

山口大学グリーン社会推進研究会設立記念シンポジウム

## 山口大学の取組紹介 企業化目線を見た発酵法エタノール



大学研究推進機構・産学公連携研究センター  
プロジェクト推進グループリーダー URA 横田 守久

## 地球規模・気候変動下での「中高温微生物」を利用する・制御する 中高温微生物研究センターの概要

大規模気候変動にともなう微生物分野の諸課題



気温上昇

…微生物の活動に適した温度への冷却コストの増大

バイオマス

・汚水・廃棄物の増加  
…不要物・汚水・廃棄物の処理コスト増加

熱帯性感染症の増大・伝播

…社会不安の増大

中高温微生物研究センター

基盤研究・応用研究

発酵微生物部門

高温発酵系の開発による  
エネルギー低消費・  
低コスト型高温発酵技術

環境微生物部門

高温微生物処理による  
バイオマス利用・  
新エネルギー生産

病原微生物部門

熱帯性ウイルス・病原菌  
伝播ルートの特長による  
伝播阻止・予防法の確立

国内外の諸研究機関と連携し、  
本研究分野での東アジアの研究拠点へ

中高温微生物研究センター  
の目標

⇒ 省エネルギー・微生物発酵による低炭素化社会の実現

⇒ 豊富なバイオマスを有する東南アジアでの微生物利用と微生物産業の育成

⇒ 感染症拡大・伝播阻止による安心安全な社会の実現

国内と  
東南アジアでの  
微生物生産・感染症  
制御に基づく  
イノベーション

## 高温エタノール発酵の工業化への取組

**高温エタノール発酵技術**は山口大学が有するユニークな技術として、CO<sub>2</sub>削減、廃棄物リサイクル面から注目され関心が高くなっている(中高温 山田教授)

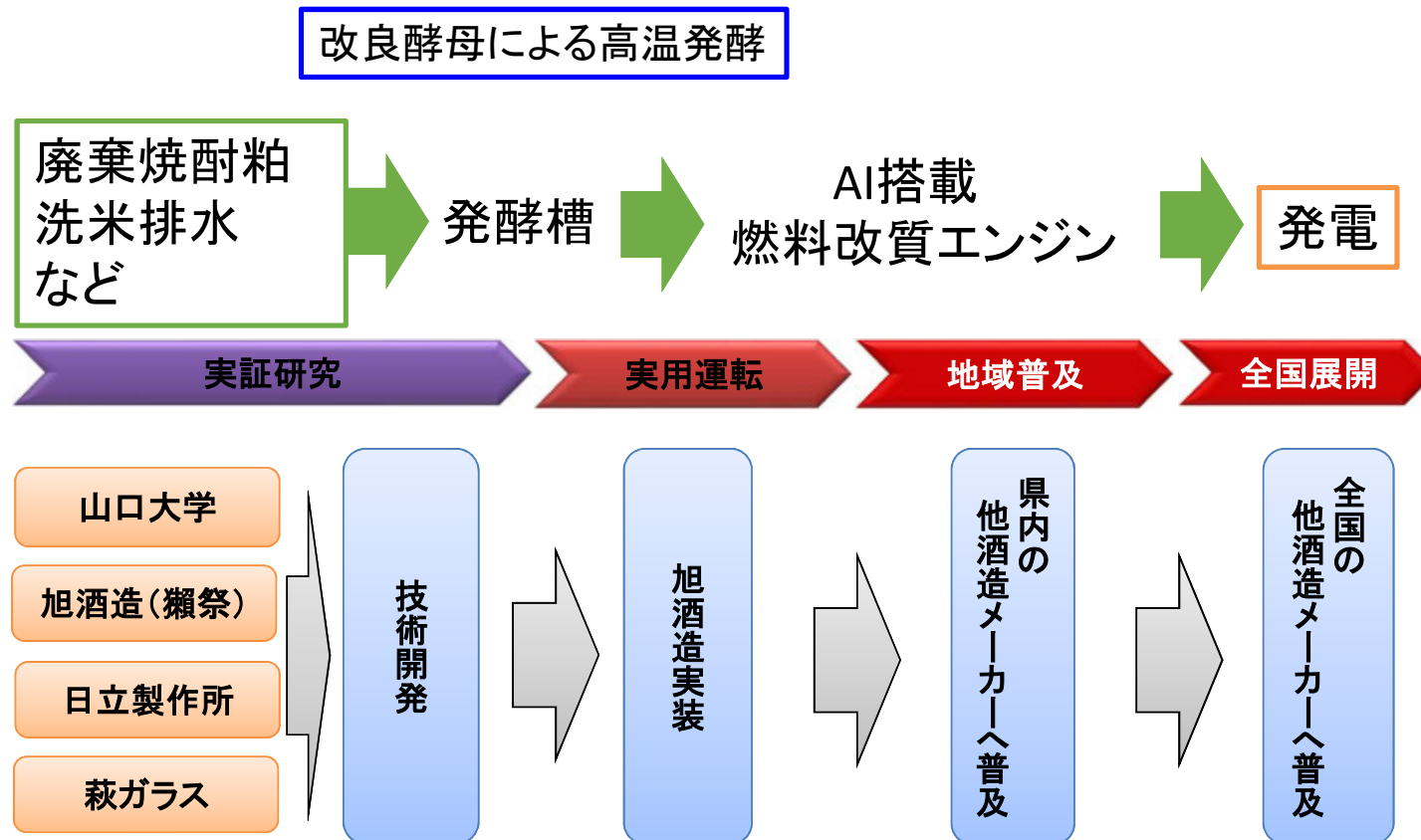
発酵で得られるエタノールは数%の低濃度であるため、工業的に利用するためには高濃度までの濃縮が必要であるが、水の蒸発に多大のエネルギーが必要であった。

