

2022年度成果報告会

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

出光興産(株)
2023年2月1日

問い合わせ先
出光興産株式会社
E-mail:tomohiro.takeo.1030@Idemitsu.com
TEL:080-2189-9421

事業概要

1. 期間(委託事業)

開始 : 2022年4月
終了(予定): 2024年3月

(助成事業・予定)

開始 : 2024年4月
終了(予定): 2027年3月

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、ニート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 のニート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

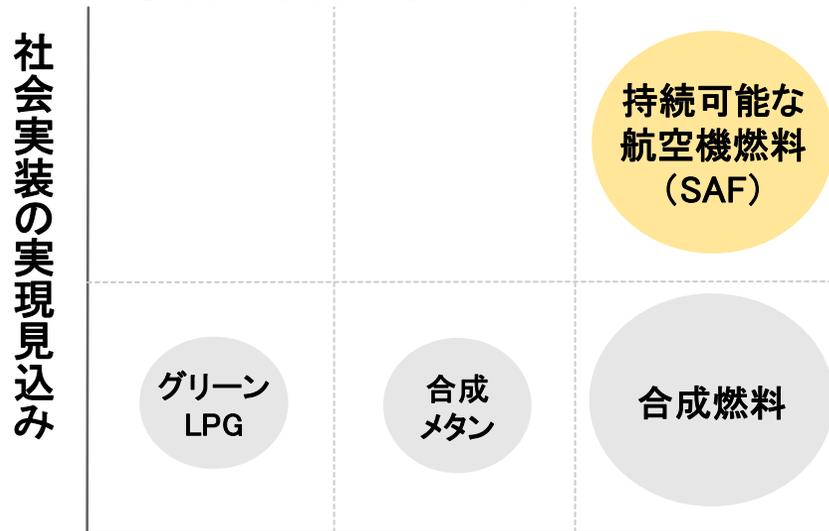
- ・複数産地のバイオエタノールを分析、産地毎の特徴や、無水と含水での不純物の違いなどを把握できた。継続調査し、得られた情報をプロセス最適化へ活かす。
- ・含水エタノールの処理に適したエタノールtoエチレンプロセスを選定し、その利点をシミュレーションを中心に評価しており、水の影響や副反応挙動を把握した。今後は、実験で検証を行っていく。
- ・ベンチテストを実施し、ブテンオリゴマー化反応の基礎データを収集した。

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)



脱炭素燃料の市場規模

社会ニーズ

需要家 航空会社
消費量(2030年) 100万KL

社会ニーズ

- 国産SAFの早期社会実装実現
- SAFの安定供給体制の整備

本事業の目指すところ

市場: 2030年の国内ニートSAF需要量100万KL
シェア: 上記需要のシェア50%の50万KLを供給
(当社目標)

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

事業戦略・事業計画

エタノール調達
輸送

SAF製造
(エタノール脱水⇒エチレン重合)

JET燃料ブレンド
(既存JETタンク活用)

航空会社へ供給
CO2排出量削減



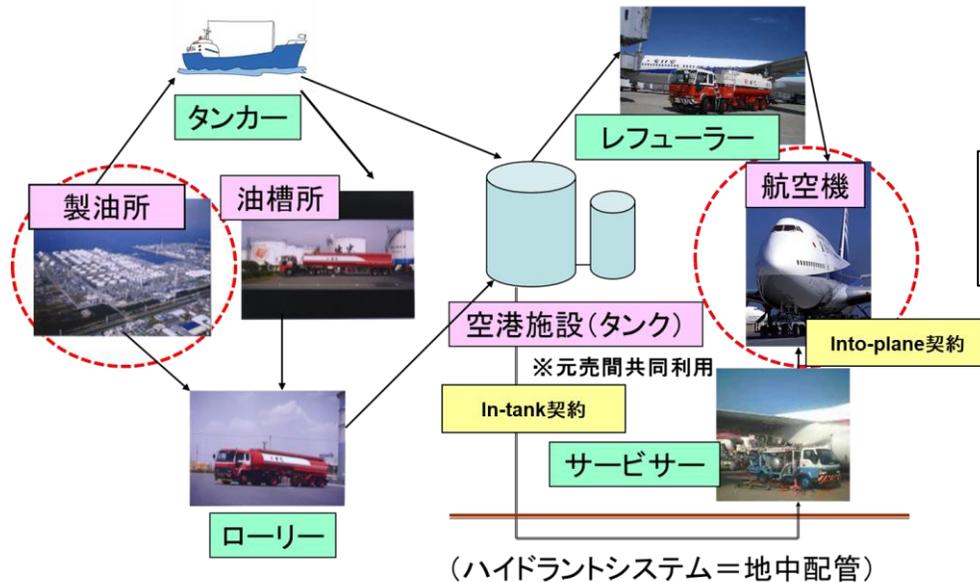
出典: 出光興産
中期経営計画(2023~2025年度)

