

■ 特集

◎『平成26年度技術開発・調査事業成果発表会開催』	1
◎調査報告 「米国の石油業界関連動向」	8
◎調査報告 「新規開発重質原油の動向」	18
◎技術報告 「重質油等高度対応処理技術開発事業： 重質油分解プロセス高度化技術の開発」	22
◎技術報告 「JATOPⅡ事業の概要と 平成25年度成果のトピックス」	27

一般財団法人石油エネルギー技術センター
ホームページアドレス <http://www.pecj.or.jp/>

編集・発行 一般財団法人石油エネルギー技術センター
〒105-0001 東京都港区虎ノ門4丁目3番9号 住友新虎ノ門ビル
TEL 03-5402-8500 FAX 03-5402-8511

特集

『平成 26 年度技術開発・調査事業成果発表会開催』 ～拡がる石油の可能性、科学と技術で夢を実現！～

7月15日（火）、霞が関ビル東海大学校友会館において、経済産業省資源エネルギー庁主催による「平成 26 年度技術開発・調査事業成果発表会」が開催されました。この成果発表会^{注1}は、石油に係わる技術開発事業や調査事業の成果を広く国民に公開・普及することを目的に実施されるもので、当日は関係官庁、大学、企業他あわせて約 360 名の多くの方々にご参加頂きました。

（注1）成果発表会は経済産業省「平成 26 年度石油精製環境分析・情報提供事業」の一環として実施

はじめに、主催者を代表して経済産業省資源エネルギー庁資源・燃料部石油精製備蓄課の竹谷課長よりご挨拶がありました。冒頭で、石油産業については、新聞紙上等でご承知のとおり、経済産業省としても危機感を有しており、施策の転換をしていきたいと述べられました。現在、ペトロリオミクスの技術開発にも大いに期待し支援しているところですが、一方で、技術開発、調査事業のあり方について、審議会において業界の方々より意見を頂いているところで、その中で、業界のトップの方から、日本の石油産業は、海外からのライセンス技術で始めた産業で、蒸留・分離・分解技術で枯れた技術であるとの話も伺っており、このような厳しい意見をひっくり返せるような成果を出していく必要があると述べられました。

また、JPEC では海外に事務所があり情報収集に努めており、是非、業界の方々もそのような成果を取り入れて、海外の動向にも敏感にアンテナを張り巡らし新たな経営戦略に役立ててほしいと述べられました。

そして、「経済産業省に対し、石油業界がこれまで以上に発展するために、ご意見をお寄せいた



主催者挨拶：竹谷石油精製備蓄課長

だきたい。」と挨拶を結ばれました。

続いて、一橋大学大学院商学研究科教授である橘川武郎氏より『石油産業の成長戦略』と題した基調講演を頂きました。

講演の内容は、まず、日本の石油産業固有の問題として、国内需要の減退による製油設備の縮小が行われていることと、構造的な弱点として、PIW（ペトロリアム・インテリジェンス・ウィークリー）の世界上位 50 社に日本企業が 1 社も入っていないことが挙げられました。この PIW のランキングの条件には、下流の石油精製能力と石油製品販売量の 2 要素に加え、上流の石油埋蔵量、天然ガス埋蔵量、石油生産量、天然ガス生産量の 4 要素が加えられることから、日本の石油産業の場合は、上流と下流が分断されており、かつ上流企業には過多・過小といった、2 つの弱点があると説明されました。上流企業の課題については、国際石油開発帝石や石油資源開発の成長により対策が進展しているものの、下流企業による上流企業との垂直統合は、下流企業の収益力が低いことから、統合までに時間がかかると述べられました。



基調講演：橘川武郎氏（一橋大学大学院）

次に、下流企業の強化については、日本のセールスポイントである重質油分解等の技術力を活かして産油国等の上流を攻めることが重要であり、更に、コンビナート・ルネッサンスとして石油精製と石油化学の高度統合による国際競争力の強化が必要と述べられました。

日本の石油産業の成長戦略としては、①化学原料としての利用などの石油のノーブルユースの徹底、②ガス・電力事業への本格的参入、③短期的に需要が勝っているアジア市場への輸出拡大、④SS など下流展開も視野に入れた新興国での消費地精製等の海外投資の展開、の 4 つを挙げられました。特にシェールガス革命の影響で $C_4 \sim C_8$ がショートしてくる可能性があり、ビジネスチャンスがあると述べられました。

また、海外への事業展開は、当該企業の成長、R & D やスタッフ部門、マザーファクトリーとして日本国内での仕事量の増加、雇用の創出につながり、産業空洞化にはならないと述べられるとともに、石油産業は、国境の壁と石油、化学、ガス、電力の業界の壁を突破することが必要と述べられました。

最後に、キーワードは「総合エネルギー企業」であり、特石法が廃止され、石油業法が無くなり、自由競争に晒されている石油業界が、総合エネルギー企業になることが当然と、基調講演を結びました。

今回の橘川教授による基調講演に対し、発表会後に回収した聴講者からのアンケートの結果では時宜に適った講演であり大変参考になったとの意見を多数頂きました。

1. 口頭発表セッションとポスターセッション

基調講演の後、各会場に分かれて口頭発表セッション（26 テーマ）及びポスターセッション（34 パネル）が行われました。

○口頭発表セッション1 ペトロリオミクス・ミニシンポジウム

「ペトロリオミクス技術の経営貢献 ～ペトロリオミクス技術が拓く先進的製油所の展望と技術開発の状況～」

ペトロリオミクス技術開発事業は、本年度で4年目を迎えます。過去の成果発表会や石油学会の行事等を通じて、ペトロリオミクス技術に対する期待度は年々増していると感じています。「技術開発の成果」や「石油関連事業への貢献」に対する具体的な説明をご要望される声が高まっていることから、今回はペトロリオミクス・ミニシンポジウムと銘打ち、ペトロリオミクス技術を俯瞰しつつ、技術開発トピックスをご紹介します構成としました。

セッション1では、「ペトロリオミクス技術の経営貢献」に関し、当センターより本技術がもたらす製造現場の改善、改革の可能性について発表し、JX 日鉱日石エネルギー株式会社 常務執行役員 中央技術研究所長 五十嵐仁一 氏からは、『ペトロリオミクスへの期待』と題した招待講演を頂きました。五十嵐氏の講演では、石油留分を多成分の集合体として取り扱うのではなく、注目すべき分子の挙動を詳細に追跡し、反応挙動を理解することで、新たな視点での技術開発が生まれ、製造現場の改革に大きく貢献できる具体例をご提示頂きました。ペトロリオミクス技術開発への熱いエールに、関係者は気を引き締めています。ペトロリオミクス技術開発は、単なる学術的な研究課題ではなく、製造現場等に役立て、経営に貢献する技術へと仕上げて行く覚悟を関係者一同、誓ったセッションでした。



招待講演：五十嵐仁一 氏
(JX 日鉱日石エネルギー株式会社
常務執行役員 中央技術研究所長)



発表風景

○口頭発表セッション2 ペトロリオミクス・ミニシンポジウム

「ペトロリオミクス基盤技術開発の状況報告」

本セッションでは、ペトロリオミクス基盤技術開発における昨年度の成果トピックスについて発表を行いました。

ペトロリオミクス基盤技術開発は、基盤技術3テーマ、適応技術開発2テーマ、統合・体系化1テーマの計6テーマで構成されており、基盤技術から3テーマ（『分子構造に基づく重質油の分離技術確立』、『重質油の詳細分析技術の確立』、『分子反応モデリング技術の確立～LCO水素化反応解析への適用～』）、適応技術開発から1テーマ（『重油脱硫装置の流動反応連成モデルの設計コンセプト』）の計4テーマを発表しました。

発表の構成は、詳細組成構造解析のための高度前処理（分離）技術及び新規な詳細分析技術の成果トピックスに続き、詳細組成構造解析結果を用いた分子反応モデリング技術の進捗状況、

特に LCO（接触分解軽油）の水素化反応の挙動解析の成果トピックスを発表しました。最後に、前3テーマの技術を包括的に重油脱硫装置に適用すべく、反応塔内の流動反応連成モデルの設計コンセプト構築に関する発表を行いました。本テーマは、ペトロリオミクス技術の製造現場近くでの活用方法を具体化するものとして、本事業の終了時における大きな成果の一つとして精力的に取り組んでいるテーマです。

本セッションでは、発表後に活発な討議がなされ、多くのご質問、ご意見を頂戴しました。

○口頭発表セッション3 ペトロリオミクス・ミニシンポジウム

「ペトロリオミクス実証技術開発の状況報告」

本セッションでは、重質油等高度対応処理技術開発事業の実証化技術開発分野（5テーマ）の発表を行いました。

本事業は、基盤技術開発と連携することで、実プロセスに適用できる技術開発を効率的に推進しています。発表テーマは以下のとおりです。

『高度前処理・水素化処理による重質油分解プロセス技術開発』

重質油を高度に処理し、低硫黄重油を増産することを目的に、①アスファルテン凝集を緩和させる高度前処理技術、②劣化耐性に優れた重油脱硫触媒システム、③分解反応性を飛躍的に向上させる RFCC 原料供給装置の設計、の3つの施策を最適に組み合わせたプロセス技術を開発しています。

『触媒劣化機構解明による難反応性原料の最適処理技術開発』

重油由来の難反応性原料を含む分解軽油等の水素化処理で触媒活性が急速に低下する原因を、精密分析技術により分子レベルで解明し、運転方法の改善による最適処理技術を開発しています。

『超重質油処理のための高度残油分解プロセス技術開発』

多量の超重質油処理に際し、「製品得率と品質を維持しつつ、超重質油に由来するエネルギー増加抑制を可能とするプロセス最適化技術」、「BTX 等の石油化学原料への効率的な転換」を目標とする省エネルギー型新規超重質残油分解技術を開発しています。

『先進的超重質油改質（SPH）プロセスの開発』

石油のノーブルユースを目指し、安価な天然鉱石を触媒とすることで、経済的かつ高収率で高度に脱硫及び脱窒素された軽質な油を得ることができる新規スラリー床水素化分解プロセス（SPH：Slurry Phase Hydrocracking）技術を開発しています。

『分解軽油等新規アップグレーディングプロセスの開発』

主要な重質油分解装置である FCC から並産される分解軽油（LCO）を原料とし、外部から高圧水素を導入することなく、効率的に BTX 等の高付加価値製品にアップグレーディングする革新的転換技術を開発しています。

○口頭発表セッション4 水素エネルギー供給に関する技術開発

本セッションでは、石油産業の新たな付加価値創生に資する水素エネルギー供給インフラ整備に関連し、製油所から水素エネルギーを取り出す高純度水素製造技術開発関連1テーマと、取り出した水素エネルギーを利用するために必要な水素ステーション整備に係る規制の適正化等4テーマ（NEDO 事業）に関する情報提供を行いました。

●製油所での高純度水素製造

製油所において既存の水素製造装置から燃料電池自動車用の高純度水素を製造するため、



新規の分離膜を用いて効率よく水素の精製を行うハイブリッド分離膜型水素精製装置を開発しています。

発表したテーマは『高効率水素製造等技術開発』です。

●水素ステーション整備に係る規制の適正化等（NEDO 事業）

燃料電池自動車（FCV）及び水素供給インフラの普及拡大（2020 年以降）に向け、水素インフラの設置・運営コスト低減に係る国内規制適正化、使用可能鋼材の拡大、複合容器の基準整備及び FCV への水素充填技術基準に関する研究開発を実施しています。

発表したテーマは、『製油所水素の輸送等に関する技術課題と検討状況』、『水素輸送容器等に使用する金属の鋼種拡大』、『高圧水素を充填する複合容器の技術基準について』、『高圧容器への水素充填技術基準と JPEC 自主基準』です。

○口頭発表セッション5 我が国の石油産業に影響を及ぼす海外最新動向

当センター調査情報部は、我が国の石油・エネルギー政策及び石油産業の経営・事業戦略策定支援を目的として、「石油製品需給・品質規制動向」「エネルギーセキュリティ」「競争力強化・収益力強化」「環境・省エネルギー」の4つの領域で将来的に予測される事象から問題意識を想定し、石油精製環境分析・情報提供事業を実施しております。今年度も、国内及び海外長期出張員事務所において調査、情報収集を行った成果から、海外の燃料需給動向、政策動向及び環境問題への対応等、今後我が国の石油産業に影響を及ぼす最新の動向を選定し、発表しました。

発表した各テーマは、以下のとおりです。

<海外動向調査結果>

『新規開発重質原油の動向と海外製油所での処理事例』

『海外安全情報調査報告～製油所及びパイプライン等事故・トラブル情報の収集・提供～』

『最新の米国シェール動向と業績好調な独立系石油精製会社』

<海外長期出張員事務所報告>

『欧州気候変動・エネルギー政策と石油精製業界への影響』

『米国石油精製業界を取り巻く市場・政策動向』

『中国の石油製品需給及び品質・環境規制動向』

○口頭発表セッション6 自動車・燃料研究

本セッションでは、自動車及び燃料分野における技術課題の解決を目指した技術研究（2テーマ）について発表を行いました。

原油処理量に対する分解装置比率の増加により、分解系基材の自動車用燃料への利用拡大を図る必要があります。その際、自動車用燃料製造時の基材バランスが変化することが想定されることから、燃料性状変化に対する自動車の排出ガス・燃費、実用性能などの感度変化を把握するために新技術搭載車両のポテンシャル評価を実施しています。

