

08. 건설환경



화재안전 / 도로 / 첨단교통 / 구조교량 / 지반 /
수자원 / 하천해안항만 / 건설환경 / 건축계획환경 / 건축구조자원 /
설비플랜트 / 건설관리경제 / 건설정보 / U-국토 / 기타 /



상수도관망의 관체 진단 기술 동향

이현동 (건설환경연구실 / 선임연구위원)

곽재필 (건설환경연구실 / 수석연구위원)

키워드

관체 진단, Digital Image Processing, 개량 공법

- >> 1차분류 | 상수도 설계, 처리, 유지관리, 재이용 기술
- >> 2차분류 | 상수도 설계, 처리, 유지관리기술, 재이용기술

08

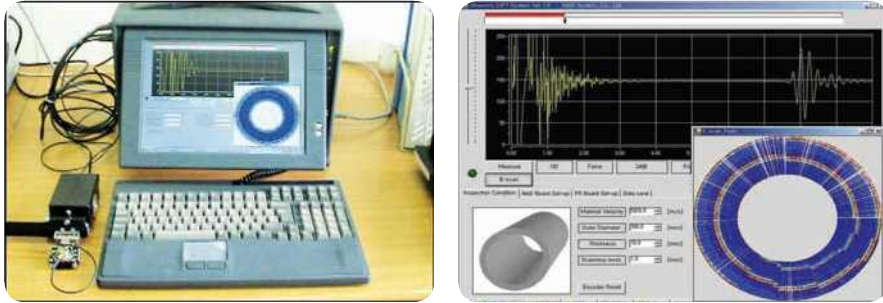
건
설
환
경

상수도관망은 도시 기능 유지에 매우 중요한 라이프라인으로서 세계적으로 사전·사후 유지관리를 위한 진단기술의 개발이 활발히 진행되고 있다. 가스 배관보다는 상대적으로 위험도가 적다는 이유로 현재 개발된 IT등 첨단 기술이 적용이 늦어지고는 있으나 향후 상수도관망의 진단 분야의 기술은 지속적 발전 가능한 분야이다. 상수도관망의 진단기술은 유지관리를 위한 선행 기술로서 많은 기술적 진전을 보이고 있으며, 개량 공법 등과 함께 현장 적용이 확대되고 있는 추세이다.

국내에서는 도·송·배수 시스템의 기술진단의 경우 주로 한국건설기술연구원이나 한국수자원공사 등에서 수행하여 왔고, 최근 엔지니어링 회사에서 수행하고 있으나 많은 시행착오를 겪고 있는 실정이다. 현재 상수도관이나 가스관 제조회사에서는 제품의 품질 평가를 위하여 X-Ray 등을 이용하여 자체적으로 결함을 평가하고 디지털 영상으로 관련 정보를 제공하고 있다.

현장에 매설된 상수도관망의 관체 진단 방법은 크게 관로 내부서 수행하는 방법과 관로의 외부에서 수행하는 방법이 있다. 관로 내부에서 수행하는 진단 방법은 카메라, 초음파 장비 등을 탑재한 장치가 직접 관로를 따라 움직이면서 관로의 상태에 대한 정보를 외부로 전송하고, 이 정보를 판독하여 진단하는 방법인데 이 방법의 단점은 단수를 해야 한다는 점이다. 대구경관의 경우 작업자가 직접 관로에 투입되기도 한다. 관로 외부에서 수행하는 방법은 관로의 외면에서 내부의 상태를 탐상할 수 있는 장비를 이용하여 진단하는 방법이다.

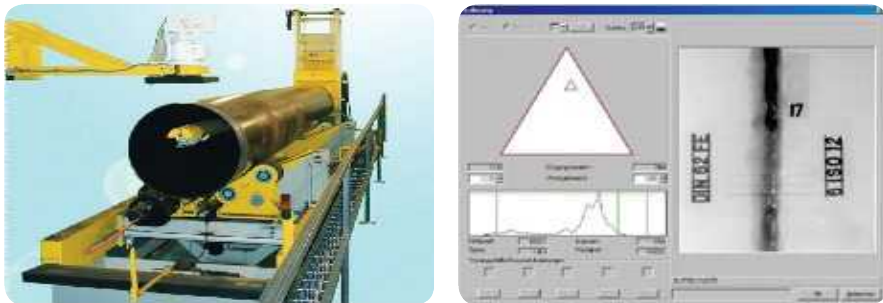
한국건설기술연구원에서 개발한 초음파 디지털 영상처리 기술(Digital Image Processing Technology, DIPT)은 관로의 외부에서 진단할 수 있는 장비로서, 관체의 부식, 파손 등 누수나 수질변화에 직접적인 영향을 미치는 결함을 진단할 수 있다. 하지만 현재는 관망의 상부의 토양은 제거한 후 수행하거나 관망이 노출된 부분에서만 가능하다는 단점이 있다. 이와 유사한 장비로서 현재 일본에서 자기 포화 와류를 이용한 관체진단 장비가 개발되어 있다. 향후 상부 토양도 제거하지 않고 관체를 진단할 수 있는 기술이 개발되기를 기대해 본다.



〈그림 1〉 KICT의 DIPT System



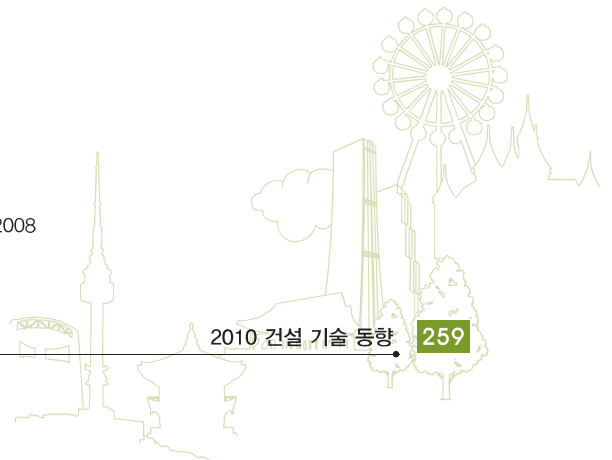
〈그림 2〉 일본의 자기 포화 와류탐상기



〈그림 3〉 X-Ray를 이용한 관체 결합 탐상과 디지털 영상

■ 관련(참고)사이트
<http://www.indesystem.com/>, <http://www.yxlon.com/>

■ 출처
 관망진단시스템의 시범사업 및 상용화 기술 개발, 한국건설 기술연구원, 2008



녹색정화공법(Green Remediation)

주진철 (건설환경연구소 / 수석연구원)

- >> 1차분류 | 상하수도 설계, 처리, 유지관리, 재이용기술
- >> 2차분류 | 하수도 설계, 처리기술, 유지관리, 재이용기술

키워드

녹색정화공법, 지속가능한 에너지, 토양 및 지하수

08

건
설
환
경

녹색정화(Green Remediation)

일반적으로 오염된 토양과 지하수를 정화 시 과도한 에너지가 소요되며, 온실 가스(CH₄, CO₂, N₂O 등)가 지속적으로 발생하고, 복원 과정 중에 2차적으로 발생하는 수질 및 대기오염이 우려될 뿐만 아니라, 정화 후에도 주변 토양 및 수 생태계에 악영향을 끼치는 것으로 판명되었다. 이러한 오염된 토양과 지하수를 정화시 추가적으로 발생하는 문제점을 해결하기 위해 최근 미국 EPA (Environmental Protection Agency)에서는 녹색정화(Green Remediation)공법을 다수의 오염된 토양과 지하수 현장에 적용할 것을 권장하고 있다.

녹색정화공법이란 정화공정을 친환경 지속가능한 에너지를 이용해 주변 환경에 위해도를 최소화하여 생태계에 악영향을 저감시키는 공법으로 주요 요소는 <그림 1>과 같고, 각 요소별로 최적화 할 공정 내용은 다음과 같다(EPA 2008).

1. 에너지 소요량(Energy requirement)

- 에너지 소요가 최소화된 복원 공정의 적용
- 에너지 효율성이 높은 장비의 이용과 에너지 사용량 감소를 위한 장비 최적화
- 신·재생에너지(태양광, 풍력, 지열 등)로 대체하여 외부 에너지 공급 최소화

2. 대기 배출량(Air Emissions)

- 다량의 화석 연료가 요구되는 중장비 사용의 최소화
- 대기 중으로 유출되는 독성오염물질(O₃, CO, SO₂, VOCs 등)과 분진(dust, particle matter 등) 등의 발생 저감

3. 수자원에 대한 영향(Impacts on water resources)

- 정화에 필요한 물 사용량 최소화 및 물 재활용의 극대화
- 사용 후 재처리된 물의 재사용 최대화 및 최적화
- 인근 수체의 물수지에 대한 영향 최소화 및 최적화된 물수지 분석

4. 토양 및 생태계에 미치는 영향(Land and ecosystem Impacts)

- 비교적 교란 및 영향이 적은 생물학적 분해(biodegradation) 및 식물경작법 (phytoremediation)의 적용
- 토양의 물리화학적 구조 및 생태계에 피해를 최소화 할 수 있는 공법 적용
- 주변 생태계로 오염물질의 유출 저감 및 처리제로 인한 영향을 최소화

5. 정화재료 사용/부산물 발생(Material consumption and waster generation)

- 정화로 인한 부산물 발생의 최소화
- 정화재료 사용의 최소화 및 활용된 정화재료의 재활용
- 최소한의 부산물을 발생시킬 모니터링 및 샘플링 장치 활용

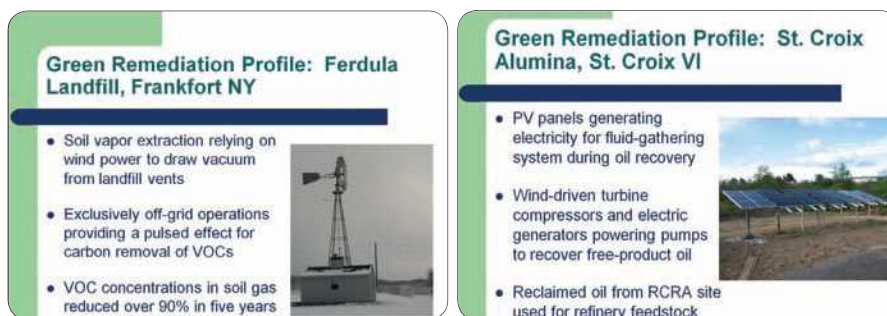
6. 장기간 사회적 책임(Long-term stewardship actions)

- 지구온난화 예방을 위한 온실가스 배출 최소화
- 신·재생에너지 및 폐에너지 활용을 통한 에너지 절감 극대화
- 저비용 고효율 에너지를 활용한 운영 및 정화토양 활용 극대화



〈그림 1〉 녹색정화공법의 정의 및 주요 요소

녹색정화공법을 적용한 구체적인 사례는 〈그림 2〉에 제시되었다. 녹색정화공법을 적용하여 최소한의 에너지와 비용 및 최적의 정화재료 활용, 신·재생에너지와 폐에너지 등을 적극 활용하여 대기, 수질, 토양, 생태계에 미치는 영향을 최소화 하며 오염된 토양과 지하수를 효과적으로 정화할 수 있음을 알 수 있다.



〈그림 2〉 녹색정화공법의 적용사례

■ 관련(참고)사이트 : <http://www.cluin.org/greenremediation/>

■ 출처 : U.S. EPA 542-R-08-002, Green Remediation

용수목적별 수질 적정성 시범평가 및 환경기준 마련

운영한 (건설환경연구실 / 수석연구원)

- >> 1차분류 | 상하수도 계획, 총괄, 정책
- >> 2차분류 | 상하수도 계획, 총괄, 정책

키워드

- 수질 및 수생태계 환경기준,
- 물환경관리 기본계획, 수질적정성

연구목적 및 배경

08

건
설
환
경

우리나라의 수질 및 수생태계 환경기준은 국민의 건강 보호 및 쾌적한 환경 조성을 목적으로 하는 행정상의 목표이며, 당해 국가의 사회, 경제, 산업수준, 자연환경 등의 특성을 최대한 반영하여 설정하고 있다. 환경정책기본법에 있는 수질 및 수생태계 환경기준은 등급제로 구성되어 있으며, 그 적용범위를 하천 및 호소 내 수질을 등급으로 나타내고 있으며, 이는 일반 국민들이 쉽게 인식할 수 있고, 등급을 기준으로 수질 개선의 목표 설정에 용이하다는 장점이 있으나 일반적으로 하천, 호소 등 공공수역은 생활용, 농업용, 공업용, 레크레이션용 등 다양하게 이용되고 있는 반면, 현 수질기준체계는 이처럼 다양한 용수목적에 대해 각 등급에서 사용가능한 용수만을 기술하고 있어 실제로 용수이용에 요구되는 수질 공급에는 한계가 있는 것으로 나타났다.

환경부에서 발표한 물환경관리 기본계획에는 2015년까지 ‘물고기가 뛰놀고 아이들이 먹 감을 수 있는 물환경을 조성’하는 것을 정책목표로 잡고, 자연과 인간이 함께하는 공간을 만들고자 하고 있다. 그러나 현행 기준은 각 등급에 대해 수생태의 상태만을 비교에 기술하고 있어, 수생태계 보전의 중요성을 부각시키고 이를 위한 수질관리에 대한 인식을 높이기에는 한계가 있다. 따라서 본 연구를 통하여 공공수역 전체의 수질을 획일적인 기준으로 관리하는 현 수질기준체계에 대한 개선방안을 마련하여, 용수목적에 따라 필요한 수질을 확보하고 수생태 보전에 기여하는 것을 목적으로 하고 있다.

