

研究評価委員会

「バイオマスエネルギー技術研究開発／⑤セルロース系エタノール生産 システム総合開発実証事業」(事後評価)分科会 議事録及び書面による質疑応答

日時：2020年11月30日(月) 13:30～16:05

場所：NEDO 川崎 2301・2302会議室(オンライン会議)

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 野中 寛 三重大学大学院 生物資源研究科 教授

委員 葛山 智久 東京大学大学院 農学生命科学研究科 教授

委員 永村 知之 株式会社三菱総合研究所 サステナビリティ本部
主席研究員

委員 渡辺 嘉 大阪産業技術研究所 森之宮センター 生物・生活材料研究部
食品工学研究室長

<推進部>

大木 雅文 NEDO 新エネルギー部 部長

木邑 敏章 NEDO 新エネルギー部 主査

岩佐 匡浩 NEDO 新エネルギー部 職員

森嶋 誠治(元PM) NEDO

<実施者>

泉 可也 株式会社 Biomaterial in Tokyo 代表取締役

藤野 尚人 株式会社 Biomaterial in Tokyo 主任研究員

西島 拓人 株式会社 Biomaterial in Tokyo 研究員

荒井 進 三友プラントサービス株式会社 執行役員

山田 憲治 三友プラントサービス株式会社 研究員

今井 史規 三友プラントサービス株式会社 研究員

<オブザーバー>

濱島 正行 経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部 政策課
係長(バイオ燃料)

<評価事務局>

上坂 真	NEDO	評価部	主幹
塩入 さやか	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. プロジェクト概要
 - 5.1 事業の位置づけ・必要性、研究開発マネジメントについて、成果について
 - 5.2 質疑応答

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明
 - 6.1 最適組合せ検証の検討及び事業性評価
 - ①パルプを用いた水蒸気爆砕法によるバイオエタノール生産に関する技術開発及び事業性評価
7. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

議事内容

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認

- ・ 配布資料は会議後に回収する旨の周知 (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。
- ・ 出席者の自己紹介 (事務局、各評価委員)

3. 分科会の公開について

4. 評価の実施方法について

事務局より以下の内容が説明された。

- ・ 議題 3,4 は事前に説明し質疑応答済みこと
- ・ 公開議題である部分の議論内容は公開される
- ・ 非公開議題の内容は公開されない

5. プロジェクト概要

5.1 事業の位置づけ・必要性、研究開発マネジメントについて、成果について

5.2 質疑応答

【中村分科会長】 事前にやり取りしました質疑応答や今ありました補足説明も踏まえまして、委員の先生方からご意見、ご質問等をよろしくお願ひいたします。まず、渡辺委員からよろしくお願ひします。

【渡辺委員】 はい。私は質問というよりも、コメントなのですが、エタノールが現状、燃料としてよりも、衛生の面で非常に需要が増えておりますので、こういった実際の製造に関わった部分の成果が、今後エタノールの製造と活用に繋がっていくという非常に有意義な実証実験ではなかったかなと思いますし、特に爆砕の部分は今後、将来性が非常にあるのかなと思ひまして、単位技術としても注目しております。以上でございます。

【中村分科会長】 どうもありがとうございます。それでは、どなたか質問のある方いらっしゃいますか？

【葛山委員】 東大の葛山です。よろしいでしょうか？

【中村分科会長】 よろしくお願ひします。

【葛山委員】 ありがとうございます。このスライドにあるように、実際にバイオエタノールが作られて、新潟県で販売されているということで、素晴らしい成果だと思ひしております。

質問なのですが、これは実際に通常の乗用車に入れるガソリンということでしょうか？ 何%ぐらいエタノールを加えられているのでしょうか？

【木邑主査】 お答えいたします。これらは法律で 3%までは認められており、スタンドで販売されております。実際に自動車に入れられているというものでございます。

【葛山委員】 ありがとうございます。その際の価格というものも少し興味があるのですが、いかがでしょうか？ 通常のガソリンと比べてどうなのでしょう？

【木邑主査】 価格については、泉社長からお答えいただくことにいたします。よろしくお願ひします。

【泉代表取締役】 泉でございます。価格につきましては、我々はJA新潟さんに適正な価格でエタノールをお渡ししております、スタンドでいくらになっているかというのは、把握が完全にできてないような状況です。エタノールが入った時にいくらだったかまで確認しておりませんが、実際のガソリンのトレンドに合わせて、ガソリンの価格自体は変動しますので、おおむね通常のガソリンと値段は変わらず、新潟県のガソリン価格で販売されていると思います。

