



# 저탄소 농업기술의 국내외 동향

최 은 정 \*

- 2050 탄소중립 이행을 위해 분야별 감축노력이 요구되고 있는 가운데, 우리 농업환경에 적용가능하고 식량안보 및 지속가능한 농업사회를 구현할 수 있는 저탄소 농업기술이 현장에 보급·확산 되도록 기술에 대한 정확한 이해 필요

1

## 2050 탄소중립 달성을 위한 농축수산부문 배출량 목표

- 정부는 2020년 12월 관계부처 합동의 2050 탄소중립 추진 전략을 발표하고, 이후 부문별 세부 전략을 마련하여 이듬해 10월에 2050 탄소중립 시나리오를 공표함. 2050 탄소중립 시나리오란 탄소중립이 실현이 실현되었을 때 우리 사회의 미래상과 부문별 전환내용을 전망한 것으로, 사회 각 부문별 세부적인 정책 방향과 전환 속도 등을 가늠할 수 있는 나침반 역할을 함(2050 탄소중립위원회(2021), p.21).
- 농축수산부문은 식량안보와 농어촌의 지속가능성, 건강한 먹거리 생산·소비를 고려하여 감축 수단을 발굴하고 감축목표를 설정함. 농축수산부문의 2050년 배출량 목표는 15.4 백만톤CO<sub>2</sub>-eq.로 에너지와 비에너지<sup>1)</sup>를 포함한 목표량이며, 이 중 비에너지부문의 목표량은 15.2 백만톤 CO<sub>2</sub>-eq.임. 비에너지부문의 2018년 세부 배출량은 가축 사육과정(축산) 9.4, 작물 재배(경종) 11.8 백만 톤이나, 2050년까지 감축후 배출량 목표는 각각 6.4, 8.8 백만 톤으로, 2018년 배출량 대비 감축 비율은 축산부분이 큼.

| 표 1. 농축수산부문 온실가스 배출량 목표 |

(단위: 톤CO<sub>2</sub>eq)

구분	2018년	2050년
합계	24.7백만	15.4백만
에너지	3.5백만	0.2백만
비에너지	21.2백만	15.2백만

자료: 2050 탄소중립 시나리오(2021)

\* 국립농업과학원 기후변화평가과(choiej1@korea.kr)

1) 에너지는 농축산 및 임업, 수산에서 소비되는 연료에 대한 배출량으로 수송 용도와 비수송 용도로 구분하여 산정함. 비에너지는 가축을 사육하는 과정과 작물을 재배하는 과정에서 발생하는 온실가스 배출량을 산정함.



## 저탄소 농업기술의 국내외 동향

### 2 국내외 저탄소 농업기술 현황

#### 2.1. 탄소중립 시나리오에 포함된 저탄소 농업기술

- 2018년 대비 약 600만톤 CO<sub>2</sub>-eq.을 감축해야 하는 비에너지 부문의 감축 수단 중 영농법 개선에 포함된 온실가스 감축 기술은 논 물관리, 질소질 비료 사용 절감, 바이오차 토양개량제사용임. 시나리오에 포함된 감축 기술들은 2050 탄소중립 시나리오를 수립한 시점에서 발굴된 기술로 감축 효과가 입증되고, 감축량을 정량화할 수 있는 기술로 선별하였음.
- 농가에 감축 기술의 보급 및 확산을 위한 정책을 수립하기 위해서는 위에 나열된 저탄소 농업기술에 대한 이해와 국외 적용 사례 분석이 필요함. 따라서 본 장에서는 기술에 대한 상세 설명 및 국외 적용사례를 중심으로 서술하고자 함

