

国際科学技術共同研究推進事業  
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究領域「低炭素社会の実現に向けた高度エネルギーシステムに  
関する研究」

研究課題名「バイオマス・廃棄物資源のスーパークリーンバイオ燃料への  
触媒転換技術の開発」

採択年度：平成28年（2016年）度/研究期間：5年/

相手国名：タイ王国

## 令和3（2021）年度実施報告書

国際共同研究期間<sup>\*1</sup>

2017年8月31日から2022年8月30日まで

JST側研究期間<sup>\*2</sup>

2016年6月1日から2023年3月31日まで

(正式契約移行日2017年4月1日)

\*1 R/Dに基づいた協力期間（JICAナレッジサイト等参照）

\*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JSTとの正式契約に定めた年度末

研究代表者：椿 範立

国立大学法人富山大学・学術研究部工学系・教授

## I. 国際共同研究の内容 (公開)

### 1. 当初の研究計画に対する進捗状況

#### (1) 研究の主なスケジュール

研究題目・活動	2016年度 (10ヶ月)	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度 (12ヶ月)
1. 各種バイオマス資源からの合成 ガス製造技術開発							
1-1 前処理技術の開発			資源特性・ 物性等の把握				
1-1-1原料調査・分析		資源特性等調査					
1-1-2前処理試験		前処理条件調査		前処理条件の決定			
1-2 合成ガス製造技術の開発							
1-1-1 ガス組成制御技術の開発		ガス組成制御技術検討			ガス組成制御技術の確立		
1-1-2 高効率ガス化技術開発		高効率ガス化技術検討		高効率ガス化技術の確立			
1-1-3 ガス精製技術開発		ガス化精製技術検討		ガス精製技術の確立			
1-1-4 触媒転換連結運転技術開発		触媒転換連結運転技術検討			触媒転換連結運転技術の確立		
1-1-5 石炭共ガス化技術開発					石炭共ガス化技術の確立		
2. 触媒転換によるバイオ燃料等製 造技術の開発							
2-1 バイオ軽油製造技術開発							
2-1-1 高活性触媒の開発		高活性化検討		高性能触媒技術(生産性向上)確立			
2-1-2 実用特性向上技術開発		実用特性向上検討		実用性向上技術(不純物耐性・低圧化)		確立	
2-1-3 合成ガス連結運転技術開発		ベンチスケール製造技術検討		ベンチスケール製造技術確立			
2-2 バイオガソリン製造技術開発							
2-2-1 高活性触媒の開発		高活性化検討		高性能触媒技術(生産性向上)確立			
2-2-2 実用特性向上技術開発		実用特性向上検討		実用性向上技術(不純物耐性・低圧化)		確立	
2-2-3 合成ガス連結運転技術開発		ベンチスケール製造技術検討		ベンチスケール製造技術確立			
2-3 バイオメタノール製造技術開発							
2-3-1 高活性触媒の開発		高活性化検討		高性能触媒技術(生産性向上)確立			
2-3-2 実用特性向上技術開発		実用特性向上検討		実用性向上技術(不純物耐性・低圧化)		確立	
2-3-3 合成ガス連結運転技術開発					ベンチスケール製造技術確立		
2-4 バイオLPG製造技術開発							
2-4-1 高活性触媒の開発		高活性化検討		高性能触媒技術(生産性向上)確立			
2-4-2 実用特性向上技術開発		実用特性向上検討		実用性向上技術(不純物耐性・低圧化)		確立	
2-4-3 合成ガス連結運転技術開発					ベンチスケール製造技術確立		

研究題目・活動	2016年度 (10ヶ月)	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度 (12ヶ月)
3. 利用技術・全体システム構築に係る取り組み							
3-1 バイオ燃料等の利用技術等開発							
3-1-1 バイオ燃料等の分析・評価					バイオ燃料等・触媒の分析・評価		
3-1-2 バイオ燃料等の利用特性分析					バイオ燃料等利用特性把握		
3-1-3 バイオ燃料等の利用技術開発					バイオ燃料等利用技術確立		
3-2 社会実装のためのロードマップ作成に向けたプロセス・LCA解析、システム検討							
3-2-1 試験データ等によるプロセス解析		プロセス解析・評価検討			プロセス解析・評価		
3-2-2 試験データ等によるLCA解析		LCA調査・検討		LCA解析・評価、CO2削減効果把握			
3-2-3 試作試料による利用実証		利用実証検討		利用実証達成			
3-2-4 事業化システム検討		事業化システム提案検討		事業化システム提案			
3-3 人材育成・情報発信・技術交流							
3-3-1 人材育成活動		試験・運転法検討		試験・運転等マニュアル作成、論文数増加達成			
3-3-2 情報発信活動		論文発表		論文発表			
3-3-3 技術交流活動		情報発信に係る検討		公開見学会・シンポジウム開催			
		相手国研究者受入		相手国研究者受入活動			

注：新型コロナウイルス感染症の影響で相手国現地での活動に遅れが生じている

(2) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

新型コロナウイルス感染症の影響で相手国現地での活動に遅れが生じ、研究期間が変更となった。

## 2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト (公開)

### (1) プロジェクト全体

本プロジェクトでは、幅広い非可食系バイオマス資源（木質・農産残渣・廃棄物系）から、化石代替（軽油・ガソリン・LPG 等代替）となる高品位バイオ燃料・化学品を製造する技術を実証するとともに、事業化システムや製品利用方法等の社会実装提案を行うことを目指している。あわせて、相手国側と共同で実証・研究等の活動を行うことによる技術移転・人材育成に取り組み、バイオマス資源が豊富な国・地域における高品位バイオ燃料・化学品を製造する事業の創出を通じた化石資源代替・地球温暖化対策にも寄与することとしている。

本年度も、前年度に引き続き、新型コロナウイルス感染症の影響で、相手国内での活動が実施できなかったため、自国内で実施可能なデータ収集や分析、試験、今後の活動準備等を中心に実施した。相手国側とは、電子的な方法を用いた共同検討等を行っている。

依然として感染症の影響が大きい状況であるが、状況は比較的安定化・定着しつつあり、それに伴い渡航に係わる枠組みも整備されつつあるため、今後も自国内で実施可能な内容に取り組みつつ感染症の状況等を確認し、現地での活動の再開を図る。

### (2) 研究題目 1 : 「各種バイオマスからの合成ガス製造技術開発」

研究グループ A (リーダー：国立大学法人富山大学 椿 範立)

研究グループ B (リーダー：一般財団法人石炭フロンティア機構 橋本 敬一郎)

#### ①研究題目 1 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

本研究題目では、現地の各種バイオマス資源（木質・農産残渣・廃棄物系）から、触媒化学転換に適した性状のガスを安定して製造する技術の開発・実証と社会実装提案を目指している。また、あわせて同分野の技術移転・人材育成等の活動も行うこととしている。

本年度も、前年度に引き続き、感染症の影響で、予定していた相手国現地での試験運転等が実施できなかったため、自国内で実施可能な調査・検討やデータ分析、これまでの運転等における課題を踏まえた今後の対策検討、LCA・FS 検討と関連する原料条件の検討、灰の利用に係わる検討等を行った。

#### 1) 機材の改善・改良等に係る検討

機材の供与と供与機材を用いた試験運転については、計画通りに供与機材を現地に設置し、目標としていた運転時間等も達成できた。タイ側の原料形状・性状に由来するバイオマス供給系でのトラブルや、ファイナチャー生成によるタール改質炉入り口が閉塞するトラブルがあったことから、今後のより安定した試験稼働、機材の性能・機能等の改善・改良に向けた検討を行い、バイオマス供給系については、使用原料に応じた設備調整に向けた部材の準備やポットの改造仕様検討、ファイナチャー閉塞時の運転対応の検討等の準備を行ってきている。また、よりタイムリーなガス性状計測のための計測点の改善についても検討・準備をおこなっている。

今年度は、これまでに実施した試験運転の結果をふまえ、機材の改善・改良に係わる具体的な部材の用意等を行った。また、現地への渡航が困難な状況が続く中、相手国側にチェック箇所等・内容等を伝達、相互に写真等で確認することで、機材状況の確認と今後の運転に向けて準備を進めている。

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

## 2) 残渣の利用に係わる検討

バイオマスのガス化では、残渣の量・性状が、効率やコスト、操業性等の要素に影響するため、それらの発生状況を把握する必要がある。また、原料が農産残渣やゴム廃材など、プラスチックや塗料などの不純物を含まない場合、残渣物（炭化物や灰）も有効利用が見込める。本年度は、相手国での試験運転から回収された残渣物の量・性状等をふまえて、各種利用方法について検討した。また、それらの有効利用・有価物化の情報を FS・LCA の検討にフィードバックした。

ガス化残渣は、発生時点では未燃チャーが多く含まれているが、実用時には、これらの未燃チャーも熱源として利用することが見込まれ、最終的には燃焼灰に近い性状になると考えられる。そこで、具体的な利用方法の検討では、燃焼灰に近い性状の残渣を土木用資材として利用することを想定した。現在、石炭灰を主原料に製造されている灰混合材料としての利用に係わる各種検討を行い、その有用性と具体的な利用方法を確認した。