【葛山委員】 はい、ありがとうございます。ちゃんと販売されて、皆さんが使っているということですので、それほどとても高い値段になっているとは私も考えておりません。まずは販売にこぎつけたということが素晴らしいと高く評価しております。どうもありがとうございました。

【中村分科会長】 葛山先生よろしいですか？ 他の委員の先生方、何かご質問ありませんか？

【野中委員】 野中です。先程、セルロース系で初めてJA新潟さんでというお話があったのですが、過去にはNEDOプロジェクトで、木材とか、リグノセルロースからのエタノール製造という事業は、結構あったと思います。濃硫酸だったら日揮さんとか、希硫酸系だったら大成建設とか、三井造船さんとか、堺とか、真庭とかで実施されていたと思うのですが、それでも今回がセルロースエタノールの初めての販売の事例なのでしょう？

【木邑主査】 はい。このように書かせていただいたのは、確かに技術開発という点で、第二世代からエタノールを作ったという点では過去にも事例がございますけれども、実際に市場に供出し、実際にスタンドで入れるエタノールを出した、という点につきましては、初めてではないかということで書かせていただいております。

【野中委員】 わかりました。堺で何か実証試験かやっていたような気がしないでもないのですが、私も後で確認をいたします。

【中村分科会長】 野中先生、よろしいでしょうか？ 永村委員、何かご質問とか、ご意見とかないでしょうか？ よろしくお願ひいたします。

【永村委員】 はい、非常に貴重なご説明ありがとうございます。少しずつ取り組みが前に進んでいる様子が分かってよかったと思っています。今はBチームの事業終了後の状況ということで、古紙をターゲットに事業化を見ているということですが、その背景として、古紙の需要の下落、紙の需要見通し低下があるということだと思います。こういうバイオ燃料の場合、原料をいかに確保するかが課題になってくると思います。この古紙については、エタノールの原料用として使うという以外の競合となるものと

というのはあまりなくて、こちらのエタノールに回る割合が高いという認識があるのでしょうか？

【木邑主査】 実際、今のご質問は古紙を供給する企業のスタンスというか、そういったことのご質問ということによろしいでしょうか？

【永村委員】 他の需要もあって取り合いになりつつあるということなのか？それともこちらの用途のみに使うというものなのか？

【泉代表取締役】 泉でございます。今のご質問に対してお答えいたしますと、現状の多くの雑誌古紙などは、もう1回、例えば漫画本や新聞に一部入ったりしておりましたが、そういった印刷用紙系の需要というのは今まさに激減しております。代替りの受け皿として、一旦は、トイレットロールやティッシュといった家庭用紙に使われていたが、そちらも非常に今使われなくなってきておまして、そういった意味では、古紙の行き場は非常に少なくなってきていて、なかなか使い道がないといったような状況であることは間違いないです。

【永村委員】 どうもありがとうございました。

【中村分科会長】 それでは、私からいくつか質問させていただきます。今、永村委員からの質問でもありましたが、例えば古紙の場合、古紙というのは綺麗なパルプで、再生パルプのトイレットペーパーはよく売っています。一方、パルプ工場から出てくるペーパースラッジは、中に金属類が含まれて、それが悪さをすることがあります。気になるのは、今回のターゲットはそういう問題があるが、この新聞や雑誌類みたいな比較的余り純金属を含まないような原料をターゲットにしているという点と、これを多分トイレットペーパーとかそういう利用もあるけれども、先程、委員からもありましたが、その競合とか、十分に本当にどれだけの量が供給されるかによって、生産量が変わってくるかと思いますが、その辺り、どのようにお考えでしょうか？

【泉代表取締役】 泉でございます。ご質問ありがとうございます。1つ目の質問でいきますと、現状まず比較的綺麗なパルプを使っております。ペーパースラッジよりも糖化しやすく良いのですが、消泡剤が酵素活性を阻害するので、よく洗わないといけないという問題は逆にあります。それをクリアすれば、おおむね糖化は問題ないとは思っているところです。

