

「エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際  
実証事業／馬鈴薯澱粉残渣からのバイオエタノール  
製造実証事業（中国）」  
個別テーマ／事後評価報告書

平成31年1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	1-5
2. 2 実証事業マネジメントについて	1-7
2. 3 実証事業成果について	1-9
2. 4 事業成果の普及可能性	1-11
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、「エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業」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、「エネルギー消費効率化等に資する我が国技術の国際実証事業／馬鈴薯澱粉残渣からのバイオエタノール製造実証事業（中国）」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「エネルギー消費効率化等に資する我が国技術の国際実証事業／馬鈴薯澱粉残渣からのバイオエタノール製造実証事業（中国）」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31年1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「エネルギー消費効率化等に資する我が国技術の国際実証事業／  
馬鈴薯澱粉残渣からのバイオエタノール製造実証事業（中国）」  
個別テーマ／事後評価分科会

## 審議経過

### ● 分科会（平成30年11月26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

「エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業／

馬鈴薯澱粉残渣からのバイオエタノール製造実証事業（中国）」

個別テーマ／事後評価分科会委員名簿

(平成30年11月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	かりた しゅういち 荻田 修一	三重大学 大学院生物資源学研究科 教授
分科会長 代理	のむら みきひろ 野村 幹弘	芝浦工業大学 工学部 応用化学科 教授
委員	いわた まり 岩田 まり	株式会社三菱総合研究所 環境・エネルギー事業本部 海外環境ビジネスグループ シニアコンサルタント
	かみいし ひろと 上石 博人	独立行政法人国際協力機構 産業開発・公共政策部 参事役
	やまだ ななえ 山田 七絵	独立行政法人日本貿易振興機構 アジア経済研究所 新領域研究センター環境・資源研究グループ 研究員

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

バイオエタノールの普及が推進されている中国において、馬鈴薯の非可食部分を活用したエタノールの製造に取り組んだ本実証事業は意義がある。農業残渣の活用が現地の環境問題や廃棄物問題の軽減に貢献している点も注目に値する。

日中間の微妙な政治環境や、複雑な中国の行政組織体制といった制約により、実証試験を行うに容易とは言えない地において、事業を完遂したことは評価できる。

実証の要であった分離膜技術については、世界トップレベルのゼオライト膜の中国展開へ向けた事業という面で十分な成果を確認できた。一方で、オンサイト酵素培養については、今回の実証実験においては実験室レベルを再現できておらず、今後のプラントを動かしていく上で検討課題となった。

今後は、製造コストの削減やエタノール・DDG（乾燥蒸留残渣（飼料））の販売戦略について本格的な検討を行い、採算性を見極めていくとともに、農業残渣を活用したバイオエタノール製造の新規性や環境価値をアピールし、中国政府の政策ニーズを掘り起こしていくような政策対話も必要と考える。

### 〈総合評価〉

- ・ 食料と競合しない第二世代バイオ燃料の開発が必要とされる世界的な潮流の中で、中でもガソリン需要が大きくまたバイオエタノールの普及が政策的にも推進されている中国において、馬鈴薯の非可食部分を活用したバイオエタノールの製造に取り組んだ本実証事業は、意義ある取組である。化石燃料代替のみならず、農業残渣の活用が現地の環境問題や廃棄物問題の軽減に貢献している点も注目に値する。政治的に事業実施が困難となる時期も含めて、約6年間もの長期間にわたる事業をやり遂げられた点が高く評価されるべきである。
- ・ 技術的観点からは、実証の要であった分離膜技術とオンサイト酵素培養について、前者の膜技術は実証において十分な成果を確認できたが、今後は高い技術優位性を維持しつつ継続的に採算を確保できるビジネスモデルの検討が必要と考えられる。後者のオンサイト酵素培養についてはスケールアップに課題が確認され、本実証事業においても市販酵素の使用を含めた解決策の実証がなされた。しかし、採算性を含めた検討の結論が出るころまで十分に実証しつくされた段階には至っておらず、今後の検討が期待される。
- ・ 事業性の観点からは、製造コストの削減や、エタノール・DDGの販売戦略について本格的な検討を行い、採算性を見極めていく必要がある。その中では、本事業が有する環境価値を現地政府にも理解いただき、支援を獲得していく必要があると考える。
- ・ 政策の観点からは、バイオ燃料が政策の影響を大きく受ける市場であることを鑑みて、十分に政策動向を注視していくことに加えて、農業残渣を活用したバイオエタノール製造の新規性や環境価値をアピールし、中国政府の政策ニーズを掘り起こしていくような政策対話も必要と考える。
- ・ 本件は、中国における農業廃棄物（馬鈴薯澱粉残渣）からのバイオエタノール製造を

通じ、化石燃料消費及び温暖化ガス排出の抑制や、地域環境の改善への貢献を狙ったもの。馬鈴薯澱粉残渣からのバイオエタノール抽出は世界初の試みであり、また、本邦技術が提案されたシステムの基幹技術となっている。国際的に気候温暖化対策への機運が高まる中、エネルギー消費大国である中国において、我が国が比較優位を持つ技術を使った本事業を実施することは、対中関係のみならず、地球温暖化対策及び国際関係の観点からも意義が高い。

- また、日中間の微妙な政治環境や、複雑な中国の複雑な行政組織体制といった政治／行政面の困難のみならず、気候条件の制約により実証期間／時間が限られる等、実証試験を行うに容易とは言えない地において、実証試験を完遂し、酵素を活用したエタノールを製造するプロセスについては、酵素の選定も含め、一定の方向性が確認されこと、また膜を使用したエタノール脱水については、実用化の目途がついたこと、については高く評価できる。
- 本事業は、ジャガイモデンプン生産工場の廃棄物を原料としたバイオエタノール生産の実証であり、その内容と事業検討は評価できるものになっている。とくに、オンサイトでの酵素生産は、バイオマス利用における酵素費用の低減化の切り札でもあり、市販酵素でなく、実バイオマスに適した酵素組成をもつ酵素液を生産できるという点でも評価できる。しかしながら、今回の実証実験では、逆にこの酵素生産の段階での不安定性を露呈したかたちになっており、今後のプラントを動かしていく上での検討課題であると思われる。
- エタノールの蒸留と濃縮過程については問題がなく、高濃度への濃縮を低コストで実現できるという面で本事業のプラントは優れており、我が国に優位性のある技術である。今後の普及に期待がもてると同時に、対象国での環境問題や温暖化ガス排出問題の解決に大いに貢献できると考えることができる。
- バイオ燃料としてのエタノールについては今後の活用に不透明な部分はあるが、廃棄物のエタノール化は、温室効果ガス排出削減にも一定の効果をもつと考えることができるので、評価できる。
- 蒸留廃液の飼料化については評価できる。世界各国での生活レベルの向上に伴い、家畜による食用肉生産は増加をたどっており、飼料を食物と競合することなく廃棄物より生産できることは重要である。
- このような事業展開は、対象国との関係のなかでは、政治的なリスクもあり、民間レベルでは展開は難しく、NEDO 事業として行われことは妥当であったと評価できる。
- 分離膜の技術的な側面をベースにコメントを行った。現状、世界トップレベルの技術をもつ日立造船のゼオライト膜の中国（世界）展開へ向けた事業という面で、非常に重要である。様々な制約の中、NEDO を中心としたマネジメント力により、実際にバイオエタノールを製造し、実証することによって初めて得た知見もあり、成果も十分である。酵素のオンサイト製造に関しては、更なる進展も必要であるが、ぜひ、中国での事業化が進むことを願う。
- 事業実施の意義、事業のマネジメントについては、特に大きな問題はないと判断した。



事業の成果や普及可能性については、採算性、地域社会や環境への配慮といった点で若干の課題は残るものの、概ね目標通りに成果を上げることができたと考える。

#### 〈今後への提言〉

- ・ オンサイトでの酵素生産性が今後の運用において一番の課題であると考えられる。実験室レベルと実レベルでの酵素生産性の違いについては、多くの菌株で知られており、必ずしも実験室レベルを再現できるものではなく、やはり検討が必要である。原料の組成を考えたときに、より容易に糖化が可能なデンプン質の糖化を優先すべきと感じた。
- ・ 乳酸菌発酵による原料保存については、原料の季節変動を減らし、通年運転の実現等、評価できるが、報告のなかでは、原料の中和に多量の水酸化ナトリウムが必要となっている。このような酸性に傾いた原料の場合には、*Aspergillus kawachii* のような日本独特の焼酎麹菌を酵素源として使用するというような選択肢があってもよいように感じた。焼酎麹菌は、デンプンとセルロースを分解できる好酸性酵素を生産でき、中和のための水酸化ナトリウムを減少するだけでなく、腐敗のリクスも下げることができる。
- ・ 飼料成分的に NFE が高いことから、デンプン質の残留がうかがえる。飼料成分的に、タンパク質含量が高くブタの飼料に適している。飼料分析値として、可消化養分総量 (TDN) や中性デタージェント繊維 (NDF) 等の値があると、畜産農家としても評価しやすくなると感じた。
- ・ 原料組成から考え、残留デンプンの糖化を優先し、次にセルロースという考え方もできる。この場合は、デンプン分解性の菌を用いて、残渣にセルロースが残るものの、残ったとしても、牛など草食性動物の飼料には、むしろ好ましい。
- ・ 本事業で展開した設備は、オンサイトの酵素生産とエタノール発酵、エタノール濃縮を実現していると考ええると、今後の運用実績次第では、キャッサバデンプン廃液、サゴデンプン廃液、といったデンプン残渣だけでなく、多くの未利用バイオマス等に将来応用できる可能性をもっている。今後の展開に期待がもてる事業であると評価したい。
- ・ 今後の成果の普及、あるいは将来同種の事業を中国で実施する際の留意点として、中国と共同事業を行う場合は、実施相手国としての中国の特徴を理解する必要がある。中国は政治環境の変化が共同事業に影響を及ぼすリスクが大きいため、慎重にカウンターパートを選定するとともに、スケジュールの変更等には忍耐強くかつ柔軟に対応しなければならない。近年、日中関係は数年ごとに悪化と改善を繰り返している。事前に予測することは困難だが、中国の特殊要因として計画段階で織り込んでおく必要がある。
- ・ 土地収用や環境問題をめぐる地域社会への配慮について指摘しておきたい。本事業で土地収用をめぐり地域住民との間でトラブルが発生したという情報はないが、中国国内ではしばしば重大な社会問題となっており、また世界的に国際協力プロジェクトに

においても重視されているため、今後の注意点として指摘する。もし今後同様の政府間プロジェクトを展開する場合は、農地の収用にあたり適切な補償金が支払われたかどうかなど、日本側からも中国側に社会への影響および地域住民の権益に対する配慮も求めていくことが望ましい。なお、本事業の対象地である東北地方は、中国国内では比較的土壌資源が豊富であり、古くから農地の賃貸借市場が発達しているため、農地の収用は比較的容易であったかもしれないが、華東、華南などでは都市化の影響で住民の権利意識も高く、また人口が稠密で土地の権利関係がより複雑であることが多い。環境問題については、近年政府が規制を強化しており、水や土壌汚染など化学的に計測可能なもののみならず、悪臭など苦情により問題化するタイプの公害など社会的な側面も含めて事業を総合的に評価していくべきである。

- 事業の採算性と中国政府の支援について。本事業の収益性は現段階ではまだ十分とは言えないが、廃棄物のリサイクルはそもそも収益性の高い分野ではないため、何らかの政策的な支援を受けることでビジネスとして成立するという事例は諸外国でも普遍的にみられる。残渣からのエタノール製造事業に対する中国政府の優遇措置は存在しないとのことだが、中国では海外の先進技術を導入した事業を政府が優良事例として宣伝し、各地方政府の幹部が視察することによって他地域に移転したり、パフォーマンスが良ければ成果が上位政策に反映されたりすることが一般的である。本事業では基本的にカウンターパートの能源局との協力関係に限定されているが、今後は農業部門や環境部門に対しても積極的に成果をアピールし、各方面から政策的な支援を受けられよう働きかけていくことが望ましい。
- 全体として、非常にまとまった実証事業であると感じた。その中で、上記の酵素のオンサイト製造に関しては、コストの制約となりうることより、さらなる支援も考えても良いと思う。また、ゼオライト膜に関しては、中国の追い上げの前に事業化を推進し、現状の技術的アドバンテージを生かすフォローアップを期待したい。
- 本実証事業により得られた貴重な成果をぜひ事業化につなげていただきたい。そして中国の他企業や、同様の農業残渣の問題に直面する他国への展開もぜひ検討していただきたい。
- 今般の状況確認を通じ、「基幹技術の検討（酵母の選定）」ならびに「システム全体の事業性（Feasibility）検討」について「積み残し」が生じ、商業化のためには更なる追加検討作業が必要と理解した。
- 「実証を行うに容易とは言えない地」であること、また「酵素の働きは予測が困難」であること等、困難な点が多数存在することは理解できるが、これらの課題を予め入念に分析し、実証期間において、柔軟な計画／要員配置見直しを図ることで、より一層の成果を上げることが可能となったのではないかと。

## 2. 各論

### 2. 1 事業の位置づけ・必要性について

温室効果ガスの排出削減という世界的な目標のなかで、我が国が有する先端的なバイオエタノール生産技術を海外で展開することは重要である。中国でも食料と競合しない燃料の開発は重要な取組課題であり、世界的にも事例がまだ数少ない農業残渣を活用したバイオエタノール製造事業に取組まれたことは意義が大きい。中国の国営企業における実証であり、中国政府内での位置づけが必要であったことを踏まえると、NEDOの関与が有効であったといえる。

一方で、不可避の状況であったと理解されるが、事業期間が当初予定よりも4年間延長されており、今後も、一定の政治リスクを考慮しておく必要がある。

#### 〈肯定的意見〉

- ・ 温室効果ガスの排出削減という世界的な目標のなかで、我が国が有する先端的なバイオエタノール生産技術を海外で展開することは重要である。とくに、エタノールの濃縮の技術等は、我が国の強みである。
- ・ これまでのところ、同様な技術はなく、温室効果ガスの削減に貢献できる内容である。また、同様な問題を抱え対象国内に技術を普及できる可能性は高い。
- ・ 隣国ではありながら、政治的な関係を含めNEDOの関与なしでは、民間レベルでは、このような事業の展開は困難が予想され、事業投資は難しいと思われる。その意味では、本事業は大いに評価できる。
- ・ 本プロジェクトで用いられている技術は、いずれも日本独自の技術であり、国際的にも高く評価されている。プロジェクトの対象となった技術は妥当なものであると判断する。
- ・ 中国のエネルギー需給構造の改善（クリーンエネルギーへの転換）や大気汚染の防止は、エネルギー戦略と環境保全という観点から日本にも大きな影響をもたらす。本事業は、環境・エネルギー分野における日中の政治・経済的な協力関係の強化につながる事が期待できる。
- ・ 中国との国際共同事業においては、政治体制の違いからたとえ技術分野の事業であっても政治的な要素の影響を無視することはできない。政治的なリスクを最小限に抑えるためには、適切なカウンターパートを選定し、良好な組織的・人的な関係を構築することで、しっかりとした政治的な後ろ盾を得ることが肝要である。NEDOが関与することで国レベルの組織である発展改革委員会がカウンターパートとなり、民間ではなく政府間の事業に格上げされたことは、事業実施上の政治リスクを下げることに寄与したと考えられる。また、本件のような資源の循環利用に関する事業は社会的な意義は大きいですが収益性が低いため、とりわけ初期段階では公的資金による支援が必要である。
- ・ 馬鈴薯残渣ということで、食料とバッティングしないエネルギー利用ということで、分野としての有用性がある。日立造船の保有する分離膜技術のレベルは世界的に見て

も非常に高く、国の支援の元、この技術を海外に展開するという点で、本事業の必要性は高いと言える。特に、中国のようにインフラ設置に対しても国家の影響が大きいと思われる国に関して、実証を行うことの重要性は高いと思われる。

- バイオ燃料への需要は世界的に拡大しており、中国でも政策的にバイオエタノールの活用が進められている。中でも食料と競合しない燃料の開発は重要な取組課題であり、世界的にも事例がまだ数少ない農業残渣を活用したバイオエタノール製造事業に取組まれたことは意義が大きい。日本国内でもラボラベルでしか実証されていない技術であり不確実性が大きかったこと、また中国の国営企業における実証であり中国政府内での位置づけが必要であったことを踏まえると、NEDO が関与することが有効であったといえる。
- 本件は、中国における農業廃棄物（馬鈴薯澱粉残渣）からのバイオエタノール製造を通じ、化石燃料消費及び温暖化ガス排出の抑制や、地域環境の改善への貢献を狙ったもの。馬鈴薯澱粉残渣からのバイオエタノール抽出は世界初の試みであり、また、本邦技術が提案されたシステムの基幹技術となっている。国際的に気候温暖化対策への機運が高まる中、エネルギー消費大国である中国において、我が国が比較優位を持つ技術を使った本事業を実施することは、対中関係のみならず、地球温暖化対策及び国際関係の観点からも意義が高い。

