

목재 펠릿 연료전환 사업의 온실가스 감축 효과 및 경제성 분석*¹

이진철*^{2,3} · 강규영*^{2,4†}

Analyses of GHG Reduction Effectiveness and Economic Feasibility in the Wood Pellet Fuel Switching Project*¹

Jin-Chul Lee*²³ · Kyu-Young Kang*^{24†}

요 약

목질계 바이오매스는 폐기물 다음으로 가장 경제적이고 온실가스 감축 잠재력이 높은 것으로 알려진 신재생에너지원으로서 이를 이용해 개발된 바이오에너지 중에서 수송과 이용이 편리하고 발열량이 높은 목재 펠릿은 아직 가격이 다소 높지만 유럽과 일본에서는 이미 높은 보급률의 신재생에너지로 활용되고 있다. 기존 화석연료의 목재 펠릿 등 목질 바이오매스로의 연료전환을 통하여 온실가스 감축사업으로 활용하는 경우는 일본의 JCDM에서 활성화되어 있으나, 우리나라는 아직 그 기준 및 방법론 등이 정립되어 있지 않아 현재 LNG로 전환되는 사업이 활성화 되어있고 목질바이오매스 전환 사업은 등록되지 못하고 있는 실정이다. 본 연구를 통해 JCDM에 등록된 목질 바이오매스 연료전환 사업을 분석하고, 2012년 KVER에 등록된 중소기업의 LNG 연료전환 사업을 기본 데이터로 하여 시나리오로 가정한 목재 펠릿으로의 연료전환 사업과 JCDM 사업, KVER의 LNG 연료전환 사업과의 비교 분석을 통하여 펠릿 연료 전환시 투자비 대비 연간 온실가스 감축효과, 연료 단가 차이로 인한 수익과 온실가스 감축 이득 등의 수익을 비교 분석함과 동시에 온실가스 감축효과와 경제성을 분석하였다.

*¹ 접수 2013년 7월 23일

*² 동국대학교 대학원 신재생에너지공학과, Department of New & Renewable Energy, Graduate School, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

*³ 에너지관리공단 신재생에너지센터, New & Renewable Energy Center, Korea Energy Management Corporation, Yongin 448-994, Korea

*⁴ 동국대학교 바이오시스템대학 바이오환경과학과, Department of Biological and Environmental Science, College of Life Science and Biotechnology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

† 교신저자(corresponding author) : 강규영(e-mail: kykang@dongguk.edu)

ABSTRACT

This study was performed to analyze GHG (Greenhouse gas) reduction effectiveness and economic feasibility in the wood pellet fuel switching project using JCDM (Japan Clean Development Mechanism) and KVER (Korea Voluntary Emission Reduction) data. The major data for the analyses consist of investment costs, annual GHG reductions, fuel prices and GHG credit prices. The wood pellet fuel switching projects are the CO₂-zero projects. Therefore, these projects are essential to accomplish the GHG mitigation target, especially in Korea. In order to raise the economic feasibility of the wood pellet fuel switching project, the results of this study suggest that the Korean government should reduce the price of wood pellet through the supply on a large scale and raise the KCER price of wood pellet fuel switching project.

Keywords: KVER, JCDM, wood pellet, fuel switching, GHG reduction effectiveness, economic feasibility

1. 서 론

세계 각 국가들은 온실가스로 인한 지구의 환경 재앙을 방지하기 위하여 1992년 리우에서 기후변화 협약을 채택하여 1994년 3월부터 동 협약을 발효하도록 하였으며, 2005년 선진국들의 의무 감축을 강제 조로 규정하는 교토의정서가 발효되면서 해당 국가들은 2008년에서 2012년까지 5년 동안 1990년 대비 평균 5.2%의 의무감축 목표를 수립하였다. 이러한 온실가스 감축 목표를 더욱 용이하게 달성하기 위한 수단으로 공동이행제도(JI, Joint Implementation), 청정개발체제(CDM, Clean Development Mechanism), 배출권거래제도(ET, Emission Trading)의 교토 메커니즘을 채택하였다(UNFCCC, 2005). 이러한 교토 메커니즘 중 CDM 사업을 벤치마킹한 자발적 온실가스 감축제도가 세계 각 국에서 많이 태생되었는데 아시아권에서는 한국의 온실가스 감축제도인 KVER (Korea Voluntary Emission Reduction)이 2005년에, 일본의 감축제도인 JCDM (Japan CDM)이 2008년에 각각 시작되어 지금까지 실시되어 오고 있다.

신재생에너지 중 폐기물 다음으로 현재 가장 경제적이고 온실가스 감축 잠재력이 많은 것으로 알려진 에너지원이 목질계 바이오매스라고 할 수 있는데, 그중에서 고품연료로서 수송과 이용이 편리하고 발

열량이 높은 목재 펠릿은 가격이 다소 높지만 유럽과 일본에서 이미 보급률이 높은 신재생에너지원으로 활용되고 있다(에너지관리공단, 2012). 펠릿 등 목질 바이오매스로 전환하는 사업은 일본의 JCDM 사업으로 중소기업에서 주로 활성화되어 있는데, 이는 기존의 중유나 등유 보일러를 사용하던 중소기업이 펠릿으로 연료를 전환하여 연료비 차액으로 인한 수익을 얻을 수 있고, 또한 목재는 탄소 중립으로 온실가스 배출량이 없어 연료 전환에 의한 온실가스 감축량이 많아지므로 이에 대한 감축 이득도 얻을 수 있기 때문이다(일본 경제산업성, 2008). 한편, 우리나라의 KVER 사업에서는 아직 펠릿 연료 전환에 대한 온실가스 감축사업으로 추진하기 위한 기준 등이 정립되어 있지 않아 감축사업으로 실행되기 어려운 실정이나 향후 순수 국내산 목재 성분에 대한 공적인 인정 체계만 마련되고 기준 및 방법론을 정립한다면 바로 시행될 수 있을 것으로 전망된다. 목표 관리제도의 본격 의무이행시기인 2012년부터 KVER은 비목표 관리업체인 중소기업 위주의 사업을 등록하고 있는데 B-C유에서 LNG로 연료 전환한 사업이 대부분이다. 이는 LNG가 B-C유보다 저가가 되면서 연료비 차액으로 인한 투자비 회수기간이 거의 1년 이내가 되는 매우 경제적인 사업이고, 또한 저탄소 연료 전환에 따른 온실가스 감축 이득도 동

