제7차 세계물포럼 미래식량을 위한 물*

임 송 수
(고려대학교 식품자원경제학과 교수)

1. 서론

2015년 4월 12일부터 17일까지 세계물포럼(World Water Forum)이 대구와 경주에서 개최되었다.[1] 세계물포럼은 지구의 물 문제를 해결한다는 기치아래 전문기관들과 정부 및 국제기구가 참여하고, 1996년에 창설한 세계물위원회(World Water Council, WWC)[2]가 주관하는 국제회의이다. 1997년에 제1차 회의를 기점으로 3년마다 개최되고 있는데, 이번에 열린 제7차 회의는 "우리 미래의 물(Water for Our Future)"이란 주제로 진행되었다<표 1 참조>.[3]

이번 회의는 ① 주제별 과정, ② 정치적 과정, ③ 지역별 과정, ④ 과학기술 과정 등 4개 과정에서 총 400여개 세션이 진행되었다. 본고에서 다룰 내용은 주제별 과정의 틀 속에 맞춰진 "실행목표" 중 "식량을 위한 물(water for food)"에 관한 내용이다<표 2 참조>. 먼저 세션의 백서(white paper)로 제시된 FAO와 WWC의 보고서 내용(제2장)을 정리한 후 아메리카 지역 사례를 중심으로 발표된 내용들(제3장)을 살펴보기로 한다.[4]

* (songsooc@gmail.com).
1) 2015 제17차 세계물포럼에 관한 자세한 정보는 공식 홈페이지 참조(worldwaterforum7.org).
2) (http://www.worldwatercouncil.org/).
3) 세계물포럼의 개최일은 세계 물의 날(World Water Day)인 3월 22일 전후로 결정됨.
4) 아메리카 지역사례는 "변화하는 세상아래 지역의 관점에서 바라본 물과 식량안보(water and food security in a changing world

표 1 세계물포럼의 역사

회의	개최국 · 도시	주제	참가규모
1차	모로코 · 마라케시	물과 삶 및 환경의 비전 (vision for water, life and the environment)	63개국 500명
2차	네덜란드 · 헤이그	비전에서 행동으로(from vision to action)	114개국 5,700명
3차	일본 · 교토, 시가, 오사카	차별화된 포럼(a forum with a difference)	183개국 2만 4,060명
4차	멕시코 · 멕시코시티	세계 도전과제에 대한 지역의 대응 (local actions for a global challenge)	168개국 1만 9,766명
5차	터키 · 이스탄불	물 격차의 완화(bridging divides for water)	192개국 3만 3,058명
6차	프랑스 · 마르세유	해결의 시간(time for solutions)	173개국 3만 4,065명
7차	한국 · 대구, 경주	우리 미래를 위한 물(water for our future)	168개국 3만 명

자료: 2015 대구 · 경북 세계물포럼(http://worldwaterforum7.org).

2. 물과 식량안보의 미래에 관한 백서

FAO와 WWC(2015)는 세계의 식량안보 상황을 점검하고, 2050년을 기점으로 한 물과 식량에 관한 전망 아래 정책이 나아갈 방향을 논하고 있다.[5)]

2.1. 2050년 물과 식량의 전망

2050년 세계 인구는 90~100억 명이 될 전망이다. 비록 식량은 늘어나는 인구를 충족시킬 만큼 충분히 생산될 것으로 전망되지만, 식량 및 영양불안은 많은 지역에서 지속될 것으로 전망된다. 빈곤을 줄이고 소득을 늘리며 식량안보를 보장하기 위해서는 특히 농업부문에 대한 투자와 공공개입이 필요하다.

세계 전체로 보면 수자원은 2050년에 필요한 식량을 생산하기에 충분할 것으로 전망된다. 그러나 많은 지역은 물 부족에 직면하게 될 것이다. 물 부족은 경쟁을 촉발시킴으로써 농업생산이 위축될 수 있으며, 도시와 농촌에 거주하는 많은 사람들의 소득과 삶에 영향을 미칠 것이다. 효과적 물 사용, 천연자원 기반보호, 농업생산과 생활용물에 대한 접근보장 등을 담보하기 위해서는 혁신과 더불어 더욱 효과적인 물 관리가

:regional perspectives)" 란 주제아래 구성된 세션(2015년 4월 13~13일, 경주)에서 발표된 내용을 보완하여 제시한 것임. 각 발표사례 원문은 참고문헌을 참조하기 바람.

5) 이 백서는 2015년 세계물포럼 중 "식량안보를 위한 물에 관한 고위급 패널(High Level Panel on Water for Food Security) 논의를 위하여 준비된 것 임.

필요하다. 물 부족 지역과 국가는 구조적인 식량부족 문제에 대응하기 위하여 식량안보 전략을 강구해야 하며, 식량가격 변동성으로부터 보호받을 수 있도록 무역조치를 통한 식량접근 기회를 확보하여야 한다.

표 2 세계물포럼 주제별 과정의 세부 주제

실행형태	축	주제
실행 목표 (action goals): 우리가 원하는 미래(our future we want)	모두를 위한 물안보 (water security for all)	모두를 위한 충분하고 안전한 물 (enough safe water for all)
		모두를 위한 통합된 위생관리 (integrated sanitation for all)
		변화에 대한 적응: 복원을 위한 위험 및 불확실성 관리와 재난준비(managing risk and uncertainty for resilience and disaster preparedness)
		지속가능한 물자원 관리와 서비스를 위한 하부구조(infrastructure for sustainable water resource management and services)
	개발과 번영을 위한 물 (water for development and prosperity)	식량을 위한 물(water for food)
		물과 에너지(water and energy)
		물과 도시(water and cities)
	지속가능성을 위한 물: 인간과 자연의 조화 (water for sustainability: harmonizing humans and nature)	녹색성장, 물 지킴과 산업 (green growth, water stewardship and industry)
		물 서비스와 생물다양성을 위한 생태계의 관리와 회복(managing and restoring ecosystems for water services and biodiversity)
		물마루부터 산호초까지 수질 보장 (ensuring water quality from ridge to reef)
		IWRM[6]의 스마트 이행(SMART implementation of IWRM)
실행 수단 (action tools): 변화를 위한 엔진(engines for change)	실행가능한 이행체제수립 (constructing feasible implementation mechanisms)	혁신적 투자를 위한 경제 환경과 금융 (economics and financing for innovative investments)
		효과적 거버넌스: 향상된 정치적 의사결정, 이해당사자의 참여, 기술에 관한 정보(effective governance: enhanced political decisions, stakeholder participation and technical information)
		갈등완화와 국경간 물 문제의 개선을 위한 협력 (cooperation for reducing conflict and improving transboundary water management)
		물 문화와 정의 및 형평성(water cultures, justice and equity)
		교육 향상과 능력형성 (enhancing education and capacity building)

자료: 2015 대구 · 경북 세계물포럼(http://worldwaterforum7.org).

6) 통합수자원관리(Integrated Water Resources Management, IWRM).

2.2. 2050년 전망을 결정하는 요인

2050년까지 세계인구의 순 성장은 개도국의 도시지역에서 나타나게 될 것이다. 도시화의 진행은 농업에 활용되는 물의 양과 질에 영향을 미칠 것인데, 특히 도시 외곽지역이 주요 관심대상이다. 농업은 많은 도시민들에게 식량을 공급할 수 있으나 이를 위해서는 충분한 물이 필요하다.

도시와 시골의 관계는 복잡하게 연관될 것이므로, 효율적인 관리개선을 통하여 상호 이익이 되는 새로운 기회를 창출할 수 있을 것이다. 예를 들면, 도시 물 제품에 포함된 물과 영양분을 재활용하고 재사용하는 것이다.

2050년에 세계인구의 상당부분을 차지할 가난한 사람들의 생계는 계속 농업에 의존할 것이다. 이에 따라 개도국의 농업에 대한 투자는 가난한 사람들의 소득을 높이고 자국의 식량안보와 영양안보를 달성할 수 있도록 할 것이다. 2050년에 농업은 대부분의 국가에서 개발된 수자원의 최대 사용 산업일 것인데, 강이나 호수 및 대수층에서 끌어 올리는 물의 70%까지 차지할 것이다. 도시와 산업 및 환경목적의 물 수요는 증가할 것이며, 이는 많은 분야에서 농업이 사용할 수 있는 물의 양을 감축시킬 것이다.

