

바이오매스에 의한 열에너지 보급 지원방안

Volume. 1, No. 13

2007. 11. 12

KOREA
ENERGY
ECONOMICS
INSTITUTE

Contents

1. 해외 바이오매스 열에너지 지원정책 / 3
2. 국내 열수급 현황 및 바이오매스 잠재량 / 6
3. 바이오매스 에너지 이용의 환경성 평가 / 11
4. 바이오매스 열공급 지원정책 제언 / 16

바이오매스에 의한 열에너지 보급 지원방안

배 정 환

(에너지경제연구원)

요 약

- 지난 2006년 5월 서대구에서는 우리나라 최초로 산업단지에 공정용 스팀을 우드칩을 이용하여 공급하는 열병합시설이 상업적 가동을 개시함.
- 2007년 상반기까지 우드칩 열병합발전예 의한 스팀 공급량은 약 8천TOE로 추산됨.
- 본 고에서는 바이오매스를 이용한 현대식 열에너지 공급시스템에 속하는 우드칩 열병합발전소의 환경성을 경쟁관계에 있는 석탄, 석유, 천연가스를 이용한 열에너지 공급시스템과 비교·평가함.
 - 바이오매스를 이용한 난방시설(5~20g)의 경우 난방유(120g)나 LPG(100g), LNG(82g) 등에 비해 온실가스(Green House Gases) 저감 효과가 탁월한 것으로 평가됨.
 - 탄화수소(THC)나 이산화황(SO_x)이나 질산화합물(NO_x)의 경우에는 바이오매스 난방이 천연 가스나 난방유를 포함한 기타 난방방식 에 비해서는 환경적 편익이 적은 것으로 나타남 .
 - 석탄 화력에 비해서는 온실가스 및 대기오염 저감효과가 탁월한 것으로 분석됨.
- 석탄을 이용한 열병합발전시설과 우드칩 혼소 열병합발전시설에 대한 평가결과 1Mcal당 약 83원의 환경개선가치를 갖는 것으로 추정됨.
 - 여기에는 온실가스 저감 편익, 대기오염물질 감소에 따른 환경피해비용 저감편익이 포함됨.
- 석탄화력에 의한 난방 및 스팀 공급 시스템을 환경성이 우수한 바이오매스 열에너지 시스템으로 전환 하기 위해서는 경제성이 아직 미흡한 바이오매스 열에너지 부문에 대한 지원이 필요할 것으로 보임.
- 해외 사례로부터 가능한 지원 방안으로는 바이오매스 열에너지 공급에 대한 공급 가격 보조, 바이오매스 연료비에 대한 가격 보조, 시설 투자비 보조 혹은 융자, 세금 공제 및 면세 제도 등을 고려할 수 있음.
 - 열에너지 공급 가격 보조제도의 경우 예를 들어 산업용 스팀가격이 Mcal당 37.8원이라면 한국 지역난방공사의 열공급 가격인 73.62원과의 차액인 35.82원을 가격 보조하는 방안이 가능함.

- 연료비 보조의 경우 연료용 원목 톤당 환경적 편익이 20만원으로 산출되었으므로, 인천지역 MDF용 원목가격이 톤당 55,000원임을 감안하여, 이 범위내에서 생산업체의 경제적 사업 타당성을 0으로 하는 수준에서 적정 연료비 수준과의 차액을 지원하는 것임.
- 그러나 수종별로 함수율이 상이하고, 연료용 원목 이용자의 부정행위를 단속하는 데에 많은 행정 비용이 들 것으로 예상됨.
- 이밖에 설치비 보조나 세제혜택 등이 있으나 전자 역시 부정행위의 가능성이 존재하고, 후자의 경우 관련 부처와의 협의가 관건이라는 점에서 어려움이 있음.
- 결론적으로 바이오매스 열공급 지원정책으로 열차액 보전제도를 제안하고자 함.

1. 해외 바이오매스 열에너지 지원정책¹⁾

가. 덴마크

- 총에너지 소비에서 고형 바이오매스 열에너지가 차지하는 비중은 16%로 매우 높은데, 이는 1979년부터 NHSA(National Heat Supply Act)에 따라 지역난방보급이 늘어났기 때문임.
- 바이오매스 열 공급에 대해 지역정부에 의한 보조금이 2001년까지 제공되었고, 가정용 난방 설치비용의 21%까지, 업무용의 경우 26%까지 지원
- 그 결과 2001년 기준 우드칩을 사용하는 지역난방 발전소 50개소, 우드펠릿을 사용하는 발전소 25개소, 짚을 사용하는 발전소 75개소가 운영 중에 있음.

나. 핀란드

- 2005년 기준 핀란드의 재생에너지 사용량은 7.6MTOE로 1차에너지 사용량 32.4MTOE 중 23.4%²⁾를 차지하고 있음.

1) Wood Energy(Solid Biomass) Barometer, 2005, 2006, IEA, 2004, Renewable Energy Market and Policy Trend 참고

2) 재생되어 사용되는 에너지를 제외한 수치이므로 핀란드에서 발표한 재생에너지 비중과 다를 수 있음.

