

「廃棄物処理におけるダイオキシン類対策と
複合型中間処理・再資源化システムの研究」論文要旨

京都大学大学院工学研究科都市環境工学博士後期課程
手島 肇

わが国では年間約 5,000 万トンの都市ごみが発生し、その約 8 割にあたる 4,000 万トンが焼却処理されている。都市ごみの焼却は明治における水系伝染病の大流行を背景とし衛生処理を目的に始まった。また国土の狭小なわが国においては最終処分場の確保が困難であり、都市ごみの減容化が必須であったこともあり、焼却処理が都市ごみ処理の主流になったことは必然であった。

1980 年代に日本でごみ焼却施設からのダイオキシン排出が大きな社会問題となった。筆者らはダイオキシン類の排出抑制を目的としてさまざまな削減技術を開発してきた。その成果は「ダイオキシン類発生等防止ガイドライン」(旧ガイドライン)の改正版である 1997 年通達の「ごみ処理に係るダイオキシン類発生防止等ガイドライン」(新ガイドライン)で示された抑制対策技術に関して基礎的知見および実証による確証を与えたものといえ、当時以降のダイオキシン類のさらなる排出抑制に少なからず貢献したものと考えられる。

一方で循環型社会の形成を目指して各種リサイクル関連法が施行され、廃棄物中の有価物のリサイクルが推進され、ごみの一部が有価物として焼却ルートから外れつつある。また、ダイオキシン類問題に端を発したごみ焼却に対する国民の不信感を背景に焼却以外の処理が求められており、その手法のひとつとして有機ごみのバイオガス化(メタン発酵)処理が注目を集めている。

本研究では筆者らが行ったダイオキシン類発生抑制、削減技術の開発を、研究目的のひとつとして位置づける。また、来るべき循環型社会に相応しいごみ処理システムを構築することを目的とし、従来のごみ焼却処理に有機ごみのバイオガス化や有価物の再資源化といった手法を組み合わせ、その効果を定量的に明らかにする。

本論文は全 6 章で構成されており、以下に各章の概要を示す。

第 1 章「序論」では、我が国における廃棄物処理の歴史、焼却処理の位置づけ、ごみ焼却におけるダイオキシン問題、近年または将来の社会情勢の変化とごみ処理システムの多様化について述べ、本研究の目的を明らかにした。

第2章「廃棄物処理におけるダイオキシン類抑制技術の開発」では、ごみ焼却炉の燃焼状態の改善によるダイオキシン類抑制について研究を行い、燃焼過程におけるダイオキシン類一次生成に対しては、燃焼空気の適正供給や燃焼ガス温度維持、炉形状改善、自動燃焼制御の導入といった燃焼改善による発生抑制を確認した(改善前の約 1/10)。良好な燃焼の指標といわれる 3-Ts のうち、Temperature については 800～850℃、Time については 1～2 秒で大きな効果があることを確認した。また、ガス冷却や排ガス処理過程でのダイオキシン類二次生成に対しては、ガス通過温度低下による空気予熱器(AH)や電気集じん器(EP)での生成抑制システムの提言を行った。ダイオキシン類の除去技術としては、減温塔(QC)や急冷反応塔(QR)によるガス温度の速やかな低減とバグフィルタ(BF)との組み合わせシステムの効果確認と、BF への活性炭噴霧によるダイオキシン類と水銀の同時除去技術等を開発した。BF では 120～180℃の運転範囲では 90～97%のダイオキシン類除去効率が見られること、また少量の活性炭を吹きこむことにより 190℃以下でも 97～99%の除去効率が見られることがわかり、BF 出口 0.1ng-TEQ/m³_N という最終目標が達成される確証を掴んだ。なお、活性炭吹込に伴いガス中の水銀除去効率も 98%以上となることも併せて確認された。これらの技術は「新ガイドライン」で示された抑制対策技術に関して基礎的知見および実証による確証を与えたもので、当時以降のダイオキシン類のさらなる排出抑制に少なからず貢献したものと考えられる。さらに「旧ガイドライン」に適合した実プラントにおける排ガス中ダイオキシン類の挙動に関する研究についても述べ、各プラントで効果的にダイオキシン類削減がなされていることを確認した。

