

‡ '94,'95년도 대한전기협회 전기분야 조사연구논문 ‡

廢棄物發電의 事業化 可能性 檢討

5

성 영 권

고려대학교 공과대학 전기공학부 교수

5. 廢棄物 發電의 事業化 可能性 檢討

1. 發電의 에너지 收支分析의 意義

생활수준의 향상은, 어떠한 省에너지 技術을 초월하여 에너지 需要의 增大化를 도모하게 된다. 미래사회는 에너지 수요의 증대화를 피할 수 없으며, 에너지 공급의 불안전성 때문에 사회 전체면에서 본 에너지의 效率的 利用을 지향하게 될 것이다.

이러한 사회의 요구에 부응하여, 에너지 分析(Energy Analysis)은 모든 物質(의류, 식료, 건물 등등)과 서비스(자동차의 이용, TV시청 등등)에 어느 정도의 에너지가 필요한지를 定量的으로 제공하는 것이다.

에너지 收支分析(Net Energy Analysis)은 에너지 發生原에 대한 에너지 分析으로 에너지의 收入(發生)과 에너지의 支出(消費)을 對比한다. 自然에너지에 의한 發電技術은 그것을 운전하는데에 연료를 필요로 하므로 發電裝置를 제작하는 직접 및 간접 에너지만이 에너지 지출로 된다.

그 에너지 지출은, 발전에 의해 얻어지는 에너지 수입(순수發電量)으로 回收한다고 하면 몇 년이 걸릴 것인가가 화제가 된다.

그러나, 그 에너지의 定量的 評價는 그 대상 시스템이나 計算方法이 확립되어 있지 않아 이들의 전제조건에 크게 좌우된다.

新 發電技術의 추진자는 新技術을 높게 평가하기 때문에 좋은 형편의 전제조건을 설정하는 경우가 많다. 그들의 검토결과와 에너지 分析者 측에서 본 에너지 收支分析 및 回收年은 다음과 같이 평가할 수 있다.

- 自流式 水力發電 0.6~5년
- 地熱發電 0.2년~0.5년
- 太陽光 발전 약 30년
- 電池 本체의 Si 單結晶 20년
- 電池 本체의 리본 結晶形 8년
- 電池 本체의 아몰퍼스 3년
- 太陽熱發電 약 20년
- 風力 發電 2~10년

이들은 에너지 換算(電力 kWh를 800kcal~2,450kcal)하여 얻어지는 연수, 발전량 및 발전용량 등에 의해 변해간다.

‡ '94,'95년도 대한전기협회 전기분야 조사연구논문 ‡

석유화력과 원자력 발전의 경우에는, 에너지 回收年의 尺度가 아니고 에너지 比가 자주 사용된다(自然 에너지 發電 技術에도 에너지 比로 평가할 수 있다).

여기서, 에너지 比란 다음과 같이 정의한다.

$$\text{에너지 比} = \frac{\text{생산한 에너지(수입)}}{\text{생산에 필요한 직접·간접에너지(지출)}}$$

에너지 收入 및 지출을 다같이 전체 내용년수에 대해 행한다. 지출에서는 설비투자가 큰 비율을 차지하는(연료가 지닌 에너지를 씌하지 않고) 것에 대해, 수입은 내용년수에 비례하므로 내용년수를 많이 잡을수록 에너지비는 높아진다.

참고로, 일본의 政策科研의 검토 예 등을 이용하여 평가하면 다음과 같이 된다.

重油火力	4.8
LNG 火力	1.5
微粉炭 火力	5.0
PWR	16.2(定策科研)
PWR	4.3(ERDA)
風力發電	13(내용년수 10년)
風力發電	40(내용년수 30년)

上記한 數值들도, 예를 들어 發電規模, 設備利用率, 熱料貯藏, 輸送方式 등 計算의 전제조건을 변화시키면 차이가 크게 나게 된다.

2. 廢棄物 發電에로의 適用

쓰레기 處理 그 自治體에 부과되고 있는 責務에 관해서도, 여기에서 말하는 에너지는 소비되고 있다. 즉, 쓰레기 處理(自治體가 행하는 것, 가정에서 소각하는 것은 제외)의 에너지 分析—쓰레기 1ton을 처리하는데에 필요한 直接 및 間接 에너지의 總量—이 있다.

만일, 쓰레기 처리 가운데 발전을 포함하고 동시에 쓰레기 처리의 全體 에너지量보다 얻어지는 발전량이 적다면 에너지 節約 또는 省에너지 평가이고, 이것은 쓰레기 처리의 에

너지 분석이 되는 것이다. 이와 반대로 쓰레기 처리의 전체 에너지량보다 얻어지는 발전량이 많다면 폐기물 발전의 에너지 수지 분석으로서 발표할 수 있다.

어떤 폐기물 발전소를 Model로 선정하여 그의 '發電'에 주목한 에너지 收支 分析을 다음과 같이 행하려 한다.

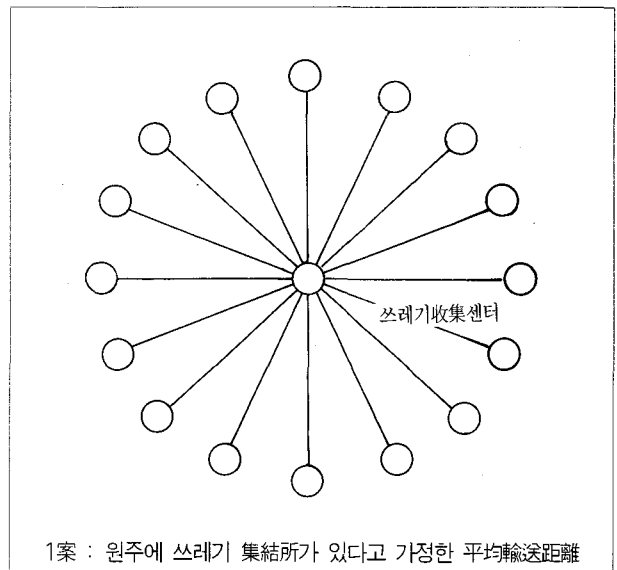
쓰레기나 産業廢棄物은 어떠한 형태로든 처분되어야 한다.