그러나 지금부터 2050년 사이에 작물과 축산물 생산과정에서 발산된(transpired) 물의 양은 세계 전체로 보면 증가해야 한다. 많은 지역에서 농민들은 그 농산물에 대한 수요가 증가함에도 불구하고 관개를 통하여 얻을 수 있는 물의 수량이 감소할 것임을 각오하여야 한다. 관개수와 천수의 환경에서 물 관리에 관한 교육 및 훈련을 위한 혁신적인 기술과 투자가 필요하다. 이를 통하여 농업의 물 사용 생산성을 높일 수 있기 때문이다.

기후변화는 기후와 연관된 사건들을 더욱 변동시킬 것이며, 빈번한 극한 날씨뿐만 아니라 물과 농업에 있어 적응이 필요한 새로운 도전과제들을 불러올 것이다. 물의 보관 구조, 지하수와 지표수의 결합 사용, 폐수수집과 재사용, 산림농업, 소규모 농가를 위하여 복원력이 큰 생산체제를 조성하기 위한 연구 등 지역 수준과 분수계 및 농가수준에서 그 적응력을 향상시키기 위한 조치들에 투자가 이뤄져야 한다. 지구의 물 공급에 있어 중요한 발원처인 밭과 산악지역을 보호하고 지속가능하도록 하는데 지금보다 더 큰 노력이 필요하다.

주요 생산지역에서 수자원은 과용되거나 지속불가능한 방법으로 인하여 침해되고 있다. 남아시아와 동아시아, 극동아시아, 북아프리카, 북중미의 넓은 지역에서의 지하수 이용이 자연적인 충원률보다 높은 실정이며, 대수층은 감소세이다. 이 지역에서

수백만 가구가 물에 의존하여 생산 활동을 하고 있으며, 이러한 과잉사용은 무한정 지속될 수 없다. 다른 지역에서는 집약농업과 산업개발 및 도시팽창이 생활용이나 농업용으로 사용할 수 없을 만큼 물 덩어리(water body)를 오염시킨다.[7] 계획아래 그리고 점진적인 방식으로 물을 사용하고 오염을 줄이는 한편, 사람들로 하여금 기존 방식과 다른 방식의 삶을 추구할 수 있도록 하는 정책개입이 필요하다.

2.3. 기본 정책과 투자

지속적인 투자는 기술에 관한 공공연구에 반드시 필요하며 이는 소규모 농가의 집약된 농업생산을 주도할 것이다. 작물과 가축의 유전체 및 생산기술에 관한 진전은 농가로 하여금 제한된 농지와 물아래 그들의 생산을 늘릴 수 있게 한다. 이러한 연구자원들은 소규모 농가에 직접 전달되어야 하므로, 교육과 훈련 및 구제에 관한 투자에도 지원되어야 한다. 투자에 있어 민간부문과 민관연대는 새로운 기술이 개발되고 이행되는 속도를 높일 것이다.

농업 위험관리를 개선하기 위한, 특히 소규모 농가를 위한 투자와 프로그램은 해당 농가가 새로운 기술을 채택하고, 활동을 다양화하며, 투입재가격의 상승국면이나 낮은 단수 및 극단의 기후 상황에서도 식량안보를 지탱하도록 하는 유용한 수단이 될 것이다. 기후지수에 기초한 보험 상품을 더욱 체계적으로 사용하는 것과 함께 농업 투입재, 작물과 축산물의 공급과 운송을 개선하고 농산물 유통에 따른 거래비용을 낮추도록 하는 하부구조에 대한 투자가 필요하다. 이러한 투자는 수자원 제약아래 농가가 창출하는 가치를 증대시키는 한편, 식량안보와 영양안보를 개선시킬 것이다.

특히 여성과 어린이에 초점을 맞춘 음용수 공급, 수질, 위생 및 건강관리에 대한 투자는 도시와 농촌 거주자들이 가용할 수 있는 식량과 영양을 최대한 활용할 수 있도록 보장한다. 더 나은 위생과 건강은 만성적인 질병과 가구의 복지 및 교육에 장애가 되는 다른 요소들의 영향을 개선시킬 것이다. 가구 수준에서의 생산성 성장과 개발, 소득 창출, 식량안보를 보장하기 위하여 충분한 물이 필요한 것처럼, 건강을 위하여 물을 잘 사용하는 게 필요하다. 이러한 선순환은 어떻게 깨끗한 물과 위생 및 건강시설에 적은비용으로 접근할 수 있도록 하는가에 달려 있다.

농촌에서 농외 고용기회를 증진시키는 데에도 정책과 투자가 필요하다. 이를 통하여 토지와 수자원이 높은 인구밀도를 지지하는데 적합하지 않은 곳에서도 소득향상,

7) 물 덩어리는 강과 호수처럼 물이 모인 것을 지칭함.

빈곤감축, 식량안보 개선 등을 이룰 수 있다. 식량안보를 달성을 위하여 높은 소득은 반드시 필요하며, 대부분의 농촌지역에서 이러한 소득은 새로운 농외 고용에서 비롯될 것이다.

여성은 아시아와 아프리카 영농의 상당부분을 책임지고 있으나, 농업에 영향을 미치는 많은 제도적 환경은 농업에서 여성의 역할을 지지하지 못하고 있다. 특히 농업생산, 연구, 교육 및 구제 등에서 여성의 역할과 성공을 제고하려면 지금보다 더 효율적인 제도와 지원정책 및 투자전략이 필요하다. 농지 소유권 보장, 물과 신용에 대한 접근 보장, 물 사용자 조합과 농업협동조합에 참여할 수 있도록 지원하는 정책이 필요하다. 또한 여성이 농업연구, 지도 및 교육 분야에 진출할 수 있도록 지원하는 프로그램도 필요하다.

2.4. 물 관리와 제도 및 인센티브

농업과 다른 산업 사이에서 물을 둘러싼 경쟁이 증가하는 상황에서 중앙 및 지방정부는 물 고갈상황에 대하여 효과적으로 정보를 나누는 것이 필요하다. 이를 통하여 물이 공정하고 효과적으로 배분되고, 모든 소비자들이 지혜롭게 물을 사용하도록 장려하여야 한다. 이와 함께 농지 소유권을 보장하면 효과적인 토지사용이 장려되고 물에 대한 권리와 배분 또한 보장됨으로써 농가로 하여금 토지에 투자하고 관개농업을 통하여 소득을 증대시키도록 할 것이다. 국제 하천유역에서 지속적인 협력 노력은 지표수나 지하수 자원을 공유하는 국가 간의 물과 식량안보를 지킬 수 있도록 할 것이다.

앞으로 산업간 물에 대한 경쟁이 증가한다는 것은 물에 대한 권리와 배분 및 관리에 있어 혁신적인 체제가 필요하다는 것을 뜻한다. 본디 물 관리 형태는 상대적으로 물이 풍부한 상황에서 그 배분과 관리를 효과적으로 하는 것이거나, 물 대부분이 농업에 사용되던 때에 존재하는 것이었다. 새로운 관리구조는 물 개발과 배분 및 관리 결정에 더 폭넓은 물 사용자 그룹이 참여하도록 하는 것이어야 한다. 이를 통하여 환경어메니티(amenity)[8]에 대한 적절한 관심과 지속가능한 물 사용에 이바지할 수 있는 효과적인 투자 프로그램의 수립 등을 기대할 수 있다.

8) 농촌 특유의 자원 환경과 전원풍경, 지역 공동체 문화, 지역 특유의 수공예품, 문화유적 등 다양한 차원에서 사람들에게 만족감과 쾌락성을 주는 요소들을 함축하는 의미임. 자연 경관을 해치지 않고 사람들에게 만족감을 줄 수 있는 농촌의 모든 경제적 자원을 칭하는 용어로 사용됨.