- 신·재생에너지 중 가장 큰 비중을 차지하고 있는 것은 목질계 바이오매스로 전체 재생에너지사용량의 85%를 차지
- 2002년 12월 “Action Plan for Renewable Energy Sources 2003~2006”을 발표
 - 목표는 탄소배출 저감, 바이오매스와 같은 토착 에너지원 육성, 에너지기술 수준 제고, 에너지 공급 안보 확보로, 이를 위해 재생에너지를 이용한 발전에 보조금을 지급
 - 2002년 보조금은 총 33.2백만유로로, 이중 60% 이상이 목질계 바이오매스에 지원
- 핀란드의 바이오매스 에너지 생산이 발달한 것은 풍부한 산림자원 여건도 있지만 화석연료에 대하여 탄소세를 부과한 것이 크게 기여
- 또한 정부는 화석연료를 이용한 전기생산에 부과한 세금을 재생 전기생산자에게 환불
 - 바이오매스 전기는 0.42€/kWh, 목재 칩에 대해서는 0.69€/kWh이며, 2003년에 목질 에너지를 이용하는 전기생산자에게 총 284백만€를 환불
- 농림부는 산림에서 목질 에너지를 생산하는 경우 7€/m³를 보조
- 통상산업부는 새로운 목재에너지 기술 프로젝트에 대해 투자비용의 30%까지 지원
- 2005년 20개 전력사에서 Norppa 라벨(핀란드의 녹색전력제도)을 획득한 전력을 판매
 - 총 900GWh 가운데 바이오에너지가 1/3을 차지함
 - 환경라벨을 획득한 1,000GWh의 분산형 열에너지가 바이오연료에 의해 공급되고 있음.
- 목질계 열병합발전소를 이용하여 인근 산업단지 (펄프제지, 합판제조)에 열과 전기를 공급
 - 10~74kW급 개인 주택용 스토브, 200kW 규모의 다세대 주택용 온수 보일러가 개발
 - 핀란드는 유럽에서 바이오매스를 통한 전력생산에서 우위를 차지하고 있으며, 2005년에 바이오매스를 통한 전력생산량은 10.2TWh이며 이 중에서 87.1%가 CHP를 통해서 생산

다. 오스트리아

- 2004년 오스트리아의 총 에너지 사용량은 32.7MTOE이며 신·재생에너지 비중은 21.5%이며, 바이오매스는 3.5MTOE로 총 에너지 사용량의 10.7%

- 2003년 가정부문 에너지사용량 중 바이오매스 비중은 15% (2,574MW)이며, 바이오매스 난방플랜트는 843개소 (1,005MW)임
- 지역 정부의 목질계 바이오매스 도입이 활성화되어 있으며, 40~50%의 투자 보조금을 지원
 - 500kW~30MW 용량의 마을단위 집중형 난방시설이 1980년 도입된 이후 2005년 말 현재 1,002개 이상의 플랜트가 건설되어 그 용량이 1,132MW 정도임.
 - 468,000동의 아파트에는 목질계 바이오매스가 도입되었고, 특히 우드펠릿을 이용한 열공급이 급격히 증가하여 전년대비 46%의 성장률을 보였음.
 - 또한 효율이 90%에 달하는 주택 및 상업용 pellet stove가 공해를 유발하지 않는 청정연료로서 각광을 받고 있음.
- 2003년 녹색 전력 제도(Green Electricity Act)를 도입하였고, 의무구매와 FIT를 시행
 - 전체 재원 중 30%를 바이오매스에 배정
 - 목질계 바이오매스(우드칩)에 대한 FIT 가격은 10.2~16¢/kWh 수준으로, 요금은 용량 및 연료에 따라 차등화하고 있으며, 2006년 개정 이후 11.25년간 보장
 - 지역 난방에 대해 환경보조금을 지급하고 있고, 그 외에 연방 보조금, 지역 및 EU 보조금, 투자 보조금 등을 통해 정책적으로 지원

라. 노르웨이

- 노르웨이의 바이오매스 에너지 보급 정책에서 특징적인 보급수단으로 에너지 농장(Energy farm)이 있음.
 - 정부지원(30~35%)으로 조성되며 우드칩 생산, 난방이용 및 실증 실험지로서의 역할을 수행
 - 농장에 200~800kW급 우드칩 난방 플랜트를 설치하여 난방열을 이용하고 잉여분은 주변 수요자에게 판매
 - 일례로 오슬로 인근의 “Energigarden”은 임지 1,500ha, 농지 35ha를 이용하여 바이오 보일러 운영, 필요한 열수요의 80% 이상을 충당

마. 스웨덴

- 2004년 스웨덴의 총 에너지 사용량은 53.9MTOE이며 이 중 목질계 바이오매스는 8.2MTOE로 그 비중이 15.2%에 달함.
 - 재생에너지 비중은 1990년 초반까지 24% 수준이었으나 1998년 이후 30% 수준으로 증가하였는데, 이는 1990년대 초반부터 적용된 세제로 인해 바이오매스 사용량이 증가하였기 때문임.
- 스웨덴 의회는 전력생산을 증대시키기 위해 2007년 1월부터 녹색인증제를 시작
 - 이 시스템의 목적은 2007년부터 2016년까지 모든 재생에너지를 이용한 전력생산을 12TWh로 증가시키는데 있음.
- 우드펠렛 보일러(2005년 약 8000대 판매)는 가스나 석유를 통한 중앙난방시스템 운영과 함께 꾸준히 증가
- 전체 에너지 공급에서 바이오매스가 차지하는 비중은 1/5 정도이며, 열부분이 50%, 전력이 4%를 차지
- 2005년 바이오매스 생산량은 7.9Mtoe로 추정되며 전년대비 약 6.3% 증가
- 바이오매스를 이용한 CHP 전력생산량은 6.9TWh이며, 전년대비 3.9% 증가

바. 프랑스

- 바이오매스(Soild Biomass) 선두국가로서 2005년 생산량은 9.7Mtoe
- 2005년에 이 부분에 대한 소득공제를 40% 해줌으로 인해서 그 해에서 열기기의 판매규모가 약 430,000대로 상승
- 2005년에는 소득공제를 50%로 늘려 주었으며 2009년까지 유지할 것임.

