

② 焼却工場からエネルギープラントへの転換

栗原英隆 千葉 潔 石井英俊

一——はじめに

地球環境の保護の重要性が叫ばれ、全世界は今、大きく揺れ動いている。この状況下で、エネルギー問題は重要な課題の一つとなっている。それは人類が、この地球で生存を続けていくかぎり、生命の維持に不可欠なエネルギーを常に確保し続けなければならないからである。文明の発展は、まさに人類が利用してきたエネルギーの対応との歴史そのものであった。

さて、人類の発生以前から現在まで、地上に最大の恵みを与えているエネルギーは、太陽エネルギーである。このクリーンで無尽蔵なエネルギーに勝るものは地上には存在しない。しかし、これ程身近でありながら、これをコントロールする技術の開発は難しく、経済性などの面からして、体系的なエネルギーシステムとして利用できているのは、ごく僅かである。

太陽エネルギーは別として、利用・消費して

きたエネルギーが、薪炭・石炭・石油さらに原子力等と、変遷してきた過程の中で科学技術の発展があつて、あたかも人類が地上の征服者となつたかのように見えたが、自然界までその手の中に納めたわけではない。科学技術の進歩は、一方で自然界に対する飽くことなき挑戦であり、その結果、文明は地球という人類にとってかけがえのない「母なる大地」をむしばんできた。さらに、エネルギーの消費によって蓄積されてきた汚染という公害は、地球を内外から破滅に追い込む状態までにもなつてきている。

そして近年、また新たな問題がクローズアップされてきた。

廃棄物問題である。

われわれの日常生活において、物の生産や消費に伴い、必ず不要物が発生する。「廃棄物」の発生である。

ところで、その廃棄物の原型は古代人の残した貝塚に見ることができる。これは廃棄物の埋

- 一——はじめに
- 二——廃棄物(ごみ)処理の変遷
- 三——廃棄物エネルギーの利用
- 四——環境との調和
- 五——総合エネルギーシステムの確立に向けて

立処分場としてその姿を現代に引き継いでいる。とはいっても、その処理概念は埋立て処分止まらず、単なる不要物の始末から、生活環境の美化、衛生的処理といった生活環境保全へと発展し、近年では資源保護の立場から廃棄物の活用といった段階にまで変化が求められてきている。

現代の廃棄物処理行政は、新たな時代を迎えつつあると言っても過言ではない。

二——廃棄物(ごみ)処理の変遷

廃棄物は、「収集・輸送」「中間処理(焼却等)」「最終処分(埋立て)」のプロセスを経て処理されている。

廃棄物には家庭等から排出される一般廃棄物と事業活動で排出される産業廃棄物があり、自治体の固有事務で処理責任のあるのは、一般廃棄物である。

日本における生ごみの処理は、山間地等での「埋立」が昭和五十年代まで主力であった。現在では、ごみ焼却後の残渣物や焼却不適物の埋立が主であるが、清掃工場の処理能力を上回ってしまったごみも、こうした形で処理せざるを得ない。また、埋立地は山間地だけではなく、海面埋立へと広がってきている。

ごみ焼却炉は、日本では古く明治時代から建設されてきたが、この処理システムは社会の表舞台にあつたわけではない。ごみ処理に対する認識の希薄さからか、経済的に安価な埋立が長期間にわたり一般のごみ処理方法として、各自治体で実施されてきた。

しかし、広大な用地確保や埋立処分地の環境保全策が必要となった現在では、埋立て終了後も続く長期の管理を考え合わせると、従来の状況とは違ってきている。

ごみ焼却炉はヨーロッパで生まれ、発達してきた。それは人口の密集した狭い国土では焼却が一番適切な処理方式であつたからである。したがって、アメリカなど広大な国土を持つ国では、埋立てが主力であつた。しかし、近年ではこれらの国でも環境保護等の見地から、清掃工場建設も進みはじめている。

さて、わが国には現在、約二千三百の清掃工場と多くの最終処分施設としての埋立地がある。

本市については、昭和の初期から清掃工場の建設の歴史があり、旧式炉からスタートして最新の機械炉まで十四工場を建設し、現在は五工場が稼働している。また、平成七年度を日指して鶴見工場（仮称）の建設準備に入っている。