原料タンク
(既設タンク活用)

SAFタンク
(既設タンク活用)

空港タンク

JET燃料のサプライチェーン

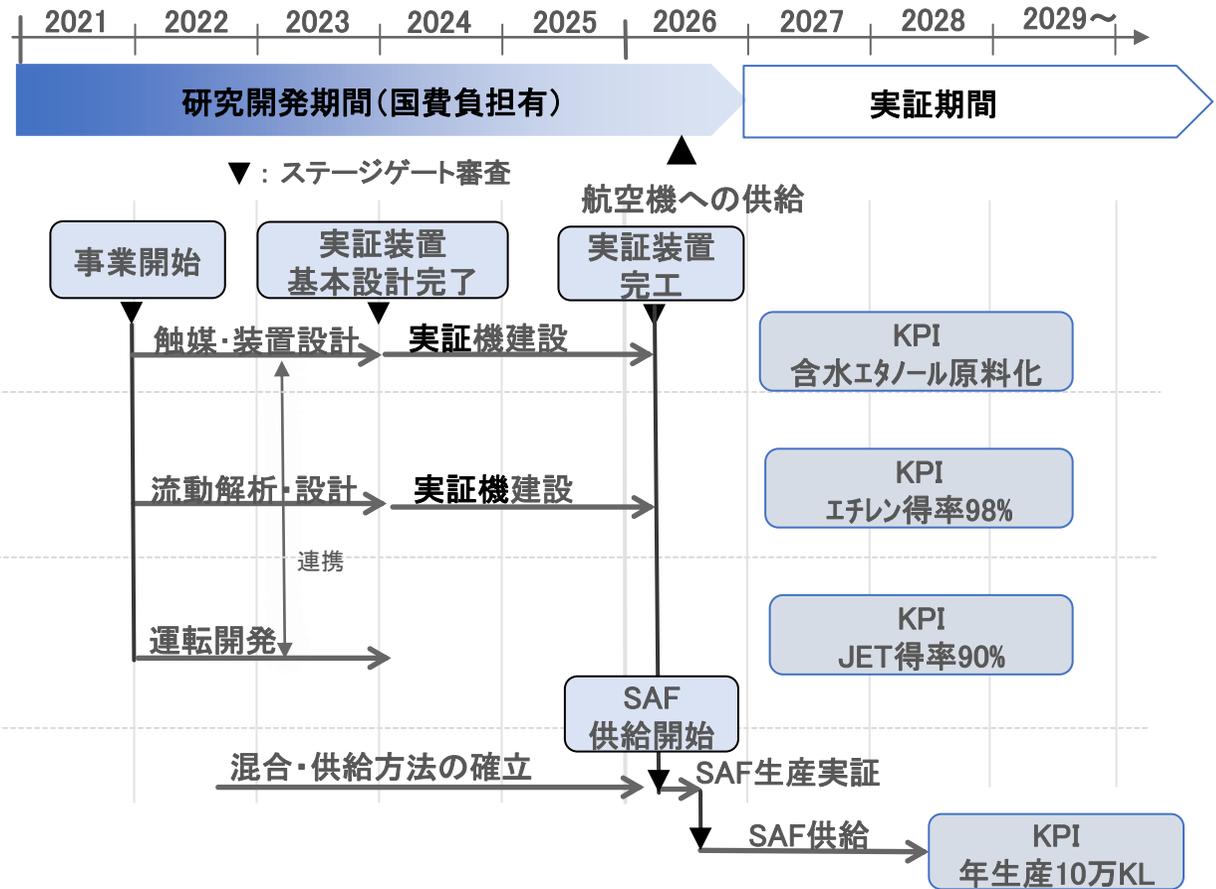


出光の製油所 ・事業所体制



事業化スケジュール

実施スケジュール



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

ATJ製造工程と技術開発目標

C₂H₅OH



Ethanol Dehydration



Ethylene oligomerization



Butene oligomerization

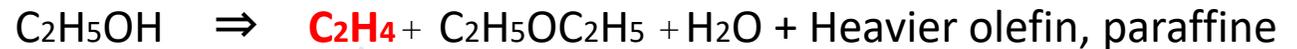


Olefin hydrogenation

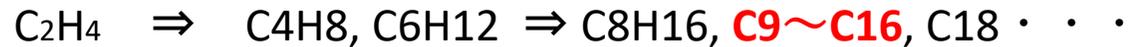


Distillation

① Enable to process hydrous and anhydrous ethanol



② Achieve 98% ethylene yield from ethanol



③ Achieve 90% and more jet yield from ethylene



経済性への影響が大きい上記3つの目標を掲げ、開発遂行中

研究開発状況

目標	課題(～2023年度)	検討状況	計画対比 進捗
① Enable to process hydrous and anhydrous ethanol	・バイオエタノールの組成調査・分析と特徴把握 ⇒原料選定方針の立案	・産地の異なる複数点の分析データを収集し、含水、無水での不純物特徴を把握	100%
	・エタノール脱水反応方法の調査と比較 ⇒含水エタノール処理に適したプロセスの選定	・既存技術の調査終了 ・含水エタノールに適したプロセスの姿を具体化	100%
	・実験と文献調査による反応の特徴把握と速度解析 ⇒プロセス設計方針の立案	・副反応を入れた反応速度Simを構築 ・このSimを使い、水の影響、副反応挙動を検討済	100%
② Achieve 98% ethylene yield from ethanol	・CFDによる反応器形式の評価 ⇒反応器形式選定	・CFDと反応速度を連成させ、偏流の副反応への影響を検討中	100%
	・反応解析とプロセス構築	・オリゴマー化既存技術の調査終了 ・重合実験と速度解析(選択率予測モデル)実施中 ・プロセス構築の方向性検討	100%
③ Achieve 90% and more yield of Jet from ethylene	・3Dモデル流動解析等による反応器モデル構築	・モデルを構築し、ケーススタディ開始	100%

トピックス(目標①、②関連)



