

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

(環境・エネルギー分野

「低炭素社会の実現に向けたエネルギーシステムに関する研究」領域)

「インドネシアにおけるバイオマス廃棄物の流動接触分解ガス化と 液体燃料生産モデルシステムの開発」

(インドネシア)

国際共同研究期間

平成 26 年 6 月 13 日から平成 31 年 6 月 12 日まで

JST 側研究期間

平成 25 年 5 月 22 日から平成 31 年 3 月 31 日まで

(正式契約移行日 平成 26 年 4 月 1 日)

*1 R/D に記載の協力期間

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=R/D に記載の協力期間終了日又は当該年度末

平成 26 年度実施報告書

代表者： 野田玲治
群馬大学大学院理工学府・准教授
＜平成 25 年度採択＞

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

研究題目・活動	H25年度 (5ヶ月)	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度 (12ヶ月)
1.粘土を流動媒体とするバイオマス流動接触分解ガス化プロセスの確立						
1-1)高度安定型流動層の確立						
1-1-1. ハルス制御ループシールの構造・制御方法検討	←→		*1			
1-1-2. スケールアップ手法の検討		←→				
1-1-3. パイロットスケールコールドモデル実験			←→			
1-1-4. デモンストレーションプラントによる実証					←→	
1-2)粘土触媒の探索・最適化						
1-2-1. 粘土鉱物試料の収集		←→	*2			
1-2-2. 各種粘土鉱物の触媒活性評価		←→		←→		
1-2-3. 物理化学的構造評価と活性機構解析				←→		
1-3)チャー抽出/循環機構の開発						
1-3-1. チャー抽出/循環機構の検討・設計		←→				
1-3-2. コールドモデルによる試験			←→			
1-3-3. デモンストレーションプラントによる実証					←→	
1-4)バイオマスの前処理及び供給方法の確立						
1-4-1. 前処理・供給方法の検討		←→				
1-4-2. プロトタイプによる試験			←→			
1-4-3. デモンストレーションプラントによる実証					←→	
1-5)ガス化残渣の肥料化技術の確立						
1-5-1. ガス化残渣の肥料としての物性評価		←→			←→	
1-5-2. ガス化残渣の肥料化プロセスの検討				←→		
1-5-3. 肥料化デモンストレーションプロセスによる実証					←→	
1-5-4. 製造した肥料のフィールド試験						←→
1-6)デモンストレーションプラントによる実証						
1-6-1. デモンストレーションプラントの設計				←→		
1-6-2. デモンストレーションプラントの建設				←→		
1-6-3. 実証試験					←→	

2.低コストメタノール合成プロセスの確立						
2-1)低コストメタノール合成触媒の開発						
2-1-1. 候補触媒の一次スクリーニング		←→	*3	→		
2-1-2. 触媒機構の解明と触媒高性能化の検討			←→			
2-1-3. 実用機への適用検証					←→	
2-2)低圧メタノール合成プロセスの確立						
2-2-1. 原料ガスの前処理方法の検討		←→	*4	→		
2-2-2. パイロットプラントの設計			←→			
2-2-3. パイロットプラントの製作・試験				←→		
2-2-4. デモンストレーションプラントの設計				←→		
2-2-5. デモンストレーションプラントの建設					←→	
2-2-6. 実証試験						←→
3.人材育成とネットワーク形成						
3-1)人材育成						
3-1-1.研修プログラムの準備		←→		←→		
3-1-2.研修プログラムの実施		←→		←→		→
3-2)ネットワーク形成						
3-2-1. 国際的セミナー開催				←→		←→
3-2-2. ニュースレターの発行		←→				←→

*1 研究の過程で別構造のアイデアが生じたため、その検証を 1-1-2 と平行して進める。

*2 H26 年度に目標の 5 種類以上の粘土は収集したが、インドネシアの粘土は広範に存在するため、さらに評価対象種をふやす。

*3 当初は群馬大学のみにて行う予定であったが、BPPT においても並行して開発を行い、両者で情報交換しつつ進めることとしたため、期間を延長。

*4 現地における実験装置の製作と薬品入手に時間がかかったため、実験期間を延長。

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト

(1) プロジェクト全体

- ・プロジェクト全体のねらい、当該年度の成果の達成状況とインパクト等

本研究の目的は、インドネシアのプランテーションや農林産物集積・加工場等で比較的容易に設置・運転・保守が可能で、さらに現地の技術者らが自国の技術水準にあわせて自発的にプロセス改善を進めていくことのできる、「適正」なバイオマス廃棄物のガス化と液体燃料生産プロセスを開発し、人材育成、ネットワーク形成を含め、その普及のための基盤を整備することである。本研究プロジェクト期間内に、インドネシア国内において、ガス化装置能力 250kW 以上のバイオマスガス化と、1.5MPa 以下の低圧メタノール合成プラントを稼働させ、これを継続的に運転する。さらに、開発した技術を担う人材を育成し、バイオマスエネルギー普及のためのネットワークを形成して、開発した技術の普及基盤を整備

する。

設定した各研究題目について、いくつかのタスクに若干の遅延はあるものの、現時点で、計画の大きな変更を必要とするような問題は生じていない。研究活動1および2の研究内容には格別の変更はなく、このまま進めば所定の成果が得られる見込みである。研究活動2については、プラント安全性および費用の面から、規模の縮小の検討している。ただし、規模を縮小した場合でも、規模以外に当初設定した目標については変更しない。開発した技術の社会実装を進めるために、FT合成や、DME合成など、バイオマスガス化の生成ガスを原料とする、他の液体燃料生産プロセスとの比較・得失を明らかにするためのフィージビリティスタディ等検討を加えることにした。

(2) 研究題目1：粘土を流動媒体とするバイオマス接触分解ガス化プロセスの確立

① 研究題目1のねらい

従来の先進国技術と比べて、設置コスト・運転コストが画期的に安価であり、インドネシアにおいて容易に入手・交換・修理が可能な部品で構成され、高度な制御に依存せずとも、広い運転条件で安定なバイオマスの接触分解ガス化技術を確立する。これまでに、APEX、ディアン・デサ財団らがインドネシアにおいて実証実験を行ってきた粘土触媒を用いた内部循環流動層ガス化プロセスを基に、より幅広い運転条件での安定運転を実現するための技術開発を行う。

