

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)

「生物多様性保全のためのパーム油産業による グリーン経済の推進プロジェクト」

マレーシア

国際共同研究期間^{*1}

平成25年11月21日から平成29年11月20日まで

JST 側研究期間^{*2}

平成24年6月1日から平成29年3月30日まで

(正式契約移行日 平成25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： 白井 義人

九州工業大学大学院生命体工学研究科・教授

＜平成24年度採択＞

I. 国際共同研究の内容（公開）

国際共同研究の概要

開発途上国の自然環境の保護とその開発は、途上国の持続可能な発展、地球温暖化問題の軽減のためにも、悩ましい問題である。サバ州の熱帯雨林はオランウータンやテングザル等の自然の宝庫であり、ここを中心としたエコツーリズムはサバ州の重要な収入源である。したがって、この地域の生物多様性は極めて重要である。一方、サバ州の主な収入源は、熱帯雨林にモザイクのように点在する油ヤシがプランテーションと搾油工場が生産するパームオイルであり、これらから排出される処理後のパームオイル廃液は周辺環境に影響を与えており、生物多様性への影響が懸念されている。

すでに、自然を十分に開発しつくした先進工業国とは違い、開発途上国はその名の示す如く、未開発の自然を残し、その保全と開発という二律背反の問題を抱えているし、将来的にも抱える。これらを根本的に解決するためには、部分的に制限された自然開発が、残された自然保護をさらに促進するような方法が必要になる。このように開発と環境保全が共存共栄的に両立する戦略が必須になる。研究代表者らは 20 年に渡り、マレーシア・プトラ大学と共同でマレー半島のパーム産業から排出されるパームオイル廃液の有効利用と地球温暖化ガスの削減の研究を続けてきた。本研究では、パームオイル搾油工場の省エネ・省資源化を図り、環境浄化を促すばかりでなく、余剰のエネルギー・余剰バイオマスを利用し、価値のある製品生産を通じ、その収益から事業的にも成立する廃液のゼロ・ディスチャージを研究している。

ここでは、この考えをサバ州のショーケース搾油工場内に実証パイロットプラント設置し、実際にゼロ・ディスチャージが可能であり、さらにグリーン製品を生産できることを知らしめ、我が国を中心とするバイオマス利活用の優れた技術・アイデアを持つ企業によって企業化がなされることを目指す。これにより、パームオイル産業は環境保全と生物多様性保全に貢献することを可能にし、この周辺のパームオイルや関連製品に環境配慮を保証するブランドとして位置づけ、生物多様性の保全が周辺パーム産業のさらなる活性化を図ることを企画した。

現在、九州工業大学とマレーシア・プトラ大学が中心となり、特に、生物多様性への影響評価の点では、微生物菌叢の多様性変化を中心に、九州大学、マレーシア・サバ大学が主に加わり研究を進め、余剰バイオマスからの付加価値製品の生産に関しては、独立行政法人産業技術総合研究所が主に加わり研究を進める体制を立てている。現在、日本国内、及び、マレーシア国内での実験室での基礎・応用研究では、パームバイオマスの過熱水蒸気処理、パームバイオマスのナノコンポジット化、リグノセルロースのコンポスト生産における微生物の役割等で、着実に成果を挙げているが、昨年、サバ州東部で発生した、いわゆるスルー王国動乱事件により、当初予定していたキナバタンガン川周辺地域でのパイロットプラント設置と実証が困難になり、サバ州西部での適地の探索を実施した。その結果、コタキナバルより車で3時間の位置にあるケニンガウパームオイル工場にパイロットプラントを設置することが決定された。すでに、設置するパイロットプラントの概略も決まり現在、製作・設置・業者決定も終わった。

パームオイル産業は赤道周辺国であれば生産可能である。これらの開発途上国はマレーシアと同様、熱帯雨林の生物多様性保全と開発の両立の問題に直面する。しかし、マレーシアがパームオイルにより貧困から脱出できたように、インドネシア、ナイジェリア等のパームオイル産油国においても同様に、貧困から脱出できるチャンスがある。しかし、その際も自然環境、生物多様性を自律的に如何に保全、

回復させるかは極めて重要な課題である。本事業がその事例になることを強く願うものである。

国際共同研究の目的(上位目標)

パームオイル産業の余剰エネルギーとバイオマスを有効に利用することにより、新たなグリーン産業を興すことにより、キナバタンガン河流域をはじめとするサバ州のパームオイル産業からの廃水による汚染物質を無くし、周辺生物多様性の保全に貢献することを上位目標とする。その指標として以下の3点を挙げる。

1. 本事業で提案され、あるいは、啓発された技術が、少なくとも2社のパームオイル産業で採用される。
2. 本事業で提案され、あるいは、啓発された技術が、投資家の主導により、10社のパームオイル工場で採用される。
3. 本事業の成果の活用がマレーシア・サバ州の関係行政機関により議論され始める。

国際共同研究の成果目標(プロジェクト目標)

革新的な新たな知識と実現可能な技術が活かされてケニンガウにおいてビジネスモデルが開発され、それがパームオイル産業を持続可能なグリーン産業に変換することができるものとして関連する人々に認められることをプロジェクト目標とする。その指標として以下の4点を挙げる。

1. 少なくとも5社が本事業提案のビジネスモデルや投資モデルに基づいて現実に投資を考え始める。
2. 少なくとも2社が本事業で達成された研究結果や新技術の利活用を表明する。
3. 本事業の課題やトピックスに関連した査読付き学術論文を50報以上出版する。
4. 本事業の課題やトピックスに関連した研究によって10人以上の博士、10人以上の修士を輩出させる。

国際共同研究で求められる結果 (Output)

Output 1

「ゼロ・ディスチャージ」の有効性がエネルギー効率の改善を通じて確認され、その結果余剰のバイオマスと余剰エネルギーが生じることが実際のパームオイル工場に設置されたゼロ・ディスチャージの「ショーケース設備」によって示される。その指標として以下の5つを挙げる。

- 1-1 ゼロ・ディスチャージを目指したショーケース設備が実際に稼働するパームオイル工場に設置され運転が公開される。
- 1-2 ショーケース設備の運転記録が残り、適切に管理される。
- 1-3 余剰のエネルギー、バイオマス、高温蒸気、メタンガスが有効に利用されることが示される。
- 1-4 バイオコンポジット、炭、コンポストが余剰のバイオマスから製造できることが示される。
- 1-5 ショーケースで排出された水が完全にリサイクルできることが示される。

Output 2

提案されたビジネスモデルの妥当性が提案されたゼロ・ディスチャージによって確認され、余剰のバイオマスと余剰のエネルギーを用いた新しい産業が創出される。その指標として以下の2つを挙げる。

- 2-1 有効なビジネスモデルと投資モデルが費用便益分析法により提案される。
- 2-2 余剰バイオマスによって作られた製品が試供品として提供される。

Output 3

革新的技術によりパームバイオマスとパームオイル工場の余剰エネルギーが有効に利用され、パームオイル製造工程に伴う環境負荷が低減される。その指標として以下の11を挙げる。

3-1 ベースラインになる環境調査報告がなされる。

3-2 ゼロ・ディスチャージの結果（ショーケース設備での再生水）の生物多様性への影響を調査するための適切なサンプリング地点が決定される。

3-3 ゼロ・ディスチャージの結果（ショーケース設備での再生水）の生物多様性の復元への影響が科学的検証される。

3-4 ナノ・バイオコンポジットとして利用できるナノファイバー製造における過熱水蒸気の効果を確認される

3-5 パームバイオマスファイバーとプラスチック母体の間のナノサイズの界面の制御が確認される。

3-6 ナノ・バイオコンポジットのマスターバッチが提供される。

3-7 過熱水蒸気処理などに伴うナノ・スペース（<100nm）の形成と制御とバイオマス由来のナノ・コンポジット性能評価（弾性率対汎用樹脂 50%up）のバイオコンポジットの製造（MFI>5）。

