

우리나라 農業의 代替에너지 活用 實態에 관한 研究

A Study on the Practical Use of Alternative Energy for Agriculture in Korea

洪 志 亨
Hong, Ji Hyung

Summary

Groundwater and animal wastes are typical example which are underutilized resources than their value in agriculture. This paper was to investigate the actual patterns of utilization of water curtain for greenhouses and methane gas utilization from swine wastes in a view point of promoting more efficient use of alternative energy.

The results from measurements can be summarized as follows :

1. It was estimated that the maximum heating load per 10a was around 23,280kJ/hr and the heating load at January showed 3.93×10^6 kJ respectively for strawberry greenhouses with insulation by the water curtain.

2. The average heating cost of the greenhouse with water curtain system amounted to about 75,000 Won per 10a. This result suggested that the greater cultivated area provides less heating cost.

3. The operating volume was about 73 percent of the optimum size of the digester. The net available methane gas rates of the produced gas remained close to 62 percent, But the conventional and small size of the digester was maintained at a lower level of around 20 to 29 percent.

4. It appeared that major problems of biogas production system were required to maintain the temperature of the fermentation above ambient temperature and the optimum volume of digester.

I. 緒 論

근대적 농업기술은 노동생산성 및 토지생산성을 증대하기 위하여 노동력 절약과 다수확 안정효과를 크게 발휘하는데 있다. 이로 인하여, 화석연료, 석유화학제품, 비료, 농약, 기계와 시설 등의 각종 생산자재 투입의 급증으로 농업구조가 에너지 소비 과다형으로 변형되고 특히, 투입에너지가 화석에너지에 편중되어 있다.

최근, 우리나라 농업은 다량 소비되는 농약과 비료에 의해 식품공해와 지력저하, 가축의 대규모 집중사육에 따라 축산폐기물의 다량배출, 과채류의 대량생산에 의한 지력장해, 화석연료 사용에 따른 대기 오염과 탄산가스량의 증대 등의 자연 환경 파괴와 농업생산에 에너지의 과다 투입이 중요한 과제로 남아 있다. 이러한 농업생산의 에너지 문제를 완화하기 위해서는 적정기종의 기계사용에 의한 에너지 절약과 열효율의 향상, 기계의 내구성 증대와 더불어, 비료와 농약의 최적 사용 조건 등의 에너지 유효이용과 지역 농업에 적극적인 석유 대체에너지 생산이용 기술의 개발이 요청되고 있다.^{1,2)}

농업은 다른 산업과는 달리 태양, 토지, 대기, 물 등의 기본자원을 통하여 생산활동을 해야 하므로 직접, 간접 에너지인 생산자재의 투입을 최소화 하면서 식량의 안정성과 경제성을 동시에 만족하는 자연과 조화된 저투입 지속 가능한 농업방식으로 전환되어야 하므로, 농업에너지의 효율적 이용과 청정에너지 자원의 활용으로 농업 환경과 자원을 보전할 수 있는 기술개발이 중요하다.^{3,4)}

그동안, 여러 연구자들에 의하여 자연에너지, 바이오에너지, 폐기물에너지 등의 대체에너지 자원으로부터 회수된 에너지를 농업 생산시설에 부분적으로 실용화하고 있으나¹⁾ 대체에너지 자원의 개발이용에 있어서 적정규모 산정을 위한 에너지 생산이용 기술의 체계화 및 기술의

평가에 대한 연구 사례는 거의 없다. 따라서, 본 연구는 화석연료의 대량소비와 농업에너지의 급증 추세로 인한 문제를 완화함과 동시에 환경보전과 에너지 자원의 유효이용을 기본 목표로 두고, 현재 우리나라 농업에 활용되고 있는 대체에너지의 생산과 이용 기술의 체계를 평가·분석하여 대체에너지 사업의 효율적인 추진을 위한 기초자료를 제공할 목적으로 수행하였다.

II. 調查對象 에너지 및 分析方法

1. 問題의 構成

농업용 대체에너지 이용개발기술은 지역적인 특성에 따라서 안정적인 공급과 실용성을 고려하여 적정규모의 형태가 결정되어야 한다. 그러나, 현재 활용되고 있는 대체에너지 생산이용 시스템은 기술의 체계화와 평가가 고려되지 않는 실정으로 실용화와 장래 기술보급에 문제를 안고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 발생원별 대체에너지 이용사례를 조사분석하여 생산이용에 저해요인을 검토하여 개선하는데 있다.