#### 〈改善すべき点〉

- 馬鈴薯澱粉残渣由来のバイオエタノール生産による、2020年断面での国内エタノール供給不足（約123万トン）解消への貢献は、5%程度（6.6万トン）に留まるとのこと。また、馬鈴薯澱粉残渣が大量に生じる国は少ないとのことであり、本件がもたらす面的波及効果／インパクトについては更なる考察が必要だったのではないかと。
- 不可避の状況であったと理解されるが、日中関係の冷え込みのため、当初の2年間の事業計画期間よりも4年間延長されている。今後も、一定の政治リスクを考慮しておく必要がある。
- 本事業では、対象国での事業展開や問題解決に貢献する点では評価できるが、我が国の省エネルギー技術の普及やエネルギーセキュリティーに資するかどうかについて、短期的には判断ができない。
- 温室効果ガスの削減量の判断についても、ライフサイクルアセスメントを意識した削減効果を示すべきであったと思う。本事業で展開した設備は、オンサイトの酵素生産とエタノール発酵、エタノール濃縮を実現していると考え、デンプン残渣だけでなく、多くの未利用バイオマス等に将来応用できる可能性がある将来性についても示せばよかったと思う。
- 今回は、中国での実証であったが、馬鈴薯残渣からのバイオエタノール高濃度化においては大きな問題が出なかった。馬鈴薯残渣は、中国以外でも発生しているはずなので、中国に限らず、視野を広げ、大きく世界展開して欲しい。

## 2. 2 実証事業マネジメントについて

中国側サイト企業は国営企業であり、資金調達や用地確保などに強みを持つことが想定されるため、事業のカウンターパートや実施体制は妥当である。バイオ燃料事業において、原料の安定的な入手が課題となることが多いが、本事業においては馬鈴薯澱粉工場という農業残渣が確実に発生するサイトが実証先に選ばれ、残渣の活用が現地の悪臭問題や廃棄物問題の軽減にも寄与しており、現地ニーズを適切に捉えた事業内容である。遅延は生じたものの、微妙な政治環境下において、複雑な中国国内の行政組織との調整を行いつつ、当初予定していた実証試験を実施できた点は評価できる。

一方で、実証の結論を導くには、もう少し十分な実証期間を確保するよう事業計画の適宜見直しを行い、進めることができればより良かった。

### 〈肯定的意見〉

- ・ 遅延は生じたものの、微妙な政治環境下において、複雑な中国国内の行政組織との調整を行いつつ、当初予定していた実証試験を実施できた点は、評価されるべき。
- ・ 政治的な問題、季節的な制約など、多くの課題を抱えながらも、実際にエタノール製造ができたという点で、技術面から見たマネジメントは良かったと言える。特に、原料長期保存の検討は、低コストでの脱水装置運用の上でも非常に良かった。
- ・ 中国側サイト企業は国営企業であり、十分な資金力と一定水準の技術力（人材）を有すると考えられる。また、国有企業は政府とつながりが深く、資金調達や用地確保などに強みを持つことが予想されるため、事業のカウンターパート、実施体制は妥当である。
- ・ マクロ的な政治情勢の影響は事前の予測が困難であり、スケジュール期間の延長はある程度やむを得ない。延長時もコスト低減にむけた事業を追加的に実施するなど、投入された資金を有効活用する努力がみられたことは評価できる。
- ・ 対象国側の役割分担やインフラの整備についても必要な協力が得られており、関係の構築は妥当であった。
- ・ 対象国との関係悪化といった予想外の社会情勢の変化や、対象国の諸事情をふまえ、ねばり強く、マネジメントに取組、最終的にプロジェクトを遂行した点において、マネジメントは高く評価できる。今後の展開に良好な関係が構築できたと考えられる。
- ・ バイオ燃料事業において、原料の安定的な入手が課題となることが多いが、本事業においては馬鈴薯澱粉工場という農業残渣が確実に発生するサイトが実証先に選ばれている。また、残渣の活用が現地の悪臭問題や廃棄物問題の軽減にも寄与しており、現地ニーズを適切に捉えた事業内容である。

### 〈改善すべき点〉

- ・ マネジメントでは改善できないと思われる要因により、想定より時間がかかったことはやむを得ない。しかし、今回の一連の手続きで得られたコネクションも含め、今後の事業展開へのフォローアップを手厚くしていただきたい。

- 主に使用酵素の成果が当初の想定どおりには得られなかったためと理解しているが、実証の結論を導くには実証期間・テストバッチ数が不足していた印象がある。工場の稼働期間が短いことも原因とのことであったが、保管残渣の活用も含めて、もう少し十分な実証期間をとるよう事業計画の適宜見直しを含め進めることができればベターであった。
- 中国における行政組織の序列や所掌範囲といった情報については、事前に入手することが可能だったのではないか。これら現地情報を入手し、詳細に検討しておけば、一部手続きの際に生じた手戻りは回避できたと推測する。
- 実験段階と現場での実証段階で、酵素生産のところで活性目標値を大きく下回ったあたりが、今後普及に向けての目標値が維持されるような手順の検討がやや不足していると感じた。
- 対象国側の研究者あるいはプラント運転者についての技術が十分でなかったように感じた。

## 2. 3 実証事業成果について

実証事業では、セルロースからのバイオエタノール製造とゼオライト膜分離を用いたエタノール無水化の両方において、おおむね所期の目標を達成した。また、原料の季節変動を減らし通年運転を実現するための原料保管の検討についても、乳酸発酵技術等の創意工夫が見られた。

今回実証システムの基幹技術の一つであるオンサイトでの酵素生産については、当初実験室レベルでの試験を通じて想定した成果は得られなかった。使用酵素については、今後もエタノール収率の改善およびコストの低減の観点から十分な検討が行われる必要がある。また、温室効果ガスの削減効果については、澱粉残渣が腐敗して生じる分やプラント運転にかかるエネルギー等を含めた全体として示す対応を期待したい。

### 〈肯定的意見〉

- ・ 事業内容や目標であるアルコールの生産量を達成できており、評価できる。
- ・ オンサイトでの酵素生産についての課題の抽出と解決に向けての努力は評価できる。
- ・ 通年運転にむけての原料保管について乳酸発酵技術等の創意工夫が見られた点について評価できる。
- ・ 馬鈴薯残渣に関してゼオライト膜分離に関して特定の問題がない点を実証した成果は素晴らしい。また、長期保存した残渣からのエタノール製造も実証しており、今後の年間を通じた運用に関しても先が見えたと感じた。また、ゼオライト膜の高い耐久性をベースとした、膜（分離装置）のレンタル運用など、今後のビジネスモデルの可能性も伺えて満足した。
- ・ 実証運転では安定的なエタノール収率が得られていないが、その中でもオンサイト生産酵素および市販酵素を組合せテストされるなど計画達成のために尽力されている。最終的な実証運転結果では採算に見合う成果が得られていないが、その後コスト削減目標の達成に向けて検討が続けられている点も評価される。
- ・ 気候条件が厳しく、そのため実証期間／時間が限られる地にて、世界初である馬鈴薯澱粉残渣からのエタノール製造について実証試験を完遂し、有用な各種データを入手した点は高く評価できる。
- ・ 実証事業では、セルロースからのバイオエタノール製造と脱水膜を用いたバイオエタノール無水化の両方において、おおむね所期の目標を達成したと考えられる。CO<sub>2</sub>削減効果についても同様。
- ・ 副産物 DDG の生産も順調に行われている。

### 〈改善すべき点〉

- ・ 第一に、使用酵素について現在でも最新の技術開発動向を踏まえて検討が続けられていると理解しているが、エタノール収率の改善およびコストの低減の観点から十分な検討が行われる必要がある。
- ・ 第二に、世界的に、また日本のバイオ燃料政策においてもバイオ燃料の CO<sub>2</sub>削減効果

は、ライフサイクルでの評価とすることになっている。その場合、代替されるガソリンもライフサイクルでの評価値とする必要がある（一例として、エネルギー供給構造高度化法「平成 30 年度以降の 5 年間についての非化石エネルギー源の利用に関する石油精製業者の判断の基準」では、ガソリンのライフサイクル GHG 排出量は 84.11gCO<sub>2</sub>eq/MJ とされている）。加えて、バイオ燃料製造・流通過程で使用する化石燃料からの CO<sub>2</sub> 排出量を算定し、ガソリン代替による CO<sub>2</sub> 削減量と差し引きしたうえで、評価されるべきである。

- そもそも本事業は、ジャガイモ澱粉残渣に起因する悪臭公害の解消という中国側からの要請を受けて始まったにもかかわらず、実施者の関心はもっぱらエタノール製造と無水化技術の実証のみに集中しているように感じられる。原料の残渣を梱包したり、乳酸菌を添加したりするなどの対策はおこなわれたものの、近隣住民からの悪臭に関する苦情が軽減したかどうかという社会配慮の認識は薄い。本事業は主としてエネルギー分野の案件ではあるが、同時に地域の環境汚染問題にも関わっている。ここでいう環境汚染とは、化学的な汚染指標によって計測可能なものだけでなく、住民が不快と認識し日常生活に支障を来すことによってはじめて顕在化する公害を含む。事業の計画を立てる際には、こうした社会的な面にもできるかぎり配慮し、バランスよく目標を立てるべきである。
- 温室効果ガスの削減効果についてのアセスメントがやや不十分であったように感じた。そのまま廃棄されたものが、腐敗することで生じる温室効果ガス、エタノールの燃料としての効果、プラントの運転にかかるエネルギー、排水処理にかかる電力等を個別に分析して、全体で削減効果を示す等の対応を期待したい。
- 今回の実証によって、セルロース分解酵素などのコスト面の課題が、初めて分かったことは評価したい。残渣中のでんぷんの利用など、酵素に関しては、事業を展開しながらの検討も必要と思われる。今回の事業全体としての成果は非常に高かったので、事業展開における酵素の運用に関しては、NEDO 側より金銭面も含めたフォローアップがあることが望ましい。
- 今回実証システムの基幹技術の一つである酵素については、当初実験室レベルでの試験を通じて想定した成果は得られなかった。また、実証結果を踏まえた酵素選定にかかる「軌道修正」については、(時間的な制約はあったと想像するが)、改善の余地があるのではと推測する。



## 2. 4 事業成果の普及可能性

中国政府はクリーンエネルギーへの転換と環境汚染対策を推進しており、本事業の技術に対する中国側の需要は大きいと評価できる。エタノールの濃縮技術では、競争力もあり、同様なデンプン製造廃棄物のある業者への普及も可能性が高い。膜を使用したエタノール脱水については、実用化の目途がついたものと評価でき、また、プラントのスケールを左右する馬鈴薯澱粉残渣の保存方法についても一定の方向性が確認された。

ゼオライト膜技術は、現状では世界トップレベルであるが、中国の躍進は、質、量ともに脅威であり、追い付かれる前に、事業を大きく展開できるようなフォローアップが重要である。現段階では、副産物を含めたバイオエタノール事業の収益性や全体の採算性は十分とはいえないことから、今後は技術の検証のみならず、事業性の更なる検証も必要と考えられる。そのため、酵素の改善や運転条件の最適化でどこまでの製造コスト削減が見込めるのか、バイオエタノールおよび副産物である DDG の販売可能性がどの程度あるのかについての見極めが必要である。

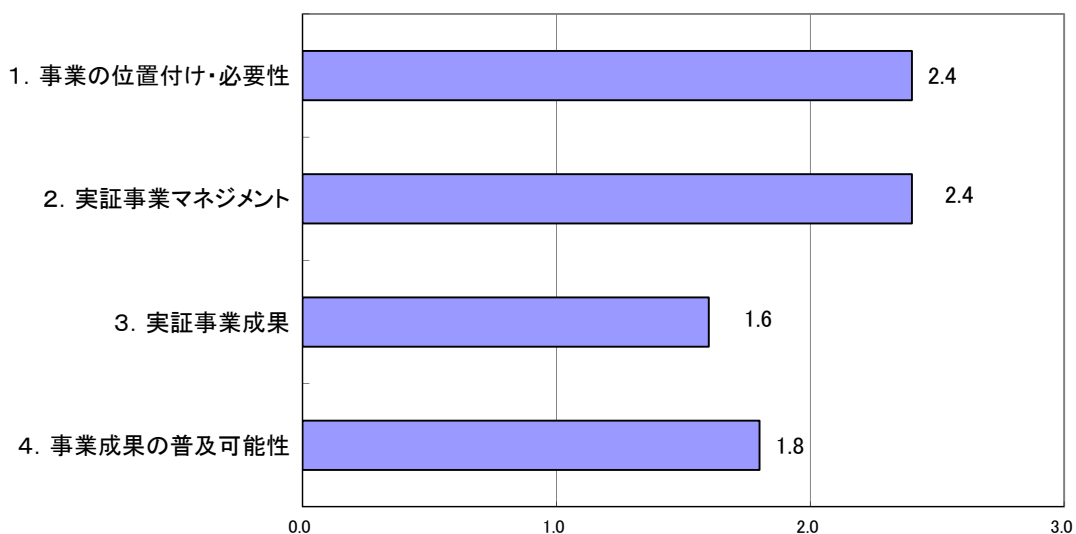
### 〈肯定的意見〉

- ・ 今回は、免税での膜分離装置導入とのことであつたが、コスト面での分離側の影響は小さく、今後の事業化の可能性を感じた。
- ・ 世界初となる馬鈴薯澱粉残渣から、酵素を活用したエタノールを製造するプロセスについては、酵素の選定も含め、一定の方向性が確認された。また、膜を使用したエタノール脱水については、実用化の目途がついたものと評価できる。プラントのスケールを左右する馬鈴薯澱粉残渣の保存方法についても一定の方向性が確認された。
- ・ 中国では水資源の不足、貧困削減、食料安全保障などの観点から、農業生産条件の不利な地域を中心にジャガイモ生産が奨励されている。また、農村住民の所得向上や雇用創出のため農産物の商品化率や加工度を高める政策が取られており、長期的にジャガイモの加工残渣は増加していくであろう。一方で、中国政府はクリーンエネルギーへの転換と環境汚染対策を推進しており、本事業の技術に対する中国側の需要は大きいと評価できる。
- ・ エタノールの濃縮技術では、競争力もあり、同様なデンプン製造廃棄物のある業者への普及も可能性が高い。今後、穀物に代わりジャガイモの作付面積が拡大した場合にも、本事業の技術は普及できる可能性があり、日本の企業が継続的に関与できるスキームも示されている。
- ・ エタノール生産のみならず、現状の廃棄物による悪臭被害の改善を含め、社会的な効果もみられる。
- ・ 採算性がクリアされ、現地パートナーの新事業として位置づけられれば、同一集団の他工場あるいは他企業へも普及が十分に期待される。
- ・ 本事業で日本側が提供した機材は、今後故障や老朽化が発生した場合でもすべて中国国内で調達可能であるため、事業終了後も中国側で継続的に使用あるいは普及が可能である。

### 〈改善すべき点〉

- 現段階ではバイオエタノール、副産物を含めた収益性や全体の採算性は十分とはいえない。商業ベースに近づけるよう、さらなる収益性の向上、コスト削減を追求する余地がある。
- 将来の分離膜の普及に関しては、特に中国（南京工業大学・浙江省のグループなど）の技術レベルのチェックおよび知財の状況の注視をお願いしたい。可能であれば、今回の実証内容における中国を含めた世界的な知財の確保が望ましい。無機膜開発における国際会議でのアクティビティを見ると、この5年ほどの中国の躍進は、質、量ともに脅威である。日立造船のゼオライト膜技術は、現状では世界トップレベルであるが、中国側が追い付く前に、事業を大きく展開できるようなフォローアップが重要である。
- 第一に、今後は技術の検証のみならず、事業性の検証も必要と考える。酵素の改善や運転条件の最適化でどこまでの製造コスト削減が見込めるのか、またバイオエタノールおよび副産物である DDG の販売可能性（販売先、価格、量）がどの程度あるのかについての見極めが必要である。
- 第二に、バイオエタノールをはじめバイオ燃料市場は政策の影響を大きく受けることから、中国の政策動向の注視が必要である。EV 普及に舵をきった印象があるが、中国全体ではガソリン需要が将来的にも一定程度は残ると考えられる。バイオエタノールを輸入するより、国内の資源（特に廃棄物）を有効活用したバイオエタノール製造は中国政府にとっても政策的意義が高い内容であると考えられ、中国政府からの支援を得られるよう、日本政府からも政策対話を行っていく必要がある。
- 同様な事業施設を黒竜江省に展開できるかどうかについて明快な計画が示されておらず、将来にわたっての温暖化ガス抑制についての効果について予測できない部分がある。
- 競合者等の存在には触れられなかったが、悪臭被害があるとすれば、現地での対策手段としてどのようなものが計画されているか、あるいは、放置されているのか、そういった情報をふくめて、本事業の優位性を示すことができるとうよかった。
- コスト低減化及びプロセスのスケールアップ／普及の鍵となる酵素選定については、一層の研究の余地がある。また本システム全体（エタノール製造及び副産物生成）にかかる事業性検討（Feasibility）及び温暖化ガス削減効果については、さらなる作業が必要と理解。これら部分については計画／人員配置面でより一層の工夫が必要ではなかったか。

### 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	2.4	B	A	B	B	A
2. 実証事業マネジメントについて	2.4	B	A	A	B	B
3. 実証事業成果について	1.6	C	B	C	C	A
4. 事業成果の普及可能性	1.8	C	B	B	C	A

(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。

「エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業/馬鈴薯澱粉残渣からのバイオエタノール製造実証事業(中国)」

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、国際部
-----	--

—目次—

本紙	I-3
用語集	I-5

本 紙

	最終更新日	平成 30 年 11 月 16 日	
事業名	エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業		
実証テーマ名	馬鈴薯澱粉残渣からのバイオエタノール製造実証事業(中国)	プロジェクト 番号	P93050
担当推進部/ PM、PTメンバー	新エネルギー部 PM  国際部 SPM	水野 昌幸(平成 30 年 4 月～) 太原 信之(平成 25 年 8 月～平成 30 年 3 月) 本多 文博(平成 25 年 4 月～平成 25 年 7 月) 西川 向一(平成 23 年 12 月～平成 25 年 3 月) 佐藤 尚悦(平成 30 年 4 月～) 石田 隆 (平成 24 年 12 月～平成 30 年 3 月) 浜田 英伸(平成 23 年 12 月～平成 24 年 12 月)	