また、最近話題になっている PM_{2.5} は環境基準の達成率が低い状況にあり、環境基準達成に向けて有効な環境対策を実施するためには、大気質シミュレーションによる発生源の感度解析や各種低減策の効果の評価が重要です。その大気質シミュレーションの精度向上に向けて、排出インベントリの整備・更新と排出量推計モデルの改良に取り組んでいます。

発表したテーマは、『燃料性状変化に対する最新技術搭載車両のポテンシャル評価』、『PM_{2.5} 濃度予測のための大気質モデル研究～JATOP 排出インベントリ～』です。

○口頭発表セッション7 製油所安全への取り組み・関連技術調査

本セッションでは、製油所の安全への取組に資する技術系調査として、設備経年劣化の予兆等を検知するためのセンサー技術の調査及び海外の安全規制動向に関する調査の結果について発表を行いました。

石油産業においては、製油所設備の経年劣化等によるトラブルでの製油所機能の一部停止は、製油所の安全だけでなく、製油所の連続稼働の妨げ、石油産業の競争力低下にもつながる可能性があることから、近年では製油所設備に関する安全への取組がますます重要になってきています。

発表したテーマは、『海外の保安規制と高経年設備対応調査』、『ワイヤレスセンサーネットワーク技術の動向調査』です。

○ポスターセッション

口頭発表テーマ 25 件（招待講演『ペトロリオミクスへの期待』を除く）含め、全 34 件のテーマについてポスターセッションを実施し、各テーマ説明者と参加者の間でフリーディスカッションの場を設けました。ポスターセッション専用時間帯のピーク時には総勢約 120 名の方が参加されました（7 ページの表 1 発表テーマの一覧をご参照下さい）。



ポスターセッション会場風景

なお、「成果発表会要旨集」は、当センターのホームページからダウンロードできますのでご利用下さい（「要旨集」は当センターホームページ http://www.pecj.or.jp/japanese/index_j.html の「技術開発研究成果」「調査事業の成果紹介」からご覧頂けます）。

2. むすび

最後に、参加者に配布・回収したアンケートで頂いたご意見等をご紹介します。

今回、セッション 1、2、3 をペトロリオミクス・ミニシンポジウムとして、講演と技術開発の状況報告を行いました。セッション 1 の講演につきまして、「ペトロリオミクスの内容や目論見等が良く理解できました。」とのコメントを多く頂くことができました。また、我が国の石油産業に影響を及ぼす海外最新動向につきましても、「海外動向は、なかなかまとまった情報を目にすることが無く、このような機会は大変役立つ。」等、参考になったというご意見を多数頂くことができました。個別の発表内容につきましては、その一部を今後の JPEC ニュースでご紹介していきます。

運営面では、昨年度のアンケートで頂きました「ポスターセッションでは人が多く会場内が狭いと感じた。」のご意見を踏まえ、ポスター展示台の間の通路幅を広くし参加者が動きやすいようにレイアウトを改善しました。また、「時間中に説明者への質問等が集中して十分な議論ができなかった。」のご意見を踏まえ、昨年度に比べて 40 分長く説明者の待機時間帯を設定しました。

今回、アンケートに回答して頂きました皆様に厚くお礼を申し上げますとともに、貴重なご意見等につきまして次回に反映すべくよく検討を行い、より充実した発表会にして参りますので、引き続きご支援、ご協力をお願い申し上げます。

表1 発表テーマの一覧

No.	テーマ名	研究室、事業者名等
ペトロリオミクス技術開発		
1	ペトロリオミクス技術の経営貢献と開発の現状	JPEC 技術企画部
2	詳細組成構造解析技術（総括）	JPEC ペトロリオミクス研究室
3	分子構造に基づく重質油の分離技術確立	JPEC ペトロリオミクス研究室
4	重質油の詳細分析技術の確立	JPEC ペトロリオミクス研究室
5	分子反応モデリング（総括）	JPEC ペトロリオミクス研究室
6	分子反応モデリング技術の確立 ～LCO 水素化反応解析への適用～	JPEC ペトロリオミクス研究室
7	ペトロ・インフォマティクス（総括）	JPEC ペトロリオミクス研究室
8	工学物性推算技術の開発	出光興産(株)
9	アスファルテン凝集挙動ワーキンググループ（総括・アスファルテン凝集モデル）	(独)産業技術総合研究所
10	ハンセン溶解度パラメータのアスファルテン凝集緩和への適用	関西大学
11	重油脱硫装置の流動反応連成モデルの設計コンセプト	JPEC ペトロリオミクス研究室
12	重油脱硫触媒設計モデルのコンセプト	JPEC ペトロリオミクス研究室
13	ボルフィリンの脱メタル反応機構の解明	島根大学
14	選択的脱アルキル触媒の開発	鳥取大学
15	高度前処理・水素化処理による重質油分解プロセス技術開発	袖ヶ浦第 701 研究室
16	触媒劣化機構解明による難反応性原料の最適処理技術開発	横浜第 701 研究室
17	超重質油処理のための高度残油分解プロセス技術開発	幸手第 701 研究室
18	先進的超重質油改質（SPH）プロセスの開発	鶴見第 701/ 荒井第 701 研究室
19	分解軽油等新規アップグレーディングプロセスの開発	横浜第 702/ 鶴見第 702 研究室
水素エネルギー供給に関する技術開発		
製油所での高純度水素精製用の新規分離膜プロセス技術に関する技術情報発信		
20	高効率水素製造等技術開発	横浜第 703 研究室
水素ステーション整備に係る技術課題と規制見直し検討に関する情報発信		
21	製油所水素の輸送等に関する技術課題と検討状況	JPEC 自動車・新燃料部
22	水素輸送容器等に使用する金属の鋼種拡大	JPEC 自動車・新燃料部
23	高圧水素を充填する複合容器の技術基準について	JPEC 自動車・新燃料部
24	高圧容器への水素充填技術基準と JPEC 自主基準	JPEC 自動車・新燃料部
我が国の石油産業に影響を及ぼす海外最新動向		
25	新規開発重質原油の動向と海外製油所での処理事例	JPEC 調査情報部
26	海外安全情報調査報告 ～製油所及びパイプライン等事故・トラブル情報の収集・提供～	JPEC 調査情報部
27	最新の米国シェール動向と業績好調な独立系石油精製会社	JPEC 調査情報部
28	欧州気候変動・エネルギー政策と石油精製業界への影響	JPEC 調査情報部・欧州長期出張員事務所
29	米国石油精製業界を取り巻く市場・政策動向	JPEC 調査情報部・米国長期出張員事務所
30	中国の石油製品需給及び品質・環境規制動向	JPEC 調査情報部・中国長期出張員事務所
自動車・燃料研究		
31	燃料性状変化に対する最新技術搭載車両のポテンシャル評価	千葉第 801 研究室
32	PM _{2.5} 濃度予測のための大気質モデル研究 ～JATOP 排出インベントリ～	JPEC 大気研究 WG
製油所安全への取り組み・関連技術調査		
33	海外の保安規制と高経年設備対応調査	JX 日鉱日石リサーチ(株)
34	ワイヤレスセンサーネットワーク技術の動向調査	千代田化工建設(株)

調査報告 「米国の石油業界関連動向」

北米（米国・カナダ）の非在来石油増産が続く中、米国内製油所の北米産原油受入れは、輸送インフラの発達により着実に増加しています。コスト競争力のある北米産原油の受入増加は米国内製油所に原油処理採算面のメリットを付与し、石油製品の輸出増加や製油所の高稼働をもたらします。更に国際市場との関わりでは、米国内製油所における装置構成上の制約により米国産軽質原油を処理しきれない見通しの中、国産原油の輸出解禁に関する議論が活発化しています。

活況を呈する米国石油業界の影響力は政策面でも表れています。従来、オバマ政権では気候変動対策やエネルギー安全保障の観点から、輸送燃料に対する石油製品への依存度低下に向けた政策が積極的に進められてきましたが、方針に変化が見られます。特に自動車燃料へのバイオ燃料導入政策は顕著な例であり、現状のバイオ燃料導入実態を踏まえた方向に変化しようとする動きが見られます。

ここでは、当センター米国長期出張員事務所が2013年以降に実施した情報収集調査に基づいて、米国石油精製業界に関する市場・政策動向について紹介いたします。

1. 米国内製油所の原油調達環境の変化

（1）北米産原油調達の増加

米国内製油所が処理する原油の約7割は、既に北米産（米国・カナダ産）原油で調達されています（図1）。

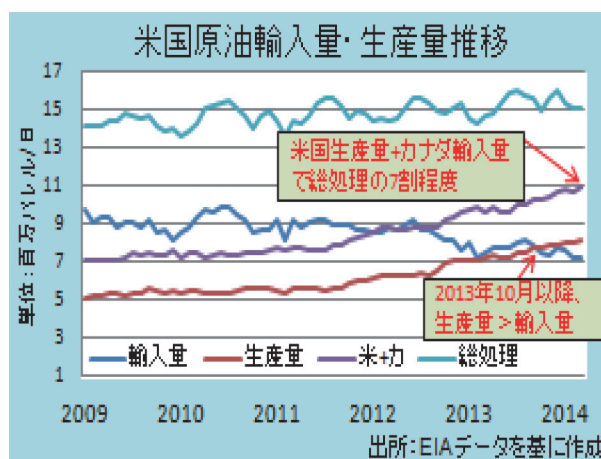


図1 米国原油輸入量・生産量推移 (EIA データを基に作成)

①米国産原油調達状況

米国原油生産はシェールオイル生産に牽引され増加中です。エネルギー省（DOE）エネルギー情報局（EIA）のデータによれば、2013年10月に生産量が輸入量を上回りました（図1）。2014年7月の生産量は約850万バレル/日、輸入量は約750万バレル/日であり、処理原油の過半は米国産原油で調達されています。



②カナダ産原油調達状況

国産原油に次ぐ米国の原油調達ソースは隣国カナダ産原油です。EIA データによれば 2014 年 7 月のカナダ産原油輸入量は約 260 万バレル / 日です。カナダ石油生産者協会 (CAPP) の見通しでは、輸送インフラ上の制約が無ければ、カナダ原油増産は将来的に継続されます。

米国でのカナダ産原油の主な受入先は、国防石油行政区 (PADD) の分類で PADD2 と呼ばれる中西部です。カナダの主な原油生産地であるアルバータ州から、PADD2 内にあるシカゴ近郊や原油集積地クッシング(オクラホマ州)に向けて複数のパイプラインが整備されています。また、以下のように、カナダ産原油の処理増強に向けた設備改造・増強工事が行われ、製油所装置構成も適合しています。

✓ ウッドリバー製油所 (フィリップス 66 と Cenovus 合併、イリノイ州)

- ・ 2011 年 10 月：増強工事終了、稼働再開
- ・ 重質原油処理能力 1.8 万⇒8.3 万バレル / 日 (総処理能力は 30.6 万⇒35.6 万バレル / 日)

✓ デトロイト製油所 (マラソン、ミシガン州)

- ・ 2012 年 11 月：増強工事終了、稼働再開
- ・ 重質原油処理能力：2 万⇒10 万バレル / 日 (軽質原油処理能力は 2 万バレル / 日)

✓ ホワイティング製油所 (BP、インディアナ州)

- ・ 2013 年中に増強工事終了 (改造後の総処理能力は 41 万バレル / 日)
 - 2013 年 6 月：改造トッパー (25 万バレル / 日) 稼働開始
 - 2013 年 11 月：新設コーカー (10 万バレル / 日) 稼働開始
- ・ 重質・高硫黄原油処理能力増強 (20%⇒85%)
 - 2014 年第 1 四半期の重質原油処理は約 20 万バレル / 日
 - 2014 年 6 月中に約 28 万バレル / 日に到達する見通し

③輸入原油関連動向

米国、カナダ産原油の調達増加により海上原油輸入は減少傾向にあります。ただし、2010 年以降、減少傾向にある米国原油輸入量の内訳を見ると、押しなべて均等に減少しているわけではありません。

カナダほどの増加ではありませんが、安定して輸入されているのはサウジアラビア産原油です。EIA はその一因として、国営石油会社サウジアラムコがシェルと合併で運営する Motiva Enterprise 社のメキシコ湾岸製油所向け供給を挙げています。Motiva 社がテキサス州で運営するポートアーサー製油所は 2013 年に実施された改造工事の結果、原油処理能力は 60 万バレル / 日に増強され米国最大の製油所となりました。2013 年の米国原油輸入量はカナダとサウジアラビアからの輸入量合計で半分を占めました。

一方、輸入量が激減したのは西アフリカ産原油で、同じ軽質原油の米国産シェールオイルに置換されました。ナイジェリア産原油の米国輸入比率は、2012 年は 22.2% で第 1 位でしたが、2013 年は 2.2% で 10 位に順位を下げ、代わって主要輸入国となったのはインド、オランダ、フランスです。米国市場を失った同国産原油は、生産が混乱し輸出が困難となったりリビア産原油に代わり、欧州市場に受け入れられました。こうした原油取引フローの変化は、大西洋市場の軽質原油需給を安定させ、原油の国際指標価格とされるブレント価格の乱高下を緩和する効