廢棄物 發電의 에너지 代替性에 관한 토론은, 쓰레기 처리의 에너지 投入量과의 對比에 의한다. 나아가,

- (a) 熱併합을 지니는가?
- (b) 資源 Recycle을 包含하는가?

라고 하는 문제가 전개된다.

討論의 제1段階로서는 쓰레기 處理를 廢棄物 發電으로 置換한 경우의 에너지 代替性에 관해 定量的으로 평가하되 그 순서와 방법을 예시하면 다음과 같다.



가. 對象 시스템

- (1) 쓰레기 處理 基準모델
 - (가) 都市 쓰레기의 收集
 - (나) 埋立地로의 配送

‡ '94,'95년도 대한전기협회 전기분야 조사연구논문 ‡

·쓰레기를 소각하고 그 재(灰)만을 매립지로 배송

(2) 廢棄物 發電 ····· 評價모델

- (가) 도시 쓰레기의 收集
- (나) 폐기물 발전
- (다) 재(灰)를 매립지로 배송

나. Model 선정

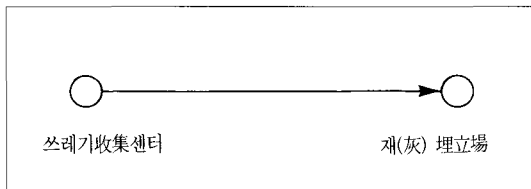
(1) 어떤 都市의 既設 : 폐기물 발전소 중에서 용량, 형식이 相異한 몇 개소를 선정

- 쓰레기 처리량에서의 諸設備
- 폐기물 발전소에서의 諸設備

(2) 쓰레기 收集方法 : 각기 다른 용량에 따라 都市쓰레기를 수집하는 에너지를 선정한다.

· 輸送의 直接 消費 에너지 : 수송량과 수송 거리의 모델화에 의해, 車에 소비되는 가솔린 량을 추정한다.

(3) 재(灰)의 매립



- 거리는 2배를 잡는다.
- 재(灰)가 되는 量의 비율을 지정한다.
- 한 번에 운반하는 재(灰)의 量을 정해둔다.

다. 에너지 분석

(1) 投入 에너지

- 設備 投入 : 폐기물 발전소의 설비투자과 각 설비의 내용년수
- 運轉 投入 : 폐기물 발전소의 운전에너지와 修繕 에너지, 通風, 쓰레기 配送, 재(灰) 送出
- 쓰레기 收集 및 재(灰)의 埋立 : 車의 가솔린과 車의 제조 에너지

(가) 設備 投入 에너지의 계산 방법 : 각 설비의 중량과 素材料 構成을 조절한다.

① 계산종목

- 材料에너지 : 스테인레스 鋼을 제조하는 에너지
- 機器에너지 : 「始動用 버너」의 組立 및 製造
- 建設에너지 : 건설현장에서의 토목 및 건축
- 輸送에너지 : 재료, 기계, 건설자재의 수송

② 내용년수

예를 들면, 각 설비를 30년으로 잡는다고 하면 1년간의 설비투자 에너지는 ①~④의 총합이 1/30로 된다.

- 각 설비마다 내용년수를 정한다.
- 각 설비마다 年當 修繕 에너지를 정한다.

(나) 運轉 投入 에너지

① 직접소비 : 전기, 가스 등

- 전기 : 通風, 集塵, Crane 등
- 석유 : 컨베이어 등

이들은 $a + \beta x$ 의 형태로 표현함이 바람직하다.

a : 연간 일정

β : 쓰레기 처리량(발전량이어도 무방) x 에 비례하는 계수

혹은, 과거의 운전 실적으로부터 각각의 에너지 소비량을 추정해도 무방함.

② 간접투입 : 修繕 部品

각 설비마다

- 연평균 수선량(비용으로부터 추정) : 에너지로 환산
- 消耗材—약품 : 약품을 제조하는 에너지를 계산

(다) 쓰레기 收集 에너지

① 車의 가솔린 소비량

② 車의 km당 製造 에너지

(2) 取出 에너지

- 年間量으로서 순수 發電量
- = 총 발전량 - 소내 동력량

(3) 에너지 代替性 평가(안)

- 폐기물 발전의 실질 投入 에너지를
- = (폐기물 발전분) - (쓰레기 처리분)

다만, 이것들은 年間量으로서 정의한다.

- 폐기물 발전의 實質 取出 에너지量 = 순수 發電量
- 에너지回收年 = $\frac{\text{實質投入에너지量}}{\text{實質取出에너지量}}$

3. 에너지 分析의 문제점

종래 많이 행해지고 있는 에너지 分析의 대부분은 經濟性 評價를 각각의 분야별로 각각의 에너지량에 置換한 것이며 근본적으로 經濟性과 거의 일치한다.

그러나 이 경우 대상 기술이나 대상 설비의 범위가 명확하지 않는 경우가 많아 이로 인해 평가를 틀리게 할 우려도 있다.

가령 太陽光 發電의 에너지 收支 分析은 電池 모듈만으로 한정되고 있으므로 다른 기술의 상대적 비교에는 周邊 裝置나 架臺나 기초공사를 포함시켜야 할 필요가 있다.

이와 같은 에너지 분석 방법은 확립된 것이 아니고 스스로의 신기술 평가에 유리한 방법이 취해지고 있다고 하여도 과언이 아니다. 따라서, 에너지 분석도 경제성 평가와 같이 기본적으로 비교평가하여 검토해야 할 것이다.

