2010년 경제·인문사회연구회 녹색성장 종합연구 총서

농업부문 에너지 수급전망과 청정에너지 농업시스템 구축(1/2차연도)

1. 녹색성장 종합연구 총서 시리즈

녹색성장 종합연구 총서 일련번호	연구기관 고유 일련번호	연구보고서명	연구기관
10-02-63-(1)	R614	농업부문 에너지 수급전망과 청정에너지 농업시스템 구축	한국농촌경제 연구원
10-02-63-(2)	R614-1	농업부문 에너지 수급 구조와 전망	한국농촌경제 연구원
10-02-63-(3)	R614-2	농업부문 에너지 이용 실태	한국농촌경제 연구원
10-02-63-(4)	R614-3	농업부문의 청정에너지 이용 실태와 과제	한국농촌경제 연구원

2. 참여연구진

연구기관		연구책임자	참여연구진
주관 연구 기관	한국농촌경제연구원	김연중 연구위원	박현태 선임연구위원 강창용 선임연구위원 박기환 연구위원 정은미 연구위원 김윤형 부연구위원 이웅연 연구원 박민지 인턴연구원
협력 연구 기관	서울대학교		김한호 교수

연구보고 R614-1 | 2010. 10.

농업부문 에너지 수급전망과 청정에너지 농업시스템 구축(1/2차연도)

농업부문 에너지 수급 구조와 전망

김 연 중 연 구 위 원
박 기 환 연 구 위 원
강 창 용 선임연구위원
김 윤 형 부 연 구 위 원
김 한 호 서울대 교수

한국농촌경제연구원

머 리 말

우리나라는 1차 에너지의 대부분을 수입에 의존하는 등 에너지 부존자원이 빈약하고, 경제의 에너지 의존도가 매우 높아 에너지 관련 문제에 상당히 민감하다. 더욱이 최근에는 화석연료 고갈 우려, 지구온난화로 인한 국제 기후변화협약 등으로 에너지 효율의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 특히, 향후 온실가스의 의무적 감축 압력이 가중될 것으로 보여 이에 대한 대응책으로서 에너지의 효율적 이용에 대한 관심이 높아지고 있다.

농업부문의 에너지 소비량은 국가 에너지 소비량의 1.8%에 불과하지만, 농산물 생산비에서 차지하는 비중은 매우 높고, 시설원예 확대와 기계화 진전 등에 따라 농업부문 에너지 투입이 증가하고 있다. 이 연구는 대내외 여건 변화에 대응하여 농업부문의 에너지 수급 구조를 파악하고, 이를 기초로 농업부문의 에너지 소비 전망 및 청정에너지 수급 실태 분석 등을 통해 효율적인 에너지 정책 수립의 기초자료를 제공하기 위해 수행되었다.

연구를 위해 조언을 해주신 에너지관련 관계자분들과 바쁘신데도 불구하고 원고집필에 참여하여 주신 서울대 산학협력단과 사단법인 환경농업연구원 분들께도 감사를 드린다. 아무쪼록 이 연구 결과가 농업부문 에너지 정책 수립의 기초자료로 활용되어 보다 효율적인 에너지 정책 방안이 마련되는데 기여할 수 있기를 기대한다.

2010. 10.

한국농촌경제연구원장 **오 세 익**

요 약

우리나라는 경제발전과 국내 경제여건의 변화에 따라 에너지 소비 구조 및 에너지원별 소비량이 크게 변화되고 있다. 그럼에도 에너지의 상당부분을 수입에 의존하는 등 에너지 부존자원이 빈약하여 에너지 관련 문제에 민감하다. 최근에는 화석연료 고갈 우려, 지구온난화로 인한 국제 기후변화협약 등으로 에너지 효율의 중요성이 더욱 부각되고 있다.

농업부문은 국가 에너지 소비량의 1.8%에 불과하지만, 농산물 생산비에서 에너지가 차지하는 비중은 매우 높다. 특히, 시설원예 확대, 기계화 진전 등으로 에너지 투입이 증가하고 있어 농업부문 에너지의 효율적 관리의 필요성과 정책적 관심이 고조되고 있다.

농업부문 에너지의 효율적 관리 방안 마련을 위해서는 농업부문의 에너지 투입 구조를 파악하고, 주요 품목별 에너지 소비량을 예측하는 것이 필요하다. 이를 위해 에너지 산업연관분석을 시도하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

우리나라 농림수산업은 2007년 기준 3백 79만 toe의 에너지를 소비한 것으로 나타났는데 경종부문은 확대되고 있는 반면, 축산 및 임수산부문은 전반적으로 소비규모가 축소되고 있다. 경종부문에서는 채소와 화훼의 에너지 사용이 두드러지는데 채소의 경우 연평균 9% 이상 소비규모가 증가하였으며, 화훼도 연평균 11% 이상으로 소비규모가 증가하였다.

최종 에너지원 중에는 유류에 대한 의존도가 절대적이지만, 축산부문의 경우 유류에서 전력으로 이동되고 있다. 이는 겨울철 축사의 온도 조절을 위한 보일러 등의 보온시설이 유류 중심에서 전력으로 전환한데 따른 것으로 추측된다.

농업생산에 에너지가 얼마나 어떻게 투입되느냐와 함께 얼마나 효율적으로 활용되고 있는가의 문제도 중요하다. 이는 에너지 원단위를 활용하여 측정하였다. 측정결과, 2000년 이후 연 평균 8% 정도로 감소하고 있는 것

으로 나타났다. 경종부문에서는 화훼가 수산어획, 농림어업서비스와 함께 비효율적인 부문으로 분류됨에 따라 시설화훼의 에너지 효율 증진을 위한 정책적 대안 마련이 시급하다. 또한, 농업부문의 에너지 투입계수는 1995년 대비 약 30% 이상 감소한 것으로 나타나 전반적으로는 에너지 의존도에서 벗어나고 있음을 확인할 수 있다. 경종부문에서는 원예, 임수산 부문에서 수산어획이 상대적으로 투입계수 값이 커 에너지 의존적 산업임을 알 수 있다.

에너지 산업연관분석을 동태·시계열적으로 확장하여 주요 농축산물의 장기 소비량으로 추이를 전망하였다. 2020년 쌀의 에너지 소비량은 2007년 대비 약 1만 toe가 감소할 것으로 전망되며, 에너지원별로는 유류제품의 소비가 큰 폭으로 감소할 것으로 예상된다. 콩의 에너지 소비량은 증가할 것으로 예측되는데, 특히 1차 에너지원인 원유의 소비가 크게 증가할 것으로 전망된다. 감자의 에너지 소비량은 그다지 변화 없이 일정 정도 유지될 것으로 예상된다.

원유의 에너지 소비량은 증가할 것으로 예측되는데, 특히 1차 에너지원인 유연탄의 소비 증가가 클 것으로 전망된다. 쇠고기는 2010년까지 증가하다, 이후 2020년까지 거의 70% 이상 증가할 것으로 전망된다. 돼지고기의 에너지 소비량도 상대적으로 다른 품목에 비해 2015년까지 큰 변동이 없으며, 이후 2020년까지 증가세가 커질 것으로 전망된다. 닭고기의 에너지 소비량도 증가할 것으로 전망되고 있다.

한편, 우리나라의 국내 신재생에너지 이용량은 1차 에너지 총 소비량의 2.43%에 불과한 실정이나, 2000년 이후 신재생에너지의 보급률이 빠르게 증가하는 경향을 보이고 있다. 그러나 농업부문의 경우 타 산업에 비해 석유류 소비가 주를 이루고 있어 신재생에너지의 소비는 거의 없는 실정이다. 그럼에도 정부가 신재생에너지 보급을 2015년에는 4.3%, 2020년 6.1%, 2030년에는 11% 수준까지 확대할 목표를 설정하고 있어 향후 농업분야에서도 신재생에너지의 이용이 증가할 것으로 전망된다.

에너지는 국가경제 전반에 걸쳐 가장 중요한 자원이며, 유가 상승 등의 영향으로 농업부문에서도 많은 관심을 기울이는 분야이다. 이 때문에 정부

는 에너지 절약 및 에너지의 효율적 이용 등에 대해 여러 가지 정책을 마련하고 있다. 따라서 주요 농축산물의 에너지 수요 전망과 함께 농업부문의 청정에너지 수급 실태 분석 등을 통해 농업부문 에너지 정책 수립의 기초자료를 제공하여 에너지와 관련된 효율적인 정책 방안이 마련되도록 하는 것이 중요하다.

ABSTRACT

Structure and Prospect for supply and demand of Energy in Agricultural Sector

According to economic development and changes in internal and external economic conditions, the energy consumption structure and consumption by energy source of our country are largely changing. Nevertheless, South Korea depends on imports for most of its energy, because natural energy resources are insufficient, and is very sensitive to energy-related issues. Recently, because the International Convention on Climate Change raised concern about diminishing fossil fuels and global warming, the importance of energy efficiency is increasing.

To understand the energy input structure of the agricultural sector in order to prepare for efficient energy management plans, it is necessary to predict energy consumption by main items. For this, input-outpur analysis was conducted.

It was found that our agriculture and forestry and fisheries industry consumed 3.79 million tons oil equivalent(toe) in 2007, and the agriculture sector is expanding; on the other hand, the livestock and forestry and fisheries sectors are generally shrinking. The agriculture sector remarkably uses energy for vegetables and flowering plants, and in the case of vegetables, consumption has increased by more than 9%, and even consumption of flowering plants has increased by more than 11% above the annual average.

In addition, the energy input coefficient in the agriculture sector decreased by more than 30% compared with 1995, confirming that, in general, dependence on energy is being avoided. The agriculture sector is an industry dependent on energy as a result of the relatively large input coefficient in horticulture.

Meanwhile, domestic new renewable energy use in our country is

just 2.43% of total consumption of the first energy but has shown a tendency to swiftly increase the supply rate of new renewable energy since 2000; however, consumption in the agriculture sector is mainly oil related compared with other industries, and the consumption of new renewable energy is almost nothing. Nevertheless, the government established a goal of expanding the supply rate level of new renewable energy to 4.3% in 2015, 6.1% in 2020, and 11% in 2030, so the use of new renewable energy is expected to increase even in the agriculture sector in the future.

Energy is the most important resource for the entire range of the national economy, and because of the effect of oil price increases, it has become a major interest of agriculture. Therefore, the government is preparing various policies for the efficient use of energy as well as energy saving. Accordingly, it is important to plan energy-related efficient policy by supplying basic data on energy policy establishment in the agriculture sector by analyzing the supply and demand status of clean energy in the agriculture sector along with the potential energy demand of the main agricultural and livestock products.

Researchers: Yun-Jung Kim, Ki-Hwan Park, Chang-Yong Kang,
Yun-Hyung Kim and Han-Ho Kim
E-mail address: yjkim@krei.re.kr

차 례

제1장 서론

1. 연구의 필요성과 목적 ····· 1
2. 선행연구 검토 ····· 3
3. 주요 연구내용 ····· 4
4. 연구범위와 방법 ····· 5

제2장 우리나라의 에너지 이용실태와 정책 변환

1. 주요국의 에너지 이용 현황 ····· 7
2. 우리나라의 에너지 이용실태 ····· 9
3. 우리나라 에너지 정책의 변천 ····· 10

제3장 농업부문의 에너지 투입 구조 변화 및 전망

1. 농업부문 에너지 투입 구조 분석 방법 ····· 15
2. 농업부문 총에너지 투입 구조 ····· 18
3. 농업부문 에너지 이용 및 절감 효과 ····· 23
4. 주요 농축산물 에너지 소비 전망 ····· 29

제4장 농업부문 청정에너지 수급 실태와 전망

1. 청정에너지 범위 및 의의 ····· 37
2. 신재생에너지 이용 동향과 전망 ····· 41
3. 신재생에너지의 공급 잠재량과 공급확대 전망 ····· 44

제5장 요약 및 결론 ····· 47

부록: 에너지 산업연관분석 및 작성 방법 ····· 51
참고 문헌 ····· 59

표 차례

제1장

표 1- 1. 농업부문 에너지 관련 외부 전문가 연구위탁 현황 ····· 6

제2장

표 2- 1. 세계 주요국의 1차 에너지 소비량 ····· 7
표 2- 2. 주요 국가의 신재생에너지원별 소비 비중(2008년) ····· 8
표 2- 3. 국내 1차 에너지 소비량 중 신재생에너지 비중 ····· 9

제3장

표 3- 1. 에너지 산업연관표 작성을 위한 부문 배분표 ····· 17
표 3- 2. 농업 내 부문별 총 에너지 투입 추이 ····· 19
표 3- 3. 최종 에너지원별 비중 추이 ····· 20
표 3- 4. 농업관련 산업의 에너지 소비 추이 ····· 22
표 3- 5. 농업관련 산업 총에너지원별 투입 추이 ····· 22
표 3- 6. 농업 내 부문별 에너지 원단위 ····· 24
표 3- 7. 농업 내 부문별 에너지 투입계수 ····· 26
표 3- 8. 시설채소·화훼 에너지소비 10% 절감 시 에너지원별 절감량 ····· 28
표 3- 9. 주요 농축산물 소비전망치 ····· 30
표 3-10. 벼(쌀)의 에너지 소비(유발)량 예측결과 ····· 31
표 3-11. 콩 및 감자의 에너지 소비(유발)량 예측결과 ····· 32
표 3-12. 낙농(원유) 및 육우(쇠고기) 에너지 소비(유발)량 예측결과 ····· 33
표 3-13. 양돈(돼지고기) 및 가금(닭고기) 에너지 소비(유발)량 예측결과 ····· 34

제4장

표 4- 1. 각국의 신재생에너지의 분류와 대상범위 비교 ····· 38
표 4- 2. 신재생에너지원별 특징 ····· 39
표 4- 3. 국내 신재생에너지원별 보급실태 ····· 42
표 4- 4. 신재생에너지의 산업별 이용 현황 ····· 43
표 4- 5. 신재생에너지 보급 잠재량 ····· 44
표 4- 6. 신재생에너지원별 공급 목표 ····· 46

그림 차례

제2장

그림 2- 1. 산업별·에너지원별 소비량 구성(2008년) ····· 10

제3장

그림 3- 1. 에너지 산업연관표의 기본구조 ····· 16

제4장

그림 4- 1. 청정에너지 이용 목적 ····· 41
그림 4- 2. 신재생에너지 분류 및 이용실태(2008년) ····· 43

서 론

제 1 장

1. 연구의 필요성과 목적

1.1. 연구의 필요성

우리나라는 1960년대 이후 경제발전과 국내외 경제여건의 변화에 따라 에너지 소비 구조 및 에너지원별 소비량이 크게 변화되고 있다. 더불어 1960년대 이후 경제개발 5개년계획에 의한 에너지정책과 다양한 국가 장단기에너지 정책 수립과 추진으로 에너지 수급과 이용실태도 변화되어 왔다.

이러한 과정 속에서 우리나라는 1차 에너지의 95% 이상을 수입에 의존하는 등 에너지 부존자원이 빈약하고, 주요 선진국과 비교하여 제조업이 차지하는 비중이 크기 때문에 경제의 에너지 의존도가 매우 높아 에너지 관련 문제에 더 민감할 수밖에 없다.

더욱이 최근에는 화석연료에 대한 고갈 우려와 함께 지구온난화로 인한 국제 기후변화협약 등 국제사회에서 에너지 및 환경자원의 경제적 가치와 에너지 효율의 중요성은 더욱 부각되고 있다. 특히, 향후 온실가스를 의무적으로 감축해야 한다는 압력이 가중될 것으로 보여 이에 대한 대응책으로서 에너지의 효율적 이용에 대한 관심이 더욱 고조되고 있다.

에너지는 그 자체를 생산하는 에너지 산업은 물론 모든 산업부문의 생산을 위한 필수요소이기 때문에 에너지 환경 변화가 경제 전반에 미치는 영향은 클 수밖에 없다. 이에 중앙정부는 에너지 자원 확보, 효율, 환경 등 미

래지향적 에너지 정책 마련을 최우선 국정 과제로 추진하고 있다.

에너지 자원 등에 관한 중요성은 농업부문도 예외가 아니다. 농업분야의 에너지 소비량은 국가 에너지 소비량의 1.8%에 불과하지만, 농산물 생산비에서 차지하는 비중은 매우 높다. 농업분야의 에너지 소비량이 매년 증가하고 있는 한편, 유가 상승으로 인한 농산물 생산비 증가는 농업경쟁력 강화의 걸림돌이 되고 있다.

