

Title	Fuel N源を含む多成分燃料ガス中への酸化剤吹き込みによって形成される燃焼場の詳細光学計測とNO _x 生成特性
Author(s)	田, 碩
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/92939
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (田 碩)

論文題名

Fuel N 源を含む多成分燃料ガス中への酸化剤吹き込みによって
形成される燃焼場の詳細光学計測と NO_x 生成特性

ストーカ式焼却炉は代表的な都市ごみ燃焼炉の一つであり、焼却炉出口において、都市ごみに含まれる Fuel N 由来の窒素酸化物 (NO_x) の排出量を低減することが重大な開発要求となっている。ストーカ式焼却炉では、燃料を完全燃焼させるために必要な量の酸化剤を二箇所に分けて供給する“二段燃焼”と呼ばれる手法が、低 NO_x 化のために有効であることが知られている。都市ごみのストーカ式焼却炉の一次燃焼領域では、酸化剤が不足した状態での燃焼により、二酸化炭素や水蒸気などによって希釈された高温の多成分燃料ガスが生成され、その燃料ガス中には、都市ごみに含まれるタンパク質などの熱分解により Fuel N 源が含まれる。一次燃焼領域の後段において二次酸化剤が吹き込まれることで二次燃焼領域が形成される。火炎が二次酸化剤の吹き込み用ノズルに付着した場合には、通常の拡散火炎とは燃料と酸化剤の配置が逆転した“逆拡散火炎”が、火炎がノズルから浮き上がった場合には、MILD combustion 状態の燃焼場が形成されることが想定される。しかしながら、その二次燃焼領域の詳細構造や NO_x 生成特性は明らかにされていない。

そこで本研究では、ストーカ式都市ごみ焼却炉の二次燃焼領域を模擬することが可能な実験装置を構築し、光学計測を適用して燃焼場の詳細構造を観察するとともに、アンモニア添加の有無が NO_x 生成特性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。R 型熱電対を用いた燃焼場の温度分布計測に加えて、非接触の光学計測法である OH 平面レーザー誘起蛍光 (OH-Planar Laser Induced Fluorescence; PLIF) 法と NO-PLIF 法により火炎断面の OH と NO の濃度分布を計測した。以下に本論文で得られた知見を示す。

- (1) 燃料組成および酸化剤流量を一定とした状態で、ノズルに付着した逆拡散火炎と MILD combustion 状態の火炎を選択的に形成することが可能である。
- (2) 模擬燃料ガス中の Fuel N 源としてのアンモニアの添加の有無に関わらず、MILD combustion 状態の火炎では、逆拡散火炎と比較して半径方向に均一な温度分布を持ち、温度の最大値が低い。
- (3) 模擬燃料ガス中の Fuel N 源としてのアンモニアの添加の有無に関わらず、逆拡散火炎では、中心軸の近傍に存在する燃焼反応領域の外側に NO 生成領域が存在し、特に火炎帯より半径方向外側の領域において NO 濃度の高い領域が存在する。MILD combustion 状態の火炎では、燃焼器内全域において燃焼反応領域、NO 生成領域が広く分布する。
- (4) 燃料模擬ガス中に実都市ごみ焼却炉と同条件となるようにアンモニアを 1000 ppm 添加した場合には、MILD Combustion 状態の火炎と逆拡散火炎で、煙道における NO_x 生成量の大小関係が、模擬燃料ガス中にアンモニアを添加しない場合のそれと逆転する。これは、アンモニアを添加した場合には、MILD combustion 状態の火炎では、逆拡散火炎と比較して空間的に広い燃焼反応領域を有するため、生成過程の温度依存性が低い Fuel NO_x の生成量が多くなるためである。アンモニアを添加しない場合には、MILD combustion 状態の火炎では、逆拡散火炎と比較して最高温度が低いため、生成過程の温度依存性が高い Thermal NO_x の生成量が少なくなるためである。

本研究で得られた結果により、本研究で想定した都市ごみ焼却炉の二次燃焼領域のように、Fuel N 源を含む高温の希釈された多成分燃料の場合には、既往研究において示されている MILD combustion による NO_x の排出量低減効果は現れず、MILD combustion により燃焼反応領域が広がることで、NO_x の生成量が増加する条件が存在することが明らかとなった。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (田 碩)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	赤松史光
	副 査	教授	芝原正彦
	副 査	教授	津島将司

