

# 「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」

(中間評価)

(平成26年度～平成31年度 6年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO

新エネルギー部

平成29年11月7日

## 評価軸の中項目

### I.事業の位置づけ・必要性

- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性

### II.研究開発マネジメント

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発の実施体制の妥当性
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性
- (5)知的財産等に関する戦略の妥当性

### III.研究開発成果

- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2)成果の最終目標の達成可能性
- (3)成果の普及
- (4)知的財産権の確保に向けた取り組み

### IV.成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し

- (1)成果の実用化・事業化に向けた戦略
- (2)成果の実用化・事業化に向けた具体的取り組み
- (3)成果の実用化・事業化の見通し

# I . 事業の位置づけ・必要性

## I . 事業の位置づけ・必要性

- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性

## II . 研究開発マネジメント

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発の実施体制の妥当性
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性
- (5)知的財産等に関する戦略の妥当性

## III . 研究開発成果

- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2)成果の最終目標の達成可能性
- (3)成果の普及
- (4)知的財産権の確保に向けた取り組み

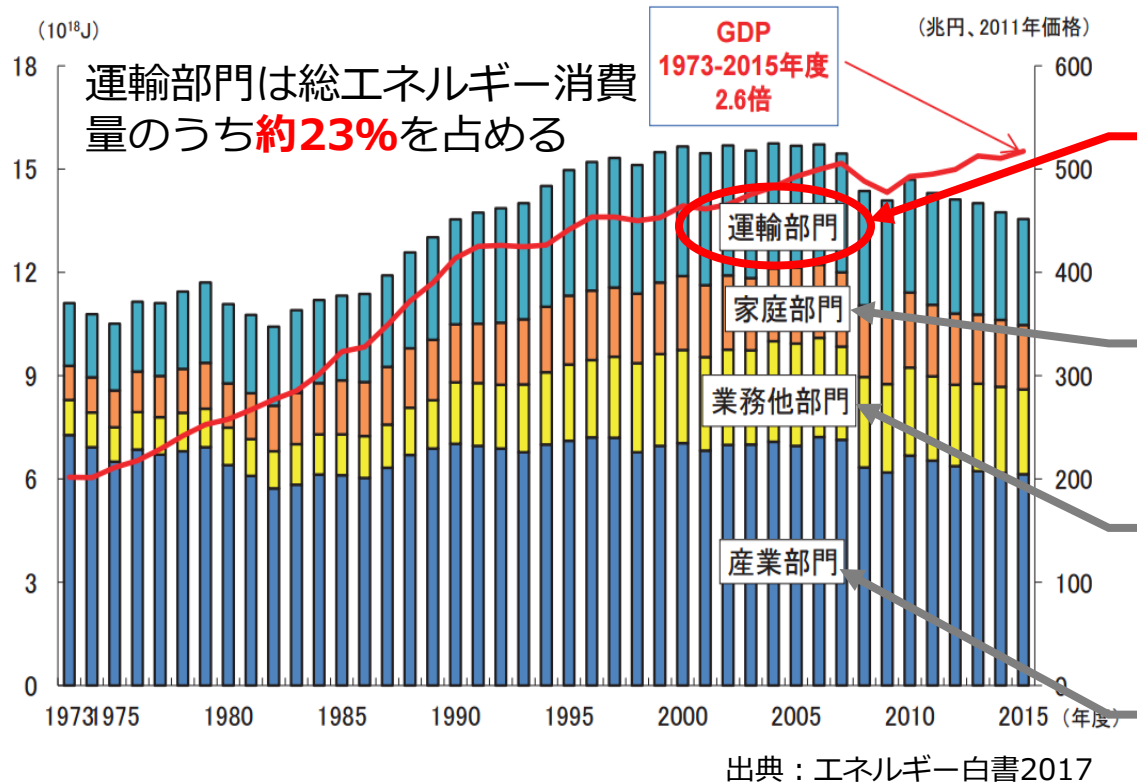
## IV . 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し

- (1)成果の実用化・事業化に向けた戦略
- (2)成果の実用化・事業化に向けた具体的取組
- (3)成果の実用化・事業化の見通し

## ◆ NEDOのバイオエタノール開発の意義

日本の一次エネルギー利用の約23%を占める運輸部門については、**液体燃料**がほとんど。

**食糧と競合しない(セルロース系バイオマス)**を用いたバイオマス由来の代替燃料の開発・生産による、運輸部門のGHG排出量削減が求められている。



- 自動車の燃費向上
- GHG削減率の高い燃料の開発

- 家庭の省エネ化
- エネルギーマネジメントの徹底

- 建築物の省エネ化
- エネルギーマネジメントの徹底

- 工場のエネルギーマネジメントの徹底

## ◆ 政策的位置付け

### (1) バイオ燃料技術革新計画(2008年3月)

「**食糧と競合しないセルロース系エタノール**製造技術開発が今後の課題」

⇒「技術革新ケース」として、ガソリンとの価格競争力や米国等の開発計画を勘案し、安定的に生産が可能なバイオマスを利用し抜本的な技術革新を目指す。

※第一世代:糖やデンプンを原料にしていることから食料との競合が懸念される。

第二世代:エネルギー作物など食糧と競合しないセルロース系エタノール  
農業残渣系等の非可食部のセルロース系エタノールをここでは含む。

### (2) 「エネルギー供給構造高度化法及び判断基準」(2010年11月)

2017年度に50万kL/年(原油換算)の導入を石油精製事業者に義務づけ。

⇒バイオエタノールに換算すると**約82万kL/年**

### (3) 「エネルギー基本計画」(2014年4月)

バイオ燃料については、国際的な動向や次世代バイオ燃料の技術開発の動向を踏まえつつ、導入を継続する。

◆ 国内外のバイオエタノール導入政策及びセルロース系エタノール技術開発動向(2016年現在) 国内外の優良技術の調査・検討の結果

国	バイオエタノール導入政策	セルロース系エタノール開発動向
日本	供給高度化法により、2017年度は82万kL/年のバイオエタノール導入が義務。セルロース系エタノールは2倍カウントの優遇策あり。	パイロットレベルでの一貫生産システムでの評価の段階。開発輸入では、原料として製紙会社の植林地の木質バイオマスのセルロース系廃棄物を想定。
アメリカ	再生可能燃料基準(RFS2)により、義務化。2017年度は1.2百万kLのセルロース系バイオ燃料導入目標。CWCによる導入促進策、設備建設に対する補助金による支援などがある。	2014年度に数万kL/年規模の商用プラントが4つ(POET-DSM、Ineos Bio、Abengoa、DuPont)立ち上がった。うち少なくとも1プラントは燃料目的だけではなく、化成品原料目的。原料は農業残渣(トウモロコシ)、都市残渣。
ブラジル	特別なセルロース系エタノール導入促進策なし。第一世代については、混合率27%を義務化。セルロース系エタノールは当面、高値で売れるアメリカに輸出。	2014-15年度に数万kL/年規模の商用プラントが3つ(Gran Bio、Raizen、Abengoa)立ち上がった。原料はサトウキビ残渣。
中国	2020年までに、政策で120万kL/年のセルロース系エタノールを導入推進。 ※ただし、補助、罰則義務等無し	すでに数万kL/年規模の商用プラントが1基稼働中。本プラントではエタノールはキシロース等生産の副産物(残渣利用)としての扱い。
欧州	EU指令に基づき、2020年に運輸部門の再生エネルギー比率を10%にする目標を設定。持続可能性基準を定め、セルロース系エタノールは優遇(2倍カウント)。	2013年から商用機(Beta Renewable 7.5万KL/年)建設。技術はアメリカ、ブラジル、中国で展開中。主に原料は草本系残渣(麦わら、ダンチク等)を想定。

