

資 料

施設農業을 위한 未利用 에너지 資源의 活用

洪 志 亨

順天大學校 農業機械工學科

Utilization of Unused Energy Resources for Protected Agriculture

Hong, Ji-Hyung

Dept. of Agr. Mach. Eng., Suncheon National Univ., Suncheon 540-070

緒 言

최근에 자원, 에너지문제, 환경문제, 도시문제등 인간생존과 번영을 저해하는문제가 속출하고 있어 이러한 제 문제를 해결 할 수 있는 혁신적인 기술 개발이 요구되고 있다.

농업생산에 있어서 에너지 절약 및 대체에너지(자연에너지, 바이오에너지 및 폐기물에너지)의 기술개발은 화석에너지 사용에 따른 지구환경 악화 방지 뿐만아니라, 자연과 조화된 고품질, 고부가가치의 농축산물 생산활동에 크게 기여 할 것으로 사료된다.

이러한 여러가지의 미이용 에너지 자원은 자연과 된 농업생산을 가능하게 만들며, 지역농업의 생산성을 향상케 한다.

미이용 에너지 자원의 처리·이용은 태양열의 集蓄熱에 의한 온실난방과 농산물의 건조, 地下水에 의한 온실가온, 小水力 發電과 이것을 이용한 온실 재배, 농축산폐기물과 생활폐기물을 이용한 直接燃燒熱, 메탄가스화, 加熱가스화 및 퇴비화 醱酵熱 (composting heat) 등을 활용 하는 것을 말하며 이러한 에너지 자원이 생물생산 시설에 활용되기 위해서는 에너지의 안정적인 공급과 변환이용 시스템의 건설비 및 운영관리비용의 해결을 위한 技術評價와 體系化가 필요 불가결 하다.

따라서 본연구에서는 이와 같은 문제의식 하에 농업시설의 대체에너지 이용에 관한 현상과 문제점을 중심으로 개발이용의 개요와 장래의 과제에 대하여 고찰하고자 한다.

1. 미이용 에너지자원의 활용개요

농업이 다른 산업과 다른점은 자연과 조화 하면서 발전 한다는 것과 자연 에너지 또는 바이오에너지의 효율적 이용이 가능하다는 점이다. 즉, 농업은 에너지 이용 형태가 일반적으로 분산형으로 열이용에 있어서도 중저온 활용이 많으므로 태양열, 지하수, 소수력등의 에너지가 다단계 이용이 가능하다는 점과 다른 한편으로는 매년 생산과정에서 배출되는 각종 농축산업 및 생활계 바이오매스의 에너지 회수외에 처리과정에서 발생하는 부산물의 재자원화가 가능하다는 점이다. 이와 같이 미이용 대체 에너지 자원은 에너지의 개발이용은 물론, 자원의 재활용과 환경보전으로 지역농업 발전에 크게 기여하게 된다.

미이용 자원인 자연 에너지와 바이오 에너지 자원은 지역에 널리 고루 분포되어 있어 로우컬 에너지 (local energy)자원 이라고 부르는데 이들 대체에너지 자원은 단독 또는 복수 에너지로 이용이 가능하나, 본 연구에서는 실용화가 진행중인 에너지 변환이용 기술특성에 대하여 에너지원별 이용기술 방식에 관한 주요사례를 서술 하고져 한다.

미이용 에너지 자원의 활용 분야는 시설원예, 축산시설, 양어시설등의 작목형태에 따라서 크게 다르며, 또한 활용기술 방식에 따라 다르다. 시설농업에 있어서 대체 에너지 이용기술과 활용방식은 Table 1과 같으며, 에너지이용은 주로 시설원예가 가장 높은 것을 알 수 있었다¹⁾.

2. 太陽熱 利用

태양 에너지는 열적이용과 태양전지등에 의한 전기적 이용과 광이용이 있다. 그러나, 태양 에너지의

농업생산 이용은 열적이용이 거의 대부분이다.

농업 생산에 활용되는 태양열의 집열방식은 내부 집열형과 외부집열형이 있으며 전자는 온실에서와 같이 최종적 이용 설비가 집열장치 기능을 갖고 후자는 이용설비와는 별도로 태양열 집열 장치를 설치하는 방법이다.

내부집열형은 비닐하우스로 집열하여 토양에 축열하는 지중열 교환방식과 물에 축열 하는 수축열 교환방식이 실용화 되고 있다.

이와는 별도로, 집열효과를 증대 하기 위하여 하우스 상부에 흑색 차광네트를, 하우스 하부에 반사 비닐을 설치하여 집열효율을 높히는 하우스 집열장치와 하우스 외측에 투명한 튜브를, 하우스 내측에 흑색튜브를 장치한 이중튜브식 집열기를 하우스내의 천정부에 수평으로 배치한 집열장치가 개발되어 높은 집열효율을 얻고 있다²⁾.

