

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 年度/研究期間：5 年/相手国名：タイ王国

## 終了報告書

### 国際共同研究期間\*1

平成 29 年 8 月 31 日から 2023 年 8 月 30 日まで

### JST 側研究期間\*2

平成 28 年 6 月 1 日から 2023 年 3 月 31 日まで

(正式契約移行日 平成 29 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該年度末

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(実績)

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							
1-1-1原料調査・分析		← 資源特性・物性等の把握	→ 前処理条件の決定				
1-1-2前処理試験		←		→			
1-2 合成ガス製造技術の開発							
1-2-1ガス組成制御技術の開発		←	→		ガス組成制御技術の確立		
1-2-2高効率ガス化技術開発		←	→			高効率ガス化技術の確立	
1-2-3ガス精製技術開発		←	→			ガス精製技術の確立	
1-2-4触媒転換連結運転技術開発			←	→			触媒転換連結運転技術の確立
1-2-5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		←	→				
2-1-2実用特性向上技術開発		←	→				
2-1-3合成ガス連結運転技術開発							
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		←	→				
2-2-2実用特性向上技術開発		←	→				
2-2-3合成ガス連結運転技術開発							
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		←	→				
2-3-2実用特性向上技術開発		←	→				
2-3-3合成ガス連結運転技術開発							
2-4 バイオLPG製造技術開発							
2-4-1高活性触媒の開発		←	→				
2-4-2実用特性向上技術開発		←	→				
2-4-3合成ガス連結運転技術開発							

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 バイ燃料等の利用技術等開発							
3-1-1 バイ燃料等の分析・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		
3-2-2 試験データ等によるLCA解析					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		
3-2-4 事業化システム検討					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・運転等マニュアル作成、論文数増加達成		
3-3-2 情報発信活動					公開見学会・シンポジウム開催		
3-3-3 技術交流活動					相手国研究者受入活動		

凡例：赤色線は、新型コロナウイルス感染症の影響に伴う延長

(2) 中間評価での指摘事項への対応

- ・ 各種有機資源の炭素循環等を通じて、これからの時代に不可欠なカーボンニュートラル実現のための基盤技術へと展開すべく、幅広い視点をふまえた活動を行った
- ・ より多くの方々の理解・協力・参加が得られるよう、わかりやすい情報発信を通じて、積極的なアライアンス形成、技術・成果の普及啓発等に取り組んだ。
- ・ 社会実装時を想定した各装置・設備等の型式やプロセス・システムをふまえた社会実装提案を検討した。
- ・ ターゲト改質技術について権利化、実用化に向けた各種検討等を推進。
- ・ 社会実装提案について、原料ポテンシャルから製品の流通・利用までの全サプライチェーンをふまえた検討を行った。それらサプライチェーンの想定では、連産品の利用やバイオマスガス化残渣の処理・有効利用もふまえた。
- ・ 社会実装に向けて想定される課題や具体的なニーズもふまえた活動を推進した。
- ・ 事業活動全般において、安全を常に最優先に対応した。

(3) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)  
(該当事項なし)

## 2. プロジェクト成果目標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・人材育成等に取り組み、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。

本事業を通じて、各種活動を相手国側との密な連携のもと継続的に行い、ガス化機材を始めとする各種機材（ガス化機材・触媒転換ベンチ装置エンジニアリング・触媒分析装置）の供与、それらの供与機材等を用いた相手国側と連携した試験・研究や研修等の技術移転活動を実施した。また、研究員受入や要素技術開発、オペレーター研修、社会実装に向けた各種検討、関係主体とのアライアンス形成等にも相手国側との密な連携のもと取り組んだ。

これらにより、相手国側での本技術の社会実装に向けた取り組み基盤が確立できた。

### (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）に対する成果目標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。

熱化学的変換（ガス化）を用いることで、幅広い非可食系バイオマス資源（木質・農産残渣・廃棄物系）を原料として利用できる。一方、触媒化学転換に用いるための合成ガスには高い品位が求められるため、ガス化工程においてはガス化ガスの組成（ $H_2$  と  $CO$  の比等）や性状（触媒被毒成分を含まない等）等を高度に制御する必要がある。運用においても後段の触媒化学転換工程と連結一貫・安定した操業技術等が求められる。社会実装・事業化を見据えた場合、多様な種類・形状・性状の原料への対応などの点も重要となる。

本事業では、これらの点をふまえ、以下の内容に取り組んだ。各々ほぼ当初計画に沿った活動を実施し、タイの非可食系バイオマス資源からの触媒転換用の合成ガス製造技術の基盤を構築できた。

以下の各項ごとに成果等について述べる。

#### 【本研究題目における主要事項】

- 1) 試験研究条件の調査・検討
- 2) 要素技術開発（タール対策）
- 3) システム検討（供与機材の仕様選定）
- 4) ガス化機材供与（設計・製作・輸送および据え付け、試運転）
- 5) ガス化技術研修・試験運転
- 6) 試験研究拠点整備、技術移転等
- 7) 現地でのガス化試験運転・触媒化学転換への原料ガス供給試験
- 8) 試験研究の推進（改善・改良等の継続的实施）

#### 1) 試験研究条件の調査・検討

本技術体系（ガス化・触媒化学転換）におけるガス化技術では、多種多様な原料条件への対応や触媒化学転換に適したバイオマスガス製造等の点が重要となる。こうした点をふ

まえて、相手国側で入手可能な原料や試験研究対象原料、求められるガスの品位等についての調査・検討を行った

a) 原料条件調査・検討

相手国側におけるユーカリやゴム廃材の収集状況や性状等を調査した。

現地での実際の発生状況や前処理拠点等を確認、具体的に研究対象とすべき原料について相手国側とも協議し、対象原料を選定した。また、試験原料の前処理・形状等の点でも、破碎（チップ）・乾燥（天日）やペレット等の形態での供給が可能なことから、試験運転の際にその目的や段階をふまえて具体的な原料を都度選定することとした。

試験に必要な原料は、タイ側の協力により用意され、それぞれ、ガス化機材における供給搬送確認試験を実施し、適切な供給が行われる条件等を確認した上でガス化試験に用いている。



図1 相手国側のチップ製造工場（左）とユーカリ林（右）の例



図2 相手国側代表機関施設（タイ・チュラロンコン大学、サラブリ）の様子



図3（左）ゴム古木（ヤード貯留の様子）、（中）キャッサバチップ、（右）ユーカリチップ



表 1 主な対象原料の性状例

Biomass	Moisture (%)	Ash (%)	VolatileMatter (%)	FixedCarbon (%)	HHV (kJ/kg)	LHV (kJ/kg)
Corn cob	40	0.9	45.42	13.68	11,298	9,615
Corn Stalk	41.7	3.7	46.46	8.14	11,704	9,830
Tapioca Rhizome	59.4	1.5	31	8.1	7,451	5,494
Eucalyptus Bark	60	2.44	28	9.56	6,811	4,917
Wood chip	36.6	4.2	38.63	20.6	13,912	11,468

b) 供与機材設置場所等の調査・検討

供与機材設置予定場所（タイ・チュラロンコン大学、サラブリテクノパーク内）における具体的な設置場所やレイアウト、ユーティリティ確保等に係る現地調査・検討を行い、設置場所を選定した。

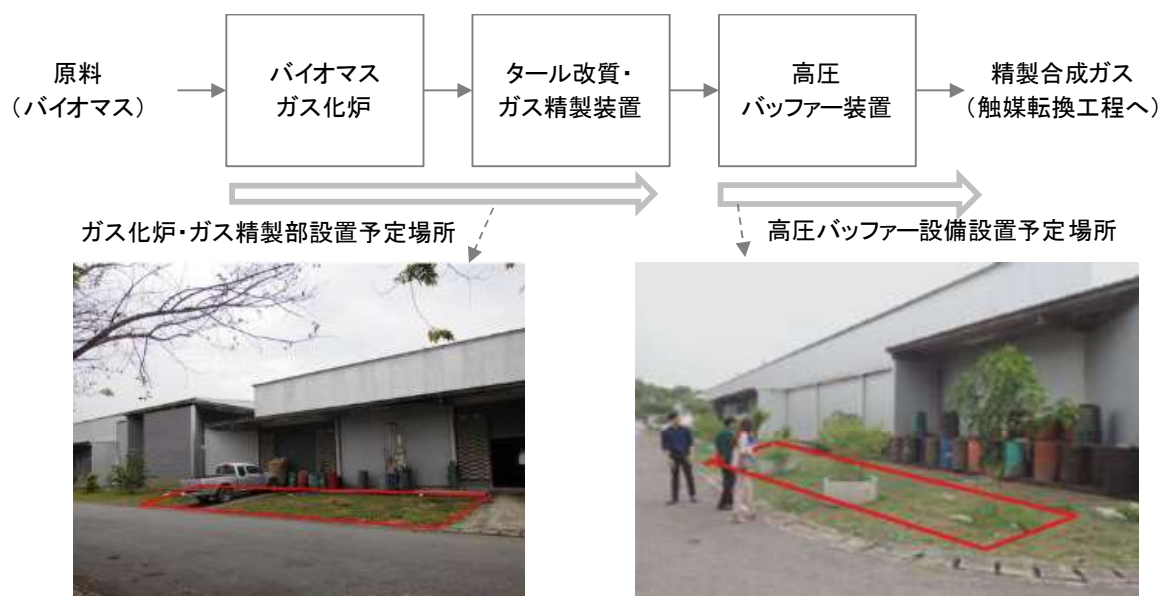


図 4 供与機材（ガス化システム）設置予定場所の選定  
 (上：想定フローと設置場所、下左：研究拠点位置、下右：施設配置)

