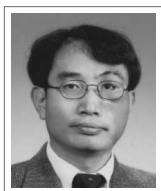
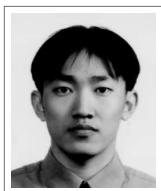




기후변화의 농업환경 요인 영향을 고려한 미래 농어촌용수 수요 평가



최진웅 |
서울대학교 농업생명과학대학 부교수
지역시스템공학전공
iamchoi@snu.ac.kr



유승환 |
서울대학교 농업생명과학대학 연수연구원
crom97@snu.ac.kr



오윤경 |
서울대학교 농업생명과학대학 연수연구원
yk2004@snu.ac.kr



이상현 |
서울대학교 대학원 생태조경지역시스템공학부
박사과정
yalgary0@snu.ac.kr



윤동균 |
한국농어촌공사 농어촌연구원 연구원
ydkibm@ekr.or.kr

용수의 수요는 농업의 작부체계와 매우 밀접하게 관련되어 있다. 작물의 생육과 작부체계는 필요수량을 비롯하여 논 용수량과 관련되어 설계용수량과 현장에서 물관리에 영향을 주게 되며, 농지이용의 변화는 국가적으로 농어촌용수 수요 총량과 관계가 있다.

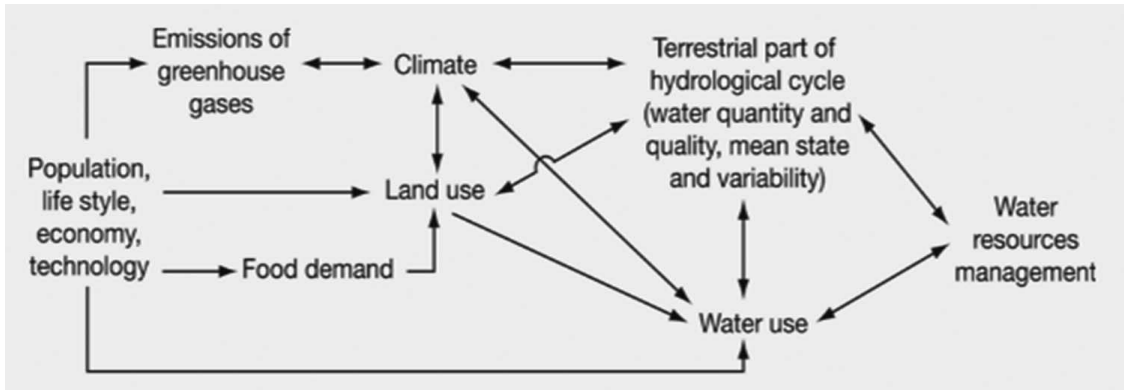
기후변화는 지금도 진행 중인 것으로 보고되고 있으며, 향후에도 지속적으로 진행되고 가속화될 것으로 판단된다 (IPCC 2007). 하지만 미래의 기후변화 예측은 여러 가지 온실가스 배출 시나리오에 의하여 이루어지며, 어떠한 시나리오에 의하여 미래의 기상 자료를 작성하는가에 따라 기상인자의 변화가 상이하게 제시된다.

기후변화가 농업용수에 미치는 주요 요인으로는 기온 상승과 강수량 증가로 크게 나누어 볼 수 있다. 기후변화로 인한 농업용수의 영향에 있어서 주요 요인은 증발산량과 유효수량이라는 두 가지 측면에서 살펴볼 수 있는데, 증발산량의 증가는 농업용수의 증가, 유효수량의 증가는 농업용수의 감소 원인이 된다. 증발산량의 변화 요인으로는 기온 상승, 일사량의 변화 등이고, 유효수량의 변화 요인으로는 강수량의 변화, 계절별 강우 편차 및 강우 강도의 변화 등으로 볼 수 있다. 위 두 요인이 직접적인 요인이라고 한다면, 간접적인 요인으로 온도 상승으로 인한 생육기간의 변화, 작물계수의 변화, 품종 및 영농방식 변화 등이 있을 수 있고, 사회, 경제적 요인으로 인한 농지 감소 등도 미래 농업용수에 영향을 미칠 수 있다.

IPCC(2007)에서 제시한 그림 1과 같이 인간활동은 온실가스배출, 토지이용변화, 식량수요 증가와 관계가 있으며, 식량수요는 토지이용변화 영향을 주고, 온실가스 증가와 토지이용은 기후 변화에 관계가 있

1. 서론

농업은 기후변화에 매우 민감한 분야이며, 농어촌



〈그림 1〉

으며, 토지이용과 기후는 결국 수문순환, 물 수요에 영향을 주어 수자원관리에 변화를 초래할 수 있음을 볼 수 있다.

수자원장기종합개발계획 보고서 (2006)에 의하면 2011년 기준 우리나라의 농업용수 수요량 추정치는 158.5억 m³ (기준수요 기준)으로, 이 중 논용수가 129.0억 m³, 밭용수 27.0억 m³ 및 축산용수 2.5억 m³을 차지하는 것으로 분석되었다. 2020년에는 농업용수 전체 수요량은 155.8억 m³으로 추정되었고, 이 중 논용수가 126.1억 m³, 밭용수가 27.0억 m³ 및 축산용수가 2.7억 m³이었다. 논용수는 우리나라의 농업용수 중 80%이상 차지하여, 절대적인 비중을 차지하는 것을 알 수 있다.

결국, 지구온난화에 따른 기온상승, 강수량의 규모, 빈도 및 패턴의 변화는 수문순환과 유출량 변화 등 수자원의 변화에 직접적인 영향을 줄 것으로 판단된다. 기후변화에 따른 기온상승은 증발산량 증가의 원인이 되며, 강수량이 증가한다 할지라도 집중호우와 증발산량의 증가로 인하여 토양수분 및 유출량의 잦은 변화가 예상되어 총 용수 수요량의 47%를 차지하는 농업용수에도 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다. 즉, 홍수, 농업가뭄 등의 재해 증가로 인하여 관개기의 농업용수의 안정적 공급과 관리의 어려움이 예상되어 결과적으로 농업용수의 안정성을 위협받을 수도 있다.