果をもたらしたと分析されています。

(2) メキシコ湾岸向け原油輸送パイプライン (PL) 計画の進展

北米産原油の米国市場への普及を促進する動きとして、2013 年以降、メキシコ湾岸の石油精製地向け原油 PL 計画が進展していることが挙げられます。

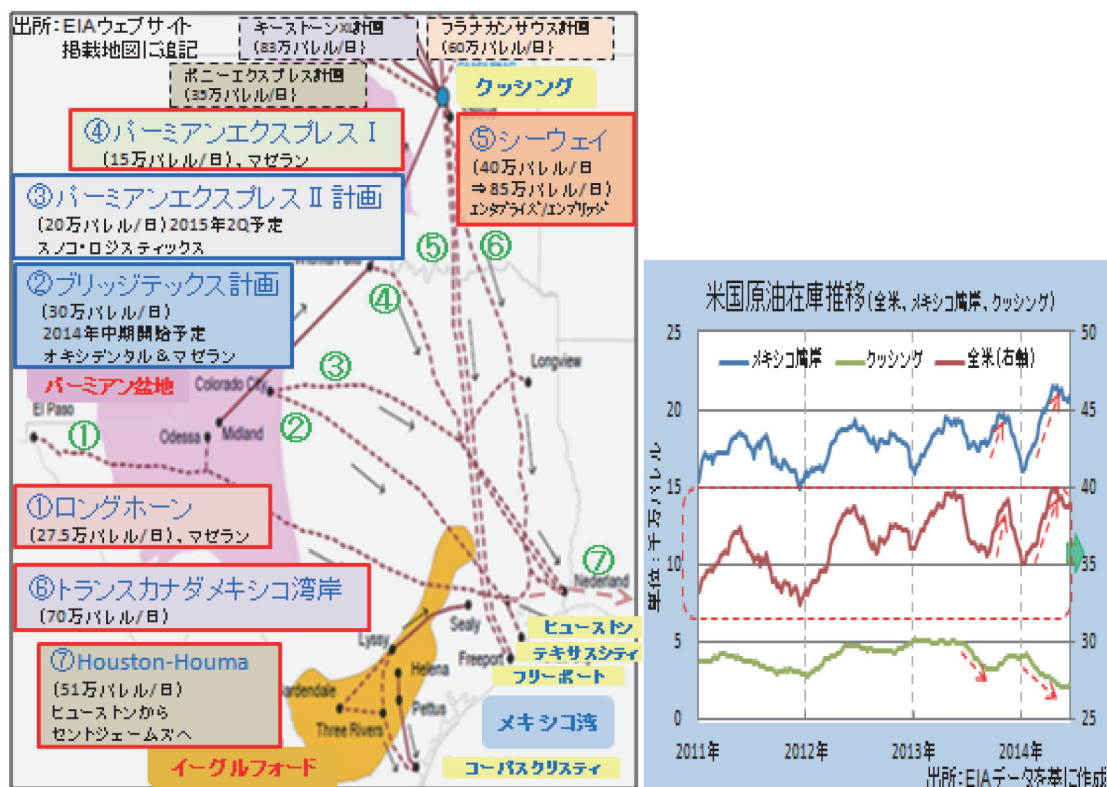


図2 メキシコ湾岸向け原油パイプライン図 (EIA 公表資料に追記) 及び米国原油在庫推移 (EIA データより作成)

WTI 原油価格の値付け地点とされる原油集積地クッシング (オクラホマ州) には、ノースダコタ州やカナダ・アルバータ州で生産された原油が複数の PL 計画等により受け入れられ、特に 2011 年以降、同原油在庫が高止まったことは WTI 市況の下落要因として指摘されてきました。2013 年以降は、シーウェイ PL (図2左の⑤) によるメキシコ湾岸への原油輸送が開始され、2014 年にはトランスカナダ社のガルフ・コースト・プロジェクト (図2左の⑥) も開通したことにより、クッシング原油在庫のメキシコ湾岸輸送が促され、同原油在庫が減少する傾向にあります。

またテキサス州西部 (パーミアン盆地とイーグルフォードシェールでシェールオイル生産増加中) からメキシコ湾岸に原油を輸送するパイプライン計画も進展しています。2013 年中にロングホーン PL (図2左の①)、パーミアンエクスプレス PL (図2左の④) が開通した後、図2左の青枠で表示したパイプライン計画が進行中です。

図2右のグラフは米国原油の在庫推移を示したのですが、クッシング在庫の高止まり解消とメキシコ湾岸原油在庫が連動している様子が明らかとなっています。また図2左で示した PL は、メキシコ湾岸の中でも特にヒューストン近郊に向かっていきます。ヒューストン地区に北米産原油が集積される中、Houston-Houma PL (図2左の⑦) は、従来、ルイジアナ州セントジェームズ

(ライト・ルイジアナ・スイート (LLS) 原油の値付け地点) に集積された原油をヒューストンに輸送するための PL だったものを逆送させたものとなります。

(3) 原油調達コストの優位性

安価な北米産原油の調達増加は、米国内製油所に国際市場でのコスト競争力を付与します。

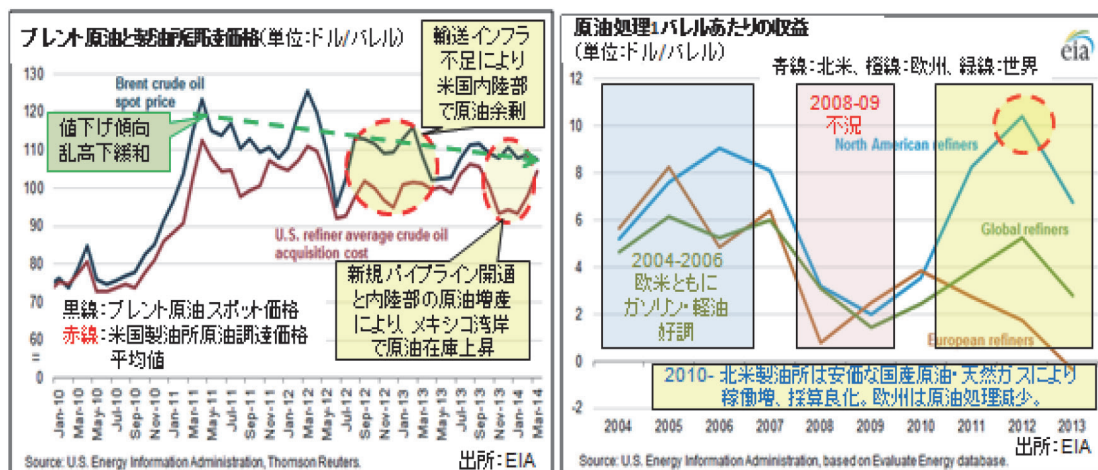


図3 米国内製油所原油調達価格及び原油処理採算の優位性に関するグラフ
(出所：5月14日付 EIA This Week In Petroleum)

図3は本件に関するEIAの分析を示したものです。左のグラフはブレント原油価格（青線）と米国内製油所の平均的な原油調達価格（赤線）を表示していますが、EIAの説明によれば、2013年の比較で北米製油所は欧州製油所対比7ドル/バレル以上安いとのこと。

右のグラフは原油調達コストの優位性を背景とした米国内製油所の原油処理採算の高さを示すものです。概ね2011年以降、青線で表示された北米製油所の原油処理採算の優位性が明示され、米国でシェールオイル生産が活発になってきた時期と重なっていることが理解できます。

2. 米国石油精製業界と国際市場との関わり

(1) 拡大する米国産石油製品輸出と好調な製油所稼働

さて、北米産原油調達の進展により米国内製油所の処理採算が良化していますが、製造される石油製品の需要動向に目を向けてみますと、米国内の需要は今後、長期的に横ばいか漸減する見通しであり、米国石油業界にとって期待できるものではありません。

こうした中、同業界では国際市場において非OECD諸国を中心に見込まれるエネルギー需要増への関心が高まっており、米国最大の石油精製地であるメキシコ湾岸地域から直にアクセスできる大西洋市場向けに、コスト競争力のある石油製品を積極的に輸出する動きが盛んになっています（図4左）。

2013年12月に総量が400万バレル/日を上回ったのは史上初の出来事ですが（図4右）、個々の製品別にも興味深い動向が見られます。中間留分は経済発展が続く中南米向けを中心に堅調で、2013年実績は112万バレル/日となり、史上初の100万バレル/日超えとなりました。ガソリンでは従来欧州市場だった西アフリカ向けの輸出を拡大していますが、これは米国産石油製品が

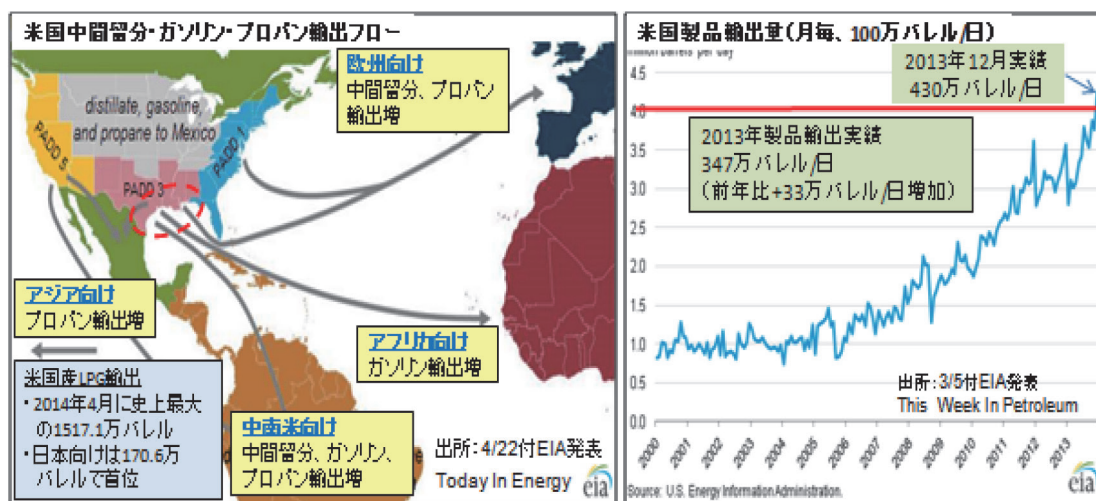


図4 米国石油製品の輸出フロー及び輸出力 (出所: EIA)

国際的なコスト競争力を背景に市場を拡大していることを示す好例です。

プロパン等のLPG（液化石油ガス）は製油所で生産される製品ではありませんが、シェール開発により増産が進む天然ガスやNGL（天然ガス液）からの生産が増加しています。2014年4月実績が史上最大の1,517.1万バレルを記録する中、仕向け先としては日本が170.6万バレルで首位となったと報じられました（図4左）。米国によるLPG輸出活発化は、米国シェール革命がアジアの石油調達ソース分散化に作用した例と考えられます。

堅調な製品輸出に牽引され製油所稼働は好調であり、EIAは7月23日付 This Week In Petroleumにおいて、7月11日までの1週間に米国内製油所の総処理量が16.8百万バレル/日となり、史上最高を記録したと報じました。同時期の米国内製油所稼働率は93.8%に上昇しましたが、特にその中でもPADD2の稼働率は100.3%を記録し、米国内製油所が非常に良い環境で操業していることが示されたことになります。

（2）米国産原油輸出解禁に関する議論と米国石油精製業界

シェールオイル増産が続く米国では国産原油輸出規制の解禁に関する議論が盛んです。シェールオイルが軽質原油である一方、米国内製油所は重質原油に適した装置構成が一般的であるため、将来的に、軽質原油が増産されても全量は処理しきれない見通しであることが、本議論の背景にあります。図5はAPI密度別の輸入量（左側）、原油生産量（右側）を示していますが、軽質原油増産が続く一方で、軽質原油輸入（左側赤棒）が急激に減少していることが分かります。輸入原油の置換だけでは、将来的な国産軽質原油の増産を吸収できない見通しです。

軽質原油需給の具体的な余剰見通しについては、米国石油精製業界で規模は小さいながら設備投資による処理能力増強が計画されていますし、現行規制の枠内での商務省認可による米国産原油輸出もカナダ大西洋岸を主に増加しているため、諸説あります。

また、米国で処理される原油の全体的な需給バランスで考えると、製油所規模が現状のレベルで維持される前提であれば、米国は一定量の原油輸入を継続することになります。EIAデータによれば2014年7月中の米国の原油処理量は16百万バレル/日台で推移していますが、2014年版EIA長期見通し（AEO2014）の参照ケースでは、当面のピークとされる2020年頃の米国原油生産量でも1千万バレル/日には及びません。

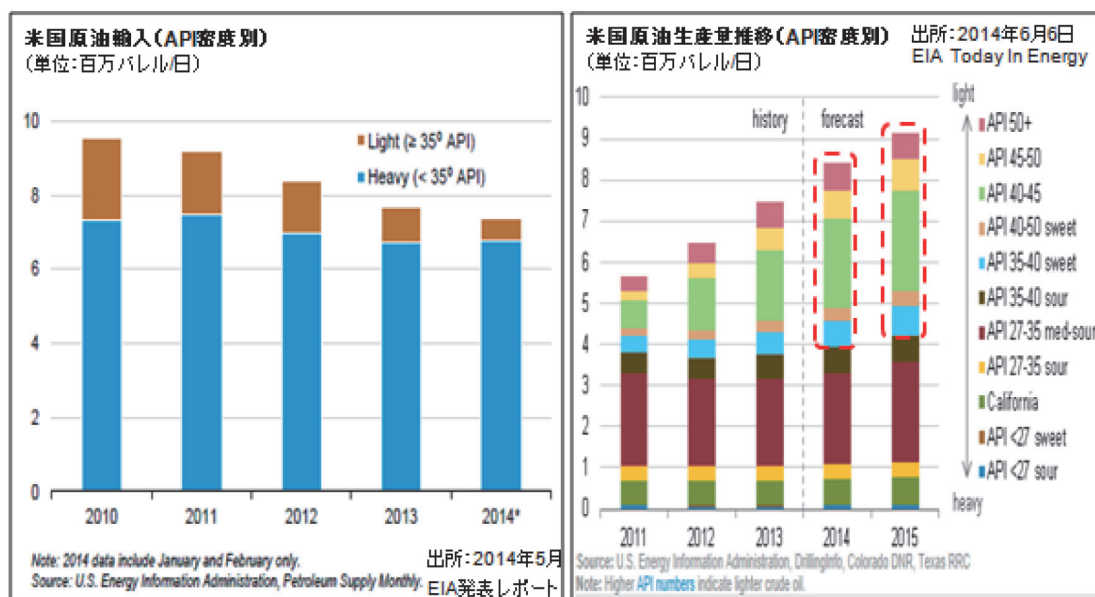


図5 米国原油に関する API 密度別の輸入量及び生産量に関するグラフ (出所: EIA)