2. 調查對象 에너지

농업은 자연에너지, 바이오매스 에너지 및 폐기물에너지 등의 대체에너지 자원으로부터 열에너지의 회수와 효율적인 이용이 가능하다. 최근, 시설농업의 발전으로 대체에너지의 도입 예가 압도적으로 많은 열원은 지하수 이용에 의한 하우스 보온 장치인 워터커톤(water curtain) 시스템이며, 그 다음으로는 돈분뇨에 의한 메탄가스 생산이용 시스템으로 온실, 축사 및 농가의 열과 동력원으로 활용하고 있는 실정이다. 특히, 워터커톤 하우스 보온은 에너지원의 부존이 비교적 넓고, 안정적으로 이용이 가능하며, 설치비와 운전비가 저렴하며, 이용방식이 간편한 것과 지하수온이 14~16°C의 저온 천층

영역으로 하우스 보온 기능이 우수한 것으로 나타났다.^{6,8)}

지하수 이용과 돈분뇨 이용 이외에 활용되는 대체에너지 이용방식은 수축열, 지중열교환, 히트펌프, 발효열 및 소각열 등의 형태가 있으나, 실제 활용되고 있는 농가가 거의 없어 본 연구에서는 시설원에 부분의 지하수 이용에 위한 워터커팅 하우스 보온과 축산시설 부분의 돈분뇨 이용에 의한 메탄가스 생산과 활용에 대한 대체에너지를 조사 대상으로 하였다.

3. 研究範圍와 分析方法

우리나라 농업의 대체에너지 이용개발은 이제 경우 시작 단계에 있는 현실로서 物量面에서 實數인 성과와 寄與度 등의 분석결과를 제시 하기에는 시기가 이른 감이 있으나, 향후의 대체에너지 개발이용 사업의 원만한 운영을 기하기 위한 기초자료 제공이라는 목적의식에서 본 연구범위는 지하수 이용과 돈분뇨 이용 농가를 대상으로 에너지 생산이용 기술 시스템의 체계화 및 기술평가 등을 정량적, 정성적으로 분석 검토 하는데 있다.

조사대상 대체에너지 생산이용 농가는 시설원에 및 양돈농가를 각각 3농가를 선정하였으

며, 이들 농가의 대체에너지 열원과 이용형태, 작목(또는 축종), 재배면적(또는 사육두수), 조사지역 및 설치년도 등의 개요는 Table-1과 같다.

연구대상 농가는 전남, 경북 및 경기지역의 농촌지도소에서 대체에너지 개발이용 농가를 예비조사 한 후에 현지에 활용사례를 관측분석하여 결과를 도출하였으며, 조사연구의 기간은 에너지 활용빈도가 비교적 많은 시기인 1992년 10월부터 1993년 4월까지 실시하였다.

워터커팅 하우스 보온 시스템은 지하수 이용 가능량, 난방설정 온도, 난방부하량, 난방방식 및 설비용량 등의 순서로 생산이용 기술의 체계화를 분석하였으며, 난방비용, 취급성, 지역 파급 효과 및 작물과 환경 등의 技術評價를 하고, 메탄가스 생산이용 시스템은 豚糞尿의 배출량, 발효조의 용적, 가스생산량 및 이용 가능가스량 등의 순서로 생산이용 기술의 체계화를 분석 하였으며, 경제성, 장래성, 취급성 및 환경과 지역에 파급효과 등의 기술평가를 통하여 분석 하였다.

Table-1. General aspects of surveyed farms

Cases	Surveyed area	Owner	Energy sources	Scales*	Construction year
W1	Jeon Nam-do Sungju-gun	Y. M. Kwon	Ground water	4,230m ²	1986
W2	〃	T. H. Jung	〃	1,320m ²	1981
W3	〃	B. Y. Kim	〃	696m ²	1985
M1	Jeon Nam Muan-gun	J. D. Kee	Swine waste	9,700 head	1990
M2	Kyung Buk-do Kyungsan-si	Y. S. Park	〃	600 head	1987
M3	Kyung Ki-do Pyungtaek-gun	J. B. Kim	〃	170 head	1990

* Farm products of the case W1, W2 & W3 are strawberry.

