

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名:触媒技術を活用する木質系バイオマス間接液化

2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名(研究機関名・職名は研究参加期間終了時点):

研究代表者

富重 圭一(東北大学大学院工学研究科 教授)

主たる共同研究者

関根 泰(早稲田大学理工学術院先進理工学部 准教授)

椿 範立(富山大学大学院理工学研究部 教授)

三島 雄二(ズードケミー触媒株式会社技術研究所 所長)

栗田 雅也(新日鉄エンジニアリング株式会社環境ソリューション事業部計画技術部 グループ長)

3. 研究実施概要

本研究は、木質系バイオマスをイソパラフィン・メタノール・ジメチルエーテル等液体燃料へ高収率で変換するプロセスにおいて、小規模でもエネルギー的に自立しやすく、コンパクトで操作性が高いプロセスを構築する際に重要となる触媒を開発することを目的とし、

- ① タール水蒸気改質触媒の開発(東北大学)
- ② バイオチャーガス化及び水性ガスシフト触媒の開発(早稲田大学)
- ③ バイオシingas変換触媒の開発(富山大学)
- ④ 開発触媒の工業的触媒調製法とコスト評価(ズードケミー触媒株式会社)
- ⑤ プロセス設計及びCO₂排出削減効果(新日鉄エンジニアリング株式会社)

の5つの研究項目を5つの共同研究グループで実施している。研究項目①②③では、木質バイオマスから液体燃料生産までのプロセスを「木質バイオマスの熱分解～タールの水蒸気改質とバイオチャーのガス化～水性ガスシフト～バイオシingas変換」の工程に分け、各工程で必要とされる触媒の高機能化・機能解析・高性能化を図る。研究項目④では、開発した触媒の工業的調製法を検討し、さらに、研究項目⑤では、木質系バイオマスから液体燃料生産までのトータルフローを構築し、経済性と環境負荷について評価することで開発した触媒の実用性を高める。

4. 事後評価結果

4-1. 研究の達成状況及び得られた研究成果(論文・口頭発表等の外部発表、特許の取得状況等を含む)

研究代表者はH23年4月から内閣府の最先端次世代プログラムに専任するため、本研究課題をやむを得ずH22年度末に中止とし、当初予定していた研究期間5.5年(H20年10月～H26年3月末)を2.5年間(H20年10月～H23年3月末)に短縮することとなった。当初計画によれば、本研究の基盤となる触媒の高機能化・機能解析・高性能化をH22年度末までに完了し、その後の研究期間後半で、開発触媒の高寿命化・試作調製・コスト評価、および木質バイオマスから液体燃料までのトータルプロセスの経済性検討を実施する予定であった。以下、当初構想された全体計画における2.5年経過時点での研究の達成状況及び研究成果について評価する。

研究項目①の達成状況については、バイオマスタールの水蒸気改質触媒として、Ni触媒へのFe添加により、水蒸気改質活性及び炭素析出耐性の向上を見出し、触媒構造解析から合金表面の形成を明らかにし、それに伴うFeからNiへの酸素原子の供与による促進機構のモデルを提案した。また、ハドロタルサイト化合物を前駆体した触媒調製を検討し、組成がより均一で高性能なNi-Fe触媒の開発にも成功した。研究項目②のチャーガス化触媒プロセスについては、Ni担持CeO₂触媒を用い、熱反応とプラズマにより誘起される反応により、673K程度の低温で固体炭素のガス化が可能であることを示した。水性ガスシフト触媒としては、

安価な酸化鉄をベースとした触媒探索を行い、Pd と K を添加することで高活性・高安定性の触媒開発に成功した。研究項目③のバイオシingas変換については、装置のコンパクト化をめざし、複数の反応を一段で進行させるカプセル型触媒の開発を行った。Fischer-Tropsch 合成触媒をコアとし、スパッタ法で導入したゼオライト膜のシェルを Pd 金属微粒子と組み合わせて、合成ガスから一段でガソリンを製造するカプセル型触媒や、メタノール合成触媒をコアとし、ゼオライト膜のシェルを組み合わせることで、ジメチルエーテルを与えるカプセル型触媒の開発に成功した。