2.1 地中熱 交換

지중열 교환 온실은 온실 자체를 태양열 집열기로 하고, 온실내의 토양을 축열체로서 이용하는 태양열 이용 온실이다. Fig. 1에 나타낸 바와같이 이온실은 지중에 매설한 플라스틱 파이프에 온실내의 공기를 송풍 시키는 것으로서 공기에서 파이프 주변 토양에, 또는 토양에서 공기에 열을 전달, 저장하는 간단한 구조로 축열과 난방이 가능 하다.

직경이 100~200mm의 파이프를 사용하는 경우에 지면에서 지중열 전달량을 고려하여 지면과 파이프 중심까지 깊이는 40~50cm가 적당하고, 매설되는 파이프의 소요량은 온실내에 집열된 잉여열량을 최대한 축열하는 능력을 기준으로 산정 한다. 이와같이, 지중열 교환 온실은 공기와 토양간의 저온도차 열교환을 기초로한 시스템으로서 난방온도가 18~20℃로 요구 된다면, 파이프를 둘러싼 토양온도는 25℃ 이상을 유지 할 필요가 있으므로 해당지역의 기온과 일사량에 대한 기상자료를 검토 해야 된다³⁾.

2.2 外部 集熱器

외부 집열형은 일반 가정용 급탕 시스템에 이용한 평판형 집열기가 보급되고 있다. 농업용 외부 집열형은 내부 집열형에 비하여 연구사례가 많지 않다. 시판형 집열기보다도 저렴한 평판형 간이 태양열 집열시스템이 개발되어 있는데 이것은 흑색 합성고무 통수관과 평판을 서로 나란히 배열 한것으로 값이 저렴한 태양열 집열장치로서, 이집열장치는 집열면의 형상과 크기에 의하여 자유로히 신축이용이 가능한 특징이 있다.

낙농시설에서는 저온에서 고온까지 급탕이 필요 하므로 고온용 집광형 집열기와 저온용 평판형 집열기를 조합한 복합 집축열 시스템이 개발 중에 있다. 이러한 여러가지의 집열장치를 집열특성과 사용목적에 따라 선정하여 이용효율을 높이는 것이 장래의 과제라고 생각된다.

2.3 Solar pond

태양열을 축열하는 solar pond는 염류의 농도구배를 둔 연못에서 집축열을 일체화한 태양열 추출 시스템이다. Fig. 2와 같이 연못 상층부에는 非對流層의 보통 물과 하층부는 蓄熱對流層의 농도가 높은 특수 연못이다. 연못바닥의 염분농도가 높게되면 열의 대류가 없어 지므로 연못내부의 태양열을 축열 할 수 있게된다. 연구성과에 따르면, 20~30℃의 온수를 취득 할 수 있어 난방용 열원으로도 활용이 가능한 것으로 판명되었으며 앞으로의 과제는 水面波의 消波, 수생식물의 발생방지, 연못바닥에 축열된 열의 효율적인 추출, 시설비용의 저감, 시설용지의 확보 등이 있는 반면에, 대용량의 축열이 가능한 잇점도 있다. 잠열축열자재는 유해와 결정전이에 있어서 온도 변화에 의한 흡열과 방열의 성질을 이용하여 축열하는데 주간의 고온과 야간의 저온시에 축열자재가 방출하는 열을 하우스와 축사등의 난방에 이용 한다³⁾.

2.4 太陽에너지의 動力變換

태양에너지의 동력변환에 의한 농업이용 기술 사례는 적으나, 태양열을 외부 집열기로 집축열하여 저온도차의 열원에도 비교적 열효율이 높은 rankine cycle을 이용한 태양열 펌프 시스템이 개발되었다. 이 시스템을 사용한 sprinkler등의 저압관개에 쓰이는 저압식 태양열 펌프, 지하 파이프 라인식 작물관리 장치의구동을 위한 증압식 태양열 펌프 및 시스템 비용 절약을 위한 자연 순환식 태양열 펌프가 개발 되었다³⁾. 태양에너지의 동력변환은 토지이용형 농업에 있어서 定置작업의 동력원과 시설원예에 있어서 동력원으로 널리 활용 될 것으로 기대된다.

2.5 太陽熱의 穀物乾燥

태양열을 이용한 곡물, 담배, 고추 및 목초등과 가축분의 건조화 처리기술은 온실을 집열기로 하여 고온으로 얻어진 온열공기를 도풍관을 통하여 순환형 건조기에 유입한 태양열을 이용한 건조체계가 이루어지고 있다. 비건조에 있어서 이용사례를 보면, 면적이 40m²인 하우스 건조 장치에 통기량을 0.36m³/s로서 송풍 한 경우에, 흡입공기의 온도가 12~22℃에서

하우스 내부의 가온 공기온도가 32~47℃로 변화되어진 상태에서 벼를 건조 할때에 건감율이 0.5~0.6 %/h를 얻을 수 있게되어 하루 4~5%수분을 감소하여 12톤의 생벼를 2일간에 건조처리가 가능 하였다³⁾.