경제성 평가와 같은 특성을 지니는 에너지 分析이지만 상이한 문제점들을 열거하면, 다음과 같다.

- (1) 에너지 : 石油와 같이 機能性이 높은 것(輸送, 저장에 편리한 것)과 石炭과 같은 것을 동일하게 표현하고 있으나 電力과 같은 2차 에너지를 어떻게 양쪽으로 표현하는가?
- (2) 나프타는 材料인가 에너지인가? 燃料化시킬 수 있는 것만이 에너지인가?
- (3) 재료 생산의 에너지原單位가 확립되어 있지 않다.
- (4) 間接 에너지의 算定方法이 확립되어 있지 않다.

4. 에너지化 技術과 社會 시스템의 과제

폐기물의 에너지化 技術 중에 기술적으로 가장 문제가 적은 것은 廢熱 보일러로 回收한 水蒸氣를 지역난방 등의 熱 利用 시스템과 결합하는 경우일 것이다.

熱利用 시스템은 燒却爐에 인접해 있는 쪽이 유리하므로

소각로의 건설 계획단계에서 도시계획과 충분히 Matching (整合性)할 필요가 있다.

이에 대해, 熱 에너지를 이용하여 발전하는 경우에는 소내 전력으로 사용하고 남은 잉여 전력을 전력회사에 賣電하면 시스템상으로는 문제가 없으나 기술적으로는 쓰레기 질의 不均一性 때문에 증기 발생량의 변동이 있고, 또 廢棄가스 중의 鹽化水素 등의 腐蝕性 가스 때문에 증기 온도를 많이 올리지 못하게 되어 발전효율이 10~12% 정도로 낮아지는 것이 문제이다.

가령, 슈퍼히터의 온도는 일본의 경우 대체로 350℃로 설계되고 있으나 유럽에서는 슈퍼히터의 온도는 300~500℃로 높게 취하고 있어, 쓰레기 중의 염화비닐 함유량이 증가함에 따라 슈퍼히터에 腐蝕이 생기게 되었다. 가령, 프랑스의 이브리 소각공장에서는 470℃의 증기온도를 취하고 있으나, 쓰레기 중에서의 염화비닐 함유량이 1%를 넘게 되자 슈퍼히터가 腐蝕되었다.

이 대책으로서 표면에 特殊 초산시멘트를 코팅하여 腐蝕을 방지하여 보일러 능력을 유지하기 위해 전열패널을 증설하고 있다.

우리나라는 생활수준은 유럽보다 훨씬 뒤떨어져 있으나 플라스틱 제품의 혼입에 의한 都市 쓰레기 成分의 다양화 및 쓰레기 燒却爐에 수반하는 2次 公害 發生은 중요한 문제가 되고 있다.

따라서 우리나라는 技術적으로는 미국을 비롯한 구미 여러 나라나 일본과 유사한 문제를 지니고 있으나, 社會 시스템은 기본적으로 상이하기 때문에 앞으로 이러한 점을 충분히 조사, 연구해 볼 필요가 있다.

가장 큰 상이점은 전력회사와 지방자치체와의 관계이다. 구미 여러 나라에서는 전력사업도 지방 自治體나 또는 지방의 비교적 소규모인 民間會社에서 행해지고 있는 경우가 많기 때문에 지역에 따라 쓰레기 소각 시스템과 電力, 熱供給 시스템의 다양한 결합을 엿볼 수 있다.

이에 대해 우리나라에서는 地方自治體가 겨우 급년에 발족한 관계로 도시 쓰레기 처리는 대도시를 중심으로 행해지고 있고, 전력사업은 하나의 국영 電力會社에 의해 廣域 供

‡ '94.'95년도 대한전기협회 전기분야 조사연구논문 ‡

給體系가 이루어지고 있기 때문에 에너지의 결합체계상 어려운 면이 있다.

안정 공급이라는 점에서는 우리나라의 電力事業體系가 우수하다고 볼 수 있으나, 앞으로 본격적인 지방자치체 시대를 맞이하여 Local Energy와의 結合體系를 추진해 나갈 경우에는 제도적인 측면에서 볼 때 여러 가지 연구할 면이 있으리라고 본다.

이웃 일본의 경우, 大型 쓰레기 燒却爐에 발전설비를 설치하는 문제는 각 自治體에서 본격적으로 검토하거나 協力體系의 확립에 노력하고 있으나, 발전설비 설치에 따른 자가소비전력의 절약과 전력회사의 賣電收益에 의해 電力設備의 投資를 回收한다는 收支計算에 있어서는 10만명 이하의 도시에서는 경제성이 없다고 보고되어 있다. 그러나 석유 소비량을 억제하기 위해 국가차원의 유도정책이 행해지면 10만명 이하의 도시에서도 쓰레기의 에너지를 회수하는 것이 가능하다고 본다.

폐기물에서 얻는 에너지를 하수처리 시스템에 공급하는 것도 열적으로나 경제적으로 볼 때 자가소비에 많이 사용하는 시스템에서는 유리하므로 앞으로 적극적인 검토와 적용이 기대된다.

熱分解에 의한 廢棄物의 가스化는 技術的인 전망이 었으나 點에서 실용화를 위해 앞으로 더욱 연구할 필요가 있다. 열분해에 의한 쓰레기의 油化는 미국에서 성공하지 못한 예에서 보듯이 기술적으로 많은 문제점을 남기고 있다. 또, 폐기물의 固形 燃料化는 미국에서는 실용화 단계에 들어가 있으나, 일본의 경우 플라스틱類 특히 屜化비닐의 呑입에 의한 폐기가스를 처리하는데 문제가 있어 미국처럼 石炭 專燒 보일러가 많이 사용되지 않는 현재로서는 RDF로서의 사용에는 한계가 있을 것으로 본다.

