

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「環境・エネルギー（低炭素社会）」

研究課題名「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」

採択年度：平成 年度/研究期間：5年/相手国名：インドネシア

## 平成 28 年度実施報告書

国際共同研究期間<sup>\*1</sup>

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<sup>\*2</sup>

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： 野田玲治

群馬大学大学院理工学府・准教授

# 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	H25年度 (5ヶ月)	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度 (12ヶ月)
1-1)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 1-1-2. 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 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						
2-1)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		←→				
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		←→				
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				←→		
2-3)ガス発酵法液体燃料生産プロセスの開発						
2-3-1.ガス発酵法液体燃料生産プロセスのフィージビリティ検討				←→		
2-4)デモンストレーションプラントによる検討						
2-4-1. デモンストレーションプラントの設計					↔	
2-4-2. デモンストレーションプラントの建設					←→	
2-4-3. 実証試験						←→
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		←→				←→

(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)

液体燃料製造プロセスのデモンストレーションとして、メタノール合成プロセスおよびガス発酵プロセスの両方について、予算等の制約も踏まえたうえで、適切な規模および実証範囲を設定し、進めていくこととする。

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プロセスと、液体燃料製造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。申請段階では、液体燃料製造プロセスとして低圧メタノール合成プロセスを想定していたが、これに加えてガス発行エタノール合成プロセスも検討の対象とした。

概ねすべての研究課題において、スケジュールに沿って進捗している。28 年度の中心的な課題であるデモンストレーションプラントの設計では、カウンターパートである BPPT の研究者ならびに本プロジェクトに興味を持つ研究者等を巻き込み、設計ワークショップを実施し、基本設計を完了した。基本設計に基づく詳細設計は、日本のエンジニアリング企業に外注したが、納期の遅れ等により当初予定の約7割の進捗となっている。これにより、若干の遅れが見込まれるが、完成した詳細設計から順次発注することで、その遅れは深刻なものとはならない見込みである。また、設定した各研究活動において、カウンターパートである BPPT およびディアン・デサ財団の寄与が拡大しつつあり、プロジェクトの体制はよい方向にある。デモンストレーションプラントの設置場所は、最終候補地との交渉段階であり、決定までには、いまだ少し時間が必要であるが、設置作業開始予定の 29年度後半までには決定できるものと判断している。

(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(リーダー:野田玲治)

APEX グループ(リーダー:井上 斉 (田中 直) )

BPPT グループ(リーダー:Adiarso)

YDD グループ(リーダー:Anton Soejarwo)

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

1-1 高度安定型流動層の確立

1-1-2. スケールアップ手法の検討(◎GU・APEX・BPPT・YDD)

28年度達成目標(27年度から延長)
--------------------

新規ループシール構造のスケールアップ手法の確立
-------------------------

3 パルスシステムについて、粒子循環量の定式化とスケールアップ試験を実施する予定であったが、継続して検討を進めていたループシール構造で、あらたに 1 か所パルス+1 か所連続の2ポートシステムでさらにより性能をもつ構造が見つかったため、3パルスシステムはキャンセルし、2ポートシステムに構造変更を進めた。3次元コールドモデル試験のための試作構造が完成し、テストを開始した段階である。

1-1-3. パイロットスケールコールドモデル実験(◎APEX・BPPT・YDD・GU)

28年度達成目標(27年度から延長)
--------------------

デモンストレーションプラント用ループシール構造の決定(粒子循環速度:5kg/s以上の達成)
---

1-1-2 の変更に伴って、パイロットコールドモデルへの試験を延期し、来期前半で試験を行うこととした。

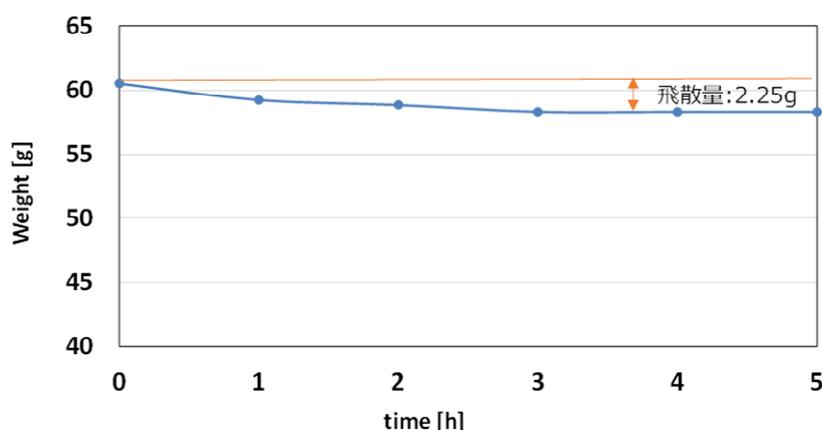
## 1-2 粘土触媒の探索・最適化

### 1-2-2 各種粘土鉱物の触媒活性評価(©BPPT・GU・APEX)

28年度達成目標

選択された粘土の粉化特性の解析

昨年度の検討でバイオマスガス化流動媒体に好適と判断されたパチタン産 Ca ベントナイト (Indonesia Bentonite 社)について、粉化特性の評価を行った。内径 48mm の流動層に 60g の流動媒体を投入して最小流動化速度  $u_{mf}$  の 10 倍で流動化させたときの粒子ホールドアップ変化を実測した。実験の結果を下図に示す。微粒子の飛散は3時間程度で終息し、その後は粒子の飛散が穂ドン度見受けられなかった。以上の結果から、初期粒子に付着していた微粒子の飛散後に、粉化によって流動媒体が継続的に減少することはないものと判断された。



