

농업자원의 효율적 이용시스템에 관한 연구

(경종농업과 축산물 중심으로)

윤성이

동국대학교 산업유통학과 교수

I. 서론

II. 농업자원과 환경적문제

III. 바이오매스의 자원적 특성과 농업의 제반현상

IV. 농업자원의 유효이용 방안

V. 결론

<참고문헌>

I. 서언

21세기는 다양한 부문에서 지속가능한 순환형 발전 시스템으로 나아가기 위하여 노력을 다하는 세기일 것이다.

지속가능한 발전을 위한 각종 국제회의와 협약이 만들어지고 후속조치로서 개별국가 혹은 산업별 환경지수개발이 수행되고 있다. 이러한 일련의 움직임은 결국 대량생산과 대량판매의 20세기의 가치와 라이프스타일이 잉태한 환경파괴에 대한 위기의식의 발로에 있다고 하겠다.

농업부문에 있어서도 순환형지역모델과 순환형농업모델의 개발을 서두르고 있고 그 각각에 대한 환경지수의 계량화도 추진되고 있다. 물론 쉬운 일은 아

니지만 그리고 아직은 연구단계에 있는 사항들이지만 순차적으로 그 결과물들이 발표되고 있는것 또한 사실이다.

특히 농업부문의 순환형시스템은 농업생산에 따른 부차적인 농업자원이 환경문제의 원인으로 파악되면서 농업에로의 재 순환을 생각하게 되고 그 시스템은 현재 다양한 각도에서 연구가 진행되고 있다.

또 기후변화협약과 관련한 농업부문의 문제 또한 대책이 시급한 국면에 있다고 할 수 있다. 이러한 큰 현안은 지속가능한 발전이라는 틀 속에서 생각하면 그 해결방안이 결국 하나의 문제로 귀착된다는 것을 알 수 있을 것이다.

결국 농업생산의 에너지 비용을 절감하고 지속적이고 안정적인 에너지의 자체공급을 가능하게 하고 부차적인 농업자원의 순환형모델로 전환을 통하여 온난화가스에 대한 대응방안인 에너지원의 사용저감 대체방안과 환경문제의 해결방안으로서 바이오 가스의 생산과 이용을 활성화하는데 시스템의 기본적 틀이 놓여있다.

여기서는 이러한 농업부문에서의 에너지 사용량과 농업의 특성에서 나오는 온난화가스의 배출량, 농업자원의 생성량 그리고 바이오 가스의 특징과 이용방법에 대해서 논의함으로써 농업의 환경친화적이고 지속가능한 발전에 대한 시스템을 구축할 수 있는 방안을 강구해 보고자 한다.

II. 농업자원과 환경적문제

1. 순환형시스템 도입의 필요성

농업이외의 부문에서 생산되어 농업부문에 있어서의 대기환경에 영향을 미치는 물질로서는 화석에너지와 전기가 있다. 그리고 농업의 생산적 특성에서 기인하는 물질로는 축산분뇨가 그 대표적인 예이다. 이 축분에 대하여서는 일찍이 많은 연구자들이 연구를 수행해 오고 있지만 경제적인 문제에 봉착하여 시

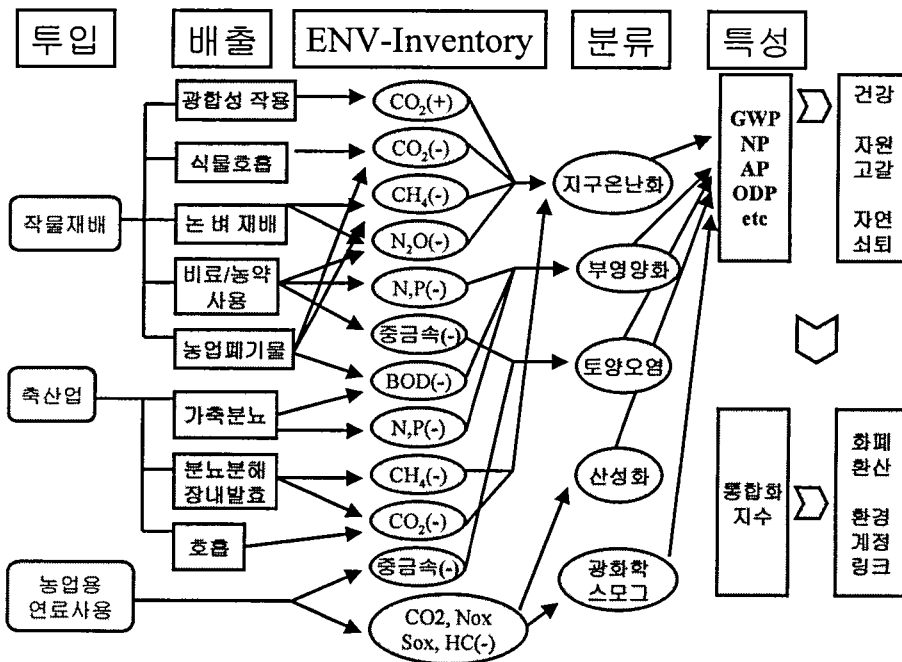
장메카니즘에 도입되지 못하고 있는 실정이다. 그러나 환경문제의 심각성이 날로 더해져가고 이들 문제를 해결하고자 하는 움직임은 선진국을 필두로 국내 각계에서도 활발하게 진행되고 있다.

