



NEDO 2021年度NEDO先導研究プログラム／エネルギー・環境新技術先導研究プログラム
「大型海藻類の完全利用に向けた基盤技術の開発」



BioJapan 2022.10.13 プレゼンテーション

大型海藻類からの有用成分の生産技術の開発 ～マリンポリフェノール[®]* と機能性糖質の生産～



ホンダワラ科褐藻類のアカモク
(三重県志摩市麦崎で撮影)

三重大学 大学院生物資源学研究科 准教授
三重大学海藻バイオリファイナリー研究センター

柴田 敏行

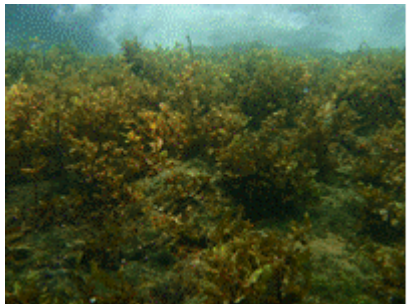
*商標登録 登録第6216128号, 登録第6216129号 (国立大学法人三重大学)

日本の沿岸域に広がる藻場（海藻・海草群落）の総面積：約1,643.4 km²*

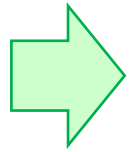
*環境省（2018～2020）

タイプ別の内訳

1. ガラモ場：約27.1%



藻場を構成する藻種
ホンダワラ科褐藻類
 （約60種）
 一年生と多年生の種がある大型褐藻類

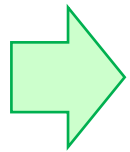


完全利用を目指した取り組みは無い
 → NEDO先導研究でのターゲット 海藻バイオマス

2. アラメ・カジメ場：約20.4%



藻場を構成する藻種
 アラメ属褐藻類（2種）
 カジメ属褐藻類（3種）
 多年生の大型褐藻類

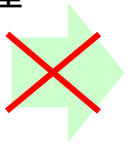


CREST研究（2011～2017）にて技術開発完了
 原料海藻の養殖
 エタノール生産が可能な糖質分解酵素を表層提示した遺伝子組み換え酵母
 バイオ燃料電池
 生理活性物質の利用

