

特集

新しいごみ処理施設の潮流

社会におけるごみ処理の位置づけ

北海道大学 松藤 敏彦

はじめに：社会における産業としての廃棄物処理

(1) 産業分類における廃棄物処理

社会においてごみ処理はどのように位置づけられるのか、まず「産業」としての分類から始めることにする。

日本では、「統計調査の結果を産業別に表示する場合の基準として、財・サービスの生産・提供に係るすべての経済活動を分類する」ためとして、昭和24年に日本標準産業分類が設定された。第1表はその大分類であるが、廃棄物処理はどこに分類されているだろうか。答えは、「Rサービス業（他に分類されないもの）」であり、同じ分類内には職業紹介・労働者派遣業、政治・経済・文化団体、宗教などがある。産業を一次、二次、三次と分類するとき、A、Bを一次、C、D、Eを二次、そのほかを三次とするのが一般的なので、廃棄物処理は第三次産業になる。ちなみに、同じ静脈施設である下水処理は、「F電気・ガス・熱供給・水道業」の中で「下水道業」に含まれている。

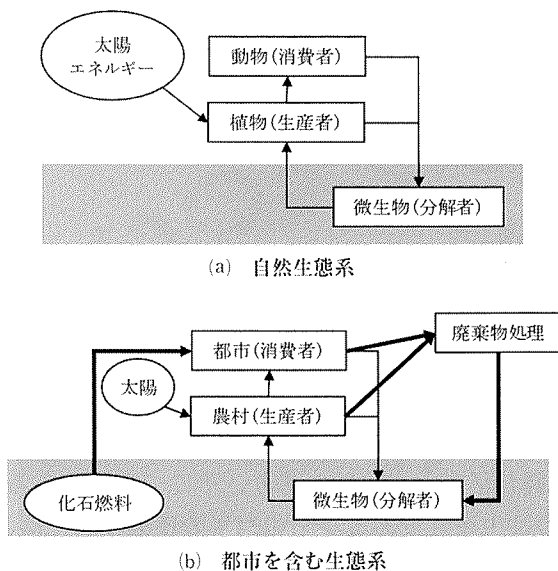
第1表 日本標準産業分類（大分類）

A. 農業、林業	K. 不動産業、物品賃貸業
B. 漁業	L. 学術研究、専門・技術サービス業
C. 鉱業、採石業、砂利採取業	M. 宿泊業、飲食サービス業
D. 建設業	N. 生活関連サービス業、娯楽業
E. 製造業	O. 教育、学習支援業
F. 電気・ガス・熱供給・水道業	P. 医療、福祉
G. 情報通信業	Q. 複合サービス事業
H. 運輸業、郵便業	R. サービス業（他に分類されないもの）
I. 卸売業、小売業	S. 公務（他に分類されるものを除く）
J. 金融業、保険業	T. 分類不能の産業

日本標準産業分類は、その目的にあるように「経済活動」の分類であり、そこで重視されるのは生産性である。昭和24年の産業分類では、まず製造業と非製造業に分けられていた。非製造業のうち、「運輸通信およびその他の公益事業」の中に「塵芥、灰、汚物の処理に付帯して収集運搬の伴うもの、あるいはその最終処理を提供する事業所で、市町村公共団体等によって管理される公共的性質のもの」として「汚物処理業」があった。つまり最初は「公共的事業」であったのが、何度かの改訂ののち、現在は文化団体や宗教と同じ「その他のサービス」に分類されている。廃棄物処理は、本当に「非生産的」なのだろうか。

(2) 経済活動を支える廃棄物処理

自然生態系においては、第1図⁽¹⁾のような循環が成り立っている。植物は太陽エネルギーを光合成により取り込んで生産者となり、それを動物が消費する。植物の残骸、動物の死骸や排泄物は微生物が分解して、自然に還元している。一方、人口の集中する「都市」においては、発生したごみや汚水は自然の能力では処理できないため、人工的な処理が必要になる。焼却や埋立、あるいは下水処理、排水処理、排ガス処理などは、この自然への還元を早めるための人為的な装置である。化学物質など自然には存在しない人工物は、一般に自然は分解してくれないことが多いので、工学的な処理が必要になる。また、都市システムは太陽エネルギーのみでは