2. 국내 열수급 현황 및 바이오매스 잠재량

가. 국내 열공급원 구성

- 열병합시설에 의해서 공급되는 총 열에너지는 2004년 기준 650여만TOE가 생산됨.

- 이 가운데 신재생에너지에 의한 공급량은 전체의 3%에 불과
- 바이오매스에 의해 대체 가능한 열원으로는 석탄, 석탄가스, 석유 및 LNG가 있음.
 - 해외의 LCA 연구 결과에 의하면 CO₂ 배출량을 제외한 기타 환경오염물질 배출량에 있어서는 바이오매스 열병합 혹은 난방시설이 석유나 LNG에 비해 개선효과가 큰 차이를 보이지 않고 있음.
 - 석탄가스(COG, BFG)의 경우는 주로 철강산업에서 발생하는 폐가스를 이용하기 때문에 미활용 에너지 이용 촉진 차원에서 대체가 어려울 것으로 보임.
 - 따라서 바이오매스에 의한 열공급 시설이 환경적 측면에서 대체가능한 열원으로는 유연탄 및 아역청탄으로 볼 수 있음.
 - 즉 잠재적으로 대체수요가 전체 열수요의 12%인 843천TOE 정도일 것으로 추정됨.
- 최근 국제 유가 급등에 따라 석유 및 LNG를 열공급원으로 하는 난방시설의 바이오매스에 의한 대체 가능성도 존재함.
 - 석유류 난방시설 및 유가에 연동되는 LNG 관련 난방시설에 의한 열공급 가격이 증가함에 따라 우드칩 열병합발전이나 우드펠릿 난방시설에 의한 열공급 가격이 경제성을 확보할 가능성이 존재함.

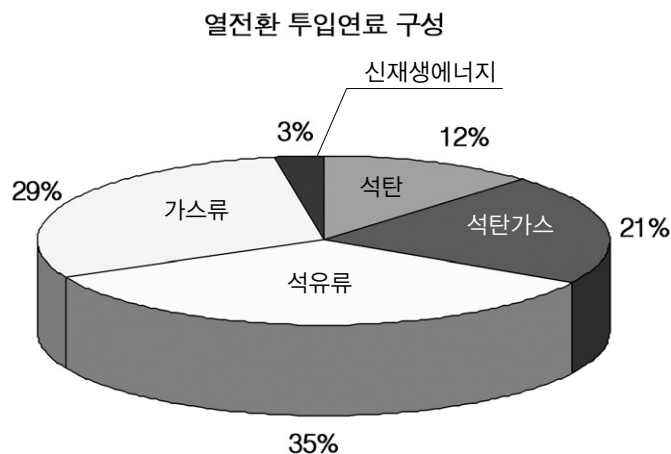
〈표 1〉 공급원별 열에너지 구성

(단위: 천TOE)

대분류	세분류	열병합중 열공급부문	열공급시설	합계
유연탄	연료탄	754		754
아역청탄	기타석탄	88		88
석탄가스	COG	171		171
	BFG	1,296		1,296
석유류	정제가스	20		20
	등유	26	5	31
	경유	1		1
	중질중유	1,262	242	1,504
	납사	843		843
가스류	천연가스	1,841		1,841
	도시가스	131	64	195
재생에너지	기타재생에너지	81	119	200
합계		6,515	430	6,945

(출처: 에너지경제연구원 홈페이지 에너지 통계 자료실)

[그림 1] 열공급을 위한 투입 연료 구성

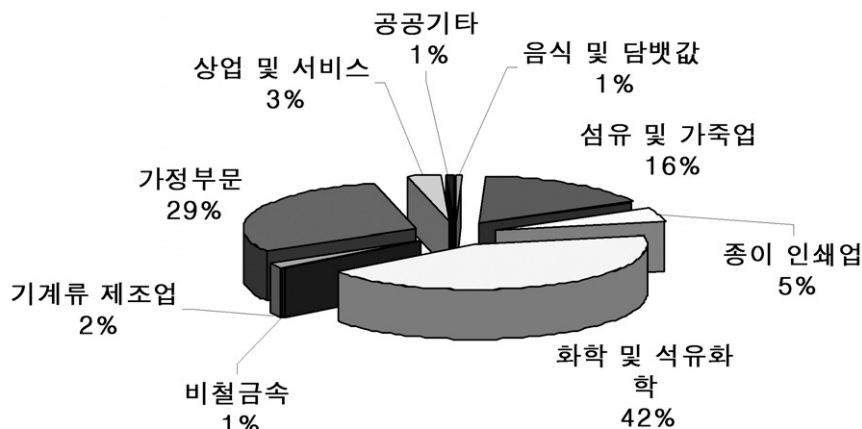


(출처: 에너지경제연구원 홈페이지 에너지 통계 자료실)

나. 부문별 열수요 현황

- 부문별 열수요 현황을 살펴보면 화학 및 석유화학업이 가장 열수요가 많으며, 전체의 42%인 1,843천TOE이며, 가정부문(1,283천TOE)과 섬유 및 가죽업 부문(719천TOE)이 그 뒤를 잇고 있음.
- 산업부문의 열수요는 주로 공정용 스팀수요로 연간 수요량이 일정하지만 가정용은 주로 겨울철 난방용 수요가 주류를 이루어 겨울철에 수요가 집중되는 패턴을 보임.