연구내용

우리나라 수질 및 수생태계 환경기준은 하천 및 호소 생활환경기준(7등급/ 하천 6항목, 호소 8항목), 사람의 건강보호 기준(17항목), 수질 및 수생태계 생태별 생물학적 특성 이해표(4등급)로 구성되어 있다. 생활환경기준의 경우 수질 측정값이 해당하는 등급을 명시하고, 사람의 건강보호 기준은 측정값이 기준값을 초과하지 않아야 한다. 이와 같은 등급분류형 기준체계는 우리나라와 같이 좁은 면적에 많은 인구가 거주하는 경우 단일 수체로부터 취수한 물을 지역사회에 따라 다양한 목적에 맞게 공급하는데 용이하나, 수질의 요구기준이 각기 다른 용도를 모두 충족하기에는 무리가 있으며, 전 수체의 획일적인 항목을 적용함으로써 불필요한 투자가 유발되고 필요한 항목은 간과되는 경우가 발생하기도 한다.

일본 및 핀란드 등에서는 국내와 유사한 등급분류형을 채택하고 있고 국토의 면적이 넓은 미국 및 캐나다 등에서는 수체를 지역요구에 따라 구간을 나누고, 각 구간별로 용수목적에 부여하고 그에 따른 수질을 관리하는 용수분류형 체계를 채택하고 있다. 유럽연합에서는 등급분류형과 용수분류형을 접목한 혼합형을 사용하고 있다.

본 연구에서는 용수목적별 이용 실태와 수질현황 분석을 통해 현 수질기준체계의 용수목적 측면을 검토하여 4대강 대권역별로 용수이용 실태의 다양성과 지역별 대표성을 고려하여 대표 중권역지역을 각 1개소씩 선정하고, 이들에 대한 생·공·농업용 및 레크레이션 용수의 이용 현황과 수생태계 교란정도를 현재 수집 가능한 자료들과 기존의 연구결과들을 토대로 비교·분석하였다.

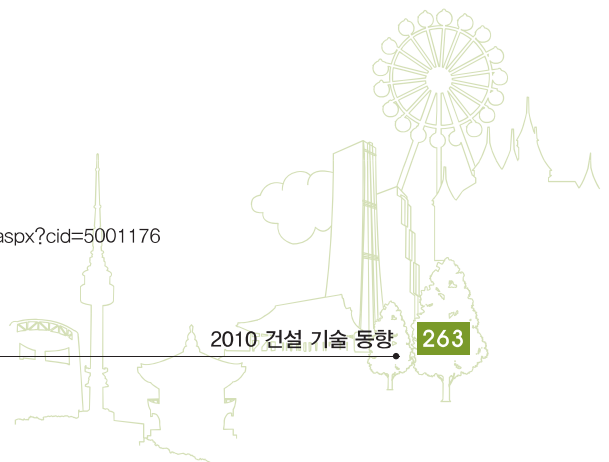
수질 적절성을 전반적으로 고려하기 위하여 현 기준에 있는 모든 항목들에 대한 평가를 시행하였고 호소 부영양화와 직접 관계가 있는 총질소, 총인, 클로로필-a 항목에 대해서는 별도 등급을 표시함으로써 현재 우리나라 호소의 부영양화 가능성 정도를 나타내었다. 대부분의 중권역에서 pH의 기준은 만족하는 반면, 대장균군 항목은 낮은 등급(Ⅲ,Ⅳ)에 해당되는 것으로 나타났고 BOD 및 COD, DO는 지역에 따라 상이하게 나타났으며 부유물질은 호소에서의 측정값이 하천에서보다 양호한 것으로 나타났으나, 호소의 기준이 더 엄격하여 낮은 등급으로 평가되었다. 우리나라의 경우, 단일 수체로부터 다양한 목적의 용수를 취수하므로 용수분류형보다는 현재의 등급분류형을 유지하면서, 별도의 수질기준이 필요한 용수에 대한 수질기준을 설정하는 것이 필요하고 인체 건강에 영향을 미치는 수영용수는 별도의 기준이 필요한 것으로 나타났으며, 증가하고 있는 수생태 보전의 중요성에 대한 사회적인 요구에 부합하고 멸종위기 종을 효과적으로 보호하기 위해 생태보전용수를 설정하는 것을 제안하고 있다.

■ 관련(참고)사이트

<http://www.kei.re.kr/>

■ 출처

<http://library.me.go.kr/dliwebme/components/searchir/detail/popup.aspx?cid=5001176>



수중의 나노입자 현황조사 및 정수처리 방안 조사연구

이상호 (건설환경연구실 / 연구위원)

- >> 1차분류 | 상수도 설계, 처리, 유지관리, 재이용 기술
- >> 2차분류 | 상수도 설계, 처리기술, 유지관리 기술

키워드

상수도 시설, 나노입자, 정수처리

08

건
설
환
경

연구목적 및 배경 나노기술은 “물질을 나노미터 크기의 범주에서 조작 및 분석하고 이를 제어함으로써 새롭거나 개선된 물리적, 화학적, 생물학적 특성을 나타내는 소재 소자 또는 시스템을 만들어 내는 과학기술” 또는 “소재 등을 나노미터 크기의 범주에서 미세하게 가공하는 과학기술”로 정의된다. 나노기술은 이미 재료, 전자, 광학, 에너지, 우주항공, 의학 등 거의 모든 산업분야에 영향을 미치고 있다. 그러나 산업분야의 성장에 비하면, 나노기술의 위해성에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 나노기술이 산업의 전 분야에 적용되면서 다양한 종류의 나노입자가 발생하고 있으며, 앞으로도 많은 종류의 나노입자가 새롭게 대두할 것으로 예상된다. 그러나 이러한 나노입자들이 생태계 및 인체에 미치는 영향에 대한 연구는 초보단계에 머무르고 있다.

본 연구에서는 수돗물에서 문제가 될 가능성이 높은 나노입자를 대상으로 그들의 위해성 및 정수처리에 대한 문헌 조사결과를 요약하여 향후 정수장에서 나노입자의 관리를 위한 기초자료를 제공하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위하여 탄소계 나노입자로는 카본나노튜브 (Carbon Nano Tube, CNT)와 Fullerene을 연구대상으로 선정하였으며, 금속계 나노입자로는 은나노와 금나노입자, 그리고 Titanium Oxide, Silica 등의 산화금속입자를 선정하여 연구를 수행하였다.

연구내용 나노입자의 독성에 대한 연구는 아직까지 초보단계여서 독성자료를 취합하기가 어려웠을 뿐만 아니라 실험결과에 따라서 상반된 결과가 나타난 경우가 많았다. 그리고 나노입자는 수계에 낮은 농도로 존재하므로 이를 정확하게 분석하는 것이 중요하지만, 현재 적용되고 있는 분석방법에는 한계가 있는 것으로 나타났다.

문헌조사에 의하면, 나노입자는 운전조건에 따라서 기존 응집, 침전, 여과로 이어지는 기존의 정수처리에서 상당부분 제거가 가능한 것으로 나타났다. 응집제주입량은 현재 대부분의 정수장에서 사용되는 주입량보다는 많은 양이 필요할 것으로 예측된다. 그러나 정확한 응집제 주입량은 나노입자에 따라서 달라질 수 있으므로, 실험을 실시하여 결정하는 것이 바람직하다. 나노입자의 제거효율에 영향을 미치는 중요 인자는 표면전하이므로, 원수 중의 유기물 함량이 나노입자의 처리에 중요하다. 예를 들면, 원수에 유기물이 많이 함유된 경우에는 입자 표면의 (-) 전하가 증가하여 처리가 어려워진다. 따라서 나노입자의 정수처리에서는 반드시 원수의 유기물 함량을 고려하여야 한다. 또한 산업단지에서 배출되는 일부 공장폐수 중에는 다량의 나노입자가 포함될 수 있으므로, 이러한 물질들이 상수원에 유입되는

것을 사전에 차단할 수 있도록 상수원 관리가 이뤄져야 한다.

기존 정수처리 공정 외에 고도처리 공정도 나노입자의 처리에 사용될 수 있다. 예를 들면 오존공정은 나노입자의 분해에 효과적이다. 그러나 유해한 부산물도 함께 생성될 가능성이 있으므로, 이에 대한 연구가 필요하다. 한외여과 공정을 도입하는 경우에는 나노입자의 제거율을 향상시킬 수 있을 것으로 기대되나, 처리비용의 상승도 같이 고려해야 한다.

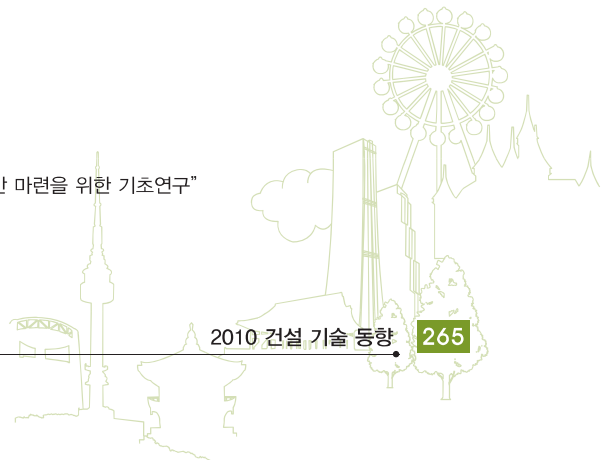
나노입자의 관리방안을 마련하기 위해서는 우선 나노입자의 분석방법이 정립되어야 한다. 현재 연구자들이 개별적 나노입자를 분석할 수 있는 방법을 독립적으로 개발하고 있는데, 통일된 분석방법이 필요하다. 또한 원수에는 나노입자가 개별적으로 존재하기 보다는 혼합한 형태로 존재할 가능성이 높으므로, 여러 종류의 나노입자를 동시에 분석할 수 있는 방법의 개발도 필요하다. 나노입자의 독성에 대한 연구도 필요하다. 수돗물에 존재할 수 있는 나노입자의 목표농도를 정하기 위해서는 독성자료가 우선적으로 취합되어야 한다. 독성자료를 토대로 처리목표 농도를 정한 후, 이를 달성할 수 있도록 정수처리가 이루어져야 한다.

■ 관련(참고)사이트

<http://water.seoul.go.kr>

■ 출처

서울특별시 수돗물평가위원회 (2009) “나노입자의 현황조사 및 처리방안 마련을 위한 기초연구”



상수도관망의 진단 및 유지관리 기술 동향

이현동 (건설환경연구실 / 선임연구위원)

곽필재 (건설환경연구실 / 수석연구위원)

키워드

관망 진단, 누수 진단, 실시간 모니터링, 개량 공법

>> 1차분류 | 상수도 설계, 처리, 유지관리기술, 재이용기술

>> 2차분류 | 상수도 설계, 처리, 유지관리기술, 재이용기술

08

건
설
환
경

우리나라는 상수도 역사 100년, 수도권 수도 공급률이 거의 100%에 가까운 상황에서도 여전히 수돗물 불신과 노후관 문제로 야기되는 각종 오염 그리고 누수 등은 끊이지 않고 국민의 불신으로 작용하고 있다. 이러한 악순환의 고리를 끊기 위해서 정부 및 학계에서는 “단순 물을 공급하는 차원에서 벗어나 이제는 수용가까지 가는 모든 과정을 최적화 하는 시스템 도입을 통해 보다 안전하고 적극적인 대국민 서비스가 필요하다” 며 수도 생산과 함께 수도 관리의 중요성에 대한 목소리가 커지고 있다.

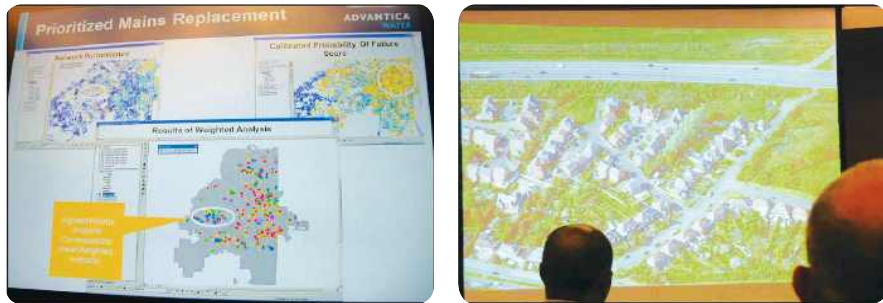
사람으로 따지면 혈관과 같은 수도관은, 사람들도 보다 건강하고 오래살기 위해 정기적인 건강검진을 받고 그에 따르는 처방을 받아 삶을 영위하는 것처럼, 또한 나이가 들면 들수록 혈관과 질환이 많이 발생하는 것과 같이 아무리 맑고 깨끗한 수돗물을 생산해 내고 적절한 수량을 생산해 수용가에 보낸다고 해도 물을 보내는 수도관에 문제가 있다면 다행수고에 불과하기 때문에 적절한 수도관 관리가 절실히 필요한 것이다.

국내에서는 도·송·배수 시스템의 기술진단의 경우 주로 한국건설기술연구원이나 한국수자원공사 등에서 수행하여 왔고, 최근 엔지니어링 회사에서 수행하고 있으나 많은 시행착오를 겪고 있는 실정이다. 현재 상수도관이나 가스관 제조회사에서는 제품의 품질 평가를 위하여 X-Ray 등을 이용하여 자체적으로 결함을 평가하고 디지털 영상으로 관련 정보를 제공하고 있다. 하지만 이러한 방법들은 문제가 생겼을 때 그 이후에 처리되는 상황으로 이보다 먼저 앞서 수압, 유속, 수량과 수질 및 노후화에 의한 기능열화 정도를 정확히 파악하고 보수 보강 또는 개량사업을 통해 기능을 회복시켜 주어야 할 것이다.

