

물-에너지 넥서스



홍준희 ●●●
 가천대학교 에너지IT융합학과 교수
 hongpa@gachon.ac.kr

1. 서론

인류문명은 이제 근본적인 문제를 맞이하고 있다. 인구 증가. 2050년에 이르면 지구상에는 90억 명의

인류가 살아야 할 것이다. 이들은 거의 모두가 잘 살고 싶어 할 것이다. 어떻게 사는 것이 잘 사는 것인지에 대해서는 시대마다 다른 방식으로 표현될 것이나, 적어도 거의 모두가 풍족한 삶을 누릴 것이다.

2050년 세계인구 중 78억이 현재 OECD의 12억 명처럼 소비한다면 10년간 필요한 자원은 지난 100년간 소비한 양 보다 많아야 한다. 자원과 지식, 자본 등 모든 면에서 2050년의 인류는 상상을 초월하는 삶을 살아야 한다. 좋거나 아주 나쁘거나. 물과 에너지는 이런 상황을 가장 먼저 직면할 대표 분야들이다.

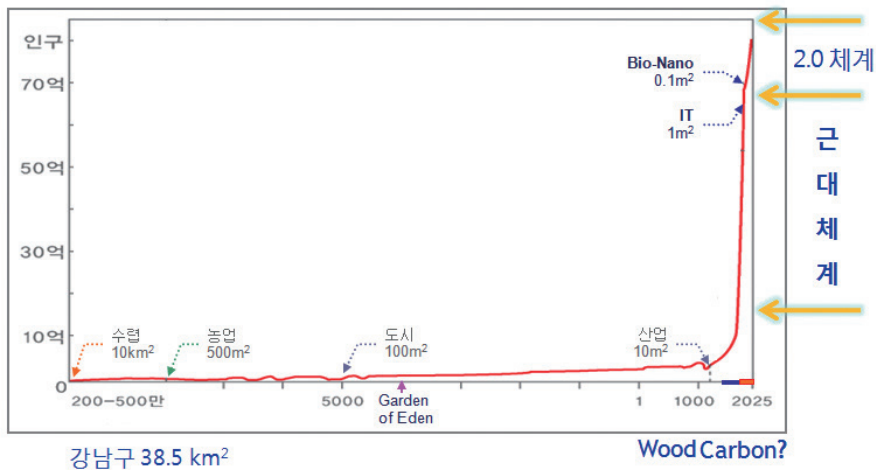


그림 1. 인구의 증가, 자본의 증가, 그리고 에너지소비량의 증가

2. 물과 에너지 문제, 스마트워터그리드

2050년의 90억 인류에게 물과 에너지를 차질 없이 공급하는 것이야말로 향후 30년을 이끌 진정한

소명이다. 이는 인류의 생존에 대한 것이므로 정치, 경제, 사회의 모든 부문과 입장을 망라하여 견고하고 거대한 가치를 가진다. 향후 25년간 필요한 인프라 설비 시장만도 3.5경원(\$31.6T)에 이를 것이다.

