

2013年12月4日

バイオリファイナーの世界動向と 実用化に向けた取り組み

(公財)地球環境産業技術研究機構 (RITE)
理事・バイオ研究グループリーダー

湯川 英明



バイオリファイナリー：市場規模予測



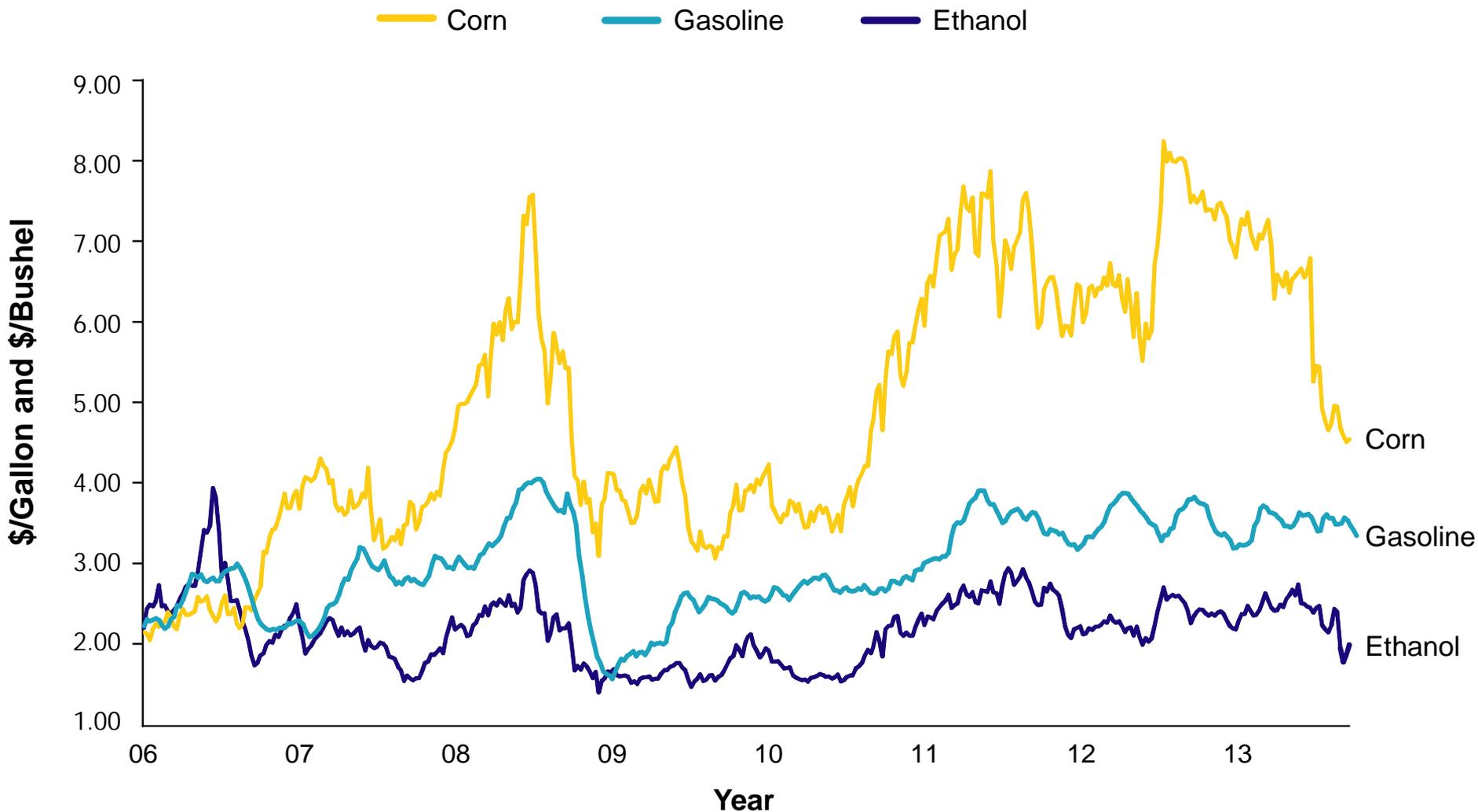
- Biorefineries will generate \$230 Billion by 2020

World Economic Forum 2010

- Biorefineries might be worth \$300 Billion by 2030

World Economic Forum 2011

トウモロコシ価格推移



[出典]

Corn, Ethanol価格: CME Group

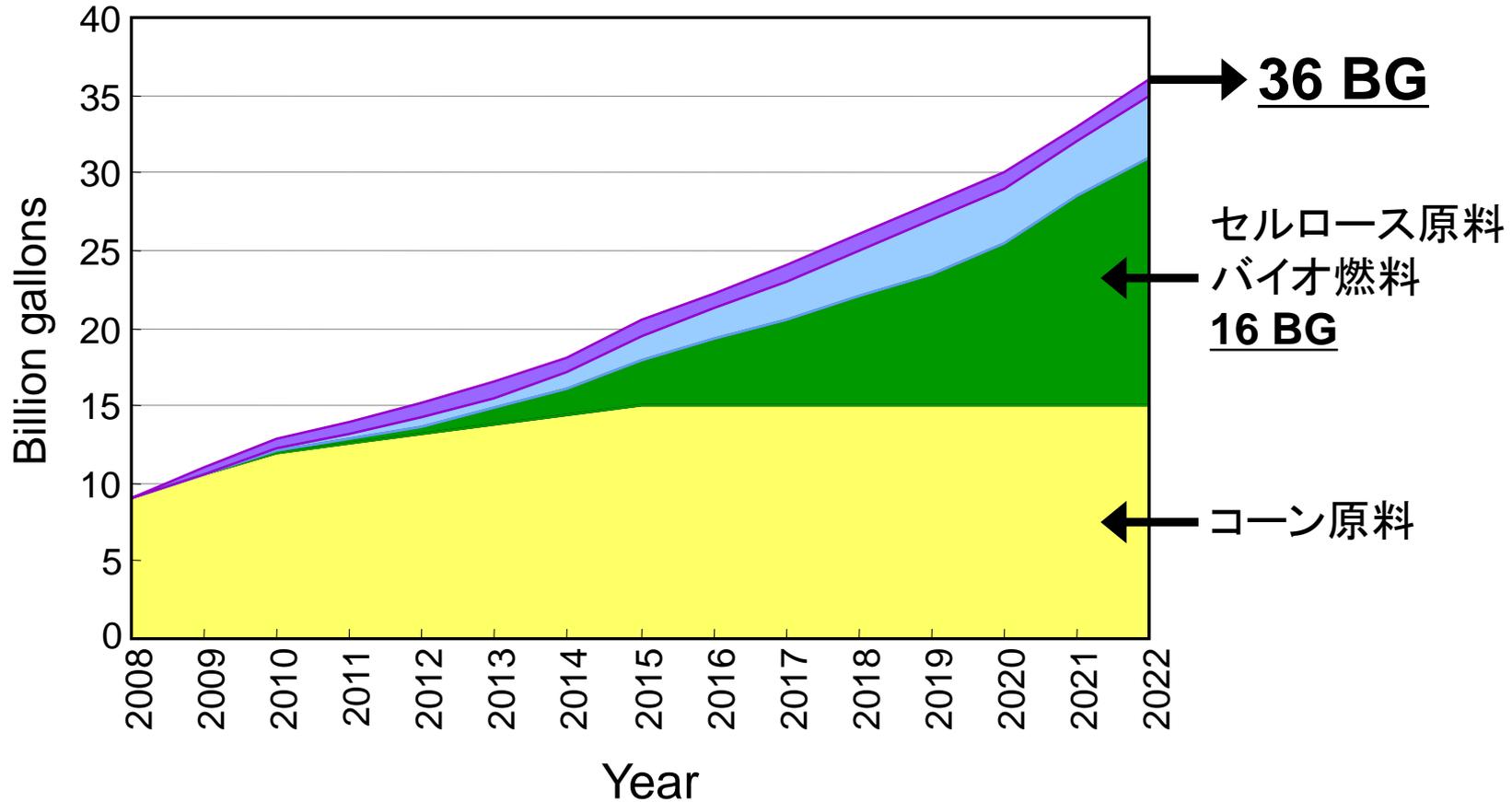
Gasoline価格: The U.S. Energy Information Administration (EIA)

セルロースエタノール実証状況 in 米国



セルロース系バイオ燃料導入計画 in 米国

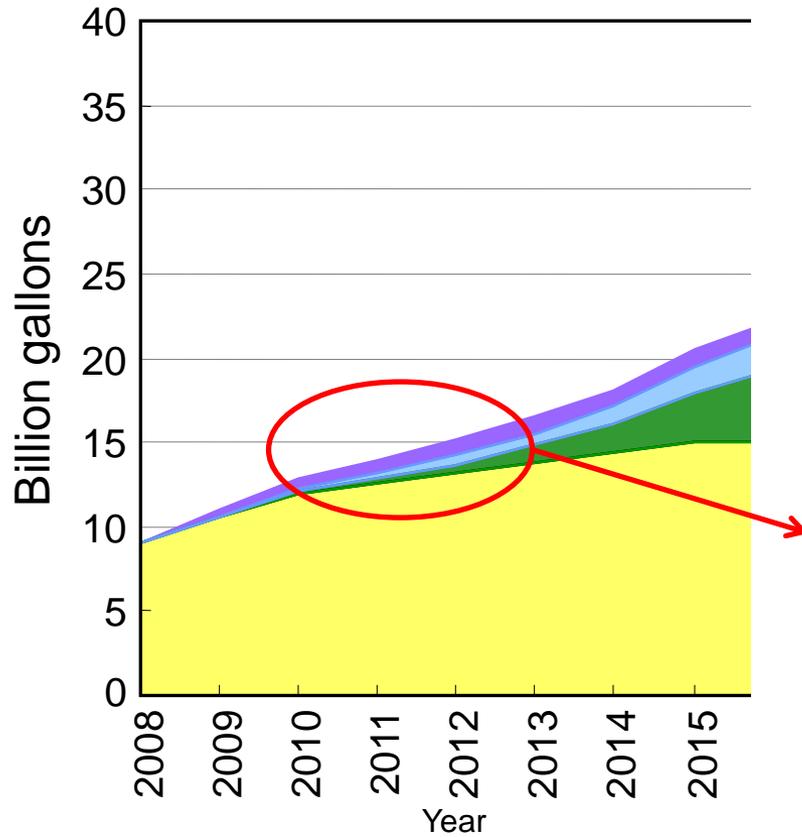
Renewable Fuel Standard program (RFS2)