현재 영국의 경우 쌍방향 감압밸브를 이용 컴퓨터를 이용하여 실시간 통제하고 예측된 수요와 비교해서 지속적으로 확인함으로써 누수의 감소에 효과를 보이고 있다. 캐나다에서는 GIS 기반의 소프트웨어를 이용 노후관 개량 의사결정에 활용함으로써 보다 효율적인 상수관망진단에 앞장서고 있으며 일본은 의료기법을 이용 탄성파를 사용한 방식으로 상수관을 진단하고 있다. 현재 국내에서도 많은 진단방법이 개발되고 있으나 시장 여건상 상용화 단계까지 진행되는 것이 극히 적는데 이에 대한 제도적 보완이 필요한 시점이다.



〈그림 1〉 영국의 감압밸브를 이용한 컴퓨터 컨트롤 및 실시간 모니터링



〈그림 2〉 캐나다의 노후관 개량 의사결정 S/W



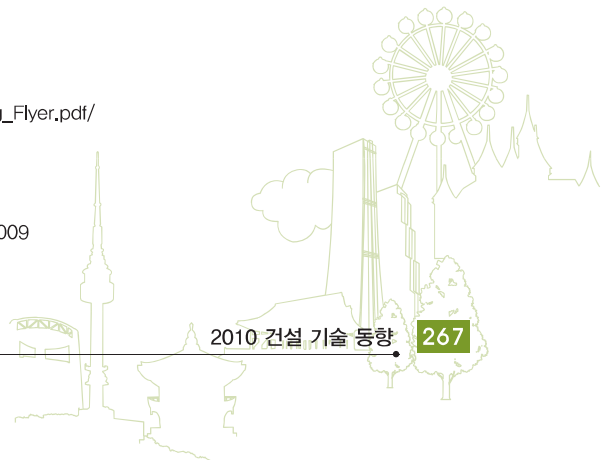
〈그림 3〉 일본 수도기술센터에서 실시하는 관망 진단 조사

■ 관련(참고)사이트

http://www.edams.com/prod/EDAMS_Network_Asset_Water_Auditing_Flyer.pdf/
<http://www.watersmartinnovations.com/>

■ 출처

관망진단시스템의 시범사업 및 상용화 기술 개발, 한국건설기술연구원, 2009



실시간 수질 모니터링 및 모델링 체계에 관한 고찰

운영한 (건설환경연구실 / 수석연구원)

- >> 1차분류 | 상하수도 설계, 처리 유지관리, 재이용 기술
- >> 2차분류 | 상하수도 설계, 처리 유지관리 기술

키워드

실시간 수질 모니터링, 모델링,

08

건
설
환
경

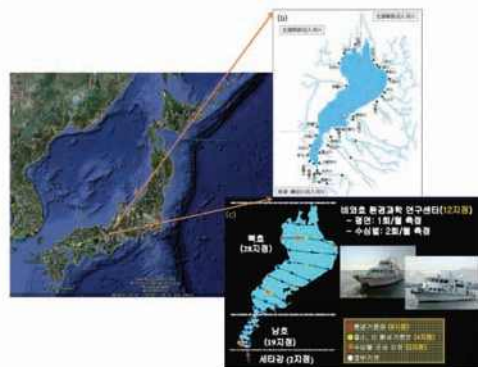
연구목적 및 배경

최근 발달한 정보통신기술(ICT, Information & Communication Technology)을 응용한 수질 모니터링과 모델링 기술은 국내 하천 및 호소 수질의 시·공간 분포를 실시간으로 해석하는데 유용하게 활용되고 있다. 현재 환경부는 기초 수질자료를 확보하고, 상수원에 대한 종합적인 수질 현황을 파악하며, 효율적인 수계관리를 위해 요구되는 수질정보를 수집할 뿐만 아니라, 조기경보체계를 구축할 목적으로, 수질자동측정망을 운영 중에 있다. 이 보고서에는 현 국내의 수질자동측정망 현황을 파악하고, 수질 정보의 고도화 및 하천과 호소의 수질관리의 효율적인 연계 운영을 가능하게 하는 실시간 수질 모니터링 및 모델링 시스템의 구성과 기능을 검토하였다. 국내 수질자동측정망 현황을 파악하기 위해서 환경부에서 운영하고 있는 국가 수질자동측정망, 사자원공사에서 운영하는 수질자동측정망, 새만금지구 자동수질 모니터링 시스템 등을 살펴보고, 실시간 수질 모니터링과 연계된 모델링 사례연구도 포함되었다. 또한 과학적인 물환경 관리를 위해서 그 중요성이 증대되고 있는 수질측정시스템의 운영관리에 대해 선진국의 현황(일본의 수질오염 연속모니터링 체계와 비와호 사례연구, 미국의 수질 모니터링 체계와 켄사스 주 USGS 사례연구, 유럽의 수질자동측정시스템 중 국제기구 사례연구)을 조사 및 검토하였다.

연구내용

일본의 수질오염모니터링은 중앙정부, 지방자치단체, 공장 및 각 사업장에서 공공수역과 국지적 배출원의 수질 검증을 위해 수행되고 있다.

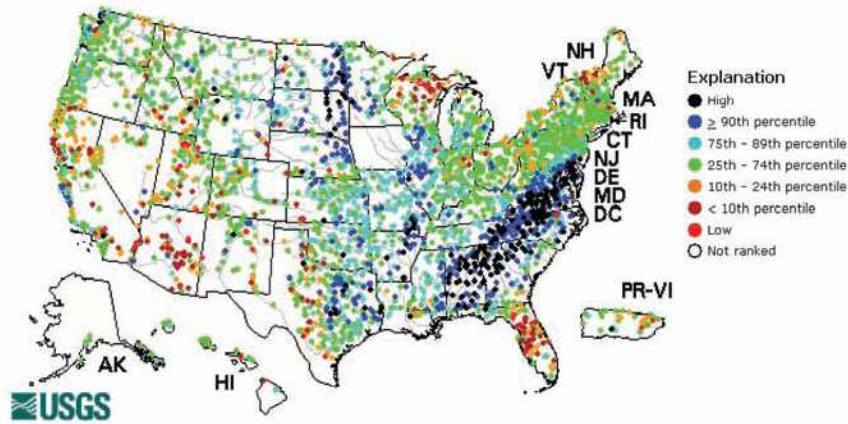
지자체에서 자동측정기의 유지관리를 담당하고 수질 오염측정소에서 보내진 자료 정보는 중앙제어센터로 보내져 분석된다. 일본의 수질오염연속 모니터링 자료는 총량규제제도에도 적용하여 사업장의 총량규제 기준 준수 상황 등을 중앙감시센터와 원격계측화하여 감시활동에도 활용하고 있다. <그림 1>은 일본의 비와호 실시간 수질 모니터링 시스템을 소개하고 있다. 수질



<그림 1> 일본의 34개 유입하천 측정위치(1회/월 측)

상태를 연속적으로 측정하는 수질자동측정망은 비와호 남, 북 2개 호의 호심에서 운영되고 측정항목으로는 수온, DO, pH, EC, 탁도, 클로로필 a, COD, TP, TN 등 9개 이다.

미국의 경우 공공수역에 대하여는 일본과 동일한 시스템으로 운영되고 있고, 중앙정부 중심으로 운영되는 한국과는 달리, 주 정부마다 수질 모니터링 기본계획을 주 운영위원회에서 운영하는 것이 특징적이라 할 수 있다. 미국의 주요 물관리 시스템은 U.S. Bureau of Reclamation(USBR)의 Watershed & River Systems Management(WARSMP), 미국 전 지역의 종합 측정소의 85%를 대표하는 7,000여개의 유량 측정소를 운영 및 관리하는 U.S. Geological Survey (USGS)의 National Water Information System Web(NWISWeb), 테네시강 유역관리청(Tennessee Valley Authority, TVA)의 물관리시스템 등이다. <그림 2>는 USGS NWIS에서 운영하는 실시간 유량 측정망을 나타낸다.



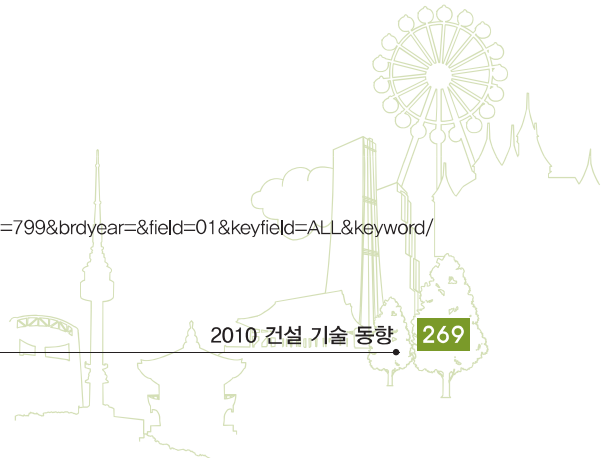
<그림 2> 미국 USGS NWIS에서 운영하고 있는 실시간 유량 위치

유럽의 수질자동측정시스템은 여러 국경을 넘나들면서 주요 강과 지류가 흐르는 지리적인 특성과 유럽연합이라는 국가적인 통합사업 등의 이유로 EU 차원에서 측정망이 조성됨에 따라 발전하였다. EU에서는 하천유역관리시스템인 WaterWare를 개발하여 적용하고 있고 2000년에는 EU Water Framework Directive(WFD)를 채택해서 운영하고 있다.

■ 관련(참고)사이트

<http://www.kei.re.kr/>

http://www.kei.re.kr/result/report4_view.do?menu=report4&pg=&seq=799&brdyear=&field=01&keyfield=ALL&keyword/



EU내 바이오에너지의 사용과 생산 현황

정원식 (건설환경연구실 / 수석연구원)

- >> 1차분류 | 상하수도 재이용기술
- >> 2차분류 | 하수도 재이용기술

키워드

바이오매스, 재생에너지, 폐기물, 바이오가스

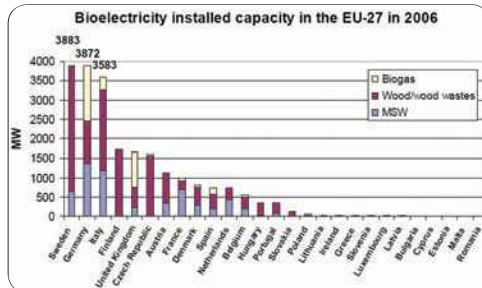
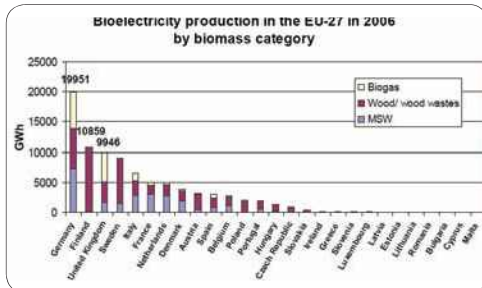
08

건
설
환
경

1. 개요 유럽위원회는 2007년 3월 8-9일 브뤼셀 모임에서 2020년 전체 EU 에너지 소비량의 20%를 재생 에너지가 대체하고, 교통분야에서 석유제품 대비 최소 10%는 바이오연료로 대체하는 “재생가능자원에서부터 에너지사용의 증대” 하는 목표를 세웠다. 핵심은 2020년에 온실가스배출을 20%줄이고, 에너지효율을 20%증대하고, 재생에너지 사용을 20%까지 확대하는 것이다. 2008년 1년간 EU의 새로운 전력생산량은 총 24GW이었다. 이중 35%는 풍력, 29%는 가스화력발전, PV, OE, 석탄화력발전, 기타 수력(2%), 바이오매스, 태양열, 원자력(0.3%) 순이다. 이미 풍력에너지가 2008년 재생에너지로는 57%를 차지하고 있다.

전세계적으로 불어닥친 경제위기, 전지구적인 기후변화, 그리고 지역적인 에너지 보안 문제 등은 재생에너지, 특히 바이오가스기술에 대한 조사와 시행을 요구하고 있다. 따라서 2006년 90TWh에서 2020년 200TWh로 바이오매스로 전기 에너지를 증대시킬 것으로 기대하고 있다. 바이오매스는 전기뿐만아니라 열과 연료와 같은 다른 에너지를 생산할 수 있는 다양성에서 특히 중요한 위치를 차지하고 있다.

2. 바이오에너지 현황 2006년 EU내 바이오매스로 생산된 전기는 89.9TWh이며, 목재류(52%), 도시고형폐기물(27%), 바이오가스(17%)의 분포이다. 90년 이후 연평균 11% 성장하였으며, 2005년은 16%, 2006년은 12% 이었다. 2006년 바이오매스로 전력을 생산하는 선도국가는 독일, 핀



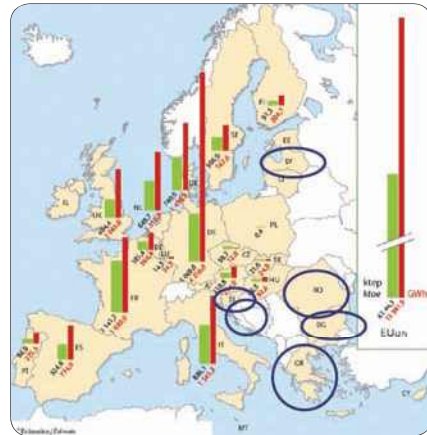
■ 출처 : Eurostat 2008a .

란드, 영국이며, 특히 영국은 49%를 바이오가스에 의해 생산되고 있다. 아래그림에 바이오매스 카테고리별 변화를 나타내었다. 2006년 EU의 전체 바이오전기 생산용량은 22.3GW이며, 목재류(83%)를 활용한 스웨덴이 가장 높은 3,88GW로 1위를 차지하고, 이태리도 약 3,6GW로 3위를 차지하며 독일은 여전히 3,87GW로 2위를 마크할 것이다. 독일은 특히 바이오가스가 36%를 차지하는 특징을 보이고 있다.

