

リグニン、もみ殻、水産廃棄物 などの廃棄物有効活用技術

弘前大学 地域戦略研究所
准教授 吉田 暁弘

2022年3月3日@新技術説明会



弘前大学地域戦略研究所 エネルギー変換工学研究室の紹介

- ・ バイオマスや再エネの有効活用に関するエネルギー変換・貯蔵技術の開発に取り組む



専門分野
化学工学
エネルギー工学

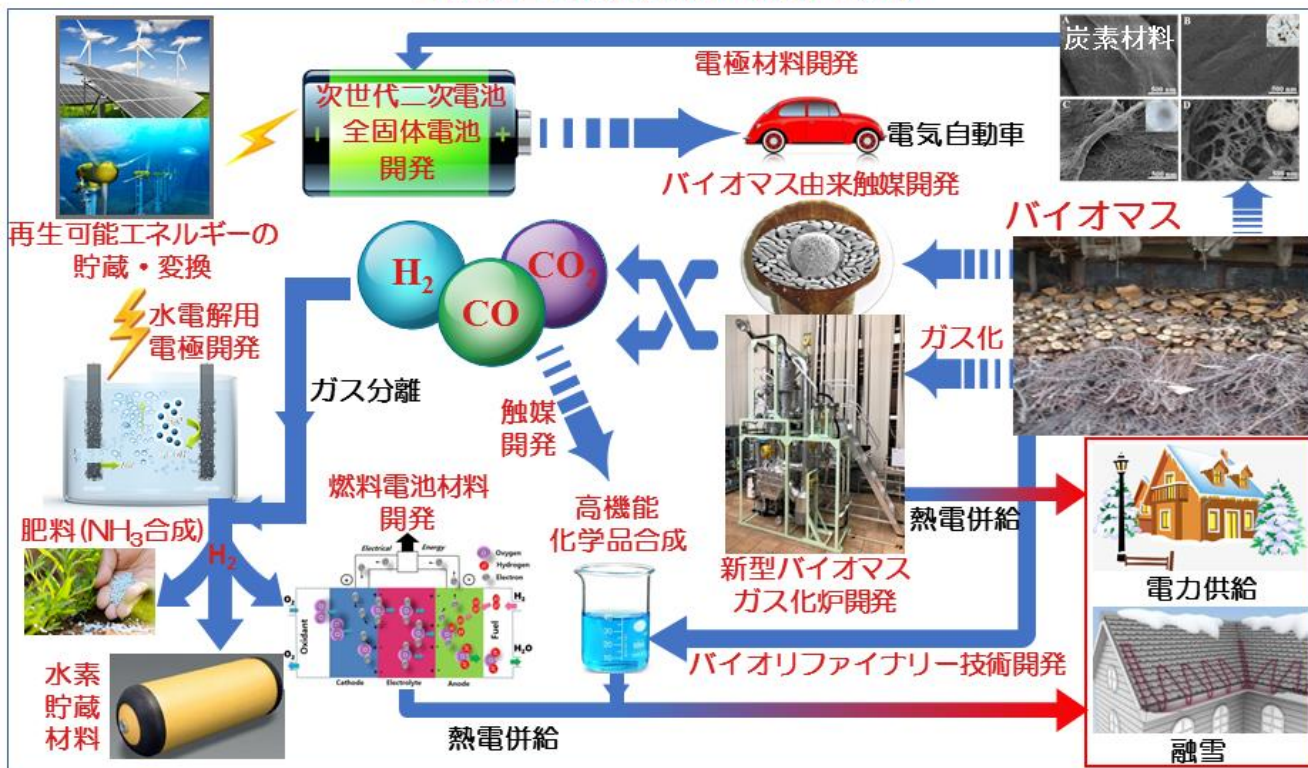
教授 官 国清



専門分野
触媒化学
無機化学

准教授 吉田 暁弘

当研究室の取り組み（赤字部分）



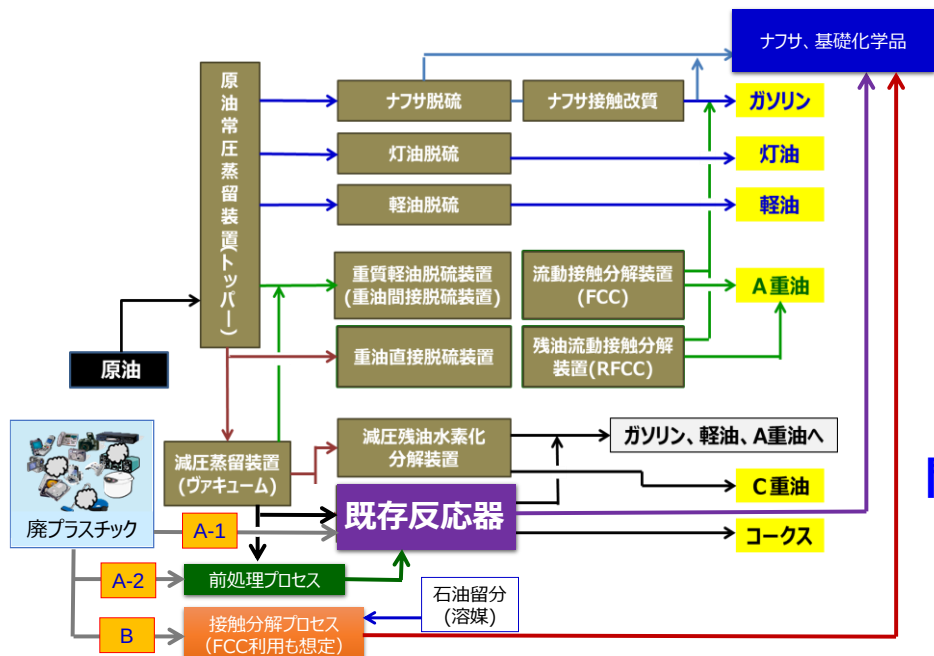
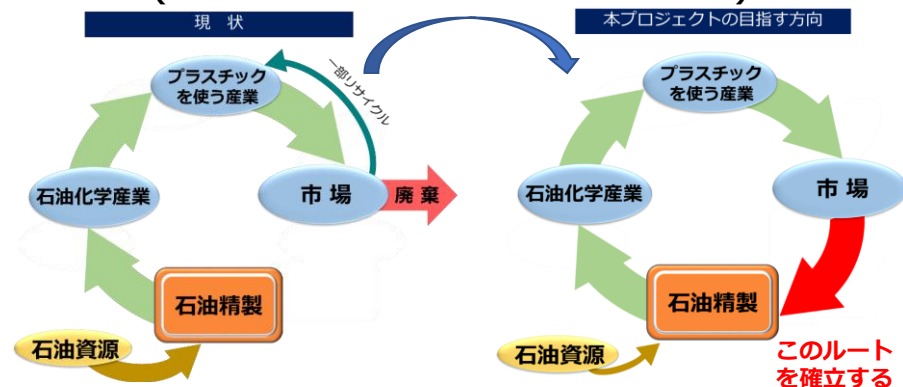
バイオマスガス化
パイロットプラント
(2012-18年度
青森市委託事業により完成)