1. 事業の概要

(1)概要	<p>中国では、2020 年の E10 の全土導入ならびにバイオエタノールの国内生産量 400 万トンの目標達成に向けて、非食糧由来のバイオエタノール製造が喫緊の課題となっている。さらに、同国は世界の馬鈴薯生産量の 1/4 を占めており、廃棄された馬鈴薯澱粉残渣が夏場に腐敗し悪臭を放つことから、処理方法の確立も望まれていた。馬鈴薯澱粉残渣は澱粉とセルロースが複雑に絡み合った混合物であるため、バイオエタノール化するにしても、既存の単一酵素であるアミラーゼとセルラーゼの組み合わせでは糖化が困難であり、商用レベルで実用化された技術はなかった。</p> <p>本事業では、黒龍江省・北大荒馬鈴薯集团有限公司の実施サイトにて、馬鈴薯澱粉残渣を糖化するための酵素を、産総研が保有するアクレモニウム菌を用いて現地生産し、その後の発酵・蒸留・無水化工程を経てエタノール製造までを一貫して行うためのプラント実証を行うものである。</p> <p>平成 23 年度から実証事業を開始したが、日中関係の冷え込みにより基本協定書(MOU)の締結が平成 27 年 8 月にずれ込んだため、事業期間を 4 年間延長している。平成 29 年 5 月に建屋および実証設備の建設工事を完了し、試運転期間を経て平成 29 年 9 月より実証運転を開始した。約 3 か月間に渡る試験とその後のデータ評価を行い、平成 30 年 2 月に実証事業を終了した。</p>
(2)目標	<p>アクレモニウム菌より生成される複合酵素を用いて、馬鈴薯澱粉残渣からの自動車燃料用バイオエタノールの製造、および乾燥残留残渣(DDG)の製造をプラント規模で技術実証し、当該技術の普及可能性を確認することを目的としている。実証に当たり主な実施項目は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実験室にて確認しているアクレモニウム菌の培養、およびアクレモニウム菌がオンサイト生産する糖化酵素を用いた馬鈴薯澱粉残渣の糖化、ならびに市販酵母による発酵が実証スケールでも問題なく行えることを確認する。</li> <li>・発酵もろみの蒸留及びゼオライト分離膜を用いた無水化工程によって、無水エタノール(99.5vol%)を連続生産できることを確認する。</li> <li>・製造した DDG の家畜飼料としての嗜好性を確認する。</li> <li>・馬鈴薯澱粉残渣の保存技術を確認し、エタノールの生産期間を延ばすこと。</li> </ul> <p>なお、設備の基本仕様は以下のとおりである。</p> <p>原料供給量: 馬鈴薯澱粉残渣 6 トン/日(バッチ、含水率 90wt%) エタノール生産能力: 200L/日(バッチ) エタノール無水化目標: 無水エタノール(99.5vol%) DDG 生産能力: 240kg/日(バッチ、含水率 12wt%)</p>



	主な実施事項	H23fy (2011)	H24fy (2012)	H25fy (2013)	H26fy (2014)	H27fy (2015)	H28fy (2016)	H29fy (2017)	
(3) 内容・計画	契約関連		▼ 委託	→ 計画期間	→ 延長①	▼MOU	→ 延長②		
	① プロセス設計		→						
	② 残渣テスト		→						
	③ 機器・配管・電気・計装設計		→						
	④ 機器調達					→	▼輸出許可		
	⑤ 建屋建設・据付						→		
	⑥ 実証運転							→	
	⑦ 設備譲渡								▼
(4) 予算 (単位: 百万円) [ ]内は当初計画 契約種類: (委託)	会計・勘定	H23fy (2011)	H24fy (2012)	H25fy (2013)	H26fy (2014)	H27fy (2015)	H28fy (2016)	H29fy (2017)	総額
	特別会計(需給)	3 [3]	119 [723]	21 [74]	6	121	510	154	934 [800]
	総予算額	3 [3]	119 [723]	21 [74]	6	121	510	154	934 [800]
(5) 実施体制	MOU 締結先	中国国家発展改革委員会(NDRC)、黒龍江省農墾総局(GBHSF)							
	委託先	双日株式会社、日立造船株式会社							
	実施サイト企業	北大荒馬鈴薯集团有限公司 克山工場							

## 2. 事業の成果

本事業は、現在、有効な活用方法がなく廃棄されていた馬鈴薯澱粉残渣を用いて、非食糧由来のバイオエタノールを製造する技術を世界で初めてプラント規模で実証したものである。

平成 29 年 9 月 6 日に運転開始式を開催し、実証運転を 11 月 13 日まで計 10 バッチ実施した。日本国内でもまだプラントレベルでは実証していない技術としてスタートしたにもかかわらず、アクレモニウム菌の培養、アクレモニウム菌が生産する糖化酵素を用いた馬鈴薯澱粉残渣の糖化が実証スケールにて問題なく行えることを確認。その後の発酵・蒸留・無水化工程を経て、6 トン/日の馬鈴薯澱粉残渣(含水率 90wt%)から、160kg/日(200L/日)のバイオエタノールが製造できることを実証した。副産物の DDG については、成分分析および牛、豚への給餌結果から、飼料としての嗜好性を確認した。

平成 30 年 2 月、実証設備は MOU の規定に基づき NEDO より黒龍江省農墾総局に譲渡され、同月、実証事業を終了した。

講演発表: 日中先端バイオ燃料検討会(平成 25 年 11 月、北京)

プレス発表: 事業開始時(平成 24 年 2 月)、MOU 締結時(平成 27 年 8 月)、運転開始時(平成 29 年 9 月)

### 3. 実証成果の普及可能性

世界最大の馬鈴薯生産国である中国には大型の馬鈴薯澱粉企業が複数存在し、黒龍江省 GBHSF 傘下の北大荒を含めて、寧夏回族自治区、甘肅省、内モンゴル自治区、等を合わせた中国国内の馬鈴薯澱粉残渣の年間総排出量は約 78 万トン、ここから生産できるバイオエタノールは年間 2.1 万トンと推定している。バイオエタノールの製造主体は各地の澱粉製造企業であり、プラント建設及び運用、バイオエタノール及び DDG の製造・販売を担うことになる。双日、日立造船はプラントのエンジニアリングデータ及び運用技術の提供、プラント建設の監修を行うビジネスモデルを想定。

普及性を高めるためフォローアップ事業にてエタノール製造プロセスの改善検討を実施。普及の第一ステップとしては、実証サイトのある北大荒の克山工場での事業化を目指す。馬鈴薯澱粉工場から排出される残渣 35,000 トン/年をすべて糖化・発酵処理することにより、燃料用バイオエタノール 1,100 トン/年を生産し、中国石油(PETROCHINA)に販売すること、および DDG1,300 トン/年を克山農場や GBHSF 傘下の他農場、企業に販売することを想定。

第二ステップでは、克山工場での稼働実績をもとに黒龍江省 GBHSF 傘下の他の 2 工場(二龍山、九三)へ展開し、商用プラント 1~3 号機導入によるエンジニアリングフィーの獲得を目指す。中国の他地域への展開はその後となる。

### 4. 省エネ効果・CO<sub>2</sub>削減効果

	実証事業段階	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	4.2kL/年	350kL/年	3,900kL/年
(3) 温室効果ガス排出削減効果	11.4t-CO <sub>2</sub> /年	946t-CO <sub>2</sub> /年	10,547t-CO <sub>2</sub> /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。中国においては、国産バイオエタノールの増産への貢献と悪臭問題の解決に寄与することが期待できる。		

### 用語集

用語	意味
DDG	Distillers Dried Grain 乾燥蒸留残渣(飼料)
E10	バイオエタノール 10%混合ガソリン
GBHSF	The General Bureau of Heilongjiang State Farms 黒龍江省農墾総局
ID	Implementation Document 協定付属書
MOU	Memorandum of Understanding 基本協定書
NDRC	The National Development and Reform Commission 中国国家発展改革委員会
北大荒	Beidahuang Potato Group Co.,Ltd.北大荒馬鈴薯集团有限公司

## 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。

# 「エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業 / 馬鈴薯澱粉残渣からのバイオエタノール製造実証事業(中国)」(事後評価)

## (2011年度～2017年度 7年間)

### 実証テーマ概要 (公開)

双日株式会社  
日立造船株式会社  
NEDOプロジェクトチーム(新エネルギー部・国際部)  
2018年11月26日

#### 目次

---

1. 事業の位置付け・必要性
  - 1-1-1. 目的
  - 1-1-2. 事業の意義
  - 1-2-1. 政策的必要性
  - 1-3-1. NEDO関与の必要性
2. 実証事業マネジメント
  - 2-1-1. 相手国との関係構築
  - 2-2-1. 実証体制
  - 2-2-2. 役割分担
  - 2-3-1. 事業内容・計画
3. 実証事業成果
  - 3-1-1. 事業の成果・達成状況
4. 事業成果の普及可能性
  - 4-1-1. 成果の競争力
  - 4-2-1. 普及体制
  - 4-3-1. ビジネスモデル
  - 4-4-1. 政策形成・支援措置
  - 4-5-1. 市場規模、省エネ・CO<sub>2</sub>削減効果

# 1. 事業の位置付け・必要性

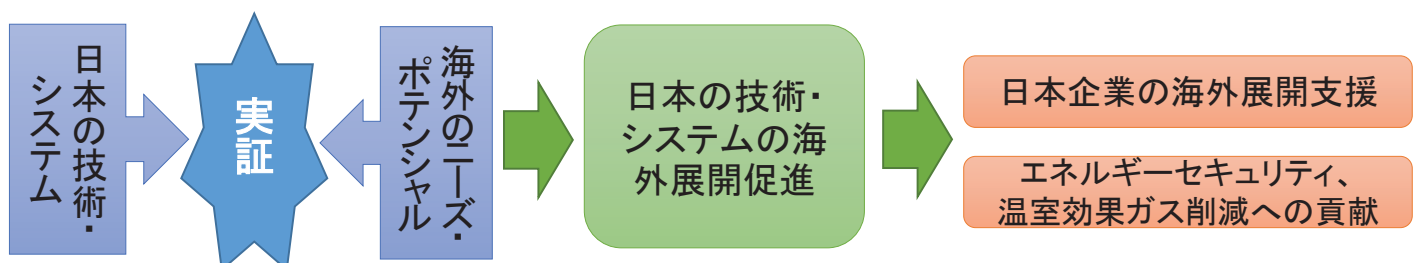
2

## 1. 事業の位置付け・必要性(1-1. 意義)

### ◆ 1-1-1. 目的(基本計画から抜粋)

- 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、海外の環境下において技術・システムの有効性を実証し、民間企業による普及につなげる。
- これにより、海外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



3

## 1. 事業の位置付け・必要性(1-1. 意義)

### ◆ 1-1-2. 事業の意義(対象国のエタノール政策)

- 中国は、国家発展改革委員会(NDRC)が主体となり、自動車用燃料へのバイオエタノールの利用拡大を目指す国家燃料エタノールプログラムを推進。
- バイオエタノール10%混合ガソリン(E10)
  - 2004年導入開始、2020年全土展開
  - バイオエタノール必要量1,570万トンのうち、国内生産目標400万トン、国内製造能力(認定8工場)の不足123万トン
- バイオエタノール原料の主流はトウモロコシ、小麦等の穀物類。食糧との競合回避のため、食糧由来バイオエタノールの新規事業を禁止。非食用作物(イモ類、スイートソルガム等)、セルロース系を原料とするバイオエタノール生産を推進。

非食糧由来のバイオエタノールとその製造技術開発が喫緊の課題

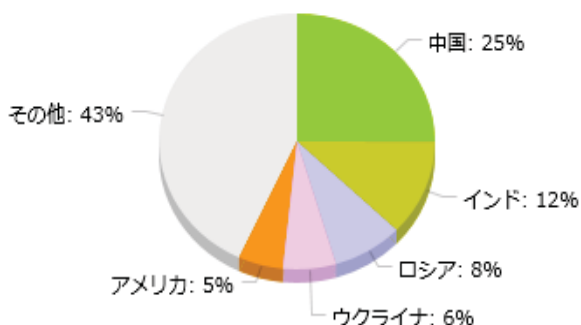
4

## 1. 事業の位置付け・必要性(1-1. 意義)

### ◆ 1-1-2. 事業の意義(対象国の農業政策)

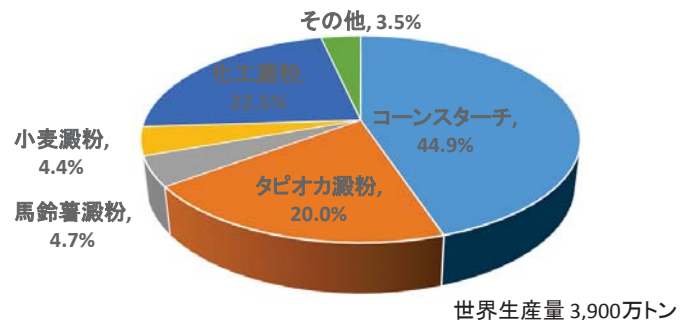
- 中国の馬鈴薯生産量9,912万トン(2016年)、世界生産量の25%を占める。作付面積の増加計画あり。参考:北海道170万トン(2016年)
- 馬鈴薯の第4の主食化推進(一人当たりの消費量はロシア、ウクライナの1/3、米・小麦の供給不足)
- 世界の澱粉生産量の約40%を中国が占める(2009年)。
- 澱粉品目別では、コーンスターチが全体の約45%、馬鈴薯澱粉は4.7%。

世界の馬鈴薯生産割合(2014年)



出典: 野菜情報サイト「野菜ナビ」<https://www.yasainavi.com/>

世界の品目別澱粉生産割合(2016年)



出典:(独)農畜産業振興機構 alic  
<https://www.alic.go.jp/content/000143465.pdf>

5

# 1. 事業の位置付け・必要性(1-1. 意義)

## ◆ 1-1-2. 事業の意義(サイト側ニーズ)

- 中国全土における馬鈴薯澱粉生産量は52万トン/年(2013年)。
- 上記より推定される原料馬鈴薯の加工量は312万トン/年、馬鈴薯澱粉残渣78万トン/年。(原料馬鈴薯:馬鈴薯澱粉:馬鈴薯澱粉残渣≒6:1:1.5)
- 現在、馬鈴薯澱粉残渣は廃棄処分。夏場の腐敗による悪臭問題も顕在化。
- 黒龍江省農墾総局、北大荒馬鈴薯集団から双日に対し、馬鈴薯澱粉残渣の有効活用(エタノール化)と同時に、悪臭問題の改善に対する強い要請があった。



原料馬鈴薯



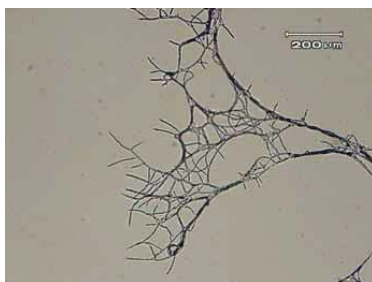
残渣埋立地

6

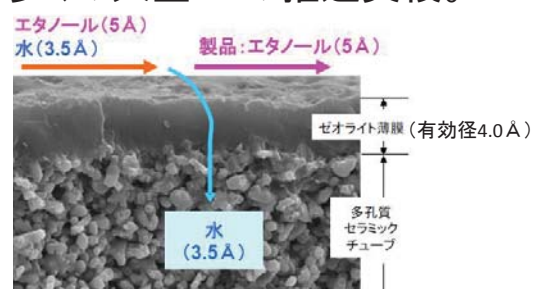
# 1. 事業の位置付け・必要性(1-1. 意義)

## ◆ 1-1-2. 事業の意義(日本の強み)

- 馬鈴薯澱粉残渣は澱粉質とセルロース質が複雑に絡み合った構造。市販単一酵素の組み合わせでは分解できないが、1980年代に、産総研が澱粉質とセルロース質を糖化する酵素を生産できるアクレモニウム菌を開発(日本独自技術)
- 双日-産総研の共同研究にて、上記アクレモニウム菌を培養して得た複合酵素により、黒龍江省の馬鈴薯澱粉残渣を効率よく分解できることを確認。
- 日立造船は、バイオエタノールの無水化に大きな実績を持つゼオライト膜脱水技術を保有(強み)
- 双日は、北大荒集団との間で過去に多くの大型PJの推進実績。



アクレモニウム糸状菌(産総研)



膜断面の微構造

ゼオライト膜脱水(日立造船)

7

## 1. 事業の位置付け・必要性(1-2. 政策的必要性)

### ◆ 1-2-1. 政策的必要性

- 海外の環境下において、我が国が強みを有する新エネルギー技術・システムの有効性を実証し、普及促進を図るものであり、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も合致する。
  - サイト企業である北大荒馬鈴薯集団は、中国国内でバイオエタノール製造設備の導入可能性のある大型馬鈴薯澱粉製造企業(約30社)の中で最大級。実証段階から組んで、商用1号機の導入に繋げることにより、その後の普及展開に弾みをつけられる。
- 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も寄与する。

