

— 보고서 —

20세기 인류 최대 신화를 만든다-상하수도공학

— Report —

New Paradigm to Water History in 20C - Water and Wastewater Engineering

한 무 영*

Han, Mooyoung*

서울대학교 지구환경시스템공학부

1. 20세기의 가장 뛰어난 업적, 상하수도

21세기에 들어서서 세계의 과학자들은 인류의 위대한 업적 중 가장 중요한 것 20가지를 꼽은 적이 있다. 그 중에는 전기, 항공기, 자동차 등이 있는데 그 가운데 가장 두드러지게 보이는 것은 상하수도이다. 그 이유는 인간의 평균수명을 30~40년을 연장하는데 공헌하였기 때문이다. 이전에는 콜레라, 이질 등 불결한 환경에서 전파되는 수인성 전염병이 많아 사람들의 평균수명이 30~40세가 보통이었다. 그러나 상수도로 안전한 식수를 공급하고, 하수도로 주위의 위생상태를 청결하게 해줌으로서 병에 안 걸리게 하여 요즘은 80세 이상 사는 것은 보통이다. 의학, 약학 등은 아픈 사람의 병을 고쳐주어 오래 살 수 있게 해주지만, 상하수도는 사회 구성원 전체의 평균수명을 높이는데 기여를 하였기 때문에 받은 영예인 것이다.

그러나 실상은 상하수도가 1위가 될 수 있다. 왜냐하면 다른 것들은 없더라도 살아가는 데는 지장이 없지만, 만약 상하수도가 없으면 당장 일주일 이상을 생명을 유지하지 못하기 때문이다. 따라서 상하수도

공학자는 사회는 물론 그 사회에 사는 모든 사람들의 건강과 안전을 돌보아 준다.

2. 과거의 상하수도의 역할

사람이 살면서 반드시 필요한 것은 안전한 식수이다. 이때 생활하수가 필연적으로 발생한다. 따라서 고대의 유적 등에서는 이와 같은 상하수도 시스템의 흔적이 항상 발견된다. 사람이 모여 사는 도시를 건설할 때 가장 중요한 것은 안전한 물의 관리이다. 즉, 안전한 물을 공급하고, 발생하는 오물을 빨리 배제하도록 하는 것이다. 고대나 현대의 대부분의 도시가 강을 끼고 발생한 이유는 안전한 물의 공급과 하수의 배제 때문이다.

비가 많이 오는 지역에서는 빗물의 배제 또는 관리가 가장 중요한 일이다. 그렇지 않으면, 홍수가 모든 것을 쓸어가 버리든지, 물이 없어서 농사를 망치기 때문이다. 그래서 물관리는 언제나 최고 책임자의 몫이었다. 우리나라의 경우도 비가 안 오거나 기우제를 지내는 일이나 비가 너무 많이 올 때 기청제를 지내곤 하였는데, 국가나 지역의 가장 높은 사람이 담당한 것을 보면 그 비중이 얼마나 중요하였는지 알 수

*Corresponding author Tel: +82-2-880-8915, FAX: +82-2-885-7376, E-mail: myhan@snu.ac.kr (Han, M.Y.)

있다.

이렇듯 상하수도는 인류의 역사와 함께 존재하였으며, 앞으로도 계속 필요한 학문이 될 것이다.

3. 근대식 상하수도의 보급

사실 지금과 같은 상하수도 시스템이 도시전역에 보급된 것은 최근 100년의 일이다. 그전에는 서양에서도 런던의 템즈 강이나 파리의 세느강도 오물 투성이의 강이었다. 불결한 위생상태 때문에 수인성 전염병이 돌아 도시의 아주 많은 사람들이 병에 걸려 죽기도 하였다. 유럽의 유명한 궁전들조차 건물내에 화장실이 없었다. 당시 유럽에서는 아침에 2층에서 오물을 길거리에 버리는 것이 당연시 되어 골목이 오물로 뒤덮였고, 행인들은 더러운 오물을 피해 다니느라 굽이 높은 하이힐이 발명되었다고 하고, 냄새나는 것을 감추기 위하여 향수가 발달되었다고 한다. 이것을 보면 아주 형편없는 위생상태를 벗어난 것이 고작 100년 밖에 안 된 것을 알 수 있다.

