

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「石炭およびバイオマスを原料とする
DME の製造と利用に関する触媒および触媒
プロセス」

研究終了報告書

研究交流期間 平成20年1月～平成23年3月

研究代表者：藤元 薫
(北九州市立大学国際環境工学部
エネルギー循環化学科、教授)

1. 研究・交流の目的

石炭の活用は、石油資源の不足、価格高騰に対応する大きな意義を持つことは当然であるが、浄化対策が困難な家庭用や輸送用などの小規模利用システムに対応したクリーンエネルギー（PM、NO_xの排出の大幅削減）の開発は文字通り環境負荷低減に寄与する。さらに、より合理的な利用技術（ディーゼルコージェネ、燃料電池、超高温タービン）あるいは類似の技術によるバイオDME開発、ECOディーゼル、炭酸ガスのDME化などにより省エネルギー型エネルギーシステムの構築が可能となる。本研究では、ばいじん、SO_x、NO_xのみならず炭酸ガスの排出抑制あるいは持続エネルギー資源の活用により有力なエネルギー物質とその手法を提供することを目的とする。

本研究交流の直接の目的は、石炭またはバイオマスエネルギー源としてそれから高品位のエネルギーを得る方法を追究するに際して、以下の点を検討することである。

- (1) 石炭あるいはバイオマスをガス化してクリーン化した後、DMEを製造するための技術、特に高性能な触媒技術を追求する。
- (2) そのエネルギー媒体を、エネルギーが必要な拠点において環境に負荷を与えることなく、触媒を用いて次のエネルギーに再変換する。特に小規模分散型システムを追求する。
- (3) 上記の石炭エネルギーのクリーン燃焼システムに関し、それに関連したハード技術およびソフト技術に関して日中両国のそれぞれの技術開発について交流する。
- (4) 再生性資源であるバイオマスからのDMEの合成法の可能性について具体的な方法を検討する。

2. 研究・交流の方法

研究交流計画

(a) DME製造技術

DMEの合成に関しては大型生産を目指したスラリー床直接合成プロセスおよびメタノールからその脱水によって合成するプロセスが日中両国において開発中であるが、原料調達の実状を考慮した小型高効率な合成法（特にワンパス転化率が高く、未反応ガスのリサイクル不要な合成法）について触媒およびプロセスの両面から検討する。同時に、原料の大規模集積が困難であるが持続的エネルギー資源として期待されている草木系バイオマスからの合成プロセスの可能性を追求する。

(b) ディーゼル燃料およびそのエンジンに関する開発交流

既に述べたように日本においてはエンジンの耐久性、排ガスのクリーン性についての確認、エネルギー効率さらには燃料供給システムの検討も進展しており、実用化レベルにある。この成果が中国側にトランスファされれば、上海市その他において大規模に大型バスを導入しようとしている中国サイドにとっては大きなメリットとなると思われる。また中国が直面するであろうシステムの・技術的課題については、日本において予測されているものはより容易にトランスファが可能となる。DMEはディーゼルエンジンにおいても粒状物質は生成しないが、NO_x、アルデヒドを生成し、その処理が問題となる。これも触媒による処理が可能である。

(c) DMEの接触改質とその利用技術の追求

DMEは天然ガス（～800℃）あるいはナフサ（～500℃）等に比べてはるかに低温（～200℃）で改質され、水素あるいは合成ガスに変換されることが理論的に可能である。理論温度レベルでの改質が可能となれば、例えば燃料電池用の水素が容易に得られ、現在追求されている高度圧縮水素と比較してはるかに容易に移動型（車輻用）燃料電池用燃料供給システ

ム構築が可能となる。また、改質反応（大きな吸熱反応）による低温熱エネルギーの化学エネルギーへの変換技術の開発は、低温の熱エネルギーの化学エネルギーへの変換であり、発電効率の低い火力発電あるいは原子力発電所の効率大幅アップも視野に入れ得、中-長期的なエネルギー供給システムの基盤的研究となる。水素のオンボード生産は、中国においては石炭→DME→車上水素→FC車のシナリオを、日本においては天然ガス・バイオマス・石炭→FC車のシナリオを考え得る。

