

未来社会を支える温暖化対策技術シンポジウム in 関西
2018年9月26日

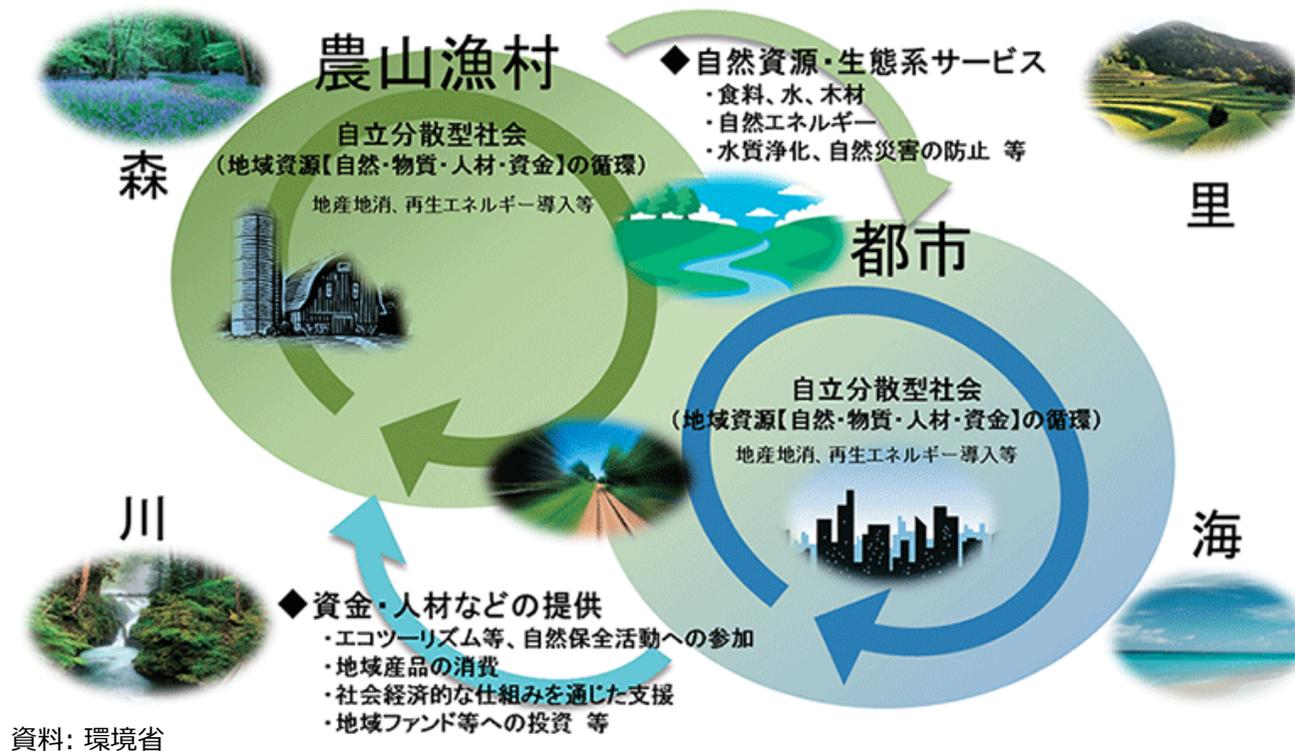
炭素循環社会の実現を目指した バイオリファイナー生産技術の開発

公益財団法人地球環境産業技術研究機構(RITE)
バイオ研究グループ／グループリーダー、主席研究員
奈良先端科学技術大学院大学(NAIST)
バイオサイエンス領域／客員教授
グリーンケミカルズ株式会社(GCC)／取締役、技術部長
乾 将行

環境省 環境白書(H30年度版 2018年6月)

4月に閣議決定された第五次環境基本計画で提唱した「**地域循環共生圏**」の創造に向けて地域資源の持続的活用やライフスタイルの転換などを目指す

地域循環共生圏の概念図



地域循環共生圏: 地域資源を生かし、都市と地方が自立・分散型社会を形成しながら相互に補完して **持続的社会** を実現する

持続的社會実現に向けた国際的潮流(1)

2015年 パリ協定

■ 世界の脱炭素化

<http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h30/pdf/gaiyou.pdf>

2015年パリ協定の「2℃目標達成」のため、**21世紀後半の温室効果ガス排出の実質ゼロ**を目指す。

自動車政策やエネルギー政策など各国が**脱炭素社会**に向けた取組を実施。

民間企業が独自の中長期削減目標を設定。金融分野では**ESG投資が拡大**。

ESG投資(環境、社会、企業統治に配慮している企業を重視する投資の考え方)



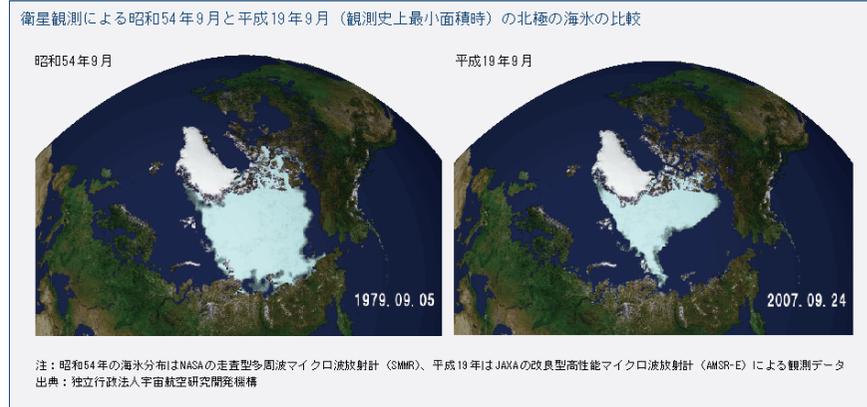
Source: COP21 website

■ 日本の目標

**2030年までに2013年度比
で温室効果ガスを
26%削減する**

■ 地球温暖化の影響

<https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/zu/h22/html/hj10010201.html>



北極の海水の比較(1979 vs 2007、環境省HPより)

持続的社会的実現に向けた国際的潮流(2)

環境白書より

■ 持続可能な開発目標 (SDGs) の採択

- 2015年、国連総会でSDGsが採択。
- 2030年の世界目標。17ゴール、169ターゲット。
- SDGs達成には、**環境・経済・社会の統合的向上**が必要。

SDGsの17のゴール



資料: 国連広報センター

■ SDGs達成に向けた日本の取組

- 2016年、「**SDGs実施指針**」を決定。
- 2017年、「SDGsアクションプラン2018」を決定。
- 自治体・企業でも、SDGsの取組が進展。

「SDGs実施指針」の8つの優先課題

①あらゆる人々の活躍の推進 <ul style="list-style-type: none"> ■一億総活躍社会の実現 ■女性活躍の推進 ■子供の貧困対策 ■障害者の自立と社会参加支援 ■教育の充実 	②健康・長寿の達成 <ul style="list-style-type: none"> ■薬剤耐性対策 ■途上国の感染症対策や保健システム強化、公衆衛生危機への対応 ■アジアの高齢化への対応
③成長市場の創出、地域活性化、科学技術イノベーション <ul style="list-style-type: none"> ■有望市場の創出 ■農山漁村の振興 ■生産性向上 ■科学技術イノベーション ■持続可能な都市 	④持続可能で強靱な国土と質の高いインフラの整備 <ul style="list-style-type: none"> ■国土強靱化の推進・防災 ■水資源開発・水循環の取組 ■質の高いインフラ投資の推進
⑤省・再生可能エネルギー、気候変動対策、循環型社会 <ul style="list-style-type: none"> ■省・再生可能エネルギーの導入・国際展開の推進 ■気候変動対策 ■循環型社会の構築 	⑥生物多様性、森林、海洋等の環境の保全 <ul style="list-style-type: none"> ■環境汚染への対応 ■生物多様性の保全 ■持続可能な森林・海洋・陸上資源
⑦平和と安全・安心社会の実現 <ul style="list-style-type: none"> ■組織犯罪・人身取引・児童虐待等の対策推進 ■閉鎖構築・復興支援 ■法の支配の促進 	⑧SDGs実施推進の体制と手段 <ul style="list-style-type: none"> ■マルチステークホルダーパートナーシップ ■国際協力におけるSDGsの主流化 ■途上国のSDGs実施体制支援

資料: 持続可能な開発目標(SDGs)推進本部

バイオリファイナー

非可食
バイオマス



C6糖 6

C5糖 5

RITE Bioprocess®
(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

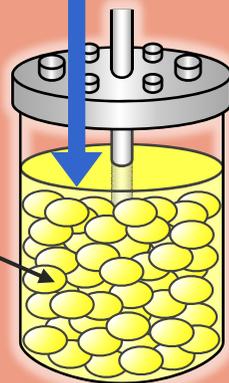
混合糖完全同時利用可

発酵阻害
物質耐性



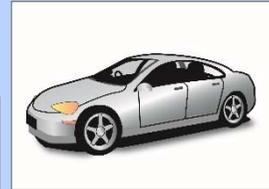
*Corynebacterium
glutamicum*

高生産性



バイオ燃料

- ・エタノール
- ・ブタノール
- ・水素
- ・ジェット燃料



グリーン化学品

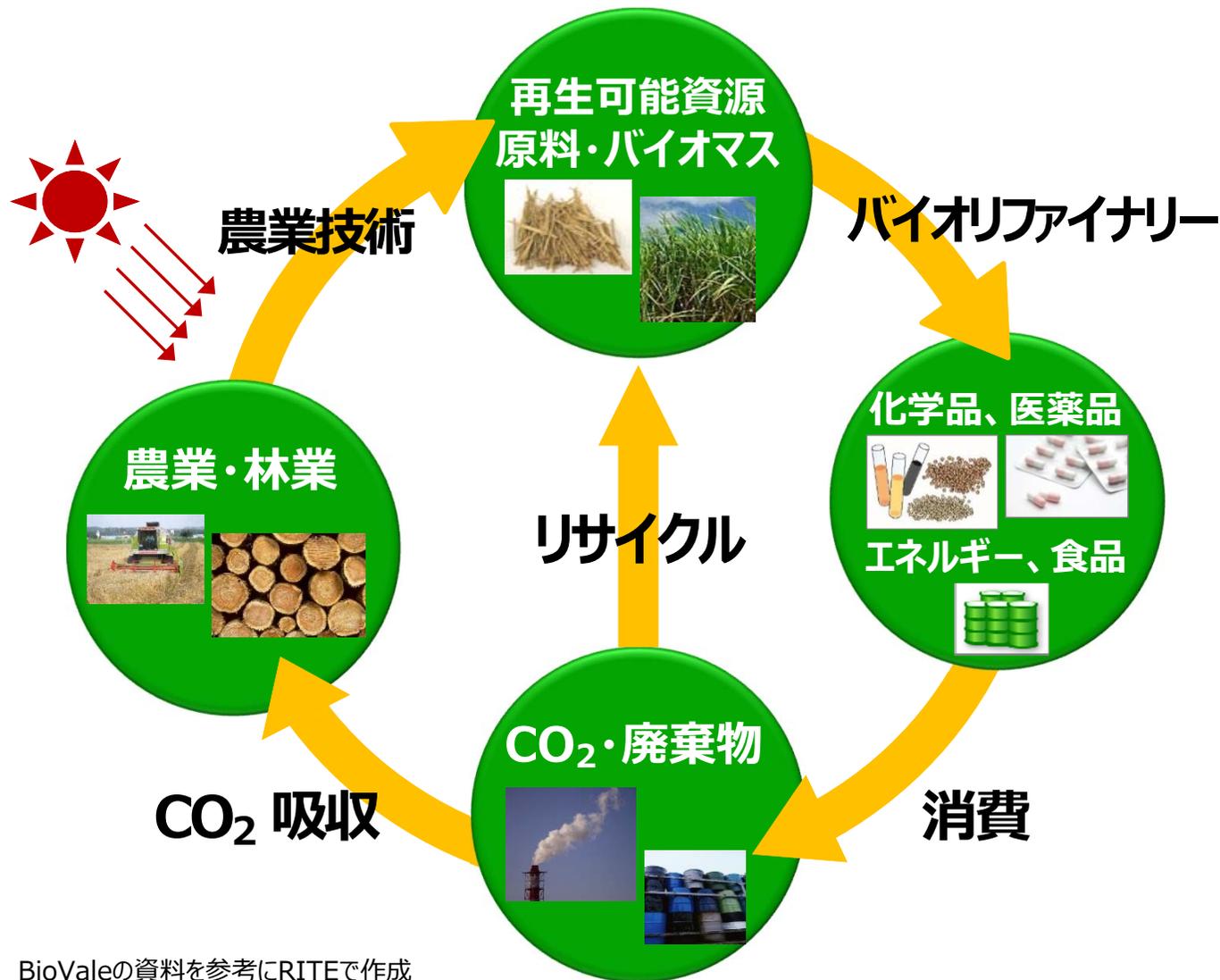
- ・C2 エタノール
- ・C3 プロパノール
- ・C4 ブタノール等
- ・アミノ酸
- ・芳香族化合物
- ・バイオプラスチック等