第1図 自然の循環と人工的な循環

維持できないので、追加的エネルギー源として化石燃料を取り出して消費している。

第1表の大部分は、モノを生み出す動脈産業、それを動かしサービスを提供するサービス産業であり、廃棄物は有用なものを生み出さないで経済活動上は非生産であるとされている。しかし第1図において、人工的な処理を行わなければ、都市は維持できない。廃棄物は多様であるが、それは第1表の多様な生産部門からそれぞれ廃棄物が生まれるからである。廃棄物処理がない社会は静脈がない生物、トイレのない家と同じであり、社会全体の生産性は低下する。廃棄物処理は、都市の経済活動を維持するために重要な役割を果たしている。

1 社会の変化と廃棄物処理

1-1 衛生問題と健康被害

ごみ処理は、社会の状況に大きく影響される。ごみ処理方法として最初に選択されるのは、特別な装置を必要としない埋立である。しかし19世紀末、コレラなどの伝染病の大流行に対応するため、焼却が我が国の基本方針となった。す

なわち、初期に最も重要とされたのは①衛生の確保である。

衛生問題を除く環境影響への意識は、当初希薄であった。汚れた川、空を覆う煙はむしろ産業の発展の証として歓迎されるほどであり、そのために多少の汚れは我慢すべきと考えられていた。しかし、水俣病、イタイイタイ病などの公害が人体に重大な影響をもたらすことが明らかとなり、②人への健康被害に目が向けられるようになった。環境政策の大転換となったのが、公害関連14法案が審議された1970年の公害国会である。大気、水質、騒音などの環境基準が設定され、廃棄物処理も環境対策レベルは格段に向上した。

1-2 環境と資源の制約

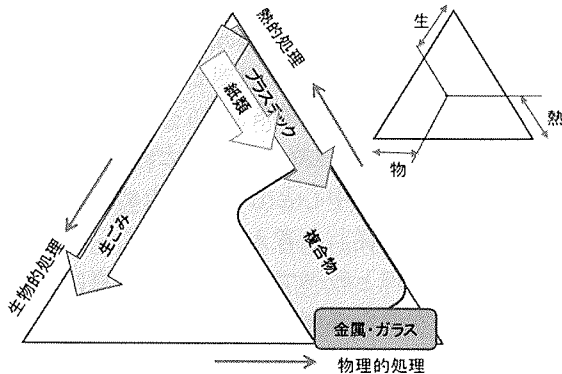
その後は、③生態系も含めた環境、④資源・エネルギー、この2つの制約がごみ処理を大きく変化させた。1990年代後半のダイオキシン問題は焼却の、また不法投棄、不適正処分の類発と浸出水漏水の発見は埋立地に対する不安を生んだ。その結果、焼却は灰溶融、ガス化溶融という新たな処理技術が短期間に広く採用されるようになり、埋立は構造・維持管理の高度化がはかられた。また屋根付き処分場の建設数増加は、悪臭、不快感などを含めた不安を減少させ、建設への反対を弱めるとの効果がある。一方、地球環境問題、特に温暖化への対応は世界共通の課題となり、「持続可能な開発」を目指すため、資源消費量低減、環境影響低減を強く求めるものとなった。廃棄物処理においては、特に温暖化の抑制のためにバイオマスを初めとする未利用エネルギー利用の必要性が高まっている。

1-3 ごみ処理の複雑化

1980年代までの一般廃棄物は可燃ごみ、不燃ごみ、粗大ごみの3分別が一般的であり、それぞれ埋立、焼却、破碎・選別を行うのが一般的であった。ごみ処理の目標は、発生するごみを適切に処理するための施設整備の推進である。

しかし1990年代後半からは、焼却、埋立の高度化のほかに、自治体によるガラスびん、ペットボトル、スチール缶・アルミ缶、さらにはプラスチック製容器包装などの資源化が広く行われるようになり、新たな対象物を資源化するための技術開発が進められた。単一素材製品以外にも、家電製品、自動車などの複合製品の資源化も必要とされ、さらに高度な設備や技術が求められている。物質回収だけでなく、廃棄物からのエネルギー回収もさかんに進められるようになった。3分別の時代の全国画一的な処理方法と較べると、選択可能な選択肢は増加した。

処理技術を生物的処理、物理的処理、熱的処理に分類すると、廃棄物中の主な組成に適用可能な技術は、第2図のようになる。三角形内の点の意味は右上のようであり、例えば左下は生物処理100%、上の頂点は焼却処理100%であることを示す。矢印は、処理方法の変化である。