昭和四十九年の港南工場の竣工で、埋立処理より焼却処理が上回つた現在では、五工場で可燃ごみの全量処理体制を維持している。

三——廃棄物エネルギーの利用

① 廃棄物の発熱量（カロリー）

近年の一般廃棄物は五〇％弱の水分を含むが、一キログラム当たり、千七百〜二千キロカロリーの熱量を持っている（図一参照）。

埋立処理が主力の頃は、千キロカロリー程度であつたために焼却処理するには、助燃エネルギーとして、薪炭・重油等が欠かせなかつた。特に最近では、廃棄物の多様化で高カロリー化が進み、二千キロカロリーを越すことも稀ではなくなり、その結果、焼却炉の設計能力を上回り、増量の激しいごみ処理に種々の悪影響を及ぼしている。

こうした状況を勘案して、本市では計画中の鶴見工場（仮称）では、三千キロカロリーのごみを焼却できるように設計されている。

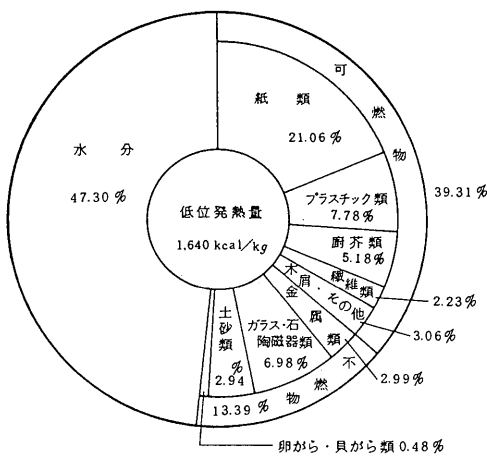
一方、高カロリー化に伴い、エネルギー利用面からの価値が高まることとなった結果、廃棄物エネルギーが化石燃料の代替資源として近年では、高く評価されてきている。

② 所内での余熱利用

清掃工場で、ごみを処理する場合に、焼却炉内で高温燃焼（七五〇〜九五〇度）させるために発生する燃焼ガスをボイラー等で、熱吸収させて、高圧・高温の蒸気を得ている（図一参照）。

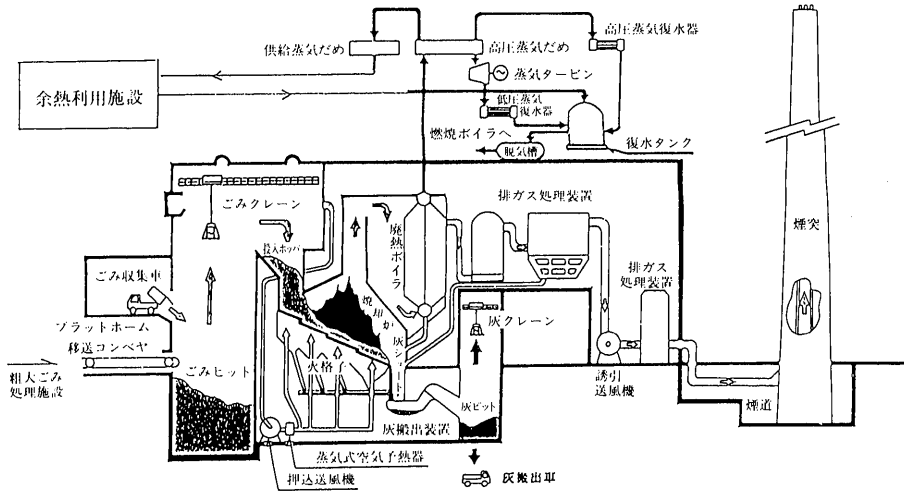
焼却炉が小規模の頃の熱利用は、所内で使用する給湯用で、その後に空調用の熱源となつた。

