

廢棄物發電의 현황과 전망에 관한 조사연구

4

성 영 권

고려대학교 공과대학 전기공학부 교수

4. 미국에서의 쓰레기 處理發電

미국의 사정을 보면, 과거 20년 동안에 명확한 진척을 엿볼 수 있다. '쓰고 버리는' 문화는 기본적으로 계속되고 있으나 정치의 지도력, 민간기업의 대응, 주민운동의 활성화에 의한 재활용(Recycle)의 촉진, 쓰레기 處理發電의 추진, 매립의 제한 등이 진척되고 있다.

연방정부의 지도력에 의한 Clean Air Act(大氣淨化法) 및 PURPA(Public Utility Regulatory Policy Act : 公共事業規制法) 등에 의해, 민간 개발자와 기업이 적극적으로 쓰레기 處理發電 프로젝트를 추진하는 환경이 조성되어 왔다.

북미의 쓰레기 처리발전 프로젝트는 170가지 남짓 되고, 유럽 기술의 흐름을 따르는 Massburn(일본 쓰레기 처리장의 태반도 여기에 속한다)에 의한 프로젝트가 그의 약 80%, 새로이 북미에서 개발된, 쓰레기를 가공하는 RDF(Refuse Derived Fuel)에 의한 프로젝트가 20%이다. 이러한 170가지 남짓되는 프로젝트에 의해 쓰레기의 16%가 처리되고 있다. 그중 하루 쓰레기처리량 500톤 이

상의 프로젝트 67가지에 대해서 분석해 보면, 각각의 Operator(조업자) 및 Owner(소유자)가 이 업계에 참여하고 있으나, 최근에는 업계의 재편성이 진행되고 있다. 이용 기술면에서 보면 Massburn과 RDF의 비율은 현재 75:25이다. 쓰레기 1톤당 600kWh의 발전을 하고 있다는 계산이 된다.

大氣汚染防止機器에 대해서는 대부분의 프로젝트가 2종류를 사용하고 있어, 환경문제에 대응하고 있다. 그러나 재(灰)의 이용에 대해서는 거의 추진되고 있지 않고 매립되고 있는 형편이다. 자본 비용은 RDF 쪽이 Massburn보다 20% 정도 싸지만, 쓰레기 1톤당 발전효율은 큰 차이가 없다.

매사추세츠주 남동부에 있는 SEMASS 프로젝트(SEMASS라는 명칭은 South Eastern MASSachusetts에서 유래)는, 캐나다와 미국에서 개발된 기술을 기반으로 하는 것으로서 EAC(Energy Answers Corp)에 의해 개발되어, 1988년부터 가동되고 있다. 하루에 1800톤의 쓰레기를 처리하

‡ '94.'95년도 대한전기협회 전기분야 조사연구논문 ‡

여, 5만 4000kW의 전력을 그 지역의 전력회사인 Commonwealth Electric에 매각하고 있다. 결국 쓰레기 1톤당 720kWh의 전력을 생산하고 있는 셈이다.

이 프로젝트는 지역주민과의 오랜 대화와 교섭에 의해, 30개 이상의 'Town'이라고 부르는 행정구역 단위로 장기 쓰레기 공급계약을 체결하여, 주민에게 유리한싼 수거료로 프로젝트에 필요한 쓰레기 양을 확보하고 있다.

