

石油精製高度機能融合技術開発 事業実施概要

(平成18～21年度)

平成22年6月7日



石油コンビナート高度統合運営技術研究組合

Research Association of Refinery Integration for Group-Operation

事業実施概要

I. はじめに

石油精製を中心に石油化学等を組み合わせた石油コンビナートは、製造産業発展の基盤として、我が国経済の高度成長に大きく貢献してきた。しかし、我が国石油コンビナートを構成する各企業は、内外の競争激化により厳しい経営環境にあることから、生産性の抜本的強化を講じ国際的にも対抗できる強靱な競争力を確立することが急務となってきた。しかしながら、一社単独での合理化には限界があることから、事業所や企業の枠組みを越えた複数の製油所・石油化学工場間や異業種との高度な一体運営を志向する必要性が高まった。

このような環境下、石油産業および石油化学産業等が連携し、平成12年5月に「石油コンビナート高度統合運営技術研究組合」を設立、経済産業省の支援を受けRING事業を展開してきている。

第1次研究開発事業（RING I）として、石油・石化におけるプロセス・生産システムの統合や情報化等についての石油コンビナート統合の基盤技術に係る「石油精製高度統合運営技術開発」を実施した。また、第2次研究開発事業（RING II）として、環境負荷低減対策技術の確立およびコンビナート副生成物の高付加価値化、エネルギー統合回収・利用等に係る「石油精製環境低負荷高度統合技術開発」を行った。

近年、アジア・中東における輸出型の最新鋭・大型プラントの新增設や、資源獲得競争の激化が進む中でグローバル競争時代に入り、国際的にもアジア各国に対抗できる製造拠点としての石油コンビナートの果たす役割と重要性はますます大きくなってきている。そこで、石油の安定供給の確保に向けた競争力強化を推進するため、第3次研究開発事業（RING III）として、石油コンビナート全体の横断的かつ高度な運営機能の融合を図り、コンビナート域内の高効率生産、高付加価値化学原料の製造および環境面に寄与しつつエネルギー利用の効率化等を進める「石油精製高度機能融合技術開発」に取り組んできた。本事業は、平成18～21年度の4年間にわたり、3地区で実施してきたものである。

◇ 組合員 : 15社（第3次研究開発事業：RING III）

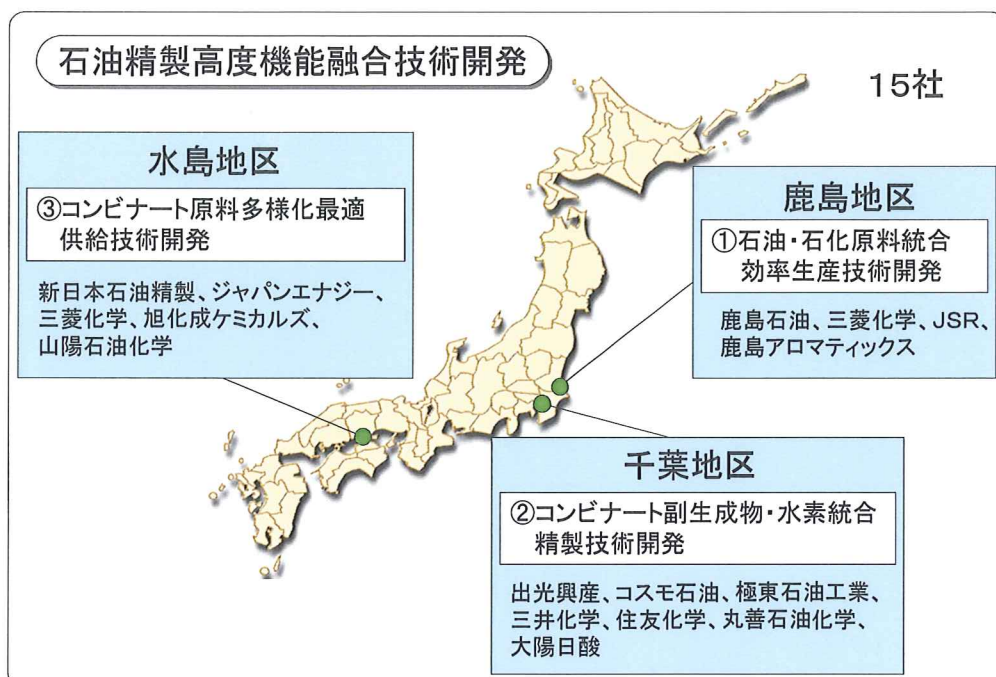
旭化成ケミカルズ株式会社
出光興産株式会社
鹿島石油株式会社
鹿島アロマティックス株式会社
極東石油工業株式会社
コスモ石油株式会社
山陽石油化学株式会社
J S R株式会社

株式会社ジャパンエナジー
新日本石油精製株式会社
住友化学株式会社
大陽日酸株式会社
丸善石油化学株式会社
三井化学株式会社
三菱化学株式会社

Ⅱ. 研究開発テーマ

石油精製高度機能融合技術開発（RINGⅢ）の研究開発テーマは、以下のとおりである。

- ① 石油・石化原料統合効率生産技術開発（鹿島地区）
- ② コンビナート副生成物・水素統合精製技術開発（千葉地区）
- ③ コンビナート原料多様化最適供給技術開発（水島地区）



Ⅲ. 研究開発の内容

1. 石油・石化原料統合効率生産技術開発について(鹿島地区)

1.1 概要

本研究開発は、鹿島地区コンビナート内の事業所間での連携、機能融合のさらなる高度化により、コンビナート内で副生する未利用のC5留分も含んだ多様なナフサ留分を統合処理し、石油精製における芳香族製品生産、ガソリン基材生産および石油化学におけるエチレン、プロピレン生産の最適原料を効率的に生産できる技術開発を行うものである。「石油・石油化学原料統合効率生産技術開発」の全体概要を、図 1.1 に示す。技術開発は「原料統合処理最適化技術開発」、「不飽和・重質成分含有C5留分の有効活用技術開発」と「エチレン原料最適ブレンドシステム開発」の3要素から成り、参画会社は鹿島石油㈱、三菱化学㈱、J S R㈱、鹿島アロマティックス㈱の4社である。