Ethanol Dehydration



Ethylene oligomerization



Butene oligomerization

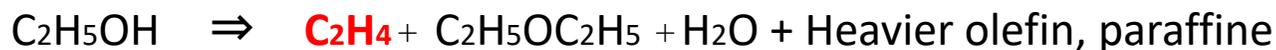


Olefin hydrogenation

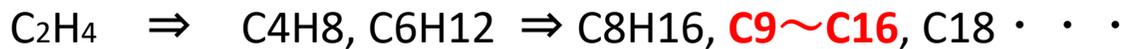


Distillation

① Enable to process hydrous and anhydrous ethanol



② Achieve 98% ethylene yield from ethanol

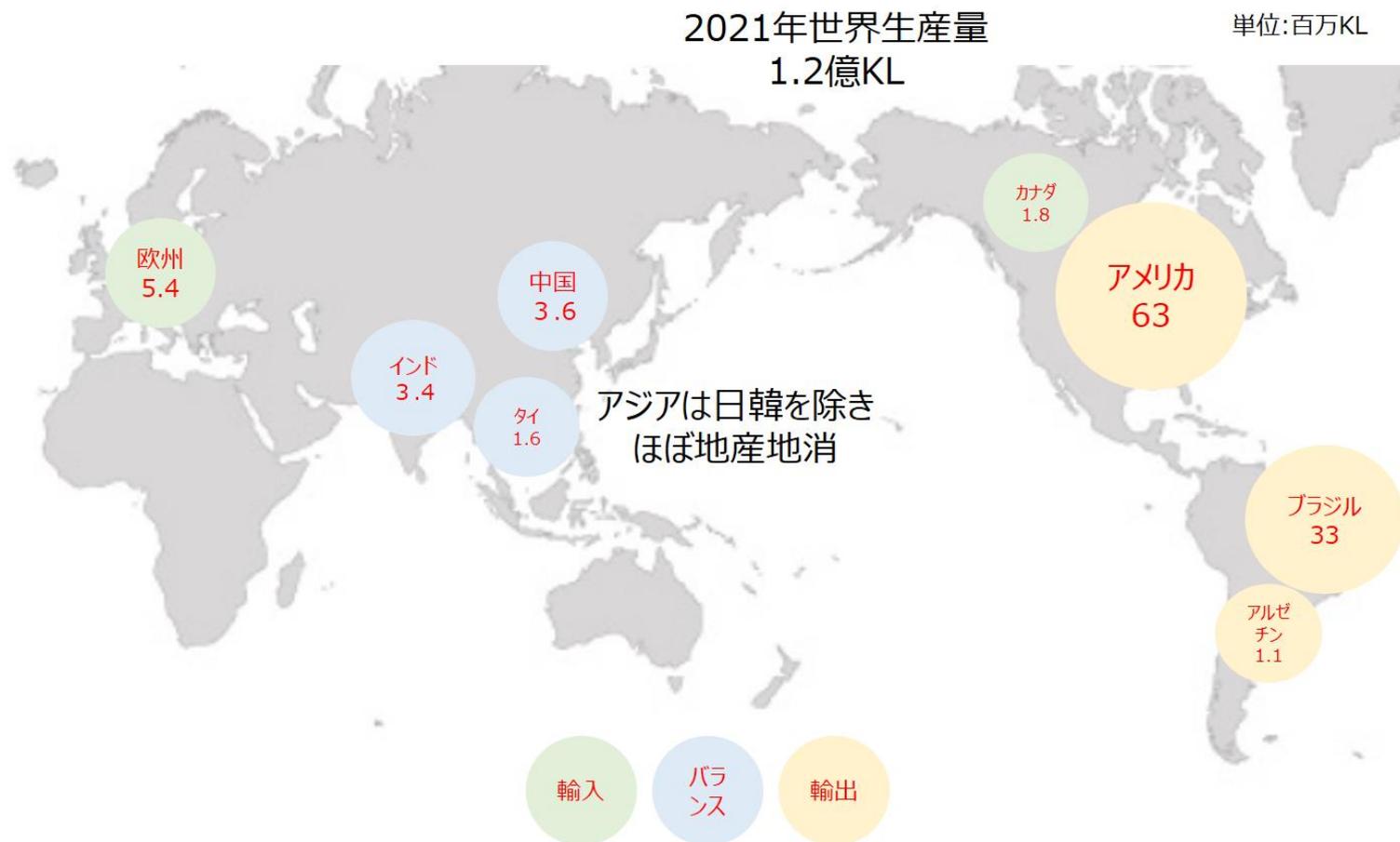


③ Achieve 90% and more jet yield from ethylene



トピックス(目標①、②関連) -バイオエタノールの調査-

エタノールの市況や需給見通し等の調査と分析、サプライヤーとのコンタクトを通じてエタノールの調達戦略の立案、及び、自社エタノール権益確保の実現性を調査



トピックス(目標①、②関連) -バイオエタノールの調査-

産地による組成の特徴、および、無水と含水の違いなどを調査中

産地		A	B	C	D	E(無水)	E(含水)
測定項目	単位						
