

「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業
／酵素法によるバガスからのバイオエタノール
製造技術実証事業（タイ）」
個別テーマ／事後評価報告書

平成29年12月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

目 次

はじめに	1
審議経過	2
分科会委員名簿	3
第1章 評価	
1. 総合評価	1-1
2. 各論	
2. 1 事業の位置付け・必要性について	1-4
2. 2 実証事業マネジメントについて	1-6
2. 3 実証事業成果について	1-8
2. 4 事業成果の普及可能性	1-10
3. 評点結果	1-13
第2章 評価対象事業に係る資料	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会公開資料	2-2
参考資料1 分科会議事録	参考資料 1-1
参考資料2 評価の実施方法	参考資料 2-1

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構において、「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業」の個別実証事業は、平成27年度に実施された行政事業レビューの結果を踏まえて、全件事後評価を実施することとなった。当該評価にあたっては、評価部が評価事務局として協力し、被評価案件ごとに当該技術等の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会の下に設置し、独立して評価を行うことが第47回研究評価委員会において承認されている。

本書は、「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業／酵素法によるバガスからのバイオエタノール製造技術実証事業（タイ）」の個別テーマの事後評価に係る報告書であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき、研究評価委員会において設置された「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業／酵素法によるバガスからのバイオエタノール製造技術実証事業（タイ）」個別テーマ／事後評価分科会において確定した評価結果を評価報告書としてとりまとめたものである。

平成29年12月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業／酵素法によるバガスからのバイオエタノール製造技術実証事業（タイ）」
個別テーマ／事後評価分科会

審議経過

● 分科会（平成29年9月15日）

公開セッション

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. 事業の概要説明

非公開セッション

6. 事業の詳細説明

公開セッション

7. まとめ・講評
8. 今後の予定、その他
9. 閉会

「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業／酵素法によるバガスからのバイオエタノール製造技術実証事業（タイ）」

個別テーマ／事後評価分科会委員名簿

(平成29年9月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	なかむら よしとし 中村 嘉利	徳島大学 大学院社会産業理工学研究部 生物資源産業学域 教授
分科会長 代理	すぎもと あきら 杉本 明	サトウキビコンサルタント
委員	いのうえ たか し 井上 貴至	株式会社三菱総合研究所 地域創生事業本部 本部長
	かたくら よし お 片倉 啓雄	関西大学 化学生命工学部 生命・生物工学科 教授
	ふくしま やすひろ 福島 康裕	東北大学 工学研究科 化学工学専攻 准教授

敬称略、五十音順

第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の箇条書きは、評価委員の主な指摘事項を、参考として掲載したものである。

1. 総合評価

当初の事業内容・計画目標をすべて達成しており、事業成果は高く評価できる。また、原料の保存に伴う性状変化の影響についてもよく検討されており、早急な実用化・普及化に繋がると期待される。実施者はバイオマスの前処理装置や発酵装置を長年研究・開発してきており、それらの知見が十分に生かされ実証事業が適切な形で行われており、価値ある成果が得られている。相手国の政策とのマッチング、地元企業との太いパイプ、国内事業で培った技術力などの相乗効果もあり、十分な成果があがっている。エタノール収率の数字は大きくはないものの、エネルギー回収率とコストの点では十分な数字があがっており、実を取ったプロジェクトである。

サトウキビの搾汁残さであるバガスは現在、製糖工場で自家利用されるもの以外は「未利用」資源である場合が多いが、製糖と同時に発電を実施している経営においては不足している場合もある。タイのサトウキビ産業を持続的な産業とするためには、生産圃場の地力維持に重要な有機物蓄積について提言がなされるべきであり、バガスを原料とするエタノール生産においても、サトウキビの生産にも考慮した一層の取組強化が求められる。

本システムがバガスなどの草本系バイオマスだけでなく、広葉樹や針葉樹バイオマスにも応用されることにより、世界中で普及され、エタノール生産によるCO₂削減や副産物利用による農地の肥沃化に大いに貢献できることを期待する。そのためには、更なるコストダウンとリスク管理のため、コストの感度解析をしっかりと行うこと、および、インフラである農地の生産性の持続的な維持と農業に必要な肥料や人材、水などの安定的な確保の観点から、地元農業とどう連携するかを検討が重要である。

〈総合評価〉

- ・ 当初の事業内容・計画目標をすべて達成していることから、本事業成果は大変評価できる。また、原料の保存に伴う性状変化の影響についてもよく検討されており、早急な実用化・普及化に繋がると期待される。委託先はバイオマスの前処理装置や発酵装置を長年研究・開発してきており、それらの知見が十分に生かされたと思われる。
- ・ 相手国の政策とのマッチング、地元企業との太いパイプ、国内事業で培った技術力などの相乗効果もあり、十分な成果があがっていると思います。エタノール収率の数字は大きくはないものの、エネルギー回収率とコストの点では十分な数字があがっており、実を取ったプロジェクトであると思います。
- ・ 有機物増産と圃場還元への提言がなされず、バガスの消費のみが促された場合は、土壌有機物含量の一層の低下を招き、その結果としての単位収量低下・年次間変動の増加を通して、タイのサトウキビ産業を危機的な状況に導く危険性もあることを考慮することも必要である。そのために、以下の面について、一層の取組強化が必要である。サトウキビの搾汁残さであるバガスは現在「未利用」資源である場合が多いが、精製糖生産・エタノール生産を実施している経営においては不足している場合もある。さらに、熱帯に位置するタイでは有機物の分解が早く、サトウキビ生産圃場は地力維持

に重要な有機物蓄積の少ない痩せ地が大部分である。サトウキビの単位収量は世界の主要生産国と比べて低く年次間の変動は大きい。そのような地では産業内部で排出される有機物はできる限り圃場に還元されることが望ましい。バガスはその筆頭となる素材の一つである。

- この事業では、現在の技術が届いていない状況故の「未利用」を「不利用」と置き換えて、バガスの価値を評価し、エタノール生産に振り向けようとしているところが垣間見られる。この認識は、持続的な経済発展という観点からは疑問である。
- 物質収支、エネルギー収支、経済性試算において、(タイで実行可能な)他の原料、他の方法でエタノールを生産した場合、さらにはバガスの利用法の観点からの、本方法の比較優位を示す詳細な結果が示されていない点が問題である。
- 上記諸点が整理されることにより、タイにおいて、本事業が他の方法に比べて優位であり商行為としての魅力が大きいことが示され、普及可能性は一層高まると思われる。
- これまで電力生産原料としての場合を除き、バガスの経済的有用性は認識されておらず、サトウキビの安定多収品種育成に重要なサトウキビの繊維分は低水準に抑えられているのが現状である。この事業が普及し、バガスの経済的有用性が認識され、繊維分の高いサトウキビ品種が受け入れられるようになれば、低単収が問題であるタイのサトウキビ産業を飛躍的な改善に導き得る可能性が高い。技術開発の面で世界を主導し得る有意義で重要な事業であると評価される。
- 実証事業着手当時の事業環境においては、本事業は有望モデルの一つであり、社会的意義は高い。また実証事業も適切な形で行われており、価値ある成果が得られていると考えられる。タイに限らず、同種原料利用が可能な地域への展開が期待できる技術と評価できる。
- 個別の項目の中で改善すべき点で述べさせていただいた事項は、技術の普及・社会実装のために非常に重要であるが、これを NEDO 事業の一部とするのは必ずしも妥当ではない。むしろ、この事業の成果をなるべく論文化、公開してこれらの議論を促進し、タイ国をはじめとするサトウキビ産業のある国の農業生産に関するインフラ全般の向上に向けて、またこの技術を踏まえた当該地域でのエネルギー政策の策定に向けて寄与すべきである。これは別途、NEDO が最後まで責任を負って進めてほしい。企業による事業化の達成で守りに入り黙々と事業を進めるのではなく、より大きな成果へとつなげていく攻めの姿勢を持続していくべきである。極めて公共性の高い事業をされている認識を持ち、この分野でのリーダーシップをとるべく、学会なども巻き込んで議論を深め、アジアでの存在感を示して行ってほしい。そこまで達成された時に、端緒となるこの NEDO 事業は真に社会の中で評価されることになるのではないかと。そういう位置付けを前提とすれば、変動する状況の中で、提案された内容が完遂されており、高く評価できる。

〈今後への提言〉

- 本システムがバガスなどの草本系バイオマスだけでなく、広葉樹や針葉樹バイオマス

にも応用されることにより、世界中で普及され、エタノール生産による CO₂削減や副産物利用による農地の肥沃化に大いに貢献できることを期待している。

- 各論で詳述したように、更なるコストダウンとリスク管理のため、コストの感度解析をしっかりと行って下さい。また、息の長い事業にするためにも、地元農業とどう連携するかを検討して下さい。
- 本プロセスの成立により、エネルギーセキュリティの問題が、単に化石資源の獲得の課題から、農作物の安定的な供給の課題へとシフトされている。これは、インフラである農地の生産性の持続的な維持と農業に必要な肥料や人材、水などを安定的に確保しなくてはならなくなってくることを意味している。そうなると、リン、窒素、有機物量、水など様々な観点から本プロセスの導入を理解する必要があるが、そこまでの理解に至っているように見えない。現状ベースでの議論にとどまらず、悪化している状況にどのように対応していくのかという考え方で技術を捉え、持続的な将来の姿へと本技術の導入を繋げていくべきである。
- 重要な有機物であるバガスの安定的な増産に必要な、バガスを含む難分解性有機物の圃場還元方法を、農業関係組織との連携で開発できれば、本事業の社会的意義が飛躍的に高まる。
- 本事業でバガスが高価値化されることを根拠に、繊維分の高いサトウキビ品種の開発を提言できれば、低迷するタイのサトウキビ産業を安定的な発展に導くことになり、世界のサトウキビ産業の持続的な向上をも主導することができる。上記の事項を通し、世界の食料・エネルギー増産、環境改良への貢献ができる。
- タイに限らず、バイオエタノール導入可能性は政策（エネルギー政策、環境政策、産業政策等に着目した補助金制度等）と密接に関連する。また、バガス利用時の競合技術比較、異なる燃料間での競合技術比較（バガス発電+EV、バガスエタノール化+ガソリン車/ハイブリッド車の比較）、さらには原油価格などの前提条件といった多岐に亘るファクターが成功要因として関連する。多面的な視点で事業の将来性評価を行い、適切な普及モデルを構築頂きたい。

2. 各論

2. 1 事業の位置づけ・必要性について

セルロース系バイオマスを原料としたエタノール生産は、代替エネルギー効果や CO₂ 削減効果が期待される重要な技術である。しかし、現時点では利益率は高くはなく、民間企業が単独で積極的に取り組む状況にはないため、将来の普及を目指した日本発の本技術の早急な確立のための実証試験が望まれることから、NEDO 関与の必要性は大変高い。タイでのバイオエタノール導入義務化政策と、第二世代原料であるバガスからのエタノール生産がマッチしていることに加え、NEDO が相手国政府機関である OCSB (Office of Cane and Sugar Board) と MOU (Memorandum of Understanding) を結んだ上で、相手国企業と協力して実証を行うことにより、日本側企業のリスクが低減されるとともに、スムーズな開発につながっている。

一方、原料バガスを安定的に調達するためには、バガスの利用法として、経済的にも環境的にも、他の利用法（バガス発電、土壌改善資源など）に比べ本事業構想が優れていることを、今後公表できるような工夫ができるとよい。

〈肯定的意見〉

- セルロース系バイオマスを原料としたエタノール生産は、代エネ効果や CO₂ 削減効果が期待されることから重要な課題であるが、利益率が高いものではなく、今のところ民間企業が緊喫かつ積極的に取り組む課題ではないと思われる。世界中を見渡しても実用化例はごくわずかであるので、NEDO の関与により、将来の普及を目指した日本発（バイオマスの有効利用技術に関する多くの知見を有する）の技術・システムの早急な確立と実証試験が望まれる。以上のことから、NEDO 関与の必要性は大変高い。
- タイ国内的視野でも世界的視野でも社会的意義の大きな事業であり、NEDO の関与は必要である。
- さらに、NEDO の関与は、OCSB の自発的・積極的な姿勢を引き出した点は高く評価できます。
- タイでのバイオエタノール導入義務化政策と、第二世代原料であるバガスからのエタノール生産がマッチしていることに加え、NEDO が相手国政府機関である OCSB と MOU を結んだ上で、相手国企業と協力して実証を行うことにより、日本側企業のリスクが低減されるとともに、スムーズな開発につながっています。
- 低利用であるサトウキビバガスに着目し、効率的なエネルギー生産技術を開発・事業化しようとした点は重要である。政策的にも重要性は高い。他の利用法に比べ本事業による方法がバガスの最適利用法であることを示せばこの技術・事業の持続性が向上し、本事業構想の社会的有用性が高まる。
- サトウキビ生産におけるバガス生産の重要性、有用性を指摘できれば、持続的農業への技術開発が促進される可能性があり、本事業の有用性は一層高まる。
- 省 CO₂ を進める上で本事業の意義は非常に大きい。また、将来的な事業化のキーとなるプレーヤーとの連携も確実に進められており、実用化に向け一定程度の期待が持てる。

- ・ 植物の繊維分を有効活用したいという需要は世界中にある。また、繊維が有効活用できるということが前提となれば、繊維をより多く含み生産性の高いバイオマスが従来のバイオマスに変わる選択肢として考慮可能となる。その意味で、他への波及が大きく公共性がある技術開発であると言える。

〈改善すべき点〉

- ・ サトウキビバガスを余っているものとして考えている点に問題がある。タイのサトウキビは単位収量が低く、年次間の変動が大きい。その主因は有機物含量の低い痩せた土壌である。熱帯にあるタイでは有機物の分解が早く圃場の地力劣化が激しいため、生物的に生産される有機物であるバガスは貴重な土壌改良資源であることへの認識を高める必要がある。
- ・ タイにおけるサトウキビ生産の現状では、社会的に余剰と言い得るほどのバガスは生産されているとは考え難い。利用技術が発達していないだけであると考えるのが妥当である。
- ・ 本技術・事業構想の中で発酵廃液の圃場還元が触れられているが、難分解性有機物の圃場還元にも触れるべきである。
- ・ 原料バガスを安定的に調達するためには、バガスの利用法として、経済的にも、環境的にも他の利用法に比べ本事業構想が優れることを示すことが必要である。
- ・ タイ国においては FIT 導入によるバガス発電導入が進展しているとのこと、バガスのエタノール利用はバイオエタノール政策の行方が事業化の成否を握っている。今回の事後評価にあたり、タイ国政府へのバイオエタノール政策、FIT 政策の動向に係るヒアリング結果から本事業の事業環境は一定程度確保できるものと考えられる。引き続き、政策動向には注視頂き、事業化を推進されたい。
- ・ 国際的な技術水準との比較は不明確である。確かに比較は提示されていたが、地理的な要因によるものなのか、技術の優位によるものなのかという分析がない。また、比較の前提条件が揃っているのかも不明確である。温室効果ガス排出削減に関する評価も、LCA を用いた評価になっておらず、完全とは言えない。世界のエネルギー需要、日本のエネルギーセキュリティとの関連は十分に議論されていない。

2. 2 実証事業マネジメントについて

タイのサトウキビ・砂糖行政を主管する OCSB と緊密な関係を築き、製糖工場を持ち実施者と取引の実績がある TRE (Thai Roong Ruang Energy Co. Ltd) の参加を得たことなど、事業実施上の要点を押さえた取組をしている点は高く評価できる。また、未利用バガスの量、製糖会社一社が扱っている量に合わせた生産スケールを設定しており、大半の会社が採用可能な 2 万 kL/年でも採算のあうシステムを実現しうる点、現地の税制や規制に合わせたコスト計算を行っている点が評価できる。効率を最優先するという考え方ではなく、他の事例よりも比較的小規模で成立するプロセス (C5 との比較を行い C6 に集中した点など) とすることで、適用先を増加することができた点も非常に重要である。

