



---

# 최종보고서

- 예산군 미이용 바이오매스 시설농가의  
에너지 비용 절감 방안 연구 -

---

2023. 11. 17.



# 제출문

충청남도 예산군의회 의장 귀하

본 보고서를 「예산군 미이용 바이오매스 시설농가의 에너지 비용 절감방안 연구」 용역의 최종 성과품으로 제출합니다.

2023년 11월 17일

단국대학교 천안캠퍼스 산학협력단장 백 동 현

연구책임자 고경호 단국대학교 교수  
연구원 안병일 단국대학교 산림에너지연구소 상임연구원  
서경선 (사)바이오에너지포럼 정책기획위원장  
이원필 충남기후에너지시민재단 연구원  
박용석 충남적정기술협동조합연합회 연구원



# 목 차

요약문	8
<b>제1장 서론</b>	
1. 연구배경 및 필요성	14
2. 연구목적	17
3. 연구내용 및 방법	19
<b>제2장 미이용 바이오매스 관련 법제 분석</b>	
1. 바이오매스의 개념과 정의	22
2. 바이오에너지	24
3. 바이오매스 관련 법령	28
4. 예산군 조례의 주요내용	34
<b>제3장 예산군 미이용 바이오매스 현황분석과 활용현황</b>	
1. 국내 바이오매스 현황	38
2. 예산군 축산분뇨 발생 및 처리현황	47
3. 예산군 목질계 바이오매스 발생 및 이용현황	55
4. 예산군 바이오에너지 이용사례 및 현황	58
5. 예산군 시설원예 및 과수 전정가지 발생량	59
<b>제4장 국내·외 미이용 바이오매스 동향 및 성공적 운영사례</b>	
1. 국외 동향 및 사례	64
(1) 독일 바이에른 주 복합바이오에너지 운영사례	
(2) 일본 나가노현 바이오매스 열병합발전 운영사례	
2. 국내 동향 및 사례	70
(1) 전북 완주군 휴양림 목재칩 열공급사업 운영사례	
(2) 경북 의성군 축분 바이오차 사례	
(3) 홍성군 성우농장 바이오가스 플랜트 사례	
(4) 청양군 칠성에너지 바이오가스 열병합시설 사례	

- (5) 논산계룡축협 축산분뇨공공처리시설 사례
- (6) 경북 청송군 그린쌈 축분고체연료 시설 사례
- (7) 충북 음성군 가축분뇨 공공처리시설 바이오가스 사례
- (8) 서산시 자원순환형 바이오가스화 시설 사례
- (9) 예산군 가축분뇨 처리시설 사례
- (10) 예산군 산림조합 산림자원화센터 사례
- (11) 기타 가축분뇨 활용 사례

**제5장 예산군 미이용 바이오매스 사업의 경제성 및 온실가스 감축량 분석**

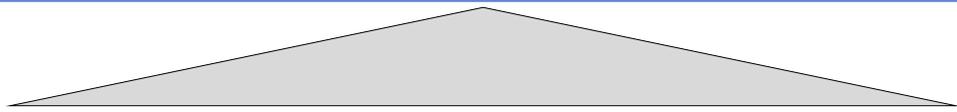
- 1. 미이용 바이오매스 활용 시설농가의 농가소득 증대방안 ..... 86
  - (1) 소형 복합바이오에너지 공급시설의 투자비용 분석
  - (2) 소형 복합바이오에너지 공급사업의 비용편익 분석
- 2. 미이용 바이오매스 도입시 온실가스 감축량 분석 ..... 96
  - (1) 가축분뇨 및 음식물류 폐기물 처리 관련 연간 배출량 산정
  - (2) 전력 및 열에너지 생산 관련 연간 배출량 산정

**제6장 예산군 적용모델 및 결론**

- 1. 예산군 적용모델 ..... 103
  - (1) 입지선정
  - (2) 사업모델 및 방향
  - (3) 복합 바이오에너지화 시설 구성
- 2. 결론 ..... 111
- 3. 조례 제정안 ..... 113
  
- 참고문헌 ..... 124



## 요약문

<b>비 전</b>	농축산분야 온실가스 감축 및 지역경제 활성화	
<b>목 표</b>	축산분뇨 에너지화 및 시설재배농가 에너지비용 절감	
		
	<b>정책방향</b>	<b>핵심과제</b>
<b>구 조</b>	저탄소 축산구조 활성화	소형 바이오가스 열병합발전 보급확산 가축분뇨 에너지화 다변화 저탄소 축산경영 확산
<b>전 환</b>	시설농가 에너지전환 활성화	바이오매스 열공급 시스템 구축 시설재배단지 에너지 효율화 저탄소 시설농업 확산
<b>에너지원</b>	재생에너지원 이용 확대	과수전정가지 수거체계 마련 미이용 바이오매스 활용 기반 조성 바이오에너지 특화단지 조성 축산농가 및 시설농가 RE100
<b>기반구축</b>	민관산학 협력체계 구축 및 조례 제정으로 정책기반 마련 국비 확보 및 자체 연구개발 투자 확대 바이오에너지 사업단을 통해 지원체계 가동	

□ 예산군에서 신암면에서 가장 많은 가축을 사육하고, 오가면은 3개 축종(한육우, 젃소, 돼지)을 가장 많이 사육

충청남도에서는 홍성군이 가장 많이 가축을 사육하고, 예산군은 4번째로 많은 가축을 사육하고 있다. 돼지 사육두수는 홍성군이 가장 많으며, 예산군은 4번째로 많은 편이다. 예산군은 4,396농가에서 4,185,536 마리를 사육하고 있으며, 예산군내에서 신암면에서 가장 많은 가축을 사육하고 있다.

□ 가축분뇨는 고덕면에서 가장 많이 발생, 돈분과 우분은 오가면이 가장 많이 배출

예산군은 우분 발생량이 가장 많고, 홍성군은 돈분 발생량이 가장 많다. 예산군은 한육우와 젃소의 분뇨발생량이 가장 많으며, 하루 1,799톤이 발생하여 충청남도 전체의 20%를 차지한다. 예산군에서 가축분뇨 배출량이 가장 많은 읍면은 고덕면으로 하루 571톤을 배출하고 있다. 그 다음은 오가면으로 하루 558톤의 가축분뇨가 발생되고 있다. 그렇지만 한육우와 돼지분뇨 발생량만을 기준으로 보면 오가면이 가장 큰 비중을 차지한다.

□ 2020년 예산군의 미이용 산림바이오매스 수집량은 3,291톤

예산군의 2018년 미이용 산림바이오매스 수집량은 356톤이었고, 2019년 수집량은 두배가 넘는 838톤이다. 2020년 예산군에서 수집된 미이용 산림바이오매스의 양은 63.91ha의 산림면적에서 총 4,638톤이었다. 이 중에서 목재연료로 활용가능한 양은 수집량의 66.6%인 3,291톤으로 나타났다. 미이용 산림바이오매스 인증제도가 시작된 2018년을 기준으로 보면 3년만에 10배나 증가하였음을 알 수 있다.

□ 2022년 목질계 바이오매스 생산량은 5,155톤이고, 주로 응봉면과 대술면에서 생산

장작은 2019년 1,182톤이 생산되었으나 이후 2년간 생산량이 급감하였다가 2022년에 1,095톤으로 비슷한 생산량을 되찾았다. 목재칩은 2021년 3,059톤, 2022년 2,572톤이 생산되었다. 목재펠릿은 2021년에 541톤이 생산되었고, 2022년에는 1,488톤으로 약 3배이상 증가하였다.

□ 예산군 시설원예농가는 1,938개, 재배면적은 921ha

시설원예 면적은 거의 변동이 없으며, 농가수는 점차적으로 감소하는 추세이다. 반면 생산량은 2019년 56,579톤에서 2022년 84,039톤으로 해마다 조금씩 증가하고 있다.

□ 예산군 가온시설 면적은 전체의 30.4%인 280ha로 추정

농림축산식품부에서 시설원예 농가를 대상으로 2013년 7월 조사한 결과에 따르면 전체 45,900ha의 시설 가운데 무가온이 69.6%인 31,900ha, 나머지 30.4% 약 14,000ha가 가온 시

설이다. 이 연구결과를 예산군 시설재배농가에 반영하면 무가온 641ha, 가온면적은 280ha로 추정할 수 있다.

**□ 가온시설 면적 중 유류난방을 하는 농가는 85%인 238ha로 추정**

위 연구에서 유류를 난방에 이용하는 농가는 가온 농가의 85%인 11,900ha로 나타났다. 따라서 예산군 가온시설 면적 280ha중에서 85%인 238ha에서 유류 난방을 하고 있는 것으로 볼 수 있다.

**□ 예산군 과수 재배면적은 1261.5ha, 과수전정가지 발생량은 연간 8,516톤**

2023년 기준 예산군의 과수농가는 모두 1,300개로 조사되었다. 과수농가 총 면적은 1261.5 ha이었고, 생산량은 31,118톤으로 나타났다. 예산군에서 연료로 활용가능한 과수전정목 추정량은 연간 약 8,516톤으로 추정된다.

**□ 20년간 총 비용은 336억원, 총수입은 378억원으로 경제성 확보**

총수입은 2024년부터 2045년까지 22년간 운영하여 37,865백만원이며, 총비용은 20년간 운영하는 것을 전제로 33,650백만원으로 분석되었다. 단순편익은 총수입에서 총비용을 뺀 4,215백만원으로 도출되었다. 비용편익 비율은 1.13으로 1.0을 초과하고, 순현재가치(NPV)는 4,033백만원으로 0을 상회하며, 내부수익률(IRR)은 31%로 KDI가 공식적으로 적용하는 사회적 할인율 4.5%보다 크므로 경제성이 있다.

**□ 연간 540백만원의 수질개선효과 및 230백만원의 화석연료 수입대체효과**

가축분뇨(돼지분뇨 기준)를 50톤 처리할 경우 오염부하 저감량이 81,468kg/년으로 연간 540백만 원의 수질개선효과가 있다. 시설농가에 난방으로 공급하는 열량은 연간 2,150,000,000kcal으로 우리 돈으로 환산하면 연간 230백만 원의 화석연료(등유) 수입을 대체하는 효과가 있다.

**□ 복합 바이오에너지화 사업예정지는 신암면과 오가면의 접경지역이 최적지**

신암면과 오가면은 예산군 축산분뇨 공공처리시설과 공동자원시설도 인접해 있어 유기성 폐기물 수집 및 운반에 최적 장소로 손색이 없다. 예산군산림조합 산림자화센터도 오가면에 위치해 있다.

지형적 특성		인프라 특성				확장성	호응도
표고	경사	원료공급	전기	용수	거리		
OOOO	OOOO	OOOO	OOO	OOO	OOOO	OOOO	OOOO

(OOOO: 우수, OOO: 양호, OO: 보통, O: 미흡)

□ 사업모델 : 오가면을 바이오에너지 특화단지화

시설재배 농가가 반경 5km 안에 밀집해 있어 확장성을 염두에 두고 장기적 전망속에서 사업모델을 추진할 필요가 있다. 복합 바이오에너지화 시설이 운영되면 자연스럽게 목질계 연료의 공급체계가 오가면에 정착될 것이고, 이는 주변 농가에 긍정적 영향을 분위기를 형성하여 미이용 바이오매스 활용을 촉진하는 계기가 될 수 있다. 열공급사업은 시설재배농가의 에너지 비용을 획기적으로 절감시키므로 주변 시설재배 농가의 자발적 참여 분위기를 조성할 것으로 보인다.



□ 증장기 방향 : 중소형 열병합설비 확대 보급 및 탄소중립형 스마트팜 활성화

- 첫째, (국비확보) 에너지화 설비가 없는 예산군 공동자원센터에 바이오가스 설비 도입
- 둘째, (열공급 기반 구축) 버려지는 열에너지가 없도록 열병합 설비 확대 보급
- 셋째, (바이오에너지 단지) 오가면 주변 지역까지 바이오에너지 사업 확산
- 넷째, (고체연료 시범사업) 바이오차, 우분 고체연료, 과수전정목 목재칩 연구개발
- 다섯째, (민관산학 협력체계) 안정적 사업추진을 위한 협력기반

□ 복합 바이오에너지화 사업 및 운영방안

시설위치	충청남도 예산군 오가면 황금뜰로 1407-16 일대 (예정)
참여농가	호은2농장, 신선농장
사업구분	복합 바이오에너지화 시설 구축사업
설비특징	①유기성 폐자원 활용한 바이오가스 열병합발전기 (120kW 1대) ②과수전정목 등 목질계 바이오매스 활용 목재칩 보일러 (1MW 1대)
사업비	약 50억원 (시설투자비 43억, 초기운영비 7억)
주요기능 (처리규모)	①처리용량 : 하루 50톤 (가축분뇨 13,000톤/년, 음식물류폐기물 5,500톤/년) ②전력생산 : 하루 2,630kWh (연간 960MWh = 120kW×8000시간), 설비가동율 92% ③온수공급 : 하루 2,192kWh (연간 1100MWh = 1000kW×1100시간, 이용효율 50%)
시설구분	<ul style="list-style-type: none"> <li>•가축분뇨 저장조 100m<sup>3</sup>, 음폐수 저장조 150m<sup>3</sup></li> <li>•혐기설 소화조 2,000m<sup>3</sup> 1기, 후발효 이송조 770m<sup>3</sup></li> <li>•바이오가스 저장조 700m<sup>3</sup>, 액비저장조 6,000m<sup>3</sup></li> <li>•온수축열조 20,000톤</li> <li>•목재칩저장고 50m<sup>3</sup>, 보일러실 150m<sup>3</sup></li> </ul>
경제성	•연간 211백만원의 수익 발생 (960MWh×(REC 70,000+SMP 150,000))
온실가스 감축량	<ul style="list-style-type: none"> <li>•연간 총 감축량 2,311 톤 CO<sub>2</sub>eq/년</li> <li>- 가축분뇨 및 음식물류 폐기물 처리 부문 1,289 톤 CO<sub>2</sub>eq/년</li> <li>- 바이오가스 발전기의 전력생산 부문 425.6 톤 CO<sub>2</sub>eq/년</li> <li>- 바이오가스 발전기의 열생산 부문 57.8 톤 CO<sub>2</sub>eq/년</li> <li>- 목재칩 보일러의 열에너지 생산 부문 538.1 톤 CO<sub>2</sub>eq/년</li> </ul>
부가효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>•연간 540백만 원의 수질개선효과</li> <li>•연간 230백만 원의 화석연료(등유) 수입을 대체하는 효과</li> </ul>
향후계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>•농업기술센터 온실 하우스에 시범사업 도입</li> <li>•가축분뇨 공동자원화센터에 바이오가스 설비 도입</li> <li>•핵심 주체들이 참여하는 바이오에너지 사업단 추진</li> <li>•오가면 복합바이오에너지 단지화 추진</li> </ul>



# 제1장 서론

## 1. 연구배경 및 필요성

### □ 정책적 부합성

2015년 정부는 2030년 BAU(851백만톤) 대비 온실가스 배출을 37% 감축하는 목표 수립하였다. 감축 목표는 신재생에너지 보급과 청정 연료의 사용 확대를 주요 과제로 채택하여 농·축산분야 미이용 바이오매스 시장구축을 위한 효과적인 생산 및 공급에 대한 체계적인 정책추진이 대두되었다. 2021년에는 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」이 제정·시행되면서 2050년까지 순배출량 0 달성 및 2030년까지 '18년 총배출량 대비 40%를 감축하는 것으로 국가 온실가스 감축목표를 상향하기도 했다.

<표 1> 탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획 (2023.4)

2030 국가온실가스 감축목표(NDC)				
구분	부문	2018년 배출량	2030 목표	
			기존 NDC ('21.10)	수정 NDC ('23.3)
배출량 합계		727.6	436.6 (40.0%)	436.6 (40.0%)
배출	전환	269.6	149.9 (44.4%)	145.9 (45.9%)
	산업	260.5	222.6 (14.5%)	230.7 (11.4%)
	건물	52.1	35.0 (32.8%)	35.0 (32.8%)
	수송	98.1	61.0 (37.8%)	61.0 (37.8%)
	농축수산	24.7	18.0 (27.1%)	18.0 (27.1%)
	폐기물	17.1	9.1 (46.8%)	9.1 (46.8%)
	수소	(-)	7.6	8.4
	탈루 등	5.6	3.9	3.9
흡수 및 제거	흡수원	(-41.3)	-26.7	-26.7
	CCUS	(-)	-10.3	-11.2
	국제감축	(-)	-33.5	-37.5

2023년 3월 정부가 발표한 「국가 탄소중립·녹색성장 기본계획」은 탄소중립 실현을 위한 10대 부문 중장기 온실가스 감축을 위한 37개의 정책과제 37개를 제시하고 있다. 10대 정책과제 중 농축산 부문은 ▲저탄소 농업구조 전환(스마트팜, 저메탄사료), ▲저탄소 어선·수산시설(LPG·하이브리드 어선)로 정했다. 이는 농업 분야에서 스마트팜 확산, 저탄소 생산기술 및 농기계·시설 개발·보급을 통해, 축산업은 저메탄사료 개발과 가축분뇨 활용 확대를 통해 지속가능한 농축수산업을 실현한다는 것이다.

따라서 예산군의회가 선도적으로 추진하고 있는 본 연구는 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획은 물론 예산군의 농촌산 부분의 온실가스 감축에 정책적으로 부합하는 시의적절한 연구이다. 또한 탄소중립 경제특별도를 선언한 충청남도의 도정기조를 선도적으로 이행하는 연구 주제로 예산군의 농림축산업의 미래성장산업화, 신재생에너지 보급확대 및 산업육성과제에 부합한다.

## □ 사회·경제적 필요성

바이오가스 기술은 가축분뇨나 음식쓰레기와 같은 폐기물을 처리하면서 동시에 에너지와 비료를 생산하는 자원순환형 기술로서 녹색기술의 전형적인 특성을 지니고 있다. 바이오가스 플랜트는 성격상 국지적 조건에 크게 영향을 받는 기술이다. 투입되는 원료도 지역에서 조달되고 액비와 같은 부산물도 지역에서 소화해야 하기 때문이다. 따라서 바이오가스 플랜트가 효율적으로 운영되기 위해서는 지역사회 대학과 같은 혁신주체, 원료를 공급하고 부산물에 의해 영향을 받는 지역민사회와의 상호작용이 매우 중요하다. 이들의 참여를 통해 바이오가스 플랜트 운영정보의 교류가 활성화되고 바이오가스 플랜트에 대한 사회적 지원이 확대될 수 있기 때문이다(송위진, 2010).

어렵더라도 바이오매스 기술이 도입하는 과정에서 수용자 집단은 자연스런 기술학습 활동을 수행하게 된다. 이는 이미 존재하고 있는 규범과 법규에 비추어 볼 때 안전하고 경제성이 있어 정당하다고 받아들이는 것을 의미한다. 정당성은 새로운 기술에 대한 지식이 확산되고 그 기술이 잘 알려지면서 좋고 바람직한 것으로 인지되는 것을 의미하며, 기술에 대한 긍정적 기대로 이어진다.

바이오매스 에너지화 설비는 인근 농가 및 주민에게 저렴하게 전기를 공급할 수 있다. 풍력과 태양광발전은 기상과 일조 변화에 영향을 받지만 바이오매스 에너지화 설비는 보다 안정적인 전력 생산이 가능하다. 메탄은 품질개선 과정을 거치면 도시가스로도 활용할 수 있다. 이러한 장점을 잘 활용하면 농산촌지역 마을단위의 에너지자립을 기대할 수 있다. 또 축산 및 원예 등 영농과정에서 필요로 하는 에너지를 저렴하게 공급할 수 있다.

또한 주민참여형으로 발전소를 직접 운영한다면 수익이 외부로 빠져 나가는 것이 아니라 지역에 남게 되므로 사회적 자본이 된다. 이를 바탕으로 액비 문제도 지역사회의 소통과 협력과정으로 해결하여 아래로부터의 거버넌스가 구축되기도 한다.

성공한 바이오매스 에너지화 사업이 되려면 해외의 사례에서 쉽게 찾을 수 있듯이 해당 농가는 물론 지역사회의 적극적 참여로 이루어진다. 이 과정에서 터득하는 정보와 경험은 바이오매스 에너지화를 효과적으로 운영하는데 필요한 지식으로 활용된다.

중요한 점은 유기성 폐자원을 활용한 에너지순환 생태계 조성 및 농업·농촌 부분의 탄소중립 이행에 기여하고 있다는 점이다. 규모별로 차이가 있지만 연간 1000~3000톤의 탄

소배출 억제 효과가 있다.

## □ 기술적 필요성

국내에 적용되어 산업적으로 활용되는 미이용 바이오매스는 축산분뇨를 활용한 바이오 가스 플랜트, 목질계 바이오매스를 이용한 열병합발전 플랜트가 있다. 바이오매스를 에너지로 활용하는 경우 가장 효과적이고 부가가치를 크게 하는 방법은 열과 전기에너지를 동시에 생산하는 것이다. 바이오가스는 약 50~75 vol%의 메탄과 약 25~50 vol%의 CO<sub>2</sub>, 미량의 수소, 황화수소(H<sub>2</sub>S), 암모니아(NH<sub>3</sub>), 기타 미량가스로 구성되어 있다. 산소가 없는 혐기성 소화방식을 통해 유기물을 분해시켜 바이오가스를 생산하고, 이산화탄소 및 황 등을 정제하는 과정을 거쳐 전기, 가스, 열 공급 등에 필요한 연료로 사용된다.

축분 고체연료 또는 목질계 바이오매스를 연소하면서 발생하는 열과 연소가스를 이용한 경우에는 스팀터빈, 연소가스터빈, 스텔링 엔진, ORC 발전 등이 있다. 목질계 바이오매스가 열분해 되는 과정에서 발생하는 휘발성 가스(합성가스)를 가스엔진 또는 가스터빈에서 재연소시켜 발전하는 기술도 있다.

<표 2> 주요 재생에너지 발전기술 비교 (출처 : 김원재, 2022)

구분	풍력발전	태양광발전	바이오가스발전
발전 방식	공기분자의 운동에너지로 터빈을 회전시켜 전기 생산	햇빛을 실리콘 등의 반도체 소자를 사용하여 전기 생산	유기성 폐기물의 혐기소화 메탄가스를 통해 전기 생산
국내외 기술개발 현황	(국내) 핵심부품 국산화 및 시스템 대형화 기술개발을 활발히 진행 중 (국외) 시스템 대형화, 핵심 부품 내구성 확보, 해상풍력발전시스템 운용	(국내) 원가 경쟁력 극복을 위한 태양전지 고효율화 기술개발을 활발히 진행 중 (국외) 미국/일본은 실리콘 기반 고효율(25% 이상) 태양전지시스템 운용	(국내) 소규모 난방과 발전을 위한 고품 바이오연료 생산 기술개발에 집중 (국외) 유럽을 중심으로 유기성 폐자원(음식물쓰레기, 하수슬러지) 플랜트 운용
설비투자 비용 (달러/MW)	1.36~1.46	1.77 내외	3.6~6.4
연간 운영비용 (달러/MW)	24,000~24400	25,000~60,000	9,000 ~ 200,000
연료 활용률(%)	20~46	12~21	80 내외
균등화발전단가 (달러/MW)	79~82	117~239	50~140
소규모플랜트 설치사례 (500kW급)	 해상풍력 발전플랜트 아일랜드 슬리브 러센	 육상태양광 발전플랜트, 호주 아마루	 유기성 폐기물 발전플랜트, 스페인 토레그로사

유기성 자원인 미이용 바이오매스의 고부가 활용을 촉진하기 위해서는 ① 자체활용 및 미활용을 줄이고, ② 고도 정제를 통해 고순도의 바이오가스를 확보하여 외부공급을 고급화 및 다변화하고, ③ 전력생산 용도의 활용을 제고해야 한다. 특히, 경제성이 낮은 중·소규모 바이오가스시설에는 고효율·저비용 바이오가스 정제기술 활용이 필수적이다(김원재, 2022).

바이오매스를 활용한 에너지생산 분야의 선진기술은 주로 유럽에서 보유하고 있는 것이 사실이다. 그럼에도 바이오매스 열병합 발전기술은 유기성 폐기물의 혐기성 소화공정 및 가스화 공정을 통해 전기·열을 생산하고 연료 활용률을 85% 이상으로 끌어올려 기존 재생에너지(풍력, 태양광) 기술 대비 효율과 활용도가 높다는 장점이 있다.

물론 기존 바이오매스를 활용한 열에너지 공급 시험의 교훈을 토대로 연료의 적정가격 공급, 열에너지 정산방법, 지역 내 시스템으로 정착이 그 지역의 문화를 반영하여 지속성을 가지도록 할 필요성이 매우 크다. 따라서 미이용 바이오매스의 발전도 지역 내의 지속적 운영에 필요한 공학적 기술 이외에도 사회·문화적인 것을 고려한 지역적 토대 구축이 필요하다.

## □ 연구의 공공성

본 연구는 정책적으로 기획·운영중인 미이용 바이오매스를 활용한 에너지자립 및 탄소중립 사업의 효과적 운영을 위한 과제로 예산군 미이용 폐자원의 효율적 활용 및 농촌경제 부가가치 향상이라는 측면에서 연구의 공공성이 매우 크다. 전 세계적 에너지 가격 상승 위기가 한국사회는 물론 예산군 시설농가에 직격탄을 날려 중장기적인 대책마련이 시급한 상황에서 미이용 폐자원 에너지화 시설 도입을 통한 에너지 비용 절감방안 연구는 예산군의 축산정책 및 자원정책 등의 공공정책에 구체성을 부여하는 연구이다.

이를 위해 본 연구에서는 예산군 미이용 바이오매스 에너지 현황 및 실태조사를 통해 공공의 역할과 과제를 제시한다. 또한 예산군 미이용 바이오매스 에너지 활용을 통한 농축산 부문의 온실가스 감축목표를 달성할 것을 주문하고 있다. 예산군 탄소중립 달성을 위해서는 미이용 바이오매스를 최대한 활용하여 시설농가의 에너지 비용을 절감할 수 있는 개선전략 및 정책방안을 제시하여 연구의 공공성을 높이고자 하였다.

## 2. 연구목적

본 연구는 제목에서 드러나듯이 예산군 탄소중립 달성이라는 장기적 미션을 중심에 두고 예산군 내에서 발생하는 미이용 바이오매스를 활용하여 시설농가의 에너지비용을 절감

할 수 있는 정책방안과 개선전략을 도출하는 것을 목적으로 하고 있다. 또한 미이용 바이오매스의 활용은 관련 부서의 유기적 협력이 동반되어야 실현가능하므로 친환경 에너지 활성화(경제과), 유기성 폐자원 재활용(환경과), 농업 부가가치 창출 및 농촌공간 정비사업(농정유통과), 깨끗한 축산환경 조성(축산과), 지속가능한 산림자원 육성·관리(산림복지과) 등의 군정과제를 담당하는 부서간의 융합적 접근과 연계를 강조하고 있다. 이와같은 목적을 달성하기 위해 5개 분야로 구분하여 연구를 진행하였다

<표 3> 연구분야 및 세부목적

분야	세부목적
탄소중립	예산군 온실가스 감축 계획에 따른 농업분야 감축 할당량 분석
자원활용 및 에너지화	지속가능한 에너지와 환경보호, 생산성 향상을 통한 예산군 바이오매스생산 및 이용 확대, 에너지 효율화 향상 방안
경제성	미이용 바이오매스 활용시 농가 생산비 절감 등 경제성 및 외부효과 분석
사업모델	미이용 바이오매스 열병합발전시설의 최적 운영을 위한 수요량 및 적정설비 규격, 사업모델의 제시
정책방안	미이용 바이오매스를 활용하여 시설농가의 에너지비용을 절감할 수 있는 개선전략 및 정책방안 도출

우선 국가 온실가스 감축목표 달성 및 충청남도 탄소중립 경제특별도 실현을 위해 예산군은 농축산 부문에서 어떠한 계획과 전략을 가져야 하는지를 밝히는 것이 중요하다. 이를 위해 유기성 및 목질계 폐자원을 활용한 에너지화 시설 도입시 온실가스 감축량이 얼마나 되는지 국가표준 산출식을 적용하여 도출하였다.

두 번째는 예산군에서 발생하는 유기성 폐자원 및 목질계 자원의 잠재량을 파악하여 기술적 활용이 가능한 범위와 양을 산출하였다. 이를 통해 예산군 바이오매스 생산 및 이용 확대 방안, 에너지 효율화 향상 방안을 담아내고자 하였다.

세 번째는 가장 중요한 것으로 실제 농가에 적용할 경우 투입비용 대비 투입비용 대비 절감효과가 어디에서 얼마나 되는지를 파악하는 것이다. 이를 위해 도입이 가능한 최적의 지역과 농가를 조사하고, 적용가능한 기술은 무엇이고 설비에 투입되는 비용과 거둬들이는 수익은 얼마나 되는지 산출하여 생산비 절감이나 에너지 비용 절감 효과가 어느정도인지 도출하였다.

네 번째는 기술적으로 운영하기 까다로운 축산분뇨 바이오가스 에너지화 설비는 기술적으로 높은 완성도를 요구한다. 기술적 안정성과 효율적 설비운용을 위해서는 어떠한 공법이 필요하며 최적의 설비 규모와 용량은 무엇인지를 파악하는 것이다. 이를 위해 국내외 성공적 운영사례를 종합적으로 비교분석하여 열공급 수요량 및 적정설비 규격, 최적 입지

조건, 사업모델을 제시하였다.

마지막으로는 시설농가 에너지 소비량, 미이용 바이오매스 활용, 시설농가 설비도입 등의 정책사업을 펼칠 경우 실제 현장에서 발생할 수 있는 문제점을 사전에 방지하고, 안정적으로 사업을 추진할 수 있는 여건이 필요하다. 이를 위해 바이오매스 이용 활성화 및 에너지비용 절감을 위한 개선전략, 조례 제정, 정책방안 등을 제시하였다.

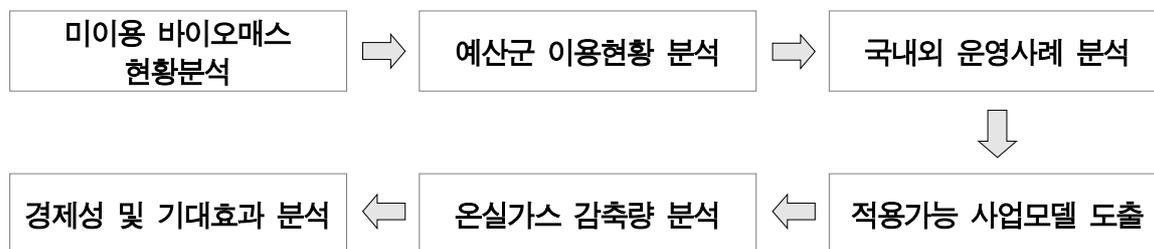
### 3. 연구내용 및 방법

본 연구는 예산군이라는 공간적 범위와 미이용 바이오매스라는 자원 범위를 중심에 두고 연구를 진행하였다. 따라서 예산군의 농축산 분야 바이오매스 현황과 활용을 분석하고, 국내외 활용사례와 동향, 성공적 운영사례를 조사하였다. 축산분뇨 바이오가스 및 목질계 바이오매스와 관련된 문헌과 정부기관의 통계자료, 기존 농축산 분야의 바이오매스 에너지화 관련 연구를 참조하였다.

본 연구는 예산군의 중장기적 전략을 모색하는 계기가 된다는 판단으로 제도적으로 대비해야 할 사항을 도출하고자 우리나라 미이용 바이오매스와 관련한 법령과 정책을 분석하였다. 또한 예산군 조례 중 바이오매스 및 에너지화 관련 조례를 분석하였고, 사업추진시 필요하다고 보이는 조례의 주요내용을 제시하였다.

특히 바이오매스 에너지화 시설이 없는 예산군의 조건을 볼 때 향후 충분히 활용가능한 바이오매스 자원의 분포현황을 조사하였다. 읍면동 별로 구분하여 축산분뇨 발생량 및 처리량을 조사하였다. 전국적으로 유명한 사과 생산지라는 특성을 반영하여 기존 연구자료를 분석하여 예산군 과수전정목 발생량 및 처리량을 도출하였다.

<표 4> 연구의 흐름



그 다음으로는 국내외의 관련 기술동향 및 성공적 운영사례 분석은 연구진이 축적한 해외 기술자료와 연구내용을 분석하였으며, 국내 운영사례는 현장조사를 통해 얻은 자료와 환경부의 각종 통계·분석자료를 분석하여 정리했다.

경제성 분석은 국내에서 가장 성공적으로 도입되어 운영되고 있는 청양군 칠성에너지의 설비와 운영방법을 참고하여 B/C분석을 하였다. 칠성에너지로의 적극적인 협조로 실제 설비공급사의 견적서를 토대로 현실적인 경제성 분석을 하고자 하였다. 또한 예산확보의 한계, 국내에서 처음 시도하는 복합 열병합사업이라는 점을 고려하여 신중하게 설비 규모의 적절성을 도출하였고, 그에 따라 온실가스 감축량 및 외부효과를 도출하였다.

