

■特集

◎調査報告「ビッグデータ解析手法による自主保安高度化技術に関する調査」_____ 1

◎調査報告「米国石油精製業界を取り巻く市場動向」_____ 9

◎国際会議「第8回日欧石油技術会議」報告_____ 24

■トピックス

「平成 29 年度第1回ペトロリオミクス技術セミナー」開催報告
_____ 33

特集

調査報告 「ビッグデータ解析手法による自主保安 高度化技術に関する調査」

1. はじめに

我が国の製油所の競争力強化に向けた最重要課題の一つとして、製油所設備の稼働信頼性の向上が指摘されています。稼働信頼性向上のためには、製油所が蓄積してきた運転データ、点検データ等の各種データを活用した効率的な運用管理が重要であり、その手段として、近年脚光を浴びている IoT やビッグデータ解析技術は有効なツールになると考えられます。

当センターはこれらの技術に着目し、平成 26 年度からビッグデータ解析手法の可能性について調査を進めてきました。平成 27 年度の調査では、常圧蒸留装置のデータを中心に配管腐食予測モデルの検討を行い、予測年間腐食量と実測年間腐食量の差が 0.1 mm/年以内であるデータの割合が 99% を超える精度を有するモデルを構築することができました。

平成 28 年度は、これらの知見を国内の 7 つの製油所に展開し、稼働信頼性向上に繋がる効率的な保全管理が可能となるモデルの実証に向けた更なる調査を実施しました。本稿ではその概要についてご紹介します。

なお、本調査は、当センターが経済産業省資源エネルギー庁の委託を受けて、「平成 28 年度 IoT 推進のための社会システム推進事業（自主保安高度化事業）」の一環として実施したものです。

2. 実施体制

本調査の実施体制を図1に示します。石油会社7社7製油所からデータを提供していただき、当センターの全体統括のもと、製油所の保守管理に対して豊富な知見と技術を有する日揮プラントイノベーション株式会社がデータ解析を実施しました。また、業界団体である石油連盟の設備管理専門委員会とも連携し、製油所共通のニーズや課題などを共有するとともに適宜進捗を報告し、意見を参考に調査を進めました。

さらに、鈴木委員長（岡山大学教授）、辻委員（東京電機大教授）、関委員（東京工業大准教授）、及び広瀬委員（石油連盟技術環境安全部）からなる「IoT推進のための社会システム推進に係る専門委員会（IoT専門委員会）」を設置し、調査の進捗報告及び調査結果についてご意見をいただきました。

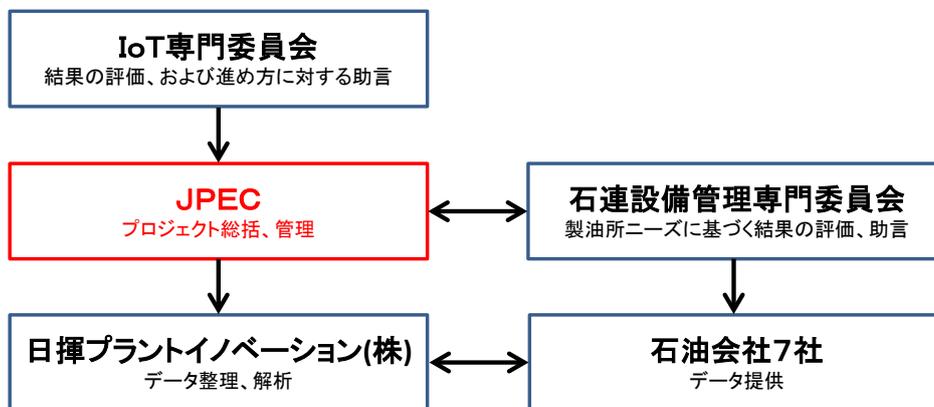


図1 実施体制

3. 調査の結果

平成27年度までの検討で培ったノウハウに基づいて配管腐食予測モデルを構築し、予測精度を比較・検証しました。具体的には、（1）データ収集・クレンジング、（2）解析準備、（3）配管腐食予測モデル構築・検証の3ステップで行いました。

（1）データ収集・クレンジング

本調査では、7社7製油所から常圧蒸留装置に関連するデータを提供していただきました。ファイル形式をアクセス形式に変換して統一し、ソフトウェア上で、明らかに解析に適さない誤入力データや参考データ等を無効データとして機械的に除去しました（データクレンジング）。無効データ除去前後の各製油所のデータ数量を表1に示します。

さらに、表記統一等のデータ加工、及び他データソースから配管形状や腐食系統等のデータ追加を行い、製油所毎に解析用のデータベースを作成しました。

表 1 製油所毎の測定数量

会社名	測定箇所数	測定数量 (測定経歴数)	平均_測定回数 (測定数量/測定箇所数)	解析採用測定数 (無効データ処理後)
A 製油所	6,074	18,369	3.02	18,112
B 製油所	6,495	12,565	1.95	12,565
C 製油所	11,320	36,520	3.23	36,520
D 製油所	11,324	22,028	1.95	22,028
E 製油所	9,780	19,368	1.98	19,368
F 製油所	6,426	25,190	3.92	21,362
G 製油所	11,251	22,018	1.96	21,640

(2) 解析準備

①年間腐食量（腐食速度）の計算方法

石油学会の配管維持規格（JPI-8R-1-2007）では、腐食速度計算の基準値として「完成時の実測値の採用を原則とする」とされていますが、ご提供いただいたデータには肉厚を1回しか実測していない測定点が多く含まれており、また1回目の測定が建設から長時間を経過しており基準値として用いることが好ましくない測定点も含まれていました。そこで本調査では、実測年間腐食量を以下の基準で計算しました。

- ・ 建設または取替後、1回しか肉厚を実測していない点については、製作肉厚を基準とする。
- ・ 2回目以降の肉厚測定については、1回目の測定時期が建設年月から1年未満のものは、1回目の測定値を「腐食速度計算基準肉厚」とする。（配管維持規格の通り）
- ・ 1回目の測定時期が建設年月から1年以上経過しているものは、製作肉厚を「腐食速度計算基準肉厚」として採用する。ただし、製作肉厚と1回目の測定値との間の腐食速度が±0.75mm/年を超える場合は、製作肉厚の信憑性が低いと判断し、1回目の測定値を「腐食速度計算基準肉厚」とする。

②腐食系統の再分類

腐食系統の分類は、石油学会の防食管理規格（JPI-8R-11-2009）に基づいて行いましたが、会社によっては異なる腐食系統情報も存在するため、腐食系統毎のデータ散布状況を調べて、腐食系統の見直しを検討しました。

例えば、図2に示す某製油所の腐食系統毎の腐食速度データの分布状況の例では、腐食系統7と10において、二つのデータグループが存在することが判ります。このような箇所について詳細な調査を行い、腐食系統を再分類しました。

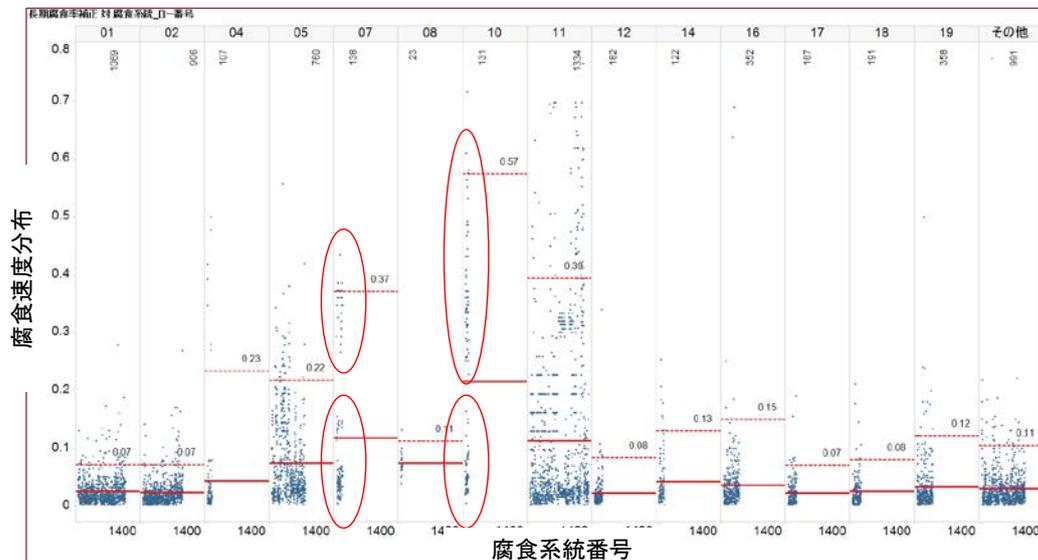


図2 腐食系統毎の腐食速度データの分布状況

(3) 配管腐食予測モデル構築・検証

① 個別配管腐食予測モデル

前項までに述べた処理を行った後、IBM 社製統計解析ソフトウェア「SPSS Modelar」を使用して、ニューラルネットワーク解析（表2）を行い、配管腐食予測モデルを構築しました。

表2 ニューラルネットワーク解析の概要

項目	内容
目的	腐食速度の予測
解析の手法	ニューラルネットワーク
解析の特徴	ニューラルネットワークでの解析対象と同一、または類似環境にある検査部位の腐食速度を予測可能。予測対象部位が、ニューラルネットワーク解析時と同一の入力項目を有することが望まれるが、一部不足していても、精度は落ちるものの予測可能。
入力項目	表3に記載
活用方法	肉厚測定箇所、測定周期の見直し等

平成27年度は予測精度に着目し、最終的に9種類の項目（＝データの種類）を採用しましたが、これらの中には、「測定方位」「足場」「保温・保冷」などの製油所によっては十分に整備されていない項目も含まれていました。そこで平成28年度は、製油所において汎用的に取得されており、かつ腐食との関連性が比較的高い8つの項目を入力項目として選定しました（表3）。

表3 ニューラルネットワーク解析に使用した入力項目

入力項目			
使用年数	温度	腐食系統	材質
建設・取替年月	寿命評価基準肉厚	サイズ	配管形状

これらの入力項目を用いて、全データのうち80%を学習用に、20%を検証用に用いてニューラルネットワーク解析を行い、製油所毎の配管腐食予測モデル（個別配管腐食予測モデル）を構築しました。このモデルから得られるアウトプットの一例を図3に示します。各プロットは測定点、横軸が肉厚測定から得られた実測年間腐食量、縦軸はこの配管腐食予測モデルで計算して得られた予測年間腐食量を示しています。この図に基づき、全プロットのうち何パーセントが誤差範囲内に含まれているかを算出し、それを予測精度の指標としました。

個別配管腐食予測モデルの予測精度を表4に示します。誤差<0.025mm/年の割合では製油所

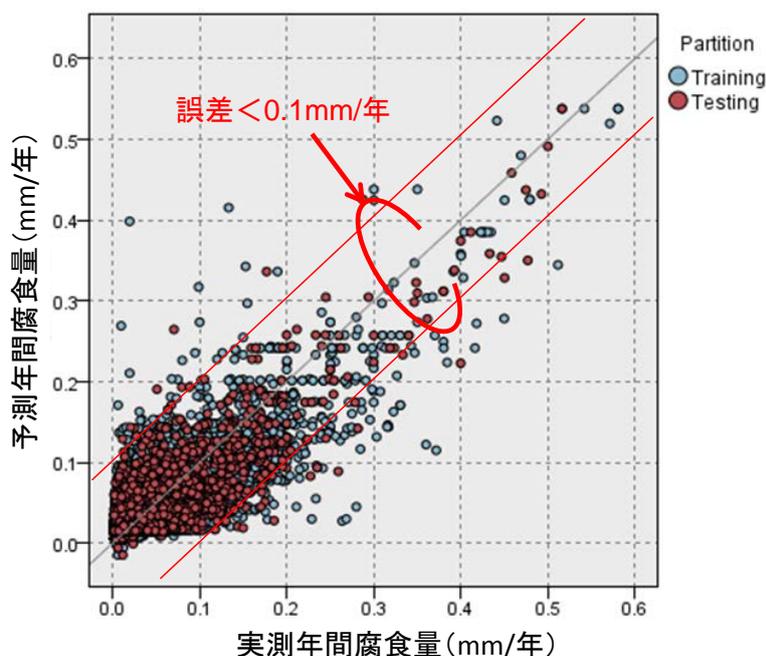


図3 実測年間腐食量 vs 年間腐食量散布図の例

によって予測精度に若干の差が見られましたが、誤差<0.05mm/年及び0.1mm/年の割合はいずれも100%に近い高精度であったことから、この配管腐食予測モデル構築手法は汎用性が高いものであると考えることができます。