実証終了以降も継続してプラントが運転されていくことが、今後の普及のために重要であり、その点も検証できる体制を構築することを期待する。

〈肯定的意見〉

- ・ タイのサトウキビ・砂糖行政を主管する OCSB と緊密な関係を築く等、事業実施上の要点を押さえた取組をしている点は高く評価できる。
- ・ 製糖工場に大きな影響力を持つ TRE の参加を得た点は高く評価できる。
- ・ 未利用バガスの量、製糖会社一社が扱っている量に合わせた生産スケールを設定しており、大半の会社が採用可能な 2 万 kL/年でも採算のあうシステムを実現しうる点、現地の税制や規制に合わせたコスト計算を行っている点などが評価できます。
- ・ また、状況の変動に柔軟に対応してプロジェクトを推進していた点も評価できる。効率を最優先するという考え方ではなく、他の事例よりも比較的小規模で成立するプロセスとすることで、適用先を増加することができた点も非常に重要である。
- ・ 時間は要したが相手国政府・公的機関と協力の下、良好な関係が維持され、実証事業が遂行されたことは、日本の技術・システムの海外普及・拡大のために大変意義がある。委託先企業は従来からタイ国の製糖工場のプラント製造に関係しており、現地の実情にも詳しいので、本事業の遂行に適した体制が取れたと思われる。
- ・ 相手国の事業パートナーとの連携、責任分担も適切になされており、問題ない。また、実証事業も適切な形で行われている。
- ・ 相手国との協力体制については、よく機能していたようであり、評価できる。運転員の教育など、様々なコミットメントが協力企業からも得られていた点が良かったと思う。
- ・ また、タイ国のバガス発生量や性状に応じたプラント設計（前処理装置、酵素生産槽や糖化発酵槽などの大きさや操作方法の最適化）を行っており、実用化を見据えた成果になっている点が評価できる。
- ・ また、現地企業に対する講習会の開催や、終了後の運営についてのコンサルティングが予定されている点なども評価できます。
- ・ 事業計画についても、C5 との比較を行い C6 に集中した点など、システムの中の個別

の技術項目で無理をすることなくプロセスの成立を実現した点が適切であったと思う。

〈改善すべき点〉

- ・ 事業の持続性の観点で重要なバガスの安定調達的基础はサトウキビ生産の発展であるが、タイのサトウキビ産業は単位収量が低く安定性も低い。その点についての具体的な言及がないことは欠点である。
- ・ タイ国からの資金負担、費用項目や経費についての詳細な説明があればさらに良かった。
- ・ 対象国と日本側の関係の今後の発展に関する良好な関係が築けたかどうかは不明である。せっかく実施したのだから、今後のタイ国での農産物の生産性の向上やエネルギー分野での協力など、次の手が発展的に議論されるべきであろう。
- ・ 実証終了以降も継続してプラントが運転され、利益が生み出されることが今後の普及のために重要と思われるので、その点も検証できる体制を作って欲しかった。
- ・ OCSB も農業技術の開発普及に関与しているがタイの低単収を克服し得ているとは言えない。農業協同組合省傘下の農業関係組織が技術開発に参加していなかったことは欠点であると考えられる。
- ・ 既に実施者が現地の企業と築いていた信頼関係に依存する部分があるように思います。これ自体、良いことではありますが、他国に展開する際の参考になるように、まだ信頼関係が築けていなかった企業や関係機関と折衝した際のノウハウも文字として残して頂ければと思います。
- ・ 政策やカウンターパート企業の状況が異なる他国にこの経験をどう活かすか（ノウハウをどのようにして一般化するか）がポイントであると思います。うまくいった協議やネゴシエーションだけでなく、不調に終わった内容と推定される理由も文字にして残すことはできないでしょうか。
- ・ 土壌への難分解性有機物の蓄積方法についても言及すべきである。

2. 3 実証事業成果について

サトウキビバガスを原料とするエタノール生産で従来法より効率的な方法を開発し事業化に値する技術へと仕上げたことは高く評価できる。6項目の事業内容・計画目標をすべて達成している。また、バイオエタノール生産において常に問題となるパイロット規模でのオンサイト酵素生産技術やコンタミネーション防止技術も確立しているため、投入予算以上の成果が得られたといえる。C5とC6の両方の発酵の技術を持ちながら、プロセスが複雑になるC5をあきらめた点は非常に実践的である。また、設備を通年稼働して固定費を節減するため、保存期間に応じた前処理条件を検討していることも実践的である。

一方、他原料・他方法によるエネルギー生産に対する比較優位性を示すために、物質収支、エネルギー収支について、タイで実施可能な他原料・他方法によるエタノール生産、バガスの利用についての他の用途との比較が必要である。長期間運転によるバイオエタノールの安定生産の可能性についての実証も行って欲しかった。

〈肯定的意見〉

- ・ サトウキビバガスを原料とするエタノール生産で従来法より効率的な方法を開発し事業化に値する技術へと仕上げたことは高く評価できる。
- ・ 6項目の事業内容・計画目標をすべて達成していることから、本事業成果は大変評価できる。
- ・ C5とC6の両方の発酵の技術を持ちながら、プロセスが複雑になるC5をあきらめた点は非常に実践的であると思います。C5発酵には組換え体が必要ですが、現地で確実に拡散防止措置を講じることは容易ではありません。さらに、元素循環のために廃液を農地に散布する際、多量の組換えDNAを環境に放出する未知のリスクを回避するという意味でも、非組換え酵母で実施できるC6に絞ったことは高く評価できます。また、設備を通年稼働して固定費を節減するため、保存期間に応じた前処理条件を検討していることも実践的であると思います。
- ・ また、バイオエタノール生産において常に問題となるパイロット規模でのオンサイト酵素生産技術やコンタミネーション防止技術も確立しているため、投入予算以上の成果が得られたといえる。
- ・ 実証事業の遂行においては、必要なデータが取得され、適切な分析がなされている。また、実証事業を通じ、技術的課題（バガス性状変動、酵素生産技術確立等）が確実に達成できている点も評価できる。
- ・ 提案された事業内容は達成、検討されていた。
- ・ プロセス評価も多方面から行っており、代エネ効果やCO₂削減効果の妥当性が良く理解できる。

〈改善すべき点〉

- ・ 他原料・他方法によるエネルギー生産に対する比較優位性を示すために、物質収支、

エネルギー収支について、タイで実施可能な他原料・他方法によるエタノール生産、バガスの利用についての他の用途との比較が必要である。

- ・ 長期間運転によるバイオエタノールの安定生産の可能性についての実証も行って欲しかった。
- ・ C5+C6 ケースと C6 ケースの比較において、バガス無償調達を前提に C6 ケースを選択しているところには注意が必要と考える。例えば、ケース 3、4 で考慮されているバガス調達の有償化に鑑み、将来的なバガス価格高騰を前提とすれば前記のケース選択は逆転する可能性も否定できない。将来の事業化判断にあたっては、様々なケースを想定しシミュレーションを行うべきと考える。
- ・ 発酵時間を 96 時間としていますが、固定費の低減のため、少なくとも発酵時間を 72 時間または 48 時間に短縮した場合についてのコストシミュレーションを行うべきであると思います（エタノール収率が多少下がり残渣の炭水化物が増えますが、固定費はそれぞれ 3/4 または 1/2 になるので検討する価値は十分にあります）。
- ・ CO₂削減効果に関しては不完全である。せっかく繊維を有効利用できるようになったのだから、サトウキビの品種変更やキャッサバとサトウキビとの関係、さらに繊維が多い作物を植えた場合の効果の検討など、繊維を増産する方策についても議論できるようになっている。これを認識し、タイの農地全体の生産性を向上する議論へと繋げることで、提案事業内容に留まらない大きな成果へとつなげていくことができそう。

2. 4 事業成果の普及可能性

本事業成果は2万kL/年でも採算のあうシステムを完成させている点は、実施可能な地域・企業が広がるという観点から評価できる。タイの行政機関、主要なサトウキビ（生産側）、エタノール（消費側）関係機関との緊密な連携のもとに業務を進めており、その点は評価できる。特に、実証機引き渡しに加え、現地での運用に際しコンサルティング契約を行い、サポートを行っている点など、キャパシティビルディングにも貢献している点は持続可能な事業展開において重要である。また、バガスだけでなく、ワラやスイッチグラスなどの他の草本系バイオマスにも適用可能であるので、将来的に市場の拡大が期待できる。

一方、現在の公的支援に関する制度・物質・資金のフローを整理し、どういう形の経営体を構成して本事業を実施するのが妥当なのかを、より具体的に明確にした上で経営試算を実施することが肝要であり、本事業の環境上の比較優位性を示すには、バガスによる電力、バガスによる木質資源、バガスによるエタノールの生産と利用について、LCA的な手法で比較することが効率的である。例えば、感度解析等によって奥行き深いリスク分析や、CO₂排出削減量の包括的な計算を行い、検討の基礎としていくことが肝要である。

〈肯定的意見〉

- ・ 2万kL/年でも採算のあうシステムを完成させている点は、実施可能な地域・企業が広がるという観点から高く評価できます。地元農業の活性化や環境対策を組み合わせれば、相手先企業だけでなく、地域から喜ばれる提案にできると思います。
- ・ タイの行政機関、主要なサトウキビ（生産側）、エタノール（消費側）関係機関との緊密な連携のもとに業務を進めており、その点は評価できる。
- ・ 事業化を想定した際のタイ国内有望パートナーとの連携など、具体性のある点は評価できる。引き続き、連携を維持・強化し、実用化に向けた取組を行って頂きたい。特に、実証機引き渡しに加え、現地での運用に際しコンサルティング契約を行い、サポートを行っている点など、キャパシティビルディングにも貢献している点は持続可能な事業展開において重要である。
- ・ 本事業成果はバガスだけでなく、ワラやスイッチグラスなどの他の草本系バイオマスにも適用可能であるので、将来的に市場の拡大が期待できる。
- ・ エタノールは既にサトウキビの高価値化における副産物ではなく、主産物の一つであると位置づけ、エタノール生産によってバガスの高価値化を図り、地域社会が創出する富を拡大するという視点からの事業が発展し得れば、本事業の普及性は一層向上すると思われる。
- ・ また、エタノール以外の副産物（廃液）の利用法（液肥や燃料/飼料）についても検討されており、具体的かつ実現可能性の高いビジネスプランが提案されている。

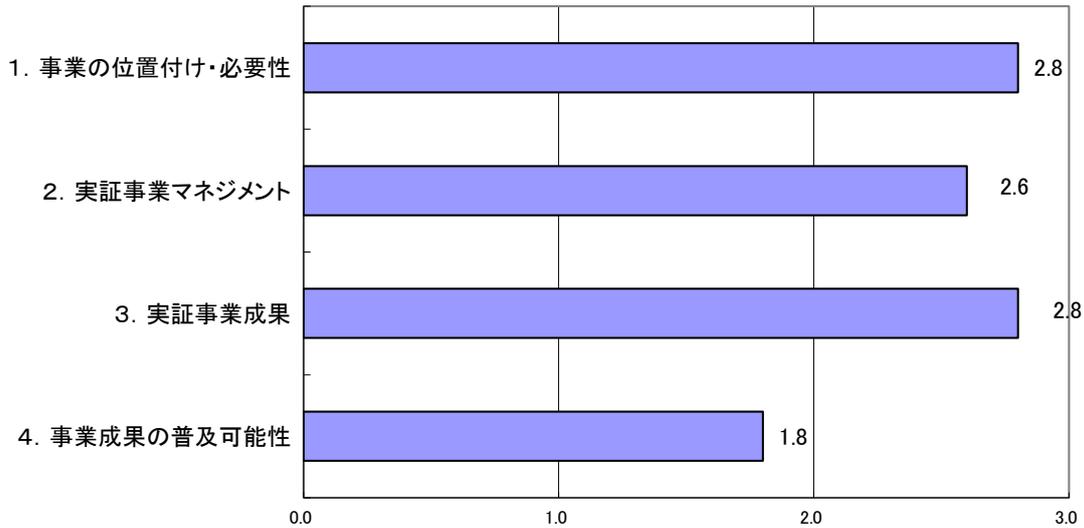
- ・ ビジネスプランについてはプラントの規模と市場サイズの関係、日本企業の継続的関与の必要性についてどちらも戦略を持っており、適切であるように感じた。日本とは異なり、タイ国では多くの製糖会社がすでにエタノール製造を製糖とは分社化して行なっている状況であり導入の体制が整っている。また、日本側の企業の事業ドメインとも合致している。評価がCなのは、そもそも普及に対するハードルは低くない、まだ考慮すべきことが通常の技術に関する事業と比べて多い、ということに起因していると考えてほしい。
- ・ さらに、普及に向けた体制（ビジネスモデル、政策形成・支援措置）についても十分練られたものになっており、タイ国だけでなく、諸外国での普及が大いに期待される。

〈改善すべき点〉

- ・ バガスからのエタノール生産はタイでは新しい事業である。タイの製糖工場は、既に砂糖生産・エタノール生産・電力生産を複合的に実施しているところも多い。現在の公的支援に関する制度・物質・資金のフローを整理し、どういう形の経営体を構成して本事業を実施するのが妥当なのかを、より具体的に明確にした上で経営試算を実施することが必要である。
- ・ 本事業の環境上の比較優位性を示すには、バガスによる電力、バガスによる木質資源、バガスによるエタノールの生産と利用について、LCA的な手法で比較することが必要である。
- ・ バガス調達コストを聞き取りで設定しているが、バガスの価値が評価されれば価格は上昇すると思われる。この点は糖蜜価格の上昇を参考にすべきである。また、タイのサトウキビ生産は変動が大きいいためバガス生産量も年次間の変動が大きいと思われる。感度解析等によって奥行き深いリスク分析をすべきである。
- ・ CO₂削減効果がどの程度になるのかについては明らかになっていない。バイオエタノールの導入の主な関心事はエネルギーセキュリティとCO₂排出削減である。2020、2030におけるバイオエタノールの生産量見通しについて、タイ国政府の出したものをベースにしているが、これの妥当性はパリ協定以降の動向を踏まえて継続的に検討していく必要がある。その検討のためにも、CO₂排出削減量の計算に関しては、包括的な計算を行い、検討材料としていかななくてはならないだろう。
- ・ 普及の点ではエタノールだけでなく、副産物（廃液）も重要なポイントであるので、副産物の性状・組成分析や種々の利用法についての詳細な検討を加えていただければさらに良かった。
- ・ 評価資料中に、「エタノール+肥料利用」ケースと「発電利用」ケースの熱量回収率が比較されており、前者が高効率と評価されている。一方、エタノール、電力は最終エネルギー消費ベースではなく、輸送機関利用の場合は内燃機関、EVと利用機器効率が異なる点に留意が必要。つまり、well to wheelでの効率比較とすべきもの。
- ・ どのコスト要素の変動が生産コストにどれぐらい影響するのか、あるいは、更なるコストダウンのためにはどのような技術的課題の解決が優先されるべきか、といった数

字に基づいた分析が十分ではありません。実施企業を増やす際に説得力のある提案をするためにも、コストの感度解析をしっかりと行って下さい。上述した発酵所要時間を短縮した場合のコスト計算の他に、ネガティブな要因（例えば、バガスの価格上昇）についてのシミュレーションもきちんと行い、現地企業に誠実に説明して頂ければと思います。

・ 3. 評点結果



評価項目	平均値	素点 (注)				
1. 事業の位置付け・必要性について	2.8	A	A	B	A	A
2. 実証事業マネジメントについて	2.6	A	B	A	B	A
3. 実証事業成果について	2.8	A	B	A	A	A
4. 事業成果の普及可能性	1.8	A	B	C	B	C

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

〈判定基準〉

- | | |
|--------------------|---------------|
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3. 実証事業成果について |
| ・非常に重要 →A | ・非常によい →A |
| ・重要 →B | ・よい →B |
| ・概ね妥当 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・妥当性がない、又は失われた →D | ・妥当とはいえない →D |
| 2. 実証事業マネジメントについて | 4. 事業成果の普及可能性 |
| ・非常によい →A | ・明確 →A |
| ・よい →B | ・妥当 →B |
| ・概ね適切 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・適切とはいえない →D | ・見通しが不明 →D |

第2章 評価対象事業に係る資料

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業
/酵素法によるバガスからのバイオエタノール製造技術
実証事業(タイ)」

事業原簿

担当部	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー部
-----	--------------------------------------

—目次—

本紙	I-3
用語集	I-6

本 紙

最終更新日	平成29年7月24日
-------	------------

事業名	国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業		
実証テーマ名	酵素法によるバガスからのバイオエタノール製造技術実証事業 (タイ)	プロジェクト 番号	P93050
担当推進部/ PM、PTメンバー	<p>新エネルギー部 PM 氏名 鈴木 剛 主査(29年7月現在) PTメンバー 氏名 矢野 貴久 主査(29年7月現在)</p> <p>国際部 SPM 氏名 檜垣 徹 主査(29年7月現在) PTメンバー 氏名 西田 由布子 主任(29年7月現在)</p> <p>新エネルギー部 PM 氏名 澤 誠治 主査(26年1月～27年12月) PTメンバー 氏名 宮里 尚利 主査(25年3月～27年2月) PTメンバー 氏名 西川 向一 主査(24年4月～25年3月) PTメンバー 氏名 本多 文博 主査(23年6月～24年3月) 氏名 山田 琢寛 主査(~23年6月)</p> <p>国際部 SPM 氏名 齋藤 紳一郎 主査(25年7月～26年7月) PTメンバー 氏名 鷺見 勇 主査(25年4月～25年7月) PTメンバー 氏名 木村 聡輔 主査(24年5月～25年3月) PTメンバー 氏名 栗村 政明 主査(23年9月～24年6月) PTメンバー 氏名 伊坂 美礼 主査(28年9月～29年4月) PTメンバー 氏名 浅井 美香 主査(26年1月～28年9月)</p>		
委託先	<p>月島機械株式会社 PM 氏名 田中 一穂 (29年4月現在) SPM 氏名 登 優 (29年4月現在) PTメンバー 氏名 早川 智基 (29年4月現在) 水野 秀明 (29年4月現在) 加藤 綾子 (29年4月現在) 篠原 貴雄 (29年4月現在)</p> <p>JFE エンジニアリング株式会社 PM 氏名 山村 善和 (23年12月～25年3月) PM 氏名 古谷 茂也 (25年4月～27年3月) (29年4月～現在) PM 氏名 永田 晃一 (27年4月～29年3月)</p>		