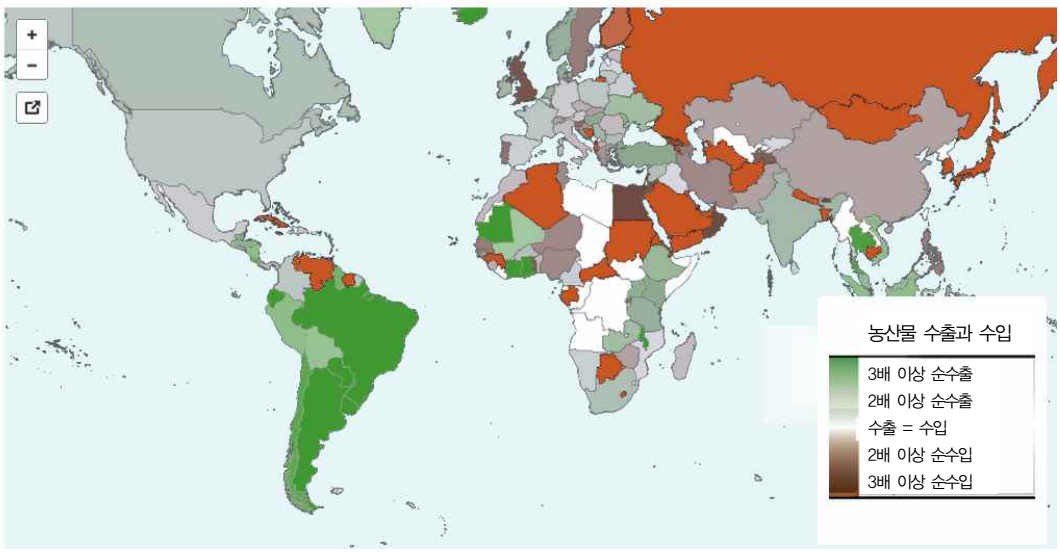
3. 식량을 위한 물: 사례 발표

3.1. 아메리카 개관[9)]

아메리카 대륙은 경제개발과 농업체제가 다양한 지역이다. 미국, 아르헨티나, 브라질처럼 대농 중심의 대규모 식량 생산국이 있는 반면에 다른 남미와 카리브 연안국(Latin America and Caribbean, LAC)에서는 소규모 생계형 농업이 중요한 부문을 차지한다. 제도와 단수에서도 국가 간 차이가 존재한다. 전체적으로 수자원이 풍부한 편이지만, 지역과 시기에 따른 변동성이 큰 편이다.

남미는 새로운 경작 가능지가 28%에 달한다. LAC의 농산물 수출은 1990년대 중반 이후 연간 8% 성장하고 있다. 즉 남미 대부분은 농산물 수입보다 2~3배 이상의 농산물을 수출하는 순수출 지역이다<그림 1 참조>.

그림 1 세계의 농산물 수출과 수입

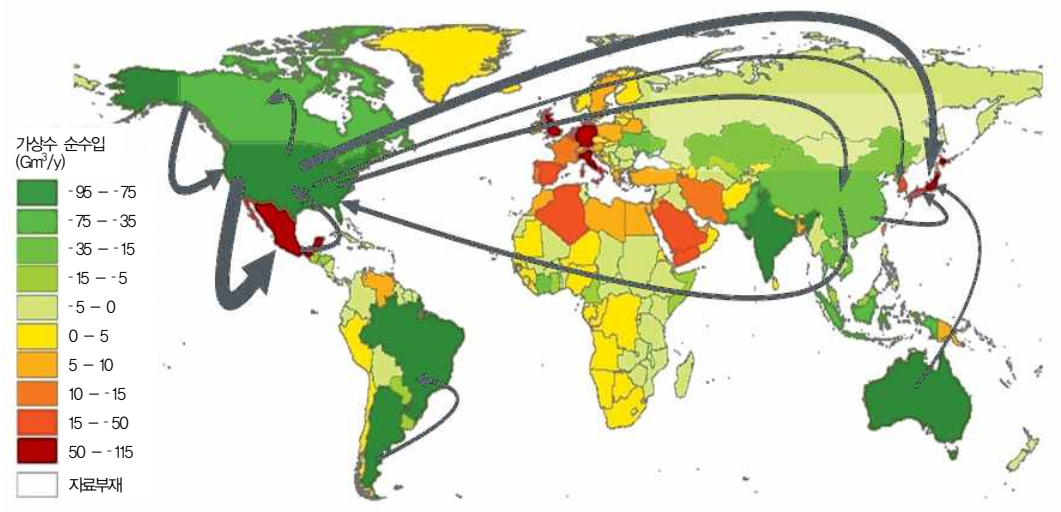


자료: Kirk(2012).

9) 이 자료는 미국 네브라스카 대학(Univ. of Nebraska)의 Robert B. Daugherty Institute가 아메리카 대륙 전반에 관해 발표한 내용을 보완하여 정리한 결과임. 이 연구에 관한 자세한 사항은 다음 웹사이트 참조(waterforfood.nebraska.edu).

<그림 2>는 1996~2005년에 국가별 가상수(virtual water)[10]의 수지와 농산물 및 공산품 무역을 근거로 산출한 가상수의 국가 간 흐름을 나타낸다. 여기서 가상수란 생산에 필요한 물의 양을 말한다(김윤형 등 2012).[11] 가상수의 순수출국은 아메리카(미국, 캐나다, 브라질, 아르헨티나), 남아시아(인도, 파키스탄, 인도네시아, 태국), 호주 등이다. 반면 주요 순수입국은 북아프리카, 중동, 멕시코, 유럽, 일본, 한국 등이다.[12]

그림 2 농산물과 공산품의 무역과 관련된 가상수의 흐름과 국가별 균형



자료: Hoekstra and Mekonnen(2012).

<그림 3>은 물의 "물리 기준의 결핍(physical scarcity)"과 "경제 기준의 결핍(economic scarcity)"을 나타낸다. 물에 대한 접근성을 기준으로 정의된 "물리 기준의 결핍"은 수자원 개발이 지속가능한 한계를 초과한 상태로, 하천 유량의 75% 이상을 농업, 제조업 및 국내용으로 사용하는 것이다. "물리 기준의 결핍에 근접"한 상태는 하천 유량의 60% 이상을 사용하는 것이다. "경제 기준의 결핍"은 비록 자연 상태에서 물이 그 수요보다 충분하나, 인재 부족과 제도 및 금융자본의 한계로 말미암아 물에 접근하지 못하는 상태를 말한다. 즉 하천 유량의 25% 미만을 사용하나 영양결핍이 존재하는 경우를 말한다.

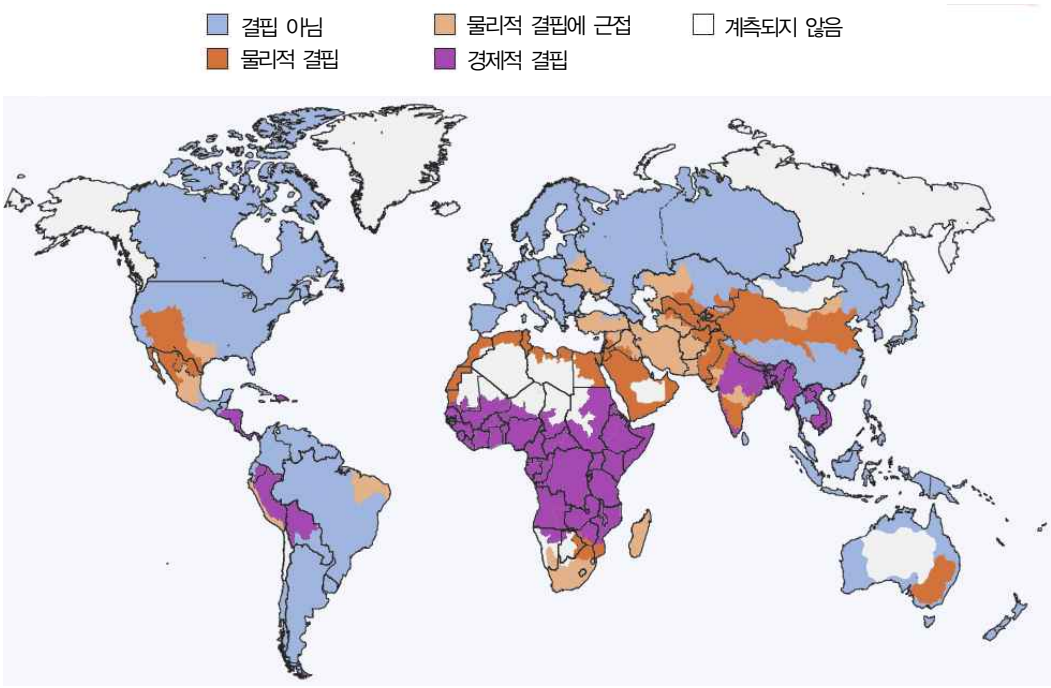
10) 1998년 토니 앨런(Allan, J.A)교수가 물에 대한 경각심을 높이기 위해 제시한 용어임. 농산물뿐만 아니라 축산물, 공산품 등의 생산, 유통, 소비 등 전 과정에서 소비되는 물을 의미함.

