

2022年度 JPECフォーラム

ファウリング制御技術開発

2022年5月11日

ペトロリオミクス技術研究室

—禁無断転載・複製 ©JPEC 2022—

- 1、ファウリング制御技術開発のテーマ概要
- 2、ファウリング解析の検討内容紹介

- ① 蒸留塔(CDU)の原油/常圧残油熱交換器における激しい汚れは、CDU長期連続運転における省エネの阻害要因となる。そこで、CDU長期連続運転における省エネを実現するため、原油/常圧残油熱交換器における汚れ状態を予測・解析する技術を開発する。

【参考】CDU熱交換器におけるエネルギーロス試算

2020年における日本の仮想製油所のCO₂総排出量は3,302万トン、そのうちCDU(予熱系熱交換器を含む)が721万トン(21.8%)も排出

【参考】CDU熱交換器の汚れ対策によるエネルギー改善見込み

➤ Concawe

- ・熱交換器のクリーニングサイクルにて10%のエネルギー消費量悪化
- ・製油所全体でMax.2%のエネルギー改善の期待

➤ Digitalrefining※)

- ・CDU熱交換器の汚れを半分に抑制することでCDUにて5%、製油所全体で1%のエネルギー改善(JPEC試算)

※) www.digitalrefining.com/article/1000364

②石油系基材と低炭素基材のCo-Processingの導入が今後進めと予想されるが、実施例はまだ少なく熱交換器に関する公開情報はほとんどない。そこで、①で開発したモデルを二次処理装置の熱交換器用に改良し、Co-Processingに対応した汚れ状態の予測・解析技術を開発する。