第2図 対象物と処理方法の関係

プラスチックは可燃ごみとして焼却すれば簡単だが、資源化のため、破碎・選別などの処理が必要になっている。紙類は、プラスチックとともにごみ燃料化も選択肢としてある。複合物は破碎して金属回収を行う程度であったが、破碎・選別を行い、素材ごとに別々の処理が必要となっている。生ごみは、メタン発酵や堆肥化などの資源化が増加している。このように、ごみの種類ごとの処理方法にも多くの選択肢があ

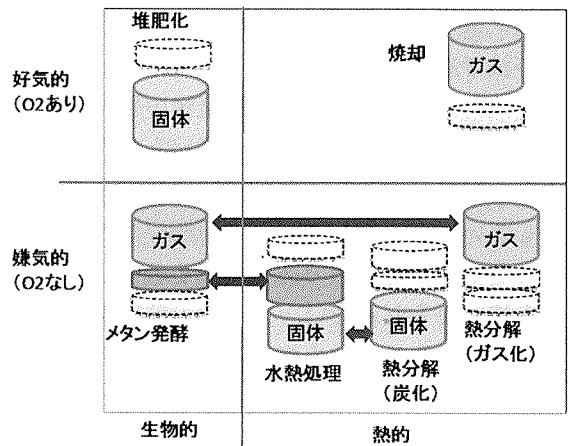
り、発生した廃棄物をどのように分別するかを含めると、ごみ処理の計画・実施は大変複雑なものとなっている。

2 エネルギー回収技術の分類

2-1 エネルギー回収の選択肢

ごみからのエネルギー回収と言えば、従来は焼却であった。欧米では焼却はエネルギーを回収する施設をEfW (Energy from Waste) と呼び、エネルギー回収を伴わない施設と明確に区別している。EfW焼却施設からのエネルギー回収増加のため、発電効率向上 (高効率発電)、熱回収能力増加、蒸気利用率向上などが考えられている⁽²⁾。しかし焼却以外にも、1-3節に述べたように持続可能な社会に向かうため、より多様な対象物と方法の組み合わせによるエネルギー回収を考えるようになってきている。

バイオマスに対して、エネルギーを含めた有用物を回収することのできる主な処理方法を、第3図に示す。第2図のうち横軸に生物的処理か熱的処理かで区分し、どちらの方法も酸素の有無によって技術が異なるので、縦軸を酸素の有無とした。回収物が固体、液体、気体のうちどの部分かを実線で示している。



第3図 ごみ処理方法の関係

2-2 技術間の競合関係

生物処理の代表的処理方法は堆肥化とメタン発酵であり、前者は堆肥が回収物であるのに対し、後者はメタンガスとしてエネルギーを取り出すことができる。一方、メタン発酵で得られるガスとは組成が異なるが、熱的処理のうち熱分解によっても水素、一酸化炭素、炭化水素などからなる可燃性ガスを回収することができ、低酸素状態での部分酸化も含めてGasification(ガス化)と呼ばれている。熱分解は、対象物と運転条件によっては炭化物を回収することができる。水熱処理は高温高压水を使う分解技術であるが、この技術からも炭化物が得られ、揮発分も残留するため燃料の収率(エネルギー回収率)としては炭化よりも高い。水熱処理における固液分離後の液は栄養分濃度が高いため、液肥回収として用いることもできるが、メタン発酵の消化液も同じように液肥として利用できる可能性がある。

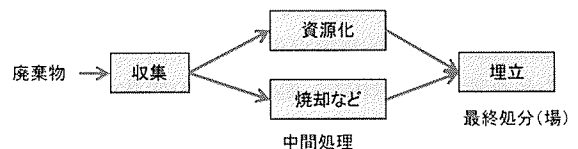
第3図中の両矢印は、可燃ガス、炭化物、液肥の回収には複数の方法があり、互いに競合関係にあることを示している。「競合」とは回収物から見た表現であるが、処理側には、例えば可燃ガスを回収するのに複数の選択肢があるということである。図下半分のガス、固体は、気体燃料、固体燃料としてエネルギーを回収する技術になる。これに対して、焼却は燃やしてしまい、排ガスから間接的にエネルギーを回収する方法である。

