

■ 特集

- ◎技術報告 「燃料電池自動車用高純度水素精製  
パイロット装置」 1
- ◎調査報告 「北米シェールオイル、シェールガスの  
最新動向とその影響」 5  
「高度設備管理に関する最新技術の動向調査」 15
- ◎国際会議 「第6回日中韓石油技術会議」報告 21

■ トピックス

- 「韓国の再生可能エネルギー政策とバイオ燃料調査団の  
当センター訪問」 28
- 第20回「月例報告会」開催 31

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 「燃料電池自動車用高純度水素精製 パイロット装置」 (高効率水素製造等技術開発事業)

### 1. はじめに

2015年の燃料電池自動車（FCV）の普及開始を見据え、当センターでは製油所において燃料電池自動車用の高純度水素を製造するための技術開発を「高効率水素製造等技術開発事業」として実施しています。本事業の中で「ハイブリッド分離膜型水素精製パイロット装置」を建設し、連続評価運転を開始しましたので、その概要を報告します。

### 2. 開発経緯

製油所では、水素化脱硫、水素化分解などに用いる石油精製の水素を水素製造装置でナフサやLPGを原料にして製造しています。水素製造装置の出口ガスの組成は水素が70%、CO<sub>2</sub>が30%程度であり、これを吸着法などを用いて99%程度の純度に高めた後に製油所内の各装置に供給しています。一方、燃料電池自動車用の水素は、99.97%以上の高純度（ISO14687-2 FCV用水素燃料規格）が求められており石油精製の水素では純度が足りません。そこで、既存の水素製造装置の後段に、新たに水素を高純度に精製するための水素精製装置を追加する必要があります。

水素の純度を上げるための精製方法として、実用的には従来からPSA（Pressure Swing Adsorption）すなわち圧カスイング吸着法による精製方式が用いられています。これは、水素を含む原料ガスを吸着材（モレキュラーシーブや合成ゼオライト）を充填した吸着塔へ送入し、加圧下で不純物（CO<sub>2</sub>等）を吸着除去して純水素を製品として取り出すものです。吸着された不純物は吸着塔内の圧力を下げることで放出されます。こうした吸着と脱着を繰り返してガスを精製

するのが PSA です。放出された不純物を系外に出すためには、精製した高純度水素の一部を使ってパージ除去する必要があります。パージに用いた高純度水素はロスとなり、過去の検討では 17～29%のロスが発生しました（平成 17～19 年度 「将来型燃料高度利用研究開発事業」）。

そこで、当センターでは平成 20～23 年度の「将来型燃料高度利用技術開発事業」の中で、製油所の水素製造装置が高圧装置であることに着目し、圧力差を利用した消費エネルギーが極めて少ない膜分離システム「ハイブリッド分離膜型水素精製装置（ベンチスケール）」の開発を行いました。この水素精製装置は水素分離膜モジュールと CO<sub>2</sub> 分離膜モジュールを交互に組み合わせる構造をしており、副生 CO<sub>2</sub> を分離回収しつつ、高純度水素を高い回収率で精製可能です。開発したシステムは水素回収率 90%以上（ロスの発生は 10%以下）、透過 CO<sub>2</sub> 濃度 90%以上となり、目標としていた製造効率（回収した高純度水素のエネルギー / （原料 LPG + 装置運転に使用した燃料等）のエネルギー）80%を達成しました。

しかしながら、このシステムを実用化するためには、解決すべき課題も残されています。例えば硫黄分などを含む実環境下のガスでもボンベガス評価時と同等の性能を示すのか、またその性能をどれだけの時間維持できるかなどです。さらに、精製装置本体のみならず圧縮機など後段のプロセスとの組み合わせまで考えなければ実用化は見えてきません。そこで、平成 23～25 年度の「高効率水素製造等技術開発事業」では、LPG の水蒸気改質により生成した粗水素ガスを用いて実環境下での評価が行える「ハイブリッド分離膜型水素精製パイロット装置」(図 1) を建設し、連続運転による長期評価を行うこととしました。

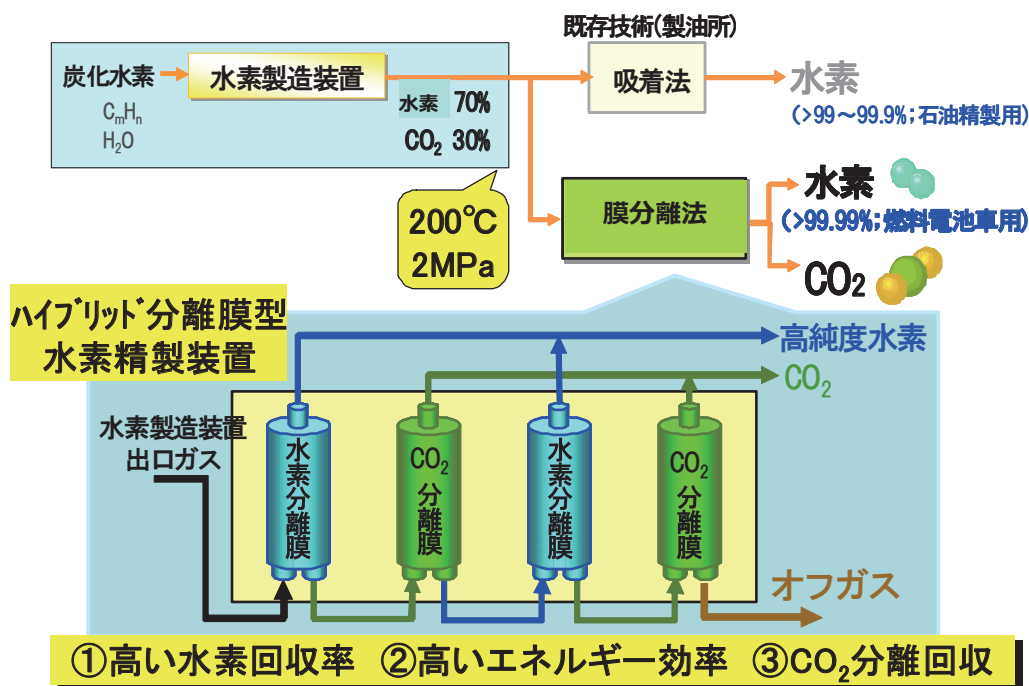


図 1 ハイブリッド分離膜型水素精製パイロット装置

### 3. ハイブリッド分離膜型水素精製パイロット装置の概要

今回建設した設備の全体フローを図 2 に示します。①水素製造装置 (HPU: Hydrogen Production Unit) では、まず原料である LPG を脱硫器に通し、改質触媒に害を与える硫黄分を除去します。脱硫された LPG はスチームと共に改質器に入り、水蒸気改質反応により水素、CO、

CO<sub>2</sub>等に改質されます。つぎに改質ガスは、シフト反応器に入りCOがCO<sub>2</sub>に転化され、最終的に水素70%、CO<sub>2</sub>30%程度の粗水素ガスとなります。②圧縮機では、実際の製油所の水素製造装置の出口ガスの圧力である2.0MPaまで昇圧し、後段の膜分離による水素精製装置の入口圧力を製油所の条件に合わせています。③「ハイブリッド分離膜型水素精製パイロット装置」が今回評価を行う装置部分になります。

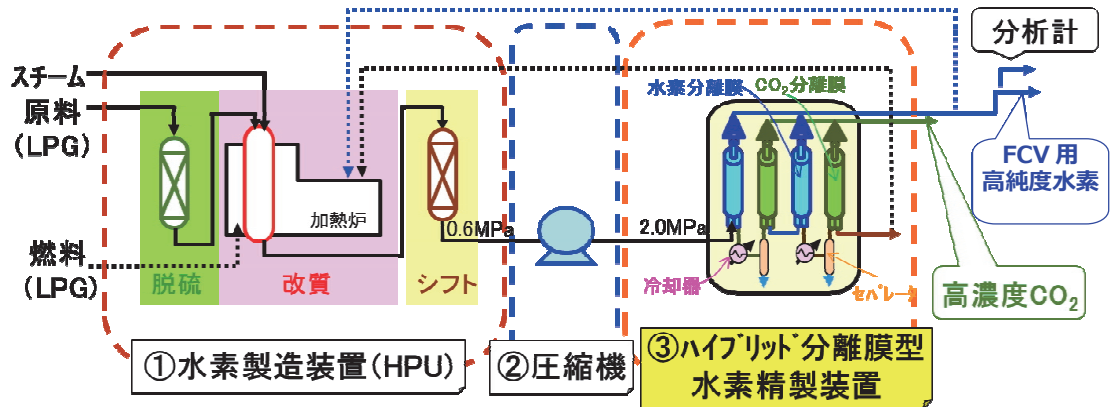


図2 全体フロー図

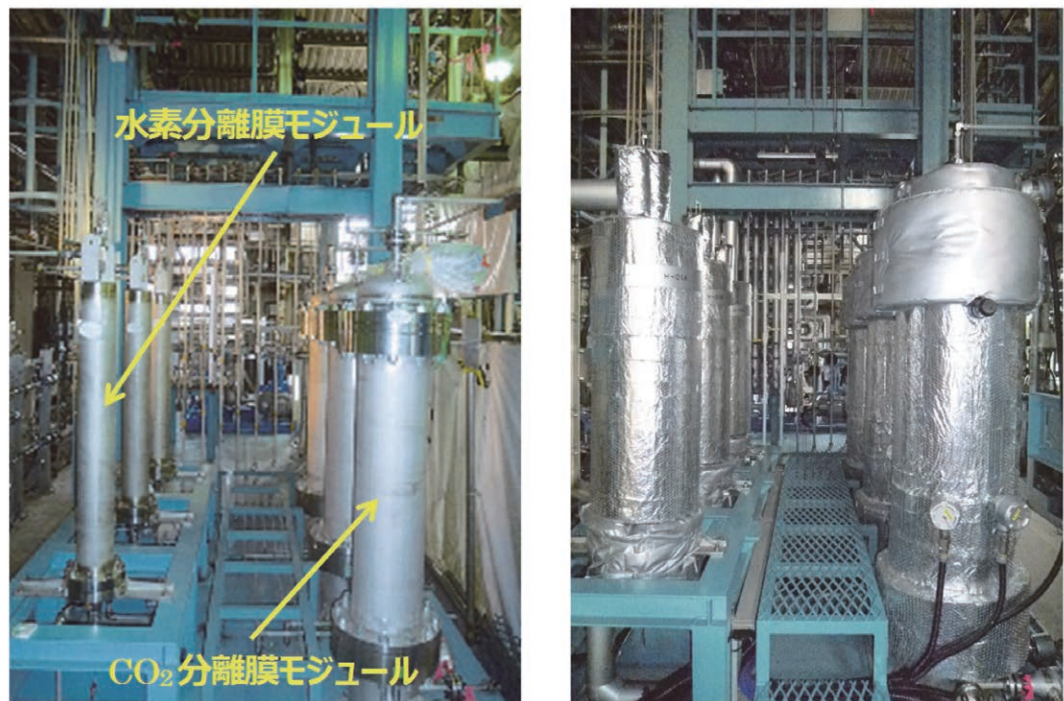


図3 分離膜モジュール（保温材取付前後）

図3が「ハイブリッド分離膜型水素精製パイロット装置」の分離膜モジュール部分の写真です。左側の3本が水素分離膜モジュール、右側3本がCO<sub>2</sub>分離膜モジュールになります。水素分離膜モジュールの内部構造を図4に示します。内部には、全長1000mmの水素分離膜エレメントが7本組み込まれています。水素分離膜エレメントには水素分離膜としてPd-Cu箔（パラジウム-銅合金箔）が多孔質支持体に取り付けられている構造になっています。