<표5> 연구 미션과 결론 도출

<b>연구 키워드</b>	복합바이오에너지, 소형화, 고체연료화, 과수전정목 활용
<b>연구 핵심과제</b>	“소형은 경제성이 없다” 라는 축산분뇨 바이오가스 사업을 바라보는 전통적 문제에 대한 현실적 대안 제시
<b>연구 미션</b>	<p>국내 사례에서 해답을 찾아야 한다는 점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 현장에서 답을 찾자!             <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 완성도 높은 설계와 성공적 운영한 칠성에너지의 협력</li> <li>(2) 오가면 2개 농장의 흔쾌한 참여</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> 현장에서 얻은 결론             <ul style="list-style-type: none"> <li>소형은 대형에 비해 경제성이 낮을 뿐 경제성이 있다.</li> </ul> </li> </ul>
<b>결론 정의</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 소형도 경제성이 있다</li> <li><input type="checkbox"/> 수용성, 안정적 원료공급, 투자비 절감에 농장주 참여가 중요하다.</li> <li><input type="checkbox"/> 열공급비용을 유료화해도 기존 등유난방비용 대비 30% 저렴하므로 시설농가 에너지비용을 대폭 절감할 수 있다.</li> </ul>



## 제2장 미이용 바이오매스 관련 법제 분석

### 1. 바이오매스의 개념과 정의

바이오매스(biomass)는 학술적으로 생물체 총량을 나타내는 용어이지만 현재는 에너지 자원으로 활용할 수 있는 자연의 식물과 동물에서 만들어지는 유기물질이라는 의미로 해석되고 있다. 모든 식물은 광합성을 한다. 햇빛과 이산화탄소를 흡수한 식물은 산소를 내뿜고 유기화합물을 만들어 낸다. 이렇게 만들어진 유기물은 미생물과 무기물로 변화해 자연으로 다시 돌아가거나 간단한 가공을 거쳐 농축산업과 에너지산업 등에 사용된다. 이 순환 사이클에 작용하는 모든 물질이 바이오매스이다. 바이오매스 에너지는 자연의 유기물질이 오랜 기간 땅속에서 썩어서 만들어진 화석연료와는 다르다. 바이오가스(Bio-Gas), 바이오디젤(Bio-Diesel), 바이오에탄올(Bio-Ethanol), 나무가스(Wood-gas), 쓰레기 매립지가스(Landfill-Gas) 등이 대표적인 바이오매스를 이용한 에너지이다.



<그림 1> 바이오매스의 활용 (출처 : 한국에너지공단)

화석연료는 고갈 위기에 처해있지만 바이오매스는 태양과 물이 없어지지 않는다면 지속적으로 사용할 수 있는 재생에너지이다. 실제 과학자들의 조사결과 지구상에서 새롭게 성장하는 식물의 양과 시들어 죽는 양이 같다고 한다. 그래서 나무를 탄소중립(Carbon Neutral) 에너지라고 부르기도 한다.

나무가 주된 에너지원이던 19세기까지 전 세계에서 가장 많이 사용되었고 지금도 에너지의 상당 부분을 바이오매스가 차지하고 있다. 재생에너지인 바이오매스는 아직도 자연

에 풍부하게 존재한다. 무엇보다 바이오매스는 CO<sub>2</sub> 발생량을 저감시킨다. 태양광발전과 풍력발전은 날씨에 제약을 받는다는 단점이 있다. 그러나 태양광발전과 바이오매스, 풍력발전과 바이오매스 등과 같이 병행해서 사용한다면 이 단점을 쉽게 해결할 수 있다.

도시와 공장, 농업과 축산업 등에서 배출되는 폐기물을 에너지화 할 수 있다. 나무처럼 가공하지 않은 형태로 손쉽게 열을 생산하는 데 이용될 수도 있고, 농축산업 폐기물을 가공하여 바이오에탄올, 바이오디젤 등의 액체연료를 만들 수도 있다. 가스화 기술을 적용하면 수소나 메탄가스 같은 기체연료를 생산하여 자동차 연료나 발전용, 난방용 연료로 활용할 수 있다. 이렇게 바이오매스는 기후변화의 주범인 화석연료와 핵을 대체하는 훌륭한 재생에너지이다.

바이오매스가 대기중의 이산화탄소를 흡수해 축적된 것이고, 에너지로 사용할 경우 당연히 이산화탄소가 배출되지만 이는 순환일 뿐 추가로 배출되는 것은 아니다. 그러나 대량 채집과 대규모 경작, 가공을 하게 되면 생물다양성이 사라지고 토양오염, 자연파괴 등 부정적 영향이 발생할 가능성이 많다.

바이오매스(biomass)란 사전적 의미로는 생물기원을 의미하는 바이오(bio)와 물질을 나타내는 매스(mass)의 합성어로서 생물기원의 물질을 의미한다. “생물기원(biogenic)”이란 1차 생산자인 식물체의 광합성 산물에서부터 기인하는 것을 의미하며, 태양에너지가 유기적으로 고정된 광합성 산물은 먹이사슬(food chain)을 통해 2차, 3차 소비자 및 분해자에 전이·전달되고 이 과정에서 발생하는 모든 산물을 바이오매스라고 통칭할 수 있다.

일반적으로 생태계를 구성하는 생물유기체는 모두 바이오매스 범주에 포함되며, 생물유기체가 생활계(life cycle)을 영위하면서 발생하는 배출물질(분, 뇨 등), 생물유기체가 사멸하면서 발생하는 동식물의 사체(dead body)도 기본적으로 생물에서 기인한다는 점에서 바이오매스에 포함한다. 화석연료의 경우 생물유기체가 오랜 지질역사에서 만들어진 것으로서 근본적으로 생물유기체에 기인한다는 점에서 바이오매스에 포함될 수 있다. 그러나 재생가능성(renewability) 측면에서 보았을 때, 화석연료의 이용은 지구의 엔트로피(Entropy; 무질서도)를 증가시키고 이 과정에서 지속적으로 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 배출을 증가시킨다는 점에서 재생가능하지 않다. 따라서 바이오매스의 에너지 이용 측면에서 재생가능성을 고려하는 경우, 화석연료는 바이오매스에 포함하지 않는다(윤영만, 2014).

국내에서 법적으로 정의된 바이오매스는 국내 산업활동 등으로 발생한 산물로서 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」에 의해 재활용이 가능하다고 인정되는 물질을 말한다. 재활용 가능자원으로 인정되는 바이오매스는 「자원재활용법 시행규칙」 별표 1에 따라 하수처리오니, 가축분뇨, 폐식용유, 동·식물성 잔재물, 왕겨 및 쌀겨, 폐목재, 폐지 등이 해당된다.

## 2. 바이오 에너지

바이오에너지(bioenergy)는 바이오매스(biomass)를 원료로 만든 에너지를 말하며, 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에 의해 “생물자원을 변환시켜 이용하는 바이오에너지로서 대통령령으로 정하는 기준 및 범위에 해당하는 에너지”로 정의한다.

<표 6> 신재생에너지법의 바이오에너지 기준 및 범위

기준	범위
1) 생물유기체를 변환시켜 얻어지는 기체, 액체 또는 고체의 연료 2) 1)의 연료를 연소 또는 변환시켜 얻어지는 에너지 ※ 1) 또는 2)의 에너지가 신·재생에너지가 아닌 석유제품 등과 혼합된 경우에는 생물유기체로부터 생산된 부분만을 바이오에너지로 본다.	1) 생물유기체를 변환시킨 바이오가스, 바이오에탄올, 바이오액화유 및 합성가스 2) 쓰레기매립장의 유기성폐기물을 변환시킨 매립지가스 3) 동물·식물의 유지(油脂)를 변환시킨 바이오디젤 및 바이오중유 4) 생물유기체를 변환시킨 펄프, 목재칩, 펄릿 및 숯 등의 고체연료

바이오매스를 이용해 에너지를 얻는 방법은 다양하다.

첫 번째, 직접연소(direct combustion)이다. 폐목재나 농업부산물 등의 고체연료에 공기를 풍부하게 공급하면서 연소시키는 방법으로 보일러에서 열교환을 통해 온수나 뜨거운 증기로 만들어 난방에너지를 만들거나 터빈을 돌려 전력을 생산한다.

두 번째는 가스화(Gasification)가 있다. 밀폐된 연소반응기에 공기를 적게 공급하면서 고체 바이오매스를 연소시키면 나무가스가 생성되는데, 이를 필터로 정제하여 난방이나 발전에 사용한다.

세 번째는 열분해(pyrolysis)를 이용한 에너지이다. 산소 공급을 차단한 상태에서 500℃ 이상의 고온으로 연소시키면 바이오매스를 구성하고 있는 물질이 열분해하며 고품질의 연료로 변환된다. 고체(숯), 액체(목재기름), 기체(메탄, 일산화탄소, 이산화탄소)가 동시에 만들어진다.

네 번째는 혐기성 소화(anaerobic digestion)이다. 산소가 없는 밀폐된 탱크 안에 음식물 쓰레기나 축산분뇨 등의 유기물질을 투입하여 혐기성 박테리아를 이용해 생분해하는 과정을 말한다. 메탄가스와 천연비료가 생산된다.

다섯 번째는 발효(fermentation)로 감자, 옥수수, 사탕수수 등 전분이 많은 작물에 함유된 당을 알코올(에탄올)로 변환하는 과정을 말한다. 맥주나 증류주를 만드는 과정과 거의 같다. 이렇게 생산된 바이오 에탄올은 차량 구조개선을 통해 연료로 사용하거나 휘발유 차량의 연료첨가제로 사용되기도 한다.

여섯 번째는 에스테르화(Esterification) 반응을 통한 에너지이다. 작물의 씨앗에서 추출한 기름이나 동물의 지방, 해조류에 산축매 또는 염기축매를 이용해 메탄올과 결합시키면 바이오디젤이라는 에스테르가 생성된다. 바이오디젤은 디젤발전기와 디젤 차량에 그대로 연료로 사용할 수 있다.



〈그림 2〉 바이오에너지 변환 시스템 (출처 : 한국에너지공단)

바이오에너지 이용기술이란 바이오매스를 직접 또는 생·화학적, 물리적 변환과정을 통해 액체, 가스, 고체연료나 전기·열에너지 형태로 이용하는 화학, 생물, 연소공학 등의 기술을 일컫는다. 크게 바이오 액체연료 생산기술, 가스화 기술, 바이오매스 생산·가공기술로 구분된다.

바이오 액체연료 기술에는 바이오에탄올과 바이오디젤이 대표적이며, 국내에서도 상용화된 기술이다. 바이오매스 기술도 상당한 진전이 있었지만 법적으로 폐기물로 분류되는 바이오매스가 상당수 존재해 상용화 단계에서 꽃을 피우지 못하는 기술을 종종 볼 수 있다.

축산분뇨를 활용하기 위한 가스화 기술의 핵심설비는 여전히 세계 최고기술을 보유한 유럽에 의존하고 있다. 그럼에도 10여년전부터 중견기업들이 국내 실정에 맞는 기술들을 연구개발하면서 특정기술에서는 세계적인 수준으로 성장하고 있다. 특히 통합바이오가스 에너지화 사업이 본격화되면서 열분해기술 및 가스화기술, 개질화 기술이 급성장하고 있

는 것으로 보인다.

농업부산물이나 축산부산물을 고형연료로 활용하는 바이오매스 생산가공기술은 폐기물 관리법과 대기환경보전법의 엄격한 규정의 영향으로 기술개발 및 상용화기술이 활발하지는 않다. 그럼에도 경북 청송군을 비롯해 몇몇 지자체에서 축분고체연료 에너지화사업이 추진되고 있고, 충북 괴산군에서는 목질계 바이오매스 열병합발전사업이 실증되고 있는 등 관련 기술이 확산되고 있다.

<표 7> 바이오에너지 이용기술 분류 (출처 : 한국에너지공단)

대분류	중분류	소분류
바이오 액체연료 생산기술	연료용 바이오 에탄올 생산기술	당질계, 전분질계, 목질계
	바이오디젤 생산기술	바이오디젤 전환 및 엔진적용기술
	바이오매스 액화기술 (열적전환)	바이오매스 액화, 연소, 엔진이용 기술
바이오매스 가스화 기술	혐기소화에 의한 메탄가스화 기술	유기성 폐수의 메탄가스화 기술 및 매립지 가스 이용기술 (LFG)
	바이오매스 가스화기술 (열적전환)	바이오매스 열분해, 가스화, 가스화발전 기술
	바이오 수소 생산기술	생물학적 바이오 수소 생산기술
바이오매스 생산, 가공기술	에너지 작물 기술	에너지 작물 재배, 육종, 수집, 운반, 가공 기술
	생물학적 CO <sub>2</sub> 고정화 기술	바이오매스 재배, 산림녹화, 미세조류 배양기술
	바이오 고형연료 생산, 이용기술	바이오 고형연료 생산 및 이용기술(왕겨탄, 칩, RDF(폐기물연료) 등)

한편 원료 및 발생원에 따라서도 구분하기도 한다. 초본계 바이오매스는 전분질계, 당질계, 유지작물계 등으로 구분한다. 목질계 바이오매스는 나무, 과수 전정가지 등이고, 조류계는 해조류, 유기성 바이오매스는 하수슬러지, 가축분뇨, 음식물 등이다.

발생원에 따라서는 임산 바이오매스(침엽수림, 활엽수림, 혼효림), 농산 바이오매스(벼짚, 왕겨, 고춧대, 고구마줄기, 사과전정지 등), 축산 바이오매스(우분, 계분, 돈분 등), 도시폐기 바이오매스(음식물류 폐기물, 하수슬러지 등)로 구분한다. 바이오에너지의 종류는 아래 표와 같이 분류할 수 있다.

이와같이 자연계에서 얻어지는 수많은 바이오매스는 어떻게 분류하느냐에 따라 범위와 구성이 달라질 수 있다. 때문에 자원순환 관점의 분류체계, 에너지 관점의 분류체계, 활용기술 관점의 분류체계 등으로 구분할 수 있는 것이다. 본 연구는 바이오매스에서 얻어지

는 에너지를 활용하는 것을 다루므로 에너지 관점의 분류체계를 참고해야 한다. 따라서 물질의 형태를 띠는 바이오매스 원료의 고유 특성을 기반으로 고체와 액체, 기체로 크게 분류하고, 활용처 및 변환기술의 종류에 따라 바이오에너지의 범위를 구분한 것이 가장 적절하다고 본다. 본 연구는 축산분뇨와 목재칩을 동시에 활동하는 복합설비이므로 기체 바이오에너지와 고체 바이오에너지를 모두 포함된다. 가축분뇨와 음식물쓰레기로 바이오가스를 얻으므로 혐기소화가스에 해당하며, 미이용 산림자원과 과수전정목을 활용하므로 비성형 고체 바이오연료에도 해당한다.

요약하면 본 연구에서 다루는 가축분뇨 에너지는 고체 바이오에너지와 기체 바이오에너지이며, 하나는 목질계로 구성된 임산부산물 및 농업부산물을 활용한 고체연료이고, 다른 하나는 가축분뇨와 음식물쓰레기를 이용한 혐기소화 바이오가스라는 에너지이다.

<표 8> 국내 바이오에너지의 범위

구분	종류		바이오에너지의 범위
고체 바이오에너지	비성형 고체 바이오연료	목질계	장작, 목재칩, 호그 등
		임산부산물	톱밥, 짚껍질 잔디예초물, 팜부산물 등
		농업부산물	벼짚, 보릿짚, 밀짚, 왕겨, 유채대, 콩대, 옥수수대, 땅콩껍질 등
		유기성 폐기물	폐목재, 펄프 및 제지슬러지, 흑액, 하수 슬러지 등
	성형 고체 바이오연료		펠릿 бри켓, 성형탄 등
	열분해 고체 바이오연료		목탄, 바이오차 등
액체 바이오에너지	휘발유 대체 바이오연료		바이오에탄올, 바이오부탄올, 에스터계 바이오연료, F-T1가솔린 등
	경유 대체 바이오연료		바이오디젤, 수첨바이오디젤, 바이오 DME, 바이오 F-T 디젤, 목질계 디젤
	기타 바이오연료		식물성 기름(PVO), 액화 바이오메탄, 바이오 항공유 등
기체 바이오에너지	혐기소화가스	매립지가스	쓰레기매립장의 유기성 폐기물을 변환 시킨 가스
		하수슬러지가스	하수슬러지를 혐기소화시켜 얻어지는 하수슬러지 가스
		기타 혐기소화가스	생물유기체, 가축분뇨, 음식물쓰레기 등을 혐기소화시켜 얻어지는 합성가스
	합성가스		생물유기체를 열화학적으로 변환시켜 얻어지는 합성가스

(출처 : 국내 바이오매스 이용 실태와 활성화 방안, 윤영만, 2014)

### 3. 바이오매스 관련 법령

#### (1) 개요

우리나라의 바이오매스 관련 법령은 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」, 「유기성 폐자원을 활용한 바이오가스의 생산 및 이용 촉진법」, 「산림바이오매스에너지의 이용·보급 촉진에 관한 규정」 등 세 가지로 요약할 수 있다.

첫째, 본 연구의 사업모델이 축산분뇨 바이오가스를 중심에 두고 있으므로 「유기성 폐자원을 활용한 바이오가스의 생산 및 이용 촉진법」의 적용을 받는다. 약칭 ‘바이오가스법’으로 불리는 이 법은 2023년 12월 31일부터 시행되며 바이오가스 생산목표와 의무를 골자로 하고 있다. 특히 민간의무생산자의 목표량을 규정하고 있는데 이를 어길 경우 과징금을 내야하는 부담이 발생해 많은 축산농가에서 어려움을 토로하고 있기도 하다. 바이오가스법과 연계된 법령은 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법, 도시가스사업법, 집단에너지사업법, 전기사업법, 하수도법이 있다.

〈표 9〉 바이오매스 관련 법령 및 예산군 조례

구분	상위법률	예산군 연관조례
가축분뇨	가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률	가축분뇨 공공처리시설 관리운영 조례 축산악취 저감 및 축산환경 개선 지원 조례 폐기물 관리에 관한 조례
	유기성 폐자원을 활용한바이오가스의 생산 및 이용 촉진법	축산업 육성 및 지원에 관한 조례 음식물 폐기물 수집·운반과 재활용 촉진 조례
목질계	산림바이오매스 에너지의 이용·보급 촉진에 관한 규정	임업인 등의 육성에 관한 조례 도시숲등의 조성 및 관리 조례
온실가스	탄소중립녹색성장기본법 저탄소 녹색성장 기본법 온실가스 배출권할당 및 거래에 관한 법률 탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률 기후변화대응 기술개발 촉진법	탄소중립녹색성장조례

둘째, 바이오가스는 축산분뇨를 원료로 하므로 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」에 영향을 받는다. 약칭으로 ‘가축분뇨법’으로 불리고 있는 이 법은 가축분뇨의 처리, 이용, 관리 등을 규정하고 있으며, 가축분뇨를 고체연료로 전환하는 것을 권장하고 있다. 시행령은 가축분뇨 고체연료 검사방법 설정 등을 규정하고 있다. 가축분뇨법과 연계된

법률은 축산법, 환경정책기본법, 물환경보전법, 비료관리법, 폐기물관리법이 있다.

셋째, 미이용 산림바이오매스를 에너지로 활용하므로 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」 및 「산림바이오매스에너지의 이용·보급 촉진에 관한 규정」을 적용받는다. 또한 과수 전정목을 활용하겠다는 계획을 갖고 있으므로 「폐기물관리법」의 적용을 받게 된다. 목재법과 산림바이오매스 규정과 연계된 법률은 목재의 지속가능한 이용에 관한 법률, 산림기술 진흥 및 관리에 관한 법률, 임업 및 산촌 진흥촉진에 관한 법률, 국유림의 경영 및 관리에 관한 법률을 들 수 있다. 폐기물관리법과 연계된 법률은 자원을 소비하는 경제영역의 모든 부분을 규정하는 법률에 영향을 받는다고 과언이 아니다. 과수전정목이 폐기물로 분류되는 현실은 본 연구를 실현하는데 제도적 걸림돌이 된다는 점은 분명하다.

넷째, 농업부문 온실가스 감축을 목표로 하므로 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」과 관련이 있다. 연계된 법률은 자원순환기본법, 기후변화대응 기술개발 촉진법, 온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률, 탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률 등이 있다.

예산군의 바이오매스 관련 조례는 상위 법령을 시행하는데 꼭 필요한 조례만 제정되어 있어 향후 기반조성 및 활성화에 도움이 되는 조례를 추가 제정할 필요가 있다. 「예산군 가축분뇨 공공처리시설 관리 운영 조례」, 「예산군 축산업 육성 및 지원에 관한 조례」, 「예산군 임업인 등의 육성에 관한 조례」, 「예산군 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 조례」가 제정되어 있다.

## (2) 상위 법령의 주요 내용

### □ 유기성 폐자원을 활용한 바이오가스의 생산 및 이용 촉진법

지난 2022년 12월 유기성 폐자원을 활용한 바이오가스의 생산과 활용에 필요한 기반을 조성하여 유기성 폐자원의 친환경적 활용을 촉진하고, 환경의 보전과 국민경제의 건전한 발전에 기여하는 것을 목적으로 제정되었다. 공공 의무생산자 규정은 2025년 1월 1일부터 시행되며, 민간 의무생산자 규정은 2026년 1월 1일부터 시행된다. 특히 유기성 폐자원의 발생량, 생산수율 및 생산목표율을 고려하여 정해진 생산목표를 달성하지 못한 바이오가스 의무생산자는 과징금을 납부해야 한다. 제4조 ‘국가와 지방자치단체 등의 책무’에 따르면, 국가는 바이오가스 생산 및 활용에 관한 기술의 연구·개발을 지원하도록 규정하

고 있다. 따라서 본 연구에서 다루고 있는 복합 바이오에너지 사업은 해당 법안과 직접적 관련이 있다.

<표 10> 「유기성 폐자원을 활용한 바이오가스의 생산 및 이용 촉진법」 주요 내용

구분	내용
제4조	국가의 관련 연구·개발 지원, 지자체의 기술·재정적 지원, 사업자의 적극 참여·협력 의무
제5조	바이오가스 의무생산자(공공의무생산자, 민간의무생산자) 생산목표 설정·관리 방안 의무
제6조	공공 의무생산자 바이오가스 생산목표 달성도 평가(생산량 중복인정 불가)
제7조	민간 의무생산자 바이오가스 생산목표 달성도 평가(생산량 중복인정 불가)
제8조	바이오가스 생산량 목표 미달성 의무생산자 과징금 부과(도시가스사업법 기준) 및 예외
제9조	바이오가스 의무생산자의 유기성 폐자원 배출량, 처리량 및 바이오가스 생산량 보고
제10조	환경부장관의 통계 관리(유기성 폐자원 배출량, 바이오가스 활용 및 배출권 획득현황) 및 바이오가스 생산·활용 효율성 향상 위한 바이오가스 생산시설 운영성과 평가
제11조	유기성 폐자원 배출·처리 주체의 수거·운반·이송 의무 및 병합 활용(에너지 작물 등)
제12조	바이오가스 의무생산자의 생산시설 신설·교체 시 통합처리 생산시설 우선 설치
제13조	바이오가스 활용 촉진(도시가스사업법, 고압가스 안전관리법, 집단에너지사업법, 전기사업법)
제14조	바이오가스 생산 및 활용 촉진을 위한 국가 및 지자체의 바이오가스 의무생산자 재정지원
제15조	민간의무생산자의 바이오가스 생산과정 발생 잔재물 등의 환경기초시설 처리
제16조	바이오가스 생산·활용 시설이 설치된 지역주민의 참여(사업 및 조합원 출자, 발생수익 제공)
제17조	바이오가스센터 설치·운영(관계 전문기관 위탁 및 자금 출연, 조직·인력·예산·운영)
제18조	과징금 부과·징수 대상자 자료제출 및 보고, 관계 공무원의 관련 서류·시설·장비 검사
제19조	환경부장관의 권한 위임(지자체장) 및 업무 위탁(한국환경공단 및 전문기관)
제21조	자료제출 및 보고 불이행 또는 거짓 작성, 시정·보완 명령 불이행, 출입·검사 비협조 시, 100만 원 이하 과태료 부과

## □ 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률

이 법은 가축분뇨 발생저감을 위한 사전예방대책 마련, 가축분뇨의 자원화 및 이용촉진에 대한 지원·관리 강화, 축산농가의 불법 오염행위에 대한 환경관리 강화 등을 주요내용으로 하고 있다. 축산분뇨를 효율적으로 자원화하기 위하여 자원화시설의 설치기준 및 관리기준, 축분과 뇨를 분리·저장할 수 있는 축사 및 시설의 설치에 대한 기술 및 재정 지원 등을 담고 있다.

〈표 11〉 가축분뇨법의 주요내용

구분	내용
제3장	배출시설의 설치, 설치의무, 설치기준, 방류수 수질기준, 퇴액비화 기준 등, 가축분뇨 고체연료의 사용신고, 처리시설의 설계·시공
제4장	가축분뇨의 이용촉진 (퇴비·액비의 품질관리, 가축분뇨의 통합관리 등)
제5장	가축분뇨의 공공처리 (공공처리시설의 설치 및 운영, 가축분뇨의 수집·운반·처리 및 비용)

### □ 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률

산림자원조성·관리의 기본방향에 산림경영을 강조하고, 산림자원순환경제 개념을 추가함으로써 산림의 지속가능한 조성 및 경영을 강화하여 임업인과 국민의 삶의 질을 향상하고 산림자원의 생산 및 이용이 선순환되는 경제체계를 구축하고자 제정되었다. 산림의 지속가능한 조성·경영·관리, 산림의 생태 환경적인 건전성을 유지하고 경제적 편익이 증진될 수 있도록 숲가꾸기 기본원칙 등을 규정하고 있다.

〈표 12〉 산림자원법의 주요내용

구분	내용
제37조	산림청장은 산림바이오매스에너지의 이용·보급을 촉진하기 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 농림축산식품부령으로 정하는 바에 따라 산림바이오매스에너지 생산시설 설치, 연소기 보급 및 관련 기술 개발 등의 보급사업을 할 수 있다.

### □ 산림바이오매스에너지의 이용·보급 촉진에 관한 규정

미이용 산림바이오매스의 정의 및 범위, 증명절차, 인정기준을 규정하고 있다. 2018년 1월 4일 제정되어 5번의 개정을 거쳐 현재의 규정이 적용되고 있다. 미이용 산림바이오매스에는 수확, 수종갱신 및 산지개발을 위한 벌채를 통해 나온 원목 생산에 이용되지 않는 부산물, 숲가꾸기를 위한 벌채를 통해 나온 산물, 산림병해충 피해목 제거 과정에서 나온 벌채 산물 등으로 범위가 확대되었다.

〈표 13〉 산림바이오매스 규정의 주요내용

구분	내용
제2조	1. 수확, 수종갱신 및 산지개발을 위한 벌채를 통해 나온 원목생산에 이용되지 않는 부산물

	2. 숲가꾸기를 위한 벌채를 통해 나온 산물 3. 산림병해충 피해목 제거 등 방제 과정에서 나온 벌채 산물 4. 가로수의 조성·관리를 위한 벌채 및 가지치기 과정에서 나온 산물 5. 산불 피해목으로 원목생산에 이용되지 않는 산물 6. 풍해·수해·설해 등으로 발생하여 원목으로 사용되지 않는 산물
제3조	미이용 산림바이오매스를 이용하여 바이오에너지용 연료를 생산·제조하는 업체에 대하여 원료의 적합성 및 생산가능 설비용량 등 업무에 관한 사항
제4조	미이용 산림바이오매스로 목재제품을 생산할 경우 인정할 수 있는 목재제품의 양은 다음 각 호의 산식에 따라 정한다. ① 목재펠릿 인정 기준(톤) : 미이용 산림바이오매스 중량(톤) × 0.7 ② 연료용 목재칩 인정 기준(톤) : 미이용 산림바이오매스 중량(톤) × 0.85

## □ 폐기물관리법

폐기물 발생을 최대한 억제하고 발생된 폐기물을 적정하게 처리함으로써 환경보전과 국민생활의 질적 향상에 이바지하기 위한 폐기물 분야의 기본적인 법률이다. 생활폐기물, 사업장폐기물, 지정폐기물, 감염성 폐기물에 대한 관리와 규제를 주요 내용으로 하고 있다. 폐기물을 소각·매립 하기보다는 우선적으로 재활용함으로써 자원생산성의 향상을 도모하고, 재사용하거나 재생 이용하기 곤란한 폐기물의 전부 또는 일부는 에너지를 회수하기 위한 목적으로 사용하도록 안내하고 있다.

<표 14> 폐기물관리법의 주요내용

구분	내용
제3조의2	폐기물은 소각, 매립 등의 처분을 하기보다는 우선적으로 재활용함으로써 자원생산성의 향상에 이바지하도록 하여야 한다.
제2장	폐기물의 처리 기준, 폐기물의 재활용 원칙 및 준수사항, 생활폐기물의 처리, 음식물류 폐기물 발생 억제 계획수립, 음식물류 폐기물 배출자의 의무 등
제4장	폐기물처리시설의 설치 및 검사, 폐기물처리시설의 관리 등

## □ 분산에너지 활성화 특별법

기존 중앙집중형 시스템에서 발생하는 한계를 극복하고, 수요지 인근에서 전력을 생산하여 소비할 수 있는 분산에너지 시스템으로 전환하기 위한 제도적 기반을 만들도록 제정되었으며, 2024년 6월부터 시행된다.

<표 15> 분산에너지법의 주요내용

구분	내용
제2조	분산에너지사업 범위를 집단에너지, 구역전기, 중소형 원전, 통합발전소, 신재생에너지, 연료 전지발전, 수소발전, 저장전기판매, 재생에너지전기공급, 소규모전력중개, 수요관리사업으로 정의
제13조	일정 지역에 대해 에너지사용량 일부를 분산에너지로 충당하도록 의무화 의무설치량을 충족하지 못하는 경우 과징금을 부과
제43조	분산에너지사업자는 분산에너지특화지역 안에서 직접 전기사용자에게 전기를 공급할 수 있고, 부족한 전력 또는 남는 전력을 전기판매사업자와 거래
제46~55조	분산에너지 활성화를 위하여 각종 지원 사항을 마련하고, 분산에너지진흥센터 및 분산에너지지원센터의 지정

□ 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률

자원의 절약과 폐기물의 발생을 억제하기 위한 법률로서 재활용품, 1회용품 사용억제, 폐기물 부담금, 재활용가능자원의 분리수거, 분리배출표시, 폐기물배출자의 재활용 이행, 제조업자의 재활용 의무, 재활용부과금, 재활용제품 구매 등을 주요 내용으로 하고 있다. 폐기물관리법은 폐기물의 재활용 체계를 구축하는데 의의가 있다면 이 법은 폐기물 관리에 자원순환적 개념을 도입한 법이라는 의의가 있다.

<표 16> 자원재활용법의 주요내용

구분	내용
제25조5	고형연료제품 수입 또는 제조 신고를 하려는 자는 수입 또는 제조하려는 고형연료제품의 품질기준에 적합성 검사
제25조7	고형연료제품을 사용하려는 자의 허가사항

### (3) 예산군 조례 주요내용

앞서 살펴본 미이용 바이오매스의 활용과 관련한 예산군 자치법규는 10개가 되지 않는다. 상위법에 실행에 필요한 최소한의 조례만 갖춰있다고 평가할 수 있다. 가축분뇨 처리 및 활용을 위해서는 「예산군 가축분뇨 공공처리시설 관리운영 조례」, 「예산군 축산악취 저감 및 축산환경 개선 지원 조례」, 「예산군 축산업 육성 및 지원에 관한 조례」 등 3개의 조례가 제정되어 있다. 폐기물을 재활용하기 위한 조례는 「예산군 음식물 폐기물 수집·운반과 재활용 촉진 조례」, 「예산군 폐기물 관리에 관한 조례」 두가지 밖에 없으며, 온실가스 감축과 관련해서는 「예산군 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 조례」 하나이다. 그 외 「예산군 임업인 등의 육성에 관한 조례」, 「예산군 도시숲등의 조성 및 관리 조례」 등이 있지만 본 연구에서 다루는 분야와 직접적 관련성은 적다.

이렇게 볼 때 예산군 미이용 바이오매스와 관련한 자치법규는 모두 6개이다. 예산군의 거의 모든 생활계에서 배출되는 바이오매스의 관리와 적용, 보급 활성화를 위해서는 턱없이 부족함 상황이다. 특히 예산군은 바이오 에너지화 시설과 과수전정목을 포함한 미이용 바이오매스의 수거·관리·활용 체계가 없어 반드시 제도적 기반을 마련할 필요가 있다.