各技術には、対象とする廃棄物の種類に適正範囲がある。例えばメタン発酵は水分の高い生ごみなどに適するし、熱分解は木質系廃棄物に適している。しかしこれらは両極であって、実際の廃棄物は混合物であるためその中間的な特性を持つかもしれない。分別や、前処理によって対象廃棄物の特性を変えることもできる。エネルギー回収方法としてどれが望ましいか、対象物および前処理方法の選定を含めて、比較評価しなければならない。

3 ごみ処理システムにおける各種処理技術の位置づけ

3-1 埋立の位置づけ

第3図は、回収物を中心に処理方法を比較したが、個々の技術はごみ処理システムの中でどのように位置付けられるだろうか。廃棄物処理は第4図のように発生源からの収集から始まって、埋立で終わる。この流れにおける位置に対応して、日本では埋立地を廃棄物最終処分場、その前の処理を中間処理と呼んでいる。資源化をどれだけ進めても必ず残さが生じるため、埋立ゼロは不可能と言ってよい。ごみ処理の最後の到達点であるから、埋立地がない状況は、廃棄物処理が最も困難な状況である。



第4図 ごみ処理の流れ

3-2 焼却と埋立の関係

それでは、焼却と埋立の関係はどうだろうか。日本は焼却処理を中心としてきたため、焼却が「主」、埋立は「従」と考えられてきた。しかし埋立が他の処理と較べて大きく異なる点は、広大な面積・空間を必要とし、安定化までに数十年以上の時間を要する点にある。特に生ごみを埋めると、有機物の分解・安定化、浸出水濃度の低下に長い時間がかかり、維持管理が長期化することになる。焼却は埋立地の延命化のために行うとされるが、埋立地安定化の促進にも大きな効果を持っている。上記3-1節では埋立地は中間処理の残さを引き受ける場所であると書いた。しかし中間処理は、埋立のために必要なのである。

焼却か埋立か、というようにこの両者は二者択一の選択肢のように考えられがちである。しかし1990年代後半から欧州では、第4図中焼却

のことをthermal pretreatment、すなわち熱的前処理と呼んでいた。これは、焼却と埋立を連続するものとしてとらえ、焼却は埋立のための「前処理」とする考えである。欧州は埋立を中心としてきたため、廃棄物処理技術の注目点も埋立処分の環境影響を小さくすることに向けられてきた。日本は焼却が中心であるため、その視点が持ちにくかったと言える。

3-3 埋立を頂点とする総合的廃棄物処理

焼却以外の中間処理技術はどうだろうか。第3図の資源化技術のほか、ガラスびん、ペットボトル、容器包装などの資源化はすべて、資源の回収のみならず、埋立の負荷を低減させている。さらにさかのぼって、古紙回収など排出源で行われる資源化、発生抑制は処理量自体を減少させるし、適切な分別は、個々の処理効率を上げ、最終的に埋立地の負荷を低減する。

上記のように、廃棄物中に有機物が多く含まれると、埋立地の安定化に時間がかかる。そこでEUでは1999年公布の埋立指令(99/31/EC)において、「廃棄物は埋め立てされる前に、前処理をしなければならない」「生物分解性廃棄物の埋立量を減少する」ことが明記された。前処理方法として選択されたのが、MBP (Mechanical Biological Waste Pre-treatment、物理・生物的前処理)である。第5図に例を示す。日本であれば、生物処理は資源化のために行う。とこ

ろがMBPは物理選別を行ったあと、有機性ごみは生物処理(好気性または嫌気性)して安定化させることを目的とする、埋立のための前処理である。

3-4 総合的廃棄物処理

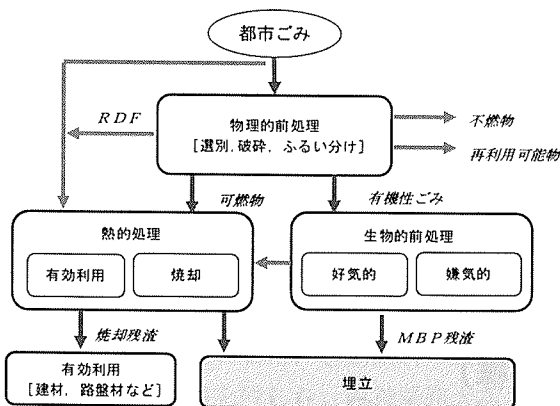
第5図の最大の特徴は、埋立地を終点として、そこからさかのぼってさまざまな前処理を行うことである。このような、発生から最終処分までのごみ処理を連続したものととらえ、最適なシステムとする考え方を、Integrated Solid Waste Management (総合的廃棄物処理)という。欧米では一般的に使われる用語となっているが、これまでの日本のごみ処理は、部分最適化を目指していたように思われる。ごみ処理システム全体の流れを意識し、その中でどの技術をどこに使うべきかを考えることが必要である。