家畜糞의 하우스 건조발효처리는 간단한 방식으로 재료분쇄와 반송에 필요한 교반기를 준비하여 축분을 하우스 내부바닥에 얇고 넓게 깔아 둔후에 하우스 내부에 들어온 태양열과 자연환기로 증발되는 수분을 악취가스와 함께 배기 하는 것으로서, 하우스 한쪽 끝부분에서 외기를 유입하고 다른부분에서 환풍기로 강제환기 시켜서 배출되어진 배기가스를 탈취장치에 보내는 방식이다.

비닐하우스 태양열건조에서 하우스 내부의 공기 온도 상승은 집열면적에 비례하고 통기량에 반비례 하는원리를 이용하여 금후에는 태양열을 활용한 건조장치의 보급이 점차 활성화 될 것으로 예측 되어 진다.

3. 地下水 利用

시설원예는 지하수와 태양열을 충분히 활용하여 효율적인 대체에너지 개발이용기술 시스템을 달성 할 수 있다. 즉, 지하수와 태양열의 축열을 이용한 에너지 절약형 온실가온 시스템과 저온지하수 이용 온실가온 시스템등으로서 등유사용을 대폭절감하고 추운 겨울 날씨에도 야채생산이 가능하여 경제성을 높이고 안정성이 있는 지속적인 농업이 가능하다.

지하수는 계절과 시간의 변동이 없는 열원이다. 지하수로서 시설원예의 야간 실온을 확보하는 수단 으로 보급된 것이 水幕(water curtain) 이다.

하우스 단지의 水幕式 재배(Fig. 3의 a)는 지하수 열로서 난방효과를 기대 하는 것으로서, 수막재배의 기본여건은 시설원예의 온실면적 150평(1棟)당, 지하수의 용출량이 60~75 L/min.이상으로 매일밤 13 시간정도 양수가 가능 할 것과 직경 0.5~1.0 mm 이하의 모래가 분수호스를 막지 못 하게 하는 모래 여과기와 하우스 3동당 1마력 크기의 양수기가 필요하며 보온효과는무가온 하우스에 비교 할때에 하우스 내부의 최저기온을 8~11.5℃, 최저지온을 6~7.7℃ 증가 할 수 있었으며 증수효과는 일반하우스에 비하여 상추는 60%, 토마토는 6%를 더 수확 할 수 있었으며 전기료 및 연료비를 절감 할 수 있었다³⁾.

한편, 지하 200 m 정도의 지하수를 끌어 올릴 경우에 수온은 10℃ 수준으로과수, 화훼, 발작물등의 재배에 사용 할 수 있었으며, 지하 200~800m의 지하수온은 17~18℃ 내외로 시설원예와 저온성 어류의

양어장 및 생활용수등으로 이용이 가능하며, 지하수 깊이가 1000m에 도달하면 수온이 25~30℃ 까지 상승되어 겨울에도 수박등의 고온성 작물의 재배가 가능 하다.

기존의 연구성과에 따르면, 지하수의 개발로 시설 원예의 난방비용이 60% 이상 절약되고 연중 고품질, 고부가가치의 농산물 생산이 가능 한 것으로 나타났다.³⁾

비교적 추운지방의 겨울철에서는 태양열 만으로는 온실가온이 어려우므로 태양열과 지하수등의 에너지 절약형 온실구조, 피복재, 온실커튼등의 조합으로 온실 전체의 단열성을 증대하는 것이 요구되어, Fig. 3의 b와 같은 열펌프에 의한 온실가온 시스템이 바람직 하다.

열펌프는 저온열을 흡수하여 고열원에 활용하기 위한 것으로 최저 10℃의 지하수로서 전동 열펌프 (또는 디젤 열펌프)에 의해 유리온실을 가온 시킬 수 있다.유리온실 2동(300m²)에 열출력이 약 8만 kcal/h인 디젤 열펌프를 설치 한 경우에 겨울철의 외기온이 -15℃에서 40~50℃의 가온수를 순환 시켜 온실내부의 온도를 15~20℃로 유지 할 수 있었고 온실의 난방부하는 온실의 설정온도에 비례하고 외부기온에 반비례 하였다.한편, 열펌프는 보일러에 비하여 설치비가 고가이나 연료비가 아주 저렴하여 장기적으로보면 경제성이 좋다. 특히, 전동 열펌프는 디젤 열펌프와 비교 할때에 연료 및 설비비용이 저렴하고 유지관리가 용이 하여 소규모의 온실가온에 적합 한 것으로 나타났다.³⁾