3. アマモ場：約15.7%



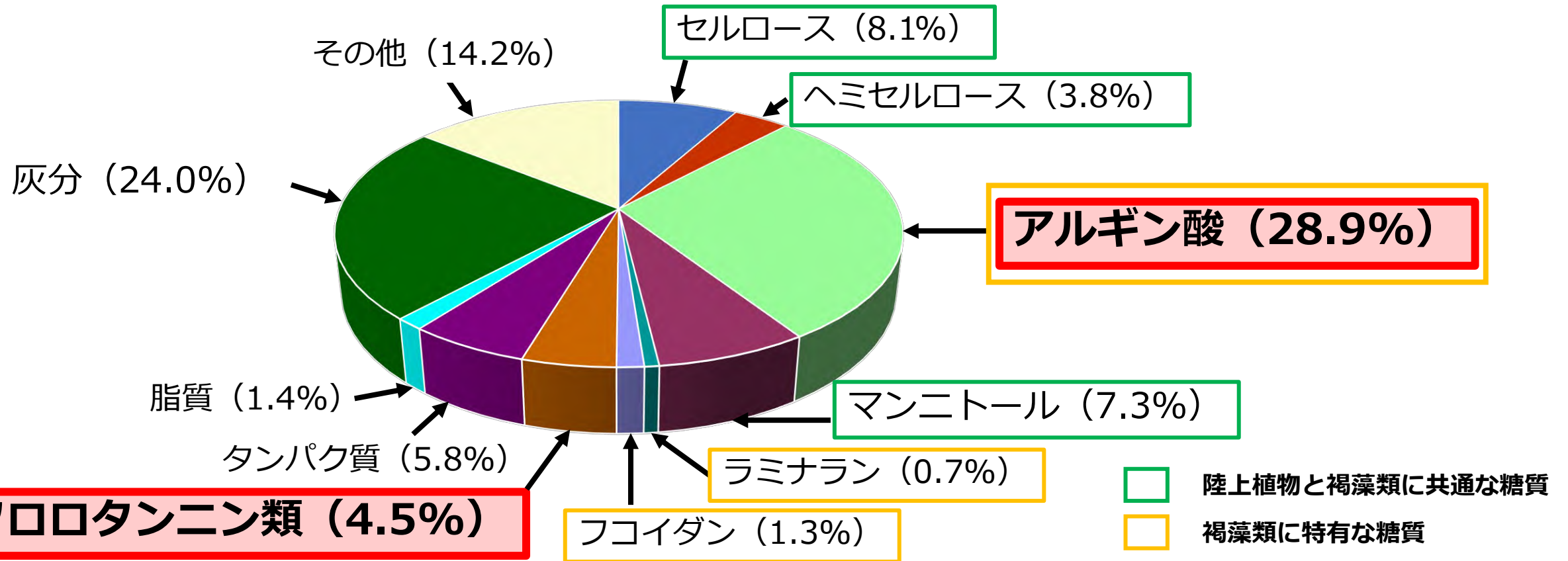
海草群落を構成する草種
 アマモ科7種
 多年生の顕花植物



各地でアマモ場の保護や群落の修復活動が行われており開発には適さない・・・

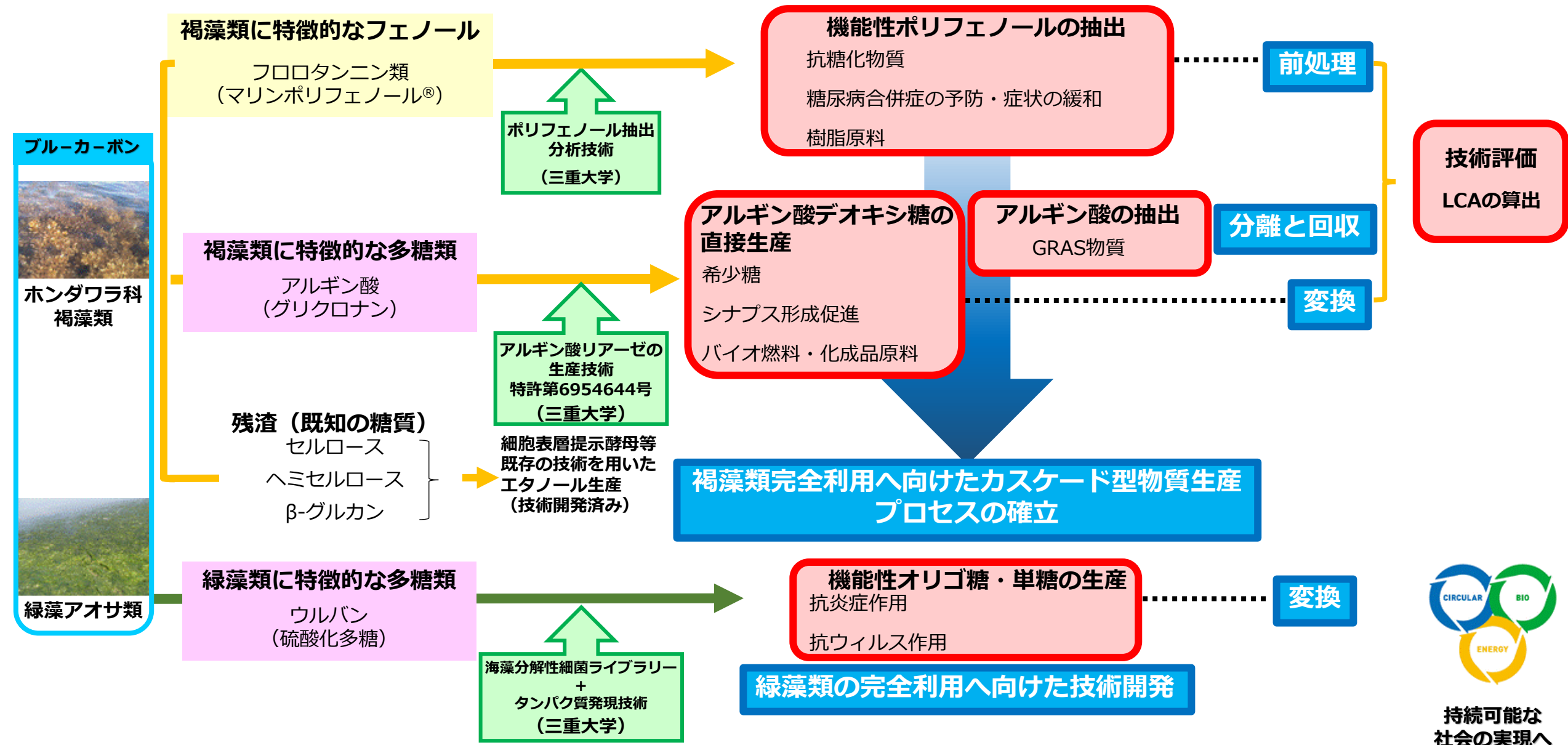
NEDO先導研究での開発とCREST研究の成果をあわせれば、日本の沿岸域に分布する「海藻種約50%についての完全利用法」が確立する

ホンダワラ科褐藻類を構成する成分（一例）



キーワードは、フロロタンニン類とアルギン酸

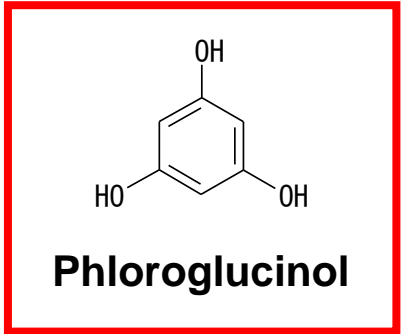
「大型藻類の完全利用に向けた基盤技術の開発」 研究開発構想



第三のタンニン類：フロロタンニン類 (マリンポリフェノール^{®*}) ①

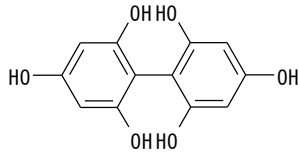
褐藻類特有のポリフェノール類

フロログルシノールのオリゴマーであり、その結合様式の違いから、以下に示した7種類のサブユニットが存在する

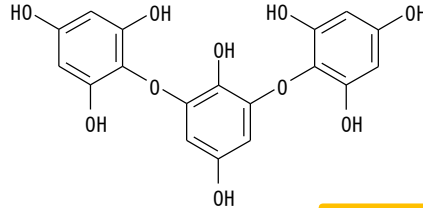


基本となる化合物
フロログルシノール

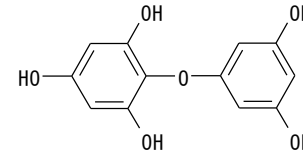
Fucols
(difucol)