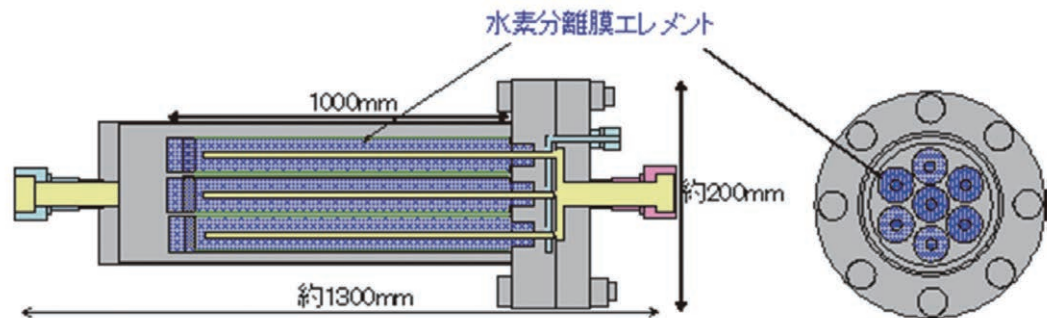


図4 水素分離膜モジュールの内部構造

図5に示すように、Pdの金属表面では水素分子だけが乖離し、水素原子が金属内部に拡散していき、反対側の表面で水素分子として再結合するという性質があることから、Pdは水素分離膜として機能します。金属を透過する気体は水素だけであることから、原理的には純度100%の水素が得られることになります。

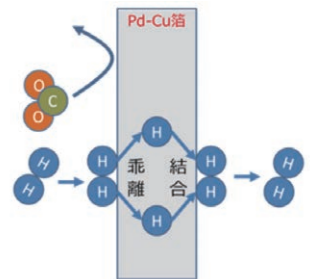


図5 Pd膜の水素透過機構

もう一方のCO<sub>2</sub>分離膜には、ゼオライト膜を用いています。図6に示すように全長760mmのゼオライト膜が多孔質支持体に取り付けられています。このゼオライト膜はCO<sub>2</sub>を吸着しやすい性質があり、ゼオライトの空孔内をCO<sub>2</sub>が満たすことによりCO<sub>2</sub>以外の気体が透過しにくくなるため、CO<sub>2</sub>分離膜として機能します。

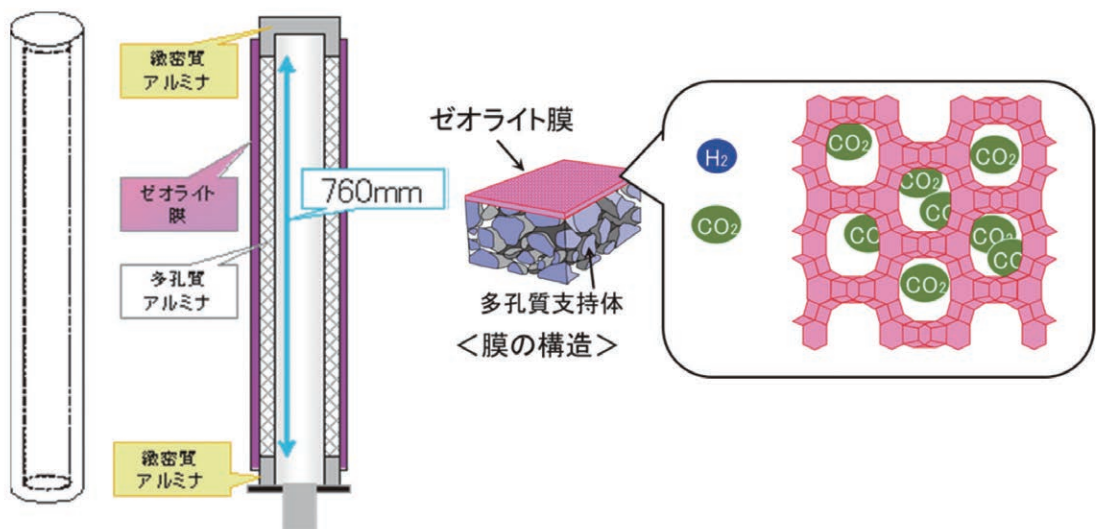


図6 CO<sub>2</sub>分離膜モジュールの内部構造

## 4. 連続評価運転

本パイロット装置は、6月26日に高圧ガス製造施設の完成検査を終了し、9月から試運転を開始し、今後、実環境を想定した条件下での長期連続運転データを取得していきます。ハイブリッド分離膜型水素精製パイロット装置の長期連続運転下の性能評価結果につきましては、本年度の成果報告書等で報告することとしています。

## 調査報告

# 「北米シェールオイル、シェールガスの最新動向とその影響」

当センターでは、平成 23 年度以降、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 の生産は依然好調であり、従来比較的慎重な将来見通しを公表してきた EIA（米国エネルギー情報局）も、これまでの予測を上方修正する傾向にあります。これは、SO、SG の生産実績が時間の経過とともに、先に発表した標準ケースより、ずっと楽観ケースに近い推移を示していることによるものと思われます。本稿では、平成 25 年（2013 年）10 月下旬時点で入手可能なデータを基に、標題に関する同時点での最新動向につき報告します。

## 1. 2013 年米国は世界最大の石油・天然ガス生産国へ

2013 年 10 月 4 日、EIA は図 1 に示すように、米国が 2013 年中にロシア、サウジアラビアを凌駕して世界最大の産油・産ガス国となるとの見通しを発表しました。石油の中には、原油、NGL、コンデンセート、バイオ燃料等も含まれています。2012 年でも既にロシアを超えていましたが、殆ど横並びの状態でした。2013 年は上記競合 2 か国に明確な差をつけての No.1 です。

2008 年から 2013 年にかけて米国の石油生産量は、7 千兆 Btu（英国熱量単位）、天然ガス生産量は 3 千兆 Btu 増加しました。これに対して、ロシア、サウジアラビアとも同 5 年間で、石油・天然ガスの合計生産量は 1 千兆 Btu 増えたのみです。米国の大増産の背景は、云うまでもなく SO、SG の劇的なまでの急増産です。

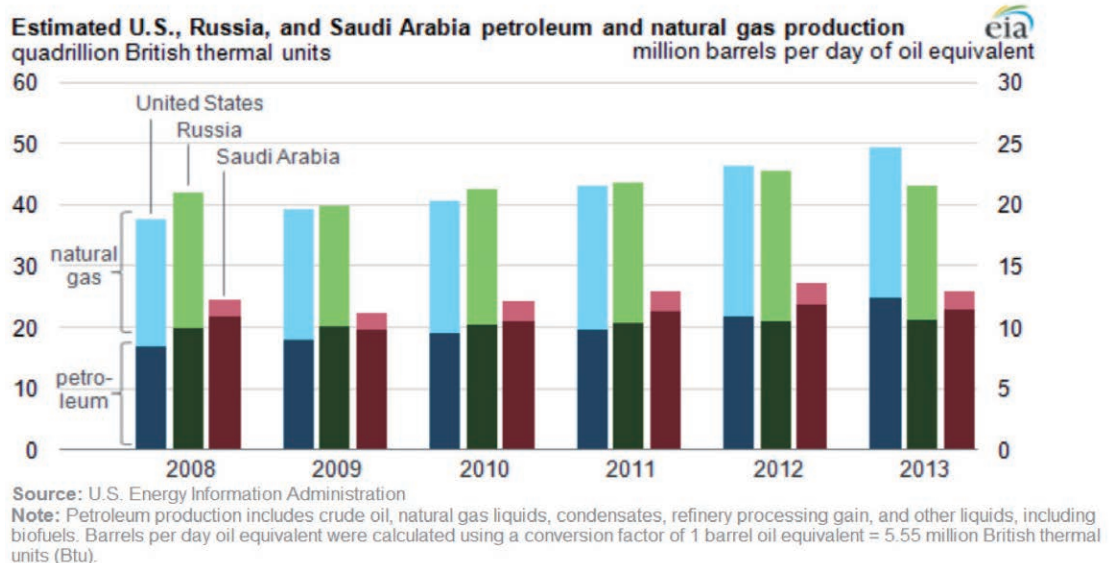


図 1 米国、ロシア、サウジアラビアの石油・天然ガス生産量の推移（2013 年は推計）

米国の有力なエネルギーコンサルタント PIRA は、2013年10月10～11日ニューヨークで開催したセミナーで次のような趣旨の発表をしています。すなわち、「2013年米国の石油供給総量は平均で1,200万b/d超となる見込み（石油の定義はEIAと同じく全液体燃料）。これは、同国が世界最大の産油国となることを意味する。2013年米国の石油供給総量は、サウジアラビアを30万b/d、ロシアを160万b/d上回って世界一となる。この数量差は今後2020年過ぎまで拡大し、その差を少なくとも2030年までは維持する見通しである。」

更に、「2013年の米国石油供給総量1,200万b/d超の内、SO、NGLは各250万b/d（NGLには、シェール由来のNGL120万b/dを含む）、バイオ燃料は100万b/dとなる見通し。2012年比SOは80万b/d、シェール由来のNGLは30万b/dの増産を見込む。2013年の米国石油供給総量は、2012年比約100万b/d増となり、これはほぼ前年の成長実績と等しい。米国のこの石油供給量増は増産速度の速い順で2位以下9ヶ国の増産量合計を上回り、また、過去2年間の世界の年間石油需要純増量をほぼ満たしている。」としました。

1年に100万b/d増ということは、3～4年で我が国1ヶ国分の需要量をカバーできる量でもあります。IEA（国際エネルギー機関）も10月11日公表の月報で「米国が生産増を主導する立場に立つということは、数十年前への後戻りだ」とコメントしました。また、10月15日、米国の元国防省長官、エネルギー省長官（Former US Defense and Energy Secretary）のJames Schlesinger氏は、「今の米国の石油、天然ガスの生産状況は、アラブの禁輸があった40年前、1973年より良い。」と述べています。米国は1970年代初め頃に一度、油・ガス生産のピークを迎えました。

## 2. 米国のSO、SG生産動向

2013年10月21日、EIAはSO、SGのフィールド別生産推移のデータを更新しました。

図2にあるように、SOは250万b/dに向かって増産を続け、SGは30Bcf/dを窺う勢いです。

SOの主要フィールドはBakken、Eagle Ford、Permian、SGの方はMarcellus、Haynesville等であることが分かります。

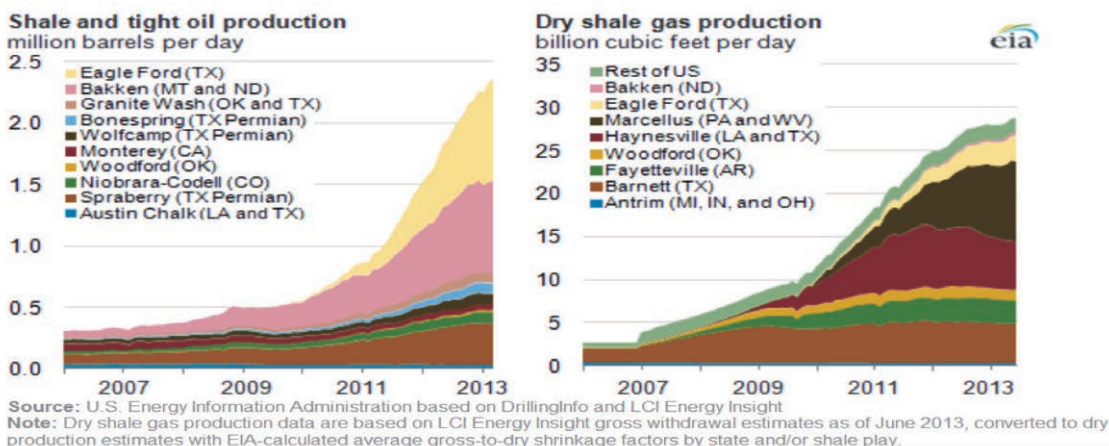
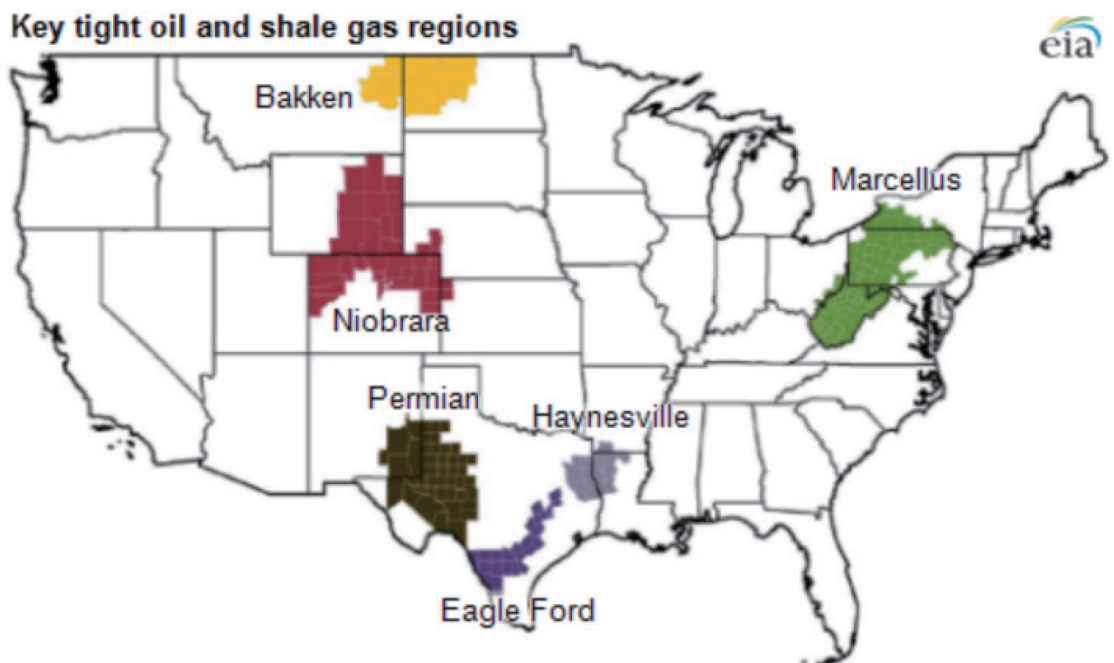