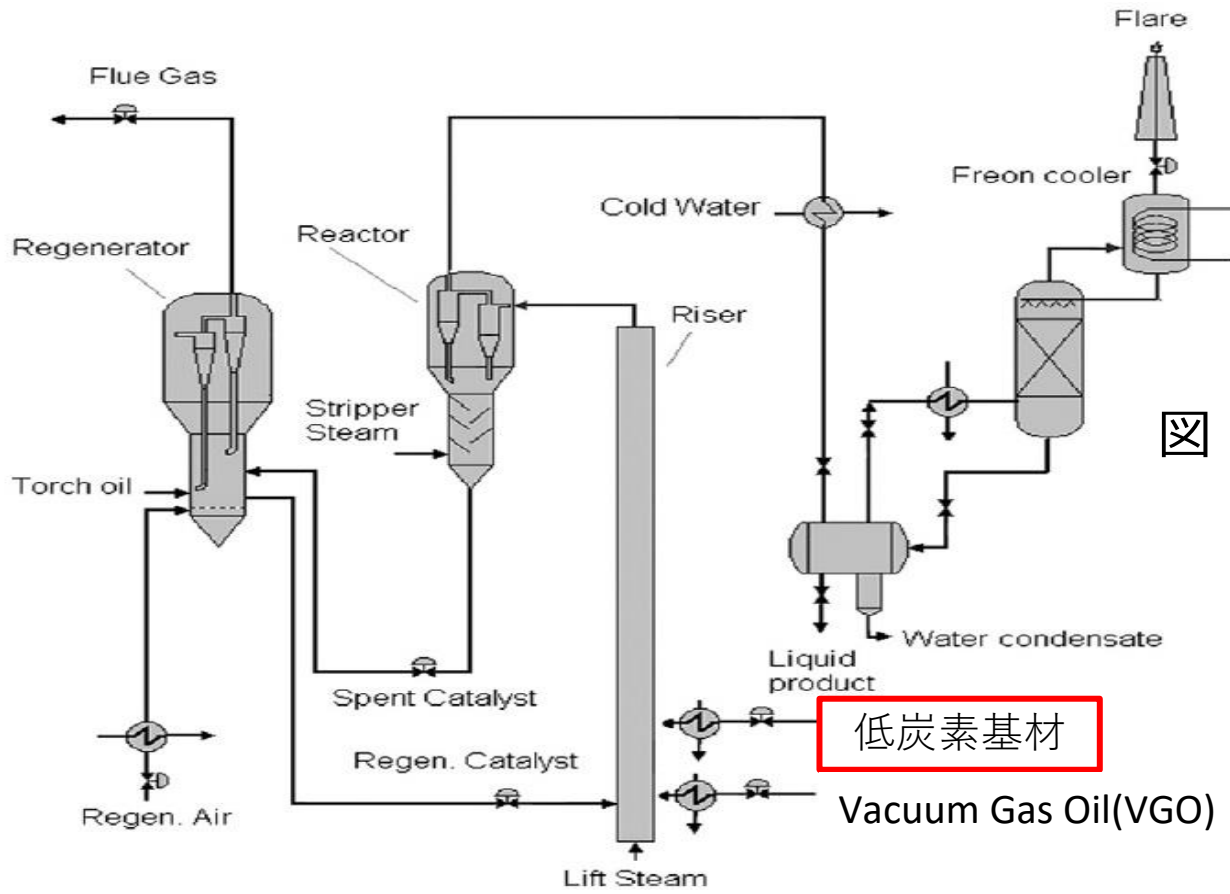


図 分解装置の Co-processingの例

1、ファウリング制御技術開発のテーマ概要

2、ファウリング解析の検討内容紹介

汚れ物質の組成分析と凝集挙動、実験用小型熱交換器による実験等により熱交換器におけるファウリング物質生成メカニズムを解明し、原油成分の違いによるファウリング挙動の違いを解析するモデルを開発する。

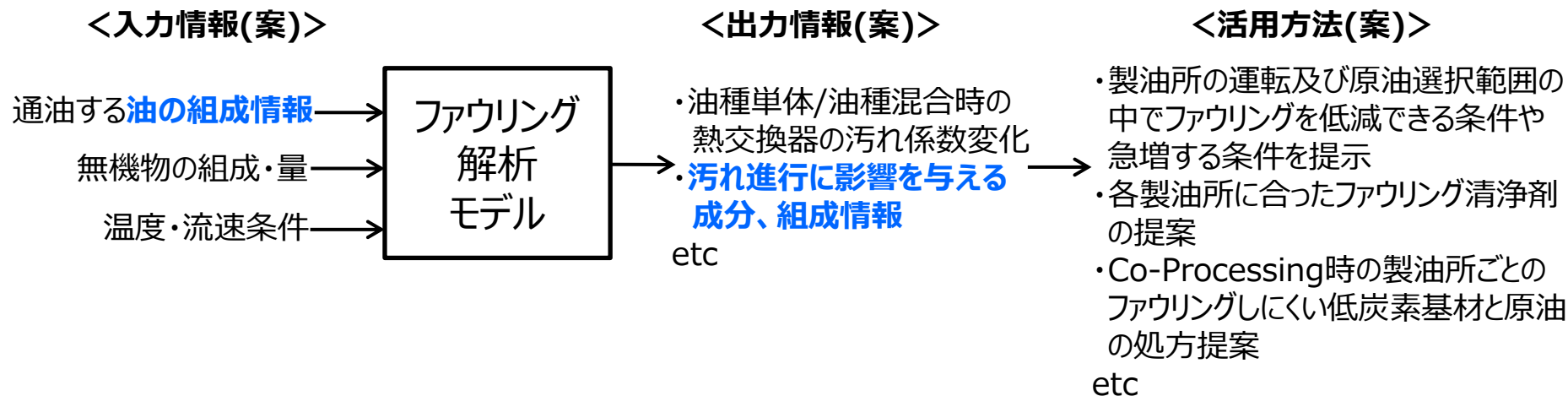
開発するファウリング解析モデルは、汚れの解析を主眼としたモデルであり、開発手法は分析的・解析的に行う。

