

## 木材廢棄物の 再活用\*1

吳 正 壽·尹 和 榮\*2

# Reutilization of Wood Wastes\*1

Jung-Soo Oh · Hoa-Young Yun\*2

### 1. 緒 論

世界는 1970년대의 중동전쟁 이후 아랍권이 石油를 經濟武器化하면서 부터 자원에 대한 인식을 달리 하게 되었다. 즉, 그동안 무한정 싼 값으로 이용하던 석유가 有限資源이며, 이를 경제적인 무기로도 활용할 수 있다는 사실을 깨닫게 된 것이다. 이에 세계각국은 再生이 가능한 無限資源이면서 활용도가 높은 木材資源을 새로운 시각으로 보게 되었다. 그후 인도네시아, 말레이시아 같은 풍부한 임산자원을 가진 국가들도 석유에 이어 점차 목재자원을 자국의 이익을 극대화하는 방향으로 운용하기 시작하였다. 또한 1980년대 이후 세계적으로 일기 시작한 環境運動의 영향으로 地球環境에 대한 保護次元에서 삼림의 벌채가 규제되면서 목재자원의 확보가 새로운 문제점으로 등장하게 되었다. 따라서, 세계각국은 林産工業을 自國의 실정에 맞게, 또 급격히 변하는 소비자의 욕구에 부응하는 신제품 개발이라는 무기로 빠르게 적응하여 왔다. 즉, 合板이 주류를 이루던 1970년대의 생산패턴을 탈피하여 여러가지 원료를 복합화함으로써 원료비의 부담을 줄이고, 물성은 향상시킬 수 있게 된 것이다. 이것은 목재공업의 기초가 되는 가공기술, 접착기술 등 과학기술의 발달에 힘입은 바 크다.<sup>3)</sup>

우리나라에 있어서 近代의 意味의 林産工業은 6·25 전쟁 후 復舊期를 거치면서 본격화되었으며, 1970년대 초 輸出드라이브 政策에 힘입어 우리나라의 수출 물량 중 합판이 제1의 품목으로 등장한 적도 있었다. 이후 합판공업이 주축을 이루던 우리나라의 목재산업은 저임금을 바탕으로 한 인도네시아, 말레이시아 등에 밀려 오늘날 오히려 합판을 수입하고 있는 실정이다. 현재 우리나라의 임산공업 총매출액은 1990년에

3조 2천억원에 달하고 있으나, 생산원가의 68%를 차지하는 원목의 대부분을 수입에 의존하고 있다<sup>10,11)</sup>. 따라서 한때 합판산업을 비롯하여 국가 경쟁력의 원천이기도 했던 임산공업이 오늘날의 위치로 전략하게 된 것은 原料의 求得難이 가장 큰 원인이고, 低賃金에 기초한 경영방침, 技術開發의 저조 등 몇 가지 원인이 있겠으나, 가장 큰 원인은 원료 문제와 기술개발의 소홀로 다변화된 경제환경에 적응하지 못했기 때문이다. 이에 반하여 목재사용이 부피와 중량에서 80%를 차지하고 있는 樂器産業은 電子樂器라는 신무기로 여전히 세계시장에서의 위치를 차지하고 있다. 이는 업계의 동향과 시장에 대한 예측으로 신기술의 도입이라는 측면에서 시사하는 바가 매우 크다. 즉, 악기산업은 전자악기로 새로운 수요를 창출하면서 기존의 전통적인 목재가공형 악기시장도 여전히 유지하고 있는 것이다.<sup>11)</sup>

한편 政府에서는 전국토의 2/3가 산지인 우리나라의 실정에 맞게 여러가지 조림정책을 시행하여 원료의 자급자족을 도모하여 왔으나, 앞으로도 상당 기간 후에야 어느 정도 자급이 가능할 것이라는 예측이 보고되어 있다.<sup>6,9)</sup> 따라서, 원료에 대한 압박을 이겨내기 위해서는 자원절약형 산업으로의 전환이 불가피한데 이러한 연유로 그동안 소각 내지 매립하였던 목재 폐기물을 재활용하는 것을 적극 검토해야 할 시점에 와 있다고 하겠다.

木材廢棄物の 再活用은 環境과도 밀접한 관계가 있다. 폐자원을 재활용하게 되면 쓰레기의 감소효과 얻을 수 있는데, 좁은 국토를 적절하게 관리운영하여야 하는 우리나라로서는 고�형쓰레기의 재활용은 매립 공간의 절약, 에너지 소비량을 감소할 뿐만 아니라 환경에 많은 기여를 하고 있는 산림자원을 보호할 수

\*1 接受 1995年 1月 9日 Received January 9, 1995

\*2 東國大學校 生命資源科學大學 College of Biological Resources Science, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

표 1. 목재산업현황<sup>10)</sup>

구분	1985		1990	
	현	황 지 수	현	황 지 수
사업체수(개소)	2,713	100	3,398	143
종업원수(명)	67,393	100	86,946	129
산업액(백만원)	1,267,029	100	3,178,445	251
부가가치(백만원)	75,562	100	1,307,827	323

있으므로 대단히 바람직한 경우이다.

우리나라도 1994년 3월 國際炭素協約에 가입하여 이제는 탄소배출량을 1990년 수준으로 유지하여야 할 규제를 받고 있으며, 1994년 바젤협약에 가입하여 폐기물의 처리까지 규제받아야 하는 실정이다. 따라서, 폐자원이면서도 유용하게 재활용할 수 있는 목재폐기물을 잘 활용할 수 있는 방안이 강구된다면 앞으로 그린라운드 등에도 크게 기여할 수 있을 것이다.

외국의 경우 山林의 經營, 伐採, 木材의 集荷, 製材, 펄프, 종이 製造, 纖維素誘導體 공장까지 일관체계를 이루고 있어 완벽하게 관리하고 있으며, 또한 규모의 경제를 실현하고 있기도 한다. 이에 반하여 우리의 실정은 산림자원이 빈약한 나라이면서도 이 자원을 그나마도 완벽하게 활용하지 못하고, 상당량의 목질계 자원을 쓰레기로 폐기하여 환경문제를 야기하고 있는 실정이다.

오늘날 세계의 임산공업이 고도화, 정밀화, 하이테크화 되어가는 추세에 발맞추어 고부가가치의 재료를 우리실정에 맞게 개발하여 국제화시대에 대응하여야 하며, 또 폐자원을 활용할 수 있다면 그것이 우리의 후손에게 물려줄 자산이 될 것이다.

따라서 목재폐기물의 이용은 ① 임산관련공업의 원료난 해소, ② 산림자원의 보호, ③ 쓰레기 감소로 인한 환경기여를 기대할 수 있다.

