

발 간 등 록 번 호

11-1541000-000360-01

<http://rri.ekr.or.kr>

농어촌뉴타운단지의 신재생에너지 적용방안 연구

(A study on the realization schema of the
rural newtown project using renewable energy)

2009. 12.

농림수산식품자료실



0006609



농림수산식품부



한국농공학회

발 간 등 록 번 호

11-1541000-000360-01

<http://rri.ekr.or.kr>

농어촌뉴타운단지의 신재생에너지 적용방안 연구

(A study on the realization schema of the
rural newtown project using renewable energy)

2009. 12.



농림수산식품부



한국농공학회

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “신·재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운단지 실현방안 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2009 년 12 월

주관연구기관명 : (사)한국농공학회

연구책임자 :	리	신	호
연구원 :	윤	성	수
	서		교
	장	문	기
	박	진	선
	박	형	수
	김	시	환
	최	세	현
	류	기	선
	이	종	석

요 약 문

1. 제 목

농어촌뉴타운단지의 신재생에너지 적용방안 연구

2. 연구 기간

2009. 6. - 2009. 12.

3. 연구의 필요성 및 목적

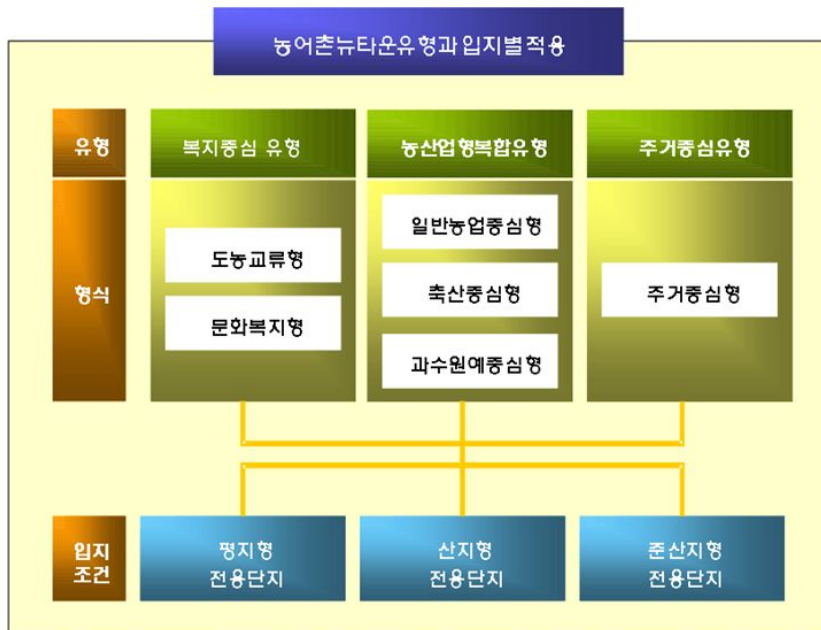
3.1 연구의 필요성

- 농어촌뉴타운은 농어촌에 새로이 조성되는 주거단지사업으로, 도시거주 이향민이 농어촌으로 되돌아 올 수 있는 공간을 제공하며, 이를 통해 농어촌에 가장 큰 문제인 노령화와 생활여건을 개선하고, 궁극적으로는 돈 버는 농어업인을 양성하고, 살맛나는 농어촌을 조성하기 위해 계획, 수행중인 사업임



<그림 : 농어촌뉴타운 개발 목적>

- 이를 위해서 ①귀촌으로 활력을 찾고 지속가능한 농어촌 마을을 만들기 위해 젊은 도시민의 귀농과 귀촌을 유도하고, ②전문 농기업, 조합형 농어업으로 잘사는 농어촌 마을을 만들기 위해 집단화 및 창업교육과 맞춤형 영농을 지원할 수 있는 공간을 구성하고, ③높은 생활기반을 갖춘 농어촌 마을을 만들기 위해 교육과 복지가 동시에 만족하는 새로운 농어촌 중심지를 조성함이 목적임
- 따라서 농어촌뉴타운 조성사업은 농어촌의 문제를 해결하고, 활력 넘치는 농어촌을 만들기 위한 미래지향사업임
- 농어촌뉴타운 모델은 크게 복지중심 모델과 경작지가 인근, 또는 출퇴근 하지만, 농산업을 기반으로 구성되는 농산업중심 복합모델 및 주거 중심의 모델로 구분되며, 여기서 복지형모델은 문화복지형, 도농교류형 모델로, 농산업중심 복합모델은 다시, 일반농업중심형, 축산중심형, 원예과수중심형으로 구분되고, 주거중심 모델은 주거중심형 단독으로 구분됨. 각 모델은 기존 농어촌마을의 문제점 보완, 농산업을의 중심성, 주거의 효율성 등 각각의 관점을 중심으로 설정함



<그림 : 농어촌뉴타운 모델 유형>

- 새로이 조성되는 농어촌뉴타운은 미래지향적으로 개발되어야 하고, 미래지향적인 농촌 주거 단지는 생태적, 환경적인 안정성이 확보되어야 하며, 낮은 유지관리비로 개발되어야 함
- 현재의 농가의 지출구조를 보면, 소비지출이 20,510,000원 (73.1%)으로 비소비지출이 7,538,000원 (26.9%)으로 조사되었는데, 소비지출의 항목을 보면, 식료품비, 교통비, 보건의료비, 광열수도비, 교육비 순으로 나타남
- 따라서, 새로운 농어촌마을은 교통, 보건의료, 기반시설, 교육에 대한 확충을 통해 농가의 소득을 합리적으로 조정되어야 할 필요가 있고, 이 중 교통통신비, 보건의료비 등은 사회기반을 확충하여 해결해야 하며, 식료품비는 조정이 곤란함. 여기서 낮은 유지관리비에 해당하는 것은 광열수도비, 주거비 등에 해당하며, 소비지출의 1,616천원으로 7.9%에 해당하며, 소비지출의 상당부분은 절감할 수 없는 현실에 비추어 이 비율은 낮지 않은 것으로 판단됨

- 또한, 농어촌뉴타운은 임대를 중심으로 한 개인소유 중심이므로 농어촌뉴타운에 거주하기 위해선 여기에 건물임대료가 포함되며, 이를 입주자가 부담해야 하는 최소의 비용이 됨
- 따라서 새로이 조성되고 있는 농어촌뉴타운을 에너지 독립형 주거단지로의 개발은 농어촌뉴타운에 입주하는 주민의 유지관리비를 경감시켜, 가구경제성을 향상시키며, 미래형 농어촌단지에 적합하다고 판단됨
- 농어촌뉴타운은 단지를 조성하는 사업으로 신재생에너지의 적용은 가구(집) 단위, 마을 단위, 마을간 단위로 구분하여 적용하는 것이 타당하고, 이를 위해 가구단위에서 적용될 수 있는 모델의 개발 및 공동시설에 대한 에너지원을 공급하기 위한 마을 단위의 신재생에너지의 적용, 바이오매스센터 중심의 마을간 시설의 적용으로 적용되어야 함

3.1 연구의 목적

- 본 연구에서는 낮은 유지관리비 및 저탄소 녹색성장에 기반을 둔 농어촌뉴타운의 조성을 위해
 - 건축물단위, 단지단위, 마을 간 단위에서 적용 가능한 신재생에너지원을 조사, 분석, 연구하고,
 - 이에 합리적인 적용 가능한 모델을 구성하며,
 - 이를 실용화할 수 있는 방안을 구축하며,
 - 실제 적용하기 위한 정책적 지원책을 정립

4. 연구의 내용 및 결과

4.1 연구의 내용

- 신·재생에너지 및 농어촌뉴타운 정책 고찰
 - 태양광, 풍력, 지열, 바이오연료 등 신재생에너지 정책
 - 농어촌 뉴타운 조성사업, 전원마을조성사업 정책

- 신·재생에너지 활용한 농촌주택 및 농촌마을 사례 조사 분석
 - 농촌의 신재생에너지 적용 사례 및 이용현황
 - 만족도 및 애로사항 조사

- 신·재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운단지의 효율적 계획 기법 정립
 - 공동이용시설의 신재생에너지 적용기법
 - 원별 자원잠재량에 따른 효율적 계획 기법
 - 경제성, 기술성, 환경성, 정책성

- 신·재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운단지의 합리적이고 실용 가능성이 높은 모형 제안
 - 주택 유형별 적용계획
 - 단지의 지역별, 입지별 적용계획
 - 관련 개발계획 및 법규 검토
 - 신·재생에너지 개발·이용·보급 촉진법
 - 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획 등
 - 각 부처별 사업의 연계 및 활용방안

- 신·재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운단지 모형의 경제성 분석
 - 유형별, 시나리오별 경제성 및 효과분석
 - 제도 및 정책개선 방안

4.2 연구의 결과

- 농어촌뉴타운단지에 신재생에너지를 적용하기 위해 농어촌뉴타운 정책과 신재생에너지 관련 국내외 정책을 분석하였다. 농어촌뉴타운의 목적 및 기본구상은 젊은 세대 유치를 통한 미래 농어업 승계자 확보, 농어업 경쟁력 제고 및 농어촌 활력 증진 도모하기 위해, 도시에 거주하는 30~40대 젊은 인력을 농어촌으로 유치하여 지역 농수산업의 핵심 인력으로 성장토록 지원하는 것이고, 국내 신재생에너지의 기본목표로는 에너지자립사회, 친환경사회, 에너지저소비사회, 탈석유사회이며, 목표를 달성하기 위하여 일반보급보조사업, 신재생에너지 기술개발사업, 그린 홈 100만호 보급사업, 신재생에너지 보급융자, 신재생에너지 설비보급기반구축사업이 진행되고 있다. 또한 국외 신재생에너지 정책은 독일, 스웨덴, 영국, EU, 미국, 중국을 분석하였다.
- 신재생에너지의 농촌마을 적용에 대한 사례조사를 통하여 우리 농촌마을 실정에 가장 적합하고 효율적인 기법을 모색하고 활용방안을 마련하기 위해 자료 조사를 실시하였다. 조사는 14개 지역으로 강원도, 경기도에서 제주도 까지 전국을 조사하였고, 태양열, 바이오가스, 폐기물, 태양광, 지열, 소수력, 풍력 등 총 7개 에너지원이었고, 조사결과 대부분 태양열에 대한 선호가 타 에너지원보다 높았고, 지열에 대해 상당히 만족하고 있었다. 그러나 전기사용을 위한 발전의 입장에서 태양광을 선호하기도 하였다. 신재생에너지 적용을 위한 인식조사에서는 자연환경이 유리 > 정부 지원 등 경제성이 뛰어나 > 주민이 사용하기 편리 > 생태적으로 안정 > 정책적으로 안정 순으로 중요한 것으로 나타났다. 신재생에너지의 도입에 중요한 요인으로는 대부분 비슷한 결과를 보였는데, 자연환경이 타 요인에 비해 높게 평가되었으며, 경제성, 미래지향성, 주민요구, 유지관리 편리성, 적용이 용이성이 비슷하나 기술개발은 타 요인에 비해 상대적으로 낮게 평가되었다. 신재생에너지는 이산화탄소 발생이 매우 낮은 친환경 원료로서의 의미가 크며, 낮은 유지관리비, 비소멸성 재생자원이

강점으로 나타나고 있다. 단점으로는 초기설치비의 고가로 인해 보조금이 필요하고, 기술개발에 대한 부담도 있다. 기회 요인으로는 친환경성에 대한 긍정적 인식 외에 정부 및 전 세계적으로 주요한 정책의 일환으로 평가하고 있다는 요인이 중요하게 제기되었고, 위협요인으로는 법제 및 외국기술력과 경쟁이 주된 내용이었다. 신재생에너지를 이용한 농어촌뉴타운의 조성은 강점에 대한 강조를 통해 얻어질 수 있는 이익보다는 보조금에 대한 지원을 통해 얻는 약점의 보완 전략이 중요하다고 판단되며, 위협요인 보다는 정부 및 전 세계적인 정책노력에 편승하여 농촌의 사회를 개선하는 데 더 의미가 있다고 판단된다. 따라서 신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운의 조성 전략은 WO 전략이 타당하다고 사료된다. WO 전략에 따른 사업은 에너지원별 기술개발에 대한 국가적인 지원, 초기설치비의 부담을 정책적인 방법에 의한 지원(보조금), 안정적인 에너지 공급원으로 역할을 수행할 수 있도록 필요 원료의 공급 및 수급의 시스템적 개선, 청정 에너지원의 강조를 통한 신재생에너지 사용의 국민적 합의의 도출, 신재생에너지의 장기 플랜의 구성 등이 있다.

- 신재생에너지를 농촌의 마을 설계에 적용하기 위해선 각 에너지원별 특성을 파악하여야 하며, 이중 기술적으로 적용 가능한 것을 경제성 분석을 통해 판단하는 것이 가장 타당하다. 또한 이를 위해선 농촌의 에너지 필요량과 신재생에너지로부터 공급될 수 있는 자연적인 한계, 그리고 적용에 따른 우선 순서의 판별이 필요하다. 신재생에너지 중 농어촌뉴타운에 적용가능한 에너지원인 태양열, 태양광, 풍력, 지열, 바이오매스에 대한 특성을 파악하였고, 이를 통해 마을계획에 적용성을 평가할 수 있는 모델을 구성하였다. 구성된 모델을 에너지원별로 내구연한에 소요되는 비용의 현재가치와 이때 발생하는 이득의 현재가치를 기준으로 경제적 타당성을 기반으로 설정하였다. 또한 바이오매스에 별도의 펠릿보일러를 적용할 경우를 대상으로 모델을 구성하였다.

● 계획된 농어촌뉴타운의 사업지구는 5개 지역이나 단양과 장수지역은 기본 설계가 완료되었으므로 이 두 지역을 대상으로 적용성을 검토하였다. 또한 마을의 연계를 위해 단양지역의 농어촌뉴타운을 포함하는 4개 마을을 대상으로 신재생에너지 연계계획을 수립하였다. 신재생에너지 부존량에 대한 평가 결과 대부분 충분한 상태이며, 각 수치는 최적화 모델의 자료로 이용하였다. 옛단양 지역 및 장수학골 농어촌뉴타운 대상지 적용결과 복합모델로 태양광발전이 전기모델로, 지열에너지가 에너지원으로 타당하다고 판단되었다. 또한 여러지역을 연계한 모델의 개발 타당성도 있음을 알 수 있었다.

● 농어촌뉴타운에 신재생에너지의 도입은 현재의 그린빌리지 사업이나 태양열 주택 100만호계획 등에 의해 추진이 가능하나, 이를 촉진하기 위한 연계 프로그램의 협력이 필요하다. 여기에는 현재의 시점에서 신재생에너지의 경제성이 부족하므로 이를 지원할 수 있는 정책 보조금에 대한 비율의 결정이 사업을 좌우할 것이다. 장기적 관점과 자연 순환의 관점에서 이를 파악하여 다중에 의한 에너지의 생산이 필요하다. 전력의 양 외에 질적인 면에 관심을 갖도록 유도하여 다중시장성, 다중효과성, 다중최저비용, 다중투명성의 원칙을 제시되고 있다. 녹색가격제는 전력상품에 대한 소비자의 선택폭의 확대와 교육적 효과, 신재생에너지의 생산 및 보급의 확대를 가져올 것이다. 농촌의 경우 에너지의 소비는 주거 생활을 위한 것만이 아니며, 주택에서 소비된다 하더라도 농업생산과 결합되는 경우가 많이 있으므로 전체적인 관점에서 에너지 공급과 가격의 검토가 필요하며, 농어촌뉴타운에 신재생 에너지를 도입하는 것은 낮은 전력비를 제공하기 보다는 녹색전기를 통해 사회 부과적인 효과를 지니므로 이를 지원할 수 있는 안정적인 재원의 확보도 필요하다. 또한 농촌에서 생산되는 녹색 에너지원에 대해 잠재량과 소비량, 판매 등을 관리할 수 있는 기구를 통해 안정적이고, 미래지향적인 에너지원으로서의 농촌을 구성할 필요가 있다. 신재생에너지 정책에서 가장 핵심이 되는 사항은 결국 보조금제도이다. 이것은 현재의 에너지원별 경제성

이 기존의 시스템에 미치지 못하기 때문이다. 그러나 향후 불확실한 에너지 수급에 따라 국제 에너지가격의 높은 변동이 예측되므로 이를 시나리오를 통해 분석하였다. 그 결과, 발전시설의 내구연한까지 사용할 경우에 풍력은 92%, 지열은 16%, 바이오매스 69%, 펠릿보일러 49%의 보조금지원이 필요할 것으로 나타났으며, 향후 기존 에너지원의 가격이 50% 상승 가정시 태양열, 태양광, 지열에너지는 경제성이 확보되고, 100% 인상될 경우 풍력 84%, 바이오매스 38%를 제외하고 모두 경제성이 확보될 것으로 판단되었다.

4. 연구결과의 실용화 방안

- 신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운단지 모델은 현재 추진되고 있는 농어촌뉴타운조성사업에 및 전원마을조성사업 등에 직접 적용될 수 있는 실용화된 기준을 정립하는 연구로, 따라서 위 사업의 설계에 활용될 수 있는 실용화된 모델을 구축하였다. 연구결과의 실용화를 연구결과물을 단위기술의 적용단계, 농촌주택에의 적용단계, 마을설계적용단계로 하고, 각각의 가이드라인을 제시하고, 또한, 설계지원을 위한 설계용 매뉴얼로 제시하는 것이 가능하다. 각기 신재생에너지 적용 기술에 대한 경제성을 지표화하여 사례 지구에 적용한 모델을 활용하여 신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운의 설계 매뉴얼로 활용이 가능할 것으로 판단된다. 농어촌뉴타운 개발 등 농촌마을 조성사업에 신재생에너지를 적용할 경우 이에 대한 정책적 우대가 필요할 것으로 사료된다. 신재생에너지를 적용한 농촌주택의 활성화를 위해 이를 지원할 수 있는 설계용 시스템이 개발된다면, 실용성이 증대될 것으로 판단된다.

SUMMARY

1. Subject

A study on the realization schema of the rural newtown project using renewable energy

2. Periods of Study

2009. 6. - 2009. 12

3. Necessities and Objectives of the Study

3.1 Necessities of the Study

- The project of rural newtown that is built up not only provide a living space for urban people who return to rural area but improve quality of life rural dweller.
- Develop rural newtown into self-support living space progress economic power of household attributable make reduction management expense.
- Each household obtain a source of energy from renewable energy and public facilities are able to get out of renewable energy or biomass product.

3.2 Objectives of the Study

- To settle the rural newtown based on low management expense and green growth
 - Research and analysis applicable a source of renewable energy for unit of household, complex, village
 - make up applicable model
 - constitute suggestion on the practical use
 - establish political supporting scheme for practical use

4. Practical Application of the Results

- Research in the field to introduce renewable into Rural Newtown as results the priorities of the source of energy for application were decided as below

1st. Advantages of environment in the field

2nd. Economical efficiency

3rd. Be convenient for use

4th. Ecological no harm

5th. Political stabilization

Moreover, easy to apply the source of energy were analyzed in the order solar heat, photovoltaic, wind, geothermal, biomass

- WO strategy that make for weak points and apply opportunity is the most proper thus make up suggestions
- Indicate adaptation of renewable energy and consist optimal model when multi-energy should be applied in the field, designed connected area for application of multi-energy source
- Examine the laws and regulation about renewable energy and search problems at the time of the application of rural newtown, finally derive the improved regulation and regime

목 차

I. 연구 개요	1
1. 연구의 배경	3
2. 연구의 필요성	10
3. 연구의 목적	14
4. 연구의 방법	16
5. 연구 추진체계	17
II. 신재생에너지 및 농어촌뉴타운 정책 분석	20
1. 서론	22
2. 농어촌뉴타운 정책 분석	25
3. 신재생에너지 국내 정책 분석	31
4. 신재생에너지 국외 정책 분석	46
4.1 유럽의 신재생에너지	50
4.2 미국의 신재생에너지	53
4.3 중국의 신재생에너지	73
III. 신재생에너지 농어촌뉴타운 적용을 위한 조사	83
1. 주택단위 신재생에너지 적용 사례	85
2. 마을단위 신재생에너지 적용 사례	89
3. 신재생에너지 적용을 위한 사례지 조사	102
3.1 조사의 개요	102
3.2 신재생에너지 사례지 조사	104
3.3 조사결과의 분석	113
4. 신재생에너지 적용을 위한 인식 조사	116
4.1 조사의 개요	116
4.2 신재생에너지 적용을 위한 인식 조사 분석	119
5. 결론	130

IV. 신재생에너지 적용 기법 모델	133
1. 서론	135
2. 에너지원별 특성	138
2.1 태양열 발전	138
2.2 태양광 발전	148
2.3 풍력 발전	159
2.4 지열 에너지	171
2.5 바이오 에너지	185
2.6 펠릿 보일러	198
2.7 복합 적용	203
3. 신재생에너지 농어촌뉴타운단지 모형 적용성 평가	207
4. 결론	210
V. 신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운 단지 적용	211
1. 우리나라 신재생에너지 잠재량	213
2. 단양 농어촌뉴타운 예	224
3. 장수 농어촌뉴타운 예	249
4. 단양군 연계 설계 계획	275
5. 결론	294
VI. 신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운 활용 방안	295
1. 신재생에너지를 적용을 위한 제도의 정비	297
2. 신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운 활용 방안	303
3. 신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운 기대효과	308
4. 결론	309
VII. 종합결론	312
참고문헌	317

표 목차

표 2.1 농어촌 뉴타운 조성 시범사업 대상지	29
표 2.2 신재생에너지원별 보급목표	31
표 2.3 시대별 신재생에너지 정책 현황	32
표 2.4 2009년도 신재생에너지 기술개발 및 보급사업 지원계획	33
표 2.5 우리나라 신재생에너지 기본 목표	34
표 2.6 2009년 신·재생에너지 보급사업 지원책	34
표 2.7 주요 신재생에너지 사업 리스트	35
표 2.8 그린 홈 100만 호 보급사업 요약표	37
표 2.9 주요 도시별 신재생에너지 정책	41
표 2.10 혁신도시 신재생에너지 용량 산정	42
표 2.11 우리나라 산업부문별 에너지소비 추이	43
표 2.12 농림업부문의 원별 에너지소비 구조	43
표 2.13 농림업부문의 업종별 에너지 소비구조	44
표 2.14 농림업부문의 업종별 및 에너지원별 소비구조	44
표 2.15 농업용 전력 용도별 전력요율 현황	45
표 2.16 농사용 전력요금 원가회수율 (2000년 기준)	45
표 2.17 국가별 신재생에너지 원별 발전비율 및 신재생에너지 공급 비율	47
표 2.18 주요국의 신재생에너지 보급현황	47
표 2.19 풍력 발전 시장 현황	48
표 2.20 세계 도시별 신재생에너지 정책 종합	49
표 2.21 EU 유희지에서 비식용 작물의 경작 현황	52
표 2.22 계획 중인 혼합소각 발전소	60
표 2.23 미국의 지열에너지 개발 지역	65
표 2.24 지열시스템의 분류	67
표 2.25 지열시스템의 비용	67
표 2.26 미국의 신재생에너지 도입을 위한 장려금 정책	70
표 3.1 마곡지구 토지이용 계획	93
표 3.2 마곡지구 에너지 수요량	94
표 3.3 건물에너지 효율 인증 시 추가공사비 및 절감률	95
표 3.4 건물에너지 효율등급 1등급 의무화 시 절감률 및 절감액(추정)	96
표 3.5 모든 조건을 고려할 때 마곡지구 에너지 절감가능량	98
표 3.6 국외 신재생에너지 지구 사례정리	101

표 3.7 신재생에너지 조사지역	103
표 3.8 조사지역의 에너지원별 잠재량 평가를 위한 기상 자료	113
표 3.9 조사지역의 장·단점	114
표 3.10 신재생에너지 도입에 중요한 요인	119
표 3.11 신재생에너지 도입에 중요한 요인	120
표 3.12 농어촌뉴타운에 적용될 에너지원 순위	120
표 3.13 에너지원 별 적용인자	127
표 4.1 신재생에너지 설치원별 공급량	135
표 4.2 신재생에너지 설치원별 투자비율	135
표 4.3 신재생에너지 원별 공급비중(2005)	136
표 4.4 신재생에너지 별 단가	137
표 4.5 태양열의 장점과 단점	138
표 4.6 태양열의 부문별 특성	139
표 4.7 태양열분야 기술개발 기본계획	140
표 4.8 태양열 발전에 대한 SWOT분석	142
표 4.9 태양열이용시설 연도별 보급현황	142
표 4.10 적용모델	146
표 4.11 태양광 발전의 장단점	149
표 4.12 태양광 설치조건	151
표 4.13 태양광에너지 SWOT	152
표 4.14 태양광 분야 기술개발 기본 계획	152
표 4.15 태양광 연도별설치 현황	153
표 4.16 2009년 설치상한단가	156
표 4.17 풍력발전의 장점과 단점	159
표 4.18 풍력에너지의 SWOT	162
표 4.19 제천의 20년 평균풍속 및 풍력에너지밀도	164
표 4.20 30m 평균풍속 및 풍력에너지밀도	165
표 4.21 50m 평균풍속 및 풍력에너지밀도	166
표 4.22 연차별 신재생에너지 과제	175
표 4.23 지열분야 기술개발 기본계획	175
표 4.24 지열에너지의 SWOT	177
표 4.25 냉난방시스템별 연평균 운영비(미국 EPA, 1993)	182
표 4.26 가정용 지열펌프의 경제성	183
표 4.27 국내 100평 사무실(건물)에 GHP이용시 각 연료별 월비용	184
표 4.28 바이오매스의 장단점	185
표 4.29 바이오매스의 기술체계 분류	186

표 4.30 바이오 기술개발 기본계획	187
표 4.31 바이오매스에너지의 장점과 단점	189
표 4.32 바이오매스에너지 SWOT	189
표 4.33 바이오에너지 구분	190
표 4.34 모전 영농조합 바이오매스처리기의 제원	192
표 4.35 목재펠릿 수급전망	197
표 4.36 우드펠릿 연소시 배출가스 비교	198
표 4.37 연료별 경제성 분석	199
표 4.38 2008년 에너지 총조사 보고서(2007)	207
표 4.39 에너지 총량	208
표 4.40 에너지 부존량과 잠재량	209
표 5.1 에너지원별 국내 소비량	213
표 5.2 신재생에너지 설치비	214
표 5.3 신재생에너지 기준 가격	215
표 5.4 신재생에너지별 적용된 설치비	216
표 5.5 단양 농어촌뉴타운조성사업 계획지표	226
표 5.6 단양 농어촌뉴타운 토지이용 및 구성비	227
표 5.7 단양 농어촌뉴타운 정지 토공계획	227
표 5.8 단양 농어촌뉴타운 도로계획	228
표 5.9 단양 농어촌뉴타운 상수도 계획	229
표 5.10 단양 농어촌뉴타운 하수도계획- 우수관로	229
표 5.11 단양 농어촌뉴타운 하수도계획-오수관로	229
표 5.12 단양 농어촌뉴타운 소요사업비	231
표 5.13 단양지역 잠재 태양광 발전량	233
표 5.14 단양지역 잠재 태양열 발전량	234
표 5.15 단양지역 지열/지축자료	235
표 5.16 단양지역 소수력 잠재량	236
표 5.17 제천의 20년 평균풍속 및 풍력에너지밀도	240
표 5.18 30m 평균풍속 및 풍력에너지밀도	241
표 5.19 모전 영농조합 바이오매스처리기의 제원	244
표 5.20 학골 농어촌뉴타운 조성사업 계획지표	252
표 5.21 장수군 농어촌뉴타운 토지이용 계획	253
표 5.17 장수군 농어촌뉴타운 토목 계획	253
표 5.23 장수군 농어촌뉴타운 도로 계획	254
표 5.24 장수군 농어촌뉴타운 상수도 계획	254
표 5.25 장수군 농어촌뉴타운 하수도 계획-우수관로	255

표 5.26 장수군 농어촌뉴타운 하수도 계획-오수관로	255
표 5.27 장수군 농어촌뉴타운 건축계획	256
표 5.28 장수군 농어촌뉴타운 신재생에너지 계획	257
표 5.29 장수군 농어촌뉴타운 소요사업비	258
표 5.30 단양지역 잠재 태양광 발전량	260
표 5.31 단양지역 잠재 태양열 발전량	261
표 5.32 장수군 소수력 잠재량	262
표 5.33 장수의 20년 평균풍속 및 풍력에너지밀도	266
표 5.34 30m 평균풍속 및 풍력에너지밀도	267
표 5.35 모전 영농조합 바이오매스처리기의 제원	270
표 5.36 방위별 경사면 일사량(kcal/m ² /day)	278
표 5.37 3kWh 출력 용량 특성	279
표 5.38 3kWh 출력 용량 제원	280
표 5.39 30m고도에 의해 보정된 풍속(m/sec)	280
표 5.40 작물별 바이오매스 부존량	281
표 5.41 지열 심도 100m 온도	282
표 5.42 태양광 총 발전량	283
표 5.43 태양열 총 온수생산량	284
표 5.44 풍력에너지를 이용한 발전량	284
표 5.45 바이오매스 이용한 발전량	285
표 5.46 바이오매스 이용한 온수 생산량	285
표 5.47 마을별 전기 생산량(kWh)	287
표 5.48 마을별 온수 생산량(l)	287
표 5.49 마을별 탄소발생량	289
표 5.50 마을별 방문객 탄소발생량	289
표 5.51 마을별 시설물 탄소발생량	289
표 5.52 마을별 작물의 소모 탄소량	290
표 5.53 마을별 탄소 총 발생량과 조성될 인공림	290
표 5.54 마을별 에너지 필요량 및 발전 잠재량	290
표 5.55 마을별 소득(천원)	291
표 5.56 농작물에 대한 마을별 소득(천원)	292
표 5.57 외중방 권역 최적화	293
표 6.1 에너지 관련 기본 계획 및 정책	298

그림 목차

그림 1.1	농어촌뉴타운 개발 목적	6
그림 1.2	농어촌뉴타운 모형 조감도	7
그림 1.3	농어촌 소비 구조	10
그림 1.4	지속가능한 에너지 시스템의 개요	13
그림 1.5	신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운 개념도	13
그림 1.6	연구의 과제	14
그림 1.7	신재생 에너지를 적용한 농어촌뉴타운 개념도	15
그림 1.8	농어촌뉴타운에 신재생 에너지 적용 목적	15
그림 1.9	연구의 범위	16
그림 1.10	연구 추진방향	17
그림 1.11	연구 추진의 단계별 체계	18
그림 2.1	지속가능한 에너지 시스템	23
그림 2.2	농어촌뉴타운 모델 유형	26
그림 2.3	에너지 대책의 세 가지 카테고리	36
그림 2.4	신재생에너지 종류	36
그림 2.5	태양광 10만호 보급사업	38
그림 2.6	신재생에너지의 특징	40
그림 2.7	아이오와 Spirit Lake 터빈의 모습	53
그림 2.8	미국의 풍력에너지 개발현황	55
그림 2.9	혼합소각 시 질소 방출량 감소율	57
그림 2.10	바이오매스 혼합소각 발전소 현황	58
그림 2.11	바이오매스 투입과 가격에 따른 생산량 프로젝트의 결과	59
그림 2.12	미국의 태양에너지 발전 사업	62
그림 2.13	인센티브를 포함한 총 PV 시스템 비용 : Sacramento	63
그림 2.14	인센티브를 포함한 총 PV 시스템 비용 : Boulder	63
그림 2.15	인센티브를 포함한 총 PV 시스템 비용 : Newark	63
그림 2.16	미국 전 지역의 지열에너지 잠재량	64
그림 2.17	저수지 및 우물을 이용한 지열에너지 개념도	66
그림 2.18	지열에너지를 이용한 마을 배치도	68
그림 2.19	지열에너지 활용을 위한 파이프라인 배치도	68
그림 2.20	미국의 보조금 지원 내용	71
그림 2.21	대형 바이오가스 플랜트	74
그림 2.22	가스화장치를 이용한 바이오가스 생산시스템	75

그림 2.23 바이오매스발전플랜트	76
그림 2.24 독립주택용태양광발전시스템	77
그림 2.25 중앙공급식 태양열온수공급시스템	77
그림 2.26 단독용 태양열온수시스템	78
그림 2.27 Gansu성 농촌마을의 풍력발전	79
그림 2.28 지하열에너지 건축난방 및 발전시스템	80
그림 2.29 바이오매스 고체연료 생산 플랜트	80
그림 3.1 농어촌뉴타운 기본 계획	85
그림 3.2 신호천 마을 전경	86
그림 3.3 문당리 마을 가로등 용 풍력발전기	86
그림 3.4 남전리마을 태양광에너지 발전기	87
그림 3.5 외국 농가주택의 신재생에너지 활용사례	88
그림 3.6 마곡지구 토지이용계획도	94
그림 3.7 서울시 생활계 폐기물 발생량	97
그림 3.8 에너지공급 시스템 기본체계도	98
그림 3.9 신·재생에너지 도입개념도	99
그림 3.10 대상지구 위치	102
그림 3.11 신재생에너지(기존 에너지 대비)	128
그림 4.1 태양열 이용시스템 구성도	138
그림 4.2 태양광발전 시스템 구성도	149
그림 4.3 태양열 적용 사진	150
그림 4.4 풍력 발전 시스템 구성도	159
그림 4.5 풍력에너지 발전 원리	160
그림 4.6 년차별 풍력 발전 실적과 전망	161
그림 4.7 태양열 적용 사진	172
그림 4.8 시스템 구성도	173
그림 4.9 지열 기술	173
그림 4.10 폐쇄형 지열 시스템 구성도	174
그림 4.11 개방형 지열원 열교환 장치	174
그림 4.12 바이오매스 발전 모식도	187
그림 4.13 바이오발전소의 역할	188
그림 4.14 바이오 에너지 변환 시스템	190
그림 4.15 목재펠릿의 잠재 수요치	196
그림 4.16 목재펠릿 수급전망	197
그림 4.17 펠릿의 자원 순환 모식도	198
그림 4.18 펠릿보일러와 우드펠릿	198

그림 4.19 기존 에너지와 열병합발전	203
그림 4.20 연구에서의 신재생에너지 적용 개념	205
그림 4.21 열에너지 복합모델	205
그림 4.22 전력 복합모델	205
그림 4.23 전국 신재생에너지 잠재량	208
그림 5.1 대한민국 자연에너지 잠재량	217
그림 5.2 대한민국 풍력에너지 잠재량	218
그림 5.3 대한민국 지열에너지 잠재량	219
그림 5.4 대한민국 바이오매스에너지 잠재량	220
그림 5.5 농어촌뉴타운 주택 평면도	221
그림 5.6 농어촌뉴타운 공간구성 유형	222
그림 5.7 LCC 분석기법 수행 과정	223
그림 5.8 신재생에너지의 농어촌뉴타운 적용단계	223
그림 5.9 단양군 농어촌뉴타운 단지 위치도	224
그림 5.10 단양군 농어촌뉴타운 설계 방향	225
그림 5.11 단양군 농어촌뉴타운 토지이용계획도	232
그림 5.12 단양지역 신재생에너지 잠재량	233
그림 5.13 단성면 태양에너지 잠재량	234
그림 5.14 단성면 풍속에너지 잠재량	234
그림 5.15 단성면 격자 풍속_지상 30m 바람	235
그림 5.16 단성면 100m 지온도	235
그림 5.17 단성면 농업부산물	235
그림 5.18 단양군 농어촌뉴타운 조감도	248
그림 5.19 장수 농어촌뉴타운 위치도	249
그림 5.20 장수군 농어촌뉴타운 비전과 발전방향	250
그림 5.21 장수 농어촌뉴타운 개발방향	251
그림 5.22 장수 농어촌뉴타운 토지이용 개념도	257
그림 5.23 장수 농어촌뉴타운 설계 결과도	259
그림 5.24 장수지역 신재생에너지 잠재량	260
그림 5.25 장수군 태양에너지 잠재량	261
그림 5.26 장수군 풍속에너지 잠재량	261
그림 5.27 장수군 100m 지온도	262
그림 5.28 장수군 농업부산물도	262

그림 5.29 장수 농어촌뉴타운 설계 조감도	274
그림 5.30 단양 신재생에너지 권역 설계 방향	275
그림 5.31 단양 신재생에너지 권역 위치도	277
그림 5.32 탄소 발생량 및 흡수량	285
그림 5.33 신재생에너지 권역 내 에너지 순환 설계	286
그림 5.34 마을별 이산화탄소 발생량 및 숲 조성 면적	288
그림 5.35 마을 간 체험프로그램의 순환	291
그림 5.36 신재생에너지 단지 전체 순환관계도	292
그림 6.1 외부조건에 따른 보조금 지원 가상 시나리오	304
그림 6.2 사용기간에 따른 가상 시나리오 분석결과	305
그림 6.3 자금회수기간에 따른 가상 시나리오 분석결과	306
그림 6.4 에너지비용 상승률에 따른 가상 시나리오 분석결과	307



연구 개요

- 1.1. 연구의 배경
- 1.2. 연구의 필요성
- 1.3. 연구의 목적
- 1.4. 연구의 방법
- 1.5. 연구 추진체계

제1장 연구개요

1. 연구의 배경

전 세계적으로 Green Growth가 새로운 미래의 패러다임으로 자리 잡고 있다. Green Growth는 지구의 자원위기와 인간이 살기위한 지구의 환경적 변화를 최소화하여, 지속가능한 상태를 유지하기 위한 필사적인 노력으로 받아들여지고 있다. 국내에서도 저탄소녹색성장을 현세의 패러다임으로 선언하고, 먼저 녹색성장의 기반을 구축할 수 있는 이론과 기술체제를 구축하려는 노력이 강력하게 추진되고 있다. 이에 따라 정부 뿐 아니라 지방자치단체, 기업체, 민간단체에서도 이에 대한 인식을 같이하고 있고, 또한 국민들의 인식도 변화하고 있다.

농촌부분에 있어서도 저탄소 녹색성장을 구현하기 위한 연구가 많이 이루어지고 있으며, 가장 대표적인 주제는 신재생에너지를 이용한 농촌 에너지 환경의 개선이다. 농촌은 도시에 비해 에너지의 빈곤도 여타 부분과 마찬가지로 심각한 통계적 차이를 보이고 있으나 도시에 비해 자연순환에너지의 잠재력이 매우 높고, 농촌에 추구하고 있는 지역개발과 그 뜻을 같이 하게 됨으로 농촌에 신재생에너지의 도입은 농촌개발의 주된 흐름으로 자리매김하게 될 것으로 판단된다. 이에 따라 궁극적으로 에너지 독립 농촌을 농촌의 새로운 지표체계로 평가될 수 있다.

1980년대 시작된 농촌계획은 과거의 농업중심의 정책에서 새로운 변화의 물고를 튼 흐름의 변화로 나타나게 되었고, 1990년대 농업부문의 개방화를 통해 농촌의 경제적 현실이 어려워졌으나 반면 농촌과 자연에 대한 새로운 가치를 부여받게 되었다. 어메니티로 대표되는 농촌개발의 새로운 패러다임은 농촌을 사람이 살만한 새로운 공간으로 조성하기 위한 정책적 노력이 부과됨으로 크게 성과를 나타나기 시작하였으며, 2000년대 들어와 본격적인 농촌개발의 지표가 되고 있다. 그럼에도 농촌에 주거하는 주민들의 삶의 현실은 부족한 부분이 아직도 많이 나타난다. 농촌 주민의 삶의 질을 높이기 위해선 농촌을 구성하는 여러 요소가 일정한 국가적 기준의 넘어서야 하고, 이를 토대로 지역

의 특성화를 추구하는 것이 보편적인 순서가 된다. 농촌의 열악한 부분은 교육과 의료 등 비 농업적인 부분도 많이 상존하기만, 농촌의 에너지 부분도 도시에 비해 어려움을 겪고 있다. 이에 따라 자연 친화적이며, 재생가능하고, 어메니티 농촌을 만들기 위해 지역발전전략으로서 신재생에너지가 주목받고 있다. 농촌지역의 첨단 농업시설과 수리시설, 난방기는 전기 및 석유, 등유 등을 사용함으로써 소요경비가 농가의 가계 부담으로 작용하고 있으며, 농업용 에너지 소비량은 1995년 기준 국내 에너지 소비량의 2.14%를 차지하고 있음. 농림업 부문 에너지 소비량 중 석유류는 91%, 나머지가 전력으로서 9%를 차지하고 있으나, 농가에서 이용되는 에너지를 포함시킨다면 이보다 많은 에너지가 농촌 지역에서 소비되는 것으로 추정되고 있다. 따라서 지구 온난화와 기후 변화 등으로 인해 신재생에너지 분야에 관심이 높아지고 있다. 또한 에너지 소비량의 지속적인 증가와 온실가스 감축에 대한 논의는 결국 기존에너지를 대체할 수 있는 신재생에너지 개발과 이용확대에 대한 필요성을 증가시키고 있으며, 농촌의 생태적인 공간정비를 둘러싼 향후의 방향은 에너지 절약, 자원재활용 등 자연에너지를 이용하는 쪽으로 가고 있음. 따라서 농촌의 에너지 문제 해결, 온실가스 완화, 자원재이용, 친환경적인 정비 등 복합적인 목표를 달성하기 위해서는 신재생에너지를 활용한 농촌의 정비 방안이 강구되어야 한다.

이와 흐름을 같이하여, 정부는 2030년까지 신재생에너지 공급목표를 11%로 설정하고, 이와 같은 목표 달성을 위해서 총 111조 5,000억 원을 투입할 계획이며, 이를 위해 그린 홈(Green home) 100만호 프로젝트를 추진하고 있다. 그 내용으로는 2020년까지 총 주택 10% 수준의 한국형 그린 홈 보급 예정이며, 이를 위해 기존의 태양광 보급 사업을 확대, 개편해 주택과 지역의 특성에 따라 태양열과 지열, 연료전지 등을 활용한 주택 보급을 확대할 계획이다. 또한, 기존 정책인 태양광주택 10만호 보급 사업과 그린 빌리지 조성 사업 등의 실시로 에너지 절약형 친환경 주택이 증가되고 있다.

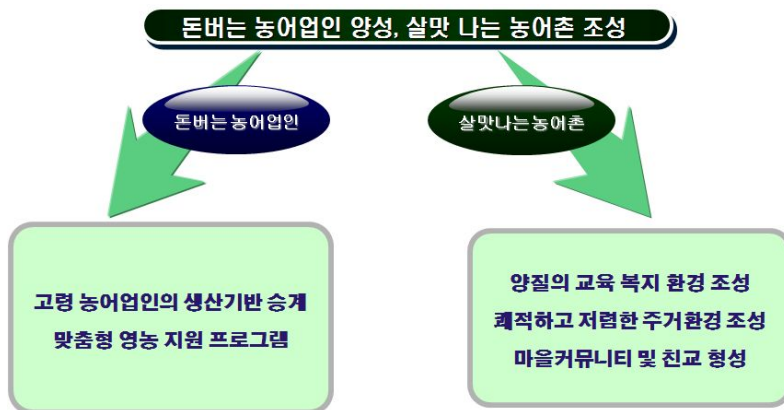
또한 신재생에너지 설치를 의무화 하기위해 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법 제12조제2항, 동법시행령 제15조에 의거 공공

기관 신축 건축물에 대한 신재생에너지 설치의무화사업과 공공기관이 신축하는 연면적 3,000㎡이상의 건축물에 대하여 총 건축공사비의 5% 이상을 신재생에너지 설치에 투자하도록 의무화하는 제도를 도입하였다. 그 대상은 국가기관 및 지방자치단체, 정부투자기관, 정부출연기관, 정부출자기업체 에서 납입, 자본금의 100분의 50이상 또는 50억 원 이상을 출자한 법인, 특별법에 의하여 설립된 법인으로, 공공용시설, 문화 및 집회시설, 종교시설, 의료시설, 운동시설, 교육연구시설, 노유자 시설, 수련시설, 묘지관련시설, 관광휴게시설, 판매 및 영업시설, 숙박 시설, 위락시설, 업무시설, 운수시설 등을 대상으로 하고 있다.

우리나라에서 신재생에너지는 신에너지 및 재생에너지개발·이용·보급 촉진법 제2조에 의해 기존의 화석연료를 변화시켜 이용하거나 햇빛·물·지열·강수·생물유기체 등을 포함하는 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지를 말하며, 태양, 바이오, 풍력, 수력, 연료전지, 석탄액화, 가스화 및 중질잔산유 가스화, 해양, 폐기물, 지열 등 11개 분야가 있다. 그러나 농촌에 적용하기 위해선 신에너지는 현실적으로 기술개발이 좀 더 필요하고, 또한 자연순환에너지가 아니므로 농촌에는 재생에너지가 주된 현실에 맞는 에너지원이 될 것이다. 또한, 수력은 해양 및 폐기물 등은 모든 농어촌에 적용하기 곤란하므로 태양열, 태양광, 바이오매스, 풍력, 지열이 농촌에 적합한 에너지원이 되며, 이들 자원은 비교적 풍부한 잠재량을 가지고 있어 도입에 유리하다고 판단된다.

농어촌뉴타운은 농어촌에 새로이 조성되는 주거단지사업으로, 도시거주 이향민이 농어촌으로 되돌아 올 수 있는 공간을 제공하며, 이를 통해 농어촌에 가장 큰 문제인 노령화와 생활여건을 개선하고, 궁극적으로는 돈 버는 농어업인을 양성하고, 살맛나는 농어촌을 조성하기 위해 계획, 수행중인 사업이다. 따라서 추진목적은 도시거주 30~40대 젊은 인력을 농어촌으로 유치하여 지역의 농수산업의 핵심 인력을 육성하기 위해 전국 14개 시·군에서 신청한 예정지를 대상으로 적정한 입지여건과 사업추진능력을 갖춘 대상 지구를 선정하여 사업의 성공적 추진도모하고 있으며, 삶의 질 향상 및 공동체 형성을 도모할 수 있다

록 공적 높은 주택공급 및 커뮤니티센터 설치, 쾌적한 공간이 형성된 뉴타운 조성한다. 사업규모는 마을규모는 50호에서 300호로, 가구별로 60m²~100m²(전용면적 기준, 건폐율 30% 이하)로 설정하였으며, 주된 건축형식은 단층 타운하우스 장기임대 중심으로 공급하되, 일부는 분양하도록 계획하고 있다. 이를 현실화하기 위한 시범 사업으로 전남 화순을 비롯해 5개 단지 650세대를 공급할 예정이다. (전남 화순: 200호, 전남 장성: 200호, 전북 고창 : 100호, 전북 장수: 100호, 충북 단양: 100호) 따라서, 농촌 에너지 문제의 해결과 농촌의 경쟁력 확보, 농촌 주거의 지속가능성을 위해 신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운단지의 단지 계획적 접근방안 연구가 필요하다.



<그림 1.1 농어촌뉴타운 개발 목적>



<그림 1.2 농어촌뉴타운 모형 조감도>

신재생에너지의 농어촌에 도입은 여러 연구가 시도되어왔다. 대표적으로 환경친화, 자원절약형 농촌시설계획에 대한 연구에서 찾아볼 수 있으며, 여기에서는 자연에너지 활용시설, 자원절약 및 재활용시설, 환경오염관리시설, 생태건축, 마을공동체 활성화 및 연계시설로 볼 때 신재생에너지에 해당하는 자연에너지 활용시설에 가중치가 15%, 자원절약 및 재활용 시설에 16%로 조사되었다. 자연에너지 활용시설은 적극적인 태양열을 이용하는 태양전지, 태양열 집열기 등이 있으며, 소극적 태양열 이용방식으로 부착온실, 복층유리 등이 있고, 이외에 소규모 수력발전, 풍력이용이 고려되고 있음. 이외에 지열을 이용한 냉방기술도 적용이 가능하다. 또한 자원절약 및 재활용시설은 궁극적으로 에너지 독립형 주거단지를 만드는 데 있고, 소요되는 에너지를 감소시킬 수 있는 방안으로 우수의 이용, 중수의 이용, 메탄가스의 이용이 있고, 기타로 오수정화 연못, 친환경 건축재료 및 지붕녹화, 벽면녹화 등이 제안되기도 하였다. 지금까지 태양열, 태양전지 위주의 에너지 개발이 주택 단위에서 유효한 자연에너지 이용방법으로 적용되고 있는 데 각각

적용 방안은 다음과 같다.

- ① 태양열 : 농촌주택 및 농업기반시설의 냉난방, 온수, 습도 등 조절
- ② 태양전지 : 농업생산시설에 있어 자동화 시스템, 조명, 온도, 습도 등의 유지관리, 급수 등의 자동화 및 원격관리
- ③ 가구단위 에너지 활용 : 친환경 에너지 생산시설 및 시스템 완비로 외부에너지 의존 탈피 및 마을 에너지 수요 충족
- ④ 잉여에너지 판매 : 외부 에너지기관에 잉여 에너지 판매로 마을의 부수입원 확보
- ⑤ 기타 : 에너지 기반시설 및 관광, 체험 기반시설의 확립으로 체험, 관광루트 다양화

최근에 보고된 연구에 따르면, 지열을 이용한 냉방시스템은 새로운 자연에너지, 청정에너지원으로 지중파이프를 통해 주로 여름에 냉방에 따른 부하를 감소시킴. 장 등의 실험연구에 의하면, 농촌주택을 지열로 냉방할 때, 1.5-2m 정도에 냉각파이프를 설치하는 것이 유리하다고 보고되었다. 또한, Passive Solar Heating System을 주택에 적용할 경우에 대한 LCC연구를 통해 총 40년을 유효기간으로 본다면, 석탄대비 태양열시스템은 91.4%의 효율이 높은 것으로 연구되었다.

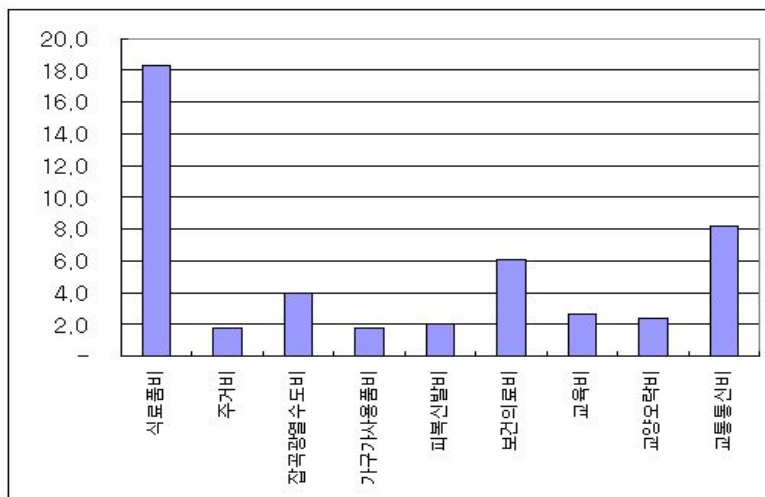
따라서 새로이 조성되고 있는 농어촌뉴타운을 에너지 독립형 주거단지로의 개발은 농어촌뉴타운에 입주하는 주민의 유지관리비를 경감시켜, 가구경제성을 향상시키며, 미래형 농어촌단지에 적합하다고 판단된다. 농어촌뉴타운은 단지를 조성하는 사업으로 신재생에너지의 적용은 가구 단위, 마을 단위, 마을간 단위로 구분하여 적용하는 것이 타당하고, 이를 위해 가구단위에서 적용될 수 있는 모델의 개발 및 공동시설에 대한 에너지를 공급하기 위한 마을 단위의 신재생에너지의 적용, 바이오매스센터 중심의 마을간 시설의 적용으로 적용되어야 한다.

신재생에너지의 적용을 위해 개별 에너지에 대한 연구는 지속적으로 이루어지고 있으나 대부분 건축물의 개선과 새로운 에너지원의 도입 기술 개발에 치중되어 있다. 따라서 대부분은 주거를 위한 건축물에 제한된 부분에 대한 연구이며, 집단화된 마을의 도입에 대한 기반연구

는 매우 부족한 상태이다. 현재까지 농어촌 복합주거단지에 대한 신재생에너지의 도입을 위해서는 단지에 적용할 수 있는 기술의 개발과 원별 도입 및 적용 방안에 대한 연구가 필요하다.

2. 연구의 필요성

농어촌뉴타운은 미래지향적으로 개발되어야 한다. 여기서 미래지향적인 농촌 주거 단지는 생태적, 환경적인 안정성이 확보되어야 하고, 또한 새로이 조성되는 농어촌뉴타운은 낮은 유지관리비로 개발되어야 한다. 현재의 농가의 지출구조를 보면, 소비지출이 20,510,000원 (73.1%)으로 비소비지출이 7,538,000원 (26.9%)으로 조사되었는데, 소비지출의 항목을 보면, 식료품비, 교통비, 보건의료비, 광열수도비, 교육비 순으로 나타났다. 따라서, 새로운 농어촌마을은 교통, 보건의료, 기반시설, 교육에 대한 확충을 통해 농가의 소득을 합리적으로 조정되어야 할 필요가 있다. 이 중 교통통신비, 보건의료비 등은 사회기반을 확충하여 해결해야 하며, 식료품비는 조정이 곤란하다. 여기서 낮은 유지관리비에 해당하는 것은 광열수도비, 주거비 등에 해당하며, 소비지출의 1,616천원으로 7.9%에 해당. 소비지출의 상당부분은 절감할 수 없는 현실에 비추어 이 비율은 낮지 않은 것으로 판단된다. 또한, 농어촌뉴타운은 임대를 중심으로 한 개인소유 중심이므로 농어촌뉴타운에 거주하기 위해선 여기에 건물임대료가 포함되며, 이를 입주자가 부담해야 하는 최소의 비용이 된다. 따라서 낮은 거주비를 위해 자체적인 에너지원을 개발해야할 필요성이 클 것으로 생각된다.



<그림 1.3 농어촌 소비 구조>

농어촌뉴타운은 삶의 질이 높은 환경을 조성함이 목표로 하며, 높은 삶의 질을 확보하기 위해서는 주거단지의 생활환경을 확보해야 하고, 이를 위해선 에너지가 소비된다. 귀농자의 경우 생활편의에 대한 만족도 조사에서 불편하다는 응답이 52.2%를 차지하고 있으며, 귀농의사를 가지고 있는 도시생활자가 이를 실천에 옮기지 못하는 가장 큰 이유는 생활의 불편(37.1%)이었으며, 만약 귀촌한다면 첫 번째 요인으로 생활의 편리(47.1%)가 선택의 주 사항으로 나타났다. 국가가 지원해야 할 분야에서도 생활환경에 대한 요구가 40.2%로 높게 나타나고 있다.(2007년 농촌경제연구원) 따라서 여기에 소모되는 에너지원을 농어촌뉴타운 개별주택에서 공급하기는 불가능하므로 마을 단위의 공동의 에너지원의 개발이 필요할 것으로 판단됨. 또한, 최근 자연순환, 생태적인 관점에서 농산물의 부산물을 이용한 바이오매스에 대한 연구가 폭넓게 이루어지고 있어 지역을 묶어 마을 간 바이오매스 처리시설의 도입도 고려할 대상이 될 것으로 생각된다.

이를 통해 농어촌뉴타운 개별주택은 주택으로서의 자연에너지로부터 에너지원을 구축하고, 마을 공동 사용 에너지원은 자연에너지나 바이오매스의 처리로부터 공급이 필요하다. 농촌에 신재생에너지를 도입하기 위한 기반기술은 태양에너지를 건축에 도입하는 태양광, 시설물에는 태양열 및 지열을 이용하는 기술이 이미 개발되어 있으며, 단지의 입지여건에 따른 풍력, 소수력 등의 기술도 개발되어 있다. 또한, 바이오매스 등의 기술은 현재 개발되고 있으며, 근시일 내 실용화가 가능할 것으로 전망된다. 따라서 이 신재생에너지 기반기술을 농어촌뉴타운 단지에 적용할 제도적, 기술적 방안에 대한 연구가 시급히 요구되고 있는 실정이다.

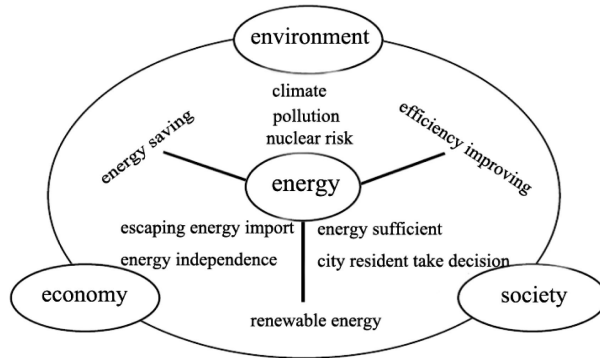
우리나라의 농업 에너지 부문을 살펴보면, 에너지 소비속도는 세계 평균보다 더 빠르게 증가되고 있다. 2005년의 에너지 소비 증가율은 3.7%로 세계 2위이다. 특히 농업부문의 에너지 소비는 전체 산업생산부문의 에너지 소비량 보다 크지 않지만, 농업부문에서 사용되는 각종 에너지의 절대량이 꾸준히 늘어나고 있는 반면 다른 생산부문에 비하여 총생산량 증가율은 낮아지고 있다 (1992년~2001년간 에너지소비 증

가을 7.9%, 생산량증가율 0.8%, 다른 부문 에너지소비 증가율 5.6%, 생산량 증가율 7.7%). 이와 같은 산업부문 총생산량의 증가율에 비하여 아주 낮은 증가율을 보인 농업부문의 생산체계가 에너지 소비에 있어서 비효율적이라는 사실을 보여준다. 이런 상황이므로 바이오에너지 개발과 에너지 효율성을 높일 필요가 있는 것이다.

신재생에너지 정책목표를 실현하기 위한 주요사업으로는 태양광주택 10만호 보급사업, 신재생에너지 설치 의무화사업, 그린 빌리지(Green village) 조성 사업, 그린 홈(Green home) 100만호 프로젝트 등이 있다.

현재까지 연구 실적을 살펴보면, 농촌지역을 대상으로 한 신재생에너지의 활용과 정책에 관한 연구는 많지 않았다. 농촌마을 신재생에너지 활용방안 연구에서는 국고지원 에너지시범사업을 추진하여 점차적으로 확대시키는 방안이 필요하며, 초기 설치비용과 연간 유지비의 일부를 보조할 경우 신재생에너지 잠재력이 높은 농촌마을에서는 현재 상태에서 경제성이 있다고 기술하였다. 그러므로 정부차원에서 농촌마을단위에 그 지역의 특성에 맞는 신재생에너지를 조합한 최적개발 방안을 강구할 수 있도록 지원정책을 수립 시행할 것을 제안하였다. 김정수는 농촌지역 활성화를 위한 재생가능 에너지 활용 방안 연구를 통해, 재생가능 에너지와 지역균형발전 전략으로서 바이오에너지를 활용하고, 지역균형발전 측면에서 재생가능 에너지를 주목하였다. 여기서, 재생에너지 중에서 바이오에너지를 통한 지역발전전략을 개념적인 수준에서 활용 방안을 제시하였고, 도시와 농촌의 순환시스템의 필요성을 제안하였다. 남상운 등은 일련의 농촌마을의 신재생에너지의 종류별 잠재량 및 분포 특성을 조사하였고, 이태구 등은 지속가능한 에너지 저감형 첫 마을 생태주거단지 실현방안 연구를 수행하였다. 또한 국외의 연구가 있으나 상당부분은 건축물 중심의 연구와 도시중심의 연구가 많다. 고유가와 환경오염 문제를 해결하기 위해 신재생에너지 활용과 저탄소 녹색성장을 위한 농촌부문의 대책마련이 요구되고 있으며, 특히 농촌주택 과 농촌마을 설계 부문에서 신재생에너지의 수요와 필요성이 부각될 전망이다. 농촌주택 단위에서 신재생에너지 시스템의 도입이 확

대될 것으로 예상되며, 태양열에너지 위주의 활용방법에서 다른 에너지 자원을 활용하는 방안의 강구가 필요한 실정이며, 농촌 주거정책인 농어촌뉴타운조성 사업의 물리적, 환경적 지속가능한 개발 방향의 설정 필요하다. 농촌은 지속가능한 에너지 개발에 적합한 공간이다. 농촌은 자연 에너지 자원이 풍부하고, 재생 에너지 개발을 위한 자원을 지속적으로 공급할 수 있으며, 마을 단위의 지역 에너지 개발이 가능하다.



<그림 1.4 지속가능한 에너지 시스템의 개요>

신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운의 조감도를 보면 다음과 같이 표현할 수 있다.



<그림 1.5 신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운 개념도>

3. 연구의 목적

본 연구에서는 낮은 유지관리비 및 저탄소 녹색성장에 기반을 둔 농어촌뉴타운의 조성을 위해 다음 사항을 주된 연구의 목적으로 설정한다.

- 건축물단위, 단지단위, 마을 간 단위에서 적용 가능한 신재생에너지원을 조사, 분석, 연구하고,
- 이에 합리적인 적용 가능한 모델을 구성하며,
- 이를 실용화할 수 있는 방안을 구축하며,
- 실제 적용하기 위한 정책적 지원책을 정립

저탄소 녹색성장에 기반한 농어촌뉴타운 조성

- ✓ Zero Emission 농어촌뉴타운
- ✓ 낮은 유지관리비 지향

신재생에너지원의 조사, 분석, 연구

- ✓ 건축물 단위, 단지단위, 마을 간 단위로 이용 가능한 에너지원을 대상으로 함

신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운 모델 구현

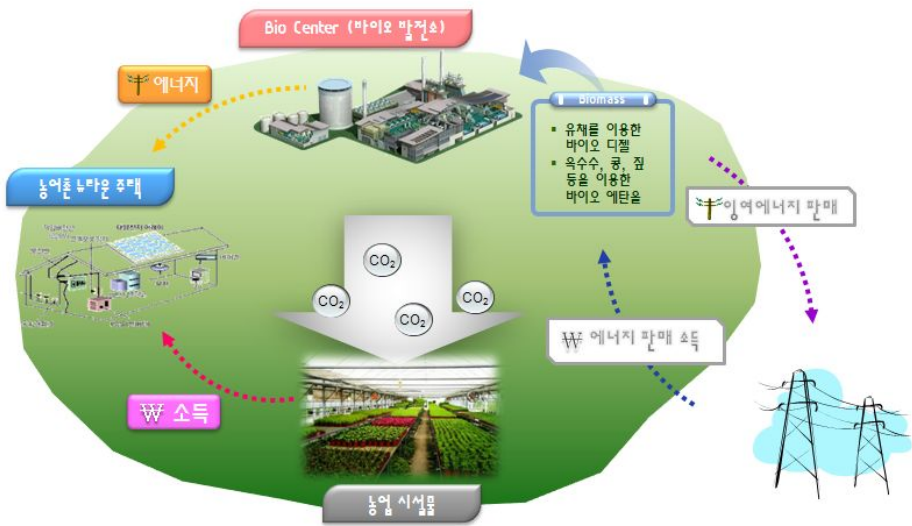
- ✓ 지역적 특성 고려하여 타입과 모델로 구성
- ✓ 경제성 평가를 통한 적용의 최적화 모색

신재생에너지를 농어촌뉴타운에 적용하기 위한 정책적 지원책 정립

- ✓ 신재생에너지의 실용화 방안을 모색
- ✓ 현실적으로 적용 가능하도록 정책적인 지원 방향 수립

<그림 1.6 연구의 과제>

신재생에너지를 적용한 에너지獨立 농어촌뉴타운



<그림 1.7 신재생 에너지를 적용한 농어촌뉴타운 개념도>



<그림 1.8 농어촌뉴타운에 신재생 에너지 적용 목적>

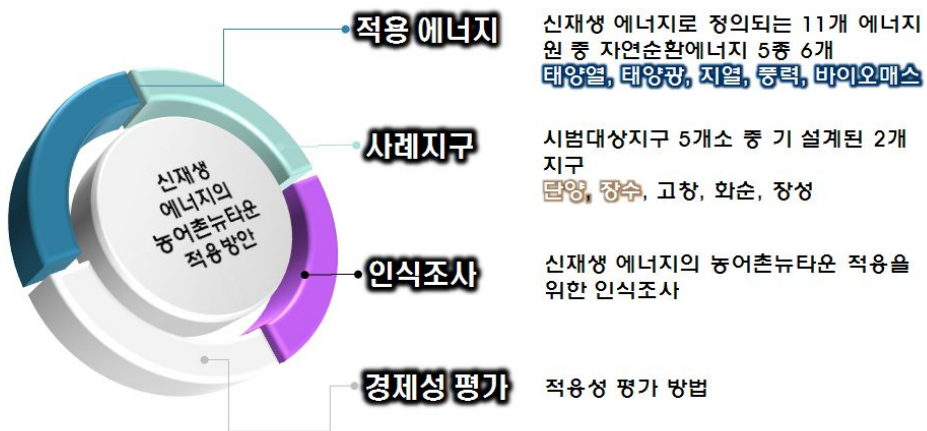
4. 연구의 방법

주요 연구의 내용은 먼저 신재생에너지와 농어촌뉴타운에 대한 정책 고찰을 통해 적용성을 판단한다. 여기에는 태양광, 풍력, 지열, 바이오연료 등의 원별 잠재력과 농어촌 뉴타운 조성사업, 전원마을조성사업 정책을 문헌 등을 통해 고찰한다.

신재생에너지 활용한 농촌주택 및 농촌마을 사례 조사 분석에서는 국내외 사례를 통해 농촌의 신재생에너지 적용 사례 및 이용현황을 파악하고, 현장조사를 통해 전체적인 만족도 및 애로사항 조사하며, 이를 통해 발전 방향의 원칙을 설정한다.

신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운단지의 효율적 계획 기법 정립에서는 농촌에너지의 구조를 분석하고, 개별 주택과 농업 및 공동시설의 신재생에너지 적용기법을 파악한다. 주된 내용으로는 에너지원잠재량, 경제성, 정책성이 이다.

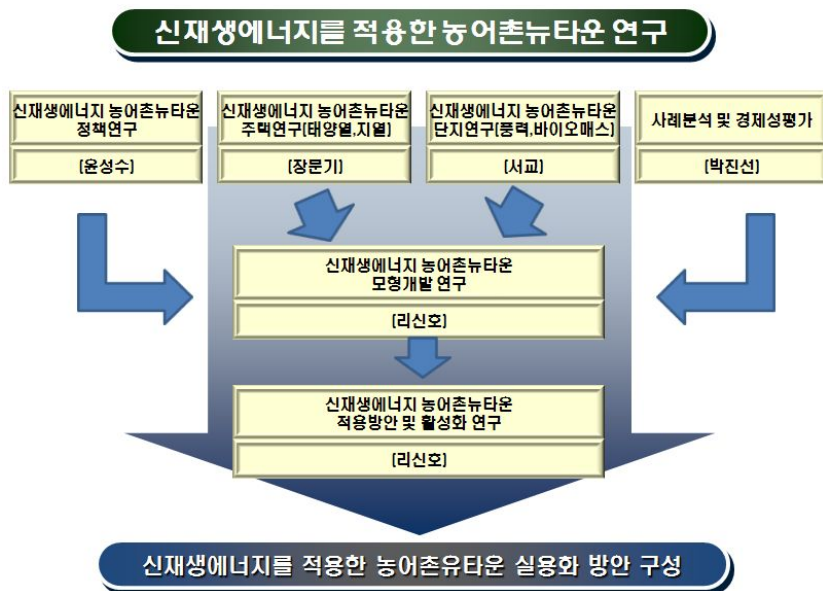
신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운단지의 합리적이며 실용 가능성이 높은 모형을 작성하기 위해 복합 적용의 최적화 모델을 구성한다.