2006년 바이오매스에 의한 열생산량은 7.7Mtoe, 90년에서 2006년까지 연평균 10%씩 성장하였으며, 스웨덴이 리더하고 핀란드와 독일이 뒤를 따르고 있다.

2006년 바이오매스에 의한 바이오연료소비량은 약 5.4Mtoe, 바이오디젤 83%, 바이오가솔린 17% 기타 0.3%이다. 독일이 전EU 사용량의 65%를 차지하였다.

재생가능한 자원인 바이오매스는 폐기물류중 목재폐기물, 도시고형폐기물, 유기성폐기물 등이며, 특히 하수슬러지와 음식물폐기물 등 유기성폐기물은 2012년부터 해양투기가 금지됨에 따라 바이오가스가 처리대안으로 관심을 받고 있다. 다음 그림은 유럽내 도시고형폐기물에서 생산되는 에너지 분포를 나타내었다.



■ 출처 : www.wip-munich.de Dominik Rutz

국내의 경우 2020년까지 폐기물을 100% 에너지화하기 위한 환경부 정책을 추진중이다. 또한 2010년부터 하수중 인방출 기준이 강화됨에 따라 하수슬러지의 발생량이 급격하게 증가할 것으로 사료된다.

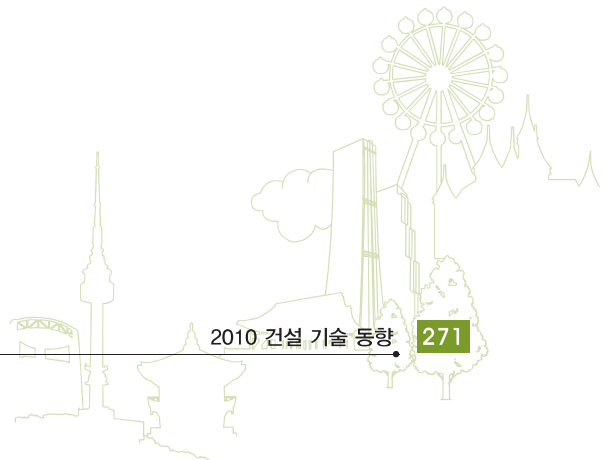
따라서 하수슬러지와 음식물폐기물을 바이오에너지화 하는 연구와 지원이 지속적이고 적극적으로 이루어지길 기대 본다.

■ 관련(참고)사이트

<http://ie.jrc.ec.europa.eu/>, <http://www.jrc.ec.europa.eu/>

■ 출처

<http://re.jrc.ec.europa.eu/refsys/pdf/RE%20Snapshots%202009.pdf/>



생태댐을 이용한 습지조성 기술

강성원 (건설환경연구실 / 수석연구원)

- >> 1차분류 | 하천복원기술
- >> 2차분류 | 하천내 생태 서식지 확보기술

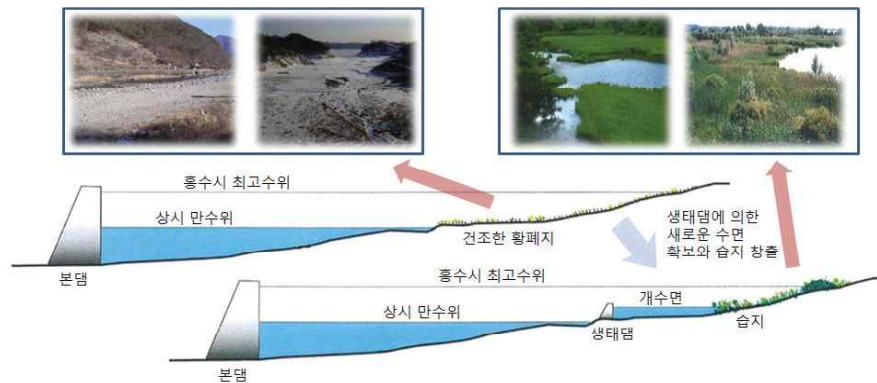
키워드

습지, 수생태, 생태댐

08

건설환경

생태댐을 이용한 습지 조성 기술은 댐에 의해 파괴되고 손상된 수생태계를 복원하는 기술이다. 댐은 인간이 물을 다스리기 위해 필요한 시설물이나 댐 수문 조작에 의해 호소의 수위가 크게 변동하여 댐 수위에 영향을 받는 홍수조절구역은 수생식물이 성장하기 어려운 환경이 조성된다. 또한, 반복적인 침수에 의해 토양의 영양성분이 유출되어 댐 상류지역에는 어김없이 상당히 넓은 건조한 황폐지가 나타나게 된다. 즉, 댐 건설에 의해 생태계의 파괴가 발생하고 경관적으로 취약한 지역이 나타나 지역 사회의 불만거리가 되기도 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본댐의 상류지역에 보 규모의 생태댐을 설치하여 수위변동을 최소화하고 생태댐에 의해 생성된 개수면에 수생식물을 식재함으로써 습지를 창출하려는 시도가 나타나고 있다(그림 1) 참조).



<그림 1> 생태댐에 의한 수생태 복원 개념도

일본 히로시마현 미요시시에 설치된 하이쯔카댐은 댐높이 50 m, 길이 196.6 m 규모의 소형댐이지만 댐 설치로 70 ha의 홍수조절 구역이 출현하게 되고 그대로 방치하면 황폐한 건조지가 되는 염려가 있었다. 이에 일본 국토교통성은 하이쯔카댐 상류지역에 생태댐을 설치하여 수위변동이 적은 개수면을 확보하고 수심이 얇은 부분에 제방을 쌓아 인위적으로 습지를 조성하였다. 습지는 수생태계의 보고로서 수생식물의 생존에 좋은 조건을 제공하고 치어나 작은 어종들에게 서식처를 제공하여 종의 개체수와 다양성을 확보할 수 있는 환경을 제공한다. 이와같은 수생태계를 바탕으로 곤충, 양서류, 파충류 및 다양한 수생동물이 서식하게 되어 습지는 건강한 생태계를 유지하게 된다. 제방으로 둘러

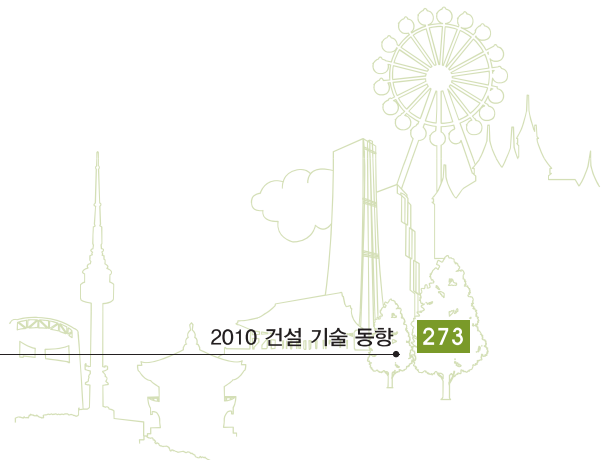
싸인 습지를 제외한 지역은 호소화하여 넓은 개수면을 확보하게 하였다. 개수면이 넓게 형성되고 어류의 개체수가 증가하자 조류, 특히 철새가 나타나 아름다운 경관을 창출하게 되었다.

향후에는 댐 건설 이전에 서식하던 수생 동식물을 생태댐 내에서 복원하는 기술을 개발하여 인간과 자연이 공존하는 좋은 사례를 만들려고 계획하고 있다.



〈그림 2〉 생태댐 이미지

■ 출처
<http://www.cgr,mlit.go.jp/miyoshi/haizuka/>



해외 하수관 상태평가 기술 동향

황환국 (건설환경연구실 / 수석연구원)

- >> 1차분류 | 상수도 설계, 처리, 시공 등
- >> 2차분류 | 상수도 설계, 처리기술, 유지관리기술

키워드

하수관 상태평가, sewer inspection, SSET

08

건
설
환
경

현재 전 세계는 국가 인프라 시설을 사후적 유지관리에서 예방적 유지관리로 관리하고자 하는 과도기의 시기으로써 이른바 시설물의 노후화 위험도를 미리 평가하여 생애주기비용을 최소화하는 것을 그 목표로 하고 있다. 이러한 시대적 요구사항에 대응하는 기술로써 신개념 하수관 상태평가 기술을 활용하려는 활발한 연구가 진행되고 있으며, 이러한 기술에는 SSET(Sewer Scanner and Evaluation Technology : 이하 SSET)라 알려진 관로 내면탐사자료의 전개도면화 기술을 예로 들 수 있다.

SSET기술은 1994년에 일본의 Toa Grout사에서 고안한 기술로써 관로 내부를 평면적으로 파악할 수 있도록 회상을 처리하는 방식이다. SSET기술은 어안렌즈(Fish eye lens)를 개발되어 채택하게 됨에 따라 현재와 같은 2세대 SSET기술을 이용한 하수관 탐사장비가 나타나게 되었다.

여러 가지 SSET기술을 이용한 하수관 탐사장비 중에서 Digisewer 시스템을 소개하고자 한다. Digisewer 시스템은 2000년에 핀란드 Painehuhtelu Oy PTV기업과 핀란드 기술연구센터 VTT가 공동 개발한 시스템이다.

Digisewer 시스템은 하나의 자주차에 SSET시스템과 기존의 하수관 상태평가 시스템인 CCTV시스템을 탈착식으로 동시에 사용할 수 있도록 제작하였으며, 주행속도는 70ft/min(21m/min)로 하루에 1mile(약 1.6km)를 탐사가 가능하다고 홍보하고 있다.

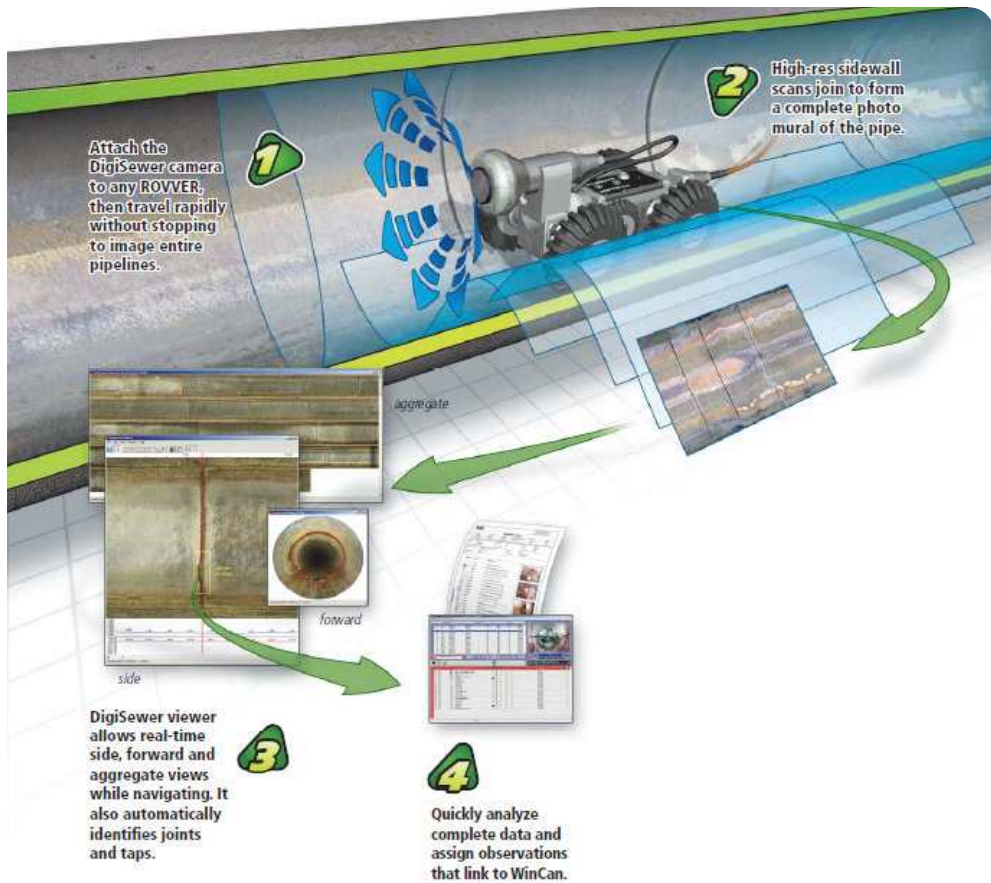
Digisewer 시스템의 가장 큰 장점은 조사 데이터를 처리하는 진보된 소프트웨어이다. 본 소프트웨어는 탐사 종료 후에 하수관 내면의 균열과 이음부, 연결관 등을 자동으로 탐색할 수 있으며, 1mm단위까지 측정할 수 있다고



〈그림 1〉 핀란드 Painehuhtelu Oy PTV사의 Digisewer 시스템

홍보하고 있다. 또한 Digisewer 소프트웨어는 각 나라의 하수관 결함코드에 따라 하수관의 결함 및 손실정도를 자동적으로 분류되어 기록된다.

미국의 경우 Digisewer 시스템을 Envirosight사에서 판매하고 있으며 Envirosight사에서 판매되고 있는 Digisewer 시스템의 경우는 탐사 결과물을 바탕으로 소프트웨어에서 자체적으로 Pan/Tilt 기능, 관경사 측정, 미국 NASSCO의 PACP(Pipeline Assessment and Certification Program)의 결함분류에 따라 색깔 코딩 기능을 통한 분석이 가능하며, 미국에서 광범위하게 사용되고 있는 하수관 탐사용 소프트웨어인 Wincam과의 연계 호환이 가능하며, GIS맵이나 자산관리 시스템과의 호환도 가능하다.