이를 위하여 오물을 버리는 시스템을 도시에 보급하기 위해 고민을 많이 하였다. 모아서 수거하는 것이 좋은지, 아니면 물로 흘려보내는 것이 좋은지에 대해서이다. 많은 논란 끝에 물로 흘려보내자는 의견을 채택한 후 도로 밑에는 엄청난 하수관이 설치되기 시작하였다. 유럽에서 실시된 이러한 하수의 배제 방법이 미국, 일본 등을 거쳐 우리나라까지 공급된 것이다.

이와 같은 방법을 새롭게 채택하여 도시를 청결하게 유지해 온 덕택에 다른 분야에서는 도저히 할 수 없었던 과제인 인간의 평균수명은 30~40년 늘어나는 엄청난 효과를 달성하였다. 그러나, 이와 같은 방법에도 문제가 있다. 첫째는 그것은 이러한 시설을 건설하고 유지관리 하는 시간과 비용이 엄청나게 들며, 시설이 오래되어 망가지거나 할 때에는 수리비용 또한 많이 들어간다. 그 비용을 후손들이 감당할 수 없거나 자본이 적은 후진국에서는 이와 같은 근대식의 물관리 시스템을 무작정 따라서 하는 것은 엄청난 부담을 주게 된다. 두 번째는 그 사이 지구상의 인구가 5배 정도 늘었기 때문에 그만큼 하수발생량도 많아 졌다는 것이다. 그렇다면 이것은 지속가능한 방법이 아니라는 생각이 유럽을 중심으로 서서히 나타나

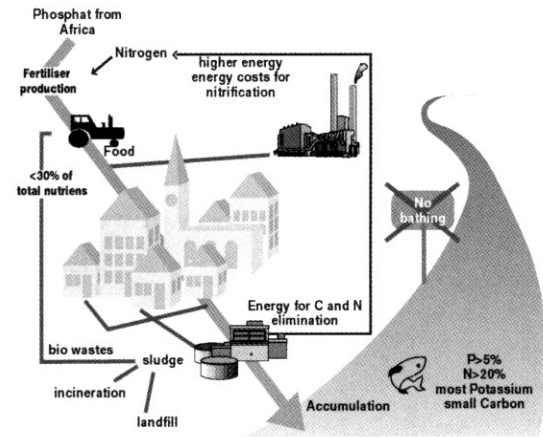


Fig. 1. 생태계의 자정능력을 초과하기 때문에 일어나는 지속 불가능한 하수관리방법

고 있다.

지속 가능하지 않다는 것은 자연생태계의 순환 과정을 보면 알 수 있다. 환경의 자연정화 능력을 초과하는 하수의 배출은 생태계에서 흡수할 수 없는 유기물질(탄소), 질소, 인 및 다른 오염물질들의 축적을 가져온다. 유기물질이 축적되면 산소 요구량이 높아져서 그 결과 바람직하지 못한 혐기성 상태가 된다. Fig. 1은 하천의 자연정화 능력을 초과하는 하수가 유입되는 경우의 지속 불가능한 하수 관리를 설명하고 있다.