따라서 본 고에서는 농어촌용수 수요에 영향을 줄 수 있는 기후변화에 따른 논 용수량, 토지이용변화

그리고 작부체계 변화를 살펴보고, 이와 같은 연구결과를 통합하여 미래 농어촌용수 수요에 대하여 살펴보고자 한다.

2. 기후변화와 논 용수량 변화

농업용수를 공급하는 수리시설은 대부분 안정적인 식량공급을 위해 벼 재배를 위해 이용되며, 기후변화에 따른 논 용수량의 변화는 향후 농업용수 관리와 수리시설의 운영에 중요한 사항이다. 논 용수량의 변화는 논에서의 증발산량에 해당하는 벼 작물 소비수량 변화와 강우에 따른 유효우량까지 고려하는 순용수량의 변화로 평가할 수 있다.

가. 작물 증발산량의 변화

논에서의 작물 증발산량 산정을 위해 홍은미 등 (2009)은 기상청에서 제공하는 지역기후모델인 MM5의 A2 시나리오 결과를 바탕으로 LARS-WG를 이용하여 기준기간 및 2011년부터 2100년까지의 전국 9개 기상측후소의 일별 미래 기상자료를 산출하였다. 산출 기상자료를 바탕으로 논 벼의 한발기준 10년빈도 작물증발산량을 산정하였다. 그 결과는 춘천은 가장 낮은 10년빈도 증발산량이 나타났지만 2085s 시기에 12.3% 증가하여 9개 지역 중 증가 비

〈표 1〉

시나리오	기간	춘천	서울	수원	청주	대전	전주	광주	대구	진주
		논 벼 증발산량 (mm) 및 기준기간 대비 변화율 (%)								
기준기간		494.0	491.6	502.0	503.4	541.0	544.6	541.6	548.5	536.7
A2	2025s	508.4 2.9%	505.9 2.9%	511.3 1.9%	509.2 1.2%	554.4 2.5%	545.4 0.1%	543.6 0.4%	557.6 1.7%	548.4 2.2%
	2055s	530.6 7.4%	527.9 7.4%	533.5 6.3%	531.5 5.6%	578.1 6.9%	569.7 4.6%	567.7 4.8%	583.8 6.4%	570.8 6.4%
	2085s	554.6 12.3%	548.7 11.6%	556.1 10.8%	555.7 10.4%	604.0 11.6%	594.9 9.2%	592.3 9.4%	610.7 11.3%	596.5 11.1%

율은 가장 높게 나타났다. 10년빈도 증발산량은 대구 지역에서 최댓값을 보였으며 2085s에는 기준년도에 비해 11.3% 증가할 것으로 예상된다. 작물증발산량 증가비율이 가장 낮은 지역은 전주지역으로 2085s에 약 9.2% 증가할 것으로 예상되며, 전주와 광주지역은 2025s 증가율이 0.2%, 0.4%로 거의 증가하지 않지만, 2055s, 2085s 시기에 급격하게 증가함을 알 수 있다. 남부지역과 중부지역의 10년빈도 작물 증발산량을 비교해 보면, 남부지역에서 중부지역보다 2025s에는 39.6 mm, 2055s에는 41.6 mm 그리고 2085s에는 44.1 mm 더 많이 발생하지만, 증가율에 있어서는 중부지역이 시기별로 각각 1.8%, 6.3%,

10.9% 증가하고, 남부지역은 증가율이 1.4%, 5.8%, 10.5%로 중부지역이 남부지역보다 증가율이 높을 것으로 예측되었다.

나. 순용수량의 변화

논 용수량에서 순용수량은 필지에서 필요한 용수를 증발산량과 유효우량을 고려하여 산정한다. 또한 기후변화에 따른 기상자료 산출을 위해서는 여러 가지 시나리오를 이용하므로 다양한 시나리오에 의한 기후변화 자료를 이용하여 논 용수량을 산정하여야 미래의 여러 가지 대안에 대한 검토가 가능하다.

〈표 2〉

시나리오	기간	강원	경기	충북	충남	전북	전남	경북	경남
		순용수량 (mm) 및 기준기간 대비 변화율 (%)							
기준기간		776.3	803.7	788.9	790.6	776.8	719.9	872.9	806.5
A1B	2025s	725.9 -6.5	791.9 -1.5	761.4 -3.5	782.5 -1.0	743.7 -4.3	702.5 -2.4	846.0 -3.1	783.6 -2.8
	2055s	757.0 -2.5	788.9 -1.8	789.1 0.0	768.7 -2.8	764.1 -1.6	729.8 1.4	849.8 -2.6	815.9 1.2
	2085s	786.1 1.3	850.0 5.8	817.9 3.7	805.0 1.8	798.1 2.7	766.4 6.5	890.7 2.0	826.1 2.4
A2	2025s	759.7 -2.1	790.4 -1.7	775.9 -1.6	794.0 0.4	753.6 -3.0	730.6 1.5	871.8 -0.1	779.3 -3.4
	2055s	745.0 -4.0	767.2 -4.5	781.6 -0.9	757.3 -4.2	784.7 1.0	760.8 5.7	838.3 -4.0	770.1 -4.5
	2085s	723.3 -6.8	770.9 -4.1	785.9 -0.4	812.9 2.8	803.5 3.4	731.7 1.6	837.6 -4.0	772.0 -4.3
B1	2025s	712.1 -8.3	781.9 -2.7	753.8 -4.4	741.2 -6.2	769.5 -0.9	759.7 5.5	877.7 0.5	777.9 -3.5
	2055s	773.8 -0.3	851.9 6.0	816.5 3.5	822.8 4.1	770.0 -0.9	754.4 4.8	869.2 -0.4	818.1 1.4
	2085s	743.4 -4.2	788.5 -1.9	772.0 -2.1	770.4 -2.6	733.7 -5.5	720.2 0.0	861.7 -1.3	818.3 1.5