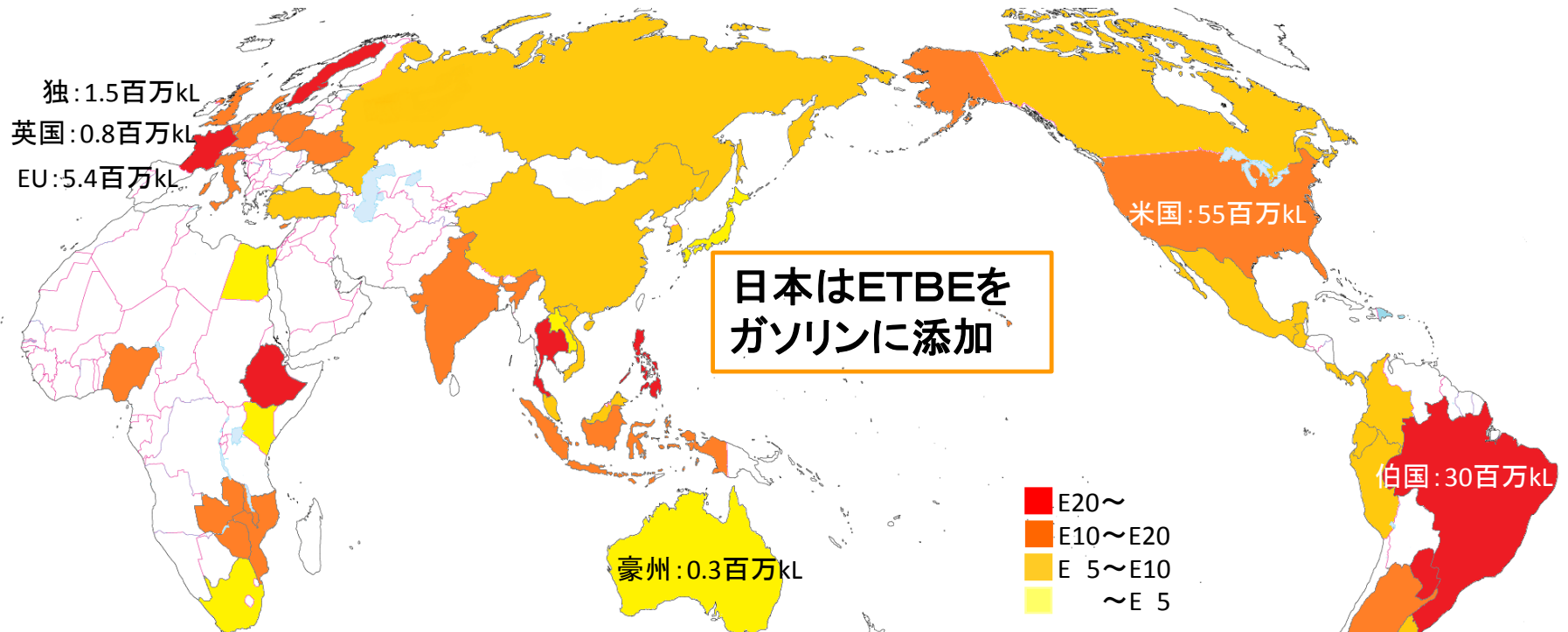
- セルロース系エタノール導入(政策)について、欧米ともに前向きだが、第一世代エタノールに比べてコストが高く、商用化の例は少ない。米国は導入義務、欧州には優遇措置あり。
- 木質セルロース系エタノールの技術開発については、**日本が一步先んじる可能性。**

◆ 社会的背景・位置づけ(バイオエタノール)

○世界の主要国において、バイオエタノール導入政策(E10等)あり。

地図の色つきの各国において、導入政策あり

○世界のバイオエタノール総生産量は約1億kL/y(2015時点)



日本のバイオガソリン：植物由来のバイオエタノールと石油系ガスのイソブテンから合成した**バイオETBE\***をガソリンに1%以上配合したもの。全国約3,230箇所のSS（ガソリンスタンド）で販売（2016年8月時点）

\*Ethyl Tertiary-Butyl Ether

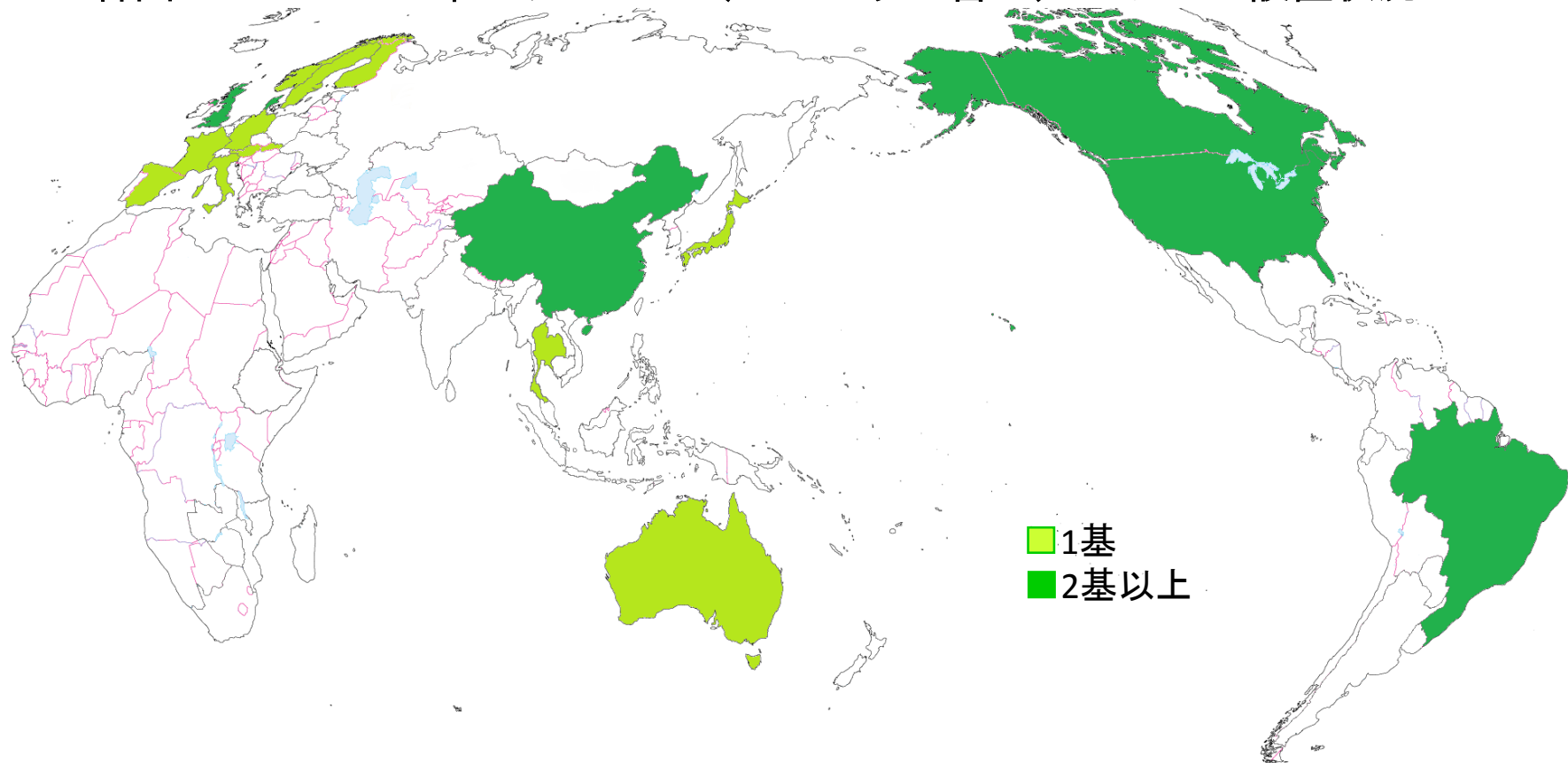
◆ 社会的背景・位置づけ(セルロース系エタノール)

○セルロース系エタノールの商用プラントは8基のみ。

原料は主に農業残渣系。大き目のもので5~6万kL/年。

○エネルギー作物(非可食植物)利用の大規模商業化事例はなし。

各国のセルロース系エタノール(パイロット含む)プラント設置状況





## ◆ NEDOが関与する意義

### ○社会的課題

バイオエタノールの導入は、現状全てブラジルからの第一世代エタノールの輸入で賄っているが、(準)国産かつ食糧と競合しないセルロース系エタノールの技術開発の実用化は、温暖化防止、エネルギーセキュリティの観点から極めて重要。

