

■ 特集

- ◎技術報告 「ワイヤレスセンサーネットワーク技術動向調査」 _____ 1
- ◎調査報告 「欧州石油エネルギー動向調査」
～欧州石油精製業界を取り巻く環境～ _____ 9
- ◎調査報告 「米国シェールオイル(SO)、
シェールガス(SG)の最近の動向について」 _____ 20

■ トピックス

- 「受賞のお知らせ」 _____ 25
- JPECリレー講座「エネルギー最前線」 _____ 26

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

技術報告 「ワイヤレスセンサーネットワーク技術動向調査」

1. 調査の背景、目的

近年、石油プラントにおいては、設備事故とトラブルの削減、省エネの促進について強い要請があります。また、設備老朽化によるトラブル要因が増加し、それに伴うエネルギー原単位の低下も問題となっています。

一方、半導体技術を応用した MEMS^(*) 技術の進歩によって、小型・安価で革新的なワイヤレスセンサーが実用化される兆しがあります。MEMS 技術を利用したワイヤレスセンサーネットワーク(以下、WSN)が導入された新しい設備管理・運転管理が可能になることにより、設備トラブルを未然に防止し、更にオンタイムデータを利用した運転管理等による省エネ効果が期待されています。

WSN を用いた設備管理手法は、トラブル低減等に有効とされています。センサーの小型化・無線化・電力供給法などの課題により予想されていたほどの普及には至っていないとの評価もありますが、最近では MEMS 技術利用による小型で無線通信機能・自立電源機能・超低消費電力機能等を付与したセンサーの革新的技術開発が進み、WSN が実用化されようとしています。ワイヤレスセンサー技術開発は NEDO プロジェクト、産業技術総合研究所などでも進行中であり、主要各国と比べても我が国の優位性がある分野であると言われています。

これらのワイヤレスセンサー技術は、製油所での設備管理・運転管理に利用することにより大きな効果が期待され、WSN 普及促進にも有効ですが、ワイヤレスセンサー開発プロジェクトと製油所での現場活用との連携が行われていないため、製油所での実用性を考慮した研究開発・実証研究が不十分です。

そこで、現状の MEMS 技術を利用した WSN 関連技術の研究開発動向を把握し、製油所での WSN の現場適用性と求められる技術要素について調査し、今後の技術開発・実証に向けた取組計画を明らかにすることを目的とし調査を行いました。

^(*) MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)

2. 調査の内容

最新の MEMS 技術並びに WSN 周辺技術の動向と適用可能性に関する調査を実施し、実用化に向けた課題や問題点を抽出することによって、WSN システムの技術開発ロードマップ案を策定しました。具体的な調査項目は以下の (1) ~ (4) の 4 項目です。

- (1) WSN システムの技術開発動向
- (2) プラント分野での WSN システムのニーズ調査
- (3) WSN システムの課題・問題点
- (4) プラント分野における開発ロードマップ案の策定

3. 調査結果

(1) WSN の技術開発動向

WSN は、センサー、ネットワーク、データ分析、ソリューションの 4 つの要素から構成されています。そのうちセンサーは、①受感部 (チップ)、②電源、③演算部 (MCU: マイコン)、④ LAN (Local Area Network)、から構成されます (図 1)。

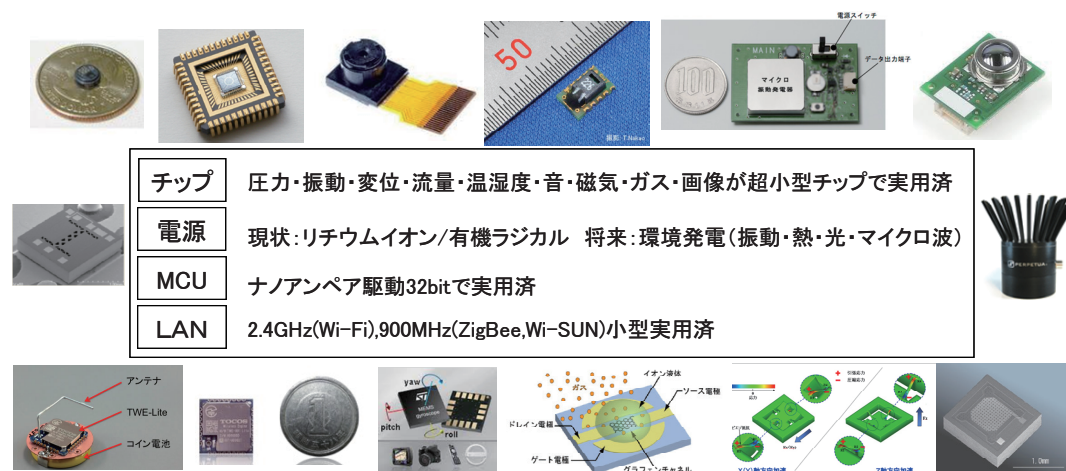


図 1 センサー構成イメージ

MEMS センサーチップは、圧力、振動、変位、流量、温湿度、音、磁気、ガス、画像などが十分に小さな数ミリ角程度の大きさで開発・市販されています。これらのセンサーチップは単体あるいは複数のセンサーを集積させており、信号回路も同じ基板上に工作された小指の上に乗る程度の小さなワンチップ化が実現されています。ただし、いずれのセンサーチップも精度、ダイナミックレンジの点でプラント状態監視用センサーとしては更なる開発の余地が見受けられました。

電源については、エネルギー密度の高い小型ボタン電池が開発されており、数年の寿命を持つセンサーの開発に期待が持てます。一方、振動、温度差、光、電磁気などを利用した発電技術、いわゆる環境発電技術の利用は実用化の段階にありますが、センサーに内蔵される大きさとエネルギー効率を実現するには 10 年程度の期間が必要と思われます。

MCU (Micro-Control Unit) は、センサーチップの計測条件や無線チップの通信タイミング、電池のエネルギー管理などの演算を行います。MCU はナノアンペアの非常に省電力で駆動する

数ミリ角のチップが多数市販されており、プラント状態監視用にも適用可能と考えられます。

LAN 用の無線チップはセンサーモジュールの要素技術の中で最も消費電力が大きい部品となります。計測されたデータの通信量が多ければセンサー寿命が短くなることになるので、プラント状態監視のために最小限のデータを選択する必要があります、WSN 構築のための重要課題となります。

センサーモジュールの実装、すなわちセンサーモジュールの組立て技術については、現状のセンサーモジュールは屋内環境モニタリングが主な用途であるため課題が多く、今後、小型化、耐環境性（降雨、温度、湿度）、防爆などの対策を講じる必要があります。

WSN の構成要素のネットワーク（LAN、WAN）、データ分析、ソリューションの関係を図2に示します。ワイヤレスセンサーによって収集されたデータはネットワークを介してプラント内の制御室やプラント外のサービスプロバイダに転送されます。

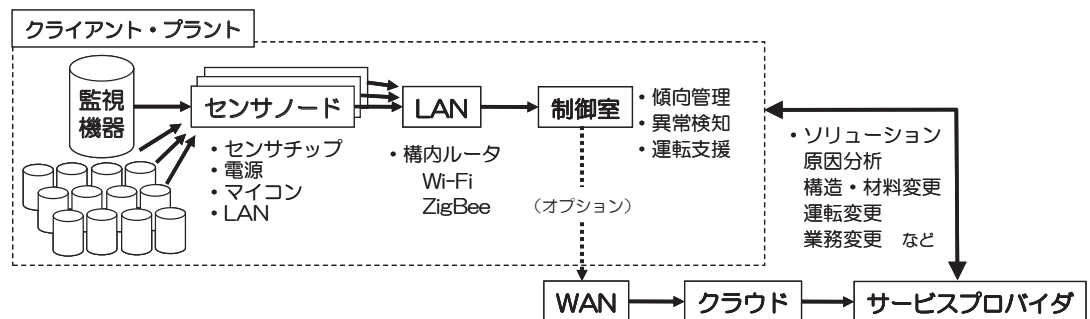


図2 WSN を利用したプラント設備管理イメージ

データ分析とは、主にプラントの制御室内に設置されたモニタリング装置によって自動的に実施される分析で、経時変化をグラフ表示して行う傾向管理、データに閾値を設定した異常検知、アラーム発報などの機能を有します。これらの分析にはセンサーからの計測データだけではなく、運転データや保全データ、気象データなど対象機器の運転環境条件を考慮する場合があります。分析結果は現場の保全員にとって視覚的にわかりやすい表示方法で、誤解を招かないように最適な表示項目である必要があります。また、アラームの誤発報が極力発生しないように分析精度を向上させた調整を行うとともに、分析パラメータ等を適宜見直すことも重要です。データ分析の手法は日々新しい手法が提案されており、精度も向上しているため、新しい手法の導入も検討する必要があります。近年注目されているビッグデータ分析の最新の手法を導入することによって、分析精度が向上することも考えられます。

ソリューションとは、主にプラント外の技術サービスプロバイダのデータ分析の専門家によって実施される分析であり、異常原因の特定、再発防止の施策、構造や材料の変更などの提案があります。

（2）プラント分野での WSN システムのニーズ調査

石油精製プラントで喫緊の課題となっている「設備の高経年化」と「熟練技術者の減少（技能継承の困難化）」の観点から WSN のニーズをヒアリングした結果を以下に示します。

☐ WSN 全般

- ・異常検知精度の更なる向上

- ・計測装置の設置工事も含めた導入コストが安価であること
- ・設備状況・環境などで変化する劣化速度への対応
- ・保温材付き機器や埋設機器、高所設置機器などへの適用（特に腐食検知）

□動機器への適用

- ・日常点検の代替（1日に数回程度、軸受の温度や振動の健全性評価を実施している動機器もあります）
- ・振動計測は計測ポイントの管理やノイズ除去技術が必要

□配管への適用

- ・網羅的な検査（モニタリング）手法としての利用
- ・CUI（Corrosion under insulation：保温材下外面腐食）のスクリーニング手法としての利用
- ・高所配管ラック部や地中埋設部への適用（検査の付帯工事費削減）
- ・配管肉厚、温度分布、腐食の程度のモニタリングへの適用

□静機器（配管以外）への適用

- ・加熱炉の温度計測や腐食点検等、検査コストが高く、腐食計測ポイントが多数なために代表点計測となっている部分への、安価な全数検査法としての利用

□技能伝承への適用

- ・熟練技術者の暗黙知を形式知へと変換するようなツールとしての利用（五感センサー、センサーデータの解析技術）

(3) WSN システムの課題・問題点

ワイヤレスセンサーを中心とした WSN を構成する技術要素の開発状況と石油精製プラントを対象とした WSN のニーズより、石油精製プラントの減災や保全高度化を目的とした WSN 技術開発に関して、予想される技術的課題・問題点を整理しました。

MEMS センサーチップの計測精度

MEMS センサーチップは自動車の衝突時のエアバック起動用スイッチング部品のような大きな物理量の変化の検知や、環境モニタリングのような比較的マイルドな変化の計測等を目的にしてきた開発経緯から、プラントの非破壊検査用センサーのような微弱な信号を精度良く計測するような科学計測分野への適用はあまり検討されていません。そのため、計測の感度、分解能、ダイナミックレンジなどに関しては一層の開発が必要と思われます。一方、既存の MEMS センサーチップの性能をそのままに利用して各種検査用センサーとして流用できるか否かを検討することも有効です。既存品を利用できれば、センサーコストは大幅に削減できます。

