

# 기후변화에 따른 농업수자원 수요 평가 및 대응 방안



최진웅  
서울대학교 농업생명과학대학  
조경/지역시스템공학부 부교수  
iamchoi@snu.ac.kr



남원호  
서울대학교 농업생명과학대학  
조경/지역시스템공학부 연구원  
wh531@snu.ac.kr



홍은미  
서울대학교 농업생명과학대학  
조경/지역시스템공학부 박사과정  
silbern7@snu.ac.kr



이상현  
서울대학교 농업생명과학대학  
조경/지역시스템공학부 박사과정  
yalgary@snu.ac.kr

## 1. 서언

농업은 기상과 밀접하게 관련되어 있으며, 다른 산업과 달리 기후변화에 민감하며 크게 좌우되는 '기후 의존적 산업'으로써, 기후변화는 물 부족, 생태계 변화 등의 현상을 초래하여 먹을거리의 안정적 수급을 위협하고 농업생산기반을 악화시키는 요인으로 작용한다.

미래 기후변화는 인간의 활동 증가에 따른 온실가스 증가로 인한 온도 상승이 이루어지고 이로 인한 기후시스템의 변화에 의하여 강우 등 전반적인 기상인자가 변화하게 되는 것으로서, 한반도는 기온 상승과 강우량의

증가가 예견되고 있고, 특히 기상 이변의 발생빈도가 자주 나타날 것으로 예측되고 있다. 한편 이와 같은 기상 변화는 온도와 강우 뿐 만 아니라 습도, 풍속 그리고 일사량의 변화도 동반하고 있으며, 이에 영향을 받는 농업수자원의 수요는 온도와 강우의 증가 요인만 고려하여 평가하기에는 한계가 있다.

농업수자원의 수요량은 기본적으로 수요를 발생시키는 농지의 면적과 관계가 있으며, 농업용수 수요량 산정에는 작물소비수량, 유효수량, 영농방식 그리고 물관리 방법을 고려해야 한다. 이 중 농지 면적은 인간의 활동요인인 기후변화 시나리오에 의하여 변화되며, 농업용수

수요량 산정 인자들은 기후변화에 따른 기상인자에 대부분 영향을 받기 때문에 이와 같은 영향을 복합적으로 고려해야만 기후변화에 따른 농업수자원 수요 평가 및 대응 방안의 도출이 가능할 것이다. 즉 기후변화는 농업수자원 수요를 증가시키는 요인과 감소시키는 요인에 동시에 기여하므로 이와 같은 다양한 요인을 동시에 평가해야만 우리나라 미래의 농업수자원 수요에 대한 평가가 가능하다.

기후변화 제5차 보고서는 지금까지 기후변화 예측에 이용되던 배출가스시나리오 (SRES, Special Report on Emission Scenarios)에서 대표농도경로 (RCP, Representative Concentration Pathways)를 바탕으로 전지구모형 (GCM, General Circulation Model)과 지역기후변화모형 (RCM, Regional Climate Model)을 운영하여 미래 기후변화를 예측하고 이의 결과를 이용하여 작성되었으므로 농업수자원 평가도 새로운 기준에 맞추어 작성되는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

따라서 본 소고에서는 지금까지 배출가스시나리오에 의하여 작성된 농업수자원 관련 연구결과를 살펴보고 이에 따른 미래 농업수자원 수요 평가와 대응 방안을 살펴보고 있으며 대표농도경로에 의한 농업수자원 수요 평가의 필요성에 대하여 정리하였다.

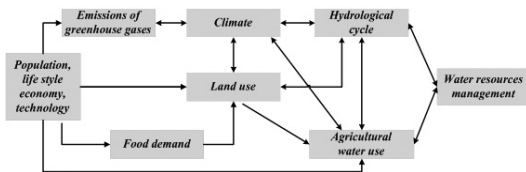


그림 1. 인간의 활동과 토지이용 변화, 그리고 기후변화 및 수자원과의 관계 (IPCC, 2007)

## 2. 기후변화에 따른 농업수자원 수요 평가

기후변화는 인간의 활동에 기인하고 기상 요인에 영향을 주며 이에 따라 농업수자원은 다양한 측면에서 영향을 받는다. 농업수자원, 즉 농업용수의 필요수량은 기본적으로 작물의 생육과 관련되어 있으며, 영농방식에 따라서 변화된다. 기후변화는 작물의 생육에 영향을 줄 뿐 아니라 이로 인한 영농방식과 시기에도 변화를 초래하므로 가장 먼저 이에 대한 영향 평가가 필요하다. 기온 상승은 작물의 생육기간과 작물 소비수량에 영향을 주게 된다. 작물의 생육기간은 짧아질 수 있으며 이모작이 가능하도록 이앙시기가 늦어질 수 있다.