Table 1. Price criteria classified by fuel

Criteria	B-C oil	LNG	Kerosene	Pellet	Wood chip
Unit price ¹⁾	1,139 Won/L	786 Won/Nm ³	1,525 Won/L	400 Won/kg	160 Won/kg
Calorific value ²⁾	39.2 MJ/L	39.4 MJ/Nm ³	34.3 MJ/L	19 MJ/kg	11.3 MJ/kg
Unit price per calorific value ³⁾	29 Won/MJ	20 Won/MJ	44 Won/MJ	21 Won/MJ	14 Won/MJ

1) B-C, kerosene, LNG: Domestic oil & city gas mean price / pellet, wood chip: mean price of domestic maker (Fuel unit price criteria in March 2012)

2) B-C, kerosene, LNG: low calorific value of energy calorific conversion standard table (energy fundamental law) / pellet, wood chip: KFRI, JCDM data

3) Unit price per calorific value = fuel unit price / calorific value

시에 얻을 수 있으므로 많이 활성화되고 있는 것이다(지식경제부, 2011).

본 연구에서는 JCDM에 등록된 목질 바이오매스 연료 전환 사업을 분석하고, 2012년 KVER에 등록된 중소기업의 LNG 연료 전환 사업을 기본 데이터로 하여 B-C유에서 펠릿으로의 연료 전환 사업 시나리오를 가정하여 LNG와 펠릿 연료 전환 시 투자비 대비 온실가스 감축량, 연료 단가 차이와 온실가스 감축 이득 등의 수익으로 인한 회수기간을 비교하여 온실가스 감축 효과와 경제성을 분석하고자 하였다.

2. 분석 대상 사업 및 개요

본 연구와 유사한 선행 연구로는 기존의 유연탄 발전에서 펠릿을 혼소할 때의 연소의 특성과 일반적인 경제성 분석에 대한 연구(정남영, 2011)와 유연탄 발전 시 목재 펠릿 혼소를 할 경우의 REC 수익과 온실가스 편익을 포함한 경제성 분석 연구(이기석, 2011)가 있다. 두 가지 연구 모두 경제성 분석 방법은 본 연구와 비슷하나 유연탄 열병합 발전에서의 펠릿 혼소 시 경제성을 분석한 것이며, 본 연구에서는 JCDM에 실제 등록된 목질 바이오매스 연료 전환 사업 또는 KVER 목재 펠릿 전환(시나리오) 사업을 대상으로 하여 중소기업의 온실가스 감축사업을 분석하였다. 펠릿과 관련된 온실가스 감축 및 경제성 분석을 한 외국의 선행 연구로는 목재 바이오매스 및 바이오에너지 사용에 대한 일반적인 온실가스 감축 효과와 경제성을 분석한 연구들(Chau *et al.*,

2009; Sjølie *et al.*, 2010)이 있으며, 이들과 차별화하여 본 연구에서는 실제 사업을 근간으로 구체적인 자료를 분석하였다.

본 연구의 분석 시 투자비 및 온실가스 감축량은 각 제도의 사업계획서를 참조하였고 연료단가 차이로 인한 수익 산출시 사용한 연료가격은 Table 1과 같으며, 온실가스 감축이익 산출 시 이용한 JCDM 감축 수익은 2012년 보조금 가격인 18,000원/tCO₂를, KVER 가격은 2012년 정부 구매가격인 12,000원/tCO₂를 적용하였다(지식경제부, 2012). 분석 결과로 산출된 온실가스 감축 효과는 연간 온실가스 감축량을 투자비로 나눈 수치로서 동일 투자비 대비 연간 기준의 온실가스 감축량을 나타낸 값으로 그 사업 또는 부문의 비용효과적인 온실가스 감축 효과를 나타내는 지표라고 할 수 있다. 그리고 투자비 회수기간은 투자비를 연료 단가차이 또는 연간 총수익으로 나눈 값으로 경제성이 이미 확보된 사업에서 각 사업의 경제성을 비교할 수 있는 지표로 활용할 수 있다. KVER 등록 시나리오로 가정한 펠릿 연료 전환 사업에 대한 경제성과 온실가스 감축 잠재력을 분석한 결과는 향후 펠릿 연료전환 사업의 활성화를 위한 정부 지원 정책의 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

2.1. 일본 온실가스 감축사업(JCDM)

일본은 자국 내에서 온실가스 감축사업의 활성화를 위하여 JCDM 사업을 추진하고 있다. 동 사업은 교토의정서 목표달성 계획에 포함되어 있는 대기업

에 의한 기술·자금 등의 제공을 통해 중소기업이 행하는 온실가스 배출 감축량을 인정하여 일본의 자주 행동계획이나 배출량 거래제도의 목표달성을 위해 활용할 수 있는 제도로서 2008년 10월부터 실시되어 오고 있다. CDM사업과 유사하게 대규모 온실가스 배출원인 대기업 및 전력회사 등이 자금과 기술을 지원하는 투자자이면서 크레딧 구매자로 참여하고 감축사업 수행자는 지자체, 중소기업 및 소규모 개인 감축사업을 수행하는 자 등 누구나 참여할 수 있다. 본 JCDM을 통해 인증된 감축량은 대기업의 온실가스 감축목표 실적으로 활용되거나 일본의 배출권 거래제 시장에서 활용할 수 있다. 즉, 대기업 및 온실가스 다 배출원에 대하여 배출권 할당과 구매를 하도록 하고 있으며, 중·소규모 사업장에 대하여는 JCDM 사업에 참여할 수 있도록 프로젝트 발굴부터 발생까지 전 방위적 지원을 하고 있다. 지원내용으로는 참여 사업장에 컨설팅 비용과 설비투자 보조금 지급 등의 방법을 활용하고 있다. JCDM을 통해 발생한 크레딧 가격은 배출 감축사업자와 배출 감축사업 공동 실시자 간의 상대 거래이고, 배출 감축사업자의 업종, 사업내용, CO₂ 배출 감축량 규모 등에 따라 결정되기 때문에 정해진 가격은 없지만, 지역별로 거래되고 있다.