弘前大学地域戦略研究所 エネルギー変換工学研究室の紹介

・各種廃棄物の有効活用技術開発

廃プラスチックの石化プラントを活用した
ケミカルリサイクル技術の開発
(NEDO先導研究2019-2021)



専門分野
触媒化学
無機化学

小麦ふすま・もみ殻からの有用物質抽出技術
(企業様との共同研究 2020-)

小麦
ふすま

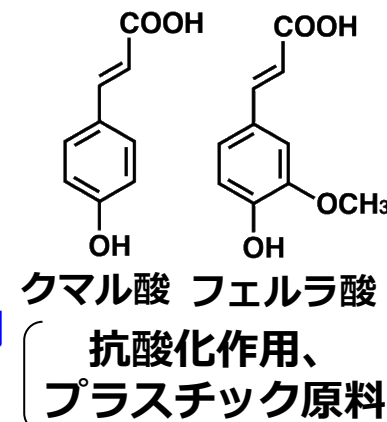


もみ殻



新触媒

中和に要する
酸量削減、
油脂類の分解抑制



海岸漂着プラのリサイクル研究
(複数企業様との共同研究2021-)

高い割合でリサイクル可能

開発した要素技術

- ・ 廃プラの前処理 + 無機物分離法
- ・ 廃プラ中のPVC, PETのアップグレードリサイクル技術

本日の発表内容

廃棄物の有効利用に関連する、 以下の2件の技術について紹介

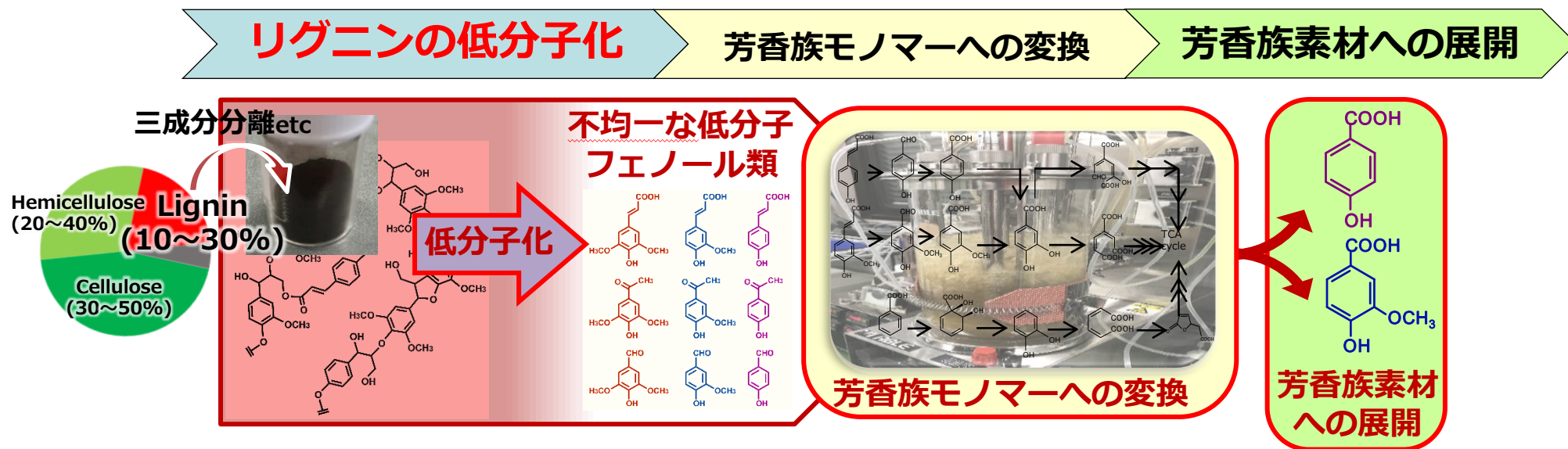
1. 木質バイオマスの構成成分である
リグニンを連続的に分解可能な触媒技術
2. 貝類養殖残渣を未利用バイオマスである
もみ殻を活用して無臭化・肥料化する技術