기후변화의 농업수자원 요소에 대한 영향은 증가요소와 감소요소가 같이 존재한다. 온도 상승으로 소비수량 증가가 발생한다. 기후변화의 또 다른 요인은 강우의 증가이다. 기본적으로 우리나라는 작물의 재배에 필요한 용수를 강우와 관개용수로 충당하게 되는데, 강우에서 공급되는 양을 제외하고 부족분을 관개용수로 공급하게 된다. 강우의 증가는 절대량의 증가와 함께 강우 빈도의 증가로 나타날 수 있는데 이는 강우로 작물이 필요로 하는 용수를 충당하는 유효수량의 증가로 이어져 관개용수 필요량이 감소할 수 있다. 이와 같은 작물의 생육기간과 증발산량, 유효수량은 기후변화와 밀접하게 관련되어 농업수자원의 수요량에 영향을 주게 되는 것이다. 또한 이와 같은 농업용수의 수요는 영농 방법과 토지이용에 영향을 받는 관개지구의 물관리와도 밀접하게 관련되어 있다 (그림 1).

Yoo et al. (2013)이 제시한 기후변화에 따른 농업용저수지 수요량 산정 방법을 살펴보면 기후변화에 의한 농업수자원 수요를 평가는 매우 다양하고 종합적으로 평

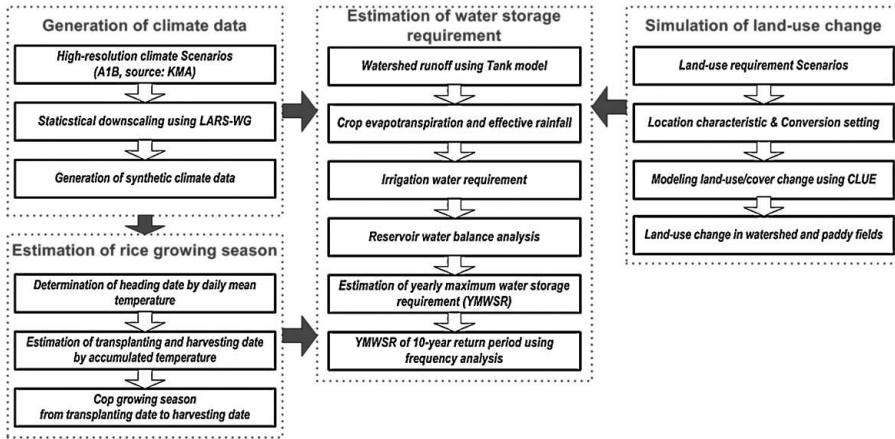


그림 2. 기후변화 요인을 고려한 농업용저수지 저수량 산정 과정

가해야 함을 알 수 있다. 그림 2에서 보는 바와 같이 농업용저수지 저수량 평가를 위해서는 GCM 기후변화 자료를 상세화 (downscaling) 한 후에 이로부터 산출된 기상 자료를 이용하고, 생육기간 변화를 평가해야 하며, 토지 이용변화를 모의 발생한 후에 이것들을 모두 합하여 10년 빈도 한발 대비 저수지 크기의 산정해야 한다. 저수지 저수량을 산정하는 과정에서도 상세화한 자료를 활용하여 유입량과 작물소비수량 그리고 유효우량을 통합하여 물수지로 평가하게 되는 것을 볼 수 있다. 이와 같이 농업수자원에 대한 기후변화의 영향 평가는 작물, 영농, 기상, 작물소비수량 그리고 유효우량을 종합한 물수지 분석과 더불어 토지이용변화까지 고려하여야 국가 단위 농업수자원 수요량 평가가 가능한 것으로 판단된다.

### 3. 기후변화에 대한 농업용수 관련 연구 동향

가. 기후변화와 벼의 재배 기간 및 생산량 변화  
기후변화에 의한 온도 상승은 작물의 생육기간을 단

축시키거나 재배가능 기간이 길어지고 증발산량의 변화는 생산량의 변화로 이어 질 수 있다.