[그림 2] 이용부문별 열수요 비중



(출처: 에너지경제연구원 홈페이지 에너지 통계 자료실)

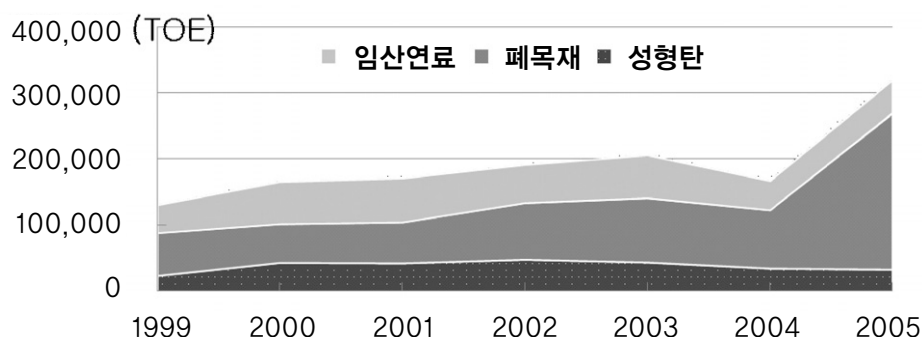
- 산업용 스팀 수요의 경우에는 바이오매스 스팀 보일러의 적용이 유리한 반면, 다세대 가정용 난방 수요의 경우에는 바이오매스 열병합 시설이 유리할 것으로 판단됨.

- 개별 난방이나 중앙집중식 난방시스템이 도입되지 않은 농어산촌 지역의 경우 심야전력이나 난방유 보일러를 이용하고 있으나, 심야전력 가격 상승, 고유가 등의 영향으로 향후 우드칩 혹은 우드펠렛 보일러를 대안으로 고려할 수 있음.

다. 바이오매스 보급 현황 및 잠재량³⁾

- '05년 우드에너지 보급량은 318천TOE으로 추정됨
 - 임산연료, 성형탄, 그리고 폐목재(소각열)를 포함
 - 임산연료 및 성형탄 이용량은 감소하는 추세이고, 폐목재 사용량(74%)은 증가하는 추세
 - 그러나 임산연료는 재래식 바이오매스에 속하고, 성형탄은 주로 해외수입에 의존하고 있으며, 폐목재는 주로 소각로에서 이용되고 있어 명실상부한 현대식 바이오매스의 이용은 전무한 상태
 - 다만 우드칩을 이용한 바이오매스 열병합 발전 등 현대식 우드에너지가 2005년 5월 서대구 산업 단지에 건설되면서 최초로 열을 공급하기 시작함.
 - 2006년 기준 현대식 바이오매스에 의한 열공급을 위해 우드칩이 29,836톤(8,056TOE)이 이용됨.

[그림 3] 바이오에너지 보급 통계



3) 에너지관리공단, 2006, '신재생에너지 보급통계' 참조

● 바이오매스 공급 잠재량을 살펴보면 다음과 같음.

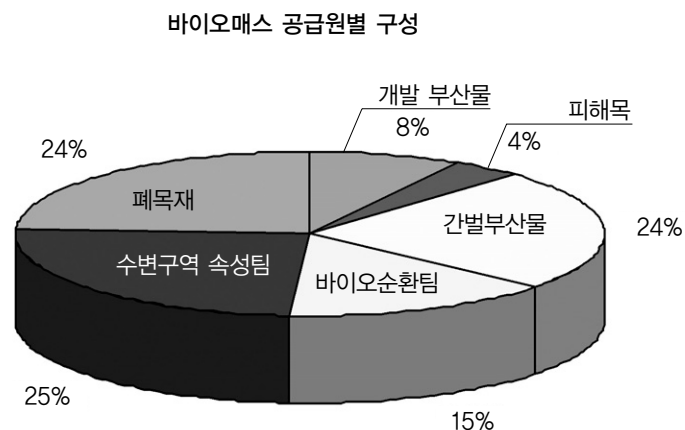
- 골프장 건설, 도로 건설 및 신도시 개발 등으로 발생하는 임목폐기물을 지칭하는 개발 부산물 잠재량이 2005년 기준으로 약 44만톤
- 병해충이나 산불, 수해 등으로 인한 피해목 잠재량이 21만톤, 숲가꾸기사업 등 간벌 부산물이 127만톤
- 리기다 소나무 갱신지를 속성목으로 전환하여 연료림을 육성하기 위한 바이오순환림 잠재량이 79만톤
- 수변구역이나 하천변에 속성림을 조성하는 경우 131만톤, 폐목재 재활용율을 제고할 경우 129만톤 정도 추정됨.

〈표 2〉 바이오매스 공급원별 잠재량

바이오매스원	잠재량(m³)
개발 부산물	436,943
피해목	206,203
간벌부산물	1,270,221
바이오순환림	786,747
수변구역 속성림	1,308,238
폐목재	1,286,017
총 계	5,294,368

- 바이오매스의 공급원별 비중은 수변구역 속성림, 간벌부산물 그리고 폐목재 잠재량이 각각 25%, 24%, 24%를 차지하여 전체의 73%를 차지하고 있음.

[그림 4] 바이오매스 에너지 공급원별 비중



- 간벌 부산물과 폐목재는 각각 경제성 문제와 환경오염 가능성 등으로 확대 여부에 대한 연구가 이루어지고 있음.
 - 간벌 부산물은 수집 인프라 부족으로 수집비용이 많이 들어 현재 전체 숲가꾸기 사업량(245만톤)의 10% 정도(24만톤)만 활용되고 있으며, 향후 이를 확대하기 위해서는 산림청 및 산자부의 협력 및 지원 체계 구축이 필요함.
 - 폐목재는 사업장 폐목재와 생활 폐목재가 있으며 주로 사업장 폐목재가 재활용(85%)되고 있음.
 - 폐목재 등급화, 재활용 기술개발, 대기배출성분조사, 수집체계 개선, 재활용산업 육성전략 수립, 재활용사업지원개선, 임목부산물의 연료용 이용시 가격차액 보전 방안 등을 국무조정실, 재경부, 기획예산처, 환경부, 산자부, 건교부, 산림청 중심으로 협의중임.
- 이탈리아나 스웨덴 등 바이오매스 선진국들은 중장기적으로 바이오매스 생산비용 절감을 위해 속성림 재배에 중점을 두고 있음.
 - 갈대나 억새, 버드나무 등 친수성이 강한 수종을 대상으로 하천변에 식재할 경우 생산비용을 크게 절감할 수 있다는 연구 보고가 있음. (Verwijst, 2003, SRC in the world)
 - 2007년 현재 전북 진안군 일대 2ha에서 기존의 리기다 소나무를 백합목과 같은 속성림으로 갱신하는 바이오순환림 조성사업을 위한 실증연구가 수행중
 - 환경부와는 상수원보호를 위해 수변구역을 조성하고 이를 매입하는 계획에서 수변구역의 속성수 재배 사업을 제안하고 사업화 방안을 모색 중임.

