総 説

廃棄物からのエネルギー回収の現状

村 松 国 宏

工業技術院化学技術研究所 (茨城県筑波郡谷田部町東 1-1)

Recent Trends of Energy Recovery from Wastes

Kunihiro MURAMATSU

National Chemical Laboratory for Industry (1-1, Higashi,
Yatabe-cho, Tsukuba-gun, Ibaragi)

1 はじめに

ここでは、廃棄物対策の現状と問題点、エネルギー回収の意義と現状等について、概略を述べることにしたい。なおバイオマス関連の問題については、別に論じられているので、都市ごみを除いて本稿では触れない。

2 廃棄物問題と対策

わが国でも廃棄物は、第2次大戦後産業、経済、社会等の発展に応じて、大きな変化をとげてきた。産業系であると都市系であるとを問わず廃棄物は、量的には急激に増大するとともに、質的にも多様化してきた。

これに対して廃棄物対策は、従来の対症療法的なものから、次第に積極的な政策に転換されようとしている。例えば都市ごみについていえば、国(厚生省)の行政は、大まかに3段階に分けて考えることができるという¹⁾。すなわち1960年代は、不衛生なごみの衛生的な収集、処理・処分を中心と考えた時代であった。70年代は、施設整備がかなり進展し、主要課題は処理施設に係る環境対策であった。そして80年代は、「快適な環境の創造と処理・処分の効率化」が重要課題と考えられている。産業廃棄物は、都市ごみと比較して量的には膨大であり、しかも有害で処理・処分困難なものが少なくないが、企業、国、地方自治体等が協力して、同様な対策が積極的に進められているところである。

しかし最近とはくに、廃棄物の処理施設や最終処分場建設のための用地確保が、極めて困難になっているうえに、施設の建設費と運搬費、廃棄物の収集・輸送費等が高騰している。この結果廃棄物処理・処分経費が著しく上昇して、国・地方自治体の財政や企業の経営を圧迫するようになっている。廃棄物対策をめぐることは、依然として困難な問題が多いといえよう。

3 石油危機と廃棄物

昭和48年秋の第1次石油危機は、廃棄物問題にも大きな衝撃を与えた。廃棄物の排出量は、この時期をピークにかなり低下したようであった。高度経済成長期に

は、廃棄物は急激に増加し続け、また質的にも著しく多様化・複雑化していた。質的にはむしろ高品質化したといったほうが良い。この「石油ショック」を契機に、廃棄物の減量化、資源化とエネルギー回収、収集・輸送と処理・処分の省エネルギーが叫ばれるようになった。とくに54年の第2次石油危機に直面して、ようやくこのような考え方が定着してきたようである。

生産・加工プロセスの合理化と無公害化努力、流通過程における過剰包装の排除、消費経済の低迷、再利用・資源化の推進等とも関連して、廃棄物の排出量は、全般的に伸び率が鈍ってきているようである。しかし長期的にみれば排出量は、今後もわずかながら増加し続けると推定されている。また質的にも一層多様化し、複雑なものと考えられる。

4 エネルギー回収の意義

年中行事になってしまったOPEC(石油輸出国機構)の石油大幅値上げ、そして著しい供給不安のために、わが国でも石油代替エネルギーの開発が、現在最重要課題となってきている。このため従来顧みられなかった各種のエネルギーの見直しが行われている。可燃性の各種廃棄物も、この観点よりとくに期待されるようになった。

このうち都市ごみは、とくに大都市において、焼却施設がかなり整備されてきたことにもよるが、すでに焼却廃熱の利用、ごみ発電等の実績があり、通産省ではローカル・エネルギーの一つとして重要視している。科学技術庁でもごみ発電について、調査研究をまとめた²⁾。今後の展開が期待される分野である。

下水道の整備に伴って、下水汚水の排出量が著しく増加してきているが、焼却処理に必要な補助燃料油の大幅節減(省エネルギー)、あるいは熱分解処理、メタガス化処理、ガス化発電等が今後の課題となろう。

産業廃棄物のうち廃タイヤ、廃プラスチック、廃油等は、発熱量が高いうえに収集も比較的容易である。しかもこれらの廃棄物は、そのままの形で焼却しやすいために、すでに重油の代替燃料として、従来の投棄、埋め立て処分にかわって、工場等で多量に消費され始めている。

