

環境生命工学専攻	学籍番号	983824
申請者氏名	多久和 毅志	

指導教員氏名	成瀬 一郎 北田 敏廣 金 熙濬
--------	------------------------

論文要旨(博士)

論文題目	石炭燃焼場におけるアルカリ金属化合物を含む微粒子の生成挙動に関する研究
------	-------------------------------------

(要旨 1,200字程度)

地球規模の様々な環境問題に対処しながら、可採年数が他の化石資源と比較して最も長い石炭の利用を推進するためには、さらなる高効率化と環境調和型利用技術の開発が急務になっている。このような観点から、近年、加圧流動層石炭燃焼複合発電システム等の環境調和型高効率石炭利用技術の開発・実用化が進められている。これら高効率複合発電システムの特徴は、反応生成ガスによるガスタービン発電を付加することにより高効率化を実現している点にある。しかし、反応生成ガス中に含有している石炭起源のアルカリ金属化合物蒸気や微粒子は、タービン翼の物理的・化学的腐食の原因になっている。また、このような燃焼プロセスから排出される微粒子、とりわけ $2.5\mu\text{m}$ 以下の微粒子は、疫学的研究によって生態系へ悪影響を及ぼすことが示唆されており、現在、新たな大気環境物質として注視されつつある。このような観点から、本論文では、石炭燃焼場における微粒子の生成機構ならびにアルカリ金属化合物の挙動解明を行うとともに、その制御技術の開発に関する実験的・理論的研究を実施した。

本論文では、まず、石炭燃焼場における微粒子の生成挙動に影響する因子を明確にすることを目的として、性状が類似した2炭種の燃焼実験を実施した。その結果、特に $11\mu\text{m}$ 以上の粗粒子の生成挙動に炭種依存性が存在したことから、これが原炭中の鉱物粒子の存在形態に起因するものと考え、コンピュータ制御走査型電子顕微鏡により詳細分析を行った。その結果、石炭炭素質中に含有している鉱物質粒子が多い炭種ほど粗粒子の生成割合が高いことを明らかにした。一方、燃焼過程におけるアルカリ金属化合物の挙動に関しても炭種依存性が存在したので、この理由を明確にするため、原炭中の鉱物粒子の組成分析を行った。結果として、石炭炭素質とは独立に存在する鉱物質に含有しているアルカリ金属濃度が高い炭種ほど生成する $1\sim 11\mu\text{m}$ の中粒子および $1\mu\text{m}$ 以下の微粒子にアルカリ金属が濃縮し易い傾向にあった。つぎに、アルカリ金属化合物の濃縮機構に関しては、既往の濃縮モデルを用いて得られた実験結果を解析したところ、粗粒子および中粒子へのナトリウム化合物の濃縮機構は燃焼場でのナトリウム化合物蒸気と石炭中の鉱物質との反応が支配的であり、また、微粒子へのそれは燃焼ガス採取過程における急冷による凝縮現象が支配しているものと考察した。

燃焼過程でのアルカリ金属化合物を含む微粒子生成の抑制に関しては、微量の Kaolin を石炭に混合するというアルカリ金属化合物の炉内制御を試みた。その結果、燃焼過程でナトリウム化合物が蒸発し易い炭種については、蒸発したアルカリ金属化合物を Kaolin が化学吸収することで生成微粒子量を約半分に抑制できた。加えて、Kaolin のような鉱物質によるアルカリ金属化合物蒸気の化学吸収現象に関しは、捕捉対象となるアルカリ金属化合物の形態が影響するので、素反応速度論解析を実施することによって、燃焼過程における気相中のアルカリ金属化合物の挙動を基礎的観点から理論解析した。まず、初期ナトリウム化合物蒸気の化合物形態を NaOH、NaCl および Na_2SO_4 の3種類に変化させて解析したところ、NaOH および NaCl の場合、火炎帯で一旦それらはナトリウム金属蒸気に還元され、その後、酸化されて両者とも NaOH に変化したのに対し、 Na_2SO_4 の場合はほとんど変化しなかった。また、燃焼生成ガス中に含有する共存化合物種の影響に関しては、NaOH を例として解析したところ、一旦、NaOH はナトリウム金属蒸気に還元されるものの、その後、HCl が共存する場合は比較的速く NaCl に変化、 SO_2 の場合は徐々に Na_2SO_4 に変化すること等が解析でき、ナトリウム化合物種ならびに共存ガスが捕捉反応に影響する可能性を示唆した。