現時点では本案件については議論に時間がかかるとの見通しが一般的です。ケンブリッジ・エネルギー・リサーチ・アソシエイツ (CERA) 共同代表のダニエル・ヤーギン氏は、11月に中間選挙を控える中、ガソリン価格に影響を与え得る本案件で大きな動きが出ることは期待し難いとコメントしています。下院エネルギー商業委員長のフレッド・アプトン議員 (共和党、ミシガン州) は、7月に参加した会議で、検討に時間を要するため本規制は2015年も存続するだろうと発言しました。

①石油精製業界の立場

米国燃料・石油化学製造者協会 (AFPM) のチャールズ・ドレブナ会長は、自由貿易の観点で議論するのであれば、他にも議論すべき案件 (ジョーンズ法、再生可能燃料基準、キーストン XL パイプライン計画等) があるとの考えを示しました。米国石油精製業界で国産原油輸出解禁への反対意見は大西洋岸 (PADD1) に製油所を持つ精製業者から聞かれます。

PADD1 は軽質原油処理製油所が集中する地域ですが、2012年上期のブレント原油価格高騰により経営難に陥り、複数の製油所が閉鎖を唱え、域内の製品供給が懸念されました。その後、同地区の製油所は米国産シェールオイル調達に切り替えることで経営体質を改善した経緯があり、米国内原油需給をタイト化させる動きに強い懸念を示すことになります。同地区選出の民主党上院議員ロバート・メネンデス議員 (ニュージャージー州、上院外交委員長)、エドワード・マーキー議員 (マサチューセッツ州) は国産原油輸出解禁反対派として知られています。

②コンデンセート輸出解禁に関する動向

シェール開発で生産される原油のうち、超軽質 (API 比重で約 60 以上) のコンデンセートは、イーグルフォードシェールを中心に増産が続いています。メキシコ湾岸でのコンデンセート処理能力に制約がある中、2014年6月には同地区の指標原油価格対比 20 ドル / バレルのディスカウントで取引されていることが報じられ、連邦政府がコンデンセート輸出増加に取り組む可能性を示唆するアナリストの意見も聞かれました。上院エネルギー天然資源委員会の共和党筆頭議員であるリサ・マコウスキ議員 (アラスカ州) は3月に参加した会議で、コンデンセート輸出の議論を先行したい意向を示していました。

6月24日、商務省がパイオニア・ナチュラル・リソーシーズとエンタプライズ・プロダクツ・パートナーズの2社に対して、生産段階で簡易処理を施したコンデンセートを、政府の許可なく輸出できる精製品と見なすことができると判断したことが報じられたことは、市場でも大きく取り上げられました。スタビライザーと呼ばれる処理設備は軽質で揮発性のある留分を除去するもので、メキシコ湾岸のシェール生産現場では一般的に使用されていることから、コンデンセート輸出許可の前例になるとの憶測を呼んだことが背景にあります。

国産原油輸出規制の変更に関する憶測については、6月25日にオバマ政権がこれを否定しています。7月初旬には前述のメネンデス議員、マーキー議員が商務長官に書面で6月24日報道された判断の背景を尋ねていますが、7月28日には、商務省の回答は得られておらず、同省が簡易処理後のコンデンセート輸出に関する他社からの申請を保留にしていることが報じられました。

3. 米国石油精製業界を取り巻く政策環境

(1) “all-of-the-above” 政策の現状

オバマ政権のエネルギー政策である“all-of-the-above”政策は、第1期目発足当初に提唱した再生可能エネルギー推進に加え、国産石油・天然ガスも積極的に活用し、米国として利用可能なエネルギーに包括的なアプローチをする政策です。2014年1月末の一般教書演説で大統領は同政策が機能し、米国がエネルギー自立に近付いていることを説明したのに加え、燃焼時の排出ガスが少ない国産天然ガスの活用に言及しました。

国産石油・天然ガス増産による米国内経済への影響が大きくなる中、現政権による天然ガス利用への積極的な姿勢は、支持基盤である環境保護派には「気候変動問題への戦い」を弱体化させる姿勢を示しているとして不評であり、2014年1月中旬に18の環境保護団体が連名で大統領に意見書を提出したことが報じられました。

(2) バイオ燃料政策関連動向

活況を呈する米国石油・天然ガス業界と政権発足当初に掲げた気候変動対策への取組との間で、難しい位置取りを迫られる現政権の立場が示されているのがバイオ燃料政策動向です。米国では2022年までの自動車燃料に関するバイオ燃料使用義務量を定めた再生可能燃料基準（RFS2）が実施されていますが、問題を抱え、2014年の義務量が現時点で最終決定されていない状況です。

①再生可能燃料基準（RFS2）関連動向

RFS2は制定された2007年時点のガソリン需要見通しをベースに、2022年までの使用義務量を絶対量で定めているのが特徴です。2022年時点の総量360億ガロン中、トウモロコシ由来のバイオ燃料が150億ガロン、GHG排出削減効果の高い先進型バイオ燃料が210億ガロン（うちセルロース系バイオ燃料が160億ガロン）で構成されています（図6左）。

RFS2実施後、2点の問題が発生しました。1点目は、先進型バイオ燃料の中心を占めることが期待されたセルロース系バイオ燃料（図6の青棒）の開発遅延です。2点目は、2007年時点で右肩上がりだったガソリン需要見通しが、自動車燃費向上等により漸減する見通しに変化したことです。米国においてガソリンに対するエタノール混合比率の上限とされる10%（エ

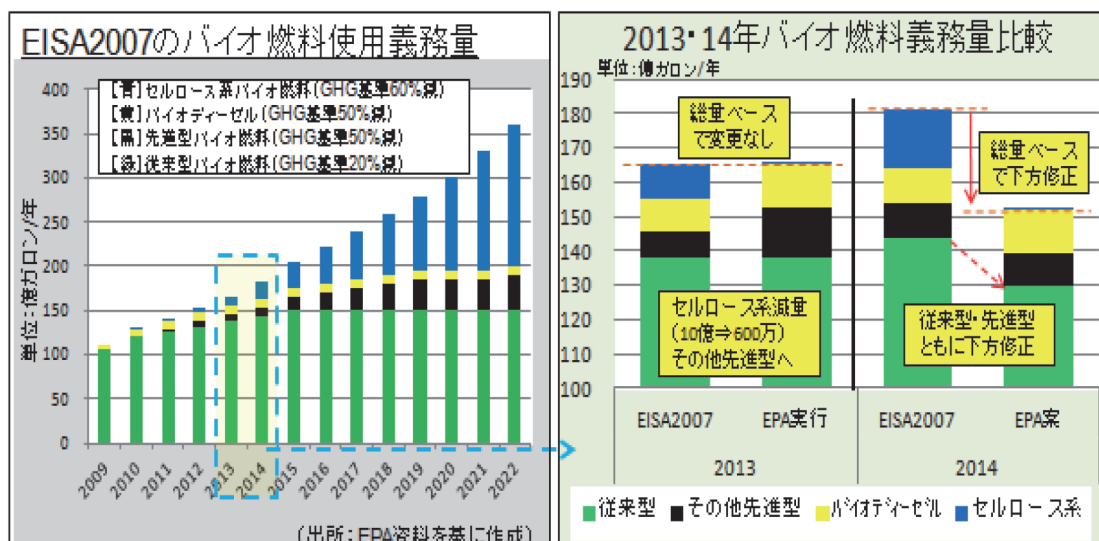


図6 米国のバイオ燃料使用義務量に関するグラフ (EPA 公表データ等を基に作成)

タノールを 10% 混合したガソリンを「E10」と呼びます。) を維持したままでは、当初 RFS2 で計画した使用義務量は達成できなくなり、いわゆる「E10 ブレンドウォール」の問題が発生しています。

セルロース系バイオ燃料の商業生産が遅延する中、RFS2 が定めた義務量達成のため環境保護庁 (EPA) が発行するクレジット購入を強いられた石油業界等による訴訟の判決は、EPA に現実に即した義務量設定を要請しました。図6の右図のとおり、2013年はセルロース系バイオ燃料の義務量を未定義先進型バイオ燃料 (図6の黒棒) に振り替えて総量を維持しました。しかし、結果的には米国産エタノールの市場を生み出さずにブラジル産サトウキビ由来エタノールの大量輸入を促すことになり、米国バイオ燃料業界からも批判されました。

また、2013年上期時点でE10ブレンドウォール発生が見通される中、再生可能識別番号 (RIN) のクレジット価格が高騰したことは、RFS2 がドライビングシーズンのガソリン価格上昇要因を引き起こしていると思われ、RFS2 を原案どおり実施することへの異議が各方面から提起される事態となりました。2013年11月にEPAが提案した2014年RFS2義務量案は図6右側の棒グラフで示したとおり、原案から総量ベースで大幅下方修正された内容となりましたが、2014年2月に開催された会議で、EPA局長は「RFS2を管理可能な軌道に乗せる」と説明し、大きな批判の対象となってしまったRFS2について、現実に配慮した制度運用を意図したことを説明しました。

2014年RFS2義務量案に関する連邦政府関係者のコメントは、バイオ燃料政策の重要性に変化は無いが、国内市場の拡大を伴うことが必要とするものでした。こうしてエタノール混合比率の高いE15やE85の普及動向が注目されます。しかし、E15ではEPAが承認した2001年型式以降の自動車でも製造者側が補償しないため消費者の支持を得にくく、また、E85も最近伸び悩んでいるため、RFS2に関する諸問題の解決策として、即効性は期待し難い状況です。

米国産石油・天然ガスの増産が続く中、チャールズ・ドレブナ AFPM 会長は、当初 RFS2 に期待されたエネルギー安全保障上の効果は薄れ、気候変動対策上の効果は天然ガスでもその役割を達成できるとの考えから、政策によるバイオ燃料導入を目指した RFS2 の存在意義を疑う意見を示しています。しかし、オバマ政権の支持基盤である環境保護派は輸送燃料からの

GHG 排出削減に向けた政策の必要性を主張して譲らず、また、RFS2 が農業経済に与える効果が大きいため、農業界にも RFS2 の原案どおりの実施を求める意見は根強くあります。8 月末、2014 年 RFS2 義務量の最終案を EPA が行政管理予算局 (OMB) に提出したと報じられました。今後の手続きを踏まえ、本件確定は 11 月の中間選挙後となる見通しですが、引き続き動向を注視する必要があります。

②海軍におけるバイオ燃料活用に向けた取組

自動車用輸送燃料でのバイオ燃料導入拡大が頭打ちとなる中、連邦政府によるバイオ燃料活用に向けた取組は続いています。

海軍ではエネルギー安全保障や防衛費削減に資する目的で、使用する燃料の半分以上を 2020 年までに再生可能燃料にする目標を掲げています。現在、農務省や DOE と連携して“Farm to Fleet”（農場から戦艦へ）プログラムを推進中ですが、本プログラムでは 2016 年に予定されているグリーン艦隊演習に向けて石油系燃料に比べコスト競争力のあるバイオ燃料を調達するべく取り組んでいるとのこと。2012 年のグリーン艦隊演習では、バイオ燃料調達価格が石油由来燃料に比べ 5 倍近い価格だったことが問題視され、連邦議会での議論の対象にもなりました。

バイオ航空燃料開発において、石油由来燃料対比のコスト競争力は主要な課題の一つです。政権側によるこうした取組が成功すれば、民間航空業界への導入にも効果が期待できますので、今後の動向を注視していきたいと考えています。

(3) その他政策面のトピックス

米国石油・天然ガス業界が活発になることで安全性や環境影響面で社会の関心呼び、同業界として対応を求められている案件があります。簡潔に紹介します。

①水圧破碎法に対する反対意見の高まり

2013 年 9 月にピューリサーチセンターが実施した統計結果で、今後の水圧破碎法使用増加に対する世論が、賛成意見 44%、反対意見 49% となり、半年前に比べ反対意見が賛成意見を上回るまでに増加したことが示されました。

天然ガス使用に積極的なオバマ政権が、2014 年 3 月にメタンガス排出規制の検討や、同 5 月に水圧破碎法に関する情報公開についてパブリックコメントを募るといった慎重な対応を示す一方、同 4 月に石油・天然ガス業界からはエクソンモービルやベイカーヒューズといった業界を代表する企業がより詳細な情報公開に理解を示したことは驚きをもって迎えられました。

ペンシルベニア州やニューヨーク州では地方自治体による開発規制権限の有無を争点に訴訟が行われており、更にコロラド州では、訴訟の他に、11 月の中間選挙に向けて（上院議員が改選）、重要な争点となっています。