1. 事業の概要

(1)概要	<p>対象国のタイでは、輸入石油依存体質の改善(エネルギー自給体制の確立)等を目的とする燃料用エタノール推進策を国策として推進しており、燃料用エタノール製造の対策が喫緊の課題になっている。そこで、バガスエタノール製造プロセスに酵素法によるセルロース分からのエタノール製造技術を新たに導入し、上記課題の解消を図り、今後の普及を目的とする。</p> <p>セルロース系原料であるバガスから酵素法により、液体燃料用途のバイオエタノール製造をパイロット規模で行うことにより、バイオエタノールの製造技術を確立、有効性を実証し、当該技術の普及促進を実証する。</p>
(2)目標	<p>下記技術的課題を実証設備運転によって達成し、普及可能な事業採算性を有する商業設備の設計因子を獲得する。</p> <p>1. 商業設備規模・採算性 バガス 150,000t/年、エタノール販売値 26THB/L で普及の見込める採算性を有する設備を目標とする。 生産コスト 17.9THB/L、設備費 18 億 THB。エタノール生産量 17,000kL/年</p>

	<p>2. 技術的課題</p> <p>1)原料バガスの季節変動の把握、運転への反映 保管期間に劣化するバガスの性状を把握し、性状変化しても年間通じて安定した生産が可能となるプロセスを構築する。</p> <p>2)前処理バガスの無菌搬送 前処理バガスを次工程である酵素生産、糖化発酵に搬送する機器内においてコンタミネーションを発生させない、機器設計、洗浄方法を確立する。</p> <p>3)前処理方法の選定 本実証事業では2通りの前処理方法(希硫酸法と水熱法)を比較検討する。 エタノールの終了のみでなく、事業化後の経済性の視点から判断する。</p> <p>4)パイロット規模でのオンサイト酵素生産技術の確立 商業機の1/10スケールである、12.5m³槽において酵素生産を実証し、運転条件および槽構造を商業機設計に反映する。</p> <p>5)50 m³規模でのエタノール生産の実証 商業機の1/10スケールである、50m³槽において糖化発酵を実証し、運転条件および槽構造を商業機設計に反映する。</p> <p>6)もろみ塔のトレイ選定 バガスエタノール発酵液は、リグニン残渣である固形物を含む点で、第一世代エタノール発酵液と異なる。固形物がトレイ上に残存することによるトラブルを防ぐ観点から、もろみ塔パイロット設備を運転し、固形物が残存しないトレイを選定する。</p> <p>3. オンサイト酵素のコスト評価 本実証技術の最大の特長は、月島機械が独自に保有する微生物によるオンサイト酵素生産により、市販酵素より安価なコストで酵素を入手することである。 パイロット規模でのオンサイト生産結果より、バガスエタノール生産において、オンサイト生産酵素が市販酵素と比較して低コストであることを実証する</p>							
(3) 内容・計画	主な実施事項	H23fy	H24fy	H25fy	H26fy	H27fy	H28fy	
	①現地調査 協定関連業務	—————→						
	②基本設計 詳細設計	—————→						
	③機器製作 輸送				—————→			
	④建設工事 試運転調整				—————→			
	⑤実証運転 保守改造					—————→		
	⑥普及活動						—————→	
(4) 予算 (単位:百万円) 契約種類: (委託)	会計・勘定	H23fy	H24fy	H25fy	H26fy	H27fy	H28fy	総額
	特別会計(需給)	10.5	49.0	13.2	835.6	170.1	41.0	1,119.5
	総予算額	10.5	49.0	13.2	835.6	170.1	41.0	1,119.5
(5) 実施体制	MOU 締結先	タイ王国工業省サトウキビ・糖業委員会事務局(OCSB)						
	委託先	月島機械株式会社、JFE エンジニアリング株式会社						
	実施サイト企業	Thai Roong Ruang Energy Co., Ltd.						

2. 事業の成果

1. (2)の「2. 技術的課題」で示した項目は実証運転により達成し、この結果より商業機の事業採算性評価およびオンサイト酵素生産のコスト評価を行った。

商業機の採算性

希硫酸法、水熱法とも目標を若干下回ったものの、事業採算性を有する結果となった。希硫酸法/水熱法を比較すると、水熱法のほうが生産量が少ないものの、低コストかつ高い事業採算性となったため、水熱法を今後の普及モデルに選択した。

	目標	希硫酸法	水熱法
原料量 [ton/年]	150,000	150,000	150,000
生産量 [kL/年]	18	21	16
生産コスト [THB/L]	17.9	21.5	20.2
IRR(15年)	16%	9.8%	12%

商業モデルの見直し

実証期間中にタイ国における事業環境の変化があり、今後の普及モデルとして以下の点を考慮に入れる必要が生じた。

・バガス原料費、ユーティリティーの有償化(事業開始時は製糖工場からの無償供給を想定)

新たな商業機モデルとして、排水からのエネルギー回収を行い自前でユーティリティーを賄うほか、余剰エネルギーを売電するモデルの採算性を評価し、普及に値するモデルであることを示した。

原料量	198,000
生産量 [kL/年]	19,000
生産コスト [THB/L]	15.7(*)
IRR(15年)	9.7%

(*) 生産コスト = (エタノール生産 + 発電) - 売電収入 として表示

3. 実証成果の普及可能性

提案した商業機モデルは経済的に普及に値するモデルであるが、バガス発電(タイ国内で FIT 制度が開始により急速に普及した)との競争を考慮する必要がある。2014 年以降、バガス発電への参入が制限されており予測が困難であるが、余剰バガスの半量がエタノール原料に仕向けられると仮定すると、2026 年にはタイ全土で年間 550 万トンがエタノール原料として利用可能となり、最大 27 工場が建設される見込みである。

商業化初号機は実証サイトである TRE 社に納入することを想定しており、初号機稼動後に TRR グループ他工場、ならびに他の製糖会社への普及を行っていく。

初号機受注に向けては、TRE 社自身(自費)で実証設備運転を行うことを表明しており、本技術導入に対する意欲は高い。月島機械はこれをサポートし、本技術への精通を促進し、また建設費の見直し(現地コスト化)によるコスト削減を促し、同社の投資判断に繋げる。TRR グループとしては 2016、2017 年に新製糖工場を計 2 工場(推定投資額 150 億 THB)建設、運転を開始しており、本件に対する投資能力を有していると判断される。

TRR グループ以外の他の製糖会社への展開については、月島機械の製糖会社への営業ラインを利用して、顧客の発掘を図る。

4. 代エネ効果・CO ₂ 削減効果	実証事業段階*1	普及段階（2020）	普及段階（2030）
(1) 省エネ効果による原油削減効果	- kL/年	- kL/年	- kL/年
(2) 代エネ効果による原油削減効果	12 (26)*2 千 kL/年	0 kL/年	162 (377)*2 千 kL/年
(3) 温室効果ガス排出削減効果	32 (73)*2 千 t-CO ₂ /年	0 t-CO ₂ /年	449 (1,020)*2 千 t-CO ₂ /年
(4) 我が国、対象国への便益	日本独自の技術であり、日本企業のプラント輸出による収益が見込まれる。 タイ国においてはエタノール増産による代替エネルギー政策への貢献、及び製糖会社の収益増加が期待される。		

*1：実証事業段階の数値は、商業機一基当たりの値として表示

*2：（）内はモラセスハイブリッドモデルの削減効果

用語集

用語	意味
TRE	Thai Roong Ruang 社（製糖大手 TRR グループのエタノール製造会社）
TRR グループ	Thai Roong Ruang グループ。タイ国 2 番目の生産量の製糖会社。

2. 分科会における説明資料

次ページより、事業推進・実施者が、分科会において事業を説明する際に使用した資料を示す。

「国際エネルギー・消費効率化等システム実証事業」
 (事後評価) 酵素法によるバガスからのバイオエタノール
 製造技術実証事業(タイ)

「酵素法によるバガスからのバイオエタノール 製造技術実証事業(タイ)」(事後評価) (2011年度～2016年度 6年間)

実証テーマ概要 (公開)

NEDO
 新エネルギー部

2017年 9月 15日

1/36

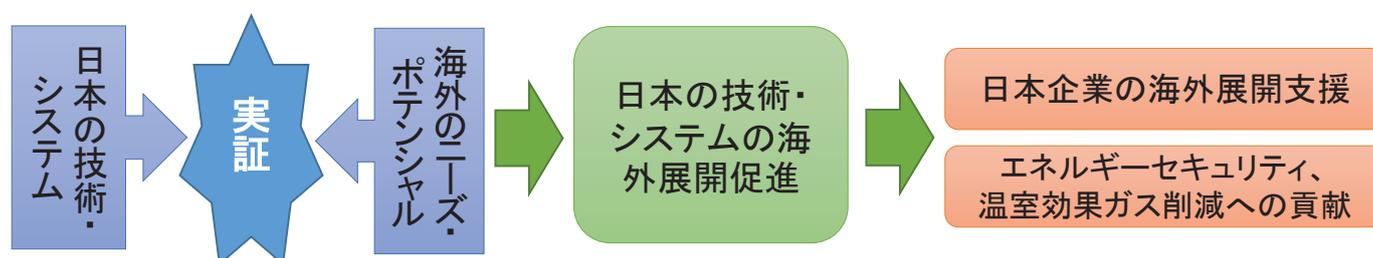
0. 「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業」の目的

公開

◆ 国際実証事業の目的

- ① 我が国が強みを有するエネルギー技術・システムを対象に、相手国政府・公的機関等との協力の下、海外の環境下にて技術・システムの有効性を実証し、民間企業による技術・システムの普及につなげる。
- ② これにより、海外でのエネルギー消費の抑制を通じた我が国のエネルギー安全保障の確保に資するとともに、温室効果ガスの排出削減を通じた地球温暖化問題の解決に寄与する。

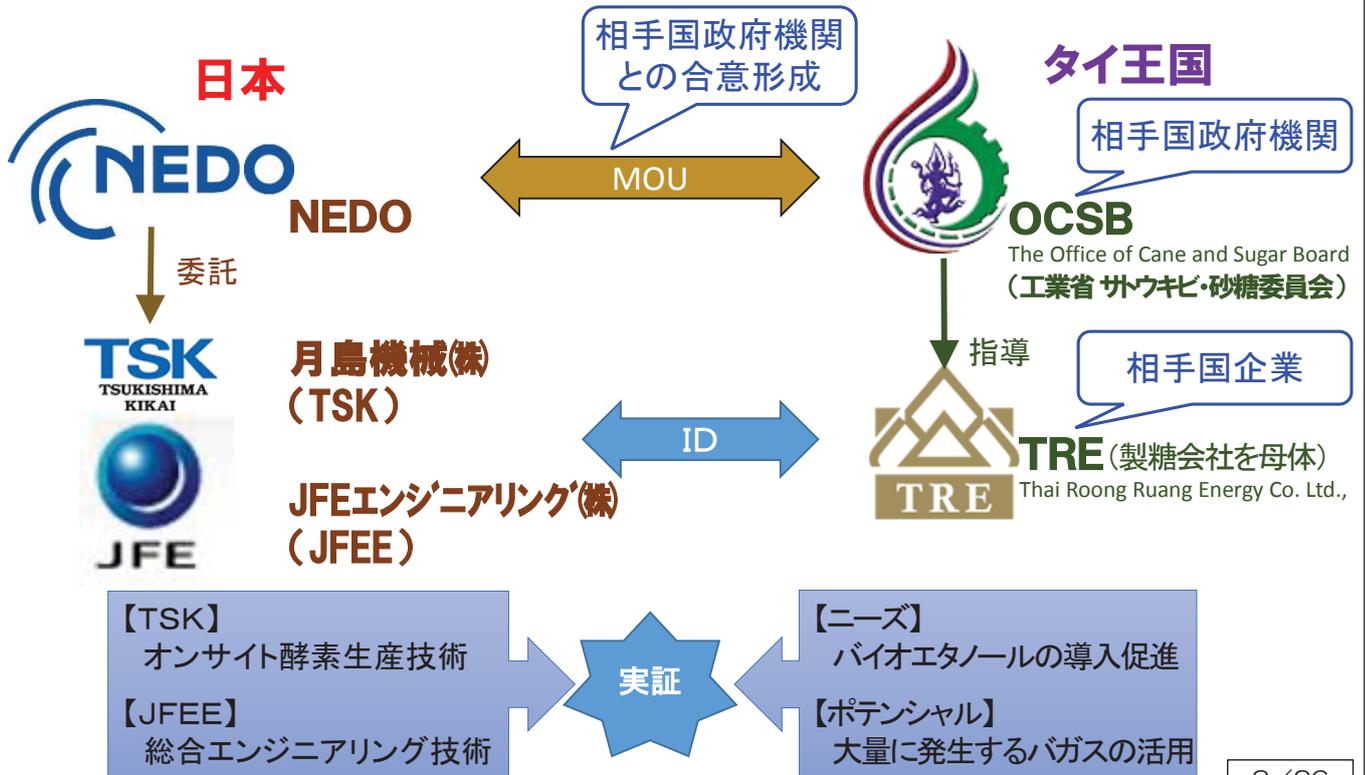
国際エネルギー実証のイメージ



2/36

◆ 実証事業のスキーム

○ 相手国政府機関との合意形成(MOU)により実証事業への協力を得る



0. 発表内容

大項目	中項目	ポイント、内容
1. 事業の位置づけ・必要性	(1) 事業の位置づけ・必要性 (2) 政策的必要性 (3) NEDO関与の必要性	・事業の背景と目的・意義 ・社会的背景、位置づけ ・NEDO関与の必要性
2. 実証事業マネジメント	(1) 実施体制の妥当性 (2) 相手との関係構築の妥当性 (3) 事業内容・計画の妥当性	・相手国との関係構築 ・実施体制 ・実施内容・計画 ・情勢変化への対応
3. 実証事業成果	(1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義	・実施計画に対する取組結果 ・事業の成果・達成状況 ・設定された項目以外の成果
4. 事業成果の普及可能性	(1) 事業成果の競争力 (2) 普及体制 (3) ビジネスモデル、政策形成・支援措置 (4) 市場規模、省エネ・CO2削減効果	・タイ国における需要 ・既存のエタノールとの比較 ・既存技術との比較 ・普及に向けた体制 ・ビジネスモデル ・社会・経済への波及効果
5. 総括・まとめ		

1. 位置付け・必要性

5/36

1. 位置付け・必要性(意義)

公開

◆ 事業の背景と目的・意義

〔背景〕

- タイ政府によるバイオエタノール導入義務化に伴う需要の増加
→原料は主に製糖副産物のモラセスと澱粉用キャッサバ芋が使われており、需要増を賄うために原料の増産が不可欠
- タイでは、食料と競合しないバガス(製糖(搾糖)副産物)からのバイオエタノール製造技術は未確立
→バガスエタノールの製造技術の実用化は、タイのバイオエタノールの増産、安定供給に資する