〈그림 2〉 핀란드 Painehuhtelu Oy PTV사의 Digisewer 시스템

■ 관련(참고)사이트

<http://www.painehuhteluptv.fi/>

■ 출처

<http://envirosight.com/index.php/crawlers/digisewer/overview.html/>

내분비계장애물질과 의약품질 처리기술 동향

김원재 (신성장연구실 / 수석연구원)

최윤정 (건설환경연구실 / 전임연구원)

>> 1차분류 | 상수도 설계, 처리, 유지관리, 재이용기술

>> 2차분류 | 상수도 설계, 처리기술, 유지관리기술

키워드

내분비계장애물질, 의약품질,
수처리기술

08

건
설
환
경

내분비계장애물질과 의약품질은 구조적으로 안정하고 생물학적으로 분해가 어려워 기존 정수처리나 하·폐수처리로는 충분한 수준으로 제거하기 어려운 문제점을 안고 있다. 이러한 물질들은 다양한 경로를 통하여 수계로 배출되며, 복잡한 물순환 과정을 통하여 재이용된다. 특히, 이 물질들은 미량으로도 생태계나 인체에 악영향을 미칠 수 있기 때문에 수계에서의 농도, 분포현황 및 생태계와 인체에 미치는 영향 등에 관한 연구와 동시에 이에 대한 관리 및 처리에 대한 연구가 필요하다.

국내·외 선진연구기관들을 중심으로 수계에서 내분비계장애물질과 의약품질의 오염실태 및 처리 기술에 대한 연구가 다각도로 진행되고 있다. 스위스의 Federal Institute for Environmental Science and Technology에서는 호수, 강변여과수, 우물물 중에 존재하는 해열진통제의 성분인 Ibuprofen 등에 대하여 UV/H₂O₂, γ-radiosyll를 적용하여 분해 속도와 라디칼 반응속도를 연구하였으며, 오존 단독공정이 경우 40~80%, 과산화수소를 이용한 고도산화공정(Advanced Oxidation Process, AOP)의 경우에는 80~90%의 처리효율을 갖는다고 보고하였다. 국내에서는 균질계 촉매인 FeTsPc(iron(III)-tetrasulfophthalocyanine)-Amb(Amberlite IRA-400)에 과산화수소를 첨가시켰을 경우 산화공정이 추가적으로 개입되어 제거효율과 속도가 크게 향상되었음을 보고하였으며, 광주과기원에서는 국내 수계에 존재하는 의약품질 등 미량오염물질을 MBR(Membrane Bio-Reactor)과 NF(Nanofiltration), RO(Reverse Osmosis) 등의 막여과 공정으로 처리하는 방법에 대한 연구를 수행하여, 내분비계장애물질과 의약품질의 대부분은 생물학적 처리와 NF 혹은 RO 처리를 통해 높은 효율로 제거되는 것을 확인하였다.

상수처리분야에서는 기존정수공정에 오존과 UV, 과산화수소, 활성탄 등을 연계하거나 막여과 공정 등으로 내분비계장애물질과 의약품질을 안정적으로 처리할 수 있는 방안이 제시되고 있다. 한편, 내분비계장애물질이나 의약품질의 주요 원인이 도시하수나 산업폐수, 축산폐수 등임을 고려하면 수질이 양호할 때 운영이 용이한 활성탄 흡착법은 그 활용성이 제한적이기 때문에 하수처리분야에서는 UV광분해(Photolysis)공정이나, TiO₂/UV와 같은 비균질계 광촉매를 이용한 공정, 고도산화공정 등이 제시되고 있다. 단, 산화공정을 이용하여 내분비계장애물질이나 의약품질을 제거하고자 할 때, 난분해성 미량오염물질이 부분적으로 산화되었을 경우 본래 물질이 가지고 있는 독성보다도 더 높은 독성을 갖는 부산물이 생성될 가능성도 보고되고 있으므로 이에 대한 주의가 필요하다.

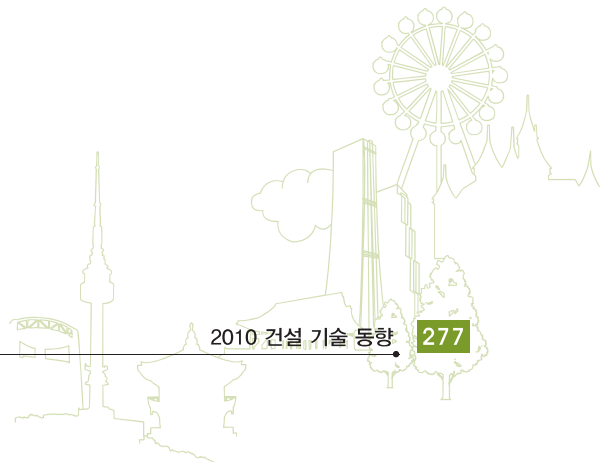
최근에는 내분비계장애물질과 의약품질에 대하여 부산물 발생특성 및 위해성과 수계에서의 거동을 파악하는 한편, 다양한 수질오염 특성을 고려하여 각 현장 여건에 따라 실질적으로 유해물질의 무해화가 가능하면서도 효율적인 수처리 기술을 확보하고자 하는 연구들이 진행되고 있다.

■ 관련(참고)사이트

<http://www.iwaponline.com/>

■ 출처

<http://www.iwaponline.com/wio/2008/01/wio200801AF91188F.htm/>



하수슬러지의 장거리 수송기술

정원식 (건설환경연구소 / 수석연구원)

>> 1차분류 | 상하수도 설계, 처리, 유지관리, 재이용 기술

>> 2차분류 | 하수도 설계, 처리기술, 유지관리기술, 재이용 기술

키워드

하수도, 슬러지, 수송기술

08

건설환경

나고야시의 슬러지 수송관 역사는 1932년까지 거슬러 올라간다. 1930년에 일본 최초의 활성슬러지법에 의한 처리장의 운전이 시작되었으며, 이때 잉여슬러지는 하수관을 이용하여 아쓰타쿠로 이송하여 기계로 탈수시킨 후 해양으로 투기하였다. 이후 해양투기에서 비용과 어민의 반대 등의 이유로 슬러지 처리 시설을 건설하였다. 초기 슬러지 이송관은 연장 6.4km로 공용도로에 직경 200mm인 철관 및 흙관을 1조로 하는 관로를 구성하였다. 그 후 시구역의 확대, 하수도 보급 촉진 및 하수처리장 설치로 슬러지 수송관 네트워크 정비를 추진하고 집약처리 체제를 구축하여 현재에 이르고 있다. 슬러지의 집약처리는 건설, 유지 관리비 저감과 환경대책의 규모상 장점이 있으나 장시간 슬러지 수송에 의한 부패로 황화수소가스 발생과 고분자 유기물의 성상변화, 슬러지 수송관의 파손 사고 발생으로 인한 도로 함몰과 도로유출 등 유지관리측면에서 문제도 야기한다.

현재 나고야시는 15개소의 하수처리장에서 발생하는 슬러지를 하수처리장 3개소에 건설된 슬러지 처리장에서 처리하고 있다. 슬러지는 압송식으로 이송되고 중간 처리장에서 중계 펌프장 역할을 담당하고 있으며, 슬러지는 전량 소각처리 되고 있다.

현재 슬러지 수송관의 총 연장은 110km에 달하며, 관의 종류는 강관, 주철관, 염화비닐관, 닥타일 주철관 등을 사용하였으나 현재는 닥타일주철관을 채용하고 있다. 관의 맨홀에는 공기밸브를 설치하고 있으며, 관의 세정은 정기적으로 실시하지는 않고 장기간 사용하지 않는 루트에 대하여 하수처리수를 압송하여 세정 하는 방식으로 실시하고 있다. 그러나 관의 부식으로 인한 관의 폐색현상이 나타나 슬러지 이송능력이 감소되는 경향도 있다. 따라서 이에 대한 해결도 과제가 되고 있다.

나고야시는 신규 슬러지 처리장의 건설이 예정되어 있어 이에 따른 슬러지 수송관의 정비는 최적의 세정이 가능하도록 피그세정방법을 가정한 설비를 설치하기로 하였다. 피그세정은 피그를 수압으로 관로내를 주행시켜 관내부를 클리닝하는 방법인데, 피그 발사장치를 처리장내에 설치함과 동시에 피그의 통과 확인 장치를 약 1km마다 설치할 예정이다.

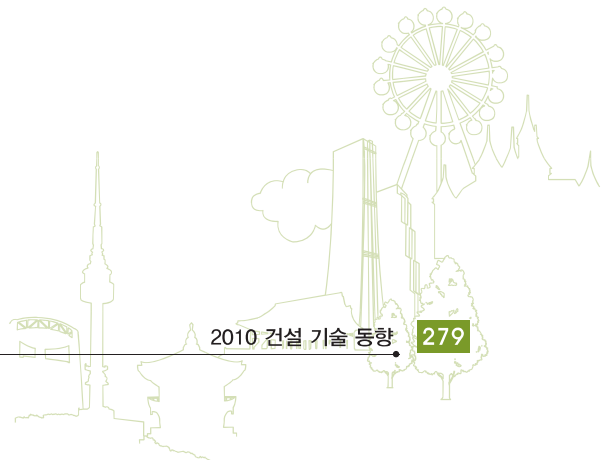
슬러지의 장거리 수송특성상 슬러지 부패가 문제가 될 수 있다. 염화리튬을 이용한 추적자조사를 실시하여 수송시간 파악, 슬러지의 관내 저류에 의한 성상변화 조사 등의 실태조사와 황화수소 발생억제로서 염화제이철 첨가 및 공기 주입에 의한 조사를 하고 있다.

또 슬러지 처리장 대책으로서 야마자키 슬러지 처리장에서는 농축전의 과정에서 탈기장치를 설치하여 2007년 4월부터 가동시키고 있다. 이 장치는 슬러지 중의 미세기포를 진공탈수 처리함에 따라 농축·탈수성 향상과 스킴이나 취기 발생 억제 등의 효과가 있다. 또, 시바타 슬러지 처리장에서는 이미 설치한 벨트프레스 탈수기의 경신시기를 파악하여 고효율형 압입식 스크류프레스 탈수기를 도입 하였다. 이탈수기는 농축조를 경유하지 않고 직접 탈수 할 수 있다는 것, 유지관리비 삭감, 유지관리 환경향상을 목표로 하고 있다. 이2가지 설비에 대하여는 사전실증 시험을 거쳐 도입하고 있는데, 현재 실제 운용에서의 효과를 조사·검증중이다.

나고야시의 슬러지 수송관 네트워크는 오래된 역사와 노하우를 쌓으면서 현재의 체제에 이르고 있다. 앞으로도 장거리 수송기술을 계승하여 유지하는 것은 물론 새로운 기술 도입과 유지관리에 관한 아이디어 등 적극적인 유지관리를 계속 하여 슬러지 수송관을 이용한 집약처리의 장점을 최대한 발휘하도록 하여 단점을 최소화할 기술력을 집약하는 것이 중요하다.

국내에도 디스포저 도입의 문제점으로 도심지내 하수관로의 정비부족을 들고 있다. 나고야시의 슬러지 장거리 수송기술은 하수도관로 관리의 문제점을 분석 하고 해결책을 제시하는 하나의 사례가 될 것이라 사료된다.

■ 출처 : 일본하수도협회지 2008년 2월호 특별기획기사



친수공간에서 실시간으로 세균성 오염물질 검출 및 농도 측정 신기술

주진철 (건설환경연구소 / 수석연구원)

- >> 1차분류 | 상수도 설계, 처리, 유지관리, 재이용기술
- >> 2차분류 | 상수도 설계, 처리기술, 유지관리기술

키워드

분변성 박테리아, 수변공간, 실시간 검출

08

건
설
환
경

지구온난화와 도시기후 변화에 대응하기 위해 자연의 생태적 기능을 복원하고 환경에 대한 오염부하를 저감하여 도시 환경의 건강성과 지속성을 높이기 위해 도시 내 물순환시스템(urban water circulating system)의 구축이 요구된다. 즉, 물순환시스템을 활용하여 도시 내 다양한 수원을 네트워크 및 통합 관리하여 도시 내 물순환의 건전성과 친수 공간을 통해 도시 어메니티(amenity)를 크게 증진시킬 수 있다. 이를 위해서는 친수공간의 수질 현황과 오염물질, 분변성 박테리아(fecal bacteria) 등을 실시간으로 모니터링하여 친수공간을 활용하는 도시민에게 친수공간의 안전성을 제시할 필요가 있다.

그러나, 친수공간의 세균 농도를 검출하는 기존 방법은 시료를 취수 후 실험실로 이동 후 측정하여 최소 1일 이상 소요되므로 역동적으로 급변하는 수질의 특성을 고려 시 실제 친수공간의 세균 농도를 나타낼 수 없다. 또한, 친수공간을 활용하는 도시민에게 수영과 축수 금지 경고 및 관련 위해성 정보를 실시간으로 제공할 수 없었다. 최근에 미국 UCLA 공대의 Jenny Jay 부교수(UCLA Henry Samueli School of Engineering and Applied Science) 연구팀에서 개발한 신기술은 대장균(E. Coli), 장구균(Enterococcus) 등과 같은 분변성 박테리아 농도를 1시간 이내의 짧은 시간에 현장에서 이동형 장비를 활용해 비교적 정확히 파악할 수 있는 기술이다.

