

学位論文題名

都市ごみ燃焼過程でのダイオキシン類生成
及び生成抑制と低減に関する研究

学位論文内容の要旨

都市ごみに代表される一般廃棄物の処理方法として、日本のように国土が狭く人口密度の大きな各国では、焼却処理が主流となっている。その理由は、ごみの減容効果が大きく最終処分地の延命化が謀れることに有る。1999年度のデータでは、国内の一般廃棄物の焼却率は78.1%に達し、約4千万トン/年の焼却量であった。

都市ごみの焼却は、国内ですでに40年間に近い実績を有するが、都市ごみ焼却により発生する、大気・土壌・水汚染と騒音・電波障害等の2次公害を防止する技術の確立は、最近10年以内に入ってからであり、未だに開発が続けられている状況に有る。それらの中でダイオキシン類対策は、技術的難易度が高く、多額の資金を要する事等の理由により遅れてきた。1990年に厚生省が「ダイオキシン発生防止等ガイドライン」を公布し対策を進めてきたが、効果が現れはじめたのは1998年になってからである。

2000年6月の環境庁発表によると、一般廃棄物焼却によるダイオキシン類排出量は1997年に5000g-TEQ/年であったものが、1998年には1550g-TEQ/年に激減し、1999年には1350g-TEQ/年とさらに減少している。一般廃棄物焼却を含む国内全体の排出量は、1997年の7300-7550g-TEQ/年から1999年には2620-2820g-TEQ/年へと低下しているが、一般廃棄物焼却によるダイオキシン類排出量は過半を占めている。従って、一般廃棄物を代表する都市ごみの焼却によるダイオキシン類生成をさらに抑制する社会的要求が強く存在する状況にある。

都市ごみ焼却炉におけるダイオキシン類の生成については、燃焼過程での生成と熱交換器や排ガス処理装置内での再生成によるものに大きく分類される。

この後者については、焼却飛灰を触媒としたデノヴォ合成によるものであり合成反応の経路に関する検討が進んでいる。また、合成反応が成立する雰囲気温度条件を避ける事と、不活性雰囲気とすることで防止できる事が実用的レベルで確認されている。

一方で、燃焼過程でのダイオキシン類生成については、多くの仮説がたてられ、燃焼性能改善等の手法により低減対策が実施されている。しかし、生成機構についての定量的な検討が遅れている為、普遍的な低減対策が確立していない状況にあった。本研究は、都市ごみ燃焼過程でのダイオキシン類生成条件を定量的に把握した上で、ダイオキシン類の生成抑制と低減の方法について、新しい提言を行う事を目的として実施された。

第1章では、都市ごみ焼却炉から発生するダイオキシン類の実態と、法的規制及びこれまでに実用化されてきた、ダイオキシン類低減対策について述べる。

第2章では、理論的考察により想定したダイオキシン類生成経路の成立条件を、基礎反応試験により求めた結果について示す。つまり、ダイオキシン類の前駆体物質として、クロロベンゼンに代表される芳香族有機塩素化合物の存在が欠かせない条件であり、芳香族有機塩素化合物の生成条件がダイオキシン類の生成条件となる事を確認した。さらに、ダイオキシン類の生成源物質として有機・無機塩素源と芳香族炭化水素があれば、都市ごみ燃焼過程でダイオキシン類の生成がありえる事を、ベンチスケールの燃焼器を用いた試験で実証した。従って、これまで定性的に論じられていた燃焼過程でのダイオキシン類生成に関して、前駆体物質の生成過程、及び生成源物質からのダイオキシン類生成を定量的に確認した。

