特集／都市ごみのエネルギー利用

都市ごみのエネルギー利用の現状と課題

——特集にあたって——

平 岡 正 勝*

1. はじめに

昭和48年の石油危機以来、廃棄物の資源化の必要性が強調されるようになり、種々の物質回収、エネルギー回収技術の開発が行われている。とくに、最近の第2次石油危機ともいべき石油価格の異常な高騰により、電力、ガスの料金が大幅に引き上げられた状況をふまえて、都市ごみのエネルギー源としての価値が見直され、発電、暖房等への利用がにわかに注目され、各種の調査研究が行われている。科学技術庁資源調査会が「一般廃棄物・下水汚泥からのエネルギー回収利用に関する調査報告—焼却発電を中心として」（昭和55年1月29日）¹⁾を発表したのをはじめとして、資源エネルギー庁はローカルエネルギーの一つとして廃棄物エネルギーを位置づけて、調査研究を始めている、厚生省も「熱利用研究会」を設けて、ごみ焼却発電のあり方について検討を行い、ごみ焼却発電を補助金の対象とする方向を打出している。

周知のように、わが国において都市ごみの焼却処理が始まったのは、昭和38年から発足した厚生省の廃棄物処理施設整備の第1次5カ年計画以来である。当時は都市ごみの発熱量が低かったために、都市ごみをいかに効率よく燃やすかに技術開発の中心があった。しかし、10数年のうちに、図-1²⁾に示すように、急速にごみの発熱量が上昇し、ヨーロッパ並になってくると、焼却温度をコントロールすることと焼却処理に伴う2次公害対策に技術開発の中心が移ってきた。現在わが国で使用されている大型焼却炉の原型は、ドイツ、スイス、デンマーク等のヨーロッパ諸国で開発された蒸気発生型、すなわちストーカ炉の上部にボイラーをのせた型式である。ヨーロッパでは1950年代からこの型式の炉が開発され、1960年代に数多くの炉が建設され

ている。その際に単に処理といった観点からのみでなく、焼却温度のコントロールをかねて発生エネルギーを回収して、エネルギー利用システムとの結合を追求している。したがって、ヨーロッパでは焼却炉の建設は、エネルギー利用システムとの結合を考えた都市計画の中に組み入れられている例が多くみられる。このようなシステムの中で開発された技術を導入する際にわが国では焼却炉技術のみを導入し、残念ながら基本となる都市システムとしての考え方は導入されなかったといえよう。

2. 廃棄物エネルギー化利用技術と技術的問題点

廃棄物の資源化技術をまとめてみると、図-2のようであり、このうちエネルギー化技術は大きく、焼却熱利用技術と燃料化技術に分けることができよう。エネルギー化技術としては、前述のように、焼却熱を廃熱ボイラーで水蒸気として回収し、暖房などの熱供給あ

図-1 ごみ発熱量の年次変化

* 京都大学工学部教授
Masakatsu Hiraoka

るいは発電を行う方法が基本的なものである。しかし、この場合は回収熱は備蓄できないので、エネルギー利用システムと結合されなければならない。ヨーロッパのように暖房期間が長い国々では必然的に高圧蒸気で発電を行い、低圧蒸気で地域暖房を行うといったエネルギー利用システムへ結合していったものと考えられる。わが国ではヨーロッパに比べると気候が温暖なので、札幌市厚別清掃工場以外は本格的な地域暖房への利用はみられず、老人ホームあるいは温水プールへの利用がみられる程度である。

わが国のごみ焼却発電の実用化は、昭和40年（1965年）に、大阪市西淀工場で最大発電能力5,400kwの発電設備が設置されたのに始まり、4年後の昭和44年には東京都の2工場が計4,000kwの規模で開始し、昭和40年代末には、図-3³⁾に示すように、合計30,500kwの発電能力に増加した。しかし当時の発電は、ごみ焼却発電側から電力会社への送電（売電）は、大阪市西淀工場から関西電力への送電の一例だけで、それ以外はごみ焼却施設の最大需要電力を若干下回るところに発電出力の上限が抑えられ、常時受電する形で電力会社側と並列運転が行われた。昭和51年に東京都葛飾工場で12,000kwの本格的ごみ焼却発電が開始され、自家消費の約5,000kwを除いた7,000kwの余剰電力の東京電力への送電実績が上がるにつれて、各地でごみ焼却発電の導入が行われつつあり、発電能力が伸びてい