새롭게 제시된 기술(Covalently linked immunomagnetic separation/ adenosine triphosphate quantification technique, Cov-IMS/ATP)은 분변성 박테리아와 결합하는 특정항체(antibodies)가 부착된 마그네틱 비드(magnetic bead)를 활용하며, 친수공간의 시료를 여과(filtration)와 분리(separation) 공정 후 시료 내 유기체를 용해시켜 대상 ATP와 반응 시 빛을 방출하는 촉매 역할을 하는 효소로 특수 처리된다. 따라서, 세포는 에너지 획득을 위해 ATP를 분해하고, 이때 방출되는 빛의 양을 측정하여 세균의 농도를 결정할 수 있다. 분변성 박테리아를 실시간으로 검출하고 농도를 측정할 수 있는 Cov-IMS/ATP 기법을 적용해 친수공간 및 상하수 환경기초시설에 활용 시 물이용의 안전성을 크게 증진시키고 분변성 오염물질의 배출원도 추적 할 수 있을 것이다.

■ 출처

<http://www.sciencedaily.com/releases/2010/03/100302162259.htm/>

기
타
사
항



차세대 해수담수화 기술의 대안; 정삼투막 공정 원리, 응용

황태문 (건설환경연구소 / 수석연구원)

- >> 1차분류 | 상수도 설계, 처리, 유지관리, 재이용 기술
- >> 2차분류 | 상수도 설계, 처리기술, 유지관리기술

키워드

정삼투막, 담수화

08

건
설
환
경

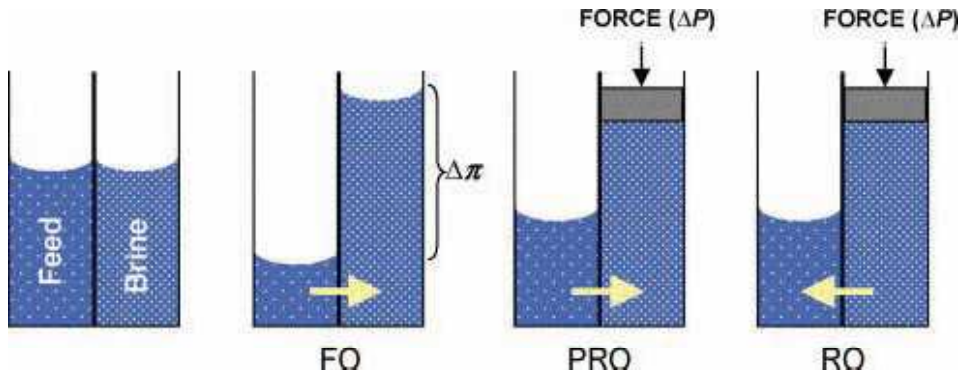
최근 지구온난화, 해수면 상승, 녹아드는 빙하 등 기후변화로 인해 좋은 물을 얻기가 갈수록 어려워지고 있다. 더불어 가뭄, 홍수 등 재해의 피해도 점차 확산되고 있다. 유엔환경계획(UNEP)은 오는 2025년까지 아시아와 아프리카, 유럽에 광범위한 물 부족 사태가 벌어질 것이라고 전망했다. 또한 1인당 가용 수자원의 양도 급격히 감소할 것이라 예고했다.

한국도 역시 기후변화로 인한 물 부족 피해에 있어 예외가 될 수 없다. 이런 상황에서 해수담수화는 지구상에 무한정 존재하는 해수를 갈수의 영향 없이 담수화하여 물 부족에 대처할 수 있는 방법이기 때문에 절대적인 담수자원이 부족한 지역에서는 유일한 대안으로서 도입되고 있다. 그러나 현재까지의 해수담수화 공정은 에너지집약형 공정으로 중동과 같은 물 부족 지역이 아니면 아직까지 경제성면에서 한계를 가지고 있다.

해수담수화 공정은 방법에 따라 크게 증발법과 역삼투법으로 구분된다. 증발법을 이용한 해수담수화 기술은 과거 중동 지역을 중심으로 활발하게 보급되어 왔으나, 장래 에너지 비용의 상승에 대한 우려가 증가함에 따라 역삼투 방식으로 급속히 전환되고 있다. 2005년을 기준으로 역삼투 방식의 시장 점유율이 전체의 51%인 것으로 조사되었으며, 2020년에는 역삼투 방식 등 막을 이용한 해수담수화 방식이 전체 해수담수화 시장의 71% 이상을 점유할 것으로 예상하고 있다. 그러나 역삼투법 역시 생산수를 얻기 위해 고압펌프를 사용해야 하기 때문에 많은 에너지가 소비되고 있고, 이를 해결하기 위해 고압 농축수의 에너지를 회수하기 위한 에너지회수 장치들이 개발되어 사용되고 있지만 아직도 에너지 소모가 4~7 kWh/m³ 수준으로 적지 않은 편이다.

따라서 본고에서는 기존의 역삼투 방식을 탈피한 안정적이고 경제적이며 에너지 효율성 측면을 모두 만족시킬 수 있는 친환경적 지속 가능한 새로운 수처리 방식인 정삼투 방식을 이용한 해수담수화 기술의 개발 동향에 대하여 소개하고자 한다. 물은 투과시키지만 용해되어 있는 용질(이온 및 분자)은 거의 투과시키지 않는 성질을 가진 반투과 멤브레인을 고농도 용액과 저농도 용액 사이에 설치하면 저농도 용액의 용매가 고농도 용액으로 이동하여 농도 평형을 이루려 하는 자연현상이 발생하며 이를 삼투작용이라고 한다.

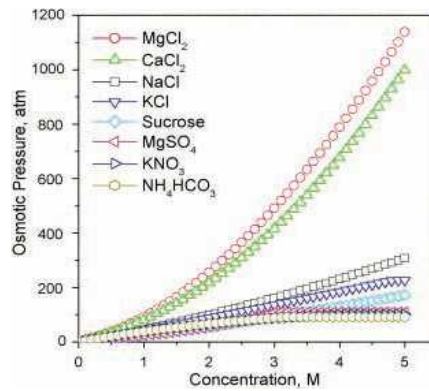
정삼투 공정은 이러한 삼투작용을 사용하는 수처리 공정으로서 용존된 용질이 포함된 용액으로부터 순수한 물만을 분리하기 위한 구동력으로 고압펌프에 의한 수리학적 압력을 이용하는 역삼투과는 달리 공급수와 유도용액의 삼투압 구배를 이용하는 공정이다.(그림 1)



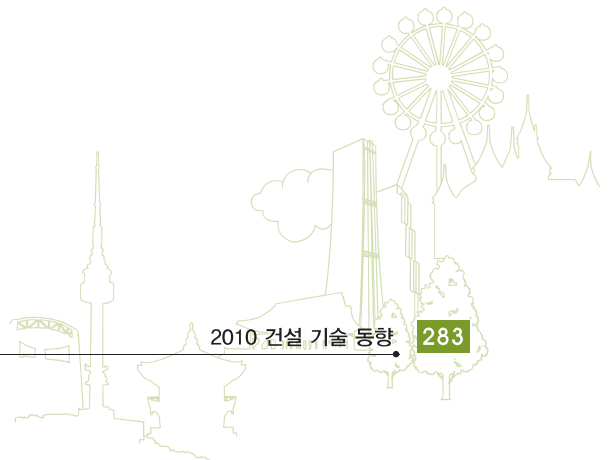
〈그림 2〉

Fig. Solvent flows in FO, PRO, and RO. For FO, ΔP is approximately zero and water diffuses to the more saline side of the membrane. For PRO, water diffuses to the more saline liquid that is under positive pressure ($\Delta P > \Delta \pi$). For RO, water diffuses to the less saline side due to hydraulic pressure ($\Delta P > \Delta \pi$).

정삼투 공정에서는 공급수에 포함된 물만 막을 통과하는 순흐름을 유도하기 위해 공급수보다 높은 삼투압인 가진 고농도의 유도용액을 사용한다. 따라서 유도용액으로 사용되기 위해서는 기본적으로 공급수보다 삼투압이 높아야 하며, 재사용을 위해 농축이 쉬워야 한다. 유도용액은 draw solution, osmotic agent, osmotic media, driving solution, osmotic engine, sample solution 등 다양한 용어로 지칭되며 유도용액으로 사용 가능한 물질로는 이산화황(sulfur dioxide), 지방족 알콜(aliphatic alcohols), 황산알루미늄(aluminum sulfate), 글루코오스(glucose), 프룩토오스(fructose), 질산칼륨(potassium nitrate), 탄산수소암모늄(ammonium bicarbonate) 등이 있다.〈그림 2〉



〈그림 3〉



제 3세대 조류 바이오 연료의 기술개발동향

한상중 (건설환경연구소 / 전임연구원)

- >> 1차분류 | 상하수도 설계, 처리, 유지관리, 재이용기술
- >> 2차분류 | 재이용기술

키워드

조류(Algae), 바이오 연료, 이산화탄소, 대체 에너지

08

건설환경

IEA(International Energy Agency)에 의하면 세계 바이오 연료 수요는 2006년에서 2030년 사이 연평균 6.8%의 양호한 성장세를 보일 것으로 전망된다. 2015년에는 2006년 대비 수요 규모가 3배나 확대되며, 2030년에는 세계 수요가 1억 톤을 돌파할 것으로 예측하고 있다.

콩이나 옥수수 등 연료 추출 효율이 높은 식용 자원을 원료를 한 1세대 바이오 연료는 2008년 World Bank가 발행한 보고서에 의하면 바이오 연료는 2002년에서 2008년 사이 곡물 가격을 75%나 증가시켰으며 이산화탄소 감축에 관해서도 부정적인 결과들이 발표되었다.

영국의 일간지 더 타임스(The Times)는 아자유 바이오 연료의 경우 경작지 확장을 위한 숲의 파괴로 인해 화석연료를 사용하는 것보다 이산화탄소 배출량이 31% 증가된다는 연구결과를 보도했다.

이에 대한 대안으로 차세대 원료 개발이 활발하게 이루어지고 있으며, 그 대안으로 나온 것이 목질섬유소나 바이오 폐기물을 이용한 2세대 바이오 연료이다. 하지만 2세대 바이오 연료는 식물을 둘러싼 단단한 셀룰로오스를 분해하는 과정을 거침에 따라 수율이 굉장히 낮아지고, 폐목재 등을 채집하는 데 드는 비용이 높아 상용화에 어려움을 겪고 있다.

가장 최근에 나온 대안이 해조류나 미세조류로부터 기름을 뽑아내는 3세대 조류 바이오 연료이다. 조류 바이오 연료는 미역, 우뚝가사리 등 대형 해조류로부터 만든 연료와 식물성플랑크톤, 클로렐라와 같은 미세조류로부터 만든 연료로 구분된다.

대형해조류는 단위 무게당 탄소화물 함유량이 높아 바이오 에탄올에 주로 쓰이며, 미세조류는 지질(Lipid) 함유량이 높아 바이오 디젤에 주로 쓰인다.

이밖에 조류는 생산 공정에 따라 휘발유와 성능이 거의 유사한 바이오 부탄올이나 높은 고도의 낮은 온도에서도 잘 견디는 항공유(Jet Fuel) 만들 수도

바이오 연료	세대	주원료	단위 면적당 연간 생산능력 (L/ha/year)	재배주기	라이프 사이클 CO ₂ 발생량* (g/MJ)
바이오 디젤	1세대	대두	446	4~8개월	69
		유채	952		n/a
		해바라기	1,190		n/a
		오일 팜	5,950		n/a
	3세대	미세조류	12,000~98,500 ^b	매일	31 ^c
바이오 에탄올	1세대	옥수수	3,100~4,000	4~8개월	96
		사탕수수	6,800~8,000		n/a
	2세대	목질계 섬유	3,100~7,600	8년	22
	3세대	대형 해조류	5,000~12,000 ^d	2~3개월	n/a

a : 곡물 재배부터 바이오 연료의 제조 및 시장 운송에 이르는 전 범위에 걸쳐 소모되는 이산화탄소

배출량으로 석유는 95g/MJ 발생

b : 미세조류 무게의 30% 기름 함유한 경우 ~ 50% 기름 함유한 경우

c : Sapphire Energy 예측

d : 건조해조류 5kg당 1L의 바이오 연료 생산된다고 가정

자료 : 바이오 디젤은 Chisti(2007), 바이오 에탄올은 Wikipedia(2009), Seambiotic(2009), CO₂ 발생량은 Greener Dawn Research(2009) 참조

<표 1> 바이오 연료의 특성비교

있다. 차세대 바이오 연료로서 조류 바이오 연료를 주목하는 이유는 첫째, 무엇보다도 생산 효율성이 높다. 무게의 50%가 기름인 미세조류는 연간 1ha(10,000m²)

당 최대 98,500ℓ의 바이오연료를 생산할 수 있다. 1세대 원료 중 가장 효율이 높은 오일 팜보다 약 16배 이상 높은 수준이다.

대형 해조류 역시 생산효율성이 높다. 해양 면적 1ha당 최대 12,000ℓ까지 바이오 에탄올을 생산할 수 있는데, 이는 사탕수수의 최대 생산능력보다도 1.5배 더 높은 효율성을 보여준다.

또한 해조류는 세계에서 가장 풍부한 자원인 바닷물을 이용하여 키울 수 있는 장점을 지녔다.

둘째, 식용 자원 가격에 영향을 미치지 않는다. 1세대 바이오 연료가 가장 논란을 일으킨 부분은 농경지 사용으로 인한 곡물 가격상승이었다.

미세조류는 비식용 자원일 뿐만 아니라, 농경지가 아닌 물과 햇빛이 있는 어느 땅에서나 자라며, 우뚝가사리, 다시마 등의 해조류는 일부 식용으로 쓰이기도 하지만, 재배장소인 바다 자체가 거의 무한하기 때문에 식용 자원 가격에 미치는 영향이 거의 없다.

셋째, 수자원 이용과 이산화탄소 감소 측면에서 환경에 미치는 효과가 크다.

