



가상수에서 물발자국까지(2/2)

(From virtual water, to water footprint)



이 성 희 |
한국농어촌공사 농어촌연구원
sain@ekr.or.kr



김 영 득 |
한국농어촌공사 농어촌연구원
youngkim@ekr.or.kr



윤 동 균 |
한국농어촌공사 농어촌연구원
ydkibm@ekr.or.kr

표 13. 쌀 1톤의 가상수(물발자국) 연구결과 비교

연구자	한국 쌀 1톤 산출자료	적용기준	비 고
Chapagain & Hoekstra(2004)	1,301m ³	1997~2001 한국의 1개 축후소자료 적용	
유승환 외 (2009)	1,600m ³	2003~2007 한국의 68개 축후소자료 적용	Chapagain & Hoekstra(2004) 대비 생육기간이 길고 더 많은 축후소자료 적용
Chapagain & Hoekstra(2010)	828m ³ (Green 232, Blue 253, Gray 55)	2000~2004 한국의 3개 축후소 자료 적용	유승환(2009) 대비 침투량 제외됨
신상민(2011)	1,488m ³ (Green 853, Blue 635)		

산정한 한국의 농산물 가상수와 이후 국내(유승환 외, 신상민)에서 산정한 가상수간에 차이가 있는데, 이는 기상자료, 영농조건, 관개배수조건에 대한 고려 사항이 달라짐으로 해서 발생한 것으로 공장같이 닫혀진 공간에서 생산되는 공산품과 달리 농산물의 경우 외부환경변수로 인한 영향이 크다는 것을 나타내 준다.¹⁾ 따라서 가상수 산정에 있어서의 명확한 기준, 조건을 전제로 한 상호비교, 분석검토가 필요하다.

둘째, 농산물 가상수는 필요수량(Crop Water Requirement) 산정모형을 통해 계산하고 여기에 생산량, 단위면적당 생산량 등을 고려하여 산정한다. 이는 농산물의 실제공급량을 실측하기 어렵기 때문에, 필요수량과 실제 공급량과의 차이가 존재한다는

〈 2012. 7월호(Vol.45 No.7)에 이어서 〉

4. 가상수(물발자국)의 한계와 발전방안

4.1 가상수(물발자국) 산정 및 적용에 있어서의 유의점

□ 농산물 가상수 산정의 한계

첫째, Chapagain & Hoekstra(2004, 2010)가

1) 한국 쌀 1톤 생산에 따른 가상수 산정값이 Chapagain & Hoekstra(2004, 2010)와 유승환 외(2009)이 다른 사유에 대하여 유승환(2012.4)에게 청문한 내용임

표 14. 농산물 가상수 적용산식

<ul style="list-style-type: none"> • $VWC = \frac{CMU}{Production} = \frac{CWR}{Yield}$ - VWC(Virtual water content) : 작물 1톤 생산을 위해 사용된 물의 양(m³/ton) - CWU(Crop water use) : 작물 생산을 위해 연간 사용되는 물의 양(m³/yr) - production : 한 해 동안의 생산된 작물 생산량(ton/yr) • $CWU = CWR \times \frac{Production}{Yield}$ - CWR(crop water requirement) : 필지 단위에서 작물 필요수량(m³/ha 또는 mm) - Yield : 단위 면적당 작물의 생산량(ton/ha)
--

것을 의미한다.

유승환 외(2009)은 1991~2007년까지 한국의 가상수를 산정하였고, 5개년(2003~2007)의 작물별 가상수량을 산정하여 평균값을 구하였는데, 그 결과 벼(조곡)는 1600.1m³로 나타났다. 아울러, 연간 농산물(곡물, 채소, 과일 등)의 가상수량은 1994년 169억 m³, 2001년 165억m³인 반면, 2003년에는 136억m³으로 분석되었다.²⁾

여기에서 가상수가 높게 나타난 2001년은 가뭄이 심했던 해이고, 바로 이듬해인 2002~2003년은 홍수가 많이 들었던 해였다. 통상 가상수가 높게 나오려면 표 14와 같이 필요수량(CWR)이 많던지, 단위생산량(Yield)이 적게 나오던지 해야한다. 그러나 2001년은 단위생산량이 516kg/10a(정곡기준)으로³⁾ 가장 높게 나왔던 해이므로, 높은 단위생산량(Yield)에도 불구하고 가상수가 많게 왔다는 것은 결국 작물 필요수량(CWR)이 크게 나왔다는 것을 보여주는 결과이다.