2つめの質問で、競合の話になりますが、現状で行き先は、ほとんどないような状況です。富士地区ではどんどん倒産していっているのが、製紙会社が今どんどん合併しています。年間3つ、4つずつ、そういった産業を助ける意味でも、リファイナリー、いわゆるエタノール生産の方に古紙を振り向けるのは意義があるというふうに私は考えている次第です。

【中村分科会長】 10 ページ目のスライドで、廃パルプと廃菌床とコーヒー粕が示されていて、そのEPRをみると、コーヒー粕が4.8で、一番の原料としては、割と適しているってことなのですが、ここで少し気になるのは、このプロセス熱自給というのが、廃

菌床とコーヒー粕にあって、廃パルプにないのはどういう理由ですか？

【泉代表取締役】 これは、バージンパルプを作る過程でもしあれば、リグニンを黒液として回収するので、エネルギー収支はものすごく黒字になります。ただ、古紙の場合は、脱リグリンされた紙が市場から入ってきて、すぐ製紙工程に入ってしまうので、エネルギー源になるようなものは全て外からの、主に重油になります。ただ一部糖化できなかった廃パルプを、工場内で燃やして発生する熱を与えることでギリギリクリアできる可能性があります。計算上ではそのようになっております。

【中村分科会長】 それでは、コーヒー粕と廃菌床のプロセス熱自給は、リグニンを燃やすということですか？

【泉代表取締役】 そうです。

【中村分科会長】 それで最終的に今後の原材料として、この廃パルプに着目されていますけれども、例えばこのコーヒー粕や廃菌床を今後の目標にしない理由というのは、やはり量的に、廃パルプが一番多い、ということがあるのですか？

【泉代表取締役】 そうです。あと、1ヶ所に収集運搬されているので、効率もものすごくいいです。こういった関東圏から全部集めるとか、廃菌床の場合も近隣のキノコ屋さん、農家から全部集めるとかになるため、そういった意味でのLCAのデメリットがございまして、廃パルプ、パルコ古紙系の場合は、古紙問屋さんが常に収集運搬されていますので、有利なのではないかと考えている次第です。

【中村分科会長】 今回の廃パルプに注目されたのはとても良いことです。例えば、日本ですと、木材系のチップの収集運搬は、日本の場合産地からあって、山に入って新たに伐採したものを爆砕してチップ化するとエネルギーがかかるとか、そもそもリグニンもあると、先程、野中先生から、昔、硫酸や様々な方法で処理したとかありますけれども、やはり、将来的にこの廃パルプに関して、どのくらい出るかははっきりわかんないですけれども、廃パルプがどんどんと未利用のまま出てくるんだったら、廃パルプに着目して、このプロジェクトは、割と将来的に採算が取れるのではないかと考えています。どんどん進めていただければと思っております。

【泉代表取締役】 ありがとうございます。

【中村分科会長】 委員の先生がた、他に何かないでしょうか？

【野中委員】 もう一ついいですか？野中です。

【中村分科会長】 先生、よろしく申し上げます。

【野中委員】 パルプを使うときも水蒸気爆砕されるのでしょうか？

【泉代表取締役】 泉です。爆砕をやると、使用する酵素剤が約2割は削減できますので、例えば、製紙工場に設備付け、蒸気が余っているのであれば、爆砕をやったらいと思います。スタンドアローンで作るのであれば、酵素剤と蒸気のどっちがお得かという話になりますので、そこはケースバイケースだと思っております。

【野中委員】 わかりました。基本的には水蒸気爆砕っていうのは、細胞壁を破砕するって

いうイメージの処理だと思います。中村先生がご専門で、中村先生は針葉樹とかでも適用可能な蒸気爆砕されていたり、フィンランドの ST1 は広葉樹でされていたりします。そういうところで、パルプに蒸気爆砕というのが珍しいというか、そこまでのいるのかなということで聞かせていただきました。

【中村分科会長】 この点を僕が答えるもの変なのですが、後ほど非公開セッションで詳しい話があると思いますが、作られた酵素を用いた場合には、爆砕をすることによって糖化が、かなり改善されるということは得られていますから、そこが一番のポイントだと思います。僕も最初見たときは、水蒸気爆砕というのは脱リグリンのためであって、こういうふうにセルロースの糖化が著し改善すると思って見なかったのですが、多分非公開セッションで詳しい説明があると思いますが、そのデータを見たら、採算が取れるかがわかるのではないかと思います。