11) 예를 들면, 벼의 경우 논에서 재배하는데 필요한 물의 양이 포함되며, 백미의 경우 가공단계에서 추가로 사용되는 물의 양이 산출에 들어 백미 1톤 생산에 필요한 가상수는 2,309m3임(김윤형 등 2012).

12) 단정하여 말하기는 어렵지만 북미와 남미가 가상수의 순수출국이란 사실은 수자원을 사용하여 생산하는 농산물에 비교우위가 있음을 나타내며, 이는 다른 조건이 같을 경우에는 물의 부존자원이 상대적으로 풍부함 시사함.

세계 인구의 1/5가량이 물의 물리 기준의 결핍에 직면해 있다. 아프리카와 아시아 일부는 경제 기준의 결핍이 심각하다. 아메리카 지역은 결핍이 나타나지 않고 있으며, 한국도 마찬가지이다. 미래 물 문제의 중요한 요인은 단순히 인구증가에만 있는 것이 아니라 물과 빈곤문제 해결에 대한 의지 부족, 목표한 투자를 적절히 이행하지 못하는 것, 충분하지 못한 인재, 효과가 미흡한 제도, 부실한 관리 등이다.

그림 3 국가별 물의 결핍 상황



자료: Earthscan(2007).

식량생산을 위한 물과 관련하여 아메리카가 직면한 문제는 가구의 식량안보를 보장하고 지역의 농업생산 잠재력을 실현하되, 증가하고 있는 다른 부문의 사회, 경제, 환경수요 또한 동시에 충족시키는 것이다. 이러한 도전과제를 극복하기 위하여 다양한 개선이 필요하다.

첫째, 민관연대의 틀 안에서 기술혁신을 통하여 물의 생산성을 높여야 한다.

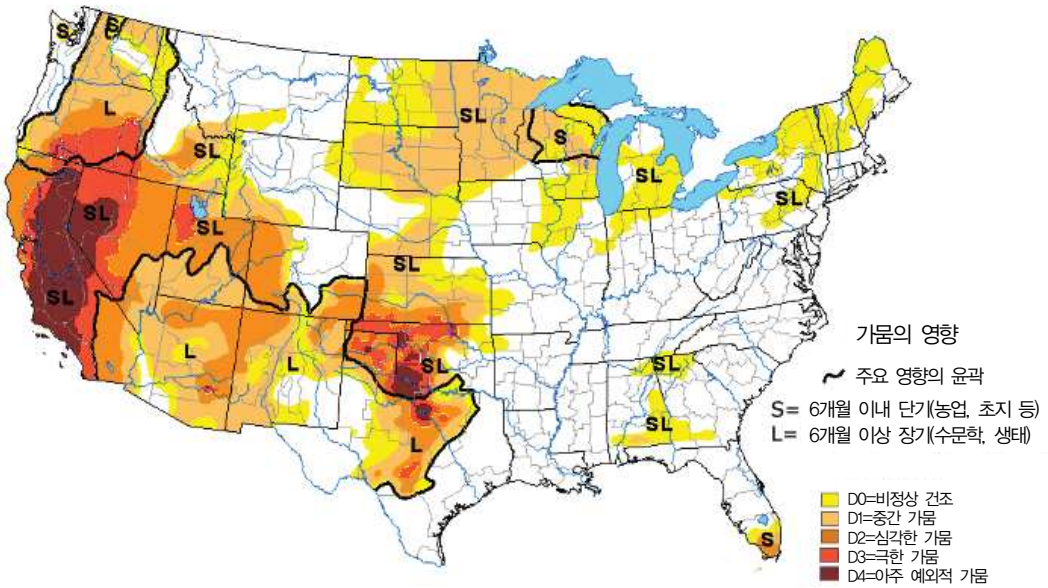
둘째, 보전에 대한 인센티브를 제공과 제도 및 정책의 혁신이 필요하다.

셋째, 천수답 농업에서 농작물의 증발산(evapotranspiration)을 통하여 소비되는 물, 즉 녹색 물(green water)의 사용과 관리를 최대한 개선해야 한다. 이를 위하여 천수답 농업

의 잠재력을 실현시킬 수 있도록 소규모 물 투자에 집중하는 것이 필요하다. 예를 들면 여과탱크, 단구 구조, 물 함양 등을 통하여 작물에 물 공급을 증대시키고, 작물 품종 개선과 보전농업을 통한 작물의 물 흡수 능력을 제고시키는 것이다. 또한 녹색 물과 청색 물(blue water),[13] 의 통합된 관리도 필요하다.

넷째, 가뭄 관리가 필요하다. 가뭄에 관한 적절한 모니터링이 필요하며, 지역수준에서 대비능력을 개선시켜야 한다. 예를 들면 미국의 국립가뭄경감센터(National Drought Mitigation Center)[14]는 실시간으로 자국의 가뭄상황과 정보를 지도와 함께 게재한다 <그림 4 참조>.

그림 4 미국의 가뭄 모니터(2015년 4월 21일 현재)



자료: US Drought Monitor(http://droughtmonitor.unl.edu/).

작물의 단수 격차와 물 생산성 측면에서도 기회가 존재한다. 아르헨티나의 경우 물 제약아래 단수(water-limited yield)를 감안할 때 콩, 밀, 옥수수의 생산량을 최대 1,100만 톤까지 증대시킬 수 있을 것으로 분석되었다<표 3 참조>. 콩의 단수격차는 옥수수나 밀의 경우보다 낮은 것으로 나타났다. 국가 전체로 보면 아르헨티나의 농작물은 중간 정도의 단수격차를 나타내고 있다.

13) 강 또는 호수.
14) (http://droughtmonitor.unl.edu/).

표 3 아르헨티나의 주요 곡물 생산 잠재력

곡물	YA (톤/ha)	YW (톤/ha)	YW-YA (톤/ha)	YP (톤/ha)	면적 (100만ha)	실제생산량 (100만톤)	생산능력 (100만톤)
옥수수	6.78	11.59	4.81	13.78	3.03	23	34
밀	3.02	5.16	2.14	7.30	4.54	14	19
콩	2.65	3.91	1.26	6.21	17.11	48	55

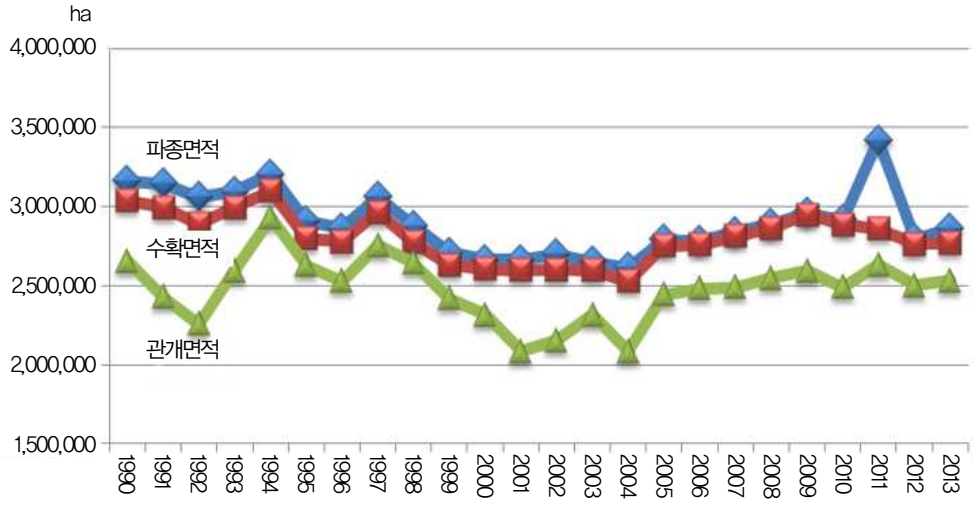
주: 1. YA=실제단수; YW=물 제약이래 단수; YP=잠재 단수.
2. 단수 격차(YW-YA)에 관한 자세한 산출 방식과 지역별 자료에 관해서는 Global Yield Gap Atlas(www.yieldgap.org) 참조.
자료: Merlos et al(2014).