3-8 母材プラと同等以上で20%以上廉価なバイオコンポジットの供給。

3-9 ナノ・セルロースファイバーの製造法が提案される。

3-10 パームバイオマスからの糖化収率が80%以上になる。

3-11 パームバイオマスから製造された炭とコンポストの品質が向上する。

Output 4

ここで提案するビジネスモデルと研究結果の有効性がサバ州政府と国内外の企業・投資家に認知される。その指標として以下の3つを挙げる。

4-1 本事業のビジネスモデルと研究成果に関するワークショップ、セミナー、見本市等が開催される。

4-2 少なくとも、企業、投資家が全部で100社以上、これらイベントに参加する。

4-3 これらイベントがマスメディアの報道の対象になる。

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 (4ヶ月)	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度 (8ヶ月)	H 年度 (ヶ月)
1. 研究題目1 実際のパームオイル工場でのショーケース設備を用いたエネルギー効率の改善によるゼロ・ディスチャージの実証と余剰バイオマスと余剰エネルギーの確認						
1-1 研究活動1-1 ショーケース設備設置工場の決定	←*	→ 工場の決定 (終了)				
1-2 研究活動1-2 ショーケース設備の基本及び詳細設計		←*	→ 入札図書の完成 (終了)			
1-3 研究活動1-3 ショーケース設備の製造と設置			←*	→ 設備完成		
1-4 研究活動1-4 ショーケース設備の完成と運転開始、及びマニュアルの整備と試運転			←*	→ 本格運転可能な状態に		
1-5 研究活動1-5 ショーケース設備の本格運転				←*	→ 本格運転	
1-6 研究活動1-6 データ収集				←*	→ データ収集	
1-7 研究活動1-7 データ解析とゼロ・ディスチャージの効果確認			←*	→ データ解析開始		
1-8 将来的なプラントのための運用・整備のモデル計画					←*	→ モデル計画提案
2. 研究題目2 提案ゼロ・ディスチャージ法と余剰バイオマス、エネルギーを用いる新産業に関するビジネスモデルの関連企業・組織による検討						
2-1 研究活動2-1 関連企業・組織によるゼロ・ディスチャージ効果の検討				←*	→ 議事録の提出	
2-2 研究活動2-2 費用便益分析による関連企業・機関との検証				←*	→ 議事録の提出	
2-3 研究活動2-3 関連企業・機関とのビジネスモデルの収益性の検証				←*	→ 議事録の提出	
2-4 研究活動2-4 ビジネスモデル、投資計画の準備と修正				←*	→ 議事録の提出	
2-5 研究活動2-5 ショーケース設備による温暖化ガス削減効果の研究				←*	→ 議事録の提出	

3. 研究題目3 サバ州パームオイル製造に伴う環境負荷の低減とパームバイオマス、工場余剰エネルギーの有効利用によるグリーン産業の創出のための革新的科学技術の開発 3-1 研究活動3-1 共同研究グループの形成と研究方法の決定 3-2 研究活動3-2 パームオイル工場による水系生態系と生物多様性に与える影響を検討するためのベースライン調査 3-3 研究活動3-3 サバ州観察サイトの定点観測と観測結果の分析とレポートの提出 3-4 研究活動3-4 パームオイル廃液の生態系に及ぼす影響 3-5 研究活動3-5 余剰バイオマス、廃液、高温蒸気の有効利用のための基礎研究と成果の利用法の検討 3-6 研究活動3-6 バイオプラスチック素材の開発とナノテクノロジー企業への提供						
			研究方法の確定（終了）			
		微生物を含む指標生物の調査		微生物を含む指標生物の確定		
			定期的なレポートの作成			
		ショークケース設備の最終処理液の微生物を含む指標生物に対する影響評価法の研究		菌叢変化説明 指標生物の化学物質解明*		
		コンポスト、炭製造の確認 コンポストの菌叢解明		糖化効率 70%以上 高カロリー炭の製造 炭含有肥料の菌叢解明	糖化効率 80%以上 高カロリー炭の製造 炭含有肥料の菌叢解明	
		セルロース・ナノ・ファイバー製造効率		60%以上		
	過熱水蒸気処理によるナノ・スペース（<100nm）の形成 気相重合によるナノ・インターフェース制御（重合率対バイオマス	ナノ・コンボジット（弾性率対汎用樹脂）の形成 ナノ・インターフェース（重合率対バイオマス10%以上） ナノ・コンボジットの溶解成形性の確認（MFI>5）			性能評価 50%up	
4. 研究題目4 サバ州政府、国内外の企業、投資家によるビジネスモデルの妥当性確認と研究結果の広い周知 4-1 研究活動4-1 本事業のビジネスモデルと研究成果に関するワークショップ、セミナー、見本市等の開催 4-2 研究活動4-2 SDBEC等他のサバ州関連事業と連携と対話 4-3 研究活動4-3 サバ州の人材育成と開発技術の普及のためのSDBEC等サバ州基盤の他事業の協力 4-3 研究活動4-3 報道機関を通じての情報公開						
		本事業のビジネスモデルと研究成果に関するワークショップ、セミナー、見本市等の開催				
		少なくとも、企業、投資家が全部で100社以上、これらイベントに参加				

*サバ州東部地区で外国人を対象とした誘拐事件が頻発し、渡航ができなくなり、協力工場を急遽サバ州西部に見つける必要がでたため、研究が大幅に遅れた。

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

本研究の最も重要なポイントは上記、概要で述べた本研究のコンセプトを、実際にサバ州で稼働するパームオイル搾油工場にショーケースとなるパイロットプラントを設置し、企業家、投資家をはじめとする一般の人々に、ゼロ・ディスチャージを理解し、その際発生する余剰のバイオマス、エネルギーを有効に利用することにより、新たなグリーン産業の創出と周辺環境が改善されることを実感させることである。本年度の最大の成果は、研究題目1の達成に目途がたち、パイロットプラントの設計が終わり、製作、設置のための作業が開始されたことである。これにより、大きく遅れていた研究計画は、これまでの遅れを取り戻すべく、進むことになる。

一方、グリーン産業創出のための新たな技術開発については、これまでも着実に続けており、今年度も10報を超える論文の出版と特許出願も済み、また、後ほど詳述するが、当初予想していなかった、技術展開もあり、こちらの方は概ね予定通りの進捗が見られる。すでに、多くの企業家、投資家の試料提供の依頼、ショーケース設備稼働後の見学予約等、社会実装のために欠かすことのできない、一般社会の高い関心を得ている。

(2) 研究題目1 実際のパームオイル工場でのショーケース設備を用いたエネルギー効率の改善によるゼロ・ディスチャージの実証と余剰バイオマスと余剰エネルギーの確認

①研究題目1の研究のねらい

パームオイル産業のゼロ・ディスチャージを達成できること、また、その際、余剰の蒸気エネルギー、電力、バイオマスがどの程度利用可能であることを実働している工場をショーケースとし、パイロットプラントを用いて実際に示すことがねらいである。

研究グループ（九州工業大学） 上記の日本側任務のすべてを担当する。

②研究題目1の研究実施方法

ショーケース設備であるパイロットプラントを UPM、UMS の協力を得つつ、定期的なゼロ・ディスチャージ実験とデータ採取と分析による余剰エネルギーとバイオマス量を推算する。

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

研究グループ（九州工業大学）

サバ州西部、ケニンガウパームオイル工場（社長：Datuk Yap Yun Fook）にショーケース設備であるパイロットプラントを設置することが正式に認められた。JICA に委託された株式会社エヌ・ジェー・エス・コンサルタンツにより、パイロットプラントの設計と製作・施工・設置等の責任会社を選択する入札が実施され、1 月に Swing Water 社に決定した。現地に実際に稼働する工場に研究コンセプトを示すパイロットプラントをショーケース設備として

設置し、広く社会実装のために、企業家、投資家を含む一般に公開する試みは、SATREPS の中でも本事業が初めてであり、国情による R/D 署名の大幅遅れ、サバ州東部地区動乱とそれに続く誘拐事件の多発により、事業実施場所の変更を余儀なくされたとはいえ、関係者が一致団結して取り組んだ結果、ようやく、目玉になる研究の開始に目途を立てることができた。

④研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

研究グループ（マレーシア・プトラ大学：UPM）

上記ショーケース設備の設置、調整を支援し、運転、データ採取にあたっては、要員の確保、指導、実際の運転を担当する。データの採取、保管、解析を九州工大と協力する体制を計画した。これら設備はマレーシア側に提供される。

研究グループ（マレーシア・サバ大学：UMS）

上記ショーケース設備の設置、調整を支援し、データの解析を九州工大と協力する体制を計画した。

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

昨年度に想定外の大問題（研究拠点の変更）が起こり、今年度はその解決に注力し、問題を完全に解決した。

(3) 研究題目 2 提案ゼロ・ディスチャージ法と余剰バイオマス、エネルギーを用いる新産業に関するビジネスモデルの関連企業・組織による検討

平成 26 年度は、まだ、研究は開始されなかった。

(4) 研究題目 3 サバ州パームオイル製造に伴う環境負荷の低減とパームバイオマス、工場余剰エネルギーの有効利用によるグリーン産業の創出のための革新的科学技術の開発

①研究題目 3 の研究のねらい

ここでは、余剰のパームバイオマスと蒸気を原料とする新技術開発をねらう。具体的には、ナノファイバー、糖、化学品原料などの有用物質、高機能コンポスト、高機能バイオチャー（炭）の製造法の開発を目標とする。その際、応用のねらいもあり、バイオマスコンボジットの製造を特に具体的なねらいとする。一方、生物多様性に関する研究についても、微生物叢変化を検討することにより、環境変化との関連性を UMS が所持する既往データを対照することによりパームオイル産業の廃水の影響を明らかにする。