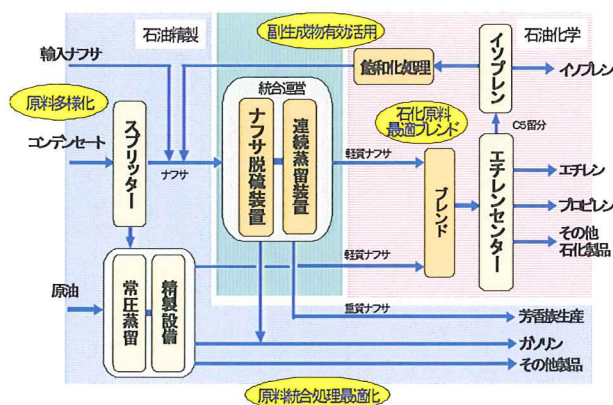


図 1.1 石油・石化原料統合効率生産技術開発概要図



図 1.2 コンビナート配置図

1.2 背景・目的

鹿島地区コンビナート(図 1.2)は、国内最後のコンビナートとして最新鋭のプラントを有し、石油精製・石油化学を中心とした連携・統合による高度化が進められている。

鹿島地区においては、石油精製と石油化学の統合運営会社として設立された芳香族製品・軽質ナフサ生産会社のコンデンセートから生産されるナフサ留分、輸入ナフサ留分および石油化学の副生物であるC5留分を混合し水素化脱硫後、芳香族、ガソリン基材、エチレン・プロピレン生産のそれぞれに最適なナフサ原料へと、効率的に連続蒸留することにより、最適に分離し供給する一連の技術を開発することを目的とする。

従来、エチレン装置からのC5留分は合成ゴム原料であるイソブレンを抽出した後は有効利用されていない。また、天然ガス採取時に随伴して回収される液体炭化水素であるコンデンセートより分離されたナフサ中には、高濃度の硫黄分や高濃度の水銀を含むものが多いため石油精製・石油化学の原料として利用できていない。未活用石化C5留分およびコンデンセート由来ナフサを統合的に高度脱硫・不純物除去を行い、芳香族原料、環境対

応ガソリン基材、エチレン装置原料に分離し供給する、今までに類を見ない統合的ナフサ精製処理技術の開発である。

1.3 事業内容と成果

(1) 原料統合処理最適化技術開発

(ア) 水素化脱硫最適化技術開発

コンデンセートから得られるホールナフサ(LPG、軽質ナフサ、重質ナフサの留分を含む)、輸入ホールナフサおよび石油化学C5留分を効率的に脱硫するナフサ脱硫最適化技術の開発を行う。

本プロセスでは、石油精製での芳香族製品原料となる接触改質装置の重質ナフサおよびガソリン基材は硫黄分 10wtppm 以下が要求されるため、硫黄分 2,000wtppm 以上のコンデンセート由来ナフサや、650wtppm 以上の輸入オフスペックナフサ、硫黄分含有の可能性のある石油化学C5留分を統合し、確実に硫黄分 10wtppm 以下まで脱硫することが必要である。さらに、一部の機器の腐食或いは触媒の被毒となる水銀をエチレン装置原料の軽質ナフサの許容下限である 1wtppb 以下まで低減させる水銀除去機能を具備した、フレキシブルかつ高度な脱硫精製プロセス(図 1.3)の最適化を行った。

実証試験の結果、ナフサの脱硫性能については、原料ナフサの硫黄分 1,500～4,000 wtppm の変動幅に対して、脱硫後の硫黄濃度は 10wtppm 以下の低濃度で安定したナフサが得られ目標通りの硫黄除去性能を確認できている。水銀についても原料ナフサ中の水銀濃度 1～1.5wtppb のものを検出限界である 0.1 wtppb 以下に安定して除去可能であることを確認した。石化C5留分はオレフィンを含んでおり、オレフィンの水素化発熱反応による脱硫触媒の活性低下が懸念されたが、急激な活性低下は起こらないことを確認した。

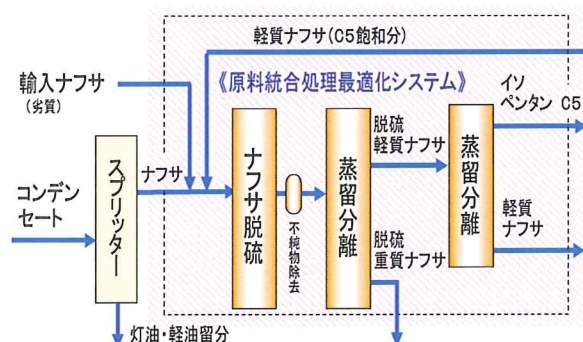


図 1.3 ナフサ脱硫最適化技術開発概要図

(イ) 脱硫ナフサ連続蒸留分離最適化技術開発

ナフサ水素化脱硫後に得られる軽質ナフサ留分と石油化学 C5 留分から、高オクタン価ガソリン基材を高収率で分離するとともに、ノルマルパラフィンの多い高エチレン収率原料をエチレン装置に最適供給するものである。石化C5留分を水素化脱硫設備を経由して受け入れてイソペンタン分離設備にて処理を実施し、原料と製品の硫黄分とオレフィン分の変化を確認した。脱硫後の石化C5留分の硫黄分はゼロでありサルファーフリーの石油製品基材として使用でき、本イソペンタン分離設備のイソペンタン回収量を90%以上で安定的に維持可能なことが確認できた。また、オレフィン濃度はゼロとなり、エチレン装置でのコーキング発生を抑制できる石化原料として有用であることが確認できた。