III. 技術 體系化 및 評價의 基本理論

1. 워터커티 하우스 保溫 技術의 體系化 및 評價

시설원예의 온실난방의 대체에너지 열원은 지하수, 태양열, 발효열 및 소각열 등이 있으나, 지하수는 다른 열원에 비하여 수온과 수량이 일정하여 안정적으로 공급이 가능하고 취급이 간편 할 뿐 아니라, 화석연료에 비하여 경제성이 높아, 최근에 겨울철 시설원예에 대량보급 되고 있는 추세에 있으며, 태양열은 주간에 집열하여 야간에 이용함으로써 인하여 지중열 교환 및 수 축열 방식 등의 실용화 보급이 추진되고 있으나, 본격적인 활용 단계는 아니며, 발효열과 소각열에 의한 온실난방은 아직 없는 실정이다.

따라서, 본 연구는 자연에너지인 지하수이용 워터커티 하우스 보온을 중심으로 분석하였으며, 워터커티 하우스 보온의 기술 체계화 분석요소인^{5,7,9)}은 다음과 같다.

가. 지하수에너지 이용가능열량 : Q_u (kJ/yr)

$$Q_u = \text{용수량(L/min.)} \times \text{물의 비열(kJ/kg} \cdot \text{K)} \times (\text{지하수온} - 4\text{C}) \times \text{이용가능율(0.5)} \dots\dots\dots(1)$$

나. 최대보온 부하량 : Q_m (kJ/hr)

하우스 보온 설비용량을 결정하는데 소요되는 최대보온 부하량의 산정은 다음 식에 근거 하였다.

$$Q_m = A_w \times (h_t + h_{ven}) \times (T_o - T_{min.}) + A_f \times B_o \dots\dots\dots(2)$$

- 여기서, A_w : 온실 벽면적(m^2)
 A_f : 온실마루면적(m^2)
 T_o : 보온 설정온도($^{\circ}C$)
 $T_{min.}$: 실외최저온도($^{\circ}C$)
 h_t : 온실의 열관류율($W/m^2 \cdot ^{\circ}C$)
 h_{ven} : 환기전열계수($W/m^2 \cdot ^{\circ}C$)
 B_o : 지중전열량(W/m^2)

다. 기간보온 부하량 : Q_t (kJ)

보온용 총 에너지 산정과 석유대체를 평가를 위한 기간보온 부하량 산정은 다음 식에 근거 하였다.

$$Q_t = A_w \times (h_t + h_{ven}) \Sigma (T_o - T_{ou}) + A_f \Sigma B_o \dots(3)$$

- 여기서, T_{ou} : 시간별 실외기온($^{\circ}C$)
 $(T_o - T_{ou})$: 보온 디그리아워($^{\circ}C \cdot hr$)이다.

라. 기간중(1월)의 증류소비량 : $V(L)$

$$V = Q_t / H \times E_f \times a \times b \dots\dots\dots(4)$$

- 여기서, H : 증류 1리터당의 발열량(36,427kJ)
 E_f : 난방기의 열효율(0.85)
 a : 안전계수(1.1)
 b : 덕트보정계수로 덕트방식에 따라 지상덕트(0.95) 및 덕트 없는 상 위취출(1.05)로 구분함.

마. 보온 비용 = 감가상각비 + 운전경비

여기서, 감가상각비 = 취득원가 - 잔존가액 / 내용년수 $\dots\dots\dots(5)$

단, 잔존가액은 취득원가의 10%임

2. 메탄가스 生産利用 技術의 體系化 및 評價

가축분뇨에 의한 메탄발효 시설은 거의 대부분의 돈분뇨를 원료로 하고 있었으며, 돈분뇨에 의한 메탄가스 생산방식은 糞稀釋式, 발효조 단위용적당 가스생산량 증가와 에너지 收率 개선을 위한 二相式 및 가축분뇨를 고액분리하여 고형물을 제거한 후에 고농도의 착즙액을 발효조에 투입하는 糞搾汁式 등의 방식이 있으나, 조사대상 양돈농가는 모두 분회식 방식으로 처리되고 있었다.

생성된 가스의 이용은 생활용(취사, 급탕 등의 열에너지원), 축산용(사료조리, 자돈보온

등의 온도, 온풍열원과 가스엔진에 의한發電 및 동력원) 및 발효조 가온용 열원으로 활용되고 있었다.

따라서, 본 연구에서는 바이오메스 에너지인 돈분뇨 이용의 메탄가스 생산이용을 중심으로 하여 관측 분석하였으며, 메탄가스 생산이용의 기술체계화와 평가요인^{5,6)}은 다음과 같다.