하천의 부영양화를 일으키는 원인물질은 질소와 인이다. 하수중의 질소와 인은 사람들에 의해 소모되어진 음식물로부터 나오는 것이며, 음식을 재배하기 위해 질소와 인을 포함하는 비료가 필요하다. 이러한 비료들은 대기중의 질소와 인산 광석을 이용하여 화학적으로 제조된다. 이러한 물질들(질소와 인)의 흐름은 질소의 경우에는 대기로부터 하천으로, 인의 경우에는 인산 광석을 캐는 광산으로부터 하천으로 진행되는 일반적인 흐름이다. 이렇게 계속되면 자원(인을 함유하고 있는 암석)의 고갈과 하천에서의 축적 및 오염을 초래한다. 인산 광석의 매장량은 고갈될 것이며, 질소와 인에 의해 오염된 하천은 고도의 처리를 요구하게 되므로 이러한 실행은 장기적으로 지속 불가능할 것이다.

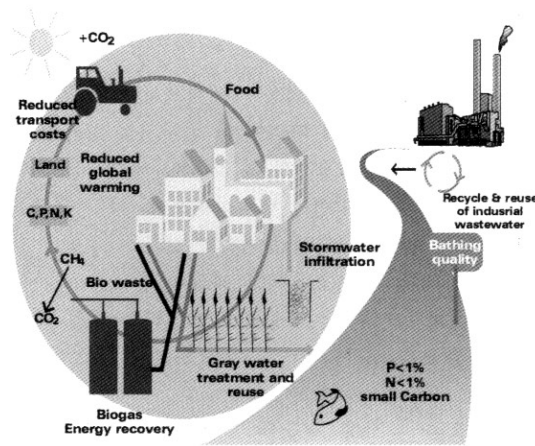


Fig. 2. 지역 단위의 질소와 인의 순환을 닫히게 하여 달성되는 지속가능한 하수의 관리방법

3. 1. 인류의 지속가능한 삶을 위한 상하수도

2000년 들어 UN에서는 새천년의 목표를 정하였다(MDG, Millenium Development Goal). 그것은 전 세계 60억 명 인구 중 안전한 상수도를 공급받지 못하는 인구가 10억 명, 그리고 위생적인 하수도시설이 공급되지 않은 인구가 22억 명인데, 2015년까지 그 수치를 절반으로 줄이자고 목표로 정한 것이다. 즉, 전 세계의 물공급을 받지 못하는 사람들을 위하여 상하수도 공학과 상하수도 인력이 필요하다는 것이다.

그런데 이들 인구의 대부분은 저개발국의 사람들로써 근대적 개념의 상하수도 시스템은 비싸거나 기술이 어렵다. 지금의 방법은 에너지를 많이 사용하고 고도의 기술을 필요로 하기 때문이다. 따라서 에너지를 적게 쓰고, 안전성이 확보된 새로운 패러다임의 물관리 방법이 필요한 것이다. 그런데 이러한 기술들은 마찬가지로 선진국에서 장래 반드시 필요한 기술이다. 선진국과 후진국을 막론하고 새로운 도전에 대한 새로운 패러다임의 물관리가 필요한 것이다.

4. 미래지향적의 현대식 상하수도의 필요성

그렇다면 지속가능한 새로운 패러다임의 상하수도 관리는 어떻게 해야 하는 것일까? 그것은 부분적으로 물질의 흐름을 순환시키는 것이다(Fig. 2). 하수에서 발생한 영양염류들을 하천에 버리기보다 음식물의 재배에 재이용하여 화학비료 사용량을 줄일 수 있고,

하천으로 방류되는 양을 줄일 수 있다. 이와 같이 자원의 고갈과 하천 오염의 문제는 물질을 순환시킴으로써 극복할 수 있다.

미래지향적인 현대식 상하수도의 개념을 위해서는 이와 같은 새로운 패러다임을 접목하고, 첨단기술인 IT(정보기술) 분야, BT(생명공학) 나 NT(나노기술 분야) 등을 접목하면 더욱 효율적이고 창의적인 물관리를 할 수 있다.