図2 米国のフィールド別SO、SGの生産推移

更に、10月22日には“Drilling Productivity Report”（掘削生産性報告）として、米国内SO、SGの主要生産6フィールド、Bakken、Eagle Ford、Haynesville、Marcellus、Niobrara、Permianにつき、個別に各々の生産動向について報告しました。これら6フィールドを選んだ訳は、2011～2012年の生産実績で、これら6フィールドを合わせると、米国内の原油生産増のほぼ90%、天然ガス生産増の実質全てを充当することよるとしています。

特に、BakkenとEagle Fordの2フィールドは、現在6フィールド全体の原油生産増の約75%を占め、過去1年間でほぼ70万b/d増産しました。Permianは原油生産の絶対量では最大で、120万b/d超あり、過去1年間で9.3万b/d増産しています。天然ガスでは、過去1年間で6フィールドの内4フィールドが増産しました。内Marcellusだけで6フィールド全体の増産量の約75%を占めました。図3で上記6フィールドの所在地を米国地図上に示します。



Source: U.S. Energy Information Administration

図3 米国の主要なSO、SG生産フィールド

一方で、米国のSO、SGの生産井の中には減退率が高く、6年で生産量が当初の1/6まで落ちるといった例もあります。しかし、これを埋め合わせるために稼働リグ数を増やすよりも、寧ろ掘削の効率や新規坑井の生産性を上げる努力がなされるようになったことが、最近の米国内原油、天然ガスの生産増をもたらしたと考えられています。図4に上記6フィールドの原油、天然ガス生産量の過去1年間の変化を対比します。2012年11月は実績、2013年11月は見通しです。

SOでは、やはりEagle Ford、Bakkenの伸びが大きく、SGではMarcellusが群を抜き、次いでEagle Fordの伸びが大きいことが分かります。HaynesvilleのSG生産は絶対量ではMarcellusに次ぎ6Bcf/dと大きいですが、既に減退期に入ったように見えます。

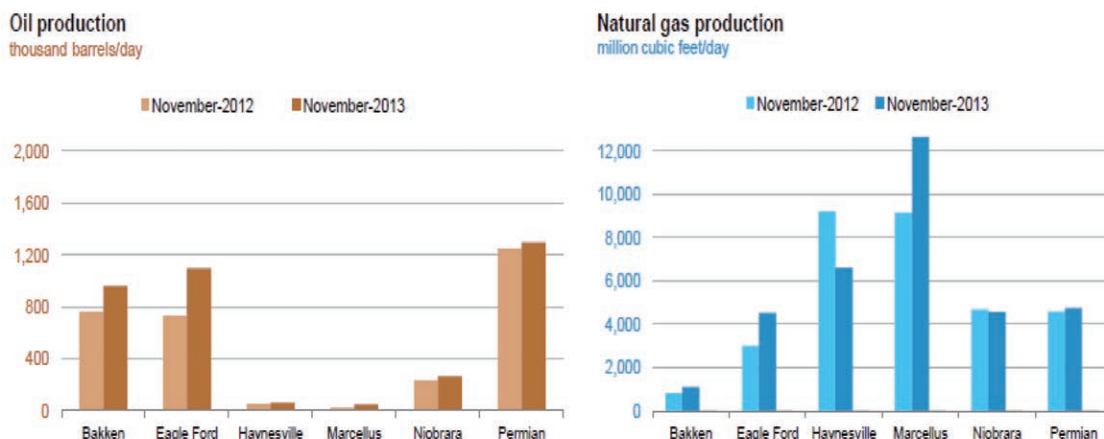


図4 米国の主要 SO、SG フィールドでの生産量変化

### 3. EIA（米国エネルギー情報局）による世界のシェール埋蔵量見直し

図5にあるように、2013年6月10日、EIAは米国含む42ヶ国のシェール埋蔵量を上方修正しました。SOは320億バレルから3,450億バレルに、SGは6,622兆立方フィート (tcf) から7,299tcfへ増加しました。

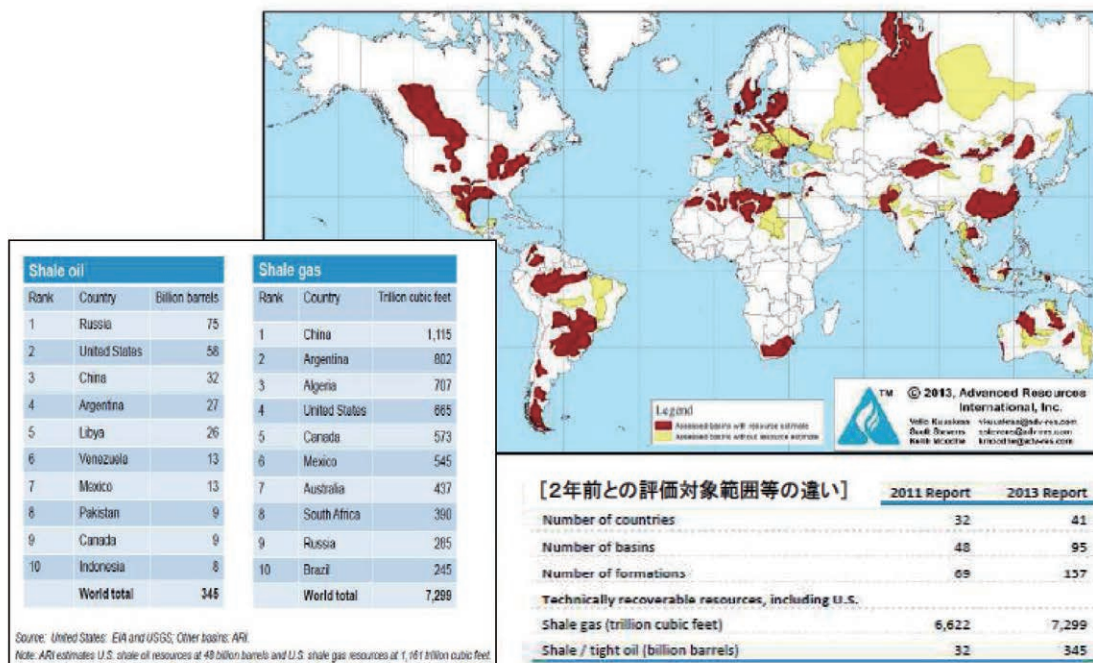


図5 世界のSO、SG資源量評価（米国を含む42ヶ国）

ただし、その生産見通しの予測幅は大きく、図6にあるように、2013年1月の“BP Energy Outlook 2030”では、2030年のNGLを除く世界のSO生産予測幅を500万b/d～1,000万b/dとし、同じくSGは500億立方フィート/日(50Bcf/d)～1,100億立方フィート/日(110Bcf/d)としています。



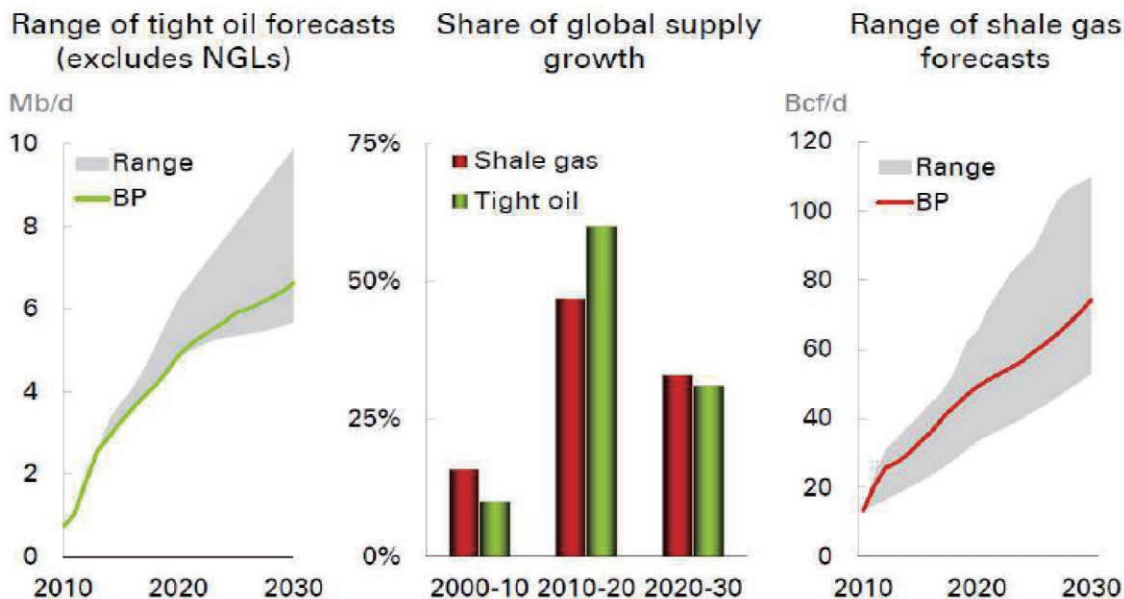


図6 SO、SGの生産見通し (BP Energy Outlook 2030)

水圧破砕法や水平掘り工法等の技術的難易度から、埋蔵量は確認されても、実際に掘ってみるまで、生産量の予測は難しいとされます。今後の技術の向上により、仮にシェールの回収率が平均的な3%から6%まで増えるだけで生産量は倍になることから、その将来の世界のエネルギー需給に与え得る影響は大きいと云えます。

## 4. 北米 SO 増産と同原油自給の可能性

前述のとおり米国 SO は急増産中です。在来型原油と合わせ、年間 100 万 b/d ベースで増産しています。この結果 SO と性状の近いアフリカ原油の輸入が 2 年前より 100 万 b/d 超減少しました。米国全体でも 2004～2007 年の間 1,000 万 b/d 超あった原油の純輸入量が 2012 年は約 840 万 b/d まで減少、2013 年は 2 月の 727 万 b/d が漸増して 7 月は 807 万 b/d となっています。

図 7 にあるように、2013 年 5 月、EIA は “Annual Energy Outlook 2013” で 2040 年の SO 生産見通しを最大で 500 万 b/d 超とし、標準ケースの約 200 万 b/d を大幅に超える見通しを立てました。前述のとおり、その後の生産プロファイルは、これまで楽観ケース (High resource case) に近い推移を示しています。

その結果、図 8 にあるように、2040 年の米国の石油需給見通しは、標準ケースでは国内消費量の 37% を輸入としながらも、最大ケースでは米国一国で自給達成の上、更に消費量の 8% の輸出も可能と見えています。また、純輸入の場合も最大のケースで消費量の 44% であり、2005 年の 60% は超えないとの見方をしています。なお、前述のとおり、ここで云う石油は、在来型原油に加え、SO、NGL、バイオ燃料等、米国の全ての液体燃料を含んでいます。

