

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「生物資源の持続可能な生産・利用に資する研究」

研究課題名「インドネシアにおける統合バイオファクトリーシステムの開発」

採択年度：平成24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^{*1}

平成25年11月28日から平成30年11月27日まで

JST側研究期間^{*2}

平成24年6月1日から平成30年3月31日まで

(正式契約移行日 平成25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： 荻野 千秋

国立大学法人神戸大学大学院工学研究科・教授

5	フィージビリティスタディと統合バイオリファイナリープロセスの構築	←				→
5-1	バイオ燃料（または生化学的）生産のための日本とインドネシアの企業間のマッチング会議の実施	←				→

- * OP EFB: Oil Palm Empty Fruit Bunch
- ** InaCC: Indonesian Culture Collection
- *** PLA: polylactic acid

プロジェクト全体の状況

上記表 1 に本提案研究で計画している 5 つの Output の年次計画を示す。現時点を赤破線で示しており、全ての項目で、ほぼ計画通りに進行していると判断する。以下に 2016 年度の成果概要と 2017 年度の研究計画の概略を示す。

Output 1: 効率的なバイオマス前処理条件の確立

2016 年度は有機酸でのバイオマス前処理工程に、界面活性剤を添加することによる組み合わせの最適化条件の検討を行った。更には、前処理バイオマスの酵素糖化について大量スケールでの効率化について検証を開始した。

Output 2: バイオマス分解に適した酵素の評価

2016 年度は、インドネシア由来 InaCC コレクションライブラリーよりバイオマスを分解する微生物を 2 種同定することに成功した。2017 年度は、これまでに神戸大学にて開発してきた組換え発現系をこの微生物の遺伝子資源に用いて、バイオマスの効果的な分解を確立することである。その為に、神戸大学にて開発を進めてきた放線菌による組換え発現系の技術をインドネシア側へと技術移転するために、インドネシア由来の生物資源のみを用いて、効率的なたんぱく質発現系を構築するための基盤技術の取得も実施する計画である。

Output 3: バイオ燃料（エタノール）とバイオ化学品（乳酸）を生産する微生物開発と発酵

2016 年度は、2015 年度までに探索してきた阻害耐性酵母に関して、その機構解明および表層提示系の開発を実施してきた。インドネシア由来 InaCC コレクションライブラリーよりも複数のエタノール生産的合成を有する酵母菌株の探索にも成功し、その詳細解析を神戸大学にて実施する仕組みも構築できた。更に、これら野生酵母に対する遺伝子組み換え技術に関する新技術の開発も長崎大学を中心として実施している。

Output 4: バイオマスからバイオベースポリマーを開発

2015 年度は LIPI の新規な化学触媒を用いてポリ乳酸の直接合成に成功した。そして 2016 年度は化学触媒を神戸大学に受け入れ、ポリ D-乳酸、およびポリ L-乳酸の合成、およびそのステレオコンプレッ

クス材料の構築に成功した。

Output 5: フィージビリティスタディと統合バイオリファイナリープロセスの構築

2017年1月のビジネスマッチングで、インドネシアのパーム油のプランテーション企業2社を日本(阪神地区)に招聘して、尼崎市の企業において、前年度に引き続いて事業化シナリオの検討を議論した。そして、神戸大学、LIPI、日本企業、インドネシア企業の4者間で事業化に向けた覚書を締結できた。具体的には、前年度の調査結果に基づき、パーム産業での廃棄物の有効利用に焦点を当てて、総合的な活用方法を構築するシナリオとなった。2017年度は、最終段階である、ベンチスケールプラントのインドネシアへの設置に向けた作業を開始する。

(2)プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

該当なし

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

20世紀の急速な石油化学産業の発展により石油リファイナリーが確立され(図1)、石油を分留して得られるガソリン・灯油・軽油は、燃料として利用され、ナフサからは、多様な化学品・ファインケミカルが統合された形で効率よく安価に作られるようになり、豊かな社会を作り出すことに大きく貢献した。しかしながら、限りある石油資源に全面的に依存するようになったことから、必ずやってくる石油資源の枯渇、そして二酸化炭素排出量の飛躍的な増加による地球温暖化など、世界的規模での経済発展と環境問題が根本的に脅かされるようになった。二酸化炭素濃度の上昇は、近年、顕著な増加傾向を示しており、この傾向は石油化石資源の使用量増加と相関があり、石油資源の利用量を抑制する事で石油資源を代替する新しい資源を模索する試みがなされている。

これらの問題を克服し、安全で持続的に発展できる低炭素循環型未来社会を実現する上で、再生可能な資源バイオマスがその有力な候補の一つとして考えられている。石油資源に依存しているオイルリファイナリーから、バイオマスを原料として多様なバイオベ