可燃性廃棄物の焼却・廃熱利用の外に、廃棄物を前処理あるいは加工して、固体、液体、気体の燃料として有効利用するための技術開発も盛んに試みられ始めている。ところで廃棄物対策の主要課題はやはり、前述のように「快適な環境の創造と処理・処分の効率化」であろう。しかし今後は、「資源化・エネルギー回収」の視点を見落とすことは許されないであろう。廃棄物の迅速かつ適正な処理・処分との調和を求めて、エネルギー回収を積極的かつ効率的に行う必要がある。

5 廃棄物の排出量、処理・処分の現状

廃棄物は、いわゆる廃棄物処理法（昭和 46 年 9 月施行）によって、一般廃棄物と産業廃棄物に明確に区分された。一般廃棄物は、ごみ（都市ごみ）とし尿が主要なものであるが、その処理・処分は国と地方自治体に責任がある。産業廃棄物の処理・処分の責任は企業にあることになっているが、国と地方自治体もこれに関与するのが認められている。

ここでは主要な廃棄物の排出量、処理・処分の現状について簡単に触れておく。

5.1 都市ごみ

わが国のごみ総排出量は、高度経済成長期には、毎年直線的に大幅に増加したが、石油危機の昭和 48 年度の約 9.5 万 t/d をピークに急激に減少した³⁾。しかし再び増加の傾向にある。計画収集量のうち、焼却処理量の割合がもっとも高く、毎年この割合が増加している。52 年度では、焼却処理量が 63.3% に達している。厚生省の計画によれば、60 年度までに可燃ごみの全量焼却を達成する予定である⁴⁾。

次に、53 年度における十大都市のごみ処理・処分の状況を例示する（図-1 参照⁵⁾）。札幌市は、最近焼却処理施設の建設を積極的に進めてきたが、埋め立て処分量の割合がまだ大きい。東京 23 特別区も埋め立て処分量が高い割合を占めている。これに対して川崎市は、すでに可燃ごみの全量焼却を達成している。十大都市は、一般に、他の中小都市と比較して焼却処理量の割合が大きいのが特長であり、いずれも可燃ごみの全量焼却をめざしている。

また代表例として、東京 23 特別区の状況を述べておく⁶⁾。ここでは焼却処理施設（清掃工場）11 工場（処理能力合計 10,300 t/24 h）がか動中である（表-1 参照⁷⁾）。いずれも高性能の連続式機械炉である。最大の施設は江東工場（東洋最大）で、処理能力 300 t/24 h の焼却炉を 6 基備えている。このほかに杉並工場（処理能力 900 t/24 h）を建設中、また 4 工場（処理能力合計 2,000 t/24 h）の建設を計画中である。不燃ごみ、難燃ごみ及び焼却残灰等は、東京湾を最終処分場として埋め立て処分している。53 年度には収集ごみを、中央防波堤内側処分場に

図-1 昭和53年度の十大都市ごみ処理・処分の状況⁵⁾

約 81 万 t、外側処分場に約 149 万 t 廃棄した。外側処分場へは、このほかに、産業廃棄物、都市施設廃棄物、清掃工場焼却残灰等をも埋め立て処分している。また 54 年 7 月より、粗大ごみの破碎処理施設（処理能力 80 t/h）が稼働を開始している。

なお、ごみの収集・運搬、処理・処分の経費は、年々上昇している。東京 23 特別区におけるごみ 1 t 当たりの全体原価（収集・運搬、処理・処分等すべてを含む）は、46 年度 7,642 円、49 年度 15,923 円、52 年度 20,794 円となっている。20,794 円の内訳は、収集・運搬原価 16,046 円、中間輸送及び処理・処分原価 4,748 円（焼却処理 5,241 円、海面埋め立て 2,646 円）となっている。

5.2 産業廃棄物

わが国全体の産業廃棄物排出量を表-2 に示す⁸⁾。産業廃棄物には、燃えがら、汚でい等 19 種類があり、その排出量は 1 年間に約 24,000 万 t と推定されているが、厳密な数量は不明である。しかしこの排出量をみただけでも、都市ごみが全国で 1 年間に約 3,000 万 t 発生しているのと比較して、かなりぼう大な量であることに驚かされる。しかも産業廃棄物は、質的にも、都市ごみに比べてまったく多種かつ複雑であり、しかも重金属をはじめ各種の有害物質、環境汚染物質あるいは危険物質を含んでいる。このため処理・処分法の原理自体は、都市ごみの場合と同様に、主として焼却と埋め立てであるが、産業廃棄物の場合には、とくに二次公害対策に万全を期する必要がある。

