

# 循環形 社會에의 어프로치

## 1. 머리말

지구온난화, 대기와 물의 오염, 폐기물의 증대, 환경호르몬 등의 환경문제가 클로즈업되고 있다. 이것들은 인류가 자연과의 조화를 잊어버리고 쾌적성을 추구한 결과로, 지금까지의 대량생산·대량소비사회의 나쁜 여파라고 할 수 있다. 이를 반성하여 순환형사회를 구축하기 위한 노력이 시작되고 있다. 순환형사회(循環形社會)는 자원과 에너지의 효율적인 이용, 폐기물의 최소화와 재이용을 종합적으로 고려하여 자연환경과 인간사회의 조화를 도모하고, 지속적인 성장을 지향하는 사회이다.

상하수도분야에서도 같은 말을 할 수 있겠다. 우리들은 자연과 조화를 도모하면서 귀중한 수자원을 효율적으로 이용하고, 재생처리와 재이용을 포함한 물의 순환시스템을 구축해 나가야 한다.

明電송는 그 동안 에너지 이용, 프로세스 제어기술, 프로세스 계측기술, 그리고 정보처리·통신분야에서 상하수도시스템의 발전에 크게 기여하여 왔으며 앞으로도 수(水)환경 보전을 위하여 순환형사회의 이미지를 제시하고 그 구축을 위해 주력하고 있다. 여기에 그 기술에 대하여 개요와 장래의 전망을 기술하고자 한다.

## 2. 循環形社會의 구축을 위하여

### 가. 循環形社會의 이미지

우리들은 자연계로부터 자원을 취하여 원료와 에너지

로 사용하면서 여러 가지 편리한 제품을 만들고 에너지를 소비하며 쾌적한 사회생활을 영위하고 있다. 그리고 이러한 생산활동의 결과로서 환경오염물질과 폐기물(쓰레기)을 자연계에 배출하여 왔다. 자연계의 용적이 산업사회와 비교하여 충분히 크고, 자연수복(修復)·정화능력을 기대할 수 있었던 시대에는 그런대로 문제는 없었다. 그러나 산업사회가 급격히 확대되고 그에 따라 자원과 에너지 소비도 확대되어 대량의 폐기물의 발생을 초래한 현대는, 자연수복·정화능력이 환경부하의 증대를 따라갈 수 없게 되었다. 그리하여 지구온난화, 오존층 파괴, 대기오염, 합성화학물질에 의한 환경호르몬 피해 등의 '일그러짐'이 나타나고 있다.

이들 과제를 해결하여 자연환경을 보전하고 자원의 사용을 연장하며 또한 지속적인 경제성장을 가능케 하기 위해서는 순환형사회로 가지 않으면 안된다.

1997년에 개최된 지구온난화방지 교토회의(COP3)에서 선진국들은 에너지 사용량을 삭감한다는데 합의하였다. 일본은 2008년부터 2012년까지의 5년 동안에 CO<sub>2</sub> 등 온난화가스의 배출량을 1990년 레벨에서 6% 삭감하도록 의무화되었다. 이를 위해서는 자연계의 자원과 에너지는 가능한 한 절약하고 효율을 향상시켜 사용하고, 제품은 낭비를 없애고 장(長)수명화해야 한다. 이 외에도 폐기물은 최소화하고 재이용과 배(排)에너지 회수, 자원리사이클물의 향상을 도모하는 등 LCC(Life Cycle Cost) 저감도 중요한 문제이다. 동시에 자연계로부터 착취한 양과 환경부하를 정량적(定量的)으로 종합적으로

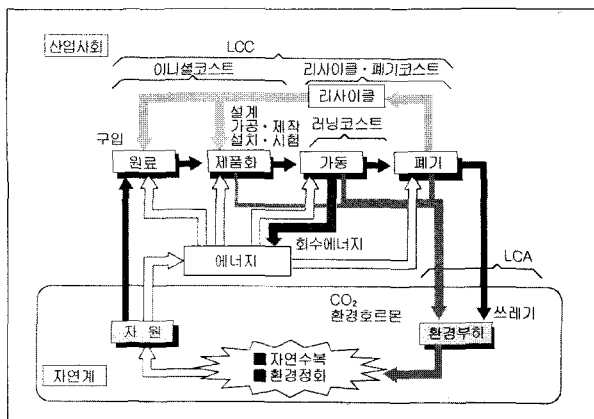
평가하는 LCA(Life Cycle Assessment)면에서의 검토도 필요하다.