이와 별도로 일본 정부에서는 연간 평균 배출 감축량이 50톤 이상인 사업에 대해서는 정부에서 보조금으로서 톤당 1,500엔(2012년 환율인 12원/엔 기준으로 한화 약 18,000원에 해당)으로 구매하고 있다. JCDM의 온실가스 감축 이득은 이 수치를 기준으로 적용하였다(일본 경제산업성, 2008). JCDM의 배출 감축량 인증 절차는 CDM, KVER과 유사하게 방법론 등록·승인, 사업계획 등록 및 실적보고서 인증 등으로 이루어진다. 인증위원회는 배출 감축사업자가 실시하는 배출 감축량 산정이나 모니터링 방법 등을 정한 배출 감축 방법론을 사전에 승인하여 공개하고 있고, 사업신청자는 이러한 방법론을 인용하여 배출 감축 사업계획과 심사원이 평가한 심사보고서를 첨부하여 위원회에 제출 후 승인을 받도록 되어 있다. 그리고 감축 실적이 발생한 시점에 배출 감축 실적보고서를 작성하여 이에 대한 검증을 받아 위원회에 제출하여 국내 크레딧을 기재한 서면 교

부를 받게 된다. JCDM 방법론은 총 48개 방법론(세부 방법론 포함 67개 방법론)이 개발되어 적용되고 있다(2012년 기준). 그중에서 KVER 방법론 '설비의 성능 개선사업에 대한 방법론'에 해당하는 고효율 설비 신설 및 갱신에 대한 방법론을 각각의 설비마다 승인하여 적용하고 있으며, 이 중에는 KVER에는 아직 방법론이 승인되지 않은 '바이오매스로의 연료 전환'도 포함된다. 2012년 홈페이지(<http://\jcdm.jp>)에 등록된 인증사업 676개를 살펴보면 감축량이 등록사업 기준 100톤 이하는 사업이 192개로 전체 사업의 약 29%를 차지하고 있고, 100톤 이상의 사업도 세부적으로는 여러 개의 소규모 사업을 번들링 한 사업이 많다. JCDM 사업은 KVER 사업과 달리 감축량에 제한이 없어 10톤 이내의 사업도 등록하고 있으며, 투자비 회수기간이 3년 이상인 사업에 대하여 등록할 수 있도록 되어 있다. 등록된 사업들을 비교하면 기술적으로는 보일러 교체, 폐열 회수, 연료 전환 등의 유사한 사업들이 수행되고 있으며 신재생에너지 사업으로는 소규모의 태양광 사업과 펠릿 보일러 신설 및 교체 사업이 있는데 펠릿 활용 연료전환 사업이 대다수 등록되어 있는 게 특징이라고 할 수 있다. JCDM에 등록된 목질 바이오매스 연료전환 사업은 2012년까지 번들링을 제외하고 펠릿, 목재 칩, 버크, 톱밥 등을 포함하여 50여 개가 등록되어 있다. 이 중 분석 가능한 것으로 펠릿 및 목재 칩의 두 가지 연료전환 사업 35개를 선정하였는데 이 전 연료가 등유인 것이 13개, B-C유인 것이 22개 사업으로 구성되어 있다.

2.2. 국내 온실가스 감축사업(KVER)

KVER 사업은 교토 메커니즘의 일환으로 국제적으로 시행하고 있는 CDM과 세계자원연구소(WRI)의 온실가스(GHG) 프로토콜 및 ISO 14061~5 등을 벤치마킹하여 국내 여건에 맞게 보완한 것으로 2005년부터 운영되고 있는 국내 유일의 프로젝트형 감축사업이다(에너지관리공단, 2012). 동 사업은 온실가스 크레딧인 KCER (Korea Certified Emission Reduction)을 발행하는데, 현재 이 크레딧은 국내 탄소시장이 없는 관계로 시장거래를 하지

