

環境制御技術特集

環境制御技術の展望	65
排煙脱硫システム	72
建屋集じんシステム	84
機械工場における廃水処理システム	90
プラスチック乾留焼却システム	95
産業廃棄物総合処理システム	99

環境制御技術の展望

Technical View of Environmental Control Systems

平岡正勝* Masakatsu Hiraoka

Environmental pollution plaguing Japan today is ascribed to many causes, solution of which is possible only through close cooperation among every concerned people and enterprise in taking out necessary countermeasures.

One characteristic of the environmental pollution is its extreme diversification and complication which defy any simple process of solution taken up independently. Rather it requires the development of such a total system aimed at the full-scale prevention of pollution. For instance, in the field of air pollution, establishment of desulfurization systems for exhaust gas from power plants should proceed hand in hand with such other schemes as erection of chemical plants for sulfuric acid and plaster, and steam supplying plants for area heating purposes. In the field of sewage disposal, adoption of a total system incorporating control systems, and development of new disposal techniques capable of water purification without leaving much sludge. On the other hand, the problem of solid waste disposal requires more far-reaching investigation before taking up any immediate solution plans as it is rooted in the disruption of an environmental cycle of the community which might be traced partly to the unbalance between supply and disposal, and this certainly calls for such other elements than simple development of disposal techniques as the establishment of a total system for disposal on a whole community scale.

1 緒 言

きれいな空気、清らかな水、静かないこいの場所などわれわれの生活に必要な環境は、人間の活動に伴って排出される廃棄物を自然が受けとめ、自ら浄化することによって秩序が保たれてきた。しかしながら、われわれは排出される廃棄物の量が、すでに自然の浄化能力を越えつつあり、このことにより、生活環境が破壊されつつあることに気づき始めている。

アメリカの故ケネディ大統領は、すでに1961年に「発展途上の大都市地域は、その大気中に、家庭、工場、自動車から、あるいは、またその他の発生源から汚染物質が排出されている。大気がこれを受け入れる能力は限界に達しつつある……」と警告している。アメリカよりはるかに狭小な島国であるわが国においては、大気のみならず、河川、土壌さえも、その受容能力は限界に達しつつあるといっても過言ではない。

1970年2月、アメリカのニクソン大統領が提出した“公害追放のための環境改善特別教書”の一節に「国民が物質的豊かさにもまして、生活の質的向上を求めている今日、この新しい価値観に応じて、安全で快適な環境、少なくとも公害発生のおそれのない環境を形成するための努力を払うことは、国全体の責務である」と述べている。

人間の健康や生命にかかわる、世界にもまれにして重大な公害事件を経験したわが国の公害という言葉(ことば)は、きわめて社会的感情の強くこもった言葉としてとらえられ、ともすれば客観的な見方を失いがちであるが、最近、戦後われわれが物質的豊かさを求めるあまり、自然の秩序に対する十

分な配慮なしに、われわれの事業活動および生活活動を進めてきたことに対する反省も生まれ、人類がこれまでその中において生存し、将来もその中においてしか生存できない自然環境そのものの保全という考え方が強く押し出されるようになってきた。

公害問題というのは自然科学的、技術的より政治経済的であるとの意見も多く聞かれる。これらの意見には、「環境汚染防止は技術的に不可能なのではなく、これを実行に移すための姿勢および社会的背景により多くの問題がある」という意味が含まれていると考える。確かに公害問題には、このような面があることは、新聞、テレビなどの報道に示されており、技術的に困難であるということが公害問題解決に対する積極的な努力を怠る口実になってはならない。

しかし、公害問題防止のために多くの技術的難点があることも確かである。公害問題は、アメリカ・カリフォルニア州の面積より小さい国に1億の人口がひしめき、しかも、47都道府県に細かく分かれて、行政が進められているわが国独特の問題と、環境汚染あるいは環境破綻という観点から世界的視野に立つ問題とを、自然科学、社会科学など多くの分野の人々がそれぞれの果たすべき役割を認識したうえで、また、それぞれの地域における住民として果たすべき役割を認識したうえで、それぞれの立場から協力しあって解決していかなければならない時期にきていると言える。

ここでは、大気汚染、水質汚濁の防止対策および廃棄物処

* 京都大学工学部教授 工学博士

理対策などの環境汚染防止諸対策をトータル・システムの観点からとらえて、技術的諸問題を概説する。

2 環境サイクルと処理技術

われわれは生活活動を営むために自然から多くの資源を取り入れ、利用した後、多くの廃棄物を排出する。すなわち、人間は生命を維持するための代謝作用として、1日約12～13 kgの空気を呼吸し、約2～3 kgの飲み物および約1～2 kgの食べ物をとって、約750 gの炭酸ガス、約1.45 lのし尿を排出している。さらに日常活動の結果、1日約200～300 lの家庭廃水および約800～1,000 gのごみを排出している。同様に産業はその事業活動に伴って、膨大な量の、しかも多種多様のガス、液および固形の廃棄物を生じており、その量は全国で1日約100万tと推定されている。廃棄物処理システムを組み

入れた環境サイクルは図1のように表わすことができる。人間の生活活動の結果生ずる廃棄物は、従来、自然の浄化作用により、大気、海洋および土地に還元され、再び資源として利用されるという「環境サイクル」に組み入れられていた。しかしながら、技術革新に伴って廃棄物は質的にも多種多様化したため、浄化、還元速度の遅いもの、あるいは環境サイクルを断ち切るおそれがあるものさえみられる。

現状は自然の浄化能力を越えた廃棄物の蓄積により、図1の環境破壊の矢印の示す方向へ進んでいる。この矢印を環境サイクルに引き戻すためには、自然の浄化能力を期待できるところまで、人為的に還元速度を促進することが必要となってくる。したがって、処理技術とは自然の浄化作用を人為的に促進する技術と解釈することができる。人間社会の活動を自然の環境サイクルへ適合させるためには、図1のように、ガス、液、固形状の廃棄物を資源として再利用するシステムおよび処理・処分システムのつくる必要がある。

筆者は、生産、利用の過程を人体の社会動脈系とみなし、資源化、処理・処分のシステムを社会静脈系と呼んでいる。人体が動脈系と静脈系との動的バランスによって健康が保たれていることを考えると、今後、わが国はかなりの資本を投じて静脈系のシステムを建設していかなければ、環境汚染を防止することは困難であろう。

3 環境汚染防止技術の展望

3.1 大気汚染防止技術

大気汚染の形態は、石炭から石油へのエネルギー改革により、主として燃焼プロセスから生成されるイオウ酸化物が主体であるが、最近では、環境大気中へ放出された後、相互に反応し、あるいは紫外線など太陽光線の影響を受けて発生する、いわゆる光化学スモッグなどの複合汚染が問題となっており、防止対策が急がれている。固定発生源から生ずる大気汚染の防止の対策は、①原料、燃料および製造工程、燃焼工程の変更 ②発生源における除去 ③集合高煙突による拡散希釈 ④汚染物質の伝搬過程を知って、排出源の適正配置と緊急時の排出量の抑制を行なうことに分けることができ、これら諸対策の関連を図2のように示すことができる。

図2のうち、廃棄物を減少し、環境サイクルにのせる技術としては、排ガス処理技術が基本となろう。排ガス処理プロセスの構成は図3のように示すことができる。すなわち、粉じん除去のための集じん、ガス蒸気除去のための吸収、あるいは凝縮および蒸気あるいはそれに伴う悪臭除去のための吸着・後燃焼・触媒燃焼などの操作が、単独あるいは組み合わせて使用される。