新規 MEMS センサーチップの開発費用

既存の MEMS センサーチップの計測精度の限界によって新規に MEMS センサーチップを開発する場合には開発費用が課題となると予想されます。現状の MEMS 製造装置（ファウンドリと呼ばれます）は、クリーンルームなど大規模な製造ラインが必要であり、1ラインあたり数千億円の建造費がかかります。また、12インチのシリコンウェア上に非常に小さな MEMS センサーチップを形成するので、1枚のシリコンウェア上に数百～数千個の MEMS センサーチップを製造することになります。このような背景により、大手メーカーが新規

MEMS センサーチップの開発に着手する場合は数十億円規模の市場が必要になり、中小メーカーでも数億円市場が必要と言われています。つまり、通常の半導体製品が少品種大量生産であるがゆえに製造ライン収支が保たれているのに対し、MEMS センサーチップは多品種少量生産であるがゆえに問題が生じることになります。

しかしながら、多品種少量生産の MEMS チップのコスト削減を目指して、ファウンドリ機能をコインランドリーのように複数の開発者が共同して使用する機関や MEMS チップの委託製造のみを行う企業が登場しています。また、大型のクリーンルームを不要とし、1/2 インチの小さなシリコンウェア上に MEMS センサーチップを形成するミニマルファブという技術開発が産業技術総合研究所を中心に進められているなど、今後、開発費用の課題解決が期待されます。

MEMS センサーモジュールメーカーの不在

WSN のビジネスレイヤーはチップレベル・モジュールレベル・システムレベル・ソリューションレベルと 4 層構造（図 3）になっています。その中でモジュールレベルの企業が他のビジネスレイヤーと比べて少ないと思われます。特に石油精製プラントのような屋外の環境で使用するセンサーには耐環境性が必要とされますが、そのようなセンサーはほとんど見られません。今後、石油精製プラントのような屋外環境で堅牢性が求められる構造のセンサーを開発・普及するためには、センサー市場の醸成を併せて検討していく必要があります。

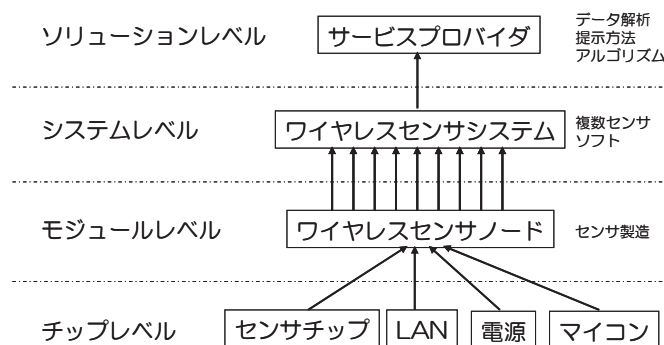


図3 WSN 構成機器サプライヤの業界構造

MEMS センサーモジュールの低廉化

上記のように MEMS チップの開発費用が高額で、センサーモジュールメーカーが不在の現状では、センサーモジュールの低廉化は大きな課題となります。既存の MEMS チップや他の構成要素を用いればセンサーモジュールのコストを抑えることができると考えられますが、市場との関連性も考える必要があります。ビジネスレイヤーの 4 層構造は最上部のソリューションレベルの利益率が高いセンサーが供給されなければ市場が開かれません。一方、ビジネスレイヤー下層部のチップレベルは薄利多売が求められているため、ソリューションレベルの市場開拓に困難が生じます。そこで、チップレベルやモジュールレベルの企業を含め、ビジネスレイヤー 4 層が、プラント向けの WSN ビジネスに向けて JV やコンソーシアムのような体制を組むことによってソリューションサービスを提供するような形態をとることが、MEMS センサーの低廉化の一つの方法となると考えられます。

MEMS センサーモジュールの防爆性

石油精製プラント構内には防爆エリアが多数存在します。WSN の構成機器の中で、無線中継ルータは防爆認定を受けた市販装置がありますが、MEMS のワイヤレスセンサーで防爆認定を受けているセンサーはありません。ワイヤレスセンサーも電気機器であるので、防爆認定をクリアする必要があります。

MEMS センサーモジュールの耐熱性

モニタリング対象機器には高温機器も多く、表面温度は 300℃程度の機器もあります。しかしながら、シリコン単結晶のウェハ上に形成された MEMS センサーチップは耐熱性が百数十度程度です。シリコンカーバイドのウェハを用いれば 300℃程度の耐熱性を持つことができますが、シリコンカーバイドの MEMS センサーの研究開発は始まったばかりです。また、センサーチップ以外の電源、マイコン、無線チップの耐熱性も併せて向上させる検討が必要です。

MEMS センサーモジュールの無線通信距離

ワイヤレスセンサーモジュールは内蔵されたマイコンと無線チップによって計測したデータをデジタル変換して無線通信で計測装置へ転送します。無線周波数帯域は 2.4GHz 帯か 920MHz 帯です。いずれの周波数帯域も見通しの良い場所であれば 100m 以上の通信距離を実現していますが、プラント構内では障害物の影響で通信距離が確保できなくなる可能性が危惧されます。センサー配置には電波強度などを十分に事前調査して、無線中継ルータなどの配置を決めて、効率的な WSN を構築する必要があります。

(4) プラント分野における開発ロードマップ案の策定

石油精製プラントを対象に WSN の技術開発事業を実施するにあたり、開発事業の開発テーマをいくつか提案し、各々のテーマの開発仕様（案）と予想される開発ロードマップ（開発期間 5 年を想定）について検討しました。

(A) 振動 / 温度計測による回転機器の軸受状態モニタリング

➤ 開発目標

回転機器軸受けの故障は、即設備停止に繋がる場合があり、補機がある場合でも軸受け損傷からの油漏洩に伴う火災などの危険性も考えられ、日常点検によって状態監視が実施されています。しかしながら、回転機器の基数が多いために全数検査は難しく重要機器の点検に限られること、ベテラン保全員減少に伴って従来の五感による異常検知が難しくなっていること、振動計測器が高価なうえに取扱や評価に技量が必要なこと等の課題があります。そこで、小型で安価な振動ワイヤレスセンサーを用いた WSN によってこれらの課題を解決します。

➤ 計測原理と評価原理

振動計測による回転機器の軸受評価は十分に実績のある手法が提案されており、ISO によって評価基準も制定されています。既存の計測 / 評価手法を利用し、定量評価まで含めた検査技術としての WSN システムとします。更に、回転機軸受けの異常は潤滑油の温度上昇も伴うため、振動計測と併せて温度計測も行うことにより、異常検知精度の向上を図ります。

➤ ワイヤレスセンサーの開発スケジュール案（開発期間 5 年を想定）

	1	2	3	4	5
①計測/評価原理	●	●			
②センサ	●	●	●		
③WSNシステム		●	●	●	
○実証試験			●	●	●

(B) 温度 / 湿度計測による配管 CUI モニタリング

➤ 開発目標

高経年化した石油精製プラントでは、保温材付き配管の外表面腐食（CUI）による漏洩事故が近年顕在化し、喫緊の課題となっています。CUI の検査技術としては、ガイド波法やパルス渦流探傷法など数種類の非破壊検査方法が提案され、一部は現場に供されています。しかしながら、いずれの検査方法も 1 回で計測できる範囲や検査コスト、検査精度等、必ずしもプラントオーナーの満足を得られていないのが現状です。そこで、WSN のセンサーを多数設置することで広範囲に検査できること、常時モニタリングすることで検査精度向上が見込めること、検査方法を工夫することで保温材を撤去しないセンサー設置方法が期待できることなどの特徴を活かして、CUI 検査の課題を解決します。

➤ 計測原理と評価原理

CUI の発生プロセスは大気中の酸素による配管表面の腐食であり、外装板の損傷部等から流入する雨水や海塩粒子、配管の運転温度などが腐食を加速させます。このような CUI の発生・加速要因から濡れ乾燥の繰り返しと運転温度の影響が捉えられれば、CUI の劣化予測ができる可能性があります。また、運転温度 60℃～120℃が最も劣化が厳しく、更に間欠運転があるほど劣化は進行するとの報告もあります。そこで、画鋏型の温度と湿度を計測するワイヤレスセンサーによって保温材外装板の内部の温湿度をモニタリングすることと降雨などの気象データ、間欠運転の記録などによって CUI の発生している可能性が高い配管をスクリーニングします（図 4）。

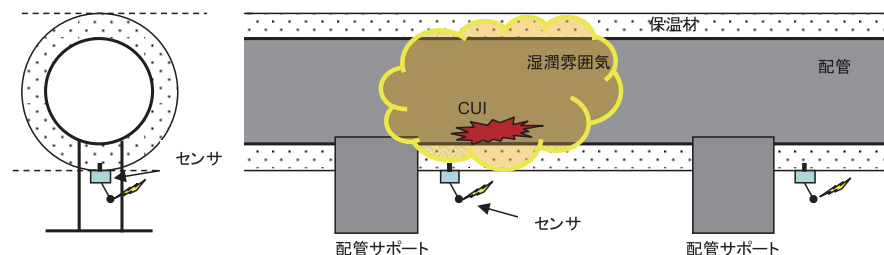


図4 温度 / 湿度計測による CUI スクリーニングのイメージ

➤ ワイヤレスセンサーの開発スケジュール案（開発期間 5 年を想定）

	1	2	3	4	5
①計測/評価原理	●	●	●		
②センサ		●	●	●	
③WSNシステム			●	●	●
○実証試験				●	●

(C) AE/温度計測による配管 CUI モニタリング

➤ 開発目標

上記 (B)「温度 / 湿度計測による配管 CUI モニタリング」と同様です。

➤ 計測原理と評価原理

プラント配管の CUI は、高経年化した保温配管表面に水分浸入・海塩粒子・運転温度が作用して発生し、大気腐食と比較して局所的かつ高速な腐食減肉となります。また、腐食減肉は配管表面の錆が体積膨張し、錆の生成と剥離を繰り返すことによって配管の肉厚を削っていきます。錆の剥離の際には超音波帯域の弾性波である AE (Acoustic Emission) が発生し、AE を分析することによって CUI を評価します (図 5)。腐食に伴う AE は非常に微弱であり、実プラントでは様々な環境ノイズの混入が予想されます。

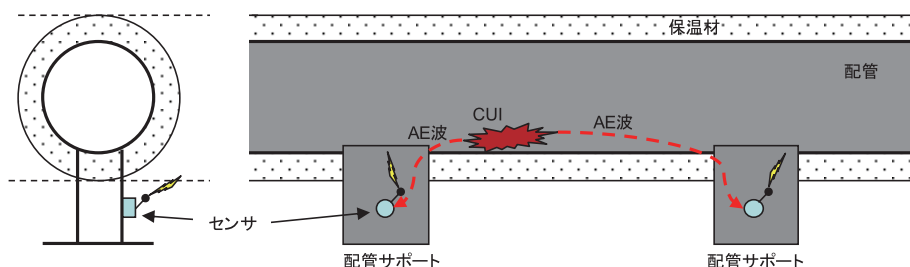


図5 AE/温度計測によるCUIスクリーニングのイメージ

本手法の開発では、CUIの発生プロセスを考慮してAE波の特徴を把握するとともに、保温材を撤去せずに簡便にセンサーを設置できる配管サポート部を設置位置とし、AE伝播経路の減衰などの特性、さらにプラント現場環境で混入が予想される様々なノイズ信号の特徴を把握する必要があります。これらの技術課題を克服することによって、AE法がプラント現場での実運用に耐えうるロバストなCUI評価技術となります。

また、併せて配管近傍の温度分布を計測し、既に報告されているCUI発生可能性が高い温度域か否かを推定することで、AE法による評価の信頼性の向上を図ります。

➤ ワイヤレスセンサーの開発スケジュール案 (開発期間5年を想定)