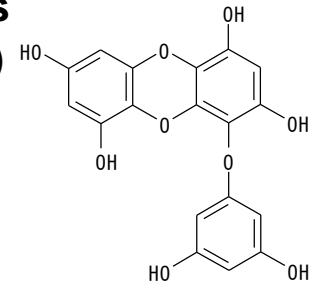
Isofufahalols
(trisofofufahalol)



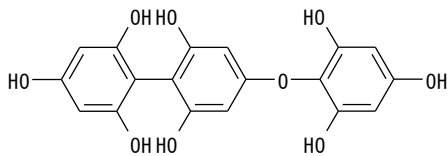
Phlorethols
(diphlorethol)



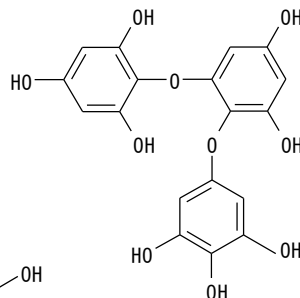
Eckols
(eckol)



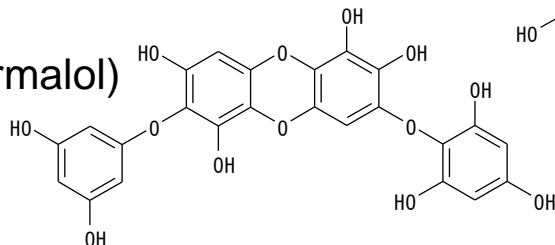
Fucophlorethols
(fucophlorethol)



Fufahalols
(trifufahalol B)



Carmalols
(diphlorethohydroxycarmalol)



特徴1

陸上植物のポリフェノール類とは化学構造が完全に異なる
(配糖体は存在しない、ハロゲン化した化合物が存在する)

特徴2

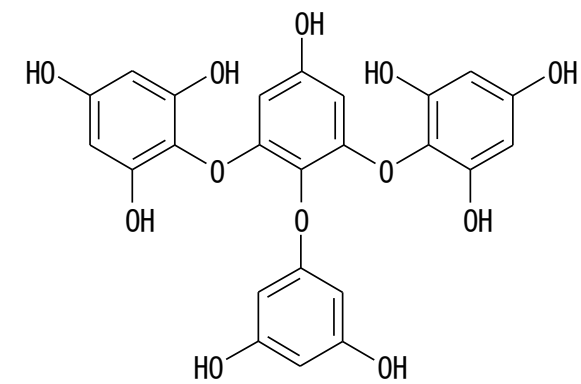
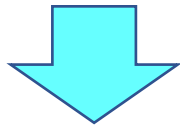
優れた生理機能
(抗酸化性、抗糖化活性、抗炎症性など) を持つ

*商標登録 登録第6216128号, 登録第6216129号 (国立大学法人三重大学)

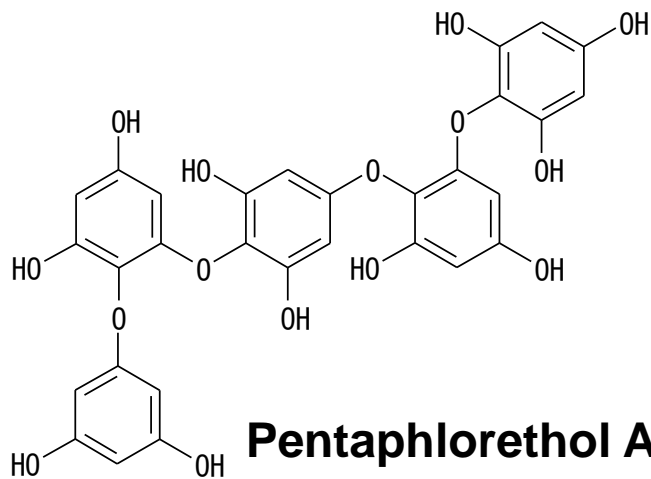
第三のタンニン類：フロロタンニン類 (マリンポリフェノール^{®*}) ②



ホンダワラ科褐藻類



Tetraphlorethol C

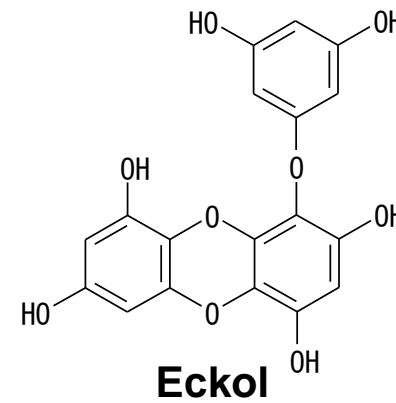
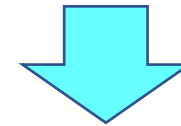