自動車部材、包装材、電気製品部材、
炭素繊維、各種樹脂等



バイオエコノミー (Bioeconomy)

Bioeconomy: バイオ技術に基づく産業、循環型社会とバイオ産業が融合



バイオ技術が
貢献する市場は
**2030年に
200兆円規模**

OECD加盟国全
GDPの2.7%と予測

工業分野では全体の
39%を占める

出典: 経産省

バイオ技術 × デジタルの融合

社会変化

情報社会
コンピューターによる自動化

Society 5.0 2030年代を目指して
超スマート社会: サイバー空間とフィジカル空間が高度に融合

新産業創出

Connected Industries

独立関係にあったものが融合、新たな付加価値の創造

出典:

内閣府

総合科学技術・イノベーション会議
経済産業省 (2017年5月)

技術変化

第4次産業革命

ビッグデータを基にAIが自ら考えて最適な行動をとる

Connected Industriesの具体例 (ものづくり/バイオ/AI)

バイオ × デジタル

バイオ技術とデジタル技術の革新と融合

- ①ゲノム解読コストの低減・短時間化
- ②IT/AI技術の進化
- ③ゲノム編集技術の登場

高度に機能がデザイン・制御された生物細胞 (スマートセル) の創出が容易になり、これまで利用し得なかった“潜在的な生物機能”を引き出し、利用することが可能に。

バイオ × デジタルが導く Connected Industries

スマートセルが医療・ヘルスケア産業、
ものづくり産業や食品産業など
幅広い産業と融合

- ①疾病予防可能なヘルスケア産業
- ②化石資源に頼らない産業への転換
- ③革新的新素材によるものづくりの革新

増殖非依存型バイオプロセスの概念図

RITE Bioprocess®

反応槽に微生物を高密度充填し反応する

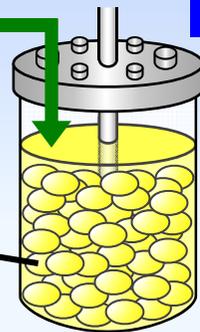
特許 JP3869788 DE602004026192.0 JP4927297
 JP4451393 DK1647594 US7598063
 US7368268 FR1647594 EP1291428
 EP1647594 GB1647594 JP4294373
 CH1647594

混合糖完全同時利用可

C5, C6糖

発酵阻害
物質耐性

菌体触媒
(増殖なし)



高生産性

生産物
バイオ燃料
バイオ化学品

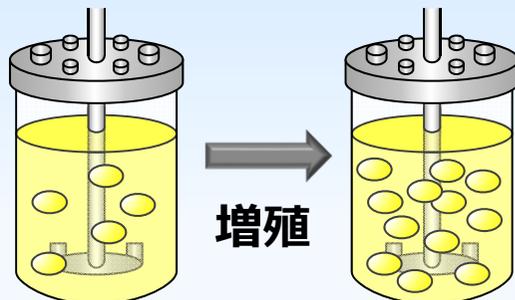
微生物が増殖しないため、

- 増殖のためのエネルギーロスがなく、原料収率が高い。
- システムが簡便である。

* RITE Bioprocessは、公益財団法人地球環境産業技術研究機構の登録商標(登録第5796262号)です。

従来の発酵法

微生物が増殖しながら物質を生成する



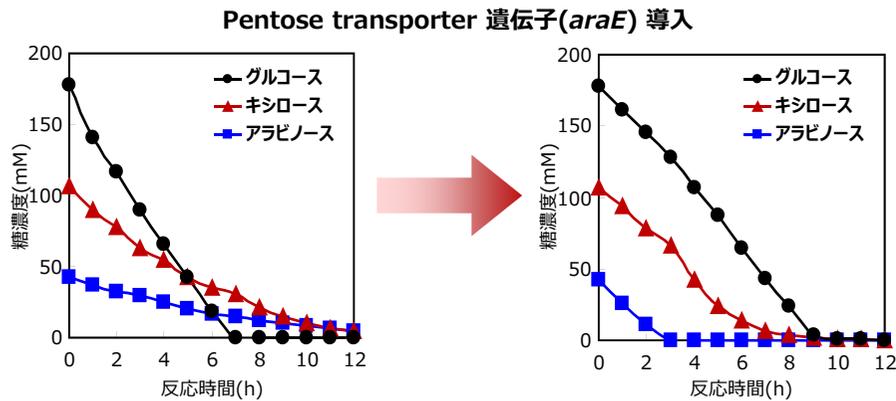
- 微生物が増殖するため、スペースが必要であり巨大な反応槽が必要となる。
- 生産(反応)時間は微生物の増殖に依存する。

非可食バイオマス为原料とする 必須要素技術の基礎確立

Confidential

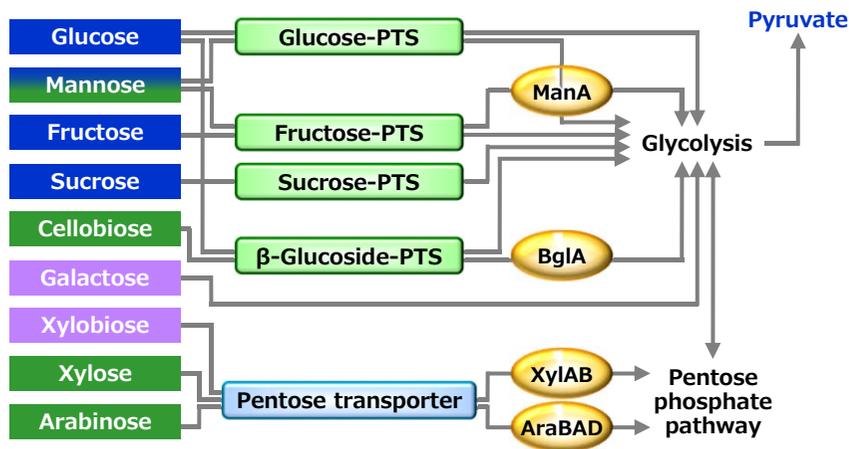
混合糖完全同時利用

ペントーストランスポーターの導入による混合糖同時利用能の向上
(増殖非依存型バイオプロセス (RITE Bioprocess®))



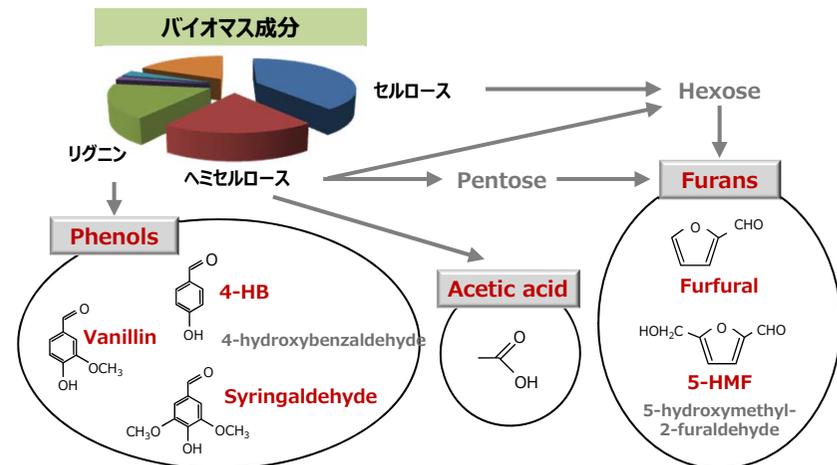
RITE論文: *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **85**:105-115. 2009.

C. glutamicum R株による糖代謝利用能



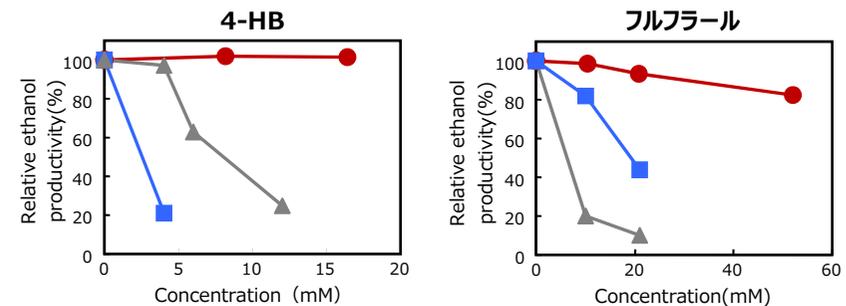
発酵阻害物質耐性

バイオマス由来の発酵阻害物質



E. Palmqvist, B. Hahn-Hägerdal. *Bioresource Technology* **74**:25-33. 2000. より改変

増殖非依存型バイオプロセス (RITE Bioprocess®) の発酵阻害物質に対する耐性



RITE論文: *Appl. Environ. Microbiol.* **73**:2349-2353. 2007.