## ②研究題目1のカウンターパートへの技術移転の状況

これまで、試験運転に際して、ガス化機材・技術に関するマニュアル・研修用テキストを作成し、現地でカウンターパート研究者に対して研修を行っており、相手国側でもそれらマニュアル・テキストに基づいて技術を習得できるようにしている。これらの内容について、引き続き、改善・改良の更新等を行っている。

現在、以前として現地への渡航が困難な状況が続いているが、相手国側にチェック箇所等・内容等を伝達、相互に写真等で確認することで、機材状況の確認と今後の運転に向けて準備を進めるなど、技術移転もふまえた取り組みを継続している。

## ③研究題目1の当初計画では想定されていなかった新たな展開

昨今、世界的に SDGs やカーボンニュートラルへの対応が企業活動等における社会的要請ともなりつつあり、本事業が対象としているバイオマス資源の利用やガス化技術への関心が様々な主体間で高まっている。これらの動向もふまえて、早期の社会実装・成果還元を目指した各種検討をカウンターパートとも連携して行っている。

## ④研究題目1の研究のねらい（参考）

触媒化学転換工程に用いるバイオマスガス（ $H_2$ と  $CO$  を主成分とする合成ガス）は、触媒化学転換で用いられる触媒に悪影響を及ぼさないようガス組成やガス中不純物等の性状を高度に制御する必要がある。一方、これらのバイオマスガスの性状は、設備側の条件（ガス化システムの仕様等）だけでなく、原料の種類や性状などの条件にも左右される。多種多様なバイオマス種に対応できることも技術の実用化・普及には重要となる。こうした点を踏まえて、現地の原料条件等に応じた設備仕様や前処理方法等に留意しつつ、各種条件への対応性や汎用性、稼働の安定性など事業化・普及も見据えた活動を行っていく必要がある。

相手国側における継続的な試験研究等に資するためにも、仕様や操作の簡易化、稼働・操業の安定性、安全対策等も重要となる。機材供与に際してこれらの点にも配慮した。データ取得や分析等の設備機器・体制の整備、手順の確認等も合わせて実施した。これらをふまえ、引き続き現地での試験運転や技術移転に取り組んでいく。

【令和3年度実施報告書】【220531】

### ⑤研究題目1の研究実施方法（参考）

バイオマスガス化の供与機材（ガス化ベンチ装置）を用い、相手国側で実際に収集される各種非可食系バイオマス資源（主試験対象原料：ユーカリ、ゴム古木、キャッサバ、トウモロコシの芯）を原料として用いた試験運転、触媒化学転換工程との連結・一体化した操業、各種バイオ燃料の製造実証等を行う。そこで得られた試験運転データや試料等の分析・評価等を通じて、技術確立・移転や社会実装提案にも取り組む。

### (3) 研究題目2：「触媒転換によるバイオ燃料等製造技術の開発」

研究グループA（リーダー：国立大学法人富山大学 椿 範立）

#### ①研究題目2の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

本研究題目では、現地の各種バイオマス資源（木質・農産残渣・廃棄物系）から製造されたバイオマスガスを用い、触媒化学転換により化石燃料等（軽油・ガソリン・LPG等）の代替となる高品位バイオ燃料・化学品を製造する技術の開発・実証と社会実装提案を目指している。また、あわせて同分野の技術移転・人材育成等の活動も行うこととしている。

本年度は、感染症の影響で、予定していた相手国現地での試験運転等が実施できなかったため、自国内で実施可能な調査・検討やデータ分析、これまでの運転等における課題を踏まえた今後の対策検討等を中心に行った。

#### 1) バイオ軽油製造技術

バイオ軽油製造については、これまでに、供与機材（流動床反応器）を用いたベンチスケールでのガス化・FT合成の試験運転とバイオ軽油製造を達成している。今後、固定床反応器での試験を予定していることから、これらのベンチスケール試験に係わる触媒検討等を行っている。ベンチ試験用触媒の検討に際しては、触媒の性能（活性・選択性）のほか、バイオマス由来ガス（ガス組成変動や不純物の混入も想定される）への適性・対応や、コスト特性（低圧化、触媒構造、担持金属等）、また実際の現地のベンチ装置の仕様（合成ガス流量、加熱方式等）や触媒還元方法等を考慮し、ベンチ試験用触媒を選定、性能等を確認し試験の用意を行っている。

また、実バイオマスガス利用下では、ガス組成（ $[H_2]/[CO]$ 、 $[H_2]+[CO]$ 、 $CO_2$ 等の混入・合成ガス分圧の低下、ガス組成の経時変動等）等の条件が触媒の性能や耐久性、生成物生産性等に影響することが考えられる。これらの実用条件への対応に際し、触媒の基本的な性能を高めることで、実バイオマスガス利用時にも十分な触媒性能を確保することが考えられる。こうした点をふまえて、触媒の高性能化や低コスト化等に係わる試験検討等を行っている。

今年度は、低コスト化が見込めるFe系FT合成触媒のより低コストかつ簡易な調整方法、安定した活性を發揮できる新たな調製方法等の検討を行った。

#### 2) バイオガソリン製造技術

バイオガソリン製造についても、今後、固定床反応器での試験を予定していることから、これらのベンチスケール試験で用いる触媒検討等を行っている。ベンチ試験用触媒の検討に際しては、バイオ軽油製造触媒と同様、触媒性能のほか、バイオマス由来ガスへの適性・対応や、コスト特性、現地のベンチ

【令和3年度実施報告書】【220531】

装置の仕様等を考慮し、ベンチ試験用触媒を選定、性能等を確認し試験の用意を行っている。また、これらを並行して、バイオ軽油と同様に、実バイオマスガス利用時に見込まれる各種条件への対応を見据えた高性能化や低コスト化に係わる試験検討等を行っている。

今年度は、ガソリン留分の生産性により優れた触媒調製技術や低コスト化が見込める調製法等の検討を行った。また、ベンチ試験用として用意している触媒の特徴の各種ラボ試験を通じた把握、実際のベンチ試験時との比較対象となるデータの取得やより具体的な試験運転方法・条件検討等を行った。

### 3) バイオメタノール製造技術

メタノール製造については、これまで現地のベンチ試験設備で模擬ガスを用いた試験を行い、メタノール製造を達成・確認している。現地の試験条件等の関係から、H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>の模擬ガスを使用した。従来メタノール合成法より高いワンパス転化率を数日間の連続運転で確認するなど、本事業における低温メタノール合成技術の優位性が確認できた。

これらに基づき、今後、現地のバイオマスガス化ベンチ装置から得られるバイオガスを用いた試験製造を予定している。バイオメタノール用の触媒としては、富山大学が開発した低温メタノール合成技術に基づき、固定床反応器を用いた試験を行うことを想定してベンチスケール用の触媒を検討、用意を行っている。ベンチ試験用触媒の検討に際しては、バイオ軽油・バイオガソリンと同様に、触媒性能のほか、バイオマス由来ガスへの適性・対応や、コスト特性、現地のベンチ装置の仕様等を考慮した。また、バイオ軽油・バイオガソリンと同様に、実バイオマスガス利用時に見込まれる各種条件への対応を見据えた高性能化や低コスト化に係わる試験検討等を行っている。

今年度は、メタノール合成で課題となる低温・低圧条件下でのワンパス転化率向上や触媒の耐久性等に係わる試験検討等を行った。

### 4) バイオLPG製造技術

バイオLPG製造についても、今後、固定床反応器での試験を予定していることから、これらのベンチスケール試験で用いる触媒の検討等を行っている。

今年度は、LPG合成により適した触媒技術の検討やベンチスケール試験で使用する触媒の特徴等のラボ試験による把握、ガソリン留分の生産性により優れた触媒調製技術や低コスト化が見込める調製法等の検討を行った。また、ベンチ試験用として用意している触媒の特徴の各種ラボ試験を通じた把握、具体的な試験運転方法・条件検討等を行った。

## ②研究題目2のカウンターパートへの技術移転の状況

触媒転換工程の運転、機材・設備の運用においては高温・高圧下での反応を安定・確実かつ安全に行うための適切な操業技術、知識・技能が必要となる。エンジニアリングや試験運転を相手国側と共同で行い、研修も合わせて実施するなど技術移転に努めてきている。触媒化学転換工程では、核となる触媒の性能や特性等が重要となる。これらの開発や試験・分析・評価等の活動を相手国側と連携して行い、共著論文発表等を継続的に行ってきた。社会実装に際しては、触媒化学転換工程とガス化工程の各要素技術とそれらの連結・一体となった運用等の総合技術が求められる。これらのガス化技術・全体技術との関連・連携に留意しつつ、技術移転活動を行ってきた。