2) 要素技術開発（タール対策）

ガス化工程では、ガス化時に副生するタール（粘性の高い液状成分）がプロセスの安定稼働に悪影響を及ぼすためその対策が重要となる。これらの対策として従来は、高温ガス化（酸素吹き・高温分解）や低温触媒ガス化（Ni 等の触媒利用・改質）、タール除去（物理的な洗浄等による除去）といった方法が従来行われてきたが、収率低下や所要コスト・エネルギーの増大を招くなどいずれも実用性に課題があった。こうしたことから、本事業では、安価な生石灰（CaO）粒子を用いた改質技術の開発に取り組んだ（図 5）。

温度、ガス流速等の条件によるタール改質転換率等を検討し、触媒転換用バイオマスガス製造に適した条件を選定、供与機材に実装した（図 6）。

また、試験運転で性能を確認した。

本事業におけるシステムでは、キルン式ガス化炉で発生したタールを含むガス化ガスを流動層式の CaO 粒子を用いた専用のタール改質器に通してタールを分解している。ガス化プロセス全体でのタール対策としては、前記のタール改質器のほか、スクラバーによる軽

質タール回収、ガード下活性炭による対策を組み合わせることで、触媒転換用合成ガスに求められる高度な精製を行う方式としている。

試験運転では、原料条件等に応じて運転条件を調整することで、改質炉は安定してタールを分解できていることが確認された。

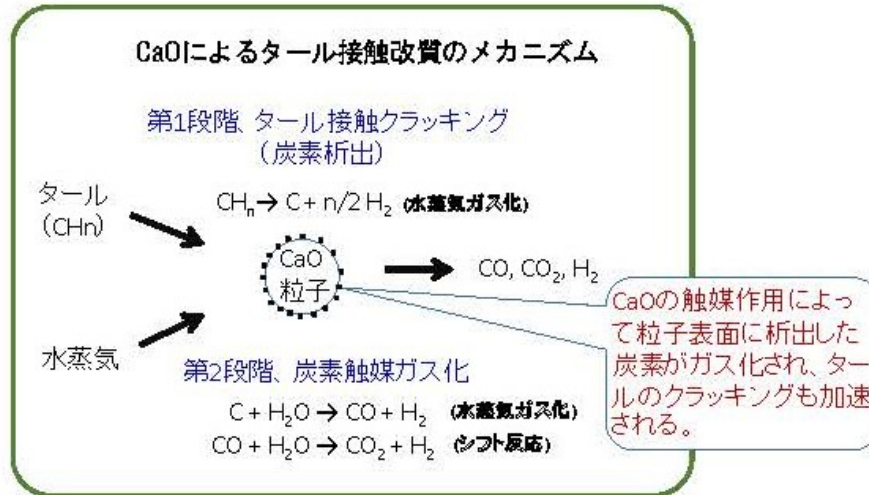
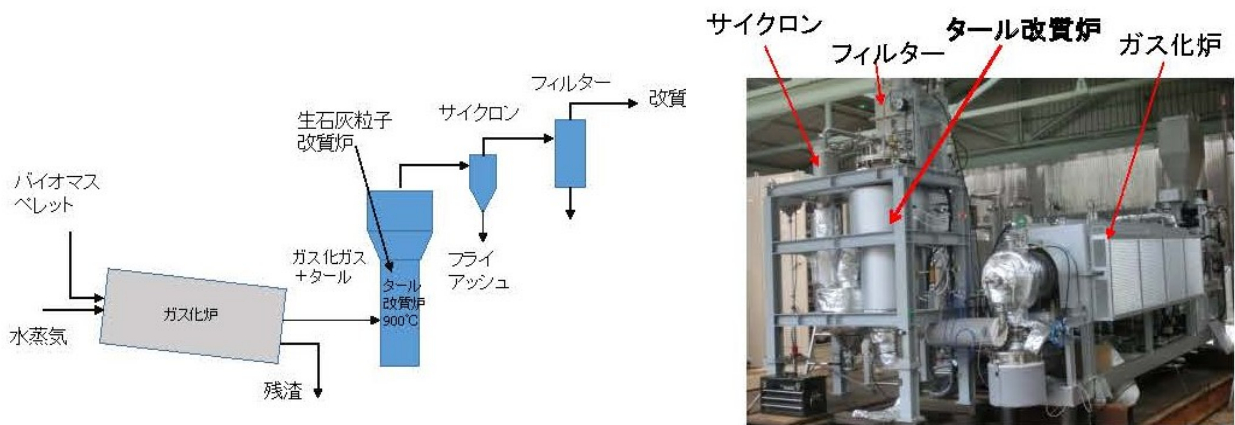


図 5 タール改質のメカニズム



### 3) システム検討 (供与機材の仕様選定)

ガス化供与機材のシステム・仕様について、原料条件や連結する触媒転換ベンチ装置 (相手国側設備・日本側エンジニアリング供与) の仕様、設置場所の条件等を踏まえて検討・選定した (図 7)。

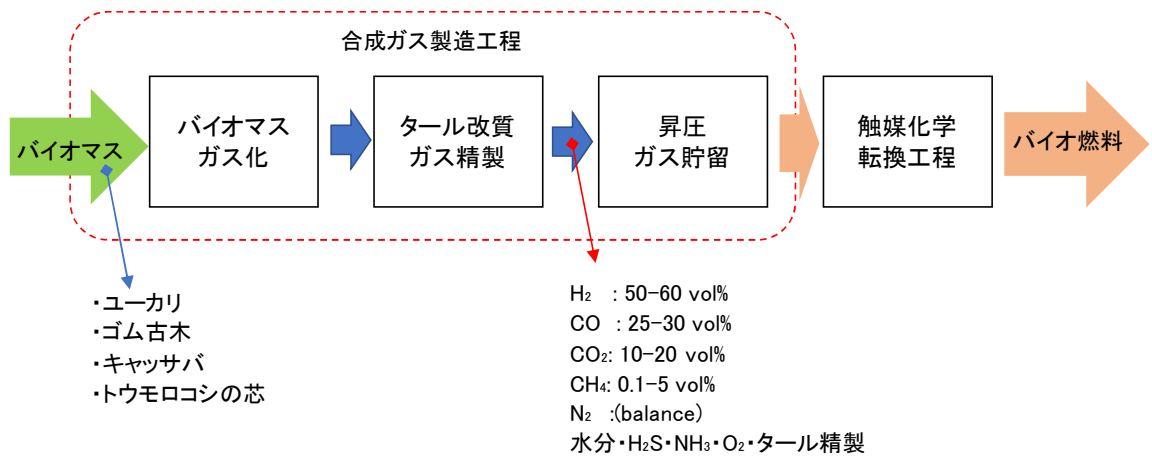


図 7 バイオマスガス化工程概念図

4) ガス化機材供与（設計・製作・輸送および据え付け、試運転）

前項で検討・選定した仕様に基づき、ガス化供与機材の設計・製作および輸送・現地への据え付け、試運転調整を行った。国内で設計・製作、試運転・研修を行い、その後現地に輸送、2019年度内に設置・試運転調整を完了した（図 8）。



図 8 （上左）供与機材（バイオマスガス化ベンチ装置） （上右）ガス貯留  
 （下左）ガス化炉 （下右）ガス精製工程

5) ガス化技術研修・試験運転

相手国側への機材輸送に先立ち、設計・製作（国内）後に国内で試験運転を行い、あわせて相手国側研究者等を招へいして研修を行った。その後、相手国側への設置後にも現地で試験運転を行い所定の性能を確認した。