第3章「廃棄物処理におけるダイオキシン類抑制対策の評価」では、約 20 年前に建てられた間欠運転式ごみ焼却施設を、「新ガイドライン」に適合した連続運転式ごみ焼却施設に建て替えた事例に着目し、新旧両施設の間でのダイオキシン類削減効果を比較した。その結果、建て替えにより施設からのダイオキシン類排出は約 1/50 に削減された。また環境大気、降下ばいじん、土壌、松葉中といった周辺環境のダイオキシン類濃度が建て替え 4 年後にはバックグラウンド値のレベルまで低減した。さらに、大気拡散モデルによる周辺環境の予測値と実測値の比較により、建て替え後の施設から排出されるダイオキシン類の影響はバックグラウンドレベルを下回っていることが示唆された。

第4章「プラントの非定常運転時におけるダイオキシン類発生」では、間欠運転式ごみ焼却施設および連続運転式ごみ焼却施設における非定常運転時のダイオキ

シン類排出特性や削減対策の調査研究について述べた。その結果、間欠運転炉においてはバーナ予熱による起動時の発生抑制、埋火運転を行わないことによる停止時のダイオキシン類発生抑制が確認された。また定常運転時の燃焼改善がダイオキシン類総排出量抑制に最も寄与が高いことも確認された。また、起動、定常運転、停止の改善を行うことにより、排ガスからのダイオキシン類排出量は改善前の 1/3 に削減されることを確認した。連続運転炉においては、起動時のダイオキシン類排出機構について研究を行った結果、起動工程改善後においても起動時の排出量は年間排出量に対して 15% の寄与があることが明らかになり、総排出量や周辺環境の評価の際には起動時の排出量を考慮する必要があることがわかった。また起動時のダイオキシン類発生がボイラ水管に付着したダスト層に起因するという仮説を実証するために、堆積ダストの加熱実験を行った。その結果、250～300℃ のガス温度域で発生したダイオキシン類の同族体パターンは、実炉で測定したものと同傾向を示すこと、ならびにダスト総量から推計されるダイオキシン類総発生量と実測定量が一致することから、起動時におけるボイラ水管(特に過熱器)堆積ダストからのダイオキシン類発生が実証された。さらに、堆積ダスト含有量以上にダイオキシン類発生があることは、ダストと排ガス間の単なる濃度差だけの平衡ではなく、停止までの通常運転中にダスト中に浸積した排ガス中のダイオキシン類前駆体から、起動時の加熱に伴いダイオキシン類が二次生成を起こしたことを示唆するものであることを示した。

第 5 章「廃棄物組成に応じた中間処理・再資源化システムの検討」では、いかにダイオキシン類対策を行っても国民の焼却に対する反応がネガティブであり、焼却に替わる中間処理方式の多様化が要求されていること、ならびに循環型社会を迎えるにあたり廃棄物の組成変化が予想されることを踏まえ、廃棄物中間処理技術として焼却技術が果たすべき役割を再考した。まず自治体の焼却対象ごみの発熱量の調査解析により、容器包装リサイクル法の適用によって焼却対象ごみの発熱量が変化する可能性を示した。次に中間処理方法として資源化处理、メタン発酵処理、および焼却処理を組み合わせ、循環型社会にふさわしい中間処理方法を LCA 的手法を用いて評価した結果、プラスチック製容器包装以外の容器包装廃棄物は資源化处理を行い、メタン発酵施設の処理対象物である生物由来有機性廃棄物は分別収集せず、他のごみと混合収集後機械選別を行い、メタン発酵後の残渣と機械選別により分離された可燃ごみ(プラスチック製容器包装を含む)は焼却施設で焼却処理しサーマルリカバリーを行うという組み合わせが最も高い評価とな

った。廃棄物それぞれの特性に応じた中間処理方法を選択することが、処理コストやエネルギー消費、環境負荷の低減につながることを示した。

第 6 章「結論」では、本研究により得られた知見の要点を整理し、さらに今後の研究課題についても言及し、本論文の総括を行った。