4. 小水力 및 風力 利用

우리나라는 급경사지의 산간지가 많고 강우량이 많으므로 계곡과 하천의 소수력을 에너지로 변환하여 산간지 농업에 이용 하기 위한 기술개발이 필요하다. 계곡과 하천 사이에 간단한 취수장치를 설치하여 물을 저수한 뒤에 저렴한 수차로 발전과 동시에 하류측 방수량의 일부를 재가압하여 하우스의 냉난방 열원으로 이용 하기위하여 열펌프를 구동 할 수 있다. 수차의 효율은 약 75%로서 일반수력 발전 설비와 비교하여 저렴한 비용으로 달성이 가능 하며, 수력은 다른 에너지원에 비하여 안정되어 앞으로 실용화가 기대된다.

최근에 水利施設과 施設農業에 極低落差用 水車發電 시스템이 개발되어 소수력에 의한 발전과 발

열장치의 이용으로 산간지의 야채 하우스의 개발이 가능하여 계류측의 상류부에 설치된 水車發電과 하우스에 인접한 水車發熱장치가 있다. 수차발전 장치에 의한 전기는 하우스내의 펌프와 커튼 개폐를 위한 동력에 이용되고, 수차발열 장치는 여름에 냉수를, 겨울에 온수를 얻어 수경재배액의 온도제어와 하우스 냉난방에 이용되고 있다.³⁾ 산간지 계류를 이용한 효율적인 수차발전과 발열장치에 의한 하우스 냉난방과 동력에 관한 일관된 기술개발을 위하여 13.5 kw의 소형수차 개발과 저풍속 지역에 적합한 프로펠러형 풍차를 이용한 마찰열 발열방식의 열변환 기술이 개발되어 높은 열효율을 얻는 방법과 프로펠러형 풍차의 풍력을 유압으로 변환하여 압력을 저축하는 시스템의 실용화 성능을 검토 하고 있다.^{1), 2)}

5. 家畜排泄物 利用

가축배설물의 에너지 자원화 이용방식은 Table 2에 표시된 것과 같으며, 우리나라의 주요가축에 대한 잠재에너지량은 1.3×10^{14} kcal(등유 환산량 : 1500만 m^3)이나 에너지 변환이용은 극히 저조하다.⁴⁾

가축분뇨의 에너지 변환 기술은 메탄가스, 직접연소, 熱分解, 乾留가스화, 油化 및 堆肥化에 의한 醱酵熱등이 있으나 실용화되고 있는 것은 메탄가스, 직접연소 및 퇴비화 발효열에 의한 열과 동력으로 축산시설 또는 시설원예의 에너지원으로 활용이 되고 있다.

5.1 메탄가스

가축분뇨 혼합물에서 비교적 간단하게 가연가스를 얻을 수 있는 에너지 회수 방법은 메탄발효로서 근래의 축산공해에 의한 환경보존 문제로 인하여 앞으로 지역축산업 발전에 기대가 크다.

발효조에서 생성된 메탄가스는 순수한 메탄을 60% 정도 함유하고 나머지는 이산화탄산가스로 되어 있으며, 발열량은 약 6000 kcal/m^3 로서 도시가스의 대체연료가 가능하며 또한, 열과 동력의 에너지원으로도 활용이 가능하다.

가축배설물에서 메탄가스 발생량은 Table 3과 같으며 투입 유기물당 발생가스량은 계분이 가장 높으며, 돈분, 우분의 순위이다.

가축분뇨의 메탄발효는 酸발효상과 가스발효상으로 분리하여 효율을 향상하는 二相式과 태양열을

이용하여 발효조를 가온하는 열펌프식이 개발되었으나, 문제가 되는 것은 폐액처리와 겨울철에 외기온 강하로 인한 가스발생량의 저하이다. 이러한 문제를 해결 하기 위해서는 폐액의 고액분리로서 토양환원과 정화처리가 요구되는데 2단계처리에 의한 비용이 많으므로 축산단지를 중심으로한 공동이용 에너지 자원화 시설의 설치가 바람직하다.” 돈분뇨 메탄가스에 의한 열병합발전시설의 활용사예(全南 S양돈농가)를 보면, 발효조(용량 $800m^3$)에 하루 돈분뇨와 폐수 $70m^3$ (돼지 1만두)를 투입하여 매일 $794m^3$ 의 메탄가스를 에너지로 변환하여 전력 58kw와 온수 $10 m^3/h(80^\circ C)$ 로서 축산용과 가정용의 열과 동력원으로 사용하고 있었으며, 폐액은 고액분리하여 폐수는 정화처리후 방류하고 스킨지 케익은 비닐하우스 건조 발효 퇴비화 하여 인근 경종농가에 판매하고 있었으며 축산공해는 전혀 나타나지 않고 있었다.