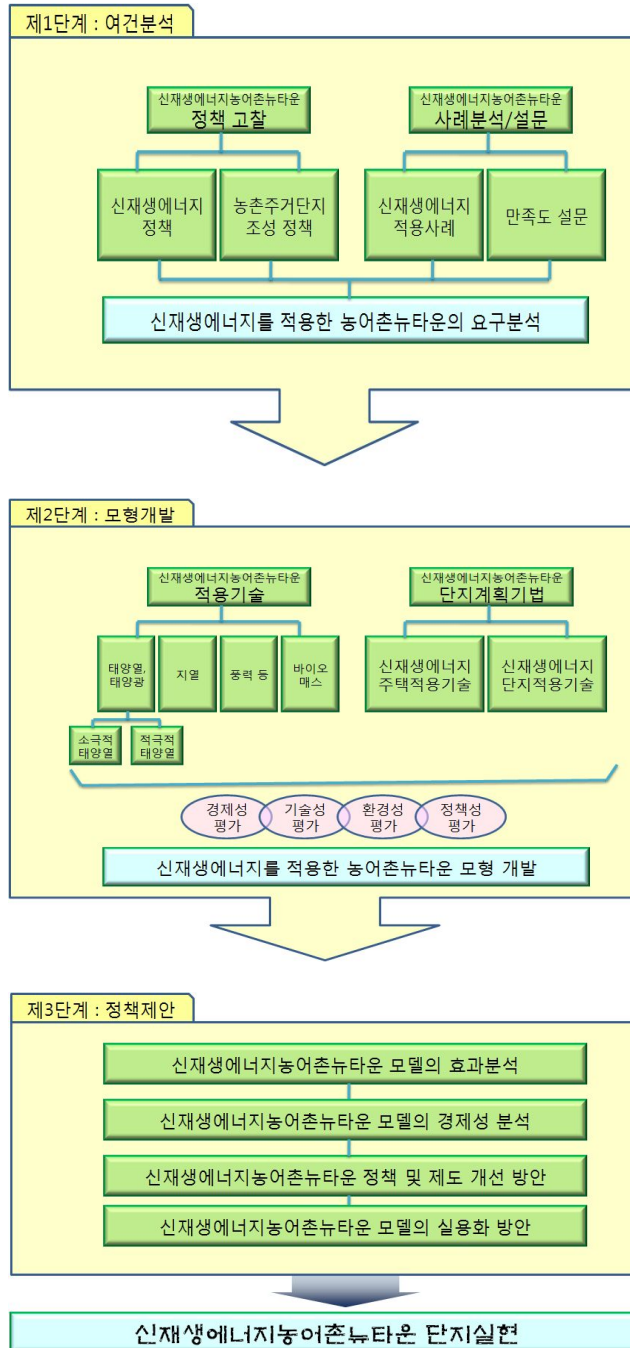
<그림 1.9 연구의 범위>

5. 연구 추진체계

신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운 연구는 다음과 같은 체계로, 각 분야는 신재생에너지와 농어촌뉴타운에 관한 정책과 사례분석 및 경제성평가를 통해 모형을 지원하며, 단위기술로서 주택에 적용할 수 있는 신재생에너지 기술과 마을에 적용할 수 있는 에너지기술을 개발하며, 이를 농어촌뉴타운 모형으로 작성한다. 이를 통해 적용화 방안과 활성화 방안을 구축하고, 최종적으로 실용화 방안을 제시한다.



<그림 1.10 연구 추진방향>



<그림 1.11 연구 추진의 단계별 체계>



신재생에너지 및 농어촌뉴타운 정책분석

1. 서론
2. 농어촌뉴타운 정책분석
3. 신재생에너지 국내정책분석
4. 신재생에너지 국외정책분석

제2장 신재생에너지 및 농어촌뉴타운 정책 분석

1. 서론

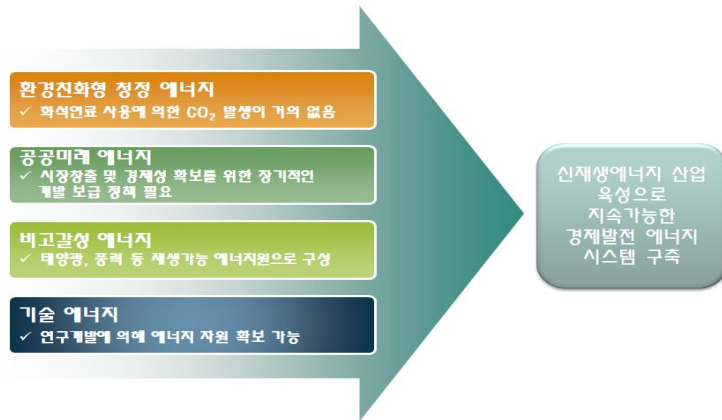
농어촌뉴타운단지의 신재생에너지 적용방안을 설정하기 위해 중심되는 두 가지 축은 신재생에너지와 농어촌뉴타운 사업이다. 또한 연구의 주된 대상사업인 농어촌뉴타운 조성사업은 현재 5개 지역이 선정되어 설계 중에 있으며, 신재생에너지는 오랫동안 연구되어 왔지만 아직 경제성을 검증받지 못해 사용이 제한되거나 한계가 있다.

그러나 최근 국내의 에너지의 주된 원료가 되는 국제 석유가격이 정치적, 경제적, 사회 환경적 영향으로 고유가 경향이 뚜렷하게 나타나고 있으며, 또한 이를 국가 간의 자원무기화 하려는 노력이 명확하게 드러나고 있다. 또한 우리나라와 같이 자원을 국외에 의존하는 국가는 소위 자원외교의 이름 아래 중장기적인 에너지 원료의 안정적인 도입에 사활을 걸을 수밖에 없게 되었다. 또한 석유의 사용 증대에 따른 환경 영향은 이제 국제 사회에서 경고의 수준을 넘어 국제적 제약의 수준으로 상승되었고, 이를 빠르게 산업화 하려는 경향도 보이고 있다. 이와 같은 국제적 인식과 질서 속에서 새로운 에너지원으로서 신재생에너지는 에너지 자원의 해결, 자연 오염의 해결, 지속가능한 도입 가능성에 따라 현 세대 및 차세대의 에너지 해결대안으로 강력하게 자리매김하게 되었다. 이를 위해선 경제성 확보를 위한 기술개발, 적용방안의 개발 등 많은 연구가 필요하며, 또한 이를 뒷받침할 수 있는 정책의 확보도 매우 중요한 요인이다.

우리나라의 경우, 신재생에너지 공급 비율은 2.2%이며 2011년까지 신재생에너지 공급 목표를 5%까지 증대 시킬 계획을 현재 실천하고 있으며, 최근 국가차원의 주요사업들 즉, 그린 빌리지 사업, 지방보급사업, 태양광 주택 10만호 보급 사업 등으로 구분되어 다양하게 이루어지고 있다. 그러나 이들은 대부분 건축물 단위의 계획으로 구성되어 있고, 그린빌리지 사업인 경우도 건축물 사이에 다른 영향 또는 주변

다른 시설물과의 연계 없이 단독적으로 사용함을 전제로 계획되고 있어 농촌에 직접 적용한다는 것은 어려움이 있다.

따라서, 시행되고 있는 각 정책별 특성을 분석하여 농어촌뉴타운 지역을 대상으로 한 신재생에너지 보급 사업의 기틀 마련 필요가 있으며, 또한 지속가능한 신재생에너지 산업의 육성 방안을 마련하고 신재생에너지의 특성을 반영한 농어촌뉴타운 활용방안을 모색하기 위해 현재 시행 중인 정책과제에 대한 연구 및 분석이 필요하다. 본 연구에서는 그린빌리지 사업, 지방보급사업, 태양광 주택 10만 호 보급사업과 같은 정책의 연구 및 분석을 수행한다.



<그림 2.1 지속가능한 에너지 시스템>

신재생에너지의 적극적이고 효율적인 도입과 활용을 위해 저탄소 녹색성장 정책을 지향하는 정부가 제출한 「신에너지 및 재생에너지 개발, 이용, 보급 촉진법」 일부 개정법률안이 통과되면 2012년부터 「신재생에너지 의무할당제」가 시행 될 예정이다. 이는 그동안 정부 보조 위주의 신재생에너지 정책을 시장 기반 정책으로 전환하는 것을 의미하므로 입법적 차원에서 철저한 준비가 필요하다.

신재생에너지 보급에 큰 기여를 하였던 「발전차액지원제도」가 설비증가에 따른 재정적 부담을 가중시킴으로 인해 2012년부터 신규 발전차액지원을 중단하고, 전기 사업자들에게 신재생에너지로부터 생산

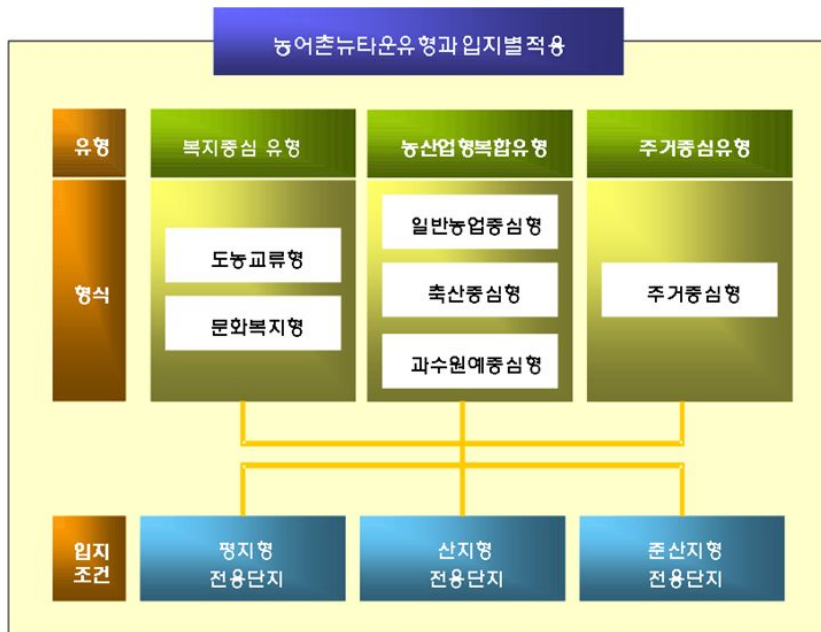
된 전력을 의무적으로 공급하도록 하는 「신재생에너지 의무할당제」를 실시할 예정이다. 「신재생에너지 의무할당제」가 시행되면 신재생에너지 간에 시장 진입을 위한 경쟁이 촉진되며, 신재생에너지 공급인증서 거래를 위한 기관이 설치되는 등 신재생에너지 기술 시장에 많은 변화가 있을 것으로 예상된다. 이와 같이 빠르고 다각도로 움직이는 변화 속에서 농촌 공간에 지속가능한 신재생에너지 시설의 원활한 도입과 이를 통한 농촌 공간 생활환경의 긍정적 변화, 새로운 소득원의 창출 등을 위하여 관련 법령 및 제도의 연구와 분석이 필요하다.

2. 농어촌뉴타운 정책 분석

농어촌뉴타운 조성의 배경으로는, 우리나라의 농어촌은 고령화가 지속적으로 진행되어 왔고, 또한 승계농 비율이 낮은 상태로, 농어가 인구는 2005년 현재 30대가 7.2%, 40대가 13.1%, 인데 반해 60대 이상은 39.3%를 차지하고 있으며, 현재의 상태가 지속된다면, 60살 이상 비중은 2005년 39.3%(135만1천명)에서 2020년 62.8%(147만2천명)로 크게 늘어날 것으로 추정된다. 나머지 59살 이하 농가인구 비중은 같은 기간 60.7%(208만2천명)에서 37.2%(87만 명)로 크게 줄어들 것으로 예측되고 있으며, 이에 따라 2020년에는 농어촌은 60대 이상의 노인만으로 구성될 것과 젊은이들의 전입이 없으면 농가의 다음세대가 사라져 농업 중심의 농어촌사회도 해체될 것으로 예측된다고 발표(통계청, '2005년 농림어업총조사 종합분석)하였다.

이를 위해서 ① 귀촌으로 활력을 찾고 지속가능한 농어촌 마을을 만들기 위해 젊은 도시민의 귀농과 귀촌을 유도하고, ② 전문 농기업, 조합형 농어업으로 잘사는 농어촌 마을을 만들기 위해 집단화 및 창업교육과 맞춤형 영농을 지원할 수 있는 공간을 구성하고, ③ 높은 생활기반을 갖춘 농어촌 마을을 만들기 위해 교육과 복지가 동시에 만족하는 새로운 농어촌 중심지를 조성함을 목적으로 하는 것이 농어촌뉴타운사업이다. 즉, 농어촌뉴타운 조성사업은 농어촌의 문제를 해결하고, 활력 넘치는 농어촌을 만들기 위한 미래지향사업이다.

농어촌뉴타운 모델은 크게 복지중심 모델과 경작지가 인근, 또는 출퇴근 하지만, 농산업을 기반으로 구성되는 농산업중심 복합모델 및 주거 중심의 모델로 구분되며, 여기서 복지형 모델은 문화복지형, 도농교류형 모델로, 농산업중심 복합모델은 다시, 일반농업중심형, 축산중심형, 원예과수중심형으로 구분되고, 주거중심 모델은 주거중심형 단독으로 구분되며, 각 모델은 기존 농어촌마을의 문제점 보완, 농산업을 중심으로, 주거의 효율성 등 각각의 관점을 중심으로 설정하였다.



<그림 2.2 농어촌뉴타운 모델 유형>

복지중심모델은 기존의 농어촌의 문제점인 문화, 복지, 교육, 의료 등을 해결하여, 지역의 중심체로서의 역할을 수행하도록 계획된, 즉 기존의 농어촌 마을의 문제점을 보완하는 유형모델이며, 농산업중심모델의 유형은 향후 농어촌뉴타운이 개발되더라도 지역의 농어업 중심성을 유지하여야 되므로, 지역의 특성화된 농어업 분야가 농어촌뉴타운 개발 지역에 주요한 역할을 수행하는 유형이다. 또한, 주거중심모델 유형은 집단영농, 기업농을 중심으로 할 경우 비교적 저렴한 주거공간을 조성하기 위한 모델로, 농어촌뉴타운에 입주할 귀촌자들이 농어업 분야에 영향 없이 주거만을 목적으로 하는 유형이다. 주거중심모델은 주거중심형 하나의 형식을 갖는 모델로 주요 마을 개발의 중점은 최소의 주거비용을 추구하는 경제성이 높은 마을 개발을 목표로 한다.

농어촌뉴타운 모델에서, 복지중심, 문화중심, 도농교류중심 등의 마을 계획에서는 커뮤니티 시설이 다양한 용도로 이용되어야 하므로, 지역 주민 뿐 아니라 방문자에게 다양한 목적 공간으로 이용 가능하도록 계획하며, 즉, 단지 내 이용성이 가장 높은 점을 고려하여 접근성이 용이

한 배치계획, 관련시설들 간의 상호 연계성을 고려하여 기능적인 배치 계획, 입주인 간의 친교 및 주변지역과의 연계성을 고려한 공간 배치 계획, 그리고, 주변 자연환경을 충분히 활용한 자연친화적 시설 배치가 되도록 요구되고 있다.

농어촌뉴타운 입지 선정은 인근 중·소도시나 대도시로의 접근성이 높고, 교육 의료 문화 서비스 여건이 양호한 지역과 특화된 향토자원이 있는 지역이나, 농수산물 가공 유통사업 등과 연계 가능성이 높은 지역을 우선으로 하며, 부지 규모는 50~300세대 규모의 쾌적한 정주 공간 조성에 필요한 적정 수준의 부지를 확보해야 한다고 제시하였다.

제시된 농어촌뉴타운 건축면적은 30-40대 세대주 가족의 평균적 가족 구성비를 기준으로 4인 가족으로 계획하였고, 전용면적은 85-100㎡을 표준으로 연구되었으며, 농어촌뉴타운이 개발되고, 농어촌 정주가 이루어지면 농어촌뉴타운의 규모도 이에 맞추어 지속적인 성장이 예상되는바 입주자 가족의 라이프 사이클을 고려하였으며, 향후 가족구성원의 변화를 수용할 수 있도록 가변성의 특징을 갖고 있다.

농어촌뉴타운 건축형식은 기 연구의 설문 결과 토대로 단독 주택과 타운하우스를 중심으로 계획되었으며, 대상지역의 입지적 조건에 맞는 주거형식으로 작성되었고, 특히 대상지역이 농어촌인 점을 고려하여 전원형 주거형식을 갖고 있다.

농어촌뉴타운 주택의 기본형은 전원형 농어촌 주택의 외부 공간(마당) 활용성을 고려한 단층형과 거주환경의 다양성 요구에 대한 복층형, 가족 라이프 사이클에 따른 공간구성 변화 요구에 대한 확장형으로 구분된다.

농어촌뉴타운사업에서 주된 신재생에너지 관련사항은 다음과 같다.

- 농촌주거단지는 생태적, 환경적인 안정성이 확보
- 농어촌의 소비구조 : 식료품, 교통, 보건의료, 광열수도, 교육
- 교통통신 및 보건의료비는 사회기반시설확충으로 합리적 조절

이 필요

- 이밖에 광열수도비를 포함하는 주거비를 감소시켜 낮은 유지관리비를 유지하는 것이 관건
- 낮은 거주비를 위해 자체적인 에너지원을 개발 할 필요가 있음
- 개별 주택은 주택으로서 신재생에너지원의 공급이 필요
- 마을 공동 사용 에너지원은 신재생에너지나 바이오매스의 처리로부터 공급이 필요
- 태양 에너지의 건축의 도입은 이미 개발
- 입지 여건에 따라 풍력, 소수력, 바이오매스의 이용 가능

2009년 농림수산식품부에서는 농어촌뉴타운 조성 시범사업 대상지를 선정 발표하였는데, 대상지로 충북 단양, 전북 장수, 고창, 전남 화순, 장성 등 5개 지역이다. 여기서 농어촌 뉴타운 조성사업은 30~40대 젊은 귀농 인력들이 일정 지역에 모여 살도록 쾌적하고 저렴한 전원형 주택단지를 조성함과 함께 자녀교육 및 복지여건 조성, 영농 기술교육 등을 연계하여 종합적으로 지원하는 인력육성 지원 종합프로그램으로서, 현재의 고령화·영세화되어 있는 우리 농어업의 경쟁력 제고, 살맛나는 농어촌 조성을 위해서 실시하는 사업임을 천명하였다. 지역의 선정은 현장조사와 함께 지역개발, 건축, 교육, 인력육성, 농촌경제 등 부문에 대해 이우려 졌으며, 사업부지 및 입주수요를 충분히 확보하고, 자녀교육여건이 양호하며, 귀농대책 등 연계프로그램이 우수한 지역 중심이 되었다. 이 지역은 2011년까지 3년 동안 기반시설 조성 및 건축공사가 추진하게 된다. 2009년에는 기본계획수립 및 세부설계를 실시하고, '10년부터 공사를 시행, '11년 말까지 공사를 완료하여 입주할 계획이며, 입주자에 대한 맞춤형 영농어 기술교육, 창업·규모화자금 지원과 보육시설 설치, 기숙형 공립고 육성, 영어 원어민교사 배치 등 교육여건 개선 및 단지 내 커뮤니티 센터 조성, 친교형성 프로그램 지원이 이루어진다. 추가적으로 농림수산식품부는 시범사업을 통해 성공모델을 창출한 후, 2012년부터 본 사업으로 확대 추진할 계획임을 밝혔다.

(표 2.1 농어촌 뉴타운 조성 시범사업 대상지)

시·도	지구명	위 치		계획호수(세대)			조성면적 (㎡)
		시·군	읍·면	계	분 양	임 대	
계	5개소			650	365	285	821,415
충북	옛단양	단양	단성	100	100	-	139,908
전북	학 골	장수	장수	50	25	25	198,000
	고 창	고창	고창	100	70	30	148,000
전남	유 평	장성	삼서	200	70	130	157,953
	죽 청	화순	도곡	200	100	100	177,554

이를 요약하면 농어촌뉴타운 사업은 다음과 같이 볼 수 있다.

(1) 목적 및 기본구상

젊은 세대 유치를 통한 미래 농어업 승계자 확보, 농어업 경쟁력 제고 및 농어촌 활력 증진 도모하기 위해, 도시에 거주하는 30~40대 젊은 인력을 농어촌으로 유치하여 지역 농수산업의 핵심 인력으로 성장토록 지원한다.

(2) 지원 필요성

65세 이상 농어가 경영주 비율이 최근 농가 46.5%, 어가 29.1%로 높아 졌으나, 영농승계자 보유비율은 2000년 11%에서 2005년 3.5%로 도리어 낮아지고 있다. 이에 농어업이 고령·영세 농업인에 의해 유지되고 있고, 향후 승계 인력도 부족하여 농어업 경쟁력 제고에 한계가 있다. 또한, 농촌의 현실이 25년 이상 경과한 노후주택 비율이 도시에 비해 높으며, 1,418개 읍·면 중 보육시설이 없는 읍·면이 450개가 되고 있어, 농어촌지역의 생활환경, 교육·복지 및 문화여건이 도시에 비해 열악하여 도시거주 젊은 인력의 농어촌 유치에 애로가 있다. 이것은 통계조사 결과 농어촌 이주 의향이 있는 자는 많으나, 생활여건·친교

등을 우려하여 실제 귀농으로 이어지지 못하고 있는 것으로 파악되고 있다. 따라서 도시의 젊은 인력을 농어촌에 유치하여 지역 농산업의 핵심 주체로 양성할 수 있도록 종합적 지원 시책 마련 필요하며 이것이 농어촌뉴타운 사업으로 계획되었다.

(3) 시범사업

사업규모는 총 5개소, 650세대이며, 소요사업비는 942억 원(국고 835억 원, 지방비 107억 원)이다. 사업기간은 2009년에서 2011의 총 3개년이며, 년차별로, 1차 년도에는 기본계획 및 세부설계를, 2~3차 년도에는 기반시설 및 건축공사가 주로 이루어지게 된다. 사업내용은 도로, 상·하수도, 전기·통신, 공원·녹지 등 기반시설과 커뮤니티센터 조성, 단층 또는 복층형 전원형 주택건설이다.

(4) 농어촌뉴타운 입주자격

농어촌뉴타운 입주 자격은 일정 수준 이상의 경영규모를 갖추었거나 경영 승계 등을 통해 갖출 것이 예상되는 젊은 세대가 대상이며, 다음과 같다.

- ① 해당 지역 고령 농어업인의 도시 거주 30~40대 자녀
- ② 해당 지역에 귀농을 희망하는 도시 거주 30~40대
- ③ 창업후계농업인으로 신규 선정된 자
- ④ 해당 지역 거주 30~40대 농어업인
- ⑤ 농수산물 가공·유통 및 식품산업 종사 농어업인

3. 신재생에너지 국내 정책 분석

신재생에너지 타운은 새로 계획된 도시 안에서 신재생에너지원(태양열, 태양광, 바이오매스, 풍력, 수력, 연료전지, 액화석탄, 지열, 수소, 폐기물 등)과 미활용에너지원을 최대한 이용하여 지속가능한 타운을 조성하는 것을 말한다.

이는 자원순환형 사회와 같이 자연에너지를 최대한 이용하여 에너지를 생성, 소비, 폐기, 회수의 형태로 순환시켜 기후변화에 대응하고 온실가스 배출을 최소화하여 지속가능한 사회를 조성하는 것이 목적이다.

신재생에너지 기반의 지속가능한 에너지 공급체계를 갖추려면 에너지 저소비형 도시 조성이 전제되어야만 하고, 이러한 기반위에 신재생에너지원 및 미활용에너지원이 냉난방 에너지 소비량 중 0%가 넘어야 한다. 이는 미래형 에너지 자립도시의 기초가 되는 모델로, 지속가능한 도시계획의 기반이 될 수 있다.

(표 2.2 신재생에너지원별 보급목표)

구분		2004	2008	2011
보급목표		2.1%	3.6%	5.0%
에너지원	폐기물	72.3	68.1	56.6
	수력	23.6	14.6	12.4
	풍력	0.3	4.0	9.8
	바이오	2.9	8.5	7.9
	태양광	0.1	0.7	2.6
	태양열	0.8	1.9	2.6
	지열	0.0	0.5	1.2
	연료전지	0.0	0.0	1.1
	기타	0.0	1.7	6.1

*) 출처 : 산업자원부, 에너지관리공단, 2006, 신재생에너지의 이해

우리나라의 신재생에너지 기술 관련 연구 및 개발은 1980년 대 석유 파동을 겪으면서 시작되었으며, 1987년 대체에너지 기술 촉진법의 공포 이후 기술부분뿐만 아니라 정책 및 제도 또한 계속 해서 성장하고 있다. 주된 시대별 신재생에너지 정책 현황은 다음 표와 같다.

(표 2.3 시대별 신재생에너지 정책 현황)

년대	과정	주요 세부추진내용
1980 년대	기술 태동 기	<ul style="list-style-type: none"> • 석유파동 이후 11개 분야 신·재생에너지 기술 개발 추진 • 1987.12 대체에너지기술 촉진법 공포 • 1980년대 중반 태양열 온수기, 폐기물 소각시설 보급시작
1990 년대	기술 성장 기	<ul style="list-style-type: none"> • 1997.01 “에너지기술개발 10개년 계획(97-06)” 수립 추진 • 1997.12 “대체에너지개발 및 이용, 보급 촉진법”으로 개정
2000 년대	육성/ 보급 기	<ul style="list-style-type: none"> • 2003.02 대체에너지 보급센터 설립 : 태양광, 풍력, 수소·연료전지 3대 분야 중점 개발 • 2003.12 2차 신·재생에너지 기술개발 및 이용, 보급 기본계획 수립 : 신·재생에너지 공급비중 3%(’06년), 5%(’11년) 계획수립 • 2004.12 신·재생에너지 관련법 개정 : 공공의무화, 발전차액지원제도, 사업화지원 등 • 2007.07 신재생에너지 통합 A/S 신고센터 개소 • 2008.09 제3차 신·재생에너지 기술개발 및 이용 보급 기본계획 수립

우리나라에서는 2011년까지 신·재생에너지 보급률을 5%까지 확대, 국내 기술 수준을 선진국의 70 - 90%까지 제고 하다는 『제 2차 신·재생에너지 개발·보급 기본계획』을 '03년 수립하고, 기술개발 및 보급지원 정책을 적극추진하고 있다.

신재생에너지 추진의 활성화를 위해 신재생에너지 기술개발 및 보급사업 지원계획을 부서별로 보면 다음 표와 같이 계획하고 있다.

(표 2.4 2009년도 신재생에너지 기술개발 및 보급사업 지원계획)

구 분	내 용
지식 경제 부	2010년까지 5%로 늘리는 것을 목표
	공공기관이 발주하는 연면적 3,000㎡ 이상의 신축건축물에 대해서 총 공사비의 5% 이상을 대체에너지 설비설치에 투자하도록 의무화
	2009년 3월 15일부터 공공부문의 선도적 신재생에너지 보급 활성화를 위해 공공기관 설치의무화제도 대상건축물 확대시행 예정
국토 해양 부	관교, 김포 등 신도시를 에너지절약 도시로 건설하고, 계획단계부터 신·재생에너지 사용 의무화
	시범단지의 경우 신·재생에너지 (태양열, 풍력, 연료전지, 수소발전, 지열, 조력 등)의 사용비율을 5%까지 끌어올릴 계획

이를 통해 우리나라의 신재생에너지의 기본 목표는 다음과 같이 설정하고 있다.

(표 2.5 우리나라 신재생에너지 기본 목표)

	2005년 기준	2030년 목표
에너지자립 사회	석유/가스의 자주개발 율 4.1%	35%
친환경에너지 사회	신재생에너지의 보급률 2.2%	9%
에너지저소비 사회	에너지원단위도 0.359	선진국수준(0.200)
탈석유 사회	석유의존도 44.3%	35% 이하

주요 신·재생에너지 보급사업 계획은 다음과 같다.

(표 2.6 2009년 신·재생에너지 보급사업 지원책)

보급 사업	예산 (억원)
일반보급보조사업	139
신·재생에너지 기술개발사업	2,256
그린 홈 100만 호 보급사업	993
신·재생에너지 보급용자	1,303
신·재생에너지 설비보급기반구축 사업	41
합 계	4,732

(표 2.7 주요 신재생에너지 사업 리스트)

구 분		지원비율
1. 일반보급사업	시범보급사업	최대80%
	태양광발전설비	최대70%
	풍력발전설비	
	소수력발전설비	
	지열이용설비	최대50%
	태양열이용설비	
	바이오이용설비	
2. 태양광주택 10만호보급사업	공동주택	최대70%
	일반주택	최대70%
3. 국민임대주택태양광보급사업		최대100%
4. 신·재생에너지 지방보급사업	기반구축사업 - 교육, 연수, 홍보 - 자원 및 타당성조사 - 정책개발 및 보급계획 - 통계조사 - 모니터링사업	최대100%
	설비보급사업	최대70%
5. 용자지원사업	신·재생에너지설비의 서리 또는 생산시설 및 운전자금	최대100%
	공용화품목의 개발, 제조 및 수급조절사업	최대80%
	기술의사업화지원	최대100%

보급 잠재력 및 산업적 파급효과가 큰 수소·연료전지, 태양광, 풍력 등을 3대 핵심 분야로 선정하여 집중 지원하고 있으며, 정부는 '04년을 신재생에너지 개발·보급 원년으로 선포하고 관련 예산의 대폭 확대, 전담조직 신설 등 정책지원 기반을 강화하려는 노력을 보이고 있다.

-여기에 관련된 제도적 지원은 ① 기술개발, 인력양성 등 연구개발, ② 태양광보급보조사업, ③ 발전차액지원 및 공공기관 신·재생에너지 설치 의무화 제도, ④ 용자 및 세제지원, 설비 인증제도 등이 있다.

에너지의 효율화	신재생에너지	외부환경개선
<ul style="list-style-type: none"> ✓단열성능 개선 ✓장호성능 개선 ✓환기성능 개선 ✓난방체계 개선 ✓조명성능 제고 	<ul style="list-style-type: none"> ✓태양열 ✓태양광 ✓지열 ✓연료전지 ✓바이오 ✓폐기물 ✓소형열병합 	<ul style="list-style-type: none"> ✓바람 통로 ✓물순환 ✓건물녹화 ✓비오톱개발

<그림 2.3 에너지 대책의 세 가지 카테고리>

신재생에너지	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 태양광에너지 ▪ 태양열에너지 ▪ 풍력에너지 ▪ 연료전지에너지 ▪ 수소에너지 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 바이오에너지 ▪ 폐기물에너지 ▪ 석탄가스화·액화에너지 ▪ 지열에너지 ▪ 수력에너지 ▪ 해양에너지

<그림 2.4 신재생에너지 종류>

(1) 그린 홈 100만 호 보급사업

그린 홈 100만 호 보급사업은 올해 건설예정 11만 호 주택 중 55,000 호 그린 홈 계획하고 있으며, 신재생에너지 이용보급 확대를 위해 일반주택에 태양광, 태양열, 바이오 등 신·재생에너지설비 설치 지원하고 있다. 대상은 단독·공동주택, 마을 등을 대상으로 태양광, 태양열, 바이오 등 신·재생에너지설비 설치비용의 50~60% 이내에서 무상보조한다.

(표 2.8 그린 홈 100만 호 보급사업 요약표)

분 야	구 분	지원규모 (단위사업 당)	지원 비율	비 고
태양광	고정식	3kW/호	최대 60(%)	계통연계 기준임
	BIPV			
	추적식			
태양열	평판형	12~30㎡이하/호	최대 50(%)	심야전력 이용설비 지원제외
	단일진공관형			
	이중진공관형			
바이오	목재펠릿보일러	23.3kW/호 (20,000kcal/h이하)	최대 50(%)	-
소형풍력	소형풍력	3kW이하/호	최대 60(%)	계통연계기준임
지열	수직밀폐형	주택제외	최대 50(%)	심야전력 이용설비 지원제외

(2) 그린빌리지 사업

태양열, 지열, 태양광발전 등 신재생에너지를 일상생활에 활용하는 50호 규모의 시범마을을 조성하며, 태양열, 태양광, 풍력, 지열 등 신재생에너지 설비 설치 지원한다. 주택의 태양광 발전설비는 태양광 10만호 주택보급 사업으로 추진한다. 정부 또는 지자체가 지정한 전원, 산촌마을이나 이주민 정착촌, 신규 조성 마을 중에서 설치 여건이 좋은 지역을 지원하고, 50호 규모 마을에 태양열, 지열 등 원별 배분이 다양하고 효과적인 사업 지원이다.

보급 지원 정책

태양광주택10만호 보급사업

- ◆ 기업의 안정적 투자환경을 조성하고 수출전략분야로 육성하기 위해 **2012년까지 태양광 주택 10만호 보급**
 - ✓ '08년 490억 5,100호 보급 지원 계획 (국민임대주택 80억 포함)
 - 3kW/호 이하 태양광주택 설치비 558만원/kW로 총 투자비의 60% 수준
 - ※ 설치비 대비 지원비율: '04~'06년은 70% → '07년은 60%

<태양광주택10만호보급 현황>

연도	사업내용	지원용량 (kW)
2004	개인주택 310호 지원	771
2005	개인 및 공동주택 907호 지원	2,356
2006	개인 및 공동 임대주택 5,964호 지원	7,348
2007	개인 및 공동 임대주택 7,317호	9,246

◆ 임대주택: '06년(2,962호, 663kW), '07년(4,307호, 955kW)

<그림 2.5 태양광 10만호 보급사업>

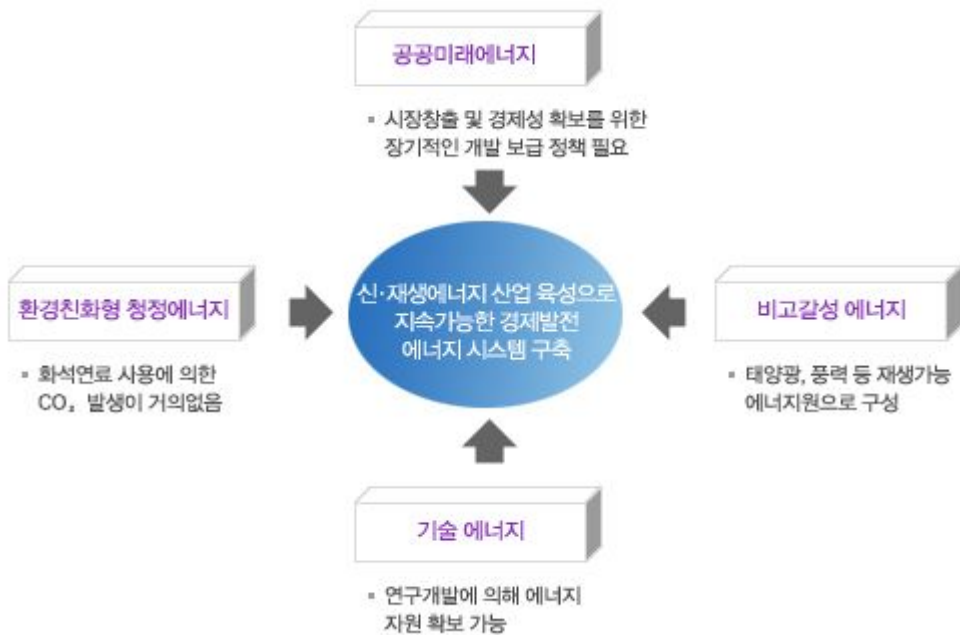
(3) 신에너지 및 재생에너지 이용개발 보급 촉진법

기존 화석연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛, 물, 지열, 강수, 생물유기체 등을 포함하는 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지

- ① 태양광: 태양광발전시스템(태양전지, 모듈, 축전지 및 전력변환장치로 구성)을 이용하여 태양광을 직접 전기에너지로 변환시키는 기술
- ② 태양열: 태양열이용시스템(집열부, 축열부 및 이용부로 구성)을 이용하여 태양광선의 파동성질과 광열학적성질을 이용분야로 한 태양열 흡수저장열변환을 통하여 건물의 냉·난방 및 급탕 등에 활용하는 기술
- ③ 풍 력: 풍력발전시스템(운동량변환장치, 동력전달장치, 동력변환장치 및 제어장치로 구성)을 이용하여 바람의 힘을 회전력으로 전환시켜 발생하는 유도전기를 전력계통이나 수요자에게 공급하는 기술
- ④ 연료전지: 수소, 메탄 및 메탄올 등의 연료를 산화시켜 생기는 화학에너지를 직접전기에너지로 변환시키는 기술
- ⑤ 수소에너지: 수소를 기체 상태에서 연소 시 발생하는 폭발력을 이용하여 기계적 운동에너지로 변환하여 활용하거나 수소를 다시 분해하여 에너지원으로 활용하는 기술
- ⑥ 바이오에너지: 태양광을 이용하여 광합성되는 유기물(주로식물체) 및 동 유기물을 소비하여 생성되는 모든 생물 유기체(바이오매스)의 에너지
- ⑦ 폐기물에너지: 사업장 또는 가정에서 발생하는 가연성폐기물 중 에너지함량이 높은 폐기물을 열분해에 의한 오일화 기술, 성형고체연료의제조기술, 가스화에 의한 가연성 가스제조기술 및 소각에 의한 열회수 기술 등의 가공처리방법을 통해 연료를 생산
- ⑧ 석탄가스화/액화: 석탄, 중질잔사유 등의 저급원료를 고온, 고압 하에서 불완전연소 및 가스화반응 시켜 일산화탄소와 수소가 주성분인 가스를 제조하여 정제한 후 가스터빈 및 증기터빈을 구동하여 전기를 생산하는 신 발전 기술

- ⑨ 지열: 지표면으로부터 지하로 수m에서 수km 깊이에 존재하는 뜨거운 물(온천)과 돌(마그마)을 포함하여 땅이 가지고 있는 에너지를 이용하는 기술
- ⑩ 소수력: 개천강이나 호수 등의 물의 흐름으로 얻은 운동에너지를 전기에너지로 변환하여 전기를 발생시키는 시설용량 10,000 kW이하의 소규모 수력발전
- ⑪ 해양에너지: 해수면의 상승하강운동을 이용한 조력발전과 해안으로 입사하는 파랑에너지를 회전력으로 변환하는 파력발전, 해저층과 해수표면층의 온도 차를 이용, 열에너지를 기계적 에너지로 변환 발전하는 온도차 발전

신재생에너지의 특성은 다음과 같다.



<그림 2.6 신재생에너지의 특징>

우리나라의 도시별 신재생에너지 관련 사항은 다음과 같다.

(표 2.9 주요 도시별 신재생에너지 정책)

도시	내용
제주도	<ul style="list-style-type: none"> - 2012년까지 2005년 대비 온실가스 10% 감축목표 - 풍력에너지를 이용한 전력 공급을 전체 전력사용량의 10% 이상으로 확대 - 바이오디젤(유채꽃, 폐식용유)사용량을 전체 경유사용량의 10%까지 확대
과천	<ul style="list-style-type: none"> - 2015년까지 2005년 대비 온실가스 5% 감축목표 - 목표량 온실가스 192천톤, 2015년 전망치의 약 42%
창원	<ul style="list-style-type: none"> - 2015년까지 2004년 대비 온실가스 35% 감축목표 - 산업체와의 자발적 협약을 통해 2011년까지 5~15% 감축목표
부산	<ul style="list-style-type: none"> - 2015년까지 2005년 대비 온실가스 10% 감축목표(237만 천TC) - 공공기관 탄소배출권거래제 시범사업 실시
광주	<ul style="list-style-type: none"> - 2015년까지 2005년 대비 온실가스 10% 감축목표(66만톤) - 가정과 상업시설에 탄소은행(Carbon Bank) 제도 시범사업 실시
울산 (전국의 10.3% 배출)	<ul style="list-style-type: none"> - 2012년까지 2005년 수준으로(60.9백만톤)으로 유지 - CDM사업, 공익형탄소펀드 조성, 연료전환, 공정효율개선, 폐기물 자원화
여수	<ul style="list-style-type: none"> - 2012년까지 예상 온실가스 배출량인 2,592만톤의 10%를 감축 - 2012년 세계박람회 전시관을 CO2 Zero Emission 건물로 건설, 탄소 포인트제도 가입

최근 계획되고 있는 혁신도시 신재생에너지 용량은 다음과 같이 산정하고 있다.

(표 2.10 혁신도시 신재생에너지 용량 산정)

구분	설치구분	대지면적(m ²)	적용률(%)	설치면적(m ²)
단독주택	지붕면 태양광	618,811 (2,100호)	면적대비(20%)=420세대	12,414
	지붕면 태양열		면적대비(20%)=420세대	2,488
공동주택	지붕면 태양광	1,181,701 (16,876호)	면적대비(30%) (임대주택전체반영, 민영주택 2,000세대)	30,858
이전공공기관	지붕면 태양광	745,330	공사대금대비(7%)	105,701
산학연	지붕면 태양광	320,171	공사대금대비(7%)	32,433
상업업무시설	지붕면 태양광	221,874	공사대금대비(5%)	67,426
공공청사	지붕면 태양광	9,425	공사대금대비(5%)	955
문화복지시설	지붕면 태양광	9,425	공사대금대비(5%)	818
유치원	지붕면 태양광	5,270	공사대금대비(5%)	267
초등학교	지붕면 태양광	36,221	공사대금대비(5%)	1,835
중학교	지붕면 태양광	12,257	공사대금대비(5%)	621
Schol Complex	지붕면 태양광	99,958	공사대금대비(5%)	5,063
의료시설	지붕면 태양광	7,882	공사대금대비(5%)	798

출처: 전라남도, 광주, 전남 공동혁신도시의 에너지생태도시 조성을 위한 타당성조사 연구

농업부문에서의 에너지 소비도 꾸준히 상승하고 있다. 우리나라의 산업부문별 에너지 소비 추이와 농림업부문의 원별 에너지 소비 구조는 다음과 같다.

(표 2.11 우리나라 산업부문별 에너지소비 추이)

구분 연도 부문*	소비량(천TOE) 및 비중(%)				연평균 증가율(%)			
	1992년 (비중)	1995년 (비중)	1998년 (비중)	2001년 (비중)	92~95	95~98	98~01	92~01
농림 어업	2,268 (4.6)	3,223 (5.2)	3,981 (5.4)	4,487 (5.6)	12.4	7.3	4.1	7.9
광업	190 (0.4)	197 (0.3)	152 (0.2)	141 (0.2)	1.2	-8.2	-2.4	-3.3
제 조 업	45,947 (93.8)	57,783 (93.1)	69,120 (93.6)	74,875 (93.0)	7.9	6.2	2.7	5.6
건 설 업	591 (1.2)	880 (1.4)	583 (0.8)	1,018 (1.3)	14.2	-12.8	20.5	6.2
합 계	48,997 (100.0)	62,084 (100.0)	73,836 (100.0)	80,522 (100.0)	8.2	5.9	2.9	5.7

* 전기·가스·수도사업, 공공 및 민간서비스업 제외.
 자료 : 산업자원부, 2003a: 14.; 산업자원부. 2000a: 12.

(표 2.12 농림업부문의 원별 에너지소비 구조)

구분 연도 원별	단위	물 량			열량(천TOE) 및 비중(%)			
		1998년	2001년	증가율(%)	1998년	비중	2001년	비중
합 계	천TOE			5.5***	2330	(100.0)	2737	(100.0)
연 탄	M/T	104,730	237,626	31.4	47	(2.0)	107	(3.9)
석유류 합*	kℓ	2,217,595	2,430,753	3.1	1997	(85.8)	2208	(80.7)
휘 발 유	kℓ	192,376	148,172	-8.3	160	(6.9)	123	(4.5)
등 유	kℓ	588,961	443,918	-9.0	512	(22.0)	386	(14.1)
경 유	kℓ	1,359,858	1,732,076	8.4	1251	(53.7)	1594	(58.2)
중질중유**	kℓ	76,400	106,587	11.7	74	(3.2)	106	(3.9)
프로판가스	M/T	1,605	2,283	12.5	2	(0.1)	3	(0.1)
전 력	GWh	3,301	4,874	13.9	284	(12.2)	419	(15.3)

* 수송용 에너지 포함.
 ** 중질중유는 병커C유를 의미함.(경질중유=병커A유, 중유=병커B유)
 *** 합계의 증가율은 원별 사용량의 각 단위를 열량(천TOE)으로 통일한 합산율 기준으로 함.
 자료:산업자원부, 2003a:16.; 산업자원부. 2000a: 13.

(표 2.13 농림업부문의 업종별 에너지 소비구조)

연도 구분 업종별	1998		2001		'98~01' 연평균 증가율
	소비량(TOE)	비중(%)	소비량(TOE)	비중(%)	
합 계*	2,330,144	100.0	2,737,083	100.0	5.5
작물생산업	1,872,615	80.3	2,029,578	74.2	2.7
축 산 업	264,685	11.4	409,553	15.0	15.7
화 훼 업	165,766	7.1	242,049	8.8	13.4
농업서비스	27,078	1.2	55,933	2.0	27.3

* 수송용 에너지 포함.

자료:산업자원부, 2000a: 15.; 산업자원부, 2003b: 224-7.

(표 2.14 농림업부문의 업종별 및 에너지원별 소비구조)

(단위:10⁷Kcal)

연도 업종별	석탄류		석유류		프로판가스		전력류		합계	
	1998	2001	1998	2001	1998	2001	1998	2001	1998	2001
합 계*	47,128 (100)	106,932 (100)	1,997,246 (100)	2,208,223 (100)	1,926 (100)	2,739 (100)	283,843 (100)	419,190 (100)	2,330,143 (100)	2,737,084 (100)
작물생산업 (작물개배업)	42,371 (89.9)	87,315 (81.7)	1,709,998 (85.6)	1,795,504 (81.3)	1,316 (68.3)	1,690 (61.7)	118,930 (41.9)	145,039 (34.6)	1,872,615 (80.4)	2,029,548 (74.2)
축 산 업	2,196 (4.7)	8,209 (7.7)	130,988 (6.6)	189,161 (8.6)	566 (29.4)	915 (33.4)	130,935 (46.1)	211,268 (50.4)	264,685 (11.4)	409,553 (15.0)
화 훼 업	2,561 (5.4)	11,088 (10.4)	152,173 (7.6)	207,372 (9.4)	44 (2.3)	112 (4.1)	10,987 (3.9)	23,478 (5.6)	165,765 (7.1)	242,050 (8.8)
농업서비스업	- (0.0)	320 (0.3)	4,087 (0.2)	16,186 (0.7)	- (0.0)	22 (0.8)	22,991 (8.1)	39,405 (9.4)	27,078 (1.2)	55,933 (2.0)

* 수송용 에너지 포함.

자료:산업자원부, 2000b: 218.; 산업자원부, 2003b: 217.

(표 2.15 농업용 전력 용도별 전력요율 현황)

구분 요율 종류	세 부 용 도	적 용 요 율		2000년 사용량 및 비율***
		기본요금 (원/kW)	전력 당 요금(원/kWh)	
농사용 '갭'	· 논 관개용 양배수·수문조작*	360원/kW	21.40원/kWh	815GWh (15.0%)
농사용 '을'	· 농사용 육묘 또는 전조 재배 위한 전력**	960원/kW	27.20원/kWh	15GWh (0.2%)
농사용 '병'	· 농작물, 축산, 양식 등 500kW 미만 용량으로 '갭' 및 '을' 이외의 수요 · 생산자 농산물 저온보관 · 생산자 농산물 건조	1,100원/kW	37.80원/kWh	4,621GWh (84.8%)
농사용 전등	· 해충 구제용, 유아용전기	19.80원/W (월 최저 660원)		
심야전 력	· 22:00~8:00사이 에 계약종별에 무관 하게 낮은 전력요율 적용	'갭'(축열) 23.20원/kWh (월 최저 464원)		참고 : 주택용 단가 94.72원/kWh
		6,210(원/kW)	'을'(빙축) 26.20원/kWh	

* 생활용수, 발전용수 제외, 밭 관개용수제외

** 작물재배와 무관하게 사람의 필요에 의한 조명등은 '병'

*** 농사용 갭, 을, 병의 합만을 포함함. 농사용 전등 및 심야전력은 별도.

자료:한국전력, 2000.; 박광수, 2002.

(표 2.16 농사용 전력요금 원가회수율 (2000년 기준))

구 분	판매량 (백만 kWh)		판매수입 (억원)		판매단가 (원/kWh)	원가회수 율 (%)
갭	815	(15.0%)	199	(8.5%)	24.34	28.7
을	15	(0.3%)	5	(0.2%)	33.81	41.1
병	4621	(85.0%)	2,142	(91.3%)	46.36	51.1
계	5451	(100%)	2,346	(100%)	43.04	47.9

자료:박광수, 2002:4.

4. 신재생에너지 국외 정책 분석

석유자원을 비롯한 에너지 자원의 부족은 전 세계적인 추세이다. 최근 중동의 산유국들도 향후 석유자원의 고갈을 대비하여 대체 수입원을 구축하기 위해 다른 나라의 토지를 차입하거나 석유 외에 관광 등 대체 수입원을 찾기 위해 노력하고 있다. 더하여 최근 중국의 산업화의 진행은 많은 에너지 자원의 소비를 증대시켰고, 이를 통해 원유 소비의 확대는 원유가격의 폭등을 가속화 하였다. 그러나 이런 일련의 현상들은 이미 오래전에 예견된 것들이었다.

반면 석유자원의 가격 폭등은 에너지 절약기술의 발전에 동기를 제공하였고, 에너지 이용의 효율성 증대에 관한 체계를 갖추게 하는 긍정적인 효과도 있었다고 지적되고 있다. 이에 많은 국가에서는 이를 대비한 노력을 이미 견주하고 있었다. 따라서 이들의 정책을 살펴봄으로 앞으로 우리나라의 신재생에너지 정책이 가야할 길을 전망하고자 한다.

독일, 덴마크, 스페인 등 유럽 국가들은 농촌 신재생에너지 보급에 있어서도 선진적인 기술개발과 보급을 추진하고 있다. 주요국의 신재생에너지 보급현황은 다음과 같다.

(표 2.17 국가별 신재생에너지 원별 발전비율 및 신재생에너지 공급 비율)

국가	원별 발전 비율				총1차에너지 대비 공급비율
	수력	태양광	풍력	기타	
미국	74.0	0.0	6.8	19.2	4.5
캐나다	96.6	0.0	0.7	2.7	15.4
벨기에	12.2	0.1	12.4	75.6	2.3
덴마크	0.2	0.0	63.5	36.3	14.6
네덜란드	1.3	0.4	33.9	64.4	2.9
스웨덴	86.8	0.0	1.4	11.8	27.1
프랑스	90.1	3.1	3.5	6.4	6.3
독일	28.8	0.0	43.6	25.0	4.3
오스트리아	88.2	0.0	4.4	7.4	21.3
아이슬란드	73.5	0.0	0.0	26.5	72.0
아일랜드	29.3	0.0	65.6	5.2	2.1
영국	25.4	0.0	23.3	51.3	1.6
스페인	49.8	0.2	44.9	5.1	6.3
일본	78.6	0.0	1.6	19.8	3.4

*) 기타는 지열, 태양열, 해양, 폐기물, 바이오 등 포함

*) IEA(2008), Energy Balances of OECD Countries

(표 2.18 주요국의 신재생에너지 보급현황)

구분	한국	덴마크	프랑스	미국	일본
공급률(%)	2.3	12.7	6.2	4.3	3.5

자료 : IEA 2004년(폐기물, 대수력 포함)

또한, 세계 풍력발전시장 현황 및 전망은 다음 표와 같다.

(표 2.19 풍력 발전 시장 현황)

구 분	2003년	2006년	2010년	2020년
연간설치용량 (MW)	8,344	20,752	44,824	150,000
시장규모(억\$)	89	133	249	671

신재생에너지 선진국들은 먼저 축산폐기물(분뇨)을 바이오가스(메탄가스)화하여 전력을 생산하고 유희지 혹은 농경지에 풍력발전기를 설치 발전하며 농림부산물(밀짚, 잡목칩 등)은 열병합 발전소를 만들어 연소발전하며 휴경농지에 사탕무우, 유채 등을 재배하여 바이오 연료를 생산 보급하고 있다. 이에 덧붙여 프랑스, 스웨덴, 노르웨이, 오스트리아 등 농림업 국가는 개별 주택의 난방에도 펄검(과수전정목 등)의 사용을 장려하고 임업부산물에 의한 열병합 발전도 활발히 실시하고 있다. 각 도시별 신재생에너지 정책을 종합해 보면 표 2.20과 같다.

각국의 대표적 농촌 신재생에너지 사업들을 살펴보면 다음과 같다.

(표 2.20 세계 도시별 신재생에너지 정책 종합)

	서울	런던	도쿄	뉴욕
신재생에너지 보급목표	<ul style="list-style-type: none"> • 2010년 최종에너지 2% 사용 • 2020년 최종에너지 10% 사용 	<ul style="list-style-type: none"> • 2010년 최종 전력의 14% • 2020년 2010년 보급량의 3배 	<ul style="list-style-type: none"> • 2020년 최종에너지 20% 재생에너지로 사용 	<ul style="list-style-type: none"> • 2020년 최종 전력의 30% 재생에너지로 사용
이산화탄소 배출량 저감목표	<ul style="list-style-type: none"> • 2010년 20% • 2020년 25% (1990년대비) 	<ul style="list-style-type: none"> • 2010년 20% • 2050년 60% (각각1990년, 2000년 대비) 	<ul style="list-style-type: none"> • 2020년까지 25% (2000년 대비) 	<ul style="list-style-type: none"> • 2009년 20% • 2015년 25% • 2020년 30% (1994년 대비)
중점 사업	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 절약 및 효율화 • 신재생에너지 랜드마크 • 태양광 발전소 설립 • 하수열 활용 • 에너지 산업육성 • 가정용 연료전지보급 	<ul style="list-style-type: none"> • Zero-Carbon Development • Energy Action Area • London Energy Partnership • Hydrogen Action Plan 	<ul style="list-style-type: none"> • 그린 전력 구입제도 확대(공공기관 5%이상) • 자연에너지 활용 • 바이오매스 활용 • 연료전지 자동차 보급 • 저에너지 주택과 태양열 주택 보급 • 에너지 교육 프로그램 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 신재생에너지 설치여건 조사 • LEED Silver표준안 마련 • 빌딩에너지 효율향상 교육실시
출처	<ul style="list-style-type: none"> • 서울 친환경에너지 선언 	<ul style="list-style-type: none"> • London Energy Strategy: Green light to clean power 	<ul style="list-style-type: none"> • 도쿄도 재생에너지 전략 	<ul style="list-style-type: none"> • New York City Energy Policy for 2006 and Beyond

4.1 유럽의 신재생에너지

독일의 농가형 바이오가스 발전

2006년 현재 독일의 바이오가스 발전설비는 약 2,700기 정도이며 이중 1/4 정도는 도시고형 폐기물, 하수슬러지 등 유기성 폐기물 처리이고 약 2,000기는 축산폐기물을 활용한 농가형 바이오가스 발전시설이다. 발전용량은 약 650MW로서 개별농가의 평균용량은 약 240kW 정도인 것으로 추산된다. 생산된 전력은 모두 배전망에 연계되어 고정가격 구매되며, 구매가는 kWh당 8.5~11¢이다(평균 발전원가보다는 비싸고 소매가(16¢/kWh)보다는 싸다). 1¢러한 축산농가의 대대적 메탄가스화 설비 도입은 동 사업의 고용창출 연간 약 5,000명 설비 산업 부가가치 약 6억5천만 유로를 달성하고 있으며, 동시에 독일 축산업의 환경친화적이고 건전한 발전을 보장하고 있다.

스웨덴의 바이오 연료를 이용한 지역난방

스웨덴에서 바이오 연료를 이용한 지역난방이 처음으로 생긴 지는 이미 20년이 넘지만 크로스노버 주에 2010년까지 재생에너지 사용량을 50%까지 제고한다는 목표 하에 총 25개의 소형 바이오연료 열병합 발전소를 건설하여 연간 250GWh의 전력과 지역난방을 공급하고 50~100명의 일자리를 창출하였으며, 총인구 175,000명 크로스노버 지역사회의 주산업인 임업의 지속적 발전 근거를 마련하고 있다. 열병합 발전소의 연료는 주로 임업부산물인 목재가 되겠고 발전의 방식은 직접연소 스팀터빈 발전방식으로 추정되고 있다.

영국의 지역에너지 공동체 활동

영국의 웨일즈 중부 해안에 있는 요랴밸리는 12,500명의 주민이 살고 있는 전통적 농촌지역으로 최근 관광과 여가 서비스에 대한 의존도가 높아지며 에너지 사용량도 점차 늘어가는 추세에 있다. 이미 지역 내의 상업적 풍력발전소가 역내 소비전력을 충당할 수 있지만 난방 등에 사용되는 에너지는 대부분 역외에서 유입되어 Dyfi Eco Valley Partnership이라는 재생에너지 보급촉진 기구를 결성하였다. 그리하여 10개 태양열 온수난방 시스템의 16개 신재생에너지 보급 사업을 완료(150kW 난방, 205kW의 발전)하고 65개 사업을 추진 중에 있다.

EU의 유채재배에 의한 바이오디젤 보급

지구 온난화 문제에 가장 적극적으로 대응하고 있는 EU는 온실가스 감축을 위해서는 수송용 바이오연료의 보급 확대가 가장 필요하다고 판단하고 있다. 이와 같은 바이오연료의 보급 확대는 필연적으로 원료인 바이오매스의 수급에 불균형을 가져오게 된다. EU는 농산물 가격 안정을 위해 일정 비율(전체 면적의 10%)을 의무적으로 유희지로 두도록 하고 있다. 이러한 강제 유희지는 비식용 목적으로 활용할 작물의 경작은 허용된다. 따라서 EU의 농부들은 유희지를 그냥 두거나 비식용 작물을 생산하는 두 가지 선택 사항을 갖게 된다. 대부분의 농부는 추가 수입의 확보를 위해 비식용 작물의 경작을 선택하고 있다. 이러한 유희지에서 생산된 비식용 작물의 활용은 바이오디젤에 맞추어지게 된다. 따라서 유희지에서 생산된 식물성 기름이 바이오디젤의 주요 연료원으로 활용되어 왔다.

(표 2.21 EU 유희지에서 비식용 작물의 경작 현황)

Unit : 1000ha	EU-12		EU-15			
	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Rape seed	172	479	825	571	311	354
Sunflower seed	32	138	144	89	82	61
Linseed	22	59	28	0	0	0
Cereals	9	16	18	181	181	181
Sugar beet	1	6	6	121	121	121
Short rotation	0	0	14	18	18	19
Medicine plants	4	6	6	6	6	6
Others	2	3	4	4	4	4
Total	242	707	1045	718	451	474
Set aside area (%)	158	12	10	5	5	10
Oil seeds (%)	94	96	95	92	87	88

EU의 자료에 따르면, 1997/1998년 EU의 유희지 면적은 451,000ha이었으며 1998/1999년에는 유희지 면적이 474,000ha로 5% 증가하였다. 1998/1999의 유희지 471,000ha 중 86%인 408,000ha에서 유지식물이 경작되었다. 이러한 경작 유지식물 중 87%가 유채, 13%가 해바라기 이었다.

이러한 유지식물에서 생산된 식물성 기름의 60%는 바이오디젤, 40%는 생분해성 윤활유 및 계면활성제 등 화학 산업 원료물질 생산에 사용되었다. EU의 유희지에서 생산된 비식용 작물의 경우 “2000~2007 농업 시장에 대한 전망”에 따르면 2000~2007년 사이 비식용 작물을 경작하는 유희지 면적은 약 80만 ha로 유지될 것으로 예측되었다. 또한 ha당 수확 가능한 유지 씨의 양은 2.7톤 정도로 증가할 것으로 예상되어 약 230만 톤/년의 유지 씨가 생산 가능한 것으로 분석되었다.

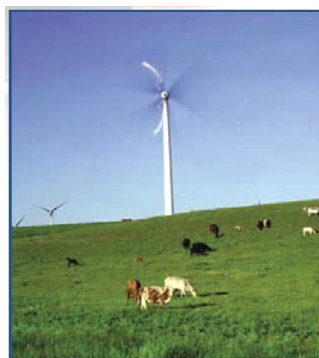
EU는 2010년까지 바이오디젤 보급률을 5.75%까지 높일 예정이므로 상당 부분 농산물 경작지가 바이오디젤 생산용 식물성 기름 생산을 위한 유지식물 경작에 사용되거나 해외로부터 식물성 원료유를 수입해야만 할 것으로 예측된다.

4.2 미국의 신재생에너지

Potential Renewable Energy Resources

(1) 풍력

미국 농촌지역은 풍력을 통해 여러 가지 경제적, 환경적 측면에서 많은 benefit을 기대할 수 있다. 풍력에너지의 개발은 농촌사회에 학교, 의료시설, 사회기반시설 등에 지원할 수 있는 추가적인 소득원이 될 뿐만 아니라, 풍력개발이 이루어지는 토지의 소유주는 터빈 당 연간 2천~5천 달러정도의 수익을 기대할 수 있다. 풍력에너지는 단순한 화석에너지 사용의 감소뿐만 아니라 시설공간을 제외한 나머지 토지에서 지속적인 경작이나 가축방목이 가능하며, 수자원절약효과까지 기대할 수 있다. 그림 2.7은 아이오와 Spirit Lake의 사례로 풍력에너지 설비를 통해 연간 2만~2만 5천 달러의 수익을 올리고 있으며, 와이오밍 Carbon카운티의Creek Rim Wind Plant가 지불하는 재산세는 카운티 재정의 30%에 해당한다.



Wind turbines have a small footprint, so crops can be grown and livestock can be grazed right up to the base of the turbine. (Warren Gretz, NREL / PIX06332)

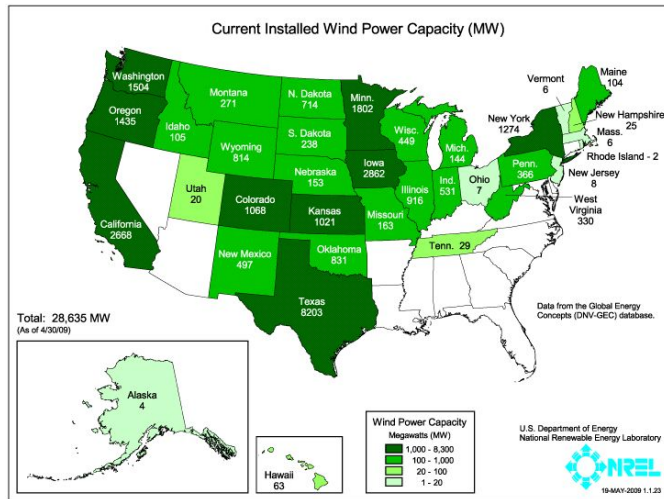
<그림 2.7 아이오와 Spirit Lake 터빈의 모습>

풍력에너지는 농촌지역 토지소유주들에게는 새로운 소득원이 되고 있다. 대부분의 경우 로열티를 통해 연간 750킬로와트의 터빈의 경우 2000달러 혹은 프로젝트 수익의 2%에서 3%정도를 얻게 된다. 풍력에너지는 또한 지역의 세수 확대에 기여하여 농촌지역 학교, 도로, 교량 및 많은 지역의 기반시설을 위한 재원마련에 도움을 주고 있다. 대부분의 경우 프로젝트 평가가치의 1%정도를 세금으로 부과하는데 약 1 메가와트 당 1만 달러정도로 추정할 수 있다. 텍사스에 있는 피코스 카운티의 경우에는 풍력에너지 덕분에 2002년에만 460만 달러의 재산세 수입이 증가되었다.

다음은 각 지역의 풍력에너지 개발을 통한 세원확대의 사례들이다.

- a) Lincoln County, Minnesota: \$471,822 in 2003 (155 MW)
- b) Kewaunee County, Wisconsin: \$200,000/year in property taxes, or 50% of the county's budget (20 MW)
- c) Carbon County, Wyoming: \$480,000/year (85 MW)
- d) Iowa: \$2.5 million/year (320 MW)
- e) Stateline project on the Oregon/Washington border: \$1.2 million/year (300 MW)
- f) Prowers County, Colorado: \$2 million (162 MW)

현재 미국 내에 설치된 풍력에너지 생산 잠재량은 31,109 MW이며 공사 중인 시설용량은 5,567 MW이며, 각 주별 개발현황은 그림과 같다.



<그림 2.8 미국의 풍력에너지 개발현황>

천연가스는 질소비료 생산비용의 80%~90%를 차지하고 있다. 따라서 천연가스의 가격은 농업생산과 관련된 비용에 상당한 영향을 주게 된다. 현재 천연가스의 수요증가 추세에 비해 지속적으로 새로운 생산이 가속화 되지 않는 상황에서 천연가스의 가격은 지속적으로 상승할 것으로 생각된다. 하지만 풍력에너지가 상당부분의 천연가스 사용을 대체할 경우 가격안정에 크게 기여할 것으로 기대할 수 있다. 실제적으로 천연가스와 풍력을 복합적으로 사용하는 경우 천연가스는 풍력에너지의 단점인 에너지공급의 안정성 즉 바람이 불지 않는 경우, 강하게 부는 경우 등 다양한 상황에 따라 달라지는 에너지생산량을 안정적으로 보완해 줄 수 있기 때문이다. 20% 풍력에너지 이용 시나리오는 다양한 측면에서의 benefit을 기대할 수 있으며 대기환경 측면에서 2030년에는 8억 톤의 이산화탄소 저감효과를 기대할 수 있다.

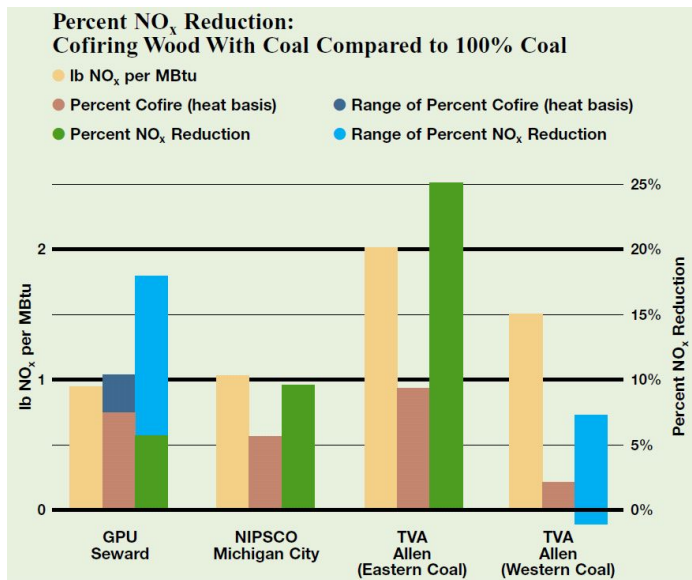
콜로라도 Green Field Farm 프로젝트를 통한 지역경제 활성화 정책은 건설 회사들이(Herling Construction, Mortensen) 25마일의 도로와 108개의 터빈 기초공사를 시행하였으며, 35000야드의 콘크리트 작업을 위해 87명이 새로이 일자리를 얻었다. 또한 Gate City Steel은 45000파운드의 콘크리트 보강용 강철봉의 제작과 설치를 위해 14명을 새로이 채용하였으며, Christensen은 20마일에 달하는 지하 케이블 공사를 위해 46명을 새로이 채용하는 등 2003년도에 시행된 프로젝트를 통해 400개에 가까운 일자리가 창출되었으며, 지역경제 활성화 효과가 있었다. 실제로 지역 음식점의 매출은 30%에 달하는 증가를 기록했다.

(2) 바이오매스

대부분의 농촌지역에서 지속적으로 에너지 수요가 증가하고 있으나 이젠 더 이상 대규모 파워플랜트의 건설을 그리 달가워하지 않고 있다. 지역적으로 생산되는 바이오매스를 이용하여 환경영향이 적은 소규모 시설이 대두되고 있으며 이러한 바이오매스의 이용은 크게 세 가지 효과를 가져 올 것으로 기대하고 있다. 그 첫 번째가 지역적 부가가치 증대이며, 둘째로 농부들이 기르고 수확한 바이오매스에 대한 직접적 지불을 통한 소득증대, 마지막으로 농촌지역의 부흥에 기여할 수 있는 청정에너지의 생산이 그것이다. 하지만, 바이오매스의 이용을 위해서는 단순한 이용뿐만 아니라 경작, 수확, 운송, 가공 등의 다양한 과정에 대한 고려가 필요하고, 원료의 종류에 따라 그 가격이 매우 다양하며, 전반적으로 에너지 밀도가 낮기 때문에 물류에 대한 고려가 반드시 뒤따라야한다.

농촌지역 뉴타운에 적용이 가능한 기술로는 바이오매스의 혼합소각을 들 수 있는데, 바이오매스 혼합소각은 기본 연료와 바이오매스를 동시에 연소해서 에너지를 생산하는 것으로 주로 전력생산에 이용된다. 현재 가장 많이 사용되는 기본 연료는 석탄이며 이와 함께 사용되는 바이오매스는 단순히 에너지 작물인 switchgrass, willow, hybrid poplar뿐만 아니라 저가 나무칩을 비롯하여 농업 부산물, 건축 폐기물, 지역 내에서 생산되는 생활 폐기물 등 다양한 원료의 사용이 가능하다. 혼합소각에 바이오매스를 이용하기 위해서는 크기, 모양, 순분함량

등의 다양한 특성을 사용기준에 맞도록 가공해야 한다. 일단 가공이 끝나면 일반적으로 석탄과 20%의 바이오매스를 혼합한 혼합소각을 통해 전기를 생산하게 된다. 일반적으로 바이오매스는 화석에너지와 달리 공기 중의 이산화탄소를 흡수하여 축적된 탄소에너지를 이용하는 것으로 상대적으로 에너지를 통한 이산화탄소 발생량을 감소시킬 수 있다. 따라서 바이오매스 함량에 비례하여 전력생산과정에서 발생하는 오염원이 감소되는데, 이산화탄소뿐만 아니라 sulfur oxides (SOx)나 nitrogen oxide (NOx) 저감에도 효과가 있다.



