사과의 지역별 물발자국 비교와 물 리스크 대응 -충주와 거창 지역을 중심으로-

오 영 진* · 박 석 하** · 김 홍 재*** · 김 제 승****

*상지대학교 · **(주)로지스파크닷컴 · ***명지전문대학교 · ****상지대학교 경영학과

Apple Water-Footprint Calculation and Water Risk Action

Young-Jin Oh* · Seog-Ha Park** · Hong-Jae Kim*** · Chesoon Kim****

*Department of Management Information Systems, SANGJI University

President, Logispark.com · *Department of Industrial Engineering, MYONGJI College

****Department of Business Administration, SANGJI University

Abstract

According to 2012 OECD environmental report, Korea was ranked as the first country of water stress. Water footprint is a method to calculate water usage during the life cycle of a product from material procurement through production to disposal to recycle and to quantify the load to water resources.

In water footprint calculation, water consumption unit is used. Agricultural water use is over 48% so it is urgent to manage that area Korea needs to spread the discussion about water footprint as quickly as possible, for the study to prevent social and environmental problems due to water shortage. This paper, through water footprint calculation and comparison in Chungju and Geochang areas, looks to counter measures for water risk, targeting domestically-produced apple.

Keywords: Water Footprint, Eco-Logistics, Water Shortage, Water Risk Action, Water Shock

1. 서 론

지속가능 발전은 요람에서 무덤까지를 요람에서 요람까지로 경계를 확대하고 있다[21]. 이를 위해서는 경제성장 0%, 고용 100%사회가 구축되어야 하며, 환경문제는 반드시 해결해야 할 과제이다[31]. 'OECD 환경전망 2050' 보고서에 따르면, 한국은 물 스트레스 비중이 40% 이상으로 평가되어 34개 회원국 가운데 가장 물 스트레스가 높은 국가로 평가됐다. 한국은 연간 총 평균수량의 40% 이상을 취수해 '물 수지(water balance)'가 위협스러운 상황이며 "농지 등에서 수질을 오염시키는 영양염류가 많이 배출돼 수(水) 처리 비용도 과다

하게 드는 등 물 스트레스가 심각한 수준"이라고 밝혔다[24]. OECD는 물을 녹색성장의 핵심 동력(driver)으로 활용 할것을 제시하며 물 효율성과 물 수요관리, 물 재이용 및 재활용과 함께 녹색성장의 핵심요소로 판단하고 있다. 녹색성장을 위한 물 관리의 보다 체계적인 활용방안이 필요하다는 점을 시사한다. 물정책의 성공요건은 첫째, 물 가용성(availability), 물 사용, 물 관련 서비스의 비용과 편익 등에 대한 확고한 데이터와 정보기반, 둘째, 현실성 있고 집행 가능한 조치, 셋째, 투자계획에 의해 뒷받침 되어야 하며, 넷째, 스스로의 필요와 우선순위를 분명히 이해하고 있는 이해관계자들에 의해 설계되어야 할 것이다.

† 본 연구의 일부는 2010년도 상지대학교 교내연구비 지원에 의한 결과임.

† Corresponding Author : Chesoon Kim, Business Administration, SANGJI UNIVERSITY, 660, Usandong, Wonju, M · P : 010-3117-0464, E-mail: dowoo@sangji.ac.kr

Received July 20, 2013; Revision Received September 13, 2013; Accepted September 5, 2013.

물 부족은 국제적으로 심각한 문제이며, 지속 가능한 수자원의 이용은 글로벌 공급체인(supply-chain)을 가진 기업에게는 중요한 과제로 대두되고 있다.

국내의 경우 2010년에 발표된 물 산업 육성전략에 따라 각종 물 산업 육성방안들이 추진되고 있다[2]. 이에 따르면 2020년까지 국내 물산업의 규모는 26조원 규모로 확대되고, 물 산업 강국으로 도약을 비전으로 ‘원천기술개발을 통한 경쟁력강화’, ‘토탈솔루션 역량 확보를 통한 전문 물기업 육성’, ‘먹는 샘물, 물재이용 등 연관산업 육성’, ‘해외진출활성화’를 핵심 추진전략으로, 이에 대한 정책과제를 10개 선정하여 추진하고 있다. 물 부족 해소를 위해서는 수자원 인프라에 대한 투자와 함께 수요 관리 등 기존 방식에 대한 변화가 필요하다. 물 공급의 안정성을 높이면서 적정 요금 부과 등을 통해 수요를 관리함으로써 물이 부족한 시대에 적응하는 노력이 요구 된다. 농업은 많은 물을 사용하고 있어서 물발자국 지표의 도입 및 표준화는 국제사회로 하여금 농업용수의 효율적 이용에 대한 인식을 증대시킬 것으로 예상되고 있어서, 국가 차원에서 농업용수의 효율적 이용을 위한 정책추진과 함께 기술적인 체계화를 위한 노력이 경주되어야 할 것이다. 향후 기후변화에 따른 영향을 최소화하기 위해 수자원의 이용 효율을 높이고 물 부족 쇼크에 대응하는 능력을 향상시키는 것은, 농업용수가 수자원의 이용에 차지하는 비율이 높고 국가의 식량안보와 밀접한 관련이 있기 때문이다.

이는 물발자국을 본격적으로 도입되기 시작하면 농업부문의 과급효과가 상대적으로 클 수 밖에 없다는 점을 시사해주고 있다. 우리나라 농업도 국제적인 물발자국 논의에 적극적인 관심을 기울이고 국제적인 물발자국 논의에 적극적으로 참여할 필요성이 있다. 본 연구에서는 농산물중 소비량이 두 번째로 많은 사과 물발자국 계산하기 위하여 충주와 거창지역을 선정하여 사과 물 발자국계산 및 물 사용량과 리스크 대응에 대하여 살펴보고자 한다.

2. 문헌연구

2.1 탄소 발자국(Carbon footprint)

탄소발자국은 “인간이나 동물들이 생활 중에 발자국을 남기는 것처럼 기업이 상품을 생산, 소비하고 제품 또는 서비스의 생산, 수송, 사용, 폐기 등의 전 과정에서 발생하는 이산화탄소(CO₂)의 총량을 제품에 라벨형태로 표시해 소비자가 쉽게 인식할 수 있도록 한 제도”로서, 제품으로 인해서 직접 간접적으로 발생된 온실가