第3章では、第2章で把握したダイオキシン類生成条件を基礎として、ダイオキシン類の生成源での生成抑制機構として考えられる、硫黄Sによる塩素 Cl_2 の還元反応成立条件を、硫黄の形態を変えて定量的に求めた結果について示す。具体的には、 SO_2 ガス及び石炭に含まれる硫黄Sと、廃棄物に含まれる塩素Clのモル比の違いにより、ダイオキシン類の低減率が異なる結果を、試験データに基づき示す事ができた。特に注目される結果は、廃棄物と石炭を混合したRDFの燃焼により、ダイオキシン類の低減効果が大きく現れる事が確認された事である。

第4章では、都市ごみ燃焼領域において、生成後のダイオキシン類分解促進の条件を、小型炉試験で求め、実機で性能確認し実用化の可能性のある事を示す。小型炉試験では、ダイオキシン類低減の条件、及び NO_x を低減する還元雰囲気燃焼領域の形成条件を、共通して満足させる重要なパラメータである1次燃焼空気量の減少限界を把握した。合わせて燃焼室出口で、再循環排ガスにより未燃焼ガスを混合攪拌しオーバーファィア空気との併用効果で、ダイオキシン類分解の条件を作ることができる事を示した。実機では、さらに1次燃焼空気量を減少する為に酸素富化空気を導入し、炉内の高温化によりダイオキシン類分解を促進すると共に、燃焼ガス量の低減によりダイオキシン類の総量を低く押さえる条件を把握した。

第5章では、本研究で得られた成果をまとめて示す。

これらの研究成果により、従来から定性的に提唱されてきたダイオキシン類生成経路についての定量的裏付けができ、理論としての正当性を確認できた。また、ごみ燃焼領域で生成する事が明確となった、ダイオキシン類の炉内での分解促進方法についても、有効な手法の提案ができたものと考えられる。

今後、さらにダイオキシン類低減の要求が厳しくなる傾向にあるが、本研究により示された生成機構を基礎とした新しい低減方法の提案、及び、本研究で提案した都市ごみと石炭の混焼と、酸素富化空気を用いた低ダイオキシン類燃焼の普及を期待したい。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 工 藤 一 彦

副 査 教 授 菱 沼 孝 夫

副 査 教 授 伊 藤 献 一

学 位 論 文 題 名

都市ごみ燃焼過程でのダイオキシン類生成 及び生成抑制と低減に関する研究

都市ごみに代表される一般廃棄物の処理方法として、日本のように国土が狭く人口密度の大きな各国では、焼却処理が主流となっている。その理由は、ごみの減容効果が大きく最終処分地の延命化が図れることに有る。1999 年度のデータでは、国内の一般廃棄物の焼却率は 78.1%に達し、約 4 千万トン/年の焼却量であった。

都市ごみの焼却は、国内ですでに 40 年間に近い実績を有するが、都市ごみ焼却により発生する、大気・土壌・水汚染と騒音・電波障害等の 2 次公害を防止する技術の確立は、最近 10 年以内に入ってからであり、未だに開発が続けられている状況に有る。それらの中でダイオキシン類対策は、技術的難易度が高く、多額の資金を要する事等の理由により遅れてきた。1990 年に厚生省が「ダイオキシン発生防止等ガイドライン」を公布し対策を進めてきたが、効果が現れはじめたのは 1998 年になってからである。

2000 年 6 月の環境庁発表によると、一般廃棄物焼却によるダイオキシン類排出量は 1997 年に 5000g-TEQ/年であったものが、1998 年には 1550g-TEQ/年に激減し、1999 年には 1350g-TEQ/年とさらに減少している。一般廃棄物焼却を含む国内全体の排出量は、1997 年の 7300-7550g-TEQ/年から 1999 年には 2620-2820 g-TEQ/年へと低下しているが、一般廃棄物焼却によるダイオキシン類排出量は過半を占めている。従って、一般廃棄物を代表する都市ごみの焼却によるダイオキシン類生成をさらに抑制する社会的要求が強く存在する状況にある。