【群馬大学グループ】

主に基礎的な現象の把握に基づいて、要素技術の開発を進める。当該年度は、高度安定流動層のためのループシール構造の検討、ガス化残渣の物性評価を中心となって推進する。また、粘土鉱物の触媒活性評価もBPPT、APEXと並行して実施できる体制を準備する。

【APEX グループ】

これまでの粘土触媒による流動接触ガス化プロセス開発の経験を活かし、本プロジェクトで要求される要素技術ならびにプロセス開発を行う。当該年度は、粘土鉱物調達と調達した粘土の触媒活性評価の支援、ガス化炉からのチャー抽出・循環技術の概念設計検討、バイオマスの前処理および供給システムのテスト方針の決定を行う。

【BPPT グループ】

インドネシアにおける要素技術、プロセス開発ならびに原料、資源等の調達、社会実装を、日本側と協力しつつ進める。当該年度は、粘土鉱物の調達ならびに調達した粘土鉱物の触媒活性評価、バイオマスの前処理および供給システムのテスト方針検討支援を行う。

【YDD グループ】

これまでAPEXと共同で実施してきた粘土触媒による流動接触ガス化プロセス開発の経験を活かし、本プロジェクトで要求される要素技術ならびにプロセス開発を支援する。当該年度は、APEXで実施するガス化炉からのチャー抽出・循環技術、バイオマスの前処理および供給システムの開発の支援を行う。

② 研究題目1の研究実施方法

【群馬大学グループ】

(1-1-1) 背圧を調整可能な2次元流動層ループシール評価装置を製作し、パルス駆動ループシールと従来型ループシールの性能評価を行う。(1-1-2) パルス制御ループシールのスケールアップ手法の検討のために、ループシール評価のためのシステムを確立する。(1-2-2) 粘土触媒の触媒活性評価のための

群馬大学設置のラボスケール流動層反応装置を完成させ、触媒活性評価を開始する。(1-5-1) ガス化残渣の肥料としての物性評価として、まず、バイオマス原料の物性評価を開始する。

【APEX グループ】

(1-2-1) インドネシア国内の粘土鉱物調達を、情報収集、企業訪問、産地訪問等により支援する。(1-2-2) BPPTに設置する粘土触媒の触媒活性評価のための小規模ガス化炉の製作・設置を支援し、BPPTと協力して触媒活性評価を開始する。(1-3-1) チャー抽出/循環機構の検討・設計では、類似技術等の文献調査や、関連企業等のヒヤリング等をもふくめて、ガス化炉からチャーを抽出す、あるいは再生塔に循環するための機構を考案する。(1-4-1) バイオマス前処理・供給方法の検討として、国営農園企業のアブラヤシ搾油工場における、空房を脱水・粗粉碎するプロセスを調査しつつ、現地に適合的な前処理・供給システムを検討して、テスト方針を決定する。

【BPPT グループ】

(1-2-1) 粘土鉱物試料の収集を具体的にインドネシア内で実施する。(1-2-2) 粘土触媒の触媒活性評価のための小規模ガス化炉を完成させ、触媒活性評価を開始する。(1-4-1) バイオマスの前処理・供給方法の検討として、国営農園企業のアブラヤシ空房の脱水・粗粉碎プロセスを APEX とともに調査し、前処理・供給システムの検討とテスト方針決定を支援する。

【YDD グループ】

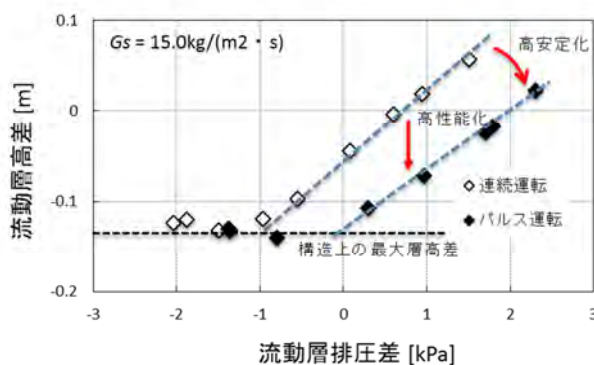
(1-3-1) チャー抽出/循環機構の検討・設計および(1-4-1) バイオマス前処理・供給方法の検討を APEX と協力して進める。

③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

1-1-1 パルス制御ループシールの構造・制御方法の検討

【進捗目標】 新規ループシール構造が従来構造よりも高い安定性を明示する。

ループシールの運転を不安定化させる背圧変動の影響を定量的に評価できる2次元流動層コールドモデルを製作した。ダウンカマーとライザーの組み合わせで構成された一般的なループシールについて、実験を行った。珪砂を流動媒体として、ループシールへのガス吹き込み速度、流動層高差と粒子循環速度の関係を実験的に評価した。実験の結果、パルスガス供給式は連続ガス供給式に比べ、より低い流動層高差で高い粒子循環を実現できる(高性能化)こと、粒子循環量の排圧依存性が低くできること(高安定化)を示した。ただし、高安定化については、その効果が十分とはいえ、形状とも含めて最適化が必要であった。



1-1-2 パルス制御ループシールのスケールアップ手法の検討

【進捗目標】 スケールアップ実験のための実験設備の準備を完了する。ループシール構造の決定は第2年度に完了する。

1-1-1 の検討結果を元に製作したループシールの評価には、群馬大学既設の3次元流動層コールドモデルを使用する予定である。本年度中にパルス試験を行うための、ガス制御系の整備を完了した。排圧調整系は、次年度予算で実施の予定である。