Pentaphlorethol A

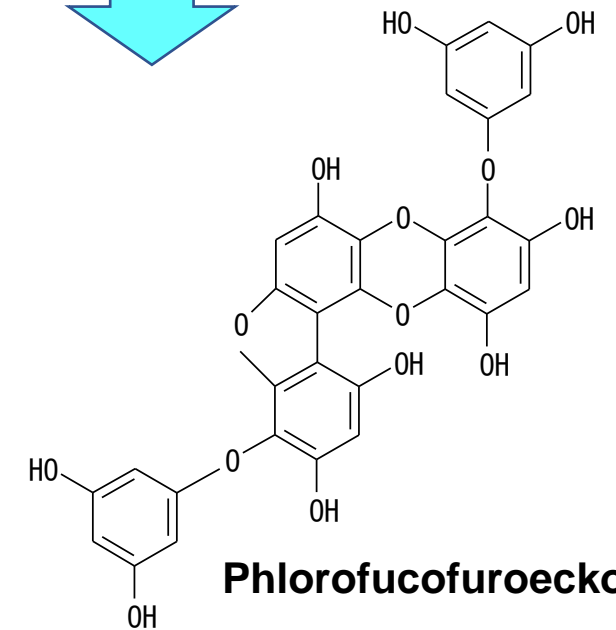
主にPhloretholとその誘導体が含まれている



アラメ属・カジメ属褐藻類



Eckol



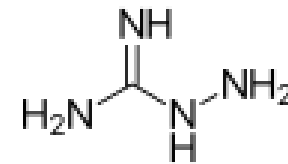
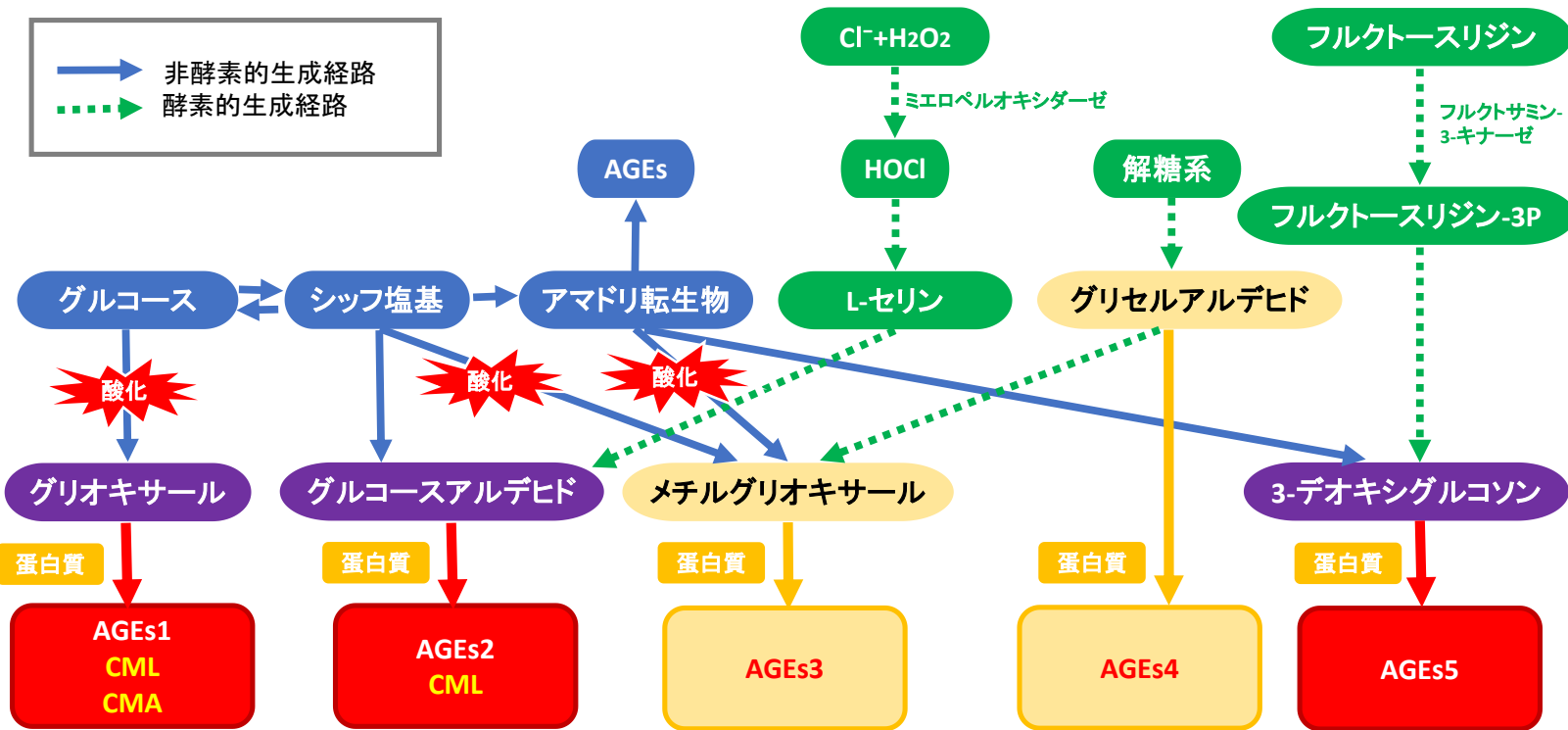
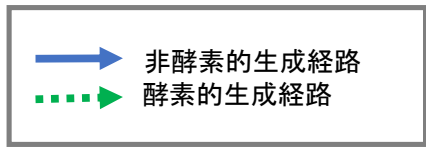
Phlorofucofuroeckol A

Eckolとその誘導体が含まれている

*商標登録 登録第6216128号, 登録第6216129号 (国立大学法人三重大学)

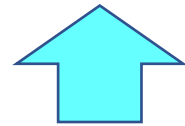
マリンポリフェノール[®]*は、極めて優れた抗糖化活性を持つ

生体内におけるAGEs（終末糖化産物）の生成経路



化学合成された
抗糖化剤
アミノグアニジン

優れた抗糖化活性を持つが副作用があるため臨床応用されていない・・・



マリンポリフェノール[®]*は、アミノグアニジンを凌駕する抗糖化活性を持つ

AGEsは、糖尿病合併症（腎症や神経障害）や神経変性疾患の原因物質とされている

褐藻類からのカスケード型有用物質生産プロセス (マリンポリフェノール®*の新しい抽出技術)