는 못하고 보조금 성격으로 정부에서 구매를 하여 기업의 자발적인 온실가스 감축을 유도하고 있다. KCER은 거래 기반의 경제적 가치를 지니게 되고 향후 국가 감축 실적으로 인정받을 수 있어야 하므로 국제적인 기준과 절차를 요구하고 있는데, 가장 기본적으로 측정·보고·검증(MRV: Monitoring, Reporting, Verification)이 가능한 시스템으로 운영되고 있다. KVER에 등록 가능한 감축사업은 온실가스 배출 감축 예상량이 연간 100tCO₂ 이상이어야 하며 실제 감축이 발생하는 시점이 사업 등록 신청일 기준으로 1년 이내인 사업이어야 한다(지식경제부, 2011). 이는 사업 시행일이 등록 이후에 일어나고 등록량에 제한이 없는 CDM 사업과 비교되는 부분이다. 또한 CDM과 달리 사업수행에 필요한 행정 비용이 저렴하고 시간이 적게 든다는 특징이 있으며, 가장 큰 차이가 대규모 CDM 사업이 경제적 추가성을 보는 것과 다르게 KVER 사업은 그렇지 않다는 것이다. KVER 사업은 에너지이용합리화법에 근거를 둔 “온실가스 배출 감축사업 등록 및 관리에 관한 규정”과 “온실가스 감축실적 검증전문기관 지정 및 관리에 관한 규정”을 통해 운영되고 있다. 정부는 동 규정들을 관리하고 KVER 사업의 등록 및 인증을 최종 승인하는 역할을 하고, 검증전문기관은 사업신청자가 작성한 사업계획서의 타당성 평가 및 모니터링 보고서의 검증을 수행한다. 규정에는 MRV 운영에 필요한 사항, 방법론 등록·승인, 등록·인증 시스템 관리 운영, 검증기관 지정 및 관리 운영 등을 규정하고 있다. 프로젝트를 KVER에 등록하고자 하는 사업자는 사업계획 단계에서 사업계획서를 작성하고 이에 대한 타당성 평가를 검증기관에서 한 후 사업 운영 주체로부터 등록 승인을 받아야 한다. 이후 사업추진 단계에서 사업결과 발생한 감축실적에 대한 모니터링 보고서를 작성하고 이에 대한 검증기관의 검증 후 운영주체로부터 인증을 받아야 비로소 KCER이 발생되게 된다. 2012년까지 KVER에 등록된 사업은 총 398건으로 온실가스 감축 등록량은 연간 5,668천 tCO₂, 인증승인 건수 889건, 총 인증량은 14,518천 tCO₂이다(에너지관리공단, 2012). KVER 사업은 2005년 규정이 수립된 이후 사업계획서 작성 기간을 거쳐 2006년도부터 본격적으로 등록되기 시

작하여 2008년까지 증가하였으나 2009년에 약간 감소하다가 2010년 저탄소녹색성장기본법에 의해 대부분의 대기업이 온실가스·에너지 목표관리제에 편입됨에 따라 KVER 사업의 대상이 대기업에서 중소기업으로 전환됨으로써 등록업체수 뿐만 아니라 등록량도 급격히 감소하게 되었다. 다만, 2012년에는 중소기업의 연료전환 사업으로 인해 등록건수만 증가하였고 등록량은 2011년에 비해 대폭 감소하였다. 이에 반해 인증량은 2010년에도 계속 증가하였고 2011년 다소 증가하다가 2012년 처음으로 감소하는 추세를 보이는데, 이는 등록된 프로젝트가 5년의 유효기간 동안 인증 실적을 지속적으로 가져가므로 2006년부터 2011년까지는 계속 증가하였으나 2012년도에는 완전히 중소기업으로 전환되어 인증량이 급격히 감소하였기 때문인 것으로 사료된다. KCER에 대한 정부 구매제도가 시작된 2007년부터 2011년까지 대기업을 대상으로 하였을 때에는 국제시세 등에 따라 20%의 변동이 되지만 기준 가격은 톤당 5,000원이었고, 2012년 온실가스에너지목표관리제 본격 시행에 따른 KVER 대상이 중소기업으로 변환됨으로써 투자 여건이 어려운 중소기업의 인센티브 강화를 위해 정부 구매액이 12,000원으로 상향 조정되었다(지식경제부, 2012).

3. 온실가스 감축효과 및 경제성 분석

3.1. JCDM 목질 바이오매스 연료전환 사업

3.1.1. 온실가스 감축효과 분석

JCDM은 목질 바이오매스 연료전환 사업이 활성화되어 있는데, 이는 LNG 등 화석연료의 전환보다 온실가스 감축효과가 커서 정부에서 중소기업 온실가스 감축사업으로 보급을 권장하고 있기 때문이다. 우리나라가 산림청을 통해 가정, 농촌, 그리고 산업체에 주로 펠릿만을 보급시키고 있는데 반해, 일본은 펠릿뿐만 아니라 목재 칩, 톱밥, 버크 등 여러 가지 형태의 목질 바이오매스를 보급하고 있다. 이 중 가장 많이 보급하고 있는 펠릿과 목재 칩을 대상으로 하여 이전 연료를 B-C유와 등유로 구분하여 온실가스 감축효과를 분석하였다.

Table 2. GHG reduction effectiveness in fuel switching from Bunker-C oil to wood biomass

GHG reduction project (Boiler fuel switching)	No. of projects (EA)	Investment cost (Million Won)	Annual GHG reductions (tCO ₂ /y)	Annual GHG reduction effect (tCO ₂ /million Won, y)
B-C oil → Pellet	10	7,579	6,702	0.88
B-C oil → Wood chip	12	10,777	10,604	0.98
Sum	22	18,356	17,306	0.94

Table 3. GHG reduction effectiveness in fuel switching from kerosene to wood biomass

GHG reduction project (Boiler fuel switching)	No. of projects (EA)	Investment cost (Million Won)	Annual GHG reductions (tCO ₂ /y)	Annual GHG reduction effect (tCO ₂ /million Won, y)
Kerosene → Pellet	4	1,319	595	0.45
Kerosene → Wood chip	9	15,532	7,071	0.46
Sum	13	16,851	7,666	0.46

연료전환 이전의 연료로 구분하여 온실가스 감축 효과(tCO₂/백만원,년)를 비교해 보면 B-C유 0.94, 등유 0.46으로 B-C유가 2배 이상인 것으로 나타났는데, 이는 투자비가 동일한 조건에서 연료전환 이전 연료의 온실가스 배출량에 있어서 연료별 탄소 배출계수가 B-C유가 등유보다 크므로 배출계수가 없는 목질 바이오매스로 전환 시 온실가스 감축량이 상대적으로 많아지기 때문인 것으로 사료된다. B-C유에서 목질 바이오매스로 연료 전환한 사업의 경우 온실가스 감축효과가 펠릿 전환 시 0.88, 목재 칩 전환 시 0.98이고, 등유에서 목질 바이오매스로 연료 전환한 사업의 경우에는 펠릿 0.45, 목재 칩 0.46으로 목재 칩이 펠릿보다 약간 높은 것으로 나타났다. 그 이유를 분석해 보면 연료전환 이전 연료가 같은 경우 동일한 규모의 사업에서는 펠릿이나 목재 칩 전환 시 모두 온실가스 감축량이 동일하게 되므로 투자비에 있어서 목재 칩 전환사업이 펠릿 전환사업보다 적어 온실가스 감축효과가 다소 크게 나타난다고 할 수 있다.