수천년 동안 인류가 살아오면서 사용하여 오던 상하수도 분야에 최근에 개발되는 첨단 분야를 접목하여 현대식의 미래지향적인 상하수도로 발전시키는 방법을 알아보자. 우리가 가정에서 가장 많은 물을 사용하는 곳은 화장실로서 생활용수의 50~60%를 차지한다. 이러한 화장실에서 사용하는 물을 절약할 수 있다면 공급해야 할 물의 양도 줄일 수 있으며, 처리해야 할 하수의 발생양도 줄일 수 있다. 그러면 물부족 문제나 하천수질오염 문제 등 많은 부분이 해결된다.

이때 첨단기술을 사용하여 개발된 것이 Dry Toilet 이나 Waterless Urinal(물을 사용하지 않는 소변기)이다. 비행기의 변기에서는 물을 아주 조금만 사용하는 것처럼 드라이 토일렛은 물을 전혀 사용하지 않고 오물을 모아서 처리하는 것이다. 모아진 오물은 첨단 BT를 이용하여 생물학적으로 처리하고, 그때 나오는 냄새등도 미생물을 이용하여 처리 할 수 있다.

특히 연꽃효과(Lotus Effect)라는 것을 이용한 표면 처리 기술을 이용하면 연꽃에 물방울이 맺혀서 그대로 굴러 떨어지는 것처럼 표면에 남지 않도록 하는 기술이 있다. 이것은 최첨단의 NT(Nano Technology)를 이용한 것이다. 다만 이와 같은 시설을 어느 건물하나에만 하는 것이 아니라 도시 전체에서 행한다고 생각하면 엄청난 첨단기술과 관리기술이 필요하다.

전 도시의 상하수도를 관리하는데는 IT 기술을 이용하여 실시간으로 감시제어하는 것이 필요하다. 물 관리에 IT를 이용한 것은 서울시가 전 세계를 선도하고 있다. 서울시에선 세계 최초로 물 관리의 다목적 전략을 선보이고 있다. 이것은 "홍수방지와 물절약을 위한 빗물저류조 설치 및 원격 감시 제어"에 관한 정책이 실행되고 있는 것이다.

사실 도심지역에 발생하는 홍수나 침수에 대해 멀

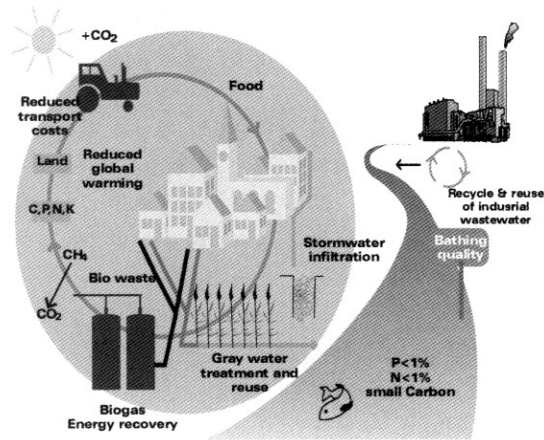


Fig. 2. 지역 단위의 질소와 인의 순환을 닫히게 하여 달성되는 지속가능한 하수의 관리방법

리 있는 댐은 전혀 도움을 주지 못한다. 댐이 아무리 크더라도, 물을 비워둬야 그 다음에 오는 홍수에 대비할 수 있다. 반면 도심지역에 수많은 작은 저류조를 만들어두고 IT를 이용해 감시하고 관리하면 댐의 기능을 충분히 할 수 있다. 비가 온 다음 모인 물은 화장실 용수나 조경 용수로 사용해 물 절약 및 시민들의 친환경적인 욕구를 채워줄 수 있다. 여름에 더울 땀 그물을 도로나 지붕에 뿌려주면 냉방비를 줄일 수 있다. 각 건물에 설치한 빗물저류조야 말로 물 관

리의 멀티플레이어로 시민의 생명과 재산을 지켜준다.

서울시의 이 같은 전략은 세계적으로 기후 변화에 홍수를 겪을 나라들이 따라야 할 선구자적 방안이다. 이미 UNEP(유엔환경계획)와 WMO(세계기상기구)는 서울시의 이런 방안을 벤치마킹하고, 이런 전략을 전 세계에 전파하기 위해 준비하고 있다.