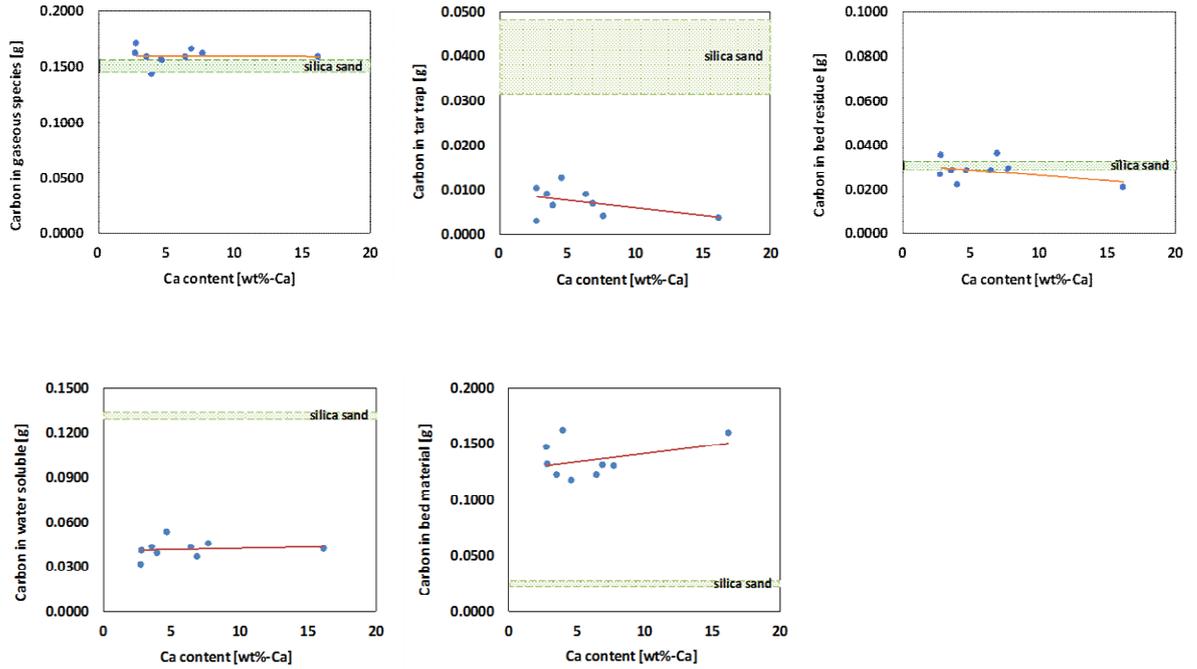
パチタン産 Ca ベントナイトの粉化特性

### 1-2-3 物理化学的構造評価と活性機構解析(©GU・APEX・BPPT・YDD)

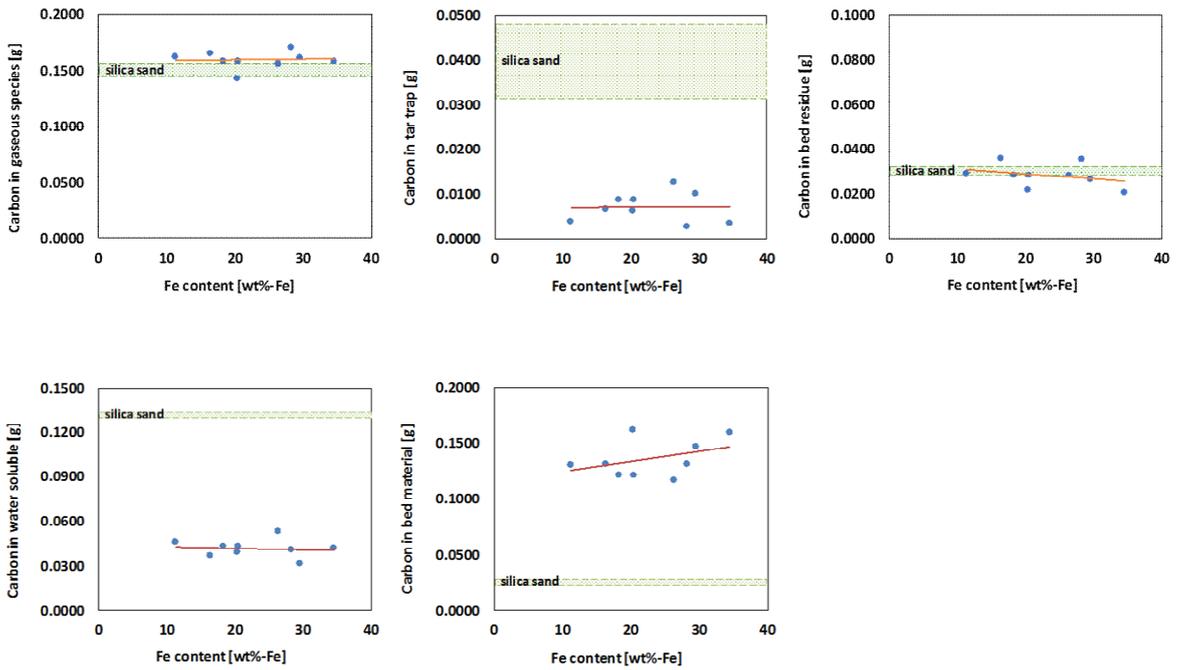
28年度達成目標

反応機構の明確化のための分析および実験の着手

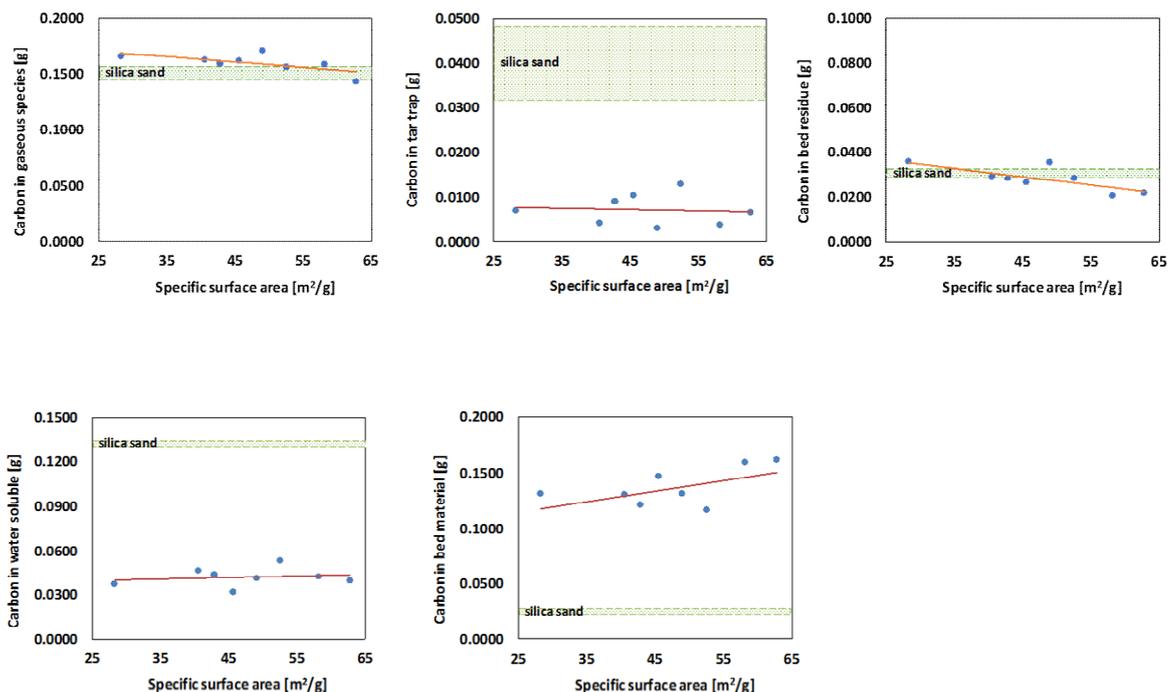
インドネシア現地で入手できた 9 種類粘土の触媒活性に粘土の物性が及ぼす影響を検討するために、ガス化実験を行った9種類の粘土試料の物性評価を開始した。BET 法による比表面積測定、蛍光 X 線分光分析(XRF)による無機元素組成分析を行い、触媒活性との相関関係を調査した。実験の結果を以下に示す。チャー中に含まれる Ca は、流動媒体付着物を増加させ、チャーおよびタールを低減する傾向が示された。ガスおよび水溶性タールに及ぼす影響については、相関関係は明確ではなかった。K についても、Ca と同様の傾向であったが、タールについては Ca ほど大きな影響は見られなかった。比表面積の増加は、流動媒体付着物を増加させ、ガスおよびチャー生成を抑制する傾向が示された。他方で、重質タールおよび水溶性タール生成に及ぼす影響は明確ではなかった。



Ca 含有率がガス化生成物に及ぼす影響



K 含有率がガス化生成物に及ぼす影響



流動媒体の比表面積がガス化生成物に及ぼす影響

### 1-3 チャー抽出/循環機構の開発

#### 1-3-2 コールドモデルによる試験 (©APEX・YDD・BPPT・GU)

##### 28年度達成目標

##### コールドモデル実験によるチャー抽出/循環機構の安定運転の確認

粘土を用いた流動接触分解ガス化においては、大径のバイオマスを投入した場合、大径のチャーが生成するが、その大径チャーの流動層からの抽出しを、コールドモデルによりテストした。コールドモデルは、幅 45cm、長さ 135cm、高さ 151.5cm、静止層高 35cm のガス化炉と、同一のディメンジョンを持つ再生塔からなり、ガス化炉と再生塔の間を粘土粒子が循環する機構と、ベルトコンベア方式のチャー抽出機構が装備されている。

ジョクジャカルタのディアン・デサ財団内に設置された当初は、ブロー能力が仕様と異なる、分散板ノズルの閉塞、所定の粒子径をもつ粘土粒子の調達困難などのさまざまな問題が生じたが、それらをひとつひとつ解決して、運転にいたった。その結果、ガス化炉と再生塔の間の粒子の循環に関しては問題がないが、チャーの抽出に関しては、バブリング流動層の気泡が流動層表面で破裂することもないチャーがベルトコンベア上に移行することを期待したものの、チャーは水平方向に移動するのみで、コンベア上に飛躍する運動はみられなかった。

このため、流動層表面に浮遊するチャーを掃引しつつ、掻き上げる方針に変更し、改造のための設計を行った。



コールドモデルと茶一抜き出し装置(手前左)



流動試験中のコールドモデル

#### 1-4 バイオマスの前処理および供給方法の確立

##### 1-4-2 プロトタイプによる試験(©BPPT・APEX・YDD・GU)

28年度達成目標
----------

250kW内部循環流動層(※)に適用可能なバイオマス前処理および供給プロトタイプ的设计
---

※バイオマス処理量(供給速度)400 kg/hr以上。
-----------------------------

当初予定では BPPT が試験を進めることになっていたが、デモンストレーションプラントの設計を行う中で設計を進め、同プラントに組み込むことに方針を変更した。ロータリーバルブによる定量の後、ダブルダンパーとプッシャーを備えた供給器にて、ガス化炉へ供給することとしている。

#### 1-5 ガス化炉残渣の肥料化技術の確立

##### 1-5-2 ガス化残渣の肥料化プロセスの検討(©GU・APEX・BPPT)

28年度達成目標
----------

肥料化プロセスの確立とチャーの土壌改良剤としての利用の検討
-------------------------------

前年度までに得られた知見に基づいて EFB チャーの肥料化について検討を行った。EFB チャーは、含有するカリウムをカリウム源とすること、および多孔性チャーを栄養塩類の徐放性機能付与のための担体として利用することを狙いとして、肥料の試作と評価を行うこととした。肥料調整のための EFB チャー粒子の調達のために、ラボスケール試験装置を改造し、従来よりも大量の EFB 試料を投入できるように装置を改造した。