酢酸エチル	μg/ml	15	40	110	<3	120	91
アセトアルデヒド	μg/ml	19	27	290	<3	53	29
メタノール	μg/ml	19	58	91	<3	46	16
1-プロパノール	μg/ml	90	480	770	<3	360	290
2-プロパノール	μg/ml	<2.5	<2.5	<3	<3	<2.5	<2.5
1-ブタノール	μg/ml	<2.5	<2.5	21	<3	17.0	<2.5
2-ブタノール	μg/ml	<2.5	<2.5	<3	<3	<2.5	<2.5
2-メチル-1-プロパノール	μg/ml	23	110	300	<3	160	42
2-メチル-1-ブタノール	μg/ml	<2.5	<2.5	6	<3	34	16
3-メチル-1-ブタノール	μg/ml	<2.5	<2.5	<3	<3	44	24
フルフラール	μg/ml	<2.5	9.0	<3	<3	16	13
5-ヒドロキシメチルフルフラール	μg/ml	<2.5	<2.5	<3	<3	<2.5	<2.5
ベンズアルデヒド	μg/ml	<2.5	<2.5	<3	<3	<2.5	<2.5
アセタール	μg/ml	9.8	370	140	<3	38	32
全S	質量ppm	<1	1	<1	<1	3.7	4.7
酢酸	mg/L	1>	2	20	<1	1	1