### ③研究題目2の当初計画では想定されていなかった新たな展開

本研究題目分野についても、世界的なカーボンニュートラル化に向けた流れの中で、CO<sub>2</sub> 利用や各種合成燃料（e-fuel やジェット燃料等）への注目が高まっていることから、これらの動向等もふまえて、カウンターパートと連携した各種検討を行っている。

### ④研究題目2の研究のねらい（参考）

本研究題目では、幅広い非可食系バイオマス資源からバイオマスガス化により得られる合成ガス（H<sub>2</sub>とCOからなるガス）を、各種化石燃料等（軽油・ガソリン・LPG等）の代替となるバイオ燃料・化学品へと転換する技術の開発・実証と社会実装提案を目指している。

対象としている触媒化学転換技術は、FT合成（軽油代替・ガソリン代替対象）、LPG合成（LPG代替対象）、メタノール合成（メタノール代替対象）であり、社会実装を見据えた要素技術開発からスケールアップ等の応用技術開発までの幅広い領域が対象となる。これらについて、相手国側と共同で開発・実証等の活動を行いながら、相手国側で自立・継続的な社会実装への取り組みがなされるような基盤を形成することとしている。

相手国側における継続的な試験研究等に資するためにも、装置・設備の操業・メンテナンス等の運用技術や安全管理等の点も重要となる。機材エンジニアリング等に際し、これらの点にも配慮した。また、データ取得や分析等の設備機器・体制の整備、手順の確認等も合わせて実施した。今後の現地での試験運転や技術移転に際しても引き続き考慮していく。

### ⑤研究題目2の研究実施方法（参考）

相手国側の触媒化学転換工程ベンチ装置（日本側がエンジニアリング供与）を中心に、核となる触媒化学転換技術に係る研究開発やラボ・ベンチスケール試験、サンプルの分析・評価等を通じて、要素技術開発・実証・社会実装提案検討をそれぞれ進めていくこととしている。

ベンチスケール試験では、相手国側で実際に収集される各種非可食系バイオマス資源（主試験対象原料：ユーカリ、ゴム古木、キャッサバ、トウモロコシの芯を想定）から得られたバイオマス由来合成ガスを用い、相手国側の触媒ベンチ装置で各種バイオ燃料・化学品（バイオ軽油・ガソリン・LPG・メタノール）を試験製造する。

### (4) 研究題目3：「利用技術・全体システム構築による社会実装提案」

研究グループA（リーダー：国立大学法人富山大学 椿 範立）

研究グループB（リーダー：一般財団法人石炭エネルギーセンター 橋本 敬一郎）

研究グループC（リーダー：ENEOS株式会社 瀬川 敦司）

研究グループD（リーダー：株式会社巴商会 秋永 富士夫）

### ①研究題目3の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

本研究題目では、現地の各種非可食系バイオマス資源（木質・農産残さ・廃棄物系）からガス化・触媒化学転換により高品位化石代替燃料・化学品（軽油・ガソリン・LPG等）を製造する技術の実証と社会実装提案を見据えた調査・分析・評価や関連機関とのアライアンス形成、人材育成や情報発信等に取り組むこととしている。

【令和3年度実施報告書】【220531】

本年度は、感染症の影響で予定していた現地の機材を用いた試験運転が実施できなかったため、これまでの試験運転データ等の解析、プロセスや LCA、FS（事業化可能性調査）に係る調査・検討等を行った。相手国側と電子的手法等により密なコミュニケーション・連携を保ちつつ、これらの検討等を推進している。

#### 1) 試験データ等によるプロセス解析

試験運転データ等に基づき、ガス化工程のプロセス解析と改善改良検討を行っている。本技術（バイオマスガス化・触媒化学転換）では、実用時にはプロセス・システム内で熱や物質を無駄なく融通・有効利用して、システム全体の収率・効率を高めることが重要になると考えられる。これらの観点から、本年度は、ガス化ガスの持つ高温顕熱を有効利用するプロセスの改良検討を行い、プロセスの温度条件を変えることでプロセス効率向上が見込まれることを確認した。

#### 2) LCA 解析・FS 検討

試験データ等に基づく LCA 解析・FS 検討について、具体的な社会実装時の各種条件を想定した上での解析試行等を行ってきた。本年度は、より具体的な事業モデルを構築した上で、それらの前提条件を用いる解析モデル・ワークシートを試構築した。今後、より具体的な評価検討等を通じてモデル・ワークシートのブラッシュアップを進め、具体的な社会実装提案をとりまとめる。

#### ②研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

本技術の実証・社会実装に向けて、バイオマスガス化・触媒化学転換の各要素技術、および全体製造工程に係る運用技術がそれぞれ必要となる。また、これら全体のプロセスに係るエンジニアリングや分析・評価等の技術・知見も求められる。そのほか、社会実装においては、ラボ～ベンチスケールの試験研究等成果のスケールアップ・実用仕様選定などの実用技術も必要となる。相手国側における、これら全般に係る技術移転について関連する各機材供与とともに取り組んでいる。

感染症の影響で現地での試験運転や打合等が困難な状況が続いているが、電子的方法等で相手国側と共同で、社会実装モデル構築に係わる各種データ・情報の収集や分析等の連携した活動を継続している。

#### ③研究題目 3 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

世界的なカーボンニュートラル等に向けた流れが加速化する中で、これからの時代に即した具体的な社会実装モデルが求められている。これらのニーズに対応したモデル提案を通じて、早期の社会実装につなげるべく、カウンターパートと連携して各種動向をふまえた検討を継続している。

#### ④研究題目 3 の研究のねらい（参考）

各種非可食系バイオマス資源からの各種高品位化石代替燃料・化学品製造技術の実証・社会実装提案に向けて、バイオマス資源やガス化技術、触媒化学転換技術からその流通・利用まで、関連する各要素について技術開発や試験・分析、調査、協議等を行っていくこととしている。

⑤研究題目3の研究実施方法（参考）

実際に現地で収集されているバイオマス資源を用いて、ガス化・触媒化学転換技術の試験運転、サンプルの分析・評価等を行い、そこで得られたデータ等を踏まえて事業化検討や社会実装提案検討、事業化に向けた関連機関へのヒアリング・協議等やアライアンス形成を行うこととしている

本法は従来にない新たな手法によるバイオ燃料・化学品製造技術であることから、相手国側での本技術に対する理解・認知度向上に向けた情報発信や中長期的な社会実装推進の母体となる人材育成・体制形成にも取り組む。

## II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

### (1) 今後のプロジェクトの進め方及び留意点

プロジェクト関係者間で密な連携を保ちつつ推進するとともに、具体的な現地での活動・試験運転等の実作業の際には詳細な役割・作業分担、具体的な作業内容等を確認し、工事や試験運転等の実作業・工程に問題が生じないように留意している。

感染症の影響で、現地での試験・打合せ等の活動が困難な状況が続いているが、電子的方法等で連携しながら推進している。渡航に係わる枠組みの整備が進みつつあることから、状況が整い次第渡航し現地活動を実施できるよう検討を継続している。

### (2) 成果達成の見通し

これまで、ほぼ計画通りに機材供与、供与機材（ガス化・触媒化学転換）を用いた試験運転等を実施し、相手国側との共同でのバイオマスガス化長時間連続運転やバイオ軽油製造等の成果を達成してきている。

現在、感染症の影響で、現地での試験・打合せ等の活動が困難な状況が続いているが、渡航に係わる状況が整い次第、渡航し現地活動を実施できるよう確認・検討を継続している。

当面、自国内で実施可能な調査・分析、検討等を中心に進めつつ、相手国側での活動再開を見据えた準備を進める。

### (3) 上位目標に向けての貢献や成果の社会的なインパクトの見通し

現在、感染症の影響で、現地での試験・打合せ等の活動が困難な状況が続き、自国内で実施可能な調査・分析等に活動が制限されているが、その一方で、カーボンニュートラルに向けた動きなど、本事業関連分野への注目が高まりつつある。

本技術は、本事業で対象としているバイオマス原料（木質・農産残渣・廃棄物系）以外にも幅広い有機資源が利用可能で近年課題となっているプラスチック廃棄物についても原料として利用できる。また、CO<sub>2</sub>（およびH<sub>2</sub>）も原料として利用できることから、カーボンリサイクル分野にも応用可能である。製品についても本事業で対象としているバイオ燃料等（バイオ軽油・ガソリン・LPG・メタノール）以外にも化学品やジェット燃料など、石油由来のほぼすべての製品群に展開可能である。

これらの領域での社会実装も視野に入れつつ、関連機関とのアライアンス形成等に取り組む。

### Ⅲ. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

#### (1) プロジェクト全体

これまで、ほぼ当初のプロジェクト体系・計画に沿った活動を推進してきているが、前々年度から感染症の影響で現地での活動が困難な状況が継続している。こうした中で、各々、自国内で実施可能な調査・検討等に主に取り組みつつ、電子的方法等による情報交換・共有により密な連携を保ちつつ推進している。技術移転に係る内容は、これまでの活動成果やマニュアルの検討・更新等により取り組んでいる。現地での活動の際に使用する機材の状態確認も相手国側や業務調整員の支援等により行っている。