서울대학교와 한국농어촌공사 농어촌연구원 (2011)의 연구에 의하면 작물의 생육가능 기간이 최대한 20일 정도 길어져 벼의 이앙시기와 수확시기의 조정이 가능한 것으로 나타났다. 이 연구에서는 국립기상연구소에서 지역기후모델 (MM5)과 PRISM (Parameter-elevation Regressions on Independent Slopes Model)을 기반으로 하여 제공하는 2000년부터 2100년까지의 10 km 해상도의 한반도 기후변화 시나리오 (CICC, 2011)를 바탕으로, 8개 기상측후소의 1981년부터 2010년 (기준기간)까지의 기상관측자료를 추계학적 기상발생기인 LARS-WG (Long Ashton Research Station Weather Generator) 모형을 통하여 김보정을 실시하고, 기상청에서 제공하는 기후변화시나리오를 바탕으로 2011~2040년 (2025s), 2041~2070년 (2055s), 2071~2100년 (2085s)의 미래 기상자료를 생성하고, 이를 기반으로 벼의 생육기간을 평가하였다. 이 연구에서

표 1. 기후변화에 따른 벼 생육기간의 변화

Season	Central region			Southern region		
	Transplanting date	Heading date	Harvesting date	Transplanting date	Heading date	Harvesting date
1995s (1980~2009)	05-21	08-20	10-06	06-01	08-31	10-11
2025s (2010~2039)	06-01	08-25	10-11	06-06	08-31	10-16
2055s (2040~2069)	06-11	08-31	10-16	06-16	09-05	10-21
2085s (2070~2099)	06-16	08-31	10-21	06-21	09-05	10-25

는 논벼의 필요 용수량은 작부시기에 따라 변하게 되므로, 먼저 기후변화로 인한 지역별 작부시기 변화를 바탕으로 용수공급시기를 판단할 필요가 있다. 본 연구에서는 논벼의 생육기간 동안의 적산온도를 적용하여 이앙기, 출수기, 수확기를 추정하였는데 표 1에서 보는 바와 같이 향후 90년 동안 중부지방은 26일 남부지방은 20일 이상 이앙기가 늦어질 수 있음을 보여 주었다.

이태석 등 (2012)이 수행한 연구에서는 기후변화에 의한 벼의 소비수량과 생산량의 관계를 제시하였는데, CERES-Rice 작물생육모형을 이용하여 기후변화가 미래 논벼의 소비수량과 생산량에 미치는 영향을 분석하였으며 SRES A1B, A2, B1 시나리오에 대하여 CGCM 결과를 LARS-WG 모형으로 상세화한 후, 농촌진흥청과 국립식량과학원에서 제시하는 표준영농법에 의해 논벼의 소비수량과 생산량을 모의하였다. 생육기간, 생육기간 내에서 최고기온 32 °C 이상을 기록한 날의 수, 평균기온, CO<sub>2</sub> 농도 등 미래 작물 생육환경의 변화를 살펴본 결과, 평균기온의 상승으로 생육기간은 감소하고 생육기간 동안 최고기온이 32 °C 이상인 날의 수는 많아졌으며 CO<sub>2</sub> 농도의 경우 IPCC SRES

datadase에서 제공하는 수치에 따라 2100년에는 A1B, A2, B1 시나리오 별로 각각 789.0 ppm, 911.6 ppm, 522.6 ppm까지 증가할 것으로 예측된 결과를 제시하였다. 이로 인한 벼의 생산량은 기준년도의 벼 생산량은 450.7 kg/10a로 나타났고 각각의 시나리오별로 생산량의 변화 추세는 A1B, A2, B1 순으로 -0.4%, 3.0%, -5.8% (2025s), 3.9 %, 3.1%, 3.7% (2055s), 17.5%, 9.7%, 4.4% (2085s) 증가하였다. 생산량의 경우 후기로 갈수록 증가하는 경향을 보였으며, A1B 시나리오에서 가장 크게, B1 시나리오에서 가장 작게 증가하는 것으로 보고되었다. 이는 기후변화로 인한 기온 상승으로 벼의 발육을 빠르게 하여 등숙기간을 단축시켰으며, 고온으로 인한 임실을 저하를 유발하여 생산량을 감소시키는 원인이 되지만, 대기 중 CO<sub>2</sub> 농도의 증가는 생산량을 증가시키는 원인이 되고, 이로 인해 벼의 생육기간은 단축되고, 소비수량은 감소하지만 생산량은 증가한 것으로 판단된다고 제시하였다.