図 9 国内試験運転・研修

6) 試験研究拠点整備、技術移転等

機材供与等と並行して、相手国側とも連携しながら、現地の試験運転現場の周辺施設・ユーティリティ、安全対策機構等の試験研究拠点整備を行った（図 10、図 11）。



図 10 （左）ガス分析システム整備、（右）外壁整備（耐候・24 時間稼働対策）



図 11 （左）安全掲示、（右）フレアスタック（余剰ガス処理）設備

7) 現地でのガス化試験運転・触媒化学転換への原料ガス供給試験

要素技術開発、システム検討、機材の設計・製作・供与をふまえ、2019 年度からは現地に供与されたガス化ベンチ機材を用いた試験運転および触媒転換用のバイオマスガスの製造・供給試験等の現地での試験研究活動を実施した。

1 回目のガス化試験（2019 年 7～8 月、図 12）は、それまでの試運転等で軽質タール析出等の軽微な支障が生じたため、ブロウ吸引強化等の対策を講じた上で実施し、現地のバイオマス原料（ゴム古木ペレット）を用いた長時間連続稼働（約 12 日・24 時間連続（週末休止有り））を達成した。また、製造されたガスは触媒化学転換に好適な性状（ $[H_2]/[CO] \approx 2$ 、 $[H_2] + [CO] \approx 70\%$ ）が得られていることを確認した。1 回目のガス化試験後には、触媒化学転換試験（FT 合成・バイオ軽油製造試験）へのバイオマスガスの供給試

験を実施し、バイオ軽油製造を達成した。

試験運転の都度メンテナンスおよび設備状況の確認・検証を行い、改善改良に反映した。試験運転時に、バイオマス供給の不具合（ブリッジ）、ガス中水分・微粉チャーによる閉塞などの問題も生じたが、各々逐次対応し、安定したガス化運転を達成した。

2 回目のガス化試験（2019 年 10～11 月）で得られたガスは、バイオメタノール合成に用いられ、バイオメタノール製造を達成した。

2 回目以降、感染症の影響で 2 年以上、相手国側への渡航・試験運転ができない時期が続いたが、相手国側の協力を得ながら機材状態の確認（図 13）、改善・改良検討を継続し、渡航再開後（2022 年 6 月～）、2019 年度までと同様にガス化試験等を実施した。

これらに引き続き、3 回目ガス化試験（2022 年 8 月、9 月）で得られたガスは、バイオ LPG 合成に、4 回目ガス化試験（2023 年 2 月、図 14）で得られたガスは、バイオガソリン合成に用いられ、各々バイオ LPG 製造・バイオガソリン製造を達成した。

各々の試験運転では、前回までの試験運転をふまえた改善改良とタイ側・カウンターパート研究者への研修・OJT を継続的に行った。最終となった 4 回目の試験運転では、タイ側主体でのガス化運転（日本側はサポート・アドバイス）により、計画通りのガス化・ガス貯留運転を行うことができた。



図 12 1 回目試験の様子（左：原料(ゴム古木ペレット)、中・右：試験運転後確認)



図 13 感染症影響下での相手国側での基材状態等確認（現地写真等共有、適宜対応）



図 14 4 回目試験の様子（タイ側主体での作業）

#### 8) 試験研究の推進（改善・改良等の継続的实施）

相手国に供与したガス化機材の試験運転をはじめ、試験計画・実施、データの解析、改善・改良や社会実装検討等へのフィードバック等の試験研究サイクルを継続的に推進した。

感染症の影響で長期（約 3 年）、相手国側での活動および供与機材を用いた試験等が実施できない状況が続いたが、相手国側との密な連携を保ち、改善・改良や各国内で実施可能な調査・検討等を行いつつ、渡航を再開、計画していた現地での試験運転等を実施した。

##### a) ガス化機材の改善・改良

タイ側の原料形状・性状由来するバイオマス供給系でのトラブルや、ファイン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、より安定した試験稼働、機材の性能・機能等の改善・改良を行い、試験運転で確認した。

##### b) ガス化残渣の利用に係る検討

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。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 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（図 15）。



図 15 （左）ガス化残渣、（右）混合材料

#### ②研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

機材の詳細仕様や具体的な設置方法・運用方法等について相手国側との打合せや現地調査等を通じて共同で検討し、機材供与・設置を完了した。機材供与活動において、国内・相手国のそれぞれにおいてカウンターパート立会のもと試験運転を行い、設備・機器仕様や操作方法等の伝達・研修などの技術移転活動を行った（図 16）。

基材供与後の試験運転でも、継続的に研修や OJT を行い、試験運転をタイ側・日本側で分担・連携しながら実施、分担内容を徐々にタイ側に委譲するなど技術移転に努めた。

最終となった 4 回目の試験運転では、タイ側主体でのガス化運転（日本側はサポート・アドバイス）により、計画通りのガス化・ガス貯留運転を行うことができた。





図 16 (左) 国内研修、(右) 現地研修

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  
機材供与等の活動はほぼ当初計画に沿って進んだ。

ガス化工程は、触媒化学転換工程と一体的に稼働させる必要があるため、操業の前提となるレイアウトやユーティリティ、制御や要員配置、運転時の役割分担等は、日本側・相手国側との間で認識に齟齬が生じないように確認しながら進めた。機材の設置やユーティリティ確保等を相手国側と連携して実施し、試験運転で合成ガス製造を確認できた。

触媒転換ベンチ装置用のバイオマスガスを得るための試験運転では、所要ガス量等の関係から長時間（24 時間連続等）の運転となったが、相手国側との協力・連携のもと、照明設備整備やタイ側・日本側混編での運転チーム編成等により実施、所定のバイオマスガスの製造を安定的に達成した。



図 17 (左) 夜間運転用照明、(右) 試験運転データの取得・分析

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ガス化ガス（ $H_2$  と  $CO$  を主成分とする合成ガス）は、触媒化学転換に用い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、これらのガス化ガスの性状は、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設備以外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、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。現地での試験運転や技術移転等の活動を通じてこれらの点に配慮した。



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）に対する成果目標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。

ガス化・触媒化学転換技術により、幅広い非可食系バイオマス原料から様々な化石代替燃料・化学品の製造が可能となる。一方、バイオマス由来の合成ガスをバイオ燃料等へ転換する触媒化学転換工程においては、触媒の機能・耐久性等の向上や安定的な操業技術（高温・高圧下での反応の実施）、装置・設備エンジニアリング、ガス化工程との連結一貫となった操業などの点が求められる。

本事業では、主に以下等についてはほぼ当初計画に沿った活動を実施し、タイの非可食系バイオマス資源から各種バイオ燃料等を製造する技術の基盤を構築できた。

【本研究題目における主要事項】

- 1) 試験研究条件の調査・検討
- 2) エンジニアリング検討（相手国側保有触媒転換ベンチ装置状況等の調査）
- 3) エンジニアリング供与・試験運転
- 4) 要素技術開発（触媒の高性能化・実用特性向上、ベンチ実証）
- 5) 触媒転換技術研修、研究員受入等の技術移転、試験研究拠点整備等
- 6) 現地での触媒転換試験運転（バイオ燃料等製造）

以下の各項ごとに成果等について述べる。

1) 試験研究条件の調査・検討

触媒ベンチ装置のエンジニアリング供与等に向けて、現地の触媒転換ベンチ装置や付帯施設・設備、また触媒転換工程の前段となるガス化ベンチ装置との連結方法等について、現地調査等を通じて検討、選定した（図 18）。

