

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20510077

研究課題名(和文) ゴミ燃焼プラントのエネルギー極限利用

研究課題名(英文) Utmost utilization of energy in municipal waste incineration

研究代表者

川端 弘俊 (KAWABATA HIROTOSHI)

大阪大学・工学研究科・技術専門員

研究者番号：20379142

研究成果の概要(和文)：

ゴミ燃焼エネルギーの高効率利用のためにはダイオキシン類や塩素化ベンゼンなど有害物質の生成抑制が不可欠である。その方法として、ゴミ予備乾燥による脱水処理燃焼、300℃域の煙道内壁加圧法(ガス噴霧)による浮遊カーボン系物質(フライアッシュを含む)の壁面付着防止が効果的である。一方、水蒸気は300℃域かつ多孔質SiO₂-Al₂O₃系耐火物表面で有害物質前駆体の塩素化を促進し、有害物質の生成を加速させる。

研究成果の概要(英文)：

The inhibition of formation of toxic substances such as dioxins and chlorinated benzenes is indispensable in order to optimize the energy utilization in municipal waste incinerations. To inhibit the formation of toxic substances, the combustion after the pre-dehydration treatment of a municipal waste is important, and the prevention to adhere the fly carbonaceous matters on wall in flue around 300 °C, whose method is the pressurization with gas spray from porous wall in flue, is more effective. On the other hand, water vapor accelerates the formation of precursor of toxic substances because water vapor strongly enhances the chlorination of precursor of toxic substances on the porous refractory of SiO₂-Al₂O₃ system at 300 °C.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：環境・反応工学

科研費の分科・細目：環境学・環境技術・環境材料

キーワード：都市ゴミ、エネルギー極限利用、ダイオキシン類生成抑制、300℃デノボ合成、煙道内壁加圧、浮遊C壁面付着防止、水蒸気分解、都市ゴミ予備乾燥・脱水処理

1. 研究開始当初の背景

近年、都市ゴミや産業廃棄物などに含有されている資源・エネルギーの有効利用を目指

して、環境に配慮したゴミ発電が活発に行われるようになってきた。この発電はCO₂排出削減にも貢献している。ただし、発電効率は

10%以下で、大型の火力発電プラントの発電効率 40%にほど遠いのが現状である。また、燃焼過程および排ガス冷却過程で生成する有害物質であるダイオキシン類やベンゼンなどの排出抑制対策には多額の経費とエネルギーを必要とするため、都市ゴミなどの資源・エネルギーが十分に有効利用されているとは言えない。したがって、有害物質の生成抑制がこれらのエネルギーの極限利用には欠かせない重要なキーポイントである。

有害なダイオキシン類や塩素化ベンゼンは燃焼排ガス中の浮遊カーボン系物質(浮遊C*)表面上のCO/CO₂濃度比が高い領域で生成され、ダイオキシン類生成濃度とこの浮遊C*の個数との間には正の相関関係がある。また、300°C域のSUS反応管内における燃焼排ガスのデノボ合成(ダイオキシン類の新生成)では、排ガスの滞留時間が10秒間程度ではダイオキシン類の増加は顕著ではない。したがって、実機燃焼炉の300°C域におけるデノボ合成の主因は、多孔質耐火物煙道壁面への浮遊C*付着による長時間に及ぶデノボ合成であると推察でき、多孔質壁面への浮遊C*付着防止が有害物質生成抑制に繋がる。

2. 研究の目的

本研究では、300°C域において多孔質耐火物壁面への浮遊C*付着を防止させることにより、有害物質であるダイオキシン類のデノボ合成を抑制する方法「煙道壁面加圧法による有害物質の生成抑制」を提案するとともにその基礎実験を行い、ゴミ燃焼プラントのエネルギー極限利用に寄与できる有害物質生成抑制法とデータを提供する。

煙道壁面加圧法は、多孔質壁面内に埋め込んだ小さな穴を開けたパイプ群へガス送風することにより壁内圧を上昇させ、有害なダイオキシン類やベンゼンの生成源である浮遊C*の多孔質壁面への付着を防止する方法で、300°C域でのデノボ合成を抑制できると考えられる。本方法が確立されれば、世界中で毎日稼働している都市ゴミおよび産業廃棄物燃焼炉からの有害物質の排出が抑制されるとともに、燃焼炉の排ガス処理も非常に簡便になり、ゴミ燃焼プラントのエネルギー極限利用、コスト面、環境面に大きく貢献でき、社会的意義は非常に大きい。

