

廃棄物よりの物質・エネルギー回収についての 各国の考え方と現状

平 山 直 道*

1. はじめに

固形廃棄物を衛生的に処理することは世界各国それぞれに目標としてきたところである。米国においては衛生埋立てを主流とし、東部の一部で焼却が行なわれてきた。欧州においてはまだ衛生埋立ても多いが、大都市では焼却を主流と考えてきたといえる。また日本においては生ごみを埋立てる余地は極めて少ないので、焼却処理の割合をできるだけ増加させる方向で色々の施策が進められてきた。

これに対して、ごみを資源として見直す考え方が米国を中心としておこり、1970年に資源化法が成立し、環境保護庁(E. P. A.)を創設して資源化の研究を調整させることになった。日本においても、それより2、3年おくれ、民間に開発の気運がおこり、1973年には通産省工業技術院が資源化技術のうちの各要素技術の開発を目標として研究組織をスタートさせた。

一方、欧州各国においても、1971～2年、民間をベースとして廃棄物の資源化の研究が開始され、日本より少しおくれ、1975年位から政府レベルの研究も開始されるようになってきた。

このような世界的な研究の開始を背景として、1975年および1976年に相ついで第1回のCRE(Conversion Refuse to Energy)、およびMER(Materials and Energy Recovery)という二つの国際会議が多くの世界の学協会を中心として開催された。世界中の学界の研究者、政府内の指導的立場の人々、企業内の研究者が一堂に会して、資源化技術のハード、ソフト両面を論じ有意義な国際会議であった。

その後、米国においては分別技術や熱分解技術の開発に多額の投資をしたE. P. A.も1979年には資源化技

術へのフォローをほぼ終了し、その技術の一部は現実の施策として実現しつつある。また日本においても工業技術院のプロジェクトは1976年に要業技術から総合的な実証プラントによる研究に踏み切り、その成果も明らかにされつつある。一方欧州各国も諸種の技術の開発に政府が手を貸し、現実的なプラントも出現しはじめてつつある。

しかしながら、技術として各段の進歩をしたかに見える資源化技術も、現実のプラントとして信頼されるにはまだ未解決のハード面、あるいは施策上の問題が残っているように見える。しかもその問題は一部は各国共通であらうが、各国の特殊事情による点も多々ある。この段階で各国の考え方をしらべるのも意義なしとしない。

幸いにして、筆者は1979年3月、日米の政府レベルの国際会議(日米廃棄物会議)に参加する機会をえ、また、同年11月に前述の2つの国際会議を合同させてベルリン市において開催したWorld Recycling Congress 1979に副委員長として参加する機会をえたので、その際の見聞をもとにして意見をまとめることとした。

2. 米国におけるごみ処理技術の動向

前述のように米国は東部の大都市以外では衛生埋立てに頼ってきた。処理自体については現在でも事情はあまり変化していない。しかし資源保護の観点からはエネルギーや物質の回収が望ましいので、技術と物流システムの進歩により経済的にも成立する方向を探索してきた。

連邦政府もE. P. A.を通じて1970年以来、研究技術面をふくめて資金的援助をしてきているが、その近年の規模は3000万ドル(約75億円)である。この額は50億ドルにも支出されている下水道建設補助金に比較

* 東京都立大学工学部機械工学科教授

すれば極めて少ないといえる。

しかし、これらの援助によって多くのプロジェクトが生れ、物質回収については紙、鉄、非鉄金属、ガス等の回収が徹底的に研究され、エネルギー回収についても、油化、ガス化等が実証プラント規模まで実施された。

これらの研究開発の過程を通じて EPA が特に力を入れてきたように見えるのは、

1. 熱分解システム
2. R. D. F. (Refuse Derived Fuel) …ごみから作られた燃料
3. 紙・非鉄金属・鉄・ガラスを目標とした物質回収の3種であった。