研究グループ（九州工大）

上記の内、糖製造を除く部分を主に担当する。

研究グループ（産総研）

上記の内、糖化と糖からの化学品原料の製造、ナノファイバーの製造及び、それらの関連分野を担当する。

研究グループ（九大）

上記、微生物叢変化を伴う部分を主に担当する。

②研究題目3の研究実施方法

研究グループ（九州工大）

産業技術総合研究所、九州大学、マレーシア・サバ大学とも連携し、パームバイオマスの有効利用法を研究する。特に、搾油工場で排出される膨大な廃蒸気を過熱水蒸気として利用する技術、それらバイオマスの表面を、気相重合技術を利用して処理し、ナノコンポジットを製造する技術の開発を行う。また、パームバイオマスであるパームオイル廃液処理汚泥とパームバイオマスから良質な肥料や炭をつくることで、様々な価値の製品をパームバイオマスから製造する。

研究グループ（産総研）

パームオイル搾油工場から排出される固体残渣（バイオマス）のうち、現時点で有効利用が進んでいないアブラヤシ空果房（EFB）、メソカープファイバー（MF）について、前処理・糖化工程を経て糖化液に変換し、糖化液から付加価値の高い物質を生産する技術を開発する。あわせて EFB、MF からマテリアルとしてのセルロースナノファイバーを製造する技術を開発する。これらの技術はプロジェクト終了後に民間企業へ技術移転することで、パームオイル搾油工場のゼロ・ディスチャージ化に貢献する。

研究グループ（九大）

キナバタンガン川流域のモニタリング・サンプリングポイントの選定を行う。また、パイロシーケンサーによる環境微生物叢の試験分析法をブリッジPCR法による方法に変更して適用法を確立する。九州工業大学、マレーシア・プトラ大学、とも連携し、搾油後椰子殻（EFB）、工場廃液（POME）、メタン発酵廃液（Digested sludge）およびこれらの組み合わせによるコンポスト化における有機炭素分解プロセスについて、化学分析と菌相変化から把握する。このような変換過程を細菌種レベルで把握する方法として、16SrDNAのバーコードピロシーケンスにより細菌群集構造分析法を確立すると共に、主要な分解関与細菌及び指標細菌候補を種（OTU）レベルで抽出する。

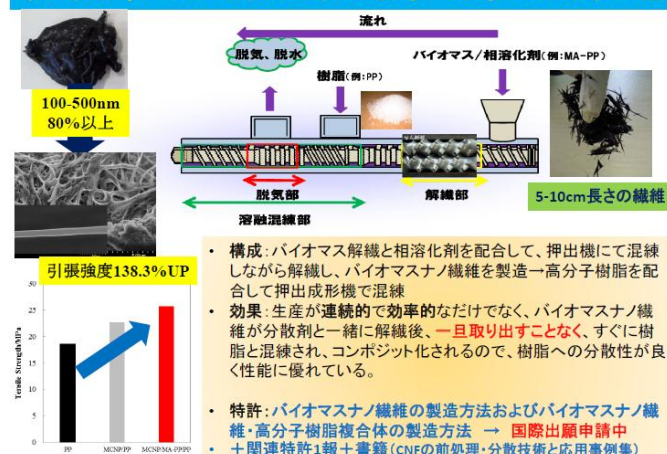
③研究題目3の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

研究グループ（九州工大）

昨年度、過熱水蒸気処理によるメソカープファイバーの変化を詳細に追跡し、過熱水蒸気処理などに伴うナノスペース（ $<100\text{nm}$ ）の形成と制御について検討を行った。その一方で、樹脂と複合化をした際に繊維界面との相溶性が低く複合材料の力学的性質に影響を及ぼすことが明らかになった。自然界の植物繊維は様々な形状を成しており、メソカープファイバーは核を守る働き（クッション材）であるため、しなやかな繊維形状である。また、繊維には約 $20\mu\text{m}$ のシリカ粒子が存在し、核を守る程度の弾力性がある。このメソカープファイバーから均一な形状を得るには $20\mu\text{m}$ 以下にすることが、形状の安定性を得るために必要である。メソカープファイバーのナノ粒子化後の界面密着性について検討を行った。メソカープファイバーをリアクティブプロセッシングにて湿式

により行った。ナノスケールまで解繊した粒子を用いて樹脂との複合化を行った結果、粒子形状の安定により高分子複合材の力学的性質の引張強度が PP に比べ約 20%の向上が確認された。また、相溶化剤を用いた場合はさらに約 38%向上をした。リアクティブプロセッシングを用いたメソカープファイバーのナノ解繊を行うことで、従来法に比べ格段に簡便な方法でナノ粒子化する新しい技術開発につながった。

リアクティブプロセッシングによるバイオマスのナノ化



Appearance of the composite sheet with different particle size



PP/MF:63μm
95/5 (wt/wt)

PP/MF:500nm
95/5 (wt/wt)

ナノコンポジットフィルムとマイクロコンポジットフィルムの比較

新規で画期的なナノ・コンポジット製造法のまとめ

研究グループ (産総研)

産総研担当部分については、マレーシア・プトラ大学と連携し、当初計画通り、EFB、メソカープファイバーの前処理・糖化の効率を上げるために種々の方法を検討した。EFBは2mmアンダーの粉碎と水熱処理で高い糖化率が得られたが、構造が強固なメソカープファイバーは1.5%NaOHを加えた水熱処理をしたのち機械的に粉碎処理することで、ようやく糖化が進むことが分かった。

EFB、MFからのセルロースナノファイバーを製造し、その特性を評価した。EFBから幅20nm程度のセルロースナノファイバーを製造することができ、粒度分布測定では、平均径は3~5μmであった。水熱処理によって黒色のオイル状物が溶出してきたため、水洗が必要であった。ナノファイバー製造効率を向上させるためには、オイル等の夾雑物の効果的な除去が必要と考えられる。

研究グループ (九大)

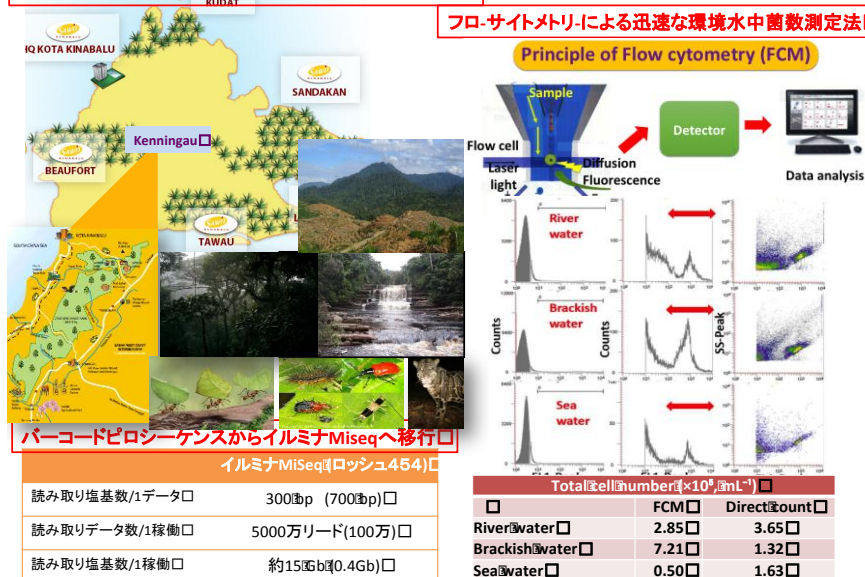
当初キナバタンガン河流域のパームオイル工場の周辺環境の定点観測を予定していたが、サバ州東部地区の治安改善の目途がたたず、実証パイロットプラントをケニンガウに設置されることが決まった。そこで、UMSと協議の上現在、サバ州内の広域に分布する一次林(原生林)、二次林、と隣接するパームプランテーション及び湖沼・河川地域を適切に選定し、地域内の定点における、理化学的性状、高等動植物の分布とともに、微生物多様性を調査することとした。そのための、新規なハイスループット細菌群集構造解析法の改良法確立(Rosch454プラットフォームから、Illumina Miseqへの変更)をほぼ完了した。また、河川水中の細菌細胞数をセルアナライザーを用いて迅速に定量する方法をほぼ確立した。

(3-4はPOのテーマ番号)