8

## 1. 事業の位置付け・必要性(1-3. NEDO関与の必要性)

### ◆ 1-3-1. NEDO関与の必要性

- 日本国内でもまだプラントスケールでは実証していなかった技術を、世界で初めて海外でプラント実証(不確実性)
- 普及のための追加的措置の必要性
  - 中国には、未利用・荒廃地での芋類や、セルロースからのエタノール製造事業に対する優遇措置<sup>\*)</sup>はあるが、残渣(セルロース+残存澱粉)からのエタノール製造事業は現在も対象外。
    - \*) デモプラント建設中の利息補填、竣工・生産開始後の奨励金など
  - 普及展開を図るためには、運転実績の蓄積、実証を通じて、中国での再エネ確保と環境保全推進のための政策形成・支援の獲得が不可欠。
- 輸出許可、免税措置等の円滑な取得

NEDOが関与して推進すべき事業

9



## 2. 実証事業マネジメント

---

10

### 2. 実証事業マネジメント(2-1. 相手との関係構築の妥当性)

---

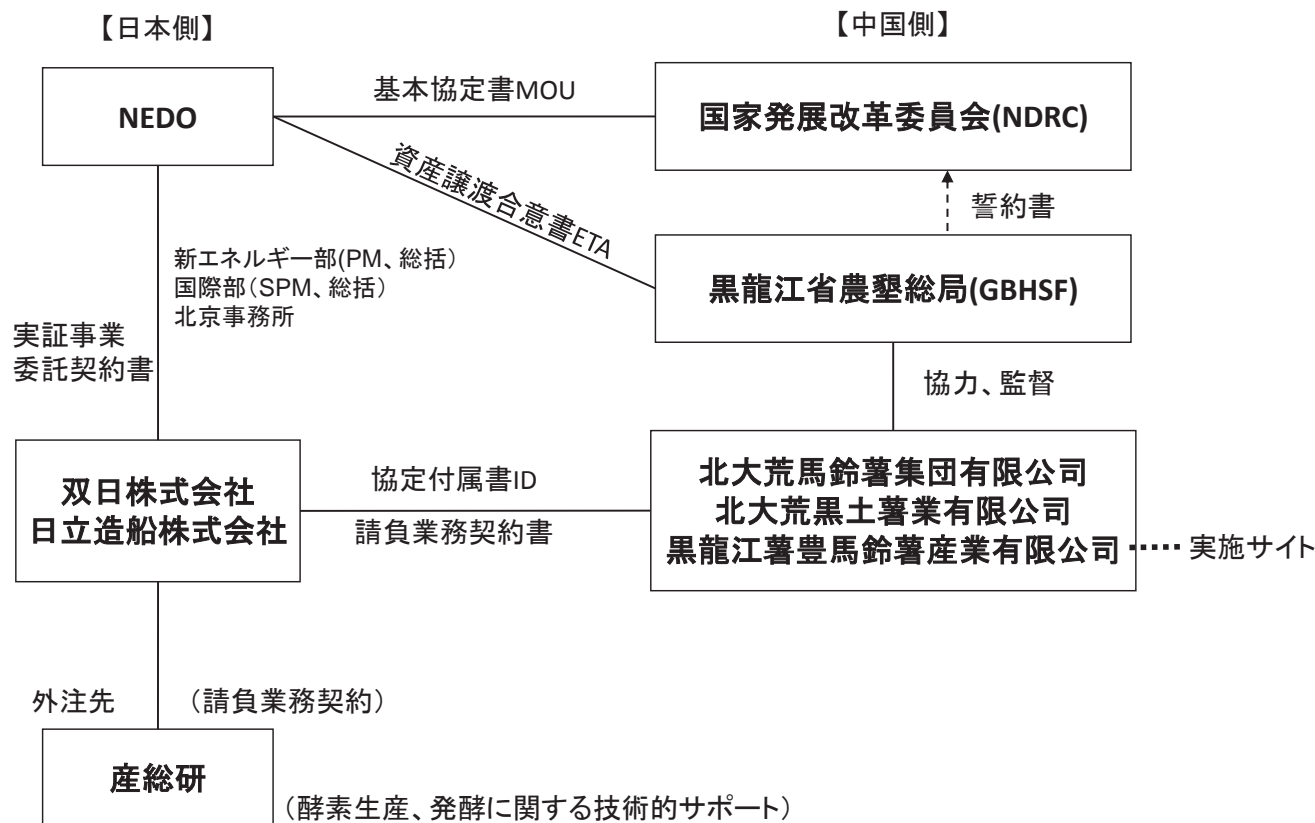
#### ◆ 2-1-1. 相手国との関係構築

- 2015年8月に、NEDOと国家発展改革委員会(NDRC)との間で、MOU(基本協定書)を締結し、業務分担、費用分担、事業の実施方法、プロジェクト終了後のNEDO資産の黒龍江省農墾総局(GBHSF)への無償譲渡等を規定した。
- 中国側の費用負担は、用地確保、原料供給、実証設備への電気・水・蒸気供給/配管施工など。
- 中国側は、バイオエタノール製造原料としての馬鈴薯澱粉残渣を供給。
- その他:日本側の供給設備に対する輸入関税と輸入増値税の免税など。

11

## 2. 実証事業マネジメント(2-2. 実施体制の妥当性)

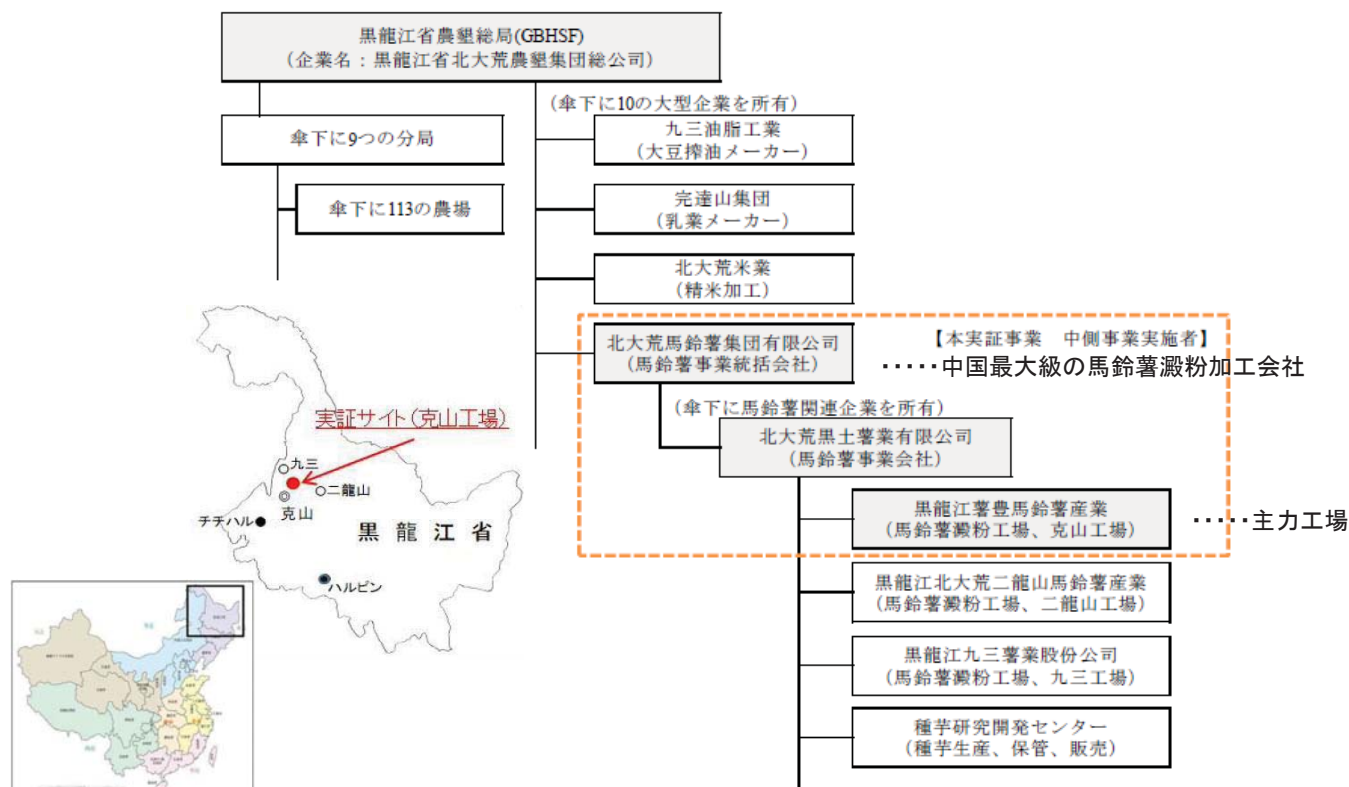
### ◆ 2-2-1. 実証体制(全体)



12

## 2. 実証事業マネジメント(2-2. 実施体制の妥当性)

### ◆ 2-2-1. 実証体制(サイト企業)



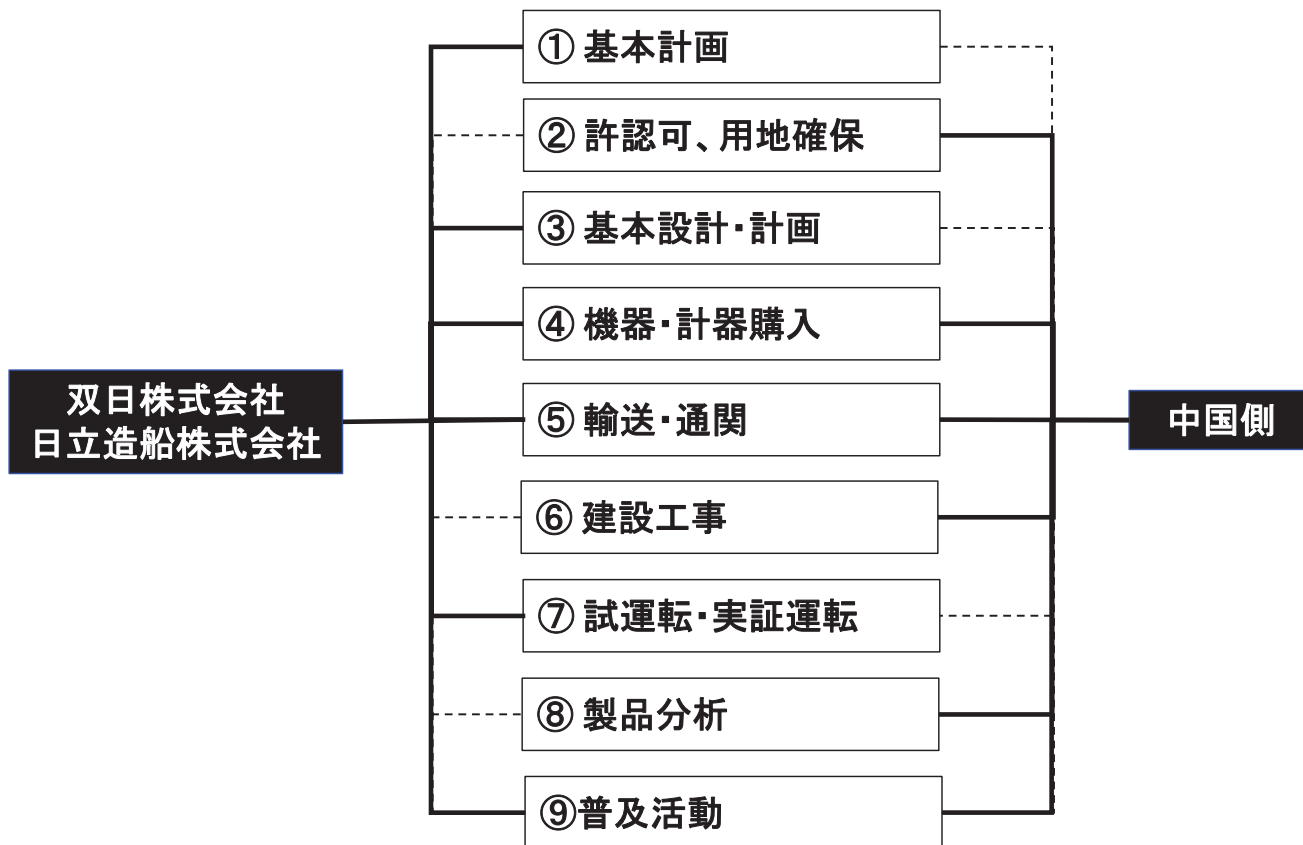
中国まるごと百科事典(<http://www.allchinainfo.com/map/>)より  
無料ダウンロードの地図を使用

北大荒馬鈴薯集团有限公司の組織図

13

## 2. 実証事業マネジメント(2-2. 実施体制の妥当性)

### ◆ 2-2-2. 役割分担



14

## 2. 実証事業マネジメント(2-1. 相手との関係構築の妥当性)

### ◆ 2-2-2. 役割分担

項目	日側	中側	備考
1. 全体計画			
(1) 設計条件	○	△	△内容確認
(2) 基本計画			
・作成	○	○	
・取りまとめ	○	△	△内容確認
(3) 中国許認可			
・免税措置	△	○	△内容確認
・設備設置許認可取得	△	○	△内容確認
(4) 用地確保		○	
2. 基本設計・計画			
(1) 実証設備プロセスフロー計画	○	△	△内容確認
(2) 全体配置計画	○	△	△内容確認
(3) 機器基本設計業務	○	△	△内容確認
(4) 配管基本設計業務	○	△	△内容確認
(5) 電気計装基本設計業務	○	△	△内容確認
3. 機器購入			
(1) 機器購入業務(日本国内購入分)	○		
(2) 機器購入業務(中国国内購入分)	△	○	△内容確認
(3) 計器購入業務(日本国内購入分)	○		
(4) 計器購入業務(中国国内購入分)	△	○	△内容確認
4. 輸送・通関			
(1) 日本国内調達品国内輸送	○		
(2) 日本国内調達品通関・船積み	○		
(3) 培養装置輸出対応(安全保障 輸出管理対象[輸出許可取得]、 外国為替令対応)	○	○	培養装置の中国への 輸出が該当
(4) 中国での荷降ろし・通関	○	○	
(5) 日本国内調達品の開梱検査	○	○	
(6) 中国国内購入品の国内輸送		○	
(7) 中国国内購入品の開梱検査		○	
(8) 輸送保険付保	○		

項目	日側	中側	備考
5. 工事			
(1) 工事計画	○	○	
(2) 仮設工事			
・工事用地確保		○	
・倉庫管理		○	
・工事用事務所		○	
・工事用電気・水・空気		○	
・工事用足場		○	
・工事用資機材、種機類		○	
・廃材、廃資材類の処理		○	
(3) 土木・建築工事			
・施工設計	△	○	△内容確認
・施工		○	
(4) 組立・据付・配管類工事			
・施工設計	△	○	△内容確認
・施工	△	○	△技術指導員派遣
(5) 電気・計装工事			
・施工設計	△	○	△内容確認
・施工	△	○	△技術指導員派遣
6. 実証運転・試運転			
(1) 試運転準備			
・計画	○	△	△内容確認
・実施	○	△	△作業助勢
(2) 試運転			
・計画	○	△	△内容確認
・実施	○	△	△作業助勢
(3) 実証運転			
・計画	○	△	△内容確認
・実施	○	△	△運転要員助勢
・製品分析	○	○	
(4) 物品調達等			
・消耗品	△	○	△内容確認
・蒸気・水・電気		○	
・原料供給		○	

15

## 2. 実証事業マネジメント(2-3. 事業内容・計画の妥当性)

### ◆ 2-3-1. 事業内容・計画

- 2011年12月から約2年間の予定で実証事業を開始。
- 日中関係の冷え込みにより、MOU締結が2015年8月にずれ込んだため、2回の事業期間延長を経て、2018年2月に実証事業を終えた。

年度	FY2010 (H22)	FY2011 (H23)	FY2012 (H24)	FY2013 (H25)	FY2014 (H26)	FY2015 (H27)	FY2016 (H28)	FY2017 (H29)	FY2018 (H30)
計画	実証前調査	★ MOU締結		実証事業 設計 調達 輸送 建設据付 実証運転			フォローアップ		
実行	実証前調査	実証事業			期間延長①	★ MOU締結		期間延長②/増額	フォローアップ
		プロセス設計	機器設計			機器調達	輸送	建設据付	試運転/実証運転
費用	29	3	119	21	6	121	510	154	10

(百万円)

16

## 2. 実証事業マネジメント(2-3. 事業内容・計画の妥当性)

### ◆ 2-3-1. 事業内容・計画

- NEDOのマネジメント(MOU交渉の概要、契約延長)
  - 2012年1月、NEDOのカウンターパートを国家能源局(国家発展改革委員会の外局)としてMOU交渉を開始。同年9月に合意したが、その後、諸事情により交渉中断。
  - 日中省エネ環境フォーラム(2014年12月)の議題に取り上げられるように働きかけた。高木経産副大臣と解振華/国家発展改革委員会副主任の会談で、本事業を前向きに検討することで合意。
  - 2015年8月、MOU締結(NEDO/古川理事長、国家発展改革委員会/張勇副主任)、資産譲渡合意書(ETA)締結(NEDO-黒龍江省農墾総局)
  - 委託契約の延長: MOU締結交渉の長期化に対応
  - 実証項目の追加: 実証事業終了後を見据えたコスト低減策として、以下の実証項目を追加。
    - 原料の長期保管方法の実証
    - 糖化酵素活性向上のためのセルロース源探索

