

임산 폐기물의 연소 및 에너지이용 시스템 개발에 관한 연구
*Study on the Development of Utilization System
for Wasted Forest Products Biomass Energy*

이형우
Hyoung-Woo Lee

주식회사 건조기술
Drying Engineering, Inc., Gwangju 500-460, KOREA

요 약

인류에게 있어 가장 중요한 연료의 역할을 충실히 해왔던 임산자원이 화석계 에너지원의 고갈과 환경오염 문제의 급부상으로 임산자원의 신재생에너지원으로서의 잠재력이 다시 관심의 대상이 되고 있다. 본 연구에서는 임산자원의 에너지화와 그 산업적 응용을 위하여 원료의 수급체계를 검토, 확립하는 한편, 폐목질자원을 펠릿화한 목재펠릿 연료의 제조공정을 국내 환경을 고려하여 고효율화하는 동시에 본 연료를 효과적으로 이용할 수 있는 시스템을 개발하고자 하였다.

1. 서론

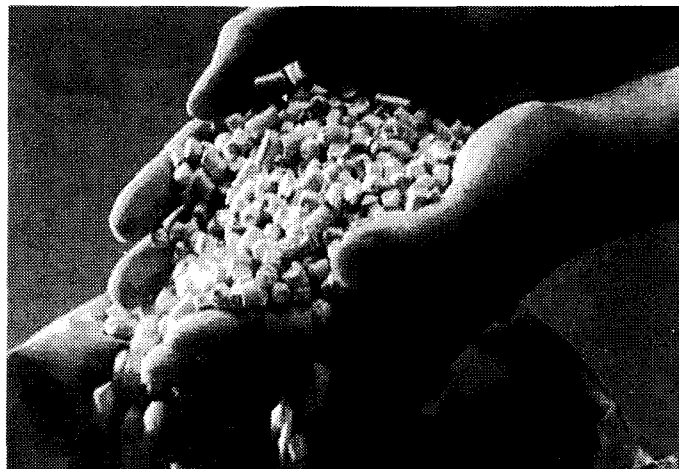
화석계 에너지자원의 고갈은 이제 가까운 장래의 문제로 다가서고 있다. 그 대안인 원자력은 환경 및 정치·사회적 문제로 인하여 그 비중을 크게 증가시키기 어렵다. 따라서 세계 각국은 태양에너지, 지열, 풍력, 조력 등의 재생가능한 에너지의 개발에 총력을 집중하고 있으나 만족할만한 결과를 얻지 못하고 있다. 또한, 가장 유망할 것으로 기대되는 수소에너지 역시 완벽한 실용화를 위해서는 많은 시간을 기다려야만 할 것으로 예상된다. 그렇다면 완벽한 대체에너지가 개발될 때 까지 우리는 환경과 경제적 문제를 동시에 해결해 줄 수 있는 신재생에너지를 발굴, 사회활동을 유지시키면서 기다려야만 할 것이다.

목재를 포함한 임산자원은 인류에게 있어 수천년간 가장 중요한 연료의 역할을 충실히 하여왔다. 근대에 들어서 석유와 원자력의 출현으로 그 위치를 내주어야 했지만 목재는 아직도 전세계적으로 개발도상국이나 선진국 모두에서 중요한 에

너지원으로 이용되고 있다. 그러나 최근 원유의 고갈과 불안정한 세계 정세로 인하여 원유가격이 급격히 상승하면서 목재연료의 가격이 화석계 연료에 대한 경쟁력을 갖추게 되어 경제적 및 환경적 차원에서 목재연료에 대한 새로운 관심이 크게 증대되고 있다. 또한 목재연료의 생산과 이용을 통하여 비도시지역의 일자리 창출과 같은 사회적 이득도 기대할 수 있어 각국의 관심이 집중되고 있다.

지금까지 목재를 에너지원으로 사용하는 개념은 장작이나 목질폐기물 또는 톱밥 등을 그대로 연소시켜 에너지를 얻는 방법으로 이해되어 왔다. 목재에 저장된 태양에너지를 재활용하는 한편, 환경오염을 최소화할 수 있고, 목재 폐기물을 이용하므로 폐기물 처리량을 감소시키고 그 처리비용도 크게 절감할 수 있어 매우 많은 장점을 지니고 있음이 사실이다. 또한, 목재자원의 95%를 외국으로부터 수입하고 있는 현 실정에서 외화를 들여 사온 목재자원을 폐기물 없이 완벽하게 활용할 수 있다는 점에서도 큰 의미를 지니고 있다.