2001년은 가뭄이 심했던 해로서, 가뭄으로 인해 필요수량(CWR)이 높게 나왔다 하더라도 실제 공급

가능한 양이 존재하였다면 필요수량(CWR) 만큼 공급되어 높은 가상수량을 나타냈겠지만, 실제 공급가능했던 수량은 매우 적었던 해였으므로 필요수량과 실제 공급량의 차이가 크게 발생하게 된다. 이는 가상수가 실제 농산물 생산에 사용된 양과는 차이가 있다는 것을 의미하고, 비록 건조지대에서 필요수량이 높게 산정될 지라도 실제 물사용량은 작을 수 밖에 없다는 것을 보여주는 결과라고 할 수 있다.

□ 가상수 적용시 수자원 대체(물절약) 효과고려

가상수의 개념과 산정방법의 적용시 현재는 수출국가에서 수출품 생산에 사용된 가상수를 기준으로 하고 있지만, 수입국가 관점에서 재화의 수입을 통해 발생하는 가상수가 어떤 의미가 있는지 수입국 입장에서 접근이 필요하다.

일본 JIID(농업종합연구소)에서는 가상수의 개념을 “물이 부족한 건조지역의 국가가 외국에서 수입하는 농산물을 자국에서 생산할 때 필요한 수량”으로 한정해서 봐야 한다고 하였다.⁴⁾ 이것은 농산물(가상수) 수입을 통하여 수입국가에 얼마만큼의 수자원 확보효과(수자원 대체효과)가 있는가를 알기 위해서는 가상수를 산정할 때 수출국의 가상수가 얼마이나(수출하는 타국에서 생산에 사용된 수량)가 아니라 수입국의 가상수가 얼마이나(수입하는 국가에서 생산에 필요한 양)가 중요하다는 것이다.

이상현 외(2010)는 한국이 2005~2009년 동안 커피 순수입(92천톤/년)을 통한 가상수 순수입량은 생산국 기준으로 1,006백만m³/년이지만, 커피 수입을 통해 우리나라에서 절약되는 물의 양을 분석하기 위해서는 우리나라에서 커피의 단위 가상수량(세계평균 값 17,373m³/ton 적용)을 기준으로 재산정하여 그 결과 1,601백만m³/년으로 추정한다.⁵⁾

2) 유승환 외, 한국의 농산물 가상수 산정, 한국수자원학회논문집 제 42권 제 11호, 2009.11, pp914~915

3) 농림수산식품부, 2011년 농림수산물 주요통계 p268, 1999~06년동안 01년 516kg이 가장 크고, 03년 441kg으로 가장 적었음.

4) 일본 JIID, 2002, 수토의 지를 말하다(1권) p375, 한국농어촌공사 농어촌연구원 번역, 가상수의 개념을 확대해석할 경우 발생할 수 있는 모순을 우려함.

5) 이상현 외, 커피무역을 통한 한국의 가상수 흐름분석, 한국관개배수논문집 제17권 제1호 p62~73

표 15와 같이 A국이 AAA농산물을 B국에서 사용 수량이 많은 농산물을 수입할 경우, 가상수 수입에 따른 대체효과가 발생하는 수량(1천m³)을 가상수 수입량으로 보아야 한다. 만약 A국의 지형과 기후의 영향으로 생산이 불가능한 혹은 생산할 계획이 없는 CCC농산물의 경우 “수자원 대체효과”가 없으므로 가상수 수입 효과는 없다고 할 수 있다. 반면, BBB농산물의 경우에는 A국이 물의 효율적 이용측면에서 BBB농산물을 B국으로부터 수입함으로써 2천m³의 수자원 대체효과가 있으므로 매우 이상적인 가상수 수입이라고 할 수 있다.