大型藻類 (褐藻類) *の乾燥物 (10 g)

原料 製品

*ホンダワラ科褐藻類を原料とした場合

大型藻類 (褐藻類) から

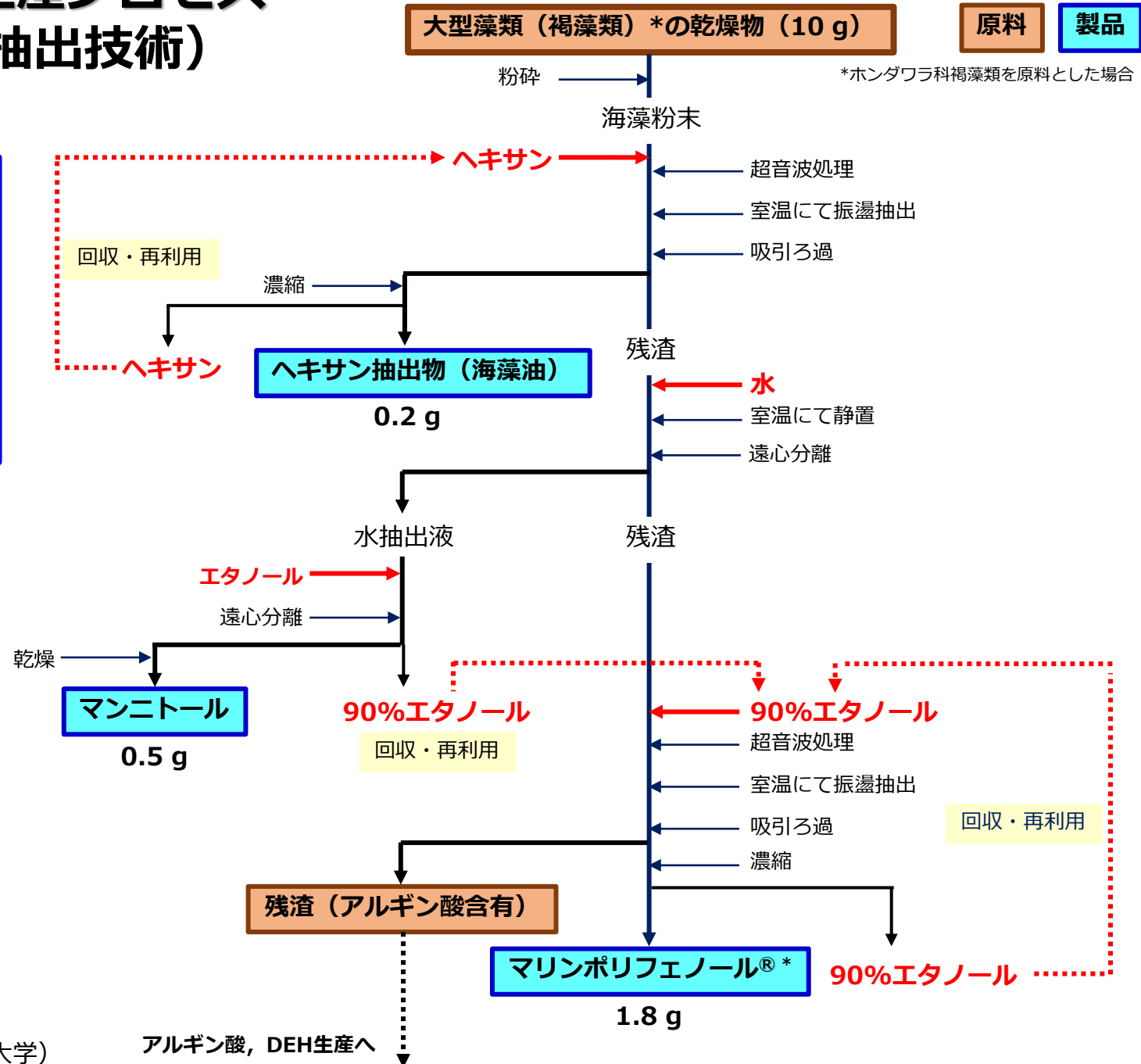
- ① 脂溶性成分 (ヘキサン抽出物)
- ② マンニトール
- ③ マリンポリフェノール®* (25,000 円/kg)

連続的な生産が可能

ストロングポイント

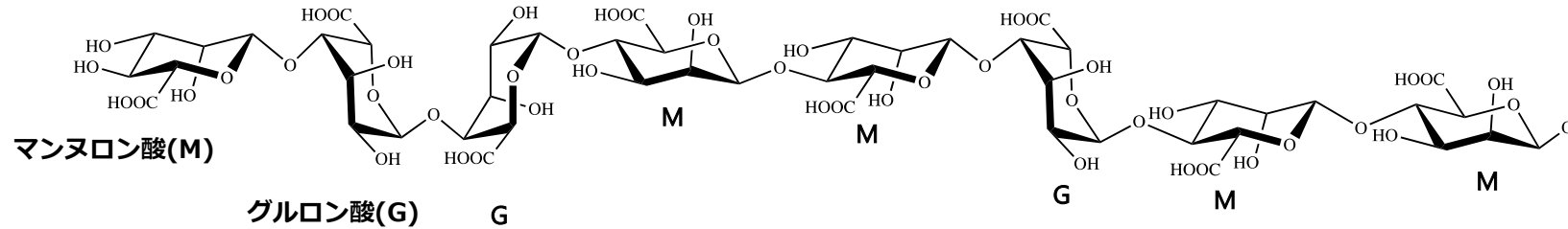
抽出に用いる溶媒は
全て回収・再利用出来る

前処理工程のLCA: 5.87 kg-CO₂ eq



*商標登録 登録第6216128号, 登録第6216129号 (国立大学法人三重大学)