#### 2.1.1. 벼 재배 과정 중 물관리

- 일반적으로 간단관개(Intermittent irrigation)라고 알려져 있는 물관리 방법은 벼 생육을 위해 물이 필요하지 않은 무효분열기간 중에 논에 물을 빼주어 협기토양에 산소 공급을 원활하게 해주는 방법으로 산소가 공급된 토양은 호기상태로 전환되어 메탄(CH<sub>4</sub>) 배출량이 감소되며, 농가들은 이를 중간낙수(落水) 또는 중간물떼기<sup>2)</sup>라고 표현함.
- 담수상태의 논은 산소가 없는 강한 혐기적 환경을 만들고, 혐기적 환경은 메탄을 생성하는 생성균의 활성을 증가시키기 때문에 이 세균에 의해 유기물이 분해되면 메탄 발생이 증가함. 반대로 중간낙수를 통해 토양 내 산소 유효도가 증가하면 토양환경이 호기적 환경으로 변화되어 메탄 생성균<sup>3)</sup>의 활성은 감소되고, 메탄을 먹이로하는 산화균<sup>4)</sup>의 활성이 증가되면서 메탄 배출량이 저감됨(Ma and Lu, 2011; Gwon et al., 2019).
- 중간낙수에 의한 온실가스 감축효과는 일본, 중국 등 여러 국가에서 이미 증명되어 IPCC 보고서(IPCC methodologies guidelines)는 중간낙수 유무 및 횟수에 따라 기본계수(default)를 제공함. 이러한 결과를 근거로 우리나라로 재배기간 중 중간낙수 기간에 따른 메탄 보정계수(scaling factor)를 개발하여 2014년 환경부 온실가스종합정보센터로부터 국가고유계수로 승인을 받음.<sup>5)</sup>

2) 농사로(nongsaro.go.kr) 고품질 쌀 생산을 위한 벼농산 중간 물관리 요령을 말함(검색일: 2022.02.10.).

3) 혐기적 환경에서 유기산 등을 기질로 사용하여 메탄을 생성함.

4) 메탄을 기질로 사용하여 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)로 산화시킴.

5) 물관리 보정계수 : 상시담수 1.00, 중간낙수 1주 시행 0.83, 중간낙수 1~2주 시행 0.66, 중간낙수 2주이상 시행 0.49



## 저탄소 농업기술의 국내외 동향

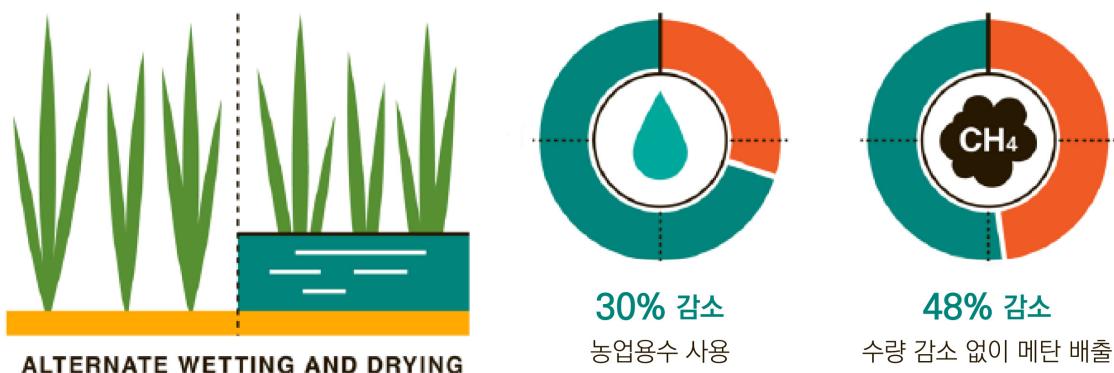
- 관계부처 합동의 「제 1, 2차 기후변화대응 기본계획」은 농업분야에서 배출되는 온실가스 감축을 위해 중간낙수 면적을 97%까지 확대하는 목표를 포함하고 있으나 2010년 이후 10년간의 통계 추이를 볼 때 84~90% 사이를 유지하므로, 면적 증가는 어려울 것으로 판단됨. 면적 증가가 어려운 이유는 토양 특성(토양 내 높은 염류 농도) 및 수리시설 불완전 등의 기반 시설 제한 지역은 용수 공급이 원활하지 않기 때문에 벼 재배 중간에 물을 낙수하는 것이 어렵기 때문임.