다만, 여기에서 기본 전제는 수입하는 농산물을 전부 국내에서 재배할 수 있다고 가정이고 이때 수자원 대체(물절약) 효과가 발생하게 되는 것이다. 만약 기상(기후) 조건, 토양조건, 경작지 부족으로 인하여 재배가 불가능 할 경우 국내 생산을 가정한 수자원 대체효과가 없기 때문이다. 실제로 위에서 분석한 커피의 경우, 한국에서는 생산하지 않으므로 필요수량 자체가 존재하지 않아, 전 세계 평균값인 17,373m³/ton을 적용하여 산정하였다.

표 15. 수자원 대체(물절약) 효과로 본 가상수 개념

농산물	A國	B國	A國이 B國의 농산물을 수입할 경우 전환가능한 용수
AAA	1,000m ³	2,000m ³	1,000m ³ (B국에서 사용된 가상수량은 의미없음)
BBB	2,000m ³	1,000m ³	2,000m ³
CCC	생산불가(계획없음)	1,000m ³	전환가능수량 없음 (A국에서 생산이 불가하므로 대체효과 없음)

□ 가상수(물발자국) 적용시 문제점

가상수(물발자국) 산정에 방법론과 정책적인 활용방안에 대한 다양한 의견이 있지만, 근본적으로 많은 우려의 목소리가 있다. 그 중 중요한 몇 가지를 언급하면,

첫째, 가상수 개념을 적용하여 “식량수입 = 물수

입”으로 잘못 인식하여 식량수입이 각 나라의 농업부문에 미치는 영향을 간과 할 수 있다는 점이다.⁶⁾ 사회, 경제, 환경적인 측면이 고려되지 않고 단순히 가상수의 물이용 측면만을 고려하여 경우 “농산품 수입은 가상수를 수입해 오는 것이므로 좋다”는 인식을 심어줄 수 있다. 또한, 외국에서 생산되는 제품의 물발자국이 국내보다 적을 경우 효율성 관점에서 “수입하는 게 좋다”는 인식을 줄 수도 있다. 이는 농업용수가 가지는 편익 즉 공익적(다원적) 기능 등은 무시되고, 비용적 측면만을 강조하는 것으로 농업의 순기능을 간과하는 것에 대한 우려가 있다.

둘째, 가상수 수입을 통해 절약된 물을 실제로 다른 용도로 재배분해서 사용할 수 있는지에 대한 문제가 있다. 1998년 앨런이 가상수의 이론을 도입할 당시만 해도, 한 나라에서 농산품 생산에 1m³을 사용된다고 할 때, 재화를 자국에서 생산하지 않고 외국에서 수입하면 1m³을 수입한 효과가 발생하고 절약된 1m³을 타 용도로 전환할 수 있다는 논리였다. 그러나 수질 측면(농업용수 : 수질등급 IV등급), 공급방식(농업용수 : 개수로/내리흐림식), 공급시기(농업용수 : 4~9월 집중)의 문제 등으로 인하여 농업용수로 절약된 물을 타 용도로 전환하는 것은 쉬운 문제가 아니다. 왜냐하면 용도전환을 위해서는 용도에 맞는 수질확보와 시설을 위한 추가비용이 발생하기 때문이다.

셋째, 가상수 이론에 기초한 논리의 비약에 관한 사항이다. 한국의 경우 쌀을 제외한 옥수수, 콩 등 농산물 수입과 축산품 수입이 많아 세계 5위의 가상수 수입국(순수입 320억m³)으로 분석되었다고 해서, 우리나라를 물 부족국가로 분류하고 “물 부족 해결을 위한 수자원 개발이 필요하다”는 논리로 접근하는 것은 “가상수 수입을 통하여 물 문제를 해결한다”는 당초의 가상수 이론과 상충되는 모순에 빠지게 된다. 또한 FTA체결에 따른 교역량 증가와 가상수의 연관성에 대한 연구와 김재준 외(2011)에 의하면 한중일