特に熱分解システムの中には (1) ロータリ・キルン式内熱 (燃焼ガスによってごみを高温にしてガス化) ガス化設備 — ランドガードシステム (2) 高温空気あるいは酸素による部分燃焼式堅型熔融ガス化炉 — トラックスシステムおよびピューロック・システム (3) 微粒化後高温ガス中で浮遊熱分解油化設備 — オキシデンタル・システムがあり、それぞれ日量教百トンの規模の実証プラントまで作り (特にランドガード・システムは日量千トンのプラントが建造された。) 実用化への意義ごみが感ぜられた。

しかし、昭和54年3月第4回日米廃棄物会議において出された EPA および内務省エネルギー局の正式見解として、「熱分解技術は少なくとも米国においては当分実用になる見込みはない」と明言されたのには驚いた。

すなわち、サンジェゴ市におけるオキシデンタル・システムの浮遊熱分解は基本的技術に未解決の点が残っており、研究続行を検討中であるし、ボルティモアのランドガード・システムは誘引排風機その他の装置に設計上の誤りがあり、ガス化炉を断念し、排ガス処理用の電気集塵器を新設し、処理量を減少させて焼却方式に転換している。また、熔融ガス化炉は少くとも作動はうまくいっているが、米国の市場用としては高価にすぎ当分実用の見込みがない、というのである。

なお当時、熔融ガス化炉については日本において既に実用炉が3炉建設中あるいは準備中であった事情を配慮して、米国での結論は米国のごみと米国の立地条件のもとにおける結論であり、ごみの種類や立地条件が違えば当然考え方は変ると付け加え、日本側委員の面子に思いやりを示す一幕もあったことを記憶している。

もっとも、日本廃棄物会議においては新技術の見通しについては一般に控え目で、物質回収についても物流上の困難が多いと述べ、また現在米国内で全国的に建設中である。R. D. F. を作る工場についても、まだ技術的問題が多く残っていて稼働率を上げて信頼性を向上するには時間がかかるという見解であった。したがって、EPA の見解は技術内容に関する率直な意見であって、必ずしも米国がとるべき技術政策の方向を述べていると考えない方がよいかと思う。1974年西ベルリンにおける International Recycling congress における Dr. J. G. Abert の基調講演は、彼が物質回収を促進しなければならない立場にあるとはいへながら、全く異った論旨を資料をもって説いているのである。

Dr. Abert によれば⁽¹⁾、米国における都市ごみは年間約1億4800万トンある。そのうち約80%は可燃物であり、米国において消費される全エネルギーの約1%の熱量に当る (アラスカのパイプラインで年間に運ばれる全石油の28%)。

また、未加工の都市ごみ 4,600 Btu / lb から加工して RDF (Refuse Deriver Fuel) を作ると 6,000 Btu / lb となるので、石炭 (12,000 Btu / lb; 55ドル/t) と比較すると RDF は 27.5 ドル/t の価値があり、重油 (18,300 Btu / lb, 0.5 ドル/gal) と比較すると 42ドル/t の価値が想定される。

しかも、RDF を加工する過程で、鉄、アルミ、紙等を回収するとすれば、同じ目的に処女材料を使うのに比較して、鉄で $\frac{1}{3}$ 、アルミでは $\frac{1}{20}$ 、紙で $\frac{1}{3}$ しかエネルギーを必要としないので、エネルギー節約という観点から RDF を代替燃料として用いた効果に、回収物が製造エネルギーの節減に役立つ効果が追加されるわけである。

表1は現在稼働中および建設中のエネルギー・物質回収設備である。主として RDF と鉄・非鉄の回収が多いが調整中のものもあり、運転中のものでも問題なくフル稼働のものばかりではない。

しかし、設備投資の速度は非常に速く、1976年から1981年の5年間は年平均7,000 t / 日 の設備が作られている。この速度でいけば Abert によれば紀元2000年には年間に1億6千9百万トンのごみが処理されることになり、都市ごみの36%が回収再生のルートになる。また回収された物質は2500万トンに達する (現在は1300万t)。なお以上はアメリカの全国的に見た場合の話であるが、都市近郊だけで云うならば、ごみか