<표 17> 예산군 관련 조례의 주요내용

조례명	주요내용
예산군 가축분뇨 공공처리시설 관리 운영 조례	<ul style="list-style-type: none"> <li>○가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률에 따라 예산군 가축분뇨 공공처리시설의 관리 및 운영에 필요한 사항 규정</li> <li>○가축분뇨 저장시설 및 퇴비화시설을 설치하는 농가에 대하여는 설치비의 일부를 지원</li> </ul>
예산군 축산업 육성 및 지원에 관한 조례	<ul style="list-style-type: none"> <li>○축산악취저감 및 가축분뇨 자원화에 관한 사항</li> </ul>
예산군 축산악취 저감 및 축산환경 개선 지원에 관한 조례	<ul style="list-style-type: none"> <li>○축산악취 저감사업 지원               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 축산악취 방지시설의 신설·개선 및 시료 자동 채취 장치 설치</li> <li>2. 가축분뇨 악취저감제 사용</li> <li>3. 축산시설 악취관리 컨설팅</li> <li>4. 축산시설의 청결상태 유지를 위한 청소 등으로 증가된 폐기물·폐수 처리</li> <li>5. 그 밖에 군수가 축산악취 저감에 필요하다고 인정하는 사업</li> </ol> </li> <li>○축산악취 저감사업의 효율적 추진을 위하여 제1항에 따른 사업의 전부 또는 일부를 기관·단체 등에 위탁</li> </ul>

예산군 음식물류 폐기물 수집·운반과 재활용 촉진을 위한 조례	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 음식물류 폐기물을 사료·퇴비 등으로 자원화하는 시설을 적극 설치·운영</li> </ul>
예산군 폐기물 관리에 관한 조례	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐기물관리법, 시행령 및 시행규칙에서 위임된 사항과 그 시행에 필요한 사항을 규정</li> </ul>
예산군 임업인 등의 육성에 관한 조례	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 임업인 등의 소득증대 및 경영안정을 위하여 다음 각 호의 사업을 예산의 범위에서 지원</li> <li>○ 산림바이오매스(산림에서 생산된 목질 임산물을 말한다)를 에너지로 활용하는 난방시설의 설치사업과 산림바이오매스를 수집·유통·가공하는 사업</li> </ul>
예산군 도시숲 등의 조성 및 관리 조례	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가로수 관리업무, 가지치기 업무 위탁</li> </ul>
예산군 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 조례	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 온실가스 감축 목표의 설정, 2050탄소중립녹색성장위원회 설치·운영</li> <li>○ 신·재생에너지로의 에너지 전환 시책을 수립·시행</li> <li>○ 농업·축산 분야 온실가스 배출 감축</li> <li>○ 가축별 탄소 배출량·경제성 등 분석을 통해 축산분야 온실가스 감축과 가축분뇨 에너지화 시설 설치 확대를 위해 노력</li> <li>○ 탄소중립 지원센터의 설립·지정·운영</li> </ul>

#### (4) 제정이 필요한 조례의 주요내용

바이오매스 에너지화는 국가정책의 핵심분야 중 하나이고 농업부문 온실가스 감축을 위해서도 반드시 필요한 사업이므로 예산군은 적극적으로 제도적 기반을 마련해야 한다. 조례 제정 방향은 첫째, 바이오매스 원료는 대부분 유기성 폐기물이고 고체원료와 액체원료로 구분할 수 있으므로 이를 효율적으로 활용하기 위한 조례를 제정해야 한다.

둘째, 바이오매스 원료를 에너지화 하기 위해서는 원료의 체계적 수거와 관리가 절대적이므로 바이오에너지 보급활성화 및 관리체계에 관한 조례가 필요하다.

셋째, 상위법에서 폐기물로 분류되고 있는 과수전정목을 적극 활용한다는 계획이므로 조례를 통해 다른법에서 인정하는 내용을 종합적으로 반영하여 연구, 기술개발, 실용화 방안이 담긴 조례를 제정해야 한다.

넷째, 전력과 열을 동시에 활용하는 열병합 시설을 보급하여 시설원에 농가의 에너지 비용 절감을 목표로 하므로 열병합발전 및 시설농가 참여를 촉진하는 조례를 제정해야 한다.

□ 예산군 미이용 바이오매스 수집·운반과 에너지화 개발·이용·보급 촉진 조례(안)

구분	주요내용
제2조	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 농업 바이오매스 : 농작물과 농작물 재배과정에서 나온 부산물을 말하며, 「산림바이오매스에너지의 이용·보급 촉진에 관한 규정」 제2조 (산림청고시) 각 호에 따른 “미이용 산림바이오매스” 를 포함</li> <li>○ 농업 바이오매스 연료 : 농업 바이오매스를 원료로 사용해 제조된 연료</li> <li>○ 농업 바이오매스 에너지 : 농업 바이오매스 연료로 생산된 에너지</li> <li>○ 농업 바이오매스 기업 : 농업 바이오매스의 재배·생산·수집·가공·보관·운송·판매하거나 농업 바이오매스 연료의 제조·판매사업을 영위하는 법인, 개인사업자, 사회적경제 조직</li> <li>○ 청년 농업인 : 예산군에서 농업 바이오매스 활용 촉진을 위해 공개모집으로 선발한 청년(18세 이상 ~ 40세 미만)</li> </ul>
제5조	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 군수는 농업 바이오매스 에너지 활용 촉진을 위한 시책을 수립하여 추진</li> <li>○ 군수는 농업 바이오매스 기업 및 청년 농업인의 체계적 육성을 위하여 농업 바이오매스 재배·생산·유통 또는 농업 바이오매스 이용 시설의 설치를 지원</li> </ul>
제7조	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 매년 농업 바이오매스 연료의 생산·유통·소비 등을 포함하여 농업 바이오매스의 이용에 관한 실태조사를 실시</li> </ul>
제9조	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 농업 바이오매스 이용 협력체계 구축 및 원활한 운영을 위해 예산군 바이오매스 에너지 사업단 설치·운영</li> </ul>

□ 예산군 가축분뇨의 에너지화 및 이용 활성화 조례(안)

구분	주요내용
제2조	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 에너지화 : 가축분뇨를 이용해 에너지 연료로 변환하여 다시 이용하는 것</li> <li>○ 에너지 연료 : 가축분뇨를 이용해 생산된 고체연료 및 바이오가스</li> <li>○ 에너지화 시설 : 가축분뇨 에너지 연료의 생산·저장·공급시설</li> </ul>
제3조	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 군수는 지역의 특성을 고려하여 가축분뇨를 이용한 에너지화 활성화를 위한 세부시책을 수립, 추진</li> <li>○ 축산인·단체·기관은 가축분뇨의 수거·생산·저장·공급 등 에너지화에 자발적으로 참여 및 적극 협력</li> </ul>
제4조	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 군수는 예산군 가축분뇨의 에너지화 및 이용 활성화를 위한 시행계획을 5년마다 수립·시행</li> </ul>
제8조	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가축분뇨 고체연료 및 바이오가스의 소비촉진을 위하여 축산인·축산단체·축산기관에 대하여 열공급시설 및 전력생산시설 설치 등에 필요한 자금을 예산의 범위에서 보조 또는 융자 지원</li> </ul>
제9조	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가축분뇨 에너지화 및 이용 활성화 실적이 우수한 축산인·축산단체·축산기관 등에 대하여 가축분뇨 에너지 연료생산 및 유통설비 구축에 필요한 자금을 예산의 범위에서 보조 또는 융자 지원</li> </ul>



## 제3장 미이용 바이오매스 현황분석과 활용현황

### 개요

2022년 10월 기준 공공데이터포털 통계에 의한 예산군의 축산현황을 보면 1,634개의 축산업체가 등록되어 총 4,319,017마리를 사육하고 있는 것으로 조사되었다. 돼지는 227,531마리로 압도적으로 많이 차지하고 있으며, 소는 88,389마리(육우,한우,젖소), 그 외 4,003,097마리였다.

기초지자체를 기준으로 가축분뇨 발생량은 안성시가 가장 많이 배출되고 있다. 환경부 통계자료를 기준으로 보면 예산군이 우분을 가장 많이 배출하고 있고, 홍성군은 돈분 배출량이 가장 많은 것으로 나타났다. 또한 환경부 가축분뇨 처리량 자료에 의하면 발생량의 거의 대부분은 퇴비화로 처리되고 있다. 아쉽게도 축분에너지화 및 고체화 통계는 담겨있지 않아 확인할 수 없었다.

예산군의 미이용 산림바이오매스 인증량은 2020년에 5,832톤이었으며, 목재칩 생산가능량은 3,127톤으로 나타났다.

<표 21> 주요 지자체별 가축분뇨 발생량 및 미이용 산림바이오매스 인증량 비교

시군	가축분뇨 발생량 (ton/일, 2021년)			미이용 산림바이오매스 인증량 (ton/년, 2020년)	
	전체	소	돼지	인증량	생산가능량
안성시	4240	1663	1893	8355	5849
홍성군	3761	747	<b>2776</b>	1572	1100
정읍시	3513	1395	1514	973	685
화성시	3226	1671	1103	1844	1889
예산군	3193	<b>1799</b>	1103	5832	4127
제주시	2790	408	1885	-	-
음성군	1775	383	482	13,247	9589
논산시	1771	431	834	2055	1438
의성군	1336	621	417	-	-
서산시	1154	651	351	1122	764
청양군	884	422	237	9336	8654
청송군	263	78	153	-	-

2023년 기준 예산군의 과수농가는 모두 1,300개로 조사되었다. 과수농가 총 면적은 1261.5ha이었고, 생산량은 31,118톤으로 나타났다. 과수전정목 발생량은 통계가 없어 선행연구를 참고하여 추정치를 산출했다. 선행연구는 과수면적 81,000ha에서 1,411,000톤의 전정목이 발생한 것으로 나타났다. 이는 과수면적 1ha에서 17.4톤의 전정목이 발생한다는 것이므로 예산군의 과수전정목 발생량을 추정할 수 있다. 따라서 예산군에서 연료로 활용가능한 과수전정목 추정량은 연간 약 8,516톤이라는 상당히 많은 양으로 분석되었다(과수전정목중 활용이 가능한 38.8%를 반영한 수치임).

# 1. 국내 바이오매스 현황

## □ 바이오매스 에너지 잠재량 추정

한국에너지공단의 <2020 신재생에너지백서>에 따르면, 국내 바이오매스의 기술적 잠재량은 1,509만toe이다. 이는 2019년 재생에너지 생산량 1,554만toe와 거의 맞먹는 수준으로 원자력발전소 약 8기의 발전량에 해당한다. 기술적 잠재량 중 가장 비중을 차지하는 것은 우리나라 국토의 62.6% (2020년 기준, 산림과학원)를 차지하는 산림에서 배출되는 산림바이오매스로 9,850만toe이다. 통계에 포함되지 않거나 과소 산정된 경우를 고려하면 국내 바이오매스의 에너지 잠재량은 더욱 풍부하다. 커피찌꺼기(연 15만톤), 버섯폐배지(연 87만톤), 수산부산물(연 150만톤), 도축폐기물, 기타 농산 부산물 등은 통계에 미포함되었다.

하수슬러지, 음식물, 동식물잔재물, 가축분뇨 등 유기성 바이오매스의 발생량이 지속적으로 증가해오고 있다는 점을 감안하면 신재생에너지백서의 유기성 바이오매스의 에너지 잠재량은 더 크다고 할 수 있다.

<표 22> 국내 바이오매스 에너지 잠재량 (단위: toe/년)

구분	이론적 잠재량	기술적 잠재량	비고
임산	12,849,010	9,852,860	침엽수림, 활엽수림, 혼효림
농산	2,979,677	2,979,677	벼짚, 왕겨, 고춧대, 고구마줄기, 사과전정지, 포도전정지 등 17개 품목
축산	1,705,398	1,497,800	우분, 계분, 돈분 등
도시폐기물	1,143,227	759,788	음식물류 폐기물, 하수슬러지
<b>합계</b>	<b>18,677,312</b>	<b>15,090,125</b>	

(출처 : 2020 신재생에너지백서, 한국에너지공단)

## □ 유기성 폐자원 여건 분석

### 한국의 재생에너지원별 바이오가스 비중은 2.1%로 절대 부족

OECD 주요국의 재생에너지 발전량 비중은 나라마다 약간의 차이는 있지만 풍력발전과 수력발전이 가장 크며, 바이오가스 발전량도 큰 비중을 보이고 있다. 우리나라의 재생에너지원별 바이오가스 비중은 2.1%이다. 독일의 바이오가스 비중은 13.5%로 우리나라의 6.4배, 영국은 6.3%로 우리나라의 3배 수준으로 차이가 크다. 생산시설 보급량으로 살펴보면 한국 110개, 독일 8,980개, 이탈리아 1,000여 개로 압도적인 차이를 보이고 있다. 우리나라의

바이오가스 생산시설이 많이 부족하다는 것이다.

<표 23> 주요국 재생에너지 원별 발전량 비중(19년 기준)

구분	재생에너지 원별 발전량 비중(%)
덴마크	풍력(69.7), 바이오가스(2.7), 수력(0.1)
독일	풍력(51.6), 바이오가스(13.5), 수력(8.2)
영국	풍력(53.7), 바이오가스(6.3), 수력(5.0)
프랑스	수력(51.0), 풍력(30.7), 바이오가스(2.3)
미국	풍력(40.0), 수력(36.4), 바이오가스 (1.7)
일본	수력(43.7), 태양(40.2), 바이오가스(0.2)
한국	태양(46.1), 수력(9.8), 바이오가스(2.1)

### 유기성 폐자원 중 가장 큰 비중은 차지하는 것은 가축분뇨

우리나라 생활수준 향상과 함께 유기성 폐자원의 발생이 증가하고 있는데, 지난 10년간 총발생량 증가율은 14.7%로 보고되고 있다. 발생량 중 가장 큰 비중을 차지하는 것은 가축분뇨이다. 2019년 기준 총 발생량 6,537만톤 중에서 가축분뇨는 5,593만톤으로 전체 발생량중 86%를 차지한다. 그 다음으로 음식물류는 522만톤으로 전체의 8%, 하수찌꺼기는 422만톤으로 전체의 6% 비중을 나타내고 있다.

<표 24> 유기성 폐자원 발생량 (단위 : 만톤/년)



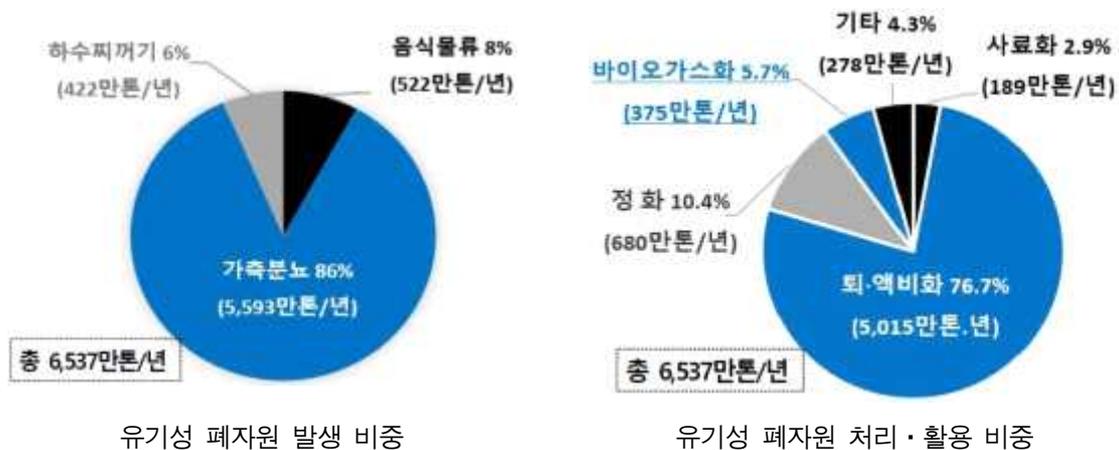
### 가축분뇨의 86.8%는 퇴액비화되고 에너지화는 1.6%만 활용

아쉬운 점은 선진국에 비해 에너지화 비율이 매우 낮다는 점이다. 우리나라는 유기성 폐자원의 5.7%만 바이오가스화(3.6억Nm<sup>3</sup>)에 이용되고 나머지 대부분은 퇴비화로 처리되기 때문이다. 세부적으로는 음식물 폐자원중 에너지화되는 비율은 12.5%이고, 사료화 36.2%, 퇴

비화 38.1%이다. 가축분뇨의 86.8%는 퇴액비화되고 에너지화는 1.6%만 활용되고 있다.

다만 하수찌꺼기는 에너지화 비율이 51.7%로 비에너지화 48.3% 보다 약간 상회하는 것으로 나타났다. 가축분뇨는 퇴액비화보다 에너지화로 활용하는 것이 환경적으로도 경제적으로도 이득이므로 보다 적극적인 정책수립으로 확대해 나가야 한다.

<표 25> 우리나라 유기성 폐자원 발생 비중 및 활용 비중 (2019년 기준)



<표 26> 2019년 유기성폐자원 처리 및 활용현황 (단위 : 만톤/년, %)

구분	계	사료화	퇴·액비화	정화	바이오가스화	기타(소각 등)
계	6,537 (100)	189 (2.9)	5,015 (76.7)	680 (10.4)	375 (5.7)	278 (4.3)
음식물류	522 (100)	189 (36.2)	199 (38.1)	-	65 (12.5)	69 (13.2)
가축분뇨	5,593 (100)	-	4,816 (86.1)	680 (12.2)	92 (1.6)	5 (0.1)
하수찌꺼기	422 (100)	-	-	-	218 (51.7)	204 (48.3)

### 바이오가스 생산량은 전체 발생원의 5.7% 수준으로 절대 부족

따라서 사료화, 퇴비화, 정화로 처리되는 94.3%의 유기성 폐자원을 에너지화로 확대하는 방안을 적극 추진해야 한다. 비록 바이오가스 생산량이 2010년 1.5억 Nm<sup>3</sup>에서 2020년 3.6억 Nm<sup>3</sup>으로 지난 10년간 2배 이상 증가했지만 전체 발생원의 5.7% 수준으로 절대적으로 부족하기 때문이다. 사료화는 감염병·동물복지 등의 문제가 있고, 생산된 사료도 수요처 적어 적치되거나 폐기되는 사례를 종종 찾아볼 수 있다. 가장 많이 처리되고 있는 퇴·액비화는 경작지 감소와 인식 부족 등으로 수요처가 부족한 상황이고, 불법투기 및 과다살포에 따른 2차적인 토양과 수질오염의 우려도 있다.

## □ 유기성 폐자원 바이오가스화 시설 현황

### 한국의 바이오가스화 공공시설은 110개소

2021년 기준 우리나라의 바이오가스화 공공시설은 총 110개소가 운영 중인 것으로 조사되었다. 이중 유기성 폐자원을 단독으로 활용하는 시설은 64개소이고, 음식물과 하수찌꺼기 등을 통합적으로 활용하는 시설은 46개소이다. 가축분뇨 처리시설은 모두 20개소이며, 단독처리시설은 5개소, 통합처리시설은 15개소이다. 폐자원 처리시설은 초기투자비가 많이 들고 경제성을 확보하기가 쉽지 않다는 특성으로 민간시설은 14개로 적은 편이다. 정부 차원의 과감한 투자의 중요성이 제시되는 대목이다.

여기서 하수처리시설 처리용량이 500 m<sup>3</sup>/일 이상이 되는곳은 698개소이며, 음식물 폐자원 처리시설중 바이오가스화 설비로 운영되는 곳은 공공 14개소와 민간 5개소를 합해 19개이다. 음식물 통합처리시설은 반입되는 폐자원 중 처리량이 많은 물질의 처리시설로 분류된 것이다. 예를들어 음식물 50, 가축분뇨 20, 하수슬러지 30의 시설인 경우 음식물통합처리시설로 분류된다.

<표 27> 우리나라 유기성 폐자원 처리시설 및 생산량 (21년 기준, 환경부)

		계 (괄호는 민간)	음식물 ※처리시설 : 401개소	가축분뇨 ※처리시설 : 105개소	하수슬러지 ※처리시설 : 698개소
시설수	전체	110 (14)	33 (5)	20 (9)	57 (-)
	단독	64 (5)	26 (2)	5 (3)	33 (-)
	통합	46 (9)	7 (3)	15 (6)	24 (-)
생산량 (m <sup>3</sup> /년)	전체	3억6,232만			
	단독	1억8,259만	1억1,243만 (31.0%)	92만 (0.3%)	6,924만 (19.1%)
	통합	1억7,973만 (49.6%)			

### 충청남도 공공처리시설 중 바이오가스를 생산하는 곳은 7개소

충남지역의 가축분뇨 공공처리시설은 12개소이다. 평균 처리용량은 하루 187톤이며, 작게는 하루 60톤에서 크게는 320톤까지 차이를 보이고 있다. 이중에서 바이오가스를 생산하는 시설은 7곳에 지나지 않는다.

<표 28> 충남지역 가축분뇨 공공처리시설 현황 (충청남도, 2022)

시군	준공	시설용량 (톤/일)	처리방법	운영방식	운영업체
천안	2010년	120	하수연계	위탁	(주)두현이엔씨, (주)에스엠엔지니어링
공주	2001년	250	고효율혐기성	위탁	(주)테크로스환경서비스

보령	2019년	230	BCS공법	위탁	보령시시설관리공단
아산	2013년	150	하수연계	위탁	(주)테크로스환경서비스
서산	2020년	320	바이오가스, 하수연계	위탁	EMC(환경시설관리)
논산	1996년	250	액상부식	위탁	(주)파이닉스알앤디, (주)서진산업
논산축협	2016년	150	바이오가스, 무방류	직영	논산계룡축협
당진	2017년	225	통합센터(BCS공법)	위탁	(주)건양기술공사, (주)두현이앤씨
금산	2011년	60	하수연계	위탁	EMC(환경시설관리), 용진환경(주)
금산		90	바이오가스, 하수연계	위탁	EMC(환경시설관리), 서진산업(주), 아라건설(주)
홍성	2015년	250	고효율혐기성	위탁	(주)두현이앤씨
예산	2017년	150	하수연계	위탁	(주)에코비트워터, (주)금강엔지니어링, (주)부경엔지니어링

### 충남지역은 7개소의 바이오가스 생산량은 1천만 Nm<sup>3</sup>/년

전국 110개소 처리시설에서의 바이오가스 생산량은 3.6억 Nm<sup>3</sup>/년이고, 전력생산량은 160 GWh/년, 소비량은 209 GWh/년이다. 연간 순소비량은 49 GWh/년이다. 충남지역은 7개소의 처리시설에서 0.1억 Nm<sup>3</sup>/년의 바이오가스를 생산하여, 이중 발전에 사용되는 바이오가스는 619만 Nm<sup>3</sup>/년이다.

<표 29> 광역시도별 바이오가스 현황 (환경부, 2022.6)

시도	시설수 (개소)	가축분뇨 발생량 (톤/일)	가스생산량 (만Nm <sup>3</sup> /년)	가스 이용량 (만Nm <sup>3</sup> /년)					단순소각 (만Nm <sup>3</sup> /년)
				계	자체이용	발전	가스 외부공급	스팀 공급 등	
계	110	142,155	36,232 (100%)	30,161 (83.2%)	11,363 (31.4%)	4,985 (13.8%)	10,011 (27.6%)	3,800 (10.5%)	6,071 (16.8%)
서울	5	1	6,077	5,565	1,816	95	1,868	1,787	512
부산	4	58	1,761	1,375	615	0	728	32	387
인천	4	294	2,962	2,931	1,917	388	625	0	32
대구	5	543	2,334	1,651	736	248	667	0	682
대전	2	133	1,854	1,598	308	0	1,290	0	256
광주	4	69	1,533	1,320	538	0	782	0	213
울산	3	756	2,262	2,173	53	0	985	1,135	89
세종	1	1,123	62	19	19	0	0	0	43
경기	21	24,656	7,354	4,915	2,571	688	1,338	318	2,439
강원	7	7,431	1,336	1,136	226	651	259	0	200
충북	7	9,197	1,489	1,236	486	237	512	0	253
충남	7	25,011	1,015	971	68	619	284	0	41
전북	10	16,556	2,170	1,864	491	691	258	424	305
전남	6	18,751	240	225	37	169	1	18	15
경북	9	21,243	1,101	992	372	592	0	28	109
경남	12	12,632	2,320	1,976	1,017	486	414	58	345
제주	3	3,701	365	214	93	121	0	0	151

□ 바이오가스화 시설현황

<표 30> 2021년도 바이오가스화 시설 세부현황 (환경부)

연번	시도	시군	시설명	시설용량 (톤/일)	바이오가스 생산·이용현황(천Sm <sup>3</sup> /년)			
					계	자체이용	외부 공급, 판매	기타 단순소각
총계			110개소	96,284	375,002	202,071	115,648	57,284
음식물(소계)			25개소	5,463	109,119	56,189	31,506	21,424
1	서울	동대문구	동대문환경자원센터	98	3,055	1279	0	1,775
2	서울	송파구	송파구음식물자원화시설	515	4,292	3554	0	738
3	부산	강서구	생곡음식물자원화시설	200	2,724	1524	1,200	0
4	대구	서구	상리음식물처리시설	300	9,581	292	5,567	3,722
5	인천	연수구	환경공단음식물자원화시설	50	239	28	0	211
6	인천	서구	수도권침출수처리장	770	16,600	11,349	5,244	7
7	인천	서구	수도권음폐수바이오가스	500	10,749	10,749	0	0
8	광주	서구	광주환경공단제2음식물자원화시설	258	2,834	2463	0	371
9	광주	광산구	광주광역시제1음식물자원화시설	120	1,609	1546	0	63
10	대전	유성구	대전바이오에너지센터	400	10,715	236	8,319	2,160
11	경기	의정부시	의정부시음식물자원화시설	150	3,324	0	233	3,091
12	경기	평택시	평택에코센터	210	6,510	2320	0	4,190
13	경기	동두천시	동두천시환경사업소	484	2,640	17	2,623	0
14	경기	남양주시	별내클린센터	31	799	771	0	28
15	경기	화성시	화성동탄2크린에너지센터	160	1,693	609	975	109
16	충북	청주시	유기성폐기물에너지화시설	200	4,280	971	3,299	10
17	충북	충주시	음식물바이오에너지센터	80	2,555	188	1,683	683
18	충북	제천시	제천자원관리센터(음폐수)	52	431	385	0	45
19	전북	전주시	전주종합리싸이클링타운	300	14,629	10,693	0	3,936
20	전북	군산시	호기성.혐기성분해시설	180	4,202	4202	0	0
21	전남	여수시	여수바이오가스화시설	55	704	28	634	42
22	경북	안동시	폐자원바이오가스화시설	120	2,492	2492	0	0
23	경남	진주시	진주시음식물공공처리시설	110	501	475	0	26
24	경남	김해시	음폐수바이오가스화시설	100	1,854	0	1,729	126
25	경남	밀양시	음식물하수병합처리시설	20	107	18	0	89
가축분뇨(소계)			3개소	380	1,081	1,031	0	49
1	충남	홍성군	농업회사법인 성우농장	110	402	402	0	0
2	경남	양산시	양산(축분)바이오가스열병합발전소	70	612	612	0	0
3	제주	제주시	제주시가축분뇨공공처리장	200	67	17	0	49
하수슬러지(소계)			28개소	16,510	50,441	30,921	7,183	12,338
1	서울	강남구	물재생시설공단탄천센터	2,863	8,383	7167	0	1,216
2	부산	남구	부산환경공단남부사업소	1,167	4,469	1711	0	2,757
3	대구	서구	대구환경공단달서천사업소	878	788	788	0	0
4	대구	서구	대구환경공단북부사업소	693	1,401	1401	0	0
5	대구	달서구	서부공공하수처리시설	1,376	3,376	2347	866	164
6	인천	연수구	인천환경공단승기사업소	562	82	82	0	0

연번	시도	시군	시설명	시설용량 (톤/일)	바이오가스 생산·이용현황(천Sm <sup>3</sup> /년)			
					계	자체이용	외부 공급, 판매	기타 단순소각
7	대전	유성구	대전하수처리장	1,981	8,136	2742	4,246	1,148
8	경기	의정부시	의정부공공하수처리시설	374	2,127	1857	0	270
9	경기	평택시	평택장당공공하수처리시설	453	1	1	0	0
10	경기	평택시	평택통복공공하수처리시설	208	748	68	0	679
11	경기	고양시	일산수질복원센터(고양)	1250	2,790	2507	0	283
12	경기	과천시	과천시환경사업소	52	479	144	0	335
13	경기	이천시	하수처리장에너지자립화시설	200	809	13	0	795
14	경기	화성시	수원공공하수처리시설	785	2,224	1302	0	923
15	강원	강릉시	강릉공공하수처리시설	307	253	156	0	97
16	충북	청주시	청주시신재생에너지공정	240	3,989	3497	0	491
17	충북	충주시	충주시환경수자원본부	438	1,290	545	0	745
18	충북	옥천군	옥천공공하수처리시설	77	211	211	0	0
19	충남	아산시	아산공공하수처리시설	236	689	610	0	79
20	전북	정읍시	정읍공공하수처리시설	107	316	316	0	0
21	전북	완주군	삼례공공하수처리시설	40	12	12	0	0
22	전남	여수시	여수공공하수처리시설 에너지자립화사업	20	280	100	0	180
23	전남	순천시	순천공공하수처리시설	610	1,182	669	0	513
24	경북	김천시	김천하수처리장소화조	263	557	378	0	179
25	경북	영천시	영천하수처리장	100	27	27	0	0
26	경북	경산시	경산공공하수처리시설	152	548	548	0	0
27	경남	창원시	창원시하수도사업소덕동물재생센터	685	2,951	877	2,071	2
28	제주	제주시	제주하수처리장	393	2,323	842	0	1,481
통합(소계)			53개소	45,931	209,740	109,440	76,959	23,340
1	서울	성동구	중량물재생센터	6,800	24,474	16,477	7,538	459
2	서울	강서구	서남물재생센터	4,602	16,676	4118	12,201	358
3	부산	동래구	부산환경공단동부사업단	1,680	5,450	2756	2,267	428
4	부산	사하구	부산환경공단서부사업단	1,754	5,650	2346	3,303	0
5	대구	북구	신천공공하수처리시설	1,378	8,838	4006	2,812	2,020
6	광주	서구	광주제1하수처리장	1,752	10,229	1308	7,841	1,080
7	광주	광산구	광주제2하수처리장	290	535	482	0	53
8	울산	남구	주식회사	490	11,968	11,968	0	0
9	울산	남구	울산남구음식물쓰레기하수병합처리시설	420	10,449	511	9,297	641
10	울산	울주군	울산온산바이오에너지센터(혐기성분해시설)	150	1,910	1778	0	133
11	세종	세종	세종수질복원센터A및크린에너지센터	350	925	704	0	221
12	경기	성남시	성남수질복원센터	2,700	3,204	2831	0	373
13	경기	안양시	안양시박달하수처리장바이오발전사업	3,157	5,865	4372	0	1,493
14	경기	부천시	굴포공공하수처리시설	2,787	10,394	5659	3,562	1,173
15	경기	안산시	안산시공공하수처리장	740	6,119	5303	0	816
16	경기	고양시	고양바이오매스에너지시설	260	6,828	333	5,861	634
17	경기	고양시	서울특별시난지물재생센터	3,557	15,251	3236	5,059	6,957
18	경기	구리시	구리하수처리장	714	1,375	1043	0	333
19	경기	파주시	축분혼합공공처리시설(파주)	80	154	154	0	0
20	경기	포천시	포천시바이오가스제1플랜트	362	1,035	828	0	208
21	경기	연천군	연천가축분뇨에너지화시설	98	982	982	0	0

연번	시도	시군	시설명	시설용량 (톤/일)	바이오가스 생산·이용현황(천Sm <sup>3</sup> /년)			
					계	자체이용	외부 공급, 판매	기타 단순소각
22	강원	춘천시	춘천공공하수처리시설	660	2,683	2593	0	91
23	강원	원주시	원주공공하수처리장	271	1,550	1550	0	0
24	강원	원주시	바이오메탄지동차연료화시설(원주)	220	5,812	3275	1,221	1,316
25	강원	속초시	강원속초음식물하수병합처리시설	275	1,548	109	1,384	54
26	강원	홍천군	홍천가축분뇨자원화시설	100	1,165	0	826	339
27	충북	제천시	제천시환경사업소	338	1,145	1,116	0	29
28	충남	아산시	바이오에너지	950	8,777	1,773	7,004	0
29	충남	서산시	자원순환형바이오가스화시설	320	2,062	69	1,830	162
30	충남	논산시	논산계룡축협자연순환센터	150	1,866	1,686	0	180
31	충남	청양군	영농조합법인 칠성에너지	233	1,941	863	0	1,078
32	충남	홍성군	농업회사법인	95	1,217	1,217	0	0
33	전북	군산시	군산공공하수처리장	450	2,387	0	2,387	0
34	전북	익산시	익산공공하수처리시설	356	1,348	726	0	622
35	전북	정읍시	농업회사법인	250	2,099	1,399	701	0
36	전북	남원시	남원음식물바이오가스화시설	71	914	587	0	327
37	전남	나주시	나주공공하수처리장	955	94	94	0	0
38	전남	고흥군	고흥군환경순환형가축분뇨공공처리시설	90	447	438	0	8
39	전남	보성군	가축분뇨공공처리시설	78	126	126	0	0
40	경북	안동시	안동하수처리장	175	804	804	0	0
41	경북	영천시	영천유기성폐기물광역에너지화시설	260	3,871	3,871	0	0
42	경북	문경시	문경시하수도사업소	234	1,092	816	0	276
43	경북	칠곡군	구미하수처리장	1,520	1,072	1,072	0	0
44	경북	울진군	환경순환형가축분뇨병합처리바이오가스화시설	60	804	793	0	11
45	경남	창원시	창원MH혐기성분해시설	720	3,915	3,915	0	0
46	경남	진주시	진주공공하수처리시설	604	2,180	2,180	0	0
47	경남	사천시	삼천포공공하수처리시설	552	804	616	0	188
48	경남	김해시	장유맑은물순환센터	403	1,668	322	1,208	139
49	경남	김해시	화목공공하수처리시설	525	2,302	834	660	809
50	경남	양산시	양산시바이오가스화시설	130	1,640	1,640	0	0
51	경남	양산시	에너지자립화시설	545	1,843	1,762	0	81
52	경남	창녕군	바이오가스플랜트	95	1,266	1,014	0	252
53	제주	서귀포시	바이오발전소	125	988	988	0	0
기타(소계)			1개소	28,000	4,622	4,490	0	132
1	대전	대덕구	대전공장 혐기성시설	28,000	4,622	4,490	0	132

## 2. 예산군 축산분뇨 발생 및 처리현황

### (1) 축산농가 및 사육두수 현황

#### 충청남도에서는 홍성군이 가장 많이 가축을 사육하고, 예산군은 4번째

2023년 충청남도 시군별 주요 가축 점유율 및 점유순위 자료에서 한육우, 젓소, 돼지를 기준으로 정리해 보면, 충청남도 전체에서 14,580개 농가에서 3,017,401 마리를 사육하고 있다. 15개 시군중 가장 많이 사육하고 있는 곳은 홍성군으로 2,090개 농가에서 682,469 마리를 사육하고 있으며, 그 다음은 당진시가 1,126개 농가에서 353,251 마리를 사육하고 있다. 예산군은 1,625개 농가에서 302,959 마리를 사육하고 있어 4번째로 많이 사육하는 것으로 나타났다.