3-4 Investigate Influences of palm oil mills to the biodiversity

モニタリングの場所・方針・分担を決定

フローサイトメトリによる迅速な環境水中菌数測定法



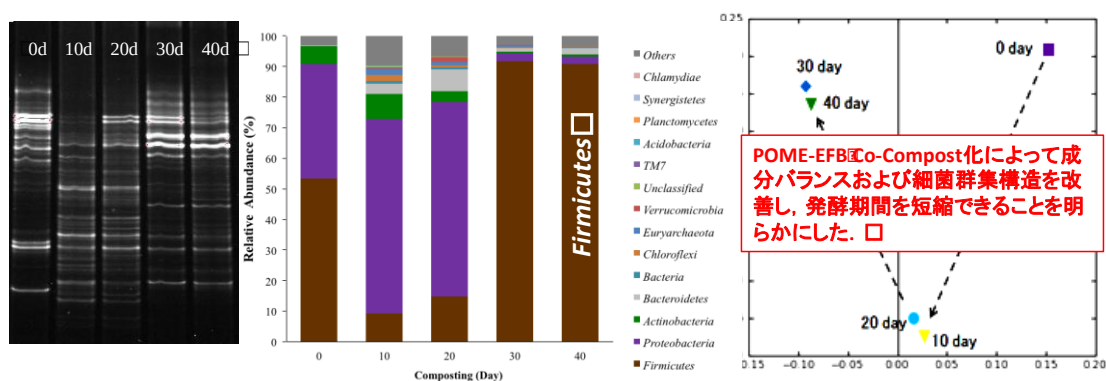
バーコードピロシーケンスからイルミナMiseqへ移行

イルミナMiseq (150 cycles, 454)

読み取り塩基数/1データ	300bp (700bp)
読み取りデータ数/1稼働	5000万リード(100万)
読み取り塩基数/1稼働	約15Gb (0.4Gb)

EFBおよびDSからの共コンポスト化における細菌叢変化をDGGEおよびピロシーケンスにより解析し、発酵初期に嫌気性の Firmicutes 門細菌が主であったが、発酵中期ではプロテオバクテリア門が主に変わり、さらに発酵後期では好気性の Firmicutes 門細菌がほぼ 9 割以上を占めるという変化をすることが判った。これらの遷移は再現性を持って異なるクラスターに移ることが主成分分析からも明らかになった。今後、フィードバック分離の手法を適用して、有用細菌種の純粋分離が可能となろう。

3-5-1 Research on the quality improvement of compost from palm biomass (3-5-1 は P O のテーマ番号)



④研究題目3のカウンターパートへの技術移転の状況

研究グループ (マレーシア・プトラ大学: UPM)

九州工大、産総研、九大の成果の一部を共同で達成した。九州工大にはのべ 1148 日、29 人の研究者、学生が滞在し、共同研究を実施した。昨年度に引き続き、アシファが SATREPS 枠国費留学生として引き続き博士後期課程で就学中である。また、産総研にはラフィン博士が 12 ヶ月滞在し、共同研究を実施した。九大にはのべ 99 日間滞在し、11 人の研究者、学生が滞在し、共同研究を実施した。一方、カウンターパート側からは、パームオイル搾油工場における残渣発生状況や利用状況に関する技術情報

の提供を受けている。

研究グループ (マレーシア・サバ大学：UMS)

九州工大、九大の成果の一部を共同で達成した。九州大学に2014年4月より、SATREPS枠の国費留学生として、マレーシア・サバ大学よりクレメント・チンを生物資源環境科学府国際コース博士課程に受け入れている。

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

九工大の研究において、ナノコンポジットの作製法で画期的な方法が開発された。これは提案時には発想していなかった方法であり、マスターバッチの提供に道を拓くことができた。

(5) 研究題目4 サバ州政府、国内外の企業、投資家によるビジネスモデルの妥当性確認と研究結果の広い周知。

①研究題目1の研究のねらい

アウトリーチと社会実装のためのカウンター企業、投資家の募ることがねらいである。

全研究グループが協働、連携する。

②研究題目1の研究実施方法

少なくとも年2回、マレーシアと日本で企業、投資家対象のワークショップを開催する。

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

全研究グループ 少なくとも2回のワークショップをマレーシアと日本で1回ずつ開いた。すなわち、7月18日（金）にサバ州コタキナバルで企業、報道機関、政府機関を対象にワークショップを開催し、44名の出席があった。また、12月21日（日）に九州工業大学で企業対象のワークショップを開き、73名の出席があった。

サバ州の関連組織、SDBECと年に1回の意見交換会を6月25日に実施した。

The three dons
in the Green
Economy with
Palm Oil
Industry Project
(from left):
Prof Shirai,
Prof Mohd
Ali Hassan and
Prof Charles.



Kan Yaw Chong

At last, the Pome (palm oil mill effluents) may be loved instead of being hated.

Villagers hate Pome when it escapes into rivers because they lose every essential - can't drink, cook, bathe, or irrigate crops with the polluted water any more and get very angry for also killing their river fisheries.

But now, zero waste discharge or entirely zero emission at the palm oil mill looks like a distinct possibility, a workshop and project launch last Thursday portrayed that optimism.

The promise is organic-matter-saturated Pome can become "as clean if not cleaner than river water, and we are providing that opportunity," Universiti Putra Malaysia (UPM) Professor Mohd Ali Hassan raised some eyebrows, citing proofs from a pilot project at his university that he and his Japanese collaborators had fixed this hated 40-year-old polluter that had snuffed out dissolved oxygen and rendered many of Sabah's dead, after inflicting similar dead zones in Peninsula Malaysia.

Prof Ali and his Japanese collaborator Prof Shirai exuded confidence about an imminent breakthrough environment wise and business wise, assuring a Triple-Win outcome for the 3Ps - Profit, People and Planet.

Mills can be as harmless as a dove

Well, it's refreshing that Malaysian dons and Japanese technocrats have joined forces to push the implementation of what some call "true sustainability" in an industry that emits a massive cargo of wastes of 60-70 million tonnes of liquid palm oil mill effluents and 83 million dry tonnes of solid biomass.

Just feed these hated wastes through a simple and appropriate technology, it will turn around all the negative feeling into positive money making resources, they argue.

The reasons for their optimism? First, the dramatic turn-around doesn't take high-tech stuff which is not sustainable, the UPM professor stressed. Just "appropriate technology" involving simple methods will do! And Sabah needs not reinvent the wheel.

The simple methods have been developed and used to great success in Japan in the bamboo industry and all UPM had done was to modify it a bit to suit oil palm biomass, Prof Ali articulated his optimism at the launching ceremony of 'Project on Promotion of Green Economy with Palm Oil Industry for Biodiversity Conservation' last Thursday.

It was witnessed by the Secretary of Natural Resources Sabah, and orchestrated in the background by Jica (Japan International Cooperation) and the Japan Technology Industry the collaborative partners of UPM.

Secondly, the 'appropriate technology' is based on a fully integrated approach which literally turns a palm oil mill into a one-stop producer of a whole range of smart and functional products, bio-charcoal, bio-absorbents, bio-compost, bio-fertiliser, bio-composites and electricity that are actually used to scrub Pome into clean water which the mill can recycle and reuse in the production of CPO.

So, in effect, palm oil mills become as harmless as a dove.

A break-away method of production to help nature rebound

As Prof Ali puts it: "In our new proposal, we are going for many products and at the same time we reduce pollution, so you can see the water is as clean if not cleaner than river water."

To make it simple, we have the waste treatment for nano fibre and bio-composite as one project, we have bio-charcoals and bio-absorbents as another project, bio-composts and bio-fertiliser as third project and big project in biodiversity conservation, where we'll be looking for indicator species to assess rebounds of the ecosystem," Prof Ali explained.

For this purpose, we are collaborating with Kyushu University where we are going to use whatever best techniques involving the use of DNA to identify indicator species which hopefully rebound after this project, because some of them have already been affected by pollution," he added.

So a central theme of this project is biodiversity, Prof Ali said.

Smart products from an integrated project makes the cut

"The difference is in the integrated nature of this project, where we use the resources at the mill to create end products, and we recycle the water, you can see (picture slide at his presentation) from these red dotted lines, that everything is contained, eventually we want to utilise all the biogas for various for various products, meaning zero emission and biodiversity conservation," Prof Ali said.

"Appropriate technology" is the nature of the bio-charcoal UPM has managed to produce in collaboration with the Japanese.

"Bio-char, everybody knows this is charcoal, but we are going for a different kind of charcoal - biocharcoal which is high in pore volume with appropriate size for bacteria to colonise (or for the bacterially-stay in the bio-charcoal) because bio-char provide carbons for food sources for bacteria and at the same time high in surface area at first around 300 but now we have achieved 500 in the lab, meaning more absorption capacity for effluent treatment," Prof Ali pointed out.

"So we go for not only bio-charcoal, we call it bio-absorbent which also absorbs a lot of waste and this is material we'll use to treat our bio-discharge to as clear as the water in the sea."