그러나 연료의 형상이 불규칙하고 단위 투입량당 발열량이 기존 연료에 비하여 낮은 수준이어서 개별 난방에 제한적으로 사용될 뿐 산업적인 이용이 불가능하였다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 미국을 중심으로 목질자원의 에너지화와 그 산업적 응용을 위한 연구가 꾸준히 진행된 결과 목재를 마쇄하여 그림 1과 같은 형태의 펠릿(pellet)으로 성형하는 방법이 개발되었다. 목재펠릿 연료는 밀도가 성형전 목재의 약 3배에 이를 정도로 압축되어 단위 중량당 발열량이 크게 증가되었고, 형태와 크기가 일정하여 정량공급이 가능하게 되므로 산업적인 이용이 가능하게 되었다. 표 1은 각종 연료의 단위 발열량을 비교하고 있으며, 2004년 10월 현재의 가격으로 단위비용당 발열량을 비교할 때 경제적인 측면에서도 매우 우수함을 알 수 있다. 화석계 연료의 가격이 앞으로도 지속적으로 상승할 것이 확실하므로 그 경제성은 시간이 흐를수록 더욱 개선될 것으로 예상된다.



[그림 1 : 목재 pellet 연료.]

<표 1 : 연료별 단위비용당 발열량>

구 분	발열량	단위	단위가격(원)	kcal/원
목재펠릿 연료	5000	kcal/kg	180	27.78
경유	9044	kcal/l	960	9.42
벙커C유	9790	kcal/l	460	21.28
등유	8800	kcal/l	770	11.43
휘발유	8503	kcal/l	1390	6.12
천연가스	10500	kcal/m ³	340	30.88
전기	860	kcal/kWh	60	14.33

(* 2004년 10월 현재가격 기준)

(* 목재펠릿 연료가격 = 150US\$/ton 기준)

2. 목재펠릿 제조공정

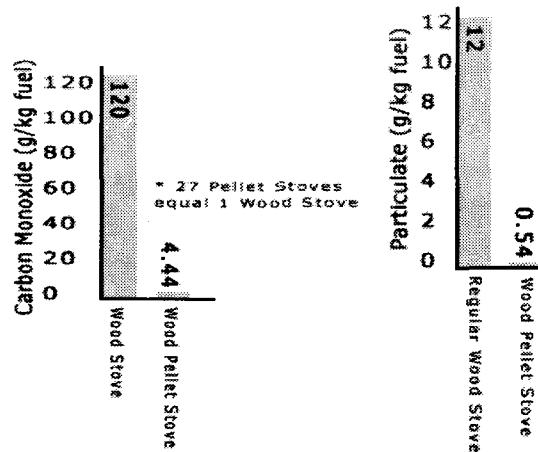
가. 목재펠릿 연료의 장점

목재펠릿 연료의 일반적인 장점을 정리하면 다음과 같다.

- ① 균일 규격으로 균질한 연료화 가능
 - 정량공급으로 정확한 제어 가능
 - 연소공기 공급량 조절로 최적의 연소효율 유지가능
 - 환경오염 최소화
 - 기존 에너지 기기에 약간의 변형만으로도 활용 가능
- ② 압축으로 인한 Compact화
 - 에너지 밀도의 증가
 - 에너지 저장능력 증가
 - 겉보기밀도(bulk density) 증가로 운송비용 및 저장비용 절감

그러나 상기 장점 중에서 가장 중요한 사항은 화석계 연료에 비하여 목재연료가 태양에너지를 저장하고 있는 재생산(renewable)이 가능한 자원이라는 점이다. 목재를 연료로 사용하게 되면 약간의 이산화탄소를 방출하게 되지만 그 양이 적어 성장하고 있는 수목에 의해 완벽히 흡수될 수 있다. 따라서 이 순환과정에서는 더 이상의 탄소가 방출되지 않는다고 할 수 있다. 반면에 지하에 깊게 숨어 있던 화석계 연료를 지표면으로 꺼내어 연소시키면 이때 방출되는 탄소는 결과적으로 지구상 어딘가에 남게 된다.

그림 2는 기존 장작이나 톱밥과 같이 무정형의 목재연료를 연소시키는 경우와 불순물을 제거하고 압축 성형한 목재펠릿 연료를 연소시키는 경우의 일산화탄소와 분진 배출수준을 비교한 것으로 목재를 펠릿화 할 경우 그 수준을 매우 크게 저감시킬 수 있음을 알 수 있다.



