

# 「バイオ燃料製造の有用要素技術 開発事業」(事後評価)

(平成25年度～平成28年度 4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7月27日

# 発表内容

	評価軸の中項目	ポイント、内容
1. 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	・事業実施の背景と事業の目的 ・政策的位置付け ・国内外の研究開発の動向と比較 ・技術戦略上の位置付け(NEDOバイオマス事業)
2. 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	・NEDOが関与する意義 ・事業の目標 ・技術開発の内容 ・研究開発の実施体制 ・研究開発目標 ・研究開発のスケジュール ・プロジェクト費用 ・研究開発の進捗管理 ・チーム間の連携 ・知的財産管理
3. 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)成果の普及 (3)知的財産権の確保に向けた取組	・研究開発項毎の目標と達成状況 ・プロジェクトとしての達成状況と成果の意義 ・各個別テーマの成果と意義 ・成果の普及 ・知的財産権の確保に向けた取組
4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し	(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	・実用化・事業化に向けた見通しと戦略 ・実用化・事業化に向けた具体的取組

# 1. 事業の位置づけ・必要性

---

# 1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

## ◆ 事業実施の背景と事業の目的

### NEDOのバイオ燃料開発の意義

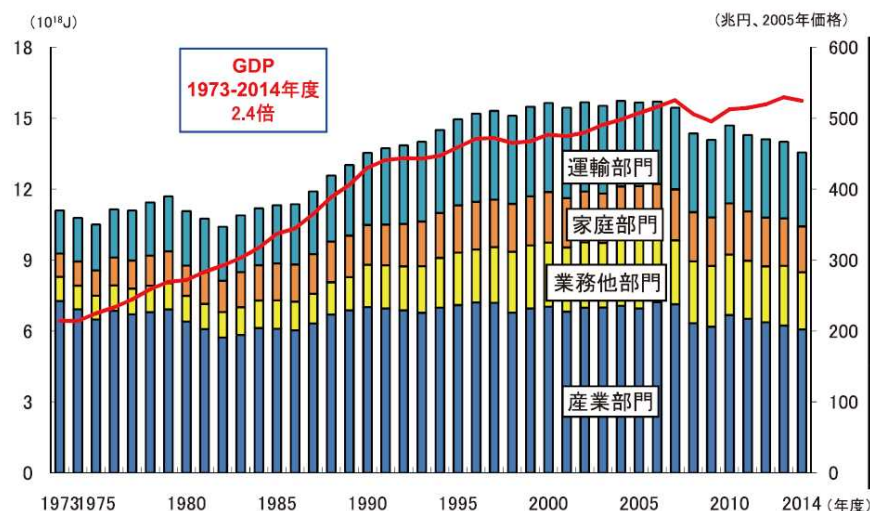
運輸部門の温暖化対策として、代替燃料の導入が必要。当面の調達では、ブラジルをはじめ第1世代のエタノールとなるが、食糧競合の観点から、非可食バイオマスを原料とした、第2世代のセルロース系エタノールでの調達が理想であり、2020年代にその一部を担うことを想定して技術開発を実施。

日本の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

運輸部門におけるGHG排出量削減のために、再生可能な代替燃料の開発を行う。

現状、液体バイオ燃料はサトウキビ、トウモロコシ、パーム油等を原料としており、**食糧と競合**

代替燃料は食糧競合を回避でき、新たにGHG排出を増加させないものを原料とすべき。



(出典: エネルギー白書2016)

課題

- ・バイオエタノールの低コスト転換技術の確立
- ・スケールアップ技術の確立

◆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。

(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(閣議決定)

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。

# 1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

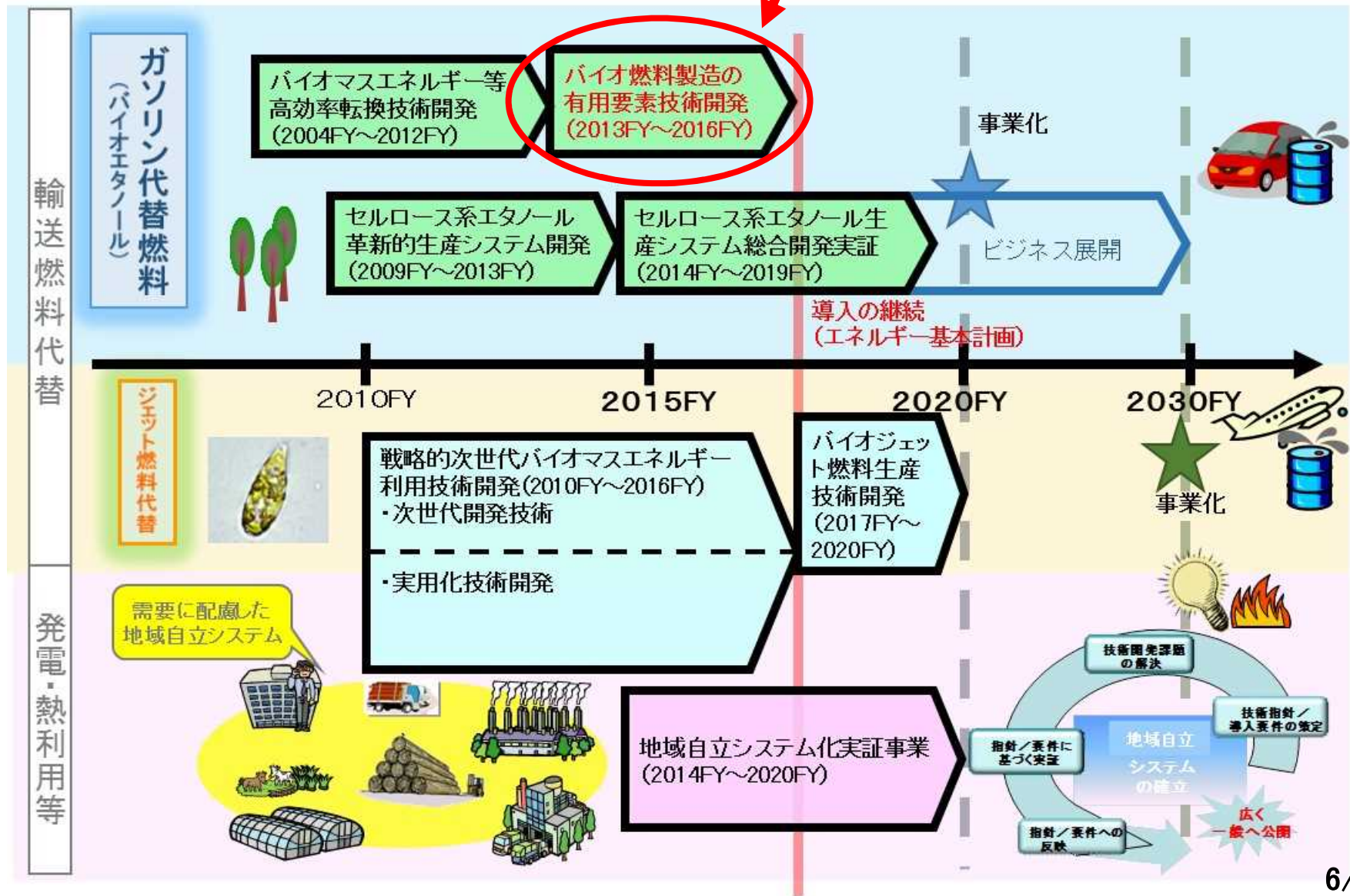
## ◆ 国内外の研究開発の動向と比較

国	政策	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。	ラボレベルから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を想定。
アメリカ	2014年度で7050万kL/年の輸送用バイオ燃料の導入を義務化。セルロース系エタノール6.4万kL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 Renewable7.5万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、ダンチュク等)を想定。