#### 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(©APEX・BPPT・YDD・GU)

28年度達成目標
----------

250kWデモンストレーションプラントの設計完了
--------------------------

エンジニアリング会社の参加を得つつ、デモンストレーションプラント設計ワークショップを、第 1 回(2016 年 7 月 19,20 日)、第 2 回(同 8 月 23,24 日)、第 3 回(同 9 月 15,16 日)、第 4 回(同 12 月 20,21 日)と 4 回にわたって実施し、BPPT の研究者など、それぞれ 20 名程度が参加した。当該ワークショップでは、物質収支、熱収支、流動層、熱交換器等について設計の原理や手法について説明し、その後演習を行う形で設計を進めた。その後、ワークショップの成果を生かしつつ、エンジニアリング会社の支援、並びにエンジニアリング会社への外注により、あらためて基本設計、詳細設計を進めた。廃熱

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

利用バイオマス乾燥器、バイオマス供給器等の一部の機器、および設置場所の確定を要する、配置図、配管図、基礎図を除き、ほぼ設計を完了した。



デモンストレーションプラント設計ワークショップ（スルポン、PUSPIPTEK）

#### 1-6-2 デモンストレーションプラントの建設（©BPPT・APEX・YDD・GU）

28年度達成目標
250kWデモンストレーションプラントの製作開始

1-6-1 が完了した段階で、順次発注を進める。

#### ② 研究題目1のカウンターパートへの技術移転の状況

1-6-1 に記載の、計 4 回、8 日間の設計ワークショップにより、バイオマスガス化装置の設計手法を共有した。コールドモデルの改良については、ディアン・デサ財団のスタッフと議論しつつ、これを進めた。その進捗状況や実験結果は、2016 年 4 月 21 日、5 月 18 日、2017 年 2 月 14 日に行われた定例ミーティングなどで BPPT の研究者と共有し、議論した。また、2017 年 3 月 3 日には、流動層コールドモデルに関する合同ワークショップをジョクジャカルタで開催し、BPPT からアディアルソ氏、エディ氏、スンボゴ氏ら計 6 名が参加して、流動層コールドモデルについて議論するとともに、運転に立ち会ってもらった。さらに、135kW のテストプラントを視察してもらい、当該技術の理解を深める一助とした。

#### 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

特になし

#### ④ 研究題目1の研究のねらい(参考)

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。

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

⑤ 研究題目1の研究実施方法(参考)

1.1 高度安定型流動層の確立

H26年度に3カ所のガス吹き込み口を持つ構造のループシールにおいてパルス吹き込みの有効性を明らかにしたが、H27年度の成果から、よりシンプルな単一の吹き込み口をもつループシールでも粒子循環が可能で、連続方式よりも高い耐背圧特性を示すことを明らかにした。パルス駆動が有効なパルス吹き込み条件を実験的に検討しており、スケールアップのための理論的な現象把握を含めて実験期間の延長が必要と考えられた。そのため、1-1-2 および 1-1-3 を半年程度延長し、以下の検討を進める。

1-1-2. スケールアップ手法の検討(◎GU・APEX・BPPT・YDD)

H27年度に提案した単一吹き込み口の新型ループシール構造のスケールアップ手法を検討する。パルス駆動が有効なパルスガス供給条件を理論と併せて明らかにし、スケールアップのための方法論を確立する。1-6-1 で確定するプロセスフローから要求される粒子循環量、背圧変化範囲、流入チャージ粒径の範囲で安定的な粒子循環を実現することが最低目標であり、将来のプロセス拡張にも対応できるように可能な限り広い範囲で安定なループシール構造を確立する。

1-1-3. パイロットスケールコールドモデル実験(◎APEX・BPPT・YDD・GU)

1-1-2 で決定した安定化ループシール構造を、パイロットプラント規模にスケールアップし、その動作を確認するためのコールドモデル実験である。このコールドモデルにおいては、1-3 のチャーの抜出/循環機構のテストも合わせて行うため、その機構との整合性に留意する。コールドモデル実験の結果が良好であれば、実証プラントにおいて広い運転条件範囲で安定なループシール構造を実証する。

1-1 28年度達成目標(27年度から延長)
1-2-2 新規ループシール構造のスケールアップ手法の確立
1-2-3 デモンストレーションプラント用ループシール構造の決定(粒子循環速度:5kg/s以上の達成)

1-2.粘土触媒の探索・最適化

平成 27 年度までに、目標の 5 種類を上回る 12 種類の粘土を調達し、小規模ガス化炉によってセルロースのガス化試験を行った。目標として、700℃、ER=0.05 Steam/Biomass 比=1 の時、油性タールの生成率(炭素比)2%以下をめざしたのに対し、条件としてさらに厳しい、650℃、ER=0、Steam/Biomass 比=1 の場合においても、油性タールの生成率を 1%以下に抑制できる粘土を探索・選択できた。また、平成 28 年度に予定していた粘土の物理化学的構造評価(比表面積、金属含有量等)を、一部前倒しして開始した。平成 28 年度は以下の研究を行う。

1-2-2 各種粘土鉱物の触媒活性評価(◎BPPT・GU・APEX)

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

収集した粘土の中から、既に活性の高いものを選択しているが、当該粘土について、1-2-3 と連携しつつ、粉化特性の解析など、必要に応じて追加の触媒活性評価を行う。

#### 1-2-3 物理化学的構造評価と活性機構解析 (◎GU・APEX・BPPT・YDD)

酸点、酸強度、比表面積、金属含有量、X線回折にもとづく結晶構造等と、1-2-2 の触媒活性を照合し、選定した触媒のタール分解活性の発生機構を解明しつつ前処理等による高活性化について検討する。

1-2 28年度達成目標
1-2-2 選択された粘土の粉化特性の解析
1-2-3 反応機構の明確化のための分析および実験の着手

#### 1-3 チャー抽出/循環機構の開発

##### 1-3-2 コールドモデルによる試験 (◎APEX・YDD・BPPT・GU)

前年度に考案し(特許出願中)、コールドモデルを製作した、流動層からのチャーの抽出方法を、コールドモデル実験により検証する。当該技術によれば、外部に抜き出すチャーと、再生塔へ循環させるチャーを、その径により分別できるが、ガス化炉におけるチャーの滞留や蓄積をとまなうことなく、目標とした径以上のチャーを、選択的に、かつ連続的・持続的に抜き出すことができるかを確かめる。合わせて、目標とした径以下のチャーは、ガス化炉内に滞留することなく、再生塔へ循環するかを確認する。

1-3 28年度達成目標
1-3-2 コールドモデル実験によるチャー抽出/循環機構の安定運転の確認

#### 1-4 バイオマスの前処理および供給方法の確立

平成 27 年度までに、ガス化原料としては粗粉碎・スクリーンプレス処理後のアブラヤシ空房を用い、廃熱との熱交換方式による乾燥、ロータリーバルブによる定量供給、ダブルダンパー・スクリーンフィーダー方式の供給器を優先的にテストする方針を打ち出している。デモンストレーションプラントを設置する予定の国営第3ヌサンタラ農園企業は粗粉碎・スクリーンプレス設備を保有しており、平成 28 年度は、デモンストレーションプラントに組み込む形で、これら前処理・供給設備のプロトタイプを設計する。

##### 1-4-2 プロトタイプによる試験 (◎BPPT・APEX・YDD・GU)

アブラヤシ空房の、乾燥、ハンドリングシステムとガス化炉投入システムのプロトタイプを設計する。

1-4 28年度達成目標
1-4-2 250kW内部循環流動層(※)に適用可能なバイオマス前処理および供給プロトタイプの設計 ※バイオマス処理量(供給速度)400 kg/hr以上。

#### 1-5 ガス化炉残渣の肥料化技術の確立

### 1-5-2 ガス化残渣の肥料化プロセスの検討(◎GU・APEX・BPPT)

チャー中にはほとんど残存しないと考えられる窒素およびリン分を追加することを目的するコンポスト等との混合肥料化の検討、ならびに、チャー中の有害物質が許容値を超えていた場合のチャーの前処理方法等の検討を実施し、安全で有効な肥料を生産する手法を確立する。また、チャーは、チツソ固定菌等の有用な微生物の繁殖を促し、さらに土壌の透水性・保水性を改善することが見込まれるから、これを土壌改良剤として用いることも検討したい。

1-5 28年度達成目標
--------------

1-5-2 肥料化プロセスの確立とチャーの土壌改良剤としての利用の検討
-------------------------------------

### 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(◎APEX・BPPT・YDD・GU)

エンジニアリング会社等の参加を促しつつ、デモンストレーションプラント設計ワークショップを必要回数実施して基本設計を行い、それにもとづいて、外注により詳細設計を完了させる。