(d) 化学的変換利用技術

DMEはクリーンエネルギーとしてのみならず、現在の基幹化学原料である低級オレフィン（特にプロピレン）、酢酸を原料とする化学品原料あるいは新規燃料であるジメトキシメタン（DMM）の製造等の有力な原料として、日本および中国その他で開発が進められている。本研究分野において技術的交流を図る。

(e) DMEエネルギーシステムに関するLCA的検討

DMEはマルチ原料、マルチ利用が可能な新エネルギー媒体であり、そのライフサイクルアセスメントに関して優れた研究が日本において実施され、種々の問題点が明らかにされている。しかしこれはあくまで日本を基準としたものであり、その解析結果も限定的である。中国においても遅ればせながら研究が開始されており、特にLPG代替生産についての活動が活発である。前提条件の異なる両国におけるLCAの検討およびその両者の比較検討を試みる。

3. 研究・交流実施体制

3. 1 日本側

氏名	所属	役職	学位	役割
藤元 薫	北九州市立大学、国際環境工学部	教授	工博	全プロジェクト研究総括
青柳 祐治	(財)北九州産業学術推進機構産学連携センター	事業推進部長		交流システムの総括
副島 正貴 (青柳後任)	同上	同上		交流事業の総括
春日 伸一 (副島後任)	同上	同上		同上
村上 恵美子	(財)北九州産業学術推進機構産学連携センター	事業推進課長		交流事業の調整
高村 真	同上	事業推進課主任		交流事業の調整
黎 暁紅	北九州市立大学国際環境工	教授	工博	DMEの利用
武石 薫	静岡大学工学部	助教	工博	触媒化学
朝見 賢二	北九州市立大学国際環境工	教授	工博	DMEの製造と利用
富重 圭一	筑波大学物質工学系	准教授	理博	バイオマス触媒開発
芳賀 裕之	北九州市立大学国際環境工	特任教授	工修	DMEコージェネ開発
安部 貴巳弘	北九州市立大学国際環境工	特任教授	工修	DME燃料の開発
袁 興東	北九州市立大学国際環境工	特任教授	理博	触媒の開発
足立 芳寛	東京大学大学院工学系	教授	工博	DMEのLCA
大野 陽太郎	日本DMEフォーラム	理事	工博	DME製造
井上 紀夫	JFE技研(株)			DME製造技術
後藤 新一	(独)産業技術総合研究所	グループ長	工博	DME自動車
椿 範立	富山大学工学部	教授	工博	DMEからオレフィンの製造
八木田 浩史	日本工業大学工学部	教授	工博	DMEの流通
佐藤 和宏	株式会社タクマ	環境・エネルギー研究所課長	工博	バイオマスガス化触媒の開発
三木田 裕彦	岩谷産業(株)	部長		DMEの市場流通
柳川 達彦	三菱ガス化学(株)	部長		DMEの安全性
村上 陽子	日本ガス合成(株)	研究員		プロジェクトの連絡担当他

3. 2 相手国側

氏名	所属	役職	学位	役割
韓怡卓	中国科学院山西 石炭化学研究所 国家重点実験 室	研究員、教授	博士	中国側の研究総 括
譚猗生	中国科学院山西 石炭化学研究所 国家重点実験 室	研究員、教授	博士	DME合成
解紅娟	中国科学院山西 石炭化学研究所 国家重点実験 室	研究員、教授	博士	DME合成
邱顕清	清華大学 化学 系	教授	博士	DME製造、利用の 調査
黄 震	上海交通大学機 械与動力工学院	副院長、教授	博士	DME自動車の開 発
張啓儉	遼寧工業大学材 料化学系	教授	博士	DME燃料電池の 開発
劉忠文	陝西師範大学化 学系	教授	博士	DME燃料電池の開 発
張謙温	北京石油化工学 院化学工程学院	教授	博士	DMEからオレフ インの製造
常 傑	中国科学院広州 エネルギー研究 所	教授	博士	バイオマスから DMEの製造
曲 景平	大連理工大学化 学工学院・石油 工学院	院長、教授	博士	バイオ燃料の製 造
楊 伯倫	西安交通大学能 動学院	副院長、教授	博士	プロセスのシミ ュレーション