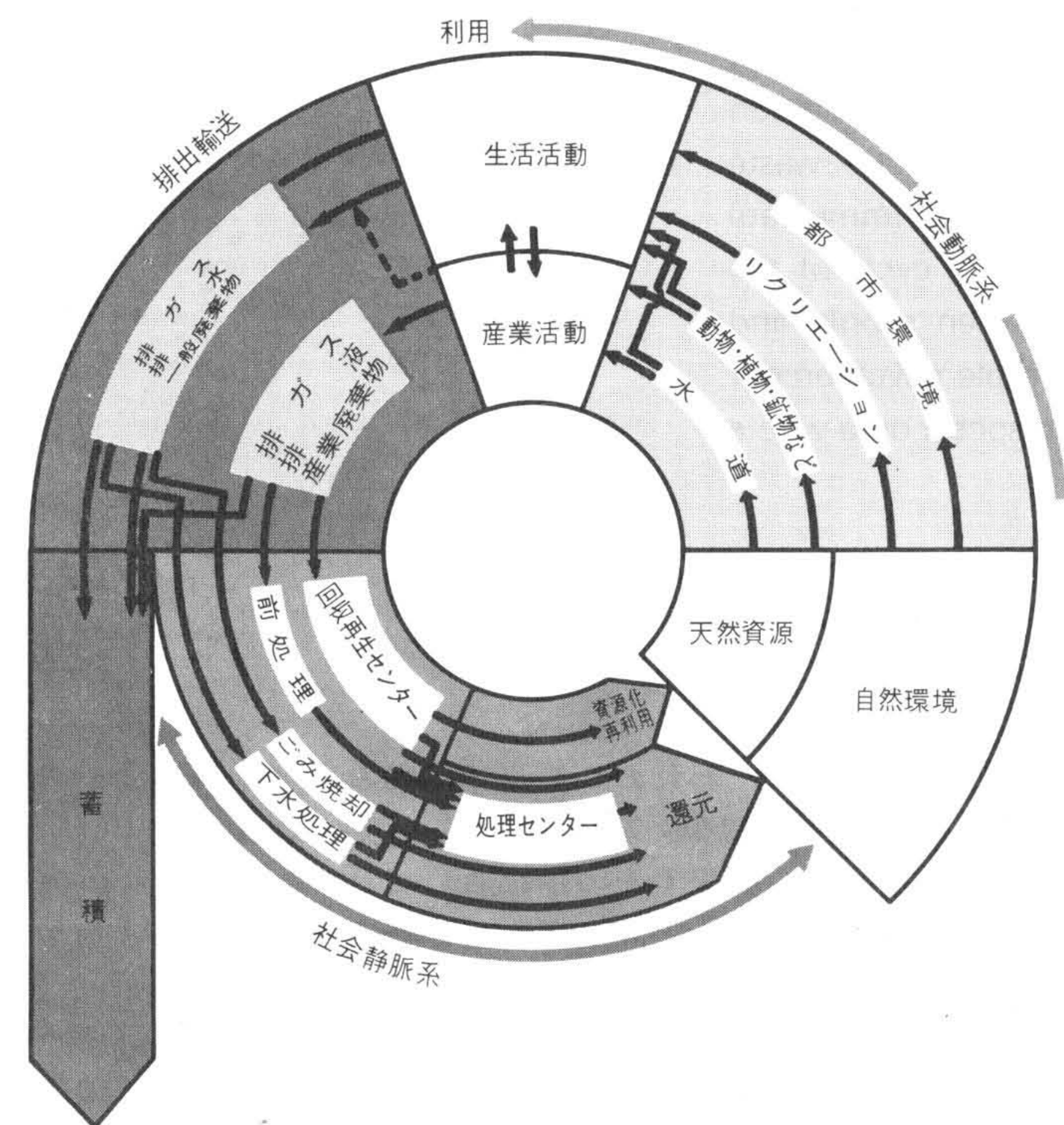


図1 廃棄物処理システムを組み入れた自然と人間の環境サイクル
生産、利用の過程を社会動脈系とし、資源化、処理・処分のシステムを社会静脈系とする廃棄物処理システム

Fig. 1 Nature and Human Environmental Cycle Incorporating Waste Disposal Systems

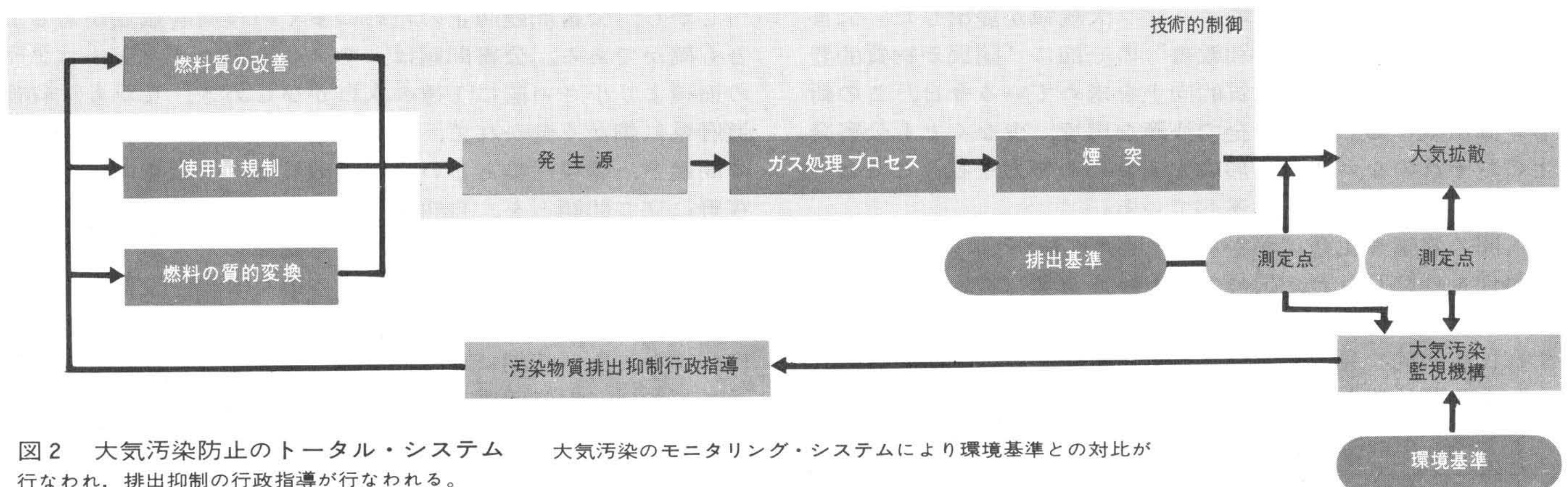


図2 大気汚染防止のトータル・システム
大気汚染のモニタリング・システムにより環境基準との対比が行なわれ、排出抑制の行政指導が行なわれる。

Fig. 2 Total System for Air Pollution Control

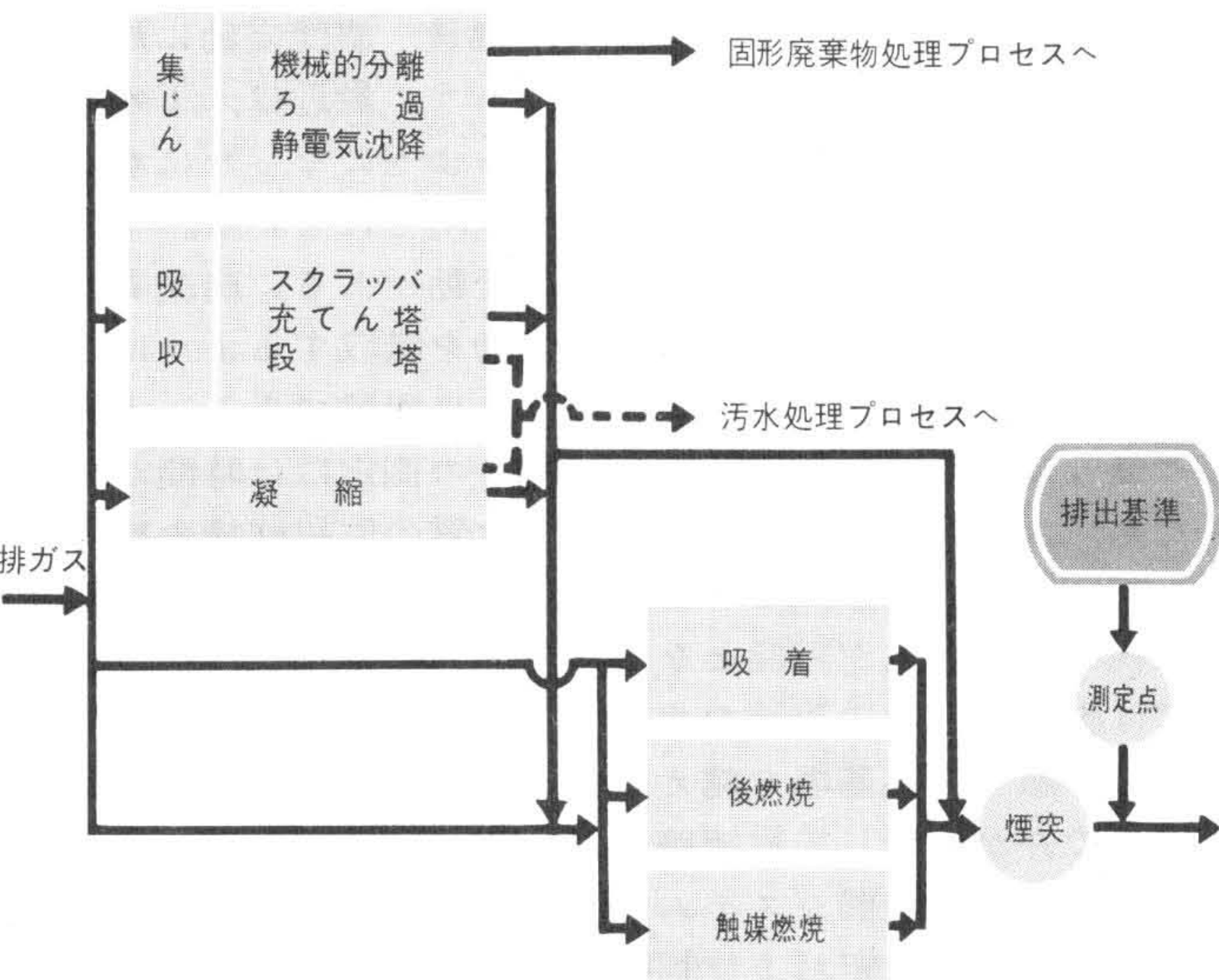


図3 排ガス処理プロセスの構成(粉じん, ガス蒸気, 悪臭)
処理対象汚染物質にはSO₂, HCl, 粉じん, 悪臭物質などがあり, 今後NO_x も加わる。
Fig. 3 Composition of Exhaust Gas Treating Process (Dust, Gas, Steam, and Offensive Odor)

(1) 排ガス脱硫

大気汚染防止の最も大きな問題として、世界的に研究が進められているものは排ガス脱硫である。排ガス中の亜硫酸ガスの除去は、原理的には、化学吸収を主体とした湿式法、吸着、接触酸化を主体とした乾式法のいずれを用いても可能であり、表1に示すような各種プロセスの開発が行なわれているが、経済的な面で、まだ決定的なプロセスはないようである。亜硫酸ガスの主発生源である火力発電プラントからの排ガス脱硫では、ここ数年は乾式法の開発に主力がおかれてきたが、装置および吸着剤の問題から、最近はまだ湿式法に注目が集まっている。最近開発されている湿式法は、吸収剤を循環使用する方法のものが多く、たとえば、亜硫酸カリ溶

液を循環使用する方法（ウェルマンロード法）、水酸化マグネシウム溶液を循環使用する方法（ケミコ法）、水酸化マグネシウム・二酸化マンガンの複塩のスラリーを使用する方法（グリロ法）である。また、これらの方法によって、いくつかの排出源で脱硫を行なった吸収液を一個所に集めて、再生して循環使用する、集中排ガス処理システムの計画がなされている。このシステムは吸収剤再生の際に回収した亜硫酸ガスを使用して、硫酸、セッコウなどを製造するシステムと一体となっている。このようなシステムは化学工業の若干の再編成を伴うことになるが、今後このようなシステムがつくられていかない限り、排ガス脱硫技術は発展しないであろう。

火力発電所の問題も、イオウを含んだ重油の燃焼から、硫酸、セッコウなどの製品をつくる総合化学工場と地域暖房のための蒸気供給会社を主体として、熱量の40%を電力として取り出すといったトータルシステムの中に組み入れる方向へ発想を転換していく必要があると考える。

(2) 汚染濃度の予報と制御

汚染物質の排出源における除去が十分に進んでいない現状において、環境の汚染を制御する方法には、次の二つの方法をとることができる。(a)有害な高汚染が発生しそうなとき緊急に排出量規制を加える。(b)排出源の適正配置を行なう。