#### (2) 研究題目 1：「各種バイオマスからの合成ガス製造技術開発」

研究グループ A（リーダー：国立大学法人富山大学 椿 範立）

研究グループ B（リーダー：一般財団法人石炭エネルギーセンター 橋本 敬一郎）

本研究題目に関しても、これまでほぼ当初のプロジェクト体系・計画に沿った活動を推進しているが、感染症の影響のため、現地での試験運転等の活動が困難な状況が続いている。

自国内で実施可能な、これまでの運転結果のレビューやシステム・プロセスの改善・改良検討、技術移転に係るマニュアルの検討・更新等を行っている。現地での活動再開を見据えつつ、相手国側とも電子的方法等による連携をとりながら推進する。

#### (3) 研究題目 2：「触媒転換によるバイオ燃料等製造技術の開発」

研究グループ A（リーダー：国立大学法人富山大学 椿 範立）

本研究題目に関しても、これまでほぼ当初のプロジェクト体系・計画に沿った活動を推進しているが、感染症の影響のため、現地での試験運転等の活動が困難な状況が続いている。自国内で実施可能な、これまでの運転結果のレビューやラボレベルでの開発、それらによる改善・改良検討等を行っている。現地での活動再開を見据えつつ、相手国側とも電子的方法等による連携をとりながら推進する。

#### (3) 研究題目 3：「利用技術・全体システム構築による社会実装提案」

研究グループ A（リーダー：国立大学法人富山大学 椿 範立）

研究グループ B（リーダー：一般財団法人石炭エネルギーセンター 橋本 敬一郎）

研究グループ C（リーダー：ENEOS 株式会社 瀬川 敦司）

研究グループ D（リーダー：株式会社巴商会 秋永 富士夫）

本研究題目に関しても、これまでほぼ当初のプロジェクト体系・計画に沿った活動を推進しているが、感染症の影響のため、現地での試験運転等の活動が困難な状況が続いているため、これまでの運転結果等によるプロセス解析・LCA 分析や社会実装に係る情報収集等を中心に行っている。

現地での活動再開、技術移転や人材育成、将来的な社会実装を見据えつつ、相手国側とも電子的方法等による連携をとりながら推進する。

#### IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

##### (1) 成果展開事例

相手国側代表機関（チュラロンコン大学）のホームページでプロジェクト紹介サイトを開設、情報発信等を行っている。日本側機関（代表機関・富山大学、参画機関（一財）石炭フロンティア機構等）でも、広報等での成果発表に積極的に取り組んでいる。

##### (2) 社会実装に向けた取り組み

世界的なカーボンニュートラル化の流れの中で、本分野に関する関心が高まっている。カーボンリサイクルや化学品・ジェット燃料などの分野への展開について、関連機関・企業等と定期的に情報交換等を行っている。

#### V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

相手国側研究機関との共著論文の国際誌への発表（本年度内計4報）等を活発に推進している。

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2016	Qinhong Wei, Guohui Yang, Yoshiharu Yoneyama, Tharapong Vitidsant, Noritatsu Tsubaki, "Designing a novel Ni-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiC catalyst with a stereo structure for the combined methane conversion process to effectively produce syngas", Catalysis Today, 2016, Vol. 265, 36-44	10.1016/j.cattod.2015.08.029	国際誌	発表済	
2016	Rungravee Phienluphon, Peipei Ai, Xinhua Gao, Yoshiharu Yoneyama, Prasert Reubroycharoen, Tharapong Vitidsant, Noritatsu Tsubaki, "Direct fabrication of catalytically active Fe/C sites by sol-gel autocombustion for preparing Fischer-Tropsch synthesis catalysts without reduction", Catalysis Science & Technology, 2016, Vol. 6, 7597-7603	10.1039/C6CY01383J	国際誌	発表済	
2016	Chuang Xing, Peipei Ai, Peipei Zhang, Xinhua Gao, Ruiqin Yang, Noriyuki Yamane, Jian Sun, Prasert Reubroycharoen, Noritatsu Tsubaki, "Fischer-Tropsch synthesis on impregnated cobalt-based catalysts: New insights into the effect of impregnation solutions and pH value", Journal of Energy Chemistry, 2016, Vol. 25, 994-1000	10.1016/j.jechem.2016.09.008	国際誌	発表済	
2016	Jie Li, Guohui Yang, Yoshiharu Yoneyama, Tharapong Vitidsant, Noritatsu Tsubaki, "Jet fuel synthesis via Fischer-Tropsch synthesis with varied 1-olefins as additives using Co/ZrO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub> bimodal catalyst", Fuel, 2016, Vol. 171, 159-166	10.1016/j.fuel.2015.12.062	国際誌	発表済	
2017	Natthawan Prasongthum, Rui Xiao, Huiyan Zhang, Noritatsu Tsubaki, Paweesuda Natewong, Prasert Reubroycharoen, "Highly active and stable Ni supported on CNTs-SiO <sub>2</sub> fiber catalysts for steam reforming of ethanol" Fuel Processing Technology, 2017, Vol. 160, 185-195	10.1016/j.fuproc.2017.02.036	国際誌	発表済	
2017	Tien Quang Trieu, Guoqing Guan, Guoguo Liu, Noritatsu Tsubaki, Chanatip Samart, Prasert Reubroycharoen, "Direct synthesis of iso-paraffin fuel from palm oil on mixed heterogeneous acid and base catalysts", Monatshefte für Chemie-Chemical Monthly, 2017, Vol. 148, 1235-1243	10.1007/s00706-017-1963-3	国際誌	発表済	
2018	Suthasinee Pengnarapat, Peipei Ai, Prasert Reubroycharoen, Tharapong Vitidsant, Yoshiharu Yoneyama, Noritatsu Tsubaki, "Active Fischer-Tropsch synthesis Fe-Cu-K/SiO <sub>2</sub> catalysts prepared by autocombustion method without a reduction step" J. Energy Chemistry, 2018, Vol. 27, 432-438	10.1016/j.jechem.2017.11.029	国際誌	発表済	
2018	Peipei Ai, Minghui Tan, Prasert Reubroycharoen, Yang Wang, Xiaobo Feng, Guoguo Liu, Guohui Yang, Noritatsu Tsubaki, "Probing the promotional roles of cerium in the structure and performance of Cu/SiO <sub>2</sub> catalysts for ethanol production", Catalysis Science & Technology, Vol. 8, No. 24, pp. 6441-6451, 2018	10.1039/c8cy02093k	国際誌	発表済	
2019	Lisheng Guo, Yu Cui, Hangjie Li, Yuan Fang, Reubroycharoen Prasert, Jinhu Wu, Guohui Yang, Yoshiharu Yoneyama, Noritatsu Tsubaki "Selective formation of linear-alpha olefins (LAOs) by CO <sub>2</sub> hydrogenation over bimetallic Fe/Co-Y catalyst" Catalysis Communications, 105759, 2019	10.1016/j.cattcom.2019.09.105759	国際誌	発表済	
2019	Hangjie Li, Peipei Zhang, Lisheng Guo, Yingluo He, Yan Zeng, Montree Thongkam, Jaru Natakaranakul, Tatsuki Kojima, Prasert Reubroycharoen, Tharapong Vitidsant, Guohui Yang, Noritatsu Tsubaki, "A Well-Defined Core-Shell-Structured Capsule Catalyst for Direct Conversion of CO <sub>2</sub> into Liquefied Petroleum Gas", ChemSusChem, 2020	10.1002/cssc.201903576	国際誌	発表済	
2020	Hangjie Li, Peipei Zhang, Lisheng Guo, Yingluo He, Yan Zeng, Montree Thongkam, Jaru Natakaranakul, Tatsuki Kojima, Prasert Reubroycharoen, Tharapong Vitidsant, Guohui Yang, Noritatsu Tsubaki, "A Well-Defined Core-Shell-Structured Capsule Catalyst for Direct Conversion of CO <sub>2</sub> into Liquefied Petroleum Gas", ChemSusChem (published on line), 2020	10.1002/cssc.201903576	国際誌	発表済	
2020	Xiaobo Feng, Peipei Zhang, Yuan Fang, Witchakorn Charusiri, Jie Yao, Xinhua Gao, Qinhong Wei, Prasert Reubroycharoen, Tharapong Vitidsant, Yoshiharu Yoneyama, Guohui Yang, Noritatsu Tsubaki, "Designing a hierarchical nanosheet ZSM-35 zeolite to realize more efficient ethanol synthesis from dimethyl ether and syngas", Catalysis Today, Vol.343, 206-214, 2020	10.1016/j.cattod.2019.02.054	国際誌	発表済	

