

2024年度NEDO再生可能エネルギー一部成果報告会  
プログラム No.5

グリーンイノベーション基金事業  
CO2等を用いた燃料製造技術開発  
持続可能な航空燃料（SAF）製造に係る技術開発

最先端のATJ（Alcohol to Jet）プロセス技術を用いた  
ATJ実証設備の開発と展開

発表日：2024年12月18日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 社本 潤

団体名（企業・大学名など） 出光興産（株）

問い合わせ先 yukio.yamazaki.6050@idemitsu.com

# 事業概要



1. 期間（委託事業）	（助成事業・予定）
開始 : 2022年4月	開始 : 2024年4月
終了 : 2024年3月	終了（予定） : 2027年3月

建設業界の働き方改革や作業員減少等の環境変化を受け、見直しを検討中

## 2. 最終目標

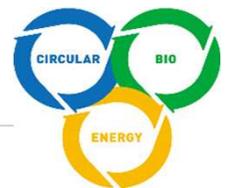
（事業全体の目標（2027年3月））

- 2026年までの航空機への燃料搭載を目指し、製造技術（ASTM D7566 Annex5 ATJの品質保証）を確立、二一トSAF収率 57% (実証目標、炭化水素基準wt%)、かつ製造コスト ¥100台/L を実現
- 年間 100,000kL の二一トSAFの安定的生産と航空機燃料としての供給実現（委託事業での目標）
- 実証装置の基本設計完了

## 3. 成果・進捗概要

実証機（スケールUP）に反映する技術課題を明確にし、研究開発期間の目標を達成した。

- 世界各地のバイオエタノール不純物の種類、濃度と反応への影響把握した。
- 反応実験・解析とシミュレーションにより目標達成を達成した。
- 開発したCFD（流動解析シミュレータ）にて解析を実施し実証機に反映する条件を把握にした。



# 本事業の目指すところ

## セグメント分析

脱炭素燃料の中でもSAFは製造技術開発により早期の社会実装化が可能と判断

(脱炭素燃料市場のセグメンテーション)

社会実装のスピード感



脱炭素燃料の市場規模



## 社会ニーズ

需要家	消費量 (2030年)
航空会社	170万KL

## 社会ニーズ

- ・国産SAFの早期社会実装実現
- ・SAFの安全供給体制の整備



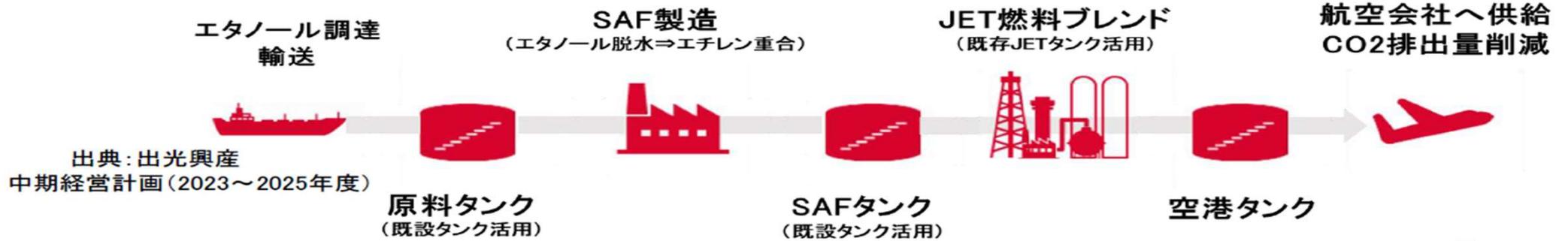
## 本事業の目指すところ

市場：2030年の国内二トSAF需要量170万KL  
シェア：上記需要に対し、安定供給に資するシェア (50万KL) を出光で担う

相応の流通量があるバイオエタノールを用い、SAFを安定供給できる技術の確立、及び関係者連携による供給体制の構築を行う

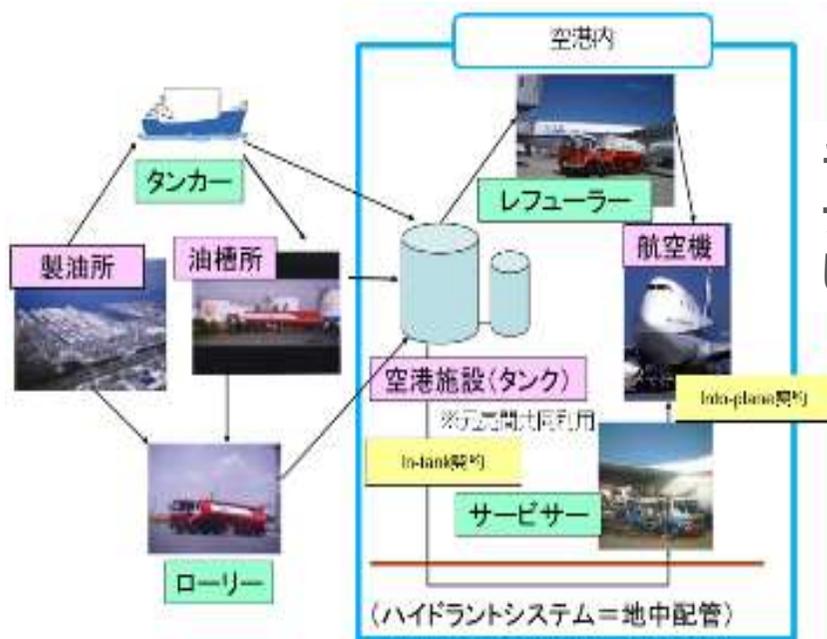
※目標：競争力有る価格でGHG削減率50%以上の二トSAFを年間10万KL安定的に生産し航空燃料として供給