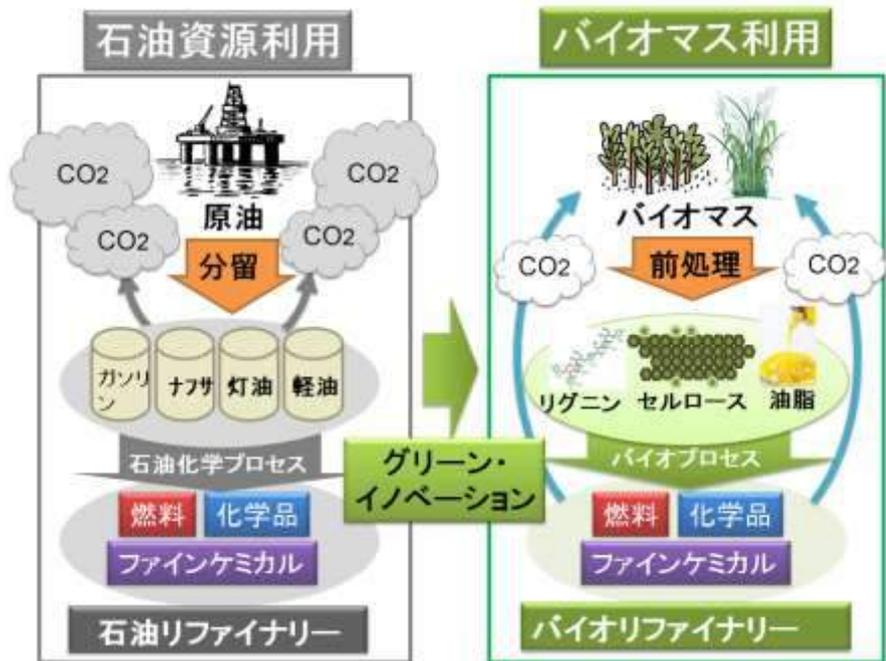


図1 石油リファイナリーからバイオリファイナリーへの転換



図2 石油化学工場から微生物「細胞工場」へ：パラダイムシフト 二酸化炭素の資源化と、再生可能エネルギー・化学品の高効率生産

【平成28年度実施報告書】【170531】

ース製品（バイオマスから生産された燃料や化学品）の生産を行なうバイオリファイナリーへの転換を図り、脱石油を推進することは極めて重要である。植物は光合成によって大気中の二酸化炭素を固定して成長するため、植物体（バイオマス）を原料とするバイオベース製品からは正味の二酸化炭素の排出が起きない（カーボンニュートラルと呼ばれる）。バイオリファイナリーは、二酸化炭素をバイオマスとして資源化・循環利用し、先端バイオ技術を駆使して再生可能なエネルギーや化学品を高効率生産する革新技術と言える。バイオマスとしては、食料と競合しない非可食バイオマス、すなわちセルロース系バイオマス（木本や草本系バイオマス：木材、稲わらや麦わら、エネルギー作物など）を活用する。具体的には、**図2**に示す様に、「細胞工場」（代謝経路を人工的に再構築して目的とする化合物を高効率に生産できる“ものづくり”工場の様にした組換え微生物）を開発し、バイオマス中に含まれる糖から多様な燃料や化学品を高効率に作り出す「細胞工場」を確立することで、石油化学工場で石油から製造している製品群をバイオベース製品に大転換することが可能となる。これは、世界規模での化学産業構造を大きく変貌させる事が出来る、大きなパラダイムシフトである。

このような世界的規模での潮流を背景に、インドネシアは世界有数のプランテーションを有する農業産業を中心とする国であり、既に多様なバイオマス資源の存在が明らかになっている（**図3**）。そこで本研究では、パーム油搾汁残渣、およびサトウキビ搾汁残渣を原料として、神戸大学が有するバイオリファイナリー技術によって、本プロジェクト下において「バイオリファイナリー」技術の確立を目指す。本研究の遂行によって、インドネシアで確立出来れば、

Biomass	Main region	Production [million t/year]	Technical energy potential [million GJ/year]
Rubberwood (ゴム)	Sumatera, Kalimantan, Java	41 (replanting)	120
Logging residues (伐木)	Sumatera, Kalimantan	4.5	19
Sawn timber residues (製材残基)	Sumatera, Kalimantan	1.3	13
Plywood and veneer production residues (合板残材)	Kalimantan, Sumatera, Java, Irian Jaya, Maluku	1.5	16
Sugar residues (サトウキビ残渣)	Java, Sumatera, South Kalimantan	Bagasse: 10 Cane tops: 4 Cane leaves: 9.6	78
Rice residues (稲わら残渣)	Java, Sumatera, Sulawesi, Kalimantan, Bali/Nusa Tenggara	Husk: 12 Bran: 2.5 Stalk: 2 Straw: 49	150
Coconut residues (ココナッツ残渣)	Sumatera, Java, Sulawesi	Shell: 0.4 Husk: 0.7	7
Palm oil residues (パームオイル残渣)	Sumatera new areas, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara, Irian Jaya	Empty fruit bunches: 3.4 Fibres: 3.6 Palm shells: 1.2	67

図3 インドネシアにおける廃棄性セルロースバイオマス量

(1) 石油資源に依存しない、(2) 廃棄物性のバイオマス資源の有効利用、そして(3) 化学産業の大きな変革、などの社会的・経済的インパクトがあると考えられる。

以下に、本プロジェクトに焦点を当てる5つの研究・調査項目について2016年度の実績・結果を報告し、それを踏まえ2017年度（最終年度）の研究概略を述べる。

(2) Output 1: 効率的なバイオマス前処理条件の確立

① 研究のねらい

ターゲットとする2種類のバイオマスに対する効率的な前処理法の確立を目指す。具体的には、希硫酸処理を比較対象として、水熱処理法をベースに、新しい前処理法をバガスと EFB に対して検討した。2016年度までに、1種類の有機酸が、希硫酸に替わる効果的な前処理効果を有していることを明らかにした。更には、複数の界面活性剤との組み合わせによる相乗効果を検証した。

② 研究実施方法

昨年度に引き続き今年度も水熱処理法の代替として有機酸を使用し、この有機酸と界面活性剤によるバイオマス前処理効果の改善効果を検討した。

③ 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

2015年度までに、ある種の有機酸を添加する事で、希硫酸処理法と同等の前処理効果を示す新しい前処理法を確立できた。2016年度はこの有機酸でのバイオマス前処理工程に、界面活性剤を添加することで、バイオマスの構造変化がどの程度まで誘導することが可能か、その最適化の検証を実施した。しかしながら、ここで、担当学生が病気になり、現在、研究を一時中断せざるを得ない状況となっている。

一方で、バイオマスの大量糖化プロセスは、スケールアップに向けて重要な要素であり、2016年10月より神戸大学に博士後期課程学生として入学した1名の研究者(RC Biomaterial)によって、バイオマスの攪拌効果と糖化効果に関する解析を実施している。

④ カウンターパートへの技術移転の状況

2015年10月より1名の研究者を大学院生として受け入れており、2016年度はさらに日本側（神戸大学）に合計2名の研究者を LIPI (RC Biomaterial)より招聘した。2名のうち、1名は2016年10月より博士課程の学生として、そしてもう1名は短期研修生として来日した。そして、神戸大学においてバイオマスの前処理技術を神戸大学の研究者と連携して構築した。機材導入に関しては、2014年度にインドネシア側にも神戸大学設置の機器と同様の機器の導入を完了しており、インドネシア側においても、神戸大学での実験と同じ実験を実施可能な状況を、ハードウェア（機材の側面）、ソフトウェア（技術的側面）の両面より可能としている。

⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開

昨年度から有機酸による前処理に関して特許出願を検証している。まだ出願に至っていないが、公表はしておらず（公知になっていないので）、その新規性を弁理士と議論する計画である。

(3) Output 2: バイオマス分解に適した酵素の評価

① 研究のねらい

本年度は昨年まで NBRC 公開菌株約 850 株のスクリーニングを行い、実バイオマスであるバガスを基質として、効率的に分解を行うセルラーゼの探索により得られた、市販セルラーゼ (CTec2) との相乗効果が高い No.247 の関連遺伝子のクローニングと異種発現系の構築を行った。

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

② 研究実施方法

NBRC 菌株指定の液体培地を用いて 4 日間培養した後、実バイオマス（1%バガス）入り最少液体培地に植菌し、7 日間培養して生育できた培養液をサンプルとした。培養液は 12,000g、4℃で 5 分間遠心して培養上清をサンプルとして用いた。培養液 3 μl ずつを 0.5% カルボキシメチルセルロース (CMC) プレートに滴下し、37℃で 48 時間保温した。その後、0.25% Congo red を用いて 30 分間染色して 1M NaCl で活性が確認できるまで振盪した。また、SDS-PAGE と Zymogram 法でセルラーゼとヘミセルラーゼの活性を確認すると共に培養液と 1FPU の CTec2 を混ぜて糖化実験を行いスクリーニングした。さらに、活性が高かった菌株は大量培養（150 ml）して培養液を濃縮し、タンパク質の濃度を測定した後、1FPU のタンパク量の 10 倍量のサンプルと 1FPU の CTec2 と混ぜて糖化実験を行うとともに 1FPU のタンパク量の 10 倍量のサンプルのみでも糖化実験を行った。関連遺伝子のクローニングは No.247 のゲノムを鋳型にし、PCR 法と *in vitro* クローニング法を用いて遺伝子の完全長をクローニングした。異種発現系は遺伝子の完全長に His6 タグを付けて pUC702 プラスミドに組込み、野生株の *Streptomyces lividans* (*S. lividans*) を形質転換して作製した。酵素の精製はアフィニティ精製 (Ni sepharose excel) を用いて行った。