産業廃棄物の処理・処分の形態には、事業者自らが行う処理、処理業者による処理、都道府県による広域的な処理、市町村による一般廃棄物とあわせての処理等がある。昭和 54 年 4 月現在の産業廃棄物処理業者の許可件数は、合計 23,281 であった。また 54 年 4 月現在の産業廃棄物処理施設の総設置数は 7,157 で、53 年 5 月の 6,947 に比較して着実に増加している⁹⁾。

表-1 東京都特別区の清掃工場一覧³⁾

工場名	工 期		敷地面積	建 設 費		用地費	炉 型 式	規 模 (t/基数)	設計最高 発熱量	余 熱 利 用		福祉還元施設
	着工	竣工		主体工事	付帯工事					発電能力	給熱能力	
か	江戸川	昭 39. 12	昭 41. 10	百万円 1,437	百万円 243	百万円 196	タ ク マ 式 SC 型	600 t/24 h (200 t×3)	kcal/kg 1,200	kW —	温 水 9	老人いこいの家 *公園
	北	41. 7	44. 3	1,681	97	774	フェルント式	600 t/24 h (300 t×2)	1,200	—	温 水 6	老人いこいの家 *公園 *区民館
	石神井	41. 6	44. 3	2,069	82	24	デ・ロール式	600 t/24 h (300 t×2)	1,500	1,500	温 水 25 高温水 1.3	温水プール, 児童館, 敬老館
	世田谷	41. 10	44. 3	3,136	35	553	デ・ロール式	900 t/24 h (300 t×3)	1,500	2,500	温 水 25	老人介護ホーム, 身障者施設
	千 歳	42. 10	46. 3	2,285	53	16	タ ク マ 式 H 型	600 t/24 h (300 t×2)	1,500	1,700	温 水 25 高温水 0.7	温水プール
	大 井	45. 10	48. 9	5,737	120	1,150	デ・ロール式	1,200 t/24 h (300 t×4)	1,800	2,500	温 水 30	敬老会館, 文化センター
	多摩川	46. 4	48. 11	2,997	296	2,286	タ ク マ 式 H 型	600 t/24 h (300 t×2)	1,900	2,000	温 水 30 高温水 1.8	区民センター (温水プー ル, 保育園, 老人福祉施 設, 身体不自由児施設, 青年の家等)
中	江 東	45. 10	49. 3	9,339	1,226	1,056	タ ク マ 式 H 型	1,800 t/24 h (300 t×6)	1,800	3,000	温 水 25 高温水 12.0	夢の島体育館, 夢の島い こいの家 [熱帯植物園]
	板 橋	46. 7	49. 12	4,548	396	139	フェルント式	1,200 t/24 h (300 t×4)	1,900	3,200	温 水 15 高温水 3.36	福祉センター, 温室植物 園, 温水プール等
	葛 飾	48. 12	51. 12	15,461	3,186	3,515	マルチン式	1,200 t/24 h (400 t×3)	2,500	12,000	温 水 26.2 高温水 1.5	区民センター (区民館, 老人いこいの家, 温水プ ール, 体育館) *公園, 緑地
	足 立	49. 4	52. 9	16,140	2,467	2,485	デ・ロール式	1,000 t/24 h (250 t×4)	2,500	6,000	温 水 20 高温水 2.0	温水プール, 老人会館 *心身障害福祉センター, 児童館 *公園, 緑地
建設中	杉 並	53. 4	(57. 12)	17,670	未 定	5,955	フェルント式	900 t/24 h (300 t×3)	2,500	6,000	未 定	地元と協議中
計 画 中	新 宿	未 定	未 定	未 定	未 定	未 定	未 定	500 t/24 h (250 t×2)	未 定	未 定	未 定	未 定
	目 黒	"	"	"	"	"	"	600 t/24 h (200 t×3)	"	"	"	"
	渋 谷	"	"	"	"	"	"	600 t/24 h (200 t×3)	"	"	"	"
	光が丘	"	"	"	"	"	"	300 t/24 h (150 t×2)	"	"	"	"

