

## 廃棄物工学部 1992-2000

田 中 勝

### (1) 概観

廃棄物の量的増大、質的多様化に伴い廃棄物問題が大きな社会問題となり、その適切な対応を目的として、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」が改正され、平成3年10月に公布された。これにより廃棄物問題に対する法的整備が行われたが、廃棄物の計画的処理の実施、適正な処理の確保、最終処分場の確保等の緊急かつ具体的課題に対処していくためには、廃棄物工学部門の教育・研究体制の整備・拡充を図る必要があった。このため、平成4年4月に衛生工学部が水道工学部と廃棄物工学部に改組拡充された。

廃棄物工学部は、スタート当初は2室体制であったが、平成4年の10月に最終処分工学室が新設され、廃棄物計画室、廃棄物処理工学室、最終処分工学室の3室で構成され運営されてきた。業務については、それまで衛生工学部において実施してきた業務のうち、廃棄物の処理、浄化槽、下水道等の廃棄物工学に関する研究、教育等を行うこととなった。

平成4年度の職員は、田中勝、河村清史、古市徹、井上雄三、松澤裕、大迫政浩であったが、平成5年度末に古市が大阪府立大学に出向し、池口孝が水道工学部から異動してきた。また、平成7年度に山田正人が加わり、さらに、池口がJICA専門家としてインドネシアに長期派遣された。また厚生省水道環境部との人事交流で行政から来ていた松澤が異動したことに伴い、その後行政から村井公裕、中野正博、山本郷史が順次異動在籍した。廃棄物工学部長は当初から平成12年度に環境省国立環境研究所に移管されるまで田中が勤めたが、最後の平成12年度は岡山大学との併任となった。廃棄物計画室長は古市、田中（兼務）、河村、後藤純雄、廃棄物処理工学室長は河村、池口、最終処分工学室長は田中（兼務）、池口、井上が順次勤めた。

なお、深刻化する廃棄物問題に対処するため、平成10年度から地域環境衛生学部の渡辺征夫及び後藤（平成12年度から専任）並びに労働衛生学部の市川勇が併任となっ

た。

調査研究については、原則として廃棄物計画室は廃棄物の適正管理に係る計画に関する調査研究、廃棄物処理工学室は廃棄物の試験、モニタリング及びその工学的評価並びに廃棄物処理施設等の整備及び管理に関する調査研究、最終処分工学室は、廃棄物の最終処分に係る施設の整備並びに管理に関する調査研究をつかさどったが、色々な研究プロジェクトや課題に対して室を超えて共同して遂行した。具体的には、焼却処理に伴うダイオキシン類発生メカニズムの解明や排出抑制、最終処分場からのリスク対策、不法投棄防止、リサイクルシステムの構築、単独処理浄化槽の合併化と合併処理浄化槽の高度化、し尿処理における汚泥再生処理センター化への対応、など調査研究課題が年々増加し、国の試験研究機関で取り組むことが期待され、これらに対応してきた。

また、教育研修業務については、特別課程「廃棄物処理コース」を受け持ち、研究課程、専門課程、専攻課程の教育活動に参加した。

当部では、これらの他、国際協力事業も重要な活動として位置づけており、WHO、OECD、日独環境パネル、日米廃棄物処理会議、JICA、JICWELS等のプロジェクト支援を通して活発に国際協力、交流を行ってきた。

このように、当部に期待されている業務を果たすよう部員一同最大限努力してきたが、規模、陣容、施設等において大きな不足があり、前述のように院内の他の学部から併任職員を迎えるほか、短期的には、地域環境衛生学部、労働衛生学部等院内の他の学部と共同するほか、流動研究員、客員研究員等を確保し研究体制を拡充・整備するとともに、地方自治体の研究機関等との連携を推進してきた。

なお、平成13年1月6日付けの省庁再編において廃棄物行政が新たに環境省に移管されたのに伴い、廃棄物工学部は国立環境研究所に移管され廃棄物研究部として再スタートした。また、同年4月1日付けになされた国立環境研究所の独立行政法人化に伴い、廃棄物研究部は循環型社会形成推進・廃棄物研究センターに改組されている。

