



기후변화 시나리오 제공 웹 서비스 개선 및 수자원 분야 응용정보 생산



문 장 원

한국건설기술연구원 수자원연구실 수석연구원
jwmoon@kict.re.kr



나 성 준

(주)동녘 대표이사
na@theeast.co.kr



이 동 루

한국건설기술연구원 수자원연구실 실장
dryl@kict.re.kr

역별 편차가 상대적으로 크게 나타나는 등 우리나라의 물관리 여건은 전반적으로 매우 열악하다. 이로 인해 강수가 집중되는 여름철에 홍수로 인한 피해를 겪고 있으며, 강수가 부족한 나머지 기간에는 가뭄으로 인한 피해를 매년 반복적으로 경험하고 있는 것이 현실이다. 또한 전 세계적으로 이슈화되고 있는 기후변화는 우리나라에서도 점차 현실화되어 나타나고 있는 것으로 평가되고 있으며, 기후변화로 인해 미래 물관리 여건의 불확실성이 증가하고 홍수나 가뭄 등 물 관련 재해로 인한 피해 가능성 또한 증가할 것으로 전망되고 있다(국토해양부, 2010). 특히, 집중호우의 강도 및 발생빈도의 증가와 태풍의 대형화 등으로 인한 홍수, 토석류, 폭풍해일 등의 피해는 더욱 커질 것으로 예상되고 있으며, 강수량의 시간적인 편중과 변동 폭이 더욱 확대됨에 따라 극심한 가뭄의 발생 가능성도 증가할 것으로 전망되고 있다.

기후변화는 지구의 기후가 자연적 또는 인위적인 요인에 의해 점차 변화하는 현상을 의미한다. 지구의 기후에 영향을 미치는 자연적인 요인으로는 대기, 해양 등 지구 내적 환경 변화와 태양과 지구의 상대 위치 등 외적 환경의 변화를 고려할 수 있으며, 인위적인 요인으로는 인간 활동에 따라 대기 중 이산화탄소의 증가, 도시화 및 산업화 등의 요소를 고려할 수 있다. 최근 나타나고 있는 이상기후는 과거 경험하지 못했던 크기의 홍수 및 가뭄 등의 재해를 유발하고 있으며, 이에 따라 기후변화는 미래의 문제가 아닌 현실의 문제로 점차 인식되고 있는 것이 사실이다. 선진국의 경우에는 홍수 및 가뭄 등 물관리에 있어 기후변화에 대한 취약성을 평가하고 이에 효과적으로 대응하기 위한 정책을 개발하여 추진하고 있으며, 이

1. 머리말

우리나라의 연평균 강수량은 1,277.4mm로 전 세계 평균의 1.6배에 해당하지만 높은 인구밀도로 인해 1인당 연 강수량은 전 세계 평균의 1/6에 불과한 상황이다(국토해양부, 2011). 연평균 강수량은 세계 평균보다 많으나 1인당 연 강수량이 전 세계 평균보다 적다는 점은 국민 한 사람이 이용할 수 있는 물의 양이 적다는 의미로 해석할 수 있으며, 효율적인 물관리 대책이 마련되지 못할 경우 심각한 물 부족 문제를 야기할 수 있다는 점을 의미한다. 이와 함께 연 강수량의 70% 가량이 6~9월까지 여름철 홍수에 집중되어 나타나고 있으며, 이용 가능한 수자원의 지



러한 노력은 우리나라에서도 최근 활발하게 이루어지고 있다.

이와 같이 기후변화로 인한 영향에 효과적으로 대응하기 위하여 기상청에서는 국가 기후변화 시나리오를 생산하여 기후변화정보센터 홈페이지(www.climate.go.kr)를 통해 제공하고 있으며, 매년 갱신되는 시나리오를 지속적으로 업그레이드하면서 일반 국민, 수자원 전문가 등을 대상으로 제공하고 있다. 이와 관련하여 기상청에서는 관련 연구개발사업을 수행하고 그 성과를 바탕으로 홈페이지의 성능 개선과 제공 정보의 다양성을 확보하기 위한 많은 노력을 기울이고 있다. 본 고에서는 기후변화 관련 정보를 보다 효과적으로 제공하기 위한 노력의 일환으로 추진되고 있는 사항과 향후 계획에 대해 소개하고 수자원 분야를 대상으로 진행되고 있는 기후변화 관련 응용정보 생산 현황 및 계획에 대해 소개하고자 한다.