본고에서는 이러한 관점에서 목재폐기물의 발생경로와 형태, 추정량 등의 현황과 문제점, 또 목재폐기물의 이용방안 및 문제점, 앞으로의 개선방안을 제시하고자 한다.

## 2. 木材廢棄物의 現況

과거 木材를 燃料로 사용하던 시기, 즉 우리나라의 경우 無煙炭과 木材가 연료로 공존하던 1970년대 초만 해도 목재는 폐기물의 개념을 적용할 대상이 아니었다. 버리는 목재는 불쏘시개로 사용되었고, 단독주택에 있어서 목재는 훌륭한 補修資材였기 때문이다. 그러나, 住居文化가 바뀌면서 공간적으로 철골콘크리트 구조가 주종을 이루는 아파트 등 대단위 주거공간으로 바뀌게 되자, 난방과 취사연료로서 석유 혹은

가스를 이용하게 되면서 목재폐기물이 발생하기 시작하였다. 예를 들어 아파트 같은 공동주택에서 현장통 같은 목재폐기물이 발생하게 되면 이를 보관할 장소도, 재활용하여 사용할 곳도 찾지 못하게 되면서 목재폐기물이 발생하기 시작한 것이다.

최근 이런 廢棄物은 행정기관에 사전신고 후 쓰레기 處理規定에 의거, 처리금을 부담시키고 있다. 이것은 수거비용을 수익자에게 부담시키는 형식이어서 재활용의 목적은 아니라고 본다. 또한 우리나라에서 쓰레기로 나오는 목재폐기물의 형태는 아직도 목조주택이 상당히 있는 미국과 일본 등 외국과 비교하여 목재폐기물의 發生經路가 다소 차이가 있는 것으로 생각된다.

한편 같은 목질계 자원인 종이의 경우는 재활용시스템이 상당히 발전한 편이다. 이는 목재가 주로 내구성 재료로 사용되는데 반하여, 종이는 정보를 전달하거나, 기록을 보존하는 경량재료로서 혹은 경량포장재로 이용하기 때문에 이러한 기능을 수행하기 위하여 얇은 형태로 제조하므로 수거에 어려움 없이 재활용이 쉽게 이루어지고 있다. 또, 종이의 재활용은 종이의 원료인 펄프를 제조하는데 들어가는 에너지 등 제반비용을 1/10~1/20 정도로 줄일 수 있다. 현재, 종이 재활용이 가장 앞서 있는 일본의 경우 종이회수율이 55% 정도인데, 2000년대에서는 최종적으로 75%의 회수율을 목표로 하고 있다. 여기서 회수되지 않는 25%는 화장지 혹은 기록보존용이므로 75%란 수치는 사실상 사용한 종이 전부를 회수하고자 하는 것이다<sup>13)</sup>.

이러한 종이와는 달리 목재폐기물은 아직 개념적으로 재활용에 대한 인식이 확립되지 않고 있다. 또한, 폐기물의 발생도 일정하지 않고, 운반이나 처리에 있어서 종이보다는 훨씬 불리한 특징을 갖고 있다.

목재폐기물의 발생원인은 다음의 3가지 경우로 생각해 볼 수 있다. 첫째, 벌채와 간벌에서 발생하는 林間 廢殘材, 둘째, 목재의 가공공정에서 발생하는 廢材, 셋째, 사용 후 쓰레기로서 나오는 경우이다.

첫째, 원목을 채취할 때 우리나라에서는 목재자원으로 경제성이 있는 원목만을 재료로 사용하므로 가지나 잎, 뿌리 등은 現場에서 廢棄하고 있다. 이 중에서 가지는 목질재료로서 이용 가능하지만 林道 등 기반시설이 취약하므로 이러한 폐잔재를 다루기 어렵고, 처리비가 회수되지 않아 임지에서 폐기처분하고 있는 실정이다. 최근 국내에서도 이를 PB (particle board)나 MDF (medium density fiberboard)의 원료로 이용하려고 노력하지만 거의 회수되지 않는 실정이다. 그러나, 일본에서는 임지폐잔재를 산림자원의 종합적인 이용 (total utilization)이라는 개념 아래, 가지를 이동식 칩퍼 (chipper)로 칩을 만들어

이용하는 것은 물론 잎이나 가지, 수피 등에 있는 약용생리성분, 향료, 피톤치드까지 이용하기 위하여 이 동식 추출장치를 트레일러에 부착하여 운용하는 방식도 개발되어 있다.

여기서 우리가 이 문제를 심각히 검토해야 하는 이유는 우리나라 산림자원의 齡級이 II ~ III 등급, 즉 樹齡 20~30년생이 많아 間伐이 이루어져야 하는 時期에 있기 때문이다.<sup>5)</sup> 일반적으로 온대림에서 목재 자체가 경제성을 갖기 시작하는 데략 수령 50년부터이다. 앞으로 우리나라의 산림을 목재자원의 공급면에서 자원화하려면 적절한 간벌이 이루어져야 한다. 이 간벌제를 현재로서는 벌채 현장에서 버리는 경우가 대부분이다. 따라서 이 부분에 대한 연구와 기술 개발이 이루어져 운반비 및 가공비 이상의 경제성이 있는 재료로 전환시키는 것이 필요하다.

또, 환경적인 측면에서도 나무는 성장하면서 이산화탄소와 물, 햇빛을 이용한 광합성 반응을 통한 포도당을 영양원으로 하여 성장하게 되는데 極盛 상태에 도달하거나, 어린 幼苗상태에서는 이산화탄소의 흡수량이 성장기보다는 낮다. 우리나라의 산림의 이산화탄소 흡수량은 현재 18.8%이나, 고도성장기에 있는 우리 산업에서 배출하는 이산화탄소의 배출율은 25%를 상회하므로 간벌을 적극적으로 실시하여 이산화탄소의 흡수율을 20% 선까지 올려야 할 시기이다. 따라서 산림을 적절하게 간벌처리하여 관리할 필요가 있고, 경제성이 있는 수령에 도달하였을 경우에는 이를 적절히 벌채하여 이용하고, 다시 조림운용하는 방식이 필요하다. 현재 우리나라의 산림임분의 수령이 생리적으로 가장 왕성한 시기에 와 있다고 볼 수 있다.

그러나, 현재 우리나라에서는 山主들이 극히 일부를 제외하고는 間伐을 회피하는 입장이다. 이것은 경제적인 이유 때문인데, 투자우위에서 순위가 낮고, 간벌에 들어가는 비용이 단기간에 회수되지 않기 때문이다. 우리나라의 산림자원을 자급자족의 수준까지 올리기 위하여는 앞으로의 10년 내지 20년이 녹화에 치중하던 과거보다 더 중요하다는 것을 인식하여야 할 것이다.