図一 平成元年度ごみの組成



(注) 平成元年度における5工場の搬入ごみの突割平均値（単位：重量%）

図一 清掃工場 焼却フロー



本市でも、昭和三十七年竣工の星川塵芥処理所（旧保土ヶ谷工場の前身）から始まり、昭和四十年竣工の鶴見工場以降の工場では、空調用の熱源としても使用された。

③ 工場外への余熱供給

清掃工場の規模が大きくなると、発生蒸気量も増加するため、その利用も工場外に広がっていった。

工場建設に際して、地域との調和が求められる中で、地元還元施設として、温水プール・老人センター等の余熱利用施設が併設され出した。さらに、時代のニーズや、地域住民の要望に合わせて、温室（営農用を含む）や、各種の市民利用施設へと広がりを見せている。

本市でも、鶴見・磯子工場で場外供給のスタートを切ったが、昭和四十八年竣工の旭工場から本格的になり、昭和五十九年竣工の北部工場では、地区センター・障害者研修保養センターへも供給が始まった。

また、北部工場では、余熱利用施設への蒸気供給だけでなく、電力の供給も行っている。これは、工場敷地外であって管理形態の異なる施設との障害を乗り越え全国で初めて達成できたものであった。また、栄工場から、上郷市民ふれあいの甲（仮称）への蒸気供給も決定し、平成三年のオープン目指し工事中である（表一参照）。

④ 発電所の併設

今日、清掃工場の余熱利用といえば、蒸気ター

ビンによる発電利用が余剰蒸気利用の大半を占めている。全国で八十カ所の清掃工場に発電所が併設され、総発電能力は、約二十三万kWとなっている。

昭和四十年に大阪市の全連続燃焼式焼却炉を持つ西淀工場で、国内最初の清掃工場発電所（四千九百kW）がスタートした。焼却炉の技術も現在ほど確立してなく、また燃料であるごみの発熱量（カロリー）も低く、安定した発電が技術的にも困難であったが、関西電力へ余剰電力の売却をも計画し、当時としては大規模な発電機を設置したことは、先見の明があったといえる。

その後、東京都が四十四年から、川崎市が四十六年からと、発電を開始した。本市は、四十八年の港南工場からであった。

大阪市の例を除けば、当時の発電規模は電力会社からの買電で賄っていた工場の所内電力を、自家発電により肩代わりさせ、経費軽減を目的としたものである。

焼却炉の安定運転が技術的に確立し、工場規模が大きくなると、発電を主目的にした発電所が出てきた。ここに来て、タービンも熱効率の悪い背圧タービンから復水タービンが採用された。

