

次世代石油エネルギービジョン

—次世代石油エネルギービジョン研究会報告書—

令和2年10月



一般財団法人石油エネルギー技術センター
Japan Petroleum Energy Center (JPEC)

目次

| | |
|--------------------------------|----|
| 目次 | 1 |
| はじめに | 2 |
| エグゼクティブサマリー | 3 |
| 1. 社会環境動向と石油産業を取り巻く課題 | 6 |
| 1. 1. 社会 | 6 |
| (1) 経済 | 6 |
| (2) 人口 | 22 |
| 1. 2. 環境 | 26 |
| (1) 大気環境 | 26 |
| (2) 地球温暖化 | 28 |
| (3) 自然災害 | 33 |
| 1. 3. 技術 | 34 |
| (1) 重質油処理技術 | 34 |
| (2) 化学品得率向上技術 | 39 |
| (3) AI、デジタル技術 | 41 |
| (4) カーボンリサイクル | 44 |
| 1. 4. 社会環境分析 | 49 |
| 1. 5. 石油産業を取り巻く課題 | 50 |
| 2. 将来の石油産業ビジョン | 52 |
| 2. 1. 石油産業のビジョン | 52 |
| (1) カーボン循環型燃料・ケミカルハブ | 54 |
| (2) 柔軟生産石化シフト（日本版COTC） | 56 |
| (3) デジタルデータ利活用（デジタルSSRC構想） | 57 |
| 2. 2. 製油所ビジョンの実現に向けて | 58 |
| 3. 製油所将来ビジョンを実現するための技術（専門WG活動） | 59 |
| 3. 1. ビジョン実現に向けた検討方法 | 59 |
| 3. 2. 精製技術深化・高度化WG目標と検討結果 | 62 |
| 3. 3. 稼働信頼性WG目標と検討結果 | 62 |
| 3. 4. 製油所安定最適化DXWG目標と検討結果 | 64 |
| 3. 5. サプライチェーン最適化WG目標と検討結果 | 66 |
| 3. 6. 地球温暖化対策WG目標と検討結果 | 67 |
| 3. 7. 人材育成WG目標と検討結果 | 69 |
| 3. 8. 次期事業構想（次期技術開発事業ラインアップ） | 71 |

はじめに

日本の社会環境の変化が石油需要に大きく影響を及ぼしている。特に人口の減少、代替エネルギーへの転換、価値観の変化などにより、国内石油需要はピークアウトし、長期減少傾向に向かっていく。また、東日本大震災を経て、原子力発電のあり方をはじめ、国の長期エネルギー計画の抜本的な見直しが行われ、さらには地球温暖化への関心から脱炭素化への社会的要求が高まり、石油を含めた化石燃料に対する風当たりは厳しくなっている。

一方で一次エネルギー需要の多くを占める石油は、社会活動、経済活動を行うための基盤であり、これら活動を維持していくためには不可欠なものとなっている。そのため、安定的に石油を供給することは、日本のエネルギー安全保障において最重要課題の一つである。また自然災害発生時においても、被災地において利便性の高いエネルギーとして石油供給が求められ、期待される役割となっている。

このように石油業界は厳しい事業環境に直面しつつも、石油の安定供給を維持するという、社会的要求に応えていかなければいけない状況にある。この状況下において、石油産業の今後の進むべき方向性を考えていくことは、安定した事業基盤を構築するための指針を示す大きな意義を持つ。また将来的な指針を実現していくためには、革新的なイノベーションを生み出し課題解決に取り組む必要があり、長期的な研究開発、技術開発によって成される。

そこで、石油産業に係る企業等（石油、エンジニアリング、触媒、石油連盟）により、平成29年10月に「次世代石油エネルギービジョン研究会主査会」を設立し、議論の方向性をまとめた。これに沿って平成30年度は各専門WGにおいて詳細内容を策定した。

ここで策定されるビジョンは、関係各社の戦略的な取り組みや、JPECの事業戦略立案に実務的に活用する以外にも、例えば、国の石油・エネルギー政策の策定にも役立つ内容を備えることを目的とした。

エグゼクティブサマリー

研究会では、将来製油所のビジョンを検討し、ビジョン実現に向けた技術開発の方向性を検討した。検討にあたっては、はじめに幅広い情報を収集し、事業環境を再認識することから始め、そのうえで石油産業を取り巻く課題点を洗い出した。

(事業環境)

世界のエネルギー消費は新興国に引っ張られ増加し続けているものの、日本を含む OECD 諸国では伸び率は鈍化、さらには減少傾向がみられる。日本の石油需要については、人口減少や自動車燃費の向上、温暖化対策によるエネルギー源の変化から、2040年まで平均1%年で減少することが予想されている。油種別にみると現状 LPG とナフサを輸入し、ガソリンのバランスに合わせてディーゼルと灯油を輸出しているが、ガソリン等の輸出が増えてくると予測される。一方で世界的に石化品需要については今後も堅調な伸びが見込まれている。そのため石化品シフトの傾向が見られ、石化品の得率を現状 8%程度に対して 2035年には世界平均で 18%程度まで増加することが見込まれる。しかし石化品の供給余剰も予測されておりマージンは短期間に縮小していくとも予測されている。現状において日本の国内設備の稼働年数が長く、効率やメンテナンスコスト等の点からコスト競争力で低位にある。

国内の人口については減少傾向が続いており、2015年に比べて2040年には87.3%、2053年には1億人を割って78%、2065年には69.3%になると想定されている。合わせて高齢化の進展、15-64歳の労働人口の減少が見込まれ、労働人口が2020年には59.1%に対し、2050年には51.8%となり労働人口の減少は社会問題の一つととらえられている。都市過疎地問題も大きくなってきており、高齢化と合わせて、生活に支障をきたす状態に至るケースもあり「SS 過疎地問題」も出てきている。

環境問題については、世界的に地球温暖化に対する関心が高まってきている。COP21では工業化以前より2°C高い水準に抑えること、さらには1.5°C高い水準に抑える努力を継続する内容を盛り込み、パリ協定が採択された。日本では2030年に向けてはエネルギーミックスが示され、一次エネルギーのうち石油を2017年39%に対して2030年に33%まで下げることが示されている。また2050年に向けては「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」で2050年に向けて80%CO₂減や再生可能エネルギー、水素利用や、CO₂回収貯蔵を推進することが盛り込まれている。

自然災害の観点では、東日本大震災およびそれに起因した原子力発電所の事故により、エネルギーの安定供給の重要性が意識されるようになった。その後も北海道胆振東部地震によるブラックアウト、台風15号による停電の長期化等の課題も発生しており、自然災害発生時のエネルギー安定供給として石油の担う役割は大きい。

技術動向については、まず石油精製技術として重質油処理技術の増強が進んでいる。日本国内は、VRをSDAで処理、ARをRDS-RFCCで処理、VRをコーカーやH-Oilで処理などのタイプに分けられる。新規技術ではEni社のスラリー分解プロセスやChevron Lummus Global社のLC-Fining等が提案されている。

化学品の得率向上については、海外で、初めから石化製品を主力製品として設計されたCrude Oil-to-Chemicals(COTC)のコンセプトで作られた石化コンプレックスが作られている。中国のHengli製油所は精製能力2000万トン/年(40万BPD)のうち42%のプロピレンやパラキシレンなどの化学品を生産する能力を持っている。インドのJamnagar製油所は124万BPDの精製能力を持ちBTXやプロピレンなどの得率は14.2%と高い水準である。

デジタル技術に関しては、近年、AI やIoT 等技術の進展が目覚ましく、これら新技術を石油精製に活用する試みが進んでいる。具体的には、製油所や化学プラント等における内面腐食予測モデル、外面腐食予測モデル、異常検知予測システム等の構築が行われている。これら保安保全分野で新技術の導入が進んでいる背景としては、高圧ガス保安法において、高度なリスクマネジメントやIoT・ビッグデータの活用等による高度な保安を行っている事業所を「スーパー認定事業所」として認定し、能力に応じて規制を合理化する制度が作られたことが大きい。海外オイルメジャーでも、ドローンを活用した設備の外面点検、センサーによるデータ集積とビッグデータ解析による腐食メカニズムの解明と異常の予防検知など、保安力・稼働信頼性の向上や業務効率化を主な目的として、デジタル技術の活用が進んでいる。

最後に、地球温暖化対策や廃プラスチックの海洋汚染問題など地球規模での環境問題に対し、カーボンリサイクル技術の開発が進められている。この技術開発では、CO₂ を資源として捉え、これを分離・回収し素材や燃料へ再利用するとともに、大気中への CO₂ 排出を抑制していくことを目的としている。

(対処すべき課題)

以上のような背景を考慮し、社会環境分析から石油産業を取り巻く課題を抽出し、課題シナリオを作成した。

短中期的には構造的な国内需要構造の変化、シェールガスの基礎化学品への供給、海外でCOTCコンプレックスの稼働など、石油産業を取り巻く環境が大きく変わってきていく中、「需要に合わせて柔軟に石油製品と石化品を生産する技術確立すること」、「海外製品以上のコスト競争力を有すること」が急務である。これができなければ、国内の市場縮小に合わせて規模を縮小せざるを得ない。

中長期的には地球温暖化問題への対応として「脱炭素化が」課題となる。世界的に脱炭素化が求められており、エネルギー転換の動きが大きくなってきているが、経済性、環境性、安全性、エネルギーセキュリティのすべてを満たす方向性は示されていない。しかし海外石油会社でもGHG削減に向けた取り組みが行われており、石油産業自体の存続をかけた取り組みとなっている。また、「人口問題への対応」も避けることのできない課題であり、安全操業の観点から、これまで培ってきた技術を確実に伝承していくシステムが求められる。

(課題解決の為に必要な機能)

これら課題シナリオに対して、石油産業は、国際競争力を強化し石油エネルギーを持続的に安定供給すること、全世界的な視点での環境問題や安心安全への社会的要求に応じていくことが求められている。いわば世界的規模での社会的要求と地域への貢献を同時に満たす「グローバル Industry」が石油産業に求められる方向性と考えられる。

これを実現するためには、石油産業に3つの機能が求められる。「さらなる高効率化」では精製技術の高度化や稼働率向上により生産を中心として物流、販売の高効率化、低コスト化を図っていく。

「変化に応じた柔軟生産」では今後の需要構造の変化に柔軟に対応していく機能が重要と考える。ガソリンを中心とした燃料油需要が減少し、一方で世界的には石化品の生産量は増加していくことが見込まれている。またエネルギーセキュリティや収益性の観点から原油が多様化し、さらには非在来型原油まで活用することが想定される。中長期的にはE-Fuelsやバイオ燃料や廃プラ油も原料として活用されるようになる。いわば原料および製品の変化に対応していく柔軟性が重要となってくる。「地球温暖化対応」ではGHG削減に向けた炭素循環社会を実現していくことが求められ、省エネ技術の促進や非化石原料の活用などを進める必要がある。これら3つの機能は、AI等のイノベーションを取り込むことによって実現される。

(製油所将来ビジョン)

これら3つの方策を基にして中長期ビジョン(2030年~2050年をターゲット)および短中期ビジョン(2030年をターゲット)として「カーボン循環型燃料・ケミカル製造ハブ」「柔軟生産石化シフト」「デジタルデータ利活用」を作成した。

中長期的には「カーボン循環型燃料・ケミカル製造ハブ」を想定する。この「カーボン循環型燃料・ケミカル製造ハブ」では従来の石油製品の生産と合わせて、バイオ燃料や廃油処理燃料、廃プラ処理、合成燃料であるE-Fuelsの生産の機能を持つ。当面カーボンリサイクル燃料は石油製品と混合して供給する形態が想定できることから、石油製品とカーボンリサイクル燃料の両方の生産を合わせて行うことにより、製品の安定供給や品質管理が可能になる。また「カーボン循環型燃料・ケミカル製造ハブ」では廃プラやE-Fuelsの原料フィードの量、品質が多様化するため、従来の経験的なオペレーションでは低GHGエネルギーや低GHG製品、低GHG化学品を安定的に供給できなくなる恐れがある。プロセスのオペレーションのフレキシビリティ向上と最適化に向けて、従来の経験則のオペレーションを分析し、AI等を活用した成分分析と技術に基づくオペレーションに再構築することが必要になる。

「柔軟生産石化シフト」は、短中期的なビジョンとして想定した。日本国内の需要構造が変化してきていること、COTCと呼ばれる石化得率を最大化した石化コンプレックスが建設されてきていること、シェールガスやシェールオイルなどの非在来型を含めて原油の多様化が進んでいく方向にあることから、柔軟かつ最適生産技術が求められる。そこで「柔軟生産石化シフト」では既存設備を活用しつつ、化学品得率を最大化し、国際競争力を維持していくことを目指す。そのためには、デジタル技術の活用はもちろん、a) 燃料油供給の国際競争力の確保(個社の経営基盤強化)、b) 国内石油化学との共存あるいはコンビナート再編(産業構造問題への対応)、c) シェールガス&オイルへの移行だけに頼らない長期的視点(国の資源戦略に直結)の保持が必用であることに留意する必要がある。石化シフトは、石化品を主要生産物と位置づけ、原油から最高効率で石化品を製造するスタイル、いわゆる日本版Crude Oil to Chemicals(COTC)と称される大きなコンセプトでの推進が期待される。

「デジタルデータ利活用」も短中期的なビジョンで、「将来型カーボン循環型燃料・ケミカルハブ」で従来の経験的なオペレーションをデジタルで再構築し、フィード原料や製品の多様化に対応していくうえでも、「柔軟生産石化シフト」で既存設備を活用して柔軟かつ最適に石化品を生産していくうえでも必須である。また、安全操業のためにも、保全保安データのプラットフォームとAIユニットによるデータ活用技術の確立が求められている。更に、製造だけではなく配送、SS販売も含めてデジタルトランスフォーメーションによるサプライチェーン全体の効率化も求められており、デジタルデータ利活用の潮流は明らかである。

(将来ビジョンを実現するための技術)

以上の検討を踏まえ、研究会では以下の2つの分野での技術開発が必用との認識を持つに至った。

最初は、「原油成分データ、操業データを活用した石油精製の高効率化技術」の開発である。具体的には、①原油中の石化成分リアルタイム推測技術、②石化成分情報高度利用技術等で、これら技術の開発により、既存設備を活用して原油から最大限の石化成分を抽出することが可能になり、日本版COTC技術の確立につながると期待する。二つ目は「保全PFおよび保安(安全情報)データPFによる信頼性向上技術」の開発である。他産業と同様、石油業界でも安定操業の基本となる人材確保・技術伝承が課題となっている。これを解決するため、蓄積されたテキストデータをデータベース化し、AIを活用して事故要因の絞り込みを行ったり、事故を未然に防ぐためのチェックポイントの抽出を行うとともに各種ノウハウの効率的な伝承にもつなげていきたい。

1. 社会環境動向と石油産業を取り巻く課題

1. 1. 社会

(1) 経済

①GDP

世界の実質 GDP の対前年比成長率をみると、2016 年から 2018 年にかけて高い水準で成長している。また、2017 年から 2018 年を地域別にみると、マイナス成長の地域はなく、世界同時好況にあったといえる。一方 2014 年から 2015 年にかけて、インドの成長率が中国を抜いた。15 年はブラジル、ロシアはマイナス成長で、新興国ブロックは 2 つに割れた。ロシアのマイナス成長は、2014 年のウクライナ危機に対する G7 の制裁の影響である。また、資源価格の下落により、ブラジルとロシアが影響を受けた。

中国は、2010 年 10.6% の経済成長がみられたが、2018 年には 6.6% と低下してきている。また現在の経済成長は、政府の景気刺激策が経済を支えているとの見方もあり、中国経済の先行きを懸念する意見も出てきている。

一方、日本を除くアジアは 6% 台の成長を継続的に維持しており、世界の成長エンジン、日本経済の支えとなっている。

リーマンショック以降の日本経済は、先進国の中でも、また、世界全体の中でも低迷が顕著である。大規模な金融緩和や財政出動を行っても、日本の実体経済は一向に動かない。リーマンショック以降 10 年経過したが、この間の日本の実質成長率の平均は年率 0.9% で、2020 年の経済成長率についても 0.7% と見通しており、非常に低い数字にとどまると IMF では予想している。

表 1.1-1 IMF 世界経済見通し 2020 年 1 月

出典：https://www.imf.org/ja/Publications/WEO/Issues/2020/01/20/weo-update-january2020

表 1 「世界経済見通し(WEO)」の予測一覧

(特に別段の記載がなければ、単位は増減の%表示)

| | 年間 | | | | | | 四半期間 | | |
|--------------------------|------|-------|------|------|------------------------|------|-------|------|------|
| | 推計 | | 予測 | | 2019年10月WEO見通しとの比較(注1) | | 推計 | 予測 | |
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 | 2019 | 2020 | 2021 |
| 世界GDP | 3.6 | 2.9 | 3.3 | 3.4 | -0.1 | -0.2 | 2.9 | 3.5 | 3.3 |
| 先進国・地域 | 2.2 | 1.7 | 1.6 | 1.6 | -0.1 | 0.0 | 1.5 | 1.9 | 1.4 |
| アメリカ | 2.9 | 2.3 | 2.0 | 1.7 | -0.1 | 0.0 | 2.3 | 2.0 | 1.6 |
| ユーロ圏 | 1.9 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | -0.1 | 0.0 | 1.0 | 1.7 | 1.2 |
| ドイツ | 1.5 | 0.5 | 1.1 | 1.4 | -0.1 | 0.0 | 0.3 | 1.2 | 1.5 |
| フランス | 1.7 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | 1.2 | 1.3 | 1.4 |
| イタリア | 0.8 | 0.2 | 0.5 | 0.7 | 0.0 | -0.1 | 0.3 | 0.9 | 0.5 |
| スペイン | 2.4 | 2.0 | 1.6 | 1.6 | -0.2 | -0.1 | 1.7 | 1.6 | 1.6 |
| 日本 | 0.3 | 1.0 | 0.7 | 0.5 | 0.2 | 0.0 | 0.5 | 1.8 | -0.3 |
| イギリス | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 1.8 | 1.5 |
| カナダ | 1.9 | 1.5 | 1.8 | 1.8 | 0.0 | 0.0 | 1.8 | 1.7 | 1.8 |
| 他の先進国・地域(注3) | 2.6 | 1.5 | 1.9 | 2.4 | -0.1 | 0.1 | 1.4 | 2.4 | 2.3 |
| 新興市場国と発展途上国 | 4.5 | 3.7 | 4.4 | 4.6 | -0.2 | -0.2 | 4.0 | 4.8 | 4.8 |
| アジアの新興市場国と発展途上国 | 6.4 | 5.6 | 5.8 | 5.9 | -0.2 | -0.3 | 5.3 | 6.0 | 5.8 |
| 中国 | 6.6 | 6.1 | 6.0 | 5.8 | 0.2 | -0.1 | 5.9 | 5.9 | 5.8 |
| インド(注4) | 6.8 | 4.8 | 5.8 | 6.5 | -1.2 | -0.9 | 4.3 | 6.9 | 6.1 |
| アセアン原加盟5か国(注5) | 5.2 | 4.7 | 4.8 | 5.1 | -0.1 | -0.1 | 4.6 | 4.8 | 5.1 |
| ヨーロッパの新興市場国と発展途上国 | 3.1 | 1.8 | 2.6 | 2.5 | 0.1 | 0.0 | 2.8 | 2.4 | 2.6 |
| ロシア | 2.3 | 1.1 | 1.9 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 1.6 | 2.4 |
| ラテンアメリカ・カリブ諸国 | 1.1 | 0.1 | 1.6 | 2.3 | -0.2 | -0.1 | 0.0 | 2.0 | 2.4 |
| ブラジル | 1.3 | 1.2 | 2.2 | 2.3 | 0.2 | -0.1 | 1.8 | 2.0 | 2.4 |
| メキシコ | 2.1 | 0.0 | 1.0 | 1.6 | -0.3 | -0.3 | 0.1 | 1.2 | 1.8 |
| 中東・中央アジア | 1.9 | 0.8 | 2.8 | 3.2 | -0.1 | 0.0 | ... | ... | ... |
| サウジアラビア | 2.4 | 0.2 | 1.9 | 2.2 | -0.3 | 0.0 | -0.9 | 2.7 | 2.2 |
| サブサハラアフリカ | 3.2 | 3.3 | 3.5 | 3.5 | -0.1 | -0.2 | ... | ... | ... |
| ナイジェリア | 1.9 | 2.3 | 2.5 | 2.5 | 0.0 | 0.0 | ... | ... | ... |
| 南アフリカ | 0.8 | 0.4 | 0.8 | 1.0 | -0.3 | -0.4 | 0.3 | 0.6 | 1.3 |
| その他の情報 | | | | | | | | | |
| 低所得途上国 | 5.0 | 5.0 | 5.1 | 5.1 | 0.0 | -0.1 | ... | ... | ... |
| 市場レートに基づく世界成長 | 3.0 | 2.4 | 2.7 | 2.8 | 0.0 | 0.0 | 2.3 | 2.9 | 2.6 |
| 世界貿易額(財およびサービス)(注6) | 3.7 | 1.0 | 2.9 | 3.7 | -0.3 | -0.1 | ... | ... | ... |
| 先進国・地域 | 3.2 | 1.3 | 2.2 | 3.1 | -0.4 | -0.1 | ... | ... | ... |
| 新興市場国と発展途上国 | 4.6 | 0.4 | 4.2 | 4.7 | 0.0 | 0.0 | ... | ... | ... |
| 一次産品価格(米ドル) | | | | | | | | | |
| 原油(注7) | 29.4 | -11.3 | -4.3 | -4.7 | 1.9 | -0.1 | -10.9 | -1.5 | -2.7 |
| 燃料以外(一次産品の世界輸入量に基づく加重平均) | 1.6 | 0.9 | 1.7 | 0.6 | 0.0 | -0.7 | 4.8 | 1.0 | 1.2 |
| 消費者物価 | | | | | | | | | |
| 先進国・地域 | 2.0 | 1.4 | 1.7 | 1.9 | -0.1 | 0.1 | 1.4 | 1.8 | 1.9 |
| 新興市場国と発展途上国(注8) | 4.8 | 5.1 | 4.6 | 4.5 | -0.2 | 0.0 | 5.1 | 3.8 | 3.6 |
| ロンドン銀行間取引金利(%) | | | | | | | | | |
| 米ドル預金(6か月) | 2.5 | 2.3 | 1.9 | 1.9 | -0.1 | -0.2 | ... | ... | ... |
| ユーロ預金(3か月) | -0.3 | -0.4 | -0.4 | -0.4 | 0.2 | 0.2 | ... | ... | ... |
| 日本円預金(6か月) | 0.0 | 0.0 | -0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | ... | ... | ... |

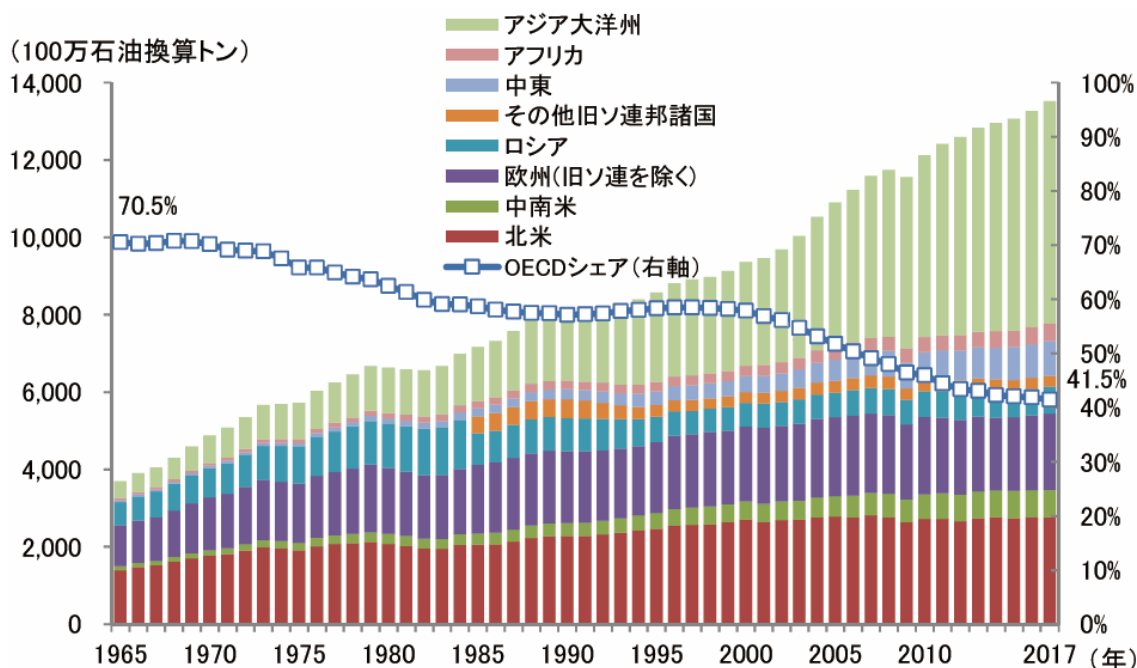
注：実質実効為替レートは2019年10月14日～11月11日の水準のまま一定で推移すると仮定する。

国・地域はその経済規模の順番で列挙されている。集計された四半期データは季節調整済み。WEO=「世界経済見通し」

1. 変化分は、2019年10月WEO予測と今回の予測の差で、端数は四捨五入してある。
2019年10月WEO予測から予測が更新された国々は購買力平価ベースで測定したときに世界GDPの90%を占めている。
2. 「世界GDP」においては、四半期の推計と予測は購買力平価加重による年間の世界GDPの約90%を占める。
「新興市場国と発展途上国」においては、四半期の推定と予測は購買力平価加重による年間の新興市場国・発展途上国GDPの約80%を占める。
3. G7(カナダ、フランス、ドイツ、イタリア、日本、イギリス、アメリカ)とユーロ圏諸国を除く。
4. インドについては、データと予測が財政年度ベースで表示されており、
2011年以降のGDPは2011-2012財政年度を基準とした市場価格によるGDPに基づく。
5. インドネシア、マレーシア、フィリピン、タイ、ベトナム
6. 輸出額と輸入額の成長率の単純平均(財とサービス)。
7. 英国ブレント、ドバイのファテ、およびウェスト・テキサス・インターメディアートの原油価格の単純平均。
2019年における原油価格の平均価格は米ドル表示で1バレル当たり\$60.62。
8. 先物市場(2019年11月12日)に基づいた想定価格は、2020年については\$58.03、2021年については\$55.31。
ベネズエラを除く。

②エネルギー

世界のエネルギー消費量（一次エネルギー）は増加を続けており、石油換算で年平均2.5%で増加し続け、2017年には135億トンに達した。特に2000年代以降アジア大洋州地域は新興国の消費量の伸びが高い。一方、先進国（OECD諸国）では伸び率は鈍化した。



(注) 1984年までのロシアには、その他旧ソ連邦諸国を含む。

(注) 1985年以降の欧州には、バルト3国を含む。

出典：エネルギー白書（BP「Statistical Review of World Energy 2018」を基に作成）

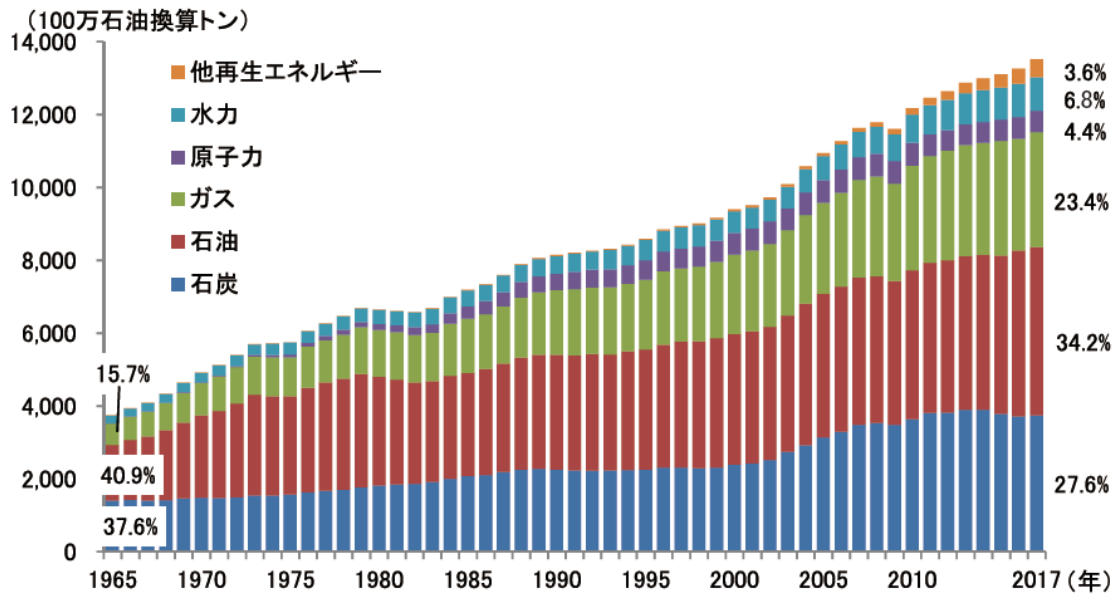
図 1.1-1 世界のエネルギー消費量の推移（地域別、一次エネルギー）

世界のエネルギー消費量（一次エネルギー）の動向をエネルギー源別に示す。（図 1.1-2）石油は今日までエネルギー消費の中心となってきた。発電用を中心にほかのエネルギー源への転換も進んだものの、堅調な輸送用燃料消費に支えられ、石油消費量は1965年から2017年にかけて年平均2.2%で増加し、依然としてエネルギー消費全体で最も大きなシェア（2017年時点で34.2%）を占めている。

今後石油の需要は、発展途上国の経済成長とともに増加するが、2030年以降はほぼ横ばいになると予測されている。（図 1.1-3）2040年までの年平均増加率は0.5%。増加する供給を支えるのは、序盤は米国のシェールオイルやサンドオイルだが、後半は市場シェア確保を狙う中東諸国の増産が牽引するとして。最大の石油需要は、自動車交通で、さらに航空機、船舶、トラックの需要も増加する。2040年に近づくにつれ、輸送用燃料の脱化石の動きとともに需要成長は止まっていくが、一方で石油化学工業原料としての需要は伸び続ける。

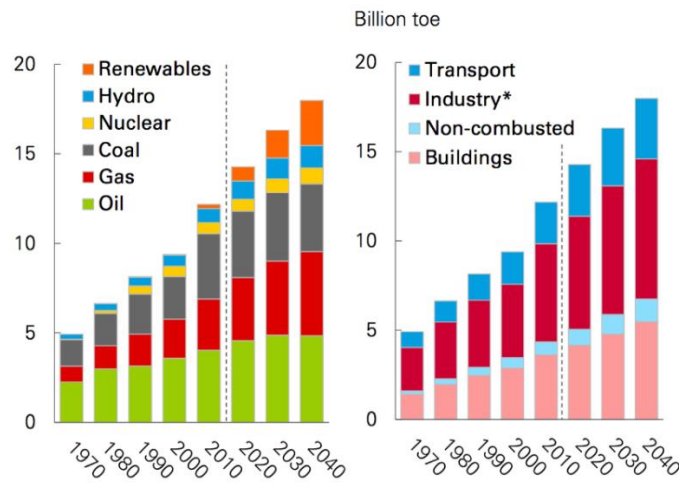
一方、天然ガスの消費量が伸びは大きい。天然ガスは、特に気候変動への対応が強く求められる先進国を中心に、発電用はもちろん、都市ガス用の消費が伸びた（年平均増加率3.3%）。

同じ期間で伸び率が最も大きかったのは原子力（同9.3%）と風力、太陽光などの他再生可能エネルギー（同12.4%）だが、2017年時点のシェアはそれぞれ4.4%及び3.6%と、エネルギー消費全体に占める比率はいまだに大きくない。近年は太陽光発電や風力発電のコストが低下しており、今後再生可能エネルギーの比率は拡大すると予想される。