2) エンジニアリング検討

本事業で活用する相手国側の既存触媒ベンチ装置のエンジニアリング供与・立ち上げに向けた設備状況・仕様等の確認や触媒検討等を実施、エンジニアリング仕様を選定した。

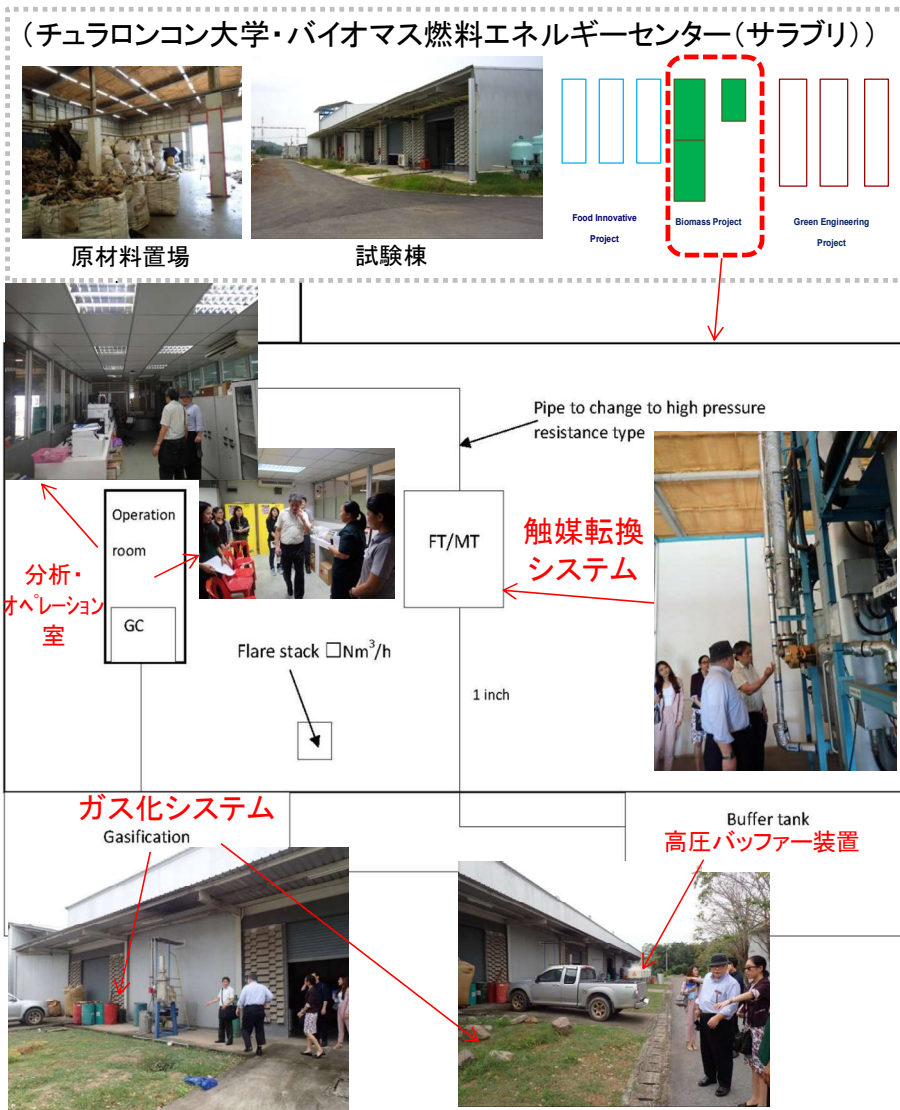


図 18 触媒化学転換工程 (ガス化)・試験研究拠点

### 3) エンジニアリング供与・試験運転

前項の検討等を踏まえ、触媒転換ベンチ装置のエンジニアリングと試験運転確認を行った (図 19、2018.9)。スラリー床反応器・固定床反応器の各々で気密確認等により整備を完了するとともに、固定床反応器では模擬ガスを用いたメタノール合成の試験を実施、メタノール合成・メタノール回収を確認した。使用した模擬ガスは、現地での手続き等の関係から所要量の一酸化炭素の用意が困難であったため、不足分は二酸化炭素を用いたが、原料ガスに反応性の低い二酸化炭素を含む条件下でも、従来のメタノール合成より高いワンパス転化率での長時間安定的な反応を確認した。



図 19 触媒化学転換工程エンジニアリング・試験運転

その後、相手国のバイオマス原料のガス化により製造されたバイオマスガスを実際に用いて、スラリー床反応器によるバイオ軽油合成の長時間安定反応とバイオ軽油製造を達成した（図 20、2019. 8）。また、固定床反応器によるバイオメタノール合成・バイオ LPG 合成・バイオガソリン合成の各々についても、長時間の安定反応とバイオメタノール製造・バイオ LPG 製造・バイオガソリン製造を達成した（バイオメタノール合成 2022. 6～7、バイオ LPG 合成 2022. 11、バイオガソリン合成 2023. 3）。

このように、エンジニアリング供与を行った現地機材を用いた安定的な試験研究が実施可能となった。



図 20 (上) バイオ軽油製造、(下) バイオメタノール・バイオ LPG・バイオガソリン製造



#### 4) 要素技術開発（触媒の高性能化・実用特性向上、ベンチ実証）

触媒転換の要素技術について、廉価触媒金属の使用、触媒金属量低減、選択性向上等の開発を相手国側と連携して実施、共著論文発表等の成果を得た。また、これらに基づき、ベンチ試験用の触媒の選定、バイオ燃料等の製造実証を各々実施した。

##### a) バイオ軽油製造技術

バイオ軽油製造技術では、バイオマス原料から得られた合成ガスを FT 合成により軽油留分 (C11-19) を中心とする炭化水素を製造する技術の開発を実施した。

バイオ軽油製造用触媒としては、基礎となる触媒性能（活性、選択性、実用特性等）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）への対応やコスト特性（低圧化、触媒構造、担持金属等）等の要素も重要となる。相手国側とも連携して各種要素技術開発に取り組んだ。これらの要素技術開発をふまえ、相手国側のベンチ試験装置での実証用触媒を選定、同触媒の特性把握、ベンチ実証につなげた。主な成果を以下に挙げる。

##### ア) 高性能化技術開発

バイオ軽油用の FT 合成の基礎となる触媒性能（活性・選択性等）の向上を図った。

Co 系 FT 合成触媒について、触媒の構造をナノレベルで制御することで、Co の担持量を削減しつつ生成物の選択性を制御する技術を開発した。担体（シリカ (SiO<sub>2</sub>)）に担持されたコバルト (Co) 粒子が小さい場合に軽質炭化水素が生成しやすく、大きい場合に連鎖成長が進み軽油などの液体炭化水素になりやすいことが知られている。だが、シリカ多孔質膜に覆われた小さなコバルト粒子表面では、上記炭化水素油留分と触媒金属の粒子径の関係について、従来の定説を打破し、逆な相関現象を世界初で見出した。軽質炭化水素の触媒表面への再吸着が促進され重質な炭化水素の生成が可能となることを見出した。Co の微結晶サイズを制御し、閉じ込められた反応場を設計することで、生成物選択性を C5~11 などのガソリン留分から C10~20 などの軽油留分まで調整できる技術を開発した。

Co 系 FT 合成触媒について、メソポーラス Y 型ゼオライトとコバルトナノ粒子の組み合わせにより、ガソリン・ジェット燃料・軽油の各留分範囲の炭化水素を高い選択性で作り分けられる技術を開発した。酸点と細孔構造を制御したゼオライト上に Co と Ce を担持したケースでガソリン留分が、Ce を La に変えたケースでジェット留分が、同じく K に変えることで軽油留分が各々高い選択性で得られることを見出した。特に C 1 化学方法からのジェット燃料の直接合成は世界初の技術であった (Nature 誌社説としても掲載)。

##### イ) 実用性向上技術開発

鉄系触媒は、安価で耐久性に優れることから、バイオマス事業では有力な選択肢となる。この鉄系 FT 合成触媒について、低コストで簡便な調製技術をタイ側と連携して開発した。シリカ、硝酸鉄、助触媒の硝酸塩を還元剤であるクエン酸あるいはバイオマスであるグルコースと混合し、窒素フロー雰囲気下で昇温すると、クエン酸などが分解して一酸化炭素、水素を生成し、その場で硝酸鉄、助触媒の硝酸塩を還元できることを見出した。これにより、無溶媒で環境にやさしくかつ単段で還元状態の FT 合成触媒が得られ還元工程が簡易となるなど低コスト化につながる調製技術が構築される。

また、同じ鉄系 FT 合成触媒について、自己燃焼法による還元工程が不要な調製技術を、同じくタイ側と連携して開発した。クエン酸と硝酸鉄のモル比の最適化を図ることで、他の還元工程無しで高い CO 転化率を発揮できた。

##### ウ) ベンチ試験用触媒の検討・ベンチ実証

これらの要素技術開発等をふまえて、ベンチ試験用の触媒の検討・選定を行い、ベ

ベンチ実証によるバイオ軽油製造試験を行った。

ベンチ用触媒としては、バイオマス由来合成ガスの不純物への耐性や相手国側のベンチ試験設備の仕様等をふまえて、スラリー床用・鉄系 FT 合成触媒を各種検討し、レシピ・特性等をふまえて選定した上で、ベンチ試験用として用意した。

現地での試験運転では、長時間（約 4 日間）の安定的な反応でバイオ軽油製造を達成した。製造されたオイルも軽油留分を高い割合で含むことを確認した。使用後の触媒にも粉化等の大きな変化は確認されず、ほぼ所定の生産性が発揮できたものと考えられた。