<그림 2.9 혼합소각 시 질소 방출량 감소율>

실제로 석탄 전용 설비에 비해 7%의 열에너지 발생을 위한 석탄을 바이오매스로 대체하는 경우 15%의 NOx 저감효과를 가져왔다. 특히 노화된 보일러의 경우 혼합소각을 통해 평균 사이즈의 보일러인 경우 6만 달러에서 많게는 10만 달러까지 fuel비용을 저감할 수 있을 뿐만 아니라 cap-and-trade 탄소시장을 통해 혼합소각을 통해 탄소 크레딧까지 얻을 수 있다. 2006년 아이오와에서 Chariton Valley Project를 통해 시행된 switchgrass를 통한 혼합소각 실험으로 6개월간 19,600 재생에너지 credit을 얻었다. 실험은 1,675시간동안 이루어졌으며 19.6 백만 kWh의 전력을 생산하였고, 석탄을 이용한 전력생산과 비교하여

50,800톤의 탄소발생량을 줄일 수 있었다. 향후 5%의 전력생산에 이용되는 석탄의 사용을 바이오매스로 대체하는 경우 연간 미국에서 연간 방출하는 방출량의 1.5%를 저감할 수 있을 것으로 예상되며 이러한 목표는 혼합소각을 통해 5-10년 이내에 달성이 가능할 것으로 보고 있다. 현재 바이오매스 혼합소각 발전소 현황은 그림 4와 같다.

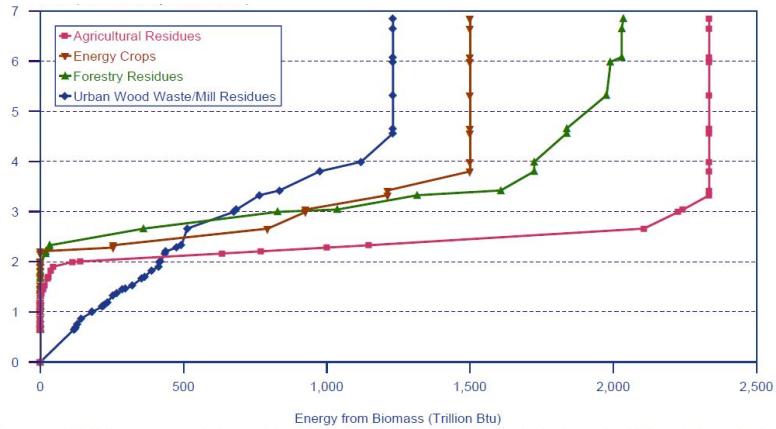


<그림 2.10 바이오매스 혼합소각 발전소 현황>

이러한 장점들에도 불구하고 바이오매스의 경우 연료의 밀도가 석탄에 비해 대략 1/10정도 밖에 되지 않아서 상대적으로 운송과 관련된 비용이 증가하며, 현재 석탄전용시설의 전환에 대한 투자비용이 발생하며, 바이오매스의 종류와 상태에 따라 적절한 조건을 맞추주기 위한 비용 또한 추가로 발생한다. 또한 석탄을 이용한 발전소에서 발생하는 부산물인 플라이 애쉬는 시멘트의 중요한 혼화제로 판매되는데 혼합소각을 하는 경우 ASTM 기준을 고려할 때 발생하는 플라이 애쉬의 판매가 어려워지는데 이러한 단점들의 극복이 혼합소각보급을 위해 해결해야할 과제로 판단된다.

기존 보일러를 혼합소각을 위한 시스템으로 개조하기 위해서는 분쇄 석탄 보일러의 경우에는 kWh당 \$150-\$300의 비용이 발생하고, 실리콘 보일러의 경우에는 \$50 정도가 소요되는 것으로 보고 있다. 하지만 바이오매스의 종류에 따라 정도는 다르지만 바이오매스를 이용한 소요 기본 연료비를 절감할 수 있으며, 바이오매스 타입과 가격에 따른 생

산량 프로젝션의 결과는 그림 2.11과 같다. Tennessee Valley Authority에 따르면 혼합소각의 전환을 통해 코발트 채취 공장의 경우 연료비를 연간 1.5 밀리언 달러까지 절약하는 것으로 보고되고 있다. 현재 계획 중인 혼합소각 발전소는 표 2.10과 같다.



Sources: A.F. Turhollow and S.M. Cohn, *Data and Sources of Biomass Supply*, unpublished report (Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory, January 1994); M. Walsh et al., *Biomass Feedstock Availability in the United States: 1999 State Level Analysis* (Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory, April 1999, updated January 2000), web site <http://bioenergy.ornl.gov/resource/data>; M. Walsh et al., "The Economic Impacts of Bioenergy Crop Production on U.S. Agriculture" (Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory, May 2000), web site <http://bioenergy.ornl.gov/papers/wagin/index.html>; and Antares Group, Inc., *Biomass Residue Supply Curves for the United States (Update)*, Report for the U.S. Department of Energy and the National Renewable Energy Laboratory (June 1999).

<그림 2.11 바이오매스 타입과 가격에 따른 생산량 프로젝션의 결과>

(표 2.22 계획 중인 혼합소각 발전소)

Planned Cofiring Demonstrations

Utility	Plant	Boiler Type	Features
Alliant Energy	Ottumwa Station	PC	Dedicated switchgrass on CRP Land
AES Corp.	Greenidge	PC	Dedicated willow crop
NRG Energy	Dunkirk	PC	Dedicated willow crop
Southern Company	Gadsden	PC	Co-pulverized switchgrass
GPU	Seward	PC	Increase capacity; minimize NOx
NIPSCO	Bailey	Cyclone	Tri-firing; gasifier cofiring with NG
TVA	Allen	Cyclone	Gasifier cofiring

Biomass Power for Rural Development
 DOE (OPT & FETC)/EPRI Cofiring Initiative

바이오매스 생산을 위한 연구 및 적용사례

현재 뉴욕의 시라큐스에서는 버드나무를 에너지 생산에 사용하기 위해 재배중이며 이 프로젝트는 25개의 대학, 협회, 회사들과 정부 관계 기관들로 구성된 Salix 컨소시엄을 통해 관리되고 있다. 생산된 나무들은 매 3년마다 기존의 기계장비를 통해 효과적인 수확이 가능하며 이는 프로젝트에 참여하고 있는 전기 발전소를 통해 기존의 전기 생산을 위한 연료를 대체하여 사용되어 방출량 저감에 기여할 것이다.

아이오와에서는 유희지 등을 이용하여 파트너십을 바탕으로 한 switchgrass를 생산하고 있다. 현재는 switchgrass가 가축의 사료나 침식방지 등을 위해 재배되고 있으나, 석탄보일러에 혼합소각을 통해 약 35 메가와트의 전기의 생산이 가능하며 이는 3만 가구에 충분한 전기를 공급할 수 있는 양이다. 현재 4000에이커의 땅에 프로젝트를 진행 중이며 이는 농부들에게 기존의 전통적인 연방정부 농업보조금을 대체할 수 있는 새로운 지속가능 소득원이 될 것으로 기대되고 있다.

미네소타 북쪽지역에서는 많은 과학자들이 1870에이커의 CRP (Conservation Program Land)에 hybrid poplar 재배를 통하여 4년 주기로 수확이 가능한 이 나무를 어떻게 미래 에너지원으로 관리하고 활

용할 수 있을지 연구하고 있다.

연간 발전 용량이 560 MW인 Boardman Pulverized 발전소는 5% 바이오매스 혼합소각 전환을 통해 연간 이산화탄소 발생량을 223,000 ton을 줄인 것으로 나타났다.

(3) 태양에너지

미국 에너지국에서는 태양에너지가 청정, 저탄소, 경제성을 모두 만족하는 자원이 되기 위해서는 PV(photovoltaic)와 CSP (concentrating solar power) 기술의 발전이 반드시 뒤따라야 할 것으로 보고 이에 대한 많은 지원을 하고 있다. 현재 해마다 태양에너지를 이용한 전력생산을 그림 2.12와 같이 기하급수적으로 증대하고 있으며, 이에 따라 많은 주정부들이 straight forward interconnection이나 net metering에 대한 정책과 다양한 방안을 세우고 있다. 미국 에너지국에서는 2015년까지 CSP를 기존의 천연가스를 이용한 전력생산시장과 경쟁력이 있도록 2020년까지는 석탄기반의 전력생산시장과 경쟁력이 있도록 하기 위한 기술개발에 노력하고 있다. 미국 에너지국은 2007년에 12건이 계약을 통해 전력저장, 생산 등의 CSP기술개발비용의 25%를 투자하고 있으며, 2008년에는 15건의 추가 계약을 통해 추가적으로 HTFs (advanced high-temperature heat transfer fluids)와 같은 기술에 투자하고 있다.

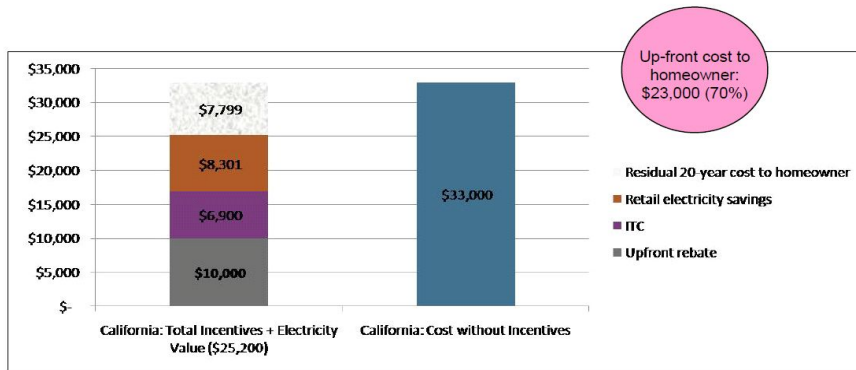
현재 2007-2008년 PV Technology Incubators project award를 받은 MicroLink는 보다 더 효율적이고 값싼 PV셀을 개발하기 위해 반도체 재료인 비화갈륨과 같은 값비싼 물질의 사용을 최소화 하는 등의 방법을 찾고 있다. 또한 최근 SkyFuel사는 기존의 전통적인 유리로 된 거울을 이용하는 대신 값싼 플라스틱 필름을 이용한 기술을 통해 태양에너지를 이용한 대규모 전력생산 시설의 길을 열었다.



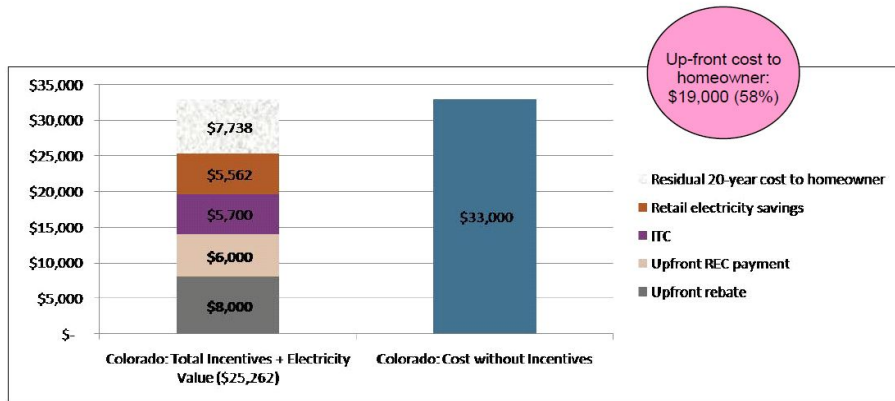
<그림 2.12 미국의 태양에너지 발전 사업>

이러한 노력과 여러 인센티브와 지원책들에도 불구하고 태양에너지를 주택에 이용하는 것은 여전히 경제적으로 큰 부담이 되고 있다. 현재 크게 세 가지 방법으로 태양에너지 이용 지원을 위한 모델이 있다. 첫 번째, 전력구매계약(PPA)를 통해서 주택소유주의 초기 투자비용을 줄이는 방법으로 이 경우는 추가적으로 세금부담도 줄일 수 있으며 유지보수나 관리에 대한 부담도 가질 필요가 없다. 두 번째 모델은 장기 금융계약을 이용하는 방법으로 주택거래의 경우 설치된 시설의 소유권도 함께 거래할 수 있다. 세 번째 모델은 태양에너지 이용 증명서의 판매를 통해 환경적 속성에 대한 경제적 가치를 창출하는 것이다. 이 밖에는 커뮤니티가 함께 공동으로 투자하거나 규모의 경제를 위해 이웃이 함께 투자를 하는 경우 등을 들 수 있다.

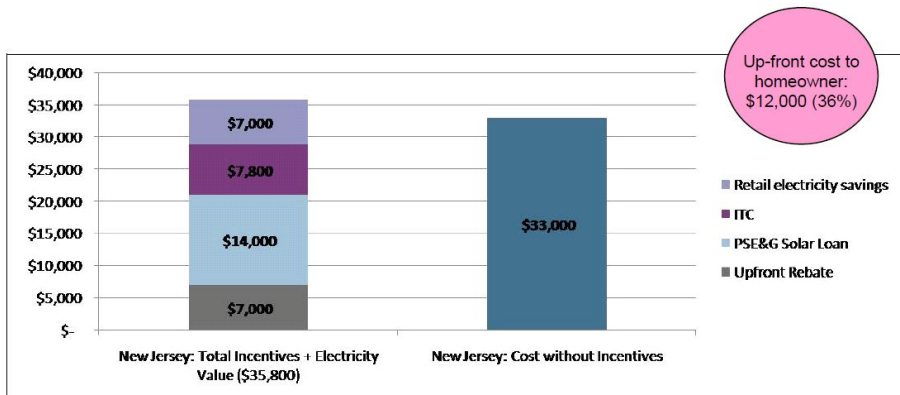
이와 관련된 투자가 이루어진 지역으로는 1) Sacramento, California, 2) Boulder, Colorado, 3) Newark, New Jersey를 들 수 있다. PV시스템을 통해 20년 간 지속적으로 수익창출이 가능함에도 불구하고 여전히 초기 투자비용은 큰 부담이며, 초기 부담은 Newark의 경우 \$12,000, Sacramento의 경우 \$23,000에 달했다.



<그림 2.13 인센티브를 포함한 총 PV 시스템 비용 : Sacramento>



<그림 2.14 인센티브를 포함한 총 PV 시스템 비용 : Boulder>



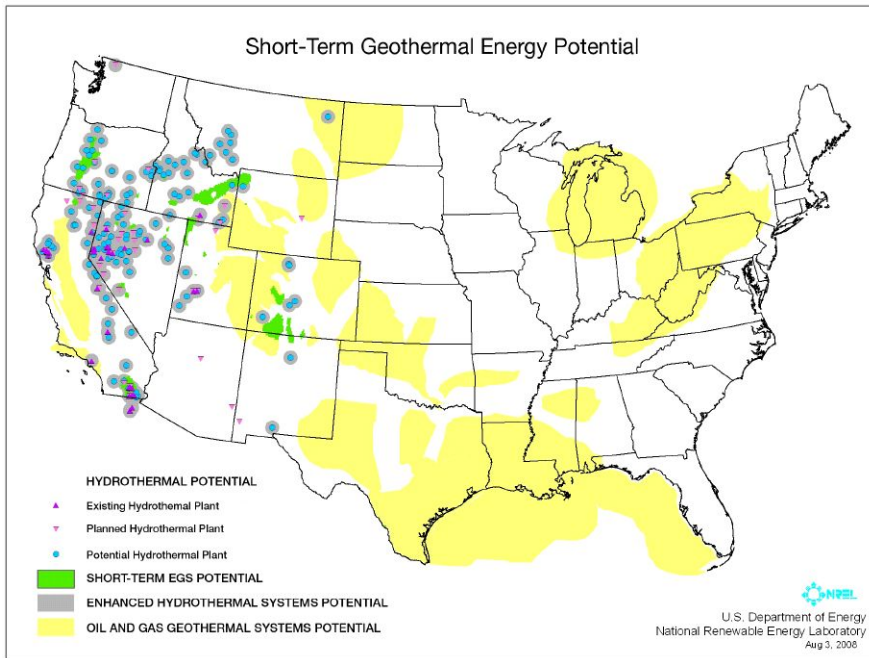
<그림 2.15 인센티브를 포함한 총 PV 시스템 비용 : Newark>

(4) 지열에너지

지열에너지는 태양에너지나 풍력에너지에 비해 지속적이고 안정적인 공급이 가능하다는 장점이 있으며 특징은 다음과 같다.

- 모든 지역에 고르게 분포
- 일정량 유지
- 청정
- 국내 생산 가능
- 지속 가능성


미국 주 정부 보고서에 따르면 현재 설치생산용량은 2,850.9 MW이며 16,010 GWh의 전기를 생산하고 있으며 잠재적인 개발 잠재량은 그림 2.16과 같다.



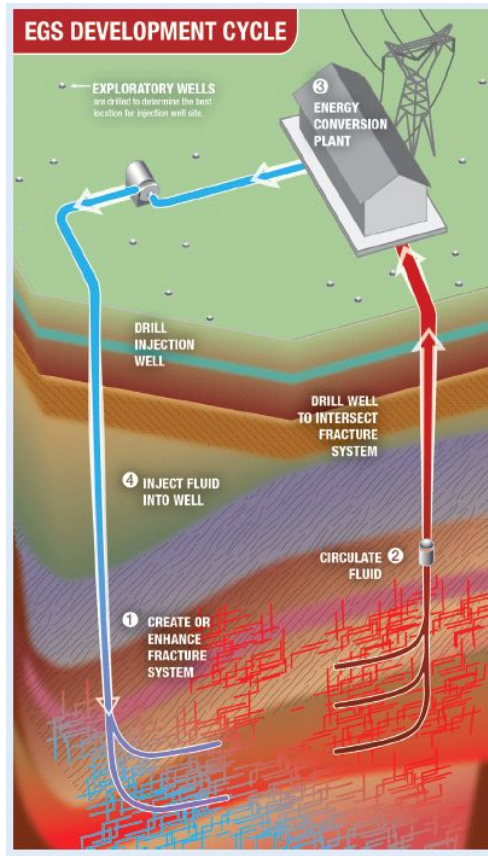
<그림 2.16 미국 전 지역의 지열에너지 잠재량>

현재 미국 에너지국의 지원으로 개발된 지열에너지 개발 지역은 표 11과 같다.

(표 2.23 미국의 지열에너지 개발 지역)

Site Name	Location	Technology Description	Well Depth (meters)	Temperature (Celsius)	Resource Type
Mammoth-Pacific Geothermal Power Plants	Eastern front of the Sierra Nevada Range - Mono County, CA	Two hydrothermal binary power plants generate enough power for approximately 40 MWe.	150-750	150°-175°	 Hydrothermal Binary
Coso Navy 1 Navy 2	Coso Junction, California	Double flash plants 90 MWe each. More than 273 MWe sold.	400-3200	245°-300°	 Hydrothermal Flash
The Geysers Geothermal Area	North of San Francisco, California	The world's largest dry-steam geothermal steam field hosts 22 power plants with capacities ranging from 20 to 120 MWe, producing a net total of over 750 MWe.	650-3350	240°-250°	 Hydrothermal Dry Steam
Hawaii Geothermal Area - Puna Geothermal Venture	South of Hilo on the Big Island, Hawaii	A hybrid-single flash/binary plant 35 MWe.	1400-2500	220°-350°	 Hydrothermal Flash/Binary
Honey Lake Geothermal Area	Lassen County, California and Washoe County, Nevada	Two binary plants, one 30 MWe and one 2 MWe, and one 1 MWe hybrid geothermal project actively producing electrical power.	300-1750	110°-120°	 Hydrothermal Binary

최근 Enhanced Geothermal Systems (EGS)에 많은 개발 노력을 집중하고 있는데 그림 2.17과 같이 크게 저수지와 우물을 통해 순환루프를 이용하여 지열을 이용하는 개념이다.



<그림 2.17 저수지 및 우물을 이용한 지열에너지 개념도>

주거시설을 위한 지열시스템 보급사례

인디애나 주정부가 2006년에 인디애나 주 주민을 위한 에너지 계획을 수립하였으며 미 에너지국에서 지원을 받았다. 지열시스템은 기존 시스템에 비해 25 - 75%의 에너지 저감효과가 있어 가장 효율적인 시스템의 하나로 볼 수 있다. 2007년 10월 50만 달러로 프로그램이 시작되었으며 326 가구의 인디애나 주 주민이 보조금을 받았다. 이를 위해서 시설은 인디애나에 있는 단독주택에 Energy Star에서 인증된 지열 펌프 시스템을 사용해야 하며 장비는 반드시 새 것 이어야 한다. 또한, 기존의 난방시스템을 교체하는 것으로 새로운 난방시설 설치에는 적용되지 않는다. 지열시스템은 톤(12000 Btu/hr)단위로 규모에 따라 분류하였으며 대부분(92%)의 주택이 3-5톤 사이의 규모였다. 평균 주택규모는 2731 ft² 이며 주택의 크기에 따라 지열시스템의 규모가 증가함

을 알 수 있었다.

(표 2.24 지열시스템의 분류)

Size	Number	% of Total	Home size (sq. ft.)
2 tons	5	2 %	1620
2.5 tons	6	2 %	1621
3 tons	95	29 %	2079
3.5 tons	19	6 %	2147
4 tons	129	40 %	2826
5 tons	56	17 %	3755
6 tons	16	5 %	3777
Total	326	100 %	2731

첫 해 프로그램을 통해 발생한 경제적 효과는 총 \$573,917로 추정되었다. 이는 교체된 기존의 시스템의 종류에 따른 연료비와 효율 등을 종합적으로 고려하여 산정하였다.

(표 2.25 지열시스템의 비용)

Oil Furnace	\$2,472	31	\$76,632
Electric Furnace/other electric	\$2,291	21	\$48,111
Air Source Heat Pump	\$1,192	20	\$23,840
Geothermal Heat Pump	\$303	84	\$25,452
Natural Gas Furnace	\$1,200	66	\$79,200
Propane Furnace	\$3,306	97	\$320,682
		total	\$573,917

지열을 이용한 지역난방 사례로, 사우스 타코타의 인구 250명의 작은 시 Midland에서는 1960년 학교시설의 난방비 절감과 수자원의 개발을 위해 공동으로 지열개발 프로젝트를 진행하여 깊이33 gpm (2 liter/s) 속도로 116°F (47°C) 물을 생산할 수 있는 1,784피트 깊이의 우물을 개발하였다.

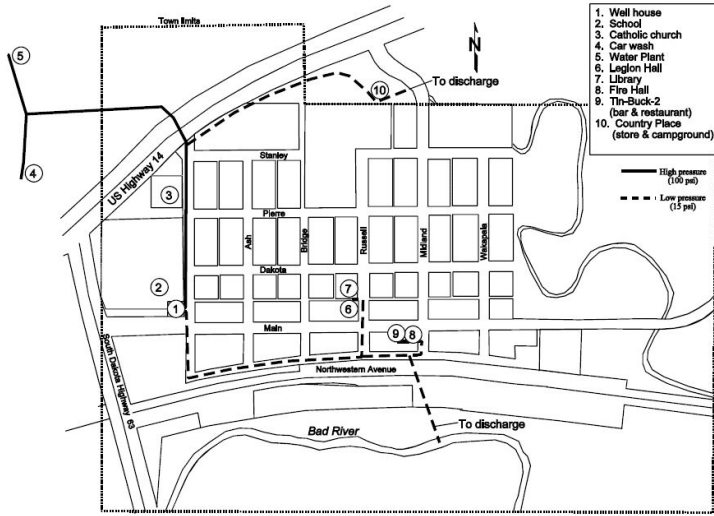


Figure 5. Schematic of the piping system routes in Midland.

<그림 2.18 지열에너지를 이용한 마을 배치도>

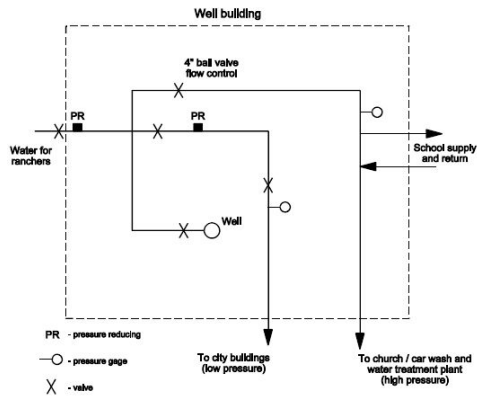


Figure 6. Schematic of the pipelines leading from the pump house.

<그림 2.19 지열에너지 활용을 위한 파이프라인 배치도>

Midland시는 총면적 3만 제곱피트에 개발된 지열시스템은 최대0.1 MWt의 전력생산이 가능하며 연간 0.24 GWh의 전력을 생산하고 있으며, 지역사회는 이 지역난방 시스템을 통하여 지속적으로 연간 1만 5천 달러의 프로판 가스 사용 비용을 절약하는 효과를 얻고 있다.

미국의 농촌 지역에 신재생에너지 적용을 위한 정부 장려금 정책

(1) 신재생에너지 도입을 위한 장려금 제도

The REAP/RES/EEI 프로그램은 재생에너지 개발이나 에너지 심사와 관련하여 제공되는 보조금이다. 또한 농산물 생산에 종사하는 사람이나 농촌지역에서 재생에너지 시스템을 이용한 소규모 비즈니스나 에너지 효율증대를 위한 사업을 하고자 하는 사람들에게 주어지는 펀드이다. 표는 다양한 프로그램에 관련된 자세한 내용을 구체적으로 설명하고 있다.

(표 2.26 미국의 신재생에너지 도입을 위한 장려금 정책)

LOAN AMOUNTS	B&I	REAP Loan	REAP Grant
Minimum	No minimum	\$5,000	\$2,500 (system) \$1,500 (efficiency) None (feasibility study) None (EA/REDA)
Maximum	Maximum \$10 million with some exceptions up to \$25 million and up to \$40 million on rural cooperative organizations that process value-added agricultural commodities.	\$25 million or 75% of total eligible project costs, whichever is less. (75% includes grant dollars received under REAP Combination Program)	\$500,000 (system) \$250,000, (efficiency) \$50,000, (feasibility study) Or 25% of eligible project cost, which ever is less\ \$100,000 to one applicant for an EA/REDA
ELIGIBLE PURPOSES	<ul style="list-style-type: none"> * Business and industrial acquisitions * Purchase of land, machinery and equipment * Construction, enlargement or modernization * Eligible fees and costs * Educational or training facilities * Tourist facilities * Hotels/motels * Pollution control or abatement * Recreation facilities * Working capital * Refinancing when it is determined that refinancing is necessary to improve cash flow and create new or save existing jobs. * Commercially available energy projects that produce biomass fuel or biogas. 	<ul style="list-style-type: none"> * Purchase and installation of a renewable energy system or energy efficiency improvement which includes: * Post application purchase and installation of equipment * Post application construction or project improvements * Energy audits and assessments * Permit and license fees * Professional service fees * Feasibility Study, Business Plan * Retrofitting * Construction of a new energy efficient facility only when the facility is used for the same purpose, is approximately the same size, and based on the energy audit will provide more energy savings than improving an existing facility. * Working capital and land acquisition 	<ul style="list-style-type: none"> * Purchase and installation of a renewable energy system or energy efficiency improvement which includes: * Post application purchase and installation of equipment * Post application construction or project improvements * Energy audits and assessments * Permit and license fees * Professional service fees * Feasibility Study, Business Plan * Retrofitting * Construction of a new energy * Efficient facility only when the facility is used for the same purpose, is approximately the same size, and based on the energy audit will provide more energy savings than improving an existing facility.

이 프로그램의 보조금은 농부, 농장주, 농촌지역 소규모 비즈니스를 운영하는 사람들 가운데 재정적 지원이 필요한 사람을 위해 계획되었으며, 전체 소득의 50%이상이 농산물 생산을 통해 이루어지는 사람도 이에 해당된다.

에너지 저감효과를 가져오는 조명의 개선, 단열, 에너지 효율이 높은 장비로의 교체 등 대부분의 농촌 프로젝트가 이에 해당된다. 재생에너지 관련 프로젝트는 풍력, 태양열, 태양광, 바이오매스, 지열, 수력으로 부터의 에너지 생산을 포함한다. 단, 모든 프로젝트는 농촌지역에서 이루어져야 하며 기술적으로 타당하며 보조금을 지원한 사람이 프로젝트의 결과물의 소유주 이어야 한다.

Summary of DOE Solar Program Funding Opportunities

■ OPEN ■ PROPOSED

FOA OR SOLICITATION	CLOSING DATE	FUNDING AMOUNT	DESCRIPTION
Solar America Cities - Technical Outreach	October 15, 2009	\$10.5M Maximum per Award During 5-Year Performance Period	This project will provide comprehensive outreach to local governments to help them build sustainable solar infrastructures and expand their solar markets. The project will help accelerate solar energy deployment by proactively addressing the needs of local governments for technical information and guidance, focusing on many areas such as policies and regulations, financial incentives, training, and community engagement.
Baseload Concentrating Solar Power Generation	October 15, 2009	Up to \$52.5M Total; Maximum Per Award Varies By Topic	The objective is to develop and evaluate Concentrating Solar Power (CSP) components and/or systems that will lead to solar power plants with a capacity to generate electricity at costs competitive to fossil-fired generators. The announcement includes two topic areas: <ul style="list-style-type: none"> • Research and development of concepts and components that can be part of a CSP baseload system • Evaluation of the feasibility of a complete CSP baseload system and development of a prototype system that can be implemented in the field. The projects will be conducted in three phases during the performance period of 42 to 60 months.
Solar America Showcases	December 31, 2009	Up to \$500K per award	Solar America Showcases are designed to help facilitate large-scale installations that involve cutting edge solar technologies, novel applications of solar, high visibility sites, and/or high likelihood of replicability. Solar America Showcase is a Notice of Opportunity for Technical Assistance (NOTA) for proposed installations more than 250 kW and does not include direct federal funding for any recipient. Instead, showcase projects include technical assistance through teams of DOE-funded solar experts from national laboratories.

<그림 2.20 미국의 보조금 지원 내용>

(2) Online Calculator for Financial Feasibility Analysis

풍력에너지의 경우National Renewable Energy Laboratory에서 개발된 Wind Energy Finance (WEF)라는 온라인 평가 시스템을 제공하고 있다. WEF를 통하여 잠재적인 프로젝트에 대한 빠르고 자세한 경제성 평가결과를 확인할 수 있으며, 제공되는 항목은 다음과 같다.

- Minimum energy payment to meet financial criteria
- Levelized cost of energy
- Payback period
- Net present value
- Internal rate of return
- Summary and detailed cash flows.

*) As an alternative option, if the user enters a first-year energy payment, the program will calculate the rate of return, coverage ratios, etc.

Solar cost계산을 위해 NREL과 Sandia National Laboratory은 Solar Advisor Model (SAM)를 개발하였다. SAM 은 PV시스템, financial incentives, 설비성능들과 관련 된 다양한 가정들을 바탕으로 설비를 평가해 보는 툴이다. SAM은 PV시스템을 통해 생산되는 에너지 비용뿐만 아니라 시스템 산출물, ROI (return of investment), 투자비용까지도 계산할 수 있다.

4.3 중국의 신재생에너지

(1) 중국 농촌에서의 신재생에너지 이용 현황 및 적용사례

2008년 9월 중국 농업부(한국의 농림해양부)의 전국 농촌에서의 신재생에너지 통계연보에 의하면, 2007년까지 전국에서 석탄을 절약할 수 있는 주방용 레인지(kitchen range) 보유량은 1.5억 가구, 에너지절약형 보일러는 3471만 가구, 에너지절약형 바닥난방장치는 2024만 개소이고, 농촌에서의 1가구용 소규모바이오가스 장치 보유량은 2650만 가구, 태양열온수기의 집열면적은 4300만㎡, 태양열 주방용레인지는 112만대, 중앙집중식 가스화플랜트는 734개소, 바이오매스 고체연료시범 건립 등 바이오매스에너지의 대규모화 개발 및 발전, 이용의 정착화를 이루었다.

바이오가스 (Biogas)

중국 농촌에서의 바이오가스는 매우 빠른 발전단계에 있다. 2007년 1년간 농촌1가구용 바이오가스장치는 48235만호에 신설치 되었고, 전국누계 바이오가스 사용수는 2650만가구이며, 연 생산바이오가스량은 102억㎡이다. 2007년, 2000년의 848만 가구에 비해 1802만 가구 증가하였으며, 연평균증가속도는 17.7%이다. 축사나 양계장에서의 바이오가스 플랜트의 발전은 더 가속화 되었으며, 이미 설치된 대형화바이오가스 플랜트는 약 2.66만개소로 총 발효조의 용량은 285만㎡, 연 생산바이오가스량은 3.56억㎡이다. 그림 2.21은 축분을 이용한 대형 바이오가스 플랜트를 나타낸다. 설치장소는 Anhwei성 농촌지역이며, 농촌 지역의 가구를 위한 중앙 집중 공급 방식인 대형 바이오가스 플랜트이다. 800㎡ 및 600㎡를 각각 건설, 일일 바이오가스 생산량은 1500㎡, 슬러지량은 200㎡, 비료용슬러지양은 500동의 대형 온실 채소재배에 비료대용으로 제공되고 있다. 중국 농업부 바이오가스과학연구소에서 설계하였으며, 총 투자비는 RMB 750만원, 2004년 준공되었다.



<그림 2.21 대형 바이오가스 플랜트>

농작물 줄기를 이용한 바이오가스

최근 들어 중국 농업의 발전, 농촌 농가구의 분산된 양식으로 인한 수익 감소, 대규모화된 양식 증가함에 따라 가축 및 조류의 분뇨를 발효원료로 이용하는 데 어느 정도의 제약을 받고 있다. 일부의 농가는 돼지를 다시 기르지 않아 발효원료가 부족하고, 이로 인하여 이미 건설된 바이오가스 소화조에서 발효되어야 할 원료가 없거나 이용이 멈추는 상태에 놓여 있다. 농촌지역의 바이오가스 소화조 발효원료 부족 문제를 효과적으로 해결하기 위하여 농업부는 농작물 줄기(대)를 이용한 바이오가스기술을 연구하여 짚 등의 농작물 부산물을 발효원료로 이용하고 있다. 2007년 말까지 농작물 줄기를 이용한1가구용 바이오가스장치는 5.5만개소로 그 한해 50083개소 새로이 증가되었다. 농작물 줄기를 이용한 대규모 중앙 공급식 바이오가스플랜트는 2650개소이며, 그 해 2,634개소가 새로이 증가되었다. 그림2는 중앙 공급식 대형 바이오가스 플랜트를 나타내고 있다. 2002년 3월 Liaoning-Province Liaozhong-Xian Lengzibu-Zhen 에 건설되었고, 총 투자비 RMB 65만원, 농촌 농가구 260호에 가스를 안정적으로 공급하고 있다. 마른 옥수수 줄기, 옥수수 알갱이를 따고 남은 그 심, 마른 벗짚 또는 왕겨 등의 농작물 부산물을 원료로 사용하고 있다. 그림 2.22는 농작물 부산물을 이용한 바이오가스를 생산하여 각 가구 주방용 레인지에 가스를 공급하고 있다.



<그림 2.22 가스화장치를 이용한 바이오가스 생산시스템>

바이오매스 발전

2005년 말까지 전국 바이오매스 발전설비용량은 약 200만kW이며, 그 중 버개스(bagasse)를 이용한 발전설비용량은 170kW, 쓰레기를 이용한 발전설비용량은 20만 kW이며, 그 외에도 쌀겨 등 농업산림폐기물을 이용한 가스화 발전과 바이오가스 발전 등 있다. 바이오매스 전기발전을 위한 원료 수집, 정제처리, 연소설비 제조 등은 현재 국제수준과 비등한 상태이다.



<그림 2.23 바이오매스발전플랜트>

바이오매스 액체연료

중국은 교통차량연료를 위한 에탄올은 이미 생산이 시작되었다. 양식을 연료로 하는 연간 에탄올생산능력이 102만 톤이고, 비 양식을 연료에탄올로 생산하는 기술은 초보적으로 상업화되었다. 식당 폐유, 유류 식물(oil plants)을 디젤오일로 하는 생산능력은 연간 5만 톤이다.

태양에너지

중국 정부는 태양열에너지이용을 적극 권장하고 태양열온수기시장을 확대하며, 태양열온수기 생산과 응용을 장려하고 있다. 태양열온수기 이용은 이미 빠른 속도로 이용 보편화되고 있다. 2007년까지 전국 농촌지역태양열온수기용 집열 면적은 4,286만 m^2 로 2000년 1,108만 m^2 에 비해 3,178만 m^2 증가하였으며, 연평균 454.06만 m^2 , 연평균증가속도 21.3%이다. 태양에너지 주방용 레인지는 112만대로 2000년 33만대에 비해 78.88만대 증가하였으며, 연평균증가속도 19.06%이다. 태양에너지 농촌주택 면적은 1524만 m^2 로 2000년 978만 m^2 로 546만 m^2 증가하였으며, 연평균증가속도는 15.8%이다. 농촌지역에서의 태양광발전 보급 누계량은 9.9만개소이며, 그 설비용량은 3.9조W이다. 소형풍력발전기는 11.2만대이며, 그 설비용량은 16조W이다. 양광발전 적용사례로 Liaoning성 Jiancheng-Xian을 소개한다. 빈곤하고 전기가 없는 산촌에 1997년 3월

태양에너지전지 총용량 22,650Wp, 총계 353개의 독립주택용태양광발전 시스템을 설치하였다. 이 중 태양전지공률 50Wp의 직류시스템 253개, 태양전지 공률 100 Wp의 직류시스템 100개로 구성되었다. 매일 4~5시간 전기를 정상적으로 전기를 공급할 수 있고 353가구에 야간 실내조명 및 가로등, 텔레비전 시청 등의 수요전력을 만족시킬 수 있었다. 그림4는 독립주택용태양광발전시스템을 보인다.



<그림 2.24 독립주택용태양광발전시스템>

그림 2.25는 Yangzhou-Xian(한국에 군단위 행정지역에 상당) 중학교 옥상에 설치된 중앙 공급식 태양열온수시스템을 보인다.



<그림 2.25 중앙공급식 태양열온수공급시스템>

그림 2.26은 산장식 일반주택에 설치된 개별 태양열온수기시스템을 나타낸다.



<그림 2.26 단독용 태양열온수시스템>

풍력발전

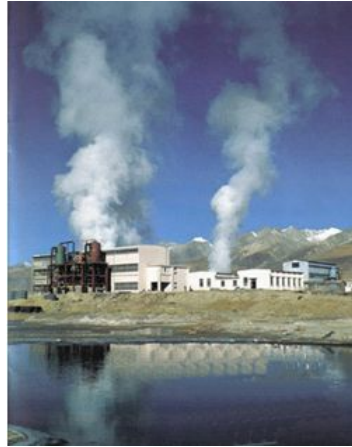
2005년 말까지 전국에 풍력발전소는 60개소 건설되었고, 총 설비용량은 126만kW이다. 이 외에 독립형 소형 풍력발전기는 약 25만기가 있으며, 그 총 설비용량은 5만kW이다. 중국에서 750kW이하 풍력발전설비는 이미 생산, 조와트급(1000kW) 풍력발전설비는 제조 중에 있다. 국제 선진국가 수준과 비교하면 국산풍력발전기의 용량은 비교적 작으며, 주요 기술은 수입에 의존하고 있어 주 부품들의 생산을 위해 기술 수준을 더 높여야 한다. 그림7은 바람을 이용한 풍력발전을 나타낸다. 설치위치는 Gansu성 yumen현 sanshi리이고, 이곳의 이론 풍력자원은 3000만kW이상이며, 국가 계획 6대 풍력발전기지의 한 곳이다. 1997년 0.12만kW 풍력발전 4기(덴마크로부터 Nordtank31-300kW)를 도입, 실험을 수행하고, 다음 0.72만kW, 그 다음 1.19만kW, 2006년에 대규모 10만kW이상의 전력을 생산하고 있다.



<그림 2.27 Gansu성 농촌마을의 풍력발전>

지열에너지

중국의 지열에너지발전현황을 살펴보면 지열탐사기술, 지열에너지 평가방법, 지열에너지 설계, 지열에너지 시공 등의 완전한 기술을 확보하고 있으며, 설비 및 검측기 등 국산화를 완전히 이루었다. 2001년부터 2005년까지 30조W이상, 총 누계 50조W의 소중대규모 지열발전소를 이미 건설하였고 이미 상업화하고 있다. 지열에너지를 이용한 난방면적은 2001년에서 2005년까지 700~800만 m^2 , 총 누계 1500만 m^2 의 건축면적에 이미 시공되었다. 시공사례로 천진시 교외에 위치한 Fengjing 국제호텔을 소개한다. 건축면적은 60000 m^2 , 준공일은 2006년, 시스템 기능은 동절기 난방(heating), 하절기 냉방(cooling)이 주목적이며, 주기계타입은 GSHP450(8대), 주기계 총히팅량은 4,050kW, 말단 방식에 송풍기 코일 설치하였고, 공급수온은 55 $^{\circ}C$, 열원에는 지하수, 총 사업비는 RMB 1,500만원, 동절기 설계 실내온도는 22 $^{\circ}C$, 하절기 설계 실내온도는 26 $^{\circ}C$, 운영비용은 동절기(11월 1일부터 익년 3월 31일) 33원/ m^2 , 하절기(6월 16일부터 9월 30일) 15원/ m^2 이다. 그림8은 지하열에너지를 이용한 동절기 건축난방 및 발전시스템을 나타낸다. 중국 서북부 Xizhang지역의 지하열관정은 온도 200 $^{\circ}C$, 1.5Mpa이며, 발전기를 이용하여 직접 전기를 생산하고 있다. 들어오는 증기는 1.0Mpa, 180 $^{\circ}C$ 이고, 나가는 증기는 0.07Mpa, 90 $^{\circ}C$ 이다. 유량은 44t/h이며, SEPG500-500의 발전기를 이용, 500kW의 발전공률을 가지고 있다.



<그림 2.28 지하열에너지 건축난방 및 발전시스템>

바이오매스 고체연료

중국에서 연0.5만 톤 급의 바이오매스 고체연료 생산 공장의 년 이윤은 RMB 100만원, 농민 660㎡에 최소 농산물부산물 500kg, 바이오매스 고체연료 1만 톤은 표준석탄0.8만 톤을 대신할 수 있고, SO₂배출 160톤을 감소할 수 있으며, CO₂배출 1.44만 톤을 감소할 있는 것으로 최근 조사되었다. 매년 생산되는 농업부산물은 약 500만 톤으로 계산하면 바이오매스 고체연료는 최소한 300만 톤(표준 석탄량으로 환산하면 240만 톤)을 생산할 수 있다. 동시에 신 농촌건설 가속화와 농민의 생활환경을 개선하여 재생에너지이용 극대화 및 농촌 경제발전을 촉진하고 있다. 그림9는 산촌지역에 건설된 바이오매스 고체연료 생산플랜트를 보이며, 농촌의 수입 증진에 큰 도움이 되고 있다.



<그림 2.29 바이오매스 고체연료 생산 플랜트>

신재생에너지 지원 서비스 체계 강화

신재생에너지 장기발전과 강화를 위하여 농촌에너지 업무 관리확대, 그 기술개발 연구와 발전, 모니터 및 유지관리, 직업기술 배양, 사회화 등 서비스 체계를 형성하였다. 2007년 말까지 전국에 농촌에너지 관리 기관 1.15만개소를 건립, 약 3.53만인이 지원, 근무하고 있으며, 이 중 4년제 대학 학부 이상 졸업생이 6346명에 이르며, 전체 18% 이상 차지하고 있다. 현재 연구 및 개발 그리고 모니터를 위해 국가지정 전문자격 기술증을 소지하고 있는 농민기술원이 20.4만 명에 이르며, 이 중 바이오가스 생산 기술자가 19.8만 명으로 구성되어 있다. 농촌 바이오가스 사회화 서비스를 촉진하고, 군, 읍 단위행정기관에서 농가에 직접 방문하여 바이오가스 관련뿐만 아니라 행정지원 등의 복합적인 서비스를 병행 지원하고 있다.

(2) 중국 농촌에서의 신재생에너지 이용 및 중장기 발전계획

2007년 8월에 발표된 중국 농촌지역에서의 신재생에너지 중장기발전 계획안에 의하면, 농촌지역 신재생에너지 개발 및 이용은 매우 넓은 농촌지역의 농민 생활용 에너지 문제를 해결하고 농촌생산 및 생활환경을 개선하며, 생태환경을 보호, 환경 친화적 건설을 할 수 있다고 보고되고 있다. 또한 농민의 경제적 수입을 높이고 농촌경제 및 사회의 더 빠른 발전을 도모한다. 2007년 중국 농촌에서의 신재생에너지 보급 및 활용 중장기 중점발전계획은 아래와 같다.

기존 전력망에서 비경제적 지역에 전력공급을 확대하기 위하여 소규모 수력발전, 태양광발전과 풍력발전 등의 현지 자원을 이용한 신재생에너지 기술을 이용하여 무전기 농촌지역에 전기를 제공한다. 수력발전 자원이 풍부한 지역에서는 소규모수력발전을 개발, 건설화 하여 약 100만호 주민에게 전기를 공급한다. 소규모수력발전자원이 부족한 지역에서는 그 지역에 맞도록 독립적인 태양광발전 및 풍력과 태양광 병용 발전소를 건설하여 약 100만호의 주민에게 전기를 제공한다.

소규모수력발전을 대신할 수 있는 개별용 바이오가스 및 고체형 연료, 태양열 온수기 등을 이용하여 연료를 보급한다. 이것은 농촌지역에

청정생활에너지를 제공하고, 농촌생활조건을 개선하여 농민생활의 질적 수준을 높인다. 2010년까지 청정신재생에너지 사용 농촌가구 보급률 30%까지 높인다. 농촌 바이오가스 이용 가구 수는 4000만호, 태양열온수기사용 면적은 5000만 m²을 달성한다. 2020년까지 청정신재생에너지사용 농가구 보급율은 70%이상 도달, 농촌가구 바이오가스 사용가구를 8000만호까지 높이고, 태양열온수기 사용 면적을 1억m²까지 넓힌다.

신재생에너지자원이 풍부한 지역에서는 그 지역에 적합한, 활용면이 넓은 다양한 원칙에서 각종 다양한 신재생에너지원을 충분히 이용하고, 녹색에너지시범 지역건설을 적극 추진한다. 생활에너지원소비총량중 녹색에너지 신재생에너지원 이용량을 50%를 초과한다. 각종 바이오매스 폐기물을 적절히 처리하고 합리적으로 이용한다. 녹색에너지시범 지역에 바이오가스와 바이오매스 고체연료, 태양에너지를 병용할 수 있도록 건설한다. 2010년까지 전국에 50개소 녹색에너지 시범지구를 건설하고 2020년까지 녹색에너지시범지역을 500개소 증가 보급한다.



신재생에너지 적용을 위한 조사

1. 주택단위 신재생에너지 적용
2. 마을단위 신재생에너지 적용
3. 신재생에너지 적용을 위한
사례지 조사
4. 신재생에너지 적용을 위한
인식 조사
5. 결론

제3장 신재생에너지 농어촌뉴타운 적용을 위한 조사

1. 주택단위 신재생에너지 적용 사례

신재생에너지의 농촌마을 적용에 대한 사례조사를 통하여 우리 농촌마을 실정에 가장 적합하고 효율적인 기법을 모색하고 활용방안을 마련하기 위해 자료 조사를 실시하였다. 신재생에너지를 적용하는 농어촌뉴타운은 여기서 조사된 지역과는 다른 지역으로 다음의 특성을 갖고 있다.

개발규모	<ul style="list-style-type: none"> • 농어촌뉴타운 선정 : 1군에 1곳 • 규모 : 100-300가구 (50가구 이상) • 인구 : 1,000명 이내
주민구성	<ul style="list-style-type: none"> • 구성 : 귀촌 농어업 종사자, 농어업 기업인, 지역주민 • 경영주 연령 : 30-40대 중심
시설입지	<ul style="list-style-type: none"> • 생활시설 : 교육, 의료, 문화, 복지, 상업, 위락여가, 교통통신, 주택, 기반, 환경보전 시설 • 생산시설 : 산업, 금융, 영농관련 시설 • 농어촌시설 입지의 우선순위 : 경제>의료>여가>편의>교통>교류
에너지 계획	<ul style="list-style-type: none"> • 단독주택 / 타운하우스 신재생에너지 활용 • 공동시설 에너지 수급

<그림 3.1 농어촌뉴타운 기본 계획>

(1) 광주광역시 신호천 마을

광주광역시 신호천 마을은 우리나라의 대표적인 에너지 자립 마을로 잘 알려져 있다. 신호천 마을은 에너지 관리공단이 신재생에너지로 60% 이상을 공급하는 50여 가구의 시범마을로 지정하는 ‘그린빌리지’로 선정되었다. 시설로는, 2.1Kw 태양광 발전기가 64가구 모든 마을 지붕에 얹혀져 있는 에너지 자립형 마을이다.



<그림 3.2 신호천 마을 전경>

(2) 충남 홍성군 문당리

충남 홍성군 홍동면 문당리 마을 입구에 위치한 가로등과 가로등의 전력을 공급하는 풍력 발전기를 가지고 있다. 실생활에 적용된 신재생 에너지 이용을 통한 에너지 자립의 좋은 예로 판단된다.



<그림 3.3 문당리 마을 가로등 용 풍력발전기>

(3) 강원도 인제군 남전리 마을

강원도 인제군 남면 남전리에서 태양광 에너지를 활용한 마을 내 에너지 소비 및 잉여 전력의 판매를 통한 고소득 창출하고 있으며, 남전리 마을은 총 22가구가 모여 살고, 60대 이상의 노인이 대부분인 마을로 유휴지를 활용하여 추적식 100kw, 고정식 200kw의 태양광 발전기 3기를 설치하여 일일 300kw의 전력을 생산하고 있다.



<그림 3.4 남전리 마을 태양광에너지 발전기>

(4) 외국의 신재생에너지 주택

해외에서 신재생에너지를 활용한 주택 사례는 ①신재생에너지를 활용함과 동시에 에너지 소비를 감소하는 것과 병행, ②설비형 태양에너지 (Active Solar Energy)보다 자연형 (Passive Solar Energy) 태양열 시스템을 주로 이용, ③주택의 경우 태양에너지를 활용하는 사례가 대부분을 차지, ④신재생에너지 활용방안 마련의 목적은 궁극적으로 주민의 삶의 질 개선을 위함에 있다.

각 가구의 에너지 소비를 감소시키기 위해 고기밀·고단열 주택으로 설계하고, 북쪽 입면의 개구부를 최대한 줄이고 있으며, 자연형 (Passive Solar Energy) 태양열 시스템을 주로 이용함으로써 경제성을 확보할 수 있고, 농촌의 자연경관과 어우러져 마을 내에 주택이 이질감을 갖지 않도록 한다.



<그림 3.5 외국 농가주택의 신재생에너지 활용사례>

2. 마을 단위 신재생에너지 적용 사례

서울시 신재생에너지 타운

서울시도 향후 신재생에너지를 이용한 타운을 건설하기 위해 계획중이며 다음과 같은 기준을 설정하였다. 먼저, 신재생에너지를 기반으로 한 지속가능한 에너지 공급체계를 갖추려면 아래와 같은 조건들을 갖춘 에너지 저소비형 도시구조가 되어야 한다.

- 에너지 저소비형 공간 구성: 바람길, 건물의 방향, 녹지 및 수변공간의 면적 위치 등을 고려
- 에너지 저소비형 건축: 건물에너지 효율 1등급 의무화
- 그린 교통체계: 보행, 자전거, 온실가스 배출량이 적은 대중교통 수단 등을 우선시
- 미활용 에너지 및 신재생에너지 이용: 태양광 발전, 태양열 온수공급, 지열을 이용한 냉난방, 수소연료전지를 이용한 열, 전기 공급 등

에너지 절감형 시스템 건물 보급 확대를 위해 패시브 솔라형 건물 보급을 추진하고 있는데, 그 주요 내용은 다음과 같다.

패시브 솔라형 건물 보급

신재생에너지 타운의 기본조건은 에너지 절감형 사회를 먼저 구축하는 것이다. 패시브 솔라(Passive Solar)란 태양광을 자연 그대로 활용하는 것으로 자연채광, 햇빛을 이용한 자연 난방 등을 의미한다. 이런 방식의 건물 디자인은 그 자체가 에너지 이용과 밀접하게 관련되어 있기 때문에 에너지 보존에 도움이 된다. 패시브솔라로 설계된 건물들은 난방, 냉방, 채광 용도로 태양을 이용한다. 이는 다른 자원의 에너지 소비를 줄이고 안락한 실내 환경을 제공한다는 장점이 있다. 디자인 원리는 다양한 건축 스타일이나 건축 기술에 접목될 수 있다. 또한 태양광 전지나 태양열 급탕 시스템과 같은 Active Solar 에너지 시스템의 이용에도 도움이 된다. 패시브 솔라 건물 디자인의 범주는 다음과 같이 나누어진다.

- ① 패시브 솔라 난방
- ② Passive 냉방
- ③ 자연 채광

패시브 솔라형 건물의 가이드라인

패시브 솔라형 건물의 보급을 확대하기 위해서는 아래와 같은 건물 가이드 라인을 준수해야 한다.

1. 겨울철 태양에 노출을 최대화할 수 있도록 건물의 방향을 정한다. 건물이 겨울철에 태양빛을 많이 받고, 찬바람을 막을 수 있도록 방향을 정한다. 겨울철 태양에 노출을 증가시키기 위해서 건물 디자인을 동서방향으로 연장한다. 건물의 북향 면적을 최소화한다. 건물의 남향에는 거주에 적절한 방, 북향에는 난방이나 채광이 거의 필요하지 않은 방(옷장, 빨래방, 창고, 복도, 설비실 등)을 배치한다.
2. 질이 좋은 창문을 선택하고 전략적으로 배치한다. 동남쪽이나 남쪽, 남서쪽에 큰 창문, 북쪽이나 서쪽에는 작은 창문을 배치한다. 최상의 창문을 선택한다. 유리의 U값이나, 가시광선 투과율, 태양열 복사지수의 평가를 통해 건물 유리를 최적화한다.
3. 내부의 온도 변동을 조절하기 위해 축열량(thermal mass)을 이용한다. 직간접 패시브 솔라형 난방을 위해, 열 흡수원으로 내부 온도 변동을 최소화할 수 있는 벽과 바닥의 축열량을 통합한다. 외부 온도가 매일 실내온도 이상이나 이하로 변동하는 지역에서는 축열량을 에너지 절감을 돕는다. 축열량은 낮에는 에너지를 흡수하고 밤에는 내부로 열을 내보내는 효과적이며 무료인 열원의 기능을 수행한다.
4. 효율적인 예비 시스템으로 나머지 난방부하를 공급한다. 태양열 급탕 시스템으로 생산되는 바닥의 복사열 이용을 고려한다. 예비 난방원으로 먼지 배출량을 최소화하기 위해 축매 변환기가 장착된 효율적인 나무나 펠릿 난로를 고려한다. 나무 난로를 구매하기 전에 대기질 규제에 적합한지, 난방 공간에 적절한 크기인지를 확인한다.
5. 태양광에 직접적인 노출 및 열 흡수를 최소화한다. 태양광이나 열

이 건물로 투과되어 들어오기 전에 이를 방지하기 위해 커튼이나 곁창처럼 내부 차단과 반대되는 나무나 차양 같은 외부의 태양 차단 수단을 우선적으로 이용한다. 여름철이나 초가을에 태양빛을 차단하기 위해서 큰 사이즈의 남향 창문을 가린다. 서향 유리를 최소화한다. 나무 그늘이나 차양을 비롯해 외부 블라인드나 곁창을 이용해 전략적으로 서향 유리를 가린다. 언덕지역에서는 동향 유리도 가릴 필요가 있다. 버티컬 블라인드는 동서 방향 건물에 최적이다. 채광창 크기를 최소화하고 이를 자연채광에 대부분 이용한다. 직접적인 열을 획득하기 위해 스카이라이드(skylid)가 이용될 수 있으며, 채광창은 간접적으로 과난방이나 섬광현상을 없애 줄 것이다. 지붕을 적당히 연한 색으로 칠한다. 예를 들어 언덕지역에서는 시각적인 영향을 최소화하기 위해 황토색이 선호되는 경향이 있다. 건물 외부의 보도나 도로, 베란다나 주차장과의 색을 조화시키기 위해 연한 색의 반사 효과가 없는 마감재를 이용하고, 가능하면 그늘을 드리운다. 지역 기후에 적합하고 외부와 내부 사이의 열 교환을 최적화시킬 수 있는 고성능 유리를 이용한다.

6. 찬 공기가 건물 내부로 유입될 수 있도록 설계한다. 여름철 미풍을 냉방에 이용하기 위해 입구를 배치한다. 거주에 적절한 방에 미풍의 유입 및 유출을 가속화하기 위해 출구의 크기와 위치를 조정한다. 외부의 열 흡수원이 입구로 들어오는 것을 피한다. 예를 들어, 미풍을 냉방에 이용하기 위해 입구 앞에 아스팔트 도로를 위치시켜서는 안 된다. 공기가 식생이나 호수 및 저수지를 지나 미리 냉각될 수 있도록 한다. 어두운 색의 포장을 피한다. 콘크리트의 기능적인 축열량 바닥재를 만들어 내기 위해서 Solar Slab의 이용을 고려한다. 차가운 공기의 유입이나 더운 공기의 유출을 용이하게 하기 위해 지붕 밑 통풍기나 건물 전체 통풍기나 지하실 통풍기(paddle fan)를 이용한다. 냉각탑이나 난방용 굴뚝의 통합을 고려한다.
7. 더운 공기가 건물 외부로 배출될 수 있도록 설계한다. 밤 시간이나 이른 아침 냉방을 이용하는 전략을 이용한다. 더운 공기를 배출시키기 위해 지붕 꼭대기에 둥근 지붕(cupola), 정자(belvedere), 작동 가능한 채광창이나 채광층의 창문, 난방용 굴뚝을 고려한다.

열 투과를 줄이기 위해 지붕 밑에 반사 박(foil)을 씌우거나 공기층을 둔다.

8. 자연채광을 최대화하기 위해 다음의 전략을 고려한다. 자연 채광을 최적화하기 위해 유리창과 더불어 컴퓨터 모델링 기법의 이용을 고려한다. 모든 방에서 적어도 2개 이상의 벽면에 자연 채광창을 배치한다. 천장에서의 자연 채광을 위해 채광층의 창문이나, 지붕 모니터, 채광창의 이용을 고려한다. 추적 반사경으로 이른 아침이나 늦은 오후의 채광창의 성능을 향상시킬 수 있다. 과난방이나 과채광(overlighting)을 피하기 위해 채광창 주변을 주의깊게 설계한다. 간접적인 자연채광 시스템은 과난방이나 눈부심 현상을 방지할 수 있다. 자연채광을 보다 고른 상태로 이용하고 눈부심 현상을 줄이기 위해 머리 높이 정도의 남향 창문에는 광선반(light shelf)을 배치하고, 반사율이 높은 천장이나 연한 색의 벽지를 사용한다. 광막 글레이어를 줄이는 것은 자연채광을 늘리는 것보다 중요하다. 눈부심 현상이나 비용을 줄이기 위해 남쪽의 대형 유리면에 태양광전지를 붙이는 것을 검토한다. 그늘을 이용해 과난방을 피하고 작업공간으로 태양광의 직접적인 투과를 최소화한다. 업무 공간에서 자연 채광을 보조하기 위해 국부 조명을 이용한다.
9. 특수 유리 및 자동 제어를 고려한다. 선택적인 유리 이용으로 태양열을 얻고 동서방향의 노출 및 열 손실을 최소화하는 동시에 유리의 가시광선 투과를 최대화한다. 채광 입구에서 멀리 떨어진 자연 채광 공간을 확보하기 위해 경량 파이프나 광섬유 시스템의 이용을 고려한다. 광섬유 시스템은 비싸기 때문에 상업적인 규모에서만 이용이 가능할 것이다. 창문에서 멀리 떨어진 곳에 조명이 필요할 때 가까운 곳의 창문이 열릴 수 있도록 조명을 구획한다. 고정된 용량의 모델보다는 연속 전기 안정기가 에너지 소비를 3배 정도 절약할 수 있다. 자연 채광 전략의 일부로 자동화된 자연 채광 제어시스템을 이용하는 것처럼 유동성이나 조절가능성을 최대화하기 위해 제어하고 조명을 배열한다.

마곡지구의 신재생에너지 타운 구상(서울시정개발연구원)

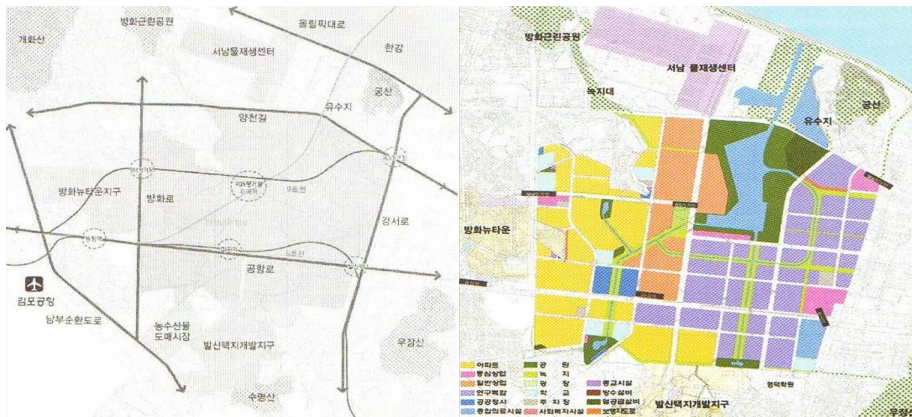
1) 마곡지구 개요

마곡지구는 강서구 마곡동, 가양동 일원이며 총 면적은 336만 4,000㎡(101만7,610평)이다. 주거용지가 전체의 20%를 차지하고 있으며, 농경지가 60%, 도로 9%, 대지 12.9%, 구거 10.3%, 기타 7.3%의 순으로 나타났다.

(표 3.1 마곡지구 토지이용 계획)

구분		면적(천㎡)	구성비(%)	비고	
총계		3,364	100		
주거용지	소계	676	20.1		
	공동주택 아파트	676	20.1		
상업용지	소계	453	13.5		
	중심상업용지	97	2.9		
	일반상업용지	356	10.6		
연구개발용지	연구복합용지	737	21.9		
도시기관 시설용지	소계	1,494	44.4		
	도로	497	14.8		
	보행자도로	8	0.2		
	종합의료시설	44	1.3		
	공공청사	52	1.6		
	학교	84	2.5		
	사회복지시설	1	·		
	광장	14	0.4		
	근린공원	457	13.6	4개소	
	어린이공원	6	0.2	3개소	
	경관녹지	0.9	·	4개소	
	연결녹지	246	7.3	23개소	
	완충녹지	12	0.4	7개소	
	주차장	20	0.6	4개소	
	열공급설비	26	0.8	1개소	
	전기공급설비	8	0.2	1개소	
	자원회수시설	15	0.4	1개소	
	방수설비	2	0.1	1개소	
	기타시설용지	종교시설	3	0.1	4개소

출처 : 마곡지구 도시개발사업(SH공사)



<그림 3.6 마곡지구 토지이용계획도>

2) 마곡지구 에너지 수요예측

열 수요량 및 열부하를 구하기 위해서는 최대 열부하의 경우 우선 난방면적(건물면적의 80%)을 구한 후, 단위 열부하를 곱한 수치이며 여기에 동시부하율을 고려한 것이 난방요구 열부하이다. 이 사업지구의 포화연도(2014년) 기준 총 열수요량은 연간 60만Gcal, 전력수요량은 연간 78만 7,066MWh이다.

(표 3.2 마곡지구 에너지 수요량)

구 분	열(Gcal/년)		취사용 (천Nm ³ /년)	전력 (MWh/년)
	난방/급탕	냉방		
공 동 주 택	203,760.0	49,350.1	1,594	51,447
상 업 용 지	22,680.6	8,977.9	519	92,407
업 무 용 지	51,185.0	17,999.2	267	194,537
연구복합용지	117,243.7	40,908.6	541	394,374
종합의료시설	30,515.2	5,160.2	257	27,965
학 교	1,420.4	536.7	40	3,417
공 공 청 사	6,645.9	2,337.0	51	16,243
사회복지시설	24.6	14.2	.	63
열·전기공급시설	1,653.7	273.4	6	2,974
자원회수시설	807.6	152.1	3	634
종 교 시 설	249.8	.	1	347
도로,공원,주차장 등	.	.	.	2,658
계	436,186.5	125,709.4	3,279	787,066
석유환산톤(TOE)	59,650			67,688

3) 마곡지구 신·재생에너지 공급방안

마곡지구는 건축부문에서 『서울 친환경 건축기준』에 따라 건축부문 1등급 충족을 하여 20% 이상 절감할 수 있도록 가이드라인을 계획하였다.

(표 3.3 건물에너지 효율 인증 시 추가공사비 및 절감률)

순위	현행설계	설계대안	추가비용 (원)	난방에너지 절감율 (%)	연간난방비 절감액(원)
1	16mm복층유리 (5mm+6mmA+5mm)	22mm로이복층유리 (아르곤주입유리) (5mm+12mmA+5mm)	1,590,000	30	130,000~180,000
2	16mm복층유리 (5mm+6mmA+5mm)	22mm로이복층유리 (5mm+12mmA+5mm)	1,290,000	25	110,000~150,000
3	16mm복층유리 (5mm+6mmA+5mm)	16mm로이복층유리 (5mm+12mmA+5mm)	740,000	13	56,000~80,000
4	16mm복층유리 (5mm+6mmA+5mm)	16mm복층유리 (5mm+12mmA+5mm)	550,000	10	43,000~60,000
5	일반보일러	지역난방	700,000	10	43,000~60,000
6	일반보일러	고효율 보일러(87% 이상)	200,000	8	34,000~50,000
7	창면적비50%	창면적비 45%	·	6	26,000~36,000
8	단층유리 발코니새시창	복층유리 발코니새시창	1,200,000	4	17,000~30,000
9	건물방위·동향	건물방위·남향	·	3	13,000~18,000
10	벽체단열 법규기준적용	벽체단열 법규대비20%향상	90,000	3	12,000~17,000
11	가산절감률 3%	가산절감률 5%	·	2	·
12	환기율 0.5회/시	환기율 0.45회/시	·	2	9,000~12,000

출처 : 에너지절약 설계를 위한 가이드라인, 2006, 에너지관리공단

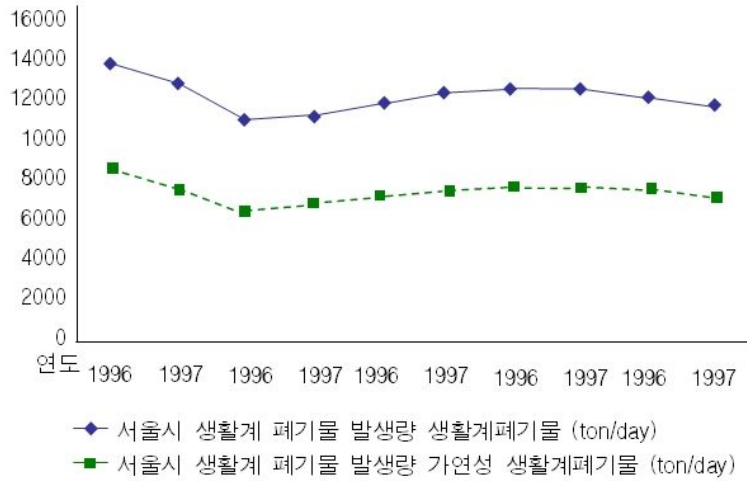
(표 3.3)을 토대로 마곡지구 에너지 수요추정에 의한 건물에너지의 절감률이 33.5%가 되기 위한 방안으로 22mm 로이복층유리, 창면적비 45%, 복층유리 발코니 새시창, 벽체단열 법규대비 20% 향상, 환기율 0.45회/시 등의 대안을 제시한다.

(표 3.4 건물에너지 효율등급 1등급 의무화 시 절감률 및 절감액(추정))

순위	설계대안	난방에너지 절감률 (%)	연간 난방비 절감액(백만원)
1	22mm로이복층유리(아르곤주입유리) (5mm+12mmA+5mm)	30	3,420
2	창면적비 45%	6	1,433
3	복층유리 발코니새시창	4	1,086
4	벽체단열 법규대비20%향상	3	670
5	환기율 0.45회/시	2	485
합계		47	7,094

복층유리와 창면적비, 발코니 새시창, 고효율 단열재 사용 및 환기율 조절율을 통하여 약 47%의 난방에너지 절감의 효과가 있을 것으로 예상되며 연간 난방비 절감액은 대략 70억 원으로 예상된다. 마곡지구 건물에너지 효율등급 1등급을 의무화 하는 방안을 추진하면, 최소 33.5%의 열에너지를 절감할 수 있을 것으로 예상된다.

서울기의 생활계 폐기물 발생량 및 가연성 생활계 폐기물량은 다음과 같다. 생활계폐기물은 하루 평균 1만 1,844톤이 발생되며, 폐기물 에너지로 이용 가능한 가연성 생활계폐기물은 하루 평균 7,157톤이 발생하는 것으로 분석되었다.