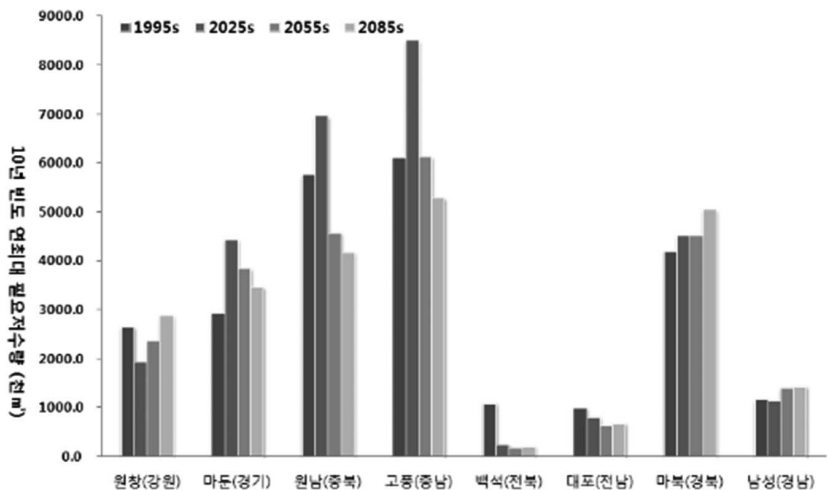
유승환(2009)은 CGCM3.1의 A1B, A2, B1 시나리오의 산출 결과를 바탕으로 통계학적 상세화 기법인 LARS-WG를 적용하여, 전국 54개 측후소에 대한 미래 기상자료를 산출하였다. 이를 바탕으로 순용수량을 산정하고, 빈도분석을 실시하여 한발기준 10년빈도 순용수량을 추정하였다. 그 결과 A1B 시나리오 경우, 전국적으로 2025s에는 기준년도보다 순용수량이 1.0~6.5% 감소하고, 2055s부터는 감소비율이 적어지면서, 2085s에서는 1.3~6.5%의 증가 경향을 보였다. A2 시나리오 경우, 충남, 전북 및 전남 지역을 제외한 모든 지역에서 순용수량이 감소하는 경향을 나타내었고, 전라남도의 경우, 기준기간과 비교하여 모든 기간동안 순용수량이 증가하는 것으로 예측되었다. B1 시나리오 경우, 2025s에서는 전북과 경북을 제외한 6개 지역에 기준기간보다 0.9~8.3% 감소하고, 2055s에서는 강원, 전북, 경북을 제외한 5개 지역에서 1.4~6.0% 증가 경향을 보였다. 2085s에서는 전남과 경남 지역을 제외한 6개 지역에서 1.3~5.5% 감소경향을 나타내었다. 지역별, 시기별로 일부 차이는 있으나, A1B 시나리오의 2085s와 B1 시나리오의 2055s를 제외하면 대부분 지역에서 순용수량이 감소하는 것으로 나타났다.

다. 필요저수량 변화

논 벼 재배를 위한 용수공급은 농업용저수지로부터 60% 이상을 공급받고 있다. 따라서 미래 기후변화에 따른 저수지 필요저수량을 살펴보는 것은 농업용수의 안정적 공급과 직접적인 관계가 있으며, 저수지의 유역 토지이용변화에 따른 유출량 변화, 논 용수량의 변화를 함께 고려하는 것이 타당

하다. 필요저수량은 수혜면적에 안정적으로 용수를 공급하기 위한 저수량이다. 한국농어촌공사 농어촌연구원·서울대학교(2010)은 기후변화에 따른 전국 8개 관개지구에 대한 연최대 필요저수량을 분석하기 위하여, 먼저 MIROC3.2의 A1B 시나리오의 산출 결과를 바탕으로 통계학적 상세화기법인 LARS-WG를 적용하여 미래 기상자료를 산출하였다. 이와 더불어 CLUE모형을 이용하여 미래 토지이용변화에 대한 결과와 기온상승에 따른 작부시기에 대한 변화도 예측도 같이 실시하였다. 연최대 필요저수량 산정은 DIROM(Daily Irrigation Reservoir Operation Model)을 이용하였다. 각 관개지구의 시기별 연최대 필요저수량을 빈도분석 실시하였는데, 결과는 그림 2와 같다.

2025s의 경우, 원창, 백석 및 대포 지구에서는 한발기준 10년빈도 연최대 필요저수량이 감소하는 경향을 나타내었고, 다른 지구에서는 증가하는 경향을 보였다. 백석 지구는 76.3% 감소하여 가장 큰 감소를 나타내었고, 고흥 지구는 가장 큰 증가를 보였다. 2055s의 경우, 원창, 원남, 백석 및 대포 지구에서는 한발기준 10년빈도 연최대 필요저수량이 감소하는 경향을 나타내었다. 백석 지구는 82.2% 감소하여 가장 큰 감소를 보였다. 2085s의 경우, 원남, 고흥, 백석 및 대포 지구에서는 한발기준 10년빈도 연최대 필



(그림 2)

요저수량이 감소하는 경향을 나타내었다. 다른 기간과 마찬가지로 백석 지구가 가장 큰 감소를 나타내었다. 마둔 및 마북 지구의 연최대 필요저수량은 기준 기간과 비교하여 모든 기간 동안에 증가하는 경향을 나타내었고, 반대로 백석 및 대포 지구는 감소하는 경향을 보였다.

3. 기후변화와 농지이용 변화

인간활동은 온실가스배출, 토지이용변화, 식량수요 증가와 관계가 있으며, 식량수요는 토지이용변화 영향을 주고, 온실가스 증가와 토지이용은 기후 변화에 관계가 있으며, 토지이용과 기후는 결국 수문순환, 물 수요에 영향을 주어 수자원관리에 변화를 초래할 수 있음을 볼 수 있다. 즉 인간활동과 기후변화의 관계 사이에는 토지이용변화가 수문순환과 수자원 관리에 매우 밀접하게 관계됨을 알 수 있다. 오윤경 등 (2011)은 A1B 온실가스 배출 시나리오를 바탕으로 CLUE (Conversion of Land Use Change and its Effects) 모형을 이용하여 경기도에 대한 토지이용변화를 추정하였다.