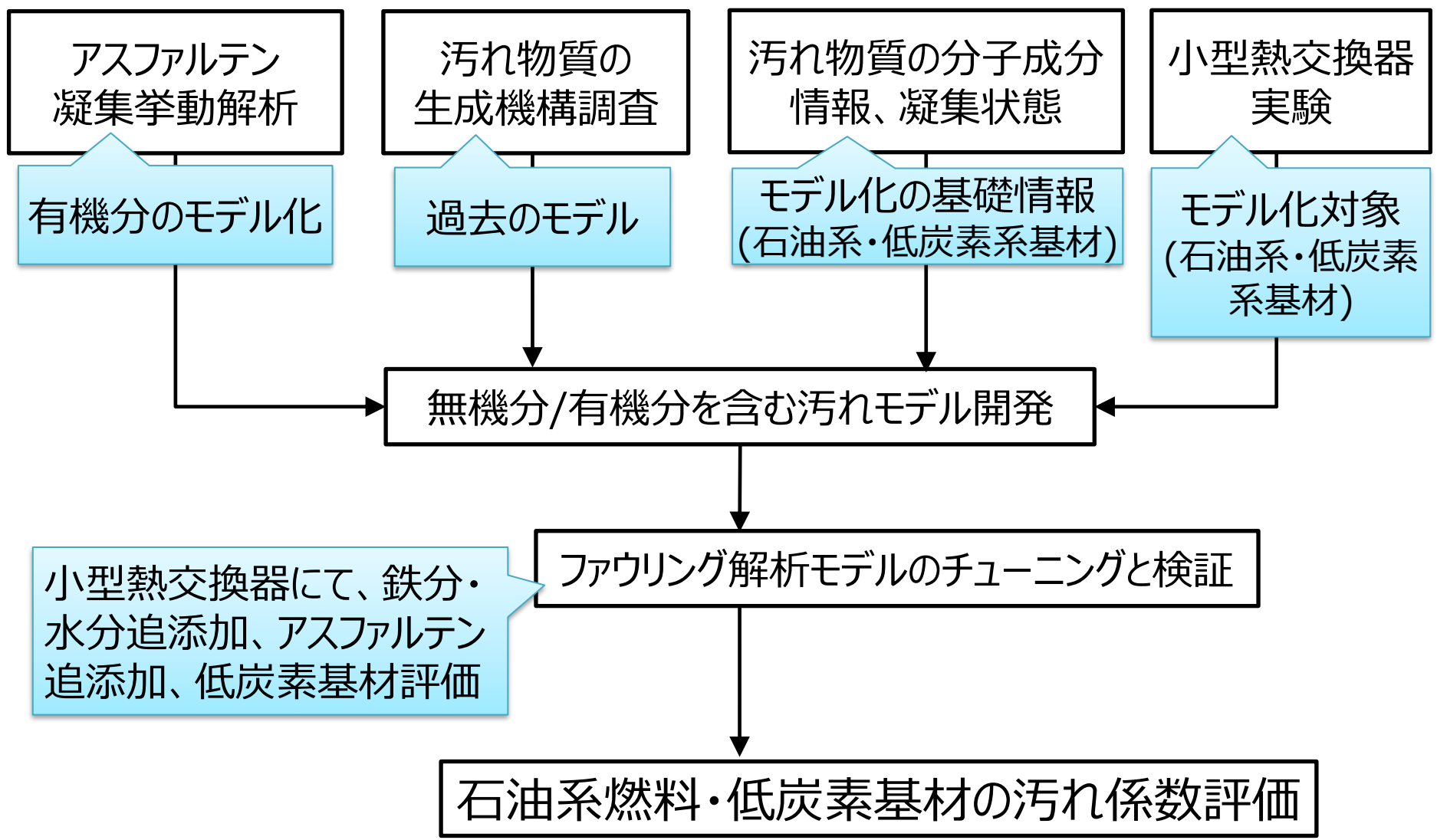
対象は原油成分だけでなく低炭素基材にも適応できるようにするために二次処理装置の熱交換器も対象とする。