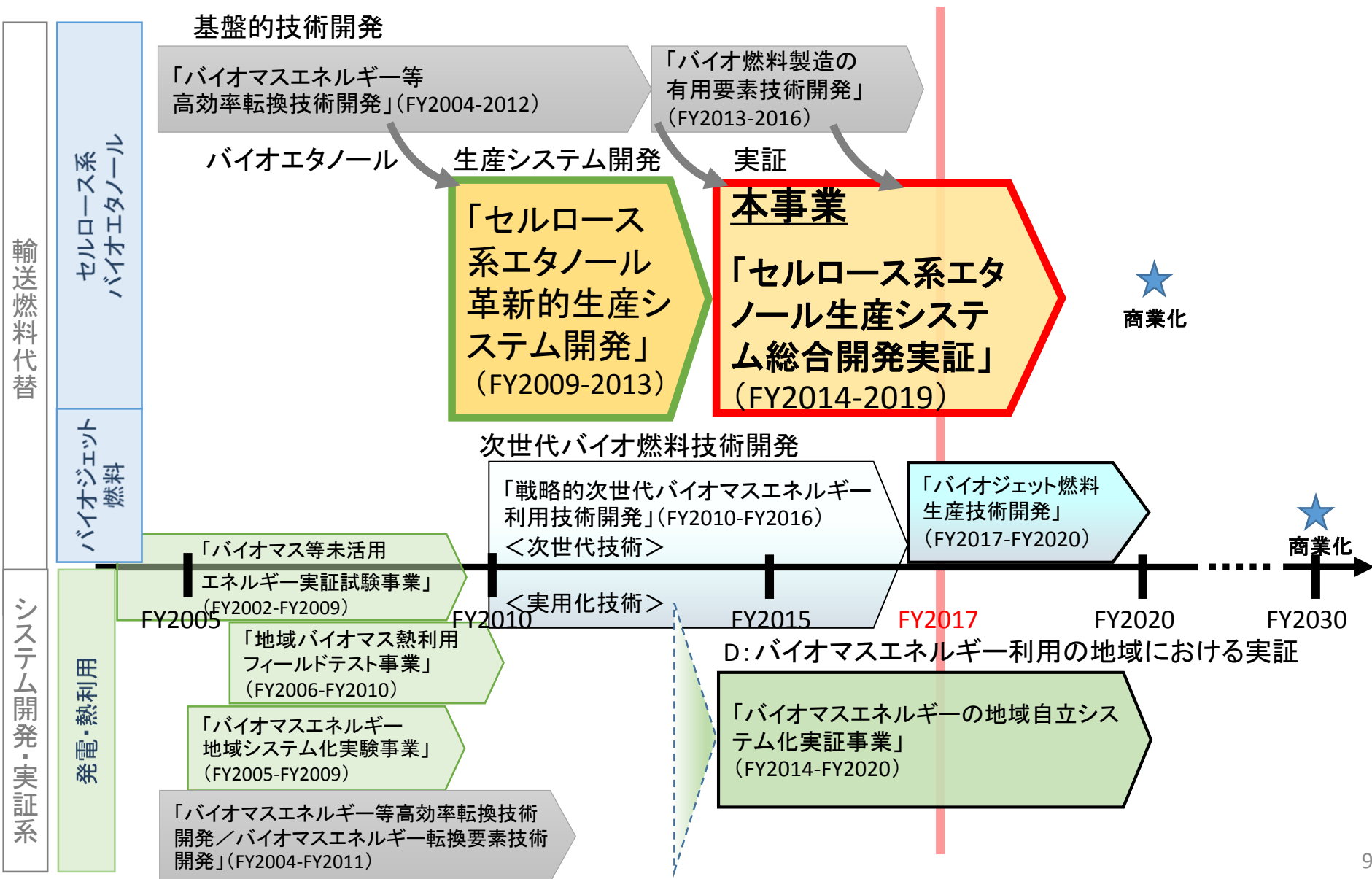
### ○研究開発リスク

セルロース系エタノールは、第一世代エタノールと比べ、工程が複雑で装置も多く、低コスト化の課題が多いことから、一貫製造プロセスの構築・実証に、企業単独で取り組むにはリスクが高い。

### ○産業としての創出必要性

セルロース系エタノール製造の産業創出に向けたビジネスモデルの構築は必要とされていたが、その製造技術は、第一世代に比べ工程が複雑で装置数も多く、コスト低減が課題。一貫製造プラントでの実用化の見通しがつくまでは、NEDOが主体となって実施することが必要。

# ◆ バイオマスエネルギーに関するNEDO取組みの全体像



◆ 前身事業(セル革)の事後評価 → セル総への反映

セル革事業の事後評価結果

参画企業: 原料調達スキーム保有企業、エンドユーザー企業、プラントメーカー

開発内容: セルロース系バイオマス由来のエタノール製造技術(世界未確立)

開発成果: **要素技術の開発目標は概ね達成**

事後評価時の委員コメント(抜粋)

- ・要素技術の達成度は良い。一貫製造システムのテストプラントを用いた課題抽出とその改善が必要。
- ・スケールアップに関する課題抽出を実施し、プロセスフローの見直しも含め、プラント設計精度を上げることが重要。
- ・草本系では、要素技術を統合する事業主体の明確化が必要。

**本事業への反映**



・セル革の成果を最大限活用し、木本・草本、各々の技術開発成果から、さらなるコスト低減に向けて、より良い成果をいっとこどりで組み合わせた、「**最適組み合わせ**」をベースとした一貫製造プロセスで実証を行う。

・「**最適組み合わせ**」を想定して実現できる、ビジネスモデルに関する事業性の検討を行う。

・公募においては、**事業主体の明確化**を重視。

項目		草本系	木質系
原料			○
製造	酵素	○	○
	薬品類		
	電力等		
設備	前処理		○
	糖化発酵	○	
	その他 (ユーティティイ)		

「いittoこどり」

◆ 実施の効果

○プロジェクト費用総額 約50億円(4年間合計)

○売り上げ予測(2025年頃)

年間売上

約154億円

(事業策定時(2014年)の原料用アルコール価格(日本着値):77円/Lを用い、20万kL/年の導入がなされたと仮定。)

○CO<sub>2</sub>削減効果(年間)

約17.3万ton-CO<sub>2</sub>eq

(ガソリン比CO<sub>2</sub>削減効果50%を上記20万kL/年の導入がなされたと仮定)

# Ⅱ. 研究開発マネジメント

## I. 事業の位置づけ・必要性

- (1) 事業の目的の妥当性
- (2) NEDOの事業としての妥当性

## Ⅱ. 研究開発マネジメント

- (1) 研究開発目標の妥当性
- (2) 研究開発計画の妥当性
- (3) 研究開発の実施体制の妥当性
- (4) 研究開発の進捗管理の妥当性
- (5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

## Ⅲ. 研究開発成果

- (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2) 成果の最終目標の達成可能性
- (3) 成果の普及
- (4) 知的財産権の確保に向けた取り組み

## Ⅳ. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し

- (1) 成果の実用化・事業化に向けた戦略
- (2) 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組
- (3) 成果の実用化・事業化の見通し

### ◆ 事業の目標

#### 中間目標(2017年度)

商用プラントを想定して、「ガソリン比GHG削減効果50%、化石エネルギー収支2以上の一貫生産プロセスの最適化」を達成し、プレ商用実証プラントの設計・建設に進むに値するFS結果を得ることを目標とする。

FS実施時に、『商用化に資するコスト目標』を事業目標として事業者側が設定し、その目標の妥当性を外部有識者により審議し、妥当であるとの評価を得る。

#### 最終目標(2019年度)

商用化に向け、プレ商用実証プラントを建設し、プレ商用実証プラントでの実証運転にて、「ガソリン比GHG削減効果50%、化石エネルギー収支2以上の一貫生産プロセスの最適化」、「プレ商用実証プラントの建設と年産1万kLの運転の実証」、「ガソリン価格を見据えつつ海外エタノール価格と競合できるバイオエタノール生産コストの実現」を達成する。

ガソリン比GHG削減効果50%、化石エネルギー収支2以上の  
一貫生産プロセスの最適化

環境性

GHG削減率ガソリン比50%以上

$$\text{GHG削減率} = \frac{\text{EF} - \text{EB}}{\text{EF}}$$

EF : 比較対象となる化石燃料のライフサイクルにおけるGHG排出量

※揮発油 : 83.5gCO<sub>2</sub>eq/MJ

EB : バイオ燃料のライフサイクルにおけるGHG排出量

事業性

化石エネルギー収支2以上

化石エネルギー収支

$$= \frac{\text{生産されたエネルギー量}}{\text{ライフサイクルで投入された化石エネルギー量}}$$

### ◆ 研究開発のスケジュール

	H26	H27	H28	H29	H30	H31	H32
セルロース系エタノール生産システム 総合開発事業	← 事業期間(6年) →						事後評価
1) 要素技術の最適組合せ検討							
国内外の優良技術の調査検討 (一財)エネルギー総合工学研究所	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">NEDO内 事前調査</div> <div style="margin-left: 10px;">→</div> </div>						
最適組合せの検証、一貫生産プロセス開発・事業性評価(FS)の実施							
①木本バイオマスを原料とする日本の持続可能性基準に適合するセルロース系エタノールの一貫生産技術開発及び事業性評価 JXTGエネルギー(株) / 王子ホールディングス(株)	→ Aチーム						
②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 (株)Biomaterial in Tokyo / 三友プラントサービス(株) / コスモ石油(株)	→ Bチーム						
2) プレ商用実証プラントによる実証	→						