アルギン酸は、D-マンヌロン酸とL-グルロン酸、二つのウロン酸から成る多糖類（グリクロナン）



ポイント1

アルギン酸は、

- ① Mが連なった**Mブロック**（含量が多い）
- ② Gが連なった**Gブロック**（硬い）
（アルギン酸のゲル強度は、Gの量が左右する）
- ③ MとGがランダムに連なった**ランダムブロック**（柔軟性がある）

3種類のブロック構造をとる

ポイント2

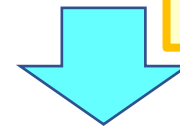
アルギン酸は、カルボキシ基と反応する陽イオンによって**性質（物性）が変化する**

アルギン酸, アルギン酸カルシウム → 水に溶けない

アルギン酸ナトリウム, アルギン酸カリウム → **水に溶ける**

ポイント3

アルギン酸は、**FDAのGRAS物質**にリストアップされている



医薬・食品・工業の分野で需要がある
（市場規模は、2028年には約12億ドルに達すると予想されている）

前処理残渣（アルギン酸含有）から

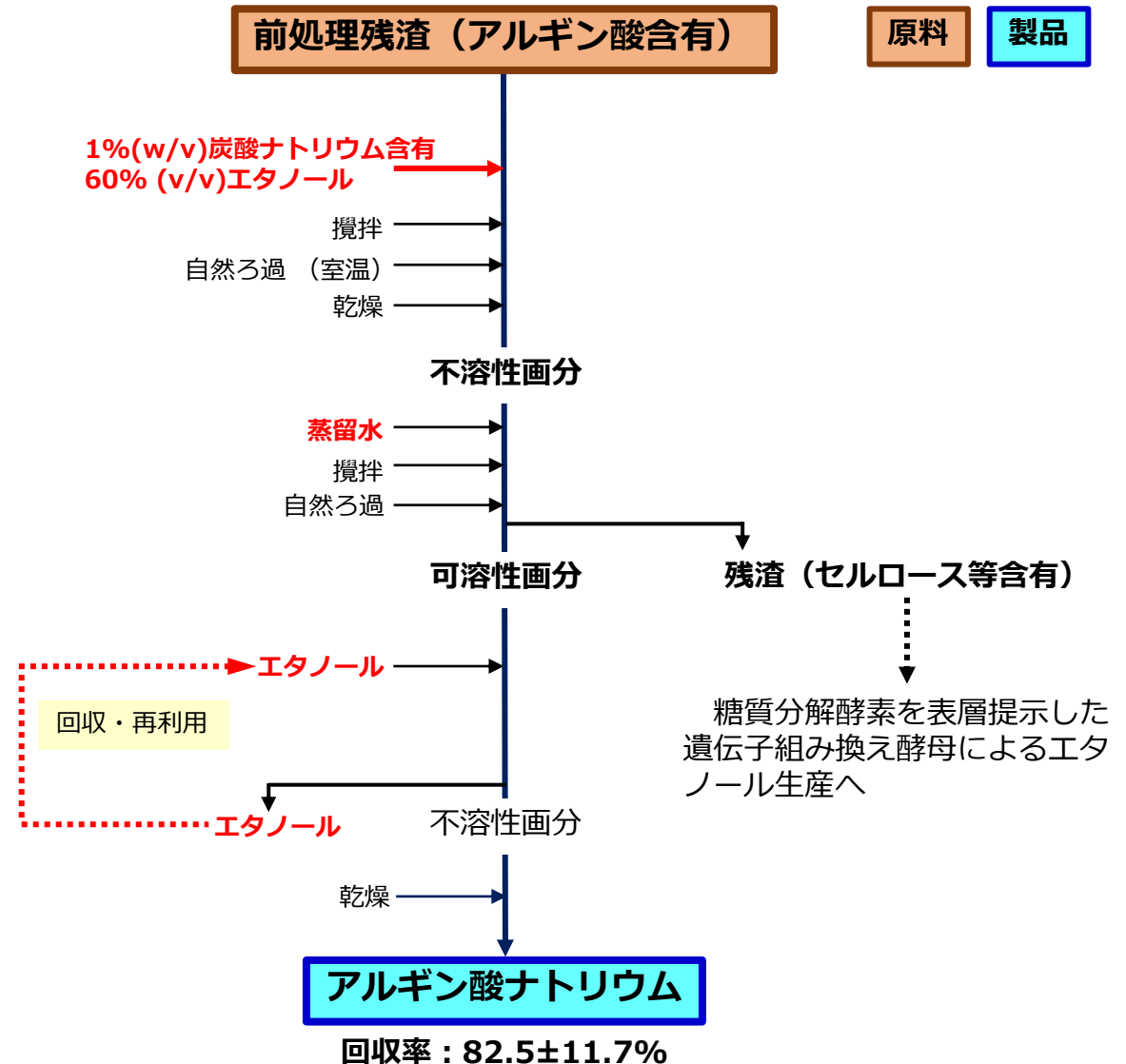
①アルギン酸ナトリウム