(a)は静止汚染源については一時的な操業短縮と良質燃料への切換え、自動車については交通流の制御によって、ある時刻ある場所の環境汚染濃度を基準以下にする方法である。この場合フィードフォワード制御は高汚染を予防するという意味でフィードバック制御より好ましいことはいうまでもない。(b)の方法には、長期展望に立った土地利用計画、都市計画、輸送計画、地域改造による再整備、高煙突、集合煙突の採用などがある。排出源と汚染濃度の因果関係が詳細に解析されれば最適な(b)の対策を立てることが可能となる。

このような対策を有効に行なうため大気汚染の予報と監視のシステムに関する開発が行なわれている。大阪府に設置された、テレメータによる大気汚染監視機構がその代表的な例である。

表1 排ガス脱硫技術 研究開発中の技術がこの時点では多い
Table 1 Exhaust Gas Desulfurization Technique

方 式		研究機関, 工程名称	特 徴	コスト 円/kI	イオウ成分除去率(%)	
乾 式 法	石灰, ドロマイト投入法		TVA Stawness Power Plant 電力中央研—資源試 Bergbau Forschung (ドイツ) Landesanstalt (ドイツ)	石灰石はドロマイトより性能がすぐれている。 再生しない。	50～60	
	吸 着 法	Alkalized Alumina 法	Bureau of Mines (アメリカ) Central Electricity Generating Board (イギリス)	硫化水素またはイオウ回収, 吸着剤の再生	*1,540 円/kI (3%イオウ含有)	90
		活性酸化マンガソ法	三菱—中部電力	乾式吸収, 湿式再生, 硫酸あるいはセッコウ回収		90～98
		活 性 炭 法	Reinluft 法 (ドイツ) 日立—東電法 Sulfacid 法 (ドイツ)	無酸素加熱400℃脱硫* 水洗脱着 活性炭再生, 希硫酸回収	*1,200 円 (3%イオウ含有)	80以上 98～99
	接 触 触 媒 法		Monsanto 法 清浦—TIT 法 Princeton Chemical Research Co. (アメリカ)	70%硫酸回収 硫酸として回収	1,200 円 (3%イオウ含有)	85
Molten Carbonate Process		Atomics International によって開発中 (1969年11月現在, アメリカ)	炭酸塩再生 Claus sulfur plant でイオウ回収		95	
湿 式 法	石 灰 石 法		Battersea Process, Bankside 発電所 神奈川工試法—日本鋼管	放 流		96
	ア ン モ ニ ア 法		Cominco Process Fulham-Simon Caves Process	硫酸回収 硫酸, イオウを回収		98
	亜硫酸カリ溶液法		Welman Load 法	亜硫酸カリ再利用可能, 亜硫酸ガスの回収		95
	ドロマイト吹込法 湿式吸収式併用法		Combustion Engineering 法 Wickert 法	ドロマイト, イオウ回収しない。		15～29

注: *Cortelyou, C.G.: Chem. Eng. Progr., 65, 69 (1969) による。

3.2 廃水処理技術

水質汚濁因子は多岐にわたり、有害成分も多種多様であるため、廃水処理方式を一般的に論ずることは困難であるが、廃水処理プロセスの構成は総括的に図4のようにまとめることができる。