# 事業戦略・事業計画



## 出光の製油所・事業所体制

### JET燃料のサプライチェーン



千葉事業所は、成田空港（石油ターミナル）、羽田空港の至近の距離に位置し、JET燃料の安定供給を担っています



出典：Google Map

# 事業化スケジュール

## 実施スケジュール

建設業界の働き方改革や作業員減少等の環境変化を受け、見直しを検討中



### 研究開発項目 研究開発内容

#### 1.競争力あるATJ製造実証機の開発

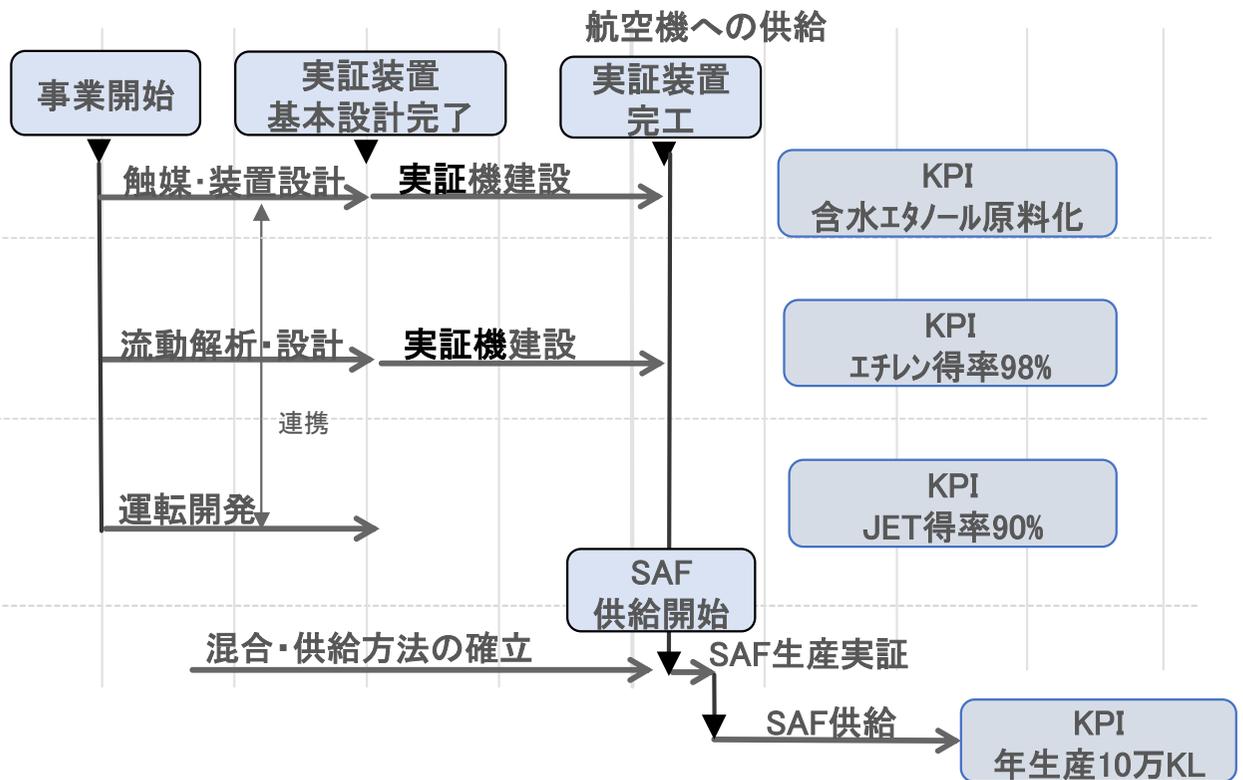
①無水・含水エタノールを原料化するプロセス開発/反応系での水分除去

②エタノールからエチレンの収率向上(98%以上wt%)/副生廃水の処理技術確立

③エチレンからのジェット燃料得率率90%以上(炭化水素基準wt%)