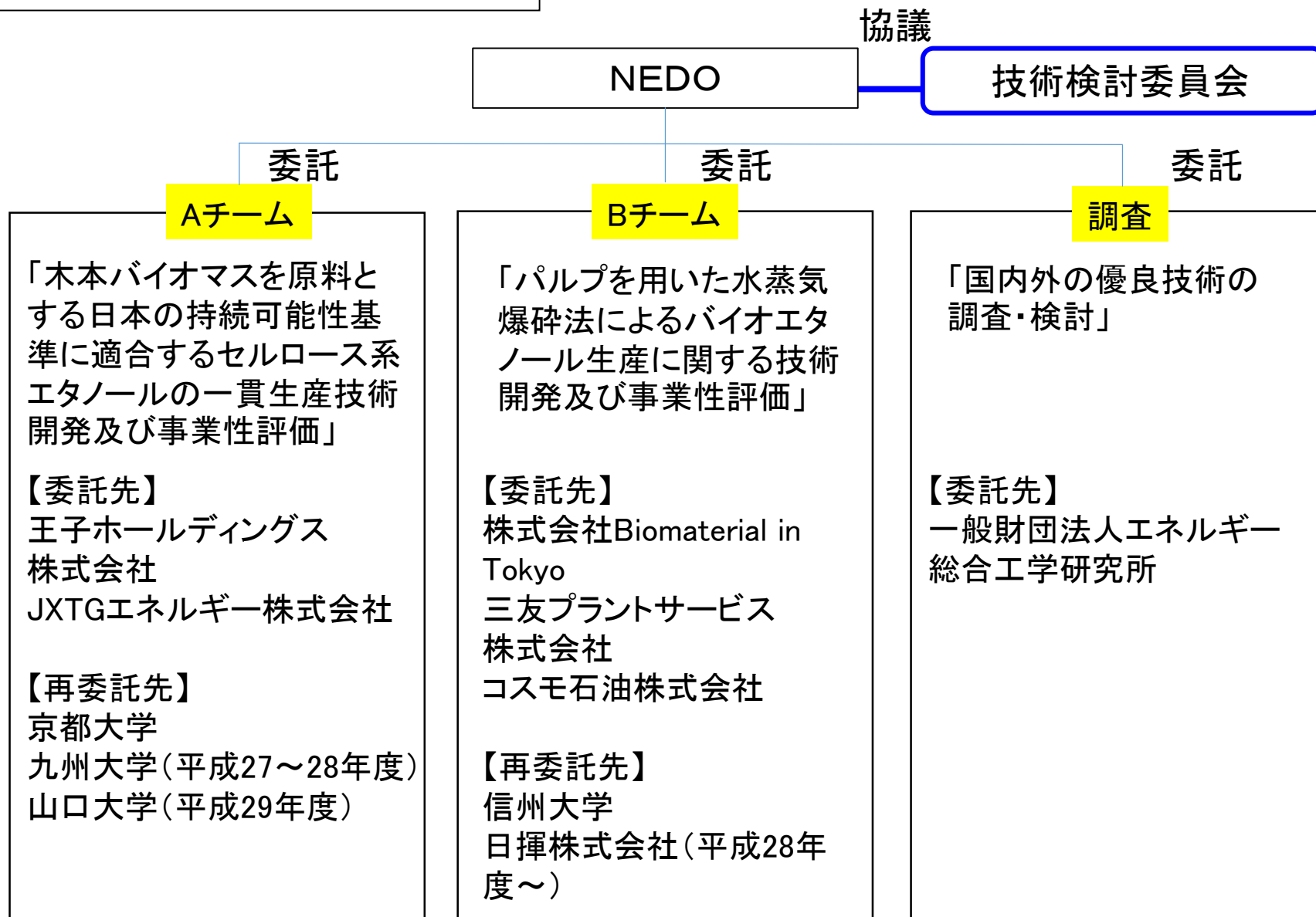
## Ⅱ 研究開発マネジメント (2)研究開発計画の妥当性

### ◆ プロジェクト費用

(単位:百万円)

研究開発項目	H26fy	H 27fy	H 28fy	H 29fy	H 30fy	H 31fy	総額
(i) 国内外の優良技術の調査・検討	1	19					20
(ii) 最適組合せの検証		1,475	2,306	1,243			5,024
(iii) 一貫生産プロセス開発・事業性評価(FS)の実施							
(プレ商用実証プラントによる実証)					未定	未定	
合計	1	1,494	2,306	1,243			5,044

### ◆ 研究開発の実施体制



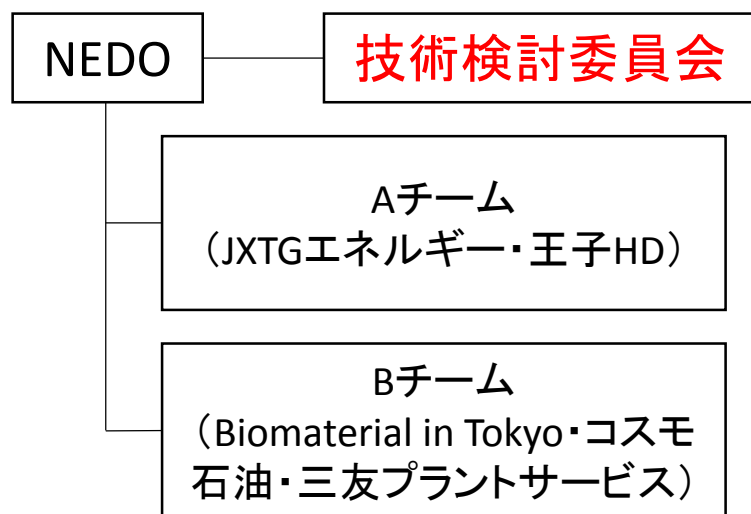
### ◆ 研究開発の進捗管理

## 技術検討委員会の実施

### 1. 開催趣旨

本事業のより適切な推進に向け、外部有識者による技術検討委員会を開催。  
(年3回程度開催)