3. 바이오매스 에너지 이용의 환경성 평가

가. 선행연구 검토

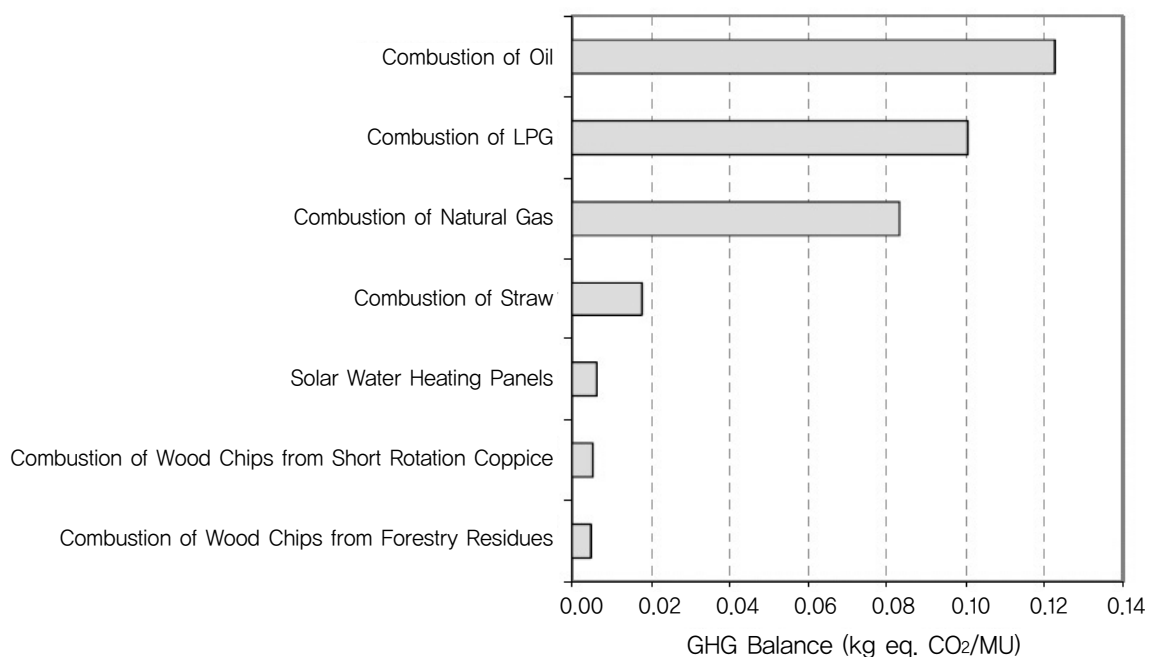
- Biofuels Report(Elsayed et al, 2003)⁴⁾에서는 온실가스 발생량에 대한 전주기공정평가(Life Cycle

4) Elsayed MA, Matthews R and Mortimer ND (2003). Carbon and energy balances for a range of biofuels options" Project No. B/B6/00748/REP for the Department of Trade and Industry, Resources Research Unit, Sheffield Hallam University, Sheffield, UK.

Assessment: LCA)를 난방유, LPG, LNG, 밀짚을 이용한 바이오매스 난방, 태양열 난방, 속성림을 이용한 우드칩 연소, 산림부산물을 이용한 우드칩 연소시설에 각각 적용하였음.

- 난방유의 경우 1MJ의 에너지를 생산하는 데에 120g 이상의 온실가스(Green House Gases: GHGs)가 발생
- LPG의 경우 100g/MJ이 발생하며, LNG는 82g 정도 발생함.
- 밀짚을 이용한 바이오매스 난방은 20g 미만의 발생량을 보이며, 태양열, 속성목 혹은 산림부산물을 이용한 우드칩 연소시스템에서는 5g미만의 발생량을 보여 지구온난화 물질 배출량에서는 바이오매스 난방시스템이 우수함을 보여줌.