스 배출물의 총량이라고 알려져 있다. 탄소발자국은 환경영향을 표현하기 위해 개발된 지표로서 전 세계적인 기후변화에 대응하기 위하여 효과적으로 탄소배출량을 줄이도록 유도하는 역할을 하고 있다. 이러한 탄소발자국 회계를 추진하는 방법은 3가지로 구분할 수 있다. 첫째, 기후변화에 대한 정보만을 소비자에게 제공하는 방식이다. 환경 성적 표지제도를 운영하는 한국과 일본 스웨덴에서 채택하고 있는 방식이다. 단일 환경측면만을 고려하기 때문에 소비자에게 잘못된 환경정보를 제공할 수 도 있다. 둘째, 기후변화 정보를 핵심정보로 제공하면서 부가정보로서 재활용 가능성 등의 정보도 같이 제공하는 방식이 있다. 소비자에게 잘못된 정보제공을 미연에 방지하기 위한 방식으로 기존의 환경성적표지 인증제도와 거의 유사하다. 소비자에게 여러 가지 정보를 제공함으로써 혼동을 야기할 수 있다. 셋째, 환경마크와 같이 인증마크가 부착된 제품이 기후변화 측면에서 상대적으로 우수하다는 것을 알리는 방식이다. 상대적으로 환경성이 우수하다는 정보 이외에 등급을 함께 제공하고 있기 때문에 소비자가 쉽게 이해할 있다. 상대적으로 우수성을 나타낼 수 있는 기준치를 어떻게 설정하느냐가 과제로 지적되고 있다. 탄소발자국 계산의 목적은 제품과 서비스의 생산, 수송, 유통, 사용 및 폐기 등의 전 과정에서 발생하는 온실가스 배출량을 제품 및 서비스에 표기하여 소비자에게 제공함으로써 온실가스 배출 저감과 이를 위한 저탄소 소비문화 확산에 기여 하는데 있다[9].

2.2 물 발자국(Water footprint)

(1) 가상수와 물발자국

가상수(virtual water)는 농산물을 비롯한 단위 제품을 만드는 데 사용된 물의 총량으로 제품 중량 1kg당 사용된 물의 양(m³/kg)으로 나타낸다(OECD, 2005). 예를 들어 곡식 1kg을 생산하기 위해서는 약 1-2 m³의 물이 필요하므로 곡식의 가상수는 1-2(m³/kg)으로 표시할 수 있다[24]. 가상수의 개념을 확장한 물발자국 개념이 발전하면서 공산품 등으로 확대 적용되고 있다. 물발자국을 산정할 때 가상수 흐름을 정량화하여 사용하기 때문에 가상수와 물발자국은 밀접한 관련이 있다([14], [15]). 물발자국은 단순히 사용된 물의 총량만을 의미하는 것이 아니라 가상수 개념에 사용된 물의 종류, 물이 사용된 위치, 시간 등 지리적 시간적인 의미를 부여해주기 때문에 영향평가나 정책수립에 활용될 수 있다[17]. <Table 1>은 제품단위당 지구평균 가상수의 양을 나타낸 것이다.

<Table 1> Global average virtual water content of some selected products per unit of product [13]

제 품	가상수양(ℓ)	제 품	가상수양(ℓ)
맥주 1잔 (250ml)	75	와인 1잔(125ml)	120
우유 1잔 (200ml)	200	사과즙스 1잔(125ml)	190
커피 1잔 (125ml)	140	오렌지 주스 1잔(125ml)	170
차 1잔 (250ml)	35	감자칩 1봉지(200g)	185
빵 한 조각(30g)	40	달걀 1개(40g)	135
치즈(10g) 바른 빵 한조각 (30g)	90	햄버거 1개(150g)	2400
감자 1개(100g)	25	토마토 1개(70g)	13
사과 1개(100g)	70	오렌지 1개(100g)	50
면 티셔츠 1개(중간사이즈,500g)	4100	구두 한 켤레(소가죽)	8000
A4 종이 한장(80g/m ²)	10	마이크로칩 1개(2g)	32

Chapagain and Hoekstra(2004)

(2) 물 발자국의 개념

인간 활동에 의해 생산되는 하나의 제품이나 서비스의 원료취득에서부터 생산, 유통과정을 거쳐서 소비되기까지의 이산화탄소의 총 발생량을 알려주는 지표인 탄소발자국(carbon footprint)처럼 수자원 사용량과 관련하여 수자원의 중요성과 경각심을 일깨워줄 수 있는 물발자국과 같은 지표의 필요성이 제기되고 있다. 지구상의 대부분의 수자원의 소비는 농업에서 소모되고, 산업과 가정에서도 많은 양의 수자원이 소모되고 있다.

물 발자국을 평가하는 목적은 인간의 활동이나 특정한 제품이 물 부족 및 오염 문제와 어떤 연관성이 있는지를 분석하고, 활동 및 제품이 물의 지속가능성 측면에서 접근 하는 방향을 제시하고자 하는 것이다.

(3) 물발자국의 종류[18], [26]

<Figure 1>과 같이 물 발자국의 수자원은 그린, 블루, 그레이 세 종류로 구분된다. 블루(Blue) 물 발자국은 제품 공급체인에 따른 수자원으로 지표수 또는 지하수 소비량을 나타낸다. 소비란 사용가능한 저수지역에서 지하, 지표수역의 수자원 손실량을 다른 저수지역이나 바다로 돌아가거나 제품에 포함된 수자원을 의미한다. 그린(Green) 물 발자국은 토양에 저장된 수자원 소비량을 나타내며, 그레이(Grey) 물 발자국은 수자원 오염을 나타내는 지표로서, 오염된 수자원을 오염 전 수질로 처리하기 위해 필요한 수자원 양으로 정의한다.

<Figure 1> Water footprint network

물 발자국에는 직접적인 물발자국과 간접 물발자국으로 구분하는 데, 직접적인 물 발자국은 제품을 생산, 운영에 사용하게 된 물을 말하며, 간접적인 용수는 생산자의 매입재료의 물 사용량을 산출하기 위하여 공급체인에 사용하게 된 물을 말한다. 공동체와 기업 물 발자국에 관한 정보는 우리가 어떻게 하면 물의 공정하고, 지속적으로 사용할 수 있는지 이해하는 도움을 준다. 세탁기사용의 경우를 예로 들면, 직접적인 물 발자국은 세탁기를 사용하는 과정에서 소모하거나 오염된 수자원의

양을 나타낸다. 간접적인 물 발자국은 세탁기를 생산하기 위한 직접적인 물 발자국과 관련이 있다.

2.3 물 발자국 평가구성

물발자국은 라이프 사이클의 물 사용량을 산출하여 수자원의 부하를 정량화하는 수법으로서 이 계산에 물 소비 원단위가 사용되고 있다. 수자원이 부족한 유럽 제국 등에서는 원단위 데이터베이스화가 진행되고 있다.

일본의 경우에도 東京都市大學 環境情報學部伊坪徳宏 准교수 연구실은, 지난해 상품의 생산등에서 사용된 물의 양을 나타내는 '워터 발자국'을 산출하기 위한 물 소비 원단위 데이터베이스 구축이 완성했다고 발표한 바 있다[29]. 여기에는 지금까지 1엔 당의 수량(리터)으로 표시하고 있던 것을, 1g 등 물량의 수량 표시로 변경해, 중량 단위로의 데이터를 원하는 기업의 요구에 맞춰 산출 했다. 데이터베이스를 농작물이나 종이, 공업제품등의 물사용량·소비량의 원단위의 항목을 지금까지의 400 제품으로부터 약 4,000 제품까지 확장해, 홈페이지에서

공개하였다[27].