Carbon monoxide and Particulate Matter Emissions

[그림 2 : 기존 목재연료와 목재펠릿 연료의 연소시 일산화탄소와 분진배출 수준]

상기의 자료에서 보는 바와 같이 목재펠릿 연료는 기존의 어느 연료에 비하여 환경에 대한 피해를 최소화할 수 있는 동시에 에너지 자원빈국인 우리에게 새로운 재생가능한 에너지원을 제공해줄 수 있음을 알 수 있다. 특히, 산지가 60% 이상인 우리에게 시사하는 바가 매우 크다고 할 수 있을 것이다. 따라서 우리에게 가용한 목질자원을 이용하여 목재펠릿 연료를 생산하고 이용할 수 있는 공정과 시스템의 개발이 시급히 요청되고 있다.

나. 목재펠릿 연료 제조기술

1) 기술적 측면

목재펠릿 연료의 특징 중 하나는 압축에 의한 성형에 아무런 첨가물질이 필요 없다는 점이다. 다음은 목재의 주요성분 비율로서 lignin과 hemi-cellulose 및 resin이 열에 의해 연화되어 thermoplastic flow를 나타내게 되어 결국 자체 binder의 역할을 하게 된다. 따라서 결합을 위한 첨가물질로 인한 환경오염의 발생문제가 원천적으로 제거되는 것이다.

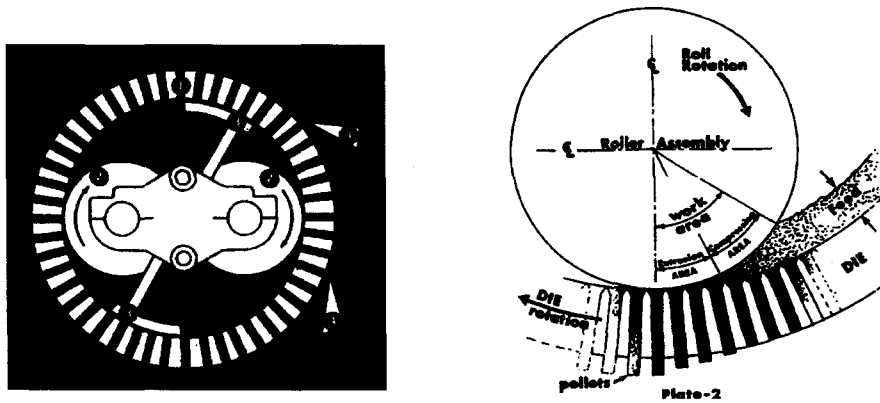
Cellulose	40 ~ 50%
Hemi-cellulose	20 ~ 35%
Lignin	15 ~ 35%
Resins or Extractives	소량

표 2는 미국 Pellet Fuels Institutes에서 제시하고 있는 목재펠릿 연료의 표준 규격으로 이 기준을 만족시켜야만 판매가 가능하다. 한편, 그림 3은 본 연구에서

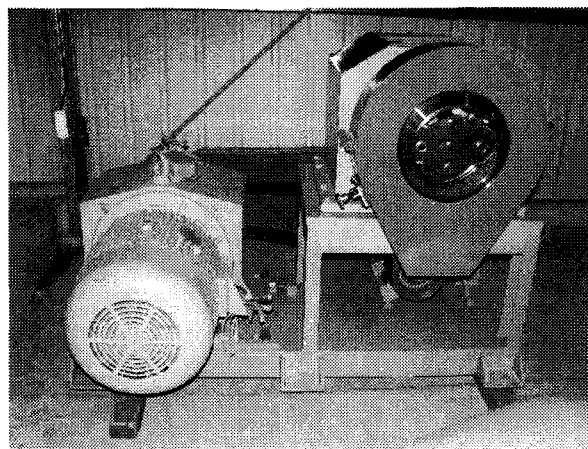
적용한 목재펠릿 연료 생산 시스템의 원리로 가축사료나 식품 등에 사용되고 있는 압출방법의 일종이다.

<표 2 : 미국의 목재펠릿 연료 표준규격>

구분	기준	측정방법
겉보기 밀도	640kg/m ³ 이상	ASTM E-873-82
규격	최대 길이 38mm 최대 직경 6 ~ 8mm	실측
미분	1/8" screen 통과 분진 5%(중량비) 이하	실측
염소	300ppm 이하(연소기 부식방지를 위하여)	ASTM E-776
회분	최상급 1% 미만 표준급 3% 미만	ASTM D-1-102



[그림 3 목재펠릿화 장치의 원리]