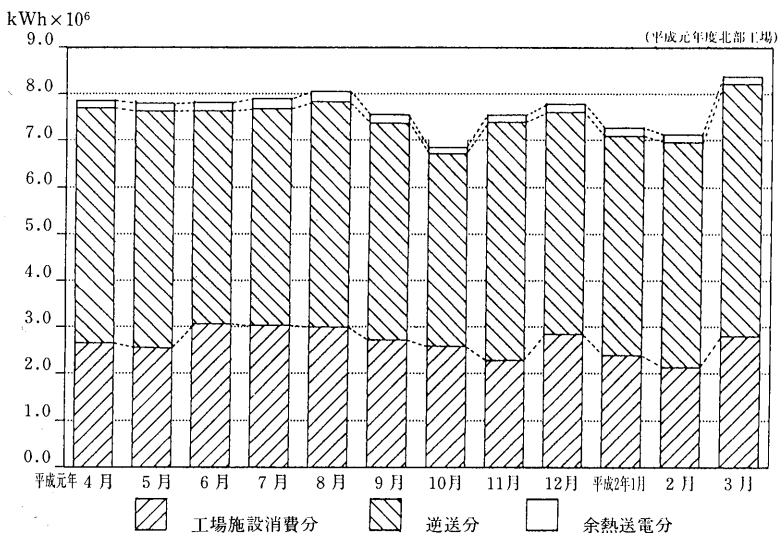
本市においても、北部工場で、一万一千五百

表-1 各清掃工場の余熱利用

	北部工場	保土ヶ谷工場	栄工場	港南工場	旭工場
所在地	緑区平台27番1号	保土ヶ谷区狩場町355番地	栄区上郷町1570-1	港南区港南台8丁目4番41号	旭区白根2丁目8番1号
焼却炉	三菱マルチン式 400t/日×3炉	日立・デロール式 400t/日×3炉	三菱・マルチン式 500t/日×3炉	日本鋼管・フェルト式 300t/日×3炉	三菱CE移床式,SGF揺動式 180t/日×3炉
ごみ質基準 (低位発熱量)	1200~2500kcal/kg	1200~2500kcal/kg	1370~2570kcal/kg	950~2430kcal/kg	800~2000kcal/kg
受発電設備	66000V 2回線受電 (特高) 契約電力 3600kW ST/G ^㉞ 11,500kW (6kV) (余剰電力電力会社へ 売電及び余熱利用施設 へ送電)	66000V 2回線受電 (特高) 契約電力 3200kW ST/G 4200kW (3kV) (余剰電力、電力会社 へ売電)	66000V 2回線受電 (特高) 契約電力 3200kW ST/G 5100kW (3kV) (余剰電力、電力会社 へ売電)	6600V 1回線受電 (高圧) 契約電力 1950kW ST/G 2800kW (6kV) (自家消費のみ)	6600V 1回線受電 (高圧) 契約電力 1750kW ST/G 無し
余熱利用施設	(所在地) 緑区葛が谷2番2号 1. プール (北部プール) 2. 老人福祉センター (つづき緑寿荘) 3. 障害者研修保養セ ンター (横浜あゆみ荘) 4. 地区センター (都筑地区センター) 工場より蒸気・電力供給	(所在地) 保土ヶ谷区狩場町238-3 1. プール (保土ヶ谷プール) (所在地) 保土ヶ谷区狩場町295-2 1. 老人福祉センター (狩場緑風荘) (所在地) 保土ヶ谷区狩場町213 1. 緑化センター 工場より蒸気・電力供給	(所在地) 栄区野七里2-21-1 1. プール (栄プール) 2. 老人福祉センター (翠風荘) 工場より蒸気供給 ※現在建設中、上郷市 民ふれあいの里(仮称) へ蒸気供給を計画	(所在地) 港南区港南台6丁目22 番38号 1. プール (港南プール) 2. 老人福祉センター (蓬萊荘) 工場より蒸気供給	(所在地) 旭区白根2丁目33番1号 1. プール (旭プール) 2. 老人福祉センター (福寿荘) 工場より蒸気供給

㉞ ST/G…蒸気タービン発電機

図-3 北部工場の発電電力利用内訳 (平成元年度)



kWの復水タービンを設置している(図13)。また、鶴見工場(仮称)では、北部工場と同能力の焼却規模であっても、最大限の熱効率で設計して、国内最大の二万二千kWの発電を計画している。

旭工場を除く四工場で、二万三千六百kWの発電能力を持ち、元年度で合計一億八千万kW余の発電実績がある。これは、一般家庭約六万世帯分の年間使用量に相当し、磯子区をカバーする電力である。

また、港南工場を除く三工場の発電設備から、東京電力への売電量は、約八千二百万kW、三億七千万円の収入を得ている。因みに、本市の清掃工場が発電設備を持たず、全使用電力を購入するならば、年間約一億kW、一四億円の支出があると推定される(表12参照)。

なお、環境事業局の歴史を遡ると、昭和六年、滝頭塵芥処理所に発電機が設置され、市電に送電されたとの記録があるが詳しいことは定かでない。

⑤ 電動ごみ収集車

こうした電力出力アップの一方、発電余剰電力の積極的活用に向け、全国に先駆けて、本市は電動ごみ収集車を導入している(写真1)。

電気自動車は、排気ガスが出ない、振動、騒

表-2 焼却工場の発電状況(元年度決算)