17

## 2. 実証事業マネジメント(2-3. 事業内容・計画の妥当性)

### ◆ 2-3-1. 事業内容・計画

#### ● NEDOのマネジメント

- MOU締結交渉の詳しい経緯
- 輸出許可に係る交渉

＜非公開セッションで説明＞

#### ● 運転開始式(2017年9月)



エタノール製造設備



エタノール採取の様子

NEDO土屋理事、日立造船株式会社久森執行役員、双日株式会社前田本部長補佐、国家発展改革委員会馬副処長、黒龍江省農墾総局 発展改革委員会 馬副主任、北大荒馬鈴薯集团有限公司 李董事長総経理、ほか本事業関係者が出席。

18

## 3. 実証事業成果(3-1. 事業内容・計画の達成状況と成果の意義)

### ◆ 3-1-1 事業の概要

事業名称 : 馬鈴薯澱粉残渣からのバイオエタノール製造実証事業(中国)

事業場所 : 中国黒龍江省 克山馬鈴薯澱粉工場

事業実施者 : 中側/北大荒馬鈴薯集団、日側/日立造船、双日

実証内容 : 馬鈴薯澱粉残渣からバイオエタノールを製造し  
1. 原料の長期保管と製造プロセスの有効性を確認する  
2. 製造プラント、設備の実用性を確認する

運転期間 : 2017年7月28日～2017年11月15日

#### ◆ 製造プラントの仕様(性能目標)

原料投入量 : 6ton/バッチ

生産物及び : 無水エタノール(99.5vol%[99.3wt%])

生産量 : 160kg(200L)/バッチ  
DDG(飼料) 240kg/バッチ

エタノール : 燃料エタノールの原料として問題ないもの  
成分 (参考規格: 中国国家標準; GB18350-2001)



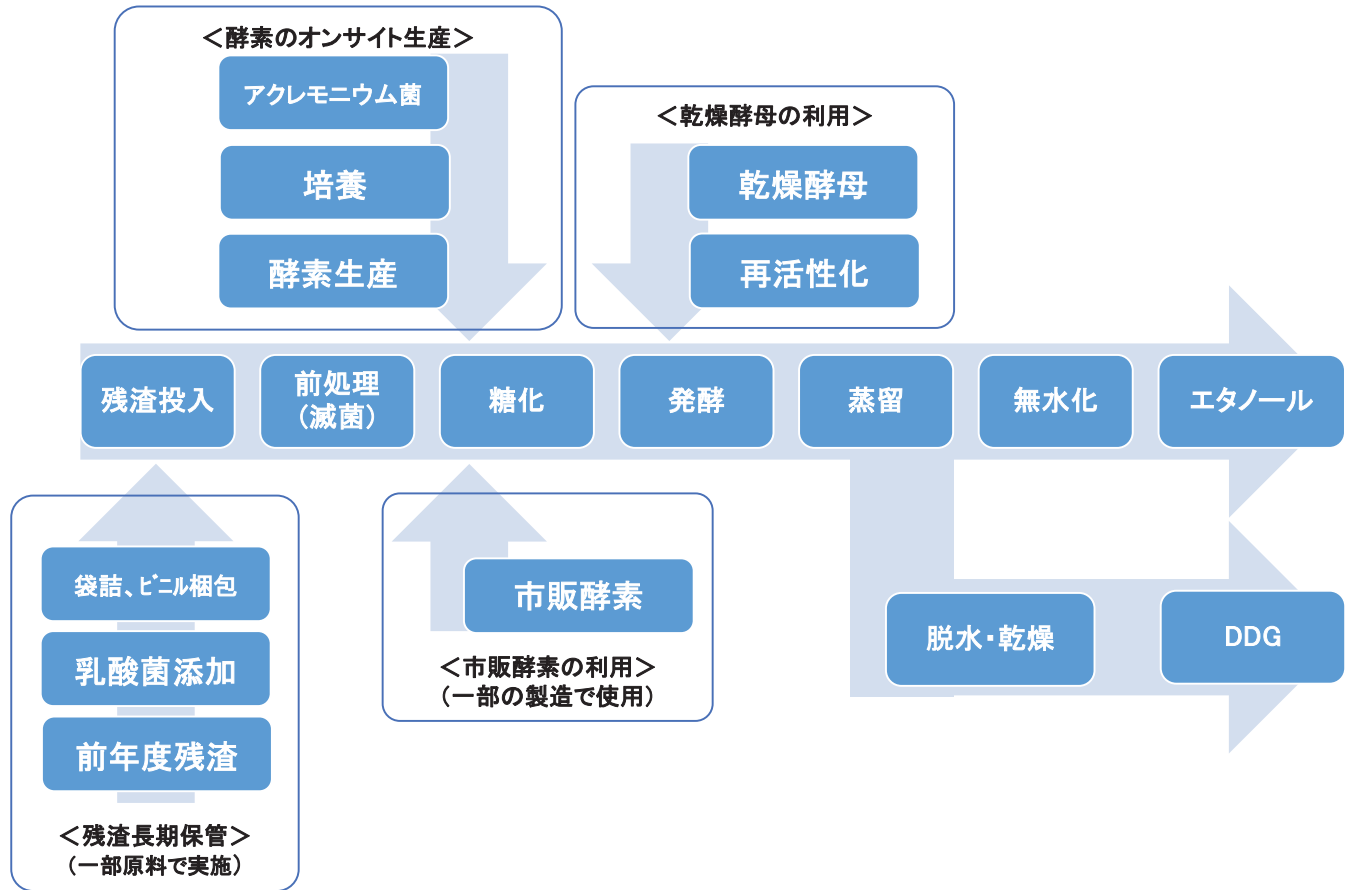
(プラント外観)

馬鈴薯澱粉残渣からのバイオエタノール製造実証運転は世界初

19

### 3. 実証事業成果(3-1. 事業内容・計画の達成状況と成果の意義)

#### ◆3-1-2 実証設備のフロー



### 3. 実証事業成果(3-1. 事業内容・計画の達成状況と成果の意義)


#### ◆3-1-3 実証設備の特徴 (1) 酵素のオンサイト生産

アクレモニウム菌培養


酵素生産

糖化発酵工程


アクレモニウム菌の培養を行う。菌は少量で培養を開始、徐々にスケールアップし、菌(個体数)を増加させる。本プラントでは、フラスコ(500mL)⇒10L⇒70L⇒400L⇒酵素生産槽(2000L)とスケールアップした。培養の炭素源として馬鈴薯澱粉残渣を70L以降の培養で使用。




<フラスコ培養>



<10Lでの培養>




<70Lでの培養>

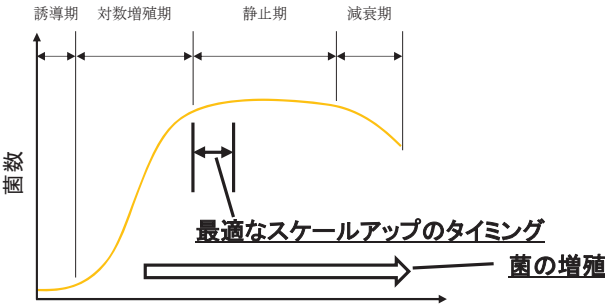


<400Lでの培養>

培養でスケールアップした菌は、酵素生産槽内で馬鈴薯澱粉残渣の糖化分解に必要な複合酵素を生成する。生成した複合酵素は、糖化発酵工程へ送られる。



<酵素生産槽下部外観>

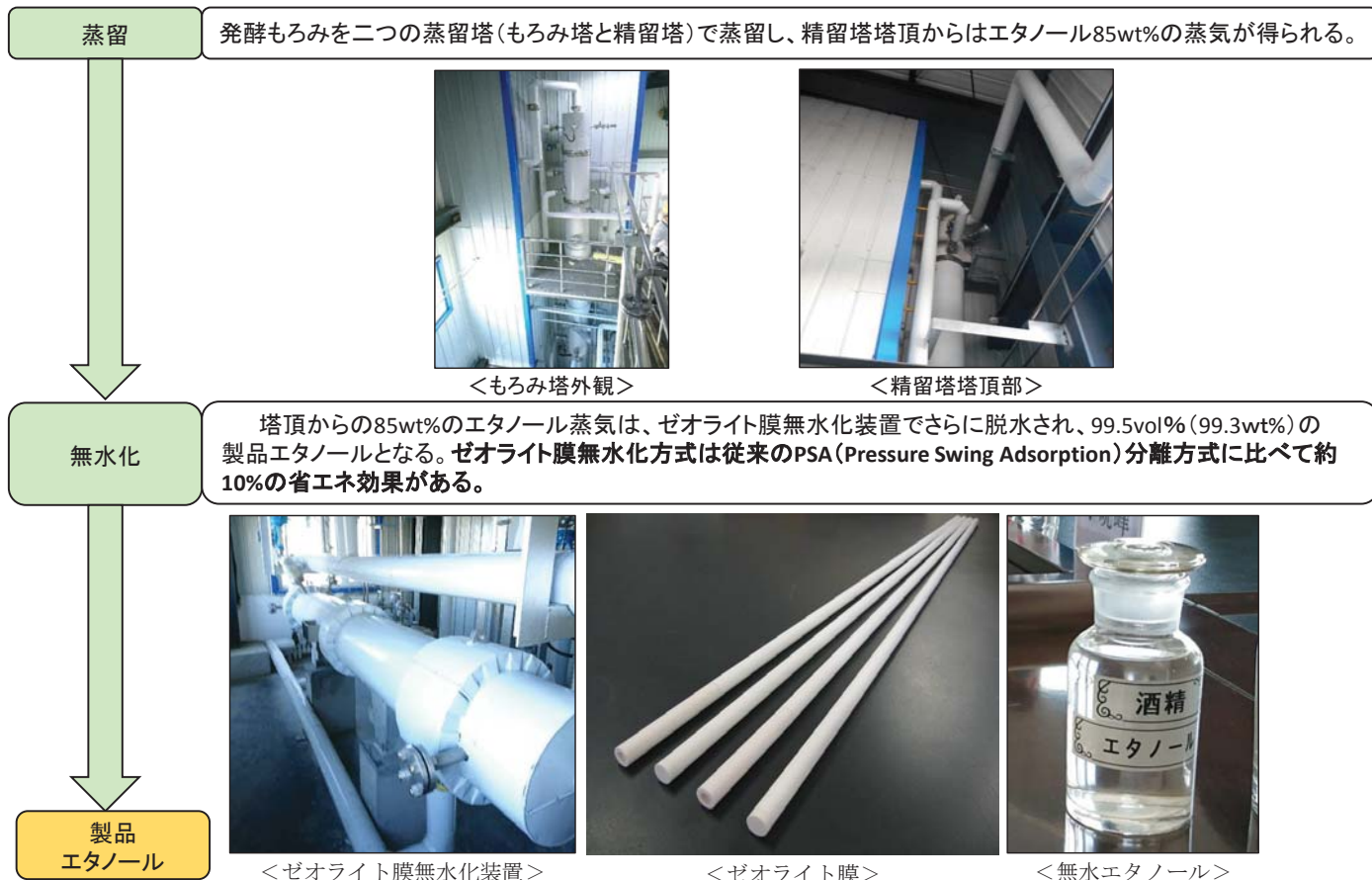


菌の増殖時間

最適なスケールアップのタイミング

### 3. 実証事業成果(3-1. 事業内容・計画の達成状況と成果の意義)

#### ◆3-1-3 実証設備の特徴(2) 蒸留・無水化工程(ゼオライト膜無水化装置)



22

### 3. 実証事業成果(3-1. 事業内容・計画の達成状況と成果の意義)

#### ◆3-1-4 プラント納入実績

##### ○セルロースからのバイオエタノールプラントの実績

プラント名称	納入年	プラント能力
一般廃棄物からのバイオエタノール製造実証事業(※1)	2011～2014年度(実証期間)(※2)	一般廃棄物処理量: 1t/バッチ(2011～2012年度) 5t/バッチ(2013～2014年度)(スケールアップ) 生産物:無水エタノール 生産量:60L(一般廃棄物:1tから)

※1 2016年度 グッドデザイン賞受賞

※2 2011～2012年度 環境省 環境研究総合推進費補助金 次世代事業、京都市-熊本大学-日立造船(株)

2013～2014年度 環境省 CO2排出削減対策強化誘導型 技術開発・実証事業、京都市-熊本大学-日立造船(株)

##### ○脱水膜(ゼオライト膜)を用いたバイオエタノール無水化設備の納入実績

プラント名称	納入年	プラント能力
北海道バイオエタノール株式会社バイオエタノール実証プラント設備建設工事	2009年度	無水化設備 処理量:50kL/日 処理時間:24h/日(連続) 製品濃度:99.4wt%

23

### 3. 実証事業成果(3-1. 事業内容・計画の達成状況と成果の意義)

#### ◆3-1-5 事業の成果・達成状況

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. 実証設備の運転	6トンの馬鈴薯残渣(含水率90%)から200L以上のエタノールを製造する	6トンの馬鈴薯残渣(含水率90%)から200L以上のエタノールを製造したことを確認	○	
項目2. オンサイト酵素生産の実証	馬鈴薯澱粉残渣を用いたオンサイト酵素生産技術の確立	オンサイト酵素生産は可能コスト高であることが判明 <u>&lt;詳細は非公開セッションで説明&gt;</u>	○	オンサイト生産酵素と市販酵素の組み合わせによる最適な運転条件と商業化設備の提案
項目3. 馬鈴薯澱粉残渣保管方法の検討	プラント規模縮小のための原料長期保管方法の確立	地中埋設による長期保管原料でエタノール生産が出来る事を確認 <u>&lt;詳細は非公開セッションで説明&gt;</u>	○	
項目4. 温室効果ガス排出削減効果の検討	実証運転の結果を踏まえた商用設備による効果の試算を行う	克山工場商業化による試算 馬鈴薯残渣:3.5万トン/年 原油削減効果:350kL/年 CO2削減量:946トン/年	○	

◎:大幅達成、○:達成、△:達成見込み、×:未達

24

### 3. 実証事業成果(3-1. 事業内容・計画の達成状況と成果の意義)

#### ◆3-1-6 協定関係業務



実証設備運転開始式



25



### 3. 実証事業成果(3-1. 事業内容・計画の達成状況と成果の意義)

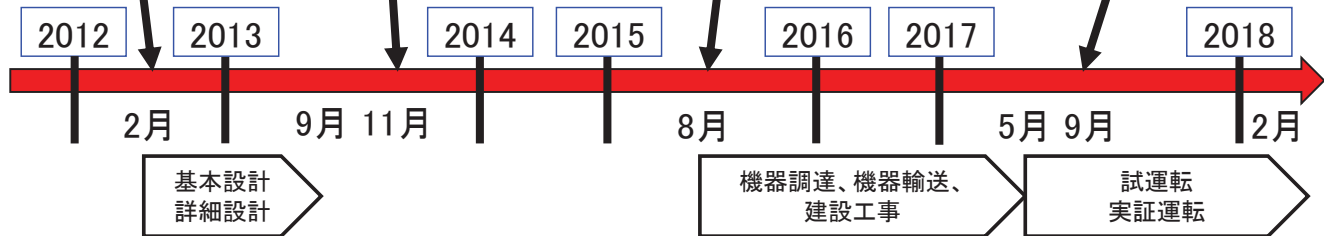
#### ◆3-1-7 普及活動

**ニュースリリース(2012年2月16日)**  
 双日株式会社 日立造船株式会社  
 会社情報 ニュースリリース  
 ~双日、日立造船と共同で中国黒龍江省においてバイオエタノール実証事業を開始~

**ニュースリリース(2015年8月19日)**  
 NEDO ニュースリリース  
 中国黒龍江省で日中共同事業を実施へ  
 -ジャガイモの搾りかすからバイオエタノールを製造-

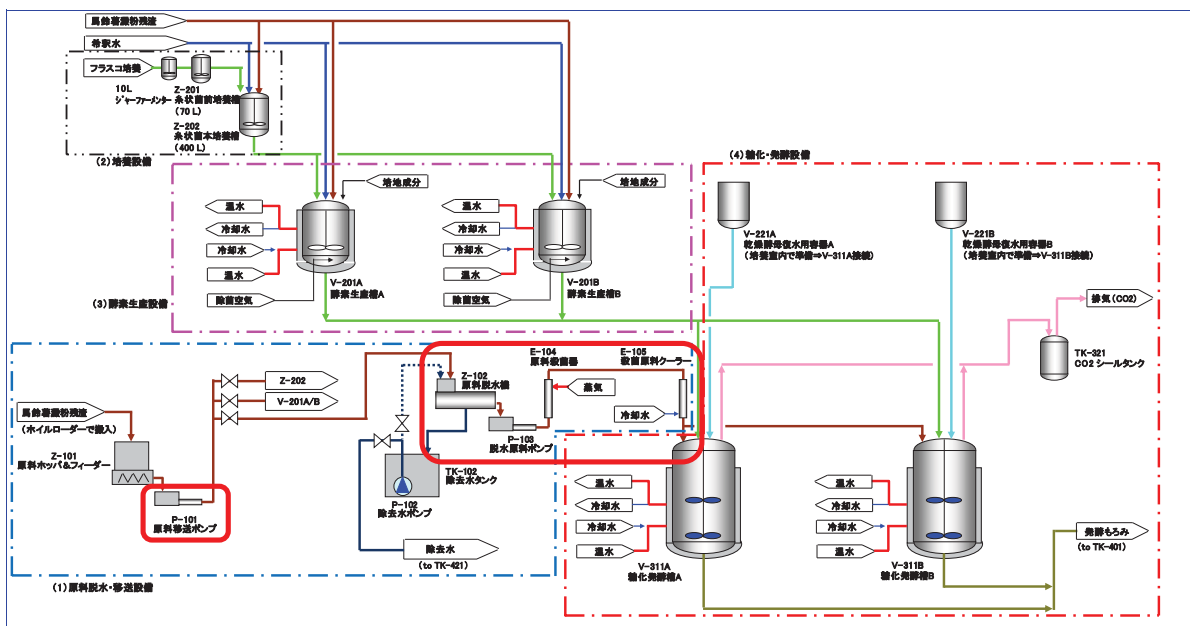
**講演(2013年11月8日)**  
 日中先端バイオ燃料検討会  
 主催 : (中国)精華大学 (日本)東京大学  
 講演名: Bioethanol Fuel Production  
 From Potato Starch Residue  
 講演 : 日立造船