表4 個別配管腐食予測モデルの予測精度

誤差(mm/年)内の割合 (%)	H27	H28 (個別予測モデル)							
		A 製油所	B 製油所	C 製油所	D 製油所	E 製油所	F 製油所	G 製油所	平均
誤差 < 0.025	85.0	87.8	79.6	97.9	92.0	87.0	91.8	85.4	88.8
誤差 < 0.05	96.1	97.1	95.4	99.6	98.8	96.8	98.0	96.5	97.4
誤差 < 0.10	99.5	99.5	99.5	100.0	99.9	99.7	99.6	99.5	99.6

会社毎のデータの特徴を見るために、選定した8つの入力項目を関係性が高いものから順に8から1までの数字を当てはめ、7社の合計数が高いものから順に並べて整理しました(表5)。最も関係性が高い項目は各製油所で異なっており、それぞれの製油所の特徴が出ていることが示されました。

表5 入力項目と腐食速度の関係性(個別解析)

入力変数	A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社	合計
温度	6	4	6	6	7	7	6	42
使用年数	3	8	7	7	5	8	2	40
サイズ	8	5	4	5	6	4	7	39
建設取替年月	2	6	8	8	4	6	5	39
腐食系統	5	7	5	4	8	5	3	34
寿命評価基準肉厚	7	3	2	2	3	3	8	28
配管形状	4	2	3	3	1	1	4	18
材質	1	1	1	1	2	2	1	9

② 統合配管腐食予測モデル

7製油所のデータを一つのものとして統合し、ニューラルネットワーク解析で配管腐食予測モデル(統合配管腐食予測モデル)を構築しました。予測精度の結果を表6に示します。解析にかけるデータ量が増えたことにより、予測精度が向上することも期待されましたが、実際は、個別配管腐食予測モデルの予測精度(平均)と同等か、やや劣る程度の予測精度でした。これは同じ常圧蒸留装置といえども、製油所によって、処理原油やプロセスフローに差異があるためと考えられます。

表 6 統合配管腐食予測モデルの予測精度

誤差(mm/年)内の割合 (%)	H27	H28	
		個別予測モデル平均	統合予測モデル
誤差<0.025	85.0	88.8	82.8
誤差<0.05	96.1	97.4	95.9
誤差<0.10	99.5	99.6	99.5

4. 本解析手法の活用の方向性

図 4 に、一般的な配管腐食管理業務の P D C A サイクルを示します。

通常、検査計画は経験豊富な保全員により経験を踏まえて作成され、検査結果評価後に定点・検査周期の見直しが行われますが、データベースを活用した腐食予測モデルを用いることで、経験が浅い保全員でも客観的な数値を基に適正な検査計画の立案が可能になることが期待できます。また、経験豊富な保全員にとっても、将来の腐食量の定量化や、容易に類似箇所との比較が可能な腐食予測モデルは、検査計画作成のサポートツールとして有用と考えられます。

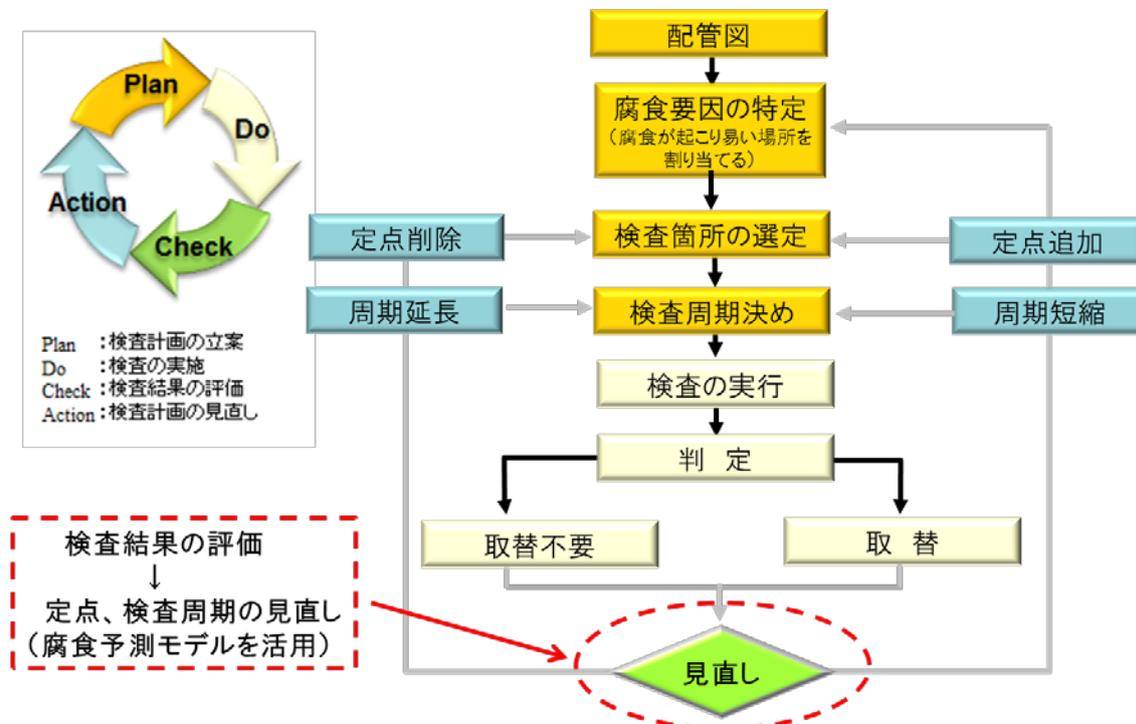


図 4 配管管理の P D C A サイクル及びデータ解析手法の活用箇所 (概念図)

5. 平成28年度成果のまとめ

平成27年度までの調査で培ったノウハウをもとに、石油会社7社7製油所の常圧蒸留装置について、個別配管腐食予測モデル及び統合配管腐食モデルを構築しました。その結果、個別配管腐食予測モデルは、どの製油所でもほぼ同等の高い予測精度が得られることが確認できました。このことから、今回構築した配管腐食予測モデルが横断的に幅広く活用できると期待されます。

また、今回検討したデータ解析手法について、検査周期/検査箇所の見直しなど、配管腐食管理業務のPDCAサイクルの中で期待される活用方法を提案しました。

6. 今後の課題

今回構築した配管腐食予測モデル及びデータ解析手法を各製油所で運用し、配管腐食予測モデルの現場検証を進めるとともに、製油所ニーズに沿った予測モデルの改良を図ることが必要です。運用に際しては、将来の本格運用に適した共通利用環境及び必要な仕組みを明確にするための取組みが望まれます。

また、今回の検討では配管の長期腐食予測を対象にしましたが、現場では短期腐食予測に対するニーズも高いため、今後は短期腐食予測モデル構築の検討も必要です。そのためには、ワイヤレス肉厚センサ等の常時モニタリングセンサーによる高精度・高頻度でのデータの収集、及び製油所が保有する運転データを加えたデータ解析について検討する必要があります（図5）。

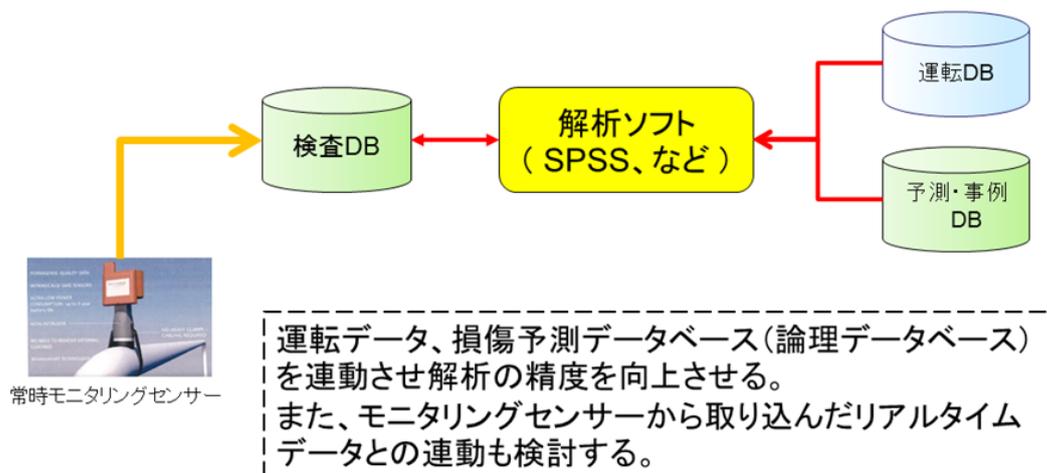


図5 将来的な高度な腐食データ解析の概念図

特集

調査報告 「米国石油精製業界を取り巻く市場動向」

1. 調査の目的

当センター調査情報部では、平成 14 年度より海外長期出張員派遣事業として、北米及び欧州地域の石油関連技術情報の収集、整理、分析を実施しています。本部における情報収集に加えて、現地に調査員を派遣して情報収集を行って総合的に整理、分析することで、現地の状況をより迅速に、より正確に把握することを目的として、シカゴ（米国）に長期出張員を配置しています。

2. 調査の内容

北米におけるエネルギー需給動向、パイプライン・鉄道などインフラに関する動向、石油業界の動向について説明します。なお、トランプ政権のエネルギー政策はペトロテックで既に報告しているため、ここでは割愛します。

3. 調査の結果

(1) エネルギー需要見通し

世界の 1 次エネルギー需要の長期見通しとして、IEA(International Energy Agency)が 2016 年 11 月に発表した「World Energy Outlook 2016」の見通しを図 1 に、米国の 1 次エネルギー需要については、EIA(US Energy Information Administration)が 2017 年 1 月に発表した「Energy Annual Outlook 2017」の見通しを図 2 に示します。

IEA の見通しでは、2040 年においても世界の 1 次エネルギー需要に占める石油及び天然ガスの割合は過半を超えており、EIA による 2040 年での米国の 1 次エネルギー需要に占める石油及び天然ガスの割合は、さらに高く 60%を超える予想となっています。このように長期的にも化石燃料は主力であり続けることが予想されます。

2040 International Energy Agency
 World Energy Outlook 2016
 (New Policies Scenario)@2016/11

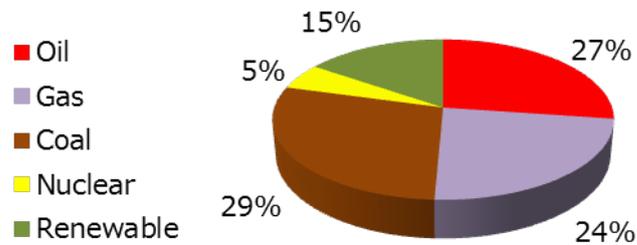


図1 2040年の世界の1次エネルギー需要見通し
 (出典：IEA「World Energy Outlook 2016」)

2040 US Energy Information Administration
 EIA AEO 2017 (No-CPP) @2017/1

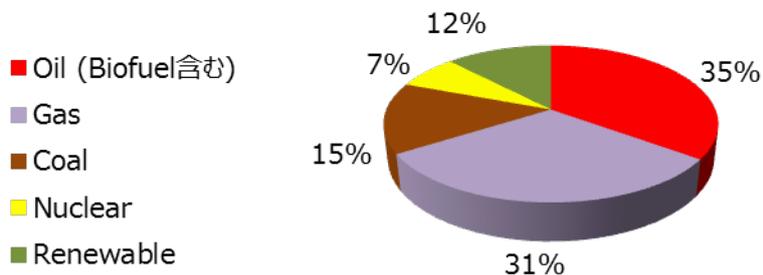


図2 2040年の米国の1次エネルギー需要見通し
 (Clean Power Plan なしのケース)
 (出典：EIA「Energy Annual Outlook 2017」)

(2)世界及び米国の原油生産見通し

IEA「World Energy Outlook 2015」での世界の地域別の原油生産の見通しについて、図3に示します。これによると中東が堅調に増加するだろうとみられます。一方、図4に示すように原油タイプ別では、在来型原油は若干減少するのに対して、非在来型原油は堅調に増加するだろうとみられます

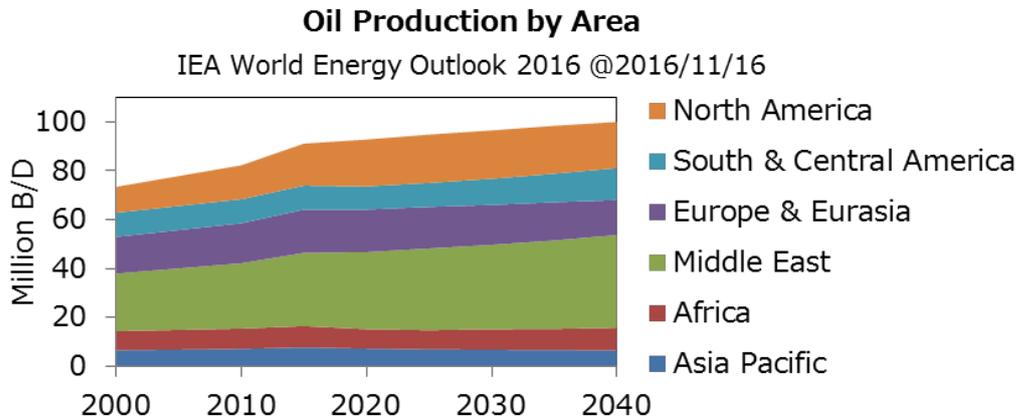


図3 地域別原油生産量の見通し
(出典：IEA「World Energy Outlook 2016」)