그중에서도 본연구의 순환형모델 구축과 관련하여 시스템구축에 따른 축산과 경종농업에 있어서의 연계라고 하는 것은 사후대책의 차원이 아니고 사전대책의 차원에서 진행되는 환경대책기술이라고 말 할 수 있을 것이다.

농업부문에 있어서의 환경적 물질 밸런스를 살펴보면 그림1과 같다.

본 연구에 있어서는 투입에 있어서 축산업과 경종농업의 에너지 사용을 중심으로 시스템을 구축해 보고자 한다.

특히 축산업에서 배출되는 축분과 경종농업에서 필요로하는 비료의 대체성과 축분처리과정의 메탄가스의 유효이용의 3가지 축을 유기적으로 연계시켜서 순환시스템으로 만들고자 함이다.



〈그림 1〉 농축산업의 생산활동에 따른 투입과배출의 환경적 물질 밸런스

2. 농업부문의 에너지 소비

농림업 전체의 에너지소비는 1995년 기준으로 2,257천TOE(석유환산 10^7 kcal)이고 석탄이 25천TOE, 석유류가 1,980천TOE, 가스류가 5천TOE, 전력이 246천TOE이었다.¹⁾ 석탄에 있어서는 연탄이 석탄소비 전체를 차지하고 있고 석유류에서는 경유, 등유, 휘발유, 중유의 순으로 그 소비가 많았다. 결국 경운기 등의 농업기계의 운용에 따른 소비와 하우스 등의 난방용 연료소비가 많이 기여한다는 것을 알 수 있다. 그리고 가스는 그 소비비율이 극히 저조했으나 전력의 소비는 개별 연료 종별에서 보았을 때 경유와 등유 다음으로 많은 비율을 차지하고 있다는 것을 알 수 있었다.

3. 농축산분야의 메탄가스 배출량

여기서는 가스배출량의 계산식 등에 대해서는 언급을 생략하고 유기농업학회지 제8권 제2호의 농축산분야에 있어서 온난화 영향평가 및 요인분석에 관한 논문을 참고해 주길 바란다.

우리나라의 연간 벼논에서 배출하는 메탄의 양은 총 339천t-CH₄ 이었고 이것을 지구온난화 포텐셜 계수를 적용하여 환산하면 연간 7,119.9천t-C 이었다.

두번째로 가축과 분뇨에 따른 메탄(CH₄) 배출량을 보면 우리나라의 축산부문에서 연간 배출되는 메탄의 추정량은 가축의 경우 장내발효에 의한 메탄 배출량이 156천t-CH₄/년이고 메탄의 이산화탄소 환산계수를 적산연수 100년으로 가정하여 계산하면 3,276.0천t-C이었다. 가축분뇨에 의한 메탄배출은 155천t-CH₄/년이고 메탄의 이산화탄소 환산계수를 적산연수 100년으로 가정하여 계산하면 3,254.2천t-C/년이다. 이상의 결과를 나타낸 것이 <표 1>과 같다.

1) 윤성이(2001), 지속가능한 농업을 위한 농업자원의 유효이용 방안, 한국유기농업학회지 9(3):23~44

〈표 1〉 농축산 부문에 있어서의 메탄 배출량

	메탄배출량(10^3t-CH_4)	탄소환산(10^3t-C)
벼논의 온실가스 배출량	339	7,119.9
분뇨의 온실가스 배출량	156	3,276.0
장내발효에 의한 배출량	155	3,254.2
합 계	651	13,650.1