エチレン装置原料軽質ナフサの増加によりエチレン収率の低い重質ナフサと置き換え、同一生産量とした場合、エチレン装置原料が低減でき、装置のエネルギー使用量が減少す

ることから、省エネルギー1,000k1/年、CO2 排出削減 2,600 トン/年の目標達成が可能との見込みを得た。

(2) 不飽和・重質成分含有C5留分の有効活用技術開発

本研究開発では、ガソリン基材として有害な不飽和成分や、エチレン装置原料として有害な重質成分の無害化技術にて、ガソリン基材、接触改質装置原料、エチレン装置原料として有効利用するための開発を行う。

一般に石油化学のC5留分は、不純物としてシクロペンタジエン(CPD)を含んでいる場合がある。また、シクロペンタジエンが存在すれば、それらが重合した高沸点化合物(ジシクロペンタジエン(DCPD)他)も存在する可能性が高い。シクロペンタジエンは水素化脱硫処理を行っても飽和化されず、その後のイソペンタン分離設備での処理後は、ガソリン基材に混入することになる。このような低沸点ジエン類は、ガソリンの安定性に悪影響を与えるため、低濃度であってもガソリンの品質上混入してはならない化合物である。

これを受け、一般的なガソリン基材として用いるための試験とともに、全組成分析を行った。その結果、ガソリン基材用として脱硫・蒸留処理する場合、オクタン価は予想程度であるが、シクロペンタジエン等の低沸点ジエン類や重質成分を含むために安定性が悪く、水素添加による低沸点ジエン類の飽和化や、蒸留による重質成分の除去等、前処理が必要であることが分かった。そこで蒸留塔での重質分の重合・分解挙動や、汚れの有無について、実験により確認し(図 1.4)、その結果を設計運転条件、機器サイズなどに反映させ、蒸留塔で重質分および不純物を除去した後に水添設備によってジエン分を飽和化・除害、さらに蒸留により軽質ガスを除去したC5留分(水添C5留分)を製造する設備を設置した(図 1.5)。今回の実証試験では、概ね設計と同じフィードでの試験を行い、設計スペックを満足する重質物・不純物の除去性能、およびジエン類の水添による除去性能を確認できた。これにより、ガソリン増産 11 万 k1/年の目標達成が可能との見込みを得た。

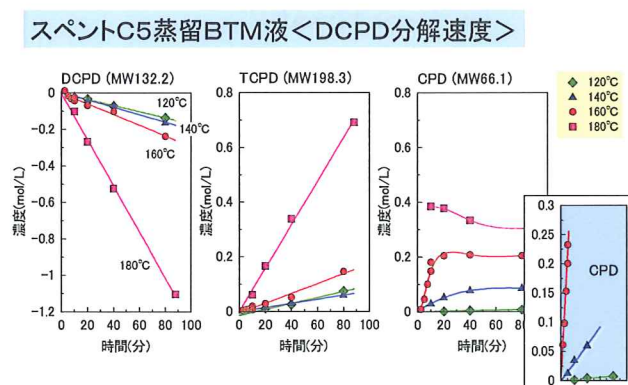


図 1.4 スぺントC5中のCPD、DCPDの重合、分解挙動解析



図 1.5 C5留分不純物除去設備

(3) エチレン原料最適ブレンドシステム開発

エチレン原料ソースの多様化にともない、国産、輸入を問わず、日々様々な性状のナフサを受け入れ、エチレン装置に供給しており、さらに今回は、原料統合処理最適化システムにより精製されるサルファーフリーの軽質原料が加わり、エチレン装置原料選択の自由度向上のための原料最適ブレンドシステムの開発を行った。

原料のブレンドは、ナフサ中のサルファー濃度やオレフィン収率上のキー成分をコントロールするために重要な技術であり、大型のタンクに異なる原料を次々に受け入れ、かつ払い出ししつつ、原料性状を的確に把握することは、従来はベテラン生産管理者の勘と経験に頼らざるを得ない状況であった。また、ナフサ購入計画やスポット購入可否の決定においても、ナフサタンク運用は欠くことのできない検討要素であり、ナフサタンク内の混合予測技術の確立が必要となる。

ナフサタンク内の高さ方向のサンプリング分析結果および、過去の運転実績をベースに、境界遷移型詳細モデルを構築し、密度の異なるナフサを、タンクに受け入れた場合の、ナフサタンク内での混合もしくは、分離の挙動のシミュレーション(図 1.6)によるケーススタディーを行った。その結果を用いて、ナフサタンク内のナフサの挙動を精度よく表現できる予測モデルを構築した。そのモデルをナフサタンク操り計画策定システムに組み込むことで、2つのエチレン装置へ送出されるナフサの性状(比重、硫黄分等)を考慮した、精度の良いナフサタンク操り計画が効率的に策定可能となった。

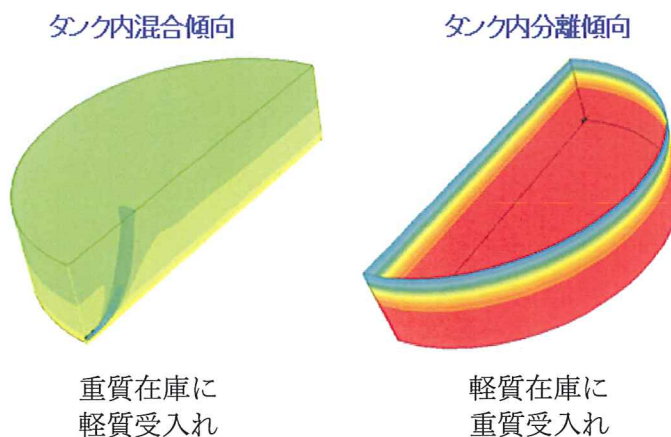


図 1.6 タンク内混合・分離傾向の予測結果

(4) 特許出願、外部発表

特許出願は8件、学会発表等は21件である。

1.4 今後の取り組み

原料統合処理と脱硫ナフサ連続蒸留分離技術開発の実証試験で当初目標を達成できたことを確認できたが、今後実証研究を継続し様々な原料に対応できることを検証していく。

C5留分の除害化処理設備への原料の組成や不純物濃度は変化するため、不純物と重質分を除去する重質分分離設備の制御が重要であり、そのために最適塔底温度と滞留時間、処理量変化に伴う不純物の除去性能などについて継続して研究を進めてゆく。