3.2. 멕시코[15)]

FAO는 2050년까지 1인당 평균 하루 칼로리 요구량이 2,000kcal에서 3,130kcal로 증대될 것이라 전망한다. 이는 농업생산이 지금보다 70%이상 증가하여야 함을 뜻한다. 멕시코에서 농업생산을 70% 확대하려면 작물 단수 성장이 52%, 작물 집중도 확대가 18%, 경작지 면적 증대가 30% 이상 기여하여야 할 것이다.

<그림 5>은 관개지역(irrigation districts) 내에서 수확면적이 감소하였음을 나타낸다. 관개면적은 1994년에 거의 300만 ha로 정점에 이른 후, 2000년대 초반까지 감소하다가 이후 반등하여 250만 ha를 조금 넘는 수준을 유지하고 있다.

그림 5 멕시코의 관개면적 추이

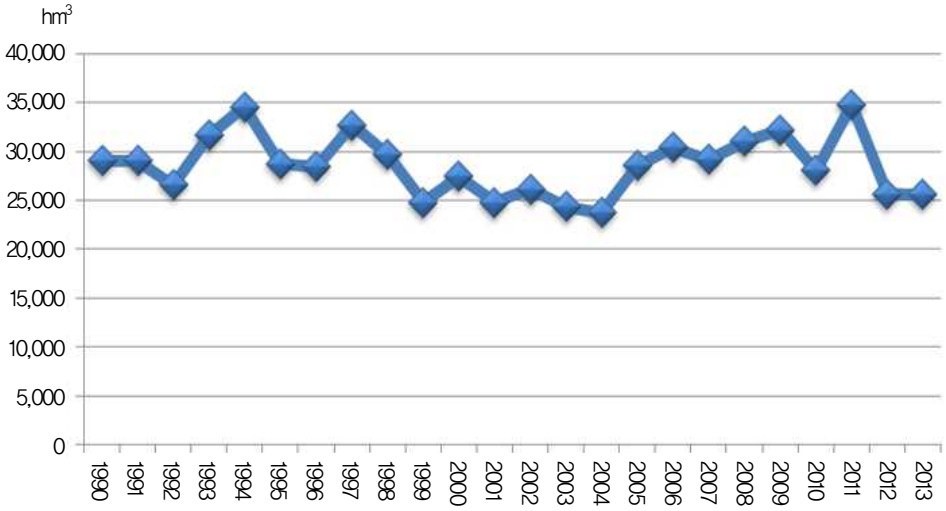


자료: Collado(2015).

15) 이 자료는 멕시코의 관개건조 국제위원회(International Commission on Irrigation and Drainage, ICID)의 클라도(J. Collado) 부회장이 발표한 내용임(http://www.icid.org/cp_mexico.html).

<그림 6>은 관개지역 안에서 물 추출률을 나타낸다. 1994년과 2011년에 각각 3만 5,000 hm^3로 최고수준을 기록하였고, 2013년에는 2만 5,000 hm^3를 기록하였다. 이는 장기적으로 물 추출률이 감소한 결과이다.

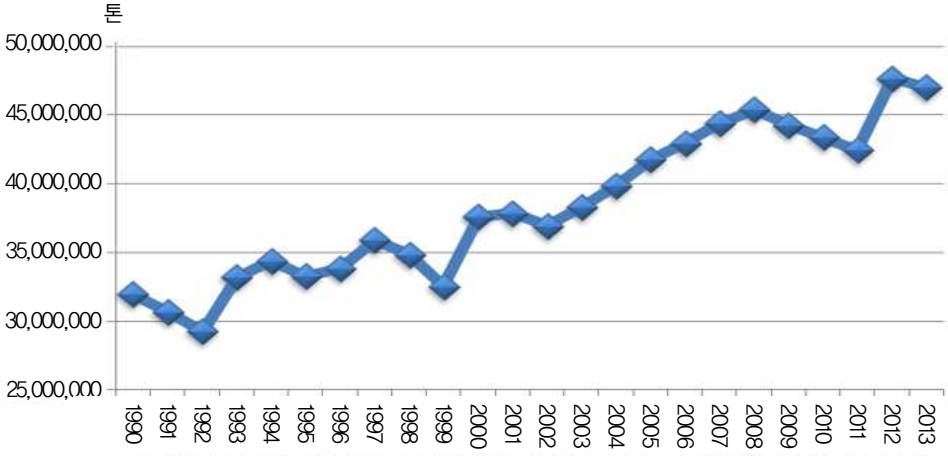
그림 6 멕시코의 관개지역에서 물 추출률 추이



자료: Collado(2015).

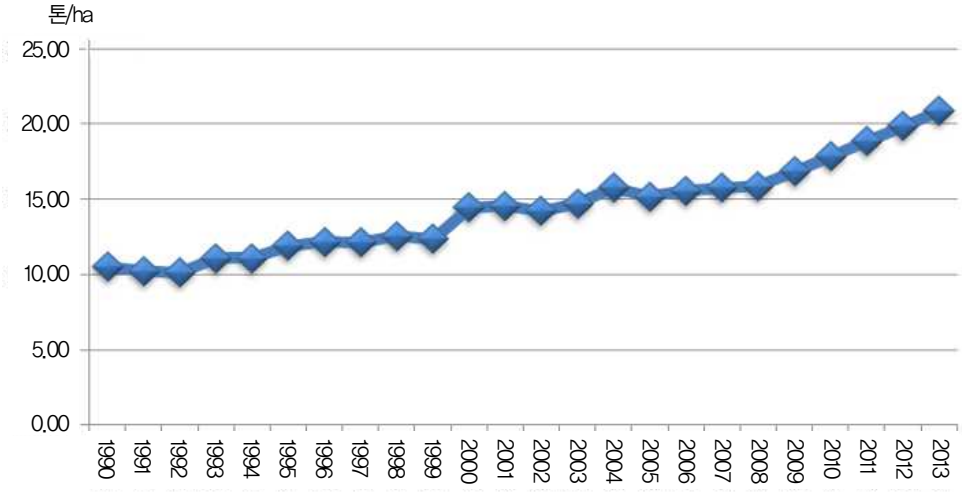
<그림 7>은 관개지역에서 작물 생산량 추이를 나타낸다. 작물 생산량은 1992년에 3,000만 톤 미만에서 2013년 현재 4,700만 톤가량으로 오름세를 보이고 있다. 동 기간, 단수도 ha당 10톤에서 20톤 이상으로 2배 증가하였다<그림 8 참조>.

그림 7 멕시코의 관개지역 안에서 작물 생산량 추이



자료: Collado(2015).