2020	Xiaobo Feng, Jie Yao, Yan Zeng, Yu Cui, Shun Kazumi, Reubroycharoen Prasert, Guangbo Liu, Jinhui Wu, Guohui Yang, Noritatsu Tsubaki, "More efficient ethanol synthesis from dimethyl ether and syngas over the combined nano-sized ZSM-35 zeolite with CuZnAl catalyst", Catalysis Today, in press(published on line),2020	10.1016/j.cattod.2020.03.035	国際誌	発表済	
2020	Yang Wang, Shun Kazumi, Weizhe Gao, Xinhua Gao, Hangjie Li, Xiaoyu Guo, Yoshiharu, Yoneyama, Guohui Yang, Noritatsu Tsubaki, "Direct conversion of CO2 to aromatics with high yield via a modified Fischer-Tropsch synthesis pathway", Applied Catalysis B: Environmental, Vol. 269, 118792, 2020	10.1016/j.apcatb.2020.118792	国際誌	発表済	
2020	Mudassar Javeda, Shilin Cheng, Guihua Zhang, Cederick CyrilAmoo, Jingyan Wang, PengLu, Chengxue Lu, Chuang Xing, Jian Sun, Noritatsu Tsubaki, "A facile solvent-free synthesis strategy for Co-imbedded zeolite-based Fischer-Tropsch catalysts for direct gasoline production", Chinese Journal of Catalysis, Vol. 41, 604-612, 2020	10.1016/S1872-2067(19)63436-4	国際誌	発表済	
2020	Ce Du, Linet Gapu Chizema, Emmerson Hondo, Mingliang Tong, Qingxiang Ma, Xinhua Gao, Ruiqin Yang, Peng Lu, Noritatsu Tsubaki, "One-step conversion of syngas to light olefins over bifunctional metal-zeolite catalyst", Chinese Journal of Chemical Engineering (2020)	10.1016/j.cjche.2020.09.004	国際誌	発表済	
2020	Fei Chen, Peipei Zhang, Yan Zeng, Rungtiwa Kosol, Liwei Xiao, Xiaobo Feng, Jie Li, Guangbo Liu, Jinhui Wu, Guohui Yang, Yoshiharu Yoneyama, Noritatsu Tsubaki, "Vapor-phase low-temperature methanol synthesis from CO2-containing syngas via self-catalysis of methanol and Cu/ZnO catalysts prepared by solid-state method", Applied Catalysis B: Environmental, Volume 279 (2020) Page 119382	10.1016/j.apcatb.2020.119382	国際誌	発表済	
2020	Rungtiwa Kosol, Lisheng Guo, Naoya Kodama, Peipei Zhang, Prasert Reubroycharoen, Tharapong Vitidsant, Akira Taguchi, Takayuki Abe, Jienan Chen, Guohui Yang, Yoshiharu Yoneyama, Noritatsu Tsubaki, "Iron catalysts supported on nitrogen functionalized carbon for improved CO2 hydrogenation performance", Catalysis Communications, Volume 149 (2021) Page 106216	10.1016/j.cattcom.2020.106216	国際誌	発表済	
2021	Kosol, Rungtiwa, Lisheng Guo, Naoya Kodama, Peipei Zhang, Prasert Reubroycharoen, Tharapong Vitidsant, Akira Taguchi, Takayuki Abe, Jienan Chen, Guohui Yang, Yoshiharu Yoneyama, and Noritatsu Tsubaki, "Iron catalysts supported on nitrogen functionalized carbon for improved CO2 hydrogenation performance", Catalysis Communications, Vol. 149, 106216, 2021	10.1016/j.cattcom.2020.106216	国際誌	発表済	
2021	Suthasinee Pengnarapat, Tharapong Vitidsant, Noritatsu Tsubaki, Prasert Reubroycharoen, and Jaru Natakaranakul, "Biofuels Produced by Fischer-Tropsch Synthesis over Silica-supported Iron-Based Catalysts Prepared by Autocombustion Method", Engineering Journal, Vol. 25, 87-94, 2021	10.4186/ej.2021.25.4.87	国際誌	発表済	
2021	Jaru Natakaranakul, Montree Thongkam, Hangjie Li, Phorndranrat Suchamalawong, Noritatsu Tsubaki, Tharapong Vitidsant, "Direct Synthesis of Liquefied Petroleum Gas from Carbon Dioxide Using a Copper/Zinc Oxide/Zirconia/Alumina and HY Zeolite Hybrid Catalyst", ChemistrySelect, 2021, 6: p. 7103 - 7110	10.1002/slct.202101531	国際誌	発表済	
2021	Xiaoyu Guo, Lisheng Guo, Yu Cui, Tharapong Vitidsant, Prasert Reubroycharoen, Guangbo Liu, Jinhui Wu, Yoshiharu Yoneyama, Guohui Yang, and Noritatsu Tsubaki, "Enhanced, $\alpha$ -Olefins Selectivity by Promoted CO Adsorption on ZrO2@FeCu Catalyst", Catalysis Today, Vol. 375, 290-297, 2021	10.1016/j.cattod.2020.03.049	国際誌	発表済	

論文数 22 件  
うち国内誌 0 件  
うち国際誌 22 件  
公開すべきでない論文 0 件

②原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2016	Daisuke Ishihara, Jian Sun, Jie Li, Qinhong Wei, Noritatsu Tsubaki, "Expanding Small Pore Size of the Bimodal Catalyst with Surfactant and Its Application in Slurry-phase Fischer-Tropsch Synthesis" Chemistry Select, 2016, Vol. 1, 778-783	10.1002/slct.201600199	国際誌	発表済	
2016	Qihang Lin, Qingde Zhang, Guohui Yang, Qingjun Chen, Jie Li, Qinhong Wei, Yisheng Tan, Huilin Wan, Noritatsu Tsubaki, "Insights into the promotional roles of palladium in structure and performance of cobalt-based zeolite capsule catalyst for direct synthesis of C5-C11 iso-paraffins from syngas" Journal of Catalysis, 2016, Vol. 344, 378-388	10.1016/j.jcat.2016.10.012	国際誌	発表済	