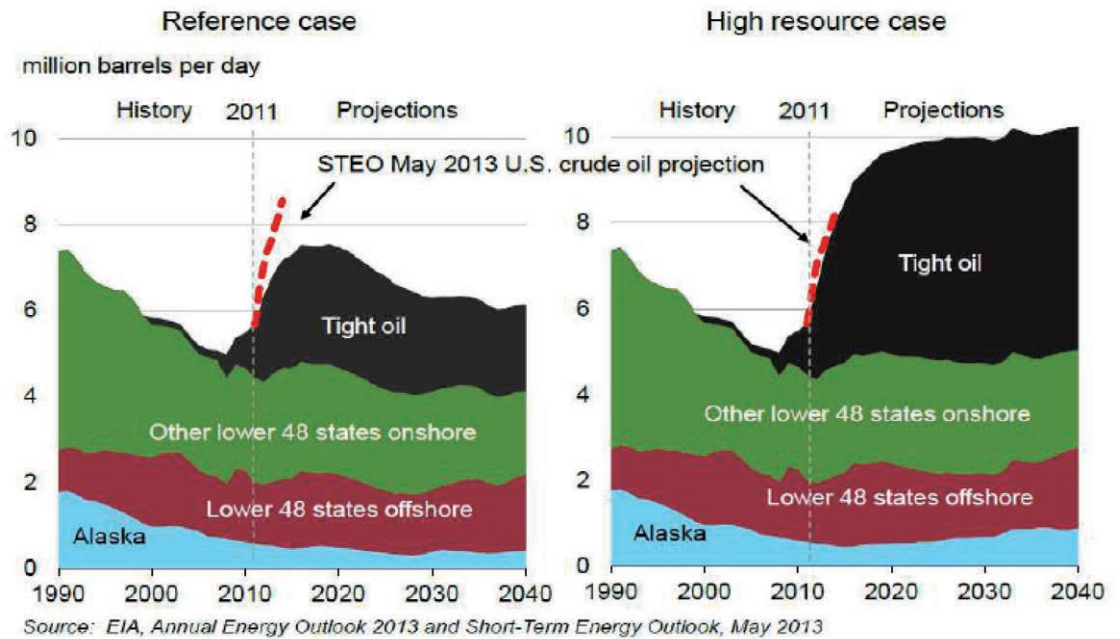


図7 米国原油生産の実績と見通し

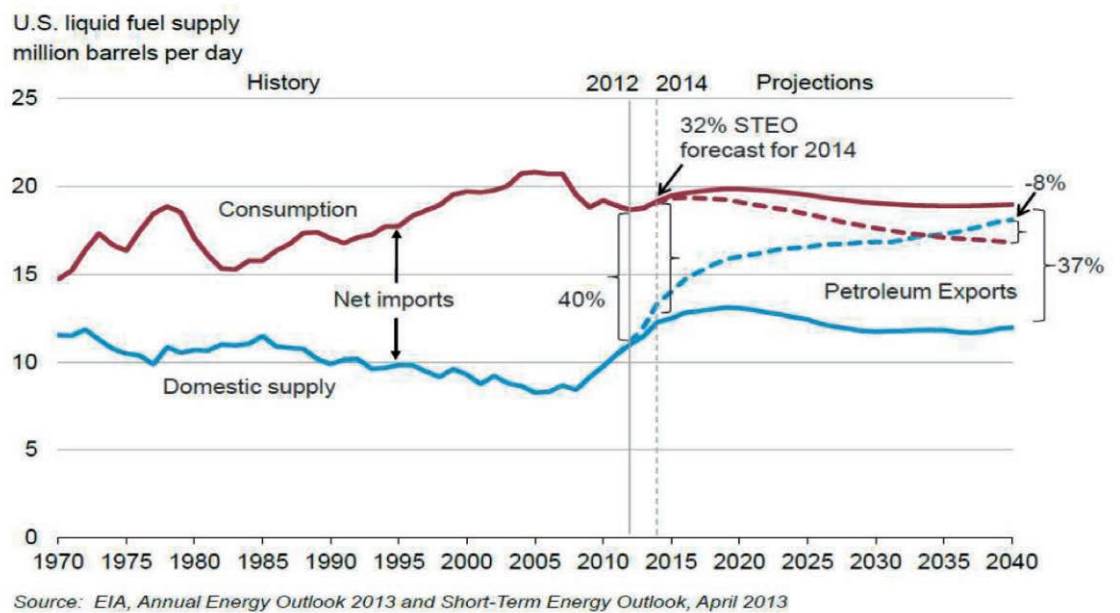


図8 米国石油需給の実績と見通し

2013年10月8日発表のEIA Short-Term Energy and Winter Fuels Outlookによりますと、米国の原油生産（ここでは、在来型原油＋SO）は2012年の平均650万b/dが、2013年には750万b/d、2014年には850万b/dに増加するとしています。この増産分の中心をなすのが、陸上SOの生産です。一方海上ではメキシコ湾からの原油生産が2013年の130万b/dから2014年の140万b/dに増加すると予測しています。

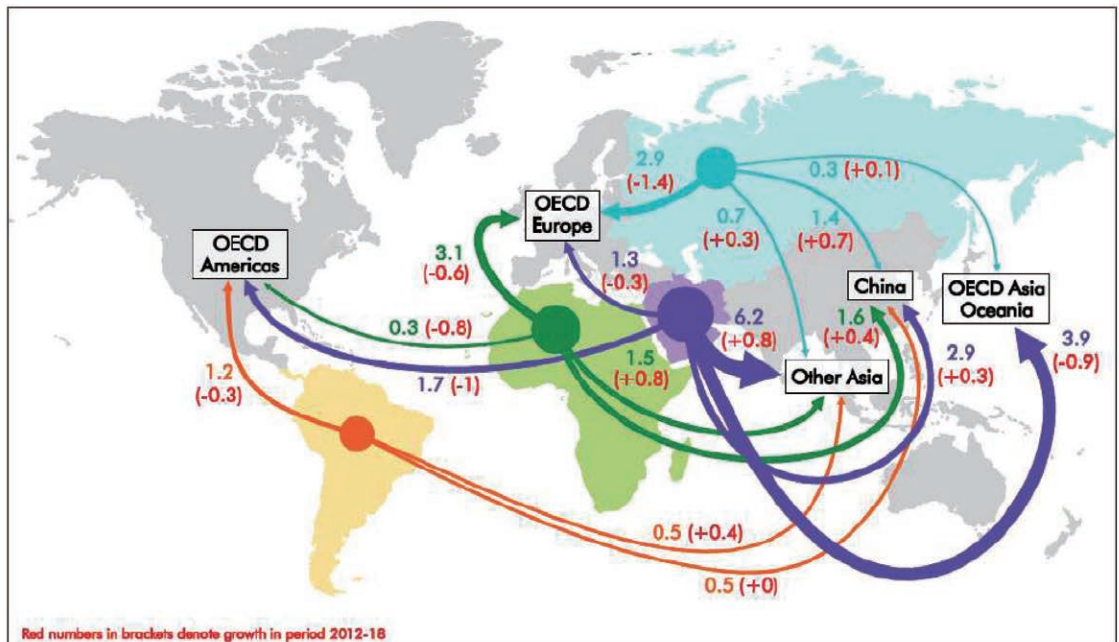
EIAはまた最近の長期予測で、原油の輸入ゼロ乃至ほぼゼロのケースとして、2020年までに原油の生産量が約1,000万b/dに達し、それが2040年まで持続されるケースを想定しています。

ただし、このケースでは米国内での原油・製品需要が継続的に減少し、かつ SO 等非在来型原油の埋蔵量・生産量とも増加、更に生産者にとって魅力ある原油価格が維持されることが前提となっています。

2013年9月米国の原油生産は約775万b/dと、1989年5月以来の高水準に達しました。これは、上記標準ケースでの2020年の生産量を既に超えており、自給達成ケースの増産ペースに近いと云えます。今後のリスク要因として、シェール坑井の生産減退率の高さ、それをカバーするための単位面積当たりの井戸数や稼働掘削リグ数の多さに懸念を示す向きもありますが、増産に向けた最大のリスクは恐らく油価の継続的な下降が発生した場合であると思われます。

## 5. 北米の SO 増産で世界の原油供給構造が変化

2013年5月14日、IEAは“2013 MTOMR”（中期石油市場見通し）で、2012年～2018年の間、世界の原油生産能力増強は非 OPEC 産油国に集中、中でも北米の SO 生産は NGL 分も合わせ、その非 OPEC 増産量中半分以上を占めると予測しました。また、その結果、図9で示すように、北米向けの原油輸出は中東からは100万b/d、アフリカからは80万b/d、南米からは30万b/d、いずれも減少すると見ました。その分が主にアジア向けの原油輸出増に振り向けられると見ています。



(単位：百万 b/d) (出所：2013 MTOMR)

図9 2012年→2018年主要貿易ルートでの原油フローの変化

北米の石油精製のフィードストックが同地域内の原油で供給される比率が高まると、中東産の原油も相対的に中東域内の石油精製に供給される比率が高まると見られます。それでも、非 OECD 諸国の原油輸出入に占める割合は増加し、2018年には国際原油貿易に占める非 OECD 諸国の参加比率は50%を超えると予測されています。これは、中国、インド等アジアでの需要増、製油所の新増設に対し、OECD 諸国では反対に製油所の合理化が進められると予測されることによります。

## 6. 北米のSG生産増予測と米国から日本へのLNG輸出の可能性

現在世界で、米国とカナダの北米のみがSGを商業生産しています。北米のSG生産量は2030年までに400億立方フィート/日(40Bcf/d)に達し、内米国は大半の330億立方フィート/日(33Bcf/d)を生産すると見られます。これは、米国総ガス生産量の46%を占め、Marcellusが最大のSG生産ソースとなるでしょう。カナダのSG生産の大部分は同国西部からであり、2030年には同国総ガス生産量の44%を占めると考えられます。EIAの見通しでは、米国はSG増産に牽引され、2020年頃から天然ガスの純輸出国になる可能性が高いとされます。

2013年9月11日、米国DOE/FE(米国エネルギー省化石燃料局)は非FTA(自由貿易協定)締結国向けとしては4件目となるDominion Cove Point, LPにFERC(連邦エネルギー規制委員会)による環境審査等、条件付きの輸出許可を与えました。これまで承認を受けた非FTA締結国向けの輸出計画4件の概要は表1の通りです。

表1 米国の非FTA締結国向け承認済みLNG輸出計画

会社名	立地	概要
Cheniere Energy 本事業のため Blackstoneが出資	Sabine Pass LNG Terminal (Cameron Parish, LA)	承認: 2011/5(FTA締結国向けは2010/9) 数量: 2.2 Bcf/d(年間1600万トン) 期間: 20年間 輸出契約: BG Group 550万トン Gas Natural(スペイン) 350万トン Gail(インド) 350万トン Kogas(韓国) 350万トン 合計 1600万トン 注: 承認時は韓国はFTA未発効
Freeport LNG 株主: Michael Smith Zachry Dow(輸出には不参加) 大阪ガス	Freeport LNG Terminal (Quintana Island, TX)	承認: 2013/5(FTA締結国向けは2011/2) 数量: 1.4 Bcf/d(年間900万トン) 期間: 20年間 輸出契約: 大阪ガス 220万トン 中部電力 220万トン BP Energy 440万トン 合計 880万トン
Lake Charles Exports 株主: Southern Union Company BG Group	Lake Charles Terminal (Lake Charles, LA)	承認: 2013/8(FTA締結国向けは2011/7) 数量: 2.0 Bcf/d(年間1500万トン) 期間: 20年間 輸出契約: 未定 BG Groupがパートナーのため、当然BGは対象
Dominion Energy	Dominion Cove Point LNG Terminal (Chesapeake Bay in Lusby, Md.)	承認: 2013/9(FTA締結国向けは2011/10) 数量: 0.77Bcf/d 年間525万トン 期間: 20年間 輸出契約: 住友商事 230万トン  (東京ガス) (140万トン)  (関西電力) (80万トン) Gail(インド) 230万トン 合計 460万トン <a href="http://www.knak.jp/blog/2012-4-2.htm#sumisho">http://www.knak.jp/blog/2012-4-2.htm#sumisho</a>