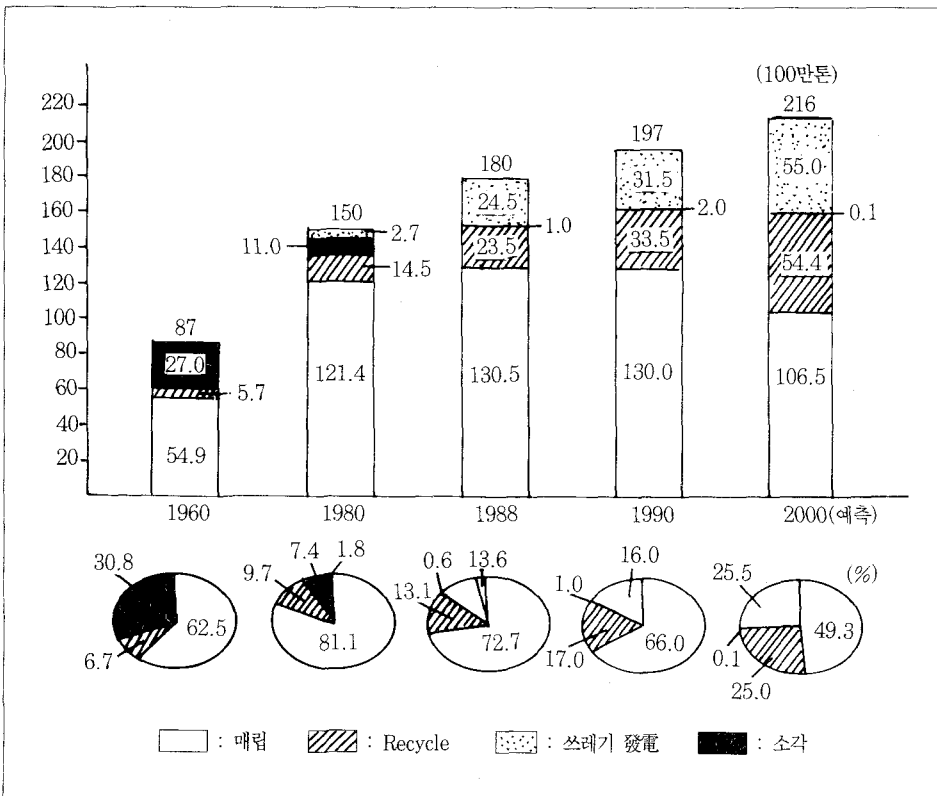
이 프로젝트의 기술은 쓰레기를 破碎加工하여 燃燒하는, RDF방식의 한 종류인 "Shred and Burn"시스템으로, 爐의 구조는 에너지의 회수효율이 가장 좋도록 설계되어 있다. 대기오염은 2종류의 기기를 이용함으로써 규제치보다 대폭적으로 낮은 수치로 억제되고 있다. 재(灰)는 Bottom

Ash(殘灰)와 Fly Ash(飛灰)의 2종류가 각각 별개로 처리되고, Bottom Ash는 콘크리트의 소재로서 가공되고, Fly Ash는 中和시켜 매립하고 있다. 결국 Material Balance는 78.8%가 電力으로서 回收되고 12.6%가 재활용되며 8.6%가 매립되고 있다. Massburn 프로젝트와 비교하면 매립량이 적은 것이 특색으로 이 프로젝트는 현재 운전중인 북미의 프로젝트 중에서 종합적으로 가장 효율이 좋아 많은 주목을 받고 있다.

가. 쓰레기 排出量과 그 構成

(1) 쓰레기 排出量과 處理

미국에서의 쓰레기 산출량은 그림 4-1에 나타낸 바와 같이 해마다 계속 증가일로에 있어, 1988년 시점에서 보면 연간 1억 7950만 톤, 2000년에는 2억 1600만톤이 되리라고 예측하고 있다. 1960년에는 하루 1인당 2.7Pound(1.2kg)였던 쓰레기가 1990년 시점에서 4Pound(1.8kg)로 되어, 1년간에 0.66톤의 쓰레기를 배출한다는 계산이 된다. 이 숫자는 일본과 독일에 비해 각각 1.6배, 및 2.0배이다. 1990년 시점에서 이와 같이 팽창한 쓰레기는 66%가 매립되고 17%가 재생(Recycle)되며, 16%는 쓰레기 처리발전에서 처리되고 1%는 소각되었다.



〈그림 4-1〉 미국에서의 쓰레기 산출량 및 처리

출처 : National Solid Waste Management Association, CQ Research, Congressional Quarterly Inc., March 20, 1992, p.248

‡ '94,'95년도 대한전기협회 전기분야 조사연구논문 ‡

과거 미국의 쓰레기 처리 역사를 보면, 1960년에는 쓰레기처리 방법의 1/3을 점유하고 있던 焼却이 1980년에는 7.4%, 1990년에는 1%로 급격하게 감소한 반면, 1960년에는 없었던 쓰레기 處理發電이 1980년에는 1.8%, 1990년에는 16%로 급증하고 있다.

한편 Recycling의 경우 1960년에 6.7%, 1980년 9.7%, 1988년 13.1%, 1990년 17%로 서서히 증가하고 있으나, 쓰레기 절대량의 증가에 뒤따르지 못하여 결국 80년대에 매립에 의한 처리를 증가하지 않을 수 없었다.

(2) 쓰레기 構成

미국의 環境保護廳(US Environmental Protection Agency : EPA)에 의하면, 미국의 家庭쓰레기는 표 4-9와 같이 구성되어 있다.