- 따라서 물관리를 통해 온실가스를 감축할 수 있는 방법으로 중간낙수 면적 확대가 아닌 중간낙수 기간 연장으로 수정하여 탄소중립 시나리오에 반영됨. 물론 중간낙수 기간 연장을 위해서는 벼 수량 및 품질 유지, 물관리가 용이한 토양 환경, 기반 시설이 충분한 지형 조건 등이 모두 고려되어야 함.
- IPCC에서 2014년에 발간한 「제 5차 기후변화 보고서(AR5 Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change)」에 농업부문의 온실가스 감축기술로 벼 재배 중간낙수가 소개되었으며 (IPCC, 2014), 2020년 일본의 국가 온실가스 인벤토리 보고서(NIR)에도 벼 재배 논의 물관리를 상시 담수와 중간낙수로 구분하여 수행한다고 명시되어있음. 또한 Mckinsey&Company에서 발간한 「일본은 어떻게 2050까지 탄소중립을 달성할 것인가(How Japan could reach carbon neutrality by 2050)」 보고서에서도 AWD(Alternate Wetting and Drying),<sup>6)</sup> 중간낙수 기간 연장(single-season drainage extensions)과 같은 물관리 방법으로 온실가스 감축에 기여할 수 있다고 소개하고 있음(Tasuku Kuwabara et al., 2021).
- 물관리의 또 다른 방법으로 논물 얇게걸러대기가 있는데, 이 방법은 걸러대기라고 부르기도 함. 걸러 대기는 벼의 생육을 위해 물을 많이 요구하지 않은 시기에 논에 물을 가두었다 뺐다 하는 과정을 반복하는 것으로, 감축 원리는 중간낙수와 동일하게 토양에 산소를 일시적으로 공급하여 메탄 배출량을 줄이는 방법임.
- 논물 수위를 관행보다 얕게 유지하여 자연적인 증발산과 토양 침투에 의해 논이 간헐적으로 건조되는 방법이 얕게 걸러대기이며, 농업용수 공급이 원활한 지역에서 수행 가능함.
- 논 토양을 간헐적으로 산화상태로 만드는 물관리 방법은 동남아시아, 중국, 일본, 인도 등지에서 AWD(Alternate Wetting and Drying)이란 방법으로 수행되고 있으며(Meryl Richards and B.Ole Sander, 2014), 베트남에서 AWD 적용 시 농업용수 사용은 30% 줄어들고, 수량 감소 없이 메탄 배출은 48% 감소 효과를 나타냄<그림 1>.