가. 메탄가스 이용가능열량 : Q_u (kJ/yr)

$$Q_u = \text{사육두수} \times \text{두당소화가스 열량} \times \text{이용가능율} (0.965) \times \text{변환효율} (0.5) \dots\dots\dots(6)$$

나. 발효조 가온 소요가스량 : Q_h (m³/day)

$$Q_h = (24k \times A + a \times W) \times (T_1 - T_2) / f \times H \dots(7)$$

여기서, k : 발효조 열관류율(w/m²·°C), k=1
 a : 투입재료의 비열(kJ/kg·°C), a=1
 A : 발효조의 면적(m²)
 W : 투입재료량(kg/day)
 T₁ : 발효조내의 온도(°C)
 T₂ : 외부기온 및 투입재료의 온도(°C)
 f : 가온효율(0.7)
 H : 메탄가스 저위발열량(20,935kJ/m³)이다.

다. 메탄가스 생산량 : Q_b (L/day)

$$Q_b = e \times L \dots\dots\dots(8)$$

여기서, e : 투입재료 단위중량당 가스생산량(L/kg)
 L : 투입재료량(kg/day)이다.

그러나, 돈분배설량과 유기물 함량의 기본수치는 頭當 각각 1.5kg/day 및 0.3kg/day⁵⁾이다.

라. 이용가능(설정용량) 메탄가스량 :

$$Q_a \text{ (m}^3\text{/day)}$$

$$Q_a = Q_b - Q_h \dots\dots\dots(9)$$

마. 경제성의 평가 : P_m (Won/4,187kJ)

$$P_m = \{C_i/n \times 1 + (n+1/2n)C_i \times r + C_i/n \times t + C\} / HI \times a \times Q_y$$

여기서, P_m : 메탄가스 제조원가(Won/4,187kJ)
 C_i : 장치건설비(Won)
 n : 장치의 내용년수(n=15)
 r : 연간 이자율(r=0.04)
 t : 운전관리계수(t=0.02)
 a : 순매탄율(a=0.6)
 C : 노동비(C=0)
 Q_y : 연간메탄가스 생산량(m³/yr)
 HI : 순 메탄저위발열량(HI=33,944kJ/m³)

IV. 分析 結果 및 考察

1. 워터커틀 하우스 保溫

가. 地下水 利用 시스템 概要

조사 지역의 하우스는 일층커틀의 방열억제형이며, 보온 피복자재는 폴리에치렌 비닐을 이용한 棟高 약 2m의 반원형 단면의 구조로 되어 있었다.

하우스 내부의 주야간 설정온도는 주간에 25°C 내외이며 야간방열의 온도는 7°C로 하여 보온기간은 11월 중순부터 이듬해 4월 중순까지 약 5개월이었다. 하루의 보온시간은 오후 6시부터 익일 오전 8시까지 14시간 보온을 하고 있었다.

워터커틀 하우스 보온의 지하수 채취와 수송 및 온실내부에서 撒水 및 排水처리 등의 지하수 이용 시스템의 개요는 Fig. 1과 같으며 활용 특성은 다음과 같다. 지하수로 하우스 보온효과를 최대한 발휘하기 위하여 지하 8~12m 깊이 淺層 지하수를 1마력의 양수기 1대로 60~70L/min.의 용출량으로 하우스 2동(약 1,000m²)에 공급 하는데 소요되는 전력비용은 420원/일 이었다.

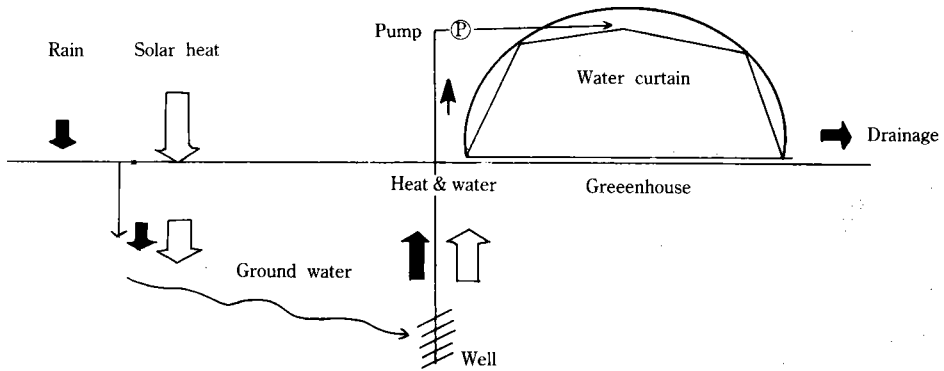


Fig. 1. Flow diagram of the water curtain insulation for greenhouse

한편, 지하수의 송수관은 50mm 직경의 열화비닐 파이프를 主管으로 하고, 하우스 각동에 32mm 직경의 열화비닐 파이프를 급수 분기관으로 하여 하우스 중앙부 상단에 3m의 간격으로 설치된 逆 U자형 살수노즐(일층커튼 상부의 15cm 위치)에서 일층커튼 전면에 균일하게 살수 유하된 지하수는 커튼 하부의 10cm 직경의 물받이에 집수되어 하우스 외부의 배수로를 통하여 방류되고 있었다.