에너지 절약에 더하여 지금까지 배출물과 폐기물을 처리하는 것으로만 그쳤던 '엔드오프파이프'(뒤처리) 방식 역시 재검토해야 하는 단계에 이르렀다. 처리를 하고 또한 그것으로부터 자원이나 에너지를 창조해내는 지로이 미션(폐기물 지로, 환경 재이용) 방식으로 변혁해가지 않으면 안된다는 환경보전에 대한 합의가 형성되어 가고 있는 것이다.

21세기의 순환형사회의 이미지를 그림 1에 표시하였다.

### 나. 上下水道시스템의 현황과 과제

근대의 수도는 110년을 지나오는 동안 급수인구보급률 96%를 넘기고 있다. 일본의 厚生省이 1991년에 책정한 「21세기를 위한 수도정비 장기목표(Fresh 水道計劃)」에 기초하여 각 수도사업체는 안정성의 확보는 물론, 다양화·복잡화하는 수질문제에 대처해 왔다. 최근에는 많은 시설이 갱신시기를 맞아 노후시설의 리뉴얼정비와 시설 운용의 효율화, 행정·재정개혁면에서 사업경영에 대한 재검토가 논의되고 있다. 세계의 수도사업 민영화가 진전되는 가운데 민간주도로 효율적이고 효과적인 사회자본을 정비하고자 하는 PFI(Private Finance Initiative)

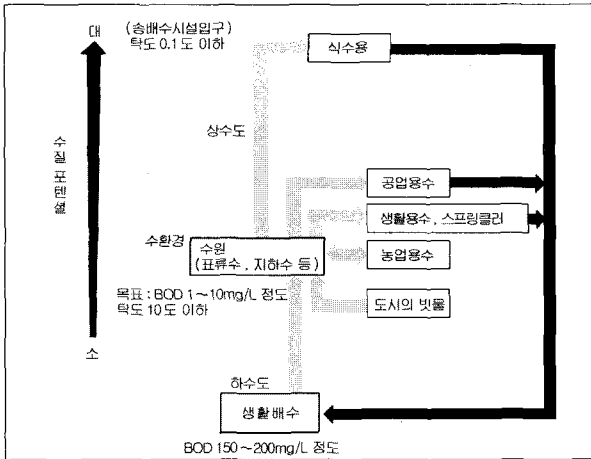


〈그림 1〉 순환형사회의 이미지

방법도 도입이 시작되고 있다. 이와 같은 상황하에서 厚生省은 '99년 중에 성능기준을 원칙으로 계획·설계의 자유도를 높인 시설기준을 책정하여 省수으로 제정할 예정이다.

한편 하수도는 처리인구보급률 56%를 넘어섰고 100만인 이상의 대도시에서는 98%에 이르고 있다(1997년도 말). 일본 建設省의 제8차 하수도정비 7개년 계획을 보면 2002년도 말에 처리인구보급률 66%를 목표로 하고 있다. 동시에 순환형사회를 위한 수환경의 건전한 보전과 하수도가 갖는 자원·에너지의 유효이용을 추진하고 있다. 여기에는 하수처리수의 재이용과 시냇물을 수로에 이용, 하수 열에너지를 활용한 지역냉난방, 하수오니(汚泥)의 Compost화·건설자재화, 하수도관로에 광섬유케이블을 포설하는 정보기반정비, 시설의 상부공간 이용 등이다.