#### 나. 기후변화와 토지이용 변화

기후변화는 인간의 활동에 의하여 초래되는데, 인간

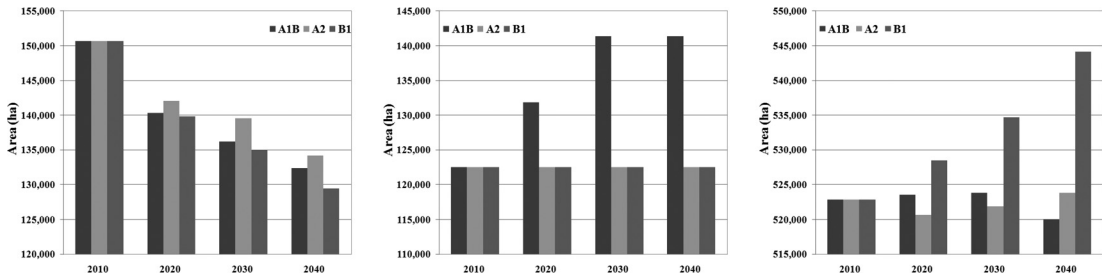


그림 3. Dyna-CLUE와 AIM 시나리오에 의한 토지 이용 변화 (좌로부터 논, 시가지, 산림)

의 경제활동과 인구의 증가는 토지이용변화를 가져오게 된다. 즉 기후변화 시나리오에 의한 기상자료의 생성은 특정시나리오에 의한 인간의 활동과 토지이용변화를 가지고 이루어지게 되므로 온실가스 배출 시나리오에 나타난 사회·경제적 가정에 따라 모의된 전지구 규모의 토지이용변화 결과를 바탕으로 국내의 미래 토지피복 변화를 공간적으로 예측하고 이와 같은 시나리오로 생성된 미래 기상자료를 가지고 농업수자원 수요량을 예측하는 것이 바람직하다. 특히 기후변화 시나리오에 따라 농지의 변화량이 달라지며 이는 결국 전체 농업수자원 수요량에 영향을 주게 된다.

오윤경 등 (2011)은 Dyna-CLUE (Conversion of Land Use and its Effects) 모형을 이용하여 지역 특성에 맞는 토지피복변화 경향을 분석하였다. 이 연구에서는 전지구 규모의 통합모형인 AIM 모델에서 산출된 OECD 지역의 토지이용변화 결과와 경기도 지역의 사회·물리적 특성을 결합하여 구성된 지역 규모의 기후변화 시나리오를 활용하였으며 농업진흥구역 및 그린벨트, 상수원 보호구역, 국토환경성 평가 국토환경성 평가 1등급 지역의 변화제한 조건을 시나리오별로 차등 적용하여 경기도 지역의 향후 30년간의 토지이용변화를 예

측하였다. 이 연구는 결과는 그림 3과 같으며, 토지이용변화를 살펴보면 시가지면적의 경우, A1B 시나리오에서만 15.7%로 크게 증가하는 것으로 나타났고, 다른 시나리오에서는 거의 변화가 없는 것으로 모의되었다. 논면적은 30년 동안 약 10.7%~14.1% 감소하는 것으로 나타났으며, 밭 면적은 13.7%~21.6% 증가하는 것으로 나타났다. 산림면적은 세 시나리오 모두 큰 변화를 보이지 않았고 환경지향 시나리오인 B1 시나리오에서 3.8% 정도 증가하는 것으로 보고되었다.

#### 다. 기후변화에 따른 논 용수량 변화

기후변화에 따른 논에서의 증발산량 및 필요수량을 추정하여 관개용수량의 변화를 평가하려는 연구가 미래 기상자료를 바탕으로 다양하게 수행되어 왔다. 홍은미 등 (2009)은 기상자료와 국립기상연구소에서 제공하는 A2 시나리오에 따른 기후변화 예측 결과를 바탕으로 LARS-WG 추계학적 일 기상 생성모형을 이용하여 미래의 90년간의 일별 기상자료를 모의하여, 미래 기후변화 추이를 살펴보고 이에 따른 관계 기간 동안의 논벼의 작물증발산량을 산정하였으며, 논벼의 작물 증발산량이 현재보다 증가할 것으로 예측하였다. 정상욱 등은