● RITE Bio-Process ■ ザイモナス菌 ▲ アルコール酵母

9

Product portfolio by RITE Bioprocess®

(1) バイオ燃料

➤ ガソリン混合・代替

・エタノール

➤ バイオジェット燃料

・イソブタノール

・n-ブタノール

・100%グリーンジェット燃料

〔 C9~C15飽和炭化水素
+ 芳香族化合物 〕

➤ バイオ水素

(2) グリーン化学品

➤ 芳香族化合物

・シキミ酸 (インフルエンザ治療薬タミフル原料)

・フェノール (フェノール樹脂、ポリカーボネート)

・4-ヒドロキシ安息香酸 (ポリマー原料)

・アニリン (石油外天然資源タイヤ原料(老化防止剤))

➤ 有機酸

・D-乳酸、L-乳酸 (ステレオコンプレックス型ポリ乳酸)

・コハク酸

➤ アミノ酸

・アラニン (キレート剤)

・バリン (次世代飼料用アミノ酸、医薬品原料、食品)

・トリプトファン (飼料用アミノ酸、医薬品原料、飲料)

・メチオニン (飼料用アミノ酸、調味料)

➤ アルコール

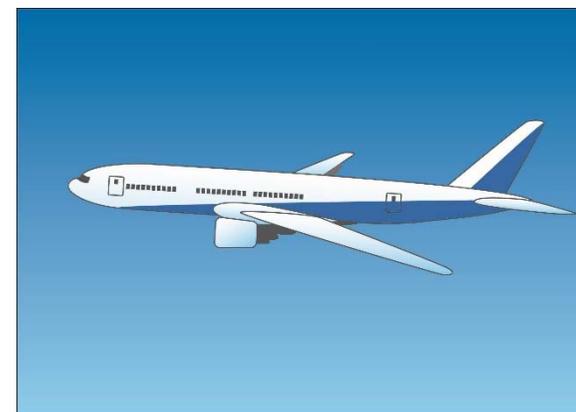
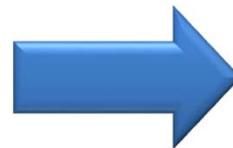
・イソプロパノール (プロピレン原料)

・キシリトール (甘味料)

バイオ燃料 生産技術の開発

2020年 東京オリンピック

- ・ 2020年オリンピック東京大会は、環境問題解決に向けた日本の取組みを世界に示す絶好の機会となる。
- ・ 2014年、国内主要航空会社、大学、企業を含む46団体からなる**次世代航空機燃料イニシアティブ(INAF)**が発足。
- ・ 2015年には、経済産業省ならびに国土交通省が**2020年オリンピック・パラリンピック東京大会に向けたバイオジェット燃料の導入までの道筋検討委員会**を設置。



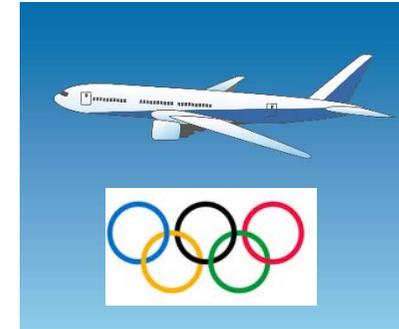
<http://edition.cnn.com/2013/09/07/sport/world-olympics-2020/>

国内バイオジェット燃料の動向（2015～16年）

実用化に向けた取り組み

■ バイオジェット燃料導入 道筋検討委員会

2015年7月に2020年東京五輪に向けたバイオジェット燃料による商用飛行を目指し、**国内燃料製造や供給体制などのサプライチェーン確立**に向けて、官民により設立。2016年8月に第3回が実施され、2020年に向けたアクションプランが示された。



民間企業の取り組み

微細藻類

藻類油脂を原料としたHEFA-SPKなど

 euglena

Euglena

 POWER 電源開発
Fistsulifera sp.

 IHI

Botryococcus

ATJ

Alcohol to Jet

BuOHやEtOHを原料としたジェット燃料

 RITE

 Hitz
Hitachi Zosen

 Green Earth Institute

BTL

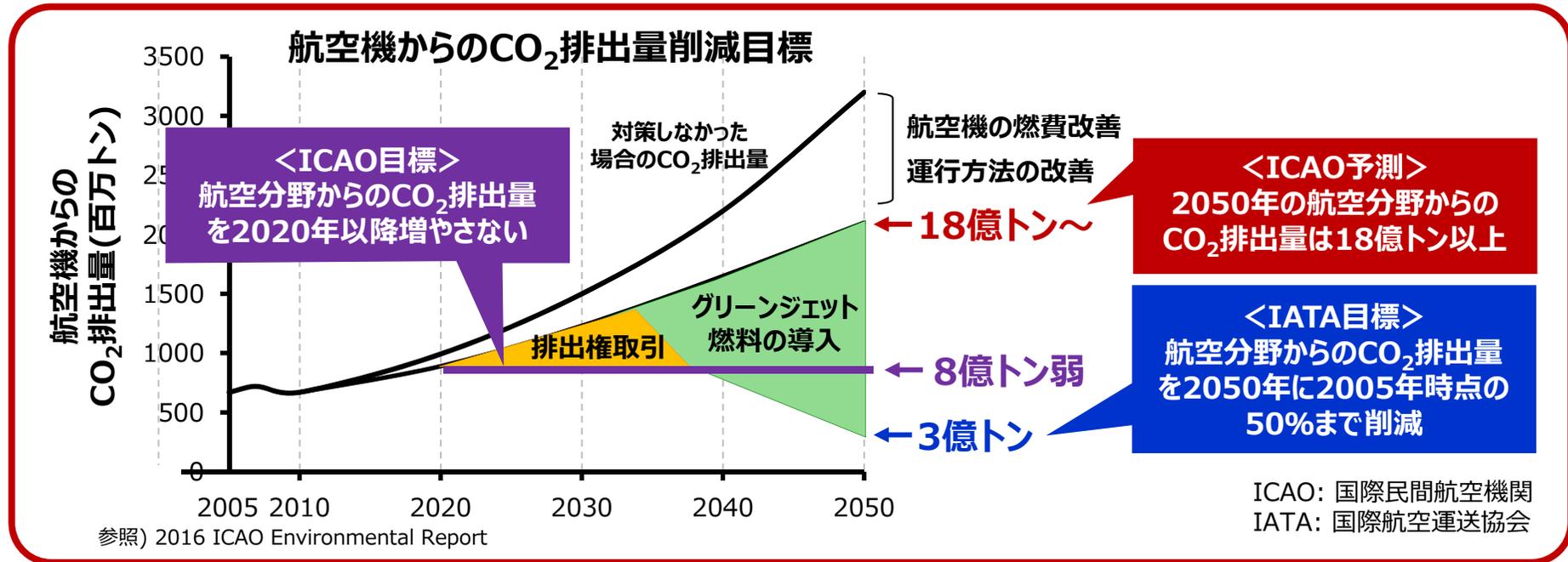
Biomass to Liquid

木質・草本バイオマスを原料としたFT-SPK

 MITSUBISHI HITACHI
POWER SYSTEMS

三菱日立パワーシステムズ

国際航空における温暖化対策、ICAOで合意



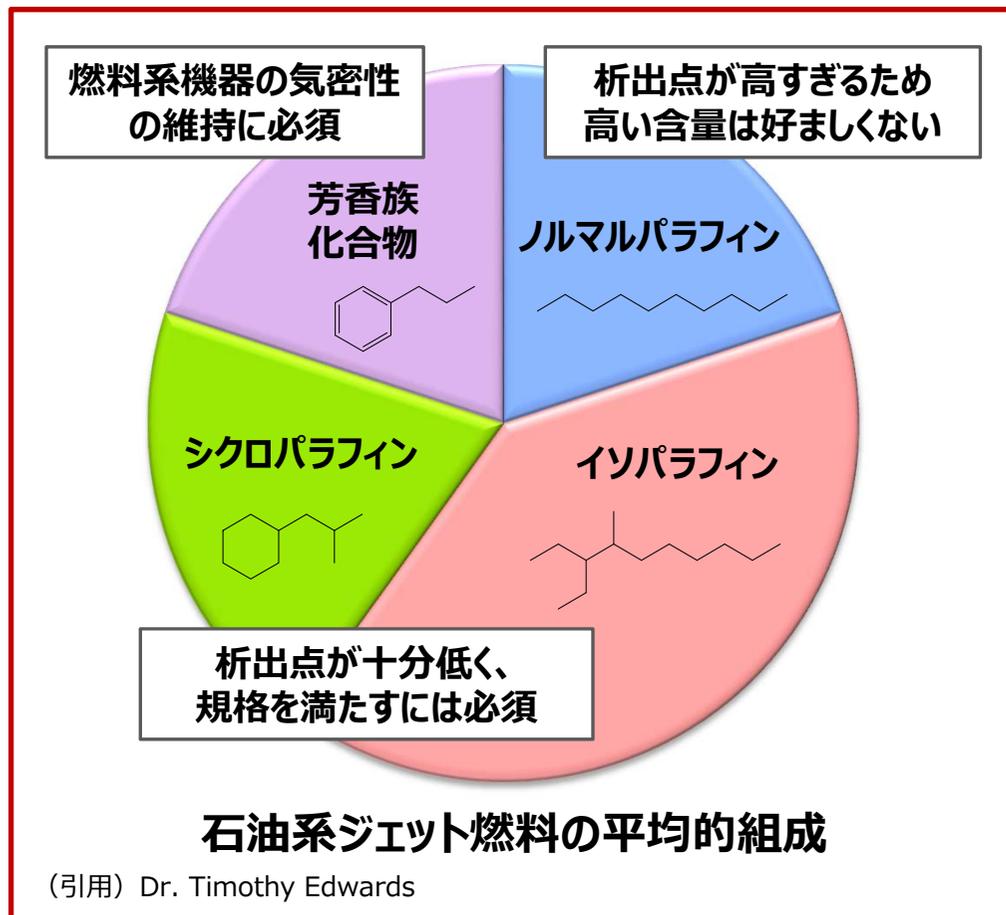
国連傘下のICAOで合意した国際航空の温室効果ガス排出削減制度(GMBM) (出典: 日経2016.10.18)

	2021～2026年	2027～2035年
対象国	自発的な参加	義務的な参加
日本への影響(排出権の購入)	年十数億円(当初)	年数百億円(35年)

- ICAOでの合意により、航空会社にとってグリーンジェット燃料の導入が不可欠。
- ICAOやIATAの目標達成には2050年にジェット燃料の60～80%をグリーンジェット燃料に代替させる必要がある。混合比率が50%までの既存のグリーンジェット燃料では目標達成は不可能。任意の割合で混合できる100%グリーンジェット燃料によって達成可能になる。

ジェット燃料の組成

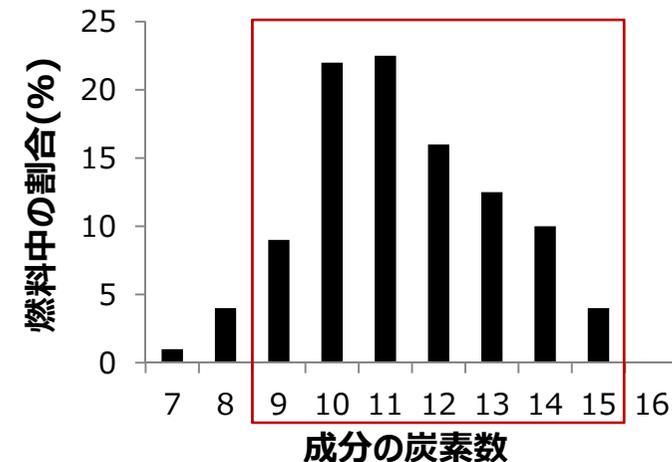
- 炭素数が9～15個の範囲にある炭化水素化合物の混合物
- イソパラフィンおよびシクロパラフィン
析出点-47℃以下の規格を満たすために必須な成分
- 芳香族化合物は燃料タンクの気密性維持に必須な成分



代替ジェット燃料の規格 (ASTM-D7566)