6) 고재경 외, 2009, 가상수 개념과 물관리 정책, 물정책경제, p55

3국간의 FTA체결로 인하여 농산물의 수입이 증대되어 우리나라의 가상수 수입량이 증가되는 것으로 나타났다.⁷⁾ 그러나, 생산품의 가격결정과 거래에 있어서 물이 여러 가지 투입요소중의 하나이지만 농산물 수출에 결정요인이 아니라는 점이다. 예를 들어 국내에서 가상수 순수입량(320억m³)의 물이 추가로 확보된다고 하더라도 옥수수, 밀을 생산할 수 있는 여건(토지 등)이 되지 않아, 수입량이 줄어들지 않을 것이기 때문이다.

4.2 가상수(물발자국) 적용 및 발전방안

□ 동일 수계(유역)에서의 물발자국 적용

물발자국의 상호비교는 탄소발자국의 경우 이산화탄소 배출에 따른 지구온난화로 인하여 특정 국가의 이산화탄소 발생이 해당국가를 포함하여 전 지구적으로 문제가 발생하므로 탄소발자국 산정을 통한 국가간 규제가 성립될 수 있다. 따라서, 물발자국은 해당 국가에 한정될 경우 국가간 영향을 미치지 힘들고, 다만 동일 유역(수계)에서 공동으로 수자원을 이용하는 국가(지역)에 한하여 영향을 줄 것이다.

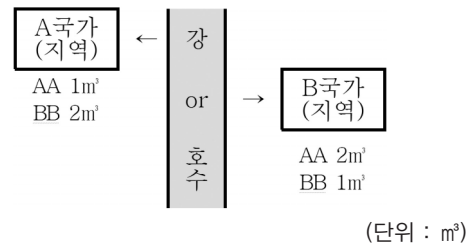
A국가가 효율적인 물 사용으로(물발자국이 낮음) 물을 절약하였다면, B국가가 사용할 수 있는 가용수 자원이 늘어 날 수 있다. 따라서, 물발자국은 국가간 물사용 효율을 가늠하는 지표로 물발자국이 높은 경우 관세부과, 물발자국 성적표시에 따른 소비자의 선택권 보장을 가능케 할 수 있을 것으로 예상된다. 예를 들어 유럽의 라인강, 아프리카의 나일강이 이러한 국가에 해당할 것이고, 한국의 한강, 낙동강이 적용 가능한 지역중 하나이다.

또한, AA라는 농산품을 B국가에서 2m³, A국가에서 1m³을 사용할 경우, A국가에서 B국가로부터 AA를 수입하게 되면 수입국가 기준으로 1m³ 가상수 수입효과(수자원 대체효과)가 발생한다. 그러나, 수계

전체로 볼 때 A국에서 AA농산품 1개, B국에서 AA농산품 1개, 총 2개를 생산하는데 3m³의 물이 사용될 것인데, B국에서 A국으로 AA농산품 1개를 수입함으로써 A국에서는 AA농산품을 2개 생산을 해야하므로 전체적으로 2m³을 사용하게 되어 1m³의 절약 효과가 발생한다.

반면, BB농산품은 B국가에서 1m³, A국가에서 2m³을 사용할 경우, A국가에서 B국가로부터 BB를 수입하게 되면 수입국가 기준으로 2m³ 가상수 수입효과(수자원 대체효과)가 발생한다. 그러나, 수계 전체로 볼 때 A국에서 BB농산품 1개, B국에서 BB농산품 1개, 총 2개를 생산하는데 3m³의 물이 사용될 것인데, A국에서 BB농산품 1개를 수입함으로써 A국에서는 BB농산품을 2개 생산을 해야하므로 전체적으로 4m³을 사용하게 되어 1m³의 낭비가 발생한다.

따라서, 동일 수계에서 공동의 수자원을 활용하는 경우에는 동일 농산품이지만 단위당 물 사용량이 적은 농산품을 수입하여 사용하는 것이 물의 효율적 이용측면에서 양 국가간에 이익이 된다고 할 수 있다.