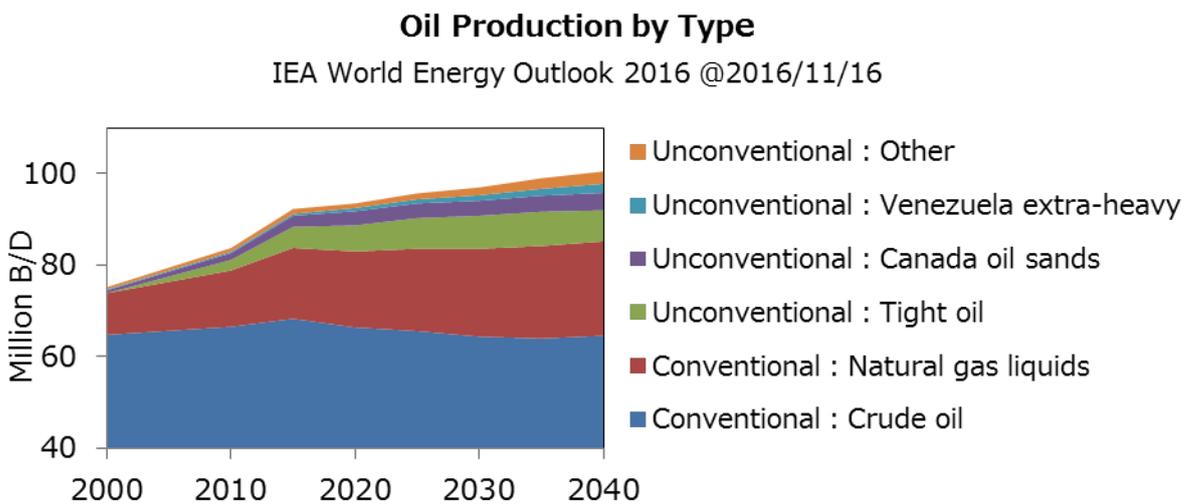


図4 タイプ別原油生産量の見通し
(出典：IEA「World Energy Outlook 2016」)

(3) 原油価格と推定される米国シェールの損益分岐点

図5に示す通り、2014年後半より原油価格は急落し、2017年7月現在、40-50ドル/バレルの間で推移しています。石油会社からのアンケートに基づき、2017年第1四半期にダラス連銀が「Energy Survey」にまとめた米国シェールの損益分岐点の推定を図6に示します。平均で見ると新規井戸の損益分岐点は50ドル/バレル、既存井戸では33ドル/バレルとなっています。この推定によると、現在の40ドル/バレル台は既存井戸では利益が出るが新規井戸はハードルが高い可能性があります。

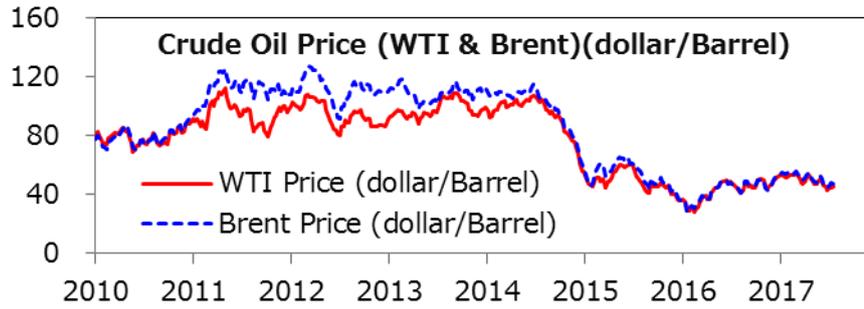


図5 原油価格(ブレント、WTI)の推移(出典：EIA データより)

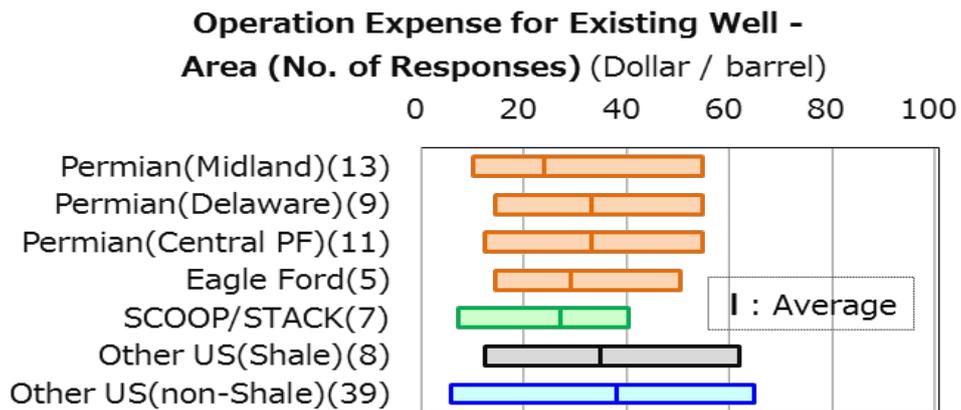
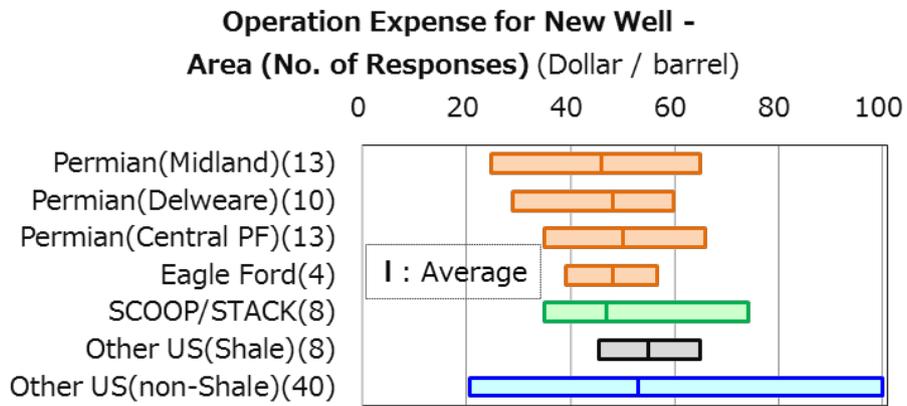


図6 2017年第1四半期の米国シェールの新規・既存井戸の推定損益分岐点 (出典：ダラス連銀「Energy Survey」より)

米国の石油製品の輸出を考える上では国際指標の北海ブレント原油価格と米国指標の WTI (West Texas Intermediate) 価格の差が重要となります(図 7)。2016 年末に米国原油の輸出が解禁されたこともあり、このスプレッドは殆どない状態で推移しています。

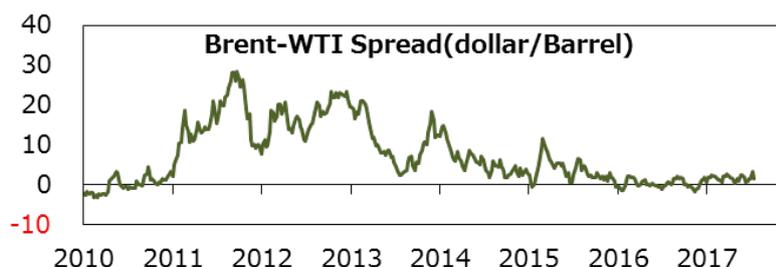


図 7 ブレントと WTI 原油価格の差の推移(出典 : EIA データより)

(4) 米国原油生産の現状と見通し

原油価格がリバウンドしたこともあり、図 8 に示すように米国のオイルリグ数は 2016 年 5 月 27 日を底に増加基調になっていますが、直近では頭打ちの状況です。その中でも特に増加が顕著なのは Permian になります。EIA の STEO(Short-Term Energy Outlook)による米国の原油生産量の短期見通しを図 9 に示します。2015 年をピークに原油生産量は減少していますが、2017 年以降は増加が予想されます。また、EIA の長期予想では図 10 に示すように、2021 年以降は 1,000 万 B/D 前後で推移すると予想しています。

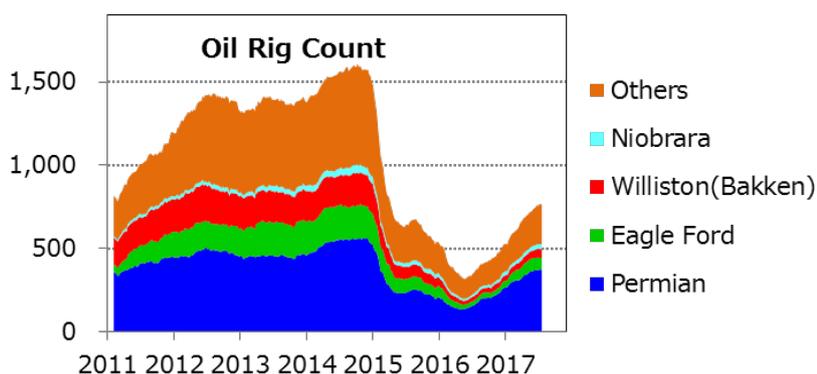


図 8 米国掘削オイルリグ数の推移(出典 : Baker Hughes データより)

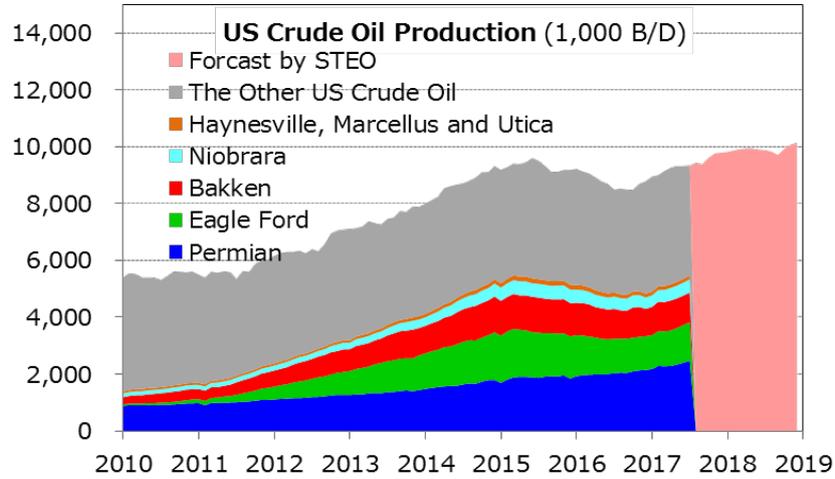


図 9 米国原油生産量の推移と短期見通し(出典：EIA データより)

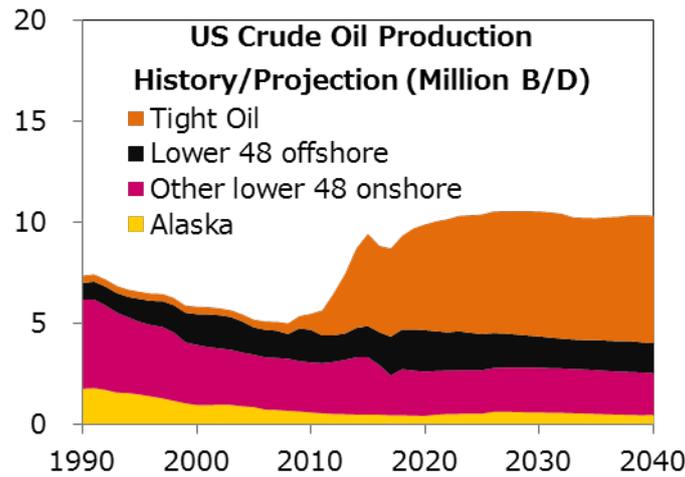


図 10 米国原油生産量の長期見通し(出典：EIA データより)

(5) 米国の原油輸入・原油輸出の状況

2015 年末の米国原油の輸出が解禁されて以降、米国による原油輸入は堅調に推移しています(図 11)。これは、特にメキシコ湾岸の製油所が国内原油を無理に処理する必要がなくなり、彼らの品質や価格が見合う原油を国内外で調達していることが背景にあるものと考えられます。