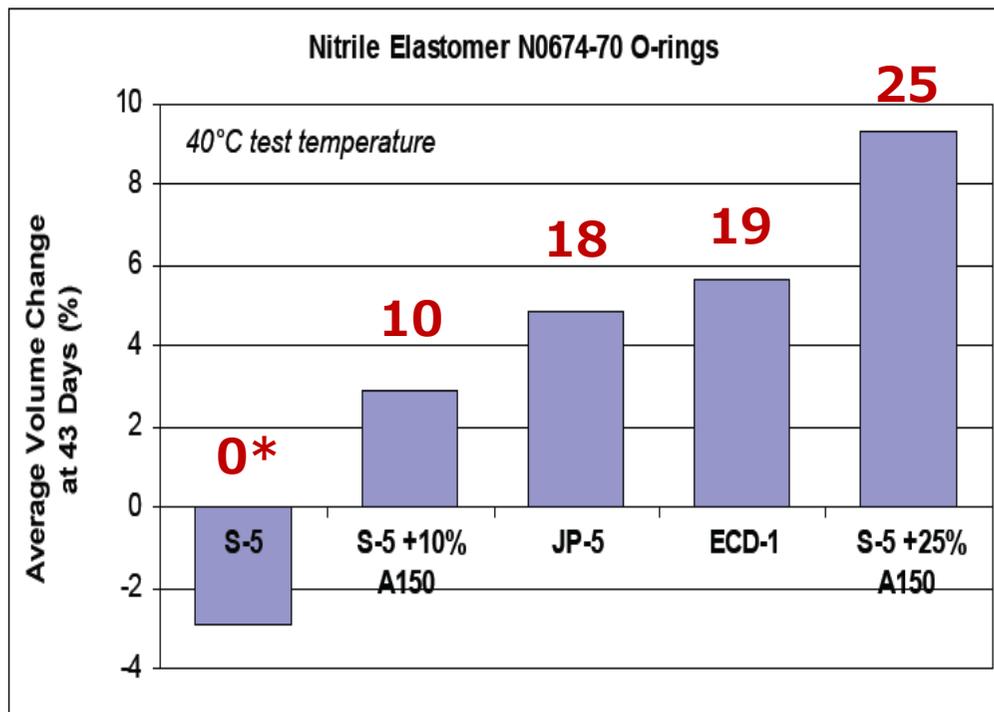
- ・析出点-47℃以下、引火点38℃以上
- ・密度 0.775-0.840 kg/m³
- ・芳香族成分含量 8%以上

石油系ジェット燃料の炭素数分布



ジェット燃料における芳香族成分の役割

Fuel Name	Fuel Description
S-5	0% aromatics
S-5 + 10% A150	10% vol. aromatics
JP-5	18% vol. aromatics
ECD-1	19% vol. aromatics, ultra-low sulfur
S-5 + 25% A150	25% vol. aromatics
A150	aromatic additive



*芳香族成分含量(%)



ジェットエンジンや燃料システムの密閉に
ニトリル系のO-リングが使用されている

芳香族成分を含まない場合、
O-リングが縮んで
気密性を維持できない

**芳香族成分は
O-リングを膨潤させて
気密性を維持するために必須**

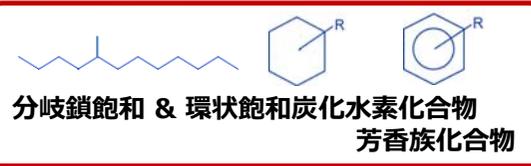
2030年 100%グリーンジェット燃料導入を目指して

100%
green
jet fuel



Microbial fermentation

Hydrodeoxygenation



ジェット燃料

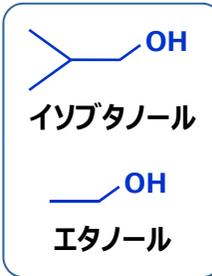
Various linear, branched paraffins etc. (C₉-C₁₅ compounds)

100%混合

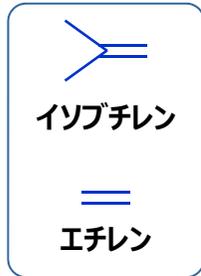
ATJ法
Alcohol-to-jet process



Microbial fermentation



Catalytic dehydration



50%混合

Oligomerization, hydrogenation

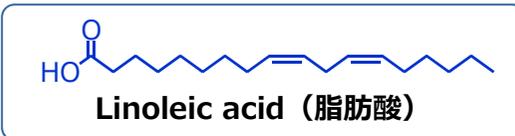
Isoparaffins



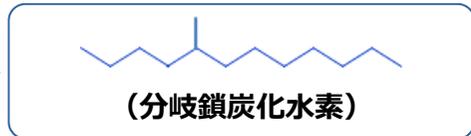
HEFA法
Hydroprocessed esters and fatty acids



Extract fats and oils



Isomerization, cracking, fractionation



50%混合

Cyclic paraffins



FT法
Fischer-Tropsch conversion



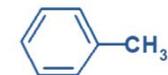
Gasification



Fischer-Tropsch conversion

50%混合

Aromatics



100%グリーンジェット燃料製造法 (RITE法)

非可食バイオマス



C6糖



C5糖



グリーンジェット
燃料生産菌

分岐鎖飽和炭化水素
化合物

環状飽和炭化水素
化合物

芳香族化合物

100%グリーンジェット燃料

本グリーンジェット燃料製造技術の優位性

- 稲わらなどの農業残渣だけでなく、食品残渣や余剰汚泥など、あらゆる非可食バイオマス为原料とできるため、潜在的生産能力が極めて高い。
- 簡易な設備と工程によって低コスト製造が可能。設備の小規模化と分散設置が可能。



製造法	石油系 ジェット燃料	ガス化 FT法	油脂 変換法 (藻類の場合)	アルコール 重合法	C15テルペン 発酵生産法	RITE技術
含有する成分 〔石油系燃料との 混合比率上限〕	飽和炭化水素 芳香族化合物	飽和炭化水素 のみ (50%)	飽和炭化水素 のみ (50%)	飽和炭化水素 のみ (50%)	C15飽和 炭化水素のみ (10%)	C9~C14 飽和炭化水素 芳香族化合物 (100%)
原料		制限なし	脂質のみ	糖分のみ	糖分のみ	糖分と蛋白質
設備		設備費が高い	大規模な 培養槽が必要	小規模で 簡易な設備	小規模で 簡易な設備	小規模で 簡易な設備
燃料の密度 (g/cm ³)	0.775-0.840	0.75-0.76	0.75-0.76	0.75-0.76	0.75-0.76	0.79

グリーン化学品 生産技術の開発

海洋プラスチック対策：政府G7憲章目標反映する方針

Confidential

8月17日 環境省審議会

毎年少なくとも800万トン分のプラスチックが海に流出

2018年6月のG7シャルルボワサミットにおける「**海洋プラスチック憲章**」の目標

2030年までにプラスチック包装の最低55%をリサイクル又は再使用し、
2040年までには全てのプラスチックを回収含め100%有効利用する。

http://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/junkai_keizai/pdf/002_04_00.pdf



プラスチックゴミは海に悪影響を与える
(アフリカ・ギニア、2017年9月) = 共同

出典：2018年8月18日 日経

<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO34308500Y8A810C1MM8000/>

1位	中国	353万 t /年
2位	インドネシア	129万 t /年
3位	フィリピン	75万 t /年
4位	ベトナム	73万 t /年
5位	スリランカ	64万 t /年
...		
20位	アメリカ	11万 t /年
30位	日本	6万 t /年

陸上から海洋に流出したプラスチックごみ発生量
(2010年推計)環境省資料

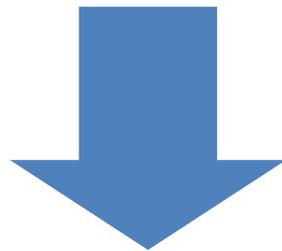
<http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/target/3kai/siryos3-6.pdf>

プラスチック循環についての中国動向

2018年7月 経産省

- ・ 2017年7月: 海外からの廃棄物輸入を停止する旨、WTOに通報
- ・ 2017年8月: 「輸入廃棄物管理目録」を公表
- ・ 2017年12月末: 輸入禁止が施行
- ・ 2018年4月: 2018年末及び2019年末までに輸入禁止目録を公表

輸入禁止品目: **工業由来の廃プラスチック**、鉄鋼くず、廃電子機器、木質ペレット、スラグ、解体用船舶、マグネシウムくず、コルクなど多品目



日本の廃品リサイクルの流れに影響

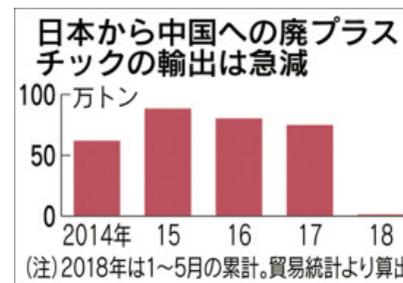
※廃プラスチックの場合、年間排出量約900万トンのうち、約150万トンが海外輸出され、うち約75万トンが中国向け輸出