【野中委員】 ありがとうございます。

【中村分科会長】 他によろしいでしょうか？ はい、どうぞ。

【葛山委員】 葛山ですが、今日のご発表の中で、キシロースイソメラーゼという話が出てきましたが、そのスライドを出していただいてもよろしいでしょうか？ ありがとうございます。

私が勘違いしているのかもしれませんが、この左側で書いてあります真菌の場合は、キシロース、キシリトール、キシルロースというふうに反応が進んでいきますが、今回の開発プロジェクトの中で、新たにキシロースイソメラーゼというのを使って、2段階だった反応を1段階でできるようにした、という説明があったように思うのですが、そのように理解してもよろしいでしょうか？

【木邑主査】 はい、それにさらに付け加えさせていただきますと、実際に左側の真菌の経路でやりますと、キシリトールが蓄積するという現象がございます、収率が落ちていきます。おそらく補酵素のバランス等も関係して蓄積していったのではないかとこのように考えられます。

ですので、本来真菌由来ではない、バクテリア由来のキシロースイソメラーゼを入れることによりまして、ワンステップになり、さらに補酵素のバランスというのも保って、効率よくキシルロースを生成できた、という内容でございます。

【葛山委員】 はい、ありがとうございます。そうですね、資料にも、確かにそのキシリトールのところが律速といいますか、何か溜まってしまっているということで、そこをうまく具合に回避するシステムをお作りになったということですね。素晴らしいと思います。ありがとうございます。

【中村分科会長】 今質問があったところで、私からもお聞きしたいのですが、キシロースを利用する場合は、コーヒー粕や廃菌床の場合は、キシランとかあるから、いいと思いますけど、今この古紙の場合では、キシロースはほとんどないので、その点はいかがでしょう？ また、遺伝子組換え酵母使ってキシランの反応を起こすとありますが、遺伝

子組み換え酵母の封じ込めや、パブリックアクセプタンスとかを考えると、まだ日本ではちょっと難しいのではないかという気がしています。もちろん研究として、これをされたのは素晴らしいと思うのですが、それもあって、原材料を古紙に絞られたのではないかと思っているのですが、いかがでしょうか？

【木邑主査】 後でまた詳しい説明をさせていただくと思いますが、ご指摘の通りでございます。実際にコストを試算する中で、組換え微生物を使いますと、封じ込め等の設備に関しまして、費用が高くなりますので、そこを回避するということでありまして、実際にあえて組換え酵母を使う必要はないということ、実際に設備コストを下げられるということがありまして、キシランの少ないものを選びました。ただ、このキシランが少ない物につきましても、それでも入っているもので、それに対しましては、非組換えのキシロース資化性酵母もありますので、そちらを使うといったことで対応していくといったイメージでございます。

【中村分科会長】 どうもありがとうございます。はい、他に委員の先生方、よろしいですか？

【永村委員】 すいません、今 B チームの話をずっとされましたが、A チームについてもお尋ねしたいと思います。A チームについては、事業終了後は ENEOS さんと王子製紙でそれぞれ検討されていて、ENEOS さんは事業化検討に向けた体制構築することになっているとのことですが、ENEOS さんの体制構築というのは、もう民間だけで独自に取り組まれているということなののでしょうか？

もしそうではなく、他の支援が何か入っているものになるとすると、それはどんな支援であって、これまで NEDO 事業で行われたことをどのように考えているのでしょうか？

【木邑主査】 ENEOS さんにつきましては、今回の発表のスライドには入れておりませんが、先生方には、非公開の補足資料ということで入れさせていただいております。当該補足資料に加え、直接 ENEOS さんからお話を伺っておりますが、特に外部からの支援を受けたプロジェクトをやっているということは、伺っておりません。この場では以上とさせていただきますがよろしいでしょうか？

【永村委員】 ありがとうございます。

【中村分科会長】 よろしいでしょうか？その他委員の先生がたから何かご質問ご意見ありませんでしょうか？ ないようですので、どうもありがとうございました。それでは次の議題に移らせていただきます。

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明

6.1 最適組合せ検証の検討及び事業性評価

①パルプを用いた水蒸気爆砕法によるバイオエタノール生産に関する技術開発及び事業性評価

省略

7. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

8. まとめ・講評

【中村分科会長】 はい、それでは時間になりましたので再開します。以後の議題は、再び公開となります。ここから先の皆様のご発言は、公開として議事録にも記載されますので、ご留意ください。