#### 1-6-2 デモンストレーションプラントの建設(◎BPPT・APEX・YDD・GU)

設計したデモンストレーションプラントの製作を開始する。

1-6 28年度達成目標
--------------

1-6-1 250kWデモンストレーションプラントの設計完了
--------------------------------

1-6-2 250kWデモンストレーションプラントの製作開始
--------------------------------

### (3) 研究題目 2:「低コスト液体燃料生産プロセスの確立」

群馬大学グループ(リーダー:野田玲治)

APEX グループ(リーダー:井上 斉(田中 直))

BPPT グループ(リーダー:Adiarso)

YDD グループ(リーダー:Anton Soejarwo)

ITB グループ(リーダー:Tjandra Setiadi)

#### 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

##### 2-1 低コストメタノール合成触媒の開発

##### 2-1-2 触媒機構の解明と触媒高性能化の検討(2-1-1~3: ◎GU・BPPT・APEX)

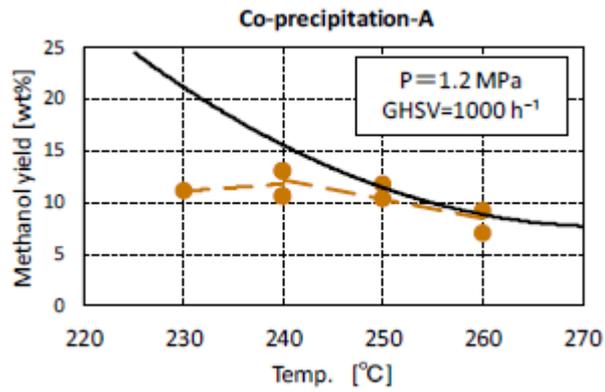
28年度達成目標
----------

低コスト触媒(蒸発乾固法および含浸法)の性能評価と実用規模での利用の可否の決定 高性能触媒(イオン交換法およびスプレードライ法)の反応機構と活性目標の設定
--

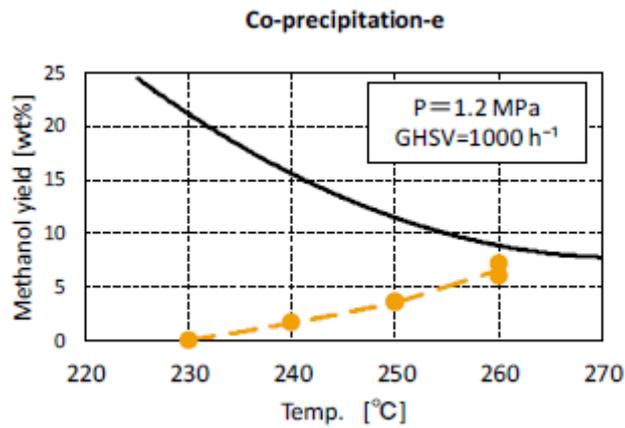
蒸発乾固法、含浸法および担体に共沈法で活性主を担持するハイブリッド法による低コスト触媒の

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

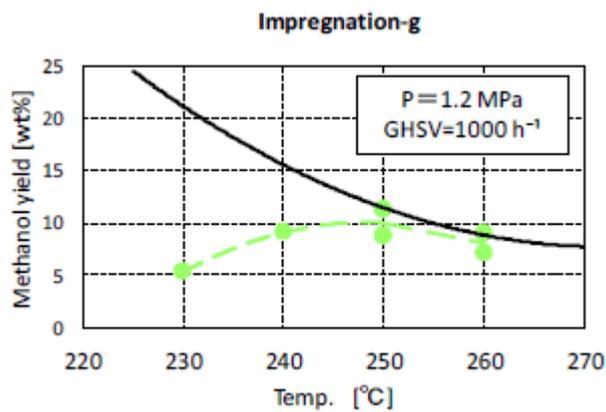
調整法により、メタノール合成触媒を調整し、その活性を評価しつつ、スクリーニングを行った。拡張西方において最も活性の高い触媒のメタノール合成実験結果をいかにまとめる。



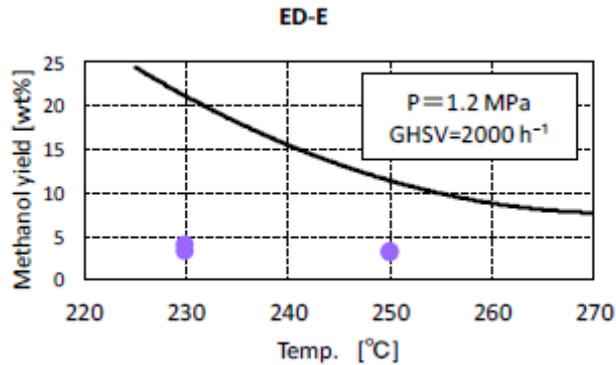
共沈法触媒のメタノール収率



ハイブリッド法触媒のメタノール収率



含浸法触媒のメタノール収率



蒸発乾固法触媒のメタノール収率

実験の結果、ハイブリッド法および蒸発乾固法で調整したメタノール合成触媒は基準となる今日チン法触媒に比べて活性が大幅に低下することが明らかとなった。一方で、含浸法触媒では、基準となる共沈法触媒のおおむね半分程度の収率が得られており、低コスト触媒調整法として開発を進める余地があるものと判断された。また、以上の結果から、商用触媒と平行して含浸法触媒についても、継続して検討を進めることとした。

## 2.2 低圧メタノール合成プロセスの確立

### 2-2-3 パイロットプラントの製作・試験 (©BPPT・APEX・YDD・GU)

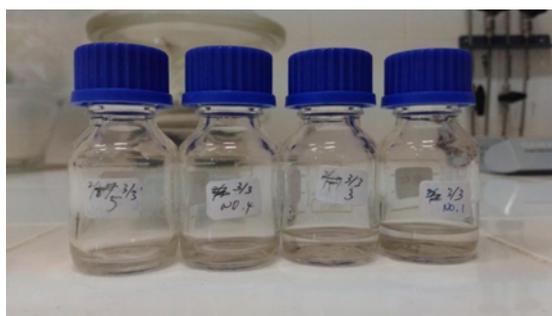
28年度達成目標

パイロットプラントによる低圧メタノール合成プロセスの性能確認  
100ml/hr以上、1.5MPaで転換率60%以上

低圧メタノール合成パイロットプラントは2016年5月に納入された。当初は昇温に難があったが、運転方法をくふうすることで200°Cまで昇温できるようになった。次に、加圧時における装置からの漏えいの問題があり、特に現地で調達可能な熱電対からの漏えいの抑制には困難があった。熱電対を、リアクター内部から外部に移し。さらに、漏えいの収まらない第2リアクターをバイパスすることにより、実験が可能となった。2016年10月中旬からメタノール合成触媒の還元作業を開始し、触媒が完全に還元されたことを確認した後、メタノール合成実験を開始した。実験には、濃度の異なる3種類の模擬ガスを用いた(水素濃度11%~34%)。その結果、液体としてメタノールが回収できたのは、水素濃度が最も高い模擬ガスのみであった。当該模擬ガスを用い、ガス流速1 L/min、1.5 L/min、3.5 L/minの3条件で3回ずつ実験を行った。各条件で回収されたメタノール量は、ガス流速1 L/minで4~5 g、流速1.5 L/minで4~5 g、流速3.5 L/minで11~14 gであった。回収されたメタノール純度は約90~100%であった。実験結果のばらつきが大きく、各条件におけるメタノール収率に有意な差は認められなかったが、平衡計算にもとづく理論値の30~55%のメタノールが回収された。



リアクター外への熱電対の配置変更



各リアクターから回収されたメタノール

## 2.3 ガス発酵法液体燃料生産プロセスの開発

### 2-3-1 ガス発酵法液体燃料生産プロセスのフィージビリティ検討(©APEX・ITB・GU)

#### 28年度達成目標

#### ガス発酵法液体燃料生産プロセスのフィージビリティスタディの実施

ガス発酵技術は、CO、H<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>等を含有するガスから、エタノール、ブタノール、酢酸塩、酪酸塩等(生成物は、微生物の選択と培養条件により選べる)を生産する、微生物発酵プロセスである。通常の化学触媒によるメタノール合成が 50～100 気圧、本事業で開発をめざしてきた低压多段式メタノール合成でも 10～15 気圧の高圧と 200℃程度の高温を必要とするのに対して、微生物の働きを利用した生化学的プロセスであるガス発酵では、常温・常圧～数気圧程度のマイルドな条件で反応を行うことができる、原料の組成に関する制約が緩い、原料中の不純物に対する耐性が強いなどの特長がある。

この技術は、近年、急速に開発が進んでおり、途上国に適した方法としても有望であることから、低压メタノール合成技術とともに検討を行うこととした。技術的課題としては、目的生成物への転換効率の高い微生物の選択、最適な培養条件の探索、リアクターの設計(菌体の高密度化、ガスの反応液への効率的溶解、高効率の転換)、リアクターの下流のアルコール分離プロセスの省エネルギー化、途上国に適合的なプロセスの開発などがある。