〈표 4-9〉 쓰레기의 구성요소

구 분	미 국	(참 고)	
		東京(분별후)	大阪(분별전)
종 이	40.4%	45.6%	33.4%
플라 스틱	8.0	8.1	21.4
유 리	7.0	1.0	6.3
금 속	8.5	1.3	5.8
목 편 등	17.6	9.9	22.4
섬 유	-	3.9	5.0
생쓰레기	7.4	30.0	5.7
기 타	11.6	-	-
합 계	100.0	100.0	100.0

출처: EPA, N.M.Patel, Some Observation on Municipal Solid Waste Management in Japan

2000년의 시점에서, 쓰레기 處理發電이나 再生量이 증가하여도 1억톤 이상의 쓰레기는 역시 매립에 의해 처리하지 않을 수 없는 상태가 예측되고 있어, 쓰레기 처리에의 종합적인 대책 즉, 쓰레기의 減量, 再生, 焼却發電에 의한 이용 등을 계속 추진해 나간다면 해도 한편으로는 매립도 해야 하는 상황이 계속될 것이다. 미국이 시작한 '쓰고 버리기 식'의 문화가 변하지 않는 한 기본적으로 문제해결은 되지 않을 것이다.

東京(분별후의 Data) 및 大阪(분별 전의 Data)의 쓰레기와 비교하면, 可燃物의 合計(종이, 플라스틱, 木片 등)에서는 미국과 東京은 다같이 65% 전후이다(大阪에 대해서는 분별 전의 Data뿐이므로 77%로 가연물의 비중이 10% 정도 높다). 東京의 경우, 유리 및 金屬이 적은 편이나, 生쓰레기도 포함시킨 그 외의 비중이 높아지고 있는 것이 미국의 쓰레기와의 차이라고 말할 수 있다(표 4-10 참조).

나. 쓰레기 再生技術의 현황

미국의 쓰레기는 1990년 시점의 조사에 의하면 17%, 3350만톤이 재생되고 있다.

재생의 내역은 종이 및 종이 Board 63%, 가정에서 생기는 쓰레기(나뭇잎이나 木片)13%, 금속 11%, 유리류 6%, 그 외 6%로 되어 있다. (자료 출처 : EPA, 「Characteristics of Municipal Solid Waste in the U.S」, July 1992).

미국 전체의 평균은 17%로 일본의 경우와 비교해도 낮은 수치이지만, 미국 중에서도 지역에 따라 환경문제에의 문제 인식도가 달라 재생도의 지역적차는 크다.

「Solid Waste & Power 1993 Industry Sourcebook」에 의하면, 조사 대상중 18개 지역에서는 쓰레기 처리발전의 재생 비율이 35%로 전국 평균의 2배 이상이었다. 주된 지역은 플로리다주 힐스보로郡(Hills borough County ; 재생 비율 33%), 미네소타주 헤네플郡(Henepin Count ; 46%), 뉴저지주 글로스터郡(Gloceter County 47%) 등이다.

이들 예로부터 지역의 의식이 높을수록 쓰레기량의 감소, 재생의 증대, 쓰레기 처리발전의 실현이라는 움직임의 연계되어 즉 '好循環 環境'이 이루어지고 있음을 示唆하고 있다. 또한, 이 조사로부터 再生活動과 쓰레기 處理發電을 추진함으로써 어떤 주에서는 쓰레기를 매립가능한 다른 주에 반출하는 것도 감소시킬 수 있음을 판명하였다(뉴욕주와 뉴저지주).

앞으로는, 쓰레기 문제의 종합적 대책으로서 재생의 촉

‡ '94.'95년도 대한전기협회 전기분야 조사연구논문 ‡

진이 공동체, 지방자치체와의 협력하에서 추진되고 그것이 쓰레기처리발전에 대한 이해를 향상시키고 쓰레기 처리발전 건설의 가능성을 높여가리라 예상된다.

다. 埋立을 둘러싼 문제점

미국과 같이 '쓰고 버리는 社會'에서는, 앞으로 설사 재생 및 쓰레기 처리발전을 추진한다 하더라도 연간 1억톤 이상의 쓰레기에 관해서는 매립지를 확보하지 않으면 안된다. 주에 따라 매립지의 부족 상태는 다르고, 매일 전체 쓰레기량의 1/10 정도에 해당하는 4만톤의 쓰레기가 매립지까지 주 경계선을 넘어 트럭으로 수송되고 있다. 인구밀도가 높은 지역에서는 매립지의 부족으로 톤당 매립료가 120달러나 되는 곳도 생겨나고, 따라서 埋立할 수 있는 다른 州에 반출하는 것이 이익이라는 상황이 발생한다. 정확한 매립지의 수는 조사에 따라 다르고, 그 차이도 4,460개소에서 1만 460개소까지로 크다. EPA의 조사는 1986년에 6,034개소의 가동중인 매립지가 있고 1992년에는 2000개소가 감소한 4000개소로 되리라고 예상하고 있다. 그 후에 여러 조사기관이 조사했지만 '埋立地'의 정의가 통일되어 있지 않기 때문에 여러 가지 결과(1991년 시점에서 5368~7363개소)가 생기고 있다.