- 米国では、持続可能性に優れる第2世代エタノールの導入にも前向きだが、コストが高いのが課題。セルロース系エタノールの需給関係の中、第1世代よりも高値で流通。
- 日本と同様に、域内では原料が限られ輸入に頼らざるを得ない欧州では、持続可能性に優れ、食糧と競合しない第2世代エタノールを優遇。

# 1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

## ◆技術戦略上の位置付け(NEDOバイオマス事業)



◆NEDOが関与する意義

- ◆セルロース系エタノールの実用化は**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。**
- ◆セルロース系エタノール製造の**低コスト転換技術やスケールアップ技術の確立が必要。**
- ◆実用化には**多額の投資が必要であり民間企業単独での取り組みは困難。**
- ◆また、実用化の技術的なハードルは高く**民間企業及び大学等の連携が必要。**
- ◆現状では**バイオ燃料産業は存在せず、ビジネスモデルの構築、産業創出が必要。**

**NEDOが関与して推進すべき事業**



## 2. 研究開発マネジメント

---

## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

### ◆事業の目標

・2020年に(ガソリン対比)CO2削減率50%以上を達成する生産プロセスで、国内外のバイオエタノールと競合可能な生産コストでのバイオエタノール製造の実用化に資する有用要素生産技術を確立する。