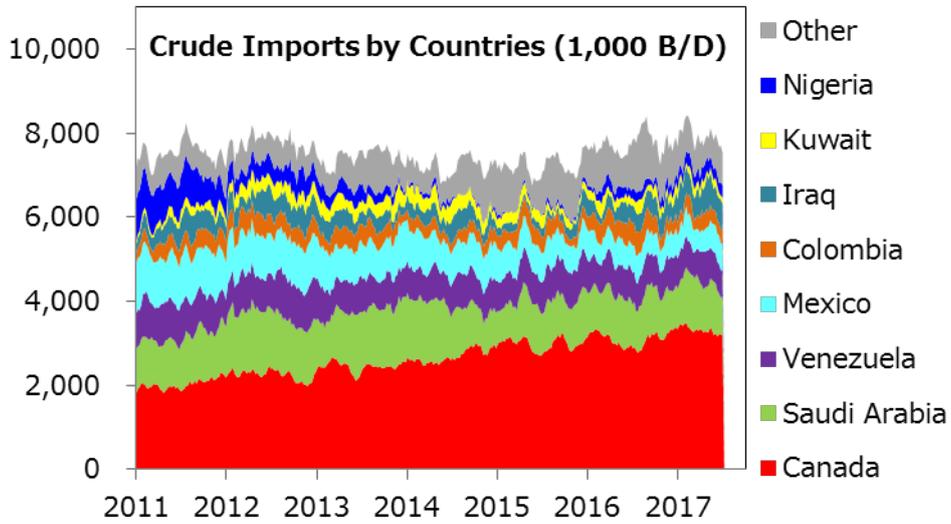


図 11 米国の原油輸入(総量、国別)の推移(出典 : EIA データより)

米国の原油輸出は、2015 年末の輸出解禁当初それほど増加はしなかったものの、2016 年後半からは増加傾向にあります(図 12)。これは、輸出インフラが徐々に整ってきたことが要因の 1 つとして考えられます。ただし、輸入量の 700-800 万 B/D のレベルに比べると、現在の輸出量は多くても 100 万 B/D 台です。

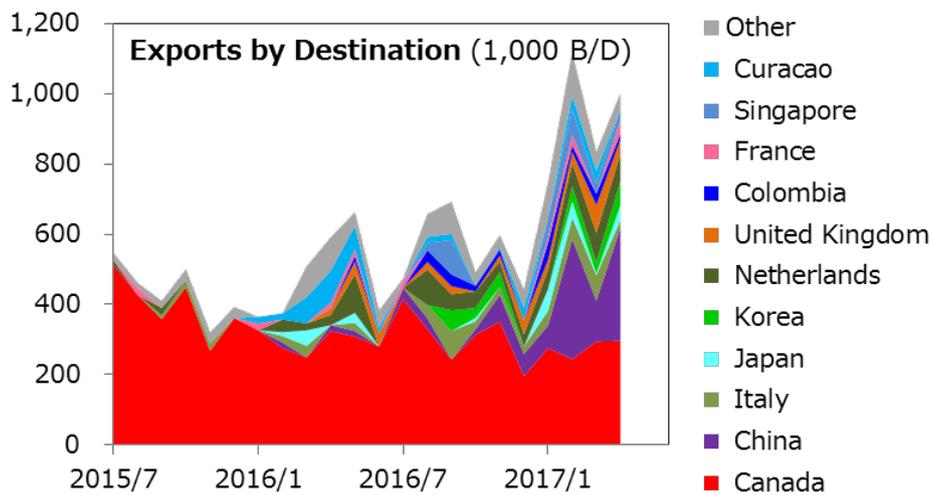


図 12 米国の原油輸出(総量、国別)の推移(出典 : EIA データより)

(6) 米国製油所をめぐる状況

米国製油所の精製能力は、2000年 1,660万 B/D から 2017年には 1,862万 B/D と、先進国の中では珍しく漸増傾向にあります(図 13)。PADD(Petroleum Administration for Defense Districts:国防上の石油行政の区分、エネルギーデータはこれで集計)別の推移を図 13 に示します。メキシコ湾岸の PADD3 の精製能力の拡張が続く半面、東海岸の PADD1 や西海岸の PADD5 は減少傾向にあります。これは以下に説明しますように PADD 毎に製油所の置かれている状況が異なるからと考えられます。

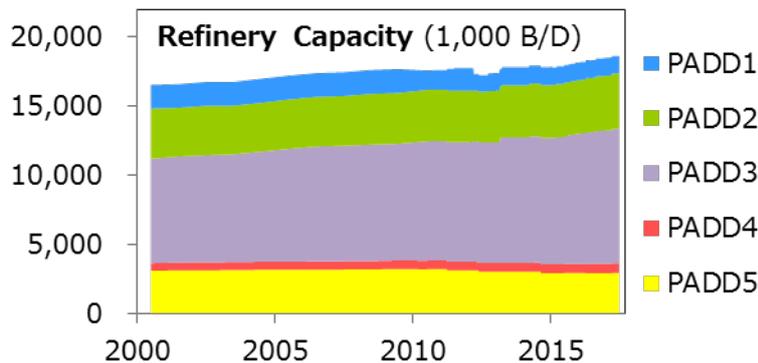


図 13 米国製油所の精製能力の推移(PADD 別)(出典：EIA データより)

PADD1(東海岸)は、国内原油のアクセスが限定的であり、PADD3 製油所や海外製油所(ヨーロッパ等)との競争により厳しい環境にあります。PADD2(中西部)は、国内原油(Bakken など)及びカナダ原油のアクセスが良好で、今は PADD1・3 からガソリン供給を受けていますが、今後製油所の拡張が進めばガソリン余剰が予想されます。PADD3(メキシコ湾岸)は、国内原油(Permian, Eagle Ford など)のアクセス良好でカナダ原油も今後増えると予想され、さらには設備・インフラ等が充実し最も競争力を有し、石油製品の海外輸出拡大が予想されます。IMO 船舶規制で ULSFO(Ultra Low Sulphur Fuel Oil)の需要増になれば PADD3 製油所にとってはチャンスになる可能性があります。PADD5(西海岸)は環境規制やロッキー山脈などの地理的要因もあり国内原油へのアクセスは限定的で、さらにカリフォルニア州では厳しい環境規制があるため、精製コストが増加し、今後ガソリン需要も減少していくと予想されます。このように、地域が変われば業界を巡る環境が一変するのが米国石油業界の特徴と思われます。

ただし、米国製油所平均で見れば、堅調な石油製品需要を反映して、製油所稼働率は 90%前後の高稼働率を維持しています(図 14)。米国製油所からの石油製品輸出は堅調です(図 15、16)。特に NGL(Natural Gas Liquids)や LPG などの輸出が急増しています。

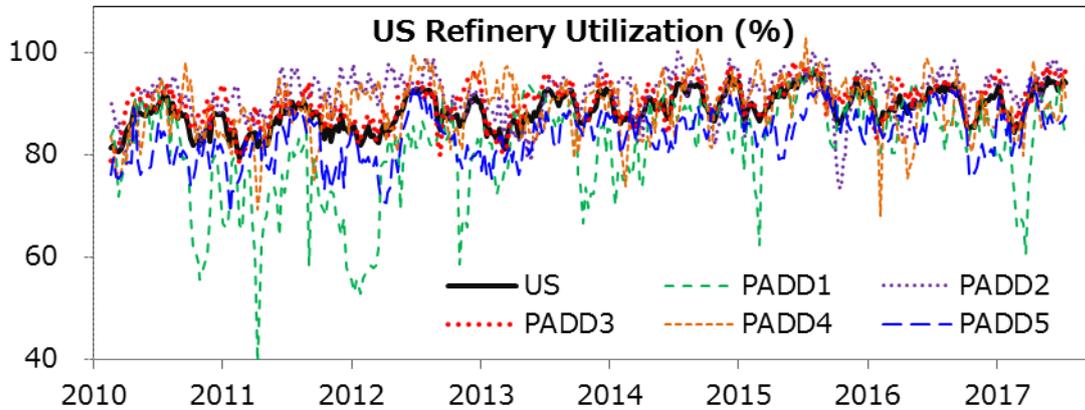


図 14 米国製油所稼働率の推移(全米平均、及び PADD 別)(出典：EIA データより)

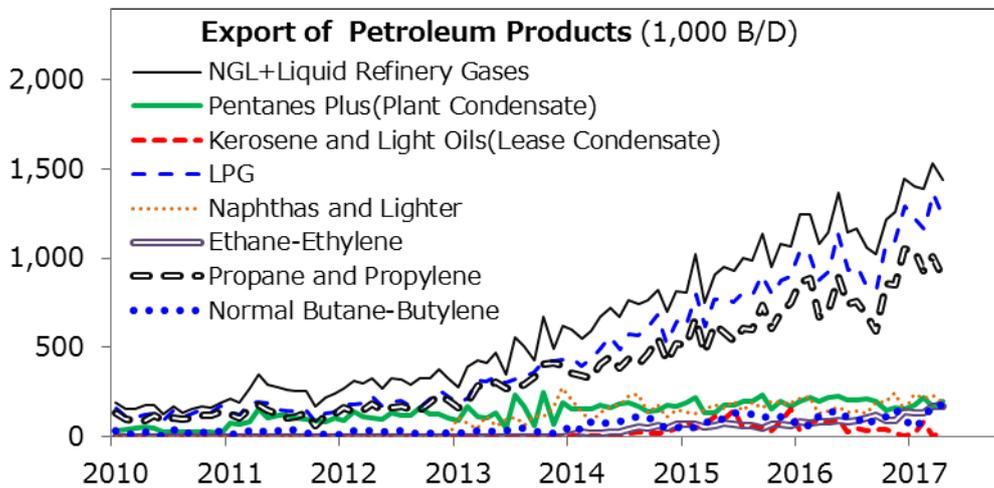


図 15 石油製品(輸送用燃料を除く)の輸出の推移(出典：EIA データより)

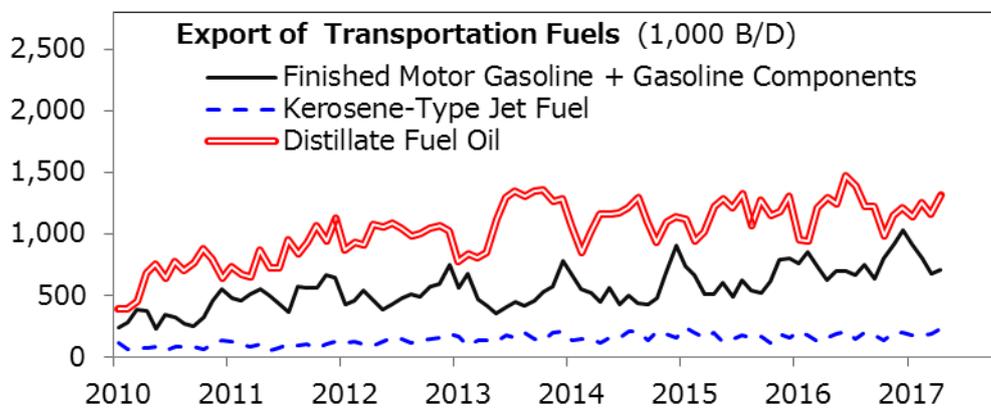


図 16 石油製品(輸送用燃料)の輸出の推移(出典：EIA データより)

(7) パイプライン、鉄道による原油輸送をめぐる状況

米国内の船舶輸送はジョーンズ・アクト(Jones Act)法による米国船籍や米国人乗組員などの制約がありコスト高であることから、パイプラインや鉄道による輸送が盛んです。現状及び計画中のパイプラインを図17に示します。