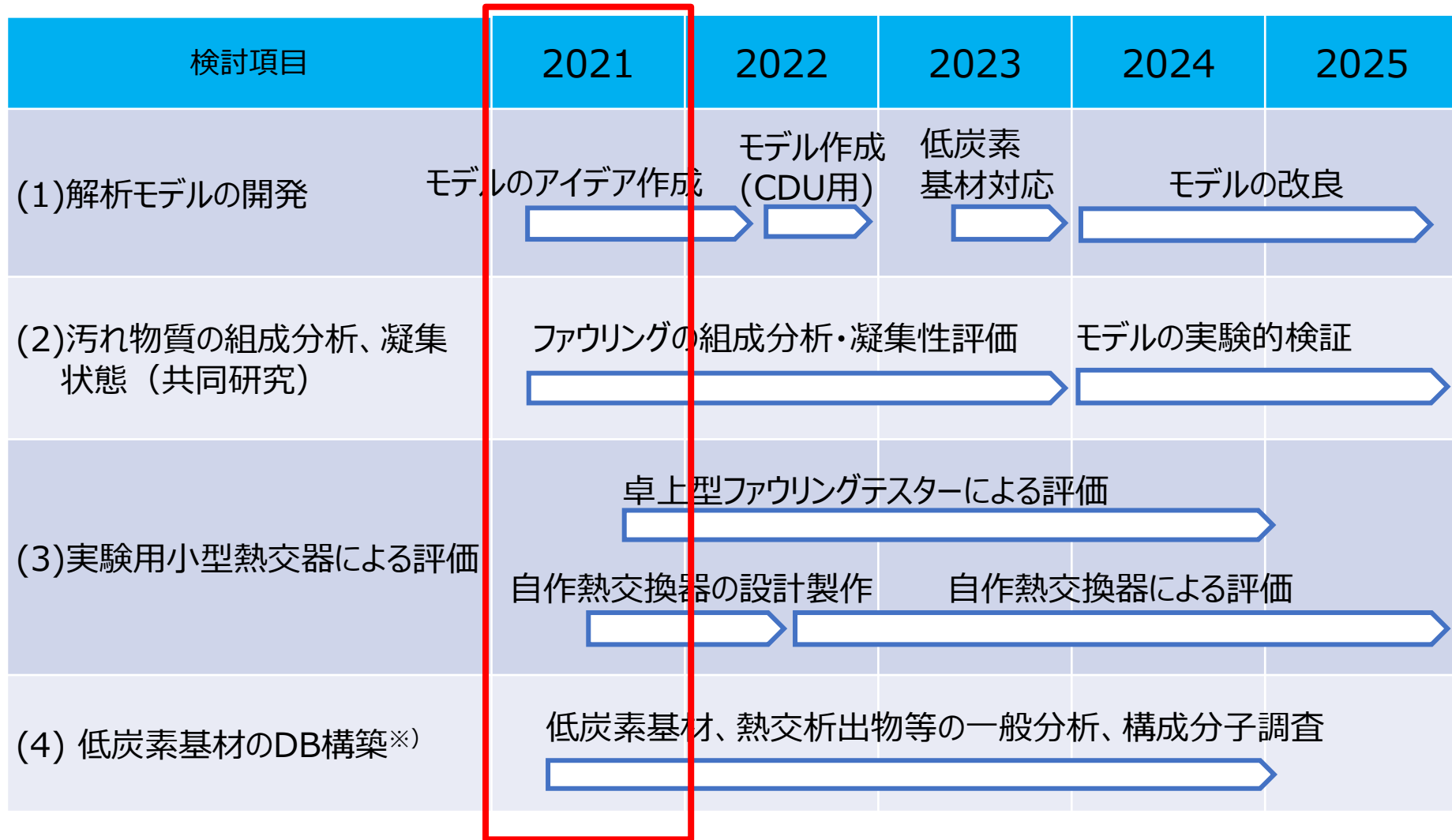
技術開発項目

- 解析モデルの開発
- 汚れ物質の組成分析、凝集状態（産総研・千葉大共同研究）
- 低炭素基材データの拡充
- 実験用小型熱交換器による評価

ファウリング解析モデルのイメージ







※) “処理原油・原料油成分リアルタイム予測技術開発”と“石化成分製造最適化技術開発”と連携

	昨年度実施項目	昨年度成果
解析モデルの 開発	・熱交換器のファウリング 生成機構の情報収集	・ファウリング生成機構に関する先行研究調査を行 い、68本の有用な文献を選定
汚れ物質の組成 分析、凝集状態 (共同研究)	・ファウリング物質の分析 方法開発	・ファウリング物質中の有機分/無機分の組成分析 および凝集状態の評価方法を開発
実験用小型熱 交換器による評 価	・評価方法の予備検討 ・実験用小型熱交換器 の設計	・卓上型ファウリングテスターで原油・重質油と低炭 素基材の汚れ進行に関する特徴を把握 ・実験用小型熱交換器の概念設計完了
低炭素基材の DB構築	・低炭素基材の入手 評価	・入手した11種類の低炭素基材について分一般 性状・組成分析を実施

ファウリング評価試験の考え方

- 製油所の熱交換器は流量や温度変化による総括伝熱係数の変動が大きいいため、実験用熱交換器にてモデル開発に必要なデータを取得。
- 実験用熱交換器として、卓上型ファウリングテスター（市販機）と製油所熱交換器をスケールダウンした小型熱交換器（自作）について比較した結果、それぞれの長所を生かして以下の方針で試験を行うこととした。

	卓上型ファウリングテスター	小型熱交換器
長所	<ul style="list-style-type: none"> ・試料や実験時間が少なくて済み、多数の条件の比較が容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・実機と近い運転条件での評価が可能 ・ファウリング物質の付着量が比較的多く、評価に必要な量を得やすい
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・実機との乖離が大きい ・ファウリング物質の付着量が少なく、評価が困難 	<ul style="list-style-type: none"> ・必要な試料が比較的多く、実験時間も長いいため多数の条件の比較検討には向かない



