水)나 하수처리수는 가능한 한 재이용하여 수원의 부담을 가볍게 한다.

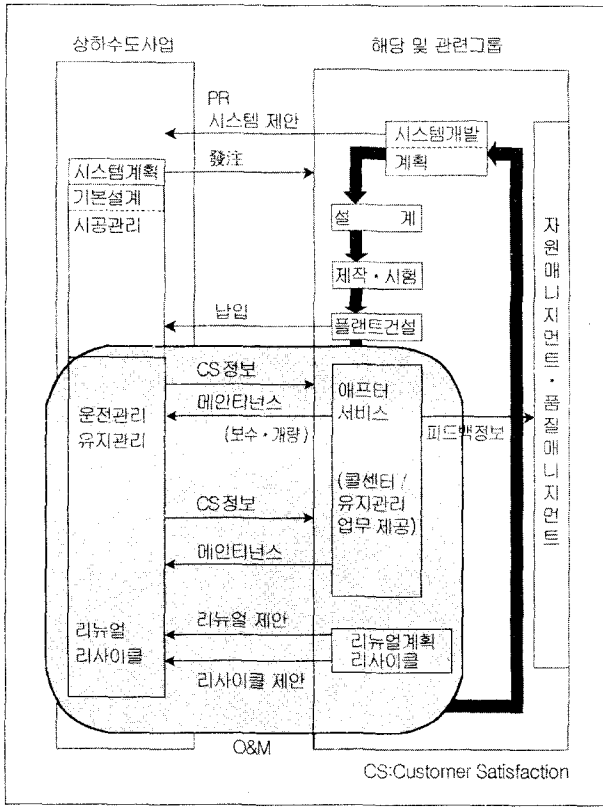


〈그림 2〉 생산시스템의 순환계

상하수도사업은 생활에서 뺄 수 없는 물의 공급·회수와 환경보전(물질약과 에너지의 절감, 환경부하의 회수)이 동시에 요구되고 있다. 도시쓰레기 등의 폐기물처리도 정맥계(靜脈系)의 폐(閉)루프를 담당하고 있어 앞으로 이 분야와의 연계도 검토대상이 된다.

다음으로 인프라시설의 순환계에 대해서는 상하수도인프라의 순환계를 예로 기술한다. 상하수도시설은 신규로 계획되어 '설계→건설→운영(운전관리·유지관리)→폐기·리뉴얼'이라는 폐루프의 순환에서 시스템을 성장시켜 고신뢰·고기능화, 효율화, 자원절약, 에너지절약, 환경부하저감 등을 실현해 가지 않으면 안된다.

동사와 같은 전기계장기기제조업은 지금까지 전기설비의 제작납품업무가 중심이었으며 그것들의 운용·유지관리(Operation & Maintenance)는 지자체로부터 일부업무를 위탁받아 분담하고 있었다. 그러나 지금부터는 폐루프의 업무전반에 걸쳐 서비스할 수 있는 실력을 갖추어 가고자 한다. 그러기 위해서는 특징있는 기술을 지속적으로 연마해 나감과 동시에 부족한 기술은 보강할 필요가 있다. 상하수도사업자, 컨설턴트, 메인テナンス전문업체, 건축·토목계, 기계·전기업체가 협력하여



〈그림 3〉 상하수도사업과 동사그룹과의 관계

기술을 결집하여 최적의 방안을 이끌어 낼 수 있도록 노력하고자 한다.

운용·유지관리를 포함한 상하수도사업 고객과 동사 및 그룹 각사와의 관계를 그림 3에 표시하였다. 동사간 힘을 쏟고 있는 수환경(水環境) 솔루션에서는 최적의 방안에 의한 시스템이 2개의 순환계의 어디에 어떻게 기여할 수 있는지 항상 의식하면서 엔지니어링을 추진해 가고 있다.

4. 水環境 솔루션

상하수도의 인프라 정비가 진전된 현재, 사업운영 전반

에 걸친 문제해결형의 엔지니어링이 요구되고 있다. 이것을 「수환경 솔루션」이라 칭하여 전기·계장시스템을 핵으로 시설의 라이프사이클 전반을 대상으로 엔지니어링 서비스에 노력하고 있다. 주된 것은 시스템의 운용 최적화, 고도 유지관리, 에너지이용의 최적화, 비용대 효과(B/C)를 고려한 시설갱신계획 등이다.