5. 우리나라에서의 SEMASS 프로젝트의 適用性 檢討

앞서, 미국을 비롯한 선진 외국에서의 쓰레기 處理發電의 現況을 대략적으로 조사해 구체적인 사례 등을 소개해 왔으

나 우리나라에서 이와 같은 쓰레기 處理發電을 시행하려면 여러 가지 해결해야 할 문제점이 지적된다.

첫번째로는 기본적인 문제로서 쓰레기의 處理方法이다. 종래 우리나라에서는 쓰레기는 불필요한 물질이므로 소각해 버리면 된다는 一面的인 取扱만을 해왔다. 구미 외국처럼 쓰레기를 석유 또는 석탄과 비교할 수 있는 연료로서 생각하고 그 연료를 어떻게 효과적으로 활용하느냐 하는 점을 고려해 왔다면 쓰레기 문제는 종래와는 전연 다른 형태의 해결방법이 취해졌으리라고 생각된다.

행정기관이 문제를 한정된 시각으로밖에 생각하지 못하고, 우리나라 특유의 '우물안 개구리式' 思考—쓰레기의 사회적, 경제적, 기술적 측면의 모든 것을 총합적으로 파악하여 해결해 나가고자 하는 관점의 결여—가 장기간에 걸쳐 이어왔던 것이다.

두 차례에 걸친 석유파동을 겪고 90% 이상의 에너지 자원을 수입에 依存하고 있는 우리나라야 말로 쓰레기에 대한 종합적인 관점의 대책이 필요할 것이다. 본인은 시민의 한사람으로 행정당국 및 전력당국의 반성을 촉구하고 싶다.

두번째로는 技術面에서의 制約性에 관한 것이다.

歐美에서는 쓰레기를 가공보다는 燃燒되기 쉽게 하면서 발전효과를 올리고자 하는 노력을 과거 20년 가까이 시도해왔다. 당초 10년간은 부가가치를 보다 높이기 위해 가공도를 너무 높이려고 하였기 때문에 반드시 成功的인 시도는 아니었으나 그뒤의 10년간은 구미 각지에서 여러 Project를 통해 시도한 결과, 성과를 올리고 있다.

이러한 서구·미국·일본 등 선진외국의 움직임과 비교해 볼 때 왜 우리 정책당국자는 더 일찍 관계당국자들간에 쓰레기 문제를 연구대상으로 대두시키지 않았는지 의문시된다.

즉, 쓰레기를 加工해 연료로 하려는 KDF/PRF에의 Approach가 전연 없었을 뿐만 아니라 연구대상으로 조차 되어 있지 않았다는 것이 이상하다.

쓰레기를 연료로 취급할 경우, 爐의 구조나 爐壁의 구조 등이 당연히 그 효율의 최대화를 위해 충분한 연구대상이 되었을 것이다. 그러나, 쓰레기 문제를 한계적으로밖에 생각할 수 없는 시스템이 이 기술면에서의 평가에도 制約要因

으로서 작용하지 않았는가 생각된다. 이웃 일본의 경우, 구미에 잇달아 廢棄物 發電이 보급되고 있지만 사용되고 있는 시스템은 공통적으로 Massburn이다. 그런데 이 경우 미국의 Massburn과 RDF의 평균치인 톤당 600kWh의 발전량과 일본평균인 160kWh의 차는 너무 크다. 이에 대응하여 이 차이가 어디서 생기고, 쓰레기의 質, 爐의 構造 등이 어떤 영향을 주고 있는가의 연구에 주력하고 있으므로 이들 전문가에 의한 분석이 기대되고 있다.

여기서 잠시 일본과 미국에서의 쓰레기 발전 현황을 살펴보면, 일본의 경우 쓰레기의 톤당 발전량이 미국 평균치의 1/4로 나타나는 것은 일본에서의 공기나 물의 汚染對策, 자동차의 熱料效率의 向上 등의 면에서 아직 노력이 부족하다는 것을 나타내는 것으로서 선진국 중 有數의 公害先進國으로서의 일본의 현상을 여실히 나타내고 있다. 한편, 미국의 경우 聯邦法에 의해 空氣의 오염방지, 埋立地의 規制, 또는 非傳統的에너지 資源에 의한 發電의 獎勵策이 많은 발전을 가져오고, 쓰레기 처리발전을 전문으로 하는 사회가 설립되어 이 업계가 성장하는 계기가 되었다. 이와 같은 두 나라의 상황을 비교해 보면, 일본이 미국에 비해 이 방면이 낙후된 이유는 中央行政의 分割化, 地方自治體 行政機構의 分割化, 民間側으로부터의 새로운 움직임을 胎動시키는 힘의 부족 및 앞을 내다보는 움직임을 조정하여 추진해 나가려고 하는 정치가를 비롯한 인적 자원, 소프트웨어의 부족을 들 수 있다.

여기서, 앞으로 미국에서의 SEMASS 같은 프로젝트를 우리나라에서 현실화시키려면 어떻게 해야 하는지 음미해 보기로 한다.

우선, 쓰레기 처리발전 프로젝트에 관한 목적을 확실히 해 두는 것이 필요할 것이다. 즉, 쓰레기로부터 “最大 에너지를 회수한다”는 목적을 위해 프로젝트를 행하도록 행정기관이 일정한 기준을 설정하여 명확한 방향을 제시할 필요가 있을 것이다. 우리나라는 資源小國이라는 현실을 재차 상기시킬 필요가 있다.