물 발자국 평가프로세스는 <Figure 2>와 같이 나타낼 수 있다. 최종 소비재의 물 발자국 계산시 이중계산이 이루어지지 않도록 주의해야 한다. 특정 최종제품을 생산하는 공정 중에 한 공정이 다른 최종제품을 계산하는 공정에도 기여하게 되면, 그 단계에서 소비된 수자원 양을 적절한 방법을 이용하여 두 제품으로 배분하여야 한다. 사용단계의 물 발자국은 공급체인에 있어서 생산 단계의 물 발자국과 관계가 있다[19].

<Figure 2> Water footprint assessment process

1단계는 목표 및 범위를 설정하는 것으로 물 발자국은 다양한 배경에서 다양한 목적으로 이루어지므로 목적에 따라 분석범위가 달라지며, 할당에서 가정을 다르게 할 수 있다. 2단계로 물발자국 산정으로 최종 소비재의 물 발자국 계산시 이중계산이 이루어지지 않도록 주의해야 한다. 특정 최종제품을 생산하는 공정 중에 한 공정이 다른 최종제품을 계산하는 공정에도 기여하게 되면, 그 단계에서 소비된 수자원 양을 적절한 방법을 이용하여 두 제품으로 배분하여야 한다. 사용단계의 물 발자국은 공급체인에 있어서 생산단계의 물 발자국과 관계가 있다. 3단계는 환경성, 경제성, 사회성 측면에서 지속가능성을 평가하는 단계이다. 4단계는 물발자국 대응전략 수립단계로서 물은 공공재이기 때문에 정부는 지속 가능한 생산 및 소비를 보장하기 위한 적절한 규제와 인센티브를 부여 한다. 소비자, 생산자, 투자자, 정부는 공동 책임을 가지고 있다. 전략과 정책이 공식화되는 단계로 필수적인 단계는 아니다[19].

통점은 둘 다 공급체인의 환경문제 가시화를 촉진할 것으로 예상된다. 차이점은 탄소발자국은 어디에서 탄소 배출이 일어나는 지 중요하지 않지만, 물 발자국은 중요하다. 어떤 장소에서 탄소 배출은 다른 곳에 탄소 배출량 감축 또는 추방에 의하여 차감 계산될 수 있다. 물은 다른 곳에서 절약한 물로 또 다른 장소에서의 용도를 줄일 수 없다. 또한 물은 경제적 지불비용이 적기 때문에 환경적인 문제에서 출발하지만 사회적 문제로 대응해야 하는 특성을 가지고 있다<Figure 3>.

<Figure 3> Sustainable development and footprint
자료 김익(2012),지속가능수자원관리지표로써 Water footprint동향,한국환경산업기술원[30]

2.4 탄소발자국과 물 발자국

물 발자국과 탄소 발자국은 환경부하를 해결할 수 있는 상호보완 관계에 있다. 이 둘은 서로 다른 환경 문제를 보충하고 있다. 탄소 발자국은 기후 변화의 문제를 처리하며, 물 발자국은 물 부족 문제에 관련이 있다. 공

물 발자국과 탄소발자국은 평가가 다른 측면이 있다. 탄소발자국은 같은 경계와 방법론을 사용하였다면 더 적은 탄소 또는 제로 탄소를 배출하는 유사제품과 비교할 수 있다. 물은 지역적인 문제이기 때문에 물발자국 지역경계의 전후사정이 고려되어야 하며, 수원의 지속성을 제기하는 출발점이 될 수 있다.

2.5 외국의 기후 변화에 따른 물관리 대응 동향[9]

(1) 영 국

기후변화의 영향에 대비하여 국토종합계획과 치수 계획을 어떻게 연계수립할 것인지를 담고 있는 PPS-25(Planning Policy Statement-25)에 의해 기후변화 영향을 고려하기 위해 강우강도 등의 가중치와 해수면 상승에 대한 비상허용치를 권고하고 있다.

(2) 일 본

일본은 국토교통성에서 2008년 “지구온난화에 따른 물 관련 재해대처를 위한 기후변화적응대책”을 마련하였다. 이에 따르면 일본은 연평균기온은 약 2-3℃ 증가할 것으로 전망되었으며, 가장 북부지역인 홋카이도 지방은 4℃까지 상승할 것으로 예측하였다. 또한 강수량의 증가와 함께 강수량의 편차가 커지며, 가뭄 및 대규모 홍수의 발생 가능성이 동시에 증가할 것으로 전망되었다.

(3) 호 주

호주 정부는 National Plan for Water Security(2007년)를 마련하여 10년 간 관개용수의 효율화 등 물절약 및 확보를 위해 100억 달러의 투자를 추진하고 있다. 아울러 시드니의 경우 심각한 가뭄에도 2년 간 도시 유지에 필요한 물 공급이 이루어 질 수 있도록 해수담수화 시설을 건설할 예정 이다.

(4) 네덜란드

국토의 대부분이 해수면보다 낮아 기후변화적응을 위해 국토의 해발표고를 높이기 위한 복토계획을 수립중이며 2006년 9월 홍수관리계획으로 Room for the River를 수립하여 라인강의 유량 증가에 대처하기 위해 총 7,000ha에 달하는 강변저지지를 확보하는 계획을 수립하였다. 렉강하구에 50년 후 해수면 상승이 25-50cm 있을 것으로 예상하여 마에슬란트방벽(Maeslant Storm Surge Barrier)을 신설 또는 갱신하는 계획을 수립하였다.

3. 사과 물발자국 계산

3.1 물발자국 계산

(1) 기후변화 대응과 물 발자국 구성

기후변화로 인해 강수량의 변동 폭이 증가되어 극단적으로 비가 적게 내리는 해가 많아 질 것으로 전망된다. 또한 강수량 및 강우패턴의 변화와 증발산량의 변화로 인해 관개수량과 회귀수량이 영향을 받게 되어 안정적인 수자원확보에 대한 불확실성이 증가할 것이며, 극단적인 과우현상 발생은 하천유출량 감소와 댐 저수량 저하 등을 초래하여 유출량과 유출시기의 변화로 생활 및 농업용수의 수요 등에도 심각한 파급효과가 발생할 것이다[8].

정부간 기후변화패널(Intergovernmental Panel on Climate Change)의 온실가스 농도 증가 시나리오에 따라 전지구 기후변화모델을 장기적분하여 산출되는 자료로서 IPCC에서는 사회경제적 조건을 고려하여 다양한 온실가스 배출 시나리오를 제시하고 있다. 이중에서 A2 시나리오는 높은 인구증가율, 높은 에너지 사용율, 토지 피복의 빠른 변화와 점진적인 대안기술의 개발 등의 가정하에 모의되는 시나리오이다. A2기후 변화 시나리오를 이용[28]하여 각 유역별 월별 유출량의 변동을 분석할 결과 한강유역은 월 유출량이 최대 56.1% 감소, 낙동강 유역은 최대 39.3% 감소, 금강유역은 최대 57.4% 감소, 영산강유역은 최대 75.6% 감소하는 것으로 전망되었다. 이와 같은 유출량의 감소로 인해 장래 물부족은 더욱 심해질 것으로 예상되며, 2011년 수자원장기종합계획에서 예측한 물수요가 더 이상 증가하지 않는다고 가정하더라도 기후변화로 인한 물공급의 감소 등으로 인해 물 부족량이 최대 46억톤이 되는 것으로 분석 되었다[1].