## (2) 教育訓練

長期課程では、研究課程に入ってくる学生に対して、廃棄物工学の専門的知識、ライフサイクルアセスメント、ダイオキシン類対策などの研究指導に当たった。彼らは国立大学で博士号を取得したりして、国の研究機関や、廃棄物に関する財団で活躍している。

また、専門課程では「廃棄物処理工学特論」及び他科目での廃棄物工学や環境工学に関連した教科内容について講義を受け持ち、特別研究指導も廃棄物関連で受け持った。

さらに、専攻課程では「環境監視・管理論」、「廃棄物学概論」、「都市環境管理工学」、「システム工学」及び他科目での廃棄物工学や環境工学に関連した教科内容について講義や演習を受け持ち、廃棄物関係の特別演習指導も受け持った。

短期コースの特別課程では、昭和52年から続けられている「廃棄物処理コース」を部員全員で受け持ち、地方自治体の廃棄物行政担当者を中心とした多くの研修生を世に送り出してきた。また、他の短期コースでの廃棄物工学に関連した教科内容についても授業を受け持ち教育訓練活動を行ってきた。

その他の教育訓練活動としては、厚生省、地方自治体等が実施する又は認定する講習会、講演会の企画立案に参加及び講師として協力してきた。また、国際協力事業団の集団研修コース「廃棄物処理及びし尿処理」等のカリキュラム策定及び講師として参画してきた。さらに、厚生省、関連学術団体との協力による講演会、教育セミナー等の開催及び支援を行ってきた。

## (3) 調査研究

廃棄物工学部が実施してきた研究のうち、長期にわたり継続し、国立環境研究所に移管するまで行ってきた課題について、概要を紹介する。

### ①廃棄物分野にライフサイクル・アセスメント (LCA) 手法の導入に関する研究

田中は紙おむつ、ペットボトルなど使い捨て商品の環境負荷、資源消費をライフサイクルで評価することに注目し、1990年から研究を始めた。廃棄物処理の方式の選定においても、収集、運搬、中間処理、最終処分といった、廃棄物処理のライフサイクル (WLCA) における、環境負荷や資源消費面といった環境面を評価し、技術面と経済面を含めて総合的に評価することを提案している。田中、河村、井上、大迫、山田、市川のグループは1995年から研究プロジェクトに取り組み、廃棄物が発生から収集運搬、中間処理、リサイクル、最終処分までの廃棄物ライフサイクル (WLCA) における資源、エネルギー消費、環境負荷をライフサイクルアセスメントの手法を用いて総合的に評価し、低環境負荷型の最適ライフサイクルシステムの設計について研究をした。

これまでの研究において、プラスチックの油化、固形燃料化および生ごみのコンポスト化などのリサイクルシステ

ムについてケーススタディを行い、ワンウェイ型の焼却・埋立処分システムと比較して、資源・エネルギー消費に関わる一部の項目で消費量が増大するものの、あらゆる環境汚染負荷が低減されることが結論づけられた。

一方、廃棄物ライフサイクルにおける有害物質に関するシステム構成を明らかにし、これに沿って鉛の環境移行モデルを構築し、また鉛、およびアンチモンの製品への組み込みに関する多くの資料からサブスタンスフローを70%程度明らかにすることができ、環境移行モデルによるシミュレーションが可能となった。また、変異原性試験法の一連の手法が廃棄物分野に適用可能であることを確認するとともに、有害物質の包括的スクリーニングにおいては、複数の試験法の同時併用の必要性が認識され、廃棄物の焼却処理プロセスにおいて、ニトロ化合物およびアミノ化合物が重要な変異原性物質である可能性が示唆された。

