

농업분야 탄소저감 방안 연구

임청룡¹, 김세혁², 안미란^{1*}

¹한국농어촌공사 농어촌연구원, ²경북대학교 축산BT학과

A Study on Carbon Reduction Measures in the Agricultural Sector

Cheong-Ryong Lim¹, Se-Hyuk Kim², Mi-Lan An^{1*}

¹Rural Research Institute, Korea Rural Community Corporation

²Department of Animal Science and Biotechnology, Kyungpook National University

요약 이 연구에서는 농업분야 탄소저감 목표 달성 가능 여부 확인과 달성을 위한 정책지원방안 등을 도출하고자 하였고, 1990-2019년 사이 연도별 자료를 활용하여 벡터자기회귀모형과 인과관계검정 및 시나리오 분석 등을 통해 다음과 같은 분석결과를 도출하였다. 첫째, 벡터자기회귀모형을 활용하여 농업분야 탄소배출량과 논 면적 및 한·육우 사육규모 간 인과관계 및 향후 변화 추이를 제시하였다. 둘째, 벡터자기회귀모형 예측결과와 인벤토리 보고서 계수 값 적용을 통해 탄소배출량이 2020년 대비 1,662.9천톤CO₂eq. 감소하는 것으로 추정되었다. 셋째, 온실가스 배출은 감소하지만 추가적인 정책 또는 조치가 없이 2030년 감축목표 달성이 어려운 것으로 나타났다. 이러한 분석결과로부터 다음과 같은 시사점을 제시하였다. 첫째, 논 농업에서 유기농법이 확대될 수 있도록 정책적 지원과 소비자 인식개선을 통해 수요창출이 필요하다. 둘째, 축산에 있어서 친환경 저탄소농법 적극 도입하여, 재배규모가 일정하더라도 온실가스 배출을 줄일 수 있는 사육모델 개발 및 보급이 필요하다. 셋째, 논 농업과 축산과 연계한 경축순환농법을 통해 자원의 효율적인 활용과 탄소 배출의 지속적인 감소를 도모할 필요가 있다. 마지막으로 보다 정확한 연구결과 도출을 위해서는 거시적인 측면이외 농가단위 미시적 측면의 후속 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

Abstract In this study, we attempted to determine whether it was possible to achieve NDC (Nationally Determined Contribution) goals in the agricultural sector and derive policy support measures to achieve them. We used VAR(Vector Auto-Regressive) model, causal relationship tests, and scenario analysis using annual data between 1990-2019. The following analysis results were derived. First, using the VAR model, we presented the causal relationship and future change trends between carbon emissions in the agricultural sector, paddy field area, and Korean and beef cattle breeding scale. Second, CO₂ emissions were found to decrease by 1,662.9 thousand tons compared to 2020. Third, it is difficult to achieve the 2030 NDC goal without additional policies or measures. From these analysis results, the following implications were presented. First, it is necessary to create demand through policy support and improved consumer awareness. Second, it is necessary to actively introduce eco-friendly, low-carbon farming methods in livestock farming and develop and distribute a breeding model. Third, there is a need to promote efficient use of resources and continuous reduction of carbon emissions through crop rotation farming in conjunction with rice field farming and livestock farming. Lastly, follow-up research on the micro aspect at the farm level will be necessary.

Keywords : Vector Autoregressive Model, Carbon Reduction, Causality, Reduction Scenario, Nationally Determined Contribution

본 논문은 본 연구는 농촌진흥청 연구과제(PJ01702102)의 지원으로 이루어졌음.

*Corresponding Author : Mi-Lan An(Rural Research Institute, Korea Rural Community Corporation)

email: meran2@ekr.or.kr

Received November 9, 2023

Revised December 5, 2023

Accepted December 8, 2023

Published December 31, 2023

1. 서론

국가 온실가스 인벤토리 배출량 자료에 따르면 2020년도 기준, 경종 분야(벼 재배)의 온실가스 배출량은 570만 톤 CO₂eq.으로 농업 전체의 27.1%를 차지하며, 이는 1990년(1,053만 톤 CO₂eq.) 대비 54.1% 감소한 것으로 나타났다. 또한 축산분야(장내발효 및 가축분뇨처리)의 경우 973만 톤 CO₂eq.으로 농업 전체의 46.2%를 차지하여 1990년(581만 톤 CO₂eq.) 대비 67.5% 증가한 것으로 나타났다[1].