따라서, 정부 차원에서 이에 대한 적절한 보조와 관리를 해야만 목재의 자급자족을 앞당길 수 있으며, 環境的인 측면에서도 바람직한 것으로 思料된다. 또한, 부수적으로 발생하는 임지내 목재폐기물의 양을 산출하고 이를 사용할 수 있는 기술의 개발과 관리가 이루어 질 수 있을 것이다.

둘째의 경우로 生産現場에서 발생하는 폐목재를 들 수 있는데 여기에는 제재소에서 발생하는 것과 목재가공공장에서 발생하는 경우, 2차 가공공장에서 발생하는 경우로 나누어 볼 수 있다. 폐기물은 주로 수

표 2. 우리나라의 제재폐재 발생량.

구분	계	제재폐재	톱밥
계	1,964	1,748	216
인	1,273	1,133	140
부	144	128	16
경	135	120	16
전	72	64	8
기	82	73	9
타	258	230	28

피, 목분, 톱밥, 대패밥, 합판폐재, 가공손실(단척재) 등이다. 여기에서 목분 등은 우리나라가 목재공업이 태동하던 시절 합판이 생산품의 주종을 이루던 시기에는 폐기물이었지만, 파티클보드와 섬유판공업이 발달한 오늘날에는 수집만 된다면 모두 재료로 이용할 수 있다.

그러나, 우리나라의 제재소가 소규모로 전국적으로 분포하고 있어 제재폐재의 효과적인 수집체계 대책수립이 필요하다<sup>10)</sup>. 현재 일부 대규모 공장은 제재에서부터 합판의 생산, 목질보드의 생산까지 겸하고 있어 효과적인 자원의 활용으로 수익성을 높이고 있으나, 일부에 국한된 경우이고, 통상 폐재발생업체는 업체대로 처리에 난점이 있고, 보드생산업체는 업체대로 원료의 지속적인 확보에 어려움을 겪고 있다.

세째, 쓰레기로서 목재폐기물이 발생하는 경우인데 여기에는 인간이 생활하는데 있어 불가피하게 발생하는 경우와 건축폐기물로 발생하는 경우, 주택해체 등 대량으로 발생하는 경우가 있다.

목조주택이 거의 없는 우리나라는 주택해체로 인한 대량 발생은 거의 없다고 볼 수 있으나, 미국, 일본 등에서는 상당량이 발생하고 있다. 특히, 일본에서는 도시화에 따른 목조주택의 해체로 인한 목재폐기물이 상당량 나오고 있으며, 이러한 현상이 당분간 지속될 전망이다. 따라서, 일본에서는 목조주택의 해체를 정부와 재활용단체, 목재회사가 연계하여 조직적으로 운영하고 있다<sup>35)</sup>.

다음으로 가정쓰레기로 배출되는 경우가 있다. 미

표 3. 국내보드류 생산능력 및 증설계획.

구분	파티클보드			섬유판		
	일산능력	연산능력	원자재소요량	일산능력	연산능력	원자재소요량
현재	1,540	462	762	1,210	363	577
증설계획 (1998년)	-	-	-	1,050	315	500

\* 단위 : 일산능력 m<sup>3</sup>, 연산능력 및 원자재소요량 1,000m<sup>3</sup>.

표 4. 건축물해체에 따른 폐목재의 추정량 추이 (일본).

년 도	제 거 건 축 물			
	목 조		비 목 조	
	면적(10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	증감율(%)	면적(10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	증감율(%)
1975	23,081	100.0	2,857	100.0
1980	27,601	119.6	5,418	189.4
1985	24,663	106.9	7,767	271.9
1989	28,856	125.0	11,007	385.3

국에서는 지방자치기관에서 쓰레기를 관리하므로 이를 지방자치체의 고형쓰레기(Municipal Solid Wastes, MSW)라고 한다. 우리나라에서도 혐오시설의 설치를 반대하는 Nimby현상이 사회문제화되어 있지만 미국에서의 환경에 대한 인식은 우리의 상상을 초월한다. 따라서, 자원을 재활용한다는 측면보다는 매장처리해야 하는 고형쓰레기의 절대량을 줄이기 위한 측면에서 미국에서는 재활용운동이 활발하다. 그리고, 이러한 방안의 하나로서 통계에 근거하여 앞으로 미국에서도 종이 제조시 폐지의 사용이 일정비율 이상이 되어야 한다고 법제화되어 있다<sup>18)</sup>.

우리나라와 미국의 쓰레기 현황을 표5에 나타내었다. 여기에서 미국은 고형쓰레기의 양을 나타낸 것이고, 우리나라는 쓰레기 전체를 대상으로 한 것이므로 약간 차이는 있다고 보아야 할 것이다.

여기에서 쓰레기 구성비에서 목재폐기물이 차하는 비율은 각각 3.8%와 3.6%로 비슷하지만, 도시지역을 제외한 미국 단독주택의 대부분이 목조주택이어서 해체로 인한 목재폐기물이 상당량 나온다는 것을 감안한다면 우리나라의 가정에서 나오는 폐기물이 미국보다 많다고 볼 수 있다.

따라서, 산림자원이 부족함에도 불구하고, 자원을 낭비하고 있는 것으로 생각된다.

한편 가정에서 나오는 목재폐기물은 주로 현장용, 부엌가구 등이 대부분인데, 여기에는 못 등 철물부재가 부착되어 있어 재활용에 방해가 되고 있으므로 이

표 5. 각국의 쓰레기 분류. (%)

쓰레기 종류	한국 <sup>11)</sup>	미국
음식물·채소류	28.5	7.3
연탄재	28.5	-
종이류	14.8	40.0
나무류	3.8	3.6
금속초차류	5.8	17.7
기타	19.1	13.8
정원쓰레기	-	17.6
계	100	100

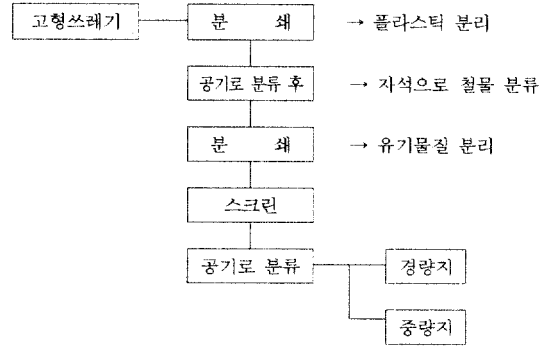


그림 1. 쓰레기에서 자원을 회수하는 흐름도(미국)<sup>18)</sup>.

의 처리법도 개발할 필요가 있다.