5.2 直接燃焼 및 其他

계사내부의 온도는 통상 $20^\circ C$ 이상의 보온이 필요하므로 보통의 경우에는 증유와 프로판가스를 사용한 온풍난방과 바닥난방으로 하고 있으나 연료비의 절감이 크게 문제가 되어서 育鷄舍에서 배출되는 계분(수분 : 20%, wb)을 直接燃焼 하여 鷄舍의 난방열원으로 사용 하고 있다.⁶⁾

熱分解는 건조된 축분을 산소가 없는 대기압 상태에서 연소하여 발열하는 바, 생성에너지량과 조성은 탄소율, 熱分解爐의 반응온도, 체류시간에 따라서 다르며, 乾留가스화는 축분을 가열가스화 하는 것을 말하고, 油化는 축분에 수소를 첨가하여 화학반응에 의해 이뤄지나 이들 3종에 관한 실용화 사례는 아직 없다.

5.3 堆肥化 醱酵熱

온실 퇴비화(greenhouse composting)는 축분과 탄소성분이 비교적 많은 농산 부산물을 주원료로 퇴적하여 송풍장치로 통기시키면 호기성 미생물의 분해작용으로 안정된 부식물질, 탄산가스, 수증기 및 열을 발생 하게되는데 여기서 배출된 열을 추출하여 열교환기로 온수 또는 온풍을 회수시켜 온실내부의 온도를 가온하고 퇴비를 이용하는 것을 말한다.

퇴비화 발효열의 회수방식은 퇴비화 재료내부에 직접 열교환용 파이프를 매설하여 열을 흡수하는 방식과 발효시에 다량발생하는 배출가스를 열교환기에 유입시켜 배기가스의 열을 회수하는 방식이 있다.⁵⁾ 전자는 하우스 내부와 외부에서 활용이 가능한 것으로서 파이프 주변의 발생열 회수에 한정되어

발생열 이용율은 약 20%로서 다량의 열이 필요치 않는 하우스의 가운데 이용이 가능하며 이방식은 파이프 주변에 수분과다로 인한 퇴적재료의 통기불량으로 발효가 정지되기 쉬우므로 60% 이상인 과다한 재료의 수분에 주의가 필요하다. 특히 하우스 내부와 같이 밀폐된 공간에서는 탄산가스, 암모니아가스, 수증기등이 다량배출되므로 배기가스에 의한 열회수(후자)는 통기용송풍기와는 달리 별도의 흡인용 송풍기로 배기가스를 회수하여 공기 또는 물로 열교환하여 온수(온풍)를 얻어 하우스의 난방과 급탕에 활용 하는 것이다. 배기가스에 유출되는 열 가운데 약 30%는 퇴적층 내부를 통과한 공기의 온도 상승이고 나머지는 수증기가 갖고 있는 열이다. 연구성과에 의하면, 60℃의 배기가스를 40℃까지 냉각하면 통기량 1m³ 당 약 80kcal의 열과 120gr의 물이 발생되었다. 그러므로 배기가스의 회수율은 배관내의 응축수제거를 위한 드레인 튜브와 열교환후의 배기가스의 토양탈취처리 및 내식성의 송풍기와 배관재료가 필요하다.⁹⁾

6. 農産物 殘渣의 利用

농산물 잔사는 미맥의 짚, 왕겨, 잡곡류의 잔대, 파채류의 잔경엽등으로 구성되며 이들 농산물 잔사는 직접연소, 고품연료화, 건류가스화등에 의하여 열을 회수하여 이용 하고 있는데 우리나라 농산 바이오 에너지 자원은 왕겨와 과수 전정가지가 주류를 이루고 있으며 1989년도에 왕겨 배출량은 118만톤이고, 과수 전정가지의 발생량은 46만톤으로, 잡채에너지량은 6.3×10^{12} kcal(등유: 70 만m³)가 되었다⁷⁾.

왕겨의 직접연소에 의한 온실난방은 열풍을 송풍관에 의해 온실에 보내어 난방용 열풍을 발생시킨 후에 다시, 온수 열교환기에 보내어 온수를 얻어 하우스에 공급 한 다음에, 집진기에 의해 미분진을 제거시킨후에 대기중에 배출된다. 왕겨의 발열량은 4000 kcal/kg이며, 연소량이 57kg/h 일때에 보일러에 입열량은 171000kcal/h로서 이때의 온수량은 20L/min.(80℃)이며 방출열량은 96000kcal/h가 되어 효율이 56%이고, 왕겨의 건류가스화는 30kg/h의 연료에서 30m³/h의 가스가 발생되며, 발열량은 약 1000kcal/m³이며 효율은 30% 정도이다⁸⁾.