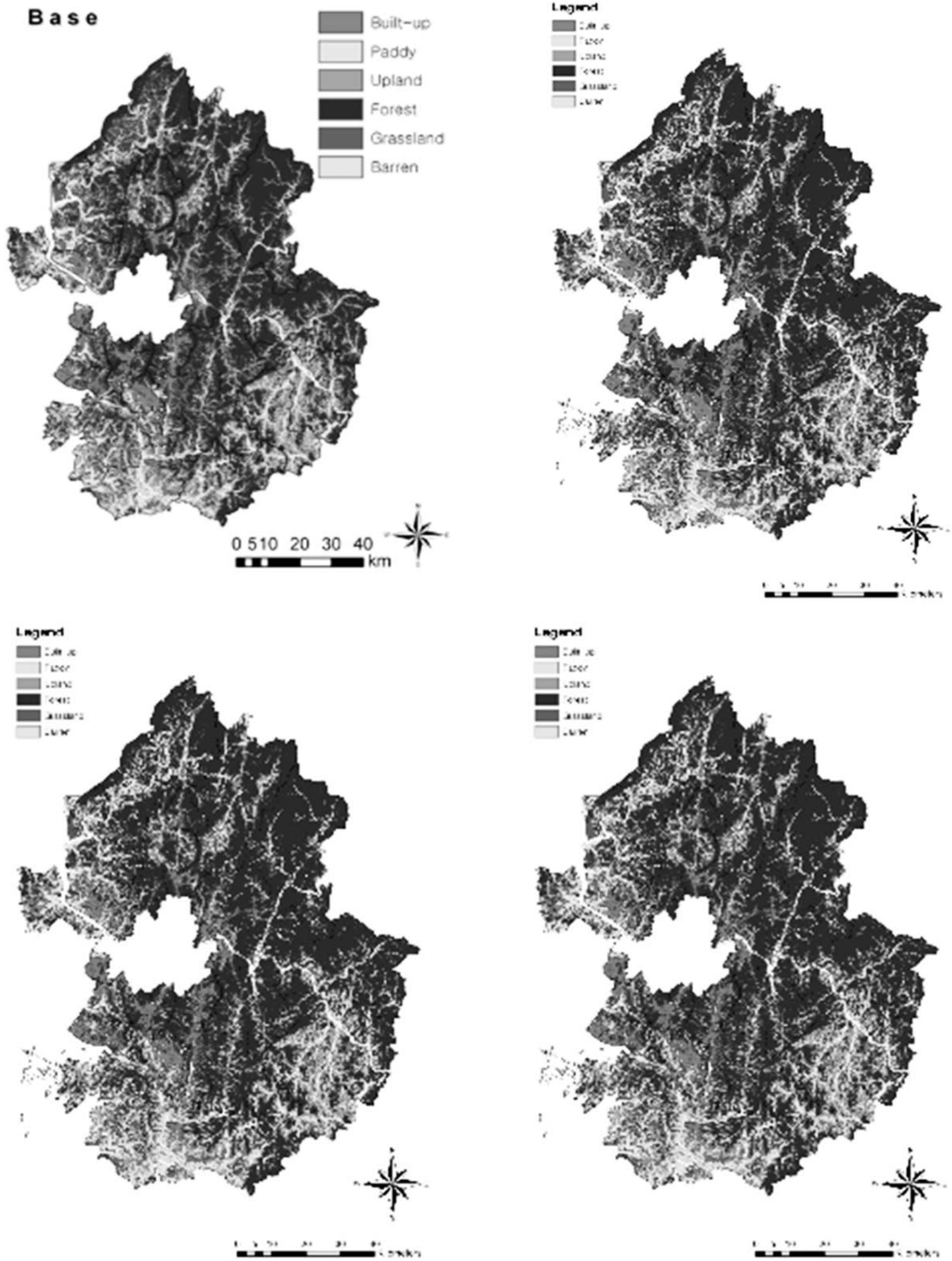
표 3에 경기도 토지이용변화 모의 결과를 정리하였으며, 그림 3은 공간적으로 모의한 토지피복변화를 시나리오별로 도시한 결과이다. 시가화면적의 경우,

경기도 인구 증가를 반영한 A1B에서만 15.7%로 크게 증가하는 것으로 나타났고, 다른 시나리오에서는 거의 변화가 없는 것으로 모의되었다. 그림에서 살펴보면 2040년의 A1B 시나리오 모의 결과 (b)에서 경기도 남부지역의 시가화면적이 기준도에 비해 확장되어 나타나고 있음을 알 수 있다. 논면적의 경우, 경기도 전체 지역에서 30년 동안 약 10.71% - 14.1% 감소하는 것으로 나타났으며, 밭면적은 13.7% - 21.6% 증가하는 것으로 나타났다. 논면적 감소는 그림을 통해 확연하게 구분이 되지는 않지만 A2 시나리오에서 가장 적게 감소한 것으로 나타난 반면 밭면적은 가장 많이 증가하여, 토지이용변화 모의 시 가정된 농경지 수요량이 충분히 반영된 것으로 나타났다.