2017	Lei Shi, Pengfei Zhu, Ruiqin Yang, Xiaodong Zhang, Jie Yao, Fei Chen, Xinhua Gao, Peipei Ai, Noritatsu Tsubaki, "Functional rice husk as reductant and support to prepare as-burnt Cu-ZnO based catalysts applied in low-temperature methanol synthesis" Catalysis Communications, 2017, Vol. 89, 1-3	10.1016/j.c atcom.201 6.10.011	国際誌	発表済	
2017	Qinhong Wei, Guohui Yang, Xinhua Gao, Li Tan, Peipei Ai, Peipei Zhang, Peng Lu, Yoshiharu Yoneyama, Noritatsu Tsubaki, "A facile ethanol fuel synthesis from dimethyl ether and syngas over tandem combination of Cu-doped HZSM35 with Cu-Zn-Al catalyst" Chemical Engineering Journal, 2017, Vol. 316, 832-841	10.1016/j.c ej.2017.02. 019	国際誌	発表済	
2017	Jie Li, Jian Sun, Ronggang Fan, Yoshiharu Yoneyama, Guohui Yang, Noritatsu Tsubaki, "Selectively Converting Biomass to Jet fuel in Large-scale Apparatus" ChemCatChem, 2017, Vol. 9, 2668-2674	10.1002/cc tc.2017000 59	国際誌	発表済	バイオマスからジェット燃料の大規模生産の最新技術
2017	Peipei Ai, Minghui Tan, Noriyuki Yamane, Guoguo Liu, Ronggang Fan, Guohui Yang, Yoshiharu Yoneyama, Ruiqin Yang and Noritatsu Tsubaki, "Synergistic Effect of a Boron-Doped Carbon-Nanotube-Supported Cu Catalyst for Selective Hydrogenation of Dimethyl Oxalate to Ethanol", Chemistry - A European Journal, 2017, Vol. 23, 8252-8261	10.1002/ch em.201700 821	国際誌	発表済	トップレベル雑誌
2017	Peipei Zhang, Li Tan, Guohui Yang, Noritatsu Tsubaki, "One-pass selective conversion of syngas to para-xylene", Chemical Science, 2017, Vol. 8, 7941-7946	10.1039/c7 sc03427j	国際誌	発表済	トップレベル雑誌
2018	Jie Li, Yingluo He, Li Tan, Peipei Zhang, Xiaobo Peng, Anjaneyulu Oruganti, Guohui Yang, Hideki Abe, Ye Wang, Noritatsu Tsubaki, "Integrated tuneable synthesis of liquid fuels via Fischer-Tropsch technology", Nature Catalysis, Vol. 1, pp. 787-793, 2018	10.1038/s4 1929-018- 0144-z	国際誌	発表済	トップレベル雑誌
2018	Qingpeng Cheng, Ye Tian, Shuaishuai Lyu, Na Zhao, Kui Ma, Tong Ding, Zheng Jiang, Lihua Wang, Jing Zhang, Lirong Zheng, Fei Gao, Lin Dong, Noritatsu Tsubaki, Xingang Li, "Confined small-sized cobalt catalysts stimulate carbon-chain growth reversely by modifying ASF law of Fischer-Tropsch synthesis", Nature Communications, Vol. 9, No. 1, pp. 3250, 2018	10.1038/s4 1467-018- 05755-8	国際誌	発表済	トップレベル雑誌
2018	Jian Sun, Jiafeng Yu, Qingxiang Ma, Fanqiong Meng, Xiaoxuan Wei, Yannan Sun, Noritatsu Tsubaki, "Freezing copper as a noble metal-like catalyst for preliminary hydrogenation", Science Advances, Vol. 4, No. 12, pp. eaau3275, 2018	10.1126/sc iadv.aau32 75	国際誌	発表済	トップレベル雑誌
2018	Peipei Zhang, Guohui Yang, Li Tan, Peipei Ai, Ruiqin Yang, Noritatsu Tsubaki, "Direct synthesis of liquefied petroleum gas from syngas over H-ZSM-5 enwrapped Pd-based zeolite capsule catalyst", Catalysis Today, Vol. 303, pp. 77-85, 2018	10.1016/j.c attod.2017. 09.001	国際誌	発表済	
2019	Qingpeng Cheng, Na Zhao, Shuaishuai Lyu, Ye Tian, Fei Gao, Lin Dong, Zheng Jiang, Jing Zhang, Noritatsu Tsubaki, Xingang Li "Tuning interaction between cobalt catalysts and nitrogen dopants in carbon nanospheres to promote Fischer-Tropsch synthesis" Applied Catalysis B: Environmental, Vol. 248, 73-83, 2019	10.1016/j.a pcatb.2019. 02.024	国際誌	発表済	
2019	Guihua Zhang, Cederick Cyril Amoo, Mingquan Li, Jingyan Wang, Chengxue Lu, Peng Lu, Chuang Xing, Xinhua Gao, Ruiqin Yang, Noritatsu Tsubaki "Rational design of syngas to isoparaffins reaction route over additive dehydrogenation catalyst in a triple-bed system" Catalysis Communications, Vol. 131, 105799, 2019	10.1016/j.c atcom.201 9.105799	国際誌	発表済	
2019	Yang Wang, Weizhe Gao, Shun Kazumi, Yuan Fang, Lei Shi, Yoshiharu Yoneyama, Guohui Yang, Noritatsu Tsubaki "Solvent-free anchoring nano-sized zeolite on layered double hydroxide for highly selective transformation of syngas to gasoline-range hydrocarbons" Fuel, Vol. 253, 249-256, 2019	10.1016/j.f uel.2019.05 .022	国際誌	発表済	
2019	Yingluo He, Chunhui Luan, Yuan Fang, Xiaobo Feng, Xiaobo Peng, Guohui Yang, Noritatsu Tsubaki, "Low-temperature direct conversion of methane to methanol over carbon materials supported Pd-Au nanoparticles", Catalysis Today, 339, 48-53, 2020	10.1016/j.c attod.2019. 02.043	国際誌	発表済	
2019	林 石英, 橋本 敬一郎, 山田 敏彦, "3-6-1 CaO粒子によるタール改質実証試験", 第28回日本エネルギー学会大会, 104-105, 2019.8.7-2019.8.8	10.20550/ji etaikaiyou shi.28.0.104	国内誌	発表済	
2020	林 石英 (JCOAL), 山田敏彦 (JCOAL), 橋本敬一郎 (JCOAL), バイオマスガス化/無酸素タール改質の一貫実証, 第29回日本エネルギー学会大会, 2020年8月	<a href="https://doi.org/10.20550/jietaikaiyoushi.29.076">https://doi.org/10.20550/jietaikaiyoushi.29.076</a>	国内誌	発表済	

2020	Peipei Zhang, Yuya Araki, Xiaobo Feng, Hangjie Li, Yuan Fang, Fei Chen, Lei Shi, Xiaobo Peng, Yoshiharu Yoneyama, Guohui Yang, Noritatsu Tsubaki "Urea-derived Cu/ZnO catalyst being dried by supercritical CO2 for low-temperature methanol synthesis" Fuel, Vol. 268, 117213, 2020	10.1016/j.fuel.2020.117213	国際誌	発表済	
2020	Ce Du, Emmerson Hondo, Linet Gapu Chizema, Dongming Shen, Qingxiang Ma, Xiao Yan, Shuting Mo, Peng Lu, Noritatsu Tsubaki "LPG Direct Synthesis from Syngas over a Cu/ZnO/ZrO2/Al2O3@H-β Zeolite Capsule Catalyst Prepared by a Facile Physical Method" ChemistrySelect, Vol. 5(6), 1932-1937, 2020	10.1002/slct.202000080	国際誌	発表済	
2020	Emmerson Hondo, Peng Lu, Peipei Zhang, Jie Li, Noritatsu Tsubaki, "Direct production of hydrocarbons by Fischer-Tropsch synthesis using newly designed catalysts", J. Japan Petroleum Institute, Vol. 63, 239-247, 2020	10.1627/jpi.63.239	国内誌	発表済	
2020	Cederick Cyril Amoo, Mingquan Li, Aqsa Noreen, Yajie Fu, Elton Maturura, Ce Du, Ruiqin Yang, Xinhua Gao, Chuang Xing, Noritatsu Tsubaki, "Fabricating Fe Nanoparticles Embedded in Zeolite Y Micro-Crystals as an Active Catalyst for Fischer-Tropsch Synthesis", ACS Appl. Nano Mater., 2020	10.1021/acsanm.0c01515	国際誌	発表済	
2020	Qinhong Wei, Hangjie Li, Guoguo Liu, Yingluo He, Yang Wang, Yen Ee Tan, Ding Wang, Xiaobo Peng, Guohui Yang, Noritatsu Tsubaki, "Metal 3D printing technology for functional integration of catalytic system", Nature Communications, Vol. 11, 4098, 2020 (selected as Editor's Choice)	10.1038/s41467-020-17941-8	国際誌	発表済	トップレベル雑誌
2021	Fei Chen, Peipei Zhang, Liwei Xiao, Jiaming Liang, Baizhang Zhang, Heng Zhao, Rungtiwa Kosol, Qingxiang Ma, Jienan Chen, Xiaobo Peng, Guohui Yang, and Noritatsu Tsubaki, "Structure?Performance Correlations over Cu/ZnO Interface for Low-Temperature Methanol Synthesis from Syngas Containing CO2", ACS Applied Materials & Interfaces, Vol. 13, 8191-8205, 2021	10.1021/acsam.0c18600	国際誌	発表済	
2021	Fei Chen, Weizhe Gao, Baizhang Zhang, Heng Zhao, Liwei Xiao, Yuya Araki, Xiaojing Yong, Wei Zhang, Tiejian Zhao, Zhongshan GUO, Yingluo He, Peipei Zhang, and Noritatsu Tsubaki, "Effect of Different Chelating Agents on the Physicochemical Properties of Cu/ZnO Catalysts for Low-Temperature Methanol Synthesis from Syngas Containing CO2", Journal of the Japan Petroleum Institute, Vol. 64(5), 245-255, 2021	10.1627/jpi.64.245	国内誌	発表済	
2021	Jiafeng Yu, Xingtao Sun, Xin Tong, Jixin Zhang, Jie Li, Shiyun Li, Yuefeng Liu, Noritatsu Tsubaki, Takayuki Abe, and Jian Sun, "Ultra-High Thermal Stability of Sputtering Reconstructed Cu-Based Catalysts.", Nature Communications, Vol. 12, 7209, 2021	10.1038/s41467-021-27557-1	国際誌	発表済	トップレベル雑誌
2021	Lisheng Guo, Zhongshan Guo, Jiaming Liang, Xiaojing Yong, Song Sun, Wei Zhang, Jian Sun, Tiejian Zhao, Jie Li, Yu Cui, Baizhang Zhang, Guohui Yang, and Noritatsu Tsubaki, "Quick Microwave Assembling Nitrogen-Regulated Graphene Supported Iron Nanoparticles for Fischer-Tropsch Synthesis", Chemical Engineering Journal, Vol. 429, 132063, 2022	10.1016/j.cej.2021.132063	国際誌	発表済	
2021	Fei Chen, Weizhe Gao, Kangzhou Wang, Chengwei Wang, Xuemei Wu, Na Liu, Xiaoyu Guo, Yingluo He, Peipei Zhang, Guohui Yang, and Noritatsu Tsubaki, "Enhanced Performance and Stability of Cu/ZnO Catalyst by Introducing MgO for Low-Temperature Methanol Synthesis Using Methanol Itself as Catalytic Promoter", Fuel, Vol. 315, 123272, 2022.	10.1016/j.fuel.2022.123272	国際誌	発表済	

論文数 27 件  
うち国内誌 4 件  
うち国際誌 23 件  
公開すべきでない論文 0 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名, タイトル, 掲載誌名, 巻数, 号数, 頁, 年	出版物の種類	発表済 / in press / accepted の別	特記事項