廃水処理技術は対象とする水の特性により、上水・用水処理、下水処理および産業廃水処理と大別できるが、それぞれのプロセスは図4の各種の処理操作の組み合わせであり、それも現状ではいわゆる二次処理までである。水の再利用を考えた、すなわち、前述の環境サイクルにのせるための技術としては、より高度の処理技術（微量の溶存汚濁物質除去のための三次処理技術）の開発が急務であり、吸着、逆浸透法、電気透析など各種の処理技術の開発研究が行なわれている。

廃水処理技術は活性スラッジ法を主体として発展してきたが、産業廃水中には生物処理では除去できないCOD物質、重金属イオンなどが含まれているので、生物処理には自ら限界がある。生物処理を中心に考えると、栄養源の問題から、各種廃水を混合処理することが有効である場合もあるが、生物処理の限界からみて、廃水は発生源ごとの前処理を十分行なうことが先決である。また、現在の水処理技術は汚濁物質を無害化するよりは、むしろ汚濁物質をスラッジの中に濃縮分離することにより水だけを浄化しているといっても過言ではない。汚濁物質の濃縮されたスラッジの処分は、業者の委託にたよっているのが現状で、投棄された廃棄物による二次的公害が深刻な問題となっているため、昭和45年暮れのいわゆる公害国会で「廃棄物の処理および清掃に関する法律」が制定され、スラッジ、廃油、廃酸などの液状、泥状、固形状の廃棄物の処理の排出者責任が明確にされた。

水処理は図4に示したように、スラッジ処理を含めたものでなければならない。スラッジの処理費用は水処理費用よりも高くつく場合もあるので、スラッジ処理の面から従来の水処理技術は再検討される必要があるだろう。たとえば、スラッジをあまり生じない水処理技術の開発である。従来の凝集沈殿、活性スラッジ法は、適用を誤ると水処理装置というよりは巨大なスラッジ発生装置になりかねないからである。

さらに水処理技術においては、流量、濃度変動に対応できる制御システムの導入が必要であろう。最近、下水道において分流式のものが多く建設されるようになったにもかかわらず、合流式設計基準がそのまま適用されている。その場合は最大と最小の流量では約5倍の変動がある。産業廃水においても流量変動は大きいので、変動を吸収するように設計しなければ、排出基準を満足することは困難である。大気汚染と違って、水質の指標となるBOD₅の測定には時間がかかるため、大気汚染監視機構に比べて水質の監視機構の整備は遅れているが、最近TODの自動測定装置の開発が進み、制御、監視機構の導入が可能となった。アメリカ・ダウケミカル社では廃水処理後の放流の水路にTOD自動測定装置を設置し、処理が悪く排出基準を越えそうになるとTOD測定装置からの信号で弁が作動して放流路をしゃ断し、緊急用ポンドへ貯留する水質監視制御システムを開発している。わが国でも、このような自動測定および制御機器の開発が必要である。

3.3 廃棄物処理

広義には排ガスも廃水も廃棄物と総称できるが、「廃棄物の処理および清掃に関する法律」では、事業活動に伴って生ずる廃棄物のうち、燃えがら、汚泥、廃油、廃酸、廃アルカリ、廃プラスチック類その他政令で定める廃棄物を「産業廃棄物」といい、その他の廃棄物を「一般廃棄物」と称している。

一般廃棄物は生活系から出てくるごみが主体であり固形廃棄物である。家庭ごみは、焼却処理と埋め立てにより処理・処分が行なわれているが、その焼却プロセスの構成は図5のように表わすことができる。種々の形式のごみ焼却炉が開発されているが、そのおもな違いはストーカ形式にあるといえてよい。最近の焼却技術の開発はめざましいものがあるが、生活様式の多様化によるごみ質の変化は焼却技術に新たな問題を投げかけている。

すなわち、①ごみ中のプラスチック類の増加による発熱量の増加 ②排ガス中の有害成分の除去 ③焼却残渣(さ)中からの重金属類の溶出などの問題である。焼却炉内温度は臭気を消すため800℃以上に、灰の融点の1,000℃を最高限度として調整するのが通常で、ごみの発熱量の変化によって、炉温