국제사회는 온실가스 감축을 선언하고 참여국 확대와 의무이행을 독려하여 기후변화에 대응하기 위해 꾸준히 노력하고 있다. 우리나라도 '2050장기 저탄소 발전전략'을 발표하여 탄소중립을 위한 국가 온실가스 감축목표(NDC, Nationally Determined Contribution)를 선언하였다.

최근, 2050탄소중립 목표달성을 위한 중간단계인 2030까지 온실가스감축목표를 2018년 대비 40% 감축하는 상향안이 발표되었다. 그 중, 농축수산부분의 감축 목표는 2018년 대비 25.9% 감축목표를 설정하였다. 따라서 농업분야에서도 탄소중립에 기여하고 온실가스 감축을 달성하기 위한 노력이 필요하며 온실가스 감축목표를 달성하기 위한 체계적인 방안이 필요하다.

농업분야에서 탄소저감 및 온실가스 감축에 관한 연구가 활발하게 이루어져 왔다. 품목별로 노지과추 생산 시 발생하는 온실가스의 현황과 주요 농자재와 에너지 투입에 따른 온실가스 배출량을 분석하여 온실가스 저감효과 제시, 쌀 생산체계에 대한 영농방법별로 비료·농약사용·물 관리 등에 따른 탄소배출량을 비교하여 연구결과에 따른 정책적 대안을 제안한 연구 등이 수행되었다[2,3]. 농업분야 온실가스 총배출량에 대해 특정 작물인 '벼' 재배의 총량 및 농업방식, 토양에서 발생하는 탄소배출, 가축분뇨처리 및 장내발효 등이 절대적인 비중을 차지하고 있어, 환경과 경제적 측면에서 지속가능한 농업을 실현하게 하는 경축순환농업을 활용하여 농업분야 탄소저감 방안이 제안되었다[4]. 또한 농업부문의 탄소중립 실현을 위해서는 단계적인 접근이 필요하며, 기본방향으로 농식품 가치사슬 전반의 온실가스 감축, 관련 분야 정책통합, 데이터 기반 스마트농업 활용, 재생에너지 생산 거점으로 활용, 관련 주체의 역할 분담 및 협력적 거버넌스 구축 설정, 선택형 공익직불의 활용, 가시적인 정책 프로그램 확대, 산정·보고·검증의 통합시스템 구축 등이 필요함이 강조되었다[5].

선행연구들에서는 품목별 측면, 총량적 측면 등 다양한 측면에서 온실가스 감축을 살펴보았으나, 2030년 온실가스 배출감소 달성을 위해 농업부문 달성 계획 등에 대한 검토는 세부적으로 이루어지 않은 것으로 나타났다. 따라서 본 연구는 농업분야 탄소배출 주요 요인인 한·육우 부문과 경종부문의 온실가스 배출량 추이를 분석해보고 추가적인 시나리오 설정을 통해 2030년 농업분야 탄소저감 목표 달성 계획안을 살펴보고자 한다.

2. 농업부문 온실가스 배출현황

농업부문 온실가스 감축목표와 배출현황은 다음의 Table 1과 같다. 지난 2023년 4월 발표한 정부의 '제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획'에 따른 2030 국가 온실가스 감축목표 확정안이며, 전술한 2018년 대비 40% 감축을 발표한 상향안이다. 특히 농축수산 부분의 경우 온실가스 배출량 감축 목표가 2018년도 대비 2030년 약 27.1% 감소를 목표로 하고 있다.

Table 1. 2030 National Greenhouse Gas Reduction Goals by Sector

(Unit: million tons CO₂eq.)