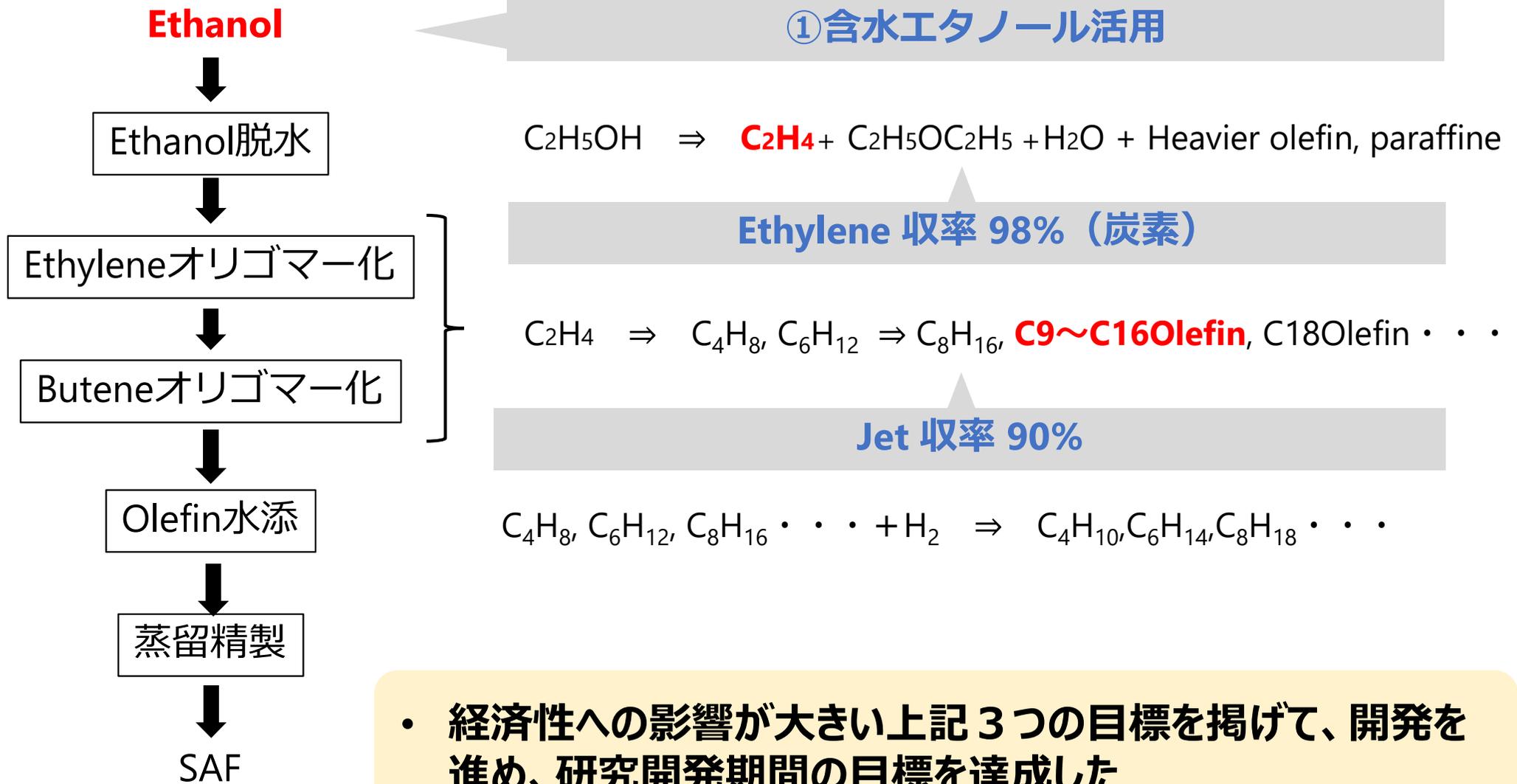
#### 2.商業運転実証とSAF供給

④年産10万KL相当の安定生産・供給の実現



▼ : ステージゲート審査

# ATJ製造工程と技術開発目標



# 研究開発状況のまとめ

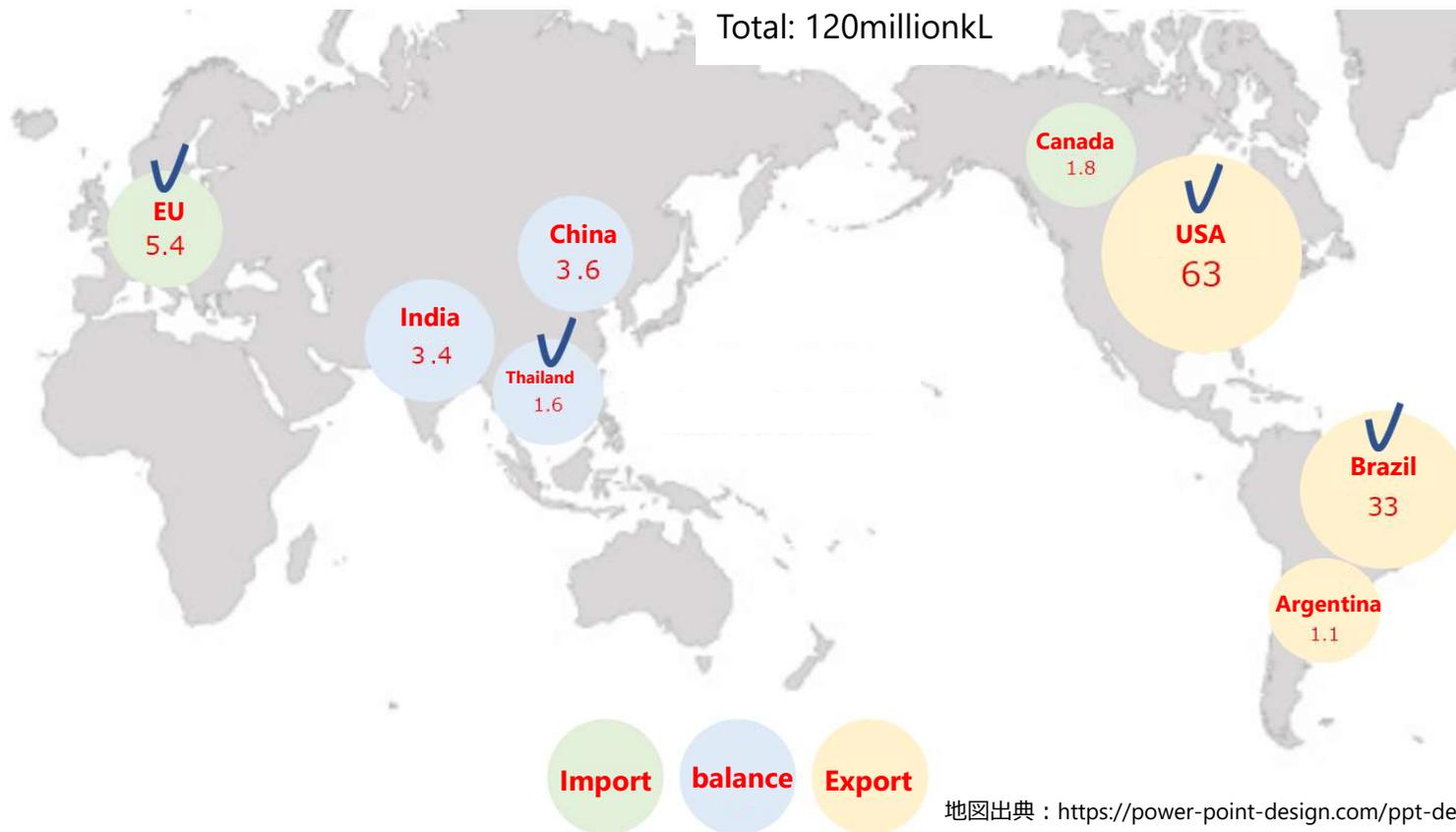
目標	概要
①無水・含水エタノールを原料化するプロセス開発	<b>バイオエタノール成分調査</b> <ul style="list-style-type: none"><li>原料として通油する可能性のあるバイオエタノール（第一・二世帯、含水・無水）のサンプルを入手分析し特徴を把握した。</li></ul>
②エタノールからエチレンの収率向上（炭素基準98%以上）	<b>エタノール脱水反応実験とCFD解析を実施</b> <ul style="list-style-type: none"><li>バイオエタノールの不純物が触媒の劣化へ与える影響を把握した。</li><li>ラボ実験を行い、当該反応の反応速度モデルを構築した。</li><li>反応シミュレーションにより、目標収率の見込みが立った。</li><li>流動解析により、実証機でも目標収率が見込めることを確認した。</li></ul>
③エチレンからのジェット燃料油の収率向上（炭素基準90%以上）	<b>ブテンオリゴマー化実験とCFD解析を実施</b> <ul style="list-style-type: none"><li>ラボ実験を行い、ブテンオリゴマー化の反応速度モデルを構築した。</li><li>リサイクルを含むシミュレーションにより目標収率の見込みが立った。</li><li>流動解析により、収率低下が抑制できる反応器構造を見い出した。</li></ul>

- 実証機に反映する技術課題の把握を進め、研究開発期間の目標を達成した

# トピックス目標①、②関連 -バイオエタノールの調査-

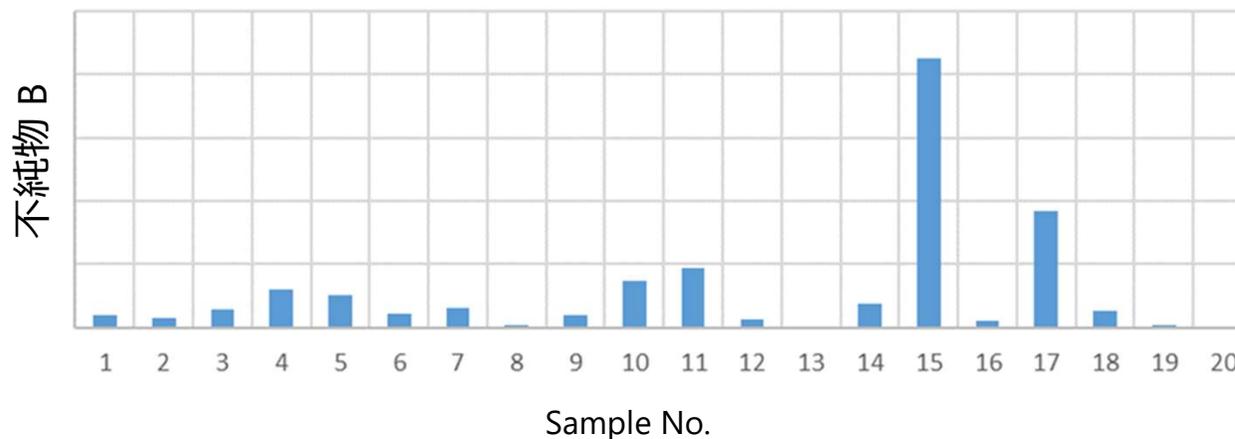
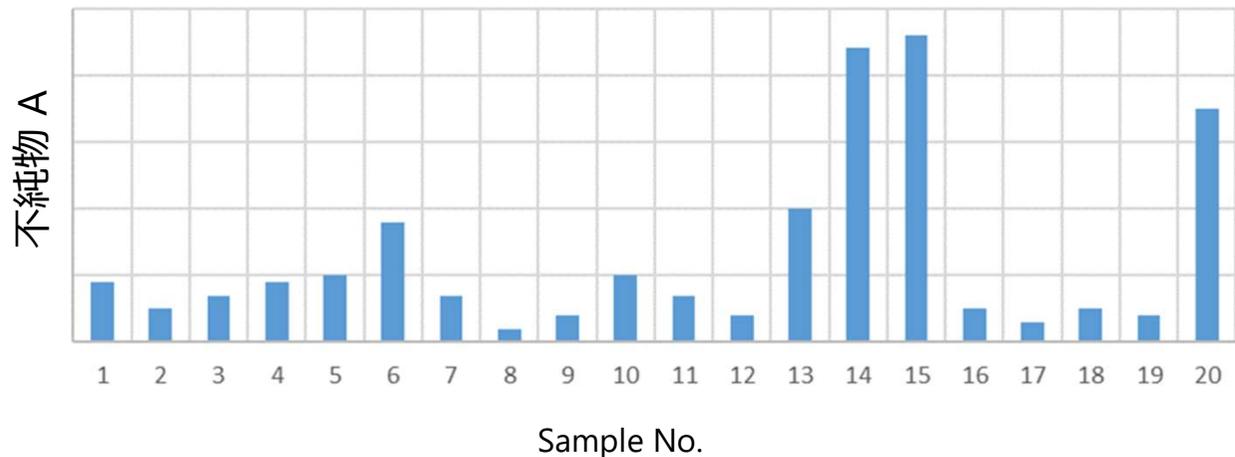
エタノール生産量 in 2021