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

具体的成果

(1) 人的啓蒙活動

本プロジェクトの採択決定（2007年12月）後直ぐに、日本の北九州市で開催された第4回アジア DME 会議（実行委員長：藤元薫）に、中国側の代表者を含む本プロジェクトの主要メンバーの出席を求め、その時点における世界の第一線の研究に触れてもらうとともに、今後の研究交流のあり方等を議論した。

これにより、中国側研究者の DME に関する意識が大幅に向上した。

(2) 社会的波及効果

DME が石炭より容易にまた合理的に製造し得ることが、本交流プログラム及び実践を含む活動により中国において広く知られることとなった。特に DME が LPG（液化石油ガス）の代替品として著しく優れていることが一般に認識され、石炭→DME の生産プラント建設のブームが起こり、中国において約 1,000 万 t/年の生産能力を持つに至った。DME を燃料とするディーゼル車が日本の技術をベースに中国で実用化を進め、同時にクリーンな非石油系輸送用燃料として日本において実車テストを含めた実用化研究が大幅に進展した。

また、バイオマスからの DME 合成の可能性が明らかにされたことから日本および中国においてバイオ DME の合成研究が開始され、優れた成果が得られている。

(3) 化学技術の進展と相乗効果

DME/メタノールをゼオライト触媒によりプロピレン、ブテンなどの低級オレフィン類を製造することが明らかになり、高性能触媒の開発がキーポイントとなっていることが明らかとなった。これに関して日本・中国での研究が著しく活性化され、科学的技術的レベルが向上し、実用化可能な触媒が日本において複数開発された。そして日本の技術が中国で実用化され、石油化学の製造が石炭あるいは天然ガスを原料として生産されるプロジェクトが進行中である。

4. 3 研究成果の補足

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

・基本的に日本発の科学と技術を基盤として中国の新エネルギーシステムの構築に大きく寄与したと評価している。また実用化という面に関して特に社会システム上の問題点も中国においては顕在化しつつある。この課題に関しては日本においても大いに参考となる。

・日本への研究者の来日（のべ7人）および第4回（日本）、第5回（中国）、第6回（韓国）アジア DME 会議および IDA(International DME Association)の国際シンポジウムを通じて多数の日本人研究者・技術者、中国人研究者・技術者間の信頼感、意識の共有が行われた。

・研究成果および社会的・経済的意識の向上により、中国においては既に述べたように1,000万 t/年ほどの生産能力を有するに至り、中国のクリーン燃料の開発に大きく寄与した。

・日本においても8万 t/年の工業プラント（新潟）が建設され、稼働している。

・上述の2国間および国際的活動（日本の極めてボランティア的意識による）により中国以外にもタイ、インドネシア、インド、中央アフリカ等で家庭用燃料の DME へのシフトが進行し始めている。

5. 3 交流成果の補足

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	Selective transformation of dimethyl ether into small molecular hydrocarbons over large-pore beta zeolite, Wenliang Zhu, Xiaohong Li, Hiroshi Kaneko, Kaoru Fujimoto, Catalysis Letter, (2008), 120(1-2), 95-99	
論文	Reaction Mechanism of the Dry Reforming of DME over Cu-based Hybrid Catalysts, Masashi Tsubohara, Kiwamu Seto, Kenji Asami, Proceedings of 4th International DME Conference, P12 (2010)	
著書	DMEハンドブック追補版、1.3.1, 「中国プロジェクト」、オーム社、2011年出版	