캐나다에서도 기본적인 Data가 부족하긴 마찬가지여서 1982년 Environmental Almanac에 의한 조사에 의하면 5,493곳이었던 매립지가 1991년의 NSWMA의 조사에 의하면 1,766곳으로 격감하고 있다.

기본적으로 매립지의 잔존용량에 관한 정확한 Data는 부족하지만 EPA는 미국에서는 앞으로 15~20년간에 75~80%의 매립지가 폐쇄되리라고 예측하고 있다.

한편, 주 매립지 허가를 주고 있는 주정부라 해도 반드시 정확한 매립지 허가수, 확장능력 등에 대해 파악하고 있지는 않다. 33개 주에 관해서는 Data가 있고, 평균하면 1개 주는 63개의 매립지를 폐쇄하고 6개의 매립지를 허가해 10개의 매립지확대허가를 내주고 있는 셈이 된다. 이것은 1개의

〈표 4-10〉 일본과 미국의 Recycle를 비교

구 분	알루미늄(%)	종이류(%)	유 리(%)
일 본	42.6 ^①	49.8 ^②	47.9 ^③
미 국 ^④	28	27	10

출처 : 「都市와 廢棄物」 Vol.21, No.3, 環境生産新聞社, 및 石川禎昭 「이제부터의 廢棄物 處理와 地球環境」 p.254, 255

① 1989년도 알루미늄 Recycle 협회

② 1989년도 古紙再生센터

③ 1989년도 유리병 Recycle 추진 연합

④ 1984년 「日本の 쓰레기 處理」 地域交流센터

주 : 미국의 수치는 오래되었다. 그림1의 출전에 있는 CQ Research에 의하면 정확한 연도는 불분명하지만 알루미늄은 55%, 종이는 30%가 Recycle되고 있다고 기술되어 있다.

매립지가 허가되는 사이에 10개의 매립지가 폐쇄된다는 상황을 보여 주고 있다.

캐나다에서도 사정은 비슷하여, 1986~1991년 사이에 134개의 매립지가 폐쇄되고 213개가 신설되었으며 89개가 확장되었다. 그러나 능력에 대해서는 네바스코시아 州(1일 30톤) 이외에는 명확하지 않다.

매립지의 殘存能力에 대한 Data는 매사추세츠, 햄프셔, 네바다, 위스콘신, 네바스코시아 이외에는 불분명하다. 1991년 조사에 의한 예측에 따르면 표 4-11 과 같은 결과가 나온다.

몇 개 州는 州法 또는 規制를 강화하여 보다 정확한 Data를

〈표4-11〉 美國 各 州의 埋立地 殘存 期間

5년 이하(2주)	뉴저지주, 미시시피주
5년(8주)	코네티컷주, 조지아주, 켄터키주, 바몬드주, 노스캐롤라이나주, 로드아일랜드주, 버지니아주, 웨스트버지니아주
5~10년(13주)	앨러메버주, 아칸소주, 플로리아주, 하와이주, 오하이오주, 일리노이주, 인디애나주, 메릴랜드주, 매사추세츠주, 미주리주, 미네소타주, 뉴욕주, 위스콘신주
불명확하나 5~10년 정도(5주)	메인주, 미시간주, 몬타나주, 네브라스카주, 뉴햄프셔주

출처 : Landfill Capacity in North America, Waste Age, May, 1992.

수집하려고 노력하고 있다. 그 결과 주에 따라서는 매립지 용량이 증가하고 있는 곳도 있다.

매사추세츠에서는 Recycling의 증가와 쓰레기처리발전에 의한 처리 증가에 의해 약간의 매립지 용량이 증가하고 있고, 펜실베이니아에서도 3개의 쓰레기 처리발전의 가동에 의해 용량이 증가하였다.

캐나다에 관해서는 12개 주 중 7개 주의 Data가 있는데 5~10년의 용량능력을 갖고 있는 주가 4개 주, 10년 이상이 3개이고, 5년 이하의 용량밖에 없는 주는 그 중에는 없다.

매립지 부족은 당연히 Tipping Fee — 쓰레기 매립 또는 소각을 위한 수수료 — 의 상승원인이 되고 있다. 1991년의 NSWMA의 조사에 의하면 미국내 사유 매립지의 Tipping Fee의 평균치는 North East에서 톤당 64.76달러, Middle Atlantic(뉴욕, 뉴저지, 펜실베이니아의 3개 주)에서 40.75달러인 반면 West Central(몬태나, 와이오밍, 콜로라도, 아이다호, 유타, 네바다)에서는 11.06달러, South Central(텍사스, 오클라호마, 아칸소, 루이지애나, 미시시피, 테네시, 앨라배마)에서 12.50 달러로 큰 차이가 있다. 가장 높은 Tipping Fee로서 North East에서 톤당 120달러라는 예도 있다.