直接生産が可能

ストロングポイント

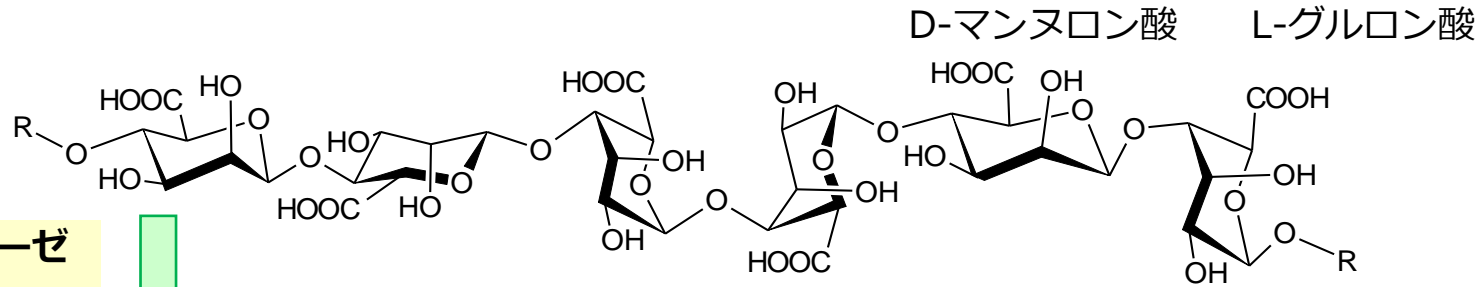
複数の溶媒，酸やアルカリ
その他の製造工程を削減

アルギン酸ナトリウム製造工程の
LCA: 1.04×10^{-1} kg-CO₂ eq

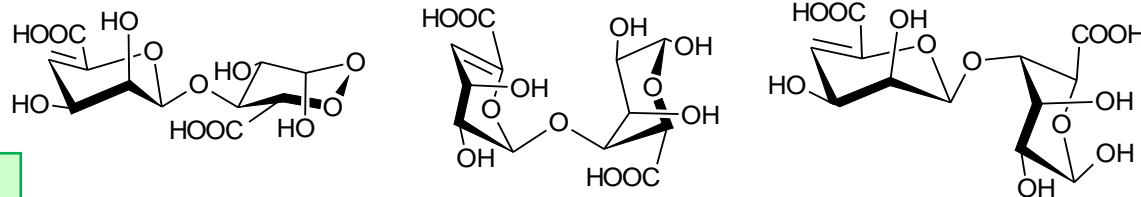


新規アルギン酸リアーゼを用いた単糖DEHの生産

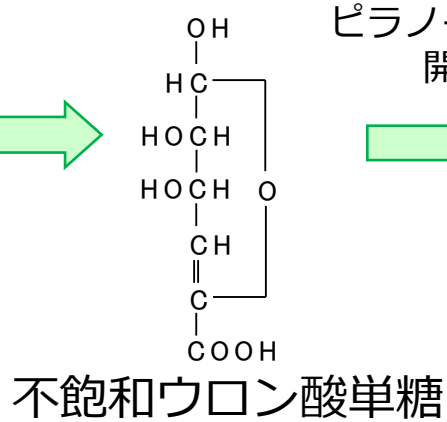
アルギン酸



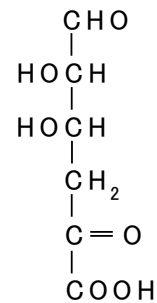
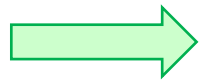
エンド型アルギン酸リアーゼ
(AlyFRAを獲得)



エキソ型アルギン酸リアーゼ
(報告が極めて少ない→AlyFRBを獲得)



ピラノース環が
開裂

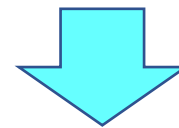


4-deoxy-L-erythro-5-hexoseulose uronic acid (DEH)