東南アジアの一部の国でも 輸入規制強化の動き

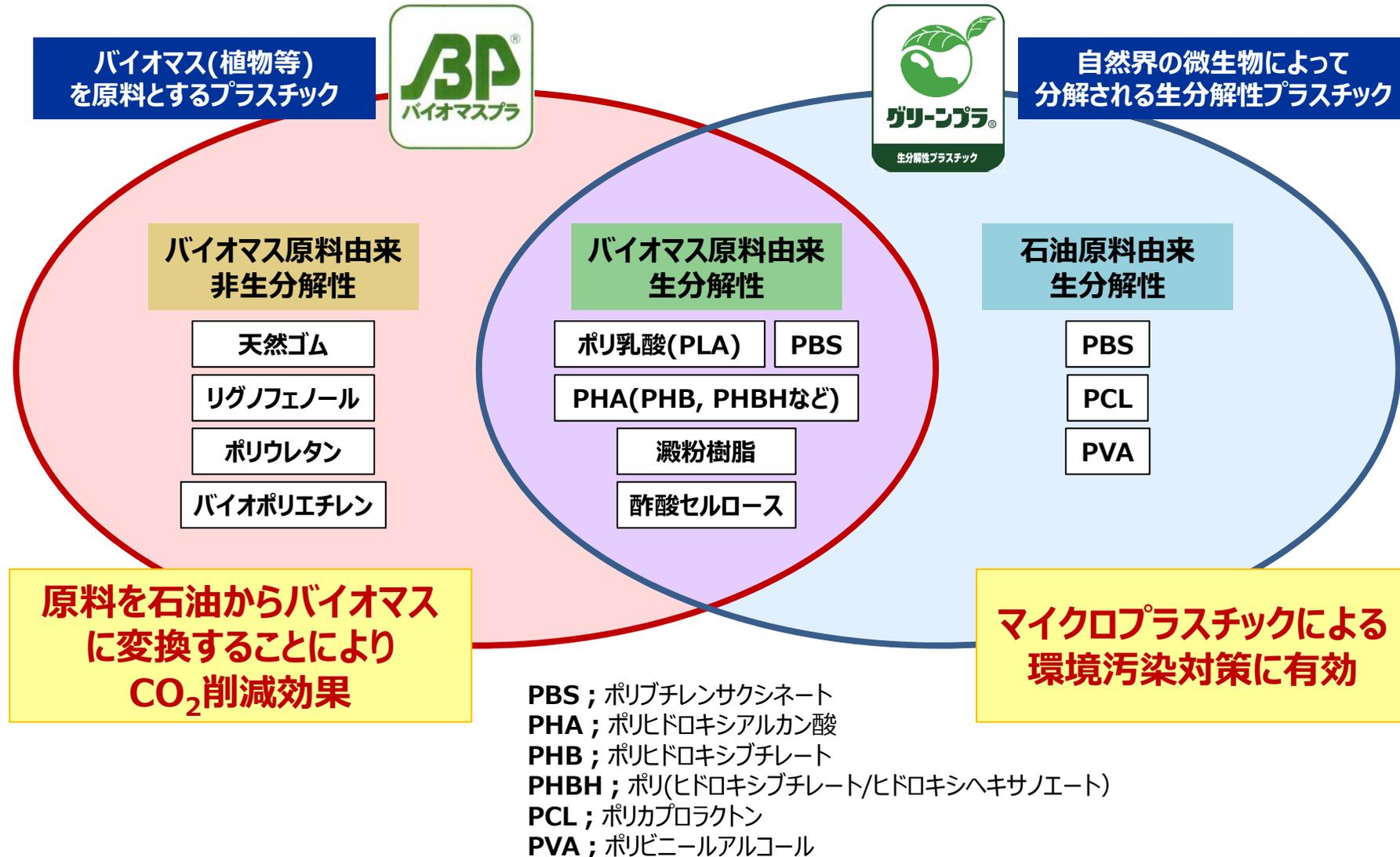


出典: 2018年7月22日 日経記事

<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO33263470S8A720C1CC1000/>



バイオマスプラスチックとグリーンプラスチック



日本プラスチック協会より抜粋 <http://www.jpaweb.net/gp/gp_material.htm>

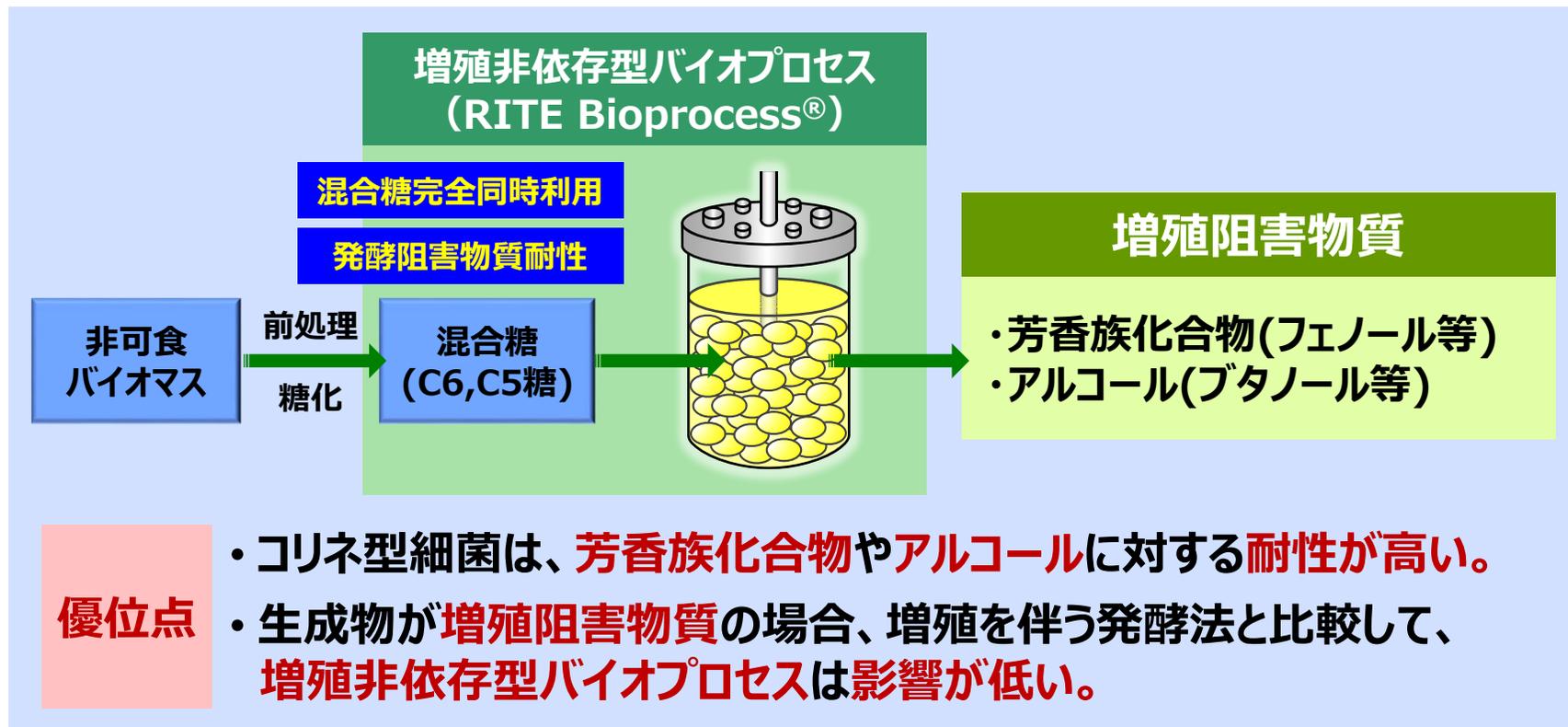
注) 原料の一部しかバイオ化されていないものが存在する

増殖阻害物質の生産技術確立への挑戦

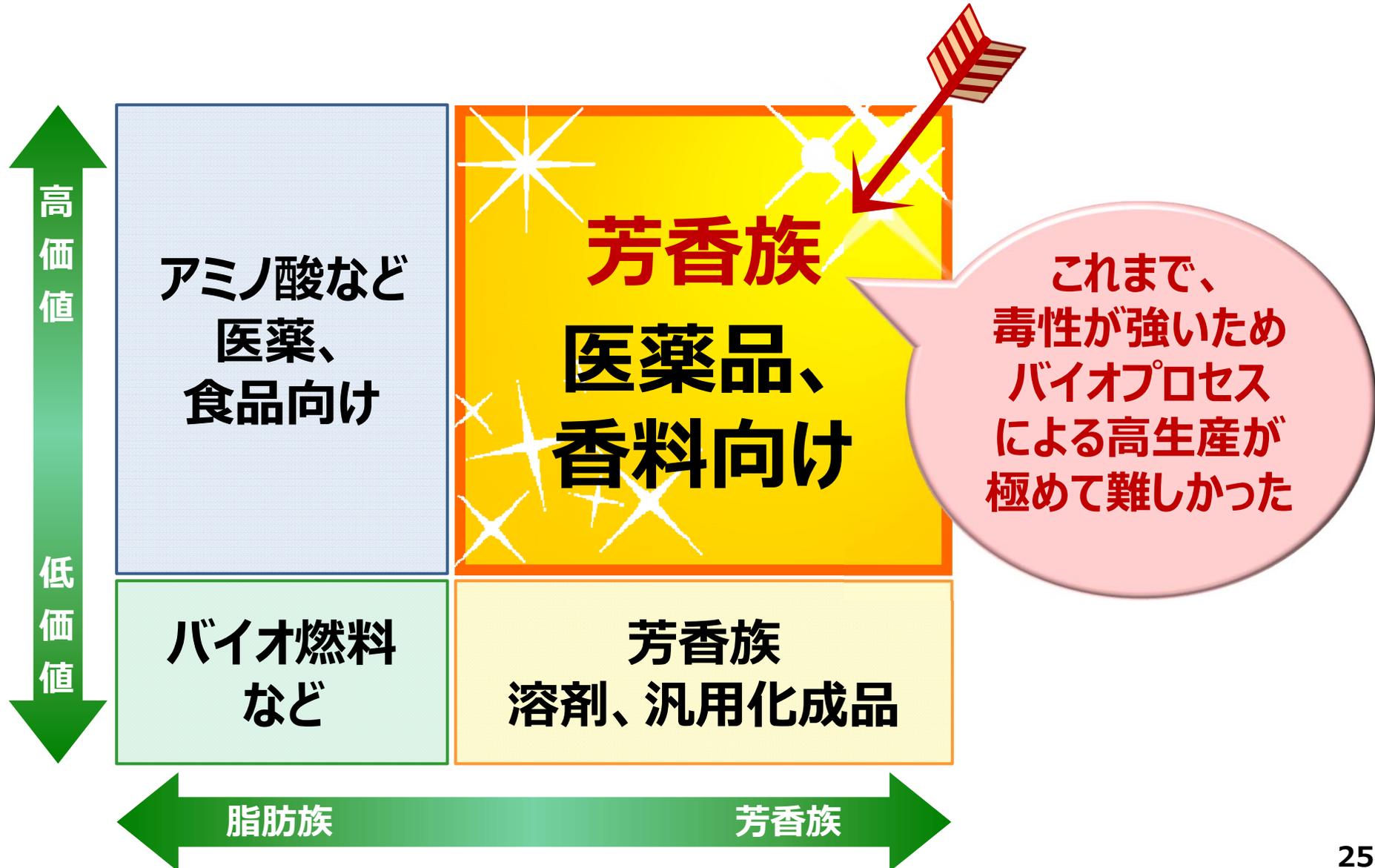
増殖阻害物質を
増殖を伴う発酵法で
生産する場合の課題

生成物による増殖阻害のため
低生産性(生成速度の低下、
最終生成物濃度の低下等)

実用生産
は非常に難



ターゲット; 高付加価値 “芳香族化合物”



芳香族化合物の用途

1. ポリマー原料

- ・プラスチック原料
(フェノール樹脂、ポリカーボネート樹脂、エポキシ樹脂等)
- ・液晶原料
- ・合成繊維原料 (ポリエステル、ナイロン)
- ・合成ゴム原料 (スチレングム等)

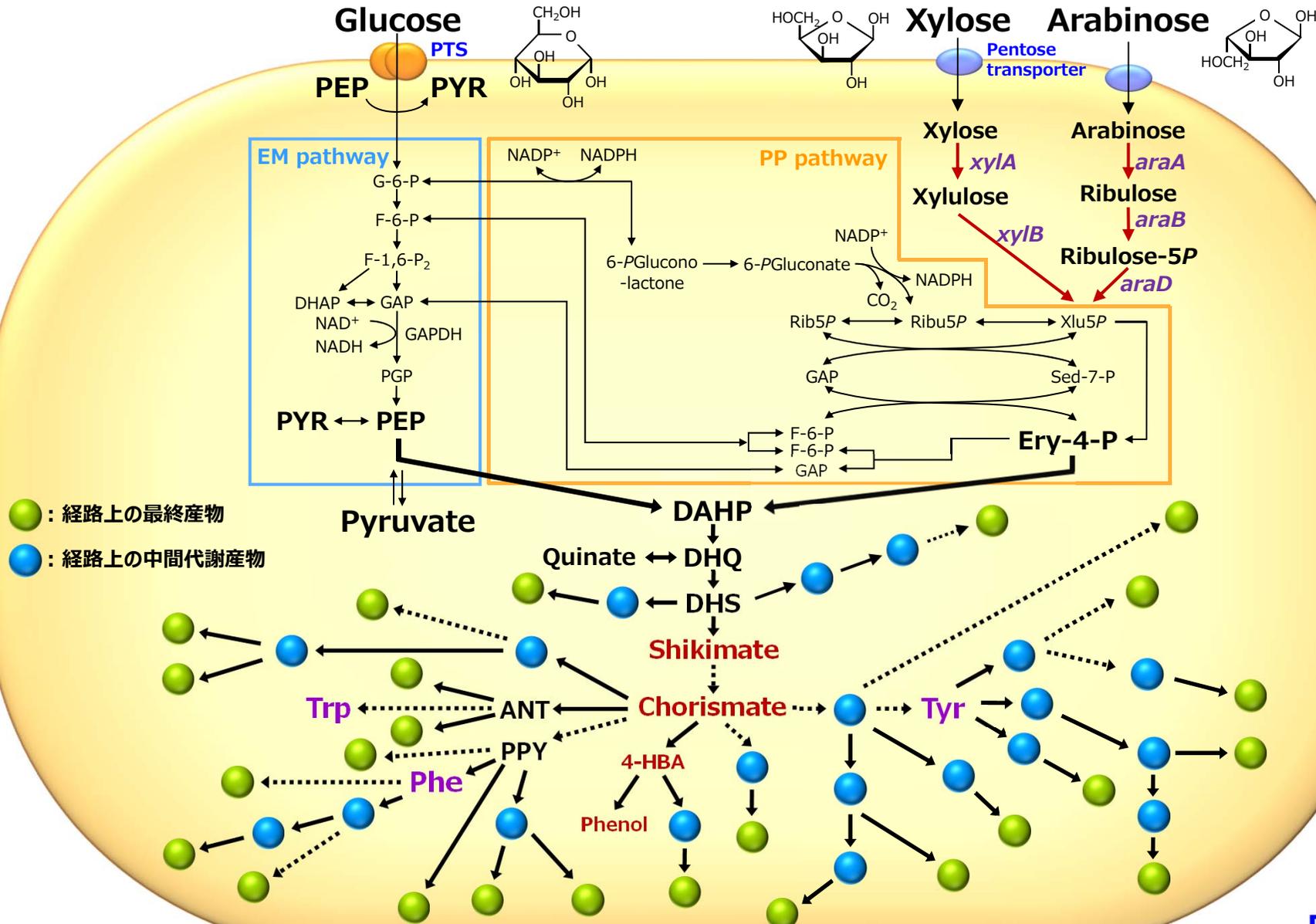
2. 医薬、化粧品、香料、農薬の原料

- ・医薬品 (タミフル中間体、生理活性物質、ビタミン剤、神経作用薬等)
- ・化粧品 (色材、香水、浸潤剤、防腐剤、殺菌剤等)
- ・香料 (合成香料、オレンジ油、ローズ油、バニラ等)
- ・農薬 (殺虫剤、除草剤、光合成阻害剤、パラコート等)