省エネ技術として**膜分離**が挙げられるが、この分野でも山口大学は先端的な研究を行っている(ゼオライト分離膜 熊切教授)。

→ 「**高温発酵**」と「**分離膜**」を組み合わせることで、コスト的に優位な工業化技術となり得る。

# 国内企業との実用化技術開発の事例

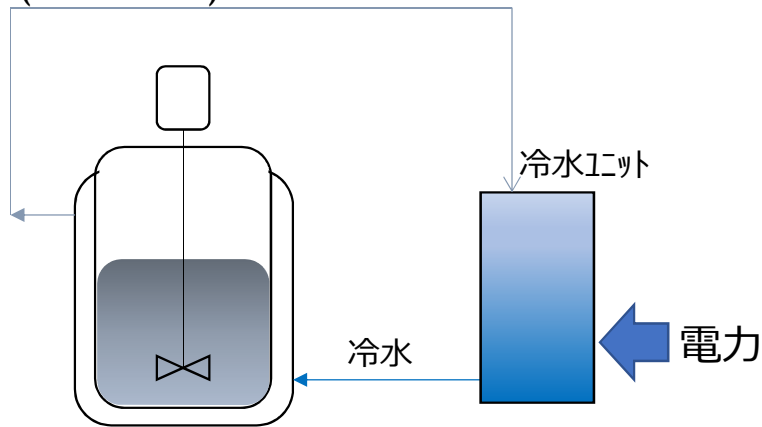
高温発酵と燃料改質エンジンの連結による発電システムの開発  
- 廃棄物からのグリーン電力化技術 -



- ・ 酒造メーカーのメリット: 電力の確保、排水や産業廃棄物の削減
- ・ 社会的メリット: 仮に国内全てにこのシステムを導入するとCO2を約1,000万トン/年削減(試算値)

# 山口大学 高温発酵技術

通常の発酵設備  
(20~30°C)

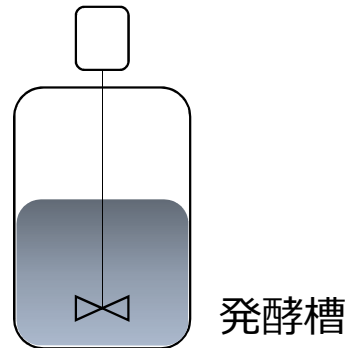


ジャケット付発酵槽

発酵反応は発熱反応であるため

- \* 温度を保つために発酵槽をジャケット付の容器とし冷水循環にて発酵熱を除去する  
→ジャケット付容器(設備費高)
- \* 冷水を作るため冷水ユニットが不可欠  
→冷水ユニット(設備費高)  
→上記の為の電力が必要(運転コスト大)

高温発酵設備  
(40~45°C)