様々なエチレン装置原料が利用される環境において、ナフサタンク操り計画策定システムの予測精度について、今後も実証を継続して行く。

2. コンビナート副生成物・水素統合精製技術開発について(千葉地区)

2.1 概要

本研究開発は、千葉地区コンビナート内の事業所間での連携・機能融合のさらなる高度化により、石油精製・石油化学装置から副生する未利用の分解C4留分を原料として、クリーン燃料および高付加価値化学原料のプロピレンを高効率で生産できる技術の開発を行うものである。併せて、コンビナート全域で副生する水素を集積し、大規模に高度活用するための、高純度回収技術、安定供給システムの開発を行う。「コンビナート副生成物・水素統合精製技術開発」の全体概要を、図 2.1 に示す。開発には「分解C4成分高度活用技術開発」と「水素統合精製高度化技術開発」の二つの大きな要素があり、参画会社は、出光興産(株)、コスモ石油(株)、極東石油工業(株)、三井化学(株)、住友化学(株)、丸善石油化学(株)、大陽日酸(株)の7社である。

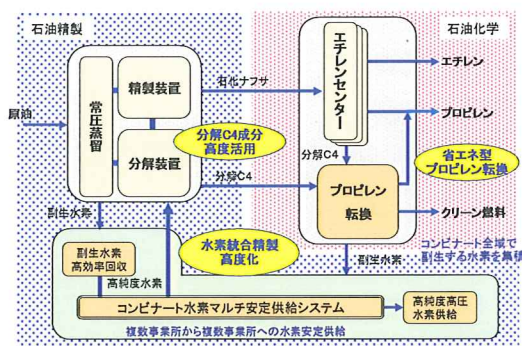


図 2.1 コンビナート副生成物・水素統合精製技術開発概要図

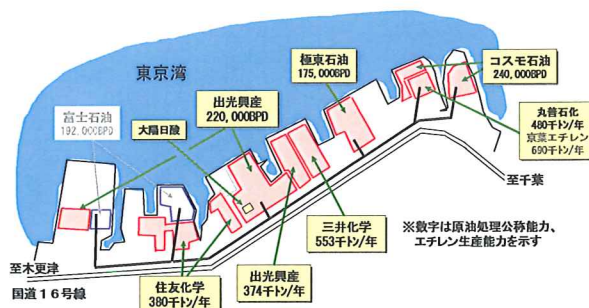


図 2.2 コンビナート配置図

2.2 背景・目的

千葉地区コンビナート(図 2.2)は、首都圏のエネルギー大消費地に近く、複数の大型製油所とエチレンセンターが近接立地している。

このため、製油所の流動接触分解装置(FCC)およびエチレン装置から副生する分解C4留分の集積利用が可能である。また、コンビナート全体から大量に副生している水素を最適運用することで効率的な利用を目指すことも可能である。さらに、千葉地区コンビナートはベンゼンおよびプロピレンを原料とする誘導品の国内有数の生産拠点であり、特にプロピレンは不足のバランスにある。加えて、地球環境問題に対応したエネルギーとしてクリーン燃料を安定供給していくためには、コンビナート全体で水素の安定供給構造を確立することが重要である。

上記を背景として、アジア地区の有力コンビナートとの競争を、環境低負荷を維持しながら優位に展開していくために、石油精製・石油化学からの副生留分の高度活用技術および副生水素の集積・活用、高純度回収技術の開発等により、クリーン燃料・プロピレン生産へシフトするとともに、水素を多用途にフレキシブルに安定供給できるコンビナート構造への変革を図ることを目的とする。

2.3 事業内容と成果

(1) 分解 C4 成分高度活用技術開発

(ア) コンビナート C4 留分の省エネ型プロピレン転換生産技術開発

プロピレン合成における主反応は、図 2.3 に示すメタセシス反応である。これを利用し、イソブテンの重合とプロピレンの合成を組み合わせたプロセス(図 2.4)の設計・開発および実証研究用省エネ型プロピレン転換プロセスの設置を行った。実証試運転では、プロピレン生産 15 万ト/年の目標達成が可能との見込みを得た。なお、コンビナート石油精製・石油化学からの発生源の異なる C4 留分集積によるイソブテン有効活用と組み合わせた高付加価値プロピレンへの転換は、世界で初めてのシステムである。

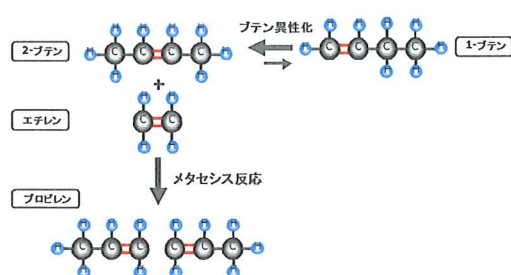


図 2.3 メタセシス反応

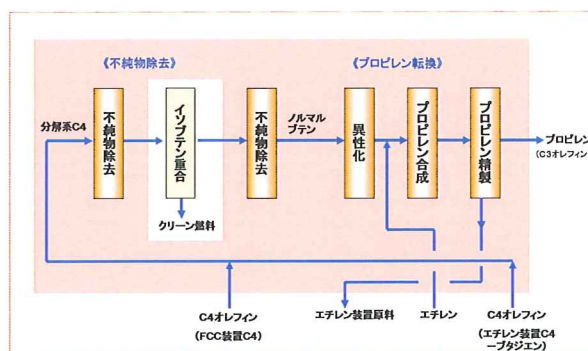


図 2.4 プロセスブロックフロー

(イ) コンビナート集積分解C4留分中の不純物除去技術開発

イソブテン重合触媒やプロピレン合成触媒は、分解 C4 中のジエン、硫黄分、水分、含酸素化合物等の微量不純物(ppm オーダー)で被毒され活性が大きく低下する。不純物除去については、吸着剤による実験(図 2.5 は、ゼオライトと活性アルミナからなるハイブリッド型の吸着性能は加熱処理による性能低下が小さいことを示している)とシミュレーションによる性能評価(実機吸着性能の推算を図 2.6 に示す)を行い、その結果をプロセス設計に反映した。