図 21 （左）バイオ軽油製造試験、（中・右）バイオ軽油の外観  
（中：製造直後のエマルジョン状の状態、右：精置分離後）

#### b) バイオガソリン製造技術

バイオガソリン製造技術では、バイオマス原料から得られた合成ガスを FT 合成によりガソリン留分（C5-10）を中心とする炭化水素を製造する技術の開発を実施した。

バイオガソリン製造用触媒としては、基礎となる触媒性能（活性、選択性、実用特性等）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）への対応やコスト特性（低圧化、触媒構造、担持金属等）等の要素も重要となる。相手国側とも連携して各種要素技術開発に取り組んだ。これらの要素技術開発をふまえ、相手国側のベンチ試験装置での実証用触媒を選定、同触媒の特性把握、ベンチ実証につなげた。主な成果を以下に挙げる。

##### ア) 高性能化技術開発

ガソリン留分選択性に優れたカプセル触媒をタイ側との連携により開発した。逆構造を持つカプセル触媒（核にジルコニア酸化物、膜に多孔質の鉄銅触媒）により、合成ガスから軽質炭化水素の高速合成に成功した。本カプセル触媒は、尿素加水分解法により簡易に調製可能で、助触媒を選択することで高い触媒性能が得られた（CO 転化率 97%）。

同じく、カプセル触媒について、鉄マンガン核に HZSM-5 ゼオライト膜を被膜したカプセル触媒で高いガソリン選択性を達成した。また、HZSM-5 シェルの効果を最適化することで、ゼオライト酸性膜の空間制限効果や異性化機能、疎水効果を適切に組み合わせることで CO<sub>2</sub> 副生が抑制できることを見出した。

##### イ) 実用性向上技術開発

カプセル触媒について、ゼオライト微結晶内に Fe の金属ナノ粒子を組み込むシンプルで効率的な技術を開発した。ナノサイズゼオライト内に Fe ナノ粒子を封じ込めることで、軽質炭化水素の生成において高い CO 転化率（90%以上）が得られた。本技術により、カプセル触媒の耐摩耗性も高められると考えられる。

##### ウ) ベンチ試験用触媒の検討・ベンチ実証

これらの要素技術開発等をふまえて、ベンチ試験用の触媒の検討・選定を行い、ベンチ実証によるバイオガソリン製造試験を行った。

ベンチ用触媒としては、バイオ軽油と同様、バイオマス由来合成ガスの特徴や相手国側

のベンチ試験設備の仕様等をふまえて、カプセル触媒を中心に各種検討し、レシピ・特性等をふまえて選定した上で、ベンチ試験用として用意した。

現地での試験運転では、長時間（約 4 日間）の安定的な反応でバイオガソリン製造を達成した。製造されたオイルもガソリン留分を高い割合で含むことを確認した。使用後の触媒にも粉化等の大きな変化は確認されず、ほぼ所定の生産性が発揮できたものと考えられた。



図 22 (左) バイオガソリン製造試験、(中・右) バイオガソリンの外観  
(中：製造直後、右：油水分離状態)

#### c) バイオメタノール製造技術

バイオメタノール製造技術では、バイオマス原料から得られた合成ガスをメタノール合成によりメタノールへと転換する技術の開発を実施した。富山大学では、低温でも高いワンパス転化率が得られる新規な低温メタノール合成技術を有しており、本事業でもこれらの要素技術に基づく技術開発に取り組んだ。

バイオメタノール製造用触媒としては、基礎となる触媒性能（活性、選択性、実用特性等）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）への対応や生産特性（反応温度・圧力、ワンパス転化率等）等の要素も重要となる。相手国側とも連携して各種要素技術開発に取り組んだ。これらの要素技術開発をふまえ、相手国側のベンチ試験装置での実証用触媒を選定、同触媒の特性把握、ベンチ実証につなげた。主な成果を以下に挙げる。

##### ア) 高性能化技術開発

Cu-ZnO 系触媒の高性能化にかかわる技術をタイ側と連携して開発した。Cu-ZnO 系触媒の調製に関して、簡易な固体反応法における Cu/(Cu+Zn)モル比が、焼成触媒の酸素空孔形成や CuO の還元性に関係することで触媒性能に大きな影響を与えることを検証し、等量の Cu と Zn を含む触媒で高い表面積・酸素空孔等による高活性化を確認した。

新規低温メタノール合成について、助触媒や調製方法を探索した。銅亜鉛系触媒に酸化マグネシウムを微量添加する新たな手法を考案し、大幅な触媒性能向上（STY=500g-MeOh/kg. h 以上等）を確認した。また、銅亜鉛系触媒の調製で使用されるキレート剤を各種検討し、シュウ酸をキレート剤として用いることで大幅な性能向上が図られることを確認した。

##### イ) 実用性向上技術開発

二元 Cu/ZnO 触媒に関し、廃液を発生しない固体反応法により高い性能を有する触媒調製技術をタイ側と連携して開発した。触媒活性に対するシュウ酸と銅・亜鉛のモル比の影響を体系的に研究し、触媒の空時収率が Cu 表面積および弱酸性あるいは弱塩基性の部位の数を増やすことで直線的に増加することなどを明らかにし、最適に調製された触媒で高い TOF と STY を確認した。

##### ウ) ベンチ試験用触媒の検討・ベンチ実証

これらの要素技術開発等をふまえて、ベンチ試験用の触媒の検討・選定を行い、ベンチ

実証によるバイオメタノール製造試験を行った。

ベンチ用触媒としては、バイオ軽油・バイオガソリンと同様、バイオマス由来合成ガスの特徴や相手国側のベンチ試験設備の仕様等をふまえて検討・選定した上で、ベンチ試験用として用意した。

現地での試験運転では、長時間（約 3 日間）の安定的な反応でバイオメタノール製造を達成した。生成物も高いメタノール純度を有することを確認した。使用後の触媒にも大きな変化は確認されず、ほぼ所定の生産性が発揮できたものと考えられた。



図 23 (左) バイオメタノール製造設備、(右) バイオメタノール

#### d) バイオ LPG 製造技術

バイオ LPG 製造技術では、バイオマス原料から得られた合成ガスを LPG 合成により LPG (C3-4) を中心とする炭化水素を製造する技術の開発を実施した。合成ガスからの LPG 合成ルートは、中間体としてメタノール・DME・オレフィン（プロピレン）を経由することから、これらの触媒（あるいはプロセス）を複合化することにより合成が可能となる。富山大学では、様々な触媒反応の複合化等に係る技術を有しておりこれらに基づき相手国側とも連携して技術開発を実施した。要素技術開発をふまえ、相手国側のベンチ試験装置での実証用触媒を選定、同触媒の特性把握、ベンチ実証につなげた。主な成果を以下に挙げる。

##### ア) 高性能化技術開発

高い LPG 選択性が得られるカプセル触媒技術をタイ側との連携により開発した。Pd/SiO<sub>2</sub>@Si1@H-ZSM-5 カプセル触媒 (Pd/SiO<sub>2</sub>-SZ) で、コア触媒 (Pd/SiO<sub>2</sub>) でのメタノール合成と H-ZSM-5 シェルでの炭化水素へのメタノール脱水のタンデム反応を最適化することで CO<sub>2</sub> 水素化における高い LPG 選択性を確認した。

銅亜鉛ジルコニアアルミニウムからなる 4 成分複合酸化物と HY 型ゼオライトから構成されるハイブリッド触媒による LPG 直接合成用触媒をタイ側との連携により開発した。CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> を原料とし、タンデム反応系であるメタノール合成、脱水、カップリング化など反応ステップを一括することで LPG の直接合成を実現した。

##### イ) 実用性向上技術開発

カプセル触媒技術による LPG 合成について、簡易な物理コーティング法により調製されるコアシェルハイブリッド触媒 (CZZA@H-β-P-3) で合成ガスから LPG への高い活性を得た。

##### ウ) ベンチ試験用触媒の検討・ベンチ実証

これらの要素技術開発等をふまえて、ベンチ試験用の触媒の検討・選定を行い、ベンチ実証によるバイオ LPG 製造試験を行った。

ベンチ用触媒としては、バイオ軽油・バイオガソリン・バイオメタノールと同様、バイオマス由来合成ガスの特徴や相手国側のベンチ試験設備の仕様等をふまえて検討・選定した上で、ベンチ試験用として用意した。



現地での試験運転では、長時間（約 4 日間）の安定的な反応でバイオ LPG 製造を達成した。生成物も LPG 分を高い割合で含むことを確認した。使用後の触媒にも大きな変化は確認されず、ほぼ所定の生産性が発揮できたものと考えられた。