技術その1. 木質バイオマスの構成成分である リグニンを連続的に分解可能な触媒技術

想定される用途

- 未利用なバイオマス(木質チップ、稲わら、もみがら、小麦ふすま等)や廃工業リグニンを活用した化学物質の生産

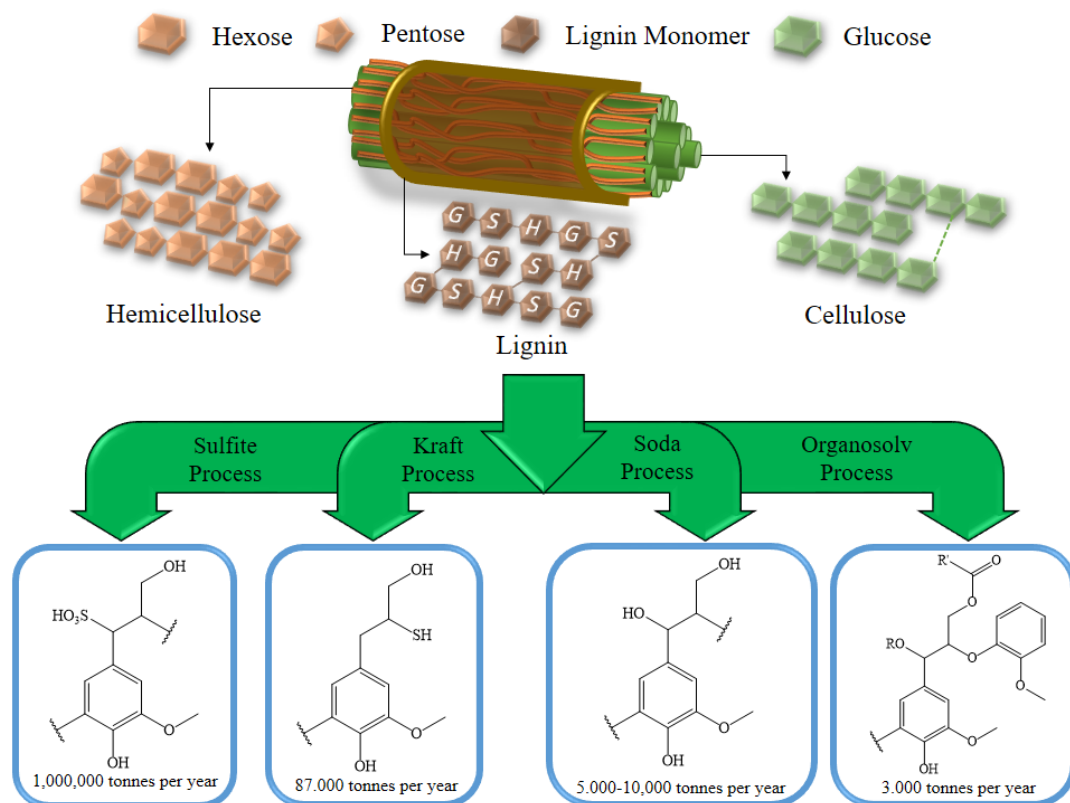
例)JST未来社会事業での取り組み



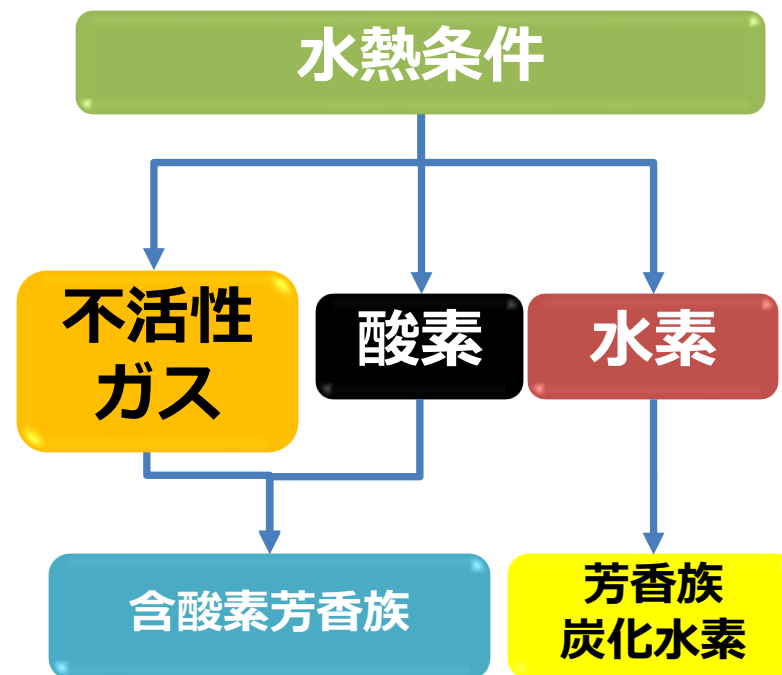
リグニンの触媒分解で、香料、医薬原料、ポリマー原料として
利用可能なフェノール類が得られる