③ 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

NBRC 公開菌株合計約 850 株に対してセルラーゼ分泌株探索を行った結果、約 20 株の放線菌で高いセルラーゼ活性（ハロサイズ 2 cm 以上）を検出することができた。培養液と 1FPU の CTec2 を混ぜて糖化実験を行った結果では顕著な相乗効果を表す株はなかった。高いセルラーゼ活性を示した菌株を大量培養して 1FPU のタンパク量の 10 倍量のサンプルと 1FPU の CTec2 と混ぜて糖化実験を行った結果、CTec2 との相乗効果が BSA 効果より高い 1 株 (No.247 株) が確認できた。この株は培養上清（1FPU のタンパク量の 10 倍量のサンプル）のみでも糖化を示したということで、本菌株は培養液中にバイオマス糖化を助長させる酵素（アクセサリー酵素）を分泌していると考えた。

そこで、アクセサリー酵素に着目して相乗効果への関与を検討した。具体的には、グルコース二糖類（セロビオース）やセロビオオリゴ糖類を分解する α -glucosidase (BGL)、ヘミセルロース骨格をつくるキシランを分解する xylanase、さらにリグニンとヘミセルロースの結合骨格を分解する acetyl xylan esterase や feruloyl esterase といった酵素に着目した。これらの酵素によって頑丈なバイオマスの構造を緩くして、多糖の分解を担う endoglucanase (EG) や cellobiohydrolase (CBH) といった酵素のアクセシビリティが増すことで、相乗効果に寄与していると考えている。実際に、少量の CTec2（約 1FPU/g-バイオマス）を添加したバガスに No.247 株の培養液を加えて糖化実験を試みた。その結果、CTec2 単独に比べて No.247 株の培養液を加えた実験系では少量 CTec2 に対する相乗効果が確認できた。相乗効果に関与するアクセサリー酵素を特定するために、No.247 のゲノムから BGL、endo-xylanase (GH10 and GH11)、acetyl xylan esterase、さらに feruloyl esterase の遺伝子完全長をクローニングした。さらに異種発現系を用いて目的酵素の精製にも成功した。精製酵素と 1FPU の CTec2 と混ぜて糖化実験を行った結果、BGL、endo-xylanase (GH10) と feruloyl esterase の組み合わせで高い相乗効果を示したが再現性が取れなかった。原因は相乗効果を生む各酵素の割合、さらにセルラーゼには多くの種類が存在するためにクローニングした酵素遺伝子以外の関与も考えられる。

一方で、インドネシア側では同じ手法を用いてスクリーニングを行った。そこで、興味深い菌株とし

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

て見つかったのは BTCC480 株と BTCC96 株である。BTCC480 株はバイオマスのヘミセルロース構造を構成するキシランを分解する xylanase を生産する放線菌であることがわかった。BTCC96 株は BTCC480 株に存在しないフェルラ酸ブリッジを切断する酵素 feruloyl esterase を生産する放線菌である。BTCC480 株と BTCC96 株の培養液を用いてバガスの酵素糖化を行ったところ、No.247 株の相乗効果活性を上回った。BTCC480 株と BTCC96 株のゲノムから目的遺伝子のクローニングを行ったが、現在、異種発現系を構築して *S. lividans* および酵母での異種発現を検討しており、実バイオマスの酵素糖化の評価も行っている。

また、インドネシア由来の生物資源のみを用いて、効率的なタンパク質発現系の構築を行っている。インドネシア由来の放線菌宿主として、InaCC/BTCC 菌株からスクリーニングした。その結果、*S. lividans* より優れた宿主を新たに獲得した。この宿主は 28 °C での培養 24 時間程度で最大菌体重量 (TSB 培地での培養により乾燥菌体重量がおよそ 6 g/L) に到達しており、*S. lividans* より生育速度が速く、菌体重量が多い。そのため、効率的にタンパク質を発現する宿主になりうると考えられる。現在、この新規な放線菌に対して異種発現系の手法を確立している。具体的には、遺伝子が入りやすいように細胞をプロトプラスト化して形質転換する手法を最適化している。そして、タンパク質の発現量の評価を行っている。

④ カウンターパートへの技術移転の状況

2015 年度から神戸大学において、LIPI (RC Biotechnology) から論文博士コースの学生を受け入れている。この学生が、2015 年度に引き続き 2016 年度も約 5 か月間、神戸大学に滞在して、セルラーゼ生産株の探索に関する基盤技術の技術研修を実施した。2016 年度は新たに 2 名の研修生を LIPI (RC Biotechnology) から受け入れ、研究を推進してきた。2017 年 4 月からは、神戸大学博士前期課程 (マスターコース) へと 1 名の受け入れを既に行い、放線菌の分子育種に関する基礎的教育及び研究を開始している。更に 2 名の研究員を研修生として受け入れ、LIPI (RC Biotechnology) 側へと技術の移転を積極的に推進させる計画である。

機材面では、2013 年度および 2014 年度の機材導入によって、インドネシア側にも神戸大学設置の機器と同様の機器の導入を完了しており、インドネシア側においても、神戸大学での実験と同じ実験を実施可能な状況を、ハードウェア (機材的側面)、ソフトウェア (技術的側面) の両面より整備した。

⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開

予定通りである。

(4) Output 3: バイオ燃料 (エタノール) とバイオ化学品 (乳酸) を生産する微生物開発と発酵

① 研究のねらい

2015 年度までは、エタノール生産と乳酸生産に適した酵母株を高速かつ適切に選抜するために、NBRC の酵母株 (現時点では約 1500 株) をモデルライブラリーとして用い、スクリーニング手法を確定することを目指した。その手法を用いて実バイオマス (バガスおよび OPEFB) から効率的なエタノールおよび乳酸発酵生産を確立する。

② 研究実施方法

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

実験方法としては、実バイオマスの糖化液を想定して、グルコース及びキシロース、さらには高濃度の複数の副生成物(酢酸、ギ酸等)から構成されるモデル発酵培地を作製し、この培地中の高温度(35℃)で増殖し発酵する酵母株の選抜及び発酵特性の解析を確立した。また、多検体スクリーニング(一度96検体)を可能にするために、スクリーニングはディープウェルで行い、分析は多検体分析に適している高速HPLCを用いて行った。本手法はInaCCライブラリーを想定した探索にも適しており、インドネシアでは同じ手法でInaCCの酵母ライブラリー(約800株)のスクリーニングも実施した。また、今年度では優良と思われる酵母株に対して完全ゲノムの解読を行い、エタノール発酵および乳酸発酵に必要な発現系の構築も行った。