다음 그림 1은 미국에서 고형쓰레기를 처리하는 방식을 나타내었다. 쓰레기를 단순히 매립하거나 소각하지 않고, 쓰레기를 기계적으로 분리수거하기 위하여 적절한 장치를 가동하고 있다. 환경적인 측면에서는 쓰레기의 절대발생량을 감소하는 것이 가장 좋은 방법이기도 하나, 불가피하게 발생하는 쓰레기조차 국토를 보전하는 차원에서 이를 매립하거나, 소각하지 않고 가급적 재활용하고 있다.

미국의 경우 폐기물은 종이 대부분이므로 종이를 회수하기 위하여 철물류는 자석으로 처리한다. 건축현장에서 발생하는 폐재에 포함된 못과 같은 철물류는 이러한 방법으로 처리가 가능할 것으로 본다. 또한, 시멘트와 같이 중량이 나가는 물질과의 분리회수는 종이중 경량지와 중량지의 구분방법처럼 바람에 의하여 분리가 가능하다.

우리나라의 목질보드는 그 용도가 반 이상이 가구재로 사용되고 있으며, 자체의 내구연한을 약 15~20년 정도로 보고 있다. 최근 제품의 사용수명이 점차 짧아지고 있어서 앞으로 상당량의 보드형태의 목재폐기물이 가정에서 배출될 것으로 전망된다.

이에 반하여 합판은 대부분 건축폐재의 형태로 나오고 있다<sup>1,2)</sup>.

건축현장에서 사용하는 목재는 주로 거꾸집, 형틀에

표 6. 보드류의 용도별 비교. (%)

구 분	파티클보드	MDF
부엌 가구	50~55	55
일반 가구	20~25	-
약 기	-	20
전기 제품	10	10
사무용 가구	10	15
내장재	-	5

표 7. 목질판 재료의 공급량(1992년)<sup>7)</sup>.

구 분	국내생산량	수입량	계	공급비율(%)
계	1,578	1,472	3,050	100
합판	948	935	1,901	62.3
파티클보드	276	451	727	23.8
섬유판	354	68	422	13.8

\* 단 위 : 1,000m<sup>3</sup>

사용하는 합판과 구조용 목재가 주종을 이루고 있다. 거푸집 및 형틀용 합판은 일본의 경우 10회 정도 재사용하고 있으며, 우리나라에서도 3 회 정도 회수이용하고 있다. 현재 폐기물의 대부분을 현장에서 소각처리 혹은 매립하고 있다.

국내에서 생산되는 합판의 대부분이 건축용으로 사용된다는 것을 감안하면 상당량의 폐기물이 발생될 것이라고 예상된다. 또 이 목재폐기물은 콘크리트와의 혼합물의 형태이므로 목질재료로 이용하기 위하여는 회수처리가 필요한데, 앞서 언급하였던 무게차에 의한 방법으로 가능할 것으로 생각된다.

그러나, 폐기물의 재활용을 논하기 앞서 콘크리트 형틀용 합판의 경우 표면도장처리 등으로 사용회수를 20회 이상으로 늘리고, 또한 재품을 규격화하여 내구성을 향상시킴으로써 폐기물의 절대량을 줄이는 방안도 같이 고려되어야 할 사항이다.

건축용 이외에도 대규모 토목공사용으로 사용한 후 나오는 목재폐기물도 상당량이 있다. 토목공사용으로 사용되는 목재는 원목가설재, 합판가설재, 받침판 등이 있다. 이 중 가설재는 원목으로 사용하는데, 대부분 수입목으로 사용하며, 리사이클이 잘 되고 있는 편이다. 합판가설재는 건축용과 마찬가지로 콘크리트거푸집으로 사용되는 것이며, 받침판은 대형공사장에서 발생하는데, 제거비용 때문에 현장에 매설하는 것이 일반적이다.

표 8. 합판의 사용실적비<sup>5)</sup>

구 분	거푸집	토목조경	내장	가구
공동주택	72	극소량	27	1
단독주택	67	0	33	0
상업주택	71	0	29	0

이외에도 포장재로 사용하는 팔레트(pallet)는 주로 컨테이너 박스, 과일상자 등으로 이용되는데, 연간 약 700,000m<sup>3</sup> 정도가 사용되고 있으나, 받침판과 마찬가지로 회수가 이루어지지 않고 있다.

### 3. 木材廢棄物의 再活用 方案

#### 3.1 木材廢棄物의 再活用 現況

우리나라의 목재폐기물 회수시스템에서 가장 문제가 되는 것은 벌채현장에서 발생하는 임지폐잔재, 제재소에서 발생하는 톱밥, 건축자재, 가정에서 발생하는 가정쓰레기 등이 현재의 회수시스템에서 재활용되지 못하고 있는 부분이다. 이 중에서 소비이용 후 나오는 목재폐기물의 추정량이 높은 것은 모든 쓰레기 중에서 목재폐기물의 양을 추정한 것이기 때문에 실제 가정에서 나오는 양보다는 과대치가 나온 것이다. 가공처리나 2차 가공에서 발생하는 폐기물은 목재가 공공장에서 발생하는 것이므로 회수되어 재이용하거나 자체의 에너지원으로 사용되고 있다.

우리나라의 목재폐기물이 추정치이기기는 하나 약 570만m<sup>3</sup>이 나오는 반면에 거의 정확한 통계치를 가지고 있는 일본의 경우 매년 약 4,800만m<sup>3</sup>이 나오는 것으로 추정하고 있다. 내역을 보면 목재공업에서 2,200만m<sup>3</sup>(내수피 400만m<sup>3</sup>), 건축물 해체 1,200만m<sup>3</sup>, 신축공사 400만m<sup>3</sup>, 콘크리트형틀 200만m<sup>3</sup>, 팔레트 300만m<sup>3</sup>, 가구 및 토목공사용 500만m<sup>3</sup>으로

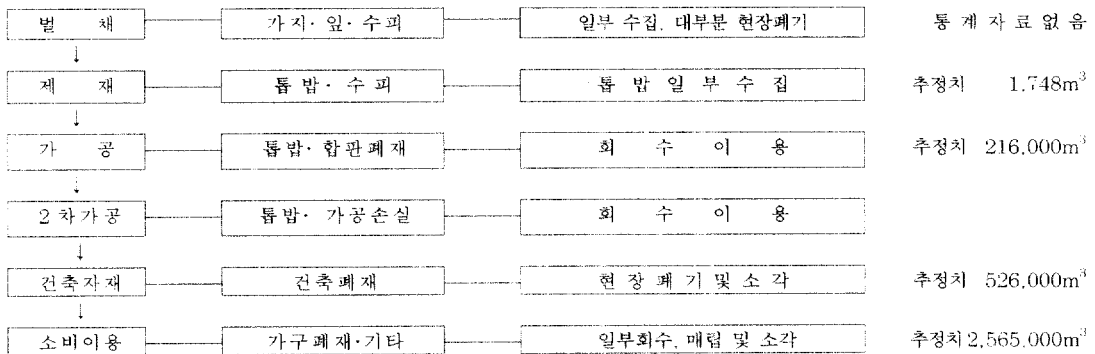


그림 2. 우리나라 목재폐기물의 회수실태

표 9. 목재폐기물 재활용원칙.