注 1. 敷地面積は原則として工場用地のみ。 2. 建設費は葛飾, 足立, 杉並については計画額である。 3. 用地費は取得時における価格で, 蔵入路, 関連用地等を含む。
 4. 炉型式, タクマ式…日本, フェルント式…デンマーク, デ・ロール式…スイス, マルチン式…西ドイツ。 5. 炉はすべて連続燃焼式機械炉。 6. 工期の () 内は予定。 7. 福祉還元施設の [] 書きは計画。 *印は余熱利用なし。 ※温水の単位は, t/h, 高温水の単位は Gcal/h (ガリカローリー)=100 万 kcal/h である。

表-2 全国産業廃棄物排出量 (50 年度)³⁾

種 類	排出量 (千 t/年)	割 合 (%)
燃えがら	1,203	0.5
汚 で い	37,660	15.9
廃 油	2,289	1.0
廃 酸	9,872	4.2
廃アルカリ	14,435	6.1
廃プラスチック類	1,480	0.6
ゴムくず	597	0.3
金属くず	9,985	4.2
ガラス及び陶磁器くず	2,870	1.2
動植物性残留物	2,596	1.1
紙 く ず	991	0.4
木 く ず	7,890	3.4
繊維くず	204	0.1
鋳 さい	60,950	25.8
建設廃材	34,144	14.4
家畜ふん尿	41,184	17.4
家畜死体	38	0.0
ダスト類	1,101	3.4
合 計	236,489	100.0

また、業者自身による処理や処理業者単独による処理では、解決困難な問題が生じてきており、地方自治体が直接、間接に産業廃棄物の処理事業を実施する例が増加している。54 年 4 月現在、このような公共関与による産業廃棄物処理事業が、(財)大阪産業廃棄物処理公社、(財)岡山県環境保全事業団をはじめ 26 事業主体によって行われようとしている³⁾。事業内容は専ら産業廃棄物の埋め立て処分である。

6 廃棄物からのエネルギー回収の現状

廃棄物からエネルギーを回収するに当たって、現状では専ら焼却プロセスに依存することになる。焼却処理は、膨大な廃棄物を迅速かつ比較的無公害のうちに、減量(容)化・安定化する信頼性の高い方法であるからである。このため今後焼却処理施設の整備が進められることになるが、同時にエネルギー回収プラントとしても位置づけられることになる。可燃性廃棄物の発熱量が全般的に著しく高くなってきたり、燃焼反応の制御技術が向上したこと等も、エネルギー回収を一層有利なものにしている。主要なものとして、可燃性廃棄物の固形燃料化、焼却廃熱による温水、スチーム等の供給、発電等がある。

焼却法に代替可能なプロセスに、熱分解法がある。現在はまだ技術開発の段階にあり、現実のエネルギー問題に貢献しているわけではない。しかし熱分解プロセスには、貯蔵可能で運搬しやすい燃料ガスや燃料油が得られること、環境対策上問題が少ないことなどのメリットがある。今後の発展が期待されている。

このほかに廃棄物のメタン発酵法も、技術開発が積極的に進められている。とくに都市ごみ中のちゅう芥類、下水汚でい等に適用できる興味あるプロセスである。

なおこれらのプロセスの詳細については、例えば文献^{2),6)}等を参照願いたい。

6・1 都市ごみからのエネルギー回収

都市ごみの発熱量は、多くの都市に共通して、年々上昇傾向にある。代表例として、東京 23 特別区のごみ組成と発熱量の変化を表-3 に示す⁵⁾。昭和 47 年度に 1,140 kcal/kg であったが、53 年度で 1,730 kcal/kg になっている。

6・1・1 ごみからの固形燃料

都市ごみ中の可燃物を機械的に分離して、固形燃料として利用する方法であるが、わが国ではまだ現実に行われていないようである。

しかし欧米諸国、とくに米国では RDF (Refuse Derived Fuel) と呼ばれて、多数都市のごみ処理施設で回収されている⁷⁾。1 日当たりのごみ処理量は、合計 1 万 t を超えているようである。代表的な処理プロセスでは、都市ごみをシュレッダーで直径 10 cm 程度まで 1 次破碎し、鉄分を除去した後さらに 2 次破碎機で 3~4 cm に破碎する。つぎに風力選別によって、紙、可燃物などの軽量物すなわち RDF とガラスくずなどの重量物に分ける。この RDF は、火力発電所その他のボイラー用燃料として、石炭(とくに微粉炭)と混焼できるといふ。都市ごみより RDF、鉄くず、ガラスくず等を分別するためには当然経費もかかるが、回収物が売却でき、しかもごみ量は減少するので、試算によれば通常のごみ処理・処分経費をかなり低減できるといふ。