2. 국가 기후변화시나리오

2.1 기후변화 시나리오 생산현황

우리나라에서 기후변화시나리오의 생산은 기상청에서 담당하고 있다. 기상청에서는 IPCC(기후변화에 관한 정부 간 패널) 4차 평가보고서를 기반으로 한 SRES 시나리오와 5차 평가보고서를 바탕으로 하고

있는 RCP 시나리오를 생산하여 제공하고 있다. 두 가지 시나리오에 대한 세부적인 내용은 다음 표 1과 같다.

현재 기상청에서는 SRES 시나리오는 생산하고 있지 않으며, 기존에 생산된 시나리오 정보를 홈페이지를 통해 제공하고 있다. 이와 함께 2010년부터 생산하고 있는 RCP 시나리오는 현재에도 지속적으로 개발 중에 있으며, 1km 해상도의 고해상도 시나리오도 함께 생산하여 제공하고 있는 상황이다. 현재 기상청에서 생산하고 있는 RCP 시나리오에 대한 보다 상세한 정보는 표 2와 같이 정리할 수 있으며, 각 시나리오별 시공간 해상도에 따라 전지구, 한반도, 남한상세로 구분하여 제공하고 있고 기후극한지수에 대한 시나리오도 함께 제공하고 있다.

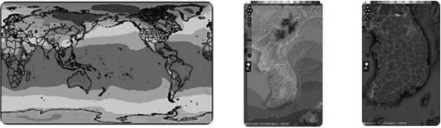
표 2. RCP 시나리오 상세 내용 및 제공 현황

구분	전지구 전망자료	한반도 전망자료	남한상세 전망자료	기후 극한지수
온실가스 시나리오	RCP 2.6, 4.5, 6.0, 8.5	RCP 2.6, 4.5, 6.0, 8.5	RCP 2.6, 4.5, 6.0, 8.5	RCP 2.6, 4.5, 6.0, 8.5
공간 범위	경도: 0~360 위도: -90~90	경도: 111.0~144.625 위도: 26.5~48.875	남한 지역	남한 지역
시간 범위	1860 ~ 2100년	2011 ~ 2100년	2011 ~ 2100년	2011 ~ 2100년
공간 해상도	약 135km	약 12.5km	1km	1km
시간 해상도	월	일, 월	일, 월	월, 년
정보 종류	기온(최고, 최저, 평균), 강수, 상대습도, 바람 등	기온(최고, 최저, 평균), 강수, 상대습도, 바람 등	기온(최고, 최저, 평균), 강수	기온지수(11종), 강수량지수(9종)

표 1. 국가 기후변화시나리오 종류 및 내용

구분	SRES	RCP
Full name	Special Report on Emission Scenario	Representative Concentration Pathway
개발 시기	1990년대 후반	2010년
개발 개념	<ul style="list-style-type: none"> 미래 기후변화 시나리오 산출을 위해 온실가스 배출 증가 시나리오를 이용 각 시나리오 간 순차적인 방법으로 시나리오 작성 	<ul style="list-style-type: none"> 인간 활동이 대기에 미치는 복사량으로 온실가스 농도 사용 하나의 대표적인 복사 강제력에 대해 사회-경제 시나리오를 병행 적용함으로써 다양한 종류의 시나리오 작성
종류	<ul style="list-style-type: none"> B1 : (지속발전형 사회) 지역간 격차가 적고, 인구감소, 청정자원 절약기술 도입 A1B : (고성장사회) 화석 에너지와 비화석에너지원 균형, 신기술, 고효율화 기술 도입 A2 : (다원화 사회) 인구증가, 경제성장은 낮고, 환경에의 관심도 상대적으로 낮음 	<ul style="list-style-type: none"> 2.6 : 인간 활동에 의한 영향을 지구 스스로가 회복 가능한 경우 4.5 : 온실가스 저감정책이 상당히 실현되는 경우 6.0 : 온실가스 저감 정책이 어느정도 실현되는 경우 8.5 : 현재 추세로 온실가스가 배출되는 경우

표 2. RCP 시나리오 상세 내용 및 제공 현황 (계속)

구분	전지구 전망자료	한반도 전망자료	남한상세 전망자료	기후 극한지수
제공 파일 종류	아스키(ASCII), 바이너리(Binary), ESRI ASCII GRID(ArcGIS 등의 프로그램에서 사용 가능한 파일 포맷) CTL(Data 환경 설정 파일로 파일의 시간적, 공간적, 변수 별 정보를 포함)			
제공 형태 (예)				