3.1.2. 사업 경제성 분석

목질 바이오매스나 LNG의 보일러 연료전환 사업

에 대한 경제성 분석은 대체로 경제성이 높아 IRR은 적용 할인율인 7%보다 높게 나오고, NPV 값은 양의 값으로 상당히 높게 나오기 때문에 경제성 유무를 판단하는 것이 큰 의미가 없으므로 굳이 IRR이나 NPV와 같은 방법을 활용할 필요가 없다. 따라서 각 연료전환 사업에 대한 경제성은 일단 확보 가능하다는 것을 전제로 하고, 다만 투자비 회수기간을 분석하여 연료전환으로 인한 단가 차익을 기본으로 하여 온실가스 감축 이득의 포함 여부에 따른 투자비 회수기간의 차이를 비교하였다. 연료 단가 차익에 의한 회수기간은 이전 연료가 B-C유인 경우 펠릿이 6.92년, 목재 칩이 4.63년으로 펠릿의 경제성이 떨어지는데 이는 투자비가 둘 다 연료전환 사업으로 거의 비슷하나 펠릿이 목재 칩보다 연료 단가가 높아 B-C유와의 단가 차익이 상대적으로 작기 때문이다.

연료전환 이전 연료가 등유인 경우에도 펠릿이 6.50년, 목재 칩이 4.93년으로 B-C유와 비슷한 양상을 띠고 있다. JCDM 사업의 경우 톤당 한화로 약 18,000원의 보조금을 지원하고 있는데, 이를 온실가스 감축량에 곱하여 산출한 온실가스 감축 이득을 연료 단가 차익에 포함하여 총수익을 구하고 이를 기준으로 회수기간을 산출하였다. 그 결과 온실가스

Table 4. Payback period in boiler fuel switching from Bunker-C oil to wood biomass

GHG reduction project (Boiler fuel switching)	No. of projects (EA)	Investment cost (Million Won)	Fuel profit (Million Won/y)	Annual total profit (Million Won/y)	Payback period of fuel profit (y)	Payback period of annual total profit (y)
B-C oil → Pellet	10	7,579	1,096	1,217	6.92	6.23
B-C oil → Wood chip	12	10,777	2,326	2,515	4.63	4.29
Sum	22	18,356	3,422	3,732	5.36	4.92

Table 5. Payback period in boiler fuel switching from kerosene to wood biomass

GHG reduction project (Boiler fuel switching)	No. of projects (EA)	Investment cost (Million Won)	Fuel profit (Million Won/y)	Annual total profit (Million Won/y)	Payback period of fuel profit (y)	Payback period of annual total profit (y)
Kerosene → Pellet	4	1,319	203	214	6.50	6.16
Kerosene → Wood chip	9	15,532	3,148	3,274	4.93	4.74
Sum	13	16,851	3,351	3,488	5.03	4.83

Table 6. GHG reduction effectiveness in fuel switching from Bunker-C oil to LNG

GHG reduction project	No. of projects (EA)	Investment cost (Million Won)	Annual GHG reductions (tCO ₂ /y)	Annual GHG reduction effect (tCO ₂ /mil.won.y)
Boiler change	8	2,496	5,551	2.22
Burner change	22	3,318	22,829	6.88
Sum	30	5,814	28,380	4.88

로 인한 감축 이득은 회수기간을 0.2~0.5년 정도 앞당기는 것으로 나타나 그다지 큰 변수가 되지 못함을 알 수 있다.

이러한 분석 결과를 보면, 목재 칩으로 연료 전환 시 전체적으로 경제성이 높으므로 해당 업체들은 목재 칩 연료전환 사업을 선택할 가능성이 높다. 그러나 수송 및 관리의 편의성과 단위 중량 대비 열량이 높다는 장점으로 인해 펠릿이 효용성이 점점 높아지고 있는 시점에 있어 국가 차원에서 펠릿의 공급을 장려하려고 한다면 대규모 펠릿 공급 체계를 갖추어 펠릿의 가격을 현재 수준보다 떨어뜨려 회수기간을 목재 칩과 비슷한 수준이 되도록 할 필요가 있다.

3.2. KVER LNG 연료전환 사업

3.2.1. 온실가스 감축효과 분석

2012년도에는 온실가스·에너지목표관리제의 본격 시행에 따라 대부분 목표관리 비관리업체인 중소기업이 KVER 등록사업의 주 대상이 되었는데 중소기업들이 가장 선호하는 사업이 LNG 연료전환 사업이었다. 이는 LNG 가격이 B-C유 보다 대폭으로 낮아지면서 도시가스 배관 인프라만 구축되어 있는 지역에서는 투자비가 적고 연료가 저가이면서 사용이 편리한 LNG 연료로의 전환은 충분한 경제성을 지니고 있었고, 게다가 중소기업을 위해 KVER 정부 구매액을 2012년 톤당 약 12,000원으로 2배 이상 상

Table 7. Payback period in fuel switching from Bunker-C oil to LNG

GHG reduction project	No. of projects (EA)	Investment cost (Million Won)	Fuel profit (Million Won/y)	Annual total profit (Million Won/y)	Payback period of fuel profit (y)	Payback period of annual total profit (y)
Boiler change	8	2,496	2,873	2,939	0.87	0.85
Burner change	22	3,318	10,915	10,469	0.33	0.32
Sum	30	5,814	13,068	13,408	0.45	0.43

항 조정하면서 중소기업의 LNG 연료전환 사업은 큰 탄력을 받을 수 있었다.