다음으로 필요한 것은 프로젝트의 大規模化이다. 때로는 地方自治體가 行政區域을 초월한 大規模 프로젝트를 계획

하는 것도 필요하다. SEMASS 프로젝트 시스템에서는 쓰레기 破碎와 燒却 장소를 따로 분리할 수 있으므로 쓰레기의 發生規模가 불충분한 경우는 加工만 해서 발전하는 프로젝트地에 輸送하는 방법도 고려할 수 있을 것이다. 또 Recycle을 한층 더 촉진시키고 현재 매립되어 있는 재에 관해서도 최대한의 이용법의 확립을 추진하도록 관계자의 가일층의 노력을 기대하고 싶다.

그 구체적인 접근법 중의 하나는 地方自治體와 私企業이 Joint Venture를 만들고, 그곳이 프로젝트의 Owner가 되어, 廣域의 쓰레기를 收集해 發電하는 Pilot Project를 빨리 造成하는 것이다. 그 후는 프로젝트가 있는 수준까지 組成되려면 여러 가지 대응이 가능해질 것이다. 또, 자금 조달 면에서는 地方自治體의 쓰레기 供給 保證, 電力會社의 電力買入 保證을 기본으로 하는 한편 우리나라의 발달하고 있는 金融市場에서는 債券의 發行, 銀行 借入도 가능하게 되리라고 생각된다.

우리나라에서의 SEMASS 프로젝트의 응용을 생각해보기 위하여 우리나라에서 가장 중요하다고 생각되는 자본비, Capital Cost를 3가지 방면 즉,

- (a) SEMASS와 동일한 비용
- (b) SEMASS의 50% 증가
- (c) SEMASS의 2배

등으로 가정하여 계산해 보면 그 결과는 표 5-1과 같다.

쓰레기 收去料, 電力購入價格에 대해서는 현실화에 가깝게 상정하고 있다. 操業費는 우리나라에 참고가 되는 Data가 없기 때문에 SEMASS와 동등하게 하였고, 우리나라는 인건비가 비교적 높기 때문에 조업비는 보다 높아질 가능성이 있다. 금리에 관해서는 정부계 금융기관으로부터의 차입, 지방채 발행 등에 의한 조달을 상정하고 있다. 20년 평균 상각과 같은 기간을 전제로 하면 당연히 자본비의 대소가 Cash Flow에 큰 충격을 주게 될 것이다. 이 시험계산에 의하면 Case (b)의 경우에서 잘만 하면 차입금은 변제가 가능하게 되는 Cash Flow 확보가 가능하게 될 것이다.

Case (c)가 되면 원금리의 변제는 어렵게 되고, 아울러 Equity의 가격도 커지기 때문에 출자자를 모으는 것도 곤

‡ '94,'95년도 대한전기협회 전기분야 조사연구논문 ‡

란해지리라고 예상된다.

표5-1에 제시한 사례에서 자명한 것처럼 당초의 Capital Cost를 얼마나 작게 할 수 있을 것인가가 우리나라에서 쓰레기 처리발전 프로젝트가 사기업적 경영체제 하에서 가능할지의 여부를 판가름하는 관건이 될 것이다.

〈표 5-1〉 1,800ton/일의 쓰레기 處理 發電 프로젝트의 事例

Capital · Cost (SEMASS를 100으로 함)	(A) 180百萬 달러 (100)	(B) 180百萬 달러 (150)	(C) 360百萬 달러 (200)
收入	(百萬 달러)	(百萬 달러)	(百萬 달러)
쓰레기 收去料 ⁽¹⁾	46	46	46
電力 賣却料 ⁽²⁾	28	28	28
합 계	74	74	74
支出			
操業費 ⁽³⁾	(30)	(30)	(30)
減價償却 ⁽⁴⁾	(9)	(14)	(18)
金利 ⁽⁵⁾	(9)	(13)	(18)
稅前利益	26	17	8
稅金 50%	(13)	(9)	(4)
稅引後利益	13	8	4
Cash · Flow			
減價償却	9	14	18
稅引後利益	13	8	4
小 計	22	22	22
元金 辨濟額	19	27	34

注 (1) 1ton당 70달러는 약 56,000원으로 환산
 (2) 1 kW당 8cent는 약 64원으로 환산, 5만kW의 能力 稼働率 80%를 전제로 한다.
 (3) SEMASS와 같은 수준으로 한다.
 (4) 20년의 프로젝트 기간을 전제로 하여 Capital · Cost/20
 (5) Debt/Equity(80/20)을 전제로 하여 6%의 金利를 상정
 (6) Debt의 기간은 15년으로 元金 均等 辨濟로 한다.

우리나라 특유의 문제로는 토지비용이 높다는 문제가 있다. 미국의 경우 플랜트 입지에 관해서 주민의 동의를 얻기까지의 비용은 크지만 토지 자체의 비용은 작다는 것이 일반적인 통례이다.

우리나라의 경우는 주민동의를 얻는 것도 어렵지만 토지를 구입하는 데도 큰 비용이 든다고 예상된다. 하나의 아이디어는 현지에 이미 있는 매립지 위에, 쓰레기 처리발전 프로젝트를 세우는 것이다(예를 들면, 처리장). 그렇게 하면 현재 있는 쓰레기 수송시스템을 그대로 이용하여 쓰레기 반

입을 행하는 것도 가능하게 된다.

Shred and Burn 시스템의 경우, Shred(破碎)를 하는 장소와 발전하는 장소를 ANSER 프로젝트처럼 분리하는 것도 가능해진다. 그렇게 하면 土地代의 最小化, 立地問題 解消 등도 가능하게 될 것이다. 이렇게 하면 또한 몇 개의 破碎施設을 만들고, 가공하여 쓰레기의 양을 조정해 1개소에 모아 발전하는 것도 가능해질 것이다. 물론, 이 경우 폐쇄시설의 비용이 중복되기 때문에 그만큼 자본비용이 증가하게 된다.