Unit: million kL



- 第二世代（2G）を含む、世界各地の無水・含水バイオエタノールを入手した
- 入手したバイオエタノールを分析した

# トピックス目標①、②関連 -バイオエタノールの調査-

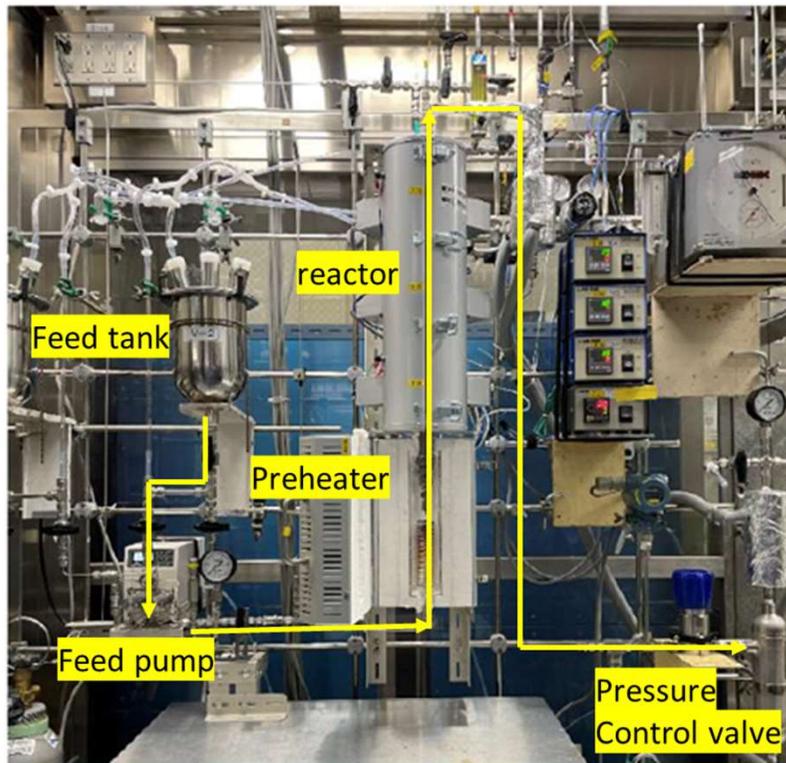


収集分析サンプルの例

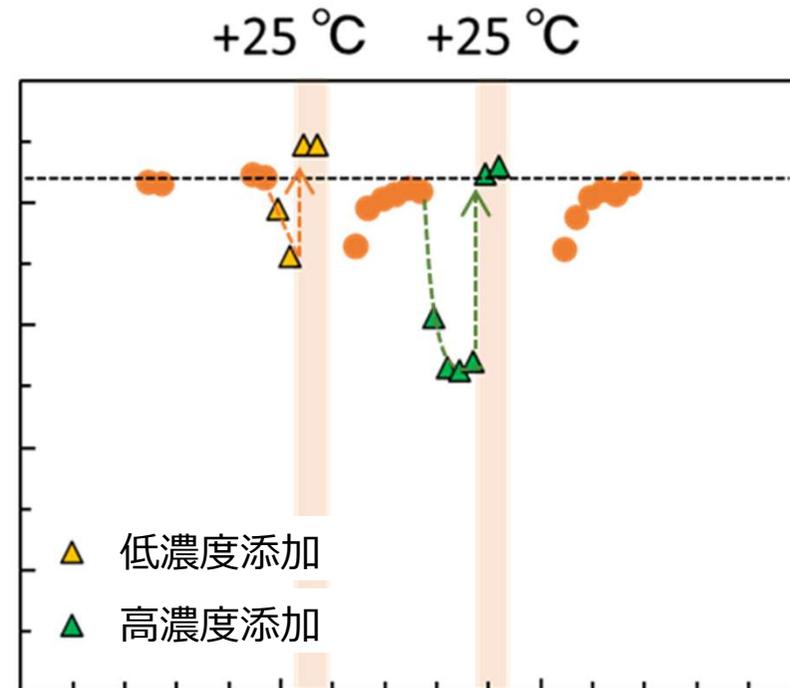
番号	世代	国	グレード
1	1G	ブラジル	含水
2	1G	ブラジル	含水
3	2G	日本	無水
4	2G	日本	含水
5	1G	アメリカ	無水
6	1G	アメリカ	無水
7	1G	アメリカ	無水
8	1G	アメリカ	無水
9	1G	オランダ	無水
10	1G	ブラジル	無水
11	1G	ブラジル	含水
12	1G	タイ	無水
13	1G	パキスタン	含水
14	1G	ブラジル	無水
15	1G	ブラジル	含水
16	1G	ブラジル	含水
17	1G	ブラジル	無水
18	1G	ブラジル	含水
19	1G	ブラジル	含水
20	2G	日本	無水

- 含水・無水エタノール間での不純物濃度の相違程度を把握した
- 含水・無水に関わらず不純物が高いものが存在する

# トピックス(目標①、②関連) -ベンチ装置と解析-



エタノール転化率



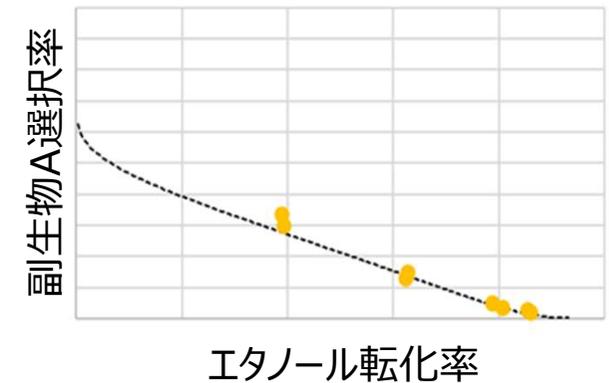
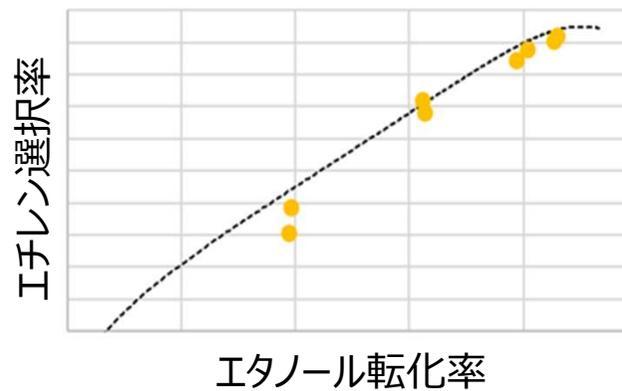
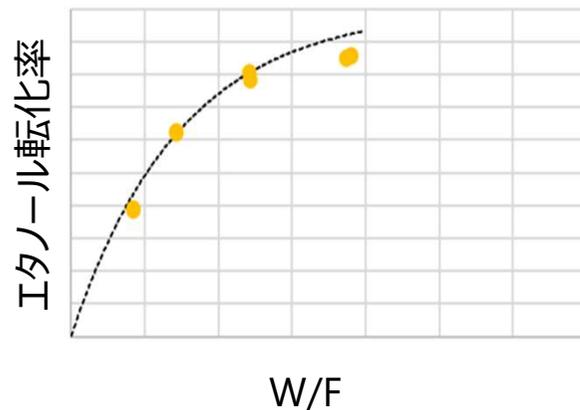
不純物A添加時系列

- 連続流通式ベンチ装置を立上げ、エタノール反応解析を実施した
- 不純物による反応への影響を把握した  
不純物Aによる転化率の低下は、反応温度アップによりカバー可能な見込