### ②廃棄物処理に伴うダイオキシン類の排出と抑制に関する研究

田中、池口、大迫、山田、渡辺、後藤のグループは、わが国の都市ごみ処理方法の中心である焼却処理過程で排出されるダイオキシン類や未規制の微量有害物質の生成や合成などの排出挙動を明らかにし、有効な発生防止あるいは除去技術を検討した。この研究には焼却灰中のダイオキシン類の分解および埋立浸出水中のダイオキシン類の除去技術の検討も含まれる。得られた主な成果を列挙すると以下のようになる。①全連続式焼却炉で自動燃焼制御を適用することでダイオキシン類の生成が抑制できる。②燃焼管理が十分であればインヒビター (生成抑制剤) の添加によってダイオキシン類の低減化が可能である。③飛灰中のダイオキシン類は還元雰囲気中で300~400℃に2時間以上保持すればほぼ完全に脱塩素化できる。④浸出水中のダイオキシン類は紫外線及びオゾン酸化を併用すれば99%以上分解できる。⑤紙ごみ主体の事業所系廃棄物を、特別な燃焼制御装置や排ガス処理装置を有しない焼却炉で焼却する場合、塩化ビニル樹脂が混入すると、一定の混入割合までは排ガス中のダイオキシン類は増加する。

なおダイオキシン問題への取り組みは、1982年にさかのぼる。「廃棄物処理・処分に伴う微量有害物質の挙動に関する研究 (昭和57-59)」でダイオキシン類の分析法を田中、池口、竹下らが研究し、日本で初めて焼却炉からダイオキシン類発生の確認をおこなった。その成果は専門家会議 (昭和58-59) に生かされ、次ぎの「廃棄物処理におけるダイオキシン等の発生メカニズム等に関する研究」等の成果は旧ガイドライン、新ガイドライン作成に生かされた。

### ③最終処分場のリスク管理技術の総合化に関する研究

田中、井上、大迫のグループは、将来的な低リスク型の埋立処分システムを構築することを目的として、埋立地の立地計画段階から搬入管理、埋立施工、モニタリング、異常時対応 (汚染修復) までの埋立処分の一連の流れに係わる要素技術、すなわち、有害性評価技術、有害物質挙動モデル及び有害物質制御技術の開発とそれらを組み合わせた総合的リスク管理システムの構築について研究した。

研究成果として、生物工学的技法を用いた有害物質検知及び有害性評価方法を開発した。また、埋立層内及び土壌環境中での水及び有害物質挙動モデルを開発し、埋立層内の浸出水量制御を行うキャピラリーバリア、浸出水中の微量有害物質除去システム、汚染修復支援システムなどの開発を行った。

#### ④生活排水管理の適正化と生活排水処理の高度化に関する研究

わが国の生活排水管理はし尿処理、浄化槽、下水道等各種の方式でなされているが、それぞれの法律、省庁で独立に対応されている。そこで、河村、山田らは、各方式の持つ特性を最大限に発揮させ、計画的な運用を図ることを目的に、それぞれの処理方式の特性を科学的に総合評価するシステムを検討した。また、特に合併処理浄化槽を対象にその処理の高度化・安定化を図るための検討と、処理水の適正な消毒技術及び評価方法を検討した。

前者については、小・中規模の生活排水処理施設について、必要とされる装置の大きさを滞留時間の観点から比較するとともに、その違いを期待される維持管理の頻度等との関連で評価した。また、後者については、小型合併処理浄化槽において、BODのみならず窒素やりんを除去することを検討するとともに、塩素消毒に要求される条件を検討した。

#### ⑤液状廃棄物のエコ処理システムの開発

田中、河村、井上、山田、金台東（流動研究員）、松井康弘（流動研究員、のち客員研究員）のグループは、液状廃棄物中に含まれる環境・健康リスクを効果的に削減できる高機能バイオリアクターの開発、資源循環・環境保全に配慮した要素技術の開発、及び性状の変化に対応した適正な処理システムの開発を目的とした総合的なグループ研究を進めた。当部では、膜分離脱窒素リアクターの有機物蓄積に関する検討、膜分離-UASBプロセスによる高速造粒メタン発酵槽の開発、液状廃棄物処理に係るテクノロジーアセスメントの3課題に取り組んだ。

膜分離脱窒素リアクターの有機物蓄積については、反応槽内に溶解性有機物質の蓄積が生じること、活性汚泥の基質酸素消費速度・硝化速度は蓄積する溶解性有機物質によって阻害作用を受けること、時間の経過に伴って基質酸素消費速度は回復して処理上の問題とはならなかったものの、硝化速度は若干の回復傾向しか認められなかったこと、等が示された。膜分離-UASBプロセスによる高速造粒メタン発酵槽の開発では、従来の植種汚泥の約半分の汚泥を投入し、スラッジ上部での気泡上昇量を少なくすることによって、約60日で全量をグラニュール化することができた。テクノロジーアセスメントについては、事例研究として既存の高負荷脱窒素処理方式のし尿処理施設を対象に、処理に伴うエネルギー消費量、二酸化炭素排出量を試算した。