技術その1. 木質バイオマスの構成成分である リグニンを連続的に分解可能な触媒技術

背景技術: リグニン分解による含酸素芳香族化合物の合成



リグニン分解による 含酸素芳香族化合物の合成



水素: 入手できる場所が限定、比較的高価
酸素: 空気から大量に入手可能
 酸化条件の方が不活性条件よりも高い含酸素芳香族収率が期待

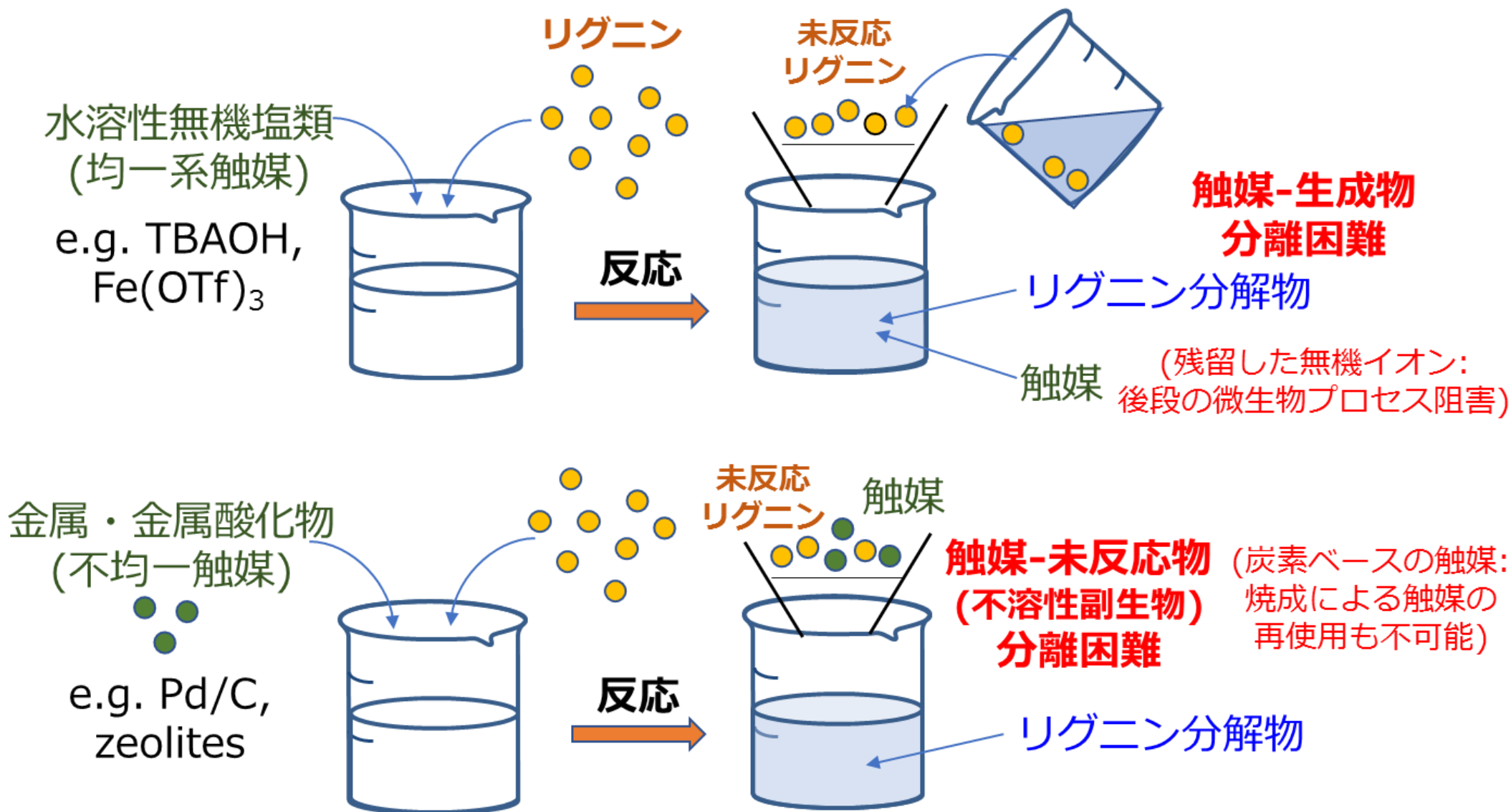
リグニン分解

単環芳香族化合物

化学品・燃料

技術その1. 木質バイオマスの構成成分である リグニンを連続的に分解可能な触媒技術

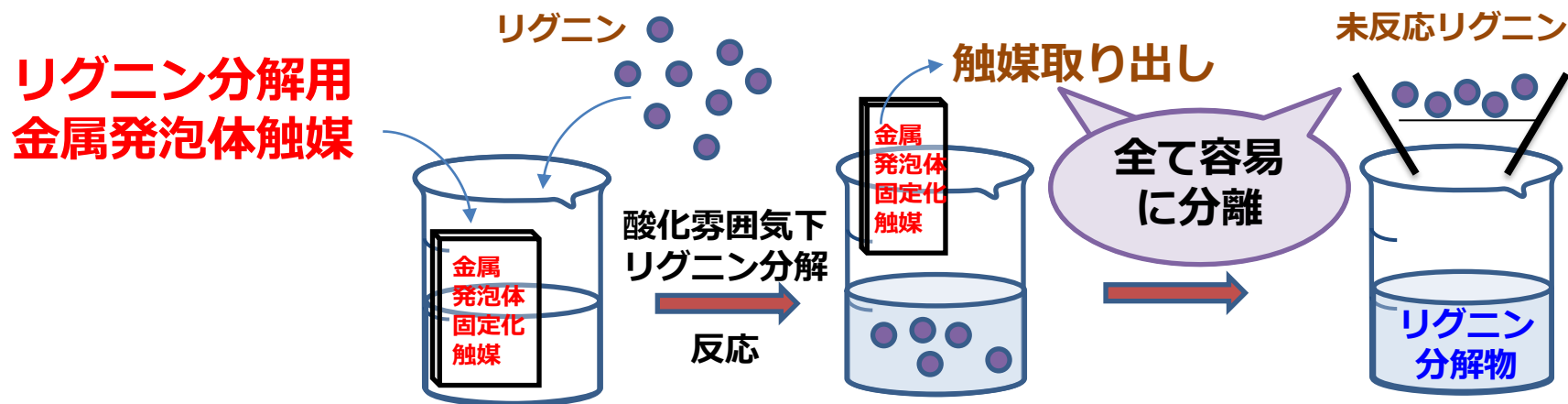
背景技術: 従来のリグニン分解触媒の課題



技術その1. 木質バイオマスの構成成分である

リグニンを連続的に分解可能な触媒技術

発明の技術内容①: リグニン分解用触媒の製造方法



触媒の特徴

- ・ 分離が容易
- ・ 再利用も容易
- ・ 流通系の連続反応に適する

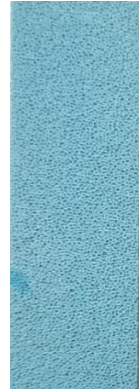
触媒製造方法

銅発泡体



試薬処理

第一世代触媒



試薬処理

第二世代触媒



- ・ 粉末 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 触媒よりも高性能
- ・ 回収容易で繰り返し使用可能
- ・ 加熱処理による触媒再生可能

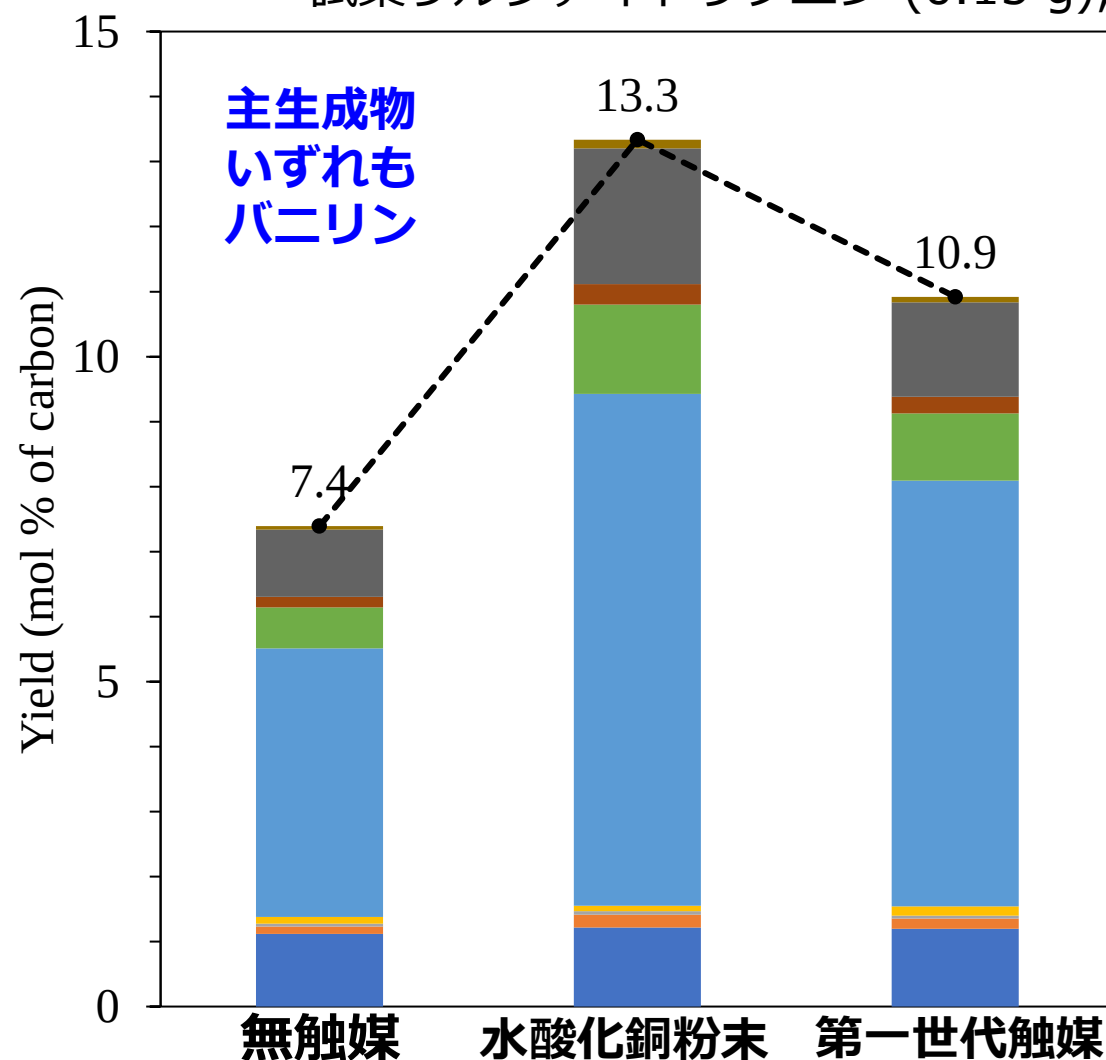
簡単な試薬浸漬処理で触媒調製可能

リグニンを連続的に分解可能な触媒技術

第一世代発泡体触媒によるリグニン分解実験

触媒的アルカリ酸化分解

試薬サルファイトリグニン (0.15 g), 180 °C, 5 bar O₂, 0.5 h



■ syringic acid

■ vanillic acid

■ syringaldehyde

■ hydroxybenzoic acid

■ Apocynin

■ vanillin

■ guaiacol

■ oxalic acid

■ glycolic acid

■ lactic acid

--- Yield (mol% of carbon)