# トピックス(目標①、②関連) -ベンチ装置と生成物解析-

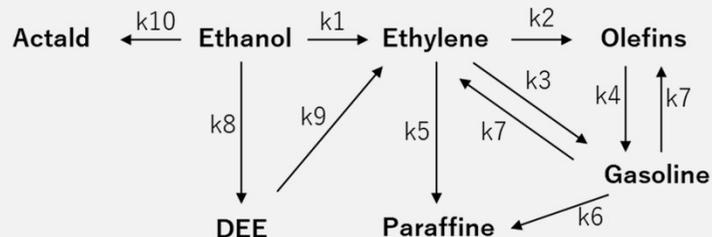
各生成物選択率と反応パラメータの関係

項目	W/F	Parameter A	Parameter B	Parameter C
エチレン				
副生物A				
副生物B				
副生物C				



- 目的生成物エチレンとその他副生成物の関係を整理した
- 収率に関与する各種生成物と反応パラメータの関係を把握した

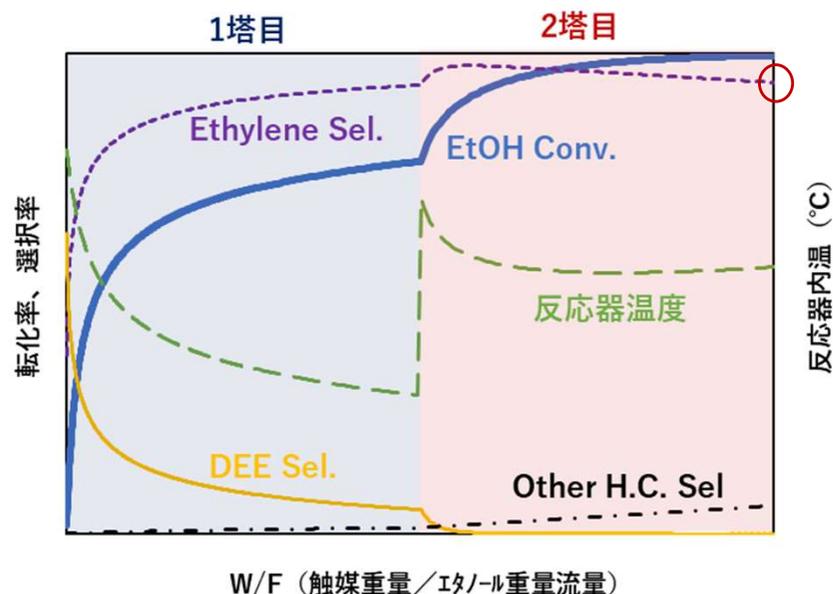
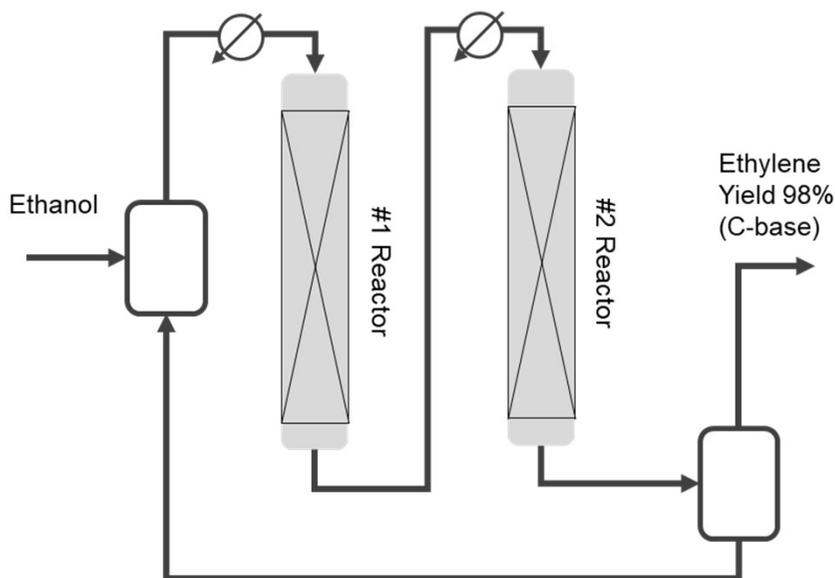
# トピックス(目標①、②関連) -反応シミュレーション-



反応速度 :  $R_n = k_n \cdot f(\text{Conc.})$

$k_n = A_n \cdot \exp(-E_n/RT)$

$n = 1 \sim 9$



- 実験結果を活用して反応モデルを構築・断熱反応シミュレーションを行った
- 反応器を2段直列とすることで、2塔目出口で目標収率が見込める結果となった

# トピックス(目標①、②関連) -反応器内流動解析-

目標

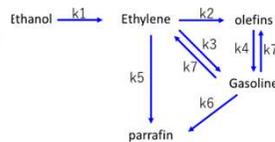
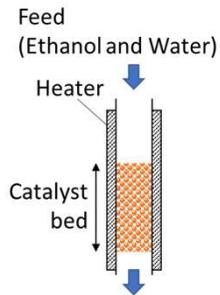
**エチレン収率  
(98%)**

CFD, 反応速度同号モデルの作成

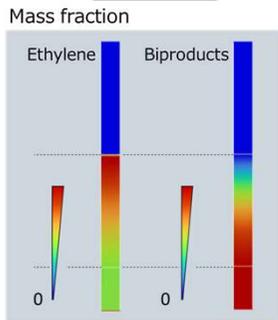
検証

反応器構造  
ケーススタディー

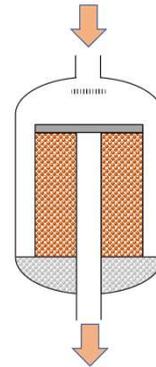
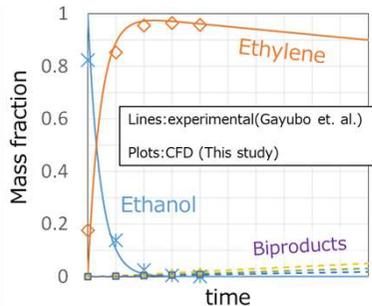
Experimental  
(Gayubo et. al.)



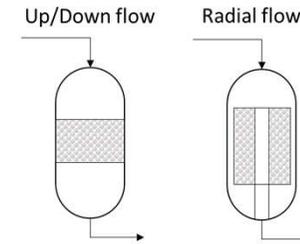
CFD results



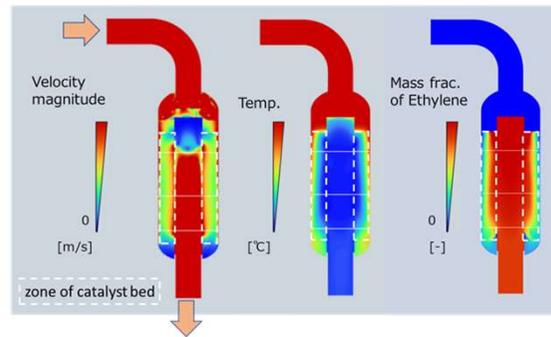
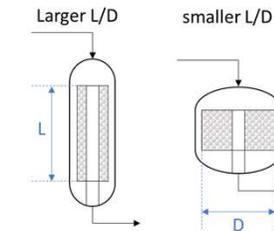
Validation of CFD model