る。技術的には発電への利用が最もよく研究されて実績もあり問題は少ないと思われる。ごみ質の不均一性による蒸気発生量の変動を制御することと、廃ガス中の塩化水素等による腐蝕を防止してスーパーヒーターの温度をいかに上げるかが技術開発の重要なポイントになろう。わが国では大阪市西淀工場が蒸気温度を350°Cにとっているのが最高で、その後は腐蝕を考慮してスーパーヒーターの温度を270~280°Cに抑えている。これに対し、ヨーロッパでは、発電効率を上げるためスーパーヒーターの温度は300~500°Cと高い設計となっているが、最近、ごみ中の塩化ビニルの割合が増加するにつれて、スーパーヒーターの腐蝕が目立つようになってきている。たとえば、パリ市のイブリ焼却工場では、470°Cの蒸気温度をとっているが、塩化ビニルのごみ中での含有率が1%を超えるようになった数年前にスーパーヒーターの腐蝕が生じた。この対策とし

図-3 日本のごみ焼却発電の総出力の推移

図-2 廃棄物の資源化・処理プロセスの分類

て、ヒーター表面に特殊耐酸セメントをコーティングして腐蝕を防止し、ボイラー能力を維持するために伝熱パネルを増設している。昭和55年6月に約2週間ヨーロッパのごみ焼却発電の調査研究を行ってきたが、一般的にいて、スーパーヒーターの温度は現在より下げる方向へ向うと考えられる。

このようなごみ焼却熱の利用に対し、米国が先鞭をつけ、わが国およびヨーロッパでも技術開発が行われるようになったものとして、廃棄物を貯留性のあるエネルギーに変換しようとする方向がある。

一つは廃棄物を熱分解して、燃料ガスあるいは油を回収するものである。燃料ガスを回収する場合は、廃棄物中の可燃分を高温（800～1,000℃）で熱分解し、油を回収する目的の場合は、比較的低温（500～600℃）で熱分解する必要がある。この技術として最初に試みられたのは、米国における廃棄物再資源化法（Resource Recovery Act 1970）に基づくランドガードプロセス（ガス化）とオキシデンタルプロセス（油化）の開発であった。よく知られているように、前者は、ボルチモア市に1000トン/日の実プラントがつくられ、後者はサンジェゴ郡に200トン/日の実証プラントがつくられた。いずれもEPAの補助金により開発が進められたもので、前者は都市ごみから燃料ガスとチャーを回収することを、後者は油を回収することを目的として開発されたものである。しかし、いずれも初期の目的を達成できず、前者はロータリキルン型焼却炉として改造され、初期の1000トン/日の設計に対して600トン/日の焼却処理を行っているのが現状である。後者はいわゆるフラッシュパイロリシスとよばれる熱分解プロセスであるが、技術的問題点が続出し、満足な連続運転ができないまま実証プラントの運転は中止されている。技術的問題点等は紙面の都合上省略するが、詳しくは筆者の文献(4)(5)を参照されたい。一方、わが国においては、昭和47年の予備調査を経て、通産省工業技術院が都市ごみの資源化技術の開発を行い、現在100トン/日のデモンストレーションプラントが横浜市で運転研究中で、スターダスト'80としてよく知られている。この一連の技術開発の中で、二塔流動層による可燃ごみの熱分解による燃料ガス化の技術開発が行われ、初期の目的を達成している。単塔流動層による可燃ごみの油化技術の開発は、基礎実験を経て、昭和56年度からパイロットによる実証実験に入っている。