・ 第一世代触媒
→ 粉末触媒に
少し劣る

技術その1. 木質バイオマスの構成成分である

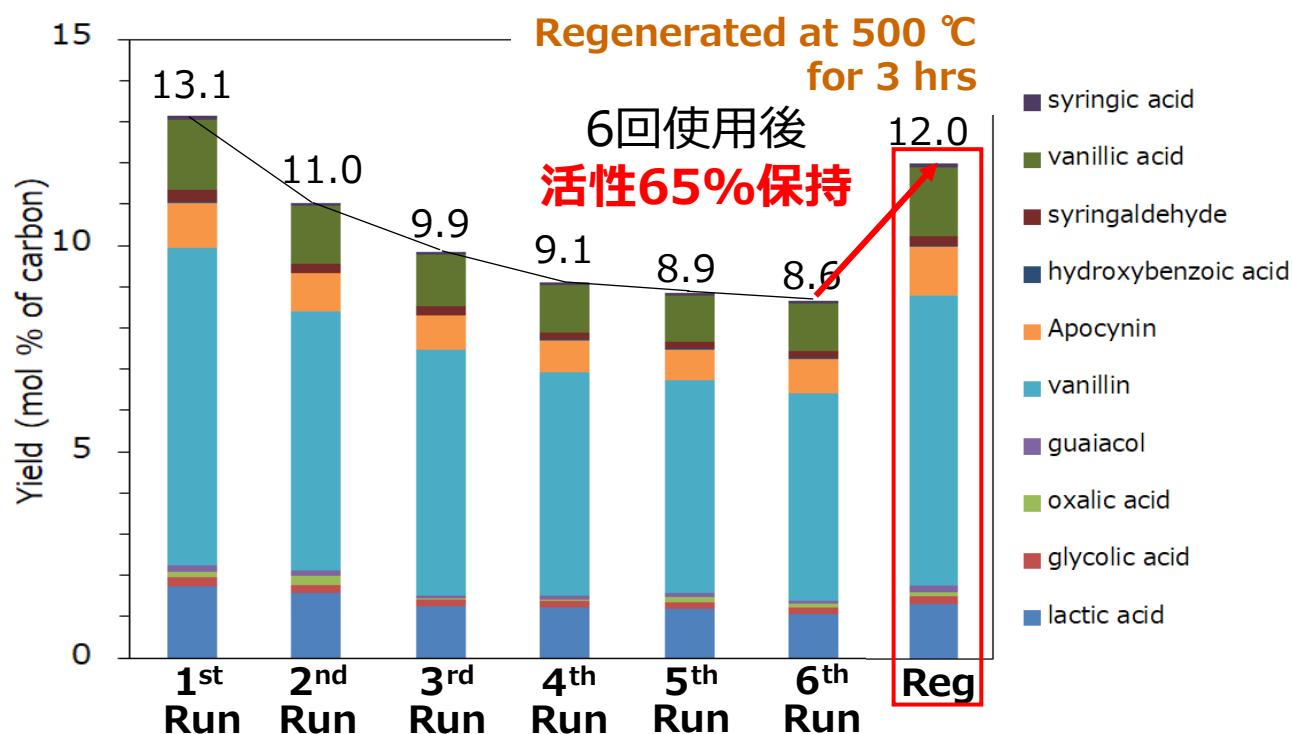
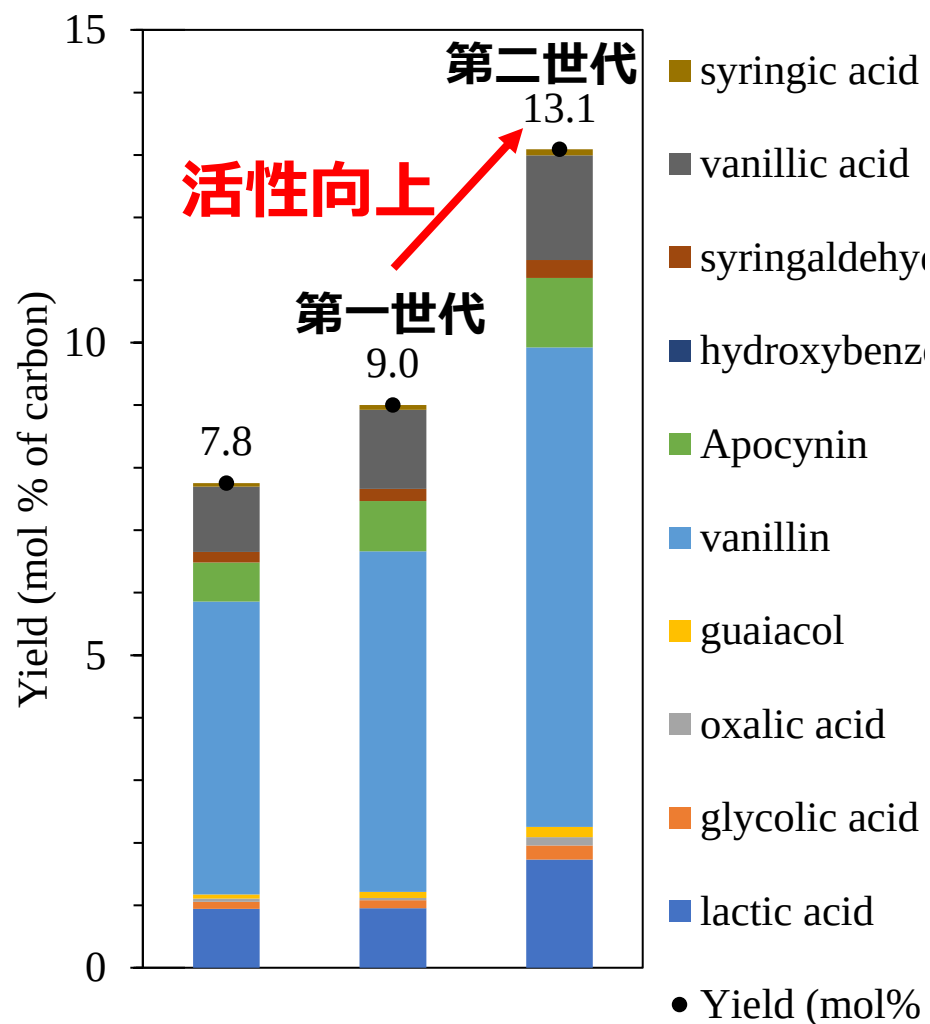
リグニンを連続的に分解可能な触媒技術

第二世代発泡体触媒によるリグニン分解実験

触媒的アルカリ酸化分解

試薬サルファイトリグニン (0.15 g), 180 °C, 5 bar O₂, 0.5 h

繰り返し使用・焼成再活性化
(第二世代)



繰り返し性能改善、
焼成により再活性化可能

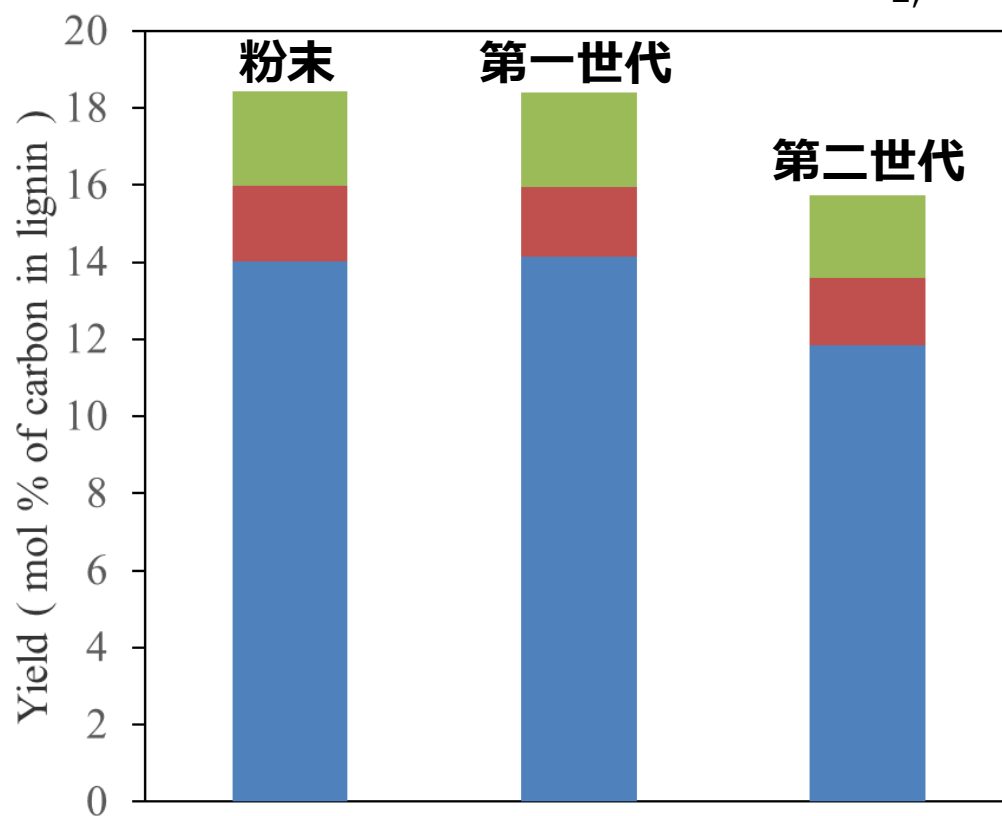
技術その1. 木質バイオマスの構成成分である リグニンを連続的に分解可能な触媒技術