Category	Sector	2018	NDC (2021)	NDC (2023)
Emissions	Transform	269.6	149.9	145.9
	Industry	260.5	222.6	230.7
	Building	52.1	35.0	35.0
	Transport	98.1	61.0	61.0
	Agricultural and Livestock	24.7	18.0	18.0
	Waste	17.1	9.1	9.1
	Hydrogen	-	7.6	8.4
	Etc.	5.6	3.9	3.9
Absorption and Removal	Sinks	-41.3	-26.7	-26.7
	CCUS	-	-10.3	-11.2
	Overseas Reduction	-	-33.5	-37.5

Source : Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea

연도별·분야별 온실가스 배출량 현황을 살펴보면 Table 2와 같다. 1990년 온실가스 총배출량은 292,098천 톤 CO₂eq.에서 2019년 611,499천 톤 CO₂eq.로 30년 사이 2.40배 이상으로 증가하였으며, 농업부문의 경우 1990년 20,972천 톤 CO₂eq.에서 2020년 20,965천 톤 CO₂eq.으로 0.03% 감소하여 다른 분야의 온실가스 배출량에 비해 배출량의 증감은 거의 없는 것으로 나타났다.

Table 2. Greenhouse gas emissions by sector by year

(Unit: million tons CO₂eq.)

Year	Energy	Industry	Agriculture	Waste
1990	240,294	20,445	20,972	10,387
1995	352,001	43,147	22,821	15,789
2000	411,585	50,870	21,369	18,858
2005	469,373	54,562	20,739	16,799
2010	565,692	52,936	22,070	15,350
2015	600,256	54,497	20,984	16,839
2019	611,499	51,994	20,965	16,912
Year	Total Emissions	LULUCF	Net Emissions	-
1990	292,098	-37,673	254,424	-
1995	433,757	-31,297	402,460	-
2000	502,681	-58,977	443,704	-
2005	561,472	-54,962	506,510	-
2010	656,049	-54,754	601,295	-
2015	692,576	-45,564	647,012	-
2019	701,370	-39,550	661,820	-

Source : Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea

농업부문 연도별·농업별 온실가스 배출량 현황을 세 부적으로 살펴보면 Table 3과 같다. 1990년부터 2019년까지 농업전체의 온실가스 배출량은 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 하지만 장내발효의 경우 1990년 2,960천 톤 CO₂eq.에서 2019년 4,586천 톤CO₂eq.으로 55.0%, 가축분뇨처리의 경우 2,846천 톤CO₂eq.에서 4,897천 톤 CO₂eq.으로 약 72.1%로 대폭 늘어난 것으로 나타났다. 즉, 축산 사육규모가 증가함에 따라 장내 발효와 가축분뇨처리에서 발생하는 온실가스 배출량은 급격히 증가하고 있다는 것을 의미한다. 또한 농경지 토양에서의 온실가스 배출량은 1990년 4,607천 톤 CO₂eq.에서 2019년 5,549천 톤 CO₂eq.으로 20.5% 증가하였다. 반면, 벼 재배의 경우 10,533천 톤 CO₂eq.에서 5,913천 톤 CO₂eq.으로 43.9% 감소하였으며, 작물 잔사 소각의 경우도 27천 톤 CO₂eq.에서 16천톤 CO₂eq.으로 약 40.8% 감소한 것으로 나타났다. 이는 농업부문 온실가스 배출량 감소를 위해서는 논 면적과 한옥우 사육규모(장내발효·가축분뇨처리)와 밀접한 연관이 있다는 것을 시사한다.

전체 온실가스 배출량에 있어서 농업부문 배출량은 비교적 작은 비중을 차지하고 있지만, 2030년 약 27.1% 감소하여야 되는 압박을 받고 있다. 따라서 농업부문 배출에서 가장 큰 부분을 차지하고 있는 분야에서 우선적으로 감축방안을 모색할 필요가 있다.

Table 3. Agricultural sector greenhouse gas emissions by year

(Unit: million tons CO₂eq.)

Year	Agriculture	Intestinal Fermentation		Livestock Manure Treatment	
		All	Beef	All	Beef
1990	20,972	2,960	2,797	2,846	1,820
1995	22,821	4,116	3,844	4,053	2,497
2000	21,369	3,377	3,049	3,871	1,985
2005	20,739	3,305	2,950	4,029	1,918
2010	22,070	4,262	3,907	4,803	2,533
2015	20,984	4,339	3,980	4,592	2,510
2019	20,965	4,589	4,164	4,897	2,579
Year	Agriculture	Agricultural land, Soil	Crop residue, Incineration	-	
1990	10,533	4,606	27		
1995	9,229	5,402	20		
2000	8,946	5,153	22		
2005	8,395	4,988	21		
2010	7,836	5,151	19		
2015	6,793	5,244	16		
2019	5,913	5,549	16		

Source : Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea

3. 분석방법 및 자료

3.1 분석방법

이 연구 중 분석에 사용될 자료는 연도별 시계열 자료이므로 시계열분석을 통해 변수 간 관계를 확인하고자 하였다. 시계열 분석은 변수들의 정상성을 우선 확인하여야 하며, 일반적으로 단위근 검정에는 DF(Dickey-Fuller) 검정법, ADF(Augmented Dickey Fuller) 검정법, PP(Phillips-Perron) 검정법 등 세 가지 방법이 주로 이용된다. 본 논문에서는 DF 단위근 검정을 사용하였다[6].