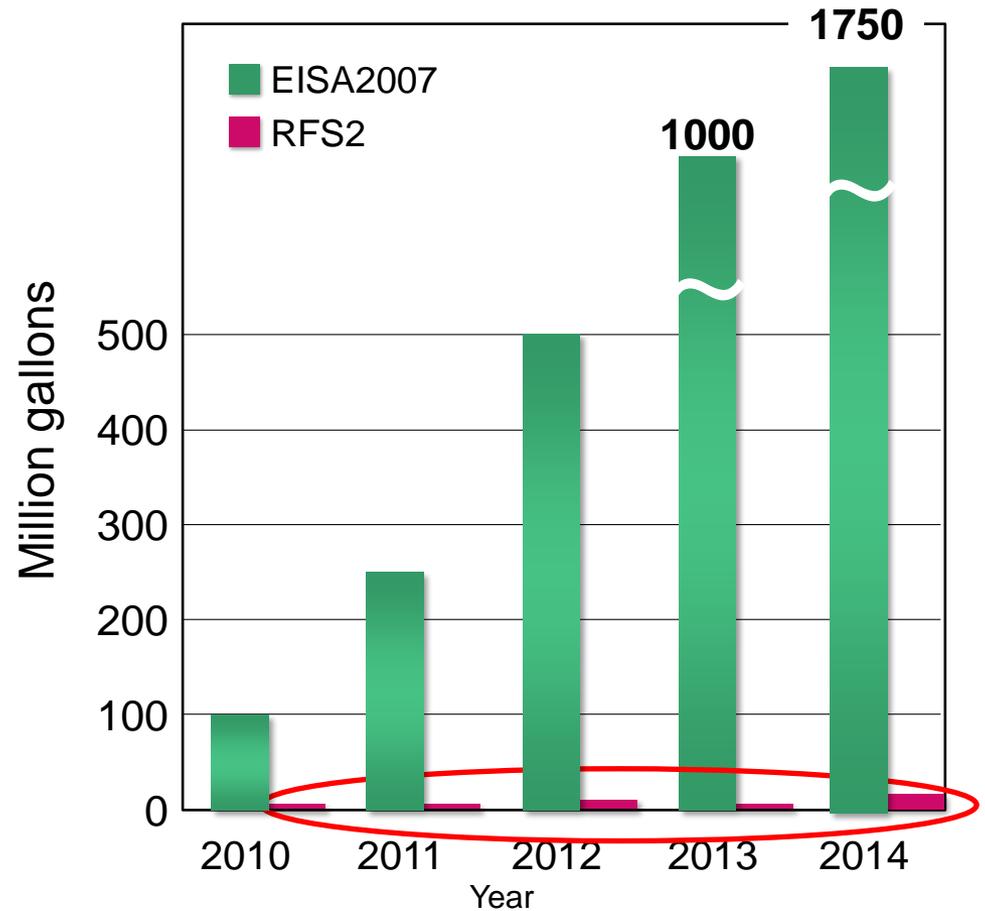
[出典] Energy independent and security act of 2007

セルロース系バイオ燃料導入計画 in 米国

Renewable Fuel Standard program (RFS2)



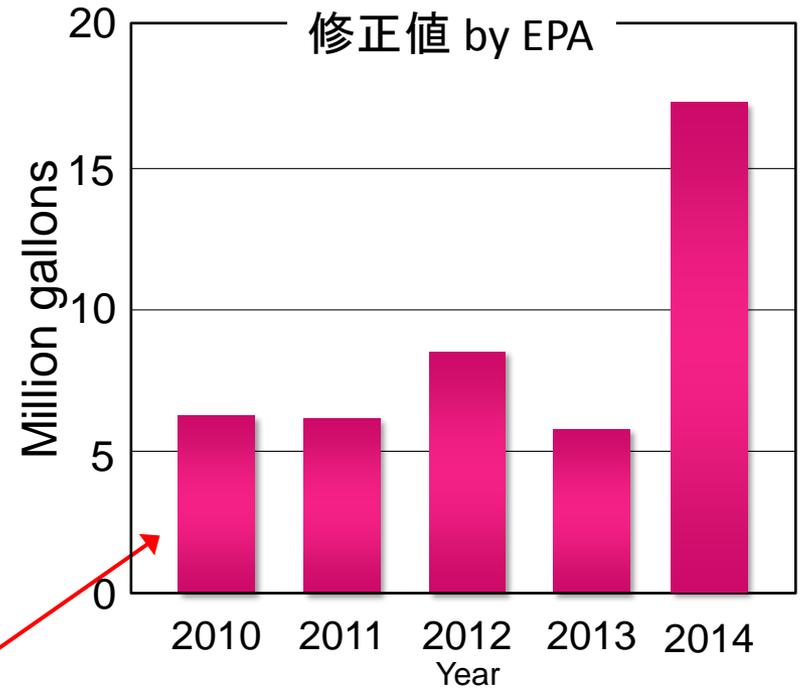
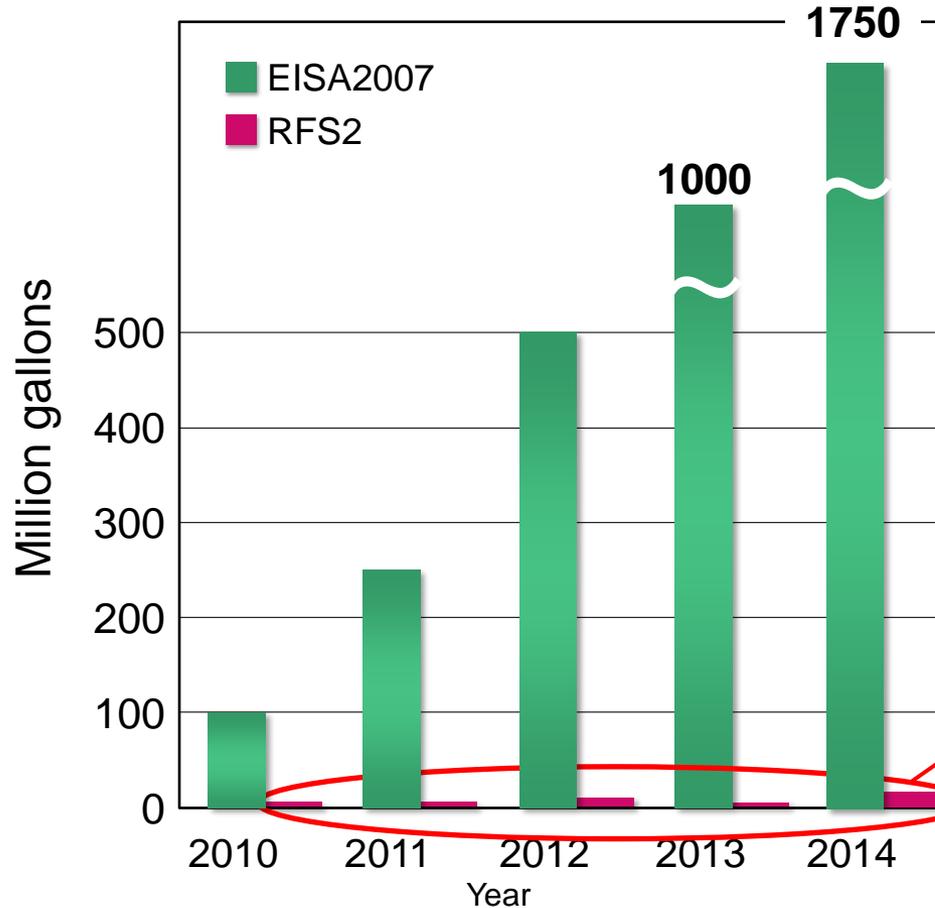
出典: Energy independence and security act of 2007



出典: Renewable Fuel Standard(RFS2)

セルロース系バイオ燃料導入計画 in 米国

Renewable Fuel Standard program (RFS2)