공간적인 변화를 살펴보면 상대적으로 서해와 인접한 경기도 서남부 지역의 논면적 감소 폭이 적은 것으로 나타났으며, 서울과 인접한 안양시, 의왕시 부근에서 가장 많이 감소하는 것으로 모의되었다. 밭분포의 공간적 변화를 살펴보면 상대적으로 화성, 양평, 여주 등에서 밭면적이 상대적으로 높게 증가하였다. 이에 비해, 산림면적은 세 시나리오 모두 미미한 변화만 보였으며 경제지향 시나리오인 A1B와 A2 시나리오 결과에서 1% 미만의 감소를 나타내었고, 환경지향 시나리오인 B1 시나리오에서는 3.8% 증가하는 것으로 나타났다. 초지와 나지의 경우, 다른 피복에 비해 큰 폭의 변화율을 보여 초지의 경우 20.6% -

〈표 3〉

Scenario		Baseline	A1B (2040)		A2 (2040)		B1 (2040)	
		Area (ha)	Area (ha)	ΔArea (ha, (%))	Area (ha)	ΔArea (ha, (%))	Area (ha)	ΔArea (ha, (%))
Land-cover	Built-up	122,488	141,716	19,228	123,041	553	123,573	1,085
				15.7		0.5		0.9
	Paddy	150,639	132,386	-18,253	134,589	-16,050	129,420	-21,219
				-12.1		-10.7		-14.1
	Upland	97,341	113,363	16,022	118,358	21,017	110,655	13,314
				16.5		21.6		13.7
	Forest	522,811	519,102	-3,709	522,653	-158	542,860	20,049
				-0.7		0.0		3.8
	Grassland	34,278	46,250	11,972	48,351	14,073	43,899	9,621
				20.6		41.1		28.1
	Barren	27,180	1,921	-25,259	7,748	-19,432	4,332	-22,848
				-92.9		-71.5		-84.1



〈그림 3〉

41.1% 까지 증가하는 것으로 나타났으며, 나지는 70% 이상 감소하여 다른 용도의 토지로 전환되는 것으로 나타났다.

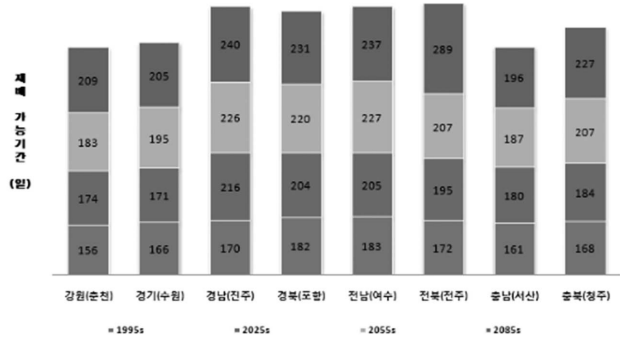
4. 기후변화와 논 벼 작부체계 변화

가. 재배가능기간의 변화

기후변화에 따라 논 벼의 재배가능기간의 변화를 분석하는 것은 온도변화에 따른 생육시기의 변화와 관계가 있으며 이는 이앙기 조한일과 수확기 만한 일사이의 기간을 의미한다. 한국농어촌공사 농어촌연구원 (2010)의 분석 결과에 따르면 시간이 지날수록 재배가능기간이 늘어남을 확인할 수 있다. 이는 일평균기온이 높아짐에 따라 이앙이 가능한 일자가 앞당겨지고, 또한 수확기 만한일 역시 일부 지역에서는 최대 12월 15일까지 늦춰지기 때문이다. 지역별로 살펴보면, 전북 전주의 경우 1980년부터 2009년의 평년 재배가능기간은 172일이었으나 2070년부터 2099년의 평년 재배가능기간은 289일로 117일이 늘어나는 것으로 나타났다. 경남 진주의 경우 역시 1980년부터 2009년의 평년 재배가능기간이 170일이었으나 2070년부터 2099년의 평균 재배가능기간은 240일로 70일이 늘어나는 것으로 나타났다. 또한 남부지역이 중부지역보다 재배가능기간의 변화가 큰 것으로 나타났다. 그림 4와 표 4에서 볼 수 있듯이 8개의 모든 지역에서 기후변화에 따라 재배가능기간이

<표 4>

지역	재배가능기간: 중생종			
	1995s	2025s	2055s	2085s
강원(춘천)	156	174	183	209
경기(수원)	166	171	195	205
경남(진주)	170	216	226	240
경북(포항)	182	204	220	231
전남(여수)	183	205	227	237
전북(전주)	172	195	207	289
충남(서산)	161	180	187	196
충북(청주)	168	184	207	227



<그림 4>

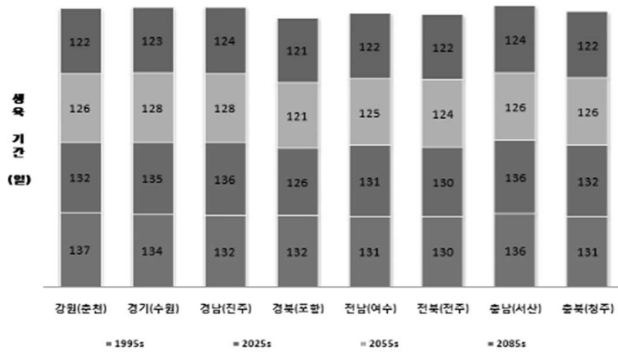
증가하는 것을 확인할 수 있다.

나. 적산온도에 따른 생육기간의 변화

논 벼의 생육기간은 벼가 안전하게 출수하여 등숙하는데 필요한 적산온도를 통하여 살펴볼 수 있다. 한국농어촌공사 농어촌연구원 (2010)의 분석 결과에 따르면 등숙기간의 온도가 22.5°C가 되는 안전출수기로부터 적산온도를 통하여 적정 이앙일과 수확일을 분석하였고 이를 통하여 논 벼의 생육기간(이앙일~수확일)을 추정하였다. 논 벼의 생육기간의 변화는 그림 5와 표 5에서 볼 수 있듯이 기후변화가 진행됨에 따라 기온의 상승으로 인하여 짧아지는 것을 알 수 있다. 강원 춘천의 경우 1980년부터 2009년의 평년 생육기간이 137일이었으나 2070년부터 2099년의 평년 생육기간은 122일로 15일이 줄어드는 것으로 나타났다. 이는 기온이 상승함에 따라 보다 짧은 기간에 생육을 위해 필요로 하는 적산온도를 충족시킬 수 있기 때문이다. 전체