단위근이 존재하는 시계열 벡터에 대한 공적분 검정 또한 아주 중요하다. 공적분의 존재여부로 인하여 모형의 사용이 달라지기 때문이다. 보통 공적분관계가 존재하지 않으면 VAR(Vector Autoregressive)모형을 사용하고, 존재하면 오차수정모형(VECM: Vector Error Correction Model)모형을 사용한다. Johansen검정법은 오차수정항 행렬의 차수(rank)는 공적분 벡터수와 같다는 사실에 기초한다[7].

모형의 모수를 추정하기 위해서는 이모형의 차수인 p 가 먼저 알려져야 한다. 그러나 p 는 실제로 알 수 없으므로 표본정보로부터 추정해야 하는 또 다른 미지의 모수

이기도 하다. 이때 일 변수의 경우에서와 마찬가지로 아카이케 정보기준(AIC: Akaike information criterion)과 슈바르츠 정보기준(SBC: Schwarz-Bayesian Infomation) 또는 하나-퀸(HQ: Hannan-Quinn information) 등의 도움을 받을 수 있는데, 본 논문에서는 AIC를 보완한 BIC(Bayesian information criterion)를 이용하여 차수 p 를 결정하였으며, 일반적으로 BIC의 최적차수는 AIC의 최적차수를 넘지 않고, 또 AIC는 점근 적으로 p 에 대한 과추정을 만드는 것으로 알려져 있다[8].

Engle and Granger(1987)는 변수간의 불안정한 관계를 해결하기 위하여 “특정 변수사이에 공적분이 존재하면 이를 대변하는 VECM이 존재한다.” 라는 대표정리를 제시하였다[9].

3.2 자료

이 연구에서는 1990년부터 2019년까지 연도별 농업 부문 온실가스 배출량 변화추이와 연도별 논 면적 추이, 그리고 연도별 한·육우 사육규모 등 3가지 변수를 활용하였으며, 그 중 농업부문 탄소배출량 추이는 다음과 같다.

Fig. 1에서는 농업부문 탄소배출량은 1997년을 고점으로 2000년 초반까지 빠르게 감소하다가 장기적으로 완만하게 증가하는 추세를 보이고 있다. Fig. 2에서는 논 면적이 쌀 소비 감소로 인한 과잉 및 전반적인 식량자급을 제고를 위한 타 작물 유도 정책 등으로 인해 장기적으로 빠르게 감소하고 있는 것을 알 수 있다. Fig. 3에서는 한·육우 사육규모가 2000년 이후 국민소득의 증가에 따른 구매력 제고로 인한 수요증가로 최근까지 지속적으로 증가하고 있는 것으로 나타났다.

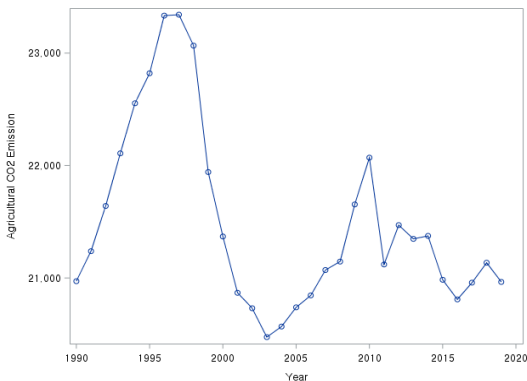


Fig. 1. Greenhouse gas emission trends in the agricultural sector by year (unit: 1,000 tons CO₂eq.)