【方針】

- ① 多数の油種・温度条件での比較評価、スケールダウン機での運転条件予備検討
⇒ 卓上型ファウリングテスター（昨年度実施）
- ② モデル開発のための多管型熱交換器データ・ファウリング物質の採取
⇒ 小型熱交換器

- 卓上型ファウリングテスターとしてHLPS (Hot Liquid Process Simulator) 試験機を用いて試験を実施
- 本装置は、金属のチューブの中にヒーターロッドが設置され、流体はヒーターの加熱部分を通る。ファウリングが進行するとファウリング物質がヒーターロッド外面に付着し、ヒーターの熱が流体に伝わりにくくなるため出口温度が低下することから、この時の温度低下幅や低下速度により、各流体のファウリングしやすさを知ることができる。



【HLPS試験機】

出口側温度計
挿入口

流体入口

入口側温度計
挿入口



ヒーター
ロッド

流体出口

【測定部】

原油、重質油、廃プラ再生油、バイオマス由来油を評価

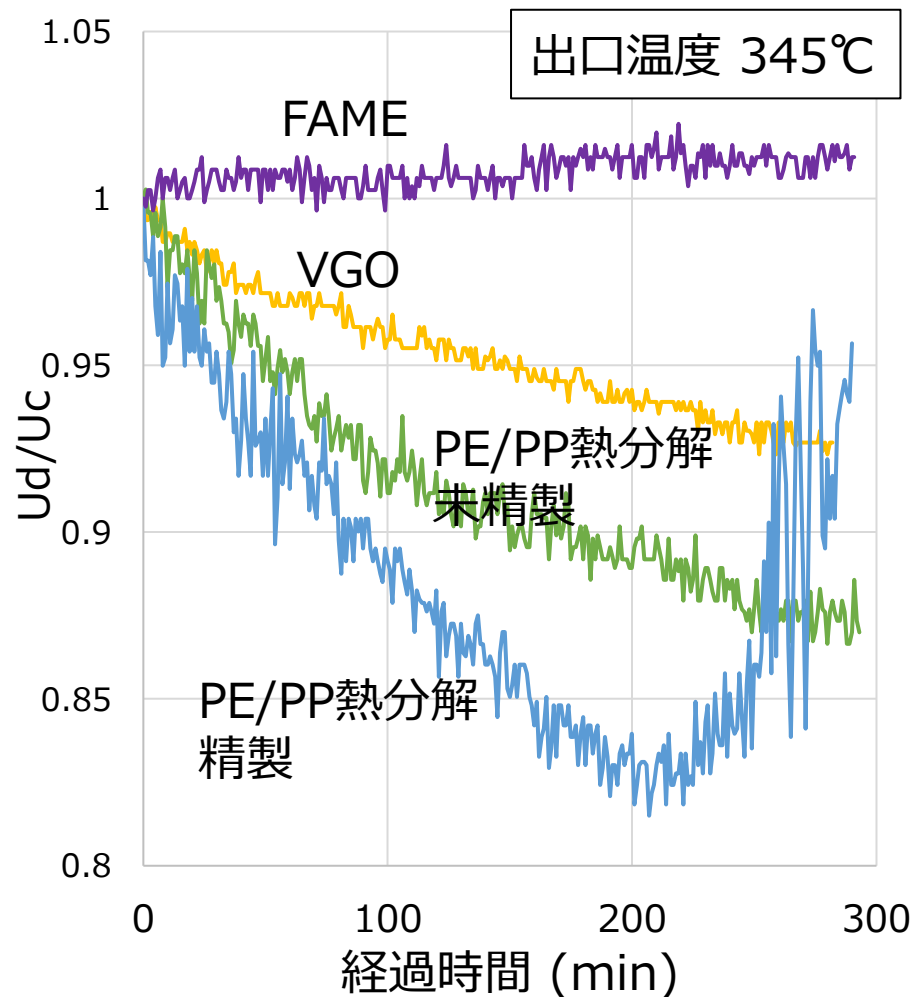
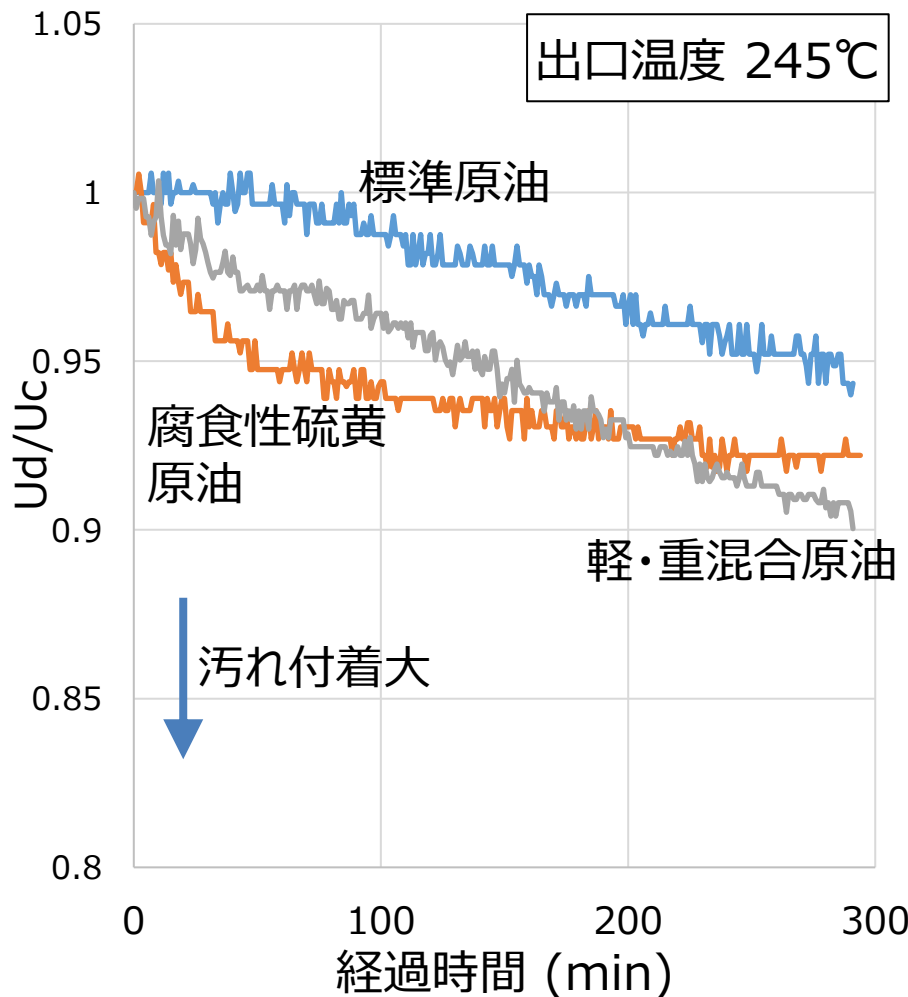
	名称	詳細
原油	標準原油	中東系原油
	腐食性硫黄原油	腐食性硫黄分濃度が高い
	軽・重混合原油	軽質原油と重質原油の(9:1)混合
重質油	VGO	二次処理装置原料（低炭素基材へ混合が想定）