〔目的〕

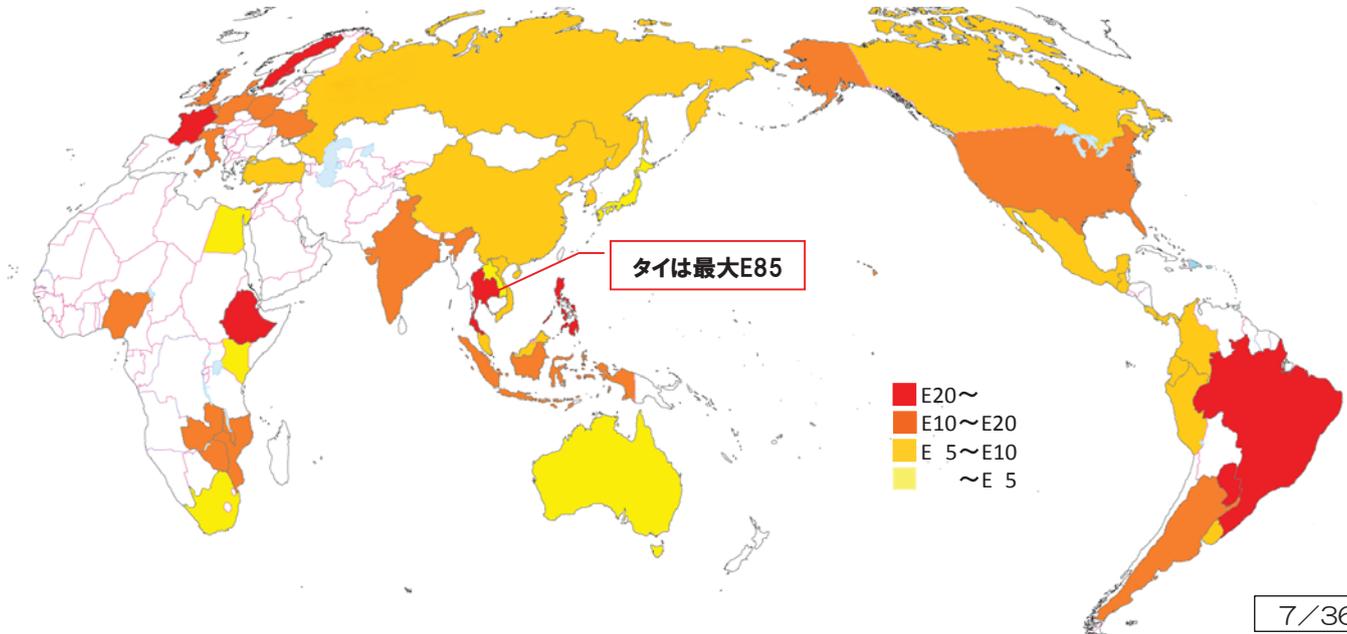
- 予め実施したFS調査により明らかにした技術課題に対し、技術実証でバガスエタノール製造技術の有効性を検証
→タイでの技術普及を図る。

6/36

◆ 社会的背景・位置づけ

○地球温暖化への対策として、各国でバイオエタノールの導入が進んでおり、中でもタイ王国は最も導入に積極的な国の一つ。

各国のバイオエタノール導入政策（2030年までの政策ベース）

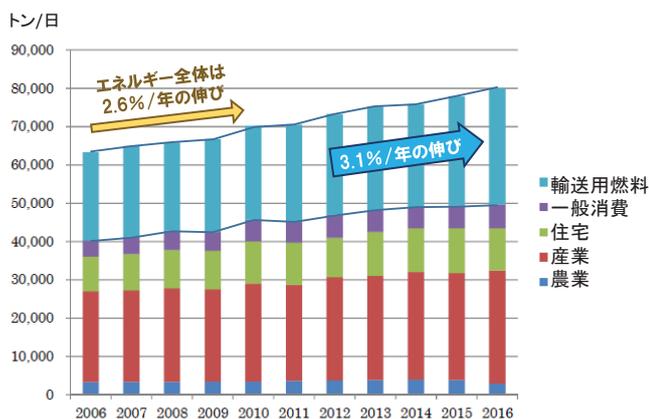


◆ 社会的背景・位置づけ

○タイ王国では経済発展に伴いエネルギー消費量が増大しており、特に輸送用燃料は3.1%/年で消費が増大している。

→バイオエタノールの生産量を20年で3.5倍に増産する方針 (AEDP2015)

タイにおけるエネルギー需要の伸び(石油換算)



AEDP2015に基づく目標値

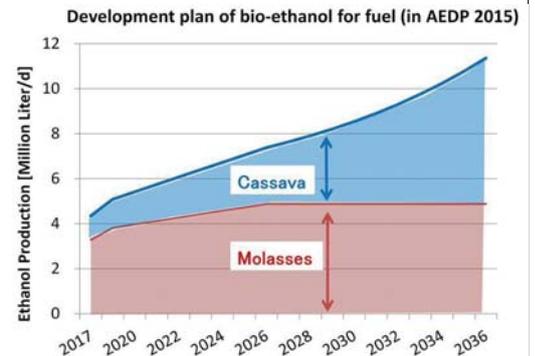
再生可能液体燃料	単位	2014年実績	2036年目標
バイオディーゼル	百万L/日	2.9	14.0
バイオエタノール	百万L/日	3.2	→ 11.3
熱分解合成油	百万L/日		0.5
液化メタン	トン/日		4,800
その他	石油換算トン		10
再生可能液体燃料計	石油換算トン	1,782	8,712
総液体燃料消費量	石油換算トン	26,801	34,798
再生可能燃料比率		6.6%	25.0%

◆ 社会的背景・位置づけ

○バイオエタノールを増産するには、サトウキビ・キャッサバの増産が必要だが、サトウキビの栽培面積拡大は限られるため、政府はキャッサバの生産量拡大に期待

→然し、キャッサバの栽培面積拡大と単収増の両立は難しいとの指摘も

○そこで、**廃棄されているバガス**
(サトウキビを搾った後の粕)から**バイオエタノールを生産する技術を提案**



年間5,000万t発生するバガスのうち、**1,000万tが未利用**と推定(月島調べ)

↓
バイオエタノール生産量(2036)の10%相当を代替できる可能性あり



サトウキビ

バガス

◆ NEDO関与の必要性

●本事業をNEDOが関与して実施する必要性

- ・バガスエタノールの生産には、技術的チャレンジがあり、民間企業のみで進出するにはリスクが大きいため、官民一体の取り組みが必要。
- ・タイ政府としてもバイオエタノールの増産を目論んでいる中、OCSBとの連携により、タイ側の強い協力を得て事業を実施することが有効。

NEDOとOCSB間でMOUを締結し実証事業・普及活動等への支援を要請

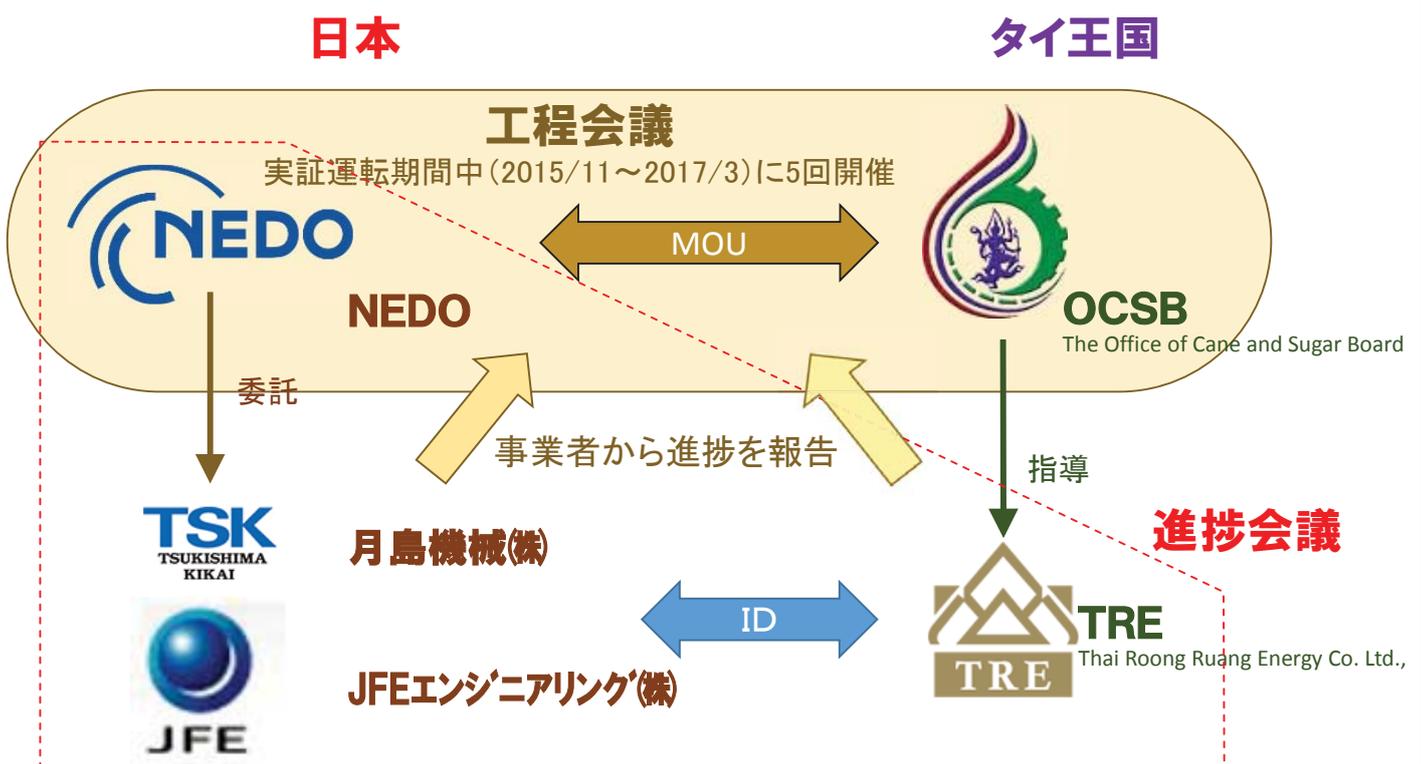
●NEDOによる関与の結果

- ・OCSB、TREの協力を得て、事業化に必要なノウハウ、データを取得しつつ、普及セミナー等により本技術を日本・タイの関係者に広く周知した。
- ・更に、事業終了後も(MOUの義務に関わらず)、OCSBから継続的に各種情報提供や技術の普及支援等の事業化への協力を得ている。

2. 実証事業マネジメント

2. 実証事業マネジメント(実施体制の妥当性)

◆ 相手国との関係構築(俯瞰図)



◆ 相手国との関係構築

● 工程会議を通じてOCSBと実証運転の進捗を協議

- ・実証運転結果の報告に加え、コンタミ等の具体的な問題点も共有
- ・バガスエタノール製造技術の課題や対処方針を協議することでOCSBの技術に対する関心・理解が深まる。

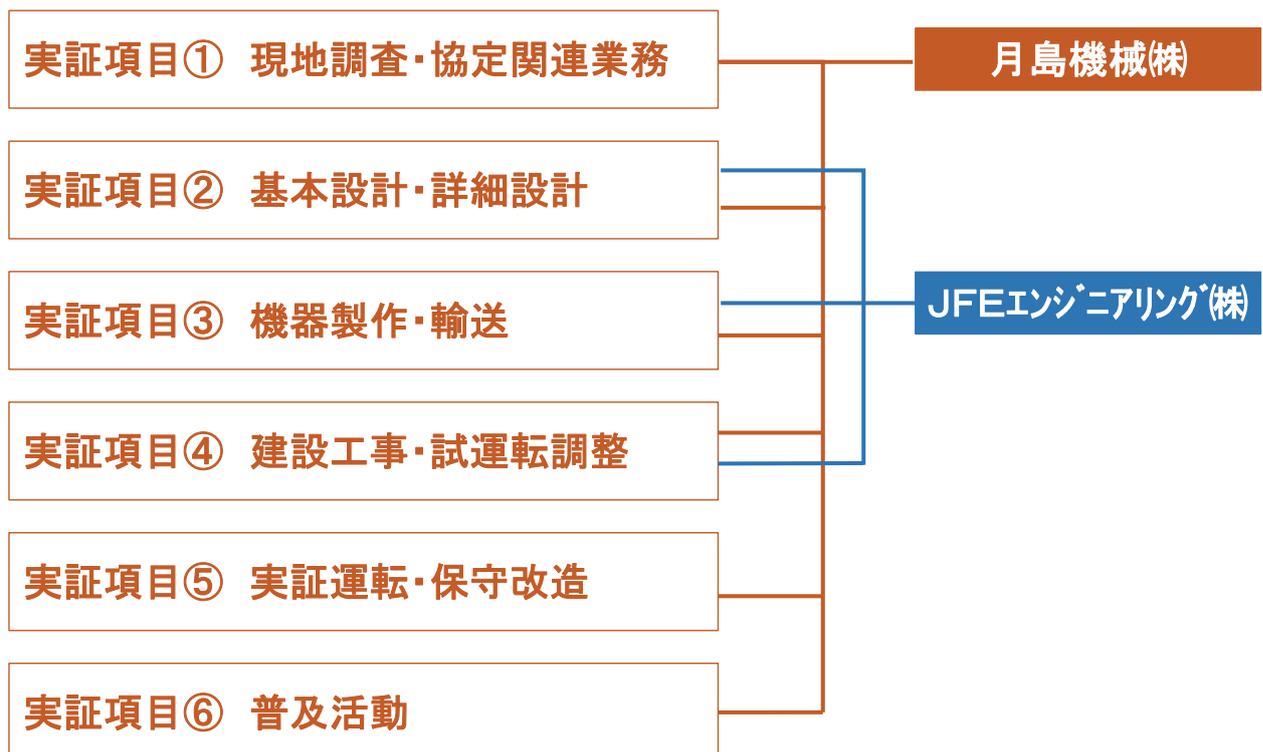


● OCSBから自発的な関与を引き出す

- ・ソムサック局長が全ての工程会議に参加するだけでなく、自らプラントに赴き、実証運転状況を確認
- ・事業終了に伴う資産譲渡および活用を見据え、TSKの指導の下OCSB技術員が実証運転に参加し、技術研修を実施した。
- ・OCSBが製糖業界、研究者等の関係者200名を集めたセミナーを開催し、その後も継続的に技術の普及に協力している。

13/36

◆ 実施体制 実施者と実施項目



14/36

◆ 事業内容・計画 実施計画

○実施計画に基づき、以下6項目について実施

実施項目	実施内容
①現地調査・協定関連業務	事前調査、日泰事業者間の協定付属書(ID)の締結、及びNEDO-OCSB間の基本協定書(MOU)の締結を支援。
②基本設計・詳細設計	実証設備の基本・詳細設計、土木・配管電気計装等の付帯設備の各工事に関する基本計画、基本・詳細設計
③機器製作・輸送	実証設備の機械装置の製作及び現地への輸送、または現地にて機器の作製を行う。
④建設工事・試運転調整	実証設備の建設工事(土木、築据付配管・ダク電気計装等)、実証設備の試運転計画の立案と運転調整。
⑤実証運転・保守改造	計5回の実証運転を計画し、バガスの季節変動を把握すると共に、最適運転条件を明らかにする。 取得したデータから技術の優位性と経済性を評価する
⑥普及活動	普及セミナーを通じて、タイ国内で技術の普及を図る

15/36

◆ 実施内容・計画 課題認識

○実証運転において、以下の課題に対する検証を実施

		技術面の課題	事業面の課題
原料	バガスの確保	貯蔵中に変化する成分変化を把握	安価で定量的に確保できるか
	ハンドリング	異物の除去と閉塞の防止	
製造 行程	前処理	水熱処理条件の最適化	希硫酸法との経済性比較
	酵素生産	オンサイト生産技術の確立	酵素生産コストの把握
	糖化同時発酵	バガスに対する菌の有効性検証 攪拌等の機器の適合性を検証	糖化発酵コストの把握
	蒸留	もろみ液の蒸留性状把握	蒸留コストの把握
運転	人材育成	運転マニュアルの作成	現地人運転員のトレーニング
	安全対策		安全対策の周知徹底

16/36

◆ 事業内容・計画 スケジュール

- ・MOU締結が遅れ、事業期間を2年延長して事業を完遂
- ・NEDOの支援によるフォローアップは行わず、TSK・TRE間でコンサルティングを計画中(費用はタイ側負担で協議中)

実証事業のスケジュール

年度	FY2010	FY2011	FY2012	FY2013	FY2014	FY2015	FY2016	FY2017
計画	実証前調査		★MOU締結	設計	製作・輸送	実証運転	フォローアップ	
				建設		普及		
実行	実証前調査				★MOU締結			コンサルティング
			設計・調査		製作・輸送	実証運転		普及
費用		10.5	49.0	13.2	835.6	170.1	41.0	

17/36

◆ 情勢変化等への対応

●タイ国政変の影響

- ・2011年8月の政権交代に伴うタイ政府方針の変更により、免税特権の行使に制限※を設けられ、さらに閣議承認の要否をタイ側で検討するために時間を要し、MOU交渉が難航した。

※ 新政府は、MOUにおける免税措置について、タイ-日本両政府の代表による署名を必要としたが、「日本政府代表による署名」は外務省所管につき、NEDOでの対応は困難

- ・結果的には関税をタイ側が負担することで関税問題を解決し、同時に閣議承認も回避した。

●事業環境の変化

- ・タイにおいて固定価格買い取り制度(FIT)が浸透し、**バガスの発電燃料としての利用が進み、バガスの価値が上昇。**

→当初、製糖工場からの無償供給を想定していたバガス、ユーティリティ(電気、蒸気)について、それぞれ有償購入、自前生産するシステムで事業採算性を再評価。

18/36

3. 実証事業成果(概要)

19/36

3. 実証事業成果(事業内容・計画の達成状況と成果の意義)

公開

◆ 実施計画に関する取組結果(概要)