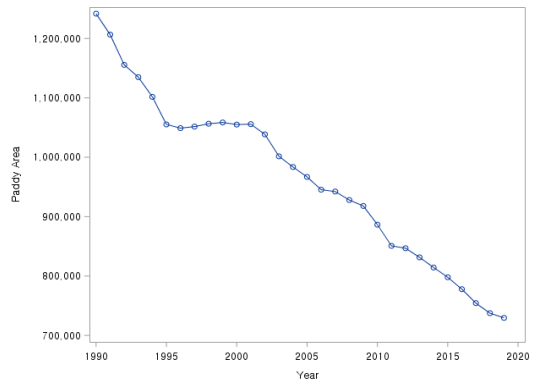


Fig. 2. Trends in rice paddy area by year (unit: ha)

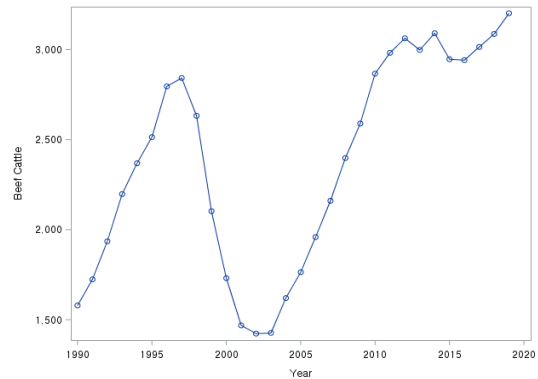


Fig. 3. Trends in Korean beef cattle breeding size by year (unit: 1,000 head)

4. 시계열분석 및 시나리오 분석결과

4.1 시계열분석결과

벡터자기회귀모형 분석에 있어서 변수의 정상성 검정과 공적분 검정을 통해 VAR 모형과 VECM 모형중 VAR 모형을 선택하게 되었으며, BIC를 기준으로 최적시차는 1차로 확인하여 분석을 진행하였다. VAR모형에 대한 분석 결과는 Table 4와 같다. 종속변수 탄소배출량에 대해서는 상수항과 전년도 논 면적이 통계적으로 유의하게 나타났고, 종속변수가 논 면적에 대해서는 상수항과 탄소배출량 및 전년도 논 면적이 통계적으로 유의하게 나타났으며, 종속변수 한·육우 사육규모에 대해서는 상수항, 전년도 논 면적 및 전년도 한·육우 사육규모가 통계적으로 유의하게 나타났다.

Table 4. Vector autoregressive model estimation results

Dependent Variable	Independent Variable	Coefficient	S.D.	T value
CO ₂ Emissions	Intercept	-231.48**	107.53	-2.150
	CO ₂ Emissions(t-1)	-0.153	0.276	-0.550
	Rice Field Area(t-1)	-9.172*	5.301	-1.730
	Cattle Breeding (t-1)	1.066	0.636	1.670
Rice Field Area	Intercept	-10.358**	3.938	-2.630
	CO ₂ Emissions(t-1)	-0.020*	0.010	-2.020
	Rice Field Area(t-1)	0.449**	0.194	2.310
	Cattle Breeding (t-1)	0.028	0.023	1.210
Cattle Breeding	Intercept	-72.649*	37.604	-1.930
	CO ₂ Emissions(t-1)	0.025	0.097	0.260
	Rice Field Area(t-1)	-5.438***	1.854	-2.930
	Cattle Breeding (t-1)	0.508**	0.223	2.280

* : p<0.1, ** : P<0.05, ***: P<0.01

벡터자기회귀모형에서 추정된 회귀계수들을 이용하여 그랜저 인과관계 검정결과는 Table 5와 같다. 논 면적과 탄소배출량의 인과관계는 쌍방향으로 존재하는 것으로 확인되었으며, 한·육우 규모는 탄소배출량에 원인으로 작용하는 것으로 나타났다.

Table 5. Results of causal relationship analysis

Result Variable	Direction	Causal Variable	χ^2	P value
CO ₂ Emissions	←	Rice Field Area	7.41***	0.007
Rice Field Area	←	CO ₂ Emissions	3.03*	0.082
CO ₂ Emissions	←	Cattle Breeding	7.18***	0.007
Cattle Breeding	←	CO ₂ Emissions	0.12	0.724
Rice Field Area	←	Cattle Breeding	0.42	0.518
Cattle Breeding	←	Rice Field Area	9.04***	0.003

* : p<0.1, ** : P<0.05, ***: P<0.01

벡터자기회귀모형에서 추정된 계수들을 활용하여 2030년까지 변화를 예측하면 Table 6과 같다. 논 면적

과 한·육우 사육규모는 다음과 같이 나타났다.