研究を進めるに当たり、微生物発酵の研究で実績のある、バンドゥン工科大学工学部化学工学科のチャンドラ・ステアディ教授の研究室と共同で研究を行うこととなった。APEX では、2016年10月11日に、この分野で先行している米国のランザテック社を訪問し、同社で開発している技術の調査を行った。チャンドラ・ステアディ教授の研究室では、Clostridium ljungdahlii をはじめとする4種類の微生物株を入手し、培養を始めている。また、リアクターとしては、APEX が立体格子状接触体を用いたリアクターを、バンドゥン工科大学が、メンブレンリアクターをテストすべく、検討を進めた。



バンドゥン工科大学における打ち合わせ  
(2016年10月24日)



ランザテック社  
(米、イリノイ州スコークー、2016年10月11日訪問)

② 研究題目2のカウンターパートへの技術移転の状況

低圧メタノール合成パイロットプラントについては、その進捗について2016年4月21日、5月18日、2017年2月14日に行われた定例ミーティングなどでBPPTの研究者と共有し、議論した。また、BPPTスタッフに、その運転方法に関するトレーニングを実施し、BPPTが自立的に実験できる状態にして引き渡した。

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

当初の予定にはなかったガス発酵技術が、途上国における低コスト液体燃料生産プロセスの有望な選択肢として新たに浮上し、微生物発酵の分野で実績のあるバンドゥン工科大学を共同研究機関に加えて、研究が開始された。

④ 研究題目2の研究のねらい(参考)

前年度に入手した低圧多段式メタノール合成の平衡計算プログラムによれば、粘土を触媒とする流動接触分解ガス化技術と、これまで開発に取り組んできた熱化学的メタノール合成技術との組み合わせでは、高いメタノール収率は望めず、シフト反応等によりガス組成の調整が必要となる可能性が高い。一方、近年、より低い温度・圧力でアルコール製造が可能で、原料ガス組成に関する制約も少ないガス発酵法液体燃料生産プロセスの開発が進んでいる。このため、熱化学的メタノール合成とともに、ガス発酵法液体燃料生産プロセスのフィージビリティスタディを行い、熱化学的メタノール合成プロセスと比較した上で、デモンストレーションプラントで採用する技術を決定することとしたい。デモンストレーションプラントの規模は、それまでの技術開発の状況をふまえて、適正な規模を選択する。

⑤ 研究題目2の研究実施方法(参考)

2-1 低コストメタノール合成触媒の開発

H27年度までに、低コストメタノール合成触媒の開発方針と役割分担が明確化された。決定した役割分担に基づいて、継続して低コストメタノール合成触媒の開発を進める。

## 2-1-2 触媒機構の解明と触媒高性能化の検討(2-1-1～3: ◎GU・BPPT・APEX)

文献調査によれば、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 である。従来は、比表面積と活性種である Cu の分散性を向上するために共沈法で合成しているが、調整に手間がかかる。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る。

以上をふまえて、日本側では主に触媒活性種の高度分散化と低コスト化の観点から、イオン交換法およびスプレードライ法による新規メタノール合成触媒の可能性を検討する。インドネシア側では、僻地での触媒調達のための含浸法について検討する。日本およびインドネシア相互で情報交換しながら低コスト化・高性能化についての検討を進める。

### a. 蒸発乾固法、イオン交換法、スプレードライ法による低コスト触媒の開発 (◎GU)

群馬大学が保有するイオン交換法やスプレードライ法を適用して、安価かつ高性能なメタノール合成触媒を調整・製造する手法を検討する。新規調整法で活性の向上が見込めるかどうかを評価し、活性向上の可能性が明確になれば、目標を設定し開発を継続する。

### b. 粘土担体の含浸法による低コスト触媒の開発(◎BPPT,APEX)

安価な粘土担体を利用して、含浸法による低コスト触媒の調整法を検討する。マイクロリアクターによってその活性を評価しつつ、スクリーニングを進める。

2-1 28年度達成目標
2-1-2 低コスト触媒(蒸発乾固法および含浸法)の性能評価と実用規模での利用の可否の決定 高性能触媒(イオン交換法およびスプレードライ法)の反応機構と活性目標の設定

## 2-2 低圧メタノール合成プロセスの確立

これまでに、安価で簡便なメタノール合成原料ガスの前処理方法として、アルカリ洗浄法を試し、良好な結果を得ている。また、ベンチスケールの多段式低圧メタノール合成プラントの設計・製作を完了した。それらをふまえて、平成 28 年度は以下を実施する。

### 2-2-3 パイロットプラントの製作・試験(◎BPPT・APEX・YDD・GU)

2-2-2 で設計したベンチスケールの低圧メタノール合成プラントを用いてメタノール合成試験を行い、所定の性能が得られることを確認する。

2-2 28年度達成目標
2-2-3 パイロットプラントによる低圧メタノール合成プロセスの性能確認 100ml/hr以上、1.5MPaで転換率60%以上

## 2-3 ガス発酵法液体燃料生産プロセスの開発

### 2-3-1 ガス発酵法液体燃料生産プロセスのフィージビリティ検討(◎APEX・ITB・GU)

ラボスケールの発酵装置を用いて模擬ガスを使用したガス発酵試験を実施する。得られた結果をもとに、ガス発酵法液体燃料生産プロセスのフィージビリティを検討する。

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

2-3 28年度達成目標
2-3-1 ガス発酵法液体燃料生産プロセスのフイージビリティスタディの実施

(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(リーダー:野田玲治)

APEX グループ(リーダー:井上 斉 (田中 直) )

BPPT グループ(リーダー:Adiarso)

YDD グループ(リーダー:Anton Soejarwo)

ITB グループ(リーダー:)

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

3-1 人材育成

3-1-2 研修プログラムの実施(◎APEX・YDD・BPPT・GU)

28年度達成目標
2研修プログラム(技術研修1回、参加者25名以上)の実施

平成 28 年度は本邦研修を 2 回実施した。

<第 1 回> 9 月 1 日～10 月 29 日、3 名

<第 2 回> 12 月 12 日～2 月 8 日、2 名

3-2 ネットワーク形成

3-2-2 ニュースレターの発行(◎BPPT・APEX・YDD・GU)

28年度達成目標
ニュースレターの発行(2回/年、各750部以上)

平成 28 年度は第 3 号(4 月)、第 4 号(7 月)、第 5 号(2 月)の 3 回、各 750 部発行し、約 600 部を関係各機関に配布した。

② 研究題目1のカウンターパートへの技術移転の状況

ニュースレターには第 2 号から ISSN(International Standard Serial Number)を取り付けており、これによって寄稿や編集に携わったことが人事考課の際ポイントとして加点されるため、C/P は原稿の執筆や編集に協力的である。

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

上述したようにニュースレターを関係各機関に送付しており、他の SATREPS バイオマスプロジェクトにも送っている。そのプロジェクトではニュースレターの発行に C/P があまり協力的ではなかったが、本プロジェクトのニュースレターを見て刺激になったのか、以後は協力的になったと調整員から感謝された。

インドネシアでは、バイオマスエネルギーに関する SATREPS 案件が 3 件実施中である。この 3 件のプ

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

プロジェクトで協力してシンポジウムの開催や、プロジェクトを相互訪問しようという機運ができつつある。

④ 研究題目1の研究のねらい(参考)

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。

⑤ 研究題目1の研究実施方法(参考)

3-2 人材育成

3-1-2 研修プログラムの実施(◎APEX・YDD・BPPT・GU)

現地で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を、内容の一層の充実をはかりつつ、1回以上実施する。

3-1 28年度達成目標
--------------

3-1-2研修プログラム(技術研修1回、参加者25名以上)の実施
----------------------------------

3-2 ネットワーク形成

3-2-2 ニュースレターの発行(◎BPPT・APEX・YDD・GU)

バイオマス廃棄物のエネルギー利用に関する理解を深め、それに関与し、推進しようと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ため、ニュースレターを年2回(各号750部以上)発行する。

3-2 28年度達成目標
--------------

3-2-2 ニュースレターの発行(2回/年、各750部以上)
--------------------------------

## 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

概ねすべての研究課題において、スケジュールに沿って進捗している。また、デモンストレーションプラントの設計において、カウンターパートである BPPT の技術者も参画した設計ワークショップにより、開発する技術の相互理解が大幅に進んだものと考えられる。詳細設計において、若干の遅れが生じているものの、詳細設計が完了したものから順次発注にまわすことなどの対応で、遅れを最小限とする対策を講じる予定である。また、パルスループシールにおいて、よりシンプルな構造が発見され、この構造を検証する仕組みもデモンストレーションプラントに設置する工夫を講じる。デモンストレーションプラントの設置場所は、平成 29 年 3 月の段階で、候補地の絞り込みが完了し、MOU 締結の最終段階にある。締結までにはいまだ少し時間が必要であるが、設置作業開始予定の 29 年度後半までには決定できるものと判断している。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、多様なバイオマス进行处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

