

## Virtual water(가상수, 仮想水):

### 현상과 과제

전문연구위원 이치웅

#### 1. 서언

- 인구 700만이 못되는 요르단에서 자연 수를 순환 반복해서 이용 가능한 수자원량(수자원 부존량)은 연간 약  $1\text{km}^3$ 로서 1인당으로 환산하면  $150\text{m}^3/\text{인}/\text{년}$  정도밖에 되지 않는다. 일본의 경우 나라 전체로 약  $400\text{km}^3/\text{년}$ , 1인당으로 환산하면  $3,300\text{m}^3/\text{인}/\text{년}$ 으로 요르단의 수자원 부존량은 일본의 1/20 이하가 된다.
- 수자원 부존량은 비나 눈으로 오는 강수에서 증발하거나 없어진 물의 양을 차감한 양으로 산정한다. 강으로 흘러가는 물을 저장하거나 취수하는 시설이 불충분하면 바다로 그대로 흘러가고, 수자원으로 이용하기에는 수질이 너무 악화되면 수자원이 풍부해도 실제로 이용되는 물의 양은 수자원 부존량 보다 적다. 일본의 경우에는 20% 정도밖에 이용되지 못한다.
- 1인당 수자원 부존량이 적은 나라에서는 취수량이 수자원 보존량을 상회하는 것은 진기한 일이 아니다. 관개용의 농업용수, 수도 공급용의 생활용수 그리고 공업용수 중 반복 또는 순환이용 가능한 것을 에너지를 투입하여 수질을 정화하면 겉보기 취수량은 부존량을 상회할 수 있다.
- 사람이 생활하기 위해서는 어느 정도의 수자원이 필요한지 그리고 마실 수 없는 Virtual Water는 어떤 개념인지 알아보고 Virtual Water 개념을 사용하여 세계적인 물 문제와 일본에 살고 있는 사람과의 연결되는 내용을 소개한다.

## 2. 생활하는데 필요한 물의 양

- ☐ 사람 1인이 하루 생활하는데 필요한 물은 얼마나 될까? 많은 사람들은 먼저 마시는 물을 떠올린다. 일본의 상수도는 세계적으로 우수한 수질을 가지고 있지만 포함될 가능성이 있는 미량 성분이 건강이나 장기적으로 미칠 영향을 고려하여 정수기나 병 생수를 마시는 사람이 있다.
- ☐ 상수도 요금은 평균 150엔/ $m^3$ 이지만 병입 물은 2리터에 200엔 정도로 10만엔/ $m^3$ 가 된다
- ☐ 용변이나 땀, 호흡에 포함된 수증기 등 몸에서 배출되는 수분량으로 산정한 인간 1인 1일 당 필요한 수분은 2~3 리터 정도이다. 그러나 음식물에 포함된 수분이나 음식물의 분해(대사) 시에 생기는 수분 총량이 약 1리터/일 정도이다. 따라서 액체로 마시는 수분은 대략 2리터/일이고, 연간으로는  $1m^3$ 가 되지 않는다.
- ☐ 수도수 이용량은 일본인 평균으로 1인 1일에 약 320 리터가 된다. 이중 가정에서 이용량은 250리터/일 정도로서 목욕, 화장실, 취사 및 세탁이 각각 1/4을 점유하고 20리터 정도가 세수나 이 닦는데 사용된다. 학교나 회사, 병원, 백화점, 극장 등 가정 외에서 사용하는 것을 합해서 320 리터/인/일로서 연간 약  $120m^3$ 가 된다. 사람들은 마시는 물의 약 100배 정도를 몸 주변의 세척에 사용하는 것이다. 음용수는 나라에 따라 큰 차이는 없으나 생활용수는 나라에 따라 차이가 많다. 세계 평균은 174리터/인/일로서 일본의 반이며 태국, 중국은 60리터/인/일, 미국은 500리터/인/일, 호주는 1000리터/인/일 이상을 사용한다.