Table 6. Forecast of agricultural CO₂ emissions and Rice Field Area and livestock industry size

(Unit: thousand tons CO₂eq., thousand ha, thousand heads)

Year	CO ₂ Emissions	Rice Field Area	Cattle Breeding
2020	20,954.2	722.5	3,226.0
2021	20,815.3	709.8	3,204.1
2022	20,697.7	696.0	3,185.6
2023	20,591.2	681.3	3,175.7
2024	20,500.1	666.3	3,175.1
2025	20,420.0	651.0	3,181.7
2026	20,347.7	635.7	3,193.4
2027	20,280.8	620.2	3,208.5
2028	20,217.4	604.7	3,225.8
2029	20,156.2	589.2	3,244.6
2030	20,096.5	573.7	3,264.4

농업분야 탄소배출량에 가장 큰 영향을 미치는 논 면적과 한·육우 사육규모의 변화 이외 기타 요인 추가 시 탄소배출량에 미치는 효과를 추가적으로 확인해볼 필요가 있었다.

4.2 시나리오 분석결과

2021년의 국가 온실가스 인벤토리 보고서에 따르면 농업 분야는 축산과 농작물 재배(경종)에 따른 CH₄와 N₂O 배출원으로 구분되며, 축산과 관련된 배출원으로 장내발효 부문에서는 가축의 소화기관 내 발효에 의한 CH₄ 배출량을 산정하고, 가축분뇨처리부문은 가축분뇨의 혐기적 분해에 의한 CH₄와 N₂O 배출량으로 산정되고 있다(Table 7).

Table 7. Agricultural emissions sources and greenhouse gases

Emission Source		Greenhouse Gases
Animal husbandry	Intestinal fermentation	CH ₄
	Livestock manure treatment	CH ₄ , N ₂ O
Cultivation (Seedlings)	Rice cultivation	CH ₄
	Agricultural land, Soil	N ₂ O
	Crop residue, Incineration	CH ₄ , N ₂ O

한·육우 두당 배출량이 비슷하다는 가정 하에 두당 탄소 배출량을 산출하면 Table 8과 같이 나타낼 수 있다. 또한 벼 재배 단위 면적당 탄소배출량을 산출하면 Table 9와 같이 나타낼 수 있으며, 농경지 직·간접 배출량을 활용하여 경지유형에 따라 탄소 배출량이 비슷하다는 가정 하의 단위 농경지 탄소 배출량은 Table 10과 같다.

Table 8. Carbon emissions per head of Korean beef cattle rearing

(Unit: thousand tons CO₂eq., thousand heads)

Year	Cattle Breeding	Intestinal Fermentation	Livestock Manure
2016	2,942	2,903	1,768
2017	3,015	2,975	1,792
2018	3,086	3,046	1,876
2019	3,202	3,160	1,939
2020	3,353	3,309	2,030
Mean	3,120	3,079	1,881

Table 9. Carbon emissions per unit area of rice cultivation

(Unit: thousand tons CO₂eq., thousand ha)

Year	Rice Cultivation Area	Irrigation	Residue Incineration
2016	797	6,695	0.100
2017	777	6,518	0.100
2018	757	6,221	0.210
2019	740	5,888	0.090
2020	731	5,675	0.080
Mean	760	6,199	0.116

Table 10. Unit agricultural land direct and indirect carbon emissions

(Unit: thousand tons CO₂eq., thousand ha, tons CO₂eq./ha)

Year	Direct Discharge	Indirect Discharge	Agricultural Land	Agricultural Land Unit Emissions
2016	2,891	2,355	1,620	3,238
2017	2,940	2,392	1,599	3,335
2018	3,013	2,450	1,576	3,466
2019	3,063	2,486	1,565	3,546
2020	3,097	2,507	1,550	3,615
Mean	3,001	2,438	1,582	3,440

벡터자기회귀모형 추정결과를 활용하여 예측된 논 면적과 한·육우 사육규모를 국가온실가스 인벤토리 보고서 제시결과를 활용한 단위 배출량을 적용하여 2020년과

2030년 배출량 차이를 살펴보면, Table 11과 같이 16.6백만톤CO₂eq.를 줄일 수 있음을 알 수 있다. 이러한 감축물량은 2030 NDC목표인 18백만톤 CO₂eq. 보다 적은 것을 확인할 수 있다.