今回の4件目の承認により Sabine Pass 以来の承認済み総輸出数量は 63.7 億立方フィート/日 (6.37Bcf/d) となり、EIA/NERA のスタディによる低輸出シナリオ 60 億立方フィート/日 (6Bcf/d) を若干上回る事となりました。同スタディでの分析に基づく輸出上限 120 億立方フィート/日 (12Bcf/d) までには余裕がありますが、次の審査対象の Freeport LNG Expansion、L.P. 他が申請量通りに承認されれば、1.4 Bcf/d が追加され、総輸出量としては 77 億立方フィート/日 (7.7Bcf/d) となります。

## 7. 米国からの今後の LNG 輸出とその期待効果

米国の非 FTA 締結国向けの登録済み LNG 輸出プロジェクト申請は、2013 年 10 月 15 日現在で 26 件 (承認を受けた 4 件も含む)、数量が明示された申請分の合計は 341.2 億立方フィート/日 (34.12Bcf/d) に及びます。DOE は、今後の具体的な承認スケジュールは明らかにしていませんが、今後の審査については、1) ケースバイケースで審査すること、2) 12/5 の EIA/NERA のスタディと同時に発表した審査リスト (9/10 付けで再確認) の順番 (基本は DOE への申請登録順) で審査すること、3) この間市場の状況を監視し公共の利益判断を行った上で評価すること、4) 同判断の参考情報として 2013 年末に発表予定の EIA Annual Energy Outlook (AEO 2014 Early Release) も含まれること、を述べています。DOE による今後の審査順番リストは、表 2

表 2 今後の DOE 審査順番リスト

(2013 年 9 月 19 日現在)

Current Processing Position	Company	DOE/FE Docket No.
1	Freeport LNG Expansion, L.P. and FLNG Liquefaction, LLC	11-161-LNG
2	Cameron LNG, LLC	11-162-LNG
3	Jordan Cove Energy Project, L.P.	12-32-LNG
4	LNG Development Company, LLC (d/b/a Oregon LNG)	12-77-LNG
5	Cheniere Marketing, LLC	12-97-LNG
6	Excelerate Liquefaction Solutions I, LLC	12-146-LNG
7	Carib Energy (USA) LLC	11-141-LNG
8	Gulf Coast LNG Export, LLC	12-05-LNG
9	Southern LNG Company, L.L.C.	12-100-LNG
10	Gulf LNG Liquefaction Company, LLC	12-101-LNG
11	CE FLNG, LLC	12-123-LNG
12	Golden Pass Products LLC	12-156-LNG
13	Pangea LNG (North America) Holdings, LLC	12-184-LNG
14	Trunkline LNG Export, LLC	13-04-LNG
15	Freeport-McMoRan Energy LLC	13-26-LNG
16	Sabine Pass Liquefaction, LLC	13-30-LNG
17	Sabine Pass Liquefaction, LLC	13-42-LNG
18	Venture Global LNG, LLC	13-69-LNG
19	Eos LNG LLC	13-116-LNG
20	Barca LNG LLC	13-118-LNG
21	Sabine Pass Liquefaction, LLC	13-121-LNG

(注) 赤字は新規追加分

のとおりです。

化学大手のDow Chemical等はひとところほど声高ではありませんが、引き続きLNGの輸出には慎重な姿勢を示しています。米国経済への貢献度を論拠にしていますが、国内天然ガス価格の値上がりを懸念しているものと見られます。日本勢は今後2番手で審査が予定されているCameron LNG, LLC（三菱商事、三井物産が各400万トン計800万トン/年）が認可されますと合計1,470万トン/年となり、これは2012年の我が国LNG総輸入量約8,700万トンの約17%に当たります。米国ヘンリーハブでのガス指標価格は、LNG輸出が本格化しても概ね\$4～\$6/MMBtuの範囲内に収まると予想されており、安価な米国産LNG輸出で、日本始め高価な石油価格リンクのLNG輸入国の輸入コスト低減効果が期待されています（表3に米国から我が国へのLNG輸入の期待効果をご参考に記します）。

一方シェールガスの影響で苦戦中のロシアは、ガスの長期契約先に対し10%程度の値引きを認めていますが、石油価格リンクの姿勢は崩していません。7月1～2日モスクワ開催のガス輸出国フォーラム（ロシア、カタール、イラン等世界の天然ガス確認埋蔵量の63%を占める13カ国加盟）でも、天然ガスの長期輸出契約や石油連動の価格設定を支持する旨の共同宣言を採択しました。2013年9月10日東京開催のLNG産消会議では、こうした輸出入国間での立場の違いを踏まえた議論が交わされましたが、明確な合意には至りませんでした。日本やインド、EU等消費国側で、価格形成も含めたLNG取引のあり方を検討するため、国際LNG共同研究会の立ち上げが合意されました。

表3 米国から我が国へのLNG輸入の期待効果

(1) 契約交渉力の向上

今後日本が米国以外の相手先とLNGの購入契約を交渉する際、有利な材料となり得る。

(2) 輸入コストの低減

(試算例)

2012年、日本は約8,700万トンのLNGを約6兆円で購入。その殆どが原油価格リンクであったと考えられる。価格交渉が原則難しい長期既契約分が約5,000万トンあるとして、残り3,700万トンを仮に全量米国ヘンリーハブ(HH)の天然ガス指標価格リンクで購入できるとして、各種の条件を2012年ベースで試算すると、

日本の原油価格リンクのLNG調達価格：17\$/MMBtu、

米国湾岸からのHHリンクLNG日本到着想定価格：10\$/MMBtu、

この価格差(7\$/MMBtu)でLNG 3,700万トン(1.9x10<sup>9</sup> MMBtu)を輸入できるとすれば概算では1兆円以上の低減効果が期待される。

以下次号のJPECニュースにて続報をご報告致します。



## 調査報告

# 「高度設備管理に関する最新技術の動向調査」

## 1. はじめに

国内石油製品の需要の構造的な減少や、新興国における製油所の新增設など、石油精製を取り巻く環境が変化する中で、我が国の石油産業の競争力強化策として、設備信頼性向上による操業高度化は喫緊の課題です。

一方、我が国の石油精製設備は建設以来 40 年を超える設備がほとんどで設備の老朽化が進んでおり、重大な設備トラブルが発生するリスクの増大が懸念されています。更に、これらの設備は、将来にわたり設備の高過酷度・高稼働化が予想されています。

本調査では、我が国の石油精製設備の今後のあり方を踏まえ、高度設備管理について、国内および海外の先行事例・最新動向について調査し、石油業界への導入に当たっての課題を整理しました。

## 2. 調査内容

### (1) 国内石油精製事業所の現状把握（アンケート・ヒアリング調査）

- ・高度設備管理（状態監視、検査、余寿命管理）に関する動向の調査
- ・現状の保全上の問題点抽出

### (2) 国内事業所における検査会社のメンテナンス動向、先行事例調査

- ・業界団体（日本メンテナンス工業会）へのヒアリング調査
- ・業界団体が発行したメンテナンス動向、先行事例報告書などの調査

### (3) 海外の石油精製関連設備に関する検査・診断技術調査

- ・高度設備管理（状態監視、検査、余寿命管理）に関する最新動向の調査
- ・先行事例情報の調査

## 3. 調査結果

### 3.1 国内石油精製事業所の現状把握（アンケート・ヒアリング調査）

国内の石油精製事業所に対し、アンケートによる調査を行い、国内石油精製事業所における設備管理技術の動向について集計しました。

アンケートは、メンテナンス動向（メンテナンス体制）、設備管理（新技術、問題点）を主体に実施し、また、アンケート結果の補完として具体的内容についてヒアリングを行いました。下記に概要を纏めます。

#### (1) メンテナンス動向

定期修理（SDM）および運転中のメンテナンス遂行体制は、自社だけで遂行しているのはわずかで、ほとんどの事業所が外部への分割発注により対応する傾向がありました。

メンテナンスの取り組みに関しては、技術伝承の不備、技術者の高齢化、人員不足、検査・診断技術が不十分などの問題が挙げられていました。

新規検査手法に対しては、自社で情報収集をすることや、検査・メンテナンス会社などの情

報交換をすることにより積極的に採用検討はしているものの、効果が不明などの問題があるとしており、限られた定期修理期間の中で新規検査手法の採用を試みることは、容易ではない状況にあると考えられました。

今後は定期修理（SDM）だけでなく、日常保全も含めたメンテナンス遂行体制とすることが有効であり、それにより、さらに高度で総合的かつ低コストな保全が期待できると共に、メンテナンス遂行体制も自社保全や一括発注へと移行していくのではないかと期待されます。

## （２）状態監視技術に関する最新動向

状態監視については、目視検査や従来の検査法（超音波探傷試験（UT）、放射線透過試験（RT）、サーモカメラなど）を採用している事業所が多いが、新しい状態監視手法としてパルス ET を用いて定期的に検査を行い、塔槽内面の腐食傾向を把握している事業所がありました。運転中の状態監視を行う事により、長期連続運転および定期修理時の検査量低減につながる事が期待できます。

回転機については、従来の検査法（振動法、潤滑油分析）の他に、一部で新しい状態監視手法としてアコースティックエミッション（AE）が適用されていました。回転機の重要度に応じて状態監視手法を使い分けることが有効であると考えられます。

## （３）現状の保全上の問題点

今回のアンケート結果を、当センターで平成 16 年度に実施した、「PEC-2004T-11; 設備管理再構築に向けた固有技術、管理技術およびシステムに関する調査報告書」での静機器の損傷に関するアンケート・ヒアリング結果と比較し、現状の問題点について整理しました。

平成 16 年度のアンケート調査結果と比較すると、塔槽の水素誘起割れ（HIC）、加熱炉触媒管のクリーブ評価については、検査法に対する満足度が上がったことがわかりました。これは、複数の検査法の併用で総合的な判断ができるようになったこと、評価基準が確立されたことなどが影響していると考えられます。一方、保温材下外面腐食（CUI：Corrosion Under Insulation）、炭素鋼チューブ、コーキング、チューブ温度、耐火材・キャスト、浸炭、配管内面腐食、埋設配管、長距離配管の検査技術等については、満足度は依然低く、技術の開発が望まれます。

今回の調査で抽出された各部位における損傷ごとの最新の検査技術について概要をまとめて表 1 に示します。最新の技術として、プラントで実施され評価された技術の中から、従来の検査技術と比べて検査精度や検査速度が向上した新しい検査技術を選んでいきます。

各部位ごとの検査技術の特徴・課題は次のとおりです。

### <塔槽>

保温材下外面腐食（CUI）の検査について関心が高く、パルス渦流探傷試験（パルス ET）が粗探傷として使用されていますが、検査精度の向上、検査費用の低減が達成されると、新技術として効率的な保全に貢献できると考えられます。

### <熱交換器>

熱交チューブの検査として水浸 UT が精度のある方法として広く適用されていますが、検査速度が遅いのが問題となっています。検出精度を確保したまま、検査速度を上げる検査手法が検討されており、その開発が望まれるところです。

### <加熱炉>

加熱炉チューブに生じるコーキングが保全の問題となっており、検査として RT、サーモカメラ、アコースティックエミッション（AE）打音法が採用されていますが、検査精度や全面検査ができないなどについて各事業所での満足度は低い状況です。今後、全面検査や監視技術の確立が重要であり、サーモカメラ検査などの高度化が望まれています。