단 계	목재폐기물 발생장소 혹은 사용장소	처리지침
1	임지 간벌재, 폐잔재	최대한 구조재 사용 필프 원료로도 활용
2	제재공장 발생 목재폐기물	필프원료로 활용 보드화
3	건축폐재	필프원료 활성탄
4	MDF 공장	폐재 회수 후 최대한 활용
5	MDF 공장 수피등	필프화 부적당한 재료는 연료화 수피 등은 농업부자재로 재활용

추산하고 있다. 이 목재폐기물은 다른 원료로 대체하여 비교하면 원유 약 68억 배럴, 다시 말해 50만톤 짜리 원유도입선 약 130척에 해당하는 에너지를 내재하고 있다고 한다.<sup>36,37)</sup>

이에 근거하여 우리나라의 폐목재가 가진 가치를 에너지로 환산하면 570/4800×68억 배럴=8억배럴에 해당되는 양으로 50만톤 짜리 원유도입선 15척에 해당되는 어마마한 양이 된다. 일본의 경우 이중 약 3000만 m<sup>3</sup>의 목재폐기물이 회수가능하다고 한다.

따라서, 목재폐기물이 우리가 상상한 이상의 내재가치를 지니고 있는 것이다. 우리나라에서도 이상에 열거한 목재폐기물을 회수이용하기 위해서는 회수수거비와 운반비 이상의 경제성이 있어야 한다. 만약 원목을 수입하여 사용하는 것보다 이들 목재폐기물의 가격이 비싸거나 재료로서 현저한 결함이 있다면 재활용 문제는 기대할 수 없게 된다.

### 3.2 木材廢棄物の 確保方案

목재폐기물의 재활용을 위한 일차적인 목표로서 폐기물을 경제성이 있는 원료로 전환시키는 것이 필요하다. 이를 위하여는 조세감면 대상에 목재폐기물을 포함시키는 방안이 있다. 현재 정부에서는 에너지 절약과 환경보전을 조세측면에서 지원하기 위하여 폐자원구입시 매입가액의 일정비율에 상당하는 금액을 납부세액에서 공제하여 준다. 이때의 재활용대상품목은 고철, 폐지, 폐유리, 폐합성수지, 폐합성고무, 폐금속캔, 폐건전지, 중고자동차, 기타로 분류하고 있으나, 폐목재는 이의 대상에서 제외되어 있다.

두번째로 목재단지가 집단화되어 있으므로 목재폐기물의 수집을 집단화되어야 한다. 특히, 영세한 제재소에서는 소량의 폐기물이 발생하고 있으나, 이를 처리하는데 드는 비용이 보전되지 않아 수집 이용에 어려움이 있다. 따라서, 목재폐기물을 전문적으로 수거할 수 있는 전문업체를 육성하여 폐기물의 공동수거를 이룩함으로써 목재폐기물의 자원화 효과를 얻을

수 있다. 즉, 앞서 언급하였던 폐기물을 구입하는 기업에는 조세감면의 혜택을 부여하고, 폐기물 수집상에서는 일정량 이상의 폐재원료공급이 이루어지면 이상적인 목재폐기물의 재활용 시스템을 구축할 수 있다.

셋째로 기술의 개발문제이다. 현재 국내에서 생산되는 목재관련제품으로는 합판, 파티클보드, MDF, 하드보드 등 몇 가지 품목에 그치고 있으나, 외국의 경우, 이제 목재보드는 기존의 개념을 넘어선 기능화 목재(engineering wood)의 개념<sup>31)</sup>으로 이해하고 있다. 다시 말하여 원료적인 측면에서 볼때 합판이 가장 크다면, 웨이퍼보드>스트랜드 목재>파티클보드>섬유판으로 어떠한 크기의 목재도 재료로서 자유자재로 활용할 수 있는 반면에 장치와 기술축적이 부족한 국내에서는 파티클보드나 MDF로만 이용할 수 있는 것이 고작이다.

현재 목재폐기물의 재활용이 가장 활발한 일본의 경우 다음과 같은 재활용방침을 수립하였다. 이 내용은 1984년 제정된 산업폐기물법에 의거 일본 정부와 목재단체연합회가 합동으로 조사한 후 내린 결론이다. 따라서 이 원칙에 의거 처리하는데 필요한 각종 지원책도 강구하여 실시중이다.<sup>35)</sup>

일본에서의 회수이용계획은 목재폐기물의 상태와 크기를 고려하여 원목에 가까운 임지간벌재는 최대한 용재나 필프원료로 이용하고, 일단 사용된 후 회수되는 폐기물은 크기에 따라 파티클보드로, 다시 파티클보드로도 이용이 불가능한 것은 섬유판으로, 이보다도 작은 것은 연료 내지는 화학공업의 원료로 사용하는데 목표를 두고 있다. 또, 일부 밖에 이용이 불가능한 수피는 농업부자재로 가공 이용하고 있다.

이 원칙을 실현하기 위하여 일본에서는 다음과 같은 5대 방안을 제시하고 있다.<sup>35)</sup> 첫째, 목재폐기물 재활용 촉진운동 차원에서 ① 목재폐기물 재활용 권장방안으로는 원목과의 혼합이용 권장 및 이에 대한 세제혜택, ② 목재폐기물 발생억제를 위하여는 가공이용률 향상 및 건축 및 토목 공정개선, ③ 관계자 제휴 강화를 위하여는 폐기물의 발생 및 수요정보 교환의 활성화, 집하 회수시스템 구축, ④ 기술개발을 위하여는 재생제품 공급 및 양질의 재생자원 회수 및 재생자원의 품질 표준화의 구축, ⑤ 목재폐기물을 품질에 따라 다단계로 이용하기 위하여 재활용을 효과적으로 추진하며 에너지로의 이용 권장을 추진하고 있다.

목재폐기물을 재활용하기 위한 제도적인 뒷받침으로는 이 폐기물을 구입하는 기업에는 조세혜택을 통한 유도과 기술적인 측면에서는 복합재료 제조 시 원목과의 혼합기술의 개발에 있다. 또, 가공이용률의 개선을 통한 폐기물의 발생 억제, 건축 및 토목공정에서 회수이용을 늘리는 방안으로 콘크리트 및 철물이 부착된

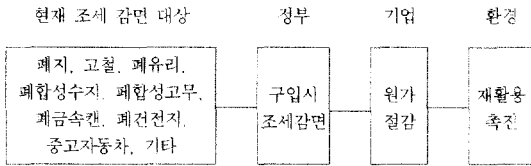


그림 3. 폐자원 재활용을 위한 행정지원.