이와 같은 接近法으로 쓰레기 처리발전 프로젝트를 생각할 경우 사업주체는 여러 형태를 생각할 수 있으나, 기본적으로 바람직한 형태로서는 쓰레기의 유통에 관여하고 있는 地方公共團體, 産業廢棄物業者, 電力買入 및 發電所의 操業者로서의 전력업계 관계자 등이 중심이 되고, 그외의 관심을 가진 투자자를 모으는 방향일 것이다.

SEMASS의 프로젝트처럼, 쓰레기 처리발전 프로젝트가 결과적으로 Recycle의 향상이라는 성과를 낼 것을 생각해 보면 Recycle 관계자, 금속류, 콘크리트 생산자 등의 관계자도 관심을 가질 것이라고 생각된다.

어쨌든 종래의 관주도형의 쓰레기 문제 접근방식에서 탈피하여 쓰레기를 연료의 하나로 생각하고 기업화시켜 나가기 위해서는 독립채산이 가능한 방식이냐 하고, 이를 위해서는 자본비의 조정과 에너지 회수효율의 최대화에 큰 가능성과 도전이 있으리라고 예상된다.

마지막으로, SEMASS 프로젝트 응용을 보다 국제적으로 내다보면 그 응용이 매우 큰 가능성을 가지고 있음을 느낄 수 있을 것이다. 80年代의 아시아 여러 나라 특히, Asean 여러 나라의 경제발전에는 현저한 면이 있었다. 90년대에 들어와서도 그 다이내미즘은 계속되고 있으나, 그와 같은 경제발전의 결과로서 공해문제, 공기, 물 및 쓰레기의 문제가 표면화되고 가고 있는 것은 잘 알려져 있다. 또한, 각국 정치는 법률의 정비도 추진하고 있다. 특히, 쓰레기 문제를 생각하면 NIES 여러 나라와 Asean 여러 나라는 이미 쓰레기의 선진국화가 신속하게 진행되고 있다고 생각된다.

쓰레기의 내용도 선진국형에 가까운 高칼로리화 되어가는

추세이다. 또한, 이들 대부분의 나라가 에너지 수입국이기도 하여 귀중한 외화를 에너지 수입에 들이지 않으면 안되는 상태에 있다. 필리핀에서는 전력부족으로 인한 정전이 빈번히 일어나고, 그것이 경제성장률에 악영향을 주고 있다.

이와 같이 쓰레기 문제를 전력부족 완화와 연계해 생각해 보면, 아시아 국가들 중에 수많은 쓰레기 처리발전 프로젝트 시장이 생겨나고 있는 이유가 명확해질 것이다. 우리나라가 현재까지 시도해 온 Massburn 시스템은 자본비용이 너무 많이 든다는 점 말고도 에너지회수 효율이 너무 낮아 아시아 여러 나라에서의 응용은 적절하지 않다고 밖에 말할 수 없었다. 공해문제 선진국으로서 하루라도 빨리 에너지 효율이 높은 쓰레기처리발전 프로젝트 기술을 경험하고, 아시아 여러 나라에로의 응용이 가능하도록 체제를 정비하는 것이 우리나라의 관계당국자에게 있어서도 중요한 과제일 것이다.

6. 廢棄物 發電에 대한 우리나라의 對應策과 제안

1. 우리나라의 廢棄物 發電에 대한 對應策

廢棄物 發電에 대한 미국의 프로젝트는 聯邦法에 의해 空氣, 地下水 汚染의 改善, 새로운 再生可能한 에너지 자원의 활용이라는 목적이 명확한 상태에서 사회적 요청 — 쓰레기 처리의 필요성과 매립지의 부족과 전력의 확보라는 관점 — 이 더하여져 프로젝트가 組成되어 稼動된 것이나, 이것은 미국의 여건이 土地의 入手 可能性(Availability)이 대단히 크고 또 쓰레기의 수송문제도 고속도로가 발전하여 아무리 먼곳이라도 대량으로 效率的인 수송이 가능한 상황이기 때문에 처음으로 독립채산에 의한 운영이 가능해진 것이다.

그렇다면, 앞으로 우리나라의 쓰레기 처리 발전 프로젝트에 대해 어떻게 계획을 진행시키고 집행해 나갈 것인가를 음미하면서 그 대응책을 논의하고자 한다.

우선, 우리나라가 자원소국이라는 사실을 상기해야 하는 문제로서 이것을 우리 국민 각자에게 확실히 인식시켜 이를 원점으로 삼고 쓰레기문제를 취급해야 할 것이다. 우리나라의 교육 수준 및 개인의 평균적 마음가짐은 여러 선진국에 뒤떨어지지 않으리라고 생각한다. Mass-media의 발달에 의해 우리나라 구석구석까지 이와 같은 Mind의 昂揚에 대한 메시지는 쉽게 전할 수가 있고 또 다행히도 좁은 국토에 많은 사람이 살고 있는 상황 속에서 우리나라 국민은 이웃간의 움직임에 민감하다. 따라서, 일단 어느 방향이 설정되면 효과적인 대응이 가능한 사회라고 할 수 있다. 따라서 앞으로 쓰레기의 分離收去, 再生化 促進 등의 진척을 국내의 여러 수준에서 행하는 것이 우선 필요할 것이다. 국토가 작다는 Merit를 충분히 이용할 수 있는 분야라 할 수 있을 것이다.

그러나, 우리나라와 일본 및 아시아 여러 나라에서 土地의 入手 可能性에 限界가 있는 나라들의 사정을 고려해 보면 우선 土地 자체가 부족한 상황에서 토지를 쓰레기처리 발전에만 사용한다면 큰 저항에 부딪치게 될 것이다. 그렇다면 이와 같은 상황하에서는 어떠한 대응이 필요할 것인가?