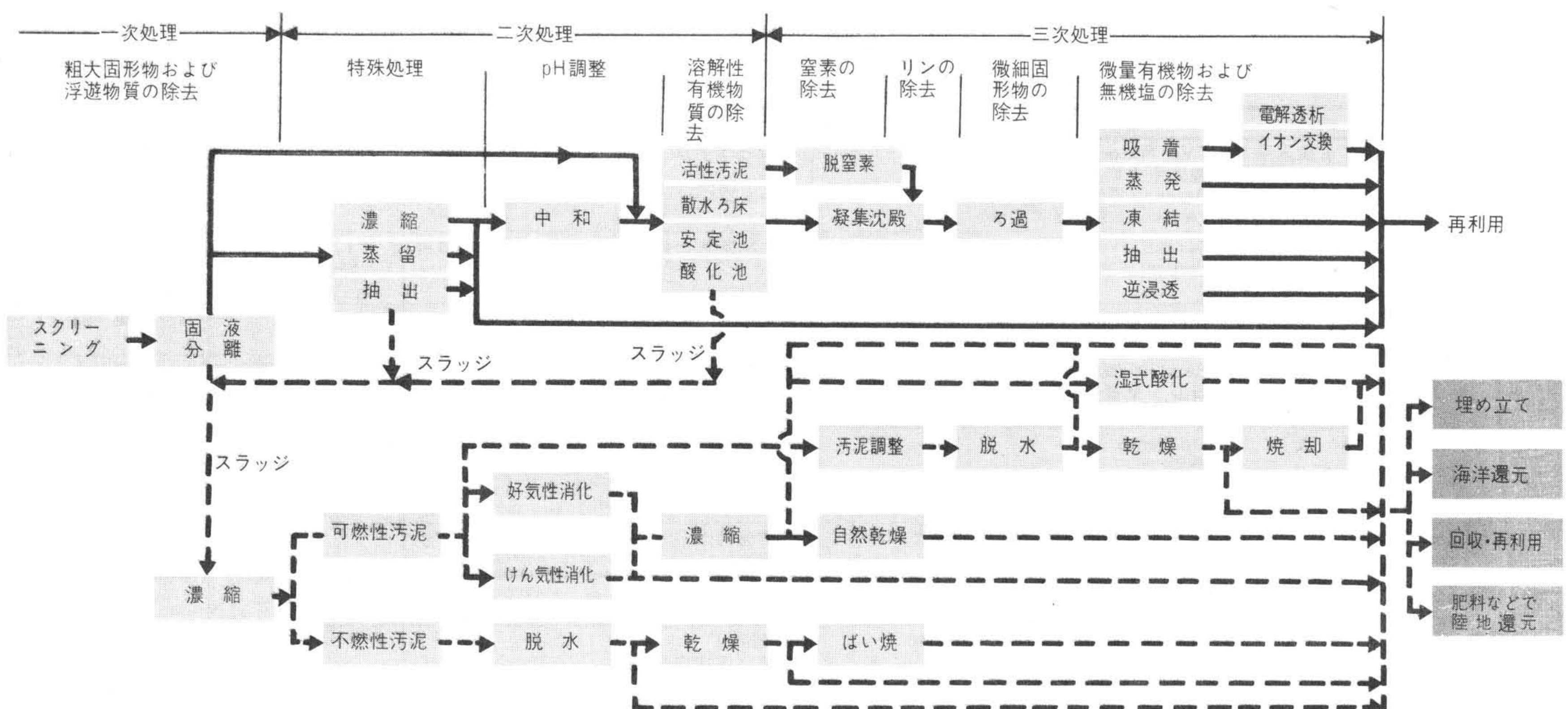


図4 廃水処理プロセスの構成 スラッジ処理を含めたトータル化、三次処理による水の再利用が今後の研究開発要素となる。

Fig. 4 Composition of Waste Water Treatment Process

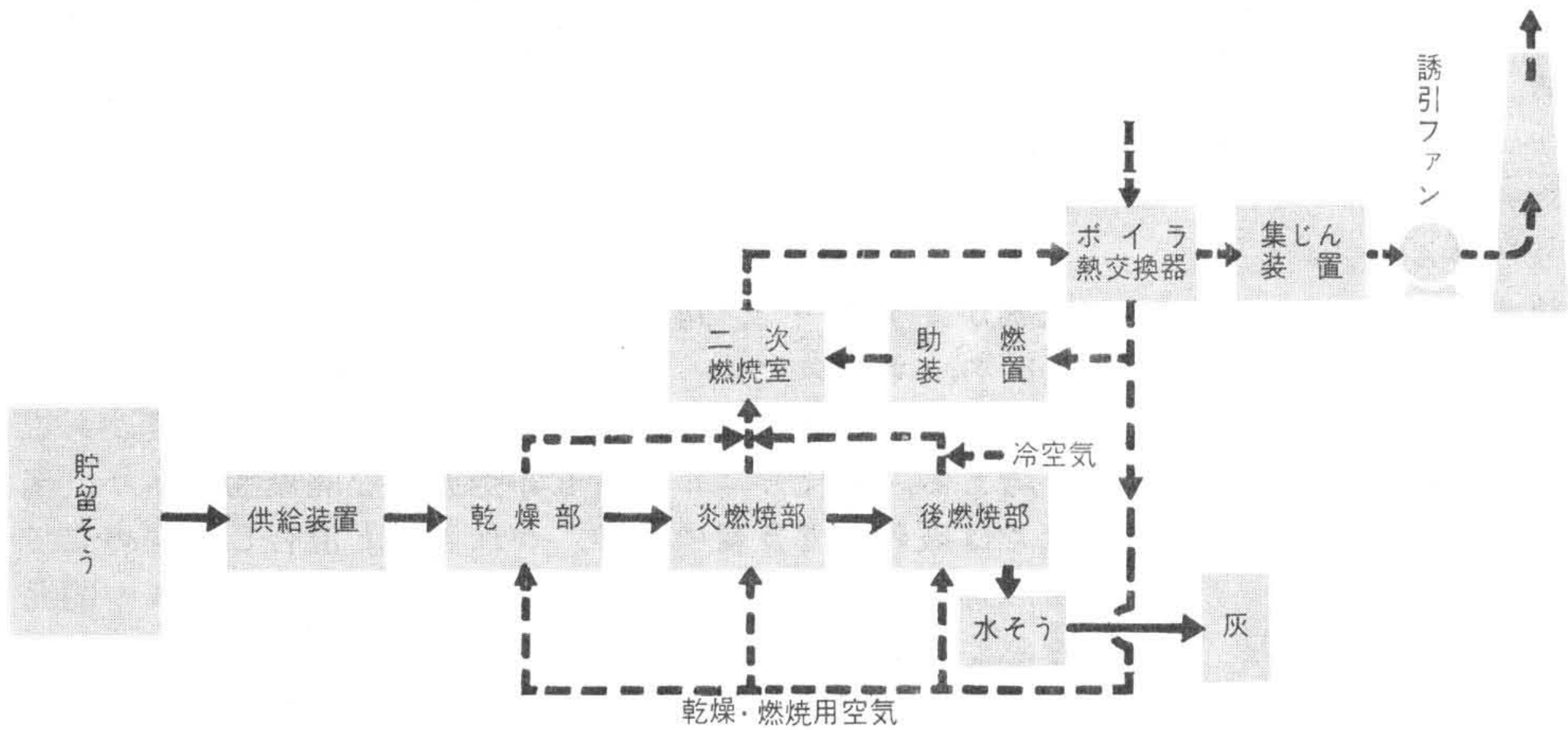


図5 固形廃棄物焼却プロセスの構成 二次燃焼により完全焼却を図り、ボイラにより廃熱回収を行なう。

Fig. 5 Composition of Solid Waste Incineration Process

低下の場合は補助燃料を供給し、炉温が高い場合には冷風を吹き込んで炉温を制御する方法がとられている。

したがって、最高発熱量を設定して誘引通風ファンの能力を決定してしまうと、設計値を越える発熱量の増大に対しては、処理量を減少させる以外に対策はない。また、プラスチック類はストーカから熔融落下するので、混入割合が増加してくると、適度に破碎混合して発熱量の均一化を図ると同時に、ストーカ形式そのものも再検討する必要が生じてくる。

焼却残渣の処理は後燃焼ストーカから水そう中へ落下させた後、コンベヤでかき上げる方式がとられているが、水そうからの排水中に残渣から溶出した重金属イオンが検出されるようになってきている。これは家庭での生活様式の多様化によるごみ質の変化と、塩化ビニルの燃焼から生ずる塩化水素と金属とが反応し、水溶性の塩化物を生成するのではないかと推定される。このため、廃水処理を十分に行なうか、あるいは焼却灰の処理を乾式にする技術を開発することが必要である。産業廃棄物は非常に種類が多く、その量も全国で1日約100万tといわれている。これら産業廃棄物は、破碎、脱水、乾燥、焼却、中和、圧縮などの処理操作の組み合わせで処理されるが、個々の処理装置の開発は始まったばかりで、さらに廃棄物の回収・再利用・総合処理のシステム開発が必要である。

(1) 廃棄物処理システム

欧米の大企業では、工場内に廃棄物の総合処理センターを持っているところが多い。たとえば、前述のダウ・ケミカル社では、自社内の各製造部門の180あまりのプラントから排出される廃水、ごみおよび廃油、タール、製品残渣などを集中処理センター形式で自社内で処理・処分をしている。すなわち、廃水はフェノール系廃水と一般有機廃水とに分けて、フェノール系の廃水は散水ろ床と活性スラッジ法の併用、一般有機廃水は活性スラッジ法で処理し、前述の自動監視システムで川へ放流している。一方、廃油、タール、製品残渣およびごみはピットに分けて貯留し、ロータリーキルンで混焼し、排ガスはベンチュリスクラッパで洗浄している。

また西ドイツの化学工業会社BASFでは、各製品部門から出てくる廃油、廃化学物質、セルロース系廃棄物を汎用焼却炉によって処理し、その処理コストは各製造部門へ請求書がいくというシステムをとっている。

西ドイツでは廃油の投棄は禁止され、処理はBASFのように自社で行なうか、廃油処理会社へ搬入することが法的に強

制されており、処理量に対して州政府から補助金が出るシステムになっている。この処理費は油の売価に含まれているということである。

わが国では、大阪市におけるめっき処理業者の協業組合形式による廃酸処理センターで、廃酸を真空蒸発装置で濃縮し、回収している例がある。現在、各都道府県では、資本力、技術力の不足から中間処理施設の設置困難な企業、あるいは住居地域と混在して処理施設用地の確保の困難な企業に対しては、公社形式の広域処理センターの建設が計画されている。この目的は、(a)廃棄物による環境汚染

の監視 (b)廃棄物の無害化処理 (c)適正な最終処分を行なうことにある。

(2) 処理プロセス

- 廃棄物処理の基本は、
(a)運搬および処分空間の拡大利用のための減量化
(b)衛生的にするための安定化
(c)有害物質の無害化

である。

産業廃棄物は形態、種類とも多岐にわたるが、処理のしやすさをめどに大まかに分類してみると表2のようになる。

I, IIは直接あるいは破碎処理だけで最終処分可能なものであり、IIIは一般廃棄物と同様な焼却によって処理でき、排ガス処理にあまり意を用いなくてもよいものである。これらは費用を徴集して一般廃棄物といっしょに処理することを考えてもよいであろう。I, II, IIIのものは比較的簡単な処理により環境サイクルにのせられるもので、生態系廃棄物と呼ぶことができるであろう。