Ca	質量ppm	1>	1>	<1	<1	1>	1>
Cu	質量ppm	1>	1>	<1	<1	1>	1>
Fe	質量ppm	1>	1>	<1	<1	1>	1>
Na	質量ppm	1>	1>	2	<1	1>	1>
Zn	質量ppm	1>	1>	<1	<1	1>	1>
水	質量%	3.13	0.24	0.0097	5.33	0.46	3.99

産地による違いはあるが、無水と含水で、不純物の特徴に大きな相違はみられない

トピックス(目標①、②関連) —エタノールtoエチレンプロセスの調査解析—

20century

21century

<Isothermal Tubular fixed bed>

Phosphoric Acid catalyst. ⇒ Activated Alumina

- Frequent regeneration. by burning
- Difficulty of scale-up
- Temp:330~380℃
- LHSV:0.2~0.4hr⁻¹

<Adiabatic fixed bed>

Activated Alumina,zeolite

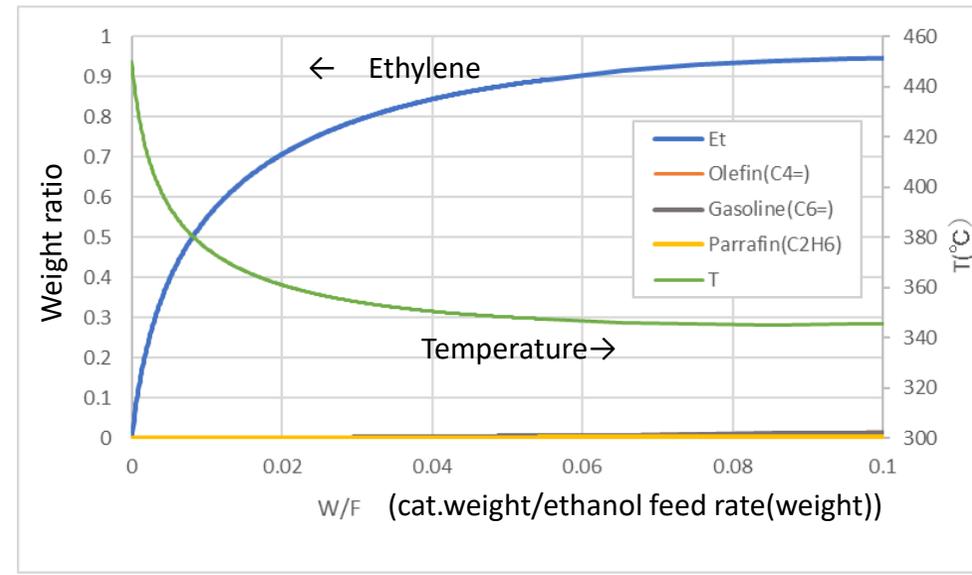
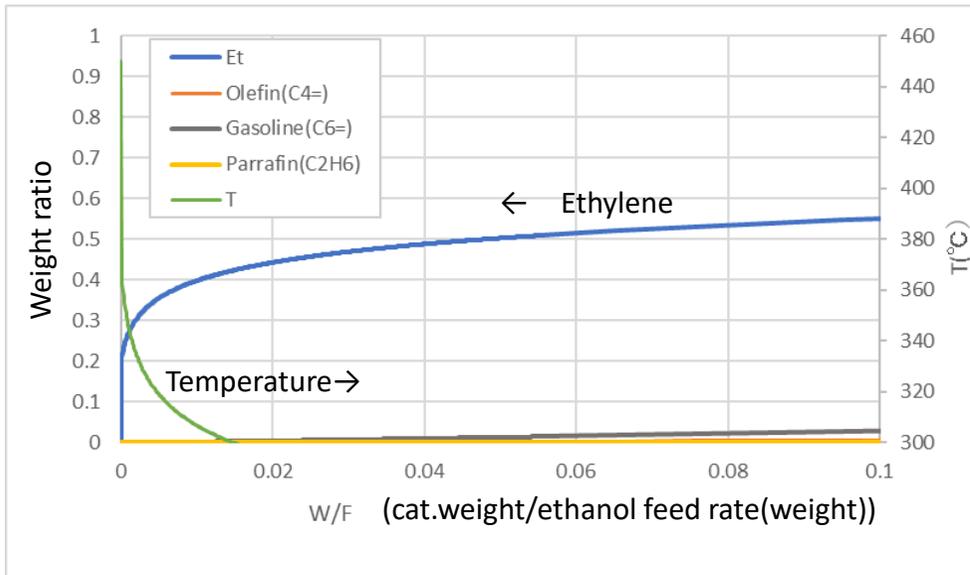
Heteropoly acid