기후변화가 심화되어 전 세계적으로 물부족 문제가 대두되면서 '물 발자국(water footprint)'이란 개념이 새롭게 조명되고 있다. 유네스코(UNESCO) 산하 물환경교육기관(IHE)에서주관 2011년 2월 Water Footprint Assessment Manual 발표하였으며, IHE에서는 농산물 13종(사과, 쌀 등), 축산물 8종(소고기, 닭고기 등), 가공식품 9종(맥주, 빵 등) 물 발자국 연구 사례를 제공하고 있다[25]. 주요 농산물의 물발자국을 보면 쌀 1kg을 생산하는 데 3천400ℓ의 물이 소요되고, 밀과 보리(1kg)는 각각 1천300ℓ, 콩(1kg)은 1천800ℓ, 감자와 옥수수(1kg) 각 900ℓ, 돼지고기(1kg) 4천800ℓ, 닭고기(1kg) 3천900ℓ, 달걀(1개 60g) 200ℓ 등이다. 사과 한 개(300g)가 생산되는 데 물 210ℓ가 필요하기 때문에 사과 한 개를 낭비하는 것은 1천190원의 사과뿐만 아니라

물 210ℓ를 버리는 것이다. 우리나라의 연 평균 강수량은 1,277.4mm(1978~2007)로 세계 평균 강수량 807mm의 약 1.6배이나 높은 인구밀도로 1인당 연강수총량은 2,612.9mm로 세계 평균 16,427 m³의 1/6에 불과하여 겉으로는 물이 풍부하나 실제로는 부족한 나라이다. 물 빈곤지수(water Poverty index)에 의한 우리나라 물이 용량과 1인당 수자원 양은 전체 국가 147개국 각각 106, 117위에 머무르고 있다. 우리나라의 전체 물 사용 48%에 해당하는 농업용수는 농업이 1년 내내 물을 사용하는 형태로 변하고 있어서 그 양이 부족해지고 있다. 전

국 대부분의 하천이 연중 건천화 되어 있어서, 하천을 살리기 위한 하천유지용수나 환경개선용수의 수요가 증가하기 때문에 이런 용도의 물을 다 합쳐보면 물이 부족한 상황에 이르게 된다. 물이 양적으로 많아도 질(質)이 좋지 않은 경우 물 부족을 경험할 수밖에 없다. 해마다 수질사고를 경험하는 낙동강이나, 농업용수로도 사용하기 곤란한 영산강의 경우 실질적으로 물 부족을 경험하고 있다[3]. 우리나라의 물발자국 구성은 <Figure 4>와 같이 발표되고 있다.

<Figure 4> The present state of water footprint[18]

(2) 농산물의 물 발자국

생활, 공업 및 농업용수 수요량은 254.8억 톤이며, 2020년에는 이보다 9.1억 톤 증가한 263.9억 톤으로 전망하고 있다[2]. 이 가운데 생활용수가 77.9억 톤, 공업용수 32.0억 톤, 농업용수 154.0억 톤으로 농업용수의 비중이 58.3%에 이를 것으로 보여, 농업부문의 물발자국 감소를 위한 더 많은 노력이 필요한 것을 시사해주고 있다[2]. 그린워터 발자국의 목적은 증발시킨 흐름의 총 당물을 측정하는 것이다. 그레이, 블루 물 발자국은 유출 흐름의 총당 물을 측정하는 것을 목표로 한다. 그린워터 발자국은 인간에 의하여 전유되었고, 증발한 빗물의 일부분을 측정하고 자연을 위해 이용할 수 있다. 이와 같이 물 발자국은 전체적인 용수의 관점에서 농작물의 비용을 나타낸다.

(3) 사과 물 발자국

과실류 중에서 유네스코에서 발표한 자료와 우리나라 연간 소비량이 많은 과일에 대한 물발자국 계산을 실시하기 위하여 우리나라의 연간 소비량을 조사한 결과

<Table 2>와 같이 나타났으며, 이번 연구에서는 연간 소비량이 2번째로 많은 사과 물 발자국을 산정하기로 하였다.

<Table 2> The per capita annual fruits consumption[6]
(단위 : kg)

	사과	배	복숭아	포도	단감	감	기타
2001년	8.4	8.6	3.5	9.7	4.1	13.5	9.4
2002년	9.0	7.8	4.0	9.0	4.1	13.3	9.7
2003년	7.5	6.3	4.0	8.1	3.4	13.0	10.6
2004년	7.4	9.0	4.2	7.9	4.0	12.0	11.1
2005년	7.5	8.6	4.6	8.2	4.8	13.1	13.2
2006년	8.3	8.5	4.0	7.1	4.2	12.7	14.8
2007년	8.9	9.2	3.8	7.3	4.2	16.0	16.8
2008년	9.6	9.2	3.9	6.9	4.3	13.0	18.6
2009년	9.9	8.0	4.1	7.4	3.8	15.4	19.1
2010년	9.3	5.8	2.8	6.9	3.6	12.5	21.5
2011년	7.6	5.5	3.7	6.3	3.3	13.6	22.4

자료 : 농림수산식품부 유통정책관 원예경영과

주 : 1인당소비량 = (생산량 + 수입량 + 수출량) / 인구수, 조식기준

3.2 사과 물 발자국을 계산하는 방법

(1) 물 발자국 계산방식[7], [19], [26]

물발자국계산은 물을 크게 블루(blue), 그린(green), 그레이(grey) 물(water)로 나누어 각각을 계산하여 합산한다. 블루 워터란 담수의 표면이나 지하수를 의미한다. 그린 워터는 빗물 뿐만 아니라 안개, 눈 등과 같은 것들을 의미한다. 그레이 워터란 제품을 생산하는 과정에서 환경을 오염시키는 활동으로 인해 오염된 수질을 제품 생산하기 이전의 수질로 회복시키기 위해 필요한 물의 양을 의미한다.

블루-그린 워터 증발산을 계산하기 위해서는 두 가지 방식이 있다. 최적의 작물 재배 조건을 가정하는 농수 필요 선택권(Crop water requirement option)과 작물을 재배하는 데 있어서 실제 사용된 관수량을 고려해서 증발산량을 파악하는 관개 일정 선택권(Irrigation schedule option)이다. 본 연구에서는 최적의 작물 재배 조건을 가정하는 농수 필요 선택권을 이용하여 블루-그린 워터 증발산을 계산하였으며, 그레이 워터는 계산공식을 이용하였다. 사과 물발자국 대상 품종은 만생종으로 밀식재배를 기준으로 계산하였다.