Table 11. Emissions using forecast results and inventory emission factors

(Unit: thousand tons CO₂eq.)

Year	Cattle Breeding	Rice Field Area	Agricultural Land Emissions	CO ₂ Emissions
2020	5,128.4	5,885.2	2,485.5	13,499.0
2021	5,093.5	5,781.7	2,441.8	13,317.0
2022	5,064.1	5,669.3	2,394.3	13,127.7
2023	5,048.4	5,549.6	2,343.7	12,941.7
2024	5,047.4	5,427.4	2,292.1	12,767.0
2025	5,057.9	5,302.8	2,239.5	12,600.2
2026	5,076.5	5,178.1	2,186.9	12,441.5
2027	5,100.5	5,051.9	2,133.5	12,285.9
2028	5,128.0	4,925.6	2,080.2	12,133.9
2029	5,157.9	4,799.4	2,026.9	11,984.2
2030	5,189.4	4,673.1	1,973.6	11,836.1

NDC 목표달성을 위해 다양한 시나리오를 고려할 수 있지만 이 연구에서는 논·의 측면에 있어서 면적 감소 이외 요인 변화 시나리오로 구성하고자 하였다. 아울러 Table 12의 유기농 벼 재배 시 평균온실가스 감축율이 10.4%로 확인되었으므로 유기농업을 통한 온실가스 배출 목표 달성 시나리오를 설정하고자 하였다[10].

Table 12. Organic rice farmers' carbon reduction rate

Farmhouse	Region	Age	Certification Experience	Reduction Rate
A	Nonsan	56	7	11%
B	Nonsan	56	14	11%
C	Nonsan	56	14	11%
D	Nonsan	56	14	11%
E	Yeongam	39	3	7%
F	Yeongam	54	6	7%
G	Yeongam	66	6	7%
H	Yeongam	60	6	13%
I	Yeongam	65	6	13%
J	Yeongam	86	10	13%

위에서 확인된 감소면적을 활용하여 전체 논 면적 중 30%가 유기농업을 영위할 경우, 평균 온실가스 감축율

10.4% 적용하면 추가로 145.8천톤CO₂eq.을 줄여 NDC 목표가 달성 가능함을 Table 13과 같이 확인할 수 있었다.

Table 13. Carbon reduction scenario through organic rice paddy farming

(Unit: thousand tons CO₂eq.)

2030 Paddy Emissions	Reduction Rate	Organic Paddy Pct.	Reduction Amount
4,673.1	0.104	5	24.3
		10	48.6
		15	72.9
		20	97.2
		25	121.5
		30	145.8

5. 결론

이 연구에서는 NDC 하에 향후 농업여건 변화에 따른 농업분야 탄소저감 목표 달성 가능 여부 확인과 달성을 위한 시사점 도출하고자 하였으며, 분석 결과를 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 벡터자기회귀모형을 활용하여 농업분야 탄소배출량과 논 면적 및 한·육우 사육규모 간 인과관계 및 향후 변화 추이를 제시하였다.

둘째, 2030년까지 한·육우 사육규모와 논 재배면적 예측 값 및 인벤토리 보고서 계수 값 적용을 통해 탄소배출량이 2020년 대비 1,662.9천톤CO₂eq. 감소하는 것으로 나타났다.

셋째, 온실가스 배출은 감소하지만 2030년 NDC 목표 달성은 미달하는 것으로 나타났고, 추가적인 정책 또는 조치를 통해 목표달성이 가능한 것으로 분석되었다.

이러한 분석결과를 바탕으로 다음과 같은 시사점을 제시하고자 한다.

첫째, 논 농업에서 유기농법이 확대될 수 있도록 정책적 지원과 소비자 인식개선을 통해 수요창출이 필요하다.

둘째, 축산에 있어서 친환경 저탄소 사양방식을 적극 도입하여, 재배규모가 일정하더라도 온실가스 배출을 줄일 수 있는 사육모델 개발 및 보급이 필요하다.