③ 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

昨年度の500株に加えてさらに1000株のNBRCの酵母を用いて、その実現可能性(対阻害物(酢酸、フルフラール等)耐性、対グルコースおよびキシロース資化性能)を検証した。その結果、エタノール生産用宿主株として新たに2株、また乳酸生産用の候補宿主として8株の酵母株の選抜に成功した。何れの株も、これまでに上記の目的で使用された経験の無い株であり、非常に新しい知見を有している。その中で非常にユニークで、かつ高性能な菌株として*Saccharomyces cerevisiae* F118株(エタノール発酵用)と*Candida boidini* K212株(乳酸発酵用)が見だされ、両菌株に対して次世代シーケンスによる完全ゲノムの解読を行った。得られたゲノム情報から薬剤耐性遺伝子、栄養マーカー、複製起点など、幾つかの有用な遺伝子を獲得し、各菌株における発現系が確立できた。両酵母株は発酵阻害剤耐性を有しており、低pH(2付近)でも増殖および発酵できるので、実バイオマス発酵には非常に適している。

また、インドネシア側では同じ手法でスクリーニングを行い、優良株はInaCCから14株、BTCCから6株が確定しており、さらにスクリーニングとクロスチェックを行った結果、エタノール生産用宿主株として2株、また乳酸生産用の候補宿主として2株まで絞って、酵母株の選抜にも成功した。今年度ではインドネシア側で見つかった優良株BTCC3(*Saccharomyces cerevisiae*)株に関して発酵阻害剤耐性、エタノール発酵活性に関する検討を行った。その結果、BTCC3株は増殖が速く、高速にエタノール発酵ができ、工業生産株であるエタノールレッド(ER)酵母に比べて非常に高い阻害剤耐性とエタノール発酵活性を有していることがわかった。F118株に比べて性能が低いが、ER性能を上回ることでインドネシアでのエタノール発酵用宿主として利用期待できる。乳酸発酵用宿主として2株(*Pichia*属)が選ばれたが、低pH耐性、高濃度乳酸耐性などを条件として最終検討に進行している。

2016年度、表層提示するための遺伝子発現系の構築を行い、F118株から表層提示するためのアンカータンパクをコーディングする遺伝子のクローニングも成功している。新規アンカーの機能を確認するために、蛍光タンパクGFPの表層提示用の発現系を構築して、実験室酵母株(YPH499, BY4741, BY4743)、K212株、F118株およびBTCC3株に形質転換してみた。その結果、すべての酵母に形質転換できて、特にBTCC3ではその発現が明確に確認できた。現在、Output2で獲得したセルラーゼタンパクとの融合タンパクの構築を行い、優秀なエタノール発酵酵母および乳酸発酵酵母での表層提示を行う計画である。

乳酸発酵関係ではすでに*Bos taurus*(Bt)由来L型乳酸発酵遺伝子を基に発現系の構築も行った。確認のために、実験室酵母である*Saccharomyces cerevisiae* BY4743株に導入し、グルコースを含んだYPD培地で発酵を行ってみた。その結果、グルコース20g/lからL型乳酸を約2g/l程度生産できることを確認した。本酵母はエタノールを約8g/l程度生産したためであり、現在K212株への形質転換の確立を行って

【平成28年度実施報告書】【170531】

いる。今後 Bt 由来 L 型乳酸遺伝子だけではなく、乳酸菌由来遺伝子やその他のリソースからの発現系も検討を計画している。また、乳酸を再利用できないようにするために乳酸取り込みに関わるトランスポーター遺伝子の破壊を行っている。こうして、乳酸発酵においてより効率の高い結果が得られると期待できる。

また、長崎大学では、バイオマス分解に適した酵素を酵母細胞表層に提示して評価するために必要な基盤技術として、パン酵母 (*S. cerevisiae*) の実験室株で常法となっている酢酸リチウム法やエレクトロポレーション法での遺伝子導入が困難な多様な子囊菌類での遺伝子導入例が報告されているアグロバクテリウム感染法 (*Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation; ATMT) による野生型酵母へ遺伝子導入技術基盤の構築を行った。具体的には、植物用に開発された pBI121 バイナリープラスミドのボーダー領域(LB, RB)の間に酵母用の薬剤耐性マーカーとなる抗生物質 G418 に耐性を付与する KanMX カセットを緑色蛍光タンパク質 ymUKG1 と T2A 配列を介し融合し、内在性遺伝子とのキメラを形成した ymUKG1 を T2A 配列部位で自己切断することで、活性型の KanMX を生産する戦略とした。

現在までに、プロモータートラップ法に用いる実用酵母用のバイナリープラスミドの構築が完了した。クラブツリー効果が陰性の実用酵母菌株として、インドネシアで分離された *Wickerhamomyces anomalus* NBRC0130 株を用い、外来遺伝子導入法としてプロモータートラップ法を採用することで、*W. anomalus* NBRC0130 株が持つ内在性プロモーター制御下で外来遺伝子として *KanMX* を発現させることができるか検証を行った。その結果、*W. anomalus* NBRC0130 株 (WT) が 0.05 mg/L の G418 濃度で生育阻害を示したのに対し、0.1 mg/L の G418 濃度条件下で耐性を示す組換え株の取得に成功した。さらに、乳酸生産株作製の *LDH* 遺伝子導入ベクターの構築が完了している。これまでに、プロモータートラップ法により *KanMX* 遺伝子と *LDH* 遺伝子を導入した組換え株では、pH 指示役の BCP を添加した条件下で中性を示す紫色が酸性を示す黄色に変化することから、乳酸が生産できることが示唆された。さらに 2017 年度では、インバース PCR 法により、プロモーター領域をサブクローニングすることにより、実用酵母でバイオマス分解酵素を発現させるのに適したプロモーターを取得し、バイオマス分解酵素発現用ベクターの構築を行う。

④ カウンターパートへの技術移転の状況

2016 年度は日本側 (神戸大学) に 1 名の研究者を LIPI (RC Biotechnology) より招聘して、酵母株の選抜や代謝解析に関する基盤技術の技術研修を継続的に実施した。更には 2016 年度からは 1 名の国費留学を受入、バイオプロセスの下流に位置する膜濃縮プロセスに関しても技術移転を開始した。

そして、機材導入に関しては、インドネシア側にも神戸大学設置の機器と同様のジャーファメンターを導入した。この機器の導入により、大型装置での発酵特性解析が実施可能な状態となった。

⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開

NBRC および BTCC のライブラリーに登録されている菌体には、これまでに我々が見出すことが出来なかった特徴的な発酵特性を示す菌株が多く登録されており、これまでのバイオエタノール生産研究に用いた株を凌駕する有能な菌株を見出せた。これは、今後バイオエタノール生産やその工業化に、早い段階で関連できる、有能な技術であると考えている。そのために、現在、特許出願の準備を進めている。