2.2 산출 방법 및 향후 계획

앞서 기술한 국가 기후변화시나리오는 IPCC RCP 온실가스 시나리오를 사용하여 전지구 기후변화 모델에 인위적인 기후변화 강제력을 적용한 후

전지구 기후변화시나리오를 산출한다. 두 번째로 산출된 전지구 기후변화시나리오를 이용하여 지역기후 모델을 이용한 역학적 상세화를 통해 한반도 기후변화시나리오를 산출하고 있다. 마지막으로 한반도 기후변화시나리오에 통계적 상세화 기법을 적용하여 1 km 해상도의 남한 상세 기후변화시나리오를 산출하

표 3. 국가 기후변화 시나리오 생산 일정

구분	'11. 6월	'11. 10월	'11. 12월	'12. 04월	'12. 07월	'12. 12월	'13 상반기	'14 상반기
전지구 (135km)	RCP 4.5, 8.5			RCP 2.6, 6.0				
한반도 (12.5km)		RCP 4.5, 8.5			RCP 2.6, 6.0		RCP 4.5, 8.5	RCP 2.6, 6.0
남한 상세 (1km)			RCP 8.5	RCP 4.5		RCP 2.6, 6.0	양상별	양상별



그림 1. 국가 기후변화 시나리오 산출 방법

는 방법을 이용하고 있다. 그림 1은 국가 기후변화시나리오에 대한 산출 방법을 도식화하여 나타낸 것이다.

이러한 방법론을 통해 RCP 시나리오 기반 기후변화시나리오를 생산하고 있으며, 2012년까지 RCP 4종에 대한 기후변화 시나리오를 생산하여 제공할 계획으로 있고 2013년부터는 양상별 모델에 의한 시나리오를 제공할 계획으로 있다. 표 3은 기상청의 기후변화 시나리오 생산 및 제공 계획을 정리하여 나타낸 것이다.

3. 기후변화 시나리오 제공 웹 페이지 개선

기후변화 시나리오를 제공하고 있는 기후변화정보센터 홈페이지의 웹 서비스 개선을 위해 기존 시스템에 대한 분석과 개선을 위한 시스템 설계를 수행하였다. 기후변화 시나리오에 따른 원시 데이터 DB를 분석 및 처리하여 수요자의 요구사항에 따라 다양한 형태로 정보를 생산할 수 있는 체계를 구축하였으며, 2012년 생산된 시나리오를 탑재하고 정보를 제공할

수 있도록 하였다. 또한 서버 이전을 통해 데이터 처리속도 향상을 추진하였으며, 시나리오 정보 제공 형태를 다양화하기 위해 다양한 좌표계를 고려하여 정보를 제공하고 행정구역이나 유역 단위로 정보 제공이 가능하도록 시스템 개선을 수행하였다. 기후변화 정보센터 홈페이지는 기상청 내부뿐만 아니라 기후변화 자료를 필요로 하는 외부 전문가, 일반 국민들에게까지 정보를 공개하여 제공하는 기반 시스템이라 할 수 있다. 시나리오 제공을 위한 웹 서비스 개선을 통해 각종 기후변화 관련 자료를 수요자에게 효율적으로 배포할 수 있으며, 기후변화에 따른 분야별 영향 평가 관련 연구에 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 그림 2는 신규 시나리오 탑재 화면을 나타내고 있으며, 그림 3은 행정구역 단위 정보 제공 기능의 개선과 유역별 자료 선택 기능을 추가하여 개선한 사항을 나타내고 있다.