"What is important is we produce this bio-charcoal with a very simple method - appropriate technology, just by using a simple treatment for biochar used for bamboo in Japan. But we modified that for oil palm biomass in our pilot plant at UPM and we can produce material that is even better that is produced originally from bamboo in Japan," he said.

Prof Ali also passed around a piece of the bio-composite, to those attending the presentation.

"Not to confuse you with compost which is a fertiliser, a composite is actually where we use the 'appropriate technology' to blend 50 per cent plastics with 50 per cent biomass," he said.

"This means we can use the excess fibres which are already shredded and so it's a ready waste, and the boiler is there while the mills have a lot of excess steam which we can use to treat this biomass."

"In terms of science, this process of using super-heated steam is within local capacity and one project we would like to do most, by using the resources available from within the mill," he said.

Testing 'appropriate technology' in real mill in Sabah

But what if the pilot project is put into a real palm oil mill operation? Will the lofty zero emission at the mill work?

Well, that was what the signing of Letter of Intent between the UPM and Keningau palm oil mill owner, Yap Yun Fook was meant to do - to test the technology in the real world.

"Originally, we wanted to do it in Sandakan but due to the security, Japanese are not allowed to there so we had to switch location and we thank Mr Yap very much for helping us," Prof Ali said.

So the roles of the project parties are as follows:

"Japan has a lot of technology and some of these are not only pioneer technology but also business models, and we would like to promote these technologies as appropriately as possible in Malaysia," he said.

"We would be working with industries so that these industries can tell us whether these technologies can be implemented after the project has terminated or hopefully even during the duration (four years) the project itself," Prof Ali said.

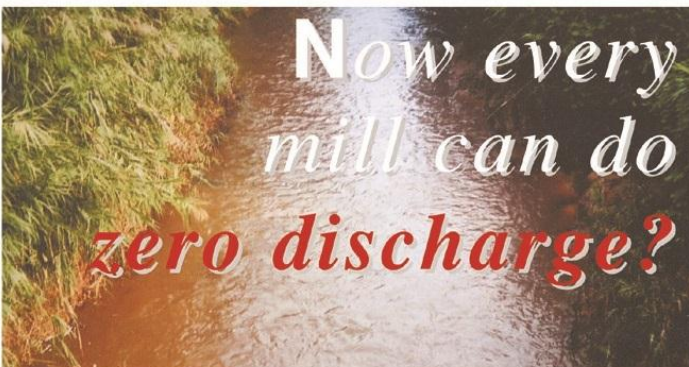
The role of UPM is obvious but the University of Malaysia Sabah has also been put into the picture, especially on the environment side, Prof Ali said.

"Every party has their role, as well as Japanese companies to promote their technology in collaboration with us. It may not be 100 per cent, as we need to modify things to make it work for oil palm industry and oil palm biomass."

"On top of that, Kyushu University which has a branch in UPM for a few years, will continue, such as more staff and student exchange," he said.

Don't No high-end technology needed to clean Pome up

"What I would like to stress is we do not intend to promote any high end technology, because high end technology is not sustainable. So we would like to promote what is appropriate technology, something that the industry can do by themselves, we just want to show the way in terms of operations, where they can improve, create more value from the biomass and we want to have this 3Ps together, integrating the 3Ps - Profits, People, Planet," Prof Ali pointed out.



Close up of a Pome polluted Sungai Puntl in Sook, Keningau, sent to the Daily Express by a Head of village who was very upset by a sudden loss of clean drinking water but his protests to the authorities fell on deaf ears, according to the village chief contacted later

"Usually people out there see only either one or maybe only two, maybe only profit and people but not planet, so we say this must be integrated, this is a sustainable model, so we subscribe to this with your help, also together to make it happen," Prof Ali appealed.

Emphasising the 3Ps - Profit, People, Planet

"And I would like also to stress in that order - first Profit, people, and then planet because if you put the planet first, it will not happen, because no body will spend money just to save the environment at their cost, not many people will do that, people need motivation for them to move but at the same time we also want people and planet to move, such as creating jobs for people," Prof Ali noted the delicate balance.

Not forgetting the promotion of education, through for instance, students exchange, citing students from Japan who had come to Malaysia to enjoy the country, getting to know the culture more and more, and vice versa, he said.

"In terms of the business opportunity, we leave it to the millers to pick up. We have some concept, for instance in the area of fertilizers, where currently, we use about RM8 billion," Prof Ali noted.

"For palm oil, if in our country, if we can generate RM1 billion of bio-compost within the resources of the mills maybe from empty fruit bunch alone, that is a big value but we do not say you replace the chemical fertilisers, we only say you can supplement them," Prof Ali explained.

"I would like to stress we are providing a basket of technology, we are not saying you have to do this, you have to do that, this is an opportunity and we also invite other private companies to show their technology and it is up to the mills to choose which technology they want."

Don on why has it taken so long to deal with Pome issue

Asked why have the mills been sitting on the Pome issue since the 1974 which inspired the drafting and gazettement of the Environment Quality Act 1974 because of explosive protests from villagers in Peninsula Malaysia in the late 60s, Prof Ali said:

"Basically they argued that the technology is not there, or the technology is very expensive, such as membrane and so on and so we are introducing 'appropriate technology'."

"Appropriate technology means relevant to the industry which they can use, where they are using their own biomass to produce their bio-charcoals and bio-absorbents which are required to treat effluents to clean water which in turn can be recycled and so there is zero Pome discharge into the rivers," he said.

Asked if he is confident the 'appropriate technology' will perform in a real mill?

"I am confident, very confident but it's a challenge to us to prove that it can be done in a pilot project within a mill. We have done it in our pilot plant at UPM but we have to transport the biomass materials and so it's not integrated. That's so why we want to do it in the mill like that owned by Yap, where it becomes integrated, where we are dealing with the wastes while the actual crude palm oil production is not disturbed but of course we'll spend part of the electricity a lot of which could come from biogas eventually," Prof Ali explained.

Prof Ali asserts that effluents from one whole mill can easily generate one megawatt of electricity or more, which Felda had done.

"But Felda uses only biogas and didn't do the full integration, while other companies do only the compost, we want to show integration," Prof Ali distinguished where the major difference in his project lie.

"Electricity is just from the biogas and based on our calculation, you can have enough energy for electricity just from biogas but many mills don't do that just in case something goes wrong with the biogas plant then they have to shut down so they have also the biomass boilers," he explained the pragmatic side of the mills.



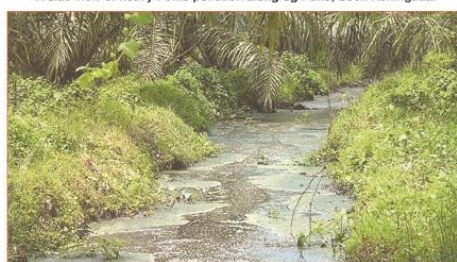
File pic shows Pome discharged directly into a stream from an oil mill in Keningau, prompting protests from villagers.



Yap Yun Fook (centre front), owner of Keningau palm oil mill, signing the Letter of Intent witnessed by a crowd of Japanese and State Natural Resources Office representatives.



A side view of heavy Pome pollution along Sg Puntl, Sook Keningau.



Trench filled with foul Pome due to improper treatment in Eastern Sabah.

④研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

特になし。

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

想定通り、企業、投資家の関心を引いている。

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）

今後のプロジェクトの進め方の留意点

これまで多くの問題点（R/D 署名の非常な遅れ、再三のショーケース設備設置場所の変更、採択時の超円高（1 USD=75 円）から現在の円安（1 USD=120 円）への急変による実質予算の大きな減額、マレーシア側マッチング予算の未決定）があったが、それぞれ、日馬両国の関係機関（日本側参加機関、マレーシア側参加機関、JICA、JST、サバ州、サバ州天然資源庁（NRO）、マレーシア教育省高等教育局）の間の強い信頼関係と粘り強い説明をもって、決して拙速に走らず、遵法を疎かにせず、機が熟す機会を待ち続け、常に準備を怠らず、機が熟したと判断できたときには、躊躇することなく、即決で事態の打開を目指した。その結果、採択されて丸2年以上、正式契約をしてから1年3か月もかかったが、本事業を阻害する大きな障害はすべて克服された。それでもまだ小さな問題は依然として存在する。たとえば、ショーケース設備であるパイロットプラントの設置において、サバ州環境局の設置許可が、この報告書を書いている時点では出ていない。これも相手には相手の立場があることであり、自分達の都合のみを説いても国情も違い、文化、作法も違う中で、不信感だけが醸成され、何ら益にならない。これまで、両国参加機関の関係者が再三説明にサバまで出向いており、最後は、マレーシア側研究代表のモハメッド・アリ教授まで出向いたが、依然、正式な許可は出ない。しかし、おそらく、突然にサバから呼び出しがあり、電光石火に許可書が発行されると見込んでいる。この機会を決して失うことなく、常に準備しておくことが最も大事なことであり、これまでの経験から言える。