(5) Output 4: バイオマスからバイオベースポリマーを開発

① 研究のねらい

2016年度はポリ乳酸の機能性を向上させるために、D-、およびL-乳酸から合成されたポリ乳酸を用いて、エレクトロスピンニング法を用いてポリ乳酸繊維の機能化を目指した。具体的には、ポリ乳酸を繊維状に紡糸（糸にする方法）として、ポリ乳酸の有する電気的な特性を用いて電場にて紡糸し、不織布を構築することで、ポリ乳酸の特性を評価した。

② 研究実施方法

2016年度はLIPI (RC Chemistry)より1名の短期研修者を受け入れた。インドネシア側にて開発を進めてきたポリ乳酸の効率的合成に使用可能な化学触媒 (SnOct_2) を用いて、D-乳酸、およびL-乳酸からのポリ乳酸合成を実施した。更にはポリD-乳酸とポリL-乳酸から構成されるステレオコンプレックスポリ乳酸も同時に構築した。そして、各々の合成の後、エレクトロスピンニング法によってポリ乳酸による不織布を構築し、その物性を解析した。

③ 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

インドネシア側にて開発された化学触媒 (SnOct_2) は、これまでの研究成果よりポリL-乳酸には適していることが明らかであったが、ポリD-乳酸の化学合成にも適している事が明らかとなった。また、ポリD-乳酸とポリL-乳酸から構成されるステレオコンプレックスポリ乳酸は、一般的知見と同様に、ポリD-乳酸もしくはポリL-乳酸と比較して、そのガラス転移温度が飛躍的に上昇することが明らかとなった。2017年度は、ポリ乳酸合成時の分子量を高めることを検証する。

④ カウンターパートへの技術移転の状況

2016年度はLIPI (RC Chemistry)にポリ乳酸の分子量を測定するための分子量測定装置を導入する計画を予定したが、税関の問題で、2017年6月に納品が完了する計画である。2016年度は、LIPI (RC Chemistry)で開発された化学触媒を神戸大学に持参し、神戸大学にてそのポリマー合成能力を評価してきた。この結果、LIPI (RC Chemistry)からの研修者は研修を通して、神戸大学にて測定技術を習得しており、2017年度にはインドネシア側において、分子量測定技術を活用できるものであると推測している。

⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開

該当事項なし。

(6) Output 5: フィージビリティスタディと統合バイオリファイナリープロセスの構築

① プロジェクトのねらい

目的は、日本の化学企業とインドネシアのバイオマス関連企業の橋渡しを行い、バイオマスコンビナートおよびバイオリファイナリー事業を、インドネシアで推進することである。そして、日本、インドネシアの両方の企業群にとってWin-Winの関係を構築することである。

② 研究実施方法

【平成28年度実施報告書】【170531】

2017年1月に日本側において複数のカウンターパートの研究者およびインドネシア企業の技術者を招聘して、日本におけるバイオマス事業関連における技術者・研究者とバイオマスリファイナリーの実現可能性について議論を行った（ビジネスミーティング）。

③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

意見交換会では、昨年度の意見交換を踏まえて、インドネシアでの事業化に高い興味を有している兵庫県の1社のプラント関連企業(尼崎市)と具体的なバイオリファイナリー事業の計画の議論を進めた。特に、インドネシアでの事業化を見据えた場合に、どの廃棄性のバイオマスを活用し、プランテーションとの連携を進めていくのか、そのプロセススキームの議論を行った。その結果、技術的な問題は少なく、小規模での実証検証を実施することで合意を得た。そこで、2017年度はベンチスケールのプラントを構築し、そのフィジビリティを行うことで合意した。そして、インドネシアに存在する多くのプランテーションにその技術の売り込みを行っていく計画である。

④ カウンターパートへの技術移転の状況

該当項目なし。しかしながら、技術移転の計画は提案されつつある。この場合、技術移転と、技術の流出は表裏一体であり、厳格な契約を締結することが肝要である。技術流出のリスクがある場合には、日本企業の参画が厳しいというコメントを受けた。

⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開

該当項目なし

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）

現在、本プロジェクト、Output2～4 はほぼ計画通りに進行していると考えている。一昨年度からの懸念事項として InaCC のカルチャーコレクションへのアクセスに多少の懸念事項を有していたが、我々のプロジェクトに先行して進行していた NITE・NBRC の鈴木博士の SATREPS 「生命科学研究及びバイオテクノロジー促進のための国際標準の微生物資源センターの構築」によって、その利用に関する制度設計が構築され、2016 年 4 月にそのコレクションを用いた Output2 および 3 におけるスクリーニングが実施可能になった。このお陰で、2016 年度は、インドネシア側の研究者が日本に研修に訪日する際に、インドネシア側にて探索した菌株を日本に持ち込む事が容易に行えるようになった（植物防疫所の許可は取得済み）。したがって、2016 年度は、インドネシア側にて探索された菌株に関して、日本での解析が十分に実施できたと判断している。

今後の留意事項としては、InaCC の資源はインドネシア由来の生物資源で、その権益はインドネシアにあることに注意し、コンプライアンスを遵守して日本への持ち込みなどに関して双方での確認を入念に実施しながら研究を進行させていく予定である。

Output5 に関しては、インドネシアでの社会実装が最終目標であり、その具体的な出口は、インドネシアでのバイオマス関連事業の起業であると考えている。そのためには、日本企業とインドネシア現地企業の情報交換を推し進めて、両者にとって(経済性の観点で)有益性のある意見交換が出来る場を常に提供することであると考えている。2015 年度に引き続き、2016 年度もビジネスマッチングを実施して、より具体的な事業化へのプランニングが実施できたと考えている。これまでの技術的見通しと、経済性評価の計算より、今後はパイロットプラントでの実証が必要となっているので、2017 年度内には、他予算の獲得と活用を行い、インドネシアに数百リッター規模のパイロットプラントを設立する計画である。そして、インドネシアの多くの企業にショーケースとして示し、インドネシアでの社会実装の可能性をより具体的に実施したいと考える。

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

プロジェクト全体の現状と課題： Output1～4 は研究計画であるが、Output5 は両国間のコミュニケーションを主としており、この研究とコミュニケーション間のギャップを、どの様に有機的に融合するかが重要であると考ええる。

2016 年度は、論文を公表するための多くの基礎知見を獲得することに成功したが、まだ論文公表している数は非常に少ないのが問題点である。2017 年度は、最終年度であり、必ず Output1～4 において各 2 報の論文投稿を実施し、それによって学術的に高いインパクトを示す。そして、日本、インドネシア、双方の学術基盤の底上げを目指す。

(2) Output 1: 効率的なバイオマス前処理条件の確立

相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用：これまでに複数の実験機器を導入したが、その機器の自主的な維持が出来るかどうか懸念事項である。具体的にはバイオマス前処理装置の修繕費用などが懸念事項である。