3. 工業薬品原料

- ・合成洗剤原料 (アルキルフェノール、アルキルベンゼン)
- ・塗料原料、染料、写真現像薬原料
- ・重合防止剤、可塑剤、紫外線吸収剤

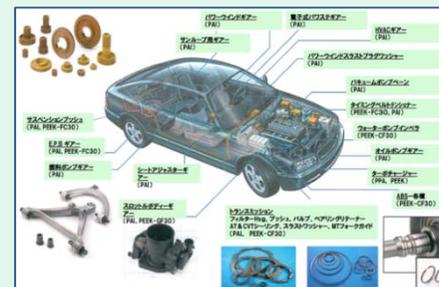
芳香族化合物の生産技術開発



市場分類

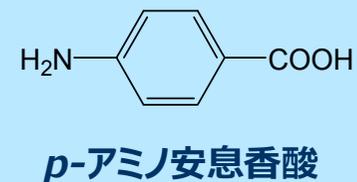
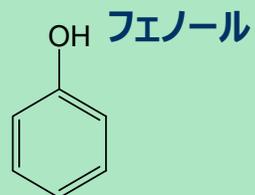
エンプラ

・家電製品の部品
や車載部品等の
機構部分に多用



香料・化粧品

・高付加価値、高価格
・市場拡大傾向

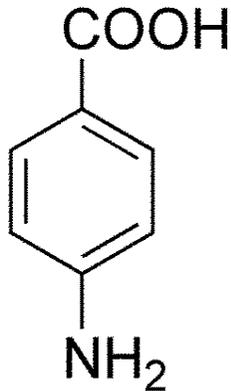


医薬原料

・高付加価値
・ニッチだが、
手堅い



4-アミノ安息香酸



- 4-Aminobenzoic acid(4-ABA)
- 葉酸(ビタミンB9)生産経路の中間体
- ベンゼン環、カルボキシ基、アミノ基
- 対角の位置に置換基

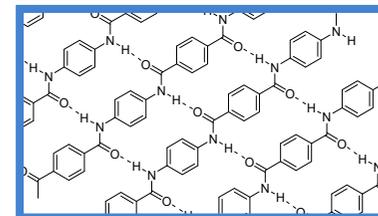
用途

- 高強度ポリマー原料
- 化粧品原料(UV吸収剤)
- 医薬品原料
- サプリメント
- 飼料添加剤
- 麻酔・鎮痛効果
- アゾ染料



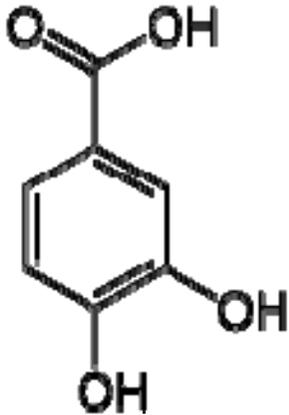
DARPAの中長期的計画で、 挑戦的なターゲットに指定

DuPont; 高強度ポリマー
Kevlar® アラミド合成繊維



軽量, 耐熱
耐衝撃 等

プロトカテク酸



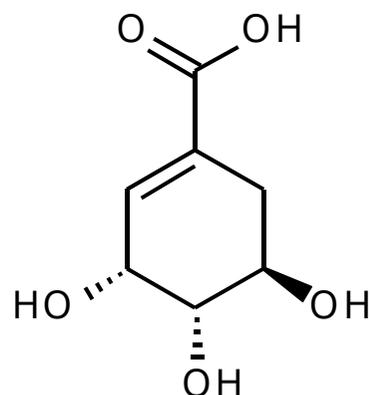
- ・Protocatechuic acid(PCA)
(3,4-ジヒドロキシ安息香酸)
- ・芳香族化合物異化代謝経路の中間体
- ・ベンゼン環、水酸基、カルボキシル基

用途

- 化粧品原料
- 各種医薬品原料
- 香料(バニリン)原料
- ポリマー原料
- 食品用抗酸化剤
- 農薬、抗菌薬
- 防錆剤
- 染毛剤
- カテコール製造原料
- 飼料添加物



シキミ酸



3,4,5-trihydroxy
-1-cyclohexene
-1-carboxylic acid

- ・環状ヒドロキシカルボン酸
- ・隣接する3個のキラル炭素原子を分子内に保有
- ・芳香族化合物
生合成前駆体

医薬品

- ・抗インフルエンザ薬(タミフル)原料
- ・GABA様作用(鎮静、抗不安)
- ・血圧降下、胆石治療
- ・NF-kB阻害



化粧品

- ・美白剤
- ・しわ防止剤
- ・育毛剤
- ・抗酸化活性



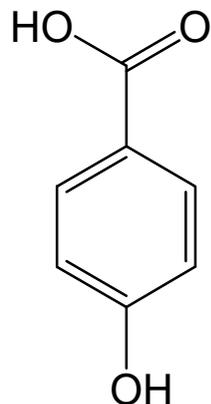
健康食品

- ・脂肪吸収抑制
- ・免疫応答調節

その他

- ・易分解性農薬
- ・園芸種の品種改良試薬
- ・酸化防止剤
- ・抗生物質
- ・生化学試薬

4-ヒドロキシ安息香酸



- ・4-Hydroxybenzoic acid(4-HBA)
- ・ユビキノン生産経路の中間体
- ・ベンゼン環、カルボキシル基、水酸基
- ・対角の位置に置換基