出典：エネルギー白書（BP「Statistical Review of World Energy 2018」を基に作成）

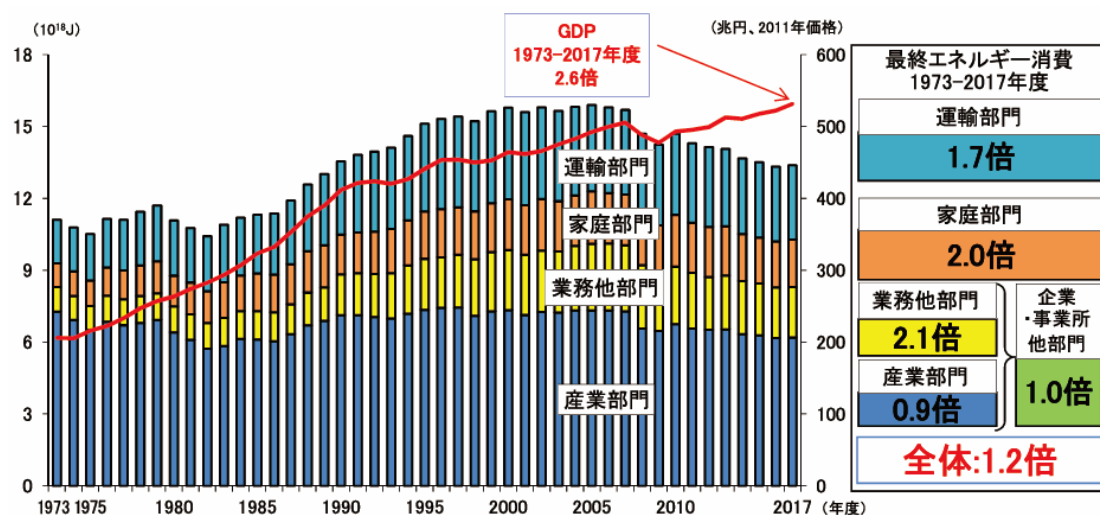
図 1.1-2 世界のエネルギー消費量の推移（エネルギー源別、一次エネルギー）



出典：BP Energy Outlook 2018

図 1.1-3 世界のエネルギー消費予測

日本のエネルギー消費は、1990年代を通して原油価格が低水準で推移する中で増加した。2000年代半ば以降は再び原油価格が上昇したこともあり、2005年度をピークに最終エネルギー消費は減少傾向になった。2011年度からは東日本大震災以降の節電意識の高まりなどによってさらに減少が進んだ。



(注1) J (ジュール) =エネルギーの大きさを示す指標の1つで、1MJ=0.0258×10⁻³ 原油換算 k1。

(注2) 「総合エネルギー統計」は、1990年度以降の数値について算出方法が変更されている1。

(注3) 産業部門は農林水産鉱建設業と製造業の合計。

(注4) 1993年度以前のGDPは日本エネルギー経済研究所推計

出典：資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」、内閣府「国民経済計算」、日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」を基に作成

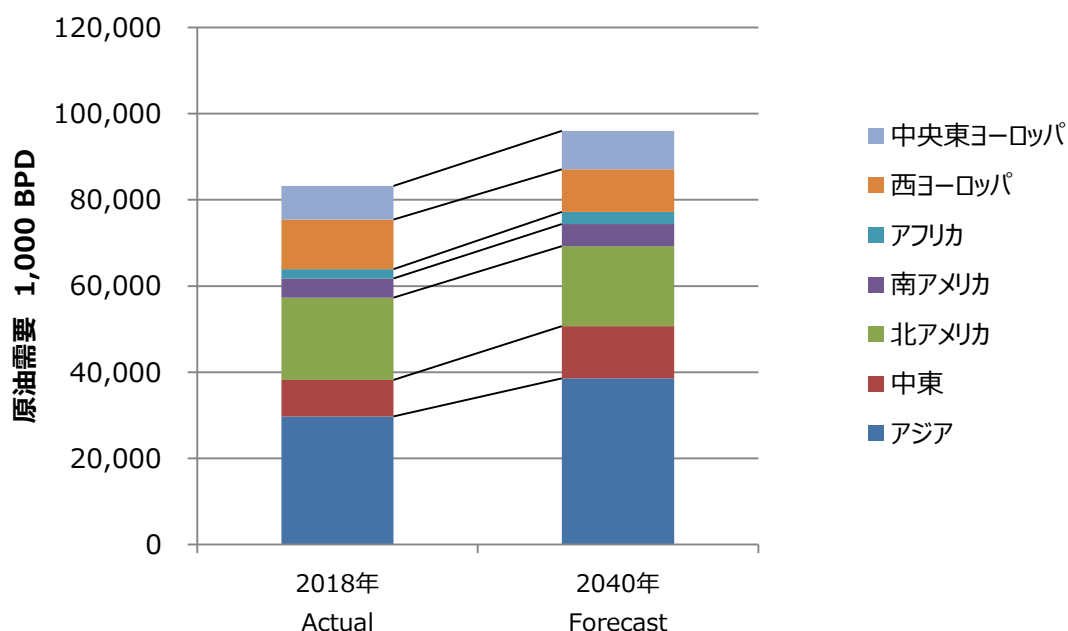
図 1.1-4 最終エネルギー消費と実質 GDP の推移

③石油

図 1.1-5 に示すように世界全体では 2040 年まで原油需要の増加が予想されている。しかし、世界石油需要の前年伸長幅は 2040 年まで減少傾向が続き、その後は純減が見込まれる。

特にアジア太平洋地域では原油需要が増加し、2040 年までにアジア太平洋地域は世界の原油需要の約 40%を占めると予想される。これらの原油は中東、アフリカ、南北アメリカ、東ヨーロッパから供給される。中でも中国の原油輸入の増加は、アジア地域の原油輸入量の将来の増加の半分以上を占めると予想される。

一方で北アメリカや西ヨーロッパでは原油需要は減少傾向にある。2020 年に船用燃料の低硫黄化により軽油留分の需要が一時的に増加するが、再びマイナス幅が拡大していく。特に需要の大幅減少が見込まれるガソリンについては、余剰バランスが問題である。欧州の主要輸出先となっている中東や北アフリカ等(米国含む)では精製能力と稼働率が増加することが予想され、輸出先が失われることにより、今後、欧州域内製油所の稼働率が大きく減少し原油需要が減少する要因となりうる。

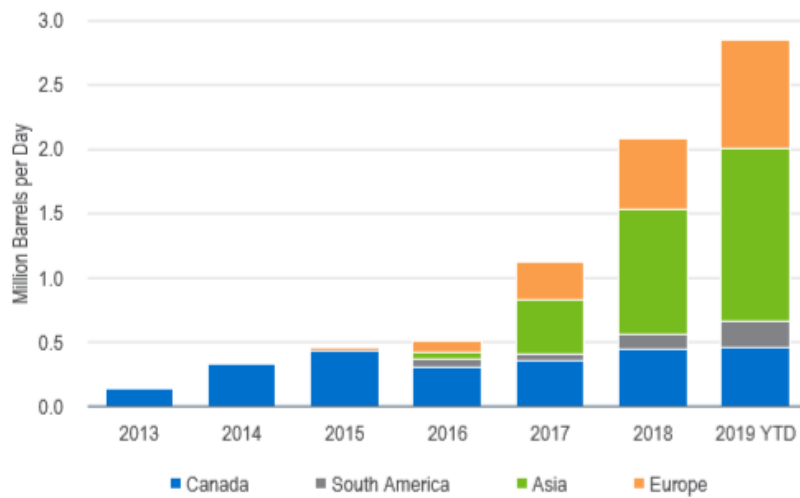


出典：NEXANT 資料より作成

図 1.1-5 世界地域ごとの原油需要の現状と予測

北アメリカでは原油が輸出され、現在は純輸出ポジションに移動している。南北アメリカの原油取引ポジションの変化は、原油価格に影響を及ぼしている。これらを状況から、原油取引先の多様化が今後進むものと予測される。

2015 年以前は、米国はカナダへの輸出は可能であったが、一般的には他の国への輸出はできなかった。米国では 2015 年末に原油の輸出禁止が解除されたことにより、原油の輸出先はより多様になった。図 1.1-6 に示すように、米国からの原油輸出は 2017 年から 2019 年の間に急激に増加し、アジア（特に韓国、インド、中国）とヨーロッパが大部分を占めた。



出典：NEXANT 資料

図 1.1-6 米国からの原油輸先 (1,000 BPD)

NEXANT による世界地域ごとの原油需要予測を表 1.1-1 に示す。

表 1.1-1 世界地域ごとの原油需要予測 (1,000 BPD)

出典：NEXANT 資料

| | Actual | | | Forecast | | | | Average Annual Growth Rate, % | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------------------|--------------|--------------|
| | 2010 | 2015 | 2018 | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2010-2018 | 2018-2040 |
| Asia Pacific | | | | | | | | | | |
| Japan | 3,619 | 3,258 | 3,059 | 2,967 | 2,968 | 2,884 | 2,838 | 2,692 | (2.1) | (0.6) |
| China | 8,408 | 10,684 | 12,441 | 12,736 | 14,076 | 14,686 | 15,741 | 16,184 | 5.0 | 1.2 |
| India | 3,899 | 4,561 | 5,154 | 5,126 | 5,639 | 6,450 | 6,648 | 7,135 | 3.6 | 1.5 |
| South Korea | 2,390 | 2,784 | 3,030 | 2,979 | 3,013 | 2,982 | 3,045 | 3,099 | 3.0 | 0.1 |
| Taiwan | 876 | 838 | 889 | 876 | 897 | 898 | 912 | 924 | 0.2 | 0.2 |
| Singapore | 979 | 937 | 1,047 | 1,054 | 1,079 | 1,081 | 1,098 | 1,116 | 0.8 | 0.3 |
| ASEAN excl Singapore | 2,590 | 2,816 | 3,146 | 3,402 | 3,995 | 4,817 | 5,241 | 5,593 | 2.5 | 2.6 |
| Australia | 606 | 427 | 477 | 458 | 468 | 469 | 477 | 483 | (2.9) | 0.1 |
| Others | 411 | 460 | 508 | 536 | 694 | 855 | 1,013 | 1,335 | 2.7 | 4.5 |
| Asia Pacific Subtotal | 23,778 | 26,765 | 29,751 | 30,154 | 32,829 | 35,123 | 37,012 | 38,560 | 2.8 | 1.2 |
| Middle East | 7,063 | 7,728 | 8,480 | 9,392 | 10,058 | 10,705 | 11,507 | 12,095 | 2.3 | 1.6 |
| North America | | | | | | | | | | |
| U.S. | 14,724 | 16,188 | 16,969 | 16,643 | 16,783 | 16,582 | 16,160 | 15,698 | 1.8 | (0.4) |
| Others | 2,958 | 2,699 | 2,073 | 2,606 | 2,433 | 2,479 | 2,762 | 2,899 | (4.3) | 1.5 |
| North America Subtotal | 17,682 | 18,887 | 19,042 | 19,248 | 19,216 | 19,061 | 18,923 | 18,597 | 0.9 | (0.1) |
| South America | 4,977 | 4,702 | 4,499 | 4,325 | 4,490 | 5,000 | 5,092 | 5,147 | (1.3) | 0.6 |
| Africa | 2,422 | 2,099 | 2,162 | 2,157 | 2,751 | 2,754 | 2,758 | 2,828 | (1.4) | 1.2 |
| Western Europe | 12,270 | 11,766 | 11,505 | 11,152 | 10,736 | 10,334 | 10,107 | 9,849 | (0.8) | (0.7) |
| Central & Eastern Europe | 7,065 | 7,958 | 7,804 | 7,869 | 8,445 | 8,712 | 8,846 | 8,920 | 1.3 | 0.6 |
| Global Total (excluding stock changes) | 75,257 | 79,905 | 83,244 | 84,296 | 88,526 | 91,689 | 94,245 | 95,994 | 1.3 | 0.6 |

表1.1-2に日本の石油製品の油種ごとの生産・需要バランスを示す。

製品需要の減少に伴う国内精製能力の縮小により、日本の石油製品の生産は、2010年から2018年にかけて減少した。高度化法による重質油分解装置や残油処理装置の設置比率を上げるという要請により、ほとんどの精製業者は原油蒸留装置を停止することを決定した。これにより2017年では残留物分解率が平均50%に増加した。

また図 1.1-7 には日本の燃料油の油種別販売量の内訳を示す。

国内の石油消費は、1990年代半ば以降ほぼ横ばいに推移したが、2000年以降はほとんどの石油製品で、需要の構造的な下降傾向が見られ、2010年から2019年にかけて平均年率2.3%で減少した。これは主に、以下に示す石油消費を削減する政府の政策、社会構造の変化、地球温暖化対策によると考えられる。日本は石油の供給を輸入に大きく依存している。そのため、政府は長年にわたり、原子力の促進、新しい重質燃料燃焼プラントの禁止、LNG 輸入の優遇措置など、輸入原油への依存を減らすためのさまざまな措置を導入してきた。発電の燃料源では、石油が減少し、LNG、石炭、再生可能エネルギーが増加している。

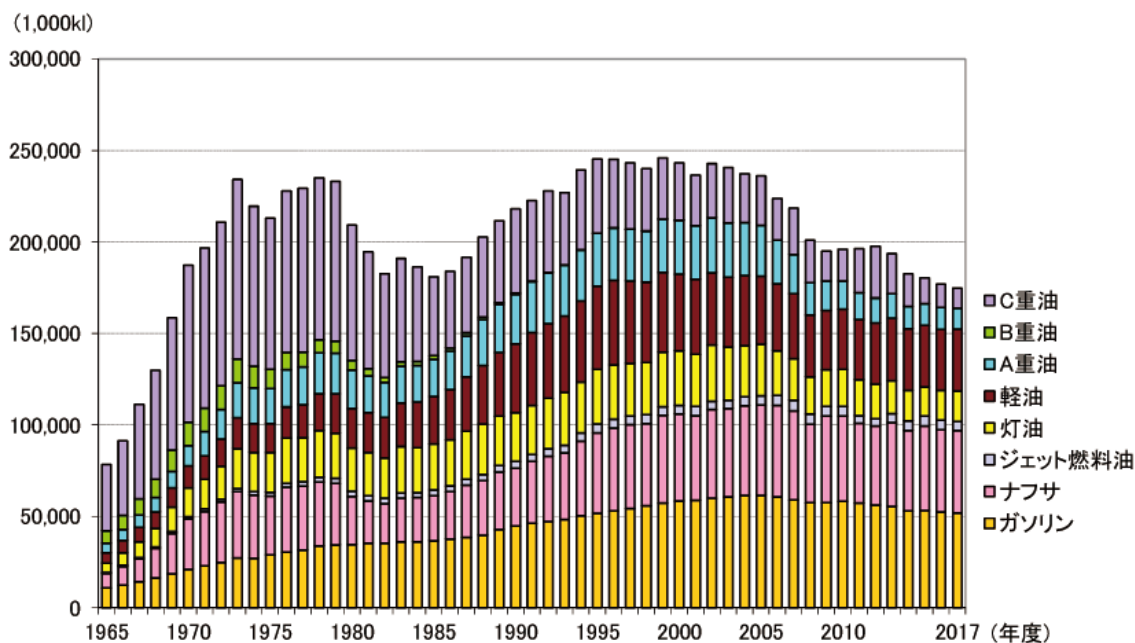
油種別では、自動車の保有台数が伸びたことによるガソリン・軽油や、石油化学産業の生産の伸びに応じたナフサの販売構成比の上昇、航空市場拡大に伴うジェット燃料の消費量増加など、白油化が進んできた。足元の変化としては、2017年度のガソリンの販売量比率は、2016年度とほぼ同水準の29.7%となっている。

B 重油及びC 重油の販売量比率は、製造業の省エネルギー化による需要減少や石炭、天然ガスなど石油以外の燃料への転換、電力部門における石油火力の縮小などにより販売量は減少した。再生可能エネルギーの増加や原子力発電所再稼働による発電用 C 重油の需要減の影響もあり、2017年度は6.2%まで低下した。

表 1.1-2 日本の油種毎の生産・需要予測 (1,000 BPD)

出典：NEXANT 資料

| | Actual | | Estimate | Forecast | | | | | | Average Annual Growth Rate, % | | |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------------|--------------|--------------|
| | 2010 | 2015 | | 2019 | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2010-2019 | 2019-2030 | 2030-2040 |
| Demand | | | | | | | | | | | | |
| LPG | 492 | 443 | 402 | 364 | 360 | 353 | 345 | 337 | 329 | (3.3) | (0.5) | (0.5) |
| Naphtha | 597 | 584 | 540 | 543 | 518 | 451 | 462 | 495 | 478 | (1.0) | (1.5) | 0.3 |
| Gasoline | 1,006 | 915 | 879 | 850 | 828 | 754 | 682 | 616 | 557 | (1.9) | (2.0) | (2.0) |
| Kero/Jet Fuel | 443 | 367 | 348 | 327 | 322 | 309 | 294 | 279 | 266 | (3.3) | (1.0) | (1.0) |
| Diesel/Gas Oil | 839 | 784 | 779 | 762 | 789 | 735 | 694 | 653 | 614 | (1.1) | (0.8) | (1.2) |
| Residual Fuel | 375 | 340 | 250 | 203 | 158 | 150 | 133 | 116 | 102 | (6.6) | (3.7) | (2.6) |
| Total | 3,751 | 3,433 | 3,198 | 3,049 | 2,975 | 2,752 | 2,610 | 2,496 | 2,346 | (2.3) | (1.4) | (1.1) |
| Production | | | | | | | | | | | | |
| LPG | 143 | 139 | 129 | 129 | 129 | 125 | 121 | 117 | 112 | (1.2) | (0.6) | (0.8) |
| Naphtha | 139 | 113 | 89 | 101 | 101 | 97 | 93 | 89 | 83 | (3.5) | (0.8) | (1.1) |
| Gasoline | 1,014 | 937 | 884 | 852 | 852 | 816 | 783 | 749 | 703 | (1.9) | (0.8) | (1.1) |
| Kero/Jet Fuel | 581 | 542 | 497 | 517 | 517 | 496 | 474 | 452 | 424 | (1.3) | (0.8) | (1.1) |
| Diesel/Gas Oil | 1,020 | 947 | 905 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 882 | (1.0) | - | (0.6) |
| Residual Fuel | 373 | 300 | 268 | 227 | 227 | 210 | 194 | 177 | 155 | (5.4) | (1.4) | (2.2) |
| Total | 3,270 | 2,978 | 2,773 | 2,758 | 2,758 | 2,678 | 2,597 | 2,517 | 2,359 | (1.9) | (0.5) | (1.0) |
| Net Trade | | | | | | | | | | | | |
| LPG | (349) | (304) | (273) | (235) | (231) | (228) | (224) | (220) | (217) | | | |
| Naphtha | (457) | (471) | (451) | (443) | (418) | (354) | (369) | (406) | (394) | | | |
| Gasoline | 8 | 21 | 6 | 2 | 24 | 64 | 101 | 132 | 146 | | | |
| Kero/Jet Fuel | 139 | 176 | 149 | 190 | 195 | 187 | 180 | 173 | 158 | | | |
| Diesel/Gas Oil | 181 | 163 | 126 | 171 | 144 | 197 | 238 | 280 | 267 | | | |
| Residual Fuel | (2) | (40) | 18 | 24 | 69 | 61 | 60 | 61 | 53 | | | |
| Total | (481) | (455) | (425) | (290) | (216) | (74) | (13) | 21 | 13 | | | |



(注) 2002年1月よりB重油はC重油に含まれる。

出典：エネルギー白書（経済産業省「資源・エネルギー統計年報」を基に作成）

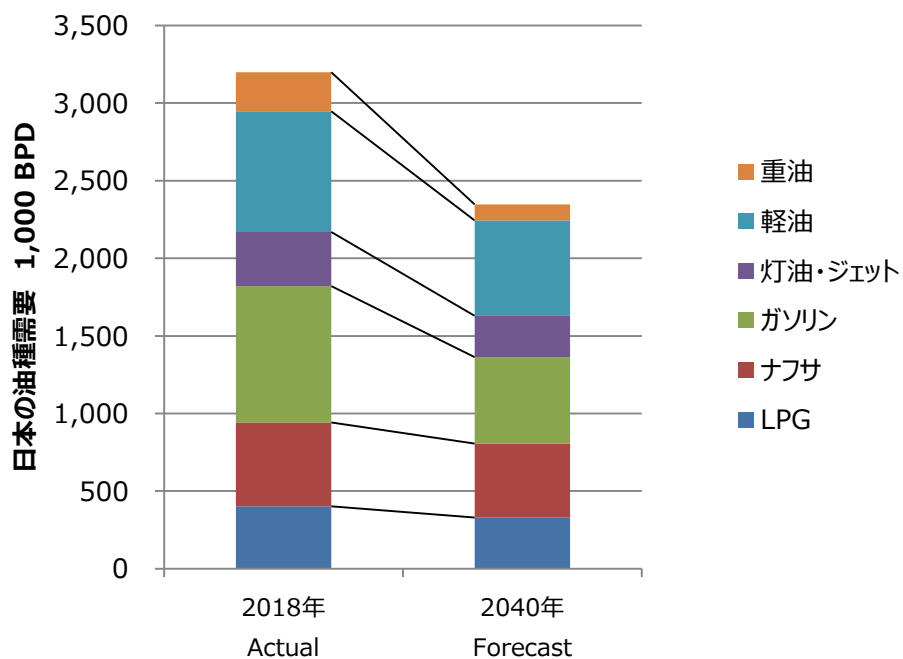
図 1.1-7 日本における石油製品の油種別販売量の内訳

図 1.1-8 には日本における石油製品の油種別需要の現状と今後、図 1.1-9 には油種別生産の現状と今後、図 1.1-10 には油種別輸出入の現状と今後を示す。

日本は少子高齢化の進展とともに人口は2008年をピークに減少に転じており、今後、減少が急速に進むことから、石油製品の需要ベースが縮小すると考えられる。またライフスタイルと産業構造の変化、特に自動車燃費などエネルギー効率の向上や、温暖化対策等によるエネルギー源の変化は、石油製品の需要を減少する要因となる。日本は環境意識が高く、エネルギー効率、代替エネルギー源の考慮、車両の燃料消費の改善等、炭素排出量削減を政府が強力かつ積極的に推進している。

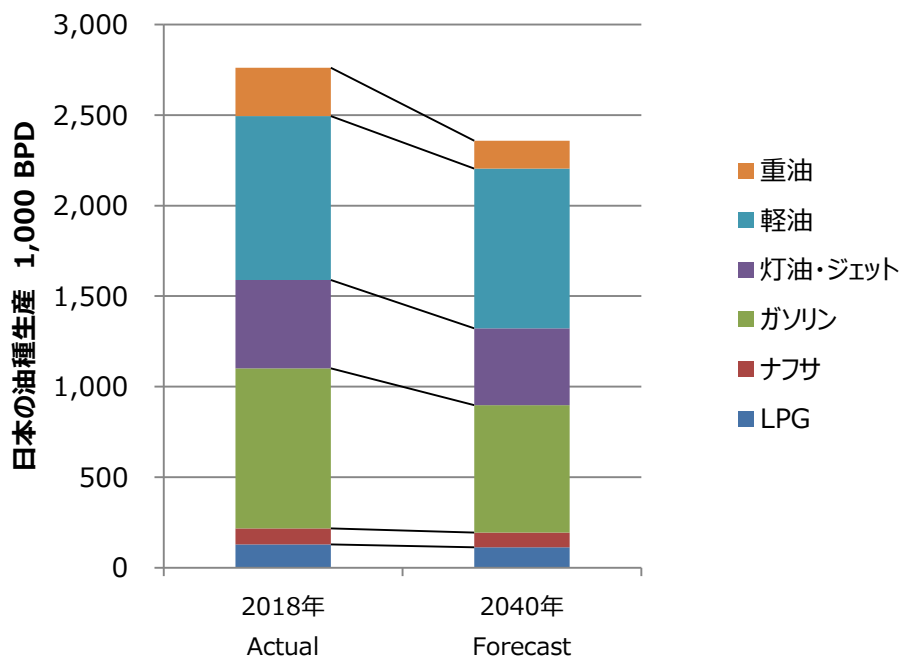
マクロ経済の観点から見ると、日本は個人消費と投資が弱く、全体的な経済成長が緩やかになると予想される。これに伴って、石油製品の需要は、2019年から2040年まで平均年率約1%で減少すると予想される。

現在、日本はLPGとナフサを輸入、ガソリンはバランスが取れており、ディーゼルと灯油は輸出している。今後、国内需要の減少に伴いガソリン等の輸出が増えてくると予測される。



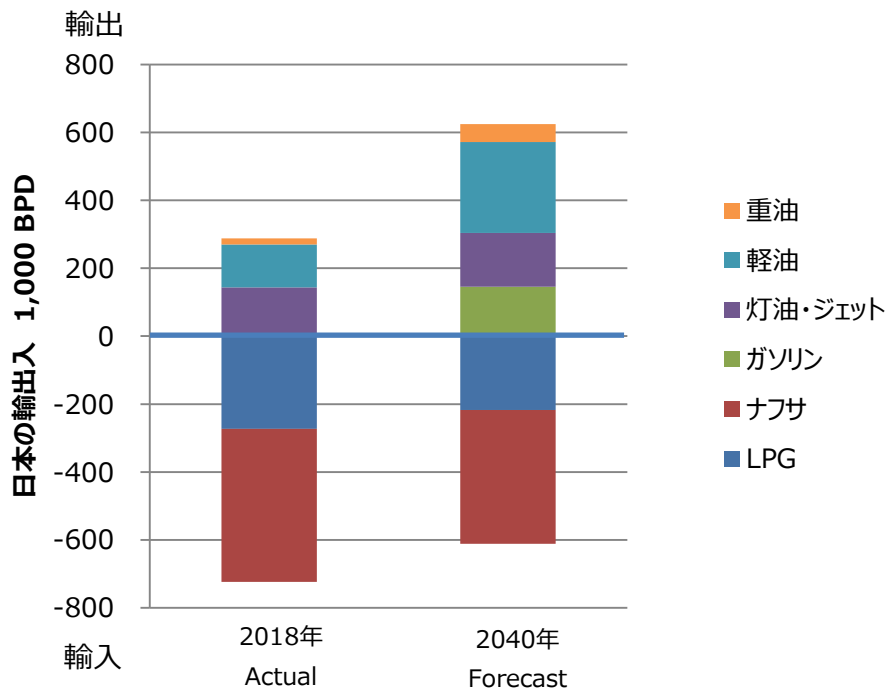
出典：NEXANT 資料より作成

図 1.1-8 日本における石油製品の油種別需要の現状と今後



出典：NEXANT 資料より作成

図 1.1-9 日本における石油製品の油種別生産の現状と今後

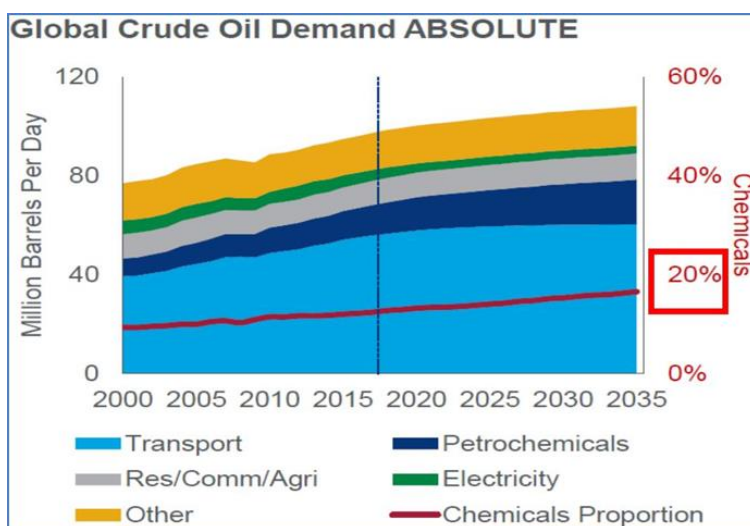


出典：NEXANT 資料より作成

図 1.1-10 日本における石油製品の輸出入の現状と今後

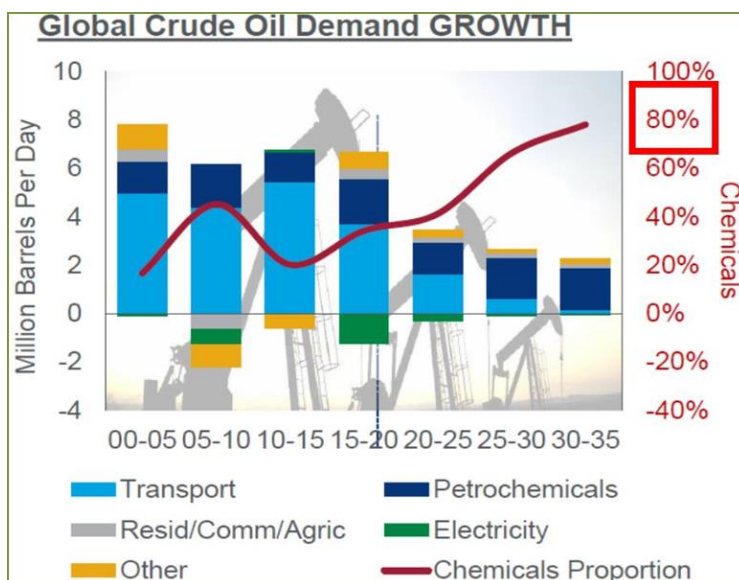
④石油化学

世界の原油需要の増加は2020年以降には鈍化し、2030～2040年にはピーク（当面年率1%の増加）に達することが見込まれている。一方で、石油化学製品の対原油得率は増加を続け、2035年には世界平均で18vol%まで達すると見込まれ、国際競争に生き残る製油所の石化品・原料の得率としては国際水準以上の得率である20vol%が求められる（図1.1-11）との予測がある。同様の見方として、石油化学製品の需要は堅調に増加する見込みであり、2035年には世界の原油需要増加量のうちの約80%を占めるようになると予測されている（図1.1-12）。



出典：Ashish Chitalia, Wood Mackenzie, “Energy and Petrochemical Outlook”, Indian Petchem Elite conference, Mumbai, 2018.

図 1.1-11 世界原油需要量予想 2035 年までの内訳



出典：Ashish Chitalia, Wood Mackenzie, “Energy and Petrochemical Outlook”, Indian Petchem Elite conference, Mumbai, 2018.