論文審査の結果の要旨

ストーカ式焼却炉は代表的な都市ごみ焼却炉の一つであり、焼却炉出口において、都市ごみに含まれる Fuel N 由来の窒素酸化物 (NO_x) の排出量を低減することが重大な開発要求となっている。ストーカ式焼却炉では、燃料を完全燃焼させるために必要な量の酸化剤を二箇所に分けて供給する“二段燃焼”と呼ばれる手法が、低 NO_x 化のために有効であることが知られている。都市ごみのストーカ式焼却炉の一次燃焼領域では、酸化剤が不足した状態での燃焼により、二酸化炭素や水蒸気などによって希釈された高温の多成分燃料ガスが生成され、その燃料ガス中には、都市ごみに含まれるタンパク質などの熱分解により Fuel N 源が含まれる。一次燃焼領域の後段において二次酸化剤が吹き込まれることで二次燃焼領域が形成される。火炎が二次酸化剤の吹き込み用ノズルに付着した場合には、通常の拡散火炎とは燃料と酸化剤の配置が逆転した“逆拡散火炎”が、火炎がノズルから浮き上がった場合には、MILD combustion 状態の燃焼場が形成されることが想定される。しかしながら、その二次燃焼領域の詳細構造や NO_x 生成特性は明らかにされていない。

そこで本研究では、ストーカ式都市ごみ焼却炉の二次燃焼領域を模擬することが可能な実験装置を構築し、光学計測を適用して燃焼場の詳細構造を観察するとともに、アンモニア添加の有無が NO_x 生成特性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。R 型熱電対を用いた燃焼場の温度分布計測に加えて、非接触の光学計測法である OH 平面レーザー誘起蛍光 (OH-Planar Laser Induced Fluorescence; PLIF) 法と NO-PLIF 法により火炎断面の OH と NO の濃度分布を計測した。以下に本論文で得られた知見を示す。

- (1) 燃料組成および酸化剤流量を一定とした状態で、ノズルに付着した逆拡散火炎と MILD combustion 状態の火炎を選択的に形成することが可能である。
- (2) 模擬燃料ガス中の Fuel N 源としてのアンモニアの添加の有無に関わらず、MILD combustion 状態の火炎では、逆拡散火炎と比較して半径方向に均一な温度分布を持ち、温度の最大値が低い。
- (3) 模擬燃料ガス中の Fuel N 源としてのアンモニアの添加の有無に関わらず、逆拡散火炎では、中心軸の近傍に存在する燃焼反応領域の外側に NO 生成領域が存在し、特に火炎帯より半径方向外側の領域において NO 濃度の高い領域が存在する。MILD combustion 状態の火炎では、燃焼器内全域において燃焼反応領域、NO 生成領域が広く分布する。
- (4) 燃料模擬ガス中に実都市ごみ焼却炉と同条件となるようにアンモニアを 1000 ppm 添加した場合には、MILD Combustion 状態の火炎と逆拡散火炎で、煙道における NO_x 生成量の大小関係が、模擬燃料ガス中にアンモニアを添加しない場合のそれと逆転する。これは、アンモニアを添加した場合には、MILD combustion 状態の火炎では、逆拡散火炎と比較して空間的に広い燃焼反応領域を有するため、生成過程の温度依存性が低い Fuel NO_x の生成量が多くなるためである。アンモニアを添加しない場合には、MILD combustion 状態の火炎では、逆拡散火炎と比較して最高温度が低いため、生成過程の温度依存性が高い Thermal NO_x の生成量が少なくなるためである。

本研究で得られた結果により、本研究で想定した都市ごみ焼却炉の二次燃焼領域のように、Fuel N 源を含む高温の希釈された多成分燃料の場合には、既往研究において示されている MILD combustion による NO_x の排出量低減効果は現れず、MILD combustion により燃焼反応領域が広がることで、NO_x の生成量が増加する条件が存在することが明らかとなった。

以上のように、本論文では、ストーカ式都市ごみ焼却炉の二次燃焼領域に関する有用な知見が得られている。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。