表1 最新の検査技術と評価

◎: 定量的評価ができる  
 ○: 定性的評価・スクリーニングとして適用できる  
 △: 適用には課題がある

部位	損傷の種類	最新の検査技術	総合評価	評価結果
塔槽	保温材下外面腐食 (CUI)	パルスET	△～○	・粗探傷としての適用は可能 ・局部腐食が発見できない場合がある ・検査会社が限定されるため費用が高い
		中性子水分調査	△～○	・水分量と腐食量の相関が一致しない例がある ・気象条件により値が異なる場合がある
	水素誘起割れ (HIC)	UT(面探傷)	○～◎	・判定基準を用いて定量評価が可能
		フェーズドアレイ	○～◎	・UT(粗探傷)に基づき詳細評価する際に適用 ・精度が技術者の技量に左右される
	TOFDO *1	○～◎	・UT(粗探傷)に基づき詳細評価する際に適用	
内面腐食	パルスET	△～○	<運転中の状態監視に適用している例> ・定期的に測定し、相対比較が可能 ・検査会社が限定されるため費用が高い	
熱交換器	炭素鋼チューブ	水浸UT	○～◎	・検査精度は高い ・検査速度が速いと局部腐食を見逃す場合がある ・検査に時間がかかる
		リモートフィールドET	○	・強磁性体のチューブに適用可能 ・熱交のバップル部に不感帯がある
		LOTIS *2	△～○	・チューブ内面からの減肉評価が可能 ・内面のスケールが測定値に影響する
加熱炉	コーキング	アコースティックエミッション (AE) 打音法	○	・粗探傷(コーク分布、厚さ)としての適用は可能
		サーモカメラ	○	・測定温度と実温度の相関が不明確な場合がある ・火災による誤差が生じる場合がある ・サーモカメラの死角が生じる場合がある
	クリープ	H-SCAN (触媒管用マルチ非破壊検査)	○～◎	・複数検査の併用なので総合評価が可能 ・破壊検査のサンプル選定に適用 ・検査費用が高い
		LOTIS *2	△～○	・触媒管内面からの内径変化の評価が可能 ・触媒を抜く必要がある
配管	保温材下外面腐食 (CUI)	ガイド波	△～○	・粗探傷としての適用は可能 ・数値にばらつきがあり定量性がない ・架台接触部や保温下の測定が困難 ・検査費用が高い
		パルスET	△～○	・粗探傷としての適用は可能 ・局部腐食が発見できない ・検査会社が限定されるため費用が高い
	内面腐食	インテリジェントピグ	△～○	・配管内面から複数検査が可能 ・検査費用が高い
	埋設配管	管内自走ロボット	△～○	・配管内面から検査が可能 ・検査費用が高い
	長距離配管	ガイド波	△～○	・粗探傷としての適用は可能 ・数値にばらつきがあり定量性がない ・架台接触部や保温下の測定が困難 ・検査費用が高い
		管内自走ロボット	△～○	・配管内面から検査が可能 ・検査費用が高い
SLOFEC *3		○	・粗探傷としての適用は可能 ・検査速度が速い	

\*1 Time of Flight Diffraction: 必ず端部からの回折波の伝搬時間を利用し内在欠陥を検出する測定法

\*2 Laser-Optic Tube Inspection System: レーザー法によるチューブ内面減肉検査

\*3 Saturated Low Frequency Eddy Current: 配管外面から磁気飽和型低周波渦流探傷により減肉を検出する方法

#### <配管>

配管の検査にガイド波が広く適用されており、粗探傷として有効で、検査の欠陥信号とノイズとの区別についての評価が改善されると新技術として効率的な保全に貢献できると考えられます。

オフサイト配管については、検査対象が膨大であるため、検査箇所のスクリーニング技術及び損傷情報の共有化により効率的な検査・評価が期待されています。オフサイト配管の場合は、各事業所で共通設備であるため、各社共同での取り組みを進めることにより効率的な保全につながると考えられます。

#### <塔槽・配管共通>

塔槽・配管の高所検査の場合、足場の付帯工事が検査費用と比べて高額となり保全費用の負担が大きくなることが問題となっています。そこで、より効率的な検査方法、例えば足場工事低減、足場不要の検査技術の開発が望まれます(ワイヤレスセンサーネットワーク、自走式検査ロボット、サーモカメラの活用など)。

### 3.2 国内事業所における検査・メンテナンス会社のメンテナンス動向、先行事例調査

検査・メンテナンス会社が現在抱える大きな課題として、技術伝承システムの整備、年間業務の平準化が挙げられます。一方で、プラントオーナーからは高付加価値のあるメンテナンスが望まれます。これらのことから、現状の保全体制を、定期修理などの計画保全から、運転中の状態監視検査などの日常保全へと移行していくことが有効だと考えられます。検査・メンテナンス会社は、年間業務が平準化されるとともに技術伝承の仕組みが確立され、プラントオーナーは、より高度で総合的な保全、また、定期修理時の検査量を低減できるためトータルとして低コストな保全へとつながれることが期待できます。

メンテナンスの機械化・自動化については、現状では活発ではありませんが、欧米では定期修理で作業工程の多い熱交換器のチューブバンドルの引抜き、挿入、洗浄、運搬、高所にある熱交換チャンネルの取り外し用作業車や、サンプリングチューブの自動半割、検査用ブラスト作業などの機械化が進んでいます。国内でも更なる機械化・自動化技術の導入による効率化が期待されます。

### 3.3 海外の石油精製設備に関する検査・診断技術調査

海外で先進的とされた検査・診断技術のうち、主要なものは、国内でも最新技術として使用されていることが分かりました(表2)。但し、技術によって普及状況や利用状況には差がある場合があります。以下にその例を示しました。

米国では配管検査で漏洩磁束法(Magnetic Flux Leakage、MFL)が、検査速度が速く、異常個所の洗出しも効率的に行えるため、スクリーニング用に使用されています。国内では検査精度や作業性が他の非破壊検査手法(UT、ET)に比較して劣るため、あまり利用されていません。これは、国内では定量性を求める傾向があるためと思われる。

パルス渦流探傷試験(パルスET)については、国内では塔槽類、配管への適用事例はあるが、米国ほど普及はしていません。この理由として、米国では保温外装板に非磁性のアルミやステンレス鋼が使用されているのに対し、国内では炭素鋼製の板金が使用されているため検査精度の低下や保温材厚さの制約があるためと考えられます。

一方、国情の違いもあり、パイプライン等の長距離輸送配管が発達している米国の方が埋設配管、長距離配管に関しては適用検査・診断技術の種類、コンピュータ技術の活用などが進んでいると判断されます。

また、米国ではレーザー計測ではHi-Cad Laser -Scanningのようなレーザービームによる高

速の3次元スキャナーを利用し高温機器の変形を記録することは適用が進んでおり、配管と同様に、今後3次元の形状データをベースとした供用適正評価により健全性を診断する手法が増えると考えられます。

法規的な面では、国内では、保安4法（高圧ガス保安法、労働安全衛生法、消防法、石油コンビナートなど災害防止法）の規制があるのに対し、海外ではその規制が緩やかであり、保全を行う際の制限が少ない傾向にあると考えられます。例えば、海外の検査機器を国内に導入することを検討

表2 米国の先進的な検査・診断技術と対応する国内技術

部位	損傷の種類	米国		国内対応技術	
		検査・診断技術	使用レベル	検査・診断技術	使用レベル*
塔槽	保温材下外面腐食 (CU)	パルスET	よく使用	パルスET	使用される
	水素誘起割れ (HIC)	MWM Eddy Current Sensor	稀に使用	-	-
熱交換器	炭素鋼チューブ	リモートフィールド (Remote Field)	使用される	リモートフィールドET	使用される
		Internal Rotary Inspection System (IRIS: 水浸UT)	使用される	水浸UT	よく使用
		Magnetic Flux Leakage (MFL)	よく使用	漏洩磁束	稀に使用
加熱炉・コーカー	コークドラム(変形)	Hi-Cad Laser-Scanning	使用される	レーザースキャン	稀に使用
	チューブ温度	赤外線カメラ	よく使用	赤外線カメラ	よく使用
	クリープ	H-SCAN (触媒管用マルチ非破壊検査)	稀に使用	H-SCAN (触媒管用マルチ非破壊検査)	使用される
Leakage Surface Acoustic Wave		稀に使用	Leakage Surface Acoustic Wave	稀に使用	
配管	保温材下外面腐食 (CU)	PEC (パルスET)	よく使用	パルスET	使用される
		Long Range Ultrasonics (ガイド波)	使用される	ガイド波	よく使用
		Low Frequency Eddy Current	稀に使用	SLOFEC	稀に使用
	内面腐食	MFL In-Line	よく使用	漏洩磁束ビグ	稀に使用
		パルスET	よく使用	パルスET	稀に使用
	埋設配管	Magnetic Tomography Method	使用される	-	-
		Guided Wave (ガイド波)	使用される	ガイド波	稀に使用
		No Pig Technique	使用される	-	-
長距離配管	High resolution MFL In Line Inspection	よく使用	漏洩磁束(従来型)	稀に使用	
	Advanced Laser Profilometry scanner	使用される	-	-	

\*国内における使用レベルについては、アンケートおよびヒアリングの結果に基づき評価した。

する場合の問題点として、その機器についてのメーカー性能試験データはそのままでは使用できないため、JIS規格に沿った性能試験を国内の検査機器メーカーで改めて行った上で適用する場合があります。

## 4. まとめ

米国を中心としたシェールガス革命により世界的なエネルギーの需要供給構造が変化して来ます。また、非在来型原油の増加により、今後、重質油処理や高酸価原油への対応が設備管理上の重要な課題となることが予想されます。

国内では省エネとエネルギーシフトにより石油需要が減退しており、エネルギー供給構造高度化法により設備の統廃合が進む中、石油精製設備は1960年代から70年代に建設され、多くの装置が建設後40年を超えて操業をしています。

このように、国内の石油精製装置は重質油処理、高稼働率等により設備負荷が高まる一方で、設備の老朽化や保全要員の高齢化による減少などのため、設備トラブルを生じやすい状況となっています。プラントの長期安全操業のためには、的確な設備保全とそれを支える高度検査技術の開発が必要です。

また、保全検査の方法としては、単一の検査を実施するだけでなく、各種検査技術の原理や特徴を生かしたスクリーニング検査と詳細検査の組合せにより、設備保全の高度化を計っていく必要があります。

検査・診断技術に加えて、老朽化したプラントを安全・安定的に操業するために状態監視技術の構築も必要です。国内石油精製事業所の国際的な競争力を強化するためにも、長期連続運転、省人化を進める必要があります。その観点からも状態監視技術の重要度は高いと考えられます。現在、適用されている状態監視技術は回転機を対象としたものがほとんどですが、将来的には配管を含む静機器類の腐食・劣化に対する状態監視技術の開発・適用が望まれるところです。



# 国際会議

## 「第6回日中韓石油技術会議」報告

### 1. はじめに

日中韓石油技術会議は、日本、中国、韓国、の3国間で、石油に関する最新技術の情報交流を行い、相互の理解を深め、健全な経済発展と環境保全に寄与するという目的で2007年に第1回が東京で開催されました。

今回の第6回日中韓石油技術会議は、石油精製技術、燃料品質改善及びバイオ燃料等をテーマとして韓国麗水（ヨス）市で開催されました。各国から基調講演が3件、技術講演は、第1部（石油精製技術、触媒、プロセス、省エネ）：9件、第2部（代替燃料）：3件及び第3部（燃料品質・実用性能）：4件が準備され、技術講演としては全部で16件の発表が行われました。

日本からは講演者、一般参加を含めて12名参加、韓中を合わせた参加者全体では80人を超す技術交流の会議となりました。会議概要と講演の要旨を以下に紹介します。

### 2. 会議概要

- (1) 開催日：講演：平成25年9月4日（水）、5日（木）  
製油所視察：平成25年9月6日（金）
- (2) 講演会場：Ocean Resort Hotel（韓国麗水（ヨス）市）  
視察製油所：GS カルテックス製油所
- (3) 主催：日本：一般財団法人石油エネルギー技術センター（JPEC）  
韓国：韓国石油管理院（K-Petro）  
中国：中国石油学会（CPS）
- (4) 参加者：参加人数合計：84人（日本12人、韓国66人、中国6人）
  - 日本：（一財）石油エネルギー技術センター 中野専務理事、辻村調査情報部部长  
石油連盟 杉山企画部マネージャー 他  
講演：7件（講演順） 石油連盟、JX 日鉱日石エネルギー(株)、日揮触媒化成(株)  
東洋エンジニアリング(株)、日本ケッチェン(株)、（一財）石油エネルギー技術センター、  
出光興産(株)
  - 韓国：韓国石油管理院：チョン・タエカン事業理事、シン・ソンチョル品質管理部長 他  
講演：7件 韓国石油管理院、SK イノベーション、S-オイル、GS カルテックス、  
現代オイルバンク
  - 中国：中国石油学会 曹湘洪（Cao Xianhong）副理事長、張宝吉（Zhang Baoji）事務局長、他  
講演：6件 中国石油学会、シノベック、ペトロチャイナ、Yankuang Group  
（2件が発表中止となり発表されたのは4件。）