発泡体触媒の杉チップへの適用性

- 発泡体触媒への期待
 - ①反応後残渣との分離の容易性
 - ②高い通液性を生かした流通式反応器への展開

触媒的アルカリ酸化分解

杉チップ (0.44 g), 180 °C, 5 bar O₂, 2 h



粉末触媒と遜色ないバニロイド収率

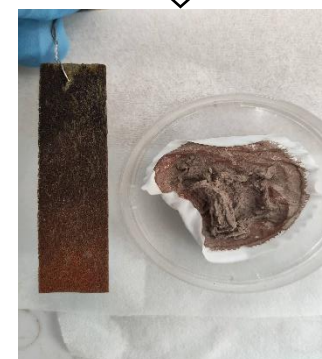
杉チップ0.44 g使用
推定リグニン
含有量 0.15g
(杉のリグニン
含有率34%)
Ref. 九州森林研究
No.62 155 (2009)

■ Apocynin
■ Vanillic acid
■ Vanillin



杉チップ

反応後 ↓



残存繊維(パルプ)

発泡体触媒使用時
パルプと触媒の分離が容易

技術その1. 木質バイオマスの構成成分である

リグニンを連続的に分解可能な触媒技術

流通式アルカリ酸化分解への発泡体触媒の適用



カラム型フローリアクターMCR-1000型

<https://ssl.eyela.co.jp/products/mcr/index.shtml>

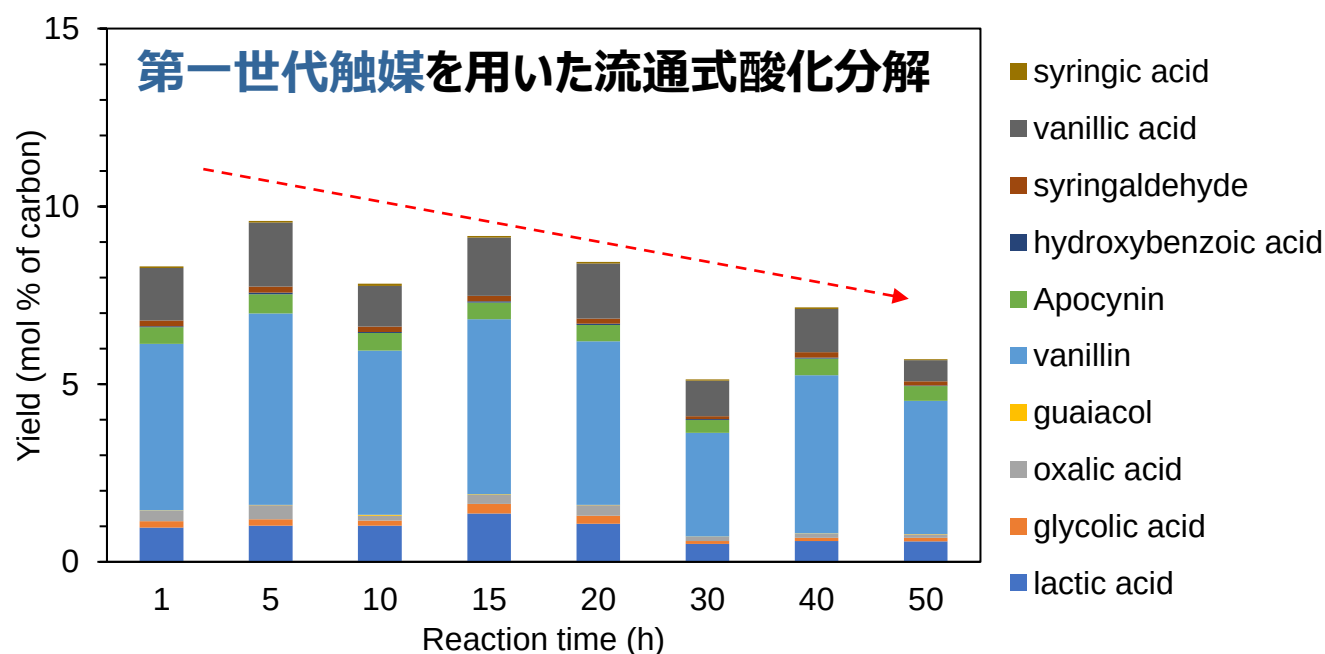
サルファイトリグニン 1.5 g
2 M NaOH溶液 135 mL

0.225 mL/min

O₂
2.0 mL/min

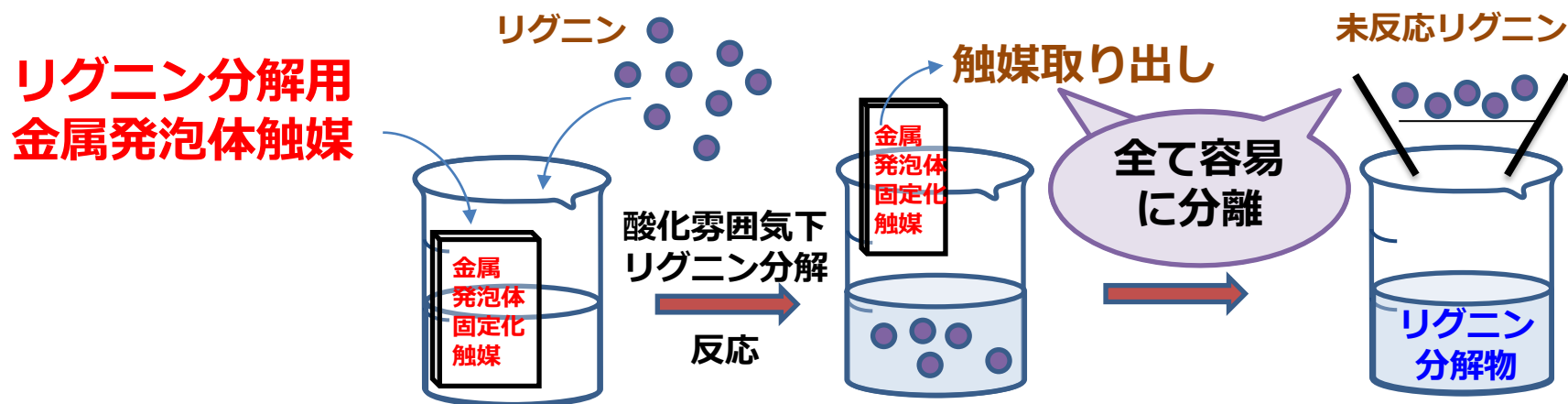
180°C
内圧 : 0.7-0.85 MPa

GC-FID, HPLC分析



反応時間とともに分解物の生成量は低下
選択性ほぼ変化なし
⇒大スケール化への期待

技術その1. 木質バイオマスの構成成分である リグニンを連続的に分解可能な触媒技術



企業への期待

- 金属発泡体触媒を活用したリグニン分解の大スケール化と経済性評価
- 木質を直接分解時のパルプの利用価値検討
- リグニン分解生成物の工業的用途開拓

技術その1. 木質バイオマスの構成成分である リグニンを連続的に分解可能な触媒技術

JST未来社会事業によるご支援

課題名: リグニンからの芳香族ポリマー原料の選択的生産

採択年度: 2019年度

研究代表者: 弘前大 園木 和典

本技術に関する知財権

- 発明の名称 : リグニン分解用触媒及びその製造方法, リグニンの分解方法並びにリグニン分解用触媒の再生方法
- 出願番号 : 特願2021-001016, PCT/JP2021/048664
- 出願人 : 弘前大学、北海道大学
- 発明者 : 吉田暁弘, 園木和典,
イルワンクルニア, 官国清, 阿布里提,
増田隆夫, 吉川琢也

技術その2. 貝類養殖残渣をもみ殻を活用して 無臭化・肥料化する技術

想定される用途

- 未利用なバイオマス(稲わら、水産廃棄物)を活用した化学物質や肥料の生産
- カルシウムを含有した水産廃棄物(ホタテガイ養殖残渣、カキ殻、ウニ殻等)の無臭化、肥料化、資源循環

水産廃棄物
腐敗により悪臭発生

未利用バイオマス

無臭化、肥料化



某市町村の廃棄物仮置き場
(近寄りがたい悪臭)

+



もみ殻
(全国各地に存在)

新技術



ケイカル
(稲作に有効な肥料)

技術その2. 貝類養殖残渣をもみ殻を活用して 無臭化・肥料化する技術

漁業者サイドの課題

課題の背景

ホタテガイ養殖 陸奥湾沿岸の基幹産業



青森県の養殖ホタテ生産量
9.8万トン

(2位 北海道 3.9万トン、
3位宮城県0.3万トン)

ただし、北海道は天然物の生産量が33.8万トン
(水産庁令和元年度漁業・養殖業生産統計)