이러한 지역 격차가 주 경계선을 넘는 쓰레기의 대용량 수송의 원인이 되고 있다고 할 수 있다.

라. 쓰레기處理 發電을 전개시킨 배경

1967년에 Air Quality Act(大氣質法)이, 1970년에는 Clean Air Act(大氣 淨化法)가 시행되었기 때문에 그 이전에는 중심적 존재였던 燒却爐는 차례로 조업이 중지되어 1970년 전반에 쓰레기 燒却爐는 미국 전체에서 150개소밖에 남지 않게 되었다.

그러나 1974년의 석유위기를 계기로 燒却爐는 다시 資源 回收施設로서 역할이 전환되고, 가까운 이웃의 고객에게 열이나 전력공급을 고려하기 시작하게 되었다. 이때의 소각로

기술은 거의 유럽으로부터 수입한 것이었다.

소각로에 의한 자원 회수시설에는 接近法이 두가지 있다. 우선, 가장 주목을 받은 것은 "Refuse Deriver Fuel (RDF)"라는 것으로, 쓰레기에서 회수가능한 모든 鐵, 非鐵을 磁石으로 집어 제거한 후 다시 잘라 펠레트화 해서 전력 회사에 연료로서 매각하거나 거기서 소각발전하여 전력을 판매하는 것이다.

RDF의 공정에는 표준화된 것은 없고, 여러 가지 가공 쓰레기를 총칭해 RDF라 말하고 있다. 그러나 RDF는 가공할 때 너무 많은 공정을 거치는 것이 많아, 작업공정 중에 細斷機(Shredder) 부분의 효율이 악화되거나, 또 쓰레기 중에 포함된 가스 등에 의한 폭발 문제, 나아가 회수된 鐵, 非鐵의 시장가격의 불안정성으로 인해 경제성이 현저하게 악화하는 등의 문제가 있었다.

펠레트화된 RDF의 구입자(石灰 火力發電所 등)로부터는 RDF가 수분을 너무 포함시킨다는 불만이 나타나거나 또 플랜트의 규모와 수집되는 쓰레기량의 불균형 때문에 쓰레기가 부족하기도 하고 埋立料金보다도 RDF시설에의 쓰레기 搬入料 쪽이 훨씬 높아져 버리는 결점이 발생하게 되었다. 이러한 여러 가지 문제 때문에, 초기의 복잡하고 고가시설인 10개소 이상의 RDF의 시설은 종업을 중지하게 되었다.

그후 이들의 경험을 살려, 보다 효율적인 플랜트를 고안하게 되어, 현재 RDF를 생산하고 있는 플랜트는 16개소가 있고 RDF를 생산해 소각하고 있는 시설은 20개소 정도가 있다. 장기적으로는 소각되기 전의 선별이 보다 세밀하게 행해지는 방향으로 가고 있기 때문에, RDF의 加工工程은 보다 효율화가 행해지기 쉬워져 앞으로는 RDF시설이 한층 증가하리라고 예상된다.

쓰레기처리 발전을 활성화시킨 직접적인 이유로서는 쓰레기를 매립하는 것이 아니고 재생, 소각함으로써 에너지의 회수를 최대화하는 것을 장려하는 法律(1976년의 資源保存全回收法 : Resource Conservation and Recovery Act(RCRA))이 있다. 또, 쓰레기처리 發電 Project와 같은 자본집약적

‡ '94.'95년도 대한전기협회 전기분야 조사연구논문 ‡

Project를 추진하려고 하는 Developer가 생겨온 배경으로서는 1978년에 제정된 聯邦法人 公共事業 規制法(Public Utility Regulation Policy Act : PURPA)이 있다. 이 PURPA는 일정한 條件만 만족하면 누구라도 소규모 발전소를 創業할 수 있고, 각 州에 있는 公益事業 委員會는 賣電價格, 기타 세부항목을 결정하는 것 등을 골자로 하고 있다.