(1) 시스템의 운용 최적화

배수지(配水池) 운용과 펌프장간 연계제어 등 사실과 현황을 모델화하여 시뮬레이션을 시행, 최적운용방안을 도출한다.

(2) 고도유지관리

지금까지의 운전업무 대행만이 아니라 에너지관리, 환경관리, 긴급시의 대응, 유지보수·점검계획 입안 등 사업운영에 대한 부문까지를 청부맡는 유지관리업무이다. 설비도면과 대장 등의 정보제공서비스도 수행한다.

(3) 에너지이용의 최적화

자연에너지와 재생에너지의 활용, 전력수요량의 평준화, 열병합발전, 열에너지수요 개척 등의 가능성을 조사 검토하여 에너지절약 및 효율적 이용 방안을 세운다.

(4) 비용대 효과를 고려한 시설 리뉴얼계획

사업규모와 도시화의 진전에 대응하여 시설의 광역관리와 통합화를 검토하여 비용대 효과를 시산(試算)한다. 상기 (1)~(3)과 시설노후도 등도 감안하여 리뉴얼계획을 수립한다.

솔루션사업의 배경에는 IT(정보기술)의 비약적인 진전이 있다. 지금까지의 신뢰성, 리얼타임성이 요구되는 제어계통의 정보처리·통신에 더하여 인터넷/Web기술 및 휴대단말에 의한 정보 수집, 보존, 분석, 검색도 활용

하여 내용을 충실하게 한다.

5. 주요製品과 엔지니어링

환경사업을 지원하는 특징적인 요소기술을 소개한다.

가. 에너지利用技術

자연에너지에 있어서는 태양광이나 풍력발전, 관로의 낙차를 이용한 소수력발전 등의 가능성을 조사하여 엔지니어링에 임하고 있다. 미이용 에너지에서는 소화(消化)가스나 오니(汚泥)소각발전에 노력하고 있다. 소화가스는 메탄가스와 이산화탄소로 된 저(低)칼로리가스로서, 이번에 소화가스를 전처리(前處理)없이 연료화하여 마이크로 가스터빈의 실용화를 목표로 실증운전을 실시하였다. 전력수요의 평준화와 순간정전대책을 목적으로 하는 NAS(나트륨-유황)전지와 교직변환장치로 구성하는 전력저장설비의 납품도 시작되고 있다.

에너지밀도가 낮아 불안정한 자연에너지와 미이용에너지를 효과적으로 사용하는데는 넓은 범위에서 효율이 안정되어 있는 마이크로 가스터빈과 같은 전원이나 전력저장설비와 조합하여 최적화하는 것이 좋다. 지역이나 규모에 적합한 전원으로서 최적의 구성으로 할 것을 제안해 가고자 한다. 계절과 매일의 전력수요가 비교적 정형화되어 있는 시설에 대해서는 열병합 상용발전의 가능성을 검토해 볼 필요가 있을 것이다. 오니(汚泥)의 가온, 소화조(消化槽)의 가온, 지역 열공급, 한냉지의 용설(融雪) 등의 열수요를 개척할 수 있다면 열병합발전으로 에너지효율의 대폭적인 향상을 기대할 수 있을 것이다.

나. 水運用 시물레이션技術

상수도에서는 일반적으로 수요예측을 기초로 배수지

수위를 관리하여 펌프 자동운전제어를 하고 있다. 또 온라인관망(管網) 해석에 의하여 평상시 배수를 컨트롤하거나 오프라인관망 해석으로 갈수시와 화재시 등 긴급시의 대응에 대해 검토를 한다.

하수도에서는 강우(降雨)정보로부터 우수(雨水)유입량을 예측하여 펌프장의 게이트제어와 펌프운전제어를 한다. 방류선(放流先)하천을 공유하는 펌프장 간에서는 우수간선을 연결하여 광역적인 협조운전도 검토되고 있다. 이들의 제어알고리즘은 대상지역의 특징을 고려하여 여러 가지 방식을 준비하고 있다.

시물레이션에서는 어떤 데이터를 사용하여 어떤 제어알고리즘으로, 무엇을 제어할 것인가, 그 결과는 어떻게 될 것인가 등 모의프로세스를 알기 쉽도록 나타내고 있다. 정보처리설비의 보급으로 과거에 속하는(historical) 데이터를 장기간 보존하고 있는 사업체가 많아지고 있어, 시물레이터에 의한 운전제어방식을 검증할 수 있다. 제어알고리즘은 충분한 검증을 거쳐 실시스템에 적용하고 있다.