図 24 (左) バイオ LPG 製造試験、(右) LPG 燃焼の確認

5) 触媒転換技術研修、研究員受入等の技術移転、試験研究拠点整備等

エンジニアリング供与等の活動と並行して、相手国側とも連携しながら、ガス化との連結に係る配管系統・バルブ操作・非常時対応等の機構整備、分析システム整備等により研究拠点整備を行った。また各機材・機器等の運用に係る研修を行った。

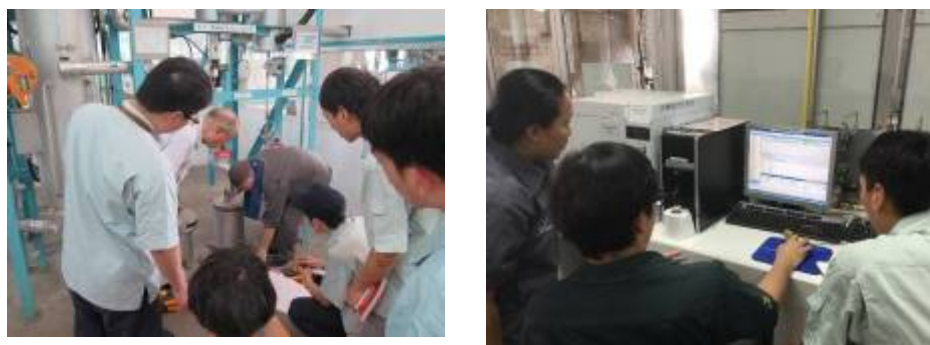


図 25 触媒転換工程研修・分析システム確認

6) 現地での触媒転換試験運転（バイオ燃料等製造）

a) バイオ軽油製造（2019年8月）

現地のバイオマス原料から得られた合成ガスからのバイオ軽油製造試験を実施し、バイオ軽油製造を達成した。現地のベンチ機材（スラリー床・固定床の両反応器が設けられている）のうち、スラリー床反応器を用いて試験運転を行い、長時間の安定した反応を確認した。得られたバイオ軽油は相手国側の分析により軽油留分を中心とした生成物が得られていることを確認した。

試験運転後には、相手国側と連携して試験運転後の設備のメンテナンス・使用後設備等の確認を行い、触媒への影響影響等の問題が無かったことを確認した。あわせて試験準備・試験運転・設備保守（次回以降の運転が可能な状態への復帰）の手順も確認した。



図 26 運転後の設備等の確認・メンテナンス

b) バイオメタノール製造 (2022年6~7月)

現地のバイオマス原料から得られた合成ガスからのバイオメタノール製造試験を実施し、バイオメタノール製造を達成した。現地のベンチ機材のうち、固定床反応器を用いて試験運転を行い、長時間の安定した反応を確認した。

本試験では、感染症の影響で前回運転（前項のバイオ軽油製造（2019.8）以降、相手国側への渡航が困難な状況が続いたため、約3年のブランクののちの運転となった。研究者の入れ替わり等もあった中で、相手国側と連携して、機材の状態確認から機材の点検・再整備、運転可能であることを確認した上で試験を実施した。

試験運転後には、前回と同様、試験運転後の設備のメンテナンス・使用後設備等の確認を行い、触媒への影響影響等の問題が無かったことを確認した。あわせて試験準備・試験運転・設備保守（次回以降の運転が可能な状態への復帰）の手順も確認した。



図 27 バイオメタノール製造試験後の設備等の確認

c) バイオLPG製造 (2022年11月)

現地のバイオマス原料から得られた合成ガスからのバイオLPG製造試験を実施し、バイオメタノール製造を達成した。現地のベンチ機材のうち、固定床反応器を用いて試験運転を行い、長時間の安定した反応を確認した。

本事業の試験設備では、ガス化ガスを貯蔵できるようになっているため、ガス化と触媒転換の操業を必ずしも同時に行う必要はない。また、ガス貯蔵がバッファーとなることでガス組成も均一化され、触媒転換側へのガス供給も安定的に行うことができるなど、自由度の高い運用が可能となっている。ただ、これまでの試験運転では、ガス化側の技術者立会のもと触媒転換へのガス供給を行う分担・協力を得てきていたが、このLPG製造では、触媒転換の試験運転チーム（富山大学）のみで予め貯蔵されているガスの供給から反応までを行った。これらのガス供給手順の詳細なマニュアルを用意するなど、十分な対策を講じた上で試験を実施することで、滞りなく反応試験を行うことができた。

気体である LPG の回収・分析等においても、事前に回収容器等を用意し、作業をタイ側と連携して行うことで、試験運転を行いながら試料回収・分析等を効率的に実施できた。

d) バイオガソリン製造 (2023 年 3 月)

現地のバイオマス原料から得られた合成ガスからのバイオガソリン製造試験を実施し、バイオガソリン製造を達成した。現地のベンチ機材のうち、固定床反応器を用いて試験運転を行い、長時間の安定した反応を確認した。

バイオガソリン試験運転においても、ガス化技術者の立会・支援なく、日本側・タイ側の連携で滞りなく試験を完了できた。現地で試験研究基盤として今後も継続的に運用するための手法が確立できた。

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ことで技術移転に努めた。

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、技術移転とともに相手国側での研究・社会実装への自立的な取り組み基盤の形成にも取り組んでいる。

実用化・事業化、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々の技術およびそれらの連結・一体となった操業技術等が求められる。こうした点を踏まえて、現地での実証計画の詳細の検討や使用する設備・分析装置の確認等を現地で相手国側と共同で行った。

また、それらをふまえてバイオ燃料等の製造試験を安定・継続的に実施している。感染症による長期のブランクに際しても相手国側と電子的手法で連携して事前に機材状況の確認等を行い、バイオメタノール製造を達成するなど、ベンチ機材を用いた試験研究サイクルをほぼ確立できた。相手での自立的な試験研究の継続・社会実装に向けてこれらの技術移転に努めた。



図 28 試験運転前の研修・設備確認

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

感染症の影響を大きく受けたが、ほぼ当初計画の内容を実施してきている（事業期間中に完了予定）。触媒化学転換工程の研究に際しては、相手国側からの研究者受け入れなど密な連携・共同研究活動を継続的に行い多くの共著論文等の成果を得た。

また、ラボ・ベンチの連携による研究を通じて、社会実装に向けた各種要素技術（触媒の高性能化のほかプロセス適合性やスケールアップに係る点など）を蓄積できた。

こうしたラボにとどまらない研究およびその拠点であるサラブリ・バイオマスエネルギーセンターは、多くの視察者等が継続的に訪問するところとなっており、これらの交流を通じて関連する様々な領域（樹脂利用、ジェット燃料化、カーボンリサイクルなど）への展開を見据えた活動についても継続的に行っている。

世界的なカーボンニュートラルに向けた流れが強まる中で、本技術についてのニーズも

高まると考えられ、これらの動向をふまえた活動を継続し、早期の社会実装およびカーボンニュートラル等の環境目標達成にも貢献していく。

#### 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（ $H_2$ とCOからなるガス）を、日本が誇る触媒化学転換技術により各種化石燃料等（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：一般財団法人石炭フロンティア機構 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）に対する成果目標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。

本事業では、主に以下等についてはほぼ当初計画に沿った活動を実施し、タイの非可食系バイオマス資源から各種バイオ燃料等を製造する技術の基盤を構築できた。

【本研究題目における主要事項】

- 1) 機材供与（触媒分析装置）
- 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) JCC（合同調整委員会：Joint Coordinating Committee）開催
- 4) 試験研究拠点整備、技術移転等
- 5) 情報発信・交流等

以下にこれら各項の成果等について述べる。

1) 機材供与

機材供与について、当初計画していた各機材（触媒分析装置、ガス化ベンチ装置、触媒ベンチ装置エンジニアリング）を各々実施した。

触媒分析装置は、2019 年 1 月に相手国側に供与、チュラロンコン大学・理学部（バンコク）に設置された。あわせて分析装置の研修も行い、触媒研究拠点としての早期の定着・運用を図った。

ガス化機材は 2019 年度末までに試運転・調整を行い、運用を開始した。

触媒転換ベンチ装置のエンジニアリング供与は、2018 年 9 月に主要な内容は完了し、メタノール合成試験で運転確認を行った。その後、2019 年のガス化機材の現地への設置の際に、ガス供給部の接続などの最終調整を行い、運用を開始した。