一方、円安の問題については、本事業のコンセプトを一般に理解してもらうことに徹し、虚飾を捨てて機能のみを示すことに徹し、最小限の規模に留めることで克服した。さらに、マレーシア側マッチング予算については、アリ代表ばかりでなく、チーフ・アドバイザーも再三、マレーシア教育省高等教育局を訪ね、本件のマレーシアにおける有用性を粘り強く説明し続けた。その結果、昨年10月、何の前触れもなく、突然の教育省からのUPM訪問があり、電撃的に300万リンギット（現在のレートで1億円）のカウンターパート予算が発表された。これにより、ショーケース設備の運転予算（これはJICA、JSTとも予算支出不可）が確保でき、大きな問題はすべて解決された。

成果達成の見通し

現在、懸案であったショーケース設備は設置、運転される目途が立った。今年の下期には稼働し、一般公開できる。このような状況のもと、若干、研究計画からの遅れはあるが、プロジェクト目標の達成は十分可能であり、上位目標の達成も、現在、関心を示されている企業家、投資家の数から考えても達成が十分期待できる。すでに、多くの企業から、ショーケース設備が稼働した後の見学予約がある。

社会的インパクトの見通し

本事業は、社会実装されることを研究課題4をもって課しており、また、プロジェクト目標はそれを強く意識したものである。さらに、再来年度から実施される研究課題2はその具体化、具現化であり、本事業の成否自体が社会的インパクトの大きさに依存している。

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

前章でも述べたが、現在のところ大きな課題はすべて克服された。その経緯、理由、また、現在ある小さな問題も如何に克服するかは前節で述べた。それを参照されたい。

- ・ 各種課題を踏まえ、研究プロジェクトの妥当性・有効性・効率性・自立発展性・インパクト

そもそも、実際に稼働している工場に、研究目的の完遂を実証するショーケース装置を持ち込み、それを公表するという考え自体、その実現性はたいへん困難であることが予想され、また、現実には困難であった。しかし、その困難を解決して改めて思うことは、日馬両参加機関の強い信頼関係とそれぞれの責任を十二分に果たしたことに つきと 思う。これは、参加機関だけでなく、JST、JICAともに、困難に直面するごとに適切な助言があり、また、自らもできる限りのことはしてもらった。助言に耳を傾けるすなおさ、謙虚さもたいへん重要であり、チームワークの重要さは、こうして最大の難関を乗り越えた後に痛感することである。

- ・ プロジェクトの自立発展性向上のために、今後相手国（研究機関・研究者）が取り組む必要のある事項

特に、九州工大は、マレーシアプトラ大学とはお互いに補完しあって、この20年間研究を続けてきた実績がある。もともと、シニア・アドバイザーはマレーシア側、プロジェクトマネージャーのモハメッド・アリ教授が岡山大学から博士を取得するときの実質的な指導教官であり、いわゆる、日本式教育を施し、博士取得に導いた歴史がある。本来、バイオマスの研究であったが、20年前、日本には膨大なバイオマス変換に関する研究、技術があったが、膨大で均一なバイオマスが集まっているような場所はなかった。すなわち、研究してもそれを実際に役立てる機会がなかった。一方、マレーシアには当時、技術もアイデアも日本ほどはなかったが、パームオイル産業に代表するように、膨大で均一なバイオマスが集まっている場所があった。すなわち、機会があったのである。このようにお互いに補完しあい、この20年共同研究を続け、アリ教授は環境バイオテクノロジーの分野でマレーシア No. 1 の教授になった。その結果、シニア・アドバイザーとの査読付き共著論文は100報を超えるまでになった。今後は今回の事業を通じ、このような例をUMSにも、また、UPMの若手研究者にも増やしていく努力を、本事業を通じて試みなければならない。

(2) 研究題目1 実際のパームオイル工場でのショーケース設備を用いたエネルギー効率の改善によるゼロ・ディスチャージの実証と余剰バイオマスと余剰エネルギーの確認

- ・ 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。

前章参照。

- ・ 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

前章、前節参照。

研究グループ（九州工大）

前章、前節参照

（3）研究題目 2 提案ゼロ・ディスチャージ法と余剰バイオマス、エネルギーを用いる新産業に関するビジネスモデルの関連企業・組織による検討

平成 26 年度は、まだ、研究は開始されなかった。

（4）研究題目 3 サバ州パームオイル製造に伴う環境負荷の低減とパームバイオマス、工場余剰エネルギーの有効利用によるグリーン産業の創出のための革新的科学技術の開発

- ・ 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。

本研究における具体的な成果として、まず、最初の一步を考えると、日本とマレーシアの研究機関同士で、如何に多くの共著論文や共同特許を出すか、であると思う。そして、最後の一步が社会実装として相手国にここでの提案が根付くことであると思う。そのためには、本事業で推奨されているように、相手国のニーズに合った基礎、応用、並びに実証研究を現地で共同で行い、可能な限り日本側研究者がマレーシアを訪れ、共同研究を実施することである。その点、本課題においては研究代表がシニア・アドバイザーとしてマレーシア・プトラ大学に常駐しており、研究進捗管理が極めてスムーズに行われている。その結果、後述するような多くの共同研究共著論文の出版につながっている。また、本事業予算を使用することはもちろんのこと、自らの内部予算を使ってもマレーシアの研究者や学生を長期に招き、日本でしかでない部分の共同研究に努めることと思う。

- ・ 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

種々あるが、最も重要なことは、相手国カウンターパートとの強く、深い信頼関係を築くことに尽きる。これは必要条件であり、決して必要十分条件ではないが、必要条件の中でも最も重要な条件であり、何か一番重要かと問われれば、これである。

本研究課題においては問題点は特段ない。

研究グループ（九州工大）UPM とのたいへん強い信頼関係があり、それを梃子に数多くの成果を挙げている。

研究グループ（産総研）内部予算を使い、UPM の講師をポスドクとして招き、多くの成果を挙げている。今後もこの方式で定期的に UPM から研究者を招へいし、共同研究を実施する予定である。

研究グループ（九大）地球枠の文科省奨学生を受け入れ、教育している。また、微生物菌叢解析に関するトレーニングで数多くのマレーシア側関係者を受け入れている。今後、生物多様性に関する研究成果を UMS, UPM に技術移転するための研修生受け入れを行っていく予定である。

(5) 研究題目 4 サバ州政府、国内外の企業、投資家によるビジネスモデルの妥当性確認と研究結果の広い周知

- ・ 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。
問題はない。
- ・ 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
これまでにすべて述べた。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

本研究においては、研究課題 2 と 4 に社会実装の実現とアウトリーチ活動を挙げている。まだ、実証研究が進捗していない段階であるが、多くの企業の関心を集めており、すでに、上記、Output 4 の指標 4-2 はクリアしつつある。