さらに、もう一つの方向としては、廃棄物をメタン発酵し、メタンガスを燃料として回収しようとするも

のがある。わが国では、工業技術院が実証実験を行っている。メタン発酵技術は都市ごみのちゅう芥類のみでなく、下水汚泥からのエネルギー回収技術として注目されており、さらに将来のいわゆるバイオマスのエネルギー化技術としても米国でも多くのプロジェクトが進められている。

3. エネルギー利用システムとの結合

都市ごみのエネルギー利用において最も重要なことはエネルギー利用システムとの結合である。本来、都市ごみの焼却処理は、最終処分のための中間処理として、減量化、安定化、無害化を目的として出発している。したがって、エネルギー利用システムとの結合を考えて建設されたものは少ない。このため、焼却発電の形でのエネルギー利用が進んでいるが、熱利用効率の点からみれば、それ程有効とは言えない。前述のように、スーパーヒータの温度条件の制限のため、ごみのもっている発熱量の電気エネルギーへの変換効率は10～12%程度である。蒸気利用と組み合わせることができれば、総合的な熱回収率は高くなるので、都市計画の中で、ごみ焼却発電と熱利用システムとの結合システムを入手することが重要である。このような観点から筆者らは都市下水処理システムとの結合を提案しているわけである。

さらに、ごみの資源化技術としてのガス化熱分解は、本来分解ガスのエンドユーザと結びつかなければ成立しないプロセスである。熱分解技術としては、Star Dust '80の実証プラントで所期の目的を達しているがこれが実用プラントして普及するには

- 1) 発電を含めたエネルギー利用効率の高いシステムの開発
- 2) 分解ガスの都市ガスあるいは工業用ガスとしての有効利用システムの開発

が必要であろう。

後者は他に競合技術がないので、ガス化熱分解技術の本来の適用分野である。前者は、現状のごみ焼却炉の代替として有効であるかどうかの問題である。前述のように、現在のごみ焼却炉と蒸気タービン発電のシステムは発電効率が10%程度なので、現時点では100～150t/日以上的大型炉でないと経済性がないと言われているので、ガス化とガスエンジンの組み合わせで発電効率を20%程度にあげるシステムが開発されれば、比較的小型のプラントでもエネルギー自立型にすることができよう。今後の開発に期待している。

4. おわりに

環境技術の「都市ごみのエネルギー利用」の特集に当って前文を依頼されたので、筆者なりの考えを簡単に述べて前文とさせて頂いた。幸いに、この方面の権威の方々にそれぞれの立場から、都市ごみのエネルギー利用について解説して頂くので、多くの読者の方々に有益な特集となるものと確信している。

〔引用および参考文献〕

- 1) 科学技術庁資源調査会：“一般廃棄物・下水汚泥からのエネルギー利用に関する調査報告”（昭和55年1月）
- 2) 高橋貞雄：“ごみ焼却発電の普及と今後の課題”，公害と対策，Vol.16，No.5，pp.2～12（1980）
- 3) 太田達雄他：“都市ごみ処理におけるエネルギー回収”環境技術，Vol.9，No.3，pp.246～254（1980）
- 4) 平岡正勝：“廃棄物の熱分解について”都市と廃棄物，Vol.7，No.1，pp.23～37（1977）