각종 수(水)이용과 상수도, 그리고 하수도를 통합한 수환경(水環境)을 수이용에 대한 용도마다의 요구수질 포텐셜을 정리하여 그림 2에 표시하였다. 현재의 상수도는 수질요구수준이 서로 다른 용도에 따른 차별 없이 물을 공급지(수원)에서 떨어진 소비지(도시)까지 일괄하여 대량수송하는 정수처리를 하고 있다. 우수한 시스템이긴 하나 순환형사회에서의 수(水) 이용이란 관점에서는 보완해야 할 과제도 많다. 하수처리수와 도시우수(雨水)를 중(中)수도에 이용하거나 공업용수를 반복하여 재사용하면 수원으로부터의 취수량과 수송에너지를 억제할 수가 있고, 도시의 하수도에서 처리하는 우수도 억제할 수 있다. 점차 이와 같이 수원의 부담을 경감하고 자원절약·에너지 절약을 실현하기 위한 노력이 추진되고 있다. 수순환(水循環)사이클의 하류로 더러워진 유기물이나 폐열을 가진 오수가 유입되는 하수처리장은 자원·에너지의 리사이클센터이기도 하다. 처리수, 오니(汚泥) 및 하수열은 자원이며, 이것들의 재이용이 순환형사회에서는 반드시 필요하다. 효율적이고 실용적인 많은 리사이클



〈그림 2〉 물이용의 용도별 요구수질 포텐셜

방법이 연구되고 있다. 또한 상하수도 인프라를 본래의 목적 이외에 사용하는 다목적 이용도 진전되고 있다.

현재의 상하수도시스템의 보다 효율적인 운용을 위하여 신기술을 도입하는 시스템 개량도 검토과제이다. 예를 들면 막(膜)여과법 수처리기술이나 디스포저에 의한 생(生)쓰레기의 하수 유입 등이다. 현재의 정수 처리는 완속 또는 급속여과, 하수처리는 자연정화 프로세스를 모방한 활성오니법(活性汚泥法)을 기본으로 하는데 이들 방식은 큰 반응조 스페이스를 필요로 한다. 현재 소규모 처리시스템이나 병원성미생물에 대한 안전성, 질소·인 등의 영양염류(營養鹽類)의 제거가 요구되는 고도처리시스템에 대하여는 막여과법을 대상으로 검토중이다. 또 현재는 찬부양론이 있으나 디스포저의 도입이 순환형사회에 가져다주는 이해득실에 대한 종합적인 분석, LCA적 평가방법의 개발도 필요할 것이다. 신기술은 과제도 많으나 여러 각도에서 연구함으로써 문제의 본질이 보이고 있다.

상하수도시스템을 운용하는 전기·계장시스템에 있어서도 순환형사회를 염두에 두고 기능 향상과 리뉴얼의 계획·설계를 추진해 나가야 한다. 동시에 신기술을 도입한 시스템의 운용과 유지관리를 지원하는 전기·계장

시스템의 개발이 시급한 과제이다.

### 3. 循環形社會에 공헌하는 電氣·計裝시스템 技術

앞절에서 기술한 상하수도시스템의 과제에 대하여 明電은 전기에너지의 유효활용, 프로세스제어의 최적화, 운전관리·유지관리업무의 효율화를 위한 기술개발을 추진하여 왔다. 그 중 특징적인 전기·계장시스템기술을 아래에 소개한다.

#### 가. 에너지 利用技術

「에너지의 사용합리화에 관한 법률의 일부를 개정하는 법률(개정 省에너지法)」이 시행되어 省에너지를 위한 대처노력이 가속화되고 있다.

전기공급면의 대안을 보면 지금까지 전기는 전기, 열은 열로 독립하여 병렬로 공급해 오던 에너지를 직렬의 코제너레이션(熱併合發電)으로 전환하도록 각 케이스 별로 검토가 이루어지고 있다. 콤바인드사이클 발전과 쓰레기건조·가온 프로세스에의 열공급, 발전시 증기를 이용한 빙축열로 오존발생장치의 효율을 향상시키는 등 열이용을 연구하여 열을 고온에서 상온까지 시스템화하여 사용하면서 종합에너지효율을 향상시키며, 또 자연에너지를 이용한 태양광과 풍력발전, 부하의 평준화를 기하는 전력저장기술, 전력계연계기술을 도입한 시스템 엔지니어링을 추진해 가고자 한다.