発酵槽

高温発酵では

- \* 液温上昇と放熱により発酵熱がキャンセルされる
- \* 冷水ユニット不要、ジャケット付容器不要  
→設備費と運転コストの大幅削減が可能

その他

- \* SSFでの糖化酵素量の削減
- \* 雑菌混入リスクの抑制

# 山口大学 膜分離技術

## EtOH濃縮における蒸留法と膜分離法の比較

10wt%EtOH⇒80wt%EtOHの必要エネルギー

**蒸留法** 1,803W/kg-EtOH

**膜分離法** 1,199W/kg-EtOH

なお、目標とする濃度が高くなるほど膜分離法が更に有利となる

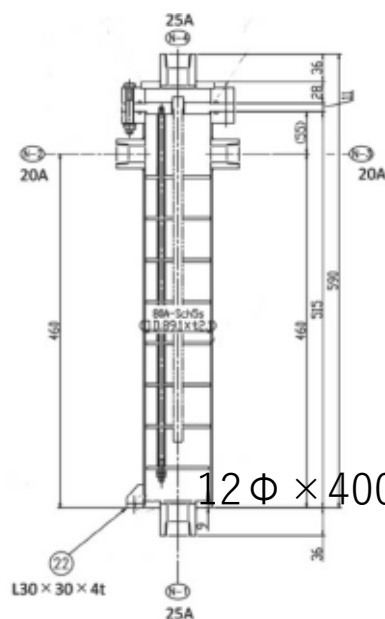
Table 3. Comparison of the energy required to concentrate 10 wt% ethanol to 80 wt%.

Process Configuration	Energy Demand (W/kg-EtOH)		
	Feed Treatment	Chiller	Total
Distillation	-	-	1803
Membrane separation			
Vacuum at the permeate side	906	956	1862
Air sweep at the permeate side (x 1.3 *)	930	270	1199
Air sweep at the permeate side (x 2.2 *)	946	379	1325
Air sweep at the permeate side (x 3.1 *)	962	488	1450

\* Sweep flow rate compared to the flux through a membrane.

表は下記より引用

Kumakiri, I.; Yokota, M.; Tanaka, R.; Shimada, Y.; Kiatkittipong, W.; Lim, J. W.; Murata, M.; Yamada, M., *Process Intensification in Bio-Ethanol Production—Recent Developments in Membrane Separation Processes* 2021, 9 (6), 1028.



## 分離膜モジュール (萩ガラス工房)

真空ライン (透過エタノール)



# 発酵槽のスケールアップ



10L発酵槽  
(中高温C)



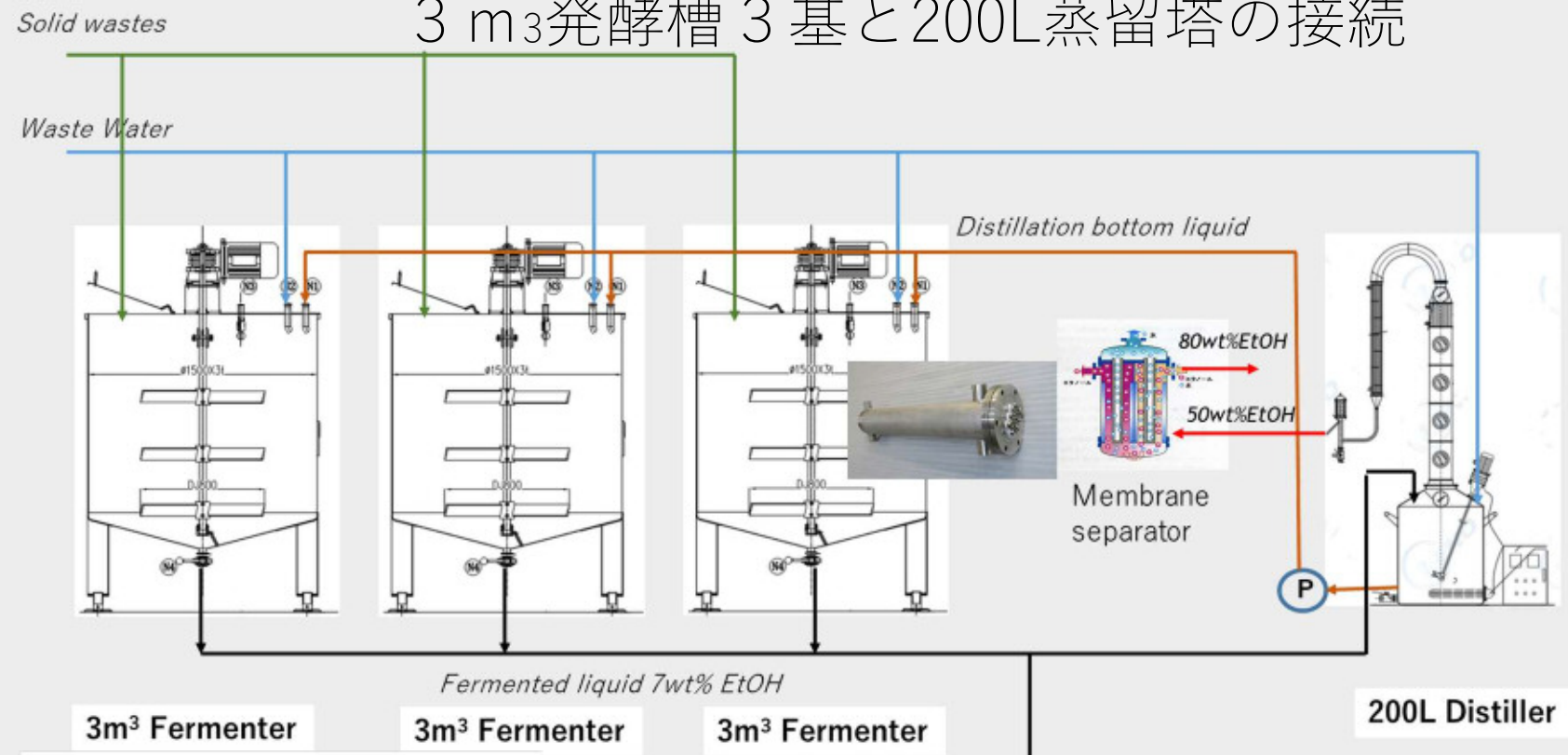
300L発酵槽  
(中高温C)