②鉄道による原油輸送に対する規制強化

北米産原油輸送でパイプラインに並び重要な輸送インフラである鉄道輸送では、2013 年 7 月にカナダ・ケベック州で発生したタンク車の脱線・爆発事故により、近隣の方が 47 名亡くなりました。その後もタンク車事故が相次ぐ中、運輸省が新規制導入に向けて取り組んでいます。

2014 年 7 月に運輸省が提示した案では、広範に使用されながら、業界自主規制に適合せず安全性不足が懸念されている DOT-111 型について、2017 年末までに改良又は新型車両との



交替を義務付ける内容が提示されました。

主要な積み荷であるバッケンシェールは揮発性が高いため、運輸省が緊急命令として、同原油を一定量輸送する場合には事前に届け出ることを義務付けています。

③キーストーンXLパイプライン計画

検討が長期にわたっており、2014年9月で検討開始から丸6年経過することになります。

カナダ原油輸入を促進することによるエネルギー安全保障上の効果や、大型設備投資ということで雇用促進効果が期待されますが、環境保護派からはカナダのオイルサンド増産を促し、気候変動上の重大な影響を与える案件とされ、連邦政府による審査手続きが依然として難航しています。

鉄道等の輸送手段でカナダ産原油輸送量は増加しており、同計画の成否はカナダ・オイルサンド生産に対して影響しない旨の評価を、2014年2月に国務省が下した後、4月にネブラスカ州知事による本計画承認手続きに不備があったとして訴訟が起きました。このことで連邦政府の審査が再度停滞し、11月の中間選挙以降まで継続される見通しとなっています。

この連邦政府の対応に対しては、自らも中間選挙に臨んでいる上院エネルギー・天然資源委員長のマリー・ランドリュエ議員（民主党・ルイジアナ州）を含め、11名の民主党上院議員が大統領に本計画承認を迫ったと報じられました。

4. まとめ

本レポートでは米国の石油業界関連動向として、原油需給動向、国際市場への関わり、関連政策の動向について取り上げました。

まず、原油需給動向では、メキシコ湾岸向け原油輸送パイプライン計画の進展により、北米産原油の米国市場普及が進み、米国内製油所に国際市場でのコスト競争力をもたらしめていることを説明しました。

次に国際市場との関わりでは、コスト競争力を背景に、米国石油業界が旺盛な石油製品輸出を行っている状況を説明し、アジア市場との関わりではLPG取引が活況を呈していることを説明しました。また、軽質シェールオイル増産が続くことにより、重質原油処理に適した装置構成が主体の米国内製油所で処理することの限界が見通される中、国産原油輸出規制解禁の議論が展開されていることにも触れましたが、本議論にはもうしばらく時間が必要な状況です。

最後に石油・エネルギー政策関連動向、オバマ政権が天然ガス使用に積極的な姿勢を示していること、石油代替輸送燃料として政策的に導入が図られたバイオ燃料政策において、主要な政策であるRFS2で市場の実勢に配慮した対応を迫られていることに触れました。活況を呈する石油・天然ガス業界と現政権のレガシー（政治的な遺産）と呼ばれる気候変動対策推進の間で、難しい政策運営が行われています。

その他、同業界が活況を呈することにより発生する問題として、水圧破碎法に対する環境影響懸念や鉄道による原油輸送に関する安全性の問題についても現状を紹介いたしました。社会の関心に配慮した対応を求められるのは、先進国の石油業界では共通の課題と言えるかもしれません。

当センター米国長期出張員事務所では、米国内外で活発な動きを見せる米国石油業界の動向に関し、11月の中間選挙後の政策面の動きにも関心を払い、情報収集を継続していきます。

調査報告 「新規開発重質原油の動向」

1. はじめに

当センターでは、エネルギーセキュリティの観点から、新規開発が行われている重質原油について、世界の重質原油生産見通しから、新規開発原油を将来我が国で取り扱うことが適当であるかどうかを検討しました。

この検討では業界基準に従い、API 比重 22 未満の原油を重質油と分類しています。API 比重 10 以上の重質油は一般的に「在来型」重質油と呼ばれ、API 比重 10 未満の原油は一般に「非在来型」と見なされています。

2. 世界の重質油生産見通し

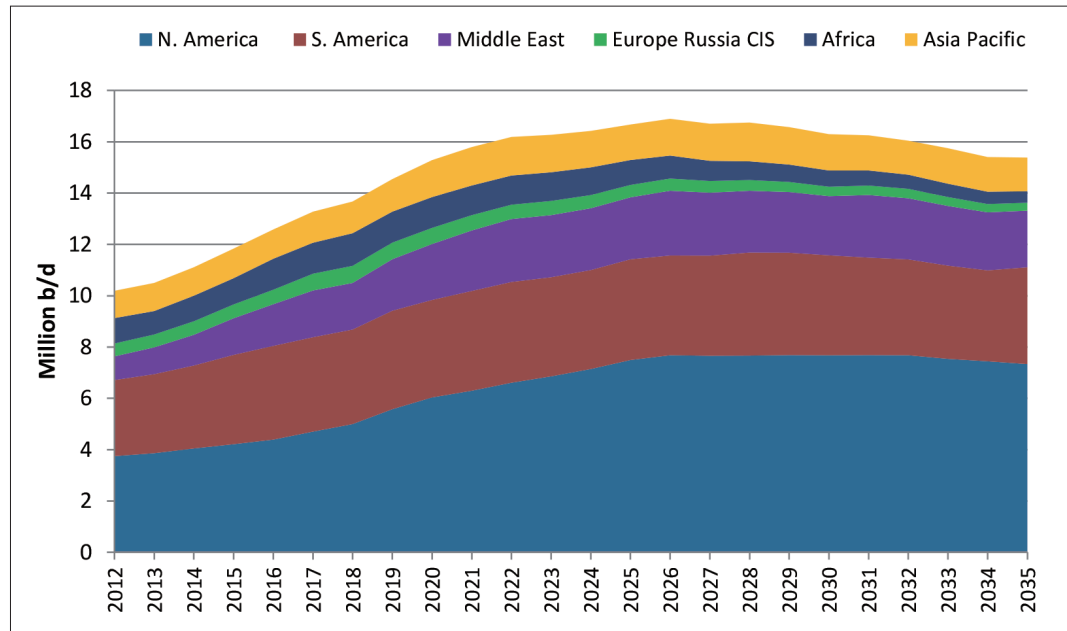
各地域の重質原油生産予測を図 1 に示します。2012 年の世界における重質油の総生産量は 1,000 万 BPD でした。重質油生産は、2025 年までに 1,640 万 BPD、2035 年までに 1,540 万 BPD に達する見込みです。その後生産量はわずかに減退すると予測されています。

供給量の増加が最も著しいと考えられているのがカナダのオイルサンド由来の重質油です。2030 年までにこの生産は、生ビチューメンが 450 万 BPD まで増加する見通しです。現時点で発表されたプロジェクトが、見通しの予測通りに実施されるなら、2035 年までにさらに 200 万 BPD が増産されるポテンシャルがあります。カナダのオイルサンド生産の大幅な増加は、北米のインフラ及び輸出に広範な影響を与えます。カナダの重質油生産はもともと、現在その大半を処理している米国中西部の製油所能力を超える見込みです。その主な出荷先は米国のメキシコ湾岸なのですが、パイプライン能力は限られているため、一部は鉄道で輸送されています。鉄道で輸送されるビチューメンは、パイプラインで輸送される場合と比べて、必要とされる希釈剤が少ないという長所を持っています。しかし、2025 年までには、生産量が多すぎて北米ですべてを処理することはできなくなると見込まれます。そのため、原油を北米西海岸沿いの港湾まで西に向かって運ぶ目的で、何本かのパイプラインが提案されています。これが達成されれば、カナダ産重質原油をアジア市場に輸送可能となるルートができることとなります。

供給量が増大する 2 番目の主要供給ソースは、ベネズエラのオリノコ超重質油です。オリノコ地帯は世界最大の未開発石油資源の一つです。その他南米では、コロンビア、エクアドルにて重質油生産が増大する見込みです。

中東には、2020 年までに生産が開始されると予想している巨大な未開発の重質油田がいくつかあり、重質油生産の伸び率は 2025 年まで年平均 8 % で、地域別では最も伸び率が高くなる見込みです。アフリカは、2025 年まで重質油の開発を続けると見られています。生産は年平均 0.4 %

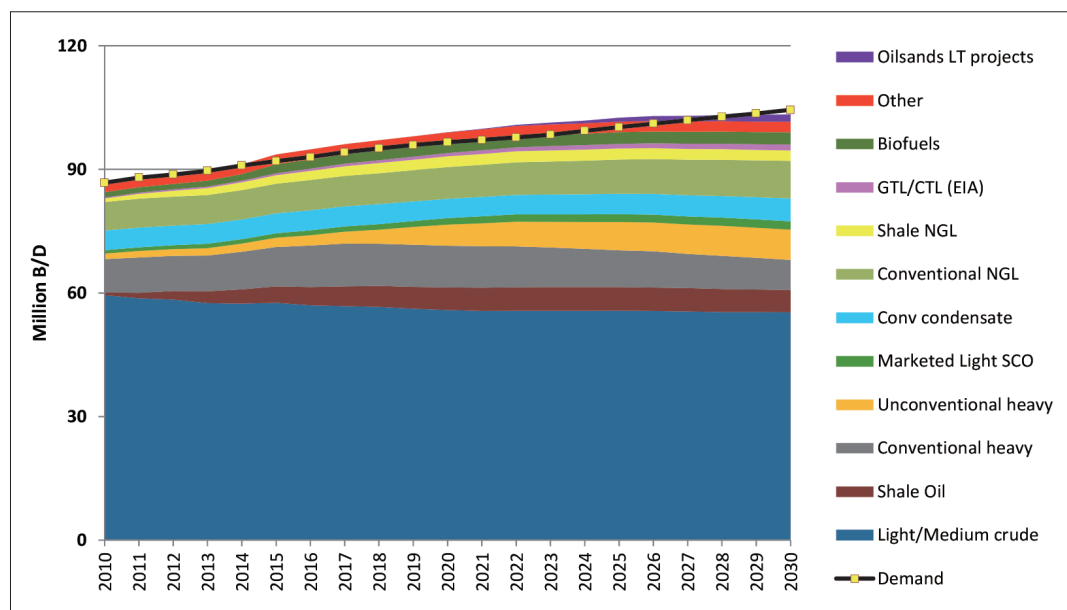
のゆっくりしたペースで増加し、その後減退する見通しです。ヨーロッパ、ロシア及びアジアの重質油生産はゆっくりと減退する見通しです。



出所：Hart Energy

図1 各地域の重質原油生産予測

現在、重質油生産の84%が在来型資源に由来していますが、2030年までには、57%が非在来型資源由来となると予測されています。非在来型資源としては、北米のシェールオイル生産も急増中で、2025年までに570万BPDの原油及びコンデンセートが生産される予測です。図2に提示した世界の油種別液体燃料生産見通しでは、2015年から需要に対しわずかに原油過剰となり、その状態が続いた後、2027年以降には再び不足に転じると予測しています。



出所：Hart Energy

図2 世界の油種別液体燃料生産見通し

重質油開発にかかる採掘コストは、原油開発プロジェクトを格付けする際の重要な要素であり、開発埋蔵量 1 バレル当たりのドル又は開発能力の BPD 当たりのドルとして表されます。前者はシェールオイル対重質油といった異なるタイプのプロジェクトを比較する際に有用であり、後者は重質油水蒸気攻法や非在来型重質油開発といった、何年にもわたり低い減退率で生産されるプロジェクトに適しています。2 ドル / バレル未満の中東のプロジェクト以外は、大半が 8 ～ 18 ドル / バレルの範囲内です。シェールオイルの場合は約 14 ～ 17 ドル / バレルです。

ただし、重質油田においては水蒸気圧入等、外部エネルギーを擁する場合がほとんどであり、操業コストは高価となります。近年、北米の天然ガスが供給過剰によって価格が大幅に低下したことで、油田の操業コストも大きく下がりました。しかしながら、依然として重質油を輸送可能な性状にするためのブレンディングコストは 30 ドル / バレルを超えています。カナダ産オイルサンドの損益分岐点コストは、新たな地層内回収プロジェクトの場合、WTI 価格が平均約 60 ドル / バレルであることが必要です。採掘プロジェクトでは、WTI 価格 80 ドル / バレルで損益分岐点に達しますが、採掘とアップグレーダーの統合プロジェクトでは、損益分岐点に達するには最高で 100 ドル / バレルが必要となります。一般に、バッケン及びパーミアンのシェールオイル開発プロジェクトの平均の損益分岐点価格は、1 バレル当たり 35 ～ 70 ドルです。

油田のランニングコストが高い重質原油ですが、白油得率が低いためにその市場価格は重軽格差として在来油より安く抑えられています。原油の供給量が需要を上回ると、在来型の原油価格が下落する可能性があります。仮に価格下落により在来型原油価格が重質油の損益分岐点を下回る状況が続いた場合、重質油田の操業は採算割れを起こし、油田開発が失速する可能性もあります。このように、重質油田開発が今後も継続して行われるかどうかについては、在来原油の価格動向に注意する必要があります。