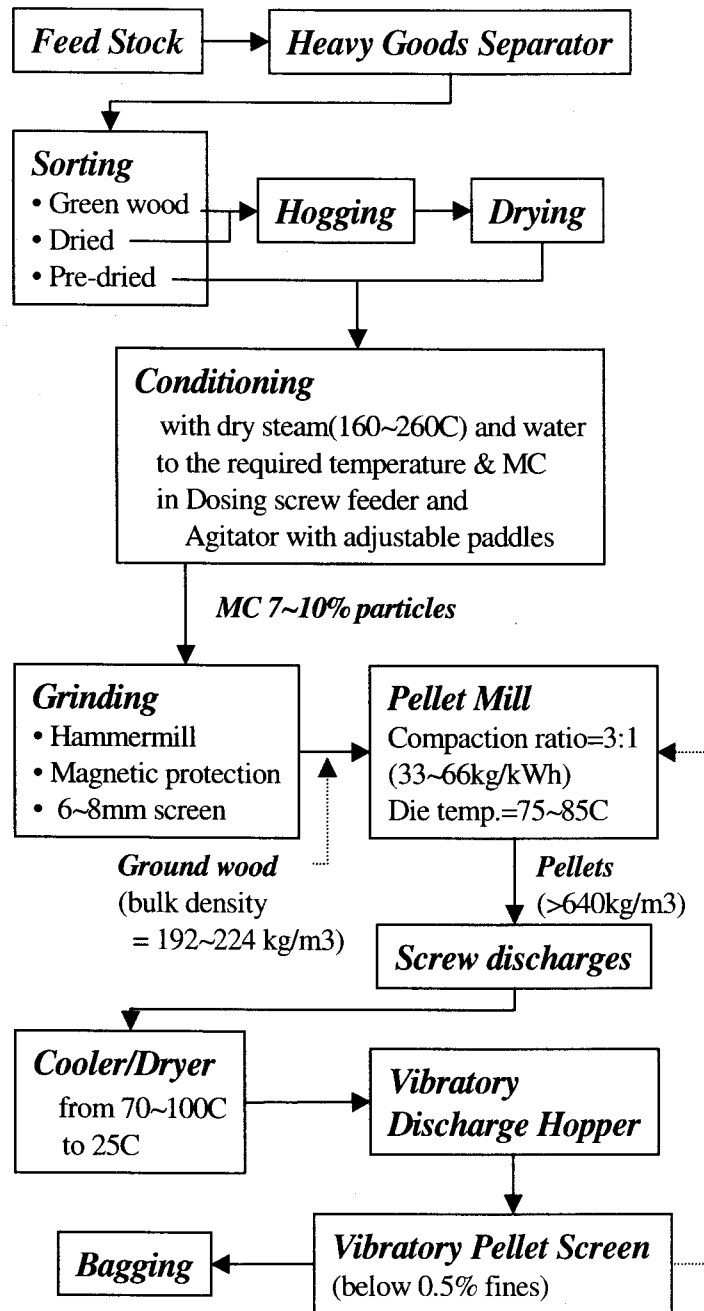


[그림 4 : 본 연구에서 개발된 목재펠릿연료 제조장치]

그러나 국내에서는 서로 다른 다양한 수종들이 소량씩 소비되고 있어 가공 이후 발생하는 목재 폐기물의 성상과 품질이 매우 다를 수밖에 없다. 또한, 향후 본 목재펠릿 연료가 본격적으로 활용되는 시기에는 국내 산지에 자생하고 있는 수목(간벌재)과 잔가지, 그리고 산불의 주원인이 되고 있는 낙엽도 원료가 될 수 있을 것이며, 초본류(갈대, 식물줄기, ...)와 농산폐기물 또한 그 원료가 될 수 있다.

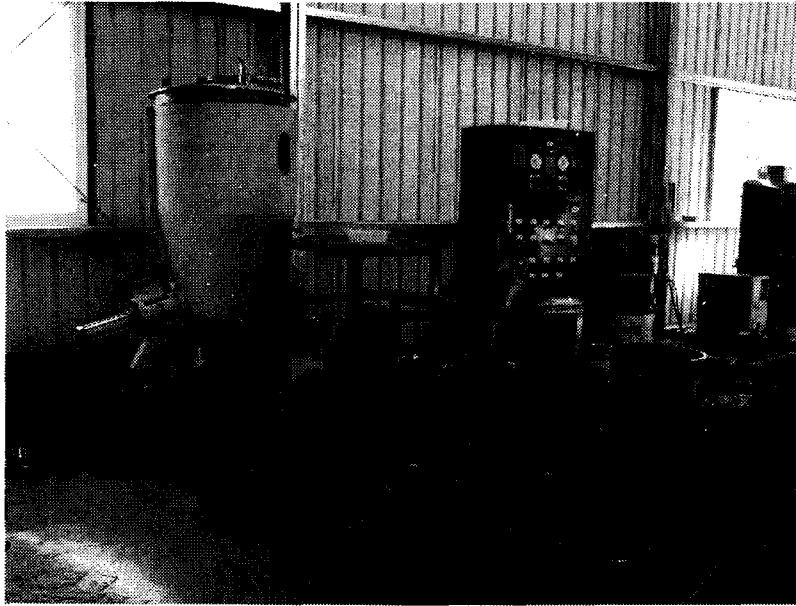
따라서 불균질한 원료를 효과적으로 고품질의 펠릿 연료로 생산할 수 있는 기술과 시스템의 개발이 요구된다. 즉, 보다 효율적인 성형과 펠릿의 연료로서의 품질을 유지하기 위해서는 전처리 공정의 조건을 최적화해야 한다. 일예로 압출전 연화를 위한 conditioning(전처리) 공정에서 적용할 과열증기(superheated-steam)의 온도조건과 처리시간 등이 중요한 공정변수로 등장하게 된다. 또한, 보일러나 연소기에서의 연소조건 역시 목재펠릿 연료의 활용 가능성을 좌우하는 중요한 인자가 된다.