미세조류는 바닷물, 호수, 폐수 등 거의 모든 물에서 자라며, 폐수를 활용할 경우에는 수질 정화 효과도 기대할 수 있다. 폐수 내 질소나 인 등을 조류의 영양분으로 활용할 수 있기 때문이다.

또한 라이프 사이클 분석에서 미세조류는 석유 및 1세대 바이오 연료의 30% 수준에 불과한 이산화탄소를 배출하는데, 이는 2세대 바이오연료와 유사한 수준이다. 그러나 조류 바이오 연료가 다른 연료 대비 경쟁력을 지니기 위해서는 석유가 배럴당 80\$일 때, 생산 비용이 리터당 0.55\$를 넘으면 안 된다고 보고되고 있다. 하지만 현재 해조류 에탄올의 생산 비용은 리터당 0.77 ~ 1.1\$, 미세조류는 리터당 1.48 ~ 5.38\$로 추정된다.

현재 미국, 유럽 등 서구 국가들은 미세조류 바이오 연료가 주를 이룰 것이나, 한국, 중국, 일본 등 아시아 국가에서는 해조류 바이오 연료의 영향력이 더 빠르게 확대될 것으로 보인다.

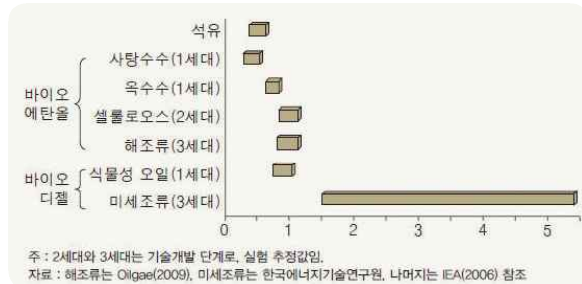
국내 연구동향으로 금호와 SK에너지 등도 조류 바이오 연료 연구에 참여하고 있으며, 바이올 시스템즈(주)는 2012년까지 연간 120만 리터의 해조류 바이오 에탄올을 생산하기 위해 전남 고흥에 파일럿 플랜트를 구축 중이다.

또한 한국에너지기술연구원에서는 화력발전소의 이산화탄소와 공장의 폐수를 활용하여 2013년 미세조류 바이오 연료 첫 생산을 목표로 개발 중에 있다.

바이오 디젤 혼합 비율은 정부 정책에 의해 중장기적으로 5%까지 끌어올릴 계획이므로 조류 바이오 연료의 성장 가능성은 지속될 수 있을 것이다.

■ 출처

- <http://www.edaily.co.kr/news/NewsRead.edy?SCD=DA14&newsid=01138166592999096&DCD=A00105&OutLnkChk=Y/>
- http://www.lgeri.com/uploadFiles/ko/pdi/pub/LGBI1096-41_20100607085905.pdf/



〈표 1〉 바이오 연료의 특성비교



해수를 이용한 발전 기술

최준석 (건설환경연구실 / 전임연구원)

- >> 1차분류 | 상수도 설계, 처리, 유지관리, 재이용기술
- >> 2차분류 | 상수도 설계, 처리기술, 유지관리기술

키워드

해수, 발전, 농도차, 막

08

건설환경

기술 동향 이미 바다의 조류와 조수 간만의 차이를 이용하여 전력을 생산하는 기술은 시도되고 있으며, 최근 기술자들이 해수의 염도를 이용하여 전력을 생산하는 기술을 시도하고 있다.

강과 호수의 담수화 해수의 염도차를 이용하여 전력을 생산하는 노력은 유럽에서 활발하게 추진 중이며, 두 가지 대안방식이 시험되고 있다.

최근 네덜란드 Sneek에 위치한 Redstack社は 북부지역 Afsluitdijk dyke에 염전지 파일럿플랜트 시설을 허가받았으며, 본 플랜트는 초기에 5 kW의 생산 능력을 가지고 있으나, 수년 뒤엔 50 kW까지 생산을 목표로 하고 있다.

이 회사는 이미 동일지역의 소금 광산의 폐수를 활용한 소규모 파일럿 플랜트를 운영하고 있다.



Fig. There's electricity in that thar dyke (Image: NASA)

홍해 발전 염전지는 다수의 막층으로 구성된 역 전기투석 (reverse electrodialysis, RED) 원리로 작동되며, 각 층은 물이 통과하지 못하나 선택적인 전기 투과막의 원리에 의해 양이온과 음이온이 교대로 설치된 양극과 음극에 의해 투과된다.

해수와 담수는 막으로 분리된 반응조로 주입되고, 반응조 내에서 해수의 나트륨 이온은 막을 통과하여 담수쪽으로 투과되고 해수의 염화 이온은 막을 통과하여 반대로 흐른다. 이러한 과정은 배터리 양쪽 끝에 위치한 티타늄 전극간에 전위차를 발생시킨다.

Redstack社는 본 지역에서 200 MW까지 전력 생산이 가능한 것으로 계산하였다.

압력 저하 노르웨이 Lilleaker에 위치한 Statkraft사는 압력지연삼투(pressure-retarded osmosis, PRO)라고 알려진 전력생산의 다른 방식을 테스트하고 있다. 지난 11월 회사는 노르웨이 남부 Tofte의 Oslo fjord에서 시범 발전소를 개설했다. 여기에는 투수성 막이 해수의 담수를 유도용액으로 끌어당기는 역할로 이용되며, 유도된 용액을 이용하여 터빈을 구동하여 전력을 생산한다.

어떠한 시스템을 선택하더라도 강과 바다가 만나는 전세계의 하구에는 모든 전기 수요를 만족시키기는 2 TW 이상의 에너지를 생산할 수 있을 것으로 예상된다. 또한, 이러한 해수를 이용한 발전의 가장 큰 장점은 기상 조건의 영향을 받지 않고 꾸준하게 전력을 생산할 수 있다는 점이다.

염 용액 네덜란드 대학의 연구자인 Hamelers가 고안한 장치에서 해수는 두 개의 전극간에 두 개의 이온 투과성막의 샌드위치를 포함한 반응조에 넣어진다. RED 기기에서처럼 양의 나트륨 이온은 양의 이온만 통과할 수 있는 막을 통해 추출되고 전극으로 끌려 들어간다. 음의 염화 이온은 음이온만이 통과할 수 있는 막을 통해 추출되고 반대쪽의 전극으로 끌려간다.

음으로 충전된 염화 전극의 전자들은 양으로 충전된 나트륨 전극으로 이동하고, 두 전극 사이에서 전류를 생산한다. 해수에 포함된 전자다 소모되면 담수가 반응조로 유입되고 나트륨 이온은 막을 통과하여 담수쪽으로 되돌아가게 되고 전자는 반대 방향으로 흐르게 된다. 담수와 해수가 이러한 방식으로 계속 교환되어 전류를 발생시킨다.

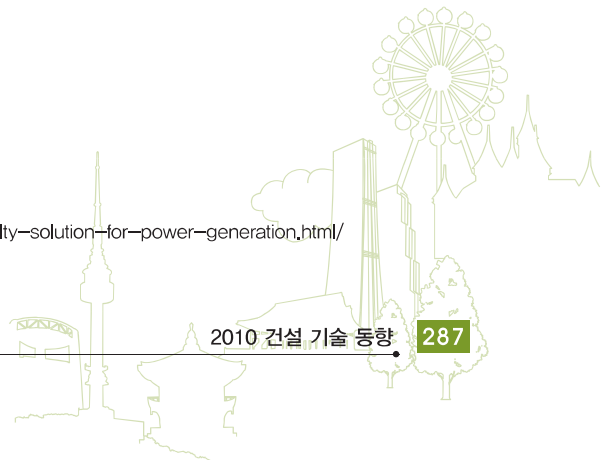
RED와는 다르게 본 장치는 저렴한 탄소 전극을 사용함으로써 보다 경제적인 것이라고 Hamelers는 주장한다. 그리고 PRO와는 달리 이 장치는 터빈과 터빈을 구동하기 위한 압력 교환기가 필요없다. 따라서 “전극과 막소재는 대량 생산이 가능하며, 단순한 설정만으로 전기 생산이 가능하다” 라고 말한다. 담수와 해수를 고정형 전지에 번갈아 가면서 집어넣는 대신에 담수와 해수 탱크간에 전극을 이동시킴으로써 보다 쉽게 시스템을 구현할 수 있는 것으로 판단한다.

■ 관련(참고)사이트

<http://www.newscientist.com/>

■ 출처

<http://www.newscientist.com/article/dn19191-green-machine-a-salty-solution-for-power-generation.html/>



저탄소 사회 설계를 위한 에너지 시스템 모형

김영민 (건설환경연구실 / 전임연구원)

- >> 1차분류 | 상수도 설계, 처리, 유지관리, 재이용기술
- >> 2차분류 | 하수도 설계, 처리기술, 유지관리기술, 재이용기술

키워드

저탄소 사회(low-carbon society), 에너지, 폐기물 에너지화

08

건설환경

기술 동향 기후변화와 관련하여 대기 중 온실가스 농도 상승은 지표면 온도 상승 등 자연 및 인간사회에 악 영향을 가져오고 있다. 이산화탄소(CO2), 메탄(CH4) 등 온실가스를 배출원(Energy, Agriculture, Industry, Waste, Other)에 따라 구분해 보면 에너지로 인한 배출량이 총 온실가스의 68%에 달하는 것으로 나타났다. 에너지는 경제발전과 온실가스 배출의 근간이 되므로, 고 탄소함량의 화석연료 사용이 불가피한 경제활동에 있어 지속가능성을 부여함으로써 저탄소 사회를 실현할 수 있다.

저탄소 사회의 실현은 경제발전(Economic development), 에너지원의 획득(Energy), 환경보호(Environment protection)를 함께 고려하는 3Es 관점 이외에도 다양한 분야에 걸쳐 복잡한 영향인자들과 관련되어 있다. 에너지 모형은 에너지원의 공급과 최종 수요자 간의 연계성을 시스템화하고 수학적으로 표현함으로써 신규 에너지 기술의 출현, 연료 소비율 변화 등 다양한 인자들을 이해하고 의사결정 지원하는 중요한 틀이 된다.

에너지 모형의 설계 방법 실세계의 에너지 시스템은 매우 복잡하므로 에너지 모형을 통해 실제 현상들을 간략화하고 직접 관측으로 도출하기 어려운 문제들을 관리할 수 있다. 일반적으로 에너지 모형은 분석 방법, 분석 목적, 방법론, 수학적 접근법, 시공간적 범위, 데이터의 요구 정도에 따라 구분할 수 있다.

구분	해설
분석방법	Top-down and bottom-up
분석목적	예측, 조사, 기술
방법론	계량경제학, 거시경제, 경제 균형, 최적화, 시뮬레이션 및 다기준 분석
수학 모델	선형계획법(LP), 혼합정수계획법(MIP), 동적계획법(DP)
지리적 범위	전 지구 단위, 지역 단위, 국가 단위, 지구 단위
시간 범위	단기, 중기, 장기
데이터 요구 정도	정성적, 정량적, 집합(agggregation) 및 분해(disaggregation)

Top-down 모형은 거시 경제적 관점에서 에너지 수요와 가격간의 탄력성 등 에너지와 기타 인자간의 상호관계를 평가할 수 있으며, Bottom-up 방식은 에너지 기술의 최적 성능, 적정 기술의 선택을 위해 에너지만을 다룬다.

방법론에 있어 계량 경제학적 모형(Econometric models)은 미래의 미지 변수 값을 추정하여 현재의 성과를 추정하는 외삽적인 통계기법이며, 거시 경제적 모형(Macro-economic models)은 에너지 부분을 전체 경제의 일부분으로 고려한다. 경제 균형 모형(Economic equilibrium models)은 시장에서의 에너지 공급과 수요 간의 균형에 따라 자원을 배분한다.

에너지 공급을 위한 폐기물의 이용 폐기물은 non-CO2 온실가스 배출량의 15%를 차지하며, 생활 폐기물(MSW; Municipal solid waste)의 매립과 폐수 내의 non-CO2 온실가스를 다룬다. 폐기물 매립(landfill)은 혐기성 조건에서 유기성 폐기물의 분해과정에서 이산화탄소에 비해 약 21배 정도의 온실효과를 갖는 메탄가스를 생성한다.

폐기물에서의 non-CO2 가스 배출량 감소를 위해서는 폐기물 생성의 감소, 재활용, 에너지화 기술(WTE; Waste to Energy)을 포함한 폐기물 처리방법 등을 검토하여 합리적인 대안을 선택해야 한다. WTE 공정은 MSW 시스템의 연소 과정에서 열과 전기 형태의 에너지를 생성함으로써 폐기물로 인한 환경영향을 저감하고, 동시에 에너지를 획득할 수 있다. 그러나 MSW의 소각은 일반적인 화력발전소와 비교할 때 상대적으로 낮은 증기 온도로 인해 효율이 13~24%에 그치고 있어 설비의 고비용, 저효율이 기술적용에 장애가 되고 있다.

WTE 기술 적용 모형 지난 수십 년 동안 MSW 시스템 분석을 위해 수치해석, 전과정 평가(LCA, LCI), MFA(Material flow analysis) 등 다양한 방법들이 수행되어 왔다. WTE 적용 모형은 크게 MSW 시스템의 비용-환경 영향의 최적화를 위한 경제-환경 모형(예, IEA-MARKAL), 다른 폐기물 처리 방법과의 비교를 통해 WTE 적용 효과를 평가하는 에너지 회수 평가 모형(예, ORWARE, WASTED, MIMES/Waste), WTE-MSW 시스템 통합 모형(예, SISMAN, MODEST)이 사용되고 있다.