<Table 3> Crop coefficients for apple[18]

Fruit Trees (apples)	Kc init	Kc mid	Kc end
No ground cover, killing frost	0.45	0.95	0.7019
No ground cover, no frosts	0.60	0.95	0.7519
Active ground cover, killing frost	0.50	1.20	0.9519
Active ground cover, no frosts	0.80	1.20	0.8519

초기(3월4일~5월5일) Kc = 0.50, 중기(5월6일~8월4일) Kc = 1.20, 후기(8월5일~11월30일) Kc=0.9519

(2) 농수 필요 선택권 방식을 이용한 블루 워터 증발산(ET_{blue})

블루 워터 증발산을 구하기 위해서는 식1을 이용한다. ET_c 는 최적의 작물 재배조건을 위한 특정 기간 동안에 필요한 물의 양을 의미한다.

$$ET_{blue} = \text{Max}(0, ET_c - P_{eff}) \quad (1)$$

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (2)$$

식 (2)에서 K_c 는 Crop Coefficients 뜻하는 것으로써 증산지수(식물 잎의 기공을 통해 물이 증산되는 지수

정도)를 의미한다. FAO(국제연합 식량농업기구)에서 제공하는 사과 재배에 대한 K_c 값을 이용하여 증 ET_c 값을 구한다.

식 (2)에서 ET_o 는 해당 지역의 토양 조건을 기준으로 사과 재배에 가장 적합한 수준의 필요 물의 양을 의미한다. 사과나무가 양토에서 재배되어 진다면, 생육기 동안 일주일 간격으로 30mm 정도의 물을 필요로 한다 ([4], [5]). 식(2)에 각 해당 재배 기간에 해당하는 K_c 값을 적용하고 ET_o (30mm)값을 대입하면, 각 재배 기간마다의 필요 물의 양을 구할 수 있다. 식(1)에서 해당 기간(1주일)마다의 강수량(P_{eff}) 값을 기상청자료를 통해서 구한 후[16]. 그 강수량 값을 대입하면 각 기간(1주일) 단위의 블루 워터 증발산(ET_{blue})값을 구할 수 있다. 구해진 1주일 단위의 블루 워터 증발산(ET_{blue})값을 합산하면 총 블루 워터 증발산량(CWU_{blue})을 구할 수 있다. 다음으로 10a 면적을 기준으로 재배 기간 동안의 총 블루 워터 증발산량을 구하여, 이를 m^3/a 단위로 환산한 후, ton/ha 단위의 생산량으로 나누면, m^3/ton 단위의 총 블루 워터 증발산량($WF_{proc.blue}$)을 구할 수 있다 (식3). 1주일 단위의 블루 워터 증발산(ET_{blue})값을 합산하면 재배기간 동안의 총 ET_{blue} 을 구할 수 있다. 총 ET_{blue} (mm/growing period)값을 m^3/ha 값으로 환산하면 CWU_{blue} (m^3/ha)값을 알 수 있는데, 이를 ton/ha 단위의 생산량(Y)으로 나누면, m^3/ton 단위의 총 블루 워터 증발산량($WF_{proc.blue}$)을 구할 수 있다.

$$WF_{proc.blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y} \quad (3)$$

(3) 농수 필요 선택권 방식을 이용한 그린 워터 증발산(ET_{green})

ET_c 계산하는 방식을 이용하여 구해진 ET_{green} 값을 식(4)그린 워터 증발산량을 구하는 공식에 대입하면 1주일 단위 그린 워터 증발산(ET_{green})값을 구할 수 있다. 1주일 단위의 그린 워터 증발산(ET_{green})값을 합산하면 재배기간 동안의 총 ET_{green} 을 구할 수 있다.

$$ET_{green} = \text{Min}(ET_c, P_{eff}) \quad (4)$$

총 ET_{green} (mm/growing period)값을 m^3/ha 값으로 환산하면 CWU_{green} (m^3/ha)값을 산출할 수 있다. 이를 ton/ha 단위의 생산량(Y)으로 나누면, m^3/ton 단위의 총 그린 워터 증발산량($WF_{proc.blue}$)을 다음의 식(5)와 같이 구할 수 있다.

$$WF_{proc.green} = \frac{CWU_{green}}{Y} \quad (5)$$

(4) 그레이 워터 발자국

그레이 워터란 제품을 생산하는 과정에서 환경을 오염시키는 활동으로 인해 오염된 수질을 제품 생산하기 이전의 수질로 회복시키기 위해 필요한 물의 양이다. 사과 물 발자국 공정에서 그레이 워터 발자국은 오염을 위한 주변 수질 기준(용인되는 농도 최대값 C_{max})과 받아들이는 수역에서 자연적인 농도(C_{nat})의 차이에 의해 나뉘지는 물 체계(Kg/year)를 받아들이는 오염 지표이다. 자유롭게 흐르는 수역에 당도하는 질소, 인산, 칼리, 칼슘, 마그네슘의 양은 적용된 수정물(Kg/ha/year)의 10%로 가정한다. 다른 비료 사용의 영향력으로 환경에 대한 제조제와 살충제는 분석대상에 고려하지 않았다. 질소(N)의 ton당 필요로 되는 물의 전체 용적은 당도된 질소(ton/ton)의 용적과 자유롭게 흐르는 수역의 표면에서 허용할 수 있는 농도의 최댓값을 고려하여 계산한다. 계산의 기준이 되는 수질 기준으로는 다양한 목적과 지역에 따라 다르지만, 이번연구는 질산염 질소의 농업용수 기준인 20mg/리터를 적용하였다.

<Table 4> Average nutrient requirement for apple cultivation per ha[20]

품종	질소	인산	칼리	칼슘	마그네슘
	(kg/ha)				
	20.6	6.4	56.5	4.4	2.2

$$20.6 + 6.4 + 56.5 + 4.4 + 2.2 = 90.1\text{kg/ha}$$

과수의 크기, 수령, 재식거리 등의 다양한 요인에 따라 다르겠지만, 일년에 과수로부터 제거되는 양분의 양이라고 볼 수 있다. 사과나무의 크기나 수령 및 수확량에 따라 다소 차이는 있으나 보통 재배에서 산출된 값은 성숙한 과수의 일 년에 필요한 양분의 양으로 이용하였다. 그레이 워터 발자국은 최대 허용 수질 농도(C_{max})에서 자연 오염 농도(C_{nat})를 뺀 값과 헥타르(AR)로 침출된 지표수(a)와 곱한 값을 사과의 생산량(Y , ton)으로 나누면 m^3/ton 단위의 총 그레이 워터 증발산량($WF_{proc.grey}$)을 다음 식(6)에서 구할 수 있다.

$$WF_{proc.grey} = \frac{(a \times AR) * (C_{max} - C_{nat})}{Y} \quad (6)$$

3.3 충주시[11]

(1) 지형

충주시는 대한민국 충청북도 북부에 있는 시이다. 동쪽으로 충청북도 제천시, 서쪽으로는 음성군, 남쪽으로는 괴산군과 경상북도 문경시, 북쪽으로는 강원도 원주시 및 경기도 여주군과 인접하고 있다. 충청북도 북부에 위치한 충주시는 우리나라 내륙 중앙부에 위치하여 연교차가 큰 대륙성 기후를 보인다. 충주시는 계명산(775m), 남산(56m) 등 사방이 300~800m 내외의 크고 작은 산으로 둘러싸여 분지를 이루고 있으며, 동쪽으로는 거대한 충주호가 있고, 남쪽으로는 달천강이 흘러 남한강까지 이어진다.