(2) 社会実装に向けた取り組み

前節、前章で十分に述べた。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

顕著に、大きくという意味では、特になし。

VI. 成果発表等（公開）

VII. 投入実績（非公開）

VIII. その他（公開）

これまでに述べた以上には特になし。

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	1	18

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,はじめーおわりのページ	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)
Mohd Huzairi Mohd Zainudin, Mohd Ali Hassan*, Mitsunori Tokura and Yoshihito Shirai. "Indigenous cellulolytic and hemicellulolytic bacteria enhanced rapid composting of lignocellulose oil palm empty fruit bunch with palm oil mill effluent anaerobic sludge" (2013) Bioresource Technology. 147, 632–635.	doi: 10.1016/j.biortech. 2013.08.061	国際誌	出版済み	
Mohd Huzairi Mohd Zainudin, Mohd Ali Hassan*, Umi Kalsom Md Shah, Norhani Abdullah, Mitsunori Tokura, Hisashi Yasueda, Yoshihito Shirai, Kenji Sakai and Azhari Samsu Baharuddin. (2014). "Bacterial Community and Biochemical Changes Associated With composting of Lignocellulose oil palm empty fruit bunch" BioResources, 9(1), 316–335.		国際誌	出版済み	
Mior Ahmad Khushairi Mohd Zahari, Sharifah Sopliah Syed Abdullah, Ahmad Muhaimin Roslan, Hidayah Ariffin*, Yoshihito Shirai and Mohd Ali Hassan. (2014) "Efficient utilization of oil palm frond for bio-based products and biorefinery" Journal of Cleaner Production. 65, 252–260.	doi:10.1016/j.jcle pro.2013.10.007	国際誌	出版済み	
Mohd Ridzuan Othman, Mohd Ali Hassan*, Azhari Samsu Baharuddin, Yoshihito Shirai, Ahmad Amiruddin Mohd Ali and Juferi Idris. (2014). "Treatment of effluents from palm oil mill process to achieve river water quality for reuse as recycled water in a zero emission system" Journal of Cleaner Production. 67, 58–61.	doi:10.1016/j.jcle pro.2013.12.004	国際誌	出版済み	
T. Saowanit, M. Ratchanu, P. Poudel, S. Yoshino, Y. Okugawa, Y. Tashiro, M. Taniguchi, K. Sakai (2014) "Isolation of thermophilic L-lactic acid producing bacteria showing homo-fermentative manner under high aeration condition" J. Biosc. Bioeng., 117, 318–324.	doi:10.1016/j.jbio sc.2013.08.017	国際誌	出版済み	
Ahmad Muhaimin Roslan, Mior Ahmad Khushairi Mohd Zahari, Mohd Ali Hassan, and Yoshihito Sshirai* (2014) "Investigation of Oil Palm Frond Properties for Use as Biomaterials and Biofuels" Trop. Agr. Develop. 58(1), 26–29.	http://dx.doi.org /10.11248/jsta.5 8.26	国際誌	出版済み	
Noor Farisha Abd. Rahim, Kohtaro Watanabe, Hidayah Ariffin, Yoshito Andou, Mohd Ali Hassan, and Yoshihito Shirai. (2014). "Synthesis of Bio-based Monomers from Oleic and Linoleic Acids for Greener Polyester." Chemistry Letters. 43(9), 1517–1519.	10.1246/cl.1404 71	国際誌	出版済み	
Che Mohd Hakiman Che Maail, Hidayah Ariffin, Mohd Ali Hassan, Umi Kalsom Md Shah, and Yoshihito Shirai. (2014). "Oil Palm Frond Juice as Future Fermentation Substrate? A Feasibility Study." Biomed Research International. Volume 2014, Article ID 465270.	http://dx.doi.org /10.1155/2014/ 465270	国際誌	出版済み	
Mohd Rafein Zakaria, Shinji Fujimoto, Satoshi Hirata, Mohd Ali Hassan (2014). "Ball Milling Pretreatment of Oil Palm Biomass for Enhancing Enzymatic Hydrolysis" Applied Biochemistry and Biotechnology. 173, 7.	10.1007/s12010- 014-0964-5	国際誌	出版済み	

P. Poudel, H. Miyamoto, H. Miyamoto, Y. Okugawa, Y. Tashiro, K. Sakai (2014). "Thermotolerant Bacillus kokeshiiformis sp. nov. isolated from marine animal resources compost" Int. J System. Evol. Microbiol, 64, 2668-2674.	doi: 10.1099/ij.s.0.059329-0	国際誌	出版済み	
Juferi Idris, Yoshihito Shirai, Yoshito Ando, Ahmad Amiruddin Mohd Ali, Mohd Ridzuan Othman, Izzudin Ibrahim and Mohd Ali Hassan (2014). "Production of biochar with high mineral content from oil palm biomass." The Malaysian Journal of Analytical Sciences, 18(3), 700 -704.		国際誌	出版済み	
Rafidah Husen, Yoshito Andou, Amin Ismail, Yoshihito Shirai (2014) "EFFECT OF ULTRASONIC-ASSISTED EXTRACTION ON PHENOLIC CONTENT OF AVOCADO" The Malaysian Journal of Analytical Sciences, 18(3), 690 -694.		国際誌	出版済み	
Yoshito Andou, Hee-Sung Lee, Donghee Kim, Norio Nagasawa, Haruo Nishida, and Yoshihito Shirai. (2014). "Enhancement of compatibility based on vapor-phase assisted surface polymerization (VASP) method for polymer composites with agricultural wastes" Composite Interfaces, 21(9), 773-785	DOI:10.1080/15685543.2014.960318	国際誌	出版済み	
Mohd Rafein Zakaria, Satoshi Hirata, Mohd Ali Hassan (2014). "Combined pretreatment using alkaline hydrothermal and ball milling to enhance enzymatic hydrolysis of oil palm mesocarp fiber" Bioresource Technology. 169, 236-243.	DOI: 10.1016/j.biortech.2014.06.095	国際誌	accept	
Noor Ida Amalina Ahamad Nordin, Hidayah Ariffin, Mohd Ali Hassan. Nor Azowa Ibrahim, Yoshihito Shirai, and Yoshito Ando. (2014). "Effect of Milling Methods on Tensile Properties of Polypropylene / Oil Palm Mesocarp Fiber Biocomposite." Pertanika Journal of Science and Technology. accepted.		国際誌	accept	
Mohd Rafein Zakaria, Satoshi Hirata, Mohd Ali Hassan (2014). "Hydrothermal pretreatment enhanced enzymatic hydrolysis and glucose production from oil palm biomass" Bioresource Technology, accepted.	doi:10.1016/j.biortech.2014.11.027	国際誌	出版済み	
Sharifah Sopliah Syed Abdullah, Yoshihito Shirai, Ezyana Kamal Bahrin., Mohd Ali Hssan (2015). "Fresh oil palm frond juice as a renewable, non-food, non-cellulosic and complete medium for direct bioethanol production". Ind. Crops Prod. 63, 357-361	doi:10.1016/j.indcrop.2014.10.006	国際誌	accept	
Juferi Idris, Yoshihito Shirai, Yoshito Ando, Ahmad Amiruddin Mohd Ali, Mohd Ridzuan Othman, Izzudin Ibrahim and Mohd Ali Hassan (2015). "Self-sustained carbonization of oil palm biomass produced a high calorific value biochar with low gaseous emission" Journal of Cleaner Production, 89, 257-261.	doi:10.1016/j.jclepro.2014.11.016	国際誌	出版済み	

論文数	18 件
うち国内誌	0 件
うち国際誌	18 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、ここに明記く
Hee-Sung Lee, Minato Wakisaka, Norio Nagasawa, Haruo Nishida, Yoshito Andou (2013). “Development of Biocomposites Containing Erianthus Arudinaceus as Cellulose Resource Crops” KOBUNSHI RONBUNSHU 71(1), 31-37.		国内誌		

論文数 1 件
うち国内誌 1 件
うち国際誌 0 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	0	0

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

著作物数 0 件
公開すべきでない著作物 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

著作物数 0 件
公開すべきでない著作物 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
UPMノルヤッティ博士を2014年2月24日から5月22日にJICA研修員として招聘し、水圏に棲息する細菌の群集構造解析を行う手法をUPMIに移植するために研修を行った。		

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		4
口頭発表 本プロジェクト期間累積件数	7	
ポスター発表 本プロジェクト期間累積件数		5

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)

[illegible]

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	国際学会	Yoshito Andou・Hee-Sung Lee・Donghee Kim・Haruo Nishida・Yoshihito Shirai, "Enhancement of compatibility based on vapor-phase assisted surface polymerization(VASP) method for polymer composites with agricultural wastes", International Symposium on Advanced Polymeric Materials 2014 (ISAPM 2014), Putra World Trade Centre, Kuala Lumpur, Malaysia, 2014年5月15日	○		
2014	国内学会	井ノ口翔太, 石橋侑子, 田代幸寛, 酒井謙二: 複合微生物系を活用したメタ発酵における発酵諸条件の影響. 2014年度日本農芸化学会西日本支部大会, 佐賀大学, 2014年9月19日		○	
2014	国内学会	石田勇貴, 井ノ口翔太, 田代幸寛, 酒井謙二: 複合微生物系を用いたメタ発酵に及ぼす種間と温度の影響. 2014年度日本農芸化学会西日本支部大会, 佐賀大学, 2014年9月19日		○	
2014	国内学会	新内祐樹, 早水ありさ, 田代幸寛, 酒井謙二: 耐熱性植物成長促進細菌による生ゴミからの乳酸発酵生産とコンポスト生産. 2014年度日本農芸化学会西日本支部大会, 佐賀大学, 2014年9月19日		○	
2014	国内学会	"バイオマスの解繊と複合材料化のワンポットプロセス", 附木貴行・福田勇治・山城恵作・西田治男, 第3回高分子討論会, 長崎大学 文教キャンパス 長崎, 2014年9月25日		○	
2014	国内学会	Kazutoshi Kunimoto, Yoshito Ando, Yoshihito Shirai, Haruo Nishida, "Internal structural analysis of oil palm-derived biomass and thereby reinforced composites", 4TH Asia-Pacific Forum on Renewable Energy, MVL Hotel, Yeosu, Korea, 2014年11月18日		○	
2014	国内学会	"オイルバーム由来ファイバーの内部構造解析とコンポジット化", 國本和蔵・安藤義人・西田治男, 第3回高分子学会グリーンケミストリー研究会シンポジウム, 日本大学理工学部駿河台校舎 東京, 2014年8月8日			○
2014	国内学会	神田晃佑, 程慧君, 紀井俊彦, 朝倉侑弥, 田代幸寛, 酒井 謙二: 尿尿の高温好気発酵における化学・物理パラメータと複合微生物系の解明. 環境微生物学会合同大会2014, 浜松アクティビティコンgresセンター, 2014年10月23日			○
2014	国内学会	石田夏美, 鶴木陽子, Poudel Pramod, 田代幸寛, 酒井謙二: フローサイトメトリーによるハイスループット菌数測定法の開発. 環境微生物学会合同大会2014, 浜松アクティビティコンgresセンター, 2014年10月23日			○