著作物数 0 件  
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名, 論文名, 掲載誌名, 出版年, 巻数, 号数, はじめ-おわりのページ	出版物の種類	発表済 / in press / accepted の別	特記事項
2018	Jun Bao, Noritatsu Tsubaki, "Design and Synthesis of Powerful Capsule Catalysts Aimed at Applications in C1 Chemistry and Biomass Conversion", The Chemical Record, Vol. 18, pp. 4-19, 2018	総説	発表済	

2019	山田敏彦, "SATREPS「バイオマス・廃棄物資源のスーパークリーンバイオ燃料への触媒転換技術の開発」タイ国におけるバイオマスガス化ベンチ設備と実証運転", JCOAL Journal vol43 (2019.11), pp.36-39		機関刊行物	発表済	
2020	Yu Cui, Shingo Asano, Jie Li, Yuuya Araki, Lisheng Guo, Noritatsu Tsubaki, "Jet Fuel Synthesis from Syngas and Carbon Dioxide", Journal of The Hydrogen Energy Systems Society of Japan, Vol. 45, 16-24, 2020		総説	発表済	
2020	渡邊和宏, "SATREPS「バイオマス・廃棄物資源のスーパークリーンバイオ燃料への触媒転換技術の開発」タイ国におけるバイオマスガス化ベンチ設備と実証運転(続報)", JCOAL Journal vol45(2020.11), pp.27-30		機関刊行物	発表済	
2021	Noritatsu Tsubaki, "Synthetic Fuels Technology Trend", Technology Roadmap 2021-2030 on Automobile and Energy, Nikkei-BP, 2021		総説	発表済	

著作物数 5 件  
公開すべきでない著作物 0 件

⑤ 研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項
2018	ガス化技術研修(供与機材(ガス化)の概要・運用等研修、試験運転状況確認)、1回(2018.12.3~12.8)、修了者3名	操作説明書・警報及び警報時の処置リスト・運転フロー	日本国内(山口県)で供与機材の試験運転を兼ねて実施
2019	ガス化技術研修(供与機材(ガス化)の試験運転研修(講義およびタイ・日共同チームでの試験運転(OJT))、1回(2019.7)、修了者15名	講座用資料	タイ・日共同チームでの試験運転(OJT)は2019.7.15~7.26に実施

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

①学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別

招待講演 0 件  
口頭発表 0 件  
ポスター発表 0 件

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2016	国際学会	椿範立(富山大)、Powerful capsule catalysts designed for new C1 chemistry reactions、第16回世界触媒大会、北京、中国、2016年7月4日	招待講演
2016	国際学会	椿範立(富山大)、A New Low-Temperature Methanol Synthesis and Dimethyl Ether Synthesis、合成ガスとメタノール転換国際シンポジウム、北京、中国、2016年7月9日	招待講演
2016	国際学会	椿範立(富山大)、New catalyst and new process in C1 chemistry.触媒と合成燃料国際セミナー、Trondheim市、ノルウェー、2016年6月5日	招待講演
2016	国際学会	椿範立(富山大)、New frontiers of C1 chemistry: new processes and new catalysts. 第二回エネルギー化学と材料国際シンポジウム、合肥市、中国、2016年10月30日	招待講演
2016	国際学会	椿範立(富山大)、New progress of syngas conversion: novel process and new-concept catalyst. 第一回日豪炭素資源利用シンポジウム、メルボルン、オーストラリア、2016年11月27日	招待講演
2017	国際学会	Ai Peipei (富山大)、Design of Cerium Promoted Cu/SiO <sub>2</sub> Catalysts for Selective Hydrogenation of Dimethyl Oxalate to Ethanol. 第16回日韓触媒シンポジウム、札幌、2017年5月8日	口頭発表
2017	国際学会	Zhang Peipei (富山大)、Direct synthesis of liquefied petroleum gas from syngas over H-ZSM-5 enwrapped Pd-based zeolite. 第16回日韓触媒シンポジウム、札幌、2017年5月9日	口頭発表
2018	国際学会	椿範立(富山大)、Controlling reaction direction by tailor-made C-C bond formation from C1 building blocks. International Symposium on Recent Progresses of Heterogeneous Catalysts for C1 Chemistry, Jeju Island, Korea, 2018年11月1日	招待講演
2018	国際学会	椿範立(富山大)、New catalytic reactions and their new catalysts in C1 chemistry. Cardiff Catalysis Institute - Hokkaido ICAT Joint International Symposium on Catalysis, Cardiff, England, 2019年1月16日	招待講演
2018	国際学会	王陽(富山大)、Solvent-Free Anchoring Nano-sized Zeolite on Layered Double Hydroxide for Highly Selective Transformation of Syngas to Gasoline-range Hydrocarbons. 2nd Australia-Japan Symposium on Carbon Resource Utilization, Brisbane, Australia, 2018年4月17日	口頭発表
2019	国内学会	林石英(JCOAL)、橋本敬一郎(JCOAL)、山田敏彦(JCOAL)、CaO粒子によるタール改質実証試験、第28回日本エネルギー学会大会、大阪(関西大学)、2019年8月8日	口頭発表
2019	国際学会	椿範立(富山大)、Oriented conversion of syngas to target chemicals. The 8th Asia-Pacific Congress on Catalysis, Bangkok, Thailand, 2019年8月5日	招待講演
2019	国際学会	椿範立(富山大)、One-pass tunable formation of chemicals or super-clean fuels via syngas conversion: precise design of multiple functional catalysts. 第12回世界天然ガス転換大会、San Antonio, TX, USA, 2019年6月5日	招待講演
2021	国際学会	椿範立(富山大)、“Gasification and catalyst technologies to convert biomass resources into liquid fuel”, e-ASIA JRP Alternative Energy Workshop, Webinar, 2022年1月10日	招待講演

招待講演 10 件  
口頭発表 4 件  
ポスター発表 0 件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する外国出願※
No.1	2018-89087	2018/5/7	タール改質装置及びタール改質方法	一般財団法人石炭エネルギーセンター	特許権、日本国	無	特許第6726700号	44013	登録		林石英、橋本 敬一郎	一般財団法人石炭エネルギーセンター	
No.2													
No.3													

国内特許出願数 1 件

公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する国内出願※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数 0 件

公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2016	2016/3/21	触媒学会学会賞(技術部門)	担体との相互作用を制御した焼成型高活性脱硫触媒の開発と実用化	JXエネルギー(株) 関 浩幸	触媒学会	その他	
2017	2018/2/27	日本エネルギー学会学会賞(学術部門)	C1化学の新規触媒開発および触媒プロセスの創成	椿 範立	日本エネルギー学会	その他	
2017	2018/3/22	触媒学会技術進歩賞	超クリーン燃料製造に向けたFT合成およびワックス水素化分解用新規触媒開発	JXTGエネルギー(株) 関 浩幸	触媒学会	その他	
2019	2020/3/16	触媒学会学会賞(学術部門)	カプセル型二元機能触媒のC1化学への応用	椿 範立	触媒学会	3.一部当課題研究の成果が含まれる	

4 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2018	2018/8/14	日本経済新聞	コバルトの使用量を大幅に削減できるカプセル型FT合成触媒を開発	10	その他	
2018	2018/9/26	日経産業新聞	ガスからジェット燃料 ～富士大が変換触媒開発～	2	その他	
2018	2018/9/7	科学新聞	従来のだ説覆す 新FT合成触媒	1	その他	
2020	2020/5/7	日本科学未来館 SDGsリレーブログ	SDGsリレーブログ vol.08 タイ編 大量のバイオマスが液体燃料になる!? エネルギー不足を救うクリーンエネルギーの開発	<a href="https://www.miraikan.jst.go.jp/resources/sdgsblog/202007091458.html">https://www.miraikan.jst.go.jp/resources/sdgsblog/202007091458.html</a>	1.当課題研究の成果である	
2020	2020/8/14	日本経済新聞	富士大、触媒機能持つ金属反応管 化学プラント小型化		その他	
2021	2021/9/6	JICAホームページ	The study on "Direct Synthesis of Liquefied Petroleum Gas from Carbon Dioxide Using a Copper/Zinc Oxide/Zirconia/Alumina and HY Zeolite Hybrid Catalyst" published.	<a href="https://www.jica.go.jp/project/english/thailand/035/news/general/210906.html">https://www.jica.go.jp/project/english/thailand/035/news/general/210906.html</a>	1.当課題研究の成果である	