(단위 : m³)

구분	수입전			수입후(B→A)			증감 ①-②
	A	B	계①	A	B	계②	
AA	1	2	3	2	-	2	감 1(절약)
BB	2	1	3	4	-	4	증 1(낭비)

그림 4. 동일 수계(유역)에서의 물 발자국 적용개념

□ 개념의 확장성

가상수(물발자국)은 아직 초기 연구단계이므로 연구와 적용측면에서 무한한 발전가능성이 있다. 이러

7) 김재준 외, 2011, 가상수 거래개념을 활용한 물관리정책의 필요성(한중일 3국간 FTA를 중심으로), 한국수자원학회 Vol 44, No 1, p103~110

한 측면에서 새롭게 접근해 볼 수 있는 개념을 제안하면

첫째, 농산물의 필요수량을 기준으로 산정된 이론 가상수와 실제 공급량을 기준으로 산정된 실제 가상수의 비율을 가지고 “유효 가상수(effective virtual water)” 개념을 도입할 수 있다. 농업분야 물관리 관련 연구에서 특정 지구단위에서 실제 공급량 자료가 있으므로 이를 바탕으로 실제 가상수와 해당 지역의 필요수량으로 이론 가상수를 산정하여 유효율을 산정할 수 있다. 유효 가상수는 발자국을 남길 때 신발의 크기와 실제 발 크기가 다르다는 비유로 이해할 수 있다. 필요수량(신발크기) 보다 실제 공급량(발크기)이 적으면 외형적으로는 발자국이 큰 것으로 보여질 것이고, 반대로 필요수량 보다 실제 공급량이 많은 경우에는 신발 크기보다 발이 크면 발이 아픈 것처럼 물 부족에 따른 스트레스(압박)이 크게 작용하게 될 것이다.

둘째, 물발자국에서는 발자국의 크기(양적)와 발자국의 깊이(질적)를 중요한 분석대상으로 보고 있다. 이는 발자국으로 인한 영향평가, 지속가능성 평가에 해당되는데, 산정된 물발자국이 수질, 수자원 고갈 등 측면에서 얼마나 영향을 주는지 평가할 때 의미있는 수치가 된다. 따라서 물발자국에 대한 영향평가의 실시가 반드시 이루어져야 한다. 여기에 새로운 개념을 추가하면, 발자국을 내딛는 땅이 메마른 경우(건조지역)와 수분이 있는 경우(습윤지역)가 다르다. 이는 건조지역과 습윤지역에서의 물발자국의 차이점을 “지역의 습윤정도”에 따른 새로운 개념으로 정립할 수 있을 것이라고 본다.

셋째, 물발자국의 또 다른 개념으로서, 발자국을 내딛어서 나타나는 영향은 어느 순간 원위치로 돌아오게 되고 이를 “복원력”이라는 측면에서 접근할 수 있다. 예를 들어 물발자국에 대한 영향(부정적인) 큰 지역이라 하더라도, 강수량의 많고 적음, 유출율의 높고 낮음, 저수지와 같은 저류능력의 많고 적음에

따라 복원력이 좋을 경우 물발자국에 대한 영향은 제한적이 될 것이다.

넷째, 가상수(물발자국) 산정시 자국내에서 사용한 내적 물발자국의 경우에는 당해연도 기준으로 농업용수, 생공업용수 사용량을 반영하지만, 외적 물발자국에서 수입을 고려한 경우에는 수입국가에서 당해연도 이전에 생산된(농산물, 공산품 등) 재화가 수입되는 것이므로 “가상수 산정에 있어 시차”가 존재하게 되므로 이에 대한 논의도 필요할 것이다.

마지막으로, 간접수와 직접수 산정의 접근방법은 예를 들어 쌀 생산에 이용되는 것은 “농업용수”뿐이라는 상식에서 “농업용수(직접수)”와 “타 용수(간접수)”의 결합상품이라는 새로운 개념을 탄생시켰다. 따라서, 농업용수, 생공업용수의 수질, 가격 등이 각각 상이하므로 이러한 인자들간의 가중치 적용 등 다양한 물 이용지표 개발이 가능할 것이다.