나. 하우스 保溫技術의 體系化

워터커튼 하우스 보온능가의 1동당 하우스 재배면적과 이용가능열량은 Table-2에 나타낸 바와 같이 지역여건과 지하수 재취량의 다소에 따라서 상이한 결과를 얻었으며, 지하수 용출량이 비교적 많은 W1은 재배면적이 604m²/동이고, 이용가능열량은 0.75×10⁹kJ/yr였으며, 지하수량이 적은 W3의 하우스 면적은 348m²/동에서 0.67×10⁹kJ/yr로 나타났다.

하우스 보온에 필요한 열량은 작물의 종류, 하우스 보온조건 및 외부 기상 조건⁹⁾ 등에 따라서 다르나, 하우스 보온지역의 작물은 저온성 딸기이고 보온조건은 일층커튼의 방열억제형이며 보온피복재는 폴리에치렌 비닐 등이었다. 한편, 보온기간 중의 외부기상조건은 Table-3에서 알 수 있는 바와 같이 일일 평균최저 및 최고온도는 각각 21.5℃와 -5.6℃이며, 일일

Table-2. Estimated primary factors for the technical systematization by water curtain insulation from surveyed greenhouses*

Factor	Case			Average
	W1	W2	W3	
Cultivated area per house, m ²	604	440	348	464
Available heat energy, ×10 ⁹ kJ/yr	0.75	0.71	0.67	0.71
Maximum heating load, kJ/hr	153,830 (25,457)	96,720 (21,982)	76,455 (22,400)	108,988 (23,280)
Heating load in January, ×10 ⁶ kJ	21.8 (3.6)	18.0 (4.1)	14.2 (4.1)	18.0 (3.9)
Estimated consuming heavy oil in Jan, L	642 (106)	445 (101)	414 (119)	500 (108)
Total heating cost, ×10 ⁴ Won	35 (5.8)	30 (6.8)	40 (11.5)	35 (7.5)

* The numerical values in parenthesis has unit of per 10a.

평균온도의 범위는 -0.8에서 13.9℃이고 상대 습도는 68~77%를 나타내고 있었다.

보온설비 용량은 최대보온부하량에 의해 결정되는 바, 조사대상 하우스의 최대보온 부하량은 Table-2에 산정된 것과 같이 하우스의 재배규모에 따라 상이하였으나, 재배면적 10a당 평균 23,280kJ/yr로 나타났다.

Table-3. Major climate of the water curtain insulation greenhouse area.

Item	Month						
	10	11	12	1	2	3	4
Daily average temperature, °C							
High	21.5	14.0	7.8	4.9	7.0	12.5	19.2
Low	8.4	1.8	-3.7	-5.6	-4.0	-0.2	5.3
Daily average temperature, °C	13.9	7.1	1.3	-0.8	1.0	5.7	12.1
Humidity, %	77	76	75	72	70	68	69
Shining hours, hr/day	5.6	4.6	4.3	4.8	5.4	6.3	6.8

Table-4. Comparison of cost and benefit for the water curtain greenhouse

Item	Case			Average
	W1	W2	W3	
Cost, ×10 ⁴ Won/10a	38	41	40	40
Benefit, " "	28	25	26	26

보온용 에너지총량 산정과 석유 대체율의 평가에 이용되는 기간보온부하량은 가장 추운 1월을 기준으로 산출한 결과는 10a당 3.93×10^6 kJ이었다.

다. 技術의 評價

워터커튼하우스 보온 기술의 평가는 보온비용, 취급성, 환경과 작물에 영향 및 지역에 파급효과 등을 정성적, 정량적으로 분석하였으며, 그 결과는 Table-2에 표시한 바와 같으며, 1월중 보온부하량을 기준으로 중유소비량을 추정하면 10a당 108L로 산출되었으며 이것을 근거로 전기간 보온비용은 35만원으로 추계되었고, 10a당 7만5천원 정도가 필요하였다. Table-2에서 알 수 있는 것과 같이 재배면적이 크면 클수록 보온비용이 감소하게 되어 생산성이 증가하는 현상을 보였다.