都市ごみ焼却炉におけるダイオキシン類の生成については、燃焼過程での生成と熱交換器や排ガス処理装置内での再生成によるものに大きく分類される。

この後者については、焼却飛灰を触媒としたデノヴォ合成によるものであり合成反応の経路に関する検討が進んでいる。また、合成反応が成立する雰囲気温度条件を避ける事と、不活性雰囲気とすることで防止できる事が実用的レベルで確認されている。

一方で、燃焼過程でのダイオキシン類生成については、多くの仮説がたてられ、燃焼性能改善等の手法により低減対策が実施されている。しかし、生成機構についての定量的な検討が遅れて

いる為、普遍的な低減対策が確立していない状況にあった。

本研究は、都市ごみ燃焼過程でのダイオキシン類生成条件を定量的に把握した上で、ダイオキシン類の生成抑制と低減の方法について、新しい提言を行う事を目的として実施された。

第1章では、都市ごみ焼却炉から発生するダイオキシン類の実態と、法的規制及びこれまでに実用化されてきた、ダイオキシン類低減対策について述べる。

第2章では、理論的考察により想定したダイオキシン類生成経路の成立条件を、基礎反応試験により求めた結果について示す。つまり、ダイオキシン類の前駆体物質として、クロロベンゼンに代表される芳香族有機塩素化合物の存在が欠かせない条件であり、芳香族有機塩素化合物の生成条件がダイオキシン類の生成条件となる事を確認した。さらに、ダイオキシン類の生成源物質として有機・無機塩素源と芳香族炭化水素があれば、都市ごみ燃焼過程でダイオキシン類の生成がありえる事を、ベンチスケールの燃焼器を用いた試験で実証した。従って、これまで定性的に論じられていた燃焼過程でのダイオキシン類生成に関して、前駆体物質の生成過程、及び生成源物質からのダイオキシン類生成を定量的に確認した。

第3章では、第2章で把握したダイオキシン類生成条件を基礎として、ダイオキシン類の生成源での生成抑制機構として考えられる、硫黄Sによる塩素Cl₂の還元反応成立条件を、硫黄の形態を変えて定量的に求めた結果について示す。具体的には、SO₂ガス及び石炭に含まれる硫黄Sと、廃棄物に含まれる塩素Clのモル比の違いにより、ダイオキシン類の低減率が異なる結果を、試験データに基づき示す事ができた。特に注目される結果は、廃棄物と石炭を混合したRDFの燃焼により、ダイオキシン類の低減効果が大きく現れる事が確認された事である。

第4章では、都市ごみ燃焼領域において、生成後のダイオキシン類分解促進の条件を、小型炉試験で求め、実機で性能確認し実用化の可能性がある事を示す。小型炉試験では、ダイオキシン類低減の条件、及びNO_xを低減する還元雰囲気燃焼領域の形成条件を、共通して満足させる重要なパラメータである1次燃焼空気量の減少限界を把握した。合わせて燃焼室出口で、再循環排ガスにより未燃焼ガスを混合攪拌しオーバーファイア空気との併用効果で、ダイオキシン類分解の条件を作ることができる事を示した。実機では、さらに1次燃焼空気量を減少する為に酸素富化空気を導入し、炉内の高温化によりダイオキシン類分解を促進すると共に、燃焼ガス量の低減によりダイオキシン類の総量を低く押さえる条件を把握した。

第5章では、本研究で得られた成果をまとめて示す。

これらの研究成果により、従来から定性的に提唱されてきたダイオキシン類生成経路についての定量的裏付けができ、理論としての正当性を確認できた。また、ごみ燃焼領域で生成する事が明確となった、ダイオキシン類の炉内での分解促進方法についても、有効な手法の提案ができたものと考えられる。

これを要するに著者は、都市ごみ燃焼過程でのダイオキシン類生成メカニズムを実証的に明らかにし、これをもとにダイオキシン類の生成抑制と低減の方法について、新しい提言をおこなっており、熱・環境工学上有益な多くの新知見を得たものであり、熱・環境工学の進歩に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。