□ 정책적 활용전망

농업분야에서 있어서 정책도구로서 가상수와 물발자국의 활용은 국가·지역내 효율적 물이용 대안을 찾는 도구로 유용하게 사용될 수 있을 것으로 예상된다. 가까운 예로 스페인은 가상수와 물발자국을 수자원의 효과적인 이용과 분배의 도구로서 활용하고 있는데, 물의 경제적 생산성(Water economic productivity, Euro/m³)를 현재 물이용패턴과 이용가능한 패턴을 비교함으로써 효율적 물이용 대안을 찾는 도구로 활용하고 있다. 스페인의 사례연구결과, 곡물은 가상수량이 많은 반면 낮은 경제적 가치는 낮다. 채소의 경우 가장 수익을 많이 내는 작물이면서 물사용 강도가 높고 화학비료의 사용량 또한 많다는 것을 알 수 있고, 포도의 경우 물소비량이 적지만, 경제적 가치가 높아 이러한 작물은 효율적인 물사용과 경제 자원 배분에 중요한 역할을 한다고 결과를 제시하고 있다 (Garrido et al., 2008)⁸⁾.

8) Garrido, A., M.R. Llama, C. Varela-Ortega, P. Novo, R.R. Casado, M.M. Aldaya, 2008, WATER FOOTPRINT AND VIRTUAL WATER TRADE: POLICY IMPLICATIONS, In Proc. Seminar for the external evaluation of the preliminary results, Madrid, Spain

Chapagain & Hoekstra(2008)는 가상수(물발자국)가 물이 풍족한 국가가 물집약적인 재화를 수출하고 물이 부족한 국가는 이를 국내에서 생산하는 대신 수입함으로써 물이용의 효율성을 높일 수 있다고 보았다. 또한 물 생산성이 높은 국가에서 물 생산성이 낮은 국가로 제품의 교역이 이루어지면 가상수 교역은 실제로 물을 절약하는데 기여할 수 있다고 하였다.

물발자국은 물 의존도, 물 자립도, 물 부족도 등 가상수 및 물발자국과 관련된 지표를 물 절약과 수요관리를 위한 정책 모니터링 수단으로 활용할 수 있으며, 물발자국에 영향을 미치는 요인을 분석하여 물이용의 효율을 높이기 위한 정책 대안 도출도 가능하다. 또한, 정부, 개인, 기업으로 확장하여 정부관료, 기업, 소비자들의 물 절약을 유도하는 교육, 홍보, 기술개발 자료로 활용할 수 있다.

우리나라 수자원장기종합계획(2011~2020)에서는 물 수요전망에서 공식적으로 물발자국을 적용하지는 않았지만, 한국의 물수입률 62%, 자급률을 38%로 보았고, 국제적인 식량 및 에너지 정책의 흐름에 따라 국내 자급을 위해서는 현 수준 사용량의 1.4배에 해당하는 물의 양이 더 필요하다고 보고 있다.⁹⁾

한편 ISO에서 물발자국산정에 대한 표준화작업을 진행하고 있고, 국내에서도 환경부를 중심으로 몇몇 제품에 대한 시범적용 검토 등 이에 대한 발빠른 준비가 진행중에 있으므로 이와 관련하여 향후 물발자국에 대한 인증제도를 통한 국내외적 규범화가 이루어질 것으로 보인다. 더 나아가 “시장주도의 수자원관리”라는 개념에서 민간분야로 확대하여 환경영향평가, 기업의 비즈니스 컨설팅에도 활용될 것으로 예상된다.

생산자 입장(기업)에서는 생산하는데 얼마의 물이 드는지, 환경에 미치는 영향은 없는지, 기업입장에서는 생산원가 또는 마케팅과 관련된 중요한 요인이 될 것이다. 또한 사용자, 소비자(국민) 입장에서는 농산

물, 공산품(가전제품 등)에 대하여 물이 얼마나 절약되는지, 물 사용효율이 얼마나 좋은 제품인지, 탄소인증제처럼 물발자국 인증제를 했을 때 물소비가 적은 제품을 선택할 수 있는 기준을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

□ 도약을 위하여

가상수(물발자국)의 발전적인 연구와 활용을 위해서는 다음과 같이 제언한다.