類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等：希硫酸に替わる新しい前処理法を確立する計画であるが、この分野は、全世界的に研究者が多く、一刻も早く論文化する事が重要である。

(3) Output 2: バイオマス分解に適した酵素の評価

相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用：これまでに複数の実験機器を導入したが、その機器の自主的な維持が出来るかどうか懸念事項である。具体的には、GC-TOF-MS、HPLC の修理費用など、故障が発生した場合に懸念する。また、消耗品として使用している、分析用のカラムの交換費用を捻出できるのか、費用捻出のプロセスを JCC などで確認が必要である。

類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等：放線菌より得られるセルラーゼ製剤の分解能力が、絶対的評価として、高いのか？確実に評価を実施する必要がある。

(4) Output 3: バイオ燃料（エタノール）とバイオ化学品（乳酸）を生産する微生物開発と発酵

相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用：これまでに複数の実験機器を導入したが、その機器の自主的な維持が出来るかどうか懸念事項である。具体的な懸念事項は、導入したバイオリクターのガラス製品部分が高額であるが、使用方法によっては破損し易く、使用方法ガイダンスの徹底と、修繕費用の捻出が懸念事項である。

類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等：すでに複数の有力株を
【平成 28 年度実施報告書】【170531】

これまでのコレクションより探索できた。これらの有力株は、特許性が高い。従って、特許出願の後に、論文文化を早急に急ぐ必要がある。

(5) Output 4: バイオマスからバイオベースポリマーを開発

相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用：2017年度は、GPCが導入されるので、化学触媒の最適化などを早急を実施し、その知財性を明らかにする必要がある。

類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等：ポリ乳酸の化学的合成は世界的にも研究者が多いので、知財化と論文文化を必ず進める必要がある。

(6) Output 5: フィージビリティスタディと統合バイオリファイナリープロセスの構築

相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用：2014-2016年度と同様に、継続的に両国間のビジネスミーティングの実施、国際シンポジウムの実施が必要である。

類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等：最終年度であり、社会実装の具体的なシナリオを確実に提言しないとイケない。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

該当事項なし

(2) 社会実装に向けた取り組み

このプロジェクトでは、インドネシアでの社会実装が最終目標であり、その具体的な出口は、インドネシアでのバイオマス関連事業の起業であると考えている。そのためには、日本企業とインドネシア現地企業の情報交換を推し進めて、両者にとって(経済性の観点で)有益性のある意見交換が出来る場を常に提供することであると考えている。そのためには、ビジネスマッチングやビジネスミーティングを頻度高く実施して、双方の現状理解を促進し、情報の相互普及活動を行っていく。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

該当なし（複数の現地での大手新聞による情報・記事はあります）

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。)
2016	Ishii, J., Okazaki, F., Djohan, C. Apridah., Hara, Y. K., Asai-Nakashima, N., Teramura, H., Andriani, A., Tominaga, M., Wakai, S., Kahar, P., Yopi, Prasetya, B., Ogino, C., Kondo, A. (2016) From mannan to bioethanol: cell surface co-display of β -mannanase and β mannosidase on yeast <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ., <i>Biotechnology for Biofuels</i> , 9, 188	10.1186/s13068-016-0600-4	国際誌	発表済	掲載誌の <i>Biotechnology for Biofuels</i> 誌は、インパクトファクターが約5以上であり、バイオテクノロジー分野における燃料や化成品生産に関する学術誌としては、非常にインパクトが高い雑誌の一つである。
2017	Amoah, J., Quayson, E., Hama, S., Yoshida, A., Hasunuma, T., Ogino, C., Kondo, A. Simultaneous conversion of free fatty acids and triglycerides to biodiesel by immobilized <i>Aspergillus oryzae</i> expressing <i>Fusarium heterosporum</i> lipase., <i>Biotechnology Journal</i> , in press	10.1002/biot.201600400	国際誌	in press	この論文は、この雑誌において注目され、雑誌の表紙を飾ることができた。

論文数 2 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 2 件
 公開すべきでない論文 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。)

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 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
2015	第1回国際シンポジウム報告書			発表済	
2016	第2回国際シンポジウム報告書			発表済	

著作物数 2 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
2016	プロジェクトブリテン No.1			発表済	
2016	プロジェクトブリテン No.2			発表済	
2016	プロジェクトブリテン No.3			発表済	
2016	プロジェクトブリテン No.4			発表済	

著作物数 4 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

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
2014	国際学会	Nanik Rahmani ¹ , Pamela Apriliana ¹ , Alifah M. Jannah ¹ , Santi Ratnakomala ¹ , Puspita Lisdiyanti ¹ , Yopi ¹ , Bambang Prasetya ¹ , Prihardi Kahar ² , Chiaki Ogino ² , Akihiko Kondo ² : Output 2-Production and Evaluation of Lignocellulose degradation enzymes : International Symposium of Integrated Biorefinery (ISIBio) : 9月25日	口頭発表
2014	国際学会	Nanik Rahmani ¹ , Norimasa Kashiwagi ² , JaeMin Lee ² , Satoko Niimi-Nakamura ² , Hana Matsumoto ² , Prihardi Kahar ² , Puspita Lisdiyanti ¹ , Yopi ¹ , Bambang Prasetya ¹ , Chiaki Ogino ² , Akihiko Kondo ² : Cloning and expression of gene encoding GH5-family Endo β -1.4-mannanase from rare actinomycete isolated from Indonesian soil in Streptomyces lividans 1326 and its characterization : International Symposium of Integrated Biorefinery (ISIBio) : 9月25日	口頭発表
2014	国際学会	Atit Kanti ¹ , Senlie Octaviana ¹ , Apridah CD ¹ , Ario B ¹ , Hans W ¹ , Ahmad Thontowi ¹ , Yopi ¹ , Prihardi Kahar ² , Chiaki Ogino ² , Akihiko Kondo ² : Output 3-Screening of Bioethanol Producing Yeast : International Symposium of Integrated Biorefinery (ISIBio) : 9月25日	口頭発表