・要素技術の具体的内容は以下とする

- ①バイオマス資源の生産技術開発
- ②有用糖化酵素の生産技術開発
- ③有用微生物を用いた発酵生産技術開発

糖化の困難なセルロース系バイオエタノールの製造に資する要素技術に特化

## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

### ◆ 技術開発の内容

#### 概要

セルロース系エタノールについて、2020年の実用化を目指し、国内外のバイオエタノール価格に競合可能な製造コストを目標とする研究開発を実施。

#### バイオマス資源の生産技術開発

- ・高生産性品種の選抜育種と植栽技術等の改良により収量をアップする高生産技術の開発

#### 有用糖化酵素の生産技術開発

- ・遺伝子組換え技術による酵素生産菌を用いた高活性で安価な酵素大量生産技術の開発

#### 有用微生物による発酵生産技術開発

- ・遺伝子組換え技術等により多機能を付加した有用微生物によるエタノール大量生産技術の開発

#### 技術開発イメージ

2013-2016年度

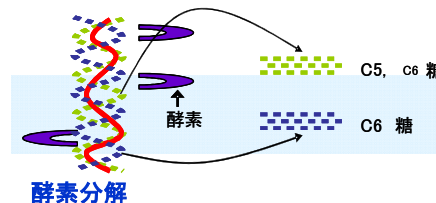


#### バイオマス資源の生産技術開発



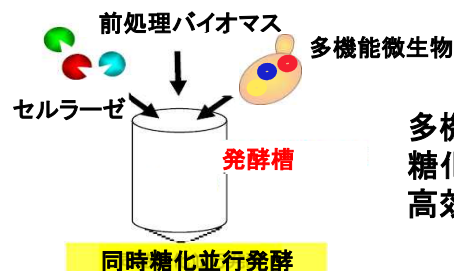
品種改良、植栽技術向上等によるバイオマスの収量アップ

#### 有用糖化酵素の生産技術開発



C5糖、C6糖への糖化能力を向上したスーパー酵素の生産菌を生産

#### 有用微生物を用いた発酵の生産技術開発

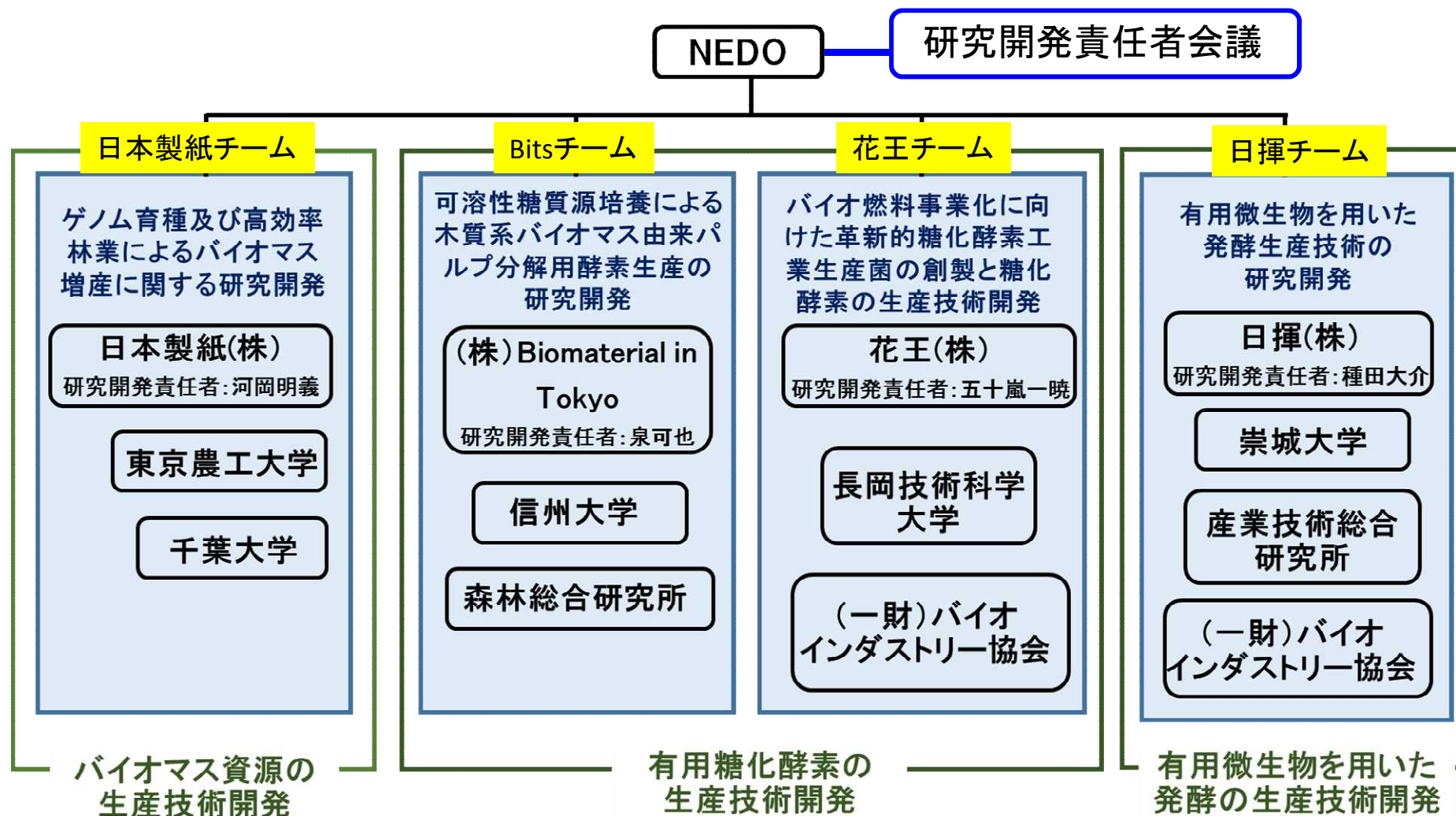


多機能微生物を用いた糖化同時発酵による高効率エタノール生産

同時糖化並行発酵

## 2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

### ◆ 研究開発の実施体制



## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

### ◆ 研究開発目標

#### 2020年の実用化に向け、競合可能な技術開発目標

研究開発テーマ	研究開発目標	根拠
ゲノム育種及び高効率林業によるバイオマス増産に関する研究開発 日本製紙	バイオマス生産性が1.8倍となる技術開発 (マーカー育種1.4倍、土壌選定技術1.3倍)	⇒原価約5円/BDkg
可溶性糖質源培養による木質系バイオマス由来パルプ分解用酵素生産の研究開発 Bits	【ユーカリパルプ】 酵素生産の低コスト化(10円/L-EtOH以下)	⇒オンサイト酵素生産で競合可能
バイオ燃料製造に向けた革新的糖化酵素工業生産菌の創製と糖化酵素の生産技術開発 花王	【バガス】 酵素生産の低コスト化(10円/L-EtOH以下) スケールアップ数m3規模でのF/Sの実施	⇒オンサイト酵素生産で競合可能
有用微生物を用いた発酵生産技術の開発 日揮	高機能酵母開発、パイロットスケール2m3規模で実証(糖化発酵率0.765以上=糖化0.85X発酵0.9以上)	⇒世界最高レベルのセルロースエタノール生産効率

## 2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

### ◆ 研究開発のスケジュール

研究開発テーマ	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度
ゲノム育種及び高効率林業によるバイオマス増産に関する研究開発 日本製紙	■	■	■	■
可溶性糖質源培養による木質系バイオマス由来パルプ分解用酵素生産の研究開発 Bits	■	■	■	■
バイオ燃料製造に向けた革新的糖化酵素工業生産菌の創製と糖化酵素の生産技術開発 花王	■	■	■	■
有用微生物を用いた発酵生産技術の開発 日揮	■	■	■	■
研究開発責任者会議	●	●	●	●

## 2. 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

#### ◆費用

(単位:百万円)

研究開発テーマ	2013 年度	2014年 度	2015 年度	2016 年度	合計
ゲノム育種及び高効率林業によるバイオマス増産に関する研究開発 <small>日本製紙</small>	12	102	78	71	263
可溶性糖質源培養による木質系バイオマス由来パルプ分解用酵素生産の研究開発 <small>Bits</small>	100	262	362	244	968
バイオ燃料製造に向けた革新的糖化酵素工業生産菌の創製と糖化酵素の生産技術開発 <small>花王</small>	224	876	490	351	1941
有用微生物を用いた発酵生産技術の開発 <small>日揮</small>	139	741	650	436	1966
合 計	475	1981	1580	1102	5138

### ◆ 研究開発の進捗管理

#### 研究開発責任者会議の実施

- ・4チーム間の**情報共有と連携**を促進するため、NEDO主催で実施
- ・春は研究状況、秋は事業化計画についての進捗を管理
- ・海外の動向等について、NEDOからも報告

#### 新たな課題の解決(実施計画の変更)

- ・酵素の頭打ち現象等の問題を明らかにするため、再委託先(京都大学)を追加(画像解析等)
- ・より実機に近い検討のため、大容量ポンプを使用した試験項目を追加(日揮)



### ◆ 研究開発の進捗管理／チーム間の連携

#### NEDOの仲立ちにより連携を実施

- ・日本製紙の関連会社よりユーカリパルプの**小ロットでの販売**(特別の便宜)を、日揮チームへ行った。
- ・bitsチームが生産した酵素カクテルを日揮チームに2回**提供**し、ユーカリパルプの糖化試験に使用した。
- ・花王チームが生産した酵素(中間開発品)を日揮チームに10回以上**提供**し、バガスの糖化発酵試験およびパイロットスケールでのエタノール生産に使用した。

### ◆ 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った。

### 3. 研究開発成果

---

### 3. 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

#### ◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発テーマ	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
ゲノム育種及び高効率林業によるバイオマス増産に関する研究開発 日本製紙	バイオマス生産性が1.8倍となる技術開発	マーカー育種で1.4倍、土壌選定技術で1.3倍となり、1.8倍の増産を達成	○x3	
可溶性糖質源培養による木質系バイオマス由来パルプ分解用酵素生産の研究開発 Bits	酵素生産の低コスト化(10円/L-EtOH)	安価な培地でより高活性にすることで10円を達成、2kLまでスケールアップ	○x7 △x1	酵素カクテルのチューンアップ
バイオ燃料製造に向けた革新的糖化酵素工業生産菌の創製と糖化酵素の生産技術開発 花王	酵素生産の低コスト化(10円/L-EtOH) F/Sの実施	酵素の性能向上と生産性向上。数m <sup>3</sup> でF/Sにより10円を達成。46m <sup>3</sup> までスケールアップ	◎x1 ○x2 特に生産性が大	
有用微生物を用いた発酵生産技術の開発 日揮	高機能酵母開発、パイロットスケールで実証(糖化発酵率0.765)	各種バガスの発酵に適した最高の酵母(糖化発酵率0.80~0.85)を開発 2m <sup>3</sup> パイロットで複数の原料で目標値を大幅にクリア	◎x1 ○x3 各種原料に適した酵母開発	

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み(中間)／一部達成(事後)、×未達

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

- 各テーマにおいて、国内外のバイオエタノールと競合可能な技術開発目標(コスト削減に関する目標)はすべて達成。
- 本成果は、予定通り2020年の実用化・事業化に向けて利活用。
- セルロース系エタノール糖化酵素については世界トップレベルの性能と生産性を併せ持つ。
- 本事業で独自に開発した組換え酵母株の性能も世界トップレベル(各種原料に適した酵母の高度な開発技術)。
- プロジェクト終了後、糖化酵素、培養プロセスに関する成果を「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」へも活用。