[그림 5] 바이오매스 난방의 온실가스 배출량 비교

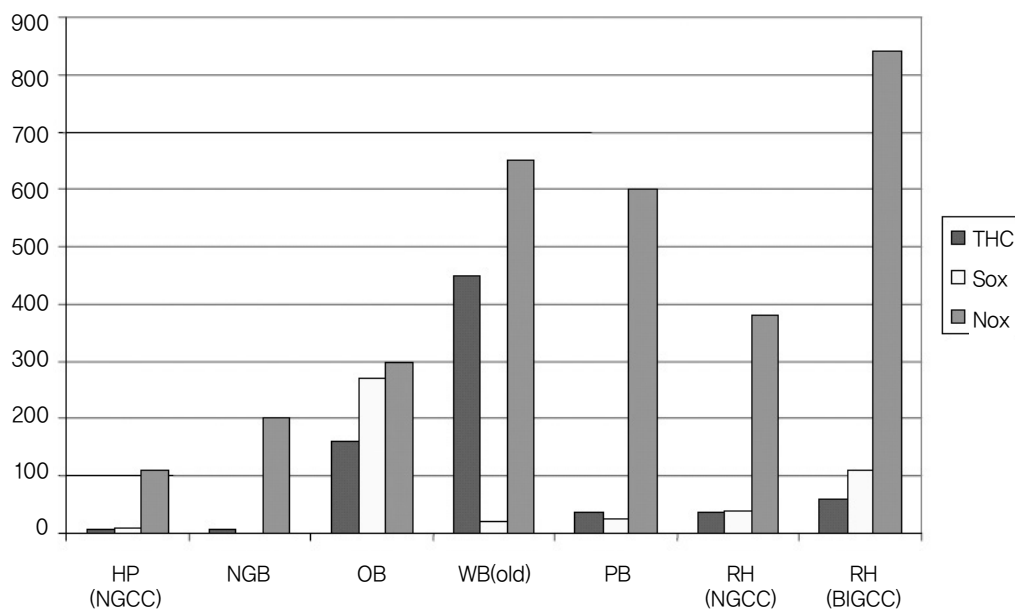


- 동 보고서는 또한 바이오매스를 이용한 열에너지의 대기오염물질 배출량도 화석에너지 및 기타 재생에너지와 비교 평가하였음.
 - 가장 환경친화적 시스템은 히트펌프와 천연가스 복합화력으로 평가됨.
 - 재래식 보일러는 탄화수소(THC)와 이산화황을 각각 150, 280g 배출하고, 질산화합물은 300g 정도 배출하는 것으로 나타남.

- 화목보일러는 질산화합물이 650g으로 두 번째로 많이 배출되고, 탄화수소는 450g으로 가장 많이 배출되는 반면, 이산화황은 10g미만으로 배출되어 양호한 것으로 평가됨.
- 펠릿 보일러의 경우 질소산화물 배출량은 많으나 이산화황과 질산화합물 배출량은 적은 것으로 나타남.
- 바이오매스 가스화 복합화력은 탄화수소 배출량이 가장 많으나 이산화황과 질산화합물 배출량이 상대적으로 적은 것으로 나타남.

[그림 6] 바이오매스 난방의 대기오염물질 배출 비교 분석

(단위: g/MWh)



(* HP: 히트펌프, NGCC: 천연가스 복합화력, BIGCC: 바이오매스 가스화 복합화력, NGB: 천연가스 보일러, OB: 재래식 보일러, WB: 화목 보일러, PB: 우드펠릿 보일러, RH: Resistance Heater)

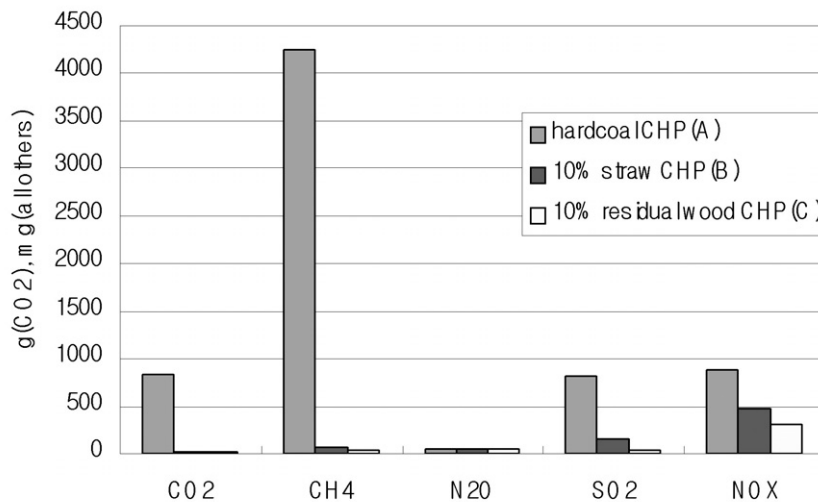
- 한편 Hartmann and Kaltschmitt(1999)⁵⁾은 독일의 유연탄을 이용한 열병합 발전소와 석탄 (90%) 및 우드칩 (10%)을 혼합연소하는 발전소가 환경적으로 어떻게 다른 영향을 미치는 지를 LCA를 이용하여 분석하였음.

5) 그러나 전국 중소 시/군 지역 상당수는 난방연료가 프로판에서 LNG로 대체되어, LNG 세금 추가 인상시 서민층 난방비 부담을 가중시킬 수 있으므로, 동절기 사용량에 대한 세금을 일괄적으로 인상할 것이 아니라 용도별 공급비용 또는 세금을 조정하는 방안도 검토 필요. 일본과 비교할 때 우리나라의 산업용 및 발전용 LNG 가격은 더 높고, 가정용 LNG는 가격이 더 낮은 상황임.

- 밀짚이나 우드칩을 이용한 혼소에서는 20~22g의 이산화탄소가 발생하였고, 유연탄CHP의 경우는 800g 이상 배출되었음.
- CH₄의 경우 유연탄 CHP는 4,000mg 이상, 우드칩 혼소 CHP는 40~60mg이 발생하였음.
- N₂O에서는 유연탄 CHP 및 혼소방식이 43~45mg로 나타나 거의 차이가 없었음.
- SO₂에서는 유연탄 CHP, 밀짚을 이용한 혼소 및 우드칩을 이용한 혼소가 각각 807, 151, 37mg으로 나타남.
- NO_x에서는 유연탄 CHP, 밀짚을 이용한 혼소 및 우드칩을 이용한 혼소가 각각 887, 472, 301mg으로 나타남.