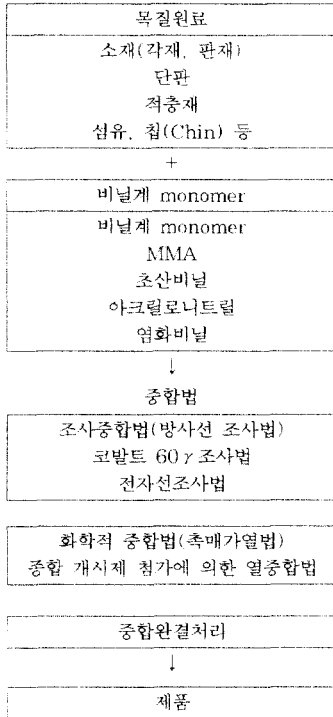


그림 4. WPC제조 프로세스

저급의 목재폐기물을 최대한 억제하고 있다. 이러한 목재폐기물이 회수이용되기 위해서는 회수업체와 이용업체간의 활발한 정보교환을 통한 기술의 개발, 상호보완관계가 이루어져야 하며, 집하 회수시스템이 구축되어야 하고, 양질의 목재폐기물을 소각되거나 매립하여서는 안되며 목재폐기물도 품질에 따라 엄격하게 등급구분이 이루어져 생산현장에서 별도의 처리없이 원료로 이용할 수 있어야 한다. 또한 원료의 특성에 맞게 다단계로 고도이용화할 수 있는 기술의 개발이 이루어져야 한다.

### 3.3 木材廢棄物을 活用한 技術 開發

목재폐기물의 재활용기술적인 측면에서 우선 임지 폐잔재의 PB 혹은 MDF화는 현재의 기술수준으로

표 10. 미국 파티클보드의 원료비<sup>17)</sup>.

원료의 형태		백분비(%)
원목		10.9
펠	프 칩	5.8
대패	밥	50.8
톱	밥	12.2
합판 및 기타 폐재		20.3

도 가능하다. 미국에서도 파티클보드는 목재폐기물을 원료로 사용하고 있다. 우리나라에서도 파티클보드 공장은 국내의 합판공업이 활기를 띠고 있을 때 합판 폐재를 활용할 목적으로 순수국내기술에 의하여 장치가 개발되었다. 현재 우리나라 제재소에서 발생하는 제재폐재만도 연간 약 1,964,000m<sup>3</sup>(1992년)으로 추정된다.<sup>10)</sup> 이 양은 제재폐재를 원료로 사용할 수 있는 목질보드의 향후 1998년까지의 예상생산량 462 + 363 + 315(천m<sup>3</sup>) = 1,140,000m<sup>3</sup>를 충족하고도 남는 양이다.

이와는 달리 건축폐기물이나 쓰레기로 방출되는 목재폐기물은 기술의 개발이 필요하다. 미국에서는 농무성 임산물연구소를 중심으로 목재폐기물을 자원화하기 위한 기술의 개발이 활발하다. 목재폐기물들은 대개 패널(panel) 등의 composite로 이용한 경우가 대부분이다. 여기에서 발전하여 WPC(Wood Polymer Composite or Wood Plastic Combination)를 제조하여 다시 건축재료로 이용하려는 연구가 활발하다. 13 14, 17, 19 ~ 22, 32 ~ 34)

이것은 폐목재의 형태가 일정하지 않고, 다른 이물질이 많이 포함되어 있기 때문이다. 예를 들어, 건축현장에서 발생하는 콘크리트 거푸집에는 시멘트가 묻어 있고, 목조 건축자재에는 못과 같은 철물과 접착제 등이 있으며, 가구폐잔재는 코팅이 되어 있다든지 하여 일정하지 않은 단점이 있기 때문이다. 따라서, 이들을 제거하여 기존의 전통적인 목질재료를 제조하는데 다시 원료로 사용할 경우, 세척 및 이물질 제거에 들어가는비용면에서 문제가 있다. 그러므로, 이 폐목재들을 일정한 크기로 분쇄하고, 특성을 유지할 수 있는 다른 부원료, 예를 들어 플라스틱 같은 경량재를 혼합하여 사용하거나, 적절한 접착제 등으로 가압하여 異質材料에 의한 차이를 최대한 줄이면서 재료로서 일정한 특성을 부여하는 방식으로 composite를 제조하는 것이다.

다음 그림 4는 WPC 제조 프로세스를 나타내었다.

미국의 경우 composite와 WPC로의 이용이 일반적이며, 일본의 경우 composite를 주로 제조하고 있다. 국내의 설비와 기술수준, 앞으로의 용도 등을 감

표 11. 우리나라의 목질보드산업의 생산 및 수입현황<sup>6)</sup>.

년도	파티클 보드			MDF		
	계	생산	수입	계	생산	수입
1986	192	105	87	37	11	26
1991	648	155	493	297	242	55
1993	951	435	516	370	268	102

\* 단 위: 1,000 m<sup>3</sup>

안한다면 우리나라도 이러한 재료로의 이용은 현재의 기술로도 충분히 개발가능하다고 보여진다. 다만, 모든 제조공정이 그러하듯이 원료가 어느 수준 이상에서 일정하게 공급되어야만 제조공정의 개발과 생산이 가능하다. 따라서, 일본의 경우와 같이 매년 일정한 수준 이상의 발생폐목재를 회수할 수 있다면 우리나라도 자원을 재활용하고 환경을 보호한다는 측면에서 폐목재의 이용이 적극 검토되어야 할 것이다.

또, 특수한 경우이지만 古家屋을 解體할 때 나오는 목재는 철주물의 금형재료로서 우수한 특성을 가지고 있다. 이는 장구한 세월을 거치면서 건조처리된 것과 같은 효과를 지닌 재료이기 때문이다.

한편 이와는 별도로 환경적인 측면에서 목재의 내구성을 높이는 방안도 검토되어야 할 것이다. 예를 들어 콘크리트의 거푸집으로 사용하는 경우 일본에서는 통상 10회 이상 사용하는데 반하여<sup>18)</sup> 우리나라에서는 3회 정도가 고작이다. 결과적으로 필요 이상의 목재를 소비하고 있다고 말할 수 있다. 어떤 의미에서는 폐목재의 이용보다는 적절한 가공방법과 이용을 통하여 폐목재의 발생을 줄이는 것도 환경적인 측면에서는 하나의 방법이 될 수도 있을 것이다.