重質油生産国は、国内の重質油処理能力を増強しつつありますが、世界市場で利用可能な量も増加する見込みです。最大の重質油処理能力を持つ北米は、現在進行中のいくつかの重質油精製プロジェクトの完成により、北米産重質油の精製能力がさらに拡大する予定です。その後、北米の製油所は、非在来型シェール・タイトオイルプレイから増産される軽質油を処理する必要があるため、2025 年以降は重質油処理量をさらに拡大することはないと思われます。精製能力は 2025 年までは横ばい状態で、その後、重質油処理量は減少し、北米からの重質油輸出量の大幅な増加が予想されます。

表 1 は、輸出市場に回ってくる大量の重質油の処理に関する情報として、各地域における輸出量、北米の製油所、南米・中米及びカリブ海地域の製油所、ヨーロッパによる輸入量、その残りとしてアジア及び量は少ないですがアフリカへ輸出される正味量を示しています。2012 年にアジア・アフリカが輸入した 160 万 BPD の多くは中国とインドによって処理されました。北米は、輸出市場から 146 万 BPD を輸入しました。これにはカナダ産原油の米国への輸出は含まれていませんが、それは両国を単一市場と考えているからです。北米は、重質油の輸出を開始するのに伴い、輸入が劇的に減少する見込みです。需要の増加によって、アジアは重質油の主要市場と将来なり得ます。また、アフリカでもこの原油の一部が受け入れられる見込みです。ただしそれには、さ

らなる重質油分解装置の導入のために、1,000 億円を超える規模での精製設備の投資が必要となる他、腐食対策による投資や精製コスト上昇を伴います。

表1 世界の重質油輸出バランス（千 BPD）

Export Market	2012	2015	2020	2025	2030	2035
North America	262	323	685	2,011	2,540	2,490
South America	1,776	2,098	1,899	2,248	2,367	2,068
Europe, Russia & CIS	267	300	400	232	145	97
Asia Pacific	111	82	42	25	9	0
Middle East	632	1,299	1,713	1,518	1,331	1,233
Africa	827	745	726	739	610	506
Total	3,876	4,847	5,465	6,772	7,001	6,393
Draw from Export Volume						
North America	1,460	1,130	200	180	150	150
South America	400	400	450	450	450	450
Europe	450	440	430	420	400	390
Total	2,310	1,970	1,080	1,050	1,000	990
Net to Asia/Africa Refining						
Total	1,566	2,877	4,385	5,722	6,001	5,403

出所：Hart Energy

3. まとめ

供給量の増加が最も著しいと考えられているのがカナダのオイルサンド由来の重質油です。次いで供給量増大が著しいとされているのは南米ベネズエラのオリノコ超重質油であり、中東がさらに続きます。アフリカ、ヨーロッパ、ロシア及びアジアの重質油生産は将来的には減退する見込みです。

北米は、2025 年以降、重質油処理量をさらに拡大することはないと思われます。これにより北米産の重質油は輸出へ流れ、我が国を含むアジア地域でも受け入れ可能となると予想されます。ただし、我が国の石油精製業が重質油取扱量を増やすことを検討する場合、重質油分解装置導入や腐食対策等、さらなる精製設備への投資が必要となります。また、重質原油が価格面において在来型の原油よりも優位である必要があります。それゆえに、重質・高酸価原油の購入価格低減によるメリットと、設備投資及び精製コスト上昇によるデメリットのバランスについて考慮する必要があります。また、在来型原油の価格動向が重質原油の今後の開発に与える影響にも注目して判断しなければなりません。

技術報告

「重質油等高度対応処理技術開発事業： 重質油分解プロセス高度化技術の開発」

～触媒劣化機構解明による難反応性原料の最適処理技術開発～

1. はじめに

新規開発原油の重質化、国内燃料油需要の減少と白油化など、石油を巡る厳しい環境の中で、我が国が中長期的にも石油の安定供給を維持するためには、残渣油やより重質な原油を効率的に精製できる体制を早急に整え、石油資源の有効利用を最大限進める取組が求められています。

そこで、当センターでは、平成 23 年度から「重質油等高度対応処理技術開発事業」を開始し、既存プロセスの高度化を狙いとした「重質油分解プロセス高度化技術の開発」と新規プロセスの開発を狙いとした「新規重質油分解・有用化プロセス技術の開発」の 2 分野での技術開発を進めています。本技術開発は、共通基盤技術であるペトロリオミクス技術の開発と緊密に連携して進めることに特徴を持っています。

本稿では、既存プロセスの高度化を狙いとした「重質油分解プロセス高度化技術の開発」の中で実施している「触媒劣化機構解明による難反応性原料の最適処理技術開発（横浜第 701 研究室担当）」について紹介します。

2. 技術開発の背景・目的及び開発目標

近年のエネルギー需要構造の変化に伴い、重油の余剰傾向が常態化しています。そこで、これまで重油基材として利用していた接触分解軽油（重油を原料油とする流動接触分解プロセスからの留出分）を、軽油基材や付加価値の高い化学品原料へと転換することが望まれています。しかし、接触分解軽油を軽油脱硫装置で処理した場合、触媒劣化が急激に加速されることが報告されています。

そこで、本技術開発では軽油脱硫装置にとっての難反応性原料である接触分解軽油を、できるだけ効率的に製品軽油などへ転換することを目的に、軽油脱硫プロセスの触媒劣化機構の解明、最適触媒の選定、運転条件の最適化などを実施します。この技術開発により軽油脱硫装置の処理性能を向上させ、接触分解軽油処理量を 30% 増加させても従来の運転時間を維持できることを目標とします。

3. 技術開発内容と全体計画

難反応性原料の最適処理技術を確立するために、本技術開発では以下に示した内容について検討を行います。

（1）異なる触媒、異なる原料油での水素化反応評価

異なる触媒、異なる原料油を用いて水素化反応（脱硫）における性能差を調べ、触媒劣化因子を抽出します。

(2) 原料油及び触媒の精密分析

原料油及び反応前後の触媒を分析するために、有効な前処理方法、分析方法及び分析条件を最適化し、触媒劣化状態を明らかにします。

(3) 原料油中及び触媒上の活性低下原因物質の特定

(1)及び(2)の検討結果を総合的に解析し、触媒活性を低下させる原因物質（コーク前駆体）を特定します。

(4) 触媒劣化機構の解明

「コーク前駆体の生成機構」、「コークの生成・成長機構」、「コークによる触媒活性の低下機構」についてペトロリオミクス技術などを活用して、触媒劣化機構を解明します。

(5) 軽油脱硫プロセスの最適運転指針の確立

解明した触媒劣化機構を基に、難反応性原料を処理可能とする運転指針を提案します。提案した運転指針はベンチ装置を用いた実験により検証します。

なお、平成23年度の事業開始からの開発計画を図1に示します。

年 度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度
項 目					
1. 異なる触媒、異なる原料油での水素化反応評価					
2. 原料油および触媒の精密分析					
3. 原料油中および触媒上の活性低下原因物質の特定					
4. 触媒劣化機構の解明					
5. 軽油脱硫プロセスの最適運転指針の確立					

図1 技術開発の全体計画

4. 技術開発状況

前述の開発項目における平成25年度までの実施状況を以下に紹介いたします。

(1) 異なる原料油での水素化反応評価

触媒劣化因子の抽出を目的として、異なる原料油による水素化処理反応（製品硫黄分＝8wtppm一定運転）を実施しました。用意した原料油は、直留軽油（LGO；硫黄含有量＝10,000wtppm、塩基性窒素含有量＝36wtppm、アロマ含有量＝32vol%）に接触分解軽油（LCO；硫黄含有量＝2,900wtppm、塩基性窒素含有量＝32wtppm、アロマ含有量＝75vol%）を15%混合した高アロマ原料油と、LGOに直接脱硫軽油（RDS-GO；硫黄含有量＝130wtppm、塩基性窒素含有量＝81wtppm、アロマ含有量＝36vol%）を15%混合した高塩基性窒素原料油の2種類です。これらの原料油を用いた水素化処理反応実験の結果を図2に示します。

図2より、高アロマ原料油運転（赤プロット）と高塩基性窒素原料油運転（青プロット）では、劣化速度に大きな違いがあることが確認されました。また、反応初期は高塩基性窒素原料油で運

転し、途中から高アロマ原料油に切り替えた実験（ピンクプロット）では、初期から高アロマ原料油で運転した時（赤プロット）よりも劣化速度が抑制されることが分かりました。このように、原料油の性状が異なると触媒劣化機構も異なることが明らかとなりました。

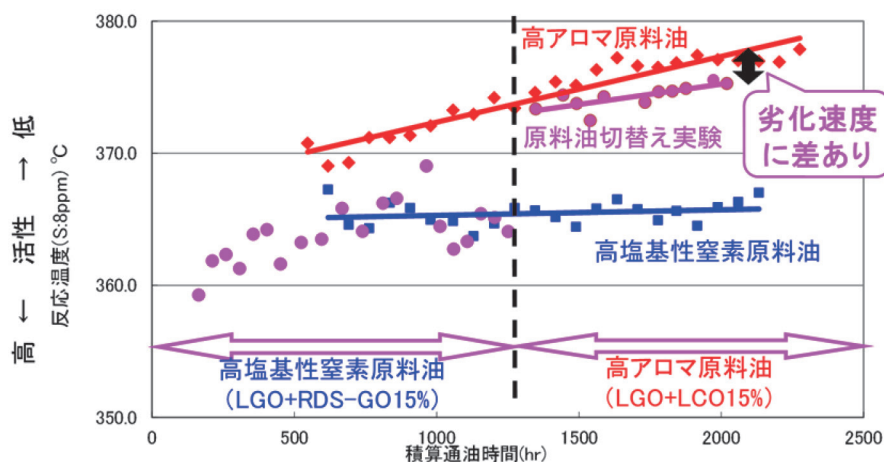


図2 異なる原料油を用いた時の水素化処理（脱硫）実験の結果

（2）触媒の精密分析

前述の原料油の違いが触媒劣化に与えた影響を調べるために、使用済み触媒上に堆積したコークの性状比較を行いました。

まず、触媒上のコークを固体 ^{13}C NMR を用いて分析した結果、高アロマ原料油で運転した時は、運転時間の増加とともに芳香族性炭素の割合が増加しており、コークが多環芳香族化合物へと成長していることが分かりました。一方、高塩基性窒素原料油で運転した時は芳香族性炭素の増加は見られず、多環芳香族への成長は起きにくいことが分かりました。

更に、堆積コークの状態を TEM にて観察した結果を図3に示します。図3より、高塩基性窒素原料油で運転した時の使用済み触媒では、熱処理によるコーク性状の変化は見られませんが、高アロマ原料油で運転した触媒の堆積コークは、熱処理することにより積層構造（グラファイト構造）が発現しました。これは、アロマ原料油由来のコークは多環化し易い（コーク成長し易い）形態で触媒上へ堆積していることを示唆しています。

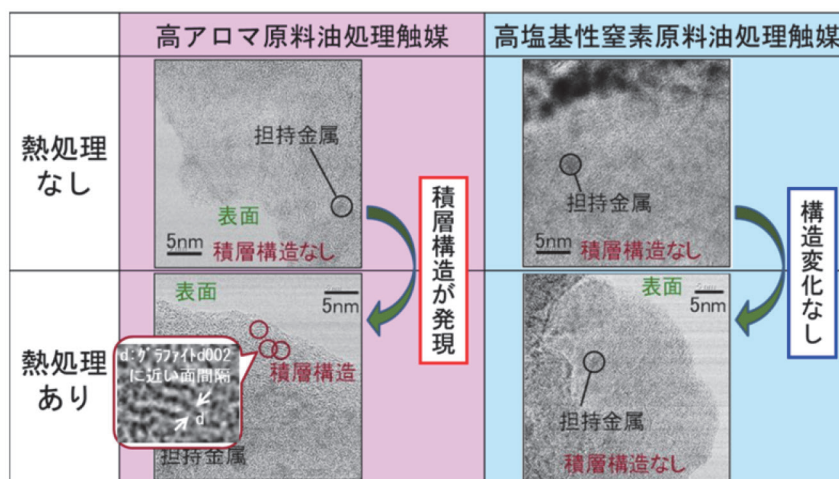


図3 各原料油処理後の触媒上の堆積コーク（熱処理の有無）の TEM 観察結果

このように高アロマ原料油と高塩基性窒素原料油では、その触媒劣化（コーク生成・成長）の形態に違いがあることを明らかにしました。

（３）原料油中の活性低下原因物質の特定

軽油脱硫原料油を詳細に組成分析することにより、原料油に含まれるアニリン類（高塩基性窒素）が活性低下に関与していると推定されました。そこで、アニリン類の濃度の異なる原料油と水素化反応初期活性の関係を調べた結果を図４に示します。図４より、アニリン類濃度と活性には良い相関があることが分かりました。さらに、アニリン類を側鎖の炭素数別に定量した結果、側鎖の炭素数は１～６個の範囲にわたり分布し、炭素数が３～６のアニリン類の濃度が高いことが分かりました。