[그림 7] 석탄 CHP와 우드칩 10% 혼소 CHP의 환경성 비교

석탄을 이용한 CHP와 우드칩 혼소방식의 환경성 비교



나. 환경피해비용 추정

- 독일의 환경성 평가 결과를 토대로 각 온실가스 및 오염물질별 단위당 환경피해비용을 검토함.
- 주요 온실가스인 CO₂는 평균 0.01원/g, CH₄는 0.076원/g, N₂O는 0.89원/g으로 조사됨.

〈표 3〉 환경오염 피해비용

오염물질	피해비용 (원/g)		참고자료
이산화탄소 (CO ₂)	최소	0.003	한국전력 (1997)
		0.004	Friedrich 외 (2001)
	최대	0.031	Kouprianov and Kaewboonsong (2004)
	평균	0.012	
메탄 (CH ₄)	—	0.076	Friedrich 외 (2001)
아산화질소 (N ₂ O)	—	0.892	Friedrich 외 (2001)

자료 1) 한화진, 2001, 온실가스 저감조치의 환경적 편익분석사업, 한국환경정책평가연구원

2) Friedrich, R., Rabi, A. and Spadaro, J.V., 2001, Quantifying the Costs of Air Pollution: the ExternE Project of the EC, Pollution Atmospherique, p. 77-104.

3) Kouprianov, V.I. and Kaewboonsong, W., 2004, Modeling the Effects of Operating Conditions on Fuel and Environmental Costs for a 310 MW Boiler Firing Fuel Oil, Energy Conversion and Management, Vol. 45, p. 1-14.

주: 환율은 2005년을 기준으로 1달러=1,024원, 1유로=1,274원, 1파운드=1,863원 기준〈표 2〉 환경오염 피해비용

- CO₂의 경우는 직접적인 지구온난화 피해를 발생시키나 저감에 따른 편익은 전지구적으로 나타나므로 배출권거래가격에 준하여 직접적인 저감 편익을 추정
 - 2005년의 EU 배출권 연평균 거래가격인 US\$25/TC를 적용
- CO₂의 저감편익이 평균 30.6원/kWh, CH₄는 0.32원/kWh, N₂O는 0.001원/kWh로 추정되어 온실가스 총저감편익은 kWh당 31원으로 추정됨.

〈표 4〉 온실가스 저감 편익의 비교

오염물질	Hard Coal CHP (A)	10% Residual Wood CHP (B)	차이 (A-B)	저감편익 (원/kWh)		
				최소	평균	최대
CO ₂	827.9g	20.5g	807.4g	2.057	9.982	24.803
	일차적 편익			20.669	20.669	20.669
CH ₄	4247mg	41.8mg	4205.2mg	0.321	0.321	0.321
N ₂ O	44.5mg	42.9mg	1.6mg	0.001	0.001	0.001
합계				23.050	30.974	45.796

자료: World Bank, 2006, State and Trends of the Carbon Market 2006

주: 이산화탄소 직접편익은 배출권 거래를 통한 편익으로 가격은 \$25/톤을 가정

- 산성비의 주범인 SO₂와 NO_x의 환경피해비용은 각각 평균 2.6원과 66원으로 추정됨.

〈표 5〉 SO₂와 NO_x의 환경피해비용

오염물질	피해비용 (원/g)		참고자료
이산화황 (SO ₂)	최소	0.1961	환경정책평가연구원 (1997)
		2.1658	Friedrich 외 (2001)
	최대	5.4847	Watkiss, P. (2006)
	평균	2.6160	
질산화물 (NO _x)	최소	2.7102	환경정책평가연구원 (1997)
		3.5751	Watkiss, P. (2006)
	최대	191.1000	Friedrich 외 (2001)
	평균	65.7950	

주: 환율은 2005년을 기준으로 1달러=1,024원, 1유로=1,274원, 1파운드=1,863원 기준

자료 1) 한화진, 2001, 온실가스 저감조치의 환경적 편익분석사업, 한국환경정책평가연구원

2) Watkiss, P., 2006, Damage Costs for Air Pollution, Final Report to Defra, AEA Technology.

- SO_x와 NO_x의 저감편익은 각각 평균 2원과 38.5원으로 계산되어 총 40.6원/kWh로 추정됨.

〈표 6〉 SO₂와 NO_x의 저감편익

오염 물질	Hard Coal CHP (A)	10% Residual Wood CHP (B)	차이 (A-B)	저감편익 (원/kWh)		
				최소	평균	최대
SO ₂	806.8mg	37.2mg	769.6mg	0.151	2.013	4.221
NO _x	886.6mg	300.8mg	585.8mg	1.588	38.543	111.946
합계				1.739	40.556	116.167

- 환경성 평가를 위해서는 이밖에도 PM, CO, 부영양화 등 다양한 측정기준이 있으나 데이터 확보의 한계로 제외하였음.
- 100% 석탄에 의한 열병합발전을 우드칩 10%를 석탄과 혼소한 방식과 비교한 결과 1kW의 에너지를 생산하는 데에 따른 환경개선 편익이 약 71.5원 혹은 1Mcal당 83원(1kW=860kcal)으로 추정

4. 바이오매스 열공급 지원정책 제언

가. 열차액 지원제도의 도입

- 바이오매스 열공급에 따른 사회적 편익에 대한 보다 엄밀한 추정이 요구되지만 현재 추정된 값을

적용하면 석탄을 이용한 열병합 혹은 난방시설을 바이오매스 열병합 혹은 난방으로 전환함으로써 발생하는 환경개선효과에 대한 정부 지원이 가능할 것임.