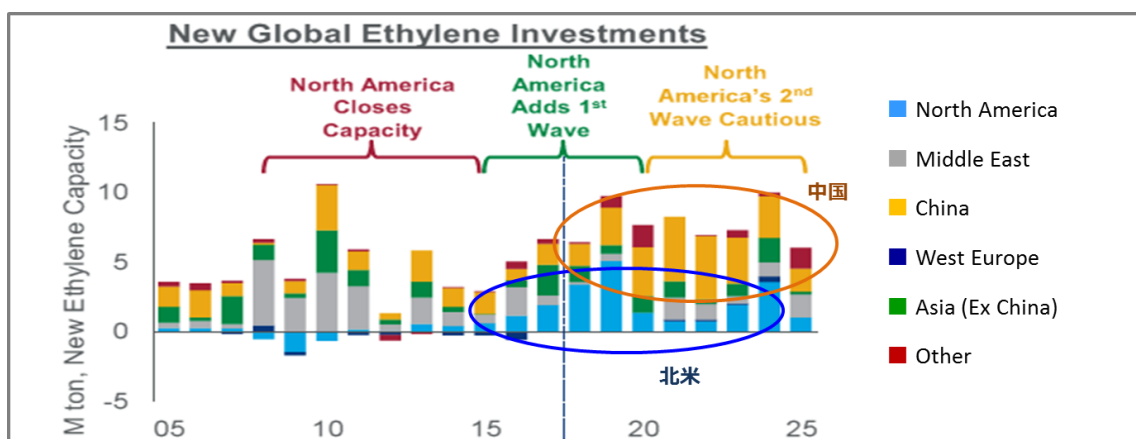
図 1.1-12 世界原油需要増加量の内訳

2010年から原油価格は高騰したが、米国のシェール革命により安価な米国産エタンが流通し始め、高価格な原油＝ナフサと低価格のエタンの値差が拡大した。これにより、安価なエタンを原料とし

たエチレン製造投資が牽引され、まず北米、引き続きアジア（中国）での投資が促されている（図 1.1-13）。

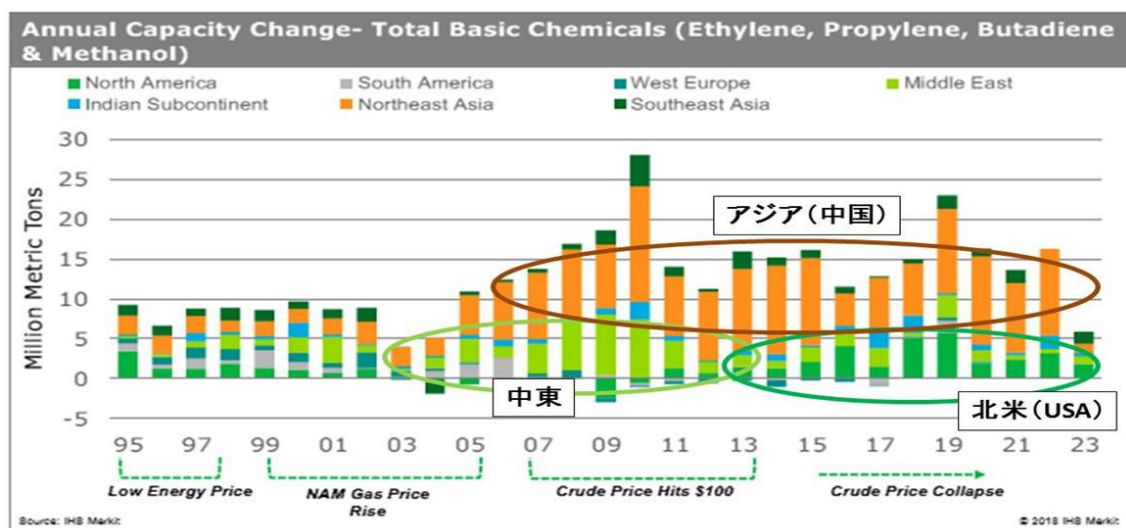
主要基礎化学品の生産能力についても、図 1.1-14 のようにアジアを中心に増強されている（年間の平均増加量 10-15 百万トン/年）。

世界的に需要増加が見込まれる C2（エチレン）／C3（プロピレン）は、これらの製造原料の違いに対応したプロセスの多様化が図られている。C2 エチレンの原料・プロセスはナフサのスチームクラッキングの割合が減少し、エタン脱水素の割合が増加する。一方、C3 プロピレンの原料・プロセスはスチームクラッキングと FCC の割合が減少し、On purpose（PDH：Propane dehydrogenation、プロパン脱水素）の割合が増加すると予想されている。



出典：Ashish Chitalia, Wood Mackenzie, “Energy and Petrochemical Outlook”, Indian Petchem Elite conference, Mumbai, 2018.

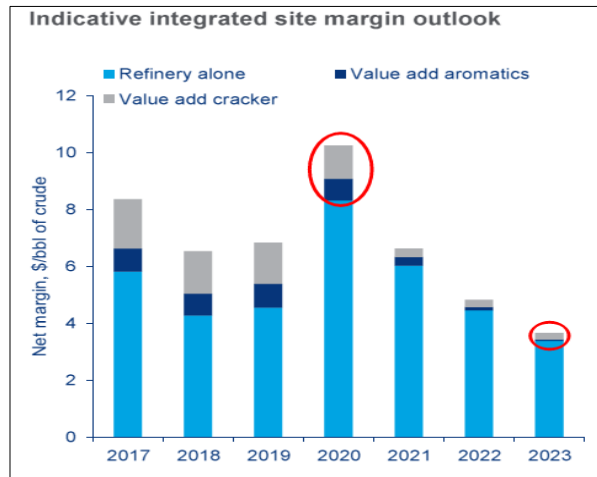
図 1.1-13 世界のエチレン製造装置の新規投資推移⁹⁾



出典：S. Sharma, IHS Markit, Indian Petchem Elite conference, Mumbai, 2018

図 1.1-14 主要基礎化学品の生産能力と今後の増強見込み

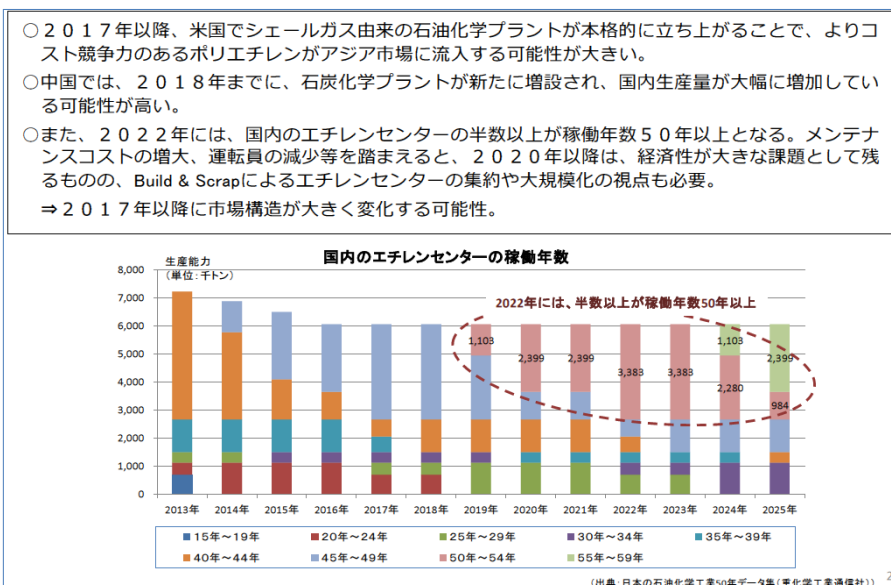
2020年には、芳香族製造やクラッカーによる石化部分で2US\$/bblレベルの上乗せが示されているが、以降の供給余剰により、石化マージンは短期間に縮小すると予測も出ている。



出典：2019ERTC 資料 The Energy Transition and its Challenge to Refiners(Wood Mackenzie)

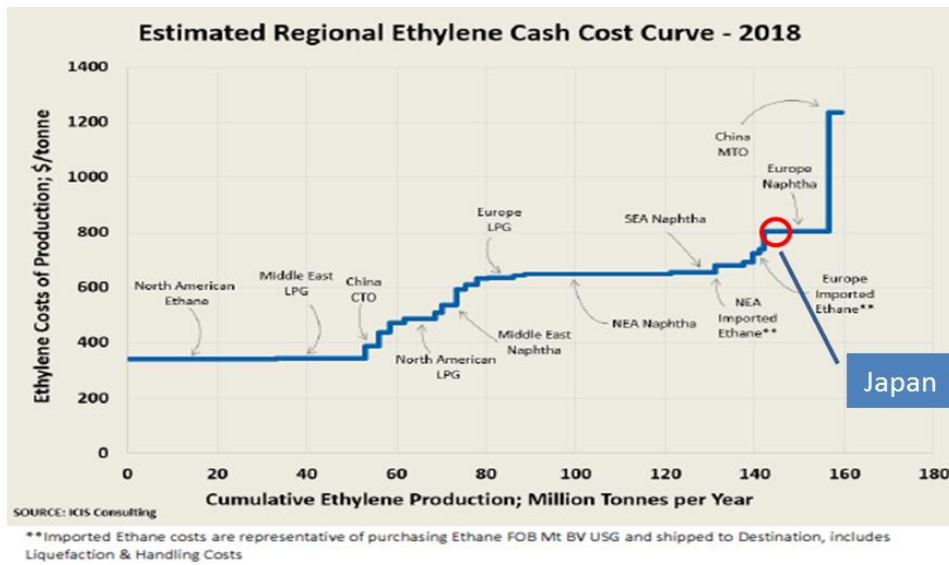
図 1.1-15 精油、芳香族製造、クラッカーのマージン予測

一方、日本国内のエチレン製造装置は7,000から6,000千トン/年で推移しているが、2022年には国内設備の半数以上が稼働年数50年以上となり、新鋭設備に対する効率性の低さに加えメンテナンスコストの増大等が加わり、経済性の面で大きな課題に直面するとされている(図1.1.16)。なお、Wood Mackenzie調査によると日本の平均的エチレン製造コストは約800\$/トン程度と見積もられており、コスト競争力で低位である。(図1.1-17)



出典：METI「石油化学産業について」から抜粋、2014.

図 1.1-16 日本国内のエチレンセンター稼働年数推移からの課題¹⁴⁾



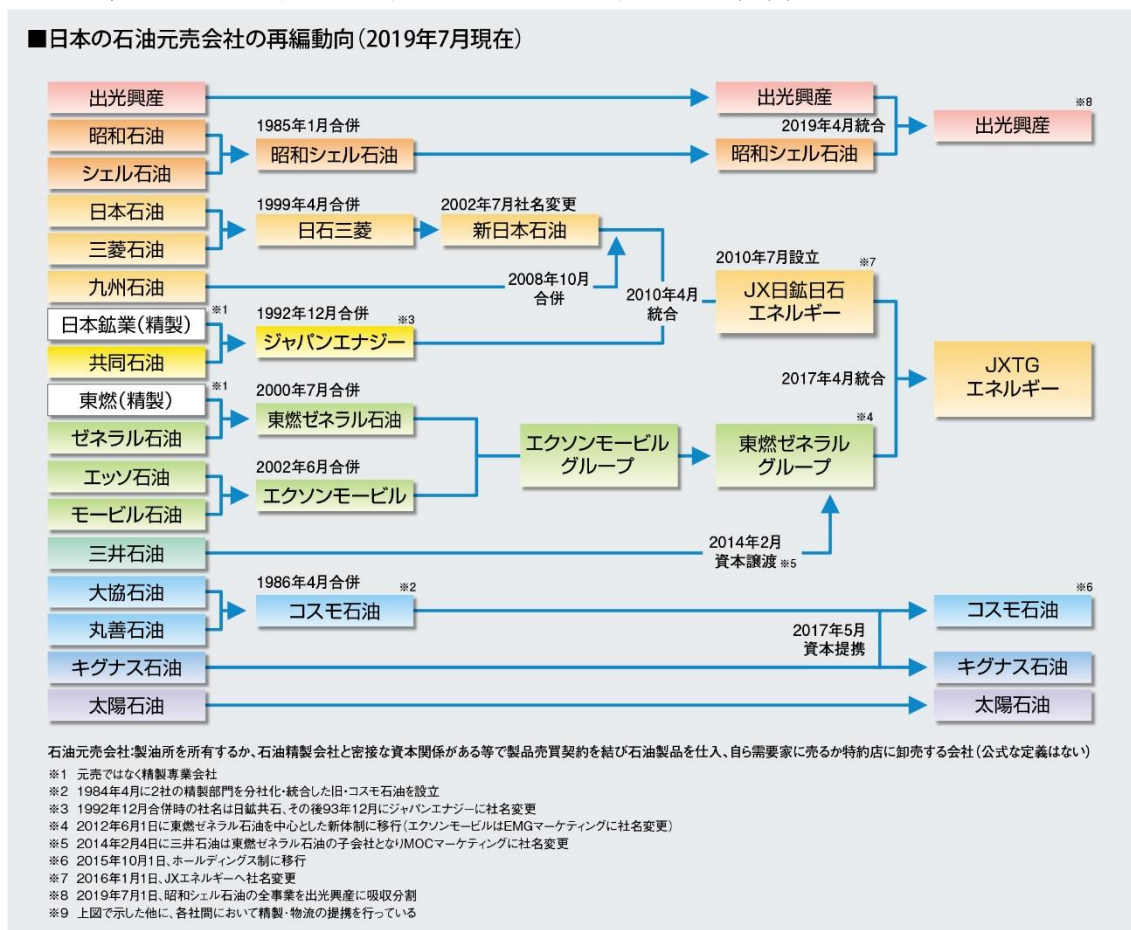
出典：ICIS Consulting Japan, Jan. 2019.

図 1.1-17 地域別のエチレン生産コストの推定値（2018年）

⑤石油精製・元売り会社の再編

国内石油産業において、石油精製・元売会社の再編に向けた動きが活発化し、1999年4月の日本石油と三菱石油の合併を契機として、過去にない規模とスピードで再編が進んだ。2002年6月にはエクソンモービルグループ4社がエクソンモービル 有限会社へ合併・統合されたほか、08年に入ると、原油価格高騰とエネルギー全体の競争激化を背景に、新日本石油が同年10月に九州石油と合併し、さらに10年7月にはそれまで上流から精製、物流、燃料 電池、技術開発までの広範囲な部門で業務提携していたジャパン エナジーと経営統合し JX 日鉱日石エネルギーが発足するなど、更なる合理化・効率化に向けた集約化・経営努力が行われた。また、12年6月、エクソンモービルジャパングループは日本国内における資本関係を変更し、新たに日本資本による東燃ゼネラル石油を中心とする、東燃ゼネラルグループが始動した。その後も、更なる製品供給や物流の効率化による競争力の強化を目指して、業務提携や経営統合が進み、2017年2月にコスモ石油とキグナス石油が資本業務提携を締結、同年4月には JX エネルギー※と 東燃ゼネラル石油が経営統合し、国内の精製能力の55%を占める JXTG エネルギーが発足した。さらに2019年4月には出光興産と 昭和シェル石油が経営統合したことにより、石油元売会社は5社に集約された。

※2016年1月に JX 日鉱日石エネルギーから JX エネルギーに社名変更



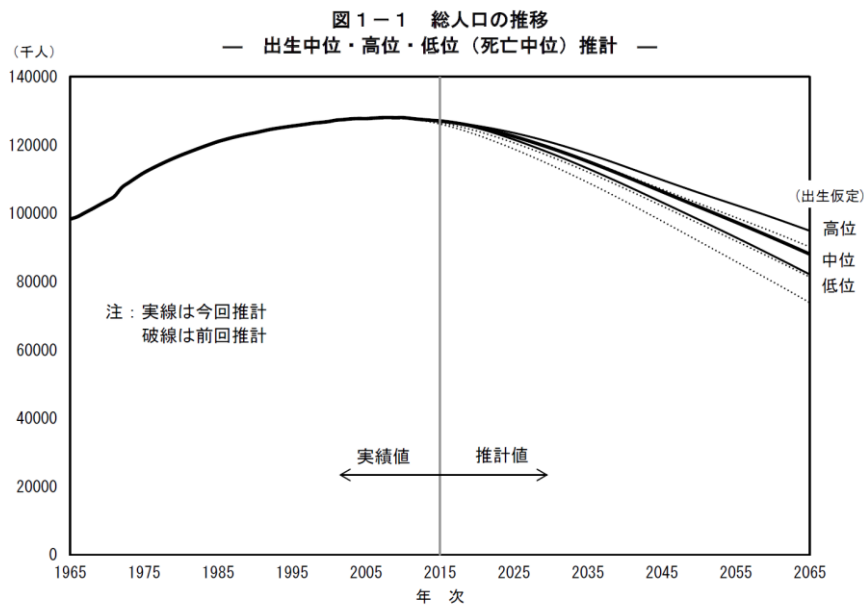
出典：石油連盟 今日の石油産業 2019

図 1.1-18 日本の石油元売会社の再編動向

(2) 人口

日本の人口は2008年をピークに減少に向かっている。2015年の日本の総人口は同年の国勢調査によれば1億2,709万人であった。出生中位推計の結果に基づけば、この総人口は、以後長期の人口減少過程に入る。2040年の1億1,092万人を経て、2053年には1億人を割って9,924万人となり、2065年には8,808万人になるものと推計される(図1.1-19)。これら人口減少は、経済活動に影響すると想定される。

老年(65歳以上)人口の推移は、2015年の3,387万人から、2020年には3,619万人へと増加する。その後しばらくは緩やかな増加期となるが、2030年に3,716万人となった後、第二次ベビーブーム世代が老年人口に入った後の2042年に3,935万人でピークを迎える。その後は一貫した減少に転じ、2065年には3,381万人となる。老年人口割合を見ると、2015年の26.6%で4人に1人を上回る状態から、2036年に33.3%で3人に1人となり、2065年には38.4%、すなわち2.6人に1人が老年人口となる(図1.1-20)。



出典: 国立社会保障・人口問題研究所 日本の将来推計人口(平成29年推計)

図1.1-19 総人口の推移

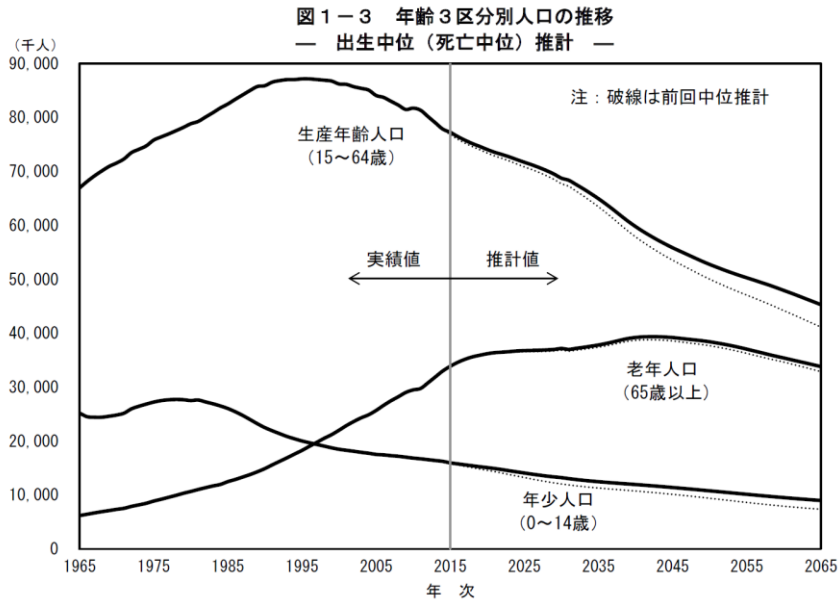
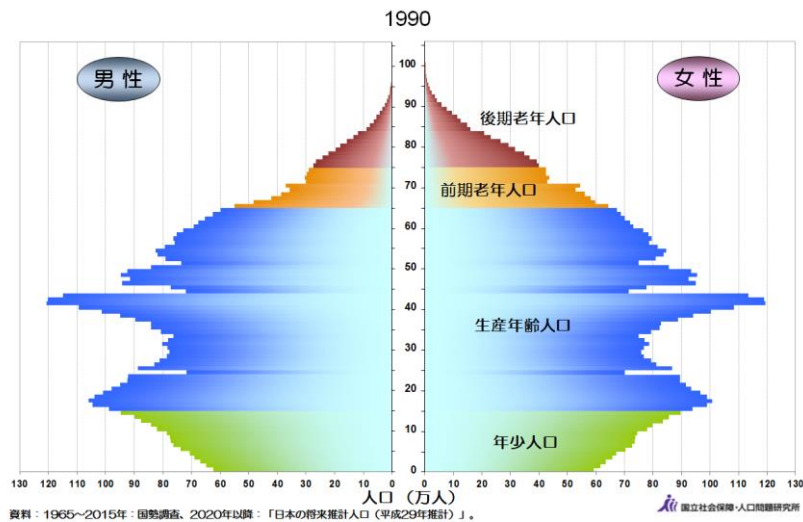
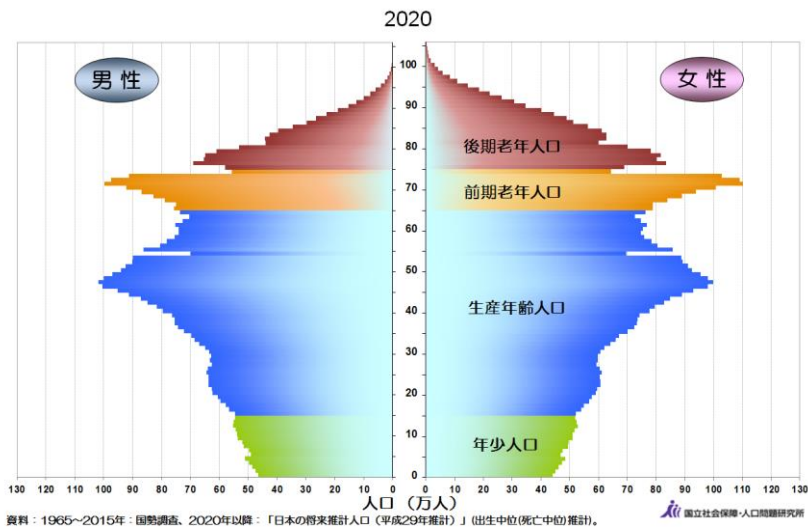


図 1.1-20 年齢3区分別人口の推移

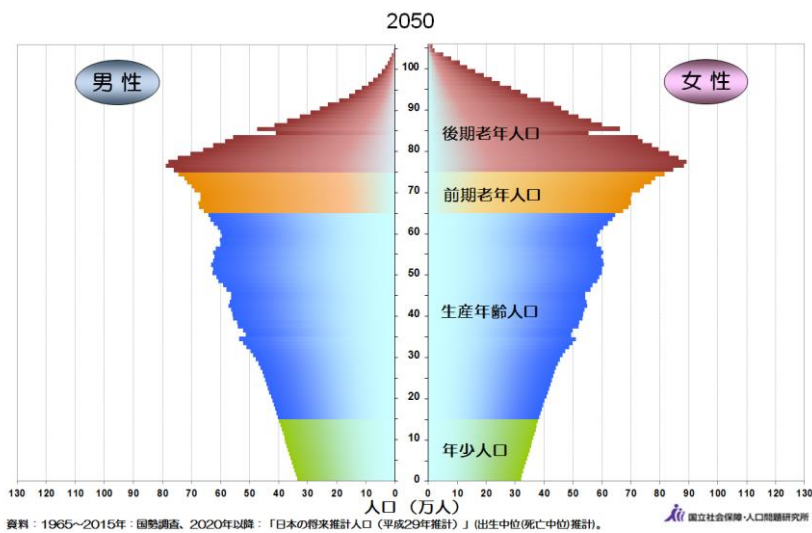
人口構造を見ると日本社会の高齢化が進んできており、2020年には平均年齢47.8歳（以下、出生中位 死亡中位）、2030年には平均年齢50.0歳、2050年には平均年齢52.3歳と予想されている。さらに労働人口である15-64歳の割合は2020年には59.1%、2030年には57.7%、2050年には51.8%となり労働力の不足が懸念されている。これら労働力については、海外からの労働力の流入も予想され、入国超過数は約7万人で推移すると予想されている。（図 1.1-21）



出典：国立社会保障・人口問題研究所 日本の将来推計人口（平成29年推計）

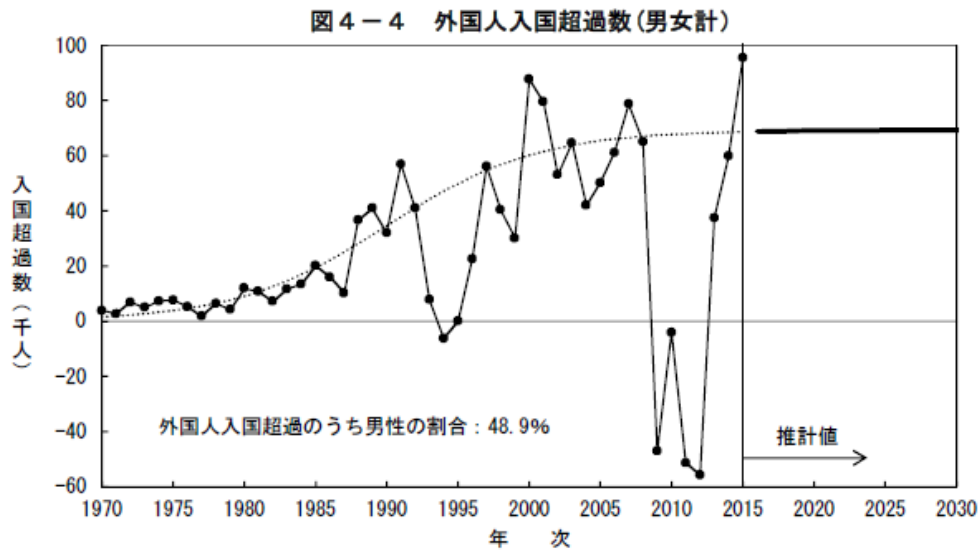


出典：国立社会保障・人口問題研究所 日本の将来推計人口（平成29年推計）



出典：国立社会保障・人口問題研究所 日本の将来推計人口（平成29年推計）

図 1.1-20 年齢別人口構造（1990・2020・2050）



出典：国立社会保障・人口問題研究所 日本の将来推計人口（平成29年推計）

図 1.1-21 外国人入国超過数

またこれら人口構造の変化は、都市・過疎地問題を引き起こす要因のひとつとなってきた。日本では 1km² 当たり 4000 人以上が隣接して居住している地域を人口集中地区と定義している。人口集中地区には約 8600 万人が居住し、日本の全人口に対する約 68%である。この地域ではバス、地下鉄、鉄道が移動手段の中心となっている。

一方で非人口集中地区では生産年齢人口の割合が減少し、高齢化が進んでいる。その中でも財政要件と、人口減少率・高齢者率・若年者率を勘案した人口要件によって、過疎地と定義される。

全国のカソリンスタンド（サービスステーション：SS）数は、ガソリン需要の減少、後継者難等により減少し続けている。これに伴い市町村内のSS数が3か所以下のSS過疎地市町村は、平成29年3月末時点で302市町村と増加傾向にある。近隣にSSがない地域では、自家用車や農業機械への給油や移動手段を持たない高齢者への灯油配送などに支障を来す恐れがあることなど、生活に支障をきたす状態に至るケースもあり「SS過疎地問題」となっている。

1. 2. 環境

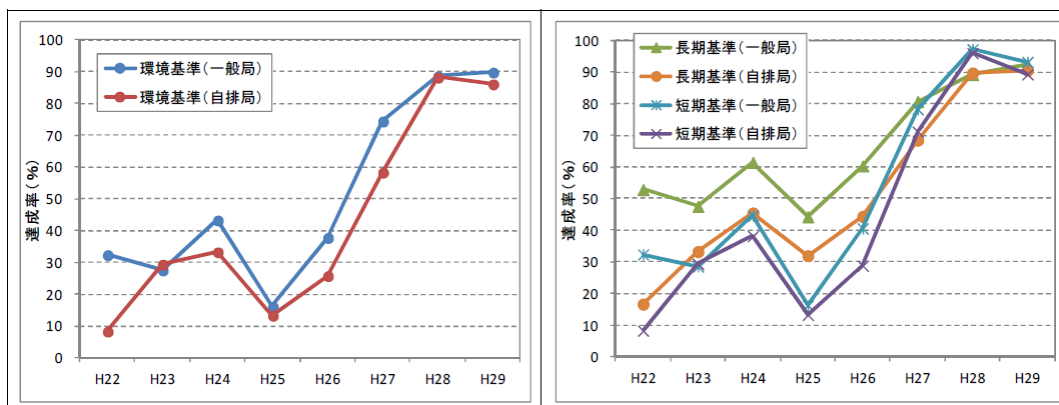
(1) 大気環境

日本の大気環境は、光化学反応により生成される二次生成物質以外はおおむね良好な環境にある。二酸化硫黄、一酸化炭素についても、一般大気測定局、自動車排出ガス測定局とも高い環境基準達成率を示している。

① 微小粒子状物質 (PM2.5)

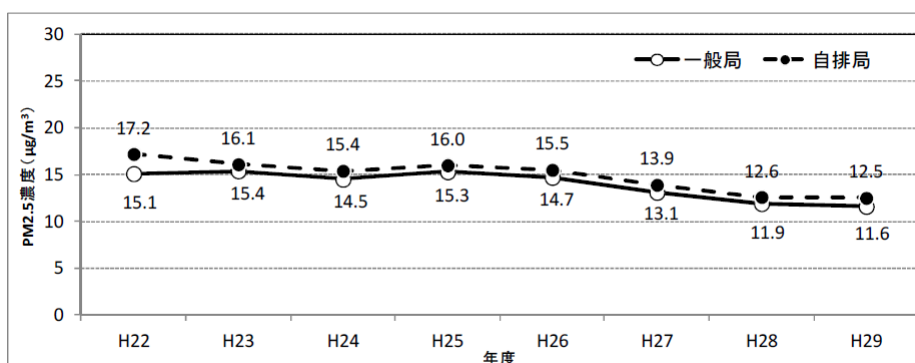
平成 29 年度の環境基準達成局は、一般局で 732 局 (89.9%)、自排局で 193 局 (86.2%) であり改善方向になっている。

全測定局の年平均値は、一般局で $11.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、自排局で $12.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、平成 25 年度以降緩やかな改善傾向である (図 1-2-1、表 1-1)。また、一般局、自排局の年平均値のヒストグラムを比較すると、自排局の濃度分布は一般局に比べて高い濃度域にあることが確認できる (図 1-2-2)。各年度の濃度階級別の発生率分布をみると、一般局、自排局ともに、年度ごとに分布が低濃度側に移行しているが、自排局については、 $14 \sim 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の発生率が平成 26 年度から平成 29 年度の間で同程度 (18~19%) となっている (図 1-2-3)。



出典：環境省 大気汚染状況 <http://www.env.go.jp/air/osen/index.html>

図 1.2-1 PM2.5 濃度の環境基準達成率の推移



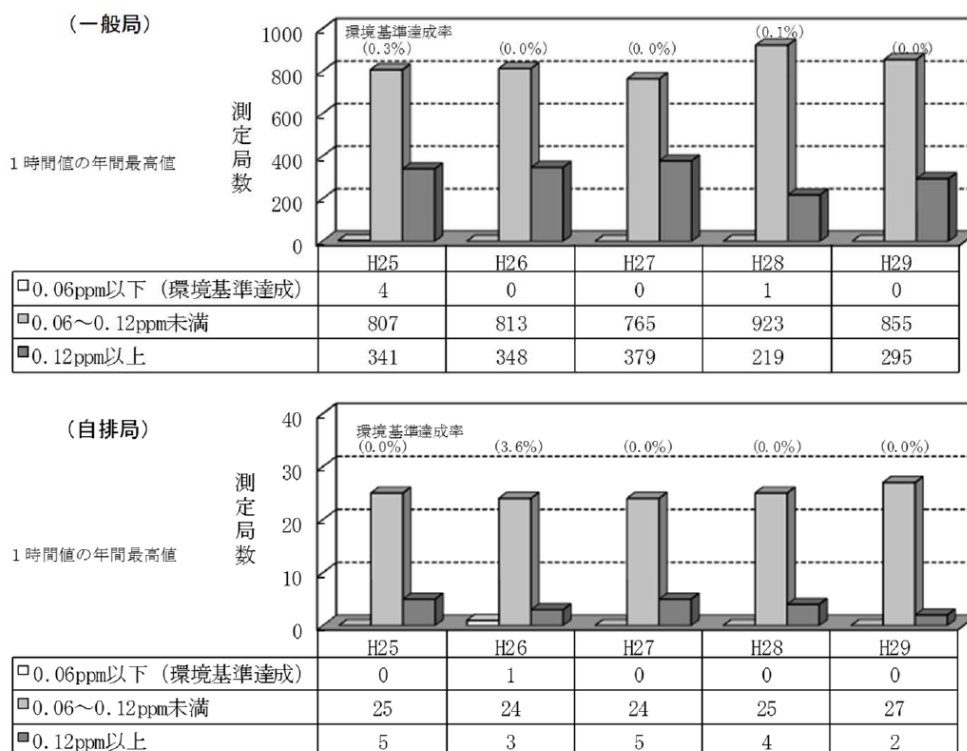
出典：環境省 大気汚染状況 <http://www.env.go.jp/air/osen/index.html>

図 1.2-2 PM2.5 濃度の年平均値の推移

② 光化学オキシダント

平成 29 年度の光化学オキシダントの環境基準達成局は、一般局で 0 局 (0 %)、自排局で 0 局 (0 %) であり、依然として極めて低い水準となっている。

昼間の 1 時間値の濃度レベル別割合については、1 時間値が 0.06ppm 以下の割合が一般局で 92.2 %、自排局で 94.7 %、0.06ppm を超え 0.12ppm 未満の割合が一般局で 7.8 %、自排局で 5.3 %、0.12ppm 以上の割合が一般局、自排局ともに 0 %となっている。