Table-4는 경영규모별 생산비용과 순수익을

산출한 결과로 W1이 W2와 W3보다 생산비용이 적게 들고 또한 순수익도 많다는 것을 알 수 있었다. 대체적으로 10a당 생산비용은 40만원이었으며, 순수익은 26만원(수확량 : 2,500kg/10a) 정도로 나타났다.

일반적으로 지하수는 수온이 년중 15°C를 유지하므로 보온, 관수, 냉방, 및 제습 등의 작업에 이용이 가능하며, 또한 수량이 년중 일정하므로 이용가능한 열량을 예측하여 다목적인 시설의 설계가 확실하고, 작물에 청정성을 유지할 수 있고, 열의 전달조작이 쉬운 점 등의 제 특성으로 시설원예에 지하수 이용사례가 증가하는 추세에 있었다.

워터커튼 하우스 보온은 지하수 채취가 가능한 지역에서 시설비와 운전비가 저렴하고 장치의 기능이 다양하여 지역에 파급효과가 대단히 커서 실용화 보급이 고조되고 있었다. 그러므로 워터커튼 하수 보온시설의 개선방향은 지역농업내에 대규모 공동이용 생산시설을 설치하여 자본, 기술집약형의 운영, 관리가 필요하다고 생각되었다.

2. 메탄가스 生産利用

가. 메탄가스 利用 시스템의 概要

豚糞尿 메탄발효장치에 의한 가스 생산이용의 흐름은 Fig. 2와 같다. 메탄발효조는 돈사에서 인접하여 설치되어 돈사에서 반출된 배설물을 연속적으로 발효조에 투입하여 분해된 유기물로부터 생성된 메탄가스를 가스홀더(gas holder)와 배송 파이프를 통하여 생활용, 축사용 및 발효조 보온용 등의 에너지로 이용하며, 발효처리액은 고액분리하여 건조발효퇴비와 액비 또는 정화처리하고 있었다.

돈분뇨 메탄발효처리하는 재래식(M3)의 소형(발효조용량 : 8m³)에서는 인력수거형이고, 중형(M2)과 대형(M3)은 제분기와 자연유하식의 방법으로 발효조에 유기물을 투입하여 豚糞과 尿汚수를 회석하여 발표처리 하고 있었으며,

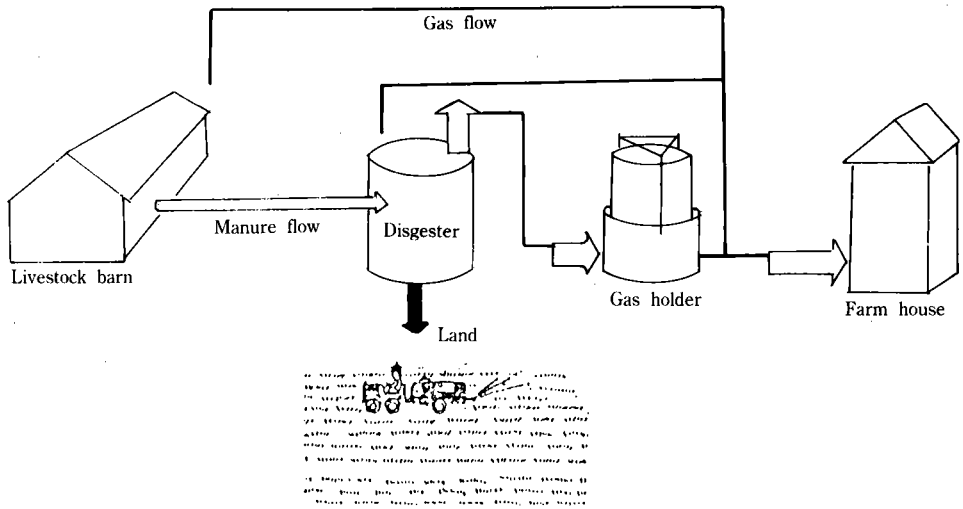


Fig. 2. Flow diagram for the methane gas production and utilization system

체류일수는 20일, 유기물 부하는 $3\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{day}$ 의 조건을 유지하고 있었다.