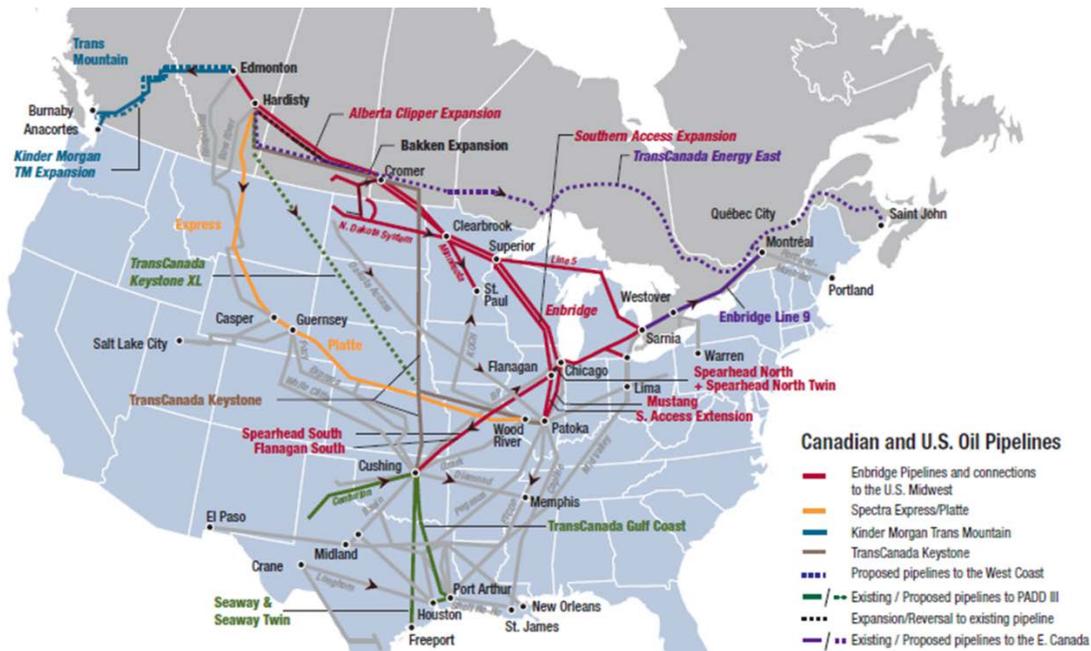


図 17 原油パイプラインの新設状況

(出典 : 2017 Canadian Association of Petroleum Producers, Crude Oil Forecast, Markets & Transportation)

大きな流れとして、カナダの重質原油(オイル・サンド)を太平洋、カナダ東部、米国中西部、米国メキシコ湾岸に輸送するパイプライン、Bakken や Permian などの米国内シェール原油を中西部やメキシコ湾岸に輸送するパイプラインが挙げられます。カナダ原油を輸送するパイプライン計画については、カナダ原油を太平洋岸に輸送する Trans Mountain パイプラインの拡張計画(30→89 万 B/D)があります。様々な条件付きではあるものカナダ政府やブリティッシュ・コロンビア州の承認が得られており、CAPP(Canadian Association of Petroleum Producers)によると 2019 年 12 月の稼働予定とのこと。カナダ原油を米国に輸送するパイプライン計画としては、Keystone XL(新規 83 万 B/D)と Line3(39→76 万 B/D に拡張)があります。Keystone XL は米国の連邦承認は得られたもののネブラスカ州政府の承認がまだであり、CAPP によると早くても 2020 年の稼働になるだろうとことです。Line3 拡張については、カナダ政府の承認が得られており、CAPP によると 2019 年の稼働になるとみられています。しかしながら、この 3 パイプラインに限らず、多くのパイプライン計画は様々な反対運動に直面していることや、今後の経済状況により計画が修正される可能性があります。

原油鉄道輸送は図 18 に示すように、原油安に伴う米国原油生産量の停滞や、競合となるパイプラインの稼働も影響し、2016 年以降急減しています。輸送ルートについても、Bakken のある PADD2 からメキシ

ゴ湾岸の RADD3 向け輸送がパイプライン開通の影響もあり減少する中で、パイプライン網が未整備な東海岸の PADD1 や西海岸の PADD5 に向けて Bakken のある PADD2 からの原油輸送が現在の主力になっています(図 19)。

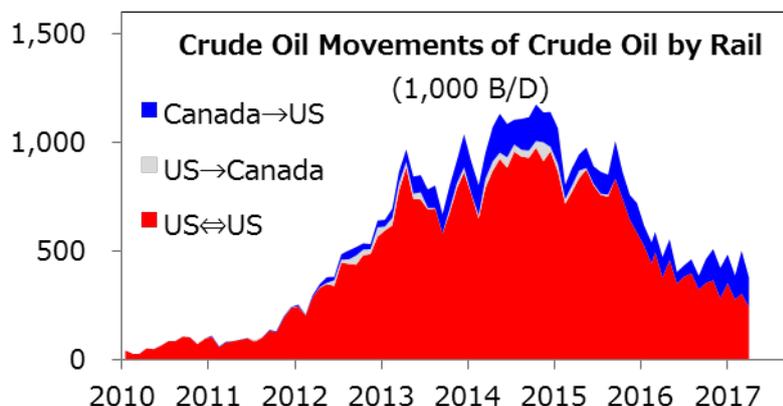


図 18 原油鉄道輸送量の推移(出典：EIA)

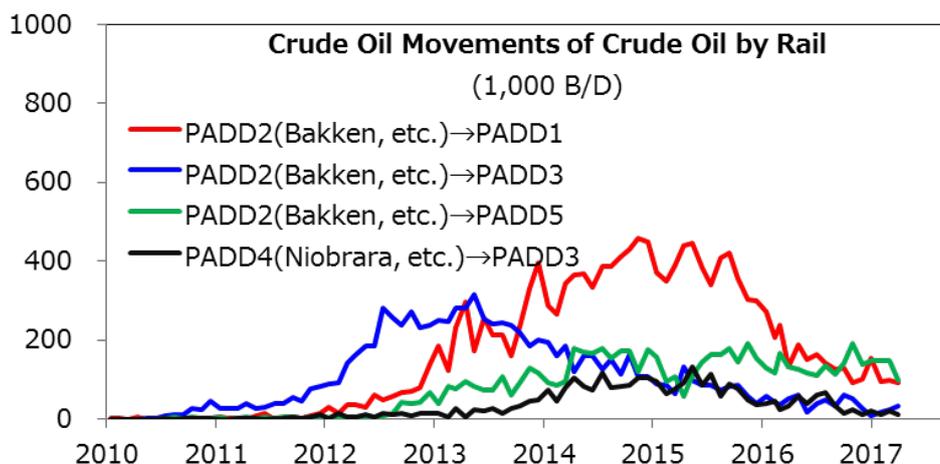


図 19 PADD 間の原油鉄道輸送量の推移の推移(出典：EIA)

(8) 石油業界の業績

2016 年初頭の原油価格からやや回復している現在、2017 年の石油メジャーの収益は 2016 年の同期比では概して良好であると言えます(図 20)。

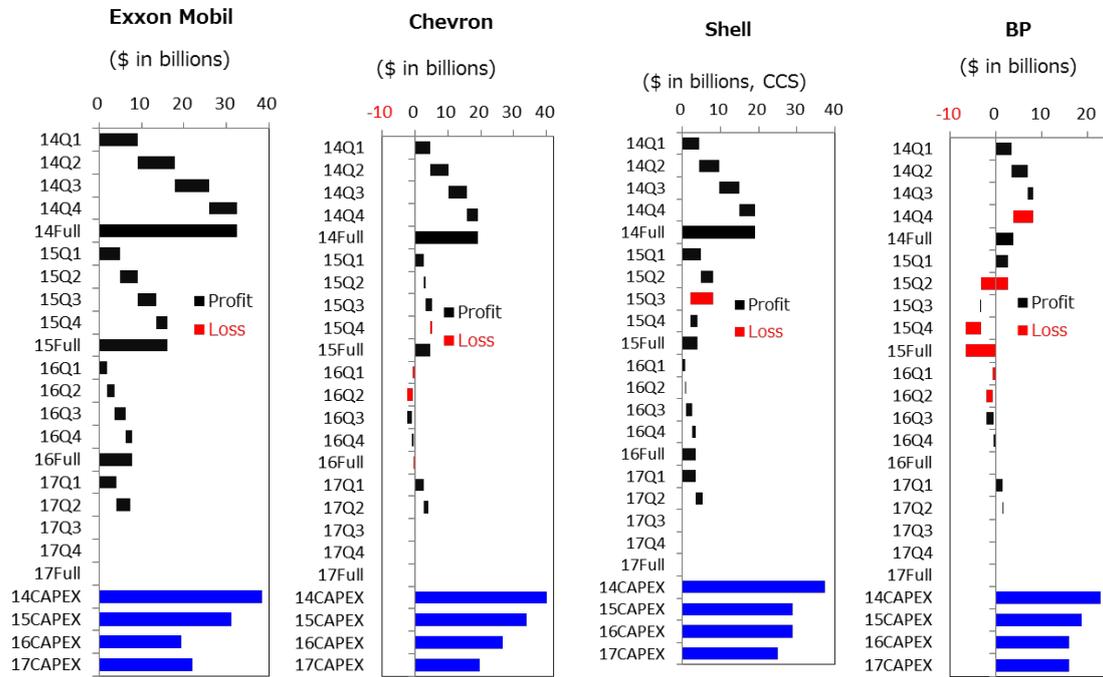


図 20 石油メジャーの業績推移(出典：各企業の IR から)

上流部門の石油会社は苦戦しているものの、2017 年の投資計画は概して 2016 年比で増額しており、先行きの明るさも垣間見えます(図 21)。

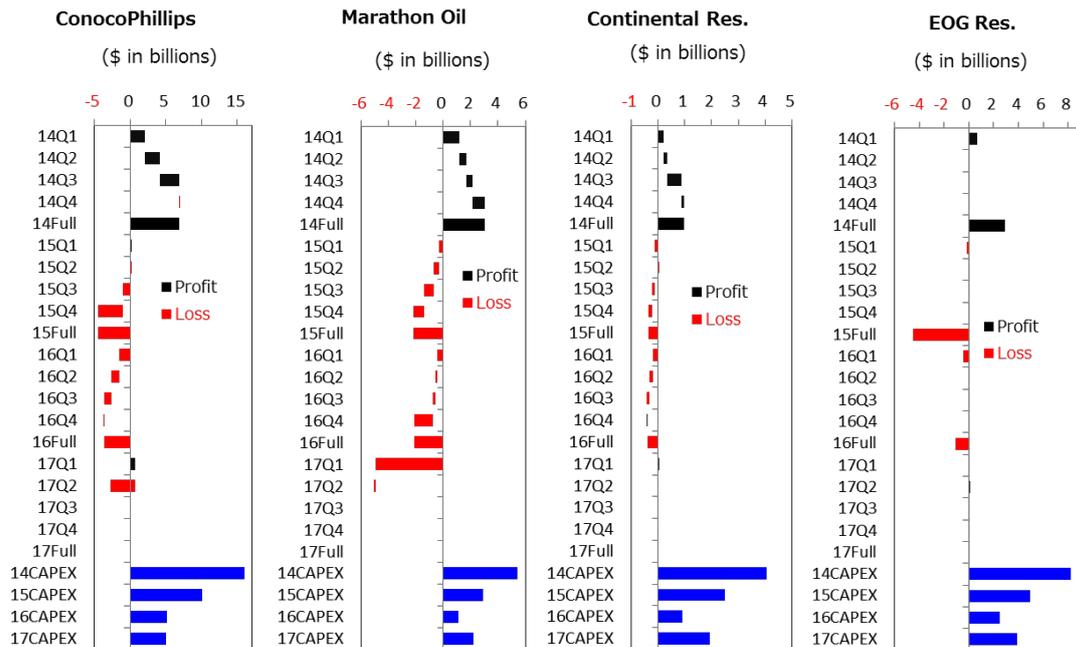


図 21 主な米国石油上流会社(石油探索・開発会社)の業績推移(出典：各企業の IR から)

石油サービス業界も苦戦してはいるものの、今後サービス料金の値上げが予想されますので上向き可能性があります(図 22)。

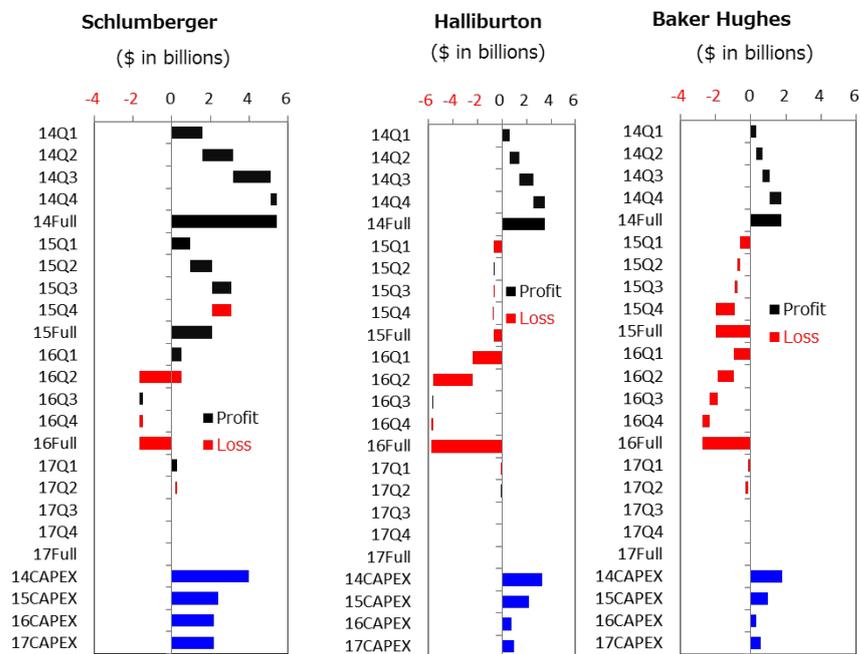


図 22 主な石油サービス会社の業績推移(出典：各企業の IR から)