- with interheater
- Temp:400~500℃
- **Steam dilution**
- with interheater
- Temp:220~260℃

原料中の水濃度に鈍感な、スチーム希釈を行うプロセスに着目

トピックス(目標①、②関連) -エタノールtoエチレン スチーム希釈効果-

Kinetic simulation



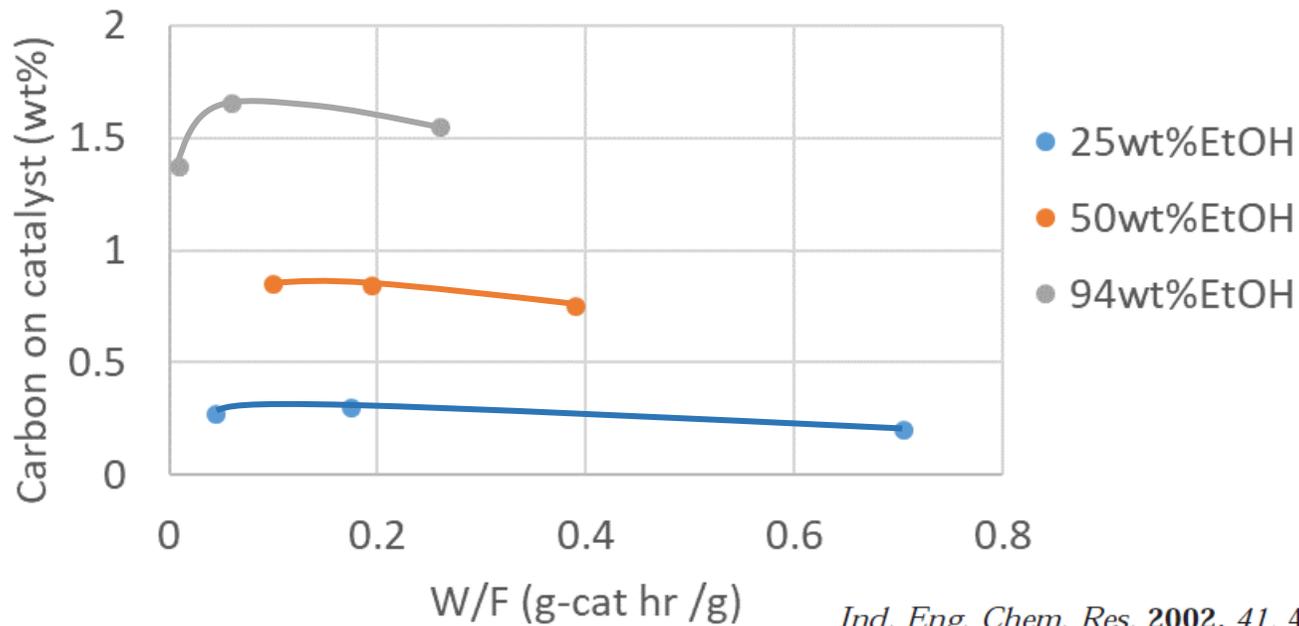
反応式の出典: *Ind. Eng. Chem. Res.* 2002, 41, 4216-4224