4. 수자원 분야 기후변화 응용정보 생산

기후변화 시나리오를 바탕으로 물관리 관련 분야



그림 2. RCP 기반 기후변화 시나리오 탑재 및 정보 제공 화면

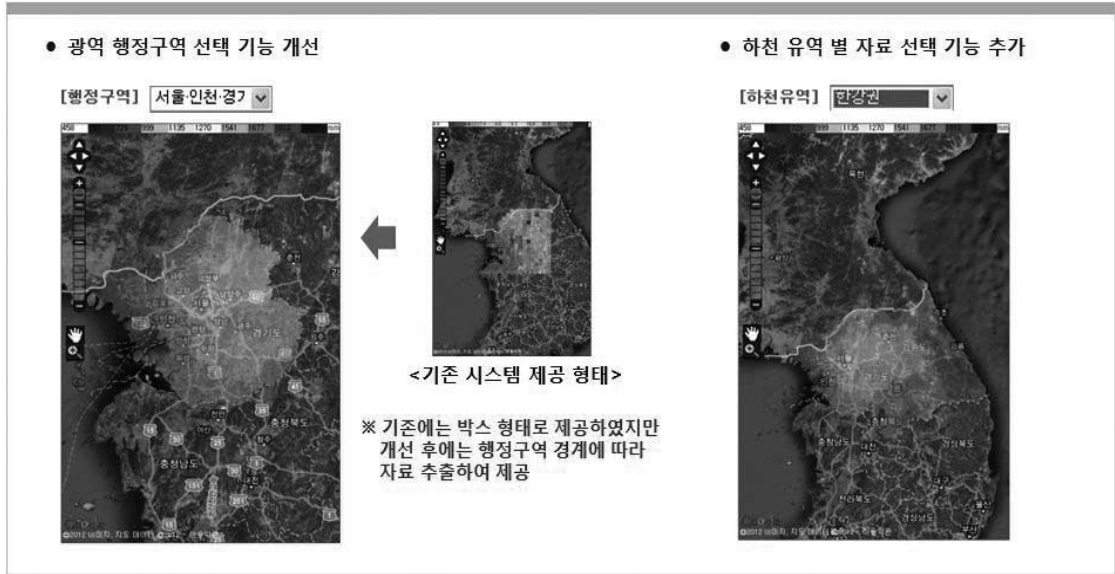


그림 3. 행정구역 및 유역 단위 기후변화 시나리오 정보 제공 화면

에 대한 영향을 평가하기 위해서는 일관된 기준을 바탕으로 수문분석을 수행하고 그 결과를 이용하여 하천유량 관련 시나리오를 생산하는 과정을 거쳐야 한다. 지금까지 우리나라에서는 국가 표준 기후변화 시나리오가 명확하게 제시되지 못한 관계로 여러 가지 기후변화 시나리오를 이용하여 수문분석이 수행된 후 물관리 분야의 영향 평가가 이루어져 왔다. 그러나 연구자에 따라 시나리오를 선택하여 적용하는 과정에서 동일한 기후변화 영향 분석이라 하더라도 상반된 연구결과가 제시되는 등 한계가 존재하였던 것이 사실이다. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 기상청에서 생산하여 제공하고 있는 기후변화 시나리오를 바탕으로 수자원 분야에 활용할 수 있는 응용정보를 생산하여 제공할 필요가 있다.

이를 위해 한국건설기술연구원에서는 관련 연구를 수행하여 RCP 시나리오를 바탕으로 수자원 분야 적용이 가능한 응용정보를 생산하는 작업을 진행하고 있으며, (주)동녘에서는 생산된 정보를 기후변화정보센터 홈페이지를 통해 제공할 수 있도록 관련 작업을 진행하고 있다. 현재 생산 과정에 있는 수자원 분야 응용정보 항목으로는 수자원단위지도의 중권역별 강

수량, 잠재증발산량, 자연유량, 유황분석 결과, 미래 물 수급 전망에 따른 중권역별 물 부족 위험도 등이며, 먼저 RCP 4.5 및 8.5에 대한 결과를 2013년 2월까지 생산하여 제공할 수 있도록 추진할 예정이다. 다음 표 4는 수자원 분야 응용정보 생산을 위해 설정된 정보 항목의 세부 내용을 나타내고 있으며, 그림 4는 RCP 8.5 시나리오를 이용하여 한강유역에 대해 분석된 사례를 나타내고 있다.

표 4. 수자원 분야 기후변화 응용정보 생산 항목

구분	세부 생산 정보 항목	시간 단위	공간 단위
기상학적 요소	• 강수량	• 일/월/년	• 중권역
	• 기온(평균, 최대, 최소)	• 일/월/년	• 중권역
	• 잠재증발산량	• 일/월/년	• 지점/중권역
수문학적 요소	• 자연유량	• 일/월/년	• 중권역
	• 유황정보(몽수량, 평수량, 저수량, 갈수량)	• 년	• 중권역
	• 홍수 대응 요소	• 일 최대 강수량	• 년
홍수 대응 요소	• 일 최대 유출량	• 년	• 중권역
	• 일 강수 80mm 이상 발생일수	• 년	• 중권역
	가뭄 대응 요소	• 물 부족 위험도	• 년