그러므로 다양한 원료에 적용할 수 있는 펠릿화 공정과 시스템 및 품질관리 시스템의 개발이 필수적이라 할 수 있다. 참고로 그림 5는 현재 가장 일반적으로 적용되고 있는 목재펠릿 연료 제조공정의 순서도이다.



[그림 5 : 목재펠릿 연료 제조공정]

한편, 본 연구결과 균일한 연료 발열량을 위하여 원료를 건조하고, 원활한 펠릿화를 위하여 과열증기처리를 하기 위하여 소요되는 에너지의 양이 생산될 연료 전체량의 15%를 초과하는 것이 밝혀져 건조와 전처리과정에서의 에너지 절감이 또 다른 중요한 과제로 부상하게 되었다. 따라서 본 연구에서는 파쇄된 원료에 냉수를 혼합하고 약간의 가열을 통하여 펠릿화가 효과적으로 이루어질 수 있도록 혼합 및 가열이 동시에 이루어질 수 있는 장치를 개발하였으며, 그 장치의 모습은 그림 6과 같다.



[그림 6 : 원료 전처리 장치]

3. 연구성과의 활용방안

가. 국외 목재펠릿 연료 적용 사례

지역 또는 개별 난방에 목재펠릿 연료를 이미 사용하고 있는 미국의 경우 목재펠릿 연료 관련 사업을 관장하는 전문기관인 Pellet Fuels Institutes(PFI)가 설립되어 그 품질을 개선시키고 관리함으로써 목재펠릿 연료의 보급을 확대하고 있다. 북미의 경우 60개 이상의 목재펠릿 연료 생산공장에서 연간 60만톤을 생산하고 있다. 소비자들은 슈퍼마켓에서 단위포장된 목재펠릿 연료를 손쉽게 구입할 수 있으며(평균 소비자 가격 150 US\$/ton), 에너지 위기론이 대두되면서 이를 이용하려는 산업계의 움직임도 목재산업을 중심으로 활발히 진행되고 있다.

캐나다에서도 British Columbia를 중심으로 목재펠릿 연료 생산협회(Wood Pellet Fuel manufacturers Association of British Columbia)가 결성되어 본 사업을 전반적으로 관리하고 있다. 캐나다의 연간 생산량은 약 80만톤으로 그중 약 10만톤을 북유럽에 수출하고 있다.

한편, 유럽연합에서는 2002년 현재 전체 에너지 소비량중에서 약 3%를 목재연료로부터 얻고 있으며, 그 비율을 2010년까지 12%로 증대시키기 위하여 보다 효율적인 생산기술과 응용기술 개발에 역점을 두고 있다. 특히, 대체에너지의 80% 이상을 biomass로부터 얻고자 계획하고 있음은 특기할 일이다. 목재연료 사용에 대하여 가장 적극적인 국가중 하나인 스웨덴의 경우에는 1999년 현재 39개사에서

연간 약 50만톤을 생산하여 25,000여개소의 소형 열병합발전소에 공급하고 있다. 또한, 목재펠릿 연료의 고효율 연소가 가능한 보일러의 보급이 확대되고 있는 오스트리아에서는 자국의 Andritz Group이 전세계 16개 공장에서 연간 11억 Euro의 판매액을 예상하고 있으며, 그에 따른 고용인원도 4,500여명 정도 창출될 것으로 예상하고 있다. 덴마크에서는 현재 목재연료로 가동되고 있는 지역난방시스템이 50여개(평균 3.5MWth)에 이르고 있으며, 연간 15만톤의 목재 pellet 연료를 생산하고 있다. 한편, 노르웨이와 핀란드에서도 각각 4.5만톤과 1.5만톤의 목재펠릿 연료가 생산되고 있다.