나. 메탄가스 利用技術의 體系化

메탄가스 생산이용 양돈농가의 이용가능열량은 양돈규모에 따라 다르나, M3에서 0.17×10^9 kJ/yr이며, M1의 대형 발효조(800m³)의 경우는 9.80×10^9 kJ/yr로서 100배의 발효조에서 약 50배의 열량을 더 이용할 수 있었다. M1의 경우는 발효조의 보온설비가 되어 있으나, M2와 M3의 발효시설은 보온이 되지 않는 실정으로 겨울철에는 약 4개월간 사용이 불가능하였으며, 특히 프로판가스의 보급과 노동력의 부족으로 인하여 활용을 기피하는 현상을 나타내고 있었다.

Table-5에서 알 수 있는 바와 같이, 발효조의 용량은 실제보다 적은 규모로서 M1의 실제용량은 기준용량의 76%이며, M2와 M3의 경우는 그 보다 적은 62%와 42%를 나타내고 있었다. 이러한 이유는 발효조의 용량이 실제보다 적은 최적용량 이하로 잘못 산정하여 설치된 것으로 판단되었다. 특히, M2와 M3은 발효조 보온장치가 미비된 상태이므로 실제이용율은 각각 29%와 20% 정도로 아주 저조한 결과를 나타냈다. 따라서, 적정용량의 발효조와 발효조의 보

Table-5. Estimated primary factors for the technical systematization by methane gas production and utilization from various farms*

Factor	Case			Average
	M1	M2	M3	
Available heat energy, $\times 10^9$ kJ/yr	9.80	0.63	0.17	3.52
Digester volume, m ³ (Actual volume)	1084 (800)	65 (40)	19 (8)	390 (283)
Available vol. rate, %	76	62	42	73
Daily gas production capacity, m ³	1164	72	20	419
Daily heating gas for digester, m ³	164	14	5	61
Daily available gas, m ³ (Actual gas)	1000 (650)	58 (17)	15 (3)	358 (223)
Available gas rate, %	65	29	20	62

* With parenthesis are the actual values.

온설비가 중요한 과제임을 알 수 있었다.

다. 技術의 評價

메탄가스의 개발이용 기술을 경제성, 취급성, 환경과 작물에 영향 및 지역에 파급효과 등을 지표로 하여 정성적, 정량적으로 평가한 결과는

Table-6. Comparison of manufacturing expenses for the methane gas

Item	Case			Average
	M1	M2	M3	
Actual production capacity, m ³ /yr	204400	4080	720	69730
Manufacturing expenses, Won/4,187kJ	40	80	110	77

Table-6과 같다. 여기서 M1의 경우는 전력요금(42원/4,187kJ) 보다 약간 적은 수준의 40원/4,187kJ이었으나, M2와 M3의 농가에서는 80원~110원/4,187kJ으로 M1에 비하여 2~2.8배의 높은 제조원가를 나타내고 있어 개인보다는 대규모의 공동이용 메탄가스 발효시설을 지역농업의 축산경영 농가를 중심으로 설치, 운영하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다. 대상농가의 청취 조사 결과에 의하면, M2와 M3의 발효장치에서 생성되는 가스는 가정 생활용 용도 뿐이며 가스의 사용량은 1~2m³/day이고, M1의 대형 발효조에서는 650m³/day의 가스를 생산하여 40%는 발효조 보온용으로 이용하고, 나머지는 60%는 열병합 발전에 의하여 축산용 기계와 시설의 동력용과 축사난방 및 급탕 등의 열원과 생활용의 취사와 급탕에 이용되고 있다.

발효처리액의 처리·이용에 대한 관측분석 결과에 따르면, M1의 경우는 탈수기에 의해 고액분리한 후, 固形狀인 슬러지 케익은 비닐 하우스 건조 발효 퇴비화하여 주변의 경종농가에 톤당 3만원으로 공급하고, 발생된 폐수는 정화처리한 뒤에 방류하였으나, M2와 M3의 경우는 인력수거한 후에 자가포장에 환원처리하고 있었다. 이와 같이 메탄발효처리 시설은 2차처리가 요구되므로 시설비가 많게 되므로 개별농가보다는 지역 공동이용 처리가 절실히 필요하였다.

특히, 메탄가스는 액화가 곤란하여 대량으로 광역유통 이용이 불가능하므로 M1의 경우처럼,

부개식의 가스홀더에 일시 저류하여 인근농가에 공급하거나, 가스 발전기에 의해 전력으로 전환하여 활용하는 것이 바람직하였다.