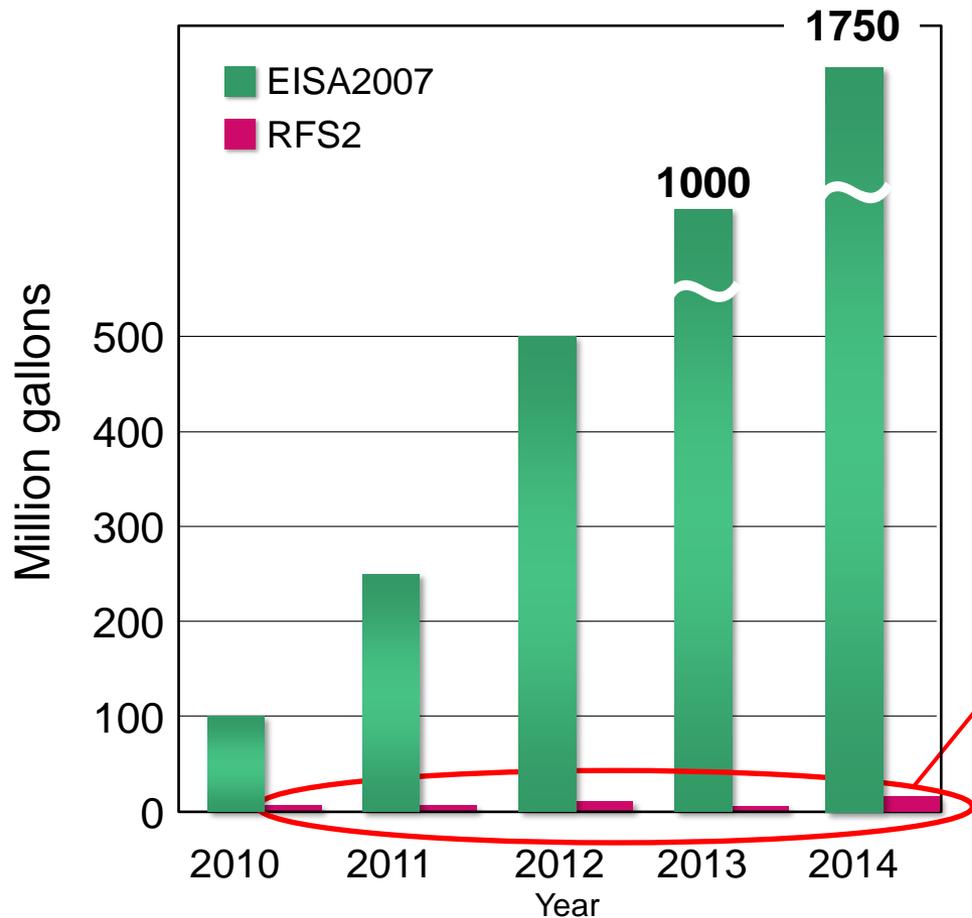


出典: Renewable Fuel Standard (RFS2)

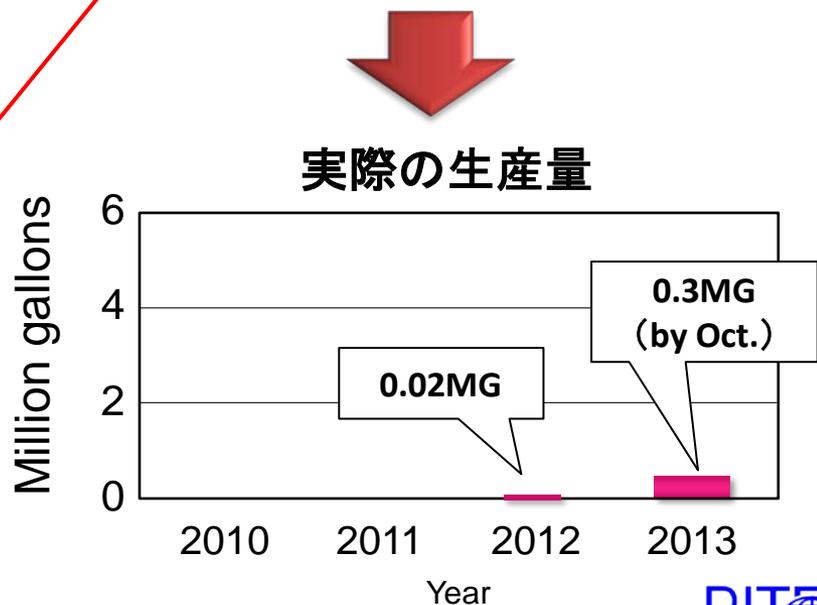
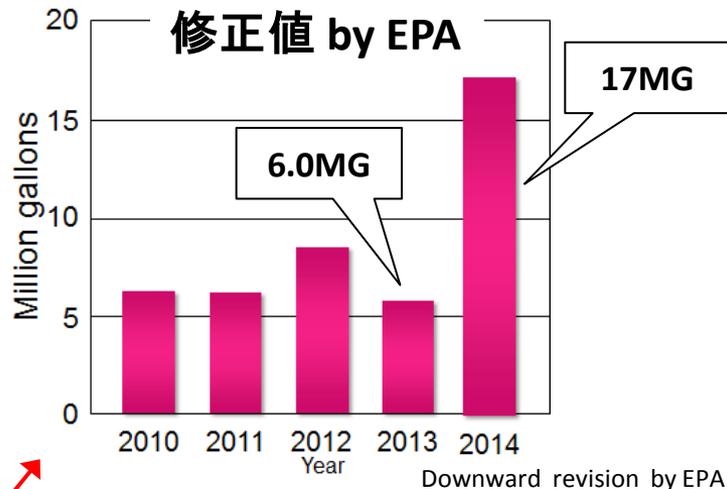
出典: Energy independence and security act of 2007(EISA2007), Renewable Fuel Standard(RFS2)

セルロース系バイオ燃料導入計画 in 米国

Renewable Fuel Standard program (RFS2)



出典: Energy independence and security act of 2007(EISA2007),
Renewable Fuel Standard (RFS2)



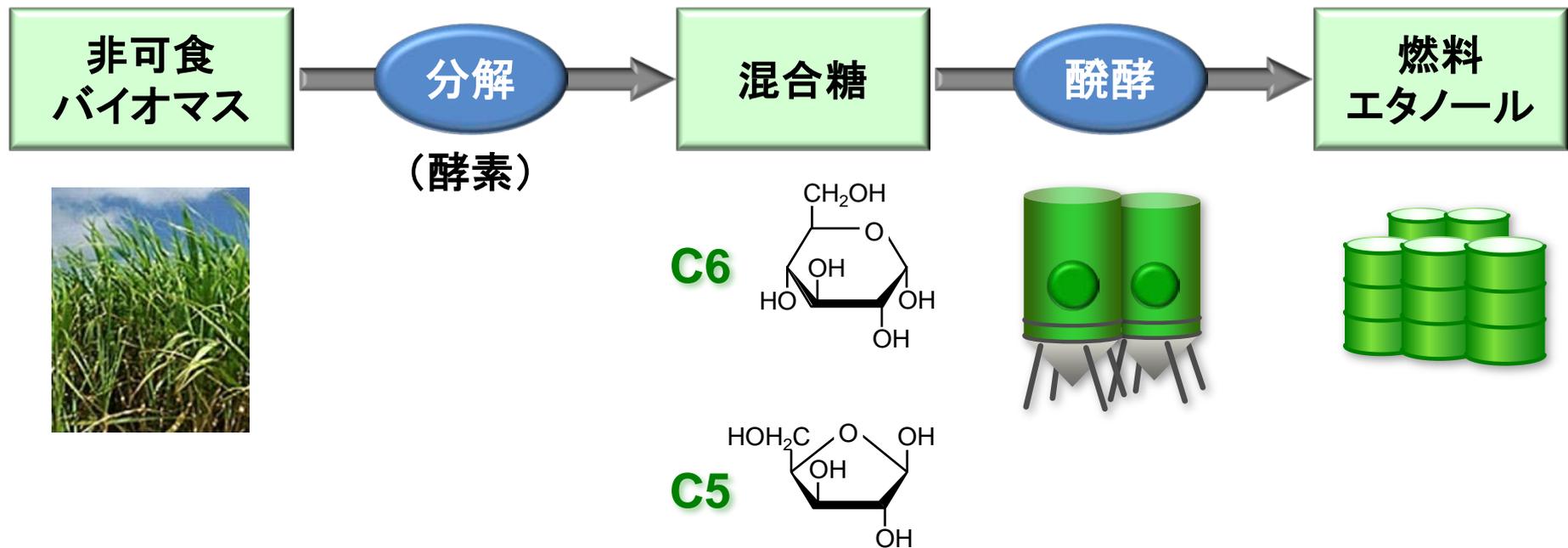
セルロースエタノール実証生産計画 in 米国

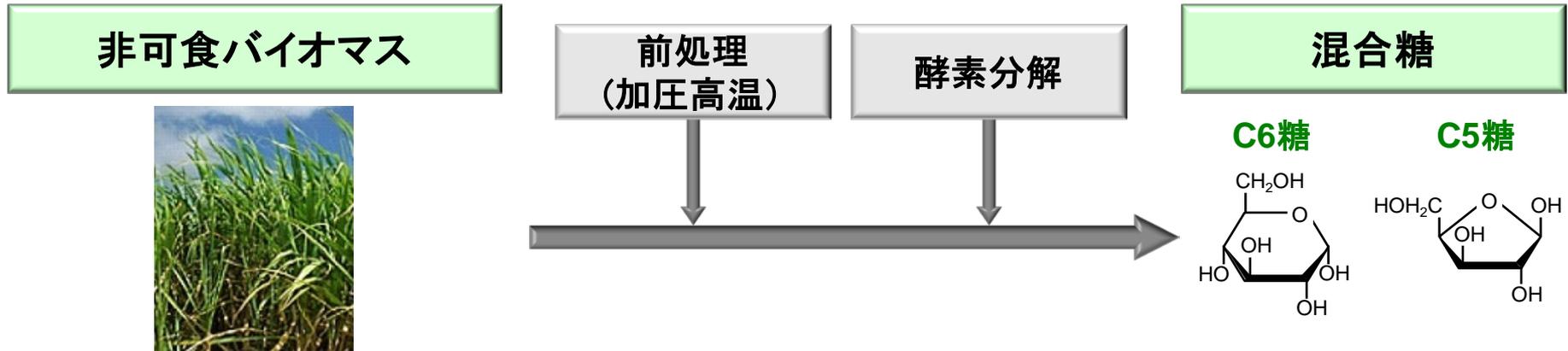
企業	生産開始時期	州	生産規模 (MGY)	原料
POET-DSM Advanced Biofuels	2014	アイオワ	25	コーンストーバー
Abengoa Bioenergy	2014	カンザス	24	コーンストーバー
DuPont Cellulosic Ethanol	2014	アイオワ	30	コーンストーバー
Chemtex	2015	ノース カロライナ	20	Energy crops