브라질의 Jari pulp mill에는 세계 최대의 목재연소형 발전소(55MW)가 현재 가동중에 있으며, 1일 목재연료 2000Gton을 사용하고 있다. 현재 투입되고 있는 목재 연료비용은 화석계 연료를 사용할 경우의 1/4에 지나지 않는다고 한다. 가까운 일본에서도 석유위기 직후인 1982년부터 목재연료 생산을 시작하여 25개 공장이 가동중에 있다.

나. 국내 현황 및 잠재력

2003년도 산림청 통계에 의하면 우리 나라의 총 목재 수요량은 27,289,000m³으로 이중 약 94%에 달하는 25,649,000m³을 10억달러 이상을 들여 수입하고 있다. 따라서 자급율은 5%정도에 지나지 않고 있다. 국토의 60% 이상이 산지이고 그 산지에 468,168,000m³의 임목이 축적된 나라로서 이처럼 목재 자급율이 낮은 것은 산지녹화에만 집중하였을 뿐 경제적인 수목을 조림, 육림하지 못한 이유가 가장 설득력이 있다. 오히려 과도하게 밀식된 수목들로 인하여 인간의 접근이 어려워지면서 마른 가지와 낙엽이 그대로 축적되어 매년 대형 산불의 발생원인이 되고 있다.

표 3은 수입된 목재가 이용되고 남게 되는 폐목재의 재활용 현황을 보여주고 있다. 본 표에서 보는 바와 같이 재활용되는 비율이 43.4%로 6,000,000m³ 이상의 수입목재가 그대로 폐기되고 있는 실정이다. 연료로 사용되고 있는 약 18%의 목재도 장작 정도의 수준으로 재활용되고 있을 뿐 체계적인 재활용이 되지 못하고 있다.

한편, 정부에서는 경제림 육성을 위하여 매년 전체 임지의 2%이상인 140,000ha에 달하는 임지에 대한 간벌을 계획하고 있어 이를 통하여 발생하는 대량의 저급 소경 간벌재를 활용할 대책에 부심하고 있다. 또한, 접근성 향상을 위한 임도개설이 매년 1,300여 km씩 이루어질 예정이므로 이로부터 발생하는 벌채목의 양도 상당할 것이다.

결론적으로 훌륭한 에너지 자원을 지니고 있는 우리는 그 사실을 인식하지 못하고 지금까지의 에너지 이용체계에 안주하므로써 귀중한 자원을 그대로 폐기하

고 있었던 것이라 할 수 있다.

선진국의 예에서 볼 수 있듯이 생활수준이 향상될수록 국민 1인당 소비하는 목재의 양이 기하급수적으로 증가하게 된다. 특히, 주거문화에 목조주택 등 목재가 대량으로 소비되는 추세는 급격히 강해지게 되므로 그에 따라 폐목재의 효과적인 재활용은 시급한 현안으로 부상하고 있다. 자원빈국인 우리에게 수입된 목재 역시 소중한 자원임을 자각하고 그에 대한 완벽한 활용을 실천해야 한다.

<표 3 : 국내 폐목재 발생 및 재활용 현황>

(단위: 천m³, %)

발생원	구분	합계	재활용							폐기		
			소계	재이용	원료				연료	소각	폐기	
					계	재생 보드	톱밥	기타				
총계	물량	11,011	4,778	137	2,562	1,337	766	459	2,079	6,233	3,628	2,605
	비율	100	43.4	1.2	23.3	12.1	7.0	4.2	18.9	56.6	32.9	23.7
임지 폐잔재	물량	911	551	0	446	0	199	247	105	360	0	360
	비율	100	60.5	0	49.0	0	21.8	27.1	11.5	39.5	0	39.5
산업가공 폐목재	물량	3,533	3,533	0	1,837	1,060	565	212	1,696	0	0	0
	비율	100	100	0	52.0	30.0	16.0	6.0	48.0	0	0	0
건설 폐목재	물량	5,752	250	0	115	115	0	0	135	5,502	3,405	2,097
	비율	100	4.3	0	2.0	2.0	0	0	2.3	95.7	59.2	36.5
생활 폐목재	물량	190	23	7	15	15	0	0	1	167	19	148
	비율	100	12.1	3.7	7.9	7.9	0	0	0.5	87.9	10.0	77.9
물류 폐목재	물량	624	421	130	148	146	2	0	142	204	204	0
	비율	100	67.4	20.8	23.8	23.4	0.4	0	22.8	32.6	32.6	0

(* 임업연구원 연구자료 제142호(1998))