	1	2	3	4	5
①計測/評価原理	●	●			
②センサ		●	●	●	
③WSNシステム				●	●
○実証試験				●	●

4. 技術開発にあたっての取組

WSNの製油所への適用に向けた技術開発にあたっては、開発ターゲットの選定や実証試験場の提供、関連データの提供、開発成果の評価などを石油精製プラントオーナーが、計測/評価手法開発は検査会社やエンジニアリング会社が、センサーやネットワーク開発は大学、研究機関、WSN関連メーカー等がそれぞれ担当し、コンソーシアムを組んで取り組む必要があります。当センターは石油産業における技術開発プラットフォームとしてその取組に貢献できると考えています。



調査報告

「欧州石油エネルギー動向調査」 ～欧州石油精製業界を取り巻く環境～

1. はじめに

欧州石油精製業界が置かれている環境は、日本の石油精製産業が置かれている環境に似ている点が多くあります。というよりも一歩先んじて苦境に立ち向かっているという表現の方が正しいかもしれません。例えば、①石油精製産業を取り巻く厳しい環境規制、②エネルギー効率の向上や他のエネルギーソースへの転換による石油需要の減退と石油精製設備の余剰問題、③域外石油精製セクターとの競争激化等は日本にも共通する点です。欧州においてはこれに④自動車ディーゼルシフトに伴う輸送用燃料の需要と供給のインバランス、⑤欧州政府の先進的な気候変動政策への取り組みによるバイオ燃料の混合義務等が加わることで、日本と比較してより厳しい環境に置かれていると言えます。

この様に、日本と同様又はより厳しい環境に置かれている欧州石油精製産業から学ぶことは多く、当センターでは欧州長期出張員事務所を活用し、現地に密着した情報収集活動を行っております。ここでは、当センター欧州事務所が実施した情報収集調査に基づいて、欧州石油精製業界を取り巻く環境について紹介させていただきます。

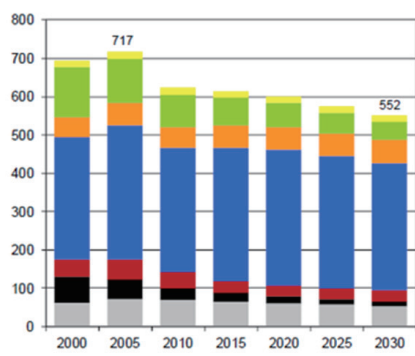
2. 欧州石油精製産業の現状

(1) 欧州石油製品需要動向

2013年の世界石油需要は前年対比1.4%増加し、4,185百万トンとなり2005年対比では5.7%増加しています。一方で欧州連合加盟28ヵ国（以下EU）の2013年石油需要は前年比1.4%減少により、605.2百万トンとなっています。これはEU石油需要のピーク年である2006年と比較すると16.7%も減少していることになります。参考までに日本と比較してみますと、日本の2013年の石油需要は前年比3.8%の減少で208.9百万トンであり、EUと同様に2006年と比較すると12.8%の減少となっています。

EUの2013年石油需要について軽質留分（LD）、中間留分（MD）、重油（FO）という区分でもう少し詳しく見てみますと、LDは前年比2.2%減少・2006年対比22.0%減少、MDは同じく0.2%減少・5.3%減少、FOは同じく10.4%減少・44.0%減少となっており、重油の大幅な需要減と揮発油等の軽質留分の需要減が欧州の石油需要減の要因であることがわかります。

上記需要の数量には揮発油及び軽油へのバイオ燃料（バイオエタノールやバイオディーゼル）も含まれているため、バイオ燃料を除いた石油製品需要の減退は更に厳しい見通しです。



【出所: CONCAWE】

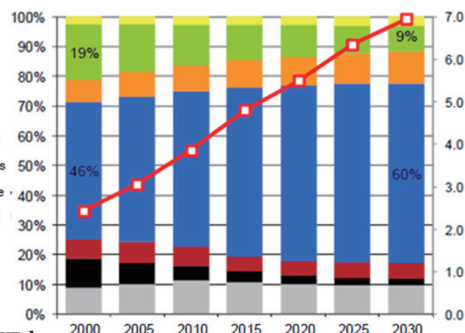


図1 欧州石油製品需要（除くバイオ）推移【百万 t/ 年】

図2 欧州石油製品需要構成比推移

欧州石油環境保全連盟（Conservation of Clean Air and Water in Europe, 以下 CONCAWE）の想定では、バイオ燃料を除いた石油製品需要は図1に示すとおり、2030年に552百万トンと2005年対比約165百万トンの減少となる見通しです。その中で特に輸送用燃料（ガソリン＋軽油）需要はバイオ燃料導入及び自動車のエネルギー効率改善により2030年までに2005年対比で81百万トンも減少する見通しとなっています。

産業用燃料及び船舶用燃料として利用されている重油の需要についても環境規制強化の影響で引き続き天然ガス等への燃料転換による需要減退が続く見通しであり、石油製品需要全体における軽質留分及び中間留分の比率は更に拡大し、2005年に75%であった構成比が2030年には83%を占める見通しとなっています。

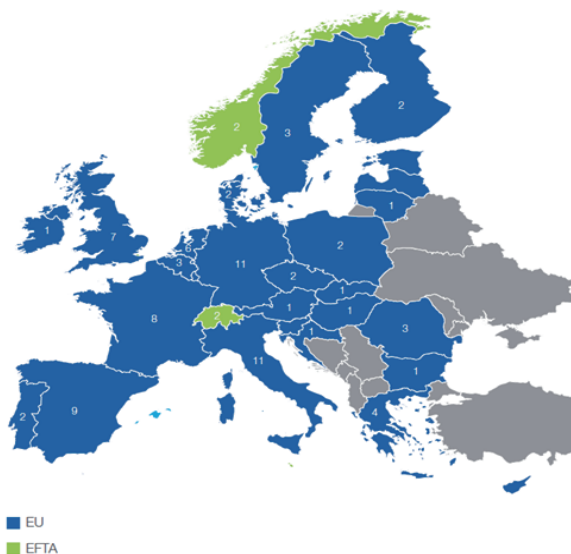
乗用車におけるディーゼルスフトと輸送燃料消費における大型トラック等のヘビーデューティービーグル（HDV）での消費構成比が高まる傾向が継続することから、図2に示すとおり、ガソリン需要に対する中間留分需要の占める割合は引き続き上昇し、2005年時点ではガソリン対比中間留分の需要が3.1倍に対し、2030年には6.9倍となり、ガソリンと中間留分のインバランスは大幅に拡大する見通しとなっています。

（2）欧州における製油所原油処理能力と稼働率の現状について

EUには図3に示すとおり、合計で82の主要な製油所があります（欧州自由貿易連合【EFTA】域では86製油所）。精製能力ベースでは2013年時点で約730百万t/年（14.7百万BD）です。

参考までに上位7ヵ国を紹介しますと1位ドイツ102.6百万t/年、2位イタリア89.6百万t/年、3位イギリス80.2百万t/年、4位フランス70.6百万t/年、5位スペイン70.5百万t/年、6位オランダ66.1百万t/年、7位ベルギー39.2百万t/年となっています。

需要の減退や精製マージンの低迷等の厳しい経営環境の影響で製油所の閉鎖が



【出所: FuelsEurope】

図3 EUにおける国別製油所数

続き、石油精製能力については2006年をピークに減少しており、2013年の精製能力は2006年対比8%減少しています。しかしながら、需要の減退が製油所閉鎖を上回る勢いで進んでいるため、設備余剰問題は拡大しており、図4に示すとおり製油所稼働率についても減少傾向が続いています。最新の統計によるとEUの2013年原油処理量は約580百万t/年（11.6百万BD）と前年比4.8%減少し、稼働率は約79%と80%を下回るレベルに達しています。

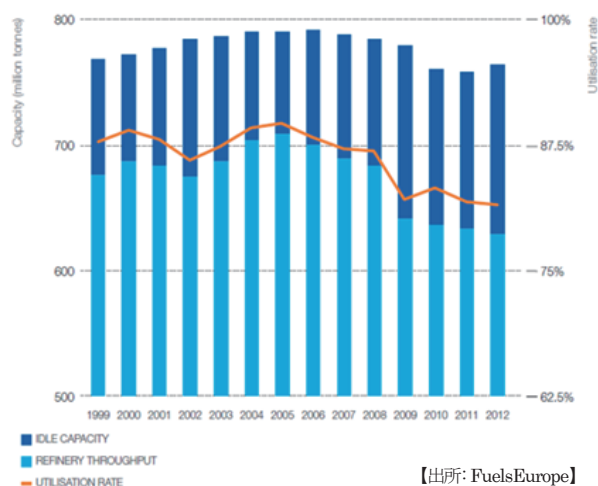


図4 欧州製油所能力、通油量【百万 t/ 年】及び稼働率推移

過去に閉鎖した製油所を改質装置の装備率という観点で整理してみると、図5に示すとおり、改質装置を備えていなかった Teesside 製油所を除き全ての製油所が欧州の製油所平均値よりも高い改質装置装備率（改質装置能力／常圧蒸留装置能力）であったことがわかります。このことから、輸送用燃料需要のディーゼルスフトによるガソリンと軽油のインバランス拡大によってガソリン生産に軸足を置いた製油所の競争力が低下していることが考えられます。

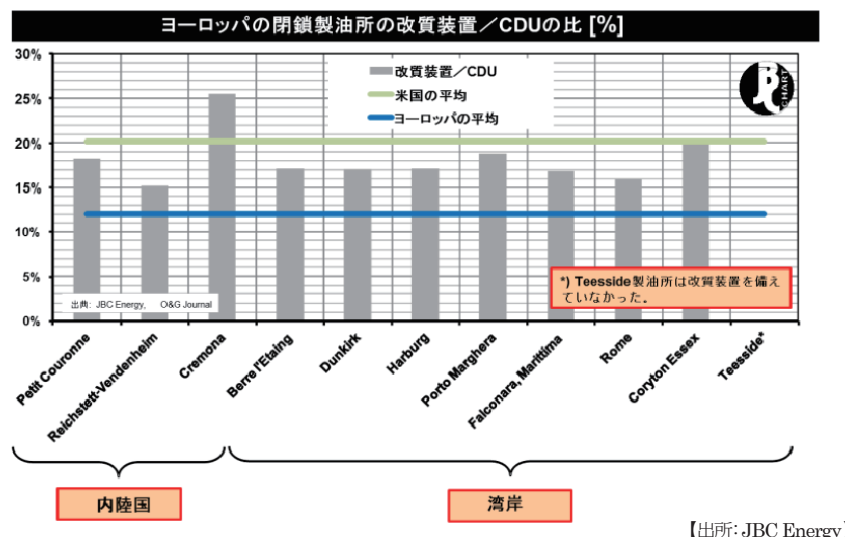


図5 欧州閉鎖製油所の改質装置装備率【%】

今後も引き続き EU 域内需要の減退は続くことから、製油所稼働率80%を維持するためには2018年までに2013年対比2.1百万BD（104百万t/年）以上の製油所能力削減が必要になると専門家は予想しています。

(3) 欧州における石油製品の輸出入動向について

欧州域内では、(1) 需要動向の項目で記述のとおり、輸送用燃料のディーゼルシフトに伴う需要と供給のインバランスが拡大しており、EU 域内需要に見合った製品を安定供給するために軽油を輸入する一方で、余剰のガソリンを輸出する必要があります。図6は欧州における域外との軽油輸入 / ガソリン輸出フローを示したものです。EU は不足する軽油をロシア(11.9 百万 t/ 年)、米国(10.5 百万 t/ 年) 及びアジア(3.9 百万 t/ 年) から輸入し、余剰のガソリンを米国(20.2 百万 t/ 年)、アフリカ(12.6 百万 t/ 年) 及びアジア(5.7 百万 t/ 年) に輸出することで域内のインバランスに対応しています。