**ニュースリリース(2017年9月8日)**  
 NEDO ニュースリリース  
 -中国黒龍江省でバイオエタノール製造実証事業の運転開始式典を開催-



### 3. 実証事業成果(3-1. 事業内容・計画の達成状況と成果の意義)

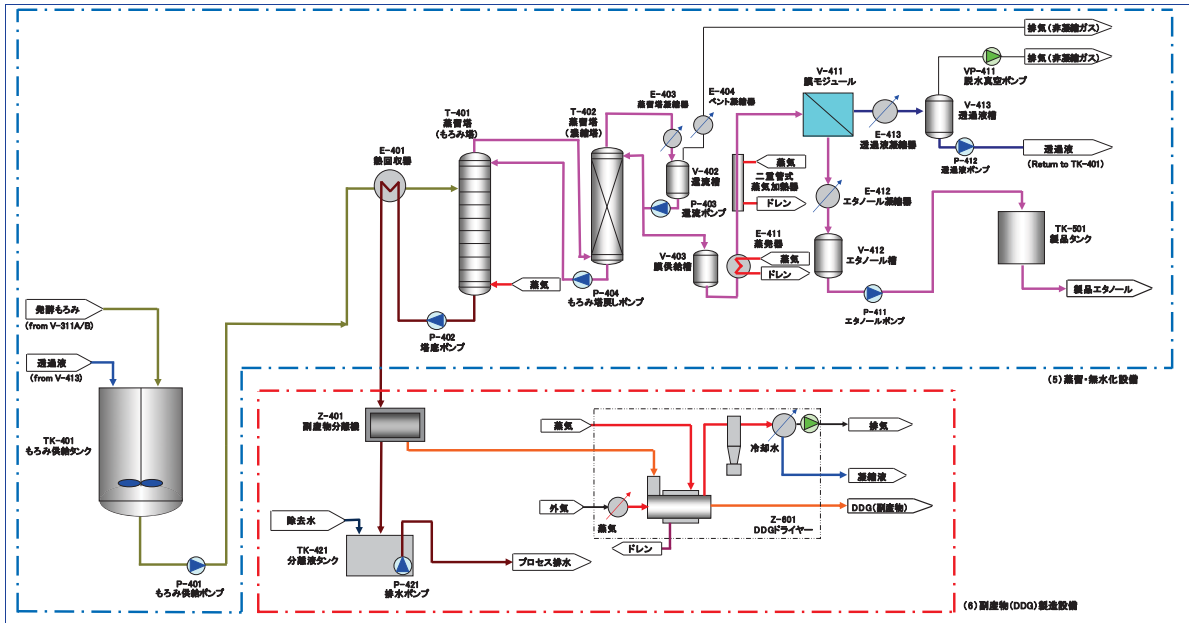
#### ◆3-1-8 基本設計、詳細設計(1)



- 主要設備である原料脱水・移送設備、培養設備、酵素生産設備、糖化・発酵設備、蒸留・無水化設備、DDG(副産物)製造設備、用役設備、電気・計装設備、コントロール設備の基本設計、詳細設計を実施
- 原料脱水・移送設備に関しては、日立造船舞鶴工場にて馬鈴薯澱粉残渣の輸送、脱水、加熱試験を実施し、機器の設計・機器選定の判断材料とした(図中      部)

### 3. 実証事業成果(3-1. 事業内容・計画の達成状況と成果の意義)

#### ◆3-1-8 基本設計、詳細設計(2)

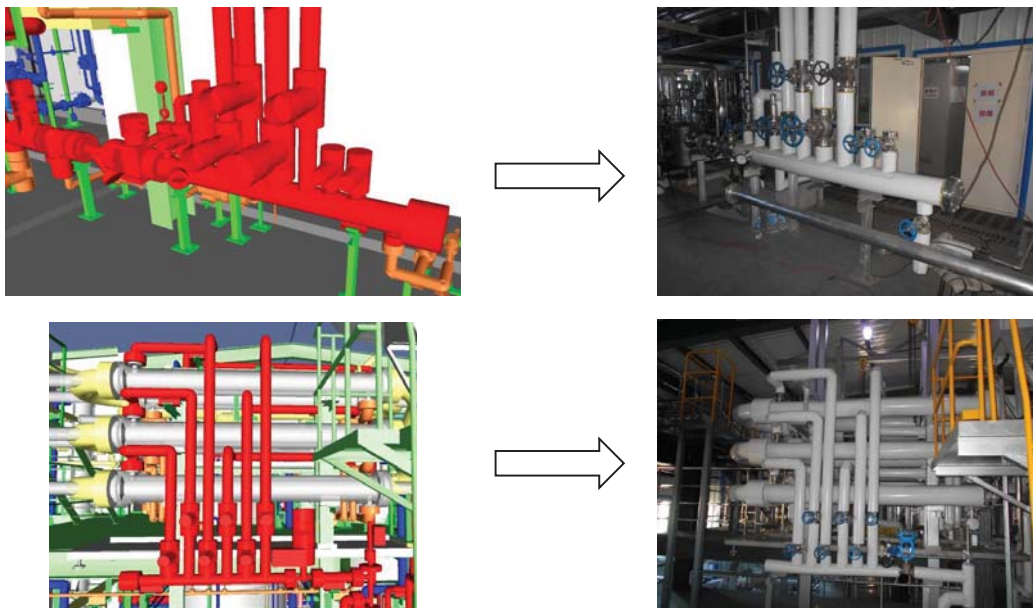


- 主要設備である原料脱水・移送設備、培養設備、酵素生産設備、糖化・発酵設備、**蒸留・無水化設備、DDG(副産物)製造設備**、用役設備、電気・計装設備、コントロール設備の基本設計、詳細設計を実施

28

### 3. 実証事業成果(3-1. 事業内容・計画の達成状況と成果の意義)

#### ◆3-1-8 基本設計、詳細設計(3)



<3D図面(右)と、実際の施工状況(左)>

- 中国では施工図を作成せず建設工事を実施するため、中国側設計院に対し、P&ID、配置図、機器リスト、計装機器リスト、各機器図、詳細配管図、3D図面等のプラント建設工事に必要な詳細設計資料を提示し、計画通り建設工事を実施させるようにした

29

### 3. 実証事業成果(3-1. 事業内容・計画の達成状況と成果の意義)

#### ◆3-1-9 機器製作、調達(1)

- 輸出機器の免税許可取得(2016年8月)・・・日側主管業務
  - MOUの取り決めにより日本からの輸出機器の輸入関税、輸入増値税は免税
  - 事前に中国にて免税許可を取得の上、機器を輸出
- 主要機械装置の輸出、現場搬入(2016年9月)・・・日側主管業務
  - 主要機械装置(40Fコンテナ10台)を日本国内で梱包。神戸港積み大連港揚げ海上輸送
  - 大連港で簡易通関後、実施サイト(克山工場)へ約1,300kmを陸上輸送
- 輸出機器の開梱、荷卸し・・・中側主管業務
  - 免税措置を受けているため、克山工場到着時、チチハル出入境検閲検疫局(EEIQ)による解梱検査が必要である。検査員立会いのもと開梱。免税機器リストと照合し、合格となる。
  - 日中双方立会いでパッキングリストとの照合・確認の上、中側に引き渡すことで機器の紛失等を防止。



<輸出機器の梱包作業(神戸港近郊)>



【克山工場】 <荷降ろし>



<EEIQ開梱検査>



<機器搬入状況>

30

### 3. 実証事業成果(3-1. 事業内容・計画の達成状況と成果の意義)

#### ◆3-1-9 機器製作、調達(2)

- 主要機械装置以外の製缶品(タンク)、架台類は、日側が基本設計したものを中国側が詳細設計、手配、製作、製作工程管理、品質管理を実施。
- 完成品は日本側で完成検査を実施。
- 中国側の製作工程管理に不備があり製缶品(タンク)の納期が遅れた。
- 酵素生産槽、糖化発酵槽については中国圧力容器規格検査の合格を受けた後、出荷許可とした。
- 酵素生産槽、糖化発酵槽については雑菌の温床を無くすため内面を滑らかにするバフ掛けを指示をし、完成後指示通り行われている事を確認した。



中国メーカーによる製缶品の製作状況



中国メーカー製作品(製缶品)の完成検査

31

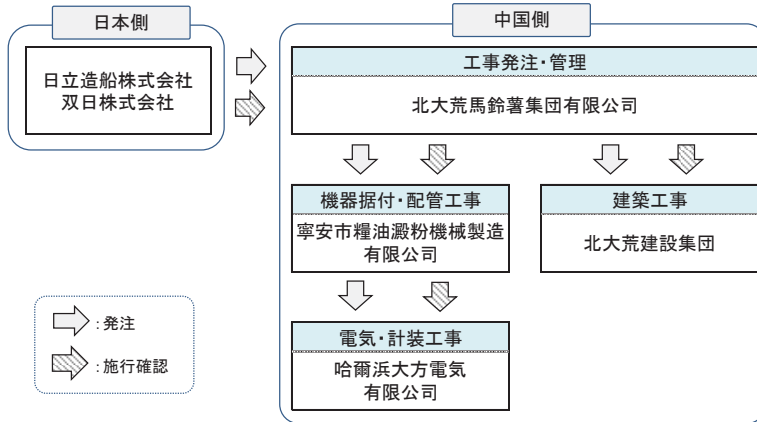
### 3. 実証事業成果(3-1. 事業内容・計画の達成状況と成果の意義)

#### ◆3-1-10 建設工事

建設工事期間:2016年4月~2017年2月

- 中国側にて建設工事を実施
- 日本側は日本人SVを適時派遣し、工事管理、品質チェックを実施した

<建設の実施体制(請負業務契約に基づき構成)>



プラント建屋建設  
工事状況



機器据付工事状況



配管工事状況



電気計装・工事状況

<配管ラインチェック、配管耐圧気密試験状況>



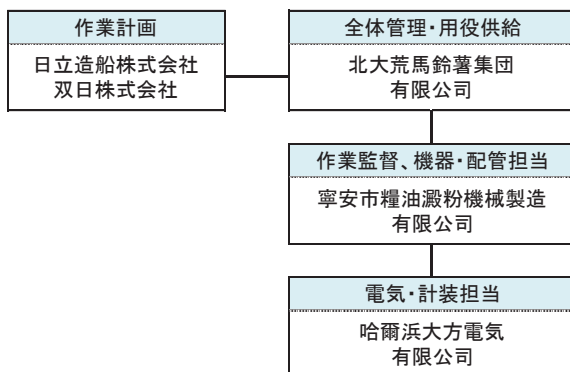
### 3. 実証事業成果(3-1. 事業内容・計画の達成状況と成果の意義)

#### ◆3-1-11 試運転前準備

- 建設工事完了後、試運転前準備作業を開始
- 主な作業は、培養室立上げ、配管フラッシング及び機器内部点検、総合気密試験、培養装置・DDGドライヤー単体試運転、ポンプ・ブロワ・攪拌機単体試運転、水運転

<試運転前準備作業の実施体制>

試運転前準備期間:2017年4月~2017年5月



配管蒸気フラッシング



培養装置試運転



原料移送ポンプの単体試運転

### 3. 実証事業成果(3-1. 事業内容・計画の達成状況と成果の意義)

#### ◆3-1-12 実証運転

##### 全10バッチ運転条件 (2017年実施)

バッチ No.	設計値	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	B-1	B-2	B-3
運転期間		7月28日	8月3日	8月8日	8月24日	10月1日	10月5日	10月10日	10月2日	10月6日	10月10日
		8月23日	9月3日	8月29日	9月21日	10月28日	10月31日	11月10日	10月8日	10月12日	10月15日
酵素生産日数	22	22	25	22	23	21	21	22	—	—	—
糖化発酵日数	6	5	7	—	6	7	6	10	7	7	6
原料	生残渣	保存残渣	保存残渣	生残渣	生残渣	生残渣	生残渣	生残渣	生残渣	生残渣	生残渣
使用酵素	培養	培養+市販	培養+市販	菌培養失敗	培養+市販	培養	培養	培養	市販	市販	市販
市販酵素投入量		10kg	12kg		8kg	—	—	—	10kg	10kg	10kg
馬鈴薯澱粉残渣投入量	6.000t	6.311t	5.786t		5.489t	6.311t	6.311t	5.172t	6.311t	6.311t	6.311t
エタノール生産量	160kg	209.7kg	195.8kg		130.5kg	89.9kg	103.8kg	102.8kg	63.2kg	201.4kg	146.0kg

※バッチNo. Aはオンサイト培養酵素がベースの運転、Bは市販酵素がベースの運転

※エタノール生産量はもろみ液ベースにて算出 [エタノール生産量=もろみ液量×エタノール濃度]

- 糖化時に使用する培養酵素の酵素活性の差がエタノール生産量に影響した(A-1~A-7)  
**＜詳細は非公開セッションで説明＞**

34

### 4. 事業成果の普及可能性(4-1. 事業成果の競争力)

#### ◆4-1-1 事業成果の競争力

##### 実証運転結果より算出されるエタノール製造原価

単位:元/kg-EtOH

	実証運転結果	備考
酵素生産コスト	5.3	*左記の数値は実証事業開始当初に試算した参考値(改めて試算する必要あり)
糖化発酵コスト	1.2	
エタノール糖化発酵コスト	6.5	
水道光熱費	1.3	
減価償却費、人件費	4.4	
その他コスト(試算)	5.7	
エタノール製造原価(試算を含む参考値)	12.2	

中国国内でのバイオエタノール販売価格(国の指導):93号気油(ガソリン)価格×0.9111  
**エタノール販売価格(2018年9月黒龍江省93号気油価格から算出):8.19元/kg-EtOH**

- 商業化設備において収益が見込めるように、エタノール製造原価削減の努力を行っている。**＜詳細は非公開セッションで説明＞**
- 世界的に第二世代バイオエタノール製造事業の採算性は低い傾向にある。
- 価格競争力は確立できていないが、本件は農業廃棄物である馬鈴薯澱粉残渣からバイオエタノールを製造することで環境保全に寄与することに事業意義がある。
- 食糧由来のバイオエタノール製造を禁止している中国では、本技術は非食糧由来のバイオエタノール製造技術として有効であり、技術的競争力がある。

35

## 4. 事業成果の普及可能性(4-1. 事業成果の競争力)

### ◆4-1-2 需要見込み

#### ○中国におけるバイオエタノール需給バランス

	2016年
バイオエタノール需要量(A)	276.2万ト/年
バイオエタノール国内生産量(B)	248.6万ト/年
バイオエタノール不足分[(A)-(B)]	27.6万ト/年
バイオエタノール輸入量	70.3万ト/年

- 2016年時点でバイオエタノール需要量に対して生産量が不足、不足分は輸入。

#### ○中国における馬鈴薯澱粉残渣由来バイオエタノール生産

	2020年
バイオエタノール国内生産 政府目標数量	400万ト/年
馬鈴薯澱粉残渣由来バイオエタノール生産量(※)	6.6万ト/年

※2020年中国馬鈴薯澱粉生産目標数量(150万ト)から発生する残渣量からの試算

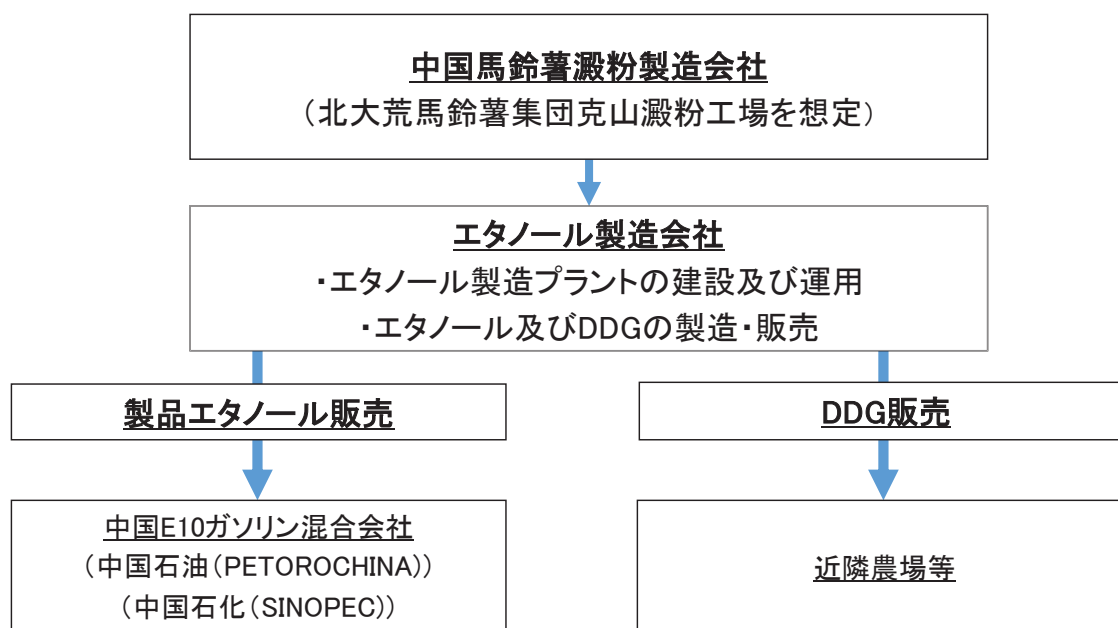
- 2020年の生産目標400万ト。2016年以降、非食糧由来バイオエタノールの生産手段が確立されなければ、123万トが不足する。
- 馬鈴薯澱粉残渣由来バイオエタノールは123万トの不足の一部を補う手段となり得る。