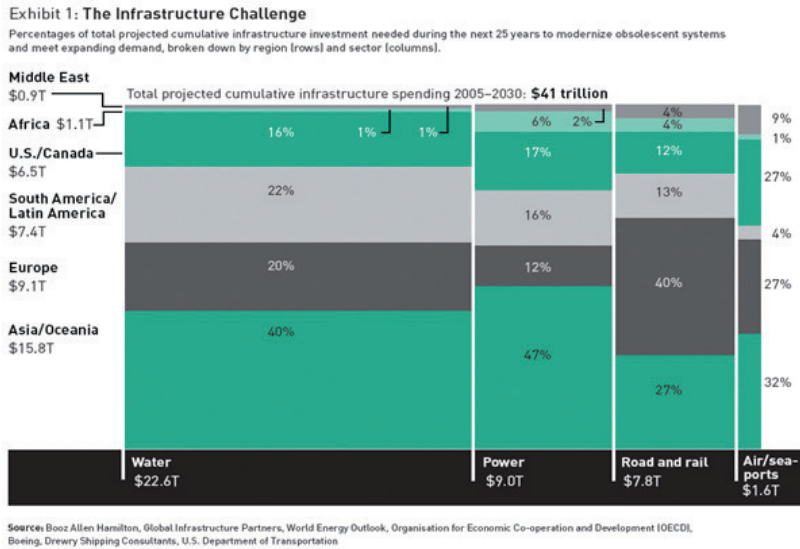


그림 2. 세계 도시 인프라 투자 소요 규모: 물과 전력 분야에 \$31.6T(약 3.5경원)의 인프라 투자가 예상된다.

글로벌 경제에서는 에너지 부문이 먼저 반응하고 시장기회를 제안하였다. 2005년 이후 최근까지 에너지 부문에서 시작된 기후변화 대응과 녹색성장이 라는 주제가 그것이다. 에너지의 생산 및 소비, 이들 양 부문을 연결하는 거래 플랫폼 등 모든 주요한 부문에서 다양한 논의가 있었고, 그 결과 역사상 드물게 나타날 정도의 정책과 투자, 실행이 진행되고

있다. 혁신적인 기술과 제품, 서비스가 새롭게 나타났고, 그에 따른 시장기회가 만들어지며 구체화되고 있다. 승자와 패자가 있고, 미시적인 등락이 계속 반복될 것이지만 이제 이러한 동향은 거스를 수 없는 대세가 되었다. 그리고 최소한 향후 30년은 꾸준히 지속될 것이다.

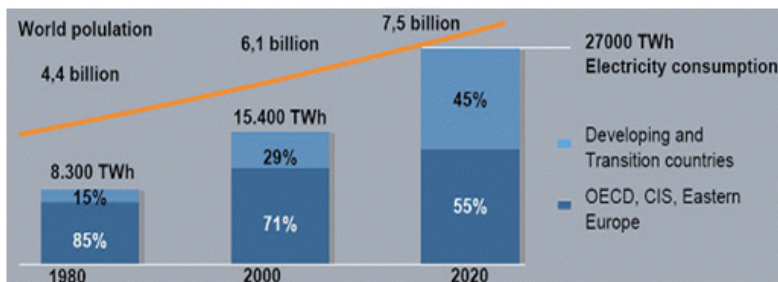


그림 3. 에너지 분야 중 스마트그리드(지능형전력망)의 성장추정: 인구증가에 따라 에너지 부문은 지난 40년간 3배 이상의 성장이 있었고 이 추세는 지속될 것이다.

물 부문도 시작되었다. 물의 본성은 보다 심층적이기에 관성에 의하여 늦은 듯 발현하고 있지만, 대신 훨씬 거대한 흐름으로 오래 지속할 것이다. 표면 에 드러나 모두에게 알려진 물 문제는 다음과 같다.

가. 물의 문제는 공급부문

현재 세계인구의 18%인 11억 명이 물이 부족한 지

역에 산다. 더구나 인구 증가에 비해 물 사용량은 1.6배 빠르게 증가하고 있다. 2025년에는 세계 취수량이 30% 증가함에도 세계인구의 20%인 27억 명이 심각한 물 부족에 직면할 것이다. (UNESCO) 이것이 물 문제를 기존의 방식을 개선하여 점진적으로 개선하는 방식으로 해결할 수 없다는 증거일 것이다. 피할 수 없는 선택으로서 인류는 물 체계의 근본을 새롭게 설계하고 구현해야 한다.