国内のホタテ生産量の約1/4が陸奥湾産
(そのうち約半分が平内町産)

課題



ホタテの養殖カゴ



養殖残渣中の小型貝類

背景

- ・ 養殖カゴに付着した残渣の除去必要
- ・ 除去物は一般廃棄物となり、海洋投棄禁止

現状

- ・ ごみ処理所等で処理
水分多く温度低下、カルシウム多く炉内で固着
- ・ 専用焼却施設は、高コストで休止(燃油高)
- ・ 一部は、多額の費用をかけて岩手県まで運搬

地域内で実現可能な新たな処理法が必要
ウニ殻、カキ殻も臭気問題あり

顧客

廃棄物を発生 → 漁業者、漁協、食品加工業者
廃棄物を処理、管理 → 廃棄物処理業者、自治体

技術その2. 貝類養殖残渣をもみ殻を活用して 無臭化・肥料化する技術

開発した技術

解決策の要件

- ・ 持続可能
 - ・ 低コスト
 - ・ 処理後の生成物有効利用
- バイオマス利用、肥料化

・ もみ殻



- 容易に収集できる、普遍的に存在するバイオマス
- × 単独燃焼では飛散性の高いシリカ灰生成

着想 もみ殻中のシリカと残渣中のカルシウムからケイカル(稲作肥料)ができないか?



養殖残渣

600°C焼成



焼成貝殻

+もみ殻
800°C焼成



ケイカル(稲作用肥料)

**肥料化できることを
実証し、特許化
(弘前大学内経費
による支援)**

吉田ら 特願2020-48319
「水産・農産廃棄物からの
肥効性物質の製造」

- ・ 無臭の生成物
- ・ 可溶性ケイ酸量 21.7 %
(市販肥料: 36%)
- ・ 肥料取締法の規制元素
検出限界以下
- ・ ナトリウム含有量 0.5 wt%

技術その2. 貝類養殖残渣をもみ殻を活用して 無臭化・肥料化する技術

技術のマーケット

・ 本技術の最大の収入源「廃棄物の処理」

青森、岩手、宮城(東北の中でも貝類やウニの生産が盛ん)を例とする

廃棄物処理コスト トン当たり4~10万円

廃棄物発生量 概算で年間16万トン

処理費用 年間84~160億円 (地域内に巨大なマーケット)

- ・ 化石燃料使用量の分、処理費用を低減して地域に還元できる
- ・ 生産物であるケイカル肥料も安価に地域に供給できる

地域内での資源循環

食料生産という地域の主幹産業の活性化の一助

・ 世界でのホタテ養殖

中国、アメリカ、ペルー、カナダ、フランス、イギリス、オーストラリア等でも生産

特に中国は、日本の4倍の生産高

本技術は、ホタテ等貝類養殖が盛んな世界中の地域で活用の可能性

技術その2. 貝類養殖残渣をもみ殻を活用して 無臭化・肥料化する技術

競合技術との比較

・ホタテガイ養殖残渣の既存処理法

一廃焼却炉での処理	燃焼温度低下による重油使用量増加、カルシウム分固着
専用施設での処理	燃料油価格の高騰により休止中
県外施設での処理	高コスト、多額の補助金投入

今後も燃油価格が下がる見通しはない
焼却後の生成物の最終処分が必要

= SDGsを考慮すると、本技術に優位性

・ホタテガイ養殖残渣の有効利用法

直接堆肥化	塩分含有のため、適用可能な作物が限られる
木酢液との反応による肥料化	現状、キヌマトイガイのみ利用可(選別が困難)

木酢液を活用した方法 スケールアップに限界があるため、大型化は困難

トン4~10万円以下で多量に処理できれば本技術の勝機は高い

- ・新技術 乾式メタン発酵 廃棄物の減容化と再エネ発電による高い経済性、
ただし貝殻分の資源循環はこの技術単独ではできない

技術その2. 貝類養殖残渣をもみ殻を活用して 無臭化・肥料化する技術

本技術に期待できるメリット(農業者サイド)

