

資源再循環利用의 現況과 展望

〈 下 〉

— 쓰레기의 産業化 大規模 추세 —

玄 源 福 譯
(서울研究團地 代辦人)

◇ 560萬t 의 쇠강통

美國의 도시쓰레기속에 발생하는 廢鋼鐵은 년간 1천1백만톤으로 어림잡고 있으나 이속에는 자동차와 같은 것은 포함되어 있지 않다. 그중 강철깡통이 560만톤으로 약 반을 차지하고 있다.

그러나 재순환되는 양은 그중 1%정도인 7만톤에 그치고 있다. 강철깡통은 99%가 강철로 되어 있다. 회수된 깡통의 4가지 주요한 용도는 銅鎂의 富化處理를 위한 浸出과정에서 沈澱劑로 쓰이는 것, 주석의 자원으로 쓰이는 것, 강철생산에서 古鐵자원으로 쓰이는 것, 鐵合金 생산원료로 쓰이는 것등이다.

미국의 도시 쓰레기에서 수거되는 강철깡통의 70%가 銅處理工場으로 간다. 이 생산과정에서 1파운드의 銅을 생산하려면 약 2~3 파운드의 鐵이 필요하다. 여러 제철과정에서의 깡통利用은 기대했던 것보다는 더딘 편이다. 銅鐵 메이커들은 정확한 성분을 알 수 없고 熔融이나 成型기술에 문제를 일으킬지 모르는 재생원료 사용에는 언제나 신중하다.

◇ 비철금속

도시쓰레기에서 비철금속성분은 단위가치가 가장 높다. 년간 발생하는 미국 쓰레기 중에서 약 1%인 140만톤을 차지하고 있으나 그중에서 재순환되어 회수되는 양은 약 4%에 지나지 않는다. 이중 알루미늄이 가장 높은 비율을 차지한다. 알루미늄회수를 위한 본격적인 기술은 아직 개발단계에 있다. 알루미늄의 비중, 誘電 및 磁氣的성질, 融點등 여러가지 성질에 따라 그처리 방법이 결정된다.

재순환되는 알루미늄의 양이 늘어나면서 일련의 기술적인 문제가 생길 것이며 不純物제거 기술이 필요하고 이런 문제를 해결하기 위해서는 더 많은 연구가 필요하다.

도시 쓰레기속에서 비록 양은 작으나 회수할 가치가 있는 그밖의 비철금속도 있으나, 경제성을 가지려면 기술을 더욱 발전시켜 회수비용을 줄여야 한다. 그중에는 스테인레스강철이 있다. 고체의 납은 자동차의 蓄電池에서 회수한다. 납속의 안티모니도 채취할 수 있고 여러형태의 合金속의 니켈과 크로미움도 다른 금속과

마찬가지로 앞으로 채취의 대상이 된다. 주석의 회수기술이 확립되어 있어 현재 이 금속도 회수되고 있다.

◇ 유리

美国의 도시쓰레기중 무게로 따져 10% 안팎은 병이나 그릇 모양으로된 유리가 차지하고 있다. 이중 70%를 회수할 수 있고 공업계의 원료소요량중 30%까지 공급할 수 있다. 주요한 용도는 破유리로서 原料에 첨가하여 유리배치를 만드는 것이다. 최근에는 부수어진 유리를 아스팔트와 함께 도로건설자재로 이용하는 실험에도 성공했다. 유리는 또 벽돌제조의 融劑용 자재로도 쓰이고 있다.

◇ 플라스틱

오늘날 美国에서 사용하는 原油의 3% 이상은 석유화학의 주원료로 쓰이고 있다. 플라스틱 메이커들은 원료공급에 어려움을 겪자 스크랩 회수를 위한 새로운 방법을 모색하고 있다. 플라스틱생산의 성장율은 1950년 이래 연간 8.5%나 되어 해마다 250억파운드나 팔린다. 그래서 도시쓰레기속의 약 2%인 3백만톤을 플라스틱이 차지하고 있다. 플라스틱은 파운드당 1만~1만6천Btu(石油 1ℓ는 약 3만1천Btu)나 되는 뛰어난 發熱量을 갖고 있다. 그러나 폴리塩化비닐(PVC)과 폴리비닐·플루오드 化物型的 플라스틱은 할로젠·개스를 내기 때문에 태우는데 문제가 있다.

현재 생산하고 있는 2가지의 플라스틱중에서 熱可塑性수지만은 다시 사용할 수 있다. 이것은 도시쓰레기속의 플라스틱중의 80%를 이루고 있고 열로 再加工할 수 있다. 한편 熱硬化性플라스틱은 녹지 않아 현재의 기술을 가지고는 성형할 수 없다.

플라스틱회수방법은 아직도 초기단계에 있다. 열가소성플라스틱의 분리기술은 현재 浮沈기술

에 의존하고 있다. 이 제품은 성형할 수 있고 또는 熱分解나 燃料로 쓸 수 있다. 최근 연구하고 있는 분야는 모노머를 만드는 解重合이며 이로써 폴리머의 基本化合物로 사용할 수 있다.