특히, 시설원예 확대, 기계화 진전 등에 따라 농업부문 에너지 투입이 증가하고 투입구조에도 변화가 진행되는 가운데 지구온난화에 따른 기후협약 이행 대응, 환경보전, 에너지 및 자원부족 대응 등을 위해 농업부문 에너지의 효율적 관리의 필요성과 정책적 관심이 고조되고 있다.

이러한 가운데 정부는 농업뿐만 아니라 각 산업의 녹색성장전략을 위하여 에너지 절약 및 에너지의 효율적 이용 등에 대해 여러 가지 정책을 마련하고 있다. 농업분야에서도 이에 대응하기 위하여 에너지 절감시설을 보급하고 에너지의 효율적 이용에 대한 연구 및 대책을 강화하고 있다.

이처럼 국내외적으로 일고 있는 에너지 문제에 대한 정책적 관심에 발맞추어 농업부문에 대한 에너지 정책을 입안하고, 이를 평가할 수 있는 분석틀을 통해 농업부문의 효율적인 에너지 정책 수립의 기초자료 생성이 필요한 시점이다.

1.2. 연구 목적

이 연구의 목적은 대내외 여건 변화에 대응하여 농업부문의 에너지 수급구조를 파악하고, 이를 기초로 농업부문 에너지 소비 전망을 통해 효율적인 에너지 정책 수립의 기초자료를 제공하는데 있다. 이를 달성하기 위한 구체적인 목적은 다음과 같다.

첫째, 에너지 산업연관분석을 통해 농업부문 전체의 에너지 투입구조 변화 추이를 파악하는 한편, 농업부문 에너지 정책 수립을 위한 분석틀로서의 유용성을 검토한다.

둘째, 일반적인 산업연관표에서 에너지 산업연관표를 도출·작성하되 농업을 중심으로 한 에너지 산업연관표를 작성하고자 한다. 이를 기반으로 농업의 에너지 투입 구조를 분석하고, 에너지 산업연관분석의 일환으로서 일정한 정책 시나리오를 평가하는 것을 시도하고자 한다.

셋째, 주요 농축산물의 에너지 수요를 전망함으로써 농업부문 에너지 정책 수립의 기초자료를 제공한다.

넷째, 농업부문 청정에너지 수급 실태를 파악하여 신재생에너지가 어떻게 활용될 수 있는지 검토하고, 향후 전망을 통해 청정에너지 농업시스템 구축의 참고자료로 활용되도록 한다.

2. 선행연구 검토

강창용·박현태·박문호(2001)는 농업용 에너지 소비 추이와 농업부문 에너지 지원 정책을 정리하고, 주로 농업용 면세유 및 농사용 전기의 이용실태와 문제점 도출을 통해 개선방안을 제시하고 있다.

김충실·이현근(2009)은 에너지 소비에 따른 농업부문 온실가스 배출량을 추정하기 위해 산업연관표(2003년) 데이터를 근거로 에너지 산업연관표를 작성하였으며, 이를 바탕으로 환경산업연관표를 작성함으로써 탄소저장량, 탄소함유량, 순탄소배출량, 실제 대기오염 배출량 등을 추정하였다.

김연중·이상민·김배성(2009)은 농업부문 에너지 절감시설의 효율적인 보급방법, 보급에 따른 연차별 정부재정 지출, 농가의 비용 절감효과, 증수효과, CO_2 절감효과 등을 계측하였으며, 시설원예분야 비용절감을 위해 석유류 대신 신재생에너지의 사용 가능성, 시설 내 열을 보온할 수 있는 보온시설, 어업분야의 LED 집어등의 보급 예상효과 등을 검토하여 정책대안을 제시하였다.

농업부문의 에너지 관련 연구는 거의 이루어지지 않은 편이며, 주로 농업용 면세유 등의 개선방안이나 온실가스 배출량 측정 등에 중점을 두고

있다. 최근 농업부문 에너지 절감시설의 효율적 정책지원 방안 연구가 수행되었으나, 신재생에너지 사용에 따른 효과 분석에 초점을 맞추고 있으며, 에너지 산업연관표를 활용한 농업부문의 에너지 수요 전망 연구는 전무한 실정이다.

이 때문에 본 연구에서는 농업을 중심으로 한 에너지 산업연관표를 작성하고, 이를 기반으로 농업의 에너지 투입 구조를 분해함으로써 향후 농업부문 에너지 수요 전망을 시도하고자 한다. 또한, 농업부문 청정에너지 수급 실태도 파악하여 앞으로 농업부문으로의 적용 가능성에 필요한 기초자료로 활용하도록 한다.

3. 주요 연구내용

이 연구는 총 5개 장으로 구성되어 있는데 제1장 서론에 이어 제2장에서는 주요 국가의 에너지 이용 현황을 살펴보고, 우리나라의 에너지 이용실태를 산업별로 분석하였다. 또한, 우리나라 에너지 정책의 변천과정을 시기별로 정리하였으며, 이 과정에서 농업부문의 에너지 정책도 정리하였다.

제3장에서는 에너지 산업연관표 작성을 통해 경종, 축산, 임수산물, 농림어업서비스 등 28개 부문으로 세분화하여 농업부문 총에너지 투입 구조를 살피고, 농업부문 에너지 이용 효과와 시설원예부문의 에너지 절감 효과를 계측하였다. 최종적으로는 에너지 산업연관분석을 동태·시계열적 확장하여 특히 주요 농축산물의 장기 수요예측 정보를 기반으로 에너지 소비량의 향후 추이를 전망하였다.

제4장에서는 청정에너지의 범위와 의의를 검토하고, 신재생에너지 이용 동향을 파악하여 향후 전망을 시도하였다. 또한, 신재생에너지의 공급 잠재량과 농업부문의 공급확대 가능성 등을 진단하였다.

제5장에서는 현재까지 연구된 연구결과를 주요 핵심사항별로 요약하고, 결론을 유도하였다.

4. 연구범위와 방법

4.1. 연구범위

농업부문 에너지 산업연관표 작성을 통해 경종(벼, 보리, 채소, 과실, 화훼 등 16개 부문), 축산(낙농, 육우, 양돈 등 5개 부문), 임수산물(영림, 원목, 수산어획 등 6개 부문), 농림어업서비스 등 28개 부문으로 세분하여 에너지 투입 추이를 분석하였다. 에너지원별로는 석탄제품, 석유제품, 전력, 도시가스, 기타로 구분하여 경종, 축산, 임수산물, 농림어업서비스 등의 에너지원별 투입 구조를 살펴보았다.

주요 농축산물 에너지 소비 전망은 쌀(벼), 콩, 감자, 원유(낙농), 쇠고기(육우), 돼지고기(양돈), 닭고기(가금)를 분석 대상 품목(축종)으로 선정하였다.

4.2. 연구방법

주요 국가 및 우리나라 에너지 이용 실태 파악의 기초 통계 조사를 위해 에너지관리공단, 에너지경제연구원, 지식경제부, 농림수산식품부, 통계청 등의 통계자료 및 선행 조사연구 등을 활용하였다.

에너지 정책 마련을 위해서 이를 사전적으로 정책의 결과들을 평가해 볼 수 있는 이론적 배경을 가진 분석틀이 필요하다. 정책 분석틀로서 가장 보편화 된 것이 산업연관분석이며, 이를 에너지 정책과 관련하여 조정한 에너지 산업연관분석 방법을 적용하였다.

또한, 보고서의 품질 및 전문성 제고를 위해 해당 분야 전문가들에게 연구위탁을 의뢰하였으며, 연구결과는 일부 내용을 발췌·재정리하여 본문에 게재하였다.

표 1-1. 농업부문 에너지 관련 외부 전문가 연구위탁 현황

소속	연구책임자	원고 의뢰 내용
서울대학교 산학협력단	김한호 교수	에너지 산업연관분석을 이용한 농업부문 에너지 투입 구조 분석
환경농업연구원	강정일 원장	한국의 에너지 수급실태와 정책변천 및 전망

우리나라의 에너지 이용실태와 정책 변환

제2장

1. 주요국의 에너지 이용 현황

세계 OECD 국가의 2008년 에너지 소비량은 5,433,712천 toe로 2000년대 중반 이후 정체하고 있다. 미국의 2008년 에너지 소비량은 2,297,028천 toe로 OECD 국가의 42.3%를 차지하고 있어 가장 많은 에너지를 소비하는 국가이다. 다음으로 일본이 491,115천 toe로 9.3%, 독일은 6.2%인 334,893천 toe 순으로 에너지를 소비하는 것으로 나타났다. 한편, 우리나라는 OECD 국가 에너지 소비량의 4.2% 수준을 차지하고 있다.

표 2-1. 세계 주요국의 1차 에너지 소비량

단위: 천 toe

	2000	2005	2008	신재생에너지	
				사용량	비중(%)
미 국	2,283,283	2,323,399	2,297,028	122,109	5.3
독 일	337,291	338,695	334,839	28,239	8.4
일 본	517,687	518,898	491,115	15,938	3.2
덴마크	18,583	18,803	19,176	3,546	18.5
프랑스	253,218	271,409	266,918	19,992	7.5
영 국	223,993	222,747	207,425	5,764	2.8
한 국	188,852	210,379	240,752	5,858	2.4

자료: 에너지관리공단, 「신재생에너지 보급통계」, 2008.

세계 주요국의 에너지 사용량 중 신재생에너지 이용률을 살펴보면, 덴마크는 에너지 소비량이 전체 OECD 국가 소비량의 0.4%에 불과하지만, 신재생에너지 이용률은 18.5%로 가장 높으며, 다음으로 캐나다가 16.4%로 나타났다.

반면, 미국과 일본은 에너지 소비량이 가장 많은 국가임에도 불구하고 신재생에너지 이용률은 각각 5.3%, 3.2%로 낮은 편이며, 우리나라도 주요 OECD 국가 가운데 가장 낮은 2.4%에 불과하다.

주요 국가의 신재생에너지원별 소비는 바이오 에너지의 경우 주로 미국, 독일, 덴마크, 프랑스, 영국에서 많이 사용하고 있으며, 수력은 일본과 프랑스, 폐기물은 한국이 78%로 가장 높다. 지열의 소비 비중은 전반적으로 낮은 가운데 일본이 16.0%, 미국은 8.5%로 타 국가에 비해 상대적으로 높은 편이며, 우리나라는 0.3% 미만으로 아주 미미한 실정이다.

표 2-2. 주요 국가의 신재생에너지원별 소비 비중(2008년)

단위: %

	미국	독일	일본	덴마크	프랑스	영국	한국
태양열	1.3	1.3	3.2	0.3	0.2	0.8	1.0
태양광	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
바이오	61.0	61.5	29.1	55.8	57.4	62.3	7.3
풍 력	3.7	12.3	1.6	16.8	2.5	10.6	1.6
수 력	17.7	6.4	40.1	0.1	27.5	7.5	11.3
폐기물	7.8	16.5	10.0	26.6	11.6	18.8	78.0
지 열	8.5	0.9	16.0	0.3	0.6	0.0	0.3
해 양	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0

자료: 에너지관리공단, 「신재생에너지 보급통계」, 2008.

2. 우리나라의 에너지 이용실태

우리나라의 에너지 소비량은 2000년 192,887천 toe에서 2008년 240,752천 toe로 연평균 2.8% 증가하고 있다. 국내 신·재생 에너지 이용량은 2008년 5,858천 toe로 국내 1차 에너지 총 소비량의 2.43%에 불과하지만, 연평균 증가율은 13.5%로 나타나 신재생에너지의 보급률이 빠르게 확대되는 경향을 나타내고 있다.

표 2-3. 국내 1차 에너지 소비량 중 신재생에너지 비중

단위: 천 toe, %

	2000	2005	2006	2007	2008	증가율
총에너지	192,887	228,622	233,372	236,454	240,752	2.8
신재생에너지	2,127	4,892	5,225	5,609	5,858	13.5
비중	1.10	2.13	2.24	2.37	2.43	-

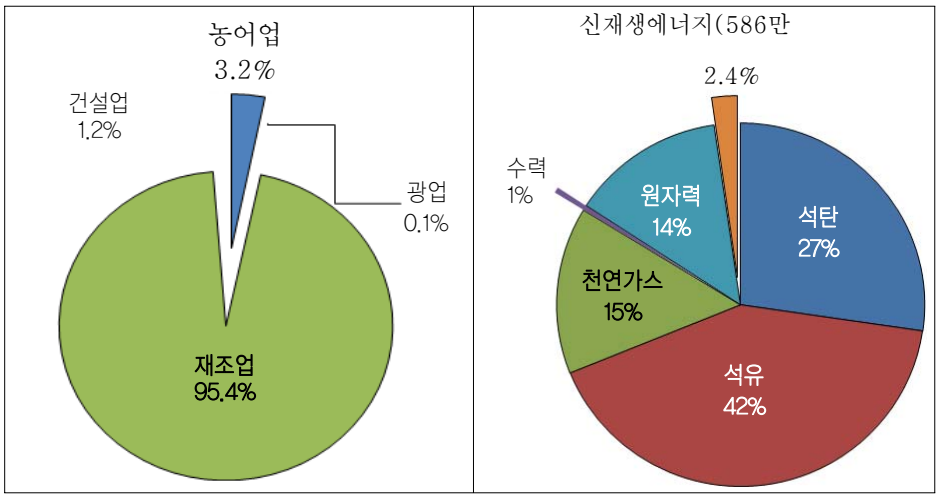
자료: 에너지관리공단, 「신재생에너지 보급통계」, 2008.

2008년 에너지 총 소비량 가운데 제조업이 차지하는 비중이 95.4%로 압도적으로 높은 반면, 농어업 분야는 3.2%로 에너지 소비 비중이 미미한 편이다. 우리나라의 에너지원별 소비량은 석유가 42%로 가장 많으며, 다음으로 석탄 27%, 천연가스 15%, 원자력 14%, 신재생에너지 2.4% 순으로 나타났다.

농업부문의 에너지원별 소비량은 석유가 73%로 크게 높은 가운데, 전기 19%, 석탄 8%, 천연가스 0.3% 등의 순으로 타 산업에 비해 농업부문은 석유류 소비가 주를 이루고 있다. 농업부문의 신재생에너지 소비가 거의 없는 상태이므로 신재생에너지 보급은 아직 미미한 수준이다.

그러나 정부가 신재생에너지 보급을 2015년에는 4.3%, 2020년 6.1%, 2030년에는 11% 수준까지 확대할 목표를 설정하고 있어 향후 농업분야에서도 신재생에너지의 이용이 증가할 것으로 전망된다.

그림 2-1. 산업별·에너지원별 소비량 구성(2008년)



자료: 에너지관리공단, 「신재생에너지 보급통계」, 2008.

3. 우리나라 에너지 정책의 변천[1]

한국의 에너지 정책 변천은 대체로 다음과 같이 4단계 즉, 4기로 구분하고 있다.[2] 제1기는 한국에 에너지정책의 맹아가 발생한 태동기로서 1961~1972년, 제2기는 1차 및 2차 석유파동을 겪은 1973~1982년, 제3기는 국제유가가 안정되었던 1982~2000년, 제4기는 고유가와 기후변화협약의 압력이 고조되기 시작한 2001년부터 현재까지로 규정하고 있다. 이에 따라 각 시기별 정책 환경 및 정책 목표 그리고 에너지 수급상황을 살펴보고자 한다.

1 우리나라의 에너지 정책 변천 부분은 환경농업연구원에 연구위탁 의뢰(연구책임자 강정일 원장)한 내용 중 일부를 요약·재편성하였다.

2 한국행정연구원(2008).

3.1. 태동기(1961～1972년)

한국은 이 시기 에너지의 절대빈곤 상항이었으며, 에너지의 절반 이상이 석탄으로 석유는 9.8%에 지나지 않았다. 그러나 1966년 석탄 파동으로 국가의 에너지정책은 석탄중심에서 석유중심으로 즉 '주유종탄(主油從炭)정책'으로 전환되었으며, 이로 인해 석유를 사용하는 비중이 급격하게 증가하였다. 정부에서는 에너지 부족 현상을 극복하기 위하여 제1차 경제개발 5개년계획의 1순위 주요 정책과제로 '에너지 공급원의 확보'를 채택하였으며, 발전소와 정유공장 건설을 강력하게 추진하였다.