6・1・2 ごみ焼却と廃熱利用

52 年度末の全国のごみ処理施設数は 2,013、処理能力は 129,651 t/d に達している³⁾。その大部分が焼却処理施設である。焼却処理方式については、中小都市でも旧来の手動炉または半機械化パッチ炉に代わって、機械化パッチ方式または全自動連続方式が中心となってきた。

焼却処理施設では、ごみの燃焼によって炉本体等が著しく温度上昇するが、定常的な運転を維持するために、多量の冷却水を使用する。これがいわゆる温排水になるが、ごみ量の増大と高カロリー化のために、この廃熱はますます膨大になってきている。

従来この廃熱は、温水あるいはスチームとして、施設内でわずかに自家消費され、残余は捨てられていた。しかし周辺住民対策の一環として、この廃熱を温水やスチームとして還元する例が増加してきた。ごみ焼却施設は、いわゆる「迷惑施設」であって、周辺住民から喜ばれなかったからである。代表例として表-1 に、東京都の場合をあげておいたが⁸⁾、この状況が理解できる。ごみ排出量の増大と、ごみ発熱量の上昇に対応して、新設

表-3 ごみ組成及び発熱量の年次変化⁹⁾

(組成分析 湿ベース 単位%)

年 度 類 別	47	48		49		50		51	52		53	
		容 器 収 集	分 別 収 集	容 器 収 集	分 別 収 集	容 器 収 集	分 別 収 集	容 器 収 集	容 器 収 集	分 別 収 集	容 器 収 集	分 別 収 集
可 燃 物	74.4	88.8	26.6	90.8	26.8	90.7	24.6	91.6	90.9	24.4	91.3	20.7
紙 類	38.2	38.2	9.3	39.4	10.4	44.7	12.0	45.5	43.7	11.0	43.6	7.7
ちゅうかい類	22.7	36.7	7.9	38.7	5.2	36.7	5.6	37.2	35.8	5.9	34.0	5.5
織 維 類	3.6	3.0	3.4	2.8	3.4	3.0	4.6	2.7	3.1	4.2	3.5	3.8
木 竹 類	4.2	3.8	6.0	4.4	7.8	6.3	2.4	6.2	8.3	3.3	5.4	1.5
雑 物	5.7	7.1		5.5							4.8	2.2
焼 却 不 適 物	7.8	5.6	22.1	4.9	21.9	4.8	23.8	4.3	5.0	24.4	5.9	23.1
プラスチック類	7.3	5.2	19.8	4.5	18.4	4.5	21.5	4.1	4.8	19.2	5.6	17.7
ゴ ム	0.5	0.4	2.3	0.4	3.5	0.3	2.3	0.2	0.2	5.2	0.3	3.8
皮 革												1.6
不 燃 物	17.8	5.6	51.3	4.3	51.3	4.5	51.6	4.1	4.1	51.2	2.8	56.2
金 属	4.1	2.3	15.0	1.8	16.6	1.4	15.4	1.4	1.4	18.6	1.2	16.1
(鉄)											(0.8)	(15.3)
(非 鉄)											(0.4)	(0.8)
ガ ラ ス	7.1	2.7	36.3	2.5	34.7	3.1	36.2	2.7	2.7	32.6	1.0	32.1
陶 磁 器											0.2	4.1
土砂・がれき	6.6	0.6									0.4	3.9
そ の 他												
合 計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
低 位 発 熱 量 (kcal/kg)	1,140	1,305	—	1,046	—	1,237	—	1,340	1,280	—	1,730	—

された焼却処理施設の能力と設計最高発熱量が高くなってきている。最近の都市ごみは、焼却炉の運転開始時以外には、ほとんど補助燃料を必要とせず、専ら自然している。むしろ燃焼し過ぎて困る場合が多い。このような要因もプラスに作用して、今後廃熱利用は一層普及することになる。

なおヨーロッパ諸国では、「都市ごみは燃料である」との意識が強い。ごみ焼却処理施設は、都市の冷暖房システムや電力供給システム(ごみ発電)のエネルギー・センターの一つに組み入れられているくらいである。