<표 5>

지역	적정 생육기간: 중생종			
	1995s	2025s	2055s	2085s
강원(춘천)	137	132	126	122
경기(수원)	134	135	128	123
경남(진주)	132	136	128	124
경북(포항)	132	126	121	121
전남(여수)	131	131	125	122
전북(전주)	130	130	124	122
충남(서산)	136	136	126	124
충북(청주)	131	132	126	122



〈그림 5〉

적으로 대상내 모든 지역에서 기후변화에 따라 시기가 지날수록 생육기간이 130일대에서 120일대로 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

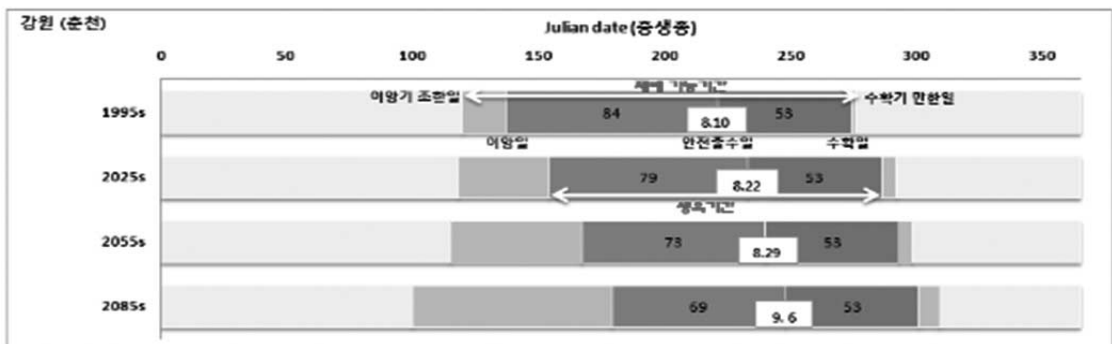
다. 지역별 작부시기 및 안전출수기의 변화

논 벼의 기후변화에 따른 지역별 작부시기 변화를 살펴볼 수 있는데, 한국농어촌공사 농어촌연구원(2010의 분석 결과를 바탕으로, 논 벼 생육의 중요한 요소인 안전출수기를 중심으로 시기에 따른 출수기의 변화 및 재배가능시기, 생육시기를 지역별로 살펴볼 수 있다.

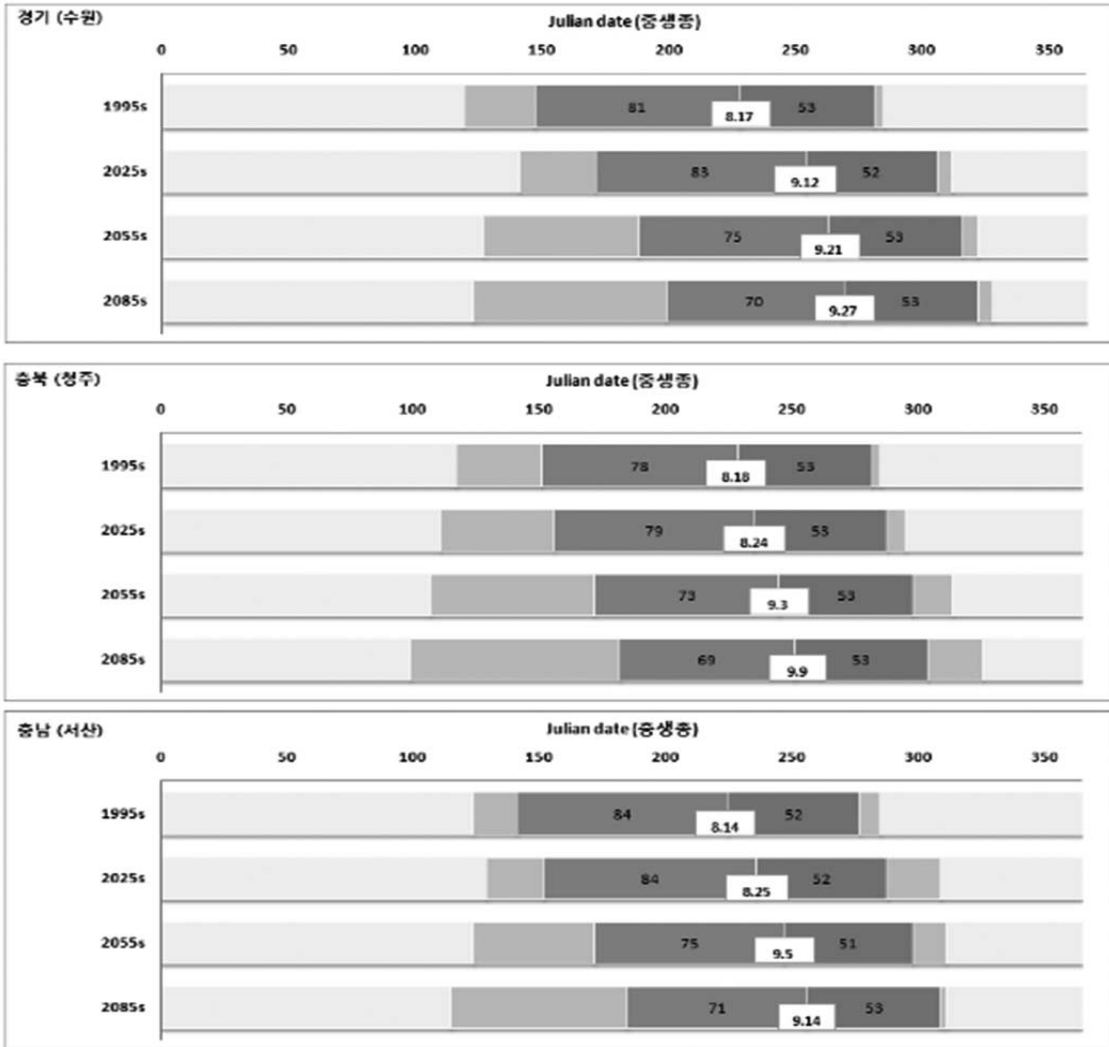
중부지역을 중심으로 안전출수기의 변화를 살펴보면 다음과 같다. 1980년에서 2099년 동안 강원 춘천의 경우 중생종의 안전출수기가 8월 10일에서 8월 22일, 8월 29일, 9월 6일로 약 27일 정도 늦춰지는 것을 알 수 있다. 생육기간은 137일에서 122일까지 줄