➤ Flow direction

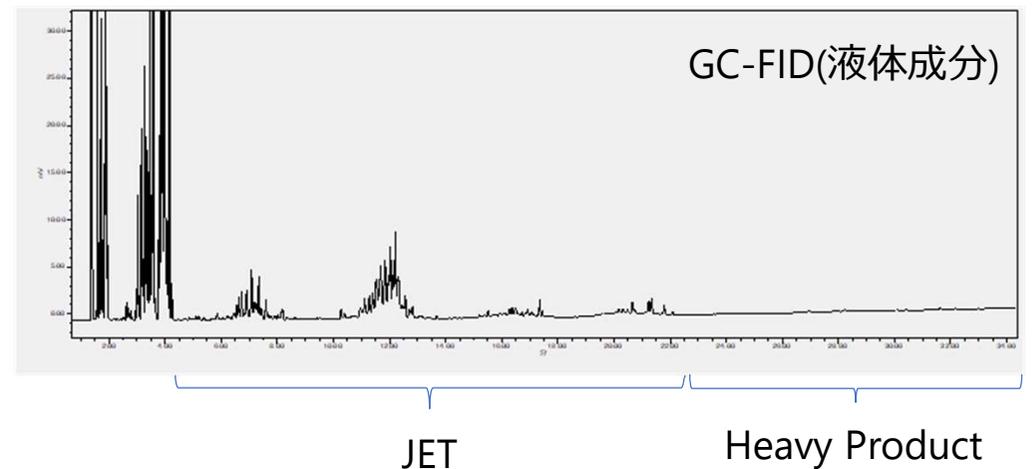
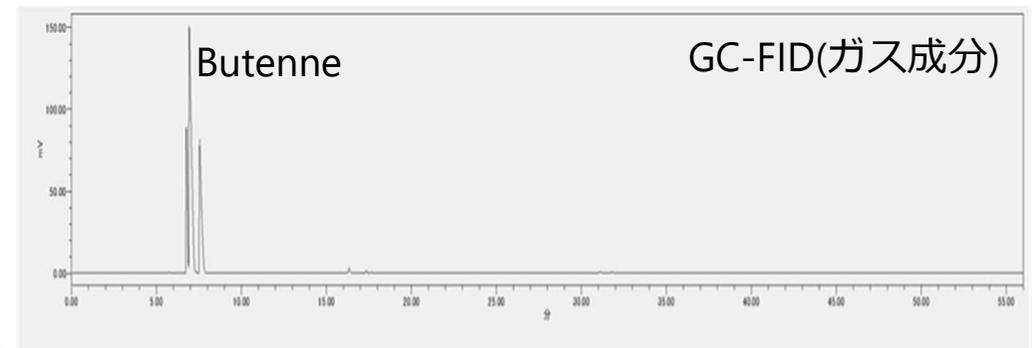
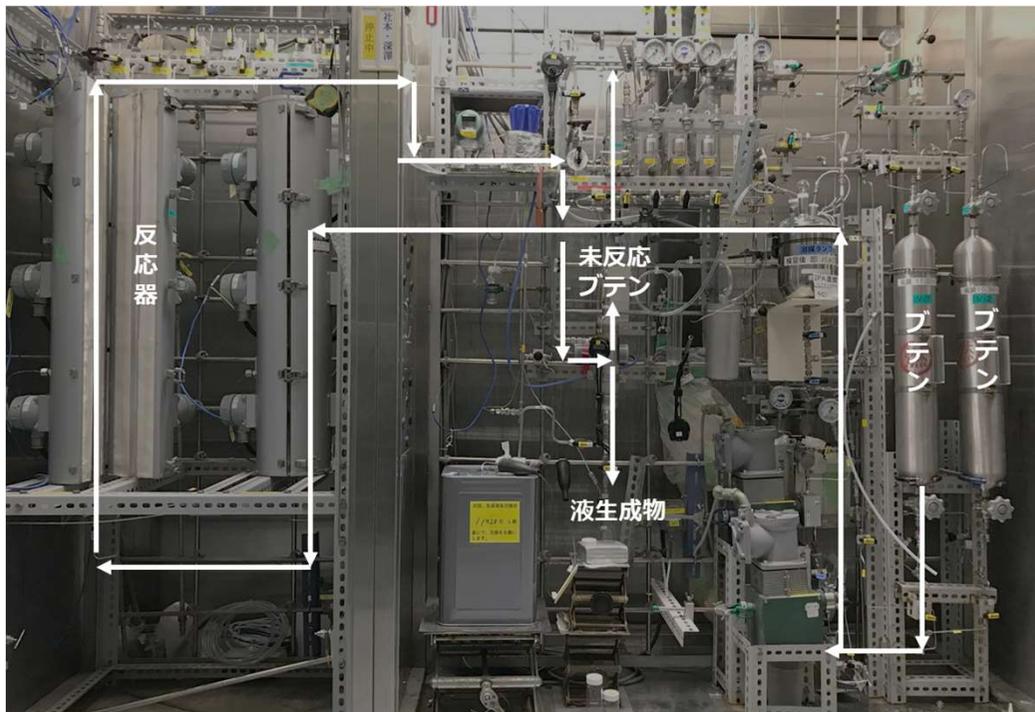


➤ Catalyst bed dimension (L/D)



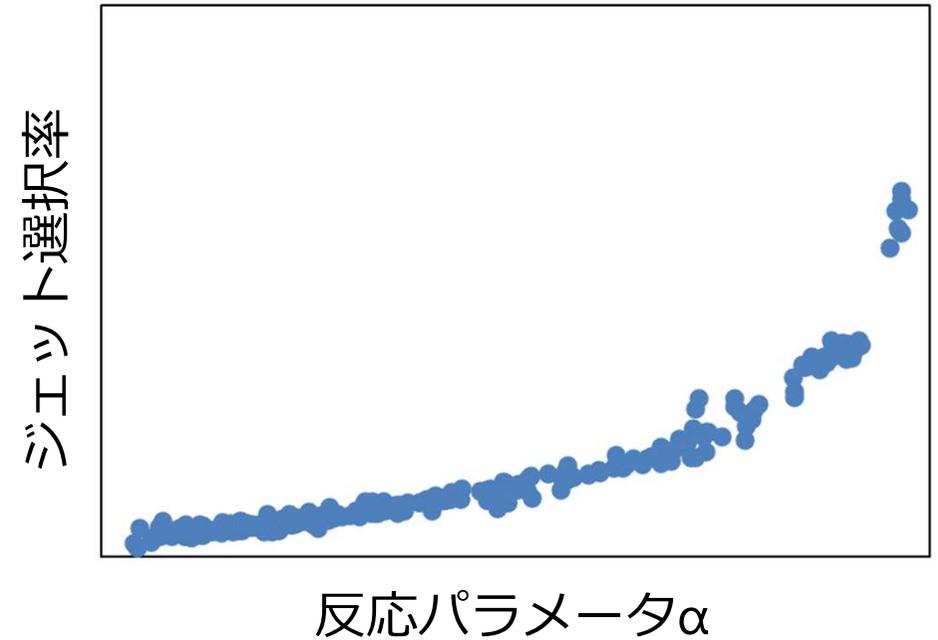
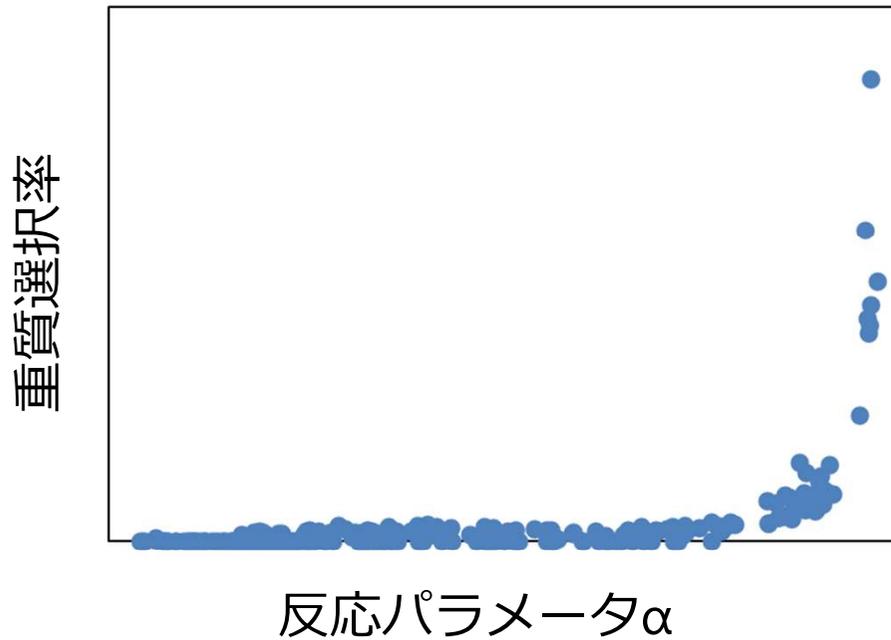
- エタノール脱水反応を組み込んだ流動解析のモデル構築を実施した
- 滞留時間分布等を比較し、実証機でもラボ並みの収率が見込めることが分かった