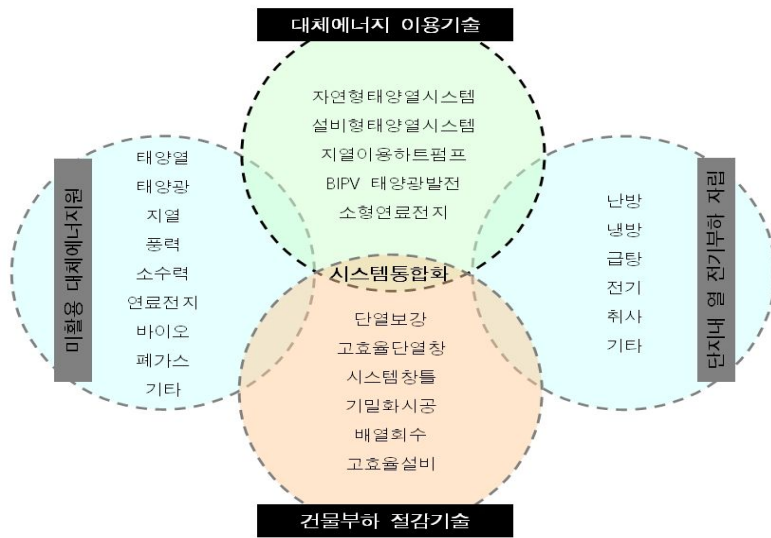


<그림 3.7 서울시 생활계 폐기물 발생량>

이들 쓰레기는 성상별로 소각하는데, 이때 발생하는 잉여 에너지는 1,700Gcal/ton이다. 사업지구에서 소각 처리하는 쓰레기량을 하루 500톤으로 가정하면, 이를 소각 시 발열량은 다음과 같다.

- 발생열량 : 500ton/일 × 1.7Gcal/kg = 850Gcal/일
- 회수열량 : 850Gcal/일 × 300(유지보수 기간 : 65일) = 255천cal/년

연간 회수 열량은 25만 5천Gcal이며, 이는 에너지 절감을 통해 100%로 공급이 가능하다.



<그림 3.9 신·재생에너지 도입개념도>

북경 바이오가스 시범마을

중국은 그린(Green)경제개발, G환경창조, G농산물생산, G생활향유를 목적으로 중국농업대학에서 계획을 수립하고 개발하고, Recycling Eco-economy개념에 바탕을 둔 시범마을 조성하였다. 기본 구조는 가축배설물을 처리하여 침지과정을 통해 바이오가스를 생산하고, 더불어 액비와 고형물[유기비료]생산, 물순환 재이용 및 그린농산물 생산이다. 이를 위해 순환을 위한 농작물의 규모는 돼지사육 12,000마리, 화훼 66ha, 과일(배, 복숭아) 20ha이다.

캄보디아 바이오매스 발전소

CDM사업 일환으로 캄보디아와 UNFCCC가 공동으로 추진한 사업으로 총 520만 달러를 투자하여, 2006년에 착공, 2008년부터 가동 중이다. 벵 도정공장(Angkor Kasekam Roongroueng)에서 나오는 왕겨를 발전소의 연료로 사용하여 2.0 MW 전력을 생산, 인근 공장에 공급하고 있다.

스웨덴 농업에너지(Agrobioenergy) 프로젝트

1973년 1차 석유파동 후 농업에너지 프로젝트(1979-1986)를 시행하고 있으며, 30년 후 현재 단기순환 에너지산림이 다양한 기능을 하고 있다. 여기에는 폐수처리, 슬러지 재순환, 정수, 중금속 정화 기능이 있는 버드나무(salix) 바이오매스 생산과 환경 생태보존 통합하며, 영구뿌리줄기종 갈대 카나리아풀은 북부 추운지방에서 바이오에너지 생산 가능 작물이고, 수확기 지연 갈대풀은 양질의 연료와 농업생태 개선에 효과적이라고 보고되고 있다.

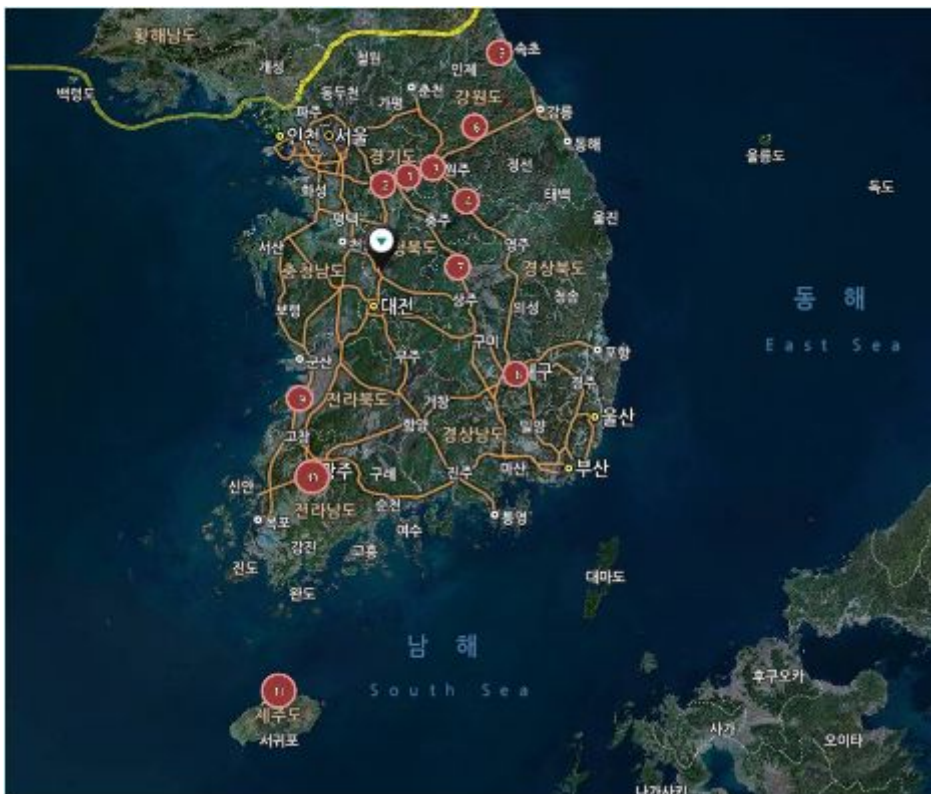
(표 3.6 국외 신재생에너지 지구 사례정리)

도시	도시 개요	특징
마스다르	반경: 6km ² 인구: 5만명	<ul style="list-style-type: none"> • 3무(온실가스, 폐기물, 자동차)도시 조성 • 도시 내 신개념 교통수단 제안을 통한 탄소 가스 발생억제 • 에너지 사용량 모니터링 • 100% 청정에너지 의존
중국 SYNIA	반경: 275km ² 인구: 80만명	<ul style="list-style-type: none"> • EnyCity 개념 도입 • 에너지 절감 15%(가정부문 40%)
중국 동탄	반경: 88km ² 인구: 5만명	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 수요 64% 절감 • 에너지, 물, 식량, 자족적 생태도시 • 자동차 매연제로 도시 건설(zero-emission)
네덜란드 Amersfoort	반경: 220km ² 인구: 13만명	<ul style="list-style-type: none"> • 6,000가구 중 501가구(12,000m²)에 태양광 발전설비 설치 • 연간 전력소비량의 2,100MWh의 54% 충당
스웨덴 스톡홀름		<ul style="list-style-type: none"> • 수송수단 특화 • 2010년까지 도시 운송수단의 100%를 청정화 • 2010년까지 탱크의 85%를 청정 연료로 사용 • 2010년까지 스톡홀름에서 팔린 모든 운송수단의 35%를 청정화
수소연료전지지구		<ul style="list-style-type: none"> • 캐나다 토론토: Hydrogen Village를 중심으로 수소연료전지를 이용하여 전력 및 난방과 통신 등의 사회 인프라를 구축 • 미국 콜롬비아시: Fuel Cell District를 계획하여 수소 및 연료전지를 지역에너지로 활용할 계획

3. 신재생에너지 적용을 위한 사례지 조사

3.1 조사의 개요

본 연구에서 신재생에너지를 사용한 농어촌뉴타운의 실제 사용지는 없으므로 기존의 사업을 통해 현재 운영 중인 지역을 조사함으로써 농어촌 뉴타운에 적용할 시사점을 찾고자 하였다. 지역은 전국을 대상으로 하되 이미 알려져 있는 지역을 우선적으로 선발하였다. 또한 신재생에너지의 원별 종류가 많으나 실제 적용이 용이한 태양열에너지, 태양광발전, 풍력발전, 지열에너지, 바이오매스 에너지를 중심으로 하였으며, 문제가 되고 있는 폐기물에 대한 열병합발전시설을 추가하여 조사하였다.



<그림 3.10 대상지구 위치>

(표 3.7 신재생에너지 조사지역)

No.	조사지역	조사일	조사대상지	내 용
1	여주	7월 29일	용담 마을	그린빌리지 - 태양열
2	이천	7월 29일	모전 영농조합	바이오 (분뇨 이용)
3	원주	7월 29일	원주 국민체육센터	지열
4	제천	7월 29일	원마루 마을	그린빌리지 - 태양열
		7월 29일	제천시 자원관리센터	폐기물
5	속초	7월 30일	속초 수질환경사업소	바이오 (가스 이용)
		7월 30일	중도문 2리 마을	그린빌리지 - 복합
6	대관령	7월 30일	신재생에너지 전시관	복합
7	문경	7월 31일	신재생에너지 체험단지	복합
8	대구	7월 31일	경북고	태양열, 태양광
		7월 31일	신천 하수사업소	소수력, 태양광
9	부안	8월 6일	등용 마을	자발적참여 - 태양광
10	광주	7월 31일	신효천 마을	그린빌리지 - 태양광
11	제주	8월 11~12일	동광 마을	그린빌리지 - 태양광
		8월 11~12일	신창 마을	그린빌리지 - 풍력

조사는 14개 지역으로 강원도, 경기도에서 제주도 까지 전국을 조사하였고, 태양열, 바이오가스, 폐기물, 태양광, 지열, 소수력, 풍력 등 총 7개 에너지원이었다.

3.2 신재생에너지 사례지 조사

신창 마을



조사대상지	제주시 한경면 신창마을
주 에너지원	풍력에너지
조사내용	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 제주 신창리 풍력그린빌리지는 국내 최초 풍력을 이용한 청정에너지 자급자족 시범마을로 2006년도에 850kW급 2기를 설치하여 연간 약 3,700kWh 전력을 생산하여 1,350여 가구의 전력을 풍력으로 대체하는 효과를 갖고 있다. ❖ 신창리 풍력발전소는 발전기 11기, 높이 64m, 날개 32m로 마을 외부에 설치되었고, 도에서 관리하고 있다. 발전금액의 일부를 마을에 지원하고 있으며, 일정 기간 후 마을에 귀속된다.

신호천 마을



조사대상지	광주광역시 신호천마을
주 에너지원	태양광 에너지
조사내용	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 2004년 11월부터 태양광 발전을 시작한 마을로 개인 가구주택 64가구에 2.1kW 태양광발전 시설을 설치하여 운영하고 있고, 신재생에너지 우수사례전에서 우수상을 수상한 마을이다. ❖ 주민들은 설비용량이 적어 불편한 점 외에는 전기료 부분에서 많은 이득을 보고 있어 대체적으로 만족을 느끼고 있어, 주택 외에도 농장에 시설을 설치한 가구도 있다. ❖ 마을 내에는 간혹 태양열발전을 설치한 가구도 상당수 있으나 대체적으로 태양열보다는 태양광을 더 선호하는 편이며, 설치비 중 자부담이 30%이고, 무상 A/S기간은 3년이지만, 인버터 고장시 교체 비용이 170만원에 달해서 수리비 부분에 있어서 상당한 부담을 느끼고 있다.

동광 마을



조사대상지	제주시 안덕면 동광리
주 에너지원	태양광에너지
조사내용	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 태양광을 이용한 에너지 자급자족 시범마을로, 총 46 가구에 112kW 규모로 설치되어 사용 전력량의 72%를 태양광으로 대체 공급하고 있어 청정에너지 보급 확산 및 지역에너지 자급기반 구축에 기여하고 있다. ❖ 2004년 말부터 발전이 시작된 마을로 인버터 잔고장이 잦아서 실내로 이동 설치한 경우가 있으며, 유지보수는 도에서 5년간 무상보조가 된다. ❖ 태양광 설치규모는 2.8kW, 2.1kW의 지상형과 3.2kW의 지붕형으로 전기세의 약 70~80%가 절약되며, 마을 주민들은 새로운 가구가 들어오면 추천할 의향이 있고, 설치 후 경제적 이득 발생에 대체적으로 만족하는 편이다. ❖ 타 시도 및 학생 견학으로 마을방문이 잦은 편이다.

신천 하수종말처리장



조사대상지	대구광역시 북구 서변동 환경시설공단 신천하수사업소
주 에너지원	태양광, 소수력에너지
조사내용	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 하수처리 시설은 부지면적 361,025㎡에 처리구역 59.2km²으로 일일 하수 68만 톤을 처리하는 시설로 대구에서 가장 규모가 큰 하수처리장이며, 처리수의 일 10만m³은 모래여과를 거친 후 신천 상동교까지 펌프로 이송하여 방류함으로써 도심 속 신천의 유지수 확보 및 쾌적한 환경조성으로 시민들의 삶의 질 향상에 기여하고 있다. ❖ 태양광 발전설비 시설은 미래 대체에너지 실증과 보급 확산, 청정 에너지 이용으로 도시환경오염 예방, 전력에너지 부족난 완화 및 절약을 목적으로 설치되었고, 발전용량 679kW로 연간발전량은 819,714kWh이며, 연간 50,002천원 정도의 전력비 절감효과가 있으며 전체전력량의 1.7% 정도를 차지하고 있다. ❖ 소수력 발전시설은 지역에너지 시범사업으로 화석연료 사용억제 및 대체에너지 개발보급, 환경오염 예방 및 청정도시 발전기여, 전력수요 급증에 따른 에너지 부족난 완화 및 절약에 기여할 목적으로 설치되었고, 발전용량 139kW, 유효낙차 3.76m로 17,000t/h 이상 방류시 가동한다. 연간발전량은 1,140천kWh이며, 연간 70백만원 정도의 전력비 절감효과가 있다. 방류수량 부족으로 1일 14~15시간 정도 가동하며, 발전용량 139kW이나, 실제 발전량은 50~60kW/h로서 1일 발전량은 700~800kW이다.

중도문 마을



조사대상지	강원도 속초시 도문동 중도문2리
주 에너지원	태양열, 태양광, 지열에너지
조사내용	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 태양열 일체형 28세대, 분리형 30세대, 태양광 5세대, 지열 3세대에 100% 국비지원으로 총 6억원의 공사비가 소요되어 조성 ❖ 건물 내에 태양열, 태양광, 지열 계량기가 한 개로 각각의 사용량 파악이 힘들지만 신재생에너지 사용 전 마을회관의 월 연료 사용료는 80만원 정도 소요되었으나 현재는 월 전기 17만원정도 소요 ❖ 태양열은 온수로 이용하고, 태양광은 전기로 이용하고 있으며, 대부분 집열판이 2장으로 주민들은 부족하다고 여겨 집열판을 늘려달라고 요구하며, 일체형은 문제없이 작동 ❖ 설비 고장시 A/S가 신속하게 이루어지지 못하여 간혹 주민들의 불만 사항이 제기 ❖ 마을 주민들은 에너지 절감 효과를 상당부분 느끼고 있고, 태양열, 태양광, 지열 각각의 에너지원에 대해 지열에 대해 가장 많은 만족도를 보이고 있으며, 지열 규모로는 마을회관에 8RT, 식당에 5RT, 펜션에 3RT 규모의 지열시스템을 사용 ❖ 마을회관에 사용된 지열공은 150mm×150m×2공의 규격을 사용하고 있으며, 주민들은 마을에 조성된 신재생에너지 설비에 대해 자부심

등용 마을



조사대상지	전라남도 부안군 등용마을
주 에너지원	태양광 에너지
조사내용	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 등용마을은 부안에너지자립시범마을로 태양광발전 전력을 한전에 kW당 716.40원에 100% 판매하여 전력 판매 금액으로 태양광발전시설 확장에 재투자하고 있다. ❖ 현재 마을에는 30kW급 태양광발전용과 3kW급 태양광주택용이 있고, 35RT급 지열시스템과 발전용으로 사용되지는 않지만 상징적으로 1kW급 풍력발전기가 설치 ❖ 체험용 자전거페달 발전장치 및 태양열조리기가 1기 있고, 60여명을 수용할 수 있는 신

이천 모전영농조합



조사대상지	경기도 이천시 백사면 모전리 모전영농조합
주 에너지원	바이오에너지
조사내용	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 이전까지는 독일의 수입 기술을 사용하였으나 현재는 90% 이상 국내기술이 사용되고 있고, 원격제어관리 시스템으로 사용 및 관리가 편리하다. ❖ 축분을 이용한 메탄가스 발전으로 분뇨는 일일 100t에 이를 정도로 충분히 확보가 되지만 주변 지역에 악취가 심하고 슬러지 발생의 문제점을 안고 있으며, 분뇨 처리가 100% 되지 않아 액비 저장의 문제점이 있다. ❖ 10억 투자로 풀가동시 월 30~40만원의 절약 효과를 누릴 수 있으나 시간당 30~34kw의 발생량으로 투자금에 비해 효과가 미비하다. ❖ 정부의 보조로 인해 생산 전력을 되팔 수 없고 매년 감사를 시행하며 전문인력이 필요하나 인건비 문제 등으로 시행하지 못하고 있다.

원주 체육센터



조사대상지	강원도 원주시 명륜동 원주 체육센터
주 에너지원	지열에너지
조사내용	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 180m 깊이에 직경 150mm 지열공 90개가 6~9개의 묶음으로 되어 있어 문제 발생시 묶음 단위로 제어 가능하며, 순환만으로 4~5℃로 보정이 가능하다. ❖ 24시간 운영 가능하고 실별로 제어 가능하여 건물 내 냉난방을 효율적으로 관리할 수 있다. ❖ 지열히트펌프는 냉난방 시스템 중 가장 효율이 높은 것이 특징이고, 1차 에너지의 절약으로 환경친화적인 시스템 ❖ 지열 냉·난방 시설 기술진의 완성도가 완벽하지 않은 상태에서 시작되어 모래가 많이 끼이고, 누수 발생시 쉽게 찾기 어려운 단점과 지하수 오염 발생 염려가 있고, 인버터 제어가 효율적으로 되지 않아 열효율이 떨어질 경우가 생긴다. ❖ 수영장 같은 경우 가스로 급탕을 하고, 지열로 온도 유지를 담당하는 등 지열과 타자원을 병용하기도 한다.

제천 자원관리센터



조사대상지	충북 제천시 신동 625 제천 자원관리센터
주 에너지원	지열에너지
조사내용	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 매립, 소각, 음식물, 재활용처리시설이 함께 입지하고, 축구장, 눈썰매장, 청소년체험장, 파고라 등 주민이 편안하게 쉴 수 있는 쉼터와 생태연못, 실개천, 약초원, 유리온실 등 생태공원 시설로 조성되었다. ❖ 시설 운영시에 큰 문제는 없으나 운영시작시 주민들의 동의를 얻었지만 폐기물 등의 영향을 고려하여 시설반경 2km의 주민전체를 이주할 생각을 갖고 있다. ❖ 음식물은 건조하여 사료로서 주변 닭, 오리 농가에 무상으로 공급하고 있으며, 폐열을 이용하여 건물을 난방하고, 음식물 건조 및 겨울철 허브 시설에 난방을 하고 있다. ❖ 현재 30% 가량의 열이 남아서 증기터빈 발전기 설치를 구상중에 있으며, 설치 6년 뒤 손익분기를 회복하고, 매립장은 84년이 지나면 포화되어 그 위에 골프장을 건설할 계획에 있다. ❖ 180kg/5분의 소각시설로 남은재는 매립을 하고, 일일 50t 가량을 소각하며, 일일 26t 가량의 사료를 생산한다. ❖ 발생하는 오염물질을 체계적인 관리로 배출을 억제하고 있으며, 업체 위탁관리로 24시간 가동하고 있다.

3.3 조사결과와 분석

신재생에너지 자원은 기상에 많은 영향을 받고 있다. 에너지원별 잠재량의 평가를 위한 조사지역의 기상자료는 다음과 같다.

(표 3.8 조사지역의 에너지원별 잠재량 평가를 위한 기상 자료)

항목	일조시간	일사량 (30년평균)	평균풍속	최다풍향	1m 지중온도 (30년 평균)	강수량
이천	1815	24.92	1.2	wsw	13.3	
원주	1749.7	15.38	1.2	wsw	13.2	
제천	1841.3	20.61	1.4	wsw	12.4	2067.3
속초	1892.3		2.5	w	13.2	
대관령	1903.7	11.81	3.4	w	9.3	
문경	1871.1	20.2	1.6	n	14.2	
대구	2045.4	12.65	2.3	w	15.9	
제주	1671.8	12.26	3.3	nw	17.1	
광주	1862	12.93	1.8	nne	15.7	1620.6
단양	1841.3	20.61	1.4	wsw	12.4	2067.3
장수	1831.8	-	1.6	n	13.3	1563.3
고창	1773	18.7	1.1	ese	15.6	1637.2
화순	1862	12.93	1.8	nne	15.7	1620.6
장성	1862	12.93	1.8	nne	15.7	1620.6

각 조사지역의 장, 단점은 다음 표와 같다.

(표 3.9 조사지역의 장·단점)

지역 현황	만족도	장점	단점
용담마을 GV (태양열)	4	<ul style="list-style-type: none"> 태양광 보다는 태양열 선호 설치 전후로 전기 비용 부담의 절감 여름철 전력이 남음 정부 보조로 인해 3년간 무상 지원 	<ul style="list-style-type: none"> 설치 시 업체 측의 과도한 홍보와 매끄럽지 못한 행정 처리 문제 사용 시 유지 관리 방법에 대해 주민들에게 충분한 설명이 미비 집열판 1개 교체 시 70만 원정도 비용 부담
모전영농 조합 바이오(축 분)	2	<ul style="list-style-type: none"> 편리한 원격 제어 자동화시스템 전력 생산에 필요한 충분한 원료의 공급 	<ul style="list-style-type: none"> 투자금액에 비해 전력 생산 면에서 경제성이 떨어 분뇨처리와 액비저장 문제 인건비 등의 문제로 전문 인력을 두기 곤란 주변 지역 악취 문제점 정부 지원으로 인해 매년 감사를 받아야 함
원주국민 체육센터 (지열)	4	<ul style="list-style-type: none"> 묶음 단위로 매설되어 있어 문제 생길시 제어가 편리 지열만으로도 급탕이 가능 순환만으로 4~5도로 온도 유지 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 기술진의 완성도가 높지 않은 상황에서 시작하여 모래가 끼는 현상이 생김 지하수 오염 발생 가능 일시적으로 전원 차단 시 문제 발생 인버터 제어가 제대로 되지 않아 열효율이 떨어짐
제천시자 원관리센 터 (폐기물)	4	<ul style="list-style-type: none"> 폐기물의 처리로 열을 얻고 폐열로 난방 등에 이용 폐열로 음식물을 건조하여 사료를 생산하여 무상 공급 	<ul style="list-style-type: none"> 운영 시 큰 문제는 없으나 환경 주민들에 영향이 있어 주민전체 이주 고려 중
중도문2리 GV (복합)	5	<ul style="list-style-type: none"> 지열이 제일 효과가 높음 태양열 온수, 태양광 전기로 이용 에너지 사용전후 전기료 급격한 절감 효과 대부분 문제 없이 무난히 작동하고 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 태양열, 태양광, 지열 계량기가 한 개여서 각각의 사용량 파악이 힘들 집열판 개수 추가 설치 요구 태양열 난방에 심야전기 지원이 곤란 에너지관리공단, 기술연구원 감사 후 찾아오지 않음 A/S 시스템에 문제 제기
신효천마을 GV (태양광)	5	<ul style="list-style-type: none"> 태양열보다는 태양광이 효율적 이용에 대체로 만족하여 농장에 도 시설 설치 	<ul style="list-style-type: none"> 마을 주민들의 업체에 대한 불신 시설 용량이 작은 것에 대한 아쉬움 육상녹화 후 시공 바람 시공 후 5년동안 2가구에서 인버터 문제 발생, 교체 170여만 원 부담

신재생에너지를 적용한 사례지역을 방문 조사한 결과 태양광에너지에 대한 만족도가 가장 높게 나타났으며, 복합에너지(지열, 태양열, 태양광) 역시 만족도가 높게 나왔으나, 바이오에너지의 경우 경제성 등의 문제로 만족도가 낮음을 알 수 있었다.

4. 신재생에너지 적용을 위한 인식 조사

4.1 조사의 개요

신재생에너지의 적용성을 결정하기 위해선 수치적 모델에 근거를 둔 적용에 대한 우선순위의 판단과 더불어 신재생에너지에 대한 인식을 조사하여 이를 통해 적합한 모델을 구성해야 한다.

신재생에너지 적용을 위한 인식의 조사는 현장 조사 요원을 통해 실시하였으며, AHP에 근거를 둔 방법을 통해 우선순위 및 정량화 과정을 추구하였다.

조사한 설문은 다음과 같다.

(1) 신재생에너지의 농어촌 뉴타운 적용의 중요요인

	점수(10점 만점)
경제성	
기술개발	
유지관리편리	
적용의용이성	
미래지향성	
주민요구	
자연환경	

(2) 농어촌뉴타운에 적용이 곤란한 에너지원

	태양열	태양광	바이오메스	소수력	풍력	지열	해양에너지	폐기물에너지	연료전지	석탄액화가스	수소에너지
불가(O.X)											
이유											

(3) 농어촌뉴타운에 적용될 에너지원별 순위

순위	에너지원	점수(10점 만점)
1		
2		
3		
4		
5		
6		

(4) 신재생에너지의 도입에 중요한 요인

	자연환경이 유리한 에너지원	정부지원 등 경제성이 뛰어난 에너지원	주민이 사용하기 편리한 에너지원	생태적으로 안정된 에너지원	정책 등 안정적인 에너지원	점수 (10점만점)
자연환경이 유리한 에너지원	1					
정부지원 등 경제성이 뛰어난 에너지원		1				
주민이 사용하기 편리한 에너지원			1			
생태적으로 안정된 에너지원				1		
정책 등 안정적인 에너지원					1	

(5) 에너지원별 적용인자

에너지원		적용인자	기타
재생에너지	태양열		
	태양광발전		
	바이오매스		
	풍력		
	소수력		
	지열		
	해양에너지		
	폐기물에너지		
신에너지	연료전지		
	석탄액화가스화		
	수소에너지		

4.2 신재생에너지 적용을 위한 인식 조사 분석

신재생에너지 적용을 위한 인식조사에서는 신재생에너지 도입의 중요한 요인으로 지역의 자연환경이 유리한 에너지원, 정부지원 등 경제성이 뛰어난 에너지원, 주민이 사용하기 편리한 에너지원, 생태적으로 안정된 에너지원, 정책적으로 안정된 에너지원의 각각의 쌍대 비교를 통해 수행하였다. 그 결과 분석 결과 자연환경이 유리 > 정부 지원 등 경제성이 뛰어난 > 주민이 사용하기 편리 > 생태적으로 안정 > 정책적으로 안정 순으로 중요한 것으로 나타났다. 이것은 신재생에너지가 갖고 있는 에너지원으로서의 특성보다는 자연순환적인 지속가능한 에너지원으로서의 신재생에너지를 강조하고 있다고 판단된다. 즉, 고 효율의 에너지원 보다는 그 지역에 적합하고, 적용이 유리한 에너지원의 도입이 필요하며, 이것이 정부의 정책, 안전성보다 우선하는 특성화를 추구하고 있음을 나타낸다.

(표 3.10 신재생에너지 도입에 중요한 요인)

	자연환경이 유리한 에너지원	정부지원 등 경제성이 뛰어난 에너지원	주민이 사용하기 편리한 에너지원	생태적으로 안정된 에너지원	정책 등 안정적인 에너지원	중요도
자연환경이 유리한 에너지원	0.33	0.48	0.40	0.18	0.26	0.33
정부지원 등 경제성이 뛰어난 에너지원	0.16	0.24	0.35	0.31	0.25	0.26
주민이 사용하기 편리한 에너지원	0.11	0.09	0.13	0.27	0.24	0.17
생태적으로 안정된 에너지원	0.29	0.12	0.08	0.16	0.16	0.16
정책 등 안정적인 에너지원	0.10	0.08	0.04	0.08	0.08	0.08

신재생에너지의 도입에 중요한 요인으로는 대부분 비슷한 결과를 보였는데, 자연환경이 타 요인에 비해 높게 평가되었으며, 경제성, 미래지향성, 주민요구, 유지관리 편리성, 적용이 용이성이 비슷하나 기술개발은 타 요인에 비해 상대적으로 낮게 평가되었다.

(표 3.11 신재생에너지 도입에 중요한 요인)

요 인	점수 (10점 만점)
경제성	8.57
기술개발	7.64
유지관리편리	8.64
적용의용이성	8.29
미래지향성	8.71
주민요구	8.43
자연환경	9.29

농어촌뉴타운의 구성에 있어서 신재생에너지의 원별도입은 태양에너지가 타 에너지에 비해 월등히 높게 나타났다. 태양에너지는 다른 에너지에 비해 균질하며, 우리나라 농촌의 어디에서도 비교적 이용시 쉽고, 기술개발이 많이 이루어진 에너지원이기 때문으로 판단된다. 이중 태양열이 태양광보다 높게 평가되었으며, 뒤를 이어 지열과 풍력, 바이오매스가 비슷한데 비해 소수력 등은 매우 낮게 평가되었다.

(표 3.12 농어촌뉴타운에 적용될 에너지원 순위)

순위	에너지원	점수(10점 만점)
1	태양열	9.71
2	태양광	9
3	지열	7.36
4	풍력	7
5	바이오매스	6.64
6	소수력	3.93

조사 결과 농어촌뉴타운에 적용될 에너지원별 특성은 다음과 같다.

태양열 에너지

- 경제성 우수
- 주택단위 효과 높음
- 국내 자연환경과 일치
- 사람이 가장 많이 사용하는 뜨거운 물을 상시 사용가능하며 설치비용이 저렴함
- 비교적 적은 투자비용에 비해 타 에너지원보다 이용이 쉽고 효율적인 면에서도 뒤지지 않는 에너지원으로 판단됨
- 일사량이 많지 않은 지역에서는 적용성에서 효율이 적은 단점이 있음
- 온수 제공이 가장 무난함

태양광 발전

- 전기 생산
- 전기수요에 따라 필요
- 용량이 제한적이므로 보급형 개발 필요
- 신기술이 개발됨에 따라 에너지 전환에 대한 효율성이 증가하고 있음
- 초기 비용이 비싸기는 하나 활성화가 되지 않아서 그렇다고 판단되고 차차 가격이 낮춰질 가능성이 있음
- 비교적 적은 투자비용에 비해 타 에너지원보다 이용이 쉽고 효율적인 면에서도 뒤지지 않는 에너지원으로 판단됨
- 일사량이 많지 않은 지역에서는 적용성에서 효율이 적은 단점이 있음
- 점차 기술력이 높아지고 있으며 적용이 가능한 곳이 대부분

바이오매스

- 한정된 자원으로 소규모 적용 불가
- 마을단위 or 마을연합으로 원료 수급 가능지에 적용
- 장기적 발전 수요 감당
- 점차 기술개발이 되고 효율성만 확보되면 우수자원으로 활용가치가 있음
- 축산농가가 많은 지역에서는 적용해 볼만한 자원
- 유지관리 문제는 해결되어야 할 과제
- 환경오염 물질이며 골칫거리인 분뇨 등을 역발상으로 비료와 에너지로 이용 가능

소수력

- 하천지형에 적합하지만 개인단위 생산 불가능
- 터빈 고가
- 수력이 가능한 곳
- 계곡 등 소수력 이용은 가능 (등산로 시설)
- 초기 건설비가 크고 발전량이 강수량에 따라 변동이 많음
- 300가구 정도의 대규모 뉴타운에는 해볼 수도 있다고 생각됨
- 비용이 많이 드는 것이 문제
- 소규모의 운영으로는 경제적으로 이득 될 것이 없어 보임
- 시설설치 가능지가 적음
- 투자비 대비 효율이 매우 적음
- 적용할 수 있는 자연환경이 굉장히 까다로우며 대규모가 아닌 이상 비경제적

풍력

- 설치가격이 고가이고 소규모 적용 곤란
- 높은 발전량
- 국내환경 적합
- 발전수요 높음
- 자연환경에 영향
- 전 지역이 적용하기는 어려움이 있으나 바람이 풍부한 해안지역에서는 효율성이 있다고 판단됨
- 풍력 발전을 마을에 여러 개 짓기는 어려움이 있으므로 공동시설 발전용으로 적용
- 자연환경 조건 상 국내 적용에 한계

지열

- 고가이나 안정적인 에너지원
- 기술개발 필요
- 초기 투자비가 많이 들고 공공시설과 개인주택에 쓰기에 비효율적
- 개개인의 집보다는 공동편의시설 건물에 적용해 볼 수 있다고 생각됨
- 지반상태와 초기비용이 문제
- 단가 해결만 된다는 충분히 가치 있는 자원
- 주택보다는 공공시설물에 적용 가능
- 비용 발생이 큼

해양에너지

- 대규모 시설 필요
- 제한적 사항이 많아 뉴타운에는 부적합
- 시설비용이 많이 들고 마을 단위의 발전에 사용할 수 있는 발전소를 만드는 것이 무의미하다고 생각됨
- 조수간만의 차가 높은 지역도 거의 없음
- 3면이 바다인 우리나라에서 무한한 잠재력을 가진 자원이 맞긴 하지만 뉴타운보다는 더 큰 규모에서 이용하는 것이 효율적
- 조수간만의 차이를 이용해야 하나 국내 여건상 매우 제한적
- 근접한 곳에 바다가 있어야 적용가능 하며 대규모

폐기물에너지

- 대규모의 폐기물에도 건물하나의 전력만을 생산
- 원료 수급 곤란
- 대규모의 설비 투자가 필요하며, 에너지 효율이 낮음
- 뉴타운 마을의 폐기물로 발전하기에는 효율성이 부족
- 초기비용이 많이 듦
- 유지관리비도 많이 듦
- 적용은 가능할 수 있으나 되도록 피하고 싶은 자원
- 주택 및 마을 단위의 환경보다는 대형 공공기관 등에 적용이 바람직할 것으로 판단됨
- 혐오시설이라는 이미지로 농어촌 이미지와 맞지 않으며 대규모

연료전지

- 미개발
- 시스템이 고가이며 데이터가 부족함
- 뉴타운에서 만들 수 있는 에너지원이 아니라 자금을 투자하여 지속적으로 구입도 해야 하며, 발전시설이나 사용 기계도 별도로 사야함
- 기술적 개발이 미비한 상태에서 적용하는 것은 무리가 있어 보임
- 기술력의 부족 및 설치와 유지에 경제성이 떨어져 놓여
존 뉴타운 적용은 부적합

석탄액화가스화

- 미개발
- 다양한 저급연료로 고효율의 발전이 가능하나 시스템 비용이 크고 투자비가 높아서 대기업 중심의 기술 개발로 한정
- 뉴타운에서 만들 수 있는 에너지원이 아니라 자금을 투자하여 지속적으로 구입도 해야 하며, 발전시설이나 사용 기계도 별도로 사야함
- 기술적 개발이 미비한 상태에서 적용하는 것은 무리가 있어 보임
- 기술력의 부족 및 설치와 유지에 경제성이 떨어져 놓여
존 뉴타운 적용은 부적합

수소에너지

- 미개발
- 저장 기술이 안정적이지 못함
- 뉴타운에서 만들 수 있는 에너지원이 아니라 자금을 투자하여 지속적으로 구입도 해야 하며, 발전시설이나 사용 기계도 별도로 사야함
- 기술적 개발이 미비한 상태에서 적용하는 것은 무리가 있어 보임
- 기술력의 부족 및 설치와 유지에 경제성이 떨어져 놓여
존 뉴타운 적용은 부적합

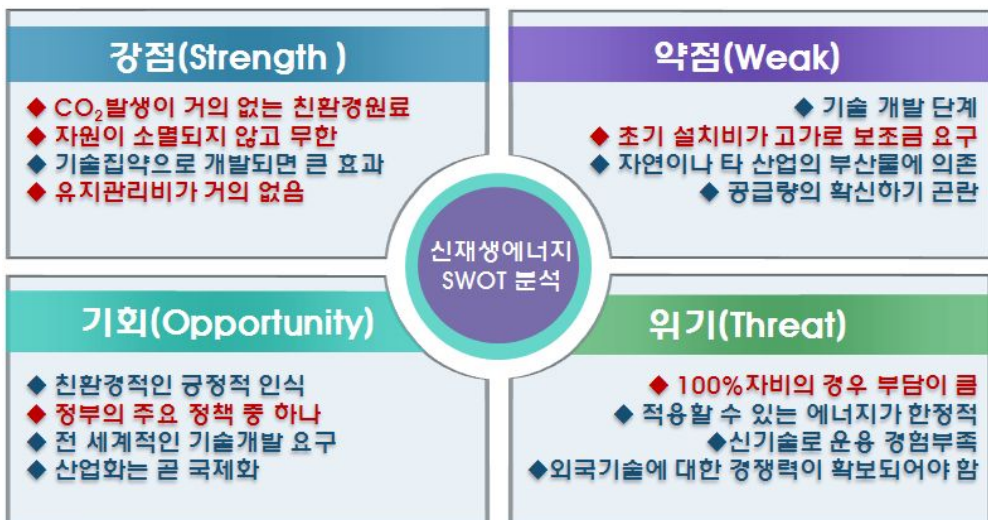
또한 에너지원별 적용인자는 다음과 같다.

(표 3.13 에너지원 별 적용인자)

태양열	일조량, 일조시간, 상대습도, 풍속, 고도, 월별평가, 기온, 강우량, 안개일수, 주택의 형식(지붕, 마당 등)
태양광발전	일조량, 일조시간, 풍속, 고도, 상대습도, 기온, 강우량, 안개일수, 주택의 형식(지붕, 마당 등)
바이오매스	가축두수(소, 돼지, 닭), 가구 수, 농업부산물량(가축분뇨 등), 농지면적, 온도, 열분해 및 발효 대상물, 농업의 형태
풍력	풍속, 풍속일수, 고도, 지형(산지, 평지, 경사지), 풍향
소수력	하천유량, 심지흐름, 강우량, 온도, 발전 가능한 유량, 낙차고, 일정하게 흐르는 물의 양, 유속, 평균 수량
지열	심부지열, 지하수위, 지반강도, 온도, 관입 깊이, 설치 파이프 개수, 일정하게 유지될 수 있는 땅의 온도, 지중온도, 토질의 구성
해양에너지	파력, 조수간만의 차, 조력, 해상태양광, (태양광 + 풍력)과 동일, 해수 온도차
폐기물에너지	쓰레기 배출량, 가구 수, 인구수, 폐기물 양, 화로 용량, 발전 효율, 생활 및 산업폐기물
석탄액화가스화	석탄 고갈시 대비

신재생에너지는 우리나라뿐만 아니라 세계적인 저탄소 녹색성장 흐름에 선행하여 추구된 장기계획으로 새롭게 우리가 살 공간을 설정하는 흐름에서 정성적인 분석을 위해 SWOT을 실시하였다. SWOT은 브레인스토밍 과정을 통해 제기되는 내용을 강점, 약점, 기회 및 위기 요인으로 구별하여 전략을 설정하는 정성적인 분석방법이다.

신재생에너지는 이산화탄소 발생이 매우 낮은 친환경 원료로서의 의미가 크며, 낮은 유지관리비, 비소멸성 재생자원이 강점으로 나타나고 있다. 단점으로는 초기설치비의 고가로 인해 보조금이 필요하고, 기술개발에 대한 부담도 있다. 기회 요인으로는 친환경성에 대한 긍정적 인식외에 정부 및 전세계적으로 주요한 정책의 일환으로 평가하고 있다는 요인이 중요하게 제기되었고, 위협요인으로는 법제 및 외국기술력과의 경쟁이 주된 내용이였다.



<그림 3.11 신재생에너지(기존 에너지 대비)>

신재생에너지를 이용한 농어촌뉴타운의 조성은 강점에 대한 강조를 통해 얻어질 수 있는 이익보다는 보조금에 대한 지원을 통해 얻는 약점의 보완 전략이 중요하다고 판단되며, 위협요인 보다는 정부 및 전세계적인 정책노력에 편승하여 농촌의 사회를 개선하는 데 더 의미가 있다고 판단된다. 따라서 신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운의 조성

전략은 WO 전략이 타당하다고 사료된다.

WO전략은 단점의 보완과 기회를 살리기 위한 전략으로 신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운 사업으로는 다음과 같다.

- 에너지원별 기술개발에 대한 국가적인 지원
- 초기설치비의 부담을 정책적인 방법에 의한 지원(보조금)
- 안정적인 에너지 공급원으로 역할을 수행할 수 있도록 필요 원료의 공급 및 수급의 시스템적 개선
- 청정 에너지원의 강조를 통한 신재생에너지 사용의 국민적 합의의 도출
- 신재생에너지의 장기 플랜의 구성

5. 결론

신재생에너지의 농촌마을 적용에 대한 사례조사를 통하여 우리 농촌마을 실정에 가장 적합하고 효율적인 기법을 모색하고 활용방안을 마련하기 위해 자료 조사를 실시하였다. 조사는 14개 지역으로 강원도, 경기도에서 제주도 까지 전국을 조사하였고, 태양열, 바이오가스, 폐기물, 태양광, 지열, 소수력, 풍력 등 총 7개 에너지원이었다.

조사결과 대부분 태양열에 대한 선호가 타 에너지원보다 높았고, 지열에 대해 상당히 만족하고 있었다. 그러나 전기사용을 위한 발전에 입장에서 태양광을 선호하기도 하였다. 대부분의 불만은 설치 초기 인식의 부족과 기술력의 한계, 주민을 배제한 상태에서의 설계, 용량의 부족 등 초기 문제가 집중되었고, 유지관리 사례가 많지는 않지만 이에 대한 걱정이 매우 높게 판단되었다. 또한 최근 보조금의 격감에 대한 우려가 많아지고 있으며, 이것을 추가적인 확장을 계획하는 농촌마을에서는 치명적인 요인이 될 전망이다.

신재생에너지 적용을 위한 인식조사에서는 자연환경이 유리 > 정부 지원 등 경제성이 뛰어나 > 주민이 사용하기 편리 > 생태적으로 안정 > 정책적으로 안정 순으로 중요한 것으로 나타났다. 이것은 신재생에너지가 갖고 있는 에너지원으로서의 특성보다는 자연순환적인 지속가능한 에너지원으로서의 신재생에너지를 강조하고 있다고 판단된다. 즉, 고 효율의 에너지원 보다는 그 지역에 적합하고, 적용이 유리한 에너지원의 도입이 필요하며, 이것이 정부의 정책, 안전성보다 우선하는 특성화를 추구하고 있음을 나타낸다.

신재생에너지의 도입에 중요한 요인으로는 대부분 비슷한 결과를 보였는데, 자연환경이 타 요인에 비해 높게 평가되었으며, 경제성, 미래지향성, 주민요구, 유지관리 편리성, 적용이 용이성이 비슷하나 기술개발은 타 요인에 비해 상대적으로 낮게 평가되었다.

농어촌뉴타운의 구성에 있어서 신재생에너지의 원별도입은 태양에너지가 타 에너지에 비해 월등히 높게 나타났다. 태양에너지는 다른 에너지에 비해 균질하며, 우리나라 농촌의 어디에서도 비교적 이용 시 쉽고, 기술개발이 많이 이루어진 에너지원이기 때문에 판단된다. 이중 태양열이 태양광보다 높게 평가되었으며, 뒤를 이어 지열과 풍력, 바이오매스가 비슷한데 비해 소수력 등은 매우 낮게 평가되었다.

신재생에너지는 이산화탄소 발생이 매우 낮은 친환경 원료로서의 의미가 크며, 낮은 유지관리비, 비소멸성 재생자원이 강점으로 나타나고 있다. 단점으로는 초기설치비의 고가로 인해 보조금이 필요하고, 기술개발에 대한 부담도 있다. 기회 요인으로는 친환경성에 대한 긍정적 인식 외에 정부 및 전 세계적으로 주요한 정책의 일환으로 평가하고 있다는 요인이 중요하게 제기되었고, 위협요인으로는 법제 및 외국기술력과의 경쟁이 주된 내용이었다.

신재생에너지를 이용한 농어촌뉴타운의 조성은 강점에 대한 강조를 통해 얻어질 수 있는 이익보다는 보조금에 대한 지원을 통해 얻는 약점의 보완 전략이 중요하다고 판단되며, 위협요인 보다는 정부 및 전 세계적인 정책노력에 편승하여 농촌의 사회를 개선하는 데 더 의미가 있다고 판단된다. 따라서 신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운의 조성 전략은 WO 전략이 타당하다고 사료된다.

WO전략에 따른 사업은 에너지원별 기술개발에 대한 국가적인 지원, 초기설치비의 부담을 정책적인 방법에 의한 지원(보조금), 안정적인 에너지 공급원으로 역할을 수행할 수 있도록 필요 원료의 공급 및 수급의 시스템적 개선, 청정 에너지원의 강조를 통한 신재생에너지 사용의 국민적 합의의 도출, 신재생에너지의 장기 플랜의 구성 등이 있다.



신재생에너지 적용 기법 모델

1. 서론
2. 에너지원별 특성
3. 신재생에너지 농어촌뉴타운
단지 모형 적용성 평가
4. 결론

제4장 신재생에너지 적용기법 모델

1. 서론

신재생에너지를 농촌의 마을 설계에 적용하기 위해선 각 에너지원별 특성을 파악하여야 하며, 이중 기술적으로 적용가능한 것을 경제성 분석을 통해 판단하는 것이 가장 타당하다. 또한 이를 위해선 농촌의 에너지 필요량과 신재생에너지로부터 공급될 수 있는 자연적인 한계, 그리고 적용에 따른 우선 순서의 판별이 필요하다.

신재생에너지의 에너지원별 공급량은 표 4.1과 같다.

(표 4.1 신재생에너지 설치원별 공급량)

연도	구분	폐기물	수력	바이오	풍력	태양열	태양광	지열	연료전지	계
'06	공급량	3,975	867	274	60	33	8	6	2	5,225
	비율(%)	76.1	16.6	5.3	1.1	0.6	0.2	0.1	0.0	100

또한 2004년부터 2007년까지 건축부문에 있어서 신재생에너지 투자는 다음표와 같다. 여기서 보면 대략 총 건축공사비에 대비 5-8%의 비용이 투자되고 있음을 알 수 있다.

(표 4.2 신재생에너지 설치원별 투자비율)

년도	구분	설치 계획	건축 공사비 (A)	신재생에너지 투자비			투자비율 (B/A)	보급 잠재량
				태양열	태양광	지열		
2004	30	202,687	1,359	4,895	10,305	16,559	7.79	1,443.1
2005	113	868,255	2,745	14,795	34,489	52,029	5.99	4,719.6
2006	129	1,285,151	2,294	26,530	38,985	67,809	5.28	6,437.6
2007	142	1,012,594	1,538	29,833	21,428	52,800	5.21	4,475.0
계	414	3,378,685	7,937	76,052	105,207	189,197	5.60	17,075.2

신재생에너지의 에너지원별 공급되는 비중은 다음표와 같다.

(표 4.3 신재생에너지 원별 공급비중(2005))

구분	바이오 (ton)	연료 전지 (kW)	지열 (RT)	집광 채광 (m ²)	태양광 (kW)	태양열 (m ²)	풍력 (kW)	태양열 주택 (m ²)	태양열 냉난방 (RT)	기타	합계
개소	3	1	108	7	377	242	20	150	2	5	915
설치용량	2,220	1	11,638	276	8,894	34,700	377	3,618	20	-	-
보조금	1,370	489	23,669	418	56,723	14,651	2,988	1,459	574	3,000	105,341

참고로 국제적인 신재생에너지 기준 단가는 다음과 같다.

(표4.4. 신재생에너지 별 단가)

재생에너지 형태	발전 설비의 특징	발전 단가 (U.S.Cents/kWh)
대형 수력발전	10~18,000MW	3~4
소형 수력발전	1~10MW	4~7
풍력발전	터빈 출력 : 1~3MW 날개 직경 : 60~100m	5~8
해양풍력발전	터빈 출력 : 1.5~5MW 날개 직경 : 70~125m	8~12
바이오연료발전	1~20MW	5~12
지열발전	1~100MW	4~7
태양전비 모듈	단결정 17%, 다결정 15%, 실리콘박막 10% 박막 : 9~12%	20~80
소형 태양전지	2~5kW	20~80
태양열발전	구유형 : 50~500MW 타워형 : 10~20MW	12~18
단독운영		
소형수력발전	100~1000kW	5~10
초소형수력발전	1~100kW	7~20
극소형수력발전	0.1~1kW	20~40
소형풍력	3~100kW	15~25
가정용 풍력	0.1~3kW	15~35
마을용 풍력	10~1000kW	25~100
태양열난방	20~100kW	40~60

2. 에너지원별 특성

2.1 태양열 에너지

태양열 에너지는 태양광선의 파동성질을 이용하는 태양에너지 광열학적 이용분야로 태양열의 흡수·저장·열 변환 등을 통하여 건물의 냉난방 및 급탕 등에 이용하는 기술로 태양광선의 파동성질을 이용하는 태양에너지 광열학적 이용분야로 태양열의 흡수·저장·열변환등을 통하여 건물의 냉난방 및 급탕 등에 활용하는 기술이며, 태양열 이용시스템은 집열부, 축열부, 이용부로 구성된다. 태양열 이용시스템 구성도는 다음 그림과 같다.



<그림 4.1 태양열 이용시스템 구성도>

태양열의 장점과 단점 및 부문별 특징은 다음 표와 같다.

(표 4.5 태양열의 장점과 단점)

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> • 무공해, 무제한 청정에너지원 • 기존의 화석에너지에 비해 지역적 편중이 적음 • 다양한 적용 및 이용성 • 저가의 유지보수비 	<ul style="list-style-type: none"> • 밀도가 낮고, 간헐적임 • 유가의 변동에 따른 영향이 큼 • 초기 설치비용이 많음 • 봄,여름은 일사량 조건이 좋으나 겨울에는 조건이 불리

(표 4.6 태양열의 부문별 특성)

구분	자연형	설비형		
	저온용	저온용	중온용	고온용
활용도	60℃ 이하	100℃ 이하	300℃ 이하	300℃ 이상
집열부	- 자연형시스템 - 공기식집열기	- 평판형집열기	PTC형집열기 CPC형집열기 진공관형집열기	Dish형집열기 Power Tower, 태양로
축열부	Tromb Wall (자갈, 현열)	저온축열 (현열, 잠열)	중온축열 (잠열, 화학)	고온축열 (화학)
이용분야	건물공간난방	냉난방·급탕, 농수산(건조, 난방)	건물 및 농수산 분야 냉·난방, 담수화, 산업공정열, 열발전	산업공정열, 열발전, 우주용, 광촉매폐수처리 광화학, 신물질제조

태양열의 국내 기술개발 현황은 '70년대 초부터 대학과 연구소를 중심으로 연구를 시작하여 '88년부터 대체에너지개발 촉진법에 따라 정부차원에서 기술개발이 이루어졌으며, 최근 기술개발 동향은 보급확대를 위한 태양열 온수기 등 저온활용 요소기술에 대한 효율 및 신뢰성 향상과 태양열 이용분야 확대를 위해 중고온 시스템 개발을 병행 추진 중이다. 태양열의 기술 개발 기본계획은 다음 표와 같다.

(표 4.7 태양열분야 기술개발 기본계획)

제1단계(2003~2006) 보급촉진형 기술개발	제2단계(2006~2009) 다량보급형 기술개발	제3단계(2009~2012) 저가상품화 기술개발
<ul style="list-style-type: none"> • 보급촉진형 기술개발 • 보급형 Solar House 개발: 열부하 70%공급 • 태양열 냉방기 개발 및 상용화 • 건물, 상업용 태양열 이용 • 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 대량보급형 기술개발 • 보급형 Solar house 개발 : 열부하 90% 공급 • 건물, 상업용 태양열이용시스템 상용화 • 중고온 산업용 태양열이용시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 저가상품화 기술개발 • 태양열 발전기술 개발 및 상용화 • 대형 산업용 태양열이용시스템 개발 및 상용화 달성

태양열에너지는 향후계획은 보급되고 있는 태양열 온수기 제품의 품질 향상을 위한 신뢰성 및 효율성 향상 기술개발을 기업체 자체적으로 추진하며 중대형 태양열 온수급탕 시스템의 최적화하고, 건물 태양열 복합이용 기술 및 중·고온분야(산업용 태양열시스템, 태양열 발전시스템)개발은 정부주도로 지속적으로 추진한다. 또한 대규모 지역 냉난방 분야에 대한 태양열 시스템 적용방안에 대한 연구의 지속적 추진하고 있다.

태양열에너지의 해외현황을 살펴보면, 선진국에서는 국가별 특성에 맞는 태양열이용기술을 중점 개발하여 보급하고 있으며 (미국 : 태양열발전, 일본·호주 : 온수기, 유럽 : 대규모 집단난방 및 급탕시스템 등), 저온 태양열 시스템 보급 활성화를 위한 인증시험 및 평가, 신뢰성 향상 등에 지속적인 연구 추진하고 있으며, 미국은 DOE를 중심으로 건물용의 Solar Building Technology와 태양열 발전의 Solar Thermal Energy System으로 구분 추진하고 있다.

'70년대 저온 분야(집열기, 온수기, 자연형 시스템)를 주로 개발하였으나 '80년대 이후 자연형 건물과 중고온 분야에 연구개발 투자하여 태양열발전 및 산업이용 기술의 상업화 (365MW)되었다.

일본은 태양열 온수기의 경우 업체 중심으로 개발 및 상용화하고 있으며, 약 40개 업체가 연간 10만대 규모를 생산하여 보급·수출(약 500만기보급)하고 있다. 최근 자연채광 및 제어와 대규모 태양열 냉난방, 온수급탕 시스템의 산업이용 개발에 주력하는 New Sunshine 계획을 발표하였다.

유럽의 개발과 보급의 핵심은 태양열 난방 및 온수기, 대규모 태양열 시스템, 자연형 태양열건물 등이고, 수출을 목적으로 한 태양열 발전 등 개발 추진 중이며, 태양열 건물이용 Program으로 EU의 JOULE (설비형, 자연형 시스템), THERMIE (대형건물, 집단주택의 냉난방)로 구분하고, 특히 제로에너지 하우스나 제로에너지 타운 등 주로 열에너지 자립을 위한 건물태양열 기술이 최근 들어 많은 연구와 시범보급이 이루어지고 있다. 프랑스, 영국, 독일 등에서 진공관형 집열기 및 메가 집열기 상업화되었다. 호주는 태양열 온수기를 년 10만대 이상 생산하여 유럽 등에 수출하고 있다.

○ 태양열 시스템 이용

태양열 에너지		<p>※ 태양열발전 시스템은 태양열로 물을 끓여 증기 발생, 이를 이용하여 터빈을 돌려 전기 발전</p>
		<p>※ 태양열 시스템은 태양열을 직접 이용</p> <p>※ 자연형과 설비형이 있으며 건물 구조에 사용하는 것은 자연형 (passive)</p>

(표 4.8 태양열 발전에 대한 SWOT분석)



(표 4.9 태양열이용시설 연도별 보급현황)

구 분	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	계
온수기	15,631	4,026	7,796	16,106	41,149	77,226	12,012	4,833	5,924	1,206	812	186,721
골프장	58	8	3	6	6	11	11	0	0	0	0	103
양어장	16	0	3	5	5	5	10	0	4	0	0	48
지중난방	0	0	0	0	9	71	40	31	23	5	0	179
기타시설	2,458	4	6	1	9	28	49	18	19	17	56	2,665
합 계	18,163	4,038	7,808	16,118	41,178	77,341	12,122	4,882	5,970	1,228	868	189,716

2.1.1 태양열 에너지 적용 사례지역

<p>❖ 여주군 용담마을</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 그린빌리지 : 태양열 에너지 ▪ 135가구 중 80여 가구가 신재생 에너지 이용 	
<p>❖ 속초 중도문2리마을</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 그린빌리지 : 태양광, 태양열, 지열 ▪ 태양열 58가구, 태양광 5가구, 지열 3가구 ▪ 마을회관에 3가지 동시 적용 ▪ 약 월80만원의 전기세 -> 약 월 17만원 ▪ 지열 냉난방에 대한 만족도가 가장 높음 	

강원도 속초시에 위치한 중도문2리 마을은 드물게 자연순환에너지원이 복합적으로 적용되고 있는데, 태양열 일체형 28세대, 분리형 30세대, 태양광 5세대, 지열 3세대에 100% 국비지원으로 총 6억원의 공사비가 소요되어 조성되었다. 건물 내에 태양열, 태양광, 지열 계량기가 한 개로 각각의 사용량 파악이 힘들지만 자연순환에너지 사용 전 마을회관의 월 연료 사용료는 80만원 정도 소요되었으나 현재는 월 전기료가 17만원 정도 소요되는 것으로 조사되었다. 태양열은 온수로 이용하고, 태양광은 전기로 이용하고 있으며, 대부분 집열판이 2장으로, 주민들은 부족하다고 여겨 집열판의 추가설치를 요구하였다. 일체형에 대한 불만은 없었다. 설비 고장시 A/S가 신속하게 이루어지지 못하여 간혹 주민들의 불만 사항이 제기 되었다. 마을 주민들은 에너지 절감 효과를 상당부분 느끼고 있고, 태양열, 태양광, 지열 각각의 에너지원에 대해 지열에 대해 가장 많은 만족도를 보이고 있으며, 지열 규모로는 마을회관에 8RT, 식당에 5RT, 펜션에 3RT 규모의 지열시스템을 사용하고 있다. 마을회관에 사용된 지열공은 150mm×150m×2공의 규격을 사용하고 있으며, 주민들은 마을에 조성된 자연순환에너지 설비에 대해 자부심가지고 있다.

2.1.2 태양열 에너지 모델

(1) 적용조건

① 30도 경사면 일사량

측정 지점	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10 월	11 월	12 월
원주	2,788	3,262	3,529	3,998	3,990	3,757	3,181	3,474	3,543	3,472	2,713	2,578

출처 : '신재생에너지자원지도센터'에서 자료를 얻어 적용

② 태양열 온수기 제원

- 평판형 태양열 집열기는 폭 1.2m, 길이 2.2m, 두께 81mm, 1일 온수생산 용량 150ℓ인 시제품 성능 이용 (남상운 등, 2008). 집열면적은 2.64m², 집열효율은 45%로 설정하였으며(주현로 등, 2006). 온수공급온도는 50℃로 설정하였다.

③ 그린홈 100만호 보급사업 기준 국가보조금은 50%로 설정

- 농촌주택의 난방용으로 태양열을 이용하기에는 상당히 넓은 집열면적과 큰 축열조를 필요로 하고, 이들을 주거공간에 설치하는 것은 어렵고 적용이 곤란하므로 온수급탕시스템만 적용하였다(남상운 등, 2008).

(2) 비용의 결정

① 설치비

- 에너지관리공단에서 2009년에 제시한 설치상한단가를 적용하였다.

	구분	설치단가
태양열이용설비	평판형	930,000/m ²
	단일진공관형	980,000/m ²
	이중진공관형	940,000/m ²

- 설치비 = 설치단가 × 집열판면적

② 연간운영비

- 신재생에너지 원별 경제성분석과 통계체계 개선방안 연구(2004,

산업자원부)에서 제시한 연간운영비 1% 를 적용하였다.

- 연간운영비 = 초기투자비 × 유지보수비율

③ 총비용

- 총 비용 = 초기투자비 + 연간 운전비 × 내구연한

④ 보조금을 받을 경우 총비용 (50%)

- 보조금을 받을 경우 총비용 = 설치비(1-국가보조50%) + 연간 운전비 × 내구연한

(3) 편익의 결정

- 기존의 보일러등유 사용시 지출되는 비용을 태양열 사용시 얻는 이득으로 판단하여 결정하였다.

① 연간이득

- 1Kcal 보일러등유의 비용 = 보일러 등유 1L 당 금액 / {보일러 등유 1L 당 열량 × 보일러효율(85%)}

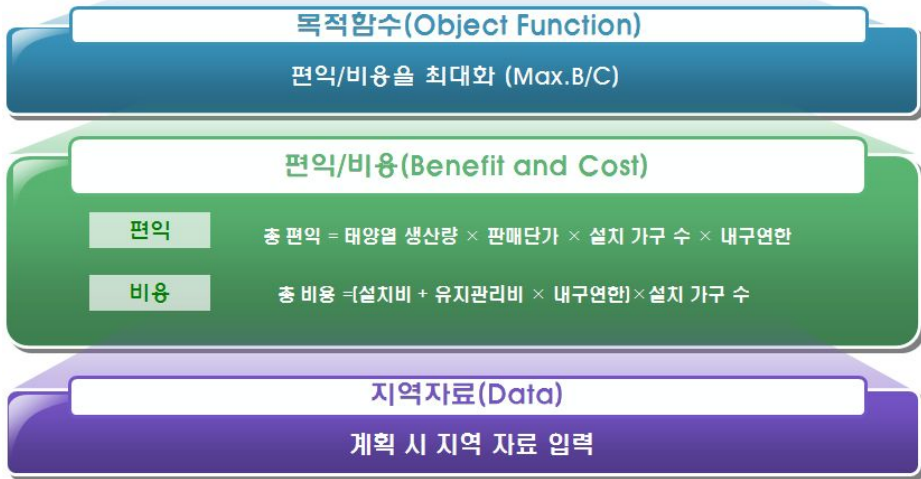
- 연간 이득 = 일일 온수량 × 50℃ 온수 1ℓ 당 보일러등유의 비용 × 365일

② 총이득

- 총이득 = 연간 이득 × 내구연한

(4) 적용 모델

태양열에너지 모델은 편익/비용의 비율을 최대화하는 상태로 다음과 같은 최적 모델 체계를 구성하였다.



(표 4.10 적용모델)

Objective function		maximize Benefit / Cost
Subject to	B/C	$bt_solar_ener / ct_solar_ener$
	Benefit	$bt_solar_ener = p_solar_ener \times price_ener \times solar_ener_house \times duration_solar_ener$
	Cost	$ct_solar_ener = (installcost_solar_ener + mainterancec_solar_ener \times duration_solar_ener) \times solar_ener_house$
Data		$solar_ener_efficiency,$ $incline_radiation, solar_ener_array,$ $price_ener, duration_solar_ener,$ $maiterancec_solar_ener$

(5) 평가

재생에너지 중 가장 일찍 실용화 되어 설치하였으나 기술의 한계, 운영의 문제로 폭 넓게 확장되지 않았다. 그러나 최근 급격한 기술개발과 대기업에서의 연구 및 실용화가 진척되었다. 태양에너지는 전국 어느 지역에서도 잠재량이 풍부한 1차에너지 원으로 뛰어난 확장성을 가지고 있는 에너지원이다. 태양열 에너지는 직접적인 열원으로 사용하므로 에너지 효율이 높으며, 설치 구조가 간단하여, 유지관리비가 적게 든다. 이에 따라 높은 경제성을 보이고 있다. 농어촌뉴타운에 태양열 에너지는 가장 높은 적용의 우선순위를 가지고 있는 에너지 자원으로 평가 할 수 있다.

2.2 태양광 발전

태양광발전은 햇빛을 받으면 광전효과에 의해 전기를 발생하는 태양전지를 이용한 발전으로, 태양광 발전은 태양광을 직접 전기에너지로 변환시키는 기술이며, 햇빛을 받으면 광전효과에 의해 전기를 발생하는 태양전지를 이용한 발전방식이다. 태양광 발전시스템은 태양전지(solar cell)로 구성된 모듈(module)과 축전지 및 전력변환 장치로 구성된다.

태양광발전은 1839년 E.Becquerel(프랑스)이 최초로 광전효과(Photovoltaic effect)를 발견이 기술이용의 기원이며, 1870년대 효율 1~2%의 Se cell이 개발되어 사진기의 노출계에 사용, 1940년대~1950년대 초 초고순도 단결정실리콘을 제조할 수 있는 Czochralski process가 개발되어, 1954년 Bell Lab.에서 효율 4%의 실리콘 태양전지를 개발하였다. 1958년 미국의 Vanguard 위성에 최초로 태양전지를 탑재한 이후 모든 위성에 태양전지를 사용하였고, 1970년대 Oil shock 이후 태양전지의 연구개발 및 상업화에 수십억 달러가 투자되면서 태양전지의 상업화 급진전이 이루어져서 현재 태양전지효율 7~17%, 수명 20년 이상, 모듈가격 \$6/W 내외, 발전단가 \$0.25~0.5/kWh 이다.

태양에너지 발전은 태양에너지를 전기에너지로 변환할 목적으로 제작된 광전지로서 금속과 반도체의 접촉면 또는 반도체의 pn접합에 빛을 조사(照射)하면 광전효과에 의해 광전기력이 일어나는 것을 이용한다.

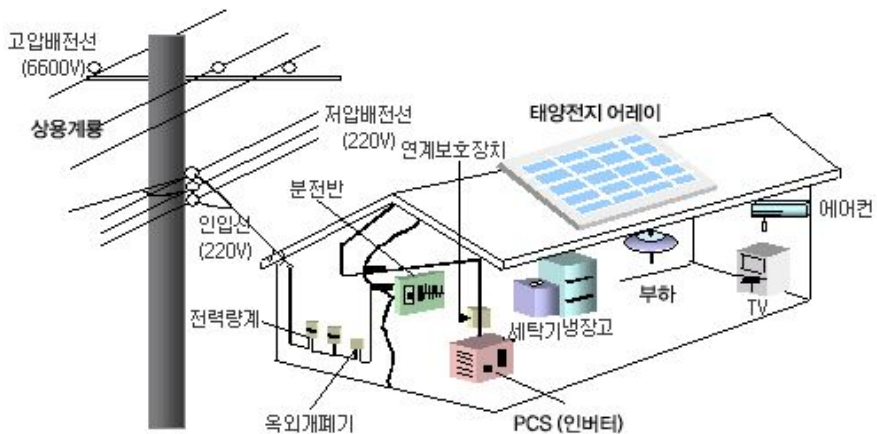
태양광은 정부 주도형 산업으로 각국이 보급정책을 통해 지원하고 있으며, 태양전지산업의 경우 자본집약적이며, 기업의 연구개발의 비중이 큰 사업이라는 특징을 가지고 있다. 또한, 전·후방산업 연관효과가 높아서 시장 창출 효과가 큰 산업으로 큰 성장이 예측되는 차세대 성장 산업이다.

태양광발전의 장단점은 다음 표와 같다.