- 5) 平岡正勝：“廃棄物の熱分解技術の動向”産業公害，Vol.6，No.4，pp.69～76（1980）
- 6) 平岡正勝：“都市ごみ・下水処理とエネルギー問題”環境技術，Vol.9，No.3，pp.46～51（1980）
- 7) 平岡正勝，岸上邦男：“都市ごみと下水汚泥の混合流動焼却”都市と廃棄物，Vol.9，No.3，pp.25～36（1979）
- 8) 平岡正勝，武田信生：“都市ごみと下水汚泥総合処理方式（新しいシステムへのアプローチ）第1報”都市と廃棄物，Vol.9，No.3，pp.21～24（1979）
- 9) 平岡正勝，武田信生：“都市ごみと下水汚泥総合処理方式（新しいシステムへのアプローチ）第2報”都市と廃棄物，Vol.9，No.7，pp.23～26（1979）
- 10) 平岡正勝，武田信生：“都市ごみと下水汚泥総合処理方式（新しいシステムへのアプローチ）第3報”都市と廃棄物，Vol.10，No.1，pp.27～30（1980）
- 11) 平岡正勝：“廃棄物のエネルギー利用に関する二、三の考察”PPM，No.11，pp.1～11（1981）
- 12) 平岡，武田：“ごみ焼却発電の実現性に関する一考察”環境技術，Vol.10，No.5，pp.374～385（1981）

増補新版

都市ごみ処理ガイドブック

我国最高の執筆陣による本格的ガイドブック

第1章 総説

- 1.1 都市ごみ処理の沿革と展望
- 1.2 ごみ処理行政と関連法規

第2章 都市ごみ処理の基本計画

- 2.1 排出実態・将来予測
- 2.2 用地取得
- 2.3 処理体制
- 2.4 施設計画

第3章 収集・輸送

- 3.1 概論
- 3.2 収集・輸送計画とそのシステム
- 3.3 車両輸送
- 3.4 パイプ輸送

第4章 処理技術

- 4.1 概論
- 4.2 破砕
- 4.3 燃焼
- 4.4 熱分解

第5章 ごみ焼却施設の設計

- 5.1 設計条件
- 5.2 プロセスシステムの構成
- 5.3 各設備（機器）の設計上の留意点
- 5.4 レイアウト動線計画

第6章 ごみ焼却施設の維持管理

- 6.1 分析・調査
- 6.2 機能判定
- 6.3 運転管理

第7章 再資源化・有効利用

- 7.1 概論
- 7.2 機械的分別技術
- 7.3 物質回収システム
- 7.4 エネルギー回収システム

第8章 最終処分

- 8.1 最終処分の基本的な考え方
- 8.2 処分場の選定・確保
- 8.3 埋立処分方法
- 8.4 陸上埋立
- 8.5 水面埋立

第9章 二次公害防止技術

- 9.1 概論
- 9.2 焼却排ガス処理
- 9.3 焼却場廃水処理
- 9.4 埋立地排水処理
- 9.5 臭気除去
- 9.6 騒音・振動防止
- 9.7 衛生害虫等の防除

第10章 環境アセスメント

- 10.1 概論
- 10.2 ごみ焼却施設の環境アセスメント
- 10.3 一般廃棄物最終処分場の環境アセスメント

第11章 新しい処理技術の展開

- 11.1 概説
- 11.2 熱分解
- 11.3 溶融
- 11.4 流動床焼却

監修

岩井 重久（京大工学部教授）

編集委員（50音順）

井出 明（東京都清瀬建設部長）
毛 英一（京都市清瀬建設部長）
咲山 忠男（通商産業省工業技術院研究開発官）
関 保仁（大阪府環境事業局施設部工場建設課長）
高月 結（京都府環境保全センター助教授）
武田 信生（京都大学工学部衛生工学科教授）
田中 勝（厚生省国立公衆衛生院廃棄物処理室長）
花町 正孝（福岡大学工学部教授）
平岡 正勝（京都大学工学部衛生工学科教授）
平山 直道（東京都立大学工学部機械工学科教授）
本多 淳裕（大阪市立環境科学研究所衛生工学科長）
宮之原 隆（横浜府環境事業局廃棄物資源開発室長）
森下 忠幸（和歌山県環境衛生局環境整備課長）
矢込堅太郎（和歌山県環境衛生センター衛生工学科長）
※編集委員長

図体裁：A 5判1350頁（B 4ポ一段組上製本）

■定価：15,000円（平無料）

（申込先）環境技術研究会

〒550 大阪市西区京町堀1丁目14-25（京二ビル） ☎06-443-6445, 9027

環境技術研究会