メタノール合成プロセスは、今回の導入先であるプランテーション農場での利用に適した小規模プロセスは確立しておらず、無償のバイオマス廃棄物を原料とし、本プロジェクトにおいて開発を進めている低コストバイオマスガス化プロセスとの組み合わせによる液体燃料転換プロセスの構築はおいに意味があるものと判断する。その一方で、昨年度から検討を始めたガス発酵法についても、常温・常圧～数気圧のマイルドな条件で実施できること、原料ガスの組成に関する制約が少ないこと、原料ガス中の不純物に対する耐性が強いことなどから、この技術は、本事業のガス化プロセスと組み合わせ、インドネシアで社会実装するための、液体燃料生産の技術選択肢として有望である。以上のことから、メタノール合成デモプラントおよびガス発酵プロセスのデモンストレーションの両方について、予算等の制約も踏まえたうえで、適切な規模および実証範囲を設定し、デモンストレーションを進めていくこととする。

### 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、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たバイオマス接触分解ガス化技術の確立を目指している。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、原料の粉砕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。さらに、バイオマスガス化炉後段に設置可能な液体燃料製造プロセスのオプションとして、現地で製作・運転しやすいメタノール合成プロセスとシンプルな構造、かつ温和な条件でアルコール合成が可能なガス発酵技術の開発を行い、ユーザーが適切な技術オプションを選択できることを目指す。

上記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)メタノール合成触媒開発では、群馬大学とBPPTで役割を分担し、両拠点で情報共有しながら研究をすすめる体制が構築されている。

#### (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(リーダー:野田玲治)

APEXグループ(リーダー:井上 斉(田中 直))

群馬大学、APEX、BPPTだけでなく本プロジェクトに興味のある研究者を含めた設計ワークショップを実施し、開発するプロセスの深い理解に勤めた。また、研究活動についても、(1-3-2)において開発を進めているチャー抜き出し機構のプロトタイプが所定の性能を発揮できなかったため、ジョグジャカルタにおいてBPPT、YYDおよびAPEXの研究者があつまり、問題解決のためのワークショップを開催するなど、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連携しつつ研究を進めている。

【平成28年度実施報告書】【170531】

(3) 研究題目 2 : 「低コスト液体燃料生産プロセスの確立」

群馬大学グループ(リーダー:野田玲治)

APEX グループ(リーダー:井上 斉 (田中 直) )

(2-1)「低コストメタノール合成触媒の開発」について、 昨年度構築した群馬大学と BPPT での役割分担を情報共有の仕組みに基づいて、各種触媒の調整、物性分析ならびにメタノール合成反応活性評価の役割分担が明確化され、触媒評価が大きく進展できた。日本側へ研修で受け入れた BPPT の研究員が、インドネシアにおいて実験装置の改良をすすめるなど、プロジェクトの推進に大きく寄与した。また、APEX の研究員が BPPT に常駐し、BPPT と共同でメタノール合成パイロット試験を行うなど、関連する技術の移転が進むように工夫した。

(3) 研究題目 2 : 「低コスト液体燃料生産プロセスの確立」

群馬大学グループ(リーダー:野田玲治)

APEX グループ(リーダー:井上 斉 (田中 直) )

インドネシアから5名の研究者を群馬大学へ受け入れ、プロジェクト研究活動を共同で実施した。設計ワークショップを開催し、プロジェクト関係者だけでなく、当該ガス化技術に興味を持つ外部の研究者をに対しても技術情報を公開し、当該技術の展開に努めた。

#### IV. 社会実装 (研究成果の社会還元) (公開)

(1) 成果展開事例

特になし

(2) 社会実装に向けた取り組み

デモンストレーションプラントの設置先として、PT Perkebunan Nusantara III (PTPNIII、国営第三農園企業)を最終候補として交渉しており、先方は歓迎の意向である。この PTPNIII は、インドネシア全国の国営農園企業を統括するホールディングカンパニーとしての位置を占めている。また、それ以外にも巨大企業グループであるシナール・マスグループの、PT Sinar Mas Agro Resources and Technology (PT SMART)社からも、受け入れを歓迎する旨の表明がある。それらのアブラヤシ搾油工場に設置されるデモンストレーションプラントが順調に稼働すれば、それは技術が広範な波及力を持つことにつながると考えられる

#### V. 日本のプレゼンスの向上 (公開)

- 2016年7月15日、バイオマス利用研究会第88回研究会(京都高度技術研究所)において、講演(群馬大、野田)を行い、SATREPS事業について紹介した。参加者約40名。

【平成28年度実施報告書】【170531】

- ・ 2016年8月29日、小容量バイオマス利用研究会（金沢大学）において、講演（群馬大、野田）を行い、SATREPS事業について紹介した。参加者約20名。
- ・ 2016年9月22日、群馬大学－韓国慶熙大学校合同シンポジウム（草津）において、PBBTの3名の研究者がSATREPSプロジェクトの研究内容について講演した。参加者約30名。

**VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）**

**VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）**

**VIII. 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。)

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(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。)
2014	Ben-Shui Wang, Jing-Pei Gao, 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, 136 (2015) 17-24.		国際誌	出版済み	
2014	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, 88 (2015) 323-331.		国際誌	出版済み	
2014	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 (2014) 3649-3656.		国際誌	出版済み	
2015	Boodsakorn Kongsomart, Takayuki Takarada, "Preparation of activated carbons from teak sawdust using chicken dropping compost and empty fruit bunch", International Journal of Biomass and Renewables, 4 (2015) 1-7.		国際誌	発表済	

2015	Boodsakorn Kongsomart, Naokatsu Kannari, and Takayuki Takarada, "Catalytic effects of biomass-derived ash on Loy Yang brown coal gasification", International Journal of Biomass and Renewables. 5 (2016) 12-22		国際誌	発表済	
2015	田中直(井上齊)、アジア地域に適合的な、粘土触媒を用いたバイオマスの流動層ガス化技術の開発、太陽エネルギー, 2016年3月, Vol42, No.2, 通巻232号		国内誌	発表済	
2016	Naokatsu Kannari, Yuya Oyama, Takayuki Takarada, Catalytic decomposition of tar derived from biomass pyrolysis using Ni-loaded chicken dropping catalysts, International Journal of Hydrogen Energy, 42 (2017) 9611-9618.		国際誌	発表済	
2016	Suparin Chaiklangmuang, Liuyum Li, Naokatsu Kannari, Takayuki Takarada, Performance of Active Nickel Loaded Lignite Char Catalyst on Conversion of Coffee Residue into Rich-synthesis Gas by Gasification, Journal of Energy Institute, in press		国際誌	in press	
2016	Tetsuya Hatori, Kayoko Morishita, Naokatsu Kannari, Takayuki Takarada, Study of nickel adsorption properties of chemically treated woody biomass, Journal of the Japan Institute of Energy, in press		国内誌	in press	

論文数 9 件  
うち国内誌 2 件  
うち国際誌 7 件  
公開すべきでない論文 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
2014	GREEN FUEL (Vol1,2014)		機関紙	出版済み	
2015	GREEN FUEL (Vol.2, 2015)		機関紙	出版済み	
2015	GREEN FUEL (Vol.3, 2016)		機関紙	出版済み	
2016	GREEN FUEL (Vol.4, 2016)		機関紙	出版済み	
2016	GREEN FUEL (Vol.5, 2016)		機関紙	出版済み	

著作物数 5 件  
公開すべきでない著作物 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
2014	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Bhuhana 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

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

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
2015	国際学会	Hitoshi Inoue, Sudo Yuta(APEX), Hermanto Sujarwo, Anton Soejarwo(Light of the Village Foundation), Tomohide Watanabe, Reiji Noda(Gunma Univ.), "Fluidized bed biomass gasification using clay catalyst as multipurpose process for renewable fuel production, sustainable biomass production and carbon fixation", ECO-BIO 2016, Rotterdam, The Netherlands, 6-9 March 2016	ポスター発表
2016	国内学会	(群馬大)田中利幸, 井口葉, 神成尚克, 野田玲治, 宝田恭之, (Agency for the assessment and application of technology)Fusia Mirda Yanti, Novio Valentino, Asmi Rima Juwita, 炭素担体を用いたCuZn系メタノール合成触媒の開発、第12回バイオマス科学会議、東京大学弥生講堂・一条ホール、2017年1月18-19日	ポスター発表

招待講演 0 件  
口頭発表 0 件  
ポスター発表 2 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
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	口頭発表
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	口頭発表
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	口頭発表
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	口頭発表