◇ 연료

도시쓰레기를 도심지역에서 수집된 형태로 모두 이용할 수 있다면 美国의 발전용연료의 7% 정도 공급할 수 있을 것이다. 현재 美国에서 가동하고 있거나 계획중인 도시쓰레기연료시설을 모두 합치면 하루 사용하는 쓰레기의 양은 4만 4천톤에 이르고 發電할 수 있는 電力은 1천 메가와트에 달한다. 이것은 80년현재 電力생산에 필요한 화석연료의 0.5%정도에 해당한다.

◇ 쓰레기 1t에서 기름 1바렐

熱分解과정으로 연료용 개스나 연료용기름을 생산한다. 이연료개스는 1입방피트당 약 300 Btu라는 낮은 發熱量을 갖고 있고 순열효율은 약 66%라고 추정하고 있다. 도시쓰레기를 처리하면 1톤당 1바렐의 연료용기름을 생산할 수 있다.

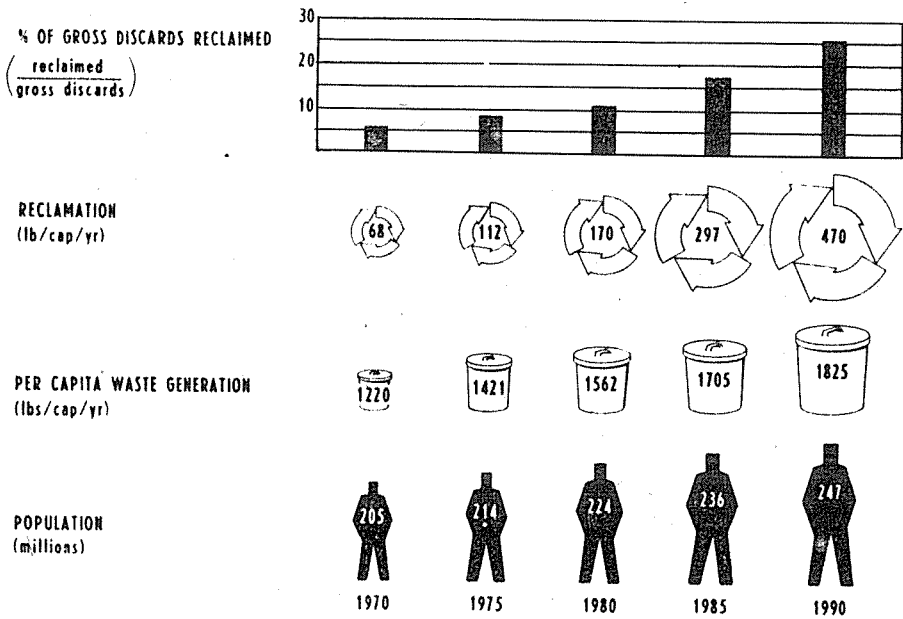
이 기름은 표준형인 No. 6 연료유보다 發熱量이 35%나 낮고 파운드당 약 10,500Btu의 발열량을 갖고 있다. 熱分解油는 아직도 개발초기에 있으나 腐蝕과 저장문제가 있다. 이 기름은 No. 6 연료유와 혼합이 잘 되지만 不溶性때문에 신경을 써야 한다. 醇度가 높아서 軟鋼과 일부의 스테인레스鋼에 부식을 일으킨다.

현재 美国의 도시쓰레기에서 나오는 자원은 거의가 수요의 1%를 밑도는 미미한 것이지만 資源難이 더욱 심각해지고 회수기술이 날로 발전될 것으로 미루어 서기 1990년의 도시쓰레기가 이바지할 비율은 鐵의 경우 美国내 생산고의 6%에 이르고 알루미늄의 경우는 국내 생산고의 1.5배에 이를 것으로 보고 있다.

〈그림 3〉 Commodities recoverable from municipal solid waste. 1972to 1990. [Source(13)]

Year	Ferrous metal (1000 tons)	Aluminum (1000 tons)	Glass (1000 tons)	Paper* (1000 tons)	Energy (10 ¹² Btu)
1972	70	27	275	50	
1975	285	51	275	300	19
1980	590	105	375	650	61
1985	1715	280	600	1200	230
1990	3135	510	850	2500	486

* Paper reclaimed as energy reported in energy category.



Increasing potential for materials recovery from MSW.

그런데 古鉄에서 강철을 만드는데 소요되는 에너지는 철강에서 생산할 때 필요한 에너지의 14% 밖에 들지 않고 銅과 알루미늄의 경우도 이 비율은 9%와 5%이다.

美国은 재순환으로 이용할 수 있는 자원의 양은 전체수요에 비해 적기는 하지만 환경문제를 고려하여 生態学的인 관점에서 바이오마스利用에 적극적인 관심을 보이기 시작했다.

지난해 카터大統領이 발표한 새로운 에너지計畵에 의하면 바이오마스利用에 상당한 비중을 두고 정부가 출자한 기관에서 이에 대한 연

구개발을 적극적으로 밀기로했다. 美国은 서기 2000년에 75~80쿼드(quads)의 에너지 소비를 예상하고 있는데 그중에서 바이오마스가 차지하는 비중을 약 15분의 1로 잡고 있다.