특히, 우리나라의 경우 신규사업을 시작할 때 신속하고 대대적인 대응, 실적이나 정치성이 없이 오로지 현행 시스템을 서서히 바꾸어가는 漸進主義(Gradualism)로 빠지는 경우가 허다하다. 아울러 대응하는 방법에는 柔軟性, 眞摯性 및 Dynamism이 결여되어 있다. 그러나 비연속적인 움직임과 더불어 변화해 나가는 문제의 대응에는 이와 같은 漸進主義는 적합하지 않다는 것을 인식하여야 한다.

일반적으로 도시계획을 수행하는데 있어서 上·下水道의 확보, 電力·通信網의 확보 등은 당연히 처음부터 계획 관계자의 Idea 속에 포함되어 있다. 이것에 부가하여 앞으로는 쓰레기 처리 발전도 도시계획안에 당연히 포함되어야 할 대상이라고 할 수 있다. 아울러, 발전에 부가하여 증기의 지역 냉·난방에의 이용, 나아가 커뮤니티를 위한 체육 및 보건시설에의 이용 등이 처음부터 계획의 패키지로서 고려되어 도시계획이 이루어져야 할 것이다. 우리나라에 있어서는 종래에는 지역을 독점하고 있는 단일전력회사가

‡ '94.'95년도 대한전기협회 전기분야 조사연구논문 ‡

Co-generation(電·熱併合施設)에 대해서 Positive하게 대응하지 않는 환경하에 있었던 것도 관련 프로젝트 진행의 실현이 이루어지지 않는 이유일 것이다. 그러나, 앞으로는 쓰레기 처리 발전의 사회적 역할에 대한 인식이 높아져 전력회사도 적극적으로 쓰레기 처리 발전에 대응해야 할 시점에 왔고, 종래보다 앞선 Idea를 기반으로 한 도시계획 속에 쓰레기 처리 발전이라는 위치가 확립되리라고 본다.

물론, 대규모 도시개발 프로젝트의 실현에는 많은 비용과 시간이 걸려, 자연히 실현 가능성에도 제한이 있을 것이나 소규모의 다목적 개발 프로젝트는 여러 가지로 조합시킴으로써 그 실현이 가능할 것이다. 시스템의 결합을 에너지 이용이라는 관점에서 보면 가장 일반적인 것은 쓰레기 처리 발전으로 얻은 증기열을 지방자치체 시설의 냉난방 등에 이용하는 것이며 이것은 가장 용이한 일일 것이다.

앞으로의 과제는 이와 같은 증기 에너지를 어느 정도까지 이용하고, 최종적으로는 굴뚝에서 대기중에 방출되는 열량을 최소화하고 都市氣候나 地球의 溫暖化에 미치는 영향을 최소화시킬 수 있는가 일 것이다.

다음에 고려할 것은 발전 후의 증기를 그린하우스(溫室)에 도입하여 野菜 또는 과일의 대량생산에 이용하는 것도 가능할 것이다. 온실에는 쓰레기 연소에 의해 생기는 탄산가스도 공기중에 放出하는 대신 온실에 공급하여 식물의 光合成 시스템을 통해 산소로 정화시키는 것도 생각할 수가 있다.

또 쓰레기를 에너지 자원으로 취급하는 경우 어떻게 하면 최대한의 에너지 회수를 실용할 수 있는가에 대한 종합적인 연구가 필요하다는 점이다. RDF 연구도 하나의 접근법이며 Mass-burn의 발전효율을 올리기 위하여 노의 구조를 연구하는 것도 필요할 것이다. 다행히도 우리나라에서는 한창 쓰레기에 대한 분리수거가 행해지고 있고 재생화의 움직임이 더욱 더 진행되어 가는 환경하에서 쓰레기 자체에 대한 처음의 취급법을 어떻게 해야 할 것인가 하는 기본적인 것을 한 번 더 생각해 볼 필요가 있지 않을까 하는 것이다. 그리하여 더욱 제한받게 되는 자치체의 재정상태를 고려하여 한정된 자본으로 어떻게 효율적으로 에너지를 회수하는가 하

는 기본적인 문제도 한 번 더 검토해 보아야 할 것이다.

쓰레기 處理發電에 관련되는 각 방면의 기술중심의 대응은 개개의 인과관계나 논리가 한정되고 부분적인 영역에서는 합리적이고 올바른 접근법이라 해도 여러 領域으로 복잡되면 相互 異質的이어서 合理性이 결여되어, 전체로서의 妥當性은 어떨까 하는 의문이 생기게 하는 대응을 엿보고 있으면 우리나라의 자연과학에 대한 기술교육의 결점의 한 국면을 보는 듯하다.

더 나아가 고려할 것은 기술한 바와 같이 매립지의 최소화일 것이다. 지금까지의 매립은 가장 간편한 쓰레기 처리방법으로써 행해졌다고 생각할 수가 있다. 생산자 측의 의식부족 또는 결여, 이것을 제어해야 할 행정의 능력부족, 시민그룹이 이들 움직임을 변화를 일으키는 데 충분한 대항력을 지니지 못했다는 것 등등의 겹에서 생겨버린 것이 매립일 것이다. 여기서 다시 한 번 國土의 狹小性 및 貴重함을 생각하여 국민이 협력하여 쓰레기 排出量의 30%나 되는 埋立量을 하루 빨리 Zero로 되게끔 최선의 노력을 할 필요가 있을 것이다. 그 첫 단계로서 소각灰 이용의 최대화와 이를 가능케 하는 소각방법의 실현이 필요할 것이다.

마지막으로 Plastic 소각에 관한 문제에 대해서 언급해 두고 싶다. Plastic은 二酸化炭素의 발생 때문에 소각하면 안된다는 의견이 있다. 이상적인 형태로서는 쓰레기를 모두 분별하여 생쓰레기는 Compost에, 유리 및 금속은 분별 회수하여 재생하고 Plastic과 종이도 回收 再活用하여 쓰레기를 燒却도 埋立도 필요없는 형태로 완전히 재활용하는 것이다. 그러나 물질에 따라서는 영원히 재생되지 않는 것도 있고 몇 번 재생된 후 쓰레기로서 회수되지 않는 것도 있다.