	DSAR	二次処理装置原料（低炭素基材へ混合が想定）
廃プラスチック再生油	PE/PP熱分解油 未精製	PE50%/PP50%分解油、未精製
	PE/PP熱分解油 精製油	PE50%/PP50%分解油、蒸留により低沸点及び高沸点成分除去
バイオマス由来油	廃食油(原料)	FAMEの原料
	FAME	脂肪酸メチルエステル

245℃：CDU予熱熱交換器の原油側出口温度

345℃：CDU予熱熱交換器のAR側入口温度、二次処理装置の入口温度

HLPS装置による評価結果

Ud : 汚れた状態の総括伝熱係数 Uc : 汚れのない状態の総括伝熱係数



原油種や原油の組合せにより汚れが顕著なケースあり
低炭素基材は原料により汚れの進行が異なる (ただし、
汚れ挙動の違いが生じる原因は今後検討予定)

ファウリング制御技術開発のファウリング解析のテーマでは、熱交換器のファウリングに関する情報から生成機構の仮説を立案し、実験・実機データにて検証しながら、ファウリングの総合的な解析技術確立を目指す。

2021年度は、ファウリング物質の生成機構の調査、ファウリング物質の分析の予備検討、小型熱交換器による油の評価を実施した。

今後はファウリング物質の生成機構の仮説の立案とモデル生成を行い、実験等によりモデルの検証を行う。

謝辞

本研究は経済産業省・資源エネルギー庁の
補助事業として実施されました。
ここに記して、謝意を表します。