36

## 4. 事業成果の普及可能性(4-3. ビジネスモデル)

### ◆4-2 想定されるビジネスモデル

- 日側が製造プロセスを見直した上で商業化設備のエンジニアリングパッケージと機械装置(ゼオライト膜脱水装置)を提供し、中側が商業化する



37

## 4. 事業成果の普及可能性(4-4. 政策形成・支援措置)

### ◆4-3 政策形成・支援措置

#### ● 強み・機会となる政策、方針：

- 2007年『バイオエタノールの生産拡大と自動車用エタノール混合ガソリンの普及方案』において、2020年までにE10(エタノール10%混合ガソリン)を中国全土(全34省区)で展開する方針を掲げ、2018年までに26の省区で実現
- 2018年～ 非食用由来バイオエタノール生産企業への補助金は撤廃予定であるが、セルロース系バイオエタノール生産企業への補助金は継続実施

#### ● 弱み・脅威となる政策、方針：

- 2017年『自動車産業中期発展計画』において、2020年国内自動車市場の7%、2025年には20%をNEV車(電気自動車等の新エネルギー自動車)にするとしている

- ✓ 政府方針に支えられ短期的にはバイオエタノールの需要が見込まれるが、NEV車の普及が自動車燃料バイオエタノール需要にマイナス影響を及ぼす懸念がある。
- ✓ 本技術は「非食用由来」「セルロース由来」のキーワードに合致するが、世界初の試みであり既存の補助金交付等の優遇政策の適応条件への合致は、具体的な事業案を以て関連行政への確認が必要である。

## 参考資料 1 分科会議事録



研究評価委員会「エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業／  
馬鈴薯澱粉残渣からのバイオエタノール製造実証事業（中国）」  
個別テーマ／事後評価分科会  
議事録

日 時：平成30年11月26日（月）14:00～17:20

場 所：WTC コンファレンスセンター Room B（世界貿易センタービル3階）

出席者（敬称略、順不同）

<分科会委員>

分科会長 荻田 修一 三重大学 大学院生物資源学研究科 教授  
分科会長代理 野村 幹弘 芝浦工業大学 工学部 応用化学科 教授  
委員 岩田 まり (株)三菱総合研究所 環境エネルギー事業本部  
海外環境ビジネスグループ シニアコンサルタント  
委員 上石 博人 独立行政法人国際協力機構 産業開発・公共政策部 参事役  
委員 山田 七絵 独立行政法人日本貿易振興機構 アジア経済研究所  
新領域研究センター 環境・資源グループ 研究員

<推進部署>

近藤 裕之 NEDO 新エネルギー部 部長  
水野 昌幸 (PM) NEDO 新エネルギー部 主査  
朝武 直樹 NEDO 国際部 統括主幹  
佐藤 尚悦 (SPM) NEDO 国際部 主査

<実施者>

横洲 次朗 日立造船 (株) 環境事業本部 海外プロジェクト部 参事  
池上 功 日立造船 (株) 環境事業本部 海外プロジェクト部 主事  
國木 政徳 日立造船 (株) 事業企画・技術開発本部 技術研究所  
環境エンジニアリングセンター生物グループ 主任研究員  
藤林 弘一郎 双日 (株) 食料・アグリビジネス本部 食料・水産部 食料事業課 課長  
川手 亜紀 双日 (株) 食料・アグリビジネス本部 食料・水産部 食料事業課 上級主任

森本 郁徳 (株)双日総合研究所 主任アナリスト  
星野 保 独立行政法人産業技術総合研究所 生命工学領域 研究戦略部 研究企画室 統括主幹

<評価事務局>

保坂 尚子 NEDO 評価部 部長  
上坂 真 NEDO 評価部 主幹  
原 浩昭 NEDO 評価部 主査  
松坂 陽子 NEDO 国際部 (評価担当) 主幹

## 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 事業の位置づけ・必要性、実証事業マネジメント
  - 5.2 実証事業成果、事業成果の普及可能性
  - 5.3 質疑応答

(非公開セッション)

6. 事業の詳細説明
  - 6.1 実証事業マネジメント
  - 6.2 実証事業成果、事業成果の普及可能性
  - 6.3 質疑応答

(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及び3に基づき説明し、議題6.「事業の詳細説明」を非公開とした。
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に基づき説明した。
5. プロジェクトの概要説明
  - (1) 事業の位置づけ・必要性、実証事業マネジメント
    - PMより資料5に基づき説明が行われた。
  - (2) 実証事業成果、事業成果の普及可能性
    - 池上主事より資料5に基づき説明が行われ、(1)と(2)の内容に対し質疑応答が行われた。

【荻田分科会長】 ありがとうございます。

詳細につきましては議題6で扱いますが、ただ今のご説明に対してご意見質問等ございますでしょうか。委員の先生方、お願いいたします。

【野村分科会長代理】 芝浦工大の野村と申します。説明ありがとうございます。

私は分離膜が専門なので、その視点で質問させていただきたいと思います。まず、日立造船のゼオライト膜はもう世界的にすばらしいというのは非常によく聞いておりまして、それを世界に展開しようという取組というのは非常に評価したいです。

てんさいとか別のプロセスで脱水のシステムはやられていると思うのですが、馬鈴薯での技術的な違いを教えてください。さらに、馬鈴薯はインドとかロシアとかも生産量が非常に高いので、今回の結果が例えばインドのイモとかロシアにも展開できそうか教えてください。

【池上主事】 まず一点目についてですが、エタノール脱水設備の運転において馬鈴薯由来のエタノールということで特別注意するようなことはありませんでした。エタノール脱水設備のプロセスは、弊社の実績である北海道バイオエタノール(甜菜が原料)向けの脱水設備のプロセスと同じです。

【野村分科会長代理】 例えば、長期的にタールがちょっと出て、それで影響を及ぼすこともなかったですか。

【池上主事】 エタノール脱水設備の運転において、タールの発生及びその影響はありませんでした。

【野村分科会長代理】 わかりました。ありがとうございます。

2番目のイモの種類での影響に関してコメントもお願いします。この技術がインドとかロシアにも技術的に、使用できることがわかると非常にプラスアルファの効果があると思います。

【横洲参事】 代わって説明いたします。

発酵もろみを蒸留して得られるのは水とエタノール、それからごく一部の不純物、蒸留残渣です。不純物については蒸留塔の途中の段で排出し、蒸留残渣は塔底から排出します。従って、原料が変わったとしても(他のイモになったとしても)脱水膜には水とエタノールのみ送られますので、影響はないと考えています。

【荻田分科会長】 ありがとうございます。

ほかの先生方。

【岩田委員】 ご説明ありがとうございました。

まず、中国の政策についてちょっとお伺いしたいのですが。まず初めに、事実確認をさせていただきます。スライドの4ページ目にバイオエタノール必要量1,570万トンという数字がありますが、これは中国で必要とされる量の需要のことかなと理解したのですが、一方で36ページのスライドには、バイオエタノール需要量として276.2万トンという数字があります。この関係がどうなっているのかなというのを教えていただきたいと思います。

【池上主事】 4ページ目のバイオエタノール1,570万トンについては2020年度のガソリンの予測消費量1億5,700万トンよりE10という事で、その10%で計算しています。

2点目は36ページのスライドのバイオエタノール需要量でしょうか。

【岩田委員】 はい、需要量のところですか。

【池上主事】 36ページのスライドのエタノール需要量は成果報告書を作成した時に引用した統計データを使用しています。

一点目の1,570万トンはこれとは違い、試算での値です。

【岩田委員】 わかりました。それでは、中国の政策なのですけれども、日本ですとエネルギー供給構造高度化法という法律で、石油会社が一定量のバイオエタノールを供給する義務を負っているので、必ず義務的な市場という意味でバイオエタノールが導入されているのですけれども、中国でもそのような導入義務という形であるという理解でよろしいでしょうか。つまり、つくった分のバイオエタノールは必ず売れるというような状況なのかどうかというのを教えていただければと思います。

【水野PM】 これはNEDO側からお答えをさせていただきたいと思います。

つくったエタノールをガソリンに混入するということでは義務づけられてはいるのですけれども、ただ、それをガソリンの製造会社が必ず買ってくれるという保証は全くなくて、やはり品質が十分であるかということと、価格的にきちんと安く調達できるということで、実際にE10に導入されるかどうかというのはそこで決まってくるというふうに認識をしております。

【上石委員】 ご説明ありがとうございます。中国という難しい国の中でこういったパイロット事業をやるのには並々ならぬご苦労があったと思います。本当にお疲れさまです。

2点ほど質問させていただきます。1点目は、この事業の基幹となるキーテクノロジーですけれども、酵素と膜という理解でよろしいでしょうか、ということです。

2点目は、ちょっと乱暴な言い方になるのですが、本件の意義ということについて伺いたいと考えています。本件ですけれども、123万トンのうちの6.6万トンですから大体5%です。今回のお話を伺っていても、まだまだこれからいろいろ解決を図らなければいけない中、一方で地元のほうでは悪臭という、結構わかりやすい問題が起こっています。この5%のために多額の投資をしてこの処理をやるよりも、単純に残渣については埋め立て処理をする。残りの5%については、ほかのバイオマスから抽出するといった考え方というのはあり得るのでしょうか。この2点を伺います。

【池上主事】 まず1点目のご質問ですが、キーとなる技術については、酵素と脱水膜で間違いありません。

【横洲参事】 代わって説明いたします。

2点目についてですが、現状は残渣は畑に埋め立てている状況です。残渣を畑に埋め立てると、その畑はしばらく使えなくなります。それが無くなるという意味では意義はあります。

一方、残渣を焼却処分する事が考えられますが、水分量が90%と非常に含水率が高く、重油等の燃料と混ぜて燃やす必要があり、コストがかかると考えています。

【上石委員】 ありがとうございます。

あと1点、今回のプラントにおいて、処理をして残渣から絞ってエタノールを出した後のその残った排水というのは、これは別に処理は簡単な水というふうに考えてよろしいのでしょうか。

【横洲参事】 エタノール製造プラントには排水処理設備が必要になります。現状は澱粉工場の排水処理設備に排水を送るという形で処理を考えております。

【上石委員】 少なくとも処理をしたほうが排水処理は楽になるということですね。ありがとうございます。

【山田委員】 すみません、今の質問から戻ってしまうのですが、そもそもこのプロジェクトを始めたきっかけとして悪臭問題があるという訴えが先方からあったということなのですか、これは誰が認識している問題なのでしょうか。工場の中にいる方あるいは近隣住民の方が訴えている問題な

のかということと、この事業によってその問題が解決し得る見通しがあるのかどうかということをお伺いします。

【池上主事】 悪臭につきましては、近隣住民からの苦情がありました。

【山田委員】 残渣は今でも畑の中にある状態でしょうか。

【横洲参事】 残渣は現在も畑に埋め立てている状態です。この残渣の廃棄が大変であり、何らかの方法で処理したいという中国側の意向がありました。その一つの方法として、残渣をバイオエタノール化して処理する案が挙げられたのが本事業の始まりです。

【山田委員】 そうしますと、事業の評価の仕方としては、この事業はバイオエタノールを製造することが目的かと思うのですが、近隣住民の環境の問題も総合的に評価するのでしょうか。

【横洲参事】 はい、そうなるかと思えます。

【山田委員】 ありがとうございます。

もう一つ、日本側から提供した設備が故障した場合、将来的に中国側だけでオペレートできるのかという、持続可能性の問題についてお伺いできればと思います。

【池上主事】 商用化設備での想定になるのですが、主要機器はほとんど中国国内で調達すると考えています。従って、機器の故障、アフターサービスにつきましては中国国内で完結するということになり、持続可能性については問題は無くなると考えます。

【山田委員】 ありがとうございます。

あともう1つ、今後のバイオエタノールの採算性について先ほどお話がありましたが、副産物は飼料か何かにするのでしょうか。

【池上主事】 実証設備では副産物として蒸留残渣を脱水・乾燥させて家畜飼料となる DDG を製造しました。詳細は非公開セッションでご説明させていただきますが、商用化設備においては DDG を製造・販売することを考えています。

【山田委員】 わかりました。事業全体としての採算性といいますか、総合的に見たほうがいいのかないかと思ひまして、このような質問をさせていただきました。

【荻田分科会長】 ありがとうございます。

ほかございませんでしょうか。

私のほうからも1つ。最初の廃液で搾りかすの成分的なものというのを簡単に説明していただけますか。

【池上主事】 残渣の成分につきましては非公開セッションで説明させていただきます。

【荻田分科会長】 そうですか、わかりました。ざっと計算しても90%水ということは、残り10%ですよ。固形分であって、そこから言わば、次アルコールが出ると考えるとしても、思ったように分解してないのかなというイメージを持ったのですが、何かそのあたり、成分の特徴みたいなものがありますか。非公開セッションで教えていただけるなら、特にここでは結構ですけども。はい、それでは非公開セッションということで、わかりました。

ほか、委員の先生方何かございますでしょうか。

【岩田委員】 実施サイトでありました北大荒という企業についてお伺いしたいのですが。こちらの企業はこのエタノール事業というのを今後自分たちの事業の1つとしていきたいという意向で取組まれているのでしょうか。また、その場合に、この会社の技術力ですとか組織力がどのようなレベルのところ

であるのかというのをお聞きしたいと思います。

それと関連して、4 ページ目のところにバイオエタノールの認定工場が今 8 カ所あるという記載がありますけれども、バイオエタノールをつくるために国からの認定をとるような必要があるのか、許認可のことで認定といわれているのかということについても合せてお聞きしたいと思います。

【川手上級主任】 私のほうから回答させていただきます。

今回実証サイトになりました北大荒は、当然将来の商業化を見ずして我々とともに取組んでおります。ただ、1 企業としての事業活動になりますので、採算性という観点は外せないとしています。今一部の技術を再開発中で、その後の採算性を検討した上で北大荒は商業化の判断をしたいとしております。

認定工場の件なのですが、バイオエタノールの生産工場としての許認可を取得していくこととなります。この許認可を取得しているのが現在 8 工場ということになります。具体的に必要な認可の名称や手続方法についてはまだ把握してはおりません。

以上です。

【野村分科会長代理】 35 ページ目でエタノールの製造原価が示されていますが、この中で膜のコストが入っているでしょうか。もし入っている場合の計算仮定を教えてください。

【池上主事】 膜のコストにつきましては、減価償却費の中に入れてあります。

【野村分科会長代理】 今回は免税ということですが、税金が入る場合は少し高くなりますか。

【池上主事】 そうです。免税が無くなれば膜のコストは上がります。

【野村分科会長代理】 もう 1 点、日立造船のゼオライト膜は非常に耐久性が高いと聞いています。だから、分離部分の装置に関してビジネスモデルとしてレンタルみたいな方法というのはないのですか。

【横洲参事】 膜のレンタルというのは考えておりません。プラント建設時の膜の販売及び運転開始後の定期的な膜の交換が我々のビジネスモデルになります。北海道バイオエタノールでの実績より、膜は 5 年持つことが分かっています。馬鈴薯澱粉残渣からのバイオエタノール製造プラントは、運転日数が年間 2 カ月～3 カ月で、そのインターバルで膜が何年持つかは実際にやったことないので現時点では分かりません。中国全土及び全世界での馬鈴薯澱粉工場向けエタノール製造プラントへの膜を販売していき、その後例えば年間何千本か何万本かの膜の交換需要が出れば、我々としてはビジネスモデルになると考えております。

【荻田分科会長】 まだ少しお時間ありますが、委員の先生方、よろしいでしょうか。

【山田委員】 カウンターパートの北大荒という企業ですが、もともと国営農場だったのではないかとと思うのですが、今は完全に民営化されていると考えてよろしいでしょうか。あるいはまだ資本構成などで国が影響力を強く持っていて、それが事業にとって、例えば認証がとりやすいなど何か良いことがあるのか、あるいは介入が大きくてやりにくいことがあるとか、そういったことがあれば教えていただければと思います。

【池上主事】 まず、北大荒につきましては国営企業です。それから、認可の件でしょうか。

【山田委員】 例えば国がバックについていることによって事業やりやすかったりやりにくかったり、何かそういったことがあれば教えていただければと。

【池上主事】 限られた情報ですが、認可条件としては例えばエタノールの生産量とかコストが判断材料になるだろうという断片的な情報しか得られていません。

【山田委員】 わかりました。ありがとうございます。

【岩田委員】 次に、CO<sub>2</sub>の削減量について教えていただきたいのですが、24 スライド目に、年間のCO<sub>2</sub>削減量 946 トンという試算をされていますが、これはライフサイクルで全部評価された結果ということではないでしょうか。すなわち、そのガソリンを置き換えて減るCO<sub>2</sub>というのと、あとエタノールを製造するのにもエネルギーが使われていると思うのですが、そちらで今後はCO<sub>2</sub>が出るほうになるのですけれども、それを総合的に計算された結果という理解でよろしいでしょうか。