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	口頭発表
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	ポスター発表
2014	国内学会	井口 葉, 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	口頭発表
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	ポスター発表
2015	国際学会	Boodsakorn Kongsomart, Takayuki Takarada,「 Preparation of activated carbon and catalytic coal gasification using biomass ash.」,The Seventh International Conference on Clean Coal Technologies (CCT2015), 17-21 May 2015	口頭発表
2015	国内学会	Boodsakorn KONGSOMART, Naokatsu KANNARI, Takayuki TAKARADA (Gunma University)Li LIUYUN (Niigata University), Catalytic CO2 gasification of a brown coal using biomass ash as a catalyst, 日本エネルギー学会第24回大会、札幌コンベンションセンター、2015年8月3日	口頭発表
2015	国際学会	Boodsakorn Kongsomart, Naokatsu Kannari, Shintaro Komatsu, Takayuki Takarada (Gunma University), Li Liuyun (Niigata University) 、 Low Temperature Catalytic Gasification of Brown Coal Using Biomass, International Conference on Coal Science & Technology 2015 (ICCS&T 2015), Melbourne, Australia, Melbourne Convention and Exhibition Centre, Sep 28, 2015	口頭発表
2015	国際学会	Naokatsu Kannari,Battsetseg Tsedenbal,KeisukeNagatomo,TakayukiTakarada (Gunma University) 、 EFFECTS OF COAL RANK ON LOW TEMPERATURE OXIDATION OF COALS, The 13th China-Japan Symposium on Coal and C1 Chemistry, Dunhuang, Gansu, China, September 2, 2015	口頭発表
2015	国際学会	Boodsakorn Kongsomart,Battsetseg Tsedenbal,Shintaro Komatsu,Naokatsu Kannari,Takayuki Takarada (Gunma University) 、 LOW TEMPERATURE CATALYTIC GASIFICATION OF BROWN COAL USING EMPTY FRUIT BUNCH, The 13th China-Japan Symposium on Coal and C1 Chemistry, Dunhuang, Gansu, China, September 2, 2015	口頭発表

2015	国際学会	Boodsakorn Kongsomart, Battsetseg Tsedenbal, Shintaro Komatsu, Naokatsu Kannari, Takayuki Takarada (Gunma University), LOW TEMPERATURE CATALYTIC GASIFICATION OF BROWN COAL USING CHICKEN DROPPINGS, The 13th China-Japan Symposium on Coal and C1 Chemistry, Dunhuang, Gansu, China, September 1, 2015	ポスター発表
2015	国際学会	Boodsakorn Kongsomart, Battsetseg Tsedenbal, Naokatsu Kannari, Takayuki Takarada (Gunma University), PREPARATION OF ACTIVATED CARBON FROM TEAK SAWDUST WITH EMPTY FRUIT BUNCH ASH, The 13th China-Japan Symposium on Coal and C1 Chemistry, Dunhuang, Gansu, China, September 1, 2015	ポスター発表
2015	国際学会	Boodsakorn Kongsomart, Battsetseg Tsedenbal, Naokatsu Kannari, Takayuki Takarada (Gunma University), PREPARATION OF ACTIVATED CARBON FROM TEAK SAWDUST BY USING CHICKEN DROPPING COMPOST AS AN ACTIVATION AGENT, The 13th China-Japan Symposium on Coal and C1 Chemistry, Dunhuang, Gansu, China, September 1, 2015	ポスター発表
2015	国際学会	Liuyun Li, Aya Matsushima, Yuto Sekiya, Tadaaki Shimizu (Niigata University), Naokatsu Kannari, Takayuki Takarada (Gunma University), LOW-TEMPERATURE GASIFICATION OF BIOMASS VOLATILE USING ANI-LOADING BROWN COAL CHAR AS A CATALYST, The 13th China-Japan Symposium on Coal and C1 Chemistry, Dunhuang, Gansu, China, September 2, 2015	ポスター発表
2015	国際学会	Liuyun Li, Hideyuki Matsumura, Tadaaki Shimizu (Niigata University), Chika Satomi, Naokatsu Kannari, Takayuki Takarada (Gunma University), EFFECTS OF LIMONITE ORE AND STEAM ADDITION ON MODEL HYDROCARBON PHENOL DECOMPOSITION, The 13th China-Japan Symposium on Coal and C1 Chemistry, Dunhuang, Gansu, China, September 2, 2015	口頭発表
2015	国際学会	Attitaya Saythong, Metta Chareonpanich, Nongnuch Rueangjitt (Chiang Mai University), Takayuki Takarada (Gunma University), SILICA RECOVERY FROM STEEL SLAG-INDUSTRIAL WASTE RESIDUE FOR USE IN SYNTHESIS OF ZSM-5 ZEOLITE CATALYST, The 13th China-Japan Symposium on Coal and C1 Chemistry, Dunhuang, Gansu, China, September 1, 2015	口頭発表
2015	国際学会	Attitaya Saythong, Metta Chareonpanich, Nongnuch Rueangjitt (Chiang Mai University), Takayuki Takarada (Gunma University), PREPARATION OF SILICA GEL FROM STEEL SLAG-INDUSTRIAL WASTE BY BASE LEACHING PROCESS, The 13th China-Japan Symposium on Coal and C1 Chemistry, Dunhuang, Gansu, China, September 1, 2015	ポスター発表

2015	国際学会	T. Takarada, N. Kannari, S. Komatsu, “Pyrolysis and steam gasification of metal-loaded brown coals in fluidized bed”, The 3rd Joint Meeting of Strategic Japanese-Chinese Joint Research Program, Shonan Village Center, Oct. 26~27, 2015	口頭発表
2015	国際学会	S. Komatsu, N. Kannari and T. Takarada, “Pyrolysis and steam gasification of metal-loaded brown coals in fluidized bed ”1st SEOULTECH-GU Joint Seminar on Cooperation of Politics and Technology, Gunma University, Jan. 13, 2016	ポスター発表
2015	国際学会	B.Kongsomart, B.Tsedenbal, S.Komatsu, N.Kannari and T.Takarada, “Low temperature catalytic gasification of brown coal by using biomass ”1st SEOULTECH-GU Joint Seminar on Cooperation of Politics and Technology, Gunma University, Jan. 13, 2016	ポスター発表
2015	国際学会	B.Kongsomart, N.Kannari and T.Takarada, “Utilization of chicken dropping compost for activated carbon preparation and catalytic gasification”1st SEOULTECH-GU Joint Seminar on Cooperation of Politics and Technology, Gunma University, Jan. 13, 2016	ポスター発表
2015	国際学会	Yudha Purna Nugraha, Hiroto Takei, Keiichi Kubota, Tomohide Watanabe: Phenol degradation in a single-chamber microbial fuel cell, Water and Environment Technology Conference 2015, Tokyo, 2015.8.5-6	ポスター発表
2015	国内学会	小林裕樹, 窪田恵一, 渡邊智秀: 廃棄物系バイオマスのガス化におけるリンの挙動と特徴, 化学工学会群馬大会2015, 桐生市, 2015.11.27-28	口頭発表
2015	国内学会	木下翔吾, 窪田恵一, 小森正人, 渡邊智秀: 微生物燃料電池におけるフェノール分解に伴う発電の可能性, 第50回日本水環境学会年会, 徳島市, 2016.3.16-18	口頭発表
2015	国内学会	野田玲治, 「Biomass energy conversion based on an “appropriate technology” suitable for a local community」, 第2回日中環境ワークショップ, 富士吉田, 2015年4月17-19日	口頭発表
2015	国際学会	Reiji NODA, Masaya SUGIMOTO and Yuya MACHIDA, 「Development of three compartment internal circulating fluidized bed for liquid fuel production from biomass」, FBC22, Finland, June 14-17, 2015	口頭発表
2015	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”, 第23回日本エネルギー学会大会P-5, 札幌, 2015年8月3-4日	ポスター発表