### 3. 会議内容

#### (1) 開会挨拶

- ①韓国（チョン・タエカン事業理事、韓国石油管理院）
- ②中国（Zhang Baoji 事務局長、Zhou Fusheng 副理事長の代理、中国石油学会）
- ③日本（中野専務理事、石油エネルギー技術センター）



中野専務理事開会挨拶

#### (2) 基調講演

- ①韓国石油産業の現状と将来（韓国）  
韓国石油産業の現状と、国内石油政策や国際環境の変化に対応するための、競争力強化や新規エネルギー分野への参入について石油各社の動向を紹介した。石油製品輸出量（2012年）は生産量の40%に達するが、今後、輸出先の自給率向上等で厳しくなる。現在、GHG対応のETSやバイオ燃料のRFSの導入が決定されて準備が進められている。
- ②低炭素社会の実現に向けての製油所の高度化（中国）  
中国の製油所設備の効率化・高度化について、GHG及び環境汚染物質の低減という観点から現在の課題と対策について説明。課題として、旧式・小規模製油所の廃棄、白油化率向上、総合的な省エネ対策、ITによる統合的な管理技術導入及び廃棄物処理などが取り上げられた。
- ③災害時の石油安定供給に向けた石油産業の取組み（日本）  
2011年3月に発生した東日本大震災は、製油所、油槽所、タンクローリーなどに被害をもたらし、被災地を中心にして一時的に石油の安定供給が困難になった。日本は国家製品備蓄を拡充するとともに、災害時に石油を迅速に供給するための石油会社間の枠組みを事前に構築するなどして、緊急時の石油供給体制をより一層強化することにした。緊急時対応力のある石油の「分散型エネルギー」としての強みを更に強化し社会の安定成長に貢献する。

#### (3) 技術講演（石油精製技術、触媒、プロセス、省エネ）

- ①パラキシレンセパレーターの廃熱回収（韓国）  
PX蒸留設備のraffinate columnの塔頂蒸気凝縮器を空冷式（AFC）から低圧蒸気発生による熱回収に改造、この低圧蒸気をさらに圧縮して中圧蒸気とし、DeC7塔のリボイラに使用、一部を中圧蒸気系統に投入することで、省エネルギーを図った。
- ②FCC LCOからのBTXの製造（中国）  
LCOを水素化処理することで、LCO中に多く含まれる多環芳香族をBTX原料となるアルキルベンゼンやナフテノベンゼンに変換する。これをFCCで分解処理するとBTXを効率よく製造できる。BTX収率を向上させるための水素化処理条件やFCC分解条件の傾向を見出すとともに、商業生産装置における実証試験まで実施した。
- ③軽質原油からのアスファルト製造（韓国）  
軽質原油減圧残渣から良質アスファルトを製造するための添加剤を開発した。SDAボトムと減圧残渣から軟質アスファルト（AP-3）を製造し、添加剤を混合することで、針入度の低

い良質な硬質アスファルト（AP-5）を製造することができた。

④中国の残油水素化処理技術（中国）

シノベックにおける残油水素化処理のトレンド、今後の動向予測などについての技術報告。標準的な水素化反応条件、原料油及び製品性状、ユーティリティ消費量などの紹介に加え、直脱装置を有する製油所とコーカー分解装置を有する製油所での種々の特徴について比較がなされた。

⑤プロピレン増産型高過酷度流動接触分解プロセス（日本）

石油化学原料として需要が拡大するプロピレンを高効率に生産するプロセスである HS-FCC（高過酷度流動接触分解）プロセスの基本的な特徴（触媒、ダウンリアクタ、高温、高触媒オイル比、短接触時間）について説明した。また、商業化に向けたスケールアップ検討と実証化装置の実績について紹介を行い、実証化装置が問題なく運転していることを報告した。

⑥ディレードコーカーの運転最適化（韓国）

自社ディレードコーカー設備の歴史、機能及び装置のキャパシティ向上について紹介。運転条件の見直しやバルブ開閉自動化によるサイクルタイムの短縮、加熱及び冷却設備の増強による製品収率の改善などに加えて、減圧残油（VR）処理量増加による増産コークの発電で生産コスト削減を達成。

⑦フィッシャートロプッシュ（FT）合成による石炭液化技術：講演中止（中国）

（前刷資料に基づいて）FT 合成において、低温 FT 合成（スラリー床）、高温 FT 合成（流動床）の 2 種類の合成技術（反応器と触媒）を開発、それぞれ異なる製品（paraffin と olefin）を選択的に合成することを可能にした。石炭ガス化の CTL（Coal to Liquid）プラントが 2014 年に稼働予定。

⑧ FCC 触媒によるボトムレスへの取り組み（日本）

残油処理用触媒の最新品種である PRM シリーズ（製品 FCC 触媒シリーズ）について紹介。PRM は残油処理に適した細孔分布および酸性質を付与することでボトム分解性を高めてい



会場風景（技術講演）

る。さらに、耐バナジウム性および耐ニッケル性を改善するため最新のメタルトラップ成分を添加することで、PRM は従来触媒よりもボトム分解性に優れ、かつガス・コーク選択性にも優れた RFCC 触媒となっている。

⑨ マイクロチャンネル反応技術による中小型 GTL の実現（日本）

未利用の中小規模ガス田、海洋油ガス田や原油随伴ガスを有効利用する技術としての「中小型 GTL (Gas to Liquid)」に関する講演。細かな流路を多数集積した「マイクロチャンネル反応技術」を利用して 2008 年より中小型 GTL プロセス“Micro-GTL”の開発に着手、現在ブラジルで実証プラントが稼働中である。講演では、Micro-GTL 技術の概要と開発状況、商業化への展望を紹介。

⑩ FCC ストリッパーの新規充填物の開発

：講演中止（中国）

（前刷資料に基づいて）FCC 触媒ストリッパーにピラミッド型充填物を装着してストリッピング効率を上げることができた。これにより製品収率向上、スチームおよびエア消費量の低減など経済性を向上させることができた。

⑪ 最新の直脱技術の紹介（日本）

直脱プロセスにおいて、原料油性状が脱硫及び脱 CCR（残留炭素）反応性に及ぼす影響について、アスファルテン平均分子構造との関連性に着目して評価した。また、運転初期における VR 通油や脱硫深度の影響についても定量的に評価した。

**（4）技術講演（代替燃料）**

① DME 燃料の実用性能評価（韓国）

LPG 車に対して、ジメチルエーテル（DME）混合 LPG 燃料を用いた際の実用性能評価試験を実施した。DME 混合比率 10% までの範囲で、燃料供給系への影響、エンジン試験、車両を用いた排ガス試験と耐久試験を実施。排出ガスはすべて韓国の規制値内であるが、DME の混合率が増加するにつれて NOx の増加が見られた。またエンジン出力が向上したが燃料消費率も増加した。



会場風景（質疑応答）



## ②微細藻類バイオ燃料の開発（中国）

シノベックでは、2010年から菌株系統分析、大量生産方法、精製方法について研究を進めている。国内から約1000種類の微細藻類を採取、増殖率が高く、油含有率40%を超える有望な株を発見した。海水を用いた1200m<sup>2</sup>規模のスケールにて、増殖速度14.5g/日・m<sup>2</sup>、油含有率40%を達成している。製油所排ガス中のCO<sub>2</sub>固定化に向けたデモプラントで藻類の増殖に成功した。

## ③DME燃料研究の現状（韓国）

家庭用燃料、軽油代替及び自動車用LPG代替燃料としてDME利用を研究。韓国ガス公社では10t/d規模のDME1段合成デモプラントを2004年に建設着手、2008年稼働させた。2011年までにDME-LPG混合燃料については6万キロ走行試験などの実証試験を完了した。現在は欧州自動車排出ガス規制（EURO-5）に適合するDME自動車開発やDME-LPG混合燃料の規格策定、DME給油ステーションの建設等を検討している。

## （5）技術講演（燃料品質と実用性能）

### ①JATOP事業の概要 - 将来の自動車用ディーゼル燃料に関する研究（日本）

今後のディーゼル軽油には各種軽油用基材（非在来型石油、GTL、分解系留分など）の活用が必要。特に、分解系留分（LCO）の利用拡大は、日本の将来の燃料油需給変化を考えた際、「石油の有効利用」の手段としても重要。JATOPにおいて各種軽油用基材を利用した燃料について、市場導入検討に資する技術的知見を得ることを目的に実施した各種実験結果の概要を報告した。

### ②ガソリン直噴エンジン（GDI）のカーボンデポジット生成（韓国）

GDIのカーボンデポジット堆積は、排気ガスエミッション、エンジン性能、燃費等に悪影響を及ぼす可能性があるため、エンジンテストで吸気弁及び燃焼室のデポジットの生成傾向を調査した。熱重量分析によれば、吸気弁のデポジットは潤滑油から、燃焼室デポジットはガソリンから生成されていると考えられた。



日中韓代表・講師・事務局

### ③軽油の酸化安定性に及ぼす組成物の影響に関する検討（日本）

分解系軽油をLGOと混合脱硫処理して軽油として活用する際、酸化安定性の低下が懸念されたが、予測に反して著しく酸化安定性が向上する事象が生じた。そこで、本原因を軽油の組成面から検討し、LCOの混合脱硫処理で酸化安定性が向上した原因が抗酸化効果を有する多環芳香族分の増加によるものであることを明確にした内容について報告した。

### ④冬季の軽油流動性改善（韓国）

韓国では、冬季最低気温の低下、BDF混合などを背景に、近年、冬季に軽油のワックス分が析出するトラブルが発生したため、2011～2012年冬季から軽油の目詰まり点と流動点規格を強化。これに対応して、軽油得率の最大化、灯油混合量及び添加剤使用量の最小化を実現するため、接触脱ろう装置の改造及び新設、ワックス結晶防止・流動性向上剤の性能向上に取り組んだ結果を報告。

## 4. GS カルテックス製油所及びオイルハブ基地の視察

技術会議終了後の9月6日（金）にヨス北部の工業地帯に所在するGSカルテックス製油所及びオイルハブ基地を視察しました。

### （1）GS カルテックス製油所

#### （概要）

- ・地理：ソウルから直線距離で450Km、敷地面積5.94百万m<sup>2</sup>、周囲長さ26Km
- ・資本：GSグループ50%、シェブロン50%、・製油所要員：1,700人
- ・主要精製設備
  - トッパー：775千BPD（4基）
  - 重質油分解設備：268千BPD（対トッパー：34.6%、残渣油処理のみ：20%、韓国最大）
  - RFCC：94千BPD、VRHCR：60千BPD、HCR：61千BPD、VGO FCC：53千BPD
  - 他設備 リフォーマー：17千BPD、アルキレーション：14千BPD、MTBE：2,500BPD等
- ・原油ソース（2012）：中東（85.3%）、アジア（8.2%）
  - その他（アフリカ、ベネズエラ、英国等、6.5%）

#### （製油所外観）

トッパー能力世界第4位の大型製油所であり、広大な敷地に配置された装置群は壮大である。塔槽機器や配管は外観からは美しいほどに見栄えが良く、保全がきめ細かく実施されているように見えた。敷地面積はディズニーランド（LA）の3倍と説明された。オペレーター、保全要員等の構内移動用にバイクが数百台とともに乗用車（数十台）も完備されている。

#### （製品の輸出）

この製油所からの生産品の66%を輸出。輸出先は中国、日本、シンガポール等。

#### （所感）

減圧残渣水素化分解装置（VRHCR, LC-Fining, 沸騰床リアクター）は2010年にスタートした最新鋭の残渣分解装置であり、1995年スタートのRFCC（当時で70千BPD）とともに精製設備の中核をなし白油化率向上により製油所の競争力・輸出能力を高めていると思われる。

## (2) オイルハブ基地視察

将来、北東アジアのオイルハブになる構想のもとに、政府、国内石油会社、外国資本の合弁で原油及び石油製品の貯蔵基地（タンク 36 基、合計貯蔵能力 130 万 KL）をヨスに建設、2013 年 8 月に操業を開始した。社名は、Oilhub Korea Yeous Co.,Ltd (OKYC)。現在建設中のウルサンの貯蔵基地（2017 年完成予定）と合わせて Oil-Hub としての貯蔵能力を 2 倍にする計画。