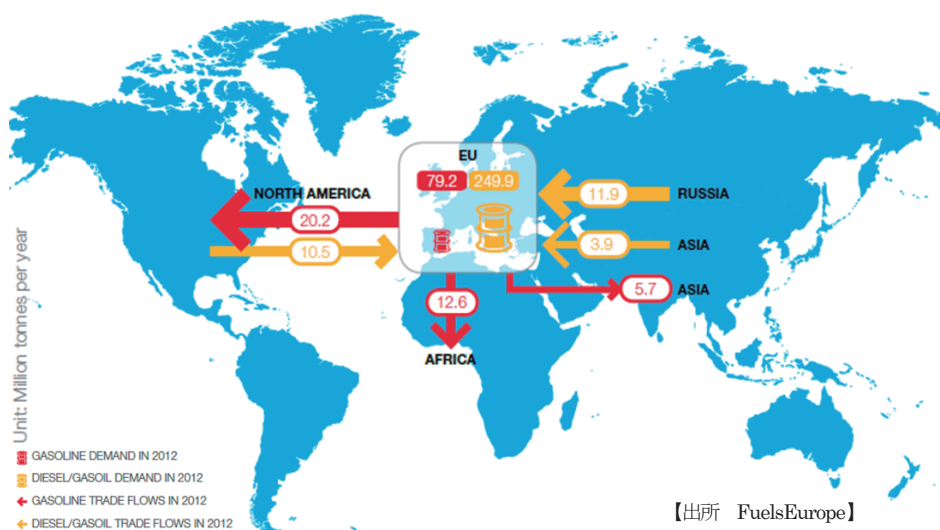


図6 欧州ガソリン / 軽油の輸出入フロー 2012【百万 t/ 年】

欧州にとってガソリンの重要な輸出先は米国であり、輸出数量の 50%以上を占めています。しかしながら、近年米国の製品輸入量が減少傾向にあり、欧州石油精製業界は、重要なガソリンの輸出先を失いつつあります。米国においては欧州と同様に自動車の燃費改善、バイオ燃料混合量増の影響によるガソリン需要減少に加えて、米国シェール革命の影響による製油所稼働コスト低減等による精製マージン改善が進んでおり、製油所稼働率が向上し、ガソリン輸入量が減少しているのです。さらに製油所稼働率向上によって軽油の輸出量は増加傾向にあります。

具体的には欧州から米国へのガソリンを中心とした石油製品の輸出量は 2006 年初頭には 120 万 BD であったのに対し、2013 年末には 50 万 BD 前後にまで激減している一方で、欧州における米国からの軽油を中心とした石油製品輸入量は 2006 年初頭には 20 万 BD 前後であったのに対して 2013 年末には 90 万 BD 前後にまで急増しており、現状、欧州にとって米国はネットでの石油製品輸入元となっている状況です。

今後も米国におけるガソリン輸入量減少の傾向は続く見通しであり、2014 年 6 月発表の IEA 中期レポートでは図7のとおり 2013 年時点では 205 千 BD のガソリン及びナフサ輸入国であった米国が、2019 年時点では欧州の輸出量を上回り、世界一のガソリン / ナフサ輸出国となる見通しとなっています。すなわち欧州にとって貴重なガソリン輸出先であった米国が、反対にアジアやアフリカ向けのガソリン輸出の競合国になってしまうという非常に厳しい事態が想定されているのです。

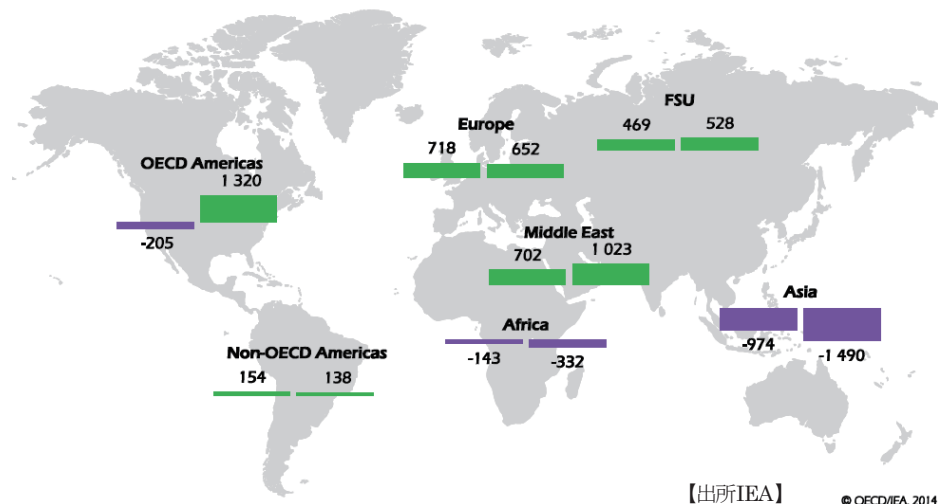


図7 世界におけるガソリン／ナフサの製品供給バランス 2013 年 / 2019 年 【千 BD】

続いて、軽油の輸入についてより詳しく見てみましょう。図6にて記載のとおり、欧州にとって軽油の主要輸入元はロシアであり、その構成比は45%以上となっています。ロシアでは欧州に比較し軽油の低硫黄化が遅れており、2012年時点においても軽油の70%はEURO5不適合のため、欧州石油精製業者はロシアから硫黄分の高い粗軽油を輸入し、製油所にて精製・ブレンドにより付加価値を向上させた後、欧州域内へ製品軽油を供給するというビジネスモデルにて対応してきました。しかしながら、ロシア政府の優遇税制変更の後押しもあり、ロシア石油精製業界は2020年までに100%EURO5規格適合燃料を生産開始する目標に向けて積極的な製油所アップグレーディング装置への投資を進めています。

更に図8に示されているとおり、中東における輸出型製油所の新設（2019年までに2.2百万BDの製油所能力増強予定）により、中東から競争力の高い製品軽油が欧州に輸出されることが想定され、前述の米国軽油輸出量増もあわせて考えると欧州石油精製業界は今後もう一段と激化した厳しい競争環境に晒される可能性が高いと考えられます。

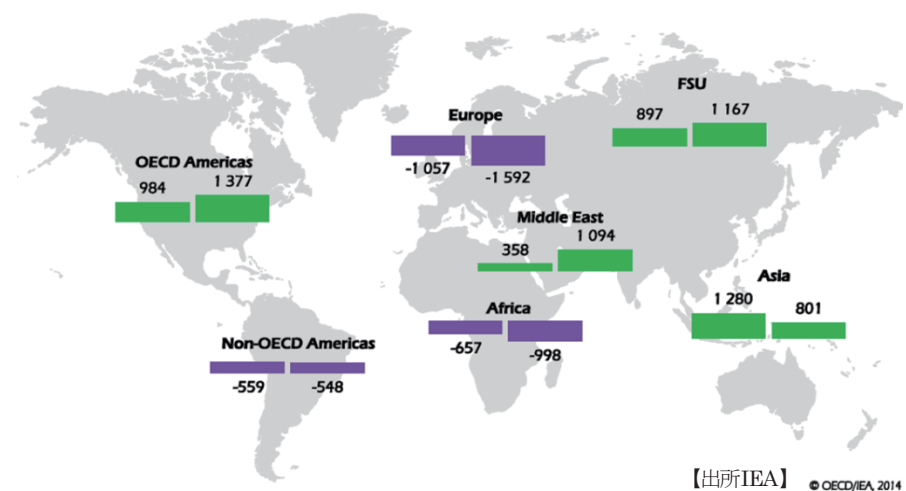


図8 世界における中間留分の製品供給バランス 2013 年 / 2019 年 【千 BD】

3. 欧州気候変動エネルギー政策最新動向

(1) 2020 年为目标とした欧州気候変動・エネルギー政策

EU では通称「20-20-20 パッケージ」と言われる気候変動・エネルギー包括政策において下記の3つの目標を2020年までに達成することを2009年に掲げ、その目標に向かって取り組みを進めています。

- ① 温室効果ガス排出量（以下 GHG 排出量）を20%削減する（1990年対比）
- ② 再生可能エネルギー比率を20%まで向上する（輸送用燃料については10%目標）
- ③ エネルギー効率向上により一次エネルギー消費20%削減（2007年時点の予測対比）

GHG 排出量削減目標をコスト効率良く達成できるように用意された政策として欧州排出量取引制度（EU Emissions Trading Scheme 以下 EU-ETS）があり、GHG 排出量削減目標について、EU-ETS 対象セクターについては2020年までに2005年対比で21%削減することが求められています。欧州石油精製業界も EU-ETS 対象であり、当該目標の達成が求められています。各目標に対する2012年時点の実績と2020年目標の達成見通しについては図9に示すとおりです。

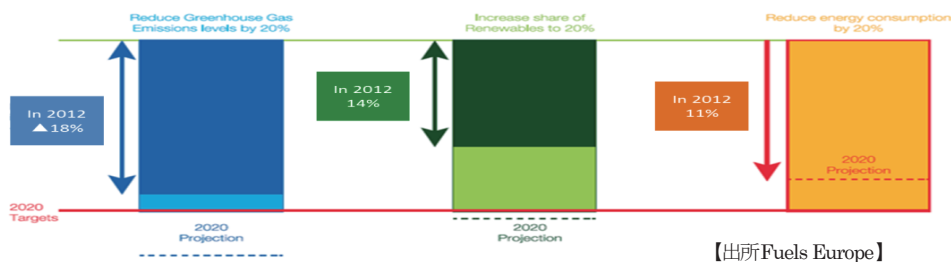


図9 EU 20-20-20 パッケージの達成見通し

GHG 排出量削減目標20%に対しては2012年時点で18%の削減を達成しており、目標を大幅に達成できる見通しです。再生可能エネルギーの最終エネルギー消費に占める比率についても2012年時点で14%のシェアを占めており、2020年目標を達成できる見通しです。再生可能エネルギーの導入については図10に示すとおり、電力部門における導入が最も進んでおり、2012年時点で23.5%となっています。電力部門における再生可能エネルギーの増加は、図11に示すとおり風力及び太陽光発電の発電量増加が顕著となっております。一方でエネルギー効率改善については、2012年時点で11%の一次エネルギー消費削減に止まっており、現時点では目標を2~3%下回る見通しです。

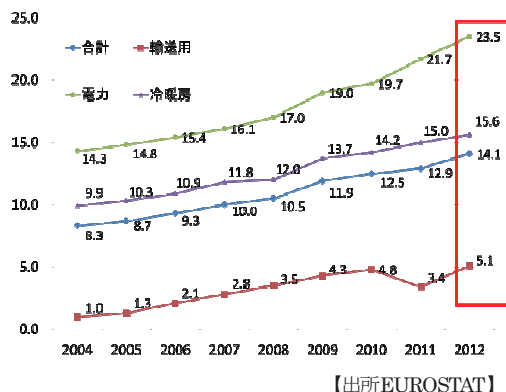


図10 部門別再生可能エネルギー導入割合推移

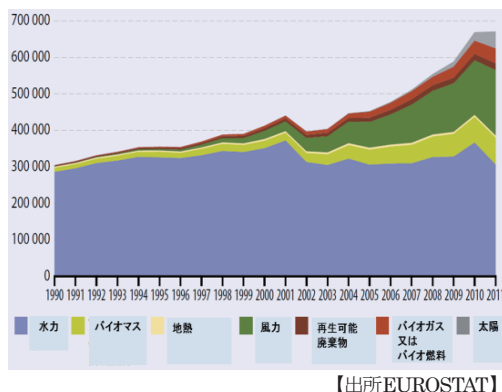


図11 再生可能エネルギー種別発電量推移



(2) 2030 欧州エネルギー・気候変動フレームワーク

更に欧州委員会は 2020 年以降の欧州政策の方向性を明示する目的で 2014 年 1 月 22 日に「2030 年を目標とした欧州エネルギー・気候変動フレームワーク」を発表しています。当該フレームワークにおいてポイントになるのは下記 2 点です。