表2のIグループの廃棄物には減量化のための破碎・圧縮の操作が使用され、IIグループには一般廃棄物と同様な焼却処理が中心である。IIIのグループに対しては、脱水、分離、乾燥、焼却、中和、溶融などの操作が用いられる。これらは処理センター形式で処理するのが最も有効な廃棄物処理方式である。

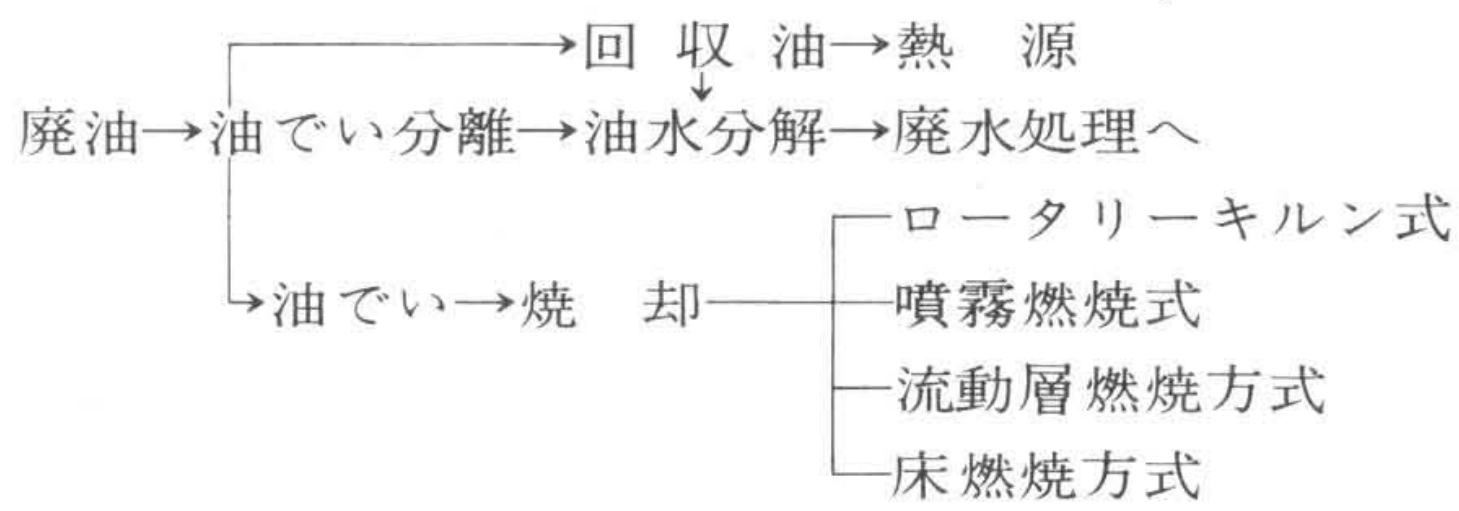
- ① 廃油類：無害化処理を排出者で行なうとき、熱源を多く必要とし、そのために処理費の高くつくものが多い。廃油

表2 処理特性からみた廃棄物の分類 産業廃棄物処理の問題点はIVグループの廃棄物に多い。

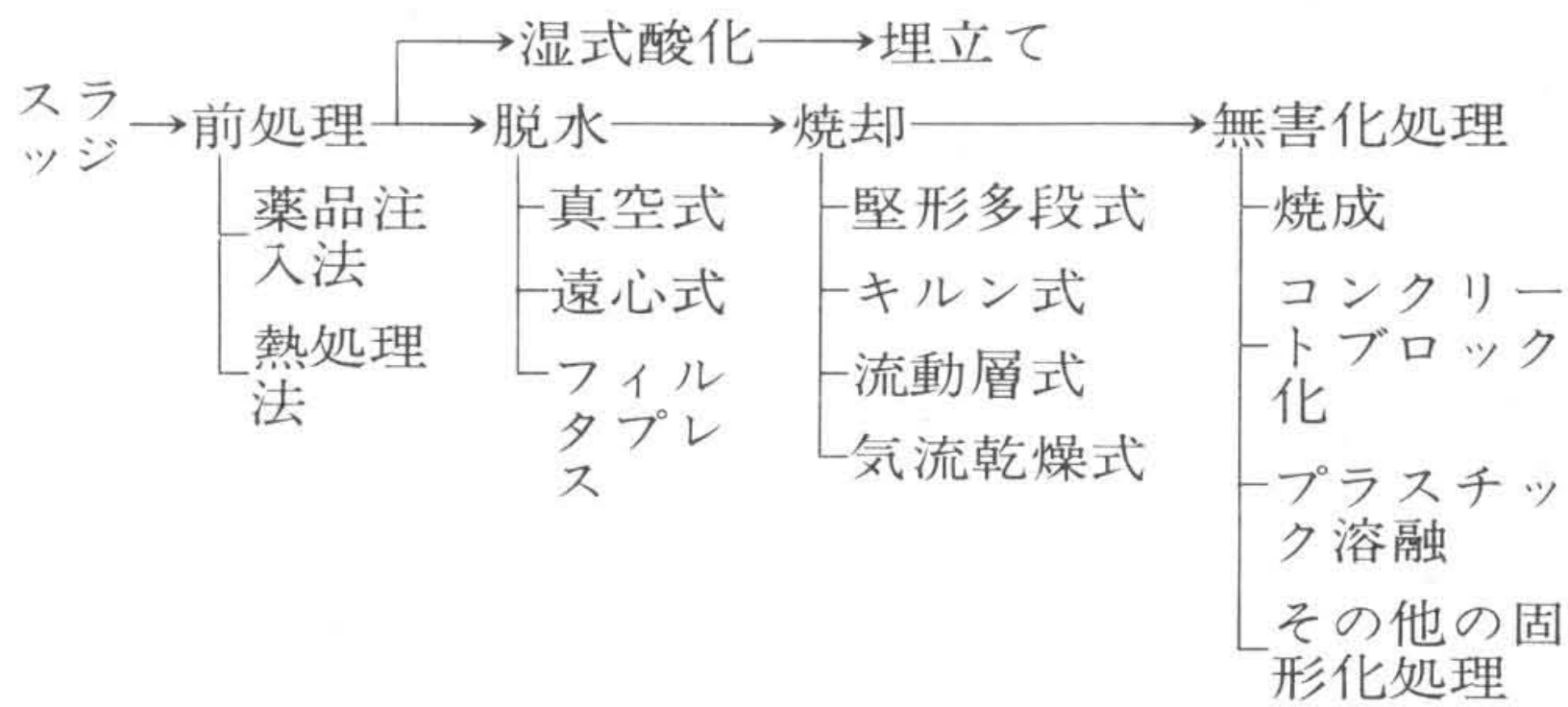
Table 2 Classification of Wastes According to Their Disposal Characteristics

生態系廃棄物	I. 直接埋立て可能なもの	ガラスくず、灰など。
	II. 破碎などの機械的処理で分離後埋立て可能なもの	建設廃材、がれき、金属、粗ごみなど。
	III. 容易に焼却処理可能なもの	紙くず、木くず、繊維くずなどのセルロース系。
	IV. 無害化処理の必要なもの	①廃油、②スラッジ、③廃プラスチック類、④廃酸・廃アルカリ、⑤タールピッチなど。