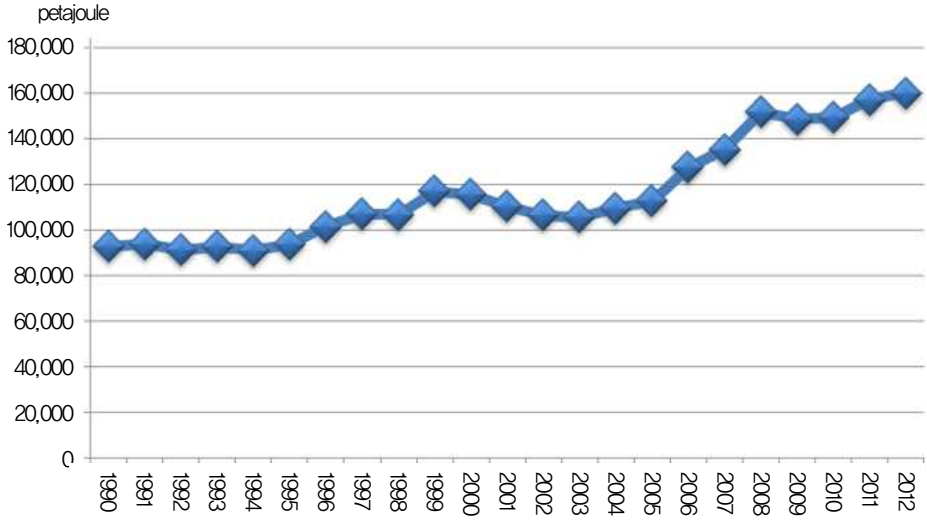
그림 8 멕시코의 관개지역에서 작물 단수 추이



자료: Collado(2015).

식량안보는 다양한 요인에 의하여 결정되지만, 특히 멕시코의 경우 종자의 개선, 관개, 비료 사용 등이 중요한 요인이다. 비료를 생산하고 관개 적기(timing)를 적절하게 조절하는 데에는 많은 에너지가 필요하다. <그림 9>는 농업 에너지의 소비 추이를 나타내는데, 1990년에 약 9만 페타줄(PJ, petajoule)에서 2012년에 약 16만 페타줄을 기록하였다.[16)]

그림 9 멕시코의 농업 에너지 소비 추이



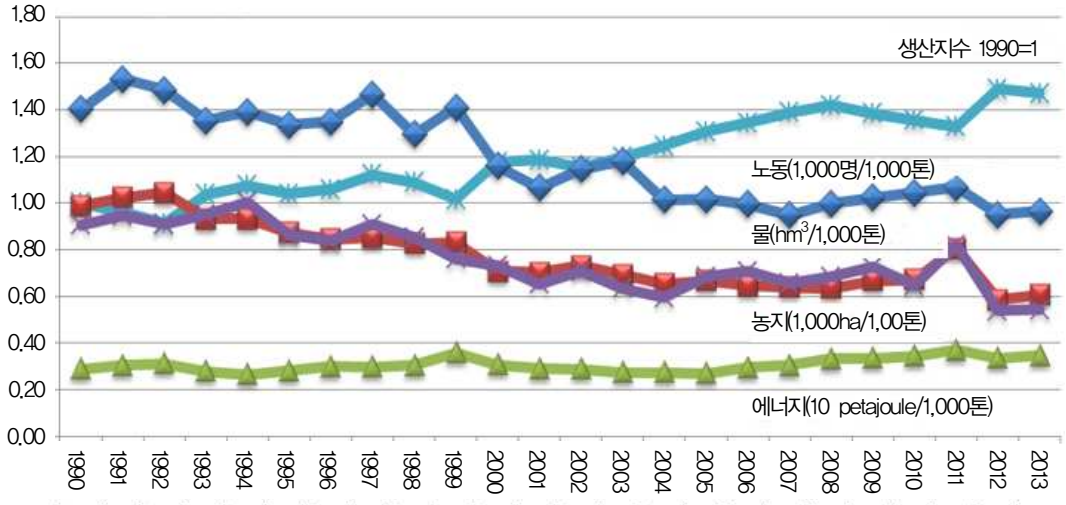
자료: Collado(2015).

16) Joule은 에너지의 양을 나타내는 단위로 "1초간 1 watt의 힘"을 나타냄. Petajoule은 1015 joule임.

생산량과 투입량의 추이를 종합하여 단위 생산량 대비 투입재의 사용 추이를 살펴보면 <그림 10>과 같다. 이 가운데 특히 생산량으로 계측한 물의 사용 효율이 개선되고 있음을 알 수 있다.

그림 10 멕시코의 단위 생산 기준 투입재 사용 추이

단위: 생산량 대비 투입재 사용



자료: Collado(2015).

3.3. 북미[17)]

북미와 중미의 경지면적과 관개면적을 나타내면 <표 4>와 같다. 관개면적 비중이 가장 높은 나라는 니카라과로 40%에 이르고, 멕시코가 23%, 도미니카 공화국이 22%이다. 미국의 관개면적 비중은 14%이나 그에 해당하는 관개면적은 2,473만 ha로 이 가운데 가장 넓다. 북미 국가들의 관개방식을 비교하면, 미국의 경우 스프링클러 방식(sprinkler system)이 가장 큰 비중을 차지하는 반면에 멕시코는 중력을 이용한 관개방식(gravity system)이 대부분을 차지한다.[18)]

미국에서 관개면적이 가장 큰 주는 네브래스카(Nebraska)로 336만 ha에 이른다. 캘리포니아(California) 주가 305만ha이고 아칸소(Arkansas) 주는 200만 ha이다. 사용 중인 관정(well) 수는 텍사스(Texas) 주가 8만 1,511개로 최다이고, 네브래스카 주 7만 7,155개,

17) 이 부분은 미국 네브래스카 대학(Univ. of Nebraska)의 Christopher Neale 연구부장(Daugherty Water for Food Institute)이 발표한 내용을 근거로 작성함.

18) 관개방식에 따른 물 사용의 효율은 중력방식이 가장 낮은 것으로 알려짐.

캘리포니아 주 5만 9,499개, 아칸소 주 4만 8,310개이다. 캘리포니아 주의 관개지역에서 재배되는 작물은 과수가 104만 ha로 가장 많으며, 채소 41만 ha, 콩과 알팔파(alfalfa)가 27만 ha이다. 네브래스카 주의 경우 관개지역에 재배되는 옥수수와 콩은 각각 217만 ha와 78만 ha를 차지하여 천수답 면적보다 각각 3.7배와 2.3배 넓다.

표 4 북미와 중미의 경지면적과 관개면적

국가	경지면적 (100만ha)	관개면적 (100만ha)	관개비중(%)
미국	173.20	24.74 (10.7–1.6–12.3)	14
캐나다	52.15	1.08 (0.2–0.006–0.7)	2
멕시코	27.5	6.30 (5.6–0.2–0.4)	23
온두라스	1.43	0.08	6
도미니카 공화국	1.30	0.28	22
과테말라	1.53	0.31	20
파나마	0.54	0.03	6
엘살바도르	0.71	0.05	7
코스타리카	0.25	0.10	40
니카라과	1.50	0.14	9
쿠바	3.50	0.18	5

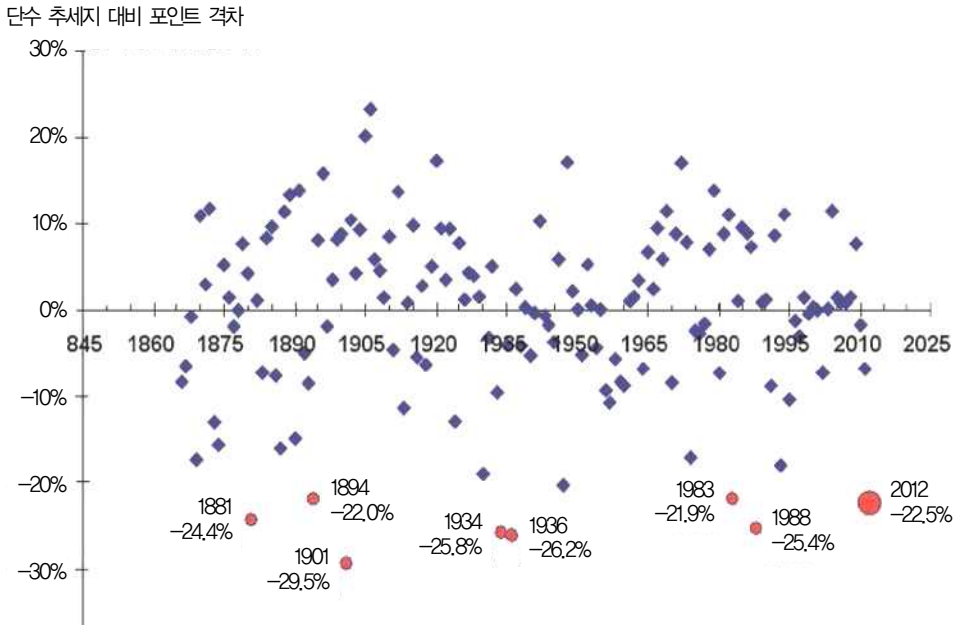
주: 미국, 캐나다, 멕시코의 관개면적 중 괄호 안은 각각 중력(gravity)–점적(drip)–스프링클러(sprinkler) 방식에 의한 면적을 나타냄.
자료: Neale(2015).