実証試運転では、前段のイソブテン重合や後段のプロピレン合成触媒の活性には問題なく、前段および後段での処理に目処をつけた。

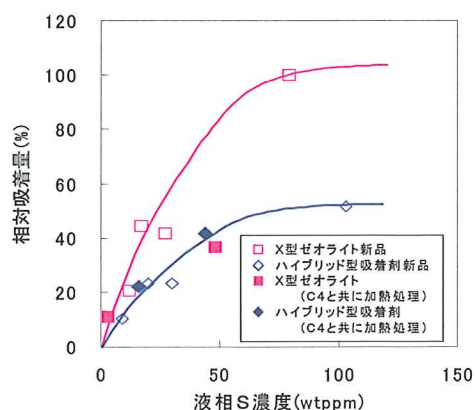


図 2.5 吸着剤の吸着性能低下比較

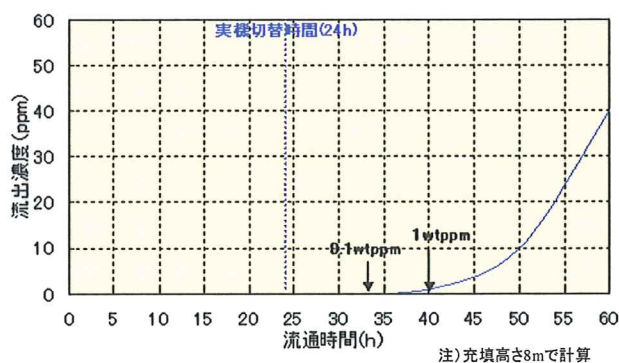


図 2.6 実機吸着性能の推算

(ウ) プロピレン転換運転制御システム技術開発

コンビナート内で副生する分解C4留分は、上流装置の影響で、量・成分とも常に変動するため、これらを安定的に集積し、イソブテン有効活用からプロピレン合成までの流れをリアルタイムに最適安定化することが重要である。

本研究開発では、制御の基盤技術であるデジタル通信システムのフィールドバス、安全計装システム、オンライン分析システムを構築し、信頼性・精度の検証を開始するとともに、さらにマテリアルバランス評価システムを構築し、運用面での検証を開始した。

(2) 水素統合精製高度化技術開発

(ア) コンビナート水素マルチ安定供給システム開発

コンビナート共同水素供給設備の設計・開発(図2.7)を行い、水素供給ネットワーク(図2.8)と水素統合管理システムを構築した。水素の供給側5社、消費側6社といった複数の系を一体化し、それぞれに安定化させることは世界で初めての試みである。

この水素供給ネットワークにより、域内コンビナートで新たに108万Nm³/日の副生水素を有効利用することが可能との見込みを得た。

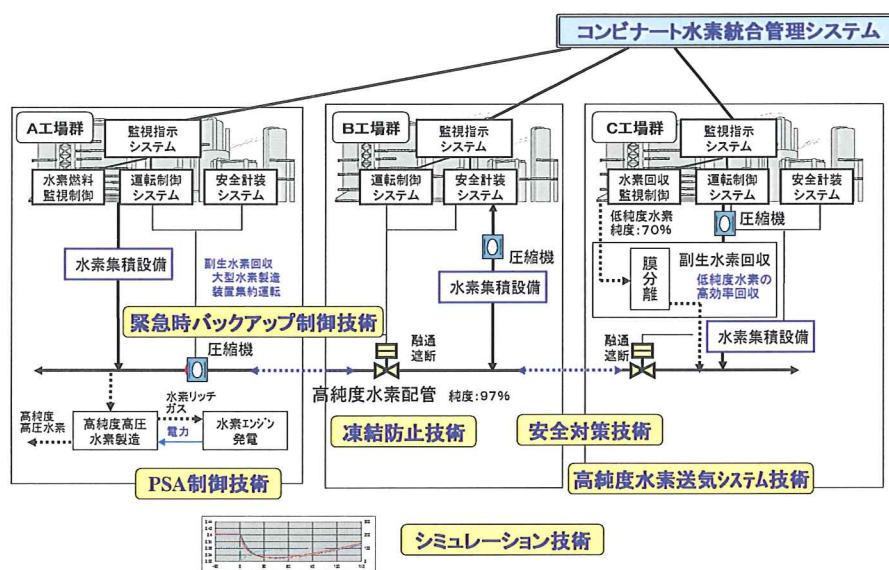


図 2.7 設計時の要素技術

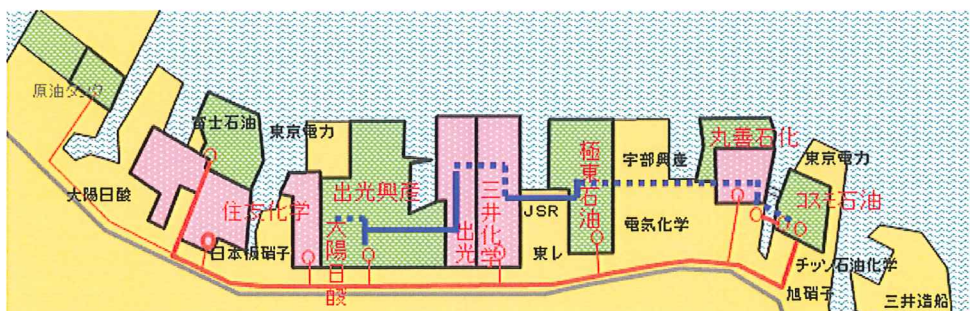


図 2.8 水素広域供給ネットワーク（破線部分を接続）

(イ) 低純度水素の大規模高効率回収システム技術開発

膜分離による低純度水素から大規模・高効率に高純度水素を回収するプロセスの設計・開発を行い、実証化設備(図 2.9)を設置した。実証研究では、水素回収率 90%、水素純度 97vol%に目処をつけるとともに、石油由来および石油化学由来の副生ガスを両方処理できることを確認した。



