HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Turbulent flame propagation behavior and mechanism of solid particle cloud/ammonia co-combustion [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	XIA, Yu
Citation	北海道大学. 博士(工学) 甲第14675号
Issue Date	2021-09-24
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/83214
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Xia_Yu_review.pdf (審査の要旨)

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　氏名　Xia Yu

審査担当者　主　査　准教授　橋本 望
副　査　教　授　藤田 修
副　査　教　授　大島 伸行
副　査　教　授　永田 晴紀

学位論文題名

Turbulent flame propagation behavior and mechanism of solid particle cloud/ammonia co-combustion
(固体粒子群とアンモニアの混焼における乱流火炎伝播挙動とメカニズム)

CO2 フリーのエネルギーキャリアガスの候補であるアンモニアを石炭火力に導入して固体燃料と混焼させることは, 石炭火力から排出される CO2 排出量を大幅に削減する切り札として捉えられているが, ガス燃料と固体粒子群の混焼場における火炎伝播特性の基礎的な理解は未だほとんど進んでおらず, 効率的なアンモニア混焼技術開発の障害となっている. 本研究は, ガス燃料と固体燃料粒子の乱流混焼場における火炎伝播特性に与えるガス燃料と固体燃料粒子の相互作用メカニズムを解明しようとするものである.

第 1 章では, 研究の背景について述べ, 本研究の狙いと目的および本研究の重要性について説明している.

第 2 章では, 研究の方法について述べ, 本研究で使用した乱流場中におけるガス燃料および固体燃料粒子群の火炎伝播を詳細に観察できる実験装置について説明している.

第 3 章では, アンモニアガスの乱流火炎伝播特性について述べている. アンモニアガスと酸化剤の予混合気の火炎伝播速度が乱流強度と共に増加するという実験結果およびその理由について説明している. また, アンモニア希薄条件においては拡散・熱的不安定性効果に起因する火炎面積の増大により, アンモニア過濃条件に比較して火炎伝播速度が高くなることについても説明している.

第 4 章では, 固体燃料粒子群の乱流火炎伝播特性について述べている. 微粉炭粒子に比べて組成が単純で評価が容易な PMMA 粒子を用いた実験を行い,PMMA 粒子を用いた場合においても微粉炭粒子と同様に, 火炎伝播速度に与える粒子濃度の影響は小さく, 乱流強度によって火炎伝播速度がほぼ決まるという実験結果が得られ, 乱流による物質および熱の輸送が火炎伝播速度を支配していることを明らかにした.

第 5 章では, 微粉炭粒子群とアンモニアガスの乱流混焼場における火炎伝播特性について述べている. アンモニアガスと酸化剤ガスの当量比を変化させた実験を行い, アンモニア希薄条件においては, 微粉炭粒子群とアンモニアガスの混焼時の火炎伝播速度がアンモニアガス専焼時の火炎伝播速度よりも高くなり, アンモニア過濃条件においては, 微粉炭粒子群とアンモニアガスの混焼時の火炎伝播速度がアンモニアガス専焼時の火炎伝播速度よりも低くなることを示した. この結果から, アンモニアガスと固体燃料粒子群の混焼時には, 火炎の予熱帯において,(1) 固体粒子からの揮発分の放出による当量比増加効果,(2) 固体粒子による熱吸収効果,(3) 火炎から予熱帯中の固体粒子への輻射熱輸送効果, の 3 つが相互作用として働くメカニズムを提案している. 上記 3 つの効果のうち,(1) の効果はアンモニア希薄条件においては火炎伝播速度を高める効果となる一方, アンモニア過濃条件においては火炎伝播速度を低下させる効果として働く. また, アンモニアと酸化剤の当量比に関わらず (2) の効果は火炎伝播速度を低下させる効果として働き,(3) の効果は火炎伝播速度を高める効果として働くことが説明されている.

第 6 章では, 前章で提案したメカニズムを検証するために行った各種実験の結果と考察について述べている. まず, 燃焼時に化学反応に影響を与えないシリカ粒子群とアンモニアガスの混焼実験を行って火炎伝播速度を計測した結果, アンモニア専焼時の火炎伝播速度と比較して火炎伝播速度が低く, 前章で提案した (2) 固体粒子による熱吸収効果が, 火炎伝播速度を低下させることを確かめた. 次に, 燃焼時にすす粒子が大量に生成されるアセチレンガスの専焼実験とアセチレンガスとシリカ粒子群の混焼実験を行って火炎伝播速度を比較することにより, 前章で提案した (3) 火炎から予熱帯中の固体粒子への輻射熱輸送効果は, 実験室規模の小さな火炎では非常に小さいことを明らかにした. さらに,PMMA 粒子群とアンモニアガスの混焼実験により,PMMA 粒子の粒子径が混焼時の火炎伝播速度に大きな影響を与えることが分かり, 前章で提案した (1) 固体粒子からの揮発分の放出による当量比増加効果が, 固体燃料粒子群とアンモニアガスの混焼時において最も支配的な効果であることを明らかにした.

第 7 章では, 本研究の結論を完結に述べている.

以上のように, 本論文では, アンモニアガスと固体粒子群の乱流混焼場における火炎伝播特性を明らかにするとともに, 火炎伝播特性に影響を与えるアンモニアガスと固体粒子の相互作用メカニズムを提案し, 様々な種類の固体粒子を使った混焼実験により提案したメカニズムが検証されている. 提案されたメカニズムにより基礎的な知見が得られ, ガス燃料と固体粒子群の乱流燃焼場を取り扱う産業機器の改良や適切な運用に貢献することが期待される成果であり, 燃焼工学の発展に寄与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.