최근, 우리나라에서는 왕겨의 물성을 개선하여 직접연소 열에너지를 얻기위한 왕겨탄 제조시설이 많이 설치되고 있으나, 왕겨의 수거운반, 왕겨탄의 배송거리와 비용, 소각재의 처리등의 문제와 직접연소 장치의 저코스트화, 연소효율의 향상을 위한 배기가

스의 청정성에 관한 기술개혁이 필요한 실정에 있다⁷⁾.

7. 生活廢棄物 利用

생활폐기물은 음식물등으로 발생된 厨芥와 廢古紙, 페프라스티, 폐금속, 폐유리등의 雜芥로 이뤄진 고형성분과 인분뇨, 하폐수, 폐유등의 액상성분 및 폐가구, 폐가전제품등의 불용성 내구소비재등을 말하는 것으로, 이러한 생활폐기물의 再資源化는 物質回收와 에너지回收로 대별된다. 전자는 제품회수, 원재료회수, 물질회수등이 있으며, 후자는 연료화와 소각열 회수가 있다.

연료화는 油化, 乾留가스화, 熱分解, 메탄발효등이 있으며, 소각열회수는 온수와 증기에너지로 열과 동력을 얻는데 이들은 可燃性 및 有機性廢棄物을 원료로하여 에너지를 발생 하고 있다. Fig. 4는 생활폐기물의 에너지 변환프로세스⁶⁾로서 연료화와 소각열회수에 의한 에너지 발생경로를 나타낸 것으로서 에너지 회수 형태는 배기가스, 온수, 증기등이며 배기가스 에너지는 소각로의 공기예열과 재료의 예비 건조에, 온수에너지는 급탕과 난방에, 증기에너지는 전기와 동력으로 농업용에 활용되고 있다.

생활폐기물의 소각열을 이용한 대규모 시설원예 단지의 활용사례⁹⁾에서 66棟(500m²/棟)의 시설에 소각능력 600t/日 으로부터, 158℃의 증기(4200kcal/h)를 高溫水로 변환하여 하우스 난방에 이용하면 의 기온 -17℃ 에서 하우스 내부온도가 15℃ 이상을 유지하여 오이와 토마토를 각각 10a당 10톤, 8톤정도 수확 하였다.

연탄재를 제외한 우리나라의 농가정 생활폐기물량은 가구당 약 2.3톤으로 전국 농가의 연간 발생량은 430만톤(습량기준)이다. 배출된 생활폐기물의 대부분이 재활용이 가능한 성분으로 재자원화 시설의 제도개선이 필요 하였다.¹⁰⁾

結 言

농축산업의 전업화와 규모 확대로 인하여 다량소비하는 화석에너지와 대량배출되는 폐기물등에 의한 문제로서 에너지자원의 절약과 환경보존 대책이 요청되고 있다. 화석연료의 사용은 대기오염과 탄산가스 농도의 증대, 산성비, 지구온난화등의 현상을 발생하고 있고 비료와 농약의 다량사용으로 지력이 쇠퇴하여 토양이 산성화 되고있다. 이와 같은, 환경파괴적인 농업에서 환경 보전적인 저투입 에너지, 고

품질 농산물의 생산이 지속 가능한 농업 체계의 확립이 대단히 중요한 시대에 처해 있다.

지구환경 문제와 에너지 절약형 기술로서 농축산물의 고품질, 고부가가치화를 해결하기 위해서는 깨끗한 자연에너지와 재생가능한 바이오에너지등의 미이용 에너지 자원의 활용으로 자연환경과 조화된 대체에너지의 개발에 의한 시설농업기술이 바람직하다.

이와같은, 환경조화형 농업생산체계의 확립을 위하여 미이용자원의 활용기술을 해야하며, 이렇게 함으로써 환경보전과 에너지 절약형 농업생산 시스템이 실현될 것이다.

引用文獻

1. 北原 哲雄. 1984. 日本農業におけるエネルギー利用の現状とその対策. 日本農業土木學會誌 52(9) : 21-27
2. 日本農業機械工業會. 1991. 省,代替エネルギー技術, 農業機械分野における革新技术發掘調査研究事業(報告書) : 243-252
3. 農林水産技術會議事務局. 1988. 自然エネルギー利用, 農業の未來を拓くクリーンエネルギー : 26-119
4. 洪志亨, 朴又龍, 崔秉旻. 1992. 우리나라 農業바이오매스의 에너지化 利用實態에 관한 研究. 에너지 R & D 14(1) : 125-134
5. 羽賀清典, 藥師堂謙一. 1991. 堆肥による熱利用, マニヤア, コントロール : 105-119
6. 山澤新吾, 前川孝昭. 1990. エネルギーの開発利用, 農業施設ハンドブック : 633-650
7. 洪志亨. 1992. 農畜産廢棄物の 에너지 資源化處理. 利用 作業改善에 관한 研究. 韓國 廢棄物學會誌 9(1) : 110-115
8. Evans, M.R, I.F.Svoboda, S.Baines. 1982. Heat from aerobic treatment of piggery slurry. Jour. Agri. Engng.Res. 27 : 45-50
9. 川井一之. 1980. 省エネルギーと農業. 明文書房 : 77-138
10. 洪志亨. 1990. 農村廢棄物の處理現状과再資源化課題. 韓國農工學會誌. 32(2) : 19-23