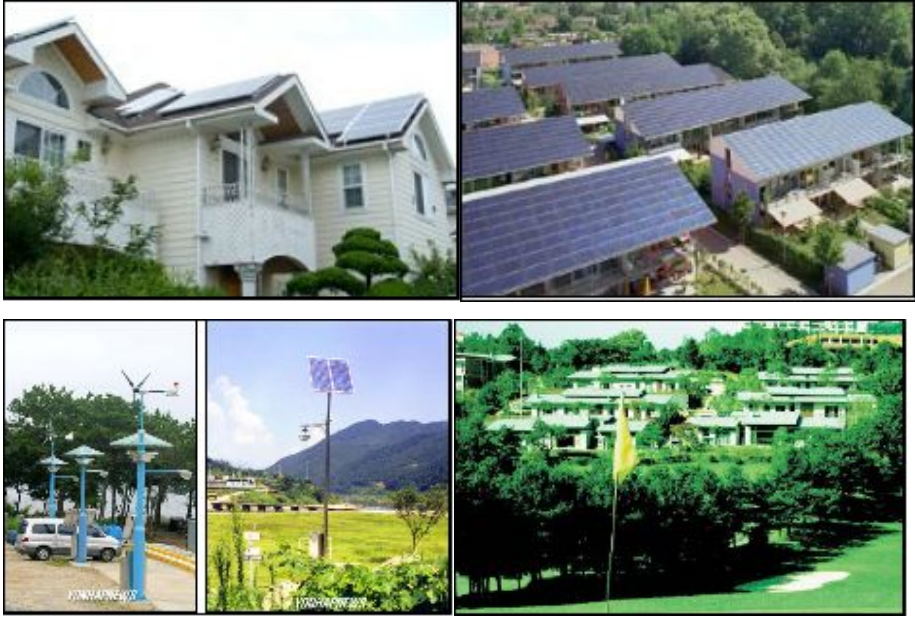
(표 4.11 태양광 발전의 장단점)

장점	단점
<ul style="list-style-type: none"> · 에너지원이 청정 · 무제한 · 필요한 장소에서 필요량 발전가능 · 유지보수가 용이, 무인화 가능 · 긴수명(20년 이상) 	<ul style="list-style-type: none"> · 전력생산이 지역별 일사량에 의존 · 에너지밀도가 낮아 큰 설치면적 필요 · 설치장소가 한정적, 시스템비용이 고가 · 초기투자비와 발전단가 높음

태양광 에너지		<p>※ 태양광 발전은 광전효과를 이용하여 직접적으로 전기를 생성</p>
---------	---	--



<그림 4.2 태양광발전 시스템 구성도>



<그림 4.3 태양열 적용 사진>

(표 4.12 태양광 설치조건)

구분	일반적 측면	기술적 측면
설치 위치 결정	<ul style="list-style-type: none"> • 양호한 일사조건 	<ul style="list-style-type: none"> • 태양 고도별 비음영 지역 선정
설치 방법의 결정	<ul style="list-style-type: none"> • 설치의 차별화 • 건물과의 통합성 	<ul style="list-style-type: none"> • 태양광 발전과 건물과의 통합 수준 • 유지보수의 적절성
디자인 결정	<ul style="list-style-type: none"> • 실용성 • 설계의 유연성 • 실현가능성 	<ul style="list-style-type: none"> • 경사각, 방위각의 결정 • 구조 안정성 판단 • 시공방법
태양전지 모듈의 선정	<ul style="list-style-type: none"> • 시작성 • 제작가능성 	<ul style="list-style-type: none"> • 설치형태에 적합한 모듈 선정 • 전자재료써의 적합성 여부
설치 면적 및 시스템 용량 결정	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈 크기 	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈크기에 따른 설치 면적 결정 • 어레이 구성 방안 고려
시스템 구성	<ul style="list-style-type: none"> • 최적시스템 구성 • 실시설계 • 사후관리 • 복합시스템 구성방안 	<ul style="list-style-type: none"> • 성능과 효율 • 어레이 구성 및 결선방법 결정 • 계통연계 방안 및 효율적 전력공급 방안 • 모니터링 방안
어레이	<ul style="list-style-type: none"> • 고정 • 가변 	<ul style="list-style-type: none"> • 경제적 방법 검토 • 설치장소에 따른 방식
구성요소별 설계	<ul style="list-style-type: none"> • 최대발전 보장 • 기능성 • 보호성 	<ul style="list-style-type: none"> • 최대 발전 추종 제어 (MPPT) • 역전류 방지 • 최소 전압강하 • 내외부 설치에 따른 보호기능
독립형 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 목적달성 • 신뢰성 	<ul style="list-style-type: none"> • 최대공급가능성 • 보조전원유무
계통연계형 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 안정성 • 역류방지 	<ul style="list-style-type: none"> • 지속적인 전원 공급 • 상호계측시스템

태양광 발전에 대한 SWOT은 다음과 같다

(표 4.13 태양광에너지 SWOT)



태양광발전은 '70년대 초부터 대학과 연구소를 중심으로 연구를 시작하여 '88년부터 대체에너지촉진법에 따라 정부차원에서 기술개발을 주도하였으며, 저가화와 효율향상을 위한 태양전지 제조기술개발 및 시스템 이용기술개발을 병행하여 추진하고 있다.

태양광 분야 기술개발 기본 계획은 다음 표와 같다.

(표 4.14 태양광 분야 기술개발 기본 계획)

제1단계 (2003~2006) 보급촉진형 기술개발	제2단계 (2006~2009) 다량보급형 기술개발	제3단계 (2009~2012) 저가상품화 기술개발
<ul style="list-style-type: none"> • 주택보급형 3kW급 시스템 개발 • 건물, 상업용 10kW급 시스템 개발 • 태양전지 저가화, 고신뢰성 제품 및 양산체제 확립 	<ul style="list-style-type: none"> • 주 결정질 초박형 태양전지 기술 개발 • 차세대 박막 태양전지 기술개발 • 태양전지 발전시스템 보급형 유니트화 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 결정질 초박형 태양전지 상용화 기술개발 • 차세대 박막 태양전지 상품화 기술개발 • 태양광발전시스템 보급형 패키지상품화 기술개발



향후 실리콘계 태양전지분야는 저가, 고효율화를 위한 기술개발 추진하고 있으며, 화합물계 등 차세대 태양전지는 대면적화, 실용화를 위한 요소기술개발 및 시스템화를 위한 연구 추진하고 있다. 또한, PCS의 경량화 및 고효율화, BIPV 태양광발전시스템의 상용화 기술 개발 추진하고 있다.

태양광발전의 해외현황을 살펴보면 먼저 미국은 첨단기술의 전략적 개발과 시장개척 및 상업화 지원정책으로, DOE(Department Of Energy) 주도로 국가 차원의 National Photovoltaic Program (5년주기)를 지속추진중이며, 최근에는 차세대를 겨냥한 "Photovoltaic Beyond the Horizon"사업으로서 다양한 태양전지 소재 및 공정을 광범위하게 연구하고 있으며, 일본은 정부주도의 상용화 기술개발과 보급촉진 및 수출시장 확대를 목적으로 태양전지 원료의 저가화 및 신형 태양전지 개발, 3kW 주택용 태양광발전시스템 보급사업 등 133MW 보급하고 있다. 유럽은 분야별 컨소시엄 또는 EC를 통한 기술개발 및 실증시험 등 공동수행하는 데, 복합기능 태양전지 모듈개발 및 복합발전시스템 실용화, 태양전지 모듈과 시스템의 실증시험 및 규격화 등 국가별, 공동체별 사업 수행중, 2004년까지 독일은 794MW, 이태리 31MW 등을 보급하고 있다. 세계시장은 1995년 이후 연 평균 33% 이상의 급신장추세이며, 태양전지 생산 2003년 730MW, 2004년 1,1GW, 2010년 6GW예상되고 있다.

(표 4.15 태양광 연도별설치 현황)

구 분	'90~'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	계
설치 용량 (kWp)	1,248	135	160	50	92	388	410	619	518	531	792	4,943

2.2.1 태양광에너지 적용 사례지역

	<p>❖ 광주광역시 신효천 마을</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 주 에너지원 : 태양광 ▪ 신재생 에너지 설치 우수사례전 최우수상 선정 ▪ 64가구가 신재생 에너지 이용 ▪ 인버터 고장으로 보수비 170만원 지출 ▪ 2.1kW의 시설->용량의 아쉬움 ▪ 기본료 200원의 전기세
	<p>❖ 속초 중도문2리 마을</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 그린빌리지 :태양광,태양열,지열 ▪ 태양열 58가구, 태양광 5가구, 지열 3가구 ▪ 마을회관에 3가지 동시 적용 ▪ 약 월80만원의 전기세->약 월 17만원 ▪ 지열 냉난방에 대한 만족도가 가장 높음

향후 실리콘계 태양전지분야는 저가, 고효율화를 위한 기술개발 추진 하광주에 위치한 신효천마을은 2004년 11월부터 태양광 발전을 시작한 마을로 개인가구주택 64가구에 2.1kW 태양광발전 시설을 설치하여 운영하고 있고, 자연순환에너지 우수사례전에서 우수상을 수상한 마을로 여러 연구기관과 전문가들이 사례지로 선정된 곳이다. 주민들은 설비용량이 적어 불편한 점 외에는 전기료 부분에서 많은 편익을 보고 있어 대체적으로 만족을 느끼고 있어, 주택 외에도 농장에 시설을 설치한 가구도 있다. 마을 내에는 간혹 태양열발전을 설치한 가구도 상당수 있으나 대체적으로 태양열보다는 태양광을 더 선호하는 편이며, 설치비 중 자부담이 30%이고, 무상 A/S기간은 3년이지만, 인버터 고장시 교체 비용이 170만원으로 수리비 부분에 있어서 상당한 부담을 느끼고 있다.

2.2.2 태양광 발전 모델

(1) 적용조건

① 경사면 일사량

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
원주	3.22	3.76	4.07	4.61	4.60	4.33	3.67	4.01	4.09	4.00	3.13	2.97

② 태양광시스템 제원

Item		Value
System	type of PV module	poly-Si
	absorption rate of solar energy in transmission network	95.0%
PV module	efficiency of nominal PV module	11.0%
	temperature coefficient of PV	0.40%/°C
	loss rate of PV array	5.0%
	power of PV array	3.0kWp
	area of PV array	27.3m ²
Electric power control	mean efficiency of inverter	90%
	capacity of inverter	2.7kW(AC)
	loss rate of power control	5%
PV array	setting slope angle	30°
	setting direction angle	0°(south-facing)

가장 많이 보급되고 있는 3kWp 출력 용량의 시스템을 대상으로 적용하였다. 발전효율은 국내실험 데이터인 평균9.6%를 적용하였다.(안교상 등, 1999) 그린홈 100만호 보급사업 기준 국가보조금은 60%로 설정

(2) 비용의 결정

에너지관리공단에서 09년에 제시한 설치상한단가를 적용하였으며, 신재생에너지 원별 경제성분석과 통계체계 개선방안 연구(2004, 산업자원부)에서 제시한 연간운영비 2.8% 를 적용하였다.

(표 4.16 2009년 설치상한단가)

구분		설치단가	
태양광	일반건물	고정식	9,240,000/kw
		추적식	10,900,000/kw
		BIPV	14,960,000/kw
	태양광주택	고정식	7,210,000/kw

① 설치비

- 설치비 = 설치단가 × 태양광 발전용량

② 연간운전비

- 연간운전비 = 초기투자비 × 유지보수비율

③ 총비용

- 총비용 = 초기투자비 + 연간 운전비 × 내구연한

④ 보조금을 받을 경우 총비용 (60%)

- 보조금을 받을 경우 총비용 = 설치비(1-국가보조50%) + 연간
운전비 × 내구연한

(3) 편익의 결정

kWh 당 전력의 가격이 판매가 소비 전력당 가격(114원) 보다 크므로 전량 판매하는 것으로 가정 하여 이득을 결정

	기준가격 (원/kWh)	주택평균가격 (원/kWh)
태양광	716.4	114

① 연간 이득

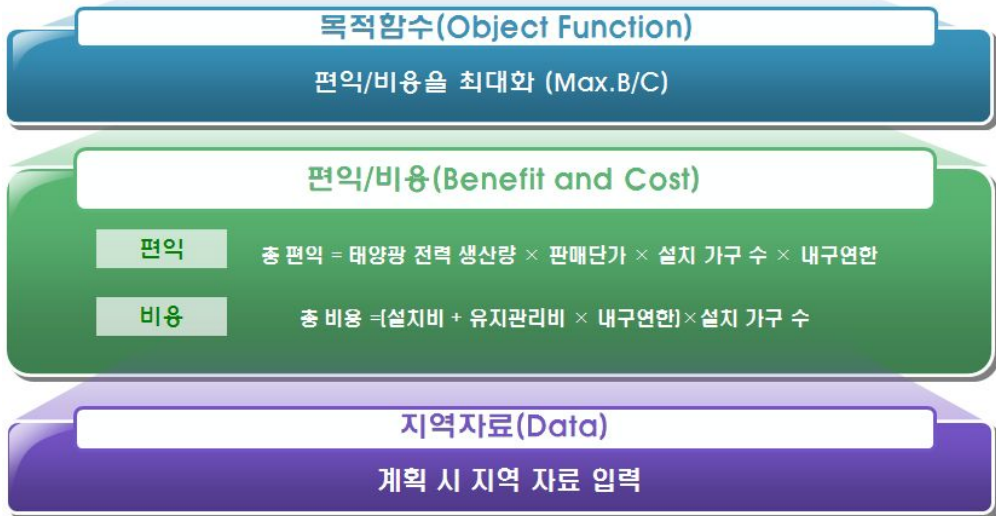
- 연간 이득 = 연간 발전량 × 태양광 기준가격

② 총이득

- 총이득 = 연간소득 × 내구연한

(4) 적용 모델

태양광에너지 모델은 편익/비용의 비율을 최대화하는 상태로 다음과 같은 최적 모델 체계를 구성하였다.



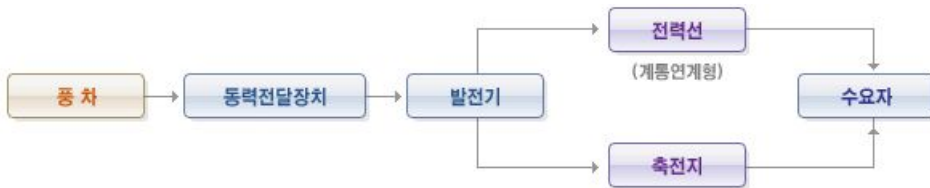
Objective function		maximize Benefit / Cost
Subject to	B/C	bt_solar_elec / ct_solar_elec
	Benefit	bt_solar_elec = p_solar_elec × solar_price_elec × solar_elec_house × duration_solar_elec
	Cost	ct_solar_elec = (installcost_solar_elec + mainterancec_solar_elec × duration_solar_elec) × solar_elec_house
Data		solar_elec_efficiency , solar_price_elec, incline_radiation , duration_solar_elec, solar_elec_array, mainterancec_solar_elec

(5) 평가

신재생에너지 원중 태양광 발전은 가장 기본적인 자연자원으로 평가 받고 있다. 적용 또한 편리하여 경쟁력을 가지고 있다. 태양열 에너지와는 다르게 태양광은 발전을 통해 전기를 생산함으로 이를 되 팔수 있는 즉, 잉여량을 통한 수익이 가능한 것으로 주민들의 만족도가 매우 높은 에너지원이다. 경제적 타당성 또한 매우 높게 나타나고 있다. 향후 농어촌 뉴타운에 주력 신재생에너지 자원이 되어야 한다.

2.3 풍력 발전

바람의 힘을 회전력으로 전환시켜 발생하는 유도전기를 전력계통이나 수요자에게 공급하는 기술을 총칭 풍력발전이라하며, 풍력발전 시스템 구성은 다음 그림과 같다.



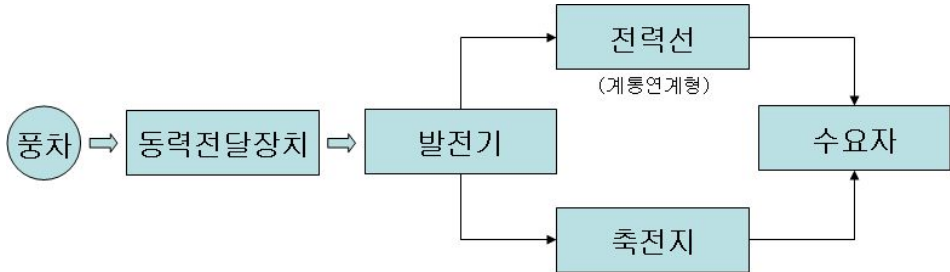
<그림 4.4 풍력 발전 시스템 구성도>

풍력발전의 주요 장점과 단점은 다음과 같다.

(표 4.17 풍력발전의 장점과 단점)

장점	<ul style="list-style-type: none"> • 저렴한 제작비용으로 고신뢰도의 동력전달계 구성 가능함 • 장기간의 기술적 노우하우와 경험을 바탕으로 신뢰도가 매우 높음 • 보편적 요소기술로서 어느 지역에서도 설계 제작이 가능한 보편기술임 • 유지보수가 용이하며 부분품의 교체로서 쉽게 성능유지가 가능함 • 계통연계가 간편하고 용이한 기술적 특성을 지님
단점	<ul style="list-style-type: none"> • 증속기어의 기계적 마모나 이에 따른 유지관리상의 문제야기 될 수 있음 • 기계적 소음발생의 원인이며, 고장발생의 주요원인이 될 수 있음 • 통상 전체시스템의 운전수명인 20년 보다 짧은 8~10년 이내의 운전수명을 지님으로서 유지관리 비용의 상승을 초래함 • 저출력 시 추가적인 보상회로에 의한 역률개선이 필요하게 됨

풍력발전은 바람의 힘을 회전력으로 전환시켜 발생하는 유도전기를 전력계통이나 수요자에게 공급하는 기술로 다음 그림의 원리와 같다.



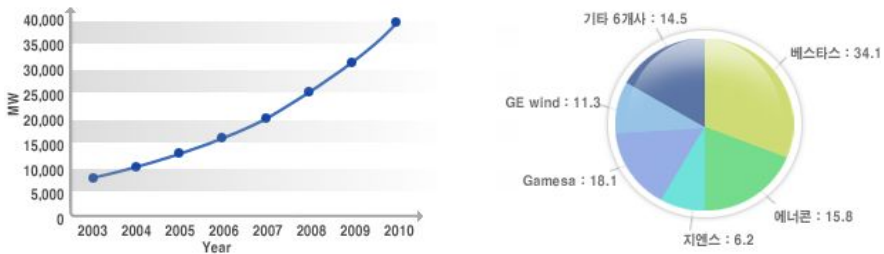
<그림 4.5 풍력에너지 발전 원리>

풍력발전시스템의 구성은 풍력이 가진 에너지를 흡수, 변환하는 운동량변환장치, 동력전달장치, 동력변환장치, 제어장치 등으로 구성되어 있으며 각 구성요소들은 독립적으로 그 기능을 발휘하지 못하며 상호 연관되어 전체적인 시스템으로서의 기능 수행한다.

국내기술개발 현황을 살펴보면 90년대 초에 대학과 연구원을 중심으로 기초연구 및 소형풍력시스템 연구를 시작한 이래 '90년대 중반부터 본격적으로 기술개발 수행 : 1단계('88~'91) 사업으로 전국 64개 기상청 산하 기상관측소, 일부 지역의 도서 및 내륙 일부 지역에서 관측된 풍속과 풍향자료를 이용한 풍력자원 특성분석 이루어졌다. 1단계 사업 기간에 한국과학기술원이 20kW 소형 수평축 풍력발전기를 국산화하려는 연구개발을 시도하였고, 2단계('92~'96) 사업기간에는 복합재료 분야의 전문업체인 한국화이바가 한국형 중형급 수직축 300kW 풍력 발전기 개발되었고, 한국화이바에서 중대형급(750kW급) Gearless Type (Direct Drive Generation)수평축 풍력발전기(블레이드) 개발 완료(2001년)되었다. 현재 3대 중점기술개발과제로 기어드타입, 기어리스타입에서 750kW급 풍력발전기의 개발 시제품에 대해 실증 연구 수행 중에 있다.

풍력발전의 해외현황은 1980년대 초부터 풍력발전의 제작기술이 급속히 발전하여 독일의 Germanischer Lloyd, 덴마크의 DNV 및 RISO

등에서 설계인증·검증, 성능평가기준을 제시하고 있으며 IEA에서는 풍력발전에 관한 국제규정을 마련하고 있는 단계이며, 유럽을 중심으로 시스템의 대형화에 초점을 두고 2MW는 상용화, 4.5MW는 시험 중이며 독일에서 5MW를 개발 중이다. 미국은 80년대 중반까지 세계 풍력발전시장을 주도하여 왔으나 정부지원을 줄임으로 인해 80년 후반부터 90년대 초부터 DOE지원으로 NREL(National Renewable Energy Lab)과 산업체 공동으로 대형화기술을 개발하고 NASA에서 Blade개발 지원하며, 블레이드, 주기기 등 풍력발전 시스템의 세계시장 규모는 2010년경 약 40GW, 340억불 예상된다.



<그림 4.6 년차별 풍력 발전 실적과 전망>

○ 풍력시스템의 이용도

<p>풍력 에너지</p>		<p>※ 풍력을 이용한 에너지 발전에 이용되는 터빈의 내부 구조</p>
		<p>※ 덴마크 농촌마을에 풍력 에너지 적용사례</p>

풍력에너지에 대한 SWOT은 다음 표와 같다.

(표 4.18 풍력에너지의 SWOT)



2.3.1 풍력 발전 모델



제주 신창리 풍력 그린빌리지는 국내 최초 풍력을 이용한 청정에너지 자급자족 시범마을로 2006년도에 850kW급 2기를 설치하여 연간 약 3,700MWh 전력을 생산하여 1,350여 가구의 전력을 풍력으로 대체하는 효과를 갖고 있다. 신창리 풍력발전소는 발전기 11기, 높이 64m, 날개 32m로 마을 외부에 설치되었고, 도에서 관리하고 있다. 발전금액의 일부를 마을에 지원하고 있으며, 일정기간 후 마을에 귀속된다.

2.3.2 풍력 발전 모델

(1) 적용조건

① 풍속데이터

(표 4.19 제천의 20년 평균풍속 및 풍력에너지밀도)

평균	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1988	1.70	1.70	1.80	1.90	1.50	1.40	1.30	1.20	1.10	1.10	1.50	1.30
1989	1.20	1.20	1.60	1.40	1.50	1.40	1.10	1.30	1.10	1.00	1.20	1.00
1990	1.20	1.10	1.60	1.80	1.60	1.10	0.90	1.00	1.10	0.80	1.10	1.40
1991	1.20	1.50	1.70	1.60	1.60	1.20	1.00	1.30	0.90	1.10	0.90	0.90
1992	0.90	1.30	1.30	1.50	1.30	1.40	1.20	1.30	1.10	1.10	1.20	1.30
1993	1.10	1.80	1.50	2.10	1.40	1.30	1.40	1.30	1.10	1.20	1.60	1.30
1994	1.00	1.10	1.20	1.00	0.90	1.30	1.20	1.30	1.10	1.30	1.30	1.30
1995	1.50	1.00	1.30	1.60	1.70	1.40	1.10	1.00	1.00	1.10	1.20	1.10
1996	1.40	1.40	1.70	1.90	1.40	1.30	1.40	1.20	1.00	1.20	1.40	1.10
1997	1.60	1.40	1.80	1.90	1.70	1.20	1.20	1.30	1.40	1.50	1.20	0.90
1998	1.40	1.40	1.80	1.50	1.50	1.60	1.60	0.90	1.10	1.10	1.20	1.00
1999	1.60	1.70	1.70	1.80	1.70	1.30	1.50	1.40	1.40	1.10	1.20	1.30
2000	1.70	2.00	2.10	2.10	1.70	1.40	1.30	1.30	1.80	1.00	1.10	1.40
2001	1.70	1.30	2.00	2.00	1.90	1.40	1.00	1.20	1.20	1.10	1.10	1.20
2002	1.80	1.40	2.00	2.00	1.70	1.50	1.60	1.40	1.20	1.40	1.60	1.30
2003	1.40	1.30	1.50	1.80	1.50	1.40	1.30	1.10	1.30	1.30	1.40	1.60
2004	1.60	2.10	1.80	2.10	1.80	1.40	1.30	1.50	1.50	1.30	1.30	1.10
2005	1.90	2.30	2.20	2.30	1.80	1.40	1.30	1.40	1.60	1.10	1.20	1.50
2006	1.10	1.50	2.10	2.20	1.60	1.20	1.10	1.20	1.30	1.10	1.50	1.10
2007	1.30	1.40	1.90	1.90	1.70	1.40	1.40	1.20	1.50	1.10	1.20	1.30
2008	1.40	1.70	1.70	2.10	1.80	1.90	1.30	1.50	1.10	1.20	1.40	1.50
평균	1.41	1.50	1.73	1.83	1.59	1.38	1.26	1.25	1.23	1.15	1.28	1.23
표준편차	0.27	0.33	0.27	0.30	0.21	0.16	0.18	0.15	0.22	0.15	0.17	0.19
에너지밀도	2.43	3.00	4.01	4.79	3.07	2.00	1.66	1.56	1.65	1.25	1.68	1.58

(표 4.20 30m 평균 풍속 및 풍력에너지밀도)

평균	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1988	2.24	2.24	2.37	2.50	1.97	1.84	1.71	1.58	1.45	1.45	1.97	1.71
1989	1.58	1.58	2.11	1.84	1.97	1.84	1.45	1.71	1.45	1.32	1.58	1.32
1990	1.58	1.45	2.11	2.37	2.11	1.45	1.18	1.32	1.45	1.05	1.45	1.84
1991	1.58	1.97	2.24	2.11	2.11	1.58	1.32	1.71	1.18	1.45	1.18	1.18
1992	1.18	1.71	1.71	1.97	1.71	1.84	1.58	1.71	1.45	1.45	1.58	1.71
1993	1.45	2.37	1.97	2.76	1.84	1.71	1.84	1.71	1.45	1.58	2.11	1.71
1994	1.32	1.45	1.58	1.32	1.18	1.71	1.58	1.71	1.45	1.71	1.71	1.71
1995	1.97	1.32	1.71	2.11	2.24	1.84	1.45	1.32	1.32	1.45	1.58	1.45
1996	1.84	1.84	2.24	2.50	1.84	1.71	1.84	1.58	1.32	1.58	1.84	1.45
1997	2.11	1.84	2.37	2.50	2.24	1.58	1.58	1.71	1.84	1.97	1.58	1.18
1998	1.84	1.84	2.37	1.97	1.97	2.11	2.11	1.18	1.45	1.45	1.58	1.32
1999	2.11	2.24	2.24	2.37	2.24	1.71	1.97	1.84	1.84	1.45	1.58	1.71
2000	2.24	2.63	2.76	2.76	2.24	1.84	1.71	1.71	2.37	1.32	1.45	1.84
2001	2.24	1.71	2.63	2.63	2.50	1.84	1.32	1.58	1.58	1.45	1.45	1.58
2002	2.37	1.84	2.63	2.63	2.24	1.97	2.11	1.84	1.58	1.84	2.11	1.71
2003	1.84	1.71	1.97	2.37	1.97	1.84	1.71	1.45	1.71	1.71	1.84	2.11
2004	2.11	2.76	2.37	2.76	2.37	1.84	1.71	1.97	1.97	1.71	1.71	1.45
2005	2.50	3.03	2.90	3.03	2.37	1.84	1.71	1.84	2.11	1.45	1.58	1.97
2006	1.45	1.97	2.76	2.90	2.11	1.58	1.45	1.58	1.71	1.45	1.97	1.45
2007	1.71	1.84	2.50	2.50	2.24	1.84	1.84	1.58	1.97	1.45	1.58	1.71
2008	1.84	2.24	2.24	2.76	2.37	2.50	1.71	1.97	1.45	1.58	1.84	1.97
평균	1.86	1.98	2.27	2.41	2.09	1.81	1.66	1.65	1.62	1.52	1.68	1.62
표준 편차	0.35	0.43	0.35	0.40	0.28	0.21	0.24	0.20	0.29	0.19	0.23	0.25
에너지 밀도	5.16	6.34	8.67	10.37	6.65	4.34	3.54	3.35	3.49	2.67	3.61	3.37

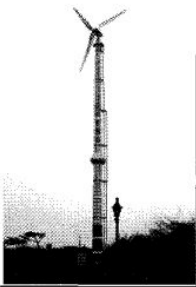
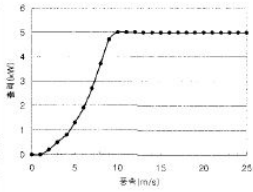

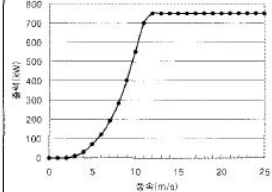
(표 4.21 50m 평균풍속 및 풍력에너지밀도)

평균	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1988	2.54	2.54	2.69	2.84	2.24	2.09	1.94	1.79	1.64	1.64	2.24	1.94
1989	1.79	1.79	2.39	2.09	2.24	2.09	1.64	1.94	1.64	1.50	1.79	1.50
1990	1.79	1.64	2.39	2.69	2.39	1.64	1.35	1.50	1.64	1.20	1.64	2.09
1991	1.79	2.24	2.54	2.39	2.39	1.79	1.50	1.94	1.35	1.64	1.35	1.35
1992	1.35	1.94	1.94	2.24	1.94	2.09	1.79	1.94	1.64	1.64	1.79	1.94
1993	1.64	2.69	2.24	3.14	2.09	1.94	2.09	1.94	1.64	1.79	2.39	1.94
1994	1.50	1.64	1.79	1.50	1.35	1.94	1.79	1.94	1.64	1.94	1.94	1.94
1995	2.24	1.50	1.94	2.39	2.54	2.09	1.64	1.50	1.50	1.64	1.79	1.64
1996	2.09	2.09	2.54	2.84	2.09	1.94	2.09	1.79	1.50	1.79	2.09	1.64
1997	2.39	2.09	2.69	2.84	2.54	1.79	1.79	1.94	2.09	2.24	1.79	1.35
1998	2.09	2.09	2.69	2.24	2.24	2.39	2.39	1.35	1.64	1.64	1.79	1.50
1999	2.39	2.54	2.54	2.69	2.54	1.94	2.24	2.09	2.09	1.64	1.79	1.94
2000	2.54	2.99	3.14	3.14	2.54	2.09	1.94	1.94	2.69	1.50	1.64	2.09
2001	2.54	1.94	2.99	2.99	2.84	2.09	1.50	1.79	1.79	1.64	1.64	1.79
2002	2.69	2.09	2.99	2.99	2.54	2.24	2.39	2.09	1.79	2.09	2.39	1.94
2003	2.09	1.94	2.24	2.69	2.24	2.09	1.94	1.64	1.94	1.94	2.09	2.39
2004	2.39	3.14	2.69	3.14	2.69	2.09	1.94	2.24	2.24	1.94	1.94	1.64
2005	2.84	3.44	3.29	3.44	2.69	2.09	1.94	2.09	2.39	1.64	1.79	2.24
2006	1.64	2.24	3.14	3.29	2.39	1.79	1.64	1.79	1.94	1.64	2.24	1.64
2007	1.94	2.09	2.84	2.84	2.54	2.09	2.09	1.79	2.24	1.64	1.79	1.94
2008	2.09	2.54	2.54	3.14	2.69	2.84	1.94	2.24	1.64	1.79	2.09	2.24
평균	2.11	2.25	2.58	2.74	2.37	2.06	1.89	1.87	1.84	1.72	1.91	1.84
표준편차	0.40	0.49	0.40	0.45	0.32	0.24	0.27	0.23	0.33	0.22	0.26	0.29
에너지밀도	7.36	9.02	12.47	14.90	9.56	6.24	5.07	4.81	4.96	3.83	5.17	4.81

② 풍력터빈 허브높이로 풍속 보정을 위하여 지표면의 형상에 따라 결정되는 지수는 농업시설 설계이 일반적으로 사용하는 0.25를 적용

③ 풍력발전기 제원

5kW 풍력발전시스템 제원		750kW 풍력발전시스템 제원	
Specification	Value	Specification	Value
Cut-in wind speed	2 m/s	Cut-in wind speed	3 m/s
Rated wind speed	10 m/s	Rated wind speed	12 m/s
Cut-out wind speed	25 m/s	Cut-out wind speed	25 m/s
Rated power	5 kW	Rated power	750 kW
Rotor diameter	5.1 m	Rotor diameter	50 m
Height of hub	30 m	Height of hub	50 m

			
---	---	---	--

④ 그린홈 100만호 보급사업 기준 국가보조금은 60%로 설정

(2) 비용의 결정

① 설치비

소용량인 5kW 풍력발전기는 단가가 설정되어 있지 않아 에너지관리공단에서 제시한 09년 설치상한단가를 적용하였다. 750kW 용량의 풍력발전기 역시 에너지관리공단에서 제시한 09년 설치상한단가를 적용하였다.

에너지원	설치단가
풍력	5,550,000/kW

- 설치비 = 설치단가 × 풍력발전기 용량
- 5kW용량 풍력발전기 설치비
- 750kW용량 풍력발전기 설치비

② 연간운영비

신재생에너지 원별 경제성분석과 통계체계 개선방안 연구(2004, 산업자원부)에서 제시한 연간운영비 2.5%를 적용하였다.

- 연간운영비 = 초기투자비 × 유지보수비율
- 5kW용량 연간운영비
- 750kW용량 연간운영비

③총비용

- 5kW용량 총 비용 = 설치비 + 운전비 × 내구연한
- 750kW용량 총 비용 = 설치비 + 운전비 × 내구연한

④ 보조금을 받을 경우 총비용 (60%)

- 5kW용량 보조금을 받을 경우 총비용 = 설치비(1-국가보조 50%) + 운전비 × 내구연한
- 750kW용량 보조금을 받을 경우 총비용 = 설치비(1-국가보조 50%) + 운전비 × 내구연한

(3) 편익의 결정

원별 기준가격

	기준가격 (원/kWh)
풍력	107.66

① 연간 이득

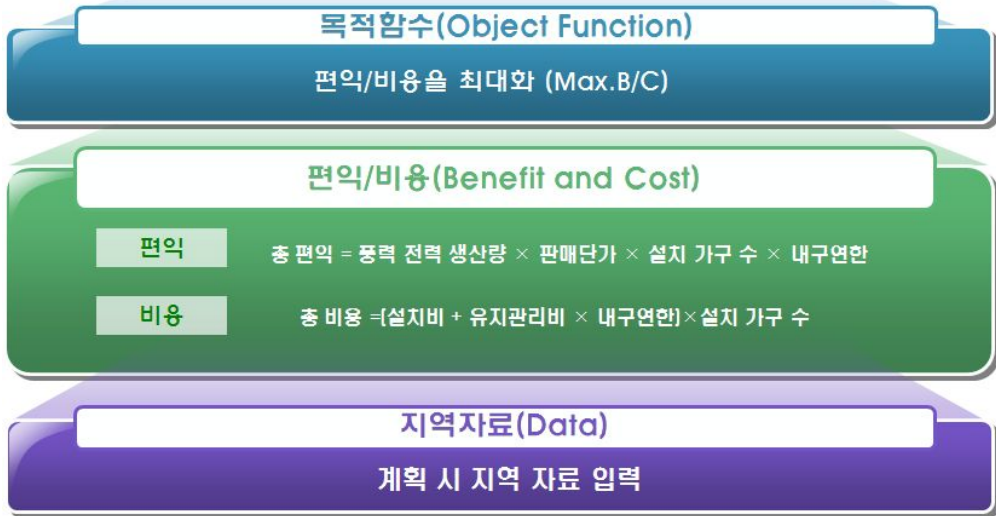
- 연간 이득 = 연간 발전량 × 기준가격

② 총이득

- 총이득 = 연간이득 × 내구연한

(4) 적용 모델

풍력에너지 모델은 편익/비용의 비율을 최대화하는 상태로 다음과 같은 최적 모델 체계를 구성하였다.



Objective function		maximize Benefit / Cost
Subject to	B/C	$bt_wind_elec / ct_wind_elec$
	Benefit	$bt_wind_elec = p_wind_elec \times wind_price_elec \times wind_elec_house \times duration_wind_elec$
	Cost	$ct_wind_elec = (installcost_wind_elec + mainterancec_wind_elec \times duration_wind_elec) \times wind_elec_house$
Data	wind_price_elec, duration_wind_elec, wind_20year_ave, mainterancec_wind_elec	

(5) 평가

경제성 분석 결과 풍력발전의 경우 5kW와 750kW 용량 모두 50%의 보조금이 있어도 이득이 발생하지 않는다. 또한 한 마을에서 750kW 용량의 풍력발전기는 초기 부담이 너무 커서 도입에 어려움이 따르며, 5kW 역시 가구당 전력소비량의 50%에 못미친다. 풍력발전은 대관령 같은 산지이거나 제주도 신창마을 같은 해안가에서 가능할 것으로 판단된다.

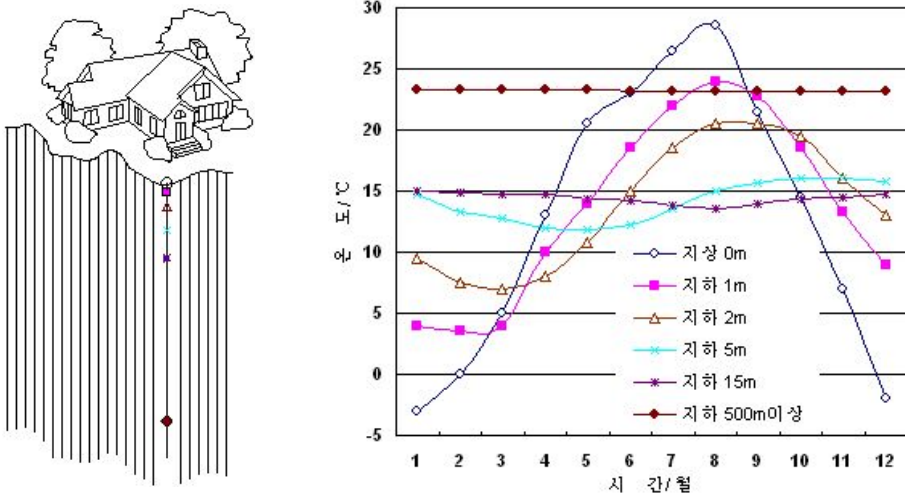
2.4 지열 에너지

지열에너지는 물, 지하수 및 지하의 열 등의 온도차를 이용하여 냉·난방에 활용하는 기술이다. 태양열의 약 47%가 지표면을 통해 지하에 저장되며, 이렇게 태양열을 흡수한 땅속의 온도는 지형에 따라 다르지만 지표면 가까운 땅속의 온도는 개략 10℃~20℃정도 유지해 열펌프를 이용하는 냉난방시스템에 이용한다. 우리나라 일부지역의 심부(지중 1~2 km) 지중온도는 80℃ 정도로서 직접 냉난방에 이용가능하다.

지열은 지하를 구성하는 토양 및 암반, 지하수등이 가지고 있는 열을, 지열에너지시스템은 지하를 구성하는 물질 등의 온도차를 이용하여 냉·난방에 활용하는 기술을 각각 의미한다. 지층의 토양은 지표면으로부터 일정한 깊이 이하에서는 연중 일정온도를 유지하게 되며, 이러한 지층의 토양이 포함하고 있는 열에너지(지열)는 개발의 여지가 충분하지만 아직까지 미활용에너지로 취급되고 있다. 그 동안 지열에너지는 저급에너지로 취급되어 유효하게 이용하기에는 한계가 있다고 판단하여 왔다. 이를 유효하게 활용할 수 있는 기법이 개발된다면 막대한 양의 토양에너지를 무제한적으로 활용할 수 있는 장점이 있다. 최근 산업의 발달과 함께 생활수준의 향상으로 국가 에너지 소비량은 빠른 속도로 증가하고 있다. 화석연료의 소비량이 급격히 증가하면서 발생하는 지구온난화, 사막지역의 확장, 기상이변 등 지구환경에의 영향으로 인한 세계기후변화 등은 이제 전 인류의 당면과제로 주목되고 있는 21세기의 주요 문제로 등장하게 되었다. 최근 환경오염과 세계기후변화에 대한 인식이 새롭게 부각되면서 청정에너지원이라 할 수 있는 지열에너지의 활용에 대하여 관심을 모으고 있다. 외국에서는 하천수, 배수, 해양열, 지열 등의 미이용 에너지를 활용한 각종 열원시스템에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 그 중에서 지열을 활용한 히트펌프 시스템(heat pump system)의 개발을 적극적으로 추진하여 신뢰성 있는 대체에너지로서 지열이용 에너지 절약형 냉난방 시스템으로 활발하게 보급하고 있다.

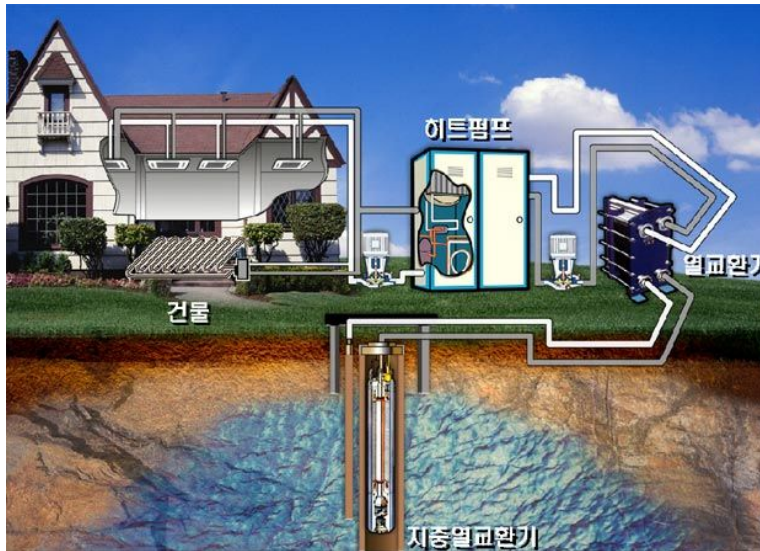
우리나라에서 실용화가 가능한 대체에너지로서 태양열, 풍력발전, 바이오매스, 지열 등의 형태가 연구되고 있다. 태양열 이용기술은 과거

20여년간 가장 많은 연구가 진행되어 왔으나 대부분 난방이나 급탕용 등 겨울철의 한정된 사용과 기상조건에 따른 이용의 제한, 겨울철 동파방지 등 유지관리기술이 매우 복잡하고 어렵기 때문에 널리 보급되지 못하고 있는 형편이다. 최근에는 태양광전지(solar cell) 등에 의한 이용 범위를 확장하고 있으나 아직은 그 효과에 비하여 투자비용이 높기 때문에 현실화하기에는 많은 제약이 있는 시스템으로 받아들여지고 있다. 또한 풍력발전은 지리적 조건에 큰 영향을 받아 일정지역을 제외하면 현실성이 없는 시스템으로 판단되고 있다. 지열이용시스템은 지리적 조건이나 기상조건과 무관하게 연중 일정한 열원을 확보할 수 있어 현실적으로 가장 보편화될 수 있는 기술로 평가되고 있다. 선진국에서는 이미 지열이용 히트펌프시스템에 의한 기술개발이나 제품은 보급이 활발한 것에 비하여 우리나라는 이에 대한 연구가 매우 미흡한 실정인어서 아쉬움을 주고 있다. 막대한 양의 지열에너지를 효과적으로 활용할 수 있는 기법을 개발한다면 청정에너지원, 비고갈성 에너지원, 대체에너지원으로 매우 유용한 에너지원이 될 수 있다.

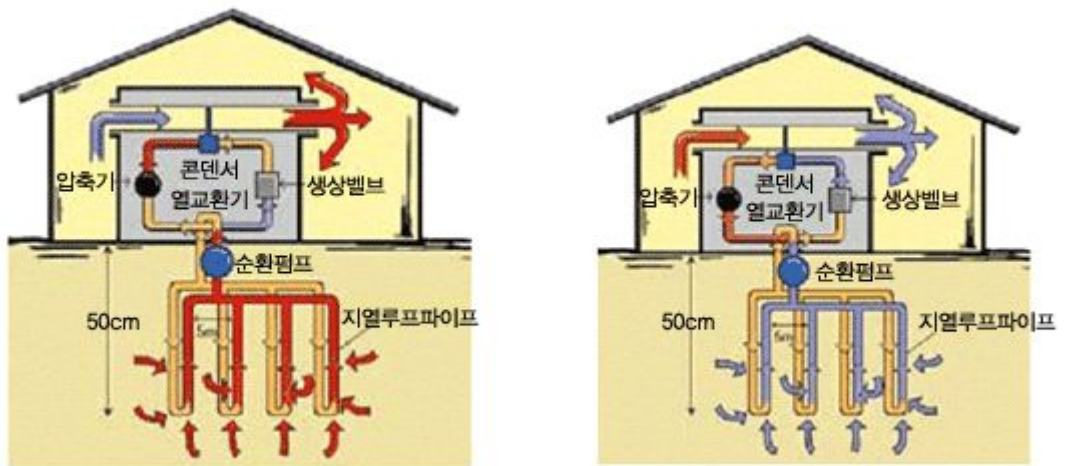


<그림 4.7 태양열 적용 사진>

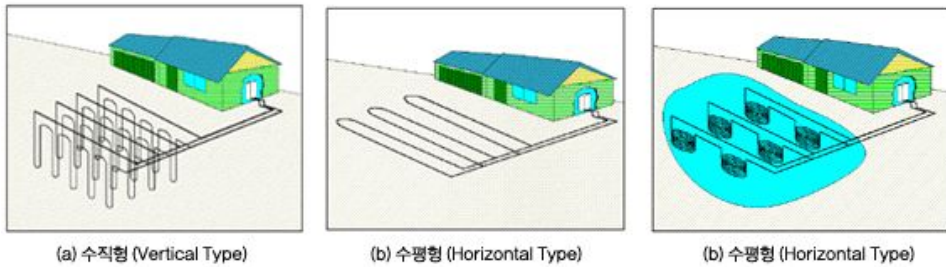
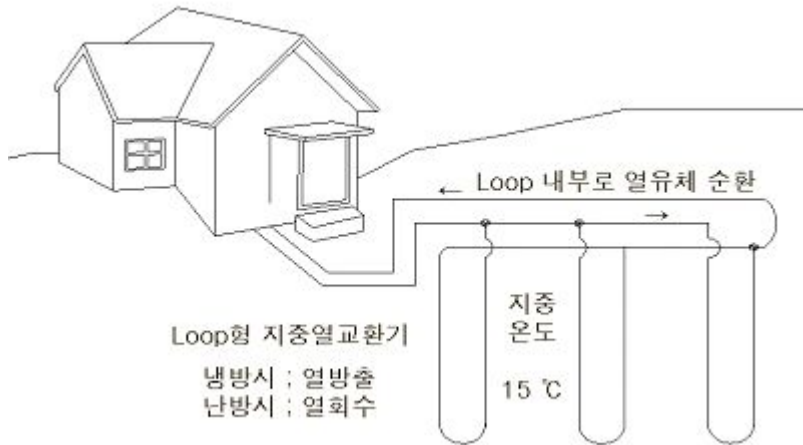
○ 시스템 기술



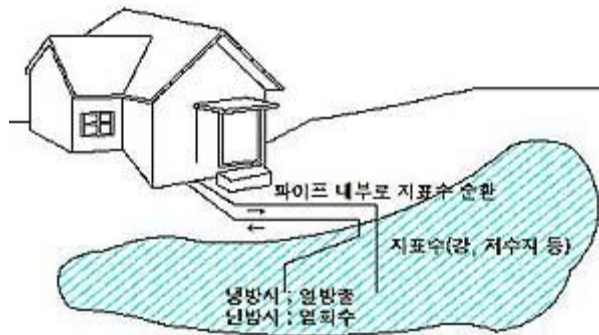
<그림 4.8 시스템 구성도>



<그림 4.9 지열 기술>



<그림 4.10 폐쇄형 지열 시스템 구성도>



<그림 4.11 개방형 지열원 열교환 장치>

국내기술 개발현황으로는, 일부 지역에 대한 지중온도 측정 결과 연중 13~15℃의 일정온도를 유지하고 있어, 지열 열펌프 시스템의 열원으로 우수하며, 우리나라의 기후조건에서는 최소 0.3이상의 가동률(연간 2,000~ 3,000시간 운용 가능)을 보이기 때문에 매우 양호한 보급 환

경을 갖고 있다. 해마다 연구개발에 대한 투자가 증가하고 있으며, 주로 기초 연구와 실증 연구에 집중되고 있다.

(표 4.22 연차별 신재생에너지 과제)

연도	과 제
2001	<ul style="list-style-type: none"> • 중·저온성 지열에너지 개발 기술(3년)
2002	<ul style="list-style-type: none"> • 지열냉난방시스템 실증연구(2년) • 지열냉난방 시스템 성능 평가 및 엔지니어링 기술 확보(2년) • 한국에 적합한 지열냉난방 시스템 기술개발과 적용성 및 신뢰성 평가연구(2년)
2003	<ul style="list-style-type: none"> • 현지용 지중열전도도 예측 기술 개발(2년) • 부하추종형 고효율 지열 히트펌프 시스템 개발(3년) • 지열 이용 열펌프시스템의 성능평가기법 및 기술기준(안) 구축
2004	<ul style="list-style-type: none"> • 지열 이용 하이브리드 히트펌프 시스템 개발(3년) • 한국형 지중열교환기 최적 설계 패키지 개발(3년) • 지중 열교환기 전열성능 향상을 위한 뒤택음재 조성에 관한 연구(2년) • 고성능 저가형 지중열교환기 개발(2년) • 복수정을 이용한 지열히트펌프 시스템 실증연구(2년) • 스텐딩컬럼웰을 적용한 지열히트펌프 실증연구(2년)
2005	<ul style="list-style-type: none"> • 유출지하수를 이용한 건물냉난방 기술 개발(2년) • 수직형 지중 열교환기 시공기법 및 고성능 천공기술 개발(2년) • 현지 지중열전도도 측정 기술(2년) • 시설원예용 수평형 지열히트펌프 시스템 실증연구(2년)

(표 4.23 지열분야 기술개발 기본계획)

2003~2006	2006~2009	2009~2012
<ul style="list-style-type: none"> • 지열이용 유망지역 조사 	<ul style="list-style-type: none"> • 분야별 산업기술 기반구축 • 지열 냉난방 시스템 중, 소규모 실증연구 	<ul style="list-style-type: none"> • 초기 투자비 절감 기술 국산화 • 지열 냉난방 시스템 대규모단지 실증연구

지열에너지의 향후계획으로는 대규모 실용화 단계에 진입하기 위해, 초기 투자비 절감기술 개발과 지열 자원에 대한 체계적 정보망 구축 필요하며, 외국의 장비와 설계공법 등을 적용하는 경우가 많음. 국내의 지질 및 기후조건, 시공조건 등을 고려한 신뢰성 및 공사비 검토 필요하다. 현재 일부 국내업체에서 열펌프 유닛을 제작하고 있으나, 신뢰성을 확보하지 못하고 있으며, 국산 장비 및 재료에 대한 성능 검증이 필요하며, 2005년도에 수직형 지열 열펌프 시스템 시공기준(안) 마련하였다. 일부 업체에서 시공하고 있는 지하수 이용 시스템에 대하여 지하 환경영향 평가 필요하다.

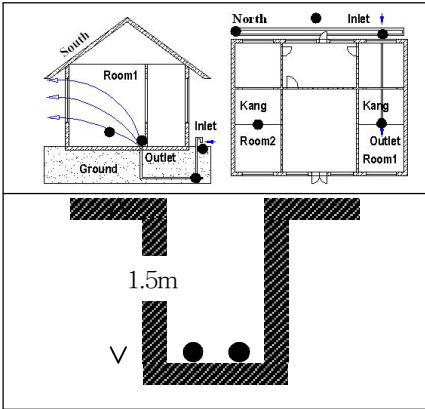
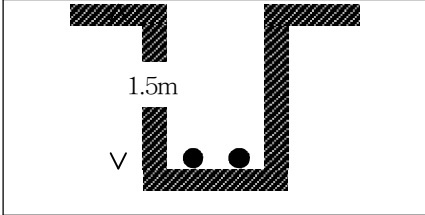

지열에너지의 해외현황은 1912년 스위스의 Heinrich Zoelly가 처음 특허를 출원하면서 소개 (지열원 열펌프시스템) 하였고, 1976년 미국 오클라호마주립대학에서 파이프를 지중에 매설하는 지중열교환기를 개발하여 실용화 기반 구축하였으며, 1996년 오클라호마 주립대학에서 슬린키(slinky) 방식의 지중 열교환기를 개발하여 건물 냉난방에 적용하였다.

1997년 스위스에서는 말뚝형 지중 열교환기를 개발하여 스위스공항에 시범 적용하였고, 일본은 지열 열펌프 시스템의 초기 투자비를 절감시킬 수 있는 분야와 도로 제설(snow melting) 분야에 많은 투자를 하고 있다. 미국 IGSHPA나 ASHRAE는 지열 열펌프 시스템에 대한 실제 적용성 검증 후, 매년 고성능, 다기능의 지열 열펌프 및 지중 열교환기 설치 방법 개발 중이다.

현재, 세계적으로 자국의 지중 및 기후조건에 적합한 지열이용시스템을 개발하여 보급하는데 많은 투자를 하고 있으며, 특히 냉각탑이나 태양열 집열기 등을 지열 시스템과 혼용하여 중대규모 건물에 적용하는 복합(hybrid) 시스템 개발에 주력하고 있다.

지열에너지의 가장 큰 부분을 차지하고 있는 분야가 지열원열펌프시스템을 이용한 건물 냉난방시스템으로, 지열원열펌프시스템이 전세계 지열 에너지 이용량(시설용량 및 이용량) 증가에 주도적 역할을 하고 있다. 2005년 기준, 지열 에너지 이용 시설용량 중 54.4%(15,384 MWt), 지열 에너지 이용량 중 32% (87,503 TJ/year)가 지열 열펌프

시스템이다. 설치 건수는 2000년 대비 약 3배 증가되었다.

지열 에너지		<p>※ 지열에너지를 이용한 냉방시스템</p>
		<p>※ 지열에너지를 적용하기 위한 배관 개요도</p>
		<p>※ 실제 적용 사례</p>

지열에너지에 대한 SWOT분석을 다음 표와 같다.

(표 4.24 지열에너지의 SWOT)



2.4.1 지열에너지 적용 사례지역

	<p>❖ 속초 중도문2리마을</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 그린빌리지 :태양광,태양열,지열 ▪ 태양열 58가구, 태양광 5가구, 지열 3가구 ▪ 마을회관에 3가지 동시 적용 ▪ 약 월80만원의 전기세 ->약 월 17만원 ▪ 지열 냉난방에 대한 만족도가 가장 높음
	<p>❖ 원주시 원주국민체육센터</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 지열에너지(냉난방) ▪ 180m 깊이에 지열 파이프 90개 매설 ▪ 건물의 냉 난방 ▪ 누수 발생시 발견과 처리가 곤란

강원도 원주에 위치한 국민체육센터는 지열을 이용하여 냉난방과 물의 온도를 일정하게 유지시키고 있으며, 180m 깊이에 직경 150mm 지열공 90개가 6~9개의 묶음으로 되어 있어 문제 발생시 묶음 단위로 제어가 편리하며, 순환만으로 4~5℃로 보정이 가능하다. 24시간 운영 가능하고 실별로 제어 가능하여 건물 내 냉난방을 효율적으로 관리할 수 있다. 지열히트펌프는 냉난방 시스템 중 가장 효율이 높은 것이 특징이고, 1차 에너지의 절약으로 환경친화적인 시스템이지만, 지열 냉·난방 시설 기술진의 완성도가 완벽하지 않은 상태에서 시작되어 모래가 많이 끼이고, 누수 발생시 쉽게 찾기 어려운 단점과 지하수 오염 발생 염려가 있고, 인버터 제어가 효율적으로 되지 않아 열효율이 떨어질 경우가 생긴다. 수영장 같은 경우 가스로 급탕을 하고, 지열로 온도 유지를 담당하는 등 지열과 타자원을 병용하기도 한다.

2.4.2 지열 에너지 모델

(1) 적용조건

- 84m² 인 주택을 기준으로 하였으며, 그린홈 100만호 보급사업 기준 국가보조금은 50%로 설정

(2) 비용의 결정

① 설치비

- 설치비

② 연간운전비

- 연간운전비 = 설치비 × 유지관리비 × 내구연한

③ 총비용

- 총비용 = 설치비 + 연간운전비 × 내구연한

③ 보조금을 받을 경우 총비용 (50%)

- 보조금을 받을 경우 총비용 = 설치비(1-국가보조50%) + 연간
운전비 × 내구연한

(3) 편익의 결정

① 연간 이득

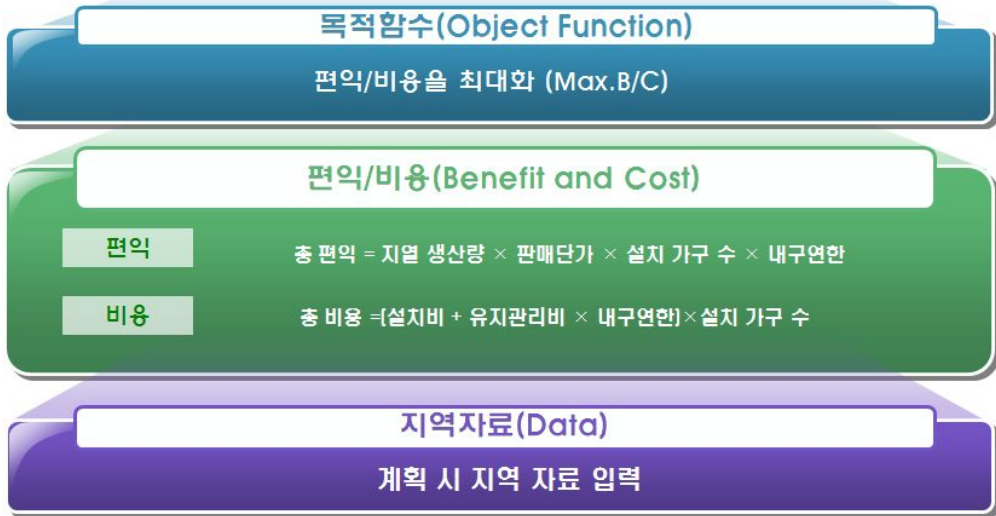
- 연간이득

② 총이득

- 총이득 = 연간이득 × 내구연한

(4) 적용 모델

지열에너지 모델은 편익/비용의 비율을 최대화하는 상태로 다음과 같은 최적 모델 체계를 구성하였다.



Objective function		maximize Benefit / Cost
Subject to	B/C	$bt_earthheat_ener / ct_earthheat_ener$
	Benefit	$bt_earthheat_ener = p_earthheat_ener \times price_ener \times earthheat_ener_house \times duration_earthheat_ener$
	Cost	$ct_earthheat_ener = (installcost_earthheat_ener + mainterancec_earthheat_ener \times duration_earthheat_ener) \times earthheat_ener_house$
Data		$duration_earthheat_ener, price_ener, mainterancec_earthheat_ener, c_machine_earthheat_ener$

(5) 평가

- 지열 에너지는 열에너지와 발전을 모두 가능케하나 현실적으로 열에너지원으로 사용하는 것이 타당하다. 열에너지원으로서 지열에너지는 지하의 온도를 이용함으로 여름에는 냉수, 겨울에는 따뜻한 온수의 공급이 가능하다. 그러나 현재로는 가동을 위한 별도의 에너지(기름 등)이 소요되므로 이에 대한 판단이 필요하다. 비교적 설치비가 비싸나 기술개발에 따라 다양하게 에너지원으로 활용이 가능한 잠재력을 가지고 있다.

구분		설치단가
지열이용설비	수직밀폐형	1,250,000/kw
	개방형	1,150,000/kw

- 지열이용설비의 단위는 kW로 환산(1RT는 3.5kW임) ‘

[가정용 지열펌프의 경제성]

4인 가족을 기준으로 57평형 주택에 필요한 지열펌프는 대체적으로 3RT규모이다. 3RT규모의 지열펌프를 설치하는 데 필요한 비용은 5,000 ~ 7,500달러이며, 표준전기 냉난방장치의 설치비용은 3,000 ~ 4,000달러이다. 그러나 지열펌프의 효율은 전기 냉난방장치에 비해 난방시에 약 50~70%, 냉방시에는 약 20~50%정도 더 양호하다. 따라서 지열펌프 설치 후 3년 이내에 두 시설의 초기투자비의 차액을 충분히 회수 가능하며, 지열펌프의 내구년수가 최소 25년이기 때문에 이 기간 동안 지열펌프를 이용하면 전기 냉난방 장치에 비해 오히려 약 20,000달러를 절약할 수 있다. 미국의 경우 지열펌프는 친환경적인 에너지원인 지중열을 이용하기 때문에 이를 설치하려는 사람에게 2,500~10,000달러/(개·가구)의 자금을 연 4%이하의 저리로 융자를 해 주고 있다. 또한 지열펌프 사용을 촉진시키기 위해 인센티브와 보조금을 지불하고 있는 데, 그 예로 지열펌프 1RT당 150~767달러의 보조금(3RT인 경우 450~2,300달러)을 지원해주고 있다. 특히 에너지 효율이 양호한 절연체를 사용한 신설주택에 지열펌프를 설치하는 경우에 주택 소유자에게 보다 높은 보조금을 지원해준다. 2002년 국제 지열펌프협회(IGSHPA)

가 발간한 "지열펌프의 제정지원에 관한 최종보고서"에 의하면, 지열펌프는 매우 관심을 끄는 투자 대상이라고 평가하였다. 미국에서 기후가 비교적 온난한 지역에 소재한 Atlanta시와 이보다 한랭한 지역인 Vermont주에 소재한 Burlington시에서 냉난방 장치로 지열펌프와 가스로 작동하는 가정용 보일러와 공기열펌프를 사용했을 때의 연간 운영비를 비교한 내용을 소개하면 표와 같다.

(표 4.25 냉난방시스템별 연평균 운영비(미국 EPA, 1993))

(단위: US\$)

구 분	Atlanta		Burlington		비 고
	연평균운영비	비율	연평균운영비	비율	
지열펌프	397	1.00	826	1.0	
표준가스보일러	686	1.73	1,377	1.7	
공기열펌프	826	2.10	2,059	2.5	

표 4.21 과 같이 표준가스보일러의 연간운영비는 남북지역 모두 지열펌프에 비해 1.7배 높고, 공기열펌프는 2.1~2.5배 비싸다.

(표 4.26 가정용 지열펌프의 경제성)

내 용	경제적 이득	비 고
GSHP설치시 용자금	$5,750\$ - 750\$ = 5,000\$$	지역시설회사로부터 보조금: $250\$/RT \times 3RT = 750\$$
월 용자 상환금액 (연 5%, 7년 거치)	70\$/월	용자금 5,000\$
월간 운영비	전기난방장치: 137\$/월 GSHP: 57\$/월	100% 41.6%
현금 유동상 월간 절약금액	$80\$/월 - 70\$/월 = 10\$$	$137\$ - 57\$ = 80\$$
초기 추가투자비 회수년수	년간 에너지 절약비: $80\$ \times 12 = 960\$/년$ $2,000\$/ (960\$/년) = 2.1년$	2~3년
25년간 총 절약 금액	$25년 \times 12월/년 \times 80\$/월 = 24,000\$$	
GHP를 이용하므로써 실이득액	$24,000\$ - 2,000\$ = 22,000\$$	$\therefore 880\$/년$ 이득

[사무용 지열펌프시스템의 경제성]

1986년말 기준으로 미국 전력연구소(EPR)가 집계한 열펌프의 설치 대수를 살펴보면 미국 전역에 연간 설치되고 있는 열펌프의 수는 800,000대이고, 이 중에서 지열펌프는 약 3%에 해당하는 25,000대라고 한다. 실제로 2000년말 미국 전역에 설치되어 있는 지열펌프는 53,000여대로서 1986년의 설치대수의 2배를 초과했으며, 2005년에 연간 설치 대수를 400,000대로 계획하고 있다. 지금 100평형 사무실이나 건물의 난방용으로 화석연료, 프로판가스, 천연가스, 전열기, 공기원 열펌프와 지열펌프를 사용할 때 필요한 열량과 소요비용을 약산해보면 표와 같다. 전력료는 가정용 전력요금인 1kW당 72원을 적용하였고 100평당 42,000kcal/h의 열에너지를 생산하는 데 소요되는 비용을 계산한 결과 천연가스는 월705,000원로서 지열펌프에 비해 2.8배, 전열기는 월 878,250원로서 지열펌프를 이용했을 때보다 약 3.5배 더 비싸다.

(표 4.27 국내 100평 사무실(건물)에 GHP이용시 각 연료별 월비용)

구 분	42,000Kcal/h(100평 냉난방열에너지)를 생산하는 데 필요한 연료량		연료단가	100평/시간 난방연료 비, 원	월 연료비, 원 (25일×10시 간)	대비
	산출근거	연료량				
프로판가 스	42,000/(6,000×0.78)	8.97liter	990원/liter	8,880	2,220,000	8.8
연료유	42,000/(9,200×0.78)	5.85 liter	672 원/liter	3,931	982,800	4
전열기	42,000/(860×1)	48.8 kW	72 원/kWh	3,513	878,250	3.5
천연가스	42,000/(25,200×0.78)	2.14th	1.32원/liter	2,820	705,000	2.8
공기원열 펌프	42,000/(860×1.8)	27.1 kW	72 원/kWh	1,951	487,750	2
지열펌프	42,000/(860×3.5)	14kW	72원/kWh	1,008	252,000	1

지열펌프의 운전단가는 주로 전기료에 좌우된다. 특히 우리나라보다 비교적 한랭한 캐나다와 미국 북부지역에서 지열펌프를 이용하는 경우에 소요되는 비용은 기존의 전기 및 화석연료를 이용한 난방비에 비해 평균 60~70%정도 저렴하다.

2.5 바이오매스 에너지

바이오매스에너지는, 태양광을 이용하여 광합성 되는 유기물(주로 식물체) 및 동 유기물을 소비하여 생성되는 모든 생물 유기체(바이오매스)의 에너지를 뜻하며, 바이오에너지 생산기술이란 동 생물 유기체를 각종 가스, 액체 혹은 고형연료로 변환하거나 이를 연소하여 열, 증기 혹은 전기를 생산하는데 응용되는 화학, 생물, 연소공학 등을 말한다.

태양광을 이용하여 광합성되는 유기물(주로 식물체) 및 동 유기물을 소비하여 생성되는 모든 생물 유기체 (바이오매스)의 에너지를 바이오에너지라 하며, 바이오에너지 생산기술이란 동 생물 유기체를 각종 가스, 액체 혹은 고형연료로 변환하거나 이를 연소하여 열, 증기 혹은 전기를 생산하는데 응용되는 화학, 생물, 연소공학 등을 말한다.

바이오매스에너지의 장단점은 다음 표와 같다.

(표 4.28 바이오매스의 장단점)

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> • 풍부한 자원과 큰 파급효과 • 환경 친화적 생산시스템 • 환경오염의 저감 (온실가스 등) • 생성에너지의 형태가 다양 (연료, 전력, 천연화학물 등) 	<ul style="list-style-type: none"> • 자원의 산재 (수집, 수송불편) • 다양한 자원에 따른 이용기술의 다양성과 개발의 어려움 • 과도 이용시 환경파괴 가능성 • 단위 공정의 대규모 설비투자

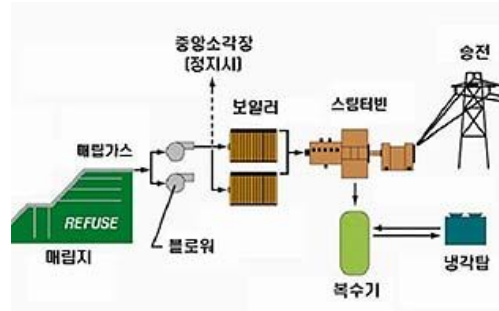
(표 4.29 바이오매스의 기술체계 분류)

대분류	중분류	내 용
바이오 액체연료 생산기술	<ul style="list-style-type: none"> 연료용 바이오 에탄올 생산기술 바이오디젤 생산기술 바이오매스 액화기술(열적전환) 	<ul style="list-style-type: none"> 당질계, 전분질계, 목질계 바이오디젤 전환 및 엔진적용 기술 바이오매스 액화, 연소, 엔진 이용기술
바이오매스 가스화기술	<ul style="list-style-type: none"> 혐기소화에 의한 메탄가스화 기술 바이오매스 가스화 기술(열적전환) 바이오 수소 생산기술 	<ul style="list-style-type: none"> 유기성 폐수의 메탄가스화 기술 및 매립지 가스 이용 기술(LFG) 바이오매스 열분해, 가스화, 가스화발전 기술 생물학적 바이오 수소 생산기술
바이오매스 생산,가공 기술	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 작물 기술 생물학적 CO2 고정화 기술 바이오 고형연료 생산, 이용기술 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 작물 재배, 육종, 수집, 운반, 가공 기술 바이오매스 재배, 산림녹화, 미세조류 배양기술 (왕겨탄, 칩, RDF(폐기물연료) 등)

지금까지 바이오매스자원을 이용하여 주로 연료나 화학원료 생산기술은 석유자원을 이용한 화학적 합성공정에 의존하였으나 이로 인한 환경문제 및 자원고갈등의 문제가 대두되었다. 따라서 이러한 공해 유발형 및 고에너지 소비형 화학원료 생산공정을 재생가능한 자원인 바이오매스(biomass)를 이용한 생물공학적인 발효공정으로 대체하여 탈공해 및 저공해의 청정생물공학기술을 이룩하려는 연구가 활발히 진행되고 있다.

바이오매스의 국내기술현황은 '70년대 초부터 대학과 연구소를 중심으로 연구 시작하여 '88년부터 대체에너지개발촉진법에 따라 정부 차원에서 기술 개발되었고, 1999년까지 바이오에탄올, 메탄가스화 기술개발 위주로 추진되었으며 1990년대 이후 LFG 이용기술, 바이오수소생산 기술개발 등이 주요 분야로 추가되었다. 전분계 에탄올 연속생산

기술은 실용화 가능 단계이며, 목질계 에탄올 연속생산 기술은 기반기술 확립 단계이며 유가 상승 시 추가 기술개발 및 상용화가 가능하다. 고율 메탄발효 공정은 상용화 단계로서 보급이 추진 (각종 산업폐수, 음식물 쓰레기 처리)하고 있다.