議題 8、まとめ講評です。渡辺委員から始めて、最後に私という順序で講評をいたします。それでは渡辺委員お願いいたします。

【渡辺委員】 大阪産業技術研究所渡辺です。これだけ原料からエタノールの製造として、エチレン、バイオジェットといったところまで広範囲にわたって、特に国産の原料を現実的な原料からバイオ燃料を製造するプロセスを評価された過程で様々な産油技術を見出されて、また将来に展開するような可能性を見出されたということで、将来への展開が非常に楽しいプロジェクトだと思っております。コメントといたしましては、非常に有意義な成果を得られたのではないかと考えております。ありがとうございます。

【中村分科会長】 どうもありがとうございました。引き続いて永村委員、よろしく申し上げます。

【永村委員】 はい、永村です。今日は非常に貴重なお話をいただきまして、ありがとうございます。非常に勉強になりました。それで、これまで日本ではバイオ燃料を導入する目的として、もちろんエネルギーセキュリティ、二酸化炭素削減とか、それに加えて新しい産業が産業構造に加わるかなと期待して思っております。なかなかこれまで第一世代が国内ではうまくいってなかったということで、今、現状ほぼ輸入ものしか入っていないという状況にあるわけですが、そういう意味で、第二世代というところに、今後シフトしていかなければならない中で、国内産がどれぐらい作れるかの関心が高いところかと思えます。すでに一部で販売が始まったというお話もありましたが、ある程度、1万キロとか、3万キロリットルという単位でまとまった量の生産ができそうだとということで、具体的に原料を調達する先とも話しも始まっているというところがありましたので、これはぜひ実現していただきたいなというふうに思っています。

これからの生産者の枠が集まってくるということで、実際生産、導入が始まって以降だと思うのですが、ここで輸入品が入ってしまうと、国産のものが入らないことになって

しまうと、せっかく作った新しい制度が十分生きてこない、ということになってしまいますので、ぜひこのタイミングで導入ができるように、まずここを実現してもらいたいと思っています。

その上でバイオジェットとかバイオプラスチックというところに用途を拡大していく、これは事業性の向上という観点から考えているということですが、そういったことも有望だと思っていますので、ぜひ考えていただければと思います。例えばバイオジェットで考えてみると、コスト低減は非常に重要で、さらには CORSIA の位置づけて考えると、CORSIA の制度上の制限がどのぐらいになってくるかっていうのが明確でありませんが、クレジットでオフセットすること、というのもある程度考えられるのかなと思います。そう考えると、やはりコストをいかに抑えていくかが非常に重要です。ここを追求していただきたいと思っています。

最後に、このバイオ燃料を導入していくということを目的として考えていくと、やはり、まとまった量を入れていくのは非常に重要と思っています。今回お話いただいた中で、一番気になったのは、単位生産量として見たときには、非常に意味があるんですけども、日本全体、あるいは世界全体の中での燃料使用に占める割合を考えると、まだまだ非常に小さい規模だということで、もっとたくさんの原料を確保して、より大量に供給できるのではないかというふうに思いました。以上です。

【中村分科会長】 どうもありがとうございます。それでは葛山先生、よろしく願いいたします。

【葛山委員】 はい、葛山でございます。今日は非常にわかりやすく説明していただき、ありがとうございます。今日のお話を聞いていると、もう日本ではバイオエタノールを作る技術をしっかり持っていて、かなり現実的なものになってきているだというふうな印象を持ちました。

あとはコスト削減というところが一番重要になってくるだろう、というふうに感じたのですが、その一方で、先程も少しあったように、自製の酵素を自分たちで調整した方が、大事であると、なぜならば、例えばノボザイムなどから酵素を買うとなると、今非常に足元見られて高いということがあったり、または中国の方で買い占められていて、日本には何ヶ月も待たないと酵素が入ってこないという状況があるということを見ると、ここでも今まで輸入に頼っていたものを、自分たちで、自前で、国内で作らなきゃいけないということがここでもあるのか、ということを感じました。今回そういった自製の酵素をしっかり作って、自分たちで、一気に通貫でバイオエタノールを作るというモデルを作られたということは、非常に今回のプロジェクト意味があったことだと思います。

