

戦略的国際科学技術協力推進事業
日本－中国 研究交流
研究課題「排ガスおよび熱の再循環を伴う微粉
炭酸素燃焼によるCO₂回収と各種汚染物質抑
制の同時実現に関する基礎研究」

研究終了報告書

研究交流期間 平成19年12月～平成23年3月

研究代表者：岡崎 健
(東京工業大学大学院理工学研究科 教授)

1. 研究・交流の目的

本共同研究プロジェクトは、石炭酸素燃焼における最先端の技術開発のための戦略的共同体制を日中間で構築することを目指している。共同研究の実施が主であるが、さらに、情報交換やスタッフの交流を通してネットワークの構築を行う。

2. 研究・交流の方法

日本側が O_2/CO_2 環境（酸素燃焼条件下）における微粉炭の燃焼挙動を解明し、 NO_x 生成・分解（還元）のメカニズムを総括的に検討すると同時に、微粉炭の酸素燃焼条件下における着火挙動も解明する。中国側は微量元素挙動に関する実験とモデリングとPM生成およびTE挙動に及ぼす物質再循環(SO_2 , PM)の影響から微粒子(PM)の生成機構、微量元素(TE)挙動を研究する。相互にワークショップを開催し、本共同研究で日中が交流を通して相互的に取り組むことで石炭酸素燃焼における各種環境汚染物質の同時削減が期待される。

変更点

日本側が、ラジカル計測や素反応解析により酸素燃焼条件下の詳細反応メカニズムの検討を行い、中国側が微粉炭を用いた実験を行い、各種環境汚染物質の排出特性を検討する、という方向で研究を進めた。当初は、日本側も微粉炭の着火挙動の検討を進める予定であったが、中国側が着火挙動を検討するための適した実験機材を有しており、また微粉炭を使用した実験は中国側が主に行うため、日本側ではとくに微粉炭の着火挙動の解明は行わなかった。

3. 研究・交流実施体制

3. 1 日本側

氏名	所属	役職	学位	役割
岡崎健	東京工業大学	教授	工学博士	研究統括
花村克悟	東京工業大学	教授	工学博士	研究統括
伏信一慶	東京工業大学	准教授	工学博士	モデリング
渡部弘達	東京工業大学	助教	工学博士	モデリングおよび各種実験
荒井郁也	東京工業大学	修士学生	工学学士	実験
藤原尚樹	出光興産（株）	石炭・環境研究所所長	工学修士	微粉炭燃焼実験

3. 2 相手国側

氏名	所属	役職	学位	役割
YAO, Hong	State key Laboratory of Coal Combustion (SKLCC), HUST	Professor	Doctor of Engineering	Thermal Power Engineering
SHENG, Changdong	School of Energy & Environment Southeast University (SEU)	Professor	Doctor of Engineering	Thermal Energy Engineering

XU, Minghou	State Key Laboratory of Coal Combustion, HUST	Prof./Director	Doctor of Engineering	
ZHANG, Jun	School of Energy & Environment Southeast University	Professor	Doctor of Engineering	
YIN, Yanshan	School of Energy & Environment Southeast University	PhD Student	Bachelor of Engineering	
GONG, Xun	State Key Laboratory of Coal Combustion, HUST	PhD Student	Bachelor of Engineering	
LU, Dangzhen	State Key Laboratory of Coal Combustion, HUST	PhD Student	Master of Engineering	
ZHOU, Ke	State Key Laboratory of Coal Combustion, HUST	PhD Student	Bachelor of Engineering	
GU, Ying	State Key Laboratory of Coal Combustion, HUST	PhD Student	Bachelor of Engineering	
WU, Le	State Key Laboratory of Coal Combustion, HUST	PhD Student	Bachelor of Engineering	

4. 研究成果

4. 1 研究成果の自己評価

- 計画以上の成果がでた 計画通りの成果がでた
 計画とは異なるが有益な成果がでた 計画ほどの成果はでなかった
 いずれでもない

4. 2 研究成果の自己評価の根拠

日本側の研究成果

- ・日本側では、石炭酸素燃焼における基礎的なNO_x生成および還元メカニズムを解明するため、微粉炭は使用せず、O₂/CO₂雰囲気下でのメタン平面火炎を使用した実験を行い、ラジカル計測および素反応解析により詳細な反応メカニズムの解明を行った。
- ・石炭酸素燃焼では、高CO₂濃度という特徴があり、CO₂+H=CO+OHという素反応が顕著に進行するため、空気燃焼よりも多量のOHラジカルが生成されていることが明らかになった。
- ・代表的な低NO_x燃焼法である二段燃焼を適用した場合、酸素燃焼では、空気燃焼と比較し