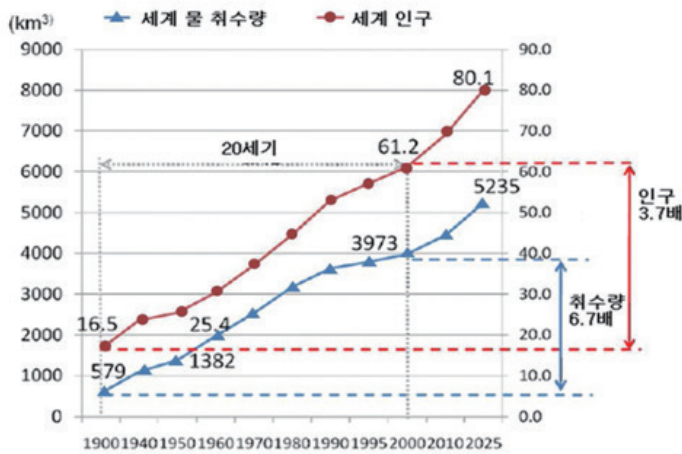


그림 4. 세계인구와 취수량 추이(인구는 3.7배, 취수량은 6.7배 증가, UNESCO 2007)

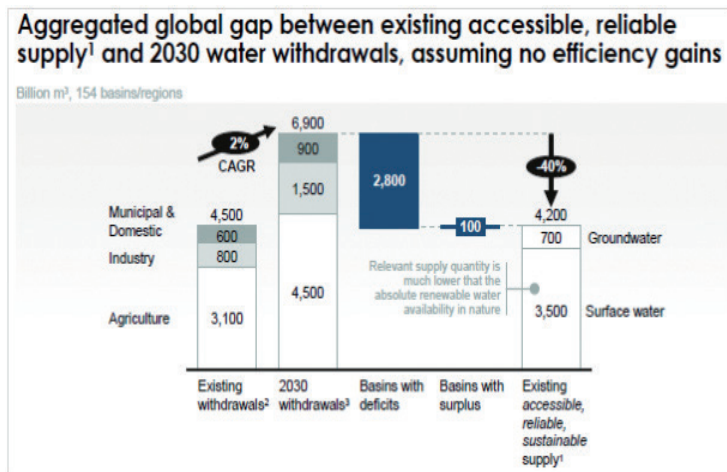


그림 5. '30년의 세계 물 현황, '10년의 1.5배인 6.9조톤이 필요한데, 41%인 2.8조톤이 부족할 것이다. (Source: Water 2030 Global Water Supply and Demand Model)

문제의 본질은 지구물의 총량은 14억 km³라서 충분한 듯싶지만, 이 중 97.5%가 바닷물이라 마실 수 없다는 것이다. 나머지의 1.76%는 빙하나 만년설이고 지하수가 0.8%, 하천 호수는 0.01%도 채 못 된다. 이 0.01%도 확실한 보장이 없다.

공급의 간헐성(Intermittence)도 문제다. 언제 어디에 얼마나 공급될지 모른다. 신화라는 역사에서 젓줄로 표현된 만년설에 변화가 생겨서, 기후변화로 마르거나 부족해진 물 때문에 수백 년 이상 번성했던 문명이 급격히 소멸될 경우를 생각해 보면 물 공급의 간헐성 문제는 인류 생존의 문제였고, 이를 해결하기 위한 인프라로서 수많은 댐과 저수지, 광역 수송체계 등이 만들어진 것이다.

그럼에도 인구의 증가와 도시화는 공급의 간헐성

위험을 증폭한다. 그래서 지하수를 이용하게 되었다. 지하수는 수백-수천 년의 시간이 만들어내는 물이다. 가히 화석연료(fossil energy)에 비교하여 화석수(fossil water)라 부를 만하다. 석유와 석탄이 지구의 역사가 오랜 기간 고순도로 농축시킨 에너지원인 것처럼 지하수도 지구가 오랜 기간 순수하게 농축시킨 수자원이다. 더구나 양도 많아서 0.8%나 된다.(석유와 석탄도 이전의 주요 에너지원이었던 나무와 비교하여 엄청난 양이다.) 물론 이를 모두 쉽게 이용할 수 있는 것은 아니지만, 지하수 자원에 의존하는 성공사례들이 근대 산업시대 이후에 얼마나 많았던가? 그러므로 지하수 이용체계는 근대 수 체계 설계의 중요한 주제였다.