그 결과 한국전력공사가 설립되었으며, 이어서 대한석유공사(현 SK에너지의 전신)가 설립되어 본격적으로 자주적인 석유산업이 시작되었다. 이후 극동정유공업(현 현대정유)과 호남정유(현 GS칼텍스)가 정제시설을 가동하기 시작하였다. 한편, 정부는 '석유사업법', '광업개발조성법', '석탄개발임시조치법' 등 각종 법률을 제정·공포하였으며, 서울시영 도시가스를 설립하면서 현재와 같은 형태의 도시가스사업이 시작되었다. 이와 같은 정부의 정책적 지원에 힘입어 총 에너지소비의 평균 증가율은 7.7%, 석유의존도는 42.3%로 늘어났다[3]

3.2. 긴장기(1972～1982년)

1962년부터 시작된 경제개발 5개년계획의 성공적 추진으로 경제가 성장함에 따라 증가하는 에너지 수요를 국내부존 자원의 한계로 해외 에너지 자원에 크게 의존하게 되면서 에너지 수입의존도는 점점 심화되기 시작하였다.

1973년의 제1차 석유파동은 우리 경제에 큰 충격을 주었으나, 수출확대정책, 중화학공업 추진, 중동건설 참여 등으로 에너지 파동을 극복하고 높

3 강창순 외(1992).

은 경제 성장을 이룩하였다. 1970년대 중반 이후 국제 석유정세의 호전에 의한 유가안정과 중화학공업육성 등으로 인해 석유의존도는 계속 증가하였다. 1978년에는 에너지정책의 효율적 추진을 위해 동력자원부가 발족되고, 전력난 해소를 위해 국내 최초로 고리원자력발전소가 준공되었다.

1979년 촉발된 제2차 석유파동으로 1980년 GNP는 마이너스 성장률을 보였고, 에너지 수입액은 국내 총 수입의 25.3%를 차지하였다. 또한, 1인당 에너지 소비량은 1.15toe로서 1972년에 비해 거의 2배가 증가하였다.

정부는 제1차 및 제2차 석유파동 이후 에너지 절약 및 원활한 공급을 위해 '열관리법', '석탄수급 조정에 관한 임시조치법'[4], '에너지이용합리화법'을 제정·공포하였으며, 에너지원의 다원화, 공급선의 다변화, 비축물량의 확대, 해외자원개발 추진은 물론 원자력발전소 건설 등을 통해 석유 대체 에너지의 이용 확대를 도모하였다.

3.3. 이완기(1983～2000년)

이 시기는 국제 유가의 하락과 경제성장에 따른 소득증가로 에너지 절약 의지가 이완되고, 에너지정책에 대한 관심이 상대적으로 주목받지 못했던 기간이다. 가장 특징적인 에너지관련 국제여건의 변화는 1992년에 체결된 지구온난화 방지를 위한 기후변화협약으로, 성장과 환경의 조화를 뒷받침할 새로운 에너지정책에 대한 문제를 제기하였다.

정부는 국내 석유시장의 경쟁을 촉진하고 석유산업의 대외경쟁력을 강화하기 위해 1997년 1월부터 본격적으로 석유산업에 대한 자유화를 시행하게 되었다. 또한, 최종에너지 소비에서 산업부문이 차지하는 비중은 1976년 41.7%에서 1990년대에는 48.1%로 높아졌다. 승용차 보급의 급격한 확대로 수송부문의 에너지 소비가 급증하여 최종에너지 소비에서 차지

4 '석탄수급조정에 관한 임시조치법'은 1986년 '석탄산업법'의 시행으로 폐지되었으며, 주요 내용은 '석탄산업법'에 반영되었다.

하는 수송부문의 비중은 1976년 9.3%에서 1990년 18.9%로 2배 이상 증가하였다.

반면, 가정·상업과 공공부분의 최종에너지 소비는 타 부문에 비해 증가추세가 둔화 양상을 띠고 있었다. 그러나 1980년대 후반의 지속적인 에너지가격 인하와 소득수준 향상으로 가정·상업과 공공부분 연료의 주종이 무연탄에서 석유·가스 등 고급에너지로 대체되었으며, 이에 따라 1990년에는 LNG가 총 에너지에서 3.2%를 차지하였다.

한편, 정부는 농업경영비용을 줄이는 지원정책의 하나로 농업용 면세유류를 1986년부터 공급하기 시작하였으며, 농업용 유류에 대한 세금면제는 『조세특례제한법(제106조, 제111조, 동법시행령 제106조)』에 근거하고 있으며, 공급절차는 국세청고시(제89-104호, 개정 제98-3호: 1998.1.8)에 제시되어 있다[5].

3.4. 위기도래기(2001년～현재)

국제유가의 고공행진과 지구 온난화 방지를 위한 기후변화협약 등에 의한 국내외의 환경규제로 에너지 위기가 다시 고조되는 시기로 고공행진을 계속하는 에너지 문제 해결을 위하여 대체에너지개발 즉 신재생에너지의 개발을 위한 정책이 추진되었다.

정부는 2003년 12월에 수립한 '제2차 신재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획'에 분야별로 기술개발 일정을 제시하고 기술수준, 성공가능성, 경제적 파급효과 등을 고려하여 추진전략을 차별화한 기술개발을 추진하고 있다.

우리나라는 2002년 10월 교토의정서를 비준하여 세계의 기후변화 방지노력에 참여하는 제도적인 체제를 구비하였으며, 기후변화정책을 종합적으로 추진하는 3개년 단위의 기후변화협약 대응 종합계획을 수립하여 기후

5 강창용 외(2001).

변화 대응정책을 추진하고 있다. 또한, 정부에서는 2009년 11월에 국내 온실가스 배출량을 2020년까지 2005년 대비 4% 감축하기로 결정하였으며, 2010년 1월 13일에는 '저탄소 녹색성장 기본법'을 제정·공포하여 온실가스·에너지 목표관리를 하고 있다.

농업부문의 에너지 투입 구조 변화 및 전망[6]

제3장

1. 농업부문 에너지 투입 구조 분석 방법

농업부문의 에너지 투입 구조를 파악하기 위해 에너지 산업연관표를 직접 작성하였으며, 이를 기반으로 에너지 산업연관분석을 시도하였다. 에너지 산업연관표는 일정기간 동안에 국민경제 내에서 재화와 서비스의 생산 및 처분과정에서 발생하는 모든 거래를 일정한 원칙과 형식에 따라 기록하되 에너지 거래를 공통된 물리적 단위로 표시하는 종합적인 통계표라 할 수 있다. 따라서 에너지 산업연관표는 산업연관표의 기록 원칙 및 형식에 부합해야 하고, 에너지의 물리적 수급 시스템을 반영할 수 있어야 한다.

에너지의 물리적 수급 시스템이라 함은 경제가 에너지를 자연으로부터 채굴하여 이를 가공, 전환, 수송하여 최종적으로 사용자가 이용하는 제반 단계를 포괄하는 체계를 의미한다.

이로 인해 에너지 산업연관표는 재화와 서비스(두 가지를 상품으로 통칭함)의 거래를 중간투입무문, 본원적 생산요소 구입부문, 그리고 최종수요부문으로 구분할 수 있지만, 에너지의 거래를 물리적 단위로 표현하게 된다.

<그림 2-2>는 에너지 산업연관표의 기본 구조를 나타내고 있는데, 기존 산업연관표와 마찬가지로 재화 및 서비스의 거래를 산업(부문) 상호 간의

---

6 본 장은 서울대학교 산학협력단(연구책임자 김한호 교수)에 연구위탁 의뢰한 결과를 기초로 재정리하였다.

중간재 거래, 각 산업에서의 본원적 생산요소(노동, 자본 등) 투입, 각 산업 생산물의 최종수요(소비, 투자, 수출 등)로 구분하여 기록한다. 이 때 각 생산물의 거래를 에너지부문과 비(非) 에너지부문으로 구분하여 에너지의 거래단위는 공통된 실물단위(석유환산톤[7])로 측정하고, 非에너지부문은 화폐단위(백만 원)로 평가한 혼합단위(hybrid units)로 나타내어 산업연관표의 형태로 구성하게 된다.

그림 3-1. 에너지 산업연관표의 기본구조

		중간수요		최종수요 (F)	총수요 (A+F)	수입(공제) (M)	총산출 (X)
		에너지부문	에너지 외 부문				
중간 투입	에너지부문	TOE	TOE	TOE	TOE	TOE	TOE
	에너지 외 부문	백만 원	백만 원	백만 원	백만 원	백만 원	백만 원
부가가치(V)		백만 원	백만 원	(외생부문)			
총투입(X)		백만 원	백만 원				

이와 같은 에너지 산업연관분석은 주로 Miller et al.(1985)에 의해 제시된 바와 같이 직접 에너지 산업연관표를 작성하여 이를 바탕으로 부분 조정 등의 과정을 거쳐 농업을 중심으로 재배치하는 작업을 실시하였다.

농업부문은 산업연관표의 기본분류를 기준으로 농림수산업에 해당되는 28개 부분으로 세분화였다. 이와 함께 농업 생산과 밀접한 연관성을 지니고 있는 비료 및 농약, 사료, 음식료 제조업부문을 하나의 독립된 부문으로 설정하였다. 이외의 나머지 부문들은 크게 광업, 제조업, 서비스 부문으로 통하였는데 부문 조정한 결과는 다음과 같다[8].

7 석유환산톤(TOE: Ton of Oil Equivalent)은 각각 다른 종류의 에너지원들을 원유 1ton이 발열하는 칼로리를 기준으로 표준화한 물리적 단위이다.

8 자세한 에너지 산업연관분석과 에너지 산업연관표 작성방법에 관해서는 부록 참조.

표 3-1. 에너지 산업연관표 작성을 위한 부문 배분표

부문명		95-00-05 접속불변표 부문분류 코드	부문명		95-00-05 접속불변표 부문분류 코드
농업 부문	벼	기본분류 1	에너지 부문	무연탄	기본분류 29
	보리	기본분류 2		유연탄	기본분류 30
	밀	기본분류 3		원유	기본분류 31
	잡곡	기본분류 4		천연가스	기본분류 31
	채소	기본분류 5		석탄제품	기본분류 116
	과실	기본분류 6		나프타	기본분류 117
	콩류	기본분류 7		휘발유 및제트유	기본분류 118
	감자류	기본분류 8		등유	기본분류 119
	유지작물	기본분류 9		경유	기본분류 120
	약용작물	기본분류 10		중유	기본분류 121
	기타식용작물 및 잎담배	기본분류 11		액화석유가스	기본분류 122
	섬유작물	기본분류 12		윤활유 및기타 석유제품	기본분류 123~124
	화훼작물	기본분류 13		수력	기본분류 262
	천연고무	기본분류 14		화력	기본분류 263
	종자 및 묘목	기본분류 15		원자력	기본분류 264
	기타 비식용작물	기본분류 16		기타발전	기본분류 265
	낙농	기본분류 17		도시가스	기본분류 266
	육우	기본분류 18		증기·온수공급업	기본분류 267
	양돈	기본분류 19	음식료 제조업	음식료품 제조업	기본분류 42~72, 74
	가금	기본분류 20	광산품	광산품	중분류 7~8
	기타축산	기본분류 21	제조업	제조업	대분류 4~6, 8~16
	영림	기본분류 22	수도업	수도업	기본분류 268
	원목	기본분류 23	건설업	건설업	대분류 18
	식용임산물	기본분류 24	서비스	서비스업	대분류 20~27
	기타임산물	기본분류 25	기타	기타	대분류 28
	수산어획	기본분류 26			
	수산양식	기본분류 27			
	농림어업서비스	기본분류 28			
	비료및농약	기본분류 135~136			
	사료	기본분류 73			

2. 농업부문 총에너지 투입 구조

2.1. 농업 내 부문별 총에너지 투입 구조

우리나라 농림수산업은 2007년 기준으로 3백 79만 toe의 에너지를 소비함으로써 3백 54만 toe이었던 1995년에 비해 1.7배 증가한 것으로 나타났다. 경종부문에서 소비는 확대되고 있는 반면, 축산 및 임수산부문은 전반적으로 소비규모가 축소되어 전체 농림수산 부문에서 차지하는 비중도 경종부문의 점유율이 증가하고 있다.

경종부문에서의 에너지 소비규모는 2007년 기준 1백 59만 toe로서 1995년 이후 연평균 4.6% 이상의 신장을 보인 것으로 나타났다. 이로 인해 전체 농림수산부문에서의 비중도 1995년 20.7%에서 2007년에서는 42.1%로 확대되었다. 반면, 축산부문의 경우 2007년 2백 77만 toe로 1995년 7백 14만 toe에 비해 1/3정도로 감소하였으며, 또한 임수산부문도 2007년 1백 52만 toe로 1995년 1백 99만 toe에 비해 감소한 것으로 나타났다.

경종부문에서는 채소와 화훼의 에너지 사용이 두드러지는데 채소의 경우 2007년 57만 toe로 1995년의 12만 toe에서 연평균 9% 이상 소비규모가 증가하였으며, 화훼도 연평균 11% 이상으로 소비규모가 증가하였다.

이들 부문은 주로 시설재배가 보편화되고 있어 농업부문에서는 대표적인 에너지 소비부문으로 분류되고 있는 분야들로 최근 소득수준 향상과 함께 도시근교에서 재배면적이 확대되고 있는 것에 기인한다.

축산부문의 에너지 소비량은 연평균 5.6% 감소하고 있는 가운데, 특히 육우의 감소율이 10.7%로 높은 것으로 나타난 반면, 양돈은 0.4% 에너지 소비량이 증가하였다.

표 3-2. 농업 내 부문별 총 에너지 투입 추이

단위: toe

	1995	2000	2005	2007	연평균 증가율 (%)
경종	734,337	1,092,439	1,756,101	1,594,648	4.6
벼	268,770	424,428	322,541	242,780	-0.6
보리	92,445	48,276	19,690	10,774	-12.6
밀	2,426	529	1,256	1,133	-4.5
잡곡	16,021	14,051	907	846	-17.3
채소	121,682	249,702	589,667	572,809	9.1
과실	117,306	161,183	246,719	211,044	3.5
콩류	7,276	10,825	10,393	5,413	-1.7
감자류	8,725	8,891	4,628	4,857	-3.4
유지작물	1,179	987	1,232	1,067	-0.6
약용작물	6,765	6,826	13,643	15,428	4.8
기타식용작물 및 잎담배	15,217	14,700	11,685	8,166	-3.7
섬유작물	0	89	8	12	14.5
화훼작물	67,424	135,266	527,602	513,714	11.9
천연고무	0	0	0	0	0
종자 및 묘목	9,075	16,651	6,081	6,560	-1.9
기타 비식용작물	26	36	49	45	3.2
축산	714,026	905,442	373,862	277,868	-5.6
낙농	153,844	261,419	68,293	61,514	-5.4
육우	419,457	392,666	74,079	68,006	-10.7
양돈	70,728	131,399	85,327	76,311	0.4
가금	60,397	115,225	139,544	58,234	-0.2
기타축산	9,600	4,734	6,618	13,803	2.1
임수산물	1,987,793	2,150,067	1,279,208	1,516,727	-1.6
영림	2,978	13,513	8,834	12,143	8.3
원목	239	3,139	2,809	5,480	18.4
식용 임산물	5,852	7,093	7,902	6,430	0.6
기타 임산물	17,802	49,023	26,715	24,411	1.9
수산어획	1,873,663	1,913,464	1,064,825	1,237,091	-2.4
수산양식	87,259	163,835	168,123	231,173	5.7
농림어업서비스	105,394	170,778	326,986	396,429	7.8
농림수산업	3,541,550	4,318,726	3,736,158	3,785,672	0.4

결국, 이전에 주된 에너지 소비처라고 할 수 있는 수산어획이나 축산부문에서의 에너지 소비는 줄어든 반면, 시설원예의 확대로 인한 이들 부문의 소비가 큰 폭으로 증가하여 전체적인 에너지 소비구조를 변화시켜 왔다고 할 수 있다.