### 3. 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

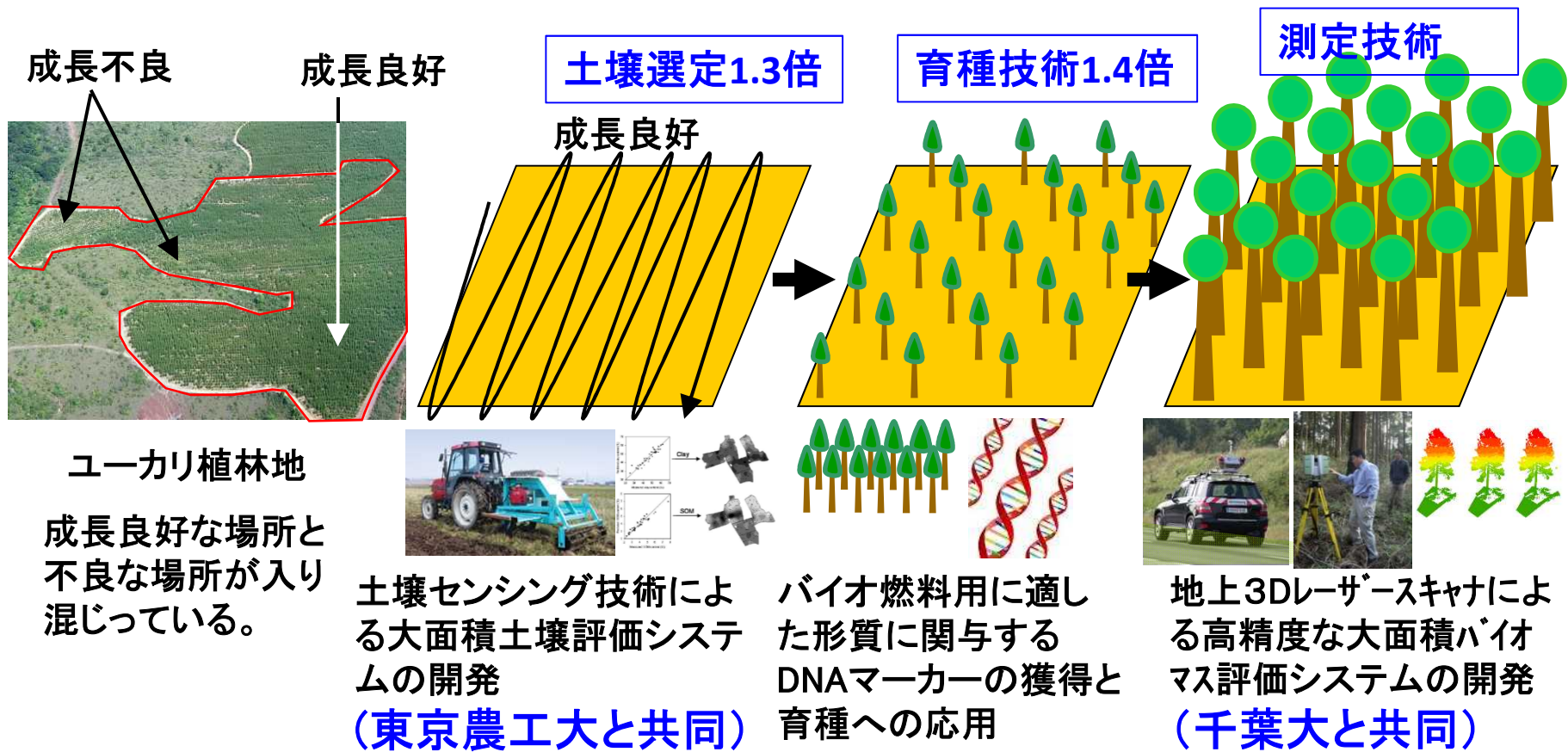
---

#### ◆各個別テーマの成果と意義

3. 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

研究開発テーマ	目標	成果	達成度
ゲノム育種及び高効率林業によるバイオマス増産に関する研究開発	バイオマス生産性が <b>1.8倍</b> となる技術開発	マーカー育種で <b>1.4倍</b> 、土壌選定技術で <b>1.3倍</b> となり、 <b>1.8倍</b> の増産を達成	○x3



1.8 倍のバイオマス増産 = 1.4倍 x 1.3倍 ... 約5円/BDkg

3. 研究開発成果

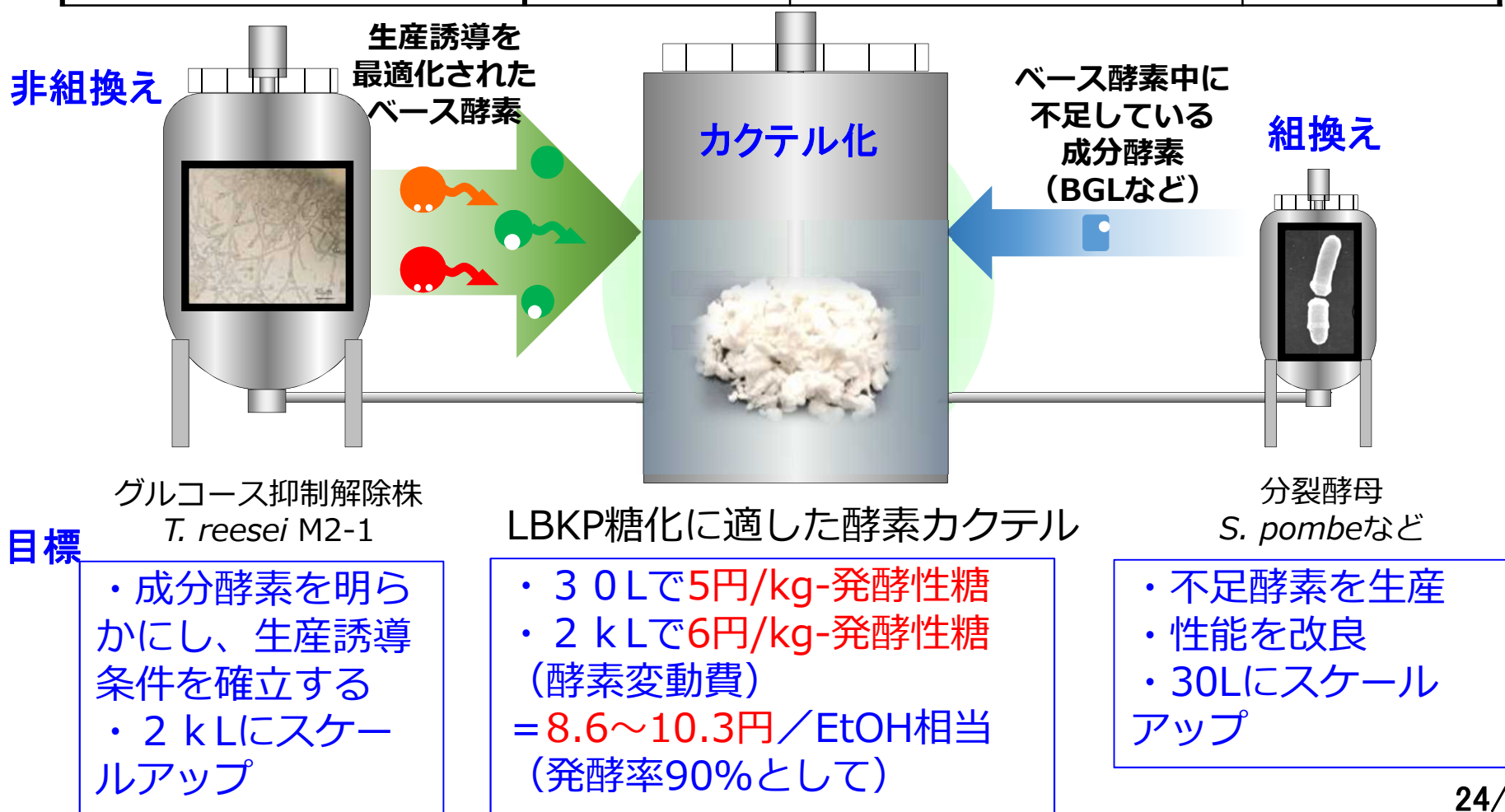
(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