MGY : million gallons per year (3785KL/year)

25MGY = 9.5万KL/年

セルロースエタノール製造プロセス





“天文学的”な酵素コスト

厳しい前処理

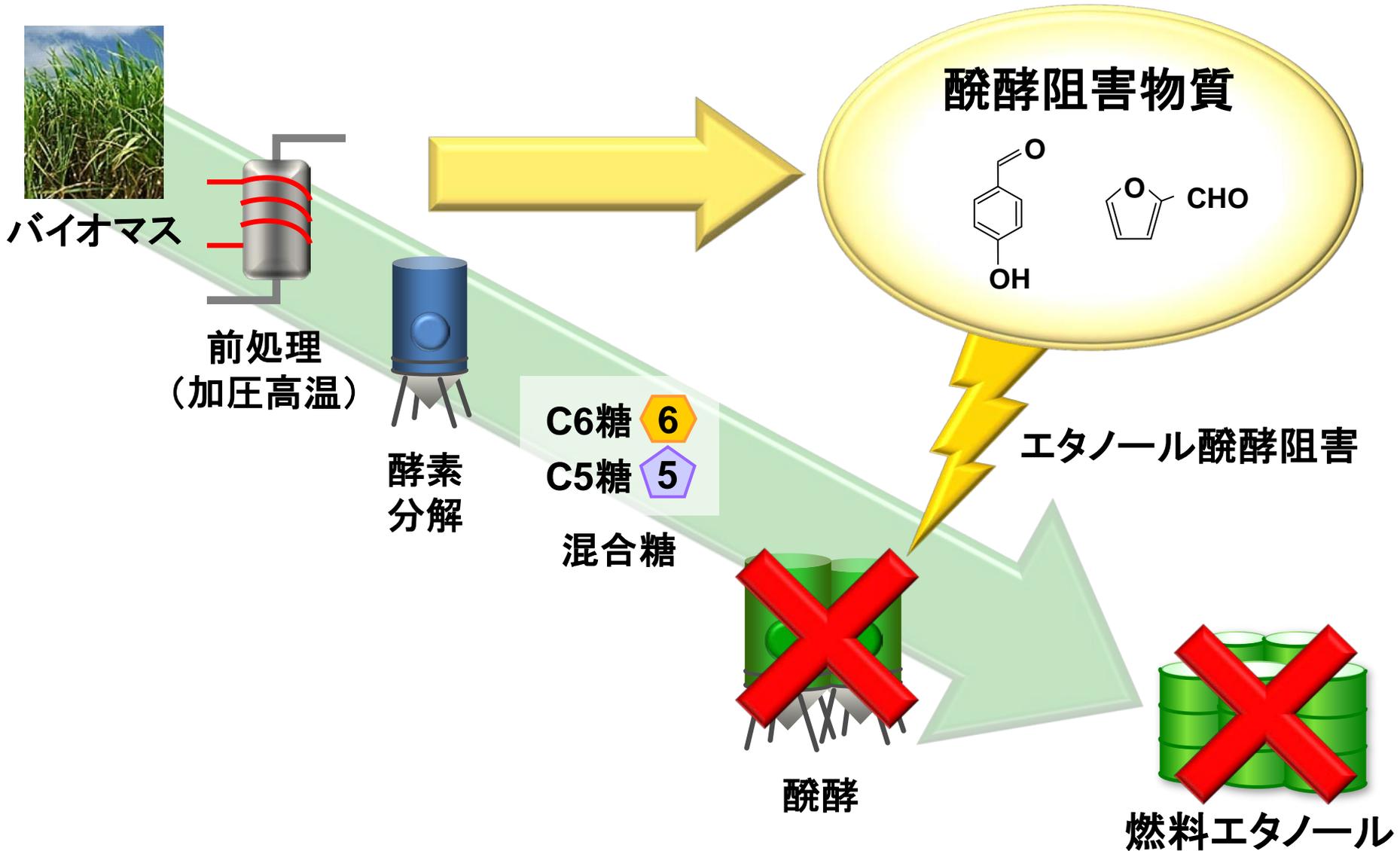
- * 必要酵素量: 少
- * 醱酵阻害物質生成量: 多

trade off

穏やかな前処理

- * 必要酵素量: 多
- * 醱酵阻害物質生成量: 少

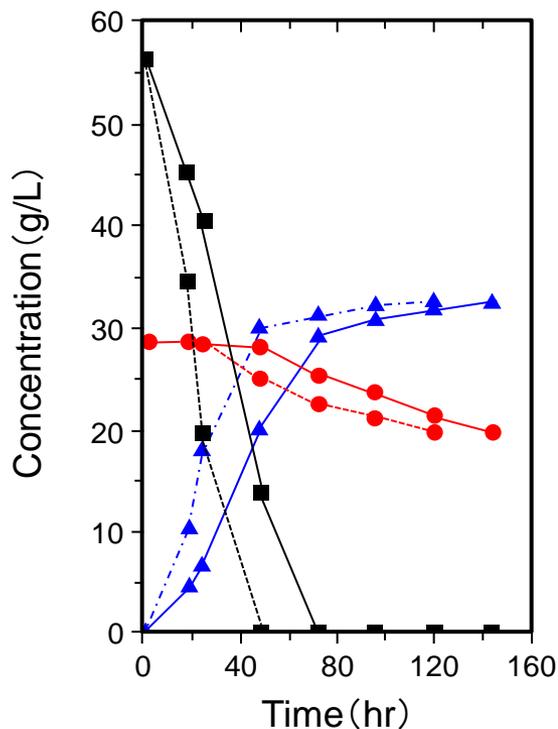
工業化に障害：醗酵阻害物質



実液混合糖(C6糖, C5糖)からのエタノール生成

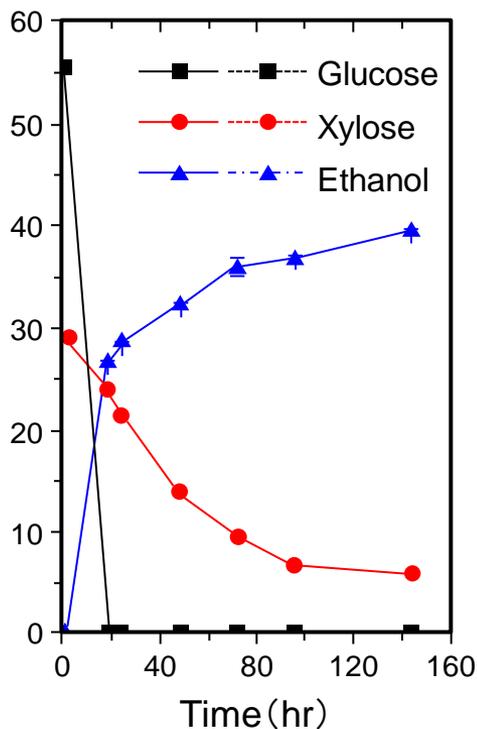
ザイモナス

(*Zymomonas mobilis*)
(AX101)
(Zhang M(NREL))



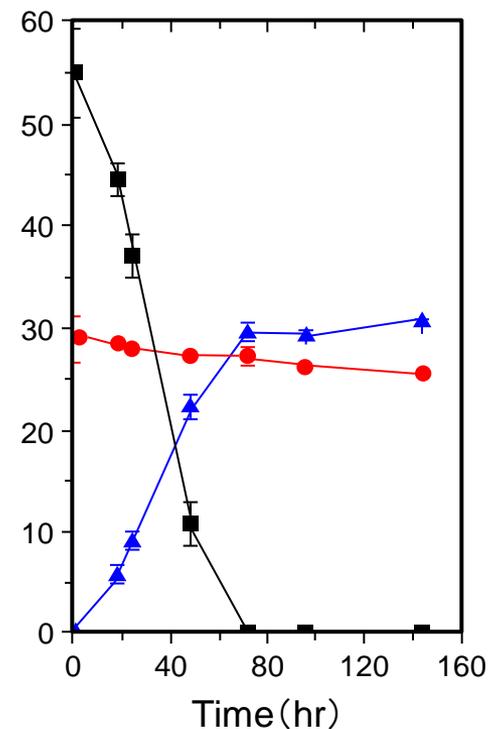
酵母

(*Saccharomyces cerevisiae*)
(424A(LNH-ST))
(Ho NW(パデュュー大))



大腸菌

(*Escherichia coli*)
(KO11)
(Ingram LO(フロリダ大))



Bruce E Dale *et al.*, *Biotechnol. Biofuel.* 3:11. 2010.