<그림 4.12 바이오매스 발전 모식도>

(표 4.30 바이오 기술개발 기본계획)

제1,2단계(~'96까지)	제3단계('97~'01)	제4단계('02~'06)
<ul style="list-style-type: none"> • 연료용 알콜 생산기술개발 • 메탄가스 전환기술 실용화 • 미래 바이오 에너지 기술 기초 연구 	<ul style="list-style-type: none"> • 연료용 알콜 생산 기술 • 메탄가스 전환기술 • 미래 바이오 에너지기술 기반 연구 	<ul style="list-style-type: none"> • 연료용 알콜 생산기술 • 메탄가스 전환기술 • 미래 바이오 에너지기술 실증실험

바이오매스에너지는 향후, 매립지가스(LFG)의 에너지이용기술 개발 (환경부 주관, 2005. 11) 및 바이오 수소 제조기술개발로 진행 될 것으로 판단된다.

바이오매스의 해외현황은 1980년대 미국 및 EU는 폐기물의 단순처리 목적으로 소규모 매립장을 다수 설치하였으나 메탄 방출에 의한 지구 온난화 등 환경문제가 심각.1990년대에는 매립장에서 발생하는 메탄 (LFG:Land Fill Gas,매립지가스)을 회수하여 에너지원으로 활용하는 공정을 상용화하였으며 대규모 매립장을 대상으로 주로 설치하여

전기를 생산하고 있다. 미국은 정부주도의 상용화 기술개발과 보급을 추진하고 있다. 유럽은 EU 차원의 기술개발/실증시험 사업과 이미 상당히 발전되고 있다. 메탄 및 바이오에탄올의 시장 규모는 소규모이긴 하지만 90-97년간 연 평균 10%의 성장률을 나타내었으며, 지구 온난화와 연계하여 앞으로 급격히 성장할 것으로 예상되며 미국과 EU는 모두 현재 총 1차 에너지 소비의 3% 내외를 차지하는 바이오매스 에너지 공급을 2010년까지 3배로 늘리는 계획이다. BP社, 인도 에너지자원기구(TERI)의 바이오디젤 상용화 연구에 향후 10년간 940만 USD 투자(2006. 2), 연간 900만 ℓ의 바이오디젤 생산 예정이다. 브라질은 사탕수수 알콜 180억 kl/년 (115억 toe/년), 프랑스는 밀가루 전분 150만 kl/년의 알콜, 그리고 EU 국가전역에 연간 약 140만톤의 채종유를 이용한 바이오 디젤이 자동차용 연료로 공급되고 있다.



<그림 4.13 바이오 발전소의 역할>

바이오매스에너지의 특징은 다음 표와 같다.

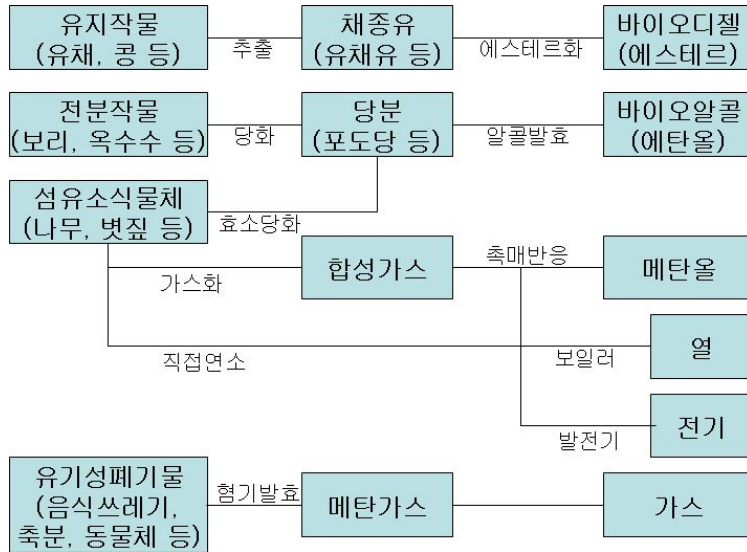
(표 4.31 바이오매스에너지의 장점과 단점)

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> • 풍부한 자원과 큰 파급효과 • 환경 친화적 생산시스템 • 환경오염의 저감 (온실가스등) • 생성에너지의 형태가 다양 (연료, 전력, 천연 화학물 등) 	<ul style="list-style-type: none"> • 자원의 산재 (수집, 수송불편) • 다양한 자원에 따른 이용 기술의 다양성과 개발의 어려움 • 과도 이용 시 환경파괴 가능성 • 단위 공정의 대규모 설비투자

바이오매스에너지에 대한 SWOT분석은 다음 표와 같다.

(표 4.32 바이오매스에너지 SWOT)





<그림 4.14 바이오 에너지 변환 시스템>

○ 바이오에너지의 구분

(표 4.33 바이오에너지 구분)

대분류	중분류	생산에너지형태
액체연료 생산기술	생물학적 연료용알콜 생산기술	Ethanol (자동차연료)
	생물학적 메탄 생산기술	바이오디젤 (자동차연료)
	기타 열·화학적 전환기술	ETBE, Methanol 등 (자동차연료, 화학연료)
가스연료 생산기술	생물학적 메탄 생산기술	Ethanol, LFG (전기, 열 에너지원 이용)
	생물학적 바이오수소 생산	바이오 수소 (전기, 화학 연료)
	기타 열·화학적 전환기술	각종 가연성 가스 (전기, 열 에너지원 이용)
고체연료 생산기술	기계적 변환기술	대체탄, 우드칩, RDF 등 (전기, 열에너지원)
전기·열 생산기술	가스화복합발전, 직접소각	전기, 열, 스팀 등
바이오매 스 생산기술	에너지 작물 생산·가공기술	에너지 작물, 균체생산·육종, 수집·가공기술
	생·화학적 CO2 고정화기술	각종 Chemical Feed Stock

2.5.1 바이오매스에너지 적용 사례지역



바이오매스를 이용한 발전기술은 이전까지는 독일의 수입 기술을 사용하였으나 현재는 90% 이상 국내기술이 사용되고 있고, 원격제어관리 시스템으로 사용 및 관리가 편리하다. 축분을 이용한 메탄가스 발전의 재료가 되는 분뇨는 일일 100t에 이를 정도로 충분히 확보가 되지만 주변 지역에 악취가 심하고 슬러지 발생의 문제점을 안고 있으며, 분뇨 처리가 100% 되지 않아 액비 저장의 문제점이 있다. 경기도 이천시에 위치한 모전영농조합에 설치된 바이오매스 발전시설은 10억원 투자되었으며, 전체를 연속 가동할 경우에는 월 30~40만원의 절약 효과를 누릴 수 있으나 시간당 30~34kW의 발생량으로 투자금에 비해 효과가 미미하다.

2.5.2 바이오매스에너지 모델

(1) 적용조건

모전 영농조합의 사례를 대상

(표 4.34 모전 영농조합 바이오매스처리기의 제원)

운영인자	내 용	비 고
처리유량	18	m ³ /일
유기물제거율	80~86	%, COD
산발효조	2.3	일
체류시간		
메탄발효조	5.6	일
체류시간		
가스발생량	160~200	Nm ³ /일
메탄순도	75~85	%
온수	500~600	Mcal
발생전력	400~510	kWh

그린홈 100만호 보급사업 기준 국가보조금은 50%로 설정

(2) 비용의 결정

① 설치비

- 설치비

② 연간운영비

- 신재생에너지 원별 경제성분석과 통계체계 개선방안 연구(2004, 산업자원부)에서 제시한 연간운영비 6%를 적용하였다.

- 연간운영비 = 초기투자비 × 유지보수비율

③ 총비용

- 설치비 + 연간운영비 × 내구연한

(3) 편익의 결정

평균값인 550MCal의 온수생산가능과 발생전력 455kWh를 동시 생산

	기준가격 (원/kWh)
매립지가스	63.5

①연간이득

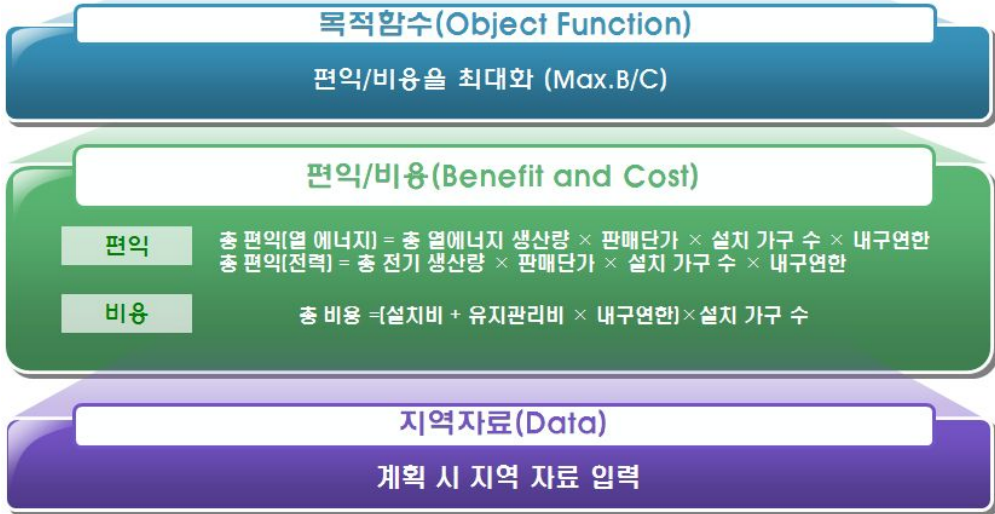
- 연간이득 = 온수 생산 이득 + 전력생산이득

② 총이득

- 총이득 = 연간이득 + 내구연한

(4) 적용 모델

바이오매스에너지 모델은 편익/비용의 비율을 최대화하는 상태로 다음과 같은 최적 모델 체계를 구성하였다.



Objective function		maximize Benefit / Cost
Subject to	B/C	$(bt_biomass_ener + ct_biomass_ener) / ct_biomass_ener$
	Benefit	$bt_biomass_ener = p_biomass_ener \times price_ener \times biomass_ener_house \times duration_biomass_ener$ $bt_biomass_elec = p_biomass_elec \times price_elec \times biomass_elec_house \times duration_biomass_elec$
	Cost	$ct_biomass_ener = (installcost_biomass_elec + mainterancec_biomass_elec \times duration_biomass_elec) \times biomass_ener_house$
Data	milk_cattle_count , cow_count , pig_count , fowl_count, price_ener, biomass_price_elec, duration_biomass_elec, mainterancec_biomass_elec, c_machine_biomass_elec	

(5) 평가

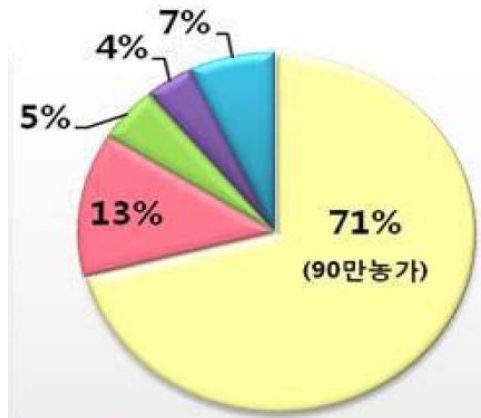
농촌마을의 오염물질 중 하나인 축산분뇨를 자원화하여, 에너지원으로 사용하려는 노력은 가장 오래된 방법 중의 하나이다. 바이오매스는 펠릿을 제외하더라도 농업부산물, 임업부산물, 폐기물을 이용할 수 있으며, 최근 바이오에탄올의 직접 제조, 열병합 발전이 모두 가능하므로 장기적인 관점에서 직접 에너지 자원으로 활용이 가능하다고 판단된다. 경제성도 비교적 좋은 편이나 현재의 낮은 가격을 형성할 수 있는 기술개발이 필요하다.

2.6 펠릿 보일러

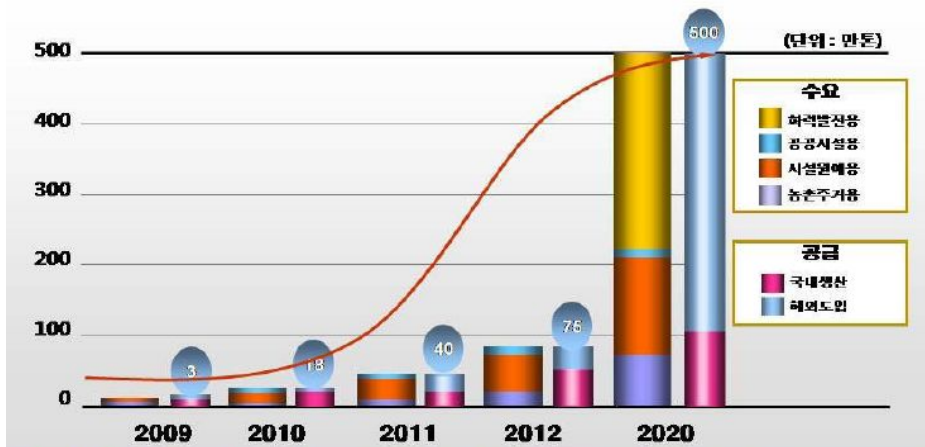
목재펠릿(wood pellet)은 제재부산물 또는 숲가꾸기 산물 등을 톱밥으로 제조한 후 압축하여 만든 목재연료 (0.6 cm × 1~4 cm)이다. 기후변화협약에서 온실가스 배출이 없는 것으로 인정받고 있으며, 다른 목질계 연료보다 안정성, 균질성, 사용편리성, 친환경성, 운송·보관의 용이성 등에서 우수하다. 별도의 첨가제를 사용하지 않는 무공해 친환경 연료이며, 연료비가 경유의 57%, 보일러 등유의 85% 수준으로 평가된다.

우드펠릿의 경제적 특징은 펠릿제조 및 판매를 통한 지역산업 육성, 지역 내 고용기회 창출, 지역 난방비용 절감이다. 또한 환경적 특징은 탄소 중립적 연료, 산림정비에 기여, 지역 에너지 자급을 향상으로 판단된다.

목재펠릿 잠재 수요처로는 ①난방용으로 등유를 사용하는 90만 농가(심야전기 사용 17만 가구도 잠재수요), ②난방이 필요한 시설원에 재배면적 13천ha(10년부터 신규난방기 면세경유 공급 중단), ③신재생에너지 의무사용 공공시설(10년부터 행안부 시범사업), ④신재생에너지 의무사용 석탄화력발전소(12년부터 RPS 도입)이 있다.



<그림 4.15 목재펠릿의 잠재 수요처>



<그림 4.16 목재펠릿 수급전망>

(표 4.35 목재펠릿 수급전망)

구분	보일러 등유	경유	우드칩	우드펠릿 (현재가격)	우드펠릿 (향후가격)
연료 열량 (kcal)	8,700	9,400	3,500	4,300	4,300
연료 가격(원)	870	1,300	250	400	350
시간당 소모량	3.5리터	3.2리터	9.5kg	7.5kg	7.5kg
하루 4시간 사용량	13.8l	12.8l	38.1kg	29.8kg	29.8kg
하루 난방비 (원)	12,048	16,662	9,524	11,926	10,435
5개월 난방비 (원)	1,807,229	2,499,359	1,428,571	1,788,909	1,565,295
비교수치	100	138%	79%	99%	87%
절감비용	기준	-692,130	378,658	18,320	241,934
효율	83%	83%	75%	78%	78%

(표 4.36 우드펠릿 연소시 배출가스 비교)

배출	펠릿 연소시	등유 연소시	비율 (등유/펠릿) kwh
CO2(이산화탄소)	11g/kwh	295g/kwh	27배
NOX(질소산화물)	1.49g/kwh	3.6g/kwh	2.4배
SO2(이황산가스)	0.043g/kwh	0.1g/kwh	2.3배
분진	0.45g/kwh	0.09g/kwh	0.2배

※ 펠릿 1kg 열량과 등유 0.5리터 열량은 비슷하다.

저탄소 사회로의 이행을 위한 지역적 대응방안

· 우드펠릿 을 통한 에너지 생산 및 지역 자원의 순환적 이용



<그림 4.17 펠릿의 자원 순환 모식도>



<그림 4.18 펠릿보일러와 우드펠릿>

2.6.1 펠릿보일러 모델

(1) 적용조건

보일러 등유와 비교 분석하였으며, 우드펠릿의 가격은 각 지방에서 이미 kg 당 50원의 보조금을 적용하고 있는 곳이 있으며, 향후 적용 예정이기에 kg 당 350원을 적용하였다. 난방이 필요한 시기인 11월부터 3월까지 5개월을 기준으로 설정하였다. 또한 국가보조금은 70%로 설정하였다.

(표 4.37 연료별 경제성 분석)

구분	보일러 등유	경유	우드칩	우드펠릿 (현재가격)	우드펠릿 (향후가격)
연료 열량 (kcal)	8,700	9,400	3,500	4,300	4,300
연료 가격(원)	870	1,300	250	400	350
시간당 소모량	3.5리터	3.2리터	9.5kg	7.5kg	7.5kg
하루 4시간 사용량	13.8l	12.8l	38.1kg	29.8kg	29.8kg
하루 난방비 (원)	12,048	16,662	9,524	11,926	10,435
5개월 난방비(원)	1,807,229	2,499,359	1,428,571	1,788,909	1,565,295
비교수치	100	138%	79%	99%	87%
절감비용	기준	-692,130	378,658	18,320	241,934
효율	83%	83%	75%	78%	78%

(2) 비용의 결정

① 설치비

- 설치비

② 연간운영비

신재생에너지 원별 경제성분석과 통계체계 개선방안 연구(2004, 산업자원부)에서 제시한 연간운영비율 6%를 적용하였다.

- 연간운영비 = 초기투자비 × 유지보수비율

③ 총비용

- 총비용 = 초기투자비 + 연간운영비 × 내구연한

④ 보조금을 받을 경우 총비용 (70%)

- 보조금을 받을 경우 총비용 = 설치비(1-국가보조50%) + 연간
운전비 × 내구연한

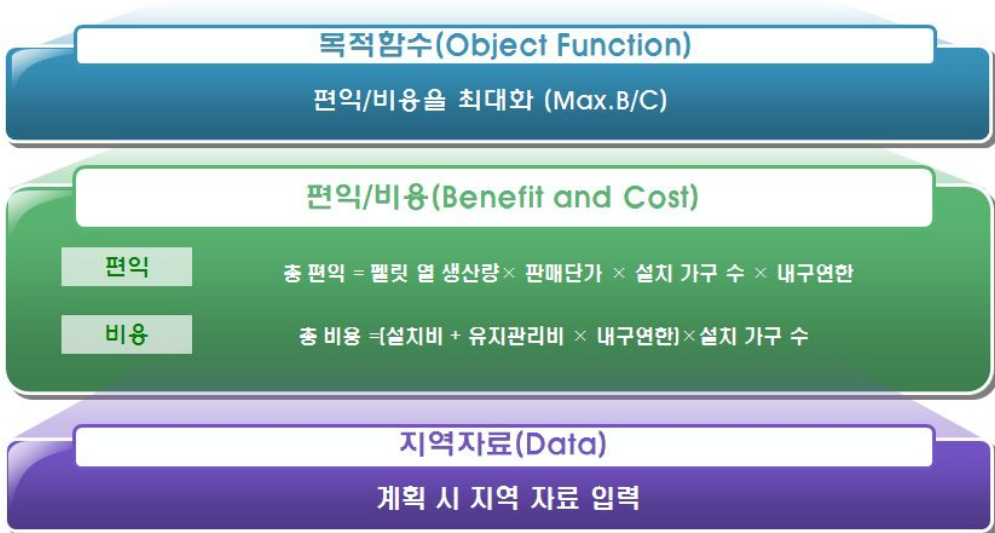
(3) 편익의 결정

보일러 등유와 비교 분석하였으며, 우드펠릿의 가격은 각 지방에서 이미 kg 당 50원의 보조금을 적용하고 있는 곳이 있으며, 향후 적용 예정이기에 kg 당 350원을 적용하였다. 난방이 필요한 시기인 11월부터 3월까지 5개월을 기준으로 설정하였다.

① 연간 이득 = 절감비용

② 총이득 = 연간이득 × 내구연한

(4) 적용 모델



Objective function		maximize Benefit / Cost
Subject to	B/C	bt_pallet_ener / ct_pallet_ener
	Benefit	bt_pallet_ener = p_pallet_ener × price_ener × pallet_ener_house × duration_pallet_ener
	Cost	ct_pallet_ener = (installcost_pallet_ener + mainterancec_pallet_ener × duration_pallet_ener) × pallet_ener_house
Data		duration_pallet_ener, price_ener, mainterancec_pallet_ener, c_machine_pallet_ener

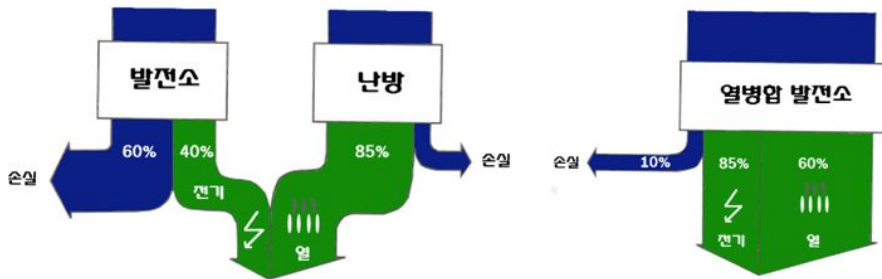
(5) 평가

펠릿 보일러는 바이오매스를 직접적으로 사용하는 에너지 자원으로 비교적 저렴한 설치비로 경쟁력을 가지고 있다. 그러나 현재 까지 국산 바이오매스 인 펠릿의 경우 가격 경쟁력이 부족하여 비교 대상인 등유에 비해 경제적 타당성이 부족하다. 펠릿에 대한 이 부분의 정책적 지원이 있다면 현재보다 적용성이 확대 될 자원이며, 현재 많은 연구가 진행되고 있어 잠재적 자원으로 개발이 필요하다고 판단된다. 현재 정책적으로 가정에 보일러의 70% 까지 보조가 가능하며, 약 130만원에 구입이 가능하며, 연간 등유보일러에 비하여 탄소배출권 거래에 따른 이득을 고려해 본다면 충분히 적용이 가능할 것을 판단된다.

2.7 복합 적용

농어촌뉴타운 조성사업이 시행되는 농촌공간은 권역내 가구수 및 인구의 편차가 크며, 대규모 발전시설의 도입은 적합하지 않다. 따라서 권역내 난방 및 전력생산을 위한 자연순환에너지원의 적절한 도입으로 최대 효율, 최소 비용을 결정하기 위한 편익/비용 비율이 최대가 되기 위한 최적화 모델을 구현하였다. 이를 위해서 비선형 계획 해석 패키지인 LINGO™을 이용하여 편익/비용의 비가 최대가 되는 복합모형을 구성하였다.

손실을 최대한 줄여 최소비용과 최대효율의 조건을 만족시키기 위해서는 전력과 열에너지가 동시에 생산되는 열병합 발전을 지향하며, 다음 그림과 같다.



<그림 4.19 기존 에너지와 열병합발전>

(1) 적용조건

풍력발전과 태양광발전으로 전력생산 100%와 태양광발전에 남는 전력을 판매하는 목적으로 설정하였고, 주택에 재생에너지인 지열로 난방을 하고, 태양열로 온수를 공급하며, 태양광으로 전력을 공급

(2) 비용의 결정

① 설치비용 = \sum 각 에너지원별 설치비

- 설치비용

② 연간운전비 = \sum 각 에너지원별 연간운전비

- 연간운전비

③ 총비용

- 총비용 = \sum 각 에너지원별 설치비 + \sum 각 에너지원별 연간운전비 \times 각 에너지원별 내구연한

- 총비용

④ 각 에너지원별 보조금 적용시 총비용

- 보조금 적용시 총비용

(3) 편익의 결정

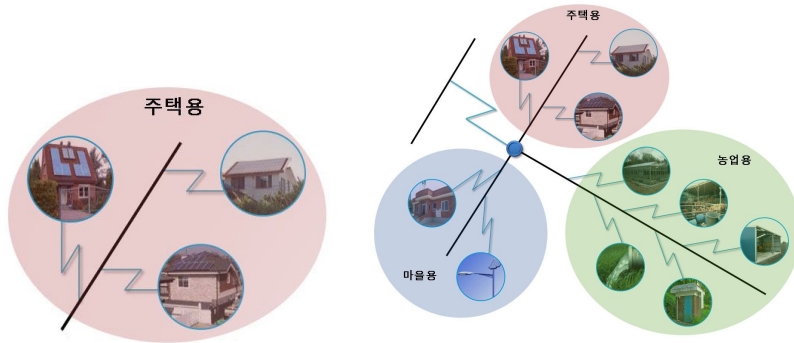
① 연간이득

- 연간이득 = \sum 각 에너지원별 연간이득

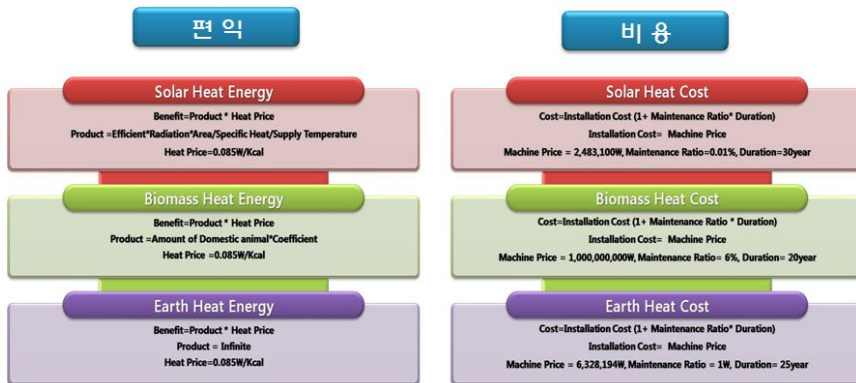
② 총이득

- 총이득 = \sum 각 에너지원별 총이득

(4) 적용 모델



(a) 기존 신재생에너지 개념 (b) 농어촌뉴타운 신재생에너지 적용 개념
 <그림 4.20 연구에서의 신재생에너지 적용 개념>



<그림 4.21 열에너지 복합모델>



<그림 4.22 전력 복합모델>

(5) 평가

복합적용은 다양한 신재생 에너지를 이용하여 한 지역 또는 여러 지역에 적용하기 위한 모델로, 경제적 최적화를 통해 구성된다. 실제 열병합 발전 등을 통해 생산된 모든 에너지를 한 마을에서 소비하기에는 그 양이 많게 되므로 여러 지역을 포괄할 수 있는 마을 연계 모델로 가능하다. 향후 보다 보편적으로 적용할 수 있는 방안의 구성이 좀 더 연구되어야 한다.

3. 신재생에너지 농어촌뉴타운단지 모형 적용성 평가

2008년에 조사된 가구원수별 에너지원별로 구분된 에너지 소모는 다음과 같다.

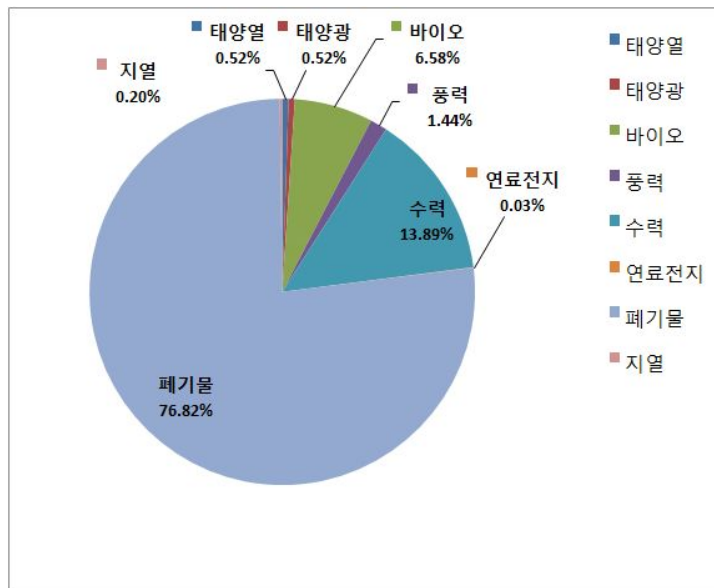
(표 4.38 2008년 에너지 총조사 보고서(2007))

가구원수별		단위	3인 가구	10 ³ Kcal
에너지원별				
연 탄		Kg	74.2	345.0
석유류	등 유	ℓ	454.6	4,000.5
	중질중유	ℓ	-	-
	프로판	Kg	1,55.0	1,867.8
가스류	도시취사	m ²	513.3	140.3
	도시난방	m ²	68.1	718.5
전 력		Kwh	3,214.0	2,764.0
열에너지		Mcal	-	-
온수(급탕)		Mcal	-	-
임산연료		Kg	171.6	480.5

모델에 있어서 필요한 에너지는 다음과 같다.

(표 4.39 에너지 총량)

가구원수별		단위	전체	10 ⁹ Kcal
에너지원별				
연 탄		Kg	440,835.4	1,983.8
석유류	등 유	ℓ	4,543,566.7	39,529.0
	중질중유	ℓ	314,735.8	3,115.9
	프로판	Kg	1,578,811.4	18,945.7
가스류	도시취사	m ²	1,153,598.1	12,112.8
	도시난방	m ²	7,231,397.7	75,929.7
전 력		Kwh	48,791,874.5	41,961.0
열에너지		Mcal	12,826,560.2	12,826.6
온수(급탕)		Mcal	125,032.0	125.0
임산연료		Kg	96,143.0	269.2



<그림 4.23 전국 신재생에너지 잠재량>

또한, 신재생에너지 원별 국내의 부존잠재량과 가용잠재량은 다음과 같이 평가되고 있다.

(표 4.40 에너지 부존량과 잠재량)

에너지원		에너지량	단 위
태양열	부존잠재량	114,518,003,514.80	Gcal/Year
	가용잠재량	40,165,300,348.90	Gcal/Year
태양광	부존잠재량	133,473,984.99	GWh/Year
	가용잠재량	46,879,901.56	GWh/Year
풍력	총 잠재량	161,700,000	TOE/Year
	가용 잠재량	16,000,000	TOE/Year
바이오메스	임산부산물	67,598,119,508.70	Gcal/Year
	농산부산물	5,700,764,030.53	Gcal/Year
	축산폐기물	16,479,379,739.85	Gcal/Year
	도시 폐기물	73,914,150.90	Gcal/Year
지열		2,345,299,538.00	KTOE

4. 결 론

신재생에너지를 농촌의 마을 설계에 적용하기 위해선 각 에너지원별 특성을 파악하여야 하며, 이중 기술적으로 적용 가능한 것을 경제성 분석을 통해 판단하는 것이 가장 타당하다. 또한 이를 위해선 농촌의 에너지 필요량과 신재생에너지로부터 공급될 수 있는 자연적인 한계, 그리고 적용에 따른 우선 순서의 판별이 필요하다.

신재생에너지 중 농어촌뉴타운에 적용가능한 에너지원인 태양열, 태양광, 풍력, 지열, 바이오매스에 대한 특성을 파악하였고, 이를 통해 마을계획에 적용성을 평가할 수 있는 모델을 구성하였다. 구성된 모델을 에너지원별로 내구연한 소요되는 비용의 현재가치와 이때 발생하는 이득의 현재가치를 기준으로 경제적 타당성을 기반으로 설정하였다.

모델은 최적화에 기반을 두었으며 이를 위해 목적함수는 내구연한동안의 경제적 타당성이 가장 높은 것을 기준으로 설정하고, 각 에너지원에 따른 제한요건과 비용조건을 표현하였다. 따라서 구체적인 대상지역이 설정되면, 대상지역의 기상자료, 가격자료, 설계자료를 지역자료에 입력하여 최적상태를 도출하도록 구성하였다. 또한 바이오매스에 너지에 별도의 펠릿보일러를 적용할 경우를 대상으로 모델을 구성하였다.



신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운 단지 적용

1. 우리나라 신재생에너지 잠재량
2. 단양 농어촌뉴타운 예
3. 장수 농어촌뉴타운 예
4. 단양 연계설계 예
5. 결론

제5장 신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운 단지 적용

1. 우리나라 신재생에너지 잠재량

신재생에너지의 에너지원별 연구는 주로 기술의 전반적이고, 효율상승을 목적으로 추구하는 기술이라면 실제 적용될 수 있는 모델은 타당성에 기반을 둔 지역 적합도에 관한 모델이 될 것이다.

농촌마을에 적용은 다양한 에너지원을 한 지역에 적용하는 복합모델의 특성을 가지고 있는데 이것을 결정하기 위해선 에너지 소비량과 잠재량에 대한 조사가 선결되어야 한다.

2008년 통계를 조사 분석한 결과 농어촌 지역의 전력의 소비는 3인 가족을 중심으로 볼 때, 전력량은 2,729.2KWh/년 : 227KWh/월 : 7.58KWh/일과 같고, 금액으로 환산하면 270,388원/년 22,532원/월 751.1원/일 로 나타났다.

(표 5.1 에너지원별 국내 소비량)

에너지원별		단위	전체	10 ⁹ Kcal
연탄		Kg	440,835.4	1,983.8
석유류	등유	ℓ	4,543,566.7	39,529.0
	증질중유	ℓ	314,735.8	3,115.9
	프로판	Kg	1,578,811.4	18,945.7
가스류	도시취사	m ²	1,153,598.1	12,112.8
	도시난방	m ²	7,231,397.7	75,929.7
전력		K조	48,791,874.5	41,961.0
열에너지		Mcal	12,826,560.2	12,826.6
온수(급탕)		Mcal	125,032.0	125.0
임산연료		Kg	96,143.0	269.2

또한 2009년 기준의 우리나라의 신재생에너지원별 상한설치 단가는 다음

표와 같다. 여기에 해당하는 사업은 일반보급보조사업, 그린홈100만호보급사업, 국민임대주택태양광보급사업, 신·재생에너지지방보급사업, 읍자치원사업, 설치의무기관의 신·재생에너지설비보급 등이며, 2009년 3월 이후에 적용한다.(지식경제부고시 제2008-232호(2008.12.24)에서 규정한 사업)

(표 5.2 신재생에너지 설치비)

구분		설치단가	
태양광	일반건물	고정식	9,240,000/kw
		추적식	10,900,000/kw
		BIPV	14,960,000/kw
	태양광주택	고정식	7,210,000/kw
태양열이용설비	평판형		930,000m ²
	단일진공관형		980,000m ²
	이중진공관형		940,000m ²
풍력발전설비	-		5,550,000/kw
지열이용설비	수직밀폐형		1,250,000/kw
	개방형		1,150,000/kw

또한 상기의 자료를 분석하여 신재생에너지의 기준가격은 다음 표와 같이 설정하게 된다.

(표 5.3 신재생에너지 기준 가격)

대상전원	기준가격(원/kWh)		설비용량
	자가용설비	사업용설비	
태양광	716.40		3kW 이상
풍력	계통한계가격(SMP)+ 일반발전기 용량정산금(CP)	107.66	10kW 이상
소수력	계통한계가격(SMP)+ 일반발전기 용량정산금(CP)	73.69	3MW 이하
조력	62.81		50MW 이상
매립지가스	계통한계가격(SMP)+ 일반발전기 용량정산금(CP)	65.20	20MW 미만
		61.80	20MW 이상 50MW 이하
폐기물소각(RDF 포함)	계통한계가격(SMP)+ 일반발전기 용량정산금(CP)		20MW 이하 화석연료 투입비율이 30% 미만인 경우

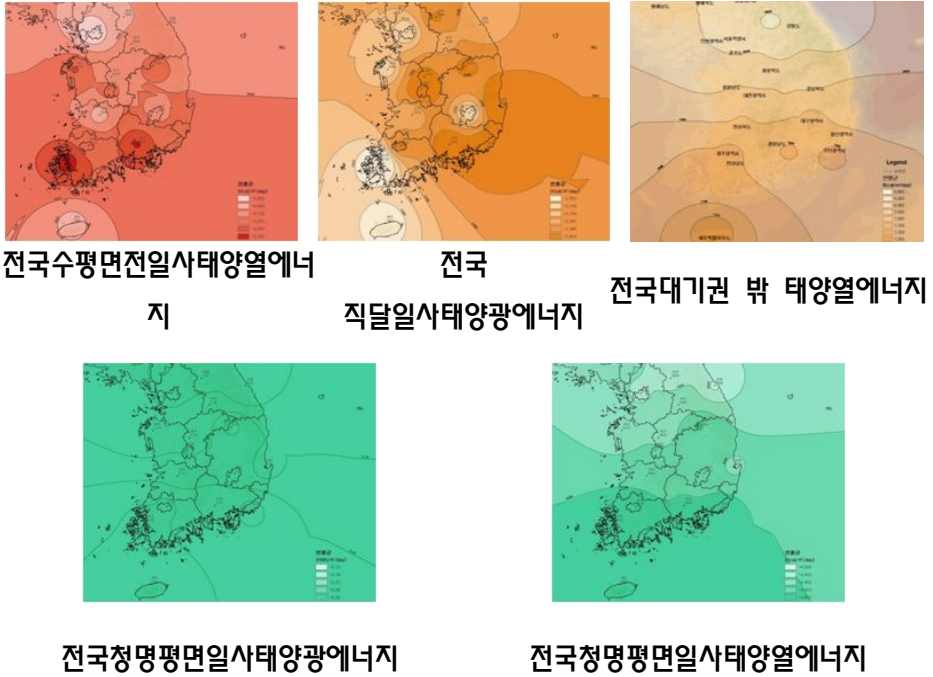
농촌의 적용 타당성을 확인하기 위하여 설정한 원별 표준시설의 설치비는 다음 표와 같다.

(표 5.4 신재생에너지별 적용된 설치비)

	시설단가 (천원/kw)	주택설치 용량	주택설치비 (천원)	TOE단가 (천원/toe)
태양광	9,800	3.1	30,380	33,561.6
태양열	700	2.64	1,848	10,937.5
지열	2,643	5	13,215	15,189.7
소수력	2,857			
풍력	2,000	750	1,500,000	5,305.0
바이오	10,000	325	3,250,000	23,809.5
전기	200	30	6,000	1,149.4

가) 대한민국의 자연에너지 잠재량

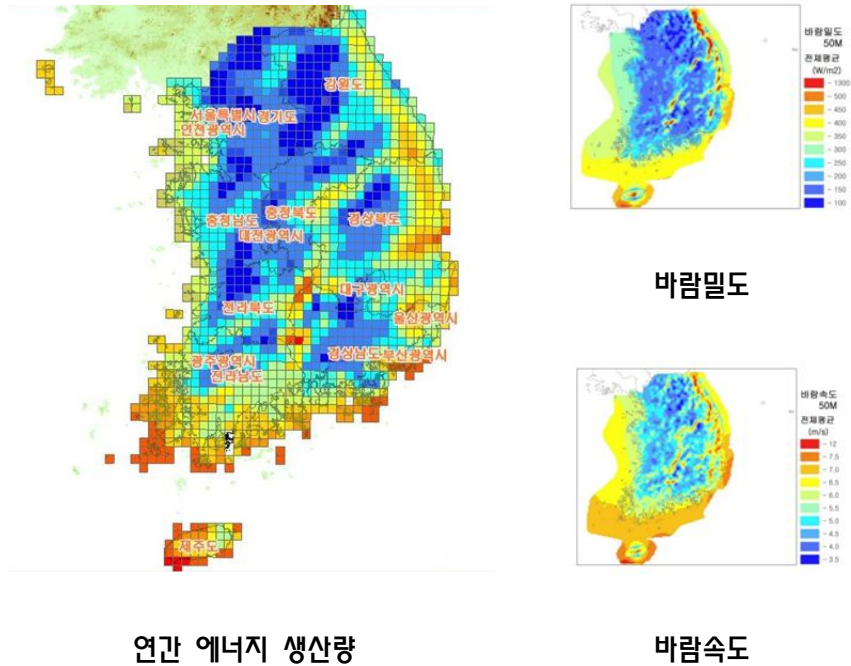
태양 에너지 잠재량 분포도는 다음과 같다.



<그림 5.1 대한민국 자연에너지 잠재량>

태양 에너지는 지역적 편차 없이 전국에 고르게 분포하는 유일한 자연 에너지원이며, 전국에 고른 분포를 보이거나 상대적으로 고층 빌딩 등이 밀집해 있는 도심 지역이 에너지량이 적은 것으로 나타났다. 농촌 마을 또한 에너지원의 확보가 가장 용이하여 농촌마을 설계에 이용이 적합하다.

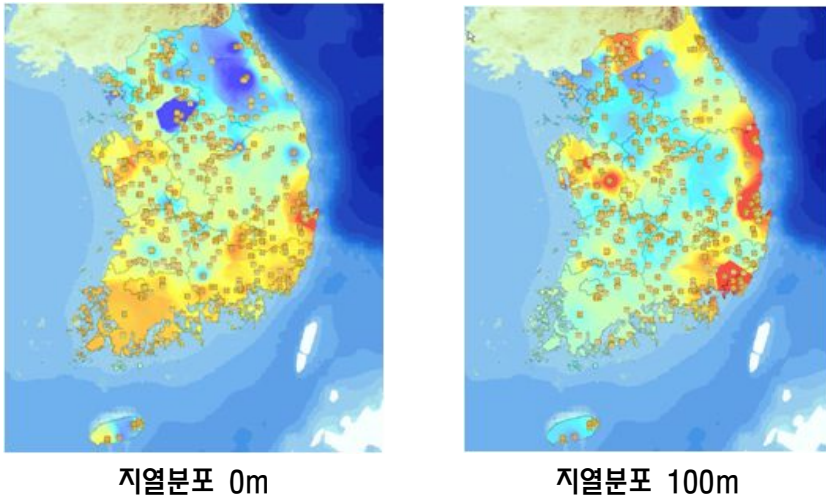
풍력 에너지 잠재량 분포도는 다음과 같다.



<그림 5.2 대한민국 풍력에너지 잠재량>

풍력 에너지원은 내륙과 해안의 지역적 편차가 심하며, 따라서 풍력 에너지를 이용한 도심 지역의 발전은 다소 어려움이 있다. 태백산맥의 줄기를 따라 풍력 에너지원의 도입 가능성이 큰 것으로 나타났고, 지속적인 발전을 위한 조건이 되는 지역은 강원 북부지역과 제주 일부 지역으로 국한된다. 풍력 에너지원을 농촌 마을 설계에 반영하는 것은 다소 제한적으로 판단된다.

지열 에너지 잠재량 분포도는 다음과 같다.



<그림 5.3 대한민국 지열에너지 잠재량>

지열 에너지원은 표면과 지중의 온도차를 이용하여 냉난방 및 발전에 이용한다. 전국에 걸쳐 이용 가능한 잠재량을 보유하고 있다. 지열 에너지를 이용한 냉난방 시설의 이용으로 에너지 사용료 절감에 효율적이며, 초기 시설 투자비가 많이 들어 농촌 마을에서 개인적인 시설 설비는 곤란하다. 농촌 마을의 공동 시설 등에 적용이 적합하다고 판단된다.

바이오매스 에너지 잠재량 분포도는 다음과 같다.



<그림 5.4 대한민국 바이오매스에너지 잠재량>

바이오매스 에너지는 농촌에서 발생하는 농업 부산물을 에너지원으로 이용한다. 지역적 편차가 크지 않고, 개인 시설보다 공공시설에 적합하다고 사료된다.

농어촌뉴타운은 주택을 기반으로 조성된 농촌단지이다. 여기에는 다양한 유형과 형식이 존재한다. 기 연구된 농어촌뉴타운 주택모형의 기본 형식은 다음 그림과 같다.

구분	가족구성				구분	가족구성			
	2세대구성		3세대구성			2세대구성		3세대구성	
	85㎡형기준	100㎡형기준	85㎡형기준	100㎡형기준		85㎡형기준	100㎡형기준	85㎡형기준	100㎡형기준
전원주택형									
타운하우스형									

< 전원주택형 >

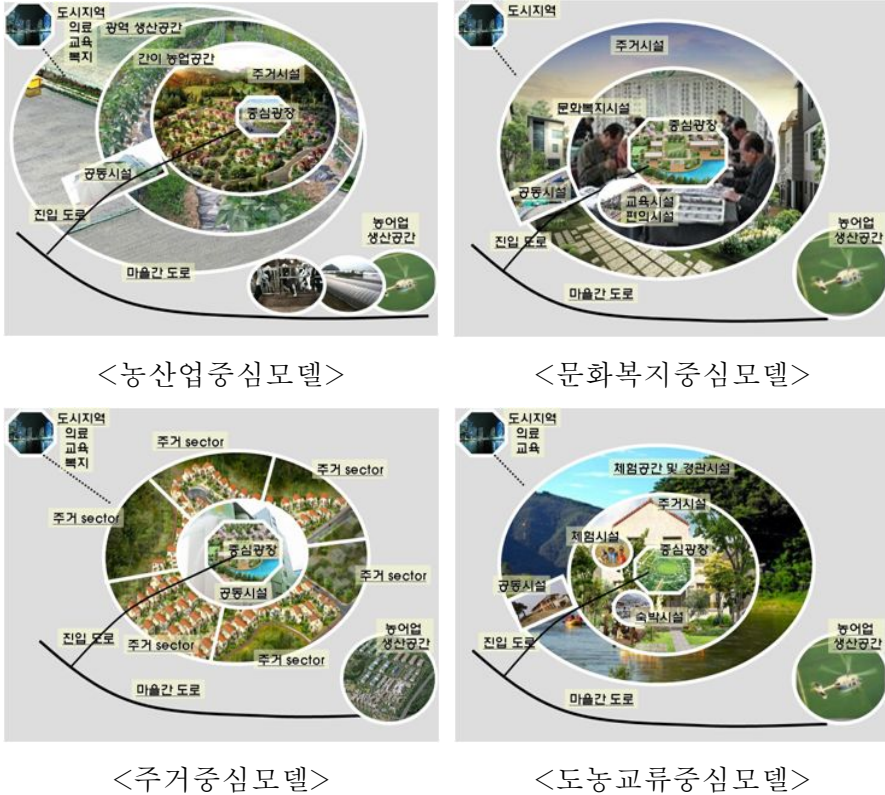
< 타운하우스형 >

구분	기본도면(1층)	수직확장(2층)	수직확장(1층)	수평확장(1층)
전원주택형	A			
	B			
타운하우스형	C			
	D			
	E			
전원주택형	F			
	G			
	H			

< 주택유형별 단위세대 계획 >

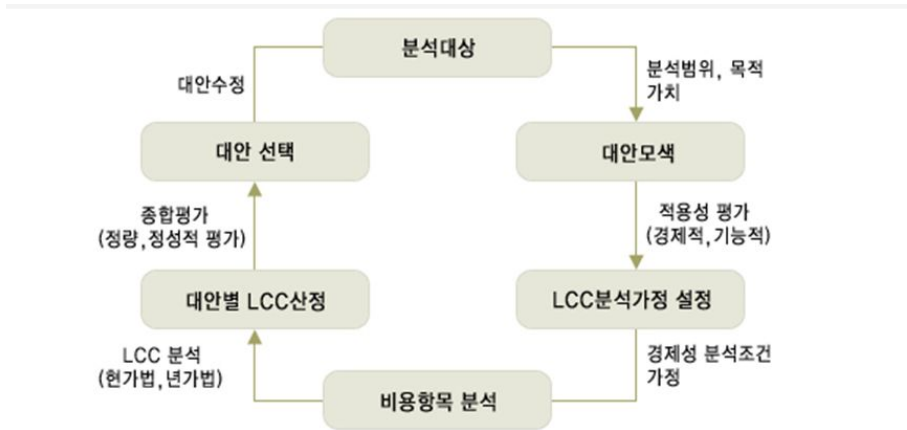
<그림 5.5 농어촌뉴타운 주택 평면도>

신재생에너지 적용한 농어촌뉴타운 단지 모형의 유형은 크게 3가지로 구분되는데 농산업중심모델과 문화복지모델, 도농교류모델 그리고 주거중심모델이다.



<그림 5.6 농어촌뉴타운 공간구성 유형>

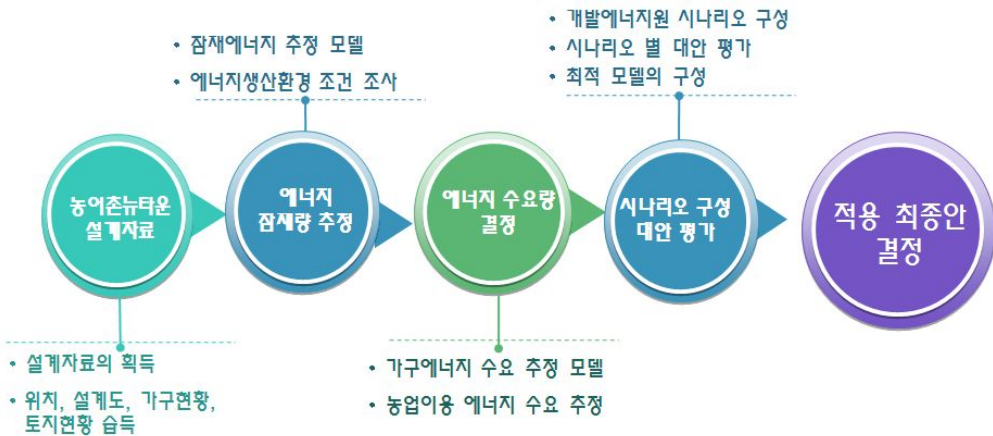
농어촌뉴타운에 신재생에너지를 도입하면 이것의 적절성을 평가할 수 있는 방안이 있어야 하며, 가장 근접한 방법으로 생애주기비용을 이용한 경제적 타당성 평가가 될 것이다. 이것은 생애주기동안의 현재 가치로 환산된 총비용과 총편익을 통해 구성한다. 즉, 생애주기비용(LCC : Life Cycle Cost)이란 정의 프로젝트의 여러 가지 투자 대안 중 최적 안을 선택하는데 고려하여야 할 모든 중요한 요소들에 대해 주어진 기간에 따른 금전적 가치의 비교를 통하여 경제적 평가를 수행하는 절차이다.



<그림 5.7 LCC 분석기법 수행 과정>

이와 같은 과정은 모델의 경제적 타당성을 보장하기 위한 것으로 궁극적으로 위험도 분석에 해당하며, 따라서, 본 연구에서는 위험도 분석 개념을 도입한 경제성을 분석하고자 한다.

신재생에너지의 농어촌뉴타운 적용의 단계는 다음과 같다.

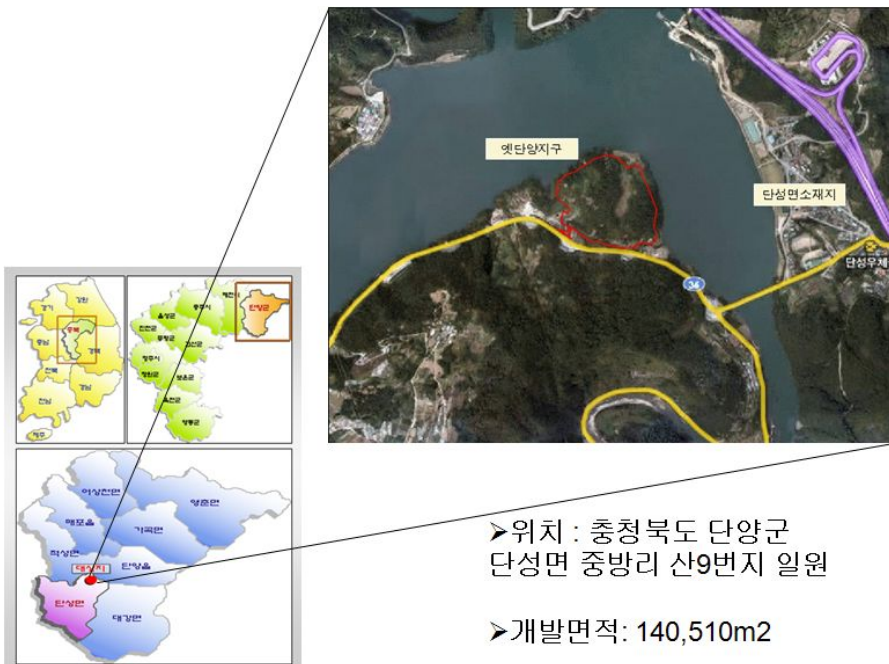


<그림 5.8 신재생에너지의 농어촌뉴타운 적용단계>

2. 단양 농어촌뉴타운 예

(1) 단양 농어촌뉴타운 목적

- 1) 사업명 : 옛단양 농어촌뉴타운 조성사업
- 2) 위치 : 충청북도 단양군 단성면 중방리 산9번지 일원



<그림 5.9 단양군 농어촌뉴타운 단지 위치도>

3) 사업목적

- 농어업 경영 승계가 가능한 도시 거주 30~40대 젊은 인력을 농어촌으로 유치하여 「돈 버는 농어업」을 이끌 핵심 주체로 육성
 - 농어업의 경쟁력 제고 및 「살 맛 나는 농어촌」 조성
- 4) 개발규모 : 140,510㎡(단독주택 70세대, 타운하우스 30세대)
 - 5) 사업기간 : 3년(2009 ~ 2011년)
 - 6) 총사업비 : 27,825백만원(마을기반조성 13,889백만원, 건축공사 13,936백만원)

젊은 도시민을 농어촌으로 유치하여
지역농산업의 핵심주체로 육성



<그림 5.10 단양군 농어촌뉴타운 설계 방향>

(2) 규모

1) 단지조성

- 토지이용계획 : 현재 지형여건과 토지이용의 효율성, 주변 자연환경과의 조화, 이용자의 편리성, 도로 등 공동이용시설의 활용성 등을 최대한 높이는 방향으로 계획

(표 5.5 단양 농어촌뉴타운조성사업 계획지표)

지표명	단위	지표	비고
계획인구	명	300	○ 호당 인구 : 3.0인 -100호×3.0인/호=300인
계획가구	호	100	○ 단독70호,타운하우스30호
생활용수보급율	%	100	
1인1일최대급수량	ℓ	376	○ 단양군수도정비기본계획적용
하수도보급율	%	100	
1인1일최대오수량	ℓ	200	○ 소규모하수도사업통합지침적용

(표 5.6 단양 농어촌뉴타운 토지이용 및 구성비)

구 분	면 적(m ²)	구성비(%)	비 고
계	140,510	100.0	
주 택 용 지	43,263	30.8	
단독주택	32,296	23.0	70필지, 461m ² /호
타운하우스	10,967	7.8	30호, 366m ² /호
농 업 용 지	29,525	21.0	
짜리농원	15,834	11.3	
과수원	13,691	9.7	
공공시설용지	24,127	17.1	
진입도로	602	0.4	B=8m, L=40m
단지내도로	11,057	7.9	3조, B=6m, L=1,620m
하수처리장	1,334	1.0	
커뮤니티 시설	5,463	3.9	
농산물 가공시설	2,882	2.0	
배수지 및 주차장	2,789	1.9	
공원·녹지용지	43,595	31.1	
수변공원	22,998	16.4	
테마공원	5,400	3.8	
솔숲공원	10,071	7.2	
산책로	2,204	1.6	
녹지	2,922	2.1	

○ 정지토공계획 : 원지형과 토지활용도·주거환경·경관형성 등을 고려하여 절토량 및 성토량 발생이 최소화되도록 계획

(표 5.7 단양 농어촌뉴타운 정지 토공계획)

면 적 (m ²)		정지토공량 (m ³)		
부 지	정 지	절토량	성토량	계
140,510	115,891	332,778	332,778	665,556

2) 도로

(표 5.8 단양 농어촌뉴타운 도로계획)

구 분		연 장(m)	도로 폭(m)	포 장
계		1,660		
진 입 도 로		40	8.0	아스콘
단지내도로 소계		1,620		
단지내도로	1호 도로	700	6.0	아스콘
	2호 도로	320	6.0	"
	3호 도로	600	6.0	"

3) 상수도

- 생활용수공급계획 : 현재 지방상수도가 국도 36호선상의 우회교를 지나 소선암 자연휴양림 방향의 기존 중방리마을까지 기 설치되어 있으므로, 기존 지방상수도 노선에 상수도관을 연결하여 사업지구 내 배수지까지 송수관로를 매설할 계획임.
- 단위급수량 : 「단양군 수도정비 기본계획」의 2020년 생활용수 계획최대급수량 376ℓ/인·일 적용

(표 5.9 단양 농어촌뉴타운 상수도 계획)

구 분	계 획 급수인구	계획1인1일 최대급수량	계획1일 최대급수량	비고
생활용수	300인	376 ℓ/인·일	120m ³ /일	

4) 하 수 도

○ 우수계획: 관로 1,604m(D500mm~700mm), 최종 충주호에 방류

(표 5.10 단양 농어촌뉴타운 하수도계획- 우수관로)

구 분	우수관로		우수맨홀 (개)	우수받이 (개)	연결관로 (m)	UF500 (m)
	연 장(m)	규 격(D,mm)				
우수관로	1,604	500~700	40	63	924	975

○ 우수계획 : 관로 1,465m(D300mm), 사업지구내에 자체 마을하수처리시설을 설치하여 정화처리

(표 5.11 단양 농어촌뉴타운 하수도계획-오수관로)

구 분	연 장 (m)	규 격 (mm)	오수맨홀 (개)	오수받이 (개)	연결관로 (m)
오수관로	1,465	D300	37	76	876

5) 공동이용시설

○ 관광특구인 단양군의 一景이 될 만한 랜드마크적 요소와 관광객들이 체험과 숙박이 가능한 농박개념의 게스트하우스형 공동이용시설 확보 및 지역주민의 교류·화합의 장을 마련

○ 공원·녹지시설 : 43,595m²

- 빗물을 이용한 생태연못 조성과 기존 솔숲을 이용한 삼림욕장과 영농체험공원을 조성하여 방문객들이 직접 경험할 수 있는 공간 조성

6) 전기·통신

- 전기 : 수요량 545kw, 옥외조명시설(가로등) 100기 설치
- 통신 : 121회선
- 전기·통신선로는 경관을 고려하여 지중선로로 계획하나, 향후 사업비 및 분양가에 따라 가공선로로 검토할 수 있음

7) 주택공급계획

- 건축계획 : 100세대(단독주택 70세대, 타운하우스 30세대)
 - 전체 마을경관 이미지(Image)를 위해서 주변 환경과의 조화를 도모(남동향 위주 배치)
 - 지역의 특색을 반영한 형태와 친환경 자재를 활용하여 건축
- 세대 당 예상 분양가
 - 단독주택 : 242백만 원(대지 461㎡, 주택 100㎡), 193백만 원(대지 461㎡, 주택 85㎡)
 - 타운하우스 : 173백만 원(대지 366㎡, 주택 85㎡)
- 주택신축융자금 : 국고융자 100%(연리 3%, 2년 거치 1년 상환)

8) 경관계획

- 경관 컨셉 : 탁 트인 경관과 주변 환경이 조화를 이룬 친환경적인 농어촌뉴타운
 - 계절의 변화에 따라 자연스럽게 변화하는 자연경관을 배경으로 아늑한 공간이 있는 농어촌뉴타운
- 경관을 고려한 단지배치, 경관형성을 위한 색채계획(건축물 색채계획 사례 포함) 제시

9) 연계지원 프로그램

- 뉴타운 입주민들의 영농생활을 통한 지역사회정착, 기존마을 주민들과의 교류·화합을 위한 다양한 정부지원프로그램 제시
 - 주민교류·생활지원서비스(영농생활 정착 및 교육·의료·

문화·복지 프로그램), 소득창출 프로그램, 관련부처 연계가능사업 등

- 농촌체험마을 운영, 농산물 판매, 민박을 통한 소득창출 프로그램을 제시

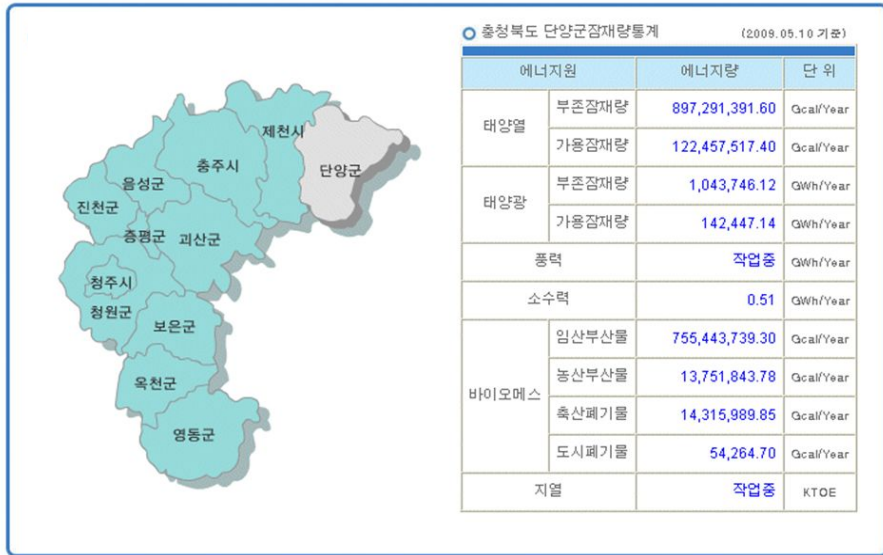
10) 소요사업비

(표 5.12 단양 농어촌뉴타운 소요사업비)

구 분	공 종	사 업 비 (천원)			
		계	보 조	군 비	용 자
계		22,157,000	7,904,000	4,308,000	9,945,000
마을기반조성	소 계	11,112,000	7,134,000	3,978,000	-
	공사비	7,585,000	5,309,000	2,276,000	-
	용지비	920,000	-	920,000	-
	부대비	2,607,000	1,825,000	782,000	-
건축	소 계	11,045,000	770,000	330,000	9,945,000
	주택	9,945,000			9,945,000
	커뮤니티센터	1,100,000	770,000	330,000	-

(4) 지역의 잠재에너지 자원

- 단양지역의 신재생에너지 자원 부존량



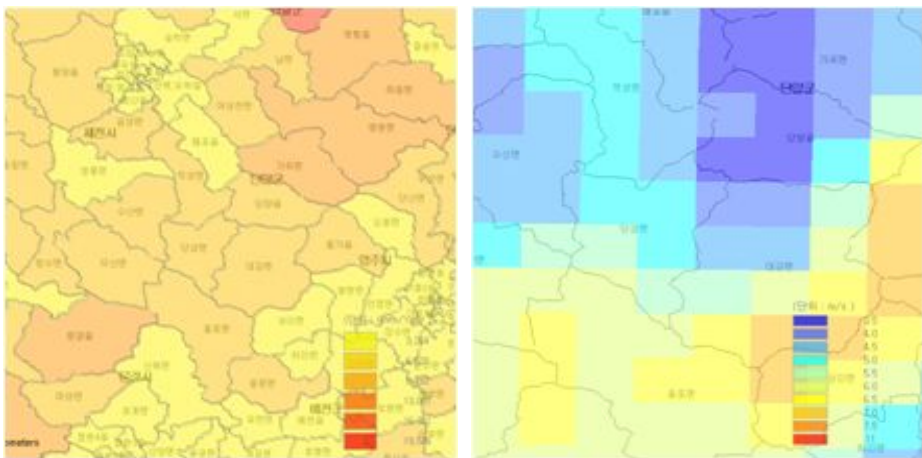
<그림 5.12 단양지역 신재생에너지 잠재량>

(표 5.13 단양지역 잠재 태양광 발전량)

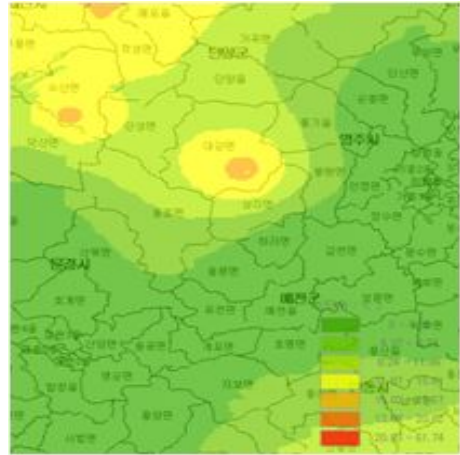
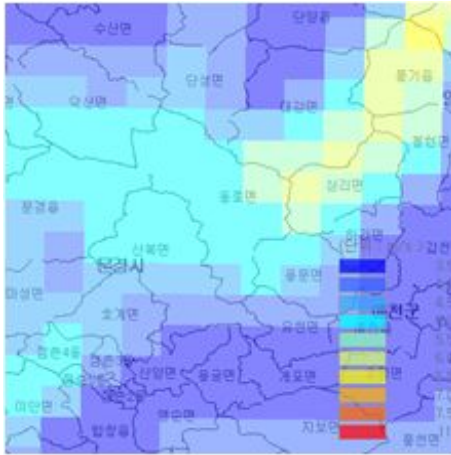
단양	30도 경사면 일사량	kWh로 변환	어레이 면적	발전 효율	태양광발전 총발전량(일별)	태양광발전 총발전량(달별)
1월	2,788	3.22	27.3	0.096	8.43	261.22
2월	3,262	3.76	27.3	0.096	9.86	276.05
3월	3,529	4.07	27.3	0.096	10.67	330.64
4월	3,998	4.61	27.3	0.096	12.08	362.50
5월	3,990	4.60	27.3	0.096	12.06	373.83
6월	3,757	4.33	27.3	0.096	11.35	340.65
7월	3,181	3.67	27.3	0.096	9.61	298.04
8월	3,474	4.01	27.3	0.096	10.50	325.49
9월	3,543	4.09	27.3	0.096	10.71	321.25
10월	3,472	4.00	27.3	0.096	10.49	325.30
11월	2,713	3.13	27.3	0.096	8.20	245.99
12월	2,578	2.97	27.3	0.096	7.79	241.54
합계					121.76	3702.49

(표 5.14 단양지역 잠재 태양열 발전량)

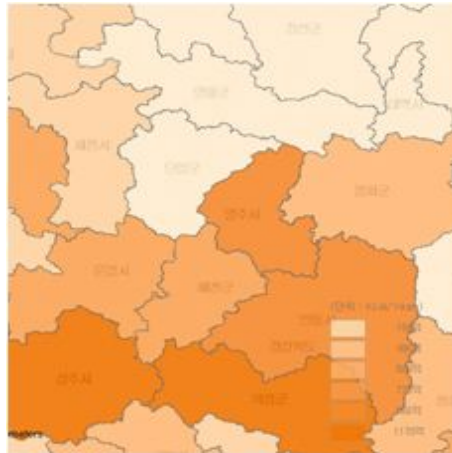
단양	kWh로 변환	집열효율	집열면적	집열량	온수생산량
1월	3.22	0.45	2.64	13.75	65.48
2월	3.76	0.45	2.64	16.09	76.61
3월	4.07	0.45	2.64	17.41	82.88
4월	4.61	0.45	2.64	19.72	93.90
5월	4.60	0.45	2.64	19.68	93.71
6월	4.33	0.45	2.64	18.53	88.24
7월	3.67	0.45	2.64	15.69	74.71
8월	4.01	0.45	2.64	17.13	81.59
9월	4.09	0.45	2.64	17.47	83.21
10월	4.00	0.45	2.64	17.12	81.54
11월	3.13	0.45	2.64	13.38	63.72
12월	2.97	0.45	2.64	12.71	60.55
평균				16.56	78.84



<그림 5.13 단성면 태양에너지 잠재량> <그림 5.14 단성면 풍속에너지 잠재량>



<그림 5.15 단성면 격자 풍속_지상 30m 바람> <그림 5.16 단성면 100m 지온도>



<그림 5.17 단성면 농업부산물>

(표 5.15 단양지역 지열/지축자료)

시추공 이름	시도명	시군 구명	시추일자	시추공 심도	지표면 온도	심도100m 온도	공저 온도	증온율
단양001	충청북도	단양군	1993-02-09	648	10.60	18	28.35	27.39
단양002	충청북도	단양군	1993-02-11	792	10.60	13.20	31	25.76

(표 5.16 단양지역 소수력 잠재량)

시도명	시군구명	읍동명	유역면적 (km ²)	연평균 강수량 (mm)	유출 계수	연평균 (예상) 유량	(예상) 발전용 량(kw)	연간(예상)생 산량(TOE)
충청북도	단양군	단성면	121.27	1286	0.57	2.82	22	19

단양지역 농어촌뉴타운 설계에 따른 전력 소요량은 주택전력 500KW, 공용전력 45KW로 총 545KW로 나타났다.

(5) 모델 적용

모델은 4장에서 설명된 모델에 지역의 특성 및 설계특성에 따라 자료를 구성하여 최적화 한다.

① 태양열에너지

태양열에 관련된 지역자료는 다음과 같다.