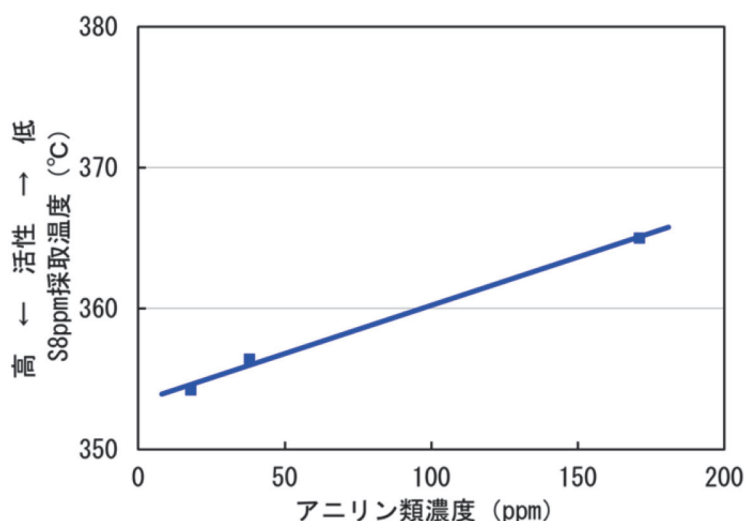


図４ 異なるアニリン類濃度の原料油と初期活性の関係

（４）触媒劣化機構の解明

①コーク劣化機構（コーク生成・成長過程）の推定

異なる原料油の水素化処理実験や使用済み触媒上のコーク分析などの結果より、コーク生成・成長過程を図５のように推定しました。すなわち、高塩基性窒素原料油では、塩基性窒素化合物由来のコーク前駆体がコークに生成・成長し難い（芳香環の縮合が起こり難い）形で触媒上

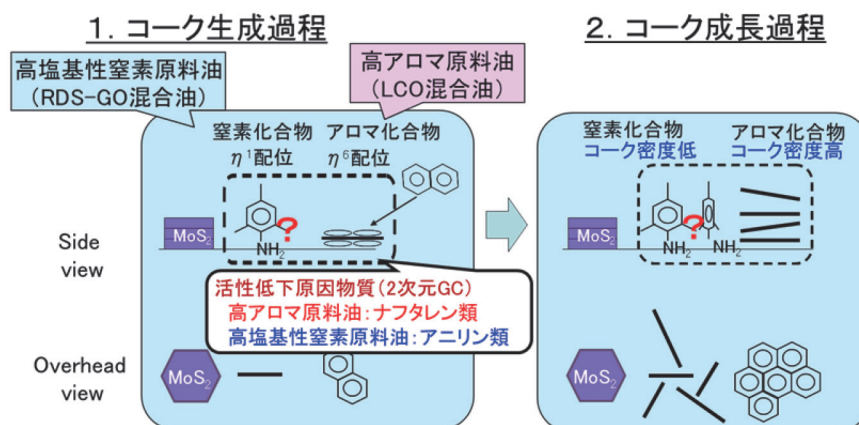


図５ 原料油の違いにより推定されるコーク生成・成長過程

に吸着するのに対して、高アロマ原料油では、アロマ化合物由来のコーク前駆体が縮合してグラフェン構造を形成し易い形で吸着し、コーク劣化が進行し易いと推定しました。

②触媒劣化のモデル化（ペトロリオミクス技術の活用）

触媒劣化をより詳細に調べるために、ペトロリオミクス技術を活用して使用済み触媒上に堆積したコークの詳細構造解析を実施しました。その結果、反応初期で取り出した触媒には、堆積コーク中に窒素化合物が多く含まれていることが分かりました。これは、アロマ化合物由来のコーク前駆体よりも高塩基性窒素化合物由来のコーク前駆体の方が触媒上に堆積しやすい傾向にあることを示しています。この結果は、図2の異なる原料油を用いた時の水素化実験結果及び図5のコーク生成・成長モデルを裏付ける結果となりました。さらに、ペトロリオミクス技術を活用したコークの詳細解析においては、従来技術では観測されていなかった種類のコークも見出されております。今後、これらの成分と触媒劣化の関係を明らかにすることにより、触媒劣化モデルを深化させていく予定です。

5. 今後の予定

今後も引き続き、軽油脱硫反応における触媒劣化機構を解明するために、異なる触媒、異なる原料油の反応性評価、原料油及び使用済み触媒の精密分析、更にはペトロリオミクス技術を活用した検討を行います。

最終的には、解明した触媒劣化機構を基に軽油脱硫プロセスの触媒劣化抑制方法を抽出し、本技術開発の目標である“難反応性原料を処理可能とする運転指針”を提案します。提案した運転指針はベンチ装置を用いた実験により触媒劣化抑制効果を検証する予定です。

6. おわりに

今回は、「重質油分解プロセス高度化技術の開発」のうち「触媒劣化機構解明による難反応性原料の最適処理技術開発」について、部分的ではありますが概要を紹介しました。基盤研究としてのペトロリオミクス技術開発を活用することにより、新たな知見や技術開発が進んで来ています。今後もこのペトロリオミクス技術開発と緊密に連携することにより、効率的かつ最大の効果を上げられるように技術開発を進めていきます。なお、技術開発の詳細につきましては、当センターのホームページの「技術開発研究成果」からご覧頂けますので是非ご活用ください。

「重質油等高度対応処理技術開発事業」では、ペトロリオミクス技術の活用により大きな成果が期待出来ますので、今後も、技術開発を計画通りに実施し、その革新的な成果については適宜ご紹介して参ります。



技術報告

「JATOP II 事業の概要と 平成 25 年度成果のトピックス」

1. はじめに

当センターでは燃料利用技術開発事業の一環として、現在、JATOP II（Japan Auto-Oil Program II）事業を実施しています。この JATOP II は、石油業界と自動車業界の共同研究事業として、自動車及び燃料分野における技術課題の解決を目指し、JATOP I（平成 19 年度～平成 23 年度）に引き続いて平成 24 年度から 3 年間の予定で実施されています。

平成 25 年度が終了しましたので、事業概要と成果のトピックスを紹介いたします。

2. 事業の目的

JATOP II では、大きく分けて 2 つの領域の研究事業を実施しています。一つ目は自動車・燃料研究、二つ目は大気研究です。各々の背景と本事業での目的は、以下のとおりです。

（1）自動車・燃料研究

近年、国内燃料油需要の減少と需要構成の変化が起っています。その中でも分解系軽油留分（特に LCO 留分）は、従来は主に A 重油の基材として用いられていましたが、この用途の大幅な需要減少が見られています。また、エネルギー供給構造高度化法に基づく原油処理量に対する分解装置比率の増加もあり、分解軽油留分の更なる余剰が予想されることから、その有効利用が喫緊の課題となっています。その方策の一つが自動車燃料（軽油）基材としての利用拡大です。一方、自動車も厳しい排出ガス規制や新燃費基準への対応などのため、新しい技術・装置が導入されており、燃料性状変化に対する自動車性能への影響度合いが異なってきた可能性があります。

そこで、分解系軽油留分（特に LCO 留分）を利用した軽油燃料について、ディーゼル車の各種性能に及ぼす影響検討を行い、実用上の課題を把握するとともに市場への導入拡大に資する技術的知見を得ることを目的に、本研究を進めています。

（2）大気研究

近年、健康への影響の大きさから $PM_{2.5}$ が注目されています。 $PM_{2.5}$ とは大気中の微小粒子状物質で、その生成には多くの要因が絡み合っていますが、発生源の一つとして燃焼があるとされています。また $PM_{2.5}$ 総量は、発生源からの一次排出粒子に加え、ガス状物質からの二次生成粒子も大きな割合を占めていると想定されています。 $PM_{2.5}$ は平成 21 年 9 月に環境基準が制定されましたが、平成 23 年度における環境基準達成率は 30% 以下にとどまっています。この環境基準達成に向けて有効な環境対策を実施するためには、発生源の寄与度解析や各種低減策の効果の評価が必要です。JATOP II ではそれらに用いるための排出インベントリデータの整備や、三次元大気シミュレーションモデルの精度向上と、更にはその活用を目指して研究を進めています。

3. 平成 25 年度成果の概要

(1) ディーゼル車将来燃料研究

ディーゼル車将来燃料研究では、2020 年の市場で大半を占めると予想されるポスト新長期排出ガス規制対応車両の排出ガス・燃費、実用性能への影響のみならず、自動車部材、インジェクタデポジット等への影響や分解系軽油留分の混合による燃料性状への影響についても評価・検討しています。

試験用燃料は、2020 年には分解装置比率が約 41%まで増えることにより分解軽油留分混合比率が増加し、平均セタン価は現状の 56 程度から 50 程度まで低下すると想定して評価燃料の性状を設定しています。現行の 2 号軽油をベースに分解軽油の混合によりセタン価を変化させ、主に燃料のセタン価影響を評価するセタン価変化シリーズと、GTL (Gas to Liquid fuel; 天然ガス合成燃料) や、WME (Wasted Oil Methyl Ester; 廃食用油メチルエステル)、セタン価向上剤など様々な基材、添加剤を利用してセタン価を制御することを想定した組成変化シリーズからなっています。試験用燃料設計の概念図と組成を図 1 に示します。

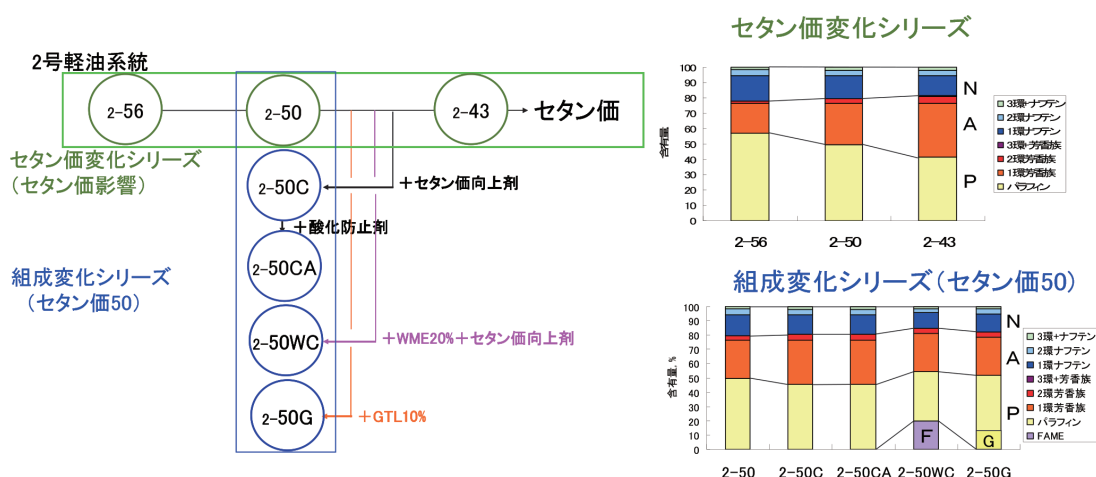


図 1 試験用燃料設計の概念図及び組成

評価する車両・エンジンは、ポスト新長期排出ガス規制適合の車両・エンジンを中心に選定していますが、比較のため新長期規制適合及び新短期規制適合車両・エンジンについても評価対象としています。評価に使用する車両・エンジンを表 1、表 2 に示します。表からわかるように、同一の排出ガス規制に適合した車両であっても、メーカーや車両によって、エンジンからの排出ガスを浄化する後処理装置に多彩なものが使用されており、燃料性状が変化した場合の影響が異なる可能性があることから、広く評価を実施していく計画です。

表 1 評価車両の主要諸元

車両コード	J2DV01	J2DV02	J2DV03	J2DV04	J2DV05	J2DV06	J2DV07	J2DV08
適合排出ガス規制	P新長期	P新長期	P新長期	P新長期	P新長期	P新長期	新長期	新短期
排気量(L)	3.0	3.0	4.0	3.2	2.0	3.0	3.0	4.8
燃料供給方式	CRS, DI	CRS, DI	CRS, DI	CRS, DI	CRS, DI	CRS, DI	CRS, DI	CRS, DI
トランスミッション	5AMT	5MT	5MT	5AT	6AT	5MT	5MT	5MT
空気吸入方式	TC	TC	TC	TC	TC	TC	TC	NA
出力(kW/rpm)	110/2800	106/3400	110/2500	140/3500	127/3750	106/3400	110/2800	96/3000
トルク (Nm/rpm)	375 / 1400-2800	300 / 1200-3200	420 / 1400	441 / 2000	360 / 2000	300 / 1200-3200	375 / 1600	333 / 1500
圧縮比	17.5	15.0	18.0	16.0	15.6	15.0	17.5	18.5
気筒数	4	4	4	4	4	4	4	4
後処理装置	DOC→DPF	DOC→DPF	DOC→DPF	DOC→LNT →DPF→DOC	DOC→LNT →DPF	DOC→DPF	DOC→DPF	DOC

DOC: Diesel Oxidation Catalyst(ディーゼル用酸化触媒)

DPF: Diesel Particulate Filter(ディーゼル微粒子捕集フィルター)

LNT: Lean NOx Trap(リーンNOxトラップ触媒)

表2 評価エンジンの主要諸元

エンジンコード	J2DE01	J2DE02	J2DE03	J2DE04	J2DE05	J2DE06	J2DE07
適合排出ガス規制	P新長期	P新長期	P新長期	P新長期	P新長期	新長期	新短期
排気量(L)	7.5	4.0	8.9	3.0	7.8	7.5	4.9
燃料供給方式	CRS, DI	CRS, DI	CRS, DI	CRS, DI	CRS, DI	CRS, DI	CRS, DI
空気吸入方式	TC	TC	TC	TC	TC	TC	NA
出力(kW/rpm)	199/2500	132/2800	235/1800	106/3400	221/2400	199/2700	99/3000
トルク $\left(\frac{\text{Nm}}{\text{rpm}} \right)$	785 / 1100-2400	480 / 1400	1569 / 1100	300 / 1200-3200	981 / 1450	785 / 1400	343 / 1600
圧縮比	16.0	17.0	17.0	15.0	17.5	17.5	19.2
気筒数	6	4	6	4	6	6	4
後処理装置	DOC→DPF →SCR→DOC	DOC→DPF	DOC→DPF →SCR→DOC	DOC→DOC	DOC→DPF →SCR→DOC	DOC→DPF	DOC→DPF