첫째, 국가, 재화(물품) 생산에 사용되는 물이용량을 산정하고, 이를 통하여 효율적인 물 이용을 촉진하고 유도할 수 있는 지표로 활용될 수 있어야 한다. 이를 위해서는 가상수(물발자국)의 분석 기법에 대한 학술적인 접근방법도 필요하지만, 물발자국을 큰 틀에서 어떻게 활용할 것인가에 대해 다양한 이해관계자 예를 들어 생산자, 소비자, 정부, 기업 등이 함께 활용방안에 대해 심도 있는 논의가 선행되어야 한다. 또한 물발자국을 산정하기 위한 기초데이터 구축에 있어서도 국내기준이 아닌 국제기준, 현재 진행되고 있는 국제표준화작업에서 도출된 조건들을 충족시킬 수 있고, 지속가능성 평가까지 고려해서 개발되어야 명실상부하게 국제적인 수자원 지표로서 활용가능 할 것으로 판단된다.

둘째, 물 사용량 DB를 분야별(농식품부-농업, 국토부-공업 등) 개별적으로 산정하기 보다는 국가단위에서 통합적인 구축이 필요하고, 구축된 자료가 수자원장기종합계획과도 연계되도록 DB를 구축할 필요가 있다. 산정기관 및 연구자간의 상이한 산정방식의 적용으로 일관성이 부족한 국가 DB가 구축될 경우 자칫 혼란을 가중시킬 우려가 있다. 따라서 수자원장기종합계획 수립시 부터 농식품부는 농축수산물, 국토부는 공산품 등에 대한 DB구축에 필요한 통계자료를 조사하여 DB를 구축하여 일반 연구자(기관), 업체(민간)에 제공과 지속적인 DB의 업데이트가 필요하다.

9) 국토해양부, 2012, 수자원장기종합계획(2010~2020) p82

마지막으로, 가상수(물발자국) 연구와 관련된 중앙 부처, 연구기관간 협의체 구성이 시급하다. 현재 각 중앙부서, 연구기관별로 추진하고 있는 연구성과를 집대성하고, 우리나라 가상수(물발자국) 산정을 위한 표준모델개발과 산정기법, 기초 DB 제공 등이 되어야 한다.

5. 결론

1998년 앨런교수가 제시하여 시작된 가상수는 Chapagain & Hoekstra(2002, 2004)를 거쳐 물발자국으로 진화하였고, 가상수(물발자국)에 대한 우려와 한계점에도 불구하고 향후 WFN(water footprint network)와 ISO 14046(물발자국)을 통하여 국제적인 기준으로 자리매김될 것으로 보인다. 이에

표 16. 가상수 및 물발자국의 연구발전 연혁

연도	내용	연구자	발표논문(자료)
1998	학술지 논문에 가상수의 이론 처음발표	Allan	Virtual water ; A strategic resource global solution to regional deficits(Ground water 36(4) p545-546)
2002	농산품의 가상수(물발자국) 산정 - 95~99년 자료를 근거로 210개국의 38개 농산품 분석 - 국가별 가상수 최초 산정 (가상수 수출입 포함)	Hoekstra Hung	Virtual water trade A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade(UNESCO-IHE report No11)
2003	농산품에 축산품을 추가하여 가상수(물발자국) 산정 - 95~99년 자료를 근거로 173개국의 129개 축산품 분석 - 38개 농산품 포함하여 국가별 가상수 산정(수출입 포함)	Chapagain Hoekstra	Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products (UNESCO-IHE report No13)
2004	농산품, 축산품에 공산품까지 추가하여 가상수(물발자국) 산정 - 97~01년 자료를 근거로 200개국의 285개 농산품 123개 축산품, 공산품 분석 - 국가별 가상수 산정(수출입 포함) - 내적, 외적 물발자국 최초 산정	Chapagain Hoekstra	Water footprints of nations (UNESCO-IHE report No16)
2008	기존 물발자국 이론을 직접수, 간접수 및 Blue, Green, Grey water개념으로 확대	Gerbens-Leenes Hoekstra	Business water footprint accounting (UNESCO-IHE report No27)
2009	학술지 논문에 직접수, 간접수 및 Blue, Green, Grey water개념 처음발표	Van Oel Mekonnen Hoekstra	The external water footprint of the Netherlands: Geographically-explicit quantification and impact assessment (Ecological Economics 69 (2009) p82?92)
2009	물발자국 매뉴얼 발간	Chapagain Hoekstra 등	Water footprint manual: State of the art 2009
2011	물발자국 산정매뉴얼 발간 (가장 최신 버전)	Chapagain Hoekstra 등	The water footprint assessment manual