(2009)은 A2 및 B2 시나리오 결과를 활용하여 HadCM3 GCM 모형 자료를 이용, 통계적 규모축소화(downscaling) 방법의 일종인 kriging 방법을 사용하였으며 낙동강 권역의 농업용수 수요량을 분석한 결과, 유효강우량의 증가량이 증발산량의 증가량 보다 크기 때문에 단위용수량 및 관개요구량의 미래 시나리오에 대한 추정치가 감소할 것으로 예측하였다. 또한 정상옥(2010)은 AquaCrop 3.1 모형을 이용하여 기후변화에 따른 벼 증발산량과 생산량 변화를 평가하고 그 값이 증가하는 것으로 예측하였다. 윤동균 등(2011)은 MIROC3.2의 A1B 시나리오를 이용하여 기후변화에 따른 논 필요수량을 분석하였는데, 전체적으로 잠재증발산량 및 필요수량이 증가하는 것으로 예측하였다. 한편 이태석 등(2012)이 CERES-Rice 작물생육모형을 이용하여 수행한 연구에서는 논벼의 소비수량은 후기로 갈수록 감소하는 것으로 예측되어, 벼의 증발산량도 작물의 생육에 대한 고려가 함께 고려되었을 때와 고려되지 않았을 때 서로 상반된 결과가 나타날 수 있음을 보여 주고 있다.

이와 같은 연구는 주로 기후변화에 따른 증발산량 및 필요수량, 관개용수의 평균적인 변화를 주로 다루었을 뿐, 관개시설의 설계기준이 되는 한발기준 10년 빈도 논용수 수요량 및 단위용수량에 대한 연구는 미흡한 실정이었다. 또한 기후변화에 따른 기상자료 산출시 자주 활용되고 있는 전지구순환모델(GCM) 및 지역기후모델(RCM)의 해상도는 수십 km에서 수백 km이기 때문에, 상대적으로 유역 크기가 작은 농업용저수지에 적용하기에는 일부 한계가 있는 것이 사실이었다. 국립기상연구소의 지역기후모델(MM5)과 PRISM을 기반 10 km 해상도의 한반도 기후변화 시나리오를 사용하여, 유승환

등(2012)은 전국 주요 저수지를 대상으로 논용수 수요량과 단위용수량에 대한 평가를 실시하였다. 이 연구에서는 증발산량과 유효우량, 침투량 등을 고려하고 이양기와 본답기를 구분하여 기후변화 영향을 평가하였는데 작물증발산량의 경우, 기준기간과 비교하여 모든 지구에서 증가하는 추세를 나타내어 8개 지구의 평균 증가 비율은 2025s에 2.4%, 2055s에 5.9%, 2085s에 9.3%이었다. 유효우량은 지역에 따라 시기별로 변화 경향의 차이가 있었지만 대부분 지역에서 증가하는 경향을 나타내었으며 평균 증가 비율은 4.7% (2025s) 7.0% (2055s) 및 6.7% (2085s)이었다. 논용수 수요량의 경우, 기준기간과 비교하여 원남(충북) 및 고평(충남) 지구는 2055s 시점으로 증가하는 경향을, 대포(전남)와 마북(경북) 지구는 2085s에서 증가하는 경향을 나타냈었고, 마둔(경기) 지구와 남성(경남) 지구는 지속적으로 증가하는 경향을, 원창(강원)과 인교(전북) 지구는 지속적으로 감소하는 경향을 나타내었는데, 이 연구에서는 유효우량의 증가가 작물증발산량 증가보다 상대적으로 크게 증가하기 때문인 것으로 보고하였고, 8개 지구의 평균 변화 비율은 각각 -2.4% (2025s) -0.2% (2055s) 및 3.2% (2085s)로 나타나 기후변화가 반드시 논용수량의 수요 증가로 귀결되지 않음을 보여 주었다.

유효우량은 논에서 관개용수의 수요와 공급량을 결정하는데 있어서 매우 중요한 요소이다. 여러 가지 시나리오를 바탕으로 제시된 기후변화 예측 결과는 한반도에서 강우량의 증가가 나타날 것으로 보고되고 있다. 유효우량은 영농방법의 변화를 고려하지 않는다면 강우의 빈도가 증가할 때 유효우량도 증가하게 된다. 유효우량이 증가하면 관개용수를 위한 농업수자원의 수요량도 감소할 수 있다. 그림 4~6은 우리나라의 각 도에서 선