같은 법에 의해 인정된 새로운 발전소는 "適格發電所"라 불리고, 다른 새로운 에너지원과 함께 쓰레기처리발전도 그 대상이 되었다. 또 PURPA는 전력회사가 지불하는 전력은 그 전력회사가 스스로 발전하든가 또는 구입하는 경우에는 이론상 가격(Avoided Cost)의 90% 이상이 되어야 한다고 정하고 있다. PURPA는 자본집약적 Project를 실현하기에는 규모가 작고 자본력이 없는 중소기업/Developer라도 만일 우수한 Project 성립에 필요한 조건인 플랜트 입지에 관한 합의, 長期 쓰레기 引受契約, 플랜트 기술 등을 만족할 가능성을 보인 경우에는 그 Project를 실현하는 "計劃"을 기반으로 전력회사와 전력의 販賣契約를 교섭가능하게 하고 있다. 이와 같이 트인 "計劃"을 기반으로 전력회사와 電力販賣契約를 하려고 하는 교섭은 일본의 경우 현실적으로 매우 어렵다고 생각되지만, 여기에서도 우리는 약소기업에게도 발전소를 창업할 기회를 주는 미국의 트인 시스템의 일단을 엿볼 수 있다.

마. Massburn과 Shred and Burn

資源回收施設의 하나인 "Massburn"에 의한 소각은 RDF보다도 가공의 정도가 작고 보다 운영이 간단하기 때문에 보다 많이 이용되고 있다. 쓰레기는 선별되지 않고 流動系의 爐에서 950~1090℃에서 소각된다. 노의 주위에 감긴 튜브에 물을 통하면 가열되어 증기로 된다. 그것을 이용하여 발전하고, 생긴 전력은 전력회사에 매각된다. 현재 미국 내에서는 100개 이상의 Massburn에 의한 소각로가 가동중이고 20개 이상이 공사중에 있다.

한편, "Shred and Burn" 시스템은 쓰레기를 소각 전에

가공한다는 점에서는 廣義의 RDF에 속한다고 할 수 있으나, 그 가공의 방법이 단순히 破碎(Shred)하고, 再生 가능한 것을 回收하여 소각하기 쉽게 하는 것으로, 가공 후의 쓰레기는 PRF(Processed Refused Fuel : 가공 쓰레기 연료)라 불리우고 있다. 이와 같은 Shred and Burn 시스템의 본격적인 응용은 Massachusettes 주 남동부에 있는 SEMASS(South Eastern MASSachusettes)가 제1호이고 현재 시카고에서 제2호 Project가 진행중이다.

(1) Massburn의 作動 프로세스

Massburn 시스템은 우선 쓰레기가 搬入트럭에 의해 깊게 파진 Pit에 들어갈 수 있다. 위로부터 달린 큰 크레인 앞 사베트로 쓰레기를 내리고 爐속에 넣는다. 크레인으로 쓰레기를 퍼낼 때 크레인 작동자는 쓰레기의 내용이 균일하게 하지만, 실제로 작업하고 있는 장소와 Pit의 바닥과는 거리가 있기 때문에 쉽지 않다. 어느 쓰레기를 퍼낼 것인가 하는 결정은 크레인의 작동자에 의해 행해지고 있다. 그러나 쓰레기의 질과 섞인 형태가 균일하지 않으면 爐속에서 高熱로 燒却할 때 타기 쉬운 물질에는 공기가 닿지만 타기 어려운 물질 또는 습기찬 쓰레기는 충분한 공기가 공급되지 않는다. 이러한 空氣흐름의 불균형이 결과적으로 爐面의 腐蝕을 일으키기도 하고 高레벨의 일산화탄소를 발생시키는 원인이 되기 때문에 크레인의 작동은 기술을 요한다. 크레인에 의한 작동이 계속되기 위해서는 2대가 필요하고, 또 크레인 Cable의 수리를 위해 항상 유지비가 필요하게 된다.

쓰레기는 작동하는 爐의 바닥에 떨어지지만 그 爐의 바닥은 쓰레기를 움직이는 것 뿐만 아니라, 연소에 필요한 산소를 공급하기 때문에 흔들어 주는 것이 필요하다. 이 노의 바닥을 전후로 진동시켜 주는 움직임은 복잡하다. 노의 바닥 규모는 예상되는 열량에 의해 결정되는데, 1평방 feet당 20만 BTU/h로 설계되어 있다. 소각 전에 쓰레기 선별과정이 없기 때문에 항상 금속조각, Wire 등이 노 속에 들어가 그 것들이 노면을 부식시킬 가능성이 있으므로, 노벽을 덮고 있