DOC: Diesel Oxidation Catalyst(ディーゼル用酸化触媒)

DPF: Diesel Particulate Filter(ディーゼル微粒子捕集フィルター)

SCR: Selective Catalytic Reduction(選択還元触媒)

平成 25 年度成果のトピックスを以下に示します。

①車両による排出ガス・燃費特性評価

ポスト新長期規制適合の 2 車両 (J2DV01、J2DV04) の試験を実施し、分解系軽油増量混合燃料等の各種燃料の排出ガス・燃費特性に与える影響について、前年度の 1 車両 (J2DV02) の結果を含めて評価しました。その結果、セタン価の低下に伴いエンジン出口 THC (Total Hydrocarbon; 全炭化水素) は増加傾向にありましたが、後処理装置出口ではその影響は縮小していました。また、後処理装置出口 CO はセタン価の低下に伴い増加傾向にありましたが、NOx、PM、発熱量基準燃費に対しては影響が小さいことを確認しました。

②エンジンによる排出ガス・燃費特性評価

ポスト新長期規制適合エンジン 2 台 (J2DE03、J2DE04)、新長期規制適合エンジン 1 台 (J2DE06)、新短期規制適合エンジン 1 台 (J2DE07) の試験を実施し、前年度の 2 台 (J2DE01、J2DE02) を含めて 6 台のエンジンの排出ガス・燃費特性を評価しました。

その結果、後処理装置出口の NMHC (Non-Methane Hydrocarbon; 非メタン炭化水素)、CO、NOx、PM 並びに発熱量基準燃費に対して分解系軽油を混合した燃料の影響はほとんど見られませんでした。一方、エンジン出口の NMHC、CO は低セタン価の燃料で概ね増加する傾向にありました。また、PM についても尿素 SCR を搭載した J2DE01、J2DE03 を除いて、増加傾向が見られました。

図 2 に排出ガスの浄化イメージを示します。後処理装置は、NMHC、CO を DOC で酸化し、PM を DPF で捕捉することで、これらの成分の大気中への排出を低減しています。DPF は PM を捕捉し続けると次第に効率が低下してくるので、あるタイミングで捕捉し、堆積した PM を燃焼・除去する DPF の再生運転をしています。したがって、エンジン出口排出ガス、特に PM 排出量が増加すると、DPF への負荷が増大すると想定されます。そこで、車両を用いて DPF 負荷影響について検討しました。

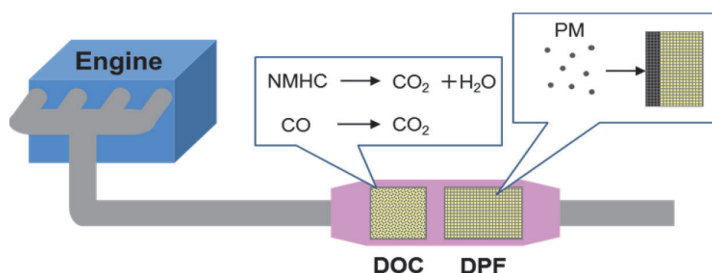


図2 後処理装置による排出ガスの浄化イメージ (例)

③ DPF 負荷影響

DPF に PM が捕捉され、堆積するにつれて差圧（DPF 入口と出口の圧力差）が上昇しますが、再生運転により PM が除去されると、元の差圧に戻ります。DPF 負荷影響は、車両の排出ガス規制の試験モードを繰返し走行し、PM 堆積に伴う差圧上昇挙動、再生運転前後の差圧の回復などを評価しました。図3にモード繰返し走行時の DPF 差圧挙動の概念図を示しました。DPF 再生運転には、主に差圧で制御する方法と、主に PM 堆積量を車両の運転状況などから求めた計算堆積量で制御する方法などがあります。差圧で再生制御する車両は、所定の差圧で再生運転を実施して元の差圧に戻るベースケースに対して、PM 排出量が多くなった場合には差圧上昇が速くなり、再生運転インターバルが短縮すると想定されます。また、計算堆積量で再生制御する車両では、PM 排出量が多くなると計算堆積量よりも多く堆積するので差圧がベースケースよりも高くなります。その場合でも再生運転で堆積した PM を除去できれば元の差圧に戻りますが、完全に除去しきれない場合には元の差圧に戻らず、PM 堆積 / 再生を繰返すことで再生後の差圧を上昇させる可能性が想定されます。

実際に再生運転制御方法の異なる2台の車両について評価した結果、主に差圧で制御する車両は、セタン価 43 燃料での差圧上昇がセタン価 56 燃料よりも速く、DPF 再生に入るまでのインターバルが短縮する傾向が見られました。また、主に計算堆積量で制御する車両では、セタン価 43 燃料で差圧上昇が速くなったり、再生後の差圧が元の差圧に戻りづらい場合のあることなどがわかりました。

今後、燃料の種類や試験車両数を増やして DPF 負荷影響に関する知見を蓄積するとともに、負荷軽減に向けた検討を実施する予定です。

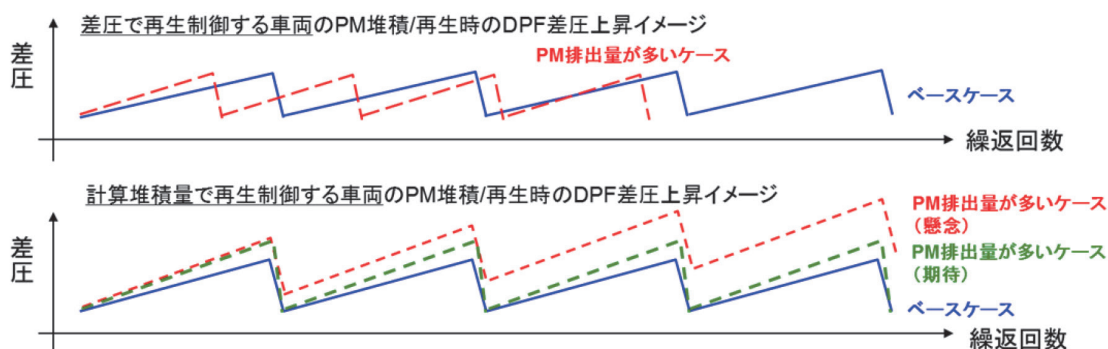


図3 PM 堆積 / 再生時の DPF 差圧上昇イメージ

(2) 大気研究

PM_{2.5} の発生源寄与度解析や将来推計に必要な三次元大気シミュレーションモデルの精度向上に向けて、三つの取組を実施しました。以下に結果を簡単に述べます。

①三次元大気シミュレーションによる PM_{2.5} 濃度の再現性評価

2010 年排出量インベントリ及び最新の三次元大気シミュレーションを用いて、2010 年度の PM_{2.5} の年間濃度計算を実施しました。場所により異なりますが、概ね PM_{2.5} の日々の濃度を再現できました（図4）。

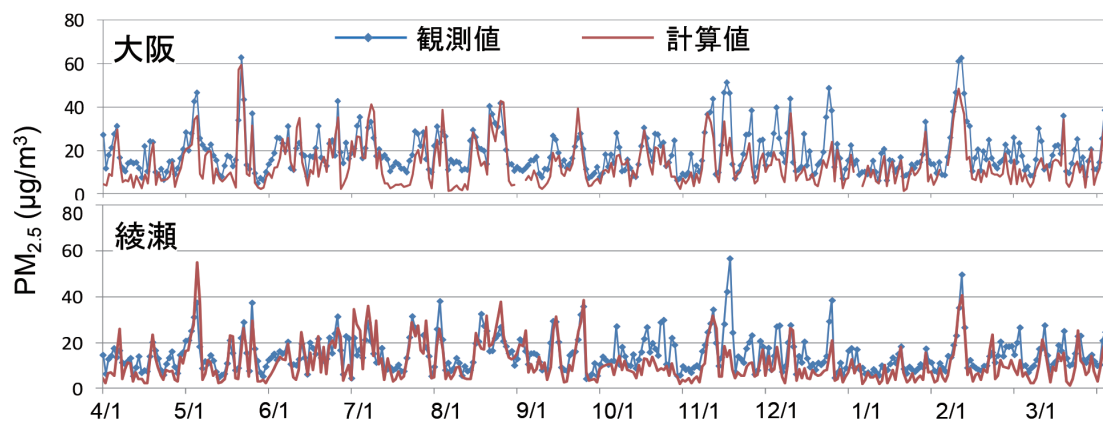


図4 2010年度のPM_{2.5}観測値と計算値の比較（日平均）

② PM_{2.5}のフィールド観測

(ア) 関東圏の8地点（境界7地点／圏央1地点）における観測

関東圏の8地点の同時観測を行い、PM_{2.5}の主要成分である硫酸イオンについて、圏外流入分と圏内生成成分を推計しました。硫酸イオンの圏外からの流入分は8割程度と推計されましたが、天候が安定しない日が多く、更なる解析が必要と思われます。

(イ) 都心と郊外での広域観測

国立環境研究所が中心となり、当センター、埼玉県環境科学国際センター、群馬県衛生環境研究所と共同で、有機エアロゾルの動態把握をするために、東京都千代田区九段、埼玉県加須市、群馬県前橋市の3地点で同時にPM_{2.5}の観測を行いました。今年度、水溶性有機炭素と非水溶性有機炭素の比（WSOC/WISOC）を分析し二次粒子生成のメカニズムを解析していきます。

(ウ) PM_{2.5}高濃度日の成分観測

高濃度日のPM_{2.5}の組成を把握するため、2013年7月から、東京都世田谷区野毛において、PM_{2.5}のフィルターへの捕集を継続的に実施しています。成分分析及び詳細な解析は今年度行う予定です。

③ 二次粒子生成モデルの検討（チャンバー実験）

チャンバー実験によりα-ピネンの光化学反応及びオゾン酸化反応におけるSOA(Secondary Organic Aerosol；二次生成有機エアロゾル)反応性を測定しました。前者は実験値と大気モデル推計値はよく一致しましたが、後者は大気モデル推計値より高いということがわかりました。

4. おわりに

JATOP II事業は、平成24年度より3ヵ年計画でスタートし、早くも最終年度を迎えました。本事業では、これまでに自動車・燃料研究、大気研究とも多くのデータ、知見を取得しております。これらの成果については、技術報告書として取りまとめることはもとより、来年3月に成果発表会を開催し広く一般に公開する予定としております。

一般財団法人 石油エネルギー技術センター

ホームページアドレス <http://www.pecj.or.jp/>

本 部 〒105-0001 東京都港区虎ノ門4丁目3番9号 住友新虎ノ門ビル

●総務部	TEL・03(5402)8500	FAX・03(5402)8511
●調査情報部	8502	8512
●技術企画部	8503	8520
●自動車・新燃料部	8506	8527
○水素利用推進室	8513	8527
○自動車・燃料研究(JATOP)	8505	8520
○企画・規制見直し担当	8506	8527
●統計解析部	8507	8514

石油基盤技術研究所

〒267-0056 千葉県千葉市緑区大野台1丁目4番10号
TEL:043(295)2233(代) FAX:043(295)2250

米国長期出張員事務所

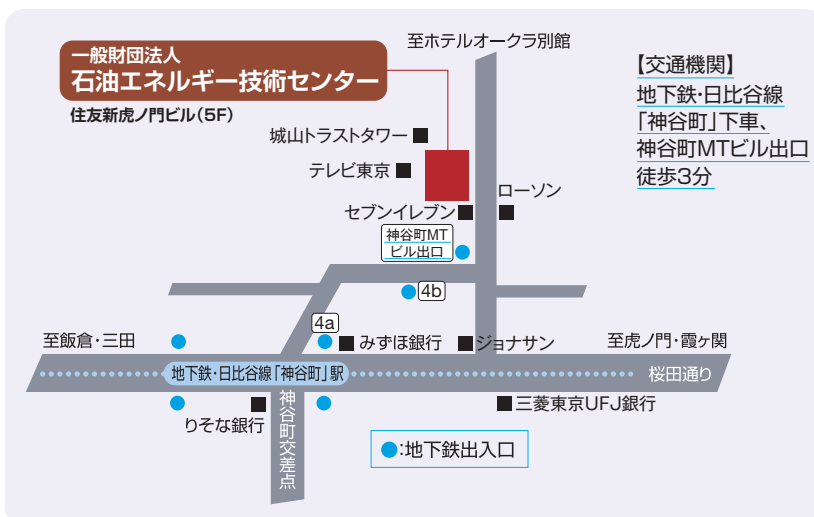
Japan Petroleum Energy Center (JPEC)
Chicago Office
c/o JETRO Chicago, 1E. Wacker Dr., Suite 600 Chicago, IL 60601, USA
TEL:+1-312- 832-6000 FAX:+1-312- 832-6066

欧州長期出張員事務所

Japan Petroleum Energy Center (JPEC)
Brussels Office
Bastion Tower Level 20, Place du Champ de Mars 5, 1050 Brussels/BELGIUM
TEL:+32-0-2-550-3819 FAX:+32-0-2-550-3737

中国長期出張員事務所

北京市朝陽区建国門外大街甲26号
長富宮弁公楼401
郵便100022
TEL:+86-10-6513-9832 FAX:+86-10-6513-9832



無断転載を禁止します。