6) 국제미작연구소(International Rice Research Institute, IRRI)에서 고안한 방법으로 모 이앙 후 약 2주 뒤에 수행함. 토양 표면의 15cm 이하로 수위가 유지되도록 물을 낙수시키는 방법이며, 육안으로 물높이를 모니터링하기 위해 30cm 높이의 원통을 준비하여 아래 15cm에 전체적으로 작은 구멍을 뚫고, 이 부분이 토양에 박히도록 설치하여 물의 낙수 정도를 확인함.



## 저탄소 농업기술의 국내외 동향

| 그림 1. AWD 적용 시 농업용수 절약 및 메탄 저감 효과 |



자료: <http://CCAFS.CGIAR.ORG/BIGFACTS/>(검색일: 2022.02.10.)

- 논물 수위를 얕게 유지하기 위해서 이앙 전 논 토양을 평탄화해주는 작업이 필요하고, 수동 물꼬 이용 시 주기적인 높낮이 조정이 필요하기 때문에 추가 노동력이 소요됨.

### 2.1.2. 질소질 비료 사용 저감

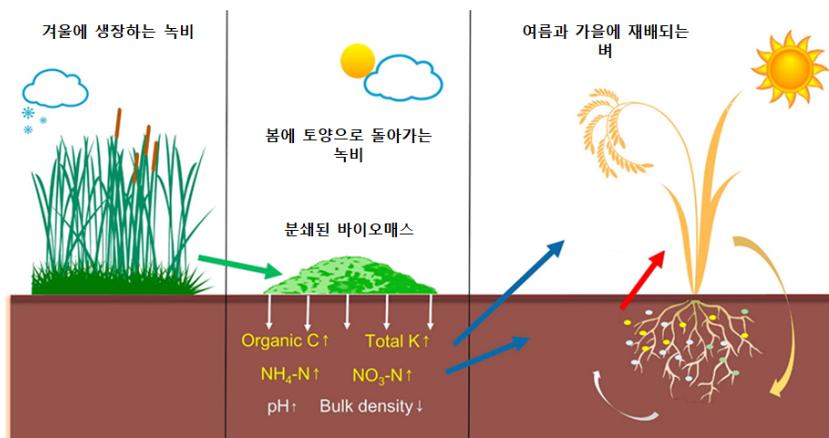
- 작물 생육을 위해 적절한 질소질 비료 투입은 필수적이지만, 과잉 투입되는 질소질 비료는 환경오염 및 온실가스 배출량 증가로 이어질 수 있음.
- 농경지에서 발생하는 아산화질소는 질소질 비료의 질산화 및 탈질화 과정에서 발생하여 대기로 배출 되기 때문에 질소질 비료 사용 절감은 농경지 아산화질소 배출원 자체를 줄일 수 있으며, 질소비료 제작 과정에서 발생하는 온실가스를 감축할 수 있음.
- 직접적으로 적절한 질소질 비료를 투입하는 방법으로 토양 검정 후 비료사용처방서에 따른 비료 투입이 있으며, 그 외에도 속효성 비료를 대체하는 완효성 비료 사용, 풋거름작물 재배, 부산질비료 사용 등을 꼽을 수 있음.
- 완효성 비료의 사용은 비료의 손실률을 낮추고 비료 지속 효과를 연장시키기 때문에 일반 속효성 질소비료 대비 약 23%의 사용량 절감을 가능하게 함. 이에 따라 농림축산식품부에서 시행하는 「농업 환경보전프로그램」의 활동으로 포함되어 있음(이슬비 등, 2019).
- 풋거름작물 재배는 질소고정이 가능한 두과 작물<sup>8)</sup>을 재배한 뒤 그 산물을 토양에 환원하는 기술로, 환원된 풋거름작물은 토양의 유기물 함량을 증대시키고 작물 생육에 필요한 영양분을 공급하는 효과가 있음<그림 2>.

8) 풋거름작물(두과류)에는 헤어리베치, 자운영, 알파파 등이 있음.



## 저탄소 농업기술의 국내외 동향

| 그림 2. 풋거름(녹비)작물이 토양 및 작물에 미치는 영향 체계 |



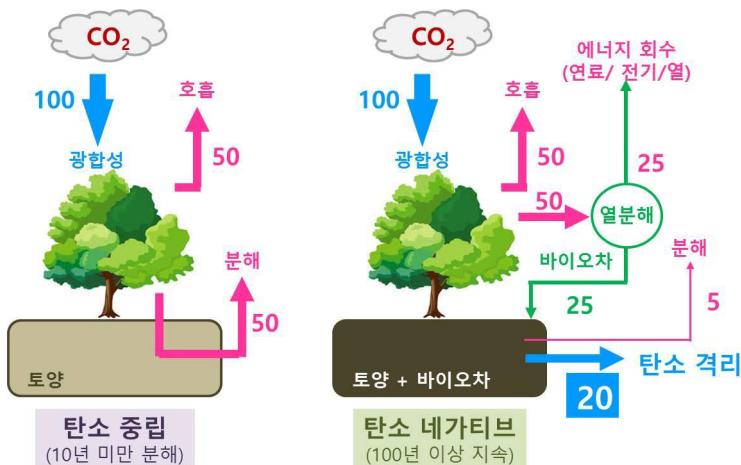
자료: Zhang et al.(2017)

- 풋거름작물 재배는 질소질 비료 사용 저감뿐만 아니라 토양에 환원 시 토양유기탄소(SOC)를 증진한다는 연구 결과들이 있어(Zhang et al., 2019), 적절한 방법의 풋거름작물 재배는 온실가스 저감 및 탄소 흡수 역할을 할 것으로 기대됨.

### 2.1.3. 바이오차 토양 개량제 보급

- 바이오차<sup>9)</sup>는 구조적으로 안정된 방향족 형태의 물질로, 토양 미생물에 의한 분해가 쉽지 않아 탄소를 반영 구적으로 토양 속에 격리 가능하기 때문에 2019년 개선된 IPCC 가이드라인에 토양 탄소 흡수 소재로 포함됨(IPCC, 2019). 100년을 기준으로 바이오차의 원료 및 생성 조건에 따라 탄소격리량이 다름.

| 그림 3. 바이오차의 탄소 격리량 |



자료: Lehnmann(2007), 우승한(2015)

9) 바이오차(Bio-char)는 바이오매스(Biomass)와 숯(Charcoal)의 합성어로, 바이오매스를 고온 및 저산소 조건에서 열분해하여 생성된 탄소 함량이 높은 고형물을 뜻함.