はこのための熱源として重要なものである。一般的な処理プロセスは次のように示すことができる。

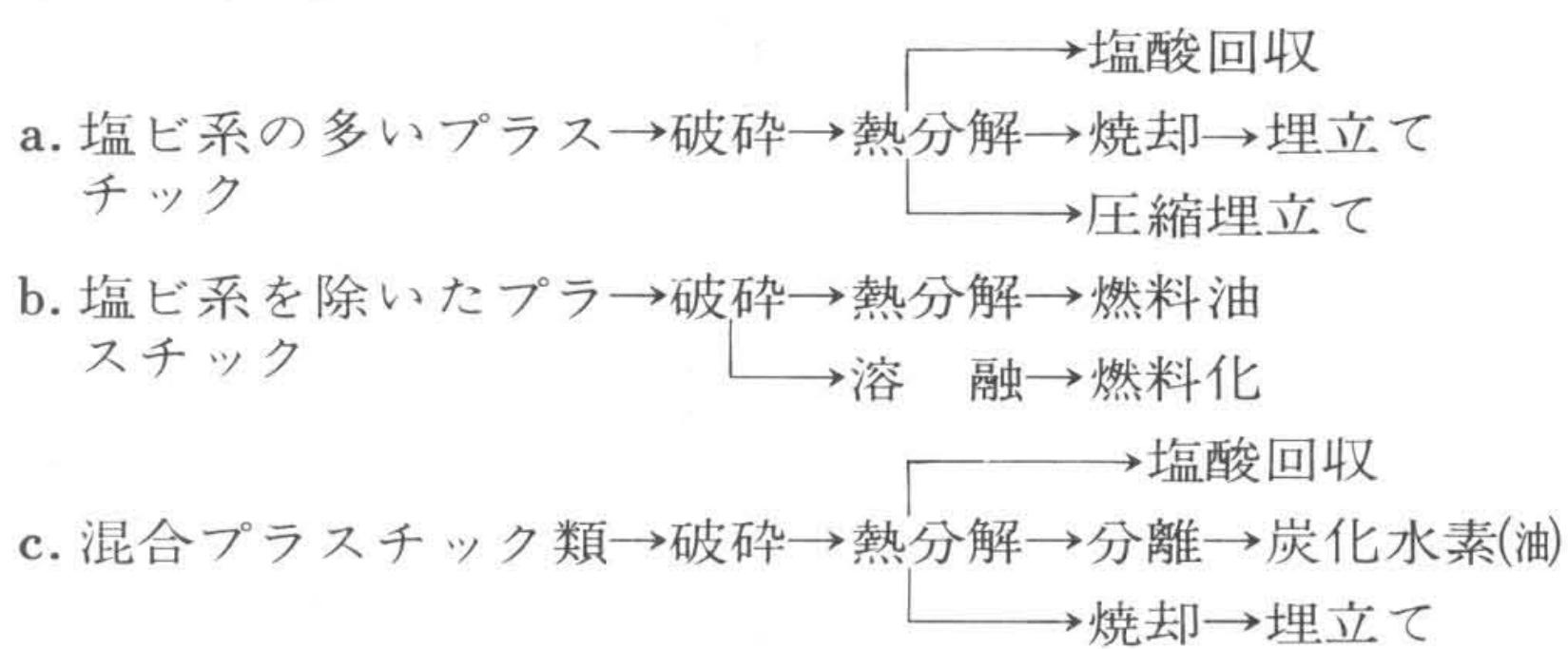


② スラッジ類：非常に種類が多いので一般的に論じるのは困難であるが、処理プロセスは次のようである。



このうちで最も困難なものは重金属などの有害物質を含むスラッジの無害化処理であり、今後研究すべき課題である。

③ 廃プラスチック類：種々の処理技術が開発されているが、塩化ビニル系のもの和其他のものとを分けて考える必要がある。現在開発されている処理技術としては次のようなものがある。



d. 混合プラスチック類→破碎→洗浄→溶融成形→再利用

e. 混合プラスチック類→破碎→全量焼却

現状ではどのような方法が最も有効であるかは、評価できる段階ではない。

筆者は、塩化ビニル系のものとそうでないものの分別収集がまず第一で、塩化ビニル系を除いたプラスチック類はb.のプロセスによって低イオウの燃料として利用するのがよいし、このようなシステムをつくっていく必要があると考える。塩化ビニルは最も非生態的な廃棄物であり、現状では破碎して多量の土砂、がれき類と混合して埋め立てる以外にはないが、当面塩酸回収を行なうプロセスの開発を急ぐ必要があろう。

d. の熔融成形して再利用するプロセスは多くの技術開発が新聞などで報道されているが、全体の処理システムの中では、廃棄物の滞留時間を増すのみで、長期的にみると廃棄物の量は減少しない。むしろ、充てん剤および安定剤として含まれている重金属類の蓄積したものが分散して汚染の広がるおそれがあることに注意して技術開発を進める必要がある。資源化技術としては油まで分解するのが本筋のように考える。

④ 廃酸・廃アルカリ類：これは中和が基本処理プロセスとなるが、処理センターでは熱源が得やすいので、協業組合の回収センターを処理センターに誘致併設し、熱を供給する形でできるかぎり回収を図るのがよいと考える。

4 環境汚染防止技術のシステム化

大気汚染および水質汚濁の防止の技術と廃棄物処理技術について簡単な展望を述べた。各処理操作は種々の処理装置およびその組み合わせから成り立っている。処理装置の多くは従来の生産プロセスで開発されたものが、そのまま適用できる場合も多いが、本質的に目的関数を異にするため、環境汚染の装置は生産装置と区別して環境装置と呼ばれている。その目的は、自然の浄化作用を促進して環境サイクルを維持す