実際に今回新潟でも売ることができたということで、とてもこのプロジェクトは成功したのではないかなというふうに感じております。今後、エチレンや、バイオジェット燃料に変換するという一方で、バイオエタノールの需要が広がるということで、今後が

非常に楽しい事業だなというふうに感じました。今後、ますます発展することを期待しておりますので、よろしく願いいたします。ありがとうございます。

【中村分科会長】 どうも先生ありがとうございました。続いて、野中先生よろしく願いいたします。

【野中委員】 はい、三重大大学の野中でございます。各省庁で昔からバイオエタノールプロジェクトってやられていて、それが40円/ℓの目標を実現出来ないと言って、みんなバイオエタノールから手を引いていってしまっていました。

国自体も引いていってしまった後、今はその代わりに、何かセルロースがあれば、セルロース・ナノファイバーを作るという方向で、環境省もNEDOさんも事業を実施しているわけなのですが、やはりセルロース・ナノファイバーの用途は、ある意味限られていて、それほどたくさん流通するようなものではないのかなと思いますし、私自身はやはりセルロースエタノールは非常に重要だと思っていますので、本当に頑張っていたきたいなあって思っています。

当然、レジ袋の関係で、またバイオポリエチレン等が、生分解性がないながらもやはりシェアを伸ばしそうですし、ご紹介あったようにバイオジェットとかも、いろいろ展開があると思いますので、ぜひ何とか日本の中でセルロースエタノールを実用化まで持って行っていただきたい、と個人的には思っております。

私自身、アメリカで、閉鎖した製紙工場を使って、紙とバイオエタノールの併産みたいなプロジェクトに関わっていました。当然エタノールが高く売れるときはエタノール作って、紙が高く売れるときは紙作ってといった感じでした。今回、私がこだわっていたのは、パルプでも水蒸気爆砕をするという点です。要は酵素が3割減るというのと、水蒸気爆砕という処理を挟むのとで、どちらがいいかという話で、プロジェクト上、水蒸気爆砕ということだったかもしれませんが、そこはフレキシブルに考えていただいて、別に水蒸気爆砕しなくていいものはせずに、普通にパルプから酵素透過していただいて、ぜひそれを実用化していただきたい、というのが希望です。蒸気爆砕されるプロセスも作っていただいて、できればパルプ以外のバガスのできるのであれば、稲藁とか、そういうところにも、ぜひぜひ発展させていただいて欲しいと願っています。

あと、酵素に関しては、自前で作るっていうのは、なにかほわっとしているの、できれば日本のどこかの酵素メーカーが参入していただけないのか、どこかの酵素会社とタイアップしていただいて、酵素会社が儲かるような形でできると非常に良いのかなと思っています。以上です。

【中村分科会長】 先生、ありがとうございました。最後に私からち。

まず、日本でも、木質系と草本系と、バイオマスもいろいろとありますが、今回は廃棄バイオマスとして古紙に注目されたというのが、良いところに注目されたという気がします。

日本でということを見ると、いろいろ木材とかを考えても、先程言いました山があり

まして、なかなか集めたり、加工したりというのがかなり難しいです。例えば、堺のところは、廃材ということもあったのですが、まずは廃材を集め、硫酸処理をするのですが、その場合、排水処理で環境負荷を少なくし、エネルギー収支とコスト収支も合わないと、結局はなかなか難しいのではないかという気がします。材料としては、リグリンが含まれているものでしたら、先程野中先生もおっしゃられたように、リグリンも使わないといけないという、別の課題が生まれるのですが、古紙の場合はそういう心配がないので、それに注目されて、今回は古紙を原材料にするということで、日本ででは、エタノールにするのに、最も実用化に近いのではないかという気がしました。

次に、水蒸気爆砕についてですが、僕も水蒸気爆砕で古紙だけにどのくらい効果あるかという点が、未だに気になっています。先程、委員の先生がたも気にされていましたが、性状が水蒸気爆砕をすることによってどうなったか、もう少し詳細なものがないかなと思います。もちろん酵素 3 分の 1 ぐらいに低減される、というのはもちろん大事なのですが、そこを今後少し詰めていただいたら、もっと良いのではないか、という気がします。