1-2-1 粘土鉱物試料の収集

【進捗目標】 インドネシアで調達可能な粘土触媒候補5種類以上を調達する。

インドネシア国内から、これまでに以下の6種類の粘土を調達した。しかし、インドネシアにはまだ多数の粘土が存在するため、さらに探索を継続したい。なお、ベントナイト等の粘土を販売している業者が販売しているものは、粒径が小さすぎてそのまま流動媒体として使うには不適で、加熱・造粒・粉碎・篩分けが必要である。土状のものも同様の前処理が必要となる。

入手日	産地	外観	入手先	備考
17 Nov.2014	Jampang, Banten	赤土状	Pusat Teknologi Sumber Daya Meneral, BPPT	
1 Des 2014	Cileungsi, Jawa Barat	白色パウダー	PT.Tohoma Mandiri	Ca-Bentonite 一度、熱的処理を行って粉碎、篩分けしたと見られる。化学処理はしていないことを確認済
8 Jan 2015	Kec.Leuwiliang, Bogor Jawa Barat	茶色パウダー	PT Bentonit Alam Indonesia	水分4.44%、かさ密度0.79、75μm以上の粒子30%
8 Jan 2015	Kec.Leuwiliang, Bogor Jawa Barat	黒色パウダー	PT Bentonit Alam Indonesia	水分4.73%、かさ密度0.70、75μm以上の粒子13%
20 Jan 2015	Kec.Punung, Kab.Pacitan, Jawa Timur	黄銅色がかった白色、土状	PT Indonesia Bentonite	Ca-Bentoniteという説明を受けた
20 Jan 2015	Kec.Punung, Kab.Pacitan, Jawa Timur	やや緑がかった黒色、土状	Dinas Pertambangan dan Energi, Kab.Pacitan	Na-Bentoniteという説明を受けた

1-2-2 各種粘土鉱物の触媒活性評価

【進捗目標】 収集した鉱物資源の分解活性試験を開始する。最終的な触媒鉱物の決定は第2年度に行う。

収集した粘土の、バイオマスガス化触媒としての活性・適性を評価するために、日本とインドネシアそれぞれで、活性評価用の小規模ガス化炉を設置し、評価実験を開始した。



群馬大学に設置された、粘土触媒活性評価用小規模ガス化炉



ハンデン州スルボンのPUSPIITEKに設置された、粘土触媒活性評価用小規模ガス化炉

1-3-1 チャー抽出/循環機構の検討・設計

【進捗目標】 次年度に実施するチャー抽出/循環機構のコードモデル試験のための概念設計を検討する。

大径のバイオマスを投入した場合の、バブリング流動層表面に浮遊する粗大チャーの抽出しあるいは循環機構として、スクレーパー方式による抽出し、ならびに再生塔への循環の両方式について検討を行った。スクレーパー方式は、流動層内に機械装置を設置しなければならないことから、その耐久性・安定性に難があり、また後述(1-4-1)のように、前処理により、投入バイオマスの径を、想定より小さくできる見込みであることから、再生塔への循環方式を優先することとし、専門企業のアドバイスも得つつ、概念設計を検討した。

1-4-1 バイオマス前処理・供給方法の検討

【進捗目標】 原料バイオマスと前処理および供給プロセスのテスト方針を決定する。

まず、デモンストラーションプラントの設置先として有望な、北スマトラ州の国営第4農園企業を訪問し、同企業傘下のアブラヤシ搾油工場における空房の脱水・粗粉碎プロセスを調査した。工場の中には、アブラヤシ空房を、二軸式粗粉碎机、スクリュープレス、シュレッダー処理を経て、ボイラー燃料として利用しているところがあった。ガス化原料としては、径が大きすぎれば、タールの生成が大きく、ガス化効率も下がるが、小さすぎると飛散しやすく、触媒で包囲することがむずかしくなる。そのスクリュープレス出口の中間処理物が、原料として適正な大きさであると考えられた。次にその乾燥方法ならびにガス化炉への供給方法を検討し、乾燥方式としては、再生塔排ガスの廃熱を利用した熱交換方式、供給方式としては、閉塞防止機構付ロータリーバルブによる定量供給と、ダブルダンパー・スクリューフイダー方式の供給器を優先的にテストする方針とした。

1-5-1 ガス化残渣の肥料としての物性評価

【進捗目標】 収集した触媒候補物質やラボスケール実験で得られたガス化残渣等について、分析を開始する。

バイオマス試料として想定しているアブラヤシ空房を入手し、その工業分析、元素分析、含有金属分析を開始した。また、および 1-2-1 で調達した触媒候補物質の組成分析に着手した。

④研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

粘土触媒評価用の小規模ガス化炉の設計に当たっては、2014 年 7 月 21, 22 日、8 月 22 日に BPPT 側と打ち合わせを行い、設計の原理やパラメーターについて理解を共有しつつ、設計をまとめた。小規模ガス化炉による評価実験は、BPPT の研究スタッフ(ノビオ氏、アティ氏ら)とともに進めており、実験手法を体得してもらっている。

アブラヤシ工場を調査するに当たっては、2014 年 10 月 20, 21 日ならびに 12 月 17 日に、国営第 4 農園企業の搾油工場を、BPPT のアディアルソ氏、エルラン氏、ジョニ氏らと訪問し、アブラヤシ空房の前処理プロセスを調査して、それをふまえて、2015 年 2 月 23 日に、BPPT 側のプロジェクト参加メンバー 14 名と議論する中で、さまざまな前処理・供給方法の得失を検討しつ、テスト方針を決定した。

⑤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

インドネシアの粘土の産地を調査する中で、特にジャワ島においては、想定していた以上に多数の産地が存在することがわかり、当初予定の 5 種類のみならず、より多くの種類の粘土から、触媒として最適なものを選択する方針とした。

(3) 研究題目 2 : 低コストメタノール合成プロセスの確立

①研究題目 2 のねらい

一般的な高圧単段プロセス (5~10MPa) でなく、低圧多段プロセス (1~1.5MPa、4~5 段) とすることで、メタノール収率を大きく下げることなく、耐圧設計等の技術的要求を緩和したプロセスの確立を目指す。具体的な開発プロセスは、群馬大学、APEX、BPPT、YYD を中心とし、エンジニアリング会社等もふくめた開発チームで進める。