てNO_x排出量を40%程度低減できることを示した。素反応レベルでそのNO_x還元メカニズムを解明し、石炭酸素燃焼特有の高CO₂濃度由来するCO₂の反応性によりNO_xが低減したことを示した。CO₂の反応性の活用によるNO_xの大幅低減を示したことは新しい成果であり、本成果は、本分野における著名な海外誌(Combustion and Flame)に掲載された。

・現在の高性能石炭火力発電所からさらにNO_xを減少させるためには、素反応レベルでのNO_x低減メカニズムの解明が求められており、本成果の社会への波及効果は大きいと予想される。

中国側の研究成果

・中国側では、微粉炭を使用した実験を行い、微粉炭の着火特性、またNO_x、SO_x、PMといった環境汚染物質の排出特性を空気燃焼と酸素燃焼条件下で比較を行った。

・急速昇温可能なリアクターを用いて微粉炭の着火特性の検討を行い、O₂/CO₂雰囲気では、微粉炭の着火温度が下がることを示し、そのメカニズムについて検討を行った。

・ドロップチューブを用いた微粉炭燃焼実験により、1000-1400℃までの温度範囲で、酸素燃焼の方が空気燃焼よりもNO_xが減少することを示した。

・酸素燃焼においても石灰石の添加によりSO_xが減少することを示した。

研究期間全体を通して、日本側は気相燃焼実験により、詳細な反応メカニズムの解明を行った。中国側は微粉炭を使用した燃焼実験を行い、NO_x、SO_x、PMなど各種環境汚染物質の排出特性について検討を行い、さらに微粉炭の着火特性についても検討を行った。

日本側にとっては、中国側の成果である微粉炭の全体的な燃焼特性や排出特性を把握することができ、中国側にとっては、日本側の成果である石炭酸素燃焼の素反応レベルでの反応メカニズムを把握することができ、石炭酸素燃焼の高度化へとつながる知見を得ることができたと考えられる。そのような観点から、相乗効果が得られたと考えられる。また日本側、中国側、双方とも石炭酸素燃焼では、空気燃焼よりも低NO_x化が行えることを示した。この事実は、石炭酸素燃焼の極低NO_x化に向けた、さらなる展開につながると期待できる。

4. 3 研究成果の補足 とくになし

5. 交流成果

5. 1 交流成果の自己評価

- 計画以上の交流成果がでた 計画通りの交流成果がでた
 計画ほどの交流が行われなかったが成果はでた
 計画ほど交流成果がでなかった
 いずれでもない

5. 2 交流成果の自己評価の根拠

・JST-NSFC 共同研究の中間報告会を兼ねて、2008、2010年度は中国側で、2009年度は日本側でワークショップを開催した。ワークショップでは、日中とも他機関の研究者・学生も参加して議論を行った。研究担当者だけでなく、研究担当者以外からも数多くの質問があり、充実した議論を行うことができた。

・とくに、2009年度に東工大で開催したワークショップでは、実際に石炭酸素燃焼のプラント開発に携わっているIHIやJPowerからも外部有識者を講演者として招き、さらに国内外から石炭酸素燃焼の著名な研究者をパネリストとして招き、ワークショップを実施した。

日本側の大学院生も参加し、密度の高いワークショップとすることができた。

- ・ワークショップ以外にも、研究打ち合わせや研究室見学など、活発な交流を行った。
- ・本プロジェクト期間中は、中国側の研究者が日本側の研究室見学を希望する機会が増えた。

- ・本プロジェクトにより、日中間の交流が促進され、平成 23 年度の 9 月から、相手国側の大学(HUST)からの留学生 1 名が日本側の東京工業大学に博士課程学生として入学することが決まっている。受け入れ研究室は東工大岡崎研究室であり、留学生は研究テーマとして石炭酸素燃焼を強く希望している。これは、相手国との研究交流の増加/持続的発展の可能性を示すものであり、計画以上の交流成果が出たとする理由のひとつである。

5. 3 交流成果の補足

とくになし

6. 主な論文発表・特許出願

論文 or 特許	・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、出願番号、出願人、発明者等	特記 事項
論文	Watanabe, H., Yamamoto J., Okazaki K, NOx formation and reduction mechanisms in staged O2/CO2 combustion, Combustion and Flame, in press (2010)	