(2) 충주시 기후 특성

연평균 기온은 11.2℃이며, 최난월인 8월의 평균기온은 24.9℃, 최한월인 1월의 평균 기온은 -4.2℃로, 연교차는 29.1℃이다. 강수량의 평년값은 1212.7mm이며, 평균 습도는 71.9%이다. 풍속의 평년값은 1.2m/s이며, 풍향은 서풍이 지배적이다. 계절관측으로는 첫서리는 10월 18일, 첫얼음은 10월 26일, 첫눈은 11월 23일에 관측되었다. 충주시는 이 같은 기후 조건을 잘 갖춘 곳으로, 현재 충청북도에서 사과나무 재배 면적이 가장 넓다. 충주 지역은 일교차가 크고 일조량이 풍부하여 다른 지역에서 생산하는 사과에 비하여 빛깔, 당도, 향기가 뛰어나다.

(3) 충주시 인프라

충주 지역에는 충북원예조합, 거점산지유통센터(APC), 사과가공공장, 사과시험장, 사과과학관 등의 사과 관련 기관들이 하나의 클러스터를 형성하여 품종개발, 재배기술발전, 가공산업육성 등 사과 산업 발전에 필요한 총체적 인프라가 구축되어있다.

(4) 충주시 사과 재배 적합도

충주 지역은 사과를 재배하기에 매우 적합한 “매우 약경사”와 “약경사”의 비율이 타 지역에 비해 상당히 높다. 사과 과수원의 개원 및 유지 관리에 유리하다. 충주 지역의 토양 성분은 사양토(점토가 20%미만, 미사가 50%미만, 모래가 43~52%인 토성)와 양토(점토가 25~37.5%, 모래와 미사가 비슷한 비율로 섞여 있는 토성)가 상당 부분 차지해 통기성, 보비력, 보수력 면에서 사과나무의 생장에 적합한 지역이다.

(5) 만생종사과의 재배 기간[10]

3월(4주)은 동면기에서 생육기로 접어드는 시기 (초

기), 4월에 산형꽃차례로 달리고, 흰색 꽃이 잎과 함께 가지 끝 잎겨드랑이에서 나온다 (초기), 5월~7월 (중기), 8월~10월은 열매 익는 기간 (후기), 10월 말은 사과를 수확하는 시기 (후기), 11월(5주)는 생육기에서 동면기로 접어드는 시기 (후기)이다

3.4 거창군[12]

(1) 지형

거창군은 대한민국 경상남도 서북부에 있는 군이다. 경상북도, 전라북도와 마주하고, 김천시, 장수군, 무주군, 성주군, 함천군, 산청군, 함양군 등 총 7개시, 군과 경계를 이룬다. 지리산, 덕유산, 가야산 등 3대 국립공원 가운데 자리 잡아 자연 경관이 수려하다. 기온의 일교차와 연교차가 크기 때문에 농, 특산물로 사과가 유명하다. 거창 지역은 소백산맥의 동쪽 사면에 인접하여 남부 지방에서는 유일한 고원지대인 진안고원에 이어져 있는 산간지대의 일부이며, 북쪽에는 덕유산(1,594m), 서쪽에는 기백산(1,353m), 동쪽에는 가야산(1,433m), 남서쪽에는 지리산(1,915m) 등 1,000m가 넘는 고산으로 사면이 둘러싸인 산간분지이다. 거창군은 기온의 일교차가 커 사과의 색깔이 좋고, 당도가 높다. 사질양토에서 재배되어 육질이 좋고 과즙이 많다. 유기물 사용량이 많아 당도가 높고 향기가 좋다.

(2) 거창군 인프라

거창지역정보센터는 사이버 쇼핑몰인 거창사이버농장(GCFarm)을 운영하여 경상남도 추천 상품(QC) 및 거창 지역내에서 생산되어지는 농, 축 특산품과 공산품을 복잡한 중간 유통단계 없이 생산자와 소비자를 직접 연결하는 직거래 온라인 장터를 운영 중이다.

(3) 기후특성 및 재배 적합도

일단 거창은 덕유산, 기백산, 가야산, 지리산으로 둘러싸인 분지 지형이다. 그렇기 때문에 일교차가 크고 일사량이 많고 연평균 기온이 11.7℃, 여름 평균 기온이 23℃로 사과 재배에 적합한 토양 및 기후 조건을 지니고 있다. 밤에는 온도가 낮아 호흡을 최소한으로 만들어 주기 때문에 영양소인 당분의 소모가 적은 특징을 가지고 있다.

(4) 만생종사과의 재배 기간

3월(4주)은 동면기에서 생육기로 접어드는 시기 (초기), 4월에 산형꽃차례로 달리고, 흰색 꽃이 잎과 함께 가지 끝 잎겨드랑이에서 나온다 (초기), 5월~7월 (중

기), 8월 ~ 10월은 열매 익는 기간 (후기), 10월 말은 사과를 수확하는 시기 (후기), 11월(5주)은 생육기에서 동면기로 접어드는 시기 (후기)이다.

3.5 충주시와 거창사과 물발자국 비교

토양, 품종, 재식거리 등의 조건이 같다면, 최적의 조건을 가정하는 농수필요선택권에서는 필요한 물의 양이 항상 같기 때문에 연도별로 강수량 데이터를 얻어 계산할 필요는 없다. 즉 가정한 조건이 동일하다면, 농수필요선택권에 서는 블루-그린 위터의 양은 항상 동일하고 단지, 재배면적 대비 생산량으로 차이가 날 뿐이다. 충주시와 거창군에서 생산되는 사과의 물 발자국을 비교 (2003년~2010년)하기 위한 생산량<Table 5>, 강수량<Table 6>, 면적<Table 7>은 아래 표와 같다.

<Table 5> Production(t)

	충주시	거창군
2003년	26398.0	34004.0
2004년	26676.0	27313.0
2005년	26907.0	33102.6
2006년	28312.0	34346.0
2007년	28261.0	21981.4
2008년	30827.5	28626.0
2009년	31761.3	28701.0
2010년	29909.9	29865.0

<Table 6> Rainfall(mm)

	충주	거창
2003년	1641.2	1950.8
2004년	1425.2	1547.8
2005년	1380.9	1244.9
2006년	1233.9	1411.4
2007년	1439.2	1729
2008년	882.5	615.7
2009년	936.8	975.3
2010년	1212.3	1548.5
평균	1269.00	1377.93

<Table 7> Area(ha)

	충주시	거창군
2003년	1576.0	1405.1
2004년	1665.0	1294.5
2005년	1668.0	1229.0
2006년	1678.0	1323.1
2007년	1710.0	1209.2
2008년	1870.8	1443.6
2009년	1883.3	1447.3
2010년	1920.4	1457.0

사과 1개당 소비되지는 물의 양 계산을 하면, 충주 지역은 <Table 8>, 거창지역은 <Table 9>과 같이 나타낼 수 있다. 사과 1개는 보통 300g으로 1톤의 사과 생산량은 3,333개이고, 2010년 충주지역에서 사과 1개를 생산하기 위해 사용된 물은 $676,640/3,333=203.01$ 리터의 물

이 사용되었다. 충주 지역의 매년 사과 재배 면적과 생산량, 토양 및 기후조건 등의 데이터를 이용해서 충주 사과 1개를 생산하는데 소비되어지는 물의 양은 8년간 평균 192.88리터이다.