RITEの取り組み

米エネルギー省との共同研究成果 —CRADA*契約—

非可食バイオマスからバイオ燃料
エタノールの経済性ある製造の実現へ

* *Cooperative Research and Development Agreement*

NREL (米国再生可能エネルギー研究所):

1974年設立

バイオ燃料生産技術開発における中心的な研究機関



Pretreatment and enzyme hydrolysis of cellulose



corn stover



pretreated corn stover



horizontal pretreatment
reactor



enzymatic hydrolysis
reactors



NRELとの共同研究

非可食バイオマス

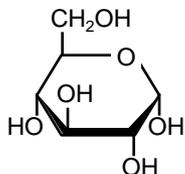


各種前処理条件
(加圧高温)

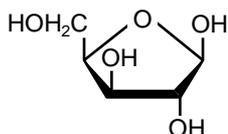
酵素分解

混合糖

C6糖



C5糖



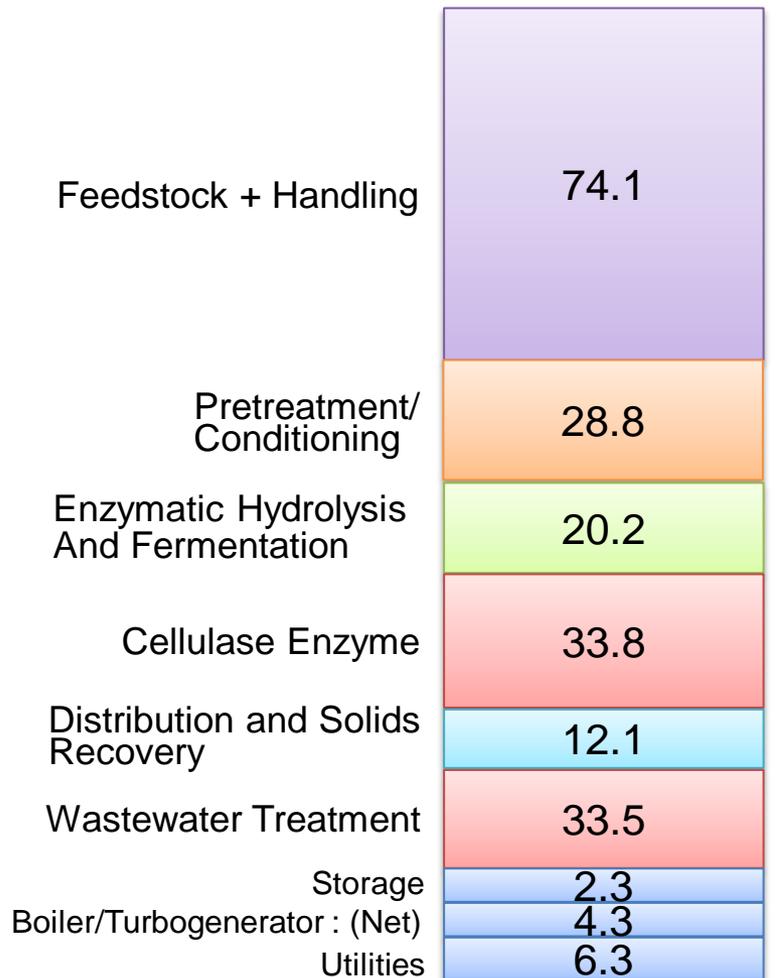
醱酵阻害物質に全く影響を受けない

厳しい前処理条件
必要酵素量: 少

高効率糖化実現

RITEバイオプロセスにて
エタノール醱酵テスト

DOE目標 \$2.15/gallon に目途



\$2.15 / gallon

DOE設定目標

✓ 糖化効率： 90%

酵素量： 20mg protein/g cellulase

✓ 醱酵収率： 90%

Integration in the NREL process

コーンストーバー

前処理・酵素分解

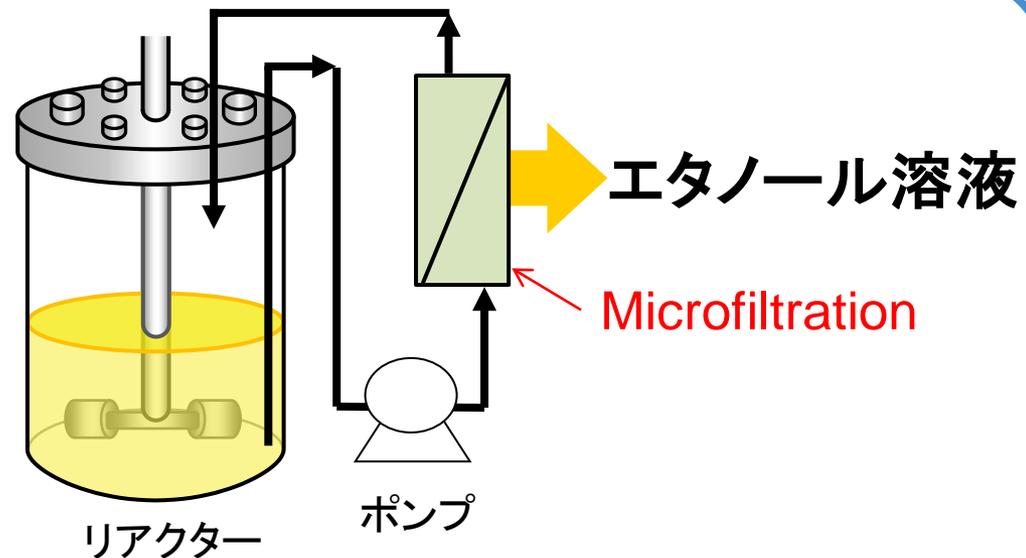
Zymomonas組換え菌

燃料エタノール

糖化工程

醗酵工程

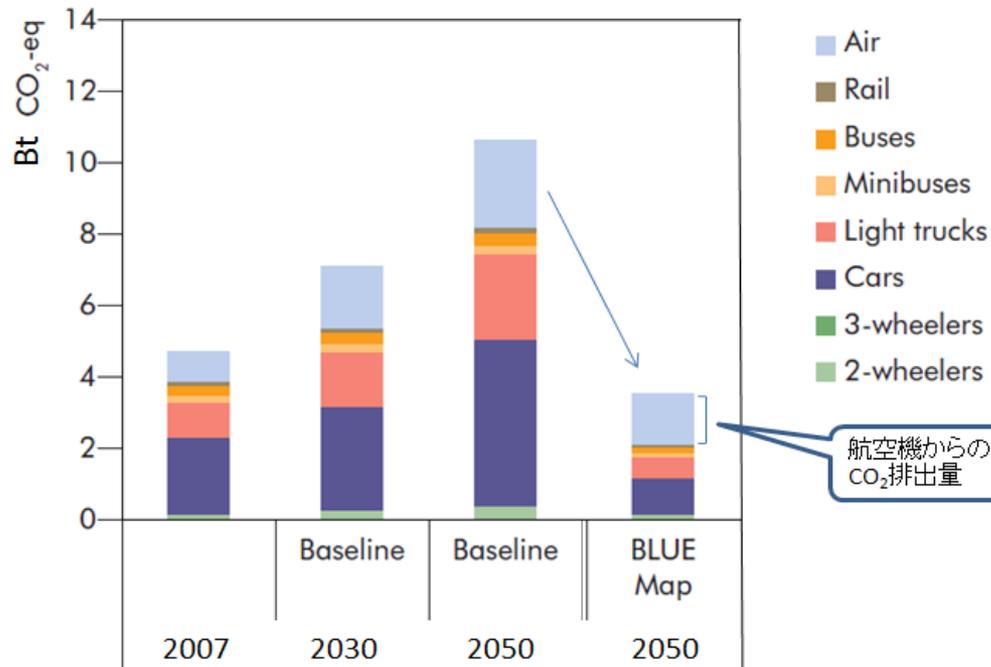
RITEバイオプロセスへの置換



- ✓ Reactor is small due to high productivity
- ✓ Microfiltration more than compensates for reduced reactor cost