- ・スチーム希釈により、吸熱反応による温度低下を抑制、エチレン生成が進む
- ・ // 副反応を抑制、エチレン選択率を高める効果がある

トピックス(目標①、②関連) -エタノールtoエチレン スチーム希釈効果-

Literature information

450°C、Time on stream=6hr



スチームの効果により、触媒へのコーク付着(活性劣化)を抑制できる

トピックス(目標①、②関連) -エタノールtoエチレン 反応器内流れ解析-

スケールアップ時の反応器内流れを予測し、
反応成績への影響を考察していく

Kinetic Model
development

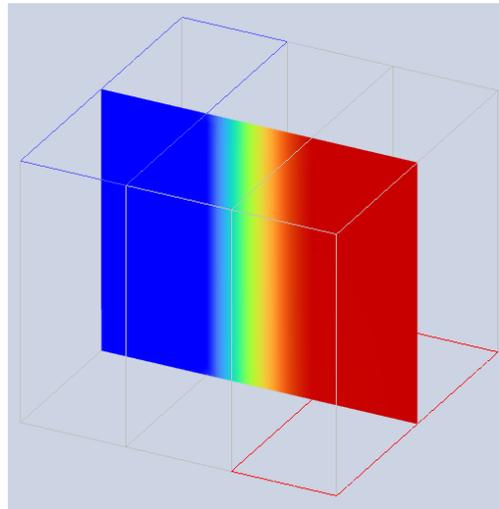
Coupled CFD&Kinetic
Model development

Case study of
Reactor type

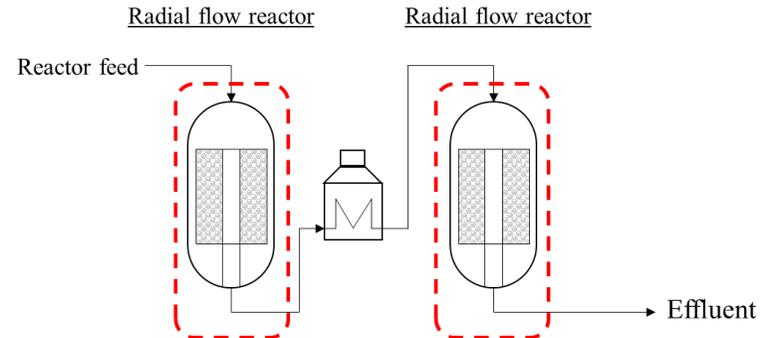
Target

②Achieve **98%
ethylene yield**
from ethanol

CFD Model
development



Concentration of C₂H₄



- Verification of
 - effect of reactor dimension.
 - effect of maldistribution in catalyst bed (by coking) .
- Comparison of radial-flow and up/down-flow reactor.

トピックス(目標③関連)