# トピックス(目標③関連) -ベンチ装置と生成物-



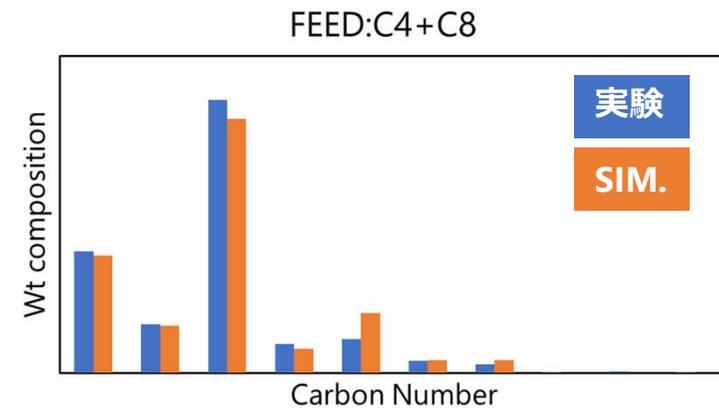
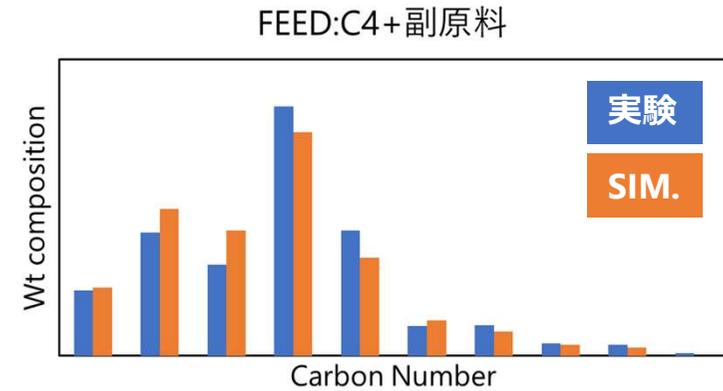
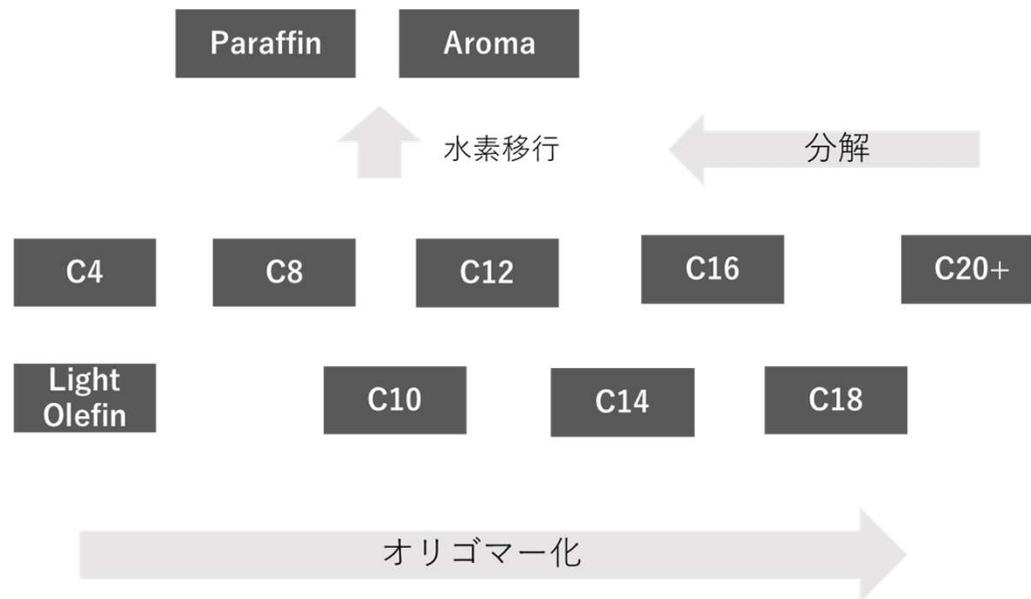
- 連続流通式ベンチ装置を立上げ、ブテンオリゴマー化生成物を網羅的に把握した