【群馬大学グループ】

低コスト触媒の開発および高活性化の検討を中心に研究を推進する。当該年度は、候補触媒の一次スクリーニングを行う。

【APEX グループ】

低圧メタノール合成プロセスおよび合成ガスの前処理プロセスの開発を中心に研究を推進する。当該年度は、原料ガスの前処理方法の検討を行う。

【BPPT グループ】

低圧メタノールパイロットプラントの製作・運転、デモプラントの建設製作・運転管理、低コスト触媒開発、要素プロセス開発を担当する。当該年度は、原料ガスの前処理方法の検討を支援する。

②研究題目 2 の研究実施方法

【群馬大学グループ】

(2-1-1)メタノール合成触媒候補物質の一次スクリーニングとして、既存のメタノール合成触媒と含有成分が類似の鉱物の探索を行い、その触媒活性を評価することで低コスト触媒候補を絞り込むとしていたが、文献調査の結果から、現地調達が可能な粘土等を担体とし、簡単な操作で触媒調整が可能な含

浸法による低コスト触媒の開発を行う方針に変更した。

【APEX グループ】

(2-2-1)原料ガスの前処理方法として、構造がシンプルで現地でも製造・保守が容易なアルカリ洗浄式の原料ガス前処理プロセスの検討を、小規模実験装置を設計・設置・運転しつつ、行う。

【BPPT グループ】

プロセス開発を支援できるような低圧メタノール合成プロセスのシミュレータを準備する。

③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

2-1-1 メタノール合成触媒候補物質の一次スクリーニング

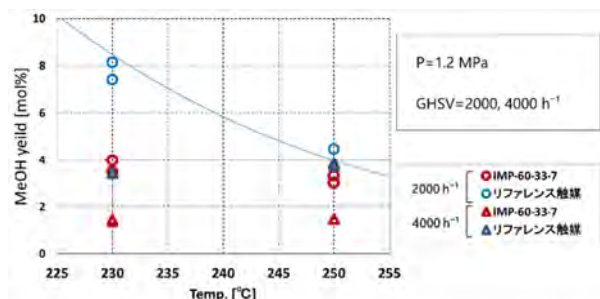
【進捗目標】 候補物質の物理化学的特性評価を開始する。低コスト触媒候補物質の選定、低コストアルコール合成プロセスの提案は次年度までに完了する。

文献調査から、最も活性の高いメタノール合成触媒は、アルミナ担体のCuO/ZnO触媒で、そのモル組成はCu:Zn:Al=6:3:1であり、Cuの安定性向上のために一定量のZnを共存させる構造が必要であることがわかった。一般的な銅鉱物で同様の組成を持つものはなく、純粋に天然鉱物のみで触媒を代替するのは困難と考えられた。また、商用触媒は活性種であるCuの分散性および比表面積を向上するために共沈法で合成されているが、現地での調整を想定した場合、非常に手間がかかるという問題がある。他方で、含浸法についての研究も行われており、アルミナ担体にCuおよびZnを含浸させて調整した触媒でも一定の性能が得られるという報告があった。これらをふまえて、現地調達した粘土を担体とし、大量調整が容易な含浸法で金属を担持して、安価なメタノール合成触媒を調整・製造する手法を確立する方針で研究を進めることとした。文献等の調整レシピを参考に、共沈法、含浸法でメタノール合成触媒を調整した。

触媒活性評価のためのラボスケール反応試験装置を製作した。ステンレスカラムに充填したメタノール合成触媒にH₂+COのガスを供給し、生成したメタノール全量をガスクロマトグラフィで定量する。共沈法および含浸法で調整したメタノール合成触媒と、市販のメタノールスチームリフォーミング触媒について、メタノール合成試験を開始した。含浸法で製造したメタノール合成触媒（IMP-60-53-7）およびリファレンス触媒（メタノールスチームリフォーミング触媒）のメタノール合成成績を下右図に示す。含浸法で調整した触媒は230℃、GHSV=2000 1/hでリファレンス触媒の1/2程度の活性があることが示された。



メタノール合成試験装置



メタノール収率

2-2-1 パイロットプラントの設計

【進捗目標】 原料ガス前処理プロセスの概念設計を行う。

メタノール合成原料ガス前処理実験装置を設計・製作し、運転開始した。ガス化の生成ガスをメタノ

ール合成に供するにあたり、原料ガスに二酸化炭素が含有されていると、水素と反応して水と一酸化炭素を生じ、得られるメタノールの含水率を高めるとともに、水素:一酸化炭素比を不利にする。また、硫化水素、硫化カルボニル等の不純物は触媒を被毒する。それらの酸性ガスを、安価で、極力シンプルな方法で除去するため、安価なアルカリ溶液によりスクラバー洗浄し、生成物を簡便な方法で分離することを試みた。まず、窒素と二酸化炭素の混合ガスに関して、二酸化炭素を吸収・削減する実験を行った結果、80%以上の二酸化炭素除去率が得られた。生成物の分離も可能であり、これらにより、二酸化炭素削減に関しては、この方式で実施できる見通しが得られた。現地における実験装置の製作と薬品入手に時間がかかったため予定より遅れているが、今後、一酸化炭素濃度への影響の確認、硫化水素の除去実験、ガス化生成ガスの模擬ガス実験等を経て、概念設計を行う。



メタノール合成原料ガス前処理実験装置
(PUSPIPTEK 内に設置)

④研究題目2のカウンターパートへの技術移転の状況

メタノール合成原料ガス前処理実験装置の設計に当たっては、小規模ガス化実験装置同様、2014年7月21,22日、8月22日にBPPT側と打ち合わせを行い、設計の原理やパラメーターについて理解を共有しつつ、設計をまとめた。同装置による実験は、BPPTの研究スタッフ(ハディ氏、プリマ氏、アリ氏)とともに進んでおり、研究の遂行を共有するとともに、実験手法を体得してもらっている。