3. 研究の方法

実機燃焼炉の300°C域におけるデノボ合成の主な因子は、触媒反応(Cuなどによるディーコン反応)を除くと、排ガス滞留時間および煙道(多孔質耐火物)内壁への浮遊C*(図

1参照)の付着・脱離(長時間に及ぶデノボ合成)であると考えられる。

本研究におけるデノボ合成実験は、図2に示したように、PVC燃焼排ガスをデノボ合成が活性な温度300°Cに保持した反応管(2種類、図2は耐火物反応管)に導入して行う。1つは、反応管内壁への浮遊C*の付着の影響がないSUS反応管(スムーズな壁面)であり、内径の異なる49mm、65mm、157mmのSUS反応管を用いて、ダイオキシン類生成濃度と排ガスの滞留時間との関係を解明する。もう1つは、反応管内壁へ浮遊C*が付着しやすい多孔質耐火物反応管(内径113mm、SiO₂-Al₂O₃系汎用耐火物)であり、ダイオキシン類生成濃度に及ぼす反応管内壁への浮遊C*の付着の影響を調査する。さらに、多孔質壁面への浮遊C*付着防止対策として、多孔質耐火物壁面に小さな穴を開けたパイプ群を埋め込み、そのパイプ群にN₂ガスや水蒸気を送り込むことにより内壁面圧を上昇させる方法(図2参照)すなわち「煙道壁面加圧法」により300°C域でのデノボ合成抑制効果を検証する。

4. 研究成果

本研究から以下の成果が得られた。

(1) デノボ合成に及ぼす排ガス滞留時間の影響

内径が異なる3種類のSUS反応管すなわち排ガスの滞留時間を変化させて300°Cにおけるデノボ合成実験を行った。その結果、排ガス滞留時間(T_R (s))とダイオキシン類増加割合(R_{D1} (-): デノボ合成炉入り口濃度と出口濃度との比)の関係は、図3の●印で示したように、 R_{D1} と T_R には正の相関があり、 $R_{D1} = 0.13T_R + 1.0$ と一次近似式で表され、約8秒で2倍の濃度になる。

(2) デノボ合成に及ぼす多孔質壁面(耐火物反応管)への浮遊C*付着の影響

SUS反応管に代わり、多孔質耐火物反応管を用いた場合の結果を■印で図3に示した。ダイオキシン類生成濃度の割合は、同じ排ガス滞留時間($T_R = 25$ (s))における R_{D1} 値と比

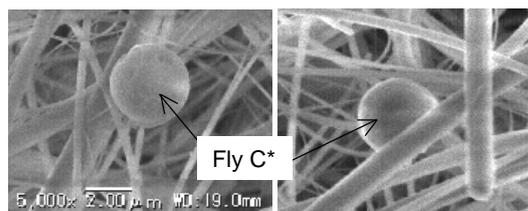


図1 シリカファイバー上に付着した浮遊C*のSEM写真

較すると約4倍の値に増加した。言い換えると、SUS反応管を用いてこのダイオキシン類生成濃度を得るためには、約5倍の排ガス滞留時間が必要となる。すなわち、多くの浮遊C*が多孔質耐火物反応管内壁に付着・脱離を繰り返し、300℃域に長時間滞留することがダイオキシン類増加の原因である。