最終的にはこういうプロセスができて、エタノールだけでエチレンにしまして、最終的バイオ燃料にする場合は 99%までエタノールに濃縮しなくてもいいとか、そういうこともこのプロセス一環として、考えていただければと思います。

また、酵素の問題もあると思います。酵素も日本のメーカーがいかにも良い酵素を作り出せるかということも重要になってきますし、爆砕なら爆砕に応じた酵素とかっていうのもいろいろありますが、それよりも、セルロースに結晶化を低減させる酵素があれば、たくさん爆砕でも何でも多分効くと思いますから、先ほど野中委員がおっしゃったように、日本のメーカーとコンビになって、新たに日本で酵素を作り出せる体制があれば、今後日本国内でそういうものもできるのではないかと思います。

最終的には廃棄バイオマスとして、稲藁がどれだけ廃棄されているかわかりませんが、そういうものも、その時はリグニンも資源が必要、なんかいうような資源が必要かなと思いますけど、まずこの段階で古紙で実際に作っていただいて、これはわかっていますよっていうことを打ち出していただければ、まず第一歩かなと思うので、今後期待しております。以上です。

【中村分科会長】 はい、講評を受けまして、推進部長から一言ございますか？

【大木部長】 今日はありがとうございました。推進部の大木でございます。長い時間本当に貴重なコメントをいただきました。ありがとうございました。

今日は非常に良いコメントをいただきまして、ご案内のように今回パイロットプロジェクトではありましたが、実際、今回のお話で破砕とか自製の酵素そういったもので、回収した古紙を中心に経済性と技術の確認ができ、また、コーヒーなど、受け皿が広がるような、新しい技術の確認も合わせてできたということで、将来の可能性、技術のフロンティアを広げるという意味においても、非常に良い結果がでたのかなとい

うふうに思っております。また併せて今後事業化という点におきまして、酵素の自製のコンタミの話ですとか、爆砕の必要性に関する学術的なバックグラウンドの確認をすることが次の飛躍に一つ必要なポイントだ、ということもありましたので、可能な範囲でNEDOとしても、その辺をバックアップできればと思っております。

この分野はご案内のように、過去、アルコールというのは、用途としては飲むものと工業用ということでありましたけども、ここ数年、燃料という位置づけが非常に大きくなってきております。その原材料の方も、合成系とこういった糖とかの発酵系に加えて、実利用として新しくチャレンジということで、今回、廃棄物という形になります。また、食品のところではGMOという動きもやはりありまして、そういったいろんな形で進めていく中で、今日のお話でいくつかいただきましたけども、原料調達をどうやっていけばいいかと、国内の限られた資源をどううまく使っていくか、これから大量に使えるという状況になる必要があると思えます。

太陽光と風力はただで使えるということですけども、バイオマスの場合は、たくさん買おうとすると、ボリュームディスカウントが効かないというか、むしろ高くつくところがあります。そういった意味で、可能な範囲で製紙、例えば木材加工をする建材とか家具とか、そういうサプライチェーンとも横ならびをとりながら、どこまでうまく社会全体のコストが下げられるかということも考えながら、サステイナブルなシステムを構築できれば、というふうに考えております。今回、一貫製造ということでプラントのところでも最適どころを見つけることができたというふうに思っております。今後はサプライチェーン全体で見て、原料の調達と、副産物含めた販売のルートの拡大し、全体最適を取れるようなことを進めていくということで、新規事業を展開しております。そういった意味で、今日お話いただきましたコメントをうまく生かして、サプライチェーン全体として活用していきたいと思っております。今日は本当に大変貴重なコメントをいただきましてありがとうございました。受託企業、そして我々NEDOとしてもこれから一生懸命頑張っていきたいというふうに改めて思いました。お礼を申し上げて、私の挨拶とさせていただきます。どうもありがとうございました。