따라서 현실적으로는 아무리 재생화가 진전되어도 쓰레기는 잇달아 배출될 것이다. 이때 그 쓰레기부터 최대한의 에너지를 회수하여 에너지=전력으로서 再生시키는 것이 바람직하다. 또 二酸化炭素 문제는 우리나라 소각로의 소각방법이 二酸化炭素를 破壞하지 못하는 低溫에서 소각되고 있는 특수 사정에 의해 생기는 것이다. 실제로 SEMASS에서는 고온 소각하기 때문에 二酸化炭素발생은 우리 나라보다 엄한 미국 규제치의 3내지 7% 수준으로 문제시되지 않는다.

만일에 二酸化炭素 문제가 해결된다면 Plastic은 再生되어 몇 번 이용된 후 高 에너지원으로써 전력에 의한 회수가 가능한 귀중한 자원 쓰레기가 될 것이다.

따라서 Plastic을 소각할 것인가의 여부는 소각방법, 소각로의 구성 등과 관련된 기술상의 문제이며 해결가능한 것이므로 관련된 각 방면의 앞으로의 연구에 기대하고 싶다.

環境問題가 21세기에 들어가서도 한층 더 중요성을 지닌 사회문제라고 생각하면 오늘날의 젊은 세대에 효율적인 견지에서 쓰레기 처리 발전, Recycle 기타의 종합적인 이용방법을 博物館의인 접근으로 소개해 나가는 것도 고려할 수가 있다. 그것에는 쓰레기의 收集, 分配, Recycle, Compost화, 燒却, 發電, 蒸氣의 地域 冷暖房, 溫室에의 利用 등을 소개하여 環境問題를 종합적으로 취급하는 것을 교육하게 되면 이상적일 것이다.

앞으로는 도시계획 관계자가 처음부터 쓰레기 처리와 거기서 생기는 에너지, 재 등을 다목적으로 이용하면서 종합적인 관점에서 도시계획에 이바지해 나간다는 자세로 추진해 나가는 것이 더한층 강하게 요망된다.

2. 새로운 提案

－ 廢棄物에 의한 都市開發의 據點化

廢棄物은 생산과 생활에 의해 만들어지는 2차 자원으로 생각할 수 있다. 따라서 일반 폐기물과 산업 폐기물의 구별 없이 도시개발에 유효한 물질과 에너지 회수의 원료로 보아 철저히 재활용해야 한다. 이를 위해서는 쓰레기 처리를 단순히 불결하게 보이는 쓰레기를 치워서 위생적으로 만들면 프로세스는 끝난다는 생각에서 벗어나 쓰레기가 지니고 있는 潛在的인 原料 또는 燃料로서의 가치를 적극적으로 추출하여 다시 생산이나 생활의 편익에 소용되게 하여야 할 것이다. 이와 같은 재활용 공정에 의해 만들어지는 2차적인 자원 Compost와 骨材 및 斷熱材 에너지를 지역 개발에 효율적으로 이용하고자 하는 발상이 폐기물 발전이며 지역의 열공급이고 나아가 위생적인 매립에 의한 용지건설 및 토지 정비이다.

따라서 도시의 재개발이 진행되고 또 신시가지의 건설이 계획되는 경우 우선 그 지역에서 발생이 예상되는 도시 쓰레기 및 하수 또는 산업폐기물의 철저한 재활용을 수행하는 공장을 중핵으로 삼아 공공서비스 시설인 관청, 공민관, 공회당 등이나 민간 서비스 시설인 은행, 교육, 의료, 문화, 교양, 정보시설 나아가 아파트, 多家口住宅, 商街 등에 쓰레기 에너지를 가장 유효적절하게 이용하는 시스템을 설비하여야 할 것이다. 또 沿岸地域에서는 소각 재(灰)나 不燃物을 위생적인 방법으로 매립하고 새로운 시가지 개발을 유기적으로 진행시켜야 할 것으로 본다. 이 시스템을 몇 개의 Pattern으로 모델화하여 각 지역의 실정에 적합한 쓰레기 처리 센터를 설립하는 계획이 신속하게 체계화되길 제안한다.

7. 결 론

지금까지 大量生産, 大量消費化 時代인 오늘날, 資源의 고갈문제 및 각종 폐기물에 의해 야기된 環境問題에 대한 해결책의 일환으로 우리나라 쓰레기 排出量과 收去 및 처리 현황을 살핀 다음, 미국을 비롯한 서구 및 일본에서 행해지고 있는 쓰레기 燒却發電의 현황에 대해 살펴보았다.

각종 생활 및 산업쓰레기로부터 재활용이 가능한 물질을 분리한 후 소각 발전하여, 매립량을 최소화시키고 있는 선진 각국이 쓰레기 소각발전을 위한 계획, 설비 및 그 실행의 체계화를 위해 노력하고 있음을 충분히 엿볼 수 있었다. 따라서 우리나라는 아직 폐기물 발전에 대한 조사연구를 위한 기본자료 수집이 미흡하긴 하지만, 이를 기초자료로 삼아 선진 각국의 사례를 참고로 하는 한편, 쓰레기의 질과 양에 대한 우리나라의 독특한 특성에 맞는 분석, 수거 및 분리의 효율성, 경제성을 충분히 고려하여 자원의 재활용과 성에너지를 위한 체계적이며 더욱 효율적인 쓰레기 소각발전을 위한 노력에 관련 정책당국을 위시하여 각계의 관심과 협력이 시급한 시점이므로 이에 대해 보다 적극적으로 대응할 필요성을 다시 한 번 강조하며 결론을 맺고자 한다.

(연재 끝)