는 水 Tube(Water Wall)는 노벽 위의 끝까지耐火벽돌로 덮이게 된다. 이처럼耐火벽돌로 덮으면 물의 열효율이 낮아진다. 또 유리나 열에 약한 금속이 녹아 아래의 끝쪽 爐壁에 길게 붙어 있게 되어, 정기적으로 노의 운전을 멈추고 노벽을 청소한다든지 노벽을 교환할 필요가 생기게 된다. 노의 가운데를 쓰레기가 통과하기 쉽도록 하기 위해 流動床은 입구에서부터 아래쪽으로 향해 움직이게 되는데 流動床의 높이는 약 6m 정도의 낙차가 필요하고 노가 있는 건물은 그 만큼의 높이가 필요하다. 쓰레기는 爐床 위에서 연소되기 위해 爐床의 온도는 유리의 융점보다 높아야 하며, 溶劑塊(Sludge)가 가능하다. 노에서 쓰레기가 나오는 시점에서 재는 물에 잠기게 되어 있는 부분을 통과하고 溶劑塊는 잘게 부수어진다. 이렇게 잘게 부수어진 溶劑塊는 연소하지 않는 것과 연소되지 않고 남은 쓰레기와의 혼합물이다. 그 다음, 큰 금속으로 가능한 것은 재 가운데에 있기 때문에 재가 쌓여 회수가 어렵게 되는 경우가 발생하기도 한다. 재 가운데서 금속품을 자석으로 끄집어 내는 것은 쉬운 일이지만, 그 밖의 금속의 회수 및 재생은 매우 어렵다.

(2) Shred and Burn의 作動 프로세스

이제까지 가정에서 생긴 쓰레기를 여러 단계의 과정을 거치며 加工하는 많은 프로젝트를 시도해 왔다. 이것들은 전술한 대로 Refuse Derived Fuel(RDF)이라 불리는데 이러한 System은 비용이 매우 많이 든다(그 가운데에는 40% 정도의 쓰레기를, 태우기 전에 매립해 버리는 Case도 있었다).

EAC가 개발한 Shred and Burn System은 이 점을 개량한 것으로, 단순히 최소의 가공만 하지 않고, 대부분의 鐵類는 磁石으로 꺼내고 남은 쓰레기는 破碎한다. 이것이 가공

된 쓰레기(Processed Refused Fuel, PRF)이다. 쓰레기는 반입되면 커다란 쓰레기의 수집을 위한 건물의 床위에 놓여진다. 우선 Gas 探知機와 放射能 探知機로 체크하고, 쓰레기 내의 부적절한 것 즉, Stove, 냉장고, 물 Tank 등의 거칠고 큰 쓰레기는 끄집어 내어 再生에 보내진다. 쓰레기는 컨베이어에 놓여지고 작업원이 컨베이어 위에서 燒却이 어려운 것, 방해가 될 듯한 것(케이블, 타이어, 큰 금속품)을 끄집어 낸다. 이 단계에서 꺼내어진 쓰레기는 전체의 1~1.5%이다. 남은 쓰레기는 컨베이어에서 파쇄기로 보내어지고, 6inch(15cm) 이하로 細分化된다. 그 곳에서 세분된 쓰레기는 자석 밑을 통과하며 鐵부스러기의 70~80%가 회수되어 재생에 보내진다. 그 후에 쓰레기(PRF)는 저장 건물에 저장되다가 직접 燒却爐에 컨베이어로 운반된다. PRF는 1일 24시간 爐의 앞에 있는 복수의 滯送裝置를 통해 주입된다. PRF가 滯送裝置의 낮은 곳으로 떨어지면 空氣壓에 의해 노의 입구에 투입된다. 가벼운 쓰레기는 곧 점화되어 공중에서 연소되고, 무거운 쓰레기는 노의 입구에서 17ft(약 5m) 아래의 爐床에 낙하한다. 이 爐床은 천천히 움직이는 金屬製의 컨베이어 같은 것으로, 1시간 걸려 노의 앞면에 움직이고 可燃物은 충분히 타고, 동시에 재는 공기의 통과에 의해 냉각된다. 대부분의 PRF는 공중에서 연소되며, 노는 1ft²당 60만BTU/h의 열까지 견딜 수 있도록 설계된다. 이것들에 의해 爐床은 Massburn의 경우의 1/3 규모로 줄어든다. 대부분의 PRF는 공중에서 연소되며 공기와 쓰레기연료와의 혼합이 잘 작용하여 완전연소가 가능하게 된다. 또한 이것에 의해 Massburn System보다 톤당 공기의 필요량이 훨씬 소량이어서 좋고, 노에서 생긴 Gas의 양도 줄어들며 공기를 끌어들이는 Fan의 규모도, 그 모터의 규모도 작아지고 굴뚝도 작아진다. 따라서 열량의 열로부터 전기에너지로 변환되는 양이 많아지는데 이것은 발전효율의 향상이 가능하게 됨을 의미한다. 쓰레기는 완전히 태워지기 때문에 壁面에 腐蝕이 발생하기 어렵고 노벽을耐火벽돌로 덮을 필요도 없어서 그만큼 노의 비용이 줄어들고, 동시

(注) BTU는 British Thermal Unit, 영국의 열량 단위
 1 cal = 4.187J
 1 BTU = 1,055.05J
 1 pound = 0.4531kg
 1 BTU = 253 cal,
 1 BTU/h(ft²) = 3.15469×10⁴w/m²