6・1・3 ごみ発電

ごみ焼却廃熱の利用を、さらに高度化したのがごみ発電である。わが国では 40 年に大阪市西淀清掃工場ですべて実現した。この電力を電力会社に売電したが、出力が低いうえに供給が不安定であった。

しかし現在は、東京都(23 特別区)、大阪市、横浜市、福岡市、札幌市等でごみ発電が行われはじめ、清掃工場ですべて自家消費した残りを売電している。ごみ発電を計画中の地方自治体も多い。現在、最大出力の施設は、東京都の葛飾清掃工場であり、12,000 kW の能力がある。また江東清掃工場では、57 年度までに 15,000 kW を目指し、10,000 kW を売電予定という。大阪市は、3 清掃工場分 2,300 kW の余剰電力を売電するという。電力会社の購入価格は、1 kW・h 当たり 5.8 円であるが、火力発

電では約 20 円、原子力発電で約 10 円のコストがかかるという。

ごみ発電は、最近の電力料金の値上げによって、ペイできるようになってきた。従来は、処理能力 500~1,000 t/d の大規模施設でなければ実現不可能であったが、最近では 300~400 t/d 規模の施設まで採算ラインが下がってきたようである。もちろん採算より、省エネルギー・エネルギー回収という時代の要請にこたえる地方自治体が多くなってきたことも確かである。

ごみ発電のための技術的な問題も、かなり解決されてきた。わが国でも最近では、出力を高めるために、従来の背圧式タービンの代わりに、高性能の復水式タービンを採用するようになった。もっともごみ焼却排出ガス中の塩化水素等によって、ボイラーが腐食されやすいので、これを防ぐためにボイラーの加熱温度を 200~300℃ 以上に高められない。このためスチームの温度や圧力が低く、発電効率も高くない。分別収集などを徹底して、クリーンな可燃ごみを焼却できるようにするのも一つの方法であろう。

6・1・4 ごみの熱分解

ごみ焼却処理法の欠点を補い、燃料ガスや燃料油を回収できるという観点から、1960 年代末より、ごみの熱分解技術が有力な代替プロセスとして、欧米諸国の企業によって多数提案された。とくに米国では、環境保護庁

(EPA) のデモンストレーション・プロジェクト(補助金による実証運転)として、技術開発が行われた。わが国でも重工業メーカー各社が技術導入した。また工業技術院は昭和48年度より、「資源再生利用技術システム」の研究開発を推進している。そのなかでごみの熱分解によるガス化と油化プロセスを技術開発中である。詳細については文献⁹⁾を参照願いたい。

ごみの熱分解技術は、焼却技術と比較検討されて、メリットとデメリットがかなり明らかにされてきた。メリットは、①貯蔵・運搬が可能な燃料ガス、燃料油を回収できる、②環境対策上問題が少ない無公害技術であること、などであろう。しかし①大量かつ迅速な処理が困難、②回収ガス、油の得率が高くなく、また性状も良くない、③熱分解に要するエネルギーが少なくない、など、解決すべき点も少なくない。

熱分解法は、徐々に地方自治体などに浸透しはじめ、導入を計画中の都市もあるが、現実に施設が建設されて運転に入っている例はまだないようである。今後の展開が期待される。

6.1.5 ごみのメタン発酵

ごみのメタンガス化法について、多くの企業が技術開発を競っている段階である。この方法についても、①処理速度が迅速でない、②したがって施設の面積、容量が大きくなりがちである、③反応条件の制御が必ずしも容易でない等の欠点もある。しかしメタンガスを回収できるメリットがあり、環境対策上問題が少ないことも有利であろう。工業技術院も、前述のプロジェクトの一環として、研究開発を進めている(文献⁹⁾参照)。

6.2 下水汚水からのエネルギー回収

下水道の普及とともに、汚水処理に伴って排出される汚水の水質が年々増加し、その処理・処分が、ごみに劣らず地方自治体の財政を圧迫している。現在わが国の下水処理場は約400あるが、汚水排出量は1年間に約305万 m^3 (含水率70%の脱水ケーキ換算)であるという⁹⁾。これらの汚水は、脱水または焼却処理されて、最終的に約240万 m^3 になる。このうち約80%が埋め立て処分されているが、埋め立て処分場の確保が困難になっている。建設省の調査(昭和54年)によると、埋め立て処分している187都市のうち、125都市が5年後には埋め立て処分場が満杯になるという。焼却処理も、燃料重油の価格高騰の影響を強く受けている。このため汚水の減量化と資源化・エネルギー回収が検討されている。減量化のために最も望ましいのはたい肥化であり、最近地方自治体で、たい肥化プラントが改めて見直され、次々に設置され始めている。これに対して汚水からのエネルギー回収も着実に技術開発されており、焼却と廃熱の利用、都市ごみとの混焼、焼却発電、ガス化発電、熱分解など多彩である。現在はまだ技術開発の段