出典：環境省 大気汚染状況 <http://www.env.go.jp/air/osen/index.html>

図 1.2-3 光化学オキシダント (昼間の日最高 1 時間値) の濃度レベル別測定局数の推移

③ 二酸化窒素

環境基準達成局は、一般局で 1,243 局 (100 %)、自排局で 396 局 (99.7 %) であり平成 18 年以降全ての有効測定局で環境基準を達成し、自排局では近年達成率はほぼ横ばいで、高い水準で推移している。

表 1.2-1 二酸化窒素の環境基準達成率の推移

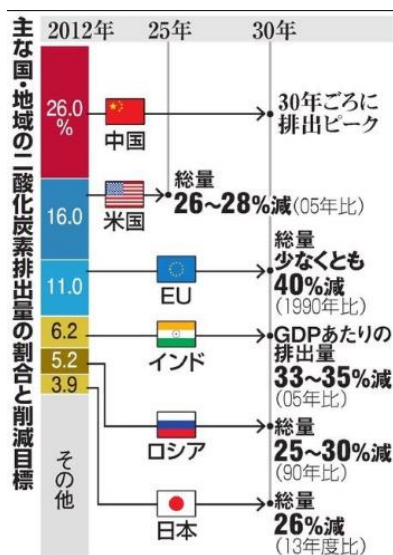
出典：環境省 大気汚染状況 <http://www.env.go.jp/air/osen/index.html>

| | | H20 | H21 | H22 | H23 | H24 | H25 | H26 | H27 | H28 | H29 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 一般局 | 有効測定局数 | 1,366 | 1,351 | 1,332 | 1,308 | 1,285 | 1,278 | 1,275 | 1,253 | 1,243 | 1,243 |
| | 達成局数 | 1,366 | 1,351 | 1,332 | 1,308 | 1,285 | 1,278 | 1,275 | 1,253 | 1,243 | 1,243 |
| | 達成率(%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 自排局 | 有効測定局数 | 421 | 423 | 416 | 411 | 406 | 405 | 403 | 402 | 395 | 397 |
| | 達成局数 | 402 | 405 | 407 | 409 | 403 | 401 | 401 | 401 | 394 | 396 |
| | 達成率(%) | 95.5 | 95.7 | 97.8 | 99.5 | 99.3 | 99.0 | 99.5 | 99.8 | 99.7 | 99.7 |

(2) 地球温暖化

2015年12月に開催されたCOP21（気候変動枠組条約第21回締約国会議）において、全ての国が参加する公平で実効的な国際枠組みであるパリ協定が採択され、工業化以前よりも気温上昇を2度高い水準を十分下回るものに抑えること、さらに1.5度高い水準までのものに制限するための努力を継続することが盛り込まれた。

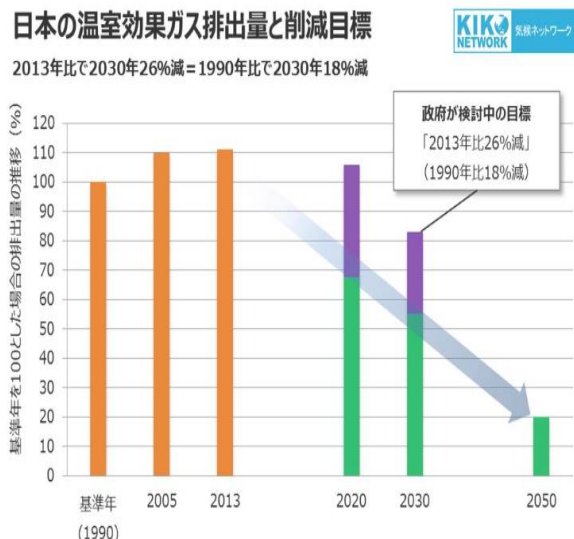
その後、各国においてパリ協定の批准が順調に進み、2016年11月に発効した。さらに、2018年12月に開催されたCOP24（気候変動枠組条約第24回締約国会議）では、2020年以降のパリ協定の本格運用に向けパリ協定の実施指針が採択された。パリ協定の発効、実施指針の採択は、世界の多くの国が温暖化対策に積極的に取り組んでいることを示す象徴的な出来事と言える。但し、2017年1月に発効した米国のトランプ政権は、2017年8月にパリ協定からの脱退方針を国連気候変動枠組条約事務局に通知している。パリ協定の規定では、パリ協定発効日から3年経過後に脱退通告が可能になり、脱退が効力を有するのは脱退通告から1年後となる。こうした懸念がある一方、再生可能エネルギーのコスト競争力の高まりとともに、米国での導入量も大幅に増加している。温暖化対策はエネルギーの選択に大きな影響を及ぼすため、今後もその動向を注視していく必要がある。



出典：朝日新聞

(H27/12/15：COP21 パリ協定の骨子)

図 1.2-4 パリ協定主要国の CO2 削減目標



出典：気候ネット HP

(<http://www.kiconet.org/info/press-release/>)

図 1.2-5 パリ協定日本の CO2 削減目標

① 日本の 2030 年に向けた対応（エネルギーミックスの実現）

安定したエネルギー需給構造を確立するために、エネルギー源ごとに方向性を示した。(図 1.2-6) 一次エネルギーとしては以下の通り。

- ・化石燃料全体として震災前 81%、2017 年 87%に対して、2030 年エネルギーミックスでは 76%が示された。内訳をみると石油の割合が 2017 年 39%に対して、2030 年エネルギーミックスでは 33%となっている。LNG や石炭の割合は震災前 18%、23%であり、エネルギーミックスでは 18%、25%と、LNG は震災前レベルに戻すこと、石炭は震災前レベル以上の割合が示されている。
- ・再生可能エネルギーは震災前 8%、2017 年 11%に対して、2030 年エネルギーミックスでは

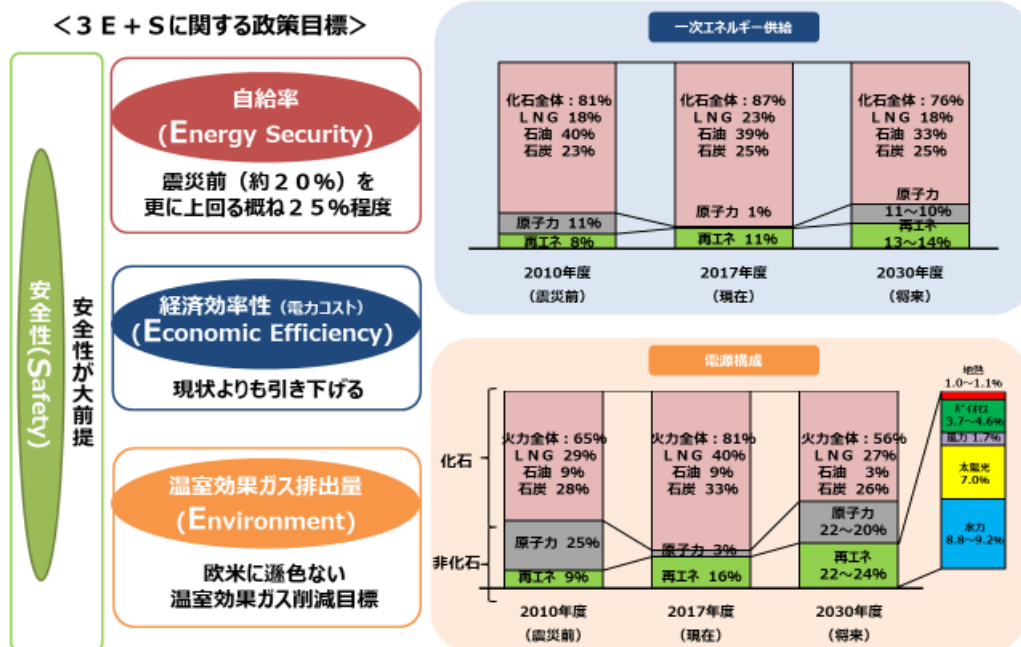
13~14%と着実に伸ばしていく方向性が示された。

- ・原子力については震災前 11%に対して、2017 年では稼働停止のため 1%程度の割合である。2030 年に向けては震災前レベルの 10~11%が示されている。

電力供給においては、安定供給、低コスト、環境適合等をバランスよく実現できる供給構造の実現を目指し、エネルギー源ごとの方向性を示した。主なエネルギー源ごとの政策の方向性としては以下の通り。

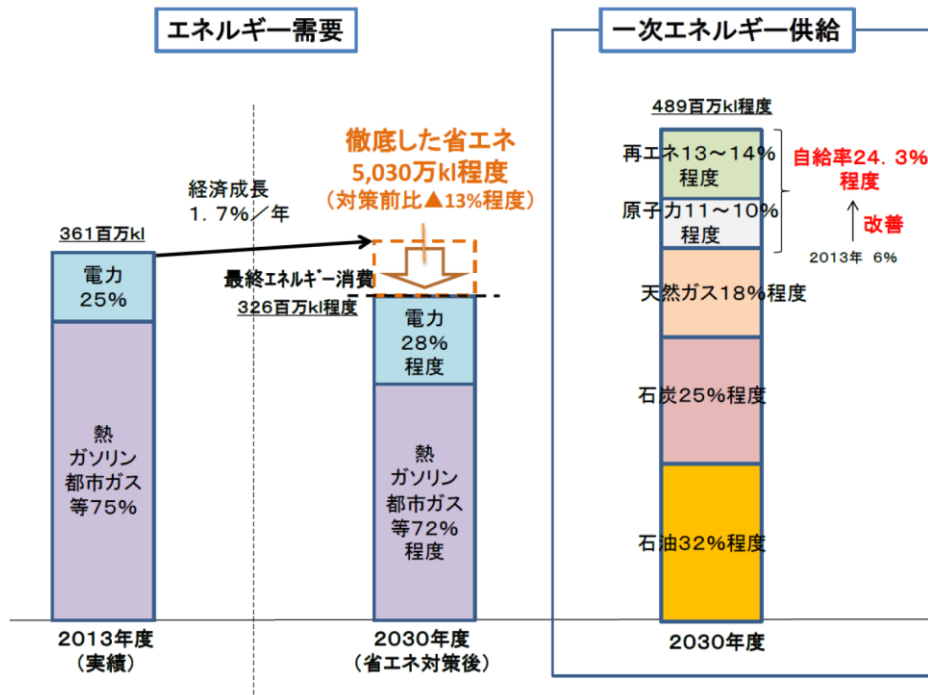
- ・再生可能エネルギーは、2017 年度の電源構成では 16%に対し、2030 年エネルギーミックスでは 22~24%が示されている。確実な主力電源化への取組として、系統強化、規制の合理化、低コスト化等の研究開発などの課題を進める必要がある。
- ・原子力は 2017 年度の実績では 3%に対し、2030 年エネルギーミックスで 20~22%と示されている。いかなる事情よりも安全性を全てに優先させ、原子力の再稼働を進めることとしている。
- ・化石燃料全体では震災前 65%、2017 年度 81%に対して、2030 年度エネルギーミックスでは 56%と大きく下げることが示している。このうち石油については震災前 9%、2017 年度 9%に対してエネルギーミックスでは 3%が示されている。石炭火力は、震災前 28%、2017 年度 33%に対し、エネルギーミックスで 26%が示されている。最新技術の導入 (IGCC、CCUS など) による発電効率向上等の開発を更に進めていく。

こうした施策を通じてエネルギー起源 CO2 排出を 2030 年度に 2013 年度比で 25%削減し、NDC(nationally determined contribution)の確実な達成を目指している。

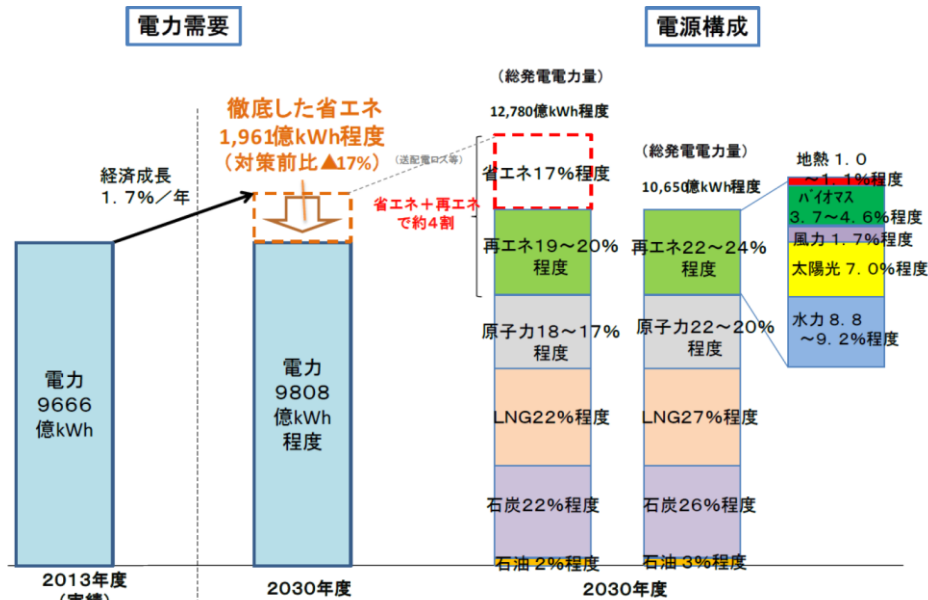


出典：資源エネルギー庁

図 1.2-6 2030 年エネルギーミックス



出典：RITE 日本のエネルギーミックスと約束草案の評価
 図 1.2-7 2030年エネルギーミックス 一次エネルギー



出典：RITE 日本のエネルギーミックスと約束草案の評価
 図 1.2-8 2030年エネルギーミックス 電源構成

② 2050年に向けた対応（脱炭素化に向けた、あらゆる選択肢の追求）

現状、日本の電力・熱・輸送システムの脱炭素化の選択肢は複数存在するが、変動するエネルギー需要に単独で対応が可能な実用段階の選択肢はなく、あらゆる選択肢にはそれぞれの特徴と課題点がある。野心的な目標を着実に実現していくためには、最新の情勢と技術の動向を見極め、その時点で最適な形で、複数の脱炭素化エネルギーシステムを組み合わせ、国内と海外での脱炭素化へ向けた取組を着実に進めていく必要がある。

COP21で採択されたパリ協定において、すべての締約国は長期的な温室効果ガスの低排出型の発展のための戦略（長期低排出発展戦略）を作成し、通報するよう努力すべきであるとされている。これを踏まえ、令和元年6月11日（火）、我が国は「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」を閣議決定した。最終到達点としての「脱炭素社会」を掲げ、それを野心的に今世紀後半のできるだけ早期に実現することを目指している。主な骨子は以下の通り。

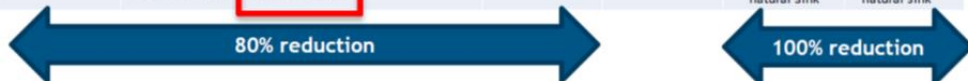
- ・温室効果ガス排出実質ゼロの「脱炭素社会」を掲げ、今世紀後半のできるだけ早期に実現
- ・2050年までに温室効果ガスを80%削減（基準年未定）
- ・再生可能エネルギーを主力電源化
- ・水素利用やCO₂回収・貯蔵を推進
- ・ESG投資や企業の気候変動リスク情報の開示を促進
- ・石炭火力発電や原発への依存を低減

欧州では2018年11月 EU委員会が、EU長期戦略ビジョン（EU long-term strategic vision）を発表した。

- ・2050年までに1990年比でGHGを80%さらには100%削減することを目標としている。
- ・80%削減に向けて5つのシナリオ（再エネ電気、水素エネルギー、PtX、社会的なエネルギー効率向上、循環経済の導入）と100%削減に向けて2つのシナリオ（1.5°C Tech、1.5°C Life）、その中間であるCOMBOシナリオを作成した。

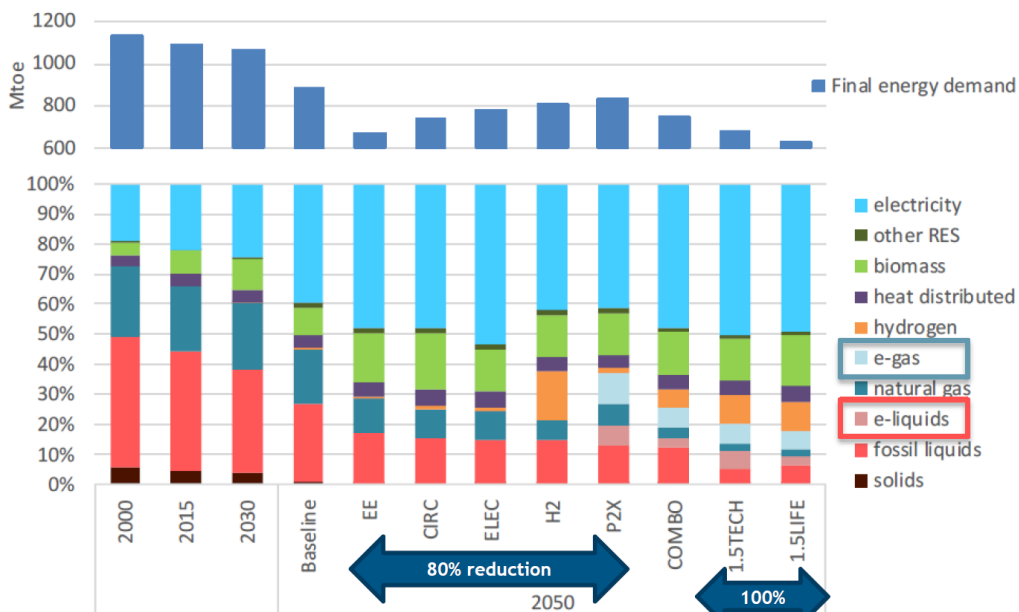
図1.2-9 と図1.2-10 にEU長期戦略ビジョンのシナリオについて記載する。

| Long Term Strategy Options | | | | | | | | |
|----------------------------|---|---|--|--|--|---|--|---|
| | Electrification (ELEC) | Hydrogen (H2) | Power-to-X (P2X) | Energy Efficiency (EE) | Circular Economy (CIRC) | Combination (COMBO) | 1.5°C Technical (1.5TECH) | 1.5°C Sustainable Lifestyles (1.5LIFE) |
| Main Drivers | Electrification in all sectors | Hydrogen in industry, transport and buildings | E-fuels in industry, transport and buildings | Pursuing deep energy efficiency in all sectors | Increased resource and material efficiency | Cost-efficient combination of options from 2°C scenarios | Based on COMBO with more BECCS, CCS | Based on COMBO and CIRC with lifestyle changes |
| GHG target in 2050 | -80% GHG (excluding sinks) ["well below 2°C" ambition] | | | | | -90% GHG (incl. sinks) | -100% GHG (incl. sinks) ["1.5°C" ambition] | |
| Major Common Assumptions | <ul style="list-style-type: none"> Higher energy efficiency post 2030 Deployment of sustainable, advanced biofuels Moderate circular economy measures Digitisation | | | <ul style="list-style-type: none"> Market coordination for infrastructure deployment BECCS present only post-2050 in 2°C scenarios Significant learning by doing for low carbon technologies Significant improvements in the efficiency of the transport system. | | | | |
| Power sector | Power is nearly decarbonised by 2050. Strong penetration of RES facilitated by system optimization (demand-side response, storage, interconnections, role of prosumers). Nuclear still plays a role in the power sector and CCS deployment faces limitations. | | | | | | | |
| Industry | Electrification of processes | Use of H2 in targeted applications | Use of e-gas in targeted applications | Reducing energy demand via Energy Efficiency | Higher recycling rates, material substitution, circular measures | Combination of most Cost-efficient options from "well below 2°C" scenarios with targeted application (excluding CIRC) | COMBO but stronger | CIRC+COMBO but stronger |
| Buildings | Increased deployment of heat pumps | Deployment of H2 for heating | Deployment of e-gas for heating | Increased renovation rates and depth | Sustainable buildings | | | CIRC+COMBO but stronger |
| Transport sector | Faster electrification for all transport modes | H2 deployment for HDVs and some for LDVs | E-fuels deployment for all modes | Increased modal shift | Mobility as a service | | | <ul style="list-style-type: none"> CIRC+COMBO but stronger Alternatives to air travel |
| Other Drivers | | H2 in gas distribution grid | E-gas in gas distribution grid | | | | Limited enhancement natural sink | <ul style="list-style-type: none"> Dietary changes Enhancement natural sink |



出典：ERTC Understanding the technology. Challenges and potential opportunities (Concawe)
 図 1.2-9 EU 長期戦略ビジョン 2050 年 GHG80%および 100%削減シナリオ (1990 年対比)

Share of energy carriers in final energy consumption



Source: Eurostat (2000, 2015), PRIMES

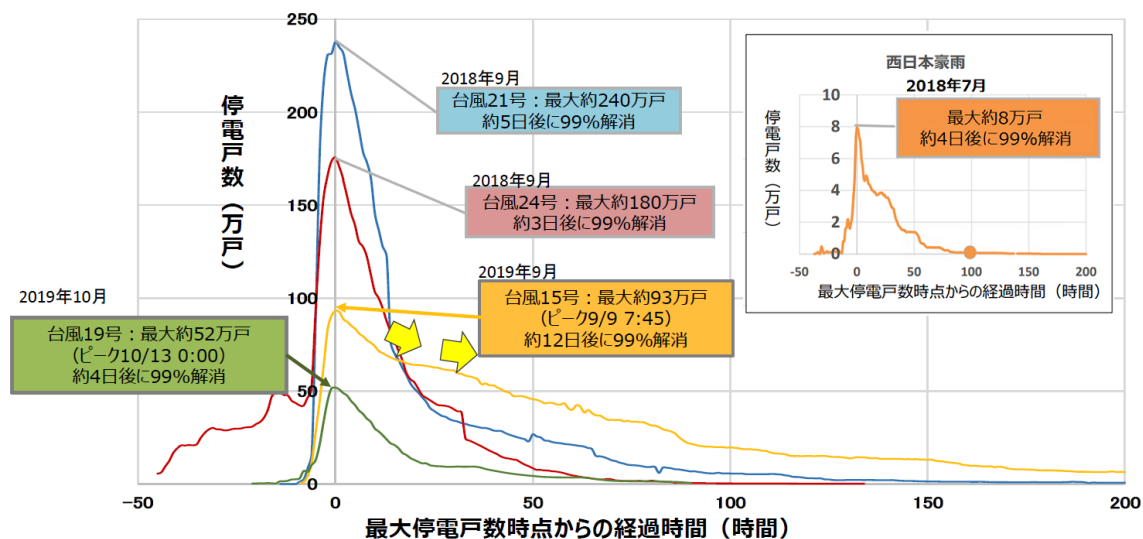
出典：ERTC Understanding the technology. Challenges and potential opportunities (Concawe)
 図 1.2-10 EU 長期戦略ビジョン 各シナリオにおけるエネルギー消費量とエネルギー割合

(3) 自然災害

災害への備えも、石油の担う役割の一つとなっている。

東日本大震災と東京電力福島第一原子力発電所の事故は、国内で発生した自然災害と事故がエネルギーの安定供給に甚大な影響を及ぼすことを露呈し、国内におけるエネルギー供給インフラの強靱化の重要性が一層意識されるようになった。北海道胆振東部地震においても、発電所が停止し全道ブラックアウトという状況下において、多くのSSが自家発電機を稼働させて供給を継続するとともに、病院等の重要施設の自家発電機用燃料を配送した。今後30年以内に南海トラフ地震、首都直下地震等の大規模災害が生じる可能性も指摘されている中、災害時のエネルギー供給に石油の果たす役割は大きい。

2019年には台風15号の記録的な暴風により、停電被害は最大約93万戸で、2018年に近畿地方をおそった台風21号の際の停電被害（最大約240万戸）には戸数ではおよばないものの、千葉県を中心に停電が長期化した。おおむね停電の復旧（停電件数がピーク時と比較して99%解消）にかかった時間は約280時間で、近年の停電被害のなかでは突出している。また台風19号については、停電被害は台風15号と比べると小さかったものの、静岡県や関東甲信地方、東北地方を中心に記録的な大雨が発生し、電気設備などが浸水した地域では停電が長期化した。



資源エネルギー庁：<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/typhoon.html>

図 1.2-11 台風による停電戸数の復旧推移

1. 3. 技術

(1) 重質油処理技術

一般的なボトム処理プロセスの種類としては、残油水素化脱硫、残油水素化分解、残油 FCC、ビスプレーカー、コーカー、その他の熱分解（呉羽化学・千代田化工・富士石油による EUREKA プロセスや東洋エンジ・三井鉱山化成による HSC プロセス等）、残油ガス化、溶剤脱瀝（SDA）に分類される。

また、世界及び主要国のボトム処理能力は表 1.3-1 に示されており、最近の傾向として残油水素化脱硫、残油水素化分解、残油 FCC、コーカー、残油ガス化が増強され、逆にビスプレーカー、その他の熱分解は低下傾向である。

表 1.3-1 世界の装置別ボトム処理能力の変化, 1,000bpd <ICIS データから作成>

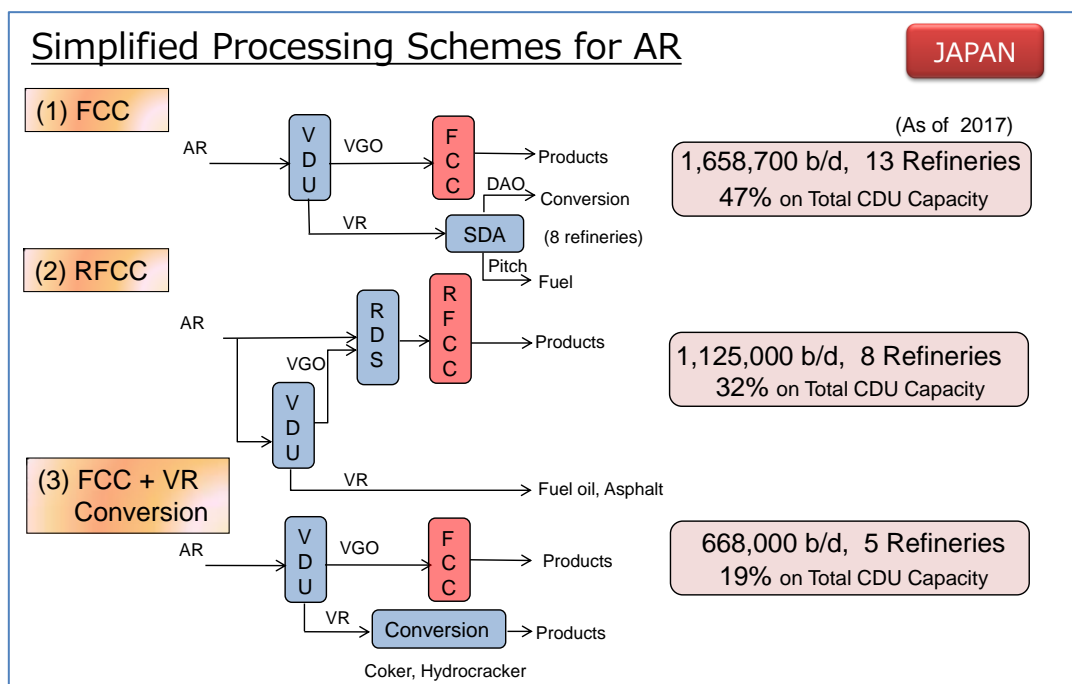
| ボトム処理装置 | 2010年 | 2020年 | 変化 | 変化率 |
|------------|--------|--------|-------|--------|
| 残油水素化脱硫 | 2,102 | 4,315 | 2,213 | 105.3% |
| 残油水素化分解 | 462 | 835 | 373 | 80.7% |
| 残油 FCC | 4,438 | 6,526 | 2,088 | 47.0% |
| ビスプレーカー | 3,292 | 2,941 | -351 | -10.7% |
| コーカー | 6,071 | 9,086 | 3,015 | 49.7% |
| その他の熱分解 | 538 | 518 | -20 | -3.7% |
| 残油ガス化 | 183 | 289 | 106 | 57.9% |
| 溶剤脱瀝 (SDA) | 1,185 | 1,404 | 219 | 18.5% |
| 合計 | 18,271 | 25,914 | 7,643 | 41.8% |

実用化されているボトム処理技術及び設備の最新動向としては、最近ではスラリー床水素化分解プロセスに注目が集まっている。スラリー床分解の特徴としては、その他の分解プロセスに比べ極めて高分解率（通常 90%以上）なため、未分解残油としてのコーク残渣等が最小に抑えられることと、分解した軽油等が高品質かつ高得率で得られることにあり、スラリー床で微細な触媒を循環することで可能にしている。特に Eni 社のスラリープロセス（EST）は建設中の製油所に採用されたとの情報がある。

一方、日本の製油所では、上述のような新規プロセスを高価な投資コストをかけて導入するよりは、既存製油所構成を考慮した最大活用が行われている。常圧残油（AR）を処理する残油プロセスは、国内では充実しており、主に以下の 3 つに分類されるという。図 1.3-1 に示す。

- ① FCC 中心、VGO を FCC で処理し、VR は SDA 等に対応するタイプ、47%
- ② RFCC 中心、RDS-RFCC で AR を処理、VR は別処理、32%
- ③ FCC+VR 分解、VR をコーカーや H-Oil 等で処理、19%

①タイプは国内で 13 製油所であるが、このうち SDA を有している製油所は 5 つに留まっている。残りの 8 製油所については SDA を追加増強することで、HSFO としていた VR のかなりの割合を LSFO に転換することが可能となる。一方、②タイプは国内で 8 製油所であり、AR 処理には適しているが、VR の処理には限定的であった。そのため、①と同様に SDA を増強することで VR を転換することが可能となる。③タイプはもともと VR 処理をもくろんだ製油所であり、IMO 対応にもすでに即しており、競争力が高いと言える。



出典 : S. Atsunori, JGC Corporation, “Growing role of residue upgrading process. – Responding to the IMO 2020 SOx regulation -”, 29th Saudi-Japan Annual Symposium (KFUPM Research Institute), Nov. 2018.