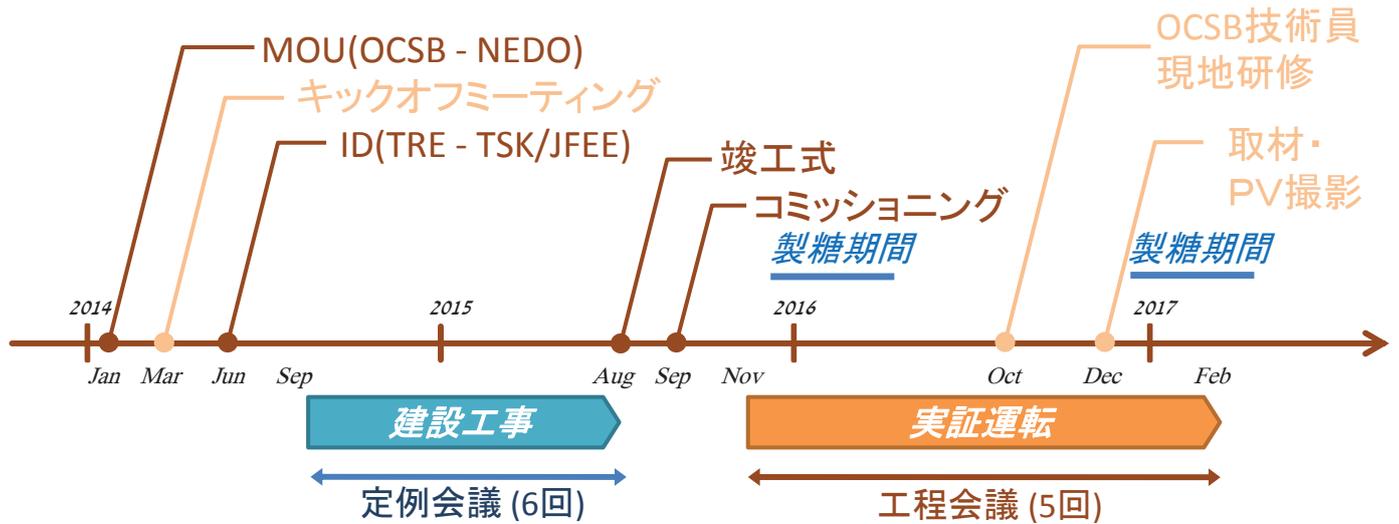
目標と成果

実施項目	取組結果	結果	備考
①現地調査・協定関連業務	事前調査により、TSK・JFEEとTRE間でIDを締結し、MOU締結を支援した。	○	21頁
②基本設計・詳細設計	実証設備および付帯設備の基本・詳細設計を実施し、各工事に関する基本計画を立案した。	○	22頁
③機器製作・輸送	実証設備のうち、培養関連設備および高圧反応器は日本および第三国で製作・輸送した。上述以外については現地にて調達した。	○	23頁
④建設工事・試運転調整	実証設備の建設工事を遅滞なく実施した。 実証設備の試運転計画の立案と運転調整を行った。	○	24頁
⑤実証運転・保守改造	5回の実証運転で運転条件を明らかにした。 バガスの性状変化対応した設備の改造を実施。 TREと協力して安全対策を講じマニュアルを整備した。	◎	25頁
⑥普及活動	普及セミナーでタイ国内の製糖企業等に技術を紹介。 OCSB研修生受入、TRE運転員のトレーニング等実施。	◎	26頁

◎:計画以上の成果 ○:計画通り実施、△:一部実施、×:未実施

20/36

◆ 事業の成果・達成状況① 相手国機関との協定



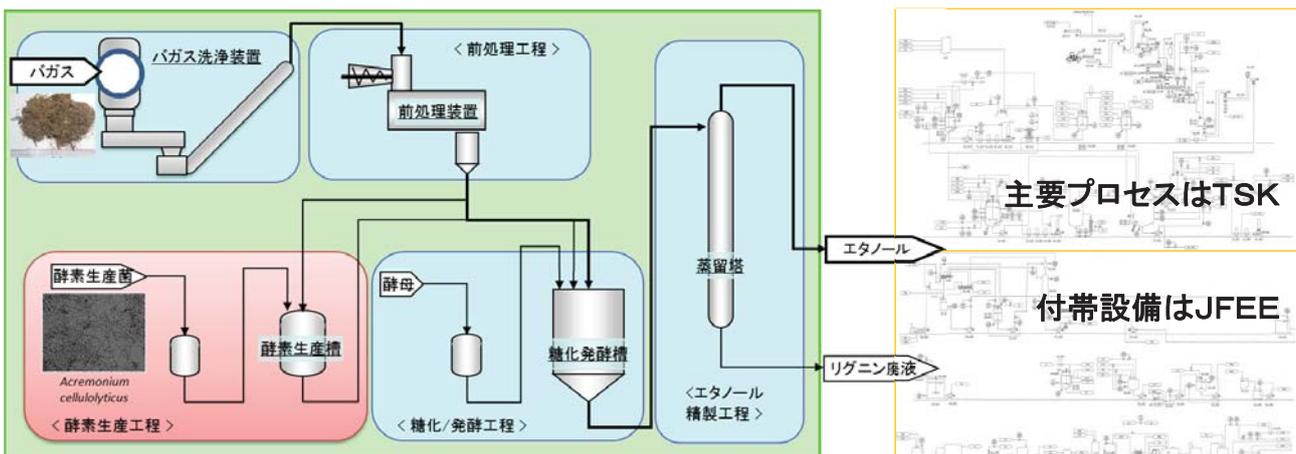
◆ 事業の成果・達成状況② 基本・詳細設計

● 基本設計

- ・商用機の1/20規模のプラントを想定し、酵素生産槽、糖化発酵槽を設計
- ・前処理は連続式とし、糖化発酵はバッチ式とする

● 詳細設計

- ・TSK Engineering Thailand(月島のタイ現地法人)にて実施



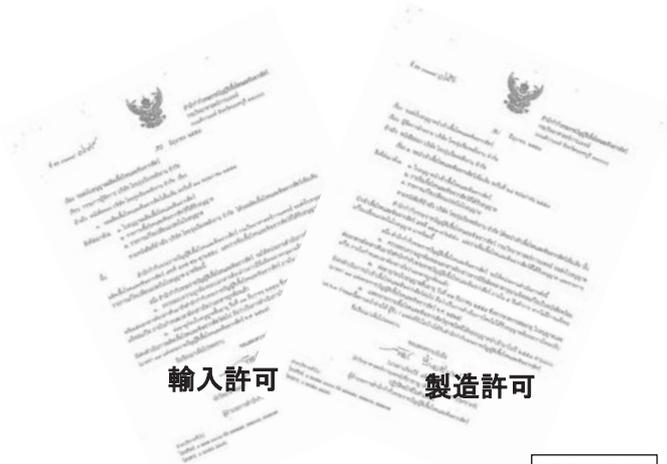
◆ 事業の成果・達成状況③ 機器製作・輸送

● 機器製作

- ・培養関連・前処理バガス搬送機器は事前に日本で洗浄性を検討し調達
- ・前処理反応器は、実績のある第三国のメーカーを採用

● 輸送

- ・機械の輸送は、月島製糖機器輸出の機能を活用し通関を実施
- ・酵素生産菌、酵母等の微生物の輸入は、TREの支援を受け、タイ国保健衛生局の許可を取得



◆ 事業の成果・達成状況④ 建設工事・試運転調整

● 建設工事

- ・TSK Engineering Thailandが主体となって建設を監督し遅滞なく工事を完了

● 試運転

- ・プラント工事完了後、水運転により各機器の動作確認を実施

	2014年					2015年	
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
現場準備	■						
杭打・基礎工事		■	■	■	■		
架構建設工事					■	■	■
据付工事							■
配管工事							■
電気計装工事							
水運転							
前処理装置試運転							

	2015年						
	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
現場準備							
杭打・基礎工事							
架構建設工事					■		
据付工事	■	■	■				
配管工事	■	■	■				
電気計装工事			■	■	■		
水運転						■	■
前処理装置試運転							■



◆ 事業の成果・達成状況⑤ 実証運転

目標と成果

	目標	成果	達成度	残った課題／変更した場合はその内容など
項目1. バガスからのエタノール生産システムの技術確立	時期により変化するバガスの影響を考慮した生産システムの構築。	前処理条件を時期により変えることにより、年間通して安定して、目標値より高い生産量を達成。商業モデルの設計因子を獲得。	◎	なし
項目2. オンサイト酵素生産の技術確立	バガスから酵素を生産する技術を確立	バガスを用いた酵素生産を実証。商業モデルの設計因子を獲得。	○	なし
項目3. 経済性の高い商業モデルの構築	経済的に魅力がある商業モデルを構築	・C5+C6より採算性が高いモデルとして、C6のみを選択。 ・事業期間中の環境変化に対応した採算性の高いモデルを提案。	○	更なる競争力のあるモデルモデルへのブラッシュアップ
項目4. 代エネ・CO2削減効果	150,000ton/年の設備で 代エネ効果量 301.6 TJ/年 CO2削減量 28,994 t-CO2/年	商業機一基(198,000ton/年)あたり 代エネ効果量 443TJ/年 CO2削減量 32,000 t-CO2/年	○	

◎:大幅達成、○:達成、△:達成見込み、×:未達

25/36

◆ 事業の成果・達成状況⑥ 普及活動

● OCSB研修生の受け入れ

- ・TSKが実証運転を通じてOCSB技術員を指導。実証事業後のプラント活用について協議・検討を行っている。

● メディア・WEBで発信

- ・タイ国営放送の取材を基に作成した動画を工業省ホームページに掲載し事業を紹介

● 普及セミナー・サイトツアー

- ・タイ国製糖関係者を中心に200の参加者を募り、OCSB主催による普及セミナーを開催。
- ・エタノール製造事業の周辺情報※についても紹介。

※ タイ国投資委員会(BOI)からエタノール製造事業への政府支援制度を説明、また、不良環境に強いサトウキビ新新種の紹介等の話題提供を行った。

タイ工業省のホームページ



セミナー・ツアーの様子

26/36

4. 事業成果の普及可能性(概要)

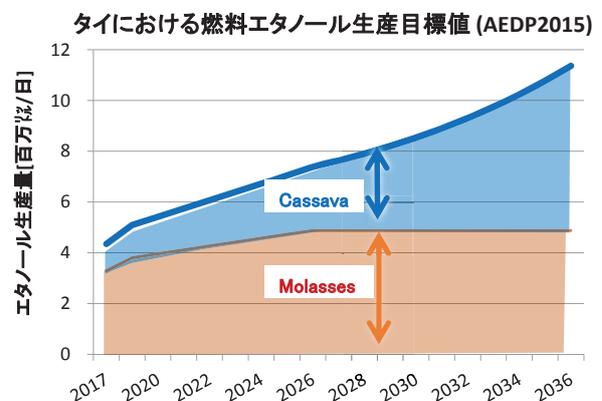
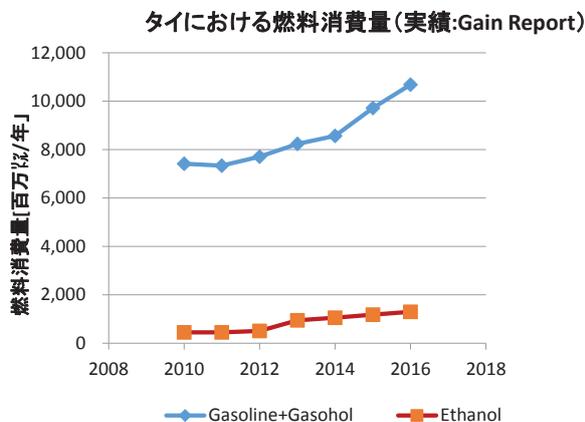
27 / 36

4. 事業成果の普及可能性(事業成果の競争力)

公開

◆ タイ国における需要の見込み

○自動車燃料消費量、エタノール消費量が堅調に伸びており、振興政策（エタノール混合義務化、エタノール増産目標）も明確であることから、燃料用エタノールの需要は増加し続けると考えられる



28 / 36

4. 事業成果の普及可能性(事業成果の競争力)

公開

◆ タイ国で流通する既存バイオエタノールとの比較

○タイ国内で流通しているモラセス、キャッサバエタノールと比較して競争力ある製造コストを達成。

		モラセス(*1)	キャッサバ(*1)	バガスエタノール(C6)	
				事業開始時	終了時
原料価格	[THB/ton]	3,600	2,500	0	400
単位生産量	[L-EtOH/ton-原料]	240	160	-	96(*2)
コストに占める原料費	[THB/L]	15.0~20.9	15.6	0	4.2
生産コスト	[THB/L]	21.1	22.7	(17.0)	20.6

(*1) 出展: Alic レポート「タイのエタノール政策と砂糖及びでん粉業界への影響」参照
(*2) 50%水分-tonあたりで表示

タイ政府 エタノール参照価格



29/36

4. 事業成果の普及可能性(事業成果の競争力)

公開

◆ セルロースエタノール製造技術としての比較

○2万kl/年の設備で、採算レベル(3~5万kl/年)の商業機並みのコストを実現

プロセス保有会社	DDCE(*1)	Beta Renewables	POET	IOGEN	TSK
事業会社	DDCE	GranBio	POET	Raizen	TRE
所在地	アメリカ ネバダ	ブラジル アラゴアス	アメリカ アイオワ	ブラジル サンパウロ	タイ サラブリ
原料	コーンコブ・茎葉	バガス	コーンコブ・茎	バガス	バガス
量 ton/y	375,000	400,000	285,000		
生産能力 kL/y	114,000	82,000	76,000	40,000	19,000
実績 kL/y	2017年本格稼働予定	停止中(2018年再開予定)	稼働状況不明	7,000(2016年)	-
生産コスト*2 THB/L	30.0	23.8	30.4	19.4	20.6
投資額	7,000M THB	8,800M THB	9,200M THB	3,300M THB	-

(*1) DDCE : Dupont Danisco Celulosic Ethanol

(*2) 生産コストはLux Researchのレポートを、0.03[THB/\$]として算出

○2万kl/年のプラントが導入できる規模の製糖工場は24工場
→タイでの普及可能性を広げる(3万kl/年なら3工場)

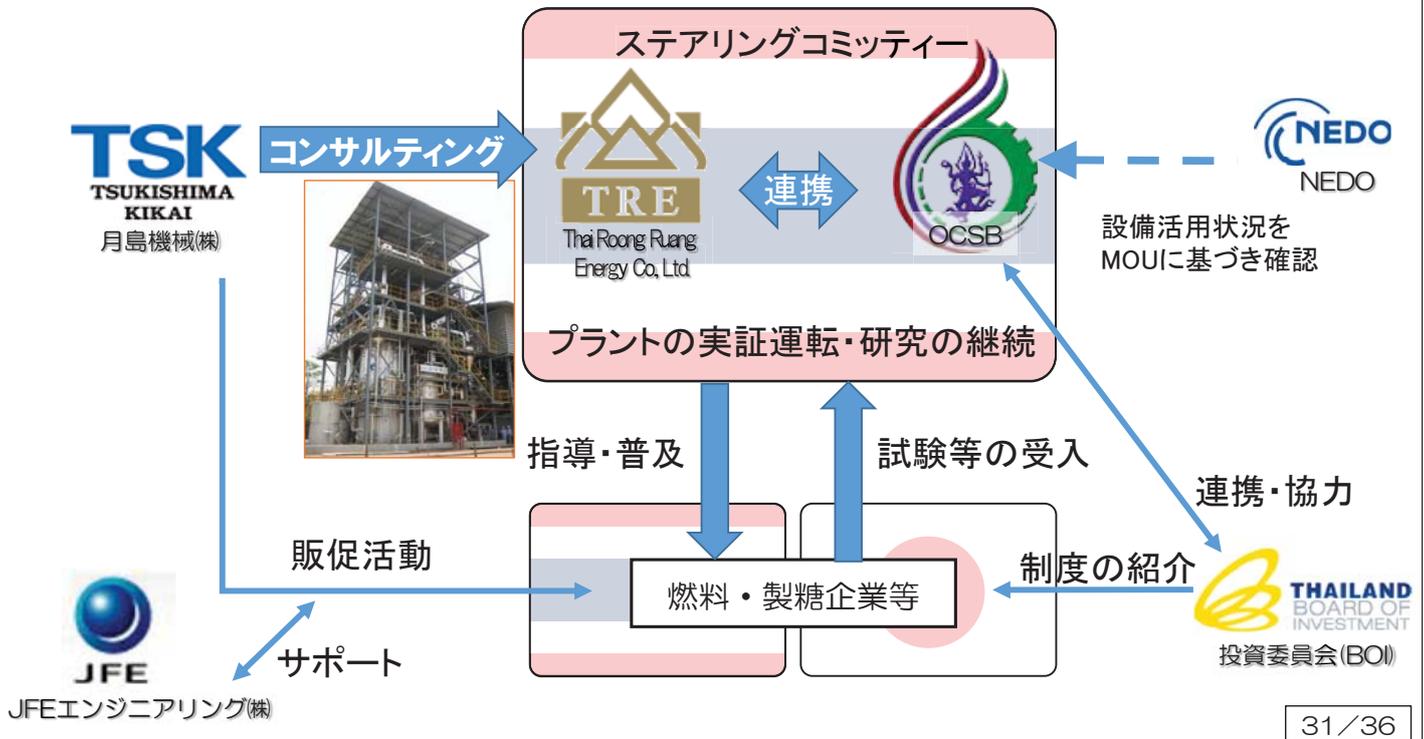
30/36

4. 事業成果の普及可能性(普及体制)