<Table 8> The blue, green and grey water evapotranspiration in Chungju area(m³/ton, liter)

연도	WFproc.blue	WFproc.green	WFproc.grey	WFproc	사과1개당(300g) 리터
2003년	200.55	401.76	26.87	629.17	188.70
2004년	323.26	306.43	28.09	657.77	197.35
2005년	268.42	356.98	27.90	653.30	195.83
2006년	279.38	318.55	26.67	624.60	187.39
2007년	218.52	391.91	27.23	637.66	191.32
2008년	344.23	268.01	27.31	639.54	191.88
2009년	252.13	346.07	26.68	624.88	187.49
2010년	290.67	357.08	28.89	676.64	203.01

거창 지역의 매년 마다의 사과 재배 면적과 생산량, 토양 및 기후조건 등의 데이터를 이용해서 거창 사과

1개를 생산하는데 소비되어지는 물의 양은 8년간 평균 145.85리터 이다.

<Table 9> The blue, green and grey water evapotranspiration in Geochang area(m³/ton, liter)

연도	WFproc.blue	WFproc.green	WFproc.grey	WFproc
2003년	131.03	285.84	18.60	435.48
2004년	227.41	250.74	21.33	499.48
2005년	178.93	195.63	16.71	391.27
2006년	181.59	207.05	17.34	405.98
2007년	235.99	318.98	24.76	579.73
2008년	293.78	214.99	22.69	531.45
2009년	256.67	252.07	22.69	531.42
2010년	235.99	256.19	21.95	514.13

<Figure 5> Comparison of water footprints for two regions

충주지역과 거창지역에서 생산하는 사과와 물 발자국 종류별 구성 비율은 <Figure 5>와 같다.

3.6 물 발자국 지속가능성 평가

2003기준으로 농업용수는 전체 수자원 이용량(337억t)의 47%(160억t)를 차지하고 있어 용수사용량 중에 가장 큰 비중으로 농업용수의 효율적 사용이 중요하다[2]. 농업용수의 이용 효율화를 위하여, 기후변화와 작물별 생산환경을 고려한 물 절약형 재배기술 개발 및 보급, 홍수와 가뭄에 잘 적응할 수 있는 품종 개발, 농업용수 관리 자동화 등을 포함한 기후변화 대응 세부추진계획 수립이 요구되고 있다.

첫째, 환경적 관점에서는 과잉개발, 표면의 오염, 지표수, 자연초목에서 생산된 초목까지 생물의 다양성 비용적인 면에서 그린 증발 흐름의 재 할당 때문에 발생한다. 강 유역에서 생태 영향력은 추출물 혹은 쓰레기 흐름이 더해질 때 발생하고, 수중 생태계 혹은 강에 인접한 육상 생태계에서 하류 영향력을 초래한다[19].

둘째, 사회적 관점에서는 공평한 분배, 외부적 영향, 자유로운 이용자수, 고용, 인간 건강과 같은 이슈와 연관되어 있다. 공평한 분배는 지역적으로 큰 물 소비가 있을 때 주위 커뮤니티가 깨끗한 마시는 물 공급에 접근하지 못하는 사이에 수출 제품을 생산하여 이익을 산출하는 것이다. 하류 물 사용자들의 오염과 소비 비용은 일반적으로 상류 물 사용자들에 의해 보상되어지지 않으며, 오염된 물 사용으로 인한 건강과 밀접한 관련이 있다.

셋째, 경제적 관점에서는 특정한 물 발자국은 특정한 경제적 가치 창출과 연관되어 있다. 담수는 제품요인으로서 평가되고, 높은 복지를 창출하는 것에 사용된다. 효율적인 물 사용을 위해서는 다음과 같은 조건의 충족이 필요하다. 첫째, 물의 수요와 공급을 기초로 한 부족을 나타내는 담수 가격을 설정할 시장이 필요하다. 둘째, 사용자들은 하류부근의 사람들과 생태계에 초래하는 부정적인 영향력을 위해 값을 지불하지 않고 있어서 이를 위한 합리적인 비용부담 설계가 필요하다. 수계의 물 관리를 위한 물이용 부담금은 서울, 인천, 경기도 등 한강 팔당상수원 하류의 수도권 시민들이 상류 지역 주민 지원사업과 수질 보전·개선을 위해 납부하는 환경세이다. 인천시는 한강수계관리위원회의 물 이용부담금이 당초 취지대로 이용되지 않고 높게 책정돼 있어 지난 4월 분 물이용 부담금(42억원)의 납부를 거부하는 등 지역 간 갈등을 유발하는 등 지속가능성을 위한 사회적 대책이 요구된다[23].

3.7 물 발자국 대응 전략

인간은 그린, 블루, 그레이 물발자국에 관하여 감소 목표를 구별하여야 한다. 수질오염에 관련된 그레이 물 발자국은 장기적으로 모든 제품을 “0”까지 줄일 수 있다. 그레이 물 발자국 “0”은 방지, 재이용, 취급에 의하여 이루어질 수 있다. 농업의 블루 발자국은 소모적인 물 손실을 줄이고, 블루 생산성을 증가시킴으로써 비가 공급된 농업에 더 많이 의지하지 않도록 할 수 있다. 그린위터 발자국은 그린위터 생산성을 증가시키는 것으로 감소될 수 있다. 한 장소에서 그린위터 자원에 기초가 형성된 증가된 생산액은 다른 곳에서 블루위터 자원으로 생산에 대한 요구를 감소시켜준다. 물 발자국은 경험적으로 측정이 가능하기 때문에 감소시킬 수 있다. 농업에서 그레이 물 발자국은 제조된 비료, 살충제 및 기타 화학 물질을 배제하는 유기 농법을 채택하여 크게 줄일 수 있다. 그린위터 발자국의 목적은 증발시킨 흐름의 충당물을 측정하는 것이다. 그레이, 블루 물 발자국은 유출 흐름의 충당 물을 측정하는 것을 목표로 한다. 물 관리 목표의 공식화는 국제적인 물 이해관계자와 물 관리를 위한 지표를 만드는 데서 출발한다. 탄소배출량과 마찬가지로 3개 분야에서 물 관리를 접근할 수 있다. 환경 문제의 최적화를 위한 접근에는 종종 근원적 감축(reduce), 재사용(reuse), 재활용(recycle)면에서 접근을 들고 있다. 근원적 감축은 목표연도를 정하고 기준연도 대비 물 능력을 향상시키기 위한 목표와 단위 용량을 키우는 물 사용비로 측정한다. 리사이클은 물은 환경까지 공정수를 회수 처리하여 운영에 사용한다. 그레이 위터를 줄이기 위한 비료의 개발이 필요하다. 재보충은 물은 공동체와 자연을 지원하는 위치적으로 관련된 과제로서 사용하는 측면의 접근이다.