- 산업용 스팀의 경우 우리나라 최초로 건설된 서대구의 우드칩 열병합발전소의 스팀 판매단가는 37.8원/Mcal이며, 한국지역난방공사의 열판매 고시가격인 업무용 단가 73.62원/Mcal의 51% 수준에 불과함.
- 바이오매스 열공급에 따른 사회적 편익이 83원/Mcal 이므로 사회가 산업용 스팀에 대해 최대 121원/Mcal(37.8+83원)까지 지불할 수 있다는 것임.
- 따라서 산업용 스팀을 Mcal당 37.8원에 판매하고, 한난의 고시가격과의 차액인 35.82원을 정부에서 보조하더라도 사회적 편익의 범위내에 존재하므로 가능할 것임.

나. 연료비 구입시 보조제도

- 다른 대안으로는 바이오매스 열공급에 필요한 연료 구매시 산림 부산물(forest byproduct)인 경우 시장 가격에 대해 보조금을 지원하는 방안이 있음.
- 2005년 기준 인천 지역에서의 MDF용 원목 시장거래가격이 55,000원임.
- 연료용 원목 톤당 약 20만원의 가치를 가짐.
 - 서대구 바이오매스 열병합 발전소에서 생산되는 산업용 공정스팀은 증기압 9bar 및 포화온도를 적용함.
 - 이에따른 산업용 스팀의 발열량은 증기1톤당 661Mcal임.
 - 우드칩 1kg당 발열량을 2,700kcal로 가정하면 스팀1톤당 우드칩 소요량은 245kg임.
 - 원목의 우드칩 가공시 10%의 손실이 발생하므로 스팀 1톤당 원목 소요량은 270kg임.
 - 이를 원목 1톤당 스팀 생산량으로 전환하면 3.7톤이 되며, 열량 기준으로 2,455Mcal가 됨.
 - 이를 kW로 환산하면 2,455kW가 되며 kW당 환경적 편익인 71.53원을 적용하면 원목 1톤당 사회적 편익이 20만원으로 추정됨.

〈표 7〉 열병합 연료용 원목의 원단위 사회적 편익 추정

원목 단위당 사회적 편익		단위
산업용 스팀 1톤당 발열량	661,376	kcal
스팀 1톤당 우드칩 소요량	245	kg
스팀 1톤당 원목 소요량	269.45	kg
원목 1톤당 스팀 생산량	3.71	톤
원목 1톤당 사회적 가치	204,156	원

- 따라서 최대 20만원 한도내에서 정부의 예산제약을 고려하여 목재시장에서 연료용 원목 구입시 가격 보조가 가능할 것임.
- 그러나 문제는 우선 함수율이 원목의 종류와 건조 상태에 따라 상이하고, 결과적으로 상이한 에너지를 함유하고 있으므로 이를 어떻게 표준화할 것인지의 문제가 있음.
- 또한 표준화가 가능하더라도, 원목 수요자 가운데 연료용 수요자로 하여금 연료용 원목에 대해서만 가격보조가 이루어져야 하나 업체의 부정행위를 어떻게 모니터링할 것인지가 문제임.
- 세 번째로는 정부의 지원방침이 바이오매스 열공급에 한정할 경우 바이오매스를 이용한 발전회사들이 형평성의 이유를 들어 연료용 원목 구매시 가격보조를 요구할 수 있다는 것임.
- 이를 종합해 보면 연료용 원목에 대한 가격보조 정책은 실행상의 어려움이 커 실행하기 어렵다는 결론에 이름.

다. 기타 지원 정책

- 가장 흔하게 접할 수 있는 해외의 보조정책으로는 법인세 인하, 소비세 면세와 같은 세제 혜택이 있음.
 - 그러나 세제 혜택을 부여할 경우 재정부 및 기획예산처와의 협의 문제, 세수 감소에 따른 타부처 예산 감소로 관련 부처와의 갈등 문제등이 발생할 수 있어 역시 쉽지 않은 대안으로 평가됨.
- 또한 설치비 및 운영비 보조나 융자제도가 가능한 제도임.
 - 신재생에너지 지방보급사업, ESCO 자금 융자사업 등에서 관찰되는 대표적인 도덕적 해이 문제 가운데 하나가 투자비의 과대 책정 후 본인 부담액을 최소화하려는 것임.
 - 즉 기능하면 보조금이나 융자 혜택을 늘리기 위해 투자비를 부풀려 보고를 하고 본인 부담액을 최소화하려는 경향이 존재한다는 것임.

라. 결 론

- 바이오매스에 의한 열공급 부문은 이제 산업화 초기 단계에 있으며, 타 열공급 부문, 특히 석탄을 이용한 열공급이나 난방유를 이용한 열공급 부문에 비해 온실가스 저감효과 및 환경개선 효과가 탁월하므로 상당한 사회적 가치를 지닌다고 하겠음.
- 바이오매스 열공급 부문의 사회적 가치를 감안하면, 현재 바이오매스 전력생산에 대한 발전차액지원제도에 준하는 지원정책을 개발할 필요가 있음.
- 이미 해외의 바이오매스 에너지 선진국들은 대부분 바이오매스 열공급 업체에 대해 시설투자 보조, 융자, 세금 공제 및 소비세 면세, 열차액, 연료비 보조 등의 지원정책을 펼치고 있음.
- 우리나라도 내년 초에 바이오매스를 이용한 열공급 지원정책이 수립될 전망이며, 본 고는 이에 기초하여 가능한 정부 지원정책을 제시하였음.
- 가장 유력시되는 바이오매스 열공급 지원정책은 열판매 가격에 대한 보조와 연료비 보조제도가 가능하며, 연료비 보조정책의 경우 수반되는 행정비용이 과다하여 열판매 가격보조 정책이 실행상 유리한 점이 있다고 하겠음.

바이오매스에 의한 열에너지 보급 지원방안



KEEI