비하여 국내의 가상수(물발자국)에 대한 연구는 막 시 작단계를 거쳐 최근 각 기관별로 활발한 연구가 진행 되고 있지만, 범국가적으로 차원에서 물관리정책에 대한 심도있는 연구와 정책개발이 필요할 것으로 보

인다. 또한, 가상수(물발자국)은 획일적인 기준이 아 니라, 각 국가(지역) 및 농업의 특성이 고려된 합리적 인 물관리 지표가 되어야 한다. ☞

참고문헌

1. 고재경 외, 2009, 가상수 개념과 물관리 정책, 물정책경제 p44~59
2. 김재준 외, 2011, 가상수 거래 개념을 활용한 물관리정책의 필요성, 물과 미래 Vol 44. No 1. p103~110
3. 유승환 외, 한국의 농산물 가상수 산정, 한국수자원학회논문집 제 42권 제 11호, 2009.11, p911~920
4. 유승환 외, 2009, 한국의 농산물 가상수 산정, 한국농공학회 학술발표회 발표자료
5. 유승환 외, 2011, Water footprint of paddy rice in Korea, 농어촌연구원 심포지엄 발표자료(2011.8.16)
6. 이상현 외, 커피무역을 통한 한국의 가상수 흐름분석, 한국관개배수논문집 제17권 제1호 p62~73
7. 국토해양부, 2012, 수자원장기종합계획(2010~2020) p82
8. 한국농어촌공사, 2002, 농지와 물의 새로운 가치창출(1권) p371~387
9. 한국농어촌공사 외, 2012, 지속가능한 수자원이용을 위한 심포지엄(농업분야의 물발자국 도입과 활용방안) 발표자료
10. Allan, 1998. Virtual water ; A strategic resource global solution to regional deficits(Ground water 36(4) p545-546)
11. Chapagain, Hoekstra. 2003, Virtual water flows between nations in relation to trade in live- stock and livestock products (UNESCO-IHE report No13)
12. Chapagain, Hoekstra. 2004, Water footprints of nations (UNESCO-IHE report No16 - Vol 1 main report, Vol 2 appendices)
13. Chapagain, Hoekstra. et al. 2009, Water footprint manual: State of the art 2009. UNESCO-IHE
14. Chapagain, Hoekstra. et al. 2011, The water footprint assessment manual. UNESCO-IHE
15. Garrido, A., M.R. Llama, C. Varela-Ortega, P. Novo, R.R. Casado, M.M. Aldaya, 2008, WATER FOOTPRINT AND VIRTUAL WATER TRADE: POLICY IMPLICATIONS. In Proc. Seminar for the external evaluation of the preliminary results, Madrid, Spain
16. Hoekstra et al. 2002, Virtual water trade : A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade(UNESCO-IHE report No. 11)
17. Hoekstra, Gerbens-Leenes. 2008, Business water footprint accounting(UNESCO-IHE report No. 27)
18. Hoekstra et al. 2009, The external water footprint of the Netherlands: Geographically- explicit quantification and impact assessment (Ecological Economics 69 (2009) p82-92)