研究開発項目	目標	成果	達成度
<p>①バイオ燃料用に適した形質に 関与するDNA マーカーの獲得 と育種への応用</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・DNAマーカーより各形質の 予測推定式<math>R=0.7</math>以上</li> <li>・セルロース増加量が<b>1.4倍</b>以上となる優良クローンを<b>3系統</b>獲得</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・DNAマーカー解析の形質予測式の相関係数は<b>0.71~0.73</b>に向上</li> <li>・推定セルロース生産量<b>1.4倍以上</b>の<b>3系統</b>を獲得</li> </ul>	<p>○</p>
<p>②土壌センシング技術を用いた 大面積土壌評価 システムの開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年<b>6000 ha</b>の効率での運用と 回帰モデル</li> <li>・成長性を予測する土壌評価 システムと<b>1.3倍</b>以上の成長量 を得るシステムの構築</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土壌センサ、時速4kmで、年間<b>6,000ha</b>を カバー</li> <li>・土壌分析値より、成長量を予測する技術 を開発</li> <li>・植栽地の選択により、通常植栽と比較して<b>1.3倍</b>の成長量</li> </ul>	<p>○</p>
<p>③地上3Dレーザースキャナによる高精度な大面積バイオマス 評価システムの開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・数ha規模のバイオマス測定 において、現行の<b>4倍</b>の効率 での作業方法を確立</li> <li>・植林地(<b>30 ha</b>/日以上)のバイオマス量を測定する方法を 確立</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3Dレーザーで、400m<sup>2</sup>を1人・30分(従来の<b>4倍以上</b>の効率)で測定</li> <li>・植林地の3D情報から空間体積を求め、<b>30 ha</b>以上のバイオマス量を測定するソフトウェアを確立。</li> </ul>	<p>○</p>



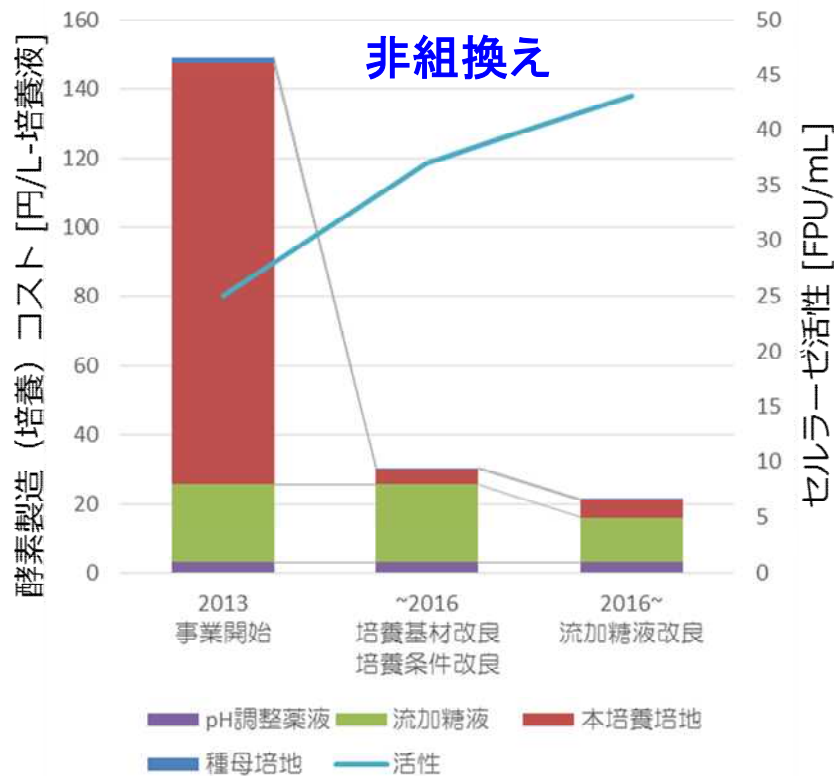
### 3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義 **bitsチーム**

研究開発テーマ	目標	成果	達成度
可溶性糖質源培養による木質系バイオマス由来パルプ分解用酵素生産の研究開発	酵素生産の低コスト化(10円/L-EtOH)	安価な培地でより高活性にすることで10円を達成、2kLまでスケールアップ	○x7 △x1