다. 下水高度處理技術

하수처리장의 운전방법 검증 등을 위해 IWA(國際水環境學會)가 표준화한 활성오니(活性汚泥)모델을 짜넣은 수질시물레이터를 개발하여 검증중에 있다. 연간을 통하여 처리프로세스의 활성오니의 상황과 수질변화를 파악하여 제어의 질적 향상을 도모하고 있다.

하수처리수의 대장균 군수(群數)를 2시간 이내에 자동측정하여 차아염(次亞塩) 주입량을 최적화한다. 자원 절약·환경보전형의 감균(減菌)제어시스템도 현장실기(實機)에의 적용이 시작되었다. 합류식(合流式)하수도의 월류수(越流水)의 감균제어에도 적용할 수 있도록 더욱 측정시간의 단축을 위해 노력하고 있다.

라. 水質計測技術

물의 순환시스템을 최적하게 관리하는 데는 수질계측이 반드시 필요하다. 동사는 지금까지 특징있는 프로세스 제어용 수질계측기를 개발하여 제공하여 왔다. 이번에 새로 정수장 원수(原水) 수질 모니터링 시스템 등을 갖추었으며, 또한 용존산소(DO)계(計), 혼합부유물농도(MLSS)계, 근적외광식(近赤外光式) 오니농도계 등 주력제품의 데이터처리와 출력을 디지털화하여 신뢰성·유지보수성을 향상시켰다.

프로세스계측용의 수질계측기는 수(水) 분석장치와 달리 심한 환경에서 연속운전과 단시간계측처리가 요구된다. 내환경구조, 시료 및 시약의 품질 유지, 측정재현성, 유지보수 간소화의 향상과 함께 보급을 활성화하기 위하여 코스트다운에도 계속하여 힘쓰고 있다.

마. 情報處理·通信技術

정보처리·통신은 고속(Gbit), 대용량(GB), 고속처리(GFLOPS)가 진전되어 상하수도분야에 미치는 영향이 점점 커지고 있다. 특히 운전관리·유지관리 분야에서는 인터넷/Web기술이 침투되고 있다. 예를 들면 프로세스제어용의 컨트롤러에 있어서는 오픈네트워크 대응과 프로그램언어의 고기능화에 더하여 로컬 Web 서버를 갖추어 인터넷을 경유한 데이터 전송이나 멀티벤더 접속 등 광역의 감시제어에 대응하고 있다. 인트라넷에 의한 화상배신시스템도 개발되었다. 비디오카메라나 ITV카메라로 찍은 원격지의 화상데이터를 압축하여 휴대전화·PHS·모뎀·LAN 경유로 화상배신서버에 보내 축적한다. 서버로부터 인트라넷으로 클라이언트단 말에 라이브화상을 배신하여 유지관리에 도움이 되도록 하는 것이다.

하수도관로를 사용한 광(光) 파이버망은 823km(1999년말 현재)포설되어 있는데 대도시의 시설감시제어용이 대부분을 차지하고 있다. 이것을 하수도분야 전반, 자치체정보화 나아가 민간이용으로 넓히기 위해 國土交通省은 신세대하수도지원사업(고도정보화형)을 추진하고 있다. 하수도 광파이버를 공공 및 민간의 통신인프라와 조합하여 상하수도분야의 고도정보화에 더하여 지역특성에 맞는 지자체정보화와 주민서비스의 콘텐츠 개발에도 주력하고 있다.

6. 맺음말

이상 상하수도시스템의 동향과 환경분야에서 앞으로의 사업전개에 대하여 개략적으로 기술하였다.

동사는 전기·계장시스템을 중심으로 한 환경사업을 통하여 순환형사회의 바람직한 방향으로 목표를 잡고 이를 실현하는데 공헌해 가고자 노력하고 있다. 앞으로는 소재, 에너지, 산업시스템, 정보시스템, 환경보전, 경제·유통 등 많은 분야에서 지혜를 결집하여 고객의 니즈에 응해 나갈 계획이다. 그리고 환경시스템에 종사하는 많은 사업자, 연구자, 기술자 여러분이 교류하고 협력해 나가도록 힘써야 할 것이다. ■

이 원고는 일본 明電時報에서 번역, 전재한 것입니다. 본고의 저작권은 (株)明電舎에 있고 번역책임은 대한전기협회에 있습니다.