各々、本事業通じて継続的に試験研究に用いられており、自立・継続的な研究に向けた拠点が構築できた。

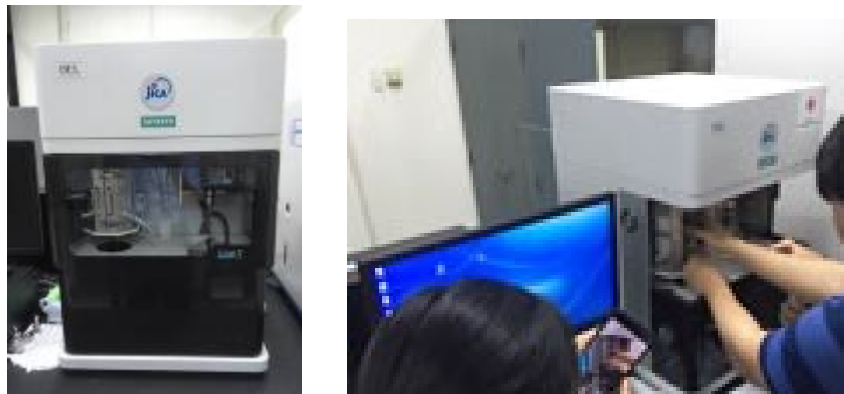


図 29 （左）触媒分析装置、（右）分析研修

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

社会実装に向けては経済性や環境性の観点も重要となる。試験運転データを用いたプロセス・LCA 解析・システム検討に向けたモデル構築等を行った。

a) プロセス解析・システム提案

試験運転データ等に基づくプロセス解析を行い、社会実装提案に反映している（事業終了までに実施予定）。また、本事業での機材や運転条件等の改善改良にもフィードバックした。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。また、社会実装時には、よりスケールアップ等に適した設備・型式を選定することになると考えられる。これらについて調査・検討し、モデルに反映した。

b) LCA 解析・FS 検討

社会実装に向けて試験運転データ等に基づき、LCA 解析と FS 検討を行い、社会実装提案に反映した。また、LCA 解析・FS 検討に際しては、各々主な指標を変えた各種検討が行えるツール（LCA 解析ツール、FS 検討ツール、図 30）として整理し、それらのツールを用いた解析・検討等を実施した。

LCA 評価においては、バイオマスガス化・粗油製造プラントでタイ現地の各種バイオマスを原料として利用するケースについて、原料種類や性状、事業規模等の各種パラメーターについて検討し、GHG 削減率 50%以上となるモデルを確認した。

事業性評価においては、LCA 評価と同様に、バイオマスガス化・粗油製造プラントでタイ現地の各種バイオマスを原料として利用するケースについて、原料種類や性状、事業規模等の各種パラメーターについて検討し、LCA 評価で抽出されたモデルにおける事業性を確認した。

これらの解析・検討を通じて、本事業の開発技術の GHG 削減における有用性を確認するとともに、今後の社会実装に向けた取り組みを検討した。

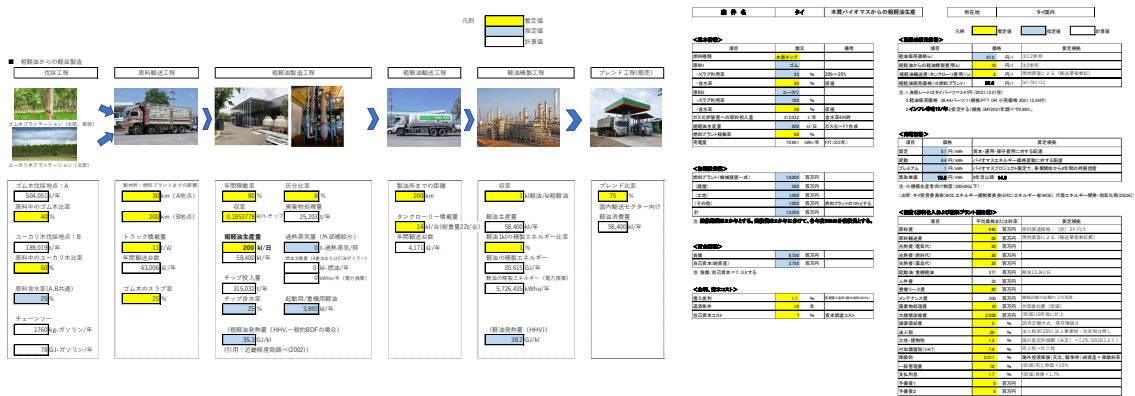


図 30 (左) LCA 解析ツール、(右) FS 検討ツール

3) JCC (合同調整委員会: Joint Coordinating Committee) 開催

これまでに、4回(2018年6月、2019年9月、2021年2月、2022年6月)のJCCを開催した。

a) 第1回JCC(2018年6月21日)

第1回JCCを開催(2018.6.21)、約30名が参加し、試験研究拠点(サラブリ)の状況や使用予定機材等を共同で確認した。

b) 第2回 JCC (2019年9月13日)

第2回 JCC を開催 (2019.9.13)、約 30 名が参加し、供与機材の状況や進捗状況等を共同で確認した。また、本 JCC とあわせて行われた中間レビュー (2019.9.2~13) の結果も共有した。

c) 第3回 JCC (2021年2月22日)

第3回 JCC を感染症状況ふまえオンラインで開催した (2021.2.22)。約 30 名が参加し、現地での活動が難しい状況下で、各国内での活動などの成果状況・動向等を共有した。

d) 第4回 JCC (2022年6月22日)

第4回 JCC も感染症影響が続く中で、前回同様オンラインで開催した (2022.6.22)。約 30 名が参加し、各国内での活動などの成果状況・動向等を共有した。

4) 試験研究拠点整備、技術移転等

試験研究拠点の安全かつ円滑な運用のために付帯設備・施設 (換気・外壁、分析室等) や各種表示パネル等を整備した (図 31)。

相手国側・日本側で、共著論文発表や研究員受入、専門家派遣等を継続的に行い、多くの実績を蓄積した。



図 31 表示パネル

5) 情報発信・交流等

社会実装見据えた関連機関等との情報交換や情報発信活動を鋭意推進している。

本事業で使用しているベンチ装置が設置されているなど、主な試験研究拠点となっているサラブリ・バイオマスセンターは、多数の視察者や研究交流者等が来訪するところとなっており、本プロジェクトの成果についてもパネルでの紹介やパンフレット配布など積極的に情報発信を行っている。

現地企業等からの照会・関心が多く寄せられており、それらの主体と本技術の社会実装見据えた対話を継続している。展示会への出展や相手国側研究機関への来訪者へのプレゼンテーションにも積極的に取り組んだ。

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、バイオマスガス工程と触媒化学転換工程の各々の要素技術、および両工程の連結一貫操業・運用技術のそれぞれが必要となる。また、これら全体のプロセスや生成物等に係るエンジニアリング、分析・評価技術等も求められる。社会実装においては、これらのラボ～ベンチスケールの試験研究等の成果のスケールアップ・実用仕様構築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み、現地への供与機材の設置・立ち上

げや共著論文発表等の成果を得た。

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

本研究題目に係る活動についても、他の研究題目と相互連携しながら相手国側と連携して推進しており、ほぼ当初計画に沿って進行した。

世界的に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て幅広い展開検討を行った。

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. 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

感染症の影響で事業スケジュール等が大きな影響を受けたが、事業期間の延長および相手国側やプロジェクト関係者との密な連携を保ちつつ、可能な機会に渡航・現地での活動を実施するなどにより、ほぼ当初のプロジェクト体系・計画に沿った活動を実施できた。

人々の行動形態も変容が見られる中で、本事業活動も活動の様相の変更を迫られたが、電子的方法等による情報交換・共有を密に保ちつつ推進すること等で対応した。技術移転に係る内容は、感染症影響前までの活動成果やマニュアル等を中心に実施したが、オンラインでの技術移転活動等も今後は考えられる。

これまでの活動において、相手国側との考え方・認識の相違点の発生や役割分担等の調整の必要が生じたことがあり、具体的な活動の分担や経費に係る点などで認識の相違や調整が必要となることもあった。ただ、これらのケースについても、密なコミュニケーションを継続的に行うことで、具体的な確認手順や情報共有の方法等も確定的となりほぼ計画内容に沿った活動を実施できた。

本事業期間中は、日本側から相手国側への技術供与・指導的な活動内容となる場合が多かったが、OJTを促すなど、相手国側の自立・継続的な取り組みにつながるよう技術移転に努めた。

### (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）

感染症の影響で事業スケジュール等が大きな影響を受けたが、事業期間の延長および相手国側やプロジェクト関係者との密な連携を保ちつつ、可能な機会に渡航・現地での活動を実施するなどにより、ほぼ当初のプロジェクト体系・計画に沿った活動を実施できた。