階であるが、将来が期待される。

6.2.1 汚水で焼却と廃熱の利用

都市ごみの焼却施設でみられたような、周辺地域への廃熱の供給は、あまり行われていないようである。これは、高い発熱量を有し、ほとんど自燃するごみと、多量の水分を含有し、燃料油を大量に用いなければ燃焼しない汚水との違いによるものであろう。

6.2.2 都市ごみとの混焼

汚水での焼却処理には、多量の補助燃料を必要とするので、都市ごみと混焼できれば、それだけ燃料油を節約できる。地方自治体も強い関心を寄せているが、科学技術庁は、民間企業に委託して、この実証試験をした⁹⁾。一例によると、流動床炉を使って、都市ごみ1.5につき下水汚水1の混合物を燃焼させたところ、混合物1kg当たり約1,500 kcalの熱量が得られ、補助燃料は不要であったという。

6.2.3 汚水での焼却発電

下水やし尿処理場の汚水を乾燥後、焼却廃熱を利用して発電する方式が考えられる。(財)クリーン・ジャパン・センターは、我孫子市と共同して、全国で初めての試みとして、この施設を建設している¹⁰⁾。汚水を2回脱水した後、300℃の熱風で予備乾燥して、含水率40%程度の乾燥汚水とする。つぎにこれを流動床式焼却炉で焼却してスチームを発生させて発電するものである。試算によると、従来1t当たりの処理費33,620円が、ほぼ1/10に低減できる。

6.2.4 汚水でガス化発電

これは、下水汚水を嫌気性消化法によって処理する際、発生する可燃性ガスを燃料として用い、燃焼させて発電するものである¹¹⁾。最近では水処理メーカーのほか、重工業メーカーも技術開発に進出している。ある試算によると、このシステムを100万人規模の下水処理場に導入した場合、1年間で2,200万kW・hの電力が得られ、処理場で必要とする電力の30%をまかなえる。発電原価は1kW当たり10円以下という。

6.2.5 汚水の熱分解

小規模試験の域を出ないが、汚水の熱分解によって、比較的収率良く燃料油を回収したという報告もある¹²⁾。これは、汚水の中に各種の油分が含まれていることにもよると考えられるが、興味ある方法である。

6.3 産業廃棄物からのエネルギー回収

産業廃棄物は種類が極めて多く、複雑多岐にわたっている。その上、いわゆる「企業秘密」に属する場合も多く、各種の廃棄物の排出量を明確にはあくするのはかなり困難である。またそれぞれの産業廃棄物に応じた処理・処分法も、十分に確立されているとは考えられず、都市ごみの場合と比較して、処理・処分の困難な廃棄物といえる。5.2項で述べたように、処理・処分をめぐる

て、地方自治体の公共関与が切望されていること、現実の処理・処分法として専ら埋め立て処分が行われているのが、この間の事情を物語っているといえよう。

他方、比較的良質の廃棄物の場合、あるいはまとめて排出される場合は、企業は産業廃棄物として排出するまでもなく、企業内部で有効利用していると考えられる。劣悪な性状の残余物が産業廃棄物となることになる。とくに省エネルギーの意識が高まった最近においては、この傾向が一段と強まっている筈である。これらの点でも産業廃棄物は、都市ごみや下水汚水と異なっていることがわかる。

ここで産業廃棄物の処理・処分とエネルギー回収の現状を詳しく展望するのは困難であるので、概略を簡単に述べることにとどめる。産業廃棄物の処理・処分技術の詳細については、(社)日本廃棄物対策協会の調査研究報告書¹³⁾、成書¹⁴⁾等を参照願いたい。ここではこれらの文献を一部引用したことを付記しておく。