4. 결 론

물은 인간에게 가장 소중한 자원이다. 물 발자국 제도는 제품의 전 과정에 사용된 물의 양을 표시함으로써 전 세계적으로 합리적이고, 효율적인 물 사용을 가능하게 해줄 것으로 기대된다. 물발자국에 대한 분석은 어디서 물이 제품의 생산에 사용되고, 어떤 유형으로 사용되는지 확인하는 데 유용하다. 본 연구는 충주와 거창지역에서 재배되는 사과를 대상으로 물발자국의 구성을 사례분석이 실시되었다.

물 리스크에 대응하기 위해서는 첫째, 정부차원의 물 발자국에 대한 적극적인 홍보가 필요하다. 물 사용량의 감소를 목표로 소비자와 생산자에게 물 부족에 대한 인

지도를 높이고, 물 절약방법 등에 대한 홍보가 필요하다고 판단된다. 둘째, 정부는 물을 보존하는 기술이나 방법에 보조금을 지급해야한다. 물 부족지역에서 물 집약적인 농업에 보조금을 지급하지 않거나, 물을 보존하는 기술 및 관개시스템 투자를 지원, 비료, 농약, 살충제 사용을 줄이거나 피하고, 더 적은 화학물질이 적용하는 방식을 농민들을 지원하는 것 등을 들 수 있다. 셋째, 생산자인 농민은 블루 물 발자국을 감소시킬 수 있는 전략수립이 필요하다. 즉, 홍수와 가뭄에 잘 적응할 수 있는 품종 개발, 농업용수 관리 자동화, 물을 보존하는 기술 및 관개시스템 투자를 지원 등이 필요하다. 넷째, 소비자는 물 발자국이 적은 제품을 선택할 수 있어야 한다. 하나는 다른 유형의 더 적은 물 발자국을 가지고 있는 제품에 의해 큰 물 발자국을 가지고 있는 소비자 제품을 대용하는 것이다. 다른 하나는 상대적으로 낮은 물 발자국을 가지고 있는 과일 또는 물 발자국이 적은 지역에서 생산한 물 발자국을 가진 사과를 먹는 것이다.

사과의 물 발자국은 첫째, 상대적으로 낮은 물 발자국을 가지고 있는 사과를 선택하는 소비패턴을 가지거나 둘째, 물이 부족하지 않은 지역에서 생산한 물 발자국을 가진 사과를 구할 수 있는 정보의 생산에 대한 데이터베이스가 필요하다. 또한, 사과 포장재 소비하기까지의 과정에서 발생하는 포장재 제조, 운송에 관련된 Water Footprint회계에 대한 연구가 추후 필요하다고 판단된다.

5. 참 고 문 헌

- [1] 관계부처합동, 물산업육성전략(2010)
- [2] 국토해양부(2011), 수자원장기종합계획 2차 수정계획 (2011-2020)
- [3] 권형준, 물부족 및 기후변화대비 비용부담방안(2010), 저널 물정책·경제, 15
- [4] 김성봉(1997), 왜성사과 재배 신기술, 오성출판사
- [5] 김종천외(2013), 과수원예총론, 향문사
- [6] 농림수산식품부 유통정책관 원예경영과 <http://www.mafra.go.kr>
- [7] 박석하(2013), 농산물의 물발자국 계산방법, (월간)환경미디어 2013년 1월호
- [8] 박재현(2011), 기후변화와 국가물관리전략, 저널 물정책·경제, 17
- [9] 배난주(2007), 기후변화와 탄소발자국, 한국지속가능발전센터.
- [10] 충주농업기술센터 과수연구과: www.cj-apple.co.kr
- [11] 충주시청 홈페이지: www.cj100.net
- [12] 거창군청 홈페이지: <http://www.geochang.go.kr>
- [13] Chapagain, A. K. and A. Y. Hoekstra (2004). "Water Footprints of Nations, Volume 2: Appendices", Value of Water Research Series No. 16, UNESCO-IHE.
- [14] Chapagain, A. K. and A. Y. Hoekstra(2004), "Water Footprints of Nations, Volume 1: Main Report", Value of Water Research Series, No. 16, UNESCO-IHE
- [15] Chapagain, A. K. and A. Y. Hoekstra (2004), "Water Footprints of Nations, Volume 2: Appendices", Value of Water Research Series, No.16, UNESCO-IHE
- [16] Hoekstra, A.Y. and A.K. Chapagain (2008), "Globalization of Water : Sharing the Planet's Freshwater Resources", Blackwell Publishing, Oxford UK. Appendix XX Water footprints of nations
- [17] Hoekstra, A. Y.(2008b), "Water Neutral: Reducing and Offsetting the Impacts of Water Footprints"
- [18] A.Hekstra et.al,(2009), Water Footprint Manual State of the Art 2009, Water Footprint Network
- [19] A.Hekstra et.al (2011), The Water Footprint Assessment Manual setting the Global Standard, Earthscan
- [20] Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants. Edited By W. F. Bennett. St. Paul, Minnesota: APS Press, 1993
- [21] Stead, W. Edward Stead, Jean Garner, Starik Mark, Sustainable Strategic Management, M.E. Sharpe, 2003, London, England
- [22] http://www.kma.go.kr/weather/observation/past_table.jsp
- [23] http://www.diodeo.com/comuser/news/nws_view.asp?news_code=159849
- [24] <http://www.oecd.org>
- [25] <http://texaset.tamu.edu/cropcoe.php>
- [26] <http://www.waterfootprint.org>
- [27] <http://www.unesco-ihe.org/>
- [28] http://www.ipcc.ch/search/searchspecial_reports.shtml
- [29] <http://www.yc.tcu.ac.jp/~itsubo-lab/index.html>
- [30] http://www.ten-info.com/upload/dir/4_datas/지속가능수자원관리_지표로써_Water_footprint의_국제동향.pdf
- [31] 堀内行藏, 向井常雄, 環境經營論, 東洋經濟新報社, 2006.

저 자 소 개

오 영 진

한양대학교에서 학사, 석박사를 취득하고 현재 상지대학교 경영정보학과에 재직하고 있다. 주요 관심분야는 시뮬레이션, 정보처리, 의사결정론 등이다.

김 홍 재

산업공학을 전공(건국대)하고 명지전문대학 산업시스템경영과에서 교수로 재직하고 있다. 주요 관심영역은 신제품연구개발, 기술경영(신제품기획), 감성과 인간공학, 지식창조리더쉽을 중심으로 인간과 환경과 직무에 대한 융합적 연구를 시도하고 있다.

주소 : 경기도 고양시 일산동구 정발산동785번지현대아이스페이스1514호

박 석 하

상지대학교 경영학과에 박사학위를 취득하였으며, 현재 (주)로지스파크닷컴 대표로 근무중. 물류와 원가컨설팅으로 활동하고 있으며, 관심분야는 기후변화 및 지구온난화 기업에 미치는 영향에 관련된 분야이다.

주소: 서울시 양천구 신정동 311, 목동서로 400 목동아파트1021동802호

김 제 승

서울대학교 산업공학과에서 박사학위를 취득, 현재 상지대학교 경영학과 교수로 재직중에 있음. 관심분야: 응용확률모형, 무선통신망 최적화 및 응용

주소: 강원도 원주시 우산동 상지대학교 경영학과