또한 시민들과의 효율적인 대화나 홍보를 통하여 시민들에게 안전한 물을 공급하고 있다는 것을 확신시키고 협조를 구하는 방법도 필요하다.

5. 새로운 도전에 새로운 패러다임의 물관리

새로운 패러다임의 상하수도가 필요한 이유가 또 있다. 그것은 기후변화이다. 영화 투머로우를 보면 전 세계적인 기후이상현상은 매우 빠르게 다가오는 것을 알 수 있다. 현재 우리나라는 물론 전 세계에서 홍수와 가뭄 등 물난리를 겪고 있으며 앞으로는 더욱 더 심각해질 전망이다. 어떤 지역은 가뭄으로 인하여 상수도 수원의 수량이 부족하여 상수도를 공급하지 못하게 될 수도 있다. 또한 홍수로 인하여 기존의 빗물배제시설의 용량이 부족하여 침수나 홍수가 발생할 수도 있다. 이럴 경우에는 빗물을 잘 관리하는 방법이 필요하게 된다.

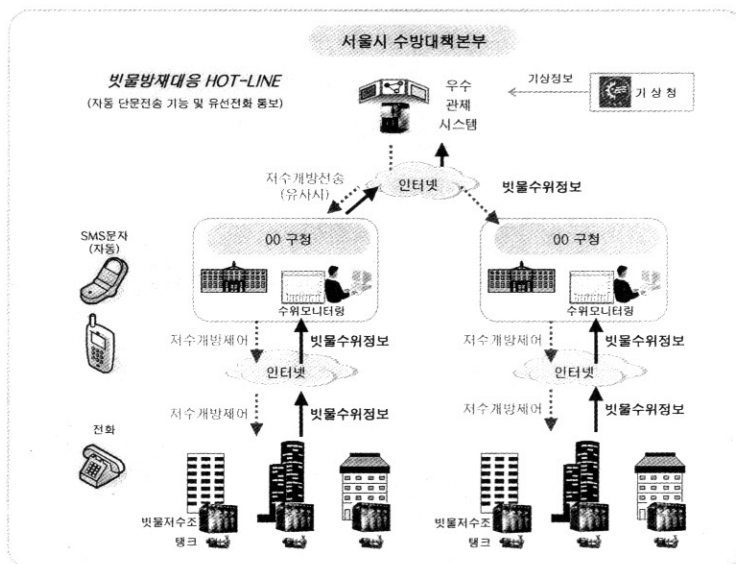


Fig. 3. 서울시의 빗물저류조 설치 및 원격모니터링 방안

예를 들면 유럽의 어느 나라를 보면 길거리 바로 옆에 지하실이 만들어져 식당이나 주거공간으로 사용되고 있다. 역사상 한번도 이것이 넘친 적이 없었기 때문에 이러한 문화가 발달된 것이다. 그런데 기후변화 때문에 이것이 넘치게 되면 엄청난 혼란을 가지고 온다. 이러한 것이 유럽지역에는 현실로 나타나고 있다. 도시 곳곳에서 침수피해를 보고 있으며, 그 빈도는 점점 더 많아지고 있다. 이럴 경우, 빗물을 잘 관리하면 홍수를 미연에 방지할 수 있다.

또 한 가지 도전은 상하수도시설의 노후화이다. 이에 대한 대비도 서둘러야 한다. 서서히 노후화되는 상하수도 시설물들은 언젠가는 우리 후손에게 커다란 경제적 또는 사회적 부담으로 작용하게 될지도 모른다. 이런 것을 미연에 방지하면서 지속가능한 삶을 누리도록 하는 것 모두가 상하수도공학자의 몫이다. 사회 전체의 인명과 재산을 보호해줄 사회의 필수적인 인력이 되는 것이다.