【池上主事】 試算としましては、年間で残渣が 3.5 万トン出るということで、そこからエタノールの生産量及びCO<sub>2</sub>の削減量を試算しています。公開資料中のCO<sub>2</sub>の削減量の試算においてエタノールを製造するエネルギー分のCO<sub>2</sub>は考慮しておりませんが、廃棄時の腐敗によって生じるメタンガスの発生がなくなることにより、エタノール製造で排出されるCO<sub>2</sub>量を多少相殺する部分がありますので、これらを考慮すると、公開資料中の9割ぐらいのCO<sub>2</sub>削減量になります。

【荻田分科会長】 先生方、ほかよろしいでしょうか。

【野村分科会長代理】 日立造船の膜がすばらしいのですが、例えば世界的に見ると、特に中国だと南京のグループや浙江省のグループなどがゼオライト膜で技術的に非常に追い上げているという認識でおります。例えばそういうのに対して、ウォッチするのは当然として、中国で、知財とかを含めて何か守るといふ戦略といふのはあるのでしょうか。

【横洲参事】 分離膜の特許については把握しておりませんが、今回の実証事業においては、アクレモニウム菌を使ったバイオエタノール製造ということで、日本と中国で特許を取得しています。

【池上主事】 分離膜の詳細につきましては、非公開セッションの時にご説明させていただきます。

【荻田分科会長】 よろしいでしょうか。

それでは議題5を終了し、ここで一旦休憩とします。

(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

【荻田分科会長】 それでは、議題7、まとめ/講評です。山田委員から始めて、最後私の順で講評いたします。それでは、山田委員、お願いいたします。

【山田委員】 技術的な面は弱いものですから、自分の専門に引き付けてお話しさせていただきます。

今中国では食料安全保障の問題、あるいは水資源の枯渇や、貧困削減などの面から、ジャガイモの生産が広がっているという現状があります。雇用を創出するという意味でも、貧困地域でジャガイモを生産させて、それを原料とした食品加工業を発展させることが政策的に奨励されておりますので、おそらくジャガイモ澱粉の生産はこれからも拡大していくと考えられます。そうなってきますと残渣が出ます。一方で、中国では環境保全の非常に厳しい基準が導入されるようになっており、農村の農業企業であってもそれは例外ではないということは現場でよく耳にするところであります。そういう意味でも、この技術に対する中国側の需要は大きいと思います。

NEDOがこのプロジェクトに関与したことに関しては、海外とのプロジェクトをやるに当たって国家が民間の活動に対しても非常に強く介入するという中国の国柄もありますので、政治的な後ろ盾を得るという意味でも、NEDOが国家プロジェクトとして行ったということについては意義があったのではないかと、評価したいと思います。

コストとか収益性については、全体としてももう少し長期的に見ていかなければならないかも知れません。今のところ改善の余地があるのかも知れないと思う部分もありますけれども、これから中国側にバトンタッチして運営されていくなかで、さまざまな政策的支持を得たり、あるいはコスト削減が可能な部分も出てくるかも知れないので、最初にこの技術を導入してやってみた、というモデル的な意義があるのではないかと思います。

中国では政府がプロジェクトに対してかなり影響力を持っていますけれども、こうした新しいプロジェクトは1つのモデル的な意味を持ち、その後地方政府の幹部などが視察していく中でさまざまな地方に伝わっていったら、意義があると判断されれば上級の政策に反映されるというような政策形成のプロセスをとることも多いので、そういう意味では意義のあるプロジェクトだったのではないかと思います。

以上です。

【上石委員】 きょうはご説明ありがとうございました。

まず1点目ですけれども、今エネルギーのことを語るのでしたら中国のことを除いてはいけないというような認識がもう世界中あるというように考えております。そういった中ですけれども、日本国内ではいろいろ微妙な話がある中で、このような化石燃料を減らす、中国国内での消費を減らすということをねらった事業にチャレンジされたNEDO様、それと今回ご提案、実施された企業様には本当に感謝というかよい試みをされたこと、少し上から見たような言い方になってしまいましたけれども、本当に敬意を表する次第です。本当にありがとうございます。

一方で、フィージビリティを見せるということについては、まだまだ道半ばかなというように考えております。私の限られた経験ですけれども、あの国ですと捨てるものをどうやって資源化するか、どうやって金をかせぐかということについては、かなり関心が高い国だというように考えています。そういった国に対して、どうやってシステム全体としてペイするのか、どれぐらいお金がかせげるのかということについて、客観的に見せていくということは極めて重要だと考えています。

そういった中で、例えば技術的な課題ですと、まだ酵素の選定という話があるというように理解いたしました。また、プラント全体のバランスについても課題があるというように考えています。プラントをどれぐらいの大きさにするのか、それによって今回は地下へ埋め立てるというお話をされておりましたけれども、その貯めるスケールをどれぐらいにするかは、ほかの先生からもご指摘ありましたけれども、その貯める量によってまた追加的なコストも変わってくるというように考えております。

こういったプラント全体のバランスを見すえてのフィージビリティということについて、より一層、中国側の作業になるかも知れませんが、磨いていく必要があるのではないかとこのように感じております。

以上でございます。

【岩田委員】 本日は貴重なお話を聞かせていただきまして、どうもありがとうございました。

私はバイオ燃料というのを専門にしているのですけれども、やはり世界的に見てもバイオ燃料の需要はかなり増える傾向にあると思っております。そういった中でも、食料と競合しない原料を用いた第2世代のバイオ燃料というのは非常に推奨されております。そういった世界的な潮流の中にあっても非常に意味のある



プロジェクトであったというように思います。

世界的に見ますと、こういった農業残渣を活用するというのはよく言われていることではあるのですが、残渣自体そんなにまとまったところにあるということはまだだと思いますが、その一方で、このプロジェクトでは澱粉工場という残渣が非常によくまとまっているという意味で効率のよいポイントを現地のニーズを踏まえて見つけられてきたということ。また、それが原料になるということだけではなくて、ローカルな環境問題の解決にも寄与されて、あるいは廃棄物の減少などといったような副次的な効果があるような事業の交渉をされたということが非常に現地側のニーズを踏まえたスタート地点であって、すばらしかったのではないかなと思いました。

一方、この実証事業を通してかなり難しい年が続いて、なかなか事業が進捗できなかったというところは非常にご苦労があったのではないかなと思うのですが、そのような中でも今日お伺いしたところでは、何とか採算ラインが見えるようなところまでご検討を重ねられたのかなというように思いました。ラボレベルと実証のプラントとでは、かなり違うような酵素の機能もあったと思うのですが、そういった中でもいろいろな組み合わせを変えられて、試行錯誤されたというような様子が伝わってきました。

一方で、今後の商業化というところに向けては、より採算性を重視して事業化に向けて検討されていかないといけないのかなと思いました。その中の1つとしては、やはり酵素の部分のコストの削減ですとか、あるいは副産物の販売などといったところにも取り組まれていく必要があるのかなと思いました。

他方、ほかの国の事例を見ますと、EU なりアメリカでは、エタノールはかなり政策的に後押しされている市場というようにも理解していきまして、エタノールをつくってガソリン価格と競争して売らせているような国はない。そこには必ず導入の義務の政策ですとか、補助金を出したりですとか、いろいろな政策的な支援がある市場だというように理解しております。それと比べて中国はそこまでのエタノールを手厚く保護するような政策はないということをお伺いしましたので、中国政府に対しての政策立案支援ではないですが、そういった試みも一方で事業者さんだけに任せるのではなく、そういった政府間の政策立案の部分の支援というのも必要ではないかなと思いました。それが NEDO 様の事業とは少し違う観点かも知れませんが、そういった感想です。

ありがとうございます。

**【野村分科会長代理】** 私は最初に申し上げたとおり、分離膜が専門なので、そちらの視点で申しますと、日立造船のすばらしい技術を日本の国がバックアップして世界に売ろうという、そういう試みは同じ研究分野をやっている者からすると非常にうれしく思います。

それで、さらに、実際に政治的に難しく、季節的なものを含めて実証時間が限られている中で、実際にバイオエタノールが生産できるというのを示したというのは非常に高く評価したいと考えています。いろいろな委員の方々からコメントありましたように、実証することによって初めてわかったことがありました。特に酵素発酵に関しては、少ない試行の中でかなり工夫はされていますが、まだコストを含めてベストではないと思います。

今後、資料ではすぐ事業化という話もありますが、ここまで非常にすばらしい進展があったということもあり、特に酵素発酵に関しては、もう少しサポートを続けて、これを世界、中国を含めて世界に展開していく可能性も検討すべきだと思います。

以上、どうもありがとうございます。

**【荻田分科会長】** 委員の先生方、ありがとうございました。

私のほうからですと、今回のほかの先生方が言われたように、いいところは沢山あったと思います。個人的には、微生物発酵というのを商売にしているのですけれども、やはり第2世代のバイオエタノールが非常に酵素価格が高いというところで、全体的に今オンサイトで酵素をつくってその場で消費するというような動きというのが、やはり世界的にもあるところなのです。そういう意味でオンサイトという考え方も非常に共感できるし、非常に大事だったと思います。ただし発酵のテクニックといいますか、非常に小さいスケールから大きいスケールにいったときの、いろいろな問題点が今回沢山出たのではないかなという気がします。非常に酵素の発酵性というか、酵素生産性が安定しなかったところの運転の難しさというのは、微生物を研究している立場からいうと、非常によくわかるところなのです。生き物なので、相手も、なかなか自分たちの思ったようにいかないところというのも、もちろんあるのですけれども。そういうところを踏まえて、オンサイトが非常に有効だということは個人的には思っていて、そういうのにチャレンジされたというのは非常に良かったと思います。ただ、実際には難しいところの面というのもあります。酵素もちょっと幅広く、添加する酵素についても材料を見ながらもう少し工夫があっても良かったかなと思います。今後、運転する上で、やはりそういうところのバックアップを多分していけないといけないのかなというようには思いました。

あと、個人的にはその保存技術で、大量に出るものをいかに低価格で保存するかというところなのです。動物の餌などでもサイレージという技術があるのですけれども、夏場の草とかを密封して乳酸発酵するわけですが、そういった非常に乳酸発酵みたいな簡単な技術でもって、長期腐敗せずに保存ができるというところの技術の確立なんかも非常に良かったと思います。

全体として本当にチャレンジングなところで、非常に今後の展開というのは楽しみではあるのですけれども、オンサイトでとにかくやるという意味はやはり酵素のコストを下げるといって非常に大きなポイントだと思いますので、そのあたりの酵素の部分での価格の低下というところが、1つのキーになるのではないかと思います。多分、中国の北部のほうではジャガイモというところで、今後も広がっていくと思います。

ちょうどジャガイモの話が出ていましたけれども、ジャガイモに含まれる必須アミノ酸といえばスレオニンが結構多くあって、その辺が小麦の代替になるというところで、特にヨーロッパでも評価されていますので、今後もジャガイモというのは大きく伸びていく可能性がある作物の1つだとは思っています。ですから、そういうところを含めても、今後の展開というところでは期待をしているところです。

以上です。

それでは、推進部長及び国際部の統括主幹から一言ございますでしょうか。お願いします。

**【近藤部長】** 新エネルギー部長の近藤でございます。

本日は長時間にわたりましてご議論いただきましてありがとうございます。

この事業ですけれども、ちょうど日中関係が冷え込んだ時期と重なってしまったこともございまして、MOU締結に向けた調整が停滞してしまう場面もございましたけれども、委託先であります日立造船、双日、それからNEDO北京事務所、あと経産省、多くの方にご協力いただきまして実証事業終了することができました。

本日のご評価をお聞きしておりますと、おおむね良好な評価をいただいたと思っておりますが、他方で酵素の選定ですとか、それから採算性の面でさらに詰めるべき点もあるということでございましたので、引き続き、今実施しておりますフォローアップの中で詰めるべき点は詰めていきたいと思っておりますし、その中で北大荒集団との調整も進めていきたいと思っております。

また、政策的な支援につきましては、現在セルロース系のエタノールは政策対象になっており、支援対象になっておるのですけれども、廃棄物については支援対象になっていないということも聞いておりますので、また本件につきましては経産省との打合せの機会があればそういった中で我々としても提言していきたいと思っております。

長時間にわたりましてご評価いただきまして、大変にありがとうございました。

以上でございます。

**【朝武統括主幹】** 国際部の朝武でございます。

きょうは長時間にわたりましてご審議いただきましてありがとうございました。またいろいろ的確なご指摘等、ありがとうございました。

ほとんど部長のほうから話あったのですけれども、今回事業ももとは2013年までということだったので、4年間延びてしまったということで、それはもちろん日中関係の問題とか多々いろいろあったということです。もちろん現実問題としては多分コントロールできなかった部分だったと思うのですけれども、実際その場その場では、それなりに皆さん協力して努力して進めていったということだと思っております。さわされど、この本件に限らずそうなのですけれども、やっぱりいろいろなリスクがあるので、そういうのは常に考えていかなければいけないので、もちろん中国だからということもありますし、ほかの国でもそうなのです。ある程度は見越してというか、もちろんリスクがあったからやらないということではないのですけれども、そういうのを常に考えながらやっていくことがやっぱり重要なかなと思います。当然のことながら、長くなってしまうと、今回の件ではそういうことはなかったのかも知れませんが、技術的な優位性の面とかですね、そういった面でも何か問題が生じることもありますので、そういうのは今後ともすべての案件そうなのですけど、気をつけていきたいと思っております。

本日はどうもありがとうございました。

**【荏田分科会長】** 以上でもって議題7を終了します。

8. 今後の予定

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 研究評価委員会分科会の公開について
- 資料3 研究評価委員会分科会における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 プロジェクトの概要説明資料（公開）
- 資料6 プロジェクトの概要説明資料（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。

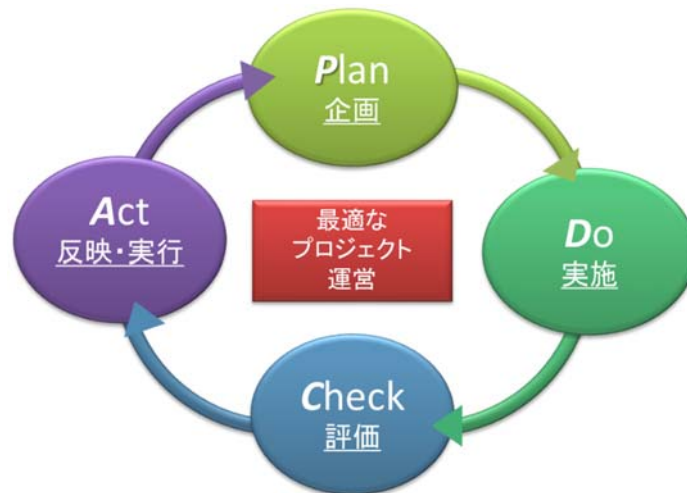


図 1 研究開発マネジメントサイクル概念図

### 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。

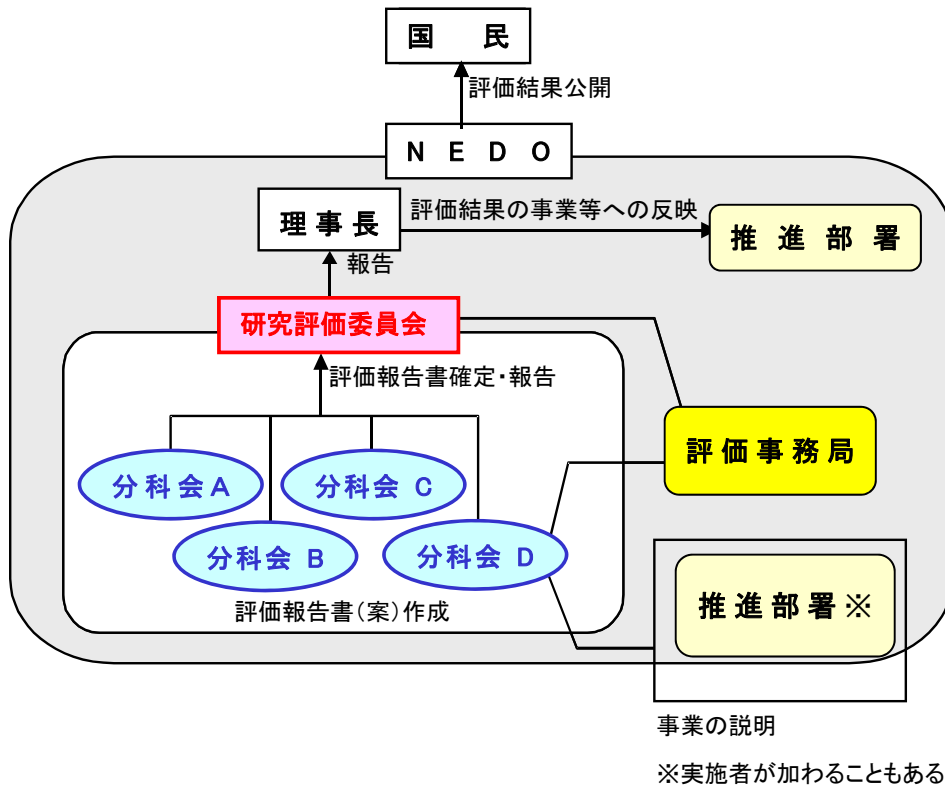


図2 評価の実施体制

#### 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。

「エネルギー消費効率化等に資する我が国技術の国際実証事業／馬鈴薯澱粉残渣からの  
バイオエタノール製造実証事業（中国）」の  
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の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のある国において、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のある国において、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31年1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](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

ミューザ川崎セントラルタワー20F

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