公開

◆ 普及に向けた体制(普及モデル)

○月島の支援のもと、OCSBとTREがプラントの実証運転を継続
本技術に関心を持つ企業の試験・研修を受け入れ、普及を図る



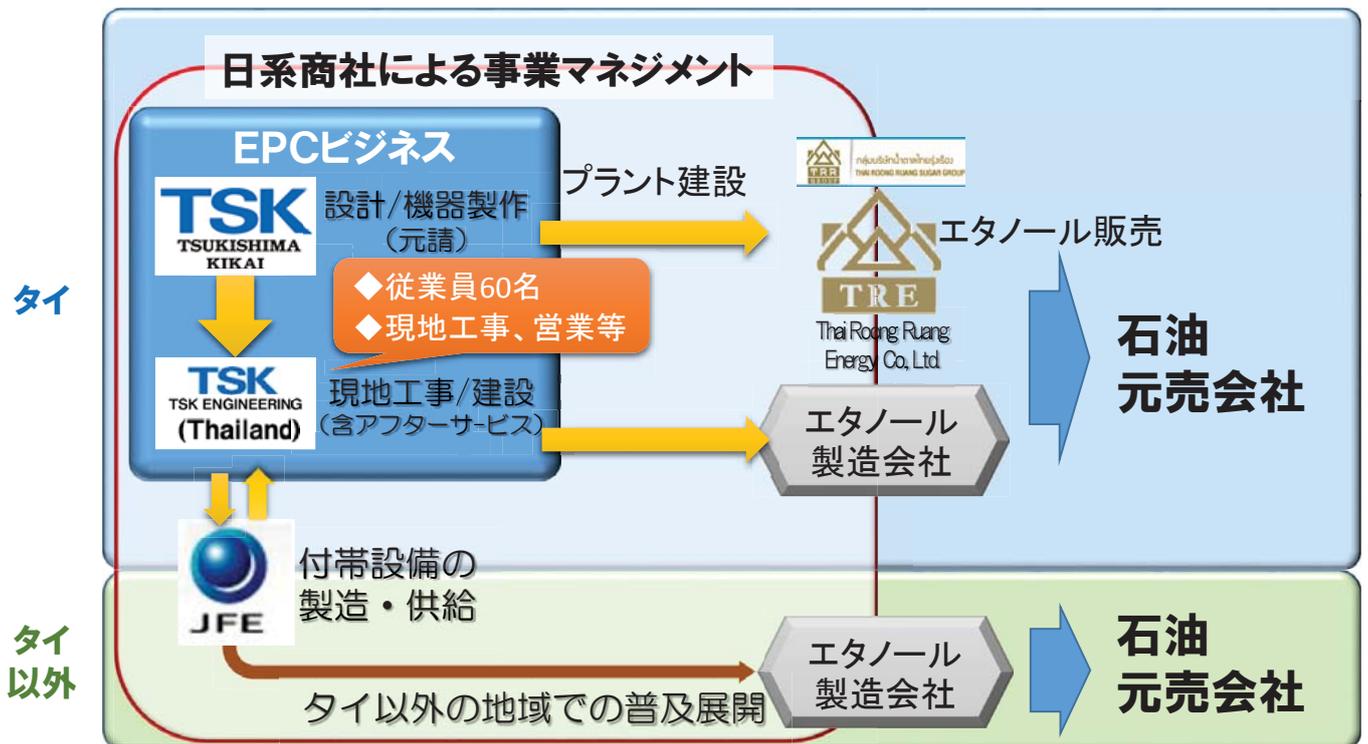
31/36

4. 事業成果の普及可能性(ビジネスモデル、政策形成・支援措置)

公開

◆ ビジネスモデル

○月島を幹事会社としてEPCビジネスを展開(1号機はTREを想定)



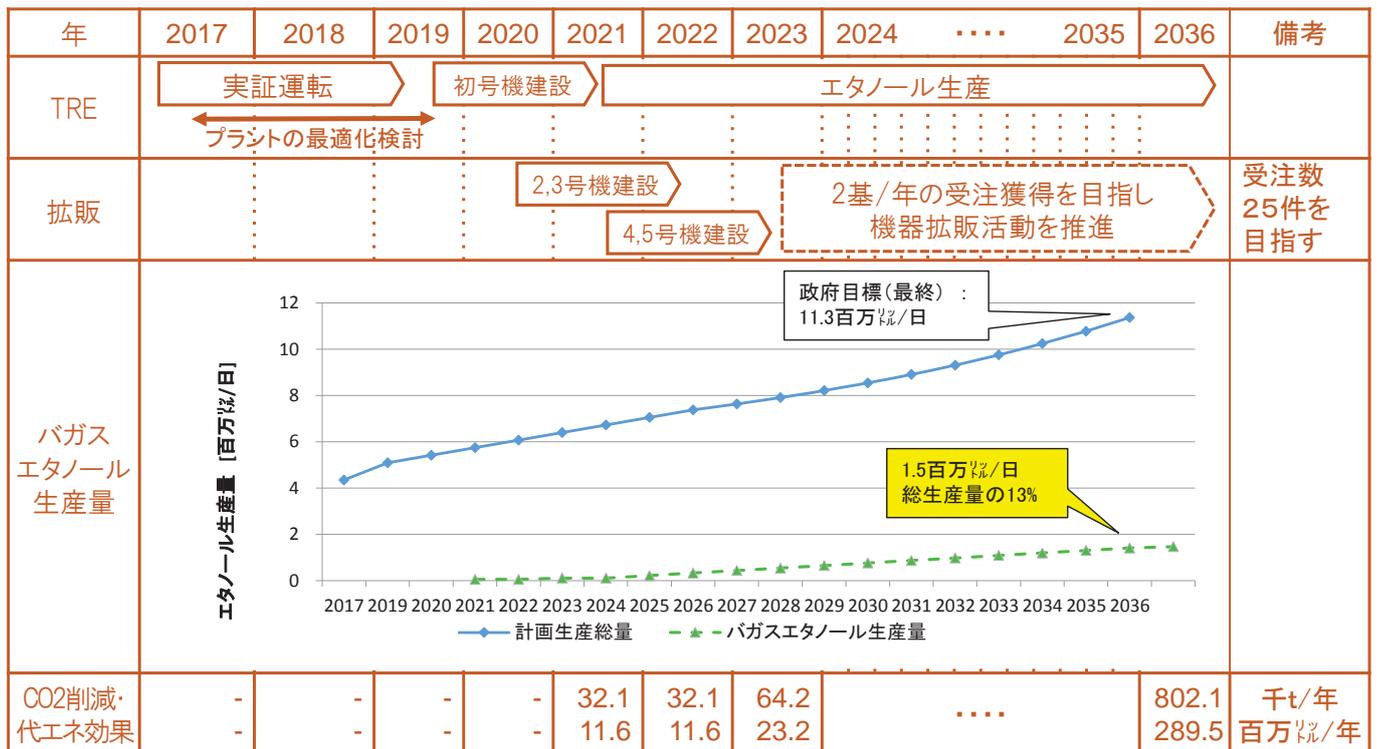
32/36

4. 事業成果の普及可能性(市場規模、省エネ・CO₂削減効果)

公開

◆ 社会・経済への波及効果 代エネ・CO₂削減効果

・初号機をTREに建設、2基/年の受注を目指し地球温暖化防止に寄与



33/36

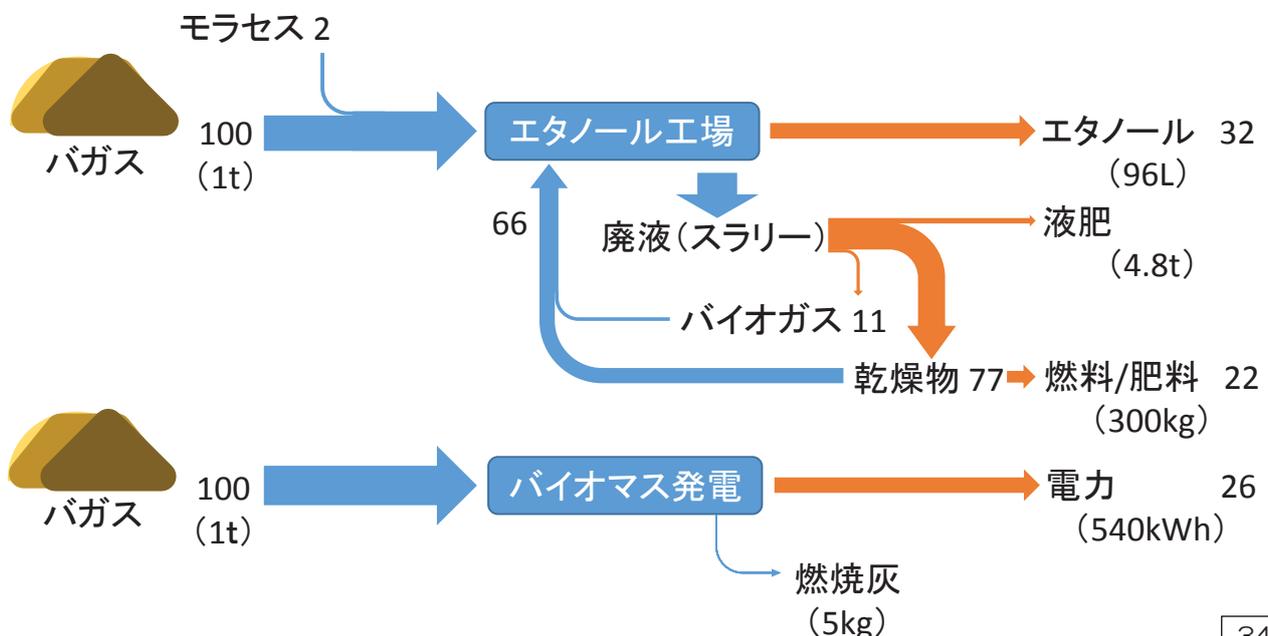
4. 事業成果の普及可能性(市場規模、省エネ・CO₂削減効果)

公開

◆ 社会・経済への波及効果 持続可能なモデルの提案

● 発電とエタノールの比較

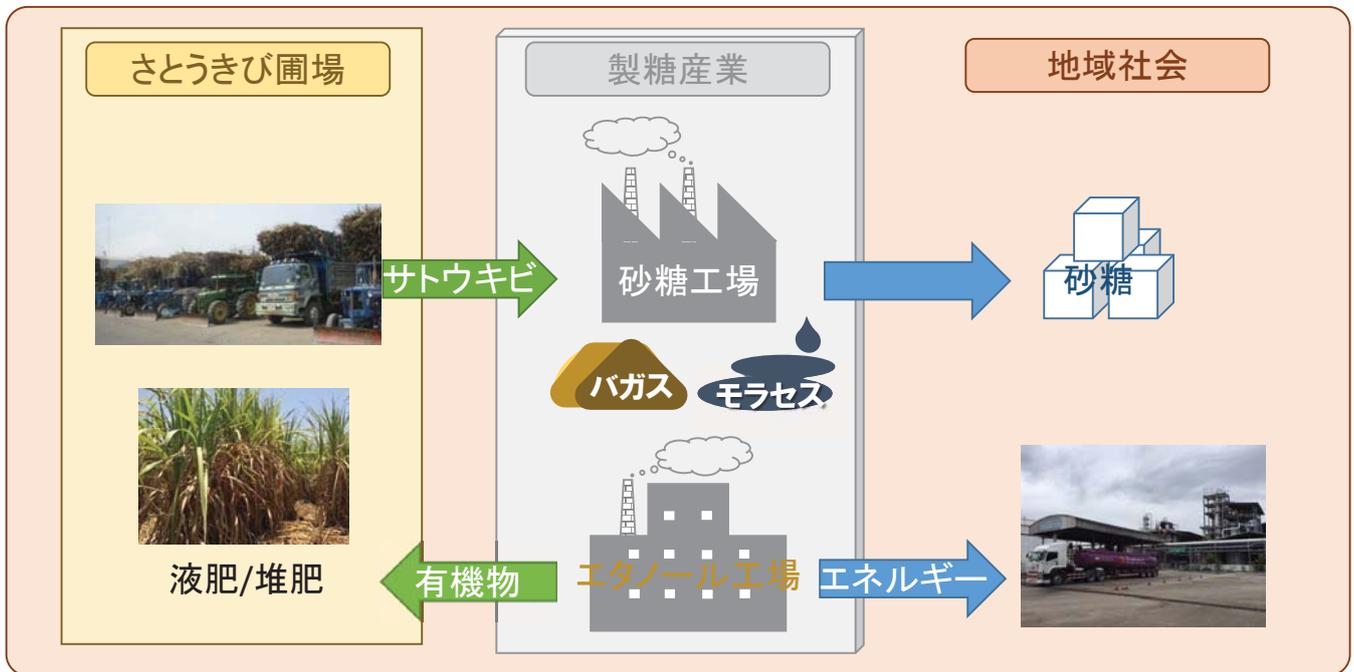
- ・発電は、FIT制度による支援もあり経済性に優れる。
- ・エタノールは熱量回収率が高いうえ、有機物の圃場還元が可能。



34/36

◆ 社会・経済への波及効果 持続可能なモデルの提案

○製糖産業が食料とエネルギーを併給しつつ、サトウキビ圃場へ有機物を還元し、持続可能な生産に寄与する。



◆ まとめ

評価項目	取り組み内容	結果
1. 事業の位置づけ・必要性	ニーズとシーズの適合性と温室効果ガス削減への寄与	バガスを原料とすることで、タイ国のバイオエタノールの増産に貢献し、タイ国のエネルギー事情の改善と温室効果ガス削減に寄与できる
2. 実証事業マネジメント	相手国政府機関と連携して実証事業を計画通り遂行する	OCSBと緊密な連携を図り、実証運転期間中の課題を共有することで、実証を完遂するだけでなく、相手国側(OCSB・TRE)の積極的な関与を引き出した
3. 実証事業成果	実用可能なプラントを建設し5回の実証運転を行う	バガスエタノール製造における技術面・商業面での課題を洗い出し、バガスの成分の季節変動にも対応したバイオエタノールの製造プロセスを構築した。
4. 事業成果の普及可能性	普及可能なビジネスモデルの提案	事業環境の変化にも対応した商業モデルを構築し、普及に向けオペレーションマニュアルの整備や、事業化に向けた体制作り、市場調査等を継続している

参考資料 1 分科会議事録

研究評価委員会
「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業/
酵素法によるバガスからのバイオエタノール製造技術実証事業(タイ)」
個別テーマ/事後評価分科会
議事録

日 時：平成29年9月15日(金) 13:00~16:30

場 所：NEDO川崎本部 23階 2301・2302 会議室

出席者(敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長 中村 嘉利 徳島大学 大学院社会産業理工学研究部 生物資源産業学域 教授

分科会長代理 杉本 明 さとうきびコンサルタント

委員 片倉 啓雄 関西大学 化学生命工学部 生命・生物工学科 教授

委員 福島 康裕 東北大学 工学研究科 化学工学専攻 教授

(委員 井上 貴至 株式会社三菱総合研究所 地域創生事業本部 本部長) *

*分科会欠席、資料による書面評価実施

<推進部署>

近藤 裕之 NEDO 新エネルギー部 部長

若林 節子 NEDO 新エネルギー部 主幹

鈴木 剛(PM) NEDO 新エネルギー部 主査

矢野 貴久 NEDO 新エネルギー部 主査

馬場 恵里 NEDO 新エネルギー部 主査

鹿野 郁夫 NEDO 国際部 統括主幹

檜垣 徹 NEDO 国際部 主査

西田由布子 NEDO 国際部 主任

<実施者>

田中 一穂 月島機械 産業事業本部 プラント計画部 部長

早川 智基 月島機械 産業事業本部 機器拡販推進室 主事

古谷 茂也 JFE エンジニアリング エネルギー本部 海外事業部 事業開発部 副部長

<評価事務局>

上坂 真 NEDO 評価部 主幹

原 浩昭 NEDO 評価部 主査

議事次第

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. 事業の概要説明
 - 5.1 「事業の位置付け・必要性」「実証事業マネジメント」
「実証事業成果（概要）」「事業成果の普及可能性（概要）」
 - 5.2 質疑

(非公開セッション)