Ethanol Dehydration



Ethylene oligomerization



Butene oligomerization

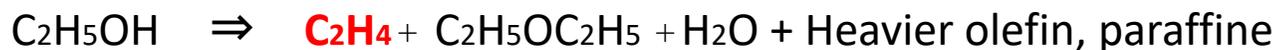


Olefin hydrogenation

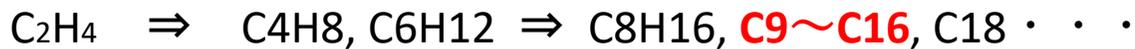


Distillation

① Enable to process hydrous and anhydrous ethanol



② Achieve 98% ethylene yield from ethanol



③ Achieve 90% and more jet yield from ethylene

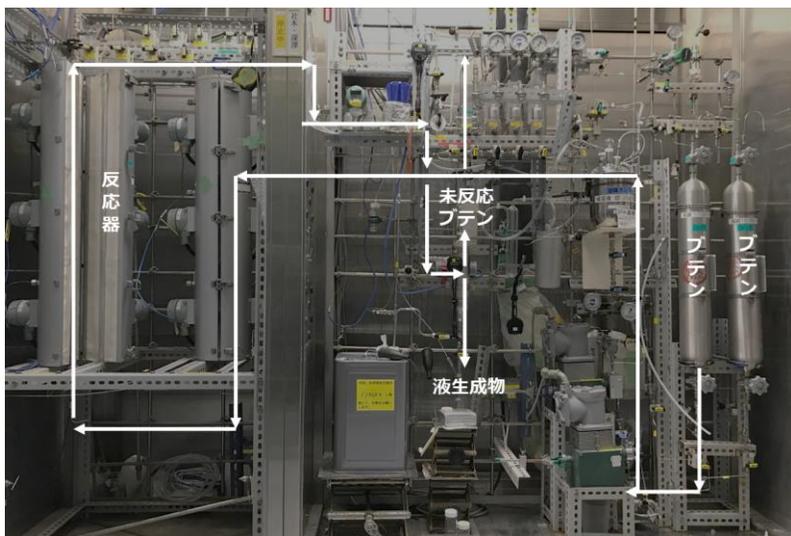


トピックス(目標③関連) -ブテンオリゴマー化プロセス最適化に向けて-

不要留分のリサイクル含めた反応シミュレータ構築と、
これを使った運転条件の最適化を実施中

Kinetic simulator development

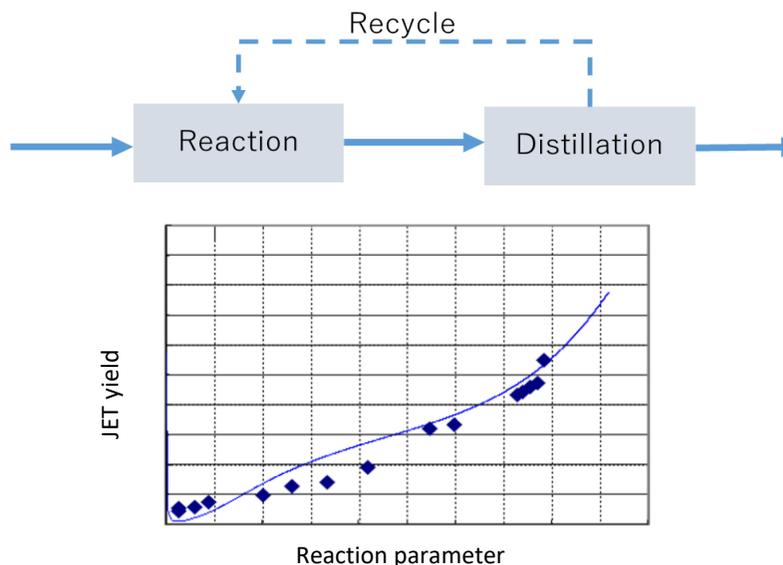
Bench test and kinetic analysis



触媒量 = ~100ccのベンチ装置を作製し、
オリゴマー化反応の基礎データを蓄積中

Optimization of the reaction condition
& recycle condition

③ Achieve 90% and
more yield of Jet
from ethylene



Case study of reaction condition and
recycle system to achieve higher Jet yield

研究開発状況のまとめ

- 複数の産地からバイオエタノールを入手し、分析を実施中。
産地毎の特徴や、無水と含水での不純物の違いなどがわかってきた。
⇒ サンプル入手を継続するとともに、得られた情報をプロセス最適化に活かしていく。
- 含水エタノールの処理に適したエタノールtoエチレンプロセスを選定し、その利点を評価中。
⇒ シミュレーション中心の評価から、実験中心の評価に比重を移し、エチレン収率向上に重要な因子を明らかにする。
- ベンチテストを行い、ブテンオリゴマー化反応の特徴を把握できつつある。
⇒ 反応モデルを構築し、これを活用したシミュレーションにより、プロセスの最適化を行っていく。

ご清聴ありがとうございました。