보일러 연료전환의 경우, 기존의 보일러를 그대로 두고 버너만 교체하는 방식이 있고, 버너를 포함한 보일러 전체를 교체하는 방식이 있는데 전자에 비해 후자가 훨씬 더 많은 투자비가 소요되고 그에 따라 비용 면에서 볼 때 투자비 대비 연간 온실가스 감축 효과는 적어지게 된다. Table 6에 나타난 바와 같이 약간의 변수는 있지만 전체적인 소계에 의해 분석해 보면 보일러 교체의 연간 온실가스 감축 효과(tCO_2 /백만원, 년)가 2.22이고, 버너 교체의 연간 온실가스 감축 효과는 6.88로 큰 차이를 나타내고 있다. 이러한 결과에서 알 수 있듯이 B-C유에서 LNG로 보일러 연료를 교체하는 경우에는 보일러가 노후되지 않았다면 굳이 보일러 전체를 교체할 필요가 없는 것이고 버너만 교체하여 비용 효과적인 온실가스 감축을 꾀할 수 있는 것으로 분석되었다.

3.2.2. 사업 경제성 분석

Table 7의 분석 결과와 같이 연료전환 사업 전체적으로 볼 때 총수익에 의한 투자비 회수기간이 0.43년으로 보일러 교체 시 0.85년, 버너 교체 시 0.32년으로 나타났다. 이는 연료단가 차익에 KCER 이익을 포함한 총수익을 기준으로 하여 투자비 회수기간을 산출한 것으로 두 개의 보일러 교체 사업을 제외하고는 모두 1년 이내에 회수가 가능한 것으로 나타났고, 보일러 교체 시 회수기간이 버너만 교체할 경우보다 2.7배 더 걸리는 것으로 분석되었다. 그리고 동 사업이 KVER 사업에 등록하지 않았다고 가정하여 KCER 수익이 없고 단가 차익만 있을 경우와

현재처럼 KVER에 등록되어 KCER 수익을 받고 있을 경우를 비교 분석한 결과, 총수익 기준 회수기간이 0.43년으로 단가 차익 기준 회수기간인 0.45년보다 0.02년 적게 걸리는 것으로 나타나 KCER에 의한 수익이 그다지 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 이는 LNG 연료전환 사업의 온실가스 감축량으로 인한 수익이 연료전환에 따른 단가 차익에 비해 그리 크지 않은 것으로 분석되었다.

3.3. KVER 목재 펠릿 연료전환(시나리오) 사업

3.3.1. 온실가스 감축효과 분석

2012년 KVER에 등록된 중소기업 LNG 연료전환 사업을 모델로 본 사업이 LNG가 아닌 펠릿으로 교체한 경우로 가정하여 펠릿 보일러 교체 투자비와 온실가스 감축량, 감축량에 대한 KCER 수익, 연료 단가에 의한 차익 등을 계산하여 온실가스 감축효과를 분석하였다. 본 분석에서 펠릿 보일러 투자비는 실제 산업용 보일러를 교체한 사업의 톤당 평균 단가인 150백만원/톤을 적용하였고, 연료별 탄소 배출계수는 IPCC 1996년 자료를 근거로 산출하였다.

투자비 대비 연간 온실가스 감축효과(tCO_2 /백만 원,년)는 LNG 연료전환 사업 중 보일러 교체 2.22, 버너 교체 6.88, 전체 4.88로 산출되는 것에 비해 펠릿 보일러 교체사업이 2.85로 나타나 LNG 연료전환 사업이 전체적으로 볼 때 비용 효과적인 온실가스 감축효과를 내는 것으로 나타났으나, 이는 LNG 버너만 교체한 것까지 포함한 것으로 동일한 조건으로 볼 수 없다. 따라서 동일한 조건인 LNG 보일러 교체

Table 8. GHG reduction effectiveness in fuel switching from Bunker-C oil to wood pellet

GHG reduction project	No. of projects (EA)	Investment cost (Million Won)	Annual GHG reductions (tCO ₂ /y)	Annual GHG reduction effect (tCO ₂ /mil.won.y)
Wood pellet boiler change	30	39,195	111,799	285

Table 9. Payback period in fuel switching from Bunker-C oil to wood pellet

GHG reduction project	No. of projects (EA)	Investment cost (Million Won)	Fuel profit (Million Won/y)	Annual total profit (Million Won/y)	Payback period of fuel profit (y)	Payback period of annual total profit (y)
Wood pellet boiler change	30	39,195	11,616	12,955	3.37	3.03

사업과 펠릿 보일러 교체 사업을 비교한 결과, 펠릿 보일러 교체는 2.85로 LNG 보일러 교체의 2.22보다 0.63 높게 나타났다. 이는 두 연료전환 사업을 동일한 보일러 교체라는 동일 조건으로 투자했을 경우 펠릿 보일러의 투자비가 높지만 펠릿은 탄소 중립으로 온실가스 배출량이 없어 LNG 전환보다는 펠릿 전환사업이 온실가스 감축량이 많아지기 때문에 동일 투자비 대비 온실가스 감축효과는 다소 높게 나타나는 것으로 사료된다.

우리나라와 일본의 제도에 대해 온실가스 감축효과를 비교해 보면 KVER 2.85로 JCDM 0.88에 비해 3배 이상 높게 나타나 KVER 제도가 일본의 JCDM 보다 투자비 대비 온실가스 감축효과가 높게 나올 수 있다는 잠재력을 확인할 수 있었다.