#### 돼지는 홍성군이 가장 많이 사육하며, 예산군은 4번째

바이오가스화 시설이 우선적으로 필요한 돼지를 기준으로 보면, 홍성군이 316개 농가에서 614,940 마리로 가장 많이 사육하고 있으며, 2위는 당진시로 120개 농가에서 312,410 마리를 사육하고 있다. 예산군 돼지 사육 규모는 충청남도 15개 시군 중 4위로 96개 농가에서 238,629 마리를 사육하고 있다.

한육우는 홍성군이 1,711개 농가에서 63,332 마리로 가장 많이 사육하고 있고, 예산군이 2위로 1,402개 농가에서 55,889 마리를 사육하고 있다. 젓소는 천안시가 1위로 182개 농가에서 12,154 마리를 사육하고 있으며, 예산군은 127개 농가에서 8,441 마리를 사육하고 있어 4번째로 많은 분포를 보이고 있다. 종합하면 예산군은 충청남도에서 4번째로 많이 가축을 사육하고 있지만 7개의 바이오가스화 시설은 타 시군이 보유하고 있다는 점이다.

<표 31> 충청남도 시군별 주요 가축 점유율 및 점유순위 (2023. 6, 충청남도)

시군별	한육우				젓소				돼지			
	농가수	두수	점유율	점유순위	농가수	두수	점유율	점유순위	농가수	두수	점유율	점유순위
합계	12,493	456,767	100%		1,023	65,251	100%		1,064	2,495,383	100%	
천안시	660	39,764	8.7%	4	182	12,154	18.6%	1	76	211,715	8.5%	5
공주시	1,693	51,113	11.2%	3	42	3,035	4.7%	7	60	131,064	5.3%	9
보령시	760	32,996	7.2%	6	56	5,379	8.2%	5	106	294,751	11.8%	3
아산시	616	20,082	4.4%	11	176	8,454	13.0%	3	74	149,614	6.0%	7
서산시	932	32,569	7.1%	7	51	2,629	4.0%	9	25	61,914	2.5%	10
논산시	753	28,310	6.2%	10	51	2,191	3.4%	10	100	198,389	8.0%	6
계룡시	10	210	0.0%	15	-	-	0.0%	15	-	-	0.0%	15
당진시	890	30,073	6.6%	9	116	10,768	16.5%	2	120	312,410	12.5%	2

시군별	한육우				젓소				돼지			
	농가수	두수	점유율	점유순위	농가수	두수	점유율	점유순위	농가수	두수	점유율	점유순위
금산군	253	10,037	2.2%	13	11	1,630	2.5%	12	12	37,093	1.5%	12
부여군	1,060	38,126	8.3%	5	61	2,809	4.3%	8	32	145,015	5.8%	8
서천군	511	14,430	3.2%	12	31	1,137	1.7%	13	10	25,794	1.0%	13
청양군	927	31,518	6.9%	8	19	708	1.1%	14	29	53,408	2.1%	11
홍성군	1,711	63,332	13.9%	1	63	4,197	6.4%	6	316	614,940	24.6%	1
<b>예산군</b>	<b>1,402</b>	<b>55,889</b>	<b>12.2%</b>	<b>2</b>	<b>127</b>	<b>8,441</b>	<b>12.9%</b>	<b>4</b>	<b>96</b>	<b>238,629</b>	<b>9.6%</b>	<b>4</b>
태안군	315	8,318	1.8%	14	37	1,719	2.6%	11	8	20,647	0.8%	14

### 예산군은 4,396농가에서 4,185,536 마리를 사육

한편 예산군에서 사육되고 있는 모든 가축 현황자료를 살펴보면, 4,396개 농가에서 총 4,185,536 마리를 사육하고 있다. 가장 많이 사육하고 있는 가축은 닭으로 221개 농가에서 2,936,132 마리로 전체의 70%를 차지하고 있다. 바이오가스에 활용되는 유기성 폐기물을 배출하는 한육우와 젓소, 돼지를 합하면 전체의 7.2%인 1,625개 농가에서 302,959 마리를 사육하고 있는 것으로 나타났다.

<표 32> 2023년 예산군 축산농가 현황 (단위 : 호, 두, 수, 군)

축종	농가	마릿수	비율(%)
계	4,396	4,185,536	100
한육우	1,402	55,889	1.3
젓소	127	8,441	0.2
돼지	96	238,629	5.7
닭	221	2,936,132	70.1
말	7	45	0.0
염소	107	4,638	0.1
사슴	13	422	0.0
토끼	22	224	0.0
개	2,203	5,360	0.1
오리	4	26	0.0
칠면조	2	8	0.0
거위	6	21	0.4
메추리	1	900,000	21.5
꿀벌	176	15,332	0.4
관상조	1	2	0.0
타조	1	2	0.0
지렁이	6	20,356	0.5
기러기	1	9	0.0

(출처 : 예산군이 제공한 2023년 상반기 가축통계를 재정리)

### 예산군에서 신암면에서 가장 많은 가축을 사육

예산군 읍면별 가축사육 분포도 중요하다. 바이오매스 에너지화 시설의 입지를 점칠 수 있기 때문이다. 표 33에서 보는 바와 같이 4개의 축종(한육우, 젓소, 돼지, 닭)을 기준으로 보면 신암면이 109개 농가에서 868,333마리를 사육하여 예산군 12개 읍면중에서 가장 많은 사육두수를 보이고 있다. 2위는 오가면으로 233개 농가에서 534,832마리를 사육하고 있다. 3위는 고덕면으로 246개 농가에서 521,373마리를 사육하고 있다.

### 오가면은 3개 축종(한육우, 젓소, 돼지)을 가장 많이 사육

바이오가스 연료로 활용 가능한 3개의 축종(한육우, 젓소, 돼지)을 기준으로 파악하면 오가면이 24%, 신암면이 15%, 고덕면 14%의 비중을 차지하고 있다. 오가면은 209개 농가에서 73,692마리를 사육하고 있고, 신암면은 90개 농가에서 45,795마리를, 고덕면은 240개 농가에서 43,653마리를 사육하고 있다. 한편 한육우, 젓소, 돼지 3개의 축종만을 대상으로 파악하면 오가면과 신암면이 전체의 약 40%를 차지하고 있어 바이오가스 에너지화 시설을 도입할 경우 우선적으로 추진해야 할 지역이 어디인지를 간접적으로 제시하고 있다.

<표 33> 축종별 사육두수 (단위 : 호, 마리)

축종	한육우		젓소		돼지		닭		합계		
	농가수	두수	농가수	두수	농가수	두수	농가수	두수	농가수	두수	순위
예산읍	19	303	1	9	2	3,740	42	53,505	64	57,557	9
삽교읍	157	6,049	19	1,702	3	3,144	31	437	210	11,332	10
대술면	127	7,761	5	112	10	16,309	8	438,432	150	462,614	4
신양면	199	7,336	9	645	5	13,592	12	115,705	225	137,278	7
광시면	188	5,064	15	925	7	22,975	4	250,128	214	279,092	5
대흥면	39	1,264	2	45	2	8,720	28	471	71	10,500	11
응봉면	64	2,071	7	253	4	5,160	33	318	108	7,802	12
덕산면	98	2,675	5	351	12	22,331	11	200,138	126	225,495	6
봉산면	74	2,305	7	345	6	4,633	3	115,600	90	122,883	8
고덕면	183	8,056	46	3,303	11	32,294	6	477,720	246	521,373	3
신암면	70	3,058	9	629	11	42,108	19	822,538	109	868,333	1
오가면	184	9,947	2	122	23	63,623	24	461,140	233	534,832	2

(출처 : 예산군이 제공한 2023년 상반기 가축통계를 재정리)

## (2) 2021년 축산분뇨 발생량(단위: 톤/일)

### □ 광역시도별 축산분뇨 발생량

#### 충청남도의 돼지 분뇨 발생량은 총 발생량 대비 21%로 전국 최대

전국에서 가장 많이 가축분뇨를 배출하는 광역시도는 충청남도이다. 충청남도는 전체 가축분뇨 발생량 중 17.6%를 배출하고 있으며, 그 다음으로 경기도가 17.3%의 가축분뇨 발생비율을 보이고 있다. 돼지 분뇨의 발생량은 총 발생량 대비 21%로 충청남도가 타지역에 비해 압도적으로 많다.

<표 32> 광역시도별 축산분뇨 발생량 (공공데이터 포털, 2021)

구분	총합계	한육우	젓소	말	돼지	양·사슴	닭·오리	개	타조	가금기타
합계	142,155	46,676	12,765	240	56,570	271	22,439	1,292	0	1,904
서울시	1		0	0		0				
부산시	58	14	10	0	21	0	12	0		
대구시	294	175	28	1	61	0	26	3		
인천시	543	271	82	1	57	1	62	19		50
광주시	133	52	15	1	43	1	19	2		0
대전시	69	58		1	5	0	4	1		
울산시	756	494	30	2	178	0	43	8		
세종시	1,123	344	115		424	1	227	12		0
경기도	24,656	4,343	5,188	55	9,777	17	4,156	407	0	713
강원도	7,431	3,415	632	5	2,476	14	766	47		77
충청북도	9,197	3,193	565	1	2,967	45	1,935	151	0	339
<b>충청남도</b>	<b>25,011</b>	<b>6,363</b>	<b>2,540</b>	<b>7</b>	<b>11,716</b>	<b>30</b>	<b>4,020</b>	<b>151</b>		<b>185</b>
전라북도	16,556	5,494	914	15	6,545	32	3,477	80		
전라남도	18,751	7,940	861	6	6,326	60	3,466	88		3
경상북도	21,243	9,933	919	7	7,220	42	2,632	128	0	361
경상남도	12,632	4,064	699	8	6,306	27	1,340	29	0	158
제주도	3,701	522	166	130	2,448	1	251	165		19

### □ 충청남도 시군별 축산분뇨 발생량

#### 예산군은 우분 발생량이 가장 많고, 홍성군은 돈분 발생량이 가장 많음

2021년 기준 공공데이터 포털 통계자료에 의하면 충청남도 시군중 가축분뇨를 가장 많이 배출하는 시군은 홍성군이다. 홍성군은 하루 가축분뇨 발생량은 3,761톤이며, 2위는 예

산군으로 3,193톤이다. 전체 가축분뇨 발생량 중에서 돼지 분뇨 발생량이 가장 많은 곳은 홍성군으로 전체 11,716톤 중에서 2,776톤의 발생량을 보이고 있다. 예산군은 한육우와 젓소의 분뇨발생량이 가장 많다. 충청남도의 한육우와 젓소의 총 분뇨 발생량은 하루 8,903톤이고, 예산군은 하루 1,799톤이 발생하고 있다. 이는 충청남도 전체의 20%를 차지한다.

<표 33> 2021년 기준 충청남도 시군별 축산분뇨 발생량 (톤/일, 공공데이터 포털)

구분	총합계	한육우	젓소	말	돼지	양·사슴	닭·오리	개	타조	가금기타
합계	<b>25,011</b>	6,363	2,540	7	11,716	30	4,020	151		<b>185</b>
천안시	<b>2,569</b>	519	350	1	1,045	4	530	12		108
공주시	<b>2,061</b>	824	143	0	858	1	216	15		4
보령시	<b>2,304</b>	311	141		1,449	1	403			
아산시	<b>1,710</b>	381	454	1	566	3	263	14		29
서산시	<b>1,154</b>	556	95	2	351	2	142	5		1
논산시	<b>1,771</b>	357	74	0	834	3	452	18		34
계룡시	<b>3</b>	3						1		
당진시	<b>2,707</b>	376	312	0	1,463	2	540	12		0
금산군	<b>412</b>	121	41	0	146	2	89	12		0
부여군	<b>1,730</b>	462	81	0	690	5	479	13		0
서천군	<b>496</b>	183	31	0	102	3	166	11		0
청양군	<b>884</b>	400	22	0	237	2	219	4		0
홍성군	<b>3,761</b>	612	135	0	2,776	1	216	20		0
<b>예산군</b>	<b>3,193</b>	<b>1,185</b>	<b>614</b>	<b>1</b>	<b>1,103</b>	<b>2</b>	<b>265</b>	<b>15</b>		<b>8</b>
태안군	254	73	46	0	95		39	1		

□ 예산군 읍면별 축산분뇨 발생량

**고덕면에서 가장 많이 발생, 돈분과 우분은 오가면이 가장 많이 배출**

예산군에서 가축분뇨 배출량이 가장 많은 읍면은 고덕면으로 하루 571톤의 가축분뇨를 배출하고 있다. 이는 젓소를 많이 키우고 있기그 다음으로 많은 곳은 오가면으로 하루 558톤의 가축분뇨가 발생되고 있다. 그렇지만 한육우와 돼지 분뇨 발생량만을 기준으로 보면 오가면이 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 오가면의 한육우의 분뇨 발생량은 전체의 18.5%인 하루 220톤이 발생되며, 돼지분뇨 발생량은 하루 309톤으로 전체 발생량의 28%를 차지하고 있다.

<표 34> 2021년 예산군 읍면별 가축분뇨 발생량 (톤/일, 공공데이터 포털)

읍면동	합계	한옥우	젖소	말	돼지	양·사슴	닭·오리	개	타조	가금기타
예산읍	23	5	2	0	14	0	2	0	0	0
삼교읍	275	134	117	0	17	0	5	1	0	0
대술면	328	135	67	0	73	0	50	3	-	-
신양면	280	152	42	0	62	1	21	2	0	0
광시면	314	118	89	0	90	0	17	1	0	0
대흥면	79	32	5	0	41	0	1	1	0	0
응봉면	95	51	15	0	26	0	3	0	0	0
덕산면	175	46	21	1	102	0	5	0	0	0
봉산면	95	48	20	0	18	0	8	1	0	0
고덕면	571	168	201	0	134	0	59	2	0	8
신암면	400	74	29	0	218	0	78	1	0	0
오가면	558	220	8	0	309	1	17	3	0	0
합계	3,193	1,185	614	1	1,103	2	265	15	0	8

### (3) 2021년 축산분뇨 처리량(단위: 톤/일)

#### □ 광역시도별 축산분뇨 처리량

##### 전체 처리량 중 약 70%는 자가시설에서 퇴비화

충청남도에서 발생하는 축산분뇨 발생량과 처리량은 동일하다. 이는 대부분의 가축분뇨가 처리시설을 통해 재활용되거나 정화방류된다는 것을 의미한다. 전체 처리량 하루 142,155톤 중에 극히 적은 소량만 미처리될 뿐이다. 처리방법은 정화방류, 퇴비화, 액비화, 바이오가스화, 고형연료화로 이뤄진다. 전체 처리량 중 약 70%는 자가시설에서 퇴비화로 처리되는데, 에너지화 및 고체연료화 통계는 제공되지 않아 정확한 수치를 확인할 수 없었다. 전국 광역시도별 축산분뇨 처리량 통계에 의하면 충청남도는 발생량 통계와 동일하게 처리량 또한 가장 많다.

<표 35> 2021년 광역시도별 축산분뇨 처리량 (톤/일, 공공데이터 포털)

구분	총합계	자가처리					위탁처리				미처리
		정화방류	퇴비화	액비화	바이오에너지	가축분뇨고체연료	공공처리시설	공동처리시설	재활용신고자	가축분뇨처리업자	
총합계	142,155	7,274	100,326	6,709			10,591	582	16,243	372	57
서울시	1		0						0		
부산시	58						3				
대구시	294		292						2		
인천시	543	6	508				25		3		

광주시	133		94	11			1		27		
대전시	69		65						4		
울산시	756		687	22			39		7		
세종시	1,123	51	656	79			85		252		
경기도	24,656	1,279	17,595	517			2,362		2,779	97	27
강원도	7,431	648	5,332	634			384	48	354		30
충청북도	9,197	365	6,985	74			734		1,039		
<b>충청남도</b>	<b>25,011</b>	<b>2,666</b>	<b>16,672</b>	<b>1,449</b>			<b>1,828</b>	<b>98</b>	<b>2,216</b>	<b>82</b>	
전라북도	16,556		11,592	523			1,164		3,219	58	
전라남도	18,751	219	14,136	803			823	13	2,757		
경상북도	21,243	1,518	15,921	1,092			1,558	84	1,058	12	
경상남도	12,632	391	8,165	1,146			1,346	339	1,197	48	
제주도	3,701	130	1,570	359			240		1,329	74	

□ 충청남도 시군별 축산분뇨 처리량

마찬가지로 충청남도 시군별 축산분뇨 처리량도 발생량과 동일하다. 홍성군이 가장 많고, 예산군이 두 번째이다.

<표 36> 2021년 충청남도 시군별 축산분뇨 처리량 (톤/일, 공공데이터포털)

구분	총합계	자가처리					위탁처리				미처리
		정화방류	퇴비화	액비화	바이오 에너지	가축분뇨 고체연료	공공 처리시설	공동 처리시설	재활용 신고자	가축분뇨 처리업자	
<b>충청남도 소계</b>	<b>25,011</b>	2,666	16,672	1,449			1,828	98	2,216	82	
<b>천안시</b>	<b>2,569</b>	<b>388</b>	<b>1,716</b>	<b>55</b>			<b>229</b>		<b>181</b>		
공주시	2,061		1,556	12			185		307		
보령시	2,304		1,206	752			119	4	216	7	
아산시	1,710	500	925	1			75		209		
서산시	1,154	12	895	181			65		1		
논산시	1,771	72	961	40			514	0	184		
계룡시	3		3								
당진시	2,707	307	1,621	163			281		335		
금산군	412	34	256	6			98		19		
부여군	1,730	303	1,198				3		226		
서천군	496		389	34					72		
청양군	884		731	28					125		
홍성군	3,761	987	2,407	17			65	92	118	76	
<b>예산군</b>	<b>3,193</b>	<b>9</b>	<b>2,666</b>	<b>134</b>			<b>194</b>	<b>1</b>	<b>190</b>		
태안군	254	54	141	26				1	33		

□ 예산군 읍면동별 축산분뇨 처리량

**예산군 가축분뇨의 84%는 퇴비화 처리**

예산군 읍면별 가축분뇨 처리량은 하루 3,193톤으로 발생량과 동일하다. 전체 처리량의 88%인 2,809톤은 자가시설에서 처리되고 있으며, 공공처리시설과 가축분뇨 처리업자 등에 위탁하여 처리되는 양은 전체 처리량의 12%인 386톤이다.

앞서 제시한 통계에서 확인했듯이 전국적으로 가축분뇨의 퇴비화 처리 비율이 높다. 충청남도 15개 시군의 퇴비화 처리 비율은 평균 70%이다. 반면 예산군은 바이오가스 시설이 없는 관계로 퇴비화 비율이 84%로 충청남도 평균치보다 많이 높은 편이다.

<표 37> 2021년 예산군 읍면별 축산분뇨 처리량 (톤/일, 공공데이터포털)

읍면동	합계	자가처리					위탁처리				미처리
		정화방류	퇴비화	액비화	바이오 에너지	가축분뇨 고체연료	공공처리 시설	공동처리 시설	재활용 신고자	가축분뇨 처리업자	
예산읍	23	0	10	0	0	0	5	0	9	0	0
삽교읍	275	0	264	2	0	0	6	0	3	0	0
대술면	328	0	277	0	0	0	38	0	12	0	0
신양면	280	0	243	2	0	0	9	0	27	0	0
광시면	314	2	268	10	0	0	9	1	25	0	0
대흥면	79	0	45	16	0	0	10	0	10	0	0
응봉면	95	0	82	0	0	0	4	0	8	0	0
덕산면	175	0	116	18	0	0	25	0	16	0	0
봉산면	95	0	82	8	0	0	3	0	1	0	0
고덕면	571	0	490	44	0	0	25	0	12	0	0
신암면	400	3	363	4	0	0	19	0	11	0	0
오가면	558	3	427	30	0	0	41	0	57	0	0
합계	3,193	8	2,667	134	0	0	194	1	191	0	0

### 3. 예산군 목질계 바이오매스 발생 및 이용현황

#### □ 충청남도 행정구역별 산림면적 및 임목축적

#### 예산군 산림의 임목축적은 충남에서 가장 높은 137.56 m<sup>3</sup>/ha로 우수한 숲을 보유

충청남도의 산림면적은 821,399ha로 전국의 8.2%를 차지하고 있으며 산림률은 49.68%이다. 충청남도에서 산림면적이 가장 큰 곳은 공주시로 86,420ha의 면적을 갖고 있다. 예산군은 15개 시군중 10번째에 해당하는 54,257ha로 약 6.6%의 면적을 차지하며, 산림률은 43.24%이다. 반면 산림면적당 나무의 양이라 할 수 있는 임목축적은 예산군이 137.56 m<sup>3</sup>/ha로 조사되어 충청남도에서 가장 우수한 숲을 보유하고 있는 것으로 조사되었다. 이는 가용할 수 있는 산림바이오매스 잠재량이 많다는 것이고, 에너지화 추진에 긍정적 영향을 미칠 것으로 보인다.

<표 38> 2020년 충청남도 행정구역별 산림면적 및 임목축적

행정구역	국토면적(ha)	산림면적(ha)	임목축적(m <sup>3</sup> )	산림율(%)	평균 임목축적(m <sup>3</sup> /ha)
전국	10,029,535	6,334,615	924,809,875	63.16	145.99
대전광역시	53,935	29,928	4,390,910	55.49	146.72
세종특별자치시	46,487	25,288	3,391,797	54.40	134.13
충청남도	821,399	408,040	53,918,343	49.68	132.14
천안시	63,614	32,630	4,291,210	51.29	131.51
공주시	86,420	60,530	8,003,026	70.04	132.22
보령시	56,940	33,969	4,375,565	59.66	128.81
아산시	54,224	18,887	2,597,445	34.83	137.53
서산시	74,119	30,142	4,101,435	40.67	136.07
논산시	55,475	22,676	3,055,339	40.88	134.74
계룡시	6,027	4,003	536,796	65.93	134.10
당진시	70,416	22,230	2,865,209	31.57	128.89
금산군	57,714	40,698	5,472,044	70.52	134.45
부여군	62,418	31,964	4,298,670	51.21	134.48
서천군	35,808	15,018	1,874,418	41.94	124.81
청양군	47,921	30,710	3,973,229	64.08	129.38
홍성군	44,398	19,174	2,451,123	43.19	127.84
예산군	54,257	23,462	3,227,360	43.24	137.56
태안군	51,603	21,947	2,795,474	42.53	127.37

□ 미이용 산림바이오매스 현황

**2020년 충청남도의 미이용 산림바이오매스 수집량은 81,034톤**

산림청이 집계한 2020년도 전국 미이용 산림바이오매스 인증서 발급내역을 확보하여 자체 분석하였다. 충청남도의 미이용 산림바이오매스 수집량은 전국의 14.9%에 해당하는 81,034톤으로 조사되었다. 수집량 중에서 목재칩이나 목재펠릿으로 생산가능한 양은 14.5%인 57,062톤으로 나타났다. 충청남도에서 수집된 양을 기준으로 생산가능량은 70.4%이며, 이중 96.4%를 목재펠릿으로 생산가능한 것으로 조사되었다.

<표 39> 2020년 광역시도별 미이용 산림바이오매스 현황

2020년	수집량(톤)	생산가능량(톤)	시도별 비율	시도별 수집량 대비 생산가능량비율	생산가능량 대비 목재펠릿비중	생산가능량 대비 목재칩비중
강원도	97760.83	68674.065	17.5%	70.2%	98.0%	2.0%
경기도	48161.1	36245.8925	9.2%	75.3%	60.3%	39.7%
경상남도	34745.16	25198.708	6.4%	72.5%	99.2%	0.8%
경상북도	120123.53	90458.4495	23.0%	75.3%	57.4%	42.6%
대구광역시	3144.95	2640.03	0.7%	83.9%	5.9%	94.1%
대전광역시	2046.67	1432.675	0.4%	70.0%	100.0%	0.0%
부산광역시	13695.64	9621.222	2.4%	70.3%	97.9%	2.1%
세종특별시	3665.97	2566.18	0.7%	70.0%	100.0%	0.0%
울산광역시	18317.49	13541.244	3.4%	73.9%	68.4%	31.6%
전라남도	15228.06	10659.623	2.7%	70.0%	100.0%	0.0%
전라북도	17509.68	12426.739	3.2%	71.0%	92.2%	7.8%
<b>충청남도</b>	<b>81034.11</b>	<b>57062.466</b>	<b>14.5%</b>	<b>70.4%</b>	<b>96.4%</b>	<b>3.6%</b>
충청북도	88777.32	62752.028	16.0%	70.7%	94.5%	5.5%
계	544210.51	393279.322	100.0%	72.3%	82.7%	17.3%

(출처 : 2020년도 전국 미이용산림바이오매스 인증서 발급 내역)

**2020년 예산군의 미이용 산림바이오매스 수집량은 3,291톤**

예산군의 2018년 미이용 산림바이오매스 수집량은 356톤이었고, 2019년 수집량은 두배가 넘는 838톤이다. 표 40에서 보여지듯이 2020년 예산군에서 수집된 미이용 산림바이오매스의 양은 63.91ha의 산림면적에서 총 4,638톤이었다. 이중에서 목재연료로 활용가능한 양은 수집량의 66.6%인 3,291톤으로 나타났다. 미이용 산림바이오매스 인증제도가 시작된 2018년을 기준으로 보면 3년만에 10배나 증가하였음을 알 수 있다. 이렇게 볼 때 일정한 기간 동안 수집량이 증가할 것으로 보인다.

<표 40> 2020년 예산군 미이용 산림바이오매스 인증량

시군	수집면적(헥타)	계	침엽수(톤)	활엽수(톤)	목재연료 생산가능량
예산군	15.21	895.90	667.95	227.95	627.13
		109.57	85.75	23.82	76.70
예산군	6.30	196.50	70.14	126.36	137.55
예산군	2.80	197.92	181.56	16.36	138.54
예산군	3.60	487.30	408.96	78.34	341.11
예산군	6.30	367.03	130.73	236.30	256.92
예산군	5.30	296.05	45.45	250.60	251.64
예산군	7.00	648.77	325.08	323.69	454.14
예산군	3.50	238.27	76.32	161.95	166.79
예산군	9.00	830.43	460.74	369.69	581.30
예산군	4.90	369.98	350.46	19.52	258.99
계	63.91	4,637.72	2,803.14	1,834.58	3,290.81

□ 예산군 읍면별 목질계 바이오매스 원료 생산현황(장작, 목재칩, 목재펠릿)

**2022년 목질계 바이오매스 생산량은 5,155톤이고, 주로 응봉면과 대술면에서 생산**

예산군에서 제공한 2019년부터의 자료를 분석해보면 목질계 바이오매스는 주로 장작이 었으나 2021부터는 목재칩과 목재펠릿의 생산량이 급증한 사실을 알 수 있다. 장작은 2019년 1,182톤이 생산되었으나 이후 2년간 생산량이 급감하였다가 2022년에 1,095톤으로 비슷한 생산량을 되찾았다. 목재칩은 2021년 3,059톤, 2022년 2,572톤이 생산되었다. 목재펠릿은 2021년에 541톤이 생산되었고, 2022년에는 1,488톤으로 약 3배이상 증가하였다. 주로 응봉면과 대술면에서 생산되고 있는 점이 특징이다.

<표 41> 예산군 읍면별 목질계 바이오매스 원료 생산현황 (출처 : 예산군)

읍·면	목재칩(톤)				목재펠릿(톤)				장작(재적m³)			
	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
계	0	0	3,059	2,572	0	0	541	1,488	1,182	922	255	1,095
예산읍			330	95			-	-	314	431	-	-
삽교읍			-	409			-	-	-	-	-	-
대술면			680	281			401	569	-	187	-	-
신양면			573	294			-	157	868	-	-	24
광시면			277	47			-	-	-	-	-	-
대흥면			-	21			-	225	-	-	-	47
응봉면			1,144	720			140	-	-	-	255	1,024
덕산면			-	342			-	-	-	-	-	-
봉산면			55	363			-	280	-	304	-	-

고덕면			-	-			-	-	-	-	-	-
신암면			-	-			-	257	-	-	-	-
오가면			-	-			-	-	-	-	-	-

#### 4. 예산군 바이오에너지 이용사례 및 현황

##### 예산군 바이오에너지 관련 이용 사례는 찾아볼 수 없음

예산군 축산업 분야에서 바이오에너지를 사용하고 있는 사례는 찾을 수 없었다. 2021년 기준으로 97개 농가로 구성된 예산군 한돈협회가 있지만 바이오가스 또는 고품연료를 활용하는 농가를 찾지 못했다. 40여개의 농가로 구성된 예산양돈영농조합도 바이오가스 도입사례를 찾아볼 수 없었다. 예산읍 궁평리에 1만5000t 규모의 액비발효 및 저장조, 폐수 무방류 시스템으로 가축분뇨 공동자원화시설이 가동되고 있지만 아쉽게도 바이오에너지 기술이 적용되지 않았다. 예산군 가축분뇨 공공처리시설도 마찬가지이다. 예산군에서 바이오에너지 관련 사업이 없다는 현실은 축산농가 및 기업이 진출하는데 영향을 끼쳤을 것이며, 이로 인해 바이오에너지 기업은 찾을 수 없다.

다만 바이오매스로 범위를 넓혀보면 관련 기업 현황을 찾아볼 수 있었다. 예산군 홈페이지에 등록된 생산제품을 기준으로 보면 대표적으로 예산군 산림조합과 예산군한돈협회, 예산양돈영농조합이 있다. 이외에도 목재재활용 및 펄프업종으로 등록된 기업이 12개가 있다.

<표 42> 예산군 바이오매스 연관 기업체 현황 (출처 : 예산군 홈페이지)

업체명	주소	생산제품
예산군 산림조합	예산군 역전로125번길 30-9	목재 및 특정목적 제재용 제조업
협성임업사	예산군 고덕면 예덕로 812	폐목재 재활용 처리업
(주)해피코리아	예산군 삼교읍 산단3길 51	목재,펄프,섬유
(주)엔터상사	예산군 대술면 가마고개로 292	목재,펄프,섬유
(주)케이씨리버텍	예산군 오가면 좌분양막로 382-5	목재,펄프,섬유
이안	예산군 응봉면 응봉로 105-63	목재,펄프,섬유
조흥물류	예산군 봉산면 금치1길 16	목재,펄프,섬유
(주)자연목재	예산군 고덕면 예덕로 1008	목재,펄프,섬유
(주)이테크	예산군 신암면 황금뜰로 735-3	목재,펄프,섬유
프린스페이퍼(주)	예산군 오가면 예산산업단지로 76	목재,펄프,섬유
메이플제지(주)	예산군 오가면 예산산업단지로 67-12	목재,펄프,섬유
문화직물주식회사	예산군 삼교읍 산단2길 149	목재,펄프,섬유
햄프셔 공업사	예산군 흥덕서로 886	농업 및 임업용 기계 제조업

한편 충남지역의 목재칩 생산업체는 총 7개로, 대부분이 폐기물로 분류되는 Bio-SRF와 재생칩을 취급하고 있다. 이중엿 1개 업체가 순수 목질계 바이오매스를 사용하여 펄프용 목재칩을 생산하고 있었으며, 연간 약 60,000톤을 생산하고 있다. 예산군에서 목재칩을 생산하는 협성임업사가 있었지만 확인해 본 결과 몇 년전부터 생산을 중단한 상태라고 한다.

<표 43> 충남지역 목재칩 생산업체 (출처 : 예산군 홈페이지)

업체명	주소	생산제품	연간 생산량
지씨테크(주)공주공장	충남 공주시 이인면 주봉리 511-9	Bio SRF	약 30,000
(주)우림	충남 금산군 금성면 두곡리 69-1	Bio SRF	약 5000
계룡우드(주)	충남 논산시 연산면 사포리 471-1	Bio SRF / 재생칩	약 30,000
유림이엔지	충남 아산시 둔포면 송용리 48-1	재생칩	약 20,000
협성임업사	충남 예산군 고덕면 오추리 602-9	재생칩	약 10,000
(주)보민환경	충남 청양군 비봉면 강정리 112-9	입목폐기물	

## 5. 예산군 시설원에 현황 및 과수 전정가지 발생량

예산군은 전국에서 유명한 사과 브랜드를 생산하는 지역으로 과수농가에서 배출되는 전정가지량이 무시 못할 수준이다. 과수 전정가지는 발열량이 우수하지만 법적으로 폐기물로 분류되고 있어 연구개발을 통해 활용방안을 적극 찾아야 하는 현실이다. 뿐만아니라 전체 농업분야에서 배출되는 바이오매스는 그 잠재량이 매우 크다는 점을 국내외 선행연구에서 쉽게 찾아볼 수 있다. 본 연구에서 과수농가의 전정가지 바이오매스를 주목하는 것은 바로 위와 같은 이유에서다. 특히 시설원에 농가의 높은 에너지 비용을 지출하고 있는 현실은 어제오늘의 이야기가 아니므로 지역에서 배출되는 농업부산물을 에너지 연료로 활용하는 연구와 사업은 적극적으로 모색되어야 한다. 상당부분 버려지는 과수 전정가지를 연료로 재활용하여 시설농가의 에너지로 사용할 수 있다면 비용적 측면은 물론 폐기물 재활용, 농업분야 온실가스 감축 등 부가적인 편익까지 상당하기 때문이다.