기존의 근대식의 상하수도에서는 발생 당시 전염병을 예방하고, 위생상태를 좋게 하여 건강한 도시를 꾸미는 것을 목표로 하였다. 그러나 현대식의 상하수도에서는 기후변화에 대비하고, 지속가능성을 지향하는 새로운 패러다임의 합리적인 물관리 시스템을 필요로 한다.

6. 우리 선조들의 지혜와 철학을 바탕으로 첨단 기술을 도입하면 우리가 최고

앞으로 에너지 절약, 기후변화 등 전 세계적인 여러 가지 도전에 대하여 지속가능하게 살기 위해 새로운 패러다임의 물관리가 필요하다. 이를 위하여 벤치마킹을 하여야 할 나라는 어디일까? 그것은 다름 아닌 5000년을 우리나라를 금수강산으로 지켜온 우리의 조상이다.

여러 가지 예를 들 수 있다. 우리의 조상들은 자연을 사랑하고 더불어 살아가고, 항상 겸손한 마음을 가지는 철학과 습관을 형성하고 과학적인 마인드를 이용하여 창의적인 물관리를 하여 왔다. 기후변화에 대비하기 위하여 최고 책임자인 임금님이 손수 세계 최초로 측우기와 수표를 만들어 관측을 하고 기록에

남기는 등 과학적인 빗물의 관리를 해왔다.

홍수와 가뭄이 드는 것을 방지하기 위하여 지역 곳곳에 소규모 저수지와 댐을 축조하여 두었다. 이것은 집중형의 대형 관리시스템 대신, 분산형 빗물관리 시스템을 사용하여 지속가능한 물관리를 한 것이다. 호미로 막을 것을 가래로 막지 말라는 이야기는 홍수방지를 위하여 나온 속담이다.

수질관리에 대해서도 일가견이 있다. 하천에 오수를 누면, 감자고추가 된다고 하는 속담이나, 하천에서 기저귀를 빨지 못하게 하는 것들은 모두 하천의 수질관리에 관한 일가견을 보여주는 속담이다. 최근에 하천에서 환경호르몬이 발생하여 문제시하는 것을 대비한 하천수질관리의 가장 중요한 방법이다. 오수를 별도로 통에 모아서 비료로 사용하는 방법(Fig. 4. 오줌장군의 사진)은 바로 물질순환형 하수처리방법의 시초이다. 최근 들어 선진국에서 하수관리의 새로운 패러다임으로 등장하고 있는 분노분리형 화장실은 우리가 전통적으로 관리해오던 오줌장군의 개념을 현대식으로 개조한 것이다.

여기에 우리나라는 국가 성장동력으로 집중육성하는 과학기술이 있다. IT, BT, NT, ET 등이 그것이다. 여기서 개발된 기술을 상하수도에 접목시키면 세계최고가 될 수 있다는 것이 서울시의 IT를 이용한 빗물관리 사례에서 잘 나타난다.

단 하루가 없어도 살아가기 힘든 상하수도, 그 혜택을 전 세계에 보급하고자 하는 목표를 향하여 지속가능한 노력을 하여야 할 물 관리 분야! 우리 조상들의 철학과 전통에 최신의 첨단 기술을 접목시키면 앞으로 전 세계적으로 발생할 물 문제를 우리의 젊은이들이 주도적으로 헤쳐 나갈 수 있을 것이다.

근대식 상하수도는 유럽에서 20세기 초부터 시작하여 인류의 수명을 30~40년을 연장시켜 주었다. 21세기에 들어서는 기후변화에 대비하고 인류의 지속가능한 발전을 위하여 현대식 상하수도의 개발이 필요하다. 현대식 상하수도는 우리 민족이 5000년간 금수강산을 지켜온 철학을 바탕으로, 첨단 기술을 이용하여 우리나라의 젊은이들이 주도하여 인류의 미래가 지속가능하도록 하는데 기여하도록 하여야 할 것이다.