① 2030 年までに GHG 排出量を 40%削減する（1990 年対比）

（EU-ETS 対象セクターは 2030 年までに 2005 年対比 43%の GHG 削減が目標）

② 2030 年までに再生可能エネルギー比率を 27%まで向上する

2030 フレームワークにおいては、輸送部門における再生可能エネルギー導入及びエネルギー効率の改善については具体的な目標が設定されていません。輸送部門における再生可能エネルギー導入については後述するバイオ燃料生産に際しての間接的土地利用変化（Indirect Land Use Change：以下 ILUC）に関する議論が結論に達していないことが影響していると考えられます。また、エネルギー効率改善目標については 2014 年半ばに実施予定のレビュー完了までは目標設定がされない見込みです。

この 2030 フレームワークについて CONCAWE は「GHG 排出量 40%削減、EU-ETS 対象セクターにおいては 43%削減という目標は、高すぎる目標であり、非現実的である。欧州石油精製業界はこの野心的すぎる目標を達成するための技術的解決策は無く、他国が同様の野心的な GHG 排出削減目標を掲げない場合には著しく競争力を損なう」との強い懸念を示しています。

4. バイオ燃料政策の現状と今後の見通し

20-20-20 パッケージと言われる 2020 年気候変動・エネルギー政策の一環として EU は 2009 年に再生可能エネルギー指令と燃料油品質指令の改訂版を採択しました。

(1) 再生可能エネルギー指令（以下 RED）

この指令は、2020 年までに EU 加盟国が達成すべき義務として、EU 全体で再生可能エネルギーシェア 20%と、輸送部門における再生可能エネルギーシェア 10%を制定しています。輸送部門における 10%シェア達成の手段として中心はバイオ燃料の導入になりますが、その他にも再生可能エネルギーによって発電された電力、水素の利用も可能となっています。

バイオ燃料導入に際しては、「適正な」すなわち一定の持続可能性基準を満たしたバイオ燃料導入を推進すべく、様々なベンチマークの中で厳格な持続可能性基準に適合し、適合性が証明されたバイオ燃料のみがカウントされる仕組みが設けられています。具体的には下記のとおりです。

① 2016 年末までは GHG 削減量 35%以上

② 2017 年 1 月 1 日以降は GHG 削減量 50%以上

③ 2018 年 1 月 1 日以降は GHG 削減量 60%以上（ただし 2008 年 1 月 24 日～2016 年 12 月 31 日操業のバイオ燃料生産工場については 50%以上）

また、RED においては、輸送部門における 10%目標において、廃棄物・残留物・非食料セルロース系物質及びリグノセルロース物質から生産されたバイオ燃料については、2 倍カウントとするインセンティブが設けられています。

RED については 2014 年末までに欧州委員会によってレビューと指令の見直しが予定されています。

（２）改訂燃料品質指令（以下 FQD）

FQD では、燃料油の品質規格及び GHG 排出削減目標が定められています。GHG 削減目標については 2020 年までに 2010 年時点の燃料油 GHG 排出量と比較し、10%削減することが目標となっており、そのうち 6%が石油精製産業に課せられる義務となっています。6%削減の手段としてはバイオ燃料導入、代替燃料の利用、製油所におけるフレアや排出ガス削減などが考えられます。2020 年までの中間目標として 2014 年末に 2%、2017 年末に 4%の削減目標が設定されています。FQD における 6%目標は RED10%目標が 60%の GHG 排出削減に値するバイオ燃料混合によって達成された場合との整合性を考慮して規定されています。

一方で、義務的目標の 6%を除いた残りの 4%のうち 2%は電気自動車や CCS（二酸化炭素回収貯留）技術を用いた削減が想定されています。残る 2%は、CDM（クリーン開発メカニズム）を活用したカーボンクレジットの購入によって達成することとされています。

FQD においても RED と同様にバイオ燃料の持続可能性基準と 2014 年中に見直しを実施する計画が織り込まれています。

（３）ILUC 提案による RED 及び FQD 見直し議論の最新動向

RED 及び FQD には持続可能性基準が規定されていますが、両指令に規定されているバイオ燃料の持続可能性基準は、バイオ燃料の原料作物を生産する土地の直接的利用変化種や燃料製造工程に起因する GHG 排出などの直接的な影響のみを評価しており、ILUC がバイオ燃料の GHG 排出に及ぼす影響については考慮されていませんでした。

ここで、ILUC による GHG 排出への影響について具体的な例で考え方を確認・整理します。例えばフランスで食料油を生産するための農地をバイオディーゼル原料生産のための農地に転換した場合、農地から農地への土地利用変化であり、直接的には土地利用変化は発生しません。しかしながら、その農地で生産されていた食料油を東南アジアから輸入することとなり、東南アジアにおいて食料油を生産するために森林を開拓し耕作地を拡大する場合には土地利用変化が発生します。このようにバイオ燃料生産のための耕作地拡大によって間接的に森林等が開拓され、実質的にカーボンニュートラルの原則が崩れることで GHG 排出増につながる懸念があるというのが ILUC の問題点です。

実は両指令が採択された段階で、欧州議会及び欧州理事会は欧州委員会に対し、ILUC の GHG 排出削減に対する悪影響を検討すると共に必要に応じて法的提案を行うよう求めていました（実際に FQD [2009/30/EC] の第 7d (6) 条に規定されています）。

以上のような背景があり、欧州委員会は 2012 年 10 月 17 日 FQD と RED の改正案を発表しました。これがいわゆる ILUC 提案です。

欧州委員会は RED 目標を満たすための第一世代（穀物由来）バイオ燃料の寄与を上限値（5%）に制限し、次世代バイオ燃料へのインセンティブを拡大することで「本質的な GHG 削減」をもたらす廃棄物や糞などの農業残渣物等を原料にしたバイオ燃料への移行を促す意向です。改正案のポイントについては表 1 に記載のとおりです。

表1 ILUC 提案の主なポイント

主なポイント	改訂前	改訂後
穀物バイオ制限	なし	10%目標のうち、穀物由来燃料比率を5%に制限
次世代バイオへのインセンティブ	次世代バイオ燃料(廃棄物、残さ物、非食用セルロース)には2倍カウント	・廃食油、獣脂、残さ物、非食用セルロースは2倍カウント、 ・藻類、産業廃棄バイオマス、麦わら、肥料&下水スラッジ、ヤシ油工場排水、トール油ピッチ、天然グリセリン、バガス、ブドウ絞りかす及び酒かす、ナッツ殻、穀(トウモロコシの穂軸、樹皮、枝葉、おが屑、かんな屑は4倍カウント
対化石燃料GHG削減率の最低基準	・2017年1月以前の既存施設で生産:2016年末までに35%、2017年1月以降に50%以上達成 ・2017年1月以降の稼働施設で生産:60%以上達成	・2014年7月以前の既存施設で生産:2017年までに35%、2018年1月以降に50%以上達成 ・2014年7月以降の稼働施設で生産:60%以上達成
ILUCの定義(報告のみ)	なし	でんぶん系:12g、糖類:13g、植物油系:55g(CO ₂ eq/MJ)
化石燃料GHGの変更	83.8 g CO ₂ /MJ	88.4 g CO ₂ /MJ

しかしながらこの ILUC 提案を巡っては委員会提案から 1 年半以上が経過した現在でも、各ステークホルダー間において意見が大きく異なり、長期間にわたって議論が続ぎ、いまだに最終合意に向けた決着点が見いだせていない状況です。具体的には東欧諸国ポーランドやハンガリーまたバイオ燃料団体は穀物系バイオ燃料の上限値の緩和や撤廃を求める一方で、環境 NGO やデンマーク、ベネルクス三国はより厳しい上限値の設定を求めており、意見が真っ向から対立しています。

2012 年の欧州委員会提案、2013 年 9 月の欧州議会承認案及び足元 2014 年 6 月 13 日に開催された EU 加盟国エネルギー閣僚会合によって合意された妥協案について表 2 にポイントを整理しました。

欧州バイオエタノール協会 (ePURE) は、今回の理事会妥協案合意について歓迎の意思を表明しているものの、次世代バイオ燃料の普及のためには安定したバイオ燃料政策が必要不可欠であり、次世代バイオ燃料についての下限設定値についても 0.5% から始めることに反対ではないが 2020 年以降はより意欲的な下限設定が無ければ次世代バイオ燃料への投資が促進されない、と主張しています。

今後は穀物系バイオ燃料の上限 6% 案を合意した欧州理事会と同上限 7% 案にて合意している欧州議会との間で交渉が実施される見通しですが、既にフランス、ハンガリー、ポーランド、スペインを含む 8 加盟国が上限 7% は譲歩できる最大限の数値であり、ここから一步も譲歩の余地は無いという意味を表明しており、議会との合意形成は難航する見通しです。

表2 ILUC 提案に関する欧州委員会案、議会案、議長国妥協案のポイント整理

	Commission 2012年10月	Parliament(1 st Reading) 2013年9月	Council妥協案 2014/6
第一世代バイオの上限 (穀物由来のバイオ燃料)	5%	6%	7%
次世代バイオ利用 促進の為の下限設定	下限無し	2016年 0.5%以上 2020年 2.5%以上 2025年 4.0%以上	0.5%以上 (但し加盟国のオプション)
次世代バイオの インセンティブ	廃棄物由来バイオ×2 次世代バイオ×4	廃食油由来バイオ×2 (10%目標に対してのみ) 次世代バイオ×4 (2.5%下限にも適用可)	廃食油由来バイオを含む 次世代バイオ燃料×2 (10%目標に対してのみ)
ILUC要因	FQD:報告のみ RED:報告のみ	FQD:2015年報告のみ 2020年ILUC要考慮 RED:ILUC要因について 2016年6月末までに見直し	各加盟国はILUC要因について別 途Commissionへ定期報告義務
その他	別途対化石燃料GHG 削減率について規定あり	2020年までにガソリン中の 再生可能エネルギー構成比を 7.5%以上	再生可能電力を利用した輸送エネ ルギー消費についてインセンティブ 設定(鉄道2.5倍、自動車5倍)

ILUC 要因を考慮した欧州バイオ燃料政策の見直しは今後の世界的なバイオ燃料政策の見直しに影響を与える可能性があり、引き続き動向を注視していく必要があります。

5. 欧州石油精製フォーラムの最新動向

これまで述べてきましたとおり、欧州石油精製産業は非常に厳しい経営環境に晒されており、産業競争力が低下しています。更に 2011 年から 2013 年にかけて連続して過去最低レベルの精製マージンであり、欧州各社の石油精製部門は赤字が継続しています。一方で米国産業界はシェール革命の恩恵により安価なエネルギーコスト、原料コストのメリットを享受しており、欧州に比較して圧倒的な競争力優位性を確保しています。エネルギーコストという観点においても欧州は高価なガス代と再生可能エネルギー普及の反動で高価な電力を購入せざるを得ない状況であり、実際に欧州のエネルギーコストは米国の 2 倍程度となっています（図 12）。そのような厳しい経営環境の中で欧州製油所の閉鎖が相次いでおり、直近 3 年間の製油所閉鎖による影響は 130 万 BD を超える状況です（図 13）。

