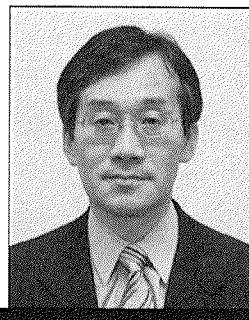


## 研究室 紹介

衛生工学系の教育・研究現場では今

北海道大学 大学院工学研究院  
環境創造研究部門  
廃棄物処分工学研究室

松藤 敏彦 教授



### 廃棄物の面白さと難しさ

筆者の所属する専攻には、大気、水、騒音、エネルギーなどの研究室がある。中でも水関係の4研究室が、4年進級時に研究室を選ぶ際に学生の人気が高い。学生から「水とその他」と言われたのは、ショックだった。水の4研究室は内容が違うのになぜなのか。その理由を考えて、次の結論に至った。①高校まで、環境というと水が中心である。ごみはほとんど出てこない。②先端的研究が多いので、カッコいい。③講義分担数が多いので、教員の宣伝機会が多い。①については、なにしろごみに関する情報が少ない。一廃と産廃の分類図、埋立地の類型、リサイクル法の仕組みなど、まったくつまらない。何でも整備されて、問題ないように見える。②は、バイオやナノ、高価な機器を使う微量分析、海外など、水は格好よく見える。それに比べて、ごみは汚いとのイメージがある。③は、講義で研究の自慢などすべきでないと思っていたから、学生に言われるまで気付かなかった。

というわけで2年前から、学部3年生を対象とした「廃棄物処理工学」の講義の中で、積極的にごみはどんなに面白いかを、現在抱えている多くの問題と併せて説明するようにした。おおよそ、以下のようなことを話している。(なお、水に関する記述には先入観と偏見があると思いますが、ご容赦ください。)

#### (1) 対象×処理の組み合わせの多さ

家庭系のごみは可燃ごみ、不燃ごみ、粗大ごみなどに分けられ、発生源としては事業系、その一部である産業廃棄物もある。このほかに家電製品、容器包装といった製品、さらには紙、プラスチック、PETなどの素材でも分けられる。これは、「固形廃棄物」を扱うことの特徴だろう。水であれば取水～浄水～配水～利用～下水の流れであり、多くのバリエーションがあるとは思えない。対象物質は複数あるのだろうが、水という媒体を経由するため一列となる。これに較べると、廃棄物の多様性はすごい。

#### (2) 処理方法がたくさんある

廃棄物の処理は、何でもありである。破碎選別などの物理的処理、焼却・熱分解などの熱処理、堆肥化・メタン発酵などの生物処理、プラスチックなどの化学的処理、収集輸送もあり、製造段階までさかのぼることもある。これらが、さまざまな廃棄物に適用されるので、その組み合わせがまたいくらでもある。さらに、埋立は自然の中での処理のようなものだし、浸出水、メタン発酵消化液の処理は下水処理と同等で膜処理もあり、焼却には排ガス処理に熱回収、発電もある。

焼却はさまざまな技術を用いる総合施設だと思うが、廃棄物処理自体が水処理や大気汚染防止なども含む、総合的領域である。ごみ屋は何でも扱っている。

### **(3) 分別によって変わる**

下水は、多くの事業所からの排水を受け入れる。しかし量や質の変化は、そんなに大きくない。ところがごみは、分別の仕方での後の中身が全く違ってしまふ。水は下水にしか行かないが、ごみは収集前の資源回収や自家処理、製品の店頭回収などがあり、自治体によって分別方法が異なる。例えば可燃ごみの発熱量が焼却の効率に影響するように、ごみの特性によって処理施設のパフォーマンスが変わるし、施設規模の違いも影響する。選択すべき処理システムは、対象とするごみ、既設施設の有無と位置など、自治体の状況によって異なる。すべての自治体に最も適したごみ処理システムは、存在しない。システムとしては、大変面白い対象である。

### **(4) システム特性はみんな違う**

水処理施設の性能が自治体によって違うということは、そうないだろう。しかしごみ処理施設はそうではない。焼却施設、堆肥化施設、メタン発酵施設、埋立地、これらの施設の物質収支、エネルギー収支、コストなどを比較してみると、そのばらつきの大きさに驚いてしまふ。処理対象物、付帯設備を含むプロセス構成、規模などが影響するのだろうか。さらに、焼却施設のエネルギー利用、堆肥化の製品販売、メタン発酵のガス利用や固形物処理など、これらも施設によって大きく異なる。温暖化対策のため、CO<sub>2</sub>排出量の推計を行う委員会に筆者も参加したが、施設の収支に関する基本的なデータがないことに驚いた。検討会ではいくつかの施設を調査したが、代表性があるかどうか疑問が残る。

### **(5) 新たな対象が次々と現れる**

物質としては PCB、アスベスト、ダイオキシン、製品では容器包装、家電、自動車、資源循環に配慮するようになるとバイオマスの資源化およびエネルギー回収、そして国際的循環など、新たな問題が次々に現れてきた。いつも緊急的に対応し、そして次の問題へということを繰り返している。時間的余裕がないので、アフターケアが行われにくいし、個々の対策は従来システムへの追加となるので、システム全体の整合性がとりにくく、相互の関係が整理されぬまま複雑さを増している。水の場合は、対象物質が新たに加わる程度で、ごみに較べればバリエーションは全く小さい。