⑤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

当初、低コストメタノール合成触媒の開発は、もっぱら群馬大学で行う計画であったが、群馬大学と並行して、BPPTも独自の開発戦略を持って開発を行い、両者が情報交換しながら進めることとなった。

(4) 研究題目3: 人材育成とネットワーク形成

① 研究題目3のねらい

現地で、バイオマス廃棄物のエネルギー利用を推進しようとする人材に対して、バイオマス廃棄物のエネルギー利用とそれに関わる技術に関する理解を深め、関連する人々や組織の間の連携を深めて、開発したプロセスを始めとするバイオマスエネルギー利用技術の発展と適用拡大をはかる。

【群馬大学グループ】

流動層要素技術および触媒技術について、現地研究者等を対象とした高度な研修プログラムを実施す

る。また、現地教育プログラムおよびニュースレターの発行を支援する。当該年度も同様。

【APEX グループ】

人材育成のための技術研修プログラムの確立と当該研修の実施、ネットワーク形成のための国際セミナーの開催支援ならびにニュースレターの発行支援を行う。当該年度は、技術研修プログラムを検討し、素案を作成する。合わせて、ニュースレター第1号の発行を支援する。

【BPPT グループ】

人材育成のための研修プログラムの準備ならびに実施を支援する。ネットワーク形成のための国際セミナーの開催、ニュースレターの発行を行う。当該年度は、技術研修プログラムの検討を支援する。合わせて、ニュースレター第1号を発行する。

【YDD グループ】

人材育成のための技術研修プログラムの実施支援、ネットワーク形成のための国際セミナーの開催支援、およびニュースレター発行の支援を行う。当該年度は、技術研修プログラムの検討を支援する。合わせて、ニュースレター第1号を発行する。

②研究題目3の研究実施方法

【群馬大学グループ】

(3-1-1) 流動層要素技術および触媒技術について、現地研究者等を対象とした高度な研修プログラムの準備を完了する。(3-2-2) ニュースレターの発行を支援する。

【APEX グループ】

(3-1-1) バイオマス廃棄物のエネルギー利用を技術的に担う人材を育成するための技術研修プログラムの準備を行う。(3-2-2) ニュースレターの発行を支援する。

【BPPT グループ】

(3-1-1) バイオマスのエネルギー利用に関する技術研修プログラムの準備を支援する。(3-2-2) ニュースレターの発行を行う。

【YDD グループ】

(3-1-1) バイオマスのエネルギー利用に関する技術研修プログラムの準備を支援する。

③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

3-1-1 研修プログラムの準備

【進捗目標】 研修プログラムの素案を作成する。

バイオマスのエネルギー利用技術の体系とガス化・液体燃料合成、インドネシアのバイオマス資源とエネルギー利用の現状、熱化学的ガス化、流動層技術、合成ガスからの液体燃料生産、現地に適合的な技術などをテーマとする技術研修プログラム素案を作成した。今後、講師の人選を進める。また、次年度以降で群馬大学で実施する予定であった高度研修プログラムは、開始を1年前倒しし、12月から3月の予定で2名の研修員の受け入れを開始した。

3-2-2 ニュースレターの発行

【進捗目標】 ニュースレターを発行（2回/年、各750部以上）する。

ニュースレター（GREEN FUEL、インドネシア語）第1号750部を発行し、関係政府機関、研究機関、大

学、企業、NGO

などに送付した。内容は、プロジェクトの紹介、キックオフミーティングの報告、アブラヤシ搾油工場の調査レポートなどである。



ニュースレター” GREEN FUEL” 第1号

④研究題目3のカウンターパートへの技術移転の状況

技術研修プログラム素案の作成は BPPT と議論する中で進めた。またニュースレターも、編集方針の策定、執筆、校正を BPPT と連携的に進めた。

⑤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

特になし

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. 粘土を流動媒体とするバイオマス接触分解ガス化プロセスの確立

流動接触分解ガス化プロセスの確立に関しては、スケジュールに若干の遅延はあるものの、研究内容には格別の変更はなく、このまま進めば所定の成果が得られる見込みである。2014年10月16日付のエネルギー・鉱物資源大臣令27号により、バイオマスエネルギーに由来する電力の固定引取価格が、それまでの975(中電圧接続)～1,325(低電圧接続)ルピア/kWhから、1,323(中電圧接続)～1,725(低電圧接続)ルピア/kWh(約12～16円/kWh)に引き上げられた(但し、スマトラ島)。これにより、当該技術によって(液体燃料生産まで行わず)単に発電する場合においても、経済性は格段に高まった。ガス化装置能力1,000kW、初期投資額2.5億円、24時間×300日運転、粘土触媒費用570万円/年、3直2交代(1直2名)+日勤2名、電力消費12.5%、保守費用2.5%の時、新固定価格において電力を販売すれば、IRRは10.8%(中電圧接続)～23.7%(低電圧接続)となる。本技術は、アブラヤシ空房のような不定形で大径のバイオマスを含め、トウモロコシ穂軸、ヤシ殻、サトウキビ残渣などの農業・農園系廃棄物、製材残渣、間伐材、剪定枝、竹材等の林業系廃棄物など、多様なバイオマスを処理できるところに特徴があり、普及にかかわるインパ

クトはたいへん大きいものがある。

2. 低コストメタノール合成システムの開発

低コストメタノール合成システムの開発については、当初計画では、デモンストレーションプラントとして 100L/時の低圧メタノール合成プラントを設置し、運転することとしていたが、以下の理由により、プラントの規模を縮小する方向で計画を調整したい。

- 当初計画におけるプラント能力は、極力簡素化されたプラントを自主設計・設置する前提で計画され、それゆえに安価でも相応の能力を備えたプラントが設置しうると考えたものであるが、その後、JST より、安全性等の観点から、詳細設計以降をエンジニアリング会社に発注するよう指導を受けた。これにより、設置費用は先進国における設置費用に近づくことになり、予算内では規模を縮小せざるを得ない。
- ガス化プロセスで製造する合成ガスの組成は、ガス化条件の調整によりメタノール合成に適した $H_2/CO=2:1$ に近づけるよう努めるが、達成できなかった場合に備えて、シフト反応器の追加を検討する必要がある。追加する場合は、さらに予算上の制約が加わり、プラントの規模の縮小が必要となる。