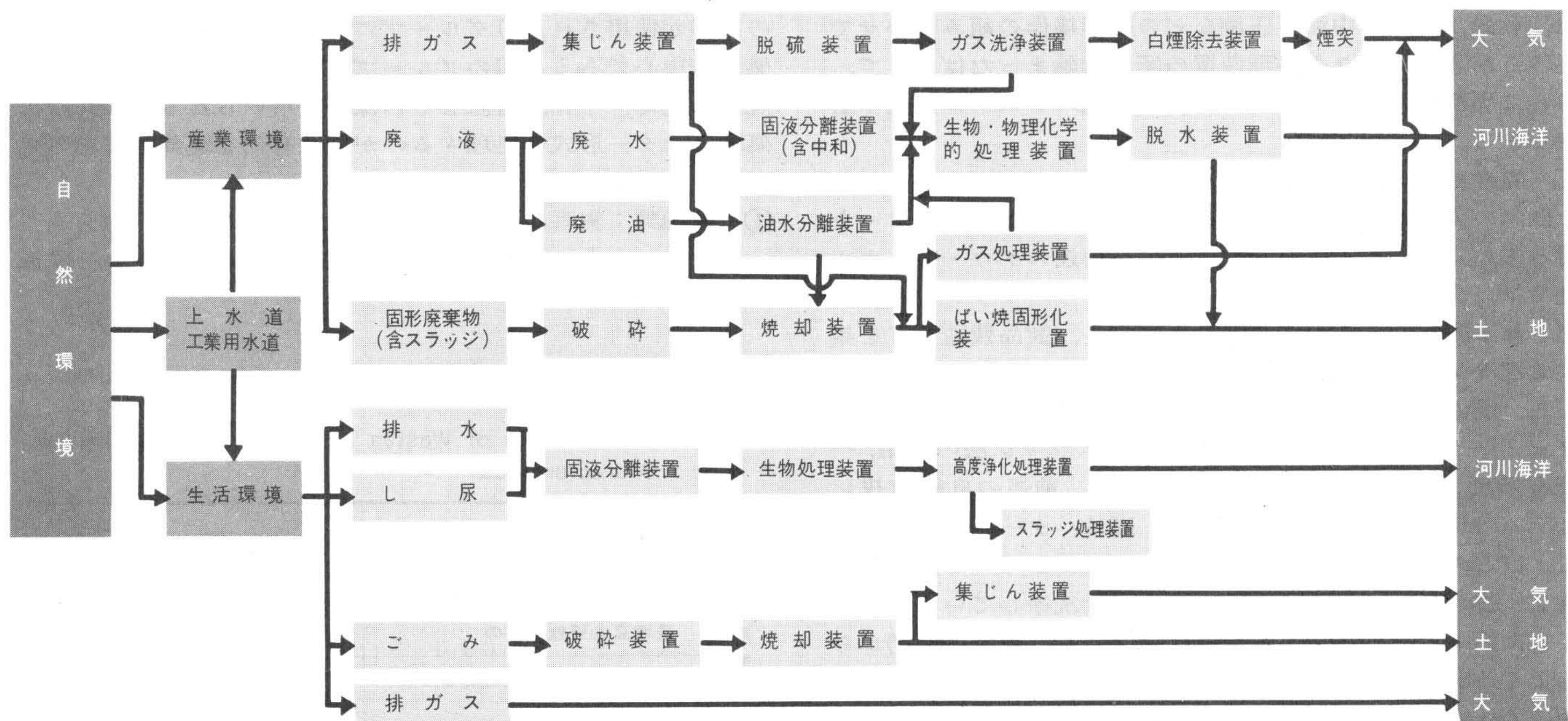


図6 処理プロセスと環境装置 産業系および生活系から出る廃棄物は適切な処理を経て、すべて大気、河川、土地へ返される。

Fig. 6 Disposal Process and Environmental Equipment

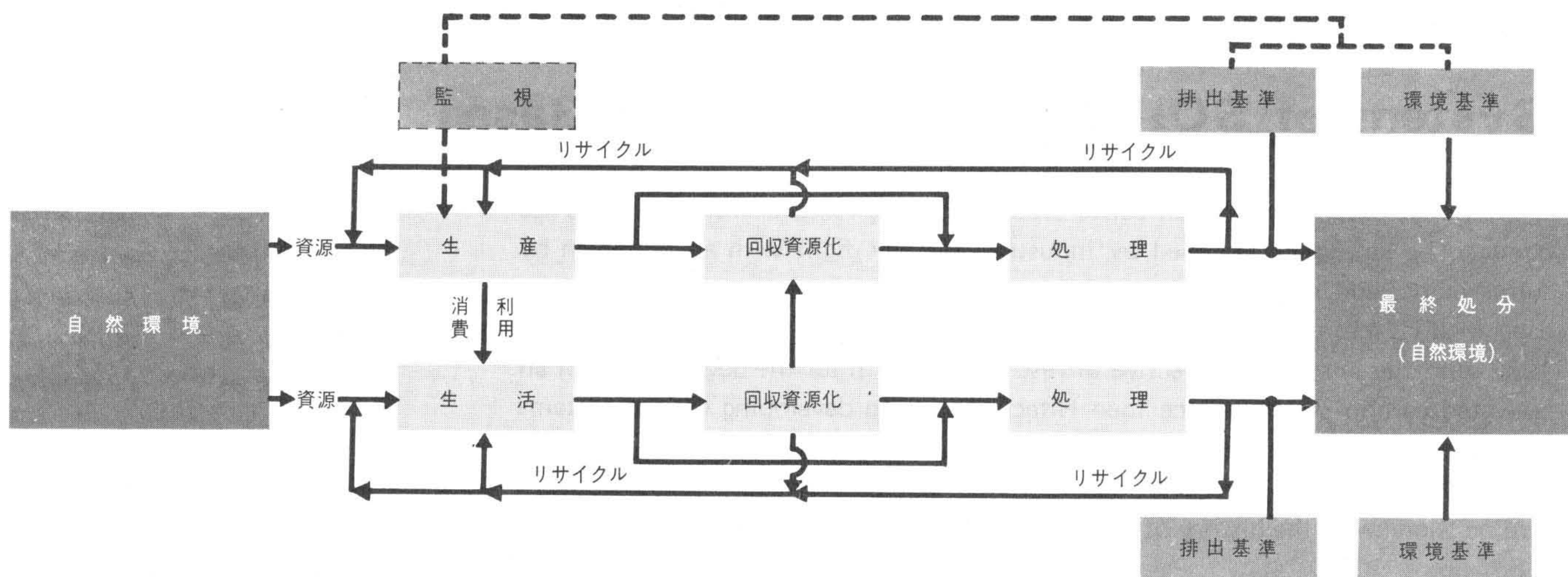


図7 環境汚染防止のシステム 生産および生活系からの廃棄物は回収資源化技術の開発によって、再び資源としてリサイクルされる。

Fig. 7 System for Environmental Pollution Control

ることにあるので、処理技術を単独で評価することは危険であり、常に環境サイクルの中での位置づけを明確にしたうえで評価する必要がある。

すでに述べたように、大気、水、廃棄物の処理技術はそれ自体は汚染物質を物質あるいはエネルギーとして変換する開いたサブシステムであって、汚染物質はなくなるわけではない。これらのサブシステムの中に、大気、海洋、土地の自然環境および人間を入れることによって、はじめて閉じたトータルシステムとなる。これらの関連を環境装置を中心に示したものが図6である。

くり返し述べたように、ガス、液、固形状の廃棄物処理は図6でも明らかなように有機的に関連があり、それぞれの処理技術は、それぞれの目的に応じてシステム化する必要がある。

生産および生産活動からの廃棄物を回収・資源化し、処理・処分する過程を単純なフローチャートで示したものが図7である。回収・資源化のシステムはまだつくられていないが今後できるかぎり、リサイクルのシステムをつくって、インプットとしての資源と、アウトプットとしての汚染物質の量を減らしていくことが重要である。

「公害対策基本法」により環境基準が定められ、さらに、環境基準との関連において排出基準が設定されつつある。これらの基準が設定されれば、環境汚染防止技術の一応の目標は汚染物質を排出基準以下に押えることになる。しかしながら、汚染物質の環境中での伝搬過程および自浄作用については不明な点が多いため、環境基準が設けられているのは亜硫酸ガス、粉じんおよび一酸化炭素および水質汚濁に関するものなど数種の汚染物質にすぎない。

今後、このような汚染物質の環境および生体への伝搬過程の解析などを含めた環境科学の研究の発展が望まれるが、この中でも重要な役割を示すものが、汚染物質の検出および測定技術の開発である。

生産プロセスの設計においても、その目的関数は収率最大といったような単純なものではなく、まず環境保全と人間の健康に関する観点から環境基準が制定され汚染物質の伝搬過程、自浄作用、蓄積現象との関連において排出基準が設定され、逆に処理から製造プロセスの設計を進めてみて図7のようなトータル・システムにおいて最適であるかどうかといっ

たものでなければならない。

最近、テクノロジー・アセスメント（技術の再点検）という言葉が広く使用されている。これは環境汚染防止の立場から既存の技術をながめた場合、それぞれ、サブ・システムとして最適であっても、処理・処分および地域社会の問題まで入れたトータル・システムとして考えた場合、適当でない技術が多いのではないかということである。このことは、過密社会を形成しているわが国においても、最も真剣に考えるべきことである。ほとんどの資源を海外からの輸入にたよっているわが国は、輸入した資源からわれわれの生活に必要な成分のみを分離して、残りは廃棄物として排出しているのであるから、世界で最も環境汚染が進むのは当然である。

一例が最近話題になっているプラスチック廃棄物処理の問題である。地中から掘り出した石油に人工的な加工をしてできたプラスチックは、われわれの生活に広く使用され、生活の向上に寄与したが、プラスの面の増加とともに処分の困難性というマイナスの面が出てきた。

処理・処分の困難性の面から逆に、処理・処分の容易なプラスチックの開発へ努力が向けられ、最近、太陽光線で分解されるプラスチックの開発、あるいはセッコウを含んだポリエチレン樹脂の開発が報じられているのは、技術の再点検がすでに始まったといえるであろう。

5 結 言

環境汚染の現象は、汚染物質の発生源、伝搬過程においてさまざまな因子が複雑にからみ合っている。したがって、その防止対策は個々の現象のみを対象としたものだけでは十分でなく、できるかぎり広いシステムとしてとらえる必要があることを述べた。トータルシステムの観点をせずに大気汚染および水質汚濁の防止対策が進めば、ダスト、スラッジとしての産業廃棄物の量を増大する結果となる。

現在は、規制の強化、公害防止機器の開発が盛んであるが、環境汚染防止にとって何が最もたいせつなものなのか、われわれは何をなすべきかを見きわめ、具体的に対策を進めていく時期にきている。環境汚染防止対策についてトータル・システムの適切なアプローチが重要であることを強調した小論がいささかでも参考になれば幸いである。