6. 事業の詳細説明
 - 6.1 「実証事業成果（詳細）」「事業成果の普及可能性（詳細）」
 - 6.2 質疑

(公開セッション)

7. まとめ・講評
8. 今後の予定・その他
9. 閉会

議事内容

(公開セッション)

1. 開会、分資料の確認
 - ・開会宣言（評価事務局）
 - ・配布資料確認（評価事務局）
2. 分科会の設置について
 - ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1に基づき評価事務局より説明。
 - ・出席者の紹介（評価事務局、推進部署）
3. 分科会の公開について

評価事務局より資料2に基づき説明し、議題6. 「事業の詳細説明」を非公開とした。また、評価事務局より資料3に基づき、分科会における秘密情報の守秘及び非公開資料の取扱いについての、捕捉説明があった。
4. 評価の実施方法について

評価の手順を評価事務局より資料4-1～4-5の要点をまとめたパワーポイント資料に基づき説明した。
5. 事業の概要説明
 - 5.1 「事業の位置付け・必要性」「実証事業マネジメント」
「実証事業成果（概要）」「事業成果の普及可能性（概要）」
推進部署より資料4に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

5.2 質疑

【中村分科会長】 ありがとうございます。詳細については議題6で扱いますが、ただ今の説明に対して御意見、御質問等お願いします。

【杉本分科会長代理】 基本的に事業の意義は大変高いと思います。それから、とてもよくやっているという印象は強いです。特にタイのOCSB（The Office of Cane and Sugar Board：タイ国工業省サトウキビ・砂糖委員会）とのMOUの締結。更にそれを介在化させたタイの事業者の参加等は、かなりの力仕事であったでしょう。敬意を表します。

最初のページの目的のところ、「有効性の実証」という言葉が出てきました。「海外の環境下にて技術・システムの有効性を実証し」ということです。推進部署は何をもって有効性を実証したとされているのかが、一つの質問です。

それから気になるのは、少しスライドが進むと、キャッサバも増産が必要だと書かれていますが、サトウキビバガスでも基本的には同じことではないかと思えます。大変気になるのはタイのサトウキビの生産性の現状です。例えば平均収量は、世界の平均値から見ても、タイは大分低い。砂糖の輸出は世界第2位という中で、サトウキビ産業自体が競争力を強めていくかがすごく重要です。タイは土地の形状等を含めて、オーストラリア的な労働生産性の向上はとても厳しいと思えます。そうすると、いかに土地生産性を低コストで、かつ高めていけるかが一つの鍵になります。とすると、要するにサトウキビの単位収量はあの低い現状でいいのだろうか。では、なぜ低いのだろうか。気象の問題なのか。おしなべて自然環境の問題なのか。タイの畑は有機物の蓄積量が大変少ないということが現実にあります。私自身の体験でもフィルターケーキが長期間置かれている場所だけはサトウキビの生育がとてもいい。でもそれ以外の畑はかなり悲惨な状況です。いかに畑に有機物を還元するかが、この仕事の一つの鍵になると思えます。

少し安心したのは、鈴木さんが最後の方のスライドで、そういうキャンペーンもしていくという話をされていました。ただ、全体の流れを見るとそこが弱い気がします。特に今後の普及体制の中で、今現在はOCSB、工業省傘下です。あそこは確かにサトウキビ栽培の研究も持っていますが、基本的にそれほど強力な機関ではない。やはりタイの農業・協同組合省傘下の機関との連携を基本的に強めていかなければ、一番大切な、将来にわたるバガスの安定的な調達に危惧が出てくると思えます。まず大きなところはそのあたりのお考えをお聞きして、細かな点はまた後ほど質問いたします。

【鈴木PM】 まず有効性の実証をどう捉えているかは、事業者から詳細について話いたします。誰が有効性をできたと言うか。これはやはり、この技術を欲しいという人が認めてくれたかどうかだと思います。

【杉本分科会長代理】 言語表現的な問題で、「有効性」というときに何に対する有効性をどのメルクマールで評価するかというところをお聞かせいただくと分かります。それが文章の構造上ないので、そのあたりを教えてください。

【鈴木PM】 これが社会実装可能な技術かどうか。この評価については、前段の国際実証の意義はこの事業に限った文言ではなく、国際実証全体を指し示すものです。

【杉本分科会長代理】 分かりました。僕が今聞いているのは、とても細かな言語表現上の問題なので、

今の回答で大分分かったのでOKです。ただし「有効性を実証し」という言葉は外に出すためには、少し変更した方がいいと思います。

【鈴木PM】 次に砂糖、バガスの原料であるサトウキビをどう考えるかについては、問題意識としては二つのことを言います。一つは製糖会社との良好なコミュニケーションの中で、彼らがサトウキビの調達に苦慮していることは我々も今回の事業を通じて分かりました。これに対して何か手立てを講じなければいけないという問題意識を共有化することはできました。ただ、今回の事業の目的、スコープからは少し離れた話になるので、我々ができたことは、二つ目として、普及セミナーの中にこの話題を取り込んだということです。タイの製糖会社が恐らく同じ悩みを持っている中で、皆さんで議論しようという素地を作ることができたと思います。今回の事業でやれたことはここまでですが、今後、月島機械がタイの製糖会社とお話の中でまた第二、第三の悩み事が出てくると思いますので、それに対してNEDOとしての支援ができるものについては、今後もコミュニケーションを取って考えていきたい。

【杉本分科会長代理】 ありがとうございます。ここまでくるとお願いになるかと思いますが、月島さんが今後そういう形でやっていくと同時に、やはり民間の企業がタイの政府機関とMOUを結ぶにはかなり難しいことがあります。そういうところでやはりNEDOとしても、OCSBプラス農業・協同組合省傘下（の機関）といったところとも、しっかりとしたパートナーシップを作るようにする。基本的に農業関係の安定的な発展がないと、せっかくの有用で有効な技術が、実業として持続性に少し心配が出ます。そのところは、是非今後御努力を頂ければと思います。

【鈴木PM】 ありがとうございます。

【片倉委員】 今のとも関連しますが、元素循環はとても重要で、農地からバイオマスを取るということは、炭水化物だけではなく窒素、リン酸、カリ、その他微量元素を全部取ってくるわけですから、それを元に戻さなければ間違いなく土地が痩せていきます。ですから、そういう意味ではC5を諦めてC6にして、非組換えでできるようになっているのは非常にいいことです。組換え菌を使ってしまうと、たとえ死んでしまってもDNAは残っています。それを農地にまき散らして大丈夫かという道義的、科学的に未知な部分があります。そういうところも心配ですが、非組換えであればそういう点は大丈夫ですから、これは結果としてこういう面でも非常に良かったと思います。農家の方が喜ばないと、やはりうまく回らなくなりますから、燃やしてしまうのではなく、堆肥あるいは液肥として上手に農地に戻す工夫も併せてされれば、より農家の協力も得られて、うまく回るのではないかと思います。

【鈴木PM】 ありがとうございます。

【福島委員】 政策や政権の状態が変わっていく中で対応されてきたことや、2万klでも採算性があるところに持っていったことが、非常に大きなところだろうと感じました。

それに関してですが、説明資料の30枚目に、生産コストに関してほかのプロセス保有会社と比較しているスライドがありましたが、ほかのプロセスとの比較において、例えばエタノールの販売価格は同じに揃っているのでしょうか。同じような生産コストを達成している理由がよく分からない。電力が安い、労働力が安いからなど、外部的要因によるものではなく、プロセスとしての優位性で安くなっているのかどうか、これを見ただけでは分かりません。技術が優れているからいいのか、タイがいいのか、これだけでは分からないところは気になりました。

その前のスライドで、タイ政府のエタノール参照価格が右肩上がりに上がっていますが、右肩上がりの推移で向こう 20 年間で考えていくのは少し危険だと思います。特に最近の政策の大きな要因としては、やはりパリ協定があって、パリ協定以来、今後はガソリン車を作らないと表明している車の会社がたくさん出てきています。一方、タイで 30 年の間に全くガソリン車が走らなくなるということは、私はないと思っています。日本やヨーロッパの一部の国は別だとは思いますが。ですから需要はあり続けると思いますが、価格がどれぐらい下がることがこのプロセスの成立要件として許容されるのか。ここまでなら大丈夫といったラインが、どのあたりに来るのかが非常に鍵になってくると思って伺っていました。

あと、バランスの表がありました。今、片倉委員がおっしゃっていた元素の循環が大切だという話で、34 枚目のバランスの表は非常にいいと思います。ただ、分からなかったのは、100 に対してエタノールが 32、バイオガスが 11 と書いている数字は何ですか。重量ですか。

【鈴木 PM】 熱量。カロリーだと思ってください。バガス 1t が持つ熱量の総量を 100 とした場合。具体的な何キロカロリーではなくて、詳細は事業者の方から後段で紹介いたします。

【福島委員】 例えばバイオガス 11、乾燥物 77 と出てきて、それが 22 と 66 でバランスをしていると見るわけですね。熱量のバランスになっているわけですね。分かりました。詳細は後で伺います。

【片倉委員】 関連ですが、例えばここに窒素がどれぐらい戻せるかという数字を入れたらもっとよい。例えば液肥が 4.8t というのは、どれだけ水が入っているかという問題であって、余り意味がありません。それよりも窒素がどれだけ戻せるかの方が、いろいろな意味でアピールできるのではないのでしょうか。

【鈴木 PM】 はい。後段の方で詳細を説明いたします。

【福島委員】 カーボンについてもそうです。CO₂ などがここに入っていないので、カーボンのバランスが取れているのかどうか、どうなっているのかがあれば、非常に説得力が増すと思います。

【杉本分科会長代理】 バガスの原料としてのコストは、当初は無償から始まって有償にしました。ユーティリティも同様です。それが具体的にどういう根拠で、幾らでやっているのかというあたりも、後ほど説明していただきたい。併せて、月島さんはよく御存じだと思いますが、タイには「分糖法」（農民と工場で収入をある割合で分配することを法制度化したもの）があります。バガスから企業が価値を取るときに、恐らく「分糖法」との関係がまた出てくるはずで、そのあたりもどのように OCSB との間で御議論をしているかというあたりも、教えていただきたい。

【中村分科会長】 今回、当初の目的に対してこの事業を目指していくと、かなりいい線で普及もできて、いいと思います。

22 ページに「商用機の 1/20 規模」と書いていますが、これはどういうことですか。2 万 kl の装置なのか。1/20 の意味が分からないのですが。

【早川主事】 今回、スケールアップの点でキーポイントに置いた機器は、酵素生産槽と糖化発酵槽の二つです。この槽は商業機である程度まで大きくできますが、それ以上大きくできなくなり、それより生産規模が増えると機器数を増やしていくだけになります。ですので、まず 1 機あたりの大きさを決めて、それに対して 20 分の 1 のサイズということで今回、実証機を設計しています。

【中村分科会長】 前処理装置というのは、20 万 kl を目標としたものが出るのですか。

【早川主事】 前処理装置については後ほどのセッションで説明しようと思いましたが、20 万 kl では

なく 2 万 kl です。バガス 20 万 t の設備では問題なく作れることは、メーカーの方と話をして確認しています。

【中村分科会長】 現状、無償で譲渡するという前処理装置は 2 万 kl 用ですか。

【早川主事】 前処理装置は、先ほどの 50 分の 1 のサイズのものに合うようにしています。ただ、今回、少しややこしい話ですが、酵素生産槽と糖化発酵槽は純粹に 20 分の 1 ではなく、少し大きめのものが入っています。

【中村分科会長】 分かりました。今後、これを受注して販売する場合は、2 万 kl のもの。だから、少し大型化していくということですね。今ある実際の実証プラントよりも大型化して、販売していくということによろしいですね。

【早川主事】 お客様のサイズに合わせてですが、2~3 万 kl の間になるだろうと考えています。

【中村分科会長】 (9 ページの) バガスの供給量ですが、現状では 5 分の 1 がはっきり言って野積みされて、農地以外のところに捨てられていると考えていいですか。今は有効利用しており、野積みといってもその土地はだんだん肥沃になっていくと思いますが、その点は現状ではどうなっていますか。

【早川主事】 ここの数字の意味は誤解がないように説明しておきたいと思います。まず 5000 万 t 発生するというのは、サトウキビを絞った後、製糖工程から出てくる分が 5000 万 t あるということです。これに対して、エタノールや発電に使われないにしても、バガスは砂糖工場の熱源、蒸気や電気を作るのに使っていますので、それに 5000 万 t のうちの約 80%が使われているだろうと (推定しました)。古いボイラーではそれぐらい使うイメージです。ですので、1000 万 t は製糖工程で使う以外の余ったバガスという形で出てきます。ただ、先ほども鈴木さんの説明がありましたが、1000 万 t のうち、幾らか発電などで使われる分がありますので、ある程度発電に使われる部分も想定して、それを基に今後の普及計画を考えています。

【中村分科会長】 今後は FIT (Feed-in Tariff : 固定価格買い取り制度) の買取りなどがなくなっていくかどうか分かりませんが、そうすると 34 ページのようにエタノールにした方が地域にも貢献できるとか、先ほど先生方が、窒素などもしっかり分析結果があれば、それと合わせれば上のプロセスの方がかなり環境にも、労働力の確保についてもいいといったことを、もっとアピールして販売されたらいいと思います。

【杉本分科会長代理】 今、分科会長から大変控えめに、「それも含めてこのように宣伝をされたい」という言葉遣いでしたが、私はやはりこれを本当に持続的な産業に仕上げるためには、そのあたりまでは必須だと思います。6 年間の実証事業は既に事後評価段階ですから、それはそれとして、今後、普及のためにはこういうことを一つ一つ押さえていくということは、自分の中にはっきりと意識しておく。

タイがあれだけ世界的なサトウキビ大産国なのに、今なぜ悲惨な、低い土地生産性の状況なのかというのは、やはり歴史があります。そのときに今、新たな技術を投入するには、収量の低い歴史をそのまま踏襲した形では絶対にいけないと思います。私たちは環境改良型産業技術を目指そうといったことを時々言いますが、少なくともこの技術などは、月島さん、NEDO、JFE さんが共同でされた仕事実用化されたときにタイの畑がそれまでよりはよくなっている、よくなりつつあるというのは、NEDO の国際実証事業では大変重要ではないでしょうか。それが今すぐ手に入らな

くてもいいけども、必ずその道筋までもつけるということを、この事業の中に含まれることを私は切望します。

【中村分科会長】 どうもありがとうございました。

(非公開セッション)

6. 事業の詳細説明 省略

(公開セッション)

7. まとめ・講評

【福島委員】 細かいところまで説明していただき、非常に苦労していろいろな検討をした結果として、ここまでたどり着いていることが、よく分かりました。非常に良い取り組みをされていたという印象を持っています。

ただ、評価という意味では全体のバランスが重要です。エネルギーバランス、マテリアルバランス。マテリアルバランスも重量だけではなく、カーボンベース、ナイトロジェンベースといった、一般によく気にされるようなあたりをもう少しきちんとまとめておいた方がよい。感度解析ということもありましたが、地域性がどれぐらいあるのか。タイの中でも地域によっていろいろと状況もあるでしょうし、いろいろ展開していくにも、ではインドネシアはどうなのかといったこともあります。一つのモデルがきちんとできていると、次のところに行ったときに何を調査すればいいのかが明らかになりますので、マテリアルバランス、エネルギーバランスあたりの記述をきっちりされることが重要です。その中の一つとして、温室効果ガスに関する計算はやはり必要不可欠と思います。

質問の中で聞き切れなかったことは、蒸留廃液の問題です。現行のエタノールプラントの水処理のところというお話でしたが、バガスエタノールの事業化が本格的に始まったときに、それで食べ切れる量なのか。当然、水処理のところでも、たくさんエネルギーを使って普通は処理をします。曝気などで結構電力を使いますし、色が付いた蒸留廃液が、真っ黒なものが出てきたりするようだと、その色を抜く作業が結構世界中で問題になっているという話も聞きます。私の分野の宣伝ではないですが、一番最初のところから最後の廃棄物処理、廃液処理のところまで包括的に踏まえた形の説明が必要ですが、その部分が少し説明資料の中では弱いように感じました。そのあたりを今後、深めていけたらよいと思います。

【片倉委員】 事業の枠組みのところは、会社組織で下の部署の下の者同士が話を進めてもうまくいかなくて、ボスに話を通しておかなければまずうまくいきません。そういう意味では、例えが変かもしれませんが、国同士のポイントになる部署、その国の機関と話に通っている。しかも実務者同士の、この事業以前の会社の信頼関係もあるため、非常にうまくいっていると思います。そこを評価できると同時に、これをほかのケースに適用する場合、ほかの国や事業に適用する場合に、どうやってそういうノウハウを文章で残していくかということも大事だと思います。「たまたまうまくいったのでしょう」と言われないようにするところに工夫が必要です。

先ほども言いましたが、C5をすっぱり諦めたのは非常にいい判断ではないか。私は御社がC5のプロセスを組換え大腸菌でやっていたのをよく知っていますが、それをあっさり諦めたのはすごい決断をさ