Ⅲ. 바이오매스의 자원적 특성과 농업의 현상

1. 바이오매스의 자원적 특성

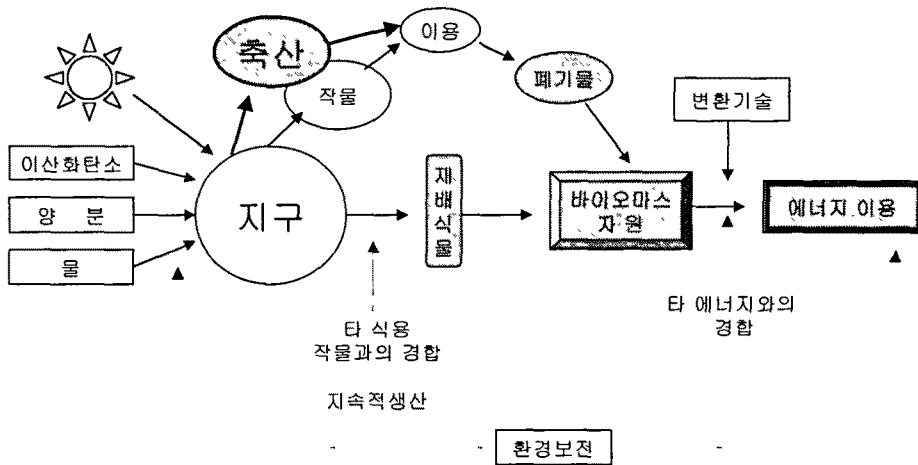
지구상에서 생산되는 바이오매스의 대부분은 육상에서 생육하는 식물이다. 이들 연간 재 생산량의 범위 내에서 바이오매스를 이용한다면 지속적으로 이용 가능한 량이 된다. 〈그림 2〉는 바이오매스 생산으로부터 에너지이용에의 흐름을 나타낸다.

태양에너지, 이산화탄소, 물, 양분을 근원으로 해서 지구상에서 식물체가 생산된다. 일부분은 재배식물로서 그대로 바이오매스 자원으로 된다. 또 일부분은 작물로서 식료와 음료 등에 이용되는 것 중 폐기물로서 배출되고 이것도 바이오매스 에너지 자원으로 된다. 이중 바이오매스 에너지 자원에는 재배작물과 폐기물 2종류가 있다.

더욱이 중요한 것은 바이오매스를 에너지로 이용하기 위해서는 특별한 변환기술이 필요하다. 목탄과 같이 건조시켜서 직접 연소하는 것과 같이 간단한 변환기술도 있지만 미생물을 이용한 발효처리와 물리화학처리 등 복잡한 변환기술도 있다.

바이오매스의 이용기술에는 〈그림 2〉의 경합부분에서 나타나는 것과 같이 어느 정도의 제약이 있다. 그 하나는 에너지작물과 식용작물과의 경합 문제이다. 세계 인구에 비해서 식물은 부족하고 식료생산은 우선되어야 한다. 다음으로

지속적 생산의 유지가 중요하고 그렇게 하기 위해서는 전술한 것과 같이 바이오매스의 재생량과 균형적 이용을 유지할 필요가 있다. 세번째는 에너지 이용에 있어서 다른 에너지와의 경합적 우위 문제이다. 그리고 네번째는 전체적인 환경적 관점이 중요한 문제이다. 구체적으로는 바이오매스 생산이 자연 파괴와 연결되지 않아야 한다는 것과 변환기술이 환경오염에 연결되어서는 않된다는 것에 주의하여야 한다.2)



〈그림 2〉 바이오매스의 생산과 이용 및 제약조건

2. 본 연구에서의 에너지 이용 가능한 바이오매스의 범위

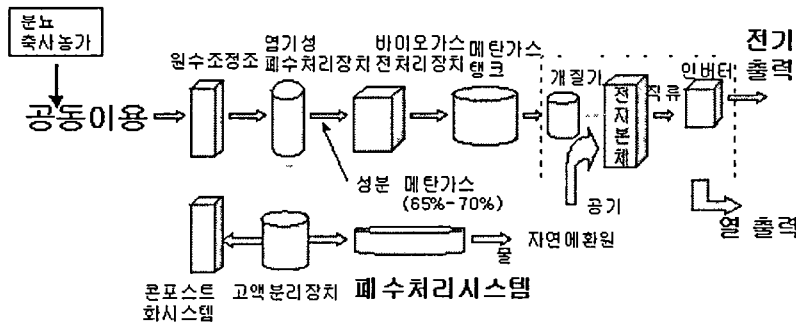
축산폐기물: 축산업으로부터 배출되는 축산 분뇨량은 많은 예산을 투자하여 처리하고 있음에도 심각한 공해문제를 일으키고 있다. 이들의 축산분뇨를 재활용할 수 있는 시스템이 있다면 일석삼조의 효과를 볼 수 있다. 처리비용의 저감, 환경문제 해결, 재자원화(에너지비용 저감) 등이 그것이다.