区分	発電電力①	発電電力消費内訳			買電電力⑤	消費電力②+⑤
		工場消費②	余熱施設③	売電④		
北部工場 (設備能力) (11,500 kW)	電力量千kWh ()内は% (100)	92,566 (100)	32,422 (35) (99)	1,963 (2)	58,181 (63)	322 (1) (100)
保土ヶ谷工場 (4,200 kW)	電力量千kWh ()内は% (100)	33,665 (100)	24,394 (72) (97)		9,271 (28)	732 (3) (100)
栄工場 (5,100 kW)	電力量千kWh ()内は% (100)	40,596 (100)	26,078 (64) (94)		14,518 (36)	1,644 (6) (100)
港南工場 (2,800 kW)	電力量千kWh ()内は% (100)	14,047 (100)	14,047 (100) (94)		(277) 逆送のみ	918 (6) (100)
計 (設備能力) (23,600 kW)	電力量千kWh ()内は% (100)	180,874 (100)	96,941 (54) (96)	1,963 (1)	81,970 (45)	3,616 (4) (100)

・売電単位 北部: 4.20円/kWh 保土ヶ谷・栄: 夏期(7~9月) 7.15円/kWh, その他4.50円/kWh

写真-1 電動ごみ収集車



音が少ない等、従来車(ディーゼル車)にはない大きな特長がある。

さらに、電動ごみ収集車は燃料に当てる電気が、自分が運搬したごみを原料とするという、極めてユニークな発想から検討されたものである。

本市では、昭和五十五年から電動収集車の研究にはいり、その後、通商産業省等の指導、助成を受け試用車を製作し、調査、研究、改良に取り組んだ。

一般に電気自動車は、動力源

に蓄電池を使用するため、車体が重く、加速性、登坂能力が劣る。また、走行距離にも限界があり、したがって、充電を頻繁に行う必要がある。こうした電気自動車の弱点は弱点と認めたと上で、いかにしたら収集車として使用できるか、昭和六十年十月に製作された試用車による走行試験が繰り返し行われた。

走行試験中、トラブルによりけん引されて戻ること一度々あったが、これらの一つ一つを改良し、昭和六十三年、遂に待望の実用車が完成した。

実用車は試用車に比べ車体も一回り大きく、加速性、登坂能力も大幅にアップさせた。収集員の作業環境も考慮し、クーラーを搭載した。ただし、その分、一充電当たりの走行距離は若干短くなった(表-3参照)。

電動ごみ収集車の運転操作は、従来車と殆ど同じである。僅かな違いは当然ながら、燃料計の代わりに電池容量計である。発進、停車が滑らかであり、エンスト、ノッキングもなく、乗り心地はすこぶる快適である。

こうして実用車は既に、八千五百km、青森、下関間を二往復半、ごみ収集に走り回っている。

昨今のエネルギー事情、環境汚染等が問題となっており、このユニークな事業は、さらに発展させる必要がある。そのため横浜市で

表-3 電動ごみ収集車主要諸元比較表

	実用車	試用車	現行ディーゼル車
型式	EV407型	EV405型	N-MH40
荷箱容量	4.2m ³	3.8m ³	4.2m ³
積み込みサイクル	約10秒	約13秒	約11秒
架装シャーシ	日産アトラス(3t) P-SGH40WNFX	日産アトラス(2t) N-CMH40	日産アトラス(2t)
空車重量	約4940kg	約4535kg	約3340kg
乗車定員	3人	3人	3人
最大積載量	1750kg	1500kg	2000kg
車両総重量	約6855kg	約6200kg	約5505kg
搭載バッテリー	ED-150×26個	ED-150×26個	-----
バッテリー重量	約1092kg	約1092kg	-----
バッテリー容量	156V-300Ah	156V-300Ah	-----
一充電走行距離	38km以上 (エアコン使用時)	約45km(実績) 30km(計画時)	-----
全長	5635mm	5230mm	5135mm
全高	2315mm	2240mm	2250mm
全幅	1990mm	1860mm	1800mm
投入口高さ	780mm	790mm	800mm
最高速度	59km/h	60km/h	-----
加速性能	約20秒	約17秒	-----
(0-40km)			
登坂能力	約15度	約15度	約20度

は、さらに二台目の実用電動収集車を導入すると共に、今後も走行距離の延長、加速性能の向上等の研究を進めながら、順次導入する計画している。

四——環境との調和

ごみ処理は、収集、輸送、中間処理(焼却など)、最終処分(埋立て)のプロセスから成り立っている。ごみ処理自体は、公害防止のプロセスの一つであるが、焼却などの中間処理施設では適正な除去施設を設置し、かつ安定的に稼働させることが必要であり、これらが達成されなければ新たな公害をもたらす恐れがある。