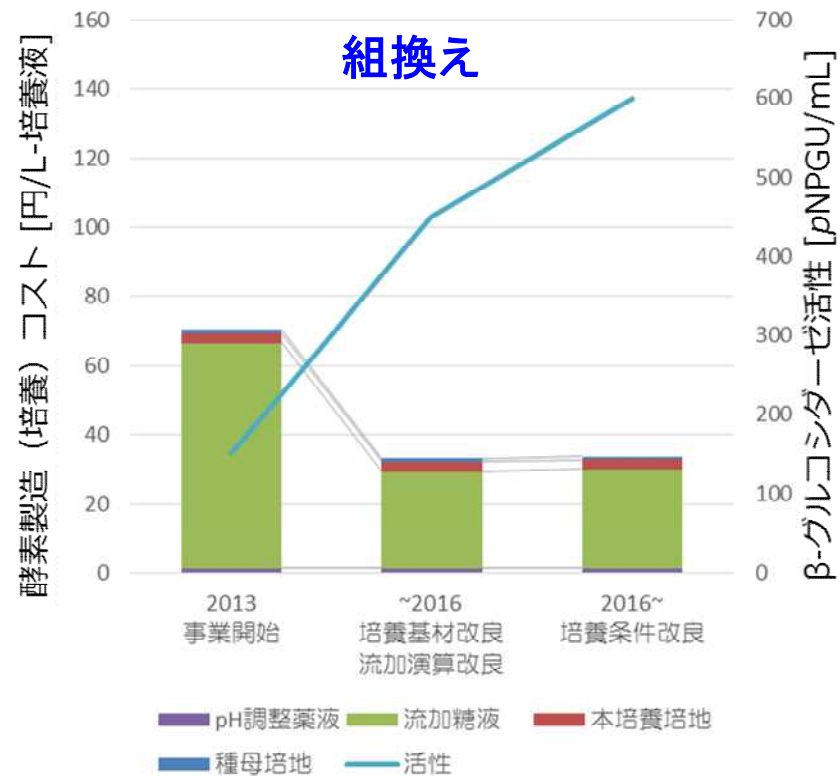


### 3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義 **bitsチーム**

ベース酵素 (*T. reesei* M2-1) 製造コスト推移



添加酵素 (AaBGL1発現*S. pombe*) 製造コスト推移

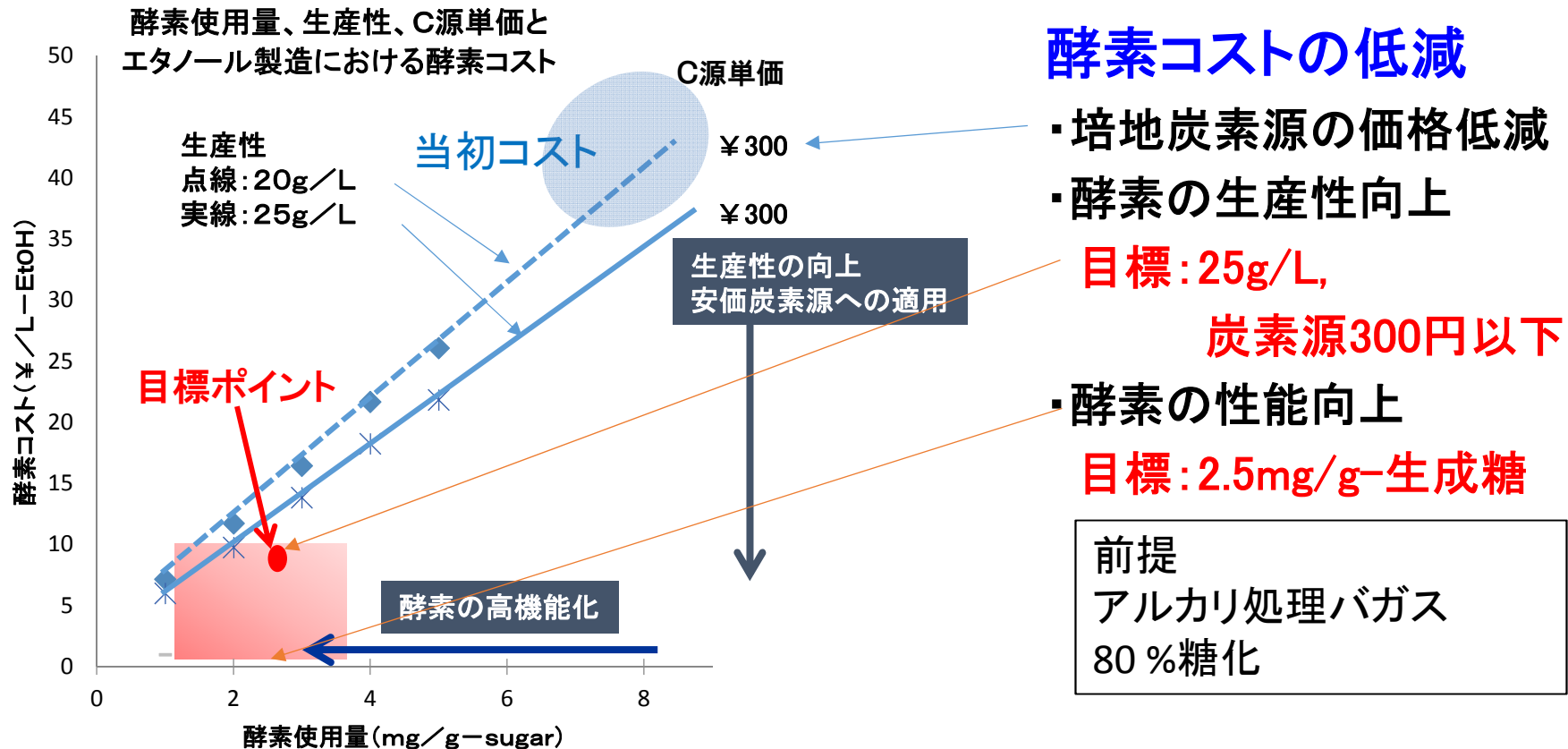


- ・両酵素とも、大幅なコストダウンに成功し、目標を達成
- ・添加酵素の改良は一部未達、継続検討中
- ・課題は酵素カクテルのチューンアップにより達成見込

### 3. 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 花王チーム

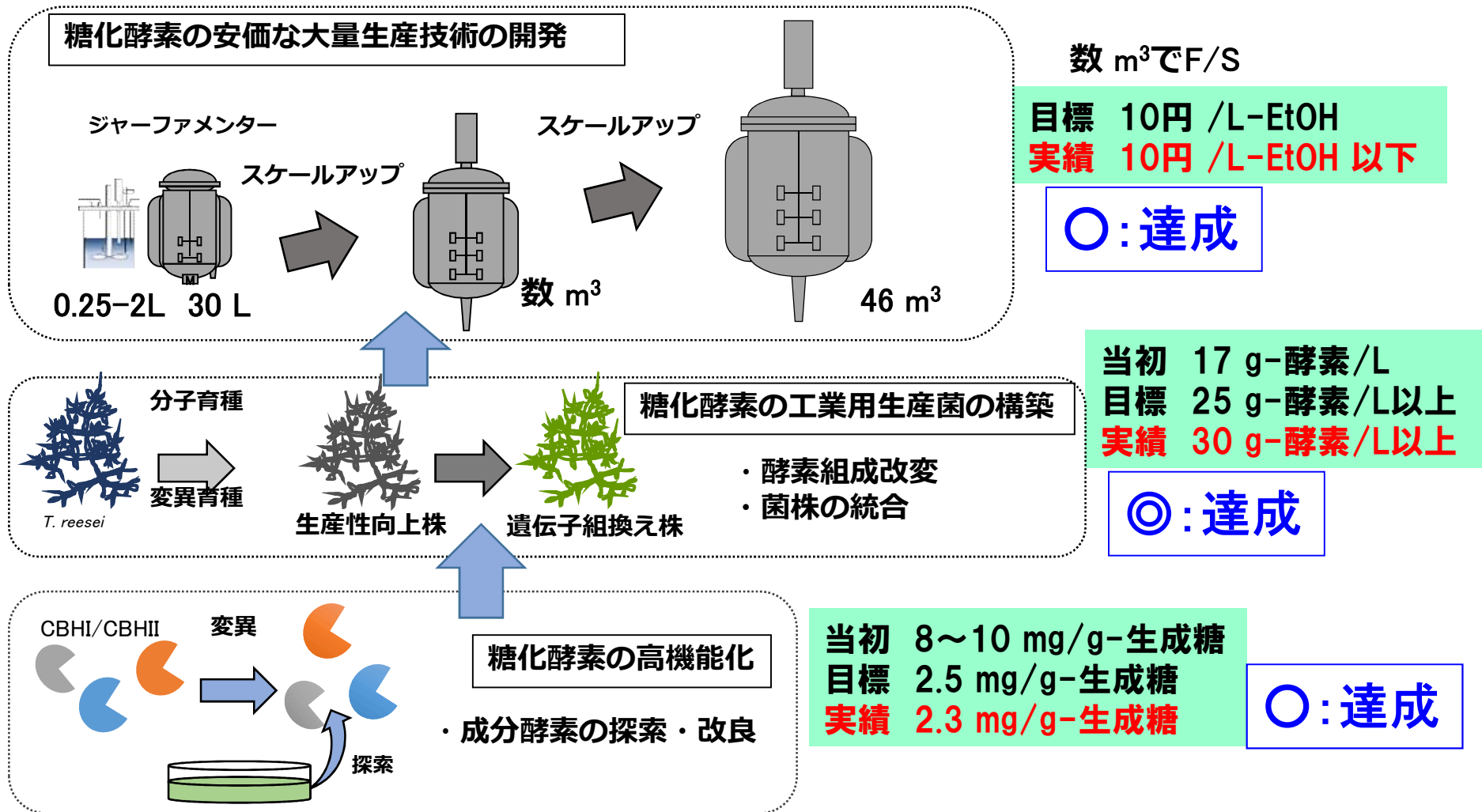
研究開発テーマ	目標	成果	達成度
バイオ燃料製造に向けた革新的糖化酵素工業生産菌の創製と糖化酵素の生産技術開発	酵素生産の低コスト化 (10円/L-EtOH) F/Sの実施	酵素の性能向上と生産性向上 数m3でF/Sにより10円を達成 46m3までスケールアップ	◎x1 ○x2 特に生産性大