3. 에너지 변환방법과 바이오매스와의 관계

변환방법은 고체연료로서의 직접이용, 액체연료 또는 가스연료로 변환해서 이용하는 3가지 방법으로 크게 나누어볼 수 있다.

2) 윤성이(2001), 지속가능한 농업을 위한 농업자원의 유효이용방안, 한국유기농업학회지

그 중에서 본연구에 있어서는 가스연료에의 변환을 대상으로 고찰한다. 메탄 발효는 수분이 95%전후의 슬러지 상태로 BOD를 많이 포함한 바이오매스로부터 메탄가스를 생산하는 방법이다. 열분해 가스화는 수분이 20%이하의 바이오매스를 열분해하여 가스를 생산하는 방법이다.



가축분뇨 유효이용(메탄가스를 이용한 전기 및 열생산 시스템)³⁾

4. 바이오매스의 에너지이용의 이점과 문제점

바이오매스는 태양에너지로부터 재생되는 것이기 때문에 그 생산량의 범위 내에서 이용한다면 재생 가능한 자원으로의 이점이 있다. 대기중의 이산화탄소를 고정하여 식물체를 생산하기 때문에 바이오매스를 사용하여도 화석에너지와 같이 대기중의 이산화탄소 농도를 높이지 않는 이점이 있다. 또 석탄과 같이 중금속과 유해원소를 포함하지 않고 있다는 점도 장점이다. 그 외에도 화석에너지와 같이 산출지가 한정되는 일이 적고 태양에너지가 있는 곳이면 어느 곳이건 그 지역에 맞는 바이오매스가 생산 가능한 것과 폐기물의 처리, 이용과 관련지어 에너지 이용이 가능하고 에너지 절약, 자원절약, 환경보전의 관점에서로부터도 이점을 들 수 있을 것이다.

문제점으로는 첫째로 에너지의 발생량이 적은 점이다. 단위 면적당 에너지

3) 공동이용의 과제해결이 선결문제임. 이러한 시스템이 구축되어 경제성을 발휘하기 위해서는 유덕기 교수가 주장하는 공동이용의 시스템을 적극적으로 도입하고 경종농업과의 연계가 원활하게 이루어질때 이 시스템의 최적화를 완성시킬 수 있음.

생산량을 보면 화석연료에 비하여 극히 낮은 생산성을 보이고 있다. 따라서 바이오매스의 에너지 생산성은 대단히 낮고 현대의 소비구조를 충족시킬 수 있는 에너지로 평가받기에는 많은 문제점을 내포하고 있다. 두번째로 바이오매스의 수집과 에너지 변환에 드는 비용이 대단히 높다. 또 변환기술도 결코 효율이 좋다고 만은 할 수 없고 더욱이 시험연구의 발전을 필요로 하고 있다. 세번째로 식물체가 주요한 바이오매스이기 때문에 기후와 환경변화 등에 생산량이 좌우된다. 네번째로 식료생산과 경합하고 있다는 점을 들 수 있다. 물론 가축분뇨와 같은 것은 가축생산물과는 보완재의 관계에 있지만 재활용 되지 못하면 오히려 생산 비용을 증가시켜 압력을 가하는 요인으로 작용되는 경우가 많다.

IV. 농업자원의 유효이용 방안

메탄을 유효하게 이용하는 기술⁴⁾에 대하여서는 이미 많이 개발되어 있다. 그러나 아직 경제성이 맞지않아서 순환형농업시스템에는 미 도입되고 있는 실정이다. 시스템보급의 여건으로는 검토지역에 있어서 축산 배설물의 각종 통계조사(축산배설물에 의한 재생가능자원의 상황), 검토지역에 있어서 축산의 배설물의 밸런스(배설물과 재이용의 비율)의 과제검토, 검토지역에 있어서 환경문제, 수질에 관한 환경문제, 농축산업에 있어서의 에너지 소비조사, 메발 효가스 연료전지 발전시스템의 실용화와 그 보급요건의 검토(자연적 요건, 환경적 요건, 경제적 요건, 사회적 요건)등이 필수적으로 수행되어야 한다.

이렇게 최적화시스템이 완성되면 지역적 자원의 물질 순환밸런스를 정확하게 측정 한 후 그림3과 같이 지역적 시스템으로의 완성을 기해야 한다.

4) 메탄발효기술, 연료전지 발전기술, 배수처리기술, 비료화기술 등이 종합적으로 최적화 되어야 한다. 메탄발효기술, 연료전지발전기술, 배수처리기술, 비료화 기술을 각 방식으로부터 최적조합을 선정해서 System Up을 기하고 전체시스템의 최적조합은 전체시스템을 안정되게 운전하고 최대 유효이용전력을 얻기 위한 조건말한다.