(a) 30도 경사면 일사량

측정 지점	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10 월	11 월	12 월
원주	2,788	3,262	3,529	3,998	3,990	3,757	3,181	3,474	3,543	3,472	2,713	2,578

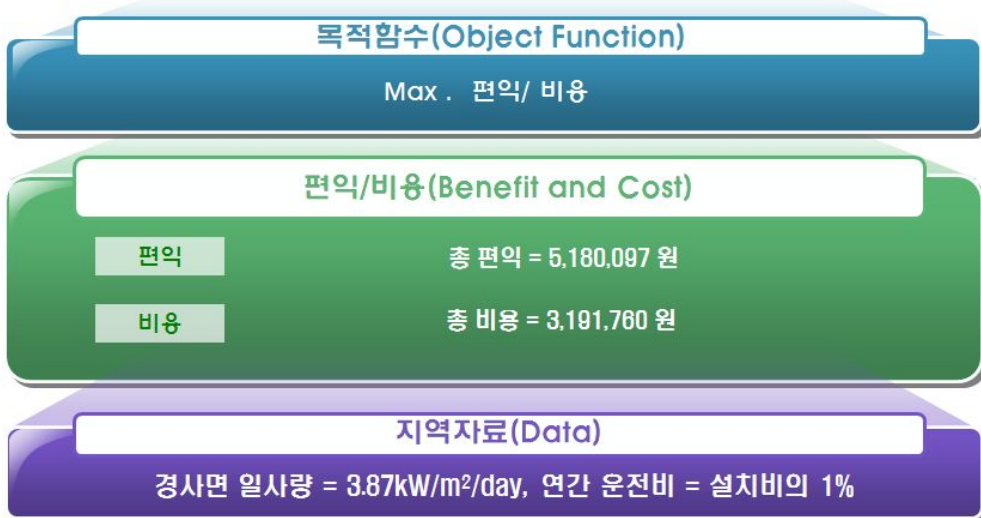
출처 : ‘신재생에너지자원지도센터’에서 자료를 얻어 적용

(b) 태양열 온수기 제원

평판형 태양열 집열기는 폭 1.2m, 길이 2.2m, 두께 81mm, 1일 온수생산 용량 150ℓ 인 시제품 성능 이용 (남상운 등, 2008). 집열면적은 2.64m², 집열효율은 45%로 설정하였으며(주현로 등, 2006). 온수공급온도는 50℃로 설정하였다.

(c) 신재생에너지 원별 경제성분석과 통계체계 개선방안 연구 (2004, 산업자원부)에서 제시한 연간운영비 1%, 내구연한 30년을 적용하였다.

결과는 다음과 같다.



② 태양광에너지

태양광에 관련된 지역자료는 다음과 같다.

(a) 30도 경사면 일사량

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
원주	3.22	3.76	4.07	4.61	4.60	4.33	3.67	4.01	4.09	4.00	3.13	2.97

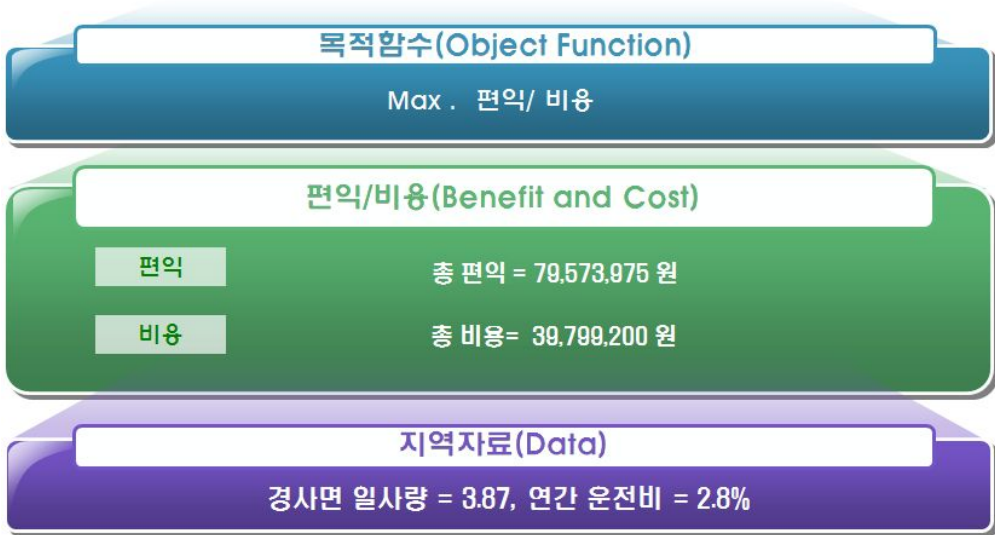
출처 : '신재생에너지자원지도센터'에서 자료를 얻어 적용

(b) 태양광시스템 제원

	Item	Value
System	type of PV module	poly-Si
	absorption rate of solar energy in transmission network	95.0%
PV module	efficiency of nominal PV module	11.0%
	temperature coefficient of PV	0.40%/°C
	loss rate of PV array	5.0%
	power of PV array	3.0kWp
	area of PV array	27.3m ²
Electric power control	mean efficiency of inverter	90%
	capacity of inverter	2.7kW(AC)
	loss rate of power control	5%
PV array	setting slope angle	30°
	setting direction angle	0°(south-facing)

(b) 가장 많이 보급되고 있는 3kWp 출력 용량의 시스템을 대상으로 적용하였다. 발전효율은 국내실험 데이터인 평균9.6%를 적용하였으며, 신재생에너지 원별 경제성분석과 통계체계 개선방안 연구(2004, 산업자원부)에서 제시한 연간운영비 2.8%, 내구연한 25년을 적용하였다.

결과는 다음과 같다.



③ 풍력에너지

풍력에 관련된 지역자료는 다음과 같다.

(a) 풍속데이터

단양군의 20년간의 풍속데이터를 수집하는 데 어려움이 따라 가까운 곳에 위치한 제천의 자료를 이용하였으며, 보통 10m의 높이를 풍속을 계측하였으나 5kW 풍력발전기의 높이인 30m 높이의 풍속은 계측된 것이 없어 식을 이용하여 변환하였다.

(표 5.17 제천의 20년 평균풍속 및 풍력에너지밀도)

평균	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1988	1.70	1.70	1.80	1.90	1.50	1.40	1.30	1.20	1.10	1.10	1.50	1.30
1989	1.20	1.20	1.60	1.40	1.50	1.40	1.10	1.30	1.10	1.00	1.20	1.00
1990	1.20	1.10	1.60	1.80	1.60	1.10	0.90	1.00	1.10	0.80	1.10	1.40
1991	1.20	1.50	1.70	1.60	1.60	1.20	1.00	1.30	0.90	1.10	0.90	0.90
1992	0.90	1.30	1.30	1.50	1.30	1.40	1.20	1.30	1.10	1.10	1.20	1.30
1993	1.10	1.80	1.50	2.10	1.40	1.30	1.40	1.30	1.10	1.20	1.60	1.30
1994	1.00	1.10	1.20	1.00	0.90	1.30	1.20	1.30	1.10	1.30	1.30	1.30
1995	1.50	1.00	1.30	1.60	1.70	1.40	1.10	1.00	1.00	1.10	1.20	1.10
1996	1.40	1.40	1.70	1.90	1.40	1.30	1.40	1.20	1.00	1.20	1.40	1.10
1997	1.60	1.40	1.80	1.90	1.70	1.20	1.20	1.30	1.40	1.50	1.20	0.90
1998	1.40	1.40	1.80	1.50	1.50	1.60	1.60	0.90	1.10	1.10	1.20	1.00
1999	1.60	1.70	1.70	1.80	1.70	1.30	1.50	1.40	1.40	1.10	1.20	1.30
2000	1.70	2.00	2.10	2.10	1.70	1.40	1.30	1.30	1.80	1.00	1.10	1.40
2001	1.70	1.30	2.00	2.00	1.90	1.40	1.00	1.20	1.20	1.10	1.10	1.20
2002	1.80	1.40	2.00	2.00	1.70	1.50	1.60	1.40	1.20	1.40	1.60	1.30
2003	1.40	1.30	1.50	1.80	1.50	1.40	1.30	1.10	1.30	1.30	1.40	1.60
2004	1.60	2.10	1.80	2.10	1.80	1.40	1.30	1.50	1.50	1.30	1.30	1.10
2005	1.90	2.30	2.20	2.30	1.80	1.40	1.30	1.40	1.60	1.10	1.20	1.50
2006	1.10	1.50	2.10	2.20	1.60	1.20	1.10	1.20	1.30	1.10	1.50	1.10
2007	1.30	1.40	1.90	1.90	1.70	1.40	1.40	1.20	1.50	1.10	1.20	1.30
2008	1.40	1.70	1.70	2.10	1.80	1.90	1.30	1.50	1.10	1.20	1.40	1.50
평균	1.41	1.50	1.73	1.83	1.59	1.38	1.26	1.25	1.23	1.15	1.28	1.23
표준편차	0.27	0.33	0.27	0.30	0.21	0.16	0.18	0.15	0.22	0.15	0.17	0.19
에너지 밀도	2.43	3.00	4.01	4.79	3.07	2.00	1.66	1.56	1.65	1.25	1.68	1.58

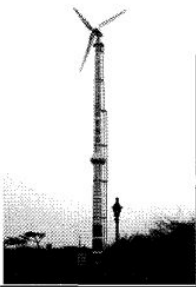
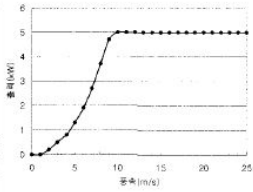

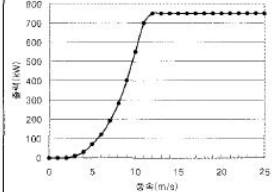
(표 5.18 30m 평균 풍속 및 풍력에너지밀도)

평균	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1988	2.24	2.24	2.37	2.50	1.97	1.84	1.71	1.58	1.45	1.45	1.97	1.71
1989	1.58	1.58	2.11	1.84	1.97	1.84	1.45	1.71	1.45	1.32	1.58	1.32
1990	1.58	1.45	2.11	2.37	2.11	1.45	1.18	1.32	1.45	1.05	1.45	1.84
1991	1.58	1.97	2.24	2.11	2.11	1.58	1.32	1.71	1.18	1.45	1.18	1.18
1992	1.18	1.71	1.71	1.97	1.71	1.84	1.58	1.71	1.45	1.45	1.58	1.71
1993	1.45	2.37	1.97	2.76	1.84	1.71	1.84	1.71	1.45	1.58	2.11	1.71
1994	1.32	1.45	1.58	1.32	1.18	1.71	1.58	1.71	1.45	1.71	1.71	1.71
1995	1.97	1.32	1.71	2.11	2.24	1.84	1.45	1.32	1.32	1.45	1.58	1.45
1996	1.84	1.84	2.24	2.50	1.84	1.71	1.84	1.58	1.32	1.58	1.84	1.45
1997	2.11	1.84	2.37	2.50	2.24	1.58	1.58	1.71	1.84	1.97	1.58	1.18
1998	1.84	1.84	2.37	1.97	1.97	2.11	2.11	1.18	1.45	1.45	1.58	1.32
1999	2.11	2.24	2.24	2.37	2.24	1.71	1.97	1.84	1.84	1.45	1.58	1.71
2000	2.24	2.63	2.76	2.76	2.24	1.84	1.71	1.71	2.37	1.32	1.45	1.84
2001	2.24	1.71	2.63	2.63	2.50	1.84	1.32	1.58	1.58	1.45	1.45	1.58
2002	2.37	1.84	2.63	2.63	2.24	1.97	2.11	1.84	1.58	1.84	2.11	1.71
2003	1.84	1.71	1.97	2.37	1.97	1.84	1.71	1.45	1.71	1.71	1.84	2.11
2004	2.11	2.76	2.37	2.76	2.37	1.84	1.71	1.97	1.97	1.71	1.71	1.45
2005	2.50	3.03	2.90	3.03	2.37	1.84	1.71	1.84	2.11	1.45	1.58	1.97
2006	1.45	1.97	2.76	2.90	2.11	1.58	1.45	1.58	1.71	1.45	1.97	1.45
2007	1.71	1.84	2.50	2.50	2.24	1.84	1.84	1.58	1.97	1.45	1.58	1.71
2008	1.84	2.24	2.24	2.76	2.37	2.50	1.71	1.97	1.45	1.58	1.84	1.97
평균	1.86	1.98	2.27	2.41	2.09	1.81	1.66	1.65	1.62	1.52	1.68	1.62
표준 편차	0.35	0.43	0.35	0.40	0.28	0.21	0.24	0.20	0.29	0.19	0.23	0.25
에너지 밀도	5.16	6.34	8.67	10.37	6.65	4.34	3.54	3.35	3.49	2.67	3.61	3.37

- (b) 풍력터빈 허브높이로 풍속 보정을 위하여 지표면의 형상에 따라 결정되는 지수는 농업시설 설계이 일반적으로 사용하는 0.25를 적용
- (c) 신재생에너지 원별 경제성분석과 통계체계 개선방안 연구(2004, 산업자원부)에서 제시한 연간운영비 2.5%, 내구연한 20년을 적용하였다.

(d) 풍력발전기 제원

5kW 풍력발전시스템 제원		750kW 풍력발전시스템 제원	
Specification	Value	Specification	Value
Cut-in wind speed	2 m/s	Cut-in wind speed	3 m/s
Rated wind speed	10 m/s	Rated wind speed	12 m/s
Cut-out wind speed	25 m/s	Cut-out wind speed	25 m/s
Rated power	5 kW	Rated power	750 kW
Rotor diameter	5.1 m	Rotor diameter	50 m
Height of hub	30 m	Height of hub	50 m

			
---	---	---	--

결과는 다음과 같다.

목적함수(Object Function)

Max . 편익/ 비용

편익/비용(Benefit and Cost)

편익	총 편익 = 3,422,743 원
비용	총 비용 = 41,625,000 원

지역자료(Data)

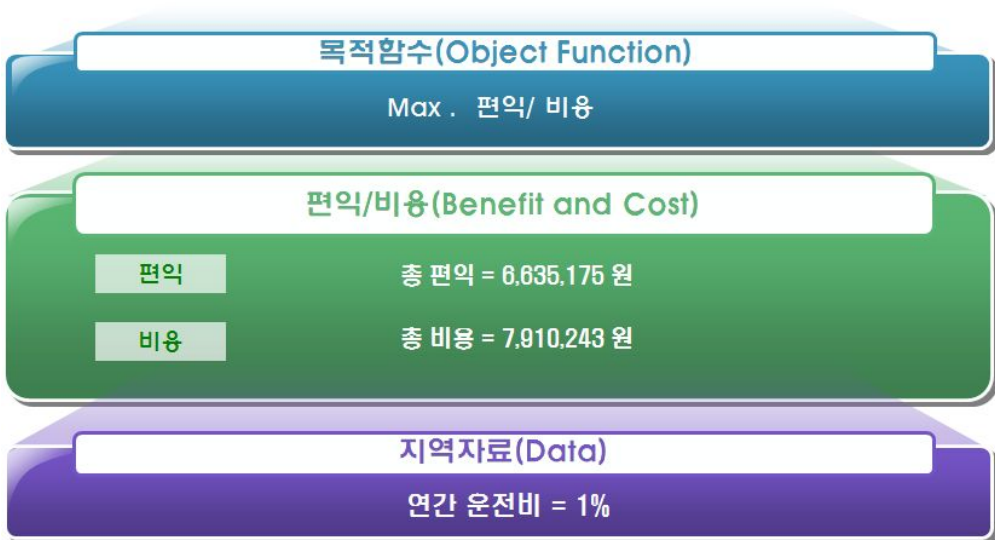
평균풍속 = 1.05(m/s), 풍력에너지 밀도 = 1.31(W/m²), 연간 운전비 = 2.5%

④지열에너지

지열에 관련된 지역자료는 다음과 같다.

- (a) 84m² 인 주택을 기준으로 하였다.
- (b) 신재생에너지 원별 경제성분석과 통계체계 개선방안 연구 (2004, 산업자원부)에서 제시한 연간운영비 1.0%, 내구연한 25년을 적용하였다.

결과는 다음과 같다.



⑤ 바이오매스에너지

바이오매스에 관련된 지역자료는 다음과 같다.

(a) 바이오매스처리기의 제원은 모전 영농조합을 대상으로 하였다.

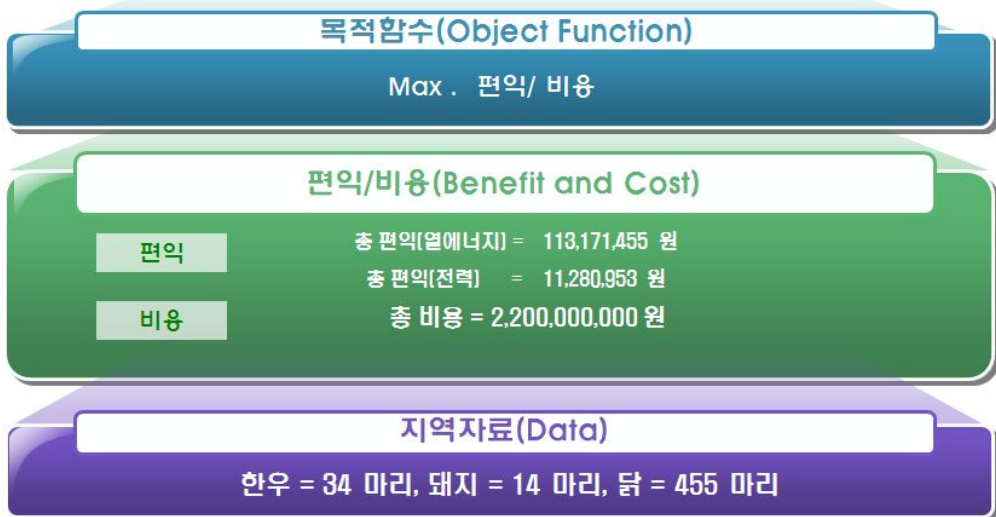
(표 5.19 모전 영농조합 바이오매스처리기의 제원)

운영인자	내 용	비 고
처리유량	18	m ³ /일
유기물제거율	80~86	%, COD
산발효조	2.3	일
체류시간		
메탄발효조	5.6	일
체류시간		
가스발생량	160~200	Nm ³ /일
메탄순도	75~85	%
온수	500~600	Mcal
발생전력	400~510	kWh

(b) 단성면의 가축두수는 한우 34두, 돼지 14두, 닭 455마리였다.

(c) 신재생에너지 원별 경제성분석과 통계체계 개선방안 연구 (2004, 산업자원부)에서 제시한 연간운영비 6%, 내구연한 20년을 적용하였다.

결과는 다음과 같다.



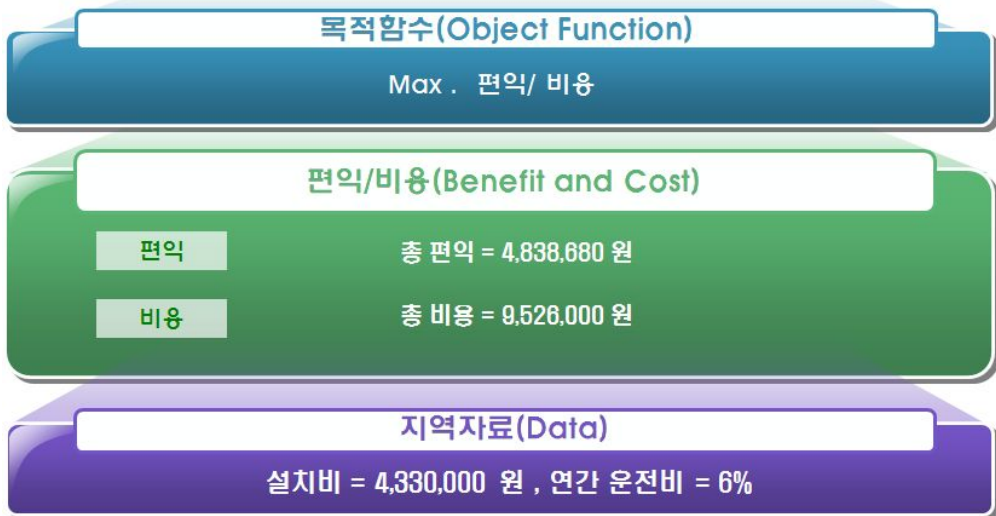
⑥ 펠릿보일러

펠릿보일러에 관련된 지역자료는 다음과 같다.

- (a) 보일러 등유와 비교 분석하였으며, 우드펠릿의 가격은 각 지방에서 이미 kg 당 50원의 보조금을 적용하고 있는 곳이 있으며, 향후 적용 예정이기에 kg 당 350원을 적용하였다. 난방이 필요한 시기인 11월부터 3월까지 5개월을 기준으로 설정하였다.
- (b) 우드펠릿의 연간 소득은 표 4.을 기준으로 하였다.
- (c) 신재생에너지 원별 경제성분석과 통계체계 개선방안 연구(2004, 산업자원부)에서 제시한 연간운영비율 6%, 내구연한 20년 적용하였다.

구분	보일러 등유	경유	우드칩	우드펠릿 (현재가격)	우드펠릿 (향후가격)
연료 열량 (kcal)	8,700	9,400	3,500	4,300	4,300
연료 가격(원)	870	1,300	250	400	350
시간당 소모량	3.5리터	3.2리터	9.5kg	7.5kg	7.5kg
하루 4시간 사용량	13.8l	12.8,	38.1kg	29.8kg	29.8kg
하루 난방비 (원)	12,048	16,662	9,524	11,926	10,435
5개월 난방비(원)	1,807,229	2,499,359	1,428,571	1,788,909	1,565,295
비교수치	100	138%	79%	99%	87%
절감비용	기준	-692,130	378,658	18,320	241,934
효율	83%	83%	75%	78%	78%

결과는 다음과 같다.



⑦ 복합모델



상기의 분석결과 에너지원으로는 태양열이 가장 경제적인을 알 수 있었고, 현재의 조건에서 지열, 바이오매스, 펠릿보일러는 경제적 타당성이 기준에 미치지 못한다. 그러나 적용관점에서 보면 지열은 부존량이 무한에 가까워 기술개발시 충분한 에너지원으로 잠재성을 가지고 있다. 전력으로는 태양광이 가장 경제적이며, 바이오매스, 풍력 순으로 나타났다. 복합모델에서는 농어촌뉴타운 지역에 필요한 에너지 및 전력은 경제성은 높으나 모두 자립한다는 전제로 계산하였으며, 이 경우 태양열은 잠재량이 제한되어 불충분한 상태가 된다. 따라서 옛단양 농어촌뉴타운 사업지구에 신재생에너지를 상기조건과 같이 적용할 경우 태양광 87가구, 지열에너지 100가구를 도입함으로 전기 및 열에너지를 해결할 수 있을 것으로 판단된다.

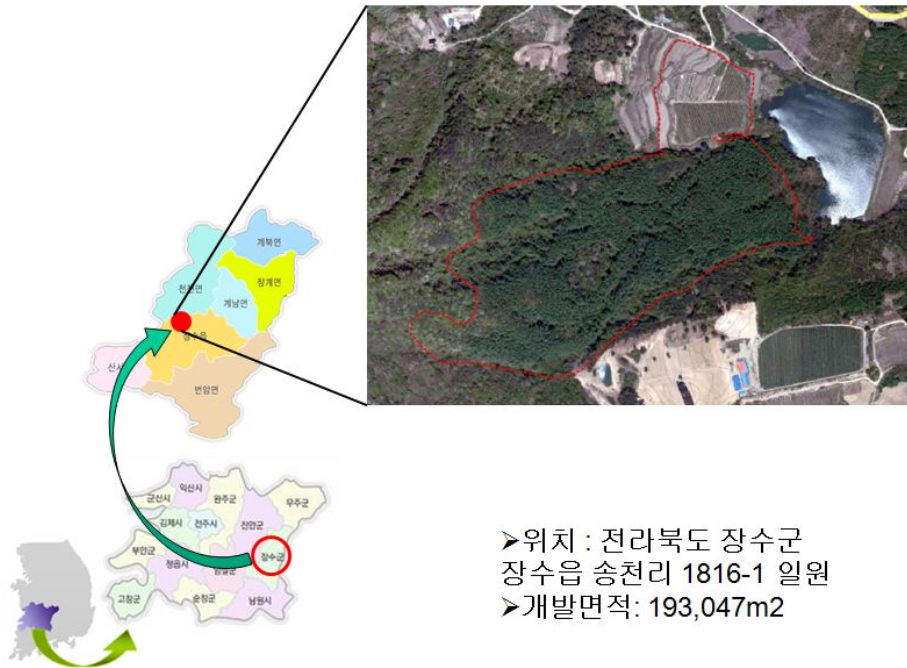


<그림 5.18 단양군 농어촌뉴타운 조감도>

3. 장수 농어촌뉴타운

(1) 장수 농어촌뉴타운 목적

- 1) 사업명 : 학골 농어촌뉴타운조성사업
- 2) 위치 : 전라북도 장수군 장수읍 송천리 1816-1번지 일원



<그림 5.19 장수 농어촌뉴타운 위치도>

3) 사업목적

- 농어업 경영 승계가 가능한 도시 거주 30~40대 젊은 인력을 농어촌으로 유치하여 「돈 버는 농어업」을 이끌 핵심 주체로 육성
 - 농어업의 경쟁력 제고 및 「살 맛 나는 농어촌」 조성
- 4) 개발규모 : 193,047m² (단독주택 75세대, 타운하우스 25세대)
 - 5) 사업기간 : 3년(2009 ~ 2011년)
 - 6) 총사업비 : 23,895백만 원(마을기반조성 10,134백만 원, 건축공사 13,761백만 원)
- 친환경 농산물의 확대를 위해 장수군 농업기술센터, 농업전문가의 자문, 교육 등을 통해 지역주민의 재배기술능력 향상 도모

- 주변지역의 자연적, 역사적 특성 및 환경을 고려하여 개발과 환경보전이 조화를 이룰 수 있도록 하며 어메니티(Amenity) 개념이 도입된 마을로 개발
- 추진위원회를 중심으로 한 마을전체를 아우를 수 있는 조직체계를 구축하여 농박, 체험 프로그램, 주민 평생교육 등 체계적인 마을사업을 관리, 운영할 수 있는 체계 마련

1 비전

- 건강과 행복과 열정이 가득한 귀한 삶의 터전

2 발전목표

- 지속가능한 공동체
- 함께 어울리는 공동체

3 추진전략

- Red 자원 (사과, 토마토, 한우)를 통한 연 5천만원 이상 소득 창출

4 하드웨어 사업 연계

- 지구의 전체적인 칼라는 주변 환경을 고려하되 열정적이고 온화한 이미지를 위해 가능한 한 붉은색 계열로 이미지 통일
- 공원은 사과, 토마토, 한우 등의 이미지를 부각 시킬 수 있는 공간으로 조성
- 조경수 등 식물 식재는 **정열과 열정을 상징하는 수종 선택**

<그림 5.20 장수군 농어촌뉴타운 비전과 발전방향>

젊은 도시민을 농어촌으로 유치하여
지역농산업의 핵심주체로 육성



<그림 5.21 장수 농어촌뉴타운 개발방향>

(2) 규모

1) 단지계획

- 토지이용계획 : 현재 지형여건과 토지이용의 효율성, 주변 자연환경과의 조화, 이용자의 편리성, 도로 등 공동이용시설의 활용성 등을 최대한 높이는 방향으로 계획

(표 5.20 학골 농어촌뉴타운 조성사업 계획지표)

지 표 명	단 위	지 표	비 고
계 획 인 구	명	300	호당 인구 : 3.0인
계 획 가 구	호	100	
생활용수 보급률	%	100	
1인1일 최대급수량	ℓ	406	일평균 급수량 280 ℓ/인·일 x 1.45
하수도 보급율	%	100	
1인1일 최대오수량	ℓ	200	

(표 5.21 장수군 농어촌뉴타운 토지이용 계획)

구 분		면 적(m ²)	구성비(%)	비 고
계		193,047	100.0	
주 택 용 지		47,314	24.5	
	단독주택	36,067	18.7	75호, 481m ² /호
	타운하우스	11,247	5.8	25호, 450m ² /호
농 업 용 지		24,083	12.5	
	영농부지	22,621	11.7	
	공동작업장	662	0.4	
	공동창고	800	0.4	
공공시설용지		18,936	9.8	
	진입도로	1675	0.9	B=8m, L=208m
	단지내도로	14,147	7.3	
	커뮤니티시설	2,889	1.5	
	배수지	225	0.1	
공원·녹지용지		102,714	53.2	
	물향기공원	7,125	3.7	
	테마공원	3,143	1.6	
	사과나무공원	5,801	3.0	
	체육공원	3,363	1.8	
	산립테라피	21,237	11.0	
	쌈지마당	2,398	1.2	
	녹지	59,647	30.9	

2) 토목계획

- 정지토공계획 : 원지형과 토지활용도·주거환경·경관형성 등을 고려하여 절토량 및 성토량 발생이 최소화되도록 계획

(표 5.22 장수군 농어촌뉴타운 토목 계획)

면 적 (m ²)		정지토공량 (m ³)		
부 지	정 지	절토량	성토량	계
193,047	97,529	77,531	77,531	155,062

○ 도로계획

(표 5.23 장수군 농어촌뉴타운 도로 계획)

구 분		연 장(m)	도로 폭(m)	포 장
계		2,224		
진 입 도 로		208	8.0	아스콘
단지내도로 소계		2,016		
단지내도로	1호 도로	1,236	7.0	아스콘
	2호 도로	176	7.0	"
	3호 도로	165	6.0	"
	4호 도로	152	6.0	"
	5호 도로	224	7.0	"
	6호 도로	63	4.0	"

○ 상수도계획

- 생활용수공급계획 : 현 광역상수도(장수배수지)를 이용하는 것으로 계획하였으며, 기존관로가 매설되어 있는 송천교에서 지방도 및 용추-학골 간 농어촌도로를 따라 생활용수를 공급할 계획임.
- 단위급수량 : 「장수군 수도정비기본계획 부분변경보고서」의 2016년 생활용수 계획최대급수량 406ℓ/인·일 적용

(표 5.24 장수군 농어촌뉴타운 상수도 계획)

구 분	계 획 급수인구	계획1인1일 최대급수량	계획1일 최대급수량	비고
생활용수	300인	406ℓ/인·일	122m ³ /일	

○ 하수도계획

- 우수계획 : 관로 1,346m(D400mm~600mm) 등 3,648m

(표 5.25 장수군 농어촌뉴타운 하수도 계획-우수관로)

구 분	우수관로		우수맨홀 (개)	우수받이 (개)	연결관로 (m)	BF400 (m)	산마루 측구 (m)
	연장(m)	규격(D,mm)					
우수관로	1,346	400~600	33	146	640	912	1,390

- 오수계획 : 관로 2,115m(D300mm), 장수하수종말처리장에 연계하여 처리

(표 5.26 장수군 농어촌뉴타운 하수도 계획-오수관로)

구 분	연 장 (m)	규 격 (mm)	오수맨홀 (개)	오수받이 (개)	연결관로 (m)
오수관로	2,115	D300	47	92	644

○ 전기·통신계획

- 전기: 수요량 530kw, 옥외조명시설(가로등) 100기 설치
- 통신 : 120회선
- 전기·통신선로는 경관을 고려하여 지중선로로 계획하나, 향후 사업비 및 분양가에 따라 가공선로로 검토할 수 있음

3) 건축계획

- 단독주택(분양) 75세대, 타운하우스(임대) 25세대 총 100세대를 대상으로 주민교류, 동선체계, 대지활용도를 고려한 주택 배치
 - 주택면적 100㎡(59세대) : 향, 조망, 독립성이 우수한 필지에 우선 배치
 - 주택면적 85㎡(41세대) : 커뮤니티광장을 중심으로 배치

- 커뮤니티센터는 단지 입주자 100세대 및 지역 주민, 영농체험자들이 이용할 수 있도록 약 800㎡(지상3층, 지하 1층)로 계획
- 커뮤니티센터 내 도입시설

(표 5.27 장수군 농어촌뉴타운 건축계획)

구 분	도입시설	비 고
커뮤니티시설	마을회관	
복지시설	운동실, 동호회실	
교육시설	보육시설, 세미나실	보육/영농 교육
도농교류	사무실, 전시실, 다목적실, 게스트하우스	

4) 조경·시설계획

- 녹지의 생물적 다양성과 경관적 다양성의 확보를 통하여 주변 생태거점을 잇는 그린네트워크 단지 조성
 - 경관의 틀
 - 단지 동측 단평저수지 경관 감상 축 형성
 - 서측 낙엽송수림대로의 조망권 형성
 - 단지를 순환하는 지구 순환축의 유입
 - 동선의 흐름
 - 주요 공간 및 시설을 연계하는 순환형 동선체계 형성
 - 단지내 숲길로 이어지는 건강 산책로 조성
 - 시설의 배치
 - 시설 구역별 성격 부여로 효율적 관리 및 이용 도모
 - 단지중심/동선축의 결절부에 커뮤니티광장 도입
 - 지형을 고려한 단위 공간별 커뮤니티시설 조성



<그림 5.22 장수 농어촌뉴타운 토지이용 개념도>

5) 신재생에너지 계획

- 단독주택에 펠렛보일러를 설치하고 커뮤니티센터에는 펠렛 보일러 및 지열시스템을 설치하여 친환경 저탄소 녹색마을을 조성

(표 5.28 장수군 농어촌뉴타운 신재생에너지 계획)

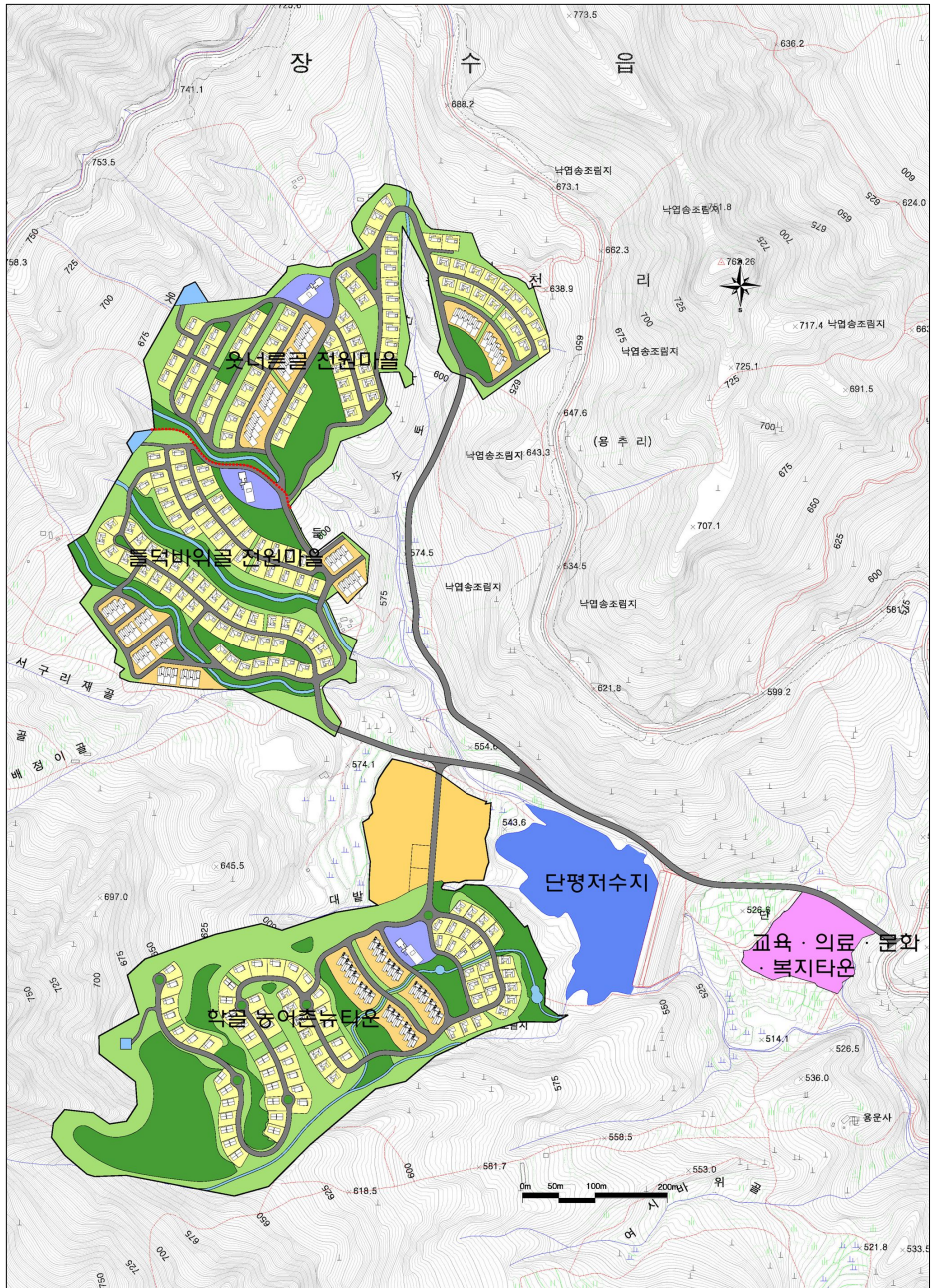
구분	종류	비고
단독주택	펠렛보일러	저탄소 녹색마을조성
커뮤니티센터	지열, 펠렛보일러	

6) 소요사업비

(표 5.29 장수군 농어촌뉴타운 소요사업비)

구 분	공 종	사 업 비 (백만원)			
		계	보 조	읍 자	지방비
계		19,810	5,934	9,850	4,026
	공사비	6,406	4,484	-	1,922
	용지비	1,288	-	-	1,288
	부대비	2,266	1,450	-	816
건 축		9,850	-	9,850	-

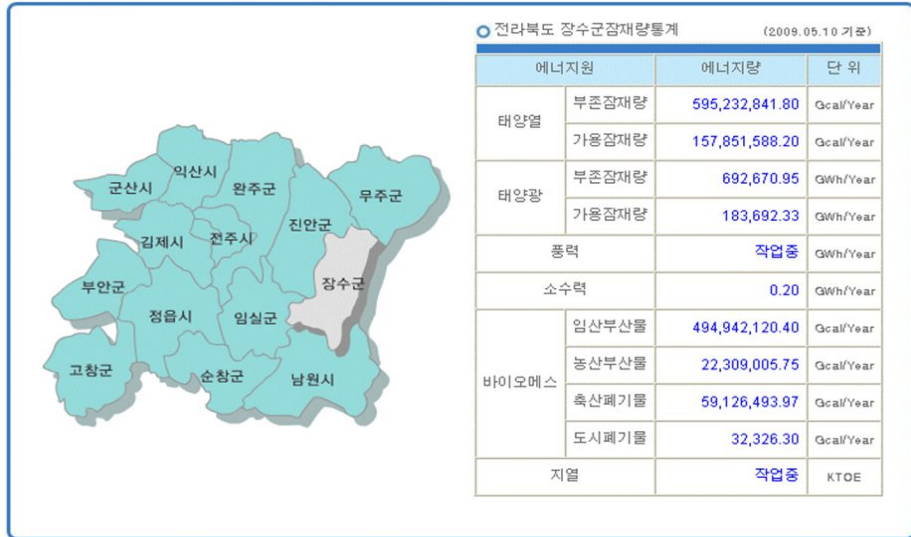
(3) 농어촌뉴타운 설계 결과



<그림 5.23 장수 농어촌뉴타운 설계 결과도>

(4) 지역의 잠재에너지 자원

- 장수지역의 신재생에너지 자원 부존량



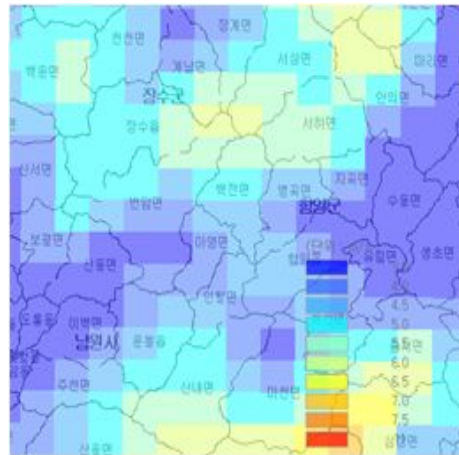
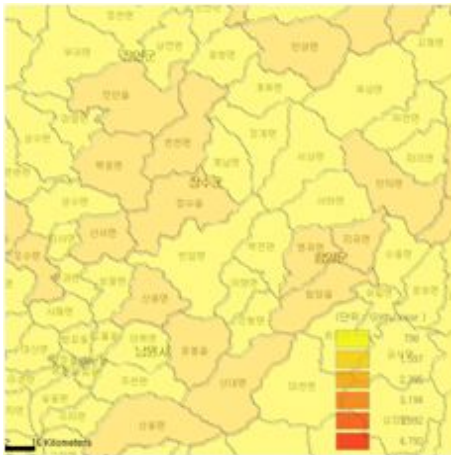
<그림 5.24 장수지역 신재생에너지 잠재량>

(표 5.30 장수지역 잠재 태양광 발전량)

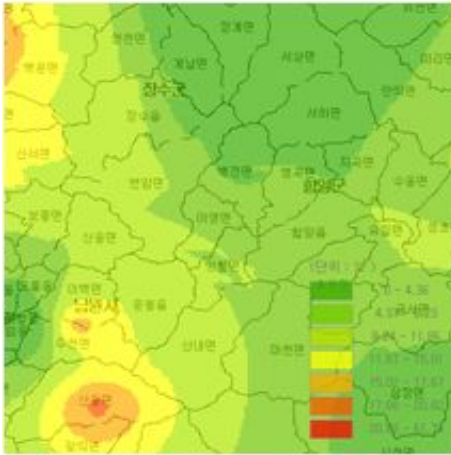
장수	30도 경사면 일사량	kWh로 변환	어레이 면적	발전효율	태양광발전 총발전량 (일별)	태양광발전 총발전량 (달별)
1월	2,972	3.43	27.3	0.096	8.98	278.46
2월	3,455	3.98	27.3	0.096	10.44	292.38
3월	3,743	4.32	27.3	0.096	11.31	350.69
4월	4,117	4.75	27.3	0.096	12.44	373.29
5월	4,030	4.65	27.3	0.096	12.18	377.58
6월	3,580	4.13	27.3	0.096	10.82	335.42
7월	3,295	3.80	27.3	0.096	9.96	308.72
8월	3,589	4.14	27.3	0.096	10.85	336.26
9월	3,678	4.24	27.3	0.096	11.12	333.49
10월	3,821	4.41	27.3	0.096	11.55	358.00
11월	3,032	3.50	27.3	0.096	9.16	284.08
12월	2,747	3.17	27.3	0.096	8.30	257.37
합계					127.12	3885.74

(표 5.31 장수지역 잠재 태양열 발전량)

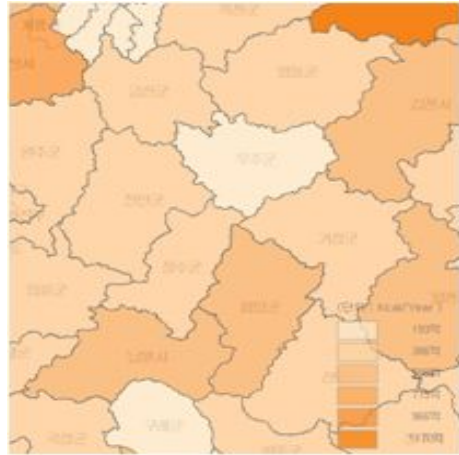
장수	kWh로 변환	집열효율	집열면적	집열량	온수생산량
1월	3.43	0.45	2.64	14.66	69.80
2월	3.98	0.45	2.64	17.04	81.14
3월	4.32	0.45	2.64	18.46	87.91
4월	4.75	0.45	2.64	20.31	96.69
5월	4.65	0.45	2.64	19.88	94.65
6월	4.13	0.45	2.64	17.66	84.08
7월	3.80	0.45	2.64	16.25	77.39
8월	4.14	0.45	2.64	17.70	84.29
9월	4.24	0.45	2.64	18.14	86.38
10월	4.41	0.45	2.64	18.85	89.74
11월	3.50	0.45	2.64	14.95	71.21
12월	3.17	0.45	2.64	13.55	64.52
평균				17.29	82.32



<그림 5.25 장수군 태양에너지 잠재량> <그림 5.26 장수군 풍속에너지 잠재량>



<그림 5.27 장수군 100m 지온도>



<그림 5.28 장수군 농업부산물도>

(표 5.32 장수군 소수력 잠재량)

시도명	시군구명	읍면동명	유역면적 (km ²)	연평균강수량 (mm)	유출계수	연평균(예상)유량	(예상)발전용량(kw)	연간(예상)생산량(TOE)
전라북도	장수군	장수읍	118.68	1269	0.49	2.34	18	15

장수지역 농어촌뉴타운 설계에 따른 전력 소요량은 주택전력 500KW, 공용전력 45KW로 총 545KW로 나타났다.

(5) 모델 적용

모델은 4장에서 설명된 모델에 지역의 특성 및 설계특성에 따라 자료를 구성하여 최적화 한다.

① 태양열에너지

태양열에 관련된 지역자료는 다음과 같다.

(a) 30도 경사면 일사량

측정 지점	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
전주	2,671	3,110	3,412	3,916	3,852	3,500	3,129	3,300	3,391	3,502	2,703	2,464

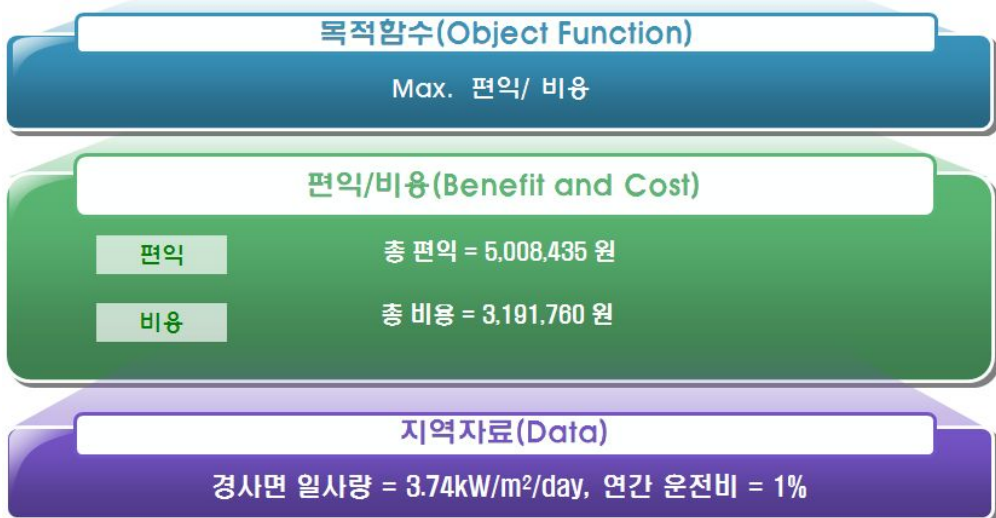
출처 : ‘신재생에너지자원지도센터’에서 자료를 얻어 적용

(b) 태양열 온수기 제원

평판형 태양열 집열기는 폭 1.2m, 길이 2.2m, 두께 81mm, 1일 온수생산 용량 150ℓ 인 시제품 성능 이용 (남상운 등, 2008). 집열면적은 2.64m², 집열효율은 45%로 설정하였으며(주현로 등, 2006). 온수공급온도는 50℃로 설정하였다.

(c) 신재생에너지 원별 경제성분석과 통계체계 개선방안 연구 (2004, 산업자원부)에서 제시한 연간운영비 1%, 내구연한 30년을 적용하였다.

결과는 다음과 같다.



② 태양광에너지

태양광에 관련된 지역자료는 다음과 같다.

(a) 30도 경사면 일사량

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
전주	3.08	3.59	3.93	4.52	4.44	4.04	3.61	3.81	3.91	4.04	3.12	2.94

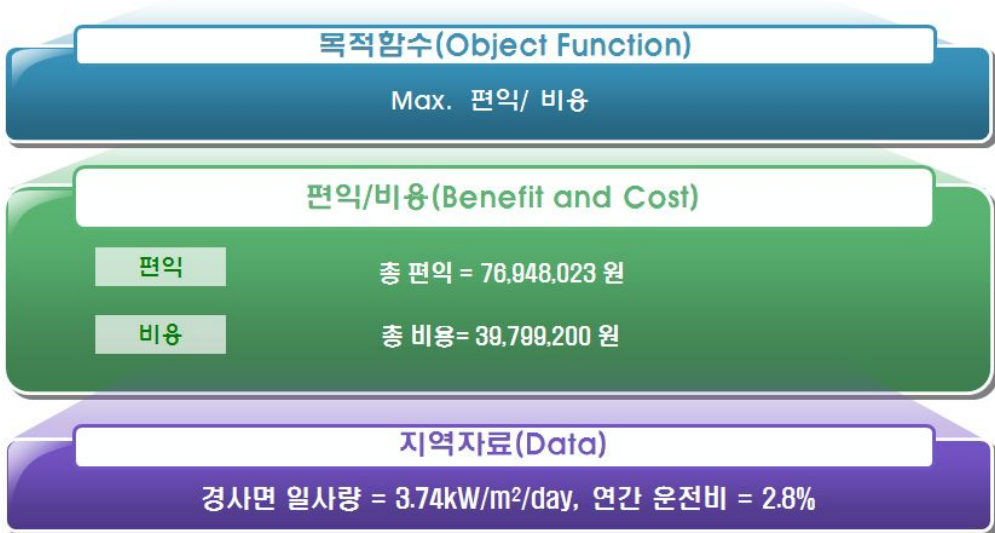
출처 : '신재생에너지자원지도센터'에서 자료를 얻어 적용

(b) 태양광시스템 제원

Item		Value
System	type of PV module	poly-Si
	absorption rate of solar energy in transmission network	95.0%
PV module	efficiency of nominal PV module	11.0%
	temperature coefficient of PV	0.40%/°C
	loss rate of PV array	5.0%
	power of PV array	3.0kWp
	area of PV array	27.3m ²
Electric power control	mean efficiency of inverter	90%
	capacity of inverter	2.7kW(AC)
	loss rate of power control	5%
PV array	setting slope angle	30°
	setting direction angle	0°(south-facing)

(b) 가장 많이 보급되고 있는 3kWp 출력 용량의 시스템을 대상으로 적용하였다. 발전효율은 국내실험 데이터인 평균9.6%를 적용하였으며, 신재생에너지 원별 경제성분석과 통계체계 개선방안 연구(2004, 산업자원부)에서 제시한 연간운영비 2.8%, 내구연한 25년을 적용하였다.

결과는 다음과 같다.



③ 풍력에너지

풍력에 관련된 지역자료는 다음과 같다.

(a) 풍속데이터

보통 10m의 높이를 풍속을 계측하였으나 5kW 풍력발전기의 높이인 30m 높이의 풍속은 계측 된 것이 없어 식을 이용하여 변환하였다.

(표 5.33 장수의 20년 평균풍속 및 풍력에너지밀도)

평균	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1988	1.70	1.70	1.80	1.80	1.40	1.50	1.90	1.20	1.00	1.00	1.40	1.30
1989	1.10	1.20	1.70	1.50	1.50	1.10	1.40	1.40	1.00	1.10	1.20	1.40
1990	1.50	1.40	1.40	2.00	1.80	1.70	1.60	0.80	1.00	0.90	1.20	1.20
1991	2.00	2.00	2.20	2.10	2.60	2.00	2.30	1.60	1.40	1.60	1.50	1.60
1992	1.80	2.20	1.60	2.40	1.60	1.70	2.30	1.40	1.50	1.20	1.60	1.70
1993	1.60	2.10	1.60	2.20	1.80	1.90	1.70	1.50	1.30	1.50	1.60	2.00
1994	1.60	1.80	2.00	2.00	2.50	1.70	1.70	1.90	1.40	1.40	1.40	1.60
1995	2.00	1.40	2.00	2.10	2.10	1.50	2.30	1.80	1.30	1.20	1.80	1.60
1996	1.80	2.00	2.00	2.10	1.70	2.10	1.80	1.00	1.00	1.30	1.80	1.50
1997	1.90	1.90	1.70	1.90	2.30	1.60	1.70	1.60	1.30	1.80	1.40	1.40
1998	1.70	1.60	1.80	1.50	1.40	1.70	1.90	1.50	1.10	1.10	1.40	1.10
1999	1.70	1.70	1.60	1.80	1.90	1.40	1.70	1.50	1.30	1.20	1.10	1.50
2000	1.70	1.90	1.90	2.20	1.90	1.60	1.70	1.20	1.60	1.00	1.20	1.50
2001	1.50	1.50	2.20	1.70	1.80	1.50	1.70	1.10	1.30	1.30	1.30	1.60
2002	2.30	1.50	2.00	2.10	1.60	1.40	1.50	1.10	1.10	1.50	2.00	1.50
2003	1.80	1.20	1.70	2.00	1.60	1.60	1.60	1.50	1.50	1.50	1.50	2.00
2004	1.60	2.10	2.20	1.90	2.00	1.40	2.00	1.30	1.50	1.40	1.40	1.60
2005	2.10	2.20	2.30	2.30	1.80	1.60	1.50	1.60	1.60	1.20	1.40	1.90
2006	1.50	1.90	2.20	2.30	1.80	1.50	1.80	1.10	1.20	1.10	1.70	1.40
2007	1.40	1.60	2.20	2.00	2.00	1.70	1.50	1.50	1.40	1.20	1.40	1.50
2008	1.70	2.10	1.80	2.10	1.90	1.60	1.70	1.50	1.20	1.40	1.50	1.90
평균	1.71	1.76	1.90	2.00	1.86	1.61	1.78	1.39	1.29	1.28	1.47	1.56
표준 편차	0.26	0.31	0.25	0.24	0.31	0.21	0.26	0.26	0.19	0.22	0.22	0.23
에너지 밀도	3.89	4.35	5.08	5.76	4.99	3.19	4.27	2.30	1.76	1.80	2.52	3.01

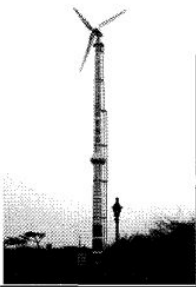
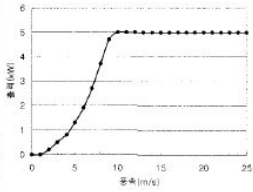

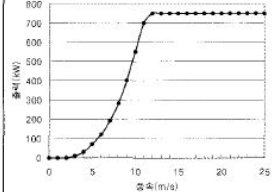
(표 5.34 30m 평균 풍속 및 풍력에너지밀도)

평균	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1988	2.24	2.24	2.37	2.37	1.84	1.97	2.50	1.58	1.32	1.32	1.84	1.71
1989	1.45	1.58	2.24	1.97	1.97	1.45	1.84	1.84	1.32	1.45	1.58	1.84
1990	1.97	1.84	1.84	2.63	2.37	2.24	2.11	1.05	1.32	1.18	1.58	1.58
1991	2.63	2.63	2.90	2.76	3.42	2.63	3.03	2.11	1.84	2.11	1.97	2.11
1992	2.37	2.90	2.11	3.16	2.11	2.24	3.03	1.84	1.97	1.58	2.11	2.24
1993	2.11	2.76	2.11	2.90	2.37	2.50	2.24	1.97	1.71	1.97	2.11	2.63
1994	2.11	2.37	2.63	2.63	3.29	2.24	2.24	2.50	1.84	1.84	1.84	2.11
1995	2.63	1.84	2.63	2.76	2.76	1.97	3.03	2.37	1.71	1.58	2.37	2.11
1996	2.37	2.63	2.63	2.76	2.24	2.76	2.37	1.32	1.32	1.71	2.37	1.97
1997	2.50	2.50	2.24	2.50	3.03	2.11	2.24	2.11	1.71	2.37	1.84	1.84
1998	2.24	2.11	2.37	1.97	1.84	2.24	2.50	1.97	1.45	1.45	1.84	1.45
1999	2.24	2.24	2.11	2.37	2.50	1.84	2.24	1.97	1.71	1.58	1.45	1.97
2000	2.24	2.50	2.50	2.90	2.50	2.11	2.24	1.58	2.11	1.32	1.58	1.97
2001	1.97	1.97	2.90	2.24	2.37	1.97	2.24	1.45	1.71	1.71	1.71	2.11
2002	3.03	1.97	2.63	2.76	2.11	1.84	1.97	1.45	1.45	1.97	2.63	1.97
2003	2.37	1.58	2.24	2.63	2.11	2.11	2.11	1.97	1.97	1.97	1.97	2.63
2004	2.11	2.76	2.90	2.50	2.63	1.84	2.63	1.71	1.97	1.84	1.84	2.11
2005	2.76	2.90	3.03	3.03	2.37	2.11	1.97	2.11	2.11	1.58	1.84	2.50
2006	1.97	2.50	2.90	3.03	2.37	1.97	2.37	1.45	1.58	1.45	2.24	1.84
2007	1.84	2.11	2.90	2.63	2.63	2.24	1.97	1.97	1.84	1.58	1.84	1.97
2008	2.24	2.76	2.37	2.76	2.50	2.11	2.24	1.97	1.58	1.84	1.97	2.50
평균	2.26	2.32	2.50	2.63	2.44	2.12	2.34	1.82	1.69	1.69	1.93	2.06
표준 편차	0.34	0.41	0.33	0.31	0.41	0.28	0.34	0.35	0.25	0.29	0.29	0.31
에너지 밀도	8.43	9.36	11.09	12.67	10.79	6.92	9.27	4.88	3.76	3.82	5.43	6.48

- (b) 풍력터빈 허브높이로 풍속 보정을 위하여 지표면의 형상에 따라 결정되는 지수는 농업시설 설계이 일반적으로 사용하는 0.25를 적용
- (c) 신재생에너지 원별 경제성분석과 통계체계 개선방안 연구(2004, 산업자원부)에서 제시한 연간운영비 2.5%, 내구연한 20년을 적용하였다.

(d) 풍력발전기 제원

5kW 풍력발전시스템 제원		750kW 풍력발전시스템 제원	
Specification	Value	Specification	Value
Cut-in wind speed	2 m/s	Cut-in wind speed	3 m/s
Rated wind speed	10 m/s	Rated wind speed	12 m/s
Cut-out wind speed	25 m/s	Cut-out wind speed	25 m/s
Rated power	5 kW	Rated power	750 kW
Rotor diameter	5.1 m	Rotor diameter	50 m
Height of hub	30 m	Height of hub	50 m

			
---	---	---	--

결과는 다음과 같다.

목적함수(Object Function)

Max. 편익/ 비용

편익/비용(Benefit and Cost)

편익	총 편익 = 10,280,213 원
비용	총 비용 = 41,625,000 원

지역자료(Data)

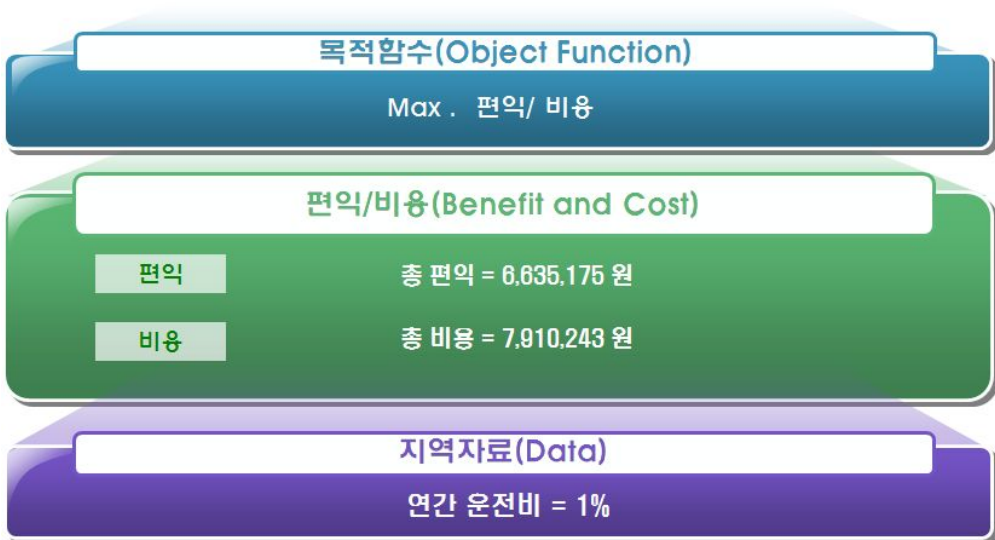
평균풍속 = 1.63(m/s), 풍력에너지 밀도 = 3.58 [W/m²], 연간 운전비 = 2.5%

④지열에너지

지열에 관련된 지역자료는 다음과 같다.

- (a) 84m² 인 주택을 기준으로 하였다.
- (b) 신재생에너지 원별 경제성분석과 통계체계 개선방안 연구 (2004, 산업자원부)에서 제시한 연간운영비 1.0%, 내구연한 25년을 적용하였다.

결과는 다음과 같다.



⑤ 바이오매스에너지

바이오매스에 관련된 지역자료는 다음과 같다.

(a) 바이오매스처리기의 제원은 모전 영농조합을 대상으로 하였다.

(표 5.35 모전 영농조합 바이오매스처리기의 제원)

운영인자	내 용	비 고
처리유량	18	m ³ /일
유기물제거율	80~86	%, COD
산발효조	2.3	일
체류시간		
메탄발효조	5.6	일
체류시간		
가스발생량	160~200	Nm ³ /일
메탄순도	75~85	%
온수	500~600	Mcal
발생전력	400~510	kWh

(b) 장수읍의 가축두수 자료가 없어 제원의 평균값을 이용하였다.

(c) 신재생에너지 원별 경제성분석과 통계체계 개선방안 연구 (2004, 산업자원부)에서 제시한 연간운영비 6%, 내구연한 20년을 적용하였다.

결과는 다음과 같다.



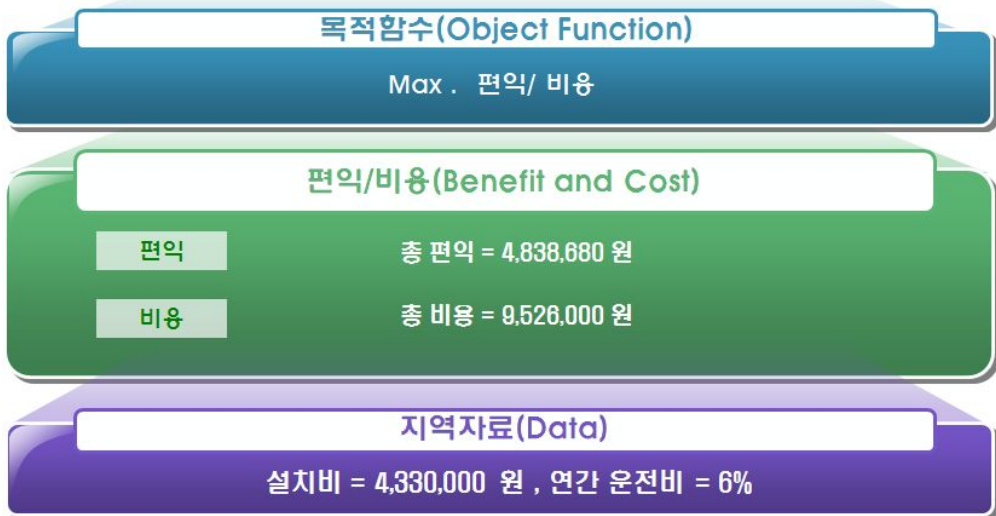
⑥ 펠릿보일러

펠릿보일러에 관련된 지역자료는 다음과 같다.

- (a) 보일러 등유와 비교 분석하였으며, 우드펠릿의 가격은 각 지방에서 이미 kg 당 50원의 보조금을 적용하고 있는 곳이 있으며, 향후 적용 예정이기에 kg 당 350원을 적용하였다. 난방이 필요한 시기인 11월부터 3월까지 5개월을 기준으로 설정하였다.
- (b) 우드펠릿의 연간 소득은 표 4.을 기준으로 하였다.
- (c) 신재생에너지 원별 경제성분석과 통계체계 개선방안 연구(2004, 산업자원부)에서 제시한 연간운영비율 6%, 내구연한 20년 적용하였다.

구분	보일러 등유	경유	우드칩	우드펠릿 (현재가격)	우드펠릿 (향후가격)
연료 열량 (kcal)	8,700	9,400	3,500	4,300	4,300
연료 가격(원)	870	1,300	250	400	350
시간당 소모량	3.5리터	3.2리터	9.5kg	7.5kg	7.5kg
하루 4시간 사용량	13.8l	12.8,	38.1kg	29.8kg	29.8kg
하루 난방비 (원)	12,048	16,662	9,524	11,926	10,435
5개월 난방비(원)	1,807,229	2,499,359	1,428,571	1,788,909	1,565,295
비교수치	100	138%	79%	99%	87%
절감비용	기준	-692,130	378,658	18,320	241,934
효율	83%	83%	75%	78%	78%

결과는 다음과 같다.



⑦ 복합모델



상기의 분석결과 에너지원으로는 태양열이 가장 경제적임을 알 수 있었고, 현재의 조건에서 지열, 바이오매스, 펠릿보일러는 경제적 타당성이 기준에 미치지 못한다. 그러나 적용관점에서 보면 지열은 부존량이 무한에 가까워 기술개발시 충분한 에너지원으로 잠재성을 가지고 있다. 전력으로는 태양광이 가장 경제적이며, 바이오매스, 풍력 순으로 나타났다.

복합모델에서는 농어촌뉴타운 지역에 필요한 에너지 및 전력은 경제성은 높으나 모두 자립한다는 전제로 계산하였으며, 이 경우 태양열은 잠재량이 제한되어 불충분한 상태가 된다.

따라서 학골 농어촌뉴타운 사업지구에 신재생에너지를 상기조건과 같이 적용할 경우 태양광 90가구, 지열에너지 100가구를 도입함으로써 전기 및 열에너지를 해결할 수 있을 것으로 판단된다.



<그림 5.29 장수 농어촌뉴타운 설계 조감도>

4. 단양군 연계 설계 계획

(1) 개요

본 계획은 여러 지역을 한 개의 에너지권으로 구성하여 다양한 신재생에너지를 공급하는 연계권역계획이다. 대상지역은 단양군의 농어촌 뉴타운을 포함하고, 인근의 마을을 합쳐 하나의 신재생에너지 권역으로 계획하여, 각 마을의 특수성을 반영한 농업단지를 구성하고자 한다. 여기서는 개별마을의 설계와 농업부문을 포함하여 계획한다. 따라서 충청북도 단양군 중방-외중방 권역을 대상으로 체계적인 에너지잠재량 분석을 실시하고, 에너지 창출로 경제적인 수익을 창출하도록 유도 하며 권역의 사회적·경제적인 독립과 역할을 제시함을 설계의 목표로 하였다.



<그림 5.30 단양 신재생에너지 권역 설계 방향>

설계의 기본 개념은 다음과 같다.

- 에너지 순환 : 마을에 필요한 소요에너지를 지역 내의 자연환경을 이용하여 전기에너지와 열에너지로 변환하여 공급
- 탄소 순환 : 권역 내에 발생하는 이산화탄소를 농업에 이용하여

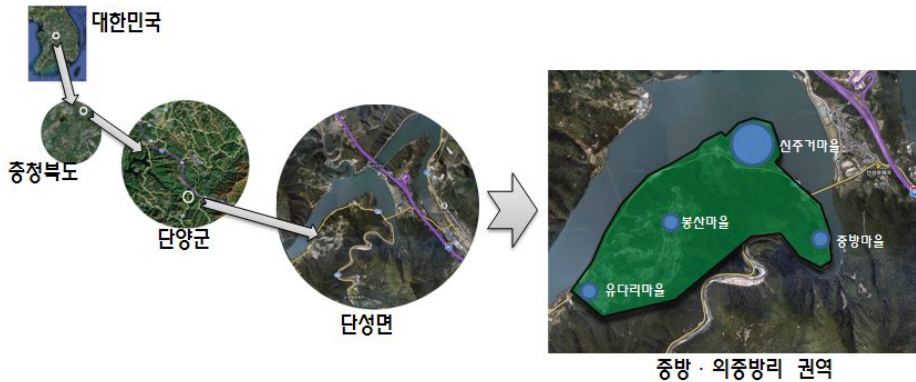
생산성 향상을 꾀하고, 자연 순환을 이용하여 탄소의 발생량을 억제

- 소득 순환 : 각 마을별 농산물 및 에너지의 순환으로 권역의 소득 증대
- 체험 순환 : 어메니티를 활용하여 권역의 농촌관광 프로그램 연계

(2) 대상지의 범위 및 방법

대상지의 공간적 범위는 충청북도 단양군 단성면 중방-외중방 권역으로 단양군청으로부터 남서쪽으로 약 11.3km 떨어진 지점에 위치하고 있으며 총면적은 1.9km²이며, 중심지 좌표는 경도 128° 18′ 35″ 위도 36° 56′ 07″ 이다. 자연부락 마을은 4개의 자연부락이 있으며 유다리마을, 봉산마을, 신주거마을, 중방마을이 있다. 계획적 범위는 농촌어메니티 자원을 활용한 지역생활환경 정비를 하며, 자연에너지를 도입하여 ‘저탄소 농색성장’을 실현하고 에너지 자급 및 수익 모델의 창출을 통한 독립적인 생활권역의 구현계획이다.