下流部門である石油精製会社は、数年来の堅調を持続しているものの、2014-15 年レベルまでには及ばない状況です(図 23)。

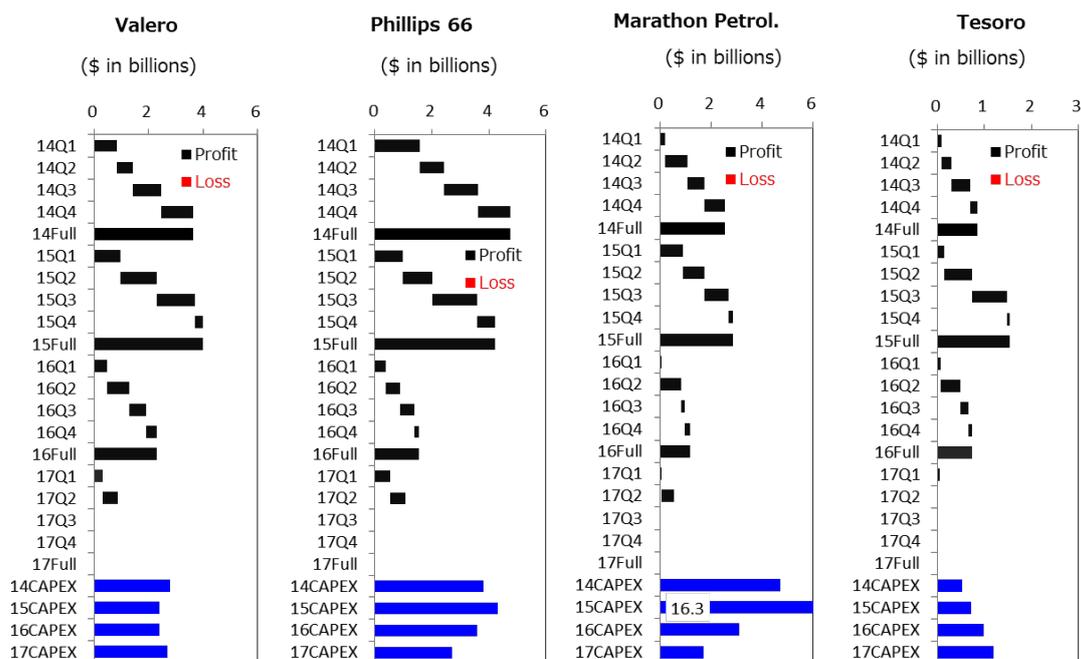


図 23 主な米国石油下流会社(精製会社)の業績推移(出典：各企業の IR から)

(9) 米国石油精製会社の動向

石油業界の下流部門に位置する米国石油精製会社は、今後の国内ガソリン需要減少を見越して、新市場を開拓する必要があります。現在の主要な輸出先は中南米やヨーロッパであり、この傾向は、これからも続くだろうと予想されます。また、石油業界の中流部門に位置するパイプラインや貯蔵タンクを保有・操業している中流部門(Midstream)の会社を M&A することでの事業拡大も進めています。米国石油精製会社の収益の懸念材料の 1 つとして挙げられるのが、再生可能識別番号(RIN:Renewable Identification Numbers)価格の上昇です。バレロ(Valero)に代表されるようにバイオ燃料の添加設備を有していない石油精製会社はバイオ燃料義務量に見合う RIN を購入する必要がありますが、近年この価格が上昇する傾向にあります。この価格は米国環境保護庁(EPA:Environmental Protection Agency)が毎年 11 月に提案する再生可能燃料基準(RFS:Renewable Fuel Standard)の義務量 (RVO:Renewable Volume Obligation)の動向に左右されるため、この提案をめぐる利害関係者のロビー活動が行われているものと推測されます。

(10) 米国における燃料エタノールの状況について

米国における燃料エタノールの生産量は 2011 年以降増加傾向にあり、現在はおおよそ 100 万 B/D で推移しています(図 24)。現在のガソリンへのエタノール混合率はおおよそ 10%と推定され、ほぼ全米が E10(エタノール 10%混合ガソリン)になっています(図 25)。米国エタノールの海外輸出は 2013 年以降増加傾向にあり、かつ輸出先の多様化が進んでいます(図 26)。最近では特にブラジル向けのエタノール輸出が好調です。

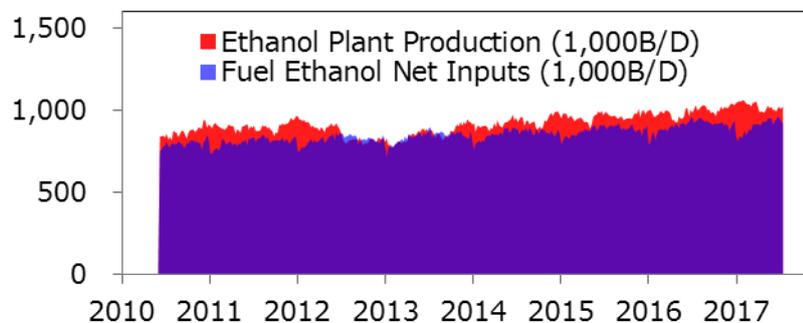


図 24 米国エタノール生産能力と、生産量の推移(出典：EIA)

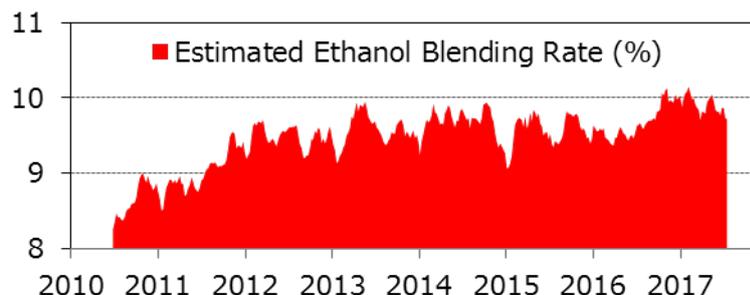


図 25 米国におけるガソリンへのエタノール混合率(推定)の推移(出典：EIA)

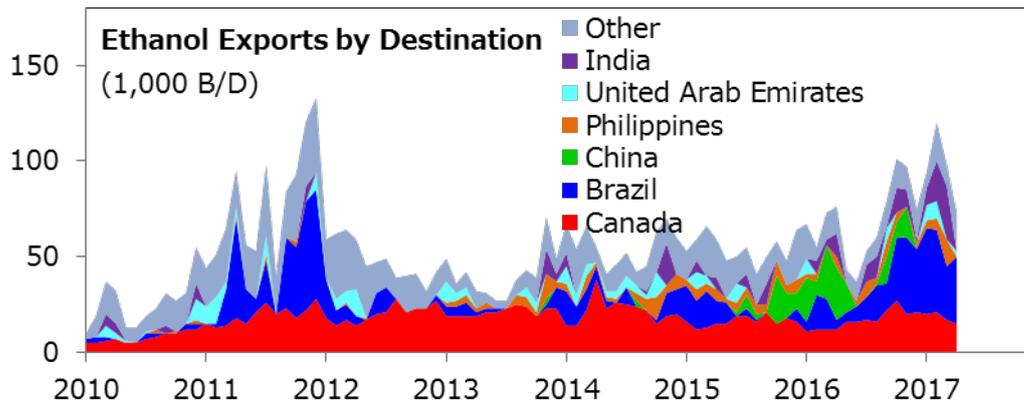


図 26 米国エタノールの輸出の推移(出典：EIA データより)

4. おわりに

これまでご覧いただきましたように、米国の石油、石油製品、バイオ燃料などの需給や石油業界をめぐる状況は日々変化しており、それが世界の石油動向にも影響を及ぼしています。シカゴ駐在の海外長期出張員として、それらの日々変わりゆく情報を今後も発信していきたいと思います。

特集

国際会議
「第8回日欧石油技術会議」報告

1. はじめに

当センターは 2017 年 5 月 30 日(火)に、欧州石油環境保全連盟 Concawe (CONservation of Clean Air and Water in Europe)と『第 8 回日欧石油技術会議』を開催しました。Concawe は、1963 年に設立された石油精製技術に関する調査研究機関です。会員企業である欧州の石油精製会社 40 社と協力して、精製技術、燃料油品質、大気環境などの分野に関して技術検討を実施しており、JPEC とは定期的に技術交流会議を行なっています。なお Concawe は 2013 年 1 月より EUROPIA (EUROpean Petroleum Industry Association) と合併し、新生 Concawe となりました。合併後も Concawe、EUROPIA の各々の機能は維持されています。

欧州連合(EU)は、域内の環境保全・温暖化対策の長期目標設定、諸制度の構築、実施手続き・評価などについて欧州委員会 (EC) を中心に加盟諸国が協力体制を組んで実行に当り、この分野で世界をリードしています。この環境主導の動きは先進的である一方、欧州石油業界を含む産業界に大きなコストを負わせる、あるいは企業戦略の再構築を迫るなどの影響を及ぼしつつあり、さらには欧州にとどまらず我が国を含め、世界中に波及しつつあります。具体的には、産業界の CO2 排出制限、自動車排ガス規制の強化による EURO 6 の導入、再生可能エネルギー政策・制度の展開、燃料品質性状の設計条件など多くの注目すべき課題が含まれます。

当センターは、このような EU の動きを的確に捉え、関係者に情報提供するため、2008 年度から Concawe と共催で「日欧石油技術会議」をスタートさせ、欧州と日本で交互に開催して情報交換を行ってきました。Concawe と JPEC は 2008 年度以来、毎年定期的に技術交流会議を行っています。今回 JPEC 本部において第 8 回日欧石油技術会議を開催、相互の活動成果の情報交流を行い、欧州の最新政策動向及び技術動向の把握をするとともに強固な人脈形成を行うことを目的に会議を開催しました。

2. 会議概要

(1) 開催日・場所

平成29年5月30日（火）当センター本部

(2) 参加者

①当センター 31名

中野専務理事、餅田常務理事、
技術企画部、自動車・新燃料部、調査情報部の各部長・担当部長・上席主任研究員、
石油基盤技術研究所（ATRI）所長、室長 他

②Concawe 4名

Mr. John Cooper	Director General
Dr. Robin Nelson	Science Director
Dr. Heather Hamje	Science Executive, Fuels Quality and Emission
Mr. Damien Valdenaire	Science Executive, Refinery Technology

③外部 22名

一般社団法人 日本自動車工業会（JAMA）大須賀環境統括部 調査役 他



日欧石油技術会議参加者

3. 会議内容

CONCAWE からの要望により、日本側からは①日本の石油政策、②日本における次世代自動車の普及、③FCV の動向・インフラ設置の展望、④車両蒸発ガスに対する各種低減技術の評価、⑤ペトロリオミクスの開発動向、⑥ビッグデータ解析による製油所の高度安全管理技術、⑦日本の製油所の競争力強化について報告が行われました。

Concawe からは①Concawe 活動概要、②欧州製油所の低炭素化・EU 製油所の競争力とコスト、③欧州のバイオ燃料政策、④自動車排出ガス規制動向(WLTP&RDE)、⑤燃料品質指令・再生可能エネルギー指令・ILUC 指令、⑥船舶燃料硫黄分規制の影響・グローバルアライアンスについて報告がありました。会議はテーマ毎にセッションを設けて議論しました。

この報告では、Concawe の発表内容についてご紹介いたします。

(1) EU 製油所の低炭素化への道のり

CO₂ 排出削減の指標として WTT (Well To Tank) と TTW (Tank To Wheel) の分析を行っています。このうち、WTT 分析は完了しており、TTW は現在進行中です。WTT については、1990 年対比 EU 製油所はエネルギー・CO₂ 強度を改善し、1992 年対比 2014 年の EI(エネルギー強度)は 13%(08-14 年では 6%)改善しています(図 1)。ソロモン調査では欧州製油所が世界で最も効率的であることが分かっています。

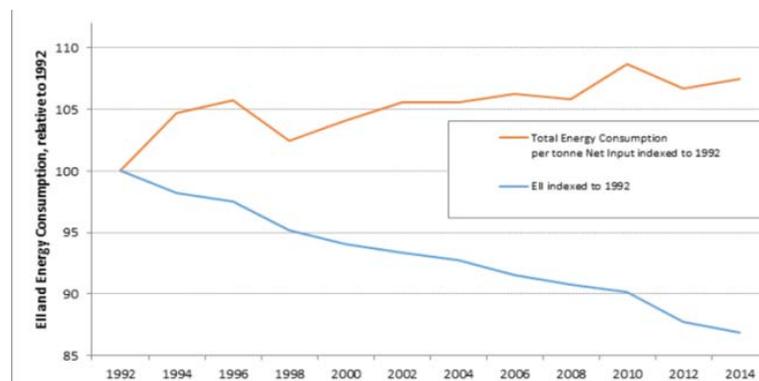


図 1 EU 製油所エネルギー強度・消費推移 (出所 : Concawe)