表1 米国におけるエネルギー・物質回収プラント

	地名	設計者・システム名	プロセス	米トン/日 容量	運転開始	回収エネルギー・物質
1	Akron, Ohio.	Burns & De Haven	破碎・風選・磁選・半浮遊燃焼	1000	1980	蒸気・鉄
2	Albany, N.Y.	Smith & Mahoney	破碎・磁選・半浮遊燃焼・灰から非鉄金属選別	750	1980	RDF・蒸気・鉄・非鉄
3	Ames, Iowa.	Durham & Richardson	ペーリング・破碎・磁選・風選・スクリーニング・その他	200	1975	RDF・紙・鉄・アルミ その他の非鉄
4	Baltimore, Md.	市, EPA	ランドガードプロセス・破碎・熱分解・改造して運転再開	600	1979	蒸気
5	"	Teledyne National	破碎・風選・磁選	600~1500	1979	RDF・ガラス・アルミ
6	Bridgeport, Conn.	Oxidental, Combustion Equipment	破碎・磁選・風選・浮選	1800	1979	RDF・鉄・非鉄・ガラス
7	Chicago, Ill.	Ralph M. Parsons co.他	破碎・磁選	1000	1978 いま調整中	RDF・鉄
8	"	Metcalf & Eddy.	Water wall combustion	1600	1979	電力
9	Columbus, Ohio..	Alden E. Stilson Assoc.	破碎・磁選後・半浮燃焼	1200	1981	電力
10	Dade County, Fla.	Black Clawson	ハイロバルバ・磁選・その他の機械分別	3000	1980	電力・ガラス・アルミ・鉄
11	Duluth, Minn.	Consoer, Townsend Assoc.	破碎・磁選・空選・二次破碎 RDFとSludgeを流動床燃焼	400(ごみ) 340 (スラッジ70%水)	1979	RDF・蒸気(自家用) 鉄
⑫	East Bridgewater, Mass.	Combustion Equipment Assoc. 他	破碎・空選・磁選・他の機械選別	550	1977	Eco-Fuel, 鉄
⑬	Franklin, Ohio.	Black Clawson	湿式破碎・磁選	150	1971	紙セニイ・鉄・アルミ
14	Hampton, Va.	J.M. Kenith co.	焼却	200	1979	NASA, Langley 研究センター へ蒸気を供給
15	Harrisburg, Pa.	Gannet 他	水冷壁焼却炉・粗大ごみ破碎・磁選・下水汚泥燃焼	720	1972	地域暖房・汚泥乾燥用蒸気
16	Hempstead, N.Y.	Black Clawson	湿式破碎・磁選・機械選別 焼却(RDF)	2000	調整中	電力・アルミ・鉄・色ヌキガラス
17	Lane County, Ore.	Allis Chalmers	破碎・空選・磁選	500	1979	RDF・鉄
18	Madison, Wis.	Smith Environmental	破碎・磁選・可燃不燃分離	400	1979	RDF・鉄
19	Milwaukee, Wis.	Bechtel.	破碎・空選・磁選・機械選別	1600	調整中	RDF・紙・アルミ・鉄
20	Monroe County N.Y.	Raytheon Service co.	破碎・空選・磁選・その他浮遊選	2000	1979	RDF・鉄・非鉄・混合ガラス
21	Nashville, Tenn.	Nashville Thermal Transfer Corp. 他	熱分解燃焼	400	1974	蒸気
22	Newark, N.Y.	Combustion Equipment Assoc.	破碎・空選・磁選・他	3000	1980	Eco-Fuel・鉄・アルミ
23	New Orleans, La.	National Center for Resource Recovery.	破碎・空選・磁選・他の機選	700	調整中	鉄・アルミ・ガラス
24	Niagara Falls, N.Y.	Hooker Energy Corp.	破碎・磁選・焼却	2200	建設中	電力・鉄
25	Pinellas County, Fla.	Florida Power Corp.	焼却・灰から鉄・非鉄分離	2000	1982 (予定)	電力・鉄・非鉄
26	Pompano Beach, Fla.	U.S. エネルギー省, Jacobs Engg Co.	破碎・空選・磁選・他の機選 軽量部分を下水汚泥と共に消化	50~100	調整中	メタンガス・鉄
⑳	San Diego, Calif.	Occidental Petroleum	破碎・空選・磁選・他の機選 浮遊選・熱分解	200	中止して 修正考慮中	熱分解油・鉄・非鉄・ガラス
28	Saugas, Mass.	RESCO	水冷壁焼却炉・磁選	1200	1975	電力・鉄
29	Tacoma, Wash.	Boeing Engg.	破碎・空選・磁選	500	1979	RDF・鉄
30	Wilmington, Del.	EPA, Raytheon Service.	破碎・空選・磁選・他の機選 浮遊選・コンポストイング	1000+350 汚泥(80%水)	1979	鉄・非鉄・ガラス・RDF・肥料