図 1.3-1 日本の残油処理プロセスの簡略化した分類⁷⁾

① Eni 社スラリー分解プロセス (EST: Eni Slurry Technology)

EST は ENI 社が 20 年以上の技術開発を行い実用化したボトム分解技術プロセスで、2013 年に同社の Sannazzaro 製油所に 23 千 BD (1.3 百万トン/年) の商業的プラントとして建設され稼働している。その概要を図 1.3-2 に示す。

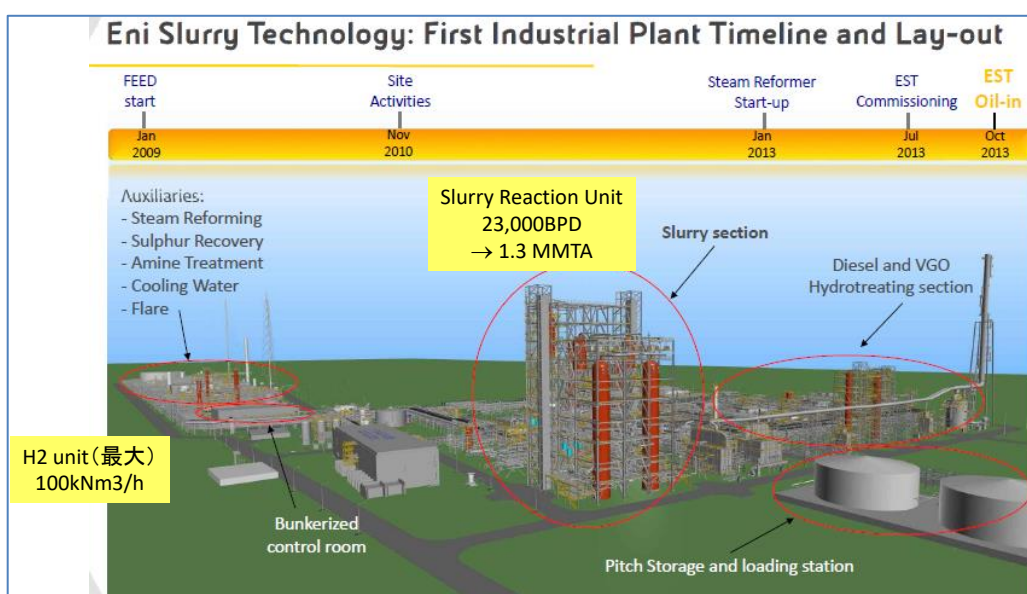


図 1.3-2 Sannazzaro 製油所の EST プラント概要

当該プラントの運転実績からの典型的製品得率等を示した結果を図 1.3-3 に示す。

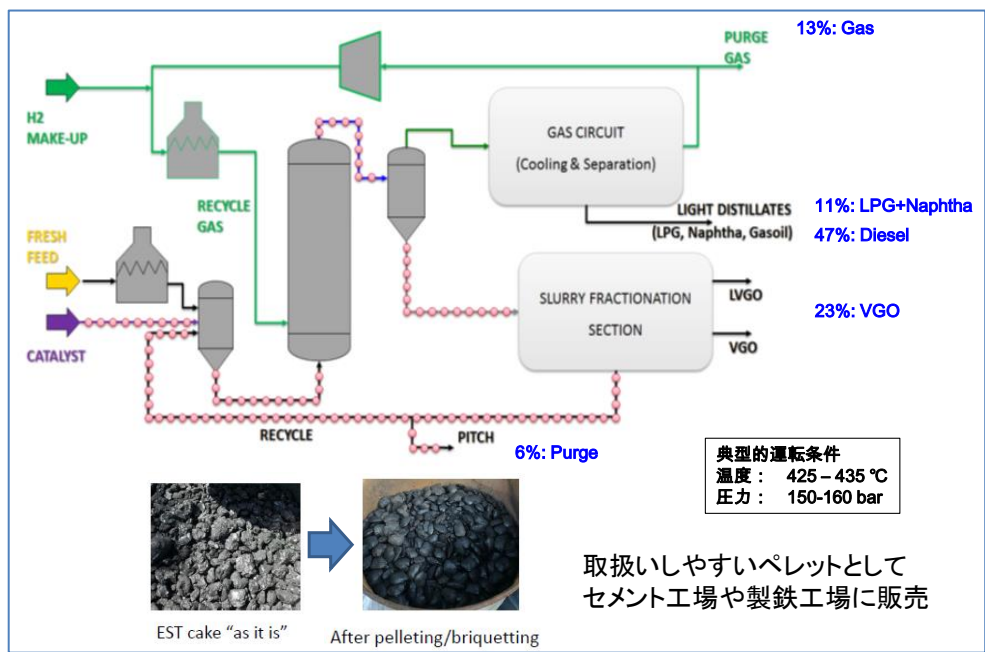
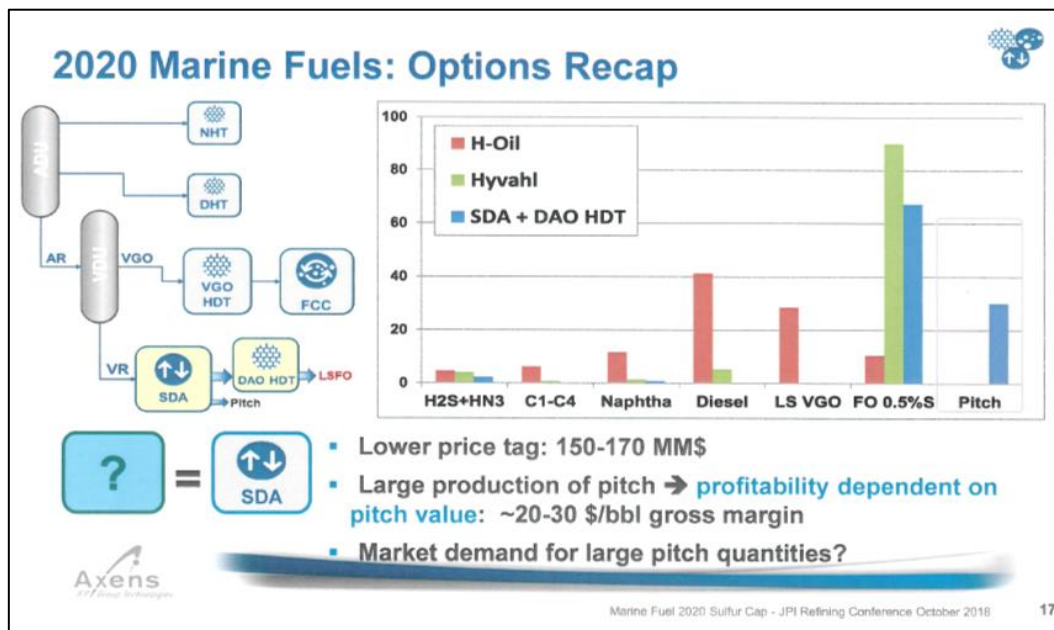


図 1.3-3 EST プラントの運転実績例

② Axens 社

Axens は固定床に Hyvahl という RDS の改良プロセス(最前段のリアクターが2列並列にあり、劣化に応じて交換して運転する方式) を有しており、単独プロセスで VR からの LSFO 製造を可能とする。

SDA+HDT (SDA からの DAO を水素化脱硫処理して LSFO を製造) する構成例を図 2.1.7 で示す。この場合、安価な投資コストで、LSFO を多く製造できる。ただし、残渣としてピッチが副生するため、複製品の有効品への転換を考慮する必要がある。一方、重油分解の H-Oil では軽油等が生産され重油製品が最小になる。RDS 系である Hyvahl の場合、LSFO 生産が最大となる。



出典：”Marine Fuel 2020 Sulfur Cap: Choosing the Best Technology Pathway”, Cristian Dupraz, Axens (Senior Vice President Asia)

図 1.3-4 AXENS 社複数プロセス組合せによる製品得率

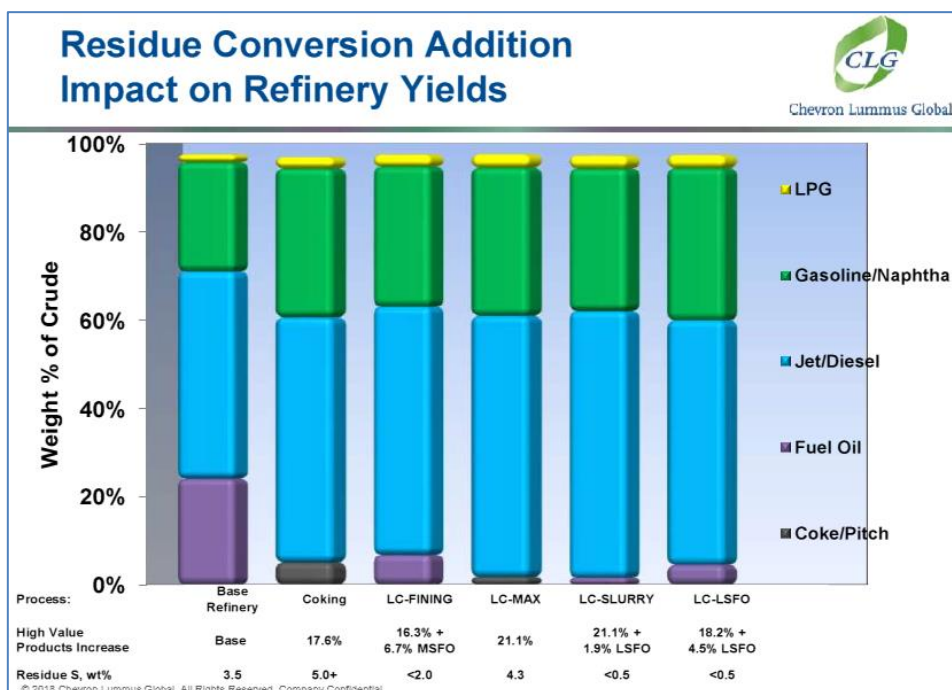
③ CLG 社 (Chevron Lummus Gloval)

CLG 社は、Chevron と McDermott の合弁会社。残渣油 (VR) 処理技術としていくつか提案しているが、いずれも沸騰床型水素化分解プロセスの LC-FINING を組み込んだもので、日本国内の既存製油所での採用は、大型投資を伴うため容易ではない。しかしながら、石化品得率を最大化し、エチレン、プロピレン等オレフィンを得る組合せは注目に値する。

LC-FINING は FCC の改造版で、減圧蒸留装置の残渣油 (VR) を水素化分解し、石化製品得率を向上させる技術である。反応塔の仕組みとしては、触媒を塔頂部から投入することにより、重力を活用し、流速を上げ、液相を均質化することができ、それにより残渣物の発生を抑えることができる。LC-FINING を組み込んだユニットを、既存の製油所に導入することで、ユニットの性能に応じて、石化製品の得率は、13%～最大 40%まで引き上げることができる。石化生産品の内訳は、合計得率が 13%の場合、エチレン 6%、ベンゼン 1%、プロピレン 6%となっている。

尚、同社の残渣油 (VR) 処理技術は、以下の 4 種類に分類される。

- LC-Fining : 転化率 80%、Base
- LC-MAX : 転化率 90+%。LC-Fining と SDA を合わせ、LC-Fining より重質油対応。
- LC-Slurry : 転化率 95+%。LC-Fining、LC-MAX よりさらに分解率向上。
- LC-LSFO : 転化率 98%以上。LC-Fining に固定床 RDS を組み合わせたシステム。



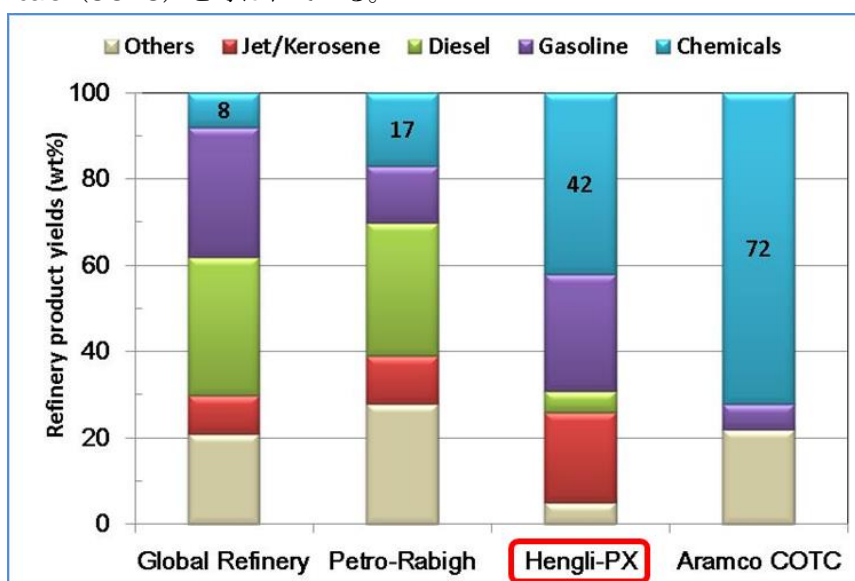
出典：Ujjal Mukherjee, Chevron Lummus Gloval (Vice President, Technology), “Profitable Schemes to Maximize Refinery Profits Post 2020”, ERTC, Nov. 2018.

図 1.3-5 CLG 社各種プロセス適用時の製品得率予測

(2) 化学品得率向上技術

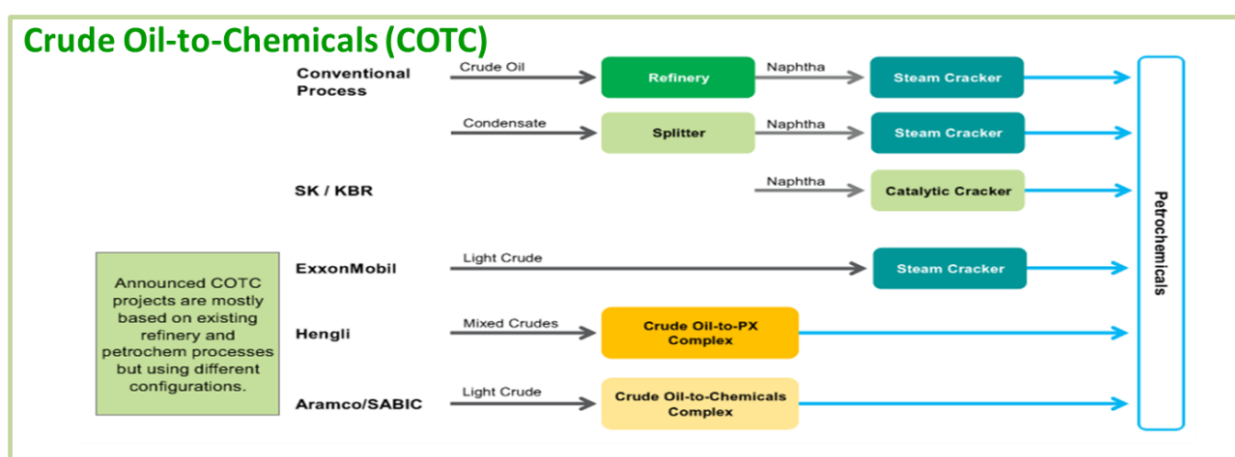
日本では、1950年代より、石化需要の進展に合わせてオレフィン生産の為にスチームクラッカーの技術が発展し、ナフサ生産が増加した。石油精製業界は石化シフトを進め、現状では、石化製品の得率は、概ね10~12%となっている。現在のトレンドとしては、原油処理プロセスとスチームクラッカーおよびFCCを統合する構成である。

一方、中国、インド、中東を中心に新型製油所の新設が実施・計画されている。これらの中には、既存製油所よりはるかに高い石化製品得率を有するコンセプトの異なる製油所があることが知られてきた。幾つかの高い石化製品得率を有する製油所を既存製油所と比較した例を図1.3-6に示す。石化コンプレックスとして初めから石化製品を主力製品として設計されており、Crude Oil-to-Chemicals (COTC) と呼ばれている。



出典：Stephen Li, IHS Markit, “Crude Oil-to-Chemicals (COTC) – A Major Disruptor“, ACI Maximising Propylene Yields Conference, Barcelona, Jan. 2019.より作成

図 1.3-6 既存製油所と高石化品得率の製油所の製品得率内訳



出典：Stephen Li, HIS Markit, “Crude Oil-to-Chemicals (COTC) – A Major Disruptor“, ACI Maximising Propylene Yields Conference, Barcelona, Jan. 2019.

図 1.3-7 原油から石化製品製造コンセプトの新製油所 (Crude Oil-to-Chemicals: COTC)

① ペトロナス ラピッド(RAPID)プロジェクト (マレーシア)

ジョホール州の南東部ペンゲランにおいて、石油精製から石油化学まで一貫生産を行う石油化学コンプレックスプロジェクトであり、2019年1月に原油処理の試運転を開始した。建設費用が総額 USD 270 億の巨大大業であり、原油の供給先を強化したいサウジアラビアの国営石油会社アラムコとペトロナスの合弁会社が事業主体となっている。年間 1,500 万 t (30 万 BD) の原油処理から 3.5 百万 t のナフサが分解装置に供給され、エチレン(1.1 百万 t)、プロピレン(0.85 百万 t)等の石化製品を年間合計 2.8 百万 t 生産できるとされる。

② 恒力石化 恒力(Hengli)製油所(中国)

中国では 2023 年にかけて計 200 万 BD 規模の処理能力となる 7 つの製油所の新設を計画している。その中の一つである Hengli (恒力) 石油化学製油所は、プロピレン (PP) やパラキシレン (PX) などの石化製品を主生産物として設計された製油所で、精製能力 2,000 万 t/年 (40 万 BD) の最大級の精製能力で、芳香族化合物を年間 6.8 百万 t 生産できる。そのうち、パラキシレン生産量は 4.5 百万 t と中国国内需要の約 30%を賄える巨大プロジェクトとなっている。2018 年 12 月から稼働開始、2019 年 5 月にフル稼働を達成しているとの情報である。CDU は 20 万 BD×2、残油分解として H-oil と SDA に組み合わせた複数の水素化分解、強大なアロマプラントによる PX、PDH を備えた PP 製造装置等により石化収率が 42wt%とされている。

③ インド・リライアンス社の Jamnagar 製油所

次に世界的に見て競争力の高い製油所をいくつか紹介する。まず大規模製油所の一例として、インド・リライアンス社の Jamnagar 製油所を表 1.3-2 に示す。同製油所の原油処理能力 (CDU : 原油蒸留装置能力) は 124 万 BD、処理原油の API 比重は 26 - 27 であり、石油製品は海外輸出型で、効率的に生産される基礎化学製品を国内向けとした製油所である。石化製品としては、BTX (PX : パラキシレン) の生産能力は 575 (440) 万 t/年、オレフィン (PP : プロピレン) の生産能力は 380 (220) 万 t/年であり、石化製品の原油処理量に対する得率は 14.2wt%と高い。

Jamnagar 製油所の構成は、表 2.2.1 に示されるように、USA、EM 製油所に匹敵する規模であり、巨大なコーカーと FCC を備え残油を分解し、得られた分解留分を石化製品に転換している。

表 1.3-2 リライアンス製油所と米国最大級製油所の設備能力の比較 (単位 : 千 BD)

出典 : 「インド等各国石油精製業の最新動向」、JPEC レポート 2017 年度

| 地域製油所例 | インド最大製油所 | | | 米国最大級製油所 | |
|---------------|-------------------------------|------------|---------------|----------------|-----------------------|
| | RELIANCE | RELIANCE | RELIANCE | EXXONMOBIL | EXXONMOBIL |
| 製油所名 | JAMNAGAR 1 (2000) | JAMNAGAR 2 | JAMNAGAR (合計) | BATON ROUGE/LA | BAYTOWN/TX |
| 原油常圧蒸留 | 660 | 580 | 1240 | 502 | 561 |
| 接触改質 (連続再生) | 89 | 85 | 174 | 74 | 122 |
| FCC(減圧軽油接触分解) | 180 | 200 | 380 | 232 | 205 |
| 減圧軽油水素化分解 | 0 | 50 | 50 | 25 | 28 |
| 減圧残渣油コーカー | 160 | 160 | 320 | 117 | 90 |
| 備考 | 注1)原油常圧蒸留装置以外は、全て1基当たりの能力を示す。 | | 注2)同一地区に隣接立地 | 注1)に同じ。 | 注1)に同じ。ただし、コーカーは2基有り。 |

(3) AI、デジタル技術

プラントの高経年化やベテラン従業員の減少等によりリスクを低減する高度な保安対策が求められている。そこで高压ガス保安法において、高度なリスクマネジメントやIoT・ビッグデータの活用等による高度な保安を行っている事業所を「スーパー認定事業所」として認定し、能力に応じて規制を合理化する制度が平成29年4月に創設された。

また日本の製油所の国際競争力強化の観点から、IoTの活用や保安検査の合理化等によるオペレーションコストの低減等ソフト面での対策を進めることが求められている。コネクティッドインダストリーの取り組みとして、製油所や化学プラント等における内面腐食予測モデル、外面腐食予測モデル、異常検知予測システム等の構築が行われた。また事業結果を踏まえてこれらのシステムの精度向上に資するプラットフォームや関連規制・制度のあるべき姿について検討を行った。

オイルメジャー等の海外上流開発企業は、一時期の油価の低迷等を受け、コスト削減・競争力強化に向けてAIやIoT等のデジタル技術を活用した事業モデルの刷新に向けた動きを加速化している。中下流事業においても、プラント保安の分野では、ドローンを活用した設備の外面点検、センサーによるデータ集積とビッグデータ解析による腐食メカニズムの解明と異常の予防検知など、保安力・稼働信頼性の向上や業務効率化を主な目的として、デジタル技術の活用が進んでいるほか、燃料供給ビジネスでは、米国ベンチャー企業によるオンデマンド給油サービスの展開や、AI・画像認識技術を活用した無人給油などの新たなサービスの登場が見られる。

以下に海外での例を示す。

①The Reality of the Promise of Artificial Intelligence KBR Consulting

■AI ニューラルネットワークモデル

- ・CDU/VDU シミュレーションによる 得率やエネルギー最適化
- ・LP モデル最適化
- ・高度制御アプリケーション

■デジタルツイン

- ・プラント設計 データハウス
- ・センサー、測定機器、材料の3Dモデル

■リアルタイム測定

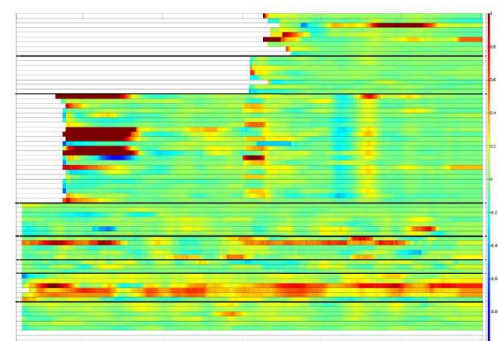
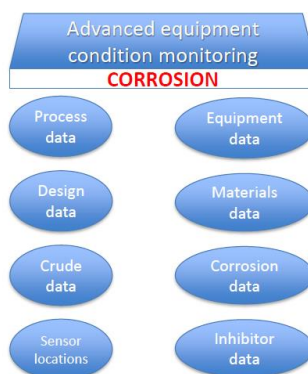
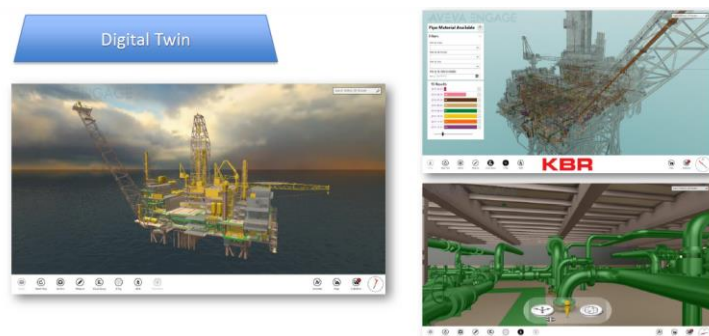
- ・事故故障時の管理アドバイザー
- ・安全性

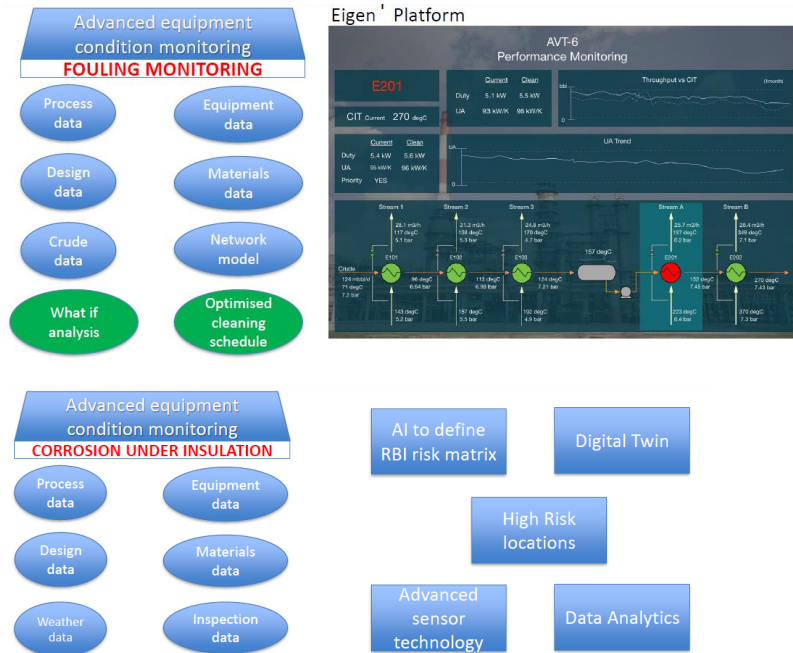
■高度装置状態モニター

- ・腐食、ファウリング
- ・無人設備

■異常状態検知

- ・オペレーション
- ・標準状態からの逸脱





②Spotlighting the Darkest Corners of Your Plant

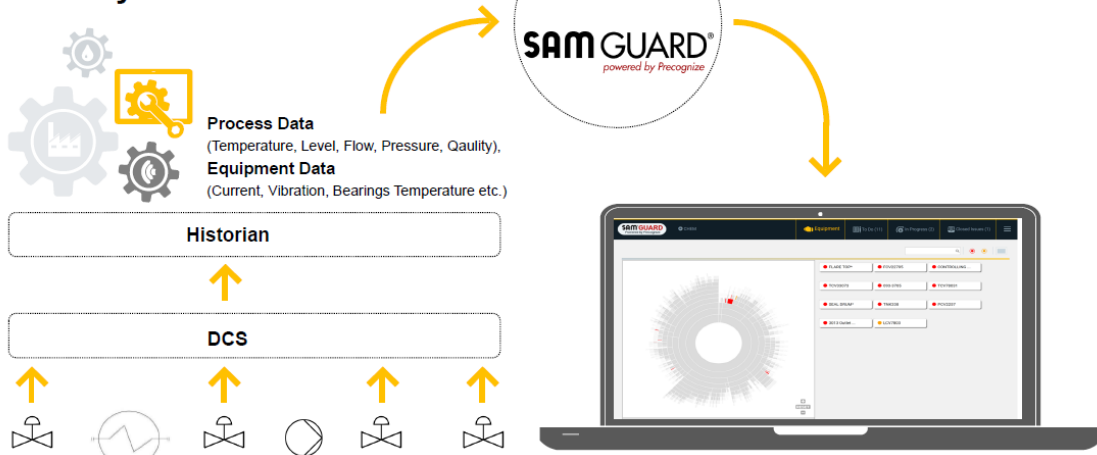
Precognize

■ヒストリアンのデータをオンプレミスのコンピューターで処理することで、異常を検知する。

特徴は1日に出るアラームが0-5件程度であること、数日から数週間前の早期に検知すること、問題箇所を特定して示すことである。また導入期間が2週間程度と短いのも特徴である。(いわゆる教師なし学習で行うので、アラームが多く出る懸念があるが、それを抑えたのが特徴。ちなみにGE、シーメンスは教師なし学習、ハネウェルのシステムは教師あり学習で過去2回の事故があったものは学習することができるというとのこと。)

アラームが出たらデータを確認すること事故を防げる。実際過去にアラームを2回無視することで火災に至った例を示している。

The Data that is Already There to Start!



③Getting from Smart to Digital Operations Honeywell International

■プロセス異常検知を行い、解決方法を提示するサービスを行う。

世界中で35ユニットと契約している。

■装置管理として、画像によるクラック検知やファウリングマネージメントを紹介

■メンテナンス支援として、モバイル端末、クラウド、VR、解析技術などを紹介

④Proactive Maintenance on a Fleet of Critical Large Machines Using Early Detection Digital Tool TOTAL R&C

■ビッグデータ解析によりプロアクティブメンテナンス(早期検知により重大ダメージを予防する)を進める。

■例としてガスコンプレッサーの故障を15日前に検知し、運転の修正とメンテナンスの事前準備を行った。

遠心ポンプの稼働率 0.04%、レシプロポンプの稼働率 0.1%向上により、メンテナンスコストを年間 10%改善した。

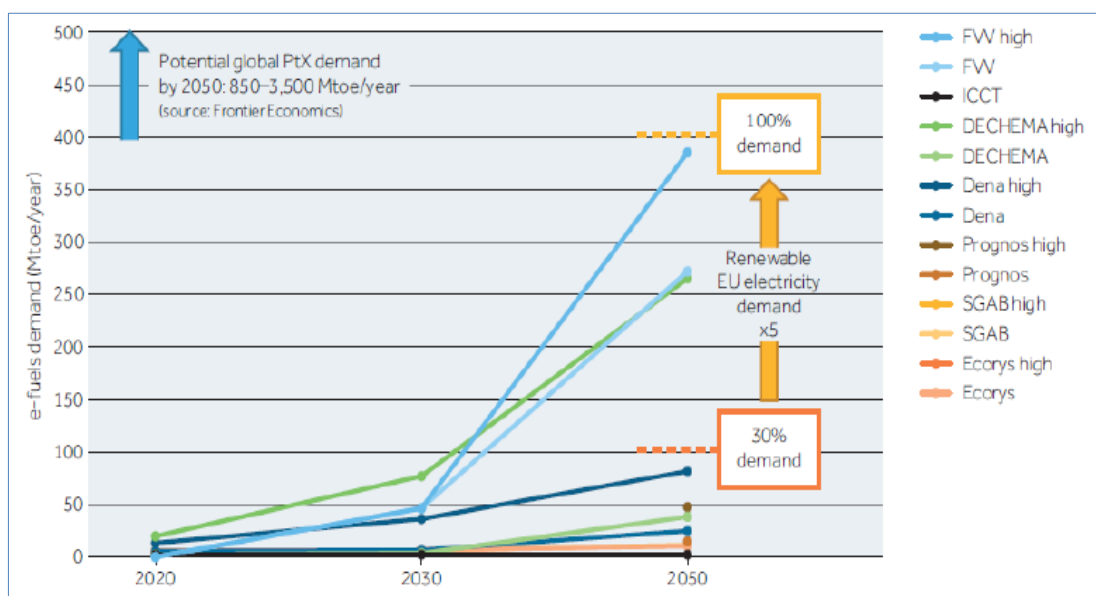
■故障予知により回転機器のダウンタイムを 0.12%回避できた。これによりメンテナンスコストの 86%を抑制することが期待できる。

(4) カーボンリサイクル

地球温暖化対策や廃プラスチックの海洋汚染問題など環境問題に対する関心の高まりからカーボンリサイクル技術の確立が求められ、世界中で産官学連携のもと研究開発、技術開発が進められている。この技術開発では、CO₂を資源として捉え、これを分離・回収し、鉱物化や人工光合成、メタネーションによる素材や燃料への再利用等とともに、大気中へのCO₂排出を抑制していく。省エネルギー、再生可能エネルギー、CCSなどとともカーボンリサイクルは鍵となる取り組みの一つとなっている。以下海外における取り組み例を示す。

① E-Fuels に関する Concawe の報告

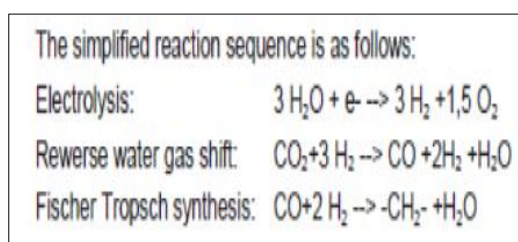
Concawe では各調査機関のシナリオをまとめ、e-fuel 需要見通しを報告している。2050年時点の欧州年間需要は0~400百万tと幅が大きい。予測は難しいが、多くの機関の予測が集中している需要の約30%を置き換えるとすると最大で年間需要は約100百万tと予測している。



出典：ERTC Understanding the technology. Challenges and potential opportunities (Concawe)

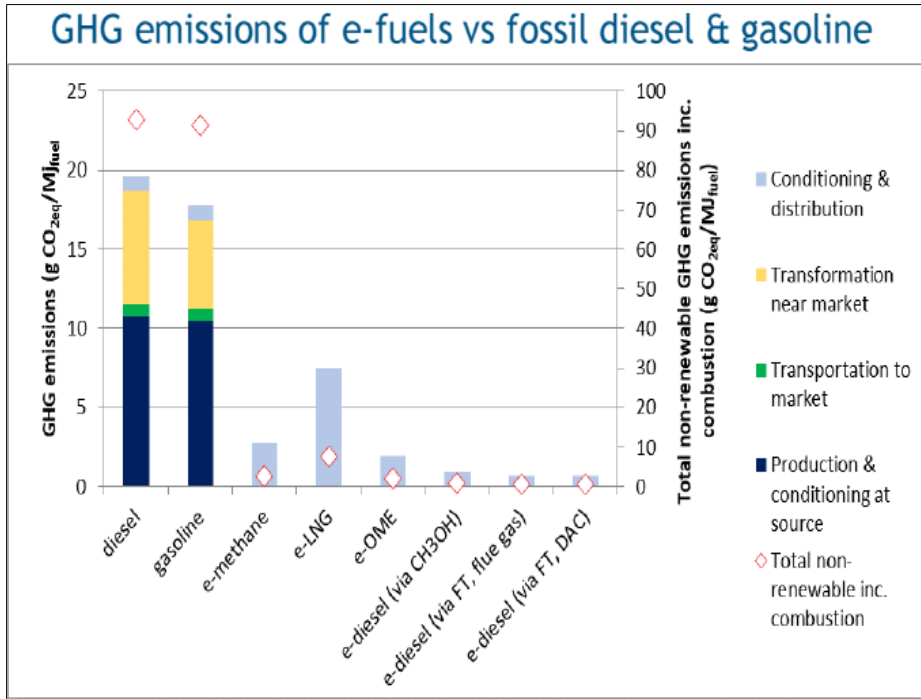
図 1.3-8 E-FUELS の需要予測

e-fuel はさまざまな種類があるが、再生可能電力から水素を製造(Electrolysis)し、水素とCO₂により合成ガスを生成(Rewerse water gas shift)、FT合成(Fischer Tropsch synthesis)により合成燃料を生産する。製造過程において、化石燃料比で変換コストはかかるが、GHG 排出は、ほぼ無いに等しい。