図 2.9 実証化設備

(ウ) 高純度高圧水素供給システム技術開発

副生水素リッチガスを燃料とする水素エンジン発電等により高圧水素供給システムへ電力を供給する、環境低負荷の高純度高圧水素供給システムの設計・開発を行い、実証化設備(図2.10)を設置した。

実証研究では、コンビナート由来の複数の水素発生源を原料とし、P S A (圧力吸着分離)や高圧圧縮機等プロセスの基本性能を検証し、純度99.999%以上の高純度高圧水素が得られる基本性能を確認した。また、二つのタイプの異なる水素エンジン発電機を設置し、改良を加えながら長時間の実証試験を開始した。

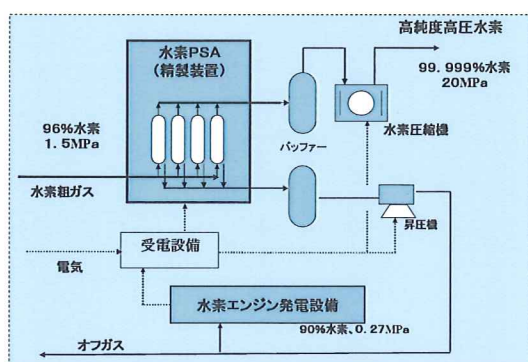


図 2.10 システムフローと実証化設備

(3) 特許出願、外部発表

特許出願は15件、学会発表等は29件である。

2.4 今後の取り組み

本研究開発により、未利用の分解C4留分を原料として、クリーン燃料と高付加価値化学原料のプロピレンを高効率で生産できる技術、および副生する水素を集積し、大規模に高度活用するための、高純度回収技術、安定供給システムの基盤を確立した。実証化完了後は、省エネルギー70,000k1/年、CO2 排出削減 190,200 トン/年の目標達成が可能との見込みを得た。また、分解C4成分高度活用技術開発および水素統合精製高度化技術開発の研究により基本的な性能・機能確認を行い、多くの成果と新たな知見を得ることができた。

今後は、分解C4中の不純物濃度等、様々なデータ解析や長期間運転における機能評価を行う必要があり、環境変化に対応した各種条件での信頼性や安定操業の面から見たシステム性能の検証を行う。

3. コンビナート原料多様化最適供給技術開発について(水島地区)

3.1 概要

本研究開発は、水島地区コンビナート内の事業所間において、従来の技術・設備や各種留分融通概念にとらわれず、お互いの原料調達においても高度に融合されたプロセス・運営形態を構築するための生産技術開発を行うものである。要素技術としては、コンデンセートを一括で脱硫し、石油・石化原料供給を効率的に行う「石油・石化用重質原料処理技術」と「操業システム開発」からなり、全体概要を図 3.1 に示す。参画会社は、新日本石油精製(株)、(株)ジャパンエナジー、三菱化学(株)、旭化成ケミカルズ(株)、山陽石油化学(株)の 5 社である。

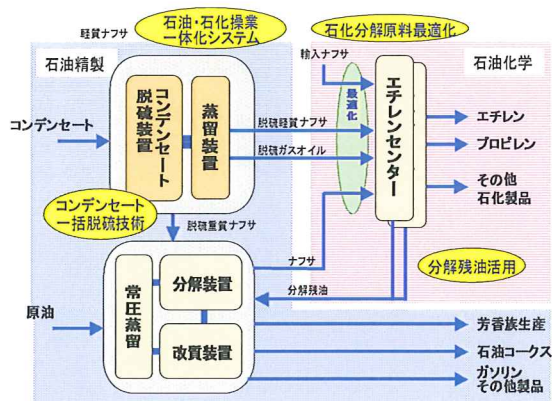


図 3.1 コンビナート原料多様化
最適供給技術開発概要図

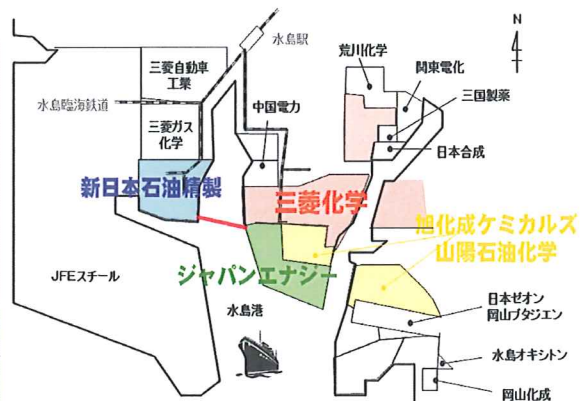


図 3.2 コンビナート配置図

3.2 背景・目的

水島地区コンビナート(図 3.2)は、石油精製 2 社・石油化学 2 社を中心としたバランスの取れたコンビナートであり、原油処理能力、エチレン生産能力はともに全国の約 10%に相当する。

今後、限りある資源とアジアの新興国での需要増により、軽質ナフサおよび重質ナフサの確保はより困難になると予想されており、石油・石化原料の多様化が求められることが必至である。そこで、新規原料としてこれまで国内では活用が進まなかったコンデンセートを利用し、ナフサ、灯油、軽油の得られた各留分を石油精製、石油化学の両分野でより効率的に活用できるスキームの確立を目的とする。

3.3 事業内容と成果

(1) 新規一括脱硫技術開発

天然ガスコンデンセートの一括脱硫技術は、コンデンセートを複数に蒸留分離することなく一括で脱硫し、設備投資および運転コストの低減を図る、世界で初めてのプロセスである。それ故、反応温度、塔内流速等の最適反応条件は未知の領域である。従って、事前にコンデンセートの詳細分析およびパイロット試験を実施した。

コンデンセートは、従来石油精製で使用してきた原油とは性状が大きく異なり、① 400℃以上の重質分の含有量が少ない、② 軽質留分側(特にナフサ留分:C5~150℃留分)