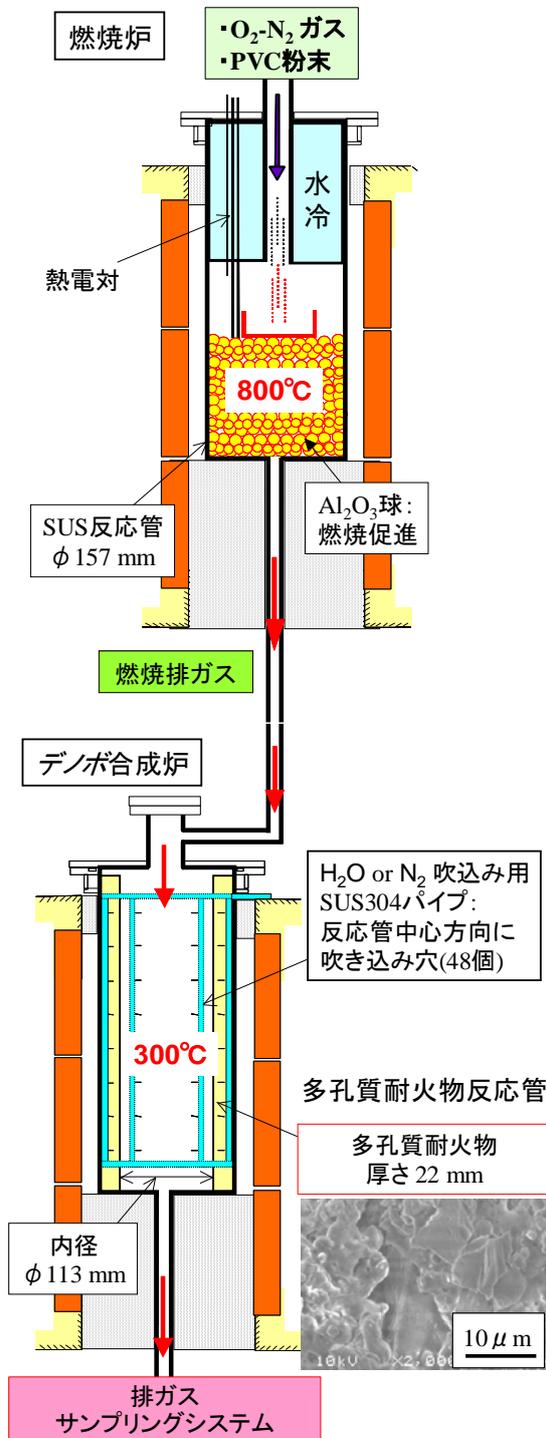


図2 燃焼炉とデノボ合成炉の模式図

(3) 「煙道壁面加圧法(N₂ガス噴霧)」によるデノボ合成抑制効果

浮遊C*の付着を抑制する目的で、多孔質耐火物反応管の内壁よりN₂ガスを流量5 L/min(s. t. p.)で噴霧した。その結果、図3に◆印で示したように、ダイオキシン類生成濃度は■印の値と比較して半分以下に低下した。N₂ガスで多孔質内壁を加圧することによる、煙道壁面への浮遊C*の付着防止法、すなわち「煙道壁面加圧法」はダイオキシン類のデノボ合成抑制に効果的である。

(4) 「煙道壁面加圧法(水蒸気噴霧)」によるデノボ合成抑制効果

多孔質耐火物反応管の内壁からのN₂ガス噴霧に代わり、水蒸気を耐火物反応管内壁より噴霧することにより浮遊C*付着の抑制を試みた。その結果、図4に示したように、予想とは全く逆に水蒸気噴霧速度と正比例してダイオキシン類生成濃度が大幅に増加した。この原因は、水蒸気の分解、すなわち300℃におけるSiO₂-Al₂O₃系耐火物表面での水蒸気の分解によりOH基が増加するとともに、排ガス中のHClが分解されてCl基が生成されることにより、ダイオキシン類および塩素化ベンゼンなどの生成が促進されたと考えられる。