出典：ERTC Understanding the technology. Challenges and potential opportunities (Concawe)

図 1.3-9 E-Fuels 製造の反応

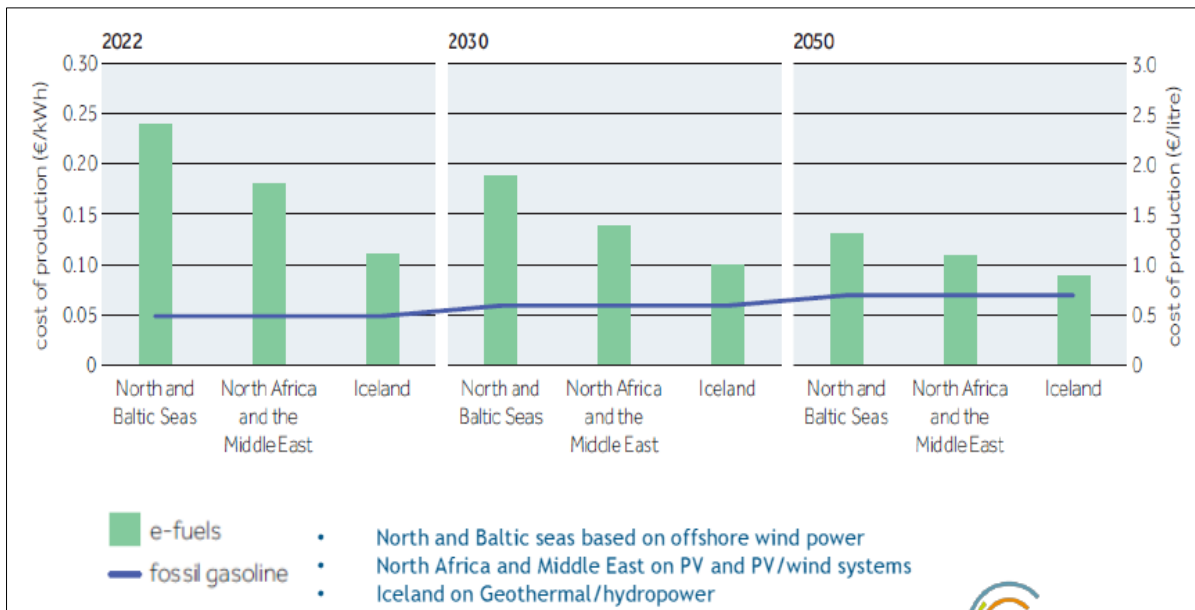


出典：ERTC Understanding the technology. Challenges and potential opportunities (Concawe)

図 1.3-10 各燃料からの GHG 排出量

コストは漸減していき、2050年には、化石燃料(0.7€/L)に近いレベルまで改善すると見込まれる(地域により0.9~1.3€/L)。コスト内訳では、再生可能電力(Renewable Energy Sourced Electricity)と電気分解(Electrolysis)部分が合計で61%と過半を占めており、この改善がコスト削減のポイントとなる。

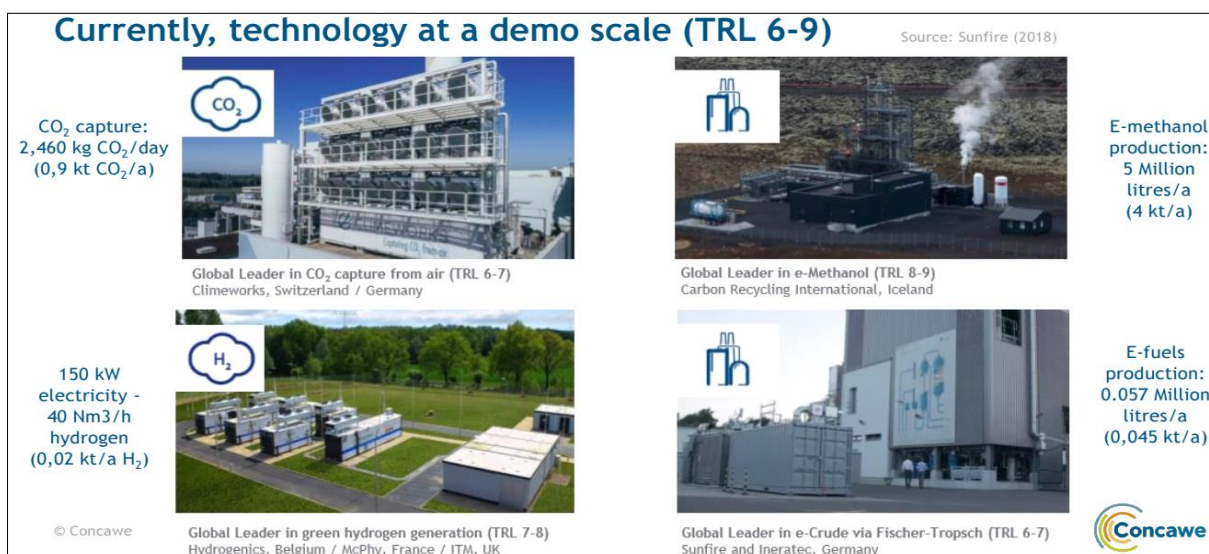
【年度別コスト比較(e-fuel 対 化石燃料)】



出典：ERTC Understanding the technology. Challenges and potential opportunities (Concawe)

図 1.3-11 E-Fuels の製造コスト

アイスランドにおけるe-メタノール生産については、技術実証レベル(Technology Readiness Level) 8~9に進んでおり、商業運転に向けた実際の技術がほぼ確立した状況となっている。



出典：ERTC Understanding the technology. Challenges and potential opportunities (Concawe)

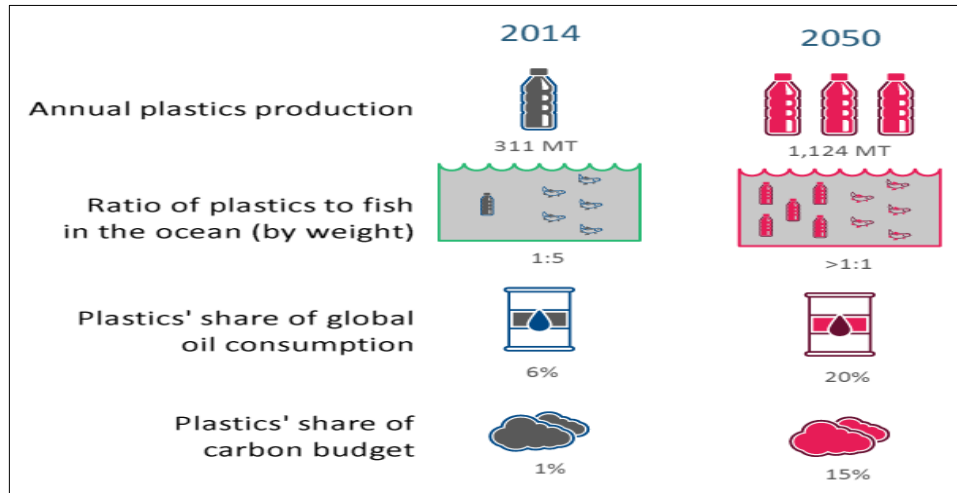
図 1.3-12 E-Fuels の実証デモプラント

E-Fuels に関する欧州でのメジャー石油会社の取り組みが進んでいる。

- Shell は 10MW の電解装置 (1.3kt グリーン水素/年) を Rheinland 製油所に 2020 年を目標に建設している。Shell とドイツ州政府はこの製油所で E-Fuels の生産に関する FS を行い、2019 年末までに FS を終了することを発表した。この FS ではドイツ州政府と建設費補助、燃料規格/規制について検討する。なお生産した E-Fuels はジェット、自動車燃料に混ぜて販売する方向とのこと。
- Sunfire と Total はドイツ Leuna 製油所で e-methanol 製造プロジェクトに関して協力することを発表した。発表内容は以下の通り。
 - 2021 年に製造開始を目指し、3 年で 500t の e-methanol を生産する。
 - Sunfire は 1MW の電解装置を担当し、製油所の CO₂ から e-methanol を製造する。
- BP では Green 水素の製造プロジェクトをロッテルダムの製油所で進行中で、さらに 250MW 電解装置 (45kt グリーン水素/年) で低炭素燃料 (メタノール、DME、OME、FT-Diesel 等) や化学品を提供することを検討中。

② 廃棄プラスチック再生技術（ERTCにおけるKBRおよびClariterの報告）

プラスチック生産量は年々増加しており、2050年には1,124百万t(2014年対比4倍)が見込まれており、石油消費におけるプラスチックのシェアも20%と2014年対比3倍以上の増加が見



込まれる。一方、生産されたプラスチックのうちリサイクルに回されているのは10%に過ぎず、このままプラスチックの海洋廃棄が続けば海洋の魚の量と同じになるとされている。

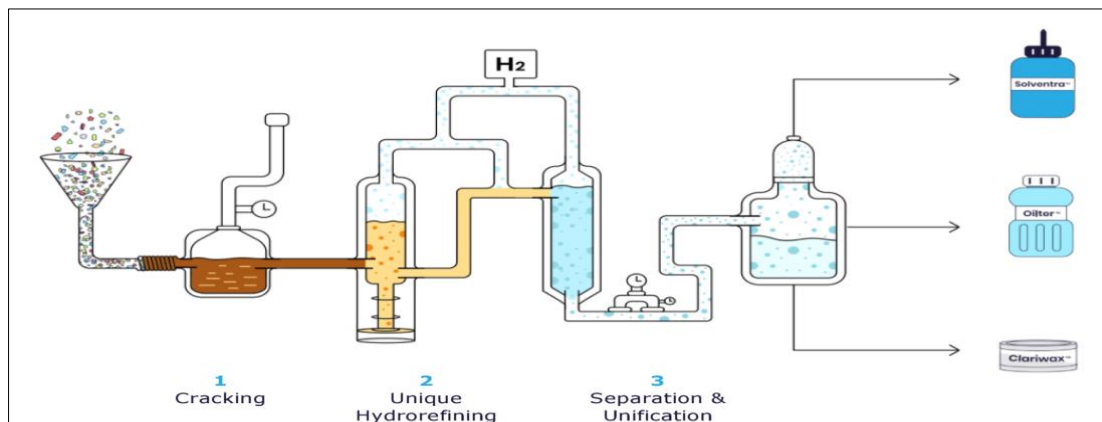
出典 ERTC Conference Waste? Not. Want? A lot. (KBR Consulting)

図 1.3-13 2014年と2050年のプラスチック生産に関する比較

プラスチックのリサイクル技術は大別して3つあり、マテリアルリサイクル（「材料リサイクル」「材料再生」「再資源化」「再生利用」などといわれ、廃棄物を原料として再利用）、サーマルリサイクル（焼却の際に発生する熱エネルギーを回収・利用）、ケミカルリサイクル（化学反応により組成変換した後、再資源化）とされる。そのうち、以下のケミカルリサイクルによる2つの技術が紹介された。

ア. Clariter 社ケミカルプロセス

廃プラの粉砕物から以下のプロセスにより、3つの製品(化粧品原料オイル、ワックス、溶剤)を生産できるとしている。南アフリカで最初のテストプラントを立ちあげており、現在の処理量は、まだ、年間1千tであるが、最大15千tまで増強計画があるとしている。

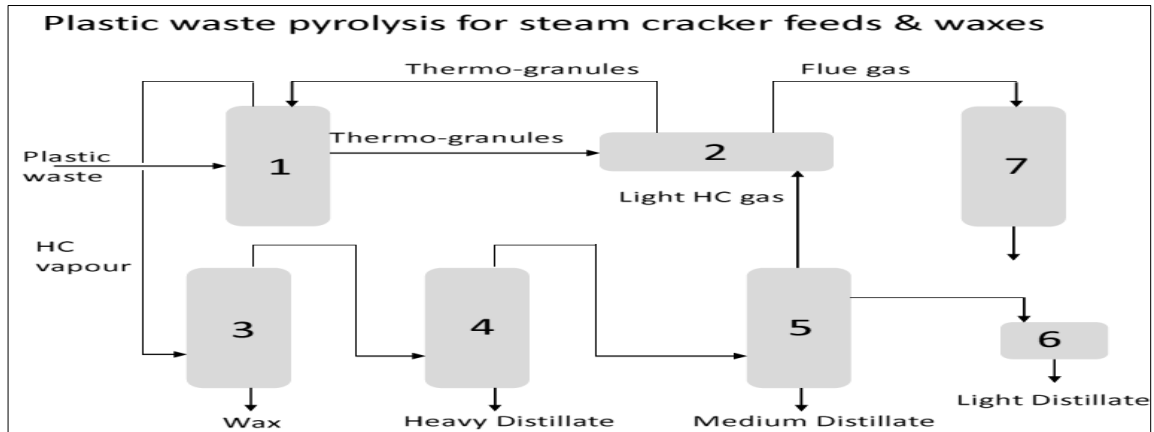


出典 : ERTC Making specialties out of plastic waste? Yes, we do it! (Clariter)

図 1.3-14 Clariter 社ケミカルプロセス

イ. KBR 社紹介プロセス

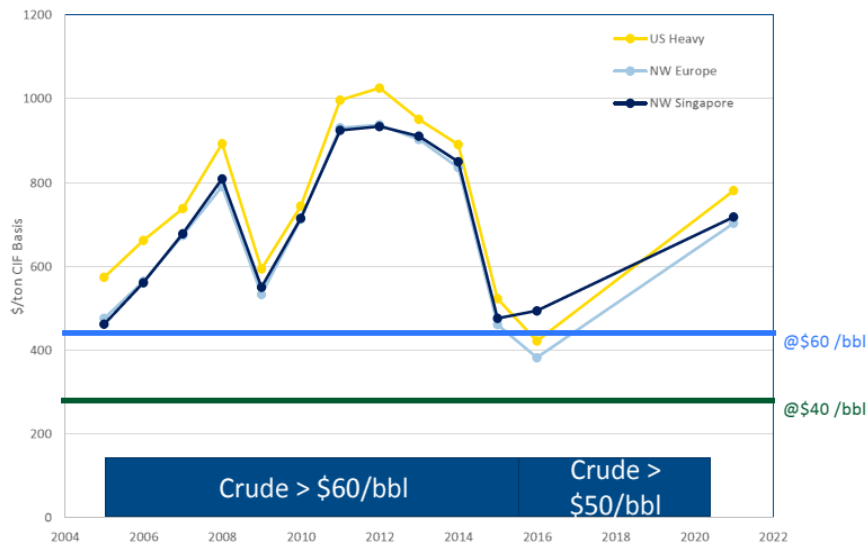
年間 7000t の原料処理量に対し、製品得率は、約 75%(年間 5200t)となっている。熱分解装置により、WAX をはじめ、軽～重質の留出油を生産できる。



出典：ERTC Conference Waste? Not. Want? A lot. (KBR Consulting)

図 1.3-15 KBR 社ケミカルプロセス

地域によって差はあるが、欧州の廃棄プラスチックコストは、369US\$/t(50US\$/bbl レベル)であり、原油価格が足元のように 50US\$/bbl を超えていけば、比較して競争力があるとみている。



出典：ERTC Conference Waste? Not. Want? A lot. (KBR Consulting)

図 1.3-16 KBR 社ケミカルプロセス

1. 4. 社会環境分析

社会環境の想定として PEST 分析を行った。PEST 分析は石油産業に関する項目をリスト化し、時間軸と重要度を合わせて評価した。

表 1. 4 PEST 分析結果

| P(政治) | 時間軸 | 重要度 |
|--|---------------|-----|
| IMO硫黄分規制 | -2030年 | 大 |
| 各国の硫黄分規制強化、燃料品質の均一化 | -2030年 | 大 |
| パリ協定、エネルギー基本計画、エネルギー情勢懇談会 | | 大 |
| →エネルギー革新戦略、温暖化に対する世界的な取組み | -2030年 | 大 |
| →エネルギー環境イノベーション戦略 | 2030年- | 大 |
| 米国のエネルギー政策転換(原油輸出解禁) | -2030年 | 大 |
| エネルギー事業のボーダーレス化 | -2030年、2030年- | 大 |
| 水素に関する法制度の緩和 規制見直し | -2030年 | 中 |
| 新高度化法 | -2030年 | 中 |
| 大震災対策 | -2030年 | 中 |
| 中東の不安定化、資源国の地政学リスク、国際情勢不安 | 常時 | 不明 |
| | | |
| | | |
| E(経済) | 時間軸 | 重要度 |
| 石油化学事業のグローバル競争、海外移転 | -2030年 | 大 |
| 流通ビジネスの変化 | -2030年 | 大 |
| 外国製品との価格競争の激化、 | -2030年 | 大 |
| 欧州におけるディーゼル車から電気自動車へのシフト | -2030年 2030年- | 大 |
| 先進国でのエネルギー需要の停滞 | -2030年 | 中 |
| 国内のエネルギー需要減少(省エネ、海外移転) | -2030年 | 中 |
| 電力価格の高騰、(移動体用電力への課税、原子炉廃炉) | | 中 |
| 埋蔵量増加 | 不明 | 不明 |
| 原油・ガス・石炭価格差拡大/縮小 | 不明 | 不明 |
| | | |
| | | |
| S(社会) | 時間軸 | 重要度 |
| 石油会社の減少 | -2030年 | 大 |
| 国内での人口減、少子高齢化 | -2030年 2030年- | 大 |
| 石油の需要構造変化、需要のアンバランス | 2030年- | 大 |
| 温暖化対策 | -2030年 | 大 |
| ・脱石炭、脱石油政策の進展 ファイナンス、ガスシフト | | |
| 3Eの優先順に変化?(環境or経済重視、セキュリティ軽視) | | |
| 温暖化対策 | 2030年- | 大 |
| ・電化(EVシフト、再生可能エネ) | | |
| APACでの人口増、海外アジアの需要増 | -2030年 2030年- | 大 |
| アジア・中東で大型製油所新設等による石油・石化製品輸入拡大の懸念 | -2030年 | 大 |
| 労働力・技術者減少、人材育成、技術継承難 | -2030年 2030年- | 大 |
| 外国人労働者の増加 | -2030年 2030年- | 大 |
| 自然災害(巨大地震、噴火等)への対応の社会的要請 | 2030年代 | 大 |
| 海外での大気環境問題 | 2030年- | 中 |
| 都市部への人口集中、過疎化の加速 | 2030年- | 中 |
| 鉱工業メーカーのシェア変化 | -2030年 | 中 |
| レアメタル枯渇し資源ナショナリズムが高まる | -2050年 | 不明 |
| 水資源問題の顕在化 | -2050年 | 不明 |
| | | |
| | | |
| T(技術) | 時間軸 | 重要度 |
| 自動車技術 PHV,EV,FCV,自動運転,燃費向上 | -2030年 2030年- | 大 |
| 温暖化対策技術、CO2低減技術、再生可能エネルギー、水素 | -2030年 2030年- | 大 |
| CCS,CCU,省エネ技術、熱の有効利用、排熱送電ロスの低減 | | |
| バイオ燃料、風力、太陽光、CO2フリー水素、蓄電技術、人工光合成 | | |
| ICT技術、VR,AR技術、ロボット技術 | -2030年 2030年- | 大 |
| 保守メンテナンスの高度化、流通・販売の更なる効率化(稼働率向上 輸出国への対抗) | | |
| 石油産業の低コスト化、石油製品の高付加価値化 | -2030年 2030年- | 大 |
| ペトロ実用、高機能性素材開発、シェールガスオイル、中南米原油、国内新資源 | | |
| ボトムtoケミカル、石化原料の多様化、中国のCTO/MTO | | |

1. 5. 石油産業を取り巻く課題

社会環境分析から、石油産業に大きく関係する項目を、課題として抽出した。

- ① 国内石油会社の減少
- ② 国内における燃料需要の減少および石油需要構造の変化
 - ・国内での人口減、少子高齢化、省エネ技術の進展、自動車燃費の向上により 2030 年までに現在より 2 割減少する予測
 - ・エネルギーシフトの政策、IMO 硫黄分規制 HS 重油、ガソリン需要が下がり、ディーゼル油需要が横ばい、JET 微増

| | 2016 | 2025 | 2030 | |
|---------|------|------|------|-------|
| 日本(NPS) | 3.7 | 3.0 | 2.7 | mmb/d |

- ③ アジア中東地域での石油需要の増加、海外需要構造の変化
- ④ 石化事業のグローバル競争、海外移転
- ⑤ 原油供給先の多様化
- ⑥ 地球温暖化対策、CO₂ 対策、長期的なエネルギーシフトおよび政府の支援
- ⑦ 国内石油業界における労働人口の減少、技術継承、外国人労働者の増加
- ⑧ 自然災害（巨大地震、噴火等）への対応の社会的要請
- ⑨ ICT 技術の進展、流通業界を発端としたビジネスの変化
- ⑩ 自動車技術の変化
- ⑪ 石油産業における精製技術の進展

これらまとめると、将来の石油産業について以下の課題シナリオが考えられる。

短中期的には国内の石油需要は 2030 年までに現状の 2 割減、長期的にはさらに下がることが予想される。2030 年においても日本の一次エネルギーの 30%は石油が使用され、エネルギーの太宗を占めているものの、特に自動車の減少や燃費向上によりガソリン需要が減少し、火力発電の燃料ガス化により重油需要が減少するなど構造的な燃料シフトが進んでいる。また安価なシェールガスが基礎化学品の原料として供給され日本のエチレン生産量が大きく減少することも想定されている。このように国内石油需要は、長期的に確実に減少する。

一方でアジア地域においてははまだ石油需要の伸びが予想され、特に化学品については需要の伸びが大きいことが予想されている。このアジア市場の伸びに対しては世界中の石油会社が注目しており、またアジア各国でも新設 COTC コМПレックスが建設され稼働しつつあることから、厳しいコスト競争が広げられることが予想される。

以上の状況から日本の石油会社も需要に合わせて柔軟に石油製品と石化品を生産する技術を確立し、海外製品以上のコスト競争力を有することが急務である。このアジア市場で勝ち抜かない限り、国内市場の縮小に合わせて精製規模を縮小していかざるを得ない。

一方で中長期的には地球温暖化問題への対応として脱炭素化が課題となる。2050年に向けて脱炭素化が叫ばれており、エネルギー転換に向けた動きが活発化してきている。特に海外では主要国、主要企業が脱炭素化を標榜しており、国家間の覇権争いとなっている。一方で、経済性、環境性、安全性、エネルギーセキュリティをすべて満たす道は示されておらず、不確かかつ不透明である。このような状況下で海外の石油会社でも二酸化炭素低減に向けた取り組みが行われており、将来に向けた対応が模索され、石油産業の存続をかけた取り組みとなっている。日本も国際協調の中で2050年に二酸化炭素80%減を掲げている。将来的にエネルギー転換が進められたときに、石油業界の縮小または海外石油会社技術に頼らざるを得ないことが想定される。

また日本の人口減少および高齢化に伴う労働人口の減少は産業全体に大きく影響し、石油産業においても労働力の確保の観点から取り組むべき課題と想定された。製油所でのオペレーションだけでなく配送や販売など労働力が足りなくなる懸念は広がっている。これら労働力不足に対して、海外からの労働力の流入も期待される。今後は質の高い労働力を確保するとともに、安全操業の観点から従来から培ってきた技術を確実に伝承していくシステムが求められる。

さらに人口構造の変化は、都市・過疎地問題にも展開される。特に非人口集中地区では「SS過疎地問題」も起きており問題解決に向けたシステム作りが必要となる。

2. 将来の石油産業ビジョン

2. 1. 石油産業のビジョン

石油産業を取り巻く課題について検討した。この結果として、石油製品や石化品の柔軟かつ高効率な生産体制の確立、温暖化対策への石油産業の対応、人口問題への対応と人材確保が課題シナリオとして挙げられた。

これら課題シナリオに対して、石油産業は社会の要求に応えつつ石油エネルギーを持続的に安定供給することが求められている。石油エネルギーの社会的な要求としては国内だけではなく全世界的な視点での環境問題や安心安全への要求に応じていくことが求められている。また国内への持続的な安定供給のためには、ますます厳しさを増す国際市場において競争力の強化が不可欠となる。いわずば世界的規模での社会的要求と地域への貢献を同時に満たす「グローバル Industry」が石油産業に求められる方向性と考える。

この「グローバル Industry」を実現していくために、将来の製油所として大きく3つの機能が求められると想定した。

- ① さらなる高効率化
 - ・高度精製技術や稼働信頼性の向上により高効率、低コスト化する。
 - ・推進に当たってはあらゆるイノベーションを推進する必要がある。
 - ・内需向けに対しては生産コストをインポートパリティ以下に設定し、かつ国内消費地に近い。
(地域毎に拠点製油所)
 - ・外需向けに対しては生産コストをエクスポートパリティ以下に設定し、大型タンカーによる出荷設備がある。
- ② 変化に応じた柔軟生産
 - ・今後の需要構造の変化に合わせ、石油製品や石化向け基礎化学品を柔軟に生産できる。
特に石化シフトの観点から柔軟で選択的な石化品製造を行う。
 - ・フィード原料や製品の多様性への対応を行う。
 - ・海外石化コンプレックスと比べ競争力を有する。
- ③ 地球温暖化対応
 - ・精製における温暖化ガスの排出を抑える。精製エネルギーを最小に抑えエネルギーとして再生可能エネルギーを活用する。
 - ・水素燃料や再生可能な生物由来の有機性資源を原料とした燃料を生産する。
 - ・石油精製の技術や資産を活用し、低コストかつ大規模に生産する能力を有する。

これら高効率生産、石化シフトは、独立した機能ではなく、地球温暖化への対応と融合し合わせた機能が求められてくる。

これら内容から今後目指すべき石油産業の3つの将来ビジョンを構築した。

社会の要求に応え、石油エネルギーを持続的に安定供給するために

目指す姿: グローカルIndustry (社会を地球規模で捉えつつ、個々に合わせた貢献を行う)

持続的安定供給のため
石油産業の国際競争力を強化する

石油エネルギーに対する国際社会の
要求の高まりに応える
(環境、安全、安心)

実現に向けた
3つの機能

高効率化

- 高度精製技術、稼働率向上により高効率・低コスト化
- イノベーション推進

変化に応じた柔軟生産

- 柔軟で選択的な石化品製造
- フィード原料および製品の多様性への対応

地球温暖化対応

- 省エネ技術の促進
- 炭素循環の実現
- 非化石原料の活用

図 2.1-1 石油産業の目指す姿

(1) カーボン循環型燃料・ケミカルハブ

世界的な温暖化への関心の高まりに対して、脱炭素化は将来的に進むべき方向性と考える。そのためにはカーボンリサイクルに向けた廃プラスチックのリサイクルプロセスの技術確立、合成燃料である E-Fuels の生産技術の確立は継続的に進めるべき技術的課題と考える。また、これら廃プラスチックのリサイクルや合成燃料製造では原料の確保が不安定であること、また製造されたカーボンリサイクル油は当面石油製品と混合して使用するため最終製品の品質管理が必要であることなどの課題が考えられる。

カーボン循環型燃料・ケミカルハブでは、従来の石油製品の生産と合わせて、バイオ燃料や廃油処理燃料、廃プラ処理、合成燃料である E-Fuels の生産の機能を合わせて持つ。当面カーボンリサイクル燃料と石油製品を混合して供給する形態が想定できることから、石油製品とカーボンリサイクル燃料の両方の生産を合わせて行うことにより、製品の安定供給や品質管理が可能になる。

将来的には CO2 削減や炭素循環社会の構築に対しても既存の製油所を活用して貢献していく。具体的には生産時のエネルギーとして再生可能エネルギーを用いること、廃油や廃プラスチックを石油製品として再処理すること、CO2 をベースとした合成燃料の生産などにより炭素循環社会を実現する。しかしこれらカーボンリサイクル燃料は、従来の石油製品と合わせて水素化処理、熱分解や溶解処理、さらには微量成分の分離混合処理を施す必要がある。これは今までの原油処理では経験のない柔軟な生産技術を確立しないと実現することはできない。さらに生産品についても、カーボンリサイクル燃料の供給や低 GHG 製品や化学品の生産、水素等の低 GHG エネルギーを供給するなど、生産品の多様化や需要変動に即した生産の柔軟性も求められる。

一方で既存の石油製品の生産では、国際競争力の強化に向けて、既存の製油所で高効率化や処理原油の多様化等により低コスト化を進めており、フィード原料の多様化および需要構造の変化に対して、柔軟かつ最適な生産技術を確立していく方向にある。

このようにカーボン循環型燃料・ケミカル製造ハブでは原料フィードの量、品質が多様化した不安定であるため従来の経験的なオペレーションでは安定的に低 GHG エネルギーや低 GHG 製品、低 GHG 化学品を供給できなくなる。原油からの石油精製からカーボンリサイクルプロセスへ移行を進めるためには、現行プロセスのオペレーションのフレキシビリティ向上と最適化が必要である。そこで従来の経験則のオペレーションを分析し、AI 等を活用した成分分析と技術に基づくオペレーションに再構築することが必要になる。

世界的な温暖化への関心の高まりに対し、既存製油所を活用して CO2 削減や炭素循環型社会の構築に貢献するための将来ビジョンがカーボン循環型燃料・ケミカルハブである。ここでは、従来の石油製品生産と合わせ、バイオ燃料や廃油処理燃料、CO2 をベースとした合成燃料である E-Fuels の生産、廃プラスチック処理を行い、使用するエネルギーは原則として再生可能エネルギーとする。

カーボン循環型燃料・ケミカルハブを実現するためには、廃プラスチックのリサイクルプロセス技術、E-Fuels の生産技術確立等が必須であるが、カーボンリサイクル燃料生産にあたっては、従来の石油製品と合わせて水素化処理、熱分解処理や溶解処理、更には微量成分の分離混合処理を施すことが必用であり、従来の経験的なオペレーションでは対応が困難である。そこで、従来のオペレーションを分析し、AI 等を活用した成分分析と先進技術に基づくオペレーションに再構築することが必要となる。また、カーボン循環型燃料・ケミカルハブにおいては、原料が多様化するだけでなく製品も多様化し需要変動に即した柔軟な生産体制が求められる。そのためにも AI やデジタルデータを活用したオペレーションが求められる。

尚、カーボンリサイクル燃料は当面石油製品と混合して使用することが想定され、製油所で両方の生産を行うことで、製品の安定供給や品質管理が可能になるというメリットもある。

カーボン循環型燃料・ケミカル製造ハブ

- GHG削減には製油所設備と新規プラントを連携し、最終的には製油所で安定した製品品質確保と安定供給を行う必要がある。→ **カーボン循環型燃料・ケミカル製造ハブ**