Table 1. Outlines of application from unused energy resources

Type	Energy sources	Mode of practical use	Available fields
Natural energy	Solar heat	Underground heat Accumulated water heat Vinyl hot house drying	Protected cultivation Grain & grass drying Animal wastes drying
	Underground water	Water curtain Heat pump	Controlled horticulture
	Small water power	Electric power & heat	Controlled horticulture Irrigation facility
Bioenergy	Animal wastes	Methane gas Pyrolytic gas	Livestock barn
	Rice husk	Direct combustion Heated gasification	Controlled horticulture Grain drying
	Municipal solid wastes	Incineration heat Wasted hot water from plants	Controlled horticulture

Table 2. Methods of energy utilization from animal wastes

Waste type	Theory & practical uses	Energy form	Energy content, kcal/kg · dm
Slurry	Anaerobic digestion Methane gas	Gas	1200
Dried poultry manure	Direct combustion Combustion heat	Hot water	2400
Dried manure	Pyrolysis Pyrolytic gas	Gas	1000
	Hydrogenation Liquefied petroleum	Oil	1500
Moisture controlled manure	Aerobic digestion Compostion heat	Hot air & water	700

Table 3. Methane gas production of animal wastes

Animal	Manure production (kg/day · head)	Volatile solids (kg/day · head)	Methane gas production (L/day · head)	Volume of fermenting vat (m ³ day · head)
Cattle	30	3.6	720-1260	1.8
Swine	2.5	0.5	150-250	0.15
Poultry	0.12	0.025	6.75-13.5	0.0072