()内は pilot plant

らの回収率は48%に達することになる。

以上総合するに、米国においては資源化施設の建設の速度が速く、資源化の意欲が感ぜられる。たゞ、現在のところ、この技術が長期間高い信頼性で運転されているわけではなく、又再生物の物流面での不均衡もないわけではない。このような問題を含みながら前進しているのが現況である。

表1の中では焼却を含んだ施設は比較的少なく、それ以外の場合には残渣が発生する。その意味では完結形の処理施設とは云い難い。しかし米国では一部の残渣の処分には困らないケースが多い。また、機械の故障、オーバーホール等の場合も何とか通常の処分が可能な場合が多いので、日本のように待たなしの処理技術が要求される国から考えると国情の差を痛感する。

3. 欧州における処理技術の動向

欧州においては焼却炉という形での熱回収は昔からさかんで、これが発電に地域暖房にまた工場用の熱源に利用されてきた。ごみをコンポストとして利用する動きも昔からあった。そのためか、いわゆる米国式の物質回収やガス化には最近まであまり興味を示さなかったのが実状であった。ところが、1973年頃からごみからの物質回収について政府レベルの研究もあらわれるようになり、1977年頃からは大きい実証的なプロジェクトにも政府資金が出されるようになった。

たとえば西ドイツにおいては連邦の研究技術省が中心となり、その中の環境局において資源再生関係の開

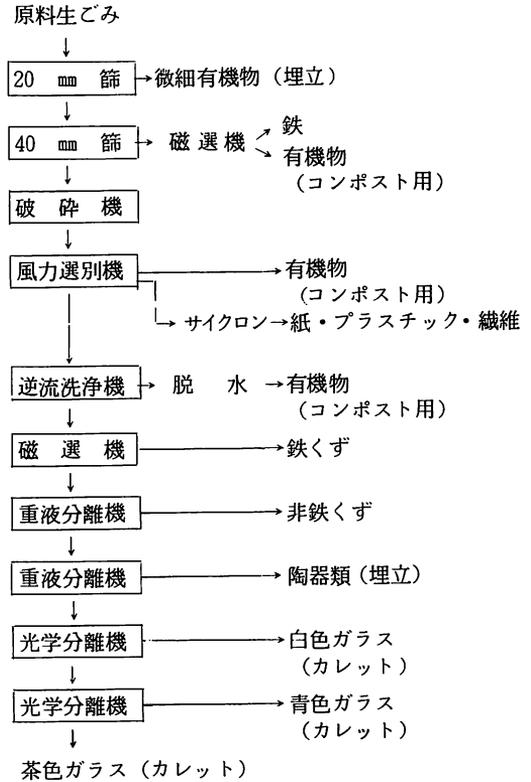


図1 アーヘン工科大学選別プロセス

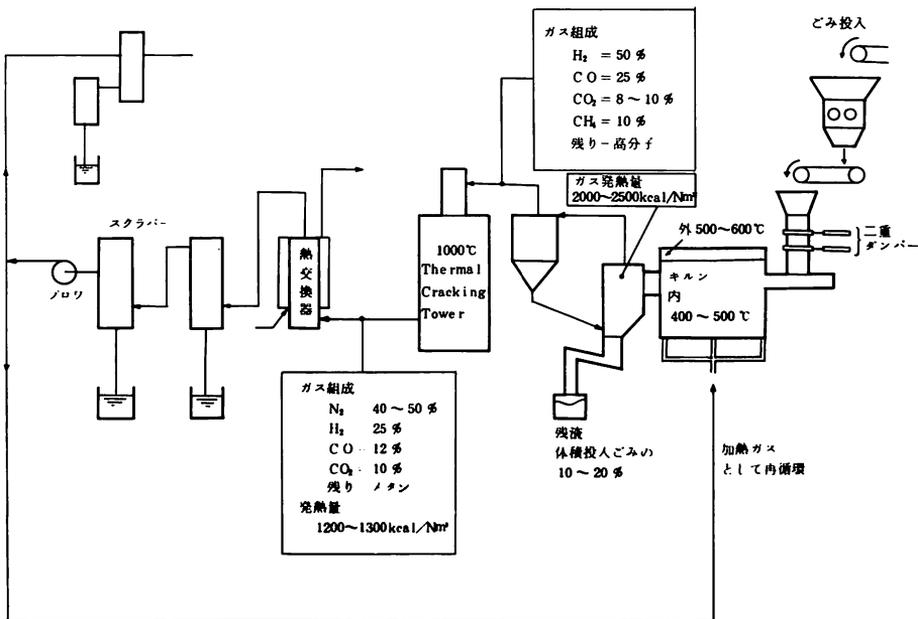


図2 Babcock Kraus - Maffei 社熱分解システム

発を援助している。固形廃棄物と廃水処理関係で約4千万マルクの予算を消化し、研究所や民間の事業を補助している。毎年のプロジェクトは多いが、下記のような例が知られている。

- (1) 選別技術 (アーヘン工科大学) (図1 参照)
- (2) 資源化技術 (エッセン)
- (3) 溶融ガス化技術 (フランクフルト市)