## 3. 식량 생산에 필요한 물

- ☐ 사람이 섭취하는 식량을 생산하는데 다량의 수자원이 투입된다. 일본이나 세계 평균 모두 수자원 취수량의 약 70% 정도가 농업용수이며, 재이용되지 않는 실질 수자원 소비량은 세계 평균이 90%가 관개용이다. 일본은 국민 한 사람당  $500m^3$ /년 정도를 사용한다. 생활용수의 4배, 음용수의 500배의 물을 식량 생산에 사용하는 것이다. 또한 공업용수에

한 사람 당 약  $110\text{m}^3$ 를 사용하므로 생활용수 농업용수를 합하면 약  $750\text{m}^3/\text{인}$  정도의 물이 매년 사용된다.

- 일본인의 삶을 지탱하는 수자원은 상기한 양이 전부일까? 그렇지 않다. 일본의 식량 자급률은 칼로리 기준으로 40% 정도로서, 다량의 식량을 수입하고 있다. 즉 일본은 식량생산에 필요한 수자원의 상당한 부분을 해외에 의존하고 국내 수자원을 사용하지 않고 있는 것이다. 이와 같이 수자원의 관점에서 식량수입을 Virtual Water(가상수)의 수입이라고 이름을 붙인 사람은 런던대학의 Tony Allan 교수이었다. 그는 1인당 수자원 부존량이 절대적으로 부족한 중, 근동에서 예상한 만큼 물을 확보하려는 싸움이 격화되지 않는 요인으로서 그 나라들이 식량을 수입하고 있기 때문이라고 분석하고 있다.
- 식량 생산에 투입되는 수자원은 소맥 1kg 생산에 약 1000배 무게인  $1\text{m}^3$ 가 필요한 것으로 보고 있다. 그러나 정량적인 산정은 실시한 적이 없음으로 구체적으로 추정해 보았다.

#### 4. 곡물의 Virtual Water

- 쌀이나 소맥 등의 생산에 필요한 수자원량은 기본적으로 단위 면적당 투입하는 수자원량과 단위 면적당 수확량에서 구할 수 있다. 그러나 투입되는 수자원량이나 수확량은 해마다 그리고 나라나 지역에 따라서도 크게 차이가 난다.
- 수자원 추정 시에 쌀은 매일 15mm, 다른 농작물은 4mm/일의 물이 생육에 필요한 것으로 가정하였다. 물이 충분히 있는지 여부는 수확량과 밀접한 상관이 있으며 상이한 농작물의 종류, 나라나 지역의 농업 기술 차이에 따라서도 수확량은 크게 달라진다.
- 이러한 고려사항을 기초로 하여 주요 곡물에 대한 단위 무게의 식량제품을 생산하는데 필요한 물의 양, 수(水) 소비 단위를 산정하였다. 즉 곡물은 가식부의 2000~3000배 무게의 수자원을 투입하여 생산되고 있다. 쌀은 현미의 Virtual Water( $3300\text{m}^3/\text{톤}$ )보다 정미후의 정백미의 Virtual Water( $3600\text{m}^3/\text{톤}$ )가 물 소비 원단위가 높게 나왔다. 소맥의

Virtual Water( $2000\text{m}^3/\text{톤}$ )는 종래 추정된 수치보다 정확히 2배가 되었다.

- 생산국에서 실제로 사용된 수자원은 Real Water라고 하고 무역에 의해 소비국에 보내져서 Virtual Water가 된다고 생각할 수 있다. 여기서는 식료를 만드는데 필요한 양=Virtual Water라고 하는 관례에 따른다.