### 3.4 綜 合

지금까지 목재폐기물의 발생경로, 추정량, 발생형

태, 외국의 이용실태 등 목재폐기물에 관한 내용을 종합하여 우리실정에 맞는 목재폐기물의 이용방안을 발생형태별로 나누어 다음 표 12에 나타내었다.

여기서 임지 내의 간벌재는 원목보다 크기만 작을 뿐 상태는 거의 유사하다고 볼 수 있다. 따라서 이 목재폐기물을 이용하는데 있어 중요한 것은 간벌이 원활히 이루어질 수 있도록 정부 차원에서의 지원과 기업차원에서는 기술개발, 특히 부가가치를 높일 수 있는 신제품의 개발이 중요한 문제이다. 정부차원에서는 간벌작업이 환경에 미치는 영향과 목재생산을 위한 자원조사에 미치는 영향을 감안하여 간벌이 원활히 이루어질 수 있도록 금융면에서 적극 지원하고, 임업협동조합 등 유관기관을 활용하여 이동식 칩퍼와 간이집재장치를 운용하여 영세한 산주들의 간벌작업을 도우면서도 산림자원을 이용할 수 있는 시책을 펴는 것이 요청되며, 기업에 조세 감면을 통하여 이를 원료로 사용할 수 있도록 유도하여야 할 것이다. 이것이 당장은 부담이 되겠지만 국가경제적인 차원에서는 다목적적인 효과를 기대할 수 있다.

또한, 제재폐재는 원목에 가까운 양질의 재료이지만, 각 공장들이 흩어져 있어 수집과 관리가 문제가 되므로 수집전문업체를 육성하는 것이 필요한데, 이 수집업체에서는 목재폐기물을 등급별로 분류하고 생산업체에서 원료로 사용할 수 있도록 적절한 전처리 가공장치를 설치·운용할 필요가 있다. 우리나라의 목재관련제품의 생산업체가 원목도입항을 중심으로 집중되어 있고, 제재소 등 목재폐기물 발생업체도 어느 정도는 집중되어 있으므로 현재 도입하기 가장 쉬운 방법이라고 생각된다. 따라서, 이 목재폐기물을 잘 관리하고 수집하여 원료로 활용할 수 있다면 기업의 원가절감에도 기여하고, 폐목재의 발생 억제 등 제반 문제를 해결할 수 있을 것으로 생각된다. 그리고, 재활용을 촉진하기 위한 조치의 하나로서 폐기물

표 12. 목재폐기물의 재활용 방안

구 분	정 부	기업/가정	용 도
임지내 목재폐기물 활용방안	① 간벌적입 지원	기술개발	용재-기능화 목재
	② 금융지원		칩-펄프-종이, MDF
	③ 이동식 칩퍼 운용		칩-PB
	④ 간이 집재장치의 보급		수퍼-농업용 부자재
	⑤ 대량 집하장 설치		
목재공장에서 발생하는 폐기물 재활용방안	① 재활용 재료 구입시 조세 감면	기술개발	칩-PB
	③ 목재폐기물수집업체 육성	재활용품 구매	펄프-종이
			이물질 혼입된 원료-활성탄
생활/건축폐기물	① 집단하치장 설치	쓰레기	칩-PB
	② 재생업체 육성	부담금 부과	목분-활성탄
목재폐기물의 회수와 재활용			2차 처리원료-액화 가스화 열병합발전소 원료



을 원료로 사용하는 업체에 대하여 조세감면 등 세제의 탄력적 운용으로 상당한 효과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

가정에서 발생하는 생활쓰레기나 건축쓰레기는 2차 가공을 거친 상태여서 품질상태가 일정하지 않을 뿐만 아니라 발생량도 일정하지 않아서 목재폐기물 중에서 가장 질이 떨어지는 폐기물이지만, 목재폐기물을 소각하거나 매립하는 것 보다는 재활용하는 것이 바람직하다. 그러나, 어느 개인이나 기업이 생활쓰레기나 건축폐기물을 처리하기는 어려운 일이다. 따라서, 정부로서는 이 폐기물에 대해서는 강력히 규제하여 발생량을 줄이고, 또 불가피하게 목재폐기물이 발생하여도 이를 소각하거나 매립하는 것보다 어떤 형태로든 목재는 이용할 수 있기 때문에 적절한 조치를 할 필요가 있다. 이에 대한 대책으로는 이를 모아서 처리할 수 있는 시설을 설립, 관리하여 목재폐기물을 자원화하는 것이 바람직하다고 사료된다.

#### 4. 結 論

목재는 인간에게 가장 친숙한 재료로서 적절한 가공처리과정을 거쳐 다양한 용도로 인간의 삶을 풍요롭게 하는데 이용되어 왔다. 그러나, 목재의 이용은 필연적으로 산림의 파괴를 동반하여 이제는 인류의 존립기반에까지 영향을 미칠 정도가 되었다. 따라서, 목재의 이용에 따른 벌채를 줄이고 폐자원을 이용하며, 쓰레기의 양을 줄일 수 있는 방안의 하나로 목재폐기물의 재활용을 검토하였다.

환경에 가장 큰 영향을 미치는 산림을 보호하고 목재의 사용을 가급적 억제하기 위한 적절한 대체재가 아직도 개발되지 않고 있으며, 어떤 대체재가 개발된다고 하여도 그 역시 환경과 관련이 없을 것이라고 보기는 어렵다. 따라서 자원의 유효이용이라는 측면에서 쓰레기로 처리될 목재폐기물을 적절하게 이용한다는 것은 대단히 바람직한 것이다.

목재폐기물은 벌채현장에서 발생하는 경우, 가공생산현장에서 발생하는 경우와 사용후 내구연한이 지나서 발생하는 경우가 있다. 과거 목재가 풍부하게 이용하던 시절에는 생산현장에서도 폐잔재가 많이 발생하였으나, 점차 원료의 확보가 어려워지므로, 폐잔재를 이용하는 새로운 기술이 개발되어 어떠한 형태의 목질재료도 이용할 수 있게 되었다.

목재폐기물을 이용한다는 것은 이러한 발생원인에 따라 각각의 형태와 그 양에 맞는 공정과 용도 등이 이루어져야 하는데, 우리나라는 선진국에 비하여 이에 대한 제도나 관행이 아직 확립되어 있지 않다. 앞으로 우리나라도 곧 일정수준 이상의 폐목재가 쓰레

기의 형태로 나오게 될 전망이므로 이에 대한 대비책을 세워야 할 시점에 와 있다.

목재폐기물의 용도로는 여러가지 복합재료를 이용한 패널 형태의 건축자재로 개발하는 것이 가장 널리 알려진 방법이지만, 원료의 공급 형태나 상태 등을 고려하여 질이 좋고 우수한 것은 고가의 재료로, 최후의 목분 상태로 처리해야 하는 목재폐기물은 활성화의 제조, 열병합발전소의 연료 등 어떤 형태로든 이용이 가능하다.