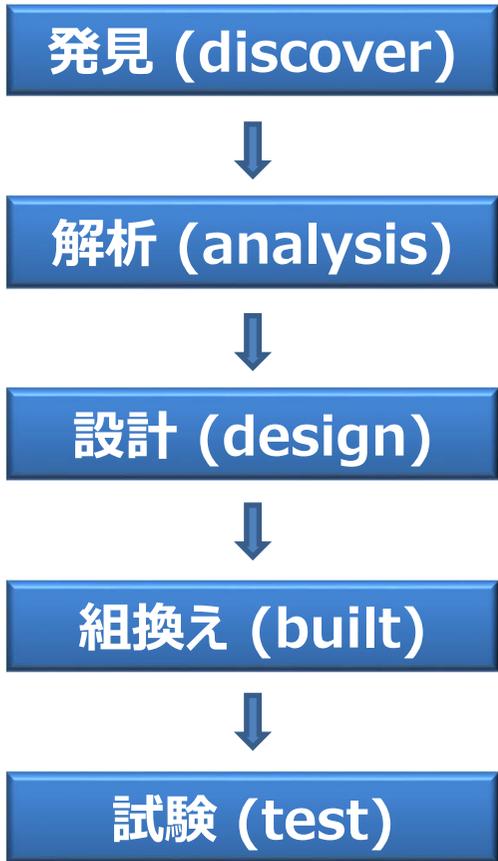
用途

- 液晶ポリマー原料
- 防腐剤(パラベン)
- バイオフィェノール前駆体
- 防カビ剤
- 写真薬
- 香料の原料
- ナイロン樹脂の可塑剤



合成生物学による スマートセルの創製

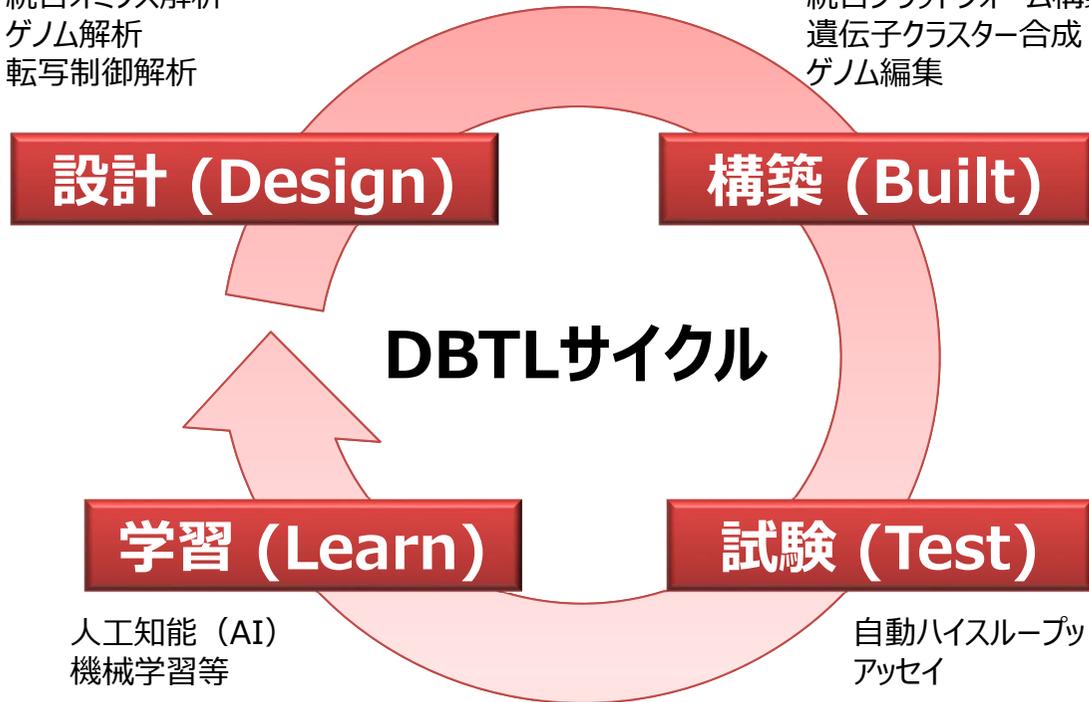
従来型細胞育種



スマートセル (高度に機能がデザインされた生物細胞)の創製

システム生物学ツール
新規遺伝子クラスター同定
統合オミクス解析
ゲノム解析
転写制御解析

合成生物学ツール
人工代謝パス構築
統合プラットフォーム構築
遺伝子クラスター合成
ゲノム編集



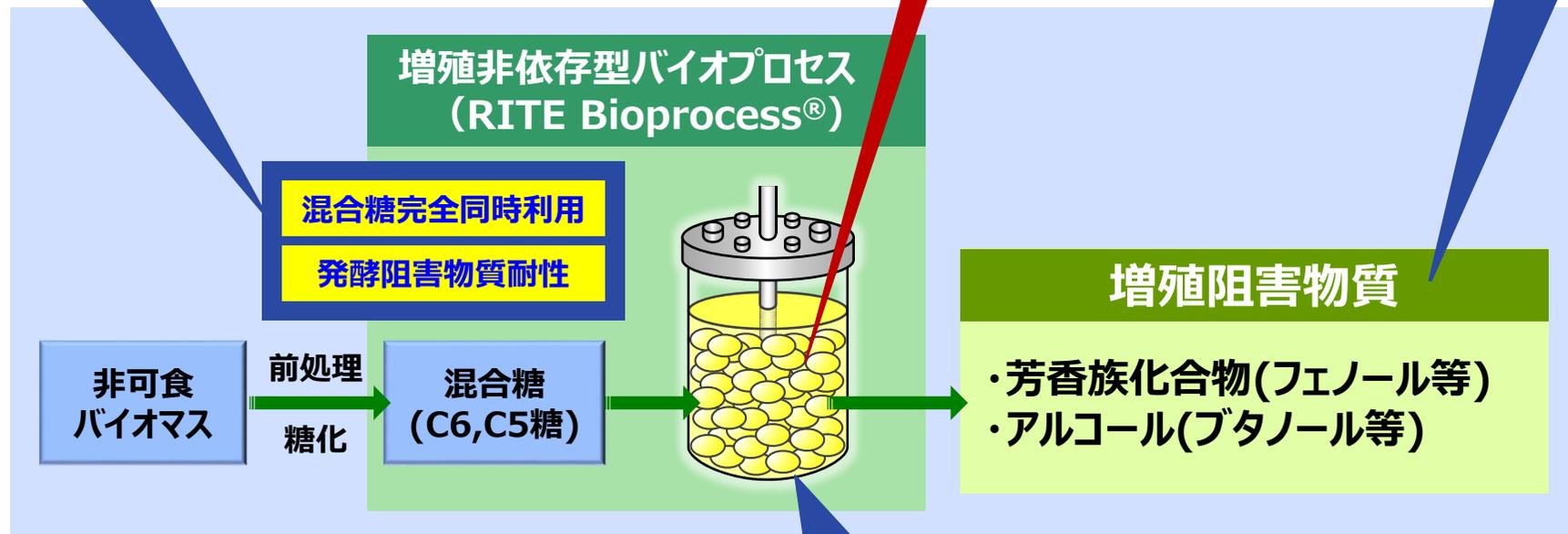
人工的な代謝経路・遺伝子回路を計算機科学的に設計し、合成生物学により設計通りに遺伝子を合成・編集し生産細胞を創製

増殖阻害物質の高生産技術開発の戦略

非可食バイオマス由来
糖化液の利用に必須
な技術を唯一保有

スマートセル技術の
導入による更なる
生産性向上

「増殖非依存型バイオプロセス」
+「高耐性コリネ型細菌の利用」
により増殖阻害物質の
高生産を実現



工学的的手法(膜リアクター等)
とミューテーターによる
生産物耐性株の取得による
高生産の実現

生産性比較

■ イソブタノール生産

Microorganisms	Isobutanol (g/L)	Isobutanol productivity(g/L/h)	Aerobic/ Anaerobic	KDC	ADH
<i>Escherichia coli</i> ¹⁾	22	0.20	Micro-aerobic	<i>kivD</i>	<i>adh2</i>
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ²⁾	0.63	0.007	Aerobic	<i>aro10</i>	<i>adh2</i>
<i>Bacillus subtilis</i> ³⁾	5.5	0.09	Micro-aerobic	<i>kivD</i>	<i>adh2</i>
<i>Synechococcus elongatus</i> ⁴⁾	0.45	0.003	Aerobic	<i>kivD</i>	<i>yqhD</i>
<i>Corynebacterium glutamicum</i> ⁵⁾	13	0.26	Shift to oxygen deprivation	<i>kivD</i>	<i>adh2</i>
<i>Corynebacterium glutamicum</i> ⁶⁾	27	1.1	RITE bioprocess	<i>kivD</i>	<i>adhP</i>

1) *Nature* **451**:86-90. 2008.3) *Microb. Cell Fact.* **11**:101. 2012.5) *Appl. Environ. Microbiol.* **77**:3300-3310. 2011. (Germany)2) *Biotechnol. Biofuels* **5**:65. 2012.4) *Nat. Biotechnol.* **27**:1177-1180. 2009.6) *Biotechnol. Bioeng.* **110**:2938-2948. 2013. (RITE)

kivD: *Lactococcus lactis* *adh2*: *Saccharomyces cerevisiae* *aro10*: *Saccharomyces cerevisiae* *yqhD*: *Escherichia coli* *adhP*: *Escherichia coli*

■ D-乳酸生産

生産株	研究グループ	最終濃度(g/L)	対糖収率(%)	生産培地
<i>Lactobacillus lactis</i> ¹⁾	インド国立化学研究所	110	73	栄養培地 (Cane sugar)
<i>Lactobacillus plantarum</i> ²⁾	神戸大	74	78	栄養培地 (MBS+Glc/Xyl)
<i>Sporolactobacillus sp.</i> ³⁾	上海交通大学	207	93	栄養培地 (Peanut meal)
<i>Bacillus coagulans</i> QZ19 ⁴⁾	フロリダ大	90	96	栄養培地 (LB)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> OC2 ⁵⁾	豊田中研、東大	62	62	栄養培地 (YPD)
<i>Escherichia coli</i> TG114 ⁶⁾	フロリダ大	120	98	最少培地 (+Glc)
<i>Escherichia coli</i> B1103-070 ⁷⁾	江南大	118	87	最少培地 (+Glc)
RITEバイオプロセス <i>Corynebacterium glutamicum</i> ⁸⁾	RITE	125	86	最少培地 (+Glc)
RITEバイオプロセス <i>Corynebacterium glutamicum</i> ⁹⁾	RITE	264	95	最少培地 (+Glc)

1) *Biotechnol. Lett.* **32**:517-520. 2010.6) *Biotechnol. Lett.* **28**:1527-1535. 2006.2) *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **92**:67-76. 2011.7) *Curr. Microbiol.* **62**:981-989. 2011.3) *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **89**:1009-1017. 2011.8) *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **78**:449-454. 2008.4) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **108**:18920-18925. 2011.

9) RITE (unpublished)

5) *J. Biosci. Bioeng.* **101**:172-177. 2006.

生産性比較

■ L-アラニン生産

菌 株	最終濃度(g/L)	最大生産性(g/L/h)
増殖プロセス		
- <i>Corynebacterium glutamicum</i> AL107 (1994) ¹⁾ ※増殖→酸素供給制限条件	71	1.1
- <i>Escherichia coli</i> ALS929 (2006 University of Georgia) ²⁾ ※増殖→嫌気条件	88	5.7
- <i>Escherichia coli</i> ZX132 (2007 Florida Univ.) ³⁾	114	4
非増殖・非通気プロセス		
- RITEバイオプロセス (<i>C. glutamicum</i>) ⁴⁾	235	10.3

1) JP6277082. 1994.

2) *Biotech. Lett.* **28**:1695-1700. 2006.3) *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **77**:355-366. 2007.4) *Appl. Environ. Microbiol.* **78**:4447-4457. 2012.

■ L-バリン生産

菌 株	最終濃度(g/L)	最大生産性(g/L/h)
通気・増殖プロセス		
- <i>Brevibacterium lactofermentum</i> No.487 ¹⁾	31	0.8
- <i>Brevibacterium flavum</i> AA54 (1992) ²⁾	55	0.6
通気・非増殖プロセス		
- <i>Corynebacterium glutamicum</i> ³⁾	50	1.2
非通気・非増殖プロセス		
- RITEバイオプロセス (<i>C. glutamicum</i>) ⁴⁾	227	13.8

1) *Agric. Biol. Chem.* **39**:1319-1322. 1975.

2) JP4045160. 1992.

3) *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **79**:471-479. 2008.4) *Appl. Environ. Microbiol.* **79**:1250-1257. 2013.

まとめ

スマートセル創製技術の開発

- バイオ技術 × デジタル技術の融合

RITE Bioprocess

- 高生産性
- 混合糖類(C6, C5糖)の完全同時利用性
- 発酵阻害物質への高度耐性

バイオ燃料生産技術の開発

- 100%グリーンジェット燃料; 2030年 実用化目標

グリーン化学品生産技術の開発

- グリーン芳香族化合物(ポリマー・香料・化粧品等の原料);
製造技術開発の加速

Host vector system

- *Agric. Biol. Chem.* **54**:443-447. 1990.
- *J. Industrial. Microbiol.* **5**:159-165. 1990.
- *Appl. Environ. Microbiol.* **57**:759-764. 1991.
- *Res. Microbiol.* **144**:181-185. 1993.
- *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **57**:2036-2038. 1993.
- *Plasmid* **36**:62-66. 1996.
- *ACS Symposium Series* 862
Fermentation Biotechnol. 175-191. 2003.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **81**:1107-1115. 2009.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **87**:1855-1866. 2010.
- *Microbiology* **156**:3609-3623. 2010.
- *J. Microbiol. Methods.* **85**:155-163. 2011.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **97**:8219-8226. 2013.
- *J. Appl. Microbiol.* **115**:495-508. 2013.
- *J. Microbiol. Methods.* **146**:13-15. 2018.

Gene transformation methods

- *Mol. Gen. Genet.* **245**:397-405. 1994.
- *Mol. Microbiol.* **11**:739-746. 1994.
- *Biotech. Lett.* **17**:1143-1148. 1995.

Gene expression system

- *FEMS Microbiol. Lett.* **131**:121-126. 1995.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **82**:491-500. 2009.
- *Lett. Appl. Microbiol.* **50**:173-180. 2010.

Chromosome engineering methods

- *J. Mol. Microbiol. Biotechnol.* **8**:243-254. 2004.
- *Appl. Environ. Microbiol.* **71**:407-416. 2005.
- *Microbiology* **151**:501-508. 2005.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **67**:225-233. 2005.
- *Appl. Environ. Microbiol.* **71**:3369-3372. 2005.
- *Appl. Environ. Microbiol.* **71**:7633-7642. 2005.
(Review)
- *Appl. Environ. Microbiol.* **71**:8472-8480. 2005.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **69**:151-161. 2005.
- *Appl. Environ. Microbiol.* **72**:3750-3755. 2006.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **74**:1333-1341. 2007.
- *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **71**:1683-1690. 2007.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **77**:871-878. 2007.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **79**:519-526. 2008.
(Mini-Review)
- *Strain Engineering* 409-417. 2011.