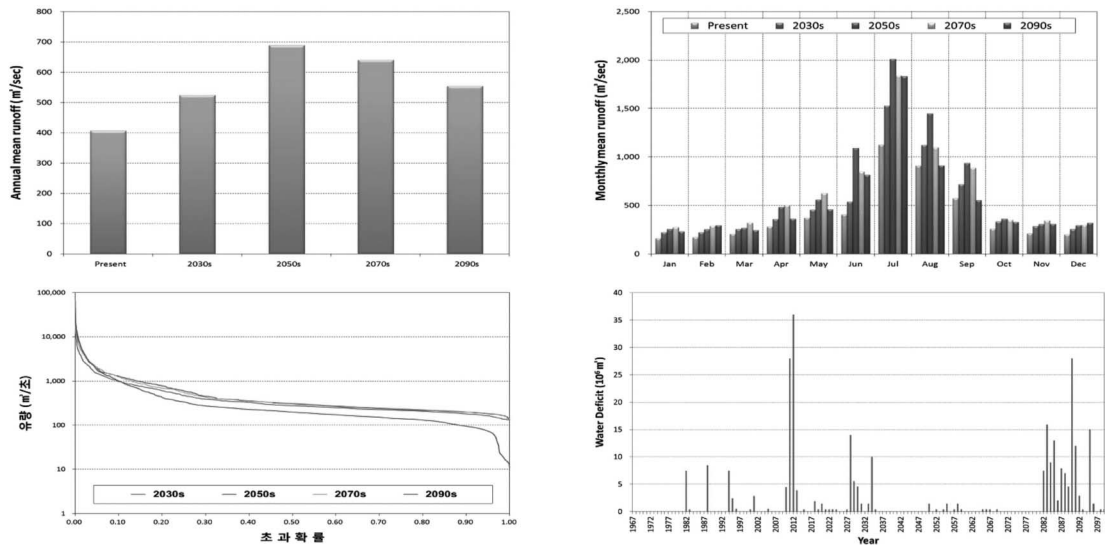


그림 4. RCP 8.5 시나리오 기반 한강유역 수자원 분야 응용정보 생산

5. 맺음말

기후변화는 더 이상 미래에 대비해야할 현상이 아니라 실제 우리 삶에 영향을 미치고 있는 현실로 인식이 되어야 하는 상황에 직면하고 있다. 기후변화로 인한 영향은 기상 및 물 관련 재해뿐만 아니라 우리의 생활환경에도 영향을 미치게 될 것이며, 이로 인해 주거, 음식, 의류 등 많은 부분에 변화를 초래할 수 있는 인자로 작용하게 될 것으로 예상된다. 특히 물관리에 있어 기후변화는 미래 우리나라의 물관리 여건을 더욱 어렵게 만드는 요소로 작용할 수 있으며, 기후변화에 따른 미래 우리나라의 물관리 여건을 정확하게 판단하고 이에 효과적으로 대응하기 위한 정책의 마련은 국가 물 안보 확보 차원에서 매우 중요한 요소일 것이다. 이러한 필요성에 따라 정부에서는 2010년에 시행된 저탄소 녹색성장기본법에 따라 최초의 법정 국가 적응대책인 “국가 기후변화 적응대책(2011~2015)”을 마련한 바 있으며, 이를 통해 건강, 재난/재해, 물관리 등 10개 부문별로 기후변화에 따른 미래 상황에 효과적으로 대응하기 위해 노력하고 있다.

이와 같이 기후변화에 효과적으로 대응하기 위해

서는 기후변화 시나리오에 대한 이해와 활용이 필수적이라 할 수 있으며, 국가 표준 기후변화 시나리오를 바탕으로 미래 수문환경 변화를 정량적으로 예측하고 대응할 필요가 있다. 기후변화 시나리오 및 다양한 정보를 쉽게 확보하고 활용할 수 있도록 관련 시스템을 구축하고 지속적으로 운영해나가야 할 것이다. 시나리오에 대한 활용성 강화 노력과 함께 일관된 기준 하에 분야별 응용정보를 생산하여 제공함으로써 효과적인 기후변화 대응정책의 수립이 가능할 것이다. 특히, 기후변화 시나리오를 바탕으로 생산된 수자원 분야 응용정보는 기후변화로 인한 미래 수자원 영향 평가 과정에서 효율적으로 이용될 수 있을 것이다. 이수분야의 경우에는 가뭄의 변동, 지역적 물 부족 위험도에 따른 대책 수립 등에 활용될 수 있을 것이며, 치수분야의 경우 일 최대 유출량의 변동 양상을 파악함으로써 미래 홍수의 크기를 예측하고 이에 효과적으로 대응할 수 있는 정책의 수립에 활용될 수 있을 것이다. 이와 함께 기상청에서 생산된 국가 표준 기후변화 시나리오와 수자원 분야 응용정보가 함께 이용될 경우 보다 다양한 분야에서 유용한 정보로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 내용은 기상청 기후변화 감시·예측 및 국가정책지원강화사업(CATER 2012-3090)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 국토해양부 (2010), 기후변화 대응 미래 수자원 전략.
2. 국토해양부 (2011), 수자원장기종합계획(2011-2020).