### **(6) 多くの処理は互いに関連している**

ごみは処理とともに資源化も重要な目的となってきた。物質回収も、エネルギー回収もある。有機性廃棄物については、多様な選択肢がある。例えば、有機性廃棄物はメタン発酵も熱分解も炭化もガスとしてエネルギー回収できるし、焼却は間接的な回収である。ごみ燃料化 (RDF) という方法もある。メタン発酵と水熱処理は、どちらも液肥回収が可能だし、水熱処理と炭化は固形燃料製造もできる。全く異なるように見える処理が、実は同一形態のエネルギー回収から見ると、競争相手になる。こんなバリエーションは、水にはないだろう。

### **(7) 廃棄物はおもしろい**

以上のような話によって、研究室への希望者が飛躍的に増えたということは、残念ながらない。しかし、反応はある。日本の学生は授業中に質問をしないので、毎回最後に質問を集め、内容別

に分類して回答を作成し、次の時間の最初に説明している。やってみると案外しっかり聞いていて様々な意見を持っていることがわかり、改めて考え直す機会を与えてくれる。学生の反応がよかったものを挙げると、「PCB からエゾシカまでの廃棄物の範囲の広さ」「家庭系廃棄物のように見落とされているごみ」「補助金の交付による過剰な施設の建設、税金の無駄遣い」「行政が専門性を蓄積できない人事異動システム」「目的と原理が理解されていないことから起こる不適正な処分（特に埋立）」「回収されたのにまともに利用されない資源物」「住民との合意に必要なのは信頼性と専門性」などがある。そのほか「経済優先の社会」「公害の責任を認めない企業と国」「マスコミ報道の無責任さ」「リスクセンスの欠如による感情的やりとり」など、ごみ以外の内容も付け加えているのだが、動機づけには成功していると自画自賛している。

さて、大変面白い対象であるごみについて、筆者が懸念していることを最後に書くことにする。それは、社会ニーズの大きさに対して、研究者の絶対数が少ないことである。

高度成長期以降に大学が拡張され、環境関連の学科が創設された。ところがごみ問題が社会化したころにはほぼ終了しており、見渡せば水の研究室ばかりで、廃棄物を専門にというところが少ない。「公務員の組織は硬直性が強い。必要がなくなっても組織は残る」が、大学も同じようだと思う。研究の対象を変えることは大変な勇気がいるし、組織のリストラはめったに行われにくい。社会のニーズに対して研究者数が少ないこと、これは筆者個人としては大変な幸運であった。ふつう研究者は、特定の分野を深く極めることになっている。論文を書くため、内容は年々精緻化、先端化する。これに対して、新たな対象を取り扱うごみの研究は、材料はいくらでも見つかり、先行研究がないので論文を読む必要がない。物質収支を中心とした基礎的なアプローチによる分析で、新しい研究となる。筆者の研究は、1年で終了することも多い。より詳細化をはかれば次のテーマとなるが、おおよそのシステム特性が分かればよいと考えるからである。大勢いる水の研究者がごみの研究を始めればいくらでも題材が見つかるのにと、強く思う。別の分野からの参入は、新たな視点を持ち込むという、大きなメリットがある。

一方、社会にとっては研究が少ないことは大きな問題である。特に心配しているのは、現場の処理に関する研究者の少なさである。審議会などでも3Rや制度など上流側の話題が中心となり、処理技術に近い人は少ない。例えば準好気性埋立地が、集排水管末端水没のために嫌氣的になっている例は多いし、一般廃棄物処分場は専門知識を持つ技術者がいないので、管理型が適切に「管理されているかどうか」も相当に怪しい。理屈どおりにならないのが処理の現場であり、制度を作ればうまくいくといったものではない。また産業廃棄物の処理施設技術委員会の委員構成を調べたことがあるが、学識経験者の中で廃棄物資源循環学会の会員はほとんどいなかった。廃棄物の研究をしていても、焼却や埋立は特殊であるのに、化学、法律、生態学などの大学教授が理解できるとは思えない。私見だが、そうした学識経験者は、知識があるだけに処理において本質的ではない箇所への、細かな要求が過剰になる傾向がある。

これを補うにはどうすればよいか。第一に、現場に携わる技術者、コンサル、そして行政が「研究者的」な分析的視点を身につけることだろう。筆者の手法の基本は、物質フローである。どのようなシステムも入力と出力があるが、どちらか一方しか、あるいは出力の一部しか見ないこと

も多い。物質、エネルギー、そして金銭、これらのフローを把握すると、システムとしての特性がおおよそ分かる。個々の施設や処理工程、そして自治体全体のモノの流れ図を、ぜひ考えてみてほしい。全体をとらえた上で、必要に応じて詳細な分析を行えばよい。第二に、基本的な知識の供給である。詳細な技術書や難しい論文は、大多数の人には必要ない。例えば、埋立地内ではどのような現象が起こっているのか、安定化とは何をさし、どのようにすれば促進できるかなどが埋立の基本である。現実には、構造ばかりが注目されているように思う。所期の機能を果たすことが第一の目的なので、適切な管理とモニタリングを行わなければならない。破碎選別、生物処理など、他の処理についても同じで、基本原理をやさしく解説した教科書があれば、ごみの世界はずいぶん変わるはずだ。これは自分自身に課す宿題である。