2.2. 에너지원별 투입 구조

최종 에너지원 중에는 유류에 대한 의존도가 절대적이지만 축산부문의 경우 유류에서 전력으로 무게 중심이 옮겨가고 있음을 확인할 수 있다. 농

표 3-3. 최종 에너지원별 비중 추이

단위: %

	연도	경종	축산	임수산물	농림어업 서비스	농림 수산업
석탄제품	1995	13.2	2.0	0.5	0.0	3.3
	2000	5.7	0.8	0.2	0.0	1.7
	2005	6.2	5.3	0.5	0.0	3.6
	2007	12.6	10.2	1.0	0.0	6.5
석유제품	1995	72.2	81.3	98.1	59.7	88.7
	2000	82.1	86.3	97.7	68.6	90.5
	2005	85.7	38.8	94.3	75.8	84.4
	2007	76.4	26.5	91.3	64.0	78.5
전력	1995	14.5	16.8	1.3	40.3	7.9
	2000	11.7	12.8	1.8	30.0	7.4
	2005	7.4	55.8	4.2	23.1	11.2
	2007	9.7	63.3	5.9	34.0	13.5
도시가스	1995	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	2000	0.6	0.0	0.3	1.3	0.4
	2005	0.7	0.0	1.0	1.1	0.8
	2007	1.4	0.0	1.8	2.0	1.5
기타	1995	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2000	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
	2005	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

림수산업을 전체적으로 살펴보았을 경우 최종 에너지 중 80% 이상을 유류에 의존하고 있다. 그러나 이러한 농림수산업의 유류 의존도가 점차 낮아지고 있으며, 이를 주도하고 있는 것이 축산부문이다.

축산부문의 경우 석유제품의 비중이 2000년까지 80% 이상을 유지하였으나, 2005년 38.8%, 2007년에는 26.5%로 낮아졌다. 반면, 전력 비중은 2000년대 초반까지 20% 미만을 유지해 오다 2007년에는 63.3%에 이르게 되었다.

이러한 축산부문의, 유류에서 전력으로의 전환은, 축산부문 중 어느 한 두 부문에 국한되거나 주도되지 않고 축산 전 분야에서 나타나는 현상이라 할 수 있다. 이는 축산의 경우 특히 겨울철 축사의 온도 조절을 위한 보일러 등의 보온시설이 유류 중심에서 전력 중심으로 이동한 데 따른 것으로 추측된다.

2.3. 농업관련 산업의 에너지 소비 구조

비료 및 농약산업의 경우 2007년 기준으로 42만 toe 정도의 에너지를 소비하고 있는 것으로 나타났으며, 그 규모가 1995년 이후 연평균 4% 이상의 비율로 지속적으로 감소하고 있는 것으로 나타났다. 에너지의 성격과 관련하여서는 비료 및 농약산업은 90% 이상을 최종 에너지에 의존하고 있는 것으로 분석되었다.

사료산업은 2007년 기준으로 26만 toe 정도의 에너지를 소비하고 있는 것으로 나타났지만, 오히려 비료 및 농약산업과는 반대로 1995년 이후 연평균 4% 이상 그 규모가 확대되고 있다. 사료산업은 90% 이상을 최종에너지에 의존하고 있는 비료 및 농약산업에 비해 상대적으로 최종에너지 의존률이 낮은 85.8%인 것으로 나타났다.

에너지원 구성에 있어서 비료 및 농약산업과 사료산업 모두 유류제품에 대한 에너지 의존도가 높은 것으로 분석되었으나, 그 의존도는 점차 낮아지고 있다. 그러나 이처럼 감소하고 있는 유류를 대체하는 전략에 있어서

양 부문이 차이를 보이고 있는데, 비료 및 농약의 경우는 전력과 함께 온배수 등 다른 에너지원으로 눈을 돌리고 있는 반면, 사료의 경우 전력과 함께 도시가스로의 전환을 시도하고 있는 것으로 나타났다.

표 3-4. 농업관련 산업의 에너지 소비 추이

단위: toe, %, %p

부문	구분	1995	2000	2005	2007	연평균 증감율 ('07/'95)
비료 및 농약	총 에너지	889,437	614,912	413,611	419,749	-4.4
	1차 에너지	49,775	58,568	29,826	25,014	-4.0
	최종 에너지	839,662	556,344	383,785	394,735	-4.4
사료	총 에너지	131,626	166,664	176,128	257,892	4.0
	1차 에너지	24,063	26,205	28,143	36,688	2.5
	최종 에너지	107,563	140,459	147,985	221,204	4.2
비중						
비료 및 농약	총 에너지	100.0	100.0	100.0	100.0	0.000
	1차 에너지	5.6	9.5	7.2	6.0	0.363
	최종 에너지	94.4	90.5	92.8	94.0	-0.363
사료	총 에너지	100.0	100.0	100.0	100.0	0.000
	1차 에너지	18.3	15.7	16.0	14.2	-4.055
	최종 에너지	81.7	84.3	84.0	85.8	4.055

표 3-5. 농업관련 산업 총에너지원별 투입 추이

단위: toe, %

	비료 및 농약					사료				
	1995	2000	2005	2007	증가율	1995	2000	2005	2007	증가율
석탄	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0.0
원유	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0.0
천연가스	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0.0
석탄제품	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0.0
석유제품	788,397	512,621	312,946	312,580	-5.4	61,817	67,082	57,622	60,695	-0.1
수력원자력	10,877	16,056	22,420	19,211	3.3	17,024	21,819	28,117	36,661	4.5
전력	42,095	39,171	34,661	38,639	-0.5	25,922	34,141	40,062	68,696	5.7
도시가스	0	754	673	946	40.3	0	8,011	10,265	23,144	59.1
기타	5,973	7,139	8,250	9,734	2.9	940	1,471	0	0	-40.3
총에너지	889,437	614,912	413,611	419,749	-4.4	131,626	166,664	176,128	257,892	4.0

3. 농업부문 에너지 이용 및 절감 효과

3.1. 농업부문 에너지 이용 효과

3.1.1. 에너지 이용 효율성

농업생산에 에너지가 얼마나 어떻게 투입되느냐와 함께 얼마나 효율적으로 활용되고 있는가라는 문제도 정책적인 관심에서는 중요한 문제이다.

본 연구에서는 한국 경제 전체를 대상으로 분석한 바와 같은 방법으로 농업의 에너지 이용 효율을 에너지 원단위를 활용하여 측정하였다. 에너지 원단위(toe/백만원)는 생산과정에 직접 투입된 에너지량을 부가가치로 나눈 값으로, 부가가치 한 단위를 생산하기 위하여 필요한 에너지 투입량을 의미한다(이인규 외. 2009). 이러한 정의로 말미암아 에너지 원단위가 낮으면 낮을수록 동일한 부가가치 창출에 소요되는 에너지가 적은 것이 되기 때문에 효율적이라는 해석이 가능하게 된다.

농업부문의 에너지 원단위를 살펴보면, 전체적으로는 별다른 추세 없이 0.18~0.2 정도를 유지해 왔으나, 2000년 이후 연 평균 8% 정도로 감소하고 있는 것으로 나타났다.

경종부문에서 채소의 경우, 투입되는 에너지에 비해 에너지 원단위가 0.105toe/백만원 으로 유사한 투입 구조를 가진 화훼(0.653)에 비해 상대적으로 낮아 에너지를 효율적으로 활용하고 있음을 확인할 수 있다. 단, 1995년 0.022toe/백만 원으로 효율적이었던 데 비해 이후 지속적으로 효율성이 악화되고 있다.

표 3-6. 농업 내 부문별 에너지 원단위

단위: toe/백만원

	1995	2000	2005	2007	증감 ('07/'95)
경종	0.044	0.062	0.104	0.095	0.052
벼	0.038	0.056	0.050	0.040	0.002
보리	0.626	0.427	0.123	0.076	-0.550
밀	1.698	0.716	0.306	0.324	-1.374
잡곡	0.573	0.482	0.019	0.016	-0.557
채소	0.022	0.045	0.112	0.105	0.083
과실	0.090	0.103	0.147	0.114	0.023
콩류	0.017	0.041	0.024	0.018	0.001
감자류	0.052	0.033	0.018	0.023	-0.029
유지작물	0.003	0.003	0.005	0.004	0.001
약용작물	0.008	0.011	0.014	0.011	0.003
기타식용작물 및 잎담배	0.038	0.032	0.070	0.060	0.022
섬유작물	0.000	0.012	0.004	0.010	0.010
화훼작물	0.274	0.156	0.462	0.653	0.379
천연고무	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
종자 및 묘목	0.065	0.264	0.237	0.250	0.185
기타 비식용작물	0.023	0.018	0.045	0.042	0.019
축산	0.473	0.225	0.086	0.048	-0.425
낙농	0.929	0.887	0.094	0.085	-0.844
육우	0.538	0.293	0.056	0.048	-0.489
양돈	0.292	0.105	0.071	0.046	-0.246
가금	0.581	0.127	0.166	0.034	-0.547
기타축산	0.044	0.020	0.027	0.056	0.012
임수산물	0.505	0.712	0.408	0.388	-0.117
영림	0.013	0.060	0.036	0.035	0.022
원목	0.003	0.074	0.042	0.087	0.084
식용 임산물	0.010	0.013	0.013	0.008	-0.001
기타 임산물	0.040	0.189	0.210	0.218	0.178
수산어획	0.959	1.198	0.771	0.711	-0.248
수산양식	0.143	0.455	0.237	0.266	0.124
농림어업서비스	0.135	0.245	0.660	0.894	0.759
농림수산업	0.186	0.196	0.178	0.177	-0.008

에너지 고소비 부문인 화훼는 0.653toe/백만 원으로 수산어획(0.711), 농림어업서비스(0.759)와 함께 상대적으로 비효율적인 부문으로 분류된다. 더구나 2000년 이후 0.156toe/백만 원에서 2007년 0.653toe/백만 원으로 급격하게 효율성이 악화되고 있다.

상대적으로 고소비 부문인 동시에 에너지 소비 유발효과도 높은 화훼부문의 효율성이 현 수준에서 낮을 뿐만 아니라 향후에도 지속적으로 악화될 것으로 전망되는 만큼, 화훼 특히 시설화훼의 에너지 효율 증진을 위한 정책적 대안 마련이 시급한 것으로 판단된다.

축산부문의 경우 1995년 0.473에서 2007년 0.005정도로 상대적으로 큰 폭의 감소를 경험한 반면, 농림어업서비스부문은 같은 기간 0.135에서 0.894로 상대적으로 큰 폭으로 증가하였다.

3.1.2. 농업 부문별 에너지 투입계수[9]

에너지 투입계수는 해당 산업의 단위산출(백만 원)을 위해 투입되어야 하는 에너지의 규모를 의미하며, 에너지 투입계수 값이 크다는 것은 같은 산출량을 생산하기 위해 보다 많은 에너지가 소요된다는 것을 의미하게 되어 결국 에너지 의존도 내지는 에너지 집약도로 해석이 가능하게 된다.

농업(농림수산업)이 백만 원어치의 산출물을 생산하기 위해서는 2007년 기준으로 0.0180toe의 에너지가 요구되는 것으로 분석되었다. 이러한 농업의 에너지 투입계수는 1995년(0.0258toe/백만 원) 대비 약 30% 이상

9 에너지 산업분석(또는 에너지 산업연관표)는 산업연관분석(또는 산업연관표)에 이론적 기반을 두고 있으며, 산업연관 분석에서는 각 산업 또는 부문의 생산기술을 고정된 투입계수의 선형결합 형태로 나타내는 레온티에프 생산함수를 가정하게 된다. 이로 인해 산업연관표에서 특정 산업에 투입되는 투입량을 해당 산업의 산출에서 차지하는 비중인 투입계수는 해당 산업의 생산기술을 나타내는 것이라 할 수 있다. 이러한 산업연관분석에 기반한 에너지 산업연관분석에서도 해당 산업의 산출량 대비 에너지 투입량인 에너지 투입계수는 적어도 에너지와 관련하여서는 해당 산업의 생산기술을 의미하는 것이다.

(0.0078toe/백만 원) 감소한 것으로 나타나 전반적으로는 에너지에 대한 의존도에서 벗어나고 있음을 확인할 수 있다.

표 3-7. 농업 내 부문별 에너지 투입계수

단위: toe/백만 원

	1995	2000	2005	2007	증감 ('07/'95)
경종	0.0056	0.0060	0.0084	0.0074	0.0017
벼	0.0021	0.0023	0.0016	0.0012	-0.0009
채소	0.0009	0.0013	0.0027	0.0025	0.0016
과실	0.0010	0.0010	0.0013	0.0011	0.0001
화훼작물	0.0005	0.0007	0.0024	0.0023	0.0017
축산	0.0056	0.0050	0.0023	0.0017	-0.0038
임수산물	0.0136	0.0108	0.0060	0.0068	-0.0068
농림어업서비스	0.0010	0.0010	0.0017	0.0021	0.0012
농림수산업	0.0258	0.0228	0.0185	0.0180	-0.0078

에너지 투입계수의 정의에 의한 에너지 투입계수의 산정결과는 앞서 살펴본 에너지 투입량의 결과와 유사하다는 사실도 확인된다. 경종부문에서는 역시 원예, 채소 등이, 임수산 부문에서는 수산어획이 상대적으로 투입계수 값이 큰 것으로 나타났다. 이들 산업들이, 에너지의 절대량을 많이 소비하는 것과 함께 동일한 산출량을 생산하는데 보다 많은 양의 에너지가 요구되는 에너지 의존적 산업 내지는 에너지를 집약적으로 사용하는 산업이라는 사실을 보여주고 있다.

3.2. 시설채소 및 화훼부문에서 에너지 절감효과

에너지 산업연관분석은 생산물이 생산되어 최종소비자에게 전달되는 과정에서, 생산 공정에 직접적으로 사용된 에너지는 물론 간접적으로 중간재에 체화된 에너지 총량을 예측하는데 유용한 틀을 제공한다. 이를 이용하

면 에너지 소비량과 소비구조 변화는 물론 특정 산업부문의 생산기술 변화에 따른 에너지 필요량의 변화 추정이 가능하다. 이는 실제로 에너지 절감 대책을 수립하거나 에너지高효율 설비 등을 계획함에 있어 정책의 효과를 측정하는데 유용한 정보가 될 수 있다.

농업 분야 에너지 산업연관표를 이용하여 에너지 절감효과를 추정하는 분석틀을 소개하는 차원에서 시설채소 및 화훼 부문에서의 에너지 절감이 이루어졌을 경우 이것이 농업부문 전체 에너지 소비에 미치는 효과를 추정하였다.

원예 부문은 농업 내에서도 에너지 의존도가 높을 뿐더러 다른 산업과의 연관관계를 통해 유발되는 간접적인 에너지 의존도 역시 높아 이들 부문에서의 에너지 절감 정책은 충분한 효과를 거둘 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

시설채소와 화훼 부문은 에너지 소비와 의존도 측면에서 공통점을 지녔지만, 에너지 사용 효율성에서는 차이점을 가지고 있어 이러한 차이가 반영되는 정도를 파악하는 것도 필요하다.

추정 방법은 시설채소 및 화훼 부문에서 활용되는 에너지 10%를 절감할 경우를 정책 시나리오로 설정, 그 유발효과를 추정한다. 보다 자세하게는 에너지 산업연관표로부터 도출한 2007년 에너지유발계수를 이용하여 각 부문의 에너지투입량 10%에 대응되는 에너지 유발량을 절감효과로 말미암아 경제 전체적으로 절감되는 에너지량으로 간주하여 추정한다.

추정결과, 시설채소는 에너지 소비를 10% 절감 시 15,270toe, 화훼의 경우 44,440toe 만큼의 절감을 유도할 수 있을 것으로 분석되었다. 시설채소의 경우 10% 절감량이 55,725toe이며, 유발된 절감량은 15,270toe이므로 실제 절감률은 12.7% 정도인 것으로 추정되었다.

화훼는 10% 절감량이 51,371toe이며, 유발된 절감량이 44,440toe이므로 실제 절감률은 18.7% 정도인 것으로 나타났다. 결국 화훼의 경우가 채소에 비해 실제 절감효과가 더 큰 것으로 분석되었다. 한편, 온실효과와 직접적으로 관련된 화석연료의 절감효과도 채소의 경우 7,887toe, 화훼의 경우 22,702toe인 것으로 추정된다.