‡ '94.'95년도 대한전기협회 전기분야 조사연구논문 ‡

에 내화벽돌의 유지보수도 필요치 않기 때문에 조업비도 줄어든다. 또한 공기의 양이 줄어들기 때문에 노 내부의 온도가 높아지고, 동시에 내화벽돌의 덮개가 없기 때문에 벽면 Tube 내부의 물이 증기로 변화하는 과정이 보다 효율적으로 진행된다. 대부분 노벽에 Sluge를 부착하지 않는다. 쓰레기는 대부분 공중에서 연소되기 때문에 노상의 온도는 낮게 유지되어 유리가 용해되지 않고 남아서 분해가 가능해진다. 재는 粉末狀態로 물을 통할 필요가 없어서, 물의 사용량도 줄어든다. 또 爐床에서 나오는 재에서는 再生 가능한 금속이 回收 가능하다. EAC의 재(灰)처리 시스템의 경우 금속을 회수한 후에는 Boiler Aggregate로 輕建材, 도로의 소재, 콘크리트의 소재에 이용 가능하다.

(3) Massburn과 Shred and Burn 시스템 기술의 비교

Massburn시스템과 비교하여 Shred and Burn 시스템은 아래와 같은 장점이 있다.

- i) 자본 비용이 줄어든다.
 - Shred and Burn 시스템의 경우 쓰레기 처리발전 시설 중에서 가장 높이 붙어 있는 건물인 爐가 있는 건물(Boiler House)의 건평이, Massburn에 비교해서 1/3로 줄어들기 때문에, 기존의 Massburn의 경우의 1/2의 규모면 족하다. 또한 爐床에 각도가 필요치 않기 때문에 노가 들어가는 건물을 높게 하지 않아도 된다.
- ii) 조업경비도 줄어든다.
 - 粉碎에 필요한 加工工程 비율의 증대는 노벽에 耐火벽돌이 필요 없고 노상의 움직임이 단순함에서 얻는 노의 유지보수비용의 감소에 의해 상쇄된다.
- iii) 물의 이용량이 줄어든다.
- iv) 爐 가운데의 공기량의 최소화에 의해 에너지 회수율이 높아진다.
- v) 쓰레기를 받아들이는 Tapping Floor에서는 소각에 부적절한 것을 미리 탐지할 수 있어서 결과적으로 재생

- 량이 증대한다.
- vi) 공중에서 쓰레기가 연소하기 때문에, Bottom Ash 중에서 타고 남은 쓰레기는 1~1.5% 정도에 그치고, Massburn보다 큰 폭으로 줄어든다. 또한 이 Bottom Ash는 미세한 가루상태이기 때문에 재생을 위한 회수가 용이하다. SEMASS의 경우 Bottom Ash에서 회수된 금속은 전부 재생을 위해 소각되고 있다(역시, 공중에서 쓰레기가 연소하기 때문에 Fly Ash 쪽이 Bottom Ash보다 많아지는 경향이 있다. 또한 空氣淨化 System 때문에 重金屬은 Fly Ash 쪽에 집중되고 Bottom Ash의 중금속 성분은 적다).
- vii) 쓰레기를 PRF의 형태로 운반한다든지 저장해 두기 때문에 廣域化나 柔軟한 조업이 가능하다.

-쓰레기는 Tapping Floor에 반입되기 때문에 먼저 반입된 것으로부터 연소에 보내지는 것이 가능하다. 또한 파쇄에 의해 수분이 증발하여 냄새는 거의 없어지기 때문에 쓰레기 그 자체에서는 없는 파쇄된 PRF를 저장하는 형태로 내보낼 수 있다.

Shred and Burn 시스템의 단점으로서의 다음과 같은 것을 생각할 수 있다.

- i) 쓰레기가 소각되기 전의 加工段階에서 재생되는 금속류가 제거되기 때문에 주민 수준에서의 재생Program을 추진하는 입장에서는 그 의욕이 감소될 가능성이 있다.
- ii) 반입된 쓰레기를 破碎機에 넣기 전에 분별하는 작업(소형 Tractor에 의한)과 컨베이어 위에서부터 파쇄에 부적당한 것을 골라내는 작업에 노력이 필요한데 이 문제는 일본의 경우 Robot화가 進行되고 있다. 쓰레기처리 시설의 사실을 고려해 보면 비용면에서 불리한 요소가 된다(단지, 경제적 분석을 Plant 전체로서 행하지 않으면 그 역효과에 대해 어느 정도의 타격을 지탱할 수 있을지는 명료하지 않다).

(다음호에 계속)