本市の各清掃工場では、大気汚染防止の上から、法規制値より厳しい排出基準を設定している。排気ガス中のばいじん除去設備として、電気集じん機、有害ガスの除去設備として脱塩装置及び脱硝装置を設けている。

工場排水では、公共下水道に放流することから、排水処理設備を設けると共に上水の使用を節約するため、極力、処理水の再利用に努めている。また、臭気、振動、騒音等の公害に対しても、清掃工場としての立場を考慮して、より厳しい自己規制をし、運転管理には十分配慮をしている。

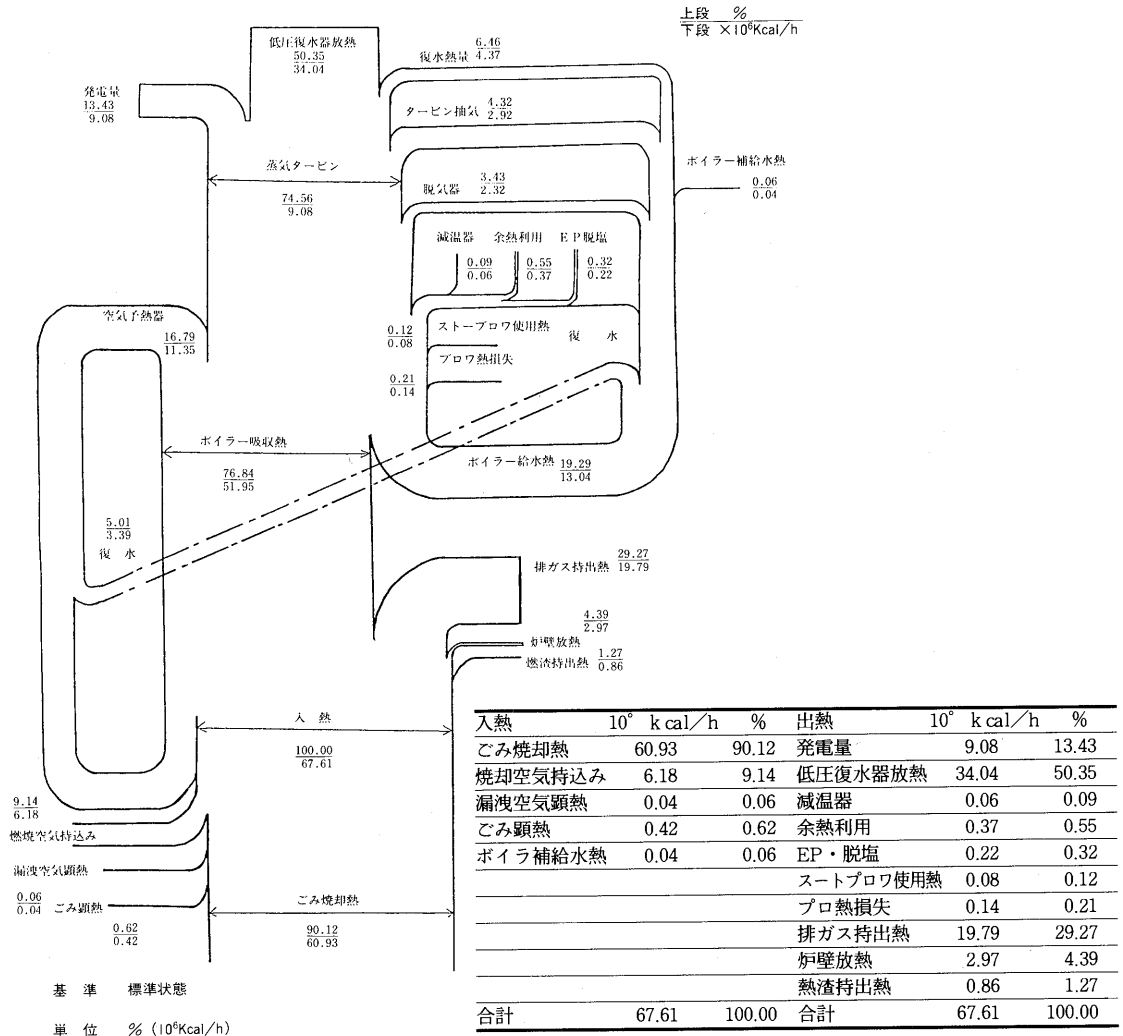
ごみ焼却工場として、環境保全には万全であっても、発電設備を設置してエネルギープラントとなってきた現在、別の面からも検証する必要がある。