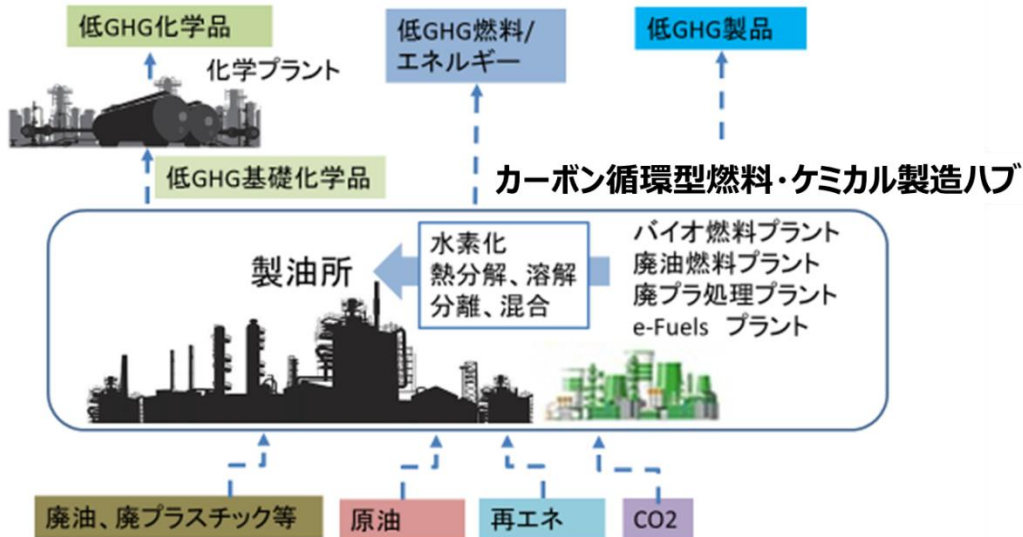


図 2.1-2 カーボン循環型燃料・ケミカル製造ハブ

カーボン循環型燃料・ケミカル製造ハブ

将来のE-F製造との統合を見据えた
超高効率石油精製



【課題1】

カーボンリサイクルプロセスの開発 → **廃プラ・ケミカルリサイクル、E-Fuels製造プロセスの検討**

【課題2、3】

- ・**フィードの量、質が多様化/不安定**であり、従来の経験的なオペレーションでは安定的に低GHGエネルギーや化学品、製品を供給できなくなる。
- ・原油からの石油精製からカーボンリサイクルプロセスへ移行を進めるためには、現行プロセスの**オペレーションのフレキシビリティ向上と最適化**が必要である。

(→ **日本版COTC、デジタルSSRC構想とも関連**)

図 2.1-3 カーボン循環型燃料・ケミカル製造ハブの課題

(2) 柔軟生産石化シフト（日本版 COTC）

世界的に、燃料油需要の減退に対し新興国を中心とした化学品の需要の伸びが予測され、石油精製から石化品へのシフトは大きな潮流となってきた。特に石化製品を主力製品として生産することを目的として設計されたコンプレックスが建設され、**Crude Oil-to-Chemicals (COTC)** と呼ばれている。

一方、日本国内の燃料油需要の減少は世界平均よりも早く進んでいる。そのため国内石油精製は他国よりも早く石化品にシフトし、需要構造に合わせた最適生産を確立していく必要がある。しかし、建設時から化学品得率最大化を視野に入れた海外コンプレックスに対し、日本では白油の生産を最大化することを目的に装置構成されてきた。柔軟生産石化シフトでは、この既存設備を活用しつつ、化学品得率を最大化し、国際競争力を維持していくこととして、以下のポイントがあげられる。

a) 燃料油供給の国際競争力の確保（個社の経営基盤強化）

ペトロリオミクスをはじめとし、従来より培ってきた技術を高度に活用しコア・コンピタス戦略を推進する。

b) 国内石油化学との共存あるいはコンビナート再編（産業構造問題への対応）

国内エチレンセンターの原料がナフサから天然ガス系にシフトすることによる、プロピレン、BTX などの基礎化学品収率が減少傾向になることを補完する必要がある。

c) シェールガス&オイルへの移行だけに頼らない長期的視点（国の資源戦略に直結）

相対的に価格低下傾向になる重質原油処理能力の確保

石化シフトは燃料油から石化留分を抽出する程度の小技でなく、原油から最高効率で石化品を製造するスタイル、いわゆる 日本版 **Crude Oil to Chemicals (COTC)** と称される大きなコンセプトでの推進が期待されている。

(3) デジタルデータ利活用（デジタルSSRC 構想）

将来型カーボン循環型燃料・ケミカルハブでは、従来の経験的なオペレーションをデジタルで再構築し、フィード原料の多種多様性や製品の多様化に対応していく必要がある。また製造だけではなく配送さらにはSS販売も含めてデジタルトランスフォーメーションによる効率化の潮流は明らかである。

製造分野においてはデジタルトランスフォーメーションにより柔軟最適なオペレーションと安全操業の確立があげられる。具体的には、原油成分データや操業データを活用し製油所のオペレーションを最適化する技術を確認する。安全操業に対しては、保全保安データのプラットフォームとAIユニットによるデータ活用技術を確認していくことを目指す。

また製造分野を配送分野と合わせて最適化、さらにはSS等の販売も含めてサプライチェーン全体での最適化を行うことも考えられる。特に配送分野においては将来的な人材確保が課題に挙げられておりデジタルトランスフォーメーションによる効率化は一つの対策となる。さらには、ドローンやロボットを使った配送など、他業種であらたな配送形態の取り組みも試みられており、将来的にはデジタルトランスフォーメーションが配送分野で進んでいくことは明らかである。

SSにおいてもSS過疎地対策にデジタル化による自動化無人化などのアイデアも考えられる。

原油選択～製品出荷の連携常時最適化と安全操業の確立

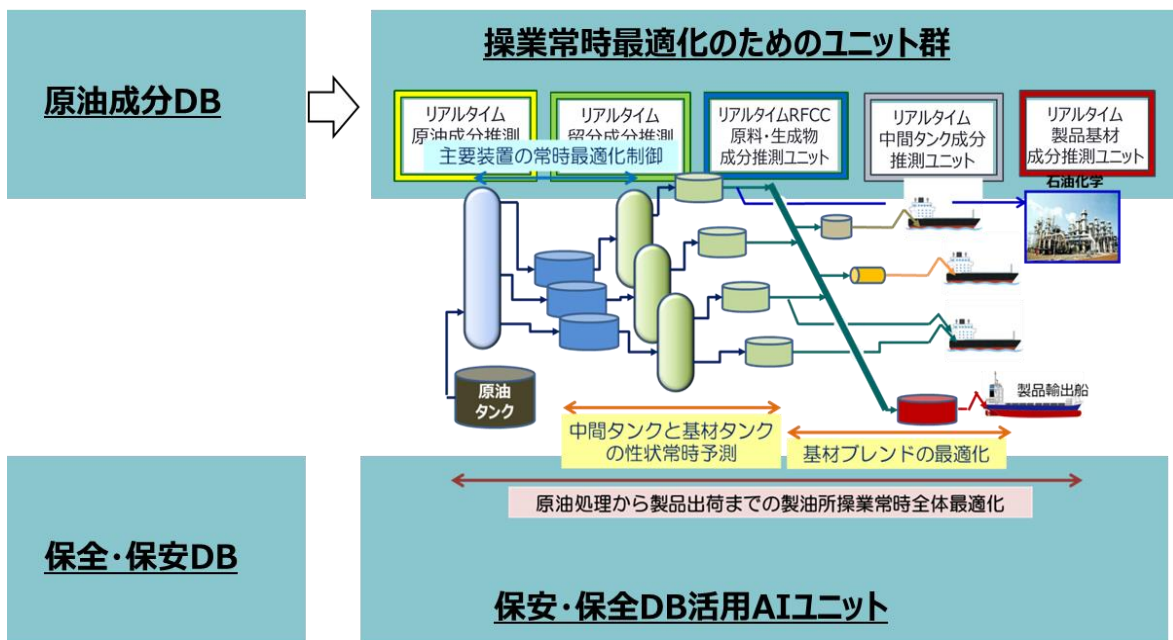


図 2.1-4 デジタルSSRC 構想

2. 2. 製油所ビジョンの実現に向けて

カーボン循環型燃料・ケミカルハブ、日本版 COTC、デジタル SSRC 構想の3つのビジョンはそれぞれ目標とする時間軸が異なる。

カーボン循環型燃料・ケミカルハブは、カーボンリサイクルが本格化し燃料油や化学品に占める割合がある程度増えてくる時期を想定し、2030年～50年頃に確立することを目指した長期ビジョンと考える。

一方、日本版 COTC やデジタル SSRC 構想はすでに燃料油需要がピークアウトし、石油製品需要の構造変化が起きている日本では早期に確立する必要がある。そのため2030年をターゲットにした取り組みが求められる。

かねてより石油精製技術の高度化や、ペトロリオミクスによる重質分の分析および分析結果の有効活用等の技術開発を行ってきた。これら技術は、製油所に適用されるとともに、それぞれ基盤技術となって次の技術開発の礎となっている。今後もペトロリオミクス技術の上に、日本版 COTC やデジタル SSRC 技術が築かれ、さらにその上に CR 燃料・ケミカル製造ハブの技術が築かれていくものと考えている。

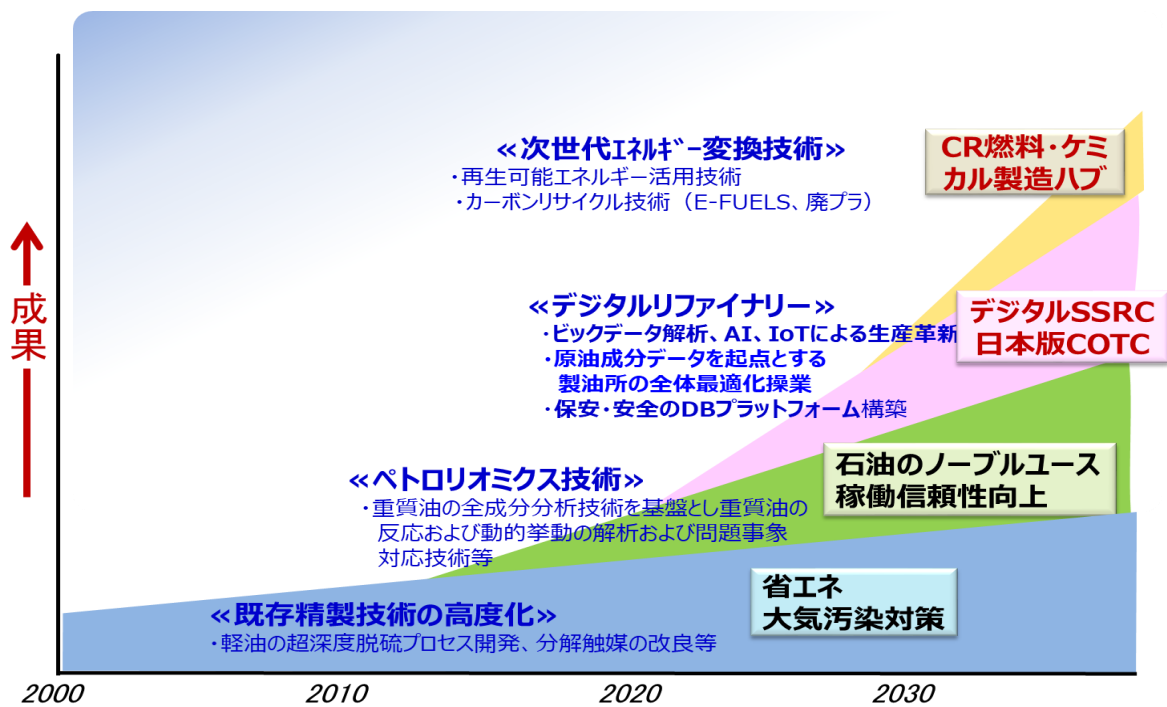


図 2. 2-1 製油所ビジョンの実現に向けて

3. 製油所将来ビジョンを実現するための技術（専門WG活動）

3. 1. ビジョン実現に向けた検討方法

「カーボン循環型燃料・ケミカルハブ」、「柔軟生産石化シフト（日本版COTC）」、デジタルデータ利活（SSRC構想の）3つのビジョンを実現するために、今後の技術開発について専門WGを設置し、詳細内容を検討した。

石油産業を取り巻く環境から技術課題を「生産性向上」、「海外展開」、「規制緩和への対応」、「労働人口の減少」、「新技術の活用」、「自然災害への対応」、「温暖化対策」と分類した。

これらのうち「生産性向上」、「海外展開」、「規制緩和への対応」は、いずれも国際競争力を強化するために対処しなければならない課題である。そこで、競争力強化のために必要な技術を分野ごとに分け「高度精製技術WG」、「信頼性向上技術WG」、「流通インフラWG」を設置して検討することとした。また、これら技術にはビッグデータやIoTなどのAI技術を組み込むことがポイントになると考えられるため、「製油所安定最適化DXWG」を設置し、他の競争力強化のためのWGと連携してデジタル技術利活用の視点から検討を行うこととした。

国内人口の減少に対して人材育成は今後の石油業界における大きな課題と考え「人材育成WG」を設置し、温暖化対策に対しては「地球温暖化対策WG」を設置した。

WGでの検討に向けて、技術課題について事務局でリストアップした。

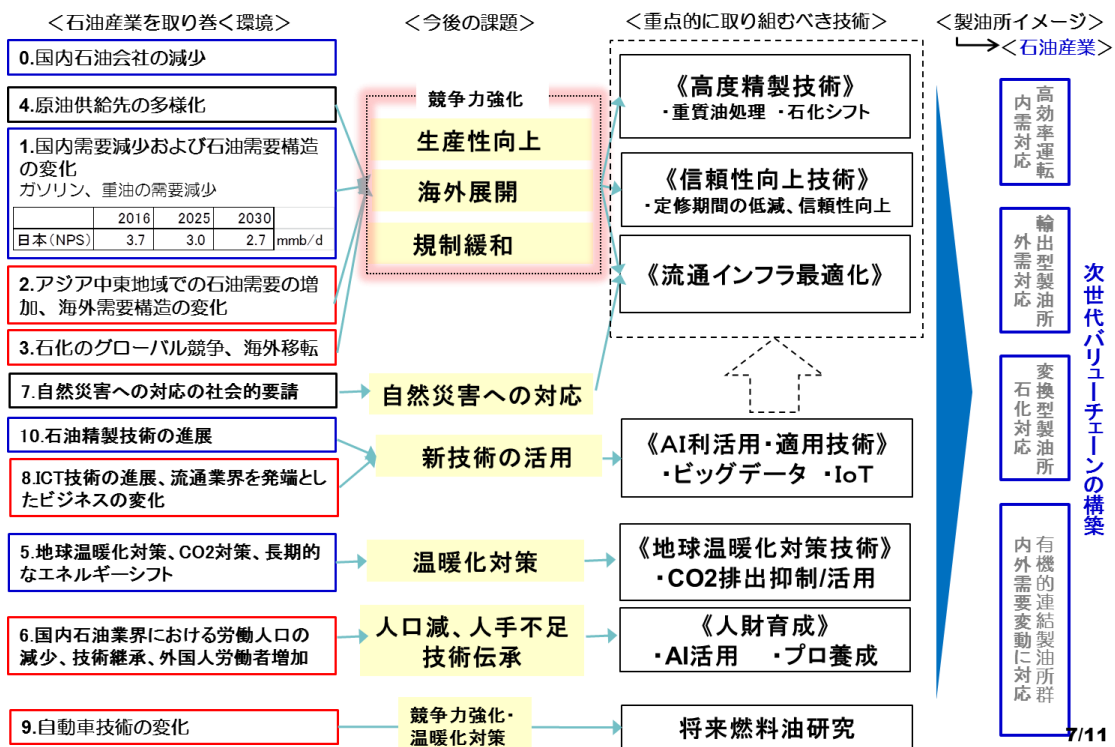


図 3. 1-1 ビジョン実現に向けた検討方法

表 3.1 想定した技術課題

| | | |
|---|-----------------|----------------------|
| 1. 生産性向上 | | |
| (1) 調達コスト低減 | | |
| ①原油選択の最適化 | 精製技術深化・高度WG | |
| <p>今後米国原油のさらなる輸出拡大が予想され、アジア地域においても、中南米産原油やロシアESPO原油に加えてシェールオイル等 非在来型原油など新たな原油ソースの台頭により、原油調達の自由度を高める機会が増えている。 原油選択の幅を広げる観点から、情報を共有し幅広い原油データベースを作成することが重要となる。 ・原油データベースの構築、非在来原油分析、原油オンライン分析技術等</p> | | |
| ②原油調達のタンカー共用 | 流通インフラ最適化WG | |
| (2) 精製コスト低減 | | |
| ①重質油処理 | | |
| a) 更なる重質油アップグレーディングの促進 | 精製技術深化・高度WG | |
| <p>ソロモンの調査結果では日本の重質油分解装置の稼働率が低いことが、精製コスト高の要因と指摘されている。 技術開発に当たっては、重質油の分析等共通の基礎技術を構築する必要がある。 ・分解プロセス/全体最適化、分解留分利用拡大/低品位留分の高品質転換技術、閉塞・腐食原因究明等</p> | | |
| b) 高効率重質油処理技術の開発 | 精製技術深化・高度WG | |
| <p>重質油分解装置からの得率を上げること、ボトムを減らすことが精製コスト低減に向けて求められる。 ・超高分解率型スラリー床水素化分解技術/高分解率型沸騰床水素化分解技術/重質油高度分解技術 ・劣質フィード対応型接触分解、直触触媒技術 ・新規高効率分解技術(超臨界水熱分解等)</p> | | |
| ②稼働率向上 | | |
| a) 定修期間の低減 | 信頼性向上技術WG | |
| <p>海外に比べて定期補修期間が長く、精製コストに及ぼす影響が大きいとの指摘がある。 定修項目や方法等の見直しにより、定修の周期延長及び期間短縮をはかることが求められる。 これらは、保全データの解析を行うためビッグデータを作成する必要がある。また技術開発と共に法規の改正が合わせて必要となる。 ・劣化診断・寿命予測、RBM等による定量的安全評価技術、設備管理技術 ・定修時期の共同計画(下請けが重ならないように) ・腐食予測技術(配管内面腐食、CUI)等による測定点の減少、AR機器や無人飛行機システム等による現場支援・作業効率化</p> | | |
| b) 信頼性の向上 | 信頼性向上技術WG | |
| <p>故障による停止期間、調整運転、低負荷運転減らすことが、稼働率向上のために求められる。 設備異常の早期検知システムを確立するためにはデータ共有によるビッグデータ解析が有効である。 ・腐食性評価技術、閉塞検査技術の確立 ・運転データを用いた設備異常の早期検知システムの開発</p> | | |
| ③コンビナート連携 | | |
| a) 中間製品の融通拡大による最適化処理 | 流通インフラ最適化WG | |
| b) 輸出インフラの共同利用 | 流通インフラ最適化WG | |
| ④燃料品質の見直し | | |
| <p>LCA全体でCO2低減となるよう、燃料性状の見直しを行う。 実施に当たっては規格の見直し、自動車業界等の他業界との調整が必要となる。</p> | | |
| a) 分解燃料の更なる活用 | (次期燃料油研究 J-MAP) | |
| <p>蒸留性状、セタン価、組成等の見直し</p> | | |
| b) 燃焼パラメータの最適化(オクタン価、セタン価等) | (次期燃料油研究 J-MAP) | |
| c) 輸送用燃料の更なる品質緩和 | (次期燃料油研究 J-MAP) | |
| ⑤製油所の自動運転 | | AI活用研究会(信頼性、精製、流通WG) |
| <p>安全性を担保したうえで、製油所の自動化を進める。 ワイヤレスセンサの活用や非防爆機器の活用などにおいて法規の見直しも伴う。 ・センサーネットワーク(既存センサ、新規ワイヤレスセンサ)による設備管理システムの構築</p> | | |
| ⑥省エネルギー技術 | | |
| a) 製油所運転の最適化 | AI活用研究会(精製WG) | |
| <p>AI技術を活用し、製油所の最適運転を実現する。 これにより、稼働率向上、精製エネルギーの低減、需給の最適化、在庫の低減などを図る。</p> | | |
| b) 排熱利用 | | |
| c) 中間タンクの削減 | 流通インフラ最適化WG | |
| <p>国内製油所は中間タンクが多くヒータ等の精製コスト高につながっているとの指摘があった。 柔軟な石油製品製造技術、ダイレクトフィード技術、石油需要を予測する技術等が必要になる。</p> | | |
| (3) 流通コスト低減 | | |
| ①在庫低減 | | |
| a) 原油調達-SS配送までの一貫管理、在庫最適化 | AI活用研究会(流通WG) | |
| <p>原油調達から精製、配送までの最適化を行う。 ICT技術による最適化を行うとともに、原油備蓄の見直しもあわせて検討する。</p> | | |
| b) 石油備蓄の有効利用 | 流通インフラ最適化WG | |
| <p>備蓄量や原油備蓄/中間製品備蓄/製品備蓄などを中心に議論されている。 中間タンクの削減、海外からの石油製品/中間製品の輸入、海外展開と合わせて生産性の向上を図っていくことも想定される。</p> | | |
| ②共同配送システム | | 流通インフラ最適化WG |
| ③SS無人化 | | 流通インフラ最適化WG |
| (4) 製品高付加価値化、石化シフト | | |
| ①基礎化学品 | | 精製技術深化・高度WG |
| <p>海外では大型製油所と石化プロセスの併設し、低コストで基礎化学品の検討が行われている。 海外ではPDH、FCC、スチームクラッキングプロセスなどが検討されているが、原油価格の低下により採算ラインを超えていない。 国内では高オレフィン収率型FCC/RFCC触媒、プロピレン等の分離膜の研究がおこなわれている。</p> | | |
| ②高機能材料 | | 精製技術深化・高度WG |
| (5) 国内石油需要構造変化への対応 | | |
| ①製品需要に合わせた生産のフレキシビリティ向上 | | 精製技術深化・高度WG |
| <p>中長期的なガソリン、重油⇒ナフサ/ジェット/化学品の需要構造変化に対して生産のフレキシビリティを上げるための検討を行う。 ・原油選択、プロセス条件、触媒選択等の最適組み合わせを行い、需要構造に合わせた生産/コストミナムとする技術開発を行う。</p> | | |
| ②海外からの石油製品/中間製品の輸入 | | 流通インフラ最適化WG |
| <p>海外の大型製油所との提携により、原油ではなく石油製品、中間製品の輸入を行う。 石油備蓄や海外との提携、石油会社の海外製油所展開と併せて考える。</p> | | |

| | | | |
|-----------------------------|--|----------------------|--|
| 2. 海外展開 | | | |
| (1) 海外への石油製品出荷 | 国内製油所の稼働率を上げるために海外への出荷を検討する。 出荷設備(棧橋、タンク、港、船)の課題がある。 | 流通インフラ最適化WG | |
| (2) 海外での石油精製 | 海外に大型製油所を建設する。 | 精製技術深化・高度WG | |
| (3) 海外への技術販売 | 日本国内で培った設備メンテナンス技術などを海外に技術販売する。 | 信頼性、精製、流通WG | |
| 3. 温暖化対策 | | | |
| (1) 燃料品質の最適化 | 自動車燃費を上げるための燃料品質、環境負荷低減のための燃料品質を提案する。 見直しに当たっては、法規の見直し、自動車業界等の他業界との調整が必要となる。 ・燃焼パラメータの最適化(オクタン価、セタン価、燃焼速度、組成等) | (次期燃料油研究 J-MAP) | |
| (2) 水素エネルギー | 水素エネルギー普及に向けて、技術開発とともに規制改革も並行して進める。 (石油会社が水素を扱うことの優位性を明確にしていく。) ・水素STのリスクアセスメントの再実施に基づく技術基準と検査・点検方法の見直しを行う。 ・次世代水素STでの充填対応技術開発を行う。 ・水素STに係る新たな水素特性判断基準の導入(鋼種拡大)を検討する。 ・水素STの運営費削減のための技術開発(複合容器)を行う。 | 地球温暖化対策WG | |
| (3) バイオ燃料 | | 地球温暖化対策WG | |
| (4) CCS/CCU | | 地球温暖化対策WG | |
| (5) 電気、ガスエネルギーシフト | | 地球温暖化対策WG | |
| 4. 労働人口の減少、技術伝承、人手不足 | | | |
| (1) 製油所の自動化 | 1. (2)製油所の自動運転と同様。 | AI活用研究会(信頼性、精製、流通WG) | |
| (2) 遠隔指示システム | モバイル端末や通信機器を活用し、中央監視室と現場を連携し、データのやり取りや具体的指示が出せるようにする。 非防爆機器の適用など法規の改正に伴う。 | AI活用研究会(人材WG) | |
| (3) SSの過疎化対策 | 過疎化や人手不足は、SSに限った課題ではない為、地域を支えるサプライチェーン(コンビニ、スーパーマーケット、郵便局、宅配事業者等)全体の課題である為、地域の特徴を活かした取り組みにより解決を図る。SS等の無人化技術開発もその一つ。 | 流通インフラ最適化WG | |
| 5. 自然災害への対応 | | | |
| (1) 災害時石油供給連携計画 | 出荷基地の災害対応化、製油所・油槽所の地震、液状化対策 中核SS整備1800か所(タンク容量30kL以上、同時給油4台以上、自家発電6kW以上、消防/警察1km以内、情報通信機器6kW以上、可搬式ポンプ) 住民拠点給油所(自家発電設備)8000か所、小口燃料配送拠点 | 流通インフラ最適化WG | |
| (2) 備蓄の放出要件の見直し | | 流通インフラ最適化WG | |
| 6. 規制緩和 | | | |
| (1) 新技術導入加速、障壁の緩和・撤廃 | IT技術の高度化時代に応じた保管関連規制の制度設計 製油所の定期修理の周期延長及び定修期間の短縮に向けた法改正 生産性向上に向けたAI、IoT、ビッグデータ活用の為の設備導入、活用に係る法改正(防爆機器の要求基準の緩和、防爆無認取得期間の短縮化、無線周波数の割当緩和等) | AI活用研究会、信頼性WG、流通WG | |

3. 2. 精製技術深化・高度化 WG 目標と検討結果

(1) WG の役割・機能

◇原油処理技術全般から石化への転換技術に係る新たに深化・高度化すべき技術を精査し研究会に提案する。

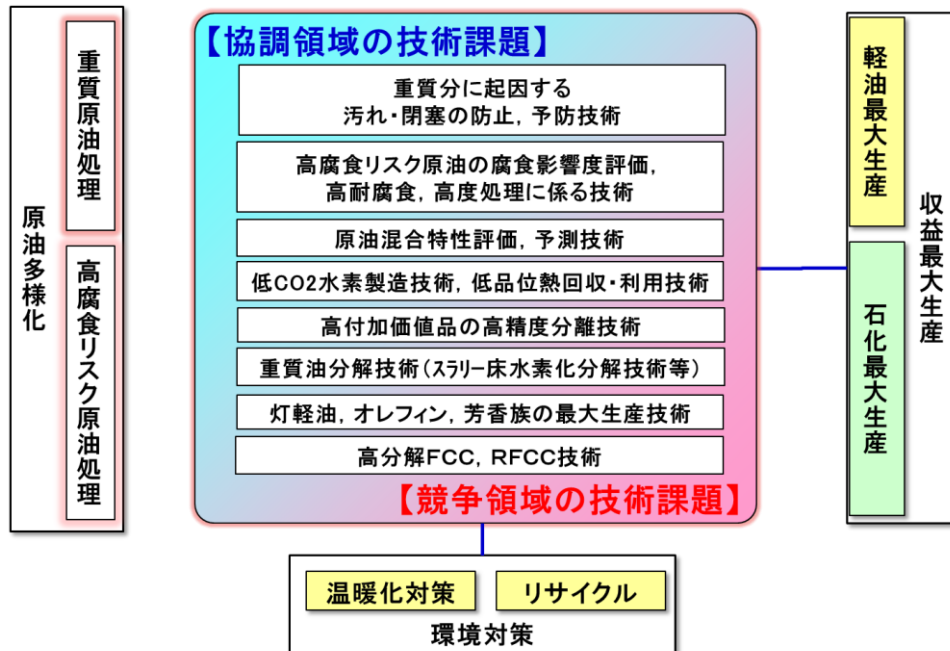
(2) WG の進め方

◇技術開発テーマを検討する上の前提となる石油製品や石化原料の需要想定を議論したうえで、深化・高度化すべき技術課題に関する意見集約と討議を実施した。

(3) 製油所ニーズと重要な技術課題

◇安価な重質原油や高腐食リスク原油の処理や製油所の収益を最大化するための軽油や石化原料を増産する技術のニーズが高い（下図参照）。

製油所ニーズと重要な技術課題の紐付け

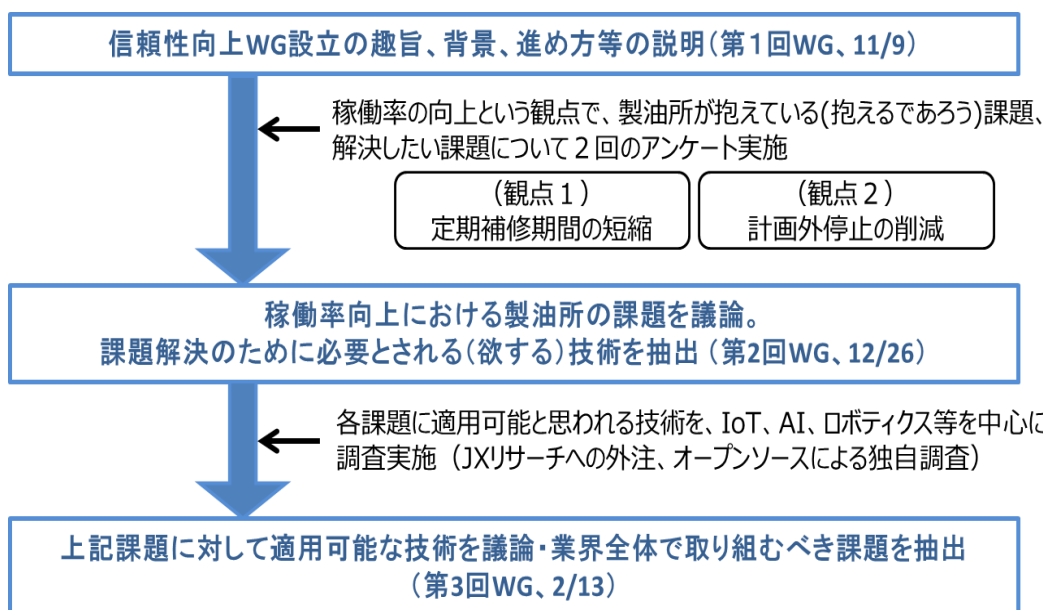


3. 3. 稼働信頼性 WG 目標と検討結果

(1) 信頼性向上WGの目的

次世代製油所を見据え、また設備保安・管理の現場に近い方々の意見に基づいて、「製油所の稼働率向上」に資する技術を取りまとめ、研究会に提案する。その中で、業界全体で取り組むべき課題を抽出する。

(2) WGの進め方



(3) 製油所の稼働率向上のために求められる技術 (第2回WG結論)

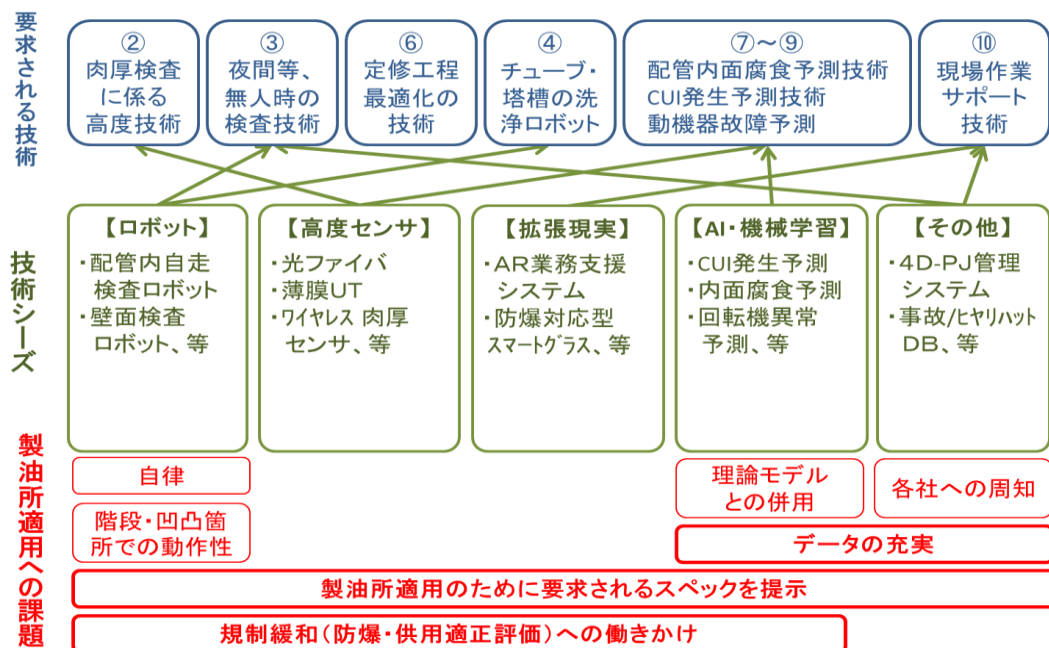
【定修期間短縮に資する技術候補】

- ① 溶接・電気検査において資格者の代替となる技術
- ② 水浸UT(前処理含む)、あるいはその代替となる高度な配管肉厚検査技術
- ③ 夜間など無人の時に検査できる技術
- ④ チューブ、塔槽の洗浄ロボット
- ⑤ 薬液によって、配管・塔槽内部を徹底的に洗浄する技術
- ⑥ 各種突発的事象やアイドルタイムの発生に対応し、定修工程変更等を的確かつ効率的に行う技術