招待講演	0 件
口頭発表	3 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
2014	国際学会	Prihardi Kahar, JaeMin Lee, Chiaki Ogino, Akihiko Kondo, (神戸大学) : Exploration of yeast strains capable of utilizing lignocellulosic biomass for production of ethanol and lactic acid : International Symposium of Integrated Biorefinery (ISIBio) : 9月25日	口頭発表
2014	国際学会	Chiaki Ogino, Prihardi kahar, JaeMin Lee, Norimasa kashiwagi, Akihiko Kondo, (神戸大学) Young Asian Biochemical Engineers' Community (YABEC)2014 Microbial screening for biorefinery research : National Chung Cheng University(台湾) : 11月6~8	口頭発表
2015	国際学会	Chiaki Ogino, Prihardi Kahar, JaeMin Lee, Akihiko Kondo, (神戸大学) : Japan-Europe academic workshop for sharing ideas and experiences towards strategic partnership building International neteorking biobased chemical production in Asia : International collaboration between Japan and Indonesia in Biorefinery by SATREPS project : 神戸大学(神戸) : 2月4日	招待講演
2015	国内学会	Prihardi Kahar, 李載ミン, 松本華, 大塚裕美, 荻野千秋, 近藤昭彦, (神戸大学) : 実バイオマスからエタノール発酵するための酵母株の探索 : 第9回日本ゲノム微生物学会大会 : 神戸大学(神戸) : 3月8日	口頭発表
2015	国内学会	Prihardyi Kahar, 李載ミン, 荻野千秋, 近藤昭彦, (神戸大学) : 実バイオマスを微生物交換するための新しい酵母プラットフォームの探索 : 日本農芸化学会2015大会 : 岡山大学(岡山) : 3月28日	口頭発表
2015	国内学会	牧野翔真, 石井純, 荻野千秋, 仲山英樹(長崎大学, 神戸大学) : アグロバクテリウム感染法によるクラブツリー陰性酵母の形質転換 : 第52回化学関連支部合同九州大会 : 北九州国際会議場(北九州) : 6月27日	ポスター発表
2016	国内学会	Ario Betha Juanssilfero: Single cell oil production from oleaginous yeast Lipomyces starkeyi D35: 化学工学会関西支部 第3回留学生交流会 : 神戸大学(神戸市) : 12月7日	ポスター発表
2016	国内学会	Hans Wijaya: Comparative Study by direct fermentation by using saccharomyces cerevisiae BY4741 and F118: 化学工学会関西支部 第3回留学生交流会 : 神戸大学(神戸市) : 12月7日	ポスター発表
2016	国内学会	Rezky Lastinov Amza: High Density Culture of Oleaginous Lipomyces starkeyi D35 for Large Scale Lipid Production: 化学工学会関西支部 第3回留学生交流会 : 神戸大学(神戸市) : 12月7日	ポスター発表

招待講演	1 件
口頭発表	4 件
ポスター発表	4 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				Dr.Lisman	Metoda Pembuatan Material Komposit dari Campuran Poliasam Laktat(PLA) dan Mikrofibril Selulosa(MFC)	Lisman Suryanegara; Subiyakto, Reza Aditya Nugraha; Prof.Dr.Suminar S., Achmadi.	P00201608782	20th December 2016	Register		Lisman	RC-Biomaterial	
No.2				Dr.Agus	Pembuatan Poli Asam Laktat (PLA) Menggunakan Katalis Timah Berpenyangga Mineral Liat	Agus Haryono, M.Ghozali, Yenny Meliana, Evi Triwulandari, Indri B.Adilina, Melati Septiyanti, Sri Fahmiati, Witta K.Restu, Yenni A.Devi, A.Hanafi S, Joddy A.Laksmono	P00201506801	20th October 2015	Publication		Agus	RC-Chemistry	
No.3													

※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 2 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													

※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
2016	December 23 2016	Certificate as Center of Excellence	Center of Excellence for Integrated Biorefinery in Indonesai	Research Center for Biotechnology LIPI	Ministry of Research, Technology and Higher Education	2.主要部分が当課題研究の成果である	

1 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
2013年	11月20日	National Geographic In	化石燃料開発のためのバイオリファイナリー	WEBサイト	1.当課題研究の成果である	この技術はアブラヤシとサトウキビ産業からのバイオマスを変換するプロセス。
2013年	11月21日	Tempo	インドネシアの研究はこれから	雑誌	1.当課題研究の成果である	インドネシアは巨大なバイオマスを有している。
2013年	11月21日	Pikiran Rakyat	LIPIが再生可能エネルギー開発	新聞紙上	1.当課題研究の成果である	プロジェクト開始のためのキックオフ会議が開催
2013年	11月21日	Technology Indonesia.Com	LIPIがバイオマス燃料の開発	WEBサイト	1.当課題研究の成果である	優良な株菌研究は経済を豊かにする

2013年	11月22日	KOMPAS	LIPIが第2のバイオ燃料を研究	新聞紙上	1.当課題研究の成果である	プロジェクトはバイオ産業のため菌株のスクリーニング開始
2013年	11月23日	MERDEKA	LIPIが化石燃料からバイオ燃料へ	新聞紙上	1.当課題研究の成果である	JST-JICAがセルロースバイオマス研究を支援
2013年	11月24日	BSN.GO.ID	LIPIがバイオマス燃料の開発	WEBサイト	1.当課題研究の成果である	バイオリファイナリー研究拠点プロジェクト開始
2014年	3月8日	KOMPAS	優良な菌株をLIPIがスクリーニング	WEBサイト	2.主要部分が当課題研究の成果である	バイオマス分解酵素の生産は現地の微生物から生産
2014年	8月30日	KOMPAS	LIPIが微生物育種	新聞紙上	1.当課題研究の成果である	スクリーニング後はINACCIに保管される
2014年	11月19日	ANTARA NEWS	LIPIが石油代替え開発	新聞紙上	1.当課題研究の成果である	JICA,LIPI,神戸大学の研究開発が始まっている
2014年	12月12日	TABLOID PODIUM	LIPIが石油代替え開発	新聞紙上	1.当課題研究の成果である	セルロースバイオマスの利用、研究で燃料や化学製品を生産
2014年	11月30日	SINDO	LIPIが石油代替え開発	新聞紙上	1.当課題研究の成果である	JICA,LIPI,神戸大学の研究開発が始まっている
2014年	12月1日	JURNAL ASIA	LIPIが木質バイオマスでバイオフィナリーを研究	雑誌	1.当課題研究の成果である	セルロースバイオマスの研究で燃料や化学製品を生産
2015年	9月17日	Reportase Indonesia	LIPI研究は医薬品、エネルギー問題を克服	WEBサイト	3.一部当課題研究の成果が含まれる	バイオマス研究はインドネシア国内の産業に大きく貢献する
2015年	9月17日	Eksplorasi.	JICAは木質バイオマスから「バイオリファイナリー」を開発	WEBサイト	1.当課題研究の成果である	微生物を選択は700の細菌や酵母由来の微生物を(スクリーニング)実施
2015年	9月18日	Pikiran Rakyat	JICA国際シンポジウム開催	新聞紙上	1.当課題研究の成果である	バイオテクノロジー研究は、地球環境の問題に対処するための解決策を見つけることに重要な役割を果たす。
2015年	9月18日	Bakitkabi (農業省研究機関)	JICA国際シンポジウム開催	WEBサイト	1.当課題研究の成果である	バイオマスからエタノール生産が可能な酵母株の探索