Physiology of corynebacteria

- *DNA seq.* **3**:303-310. 1993.
- *DNA seq.* **4**:87-93. 1993.
- *DNA seq.* **4**:95-103. 1993.
- *DNA seq.* **4**:177-184. 1993.
- *Gene* **139**:99-103. 1994.
- *Gene* **158**:87-90. 1995.
- *FEMS Microbiol. Lett.* **133**:239-244. 1995.
- *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **236**:383-388. 1997.
- *Methods Enzymol.* **279**:339-348. 1997.
- *Recent Res. Devel.* **2**:429-435. 1998.
- *Genet. Anal.* **15**:9-13. 1999.
- *DNA seq.* **11**:383-394. 2000.
- *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **289**:1307-1313. 2001.
- *J. Biosci. Bioeng.* **92**:502-517. 2001. (Review)
- *Mol. Genet. Genomics* **271**:729-741. 2004.
- *J. Mol. Microbiol. Biotechnol.* **8**:91-103. 2004.
- *Microbiology* **153**:1042-1058. 2007.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **75**:889-897. 2007.
- *Microbiology* **153**:2190-2202. 2007.
- *Microbiol. Monogr.* 349-401. 2007.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **76**:1347-1356. 2007.
- *Microbiology* **154**:264-274. 2008.
- *Mol. Microbiol.* **67**:597-608. 2008.
- *J. Mol. Microbiol. Biotechnol.* **15**:264-276. 2008.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **78**:309-318. 2008.
- *J. Bacteriol.* **190**:3264-3273. 2008.
- *Appl. Environ. Microbiol.* **74**:5290-5296. 2008.
- *Microbiology* **154**:3073-3083. 2008.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **81**:291-301. 2008.
- *J. Bacteriol.* **190**:8204-8214. 2008.
- *J. Bacteriol.* **191**:968-977. 2009.
- *Microbiology* **155**:741-750. 2009.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **83**:315-327. 2009.
- *J. Bacteriol.* **191**:2964-2972. 2009.
- *Appl. Environ. Microbiol.* **75**:3419-3429. 2009.
- *Appl. Environ. Microbiol.* **75**:3461-3468. 2009.
- *J. Bacteriol.* **191**:4251-4258. 2009.
- *J. Biol. Chem.* **284**:16736-16742. 2009.
- *Microbiology* **155**:3652-3660. 2009.
- *Microbiology* **156**:1335-1341. 2010.
- *Appl. Environ. Microbiol.* **76**:5488-5495. 2010.
- *Future Microbiol.* **5**:1475-1481. 2010. (Review)
- *Microbiology* **157**:21-28. 2011.
- *J. Bacteriol.* **193**:349-357. 2011.
- *J. Bacteriol.* **193**:1327-1333. 2011.
- *J. Biotechnol.* **154**:114-125. 2011. (Review)
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **90**:1051-1061. 2011.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **91**:677-687. 2011.
- *J. Bacteriol.* **193**:4123-4133. 2011.
- *Microbiology* **158**:975-982. 2012.
- *J. Bacteriol.* **194**:6527-6536. 2012.
- *FEBS J.* **279**:4385-4397. 2012.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **97**:4917-4926. 2013.
- *J. Bacteriol.* **195**:1718-1726. 2013.
- *FEBS J.* **280**:3298-3312. 2013.
- *J. Bacteriol.* **196**:60-69. 2014.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **98**:4159-4168. 2014.
- *Mol. Microbiol.* **92**:356-368. 2014.
- *J. Bacteriol.* **196**:2242-2254. 2014.
- *J. Bacteriol.* **196**:3249-3258. 2014.
- *J. Bacteriol.* **197**:483-496. 2015.
- *Nucleic Acids Res.* **43**:520-529. 2015.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **99**:3505-3517. 2015.
- *Appl. Environ. Microbiol.* **81**:2284-2298. 2015.
- *J. Bacteriol.* **197**:3307-3316. 2015.
- *J. Bacteriol.* **197**:3788-3796. 2015.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **100**:45-60. 2016.
- *Mol. Microbiol.* **99**:1149-1166. 2016.
- *Mol. Microbiol.* **100**:486-509. 2016.
- *J. Bacteriol.* **199**:e00798-16. 2017.
- *FEBS J.* **284**:4298-4313. 2017.
- *Mol. Microbiol.* **107**:312-329. 2018.

RITE bioprocess (Production of chemicals and fuels)

- *Process Biochem.* **1**:124-128. 1985.
- *Process Biochem.* **21**:164-166. 1986.
- *Process Biochem.* **21**:196-199. 1986.
- *Process Biochem.* **24**:60-61. 1989.
- *J. Industrial. Microbiol.* **5**:289-294. 1990.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **35**:348-351. 1991.
- *Catalysis Today* **22**:621-627. 1994.
- *Microbiology* **149**:1569-1580. 2003.
- *J. Mol. Microbiol. Biotechnol.* **7**:182-196. 2004.
- *J. Mol. Microbiol. Biotechnol.* **8**:243-254. 2004.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **68**:475-480. 2005.
- *Appl. Environ. Microbiol.* **72**:3418-3428. 2006.
- *Nat. Biotechnol.* **24**:761-764. 2006.
- *Appl. Environ. Microbiol.* **73**:2349-2353. 2007.
- *Microbiology* **153**:2491-2504. 2007.
- *J. Chem. Technol. Biotechnol.* **82**:693-697. 2007.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **77**:853-860. 2007.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **77**:1053-1062. 2008.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **77**:1219-1224. 2008.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **77**:1305-1316. 2008.
- *J. Mol. Microbiol. Biotechnol.* **15**:16-30. 2008.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **78**:449-454. 2008.
- *Appl. Environ. Microbiol.* **74**:5146-5152. 2008.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **81**:459-464. 2008.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **81**:505-513. 2008.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **81**:691-699. 2008.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **85**:105-115. 2009.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **85**:471-480. 2010.
(Mini-Review)
- *Biomass to Biofuel* 311-330. 2010.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **86**:1057-1066. 2010.
- *Encyclopedia of Industrial Biotechnol.* 2010.
- *Encyclopedia of Industrial Biotechnol.* 2010.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **81**:159-165. 2010.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **89**:1905-1916. 2011.
- *Biofuels* **2**:303-313. 2011. (Review)
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **90**:1721-1729. 2011.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **91**:1375-1387. 2011.
- *Appl. Environ. Microbiol.* **78**:865-875. 2012.
- *Appl. Environ. Microbiol.* **78**:4447-4457. 2012.
- *Annu. Rev. Microbiol.* **66**:521-550. 2012.
- *FEBS Lett.* **586**:4228-4232. 2012.
- *Appl. Environ. Microbiol.* **79**:1250-1257. 2013.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **97**:8139-8149. 2013.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **97**:6693-6703. 2013.
- *Biotechnol. Bioeng.* **110**:2938-2948. 2013.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **99**:1427-1433. 2015.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **99**:1165-1172. 2015.
- *Microbiology* **161**:254-263. 2015.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **99**:5573-5582. 2015.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **99**:4679-4689. 2015.
- *Appl. Environ. Microbiol.* **81**:4173-4183. 2015.
- *Bioengineered* **6**:328-334. 2015.
- *Fermentation* **2**:5. 2016.
- *Metab. Eng.* **38**:322-330. 2016.
- *Metab. Eng.* **38**:204-216. 2016.
- *Appl. Environ. Microbiol.* **83**:e02638-16. 2017.
- *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **101**:5019-5032. 2017.
- *Appl. Environ. Microbiol.* **84**:e02587-17. 2018.

The cover of AEM



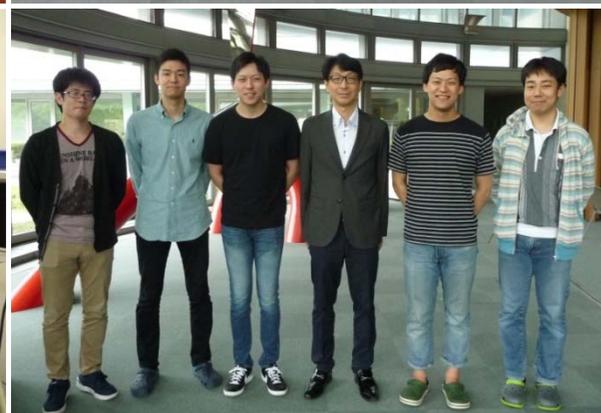
The cover of MM



C. glutamicum R



RITE バイオ研究グループ



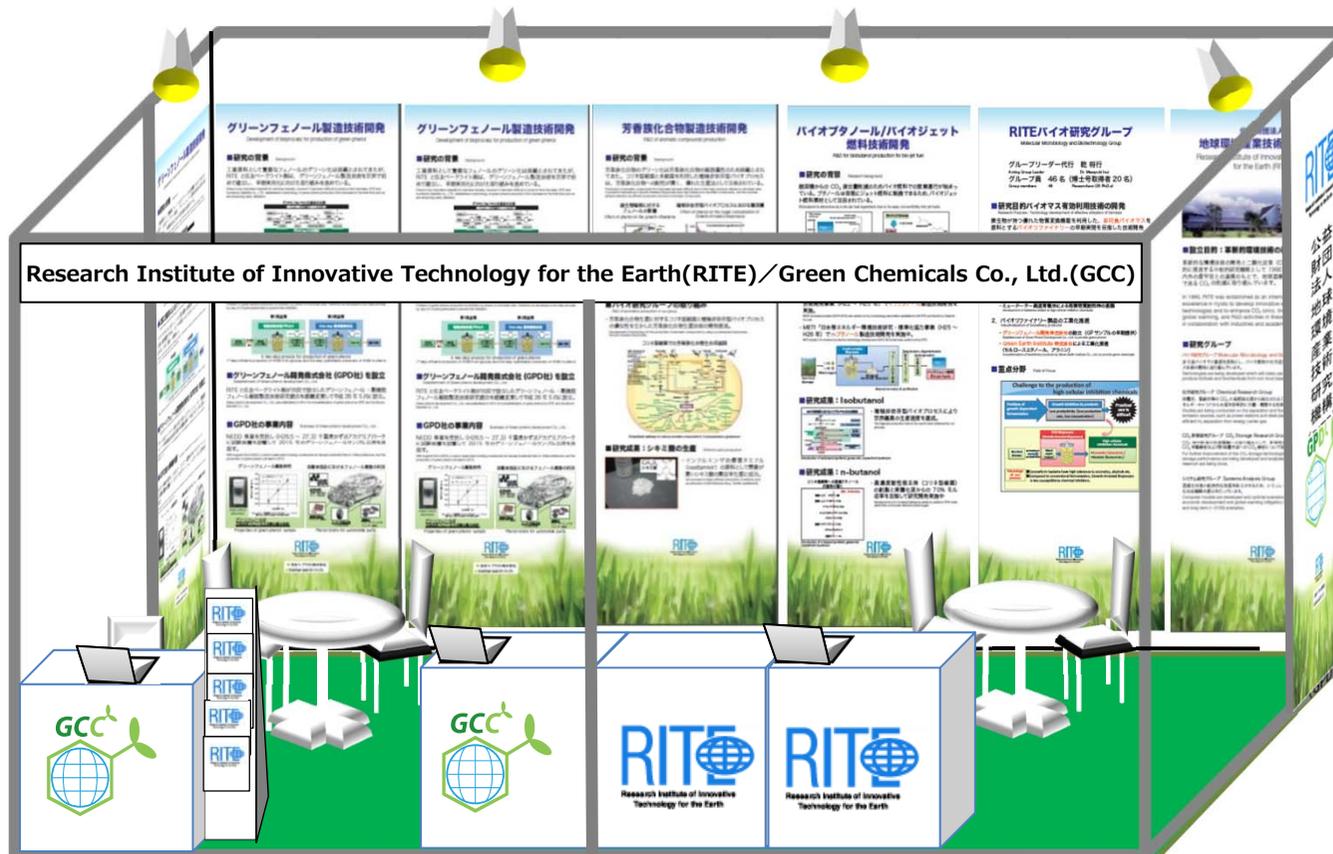
↑
RITEバイオ研究グループ

← 奈良先端科学技術大学院大学
教育連携研究室
微生物分子機能学(乾研究室)

BioJapan 2018に出展します

10/10(水)~12(金) パシフィコ横浜ABCDホール
小間番号:D-14

是非ともRITEブースにお立ち寄り下さい！





Thank you for your attention

Contact Information:
mmg-lab@rite.or.jp
www.rite.or.jp