한편 전동력응용 분야에서는 대용량 인버터의 적용이 진전되고 있다. 상하수도시설에서는 수량의 경년변동으로 기존의 펌프용량과 실체가 맞지 않는 케이스가 나타나고 있다. 속도제어범위가 좁은 액체저항기방식이나 셀비우스방식에서 고효율 인버터에로의 리뉴얼이 에너지 이용합리화에 기여하는 경우도 많다. 에너지 절약 및 이용합리화 서비스사업 ESCO(Energy Service Company)

에 대한 기본개념을 참고로 공공시설에 대해서도 비용 대 효과를 검토할 필요가 있다.

### 나. 프로세스 制御技術

동사는 센서와 디지털제어기술을 조합한 자원절약·에너지절약형 시설운용을 제안하고 있다. 아래에 몇 가지 예를 든다.

#### (1) 고감도 濁度計를 사용한 濾過池 制御

여과지(濾過池) 제어에서는 여과지 세정 후의 탁도변화를 계측하여 0.1도 이하의 탁도계속상태에서 여과를 재개하여 정수의 안전관리와 절수 및 에너지절약을 기한다.

#### (2) 카오스 理論에 의한 配水池 制御

배수지 운용에서는 날씨와 요일의 입력이 불필요하고 단시간의 예측에 적합한 카오스이론을 응용한 제어법을 제안하고 있다. 저수기능과 조정기능을 양립시켜 안정성과 에너지 절약을 겨냥하고 있다.

#### (3) 活性汚泥 퍼지制御

표준활성오니(汚泥)법에서는 폭기(曝氣)풍량, 반송오니량(汚泥量), 인발오니량(汚泥量)의 제어가 기본이 된다. 이들은 상호 복잡하게 관련되어 있다. 이 방식은 숙련자의 노하우를 이식, 이것들을 통합 제어하여 방류수질의 향상과 에너지절약을 겨냥한 것이다. 현재 검증시험을 하고 있다.

#### (4) 대장균 자동측정장치에 의한 滅菌制御

차아염(次亞塩) 접촉전과 접촉 후의 대장균 군(群)수를 1대의 장치로 측정하여 자원절약 및 환경보전형의 멸균제어를 실시하고 있다. 잔류 염소농도의 저감이 요구되는 양식지나 수생(水生)생물보전기구에서는 특히 유효하다.

#### (5) 2차처리수 오존處理制御

하수처리수를 오존처리하면 안정된 수질을 얻음과 동시에 조류의 발생도 억제할 수 있음을 이미 알고 있다. 하수처리장의 에너지 회수를 추진하여 그것을 오존발생 전력으로 전용하여 2차처리수를 수경용수(修景用水)나 친수용수(親水用水)로 재생시키는 시스템이 보급되어 가고 있다.

### 다. 水質計測技術

수질계측기는 프로세스 제어에는 필수적인 것으로 지금까지 많은 특색있는 제품이 공급되어 왔다. 지금까지는 시설 내에 설치하는 경우가 주였으나 시설운용의 광역화에 따라 장외에 설치하여 광역적·연속적으로 수질정보를 수집하는 케이스가 증가하고 있다. 계측정도는 물론 내(耐)환경성, 높은 신뢰성, 썬스페이스, 메인テナンス의 간소화를 목적으로 하는 복합기술이 요구되고 있다. 니즈를 만족하는 센서 본체와 설치구조, 시료의 전처리와 후처리, 전원공급, 정보통신, 화상처리응용, 메인テナンス방식 등의 충실에 노력할 생각이다.

### 라. 情報處理·監視制御技術

정보통신기술은 시간과 공간을 단축하고 정보를 정리·가공하여 고도로 효율적인 시설운용을 하기 위한 틀이다. 현재는 시설운용을 목적으로 구축한 통신네트워크를 다시 일반행정과 민간 이용까지 확대하여 풍요로운 정보화사회를 만드는 시대에 들어서 있다(그림 3 참조).