#### 第1期NEDO先導基盤研究での試算より



⇒ **目標: 低コスト化 = 10円/L-EtOH**

### 3. 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 **花王チーム**

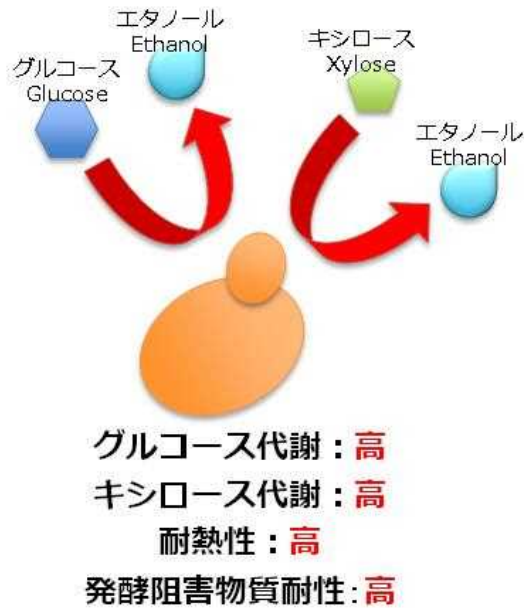


10~20 万 kLのエタノール設備に対し、オンサイト酵素供給のS/Fを実施(含設備)  
 アルカリ処理バガス为原料とした場合 **酵素代10円/L-EtOH** となる技術開発ができた

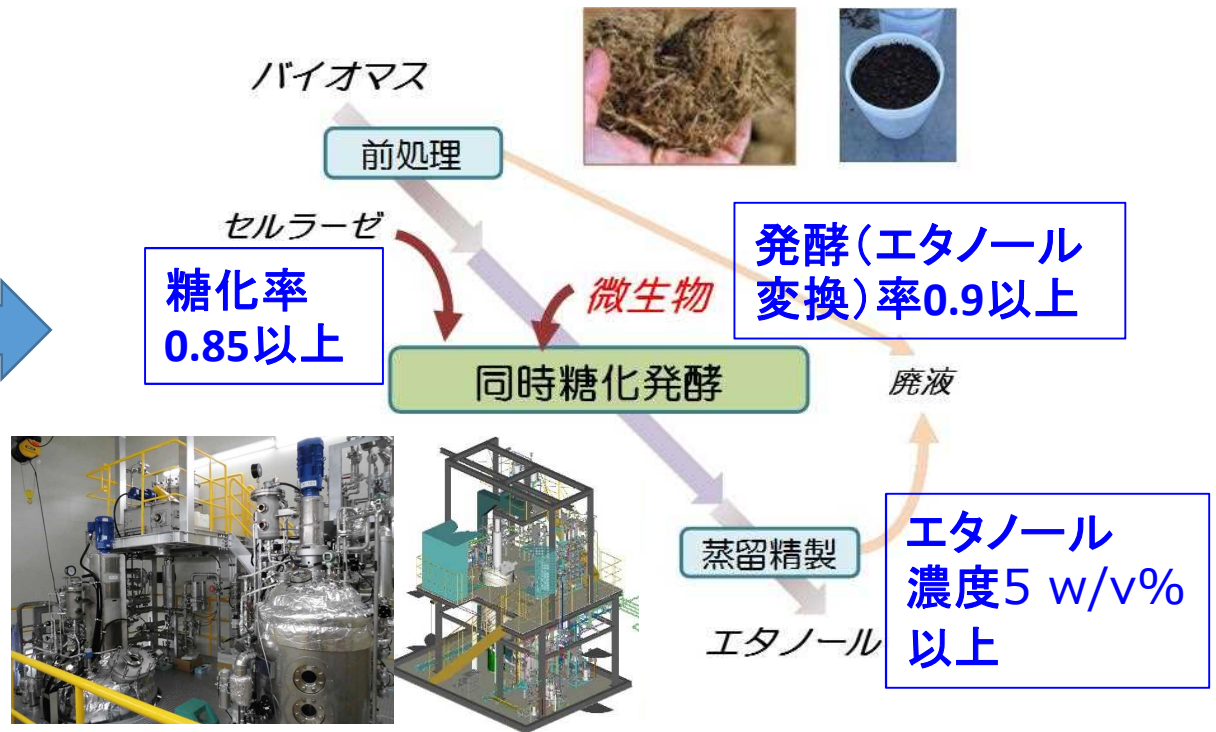
### 3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義 日揮チーム

研究開発テーマ	目標	成果	達成度
有用微生物を用いた発酵生産技術の開発	高機能酵母開発、パイロットスケールで実証 (糖化発酵率0.765)	各種バガスの発酵に適した最高の酵母(糖化発酵率0.80~0.85)を開発 2m <sup>3</sup> パイロットで複数の原料で目標値を大幅にクリア	◎x1 ○x3 各種原料に適した酵母開発