따라서, 목재폐기물을 재활용할 수 있도록 관계단체, 정부와 목재관련단체 및 학계간에 긴밀한 협조 아래 정확한 실태조사를 할 필요가 있고, 이에 따른 재활용 대책을 수립한 다음 정책을 건의하고, 지원하여 실천에 옮기는 것이 필요하다고 본다.

우선 당장 여타 다른 폐기물처럼 세제혜택을 부여할 필요가 있고, 재생업체를 지원하는 정책이 필요할 것으로 생각되며, 장기적으로는 일본의 경우처럼 목재 재활용촉진센터와 같은 상설기구를 운영하는 것이 상당한 효과를 거둘 수 있을 것으로 사료된다.

#### 參 考 文 獻

1. 김의정, 1992. 우리나라 목재수급 실태와 건축재 이용전망. 건축학회지 36(4):73~77
2. 김의정, 정상기, 1991. 우리나라 건축재 이용구조. 산림청 임업연구원, 임업연구원 연구보고 43 : 59~70.
3. 박종영, 1993. 목질 Board시대의 전망과 기술개발 전략. 목재공학 21(4):78~88
4. 산림청, 1989. 한국의 산림과 임업도설. 산림청
5. 산림청, 1993. 임업통계요람
6. 이영기, 1992. 한국목질 Board 산업의 원자재 수급 현황과 대책. 목재공학 20(3):7~10
7. 임업연구원, 1994. 한국의 목재자원과 수급현황. 임업연구원 연구보고
8. 정상기, 박용배, 윤여창, 1994. 우리나라 목재 소비 실태. 산림청 임업연구원, 임업연구원 연구보고 50 : 18~34
9. 조재명, 1992. 목재산업 환경변화와 대응전략. 목재공학 20(4) : 5~13
10. 조재명, 1992. 목재가공산업의 현실과 미래의 전망. 제1회 한솔환경세미나: 64~82
11. 한국과학기술단체총연합회, 1991. 한국근세과 학기술 100년사조사연구 - 임업분야 -. 한국과학재단:123~161
12. 환경처, 1993. 한국환경연감
13. 秋山 俊夫, 1993. 木質資源のリサイクルの推進.

- 木材工業 48(2):86~89
14. 兵田 宗南. 1991. 廢木材・再生利用を考えるために(I). 木材工業 46(3):110~116
  15. 兵田 宗南. 1991. 廢木材・再生利用を考えるために(II). 木材工業 46(4):160~164
  16. 今村 祐嗣. 1991. 木材の化學と利用技術 II. 木材學會誌 37(2):21~38
  17. 令木 政治, 徳田 由夫. 木質資源材料. 木材科學材料 8. 海原社:39~50
  18. Begger, W., M. Keck and B.Morgenstern. 1989. Cellulose Based Composite Fibers. in Cellulosics Utilization. H.Inagaki and G.O. Phillips eds. Elsevier Applied Science:75~86
  19. Dinwoodie, J. M. 1989. Wood-Nature's Cellular, Polymeric Fiber-Composite. The Institute of Metals:132~134
  20. Fengel, D. G. & G. Wegner. 1984. Wood. Walter de Gruyter.:527
  21. Kennedy, J. F. and M.Paterson. 1989. Bio-conversion of Wood and Cellulosic Materials. in Cellulosics Utilization. H.Inagaki and G. O.Phillips eds. Elsevier Applied Science:203~214
  22. Kawaguchi, K., T.Murase and K.Iida. 1989. New Wood Fibre-Plastic Composite for Thermomoulding. in Wood Processing and Utilization. Kennedy, Phillips and Williams eds. Ellis Horwood Limited:237~242
  23. Klainau, J. H. 1987. Processes and Their Equipment. Pulp & Paper Manufacture Vol. 3. TAPPI Press :159~178
  24. Klason, C., J. Kubát and P.Gatenhoholm. 1989. New Wood Based Composites with The Thermoplastics. in Cellulosics Utilization. H.Inagaki and G.O.Phillipseds. Elsevier Applied Science:87~96
  25. Krazysik, A. M., J. A. Youngquist, J.M.Muehl, R. M. Rowell, P. Chow and S. R. Shook. 1992. Dry-Process Hardboards from recycled Newsprint Paper Fibers. Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 266:73~79
  26. Meyer, J. A., 1981. Wood-Polymer Materials: State of the Art. *Wood Sci.* 14(2):49~54
  27. Meyer, J. A., 1989. Wood-Polymer Composite. in Wood & Wood-Based Materials. Sch-niewind eds. Pergamon Press:325~329
  28. Prenosil, J. E. 1983. Etanol Fermentation. Biotechnology, Vol.3. verlag. chemie.:257~345
  29. Rowell, R. M. 1984. The Chemistry of Solid Wood. American Chemical Society:183~197
  30. Saburo Takaeyama and Hiroaki Otsuka. 1994. Waste Paper Utilization in Japan and its Effeccet on the Environment. *TAPPI*. 48 (10):1~6
  31. Shiaishi, N. 1989. Plasticization of Wood and Its Application. in Cellulosics Utilization. H.Inagaki and G.O.Phillipseds. Elsevier Applied Science:75~86
  32. Shiaishi, N. and H. Kishi. 1986. Wood Phenol Adhesives Prepared from carboxymethylated Wood (I). *J. Appl. Poly. Sci.* 32:3189~3209
  33. Takata, S., Y. Tomimura and S.Hosoya. 1994. Utilization of Wastepaper(1) Fiberboard from Wastepaper. *TAPPI* 48(10):93~99
  34. Stamm, A. J. 1964. Wood and Cellulose Science. Ronald Press Co.:343~358, 488~516
  35. Stokkes, D. D and J. L. Bowyer. 1984. Faceglued blockboard from plywood end trim. *Forest Prod. J.* 34(11/12)
  36. Suzuki, T. 1994. Reuse of Wastepaper to Make Products such as Mould. Insulation and Mulch. *TAPPI* 48(10):7~17
  37. Takase, S., N. Shiraisi and M.Takahama. 1989. Studies on Composites from Wood and Polypropylenes. in Wood Processing and Utilization. Kennedy, Phillips and Williams eds. Ellis Horwood Limited:243~248
  38. Wegner, T. H., J. A. Youngquist, and R. M. Rowell, 1992. Opportunities For Composites From Recycle Wood Based Resources. Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 266
  39. Young, R. A., R. M. Rowell, A.Sanadi and C. Clemons. 1993. Strength properties of Composite from Biobased and Synthetic Fibers. in Cellulosics:Chemicals, Biochemicals and Materials Aspects. Kennedy, Phillips and Williams eds. Ellis Horwood Limited:453~458