3.3.2. 경제성 분석

펠릿 보일러는 LNG 보일러보다 고가로 투자비가 높고, 동일 열량 기준 연료비용도 펠릿이 LNG 보다 약간 높아 B-C유와의 단가 차이가 다소 적어지게 된다. 그러나, 연료 단가 차이 기준 투자비 회수기간은 3.37년으로 일본 JCDM의 6.92년에 비해 50% 이상 짧은 수준으로 우리나라에서의 펠릿 연료전환 사업의 경제적인 잠재성은 매우 높은 것으로 분석되었으며, LNG 연료전환 시의 0.45년보다 7.5배 정도 길어 국내 LNG 연료전환 사업과의 상대적 경제성은 아직 부족한 것으로 분석되었다(Table 9).

펠릿 보일러 교체사업은 KVER로 등록 시 12,000 원/CO₂톤의 온실가스 감축 수익을 얻을 수 있는데 이러한 수익을 단가 차익에 포함하여 총수익을 산출하고 이 기준으로 투자비 회수기간을 계산해 보니 3.03년으로 나타났다. 본 총수익 기준 회수기간은 단가차익 기준 회수기간 3.37년보다 0.34년 적게 걸리는 것으로 LNG 전환 사업의 0.02년 감소되는 것보다 0.32년 더 길게 나타나는데 이는 펠릿 전환 시의 온실가스 감축량이 LNG 보다 많아 KCER 수익이 높아지기 때문인 것으로 사료된다.

펠릿 연료전환 사업의 경제성을 높여 보급 활성화를 하기 위해서는 펠릿의 공급망을 국내·외에 대규모로 구축하여 펠릿의 공급 단가를 낮춰야 하는 선제 조치가 필요한데 본 조치가 당장 실현하기 어렵다면 차선책으로 KCER에 의한 온실가스 인센티브를 확대하는 것이 필수적인 것으로 분석되었다. 펠릿의 공급 단가를 400원/kg에서 50원/kg씩 낮출 경우 분석된 총수익 회수기간의 민감도를 Table 10에 나타냈는데 펠릿의 단가가 300원/kg일 경우 총수익 회수기간이 1.9년, 150원/kg일 경우 1.2년이 되는 것을 확인할 수 있었다. 총수익 회수기간의 감소율은 펠릿의 공급 단가를 낮출수록 점차적으로 감소되지만 회수기간의 감소율은 펠릿 단가의 감소율과 완전히 비례하지는 않는 것으로 분석되었다.

펠릿 단가는 2013년 들어 산업체 보일러 연료처럼 대량 구매시 300원/kg대까지 내려가는 추세로 정부

Table 10. Profit and payback period of pellet price

Pellet price (Won/kg)	Investment cost (Million Won)	Fuel profit (Million Won/y)	Annual total profit (Million Won/y)	Payback period of fuel profit (y)	Payback period of annual total profit (y)
400	39,195	11,616	12,955	3.4	3.0
350	39,195	15,972	17,313	2.5	2.3
300	39,195	18,875	20,217	2.1	1.9
250	39,195	23,231	24,573	1.7	1.6
200	39,195	26,135	27,477	1.5	1.4
150	39,195	30,491	31,833	1.3	1.2

Table 11. Profit and payback period of KCER price

KCER price (Won/tCO ₂)	Investment cost (Million Won)	Fuel profit (Million Won/y)	Annual total profit (Million Won/y)	Payback period of fuel profit (y)	Payback period of annual total profit (y)
12,000	39,195	11,616	12,955	3.4	3.0
20,000	39,195	11,616	13,852	3.4	2.8
30,000	39,195	11,616	14,970	3.4	2.6
40,000	39,195	11,616	16,088	3.4	2.4
50,000	39,195	11,616	17,206	3.4	2.2
60,000	39,195	11,616	18,324	3.4	2.1
70,000	39,195	11,616	19,442	3.4	2.0

의 보급 정책을 지속적으로 추진한다면 향후 3년 내에 150원/kg대까지 하락될 수 있을 것으로 예측되며, 이 가격은 펠릿의 보급 정책에 의한 대량 공급 및 수송 체계를 마련한다면 충분히 현실 가능할 것으로 사료된다. 이 같은 환경이 조성될 경우, 회수기간이 1.2년으로 LNG 보일러 교체의 0.85년에 근접해져 경제성이 상호 비슷해지므로 펠릿 연료전환 사업의 경쟁력이 향상될 것으로 분석되었다.

한편, 아직까지는 LNG 배관망 인프라가 조성되어 있어 배관 구축비용이 적게 요구되는 지역은 LNG 연료전환 사업을 권장하되 KCER 단가를 현재보다 낮추고, LNG로 전환하고 싶어도 배관망 구축이 어려운 비 도시 및 비 공장지역의 경우에는 펠릿으로의 연료전환을 지원하기 위해 KVER 등록사업에 대

해 KCER 가격을 현재의 수준(12,000원/톤)보다 더 상향 조정하여 경제성 차이에 대한 차등 지원 방안을 검토할 필요가 있다. 또한, 온실가스 감축효과에 있어서 펠릿 보일러 교체가 LNG 보일러 교체 보다 높기 때문에 조만간 온실가스 감축 의무를 부담해야 할 우리나라로서는 비용효과적인 온실가스 감축 수단인 펠릿 보일러 교체에 대한 차등 지원의 명분도 충분할 것으로 사료된다.

현재의 펠릿 가격은 변동하지 않은 상태에서 KCER 가격을 현재의 12,000원에서 상향시켜 30,000원부터 10,000원 단위로 올려 총수익 회수기간이 2년이 되는 70,000원까지의 총수익 회수기간 변화를 Table 11에 나타내었다. 분석 결과, 50,000원까지는 총수익 회수기간이 KCER 가격 10,000원 증가 시 총수익

회수기간이 0.2년씩 감소하다가 60,000원부터는 0.1년으로 그 감소 폭이 줄어드는 것으로 확인되었다. 회수기간을 2년으로 낮추기 위해서는 70,000원이라는 정부 구매액이 필요한데 이는 정부의 예산이 과도하게 지원된다는 단점이 있으므로 펠릿 단가의 하락 추이에 맞추어 적절하고 신중하게 정책을 수립할 필요가 있을 것으로 분석되었다.