다. 목재펠릿 연료의 에너지 자원 효과 및 보급전략

국내의 목재펠릿 연료 시장규모를 추정해 보면 연간 발생 폐목재의 15%만을 연료화한다고 가정하여도 연간 20만톤을 생산할 수 있으며, 현재 미국의 가격 150US\$/ton을 기준으로 연간 약 3000만달러(약 300억원)가 예상된다. 그러나 원유가의 고공행진은 앞으로도 계속될 것이며, 그에 대한 대체에너지의 개발이 빠른 시일내에 이루어질 가능성이 희박하므로 유일한 대안이 될 가능성이 높다. 한편, 에너지 시장의 특성상 그 성능과 경제성이 입증되면 폭발적인 수요가 수반되므로 그 시장규모는 앞으로도 지속적이고도 급속하게 팽창(연간 성장률 30%이상)될 것으로 예상된다.

그러나 국내에서는 새로운 형태의 연료이므로 기존 연료사용처에 직접 적용하기보다는 현재 에너지 대체가 절실히 요구되고 있으며 본 연료의 적용이 즉시 가

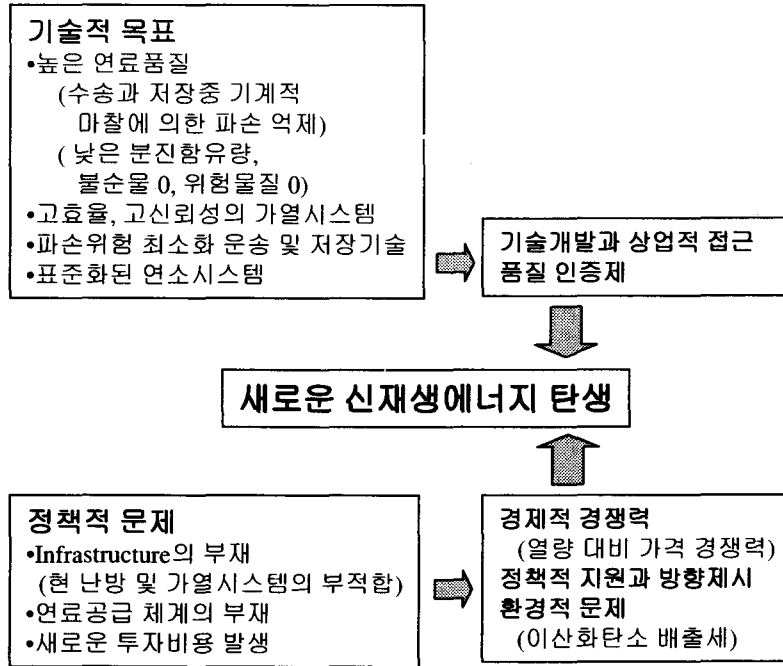
능한 농가의 시설원에 및 가옥의 난방에 1차적으로 적용하여야 할 것으로 사료된다. 현재 시설원에 재배농가에서는 급격히 상승하는 난방비용으로 큰 어려움을 겪고 있으며, 이는 곧 농산물의 가격 상승으로 이어져 전반적인 국내 물가상승을 초래할 수도 있기 때문이다. 또한, 이로 인한 국내 농산물의 경쟁력 하락은 매우 치명적일 수도 있다. 목재펠릿 연료 적용의 2차 대상으로는 산업공정을 들 수 있다. 농산물, 목재뿐만 아니라 대부분의 산업공정에서는 건조나 가열에 전기나 화학계 연료를 주로 사용하고 있어 에너지 가격의 상승은 산업경쟁력마저 흔들고 있다. 따라서 저렴하고 환경친화적인 연료의 사용은 일거이득의 장점을 지닌다고 할 수 있으며, 그 보급은 매우 활발히 이루어질 수 있을 것으로 판단된다. 제 3차 대상으로는 지역난방으로서 중소규모의 열병합발전 시스템에 대한 연료공급원으로 부상할 수 있을 것이다.

상기와 같은 목재펠릿 연료 적용을 통하여 얻을 수 있는 에너지 자원 효과를 추정해보면 다음과 같다. 폐기되는 목재 6,233,000m³의 기본밀도(basic density; 생재부피에 대한 전건중량의 비)가 평균 500kg/m³ 정도이므로 약 3,000,000톤의 목재가 폐기되고 있다. 밀도 약 1,000kg/m³인 목재펠릿 연료의 단위발열량이 약 5000kcal/kg 수준이므로 다음과 같은 계산이 가능하다.

$$3,000,000\text{톤} \times 500/1,000 \times 5000000 / 10^7 = 750,000 \text{ TOE/yr}$$

즉, 폐기되고 있는 폐목재만을 연료화하여도 연간 75만 TOE 이상을 얻을 수 있다. 만일 저급의 연료로 사용되고 있는 양도 목재펠릿 연료화 한다면 90만 TOE를 얻을 수 있으며, 전술한 바와 같이 간벌과 임도개설에 의해 발생하는 목재의 일부만을 연료화한다고 하여도 쉽게 200만 TOE에 접근할 수 있을 것으로 판단된다.