# トピックス(目標③関連) ーベンチ装置と生成物ー



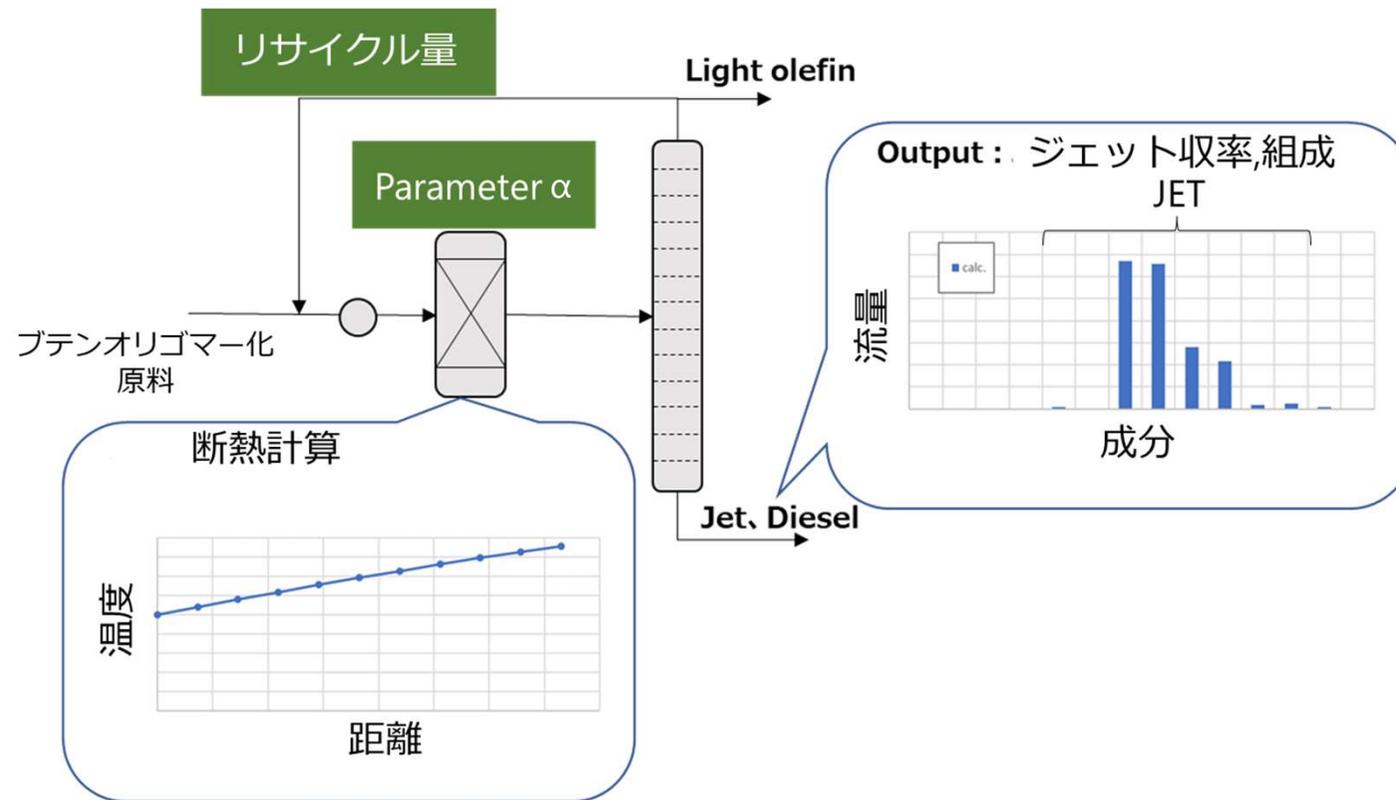
- ジェット収率に影響を与える、操作可能な反応パラメータを見出した

# トピックス(目標③関連) -反応シミュレーション-



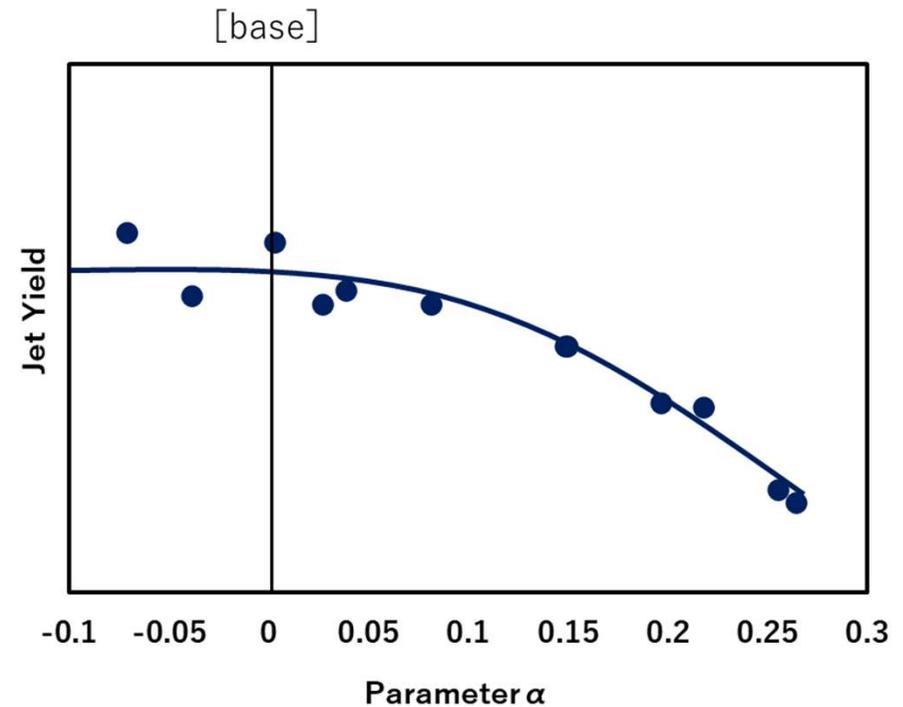
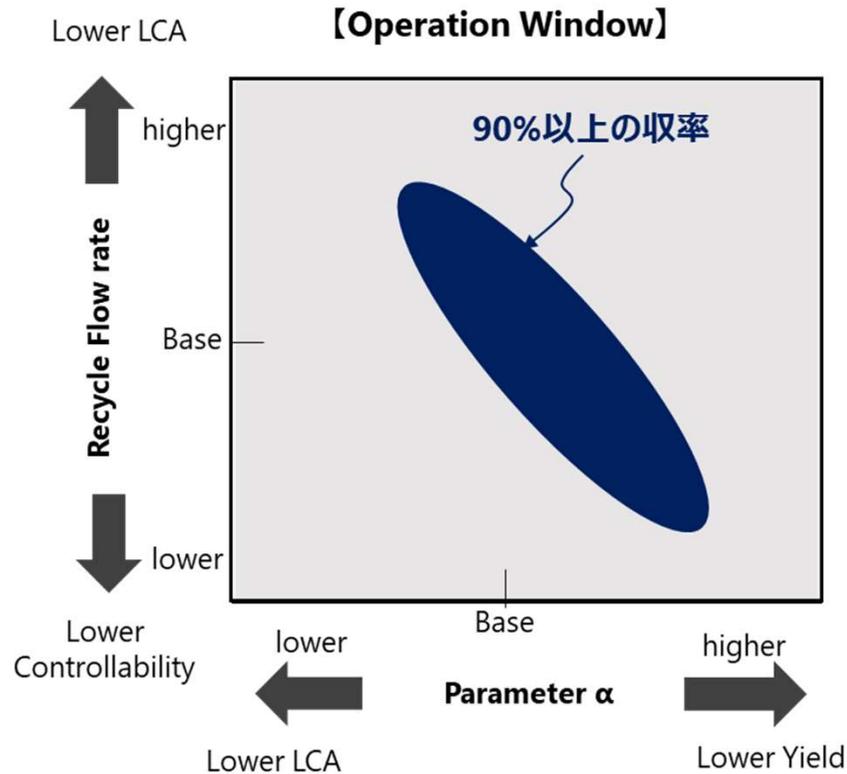
- 実験結果を表現可能な反応モデルを構築した

# トピックス(目標③関連) –リサイクルシミュレーション–



- シミュレータ（断熱）によるケーススタディーを行い、収率目標の達成が見込める反応条件範囲を把握した

# トピックス(目標③関連) -リサイクルシミュレーション-



- パラメータ $\alpha$ を通じて、エネルギー効率とジェット収率はトレードオフとなる
- リサイクルシミュレーションにより、90%以上の収率を確保できるパラメータ $\alpha$ の範囲を把握した。

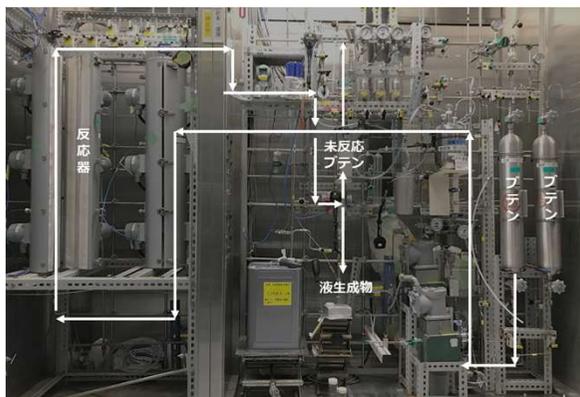
# トピックス(目標③関連) -反応器内流動解析-

偏流が及ぼす影響

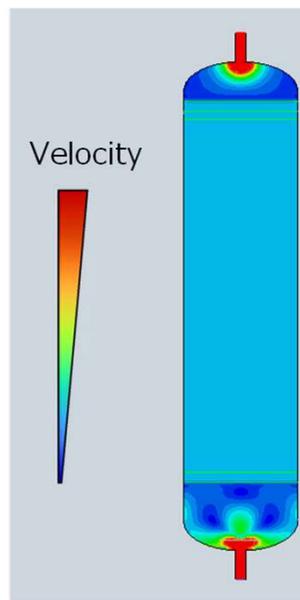
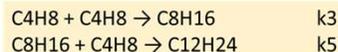
CFDベースモデル

反応器構造スタディー

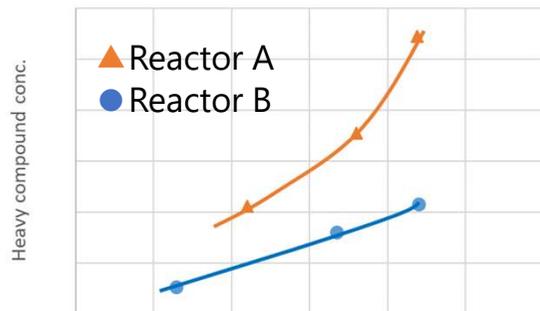
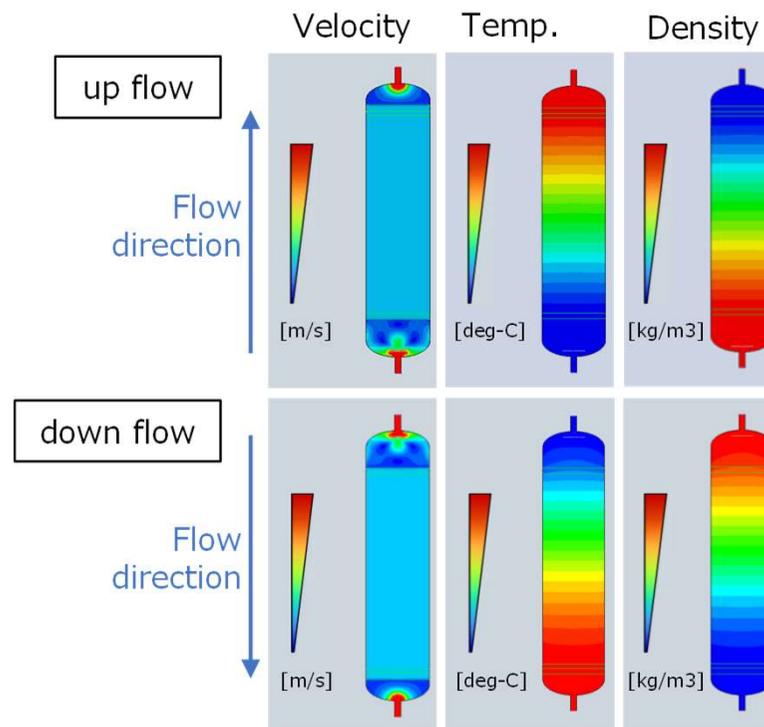
Target  
ジェット収率  
向上 (90%)



Simplified kinetic model for CFD simulation



➤ Flow direction



Reaction Parameter

- ブテンオリゴマー反応を組み込んだ流れ解析のモデル構築を実施した
- 流動解析により、収率低下が抑制できる反応器構造を見出した

---

ご清聴ありがとうございました。