4. 결 론

JCDM 사업의 연간 온실가스 감축효과(tCO_2 /백만 원,년)는 전환 이전 연료로 구분할 경우 온실가스 배출계수의 차이에 의해 B-C유 0.94, 등유 0.46으로 B-C유가 등유보다 2배 이상으로 큰 것으로 나타났고, 전환 이후 연료로 구분할 경우 목재 칩이 투자비가 적기 때문에 펠릿보다 다소 크게 산출되었다. 그리고, 사업 경제성에 있어서 목재 칩이 펠릿보다 연료 단가가 낮아 단가 차익이 커지므로 회수기간이 짧아져 경제성이 높게 평가되며, 온실가스 감축에 의한 수익은 회수기간을 0.2~0.5년 정도 앞당기는 것으로 나타나 경제성에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 분석되었다.

KVER의 LNG 연료전환 사업은 온실가스 감축효과(tCO_2 /백만 원,년)가 보일러 전체를 교체하는 사업은 2.22, 버너만 교체하는 사업은 6.88로 투자비가 적은 버너 교체의 감축효과가 큰 것으로 분석되었고, 회수기간은 온실가스 감축량이 그다지 크지 않아 KCER 수익이 큰 영향을 미치지 못했고, 연료 단가 차익에 의한 경우에도 1년 이내로 매우 경제성이 높은 것으로 나타났다.

2012년 KVER에 등록된 중소기업 LNG 연료전환 사업의 기본 데이터를 기준으로 목재 펠릿 보일러 교체 시나리오를 구성하여 분석한 결과, 온실가스 감축효과(tCO_2 /백만 원,년)가 2.85로 JCDM의 0.88에 비해 상당히 높은 수치를 가지고 있었고, KVER LNG 보일러 교체의 2.22보다는 다소 높은 수준을 나타냈다. 펠릿 보일러 교체 시 투자비 회수기간은 3.37년으로 JCDM 6.92년에 비해 높은 경제성을 가지는 것으로 분석되었고, KVER LNG 연료전환의 0.45년보다는 7.5배 정도 길게 나타나 LNG와의 상

대적 경제성이 부족한 것으로 분석되었다. 그리고, 펠릿 보일러 교체사업에 있어서 KCER 수익이 회수기간을 0.34년 앞당기는 것으로 나타나 큰 변수로 작용하지는 않는 것으로 나타났지만, LNG 연료 전환시보다는 온실가스 감축량이 많아 경제성을 높이는 데 다소 영향을 미칠 수 있는 것으로 분석되었다.

목재 펠릿 연료전환 사업은 탄소가 전혀 배출되지 않는 탄소 중립 사업으로 우리나라의 온실가스 의무 감축에 대비하여 보급 활성화가 반드시 필요하며 이를 위해서는 사업의 경제성을 높여주는 것이 필수적이다. 우선적으로 펠릿 공급망을 국내·외적으로 대규모로 구축하여 펠릿 단가를 최대한 낮춰야 하며, 그것이 어렵다면 차선택으로 KCER에 의한 온실가스 감축 인센티브를 확대하는 것이 필요하다.

펠릿 단가는 2013년 들어 산업체 보일러 연료처럼 대량구매 시 300원/kg대까지 내려가는 추세로 정부의 보급 정책을 지속적으로 추진한다면 향후 3년 내에 150원/kg대까지 하락시킬 수 있을 것으로 전망되었다. 이 경우, 회수기간이 1.2년으로 LNG 보일러 교체의 0.85년에 근접해지므로 한층 경쟁력이 높아질 것으로 분석되었다. 펠릿 연료가격이 변동되지 않을 경우에는 KCER의 가격을 상향시켜 경제성을 높일 수 있는데 회수기간을 2년으로 낮추기 위해서는 현재의 정부 구매액을 12,000원에서 70,000원으로 높여야 하며, 이는 정부의 예산이 과도하게 투입된다는 단점이 있으므로 펠릿 단가의 하락 추이에 맞춰 적절하고도 신중하게 정책을 수립할 필요가 있다.

참 고 문 헌

1. Chau, J., T. Sowlati, S. Sokhansanj, F. Preto, S. Melin, and X. Bi. 2009. Economic sensitivity of wood biomass utilization for greenhouse heating application. *Applied Energy* 86(5): 616~621.
2. Sjølie, H. K., E. Trømborg, B. Solberg, and T. F. Bolkesjø. 2010. Effects and costs of policies to increase bioenergy use and reduce GHG emissions from heating in Norway. *Forest Policy and Economics* 12(1): 57~66.
3. UNFCCC. 2005. 교토의정서 제6조, 12조, 17조.
4. 에너지관리공단. 2012. 온실가스배출감축사업 안내.

목재 펠릿 연료전환 사업의 온실가스 감축 효과 및 경제성 분석

5. 에너지관리공단. 2012. 온실가스배출감축사업 등록·인증 통계.
6. 에너지관리공단. 2012. 2012 신재생에너지백서.
7. 이기석. 2011. 유연탄 화력 발전소에서의 목재펠릿 혼소 타당성 연구. 석사학위논문.
8. 일본 경제산업성. 2008. 국내 온실가스감축사업 운영 규정.
9. 정남영. 2011. 목재펠릿의 석탄 혼소시 경제성 및 연소 특성 연구. 박사학위논문.
10. 지식경제부. 2011. 온실가스 배출 감축사업 등록 및 관리에 관한 규정.
11. 지식경제부. 2012. 온실가스 배출 감축실적 정부구매 및 거래기준.