6.3.1 廃油

廃油は発生源、種類、混入物質等によって性状、品質がまったく異なる。したがって各廃油ごとに処理法も違ってくる。船舶などから排出される含油廃水の場合は、このものを静置または加温すると3層に分離する。上層は含水率の小さい廃油、下層はスラッジとピッチであるが(中層は含水率の大きい油層)、この両者は焼却処理される場合が多い。また上層は水分を遠心分離したのち燃料として利用される。

6.3.2 有機性汚でい

有機性汚でいの焼却には、ロータリーキルンが専ら利用されている。これはキルンが、取り扱いやすくかつ構造が簡単であるため、修理が容易であることや、複雑多岐にわたる各種汚でいを焼却できるためである。廃熱の回収状況については一概にはいえない。

6.3.3 廃タイヤ等

53年中に発生した廃タイヤは5,200万本(約48万t)といわれているが(日本自動車タイヤ協会)、その約25%が排出されたと推定されている。廃タイヤは一部焼却処理されたあとは、破碎して埋め立てられたり、そのまま投棄されたものと考えられる。しかし最近燃料油の価格高騰によって、エネルギー回収が積極的に行われるようになった。廃タイヤの熱分解技術は廃タイヤにとってもっともふさわしいものとして、すでに多くの企業で研究開発がなされたが、経済性の点で実用化が遅れていた。最近、燃料油高価格時代になって、この技術に脚光があたるようになった。しかしそれ以前に、廃タイヤをそのまま重油代替燃料として利用する例がでてきた。セメント生産、金属精練等の工場、施設園芸等で多量に用いられはじめている。

なお工場から排出されるゴムくずは、約1/2が自社処

理され、残りが処理業者によって、または公共関与によって処理されているようである。ほとんどは焼却処理されていると推定されている。

6.3.4 廃プラスチック

産業系の廃プラスチックの内、熱可塑性樹脂メーカーからの不良品、不要品等は再生原料(単純再生)として利用される。また若干の異物を含んだり、汚れのひどいもの、こん包材廃棄物、廃フィルム・シート等も再生利用する場合が多く、それ以外の劣悪なものが焼却処理又は埋め立て処分されている。都市ごみの場合もそうであるが、大部分は他の可燃物との混合焼却が行われている。廃プラスチックの専焼炉の開発も盛んに行われている。また熱可塑性の廃プラスチックを熱分解し、燃料ガスまたは油として回収する技術も多く行われたが、実用化には技術的及び経済性の点でまだ問題が多いようである。しかし有力な方法であり、多くの期待が持たれている。

その他熱可塑性廃プラスチックの代替燃料としての利用、他の可燃物と混合して熔融固化して固形燃料の製造等種々の技術が開発されている。

6.3.5 可燃性廃棄物

可燃性廃棄物のうち紙くず、繊維くず、木くず等は、汚染物質が比較的少なく、また容易に焼却処理できるので、この処理法が一般に行われている。温水等の回収が行われている場合も少なくない。

7 おわりに

各種の可燃性廃棄物の処理・処分とエネルギー回収の動向について簡単に触れた。都市ごみについては詳述し過ぎ、また産業廃棄物については省略し過ぎたきらいがある。お許し頂きたい。

廃棄物の量と性状に見合った資源化・エネルギー回収技術が今後さらに積極的に推進されることを切望する。これによって廃棄物を減量化するとともに資源・エネルギー問題に寄与することが最も肝要であろう。このことは同時に廃棄物の処理・処分経費の高騰に対処する最も確実な方法と考えられる。(昭和56年3月12日受理)

文 献

- 1) 環境公害新聞、昭和55年3月12日
- 2) 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回収利用に関する調査報告”(1980)
- 3) 厚生白書、(1979)
- 4) 日経産業新聞、昭和54年3月24日
- 5) 東京都清掃局、“事業概要”(1979)
- 6) “石油と石油化学”臨時増刊、幸書房(1980)
- 7) 日経産業新聞、昭和55年3月17日
- 8) 日経産業新聞、昭和55年11月6日
- 9) 日経産業新聞、昭和55年6月6日；昭和55年9月11日
- 10) 毎日新聞、昭和55年8月29日
- 11) 日経産業新聞、昭和55年4月11日；昭和55年3月13日
- 12) 朝日新聞、昭和56年1月3日
- 13) (社)日本廃棄物対策協会、“産業廃棄物総合処理技術開発調査研究”(1976)
- 14) 福本 勤、“廃棄物処理技術”(1977)