셋째, 논 농업과 축산과 연계한 경축순환농법을 통해 자원의 효율적인 활용과 탄소 배출의 지속적인 감소를 도모할 필요가 있다.

이 연구에서는 거시적인 측면에서 탄소배출량과 논 면적, 한·육우 사육규모 등 제한적인 자료와 국가 온실가스

인벤토리 보고서의 배출계수를 참고하여 배출량을 추정 하였으므로 추정의 정확도가 다소 저하될 수 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 탄소 배출 관련 농가단위 연구가 지속될 필요가 있다.

References

- [1] National Greenhouse Gas Inventory Report of Korea, p.2-28, Greenhouse Gas Inventory&Research Center of Korea, 2022.
- [2] G. Z. Lee, Y. S. Choi, S. K. Yang, J. H. Lee, S. Y. Yoon, "Analysis of Consumption of Homemade Organically Processed Food Analysis of The Carbon Emission Reduction Effect from No-Tillage in Pepper (*Capsicum annum L.*) Cultivation", *KOREAN J ORGANIC AGRICULTURE*, Vol.20, No.4, pp.503-518, 2012.
- [3] J. H. Ryu, Y. R. Kwon, G. Y. Kim, J. S. Lee, K. H. Kim, K. H. So, "Life Cycle Assessment (LCA) on Rice Production Systems: Comparison of Greenhouse Gases (GHGs) Emission on Conventional, Without Agricultural Chemical and Organic Farming", *Korean J. Soil Sci. Fert.* Vol.45, No.6, pp.1157-1163, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.7745/KJSSF.2012.45.6.1157>
- [4] C. G. Kim, J. H. Kyun, Y. G. Kim, "Effects of Organic Farming on Greenhouse Gas Emission Reduction", *Journal of Climate Change Research*, Vol.7, No.3, pp.335-339, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.15531/KSCCR.2016.7.3.335>
- [5] C. G. Kim, Z. B. Im, "Reduce greenhouse gas emissions and increase absorption in agriculture and rural areas", *GS & J.* Vol.293, pp.1-18, 2021.
- [6] D. Dickey, W. Fuller, "Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root." *Journal of the American statistical Association*, Vol.74, pp.427-431, 1979.
- [7] S. Johanson, "Statistical Analysis of Cointegration Vectors." *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol.12, pp.215-254, 1988.
- [8] H. Lutkepohl, Introduction to multiple Time Series Analysis. pp.118-166, Berlin: Springer-Verlag, 1991.
- [9] R. F. Engle, C. W. J. Granger, "Co-integration and Error Correction Representation. Estimation and Testing." *Econometrica*. Vol.55, pp.251-276, 1987.
- [10] M. C. Jung, G. S. Yoo, Y. H. Youn, "Analysis of the Technical System of Low Carbon Farming on Site and Analysis of Greenhouse Gases(GHG) Reduction Effect of Technical Practices", *Korean Management Consulting Review*, Vol.22, No.6, pp.315-328, 2022.

임 청 룡(Cheong-Ryong Lim)

[정회원]



- 2008년 2월 : 경북대학교 대학원 농업경제학과 (경제학석사)
- 2012년 2월 : 경북대학교 대학원 농업경제학과 (경제학박사)
- 2014년 9월 : 연변대학교 농림경제학과과 전임강사
- 2017년 1월 ~ 현재 : 한국농어촌공사 농어촌연구원 책임연구원

<관심분야>

농업경영, 환경경제, 농산물마케팅, 빅데이터

김 세 혁(Se-Hyuk Kim)

[정회원]



- 2019년 2월 : 경북대학교 농업경제학과 (경제학박사)
- 2022년 4월 ~ 현재 : 경북대학교 지역개발연구소 연구원
- 2023년 10월 ~ 현재 : 경북대학교 축산BT학과 계약교수

<관심분야>

축산경영, 농업경영

안 미 란(Mi-Lan An)

[정회원]



- 2020년 8월 : 동국대학교 일반대학원 식품산업관리학과 (경제학박사)
- 2021년 8월 : 동국대학교 푸드시스템연구소 연구원
- 2023년 7월 ~ 현재 : 한국농어촌공사 농어촌연구원 선임연구원

<관심분야>

농축산업경영 · 경제, 미시경제, 응용계량경제