〈그림 3〉 지역적 특성을 고려한 축산과 경종의 연계시스템

V. 결론

농업에 있어서 에너지가 생산비에 미치는 영향을 최소화하고 기후변화협약과 관련한 온난화 가스의 배출량 억제하고 농업에서 배출되는 축산의 배출물을 유효하게 이용하는 기술 및 시스템에 대하여 살펴보았다.

이러한 정책은 지속가능한 발전이라는, 비단 농업문제만이 아니고 인류사회 전체의 대명제로 부각된 과제에 대한 한부분의 방안이라고 해도 과언은 아닐 것이다. 앞으로 우리의 생산과 소비체제는 이러한 지속 가능한 차원의 시스템으로 유도 발전되어야 할 것이다.

바이오매스의 문제점에서 지적된 경합과 한계점 등이 바로 지속 가능한 발전의 범위 혹은 한계가 아닌가라고 생각할 수도 있을 것이다. 물론 이러한 바이오매스 이외에도 태양열, 지열, 풍력 등 각 지역에 맞는 에너지 시스템이 개발 보급되고 그러한 청정에너지가 확대됨으로써 지속 가능한 발전의 한계(범위)는

보다 확장될 수 있을 것이다. 따라서 본론에서 제시한 바이오의 유효이용은 어떤 의미에 있어서는 야구에서 말하는 중간투수 요원이지 궁극적인 의미인 마무리 투수로까지의 자리 매김은 어려울 것이다. 이러한 중간투수의 역할이 환경적 차원에서 아직도 자연의 용량이 충분할 때는 안심하고 투입할 수 있지만 그렇지 못할 때는 기술적 이노베이션이 동반하지 않으면 마무리 투수의 등장이란 없을 것이다.

한시라도 빨리 지속 가능한 농업시스템을 개발하고 보급해야 한다. 본론의 가축분뇨의 유효이용은 이러한 관점에서 시급히 현지조사나 도입에 따른 편익 비용 분석, 그리고 에너지 전환 가능한 표텐셜, 도입을 위한 법률적 문제, 도입의 촉진을 위한 보조적 정책 등에 대한 연구가 이루어져야 할 것이고 산업, 정부, 연구기관이 일체가 되어 추진하여야 할 것이다.

(참고문헌)

- 1) Yuichi Moriguchi & Hirochi Shimizu, "Analysis of the Structure and the Trend of Carbon Dioxide Emission Using the Input-Output Table and Evaluation of Errors Originating from Sectoral Aggregation," Energy and Resources, Vol. 2. 1994
- 2) SungYee Yoon et al, "Analysis of Regulating CO2 Emissions in Industrial Sectors in Korea," Energy and Resources, Vol. 19. 1998
- 3) Greenhouse Gas Inventory Workbook, IPCC Draft Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Vol.2) Module 4 Agriculture
- 4) 기후변화협약 관련 국가보고서 작성 및 대응방안 연구, KEEI, 1994
- 5) 기후변화협약 관련 일본국 국가보고서, 1994
- 6) 재단법인 축산기술협회, 축산에 있어서 온실효과 가스의 발생제어 제3집, 해외조사 보고 제3보, 1998
- 7) A.R. Mosier et al, "Assessing and Mitigating N2O Emissions from Agricultural Soils," Climatic Change 40:7-38, 1998
- 8) OECD(1991). Estimation of Greenhouse Gas Emission and Sink. Part 2. Emissions from Agriculture, 5. D. Nitrous Oxide Emissions Fertilizer Use and Nutrient Runoff. (N2O Emission Methodology)
- 9) 한국산업은행, 2000년의 산업구조 전망, 1989
- 10) 김 경아, 지구온난화 국제협약에 따른 이산화탄소 배출규제에 관한 연구, 서울환경대학원 석사논문, 1992
- 11) Climate Change 1995, The Science of Climate Change, Contribution of WG1 to the Second Assessment Report of IPCC: Eds. J. T. Houghton et al., Cambridge University Press(1996)
- 12) Climate Change 1995, Impacts, Adaptation and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses, Contribution of WG2 to the Second Assessment Report of IPCC: Eds. R. T. Watson et al., Cambridge University Press(1996)
- 13) Climate Change 1995, Economic and Social Dimensions of Climate Change, Contribution of WG3 to the Second Assessment Report of IPCC: Eds. J. P. Bruce(1996)
- 14) 윤 성이, 이산화탄소 배출량 산출을 위한 분석방법의 비교분석, 한국에너지공학회지, 1998. 제7권 제2호.