일본 建設省이 책정한 「정보통신 네트워크 비전」에서는 1997년도 말 현재 470km 포설되어 있는 하수도관 리용 광파이버케이블을 2001년에는 약 1만km, 2010년에는 약 10만km로 정비해 나갈 것을 추진하고 있다. 그리하여 펌프장의 집중원격감시·조작, 공장배수의 리얼타임감시, 각 가정 하수도사용량의 자동검침, 레이더 우



〈그림 3〉 고도정보화의 이미지

량정보의 리얼타임 화상데이터송신과 같은 하수도시설의 관리상(像)을 제시하고 있다.

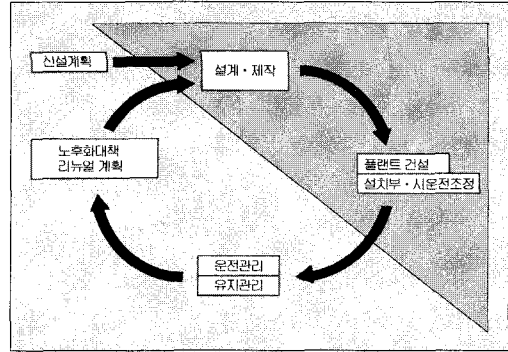
하수도관리 고도정보화를 비롯하여 정보관리·감시제어분야에서도 지금까지 배양한 노하우를 살려 새로운 서비스를 제공하고자 한다.

#### 마. 유지관리기술

상하수도분야에서의 자치단체(사업체)와 明電舎와 같은 메이커와의 관계를 메이커측에서 살펴보면 ‘입찰→주주→설비의 설계·제작→설치·시험조정→납품’이라는 일방향이였다. 설비의 운용, 유지관리와 폐기, 그리고 리뉴얼계획은 외부위탁도 일부 있긴 하지만 태반은 자치단체가 하고 있었다. 상하수도의 인프라정비가 진전된 현재, 앞으로는 인프라를 정비(재구축)해 가는 계통과 그것을 적정하게 운용하고 머지 않아 폐기·리뉴얼해가는 계통이 연결되어 루프가 될 수 있는 순환계를 구축해 가지 않으면 안된다.

그림 4에 공공인프라의 순환계의 루프를 나타내었다.

앞으로는 단순히 기능이 많은 유지관리시스템과 장치를 경쟁적으로 개발해오던 방식을 개선하지 않으면 안될 것이다. 유지보수업무를 하는 자치단체의 입장에서 유지관리서비스를 제공한다는 생각으로 이 분야의 사업을 재



〈그림 4〉 공공인프라의 순환계 루프

검토할 필요가 있다. 이런 점에서의 민·관의 기술교류와 공동연구는 더욱 더 중요하게 될 것으로 생각된다.

#### 4. 맺음말

순환형사회에 있어서의 수(水)환경 보전의 시스템기술에 대하여 개설했다.

수환경보전의 시스템 기술에서는 다음의 두 가지가 중요하다. 하나는 물을 적정하게 사용하고 자연환경으로 되돌려보내는데 어떻게 기여할 것인지 목적과 효과를 명확히 하는 것이다. 둘째는 이 기술이 상하수도시설과 전기·계장시스템의 장수명화(長壽命化)와 재사용, 그리고 省자원·省에너지에 어떻게 기여하는지 목적과 효과를 명확히 하는 것이다. 기능 향상과 경제성에 더하여 환경부하의 경감을 잊어서는 안될 것이다.

明電舎는 순환형사회에 있어서의 상하수도시스템의 바람직한 방향을 여러 각도에서 검토하여 수환경의 보전과 쾌적한 사회생활을 양립시켜 나갈 수 있도록 시스템 기술력으로 공헌하고자 한다. 수환경에 종사하는 많은 기술자 여러분과 교류하여 함께 노력하고자 한다.

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