- (4) 熱分解技術 (ベルリン工科大学)
- (5) 選別・熱分解技術 (バブコック・クラウス, マッフアイ社) (図2 参照)
- (6) 熱分解 (キーナープロセス)

これらの研究にかかわらず、実用設備として稼動するものはまだない。むしろ、パイロットプラントとしては米国で開発された Eco-Fuel が MVU 社 (Mannesmann 社と Veba 社との合併) によって建設され、ルール地方において更に同社のシステムを用い約 2000 t/日の設備を計画中である。

フランスにおいては、Revalord Process という名前で図3に示すような機械的粉碎機を用いない選別システムが、地質鉱山局 (B. R. G. M.) を中心として開発されている。実施例はまだないが、最近南佛のナンシー市に計画されつつあるという報告であった。

ナンシー市はもともと焼却炉を有しているが、年間

8万tの処理能力で年間約2万tの能力不足を示している。そこで10万t/年の容量をもつ Revalord Process を設置しその残渣8万tを焼却炉が受持つ計画である。運転経費年間420万フランに対し、紙、ガラス、PVC、アルミ、鉄の回収品がほぼ420万フランで売却できる予定と考えられ、建設費2000万フランの半額を国庫補助とすれば、年に約140万フランの償却費を要するだけという。

また、スウェーデンにおいても Flukt によって図4のようなパイロットプラントが開発され、デンマークにおいて実用になりつつある。

以上のように国レベルをふくめて研究はさかんであるが、実用化はまだまだという所である。

欧州において将来の技術開発に何が必要と考えられているかを示す例として、前述の国際会議の委員長 Dr. K.J. Thomé-Kozmiensky 教授の基調講演⁽²⁾を引用しよう。

「都市ごみについては現在2つの既に実用化されたプロセス、すなわち、焼却という形でのエネルギー回収、およびコンポストと資源回収という形での物質回収がある。将来必要な開発としては再生品の質を高めることと二次公害を減少させることで、これらは既に研究をはじめられしかも数年の間に成功の可能性をもって