네브래스카 주는 1972년부터 23개 천연자원지구(National Resource District, NRD)를 지정하여 관리하고 있다. 지역위원회가 조성되어 위원회가 설정한 재산세 수익을 기반으로 사업을 진행하되, 일부 정부자금을 지원받는다. NRD별 물 제어 프로그램(Water Control Program)을 통하여 물의 양과 기간을 관리하고 있다.[19]

가뭄은 물 관리에 커다란 위협요인이 된다. 예를 들면, 2012년 가뭄으로 미국의 옥수수 단수는 추세치 대비 22.5%나 하락하였다<그림 11 참조>. 이에 따른 경제측면의 손실은 300억 달러(약 32조원)에 이르는 것으로 추산된다. 작물보상에는 170억 달러(약 18조원)가 소요되었는데, 이는 그 이전까지 최고 수준이었던 2011년의 108억 달러(약 12조원)보다 높은 수준이다.

19) 각 NRD에 의한 물 관리제도에 관한 자세한 사항은 다음 웹사이트를 참조(http://nrdnet.org/water.php).

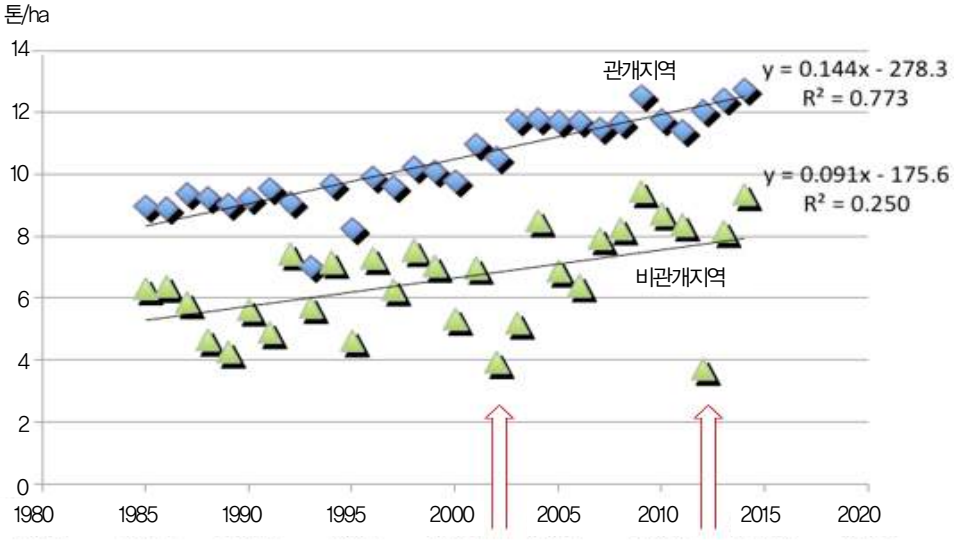
그림 11 미국의 옥수수 단수 추이



자료: Neale(2015).

네브래스카 주의 옥수수 단수 추이를 천수답과 관개지역으로 구분하여 나타내면 <그림 12>와 같다. 관개지역의 단수가 압도적으로 높음을 알 수 있다. 캘리포니아 주는 강수량

그림 12 미국 네브래스카 주의 단수 비교



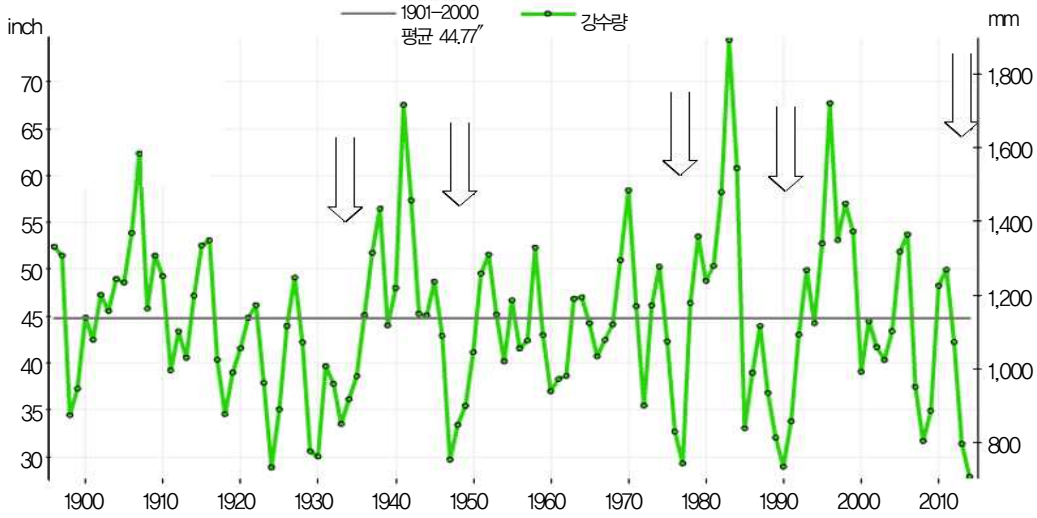
자료: Neale(2015).

감소와 온도 상승으로 4년 연속 가뭄 피해를 보고 있다<그림 13참조>. 이에 따라 2015년 3월, 10억 달러(약 1조원)의 지원 대책이 발표되었다(Office of Government 2015).

캘리포니아 주의 부문별 물 사용 비중을 보면 환경목적(강, 습지 등) 49%, 농업 41%, 도시 10% 등이다. 2006~2009년 평균기준으로 작물별로 물 사용량을 살펴보면, 알팔파

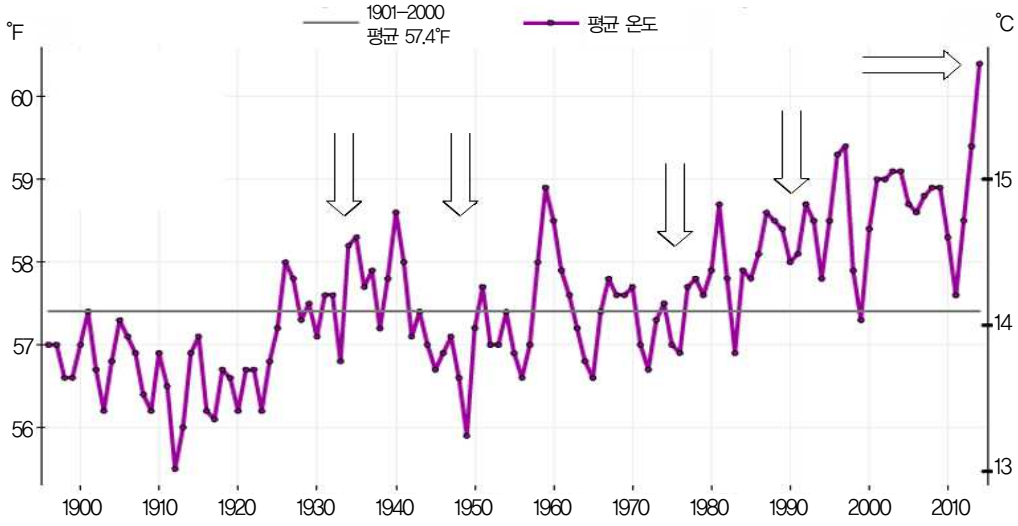
그림 13 미국 캘리포니아 주의 강수량과 온도 추이

〈강수량〉



자료: Neale(2015).

〈온도〉



자료: Neale(2015).