#### 同時糖化発酵に最適な酵母株の構築



#### C5C6同時糖化発酵 (SSCF) 糖化とC5C6糖の発酵を同時に行うプロセス



糖化発酵率0.765 = 糖化率0.85 × 発酵率0.9

2m<sup>3</sup>のパイロットスケールで実証

### 3. 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 **日揮チーム**

研究開発項目	目標	成果	達成度
C5C6糖同時発酵微生物の開発	実バイオマス（バガス、ユーカリ）から <b>5w/v%以上</b> のエタノールを、1 ton-dryの前処理バイオマスから380L以上生産可能（糖化発酵率 <b>0.765</b> ）な、同時糖化並行複発酵に最適化された <b>遺伝子組換え酵母株の創製</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高効率キシロース代謝、高温発酵、阻害物質耐性有用遺伝子、酵素情報獲得</li> <li>・実用酵母に実装し、数値目標を超えて達成(糖化発酵率<b>0.81~0.86</b>、<b>エタノール濃度 6 w/v%以上</b>)</li> </ul>	◎ (エタノール変換効率 <b>95%以上</b> ) = 上限(世界最高レベル)
同時糖化並行複発酵プロセスの開発	実バイオマス（バガス、ユーカリ）を用いた <b>2 m<sup>3</sup>パイロット試験装置</b> における同時糖化発酵において、エタノール濃度 <b>5 w/v %</b> 、1 ton-dryの前処理バイオマスから380 L以上（糖化発酵率 <b>0.765</b> ）のエタノールを生産 実機に使用可能なスラリーハンドリング技術の確立	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>2m<sup>3</sup>パイロットスケール試験装置を設計・建設し</b>、複数の原料で目標の<b>108~112%</b>でエタノール製造</li> <li>・20m<sup>3</sup>デモスケールにおいて、同時糖化並行複発酵スラリーのスラリーハンドリング<b>技術を確立</b></li> </ul>	○  ○
プロセスデザインパッケージの作成	同時糖化併行複発酵商業装置のプロセスデザインパッケージの作成	同時糖化併行複発酵のプロセスデザインパッケージを <b>完成</b>	○

### 3. 研究開発成果 (2) 成果の普及

#### ◆ 成果の普及

	件数				
	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	計
特許出願	0	3	6	3	12
論文(査読付き)	0	4	6	7	17
図書・その他	0	0	1	1	2
研究発表・講演	1	29	71	47	148
新聞・雑誌等への掲載	0	1	0	0	1

※2017年3月31日現在

- ・ニュースリリース1(2017年6月1日に追加)
- ・追加の特許出願も準備中

◆ 知的財産権の確保に向けた取組

- 本事業では、各チームとともに**企業は1社**（他は大学、研究機関）であり、企業が研究開発責任機関として**知財運営委員会**を運営。
- チーム内で複数の大学や研究機関が単独出願した特許を企業（花王）に移転するなど、**事業化**を見据えた特許戦略に取り組んでいる。



## 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

---

#### 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

---

##### ◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

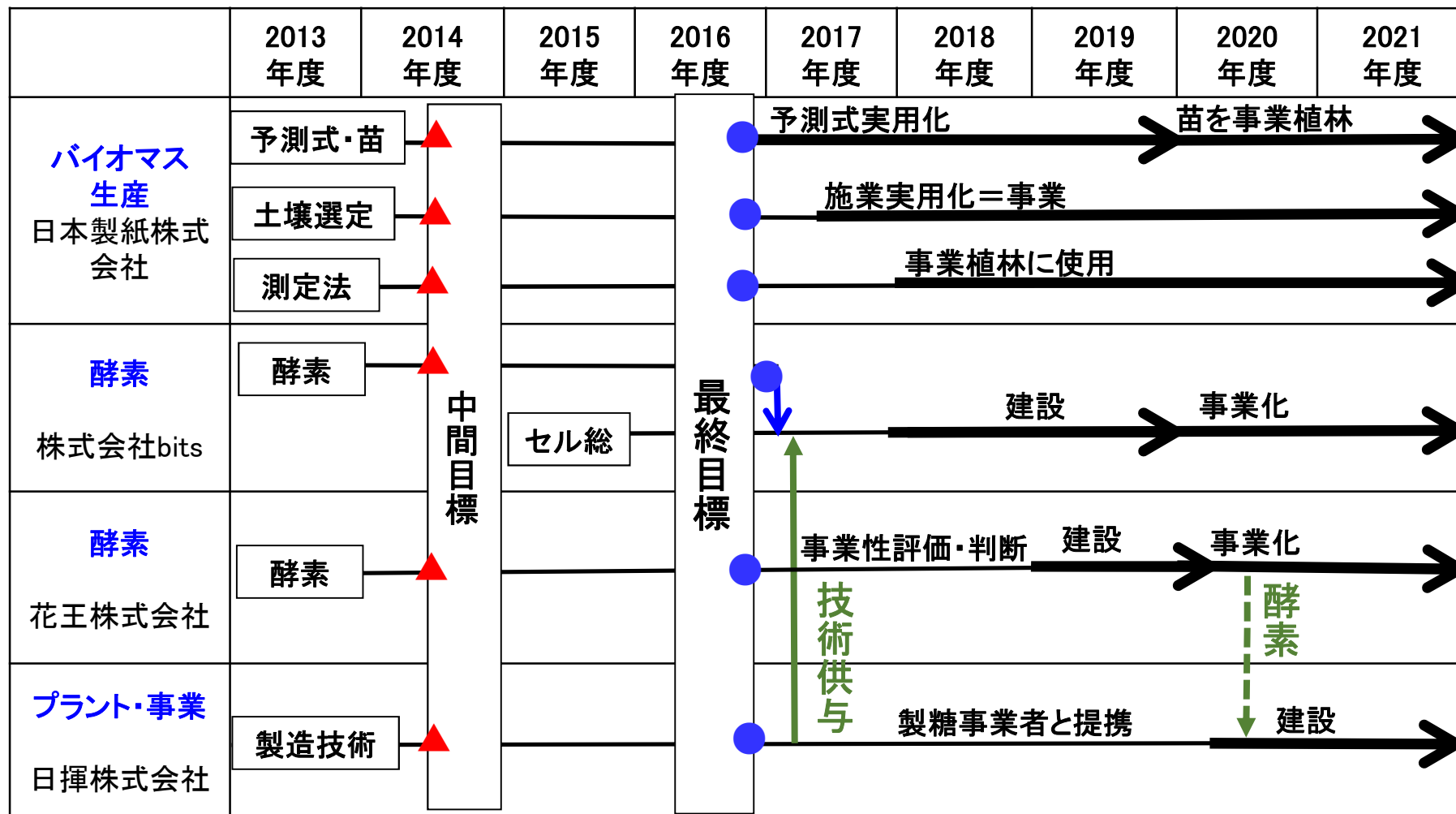
当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献すること。

◆ 実用化・事業化に向けた戦略

- ・第1世代に比べてもGHG排出を削減できるセルロース系エタノールの需要は、今後高まると予想される。
- ・日本製紙は自社植林地へ成果を展開する。
- ・酵素活性あたりの生産コストを下げ、オンサイト生産で輸送・保管コストを低減することで酵素生産の経済性を確保し、国内活用(セル総)およびアジア地域のエタノール生産工場でのオンサイト酵素生産供給を目指す。
- ・日揮は海外製糖企業や製糖関連エンジニアリング会社と、事業化に向けた協業を検討中。

4. 成果の実用化・事業化に向けての取組及び見通し (2) 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組

◆ 実用化・事業化に向けた具体的取組



▲: 基本原理確認

●: 基本技術確立