## 5. 야채 혹은 과실의 Virtual Water

- 야채에 대해서도 곡물과 같이 수 소비원단위를 산정하였다. 그러나 야채의 경우에는 하루 필요 투입수량을  $4\text{mm}/\text{일}$ 로 고정하지 않고 밭의 관개용수의 단위용수량 자료에 준해 노지재배와 하우스재배로 구분하고 계절을 고려하여 물 소비 원단위를 산출하였다. 평균치를 보면 배추, 토마토, 피망 등이  $100\text{m}^3/\text{톤}$  이하로 낮고 무, 당근, 양파 등은  $150\sim 200\text{m}^3/\text{톤}$ 이고 땅콩 등은  $2000\text{m}^3/\text{톤}$  이상으로 추정되었다.
- 야채는 곡물보다 수 소비원단위가 작으며 동일 작물에서도 하우스재배가 노지재배보다 수자원을 더 많이 필요로 한다.
- 과실은 나무가 연간 증발하는 양을 주된 산지의 대표치로 하고, 결과수면적과 수확량 데이터를 사용하여 추정하였다. 사과, 배, 파인애플 등은  $400\text{m}^3/\text{톤}$ , 감과 포도는  $700\text{m}^3/\text{톤}$  그리고 밤은  $7000\text{m}^3/\text{톤}$ 이라는 결과가 나왔다.

## 6. 축산제품의 Virtual Water

- 일본에서는 약 300만 톤의 식육이 생산된다. 축산용수로 연간  $0.5\text{ km}^3$ 가 사용되므로 식육의 수 소비원단위는 평균  $170\text{m}^3/\text{톤}$ 이 된다. 그러나 기축의 음용이나 세정용수만이 아니고 가축이 먹는 사료의 생산에 투입하는 수량이나 축산 용수도 감안하였다.
- 소고기  $1\text{kg}$ 을 얻으려면  $7\text{kg}$ 의 곡물이 필요하고 가식부에 대해서는  $11\text{kg}$ 이 필요하다. 소고기의 수 소비원단위는 정육일 경우  $21000\text{m}^3/\text{톤}$

이 된다.

## 7. 일본이 수입하는 Virtual Water

- 일본이 수입하는 곡물 5품목, 축산 제품 4 품목의 총량을 수 소비 원단위로 곱하여 Virtual Water(가상 투입수)를 계산하면 600억 $m^3$ /톤 이상이 되어 일본 국내의 농업용수량에 필적하는 양이 된다. Virtual Water의 수입량을 한 사람 당으로 환산하면 약 500 $m^3$ /년이 되며, 국내 수자원 사용량 750 $m^3$ /년과 합하면 1250 $m^3$ /년이 된다. 일본인은 음식물을 포함하여 살아가는데 필요한 수자원의 약 반을 해외의 수자원에 의존하고 있는 것이다.

## 8. 가공식품의 Virtual Water

- 가공식품은 원료에 투입된 수자원량에 가공 시에 투입된 공업용수량을 추가하여 수 소비원단위를 산정한다. 공업용수는 공장 내의 물 재이용 비율이 높기 때문에 담수 사용량에서 회수량을 공제한 담수 보급량을 사용 수량으로 하였다. 가공식품의 무게 당 사용수량 통계가 정비되어 있지 않기 때문에 출하금액 당 담수 보급량과 단위 중량 당 출하액에서 실제로 계산하였다.
- 설탕은 평균 1400 $m^3$ /톤, 식물유 중 옥수수유는 600 $m^3$ /톤, 녹차는 6000 $m^3$ /톤, 맥주는 250 $m^3$ /톤, 빵은 1600 $m^3$ /톤 이라는 수치가 나온다. 어느 경우에도 축산제품과 같이 제조과정에 사용되는 물의 양은 원재료에 투입된 수 자원량의 몇 %밖에 되지 않는다. 여기에 전기나 가스 등의 에너지와 수송이나 포장 등의 간접적인 물 소비는 포함되지 않았다.

## 9. 결론

- 산정방법에 이론이 있지만 일본이 수입하는 Virtual Water의 총량은 국별로는 세계 제1위임에는 틀림없다. 일본에서 살고 있는 사람들은 식품이 어느 곳의 수자원으로 제조되었는지 생각해 보아야 할 것이다.