(alfalfa)가 연간 650만 에이커 피트(Acre Feet, AF)를 기록하여 농업용 전체의 19%, 아몬드와 피스타치오가 590만 AF으로 전체의 18%, 초지가 420만 AF, 과수원이 330만 AF, 쌀이 300만 AF 등을 기록하였다.[20)]

이처럼 지속되는 가뭄에 대응하기 위하여 캘리포니아 주는 2014년 9월, 지속가능한 지하수 관리법(Sustainable Groundwater Management Act, SGMA)[21)] 을 발효시켰다. SGMA는 지하수 관정을 등록하고 그 추출량을 계측하고 관리하도록 하고 있다. 또한 2017년까지 캘리포니아 지하수지속청(California Groundwater Sustainability Agencies)을 설치하여 지역중심의 지하수 관리체계를 갖추도록 하였다. 총 515개 유역(basin) 중 127개를 우선관리 유역으로 선정하였다. 2020년부터 이들 유역에 대한 규제를 시작하여, 2040년까지 지속가능성을 달성한다는 계획이다.

이전보다 빈번하고 지속적으로 나타나는 가뭄은 기존 체제아래 이루어지는 물 관리에 커다란 도전이 될 것이다. 기후변화까지 감안한다면 농업과 도시에서 사용하는 물에 대한 패러다임(paradigm)이 변해야 할 것이다. 또한 미래의 기후와 물 공급여건 시나리오에 대응할 수 있는 정책이 마련되어야 한다.[22)]

4. 시사점과 결론

제7차 세계물포럼은 인류의 지속가능성을 위하여 고갈자원인 물을 어떻게 하면 지금보다 더욱 효율적으로 사용하고 관리할 것인가를 논의하고 그 이행 방안을 강구하는 유용한 자리라고 평가한다. 특히 미래 식량과 연계하여 논의된 물은 인구의

20) 1 AF는 약 123만 리터(liter)에 해당함.

21) (http://www.water.ca.gov/groundwater/sgm/index.cfm).

22) 최근에 미국 캘리포니아 주의 가뭄을 두고 많은 논쟁이 이뤄지고 있음. 그 중 하나가 농업부문의 물 사용이 지나치게 많다는 것임. 농업이 지하수를 사용함으로써 수자원이 고갈되고 있다는 지적도 잇따르고 있음. 특히 아몬드 생산에 사용되는 물의 비중이 캘리포니아 주의 전체의 10%에 해당한다는 지적은 미디어를 통해 상당한 반향을 일으킴(http://goo.gl/GxSr2l),(http://goo.gl/wR3OOH). 더욱이 캘리포니아 주가 아몬드 세계 공급량의 80%를 차지하는 최대 수출국이란 사실은 수출을 위하여 국내자원을 희생시키고 있다는 비판을 초래함. 아몬드 한 알을 생산하기 위하여 3.8 리터의 물이 필요하기 때문임. 물 소요량이 아몬드보다 더 많은 알팔파의 경우에도 캘리포니아의 주요 수출품이란 점과 식량이 아닌 사료란 점에서 비판의 화살에서 벗어나지 못함. 아몬드가 물 사용에 있어 도시와 농촌 간 갈등의 불씨가 된 것은 가뭄으로 인하여 주 정부가 물 사용량의 25% 감축하는 강제 행정명령을 내렸기 때문임(http://goo.gl/h1jqu7). 즉 이러한 강제 규제가 도시의 물 사용자들에게 초점을 맞추고 있기 때문에 농촌과의 형평성이 맞춰지지 않았다는 불만이 제기된 것임. 행정명령에 따라 2015년 4월 15일부터 잔디, 식당, 호텔 등의 물 사용에 대하여 강제규제가 적용됨(http://goo.gl/3FqbLM). 예를 들면 집 잔디에 물주기는 1주일에 두 번으로 제한됨. 이는 잔디 가꾸기 위하여 도시에서 사용되는 물의 절반가량이 소비되는 점에 착안한 고육책임. 비온 뒤 이틀이 지난 후 잔디에 물을 줄 수 있음. 반면 농가는 지표수 부족분을 지하수를 통하여 보충하고 있음. 다만 농업용 물 공급자들은 물 관리 계획을 세운 후 이를 정부에 제출하여야 함.

팽창뿐만 아니라 식량에 대한 수요 증대 전망아래 식량안보를 결정하는 핵심 요인으로 부각되었다.

식량을 위한 물(water for food)이란 주제아래 제시된 백서와, 이와 더불어 발표된 아메리카 사례는 물이 비록 희소자원일지라도 지속가능한 체계아래 활용된다면 미래 식량수요를 충족시킬 수 있다는 희망찬 메시지를 전달하였다. 이러한 성공사례의 핵심은 지속적인 투자를 통한 혁신적인 기술개발과 지속가능한 정책의 수립 및 이행에 있다.[23]

지금까지 그러하였듯이 물은 앞으로도 한정된 수량으로 존재할 것이다. 그렇다면 그 확대되는 수요를 충족시키기 위하여 기술혁신을 통한 물 효율의 증대를 꾀하여야 할 것이다. 혁신적인 기술개발과 적용을 위하여 지속적인 투자가 전제되어야 하며, 이를 위하여 정부와 민간의 연대가 중요하다. 또한 적절한 정책 인센티브 창출과 지속가능한 소비가 동반되어야 한다.

캘리포니아 주의 가뭄사태는 물 사용과 관리에 있어 지속가능한 전략이 얼마나 중요한 것인지를 깨우쳐 준다. 특히 도시와 농촌 사이의 물 배분에 관한 갈등과 논쟁은 머지않아 많은 지역에서 공론화될 수 있는 중요한 이슈이다. 따라서 지금부터 지속가능한 물 관리와 바람직한 목표 중심의 계획이 국가수준에서뿐만 아니라 지역수준에서도 수립되어야 한다. 더 이상 물은 싸게 공급되는 공공재가 아님을 함께 인식하고 합리적인 시장 수단과 더불어 충원, 재활용, 재사용, 저장 등에 관한 통합된 계획을 세워 이행하고 관련 하부구조를 확충하여야 한다.

23) 이번 세계물포럼은 논의된 결과를 그 실행계획에 따라 이행하겠다는 것으로 곧 "실행(implementation)"을 핵심가치로 선정하였으며, 그 일환으로 "대구·경북 실행 확약(Daegu & Gyeongbuk Implementation Commitment)"을 공식 채택하여 선포함(세계물포럼 조직위원회 2015).

참고문헌

김윤형, 김홍상, 김정승. 2012. 「농업부문 가상수(virtual water) 도입 및 활용을 위한 기초연구」. 한국농촌경제연구원 연구보고서 R670.

세계물포럼조직위원회. 2015. "제7차 세계물포럼, 지구촌 물 역사 다시 쓰다". 2015년 4월 17일 보도자료. 세계물포럼조직위원회. (http://goo.gl/asmmhh).

Collado, Jaime. 2015. "Food Security in Mexico". Presented in Gyeongju, 7th World Water Forum. FAO. (http://goo.gl/Pk8l2C).

Earthscan. 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture.* IWNI. (http://goo.gl/GAI80o).

FAO and World Water Council. 2015. *Towards A Water and Food Secure Future: Critical Perspectives for Policy-makers.* FAO. (http://goo.gl/HyjI33).

Hoekstra, A. and M. Mekonnen. 2012. *The Water Footprint of Humanity.* PNAS 109(9):3232-3237. Pacific Institute. (http://goo.gl/mhN9sw).

Kirk, Chris. 2012. *Maps: Agriculture in the U.S. and Around the World.* Slate. (http://goo.gl/xD2nzd).

Merlos, A., J. Monzon, F. Andrade and P. Grassini. 2014. *Potential for Crop Production Increase in Argentina through Closure of Existing Yield Gaps.* INTA. (http://goo.gl/UZ96gn).

Neale, Christopher. 2015. Irrigation and Food Production in North America: Droughts and Policy Impacts. Gyeongju, 7th World Water Forum. (http://goo.gl/Pk8l2C).

Office of Government. 2015. *Governor Brown Signs $1 Billion Emergency Drought Package.* Government of California. (http://goo.gl/rW2lnc).