## 저탄소 농업기술의 국내외 동향

- 바이오차를 이용한 탄소격리에 대한 연구들이 우리나라를 포함한 중국, 일본 등의 주변국에서도 많이 수행되어(이선일 등, 2021), 소재에 대한 탄소 저장 효과는 확실히 검증되었음. 향후 바이오차를 사용하여 가장 효율적인 탄소 저장을 유도하기 위해서는 바이오차 원료 및 제조 방법에 대한 표준화, 사용 방법 기준 등이 마련되어야 할 것임.
- 일본은 「2021년 국가 온실가스 인벤토리 보고서」에 농경지 토양의 탄소축적량 산정요인으로 바이오차를 포함시켜, 온실가스 감축 소재로의 활용 의지를 나타냄(Japan, 2021).
- 미국 환경보전국(United States Environmental Protection Agency, EPA)은 유기물 함량이 적은 토양의 비옥도 증진과 중금속으로 오염된 토양의 정화를 목적으로 바이오차를 투입하기 위해 농업 및 산림 부산물로 바이오차를 제조하는 연구를 수행함(EPA(cfrpub.epa.gov)(검색일: 2022.2.10.)).

### 2.2. 탄소중립 시나리오에 포함되지 않은 그 밖의 저탄소 농업기술

- 저탄소 농업기술로 알려졌지만, 탄소중립 시나리오에 포함되지 않은 이유는 크게 두 가지로 설명할 수 있음. 첫 번째 이유는 국내외 연구를 통해 탄소 저감 효과는 충분히 입증되었으나 국가 온실가스 배출량 반영이 어려운 경우임. 온실가스 산정을 위해서는 관련 통계자료와 계수가 필요한데, 현재 통계자료가 구축되어 있지 않거나 저감 효과에 대한 정량화가 어려워 탄소중립을 위한 감축수단으로 포함되지 않은 기술임. 이러한 기술로는 농경지 토양 관리를 통한 탄소격리량 증진, 유기농업 등이 있음.
- 두 번째 이유는 아직 연구가 초기 단계이거나 국내 연구 사례가 적어 결과에 대한 신뢰성 부족으로 포함되지 않은 경우이며, 관련 기술로는 벼 품종 개량, 메탄 저해제 사용 등이 있음.

#### 2.2.1. 농경지 토양 관리를 통한 탄소격리량 증진

- 농경지 토양 관리를 통한 탄소격리량 증진의 중요성 및 감축 잠재량은 IPCC의 제 5차 평가보고서 (AR5), 기후변화와 토지 특별보고서(SCCL), FAO 보고서(2021)뿐만 아니라 국외 여러 학술 논문을 통해서도 확인할 수 있음.
- 농경지 토양의 탄소량 증진을 위해 실제 적용되고 있는 방법은 유기물 멸칭, 윤작, 무경운, 풋거름 작물 재배 등이 있으며, 이는 유기농법으로 활용되는 방법이기도 함. 즉, 농경지 토양 관리 및 유기농업은 탄소격리량 증진을 위한 전략이고, 이를 달성하기 위해 수행해야 할 저탄소 기술들은 위에 언급한 영농방법임.



## 저탄소 농업기술의 국내외 동향

- 일본의 미도리(녹색) 식량 시스템(김수석 외, 2021), EU의 그린 뉴딜에서도 유기농업 확대를 통한 탄소중립 실현을 언급하고 있지만(European Commission, 2020) 어떤 방식으로 온실가스 배출량 산정에 적용할지 여부는 현재까지의 국가보고서를 통해서는 알 수 없음.
- 우리나라도 무경운과 풋거름 작물을 재배했을 때의 토양 탄소 축적량 연구를 현재 수행하고 있으나, 아직 계수 등록까지는 추가 연구가 필요한 상황임. 그리고 이러한 기술을 농가가 적용했을 때 이행 여부를 판단할 수 있는 측정·보고·검증 시스템이 부재하므로, 저탄소 농업기술 이행에 대한 체계적인 측정·보고·검증 시스템 구축이 시급함.
- 온실가스 감축을 위한 도구로 유기농업에 대한 관심이 높아지는 만큼, 관련 영농방법 적용에 따른 온실가스 감축량 정량화 연구가 국내에서 수행되어야 하며, 토양의 탄소흡수량과 온실가스 배출량을 종합적으로 관측하는 연구가 추진되어야 할 것임.