に硫黄分の含有量が偏在している、③ コンデンセートに含有している硫黄分は、脱硫が容易なメルカプタン類、ジスルフィド類が主体である等の性状であることがわかった。この性状差に着目して一括脱硫プロセスを確立すべく取り組んだ。

また、パイロット装置により、従来のナフサ・灯油・軽油等に分離した後にそれぞれ処理する単独脱硫反応と、一括脱硫反応でのそれぞれの生成油を詳細に分析し、一括脱硫の反応、そのプロセスの特徴を明確化した。その結果、一括脱硫プロセスでは、油中に存在する芳香族分の脱硫反応に伴う挙動が、従来の単独脱硫プロセスと異なり、ナフサ留分中の芳香族分の低下率が低いことがわかった。

さらに、実証化運転時の一括脱硫反応結果と、上記のパイロット装置での実験結果を脱硫面で比較した。実証化運転時の結果と、パイロット装置での実験結果とは、脱硫面で良く一致することがわかった。その結果を図 3.3 に示す。

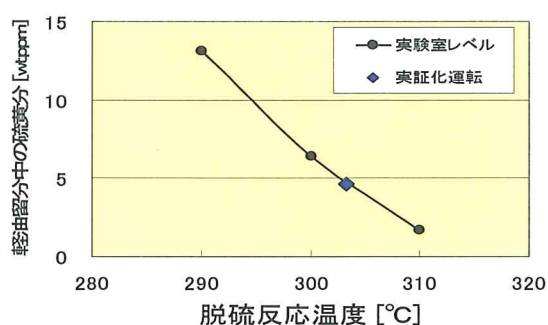


図 3.3 実験室レベルの実験結果と実証化運転時の結果の比較

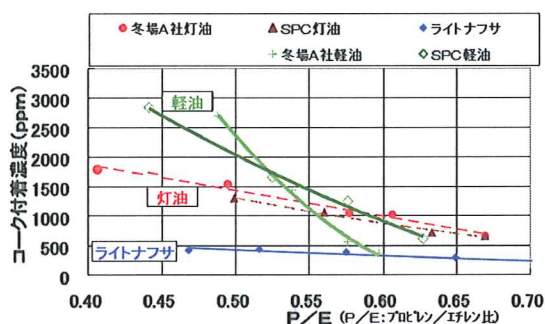


図 3.4 反応管出口におけるコーキング付着濃度

(2) 石化原料多様化対応技術開発

従来のナフサに比べて重質である灯油・軽油を新たにエチレン装置で処理する場合、熱分解炉での汚れが加速され、連続運転時間が短くなる等の運転阻害要因になることが考えられる。石化原料として、灯油・軽油を使用した場合のエチレン装置の熱分解炉における反応管内部での汚れ状況の変化を確認するため、汚れ評価テスト装置を製作し、炉内温度が異なる予熱部ならびに輻射部におけるコーキング(汚れ評価)試験を実施した。また、反応管出口における汚れ評価も実施した。

炉内温度が低い予熱部での汚れ度合いは、軽質ナフサ、灯油では比較的問題にならないが、軽油留分は汚れが進行することから注意が必要となる。輻射部での汚れ度合いは、運転(熱分解)温度を低く設定することで、石化原料として軽油を使用した場合にも汚れは比較的問題にならない。しかし反応管出口の汚れ度合いは、灯油・軽油使用時はコーキング付着量が大きく増加し、その傾向は運転(熱分解)温度(P/E が小さいほど運転温度が高い)が高い場合に顕著となる結果が得られた(図 3.4)。本結果より、石化原料として灯油・軽油を使用した場合、反応管内部での汚れとともに、反応管出口に位置する熱分解ガスの急冷熱交での汚れ増加にも十分注意する必要があることがわかった。

一方、灯油・軽油を原料とした場合のエチレン装置熱分解炉での全留分の収率を把握できるサンプリング装置の仕様および操作方法を検討し、エチレン装置での検証に用いた。

また、灯油・軽油性状をもとにこれを熱分解したときの収率予測モデルを検討した。さらに、このモデルをもとにコンデンセートスプリッターにおける灯油とヘビーナフサのカットポイント変更に伴う灯油の分解収率の変化、灯油と軽油のカットポイント変更に伴う軽油の分解収率の変化を検討したが、分解温度が支配的でありカットポイント変更による有意差は見られなかった。

(3) エチレンボトム油活用生産技術開発

エチレン装置の副産品で最も重質なエチレンボトム油(分解重油)は、石化工場内の燃料等で使用されてきたが、エチレン装置の原料多様化により増加が予想されるエチレンボトム油のディレードコーカー装置(熱分解装置)原料化の可能性について、原料性状、熱分解性、分解生成物性状(熱分解油と熱分解コークス)、運転阻害要因の各観点から検討を実施した。

エチレンボトム油は、原料性状としては非常に安定しているが、一方で蒸留性状が軽く、ディレードコーカーの主蒸留塔のボトム温度が低下する懸念があったため、主蒸留塔ボトム温度のシミュレーションを実施した。その結果、運転温度維持のためには加熱炉を焚き上げる必要があり、加熱炉に大きな負荷がかかることが分かった。

熱分解性については、従来のディレードコーカー運転条件を反映し、熱分解実験装置による実験を実施した。エチレンボトム油では、減圧アスファルト、分解系重油に比べ高い熱分解油得率および低い釜残得率であることがわかった(図 3.5)。また、エチレン装置での処理油が重質化した場合にも熱分解性には大きな差異はなかった。このことから、ディレードコーカー装置の活用により、エチレンボトム油を白油化することが可能であることが確認され、白油増産 4~6 万 kl/年の可能性が示唆された。

また、熱分解で得られた熱分解油と熱分解コークスの分析を実施した。エチレンボトム油は硫黄分や窒素分といった不純物濃度の低い原料であり、これらを反映して熱分解油も熱分解コークスとも不純物濃度が非常に低い値のものが得られた。また、熱分解油においては、従来原料を用いた熱分解油に比べアロマ含有率の高い油であること、そのナフサ留分の半分以上が2環アロマであることがわかった。