航空機によるCO₂排出量

2050年には輸送部門で最大との予測



Baseline: 政府がエネルギーや気候変動対策を導入しない場合
 Blue Map: CO₂排出削減目標を設定し、低炭素化技術を採用

輸送モード別GHG排出量シナリオ



ICAO目標

- 燃費効率2%毎年改善
- 2020年以降CO₂排出量を増加させない

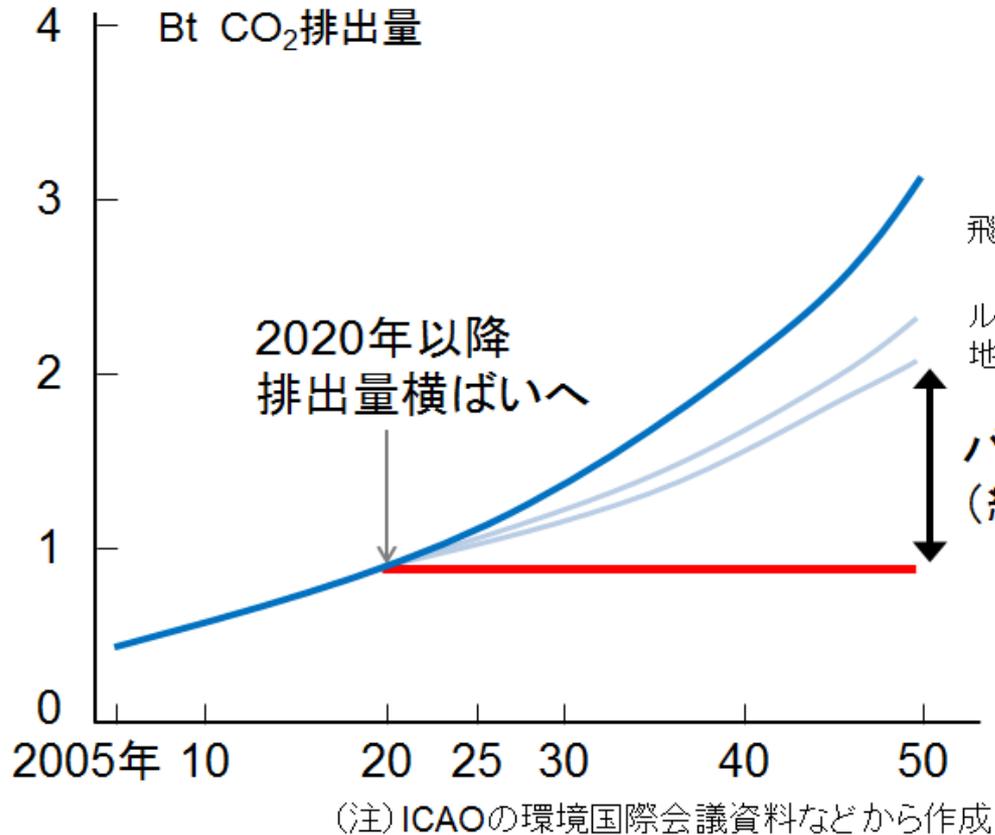


- ・ 新型機導入
- ・ ルート変更、設備改良
- ・ バイオジェット燃料導入
- ・ CO₂排出量取引

ICAO: International Civil Aviation Organization
 国際民間航空機関

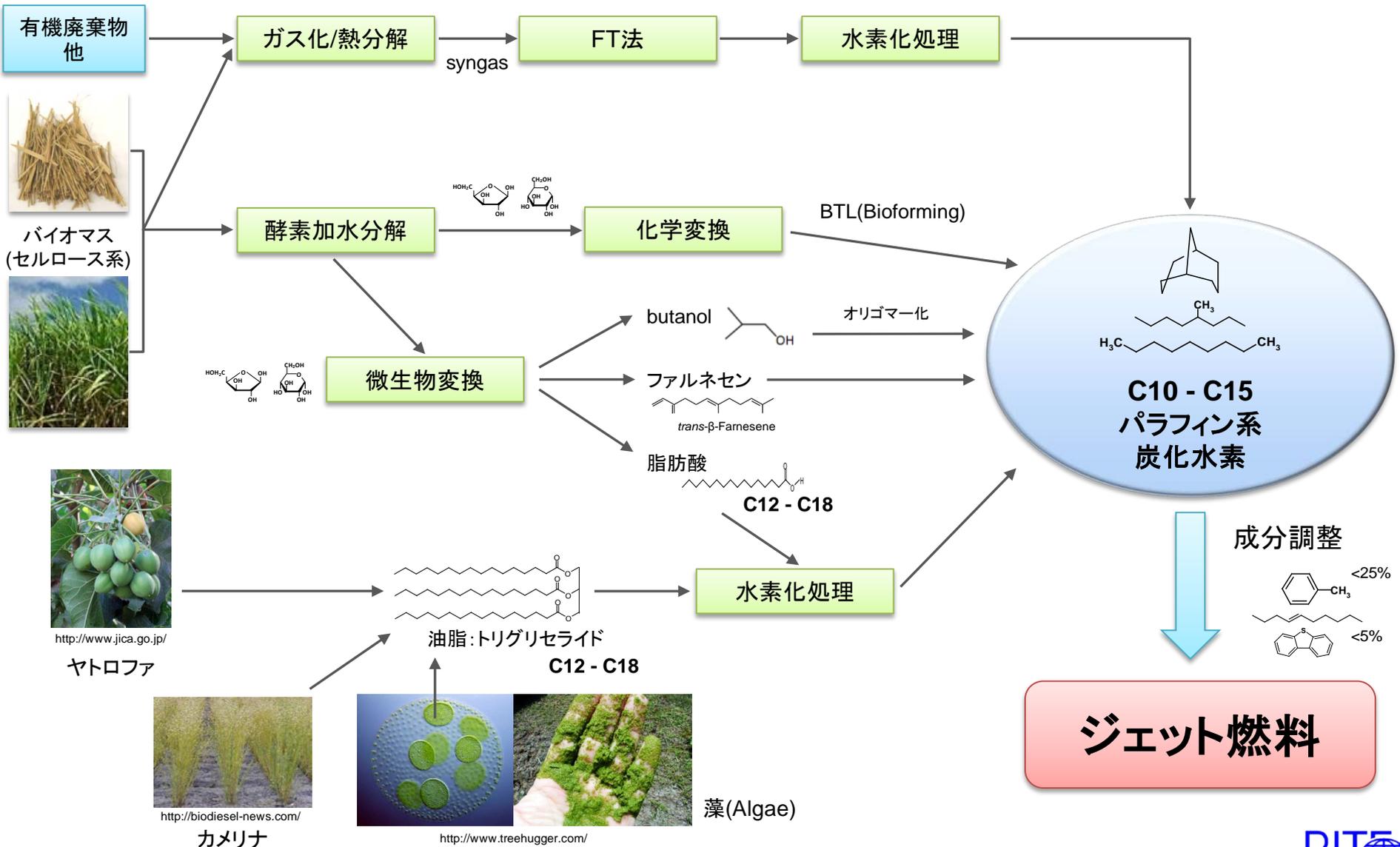
出典IEA(国際エネルギー機関、Energy Technology Perspective 2010)