표 3-8. 시설채소·화훼 에너지소비 10% 절감 시 에너지원별 절감량

단위: toe

	시설채소			화훼		
	총 에너지 절감량	1차 에너지 절감량	화석 연료 절감량	총 에너지 절감량	1차 에너지 절감량	화석 연료 절감량
무연탄	174	174	174	335	335	335
유연탄	2,566	2,566	2,566	5,010	5,010	5,010
원유	4,649	4,649	4,649	15,909	15,909	15,909
천연가스	498	498	498	1,449	1,449	1,449
석탄제품	1,015	51	0	2,171	109	0
나프타	706	295	0	542	226	0
휘발유 및 제트유	323	30	0	165	15	0
등유	2,148	45	0	142	3	0
경유	848	15	0	12,698	222	0
중유	726	169	0	2,785	650	0
액화석유가스	86	52	0	131	79	0
윤활유 및 기타 석유제품	51	2	0	72	3	0
수력	10	10	0	16	16	0
화력	578	2	0	975	4	0
원자력	332	332	0	510	510	0
기타발전	30	0	0	46	0	0
도시가스	492	1	0	1,431	3	0
증기 및 온수공급업	37	0	0	53	0	0
전체	15,270	8,892	7,887	44,440	24,543	22,702

4. 주요 농축산물 에너지 소비 전망

4.1. 주요 품목의 중장기 소비전망

농업부문의 에너지 산업연관표를 작성, 이를 기반으로 농업부문의 에너지 정책수립을 위한 분석틀로서 활용하기 위한 다양한 형태의 에너지 산업연관분석 제안을 목적 중 하나로 삼고 있다. 이러한 취지의 일환으로 이루어진 앞 절의 시설채소 및 화훼부문의 에너지절감효과 추정은 2007년이라는 시점을 기준으로 한 횡단면적인 분석에 국한된 것이다.

에너지 산업연관분석은 이와 같이 횡단면 분석과는 별도로 이를 동태·시계열적으로 확장할 경우 또 다른 측면에서의 정책적 함의를 지닌 분석결과들을 도출할 수 있다. 이러한 분석의 좋은 예 중 하나가 주요산업 내지 부문의 최종수요 장기 예측자료를 활용하여 이로 인해 유발되는 전 산업 에너지 소비량의 장기 예측치를 도출하는 분석이라 할 수 있다.

본 연구에서는 에너지 산업연관분석을 동태·시계열적으로 확장하여 특히 주요 농축산물의 장기 수요예측 정보를 기반으로 에너지 소비량의 향후 추이를 전망하였다.

에너지 소비 예측을 위해서 본 연구에서 설정한 농축산물은 쌀(벼), 콩, 감자, 원유(낙농), 쇠고기(육우), 돼지고기(양돈), 닭고기(가금) 7개 품목이다. 이들 품목의 수요량 예측치는 우리 연구원에서 발표한「농업전망」결과를 참조하여 산정 지수화 하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

전망치에서 품목별 차이가 존재하는 것이 사실이지만, 쌀을 제외한 나머지 품목들은 2020년까지 2007년 대비 최대 71.1%(쇠고기)에서 최소 2.1%(감자)까지 최종수요가 증가할 것으로 예측되었다. 쌀의 경우 향후 지속적인 수요량 감소로 2020년에는 2007년 수요량의 80% 정도 수준에까지 이를 것으로 전망된다.

표 3-9. 주요 농축산물 소비전망치

지수: 2007년 소비량=100

	2007	2009	2010	2015	2020
벼(쌀)	100.0	96.7	95.1	88.6	80.2
콩	100.0	89.9	100.0	106.7	113.5
감자	100.0	97.8	101.4	99.3	102.2
낙농(원유)	100.0	98.6	99.8	107.6	113.8
육우(쇠고기)	100.0	105.3	115.8	146.1	171.1
양돈(돼지고기)	100.0	96.4	101.0	103.1	108.3
가금(닭고기)	100.0	107.9	114.6	121.3	129.2

4.2. 주요 농축산물 에너지 소비 추정결과

주요 농축산물의 에너지 소비(유발)량 예측은 앞 절의 절감효과 추정과 같이 에너지 산업연관표로부터 도출한 2007년 에너지유발계수를 활용하여 추정하게 된다. 이와 같은 방식으로 품목별 에너지 소비(유발)량을 예측할 경우 2007년 이후 2020년까지 경제 전체적으로 적어도 에너지 투입과 관련된 생산기술 변화가 없이 2007년의 기술상태가 지속됨을 전제하여야 한다.

이와 같은 전제는 그 자체만으로는 비현실적인 가정일 수 있으나, 적어도 생산기술 자체가 단기적으로는 크게 변화되지 않을뿐더러 장기적으로도 아주 큰 변동은 발생하지 않는다는 점, 그리고 실제 장기이든 단기이든 경제전체의 생산기술 상태 자체를 추정하는 것이 현실적으로 어렵다는 점 등을 고려한다면, 이러한 전제를 받아들이고 예측치를 도출하는데 큰 문제가 없을 것으로 판단된다[10].

10 경제 전체의 생산기술 상태를 추정하는 것이 반드시 불가능한 것만은 아니다. 특히 최근에는 양비례조정법(RAS법) 등을 이용하여 간접적으로 이를 추정하는 기법들이 개발·활용되고 있으나, 이의 활용은 본 연구의 범위를 벗어나는 것이므로 분석기법으로 활용하지 않았다.

쌀은 앞에서 언급한 바와 같이 최종 수요의 감소로 인해 에너지 소비는 2007년 4만 9천 toe에서 2020년에는 3만 9천 toe로 약 1만 toe의 에너지가 감소할 것으로 전망된다. 에너지원별로는 원유나 경유 등과 같은 유류제품의 소비가 큰 폭으로 감소할 것으로 전망되며, 유연탄과 같은 1차 에너지의 소비 또한 감소폭이 클 것으로 예상된다.

표 3-10. 벼(쌀)의 에너지 소비(유발)량 예측결과

단위: toe

	벼(쌀)					
	2007	2009	2010	2015	2020	증감 ('20/'07)
무연탄	322	311	306	285	258	-64
유연탄	7,165	6,932	6,811	6,345	5,748	-1,416
원유	13,670	13,225	12,994	12,105	10,968	-2,702
천연가스	3,042	2,943	2,891	2,693	2,440	-601
석탄제품	215	208	204	190	172	-42
나프타	2,015	1,949	1,915	1,784	1,616	-398
휘발유 및 제트유	2,367	2,290	2,250	2,096	1,899	-468
등유	135	130	128	119	108	-27
경유	6,379	6,171	6,063	5,649	5,118	-1,261
중유	3,430	3,318	3,260	3,037	2,752	-678
액화석유가스	320	309	304	283	256	-63
윤활유 및 기타 석유제품	152	147	145	135	122	-30
수력	70	68	67	62	56	-14
화력	3,950	3,821	3,755	3,498	3,169	-781
원자력	2,241	2,168	2,130	1,985	1,798	-443
기타발전	70	68	67	62	56	-14
도시가스	3,004	2,907	2,856	2,661	2,410	-594
증기및온수공급업	104	100	99	92	83	-21
전체	48,648	47,067	46,245	43,081	39,033	-9,616

콩의 경우 최종 수요의 증가 영향으로 에너지 소비량은 2007년 3만 3천 toe에서 2020년 3만 7천 toe로 약 4천 toe가 증가할 것으로 전망된다. 에너지원별로는 특히 1차 에너지원인 원유의 소비가 크게 증가하여 2020년까지 총 1,600toe가 증가할 것으로 전망된다.

표 3-11. 콩 및 감자의 에너지 소비(유발)량 예측결과

단위: toe

	콩						감자					
	2007	2009	2010	2015	2020	증감 ('20 /'07)	2007	2009	2010	2015	2020	증감 ('20 /'07)
무연탄	186	167	186	199	211	25	239	234	243	237	244	5
유연탄	3,140	2,822	3,140	3,352	3,563	423	3,423	3,349	3,472	3,398	3,497	74
원유	11,506	10,342	11,506	12,282	13,057	1,551	9,601	9,394	9,739	9,532	9,809	207
천연가스	1,396	1,255	1,396	1,490	1,584	188	1,494	1,462	1,516	1,483	1,526	32
석탄제품	240	216	240	256	272	32	342	334	347	339	349	7
나프타	2,629	2,363	2,629	2,806	2,983	354	2,922	2,859	2,964	2,901	2,985	63
휘발유 및 제트유	1,590	1,429	1,590	1,697	1,804	214	1,235	1,209	1,253	1,226	1,262	27
등유	104	93	104	111	118	14	96	94	97	95	98	2
경유	4,981	4,477	4,981	5,317	5,653	672	3,355	3,282	3,403	3,331	3,427	72
중유	2,508	2,255	2,508	2,678	2,847	338	2,512	2,458	2,548	2,494	2,566	54
액화 석유가스	343	308	343	366	389	46	337	329	341	334	344	7
윤활유 및 기타석유 제품	161	144	161	171	182	22	191	187	194	190	195	4
수력	27	24	27	29	31	4	28	28	29	28	29	1
화력	1,550	1,393	1,550	1,655	1,759	209	1,616	1,581	1,639	1,604	1,650	35
원자력	884	794	884	943	1,003	119	922	902	935	915	942	20
기타발전	81	72	81	86	92	11	98	96	99	97	100	2
도시가스	1,379	1,239	1,379	1,472	1,565	186	1,476	1,444	1,497	1,465	1,508	32
증기 및 온수공급업	131	118	131	140	149	18	122	119	124	121	124	3
전체	32,834	29,514	32,834	35,048	37,261	4,427	30,008	29,361	30,440	29,792	30,656	648

감자는 수요 변동이 약 2% 내외일 것으로 전망됨에 따라 에너지 소비(유발)량도 상대적으로 다른 품목에 비해 큰 변동은 없을 것으로 예상된다. 감자의 에너지 소비는 2007년 3만 toe에서 2020년에는 3만 1천 toe로 1,000toe 미만의 증가가 있을 것으로 예측되어 큰 변화 없이 일정 기간 유지될 것으로 전망된다.

원유의 경우 최종 수요의 완만한 증가추세 전망으로 에너지 소비는 2007년 3만 6천 toe에서 2020년에는 4만 1천 toe로 약 5천 toe 정도 증가할 것으로 예측된다. 원유는 특징적으로 다른 에너지원에 비해 1차 에너지원인 유연탄의 소비 증가가 클 것으로 전망되어 2020년까지 1천 toe 이상의 증가세를 보일 것으로 보인다.

표 3-12. 낙농(원유) 및 육우(쇠고기) 에너지 소비(유발)량 예측결과

단위: toe

	낙농(원유)						육우(쇠고기)					
	2007	2009	2010	2015	2020	증감 ('20/'07)	2007	2009	2010	2015	2020	증감 ('20/'07)
무연탄	395	390	395	425	450	55	1,476	1,554	1,709	2,156	2,525	1,049
유연탄	8,653	8,530	8,640	9,313	9,848	1,195	28,671	30,180	33,198	41,875	49,043	20,372
원유	4,965	4,894	4,957	5,343	5,651	686	25,242	26,571	29,228	36,867	43,178	17,935
천연가스	3,855	3,800	3,849	4,148	4,387	532	13,579	14,294	15,723	19,833	23,227	9,648
석탄제품	236	233	236	254	269	33	1,231	1,295	1,425	1,797	2,105	874
나프타	1,012	998	1,011	1,089	1,152	140	5,170	5,442	5,986	7,551	8,843	3,673
휘발유 및 제트유	627	618	626	674	713	87	3,168	3,335	3,669	4,628	5,420	2,251
등유	326	322	326	351	371	45	2,210	2,326	2,559	3,228	3,780	1,570
경유	1,275	1,257	1,273	1,372	1,451	176	5,818	6,124	6,736	8,497	9,951	4,134
중유	2,772	2,732	2,768	2,983	3,155	383	12,206	12,848	14,133	17,826	20,878	8,672
액화 석유가스	380	375	380	409	433	52	1,748	1,840	2,024	2,553	2,990	1,242
윤활유 및 기타 석유제품	205	202	204	220	233	28	2,489	2,619	2,881	3,635	4,257	1,768
수력	87	86	87	94	99	12	277	291	320	404	473	197
화력	4,832	4,763	4,824	5,200	5,499	667	15,540	16,358	17,994	22,697	26,582	11,042
원자력	2,536	2,499	2,532	2,729	2,886	350	8,186	8,617	9,479	11,956	14,002	5,816
기타발전	53	52	53	57	61	7	274	289	317	400	469	195
도시가스	3,808	3,753	3,802	4,098	4,333	526	13,413	14,119	15,531	19,590	22,944	9,530
증기 및 온수공급업	26	26	26	28	30	4	129	136	150	189	221	92
전체	36,044	35,529	35,986	38,790	41,021	4,977	140,827	148,239	163,063	205,682	240,888	100,061

쇠고기는 2010년 이후 발생될 최종 수요의 급격한 증가 추세를 반영하여 에너지 소비가 2007년 14만 toe에서 2010년까지는 16만 toe까지 증가하다가 2010~2020년까지 24만 toe로 거의 70% 이상 10만 toe 가까이 증가할 것으로 전망된다. 쇠고기의 경우 주로 유연탄, 원유, 천연가스 등 1차 에너지원의 소비를 촉진시키는 한편, 중유나 화력발전 등 전력 생산으로 인한 에너지 소비도 함께 증진시킬 것으로 예상된다.

표 3-13. 양돈(돼지고기) 및 가금(닭고기)의 에너지 소비(유발)량 예측결과

단위: toe

	양돈(돼지고기)						가금(닭고기)					
	2007	2009	2010	2015	2020	증감 ('20/'07)	2007	2009	2010	2015	2020	증감 ('20/'07)
무연탄	86	83	87	89	93	7	1,496	1,613	1,714	1,815	1,932	437
유연탄	1,625	1,565	1,642	1,675	1,760	135	30,213	32,589	34,626	36,663	39,039	8,826
원유	1,116	1,075	1,127	1,151	1,209	93	26,866	28,980	30,791	32,602	34,715	7,849
천연가스	680	655	687	701	736	57	14,534	15,678	16,657	17,637	18,780	4,246
석탄제품	199	192	201	205	216	17	1,502	1,620	1,721	1,822	1,941	439
나프타	223	215	225	230	242	19	4,345	4,687	4,980	5,273	5,615	1,269
휘발유 및 제트유	146	141	148	151	158	12	3,032	3,271	3,475	3,679	3,918	886
등유	46	45	47	48	50	4	746	805	855	905	964	218
경유	297	286	300	307	322	25	9,989	10,775	11,448	12,122	12,907	2,918
중유	608	586	614	627	659	51	13,144	14,177	15,064	15,950	16,983	3,840
액화 석유가스	84	81	85	86	91	7	1,852	1,997	2,122	2,247	2,392	541
윤활유 및 기타석유제품	42	40	42	43	45	3	764	825	876	928	988	223
수력	13	12	13	13	14	1	265	286	303	321	342	77
화력	768	740	776	792	832	64	16,227	17,503	18,597	19,691	20,968	4,741
원자력	401	386	405	413	434	33	8,450	9,114	9,684	10,253	10,918	2,468
기타발전	13	12	13	13	14	1	245	264	281	297	317	72
도시가스	671	647	678	692	727	56	14,357	15,486	16,454	17,422	18,551	4,194
증기 및 온수공급업	6	6	6	6	6	0	122	131	140	148	158	36
전체	7,023	6,767	7,096	7,243	7,608	585	148,149	159,801	169,788	179,776	191,428	43,279

돼지고기는 2015년까지 최종 수요의 변동이 약 4% 내외이며, 이후 2007년 대비 8% 이상 증가가 있을 것으로 전망됨에 따라, 에너지 소비(유발)량도 상대적으로 다른 품목에 비해 2015년까지는 큰 변동이 없으며, 이후 2020년까지 증가세가 커질 것으로 전망된다.

닭고기는 최종 수요의 완만한 증가추세로 인해 에너지 소비량은 2007년 14만 8,000toe에서 2020년에는 19만 1,000toe로 증가할 것으로 전망하고 있다.

농업부문 청정에너지 수급 실태와 전망

제4장

1. 청정에너지 범위 및 의의

1.1. 청정에너지 범위

청정에너지와 유사한 개념인 무공해에너지는 환경을 오염시키지 않는 깨끗한 에너지를 일컫는 용어로서 클린에너지, 청정에너지, 새로운 에너지라고도 불린다.

청정에너지는 태양·지열·풍력·조력(潮力) 등의 그린에너지(green energy)와, 생물체를 에너지원(源)으로 하는 바이오매스 에너지(biomass energy), 액화석탄·가스화석탄, 수소에너지 등의 합성연료(두산백과사전 EnCyber & EnCyber.com)로 구성되어 있으며 청정에너지는 신재생에너지를 포함한다.

신재생에너지 즉 청정에너지는 종류가 다양하여 어느 범위까지를 청정에너지로 볼 것이냐에 따라 그 정의에 차이가 있다. 각 국가들 마다 계획과 백서 등에서 정의를 달리 내리고 있다.