### □ 예산군 시설원에 현황

#### 예산군 시설원예농가는 1,938개, 재배면적은 921ha

우선 예산군 읍면별 시설원예농가 현황을 살펴보면, 2022년 기준 1,938곳의 농가가 등록되어 있으며 시설면적은 총 921ha로 조사되었다. 시설원예 면적은 거의 변동이 없으며, 농

가수는 점차적으로 감소하는 추세이다. 반면 생산량은 2019년 56,579톤에서 2022년 84,039톤으로 해마다 조금씩 증가하고 있다.

### 예산군 가온시설 면적은 전체의 30.4%인 280ha로 추정

선행연구에 따르면 가온 재배를 하는 시설 면적은 30% 수준에 이르며, 유류가 약 90% 수준이다. 특히 시설재배 농가의 전체 경영비 중에서 난방비가 차지하는 비중은 약 30~50% 수준으로서 시설농가 경영 여건에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 농림축산식품부에 의하면 시설원예 농가를 대상으로 2013년 7월 중 조사한 결과, 전체 45,900ha의 시설 가운데 무가온이 69.6%인 31,900ha, 나머지 30.4% 약 14,000ha가 가온 시설로 나타났다(홍성구, 2015). 이 연구결과를 예산군 시설재배농가에 반영하면 무가온 641ha, 가온 면적은 280ha로 추정할 수 있다.

### 가온시설 면적 중 유류난방을 하는 농가는 85%인 238ha로 추정

위 연구에서 유류를 난방에 이용하는 농가는 가온 농가의 85%인 11,900ha로 나타났다. 따라서 예산군 가온시설 면적 280ha중에서 85%인 238ha에서 유류 난방을 하고 있는 것으로 볼 수 있다. 가온면적이 해마다 급증하고 있는 현실을 감안한다면 실제로는 추정 면적보다 훨씬 클 것으로 예상된다. 시설재배 면적이 가장 넓은 신암면과 오가면의 시설농가의 에너지 비용이 그만큼 부담이 클 것으로 보인다.

<표 44> 예산군 읍면별 시설원예 현황 (출처 : 예산군)

	2019			2020			2021			2022		
	시설면적 (ha)	농가수 (명)	생산량 (t)	시설면적 (ha)	농가수 (명)	생산량 (t)	시설면적 (ha)	농가수 (명)	생산량 (t)	시설면적 (ha)	농가수 (명)	생산량 (t)
합계	922.2	1987	56,578	926	1,990	80,709	919.5	1,952	83,238	921.7	1,938	84,039
예산읍	294.4	418	17,545	296.6	418	39136	295.4	418	39158	296.2	419	39,364
삽교읍	61.1	97	690	66.6	100	2298	61.3	100	2298	61.3	100	2,194
대술면	22.8	59	878	23.1	59	833	23.1	59	833	23.1	59	880
신암면	49.5	49	3,719	41.5	49	3642	41.5	49	3642	41.5	48	3,636
광시면	19.2	65	674	19.2	65	660	19.2	65	660	19.2	65	660
대흥면	14.5	41	982	14.5	41	982	14.5	41	982	14.5	41	1,004
응봉면	14.7	22	158	14.7	25	7	16.7	25	7.6	16.7	25	7.6
덕산면	5.9	12	161	6.7	12	161	6.7	12	163	6.7	12	243
봉산면	25.5	189	805	25.9	185	385	22.9	185	397	22.9	185	407
고덕면	47.6	399	643	48.1	400	986	49.1	401	986	49.4	402	1,632
신암면	192.6	441	23,115	193.2	441	24393	193.2	402	26887	194.3	402	26,799
오가면	174.4	195	7,206	175.9	195	7223	175.9	195	7223	175.9	180	7,211

※ 소수점 이하 반올림 또는 삭제

## □ 예산군 과수전정가지 발생량

### 과수면적 1ha당 1년에 141만 1천 톤의 전정가지가 발생

과일나무는 대기 이산화탄소를 고정하여 생체 내 저장하는 탄소 흡수 역할을 한다. 연구 결과에 따르면 사과 과수원은 1ha당 연간 4.4톤의 이산화탄소를 저장한다. 2020년 기준 우리나라 사과 과수원 면적이 3만 2천ha임을 감안하면 우리나라 사과 과수원에서 연간 14만 톤의 이산화탄소를 흡수한다고 볼 수 있다. 이는 42만 배럴(barrel, bbl)의 휘발유를 사용할 때 발생하는 양이다. 하지만 2017년 이후 우리나라 과수원 면적이 감소하고 있어 과수원에서의 탄소 흡수 역할을 증대시키기 위한 새로운 방책이 필요하다. 이때 생각해 볼 수 있는 것이 가지치기 후 남은 가지이다. 과수원에서는 과수의 광합성을 증가시켜 과실의 수량을 증대하기 위해 가지치기(전정)를 한다. 우리나라 과수원에서는 1ha당 1년에 141만 1천 톤의 전정가지가 발생하는 것으로 추정된다(박현태, 2008).

<표 45> 과수 바이오매스의 에너지 발생 (출처 : 농촌경제연구원, 2007)

부산물	단위중량당 열량 (kcal/kg)		단위면적당 열량 (kcal/m <sup>3</sup> )	바이오매스 에너지량	
	건조	함수(율)		재배면적(천ha)	부존량(toe)
사과	4,599	2,933 (32.8)	6,268	27	169,225
배	4,532	2,702 (35.1)	3,811	22	83,840
포도	4,486	3,176 (22.9)	4,743	22	104,344
복숭아	4,601	3,599 (24.1)	2,098	15	31,465

### 사과 전정가지의 발열량이 가장 높지만 약 60%는 주로 퇴비화되는 현실

발생하는 전정가지의 42.5%는 퇴비로 사용되며, 28.7%는 땔감, 25.0%는 소각, 3.8%는 방치되는 것으로 알려져 있다. 이 중 소각하거나 방치하는 것은 전정가지 내 탄소를 그대로 대기 중에 배출하는 행위라고 할 수 있다(박현태, 김연중, 2007). 따라서 버려지는 전정가지를 잘 활용하여 토양 내 탄소를 저장하거나 에너지화 할 수 있도록 관련 사업이 활성화할 필요가 있다. 과수의 경우 단위면적당 열량과 과수 재배면적을 기준으로 전국의 과수 바이오매스 에너지량을 석유환산톤으로 계산한 결과, 사과가 169천toe로 가장 많고 포도, 배, 복숭아 순으로 나타났다. 과수 바이오매스인 전정된 가지는 잔가지의 경우 파쇄하여 퇴비로 사용하며 굵은가지는 원형의 상태로 땔감에 주로 사용하나 과수원 내에 방치하는 경우도 있다. 농가 활용실태는 잔가지 기준으로 퇴비화 61.2%, 방치, 소각, 땔감 38.8%으로 분석되었다(박현태, 2008).

**예산군 과수 재배면적은 1261.5ha, 과수전정가지 발생량은 연간 8,516톤**

2023년 기준 예산군의 과수농가는 모두 1,300개로 조사되었다. 과수농가 총 면적은 1261.5 ha이었고, 생산량은 31,118톤으로 나타났다. 과수전정목 발생량은 통계가 없어 농촌경제연구원의 선행연구를 참고하여 추정치를 산출했다. 선행연구는 과수면적 81,000ha에서 1,411,000톤의 전정목이 발생한 것으로 나타났다. 이는 과수면적 1ha에서 17.4톤의 전정목이 발생한다는 것이므로 예산군의 과수전정목 발생량을 추정할 수 있다. 따라서 예산군에서 연료로 활용가능한 과수전정목 추정량은 연간 약 8,516톤이라는 상당히 많은 양으로 분석되었다. 이 수치는 과수전정목중 연료로 활용이 가능한 38.8%를 반영한 수치이다.

$$\begin{aligned}
 & \text{예산군 과수 재배면적} \times 1 \text{ ha당 전정목 발생량} \times \text{활용가능량} \\
 & = 1261.5\text{ha} \times 17.4\text{톤} \times 38.8\% \\
 & = 8,516.6\text{톤}
 \end{aligned}$$

<표 46> 예산군 과수전정목 발생량 추정

	사과			배			복숭아			합계		
	농가수	면적(ha)	생산량(톤)	농가수	면적	생산량	농가수	면적	생산량	농가수	면적	생산량
예산군	972.0	1024.8	26271.0	241.0	210.1	4566.9	87.0	26.6	266.9	1300.0	1261.5	31104.8
오가면	203.0	229.2	5920.0	50.0	55.5	1300.0	5.0	4.5	40.0	258.0	289.2	7260.0



## 제4장 국내·외 미이용 바이오매스 동향 및 운영사례

### 1. 국외 동향 및 사례

2000년에 6% 수준에 머물렀던 독일의 재생에너지 점유율은 2020년 46%까지 올라가면서 독일의 가장 중요한 전력원이 되었다. 에너지전환의 핵심이라 할 수 있는 에너지 공급정책의 기조는 연료·운송·난방에 필요한 화석연료의 수입으로부터 독립을 추구하였다. 바이오매스는 기체·액체·고체 상태로 열과 전기를 공급하고, 고질화된 바이오 연료(바이오디젤, 바이오가스 등)의 재료로 사용되고 있다. 2018년 독일의 바이오가스 시설은 총 9000여 개에 달할 정도로 보급이 활성화되었다. 특히 전기부문보다 열(난방) 부문과 산업 및 교통부문에 상당 부분 에너지가 소비되고 있음을 알 수 있으며, 이는 바이오에너지로 대체할 수 있는 상당한 시장 잠재력을 암시한다.

독일이 위와 같이 변화한 것은 바이오매스가 농촌지역에서 효율적인 자원순환을 기대할 수 있는 방안이고, 날씨에 영향을 받는 풍력이나 태양광 발전과는 달리 지속적인 발전이 가능하다는 인식이 확고하기 때문이다.

#### (1) 독일 바이에른 주 복합바이오에너지 운영사례

##### □ Dornhausen 마을 사례

연혁	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2011년 인근마을 Wachstein의 축산농가 14개가 조합 결성하고 1기의 바이오가스 시설을 운영하기 시작</li> <li>○ 2012년 1.5km 열배관을 설치해 Dornhausen 일부 가구가 열공급을 받고 있었음.</li> <li>○ 2017년 2월 마을 열공급사업 확대 논의</li> <li>○ 2018년 8월 Nahwaerme Dornhausen eG 설립</li> <li>○ 2019년 12월 완공하여 2020년부터 운영시작</li> </ul>
바이오가스 설비구성	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 발전출력 : 550kW</li> <li>○ 열출력 : 650kW</li> <li>○ 연간 난방출력 : 2,100MWh</li> <li>○ 축열조 : 40,000리터</li> <li>○ 열배관 : 3,455m(주관) + 2,216m(지관)</li> </ul>

에너지생산 개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 피크난방부하 : 665kW</li> <li>○ 총 생산에너지 : 1,950,000kWh(100%)</li> <li>○ 손실 : 328,000kWh(14%)</li> <li>○ 총 공급에너지: 2,278,000kWh(100%)</li> <li>○ 목재칩에너지 : 178,000kWh(8%)</li> <li>○ 바이오가스 폐열 : 2,100,000kWh(92%)</li> <li>* 목재칩 가격: 3.2cent/kWh 또는 25유로/m3</li> </ul>
열공급사업 운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 열수요처: 53개</li> <li>○ 열배관: 3,846m(주관1,866+지관1,980)+1,389m(바이오가스 폐열)</li> <li>○ 열원: 300kW(바이오가스 폐열)+500kW(목재칩 보일러)</li> <li>○ 연간 열생산량 : 1.530MWh</li> <li>○ 축열조 : 40,000리터(중양)</li> <li>○ 연간 등유 절감량 : 158,000리터 (461톤 이산화탄소)</li> <li>○ 1일 전기 사용량 : 5~7kWh(펌프)</li> <li>○ 연료단가 25유로/m3, (2.3센트/kWh)</li> <li>○ 연료는 보통 6미터 정도 저장</li> <li>○ 열판매가격 : 12센트/kWh</li> </ul>

#### □ 슈템프 호텔 열병합발전소 사례

독일 바이에른 주 파사우 지역에 위치한 슈템프 호텔은 난방과 온수공급을 위해 기존 보일러를 2013년 목재칩 보일러(400kW)로 교체하였다. 2014년에는 가스피케이션 방식의 목재칩 열병합 발전설비(30kW)를 설치하였다. 설비 도입으로 인한 효과가 높아 2020년에는 70kW 발전용량의 열병합 발전설비를 추가로 설치하기도 했다. 이 호텔은 80여개 객실과 25m 길이의 실외수영장, 12m 길이의 온수풀장이 있으며, 스파시설과 사우나실도 운영하고 있다. 100kW급 열병합 발전시설은 연중 8,400시간 정도 안정적으로 가동하고 있으며, 목재칩 보일러는 겨울철 및 예비발전용으로 사용 중이다.

가스피케이션 열병합 발전설비에 약 80만유로(10억원)을 투자하였으며, 열병합설비에서 발생하는 열을 온수와 난방으로 공급하고 있다. 생산된 전기는 자체적으로 소비하는 양(3~5kWh)을 제외하고 모두 kW당 22센트(약 300원)에 판매하여 수익을 창출하고 있다.

연료공급 방법은 인근 산주 등으로부터 원목을 구매하여 호텔에서 직접 목재칩으로 파쇄하여 사용하고 있다. 원목 구입가격은 약 15유로(2만원 내외)/m<sup>3</sup>이며, 파쇄업체에 4유로(5,500원)/m<sup>3</sup>의 파쇄비용을 지불하여 목재칩을 생산한다. 목재칩 생산비용은 톤당 10만원~11만원으로 우리나라보다 저렴하다. 생산된 목재칩은 연료저장고에 저장하고, 발전기 폐열을 이용하는 자체 건조기를 통해 건조한다. 이렇게 건조된 목재칩은 함수율과 상태별로 따로 보관하여 적절히 섞어서 사용하고 있다.

호텔 전경 및 수영장



목재를 활용한 로비



열병합발전시설 및 연료 저장창고



열병합발전시설



<그림 3> 독일 바이에른 주 슈템프 호텔

## (2) 오스트리아 소형 열병합발전 마을 사례

오스트리아 남동부 버클리게 벨트(Bucklige Welt)에 위치한 마을로 지난 2019년 열병합발전소 사업계획을 수립하고, 2020년 초에 설비를 완공하였다. 2020년 중반부터 마을내 열공급사업을 시작하여 현재 450가구 건물에 열공급을 하고 있다.

마을 열병합발전소는 가스피케이션 방식의 70kWh 발전설비 5기로 총 350kWh의 열병합 발전을 가동중이다. 비상상황 및 겨울철 피크 난방부하를 대비해 250kWh급 목재칩 보일러 2대를 추가로 설치되었다. 두 설비 도입에 약 400만유로(약 55억원)이 투자되었다.

생산된 열은 마을전체에 열과 온수 등을 공급하는데 사용하며, 생산된 전기는 약 22센트(약 300원)/kWh에 판매하여 수익을 창출하고 있다. 열공급 주 배관은 직선거리로는 2.5km이며, 지관 길이를 포함한 전체 배관연결 거리는 약 26km에 달한다. 또한 마을에서 약 1.5km 떨어진 곳에 위치한 이전부터 운영하던 3MW 용량의 목재칩 발전소가 있기도 하다.

인력운영은 평상시 1명이 모든 시스템을 관리운영하고 있으며, 필요시에만 2~3명이 교대로 근무하는 방식이다. 연료공급 인근의 바이오매스센터에서 선별되어 판매되는 목재칩을 연간 약 3,000톤 정도 구매하여 사용 중이다. 목재칩을 구입해서 사용하는 이유는 연료의 품질이 중요하기 때문이라고 한다. 목재칩 구입 가격은 평균적으로 톤당 154유로(21만원)

이며, 함수율 5% 내외의 고품질 목재칩을 사용하고 있는 점이 특징이다. 목재칩 저장고는 약 800m<sup>3</sup>의 목재칩을 저장할 수 있는 크기이다. 적정규격 이외의 목재칩은 따로 분류하여 필요시 목재칩 보일러에 사용한다.

열병합발전소

열병합발전기(70kWh×5대)



예비용 목재칩 보일러(250kWh×2대)

연료저장고 및 공급장치



<그림 4> 오스트리아 마을 열병합발전

### (3) 일본 나가노현 바이오매스 열병합발전 운영사례

#### □ 나가노현 이즈미노시 2MW 열병합발전 및 스마트농장

일본 에어워터는 최근 바이오매스 발전을 통해 전기와 열, 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 유용에너지로 공급하는 삼중 열병합발전소를 준공하고, 본격 가동중에 있다. 나가노현 아즈미노시 바이오매스에너지센터에 49kW급 40여기(2MW)를 설치한 것이다. 수요에 따라 35kW급 설비를 최대 4MW까지 병렬로 확대 설치할 수 있다는 설비 장점이 있다.

운영자는 주식회사 에어워터로 160억원을 투자하여 독일 설비인 Spanner사의 발전기를 도입하였다. Spanner사의 45kW 가스피케이션 발전기 40대가 설치되었고, 발전출력은 1,960kW이다. 2020년 4월 1일부터 상업운전을 시작하였으며, 연료는 미이용 바이오매스로 연간 25,000톤을 사용하고 있다.



<그림 5> 나가노현 바이오매스에너지센터 전경

주요 수익구조는 전력발생량은 전량 판매하고, 열병합발전소 바로옆에 스마트농장을 건설하여 토마토를 생산하고 있다. 이를 통해 CO2 감축량을 인정받아 연간 8억원의 부가적 수익을 창출하고 있다. 이 시설의 전체적인 경제성을 보면 모든 지출액은 연간 62억원이고, 전력판매 수익 70억원과 토마토 판매수익 40억원 등 연간 수익은 118억원으로 매년 56억원의 흑자 운영중이다.

<표 47> 나가노현 이즈미노시 바이오매스에너지센터 수익

	지출	수입
경제성	연료비 15억원(13,500톤×11만원)	매전비 70억원
	인건비 24억원(8인×3,000만원)	(16,600MWh×420,000원)
	에너지 2억원(160kWh×8,300h)	CO <sub>2</sub> 감축인정 8억원
	유지보수 4억원	열판매
	(16,600MWh×25,000원)	33,300 MWh의 50%
	스마트팜 운영 15억원	토마토판매 40억원
	기타 2억원(법인세, 보험 등)	2,000톤×2,000,000원
	<b>계 62억원</b>	<b>계 118억원</b>

#### □ 사가미하라시 바이오가스 플랜트 사례

2019년 일본에는 총 85MW 내외의 바이오가스 플랜트 221기가 가동 중이다. 독일 등 유럽국가와 비교하면 적은 편이다. 일본에서 바이오가스 산업은 아직 개발이 덜 된 상태이지만, 일본 정부는 제6차 전략 에너지 계획과 바이오매스 산업화 전략과 같은 전략으로 바이오매스 기술의 길을 열어 왔다. 일본가스협회에 따르면, 2030년까지 도시가스 판매에

합성 메탄을 1% 도입하고 2050년에는 90%까지 확대해 일본 전역에 메탄화를 구현하는 것을 목표로 하고 있다.

일본의 바이오가스 플랜트 중 눈여겨 볼만한 사례는 가나가와현 사가미하라에 위치한 530kWe 용량의 사가미하라 바이오가스 전력(사가미하라 BCP) 발전소를 들 수 있다. 2023년 8월 초부터 돼지 분뇨와 음식물 쓰레기를 재생가능한 전기로 전환하여 지역 전력망에 전기를 공급하기 시작했다. 이 발전소는 전기 판매로 연간 200억 엔(약 1만 달러)을 초과하는 수익을 달성할 것으로 예상된다. 돼지 분뇨는 인근 돼지 사료 공장인 JFEC에서 공급되며 혐기성 소화를 통해 연간 190만 Nm<sup>3</sup>의 바이오가스가 생산된다. 이를 통해 연간 4,500 MWh의 전기를 생산하고, 연간 5,200 MWh의 열을 공급하고 있다(renewable energy magazine, 2023).

이 시설의 대지면적은 총 2,127m<sup>2</sup>이다. 내부에는 500m<sup>2</sup>의 공장동과 저장탱크, 1568m<sup>3</sup> 크기의 바이오가스 발효탱크 2기, 528kWe 용량의 발전기 1대, 그리고 러지 탈수기 및 건조기 등으로 구축되어 있다. 운영인력은 5명이다.



<그림 6> 가나가와현 사가미하라 Biogas Power (<https://www.sbp.co.jp/>)

## 2. 국내 동향 및 사례

### (1) 전북 완주군 휴양림 목재칩 열공급사업 운영사례

전북 완주군 고산면 고산휴양림에 조성된 열공급시설은 산림바이오매스를 연료로 사용하는 휴양시설이다. 사업비 73억이 투입된 전국 최초의 산림바이오매스타운으로 2017부터 가동을 시작했다. 숙박시설 52개, 야영장 89개, 부대시설 15개에 목재칩 보일러에서 생산된 온수를 이용해 난방을 하고 있다. 무엇보다 기존 등유 난방비에 비해 38% 정도 저렴해 연간 약 6천 8백만원의 비용을 절감하고 있다. 또한 연간 약 329톤의 온실가스를 획기적으로 감축하는 성과를 올기기도 했다.

이 시설은 400kW 용량의 목재칩보일러와 15,000리터의 온수축열조, 1.5km의 열배관으로 구성되었다. 연평균 가동시간은 약 3,800시간이며, 연간 평균 350톤의 목재칩을 연료로 사용하고 있다. 특히 목재칩의 함수율은 35% 기준으로 관리하고 있다. 배출가스는 목재칩 보일러에 설치된 램다센서를 통해 기준치에 비해 절반 수준의 미세먼지 만을 배출하고 있어 친환경적인 보일러 설비라는 특징을 갖고 있다.

운영현황	○ 보일러 가동시간 2017년 총 2,676시간 2018년 총 3,802시간 (동절기 2,549시간, 하절기 1,253시간) 2019년 총 3,867시간 (동절기 2,321시간, 하절기 1,546시간)
------	---



<그림 7> 고산자연휴양림 목재칩 열공급시설 내부

## (2) 경북 의성군 축분 바이오차 사례

경북 의성군은 축분바이오차 실증 시범사업을 통해 하루 15톤의 계분을 처리해 7톤 정도의 축분 바이오차를 생산하는 시설을 실증했다. 파쇄기, 계량 호퍼, 하이브리드 건조탄화기, 정량공급기, 연소기, 냉각기, 감온기, 환경배기배출시설(집진기, 요소수, 생석회, 활성탄) 등으로 구성되었다. 1회 200kg을 투입해 연속 건조탄화하는데 소요시간은 약 20분으로 하루 24시간 가동기준 15톤 축분을 처리할 수 있도록 설계되었다.

농촌진흥청에 따르면 농경지에 왕겨를 원료로 생산한 바이오차 1톤을 살포했을 때 약 1.44톤의 이산화탄소를 줄일 수 있다. 토양의 산성화를 방지하는데 석회보다 30% 이상 높은 정도로 탁월한 효과가 있다고 한다.

농림축산식품부는 2030년까지 생산 인프라 구축, 제도 정비, 품질향상과 이용처 확대 등을 위해 중장기 계획을 수립하고 관련 사업을 추진하고 있다. 위탁시설형, 마을형, 농가형 등으로 규모별 바이오차 생산시설을 조성하기 위해 전국 지자체와 협의하고 있다.



<그림 8> 의성군 계분 바이오차 내부시설과 생산제품

## (3) 충남 홍성군 농업회사법인 성우농장 바이오가스 플랜트 사례



<그림 9> 홍성 원천마을 성우농장 바이오가스 플랜트 전경

2018년 농식품부의 가축분뇨 공동자원화(에너지화)사업에 선정되어 사업비 약 98억 원을 투입하여 2020년 12월 5일에 바이오가스 에너지화 시설을 준공하였다. 2021년부터 본격적인 운영에 들어갔으며, 하루 110톤의 가축분뇨를 처리할 수 있는 규모이다. 가축분뇨를 활용하여 바이오가스를 포집, 발전기를 통하여 전기를 생산한 뒤 기존의 개방형 분뇨처리시설과는 다른 방식으로 가축분뇨 반입 단계부터 최종 반출까지 전체 공정을 완벽하게 밀폐하여 처리하여 분뇨에서 발생하는 악취를 원천적으로 차단하려고 노력하고 있다. 바이오가스 시설이 있는 원천마을은 기후변화에 대응하고, 마을과 축산부문의 상생을 비전으로 하여 2014년부터 친환경 에너지 자립마을을 지속적으로 추진해왔다. 지역주민들과 함께 ‘마을과 축산이 상생하는 친환경마을’을 목표로 하고 있으며, 가축분뇨 처리시설의 인식 변화를 이끄는 모범사례가 될 것으로 기대되고 있다.

<표 48> 흥성 원천마을 성우농장 바이오가스 플랜트 운영 개요

위 치	충남 홍성군 결성면 금곡리 101-2,3,4답, 102-1,2,3답, 522전, 526전			
사업명	가축분뇨를 활용한 전력 및 친환경 퇴비생산 사업			
사업비	100,000천원 (간접비 10% 포함)			
시설용량	<ul style="list-style-type: none"> <li>•하루 110톤 처리</li> <li>•발효조 5,500톤, 액비저장조 12,600톤, 발전기 380kW급</li> </ul>			
생산량	구 분	2019년	5년후	10년후
	바이오가스 생산량(Nm <sup>3</sup> /톤)	24.12	25.32	26.53
	전기 생산량(kWh/day)	4,922	5,168	5,414
	일일 전기 증대량(kWh/day)	-	246	492
	연간 전기 생산 증대량 (kWh/y)	-	86,100	172,200
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>•지역주민과 상생하는 에너지화시설</li> <li>•가축분뇨 에너지 자원화를 통한 신재생에너지 생산</li> <li>•고품질 액비 생산에 따른 자연순환농업 실현</li> </ul>			
사업기간	2020년 4월 ~ 2020년 12월말			

기대효과	항 목		내 용	비 고
	사회공헌 측면	REC 판매	60만원/년	마을발전기금 사용(서부발전 기여분)
화학비료 대체		5.55억/년	액체비료 무상제공, 친환경농업지원	
일자리 창출		4명	시설관리 1, 분뇨수거 및 비료살포 3	
운영사 측면	분뇨처리	12억원/년		
	전력 판매	1.38억원/년	에너지자립마을 자율인증에 기여	
	REC 판매	0.69억원/년		
	온실가스 감축	0.47억원/년	서부발전 실적활용	

#### (4) 청양군 칠성에너지 바이오가스 열병합시설 사례

청양군 칠성에너지 영농조합법인이 운영하고 있는 바이오가스 열병합시설은 2007년 최명복 대표가 독일의 선진시스템을 보고 자극을 받아 곧바로 농장에 바이오가스 사업을 추진하기 시작하면서 만들어진 시설이다. 안타깝게도 2023년 7월 기록적인 폭우로 제방이 터지면서 바이오가스 시설이 물에 침수되어 현재까지도 전면적인 보수공사가 진행 중이다.

청양군 유일의 가축분뇨 에너지화 시설로 하루 250톤 처리용량이며, 청양군내 축산분뇨 전량을 처리하고 있다. 하루 300톤까지 처리 가능한 시설용량이며, 총 투자비는 250억원이다. 바이오가스는 시간당 1200kg을 생산하고 있으며, 평균 119%의 가동률을 보이고 있다.

250kW 1대와 450kW 발전기 2대로 발전중이며, 평균적으로 하루 1MW를 생산하고 있다. 250kW 발전기는 정부지원이 포함되어 REC는 0.3을 받고 있고, 자부담으로 설치한 450kW 발전기는 REC 1.0을 적용받아 수익 향상에 기여하고 있다고 한다. 칠성에너지의 연간 매출은 약 80억원이며, 사업 부가가치 향상을 위해 바이오차 시범사업도 진행중에 있다.

특히 주목받고 있는 점은 발전과정에 나오는 폐열을 인근 시설농가에 무상으로 공급하여 좋은 호응을 얻고 있다는 점이다. 열공급시설은 농림축산식품부에서 3억2백만원의 지원을 받아 설치하였다. 열원 순환펌프 430LPM×11kW×2대, 축열탱크 15Ton×2대, 온실순환 펌프 250LPM×3.7kW×4대, 자동제어장치로 구성되었다.



<그림 10> 칠성에너지 바이오가스 열병합발전 시설 전경

2MWh의 열을 2500평 규모의 시설에 공급하고 있으며, 4000평까지 열공급이 가능한 상태이다. 주변 시설농가에 무상으로 공급하는 폐열은 등유비용을 연간 1억2천만원 절감시켜 매우 높은 만족도를 보이고 있다. 이는 온실가스 247톤 CO<sub>2</sub>eq를 감축하는 효과까지도

있다. 이렇다보니 폐열을 요청하는 농가가 증가하고 있으나 공급용량이 모자라 요구를 충족하지 못하는 상황이다.

액비는 연간 800hr 면적에 뿌려지고 있다. 초기에는 살포에 약간의 어려움이 있었으나 현재는 지역농가들이 자발적으로 액비공급을 요청하고 있을 정도로 인식이 개선되었다. 성수기에는 공급요청이 많아 액비가 턱없이 부족한 상황이라 비수기를 대비해 액비 저장용량 증설을 추진중에 있다.



<그림 11> 칠성에너지 바이오가스 열병합발전 공정도

기술적 사항은 사업 초기 중국OEM으로 제작한 독일 발전기를 설치했는데 가동중 문제가 발생하여 현재는 독일에서 직수입한 설비로 교체하여 문제없이 가동중이라고 한다. 발전기는 독일 g-2 발전기를 채택하였다.

축분과 음폐수의 혼합비율 기준이 7 : 3인데, 칠성에너지는 이보다 높은 8 : 2의 비율로 혼합하여 바이오가스를 생산하고 있다. 축분 처리가 우선이라 음폐수는 받고 싶어도 받지 못하는 상황이며, 대부분 천안과 아산, 수도권 일부지역에서 공급받고 있다. 악취 문제는 ‘습식 세정(WET SCRUBBER)’ 방식을 적용하였다.

<표 49> 칠성에너지 바이오가스 열병합발전 운영 개요

시설위치	청양군 장평면 금강변로 134-51, 134-77
사업구분	2013년 축산분뇨 공동자원화 시설 (30억) 2016년 바이오가스 에너지화 연계시설 (45억) 추가 액비저장조 사업 (5억) 2022년 폐열공급 열배관 시설 (3억원)

주요기능 (처리규모)	①처리용량 : 하루 250톤 (가축분뇨 200톤, 음폐수 50톤) ②전력생산 : 900kWh + 250kWh = 하루 10,000kWh ③온수공급 : 열량 1,031kWh, 공급면적 8,970m <sup>2</sup> (시설하우스 8개동) ④액비공급 : 연간 800hr
시설구분	•가축분뇨 저장조 305m <sup>3</sup> , 음식물 저장조 140m <sup>3</sup> •소화액 이송조 264m <sup>3</sup> , 소화액 저장조 873m <sup>3</sup> •발효조 2100m <sup>3</sup> (지름 22미터, 높이 5.6미터) •혐기소화조 3200m <sup>3</sup> 1기, 2400m <sup>3</sup> 1기 •액비저장조 27,500톤
경제성	•하루 250톤의 가축분뇨를 처리 (연간 수익 30억원) •연간 9000MW의 전력 판매 (연간 수익 20억원) •버·조사료 재배 (연간 수익 3~5억원) •탄소배출권 거래 (연간 수익 1~1.5억원)
운영특징	•청양군의 양돈분뇨 100% 에너지화 및 자원화(저탄소축산물) •약 4,500가구가 사용할 수 있는 에너지 생산(27Mw/day) •주변 원예농가에 발전 폐열 공급(25MW/day)(저탄소농산물) •연 9만톤 이상의 친환경 농자재 생산 및 공급
향후계획	•바이오차(Biochar) 연구과제 수행중 (과기부) •온실가스 감축량 산정 연구과제 수행중 (환경부) •지역의 유기폐자원 순환센터 설립 •에너지자립도시 및 독일 연계 마이스터 교육센터 설립

### (5) 논산계룡축협 축산분뇨공공처리시설 사례



<그림 12> 논산계룡축협 축산분뇨공공처리시설 전경

논산시와 컨소시엄을 통해 바이오가스 사업이 추진되었다. 가축분뇨음식물자원화사업은 2011년 추진됐지만 주민 민원으로 중단 위기를 맞았다가 2013년 초 다시 재개돼 2015년 1월 공사에 들어가 2016년9월28일 준공되었다. 사업비 총 210억원을 투입해 하루 150톤의 처리용량으로 조성되었다. 이중 축산분뇨 110톤, 음폐수 30톤은 바이오가스 발전용으로 처리되고, 농축산 부산물 10톤은 퇴비용으로 처리되고 있다. 관내 음식물 폐기물을 전량 처리하고 있으며, 음식물 케일(고형분)은 일반업체를 통해 비료화하여 판매되고 있다. 탈리액

(음폐수)는 전량 바이오가스 생산원료로 투입하고 있다.