어드는 것을 확인할 수 있다. 재배가능기간은 156일에서 209일로 53일 늘어나는 것으로 나타났다. 경기 수원의 경우 안전출수기는 8월 17일에서 9월 27일로 늦춰지고, 생육기간은 134일에서 123일로 줄어들고, 재배가능기간은 166일에서 205일로 늘어나는 것으로 나타났다. 충북 청주의 경우 안전출수일은 8월 18일에서 9월 9일까지 늦춰지고 생육기간은 131일에서 122일로 줄어들고, 재배가능기간은 168일에서 227일로 늘어나는 것으로 나타났다. 충남 서산의 경우 안전출수일은 8월 14일에서 9월 14일까지 늦춰지고 생육기간은 136일에서 124일로 줄어들고, 재배가능기간은 161일에서 196일로 늘어나는 것으로 나타났다.

남부지역의 변화를 살펴보면, 먼저 전북 전주의 경우 안전출수일은 8월 21일에서 9월 19일까지 늦춰지고 생육기간은 130일에서 122일로 줄어들고, 재배가능기간은 172일에서 289일로 늘어나는 것으로 나타났다. 전남 여수의 경우 안전출수일은 8월 25일에서 9월 19일까지 늦춰지고 생육기간은 131일에서 122일로 줄어들고, 재배가능기간은 183일에서 237일로 늘어나는 것으로 나타났다. 경북 포항의 경우 안전출수일은 8월 21일에서 9월 17일까지 늦춰지고 생육기간은 132일에서 121일로 줄어들고, 재배가능기간은 182일에서 231일로 늘어나는 것으로 나타났다. 경남 진주의 경우 안전출수일은 8월 19일에서 9월 14일까지 늦춰지고 생육기간은 132일에서 124일로 줄어들고, 재배가능기간은 170일에서 240일로 늘어나는 것으로 나타났다.



〈그림 6〉

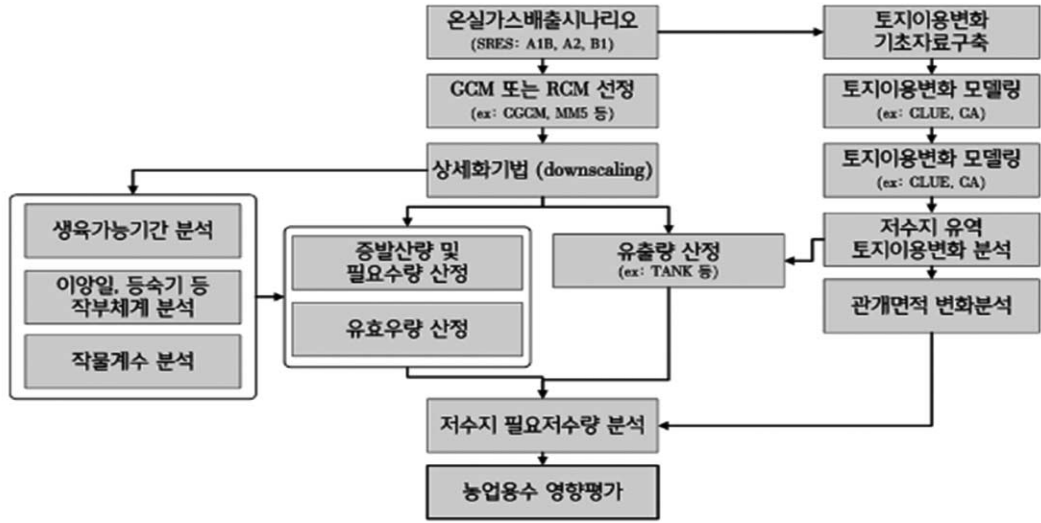


〈그림 6〉 (계속)

5. 기후변화와 농어촌용수 수요 평가 및 적응 요인

농어촌용수 수요에 영향을 주는 요소는 작물의 소비수량, 침투량과 경지면적, 그리고 유효수량이다. 물론 물관리에 따른 손실수량이나 관리수량 변화는 불가피한 부분이 있으나 향후 지구온난화에 따른 기후변화에 의한 농어촌용수 수요 평가는 수요 증가 요인과 감소 요인이 복합적으로 작용하고 있어 정량적 평가가 쉽지 않은 것이 사실이다.

그림 7은 기후변화에 따른 농어촌용수 수요 산정을 위한 흐름도를 나타내고 있다. 여러 가지 온실가스 배출 시나리오에 의한 기후변화자료를 지역화시키는 상세화 과정을 거쳐서 작부체계 분석과 작물소비수량과 유효수량을 산정한다. 작부체계 분석에는 온도상승에 따른 이앙일, 등숙기 등으로 고려하여 생육기간을 산정하고 작물계수를 산정한다. 한편 온실가스 배출 시나리오에 의한 토지이용변화 분석을 통하여 유역의 토지이용변화와 농지변화를 계산하는데, 유역의 토지이용변화는 유출량산정에 농지의 변화는



〈그림 7〉

저수지나 양수장과 같은 수원공의 용수량 산정에 이용된다. 정리하면, 미래 기후변화에 의한 농어촌용수 수원공의 용수량은 작부체계의 변화와 작물소비수량, 유효수량 그리고 유출량과 토지이용변화에 따른 경지면적 변화가 종합적으로 고려되어야 하며, 특히 토지이용변화는 온실가스배출시나리오가 적용될 수 있는 모형을 활용하는 것이 적절하다고 할 수 있다.