これらによりデモンストレーションプラントの規模を縮小しても、低圧メタノール合成反応器は固定層であり、そのスケールアップの方法論はほぼ確立していることから、開発の意義を減ずるものではない。開発に取り組む低圧多段式メタノール合成プロセスの大きな課題は、原料ガスの前処理コストが嵩むことと、原料ガスに含まれる二酸化炭素がリアクター内で水素と反応して水と一酸化炭素を生じ、メタノールの収率を下げるとともに、メタノールに水分が混入することである。上記 2-2-1 で述べたアルカリ洗浄は、シンプルで安価な方法でありながら、二酸化炭素の削減と、触媒を被毒する不純物の除去に効果を発揮すると期待され、従来のプロセスの問題を乗り越えた、安価なプロセスが開発できる見通しがある。

また、FT 合成や、DME 合成など、バイオマスガス化の生成ガスを原料とする、他の液体燃料生産プロセスとの比較・得失を、フィージビリティスタディ等を通じて明らかにすることは、その後の社会実装を進める観点から有意義である。それらから、JST 達成目標の①を次の通り修正し、③を追加することとしたい。

JST 達成目標

旧	新
①インドネシアにおいて、能力 250kW 以上のバイオマスガス化プラントと能力 100L/時以上のメタノール合成プラントを設置し、継続的に運転する	① インドネシアにおいて、能力 250kW 以上のバイオマスガス化プラントと、 <u>ガス化生成ガスを原料とするメタノール合成プラント</u> を設置し、継続的に運転する
	③開発したバイオマスガス化プロセスと組み合わせ可能な、 <u>液体燃料生産技術オプション間の得失を明らかにする。</u>

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

本プロジェクトの眼目は、現地の社会的・経済的等の条件に適した〈適正技術〉の開発にあり、そのような技術こそが、まさに社会実装につながると考えられる。開発した技術が実際に普及し、継続的に使われていくためには、現地の社会に受け入れられる程度に低コストであること、技術が適用される地域の産業基盤と人材において、運転と保守管理が可能であることが重要である。

本事業では、そのような条件を充たすために、まずガス化技術では、通常の触媒と比べて格段に安価であり、入手も容易な粘土を触媒としている。それにより、タールの削減をはかるとともに、大径・不定形な多種のバイオマスの投入を可能とし、原料の粉碎費用も削減している。さらに、設計を極力自主的に行い、無駄を省いたシンプルな構造とし、装置のほとんどすべてを現地生産が可能なものとして、設計・製作費用も格段に安価で、かつ地元で製造と補修をコントロールできるプロセスとする計画である。

低圧メタノール合成プロセスの開発においては、メタノール合成は通常 50～100 気圧程度の高圧で行われるところ、現地で製作・運転しやすい 10～15 気圧程度の低圧プロセスを選択している。また、上述のように、原料ガスの精製に多大なコストを要するところ、それを簡便な洗浄技術に置き換え、触媒を被毒する不純物除去に加えて、合成プロセスに不都合な二酸化炭素をも効率的に除去することをめざしている。

そのような技術の開発は、日本側の技術に全面的に依拠するものでもなければ、単にインドネシア側が独自で技術開発するものでもない。両者がもつ技術を持ち寄り、新しい発想を求めながら、技術的背景や経済状況等を理解することによってはじめて、真にインドネシアに実装可能なプロセスを創出しようと考えられる。そのような考え方を相手国研究機関と共有し、実践していくために、(2)、(3)、(4)で述べるような工夫をしている。

また、プロジェクトの完遂には、両国研究機関の本プロジェクトへの積極的な関与が重要であり、プロジェクト開始時設定したプロジェクト全体の役割分担について、進捗に伴って各機関でコミット可能な課題が発生した場合には、積極的に関与してもらえよう運営に務めている。実際に、(2-2-1)メタノール合成触媒開発では、当初、群馬大学が中心となって研究を進める予定であったが、BPPT のアイデアによる技術開発も平行して進めることとなるなど、関係機関間の連携が拡大しつつある。

(2) 研究題目 1：粘土を流動媒体とするバイオマス接触分解ガス化プロセスの確立

【群馬大学グループ】

研究課題を推進するために設定した各研究活動について、日本側とインドネシア側の研究者が密接に関与する態勢を確保できた。(1-1)「高度安定流動層の確立」では、日本側へ研修で受け入れた BPPT の研究員 1 名が、日本側研究者と共同で実験を進めており、情報共有、技術の習得と同時に、技術開発そのものへも積極的に関与している。

【APEX グループ】

一般に、対象国の研究者は自らの創意で主体的に研究を行う面には弱みがあり、このため、国際

共同研究においては、関係が一方向的になりがちである。現地側の主体性を引き出し、共同研究の実をあげるため、以下の工夫を行った。

- ① 主にインドネシアで活動する研究者は、全員がまず中級レベル以上のインドネシア語を学び、研究活動や打ち合わせにおけるコミュニケーションを円滑にした。
- ② 現地側研究機関と、原則、月一回の定例会議を開き、事業の基本的考え方や進捗、課題、スケジュールを共有するように努めた。
- ③ 現地で行う実験にかかわる装置の設計は、できあがったものを提示するのではなく、その設計原理、計算手法を共有しながら、議論を重ねていく中で仕上げるように努めた。
- ④ 現地で行う実験は、日本側の研究者だけで行わず、必ず現地側共同機関の研究者と共同で作業するようにした。
- ⑤ BPPT の本事業にかかわる実施体制は、事業開始当初は十分なものといえなかったため、管理者と率直に意見交換を行った。2015年1月から、大幅な実施体制の組み直しがあり、以後、現地側研究者の会議への参加率の大幅向上、コミュニケーションの活発化、実験への積極参加等、顕著なモチベーションの向上が見られるようになった。
- ⑥ もうひとつの現地共同研究機関であるディアン・デサ財団は、平成26年度は具体的な活動はなかったが、平成27年度には流動層コールドモデルのテスト等を共同で行う予定であり、月一回程度、プロジェクトの進行を伝達した。