2015	国内学会	孫燕, 野田玲治, “バイオマス流動接触分解ガス化のための粘土触媒の評価”, 化学工学会第47回秋季大会S219, 札幌, 2015年9月9-11日	口頭発表
2015	国内学会	井口栞, 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47回秋季大会M304, 札幌, 2015年9月9-11日	口頭発表
2015	国内学会	孫燕, 野田玲治, “バイオマス流動接触分解ガス化のための粘土触媒の評価”, 化学工学会群馬大会2015A201, 桐生, 2015年11月27-28日	口頭発表
2015	国内学会	井口栞, 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”, 化学工学会群馬大会2015A207, 桐生, 2015年11月27-28日	口頭発表
2015	国内学会	孫燕, 野田玲治, “バイオマス流動接触分解ガス化のための粘土触媒の評価”, 第21回流動化・粒子プロセスシンポジウム(FB21)P-15, 北九州, 2015年12月10-11日	ポスター発表
2015	国内学会	井口栞, 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”, 第21回流動化・粒子プロセスシンポジウム(FB21)P-12, 北九州, 2015年12月10-11日	ポスター発表
2015	国内学会	Noda Reiji, “Biomass utilization based on appropriate technologies”, 化学工学会第81年会N304, 大阪, 2016年3月13-15日	口頭発表
2015	国内学会	(BPPT, Indonesia) *Bralin D., Adiarso, Joni P., Galuh Wm., Nurdiah R., Tyas P., Septina I., Abdul H., Anindhita, “Progress of SATREPS-Biomass Project: Development of Low Cost Catalyst for Methanol Synthesis, ”, 化学工学会第81年会N315, 大阪, 2016年3月13-15日	口頭発表
2015	国内学会	孫燕, 野田玲治, “バイオマス流動接触分解ガス化のための粘土触媒の評価”, 化学工学会第81年会ZAP361, 大阪, 2016年3月13-15日	ポスター発表
2015	国内学会	上原巧, 野田玲治, “内部循環流動層ループシール安定性に及ぼす背圧差の影響”, 化学工学会第81年会ZAP309, 大阪, 2016年3月13-15日	ポスター発表

2015	国内学会	井上齊(APEX)、“Development of Fluidized Bed Biomass Gasification Using Clay Catalyst as an Appropriate Technology for Asian Countries”、化学工学会、関西大学、2016年3月15日	口頭発表
2016	国内学会	小林裕樹, 窪田恵一, 渡邊智秀, “パーム空果房のガス化で生成する固体残渣の特性”, 化学工学会第48回秋季大会U208, 徳島市, 2016.9.6-8	口頭発表
2016	国内学会	小林裕樹, 窪田恵一, 渡邊智秀, “廃棄物系バイオマスのガス化で生成する固体残渣の特徴と肥料としての利用可能性”, 化学工学会第82年会PB269, 東京(豊洲), 2017.3.6-8	ポスター発表
2016	国内学会	増山征也, 窪田恵一, 小森正人, 渡邊智秀, “微生物燃料電池によるフェノール含有水の処理および出力特性”, 第51回日本水環境学会年会, 年会講演集L-090, 熊本市, 2017.3.15-17	ポスター発表
2016	国内学会	孫燕, 須藤裕太, 田中直, Atti Sholihah, 野田玲治, “バイオマス流動接触分解ガス化のための粘土触媒の評価”, 第24回日本エネルギー学会大会3-2-4, 東京, 2016年8月9-10日	ポスター発表
2016	国内学会	井口 葉, 野田 玲治・Adiarso, Prasetyo Joni, Dwiratna Bralin, Heriyanti Septina, Puspitarini Tyas, Solihah Atti, “メタノール合成触媒における調製法が反応活性に及ぼす影響の調査”化学工学会第48回秋季大会B309, 徳島, 2016年9月6-8日	口頭発表
2016	国内学会	上原 巧, 野田 玲治, “内部循環流動層ルーブシール安定性に及ぼす背圧の影響”化学工学会第48回秋季大会X215, 徳島, 2016年9月6-8日	口頭発表
2016	国内学会	井口葉, 野田玲治, Adiarso, Presetyo Joni, D. Bralin, H. Septina, P. Tyas, S. Atti, A. Juwita, F. Yanti, N. Valentino, “メタノール合成触媒における調製法が反応活性に及ぼす影響の調査”, 第22回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム(FB22)P-15, 東京, 2016年12月8-9日	ポスター発表
2016	国内学会	上原巧, 野田玲治, “内部循環流動層ルーブシール安定性に及ぼす背圧差の影響”, 第22回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム(FB22)P-2, 東京, 2016年12月8-9日	ポスター発表

招待講演

0 件

口頭発表

28 件

ポスター発表

21 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	2016-43736	2016/3/7	流動層から固形物を分離する方法および装置	特定非営利活動法人 APEX	特許(国内)	無					井上 齊	特定非営利活動法人 APEX	PCT/JP2017/7884
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													

※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 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

0 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

0 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)	概要
2014	2015/2/28	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名	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を論じた。
2015	2015/4/13	“Teknologi Tepat Guna dan Dunia Alternatif – Berdasarkan Pengalaman Praktek di Indonesia”	バンドウン工科大学(インドネシア)	約120名	バンドウン工科大学工業技術学部化学技術研究プログラムの来賓講師として講義(APEX、井上)。バイオマスエネルギー等の適正技術開発を論じた。
2015	2015/7/8	「適正技術とこれからの国際協力-インドネシアでの実践から」	東京工業大学(日本)	52名	国際開発学会「工学と国際開発」研究部会主催『適正技術シンポジウム:工学と国際開発の融合に向けて』の講師としてバイオマスエネルギー等の適正技術開発について紹介(APEX、井上)。
2015	2015/8/22	“Teknologi Tepat Guna dan Dunia Alternatif – Berdasarkan Pengalaman Praktek di Indonesia”	インドネシア大学(インドネシア)	約70名	TICA2015ファイナリスト発表イベントにて、招待講演者として講演(APEX、井上)。バイオマスエネルギー等の適正技術開発について紹介。
2015	2015/9/10	BPPT長官ウングル・プリヤント氏との面談	BPPT本部(インドネシア)	4名	事業の進捗状況を報告し、業務調整員を紹介。今後、定期的に報告と意見交換の機会を設けることとした。
2015	2015/10/13	“Pengembangan Teknologi Tepat Guna Pemanfaatan Energi Biomassa di Indonesia”	ジャナバドラ大学(インドネシア)	約100名	ジャナバドラ大学工学部機械工学科創立19周年記念セミナー『エネルギー自立のための再生可能エネルギー開発』にて、招待講演者として講演(APEX、井上)。

2015	2015/11/10 - 2015/11/12	現地技術研修「Technical Training Program for Utilizing Biomass as an Energy Resource」	インドネシア	約50名	バイオマス廃棄物からバイオマス・エネルギーを創出する技術の理論と実践を学んでもらうとともに、バイオマス・エネルギー関係者のネットワークの構築。
2015	2015/12/14	“Teknologi Tepat Guna Dimensi Baru dan Dunia Alternatif”	ブラウイジャヤ大学(インドネシア)	約50名	プラウイジャヤ大学機械工学部太陽・代替エネルギーラボラトリーの来賓講師として講義(APEX、井上)。
2015	2016/2/17	国際セミナー「Appropriate Technology for Biomass Derived Fuel Production」	インドネシア	約120名	日本とインドネシアの最新のバイオマス・エネルギー政策および研究について知見を深めるとともに、バイオマス・エネルギー関係者のネットワークの構築。

9 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
2015	2015/5/28	事業の進捗状況の確認、翌年度の年次計画の策定、課題の検討	約40名	研究者リストの更新、メタノール合成デモンストレーションプラントの規模は格別に定めないこと、高度安定型流動層開発、粘土触媒最適化、低コストメタノール合成触媒開発、低圧メタノール合成プロセス開発それぞれの活動の実施期間の延長等について議論し、合意。
2016	2016/5/18	事業の進捗状況の確認、翌年度の年次計画の策定、課題の検討	約40名	研究者リストの更新、粘土触媒を使用した流動床コールドモデルの研究活動の実施期間の延長、液体燃料生産システムの研究にガス発酵プロセスを追加すること及びバンドン工科大学(ITB)の参画、デモプラントの設置候補地、情報共有の方法について等を議論した。ガス発酵研究の追加およびITBの参画については日本側に確認することで合意した。

2016	2016/12/1	事業の進捗状況の確認、中間レビューの結果報告、課題の検討	約40名	中間レビューの結果報告を受けて、研究者リストの更新、研究体制の変更、日伊の研究者がコミュニケーションをより一層密にしていくこと等が議論された。研究体制の変更は日伊の研究代表者間で議論していくことで合意した。またガス発酵研究の追加およびITBの参画も正式に承認された。

3 件

# 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 (群馬大学理工学研究院 准教授)
H25採択(平成25年5月22日～平成31年3月31日)
インドネシア共和国/技術評価応用庁, ディアン・デサ財団

## 付随的成果

商品の普及	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>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</li> </ul>
プロセス技術の展開	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>
特許出願	<ul style="list-style-type: none"> <li>パルス操作ループシールの特許出願</li> <li>低コストメタノール合成触媒の特許出願</li> <li>チャー抜出機構の特許出願</li> </ul>
レビュー付雑誌への掲載等	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>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</li> <li>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</li> </ul>
人材育成	<ul style="list-style-type: none"> <li>相手側研究者の日本国内招聘研修によるスキルアップ</li> <li>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</li> <li>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</li> </ul>

## 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。

## プロジェクト目標

- 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ガスを原料とする液体燃料製造プラントを設置し、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。