6 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2016	2016/11/14	SATREPS打合せ会議	富山大学 (日本)	16人(3人)	非公開	タイ側研究代表者等が国際学会(横浜)に参加時に富山大にて打合せ会議を行った。
2017	2017/5/24	高岡市民講座: バイオマス産業について	高岡市役所(日本)	120人	公開	樫範立はバイオマスからのエネルギー製品、化学品の製造について講演した。
2017	2017/10/5	新化学技術推進協会(JACI)セミナー: 低炭素社会を目指す新しいC1化学の触媒とプロセス	JACI本部(日本)	60人	公開	樫範立はバイオマスのガス化からのエネルギー製品、化学品の製造について講演した。
2017	2017/11/14	研究推進打合せ	チュラロンコン大学 (タイ)	8人(4人)	非公開	日本側研究代表者等が相手国研究機関(タイ・チュラロンコン大学)を訪問し、研究推進に係る打合せを行った。
2017	2017/11/29	研究推進打合せ	一般財団法人石炭エネルギーセンター (日本)	6人	非公開	日本側の各研究機関のグループリーダー等で研究推進に係る打合せを行った。
2017	2017/12/27	低炭素領域H29年度年次報告会	JST東京本部別館 (日本)	60人	非公開	低炭素領域の各事業の関係者による報告会、情報交換等を行った。
2017	2018/3/2	研究推進打合せ	富山大学 (日本)	5人(2人)	非公開	タイ側研究代表者等が日本側研究機関(富山大学)を訪問し、研究推進に係る打合せを行った。
2018	2018/5/19	富山市市民プラザ	富山市役所(日本)	90人	公開	日本側研究代表者(樫範立)が、「持続発展可能な社会を目指す:ごみからの航空機ジェット燃料製造プラント」という演題で講演した。
2018	2018/6/18	供与機材の設置等に関する打合せ	チュラロンコン大学(タイ)	17人(3人)	非公開	タイ側現地への供与機材の設置等に際して付帯工事やユーティリティ等の現地状況の整備等に関する打合せを行った。
2018	2018/6/20	研究推進、JCC開催に関する打合せ	チュラロンコン大学(タイ)	18人(3人)	非公開	研究の進捗状況や今後の試験研究予定、JCC(6/21予定)について打合せを行った
2018	2018/9/11 ~15	触媒反応ベンチ機材(メタノール合成)試験運転、オペレーション研修	チュラロンコン大学(タイ)	21人(9人)	非公開	商売反応ベンチ機材(メタノール合成)の立ち上げ・試験運転と相手国側と共同で実施、オペレーション研修等も実施した
2018	2018/10/2 5~26	ガス化ベンチ機材設置打合せ、試験原料生産拠点確認	チュラロンコン大学、NRE(タイ)	7人(5人)	非公開	ガス化機材設置予定場所(チュラロンコン大学 サラブリキャンパス)での具体的な設置に向けた作業・分担の打合せ、試験用原料の生産拠点(NRE)の確認を行った
2018	2018/11/13	研究推進打合せ	一般財団法人石炭エネルギーセンター (日本)	8人	非公開	日本側の各研究機関のグループリーダー等で研究推進に係る打合せを行った。
2018	2018/12/5 ~8	ガス化ベンチ機材国内試験運転、オペレーション研修	NSテクノ(日本)	12人(3人)	非公開	供与予定のガス化ベンチ機材を国内で試験運転を行い、相手国側を招聘してオペレーション研修を行った。
2018	2019/2/6 ~8	ベンチ機材設置、設置状況・全体概要の確認	チュラロンコン大学(タイ)	22人(5人)	非公開	ガス化ベンチ機材・触媒ベンチ機材の設置・整備等を完了、全体機材状況等の確認を日本側・相手国側共同で行った。
2018	2019/3/2	小矢部市民教養講座	富山県小矢部市総合会館(日本)	30人	公開	日本側研究代表者(樫範立)が「低炭素社会を実現する新エネルギー」という演題で講演した。
2018	2019/3/12 -15	2019NEW環境展	東京ビッグサイト (日本)	樫研出展説明者3人	公開	日本側研究代表者(樫範立)が、アジア最大級の環境展に出展し、バイオマス技術を披露した。

2018	2019/3/22	文部科学省(科学技術・学術政策局) 報告・情報交換	文部科学省	7名	非公開	日本側研究代表者(樺範立)が文部科学省(科学技術・学術政策局)を訪問、本事業について報告するとともに、今後の社会実装に向けた取り組み方などの情報交換・意見交換を行った。
2019	2019/4/15	研究推進打合せ	一般財団法人石炭エネルギーセンター(日本)	6人	非公開	日本側の各研究機関のグループリーダー等で研究推進に係る打合せを行った。
2019	2019/6/11 ~16	研究推進打合せ	富山大学(日本)	8人(3人)	非公開	タイ側研究代表者が富山大学および触媒転換ベンチ機材エンジニアリング担当企業(横浜)を訪問、それぞれ研究推進に関わる打合せ会議を行った。
2019	2019/6/18	中間評価キックオフミーティング	JST東京本部別館(日本)	9人	非公開	中間評価に向けて、研究主幹も交えて進捗状況の報告や今後の進め方等に係る打合せを行った。
2019	2019/7/10 ~13	ガス化研修・試験運転ミーティング	チュラロンコン大学(タイ)	20人(3人)	非公開	ガス化ベンチ装置の長時間運転実証試験に先立ち、技術研修と試験運転ミーティングを行った。
2019	2019/8/2	触媒転換技術研修・試験運転ミーティング	チュラロンコン大学(タイ)	24人(7人)	非公開	触媒ベンチ装置によるバイオ燃料製造実証試験に先立ち、技術研修と試験運転ミーティングを行った。
2019	2019/9/9 ~13	中間レビュー・JCCに関わる打合せ等	チュラロンコン大学(タイ)等	34人(20人)	非公開	中間レビューおよびJCC(2019年度、通期2回目)をタイ現地で行った。研究実施状況や供与機材等の実績を報告・共有した。
2019	2019/12/3	中間評価会	JST東京本部別館(日本)	15人	非公開	中間評価会に参加、成果状況・進捗等の報告・発表を行った。
2020	2021/2/22	JCC開催に関する打合せ等	オンライン	26人	非公開	2020年度JCCに関わる会議・会合等を行った。
2021	2022/1/10	e-ASIA JRP Alternative Energy Workshop	オンライン	200人(50人)	公開	アジア・タイ国の代替エネルギー分野の研究推進に向けたワークショップに研究代表者(樺)が参加、本事業の取り組み等の発表を行った。

27件

②合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2018	2018/6/21	第1回JCC	30人	本事業の概要・進捗状況説明、今後の予定、試験研究拠点見学 等
2019	2019/9/13	第2回JCC	34人	中間レビューおよび機材供与・研究活動等の実績の報告 等
2020	2021/2/22	第3回JCC	26人	進捗状況、今後の予定 等

3件

# 1. 成果目標シート

研究課題名	バイオマス・廃棄物資源のスーパークリーンバイオ燃料への触媒転換技術の開発
研究代表者名 (所属機関)	椿 範立 (国立大学法人 富山大学)
研究期間	平成28年度～令和4年度
相手国名／主要相手国研究機関	タイ王国／チュラロンコン大学 タイ石油公社

## 上位目標

農業資源が豊富な新興国で未利用有機資源(バイオマスや低質炭等)を高品位なバイオ燃料・化学品に転換、**化石資源代替・地球温暖化対策の加速化**に貢献する。

事業化体制・製品利用スキームの構築など事業化への基盤が整う  
(スケールアップ・低コスト化・規格化、石炭・天然ガスの利用等)

## プロジェクト目標

幅広い非可食系バイオマス資源(木質・農産残さ・廃棄物系)から、化石代替(軽油・ガソリン・LPG等)となる高品位バイオ燃料・化学品製造技術を実証、**事業化システムや製品品質・価格・利用方法等の社会実装提案**

## 付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> <li>化石代替燃料・化学品生産による脱石油・CO<sub>2</sub>削減</li> <li>未利用有機資源開発によるエネルギーセキュリティ向上</li> </ul>
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> <li>C1化学・触媒化学転換技術の発展</li> <li>化石代替燃料・化学品製造技術の発展</li> </ul>
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> <li>C1化学転換触媒技術(軽油代替燃料用FT合成触媒、ガソリン代替燃料用カプセル触媒、LPG直接合成触媒等)</li> <li>バイオ燃料の分析・評価、規格化方法</li> <li>バイオ燃料の環境特性(LCA、排出ガス性状等)</li> </ul>
世界で活躍できる日本人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> <li>地球規模の資源・エネルギー問題および日本のエネルギーセキュリティ向上に貢献できるグローバル人材の育成</li> <li>研究成果の社会還元につながる人材の育成</li> </ul>
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>バイオ燃料のサプライチェーン(バイオマス資源の生産・供給、加工、転換、流通)を担う各主体間の連携構築</li> <li>研究者と成果の社会実装の担い手の連携構築</li> <li>次世代バイオ燃料製造に係る技術・人的ネットワーク構築</li> <li>大学間交流協定の深化、発展</li> </ul>
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	<ul style="list-style-type: none"> <li>触媒転換に適した合成ガス製造のための新規高性能ガス化</li> <li>高活性かつ実用性(低圧化等)に優れたFT合成触媒</li> <li>ガソリン代替燃料製造に適したカプセル触媒</li> <li>化学品の脱石油に貢献する低温低圧メタノール合成</li> <li>バイオLPG製造に適したLPG直接合成触媒</li> <li>次世代バイオ燃料のLCA特性</li> <li>次世代バイオ燃料の品質・特徴と規格化・社会実装</li> </ul>