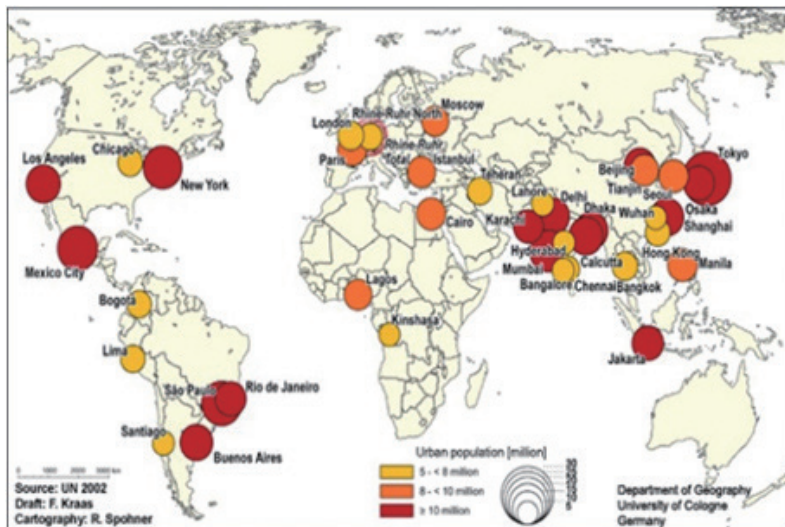


그림 6. 세계 도시화 전망: 상당수의 메가시티는 물이 부족한 지역에서 성장할 것이다.

그러나 화석수로는 지속가능할 수가 없다. 오염되거나 지표의 사막화를 부른다.

산업혁명 이래로 지표수와 지하수 모두 수많은 유기물, 신종 화합물, 알려지지 않은 위험요소들로 오염되거나 위협받고 있다. 깨끗하지 않으며 안전하지도 않다. 그 결과 실질적인 공급량이 충분하지

않다. 총량으로서가 아니라 미시적으로는 심각하게 부족하다.

나. 워터그리드

워터그리드는 물을 생산하고 공급하며 사용 후

처리하는 일련의 과정을 위한 프로세스이자 관련 시설이다. 근대 이래의 워터그리드는 대규모의 중앙집중식 처리를 기본으로 하여 정수장에서 수돗물을 생산한 후 상수관망을 통하여 각 가정에 공급한다. 사용하고 난 후의 하수는 하수처리장에서 처리한 후 수계로 방류된다. 이 과정에는 필연 전기의 힘을 활용하는 기계화와 대형화를 통하여 수처리의 효율을 높이고 물 생산의 단가를 낮추며 안전한 수질의 물을 생산하고 처리한다.

다. 물의 비전, 스마트워터그리드

지난 2세기 동안 물 분야의 근본적인 혁신이 없었다. 이제는 때가 되어 세계의 대부분에서 물 시스템 혁신의 필요를 인식하고 투자를 확대 중이다.

우선, 선진국의 물 시스템은 너무 오래되고 낡았다. 런던의 상하수도관은 100년 전에 묻은 것이다. 하루 87만 톤이 새고 있다. 하여 영국은 2015년까지 128조 원의 예산을 상하수도 현대화에 투자해야만 한다. 향후 20년 이내에 미국과 유럽 선진국 수도망의 75% 이상을 교체해야 한다.

개발도상국은 물 시스템이 없거나 매우 부족하여 신축하거나 확장해야하는 상황이다. 깨끗한 물로부터 시작하는 기본보전체계조차 없는 인도의 경우 물은 국가 현안이다.

2006년 중국의 도시 중 66%가 물이 부족하고, 주요 수역의 54%는 먹는 물로 부적합한데, 먹는 물의 64%는 이미 심각한 오염상태다.

중국의 미래를 결정하는 것은 자원이나 에너지가 아닌 물일 것이다. 해서 연해의 16개 도시에 2020년까지 10조 원 규모의 해수담수화 플랜트 구축사업을 추진 중이다. 베이징도 해수담수화 물을 사용할 계획이다. 2015년까지 \$85B(6,000억 위안)의 투자가 집행되고 있다.