航空業界のCO₂排出削減対策

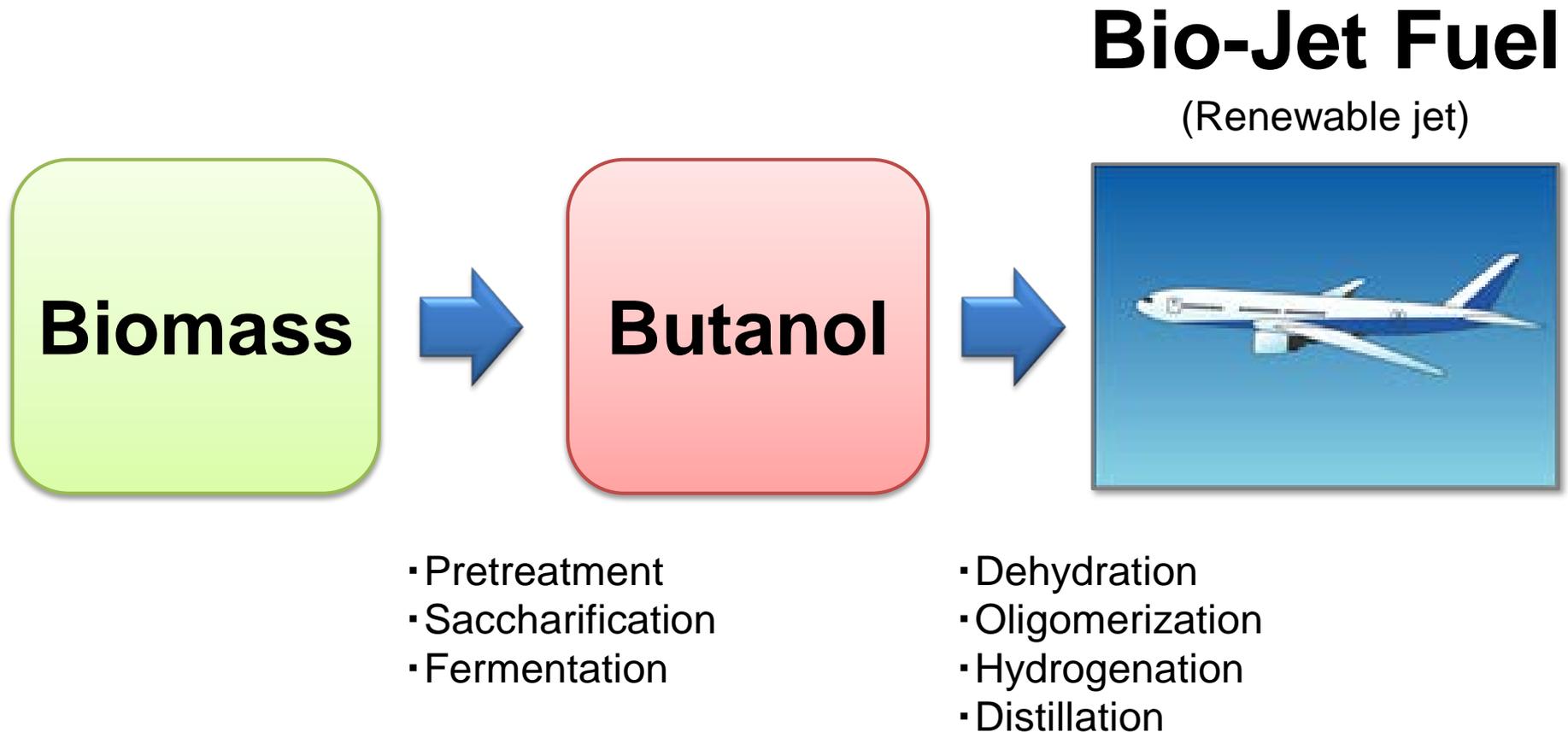


食料資源と競合しない
航空機用**バイオ燃料**への期待

百花繚乱のバイオジェット燃料技術開発



RITEとしての取り組み

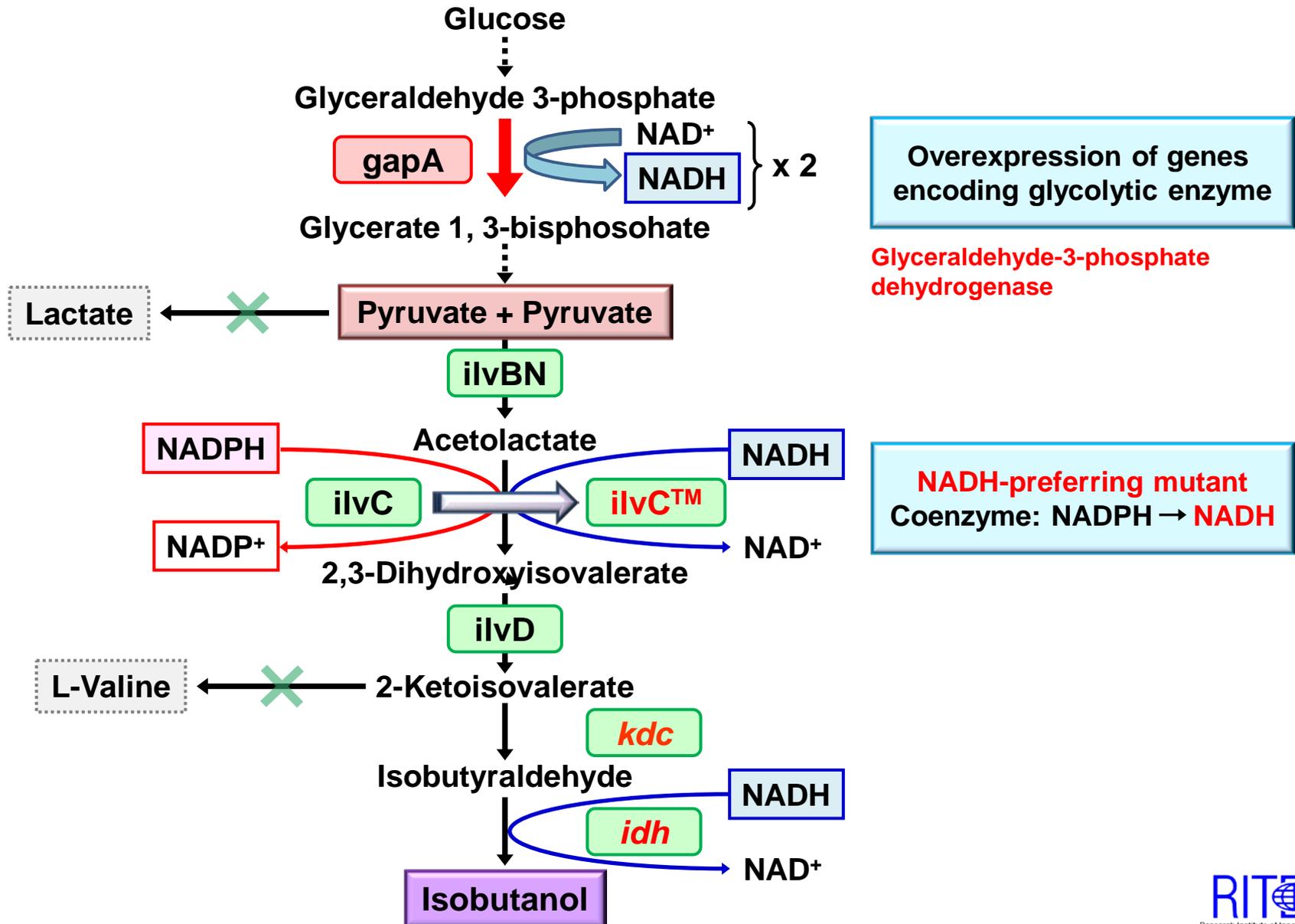


Focus is on Biobutanol as a future renewable jet fuel

工業化への課題

- ✓ High performance 菌株の育種
- ✓ “ブタノール阻害”の回避策
醗酵工程からの“Continuous extraction”

Metabolic Engineering for Isobutanol Production



Isobutanol Producing Microorganisms

Comparison by published papers

Microorganisms	Isobutanol (g/L)	Isobutanol productivity (g/L/h)	Aerobic/ Anaerobic
<i>Escherichia coli</i> ¹⁾	22	0.20	Micro-aerobic
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ²⁾	0.63	0.007	Aerobic
<i>Bacillus subtilis</i> ³⁾	5.5	0.09	Micro-aerobic
<i>Synechococcus elongatus</i> ⁴⁾	0.45	0.003	Aerobic
<i>Corynebacterium glutamicum</i> ⁵⁾	13	0.26	Shift to oxygen deprivation
<i>Corynebacterium glutamicum</i> ⁶⁾	25.4	0.51	RITE bioprocess

1) *Nature* **451**:86-90. 2008.

2) *Biotechnol. Biofuels* **5**:65. 2012.

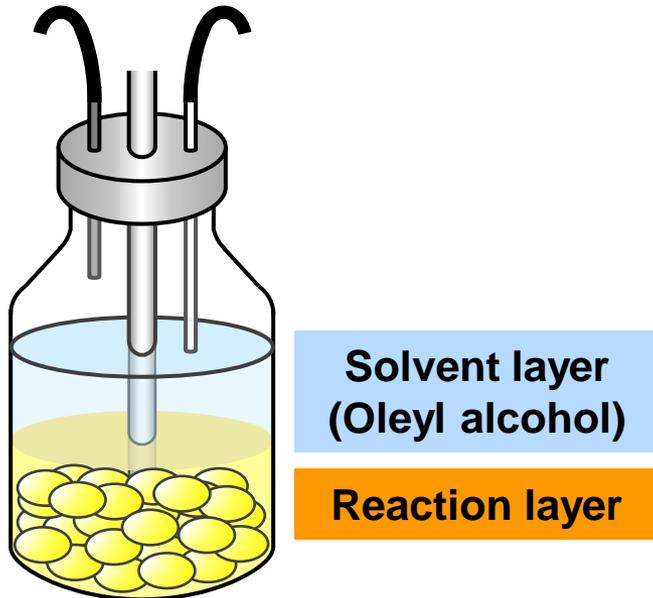
3) *Microb. Cell Fact.* **11**:101. 2012.

4) *Nat. Biotechnol.* **27**:1177-1180. 2009.

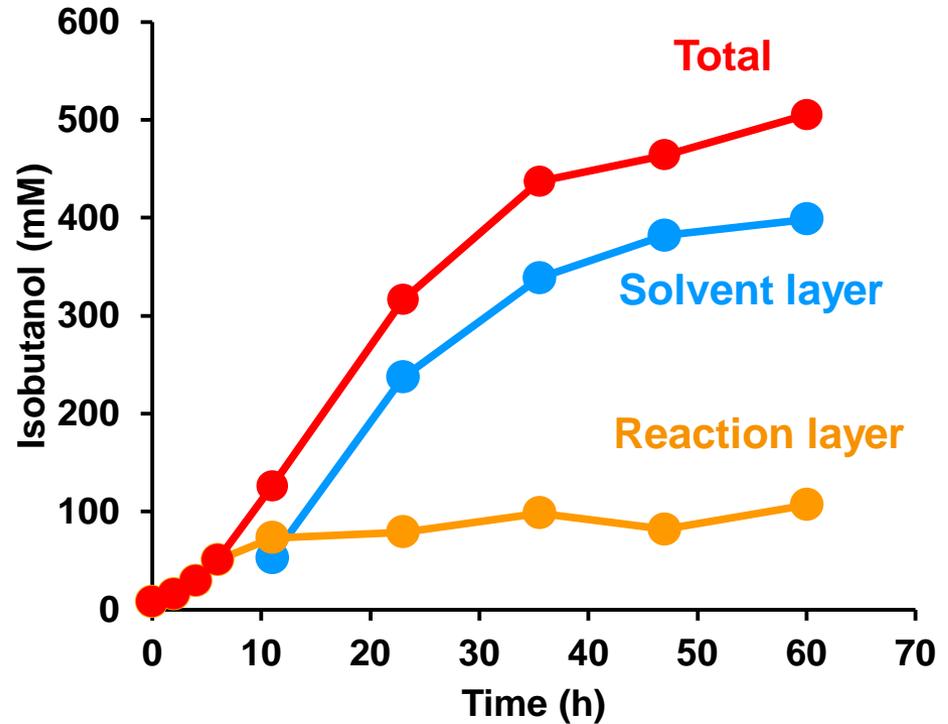
5) *Appl. Environ. Microbiol.* **77**:3300-3310. 2011. (Germany)

6) *Biotechnol. Bioeng.* **110:2938-2948. 2013 (our work)**

ブタノール阻害軽減効果の確認



Solvent extraction facilitates increased yield of butanol.