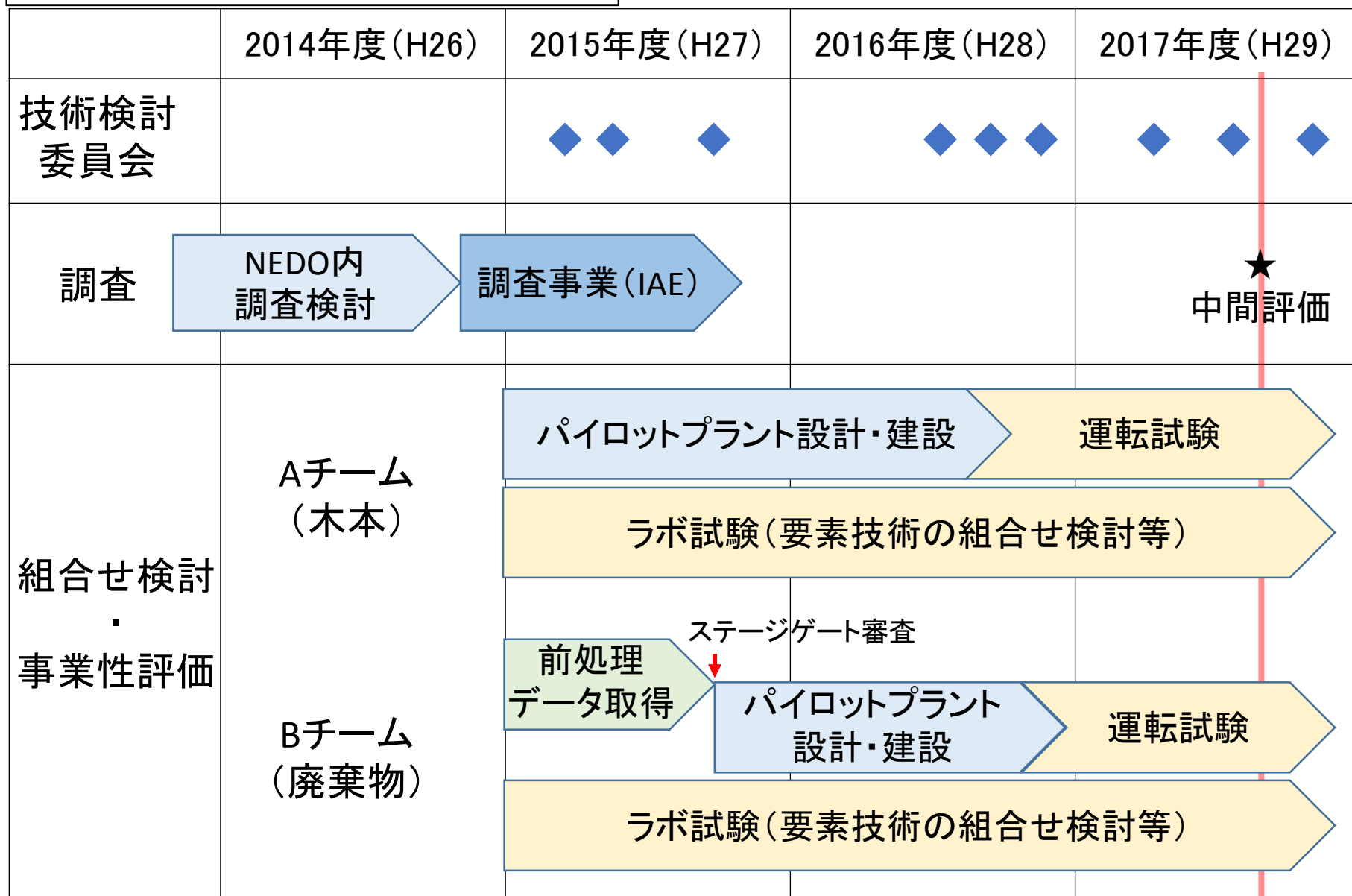
### 2. 実施体制



### 3. 主な検討内容

第3回 H27年8月	Bチームの前処理への新規技術適用に係るステージゲート審査
第4回 H28年12月	Bチーム再委託先追加の妥当性検討
第5回 H29年2月	事業性評価の進め方、商用化に資するコスト目標検討
第8回 H29年10月	両チームの事業性評価結果の評価

◆ 技術委員会の開催状況



### ◆ 動向・情勢の把握と対応

#### 注視すべき情勢変化

○平成26年(2014年)にはブラジル、米国において相次いでセルロース系エタノールプラントの建設が開始。

#### ○セル総事業

- 立ち上げにあたり、本事業の方向性について改めて調査・検討。  
複数のセルロース系エタノール製造事業者からの調査結果は以下のとおり。
  - 海外のセルロース系エタノールプラントにおいては、主に農業残渣などのいわゆる廃棄物を原料としており、エネルギー作物は利用されていない。
  - 商業規模プラントは年産5-6万kL程度であり、同10万kL規模の設備は殆どない。
  - セルロース系エタノール製造の事業化にあたっては、最適な技術の選定に加えて、既存事業との組み合わせなどの経済的な事業モデルを構築することが重要。
- よって、エネルギー作物である木質系バイオマスを原料とする技術開発は妥当であると判断。加えて、セルロース系廃棄物など他の原料を用いた提案でも、商用生産に必要な供給量を確保できることを前提とした公募を実施。

### ◆ 動向・情勢の把握と対応

#### セル総事業での対応

##### ○セル革指摘事項対応

セル革事業の事後評価にて指摘を受けた「実用化可能な原料とプロセス」、  
「事業化に向けた実施者」を選定することに留意して採択を行った。

##### ○目標設定に関する工夫

社会情勢により目標とするエタノール価格が変動する可能性を鑑み、事業開始当初においては事業者自らが目標生産コストを設定することとし、NEDOとしての判断基準を設けなかった。

→プロジェクト前半の調査結果を踏まえ、NEDOとしての判断基準を持つこととし、NEDO技術委員会において商用化に資する(生産)コスト目標を70円/L未満と設定した。

### ◆ 知的財産管理

開発成果に関する取扱いとして、委託事業の成果に関わる知的財産権等については原則として、すべて実施機関に帰属させることとする(「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・産業技術業務方法書」第25条の規定等)。

- 実施機関においては、我が国の新エネルギー技術を基盤とする産業競争力の強化に資するべく、開発した技術や成果の知的財産マネジメントを実施した。
- 各チームはいずれも産学連携のチームであり、チーム毎に知財合意書を作成して、各チームの研究開発責任機関である企業が知財運営委員会の運営を実施。本委員会にて特許出願や学会発表についての審議を行う。

# Ⅲ.研究開発成果

## I.事業の位置づけ・必要性

- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性

## Ⅱ.研究開発マネジメント

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発の実施体制の妥当性
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性
- (5)知的財産等に関する戦略の妥当性

## Ⅲ.研究開発成果

- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2)成果の最終目標の達成可能性
- (3)成果の普及
- (4)知的財産権の確保に向けた取り組み

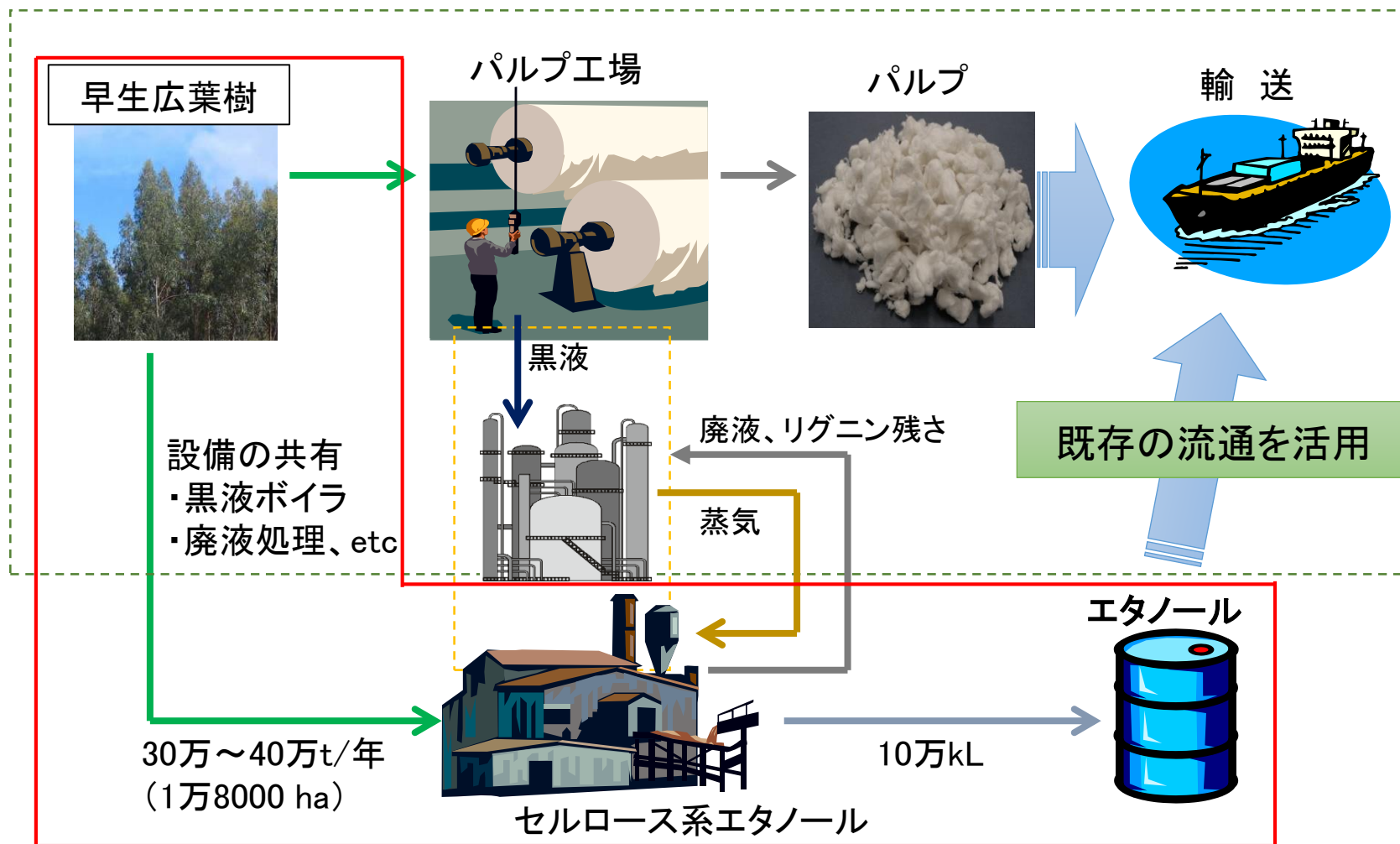
## Ⅳ.成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し