일본에서는 '신에너지(New Energy)'라는 명칭을 주로 사용하고 있으며(동경도, 2006), 세계적으로는 '재생가능에너지(Renewable Energy)'라는 명칭을 사용하는 경우가 많다. 우리나라에서는 신에너지와 재생에너지를 통틀어서 '신재생에너지(NRE: New & Renewable Energy)'라는 명칭을 사용하고 있다.

표 4-1. 각국의 신재생에너지의 분류와 대상범위 비교

법령 등 / 종 류	일본 신에너지법[1]	EU 백서[2]	US DOE/EIA[3]	IEA WEO[4]	한국 신재생에너지 기본계획[5]
태양광발전	○	○	○	○	○
태양열발전	-	○	○	○	○
태양열이용	○	○	○	○	
패시브솔라	○	○	-	-	-
바이오매스발전	○	○	○	○	○
바이오매스열이용	○	○	○	○	
바이오매스연료	○	○	○	○	
풍력발전	○	○	○	○	○
수력발전	-	○	○	○	○
지열	-	○	○	○	○
설빙	○	-	-	-	-
온도차에너지	○	-	-	-	-
해양온도차발전	-	○	○	-	○
파력발전	-	○	○	○	
조류발전	-	○	○	○	
조력발전	-	○	-	-	
폐기물발전	○	○	○	○	○
폐기물열이용	○	○	○	○	
폐기물연료제조	○	○	○	○	

주 1) 일본「신에너지 이용 등의 촉진에 관한 특별조치법」
2) EU 재생가능에너지 백서(Energy For The Future : Renewable Sources Of Energy, COM(97)599)
3) 미국 에너지, 에너지절약 정보국(Department of Energy, Energy Information Administration)
4) 국제에너지기관(International Energy Agency)의 통계자료(World Energy Outlook)
5) 한국「대체에너지개발 및 이용보급촉진법 제2조」
자료: 동경도 환경국, 2006(수정).

국내에서는 청정에너지 즉 신재생에너지를「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법」제2조의 규정에 의거하여『기존의 화석연료를 변환

시켜 이용하거나 햇빛·물·지열·강수·생물유기체 등을 포함하여 재생가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지』로 정의하고 있다.

국내 신재생에너지의 종류와 특징은 다음과 같다. 재생에너지는 8개 분야, 신에너지는 3개 분야로 분류하는데 태양열, 태양광발전, 풍력, 바이오매스, 폐기물에너지, 지열, 해양에너지, 소수력은 재생에너지에 해당하며, 신에너지는 연료전지, 석탄액화 및 가스화, 수소에너지이다.

신에너지인 연료전지, 석탄 가스화, 수소에너지의 특징은 기술개발이 필요하고, 현재 수준에서는 설치비 등이 고가이다.

표 4-2. 신재생에너지원별 특징

		장점	단점
신에너지	연료전지	저공해, 고효율, 휴대가능, 타산업으로의 높은 연관성	고가의 발전비용, 추가 기술개발 필요
	석탄 가스화	적은 불순물, 연소조정 편리, 석유와의 유사성	공해발생, 저장 및 해상수송 제한, 거액 투자비 소요
	수소 에너지	저공해, 무한정, 연료전지 등 다양한 활용	저장·수송 곤란, 안정성 문제, 수소 분리비용 과다
재생에너지	태양열 태양광	무공해, 무한정, 낮은 유지비, 높은 활용도, 규모의 유연성	낮은 에너지밀도 넓은 설치면적, 낮은 경제성, 초기 설치비, 계절 영향
	바이오	풍부한 부존자원, 환경오염 감소, 다양한 형태의 에너지 생성	수집·수송 불편, 생물학적 공정 복잡, 높은 설비 투자비
	풍력	무공해, 무한정, 상대적 저렴한 유지비 및 설치비	불규칙한 바람, 발전시설 수시 교체, 소음 등으로 인한 민원
	수력	발전원가 저렴, 무공해	지역적 편재, 수몰지역 보상비 문제
	해양	무공해, 무한정 공급	대규모 시설투자, 전력 소비지와 원거리
	폐기물	저렴한 원료비, 쓰레기 절감, 폐기물 환경오염 방지	복잡한 처리기술, 가공과정에서 환경오염 유발 가능
	지열	무공해, 발전원가 저렴	지역적 제약, 설비투자

자료: 황문성 외(2008)

재생에너지 가운데 태양열은 넓은 면적에 설치가 가능하나, 경제성이 낮고 초기 설치비가 많을 뿐만 아니라 계절에 따라 효능차이가 발생한다. 바이오 에너지는 풍부한 부존자원을 활용할 수 있으며, 환경오염도 감소시킬 수 있으나, 생성, 수집·수송이 불편하고 생물학적 공정이 복잡하다.

폐기물은 우리나라에서 가장 많이 사용하고 있는 신재생에너지 중의 하나로 원료비, 쓰레기 절감, 폐기물을 환경 오염방지에 입각해 사용하고는 있으나, 가공과정에서 환경오염을 유발하고 있다. 따라서 정부에서는 일부분에 대해서 신재생에너지에서 제외하고자 한다.

지열은 공해가 없으며 발전원가가 저렴하나, 지역적 제약이 따르고 설비투자비가 많이 든다. 결국, 새롭게 신재생에너지로 전환될 수 있는 에너지는 온도차 에너지이다. 이는 해수, 하천수 등을 이용하는 것으로 자원량이 풍부하고, 비용도 적게 들어 효과적이다.

농업 생산에 이용 가능한 신재생에너지는 지열과 바이오에너지 가운데 목재펠릿, 축분을 이용한 바이오가스 등이 있다.

1.2. 청정에너지 이용의 의의

미국에서는 1988년 지속가능한 농업연구 및 교육(Sustainable Agriculture Research & Education: SARE)의 틀 하에서 청정에너지 프로그램이 시작될 때부터 농무성 차원의 청정에너지 농업 프로그램을 추진해 오고 있다. SARE에 따르면 청정에너지농업(clean energy farming)은 ①에너지 효율을 향상시켜 경영비를 절감하고 ②에너지를 절약하고 동시에 자연자원도 보전하는 농법 이행 ③재생가능한 에너지 생산 및 이용을 의미한다고 정의하였다.

첫째, 청정에너지 농업을 실천할 수 있는 수단으로는, 철저한 트랙터 관리, 전구 교체 등과 같은 기계 및 설비 기능의 향상, 에너지 절감형 건축 등과 같은 효율성 제고를 통해 에너지 이용과 비용을 낮추는 일이다.

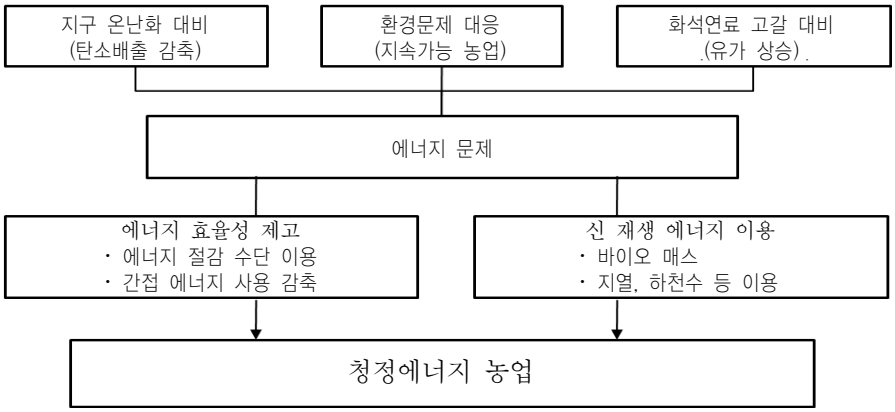
둘째, 윤작 등 작형 조절 등을 통해 비료, 농약 사용량을 줄여 에너지 소

비를 줄이는 것이다.

셋째, 농장에서 태양열, 풍력, 바이오작물, 가축분뇨 등을 이용하여 에너지를 생산하는 것을 들 수 있다[11].

재생가능에너지가 지역의 지속가능한 발전에 기여할 수 있는 사회경제적 효과로 고용효과, 수입발생 효과, 인구유입 효과, 에너지 자립, 교육적 효과, 생산활동의 다양화, 사회적 결속력 증대와 인적자원 개발, 수입분배 효과, 관광효과 등을 계상할 수 있다[12].

그림 4-1. 청정에너지 이용 목적



2. 신재생에너지 이용 동향과 전망

2008년 기준 국내 신재생에너지 이용량은 5,858천 toe로 국내 1차 에너지 총 소비량에서 차지하는 비중은 2.43%에 불과하다. 그러나 2000년 이

11 http://www.sare.org/publications/energy/energy.pdf

12 Pablo and Burguillio(2007).

후 총 에너지 소비량의 증가율보다 신재생에너지의 보급률이 보다 빠르게 증가하는 경향을 보이고 있다(표 2-3 참조).

신재생에너지원별로는 태양열과 수력의 경우 에너지 소비량이 지속적으로 감소하는 추세인 반면, 바이오, 풍력, 폐기물, 태양광, 지열 등은 매년 증가하고 있는 것으로 나타났다.

2008년 기준 신재생에너지원별 보급실태를 살펴보면, 폐기물이 전체의 78%로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 수력은 에너지 소비량이 감소함에도 불구하고 11.3%로 두 번째 높은 비중을 보이고 있다. 바이오에너지는 최근 들어 사용이 증가해 신재생에너지 가운데 세 번째인 7.3%로 나타났다. 이들 3개 에너지원을 제외하면, 타 에너지원들의 보급률은 매우 미미한 수준이다.

신재생에너지 가운데 보급비중이 가장 높은 폐기물은 폐가스, 산업폐기물, 폐목재, 생활폐기물, 대형도시쓰레기 등으로 구성되어 있으며, 바이오열원으로는 바이오가스, 매립지가스, 바이오디젤, 우드칩, 성형탄, 임산연료 등을 들 수 있다.

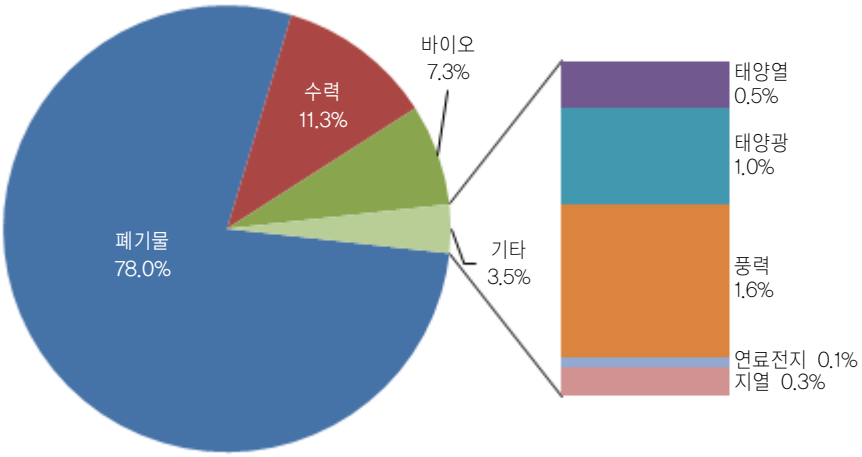
표 4-3. 국내 신재생에너지원별 보급실태

단위: toe, %

	2000	2005	2006	2007	2008	2008 비중
태 양 열	41,689	34,729	33,018	29,375	28,036	0.5
태 양 광	1,321	3,600	7,756	15,325	61,128	1.0
바 이 오	82,004	181,275	274,482	370,159	426,760	7.3
풍 력	4,171	32,472	59,728	80,763	93,747	1.6
수 력	20,456	918,504	867,058	780,899	660,148	11.3
연료전지	0	526	1,670	1,832	4,367	0.1
폐 기 물	1,977,662	3,705,547	3,975,272	4,319,309	4,568,568	78.0
지 열	0	2,558	6,208	11,144	15,726	0.3
계	2,127,303	4,879,211	5,225,192	5,608,806	5,858,480	100.0

자료: 에너지관리공단. 신재생에너지 보급통계. 2008.

그림 4-2. 신재생에너지 분류 및 이용실태(2008년)



신재생에너지의 산업별 이용 현황을 보면, 태양열은 가정용으로 54.5% 사용하고, 태양광은 발전산업용으로 94.0% 사용되고 있다. 지열은 공공시설에 37.5%, 사회복지시설 21.3%, 교육시설에 13.4%가 사용되고 있는 것으로 나타났다.

표 4-4. 신재생에너지의 산업별 이용 현황

단위: %

	가정용	공공 시설	교육 시설	사회 복지	상업 시설	산업 시설	발전 산업용	기타
태양열	54.5	7.1	5.2	11.1	5.0	0.0	0.0	17.1
태양광	3.9	1.1	0.3	0.0	0.0	0.1	94.0	0.6
지 열	1.3	37.5	13.4	21.3	4.4	0.0	0.0	22.0

자료: 에너지관리공단, 신재생에너지 보급통계, 2008.

3. 신재생에너지의 공급 잠재량과 공급확대 전망

3.1. 신재생에너지의 공급 잠재량

신재생에너지원별 부존잠재량은 국내에 부존하는 에너지의 총량을 말하며, 가용잠재량은 에너지 설비 입지의 지리적 여건을 고려한 에너지량이다. 기술잠재량은 현재 기술수준으로 산출될 수 있는 에너지량(효율 고려)이며, 공급잠재량은 현 에너지환경 및 기타 여건을 고려한 에너지 총량이라 할 수 있다.

표 4-5. 신재생에너지 보급 잠재량

단위: 천toe

		부존잠재량	가용잠재량	기술잠재량	공급잠재량	비율(%)
태양열		11,159,495	3,483,910	104,517	20,903	23.08
태양광				46,825	9,365	10.34
바이오		141,855	11,656	6,171	6,171	6.81
풍력	육상	246,750	12,003	9,416	810	0.89
	해상	220,206	38,150	20,007	1,727	1.91
수력(대수력포함)		126,273	65,210	20,867	20,867	23.04
지 열		2,352,800,000	131,050,960	191,334	27,896	30.80
해 양					2,839	3.14
합 계		2,364,694,579	134,661,889	399,137	90,578	100.00

자료: 지식경제부, 제3차 신재생에너지기본계획, 2008.12.

신재생에너지원별 공급 잠재량을 보면, 지열이 27,896천 toe(전체 잠재량의 30.8%)로 가장 많고, 다음이 태양열, 수력, 태양광의 순이다. 공급 잠재량이 많은 에너지원들의 경우 현재 이용율이 매우 미미하기 때문에 이들 에너지원의 이용을 활성화할 수 있는 기술개발 및 보급정책이 지속적으로 추진되어야 할 것이다.

3.2. 신재생에너지의 공급전망

정부의 제3차 신재생에너지 기본계획에 의하면, 향후 2030년까지 신재생에너지 보급량은 33,027천 toe에 이르러 총 에너지 수요 가운데 11.0%를 차지할 것으로 전망된다. 2008~2030년간 신재생에너지의 연평균 증가율은 7.8%로 같은 기간 연평균 0.9% 증가에 그친 총 에너지 수요에 비해 훨씬 높은 증가율을 보일 것으로 예상된다.

신재생에너지원별 증가율을 보면, 해양에너지의 증가율이 가장 높고 다음으로 지열, 태양열, 풍력 등의 증가율이 높게 나타날 것으로 예상된다. 바이오에너지의 경우 증가율은 높은 편에 속하지 않지만, 에너지량은 10,357천 toe에 이를 것으로 보인다. 반면, 현재 신재생에너지 수요에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 폐기물과 수력의 경우 각각 4.0%, 1.9%의 낮은 증가율에 그칠 것으로 전망된다.

신재생에너지원별로는 2030년에 가장 큰 비중을 차지하게 될 에너지원이 역시 폐기물로 전망되며, 다음으로 바이오에너지, 풍력 순이 될 것으로 예상된다. 폐기물의 경우 2030년까지도 가장 중요한 신재생에너지원이 될 것으로 전망되지만, 그 비중은 2008년 73.7%에서 2030년 33.4%로 크게 감소할 것으로 예상된다. 반면, 바이오에너지의 비중은 2008년 8.1%에서 2030년 31.4%로 크게 증가하여 신재생에너지 보급 확대를 선도할 것으로 전망되며 전반적으로 현재의 폐기물 중심 신재생에너지 공급 구조에서 바이오에너지, 풍력, 태양에너지 등 자연재생에너지원 중심의 공급 구조로 전환될 것으로 에상된다. 폐기물 중심의 신재생에너지 공급 구조가 반드시 나쁜 것은 아니지만 현재 폐기물의 대부분을 부생가스 등의 비재생에너지가 차지하고 있는 것을 감안하면, 자연재생에너지 공급 증가는 바람직한 방향이라 판단된다.