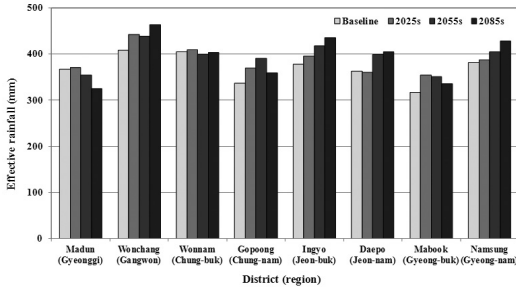


그림 4. 생육시기 변화 적용 후 유효우량 산정 결과

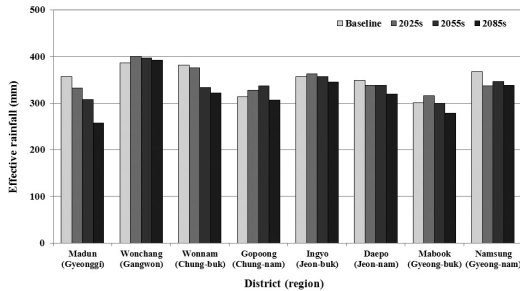


그림 5. 생육시기 변화 적용 전 유효우량 산정 결과

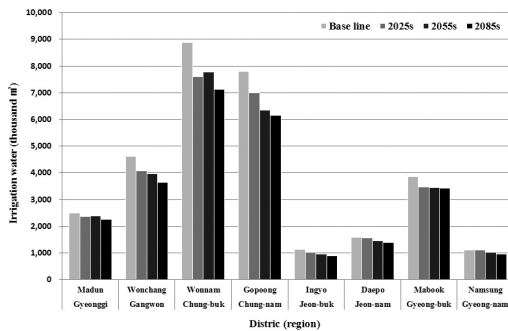


그림 6. 전국 8 개 지구에 대한 기후변화에 따른 농 용수량 수요량 변화

정한 8개 저수지의 유효우량을 기후변화자료를 바탕으로 산정한 결과이다. 그림 4는 비의 생육시기가 지금과 같다는 전제로 평가한 결과이며 그림 5는 온도 상승에

따라 비의 생육시기가 변화한다고 가정하고 유효우량을 산정한 결과인데, 생육시기 변화가 없이 평가했을 때에는 유효우량이 대부분 증가하지만 생육시기의 변화를 고려하면 유효우량이 감소하는 추세를 보여 줌을 알 수 있다. 기후변화 요인을 강우로 한정하여 평가한 결과와 비의 생육 환경을 고려하여 평가한 결과가 서로 다른 수 있음을 보여 주는 예라고 할 수 있다.

#### 4. 대표농도경로 (RCP)에 의한 신기후변화 시나리오

IPCC 제 4차 평가보고서에 사용된 온실가스 배출시나리오 (SRES) 자료의 노후화 및 해상도 문제를 보완하고 정확도 향상 및 다양한 부문에 이용할 수 있는 새로운 시나리오 도입의 필요성이 제기되었고, 이에 따라 IPCC 세계표준 온실가스 농도 시나리오 전문가 회의 (2007년 9월)를 거쳐 대표농도경로 (RCP) 시나리오 개발이 진행되게 되었다. IPCC 5차 평가보고서 (AR5)를 위하여 진행되고 있는 전지구 시나리오 개발은 세계기후연구프로그램 (World Climate Research Programme, WCRP)의 결합모델상호비교 사업 (Coupled Model Intercomparison Project, CMIP5)을 통해 국제적으로 수행되고 있다. CMIP5의 주요 목적은 모델의 과거 기후 모의성능과 미래 기후변화 전망자료를 제시하는 것으로써 현재 CMIP5 사업에는 우리나라 기상청을 포함하여 총 14개국에서 참여하고 있으며, 미래기후변화 전망을 산출하기 위한 실험을 집중적으로 추진하고 있는 것으로 되어 있다. CMIP5 사업에서 미래 기후변화 시나리오 산출을 위한 실험은 제어실험, 과거기후 모의실험, 미래기후변화 전망 실험으로 구성되

표 2. RCP 기상시나리오 종류

종류	시나리오 특징			IA Model
RCP 8.5	현재 추세 (저감없이)로 온실가스가 배출되는 경우 (BAU 시나리오)	2100년에 복사강제력이 8.5 W/m <sup>2</sup> 를 초과하는 고농도 시나리오	SRES A2와 A1FI 사이의 복사강제력값	MESSAGE
RCP 6.0	온실가스 저감 정책이 어느 정도 실현되는 경우	2100년 후에 복사강제력 6 W/m <sup>2</sup> 에서 안정화되는 중간 농도 시나리오	SRES A1B 복사강제력값과 매우 유사	AIM
RCP 4.5	온실가스 저감 정책이 상당히 실현되는 경우	2100년 후에 약 4.5 W/m <sup>2</sup> 에서 안정화되는 저농도 시나리오	SRES B1 복사강제력값보다 약간 큼	GCAM
RCP 2.6	인간 활동에 의한 영향을 지구 스스로가 회복 가능한 경우	2100년 전에 복사 강제력이 약 3 W/m <sup>2</sup> 에 도달하고 이후 하강하는 형태를 가진 최저농도 시나리오	유사한 SRES 시나리오는 없지만, 시나리오 사용자 그룹은 극단적인 기후변화 대응 정책을 수립하고 적용했을 때를 고려한 시나리오	IMAGE