（概要）

- ・資本構成：KNOC（Korea National Oil Corp.）29%、CAO（China Aviation Oil）26%、GS カルテックス、SK エナジー、他 合計 7 機関
- ・敷地面積：オンショア 278 千 m<sup>2</sup>、オフショア 1,076 千 m<sup>2</sup>
- ・原油貯蔵能力：55 万 KL、製品貯蔵能力 75 万 KL
- ・タンク構造：フローティング・ドームルーフ（アルミ製）・タイプ
- ・タンク容量：6,000KL～80,000KL、・栈橋：1 万～20 万 DWT
- ・現在の機能：現在はタンクの賃貸が主な業務とみられる。

（所感）

OKYC は新品のタンク 36 基が一見、かなり密に配置されているが、法令規格を満たしていると説明された。130 万 KL(820 万バレル)の容量であるので、国内消費量の 4 日分相当。国家備蓄が別に有り、石油 4 社は自社タンクを保有しているの、この基地の位置付けがわかりにくい、CAO に代表される製品トレーダーへのタンク貸しと備蓄の意味合いもあると思われる。5 年の準備期間を経てスタートした政府肝いりのプロジェクトでありアムステルダム地域、北米ガルフ、シンガポールに続く世界で 4 番目のオイルハブになることを目指している。地域内大消費国である日本、中国との連携で将来に繋げようとする第一段階かと思われる。

## 5. おわりに

第 6 回日中韓石油技術会議は賛助会員企業等の皆様から講師派遣など、多大のご協力を得て、お陰様で成功裡に開催することができました。ご関係の皆様には厚くお礼申し上げます。

次回、2014 年の第 7 回日中韓石油技術会議について 3 カ国機関の代表者会議で協議した結果、東京で、10 月又は 11 月の 2 日間程度の開催とし、テーマは、現在の「石油精製、触媒、プロセス、省エネルギー」及び「代替燃料・燃料品質」に加えて、大気汚染問題への対応など環境対策もひとつのテーマとして取り上げることとしました。

今回は開催地持ち回りの 3 巡目に入ることもあり、会議の運営方法等については、より情報交換の深みを増すべく工夫を加えていくことにも合意しました。今後、当センター事務局を中心に、中韓の関係機関と協議を進めて具体化を図ることにしています。今後とも皆様のご支援をよろしくお願いいたします。

この会議の詳細と講演資料は下記の URL の当センターホームページの国際会議報告に掲載しています。

<http://www.pecj.or.jp/japanese/overseas/conference/conference.html>

トピックス

## 韓国の再生可能エネルギー政策と バイオ燃料調査団の当センター訪問

### 1. 韓国の再生可能エネルギー政策

韓国は国のエネルギー政策として、エネルギー安全保障の確保、温室効果ガス削減及び新規産業分野の育成を掲げる中で、基幹政策のひとつとして新エネルギー及び再生可能エネルギーの導入計画を進めています。この導入計画では、「新エネルギー及び再生可能エネルギーの開発、利用及び普及促進法」(2004年12月)及び「新・再生可能エネルギー技術開発及び利用・普及の基本計画」(2008年12月)を定めて数値目標を設定するとともにこれを実現するための制度の構築を進めています。この基本計画では、新・再生可能エネルギー(New and Renewable Energy, NRE)の普及目標を表1に示すとおりに定めています。

表1 韓国の新・再生可能エネルギー(NRE)の導入目標

	2008年	2010年	2015年	2020年	2030年
一次エネルギー合計,百万 toe	247	253	270	287	300
NRE*,千 toe	6,400	7,600	11,700	17,500	33,000
NRE*比率,%(対一次エネルギー)	2.6	3.0	4.3	6.1	11.0

\* NREは太陽熱・発電、風力、バイオエネルギー、水力、地熱、海洋、廃棄物から成る。

(出所：韓国エネルギー管理公団資料)

NREの中のバイオエネルギーは2020年に4,200千toe、2030年に10,350千toeで、NRE全体に占める比率はそれぞれ24.0%及び31.4%という高い比率に設定されています。

「新エネルギー及び再生可能エネルギーの開発、利用及び普及促進法」は2013年7月に改正され、自動車燃料分野においてはバイオ燃料導入基準(再生燃料基準、RFS)を定めてバイオ燃料の普及促進を図ることが決定されました。この改正法は2年後の2015年7月から施行されるもので、それまでに自動車燃料として導入するバイオ燃料の種類、混合率・導入量、導入スケジュール、普及促進制度などの細部を検討して決めていくことになっています。

韓国の現在のバイオ燃料導入の状況は、「石油及び石油代替燃料事業法」に基づいてバイオディーゼルの軽油への混合が義務付けられている段階で、規格ではバイオディーゼルの混合量は2%以上5%以下とされています。2006年からすべての軽油にバイオディーゼル(BD)0.5%混合を開始し、2010年以降は2%の混合率を継続しています。韓国内のBDの生産能力は16社、合計生産能力:1,200千KL/年程度とみられます。

韓国のバイオ燃料の導入・検討状況を表2に示します。

表2 韓国のバイオ燃料の導入・検討状況

	バイオディーゼル (BD) 混合実績	バイオエタノール (BE) の状況
2004年	BDの混合率をMax 5vol%とする規制導入	BE (Bio ethanol), ETBE をガソリンに添加する含酸素化合物として許可
2006. 10月	すべての軽油にBD(0.5vol%)混合を開始	BEの実証研究を実施(2006-2008)
2008年-	2008年から2010年まで混合率を0.5vol% /年増加、2010-2013年はBD混合率2vol%	
2009・2010年	RFS(再生可能燃料基準)の検討	
2013年7月	「NREの開発、利用及び普及促進法」改定、2015年7月のRFS導入決定	

## 2. 韓国バイオ燃料調査団の当センター訪問

韓国で自動車燃料分野におけるバイオ燃料導入基準(再生燃料基準、RFS)の導入が決定されましたが、検討対象となる燃料には、バイオエタノール、エチル・ターシャリーブチル・エーテル(ETBE)、バイオディーゼル、バイオガスなどが含まれています。2015年のRFS施行にむけて、韓国政府機関を含む関係機関が基準内容の具体化にむけて調査・検討を開始しました。

本年9月には、日本のバイオ燃料の導入状況を調査するために、韓国の産業通商資源部、エネルギー管理公団及び石油管理院のメンバー6人からなるバイオ燃料調査団が日本の関係機関を訪問して情報収集と現場視察を行いました。当センターは9月3日に調査団の訪問を受け、バイオ燃料の性能や実証試験結果について情報交換を実施しました。

韓国調査団のメンバーを次に示します。

氏名	所属
Mr. Hyunsoo Ju (ヒュンス・ジュ)	韓国産業通商資源部 新・再生エネルギー振興チーム 事務官
Mr. Euisoon Lim (ウスン・リム)	韓国石油管理院 石油技術研究所 チーム長
Mr. Jaekonn Kim (ジェゴン・キム)	韓国石油管理院 石油技術研究所 責任研究員
Mr. Sukbum Oh (ソクボン・オー)	韓国エネルギー管理公団 新・再生エネルギーセンター 室長
Mr. Kanghoon Park (カンフン・パク)	韓国エネルギー管理公団 新・再生エネルギーセンター 課長
Mr. Jongwon Choi (ジョンウォン・チェ)	日本エネルギー経済研究所 (韓国石油管理院から出向中)

- ・韓国産業通商資源部 (Ministry of Trade, Industry & Energy, MOTIE)  
(日本の経済産業省に相当する政府機関)
- ・韓国石油管理院 (Korea Petroleum Quality & Distribution Authority, K-Petro)  
(国傘下機関、石油製品及び石油代替燃料の品質確保と流通段階管理)
- ・韓国エネルギー管理公団 (Korea Energy Management Corporation, KEMCO) (国傘下機関、省エネなどのエネルギー効率管理、新・再生可能エネルギー普及、温室効果ガス削減)



韓国調査団との情報交換会（当センター会議室）

当センターでの情報交換会では、調査情報部大沼上席からの JPEC 事業概要説明を導入として、齊藤自動車・燃料研究担当部長から「JCAP（Japan Clean Air Program）での ETBE8%混合燃料評価試験結果」、「E3 ガソリンの流通過程における実証研究」及び「エタノール 10%混合ガソリンの研究」の 3 件のテーマについて説明しました。韓国でも、2006 年～2008 年にエタノールの混合試験として 4 か所で E3、E5 のテストを行ったそうです。また、韓国側からの質問として、日本でバイオ燃料として ETBE を選択した理由を聞かれましたが、日本では、混合燃料の取扱いについて、水管理などの面でガソリン単独の場合と同様に安心して取り扱うことが出来るなどの利点から ETBE を採用している旨を説明しました。

韓国調査団は、今回の日本訪問中に、石油連盟、経済産業省、JX 日鉱日石エネルギー株式会社根岸製油所など主要な関係機関も訪問して意見交換、見学等を実施しました。今回の日本訪問が、韓国の RFS 計画構築の一助になるとともに、今後も相互に情報交換を継続する契機になれば良いと考えています。



## 第20回『月例報告会』開催

当センターでは賛助会員様へのサービス向上の一環として「月例報告会」を開催しております。  
第20回報告会を平成25年9月24日（火）に開催いたしました。

報告会のテーマと内容につきましては以下のとおりです。

### 講演テーマ：「どうなるクルマの未来と燃料（シナリオ・プランニング）」

（講演者：東京工業大学 社会理工学研究科 経営工学専攻 村木 正昭 教授）

今回の月例報告会では、東京工業大学の村木正昭教授より、公益社団法人石油学会経営情報部会ワーキンググループ（WG）で研究された、日本における2040年までの自動車とその燃料におけるシナリオ・プランニングについてご講演をいただきました。シナリオ・プランニングはロイヤル・ダッチ・シェルグループが活用研究しているアプローチ手法です。

このWGでは、車と燃料に関する未来に対し、次世代自動車戦略研究会の“次世代自動車戦略2010”を「公式シナリオ」とし、その他に「次世代自動車の技術向上は確実か?」「生活スタイルの変化、若者の車離れは進むのか?」との観点から“Breakthrough シナリオ”“Gadget シナリオ”の2つのシナリオを作成しました。

3つのシナリオにおける、HV車とPHV + EV車等の販売予測に基づき、稼働台数・燃費等を考慮して2040年までのガソリン消費量を求めた結果、いずれのシナリオにおいてもガソリンの消費量は現状の半分以下になると想定されました。

# 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

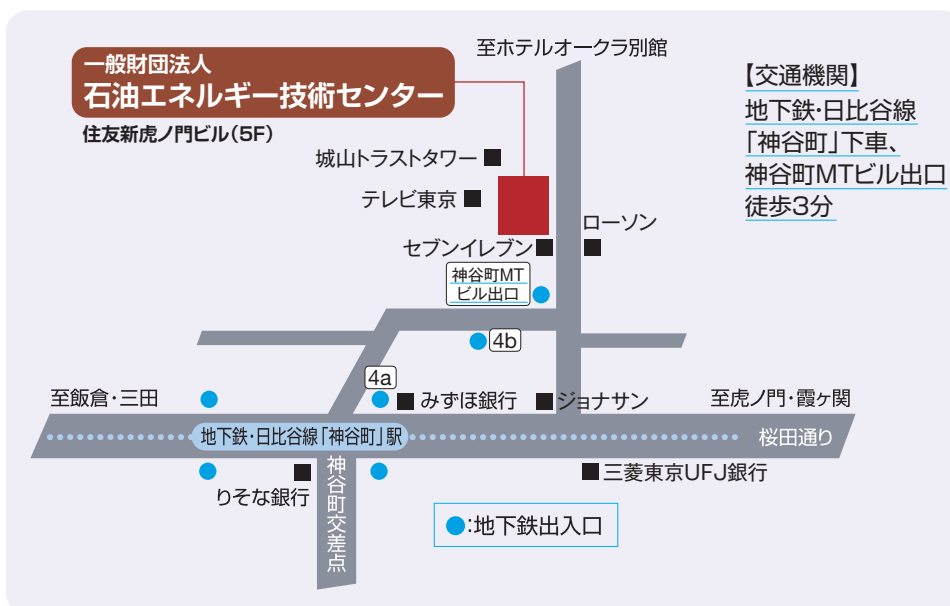
〒267-0056 千葉県千葉市緑区大野台1丁目4番10号  
TEL:043(295)2233(代) FAX:043(295)2250

## 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



無断転載を禁止します。