V. 結 論

농업생산에 투입되는 석유에너지 절약과 농업환경 보전을 위한 저투입 지속적인 시설농업의 기술개발은 지역자원의 효율적인 이용관리 시스템에서 성취가 가능하다. 본 연구에서는 현재 활용이 가장 많은 지하수와 돈분뇨의 에너지 자원화 활용 사례를 중심으로 대체에너지의 개발이용 실태를 관측 분석하여, 자연과 조화된 농업과 환경자원보전 농업기술개발에 필요한 대체에너지의 지역자원화 관리 시스템을 체계화 하는데 목적이 있다.

시설원예의 워터커팅 하우스 보온과 양돈농가의 메탄발효 시설의 메탄가스 생산이용 등의 기술 체계와 평가 및 개선 방향 등에 대한 주요 분석결과는 아래와 같다.

1. 워터커팅 하우스 보온에 의한 딸기재배의 최대보온부하량은 재배면적 10a당 23,280kJ/hr이며 가장 추운 1월의 기간보온부하량은 10a당 3.94×10^6 kJ이었다.

2. 워터커팅 하우스 보온비용은 10a당 7만5천원이 소요되었고, 재배면적이 큰 하우스가 적은 면적의 하우스에 비하여 보온비용이 감소하는 경향을 나타냈다.

3. 조사농가의 메탄발효조 실제용량은 설정용량의 73%의 수준에 있었으며, 순수이용 가스의 실제이용율은 62% 정도였으며, 소형 재래식의 경우는 그보다 더 낮은 20~29%의 수준을 유지하고 있었다.

4. 메탄가스 생산이용시설의 가장 시급한 과제는 상온 이상의 발효조 온도와 발효조의 적정용량을 유지하는 것으로 나타났다.

이 논문은 1992년도 교육부 지원 한국학술진흥재단의 지방대학 육성과제 학술연구 조성비에 의하여 연구 되었음.

參 考 文 獻

1. 農業機械工業會(1992) : 農業機械分野における革新技術發掘調査研究事業報告書 : pp. 225-262.
2. 農業環境技術研究所(1991) : 地球環境と農林業, 農業環境研究 叢書7 : 72-80.
3. 洪志亨(1992) : 農畜産 廢棄物の 에너지資源化 處理利用 作業改善에 關한 調査研究, 韓國廢棄物學會誌 9(1) : 63-71.
4. 洪志亨, 朴又龍, 崔秉旻(1992) : 우리나라 農業 바이오매스의 에너지化 利用實態에 關한 研究, 에너지 R & D 14(1) : 125-133.
5. 農林水産技術情報協會(1989) : 昭和63年度 農林水産エネルギー-綜合推進調査-地域エネルギー-活用事例集 : pp.254-267.
6. 農林水産技術協議事務局(1989) : 農畜産廢棄物のローカルエネルギー化技術, 하이オマス變換計劃研究報告書 13 : 1-34.
7. 岡田益巳(1986) : 溫室の溫度環境, 農業氣象・環境學, 朝倉書店
8. 小倉祐辛, 向井隆司(1988) : 單棟ウォーターカーテンの保溫性, 農業施設, 18(3) : 58-62.
9. 小倉祐辛(1980) : 被覆栽培の環境調節, 農林統計協會.
10. Barre, H. J., L. L. Samet & G. L. Nelson (1988) : Environmental & functional engineering of agricultural buildings, Van Nostrand Reinhold Co.
11. Esmay, M. L. & J. E. Dixon(1986) : Environmental control for agricultural building, AVI Pub. Co.
12. Holman, J. P.(1985) : Heat transfer, McGraw Hill Co.
13. Midwest Plan Service(1985) : Livestock waste facilities handbook, MWPS-18.
14. Loehr, R. C.(1984) : Pollution control for agriculture, Academic Press Co.
15. Hellickson, M. A. & J. N. Walker(1983) : Ventilation of agricultural buildings, AVI Pub. Co.
16. Midwest Plan Service(1983) : Structures & environment handbook, 11th Ed. MWPS-1
17. ASAE Engineering practices(1982) : Heating and ventilating greenhouse, EP-406. ASAE.
18. Hashimoto, A. G.(1981) : Methane production and effluent quality from fermentation of beef cattle manure and molasses, Biotech-Bioeng. Symp. II : 481-492.
19. Merkel, J. A.(1981) : Managing livestock wastes, AVI Pub. Co.
20. Mastalerz, J.(1977) : The greenhouse environment, John Wiley & Sons.
21. Taiganides, E. P.(1977) : Animal wastes, Applied Science Publishers.