一方、エチレンボトム油には、アスファルテン分や残炭分が多く含まれることにより、ディレードコーカー加熱炉でのコーキングが懸念されるため、コーキング性の検討を実施した。エチレンボトム油では油中のアスファルテン分が高濃度であるため、コーキング原因物質の析出が起き易く、析出抑制の対応が必ずしも容易ではなく、実証化への課題が抽出された。

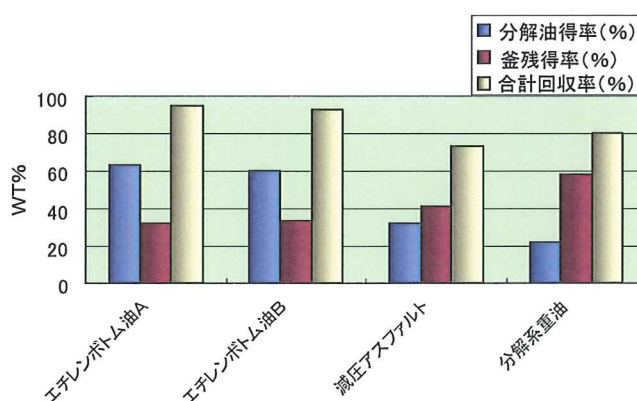


図 3.5 エチレンボトム油の熱分解性

(4) 石油・石化原料供給操業システム開発

コンビナートの一体運営を目指す一環として、コンデンセートの入手から、留出品の各社への供給までの一体化・最適化を実現させるべく、総合的な実証化運転の方針を見定め

るシステムの構築を行った(図 3. 6)。

具体的には、コンデンセートの分留シミュレーションモデルを構築し、そのシミュレーション結果を基に、石油精製の接触改質装置および石油化学のエチレン装置の収率および経済性を総合的に評価できる「統合マトリックス」を構築することにより、最適操業指針作成を可能とした。統合マトリックスの実用性は線形計画法(LP：リニアプログラミング)により検証した。

コンデンセートの精製分離設備は、(株)ジャパンエナジー水島製油所構内に設置し、各留分の送液が行われており、コンビナート一体運営の中心となっている。実証化設備の全景を図 3. 7 に示す。本研究開発で省エネルギー4, 300k1/年、CO2 排出削減 11, 400 トン/年の目標達成が可能となる見込みである。

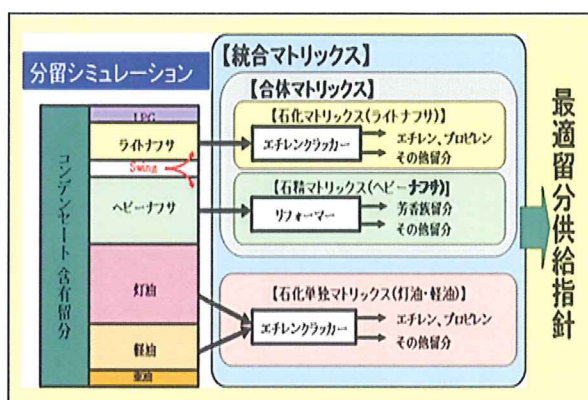


図 3. 6 石油・石化原料供給
操業システム概要図



図 3. 7 原料多様化実証化設備

(5) 特許出願、外部発表

特許出願は 8 件、学会発表等は 32 件である。

3. 4 今後の取り組み

新規一括脱硫技術は世界初の試みであり、原料多様化実証化設備の反応性について継続して解析し、一括脱硫反応による触媒劣化傾向の把握を行う。

エチレン装置での原料多様化については、長期運転による性能確認および、熱分解収率予測モデルの検証を継続して行う。エチレンボトム油のディレードコーカー装置での活用については、加熱炉でのコーキング抑制方法についてさらに検討を実施する。

また、入手可能となった様々なコンデンセートについても性状分析を行い、受入れロット間の比較およびコンデンセートの違いについて継続検討を行うとともに、開発した統合マトリックスを活用して、最適留分供給方法の検証を行う。

IV. 今後の展開

平成18～21年度の4年間にわたり、石油コンビナートの全体最適化に向け、複数事業者からの未利用副生留分の高付加価値利用、副生水素の集積・活用による省資源・省エネ、コンビナート原料多様化、エネルギー利用効率化等に係る技術開発を、3地区で取り組んできた。各研究開発テーマについて実証研究を進め基本性能を確認しつつある状況であるが、当初の目標を見据え、石油精製・石油化学設備等のエネルギー使用量を削減し、炭酸ガスの排出量を削減するとともに、コンビナートの生産性・効率性の向上を果たすとの確証を得た。今後、これらの新システム・技術等の成果について、さらに実証研究を続ける中で確固たるものにしていくとともに、各コンビナートでの活用と産業界の様々な分野への波及を期待するものである。

これまでの国内外で事例のない実用化・実証化の取り組みにより、コンビナートにおける未利用留分の高付加価値化・エネルギー効率利用に係るプロセス・システム技術やその要素技術は、産業技術として確立されつつある。また、本事業の実施を契機に各種産業間連携や企業間の新たな連携・提携および地域のビジョンづくりにもつながり、我が国の産業競争力の強化や地域の発展に大きく貢献してきた。これからも、コンビナートにおける業種や企業の壁を越えた連携による全体最適化が期待されている。

中東・インド・中国等における大規模製油所の新増設の影響を受け、グローバルな競争環境がますます激化するとともに、国内の石油需要の著しい減少が予測されている。このような状況の中で、石油精製業を中心とするコンビナートにおける連携設備の効果的設置による拡大融合を促進し、競争力を強化するとともに、石油資源の有効活用を図り原油処理量を減らすことを通じてエネルギーセキュリティを確保する取り組みを行っていく。また、このような事業展開を進める中で、地球温暖化防止にも貢献していく。

石油コンビナート高度統合運営技術研究組合（RING）
〒105-0003 東京都港区西新橋二丁目 19 番 5 号 カザマビル
TEL 03-5425-2617 FAX 03-5425-2619