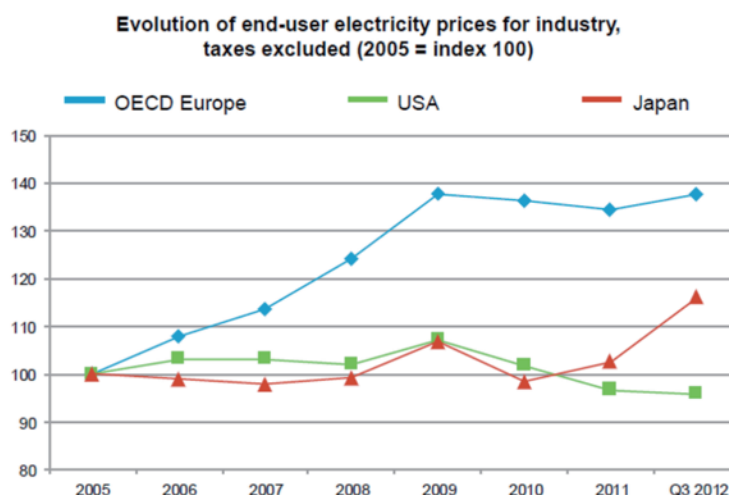


図 12 日米欧の電力価格差推移

EU refinery closures to date

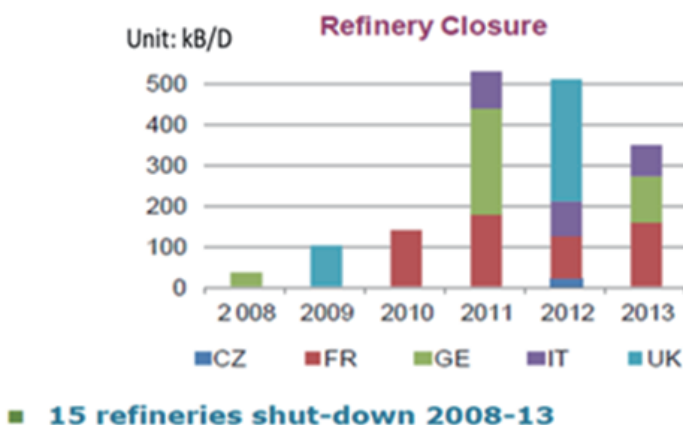


図 13 欧州製油所閉鎖能力推移【千 BD】



CONCAWE は過去から継続して欧州石油精製業界が置かれている状況を欧州委員会に対して訴えてきました。その結果として 2012 年 5 月に欧州委員会の主催で「石油精製円卓会議(Refining Roundtable)」が開催、同年 11 月には円卓会議のフォローアップ会議が開かれ、欧州石油産業の競争力回復やより悪化させない手段について議論がなされました。

結果として、「石油精製フォーラム」という名称で、欧州石油精製産業の現状と今後について、加盟国、産業界、その他ステークホルダーが議論するプラットフォームが設けられ、2013 年 4 月 12 日に第 1 回、2013 年 11 月 27 日に第 2 回、そして直近では 2014 年 5 月 22 日に第 3 回の欧州石油精製フォーラムが開催されています。

第 3 回石油精製フォーラムは、欧州委員会エネルギー総局バルバソ次長の「このフォーラムの役割は石油精製産業がより良い適応を行うためのものであり、石油精製業界における困難を共有したい」という挨拶に始まり、加盟各国代表、IEA、石油会社、欧州委員会ジョイントリサーチセンター(以下 JRC)、CONCAWE 等が参加し、積極的な意見交換を行っています。石油精製フォーラムの定期開催と並行して、JRC が中心となり、欧州政策(欧州の過去からの環境規制等)と欧州石油精製産業の競争力の関連性を定量的に評価することを目的とした「フィットネスチェック」が行われています。JRC の報告によるとフィットネスチェックの結果は今年の秋以降に出る見通しとなっています。欧州加盟国も石油精製業界の相次ぐ閉鎖に懸念を示しており、フィットネスチェックの早期進展を求めています。具体的には英国政府代表は、フィットネスチェックのプロセスに、EU 加盟国も積極的に関与していくことの重要性を訴え、欧州委員会と加盟国の対話を目的としたワーキングの設置を提案しています。また、CONCAWE は「欧州委員会及び加盟国と一緒に、現実的な対応策を検討していくことが重要であり、最終的なアウトプットとして建設的な提案に繋げて欲しい」との意思を表明しました。フォーラムの締め括りにはバルバソ次長が「国際競争力のギャップを緩和するための対策を引き出すことがフィットネスチェックの目的である。その際には、税やエネルギー価格についても検討する必要がある。」との意見を表明しています。石油精製フォーラム及びフィットネスチェックについては、欧州石油精製業界にとっても非常に重要な位置付けの活動であり、引き続き状況を注目していきます。

6. おわりに

当センター欧州長期出張員事務所では、これらの欧州石油精製業界動向、EU 気候変動・エネルギー政策、環境規制動向について、CONCAWE を始めとする関係機関との人脈を生かしたヒヤリング及び欧州各地で開催されるカンファレンスや国際会議への参加を通じて現地に密着した情報収集と最新動向の把握に努めています。冒頭で述べたとおり、世界に先駆けて積極的な気候変動政策を展開する EU で石油精製業を営む欧州石油精製業界は世界で最も厳しい環境での経営を強いられているとも言えます。今後も引き続きそのような苦境に欧州石油精製産業がどのように立ち向かっていくのかという観点で動向を注視していきたいと思えます。

調査報告 「米国シェールオイル (SO)、 シェールガス (SG) の最近の動向について」

当センターでは、平成 23 年度以来、北米のシェールオイル (SO)、シェールガス (SG) の動向とその影響について調査を続けてきました。北米、特に米国において、SO、SG の生産は依然増産基調が続いています。6 月 16 日発表の 2014 年版 BP 統計によれば、SO を含む米国の石油生産は、2012 年から 2013 年にかけて 111 万 b/d 増え、世界最大の増産となりました。天然ガスも、生産量は既に 2009 年以降 2013 年もロシアを抜いて世界一を維持、引き続き増産が続いています。2012 年から 2013 年で 64 億 m³ 増え、ロシア、中国に次ぐ世界 3 位の増産を記録しました。本稿では、このように増産を続ける米国の SO、SG に関わる最近の動向や、関連して注目を集めたトピックス等についてご紹介し、関係者の皆様のご参考に供したいと思います。

1. 2014 年、米国はサウジを抜いて、世界最大の石油生産国へ

表 1 2014 年米国、サウジアラビア、ロシアの液体燃料 (石油) 生産予測 (出所: EIA)

Liquids (petroleum) production, 2014 (million barrels per day)			
	United States	Saudi Arabia	Russia
Crude oil	8.5	10.0	10.3
NGLs	2.5	1.8	0.8
Biofuels +	1.0	0	0
Refinery gain	1.1	0.1	0.1
Total (mmbbl/d)	13.1	11.9	11.2

米国エネルギー情報局 (EIA) によれば、表 1 に示すように、米国は NGL やバイオ燃料等を含む液体燃料 (石油) 生産でも、2014 年中にサウジアラビアを抜いて世界 1 位となる見込みです。米国は、その堅調な景気回復を背景として、国内の石油消費量も著しい伸びを示しています。上記 BP 統計では、2012 年から 2013 年にかけて内需が約 40 万 b/d 増加し、中国の約 39 万 b/d 増を上回りました。これは、1999 年以降初めてのことであり、世界最大の需要拡大を示したことになります。

2. 米国の石油・天然ガス需給見通し

Although oil use is slightly increased in the High Resource case due to lower prices, net import dependence declines rapidly

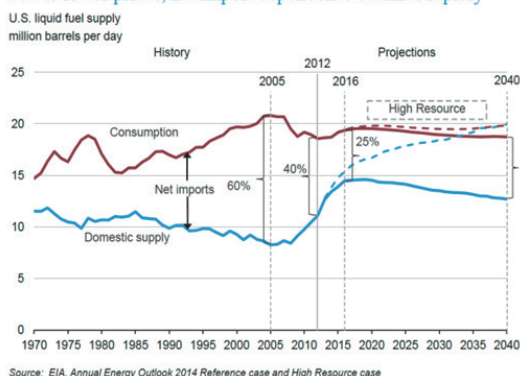


図 1 米国の石油需給見通し (2040 年まで)

U.S. becomes a net exporter of natural gas in the near future

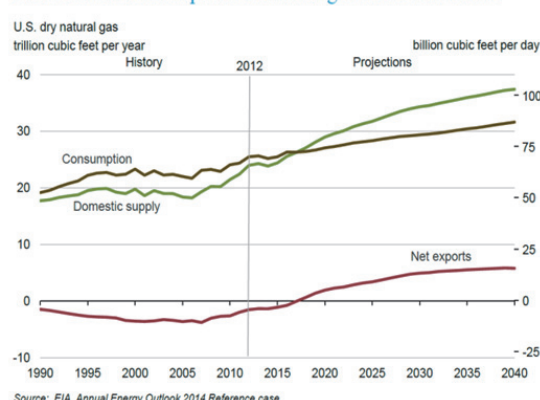


図 2 米国の天然ガス需給見通し (2040 年まで)

2014年5月、EIAは、米国の年次のエネルギー見通し、“Annual Energy Outlook (AEO) 2014”を公表しました。図1、図2は各々AEO 2014にある米国の石油と天然ガスの2040年までの需給見通しです。天然ガスは、標準的なケース（Reference Case:RC）で2017年頃から米国が純輸出国になると想定しています。石油は、RCでは、2040年時点で内需の3割程度の輸入が残りますが、資源量が豊富にあることが分かった場合（High Resource Case：HRC）には、輸入ゼロないし若干ながら純輸出国になることも有り得ると予想しています。これまでの油田での生産実績もRCよりはHRCに近く、将来もHRCに準じて生産が推移する場合は、RCでピークとされている2020年前後以降も、増産が続いていくものと予測されています。

3. 米国の非FTA締結国向けLNG輸出プロジェクトのエネルギー省（DOE）による承認状況

表2 米国の非FTA 締結国向け承認済み LNG 輸出プロジェクト（出所：DOE、ITTA）

Table 1. Approved U.S. Non-FTA LNG Export Projects				
Terminal/Location	Company	Regulatory Status	Approved Exports	Start-up
Sabine Pass LNG Cameron Parish, Louisiana	Sabine Pass Liquefaction LLC (a subsidiary of Cheniere Energy)	05/20/11: DOE Conditional Approval for 20-year term. 04/16/12: FERC Approval. 08/07/12: DOE Final Order for 20-year term	2.2 bcf/day (bcf/d) 16 million metric tons per annum (mmtpa)	Late 2015
Freeport LNG Quintana Island, Texas	Freeport LNG Expansion LP and FLNG Liquefaction LLC	05/07/13: DOE Conditional order for 20-year term.	1.4 bcf/d 9.0 mmtpa	2018
Lake Charles LNG Lake Charles, Louisiana	Lake Charles Exports, LLC (Southern Union Company and BG Group PLC)	08/07/13: DOE Conditional Order for 20-year term	2.0 bcf/d 15 mmtpa	2018
Dominion Cove Point Lusby, Maryland	Dominion Cove Point, LP	09/11/13: Conditional Order for 20-year term	1.0 bcf/d 7.82 mmtpa	2017
FLEX Houston, Texas	FLEX (Freeport LNG Expansion and FLNG Liquefaction)	11/15/13: DOE Conditional order for 20-year term.	0.4 bcf/d 3.1 mmtpa	2018
Cameron LNG Hackberry, Louisiana (on the Calcasieu Channel)	Cameron LNG, LLC (Sempra Energy)	01/10/14: FERC Draft EIS issued 02/11/14: DOE Conditional order for 20-year term 06/19/14: FERC Approval.	1.7 bcf/d 12 mmtpa	2019
Jordan Cove LNG Coos Bay, Oregon	Jordan Cove Energy Project, L.P.	03/24/14: DOE Conditional Order for a 20-year term	0.8 bcf/d 6.0 mmtpa	2019
Total			9.5 bcf/d 68.92 mmtpa	