- (1)成果の実用化・事業化に向けた戦略
- (2)成果の実用化・事業化に向けた具体的取組
- (3)成果の実用化・事業化の見通し



## ◆ Aチーム 海外のパルプ工場併設モデル(実用化時)

- 王子製紙の海外の既存植林地内にあるパルプ工場にセルロース系エタノール工場を併設することにより、原料調達の効率化、設備の共有化による設備費の削減、既存流通インフラの活用を可能とし、コスト競争力を高める。

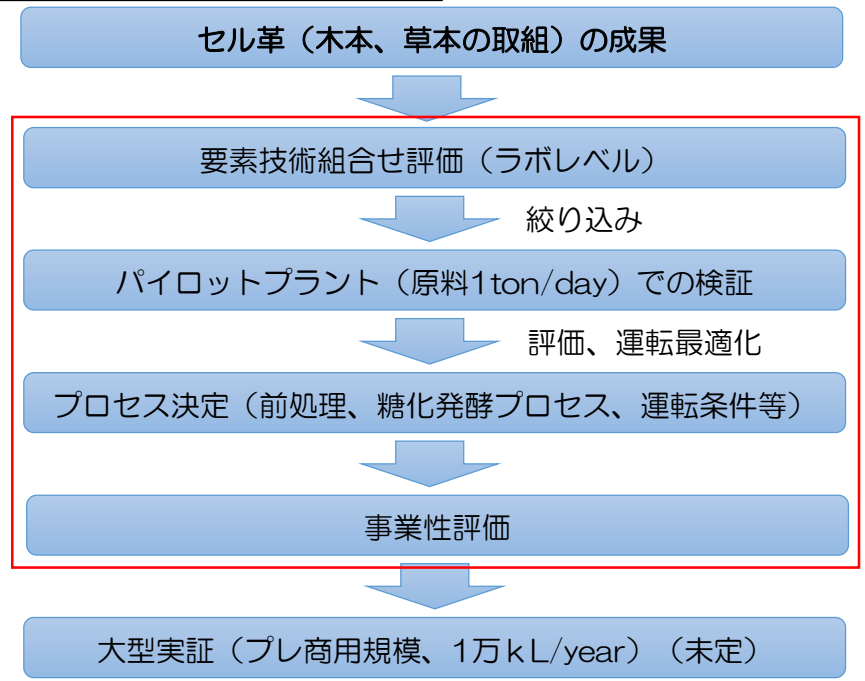


## ◆ Aチーム／最適組合せの検討(研究開発概要)

セル革事業における成果を組み合わせ、最適なプロセスを検証するためパイロットプラントを構築。運転条件を変えた複数の実験により、効率的なエタノール生産を目指す。

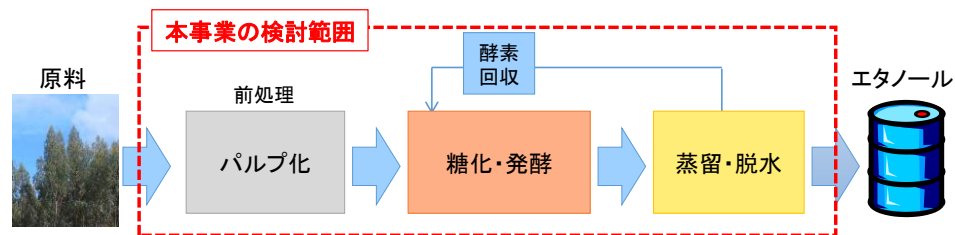
- ・原料に適した前処理方法
- ・前処理済原料に適した糖化・発酵

項目		草本系	木質系
原料			○
製造	酵素	○	○
	薬品類		
	電力等		
設備	前処理		○
	糖化発酵	○	
	その他 (ユーティティイー)		