신재생에너지 공급인증사업으로 2022년 4,413REC를 인증받았으며, 이는 국내 최초 바이오가스사업 온실가스 감축사업으로 평가받고 있다. 가스화를 거쳐 남은 가축분은 1등급 퇴비로 생산해 농가 및 골프장 등에 무상으로 공급하고 있다.

〈표 50〉 논산계룡축협 축산분뇨공공처리시설 운영 개요

시설위치	논산시 채운면 계백로499번길 52-109
사업구분	2016년 가축분뇨음식물 자원화사업 (195억)
주요기능 (처리규모)	<ul style="list-style-type: none"> <li>①처리용량 : 하루 150톤               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 발전용 140톤 (축산분뇨 110톤, 음폐수 30톤)</li> <li>- 퇴비용 10톤 (농축산 부산물 10톤)</li> </ul> </li> <li>②전력생산 : 430kWh + 430kWh = 하루 14,500kWh               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오가스 생산량 : 하루 9000m<sup>3</sup></li> </ul> </li> <li>③온수공급 : 없음 (자체 소비)</li> <li>④퇴액비생산 : 하루 액비 120톤, 퇴비 32톤 (살포 면적 2000hr)</li> </ul>
시설구분	<ul style="list-style-type: none"> <li>•혼합저장조 526.4m<sup>3</sup>, 중간저장조 28m<sup>3</sup>, 탈리액저장조 443m<sup>3</sup></li> <li>•돈모부산물저장조 38.8m<sup>3</sup>, 가수분해조 442m<sup>3</sup></li> <li>•혐기소화조 4,622m<sup>3</sup>, 반건식혐기소화조1,240m<sup>3</sup></li> <li>•반건식 탈리액저장조 62.4m<sup>3</sup>, 바이오가스저장조 1,350m<sup>3</sup></li> </ul>
운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>•축산분뇨 톤당 33,000~35,000원으로 거래</li> <li>•전력판매 연간 4억원</li> <li>•2022년 REC 인증판매량 831REC (6천만원)</li> <li>•2020년 외부사업 온실가스 감축량은 3190톤 (9천만원)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연간 4000톤 이상의 감축량 예상</li> </ul> </li> </ul>
향후계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>•바이오가스 연계사업 추진 (연료화, CNG, 바이오수소, 폐열)</li> <li>•자연순환농업을 통한 청정환경 조성</li> <li>•경축순환형 에너지 자원화 연계사업 추진</li> </ul>

2022년 7월 설치된 430kW급 2대의 발전설비로 연간 8300시간 가동중이며, 발전기는 27억원의 비용을 들여 독일 2-G 제품으로 설치하였다. 바이오가스는 하루 9000m<sup>3</sup>을 생산하여 하루 14,000kW/h의 전력을 생산하고 있다. 첫 발전기는 원료 1m<sup>2</sup>당 1.2 kW/h의 발전효율을 보였고, 환경부 지원으로 설치된 추가 발전기는 1m<sup>2</sup>당 2.2 kW/h의 발전효율을 나타내고 있다.

축산분뇨 원수의 단가는 톤당 33,000~35,000원으로 거래되고 있다. 2022년 REC 인증량은 831이며, 외부사업 온실가스 감축량은 3190톤이다. 탄소배출권거래제 등록으로 연간 3500~4000 toe를 거래하고 있다.

폐열은 겨울철 소화조 가운데 100% 활동되고 있으나 여름철에는 수요처가 없어 버리는 점이 아쉬웠다. 폐열은 시간당 40만cal의 열량을 생산하고 있지만 고속도로를 하부를 통과

해야 주변농가에 열을 공급할 수 있는데 법적으로 배관통과가 불가능한 상태이다.

가축분뇨와 음폐수의 혼합비는 7 : 3으로 관리하고 있다. 투입되는 축분의 구성은 우분 35, 돈분 25, 계분 15, 톱밥 25 이다. 음폐수의 염분은 0.3% 이하로 관리하고 있으며, 염분 측정 결과 평균적으로 0.1%를 보여 기술적으로나 환경적으로 문제가 발생하지 않고 있다.

### (6) 청송군 그린썸 축분고체연료 시설 사례

청송군 그린썸 농업회사법인은 2021년 12월에 사업비 6억원을 투입하여 2MW급 축분보일러 설비를 준공하였다. 설비 정비시간 이외에는 24시간 가동중이며, 설비정비는 일주일에 1회 정도 실하고 있다. 450톤 용량의 온수탱크를 설치되어 있고, 70kW 발전용량의 소형 ORC 발전설비가 설치되었으나 현재 테스트 단계이다.



<그림 13> 청송군 그린썸 축분고체연료 시설

유리온실 시설농장에 사업비 5억원을 들여 2MW급 축분연료 열병합 설비를 설치하여 기존 난방연료 대비 60% 이상의 연료비를 절감하고 있다. 이는 전기보일러 대비 연료비 45% 감소, 기름보일러 대비 56.7%, 화목보일러 대비 37.6%의 효과이다.

축분 펠릿은 kg당 120원의 가격으로 구입하고 있어 약간의 경제적 부담이 있는 것으로 조사되었다. 냄새는 거의 나지 않으며 발열량 확보를 위해 수분을 엄격하게 관리하고 있

다. 축분보일러 설치전에는 전기보일러와 병커C유 보일러를 사용했으며, 겨울철 한달 전기세가 3천만원, 기름값은 1500만원 정도 나와 경제적으로 큰 부담이 되었다고 한다.

한편 한국전력공사·규원테크·캡코에너지솔루션과 축분연료를 이용한 농업분야 열병합 실증을 위한 공동연구를 진행중에 있다. 대추토마토 일종인 ‘스위텔 토마토’를 재배하는 2ha(6000평) 규모의 벤로형 온실(venlo-type greenhouse)로 농업에너지 실증연구이다. 주로 축분고체연료 활용 농업용 에너지 공급 시스템 설계 및 운영, 성능 검증, 데이터 분석 및 표준 보급모델 수립, 최적 제어모델 개발을 위한 시험을 진행한다.

<표 51> 청송군 그린섬 축분고체연료 시설 운영 개요

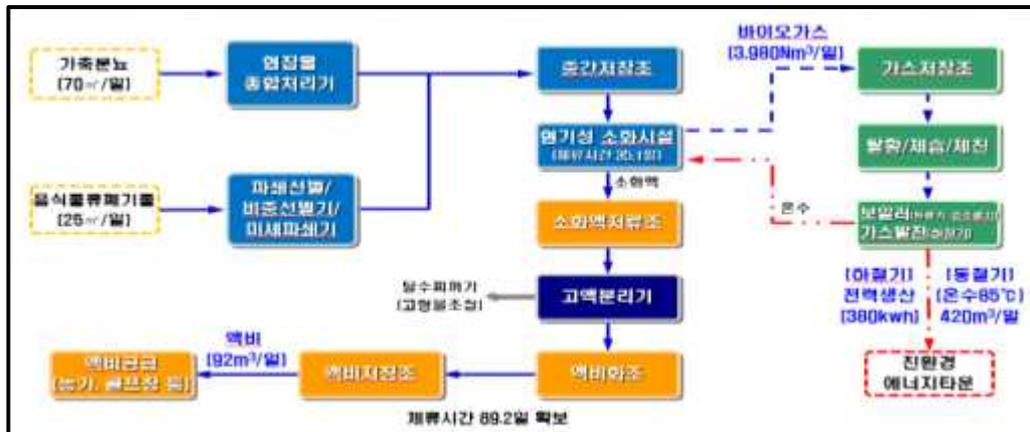
용도	온실난방	형식	노토연관식 보일러
용량	2MW (1,729,000kcal/h)	모델명	KSW-300
연료	축분연료(우분,돈분,계분)	발열량	3,000kcalh 이상
열출력	2MW	연료소비량	690kg/h 이하
연소방식	버너식	연료저장량	16,500kg
공급방식	수평 자동공급방식	공급장치	스크류 공급식
관수용량	8,600 리터	전열면적	103.9 m <sup>2</sup>

국내 기술로 구축된 우분 고체연료 보일러는 발열량 3,000kcal/kg를 기준으로 설계되었으며, 보일러 출력은 2MWth(1,720,000kcal/h)이다. 연료소모량은 시간당 674kg/h 이하이며, 설비 효율은 85%이다. 보일러에서 생산된 열은 온수형태로 저장하여 재배면적 2ha(6,000평형)의 농장에 공급하고 있다.

무엇보다 연료비 절감 효과가 뛰어나 보일러를 운영하고 있는 농장주의 만족도가 높다. 2020년에는 약 6,400만원의 연료비를 절감했으며, 2021년에는 약 8,200만원의 연료비를 절감했다. 효과는 이뿐만이 아니다. 연료비가 저렴하다 보니 기존보다 높은 실내온도를 유지할 수 있어 수확기간이 21일이나 연장되었다. 수확기간 연장에 따른 추가소득은 약 1억4천만원으로 농가경영에 큰 도움을 주고 있다.

## (7) 음성군 가축분뇨 공공처리시설 바이오가스 사례

충북 음성군 감곡면 원당리에 위치한 가축분뇨 공공처리시설은 바이오가스를 생산하는 시설이다. 238억원의 사업비를 투입하여 2023년 8월에 준공된 최신 시설이며, 시설면적 17,685㎡에 하루 95톤의 유기성 폐기물을 처리할 수 있는 규모이다. 발전용량 190kW/h 발전기 2대를 설치하여 시간당 380kW/h의 전기를 생산하며, 주로 소내 전력으로 사용하고 있어 운영비 절감에 큰 장점으로 작용하고 있다.



<그림 14> 음성군 가축분뇨 공공처리시설 바이오가스 공정도

생산된 바이오가스는 전기에너지와 열로 전환되어 사용하며, 동절기에는 인근마을 주민들이 운영하는 친환경에너지타운 온실에 난방용 온수로 무상공급되고 있다. 당연히 온실 난방비 걱정이 없어 주민소득 향상으로 직결되고 있다. 가축분뇨 발효액비는 주변 농경지에 무상으로 공급하고 있다.

<표 52> 음성군 가축분뇨 공공처리시설 운영 개요

위 치	충북 음성군 원당길112번길 15-66 / 17,685㎡
사업비	238억원 (국비 80, 군비 8, 기금 12)
시설용량	<ul style="list-style-type: none"> <li>하루 95톤 처리(가축분뇨 70톤, 음식물쓰레기 25톤)</li> <li>약 38℃의 온도를 유지, 약 35일의 체류기간을 거쳐 메탄가스 함량 60% 이상의 바이오가스 생산 (바이오가스 생산량 3,980Nm<sup>3</sup>/일)</li> <li>액비 생산량 92톤/일</li> </ul>
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>음식물쓰레기 자체 처리로 연간 14억원 예산 절감</li> <li>열(온수)은 주민들이 운영하는 친환경에너지타운(자동화 온실)에 공급하여 겨울철 난방비 부담없이 사계절 소득작물을 재배</li> </ul>
사업기간	2016 ~ 2024 (2023.8.18. 준공)
향후계획	슬러지 자원순환시설 추가 설치(예정) '23.11.~ '24.6.

## (8) 서산시 자원순환형 바이오가스화 시설 사례



<그림 15> 서산시 바이오가스화 시설 전경

서산시 양대동에 위치한 바이오가스화 시설은 사업비 470억원이 투입되어 2020년부터 바이오가스를 생산하고 있다. 매일 들어오는 양은 축분 100톤과 음식물쓰레기 50톤이며, 하수처리장에서 나온 농축 슬러지 100톤과 분뇨 70톤 등 총 320톤이 바이오가스의 원료로 사용된다. 생산한 바이오가스는 한국전력공사 판매 및 슬러지 건조화 시설의 열원으로 활용하고 있으며, 2021년 말까지 판매수익은 2억5천5백만 원이다. 또한 연간 9천 8백톤의 이산화탄소를 절감하고, LPG연료, 운영비 등 연간 약 17억 원을 절감하는 경제적 효과를 내고 있다.

<표 53> 서산시 바이오가스화 시설 운영 개요

사업명	서산시 자원순환형 바이오가스화시설 설치사업
위 치	서산시 양대동 801, 812번지 (서산공공하수처리시설 및 연접 부지)
사업비	470억원 (국비 330, 도비 46, 시비 94)
시설용량	<ul style="list-style-type: none"> <li>●바이오가스화시설 : 320m<sup>3</sup>/일</li> <li>- 가축분뇨 100, 음식물 50, 분뇨 70, 하수농축찌꺼기 100</li> <li>●찌꺼기자원화시설 : 40톤/일</li> </ul>
처리공정	<ul style="list-style-type: none"> <li>●바이오가스화시설 : 혐기성소화 + 정화처리 [서산공공하수처리시설 연계처리]</li> <li>●찌꺼기자원화시설 : 찌꺼기 건조연료화</li> </ul>
경제성	<ul style="list-style-type: none"> <li>●시설투자비 절감 : 160억원</li> <li>●건조연료비 절감 : 연간 10.5억원</li> <li>●건조찌꺼기 연료화 발전소 판매 = 연간 5,800만원</li> <li>●온실가스 감축량 : 연간 3400톤 감축</li> </ul>
공사기간	2017.12.11. ~ 2020.08.10. (시운전 10개월 포함 32개월)

## (9) 예산군 가축분뇨 처리시설

### □ 가축분뇨 공동자원화시설

<표 54> 예산군 가축분뇨 자원화시설 운영 개요

위 치	•예산군 예산읍 예당평야로 92-50
면적	•부지 9,990m <sup>2</sup> , 연면적 1,566m <sup>2</sup>
사업비	6,000백만원(국비3,000, 도비540, 군비1,260, 자담 1,200)
시설용량	•하루 200톤(퇴비화 26톤 / 액비화 174톤) •저장조 : 30,000톤/ 2기
처리공정	폐수 무방류 시스템
공사기간	2017 ~2023년

구 분	2022년	2023년 (9월기준)	비고
분뇨반입처리량	37,021톤	49,674톤	분뇨반입비 : 톤당 24,000-50,000원
분뇨반입농가수	40호	40호	경종농가(살포지) 46농가
액비살포실적	4,443톤/ 160ha	2,400톤/161ha	
액비살포비수입	32백만원	21백만원	
운송차량	3대	3대	

### □ 예산군 가축분뇨 공공처리시설

<표 55> 예산군 가축분뇨 공공처리시설 운영 개요

위 치	예산군 예산읍 궁평길 33-100(궁평리 39-4)
면적	13,560m <sup>2</sup> (건축면적: 3,618.24m <sup>2</sup> , 연면적: 3,826.66m <sup>2</sup> )
사업비	287억원 (기존 97억원, 증설 192억원)
시설용량	300m <sup>2</sup> /일(기존: 150톤/일, 증설: 150톤/일)
처리공정	투입구→종합협잡물처리기→침사조→미세협잡물처리기→원수조→1무산소조→1포기조→1침전조→2무산소조→HCR→2포기조→3무산소조→재포기조→2침전조→가압부상조→방류수조→공공하수처리시설 연계처리
공사기간	•기존 : 1997년 12월 ~ 2001년 10월 •증설 : 2016년 05월 ~ 2021년 06월

## (10) 예산군 산림조합 산림자원화센터 사례

예산군 산림조합 산림자원화센터는 산림자원 활용 및 신재생에너지 산업발전을 위해 지난 2023년부터 운영되고 있다. 산림청 미이용 산림자원화센터 조성사업에 선정되어 총사업비 31.9억을 투입하여 예산군 오가면 국사봉로 423 일원에 연면적 20,942m<sup>2</sup>, 건축면적 2,896m<sup>2</sup> 규모로 조성되었다.

주요 사업분야는 첫째, 톱밥을 제품화하여 저렴한 가격에 농가에 공급하고 있다. 축사수분조절재용 톱밥을 5톤 차량으로 공급하고 있는데 친환경 축사 조성 분위기가 확산되면 톱밥공급이 늘어나고 있다. 또한 표고버섯 배지용 톱밥, 곤충사육 톱밥, 과수농가 멀칭용 톱밥도 생산·공급하고 있다. 두 번째, 미이용 산림자원을 수집하여 산림자원 활용을 극대화하는 사업을 하고 있다. 건조·선별 공정을 통해 균일한 크기의 목재칩을 생산하여 난방용 및 발전용 연료로 공급하고 있다.

앞으로는 지역주민들의 참여를 유도하여 일자리 창출로 연계하는 사업, 목재칩을 활용하여 산림탄소 순환마을을 활성화하는 사업 등을 통해 지속적인 산림경영을 해나간다는 계획이다.

<표 56> 예산군산림조합 산림자원화센터 운영 개요

위 치	충남 예산군 오가면 국사봉로 423
면 적	연면적 20,942m <sup>2</sup> (건축면적 2896m <sup>2</sup> )
사업명	미이용 산림자원화센터 조성사업
사업비	31.9억원 (국비 15억, 지방비 6억, 자부담 10.9억)
시설용량	계근대, 목재파쇄기, 굴삭기, 암롤트럭
공사기간	2021년 2월 ~ 2022년 12월
운 영	<ul style="list-style-type: none"> <li>●목재칩 판매 : 22년 1029톤(1.1억원), 23년 4355톤(7.2억원)</li> <li>●톱밥 판매 : 21년 8615톤(5.3억원), 22년 5035톤(3.5억원)</li> </ul>

## (11) 기타 가축분뇨 활용 사례

### □ 바이오차 (Bio-Char)

경기도 화성에 소재한 한 바이오 원유 생산업체가 축분을 이용해 바이오차 생산기술을 개발하였다. 우분 5톤을 처리하여 4.5톤의 바이오차를 생산하는 이 설비는 전량 에너지 회

수를 통해 공정 부산물이 없다는 특징을 가지고 있다. 톱밥 등 목질계 바이오매스를 하루 20톤을 처리할 수도 있으며, 이 경우 하루 10톤의 열분해 오일을 생산할 수 있다. 이 과정에서 바이오차가 생성되기도 한다.



<그림 16> 축분을 이용해 생산된 바이오차

#### □ 바이오 플라스틱

실증된 기술에 의하면 40%의 가축분뇨와 60%의 폴리프로필렌을 혼합하여 바이오매스 원료, 농업자재 및 산업용 자재를 생산하고 있다. 가축분뇨를 100% 적용할 수 있으나 기존 플라스틱 제품 대비 친환경적이나 가격경쟁력 및 강도가 떨어져 플라스틱을 혼합하고 있다. 기존 바이오매스 플라스틱 제품에 비해 난연성이 및 품질이 향상되었다.



<그림 17> 축분으로 만든 바이오플라스틱 제품

#### □ 우분 고체연료

우분을 이용한 고형연료 시도는 국내에서도 여러차례 있었다. 이 기술은 우분과 톱밥을 물리적 방법으로 압축 성형한 후 수분 20% 이하로 건조시켜 생산하는 기술이다. 생산된 연료는 발전소 및 고로 등에 연료로 활용된다. 퇴비화 과정에서는 2~3개월 발효기간이 필

요하나 고품연료로 활용 시에는 단기간 내 가공되어 운영시간이 단축되는 효과가 있다.



<그림 18> 우분 고체연료 제품생산단계



# 제5장 예산군 미이용 바이오매스 사업의 경제성 및 온실가스 감축량 분석

정부의 녹색성장 관련 정책 및 제도의 중심인 온실가스 배출규제와 신재생에너지 보급 확대 정책 이슈에 부합하는 가축분뇨의 에너지화 방식으로의 전환은 아무리 강조해도 지나치지 않는 상황이다. 본 연구에서는 기존의 소규모 단위의 가축분뇨 바이오가스 설비는 경제성이 떨어진다는 전통적 인식과 한계성을 극복하고자 국내 바이오가스 설비를 성공적으로 운영하는 사례를 있는 그대로 반영하였다. 또한 축산폐수의 효율적 처리 및 관리, 축산업의 기후변화 적응 및 환경경쟁력 강화, 신재생에너지원의 회수 및 활용 측면에서도 소규모 가축분뇨 바이오가스 설비투자는 효과적인 대안이라는 전제를 바탕으로 두었다. 동시에 원료 및 에너지 공급의 효율성, 열과 전력의 동시 활용하기 위한 최적지역의 선택, 과수 전정가지 등 미이용 바이오매스의 적극적 활용 등을 적극 반영해 경제성 분석을 실시하였다.

## 1. 미이용 바이오매스 활용 시설농가의 농가소득 증대방안

### (1) 소형 복합바이오에너지 공급시설의 투자비용 분석

본 연구에서 제안하는 소형 복합바이오에너지 공급시설은 예산군에서 발생하는 가축분뇨와 과수 전정가지 등의 바이오매스를 활용하여 전기와 열을 동시에 생산하는 것이다. 전기는 판매하고 열은 인근 시설농가에 난방으로 공급하기 위해 120kWh급 바이오가스 열병합발전과 1,000kWh급 목재칩 보일러 설비로 구성된다. 본 시설은 예산군이 전액 예산을 투자하고 운영기간은 일반적인 바이오가스화 설비의 사례를 고려하여 20년으로 설정한다.

본 시설은 몇 가지 특징이 있다. 이것은 투자비용 분석을 위한 전제조건에 해당되기도 하므로 경제성 분석을 하기 전에 이에 대해 살펴본다.

#### 첫째, 국내에서 보기 드문 농업부산물 에너지화의 모범사례

예산군에서 발생하는 가축분뇨와 과수전정가지 등의 미이용 바이오매스를 활용하여 전기와 열을 생산하고 이를 인근 시설농가에 공급함으로써 지역 에너지 자립을 높이고 자원

순환을 실현하는 발전시설이다. 특히 과수농가에서 버려지는 과수전정가지로 목재칩을 만들어 발전 연료로 활용하는 것은 국내에서 보기 드문 농업부산물 에너지화의 본보기가 될 것이다.

### **둘째, 발전용량 120kWh, 처리용량 50톤/일의 소규모이지만 경제적 운영 가능**

본 바이오가스 열병합발전 설비는 발전용량 120kWh, 처리용량 50톤/일의 소규모 설비임에도 경제성 확보가 가능할 수 있다는 점을 보여준다. 일반적으로 소규모 설비는 건설비와 운전비의 단가가 높아져 경제성 확보가 어렵다. 바이오가스화 설비가 경제성을 확보하기 위해서는 대체로 가축분뇨 등 유기성 폐자원을 하루 150톤 이상 처리할 수 있는 규모여야 한다. 본 시설은 경제성을 높이기 위한 다양한 방법을 도입하여 소규모 바이오가스화 설비의 경제성 문제를 해결하고자 한다.

### **셋째, 가축분뇨와 미이용 목재칩을 동시에 활용하는 복합시설**

본 시설은 가축분뇨 바이오가스화 설비와 미이용 목재칩 보일러 설비로 구성되는 복합 바이오에너지 공급시설이다. 생산된 바이오가스는 주로 발전을 통해 전기를 생산하여 판매하고 여열은 인근 시설농가에 난방으로 공급한다. 바이오가스 폐열은 기저 난방부하를 담당하고 겨울철 등 난방 수요가 높아지는 시기에는 목재칩 보일러로 생산된 열이 피크 난방부하를 감당한다. 전기와 열을 동시에 생산하면 전기 판매 수익과 열 판매 수익을 창출함으로써 경제성을 높일 수 있다. 특히 본 시설에서 주변 시설농가에 공급하는 난방비는 기존 등유에 비해 30% 저렴하므로 농가의 에너지 비용을 줄여 생산원가를 낮추고 농가의 소득향상에 기여하게 된다.

### **넷째, 농장의 토지제공과 가축분뇨 무상처리 방식으로 경제성 향상**

본 시설에 인근 농장이 참여함으로써 바이오에너지 시설을 설치 운영하는 민관 협력 모델이 될 수 있다. 농장은 유희부지를 발전소 부지용으로 무상 기부하여 발전시설의 초기 투자비용 부담을 줄이고, 발전소는 해당 농장에서 발생하는 가축분뇨를 무상으로 안정적인 처리를 보장하여 농장의 가축분뇨 처리 부담을 덜어주게 된다. 농장이 발전시설 건립에 참여하게 되면 혐오시설로 인식되는 바이오가스화 설비에 대한 주민 수용성도 높일 수 있다. 예산군 오가면 소재 축산 농업법인 2곳에서 토지 무상기부 의사를 직접 확인하였다.

### **다섯째, 가축분뇨와 음식물류 폐기물 혼합비율은 7대 3**

바이오가스화 설비의 수익성을 향상시키는 핵심요인은 바이오가스 발생량을 증대시키는 것이다. 본 바이오가스화 설비는 가축분뇨와 음식물류폐기물을 7대 3의 비율로 혼합하여 혐기소화한다. 메탄가스 발생량은 가축분뇨에 비해 음식물류폐기물이 더 큰 반면, 메탄가

스 발생 속도는 가축분뇨가 더 높아 두 원료를 병합하여 혐기소화시킬 경우 서로의 단점을 보완할 수 있다. 이처럼 상호보완 특성을 가진 2종 이상의 유기성 폐자원을 통합 처리하면 소화효율 향상으로 가스생산량이 증대되고 부산물은 저감된다. 바이오가스 발생량이 증대되면 더 많은 에너지 판매수익을 올린다. 또한 음식물류 폐기물은 가축분뇨에 비해 높은 처리수수료를 받기 때문에 음식물류 폐기물을 반입하면 경제성을 향상시킬 수 있다. 음식물류 폐기물 반입 비율이 높을수록 경제성이 좋아지지만 음식물류 폐기물 혼합 비율을 30%로 설정한 것은 「비료 공정규격 설정 및 지정」 별표 5에 의거 30% 이내에서 사용해야 하기 때문이다.

### **여섯째, 액비는 주변 경종농가에 무상 공급**

본 바이오가스화 설비는 최종적으로 발생하는 혐기소화액을 액비로 처리한다. 바이오가스화 시스템은 소화액을 액비로 유효하게 이용할 수 있는지 여부에 따라 그 구성이나 경제성이 달라질 수밖에 없다. 액비를 주변 경종농가에 공급할 경우 정화처리시설을 설치할 필요가 없어 경제적 측면에서 큰 도움이 되며 자원순환의 관점에서 바람직하다. 가축분뇨 액비의 판매수익은 기존 가축분뇨 공공처리시설의 운영 사례를 반영하여 무상으로 설정하였다.

## **□ 사업비 산출 기준**

### **사업비는 환경부 지침이 아닌 대표 성공사례인 칠성에너지 견적으로 산출**

환경부는 『통합 바이오가스화시설 설치사업의 예산편성 및 집행관리 지침』을 통해 표준사업비를 제시하고 있다. 환경부 지침에 따르면 시설용량이 50m<sup>3</sup>/일 경우 2023년도 사업비가 307백만원/m<sup>3</sup>이다. 환경부 지침을 적용할 경우 본 시설의 사업비가 15,350백만 원에 이른다. 본 사업이 전액 예산군의 예산으로 추진된다는 점을 고려하면 사실상 재원이 어렵다.

이에 사업비를 최대한 절감하기 위해 바이오가스화 설비를 성공적으로 운영하고 있는 청양군 소재 칠성에너지에 시공비를 대폭 절감할 수 있는 방법에 대해 협조를 요청했다. 칠성에너지는 최대한 저렴하게 ‘가축분뇨 바이오가스플랜트 공사 견적’을 제시하였고 이 견적으로 시공할 경우 설비가 원활하게 가동될 수 있는지 다시 확인하는 과정을 거쳤다. 이를 통해 바이오가스화플랜트 시공비를 3,076백만 원, m<sup>3</sup>당 약 62백만 원으로 대폭 낮출 수 있었다. 여기에 목재칩 보일러 설비비 12억 원을 추가하여 사업비를 4,276백만 원으로 산정했다.

<표 57> 소형 복합 바이오에너지 사업비 산출 결과

구분		금액 (백만원)	구성비 (%)	비고	
사업비	바이오 가스화 열병합 발전 설비	설계비 및 인허가비	204	4.0	사업비의 5% 적용
		건축비	520	10.3	130평 × 4백만원/평
		설비비용	1,752	34.6	가스발전기, 저장조 등 설비
		액비저장조	600	11.8	6,000m <sup>3</sup>
		토지매입비	0	0	500평 무상사용
	목재칩 보일러 설비	목재칩 보일러	900	17.8	1MW 보일러 등 열공급 설비
		열배관 시공비	300	5.9	시공거리 1km
<b>소계</b>		<b>4,276</b>	<b>84.4</b>		
운영비	인건비	252	5.0	필요기술인력 3인	
	전력비	85	1.7		
	약품비	26	0.5		
	슬러지처리비	0	0		
	수선비	149	2.6		
	목재칩 구입비	61	1.2	0.275톤/년 × 1,700시간/년 × 13만원/톤	
	기타	196	3.9	협잡물처리비, 실험실운영비, 사무관리비, 용수비 등	
	예비비	24	0.5	운영비의 3% 적용	
	<b>소계</b>		<b>793</b>	<b>15.6</b>	
<b>합계</b>		<b>5,069</b>	<b>100.0</b>		

### 총 사업비는 운영비를 포함 약 50억원

본 시설의 운영비는 환경부 연구용역 보고서인 『가축분뇨 공공처리시설 설치·운영 효율화 방안 마련 연구 보고서(2022년)』에서 제시된 시설용량 50m<sup>3</sup>/일 규모의 가축분뇨 공공처리시설 운영비 기준을 적용하여 산출했다. 바이오가스화 설비 운영에 소요되는 인건비, 전력비, 약품비, 수선비, 기타비용에 목재칩 구입비, 예비비 등을 합산하여 연간 운영비를 793백만 원으로 산정했다. 구체적인 사업비 산출 내역은 위 <표 57>과 같다.

이에 따라 초기투자비용(사업비) 4,276백만 원과 연간 운영비 793백만 원 등 총 사업비가 5,069백만 원으로 산출되었다.

## (2) 소형 복합 바이오에너지 공급사업의 비용편익 분석

### 1) 경제성 분석 기준 및 방법

본 연구에서는 소형 복합바이오에너지 공급시설의 경제성 분석을 위하여 KDI 공공투자관리센터의 『예비타당성조사 수행을 위한 세부지침 일반부문 연구(2021년)』에 따라 비용편익 분석을 진행한다. 첫째, 본 연구의 경제성 분석 시 사용되는 비용과 편익은 물가상승률을 적용하여 산정한다. 비용은 2022년도 소비자물가상승률 5.1%를 적용하고, 수익은 2022년도 주택, 수도, 전기 및 연료 부문의 소비자물가상승률 5.5%를 적용한다. 둘째, 편익의 발생기간은 사업운영기간인 20년으로 가정한다. 본 시설은 2024년 인허가 절차를 시작하고 2025년 공사를 시행하여 2026년부터 2045년까지 운영한다. 셋째, 할인율은 위 KDI의 지침에 따라 4.5%를 적용한다.

경제성을 분석하기 위해서는 우선 비용편익 비율(B/C Ratio)를 구한다. 비용편익 비율이란 총편익과 총비용의 할인된 금액의 비율, 즉 장래에 발생될 비용과 편익을 현재가치로 환산하여 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 것이다. 비용편익 비율이 1.0 이상이면 경제성이 있다고 판단한다.

$$\text{편익/비용 비율}(B/C) = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

$B_t$  :  $t$ 시점의 편익,  $C_t$  :  $t$ 시점의 비용,  $r$  : 할인율  
 $n$  : 시설사업의 내구연도(분석기간)

두 번째로 순현재가치(NPV)를 추정한다. 순현재가치란 사업에 수반된 모든 비용과 편익을 기준연도의 현재가치로 할인하여 총편익에서 총비용을 뺀 값이며, 순현재가치가 0 이상이면 경제성이 있다는 의미로 해석한다.

$$\text{순현재가치}(NPV) = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

다음으로 내부수익률(IRR)을 통하여 경제성을 분석하였다. 내부수익률은 편익과 비용의 현재가치로 환산된 값이 같아지는 할인율  $R$ 을 구하는 방법으로 사업의 시행으로 인한 순현재가치를 '0'으로 만드는 할인율이다. 내부수익률이 사회적 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단한다.

$$\text{내부수익률 (IRR)} : \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+R)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+R)^t}$$

본 시설에 대한 경제성을 분석하기 위한 전제사항을 아래 <표 58>에 정리하였다.

<표 58> 경제성 분석의 전제사항

구분	내용		비고
분석기준 시점	2023년		
분석기간	2023년~2045년		• 20년 운영(2026년~2045년)
적용 할인율	4.5%		• KDI 일반지침 적용
물가상승률	5.1%		• 비용: 2022년도 소비자물가상승률 적용
	5.5%		• 수익: 2022년도 주택, 수도, 전기 및 연료 부문의 소비자물가상승률 적용
분석 대상	바이오가스 열병합발전 및 목재칩 보일러 설비		• 건설 후 운영 수입 부문
분석지표	B/C	비용편익 분석	• B/C ≥ 1 이면 사업성 있음
	NPV	순현재가치법	• NPV ≥ 0 이면 사업성 있음
	IRR	내부수익률법	• IRR > 4.5%(할인율)이면 사업성 있음

## □ 직접편익 산출 기준

### 폐기물 처리수익, 전력판매 수익, 열판매 수익, REC거래 수익, 배출권 거래수익

본 시설의 직접편익 부문은 유기성폐기물 처리수익, 전력판매 수익, 열판매 수익, REC거래 수익, 배출권 거래수익이 있다. 유기성폐기물 처리수익은 2023년도 예산군 가축분뇨 및 음식물류폐기물 처리비 단가를 적용하였다. 전력판매 수익은 2023년 1월~10월 평균 계통 한계가격(SMP, 174원/kWh)을 적용하여 산정했다.