2016年	3月15日	KOMPAS	バイオリファイナリー協力	新聞紙上	1.当課題研究の成果である	インドネシアの研究者が神戸大学訪問しシンポジウムに参加した。
2016年	3月17日	KOMPAS	微生物資源の活用	新聞紙上	1.当課題研究の成果である	神戸大学はJICA-JST事業でインドネシアの微生物コレクションを活用してバイオ研究を行っている。
2016年	3月18日	KOMPAS	バイオリファイナリー技術	新聞紙上	1.当課題研究の成果である	バイオリファイナリー研究協力は社会実装に向けた工場建設がカギである。
2016年	8月25日	Media Cetak Kompas	バイオエネルギー	新聞紙上	1.当課題研究の成果である	このプロジェクト研究成果はバイオ燃料だけに限らず酵素産業の育成にも弾みがかかるだろう。
2016年	12月30日	KOMPAS	生物多様性の豊かさ	新聞紙上	3.一部当課題研究の成果が含まれる	インドネシアは熱帯地域における生物多様性の豊かさを活用しなければならない。LIPIのコレクションをより活用する必要があるだろう。

23 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
2013年	12月10日	バイオリファイナリーワークショップ	デポック (インドネシア)	50人程度	インドネシア側メンバー間でのバイオリファイナリー研究成果発表会
2014年	1月21日	キックオフミーティング	ボゴール (インドネシア)	100人程度	本SATREPSプロジェクトをインドネシアの研究者および技術者に広く情報発信するために開催
2014年	9月25日	第1回バイオリファイナリー国際シンポジウム	ボゴール (インドネシア)	100人程度	本SATREPSプロジェクトをインドネシアを含む東南アジア地域の研究者および技術者に広く情報発信するために開催した
2014年	10月20日 ～25日	研究報告会、および日本国内企業の見学会	兵庫県(日本)	7名程度	神戸大学にて研究報告会を実施し、その後に、住友化学(大阪府)、および酵素製造メーカー(岐阜県)の見学会を実施した。
2014年	12月9日	プランテーション見学およびビジネスミーティング	ボゴール (インドネシア)	40人程度	本SATREPSプロジェクトの社会実装に向けて、インドネシア企業と日本企業の連携を模索する非公開会議を実施した。
2015年	9月16～18日	第2回バイオリファイナリー国際シンポジウム	ボゴール (インドネシア)	150人	本SATREPSプロジェクトをインドネシアを含む東南アジア地域の研究者および技術者に広く情報発信するために開催した
2015年	9月28日～ 10月4日	プロジェクト関連企業4社の見学および進捗報告会	兵庫県(日本)	10人	バイオマス圧縮プレスメーカー・日本溶業(神戸市)、およびバイオエタノール製造メーカー・バイオエナジー(尼崎市)の見学会を実施した。その後、神戸大学にてOutput5のバイオマス情報に関する研究報告会を実施した。

2016年	3月13～3月18日	国際シンポジウム参加およびバイオ関連企業の視察	兵庫県(日本)	8人	関西大学にて行われた化学工学会第81年会で、国際シンポジウムに参加。次の日は、Bio-energyおよびバイオ関連企業を視察。神戸大学内では、PDMIについて協議
2016年	9月16～18日	第3回バイオリファイナリー国際シンポジウム	ボゴール(インドネシア)	250人	本SATREPSプロジェクトをインドネシアを含む東南アジア地域の研究者および技術者に広く情報発信するために開催した
2016年	11月9日～16日	JSTさくらサイエンスプログラムによる若手研究者の訪日と企業見学	兵庫県(日本)	12名	神戸大学、および関連企業の見学を通して、インドネシアの若手研究者と神戸大学の学生間で、バイオリファイナリーに関する学術交流を実施
2017年	1月24～26日	国際ワークショップ参加およびベンチャー企業見学	兵庫県(日本)	11名	神戸大学にてパーム産業廃棄物の有効利用に関する国際合同ワークショップを開催した。参加者は約60名程度であり、企業からも10名以上の参加者を得、廃棄物の有効利用に関する積極的な議論がなされた。

11 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
2014年	1月21日	(日本側)荻野千秋、Prihardi Kahar、原清敬、仲山英樹、岡崎文義 (イ側)プロジェクト代表、LIPI副長官、各プロジェクトのC/P研究所の所長及び各アウトプット研究代表者、インドネシア大学の研究者	年次計画策定	2013年度活動報告及び2014年度活動計画
2015年	3月3日	(日本側)荻野千秋、Prihardi Kahar (イ側)プロジェクト代表、LIPI副長官、各プロジェクトのC/P研究所の所長及び各アウトプット研究代表者、インドネシア大学の研究者	年次計画策定	2014年度活動報告及び2015年度活動計画
2016年	1月15日	(日本側)荻野千秋、Prihardi Kahar、仲山英樹 (イ側)プロジェクト代表、LIPI副長官、各プロジェクトのC/P研究所の所長及び各アウトプット研究代表者、インドネシア大学の研究者	年次計画策定	2015年度活動報告及び2016年度活動計画
2017年	3月16日	(日本側)荻野千秋、Prihardi Kahar (イ側)プロジェクト代表、LIPI副長官、各プロジェクトのC/P研究所の所長及び各アウトプット研究代表者、インドネシア大学の研究者	年次計画策定	2016年度活動報告及び2017年度活動計画

4 件

研究課題名	インドネシアにおける統合バイオリファイナリーシステムの開発
研究代表者名 (所属機関)	荻野千秋 (国立大学法人神戸大学大学院工学研究科)
研究期間	H24採択 平成25年11月から平成30年11月 (5年間)
相手国/主要研究機関	インドネシア共和国/インドネシア科学院 (LIPI)

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	日本のバイオマス関連化学企業とインドネシアの企業の情報交換を通じた、ジョイントベンチャー (JV) の可能性を模索
科学技術の発展	機能未知のインドネシアの生物資源の産業界への還元
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	特許出願【予定】 名古屋議定書に従ったインドネシア微生物資源の工業利用計画の確立
世界で活躍できる日本人材の育成	インドネシア大学と神戸大学の国際単位互換システムの創設【予定】
技術及び人的ネットワークの構築	国費留学生として複数名を受け入れ、本分野のインドネシアでの学問領域の普及を図る
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"> 査読付論文掲載 バイオマス白書の作成 国際会議 招待講演 新聞

上位目標

化石資源と競合しない非可食性バイオマス資源を用いたバイオ燃料・バイオ化学品生産に関わる基盤技術 (バイオリファイナリー) の成果がインドネシアをはじめとするバイオマスを豊富に生産する東南アジアの国々に広く還元される。

バイオリファイナリー技術体系が政府機関、民間企業などに認められ、低炭素社会の構築に向けて、化学企業などに於いて社会実装に向けた取り組みが着手される。

プロジェクト目標

バイオリファイナリー技術の体系化に必要なバイオマス前処理、バイオマス分解酵素開発、微生物宿主の分子育種 (代謝工学、及び細胞表層工学)、及び膜分離技術を用いた発酵試験液濃縮技術を確立し、バイオマス利活用対策及び科学技術水準の向上につながる新たな知見を集積する。

- ① バイオマスからの低コストなバイオ燃料及びバイオ化学品の製造技術が構築され、これらの社会実装が行われる
- ② バイオ膜分離およびバイオプロセスの一貫化によるバイオ燃料及びバイオ化学品の環境適応型生産技術が構築され、社会実装に向けた基盤構築を行う