다양한 신재생에너지원 중에서 향후 농업부문에 가장 활발한 이용이 예상되는 에너지원은 지열과 바이오에너지일 것으로 전망된다. 지열은 국내 공급잠재량이 가장 많고 에너지 공급 안전성이 높아 설치 이후에 만족도가 높은 에너지원이다. 바이오 에너지의 원료가 되는 바이오매스는 대부분 농

표 4-6. 신재생에너지원별 공급 목표

단위: 천 toe, %

	2008	2010	2015	2020	2030	연평균 증가율
태양열	33 (0.5)	40 (0.5)	63 (0.5)	342 (2.0)	1,882 (5.7)	20.2
태양광	59 (0.9)	138 (1.8)	313 (2.7)	552 (3.2)	1,364 (4.1)	15.3
풍 력	106 (1.7)	220 (2.9)	1,084 (9.2)	2,035 (11.6)	4,155 (12.6)	18.1
바이오	518 (8.1)	987 (13.0)	2,210 (18.8)	4,211 (24.0)	10,357 (31.4)	14.6
수 력	946 (14.9)	972 (12.8)	1,071 (9.1)	1,165 (6.6)	1,447 (4.4)	1.9
지 열	9 (0.1)	43 (0.6)	280 (2.4)	544 (3.1)	1,261 (3.8)	25.5
해 양	0 (0.0)	70 (0.9)	393 (3.3)	907 (5.2)	1,540 (4.7)	49.6
폐기물	4,688 (73.7)	5,097 (67.4)	6,316 (53.8)	7,764 (44.3)	11,021 (33.4)	4.0
합 계	6,360	7,566	11,731	17,520	33,027	7.8
1차에너지 (백만 toe)	247	253	270	287	300	0.9
비 중	2.58	2.98	4.33	6.08	11.0	

주: ( )는 연도별 신재생에너지 합계에서 차지하는 비중임.
자료: 지식경제부, 제3차 신재생에너지 기본계획, 2008.

림업 부문에서 산출되고 바이오 에너지는 탄소 중립적이기 때문에 농업정책, 에너지정책, 환경정책에서 바이오매스 활용이 큰 관심사항이 될 것으로 보인다.

더욱이 신재생에너지는 농업부문에 0.1% 미만 정도가 사용되고 있다. 따라서 정부는 시설원예 부문에 지열과 바이오에너지 중 목재펠릿, 축산바이오 가스 등을 확대 보급하여 2020년에 40% 보급·확대할 정책을 수립, 진행하고 있다.

요약 및 결론

제5장

우리나라는 경제발전과 국내외 경제여건의 변화에 따라 에너지 소비 구조 및 에너지원별 소비량이 크게 변화되고 있다. 세계 OECD 국가의 에너지 소비량은 2000년대 중반 이후 정체하고 있는 가운데, 미국이 가장 많은 에너지를 소비하고 있으며, 다음으로 일본, 독일 등의 순이다. 이 중 우리나라는 OECD 국가 에너지 소비량의 4.2% 수준을 차지하고 있다.

그럼에도 우리나라는 에너지의 상당부분을 수입에 의존하는 등 에너지 부존자원이 빈약하여 에너지 관련 문제에 민감하다. 최근에는 화석연료 고갈 우려, 지구온난화로 인한 국제 기후변화협약 등으로 에너지 효율의 중요성이 더욱 부각되고 있다.

농업부문은 국가 에너지 소비량의 1.8%에 불과하지만, 농산물 생산비에서 에너지가 차지하는 비중은 매우 높다. 특히, 시설원예 확대, 기계화 진전 등으로 에너지 투입이 증가하고 있어 농업부문 에너지의 효율적 관리의 필요성과 정책적 관심이 고조되고 있다.

농업부문 에너지의 효율적 관리 방안 마련을 위해서는 우선 농업부문의 에너지 투입 구조를 파악하는 것은 물론, 에너지 소비 전망이 필요하다. 이는 에너지 산업연관표 작성을 기반으로 에너지 산업연관분석을 시도함으로써 해결할 수 있다. 에너지 산업연관분석 결과를 정리하면 다음과 같다.

우리나라 농림수산업은 2007년 기준으로 3백 79만 toe의 에너지를 소비한 것으로 나타났다. 경종부문에서의 소비는 확대되고 있는 반면, 축산 및 임수산부문은 전반적으로 소비규모가 축소되고 있다. 경종부문에서는 채소와 화훼의 에너지 사용이 두드러진다. 채소의 경우 연평균 9% 이상 소비

규모가 증가하였으며, 화훼도 연평균 11% 이상으로 소비규모가 증가하였다. 이들 부문은 주로 시설재배가 보편화되고 있어 농업부문에서는 대표적인 에너지 소비부문으로 분류되고 있는 분야들로 최근 소득수준 향상과 함께 도시근교에서 재배영역이 확대되고 있는 것에 기인한다.

최종 에너지원 중에는 유류에 대한 의존도가 절대적이지만, 축산부문의 경우 유류에서 전력으로 이동되고 있다. 이는 겨울철 축사의 온도 조절을 위한 보일러 등의 보온시설이 유류 중심에서 전력으로 전환한 데 따른 것으로 추측된다. 한편, 농업관련산업인 비료 및 농약산업은 연평균 4% 이상의 비율로 지속적인 감소를 하고 있는 반면, 사료산업은 연평균 4% 이상으로 그 규모가 확대되고 있다. 에너지원별로는 비료 및 농약산업과 사료산업 모두 유류 의존도가 높으나, 점차 낮아지고 있는 추세이다.

농업생산에 에너지가 얼마나 어떻게 투입되느냐와 함께 얼마나 효율적으로 활용되고 있는가의 문제도 중요하다. 농업부문의 에너지 이용 효과를 분석하기 위해 에너지 원단위를 활용하여 측정하였다. 측정결과, 2000년 이후 연 평균 8% 정도로 감소하고 있는 것으로 나타났다.

경종부문에서 채소의 경우 에너지 원단위가 유사한 투입 구조를 가진 화훼에 비해 상대적으로 낮아 에너지를 효율적으로 활용하고 있음을 확인할 수 있다. 에너지 고소비 부문인 화훼는 수산어획, 농림어업서비스와 함께 비효율적인 부문으로 분류된다. 따라서 화훼 특히, 시설화훼의 에너지 효율 증진을 위한 정책적 대안 마련이 시급하다.

또한, 농업부문의 에너지 투입계수는 1995년 대비 약 30% 이상 감소한 것으로 나타나 전반적으로 농업이 에너지에 대한 의존도에서 벗어나고 있음을 확인할 수 있다. 경종부문에서는 원예, 임수산 부문에서 수산어획이 상대적으로 투입계수 값이 큰 것으로 나타났다. 즉, 이들 산업들은 에너지의 절대량을 많이 소비할 뿐만 아니라 동일한 산출량을 생산하는데 보다 많은 에너지가 요구되는 에너지 의존적 산업임을 알 수 있다.

에너지 산업연관분석을 동태·시계열적으로 확장하여 특히 주요 농축산물의 장기 수요예측 정보를 기반으로 에너지 소비량의 향후 추이를 전망하였다. 에너지 소비 예측을 위해 필요한 주요 품목별 수요 예측치는 우리

연구원에서 발표한「농업전망」결과를 참조하여 산정 지수화 하였다.

주요 품목별 에너지 소비량 전망 결과, 쌀의 에너지 소비량은 2020년에는 3만 9천 toe로 2007년 대비 약 1만 toe가 감소할 것으로 전망되며, 에너지원별로는 원유나 경유 등과 같은 유류제품의 소비가 큰 폭으로 감소할 것으로 예상된다. 콩의 에너지 소비량은 2007년 3만 3천 toe에서 2020년 3만 7천 toe로 증가할 것으로 예측되는데, 특히 1차 에너지원인 원유의 소비가 크게 증가할 것으로 전망된다. 감자는 에너지 소비량이 2007년 3만 toe에서 2020년 3만 1천 toe로 예측되어 큰 변화 없이 일정 정도 유지될 것으로 전망된다.

원유의 에너지 소비량은 2020년 4만 1천 toe로 2007년에 비해 약 5천 toe 정도 증가할 것으로 예측되는데, 1차 에너지원인 유연탄의 소비 증가가 클 것으로 전망된다. 쇠고기는 2010년까지 증가하다, 이후 2020년까지 24만 toe로 거의 70% 이상 증가할 것으로 전망된다. 돼지고기의 에너지 소비량도 상대적으로 다른 품목에 비해 2015년까지 큰 변동이 없으며, 이후 2020년까지 증가세가 커질 것으로 전망된다. 닭고기의 경우 2007년 14만 8,000toe에서 2020년에는 19만 1,000toe로 증가할 것으로 전망되고 있다.

한편, 농가의 에너지 비용절감과 지구 온난화에 대한 탄소배출량 감축을 위해서는 농업부문 에너지 이용의 효율성을 높이고, 신재생에너지 이용을 늘리는 등 농업부문 에너지 이용 구조의 재검토를 통한 변화가 요구된다.

우리나라의 국내 신재생에너지 이용량은 1차 에너지 총 소비량의 2.43%에 불과한 실정이나, 2000년 이후 신재생에너지의 보급률이 빠르게 증가하는 경향을 보이고 있다. 신재생에너지원별로는 폐기물이 전체의 78%로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 다음으로 수력(11.3%), 바이오에너지(7.3%) 등의 순으로 나타났다.

농업부문의 경우 에너지원별 소비량은 석유가 73%로 크게 높으며, 전기 19%, 석탄 8%, 천연가스 0.3% 등의 순으로 다른 산업에 비해 석유류 소비가 주를 이루고 있다. 그러나 농업부문의 신재생에너지의 소비는 거의 없는 상태로 신재생에너지 보급은 아직 미미한 수준이다. 그러나 정부가 신재생에너지 보급을 2015년에는 4.3%, 2020년 6.1%, 2030년에는 11% 수준

까지 확대할 목표를 설정하고 있어 향후 농업분야에서도 신재생에너지의 이용이 증가할 것으로 전망된다.

에너지는 국가경제 전반에 걸쳐 가장 중요한 자원이며, 유가 상승 등으로 농산물 생산비가 증가하고 있어 농업부문에서도 많은 관심을 기울이고 있는 분야이다. 이 때문에 정부는 에너지 절약 및 에너지의 효율적 이용 등에 대해 여러 가지 정책을 마련하고 있으며, 농업분야에서도 에너지 절감시설을 보급하고 에너지의 효율적 이용에 대한 연구 및 대책을 강화하고 있다.

따라서 주요 농축산물의 에너지 수요를 전망함으로써 농업부문 에너지 정책 수립의 기초자료를 제공하고, 농업부문 청정에너지 수급 실태 파악과 향후 전망을 통해 청정에너지 농업시스템 구축의 참고자료를 제시하여 에너지와 관련된 효율적인 정부정책 방안이 마련되도록 노력하는 것이 무엇보다 중요하다.

부 록

에너지 산업연관분석 및 작성 방법[13]

에너지 산업연관표의 특징

일반적인 산업연관표의 거래 항등식은 식 (1)과 같으며, 이로부터 도출되는 최종수요의 생산유발액은 식 (2)와 같다.

$$Ax + y = x \quad (1)$$

$$x = (I - A)^{-1} y \quad (2)$$

식 (1)과 식 (2)에서 A는 산업연관표의 투입계수(화폐단위) 행렬, x는 산업연관표의 산출(화폐단위) 벡터, y는 산업연관표의 최종수요(화폐단위) 벡터를 의미한다.

식 (2)에서 $(I - A)^{-1}$가 최종수요의 일반적인 생산유발계수 행렬이며, 이를 기반으로 다양한 형태의 분석이 이루어지게 된다. 즉, 궁극적으로 산업연관분석은 산업연관표의 생산유발계수를 구하는 것이 목적이다.

일반적인 산업연관표에서와 같이 에너지 투입구조 및 관련된 다양한 효과를 파악하고 정책적 효과를 측정하기 위해서는 무엇보다 에너지유발계수를 추정하는 것이 요구된다.

산업연관분석에서의 생산유발계수에 대응된 에너지 산업연관분석에서의 측도가 바로 에너지유발계수[14]이다.

---

13 본 내용은 서울대학교 산학협력단(연구책임자 김한호 교수)에 연구위탁 의뢰한 결과 중 일부를 발췌·재정리하였다.

14 일반적인 산업연관분석에서와 같이 최종수요 공급에 필요한 에너지의 물리적 요구량을 '에너지유발량'이라고 한다면, 최종수요 단위당 에너지의 물리적 요

에너지유발계수를 추정하는 다양한 방법이 있을 수 있겠지만, 주로 활용되고 있는 방법은 크게 일반적인 산업연관표에서 최종수요 자료만을 활용하여 간접적으로 추정하는 방법(Herendeen 1973)과 에너지 산업연관표를 직접 작성하여 이를 통해 추정하는 방법(Miller et al. 1985)으로 대별할 수 있다.

□ 최종수요를 활용하여 간접적으로 산정하는 방법

에너지 산업연관표를 직접 작성하지 않고도 에너지유발계수를 산정하는 방법 중 가장 보편화 되어 있는 방법은 Herendeen(1973)에 의해 제안된 방법이다.

Herendeen(1973)은 일반적인 최종수요의 생산유발계수를 활용하여 최종수요 단위당 에너지의 물리적 요구량 곧 에너지유발계수을 도출할 수 있음을 보인 바 있다.

에너지유발계수 추정을 위해 Herendeen(1973)에 의해 제안된 방법은 다음과 같다.

우선 에너지의 물리적 수급 균형식은 다음의 식 (3)과 같이 정의할 수 있다.

$$Z^E i + y^E = x^E \qquad (3)$$

식 (3)에서 Z^E은 에너지 산업연관표의 산업 간 거래(실물단위) 행렬, y^E은 에너지 산업연관표의 최종수요(실물단위) 벡터, x^E은 에너지 산업연관표의 산출(실물단위) 벡터, $i \equiv (1\,1\,1 \ldots 1)'$를 의미한다.

보다 자세하게는 1차 에너지 부문(첨자 c), 최종 에너지 부문(첨자 p), 에너지 외 부문(첨자 m)을 나누어 식 (3)의 각 행렬 및 벡터를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Z^E = \begin{pmatrix} Z^{E_{cc}} & Z^{E_{cp}} & Z^{E_{cm}} \\ Z^{E_{pc}} & Z^{E_{pp}} & Z^{E_{pm}} \end{pmatrix}$$

구량 즉, 최종수요 1단위 공급에 필요한 에너지의 물리적 요구량은 '에너지유발계수'라 할 수 있다.

$$y^E = (y^{E_c}\ y^{E_p})'$$
$$x^E = (x^{E_c}\ x^{E_p})'$$

그리고 산출액 단위당 에너지의 물리적 투입계수 곧 '에너지 투입량계수(D)'와 단당 최종수요액의 에너지 구입량(S)은 식 (4), 식 (5)와 같이 산정할 수 있다.

이때 단위당 최종 수요액의 에너지 구입량은 최종 수요로 사용된 에너지에 대한 가격의 역수로서 '에너지 최종 소비량계수'로 볼 수 있으며, 이것이 Herendeen(1973)이 제안한 에너지유발계수 산정 방법에서 핵심적인 역할을 해준다고 할 수 있다.

$$D = Z^E(\hat{x})^{-1} \tag{4}$$
$$S = \breve{y^E}(\hat{y})^{-1} \tag{5}$$

단, $\breve{y^E} = \begin{pmatrix} y^{E_c} & 0 & 0 \\ 0 & y^{E_p} & 0 \end{pmatrix}$

식 (4)와 식 (5)를 통해 Z^E와 y^E가 도출되게 되며, 이를 식 (3)에 대입하여 정리하면 다음과 같은 식 (6)이 도출된다.

$$Dx + Sy = x^E \tag{6}$$

식 (2)의 x를 식 (6)에 대입하여 정리하면 최종수요의 에너지 (생산)유발량이 다음과 같이 도출되게 된다.

$$x^E = D(I-A)^{-1} + Sy \tag{7}$$

결국 식 (7)을 통해 에너지유발계수 벡터(Γ)를 다음과 같이 유도할 있게 된다.

$$\Gamma = D(I-A)^{-1} + S \tag{8}$$

식 (8)의 에너지유발계수 벡터(Γ)의 하나의 원소(element) γ_{ij}은 화폐단위로 표시된 j상품 한 단위를 최종수요로 공급하기 위해 필요로 하는(즉, 생산되어야 하는) i에너지 부문의 물리적 요구량을 의미한다. 만일 j부문이 에너지 부문이라면 그 단위는 역시 실물이 된다.