WTT+燃焼合計の燃料 CO₂ 強度は 91.7gCO₂eq/MJ であり、そのうちの 6.9%が製油所起因です(精製・配送・自家燃)。逆に 80%弱が燃料燃焼時の排出です(図 2)。

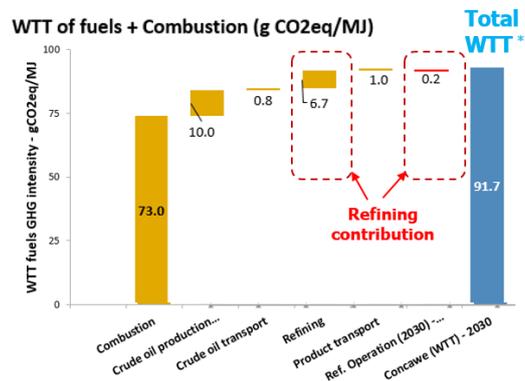


図2 WTTCO2 排出要因 (出所 : Concawe)

保守的想定では CO2 排出量は 2030 年までに 23%、意欲的想定では 32%削減、さらに CCS (Carbon dioxide Capture and Storage) 普及を想定した意欲的想定では 2050 年までに最大 56%削減を想定しています。それぞれ必要な投資額は 30 年までには 7-16G\$, 50 年までに 23G\$です。

TTW については、現在ベースケース(2030)を C サイズ車で調査中です。2030 年時点での内燃機技術開発の進歩が大きなカギとなりますが、石油業界もバイオ燃料・燃料品質の改善・CCS 等、多彩な CO2 削減方法を有しており、これらを組み合わせることで、CO2 削減に大きく貢献することができます (図3)。

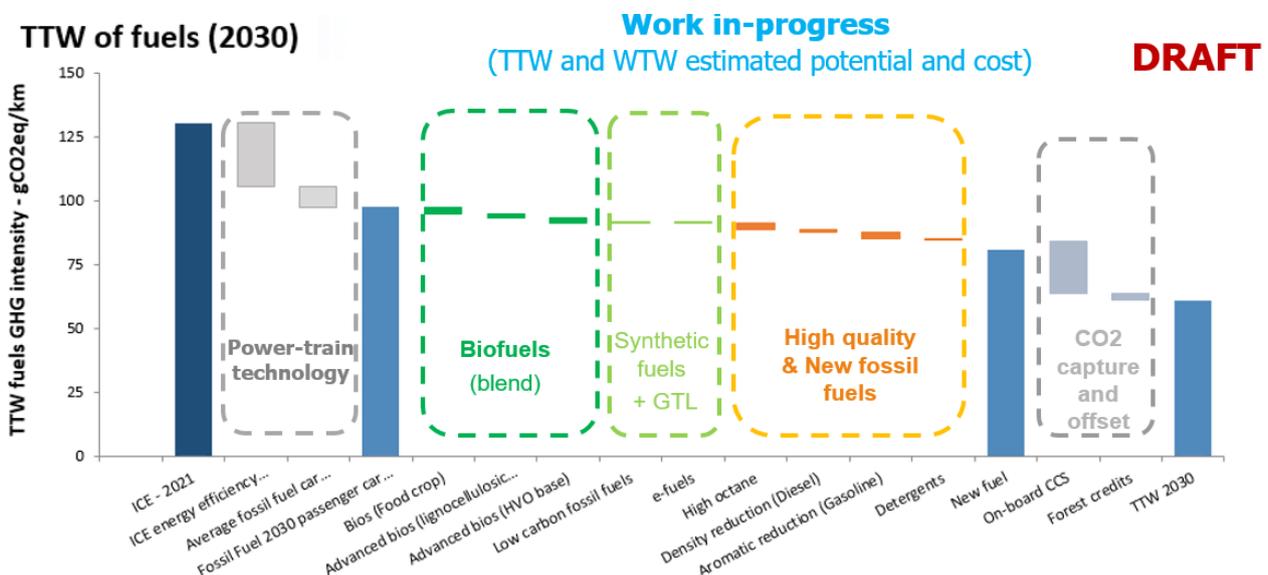


図3 TTWCO2 削減方法ドラフト (出所 : Concawe)

(2) EU 製油所競争力・コスト

EU では、EU 域内の各種規制対応が及ぼす影響をコスト算出するフィットネスチェックが実施されました。フィットネスチェックでは、規制対応コストは 0.47\$/bblと算出され、FQD(Fuels Quality Legislation)、IED(Industrial Emissions Directive)が主要因とされています(図4)。欧州委員会はこの規制コスト

は、上位・下位製油所の精製マージンの差や EU 域内の精製マージンの減少と比較すると小さいと考えています（図4、5）。

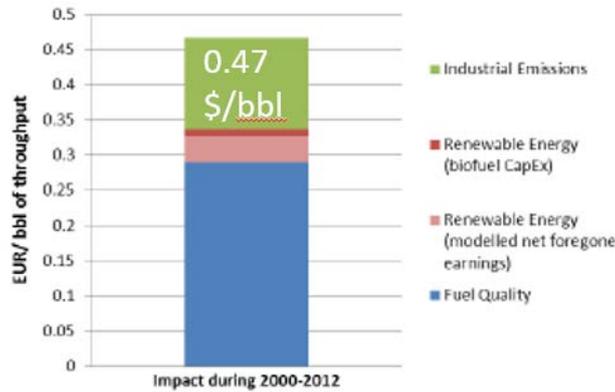


図4 規制コスト要因内訳 (出所: Concawe)

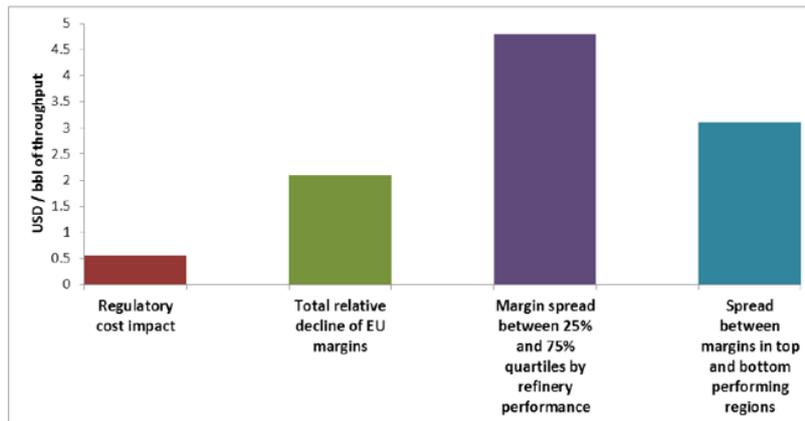


図5 規制コストとマージン格差比較 (出所: Concawe)

欧州製油所の操業コストは相対的に高い位置にあり、精製マージンは主要な競争エリアから遅れをとっています（図6、7）。

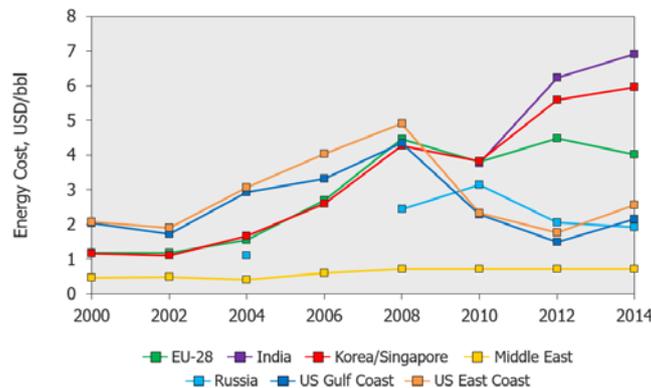


図6 エネルギーコスト比較 (出所: Concawe)

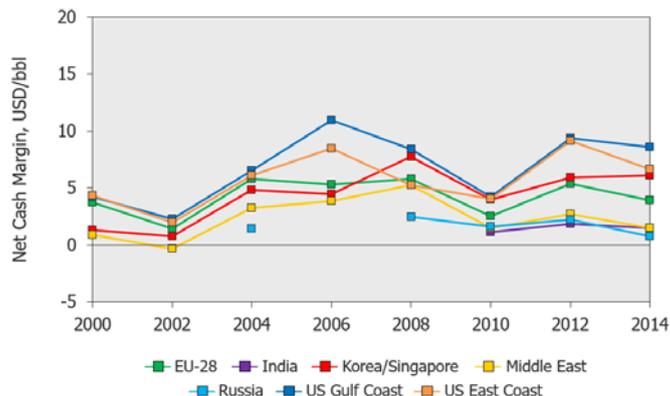


図7 ネットキャッシュマージン比較 (出所: Concawe)

EU 製油所・他のエネルギー産業は EU 経済に強く貢献しており、省燃費・低 CO2 強度等の技術面で世界を牽引しています。製造業の域外への配置転換や域内投資の欠如は脅威であり、緊急の代替策が必要です。EU 製油所は技術的に中立で低炭素社会の構築のために、再生可能エネルギーの研究を実施しています。

(3) EU バイオ燃料の現状と調査

現在の FQD(Fuel Quality Directive)はガソリン(EN228)の含酸素基材の最大値(10%)を定め、軽油(EN590)のバイオディーゼル含有量最大値 7%を定めています。現在のバイオ燃料の割合は、E0/E5/E10:17%/73%/10%、BO/B5/B7:<1%/<1%/99%です。

RED(Renewable Energy Directive)によって 2020 年に 20%の再生可能エネルギーの利用と 10%の再生可能燃料を輸送部門にて使用することを目標としています。再生可能エネルギー利用は目標達成見込みですが、輸送部門の目標達成は現時点で更なるチャレンジが必要です。

輸送部門における再生可能エネルギーの内訳は、バイオディーゼル 10.8MTOE、バイオエタノール 2.6MTOE、再生可能電力 1.6MTOE です。

Concawe 調査では平均エタノール混合率は 4.9%、E10 導入国はフィンランド・フランス・ドイツ等に限られているのが実態です。平均の FAME 混合率は 3.7%。フランスでは B8 規格が作成されており、B9-10 規格も近々アナウンスされるようです。

(4) WLTP・RDE を含んだ排出ガス規制

2017 年 9 月から WLTP(Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure)が適用されます。NEDC(New European Drive Cycle)から WLTP に試験モードを変更することによって、燃費消費は平均約 15%、15g/km 増加することが想定されます。

RED での排出ガス基準値を設けていますが、17 年 9 月には新型車について RDE の NOx 排出量を基準の 2.1 倍以内に縮小、2020 年 1 月には 1.5 倍以内に縮小することが義務付けられています。

RDE のテスト方法について、テスト時の使用燃料を市場燃料とするかどうかで議論が行われています。車両製造者側は市場燃料が EN228 を満たしていたとしても、重質基材が高濃度で含有している場合には、ユーロ 6d 車両による PN 要求値を満たすことができるか不安視されています。

(5) 製油所における船舶燃料硫黄分規制の影響

Wood Mac 調査では 2020 年には船舶数の 5%・HFO 需要の 10%分だけがスクラバーを設置し (図 8)、規制遵守率が 70%と低い遵守率を想定しています (図 9)。北米・欧州は比較的高い遵守率ですが、アジア・他のエリアが低くなる見込です。

2025 年には船舶燃料供給者がスクラバー未搭載船への HSFO 供給を禁止され、需要を 100%満たす量の規制適合燃料が供給され、船の検査や非遵守者への罰金・罰則等が強化されることにより、規制非適合燃料の需要は無くなる見込みです。スクラバー設置船による HSFO 需要は約 35%と予想されています。