이와 같이 물 부문에 도래한 기회는 방대하며, 동시에 직면한 도전은 무섭다. 현재 물 인프라 구조를 변화 없이 유지하는 것은 미래의 경제 기반, 블루 이

코노미에 근본적으로 부적합하다. (블루 이코노미는 초고효율(Ultra-high efficiency)의 에너지 및 물 체계를 전제로 만들어지는 경제체계를 말한다. 그런 보다 더 그린(greener than green)하다는 의미에서 블루이다.)

그러므로 직면한 도전을 만족시키기 위해 현재의 워터그리드 시스템과 산업 구조는 2030년까지 적극적인 공공부문과 민간부문의 협조적인 노력을 통해 혁신되고, 새로운 기회와 성장을 창출해야만 한다. 물 문제를 위한 특단의 정책과 혁신기제가 논의되고 있으며, 그 결과로 전폭적인 투자와 집행이 예정되어 있다. 미래 블루 이코노미를 지탱하는 토대로서 기능하는 물 시스템인 스마트워터그리드는 물 부문의 비전이자 미션이다.

3. 블루 이코노미의 큰 틀 물-에너지 넥서스 (Water-Energy Nexus)

물을 생산하는데 에너지가 필요하며, 에너지의 생산을 위해서 물이 필요하다. 상하수도 산업분야에 전세계 전력의 7%를 사용하고 있고 캘리포니아의 경우 전체 전력의 19%, 미국 전체의 경우 발전분야에 사용하기 위하여 취수되는 물의 양은 전체 취수량의 39%가 사용되고 있다. 또한 대체수자원을 확보하여 활용하는데 더 많은 에너지가 필요하며, 원자력이나 바이오에탄올과 같은 대체에너지를 활용하는데 더 많은 물이 필요하다.

이제는 물과 에너지의 연관성을 고려한 통합적인 관리방식인 Water-Energy Nexus가 필요하다. 물과 에너지의 통합 관리를 위해 스마트 전력그리드와 스마트 워터그리드를 통합하면 에너지와 물의 생산과 사용에 대해서 양방향 실시간 관리에 의한 효율 향상이 가능하다. 이와 같은 물-에너지 넥서스는 크게 6개의 핵심 주제로 구현될 것이다.

1) 에너지 생산과 발전, 그리고 소비단말에서의 물

효율 최적화

- 2) 스마트워터그리드의 운영 관리, 수처리, 배수와 물 소비에서의 에너지 효율 향상
- 3) 물-에너지 체계의 신뢰도를 강화하고 재난상황에서의 회복탄력성 확보
- 4) 비전통 수자원의 경제적 이용과 안전성 향상
- 5) 수질, 에코시스템 그리고 엄청난 변동에 대해서도 에너지 체계 운영의 안정성 강화
- 6) 물-에너지 통합 시스템의 생산적 시너지 효과 창출

이제 국가단위 혹은 각 지역단위에 시공간적으로 분포된 물-에너지의 모든 것을 통합된 하나의 틀에서 관리할 수 있는 체계를 구축해야 한다. 분산체계에 의하여 광역을 포괄하도록 물과 에너지에 대한 모든 정보를 관리해야 하며, 이를 생산과 소비의 양방향 모두에 원활하게 제공해야 한다. 이는 정보의 원활한 통합을 위한 하기 위한 기반이 될 것이다. 아울러 물과 에너지 정보의 통합을 위한 표준과 플랫폼 체계를 구축하여야 한다.



1. Julian L. Wong, Food-Energy-Water Nexus: An integrated approach to understanding China's resource challenges, www.water-energy-food.org, 25 Aug. 2014
2. 정기문, Albert Wicaksono, 강두선, Water-Energy-Food Nexus 기술이란?, 물과 미래 Vol. 48 No. 4, 2015.4.
3. U.S. DOE, The Water-Energy Nexus: Challenges and Opportunities, June 2014