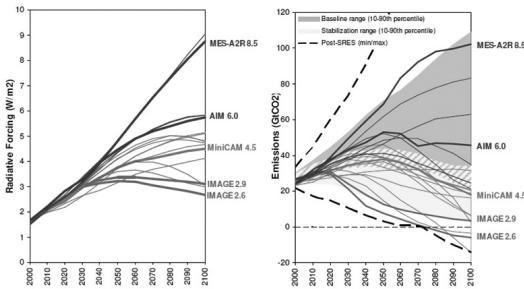


그림 7. 에너지와 산업의 CO<sub>2</sub> 배출량 경로로 정의된 RCP 자료의 개요 (IPCC, 2007)

어 있고, 제어실험은 1860년 온실가스 농도로 고정하여 500년 이상 적분하는 실험으로 전지구모델을 안정화시키고 모델의 내부변동성을 이해하기 위한 실험이며, 과거기후 모의실험은 제어실험에서 산출된 대기과 해양의 상태를 초기상태로 하여 2005년까지 관측된 자연 및 인위 강제력을 이용하여 과거기후를 재현하였다. 미래전망 실험은 과거기후 모의실험의 마지막 상태 (2005년)를 초기 조건으로 RCP에 대하여 미래 기후변화 시나리오를 산출하였다 (국립기상연구소, 2011).

이 실험에서 산출된 자료는 IPCC 5차 평가보고서에 사용될 예정이며, 태양 및 화산폭발과 같은 자연강제력과 새로운 RCP 시나리오 근거한 이산화탄소, 메탄, CFCs 등의 온실가스 및 황, 바이오메스, 검댕 등의 에어로졸과 오존 등의 외부강제력과 지표변화를 포함함으로써, 기존의 4차 평가보고서에 사용된 기후변화 시나리오와 차별화된다. 대표농도경로로 명명된 RCP는 IPCC AR5를 위한 새로운 온실가스 배출시나리오로서 인간 활동이 대기에 미치는 복사량으로 온실가스 농도를 정하였고, 표 2와 그림 7과 같이 대표농도 4개를 선정하여 농도에 따른 시나리오를 산출하였는데, 선정된 4개 농도는 복사강제력 (W/m<sup>2</sup>) 기준으로 RCP 2.6, 4.5, 6.0 및 8.5으로 정리되었다 (기상청, 2010).

### 5. 기후변화에 따른 농업수자원 관리 및 대응 방안

기후변화는 농업용수를 이용하는 작물과 영농에 영향



표 3. 농업수자원 수요 증가, 감소 그리고 관리 위험 요인

결과	요인	대책
<b>농업수자원 수요 증가 요인</b>		
작물소비수량 증가 2모작 용수 수요 시설농업 용수	온도 상승 온도 상승 온도상승/경작지 변화	용수 공급 시설의 확대 및 효율 증대
<b>농업수자원 수요 감소 요인</b>		
생육기간의 감소 유효우량의 증가 경작지의 감소	온도상승 강우량 증가 기후변화 시나리오	용수 공급의 효율 성 증대
<b>농업수자원 관리 위험요인</b>		
지역적인 가뭄 겨울 용수 수요 조방적 물관리	강우의 시기적 편차 기후변화에 따른 이상 기상 고령화/수세 비과세	용수 공급의 유연성 확보/물관리 대책 수립

을 줄 수 있으며, 기온 상승에 따른 작물소비수량의 증가를 가져올 수 있다. 또한 강우 강도와 시기적 공간적 분포에 변화가 있어 논에서 이용되는 유효우량에도 변화가 있을 수 있음을 살펴보았다. 한편 국가적으로는 농경지의 감소가 예측되는 가운데 농업용수의 수요는 감소될 가능성도 있다. 이와 같이 미래 농업수자원의 수요는 작물소비수량, 유효우량, 농경지, 영농방식의 변화 그리고 작물의 재배시기와 종류의 변화를 고려하여 다각적으로 살펴볼 필요가 있음을 알 수 있다. 이를 농업수자원 수요 증가 요인과 감소요인으로 나누어 살펴보면 표 3과 같이 구분할 수 있다.