上記のうち、日本向けは以下の通りです。日本企業による米国のLNG取引計画は、2014年7月1日現在、合計で約1,500万トン／年が固まっています。

1) Freeport LNG プロジェクト

年間900万トンの許可数量のうち、大阪ガスと中部電力が、各々220万トン／年、計440万トン／年のLNGを調達する計画です。

2) Dominion Cove Point LNG プロジェクト

年間782万トンの許可数量のうち、住友商事が230万トン／年を契約、同社を通じて東京ガスと関西電力が各々140万トン／年、80万トン／年を調達する計画です。

3) Cameron LNG プロジェクト*

年間1,200万トンの許可数量のうち、三井物産、三菱商事が各々400万トン／年、計800万トン／年を契約、更にこの2社を通じて、東京電力**がその各社より40万トン／年ずつ、計80万トン／年調達する計画です。

* 6月19日、本プロジェクトはSabine Pass LNGプロジェクトに次いで連邦エネルギー規制委員会（FERC）の環境安全審査に合格した2件目のプロジェクトとなりました。

FERC は DOE の下部機関ながら、独立した審査権限を持っています。従来より「DOE の条件付き承認→FERC 審査・承認→DOE の最終承認」との手順順ですが、「申請から承認まで 30 日以内」等 DOE への審査期間短縮圧力が増す中、DOE も「FERC での審査終了後に DOE で審査」等、審査手順の変更案を提示して対抗しています（7/21 までパブコメ受付）。Cameron LNG は FERC 承認を得、現在 DOE の最終承認に最も近いプロジェクトとされています。もっとも、日本向けの他の上記 LNG 輸出プロジェクトも FERC 承認が間もなくおきるであろうといわれています。

＊＊東京電力は Cameron LNG の他、複数のソースから合計最大で 120 万トン／年の LNG 購入を計画しているようです。

4. 米国商務省によるコンデンセート輸出緩和措置の波紋

Crude oil exports require licenses

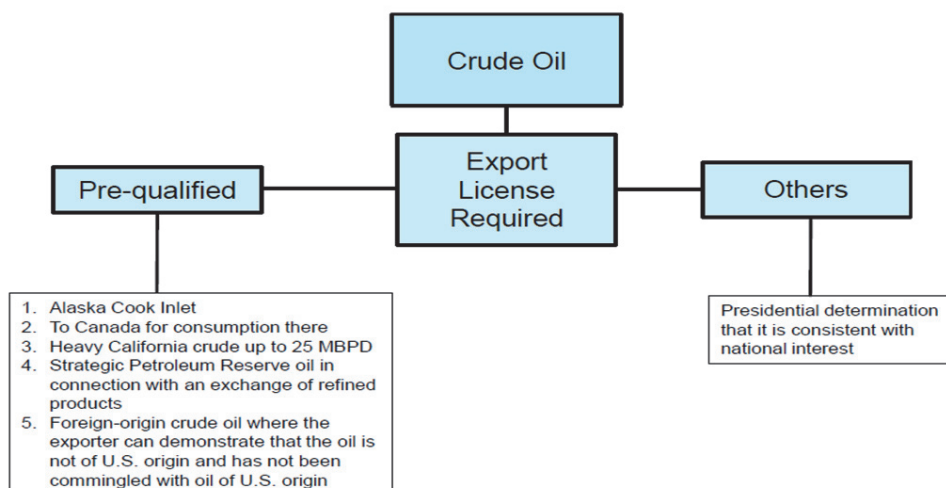


図3 米国原油輸出許可制度の説明図（出所：EIA）

アラスカ・クック湾からの輸出、カナダでの消費等、一部の例外を除いて米国からの原油輸出は原則許可が必要です（図3）。大統領が国益に合致すると判断・決定すれば別枠で認められますが、米国内の世論も意見が分かれており、2014 年 11 月の中間選挙を控えるオバマ大統領にとっては、「よほどの新展開がないと原油輸出解禁の決定は難しい」との見方が一般的です。

ただ、6 月 24 日に商務省（DOC）が下した判断、すなわち「従来原油として扱われていたリースコンデンセート（Lease Condensate：LC）といわれ井戸元で生産されるコンデンセートに対して、ガス抜き等、最低限の処理を施ただけで、それを製品として認め、政府の輸出許可を取得せずに輸出できるようにした」ことが波紋を呼んでいます。これまでもプラントコンデンセート（Plant Condensate：PC）と呼ばれ、製油所ないしコンデンセート・スプリッター（Condensate Splitter）から生産されるコンデンセートについては、性状的には LC と変わらないながらも、原油ではない製品として特段の輸出許可なく輸出できていましたが、今回の新たな商務省判断によって、原油輸出解禁が一步近づいたとの見方ないし期待感も一部出てきました。

それは、米国でコンデンセートの定義を明確には定めておらず、API 等の比重も相当広い範囲にわたっていることから、SO 等の軽質原油を原油と呼ばずコンデンセートとして扱えば、若干

の輸出ができるのではないかとする抜け道期待論も含めての話です。もっともこの抜け道には当然警戒感もあり、特に API が低め（例えば 45° 前後）のコンデンセートに対しては、チェックを強める動きも出てきているといわれています。

5. 米国からの原油輸出の現状（ほとんどがカナダ向け）

NAFTA加盟国でもあるカナダは、米国からの原油輸出にほとんど制約がなく（申請手続は必要）、図4にあるように、米国内のSO増産→原油増産の進展に連れて、米国からの原油輸出が急増しつつあります。Valero等米国を本拠とする石油会社はカナダにも製油所等の拠点を持つところが多く、自社内の処理システムの一環としても、カナダに原油を輸送する必要があります。メキシコ湾岸は、原油に限らず製品輸出でも最大拠点ですが（図5）、ここからの他国産原油の再輸出については、認められてはいるものの、経済性の観点から見直し機運もあるようです。

U.S. crude exports (January 1995-April 2014)
thousand barrels per day

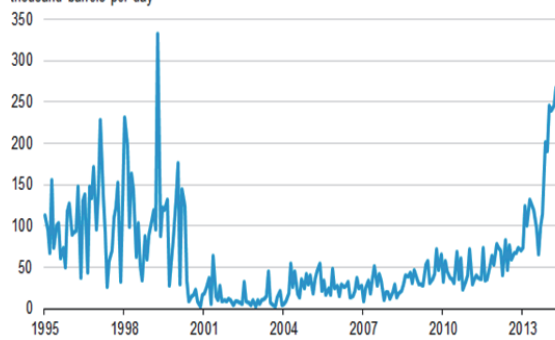


図4 米国の原油輸出実績

U.S. crude exports by region
thousand barrels per day

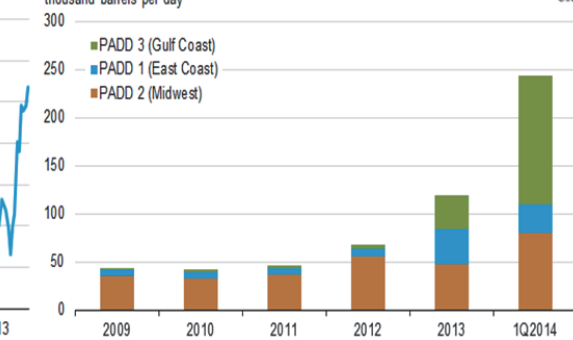
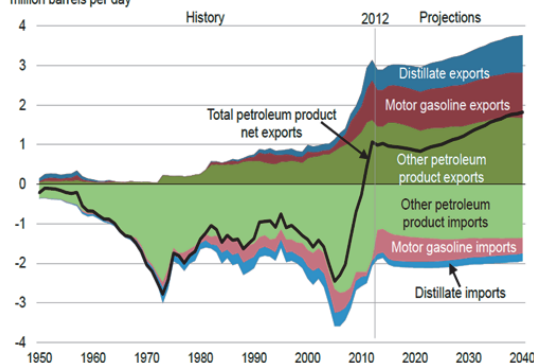


図5 米国の地域（PADD）別原油輸出

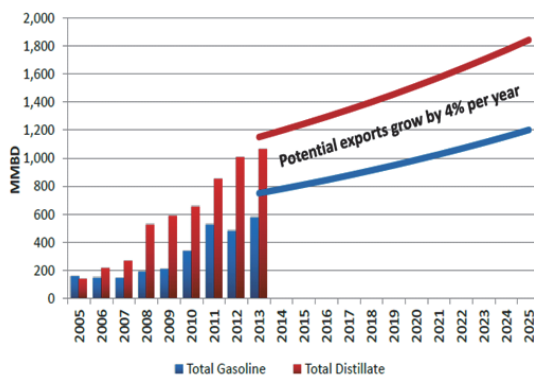
6. 米国の石油製品輸出の見通し

U.S. petroleum product imports and exports
million barrels per day



Source: EIA, Annual Energy Outlook 2014 Early Release

図6 米国の石油製品輸出入 - 実績と見通し
(出所：EIA)



Source: MPC, EIA
Note: Gross exports shown

図7 米国のガソリン、中間留分輸出成長の可能性
(出所：MPC、EIA、他)

原油の輸出が原則不可であることが、米国の石油精製会社にとって石油製品輸出増加のインセンティブとして働いています（図6）。自国産の原油や天然ガスの増産で内需を超える供給量が出てきても、現時点では即それを輸出に回すことは難しいため、製油所のフィードストック（原

料)や燃料として使う数量が増えることになります。国際市場での石油製品の相場は高値で推移する原油価格にリンクして高水準であるため、米国の石油精製会社は製油所の稼働率を上げて製品、特に中間留分の得率を増やし輸出を伸ばすことを目指しています。図7の出所の一つであるMPC (Marathon Petroleum Corporation) も将来への期待を込めて、ガソリン、中間留分の輸出成長の可能性として年率4%を挙げているものと思われます。

7. 上下の幅が大きい米国NGLの生産予測

NGLは原油や天然ガスに伴って生産されるものも多いため、SO、SGの増産が続く米国では、当然NGLも増産傾向となります(図8)。平均的な見方は350~400万b/d位でしょうか?生産物は多用途に使われますが、近年ではエタンの石化原料使用が注目されています。プロパン、ブタンのLPGは、生産物の過半がメキシコ湾岸を中心に輸出されつつあり、パナマ運河の拡張工事は、工事の進捗が懸念されているものの、アジア向けを含むLPG輸出にとっては追い風と受けとめられています。日本へも既にかなり出荷されています。C5+はカナダ向けの輸出も多く、オイルサンドの希釈剤としても使われています。