アルギン酸デオキシ糖

不飽和アルギン酸オリゴ糖

エキソ型アルギン酸リアーゼ
(および生産菌) は現状、微生物バンクや
市場から入手不可能

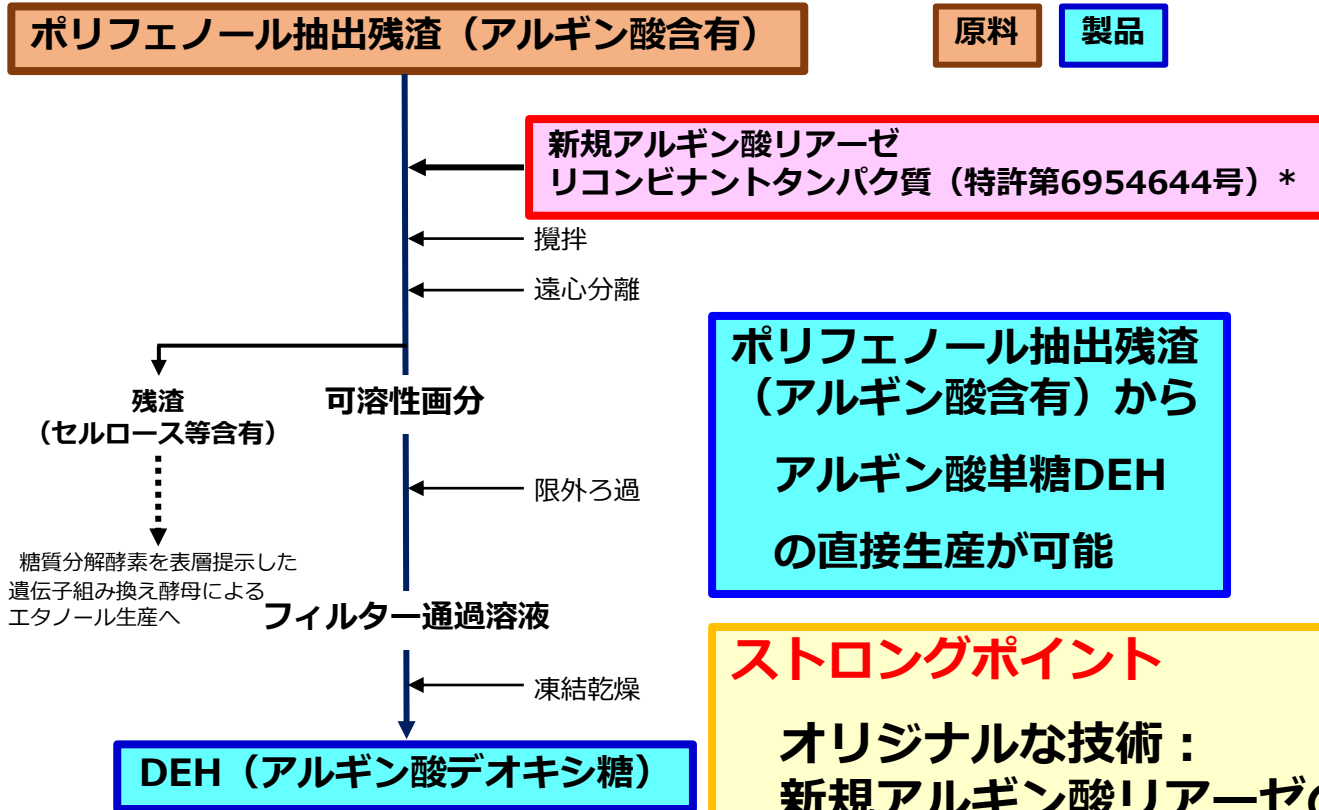


DEHは、アルギン酸からのみ生じる希少糖

アルギン酸リアーゼ及び当該酵素を
用いる不飽和ウロン酸単糖の製造方法
特許第6954644号

アルギン酸からの単糖DEHの製造法 バイオリファイナーへの展開

DEHの製造法

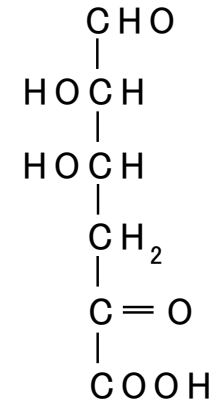


ストロングポイント

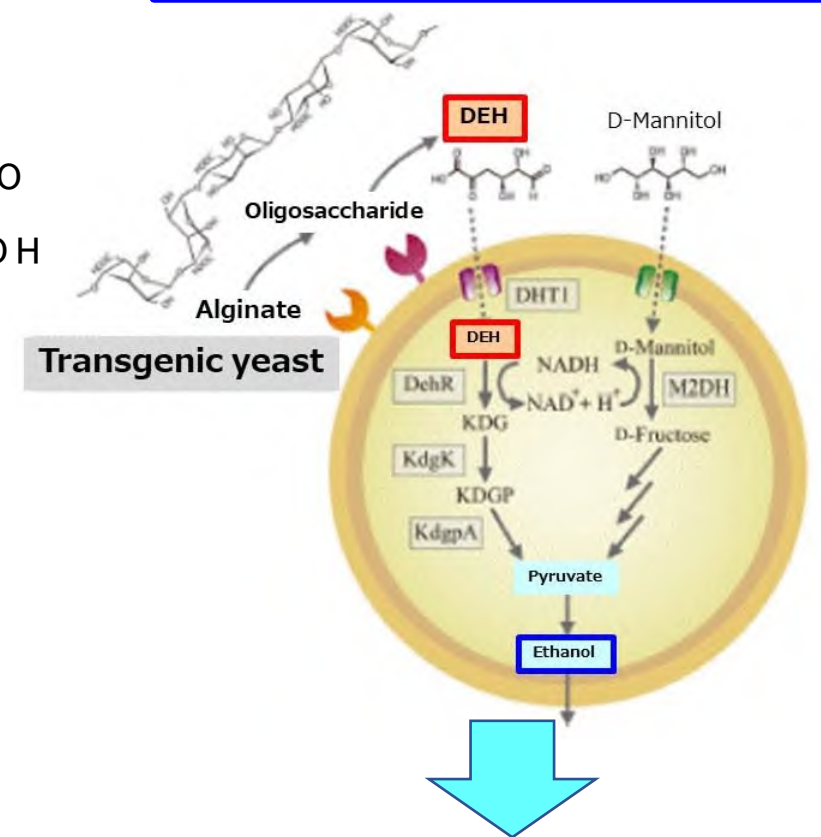
オリジナルな技術：
新規アルギン酸リアーゼの活用

DEH製造工程の
LCA: 24.1 kg-CO₂ eq

DEHの用途



**バイオリファイナーのための
新しい基幹物質**



**大型藻類バイオリファイナーの
新展開へ**

*発明の名称 「アルギン酸リアーゼ及び当該酵素を用いる不飽和ウロン酸単糖の製造方法」
(国立大学法人三重大学)



国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構 ブース内

「バイオマス」コーナー No. 13 「大型海藻類からの有用成分の生産技術の開発」へ
是非、お立ち寄りください

マリンポリフェノール[®] *

DEH

ウルバン

製品の展示を行っています

*商標登録 登録第6216128号, 登録第6216129号 (国立大学法人三重大学)

ご清聴ありがとうございました