표 3에서 살펴본 바와 같이 기후변화는 농업수자원 수요관리에 다양하게 영향을 주는 것을 알 수 있다. 토지이용 변화, 온도 상승, 강우량 증가와 같은 여러 요인들이 농업수자원 수요의 여러 요소에 복합적으로 작용하며, 농업수자원의 수요에 증가, 감소 및 관리 위험 요

인으로 관여한다. 기후변화가 농업수자원 수요 증가에 다양하게 영향을 주는 것과 같이 대책도 용수 공급시설의 확대에 보다는 효율적이고 공급의 유연성을 확보할 수 있는 물관리 대책이 보다 강화되어야 할 것이다.

## 6. 결론

본 소고에서는 기후변화에 따른 농업수자원의 수요 변화를 여러 가지 시나리오 분석을 바탕으로 평가하였고 미래 기후변화에 따른 농업수자원의 수요 변화 평가와 대응방안에 대하여 살펴보았다. 지금까지 수행된 농업수자원 관련 여러 요소의 기후변화 영향 평가를 살펴보면 수요의 증가와 감소요인이 동시에 존재하지만 가장 유의해야 할 사항은 시간적 지역적 변동에 따른 불확실성이며, 영농방식의 변화에 따른 공급의 유연성을 확보할 수 있는 물관리 대책이 더욱 중요하다고 판단된다. 특히 농업용수의 이용의 효율성 증대를 위한 ICT (Information and Communication Technologies)의 도입과 의사결정에 있어서 데이터베이스와 분석 기법을 통합한 방법을 도입하여 유연한 물관리를 달성하고 가뭄이나 홍수에 대비한 재해관리 체계의 재정비 및 예측 기술의 도입이 필요하다고 할 것이다.

기후변화에 대비한 농업수자원의 관리는 기본적으로 국가의 식량의 안정적 공급과 직접적인 관련이 있음을 살펴볼 때 매우 중요한 사안임을 인식해야 한다. 따라서 이를 유지하고 관리하는데 있어서 많은 연구와 영향 평가가 이루어져야 하며, 대응 대책 수립에 지속적으로 노력해야 한다.

## 참고문헌

1. 오윤경, 최진용, 유승환, 이상현, 2011, 기후변화 시나리오에 따른 미래 토지피복변화 예측 및 군집분석을 이용한 지역 특성 분석, 한국농공학회지, Vol. 53(6): 31-41.
2. 유승환, 최진용, 이상현, 오윤경, 박나영, 2012, 고해상도 기후시나리오를 이용한 논용수 수요량 및 단위용수량의 기후 변화 영향 분석, 한국농공학회지, Vol. 54: 15-26.
3. 이태석, 최진용, 유승환, 이상현, 오윤경, 2012, 기후변화 시나리오에 따른 미래 논벼의 소비수량 및 생산량 변화 분석, 한국농공학회지, Vol. 54: 47-54.
4. 정상옥, 2009, 기후변화가 낙동강 권역의 논 관개용수 수요량에 미치는 영향, 한국농공학회지 Vol. 51(2): 35-41.
5. 정상옥, 2010, FAO-AquaCrop을 이용한 기후변화가 벼 증발산량 및 수확량에 미치는 영향 모의, 한국농공학회지 Vol. 52(3): 57-64.
6. 한국농어촌공사 농어촌연구원, 2010, 기후변화 시나리오에 따른 토지이용변화 및 논용수 변화분석 연구보고서 (서울대학교)
7. 홍은미, 최진용, 이상현, 유승환, 강문성, 2009, LARS-WG를 이용한 기후변화에 따른 논벼 증발산량 산정, 한국농공학회논문집 51(3): 25-35.
8. Chung, S. O., J. A. Rodriguez-Diaz, E. K. Weatherhead and J. W. Knox, 2010, Climate change impacts on water for irrigating paddy rice in south Korea, Irrigation and Drainage 60(2): 263-273
9. IPCC, 2007. Climate Change 2007: The physical science basis contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.
10. Yoo, S. H, J. Y. Choi, S. H. Lee, Y. G. Oh, and D. K. Yun, 2013, Climate change impacts on water storage requirement of an agricultural reservoir considering changes in land use and rice growing season in Korea, Agricultural Water Management, Vol. 117: 43-54.

기획: 강문성(mskang@snu.ac.kr)