3. 研究題目2：低コストメタノール合成プロセスの確立

【群馬大学グループ】

研究課題を推進するために設定した各研究活動について、日本側とインドネシア側の研究者が密接に関与する態勢を確保できた。(2-1)「低コストメタノール合成触媒の開発」では、日本側へ研修で受け入れたBPPTの研究員1名が、日本側研究者と共同で実験を進めており、情報共有、技術の習得と同時に、技術開発そのものへも積極的に関与している。また、次年度以降、BPPTにおいても、当該研究活動を実施することで合意した。

【APEX グループ】

(2)と同様の工夫をした(①～⑥)。メタノール合成触媒の開発については、群馬大学グループと並行して、BPPTでも独自の開発戦略をもって、技術開発を進めるよう促した。

4. 研究題目3：人材育成とネットワーク形成

【群馬大学グループ】

- ・インドネシアからの研修受け入れを1年前倒しし、本年度からの受け入れを開始した。
- ・BPPT等で学位取得を目指す研究員を対象として、群馬大学大学院での学生としての受け入れを行う具体的な方法について検討が必要と考えられた。

【APEX グループ】

- ・研修プログラムを、BPPTとの定例会議の中で議論しつつ作成した。
- ・ニュースレター第1号を、編集方針、内容の決定、執筆、レイアウトまでBPPTと共同で行った。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

1. 成果展開事例

- パルス制御ループシール技術を NEDO 戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業（次世代技術開発）「バイオマスから高品位液体燃料を製造する水蒸気-水添ハイブリッドガス化液体燃料製造プロセスの研究開発」で開発中の内部循環流動層へ適用可能かどうかの検討を開始した。
- 粘土を用いたバイオマスの流動接触分解ガス化の基本特許が、インドネシアにおいて査定となり、成立した（2014年3月13日、IDP000035664、発明者:HITOSHI INOUE、MASAYUKI HORIO）

2. 社会実装に向けた取り組み

- ニュースレター第1号（インドネシア語）を750部発行し、インドネシア国内の政府機関、大学、国営企業、民間企業、NGOなどに配布した（2015年1月）。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

- 本事業のキックオフミーティングが、2014年6月26日付けにて、現地紙 ANTARANEWS (Web版) 及び Suara Pembangunan (Web版) にて紹介された。
- 本事業の開始につながるバイオマスエネルギー開発にかかわる記述に一章を当てたインドネシア語の書籍 ”Teknologi Tepat Guna dan Dunia Alternatif – Berdasarkan Pengalaman Praktik di Indonesia” (Nao Tanaka, 『適正技術と代替社会—インドネシアでの実践から』田中直著) がグラメディア・グループ（インドネシアでは最大の出版グループ）の出版社 Buhana Ilmu Populer 社より出版された（2014年12月18日）。本の中では SATREPS 事業の開始にも触れている。

VI. 成果発表等（公開）

VII. 投入実績（非公開）

VIII. その他（公開）

- SATREPS 事業では、大学や公的研究機関等の、既に研究機関として確立された組織以外の組織やグループによる研究活動は評価されない傾向があると感じる。しかし、実際に社会実装が可能な成果を生み出すためには、現地の事情に通じ、現場感覚と実践性を持ち合わせ、技術的にも異なる発想を持つ NGO や企業等、さまざまなセクターとの横断的連携が欠かせないと考えられ、本事業はまさにそのような特徴を持っていることをご理解いただきたい。

以上

VI(1)(公開)論文発表等

	国内	国際
原著論文 本プロジェクト期間累積件数	0	3

①原著論文(相手側研究チームとの共著論文)

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	発表日 ・出版日	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)

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

②原著論文(相手側研究チームとの共著でない論文)

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	発表日 ・出版日	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)
Ben-Shui Wang, Jing-Pei Cao, Xiao-Yan Zhao, Yue Bian, Chong Song, Yun-Peng Zhao, Xing Fan, Xian-Yong Wei, Takayuki Takarada, "Preparation of nickel-loaded on lignite char for catalytic gasification of biomass", Fuel Processing Technology, in press		国際誌	in press	
Suparin Chaiklangmuang, Keisuke Kurosawa, Liuyun Li, Kayoko Morishita, Takayuki Takarada, " Thermal Degradation behavior of coffee Residue Comparison with Biomasses and Its Product Yields from Gasification, Journal of the Energy Institute, in press		国際誌	in press	
Cheewasu Phuhiran, Takayuki Takarada, Suparin Chaiklangmuang, "Hydrogen-rich gas from catalytic steam gasification of eucalyptus using nickel-loaded Thai brown coal char catalyst", International Journal of Hydrogen Energy, 39, 3649-3656 (2014)		国際誌	出版済み	

論文数 3 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 3 件
 公開すべきでない論文 0 件

	国内	国際
その他の著作物 本プロジェクト期間累積件数		2

③その他の著作物(相手側研究チームとの共著のみ)(総説、書籍など)

著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年		出版物の種類	発表日・出版日	特記事項
GREEN FUEL (Vol1,2014)		機関紙	出版済み	

著作物数 1 件
 公開すべきでない著作物 1 件

④その他の著作物(相手側研究チームとの共著でないもの)(総説、書籍など)

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	発表日・出版日	特記事項
Nao Tanaka "Teknologi Tepat Guna dan Dunia Alternatif - Berdasarkan Pengalaman Prakteik di Indonesia" (2014)		書籍	出版済み	コンパス・グラメディアグループのBuhana Ilmu Populer社より出版

著作物数 1 件
 公開すべきでない著作物 1 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

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

VI(2)(公開)学会発表

	国内	国際
招待講演 本プロジェクト期間累積件数		
口頭発表 本プロジェクト期間累積件数	4	2
ポスター発表 本プロジェクト期間累積件数	2	

①学会発表(相手側研究チームと連名のもののみ)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の	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
			0	0	0