(5) 実機ゴミ燃焼炉における300℃域におけるデノボ合成の要因

実機を模擬した多孔質耐火物反応管を用いたデノボ合成実験から、ダイオキシン類増加割合(R_{D1})の要因を分類した(図5参照)。

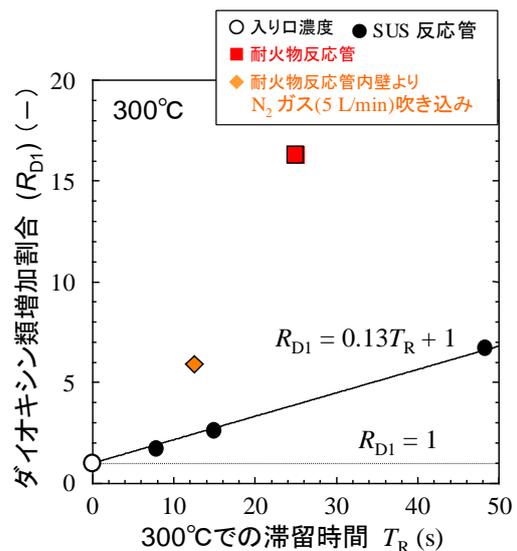


図3 ダイオキシン類の増加率割合(R_{D1})に及ぼす排ガス滞留時間(T_R (s))の影響

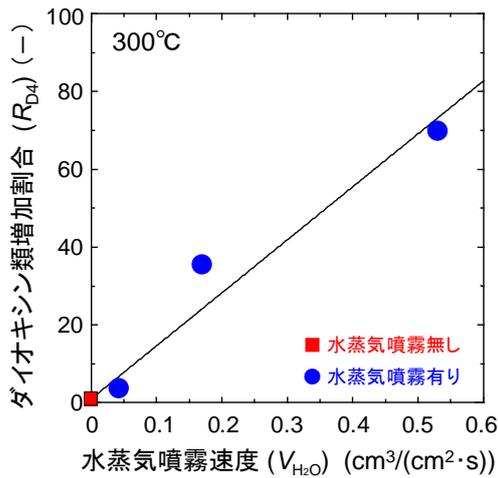


図4 ダイオキシン類の増加率割合(R_{D4})に及ぼす水蒸気噴霧速度の影響

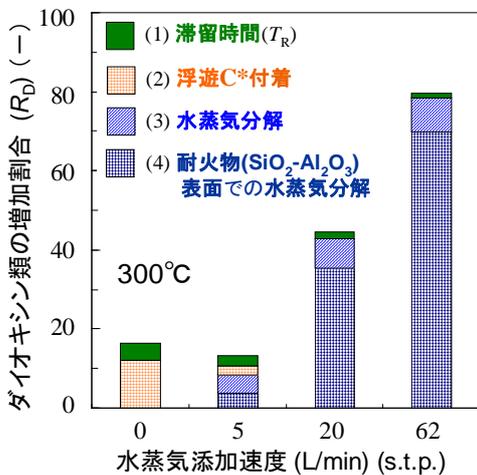


図5 実機ゴミ焼却炉における300°C域におけるデノボ合成の主な要因

デノボ合成に対する排ガス滞留時間 T_R の影響は比較的小さく、やはり多孔質耐火壁への浮遊C*付着の影響が大きい。さらに300°C域かつ $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 系多孔質耐火物表面での水蒸気の分解が非常に大きな影響を及ぼす。

以上より、実機ゴミ焼却炉の300°C域でのデノボ合成によるダイオキシン類生成抑制には、ゴミ予備乾燥による脱水処理燃焼、300°C域の煙道内壁加圧法(ガス噴霧)による浮遊C*の壁面付着防止が効果的である。一方、水蒸気は300°C域かつ多孔質 $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 系耐火物表面で有害物質前駆体の塩素化を促進し、ダイオキシン類などの有害物質の生成を加速させることが判明した。

また、著者らが以前に報告した「浮遊未燃物高温遠心分離再燃焼法による燃焼炉内有害物質の生成抑制」も有害物質生成抑制には

効果的である。

残念ながら、現在、大型ゴミ燃焼プラントの発電効率は10%以下である。その主な原因として、上述の有害物質生成抑制以外に、蒸気条件(温度、圧力)の低さ、ならびにゴミ発熱量のばらつきに起因した過大タービン定格出力のための運転効率の低さなどが挙げられている。これら要因を解消するためには、廃棄物焼却プラントを単に廃棄物処理施設として捉えるのではなく、ゴミ発電プラントを兼ね備えたプラントとして熱エネルギー回収効率を高めるべきである。その一つの方法として、焼却プラントに上記エネルギー不足ならびに変動を補助する燃焼炉を併設することが挙げられる。この補助燃焼炉により発電効率の飛躍的な向上が期待できる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

① 川端 弘俊、秋田 壮一、小野 英樹、碓井 建夫、燃焼排ガス中のダイオキシン類生成濃度に及ぼす酸素濃度の影響、廃棄物資源循環学会論文誌、Vol.20 (No.6), 2009, pp. 343-351, 査読有り

[学会発表] (計2件)

① 小嶋 俊亮、川端 弘俊、小野 英樹、秋田 壮一、碓井 建夫、ダイオキシン類生成に及ぼす水蒸気分圧および燃焼物質中の含水率の影響、廃棄物資源循環学会、2010年11月6日、金沢市文化ホール(金沢市)

② Hirotohi KAWABATA, Tateo USUI and Hideki ONO, Suppression of Dioxin Formation by Dechlorination in Combustion Processes, 4th International Symposium on Advanced Fluid/Solid Science and Technology in Experimental Mechanics (ISEM09), 2009年11月29日, Niigata, Japan

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川端 弘俊 (KAWABATA HIROTOSHI)
大阪大学・工学研究科・技術専門員
研究者番号: 20379142

(2) 研究分担者

小野 英樹 (ONO HIDEKI)
大阪大学・工学研究科・准教授
研究者番号: 30283716