열판매 수익은 면세등유 열공급가격(156원/kWh)의 70%를 적용(110원/kWh)했다. 본 바이오에너지 공급시설로부터 난방을 공급받는 시설농가는 기존 면세등유에 비해 에너지비용을 30% 절감할 수 있다.

REC거래수익은 2023년 10월 평균 REC 가격(80,424원/REC)을 적용하여 산정했다. 배출권 거래수익은 온실가스 배출량 산정 매뉴얼을 참고하여 온실가스 저감량을 산정한 뒤 2023년 10월 배출권거래가격(11,300원/톤)을 적용했다. 현재 가장 많이 활용되는 가축분뇨의 주

된 처리방법인 퇴비화는 고탄소 배출형 처리방법이므로 바이오가스화로 전환한다면 온실가스 저감효과가 발생한다. 이를 배출권거래가격을 적용하여 배출권거래수익으로 산정했다. 본 시설의 경제성 분석을 위한 비용편익분석의 항목 및 기준을 아래 <표 59>에 정리하였다.

<표 59> 비용/편익(직접편익) 분석 항목 및 기준

구분		산출 기준
비용	공사비	● <가축분뇨바이오가스플랜트 공사 견적> 적용
	유지관리비	● <가축분뇨공공처리시설 설치·운영 효율화 방안 마련 연구(2022년)> 적용 ● 인건비 : 2023년 엔지니어링 기술자 노임단가 적용 - 1명 환경분야 고급기술자 노임단가 적용 - 2명 기타분야 중급숙련기술자 노임단가 적용
	감가상각비	● 20년 정액법 적용(잔존가액 0%)
편익	유기성폐기물 처리수익	● 가축분뇨 : 무상 처리(토지기부 농가의 가축분뇨 무상 처리) ● 음식물류 폐기물 : 123,500원/톤 적용 (2023년 예산군 음식물쓰레기 처리단가)
	액비살포수익	● 액비 무상공급
	열판매수익	● 110원/kWh 적용(면세등유 열공급가격 156원/kWh의 70%)
	전력판매수익	● 174원/kWh 적용(2023년 1~10월 전력거래소 계통한계가격 평균)
	REC거래수익	● 80,424원/REC 적용(2023년 10월 평균 REC 가격)
	배출권거래수익	● 온실가스 배출량 산정 매뉴얼 참고 온실가스 저감량 산정 ● 11,300원/ton 적용(2023년 10월 배출권거래가격)

□ 간접편익 산출 기준

**수질개선효과와 화석연료(등유) 수입대체효과**

본 연구는 가축분뇨, 과수전정가지 등 미이용 바이오매스를 활용한 재생에너지 이용 확대와 가축분뇨 바이오에너지화 방안을 제안한다. 따라서 바이오가스화로 인한 수질개선효과와 본 시설에서 공급받는 난방에 의해 발생하는 화석연료(등유) 수입대체효과를 간접편익으로 산정한다.

수질개선편익은 바이오가스화의 경우 가축분뇨를 생물학적 분해시키는 과정에서 유기물 감소로 인한 수질개선효과가 발생하여 BOD 수질개선편익을 산정하였다. 화석연료(등유) 수입대체편익은 바이오가스 열병합발전의 폐열과 목재칩 보일러에서 생산되는 열로 시설

농가에 공급되는 난방의 열량을 수입되는 석유(등유)의 열량을 이용해 시설농가에서 사용하는 등유의 양으로 환산하고 여기에 대한석유공사에서 공시한 등유 수입 단가를 적용해 계산하였다. 본 시설의 간접편익 항목 및 산출 기준을 아래 <표 60>과 같다.

<표 60> 간접편익 항목 및 산출 기준

구분	산출 기준
수질개선 편익	<ul style="list-style-type: none"> <li>● BOD 수질개선편익 = 수계오염부하저감량(kg/년) × 과징금단가(원/kg)</li> <li>● 과징금단가 BOD 6,624원/kg*(가격변동지수 1.0338)</li> </ul>
화석연료 수입대체 편익	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 수입연료(등유) 에너지 대체량 및 등유의 수입단가 기준** 적용</li> </ul>

\* 「한강수계 상수원수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률 시행령」 별표 2 오염 총량초과 과징금의 산정 방법 및 기준 적용(2021년)

\*\* 석유(등유) 수입단가(2023년 1~10월 평균), 한국석유공사 홈페이지 고시

## 2) 경제성 분석 결과

### B/C 분석결과 1.13으로 사업성 확보

총수입은 2024년부터 2045년까지 22년간 운영하여 37,865백만원이며, 총비용은 20년간 운영하는 것을 전제로 33,650백만원으로 분석되었다. 따라서 단순편익은 총수입에서 총비용을 뺀 4,215백만원으로 도출되었다.

그 결과 비용편익 비율은 1.13으로 1.0을 초과하고, 순현재가치(NPV)는 4,033백만원으로 0을 상회하며, 내부수익률(IRR)은 31%로 KDI가 공식적으로 적용하는 사회적 할인율 4.5%보다 크므로 경제성이 있는 것으로 분석되었다.

<표 61> 경제성 분석 결과

구분	내용	비고	
총수입	37,865백만원	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2024년~2045년(22년간)</li> <li>● 건설(2년) + 운영(20년)</li> </ul>	
총비용	33,650백만원	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2026년~2045년(20년간)</li> <li>● 운영(20년간)</li> </ul>	
단순편익	4,215백만원	● 단순편익 = 총 수입 - 총 비용	
분석지표	B/C	1.13	● B/C ≥ 1 이면 사업성 있음
	NPV	4,033백만원	● NPV ≥ 0 이면 사업성 있음
	IRR	31%	● IRR > 4.5%(할인율)이면 사업성 있음
사업성 여부	○ (가능)		

### 연간 540백만원의 수질개선효과

간접편익으로 수질개선편익과 화석연료(등유) 수입대체효과를 산출하였다.

바이오가스화로 인해 발생하는 수질개선효과는 혐기성소화 시 수계오염부하량 저감량이 가축분뇨(돼지분뇨 기준)를 50톤 처리할 경우 81,468kg/년이다. 여기에 2021년도 환경부 고시의 과징금단가(6,624kg/년)를 적용하면 연간 540백만 원의 수질개선효과가 산정된다.

### 연간 230백만원의 화석연료 수입대체효과

본 시설에서 인근 시설농가에 난방으로 공급하는 열량은 연간 2,150,000,000kcal가 된다. 이는 바이오가스 열병합발전의 폐열 688,000,000kcal(= 100kWh × 8000시간 × 860kcal)와 목재칩 보일러에서 생산 공급하는 난방의 열량 1,462,000,000kcal(= 1000kWh × 1700시간 × 860kcal)를 합산한 수치다. 총 공급 열량 2,150,000,000kcal는 석유(등유) 1,538배럴에 해당한다. 등유 1배럴 당 2023년 1월~10월 평균 단가가 115달러이므로 우리 돈으로 환산하면 연간 230백만 원의 화석연료(등유) 수입을 대체하는 효과가 있다.

<표 62> 간접편익 분석 결과

구분	내용	비고
수질개선효과	540백만원/년	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 가축분뇨 50톤/일 처리시 BOD 저감량 81,468kg/년</li> <li>● 2021년도 환경부고시 과징금단가 6,624kg/년 적용</li> </ul>
화석연료 수입대체효과	230백만원/년	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 시설농가 공급열량 2,150,000,000kcal/년 = 등유 1,538배럴</li> <li>● 등유 1배럴당 115달러 적용 (2023년 1월~10월 평균 수입단가)</li> </ul>

### 3) 시사점

중앙집중식 대규모 축산폐수 바이오가스 설비가 경제성 측면에서 타당성이 높다는 점은 분명하지만 축산농가의 자발적 참여가 어렵다는 문제 및 주민들의 민원으로 현실화하는데 많은 고통을 수반한다는 단점이 있다. 그런 점에서 본 시설은 소형이지만 축산농가의 참여와 바이오매스 자원의 효율적 이용으로 경제성 확보가 가능하다는 점을 제시하고 있다.

축산폐수 바이오에너지화 설비투자는 경제성, 타당성 확보 여부를 떠나 축산폐수를 처리

및 재활용한다는 측면과 축산농가들에게 다양한 경제적·사회적 편익을 제공한다는 측면, 또한 예산군의 축산업의 경쟁력 강화와 환경 경쟁력 제고 측면 등에서 사회적 편익을 고려한 사회적 타당성과 설비투자의 당위성은 있다고 판단된다.

사회·환경적 편익의 포함, 사회적 할인율의 수준 등에 따라 축산폐수 바이오에너지 설비투자는 경제성이 확보될 수 있다. 본 소형 복합바이오에너지 시설은 퇴비화 및 액비화 설비의 한계점을 보완할 수 있는 효율적 자원화 설비가 될 수 있으며 현재의 축산업의 기후변화적응, 신재생에너지원 보급 확대 정책에도 부합하는 대안이라 평가할 수 있다.

## 2. 미이용 바이오매스 도입시 온실가스 감축량 분석

정부는 현재 추세로 농업생산 활동이 지속될 경우 경지면적은 줄어들고 가축의 사육두수는 증가할 전망이라고 밝히고 있다. 화학비료는 중장기적으로 완만하게 감소하고 있지만 축산분뇨 투입량은 지속적으로 증가할 것으로 전망되고 있다(농림축산식품부, 2021). 이에 따라 우리나라는 2030년까지 국가 전체 메탄 배출량을 2018년 대비 29.7%를 감축하는 계획을 2030 NDC 상향안에 반영하였다. 농업분야 온실가스 배출량을 살펴보면, 2018년 기준으로 21.2백만톤을 배출하였고, 1990년 이후 21백만톤 내외를 유지하고 있다. 배출원별로는 경종부문 11.8백만톤(53%), 축산부문 9.4백만톤(42%), 시설원예·농업기계 등 에너지 부문에서 1.0백만톤(4.5%) 발생하고 있다. 경종부문은 논 면적 감소 등으로 온실가스 배출량이 감소하고 있으나, 축산부문은 가축 사육두수 증가로 배출량이 증가하는 추세이다.

<표 63> 농업분야 온실가스 배출량 및 전망

배출원 (천톤CO2)			배출량 (2018)	배출전망		
				2030년	2040년	2050년
비에너지	경종	벼재배	6,297	5,041	4,879	4,847
		논경지	5,472	6,334	6,569	6,765
		작물잔사소각	15	17	17	17
	축산	장내발효	4,471	4,758	4,796	4,830
		가축분뇨처리	4,936	6,236	6,507	6,729
에너지	-	996	653	489	393	
합 계			22,187	23,039	23,257	23,581

### □ 온실가스 감축량 산정방법

#### 축분처리량은 연간 13,000톤, 음식물류 폐기물은 연간 5,500톤 처리

앞서 가정한 소형 복합바이오에너지 시설을 예산군에 도입하였을 경우 온실가스 감축량을 산정하여 설비도입으로 인한 온실가스 감축 기여도를 계산해 보고자 한다.

소형 복합바이오에너지 열병합발전 시설의 구성을 바이오가스 열병합발전 발전용량 120kWh, 처리용량 50톤/일, 음식물류 폐기물 비율을 30%, 1,000kWh급 목재칩 보일러 설비를 가정하였다. 이 경우 소형 복합바이오매스 발전시설이 처리가능한 용량은 축분의 경우 13,000톤/년, 음식물류폐기물 5,500톤/년으로 볼 수 있다.

## 한국농업기술진흥원 바이오가스 플랜트를 통한 온실가스 감축 방법론 적용

이를 바탕으로 하여 온실가스 감축량 산정을 위해서 한국농업기술진흥원에서 2022년 7월 발간한 「농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업 방법론 16건」에 수록되어 있는 ‘바이오가스 플랜트를 통한 온실가스 감축 방법론’을 적용하여 베이스라인 배출량을 산정하고 소규모 설비이기에 소내 전력사용 등 사업배출량 및 누출량이 미미하다는 점을 고려하여 베이스라인 배출량을 감축량으로 제시할 것이다.

베이스라인 배출량 산정을 위한 기본 시나리오는 다음과 같다.

첫째, 사업활동(소형 복합바이오에너지 열병합발전시설 도입) 이전에는 가축분뇨 및 음식물류 폐기물이 혐기성 공정이 포함된 자원화시설(액비 또는 퇴비생산)을 이용했을 것

둘째, 바이오가스 플랜트에서 생산 및 공급한 에너지원은 사업활동이 없었더라면 전력계통망과 화석연료 열 생산설비로부터 전력과 열에너지를 공급받았을 것, 두 가지이다.

따라서 바이오가스 플랜트를 통한 온실가스 감축 방법론에서 베이스라인 배출량 산정을 위한 기본 공식은 다음과 같다.

$$BE_y = BE_{MFW,y} + BE_{cogen,y}$$

$BE_y$  :  $y$ 년도 바이오가스플랜트의 베이스라인 연간총배출량( $tCO_2$ -eq/년)

$BE_{MFW,y}$  :  $y$ 년도 가축분뇨 및 음식물류 폐기물처리 관련 베이스라인 연간배출량( $tCO_2$ -eq/년)

$BE_{cogen,y}$  :  $y$ 년도 전력 및 열에너지 생산 관련 베이스라인 연간배출량( $tCO_2$ -eq/년)

### (1) 가축분뇨 및 음식물류 폐기물 처리 관련 연간 배출량 산정

가축분뇨 및 음식물류 폐기물 처리 (혐기성 공정이 포함될 경우 해당) 바이오가스 플랜트가 없었더라면 가축분뇨 및 음식물류 폐기물을 혐기성 조건에서 처리함에 있어서 발생하는 온실가스 배출량을 산정하고, 이를 베이스라인 배출량으로 간주한다. 가축분뇨와 음식물류 폐기물 처리 시, 배출량 산정방법이 다르므로 각 경우의 베이스라인 배출량을 산정하여 합산 후, 총 베이스라인 배출량을 산정한다.

$$BE_{MFW,y} = BE_{manure,y} + BE_{foodwaste,y}$$

기호	정의	단위
$BE_{MFW,y}$	$y$ 년도 가축분뇨 및 음식물류 폐기물 처리 관련 베이스라인 연간 배출량	$tCO_2$ -eq/년
$BE_{manure,y}$	$y$ 년도 가축분뇨 처리 관련 베이스라인 연간 배출량	$tCO_2$ -eq/년
$BE_{foodwaste,y}$	$y$ 년도 음식물류 폐기물 처리 관련 베이스라인 연간 배출량	$tCO_2$ -eq/년

가축분뇨 및 음식물류 폐기물 처리 관련 배출량 산정을 위해서는 IPCC에서 제시하고 있는 가축분뇨 및 음식물류 폐기물 관련 배출계수를 활용하여 주된 온실가스인 메탄(CH<sub>4</sub>)의 배출량을 산정하고 있으며, 함께 발생하는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)는 발생량이 미미하기에 한국농업기술진흥원의 방법론에서도 메탄의 발생량만을 산정하고 있다. 방법론에서 활용하고 있는 2006년 IPCC 기준에 따른 배출계수는 다음과 같다.

가축	$EF_{LT, CH_4, m}$ (kg-CH <sub>4</sub> /두/년)		출처
한육우	1		IPCC 기본값(북미)
젖소	58		IPCC 기본값(북미)
돼지	육돈 8	비육돈 12	IPCC 기본값(서유럽)
닭, 오리	닭 0.03/1.2	오리 0.02	IPCC 기본값(선진국)
2006 IPCC GL-Chapter 10. Table 10.14 (Cool condition 조건, 14°C)			

	$EF_{CH_4, fw}$ (g-CH <sub>4</sub> /kg)	
	건량 기준	습량 기준
음식물류 폐기물 배출계수	2	<b>0.8</b>
※ 2006 IPCC 가이드라인 Default value 적용		

가축분뇨 처리 관련 배출량 산정을 위해서는 가축의 두수를 산출해야 하는데 위에서 앞서 가정했던 소형 복합바이오매스 발전시설의 처리 용량을 축분 13,000톤/년으로 가정했기에 환경부 수생태보전과에서 산정한 가축분뇨 배출원단위를 적용하고 모두 돼지로 가정하였을 경우 사육두수는 다음과 같다.

구분	한우	젖소	돼지	산란계	육계	
표준체중(kg)	350	450	60	1.7	1.3	
분뇨배출량	분	8	19.2	0.87	124.7	85.5
	뇨	5.7	10.9	1.74	0	0
	계(A)	13.7	30.1	2.61	124.7	85.5
세정수(B)	0	7.6	2.49	0	0	
주) 환경부 수생태보전과-867(08.12.23)						
분뇨배출 원단위 (A+B)	13.7	37.7	<b>5.1</b>	124.7	85.5	

$$\text{연간 처리 가능용량 } 13,000,000\text{kg} \div 365\text{일} \div 5 = 7,123\text{두}$$

IPCC의 육돈 배출계수인 8을 적용하고 메탄에 대한 지구온난화지수인 21을 곱하여 이산화탄소 배출량으로 전환하면 다음과 같다.

### ① 가축분뇨 처리의 베이스라인 배출량 산정

$$\begin{aligned}
 BE_{manure, y} &= \sum_{LT} N_{LT, y} \times EF_{LT, CH_4} \times GWP_{CH_4} \times 10^{-3} \\
 &= 7,123\text{두} \times \text{배출계수 } 8 \times \text{메탄 온난화지수 } 21 = 1,196.664\text{톤 } CO_2eq
 \end{aligned}$$

### ② 음식물류 폐기물 처리의 베이스라인 배출량 산정

음식물류 폐기물 처리에 관한 배출량은 습량 기준 배출계수인 0.8을 적용하고 앞서 가정한 연간 5,500톤 처리 용량을 고려하였을 때 배출량은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 BE_{foodwaste, y} &= Q_y \cdot EF_{CH_4, fw} \cdot GWP_{CH_4} \times 10^{-6} \\
 &= 5,500\text{톤} \times \text{배출계수 } 0.8 \times \text{메탄 온난화지수 } 21 \times 10^6 = 92.4\text{톤 } CO_2eq
 \end{aligned}$$

#### A. 가축분뇨 및 음식물류 폐기물 처리의 연간 배출량 산출결과

$$\begin{aligned}
 BE_{MFW, y} &= BE_{manure, y} + BE_{foodwaste, y} \\
 &= 1,196.664 + 92.4 = \text{약 } 1,289 \text{톤 } CO_2eq/\text{년}
 \end{aligned}$$

### (2) 전력 및 열에너지 생산 관련 연간 배출량 산정

앞서 가정한 소형 복합바이오에너지 공급시설이 생산하여 기존 전력 및 화석연료로 생산한 에너지를 대체함으로써 감축이 가능한 연간 배출량 산정을 위해서는 사업활동으로 인해 생산한 전력공급량 및 열 에너지공급량에 대한 연간 베이스라인 배출량을 산정하여 이를 감축량으로 제시할 것이다. 배출량 산정 공식에서 필요한 전력 및 화석연료 배출계수는 「EG-TIPS 에너지온실가스종합정보 플랫폼」에서 제시하고 있는 에너지, 산업공정의 국가 에너지 발영량 및 온실가스 배출계수를 활용하였다. 앞서 가

정한 120kWh의 바이오가스 열병합설비 및 1,000kWh의 목재칩 보일러의 전력 및 열에너지 생산 관련 베이스라인 연간 배출량은 다음과 같다.

$$BE_{cogen, y} = BE_{elec, y} + BE_{thermal, y}$$

기호	정의	단위
$BE_{cogen, y}$	y년도 베이스라인 연간 총 배출량	tCO <sub>2</sub> -eq/년
$BE_{elec, y}$	y년도 전력 관련 베이스라인 연간 총 배출량 (전력공급)	tCO <sub>2</sub> -eq/년
$BE_{thermal, y}$	y년도 열에너지 관련 베이스라인 연간 총 배출량	tCO <sub>2</sub> -eq/년

### ① 전력 생산 관련 베이스라인 연간 배출량 산정

$$\begin{aligned} BE_{elec, y} &= EG_{elec, y} \times EF_{grid} \\ &= 120kWh \times 8000시간(연간 가동율 약 92\%) \times \text{전력배출계수 } 0.4434 \\ &= 425.664 \text{ 톤 } CO_{2eq} \end{aligned}$$

기호	정의	단위
$BE_{elec, y}$	y년도 전력 관련 베이스라인 연간 총 배출량	tCO <sub>2</sub> - eq/년
$EG_{elec, y}$	y년도 바이오가스 시설에서 생산해 계통망에 공급한 전력량	MWh/년
$EF_{grid}$	전력 배출계수	tCO <sub>2</sub> - eq/MWh

### ② 열에너지 생산 관련 베이스라인 연간 배출량 산정

#### 2-1. 바이오가스 발전설비의 열에너지

$$\begin{aligned} BE_{thermal, y} &= (EG_{thermal, y} / \eta_{BL, thermal}) \times EF_{FF} \times 10^{-3} \\ &= 200kWh \times 8000시간 \times \text{경유배출계수 } 20.090 \text{ tC/TJ} \times 0.50 \times 10^{-3} \\ &= 57.859 \text{ 톤 } CO_{2eq} \end{aligned}$$

기호	정의	단위
$BE_{thermal, y}$	y년도 열에너지 관련 베이스라인 연간 총 배출량	tCO <sub>2</sub> - eq/년
$EG_{thermal, y}$	y년도 바이오가스 시설에서 생산하여 공급한 순 열에너지량	GJ/년
$EF_{FF}$	바이오가스 시설이 없을 경우 사용되었을 화석연료의 배출계수	tCO <sub>2</sub> /TJ
$\eta_{BL, thermal}$	바이오가스 시설이 없을 경우 사용되었을 화석연료를 사용하는 설비의 효율	%

## 2-2. 목재칩 보일러의 열에너지

$$\begin{aligned} BE_{thermal,y} &= (EG_{thermal,y} / \eta_{BL,thermal}) \times EF_{FF} \times 10^{-3} \\ &= 1000kWh \times 8000시간 \times \text{경유배출계수 } 20.090 \text{ tC/Tj} \times 0.93 \times 10^{-3} \\ &= 538.090 \text{ 톤 } CO_2eq \end{aligned}$$

위 두 개의 열에너지 연간 배출량을 합하면

$$57.895 + 538.090 = 595.985 \text{ 톤 } CO_2eq$$

### B. 바이오가스 발전기와 목재칩 보일러의 연간 배출량 산출결과

$$\begin{aligned} BE_{cogen,y} &= BE_{elec,y} + BE_{thermal,y} \\ &= 425.664 + 595.985 = \text{약 } 1,022 \text{ 톤 } CO_2eq/\text{년} \end{aligned}$$

### C. 소형 복합바이오에너지 시설의 연간 온실가스 감축량

$$\begin{aligned} BE_y &= BE_{MFW,y} + BE_{cogen,y} = A + B \\ &= 1,289 + 1,022 \\ &= 2,311 \text{ 톤 } CO_2eq/\text{년} \end{aligned}$$



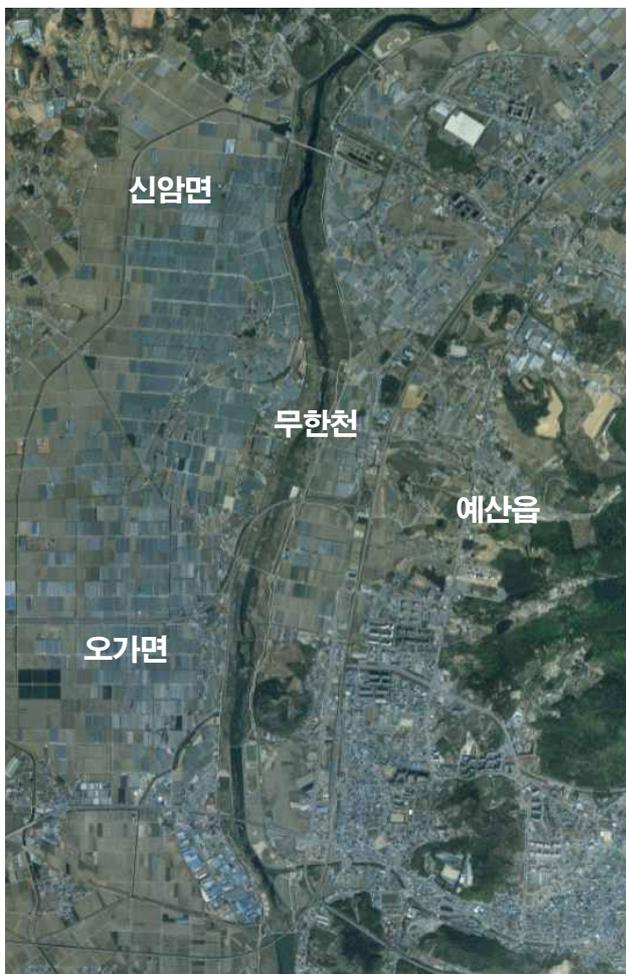
## 제6장 예산군 적용모델 및 결론

### 1. 예산군 적용모델

#### (1) 입지선정

##### 신암면과 오가면의 접경지역이 최적지

가축분뇨와 목질계 바이오매스를 활용하는 본 시설의 최적 입지 선택은 매우 중요하다. 설비 운영시 유기성 폐자원 수집 및 운반비가 차지하는 비율이 매우 높아 적절한 입지 선택 여부에 따라 그 비용이 크게 변동되기 때문이다. 잘못된 입지의 선택은 비용 증가를 초래하여 경제성을 감소시키는 요인이 될 수 있다는 것을 의미한다.



이런 이유로 시설원예농가와 축산농가가 밀집한 신암면과 오가면의 접경지역이 최적지로 판단된다.

좌측의 예산군 중심부 항공사진을 보면 무한천을 사이에 두고 우측에는 예산읍이 있고, 좌측은 신암면과 오가면이 위치해 있다. 사진에서도 확인할 수 있듯이 오가면과 신암면에 시설재배 농가와 축산농가가 밀집해 있음을 확인할 수 있다.

##### 산림자화센터도 오가면에 위치

신암면과 오가면은 예산군 축산분뇨 공공처리시설과 공동자원시설도 인접해 있어 유기성 폐기물 수집 및 운반에 최적 장소로 손색이 없다. 미이용 산림바이오매스를 연료로 가공하는 예산군산림조합 산림자화센터도 오가면에 위치해 있다.

<그림 19> 예산군 중심부 항공사진  
물류, 기반시설, 지형여건 양호

하천을 중심으로 경지정리가 완료된 평탄한 지형으로 본 시설이 요구하는 기반을 갖추기가 용이하다. 외부와 교류할 수 있는 교통인프라도 좋은 여건을 갖추고 있다. 전체적으로 물류 및 기반시설, 확장성, 농가의 호응도, 경지정리 완료 등 지형적 측면과 인프라 측면 모두 상당히 우수하다.

<표 65> 사업예정지 적합도

지형적 특성		인프라 특성				확장성	호응도
표고	경사	원료공급	전기	용수	거리		
0000	0000	0000	000	000	0000	0000	0000

(0000: 우수, 000: 양호, 00: 보통, 0: 미흡)



<그림 20> 복합 바이오에너지 열병합사업 예정지

위와 같은 적합도 판단을 통해 본 시설을 설치할 사업예정지는 신암면과 오가면의 접경지에 있는 호은2농장과 신선농장을 최종적으로 선정하였다. 해당 축산농가의 주소지는 오가면이다. 선정 이유를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 본 시설의 원료를 공급받기 위한 수집 및 이동거리가 짧고, 운반비 감소를 통해 경제성을 향상시킬 수 있다.

둘째, 본 시설에서 생산되는 열에너지를 사용하는 시설재배 농가가 주변을 감싸고 있어 에너지 효율 및 비용 절감에 큰 이점이 있다.

셋째, 사업예정지는 경지정리를 완료한 농업진흥지역으로 농지 구획정리, 농로, 용·배수로, 전기공급 및 용수 확보 등 농업 인프라 구축이 완료된 지역이다.

넷째, 사업예정지는 생태자연환경보전법, 자연공원법, 습지보전법 등 환경법규 등에 저촉 사항이 없다.

다섯째, 목질계 연료를 가공하는 산림자원화센터도 오가면에 위치하여 과수전정목 등의 목질계 연료 공급에도 장점이 있다.

## (2) 사업모델 및 방향

본 사업모델의 특징을 요약하면 다음과 같이 5가지로 요약할 수 있다.

<표 66> 복합 바이오에너지화 사업의 특징

①	시설에 투입하는 에너지 원료는 두가지로 가축분뇨와 목질계 바이오매스이다.
②	복합 바이오에너지화 설비이며, 바이오가스 열병합발전기와 목재칩 보일러이다.
③	생산되는 에너지 형태는 전력과 열이다.
④	전력은 판매하며, 열은 시설재배농가에 공급한다.
⑤	축산농가는 처리비용을 절감하고, 시설재배농가는 에너지비용을 절감한다.

### □ 사업모델 : 오가면을 바이오에너지 특화단지화

이와같은 사업모델이 실현이 가능한 것은 오가면이 입지조건, 지형조건, 인프라 조건이 우수하기 때문에 가능하다. 이러한 특성을 최대한 활용하여 중장기적으로 오가면을 예산군을 대표하는 바이오에너지 단지로 조성하는 것이 바람직하다고 본다.

시설재배 농가가 반경 5km 안에 밀집해 있어 확장성을 염두에 두고 장기적 전망속에서 사업모델을 추진할 필요가 있다. 복합 바이오에너지화 시설이 운영되면 자연스럽게 목질계 연료의 공급체계가 오가면에 정착될 것이고, 이는 주변 농가에 긍정적 영향을 분위기를 형성하여 미이용 바이오매스 활용을 촉진하는 계기가 될 수 있다. 특히 청양군 칠성에너지의 사례에서 확인할 수 있듯이 열공급사업은 시설재배농가의 에너지 비용을 획기적으로 절감시키므로 주변 시설재배 농가의 자발적 참여 분위기를 조성할 것으로 보인다.

이러한 방향으로 나아간다면 오가면은 예산군에서 발생하는 유기성 폐자원 및 미이용 바이오매스를 에너지화하는 집합지역이 된다. 따라서 오가면을 예산군을 대표하는 바이오

에너지 특화단지로 조성하는 목표를 세우고 추진할 필요가 있다.



<그림 21> 오가면 바이오에너지 단지화 개념도

**□ 중장기 방향 : 중소형 열병합설비 확대 보급 및 탄소중립형 스마트팜 활성화**

예산군의회 의원 연구모임은 미이용 바이오매스 에너지를 이용한 에너지 절감 해법을 찾기 위해 1박2일의 선진지 견학을 통해 예산군에 적합한 미이용 바이오매스 에너지 방안을 도출하였다. 국내의 다양한 실증 사례를 통해 예산군에서 장기적으로 추진해야 할 사업의 구체성을 획득하는 중요한 계기였다고 평가할 수 있다.

선진지 견학 결과를 통해 도출된 핵심방향을 요약하면 다음과 같다.

**첫째, (국비확보) 에너지화 설비가 없는 예산군 공동자원센터에 바이오가스 설비 도입**

다행히 해당부서에서 국비를 확보하기 위한 적극적인 행정을 추진하고 있다. 따라서 민관협력을 통해 국비 확보가 가능하도록 여건을 조성해 나가는 노력이 필요하다.

**둘째, (열공급 기반 구축) 버려지는 열에너지가 없도록 열병합 설비 확대 보급**

예산군 맑은누리센터에서도 소각열이 발생하지만 효율적으로 활용되지 못하고 있다. 보다 효율적인 에너지 활용을 위해서도, 시설재배 농가에 절대적으로 필요한 열을 공급하기 위해서도 열공급 기반을 점차적으로 확대해 나가야 한다. 열공급 기반의 핵심은 수요에 기반한 대용량의 온수 축열조와 농가에 온수를 공급하기 위한 열배관이다. 막대한 시설비가 소요되므로 단계적으로 추진해야 하며, 국비사업 확보시 관련 예산을 미리 상정해 둘 필요가 있다.

### **셋째, (바이오에너지 단지) 오가면 주변 지역까지 바이오에너지 사업 확산**

오가면 주변 지역은 시설재배 농가가 반경 5km 안에 밀집해 있어 확장성에 큰 장점을 갖고 있다. 사업모델이 정착되면 주변 농가에 긍정적 영향을 분위기를 형성하여 미이용 바이오매스 활용을 촉진하는 계기가 될 수 있다. 모든 농가에 열배관을 구축하기는 현실적으로 불가능하므로 농가 규모 및 거리를 고려하여 축분·목재펠릿 보일러를 확대 설치하는 사업이 필요하다. 사업모델 중심으로 연료공급 시스템이 정착되므로 농가에서 불편해하는 안정적 연료공급 및 품질문제도 자연스럽게 해결될 수 있다. 무엇보다 해당 농가의 연료비 절감 및 지역주민과의 상생을 도모하여 혐오시설에 대한 호감도가 상승되는 효과를 거둘 수 있다.