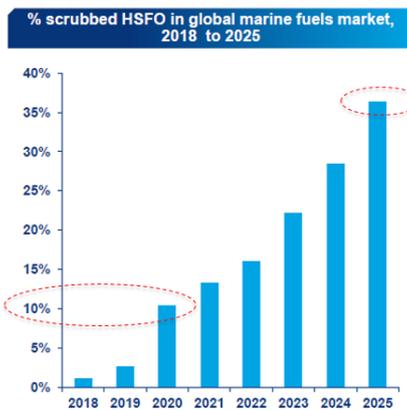


図 8 スクラバー設置船による HFO 需要比率

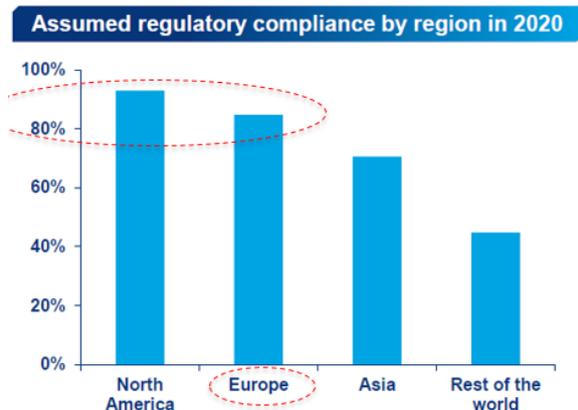
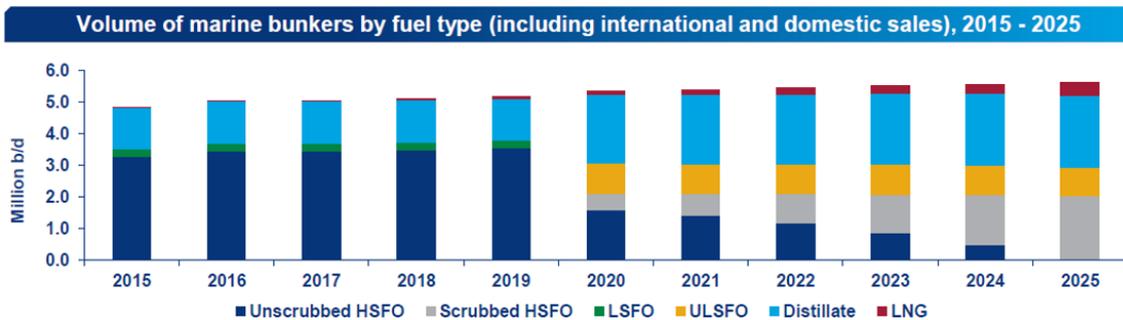


図 9 地域間規制遵守率想定 (出所: Concawe)

2020 年における ULSFO 生産は船舶燃料の需要の 20%程度、欧州では ULSFO(残渣系):MGO= 25%:75%、北米はその逆の見込です (図 10)。2025 年のスクラバー設置数は船舶数の 17%と予想されています。



Source: Wood Mackenzie Product Market Service – more detailed data is available through a subscription to this product

図 10 油種毎船舶燃料需要推移

(6) IMO グローバルアライアンス

① 背景・目的

4月3-5日に Houston にて開催された IPIECA 総会の中で MITF (Marine Issue Task Force) 会議が行われました。MITF 内で Fuels Europe がグローバルアライアンスの設立を提案しました。

②グローバルアライアンスの考え方（Fuels Europe の提案）

IMO 規制によるグローバルコンプライアンスを守るために、(a)地域・港・燃料供給者における競争上のねじれ、(b)関連する業界に対する石油業界の評判リスクを避ける必要があり、世界全ての地域で一貫した考え方が必要です。船舶業界は既に硫黄分規制施行のための Trident alliance (<http://www.tridentalliance.org/>)を設立しており、一貫した規制移行のために既に取り組を開始しているのに対して、石油業界はそこまで進んでいません。そのカウンターパートとして石油業界側でグローバルアライアンスを設立し、燃料供給に関する考え方の理解を深める事、スムーズな移行をサポートすることを可能にすることが狙いです。

Fuels Europe は船舶燃料供給者間のグローバルアライアンス設立を提案する準備を行っています (Fuels Europe 内の理事会承認を前提として)。

③アライアンスの取組範囲

- a) IMO で決定された事項や合意された規制移行方法が、全世界で一貫して実行されることを推進
- b) 自国内・国際間両方における効果的な規制執行・強制方法のためのロビー活動
- c) 統一された・明確で・簡単で・実行可能な規制移行方法が世界中で採択されるためのロビー活動
- d) 業界全体の燃料品質ガイドラインのためのロビー活動
- e) 船舶業界・バンカリング業界等との協調・協力
- f) 2020 年以降のフォロー

④今後の予定

ワークショップは 2018 年開催の見通しです。(Fuels Europe、IPIECA 内での承認を前提)

4. おわりに

2015 年 12 月にフランス・パリで開催された気候変動枠組条約第 21 回締約国会議 (COP21) において、気候変動に関する 2020 年以降の新たな国際枠組である「パリ協定」(Paris Agreement) が採択されました。翌 2016 年 11 月に発効し、世界各国で低炭素社会の実現に向けた取組が行われています。

ヨーロッパでは、GHG 排出量を削減し、パリ協定の目標を達成するため、規制、政策、技術面での検討を進めています。最近では、フランスが、2040 年までにガソリン車とディーゼル車の販売を禁止すると発表しました。また、英国では、新たな大気汚染防止対策として、2040 年以降ディーゼル車・ガソリン車の販売を全面禁止する方針が発表されました。

一方、日本では国内の需要減少に対応して、エネルギー供給構造高度化法が施行され、過去 2 回の告示により、精製能力の削減と残油処理装置の装備率向上が行われました。続く 3 次告示では、重質油分解装置等の有効活用・重質油分解能力の向上を促す目標が設定される予定です。

今後も、Concawe との技術交流を通じて、製油所の競争力強化、GHG ガスの低減、再生可能エネルギーの利用、自動車排出ガス規制、船舶燃料硫黄分規制等の動向について共有化を図って行きたいと思えます。

第8回日欧石油技術会議プログラム

2017年5月30日

時間	発表内容	講演者
10:00-10:05	開会挨拶	中野 賢行 専務理事 (JPEC)
10:05-10:10	Opening Speech	Mr. John Cooper Director General (Concawe/FuelsEurope)

セッション 1 石油産業における政策と戦略

10:15-10:35	日本の石油政策について	餅田 祐輔 常務理事 (JPEC)
10:35-10:55	Introduction to FuelsEurope and Concawe	Mr. John Cooper Director General (Concawe/FuelsEurope) Dr. Robin Nelson Science Director (Concawe)
10:55-11:15	A)Low-carbon fuel pathways: CO2 efficiency analysis 2030-2050 B)EU refinery competitiveness and Operating costs	Mr. Damien Valdenaire Science Executive (Concawe)

セッション 2 自動車及び輸送用燃料における政策と戦略

11:25-11:45	日本における次世代自動車の普及について	大須賀 竜治 調査役 (JAMA)
11:45-12:05	FCVの動向・インフラ設置の展望	権田 真徳 研究員 (JPEC)
13:30-13:50	European Biofuels Status and Research	Dr. Heather Hamje Science Executive (Concawe)
13:50-14:10	Emissions Legislation	Dr. Heather Hamje Science Executive (Concawe)
14:10-14:30	車両蒸発ガスに対する各種低減技術の評価	濱野 純也 副主任研究員 (JPEC)

セッション 3 燃料油規制と新規技術によるアプローチ

15:10-15:30	ビッグデータ解析による製油所の高度安全管理技術	中塚 康夫 主任研究員 (JPEC)
14:50-15:10	ペトロリオミクスの開発動向	稲村 和浩 部長 (JPEC)
15:50-16:10	FQD, RED and ILUC Directives (中止)	Dr. Heather Hamje Science Executive (Concawe)
16:10-16:30	A)Impact of Marine Fuels legislation on EU refining, global S cap in 2020	Mr. Damien Valdenaire Science Executive (Concawe)
	B)Marine Fuels: Alliance for global compliance with IMO's decision	Mr. John Cooper Director General (Concawe/FuelsEurope)
16:30-16:50	日本の製油所の競争力強化	若林 淳 主任研究員 (JPEC)
16:50-17:00	閉会挨拶	安達 啓示 部長 (JPEC)

トピックス

「平成29年度第1回ペトロリオミクス技術セミナー」開催報告

1. はじめに

当センターは、8月3日（木）に本部会議室において、「平成29年度第1回ペトロリオミクス技術セミナー」を開催しました。

「ペトロリオミクス技術」は、石油精製における先進的な技術開発の一つとして、重質油留分の構造・組成・反応性を詳細に解析できる技術であり、当センターでは本技術に関する調査を平成21年度より開始し、平成23年度から METI からの委託事業として本格的な技術開発を開始しました。平成28年度からはペトロリオミクス技術開発の第2期目となる「高効率な石油精製技術の基礎となる石油の構造分析・反応解析等に係る研究開発」を開始し、前事業で確立した要素技術や基本モデルを活用し、製油所における諸課題の解決に活用できる実用的なものに発展させることを目指しています。

そこで、これまでのペトロリオミクス技術開発事業の成果について、石油関連業界の皆様方の理解をさらに深め、利用していただくとともに、今後の石油関連分野における技術開発の共通課題を発掘することを目的として、本セミナーを開催したものです。

2. セミナーの概要

当日は、石油、触媒・エンジニアリング関係の企業や大学・公的研究機関などから64名の参加者がありました。セミナーは6つのテーマについて、口演セッションと参加者の個別の質問、相談を受けるためのポスターセッションを設けました（図1のプログラムを参照願います）。

（1）口演セッション

まず、ペトロリオミクスの技術体系について解説したのち、現事業での主要テーマである、非在来型原油成分分析技術、RDS/RFCC 全体最適化技術（RFCC 得率予測モデル、分子反応モデリング、流動反応連成技術）、およびアスファルテン凝集制御技術の技術開発計画と、それら技術の活用例等につき、解説しました。その後、各技術開発テーマの進捗状況、今後の計画等についての説明を行いました。

各口演に対して、参加者からは活発な質問やコメントをいただき、非在来型原油だけでなく身近な在来型原油データベースへの展開や、一般性状を精度よく推算する技術等、今まで石油精製の現場でできなかったことをペトロリオミクス技術で可能にしたいという期待感の高さが大いに感じられました（図2）。

平成29年度 第1回ペトロリオミクス技術セミナー

1. 口演セッション（13:00～16:50）

平成29年8月3日（木）
JPEC本部第1/2会議室

（1）開会のあいさつ 技術企画部 稲村部長

（2）口演

タイトル	口演者	時間
①ペトロリオミクス技術の体系と将来展望	中村室長	13:05～13:45
②非在来型原油成分分析技術	高田主研	13:45～14:25
③RDS/RFCC全体最適化技術 (RFCC得率予測モデル)	三谷主研	14:25～14:50
④RDS/RFCC全体最適化技術（分子反応モデリング）	辻主研	14:50～15:30
<休憩>		15:30～15:40
⑤RDS/RFCC全体最適化技術（流動反応連成技術）	三谷主研	15:40～16:05
⑥アスファルテン凝集制御技術	佐藤主研	16:05～16:45

（3）閉会のあいさつ 技術企画部 豊岡事業統括リーダー

2. 個別質疑・相談コーナー（ポスターセッション）（16:50～17:30）

○上記①～⑥についてそれぞれポスターを準備いたしました。

○お時間の許す限り、JPEC研究者とご質疑、ご討論をお願いいたします。

図1 セミナーのプログラム



図2 口演セッション風景

(2) ポスターセッション

口演セッションでは聞けなかった質問や日頃の疑問について、研究者間で深い議論ができるようポスターセッションを設けました。予定の時間をオーバーして熱心な議論が行われました（図3）。



図3 ポスターセッション風景

3. おわりに

ペトロリオミクス技術開発の状況については、これまで当センターが毎年開催している「JPEC フォーラム」でも報告していますが、今回のセミナーでは、参加者の疑問にできるだけ答えられるよう口演時間と質疑応答の時間を長めに設定しました。

参加者から回収したアンケート結果では、今回のセミナーに多くの参加者から、「満足した」、「大変満足した」、との回答をいただきました。その一方で、「ユーザーによる活用を第一に考え、サイエンス、エンジニアリングの両面からの技術説明がほしい」などの建設的なコメントもいただきました。

当センターでは、今後も皆様のご意見を反映させながら、実用化を目指したペトロリオミクス技術開発を計画通り推進して、熟成度・完成度を増しつつ、当「ペトロリオミクス技術セミナー」を継続的に開催し、充実させてゆく所存です。

今回は、全体概要をお話ししましたので、次回はテーマを絞って12月に開催する予定です。今後もぜひご参加いただけますよう、よろしくお願いいたします。

なお、当日の資料が必要な方は、Eメールで下記までお問い合わせください。

一般財団法人石油エネルギー技術センター
石油基盤技術研究所 ペトロリオミクス研究室
盛満 耕造

Eメールアドレス：<mailto:ko-morimitsu@atri.pecj.or.jp>

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 〒105-0011 東京都港区芝公園 2 丁目 11 番 1 号 住友不動産芝公園タワー

●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

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 Center)
1 E. Wacker Dr., Suite 3350, 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



本調査は経済産業省の「平成 29 年度石油精製に係る諸外国における技術動向・規制動向等の調査・分析事業」として JPEC が実施しています。無断転載を禁止します。