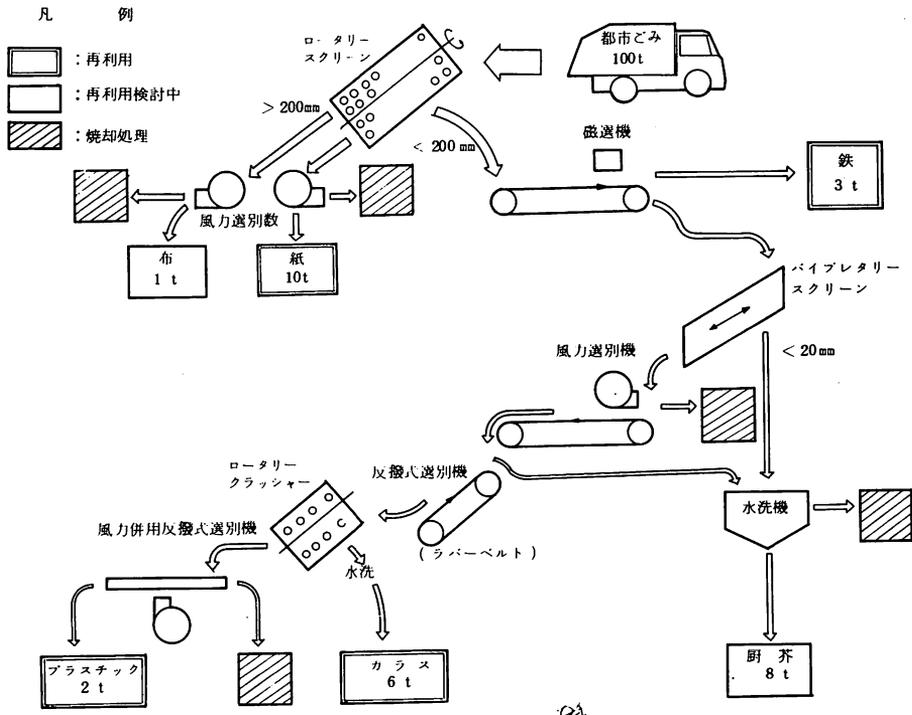


図3 REVALORD Process

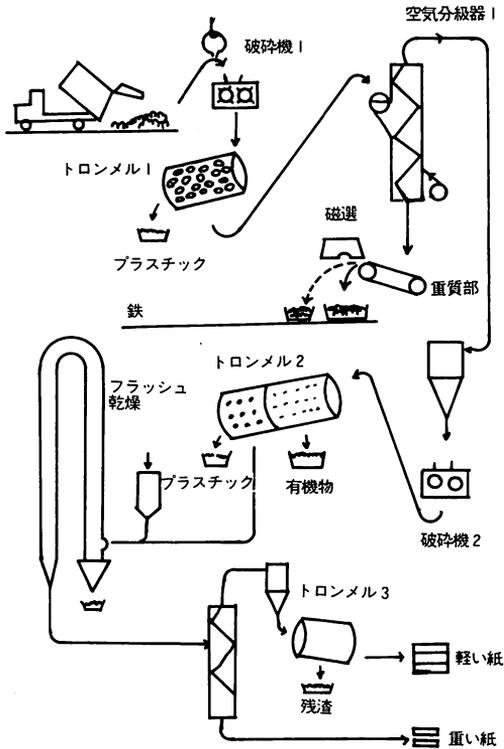


図-4 スウェーデンFlukt社のパイロットプラント

いる。

熱分解によるガス化、生物学的ガス化等のエネルギー回収、および混合ごみの機械的分別などの物質回収の分野における新しい進歩が将来もつゞき、将来これらが、現在の技術の補足的技術となり、あるいは、現在の米国の選別技術がそうであるように、今までの完成技術と競争することになるであろう。」

Thomé-Kozmiensky教授の説は事実であろうが、開発の必要項目としてのべられているところの、再生品の質を高めることも、また完結システムとすることも特別なものを除いて再生技術にとっては容易でない。その特別な例外の中に何が入るかを見定めることが重要となろう。

なお、西ドイツにおいては資源再生についてもLudwigsburgとNeussに実用施設が建設中で、特に後者は35t/hの規模で建設費1千万マルクで1980年内に完成するという。ともに、紙とプラスチックフィルムの回収が主で、Neussの場合は鉄とガラスも回収するという。