研究項目④では、開発触媒の大規模スケールでの調製、また、調製コストの現実性について検討を行い、研究項目⑤では、本プロセスの実機化を想定し、バイオマス粉砕器、熱分解キルン、ガスタールとチャー分離サイクロン、触媒反応器、水生ガスシフト反応、FT 合成ガス反応等を器機構成として定め、システム構成の検討を実施した。文献データなどをもとにして、プロセスにおける物質収支を計算する簡易モデルを作成し、プロセスの経済性評価と最適化を検討した。

研究チームの構成としては、研究項目④⑤で触媒の工業的調製、木質バイオマスから液体燃料生産までのモデルプロセスの構築と経済性評価を担当する企業 2 社を共同研究グループとして参画させており、実用化までを見通した研究体制としたのは適切であったと考える。原著論文発表等の学術的成果については、原著論文発表 33 件、口頭発表 47 件、招待講演 44 件と質と量の両面において中間時点として期待される水準の成果を挙げていると評価される。特許出願についても、国内出願 5 件、海外出願 1 件と健闘している。本プロジェクトでは研究者を育成するという意味でも重要な役割を果たした。本研究成果を踏まえて、研究代表者は筑波大学准教授から東北大学教授へと昇進し、また、東北大学の研究員 2 名が助教として、早稲田大学の博士課程学生が静岡大学の助教として、富山大学の助教が中国の大学で教授として採用された。

言うまでもないが、研究期間後半に予定していた研究項目がほぼ未達成であることは否めない。水性ガスシフト触媒とバイオシingas変換触媒の開発では、木質バイオマスから発生するガスでなく、全て模擬ガス使用の評価であるため、木質バイオマス中の不純物が触媒の寿命に与える影響については未知のままである。触媒の成形においても相当の課題が残っていると思われる。また、木質バイオマスから液体燃料生産までのトータルプロセスの経済性評価では、実験データの蓄積が不十分なため、やむを得ず文献値データを用いており、トータルプロセスの妥当性を判断するための結果が提示されていない。このように開発触媒を実用化へと展開していくために、開発触媒の長寿命化、製造コスト低減、また木質バイオマスから液体燃料生産までのトータルプロセスに係るエネルギー収支改善等、数多くの研究課題が残っており、現時点では、実用化研究へ進められるか判断できるだけの実験データが得られていない。

4-2. 研究成果の科学技術や社会へのインパクト、戦略目標への貢献

優れた触媒の開発はバイオマス利用技術においてキーとなる要素技術であり、本研究で得られた基盤技術は今後ますます重要性を増していくものと思われる。今後、本研究で残された課題が解決され実用化への道筋が明らかにされれば、本研究成果は戦略目標に大きく貢献するものになり得る。

本研究では木質バイオマスとして杉を利用しているが、利用される木質バイオマスの種類、その他プラント規模、立地条件もさまざまである。本研究で展開した戦略的な触媒設計を1つの好事例として、他の類似事例へ応用展開されることを期待している。さらには、天然ガスからの GTL、石炭からの CTL などへも成果を展開することができれば、本研究のインパクトはさらに大きくなると思われる。

また、東日本大震災の津波被害で発生した木質廃材処理のガス化において、本研究課題の研究成果が利用できる道を模索するのも良いかもしれない。

4-3. 総合的評価

2.5年という短い研究期間ではあったが、開発触媒の高機能化・機能解析・高性能化等の基盤となる技術開発をおおむね達成したものと評価される。しかしながら、触媒の長寿命化、開発触媒の工業的調製法の開発、木質系バイオマスから液体燃料生産までのトータルフローの構築など実用性を高める研究がほぼ未着手のまま残されており、かなりの部分が目標未達であることは否めない。今後は、産業界からの参画や産学連携体制

の構築により、実用化へ向けた開発を促進するようお願いしたい。