・ケイカル施肥 米作農家のメリット

R3年JA概算金(米60Kg)
つがるロマン ¥8,200
まっしぐら ¥8,000
青天の霹靂 ¥15,100

肥料価格 ¥4,200/10a
一般的な収量 535Kg/10a

収量増加

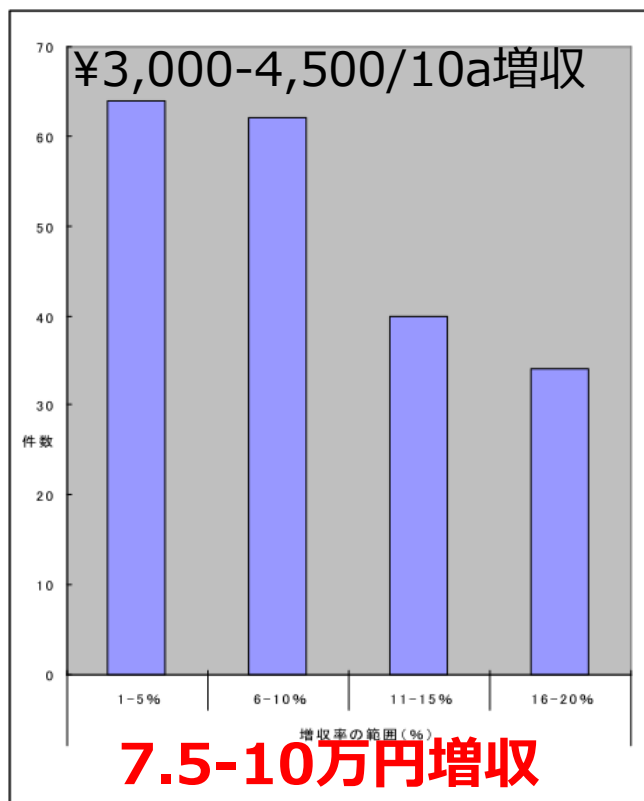
高品質米の生産

高品質米(青天の霹靂)の
生産にはケイカル施肥が
義務付け

まっしぐら
↓
青天の霹靂
¥59,000/
10a増収



2.5haの田を持つ経営体
150万円増収



ブランド化

例) 真庭里海米
瀬戸内海の
力キ殻を施肥
(農協買い取り額
¥700-800/60Kg向上)



¥6,000-7,100/10a増収



15-17万円増収

技術その2. 貝類養殖残渣をもみ殻を活用して 無臭化・肥料化する技術

生産物販売マーケット

・生産物(ケイカル肥料)の現状

イネへのケイカル施肥 → イネの耐病性向上、高品質化
しかし、青森県での施肥率は約20% (価格の問題)

安価になれば、マーケットは4~5倍拡大する可能性あり

農協でのケイカル肥料販売価格: 4,200円/100 Kg (4.2万円/トン)

ケイカル標準施肥量: 100 Kg/10 a (1 ha/トン)

・アクセス可能な市場規模(青森県でのホタテガイ養殖残渣発生量をベース)

青森県内でのホタテ生産量: 60~100千トン

残渣の発生量=肥料生成量: 8.4~14千トン

年間販売額: 3.5~5.9億円

施肥可能面積: 8.4~14千ha (県内の田地面積81千ha)

ホタテ貝殻(県内発生量30~50千トン)、カキ貝殻(岩手3千トン、宮城18千トン)、
ウニ殻(青森、岩手、宮城1千トン)(から重量を水揚げ量の半分として試算)

上記も活用すれば、年間販売額を3倍程度拡大可能

技術その2. 貝類養殖残渣をもみ殻を活用して 無臭化・肥料化する技術

水産廃棄物
腐敗により悪臭発生



某市町村の廃棄物仮置き場
(近寄りがたい悪臭)

未利用バイオマス



もみ殻
(全国各地に存在)

無臭化、肥料化



ケイカル
(稲作に有効な肥料)

+

新技術

企業への期待

- 本技術を活用したデモ機の開発
- 本技術を活用した実プラントの構想検討
- 資金的補助(補助金への共同申請等も含む)

技術その2. 貝類養殖残渣をもみ殻を活用して 無臭化・肥料化する技術

JST-SCORE(みちのくGAPファンド) によるご支援

課題名: 貝類養殖残渣等漁業廃棄物のもみ殻による無臭化・肥料化技術
の事業化

採択年度: 2021年度

研究代表者: 弘前大 吉田 暁弘

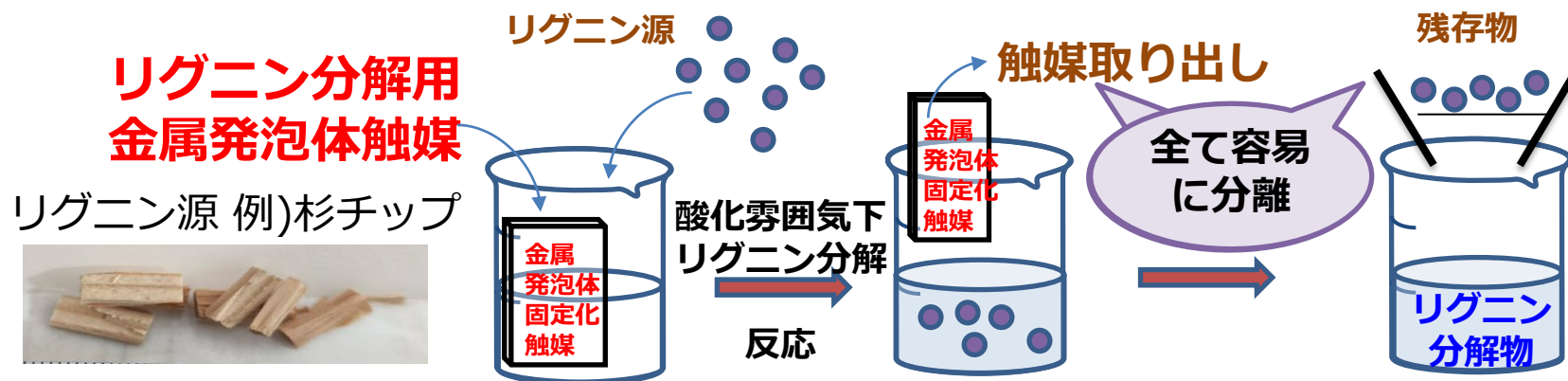
本技術に関する知財権

- 発明の名称 : 肥効性物質製造方法, 廃棄物処理方法, 肥効性物質製造装置, 及び廃棄物処理廃棄物処理装置
- 出願番号 : 特願2020-048319
- 出願人 : 弘前大学
- 発明者 : 吉田暁弘, エスカルエニワル,
ヨハネスアンドレシツモラング,
官国清, ア布里提

まとめ

廃棄物の有効利用に関連する、以下2件の技術を紹介

1. 木質バイオマスの構成成分である リグニンを連続的に分解可能な触媒技術



2. 貝類養殖残渣を未利用バイオマスである もみ殻を活用して無臭化・肥料化する技術



お問い合わせ先

**国立大学法人弘前大学
研究・イノベーション推進機構**

**リサーチアドミニストレーター (URA) :
工藤 重光、山科 則之、渡部 雄太 (東京事務所在籍)、平井 貴人
産学官連携コーディネーター : 三上 夫美加**

T E L 0172-39-3178

F A X 0172-39-3921

e-mail ura@hirosaki-u.ac.jp