#### ⑥廃棄物処理分野における温室効果ガスの抑制対策に関する研究

地球温暖化の原因となっている温室効果ガスの排出源と

して、焼却施設や埋立処分場などの廃棄物処理関連施設の寄与が無視できないことがわかってきた。そこで、田中、井上、大迫、山田、渡辺のグループは、これらの施設からのメタンおよび亜酸化窒素などの温室効果ガス発生実態を調査するとともに、廃棄物処理施設からの温室効果ガスの発生を抑制するための技術および廃棄物処理システムの在り方について検討した。

個別テーマとしては、(i)最終処分場における覆土中に棲息するメタン酸化細菌群（メタノトローフ）の分解能を利用したメタン抑制技術の開発、(ii)亜酸化窒素の発生が懸念されるし尿の高負荷脱窒素処理施設における亜酸化窒素の発生抑制に寄与する操作条件等の解明、(iii)産業廃棄物処理分野からのメタン・亜酸化窒素の排出目録の作成、(iv)温室効果ガス排出抑制から見た資源・エネルギー回収型またはリサイクル型の廃棄物処理技術およびシステムの評価、があった。

#### ⑦有機性廃棄物の微生物処理による減量化・有効利用技術の開発に関する研究

田中、河村、井上、大迫は、し尿や生ごみ等の有機性廃棄物から有用物を回収し資源化する技術の開発と生ごみの微生物による消滅処理に取り組んだ。前者では、汚泥再生処理センターに搬入される処理対象物から資源を回収する再資源化技術として、発酵による乳酸の生成・回収、MAPの生成による窒素の回収、りん吸着剤の使用によるりんの回収等を検討し、操作条件等を明らかにしてきた。

後者は、生ごみ等を有効に利用できない状況を想定し、好気的な微生物作用で短期間のうちに消滅させることを想定し、木材チップのような充填材と商品化されている微生物集団を用いた好気コンポストにより、約1日で投入物質量の90%以上を無機化しようとするもので、ドッグフードや人工生ごみを対象としてパイロットスケール実験で一定程度の成果をあげている。ただし、充填材の長期使用には限界があり、さらなる検討が必要とされる。

#### ⑧廃棄物処理のベネフィット解析に関する研究

世界保健機関によって提唱されたプライマリヘルスケアの概念は疾病の予防治療のみならず、安全な水の供給や衛生施設の整備などの環境衛生・社会開発をも含む包括的なものであるが、従来の国際協力プロジェクトを概観すると保健医療協力と環境衛生協力は分離し、母子保健や飲料水供給といった各論的なプロジェクトが多く、プライマリヘルスケアの観点にたった包括的なプロジェクトがほとんどなされていない。

そこで、田中、池口、河村、井上、大迫、山田、土井由利子（疫学部）のグループは、保健医療分野及び環境衛生分野を視野に入れた望ましい包括的総合プロジェクトの計画立案を最終目的として、廃棄物分野における既存プロジェクトの評価を行った。事例として、インドネシアで行われた廃棄物及び生活排水の処理施設の整備、保守、管理に必要な人材を養成するプロジェクトに関して、プロジェクトの効果とその要因、問題点などを客観的な指標の集積と解析によって評価した。また、廃棄物処理による衛生の向

上における戦略のための指標群を提案した。

#### (4) 今後の展望

すでに述べたように廃棄物工学部は廃棄物行政の環境省への移管に伴い、国立公衆衛生院での9年弱の活動を終えたが、試験研究業務については独立行政法人の国立環境研究所 循環型社会形成推進・廃棄物研究センターに引き継

がれ、新たな視点の下でその活動が続けられている。また、教育訓練活動については、教育活動は終了したものの、研修活動は環境省環境研修センターに引き継がれ、新たな装いの下で進められている。他方、国際協力・交流については、組織としての活動は停止したが、部員あるいは部員であった者個々人の立場で、継続あるいは異なった形で活動を継続している。