れたと思っています。

スケールアップのところは、糸状菌の物質生産をうまくやれたのだから大丈夫だと思いますが、やや楽観的なことを言われているところがあったので気になったのですが、今後活かしていただければと思います。

将来、何がどう変動したときにどうなるかというところを、感度解析も含めて（検討が必要です）。それから燃料用のエタノールがすぐになくなるとは思いませんが、私も同じように思っていました。多分、次の利用は燃料電池かと思います。そういうところに展開するときどのようなシナリオ、あるいはどのようなエタノールとしての品質、濃度が必要かなども想定されるといいと思いました。

【杉本分科会長代理】 今日終始、畑の立場から説明を聞き、発言をしてきました。そういう意味では実はサトウキビという畑の世界では、繊維分、ファイバーのパーセントを高くすることは、畑だけを見ると本当はとてもいいことです。ところが従来のサトウキビ産業は、基本的にファイバーは廃棄物なのです。幾ら発電をしたとしてもそれ以上は要らないという形です。そういう本来は優れた特性を持つものが余っているという認識の中でリジェクトされてきている。もしかするとこういう技術のおかげで、そこが本来の姿に戻ってくるのではないかと、とてもアンビシャスな気持ちで聞きました。

ただ、それを現実に担保するとなると、実はそれは新しい技術です。世界的にまだそういうことが潮流になっているところは一つありません。だから、ある意味では今回のものは世界の本当のフロントランナーになります。だからこそ逆に、今の長所が危惧にも変わるわけです。せっかく作物が作った有機物を、そうではない形に変え、最終的に燃やしてしまうということだとすると。だからその不足の部分を、現在ではできていないとしても、どことどういう形で連携をして、この部分をしっかりとアンドを取るところまでシナリオとして描いていただけると、大変すばらしいと思います。

あと、いろいろな危惧としては、今の感度解析の話、それからエネルギー収支、物質収支の話のあたりはほかの委員と私も質問を共有していますので、是非よろしくお願いします。

【中村分科会長】 最後に私から。まずこの事業の技術検証項目、目標が幾つかありますが、僕の見限り、全てクリアされていると思います。月島機械がもともとタイで製糖工場のプラントを作って、出てくるバガスの量などをいろいろ調べられた結果だと思います。

こういう面白い実証事業を、今後世の中に広めていくのが大切ですが、農産、バイオマスを用いる場合は、やはりその土地を豊かにする。そこにお金落ちることを第一に考えなければいけないと思います。先ほど杉本先生などからもご指摘がありました。例えば廃液、液肥を耕地に供給して豊かにするといった場合に、窒素やリン、カリウムが液肥にどういう形態で含まれているかということと、案外、培地に加えているものも一部あるのかなということ。それとリンの場合は、リグニンの方に固体として残っている部分もあるのか。先ほど片倉先生や福島先生が言われたように、マスバランスやエネルギーバランスをきちんとまとめて宣伝していく、「全て利用できます」というようにしていただきたいと思います。

それと、エタノール以外にも今後どう発展するかはありますが、それより、草本系の例えば藁などにもバガスは構成成分が近いので、国々においてこのプラントが多分使えると思います。うまくアピールしているところなどで、世界で実用化しているのは8つぐらいでしょうか、どんどん増えることを期待しています。

それでは推進部長からひと言ございませうか。

【近藤部長】 本日は長時間にわたり議論を頂きまして、ありがとうございました。今、分科会長からございましたように、技術検証項目を全てクリアしたということで、月島機械さん、JFE エンジニアリングさんが現地に張り付いて汗をかいていただいた結果だと思っています。また、今後の普及についても月島機械さんが幹事会社となって、TRE (Thai Roong Ruang Energy Co. Ltd : タイ国の相手製糖企業) に初号機を設置するという具体的な計画をお持ちですが、本日頂いたサトウキビの生産性向上や液肥の循環、またコストの話、事業官庁の巻き込みの話など、特に公開セッションで頂いた意見が非常に参考になりますので、月島機械さんを中心に活かしていただければと考えています。

事業期間中、タイの政権交代、国王の崩御等ありまして、大変困難な場面もありましたが、バンコク事務所をリエゾンとして関係機関と調整、連携を図り、OCSB から三度の感謝状を頂くなど、非常にタイ国への貢献としても意義のあったプロジェクトだと感じています。

あらためまして本日評価いただいた先生方に深く御礼申し上げます、御挨拶とさせていただきます。

【中村分科会長】 どうもありがとうございました。以上で議題7を終了します。

8. 今後の予定・その他

9. 閉会

配布資料

- 資料1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料2 同、公開について
- 資料3 同、秘密情報の守秘と非公開資料の取り扱いについて
- 資料4-1 NEDOにおける制度評価・事業評価について
- 資料4-2 評価項目・評価基準
- 資料4-3 評点法の実施について
- 資料4-4 評価コメント及び評点票
- 資料4-5 評価報告書の構成について
- 資料5 事業の概要説明資料（公開）
- 資料6 事業の詳細説明資料（非公開）
- 資料7 事業原簿（公開）
- 資料8 今後の予定

以上

参考資料 2 評価の実施方法

NEDOにおける制度評価・事業評価について

1. NEDOにおける制度評価・事業評価の位置付けについて

NEDOは全ての事業について評価を実施することを定め、不断の業務改善に資するべく評価を実施しています。

評価は、事業の実施時期毎に事前評価、中間評価、事後評価及び追跡評価が行われます。

NEDOでは研究開発マネジメントサイクル（図1）の一翼を担うものとして制度評価・事業評価を位置付け、評価結果を被評価事業等の資源配分、事業計画等に適切に反映させることにより、事業の加速化、縮小、中止、見直し等を的確に実施し、技術開発内容やマネジメント等の改善、見直しを的確に行っていきます。

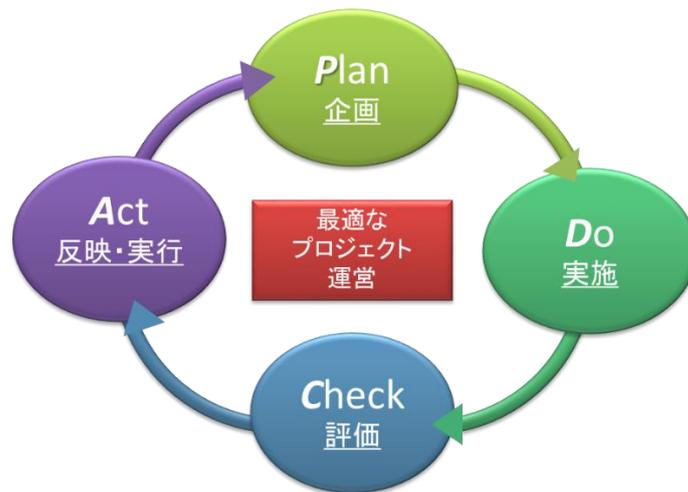


図1 研究開発マネジメントサイクル概念図

2. 評価の目的

NEDOでは、次の3つの目的のために評価を実施しています。

- (1) 業務の高度化等の自己改革を促進する。
- (2) 社会に対する説明責任を履行するとともに、経済・社会ニーズを取り込む。
- (3) 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進する。

3. 評価の共通原則

評価の実施に当たっては、次の5つの共通原則に従って行います。

- (1) 評価の透明性を確保するため、評価結果のみならず評価方法及び評価結果の反映状況を可能な限り被評価者及び社会に公表する。
- (2) 評価の明示性を確保するため、可能な限り被評価者と評価者の討議を奨励する。
- (3) 評価の実効性を確保するため、資源配分及び自己改革に反映しやすい評価方法を採用する。
- (4) 評価の中立性を確保するため、外部評価又は第三者評価のいずれかによって行う。
- (5) 評価の効率性を確保するため、研究開発等の必要な書類の整備及び不必要な評価作業の

重複の排除等に務める。

4. 制度評価・事業評価の実施体制

制度評価・事業評価については、図2に示す実施体制で評価を実施しています。

- ① 研究評価を統括する研究評価委員会をNEDO内に設置。
- ② 評価対象事業毎に当該技術の外部の専門家、有識者等を評価委員とした研究評価分科会を研究評価委員会の下に設置。
- ③ 同分科会にて評価対象事業の評価を行い、評価報告書が確定。
- ④ 研究評価委員会を経て理事長に報告。

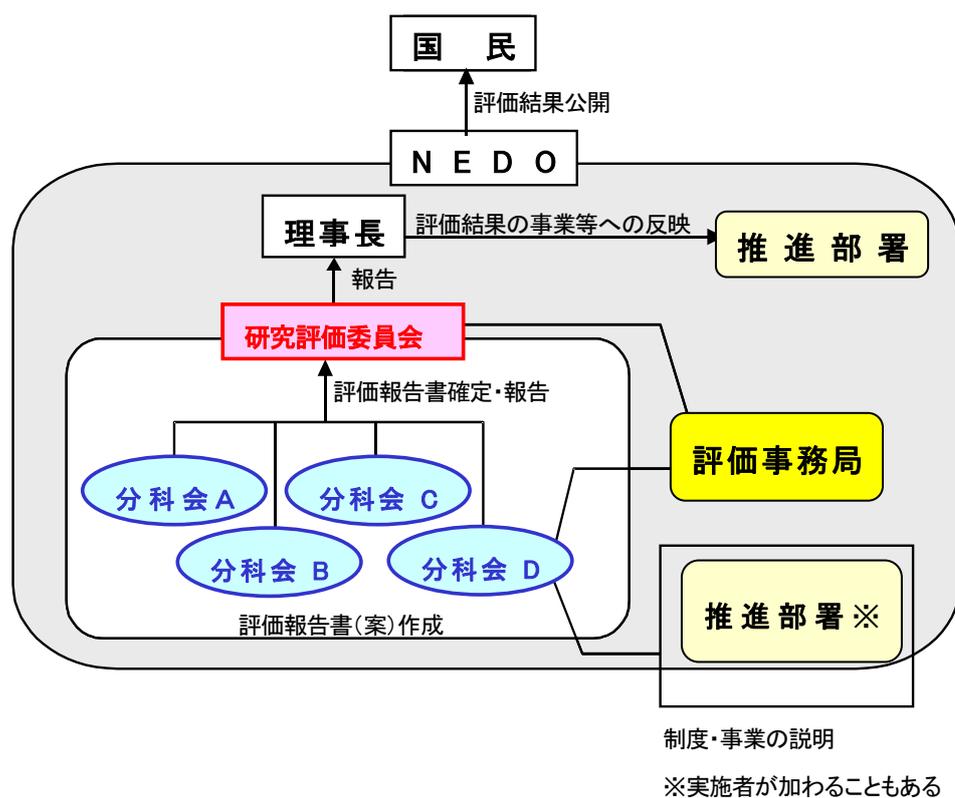


図2 評価の実施体制

5. 分科会委員

分科会は、対象技術の専門家、その他の有識者から構成する。

研究評価委員会「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業／
酵素法によるバガスからの バイオエタノール製造技術実証事業（タイ）」
個別テーマ／事後評価分科会に係る評価項目・基準

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) 意義

- ・ 対象技術について、国際的な技術水準や競合技術の状況が適切に分析され、我が国が強みを有するといえるものであったか。

(2) 政策的必要性

- ・ 案件の発掘、実施可能性調査でのプロポーザル、実証での売り込みなどのフロー全体を通じて、我が国の省エネルギー、新エネルギー技術の普及が促進され、世界のエネルギー需給の緩和を通じた我が国のエネルギーセキュリティの確保に資するものであったか。また、温室効果ガスの排出削減に寄与するものであったか。
- ・ 当該フロー全体を通じて、インフラ・システム輸出や普及に繋がる見通しが立っていたか。
- ・ 同時期以前に同じ地域で、同じ技術の実証や事業展開がなされていなかったか。
- ・ 日本政府のインフラ・システム輸出推進等の政策の趣旨に合致していたか。
- ・ 対象国政府との政治・経済的な関係を考慮した効果的なアプローチとなっていたか。

(3) NEDO 関与の必要性

- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、公的資金による実施が必要とされるものであったか。とりわけ、技術的な不確実性の存在、普及展開を図る上での運転実績の蓄積、実証を通じた対象国における政策形成・支援の獲得など、実証という政策手段が有効であったか。
- ・ 採択時点で想定していた事業環境や政策状況に関する将来予測・仮定について、実証終了時点の状況との差異が生じた要因を分析した上で、採択時における将来予測・仮定の立て方が妥当であったか。また、将来予測・仮定の見極めにあたり今後どのような改善を図るべきか。

2. 実証事業マネジメントについて

(1) 相手国との関係構築の妥当性

- ・ 対象国と日本側との間で、適切な役割分担及び経費分担がされたか。
- ・ 対象国において、必要な資金負担が得られていたか。
- ・ 対象国における政府関係機関より、電力、通信、交通インフラ、土地確保等に関する必要な協力が得られたか。今後の発展に資する良好な関係が構築できた

か。

- ・ 当該実証事業は、対象国における諸規制等に適合していたか。
- (2) 実施体制の妥当性
- ・ 委託先と対象国のサイト企業との間で、実証事業の実施に関し協力体制が構築されたか。サイト企業は必要な技術力・資金力を有していたか。
 - ・ 委託先は、実証事業の実現に向けた体制が確立できていたか。当該事業に係る実績や必要な設備、研究者等を有していたか。経営基盤は確立していたか。
- (3) 事業内容・計画の妥当性
- ・ 実証事業の内容や計画は具体的かつ実現可能なものとなっていたか。想定された課題の解決に対する方針が明確になっていたか。
 - ・ 委託対象経費について、費用項目や経費、金額規模は適切であったか。
 - ・ 標準化の獲得が普及促進に資すると考えられる場合、標準化に向けた取組が適切に検討されていたか。
 - ・ 事業の進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応していたか。

3. 実証事業成果について

- (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義（省エネ又は代エネ・CO2削減効果を含む）
- ・ 事業内容・計画目標を達成していたか。
 - ・ 未達成の場合、達成できなかった原因が明らかで、かつ目標達成までの課題を把握し、この課題解決の方針が明確になっているなど、成果として評価できるものであったか。
 - ・ 投入された予算に見合った成果が得られていたか。
 - ・ 設定された事業内容・計画以外に成果があったか。
 - ・ 実証事業に係る省エネ効果又は代エネ効果、CO2削減効果は妥当な水準であったか。

4. 事業成果の普及可能性

- (1) 事業成果の競争力
- ・ 対象国やその他普及の可能性がある国において需要見込みがあるか。将来的に市場の拡大が期待できると考えられるか。（調査実績を例示できることが望ましい。）
 - ・ 普及段階のコスト水準や採算性は妥当と考えられるか。また、実証事業終了後から普及段階に至るまでの計画は明確かつ妥当なものになっていると考えられるか。

- ・ 競合他者に対する強み・弱みの分析がなされているか。特に、競合他者に対して、単純な経済性だけでない付加価値（品質・機能等）による差別化が認められるか。
- ・ 想定される事業リスク（信用リスク、流動性リスク、オペレーショナルリスク、規制リスク等）が棚卸されているか。その上で、これらリスクに係る回避策が適切に検討されているか。

(2) 普及体制

- ・ 営業、部材生産、建設、メンテナンスなどの役割分担毎に、技術提携や合弁会社の設立など、ビジネスを実施する上での体制が検討されているか。（既に現地パートナーとの連携実績がある、現地又は近隣地に普及展開のための拠点設置につき検討されていることが望ましい。）
- ・ 当該事業が委託先の事業ドメインに合致している、又は経営レベルでの意思決定が行われているか。

(3) ビジネスモデル

- ・ 対象国やその他普及の可能性がある国での普及に向けて、具体的かつ実現可能性の高いビジネスプランが検討されているか。
- ・ 対象国やその他普及の可能性がある国において、普及に資する営業活動・標準化活動が適切に検討されているか。
- ・ 日本企業が継続的に事業に関与できるスキームとなっていることが見込まれるか。
- ・ 標準化の獲得が普及促進に資すると考えられる場合、標準化を考慮したビジネスプランが検討されているか。

(4) 政策形成・支援措置

- ・ 対象国やその他普及の可能性がある国において、普及のために必要な政策形成・支援措置が検討されているか。

(5) 市場規模、省エネ・CO2削減効果

- ・ 2020年及び2030年時点における当該技術による市場規模、省エネ効果又は代エネ効果、CO2削減効果は妥当な水準となっているか。当該技術を導入することにより、経済性では測れない社会的・公共的な意義（インフラ整備等）があるか。

本評価報告書は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）評価部が委員会の事務局として編集しています。

平成29年12月

NEDO 評価部

部長 保坂 尚子

主幹 上坂 真

担当 原 浩昭

* 研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。

(http://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu_index.html)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミュージア川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5161 FAX 044-520-5162