### 組合せ検討の要素

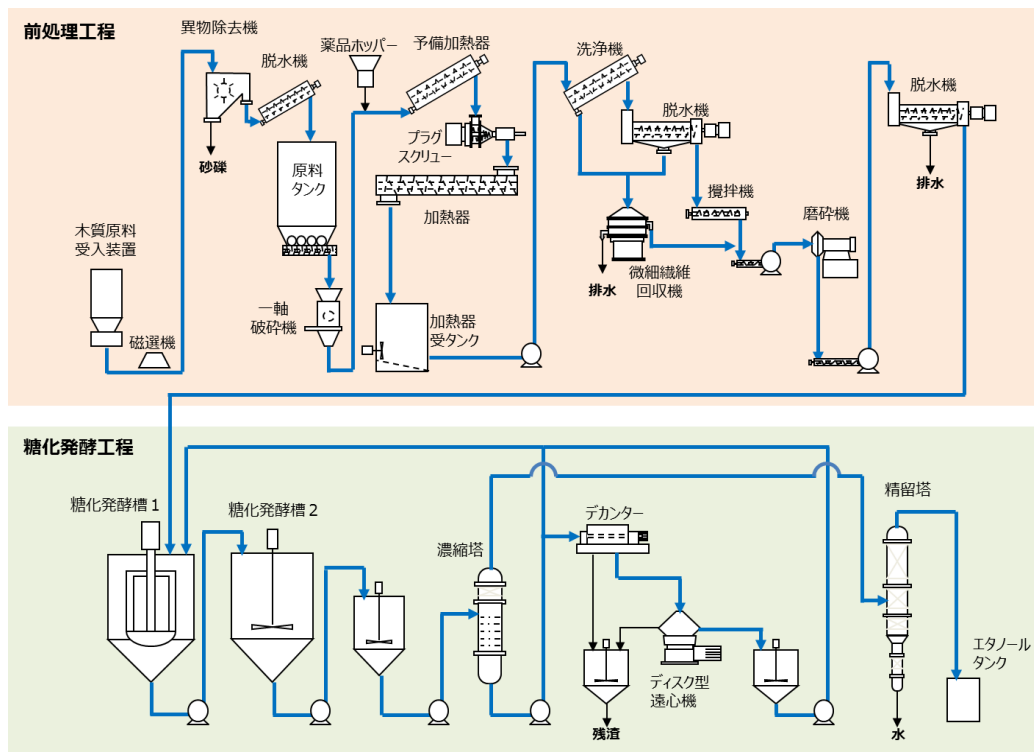
前処理 × 酵素 × 酵母 × 糖化発酵プロセス × 運転



# Ⅲ 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

## ◆ Aチーム パイロットプラントの概要

平成28年10月に竣工。  
運転試験を実施しつつ改良を重ね、  
最適な条件の検討を行ってきた。こ  
の結果を踏まえ、事業性評価を実施。



### 設置場所:

王子ホールディングス(株)広島県呉市

### 仕様:

公称能力: 250-300L/日

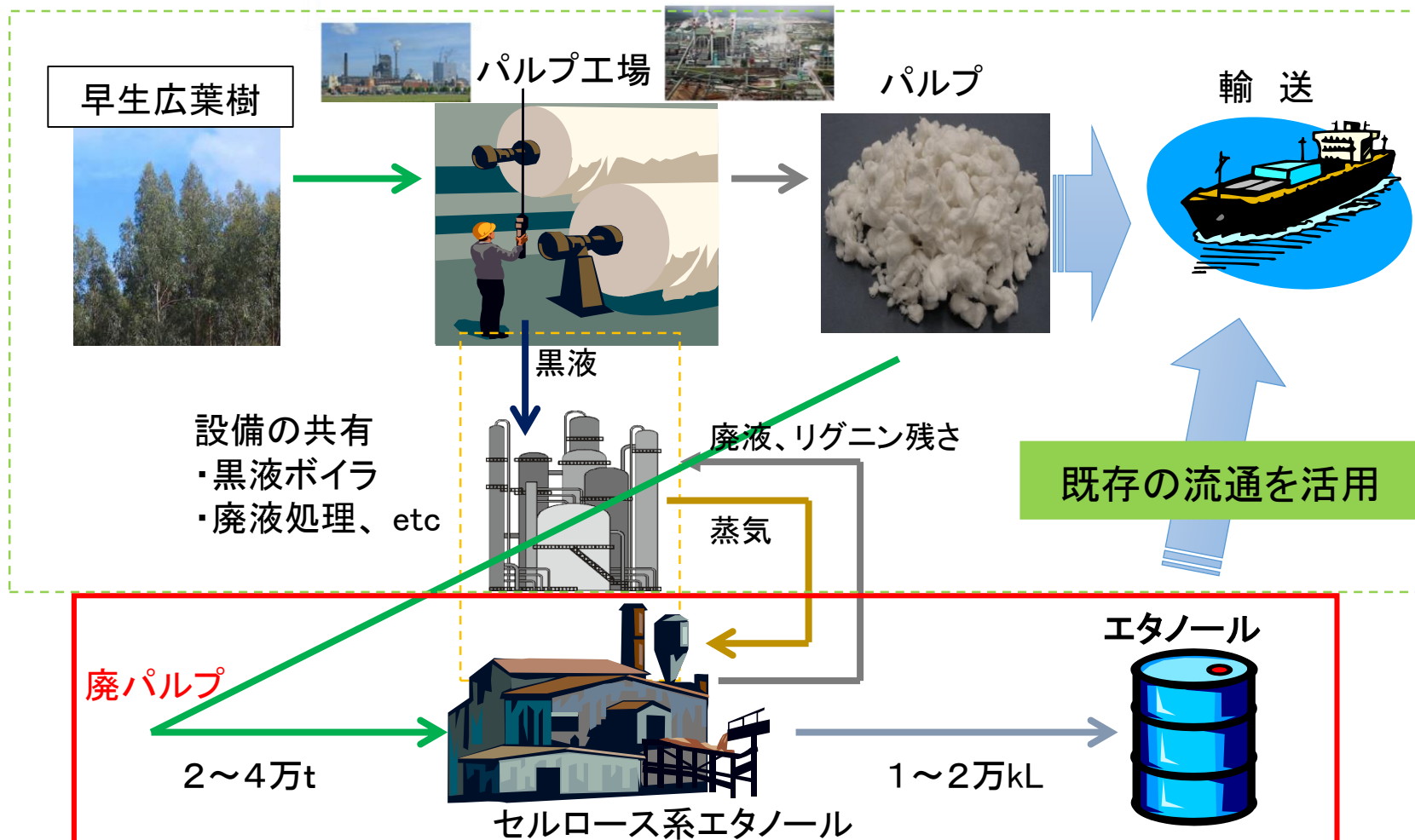
原料処理: 1t/日

糖化槽: 10m<sup>3</sup>

発酵槽: 10m<sup>3</sup>

## ◆ Bチーム / ① 海外の廃パルプ利用モデル(実用化時)

- 海外のパルプ工場に廃パルプからのセルロース系エタノール工場を併設する。原料価格の低減と設備の共有化による設備費の削減、既存流通インフラの活用により、コスト競争力を高める。



## ◆ Bチーム / ② 国内廃棄物利用モデル(実用化時)

- 国内の廃パルプや廃菌床、コーヒー粕からのセルロース系エタノール工場を建設する。原料価格の低減と廃棄物処理との複合事業展開で、設備の共有化による設備費の削減、廃棄物流通の効果的運用により、コスト競争力を高める。国内複数拠点を検討。

### 原料バイオマス

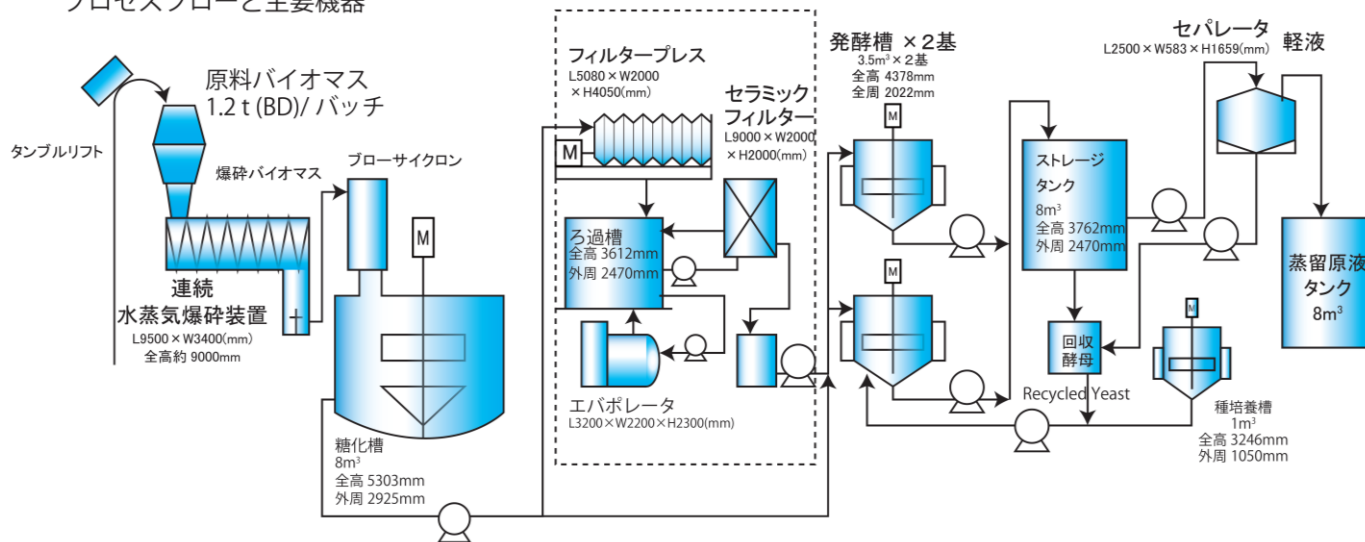


### イメージ構想



## ◆ Bチームパイロットプラントの概要

プロセスフローと主要機器



**主要目**  
 公称能力: 100L/日  
 原料処理: 1.2t/日  
 糖化槽: 8m<sup>3</sup>  
 発酵槽: 3.5m<sup>3</sup> × 2



三友プラントサービス(株)  
 川崎工場敷地内

平成29年4月パイロットプラントを完成し、9月迄に8回程度の試験を行い、事業性評価に向けて改良を重ねる。  
 対象原料は以下の通り

- ① 廃パルプ
- ② コーヒー粕
- ③ 廃菌床
- ④ 複合原料(コーヒー粕+廃菌床)
- ⑤ 運転結果を踏まえ、最適運転条件を決定  
 (パイロット試験と並行して、ラボ試験で同一原料で性能を相互評価)



## ◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

中間目標(2017年度)

商用プラントを想定して、「ガソリン比GHG削減効果50%、化石エネルギー収支2以上の一貫生産プロセスの最適化」を達成し、プレ商用実証プラントの設計・建設に進むに値するFS結果を得ることを目標とする。

FS実施時に、『商用化に資するコスト目標』を事業目標として事業者側が設定し、その目標の妥当性を外部有識者により審議し、妥当であるとの評価を得る。

中間目標に対する達成状況



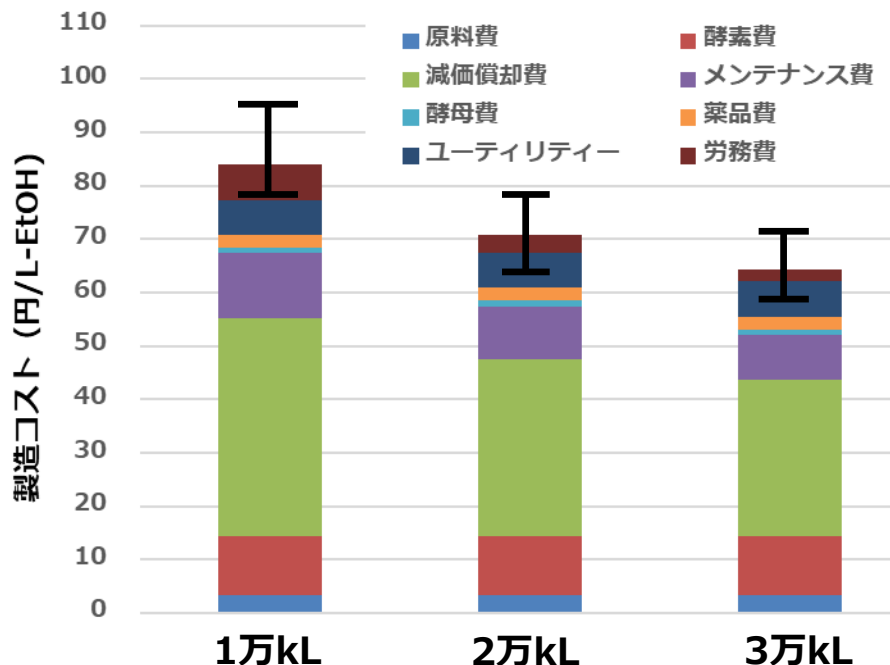
NEDO技術検討委員会の確認を経て達成度を評価

評価項目	評価基準	達成度	
		A	○
持続可能性基準適合セルロース系エタノール一貫生産システム確立	パイロットレベルでの一貫生産システム確立	A	○
		B	○
スケールアップ事前検討	プレ商業機による実証検討必要性判断	A	○
		B	○
原料調達からエタノール生産・供給まで全工程を考慮した事業性評価	事業性評価実施	A	○
		B	○