### **넷째, (고체연료 시범사업) 바이오차, 우분 고체연료, 과수전정목 목재칩 연구개발**

우분 배출량이 많은 예산군의 특성을 고려하여 바이오차를 비롯한 우분 고형연료를 활용한 에너지화 사업을 추진해야 한다. 물론 법적 규제로 축분 고체연료를 이용하기 어려운 현실이지만 농업기술센터의 기능을 적극 활용하여 관련 연구개발사업을 유치할 통한 돌파구를 마련할 필요가 있다.

### **다섯째, (민관산학 협력체계) 안정적 사업추진을 위한 협력기반**

유기성 폐자원을 에너지화하는 사업은 단기적으로 달성하기 어려운 과제이다. 에너지 사업이 중심이지만 지역사회 구성원 모두의 참여와 협력을 통해 풀어나가야 한다. 우선은 축산농가와 시설재배농가가 참여할 수 있는 장치가 있어야 한다. 예산군의회, 예산군, 농업기술센터, 산림조합, 공주대학교 등 관련기관이 머리를 맞댈 수 있는 통로도 만들어야 한다. 무엇보다 중요한 것은 추진동력을 모어나가며 컨트롤타워 역할을 하는 사업추진단 구성이 선제적으로 필요하다.

<표 67> 단계별 추진방안

<b>1단계</b>	<b>오가면에 축분 및 목재칩을 이용한 복합 바이오에너지시설 보급</b> <ul style="list-style-type: none"><li>○ 축분 및 전정목을 이용한 재생에너지 생산</li><li>○ 시설재배농가를 위한 피크 및 기저부하용 열공급</li><li>○ 퇴비 또는 액비 생산</li></ul>
<b>2단계</b>	<b>농업기술센터 온실 하우스에 시범사업 도입</b> <ul style="list-style-type: none"><li>○ 사업실증 및 운영을 통해 효과 검증</li><li>○ 농가 교육의 장으로 활용 및 홍보를 통해 인식 확산</li><li>=&gt; 우분 고체연료화 연구개발 동시 추진</li></ul>
<b>3단계</b>	<b>가축분뇨 공동자원화센터에 바이오가스 설비 도입</b> <ul style="list-style-type: none"><li>○ 바이오가스, 퇴비, 액비, 전기, 열 등을 생산</li><li>○ 인근 주민에게 스마트팜 농장을 지어 주민 수익사업 지원</li><li>○ 유기 바이오 비료 생산</li></ul>

### (3) 복합 바이오에너지화 시설 구성

#### □ 시설개요

##### 시설 구축에 필요한 부지면적은 500평

예산군 복합 바이오에너지화 시설은 소형이라는 특징에 따라 시설 구축에 필요한 부지면적은 약 500평이다. 발전기와 통합제어시스템, 사무실이 있는 본관은 120평이며, 나머지 기계설비와 필수 구조물은 400평 내외에 설치할 수 있도록 배치되었다. 기존도로에 인접하여 사업시행에 따른 공사차량 진출입과 조성 이후 가축분뇨 운반에 편리성이 있다.

##### 주요시설은 발전설비, 보일러설비, 토목건축 구조물

토목건축 구조물은 관리운영사무소와 가축분뇨 저장조, 발효조, 목질계 바이오매스 건조·저장시설 등이다. 발전설비는 열병합발전기, 통합모니터링 및 제어시스템, 열교환기, 가스필터 등이다. 보일러 설비는 목재칩 보일러 본체, 정량분배기, 연소재함, 제어시스템, 온수축열조, 열교환기 등이다. 크게 발전설비, 보일러설비, 각종 구조물로 구분할 수 있다.

□ 사업 및 운영계획

**사업비는 50억원, 연간 수익 2억원**

본 시설을 구축하기 위해 투입되는 사업비는 약 50억원이다. 시설투자비로 약 43억원이 소요되며, 설비준공후 1년간의 운영비로 7억원이 소요된다. 소형 시설임에도 연간 2억원 이상의 수익이 발생해 경제적 운영이 가능하다. 또한 연간 540만원의 수질개선효과와 230만원의 화석연료를 대체하는 효과를 거둘 수 있다.

<표 68> 오가면 복합 바이오에너지화 사업 및 운영계획

시설위치	충청남도 예산군 오가면 황금뜰로 1407-16 일대 (예정)
참여농가	호은2농장, 신선농장
사업구분	복합 바이오에너지화 시설 구축사업
설비특징	①유기성 폐자원 활용한 바이오가스 열병합발전기 (120kW 1대) ②과수전정목 등 목질계 바이오매스 활용 목재칩 보일러 (1MW 1대)
사업비	약 50억원 (시설투자비 43억, 초기운영비 7억)
주요기능 (처리규모)	①처리용량 : 하루 50톤 (가축분뇨 13,000톤/년, 음식물류폐기물 5,500톤/년) ②전력생산 : 하루 2,630kWh (연간 960MWh = 120kW×8000시간, 설비가동율 92%) ③온수공급 : 하루 2,192kWh (연간 1100MWh = 1000kW×1100시간, 이용효율 50%)
시설구분	<ul style="list-style-type: none"> <li>•가축분뇨 저장조 100m<sup>3</sup>, 음폐수 저장조 150m<sup>3</sup></li> <li>•혐기설 소화조 2,000m<sup>3</sup> 1기, 후발효 이송조 770m<sup>3</sup></li> <li>•바이오가스 저장조 700m<sup>3</sup>, 액비저장조 6,000m<sup>3</sup></li> <li>•온수축열조 20,000톤</li> <li>•목재칩저장고 50m<sup>3</sup>, 보일러실 150m<sup>3</sup></li> </ul>
경제성	<ul style="list-style-type: none"> <li>•연간 211백만원의 수익 발생 (960MWh×(REC 70,000+SMP 150,000))</li> </ul>
온실가스 감축량	<ul style="list-style-type: none"> <li>•연간 총 감축량 2,311 톤 CO<sub>2</sub>eq/년               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가축분뇨 및 음식물류 폐기물 처리 부문 1,289 톤 CO<sub>2</sub>eq/년</li> <li>- 바이오가스 발전기의 전력생산 부문 425.6 톤 CO<sub>2</sub>eq/년</li> <li>- 바이오가스 발전기의 열생산 부문 57.8 톤 CO<sub>2</sub>eq/년</li> <li>- 목재칩 보일러의 열에너지 생산 부문 538.1 톤 CO<sub>2</sub>eq/년</li> </ul> </li> </ul>
부가효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>•연간 540백만 원의 수질개선효과</li> <li>•연간 230백만 원의 화석연료(등유) 수입을 대체하는 효과</li> </ul>
향후계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>•농업기술센터 온실 하우스에 시범사업 도입</li> <li>•가축분뇨 공동자원화센터에 바이오가스 설비 도입</li> <li>•핵심 주체들이 참여하는 바이오에너지 사업단 추진</li> <li>•오가면 복합바이오에너지 단지화 추진</li> </ul>

## □ 세부시설

본 시설은 바이오가스 열병합발전 시설과 목재칩 보일러 설비로 구분된다.

먼저 바이오가스 열병합발전 시설의 토목건축 구조물은 가축분뇨 저장조를 포함한 4개의 구조물로 구성된다. 액비저장조가 필수적이지만 축산농가의 액비저장조를 활용하므로 사업비 기준의 시설에는 제외했다. 기계장치설비는 120kW급 발전기를 가동하는데 필요한 20여가지의 복잡한 기계장치들로 구성된다.

<표 69> 바이오가스 열병합설비의 세부구성과 규격

품 명	규 격(A)	수량
1. 토목구조물		
가축분뇨 저장조	100m <sup>3</sup> (철콘구조)	1
음폐수 저장조	150m <sup>3</sup> (철콘구조)	1
혐기성 소화조	2,000m <sup>3</sup> (철콘구조)	1
후발효이송조	770m <sup>3</sup> (철콘구조)	1
2. 기계장치설비		
발전용 가스 Blower	3.75kw	1
발전기(Generator)	120kw 컨테이너형	1
가스 유량계	0~100m <sup>3</sup> /min	1
잉여가스 연소기	소각능력:126m <sup>3</sup> /hr(90kg/hr), 내부용적:0.3m <sup>3</sup>	1
온수 저장탱크	2m <sup>3</sup>	1
협잡물 제거장치 (스크린)	1.0W×1.0L(타공망형), 1.5W×2.0L(Mesh형)	1
원수공급펌프	125A×0.30m <sup>3</sup> /min×4.0KW	1
반송펌프	100A×0.4m <sup>3</sup> /min×3.7KW	1
액비이송펌프	120A×0.30m <sup>3</sup> /min×4.0KW	1
가축분뇨 집수조 SUB MIXER	305rpm×4kw	2
후발효 이송조 SUB MIXER	330rpm×9kw	1
소화조 SUB MIXER	360rpm×15kw(서비스박스형)	2
소화조 난방코일	1SET	1
소화조 가스 저장조	700m <sup>3</sup>	1
유 량 계	0~50m <sup>3</sup> /hr	1
센 서 류	레벨센서, pH센서, 온도센서	5
탈황제습설비	126m <sup>3</sup> /hr	1
세정식 집진시설 (SCRUBBER)	2중 2단 습식 오존 20m <sup>3</sup> /min	1
자동제어시스템	PLC제어	1

## 2. 결론

<b>비 전</b>	농축산분야 온실가스 감축 및 지역경제 활성화	
<b>목 표</b>	축산분뇨 에너지화 및 시설재배농가 에너지비용 절감	
	<b>정책방향</b>	<b>핵심과제</b>
<b>구 조</b>	저탄소 축산구조 활성화	소형 바이오가스 열병합발전 보급확산 가축분뇨 에너지화 다변화 저탄소 축산경영 확산
<b>전 환</b>	시설농가 에너지전환 활성화	바이오매스 열공급 시스템 구축 시설재배단지 에너지 효율화 저탄소 시설농업 확산
<b>에너지원</b>	재생에너지원 이용 확대	과수전정가지 수거체계 마련 미이용 바이오매스 활용 기반 조성 바이오에너지 특화단지 조성 축산농가 및 시설농가 RE100
<b>기반구축</b>	민관산학 협력체계 구축 및 조례 제정으로 정책기반 마련 국비 확보 및 자체 연구개발 투자 확대 바이오에너지 사업단을 통해 지원체계 가동	

<그림 22> 사업의 기본방향

본 연구를 통해서 예산군 내에서 발생하는 유기성 폐자원과 미이용 목질계 바이오매스는 시설재배농가의 에너지 비용을 절감할 수 있는 유용한 자원으로 활용될 수 있음을 밝혔다. 무엇보다 가축분뇨 바이오가스 사업은 소형으로는 타당성이 없다는 전통적인 인식을 극복하고, 예산군에서 상당히 가까운 거리에서 성공적으로 운영되고 있는 시설의 운영 사례를 적용하여 사업의 현실성은 물론 경제성을 확보했다는 점은 본 연구의 소중한 성과라고 보여진다. 연구성과를 바탕으로 예산군이 먼 미래를 바라보며 전략과 방향을 세우는 것은 농축산분야의 온실가스 감축은 물론 국가의 탄소중립 정책에 기여하는 일임에 틀림없다.

예산군의 기본방향은 ‘농축산분야 온실가스 감축 및 지역경제 활성화’로 이어지도록 설정되어야 한다. 이를 통해 당면 목표인 ‘축산분뇨 에너지화 및 시설재배농가의 에너지 비용 절감’이 실현되도록 해야한다.

화석연료 기반의 농축산 에너지 구조를 재생에너지원 기반의 구조로 전환하는 정책방향이 수립되어야 한다. 이를 위해서는 본 연구에서 제시하는 소형 바이오가스 열병합발전 보급확산, 가축분뇨 에너지화 다변화, 저탄소 축산경영 확산 등의 과제를 해결해야 한다.

시설재배농가 높은 에너지 비용을 절감해 지역경제 활성화로 이어지기 위해서는 근본적으로 시설농가의 에너지원을 재생에너지로 전환되어야 가능하다. 따라서 시설농가 에너지 전환 활성화를 위한 제반 여건 마련, 과수전정가지 등 미이용 바이오매스를 이용한 열공급 시스템의 구축, 노후되거나 효율이 떨어지는 시설재배단지의 에너지 효율화사업 등의 과제를 해결해야 한다.

장기적으로는 농축산 에너지원의 다변화를 추진해나가야 한다. 시설농가에 공급하는 에너지는 전력과 열을 통합적으로 사용할 수 있는 구조로 개선되어야 에너지 비용 절감효과를 기대할 수 있다. 에너지 비용이 갈수록 증가하는 추세에서 그동안 방치되었던 과수전정가지와 미이용 산림바이오매스를 에너지 전환의 원료로 활용되도록 정책방향을 수립한다면 저탄소형 일자리 및 농축산농가의 RE100 실현으로 이어질 수 있다. 이를 위해서는 과수전정가지 수거체계 마련이 요구되며, 바이오에너지 특화단지를 조성해 축산농가 및 시설농가의 RE100을 유도해 나가며 긍정적 분위기와 인식개선을 도모할 수 있다.

이러한 예산군 기본방향을 안정적으로 추진해 나가기 위해서는 추진여건과 기반을 빠른 기간내에 구축해야 한다. 보다 면밀한 사업추진 기반을 위해 민관산학이 머리를 맞댈 수 있는 협력체계가 구축되어야 한다. 축산농가에 복합 바이오에너지화 사업을 시도하는 것은 국내 처음이므로 제도적 기반이 있어야 하므로 관련된 조례를 시급히 제정할 필요가

있다. 예산군 자체적인 연구개발을 통해 미이용 자원의 가능성을 지속적으로 두드려야 하므로 농업기술센터 및 대학교가 연구개발에 집중할 수 있도록 투자비를 확보해 나가야 한다. 마지막으로, 출발하기 위해서는 추진동력이 있어야 한다. 지난 1년간 예산군의회 연구모임의 열정적 도전과 성과는 정책적 동력을 형성하였다고 평가된다. 이제부터는 사업적 추진동력과 지원체계가 필요하며 예산군의회, 예산군, 대학교, 농업기술센터, 축산농가 및 시설농가, 관련기업 등이 참여하는 ‘예산군 바이오에너지 사업단’으로 나아가는 것이 요구되고 있다.

### 3. 조례 제정안

## 예산군 가축분뇨의 에너지화 및 이용 활성화 조례(안)

<제안이유>

○ 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」에 따라 「예산군 가축분뇨 공공처리시설의 관리 및 운영 조례」가 제정되었으나 바이오가스 등의 에너지화에 대한 규정이 없으며, 「예산군 축산업 육성 및 지원에 관한 조례」 및 「예산군 축산악취 저감 및 축산환경 개선 지원에 관한 조례」에서도 가축분뇨 에너지화 관련 내용이 없는 상태

○ 다만 「예산군 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 조례」에서 “가축별 탄소 배출량·경제성 등 분석을 통해 축산분야 온실가스 감축과 가축분뇨 에너지화 시설 설치 확대를 위해 노력한다”라는 포괄적 내용이 유일하게 제시되어 있음

○ 따라서 예산군의 가축분뇨의 에너지화 및 이용 활성화에 필요한 사항을 규정하여 축산농가의 참여 분위기를 조성하고, 예산군 축산업의 경쟁력 강화와 가축분뇨 이용 활성화에 필요한 제도적 기반을 마련할 필요가 있음

○ 한편 본 조례는 시행을 앞두고 있는 「유기성 폐자원을 활용한 바이오가스의 생산 및 이용 촉진법」을 대비하는 측면도 있으며, 향후 예산군에서 바이오가스 플랜트 공급이 본격적으로 추진되는 시점에 법령에 따라 조례를 개정하면 될 것으로 보임

제1조(목적) 이 조례는 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 및 「유기성 폐자원을 활용한 바이오가스의 생산 및 이용 촉진법」에 따라 가축분뇨의 에너지화 및 이용 활성화에 필요한 사항을 규정함으로써 예산군 축산업의 경쟁력 강화와 가축분뇨 이용 활성화 및 온실가스 감축에 이바지함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 조례에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “가축”이란 소·돼지·말·닭 그 밖에 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행령」에서 정하는 사육동물을 말한다.
2. “가축분뇨”란 가축이 배설하는 분(糞)·요(尿) 및 가축사육 과정에서 사용된 물 등이 분·요에 섞인 것을 말한다.
3. “에너지화”란 가축분뇨를 이용해 에너지 연료로 변환하여 다시 이용하는 것을 말한다.
4. “에너지 연료”란 가축분뇨를 이용해 생산된 고체연료 및 바이오가스를 말한다.
5. “에너지화 시설”이란 가축분뇨 에너지 연료의 생산·저장·공급시설을 말한다.
6. “축산인”이란 축산업에 종사하는 개인을 말하며, “축산단체”란 축산업을 영위하는 영농조합법인, 농업회사법인, 협회를 말하며, “축산기관”이란 법령 및 조례에 의해 설치한 시설이나 운영기관을 말한다.

제3조(군수 등의 책무) ① 예산군수(이하 “군수”라 한다)은 가축분뇨를 이용한 에너지화 활성화에 관한 시책을 수립하고, 축산인의 자발적인 참여를 촉진하는 시책을 추진하여야 한다.

② 군수는 지역의 특성을 고려하여 가축분뇨를 이용한 에너지화 활성화를 위한 세부시책을 수립, 추진하여야 한다.

③ 축산인·단체·기관은 가축분뇨의 수거·생산·저장·공급 등 에너지화에 자발적으로 참여 및 적극 협력하여야 한다.

제4조(시행계획의 수립 등) ① 군수는 예산군 가축분뇨의 에너지화 및 이용 활성화를 위한 시행계획(이하 “시행계획”이라 한다)을 5년마다 수립·시행하여야 한다.

② 시행계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 가축분뇨 에너지화 정책의 기본 목표와 추진 방향
2. 가축분뇨 에너지화 생산량 및 처리 현황
3. 가축분뇨 에너지화 연구·개발
4. 축산농가의 참여와 협력에 관한 사항
5. 가축분뇨의 에너지화 및 이용 촉진을 위한 재원의 규모와 조달방안 및 지원에 관한 사항
6. 그 밖에 가축분뇨 에너지화 및 이용 촉진을 위하여 필요한 사항

③ 군수는 제1항의 시행계획을 수립하기 위하여 관련 축산인·축산단체·축산기관 등에 대하여 자료제출을 요청할 수 있다.

④ 자료제출을 요청받은 관련 축산인·축산단체·축산기관은 특별한 사유가 없는 한 이에 적극 협조하여야 한다.

제5조(가축분뇨 에너지화 활성화 실천) ① 축산업을 영위하는 사람과 축산단체·축산기관은 가축분뇨 에너지화 및 이용 활성화 실천을 위하여 가축분뇨를 고체연료 및 바이오가스 등의 에너지 연료로 이용하도록 자발적으로 노력하고 협력하여야 한다.

② 제1항의 에너지 연료를 생산할 때에는 다음 각 호의 사항을 이행하여야 한다.

1. 고체연료는 「가축분뇨 고체연료시설의 설치 등에 관한 고시」 제5조의 기준에 적합하도록 생산
2. 바이오가스는 「도시가스사업법 시행규칙」 별표10의 품질검사 기준에 적합하도록 생산

③ 에너지화 시설을 설치한 축산인·축산단체·축산기관은 출입구에 설비의 종류, 공법, 생산량, 품질기준 등의 기술사항을 표시하여야 한다.

④ 군수는 가축분뇨를 에너지 연료로 이용할 경우 생산량과 수요량, 환경

적 영향 등을 분석한 후 적정하게 사용되도록 지도하여야 한다.

제6조(기술의 개발·보급 등 지원) 군수는 가축분뇨의 에너지화 및 이용 활성화를 위한 기술의 개발 보급 및 교육을 실시하는 다음 각 호의 사람에 대하여 예산의 범위에서 필요한 자금을 지원할 수 있다.

1. 가축분뇨 에너지화 기술 또는 제품을 개발 보급하는 사람
2. 가축분뇨 에너지화 및 이용 활성화를 위한 축산인·축산단체·축산기관 등에 대하여 교육훈련을 실시하는 사람

제7조(기술교류 및 홍보 등) ① 군수, 축산인, 축산단체, 축산기관은 가축분뇨 에너지화 및 이용 활성화를 위한 기술보급·홍보·상호 교류 및 협력 등의 노력을 하여야 한다.

② 군수는 가축분뇨의 에너지화 및 이용 활성화를 실천한 우수 축산인·축산단체·축산기관의 모범사례를 적극 발굴하고 홍보하여야 한다.

제8조(가축분뇨 고체연료 및 바이오가스 소비 활성화 지원) 군수는 가축분뇨 고체연료 및 바이오가스의 소비촉진을 위하여 축산인·축산단체·축산기관에 대하여 열공급시설 및 전력생산시설 설치 등에 필요한 자금을 예산의 범위에서 보조 또는 융자 지원할 수 있다.

제9조(고품질 에너지 연료생산 및 유통 지원) 군수는 가축분뇨 에너지화 및 이용 활성화 실적이 우수한 축산인·축산단체·축산기관 등에 대하여 가축분뇨 에너지 연료생산 및 유통설비 구축에 필요한 자금을 예산의 범위에서 보조 또는 융자 지원할 수 있다.

제10조(경영안정 지원) 군수는 가축분뇨 에너지화 설비 구축 및 이용에 따른 비용 증가분 등 경영안정을 위하여 필요한 자금을 예산의 범위에서 보조 또는 융자 지원할 수 있다.

제11조(컨설팅) 군수는 가축분뇨 에너지화 사업 추진을 위한 계획수립과 경영 컨설팅에 적극 협조하여야 한다.

제12조(포상) 군수는 가축분뇨의 에너지화 및 이용 활성화에 기여한 공적이 탁월한 축산인·축산단체·축산기관 등에 대하여 포상할 수 있다.

제13조(시행규칙) 이 조례 시행에 필요한 사항은 규칙으로 정한다.

## 예산군 미이용 바이오매스 수집·운반과 에너지화 개발·이용·보급 촉진 조례(안)

### <제안이유>

- 「농업·농촌 및 식품산업 기본법」 제47조제2항에서 “국가와 지방자치단체는 바이오에너지에 이용되는 농작물 및 산림자원을 생산·공급하기 위하여 필요한 정책을 세우고 시행” 하도록 규정하고 있음
- 농림축산식품부의 연구(2019년)에 따르면, 통계적으로 확인이 가능한 벼짚, 고추줄기, 왕겨, 사과 전정가지 등 26개 항목의 농산 부산물만을 대상으로 집계한 에너지 잠재량만 해도 원자력 발전소 1기 가량의 발전량에 해당할 정도로 막대한 에너지 잠재량을 보유하고 있음.
- 반면 대부분의 농업 바이오매스가 무단으로 농경지에 버려지거나 폐기·소각 처리되어 에너지원으로 활용되지 못한 채 농촌 경관 훼손과 대기오염·악취·침출수 등 환경오염을 발생시키고 있는 현실이고, 명확한 담당부처가 없고 별도의 관리 법률이 없어 발생 및 이용 현황이 집계되지 않는 등 농업 바이오매스 관리체계가 사실상 부재함
- 또한 소량으로 흩어져 발생하는 경우가 많아 높은 수거 비용으로 인해 경제성이 떨어지므로 에너지원으로 활용되기 위해서는 수거비 지원, 수거·유통체계 구축 등을 통해 수익성이 확보되어야 함
- 이에 농업 바이오매스가 에너지원으로 최대한 이용될 수 있도록 종합적이고 체계적인 지원이 시급함. 농업 바이오매스 에너지 활용을 촉진하기 위한 지원방안, 농업 바이오매스 관리 체계 등을 규정한 조례를 제정하여 농촌 활성화와 농민 소득 증대, 바이오매스 관련 고용 창출, 재생에너지 보급 확대와 자원의 효율적인 이용을 통해 지역경제 발전과 군민의 삶의 질 향상에 기여하고자 함.

제1조(목적) 이 조례는 「농업·농촌 및 식품산업 기본법」 제3조제1호에 따른 농업에서 발생하는 바이오매스의 에너지 활용을 촉진하여 자원의 효율적인 이용과 온실가스 감축, 지역경제 발전에 이바지함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 조례에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “농업”이란 「농업·농촌 및 식품산업 기본법」 제3조제1호에 따른 농업을 말한다.
2. “농업인”이란 제1항에 따른 농업에 종사하는 자를 말한다.
3. “농업 바이오매스”란 농작물과 농작물 재배과정에서 나온 부산물을 말하며, 「산림바이오매스에너지의 이용·보급 촉진에 관한 규정」 제2조(산림청고시) 각 호에 따른 “미이용 산림바이오매스”를 포함한다.
4. “농업 바이오매스 연료”란 농업 바이오매스를 원료로 사용하여 제조된 연료를 말한다.
5. “농업 바이오매스 에너지”란 농업 바이오매스 연료를 사용하여 생산된 에너지를 말한다.
6. “농업 바이오매스 기업”이란 농업 바이오매스의 재배·생산·수집·가공·보관·운송·판매하거나 농업 바이오매스 연료의 제조·판매사업을 영위하는 법인, 개인사업자, 사회적경제 조직을 말한다.
7. “청년 농업인”이란 예산군에서 농업 바이오매스 활용 촉진을 위해 공개모집으로 선발한 청년(18세 이상 ~ 40세 미만)을 말한다.

제3조(농업 바이오매스 에너지 활용 촉진을 위한 책무)

- ① 군수는 농업 바이오매스의 발생 및 이용 현황을 파악하고 농업 바이오매스가 에너지로 활용될 수 있도록 노력하여야 한다.
- ② 군수는 제1항에 따른 책무를 충실하게 이행할 수 있도록 필요한 시책을 수립·시행하여야 한다.
- ③ 농업인·청년농업인·농업 바이오매스 기업은 농업 바이오매스를 적정하게 처리함으로써 환경을 보전하고 농업 바이오매스 연료가 유통 및 생

산·판매되도록 노력하여야 한다.

제4조(다른 조례와의 관계) 농업 바이오매스의 이용에 관하여 다른 조례에서 따로 정하는 경우를 제외하고는 이 조례에 따른다.

제5조(농업 바이오매스 에너지 활용 촉진)

- ① 군수는 농업 바이오매스의 효율적 이용과 안정적인 공급을 위하여 노력하여야 한다.
- ② 군수는 농업 바이오매스 에너지 활용 촉진을 위한 시책을 수립하여 추진하여야 한다.
- ③ 군수는 농업 바이오매스 기업 및 청년 농업인의 체계적 육성을 위하여 농업 바이오매스 재배·생산·유통 또는 농업 바이오매스 이용 시설의 설치를 지원할 수 있다.
- ④ 군수는 농업 바이오매스 에너지의 활용 촉진과 농업 바이오매스 사업의 활성화를 위하여 사업비의 전부 또는 일부를 융자하거나 보조할 수 있다.

제6조(농업 바이오매스 관련 사업화의 지원)

- ① 군수는 농업 바이오매스 관련 사업화를 촉진하기 위하여 다음 각 호의 사항을 지원할 수 있다.
  1. 농업 바이오매스 관련 기술의 연구개발
  2. 농업 바이오매스 관련 사업의 협력 및 정보교류
  3. 그 밖에 농업 바이오매스 관련 사업의 활성화에 필요한 사항
- ② 군수는 제1항에 따른 농업 바이오매스 관련 사업화를 촉진하기 위하여 농업 바이오매스 관련 기술을 개발하거나 이를 사업화하는 농업인·농업 바이오매스 기업·청년 농업인에게 필요한 경비를 지원할 수 있다.

제7조(농업 바이오매스의 이용에 관한 실태조사)

- ① 군수는 매년 농업 바이오매스 연료의 생산·유통·소비 등을 포함하여 농업 바이오매스의 이용에 관한 실태조사를 실시하여야 한다.

- ② 군수는 실태조사를 위하여 필요한 경우에는 관련 농업인, 농업 바이오매스 기업, 청년 농업인 등에게 필요한 자료의 제공을 요구할 수 있으며, 자료의 제공을 요구받은 자는 정당한 사유가 없으면 이에 따라야 한다.
- ③ 제1항의 실태조사는 전문적 역량을 보유한 단체나 기관에게 위탁하여 수행할 수 있다.

#### 제8조(품질검사)

- ① 농업 바이오매스 연료를 제조하는 자가 해당 농업 바이오매스 연료를 판매·유통하려는 경우에는 국가에서 인정한 품질검사기관에 의뢰하여 미리 품질검사를 실시하여 해당 농업 바이오매스 연료가 품질기준에 적합한 것임을 스스로 확인하여야 한다.
- ② 농업 바이오매스 연료를 제조 또는 판매하는 자는 품질기준에 맞지 아니하거나 품질검사 결과 불합격한 판정을 받은 농업 바이오매스 연료를 판매 또는 인도하거나 판매 또는 인도할 목적으로 저장·운송 또는 보관하여서는 아니 된다.
- ③ 군수는 농업 바이오매스 연료의 품질을 유지하기 위하여 필요한 경우에는 농업 바이오매스 연료 제조·판매업자가 판매 또는 인도하거나 판매 또는 인도할 목적으로 제조·저장·운송 또는 보관하고 있는 농업 바이오매스 연료에 대하여 품질검사를 할 수 있다.
- ④ 군수는 제3항에 따른 검사 결과 품질기준에 적합하지 아니한 농업 바이오매스 연료에 대하여는 판매정지·반송 또는 폐기 명령을 내릴 수 있다.

#### 제9조(바이오매스 에너지 사업단 구성 및 운영)

- ① 군수는 농업 바이오매스 이용 협력체계 구축 및 원활한 운영을 위해 예산군 바이오매스 에너지 사업단(이하 “사업단”이라 한다)를 둘 수 있다.
- ② 사업단은 다음 각 호의 사항을 추진할 수 있다.
  1. 농업 바이오매스 에너지 사업계획 수립 및 시행
  2. 농업 바이오매스 관련 농업인·농업 바이오매스 기업·청년 농업인의 참여 활성화에 관한 사항

3. 관련 연구기관, 대학, 기업 등과의 협력체계 구축
  4. 군민 의견 수렴 등 군민 참여에 관한 사항
- ② 사업단은 단장 1명을 포함하여 15명 이내의 위원으로 구성하되, 단장은 부군수로 하고, 위원은 다음 각 호의 사람 중에서 군수가 임명 또는 위촉한다. 위촉직 위원의 경우 성별을 고려하여 구성한다.
1. 관련 업무 과장 및 팀장
  2. 농업인·농업 바이오매스 기업·청년 농업인
  3. 군의회에서 추천하는 사람
  4. 농업 바이오매스·에너지 분야에 대한 식견 및 전문성을 가진 사람
- ③ 위촉위원의 임기는 2년으로 하되, 두 차례만 연임할 수 있다. 다만, 보궐위원의 임기는 전임 위원 임기의 남은 기간으로 한다.
- ④ 단장은 사업단을 대표하고 사업단의 업무를 총괄한다.
- ⑤ 단장은 운영위원회 회의를 소집하며, 재적위원 과반수의 출석으로 개의한다.
- ⑥ 군수는 사업단의 회의에 참석한 위원에게 「예산군 각종 위원회 실비 변상 조례」에 의한 수당과 여비를 지급할 수 있다.
- ⑦ 기타 사업단 운영에 관한 세부사항은 별도로 정한다.

제9조(사업의 홍보) ① 군수는 군정신문, 누리집 등 다양한 홍보매체를 활용하여 농업 바이오매스의 이용에 관한 홍보를 실시할 수 있다.

② 군수는 농업 바이오매스의 사업의 효율적인 추진을 위하여 우수실천 사례를 적극 발굴하고 이를 홍보하여야 한다.

제10조(시행규칙) 이 조례의 시행에 필요한 사항은 규칙으로 정한다.

부 칙

이 조례는 공포한 날부터 시행한다.



## [ 참고문헌 ]

- 김원재(2022), 유기성 폐기물 바이오가스를 활용한 자원·에너지 재생시스템 실용화기술 개발, 한국건설기술연구원, KICT 2022-037호
- 한정희(2021), 탄소중립으로 부상하는 바이오가스 플랜트, 축산경제신문
- 송위진(2010), 신기술의 사회적 수용과정 분석: 바이오가스 기술을 중심으로, STEPI Working Paper Series(WP 2010-02)
- 윤영만(2014), 국내 바이오매스 이용 실태와 활성화 방안, 세계농업 제162호
- 박경철(2022), 예산군 양돈사업 활성화를 위한 6차산업화 타당성 조사, 충남연구원 Issue Report
- 박시용(2015), 축산폐수 바이오가스 설비투자의 비용편익분석과 경제적 파급효과 연구, 박사학위 논문
- 농림축산식품부(2021), 2050 농식품 탄소중립 추진전략
- 서대석(2022), 탄소중립 대응 농업·농촌 에너지전환 방향모색, 한국농촌경제연구원 2022년 농정 현안 제6장
- 한국농업기술진흥원(2022), 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업 방법론, 바이오가스 플랜트를 통한 온실가스 감축 방법론
- renewable energy magazine(2023.8.15.), <https://www.renewableenergymagazine.com/>
- 축산환경관리원(2021.11), 가축분뇨 이렇게도 활용할 수 있다
- 환경부(2022.7), 2021년도 유기성폐자원 바이오가스화시설 세부현황
- 홍성구(2015), 농촌지역 바이오매스 에너지 보급 활성화 전략-시설재배 난방을 중심으로, 한국농공학회 논문집 Vol 57, No 6
- 박현태(2008), 농산바이오매스 이용의 손익분기규모와 이용 활성화 방향, 농촌경제 제31권 제4호
- 박현태.김연중(2007), 농업부문 바이오매스의 이용활성화를 위한 정책방향과 전략, 한국농촌경제연구원 연구보고 R545