WTE 공정은 에너지 회수를 위한 신재생 에너지인 동시에 폐기물 축적을 감소시키는 효과가 있다. 그러나 대부분의 WTE 모형이 에너지 가격, 매립세, 인센티브 등 몇몇 중요 변수들이 생략된 경우가 있으므로, 이들 변수들과 더불어 기반시설 및 정책의 수용성, 지방 정부 및 관련 전문가의 참여 등을 추가로 고려할 필요가 있다.

■ 출처

Nakata et al., Application of energy system models for designing a low-carbon society, Progress in Energy and Combustion Science, In press



H-SPR을 이용한 상하수관 비굴착 제관 갱생 공법

조정일 (건설환경연구소 / 전임연구원)

- >> 1차분류 | 상하수도 설계, 처리, 유지관리, 재이용기술
- >> 2차분류 | 하수도 설계, 처리기술, 유지관리기술, 재이용기술

키워드

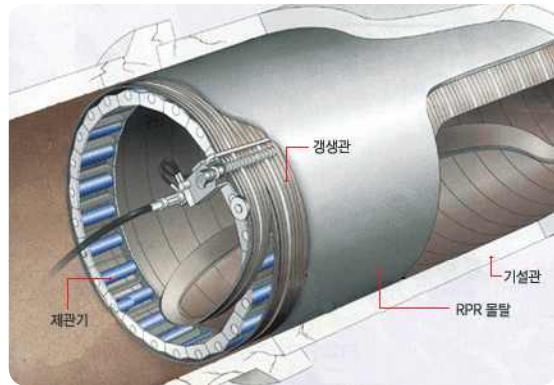
SPR, 제관공법, 상하수관 비굴착공법, 프로파일

08

건
설
환
경

상하수관 비굴착 공법 개요 지하매설물인 상하수관은 일정 시간이 경과되어 노후화되면 보수 또는 교체를 해야 한다. 보수 또는 교체를 수행하는 방법으로는 굴착 방식과 비굴착방식이 있다. 굴착방식은 전면 교체를 할 때 주로 사용하는 방법으로 차량통행제한에 의한 도로혼잡, 민원발생, 사회간접비용 증가 등 여러가지 문제점을 인식하고 있다. 따라서 근래에는 굴착을 하지 않고 상하수관의 맨홀과 맨홀 사이를 비굴착으로 보수하는 비굴착방식이 주로 사용되고 있다.

특히, 800mm 이상의 대구경 관에는 제관공법(SPR : Spiral Wound Pipeline Rehabilitation)이 주로 사용되고 있다. 제관공법은 경질염화비닐재의 프로파일을 이용하여 관내부를 나선형으로 감합, 제관하고 기존관과 갱생관이 일체화된 복합관을 형성하는 비굴착 상하수관 재구축공법이다. 그러나 제관공법은 대부분이 제관 및 감합시 작업원을 관내로 투입하여 안전 사고 우려가 있으며, 모르타르를 경화할 때 모르타르와 경화제를 혼합하여 관내로 주입하므로 모르타르 자체의 점성으로 인하여 이송 노즐이 폐색될 우려가 있다. 또한 관내 작업상황을 작업원이 지상으로 보고함으로써 시공속도가 저하되는 문제점이 있다.

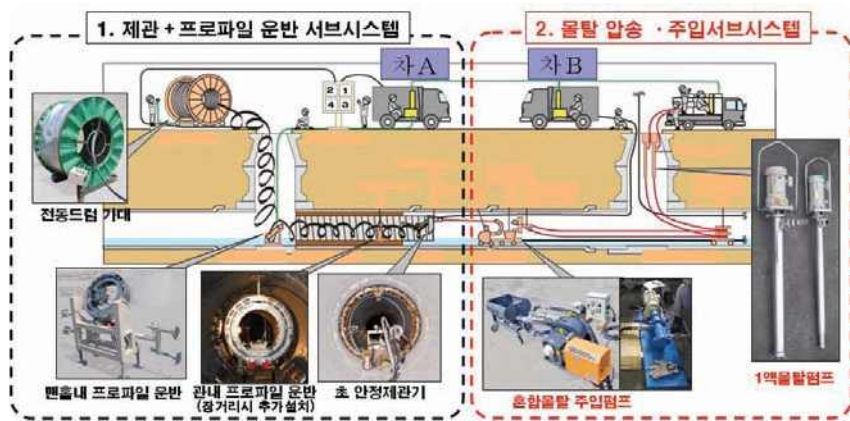


<그림 1> 제관공법

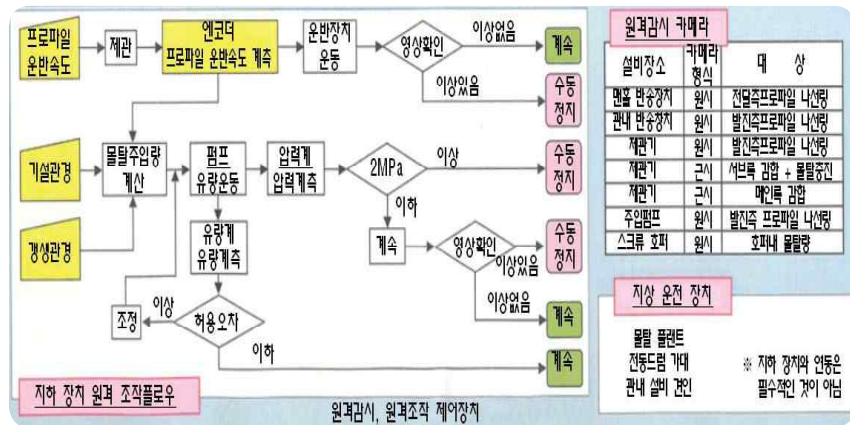
상하수관 비굴착 공법 개요 일본의 세키스이화학에서는 인력을 관내로 투입하지 않고 무인으로 작업 수행이 가능하며, 관내 이송 거리가 증가하여도 이송 노즐의 폐색현상이 발생하지 않고, 지상에서 원격으로 감시 및 운전이 가능한 무인자동화 H-SPR공법을 개발하였다.

본 공법은 제관+프로파일 운반 시스템, 모르타르 압송·주입시스템, 원격제어시스템으로 구성되어 있으며, 자세한 설명은 다음과 같다.

- ① **제관+프로파일 운반 시스템** : 제관 및 감합시 작업원을 관내로 투입하지 않고 맨홀에서 자동운송장치에 의하여 프로파일을 나선형으로 관내로 인입
- ② **모르타르 압송 · 주입시스템** : 모르타르와 경화제를 분리하여 관내로 각각 압송한 후 주입전에 혼합하는
- ③ **원격제어시스템** : 장비의 여러 부분에 장착된 CCTV를 통하여 관내 작업상황을 계속 확인하므로 관내에 인력을 투입하지 않고 제관속도 및 제관 작업을 외부에서 컨트롤함



〈그림 2〉 무인 자동화 H-SPR 공법



〈그림 3〉 원격 감시 및 원격조작 제어장치

■ 관련(참고)사이트
<http://www.eslontimes.com/system/items-view/71/>

■ 출처
 세키사이 화학공업 자동 SPR 공법 및 사업발표회 보고서

수도수중의 의약품류 관리전략을 위한 Actor modelling

김일호 (건설환경연구실 / 박사후계약직)

- >> 1차분류 | 상하수도 계획, 정책
- >> 2차분류 | 상수도분야 계획, 정책

키워드

하수관 상태평가, sewer inspection, SSET

08

건
설
환
경

1. 환경분야에서의 의약품류 이슈

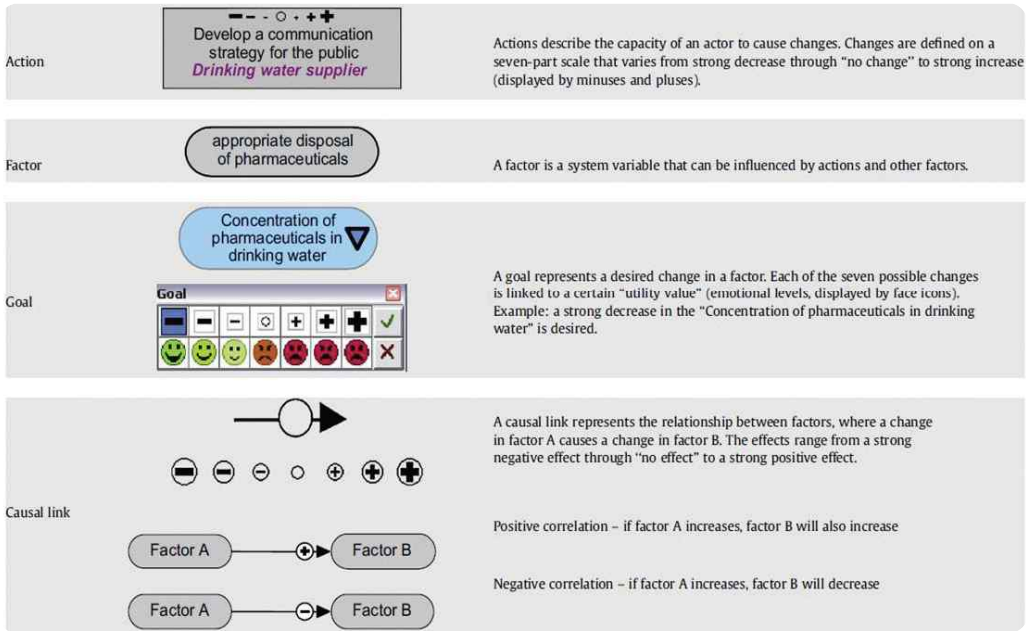
환경호르몬과 기능 및 유래가 유사한 화학물질로서 사람과 동물용 의약품류가 있으나, 수환경과 수도수로부터의 검출이 보고되어 새로운 환경오염물질로서 주목을 받고 있다. 의약품류는 저농도에서 특이적으로 작용하기 때문에 수생 생태계에 광범위하게 영향을 미칠 수 있다. 특히, 수환경중으로의 의약품류의 주요 배출원으로 지적되고 있는 하수처리장에서는, 최근 하수 재이용률이 증가함에 따라 하수 재이용수중에 잔류하는 의약품류로부터 기인될 수 있는 인체에의 리스크를 우려하고 있다. 이와 같은 환경중에 존재하는 의약품류에 의한 부작용을 미연에 방지하기 위해, 유럽 및 미국에서는 신약 개발시 포텐셜 리스크에 대해 평가하도록 하고 있으며, 캐나다와 일본에서도 이를 검토 중에 있다. 그러나, 물 순환 및 수도수중 의약품류의 존재농도의 저감을 목적으로 한 통합적 전략은 아직까지 개발된 적이 없다.

2. 수도수중의 의약품류에 대한 관리전략(독일)

독일에서는 수도수중의 의약품류 관리전략을 목표로 한 연구프로젝트 "start(<http://www.start-project.de>)"가 시작되었으며, 보다 실행가능하고 지속가능한 리스크 관리전략 수립을 위해 연구자 뿐만 아니라 제약회사, 의사, 약사, 정수 및 하수처리 관계자, 건강보험 관계자, 소비자 의회 및 공공단체 관계자 등이 이 프로젝트에 참여하였다. 이 프로젝트에서는 수도수중 의약품류의 문제에 대한 다양한 실제 actor 입장에서의 관점 뿐만 아니라 DANA(Dynamic Actor Network Analysis)라는 소프트웨어를 이용한 actor modelling을 개발하여, 물 순환과정 및 수도수중에서의 의약품류 존재농도를 최소화하는데 기여할 수 있는 통합적 리스크 관리전략을 제안하였다.

3. Actor modelling

DANA를 이용, semi-quantitative 방식으로 각 key actor들의 문제인식을 모델화 및 분석하였다 (DANA: 정책 분석자들이 특정 정책이슈에 대한 actor의 관점을 반영하여 분쟁해결 가능성을 검토하는 것을 지원하기 위해 개발된 프로그램).



기본적인 원리는 다양한 actor들이 특정문제를 다른 방식으로 인식한다는 것과, 있는 사실보다는 그들이 특정문제를 어떻게 인식하느냐를 토대로 행동한다는 것. 이와 같이 서로 다른 actor들의 각각의 문제인식에 기초한 접근법은 최적의 전략을 도출할 수 있게 해준다.

본 연구에서 각 actor들의 문제인식은 participatory model building과 인터뷰에 의해 유도한 다음, 인식 그래프로 모델화 되었다. 상기 그림(출처: Alexandra T, et al., 2009)은 DANA 인식 그래프의 구성요소를 보여주며, 이들을 이용하여 각 actor의 관점에서 모델분석을 행하였다. 모델분석 결과, 의약품의 처방, 치료 및 처분, 그리고 친환경 의약품의 개발을 목표로 하는 통합적 전략이 수도수중 의약품류의 농도저감에 가장 효과적인 것으로 나타났다. 그러나, 이들 actor들과는 달리, 제약업계는 친환경 의약품의 개발보다는 매우 활성이 높은 의약품류를 개발하는 등의 방법이 더 효과적이라고 생각하고 있음을 알 수 있었다. 정수 및 하수처리시설 관계자는 처리시설의 고도화에 대한 투자에 반대하는 것으로 나타났다.

한편, 본 연구에서는 actor modelling의 분석결과와 인식 그래프가 actor들간의 서로 다른 문제인식에 대해 원활하고 쉽게 의사소통하는 것을 지원한다는 점, 따라서 많은 사회적 actor들이 연관된 복잡한 분야를 대상으로 효과적인 통합적 리스크 관리전략을 제안하는데 있어서 이 actor modelling이 유용한 tool이 될 수 있음을 보여주었다.

■ 출처

Alexandra T, et al., Actor modelling and its contribution to the development of integrative strategies for management of pharmaceuticals in drinking water, Social Science & Medicine 68(2009) 672-681