【中村分科会長】 どうもありがとうございました。それでは、以上で議題 8 を終了します。

9. 今後の予定、その他

10. 閉会

バイオマスエネルギー技術研究開発／⑤セルロース系エタノール生産システム
総合開発実証事業(事後評価) プロジェクト評価分科会

質問票

(質問番号) 資料番号 ・ご質問箇所	ご質問の内容	回答	委員氏名
(公開1) 事業原簿【公開版】III-6	キシロース資化遺伝子の活性化の具体的な方法はどのようなものでしょうか？元菌の染色体に組み込んだことは理解できましたが、遺伝子発現の活性化について理解できませんでした。元菌ではもともと発現していないと理解しています。	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> がもともと有しているキシロース資化遺伝子群 (aldose reductase(<i>GRE3</i>)、sorbitol dehydrogenase(<i>SOR1</i>)、xylulose kinase(<i>XKS1</i>))を <i>PGK1</i> プロモーターとターミネーターにつないだ遺伝子カセットを醸造酵母協会7号の染色体に導入した。	葛山委員
(公開2) 別紙2	3. 知的財産権等の取得及び成果の普及に関して、特に論文や学会ですが、どの企業や大学が関与した成果なののでしょうか？	A チームにおいては、JXTG エネルギー (株) と王子ホールディングス (株) の共同発表が多く、13 報中 10 報が、JXTG エネルギー (株) と王子ホールディングス (株) の共同発表であった ^{*1} 。個別では、JXTG エネルギー (株) の発表は 12 報で、そのうち、第一著者としての発表は 9 報で、主導的な立場であることがわかる。王子ホールディングス (株) の発表は 11 報で、そのうち、第一著者としての発表は 3 報であった。 大学が関与した成果は、九州大学が第一著者となっている論文 1 報のみであった。 B チームにおいては、12 報中、コスモ石油 (株) の発表が 5 報、(株) Biomaterial in Tokyo の発表が 8 報であり、1 報が共同発表であった [*]	葛山委員

		<p>2。個別では、(株) Biomaterial in Tokyo の第一著者としての発表は 8 報中 5 報、コスモ石油 (株) の第一著者としての発表は 5 報中 5 報で、両社が、それぞれ主導していたことがわかる。三友プラントサービス (株) の発表は 5 報、産総研の発表は 1 報で、第一著者としての発表はなかった。</p> <p>大学が関与した成果は、信州大学が第一著者となっている学会発表、2 報であった。</p>	
(公開 3)	このプロジェクトにおけるアカデミアの具体的な関与は何だったのでしょうか？	<p><A チーム></p> <p>京都大学 (王子ホールディングス (株) との共同研究) : 前処理条件による糖化性や発酵収率の違いに起因するセルロースの構造変化などの要因解析を行い、前処理の条件検討にフィードバックする事を目的として参画された。特に、光学顕微鏡や SEN 観察による可視化については、大学の知見が活かされ、興味深い知見が得られた。</p> <p>九州大学 (JXTG エネルギー (株) との共同研究) : グルコースおよびキシロースからのエタノール生産経路における中間代謝物を分析したところ、キシリトールをキシルロースに変換する反応 (キシリトール脱水素酵素が関与) とキシルロースをキシルロース-5-リン酸に変換する反応 (キシルロースリン酸化酵素が関与) がキシロース資化のボトルネックであることがわかった。</p> <p>さらに、キシロース資化遺伝子群を導入したセルフクロニング酵母のエタノール生産のボトルネックを調べ、そのボトルネックを解消することにより、エタノール生産能の向上した株を構築する事ができた。本成果は、2019 年に、<i>Journal of Bioscience and Bioengineering</i> 誌に発表された。</p> <p>山口大学 (JXTG エネルギー (株) との共同研究) : エタノール生産経路中のボトルネックの解消のため、キシロース資化遺伝子群の導入位置、同遺伝子群の活性化に用いるプロモーターを見出し、キシルロースリン酸化酵素遺伝子の発現量向上が、キシロース資化</p>	葛山委員

		<p>を促進させることを明らかにした。</p> <p><u>〈B チーム〉</u> <u>信州大学</u> (Biomaterial in Tokyo(株)との共同研究) : 可溶性糖質源で培養できる糸状菌 (<i>Trichoderma reesei</i> M2-1)による自製酵素の基礎的検討をおこなった。 M2-1 株は、可溶性糖質の組成を変えることである程度成分組成が最適化されたベース酵素を容易に誘導生産できる特徴を有している。コーヒー粕をエタノール原料とすることを想定し、同様のマンナン、ガラクトンの多い、ローカストビーンガムを用いて検討したところ、コーヒー粕の糖化に関与する酵素の誘導を確認するという、大変興味深い知見が得られた。特に、ガラクトマンナン分解酵素については、大学主導で、2017年にセルラーゼ研究会、日本応用糖質研究会で発表されている。</p>	
--	--	--	--