한편, 비록 폐목재의 95%가 수입산이라 하더라도 일단 국내에 도입되어 활용되고 남은 폐기물은 결국 우리의 부담이 되며, 실제 모든 폐기물도 달러를 지불한 자원이라는 인식이 크게 인식되고 있다. 따라서 폐기물 재활용에 대한 정부 차원의 많은 지원이 이루어지고 있는 것도 사실이다. 또한, 특별한 대체에너지의 개발에 성공하지 못하고 있는 국내 실정에서 자체의 에너지원 개발은 매우 어려운 현재의 상황을 타개할 수 있는 유일한 대안임을 인식하고 있다. 일례로 산림청의 경우에도 매년 목재 폐기물의 재활용 사업에 적극적인 지원을 아끼지 않고 있고, 본 사업의 성공 여부에 따라서는 연료림의 조성에도 적극적인 의지를 지니고 있어 본 사업을 위한 제도적 및 경제적 여건은 매우 양호한 것으로 판단된다.



[그림 7 : 목재펠릿 연료 보급 확대를 위한 전략]

그러나 목재펠릿 연료의 보급 활성화를 위해서는 정부와 민간의 유기적인 협조 체제가 절실히 요구된다. 즉, 기술적 측면에서는 품질인증제를 확립하여 연료의 품질을 안정화하여야 하며, 본 연료의 연소를 위한 표준화된 고효율 연소시스템이 요구된다. 한편, 정책적 차원에서는 새로운 연료의 공급체계를 수립하고 발생하는 투자비용을 지원해야 하며, 경제적 차원에서뿐만 아니라 환경적 차원에서도 본 연료의 우수성을 적극적으로 홍보해야 할 것이다. 여기서 가장 중요한 사항은 원료의 지속적이고도 안정인 공급체계를 정부차원에서 수립해야 한다는 점이다. 또한, 원유의 경우 에너지 생산과정에서 발생하는 부가가치가 산유국에 남게 되지만 국내에서 자체 연료 생산과정에서 창출되는 부가가치는 고스란히 국내에 남게 되며 농산촌의 새로운 소득원이 될 수 있음을 이해해야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. Abe, F. 1986. Elemental analysis and calculation of the calorific value from the carbon, hydrogen, and oxygen contents of the bark of fast-grown and other deciduous trees. 日本木材學會誌
2. Chow, S.J. and K.J. Pickles. 1971. Thermal softening and degradation of wood and bark. Wood and Fiber Science.

3. Dost, W.A. 1966. Steam from fuel : the trend is up. Forest Products Journal.
4. Ellis, T.H. 1975. Should wood be a source of commercial power?. Forest Products Journal.
5. Forest Products Society. 1999. Wood Handbook. Forest Research Society.
6. Furman, L.H. and L.G. Desmon. 1976. Wood residue for veneer drying: a case study. Forest Products Journal.
7. Greber, B.J. and H.W. Wisdom. 1985. Impacts of increased demand for fuelwood on other forest product markets. Forest Products Journal.
8. Houghton, J.E. and L.R. Johnson. 1976. Wood for energy. Forest Products Journal.
9. Hughes, A.D. 1976. Fueling around the boiler room. Forest Products Journal.
10. Jordan, M. 2001. Development of cordwood boiler system. Nordistribution Ltd.
11. Koch, P. 1972. Utilization of the southern pines. USDA Forest Service.
12. Moody, D.R. 1976. Advances in utilizing wood residue and bark as fuel for a gas turbine, Forest Products Journal.
13. Moore, W.E. 1976. Wood residue energy conversion systems market. Forest Products Journal.
14. Morton, F.L. 1976. In-house generation of electricity from wood waste residue. Forest Products Journal.
15. Resch, H. 1989. Fuel from wood residues: a profit center for mills. Forest Industries. Nov.
16. Samson, R. and P. Duxbury. 2000. Assessment of pelletized biofuels. Resource Efficient Agricultural production-Canada.
17. Sarles, R.L. and J.P. Rutherford. 1982. Converting small industrial boilers to burn wood fuels. USDA Forest Service.
18. University College of the Cariboo, BC, Canada. 2001. Campbell Creek Industrial Park Wood Drying Facility Feasibility Study ED#2-2001.
19. Ward, R. 1976. Federal fuels from biomass energy program. Forest Products Journal.