한편, 최종수요의 에너지유발계수는 어떤 방식으로 도출하든 관계없이 에너지전환 조건을 만족해야 한다. 전환조건이란 j부문의 최종수요 1단위

를 충족시키기 위해 요구되는 최종에너지 요구량이 이러한 최종에너지를 생산하는데 투입되는 1차 에너지의 요구량보다 커서는 안 된다는 것으로서 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\gamma_{1\text{차에너지}\cdot j} \geq \gamma_{\text{최종에너지}\cdot j} \quad (\text{for } \forall j)$$

가령 석유제품은 원유의 정제로부터 공급되는 제품이기 때문에 어떤 상품 1단위의 최종수요 공급에 필요한 원유량은 그 석유 제품량보다 크거나 같아야 한다. 그러나 앞서 제시한 Herendeen(1973)의 방법으로 추정된 에너지유발계수(Γ)는 이와 같은 에너지전환 조건을 만족하지 못하는 단점을 지니고 있다.

에너지 총 공급량은 변화가 없으면서 산업별 공급가격이 변화하여 에너지 배분구조가 변화할 경우 에너지전환 조건을 만족하지 않을 수 있기 때문이다(심상렬(2005) 참조).

때문에 이러한 에너지전환 조건을 만족할 수 있는 에너지유발계수 추정법이 필요하게 되는데, 만일 실물단위와 화폐단위를 혼합한 에너지 산업연관표를 직접 작성하여 이를 추정할 경우에는 이러한 문제들을 비껴갈 수 있게 된다(Miller et al. 1985).

□ 에너지 산업연관표를 활용하여 적접적으로 산정하는 방법

Miller et al.(1985)은 에너지유발계수를 에너지연관표의 항등식으로부터 도출하였는데, 그 과정은 다음과 같다.

우선 에너지연관표의 항등식은 식 (9)와 같다.

$$A^{*}x^{*} + y^{*} = x^{*} \tag{9}$$

단, A*는 에너지연관표의 투입계수(실물-화폐 혼합단위) 행렬로서 에너지연관표의 산업간 거래(실물-화폐 혼합단위) 행렬을 Z* 라고 한다면 Z* $(\widehat{x^{*}})^{-1}$라 할 수 있다. 한편 x*는 에너지연관표의 산출(실물-화폐 혼합단위) 벡터, y*는 에너지연관표의 최종수요(실물-화폐 혼합단위) 벡터를 의미한다.

앞서 제시한 식 (1)과 식 (2)에서와 같이 일반적 행렬 연산에 따라 식 (10)과 같이 최종수요에 대응되는 생산량 벡터를 구할 수 있다.

$$x^* = (I - A^*)^{-1} y^* \qquad (10)$$

그리고 에너지 산업연관표를 활용하여 추정하게 되는 에너지유발계수는 다음과 같다.

$$\Gamma^* = I^E (I - A^*)^{-1} = I^E \Gamma^* \qquad (11)$$

단, 여기서 $I^E = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$

이러한 방식으로 추정된 에너지유발계수 벡터(Γ^*)는 모든 실물단위 최종수요 벡터에 대하여 에너지전환 조건을 만족하게 된다. 에너지유발계수 벡터(Γ^*)가 에너지전환 조건을 만족하기 위해서는 식 (10)이 Hawkins-Simon 조건을 만족해야 한다(심상렬 2005).

우선 산업연관표의 항등식으로부터 도출된 식 (2)에서 $(I - A)$는 개념적으로 Hawkins-Simon 조건을 만족하게 된다(강광하 2000). 마찬가지로 에너지 산업연관표의 항등식으로부터 도출된 식 (10)의 $(I - A^*)$도 개념적으로 Hawkins-Simon 조건을 만족하게 된다.

왜냐하면 투입계수의 단위가 실물단위와 화폐단위로 혼합되어 있다고 하더라도 Hawkins-Simon 조건의 경제적 의미는 변화되지 않기 때문이다. 다시 말하면 Hawkins-Simon 조건은 최종수요 한 단위 생산에 투입되는 직간접 투입량이 1보다 적어야 한다는 의미인데 그것은 실물단위로 표시한 역행렬에서도 여전히 성립하고 있다[15].

이처럼 에너지 산업연관표를 직접 작성하는 방법은 에너지라는 재화가 지닌 특수성 곧 전후방 연쇄과정에서의 에너지 전환조건 충족이라는 제약을 만족할 수 있어 방법론적으로 매우 우월하다고 할 수 있다. 이와 함께 에너지 산업연관표를 작성하여 분석할 경우 다음과 같은 점에서 유용할 수 있다.

에너지 산업연관표로부터 도출되는 역행렬(Γ^*)에서 1차 에너지는 다른 최종에너지로의 투입량을 포함하면서 에너지전환 조건과 부합하기 때문에 주어진 특정한 최종수요에 대하여 1차 에너지의 공급계획에 활용될 수 있

15 보다 구체적인 증명 과정은 심상렬(2005)을 참조.

는 장점을 지니고 있다.

그러나 에너지 산업연관표를 활용하는 방법에는 또한 다음과 같은 단점 내지 한계점도 지니고 있다.

에너지 산업연관표는 에너지전환 조건을 확보하기 위해 에너지 부문에 대해 산업연관표의 금액표시 구조를 포기한 것으로 볼 수 있다. 이로 인해 에너지 산업연관표는 통상의 연관표에서 세로(열)방향의 의미를 상실하고 있다. 즉, 연관표의 투입계수는 투입구조를 보여주고 있는데 에너지 산업연관표는 실물단위를 사용하므로 투입구조를 살펴보기 어려운 단점을 지니고 있으며, 이는 연관표를 통해 가격체계의 분석 등 산업연관표를 이용하고 있는 기존의 여러 가지 분석구조에 제약을 가하는 요인이라 할 수 있다.

따라서 기존 산업연관표의 투입구조 체계를 유지하면서 에너지전환조건을 동시에 만족시키는 에너지 및 경제의 연관 구조가 반영된 에너지 산업연관표를 작성하는 것이 바람직하다. 결국 에너지 산업연관표는 에너지 단위가 실물이라는 것을 제외하고는 기본적인 구조가 산업연관표와 동일하기 때문에 기존 산업연관분석 모형이 제공하는 여러 가지 유용한 분석틀을 함께 제공할 수 있다.

예를 들어 각 부문 생산에 필요한 직접 에너지투입량은 물론 생산물이 생산되어 최종수요자에게 전달되는 과정에서 요구되는 간접 에너지필요량을 계산함으로써 산업별 에너지 효율을 비교하거나 직·간접적 에너지의존도를 분석할 수 있고, 최종수요를 생산하는 데 필요한 에너지양을 측정하거나 경제성장에 필요한 에너지 수요량을 추정하는 데에도 활용될 수 있다.

에너지 산업연관표의 작성 방법

앞서 언급한 바와 같이 에너지 산업연관분석은 주로 Miller et al.(1985)에 의해 제시된 바와 같이 직접 에너지 산업연관표를 작성하여 이를 바탕으로 하는 것이 대세이다. 국내에서도 이러한 에너지 산업연관표 작성이 연구목적 등에 따라 다양한 형태로 이루어지고 있다.

본 연구에서는 기존연구를 참조하여 다음과 같은 방식으로 농업 중심의 에너지 산업연관표를 작성하였다.

□ 산업연관표 선정작업

에너지 산업연관표는 화폐단위 및 실물단위가 혼합된 형태의 산업연관표이다. 때문에 이로 인해 에너지 산업연관표 작성을 위해서는 연구의 목적이나 범위 등을 고려하여 적절한 산업연관표를 선정하는 절차가 선행되어야 하며 모든 재화의 단위를 금액으로 나타낸 일반적인 산업연관표 중 에너지 투입부분을 실물단위(석유환산톤(TOE))로 변환해 주는 방법으로 작성해야 한다.

일반적인 산업연관표는 각 거래를 평가하는 가격 기준에 따라 당해연도의 가격으로 작성한 경상가격 산업연관표와 특정 연도(기준연도)의 가격으로 평가한 불변가격 산업연관표로 구분할 수 있다.

경상가격 산업연관표는 당해연도의 경제현황을 파악하기에는 바람직하지만, 기술구조에 실물변동요인과 가격변동요인이 혼재되어 있어 순수한 실물변동에 다른 기술구조 변화를 분석하기에는 제약이 따른다. 따라서 기술변화에 대한 시계열 비교를 위해서는 경상가격 산업연관표보다는 불변가격 산업연관표가 더 유용하다.

본 연구에서는 2005년 가격기준으로 평가한 1995-2000-2005년 불변산업연관표를 기초로 하여 에너지 산업연관표를 작성하고자 한다. 또한, 비록 실측표는 아니지만, 가장 최근의 경제현실을 반영하여 비교하기 위해 2007년 연장표도 함께 사용하되 2005년 가격기준으로 평가한 1995-2000-2005년 불변산업연관표에 맞춘 조정작업을 거친 후 작성에 활용하도록 하였다.

□ 산업연관표 부문조정

다음으로 에너지 산업연관표를 작성하기 위해서는 부문분류를 정의하는 것이 요구된다. 한국은행에서 공표하는 불변가격 산업연관표는 품목분류를 350개로 분류하고 있다. 이에 비해, 여타 에너지관련 통계는 산업별로 통

합되어 작성되고 있어 가용자료의 세분화 정도를 감안하여 부문을 통합 재조정하는 것이 불가피하다. 이 때 주의할 것은 가능한 한 에너지부문을 세분화할수록 에너지 종류별 분석 및 관련연구의 확장에 더 유용할 수 있다.

산업연관표의 기본부문은 에너지를 상당히 세분화하고 있어서 에너지부문을 분류하는데 큰 어려움은 없지만 원유 및 천연 가스는 대부분을 수입에 의존하고 있고 용도(배분)도 유사하여 한 부문으로 통합하여 처리하고 있다.

원유와 천연가스는 1차 에너지[16]로서 비중이 크고, 특히 에너지 관련 연구에서 매우 중요하게 다루어지는 부문이기 때문에 각각 분리할 필요가 있다. 원유와 천연가스의 분할은 연도별 경상가격 산업연관표의 거래비율을 이용하여 분리하고 비중이 미미한 석탄과 기타 석탄제품을 통합하며, 윤활유제품과 기타 석유정제품을 하나의 부문으로 통합해 에너지부문을 총 18개 부문으로 구분하였다.

분할된 에너지 부문은 무연탄, 유연탄, 원유, 천연가스, 석탄제품, 나프타, 휘발유 및 제트유, 등유, 경유, 중유, 액화석유가스, 윤활유 및 기타석유제품, 수력, 화력, 원자력, 기타발전, 도시가스, 증기 및 온수 공급업이다.

나머지 에너지부문 외 부문은 본 연구의 주 관심 대상인 농업을 중심으로 재배치하는 작업을 실시하였다. 우선 농업부문은 산업연관표의 기본분류를 기준으로 농업(보다 정확하게는 농림수산업에 해당하는 부문)에 해당되는 28개 부문으로 세분화하였다.

이와 함께 농업 생산과는 밀접한 연관성을 가진 비료 및 농약, 사료 그리고 음식료 제조업부문도 하나의 독립된 부문으로 설정하였다. 이 외의 나머지 부문들은 크게 광업, 제조업, 서비스 부문으로 통합하였다.

---

16 1차 에너지(primary energy)란 석탄(유연탄, 무연탄 등), 원유, 천연가스, 수력, 지열, 태양열 등 자연으로부터 최초 채굴 또는 채집되어 천연자원 상태에서 공급되는 에너지를 의미한다.

참고 문헌

강창순 외. 1992.「현대 산업사회와 에너지」. 서울대학교출판부.

강창용, 박현태, 박문호. 2001.「농업용 전기 및 유류의 이용·관리제도 개선방안」. 한국농촌경제연구원.

김연중, 박현태, 한혜성. 2009.「농업용 신재생에너지 활용방안 연구」. 한국농촌경제연구원.

김연중, 이상민, 김배성. 2009.「농어업용 에너지 절감시설 보급효과 및 정책방안」. 한국농촌경제연구원.

김윤경. 2006. "환경산업연관표 2000을 이용한 산업부문의 이산화탄소(CO_2) 발생 분석."「자원 환경·경제연구」제15권 제3호.

김인길. 1996.「에너지절약시책 평가모델 개발연구」. 에너지경제연구원.

김중구, 박정순. 1999.「에너지절약시책 효과측정을 위한 계량분석 연구: 제조업을 중심으로」. 에너지경제연구원.

김진수, 허은영. 2005. "구조분해분석을 통한 국내 산업별 에너지 소비 변화요인 연구."「자원 환경·경제연구」제14권 제2호.

김창길. 2008.「기후변화에 따른 농업부문 영향분석: 기후변화 농업부문 영향분석과 대응전략」. 한국농촌경제연구원.

김충실, 이현근. 2009. "농업부문 에너지 소비의 CO_2 배출량 분석."「농촌경제」제32권 제1호. 한국농촌경제연구원.

김화영, 김지효. 2008. "주요 분해분석 방법론을 이용한 에너지유 소비변화 분석."「한국지구시스템공학회지」45(2).

박재환. 2009. "구조분해분석을 통한 국내 CO_2 배출 요인 분석." 서울대학교 석사학위 논문.

박준영, 허은영. 2002. "구조분해분석을 이용한 CO_2 배출량 변화요인 분석에 관한 연구."「한국자원공학회지」제39권 제4호. 한국자원공학회.

심상렬. 2001.「국가 에너지절약 목표와 경제부문별 추진계획 수립: 에너지절약 정책조합의 효과적인 경재부문분석을 중심으로」. 에너지경제연구원.

_____. 2005.「에너지 산업연관표 작성」. 에너지경제연구원.

에너지경제연구원. 2009.「에너지통계연보」.

에너지관리공단. 2008.「신재생에너지 보급통계」.

오상면. 2007.「주요선진국 에너지·자원 행정조직 비교연구」. 에너지경제연구원.

이인규, 박미숙. 2009. “에너지 산업연관표를 이용한 에너지 수요구조 및 효율성 분석.”「계간국민계정」 통권 제 39호.

정기호 외. 2009. “시, 군 경제-에너지-환경 산업연관모형: 포항시 사례.”「국토연구」 제60권. 국토연구원.

지식경제부. 각 연도.「에너지총조사보고서」.

최충규. 1993. “산업부문별 CO_2 배출량에 대한 비교정태분석.”「월간산업동향」 제11권 제6호.

최한주, 이기훈. 2002. “산업연관분석을 이용한 우리나라 산업의 CO_2 배출변화 요인 분석.”. 2002 경제학 공동 학술대회 발표 논문.

_____. 2006. “환경 혼합 산업연관모형을 이용한 산업별 이산화탄소 배출량 추정과 변화요인 분석.”「자원·환경경제연구」 제15권 제1호.

한국행정연구원. 2008.「한국행정60년 1948-2008: 3. 공공정책」. 법문사.

Herendeen, R.A. 1973. “An Energy Input-Output Matrix for the United Sates.” 1963; User’s Guide.

Koeppen, Dietrich W. 2009. “Desaggregation in Interegional Input-Output Models - An Estimation Approach for Distortion.” 17th International Input-Output Conference, International Input-Output Association.

Wolsky, Alan M. 1984. “Disaggregating Input-Output Models.” *The Review of Economics and Statistics*. vol. 66. No.2.

Miller, R. and P. Blair. 1985. *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. New Jersey, Prentice-Hal.

연구보고 R614-1
농업부문 에너지 수급 구조와 전망

등 록 제6-0007호(1979. 5. 25)
인 쇄 2010. 11.
발 행 2010. 11.
발행인 오세익
발행처 한국농촌경제연구원
130-710 서울특별시 동대문구 회기동 4-102
전화 02-3299-4000 http://www.krei.re.kr
인쇄처 (주)문원사
전화 02-739-3911~5 E-mail: munwonsa@chol.com

ISBN 978-89-6013-183-5 93520
• 이 책에 실린 내용은 출처를 명시하면 자유롭게 인용할 수 있습니다. 무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다.