

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。今回の事業でやっ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」（農民と工場て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らいい」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、その国の機関と話が通っている。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に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もありません。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が、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いろいろなところで、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して、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