- 세계의 물 위기에 대한 보도가 있을 경우 마실 물만을 떠올리지 말고 음용수의 수십 배의 생활용수 그리고 생활용수의 수백에서 수천 배의 수자원이 생산에 필요하다는 것을 생각해야 한다.
- 지구 온난화에 대비하여 인간생활의 모든 활동이 이산화탄소 배출에 미치는 영향을 데이터베이스로 구축하는 것과 같이, 인간 활동이 어느 정도의 수자원 투입으로 성립되는지 명확하게 할 필요가 있다.
- Virtual Water는 수자원에 미치는 영향만을 정량화한 것으로 생산 활동이 환경에 미치는 양상이나 식품무역에 수반되는 여러 가지 불이익에 대해서는 고려되지 않았다. Virtual Water의 개념만을 이용해서 무역의 정당성 여부를 판단하지 말고 다각적 평가의 일부로 검토해야 한다.
- 일본은 물이 부족한 것 보다는 토지가 부족해서 Virtual Water를 수입하는 면이 크다. 이것에 대응하여 Virtual Land라는 개념도 있다. 다른 나라의 어느 정도 크기의 경지면적에 생활을 의존하고 있는지 추정하는 것이다.
- 일본은 대량의 식량 수입을 통하여 세계의 물 문제와 연계되어 있으므로, 세계 규모의 수 순환 및 변동을 감시하고 예측하는데 더욱 주의를 기울여야 한다.

## ◁ 전문가 제언 ▷

- 세계 각지에서 물을 둘러싼 문제가 발생되고 있으며 금후 2050년경에는 90억으로 인구가 증가할 것으로 예상됨에 따라, 세계 인구를 부양하는데 필요한 식량 그리고 식량을 생산하기 위한 물을 확보하는 문제가 세계적인 관심이 되고 있다.
- Virtual Water(仮想水)는 간접수라고도 부른다. 동일한 물건을 자국 내에서 생산하면 어느 정도의 물이 필요할 것인가를 나타낸다. 물이 부족한 중동에서 물 전쟁이 예상외로 적은 사실은 오일 머니와 교환하여 식료품으로서 도입되는 물로 부족분을 충당한다는 사실에 주목하여 90년대 초에 영국 런던대학의 토니 알란 교수가 제안한 개념이다.
- 일본의 총합지구환경연구소와 동경대 조교수로 근무하는 Taikan OKI씨 그룹은 일본에서 곡물이나 육류를 생산하는데 관개용수, 우수 등을 포함해 어느 정도의 물이 필요한지를 각 품목별로 시산하였다. 그 결과 곡물은 제품 중량의 약 2천배, 정육은 돈육인 경우 약 6천배, 쇠고기 정육은 약 20000배가 들어간다. 간단히 말해서 소고기 100g 생산에 2톤의 물이 필요한 것으로 나타났다.
- 일본은 전체 식량의 반 이상을 수입에 의존함에 따라 일본이 소요하는 물의 반 이상을 타국의 Virtual Water에 의존하게 된다. 이 경우 Virtual Water를 수출하는 나라에 물에 여유가 있는지 의문시며, 국민이 기아선상에 있으면서 식량을 판매하는 기아 수출을 하는 나라가 있을 수 있다. 돈이 있는 곳으로 식량 형태로 물을 유출하여 일부 개발도상국은 물 부족이 늘어날 위험이 있다고 일부 학자는 주장한다.
- 식량의 무역을 Virtual Water의 이동으로 파악하여 세계의 물 문제에 접근하려는 시도가 본 논문의 의도로 보인다. 2003년 일본에서 개최된 제3차 World Water Forum의 특별 session에서 이 문제에 대한 논의가 있었다. 유사한 식량 수입국인 한국에서도 관심을 가지고 Virtual Water 개념으로 국내와 세계의 물 문제에 접근하는 방법을 검토할 필요가 있을 것으로 본다.