현재 美에너지省을 비롯해서 農務省, 環境保護庁, 美国立科学財團이 지원하는 자금으로 바이오마스利用의 研究開發을 하고 있는 연구기관은 대학, 에너지産業, 生物에너지專門企業등 180여개에 이르고 있고 이들이 하고 있는 연구 테마는 210건이나 된다. 78-79회계년도의 지원액은 1억달러, 79~80회계년도에는 10억달

러로 경중 뛰어 올랐다.

◇ 生物資源收率에 關心

美國의 바이오마스研究분야는 첫째 농업폐기물(가축의 분뇨, 밀짚등), 둘째 도시쓰레기·분뇨, 셋째 사탕식물, 넷째 석유식물, 다섯째 목재와 폐재, 여섯째 海藻類등 水生식물로 나눌 수 있다. 그런데 바이오마스의 이용은 주로 生物變換에 의한 메탄이나 또한 메탄올의 형태로 이루어지기 때문에 기술개발의 방향도 ① 바이오마스의 生産技術과 ② 變換技術의 2분야로 나뉜다. 거의 모든 기술은 이미 알려져 있어 주로 收率, 效率의 향상 또는 투자, 운전코스트를 내리기 위한 연구에 주력하고 있다.

우선 바이오마스生産技術은 나무나 사탕식물, 海藻, 石油植物을 중심으로 개발하고 있다. 나무分野는 첫째 나무成育의 효율화와 둘째 이른바 石油植物의 樹脂量을 늘리는 연구가 초점이 되고 있다. 단위면적당의 收量을 높이기 위해서는 高密度심기, 施肥·灌溉등의 재배기술을 발전시키는 한편 적절한 수종을 선정하는 연구가 필요하다. 현재 땅의 생산성을 연간 헥타르당 15톤수준까지 끌어 올리는데 성공하고 있다. 사탕식물연구도 수율을 높이기 위한 高密度재배기술을 개발하고 있으며 보통의 5배 정도로 密植해서 10개월간 헥타르당 약 40톤까지 수량을 올릴 수 있다. 海藻는 품종선정, 柴養鹽의 흡수, 재배기술의 연구개발로 연간 에이커당 15~20톤까지 거둬 들일 수 있게 되었다. 이 분야의 연구는 우즈홀海洋研究所와 캘리포니아工大가 앞서 있다.

◇ 가장 촉망받는 쇠똥

한편 變換技術은 미생물에 의한 변환과 熱變換이 있다. 미생물변환은 메탄發酵연구가 중심이 되고 있다. 메탄發酵연구의 초점은 투자·운전비의 인하, 메탄收率향상에 두고 있다. 미국에서 가장 유망한 바이오마스라고 생각하고 있는

것은 가축의 분뇨. 자원량은 말린 중량으로 연간 4천5백만톤에 이르고 前處理가 필요없고 생물분해성이 높다는 장점이 있다. 그중에서도 소는 미국에서 사육규모가 클 뿐만 아니라 집약적이어서 알맞는 대상이 된다. 가장 적은 最適 규모는 4천마리정도로 보고 있으나 1만마리의 경우 메탄의 純收量은 일당 2억Btu(石油 1ℓ는 약 3만 1천Btu)에 이른다. 여기에서 H₂S를 제거하여 정제하면 개스業者에게 공급할 수도 있다는 전망이다. 개스의 생산코스트는 1만마리 규모에서 1백만 Btu당 14달러정도이며 10만마리규모라면 고정비, 인건비가 줄어 들어 7달러정도까지 내릴 수 있을 것으로 보고 있다.

美國의 옥수수줄기나 밀짚등의 자원량은 연간 1억톤이 넘어 메탄發酵에 이용할 전망도 있지만 분쇄등 사전처리 때문에 그전망은 가축의 분뇨나 도시쓰레기보다 뒤진다.

한편 네브라스카州, 일리노이州, 인디애너州 등 옥수수를 많이 재배하고 있는 주에서는 현재 자동차연료로 이용하기 위한 알콜使用技術연구에 주력하고 있다. 에탄올생산의 문제점은 原料인 穀物의 가격이다. 브라질에서는 사탕수수 등을 주원료로 쓰고 있으나 美國의 경우는 비싼 穀物보다는 차라리 사탕수수, 사탕무등 사탕식물을 원료의 대상으로 생각하고 있고 美에너지省은 바텔研究所에 타당성조사를 맡겼다. 현재 최종제품인 에탄올의 값은 원료의 가격으로 좌우되나 사탕수수나 밀짚인 경우에는 에탄올의 현재가격의 2~2.5배인 2달러를 웃돌 것으로 예상하고 있다.

(참고문헌)

1. Efficient use of energy revisited by Mar Ross, Physics Today/Feb. 1980. pp. 24 - 31
2. Tapping Resources in Municipal Solid Waste by S. L. Blum, Science/20 Feb. 1976 pp. 669-675
3. 工業技術 1979/11月号(바이오마스特別号) 日工業技術院 編輯.