これらの動きを総合すると概略次のことが云えようである。

- (1) ヨーロッパを平均すればまだ埋立処分が大部分で、用地難や衛生管理上の問題からこれを焼却あるいは資源再生に転換して行こうという段階である。
- (2) 資源再生の技術開発には熱心であり、国レベルの研究もさかんであるが、実用化にはまだ至っていない。
- (3) コンポストは品質が不十分で主として緑地用に用いられている程度である。良質化への研究はそれほどさかんでない。
- (4) RDF技術は重要視され、英、佛、独においてそのためのプラント建設がさかんになってきた。しかし熱分解にはあまり強い期待がもたれていない。
- (5) 分別としては紙・プラスチック・鉄・ガラスを指向している。しかし、これらはいずれも品質上十分な成果を上げておらず、安定した物流ルートが確保されていない。
- (6) 以上の(2)～(5)の問題をふまえ、資源再生の方向を模索するのに熱心である。

4. むすび

日本におけるごみ処理も欧米に必ずしも遅れをとっているわけではないが、埋立地の用地難と大気、水の環境が技術の方向をきめていると考えてよい。したがって処理施設にとって次の条件を忘れてはならない。

- (1) 大気、河川、埋立地を汚染しない設備であること。
- (2) 残渣の量が少く良質であること。
- (3) 施設の信頼性が高く、年間予定通りの運転計画が立てられること。

概して、焼却炉は完結施設であるが、他の分別設備は焼却をもふくめて完結施設としてのシステムを組むことが重要である。欧米との相違はこの程度で、前述の欧米の問題はまた日本の問題でもある。

論議をエネルギーにしばれば、日本においてはまず、焼却炉におけるエネルギー回収を推進することが第1であろう。次に低塩素源のRDFの開発が最も有効ではなからうか。ガス化、油化も重要であるが、近い中に可能性の高い設備とごみの種類の組合わせについて方針を出すべきではないだろうか。

エネルギーの値段は上昇の過程にある。エネルギー回収設備は将来的に見れば現在相当条件が悪くても引合うようになる可能性がある。幅広い対策を考えておくことが重要ではないだろうか。

文 献

- (1) J. G. Abert State North America, of
Recycling in North America, Proc, Recycling
Berlin '79. P 18- 25
- (2) K. J. Thomé-Kozmiensky ; Energy and
Material Recycling, 全上

(注) 図1～4は Proc, Pecycling Berlin '79
(あるいは欧州公害防止技術調査団報告書, 産
業公害防止協会, 昭和54年) によった。

話 の 泉

省エネルギー，省資源のかげに

昭和54年度の省エネルギーの政府キャンペーンの目標としての7%は国民の積極的、自主的協力によって5%の実績が報道されており、それなりの効果があったとみられている。

今年も引続き電力の節約を積極的に推進している東京電力からの報告がみられた(日刊工業, S.55.8.11), 調査対象消費者は契約500KW未満の19業種, 128工場で, 使用電力量は1ヶ月当り1～5万KWH(これらの電力は生産物価に占める割合は1～3%程度のもの)で, 期間は5月21日～30日の10日間の結果であった。

これらの工場での電力の節約の具体的方法としては、不均衡運転の改善、モーターの空運転防止、照明灯の消灯など手近かなものが多い。

一方節約のための余分な設備、労力の提供などが将来の問題として残されている。

夜間電力(昼間電力の約1/3)の使用で実績を挙げているプラスチック工場(大阪府)では、1ヶ月の使用電力料金が1,100万円から770万円に節約できた例がみられる。尤も24時間終夜運転で、電力使用の多い作業をできるだけ夜間に切換えた結果であるが、従業員の協力が不可欠であることは云うまでもない。

電力の供給も今年度は全国的に予想需要量の約10%の余裕をもって待機していたが、大量の降雨量と冷夏のため?それを大幅(～20%)に下回ったとか、その結果発電費(主としてLNG)の支払は少なくなったが、それを上回る電力料金の収入減で経営はむしろ苦しくなったようである。◎

大阪市の今年度の上水道計画は、設備増設により、積極的な節水の呼びかけなく夏を乗り越える見透しであったが、降雨量の増大と气象台初まって以来の冷夏のため水の使用量の大幅の下回りがそのまゝ水道収入の激減で20～30%の料金の値上に踏み切らざるを得ない苦境に押込まれているらしい。(F)