温度制御なし

3,000L発酵槽×3基  
(旭酒造 12月設置)

# 3 m<sup>3</sup>発酵槽 3 基と200L蒸留塔の接続



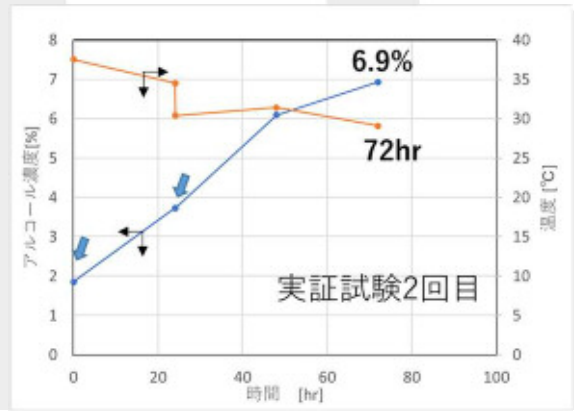
3m<sup>3</sup> Fermenter

3m<sup>3</sup> Fermenter

3m<sup>3</sup> Fermenter

200L Distiller

to main stream





# 企業化目線で見えた発酵法エタノール

## 旭酒造殿での「酒造残渣及び排水からのエタノール製造とグリーン電力化技術の開発」(やまぐち産業イノベーション促進補助金)を例に

- 事業の意義は?(地域特性、CO2削減、SDGs・・・) ⇒ 残渣の有効利用、自立型電源、排水削減
- 原料の調達(量、品質バラツキ対応) ⇒ 酒造残渣、品質バラツキ対応済み
- 発酵設備(温度制御、発酵時間、滅菌操作)費用と運転コスト ⇒ 温度制御無しで運転可能、目標EtOH濃度達成  
今後、発酵工程の設備費積算  
発酵槽等の海外調達により想定より安価
- 発酵槽のスケールアップ ⇒ 5L→3,000Lのスケールアップ可能
- 発酵残渣をどうするか? ⇒ 飼料として活用
- 発酵液中エタノール(7~8wt%)の濃縮設備費と運転コスト ⇒ 最終年度に実施(設備・コスト)
- エタノールの用途(化学原料 or 燃料?) ⇒ 最終年度に実証設備にて発電  
消毒用アルコールの可能性検討
- トータルコストは? ⇒ 最終年度に纏め、実用化の判断

最近の環境重視経営の観点から発酵法エタノールに再び注目、**現在検討中の案件多々**

単一技術ではなく、**多様な技術・知識の組み合わせ(共創の思想)**により事業化が視野に