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	〇〇〇〇						戦略太郎	〇〇大学 ◎◎研究科 △△専	PCT/JP2012/123456
No.1	特願2013-545787	2012/11/20	アブラヤシ由来のバイオマス粉末およびその製造方法ならびにバイオマス複合成形体およびその製造方法	国立大学法人九州工業大学	特許 PCT出願(日本国指定)	有	特願2011-256880(擬制取下)		西田治男、安藤 義人、永田 浩一、白井義人、カルプ チャーミー スピアン、アーマド ノルディン ノール イダ アマリナ、ビン ティアリフィン ヒダヤ、ハッサン モハド アリ	国立大学法人九州工業大学エコタウン実証研究センター、生命体工学研究科マレーシアプトラ大学生物工学科	PCT/JP2012/007427
No.2	特願2014-105821	2014/5/22	バイオマスナノ繊維の製造方法およびバイオマスナノ繊維・高分子樹脂複合体の製造方法	国立大学法人九州工業大学	特許	無	特許第5660513号		附木貴行、西田治男	国立大学法人九州工業大学エコタウン実証研究センター、生命体工学研究科	
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

公開すべきでない特許出願数

2

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	〇〇〇〇						戦略太郎	〇〇大学 ◎◎研究科 △△専	特願2010-123456
No.1											
No.2											

※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

0

3

VI(4) (公開)受賞等

①受賞

3 件

年度	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞日	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
	The invention & innovation awards; Silver medal...,		20-22th Feb 2014	白井義人、アリハッサンほか	The leading international invention & innovation Expo	2.主要部分が当課題研究の成果である	Malaysia Technology Expo 2014 (MTE 2014)
	第37回生物工学奨励賞(照井賞)	バイオ燃料生産におけるデザインバイオマスの創生と高速高効率化に関する新生物化学工学研究	2014年9月9日	田代幸寛	日本生物工学会	本受賞の理由となった業績は現プロジェクトにおける廃棄物バイオマス変換技術の基礎をなすものである	
	第22回生物工学論文賞:	Efficient butanol production without carbon catabolite repression from mixed sugars with Clostridium saccharoperbutylacetonicum N1-4	2014年9月9日	田代幸寛ほか	日本生物工学会	本受賞の理由となった業績は現プロジェクトにおける廃棄物バイオマス変換技術の基礎をなすものである	

②マスコミ(新聞・TV等)報道(プレス発表をした場合にはその概要もお書き下さい)

3 件

年度	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載日	掲載面		プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2014	Daily Express紙	Zero palm oil mill emission central theme of workshop	2014. 7/16			1.当課題研究の成果である	
2014	Borneo Post紙	Projects target zero-discharge from palm oil mills	2014. 7/19			1.当課題研究の成果である	
2014	Daily Express 紙	Now every mill can do zero discharge?	2014.7/20			1.当課題研究の成果である	

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
2014年1月28日(土)	第1回企業対象SATREPSワークショップ	JICA竹橋研修センター(日本)	100名(3名)	主に日本の企業人に本事業の現在進捗と今後の展開を説明し、社会実装への手順を検討した。
2014年7月18日(金)	SATREPSキックオフミーティング記念ワークショップ	サバ州天然資源庁会議室	25名(20名)	ケニンガウ・パームオイル工場にパイロットプラント設置が決定したことを記念して現地関係者に本事業を説明し、現地導入の手順を検討した。
2014年6月25日(水)	第4回Project Management Committee	Natural Resources Office Meeting Room	17名(1名)	SDBECの進捗報告について
2014年4月14日(月)	微生物多様性と生物多様性の相関性をいかに考えるか?	九州大学	8名(3名)	SATREPS Research Projectについて
2014年7月18日(金)	本邦研修帰国報告会	UPM バイオリファインナリー会議室	36名(30名)	題目「パーム油廃液処理の各段階における微生物群の適応と群変化」

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
2014年10月29日(水)	20名	- 進捗・達成事項の報告 - PDMVer.1.0に関する協議 - 今後の活動計画について	マレーシア: サバ州・HYATT Regency Kinabaluにおいて、第1回合同調整会議を行った。また、その前後に工場視察を実施した。
2015年2月16日	13名	- 進捗・達成事項の報告 - PDMVer.1.0の採択 - 懸案事項の協議(DOE等)	前回のJCCから懸案事項となっていたPDMVer.1.0の採択を主な目的とし、「臨時JCC」を開催した(於UPM)。

研究課題名	生物多様性保全のためのパームオイル産業によるグリーン経済の推進
研究代表者名 (所属機関)	白井 義人 (国立大学法人九州工業大学)
研究期間	H24採択(平成25年11月25日～平成30年3月31日)
相手国名 ／主要相手国研究機関	マレーシア国／マレーシア・プトラ大学・マレーシアサバ大学

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	・日本企業による成果の事業化 ・日本のバイオマス変換技術の利用 ・日本の環境保全技術の移転
科学技術の発展	・ナノコンポジットに関する革新技術の開発
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	・ナノ・インターフェースの制御方法 ・バイオマス由来高性能ナノコンポジットとその製造方法 ・名古屋議定書等の遵守
世界で活躍できる日本人人材の育成	・日本人社会人博士の輩出 ・日本人学生のインターンシップ教育
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	・ナノ・インターフェース制御機序について掲載 ・表面グラフト重合によるナノ・スペースの拡大について掲載 ・ナノコンポジットのレオロジー特性の精密解析について掲載

上位目標

マレーシアサバ州のパームオイル産業からの廃偽物を削減することにより生物多様性を保全し、その手段であるゼロ・ディスチャージの結果生じる余剰のバイオマスとエネルギーを用いグリーン産業を興す。

本事業で提案、あるいは、触発された技術を、少なくともパームオイル企業2社が事業に採用する。
 本事業で提案、あるいは、触発された技術を少なくとも企業10社が事業に採用する。
 政策決定者の間で、本事業成果に基づく政策策定の議論がなされる。

プロジェクト目標

ケニンガウ工場で示された成果がパームオイル産業のグリーン産業化のため関係者間で共有される

少なくとも企業5社が事業モデルを考え始める。
 少なくとも企業2社が本研究成果の活用を表明。

提案技術、システム、ビジネスモデルに関する論文を50報以上が査読付学術雑誌に掲載される。
 本事業を通じて、各々10人以上の博士、修士がマレーシアから輩出される。

100%

実機規模のゼロ・ディスチャージ実機のプロセス設計。事業モデルの提案とWSを通じての社会実装示唆

バイオマス由来のナノ・コンポジット性能評価(弾性率対汎用樹脂50%up)。母材プラと同等以上で20%以上廉価なバイオコンポジットの供給。糖化効率80%以上。CNF製造条件確定。生物多様性に及ぼすゼロ・ディスチャージの影響を評価。

80%

ゼロ・ディスチャージの確認。WS開催と事業モデルの改良。社会実装のためのコーディネート開始。

バイオマス由来ナノ・コンポジットの溶融成形性の確認(MFI>5)。糖化効率70%以上。CNF製造効率60%以上。生物多様性SS資料の菌叢解析と搾油工場由来化学物質の探索

60%

ショーケース工場でのゼロ・ディスチャージの実証開始。バイオマス、エネルギーの余剰確認。

ナノ・インターフェース制御バイオコンポジットのマスターバッチ作製。肥料・炭の肥効確認と微生物叢の確認。セルロースナノファイバー(CNF)の製造確認。生物多様性SSの試料の解析。

40%

ショーケース工場場所の決定と建設開始。事業モデルの試作と事業関係者へのアライン。WS開催

ナノ・スペース内での気相重合によるナノ・インターフェース制御(重合率対バイオマス10%以上)。肥料製造実験と分解・糖化実験の実施。生物多様性サンプリングサイト(SS)の確認

20%

搾油工場工程の確認、余剰バイオマス、エネルギーの確認、WS開催

過熱水蒸気処理などに伴うナノ・スペース(<100nm)の形成と制御。肥料・糖・炭製造の確認。生物多様性の評価法の検討

0%

パイロットプラント	事業モデル	社会実装	新技術開発	生物多様性保全
-----------	-------	------	-------	---------