계획에서 대상권역의 자연에너지 잠재량을 통계자료를 활용하여 조사를 실시하고 이를 바탕으로 전기에너지와 온수 생산량을 분석하였다. 또한 통계자료를 활용하여 일인당 이산화탄소 발생량을 분석하여 발생하는 이산화탄소를 농업에 이용하여 생산성 향상을 꾀하고, 자연순환을 이용하여 탄소의 발생량을 억제한다. 또한 각 마을별 농산물과 에너지의 순환으로 권역을 소득증대를 향상시키고 어메니티 자원을 활용하여 권역의 농촌관광 프로그램을 연계하여 권역의 활성화를 이끌어 낸다.



<그림 5.31 단양 신재생에너지 권역 위치도>

(3) 자연에너지 잠재량 분석

나) 태양에너지 분석과 발전 및 온수생산

권역의 태양에너지 자원분석을 위하여 단양군의 기상관측소의 기상관측자료를 이용해야 하지만 단양군의 기상관측소가 없기 때문에 지리상 가까운 원주지역의 기상관측자료를 이용하였다. 김준태 등(2001)에 의하면 연간 에너지 발생이 가장 높은 경사각은 남향 27~28도로 나타났고, 남향 5~50도 경사각 및 남측으로부터 동서 방향으로 50도 범위의 방위에서 5%정도 감소하는 것으로 보고하고 있다. 따라서 본 계획에서는 남향경사각 30도에 대하여 태양에너지 자원분석을 실시하였다.

이론적인 방법으로는 수평면일사량을 경사면일사량으로 환산하기 위해서는 시간대별로 태양고도를 추적하고 기간별로 적산해야 하기 때문에 매우 복잡하고, 또한 일사량 성분을 직달 산란으로 나누어야 하는데 대기투과율에 따라 달라지므로 이를 정확히 예측하는 것은 매우 어렵다. 따라서 본 연구에서는 신재생에너지 자원지도 시스템에서 제공된 원주지역의 방위별 경사면 일사량 실측분석 자료(Table)를 이용하여 환산하였다(조덕기 등, 2001)

(표 5.36 방위별 경사면 일사량(kcal/m²/day))

경사각	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
15°	2356	2924	3381	4051	4194	4001	3361	3583	3479	3178	2340	2141
30°	2788	3262	3529	3998	3990	3757	3181	3474	3543	3472	2713	2578
45°	3067	3429	3504	3765	3630	3379	2888	3222	3439	3587	2942	2872

1) 태양광발전

태양광 발전시스템의 총발전량은(E_p)은 다음 식으로 구하였다.(안교상 등, 1999)

$$E_p = \eta A_p Q_A \text{ (KWh)}$$

여기서, η 는 발전효율, A_p 는 어레이면적(m²), Q_A 는 경사면일사량(kWh/m²)이다. 발전효율은 국내 실험 데이터인 평균 9.6%를 적용하였다(안교상 등, 1999). 태양광 발전시스템은 국내의 주택용 건물에 가장 많이 보급되어 있는 3kWp 출력 용량의 시스템을 대상으로 선정하였으며, 그 특성은 Table 과 같다.

(표 5.37 3kWh 출력 용량 특성)

Item		Value
System	type of PV module	poly-Si
	absorption rate of solar energy in transmission network	95.0%
PV module	efficiency of nominal PV module	11.0%
	temperature coefficient of PV	0.40%/°C
	loss rate of PV array	5.0%
	power of PV array	3.0kWp
	area of PV array	27.3m ²
Electric power control	mean efficiency of inverter	90%
	capacity of inverter	2.7kW(AC)
	loss rate of power control	5%
PV array	setting slope angle	30°
	setting direction angle	0°(south-facing)

2) 태양열온수

태양열 집열판을 이용한 온수 급탕시스템도 태양광 발전시스템과 에너지 이용 측면에서 유사하며 발전효율 대신 집열효율을 사용하면 집열량과 온수생산량을 예측할 수 있다. 주택의 온수급탕시스템으로 많이 사용하는 평판형 집열기의 집열량 (E_g)과 온수생산량(W_p)은 다음 식으로 구하였다(남상운 등, 2008)

$$E_g = \mu G_s A_g (\text{kJ/day})$$

$$W_p = \frac{E_g}{C_p \Delta t} (\text{l/day})$$

여기서, μ 는 집열효율, G_s 는 경사면 일사량($\text{kJ/m}^2 \cdot \text{day}$), A_g 는 집열면적(m^2), C_p 는 물의 비열($\text{kJ/1} \cdot \text{°C}$), Δt 는 온수 공급온도(°C)이다.

분석에 사용한 평판형 태양열 집열기는 폭 1.2m, 길이 2.2m, 두께 81mm, 1일 온수생산 용량 150리터인 시제품의 성능을 이용하였으며 집열면적은 2.64m²이다. 태양열 집열판 설계시 집열효율은 55%로 설정

하고 있으나(김용기 등, 2006), 실증연구에 의하면 일사량이 양호한 경우 40~60%의 범위를 보이고 연평균 1일 집열효율은 45% 정도인 것으로 보고하고 있다(주현로 등, 2006). 따라서 본 계획에서는 집열효율을 45%로 가정하였으며 온수공급온도는 50℃로 설정하였다.

다) 풍력에너지 분석과 발전

권역의 풍력에너지 자원분석을 위하여 지리상으로 가장 근접한 제천 기상관측소의 자료를 이용하였으며, 기상자료는 20년간(1988~2008)의 평년값을 사용하였다(기상청, 2009). 발전량에 사용되는 풍속은 본 연구에서 사용하는 풍력터빈의 허브높이에 대한 풍속을 사용한다. 풍력발전기는 2m/s 정도의 기동풍속에 적용할 수 있는 5kw급을 선정하고 고도에 의해 보정된 풍속은 (표 3.31)과 같다.

(표 5.38 3kWh 출력 용량 제원)

제원	값
cut-in wind speed	2m/s
Rated wind speed	10m/s
cut-out wind speed	25m/s
rated power	5kW
rotor diameter	5.1m
high of hub	30m

(표 5.39 30m고도에 의해 보정된 풍속(m/sec))

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
풍속	1.41	1.5	1.73	1.83	1.59	1.38	1.26	1.25	1.23	1.15	1.28	1.23
보정 풍속	1.86	1.98	2.27	2.41	2.09	1.81	1.66	1.65	1.62	1.52	1.68	1.62

1) 풍력발전

풍속에 대한 출력특성은 성능곡선 또는 출력곡선에 의해서 풍력발전 시스템의 성능곡선을 나타내고 있다. 풍력발전기 제조사의 성능곡선에 따라 연간 풍력발전량(E_w)은 다음 식으로 구할 수 있다(박진철, 경남호, 2003).

$$E_w = \sum (V_i \times F_i \times 8760(h))(\text{KWh})$$

여기서, V_i 는 풍속계급 i 의 발전출력(kW)이며, F_i 는 풍속계급 i 의 출현율을 나타낸다.

2) 바이오매스 분석과 발전 및 온수생산

권역의 바이오매스 분석을 위하여 단양군의 2008년 통계자료를 이용하여 권역의 참깨와 고추, 들깨의 부존량을 평균 산정하였다. 권역에 축산단지와 과실류는 따로 산정하지 않았으며 발작물에 의한 부존량만을 산정하였다.

(표 5.40 작물별 바이오매스 부존량)

	고추	참깨	들깨
단위 면적당 바이오매스 발생량 (kcal/m ²)	1414.72	1955.84	1955.84
평균발생량(kcal/m ²)	1775		
재배면적(m ²)	250,000		
총 발생량(kcal)	443,750,000		

바이오매스의 전기생산량은 이론에 의한 식으로 계산되며 전체바이오 매스의 절반씩을 이용한다고 가정하였다.

바이오매스 전기 발전량(E_b)은 다음의 식으로 구하였다.

$$E_b = \frac{\bar{x} A_c R i}{PE} (\text{kWh})$$

여기서, \bar{x} 는 바이오매스 평균발생량(kcal/m²)이며, A_c 는 재배면적(m²), R 은 전력에 사용될 비율, i 는 가채량, P 는 1kWh당 전력생산에 필요한 열량(kcal), E 는 효율을 나타낸다.

바이오매스 온수생산량(W_b)은 다음의 식으로 구하였다.

$$W_b = \frac{\bar{x} A_c R S}{T} (\text{l/day})$$

여기서, \bar{x} 는 바이오매스 평균발생량(kcal/m²)이며, A_c 는 재배면적, R 은 전력에 사용될 비율, S 는 물 1°C올리는데 필요한 열량(kcal) T 는 목표온도(°C)이다.

3) 지열 분석 및 발전

권역의 지열에너지 자원분석을 위하여 신재생에너지 자원지도 시스템에서 제공된 단양군의 시추공으로부터 얻어지는 심도 100m의 온도로 이용하였다.

(표 5.41 지열 심도 100m 온도)

시추공명	군명	시추일자	시추공 심도(°C)	지표면 온도(°C)	심도 100m 온도(°C)	공저 온도(°C)	증온율 (°C/km)
단양 001	단양군	1993년 02월 09일	648	10.6	18	28.4	27.4
단양 002	단양군	1993년 2월 11일	792	10.6	13.2	31	25.8
전체평균			720	10.6	15.6	29.68	26.57

4) 자원별 에너지 발전량 및 온수생산량 결과

태양광 발전량은 다음과 같다.

(표 5.42 태양광 총 발전량)

단양	30도 경사면 일사량	kWh로 변환	어레이면적	발전효율	태양광발전 총발전량
1월	2,788	3.22	27.3	0.096	261.22
2월	3,262	3.76	27.3	0.096	276.05
3월	3,529	4.07	27.3	0.096	330.64
4월	3,998	4.61	27.3	0.096	362.50
5월	3,990	4.60	27.3	0.096	373.83
6월	3,757	4.33	27.3	0.096	340.65
7월	3,181	3.67	27.3	0.096	298.04
8월	3,474	4.01	27.3	0.096	325.49
9월	3,543	4.09	27.3	0.096	321.25
10월	3,472	4.00	27.3	0.096	325.30
11월	2,713	3.13	27.3	0.096	245.99
12월	2,578	2.97	27.3	0.096	241.54
합계					3702.49

태양열 온수 발생량은 다음 표와 같다.

(표 5.43 태양열 총 온수생산량)

단양	30도 경사면 일사량	kWh로 변환	집열효율	집열면적	집열량	온수생산량
1월	2,788	3.22	0.45	2.64	13.75	65.48
2월	3,262	3.76	0.45	2.64	16.09	76.61
3월	3,529	4.07	0.45	2.64	17.41	82.88
4월	3,998	4.61	0.45	2.64	19.72	93.90
5월	3,990	4.60	0.45	2.64	19.68	93.71
6월	3,757	4.33	0.45	2.64	18.53	88.24
7월	3,181	3.67	0.45	2.64	15.69	74.71
8월	3,474	4.01	0.45	2.64	17.13	81.59
9월	3,543	4.09	0.45	2.64	17.47	83.21
10월	3,472	4.00	0.45	2.64	17.12	81.54
11월	2,713	3.13	0.45	2.64	13.38	63.72
12월	2,578	2.97	0.45	2.64	12.71	60.55
합계					16.56	78.84

풍력발전량은 다음과 같다.

(표 5.44 풍력에너지를 이용한 발전량)

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
풍속	1.86	1.98	2.27	2.41	2.09	1.81	1.66	1.65	1.62	1.52	1.68	1.62
표준편차	0.35	0.43	0.35	0.40	0.28	0.21	0.24	0.20	0.29	0.19	0.23	0.25
에너지밀도	5.16	6.34	8.67	10.37	6.65	4.34	3.54	3.35	3.49	2.67	3.61	3.37
2m/s~	8.00	7.00	16.00	17.00	13.00	2.00	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00	1.00
가동확율	0.40	0.35	0.80	0.85	0.65	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.05
발전량	88.55	91.28	433.90	644.22	216.62	21.83	25.94	0.00	28.17	0.00	25.00	14.08
발전량합	1589.61											

바이오매스 전기 발생량은 다음과 같다.

(표 5.45 바이오매스 이용한 발전량)

발생한 바이오 매스량	443,750,000
1kWh 생산에 필요한 열량	5309kcal
사용비율	0.5
가채량	0.5
발전량	20,896kWh

바이오매스 온수 발생량은 다음과 같다.

(표 5.46 바이오매스 이용한 온수 생산량)

발생한 바이오 매스량	443,750,000
물 1℃ 올리는데 필요한 열량	1kcal
사용비율	0.5
상승온도	20℃
온수생산량	11,094,000l

탄소발생량의 산출기준은 다음과 같다.

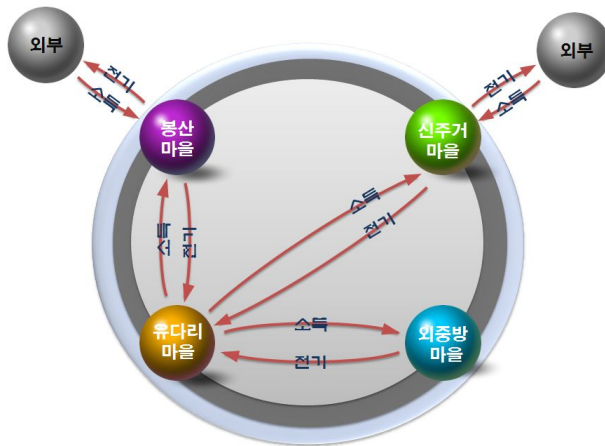
기준1	1인당 탄소발생량	기존의 통계자료를 이용하여 10년 간 발생한 탄소량의 평균
기준2	농업 시설물	4가구 당 1대를 사용하는 것으로 가정 농업용 온풍난방기, 농업용 온수보일러, 농산물 건조기
기준3	작물의 CO ₂ 흡수량	10가지의 작목을 정하여 평균 흡수량으로 산정
기준4	과수의 CO ₂ 흡수량	사과를 대표 과수로 선정하여 평균 흡수량으로 산정
기준5	임업의 CO ₂ 흡수량	나무 종별 CO ₂ 흡수량을 기준으로 30년 수종의 평균값으로 산정

<그림 5.32 탄소 발생량 및 흡수량>

(4) 권역계획 및 설계

라) 에너지의 순환설계

에너지의 순환설계는 권역의 에너지 잠재량을 통계자료에 의하여 분석 후 각 마을별로 자연에너지 발전에 유리한 에너지를 선택하였다. 유다리 마을은 40가구로, 봉산마을은 50가구, 신주거 마을은 100가구, 중방마을은 30가구로 가정하였다. 에너지의 선택에서 유다리마을은 바이오매스와 태양열온수를 선택하고, 봉산마을은 태양광발전과 지열을 선택하였다. 신주거마을은 태양광발전과 태양열온수를 선택하고, 중방마을은 풍력발전과 바이오매스를 선택하였다. 태양광발전기와 태양열온수기는 각 가정마다 한 개씩 배치가 되어 있으며, 풍력발전기는 5기를 사용하였다.



<그림 5.33 신재생에너지 권역 내 에너지 순환 설계>

바이오매스는 마을별 재배면적에 대하여 단위면적당의 바이오매스 발생량으로 산정하였다. 지열에너지는... 또한 일인당 전기 필요량과 온수필요량을 통계자료를 이용하여 각 마을당 전기에너지 필요량 및 온수발생량을 산정한다. 마을별 에너지 필요량 및 전기에너지발전량과 온수 발생량은 Table 과 같다.

(표 5.47 마을별 전기 생산량 (kWh))

마을명	가구수	필요전기량	태양광발전량	풍력발전량	바이오매스 발전량	차이 전기량
유다리	40	109,168			20,896	-88,272
봉산	50	136,460	185,124			48,645
신주거	100	272,920	370,249			97,329
중방	30	8,188		7,948		240

(표 5.48 마을별 온수 생산량 (l))

마을명	가구수	필요온수량	태양열온수량	지열온수량	바이오매스 온수량	차이 온수량
유다리	40	2,014,800	1,151,064		11,094	
봉산	50	2,518,500				
신주거	100	5,037,000	2,877,660			
중방	30	1,511,100			22,188	

유다리 마을은 전기에너지 발전량이 부족하여 다른 마을에서 에너지를 공급 받고 체험 및 농업에서 발생하는 수익을 다른 마을에 소득으로 제공하여 상호 보완적인 관계를 유지하도록 한다. 또한 봉산마을과 신주거마을, 외중방 마을의 잉여전력은 외부로 판매하여 농업 외 소득으로 확보를 가능케 한다. 에너지발전으로 권역에서의 외부 에너지원의 공급 없이 권역 내 에너지 순환을 통한 에너지 독립을 실현한다.

마) 탄소 순환설계

탄소 순환설계는 일인당 탄소발생량을 통계자료를 이용하여 마을별 이산화탄소 발생량을 산출하였다. 또한 마을별 방문객에 의한 이산화탄소 발생량을 산출하고, 농업시설물의 이산화탄소 발생량은 4가구당 1대의 농업 시설물을 사용한다고 가정하고 종류는 총 3가지로 농업용 온풍난방기, 농업용 온수보일러, 농산물 건조기를 선택하여 산출한다. 그리고 특용작물의 이산화탄소 흡수량은 참깨와 들깨와 고추의 평균값으로 산출하였다.



<그림 5.34 마을별 이산화탄소 발생량 및 숲 조성 면적>

과수의 이산화탄소 흡수량은 사과를 대표과수로 하여 산출하였고(서영호, 원예연, 2008) 임업의 경우에는 8개의 나무를 선택하여 평균 30년 수목의 평균 이산화탄소 흡수량을 산출하였다. 연간 발생된 이산화탄소량을 정화하기 위하여 인공림을 조성하여 연간 탄소발생량을 발생 시키지 않도록 설계한다.

(표 5.49 마을별 탄소발생량)

마을명	가구수	일인당 탄소발생량	마을 총탄소 발생량
유다리	40	9.05	1086
봉산	50	9.05	1357.5
신주거	100	9.05	2715
중방	30	9.05	814.5

(표 5.50 마을별 방문객 탄소발생량)

마을명	방문객	방문일수	일인당탄소 발생량	탐방객 총 탄소 발생량
유다리	1000	2	9.05	50
봉산	1000	2	9.05	50
신주거	1000	2	9.05	50
중방	1000	2	9.05	50

(표 5.51 마을별 시설물 탄소발생량)

마을명	시설물	총 시설물수	시설물탄소발생량	총탄소발생량
유다리	4가구당 1개	10	5.6	56
봉산	4가구당 1개	12.5	5.6	70
신주거	4가구당 1개	25	5.6	140
중방	4가구당 1개	7.5	5.6	42

(표 5.52 마을별 작물의 소모 탄소량)

마을명	주요작물	탄소 소비량	변환된 탄소 소비량	면적	최종 탄소 소비량
유다리	특용	6.9	24	25	600
봉산	과수	4.4	15	25	375
신주거			0		0
중방	임업	2.6	9	11	99

(표 5.53 마을별 탄소 총 발생량과 조성될 인공림)

마을명	총 탄소발생	총 탄소 소비	차이
유다리	1191	600	-591
봉산	1476	375	-1101
신주거	2904	0	-2904
중방	905	99	-806

마을 별 에너지 필요량 및 발전 잠재량은 다음과 같다.

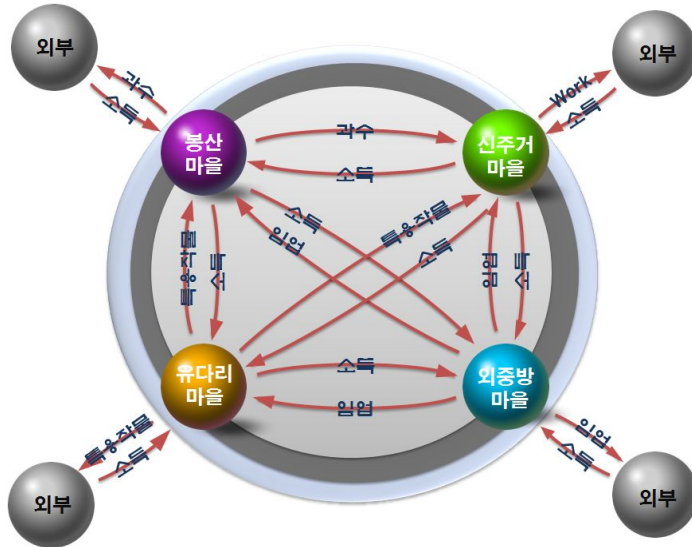
(표 5.54 마을별 에너지 필요량 및 발전 잠재량)

마을명	가구수	필요온수량 (L)	태양열온수량 (L)	지열온수량 (L)	바이오매스 온수량(L)	차이온수량 (L)
유다리	40	2,014,800	1,151,064		11,094	
봉산	50	2,518,500				
신주거	100	5,037,000	2,877,660			
중방	30	1,511,100			22,188	

마을명	가구수	필요전기량 (kwh)	태양광발전량 (kwh)	풍력발전량 (kwh)	바이오매스 발전량(kwh)	차이전기량 (kwh)
유다리	40	109,168			20,896	△88,272
봉산	50	136,460	185,124			48,645
신주거	100	272,920	370,249			97,329
중방	30	8,188		7,948		240

바) 소득순환 설계

소득순환설계는 에너지순환에서의 에너지순환으로 발생하는 소득과 마을별 주요작물을 대상으로 통계자료를 이용하여 소득을 계산한다. 순환의 비율은 작물 생산량과 가구의 비율로 산정하였다.



<그림 5.35 마을 간 소득의 순환>

(표 5.55 마을별 소득(천원))

마을명	가구수	소득원	외부소득	유다리로 부터의소득	봉산으로 부터의소득	신주거로 부터의소득	외중방으로 부터의소득	소득액
유다리	40	특용 작물	0	-	-6,458	-9,405	-39	-15,903
봉산	50	농산물	1,749	6,458	-			8,208
신주거	100	Work	7,182	9,405		-		16,587
중방	30	임업	0	39			-	39

(표 5.56 농작물에 대한 마을별 소득(천원))

마을명	가구수	소득원	외부소득	유다리로 부터의소득	봉산으로 부터의소득	신주거로 부터의소득	외중방으로 부터의소득	소득액
유다리	40	특용 작물	747,432	-	106,776	213,552		1,067,760
봉산	50	농산물	620,340		-	206,780	206,780	1,033,900
신주거	100	Work	2,500,000			-		2,500,000
중방	30	임업	519,228	86,538	86,538	173,076	-	865,380

종합적인 순환관계는 다음과 같다.



< 그림 5.36 신재생에너지 단지 전체 순환관계도 >

최적화 모델을 통한 신재생에너지 도입결과는 다음과 같다.

(표 5.57 외중방 권역 최적화)

마을명	가구수	태양광 가구수	지열 가구수	전력 생산량 (MWh)	열에너지생 산량 (Mcal)	비용 (백만원)	편익 (백만원)	B/C
농어촌뉴타 운대상지	100	87	100	322	221,173	4,254	7,586	1.78
유다리마을	40	34	40	126	88,469	1,670	2,970,922	
봉산마을	50	43	50	159	110,586	2,107	3,753	
중방마을	30	26	30	96,252	66,351,750	1,272	2,267,979	
합계	220	190	220	703,380	486,579,500	9,302	16,578,794	1.78

5. 결론

2008년 통계를 조사 분석한 결과 농어촌 지역의 전력의 소비는 3인가족을 중심으로 볼 때, 전력량은 2,729.2KWh/년 : 227KWh/월 : 7.58KWh/일과 같고, 금액으로 환산하면 270,388원/년, 22,532원/월 751.1원/일로 나타났다.

계획된 농어촌뉴타운의 사업지구는 5개 지역이나 단양과 장수지역은 기본 설계가 완료되었으므로 이 두 지역을 대상으로 적용성을 검토하였다. 또한 마을의 연계를 위해 단양지역의 농어촌뉴타운을 포함하는 4개 마을을 대상으로 신재생에너지 연계계획을 수립하였다.

신재생에너지의 적용을 위한 설계 예에서 알 수 있듯이 대상지역의 제반 요인을 조사한 후 개별 에너지원의 모델을 통해 경제성을 판단할 수 있으며, 조합된 경우 이를 판단할 수 있는 최적화 모델이 요구된다.

신재생에너지 부존량에 대한 평가 결과 대부분 충분한 상태이며, 각 수치는 최적화 모델의 자료로 이용하였다.

옛단양 지역 및 장수학골 농어촌뉴타운 대상지 적용결과 복합모델로 태양광발전이 전기모델로, 지열에너지가 에너지원으로 타당하다고 판단되었다. 또한 여러 지역을 연계한 모델의 개발 타당성도 있음을 알 수 있었다.



신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운 활용방안

1. 신재생에너지를 적용을 위한
제도의 정비
2. 신재생에너지를 적용한
농어촌뉴타운 활용 방안
3. 신재생에너지를 적용한
농어촌뉴타운 기대효과
4. 결론

제6장 신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운 활용 방안

1. 신재생에너지를 적용을 위한 제도의 정비

(1) 신재생에너지법

2004년 전문개정(2004.12.31.) : 신에너지 및 재생에너지의 보급 목표를 원활하게 달성하고, 신재생에너지기술의 개발을 제도적으로 뒷받침하기 위하여 이 법의 제명을 당초 대체에너지 개발 및 이용보급 촉진법에서 신에너지및재생에너지개발이용보급촉진법으로 변경하고, 신재생에너지기술의 사업화 지원 및 신재생에너지 설비 설치전문기업 등록제의 신설 등을 통하여 신, 재생에너지에 대한 관리 및 지원을 강화하는 한편, 현행 제도의 운영과정에서 나타난 일부 미비점을 개선, 보완하려는 것이다.

2006년 일부개정(2006. 9. 27.) : 온실가스 배출의 저감을 명시하고, 신재생에너지의 기술개발 및 이용, 보급을 촉진하기 위한 기본계획에 신재생에너지의 기술개발 및 이용, 보급을 통한 온실가스 감축목표를 추가하여 신재생에너지 개발, 이용, 보급에 있어서 기후변화에 관한 국제 연합 기본 협약에 대응하려고 개정하였다.

2008년 일부개정(2008. 3. 14.) : 신재생에너지설비의 설치의무화 대상을 증축 또는 개축 건축물까지 확대하고, 설치의무의 실효성 확보를 위한 제도적 장치를 마련함으로써 신재생에너지의 이용, 보급 실태를 개선하려는 개정하여 현재에 이르고 있다.

(2) 에너지관련 원별 기본계획

신재생에너지의 법규를 통한 정비는 결국 사업 수단을 통해 구현된다. 이것은 전체 에너지 사업계획의 일환이 되며 국내의 에너지관련 원별 기본계획은 다음과 같다.

(표 6.1 에너지 관련 기본 계획 및 정책)

계획명	계획기간	주요내용
전력수급 기본계획	제1차 계획 2002-2015	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 원자력발전 비중(%) (‘01실적) 27.0 -> (‘05) 28.6 -> (‘15) 34.6 ▶ 유연탄발전 비중(%) (‘01실적) 30.5 -> (‘05) 29.3 -> (‘15) 28.8 ▶ LNG 복합비중(%) (‘01실적) 25.3 -> (‘05) 27.2 -> (‘15) 25.4
신재생에너지 보급촉진 기본계획	제2차 계획 2003-2012	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 신재생에너지 개발 보급목표(%) (‘03실적) 2.06 -> (‘12) 5.0
에너지이용 합리화 기본계획	제3차 계획 2004-2008	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 에너지저소비형 사회로의 전환, 신재생에너지 기술개발의 보급확대 1차 에너지소비 08년 전망대비 7.0% 절감 ▶ 에너지단위 개선 3개년 계획 (‘04) 0.303 -> (‘07) 0.277
집단에너지 공급 기본계획	제2차 계획 2002-2006	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 주택 건물에 대한 냉난방 공급비율(%) (‘02) 9.4 -> (‘06) 11.3(1,592천 세대) ▶ 산업단지(사업장, 개) (‘02) 20 -> (‘06) 27
수소경제 마스타플랜	2005-2040	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 최종 에너지중 수소에너지 비중(%) (‘20) 3.0 -> (‘40) 15.0 ▶ 총 자동차중 연료전지 자동차 비중(%) (‘20) 8 -> (‘40) 54
해외자원 개발 10개년 계획	2004-2013	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 석유가스 자주 개발율(%) (‘03) 3.1 -> (‘13) 18 ▶ 유연탄 자주 개발율(%) (‘03) 26 -> (‘13) 35 ▶ 석유공사 역량 (‘03) 100위권 -> (‘08) 50위권

법의 개정은 다음의 내용을 골자로 한다.

- 대체에너지개발 및 이용보급촉진법에서 신에너지및재생에너지개발이용보급촉진법으로 개정
- 수입 신재생에너지의 적용 배제
- 신재생에너지 발전 기준가격과 전력거래 가격 간 차액의 부정수급자

의 제재

- 신재생에너지기술의 국제 표준화 및 신재생에너지 설비 부품 공용화에 대한 지원제도의 도입
- 신재생에너지 설비의 설치전문기업 등록제도의 도입
- 신재생에너지개발 기술의 사업화 지원제도의 도입

신재생에너지와 관련한 주된 정책은 다음과 같다.

- 신재생에너지 사용의무화 : 금융기관의 신재생에너지 이용 의무화
- 신재생에너지 시설 인증제도
- 발전차액지원제도
- 신재생에너지 설비 용자지원제도
- 일반 자가용 설비 보급 무상보조제도
- 세제지원

(3) 외국의 제도

사) 독일의 경우

- 석유 등 화석연료에 대한 의존도가 높은 수준을 유지하고 있으나 풍력발전량이 세계최대이고, 태양에너지 발전량도 세계2위이다. 독일은 재생에너지를 에너지원의 다양화, 국산화를 목적으로 하는 에너지 보장상의 이유와, 온실효과 가스의 배출억제라는 환경정책상의 이유로 추진하고 있다.
- 독일의 경우 전력 공급법을 통해 전력공급자의 매입의무를 부과하고 있다. 매입 가격은 전력의 소매가격에 대한 비율로 정해지는데, 특히 풍력과 태양에너지에 의해 생산된 전력의 매입가격은 전 소비자에 대한 소매가격 평균액수의 90%로 우대하고 있다. 수력, 폐기물가스 등은 소매가격의 75%가 기준이 된다.
- 또한 재생에너지법을 2000년 4월부터 시행하여, 재생에너지의 보급 목표를 설정하고, 고정 가격 제도를 도입하였다. 이외에 바이오연료 할당법과 재생에너지 난방법을 제정하여 재생에너지의 생산과 소비를 촉진시키고 있으며, 재생에너지 사용을 의무화 하고 있다.

아) 미국의 경우

- 2005년 에너지 정책법(Energy Policy Act of 2005)을 제정하여 포괄에너지법을 성립시켰다. 이법은 에너지의 효율성 증대, 재생에너지, 석유와 가스, 연구개발, 에너지정책 세제지원 등으로 구성되어 있다.
- 에너지 효율성의 증대를 위해 연방프로그램의 창설, 에너지 효율이 높은 제품 생산과 이용 장려, 공공시설에서의 재생 에너지 연료 및 에너지 효율이 높은 제품의 이용을 규정하고 있다.
- 또한 재생에너지의 자원평가를 수행하고, 연방의무 구매제도, 재생에너지에 대한 재정상의 지원과 세제 혜택을 주고 있다.
- 2007년에는 에너지 자립 및 안전보장법을 서명하여 바이오 연료의 생산 증거, 재생에너지 연구의 가속화를 추구하고 있다.

자) 일본의 경우

- 일본은 1980년 석유대체에너지의 개발 및 도입 촉진에 관한 법률을 제정하였고, 여기서 공급의 목표와 도입지침의 결정 및 공표를 제시하고 있다. 이후 1997년 신에너지 이용 등의 촉진에 관한 특별조치법을 통해 신에너지 이용 계획의 인정과 벌칙을 제정하였다.
- 일본의 기본 방침은 에너지의 안정공급의 확보, 환경에의 적합, 시장원리의 활용 등을 제시하고, 에너지에 대한 지식과 국제협력을 추진하고 있다.
- 2006년에는 신국가에너지 전략을 2030년 까지 장기적 관점에서 수립하고 30%의 효율개선을 제시하였다. 또한 2030년 석유 의존도 40%이하로 하향시키기 위한 전력을 설정하였다. 아직 일본의 경우도 신에너지 비율이 전체의 2% 정도로 불안정하지만 신에너지의 보급 확대를 통해 순차적인 노력을 개진하고 있다.

(4) 농촌 단지 개발을 위한 신재생에너지 규정의 개선

우리나라의 경우 신재생에너지 관련 제도에 문제점이 지적되고 있는데, 먼저 법률적인 재생에너지 개념에 문제성을 나타내고 있다. 법률에 의한 재생에너지는 햇빛, 물, 지열, 강수, 생물유기체 등을 포함하는 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지로서 태양에너지, 생물자원을 변환시켜 이용하는 바이오에너지, 풍력, 수력, 해양에너지, 폐기물에너지 그리고 지열로 정의하고 있다. 따라서 재생에너지의 특성 보다는 나열하는데 있어, 변환되는 에너지의 종류에 대한 논란이 있고, 재생에너지의 요건으로 계속 사용하여도 무한에 가깝도록 다시 공급되는 에너지로 정의 되므로, 재생주기에 대한 모호성을 가지고 있다.

농어촌뉴타운에 신재생에너지의 도입은 현재의 그린빌리지 사업이나 태양열 주택 100만호 계획 등에 의해 추진이 가능하나, 이를 촉진하기 위한 연계 프로그램의 협의가 필요하다. 여기에는 현재의 시점에서 신재생에너지의 경제성이 부족하므로 이를 지원할 수 있는 정책 보조금에 대한 비율이 매우 중요한 의미를 지니게 된다.

개인에 의한 자발적 전력의 사용은 시장가격으로 구성되어 있는 대규모의 전력개발보다 효율성이 떨어지지만 장기적 관점과 자연 순환의 관점에서 이를 파악하여 다중에 의한 에너지의 생산이 필요하다. 현재 제기되는 녹색가격제도는 신재생에너지원을 이용하여 생산된 전기인 녹색전기를 자유의사로 선택한 고객이 기존의 전통적 방식의 전기생산요금보다 더 높이 책정된 요금을 지불하는 것을 말하며, 이것은 국민적 인식의 개선을 통해 스스로 신재생에너지의 이용, 촉진에 참여할 수 있도록 유도한다. 또한 전력의 양 외에 질적인 면에 관심을 갖도록 유도하며, 시장성, 효과성, 최저비용, 투명성의 원칙이 제시되고 있다. 녹색가격제는 전력상품에 대한 소비자의 선택폭의 확대와 교육적 효과, 신재생에너지의 생산 및 보급의 확대를 가져올 것이다.

농촌의 경우 에너지의 소비는 주거 생활을 위한 것만이 아니며, 주택에서 소비된다 하더라도 농업생산과 결합되는 경우가 많이 있으므로

전체적인 관점에서 에너지 공급과 가격의 검토가 필요하다.

농어촌뉴타운에 신재생에너지를 도입하는 것은 낮은 전력비를 제공하기 보다는 녹색전기를 통해 사회 부과적인 효과를 지니므로 이를 지원할 수 있는 안정적인 재원의 확보도 필요하다.

또한 농촌에서 생산되는 녹색에너지원에 대해 잠재량과 소비량, 판매등을 관리할 수 있는 기구를 통해 안정적이고, 미래지향적인 에너지원으로서의 농촌을 구성할 필요가 있다.

2. 신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운 활용 방안

신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운단지 모델은 현재 추진되고 있는 농어촌뉴타운조성사업에 및 전원마을조성사업 등에 직접 적용될 수 있는 실용화된 기준을 정립하는 연구로, 따라서 위 사업의 설계에 활용될 수 있는 실용화된 모델을 구축하였다.

연구결과의 실용화를 연구결과물을 단위기술의 적용단계, 농촌주택에의 적용단계, 마을설계적용단계로 하고, 각각의 가이드라인을 제시하고, 또한, 설계지원을 위한 설계용 매뉴얼로 제시하는 것이 가능하다.

각기 신재생에너지 적용 기술에 대한 경제성을 지표화 하여 사례 지구에 적용한 모델을 활용하여 신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운의 설계 매뉴얼로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

농어촌뉴타운 개발 등 농촌마을 조성사업에 신재생에너지를 적용할 경우 이에 대한 정책적 우대가 필요할 것으로 사료된다.

신재생에너지를 적용한 농촌주택의 활성화를 위해 이를 지원할 수 있는 설계용 시스템이 개발된다면, 실용성이 증대될 것으로 판단된다.

2.1 시나리오

외부 조건에 따른 보조금 지원 가상 시나리오



<그림 6.1 외부조건에 따른 보조금 지원 가상 시나리오>

시나리오는 크게 이용기간, 자금회수기간, 에너지 비용 상승률로 나누었으며, 세부적으로는 사용기간이 10년, 20년, 내구연한, 자금회수기간에 따라 이자율과 내부수익률이 같은 경우, 에너지 비용이 50% 상승, 100% 상승, 200% 상승의 경우로 나누었다.

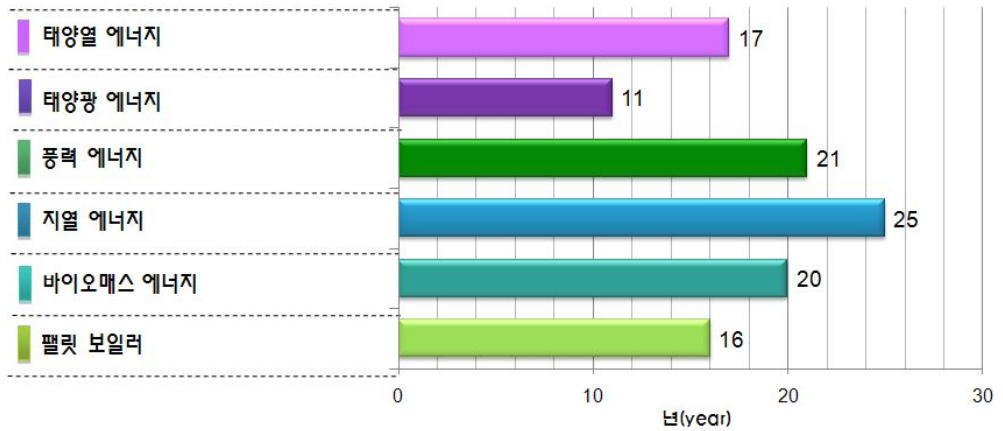
1) 사용기간에 따른 가상 시나리오 분석



<그림 6.2 사용기간에 따른 가상 시나리오 분석결과>

사용기간이 10년으로 가정한 경우 B/C가 1이 되려면, 태양열 36%, 태양광 4%, 풍력 95%, 지열 62%, 바이오매스 79%, 펠릿보일러 65%의 보조금이 필요하며, 사용기간이 20년으로 가정한 경우 B/C가 1이 되려면, 풍력 92%, 지열 36%, 바이오매스 69%, 펠릿보일러 49%의 보조금이 필요하다. 또한 내구연한만큼 사용이 가능하다면, 풍력 92%, 지열 16%, 바이오매스 69%, 펠릿보일러 49%의 보조금이 필요한 것으로 나왔다.

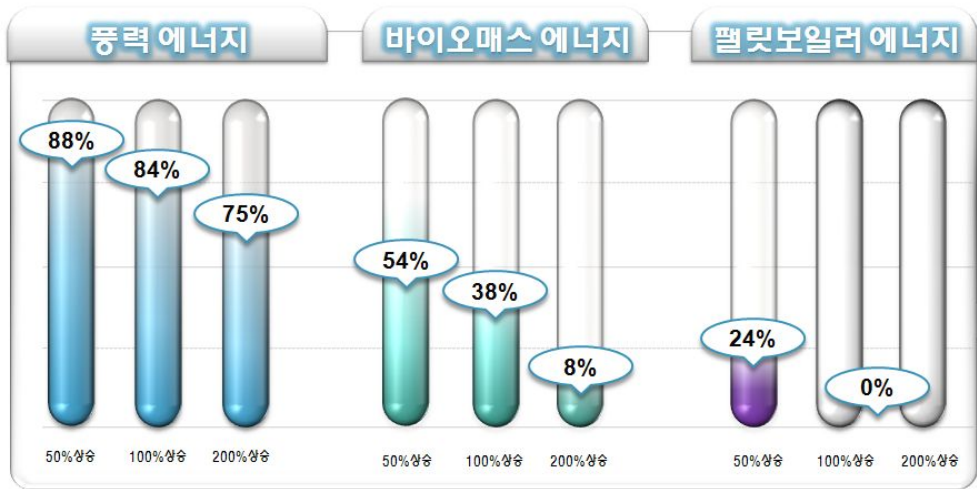
2) 자금회수기간에 따른 가상 시나리오 분석



<그림 6.3 자금회수기간에 따른 가상 시나리오 분석결과>

B/C가 1이 되었을 경우 각 에너지원별로 태양열 17년, 태양광 11년, 풍력 21년, 지열 25년, 바이오매스 20년, 펠릿보일러 16년의 자금 회수 기간이 걸리는 것으로 나타났다.

3) 에너지비용 상승률에 따른 가상 시나리오 분석



<그림 6.4 에너지비용 상승률에 따른 가상 시나리오 분석결과>

에너지비용이 50% 상승하였을 경우 풍력은 88%, 바이오매스 54%, 펠릿보일러 24%의 보조금 지원이 필요하며, 100% 상승하였을 경우 풍력은 84%, 바이오매스 38%의 보조금 지원이 필요하다. 또한 200% 상승하였을 경우 풍력은 75%, 바이오매스 8%의 보조금 지원이 필요한 것으로 나타났다.

그러나 이상의 분석결과는 현재 추정할 수 있는 표준적 가격과 규정된 유지관리비, 제시한 내구연한을 토대로 구성한 것으로 이 기초자료의 지속적 모니터링 없이 경제적 타당성을 일관적으로 구성하기에는 많은 위험요소가 있다. 따라서 시장가격의 조사, 주민의 인식변화, 예외적 상황에서의 여분의 설계에 대한 보다 종합적인 연구가 필요하다고 판단된다.

3. 신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운 기대효과

신재생에너지를 농어촌뉴타운 사업지구에 적용할 경우의 기대효과는 다음과 같다.

첫째, 신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운 단지모형을 다양한 용도로 활용하기 위한 사업모델로 제시함으로써 저탄소 녹색성장의 패러다임에 부합되는 농어촌 주거단지를 조성하는데 높은 효율성을 제고할 수 있다.

농어촌지역에서, 개발된 주택모형을 통해 다양한 형태로의 응용 변화가 가능해짐으로 미래의 젊은 세대에 맞는 다양한 농촌주거공간으로 변환되고, 이를 통해 어메니티, 농어촌다움 및 환경보전의 효과를 함께 거둘 수 있을 것으로 사료된다.

본 모형개발은 농어촌뉴타운에 조성되는 주택에 대한 것 뿐 아니라 마을단위 및 지역단위의 신재생에너지 적용을 함께 연구함으로써 향후 지자체의 지역단위 계획에 활용되고, 나아가 국토전체공간을 계획적조성과 효율적 관리할 수 있는 체계가 구축될 수 있을 것으로 기대된다.

농어촌뉴타운주택의 신재생에너지 활용 방안이 구축됨으로 향후 발생될 탄소권 문제, 환경보전 문제에 유리한 위치에 있게 될 것으로 판단된다.

농어촌뉴타운 거주민에게 낮은 주거비가 부가되므로, 그만큼 실질 소득 상승이 있게 되어, 주거민의 가계 경제성을 향상시키게 될 것임. 이것은 지역의 활성화로 연결되어, 보다 활력 넘치는 농어촌으로 진일보 하는 계기가 될 것으로 생각된다.

4. 결론

농어촌뉴타운에 신재생에너지의 도입은 현재의 그린빌리지 사업이나 태양열 주택 100만호계획 등에 의해 추진이 가능하나, 이를 촉진하기 위한 연계 프로그램의 협의가 필요하다. 여기에는 현재의 시점에서 신재생에너지의 경제성이 부족하므로 이를 지원할 수 있는 정책 보조금에 대한 비율의 결정이 사업을 좌우할 것이다.

장기적 관점과 자연 순환의 관점에서 이를 파악하여 다중에 의한 에너지의 생산이 필요하다. 전력의 양 외에 질적인 면에 관심을 갖도록 유도하여 다중시장성, 다중효과성, 다중최저비용, 다중투명성의 원칙을 제시되고 있다. 녹색가격제는 전력상품에 대한 소비자의 선택폭의 확대와 교육적 효과, 신재생에너지의 생산 및 보급의 확대를 가져올 것이다.

농촌의 경우 에너지의 소비는 주거 생활을 위한 것만이 아니며, 주택에서 소비된다 하더라도 농업생산과 결합되는 경우가 많이 있으므로 전체적인 관점에서 에너지 공급과 가격의 검토가 필요하며, 농어촌뉴타운에 신재생에너지를 도입하는 것은 낮은 전력비를 제공하기 보다는 녹색전기를 통해 사회 부과적인 효과를 지니므로 이를 지원할 수 있는 안정적인 재원의 확보도 필요하다.

또한 농촌에서 생산되는 녹색에너지원에 대해 잠재량과 소비량, 판매등을 관리할 수 있는 기구를 통해 안정적이고, 미래지향적인 에너지원으로서의 농촌을 구성할 필요가 있다.

신재생에너지 정책에서 가장 핵심이 되는 사항은 결국 보조금제도이다. 이것은 현재의 에너지원별 경제성이 기존의 시스템에 미치지 못하기 때문이다. 그러나 향후 불확실한 에너지 수급에 따라 국제 에너지 가격의 높은 변동이 예측되므로 이를 시나리오를 통해 분석하였다.

그 결과, 발전시설의 내구연한까지 사용할 경우에 풍력은 92%, 지열

은 16%, 바이오매스 69%, 펠릿보일러 49%의 보조금지원이 필요할 것으로 나타났으며, 향후 기존 에너지원의 가격이 50% 상승 가정시 태양열, 태양광, 지열에너지는 경제성이 확보되고, 100% 인상될 경우 풍력 84%, 바이오매스 38%를 제외하고 모두 경제성이 확보될 것으로 판단되었다.



종합 결론

제7장 종합결론

농어촌뉴타운은 귀촌으로 활력을 찾고 지속가능한 농어촌 마을을 만들기 위해 젊은 도시민의 귀농과 귀촌을 유도하고, ②전문 농기업, 조합형 농어업으로 잘사는 농어촌 마을을 만들기 위해 집단화 및 창업교육과 맞춤형 영농을 지원할 수 있는 공간을 구성하고, ③높은 생활기반을 갖춘 농어촌 마을을 만들기 위해 교육과 복지가 동시에 만족하는 새로운 농어촌 중심지를 조성함을 목적으로 추진하고 있는 사업으로, 이를 뒷받침할 수 있는 삶터 공간을 구성한다. 따라서 높은 호응을 유도하기 위해선 낮은 유지관리비와 미래지향적 생태공간을 추구하며, 이에 따라 신재생에너지를 적용한 농어촌뉴타운의 건설이 필요하다.

신재생에너지는 원별로 총 11개로 구분되지만, 신생에너지는 현재 기술개발이 추진되고 있고, 생태, 자연적 원료가 아니므로 적용할 수 있는 주 대상은 재생에너지가 된다. 재생에너지 총 8개중 폐기물에너지는 산업 또는 생활 부산물의 처리로 기초 자치단체 단위의 대규모 사업이 되어 농어촌뉴타운에 적용하기 곤란하고, 수력에너지와 해양에너지는 수자원이나 해양 등 충분한 자연조건에 맞는 지형이어야 하므로 실제 적용하기 어려우며, 따라서 태양광, 태양열, 풍력, 지열, 바이오에너지가 주 대상이 된다.

규모별로 보면 풍력, 바이오에너지는 대규모 시설이 소요되며, 풍력은 낮은 생산단가를 가지고 있지만 초기 투자비가 매우 크고, 자연조건에 영향을 받으며, 태양열, 지열은 주로 열원으로 사용되고, 태양광, 풍력, 바이오에너지는 전기로 변환하여 사용하게 된다.

신재생에너지는 이산화탄소 발생이 거의 없는 친환경이며, 자원이 소멸되지 않고 무한하며, 유지관리비 면에서 강점 요소로 나타났고, 기술개발 단계, 초기 설치비, 공급량의 조절이 불리한 요소로 평가되었다. 반면 친환경적인 긍정적 인식, 정부의 강력한 의지, 세계적인 기술개발이 기회요인이었으며, 자부담의 한계, 적용할 에너지원의 제한, 신재생에너지 기술에 세계적 관심과 기술개발이 위협요인으로 평가되었

다.

신재생에너지를 도입할 경우 자연환경이 유리 > 정부지원 등 경제성이 뛰어남 > 주민이 사용하기 편리 > 생태적으로 안정 > 정책적으로 안정 순으로 중요한 것으로 나타났고, 이중 자연환경이 유리한 에너지원이 전체의 33%의 가중치를 갖는다. 신재생에너지의 도입에 중요한 요인으로도 자연환경과 더불어 미래지향성이 주요 요인이었으며, 농어촌뉴타운에 적용될 에너지 원 순위로는 태양열 > 태양광 > 지열 > 풍력 > 바이오매스 순으로 나타났고, 소수력발전에 상대적으로 매우 낮은 결과를 보였다.

우리나라 농어촌지역인 읍면의 경우 3인 가구로 볼 때 호당 2,729.2KWh의 전력이 필요하며, 이것은 월별로 227KWh가 된다. 그러나 향후 전기의 호당 소비량은 계속증가 추세에 있으므로 장기적으로 추정된 에너지 용량을 기준으로 설계하는 것이 타당할 것이다.

단양군과 장수군 지역에 설계되고 있는 농어촌뉴타운의 계획 자료로부터 신재생 에너지 설계에 필요한 기반 자료가 비교적 많이 보급되고 있어, 가용량의 한계이내의 소요량에 대한 에너지원별 시나리오 분석이 필요하다. 그 결과 이들 지역에 소요되는 시설로는 전력으로는 풍력, 열원으로는 태양광을 도입하는 것이 시설비면에서 유리하며, 이때 총 700,500천 원의 비용이 소요될 것으로 판단된다.

농어촌뉴타운에 신재생에너지를 도입하기 위해 현장 조사를 실시하였고, 그 결과 적용의 우선순위로 그 지역의 자연환경에 유리한 에너지원, 경제성 있는 에너지원, 주민의 사용이 편리한 에너지원, 생태적으로 안정된 에너지원, 정책적으로 안정된 에너지원의 순서였다. 또한 적용 가능한 에너지원은 태양열, 태양광, 풍력, 지열, 바이오매스 순으로 분석되었다. 그리고 SWOT 분석을 통해 약점의 보완과 기회를 활용하는 WO전략이 타당할 것으로 판단되었고, 이에 따른 정책방향을 제시하였다.

신재생에너지 중 농어촌뉴타운에 적용가능한 에너지원인 태양열, 태양광, 풍력, 지열, 바이오매스에 대한 특성을 파악하였고, 이를 통해 마을계획에 적용성을 평가할 수 있는 모델을 구성하였다. 구성된 모델을 에너지원별로 내구연한 소요되는 비용의 현재가치와 이때 발생하는 이득의 현재가치를 기준으로 경제적 타당성을 기반으로 설정하였다.

모델은 최적화에 기반을 두었으며 이를 위해 목적함수는 내구연한동안의 경제적 타당성이 가장 높은 것을 기준으로 설정하고, 각 에너지원에 따른 제한요건과 비용조건을 표현하였다. 따라서 구체적인 대상지역이 설정되면, 대상지역의 기상자료, 가격자료, 설계자료를 지역자료에 입력하여 최적상태를 도출하도록 구성하였다.

또한 바이오매스에너지에 별도의 펠릿보일러를 적용할 경우를 대상으로 모델을 구성하였다.

신재생에너지 부존량에 대한 평가 결과 대부분 충분한 상태이며, 각 수치는 최적화 모델의 자료로 이용하였다. 옛단양 지역 및 장수학골 농어촌뉴타운 대상지 적용결과 복합모델로 태양광발전이 전기모델로, 지열에너지가 에너지원으로 타당하다고 판단되었다. 또한 여러지역을 연계한 모델의 개발 타당성도 있음을 알 수 있었다.

신재생에너지 정책에서 가장 핵심이 되는 사항은 결국 보조금제도이다. 이것은 현재의 에너지원별 경제성이 기존의 시스템에 미치지 못하기 때문이다. 그러나 향후 불확실한 에너지 수급에 따라 국제 에너지 가격의 높은 변동이 예측되므로 이를 시나리오를 통해 분석하였다. 그 결과, 발전시설의 내구연한까지 사용할 경우에 풍력은 92%, 지열은 16%, 바이오매스 69%, 펠릿보일러 49%의 보조금지원이 필요할 것으로 나타났으며, 향후 기존 에너지원의 가격이 50% 상승 가정시 태양열, 태양광, 지열에너지는 경제성이 확보되고, 100% 인상될 경우 풍력 84%, 바이오매스 38%를 제외하고 모두 경제성이 확보될 것으로 판단되었다.

참고문헌

참고문헌

- (사)일본화학공학회 SCE.Net 편, 2007, 신·재생에너지공학, 도서출판 북스힐
- 강희찬, 2007, 부상하는 태양광 발전 산업, 삼성경제연구소
- 건물의 에너지원단위 기준(안) 연구에 관한 최종보고서, 1999, 산업자원부
- 고명진, 강승아, 고유미, 왕문희, 최미영, 김용식, 도시 신재생에너지 이용시스템 개발을 위한 사례조사 연구, 2008 한국태양에너지학회지 춘계학술발표대회 논문집
- 기상청, 2009, 기상연보 2008
- 김기석, 류시욱, 박노국, 2009, 신·재생에너지, 영남대학교 출판부
- 김길환, 농업과 에너지, 1987, FAO 한국협회
- 김대식, 구승모, 남상운, 2008, 농촌 그린빌리지 계획을 위한 일별 풍력발전량의 적정확률분포형 추정, 한국농공학회논문집 Vol.50, No.6, 한국농공학회
- 김대식, 구승모, 남상운, 2008, 농촌그린빌리지 조성을 위한 일별 잠재적 태양광발전량의 적정확률분포형 추정 - 서산지역을 중심으로 -, 한국농공학회논문집 Vol.50, No.6, 한국농공학회
- 김대식, 정하우, 농촌중심마을의 공간적 입지 - 배분 모형의 개발(I) - 모형의 개발 및 검증 -, 2001 한국농공학회지 v.43 no.2 pp.112~121
- 김대식, 정하우, 농촌중심마을의 공간적 입지 - 배분 모형의 개발(II) - 모형의 개발 및 검증 -, 2001 한국농공학회지 v.43 no.3 pp.46~55
- 김래현, 바이오매스의 에너지 변환과 산업화, 2005, 도서출판 아진
- 김명래, 윤재욱, 풍력발전을 주 에너지원으로 적용한 그린빌리지 디자인, 2006, 한국생태환경건축학회 학술발표대회논문집 6권 2호 pp.139~147

- 김명처, 주재욱, 서간호, 이경희, 최정민, 주거용 건물의 태양광 발전시스템 투자회수 기간 산정, 2007, 한국태양에너지학회 논문집 27권 2호 pp.87~93
- 김문기, 남상운, 서원명, 윤용철, 이석건, 이현우, 생물환경조절공학, 2002, 도서출판 청솔
- 김영복, 백이, 지중매설관 열교환장치의 성능분석(I), 1996, 한국농업기계학회지
- 김영복, 환경보전형 시설비용 시스템에 의한 생물생산 환경제어 기술, 1996, NICEM 해외훈련결과보고서
- 김용기, 이태원, 윤광은, 지붕대체형, 집광집열기를 이용한 태양열 난방시스템의 동절기 성능 평가, 2006, 한국태양에너지학회 학술발표대회논문집 pp.126~131
- 김정수, 농촌지역 활성화를 위한 재생가능 에너지 활용방안 (바이오매스를 중심으로), 2006, 살고 싶은 삶터 함께 만들기, 새국토협의회
- 김주영, 홍원화, 대구시 공공건축물의 에너지부하 특성 분석 및 신재생에너지 적용 방안에 관한 연구, 2005 대한건축학회 창립 60주년기념 학술발표대회논문집 제25권 제1호
- 김준태, 김경호, 백현수, 이수홍, 태양광발전 시스템이 적용된 주택용 Solar roof 개발에 관한 연구, 2001, 한국태양에너지학회 학술발표대회논문집
- 김현수, 저탄소 녹색성장과 그린홈 기술개발 (신개념 생태적 인공지반 녹화 기술 개발), 2009 조선일보 홈텍스
- 김현일 외, 공동주택을 위한 태양광발전시스템의 적용성에 관한 연구, 2003 대한건축학회 학술대회 논문집, v.23 no.2, pp.801~804
- 김홍건, 나석찬, 2006, 신·재생에너지와 연료전지, (주)학술정보
- 김홍제, 이진국, 백남춘, 지중 열교환시스템의 파이프 매설 간격 변화에 따른 열전달 특성, 1990, 에너지연구
- 남상운, 김대식, 2008, 농촌 그린빌리지 계획을 위한 풍력에너지 자원분석, 농촌계획 Vol.14, No.2, 농촌계획학회

- 남상운, 김대식, 2008, 친환경 농촌마을계획을 위한 신재생에너지 활용방안 연구 - 태양에너지 자원분석-, 한국농공학회논문집 Vol.50, No.3, 한국농공학회
- 농림부, 2005, 농촌지역 바이오매스자원의 최적이용기술개발
- 류태우, 바이오매스 가스화 고효율 복합발전 시스템 기술개발, 2007, 한국생산기술연구원
- 목질계 바이오매스의 에너지활용방안 (우드칩을 이용한 에너지 생산설비를 중심으로), 2007, 산업자원부
- 미래기획위원회, 2009, 녹색성장의 길, 중앙북스
- 민경택, 목질 바이오매스 에너지 이용현황, 한국농촌경제연구
- 박경호, 김건훈, 정헌생, 국내의 풍력자원 특성 분석, 1990, 태양에너지 10권 2호 pp.3~9
- 박동순, 2007, 지열을 이용한 학교시설의 냉·난방시스템 효율성 분석 -에너지소비량을 중심으로 -, 한국교원대 석사학위논문
- 박진철, 경남호, 공동주택에서의 소형풍력발전시스템 적용에 관한 연구, 2003, 한국태양에너지학회 논문집 23권 2호 pp.21~34
- 박효순, 신재생에너지의 국내외 기술현황, 2005, 한국설비기술협회
- 방형준, 풍력발전기술의 현황과 전망, 2007, 태양에너지 5권 4호 pp.1~10
- 변재기, 대형 Community 건물의 연료전지 구동 지열원 히트펌프 시스템 성능에 관한 해석적 연구, 2008 고려대학교 석사학위논문
- 변재기, 정동화, 최영돈, 대형 Community 거물의 연료전지 구동 복합열원 하이브리드 히트펌프 냉·난방 시스템 성능 해석, 2007 대한설비공학회 동계학술발표대회 논문집
- 산업자원부 신재생에너지센터, 2005, 신·재생에너지 백서
- 서명교, Green Home 현황과 보급계획, 2009, 국토해양부
- 송윤호, 안은영, 세계지열에너지자원 활용 현황 분석과 향후 전망, 2005 한국지구시스템공학회지 42권 4호

- 신재생에너지 통계, 2006, 에너지관리공단
- 신재생에너지 RD&D전략 2030 (목질계 바이오에너지), 2007, 산업자원부
- 신재생에너지 RD&D전략 2030 (유기성폐자원 바이오에너지), 2007, 산업자원부
- 신재생에너지 RD&D전략 2030 (지열에너지), 2007, 산업자원부
- 신정철, 태양열 냉난방 기술, 2004, 구민사
- 심규성, 수소에너지 시스템 기술, 2002 Kosen Expert Review
- 안교상, 임희천, 황인호, 50kW급 계통연계형 태양광발전시스템 운전특성분석, 1999 한국태양에너지학회 학술발표대회논문집 pp.116~120
- 양승룡, 신용광, 농업전망 2007(I) : 제8장 바이오에너지 산업의 동향과 전망, 한국농촌경제연구원
- 에너지 대안 센터, 이필렬, 2001, 에너지 전환의 현장을 찾아서, 궁리
- 에너지경제연구원, 2005, 에너지총조사 보고서
- 에너지경제연구원, 2006, 2005년도 에너지총조사 보고서, 산업자원부
- 에너지경제연구원, 2007, 에너지통계연보
- 에너지경제연구원, 2007, 지역에너지 통계연보
- 에너지관리공단 신·재생에너지센터, 2008, 2007년 신·재생에너지통계, 에너지관리공단 신·재생에너지센터
- 에너지관리공단, 2007, 신재생에너지보급지원제도및그린빌리지조성현황
- 에너지관리공단, 2008, 신재생에너지현황
- 에너지총조사보고서, 1999, 에너지경제연구원
- 원종서, 초에너지 절약주택 Eco-3Liter house 설계 및 시공기술, 2009 조선일보 홈텍스
- 유재현, 2000, 에너지 수요관리와 민간단체의 역할
- 윤종호, 에너지자립형 태양열 건물을 위한 통합설계방법 및 응

- 용기술, 한국그린빌딩협의회 2003 춘계학술강연회
- 윤천석, 대체에너지, 2004, 도서출판 인터비전
 - 이강후, 2007, 새로운 성장동력 대체에너지, 도서출판 북스힐
 - 이관호, 공동주택의 배치 및 블록별 재생에너지 시스템의 적용성에 관한 연구, 2006 한국태양에너지학회 논문집 v.26 no.3, pp.79~87
 - 이관호, 환경비용을 고려한 재생에너지의 경제성 분석, 2004, 한국태양에너지학회 논문집 24권 2호 pp.93~100
 - 이근대, 부경진, 이창훈, 2005, 신·재생에너지 전력시장 활성화 방안, 에너지경제연구원
 - 이기명, 신재생에너지와 국토발전, 월간국토 2006년 10월호, 국토연구원
 - 이소미, 이용호, 공동주택의 태양광발전 시스템 적용을 위한 설계방법에 대한 연구, 2008 한국신재생에너지학회지 v.4 no.4 pp.10~16
 - 이승복, 저에너지 친환경 공동주택 기술개발 및 연구단 소개, 2009, 연세대학교
 - 이용범, 조성인, 이재한, 김태원, 지열을 이용한 온실용 냉난방시스템 개발, 2005 한국신재생에너지학회 춘계학술대회논문집 pp.688~692
 - 이원용, 연료전지와 수전해시스템 이용에너지 저장 및 발전, 2006 한국그린빌딩협의회 강습회 자료집
 - 이이다 데츠나리, 2002, 에너지 민주주의, 이후
 - 이재한, 지중열 교환시설의 실용화연구, 2000, 영남농업시험장 연구보고서
 - 이진영, 저탄소 녹색성장과 그린홈 기술개발 (에너지 효율적인 복사냉난방 시스템), 2009 조선일보 홈텍스
 - 자원·에너지 주요통계, 2005, 산업자원부 자원정책실
 - 장중훈, 2009, 재생에너지 공학, 도서출판 GS인터비전
 - 정동화, 변재기, 최영돈, 조성환, 대형 Community 건물의 연료

- 전지 구동 복합열원 하이브리드 히트펌프 시스템 성능에 관한 해석적 연구, 2008 한국신재생에너지학회지 v.4 no3 pp.23~35
- 정영선, 저탄소 녹색성장 그린홈 기술개발 (저에너지 친환경 공동주택 활성화를 위한 제도 및 정책), 2009 조선일보 홈텍스
 - 정인환, 고순철, 2004, 우리나라 농업 에너지체계의 전환을 위한 정책대안 연구, 한국농촌지도학회지 Vol.11, No.2, 한국농촌지도학회
 - 제일엔지니어링, 2008, 농어촌 뉴타운 모델 개발에 관한 연구, 농림수산식품부, 제일엔지니어링
 - 조덕기, 강용혁, 집광식 태양광발전시스템 설치를 위한 태양광자원 성분분석에 관한 연구, 2007, 한국태양에너지학회 논문집 27권2호 pp.53~59
 - 조덕기, 전일수, 전명석, 강용혁, 오정무, 방위별 경사면일사량 분석에 관한 연구, 2001, 한국태양에너지학회 논문집 21권 3호 pp.19~24
 - 조용권, SERI 경제 포커스 : 풍력발전의 부상과 시사점, 2007, 삼성경제연구소
 - 주영흠, 21세기 에너지 핸드북, 2001, 대영사
 - 차광석, 김희서, 신재생에너지로서 건축물 자연광 국내외 적용 사례 (전기에너지절감, 채광 및 실내 환경개선), 2008 한국태양에너지학회지 제7권 제1호
 - 천원기, 이재영, 이시웅, 임상훈, 2007, 자연에너지와 생태기술, 도서출판 고원
 - 최도영, 에너지자원과 지역균형발전, 2006, 국토연구원
 - 최영돈, 조성환, 변재기, 정동화, 대형 Community 건물의 복합 열원 히트펌프 열공급 시스템 적용방안 연구, 2007, 한국건설기술연구원
 - 최영돈, 한성호, 조성환, 김두성, 엄철준, 병원 건물의 히트펌프 냉·난방 시스템 적용을 위한 시뮬레이션 연구, 2008 대한기계학회 논문집 v.4 no.32 pp.275~282

- 최인규, 목질계 바이오에너지의 이용현황 및 전망, 기후변화협약 대응 학술심포지움
- 최현선, 그린빌딩 평가제도가 국제적 기준에 관한 연구, 2009 춘계학술발표대회 논문집 제9권 제1호 (통권16호)
- 충남도청, 충청남도풍력발전단지 건설타당성조사연구, 2002, pp.152
- 한국기술사회, 2006, 전기설비및신·재생에너지기술, 도서출판기다리
- 한국농촌공사 농어촌연구원, 2006, 전원마을 조성 방안에 관한 연구, 농림부, 한국농촌공사
- 한국농촌공사 농어촌연구원, 2007, 농촌마을 리모델링 기법개발에 관한 연구 - 농촌 임대주택 계획기준 및 유형별 모델 연구 -, 한국농촌공사, 농림부
- 한국선급, 2008, 풍력발전시스템의 기술 기준, 한국선급
- 한국전기연구원, 그린빌리지 조성사업 타당성 조사, 2006, 경상남도
- 허남효, 유기성폐기물의 바이오가스화 기술 및 현황, 2005 한국태양에너지 학회지
- 홍성구, 경기 남부지역 풍력자원의 평가와 농업분야 활용방안, 2006 한국농공학회 논문집 48권 3호 pp.73~84
- 홍지형, 농업 에너지 공학, 1986, 대광문화사
- Biomass Research and Development Board, National Biofuels Action Plan, 2008
- EERE, Geothermal Technologies Program, 2009
- EERE, Wind Energy for Rural Economic Development, 2007
- Environmental and Energy Study Institute, Biomass Cofiring : A Transition to a Low-Carbon Future, 2009
- Nelson. Hal T, Coal-to-Biomass Cofiring at the Boardman Pulverized Coal Plant, 2006, CFA
- NREL, Solar Photovoltaic Financing : Residential Sector

Deployment, 2009

- Paul Cummings, Indiana Residential Geothermal Heat Pump Rebate, 2008, <http://www.in.gov/energy/programs/current.html#Geothermal>
- U.S. Department of Energy Biomass Power Program, Cofiring Biomass with Coal Reduces Emissions, 2009
- U.S. Department of Energy, Solar Energy Technologies Program, 2009
- Zia Haq, Biomass for Electricity Generation, Energy Information Administration
- <http://kredc.kier.re.kr/kier/신재생에너지자원지도데이터센터>
- <http://www.knrea.or.kr/에너지관리공단신재생에너지센터>

■ 연구 참여내역

분야별연구 참여내역

분 담 내 용	연구 담당자		
	소 속	직 위	성 명
○ 연구총괄	충북대학교	정교수	리신호
○ 정책방안 및 경제성분석	충북대학교	부교수	윤성수
○ 국외 정책 및 사례조사	미네소타주립대학교	Post Doc.	서 교
	심양농업대학교	Post Doc.	장문기
○ 모델 적용 및 사례조사	충북대학교	박사과정	박진선

주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부로부터 연구비를 지원받아 사단법인 한국농공학회에서 수행한 연구보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용은 연구원의 공식견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.

■ 발 행 처

농어촌뉴타운단지의 신재생에너지 적용방안 연구	
발행일	2009. 12
발행인	서 원 명
발행처	(사) 한국농공학회
주 소	서울시 강남구 역삼동 635-4(과학기술회관 본관 205호) 전 화 02 - 562 - 3627 전 화 043 - 261 - 2574
※ 이 책의 내용을 무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다. 단, 이 책의 출처를 명시하면 인용이 가능합니다.	