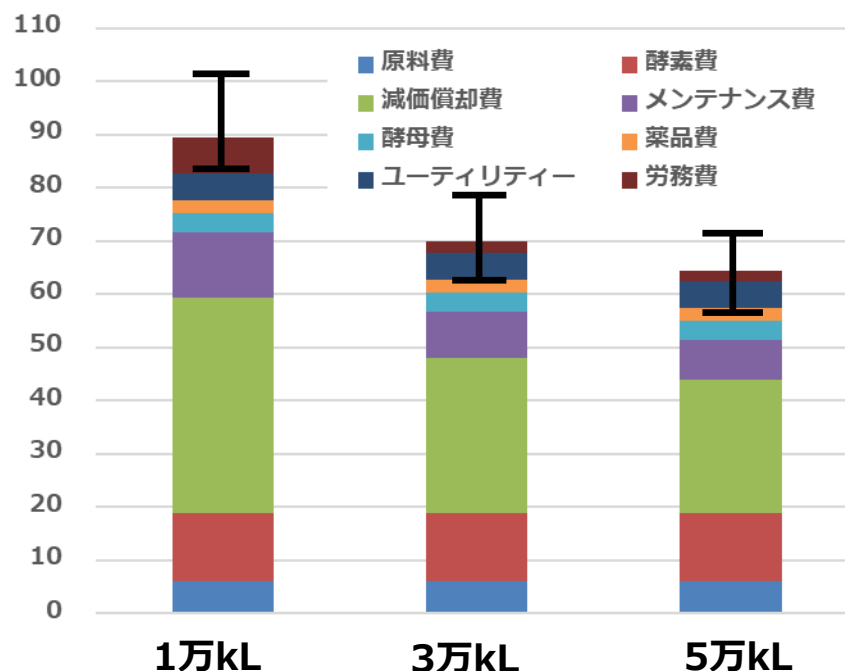
## ◆ Bチーム事業性評価(エタノール製造コスト)

- 償却年数: 15年、メンテナンス費: 設備費総額の2% (主要機器3%)
- コスト下限値: 酵素添加量削減、エタノール収率向上達成見込みケース
- コスト上限値: 設備稼働率80%低下ケース

### 海外モデル



### 国内モデル



海外モデルで年産2万kL、国内モデルで年産3万kLで展開できれば、エタノール製造コスト70円/L未満を達成可能。

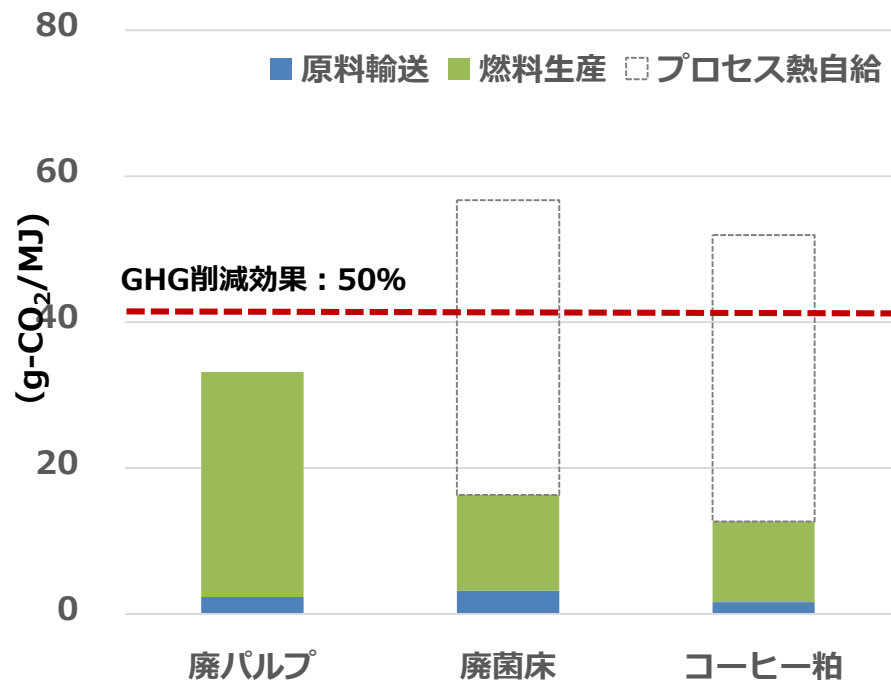
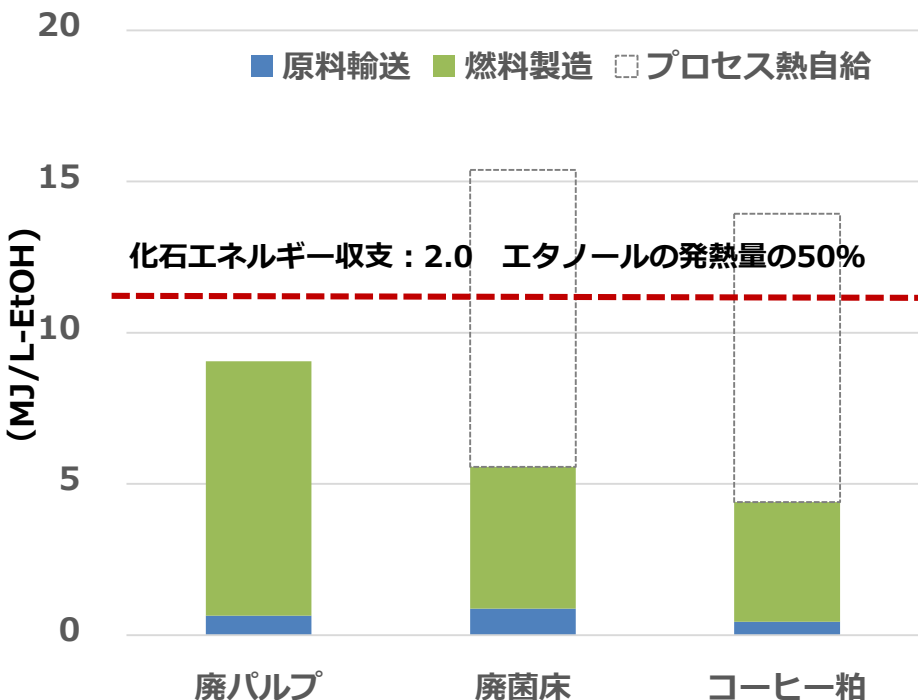


◆ Bチーム事業性評価(エネルギー収支、GHG削減効果)

- 連続爆砕装置からの排蒸気は蒸留工程で利用
- プロセス残渣はバイオマスボイラーでエネルギー回収

化石エネルギー収支



GHG削減効果



いずれの原料においても

化石エネルギー収支2.0以上、GHG削減効果50%以上を達成可能。

◆ Bチームスケールアップ検討

① 水蒸気爆砕	② 酵素糖化	③ igtanol発酵 ④ 蒸留脱水	⑤ 固液分離
<p>パイロット実証結果で 実機レベルの スケールアップが可能</p> 	<p>パイロット実証結果で 実機レベルの スケールアップが可能</p>  <p>高粘度攪拌装置 Hi-Fミキサー</p>	<p>商用規模の第1世 代バイオエタノール 製造設備でス ケールアップ可能</p>	<p>各種原料におけ る固液分離性能 データを取得す れば、対応可能</p>

各種原料のプロセスをブラッシュアップし、実証データを蓄積できれば、  
実機レベルへのスケールアップは可能。

#### ◆ 特許出願・研究発表等

件数

	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	計
特許出願	0	0	0	1	1
論文(査読付き)	0	0	0	1	1
図書・その他	0	0	1	4	5
研究発表・講演	0	0	1	2	3

※2017年9月30日現在

- ・その他、毎年度に開催している新エネルギー一部成果報告会、事業パンフレット等で情報発信。
- ・事業者はセル革事業や有用要素事業にも参加しており、それらの基礎研究の成果として特許を申請する事例があった(件数は従前の事業に計上)。

#### ◆ 知的財産権の確保に向けた取組

- ・本事業では、各チームともに企業が研究開発責任機関として**知財運営委員会**を運営。各チームの実用化・事業化のビジネスモデルの実現に向け、事業化を担う実施者が自ら知的財産権の出願等を実施。