기후변화에 의한 농어촌용수의 수요는 앞서 살펴본 바와 같이 증가요인과 감소요인이 복합적으로 작용한다. 증가의 대표적인 요인은 온도상승으로 인한 증발산량 증가로 인한 작물 소비수량의 증가이다. 한편 감소 요인으로는 강우량의 증가로 인한 유효수량의 증가와 온도 상승으로 인한 생육기간의 감소로 인한 연간 필요수량의 감소를 들 수 있으며, 총량적으로는 경지면적 감소로 인한 농업용수의 수요 감소가 있다. 한편 변화 요인으로는 2모작이나 2기작으로 인한 작부체계 변화와 시설재배와 밭 용수 증가로 인한 용수 필요시기의 변화 및 지하수 수요증가 있고, 품종 및 이앙시기 변화와 같은 영농방식 변화에 따른 물관리 변화가 있을 수 있을 것이다.

결국 이와 같이 다양한 원인에 의하여 미래 농어촌용수 수요는 변화할 것이다. 미래 기후변화는 기본적으로 온실가스 배출 시나리오를 어떤 것을 선택할 것

인가가 중요하다. 현재 많이 사용되는 시나리오는 A1, A2, B1, A1B 등이 있으며, A1B가 국가 시나리오로 채택될 가능성이 높은 상황이다. 또한 기후변화가 우리나라에서도 지역별로 편차가 있다는 것이다. 4대강의 유역별로 따져보더라도 한강 유역과 낙동강 유역의 미래 기후변화가 다르게 나타나는 것을 볼 수 있다. 따라서 미래 농어촌용수의 적응 요인으로서는

- 다양한 온실가스 배출 시나리오에 따른 대안 마련
- 지역별 편차를 고려한 농어촌용수 수요 대처 방안
- 생육기간과 재배적지의 변화와 같은 농작물 생육 환경의 변화 고려
- 2모작이나 2기작과 같은 작부체계 변화에 대한 농업용수 수요 시기 변화 대처 방안
- 이상 기상의 발생 (가뭄과 홍수의 빈도 증가)에 대한 적응 노력

등으로 요약할 수 있을 것이다.

6. 결론

본 고에서는 기후변화에 따른 미래 농어촌용수 수



요에 대하여 벼의 필요수량, 토지이용변화, 논 벼의 재배기간 변화를 중심으로 살펴보았다. 이는 기후변화에 따른 농업의 영농환경 변화 및 토지 이용변화가 예상되고 있으며, 농어촌용수의 수요는 농업 상황의 변화 및 토지 이용변화와 밀접하게 관련되어 있기 때문이다. 따라서 미래의 농어촌용수 수요와 관리는 영농환경 변화, 토지이용의 변화 그리고 기상변화에 따른 작물필요수량 변화를 포함한 여러 요인이 함께

고려되어야 하며, 다양한 시나리오에 기반한 대응 방안을 마련해야 할 것이다. 한편 농림수산식품부에서는 2011년 식량자급율 계획을 상향조정하여 발표하였다. 농업기반확충을 포함한 이러한 계획은 기후변화 요인과 더불어 국제 식량 수요, 국가 식량 안보 측면에서도 농어촌용수 수요와 대응 방안도 함께 고려되는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ☞

참고문헌

1. 건설교통부, 2006, 수자원장기종합계획(2006-2020) 보고서.
2. 김창길, 이상민, 정학균, 장정경, 이충근, 2009, 기후변화에 따른 농업부문 영향분석과 대응전략, 한국농촌경제연구원
3. 나영은, 이정택, 김명현, 방혜선, 한민수, 노기안, 김민경, 2007a. 농업부문의 기후변화 취약성 평가에 관한 국외 동향, 한국국제농업개발학회지, Vol. 19 (2), pp. 80-92.
4. 나영은, 이정택, 김명현, 방혜선, 한민수, 노기안, 김민경, 2007b. 농업부문의 기후변화 영향 및 적응방안에 관한 국외 동향, 한국국제농업개발학회지, Vol. 19 (2), pp. 93-100.
5. 농림부, 2003. 한반도 기후변동 시나리오와 농림업분야 대응방향.
6. 농림수산식품부, 2011, 식량자급률 재설정 및 자급률 제고 방향 보도자료 (2011. 7. 8)
7. 농촌진흥청 농업과학기술원 농업환경부, 2007. 기후변화에 따른 농업생태계 영향, 취약성 평가 및 적응 방안 구축.
8. 농촌진흥청, 2011 a, 인터러뱅 17호 기후변화와 우리 농업 (2011. 5. 11)
9. 농촌진흥청, 2011 b, 인터러뱅 33호 기후변화와 우리 농업 (II) -도전과 과제- (2011. 9. 7.)
10. 서영호, 이안수, 조병욱, 강안석, 정병찬, 정영상, 2010. 기후변화에 대한 강원지역 벼 재배의 적응, 한국농림기상학회지, Vol. 12 (2), pp. 143-151.
11. 심교문, 김건엽, 노기안, 정현철, 이덕배, 2008. 기후변화에 따른 농업기후지수의 평가, 한국농림기상학회지, Vol. 10 (4), pp. 113-120.
12. 오윤경, 최진용, 유승환, 이상현, 2011, 기후변화 시나리오에 따른 미래 토지피복변화 예측 및 군집분석을 이용한 지역 특성 분석, 한국농공학회지, Vol. 53(6)
13. 유승환, 2009, 기후변화에 따른 미래 농업가뭄 특성 분석, 박사학위논문, 서울대학교.
14. 한국농어촌공사 농어촌연구원, 2010, 기후변화 시나리오에 따른 토지이용변화 및 논용수 변화분석 연구보고서 (서울대학교)
15. 한국농어촌공사. 2011, 수자원 국민 대토론회 발표자료집, 농어촌물포럼
16. 홍은미, 최진용, 이상현, 유승환, 강문성, 2009, LARS-WG를 이용한 기후변화에 따른 논 벼 증발산량 산정, 한국농공학회논문집 51(3): 25-35.
17. 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.