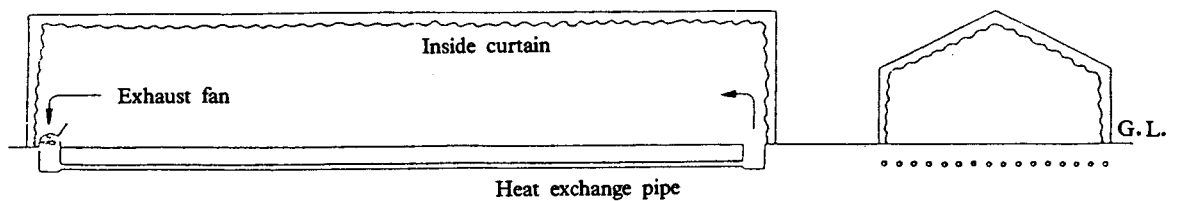


Fig. 1. Underground heat exchange schematic

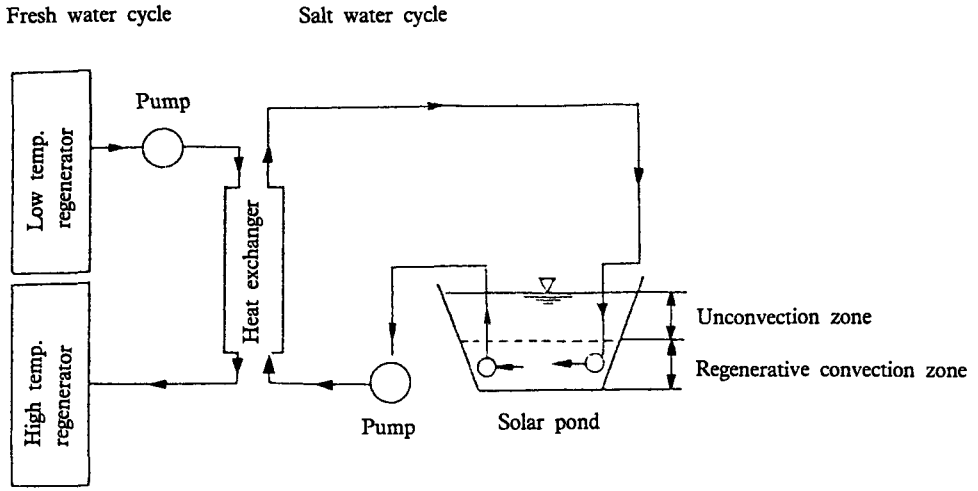


Fig. 2. Simplified schematic of a solar pond heat extraction system

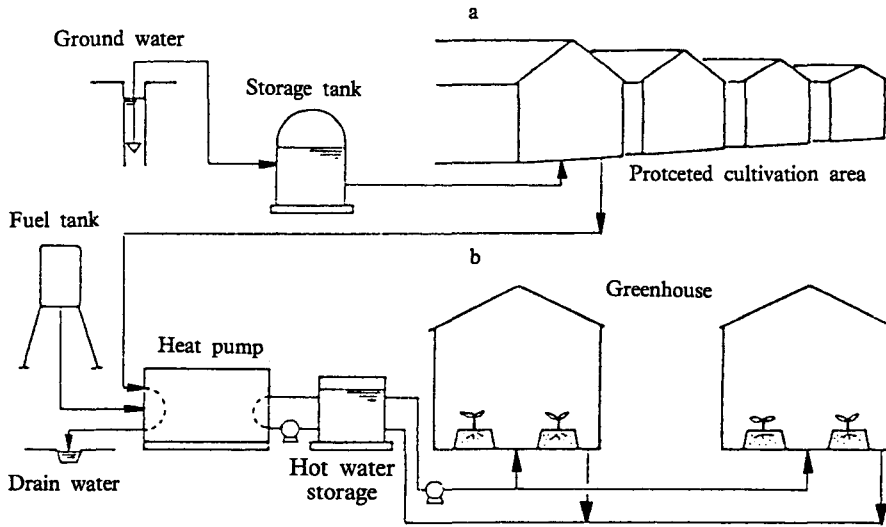


Fig. 3. Heat distribution in a greenhouse using heat pump

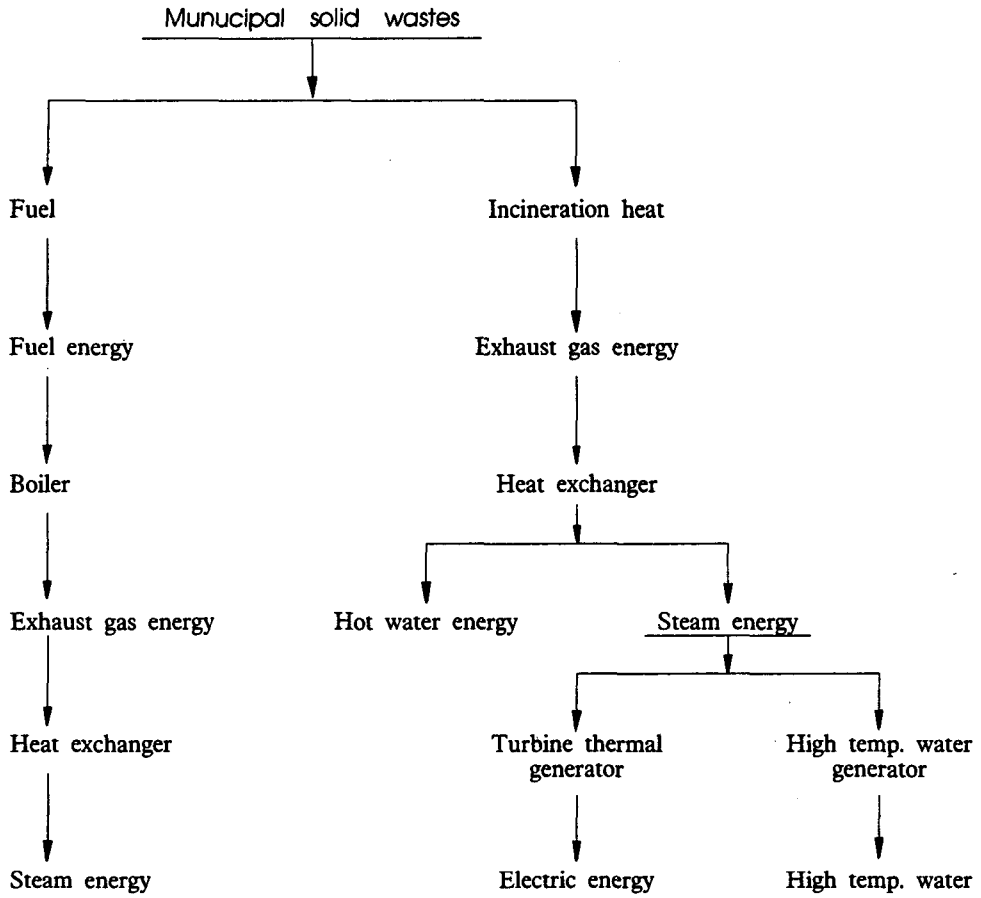


Fig. 4. Energy conversion process of municipal solid wastes