発電出力をアップさせるために、高圧高温の蒸気条件を確保できるようにごみ焼却炉の排熱ボイラーの開発が急がれている。

また、エネルギープラントとして、ごみ焼却エネルギーの一三〜一三%（事業用火発電所でも、使用燃料の全エネルギーの三五〜四五%）程度しか電力に変換できていないため、効率をさらに高める必要がある（図4参照）。

こうしたことで、利用できずに大気に放出している未利用エネルギーの有効利用等を図り、

図-4 北部工場熱精算図（平成元年11月のデータを使用）



環境への調和を充実させねばならない。

さらに、地球の温暖化の原因の一つであるといわれている二酸化炭素の排出については、ごみを焼却処理するプロセスからは回避出来ない問題であり、新技術開発によって将来のごみ処理を考えていく必要がある。

五——総合エネルギーシステムの確立に

向けて

ごみ焼却工場は、従来の処理工場から一步進んで、エネルギープラントへと、その地位を転換させる時代になっている。

ごみが社会にとって、不要物その物であった時代から、エネルギー源として再認識されてきたのは、地球規模で資源の有限性に人類が気が付いたからであろう。

薪炭、石炭、石油と燃料革命の長い歴史の中で、科学技術の発展がその消費を加速してきたが、資源の枯渇はそれ程深刻なものではなかった。しかし、現在の社会生活の向上は、予測のつかない消費を生み、その深刻さは回避できないものとなっている。

省エネルギー、省資源、環境保全がいまっ

て叫ばれている中で、国・地方自治体としても当然、行政の一環として取り組まざるを得ない課題である。

総合エネルギー調査会（通産相の諮問機関）でも、太陽電池、燃料電池や廃棄物（ごみ）発電の本格的な活用などを盛り込んだ中間報告をこの六月にまとめた。

こうした動きが各所に出てきているなかで、本市においても、ローカルエネルギーの活用という観点から、清掃工場のエネルギープラントに積極的に取り組まねばならない。

従来の清掃工場の熱利用は評価できるものではあるが、これからは、より効率的なコージェネレーションシステム（熱電併給システム）の研究と早期導入を図る必要がある。

都市活動には、電力、熱等の膨大なエネルギーが不可欠である。しかし現在のところ、多くの未利用エネルギーが廃棄されており、都市としてのエネルギー効率は決して良いとはいえない。そうした中で、都市活動から必ずといって出る廃棄物が、都市活動のエネルギー源として地域熱供給、電力供給という地域に密着した位置付けとなった場合、都市のエネルギー効率も大きく改善されるだろう。

札幌市、東京都等が、清掃工場の熱エネルギーを利用する熱供給公社を設立し地域住民へ蒸気供給している。本市としては、こうしたものをさらに踏み込んだものにしたいと考えている。

ごみ処理は、昭和四十五年に設立した「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」に規定されている。

しかし、消費生活、産業活動の変化、さらに都市化の進む中で、法とのギャップが目立ちはじめた。ごみをエネルギー源として認知されれば自治体が進めてきた施策が更に充実するであろうし、自治体が扱う「一般廃棄物」の処理が広域化することも、エネルギー化への弾みがつくであろう。

こうした中で、自治体などの要望を入れ厚生省が改正への検討に着手したことは、大いに期待したい。

また、廃棄物（ごみ）発電の促進には通産省所管の電気事業法等の見直しが必要条件となるため、関係省庁にまたがる国家的な視野からの取り組みを求めたい。

△栗原〓環境事業局施設部施設課課長補佐設備係長／千葉〓同課課長補佐電気係長／石井〓同課施設計画等担当係長〓