	Yield (mol/mol%)
Without extraction	57
Extraction	78

Biotechnol. Bioeng. 110:2938-2948. 2013 (our work)

早期実用化を目指して

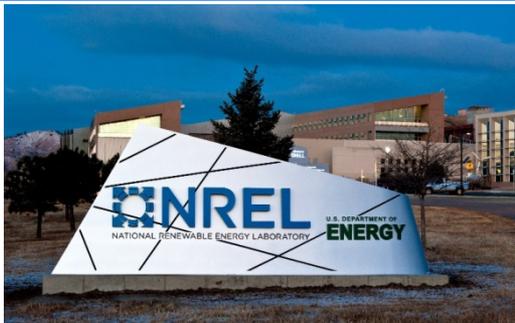
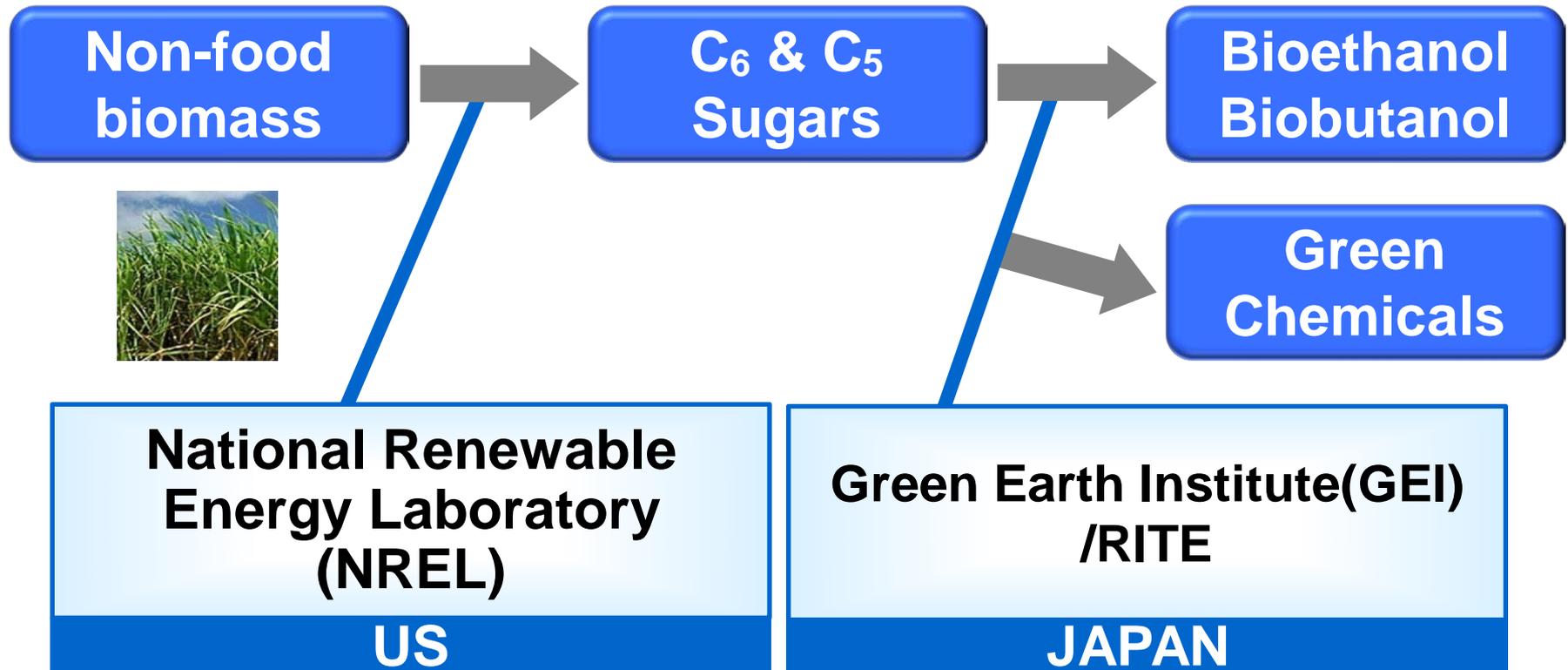
✓ NRELとの共同開発推進

非食料バイオマス原料法

✓ 民間企業保有技術とのコンビネーション

- 高効率“Continuous extraction”システム
e.g. Pervaporation system
- ジェット燃料化技術

Joint research and development with DOE(NREL)



経営理念と設立経緯

- **設立** 2011年9月1日

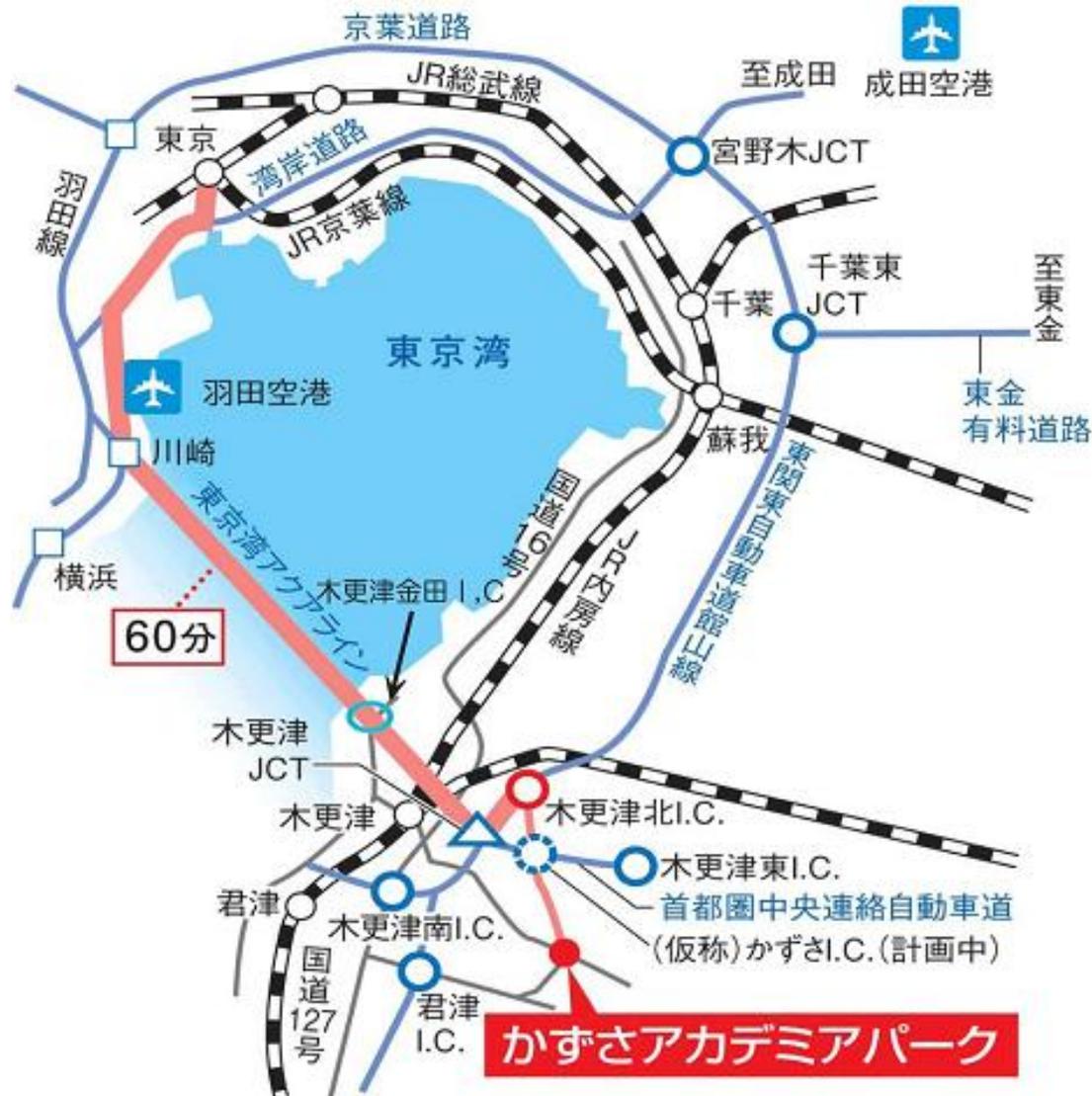
- **経営理念**

公益財団法人地球環境産業技術研究開発機構(RITE)が開発した
RITEバイオプロセス技術を活用し、非可食バイオマス原料からの
グリーン化学品およびバイオ燃料の事業化を進めることにより、
新産業となる**バイオリファイナリー産業の早期実現**と発展を主導する。

- **社会的使命と設立趣旨**

RITEバイオプロセスの事業化を担うことを通じて、温暖化対策を
含む地球環境の保全及び持続可能な**脱化石資源社会の実現**に
貢献し、**バイオリファイナリー産業の発展を主導**するという**社会的使命**をRITEと共に担うものである。

かずさ研究施設



ホテルオークラ

かずさアカデミアパーク

NITEバイオ
テクノロジーセンター

かずさDNA研究所

かずさバイオ共同開発センター



新規産業：バイオリファイナー

非食料バイオマス



<RITEバイオプロセス>

(増殖非依存型バイオプロセス)

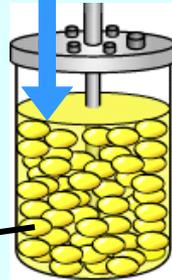
反応槽に微生物を高密度充填し
反応する。

混合糖完全同時利用可

発酵阻害物質耐性

高生産性

菌体触媒
(非増殖)



C2
エタノール

C3
プロパノール

C4
ブタノール等

芳香族類
カルボン酸
アミン等

グリーン化学反応技術
グリーン化学製品適合技術

自動車部材、包装材料
電気製品部材、炭素繊維
各種樹脂 等



バイオ燃料(エタノール、ブタノール他)



ご清聴ありがとうございました

Contact Information:

mmg-lab@rite.or.jp

www.rite.or.jp