おわりに：社会における 廃棄物処理の位置づけ

3-4節では、廃棄物処理システム全体の最適化について述べた。それでは、社会における廃棄物処理の最適な位置づけとは何だろうか。

(1) 上流側、下流側とのつながり

処理間のつながりを示す第5図には、この上流側に製造が、下流側に回収物等の利用がある。製品についてはライフサイクルの視点が徐々に広まりつつある。原料の採取から廃棄物となるまでのライフサイクル全体を評価するライフサイクルアセスメントは、さまざまな対象に使われているし、環境配慮材料の使用や環境配慮製品の生産など、上下流を意識した活動も行われている。第5図において、埋立からさかのぼって廃棄物処理全体を眺めたように、廃棄物処理を起点として社会システム全体を考え直すことが必要かもしれない。はからずも、原子力発電所が廃炉と放射性廃棄物の処理の困難さが認識され、電力システムの見直しを促したように、である。



第5図 EUにおけるMBPの例

(2) 都市における廃棄物処理施設

一方、都市においては、都市インフラのひとつとして廃棄物処理を位置づける必要がある。焼却施設で発生する排熱を十分に利用できないのは、迷惑施設として住宅地から遠方に建設されるからである。欧州ではデンマークなどで、焼却施設を熱供給施設として都市内に設置する例があるが、我が国では類似例は数えるほどしかない。清掃工場を地域のエネルギーセンターとして活用しようとする大阪市の計画⁽³⁾は、是非成功してほしいと思う。また、埋立地は焼却施設以上に迷惑な施設とされているが、あとに利用可能な土地を残すという利点がある。現実には、跡地計画なしにまず埋立を、というところが大部分⁽⁴⁾である。都市計画のもとで、将来有用なものを生み出す施設と位置付けられるならば（もちろん環境影響が最小であることが条件であるが）、住民からも受け入れるだろう。ごみが外から見えない、屋根付き処分場という選択肢もある。

これまで、廃棄物処理施設は住民から遠く離れた場所に建設されてきた。しかし見えないものを意識することは難しい。現在の技術では、以前のように住民に対する影響が心配するレベルになることはないだろう。自分たちの排出したごみがどのように処理され、どれだけ大変か、どんな問題がありどうすれば改善できるか。こ

うしたことを知ってもらうには、施設は目のところどころに置くのがよく、市民に対する最大の環境教育となる。「都市インフラのひとつとして、焼却施設、埋立地を必要かつ有用な施設として住民の近くに置く。行政と住民が問題点を共有したうえで、よりよいごみ処理を目指す。」こうした考え方へ転換することが必要と考えている。

<参考文献>

- (1) 松藤敏彦：ごみ問題の総合的理解のために、技報堂出版、p.11 (2007)
- (2) 角田芳忠：“高効率廃棄物発電推進に向けた施策と技術展開”、環境施設、118、pp.2-6 (2009)
- (3) “エネルギーセンターとしてのごみ焼却施設”、環境施設、127、pp.4-12 (2012.09.11)
- (4) 松藤敏彦：“廃棄物処理における埋立地の役割と位置づけ”、廃棄物資源循環学会誌、23(5)、pp.341-347 (2012)

筆者紹介

松藤 敏彦

北海道大学 大学院工学研究院
環境創生工学部門 廃棄物処分工学研究室
教授
〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目
TEL：011-706-6827
FAX：011-706-6827
E-mail：matsuto@eng.hokudai.ac.jp

Web講座

ゼロから学ぶPID制御 講師：広井 和男

受講料：6,825円(税込・各コースとも1コースあたり)

PID制御を「基礎コース」「デジタルコース」「アドバンスPIDと応用コース」「FF/FB制御コース」の4コースに分割し、1コース15～20時間を目標に履修できるよう構成したWeb講座です。
6ヶ月間の修了後、理解度テストに合格した方には、修了証を発行いたします。

日本工業出版(株)

フリーダイヤル ☎ 0120-974-250 netsale@nikko-pb.co.jp