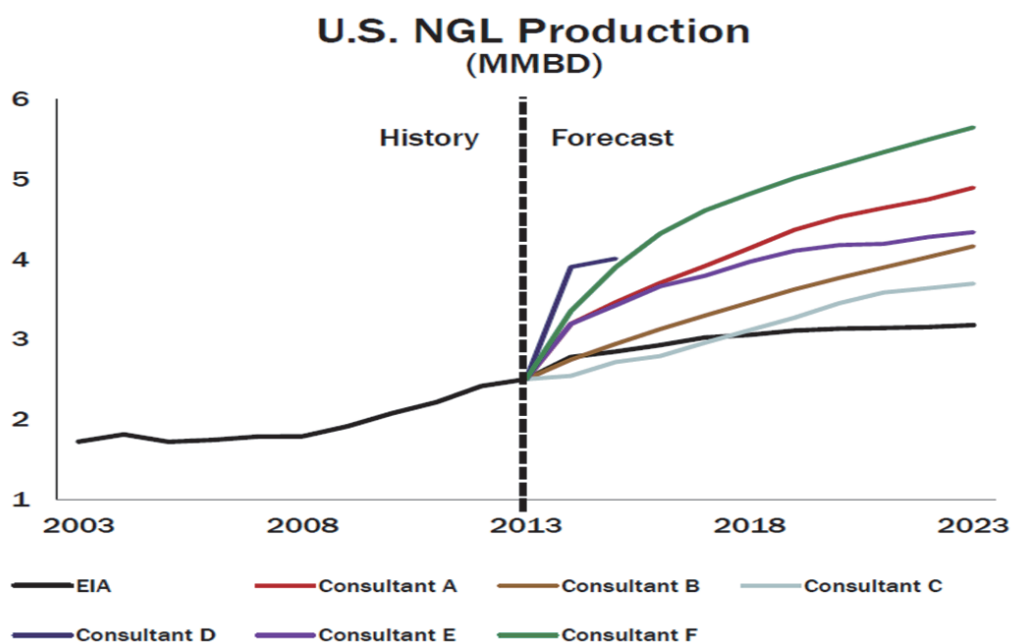


図8 米国NGLの生産実績と見通し(出所:PSX、他)

8. 米国経済の好調を支えるシェールブーム

7月3日米国労働省は、米国経済の好調を裏付ける統計数字を発表しました(6月雇用者数は28.8万人増、失業率6.1%)。雇用者数の伸びが20万人を超えるのは5ヶ月連続で90年代のハイテクブーム以来、失業率は6年振りの低水準とのことです。米国経済正に絶好調のようですが、これを支えているのが同国のシェールブームであるといっても過言ではないでしょう。安い原油・燃料が起点となり、製造業→関連産業→サービス産業と経済全体が好循環と拡大の軌道にのっているものと考えられます。

「受賞のお知らせ」

石油学会第 57 回年会でコスモ石油株式会社と当センターが連名で技術進歩賞を受賞いたしましたのでお知らせいたします。

■ 発表会議

石油学会第 57 回年会（受賞講演）

■ 受賞年月日

2014 年 5 月 27 日（授賞式）

■ 受賞題名

新規な亜鉛・リン修飾残油水素化脱硫触媒の開発と実用化

■ 発表概要

当センター事業「革新的次世代石油精製等技術開発事業」の成果として、亜鉛・リン修飾残油水素化脱硫触媒を開発し、当開発触媒の製造技術を 2010 年に確立、2012 年には商業装置に約 450 トンの触媒を導入して実証運転を実施した内容について報告いたしました。

■ 受賞内容

技術進歩賞は、石油学会が石油、天然ガスおよび石油化学工業、ならびにこれらに関連する個々のプロセス、または個々の機械および装置について、技術開発または改良を行い、実用化あるいは工業化された技術またはこれらに準ずる技術で、優れた業績をあげたものに授与するものです。

亜鉛・リン修飾残油水素化脱硫触媒を開発・製造した技術は、残油水素化脱硫触媒の性能を格段に向上したと認められ、受賞いたしました。

■ 受賞にあたって一言

幾多の困難を乗り越えて得られた当事業における技術開発成果が、このような名誉ある賞を受賞したことはこの上ない喜びです。この受賞を弾みとして、開発技術の普及と更なる石油精製技術の向上に努めて参ります。



受賞の盾を受け取るコスモ石油株式会社 技術研究ユニット中央研究所 中嶋研究員

JPEC リレー講座「エネルギー最前線」

平成 17 年度から開講している産学連携プログラム・リレー講座「エネルギー最前線」は、産官学各界からの高い評価を得て、9 年目となる平成 25 年度の講義日程を計画通りに実施いたしました。

本リレー講座は、石油の技術開発研究における大学との関係の強化及び産業界、大学、官界での将来の活躍が期待される大学生世代の人材にエネルギー問題への理解を深めてもらうことを目的として行っています。

石油元売り各社の協力を得ながら、現役第一線の技術者、研究者を講師として大学に派遣し、一次・二次エネルギーの需給動向や技術動向、石油精製プロセス基礎から重質油高度対応処理等の高度な石油精製技術、そして燃料電池や水素社会において石油が果たす役割、再生可能エネルギーとしての太陽電池技術の動向など、幅広い視野にわたって石油産業をはじめとするエネルギー関連技術を紹介しています。

理工系の学部生から大学院生までを対象に、通常講義は半年間で 14 回、集中講義は 2～6 回の授業を行います。本講義は大学において正式な授業科目として扱われ、学生は本講義の受講と課題レポート提出により単位が修得できるようになっています。

平成 25 年度は、通常講義として前期（4 月～7 月）に早稲田大学と東京工業大学で各 14 回、後期（10 月～1 月）に東京大学で 14 回の講義を行いました（表 1）。また、集中講義として後期に京都大学で 6 回、慶應義塾大学で 2 回、北海道大学で 2 回の講義を行い、年間合計 52 回の講義を実施しました。平成 17 年度から平成 25 年度までの累計では 444 回の講義を実施し、受講者数は延べ 30,181 名になりました。



リレー講座の講義風景
(左＝早稲田大学（前期）、右＝京都大学（後期）)

平成 26 年度は、前期（4 月～7 月）は早稲田大学と東京工業大学の 2 大学で各 14 回、後期（10 月～1 月）は東京大学で 14 回、慶應義塾大学で 2 回、北海道大学で 2 回の合計 46 回の講義を計画しており、現在は前期日程の講義を実施中です。

平成 25 年度に受講した学生にアンケートを実施し、石油産業に関するイメージについてのコメントを表 2 に示しました。表 3 にはリレー講座に対する受講学生からのコメントを示しました。講義を通じて石油産業に対する理解を深めることができたとの回答が約 9 割を占め、全体の 8 割以上の受講学生が次年度以降もリレー講座を継続して実施するべきとの回答でした。

次世代を担う学部生、大学院生が、石油を中心としたエネルギー産業において一層の高度化・多様化する技術に関して正しい知識を持ち、幅広い視点から問題を理解し、社会参加への動機付けを持ってもらうためにも、本講座の意義は高いものと考えます。

表1 リレー講座の講義内容

No.	講義名	担当会社
1	一次エネルギーの動向 ー石油の位置づけと新エネルギーの展望ー	東燃ゼネラル石油
2	身近な二次エネルギー ー石油製品、電力、都市ガスの動向ー	JPEC
3	石油と石油産業の歴史と変遷 ー石油資源をめぐる争奪戦ー	JPEC
4	自動車のエネルギー ー環境適合性、供給安定性に向けてー	JX日鉱日石エネルギー
5	新燃料の取り組み ーGTLとバイオ燃料開発事例ー	JX日鉱日石エネルギー
6	水素エネルギー社会の実現に向けて	JX日鉱日石エネルギー
7	ホームエネルギー	JX日鉱日石エネルギー
8	石油の起源と開発	出光オイルアンドガス開発
9	石油精製プロセス(基礎編) ー製造プロセスと安全管理ー	JPEC
10	石油精製プロセス(応用編) ー最近の技術開発ー	コスモ石油
11	重質油は宝の泉 ー重質油処理と触媒技術ー	JPEC
12	石化原料としての石油 ー私たちの回りには石油がいっぱいー	JPEC
13	潤滑油:摩擦をコントロールする ーエネルギーロスなくして環境負荷を低減ー	昭和シェル石油
14	太陽電池技術の現状と将来展望	昭和シェル石油

表2 石油産業へのイメージの変化に関するコメント

- ・これまで石油産業は従来の技術にとらわれているという勝手なイメージがあったが、実際は研究開発が盛んで様々な方面に事業を広げていると感じ、奥深さに興味がわいた。
- ・受講前は、石油産業に対して、伝統があり大規模であるが枯渇資源に依存しており将来性に不安があるというイメージがあったが、授業を通して様々なイノベーションが試されていることが分かった。
- ・身近なエネルギーではあるが、あまり詳しく知らなかったので理解したことで興味がわいた。また、環境問題にもつながり、現在世間の関心が高まっていることであったので、より興味深く感じた。

表3 リレー講座に関するコメント

- ・今回の講義を通じて我々を取り巻く石油事情、エネルギー事情について知ることができて有意義だった。
- ・全14回の講義を通して予想以上にたくさんの濃い内容を現場の方から聞くことができ、とても有意義だった。来年以降も続いて欲しいと思った。
- ・毎回新しく知ることがあって面白かった。石油を作るのに様々な技術が必要だと知ることができた。講義中に触媒や原油のサンプルを直に見ることができて良かった。
- ・講義、資料が非常に分かりやすく詳しくまとまっていたので、この講義を取って良かったと思った。

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・東京03 (5402) 8500	FAX・東京03 (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
○自動車・燃料研究担当	8505	8520
○水素利用推進室	8513	8527
○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 (ジェトロ共同事務所)

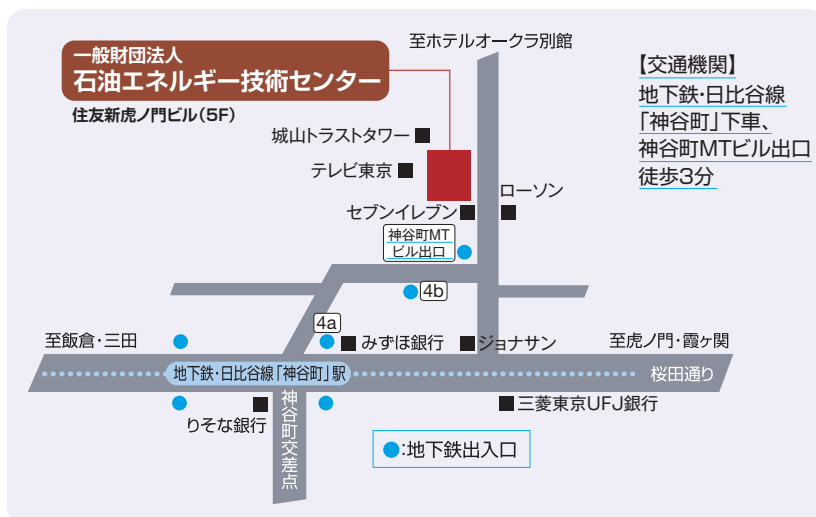
Japan Petroleum Energy Center (JPEC)
Chicago Representative Office
c/o JETRO Chicago, 1E. Wacker Dr., Suite 600 Chicago, IL 60601, USA
TEL:+1-312- 832-6000 FAX:+1-312- 832-6066

欧州長期出張員事務所

Japan Petroleum Energy Center (JPEC)
Brussels Representative 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 (日中経済協会共同事務所)

Japan Petroleum Energy Center (JPEC)
China Representative Office
401 Chang Fu Gong Center Office Building, Jia-26, Jian Guo Men Wai Da Jie
Chao Yang-Qu, Beijing 100022
TEL:+86-10-6513-9832 FAX:+86-10-6513-9832



無断転載を禁止します。