### 2.2.2. 벼 품종 개량

- 벼 재배과정 중 발생하는 메탄의 90% 이상이 벼 통기조직을 통해 배출된다고 알려져 있음(IPCC, 1996). 따라서 벼 품종마다 다른 바이오매스(Biomass)량이 메탄 배출에 영향을 준다는 연구결과가 있으며(Mitra et al., 1999), 생태 출수형(조생종, 중생종, 중만생종)별로 재배기간이 다르기 때문에 재배기간이 짧은 조생종을 많이 재배할수록 메탄 배출 총량 또한 감소함.
- 그러나 지역별 기상 및 토양 환경이 다르고 쌀에 대한 소비자 선호도까지 고려한다면, 온실가스 감축을 위해 임의적으로 벼 품종 교체를 권고하는 것은 정책으로도 해결하기 어려운 문제임.
- 따라서 국내에서는 질소시비 50% 수준에서 현재 벼 수량성을 유지하고 유전자 조절로 메탄을 저배출 하는 벼 품종을 개발하고 있으나, 아직 개발 초기 단계이기 때문에 보급까지는 많은 시간과 노력이 필요할 것임.

### 2.2.3. 벼 재배 논의 메탄 저해제 사용

- 벼 재배 논에 메탄 저해제를 투입하여 메탄 발생량을 저감하는 방법으로, 일반적으로 특이적 메탄 저해제로 2-Bromoethanesulfonate(BES), 2-Chlomoethanesulfonate(CES), 2-Mercaptoethanesulfonate(MES)가 알려져 있으며, 메탄생성균의 억제를 통해 메탄을 저감함(Waghmode et al., 2015). 그러나 이들 저해제는 높은 가격과 메탄생성균 외 다른 토양 미생물에 영향을 주기 때문에 적용 가능성이 매우 낮음.



## 저탄소 농업기술의 국내외 동향

- 이를 보완한 새로운 메탄 저해제가 국내 연구진에 의해 실내 실험 결과가 입증됨(Cho et al., 2022). 과수 생장조절제로 사용되고 있는 에틸렌(Ethylene, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)은 메탄 생성을 강력히 저해하는 효과가 있는 것으로 알려져 있으나, 물에 잘 녹지 않는 성질이 있어 벼를 재배하는 농에 적용하기 어려움. 그러나 에틸렌의 전구체인 에테폰(Ethepron)을 농에 적용했을 때 기존의 특이적 메탄 저해제를 사용했을 때보다 43%의 메탄 감축효과를 나타냄. 그러나 에테폰은 반감기가 2.4일로 매우 짧아 메탄 감축 효과를 보기 위해서는 여러 번 시비해야 하는 번거로움이 있고, 현장 적용성 평가도 수행되어야 하므로 정책에 반영되기까지 추가적인 연구가 필요함.

### 3 시사점

- 농업부문에 적용 가능한 저탄소 농업기술은 이외에도 혼농임업, 초지 및 농경지 토양 탄소 관리, 토양 개량제 사용 등이 있음. 그러나 논의되는 기술들이 정책에 활용되기 위해서는 국내에서 수행된 연구 결과가 뒷받침되야 하므로, 향후 새로운 농업기술에 대한 연구 수행이 필요함.
- 기존 온실가스 감축 연구는 생산과정을 중심으로 개발되었고 생태계 전체를 평가하기보다 부분적으로 감축 효과에 초점이 맞춰져 있었으므로, 향후 수행될 연구는 적응 및 취약성 평가와 감축 및 흡수량 평가가 모두 고려되어야 함.
- 또한 IPCC 기후변화와 토지 특별보고서(SCC, 2019)부터 식생활 개선, 음식물류 폐기물 감소 등 수요자 측면의 감축 수단이 언급되고 있어, 이에 대한 연구 및 정책 검토가 필요할 것으로 판단됨. 특히 수요자 측면의 감축 수단들은 기후변화에 대한 사회적 인식 전환으로 해결 가능한 부분이 크고, 한 부처가 아닌 관계기관 협동의 정책이 수립되어야 하기 때문에 다각적인 검토와 접근이 필요할 것임.