具体的な個別の活動内容においては、活動内容や役割分担において考え方や認識の相違、要調整事項等が生じたこともあるが、都度の打合せ・協議等により対応した。具体的な現地活動において初めて明らかになった点（ユーティリティ条件の違い等）等も生じたがそれぞれ対応した。これらの経緯で計画より時間・経費を要したケースもあるため、こうした国際共同研究では、余裕をもったスケジュール設定・管理等が必要と考えられた。

日本とは諸条件が異なる現地での活動に際しては、どうしても想定しえなかった事態は起こり得ると考えられる。本事業でも天候の違いにより雨天対応のための屋根を設けたり、暑熱による各種部材の交換サイクルの短縮等に十分な予測のない状態で対応することがあった。この点でもスケジュール等にゆとりを持つことが必要と考えられた。

現地のバイオマス原料の性状等による想定外の問題が発生したこともあったが、相手国側と連携・協力して対応した。また、安全対策を最優先として対策や意思疎通・情報共有をさらに徹底することとした。

本研究題目の相手国側での自立的な研究活動につながるよう、試験運転等では技術移転に適した人員配置とするなどの点にも配慮した。

### (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）

感染症の影響で事業スケジュール等が大きな影響を受けたが、事業期間の延長および相手国側やプロジェクト関係者との密な連携を保ちつつ、可能な機会に渡航・現地での活動を実施するなどにより、ほぼ当初のプロジェクト体系・計画に沿った活動を実施できた。

他研究題目と同様、活動内容や役割分担において相違点、調整事項が生じたこともあるが、都度の打合せ・協議等により対応した。予期しえなかった事態にも速やかに対応できるよう、相手国側やプロジェクト関係各位と密な連携を常に保ちつつ推進を図った。本研究題目の相手国側での自立的な研究活動につながるよう、試験運転等に際して技術移転に配慮した。

本研究題目では、相手国側の既存ベンチ装置を活用したため、その既存仕様等に影響される点があった。これらの点についても、相手国側やプロジェクト関係各位と密な連携により対応し、今後の持続・継続的な研究基盤の形成を図った。

#### (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：一般財団法人石炭フロンティア機構 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）

感染症の影響で事業スケジュール等が大きな影響を受けたが、事業期間の延長および相手国側やプロジェクト関係者との密な連携を保ちつつ、可能な機会に渡航・現地での活動を実施するなどにより、ほぼ当初のプロジェクト体系・計画に沿った活動を実施できた。

相手国側での自立・継続的な研究活動の立ち上げや社会実装に向けた取り組みの創出に向けて、関連する幅広い主体との連携構築などへと展開を図った。また、研修受入や人材交流等を継続的に行った。

### Ⅲ. 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だ。

#### (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い成果展開に努めた。

### Ⅳ. 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、国際学会での発表等を活発に行った。

### Ⅴ. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

### Ⅵ. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

### Ⅶ. その他（非公開）

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 FexC 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, Jinhua 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.2019.105759	国際誌	発表済	
2019	Hangjie Li, Peipei Zhang, Lisheng Guo, Yingluo He, Yan Zeng, Montree Thongkam, Jaru Natarakanakul, 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 Natarakanakul, 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, Jinhua 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 Cyril Amoo, 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, Jinhu 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.catcom.2020.106216	国際誌	発表済	
2020	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.catcom.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, Jinhu 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	
2022	Nantana Lamart Slatter, Bunyawat Vichanpol, Jaru Natakaranakul, Kanit Wattanavichien, Phorndranrat Suchamalawong, Keiichiro Hashimoto, Noritatsu Tsubaki, Tharapong Vitidsant, and Witchakorn Charusiri, "Syngas Production for Fischer-Tropsch Synthesis from Rubber Wood Pellets and Eucalyptus Wood Chips in a Pilot Horizontal Gasifier with CaO as a Tar Removal Catalyst", ACS Omega, Vol. 7 (49), 44951-44961, 2022	10.1021/acsomega.2c05178	国際誌	発表済	

論文数 23 件  
うち国内誌 0 件  
うち国際誌 23 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/c ctc.201700 059	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/c hem.20170 0821	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/c 7sc03427j	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 attd.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 Amooa1, 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 attd.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 hi.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	https://doi .org/10.20 550/jietaik aiyoushi.29 0.76	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 CO <sub>2</sub> 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/ZrO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> @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/acsnano.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
2020	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 CO <sub>2</sub> ", ACS Applied Materials & Interfaces, Vol. 13, 8191-8205, 2021	10.1021/acsaami.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 CO <sub>2</sub> ", 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	Minghui Tan, Sha Tian, Tao Zhang, Kangzhou Wang, Liwei Xiao, Jiaming Liang, Qingxiang Ma, Guohui Yang, Noritatsu Tsubaki, and Yisheng Tan: "Probing Hydrophobization of a Cu/ZnO Catalyst for Suppression of Water-Gas Shift Reaction in Syngas Conversion". ACS Catalysis, Vol. 11, 4633-43, 2021	10.1021/acscatal.0c05585	国際誌	発表済	
2021	Faen Song, Xiaojing Yong, Xuemei Wu, Wei Zhang, Qingxiang Ma, Tiejian Zhao, Minghui Tan, Zhongshan Guo, Heng Zhao, Guohui Yang, Noritatsu Tsubaki, and Yisheng Tan.: "FeMn@HZSM-5 Capsule Catalyst for Light Olefins Direct Synthesis via Fischer-Tropsch Synthesis: Studies on Depressing the CO <sub>2</sub> Formation.", Applied Catalysis B: Environmental, Vol. 300, 120713, 2022	10.1016/j.apcatb.2021.120713	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 CO <sub>2</sub> ". 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	Jie Yao, Yingluo He, Yan Zeng, Xiaobo Feng, Jiaqi Fan, Shoya Komiyama, Xiaojing Yong, Wei Zhang, Tiejian Zhao, Zhongshan Guo, Xiaobo Peng, Guohui Yang, and Noritatsu Tsubaki: "Ammonia Pools in Zeolites for Direct Fabrication of Catalytic Centers". Nature Communications, Vol 13, 935, 2022.	10.1038/s41467-022-28606-z	国際誌	発表済	トップレベル雑誌
2022	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 32 件  
うち国内誌 5 件  
うち国際誌 27 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	
2022	樁 範立, "低炭素合成燃料に関する開発:タイにおけるJICA-JST国際事業を例として", バンコク日本人商工会議所所報(2022.11), 2022	機関刊行物	発表済	

著作物数 6 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/SiO2 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
2022	国際学会	椿範立(富山大)、“Precise control of carbon chain growth from CO2 or CO by tailor-made catalysts, 2022 International Symposium on Carbon neutral Energy (Japan-China-Thailand Virtual Symposium)	招待講演

招待講演 11 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	2020/7/1	登録				
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	
2022	2022/4/8	令和4年度文部科学大臣表彰・科学技術賞(研究部門)	低炭素社会を目指す新しい炭素酸化物転換技術に関する研究	椿 範立	文部科学省	3.一部当課題研究の成果が含まれる	

5 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 ～富山大が変換触媒開発～	2	その他	
2018	2018/9/7	科学新聞	従来の定説覆す 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	富山大、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	
2022	2022/7/21	JICAホームページ	Successful Bio Methanol Production	<a href="https://www.jica.go.jp/project/english/thailand/035/news/general/220721.html">https://www.jica.go.jp/project/english/thailand/035/news/general/220721.html</a>	1.当課題研究の成果である	

7 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	椿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	椿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(椿範立)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(椿範立)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)	椿研出展説明者3人	公開	日本側研究代表者(椿範立)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(椿範立)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(椿)が 参加、本事業の取り組み等の発表を行った。
2022	2022/6/27~28	活動再開・試験運転等ミーティング	チュラロンコン大 学(タイ・サラブ リ)等	15人(5人)	非公開	感染症影響による渡航制限の緩和をふまえた 現地活動再開に向けた機材状況確認や試験 運転に向けたミーティングを行った。
2022	2023/2/20	ガス化試験運転研修・ミーティング	チュラロンコン大 学(タイ・サラブ リ)	15人(10人)	非公開	相手国側主体によるガス化試験運転に係る研 修・ミーティングを行った。
2022	2023/2/24	LCAについてのディスカッション	チュラロンコン大 学(タイ)・web等	10人(3人)	非公開	LCA検討に係るディスカッションを行った。

30 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
2022	2022/6/22	第4回JCC	26人	進捗状況、今後の予定 等

4 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>