②学会発表(相手側研究チームと連名でないもの)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の	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
2014	国内学会	宝田恭之、「褐炭を用いた微粒子調整とその応用」、粉体工学会2014年度春季研究発表会、京都、2014年5月29日～30日		○	
2014	国際学会	Yudha Purna Nugraha, Yuki Ishihara, Takatoshi Kimoto, Keiichi Kubota, Tomohide Watanabe: Control effects of oxygen permeation on the performance of single-chamber microbial fuel cells, Water and Environment Technology Conference 2014, Conference Abstract p.56, June 28-29, Tokyo, 2014.6.29		○	
2014	国際学会	Jing-Pei Cao, Aya Matsushima, Keiichi Kaneko and Takayuki Takarada, "LOW-TEMPERATURE CATALYTIC REFORMING OF VOLATILE MATTER FROM BIOMASS PYROLYSIS", Grand Renewable Energy 2014, Tokyo 2014.7.29		○	
2014	国内学会	渡邊智秀, 長谷川英利, 小林裕樹, 窪田恵一: 廃棄物系バイオマスの熱分解チャーにおけるリンの特性, 化学工学会第46回秋季大会, 講演要旨集X305, 福岡市, 2014.9.17-19		○	
2014	国内学会	小松真太郎, 神成 尚克, 宝田 恭之, 「触媒流動層内での触媒担持褐炭の熱分解・ガス化」, 第51回石炭科学会議, 仙台, 2014年10月21日～23日		○	
2014	国内学会	杉本将哉 野田玲治, 3室内部循環流動層のためのJ-typeループシールの粒子循環量モデル, 第20回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム, P1-3, 岡山市, 2014.12.11-12			○
2014	国内学会	井口 菜, 野田 玲治, インドネシアに適合した低コストメタノール合成触媒, 化学工学会第80年会, XB245, 2014.3.19-21		○	
2014	国内学会	武井寛人, Yudha Purna Nugraha, 窪田恵一, 小森正人, 渡邊智秀: 一槽式微生物燃料電池によるフェノール含有廃水の処理特性, 第49回日本水環境学会年会, 年会講演集p.710, 金沢市, 2015.3.16-18			○
			0	6	2

VI(3) (特許出願した発明件数のみを公開し、他は非公開)特許出願

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	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	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※
記載例	2012-123456	2012/4/1	○○○○						戦略太郎	○○大学 ◎◎研究科△△専	PCT/JP2012/123456
No.1											
No.2											
No.3											
No.4											
No.5											
No.6											
No.7											
No.8											
No.9											
No.10											

※関連する外国出願があれば、その出願番号を記入ください。

国内特許出願数
公開すべきでない特許出願数

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	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	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※
記載例	PCT/JP2012/123456	2012/9/20	○○○○						戦略太郎	○○大学 ◎◎研究科△△専	特願2010-123456
No.1											
No.2											
No.3											
No.4											
No.5											
No.6											
No.7											
No.8											
No.9											
No.10											

※関連する国内出願があれば、その出願番号を記入ください。

外国特許出願数
公開すべきでない特許出願数

VI(5) (公開)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

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

年月日	名称	場所	参加人数	概要
20150228	群馬大学・APEX合同ワークショップ 「アジア地域に適した、バイオマス廃棄物のガス化と液体燃料生産技術の開発をめざして」	日本	32	SATREPS事業のこれまでの取組みや実施中の課題や展望を論じながら、アジアに適合的なバイオマスエネルギー技術の開発と普及について考える

②合同調整委員会開催記録(開催日、出席者、議題、協議概要等)

年月日	出席者	議題	概要

JST成果目標シート

インドネシアにおけるバイオマス廃棄物の流動接触分解ガス化と液体燃料生産モデルシステムの開発
野田玲治 (群馬大学大学院理工学府 准教授)
H25採択(平成26年4月1日～平成31年3月31日)
インドネシア共和国/科学技術応用評価庁, ディアン・デサ財団

付随的成果

商品の普及	<ul style="list-style-type: none"> 粘土触媒流動接触分解ガス化プロセスが未利用バイオマスのガス技術として認知され、日本を含めた多くの地域でその導入検討が始まる 低コスト低圧メタノール合成技術が広く認知され、その応用方法の検討が始まる
プロセス技術の新展開	<ul style="list-style-type: none"> パルス操作ループシールの実用化によって高度安定型流動層技術が確立し、この技術を応用した接触反応炉等の開発が始まる
特許出願	<ul style="list-style-type: none"> パルス操作ループシールの特許出願 低コストメタノール合成触媒の特許出願
レビュー付雑誌への掲載等	<ul style="list-style-type: none"> 粘土触媒流動接触分解ガス化プロセスおよび液体燃料生産プロセスの性能について掲載 粘土触媒流動接触分解ガス化プロセスおよび液体燃料生産プロセスの経済性について掲載 パルス駆動ループシールによる高度安定型流動層の性能について記載
人材育成	<ul style="list-style-type: none"> 相手側研究者の日本国内招聘研修によるスキルアップ 現地における技術研修プログラムの実施によるスキルアップ 日本側の若手研究者の問題解決力や国際共同研究運営能力の向上

JST上位目標

現地に適合的な、バイオマス廃棄物の流動接触分解ガス化と液体燃料生産システムが普及する。

開発したバイオマス廃棄物の流動接触分解ガス化プロセスおよびメタノール合成プロセスの技術的・経済的実行可能性が認知される。

JST達成目標

- ①インドネシアにおいて、能力250kW以上のバイオマスガス化プラントと、ガス化生成ガスを原料とするメタノール合成プラントを設置し、継続的に運転する
- ②バイオマスガス化と液体燃料製造プロセスの運転手法、ならびに人材育成とネットワーク形成を含めたインドネシアにおけるバイオマス利用スキームを確立する。
- ③開発したバイオマスガス化プロセスと組み合わせ可能な、液体燃料生産技術オプション間の得失を明らかにする。