## 저탄소 농업기술의 국내외 동향

### 참고문헌

- 김수석, 김상현, 김령임. 2021. “국제농업정보 (3) 일본”. 「e-세계농업 제 8호」
- 이선일 등. 2021. “바이오차를 이용한 밭 토양 탄소 저장: 동아시아 지역 연구 리뷰 및 데이터 분석”. 한국환경농학회. 40(3): 219–230.
- 우승한. 2015. “뜨거워지는 지구를 살릴 수 있을 것인가? 바이오차”. 좋은땅
- 이슬비 등. 2019. “완효성 비료 사용하기”. 「농업농촌 환경보전을 위한 농가실천 매뉴얼」. 국립농업과학원
- 2050 탄소중립위원회. 2021. “2050 탄소중립시나리오”
- Cho SR, Verma PP, Das S, Kim GW, Lim JY, Kim PJ. 2022. “A new approach to suppress methane emissions from rice cropping systems using ethephon”. Science of The Total Environment. 804, 150159.
- European Commission. 2020. 「Farm to Fork Strategy」.
- Gwon HS, Kim GY, Choi EJ, Lee SI, Lee JS. 2019. “Evaluation of greenhouse gas emission characteristics and intensity by management of water and nutrients in rice paddy soil during cropping season”. Journal of Climate Change Research. 10(4): 347–355.
- IPCC. 1996. “Chapter 4: 4.3 Methane emissions from rice cultivation: Flooded rice fields”. 「Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual」
- IPCC. 2006. “Chapter 5: Cropland”. 「2006 IPCC guidelines for National greenhouse gas inventories」.
- IPCC. 2014. “AR5 Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change”. pp. 830
- IPCC. 2019. “Method for estimating the change in mineral soil organic carbon stocks from biochar amendments: basis for future methodological development”. 「2019 Refinement to the 2006 IPCC guidelines for National greenhouse gas inventories」.
- IPCC. 2019. 「Special Report for Climate Change and Land」.
- Japan. 2020. 「National Greenhouse gas Inventory Report of Japan」. Ministry of the Environment, Japan
- Japan. 2021. 「National Greenhouse gas Inventory Report of Japan」. Ministry of the Environment, Japan
- Lehmann, 2007. “A handful of carbon”. Nature.
- Ma K and Lu Y.. 2011. “Regulation of microbial methane production and oxidation by intermittent drainage in rice field soil” . FEMS Microbiology Ecology. 75(3): 466–456.
- Meryl Richards and B. Ole Sander. 2014. “Alternate wetting and drying in irrigated rice”. 「CCAFS Info Note」. Climate Change, Agriculture and Food Security.
- Mitra S, Jain MC, Kumar S, Bandyopadhyay SK, Kalra N. 1999. “Effect of rice cultivars on methane emission”. Agriculture, Ecosystems&Environment. 73(3): 177–183.
- Tasuku Kuwabara, Detlev Mohr, Benjamin Sauer, Yuito Yamada. 2021. “How Japan could reach carbon neutrality by 2050”. McKinsey&Company



## 저탄소 농업기술의 국내외 동향

Waghmode TR, Haque MM, Kim SY, Kim PJ. 2015. "Effective suppression of methane emission by 2-Bromoethanesulfonate during rice cultivation". PLOS ONE. DOI:10.1371/journal.pone.0142569.

Zhang X, Zhang R, Gao J, Wang X, Fan F, Ma X, Yin H, Zhang C, Feng K, Deng Y. 2017. "Thirty-One years of rice–rice–green manure rotations shape the rhizosphere microbial community and enrich beneficial bacteria". Soil Biology & Biochemistry. 104:208–217.

Zhang D., Yao P, Zhao N, Cao W, Zhang S, Li Y, Huang D, Zhai B, Wang Z, Gao Y. 2019. "Building up the soil carbon pool via the cultivation of green manure crop in the Loess Plateau of China". Geoderma. 337:425–433.