【計画外停止削減に資する技術候補】

- ⑦ 原油種変更や運転条件変更などに伴う配管内面腐食を精密に予測できる技術
- ⑧ 保温カバーを外さずに、CUI発生あるいは発生しやすい環境を正確に診断・予測できる技術
- ⑨ 動機器について、故障の予兆を正確に捉えることができる技術
- ⑩ 若手や外国人などの未熟な作業員の現場作業を適切にサポートできる技術

(4) 稼働率向上に資する技術および適用のための課題 (第3回WG結論)



3. 4. 製油所安定最適化 DXWG 目標と検討結果

(1) 背景, 目的

- ・国内石油精製業の国際競争力強化は、日本のエネルギー安定供給の柱の一つとして、石油産業政策における重要課題に挙げられているものの、厳しい経営環境が続く中、国際競争力強化は大型の設備投資に頼らない方策が期待される。
- ・ベテランから若手への世代交代、人材確保難への対応は業界共通の喫緊の課題である。
- ・そこで、実用性能が急速に向上し産業分野での活用が進んでいるデジタル技術(AI、ビッグデータ処理、IoT など)による、製油所操業の安定&最適化の展開を進める。
- ・推進中のペトリオミクス技術は膨大なデジタル情報を生み出し、精製プロセスへの実用が拡大しつつあり、デジタル技術とペトリオミクス情報の融合的な活用による「製油所操業のスマート化」を推し進めるべく、勉強会(講演会)を開催し、DXWG で具体的なテーマを検討してきた。

(2) 基本指針

- ・スマート化を進める上での重要指針は、製油所の現場で受け入れられる「安定化」を軸とすることであり、生産性向上を目的とする「最適化」に片寄らない。
- ・業界協調領域として取り組む価値のあるテーマ抽出のポイントは、以下の3点である。
 - ①最先端技術をさらに開拓することによる技術レベルの高度化
 - ②要素技術の組合せによる相乗的効果の引き出し
 - ③大規模系を扱うことによる成果の拡大

(3) テーマ調査

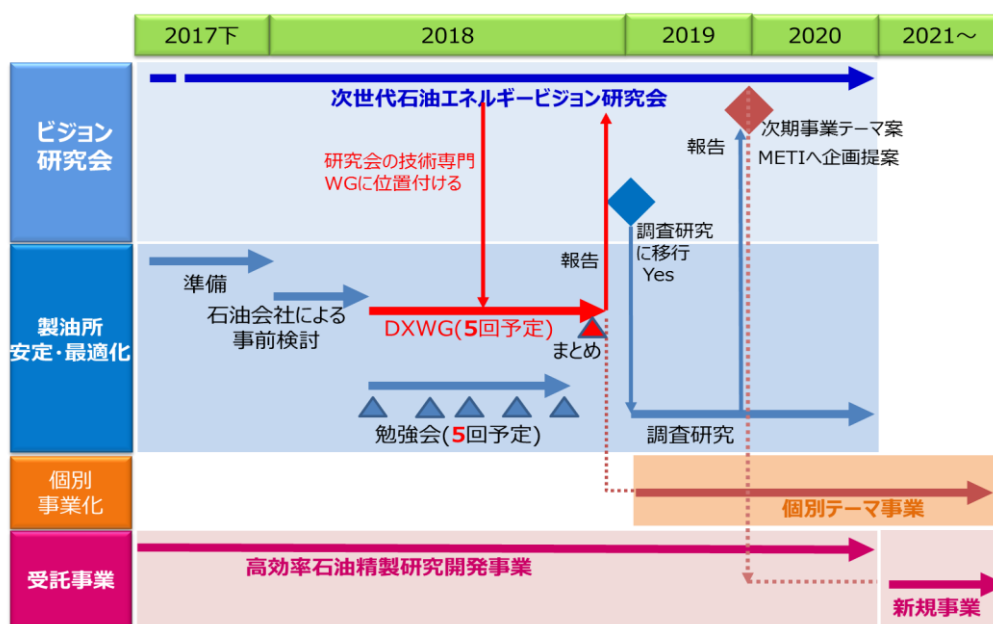
- ・一次調査；第1回テーマ検討会(DXWGの前身)において全12テーマ案につき議論@H30.9.5
- ・二次調査；第2回DXWGにおいて、一次調査から絞った全9テーマ案につき議論H30.12.20
- ・代表者による深堀；第3(H31.2.4)、4回DXWG(H31.2.22)において、さらに絞った6件と製油所操業全体のスマート化につき議論。これら以外でも最終的に採択する可能性あり。

(4) スマートリファイナリー構想

- ・今後、個別テーマを統合し、スマートリファイナリーとして大きな構想を掲げる方向で調整する。
- ・装置稼働の安定最適化；デジタル技術を活用し、情報集約・高度制御等により運転を支援する。
 - ① 原油切替のスマート化；原油成分 DB を用い原油切替時の変動を最小化する。
 - ② 重質油プロセスのソフトセンサー装備；高精度ソフトセンサーを装備し、LAB 分析と経験依存の運転操作から脱却する
 - ③ 上下流装置の一体化；情報連携～自動制御により複数装置を統合運転する。
 - ④ 現場場切替操作の変動抑制；AFC、往復動圧縮機などの負荷調整時の変動を予測的制御で安定化する。
 - ⑤ 気象急変時の変動用抑制；ゲリラ豪雨等をピンポイント予測精度を高め、蒸留塔等の変動を予測し安定化する。
 - ⑥ 油化学品供給の安定化；石化中間原料を直送する場合、製油所の変動を予測的に情報提供し安定化する。
- ・製油所操業全体のスマート化；生産管理、運転管理、荷繰管理、品質管理、商品管理を統合する。
 - (a)原油揚荷計画の最適化；製油所操業状況を随時、原油タンカー配船計画に反映し最適化する。
 - (b)製品基材タンクの性状予測；原油成分 DB とペトロリオミクス技術を組み合わせて予測。
 - (c)製品ブレンドの最適化；連続的に変化する基材タンク性状&在庫、出荷前日まで変動するオーダー、荒天等で日常的に変化する船舶の動静を突き合わせて、全体最適化する。
 - (d)製品内外航船配船・積荷計画の最適化；船の動静を GPS で常時捕捉し、複数製油所間で最適化。
 - (e)原油揚荷～製品内外航船出荷の全体最適化

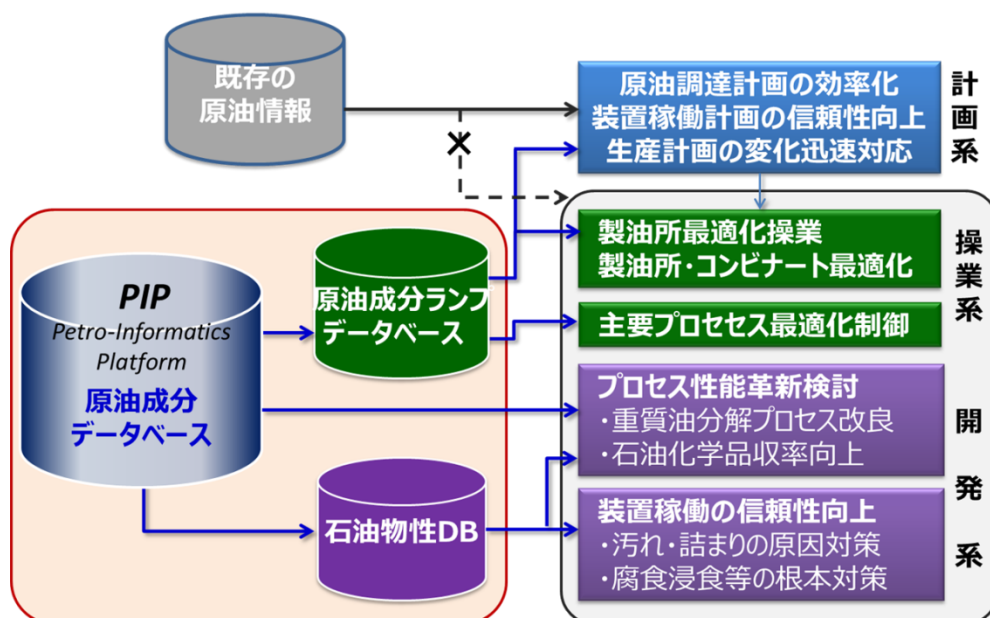
(5) 事業企画策定までのマクロスケジュール

- ・2018 年度末までに、調査研究テーマを抽出
- ・調査研究の進め方、パートナー（有識者、ベンダー、コンサル等）を選定し、2019 年度末まで実施。
- ・調査研究結果（途中経過）、その他の調査検討を経て、2019 年度末に次期事業企画を策定する。



(6) 【参考】スマートリファイナリーを支える原油成分 DB 群の構築

- 原油成分 DB の拡充；一般的に処理される原油のデータベースを拡充する。
- 原油成分 LDB の開発；使途目的にあったランプデータベースを開発し、拡充する。
 固定的な LDB を装備せず、必要に応じて原油成分 DB から必要なデータを抽出する方式とする可能性もある。

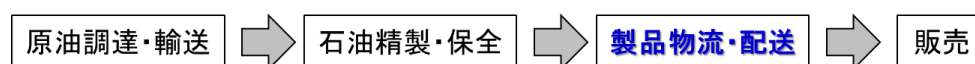


3. 5. サプライチェーン最適化 WG 目標と検討結果

(1) 背景, 目的

- ◇2030 年頃の社会構造，製造業の将来像を想像すると，少子高齢化の深刻化により，日本の労働力人口が大幅に減少する一方で，社会経済基盤を支える為に，ICT 技術，ロボット，IoT，AI 等の革新技術の活用が大きく進展すると考えられる。
- ◇重要な社会インフラである物流における Society5.0 の実現に向けて，最先端技術を積極的に導入し，SC 全体の効率化・高度化を図る視点が不可欠である。
- ◇石油業界においても，将来を見据えた原油調達・輸送～石油製品物流・配送，販売までの SC の最適化検討が必要であると考え，主査会にて議論して来た。

(2) サプライチェーン最適化の検討範囲, 考え方



- ◇特に，業界共通の重要課題として考えられるドライバーや船員等の人員不足の解決に向けて製品物流・配送分野にフォーカスし，将来ビジョンの構築や課題解決に資する技術ネタをリストアップすることにした。
- ◇また，緊急時，災害時や過疎地域でも供給が滞らない様にする為の技術ネタも同様にリストアップすることにした。

(3) 石油製品の物流, 配送の現状, 課題形成

- ◇タンクローリー，内航船，鉄道（タンク車）を活用して全国津々浦々の販売拠点に輸送，

配送を行っているが、販売数量減に伴い、例えば、タンクローリーは約30年間でほぼ3分の1に減少する等、物流や配送を取り巻く環境は大きく変化した。また、東日本大震災の教訓を踏まえ、業界全体として緊急時の供給体制確保に向けたBCP等を整備して来た。

- ◇物流業界は、長時間労働、低賃金、高齢化、女性比率の低さ等の課題が顕在化しているが解決に至らず、人員の確保が難しい状況が続いている。
- ◇宅配等の小口物流と同様、石油製品の物流においても、タンクローリーの運転手確保（危険物取扱に係る有資格者の不足）が重要な課題である。また、元売系列配送の垣根を越えた大口共同配送への転換、地球温暖化ガスの排出削減に資する更なるモーダルシフトの実現（タンクローリーからタンク車、タンク車から内航船）、最先端のデジタル技術を活用した効率的、効果的な配送等が課題と考えられる。

(4) 課題解決に向けた視点、方向性について (案)

【将来ビジョン 「2030年の石油業界の物流、配送」】

- ◇労働環境の改善を通じた魅力ある業種への転換
- ◇物流業務の大規模装置産業化への変貌（“デジタルロジスティクスの実現”）
- ◇資本の壁を超えた業界全体で最適配送の実現

【最先端技術活用による物流改革】

- ◇つながる物流
 - ・IoT技術による可視化、リアルタイムでの情報共有によるSCの効率的調整、最適化
- ◇人手を開放する物流
 - ・隊列走行車、自動運航船等による物流の省人化・省力化
- ◇社会に貢献する物流
 - ・次世代自動車、LNG燃料船、鉄道輸送による環境負荷の低減、IoT、ドローン等による災害情報の迅速な把握
 - ・緊急時、災害時用の最適配送シミュレーター活用による確実な配送実現

(5) 今後の対応 (案)

- ◇最先端技術活用による物流改革に資する具体的な技術ネタ、ツール類の調査や効果や実現性等の評価を行う。
- ◇2030年に向けた石油製品物流・配送分野の技術ロードマップを策定する。

3. 6. 地球温暖化対策WG目標と検討結果

- ・石油や液体燃料は1次エネルギーの供給の基幹を担うことが想定される。温暖化に対しても、基幹エネルギーの省エネや効率化などを進めることが、全体のGHG排出量を減少する有効な方法になる。そのため、今後も着実に省エネ、効率化を進めていくことが重要になる。
- ・GHG排出を大きく削減していくためには、新しい技術へのチャレンジを進めていく必要がある。

| | 日本のCO2排出量 万ton-CO2 | 製油所CO2排出量 万ton-CO2 | 割合 % |
|-------|-----------------------|-----------------------|---------|
| 2005年 | 129000 | 4154 | 3.22 |
| 2010年 | 121400 | 3987 | 3.28 |
| 2011年 | 126400 | 3776 | 2.99 |
| 2012年 | 130400 | 3795 | 2.91 |
| 2013年 | 131600 | 4033 | 3.06 |
| 2014年 | 126600 | 3824 | 3.02 |
| 2015年 | 122600 | 3834 | 3.13 |
| 2016年 | 120600 | 3844 | 3.19 |

出典:「温室効果ガスインベントリオフィス」、「石油業界における地球環境保全の取り組み」よりJPEC作成

参考：温暖化対策 製油所の省エネ、高効率化ロングリスト1

| | | | | | |
|---------------|---|-----|--|----|--|
| 熱交換器、加熱炉の高効率化 | <ul style="list-style-type: none"> ・熱交換器、加熱炉等の最適管理技術の開発（ICT技術を用いて汚れ防止剤添加、運転変更を最適化し、熱交換の効率を高い状態に保つ） ・従来のS&Tとは異なる熱交換器(twisted tube, プレート熱交換器,他)の導入（問題点、運転状況、トラブル、成功事例に関する情報共有が必要） | | | | |
| 分離技術 | <table border="1"> <tbody> <tr> <td>膜分離</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ・少量化学品などへの膜分離などによる分離技術開発 ・蒸留技術に代わる分離抽出技術の開発（膜分離など） ・石化製品(エチレン、プロピレン、パラキシレン)等の膜分離による省エネ新規プロセス </td> </tr> <tr> <td>蒸留</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ・複数の蒸留塔を統合（Dividing Wall Columnの導入など）。 </td> </tr> </tbody> </table> | 膜分離 | <ul style="list-style-type: none"> ・少量化学品などへの膜分離などによる分離技術開発 ・蒸留技術に代わる分離抽出技術の開発（膜分離など） ・石化製品(エチレン、プロピレン、パラキシレン)等の膜分離による省エネ新規プロセス | 蒸留 | <ul style="list-style-type: none"> ・複数の蒸留塔を統合（Dividing Wall Columnの導入など）。 |
| 膜分離 | <ul style="list-style-type: none"> ・少量化学品などへの膜分離などによる分離技術開発 ・蒸留技術に代わる分離抽出技術の開発（膜分離など） ・石化製品(エチレン、プロピレン、パラキシレン)等の膜分離による省エネ新規プロセス | | | | |
| 蒸留 | <ul style="list-style-type: none"> ・複数の蒸留塔を統合（Dividing Wall Columnの導入など）。 | | | | |
| 低品位熱源の有効利用 | <ul style="list-style-type: none"> ・低位の熱源を有効に再利用するための投資採算性ある設備の技術開発（チラーシステムやヒートポンプの開発等） ・低圧スチームの有効利用（カーナ発電の効率アップ） ・蒸留塔オーバーヘッド系の低温熱の発電などへの有効利用 ・低圧タービンの高効率化（低温熱源からのエネルギーを回収し、発電する） | | | | |
| ボイラー、加熱炉の高効率化 | <ul style="list-style-type: none"> ・ボイラー・加熱炉の高効率化・高性能化技術 ・老朽化ボイラーの簡易的な建替え技術(工事が簡単で蒸発量の変更が容易) ・複数ボイラーや複数の自家発電設備を最新大型設備へ集約・統合。 ・重油ボイラーからガスタービンへ更新。 | | | | |
| 触媒開発 | <ul style="list-style-type: none"> ・分子選択性をもつ水素化触媒の開発： きわめて重質な分子は、脱硫装置で水素化しても最終的に(R)FCCでコークとなり、ガス発生となるだけなので、触媒設計により分子選択性を持たせ、水素化する分子を制御して選択的に水素化する技術（触媒）を開発する。 ・脱硫触媒の性能向上（運転温度低下による燃料削減、水素消費量低減） ・高活性触媒開発による反応温度の低減。 | | | | |

参考：温暖化対策 製油所の省エネ、高効率化ロングリスト 2

| | |
|----------------|--|
| 製油所運転の最適化 | 製油所運転最適化DXWG 参照 |
| 中間タンク削減 | ・装置間での中間製品タンクを廃止し、ホットフィードを徹底し、タンク落油時の冷却によるエネルギーロスを削減。 |
| モーター、回転機器の高効率化 | ・モーター、回転機構率改善 ・レシプロ圧縮機における無段階制御(ハイドロコム) ・スチームタービンのモーター化、 |
| 再生エネを活用したプロセス | ・製油所の燃料を石油系燃料から再生可能エネルギーへ変更。 ・太陽熱を熱媒で集めプロセス流体への加熱利用による省エネ化（CO2削減）など。 |
| 装置のインテグレーション | ・Renewable Energy(太陽光、風力など)とのインテグレーションによる省エネの促進。 ・加熱炉とガスタービンのインテグレーションによる省エネ |
| 大型設備、最新設備への更新等 | ・抜本的なエネルギーコスト削減には老朽化設備統合による大型最新設備への更新が必要。 ・複数製油所を廃止し大型の最新製油所へスクラップ&ビルドすることや老朽化装置のスクラップ&ビルドによる最新の大型設備の導入。 ・隣接工場との連携をさらに深める。全体平均の定性的評価ではなく、地域ごとの定量評価が必要。国内エチレンプラントも老朽化が進み国際競争力は低下しており、それらの統合とあわせて、製油所との一体運営を検討すべきと思う。 ・スクラップ&ビルドによる最新省エネ型設備の導入。 |

参考：温暖化対策 新技術ロングリスト

| | |
|----------|--|
| バイオ燃料 | ・製油所装置群を活用したバイオ燃料(HVO)製造プロセス（開発あるいは既存プロセス導入） ・バイオマスの油化プロセス（開発あるいはRTP等の既存プロセス導入） |
| CCS、CCU | ・CCS(Carbene Capture and Storage) モビリティへのCO2排出規制が強化されるシナリオでは、EVシフトが加速される。かつ原発稼働が見込めない場合は、再生可能エネルギーだけでは増加する電力需要を賄えず、化石燃料に頼ることとなるため、CCS技術が求められると考える。 ・CCU (Carbon Capture and Utilization) 何を製造すべきか・経済性・CO2削減効果をスタディし、必要な技術開発課題を洗い出す。 燃焼排ガス中から効率よくCO2を分離（技術開発）して、植物工場に活用するというのも、遠い将来必要になってくるのではないかと考えます。 |
| 廃棄物リサイクル | ・製油所廃棄物リサイクル技術 ・廃油原料処理、廃プラやゴミからの油化 |
| 水素製造 | ・再生可能エネルギーの有効活用、例えば、再生可能エネルギー由来の電気をを用いた水の電気分解による水素製造や、 |
| 新燃料 | ・環境負荷の小さい燃料の探求 (発熱量あたりのCO2発生量が小さい燃料 / 既存LPG、燃料OILの新規用途開発) |

3. 7. 人材育成 WG 目標と検討結果

(1) 目的

各石油会社で想定される人材に関する問題点の共有化とその解決策について検討を行う。

(2) 検討結果

人材についての課題点

- ・ 大学の講座も減ってきている中で人財確保は非常に重要である。
- ・ 海外の人財を使う事も視野に入れてほしい。

- 石油学会やJCCPなど他団体とも連携して進めて欲しい。
 - 人材育成に向けてオペレーションなどの教育をしてもらいたい。
 - AIやデータサイエンティストに精通した人材を育てる必要がある。
- これら状況の中で、シーズ発掘事業、石油学会とリレー講座を行ってきた。

産学共同について

- 人材を育てること及びシーズを発掘するために産学での連携は重要となってくる。
- 現在、ペトロリオミクス技術を中心に共同研究を進めている。
- 今後、革新的基礎研究や長期的テーマなど企業研究になりにくい分野で連携し、幅広く石油の技術力を底上げしていく

シーズ発掘事業の現状と今後の取組方針

(現状)

「石油のノーブルユース」および「稼働信頼性の向上」をターゲットとした新規技術開発シーズを石油分野のみならず他分野からも発掘するために、国内に研究拠点を持つ大学または公的研究機関に所属する満40歳未満の研究者に支援を実施している。最大3年間の研究費を支援するとともに、研究者が必ずしも石油に通じたものではないため、石油学会と協力し、石油専門家で構成する「支援WG」を設置し、研究者への研究開発指導・助言等を行った。また、石油分野の見識を広げて頂くための製油所見学の実施や必要に応じて石油サンプルおよび情報提供(経済性評価)を行った。

(今後)

3年間の研究支援を終了し、本年度は第2期の募集を実施する。

第1期の募集時は、「石油のノーブルユース」、「稼働信頼性の向上」に貢献する研究とのみの記載であったが、第2期募集要項には、「触媒、分離技術だけでなく、従来の石油精製関連の研究テーマでは取り上げてこなかった、IoT、ビッグデータ、安全、設備保全など、幅広い分野からの応募を期待する。」と追加記載し、応募対象者の明確化を行う。

第1期に採択された研究者には、今後も石油業界との関係を維持するための取り組みを行う。具体的にはJPECフォーラムでの報告や、JPECの各種WGや委員等での活動への参加をお願いする。また石油学会と連携し、石油産業に関わる研究発表や活動を継続できるように検討する。このような人材育成、人材確保に対しては継続的な取り組みが求められ、今後の事業の中でも石油精製に関する若手研究者の育成を継続して行う必要がある。また石油精製だけではなく、新エネルギー分野においても石油産業に関わる若手技術者との関係を築き、技術範囲を広げていく活動を行う必要がある。そのためには石油各社や他団体と連携し、技術範囲や活動主体、事業の枠組みなど整理し効果的な活動としていく。

リレー講座の今後の取組方針

石油学会と連携しながら、テーマの見直しを行い、魅力ある講座を目指す。

石油産業がエネルギーを支えている現状認識を深められるように講座に盛り込む。

さらにペトロリオミクス技術など石油精製の最新技術や製油所におけるAI技術の活用についても講義内容に取り込み、若手技術者の関心を集めるように努める。アンケートからは再生可能エネルギーや新エネルギーへの関心が高く、全体的な講義プログラムを見直していくことを検討する。

リレー講座テーマ案

| | |
|--------------------|-----------------------|
| 石油エネルギー や石油産業関連 | プラスチック等の石油化学製品の生産プロセス |
| | ペトロリオミクス |
| | 潤滑油 |
| | 踏み込んだ石油産業の今後 |
| | 開発事業について、メジャーについて |
| | シェールガス、EOR |
| | 無機成因論の進展 改質 |
| 再生可能エネルギー 関連 | 発電一般 |
| | 新の太陽光電池技術（産業的でなく研究的に） |
| | 燃料電池 |
| | 風力発電事業について |
| | 水素エネルギー、バッテリー関連 |
| | バイオマス |
| その他 | 固形電池 |
| | 電力システムに関してのテーマ |
| | 人工知能と石油業界との関わり合い方 |
| | プラント設計方法 |
| | 火力発電の仕組み |

3. 8. 次期事業構想（次期技術開発事業ラインアップ）

各WGでの検討結果を踏まえ、研究会で、令和3年度からの5年間で実施すべき技術開発事業を絞り込んだ結果、以下の2テーマを実施すべきとの結論を得た。

- A：原油成分データ、操業データを活用した石油精製の高効率化、グリーン化技術開発
 B：保全PFおよび保安（安全情報）データPFによる信頼性向上技術開発

Aは、大型設備投資を進めるアジア・中東圏の製油所に対し我が国独自の優位性を確保するために、既存アセットを最大限活用し日本独自の原油成分分析・解析技術を盛り込んだ石化品を最大化するためのソフトウェアを開発しようとするもので、日本版「COTC」と呼ぶべき技術である。また成分情報を基にした効率的な生産技術は、フィード原料の多様化にも応用されグリーン化に資する技術になる。その要となる技術は、以下のとおりである。

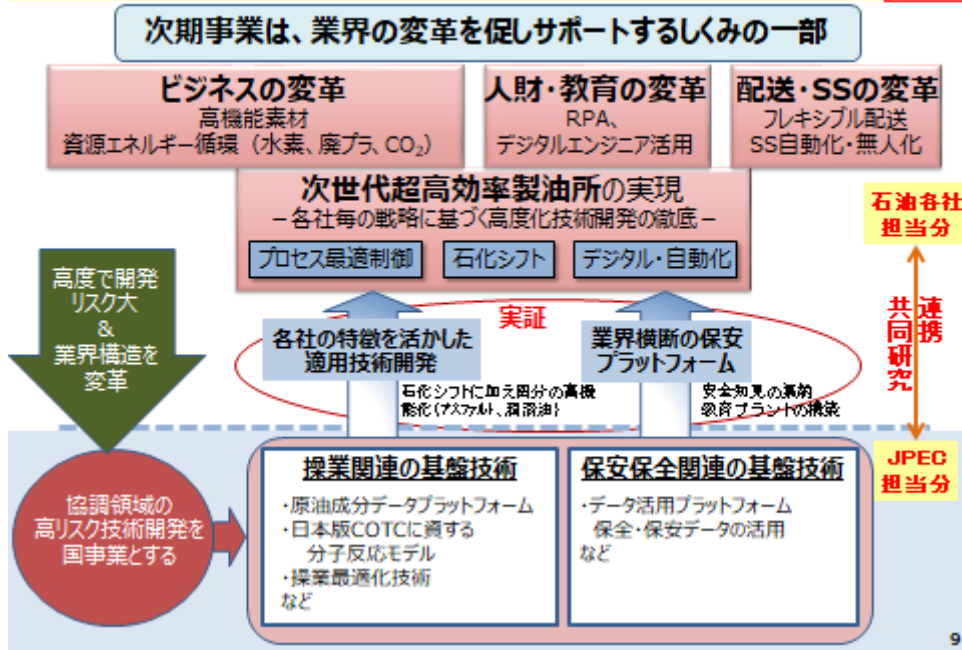
- ① 原油中のリアルタイム石化成分評価技術
 - ・処理原油から石化品を製造する最適パスを、処理中にも刻々と変化する原油に対して、リアルタイムに評価する技術
- ② 石化成分情報高度利用技術
 - ・処理原油のリアルタイム石化成分評価情報を生かして、分解反応装置を石化品収率最大型とする技術

Bは、安定操業の基本となる技術の伝承・活用を図るためのプラットフォームを構築しようとするもので、通常テキストデータで蓄積されており検索や解析が困難な保安情報をデータベース化しAI等のデジタル技術を使うことにより、ベテランの経験に頼らなくても保安業務を適切に遂行できることを目的とする。

以下、次期事業構想にあたっての考え方、スケジュール、技術内容等を示す。

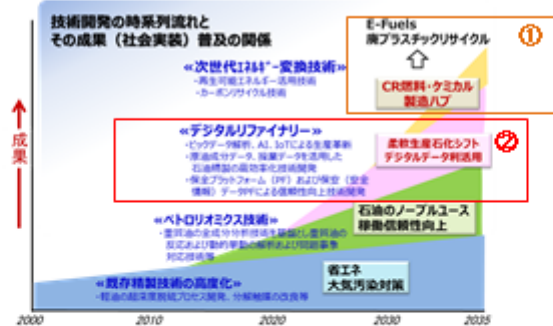
3. 次期事業構想

－考え方－



3. 次期事業構想

－次期技術開発事業ラインナップ－



- ① E-Fuels、廃プラリサイクルは、長期的にも取り組んでゆくべき課題としてFS調査を含め着手済み
- ② R3次期技術開発事業は、デジタル技術の活用構想を背景に、各研究会で議論
Aテーマ：
原油成分データ、操業データを活用した石油精製の高効率化技術開発
Bテーマ：
保安PFおよび保安（安全情報）データPFによる信頼性向上技術開発
- ③ 望まれる事業として挙がってきた重要案件、例）石油精製からサプライチェーンまで広げた規制緩和
（例：SS自動化・無人化）的取り組みなどは、課題候補としてラインナップし、可能性を調査する。

3. 次期事業構想 – 事業期間 –

| | R2 (2020) | R3 (2021) | R4 (2022) | R5 (2023) | R6 (2024) | R7 (2025) |
|--|--------------|-------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| ステージ | 調査FS | 技術開発事業（委託） | | | | |
| テーマA 原油成分データ、操業データを活用した石油精製の高効率化技術開発 | 調査FS | 日本版COTC技術構築 設備、分析、ソフト開発他 | | | | |
| テーマB 保安PFおよび保安(安全情報)データPFによる信頼性向上技術開発 | 調査FS | 保安（安全）データPF 保安（解析モデル）PF ⇒ 自走化 | | 自走化 | | |
| 各社毎の戦略に基づく技術開発 | — | 技術開発事業（補助） | | | | |

12

JPEC
Japan Petroleum Energy Center

次世代型超高効率化石油精製技術開発案 - 日本版COTC技術構築 - **Crude Oil to Chemicals**

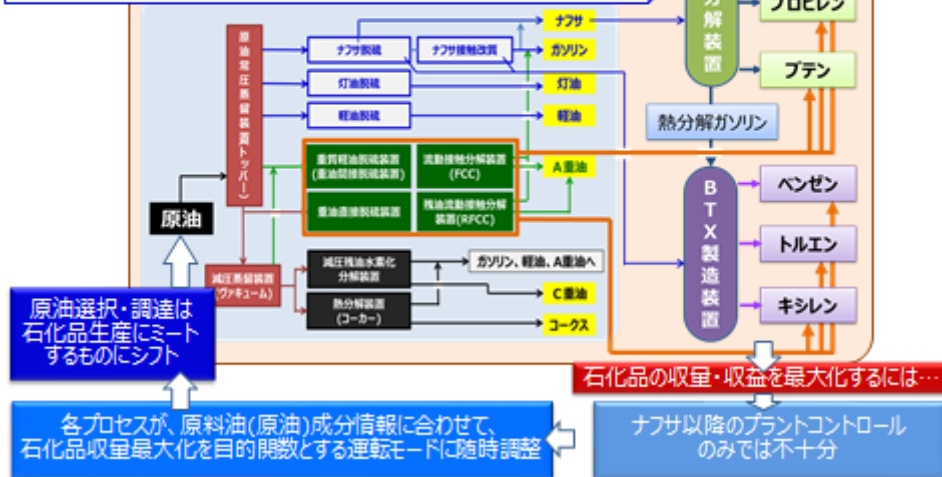
- 世界的な燃料油需要が頭打ちになる時期が近づくことが懸念される中で、原油から石化品を最大収率で製造するCrude Oil to Chemicals（COTC）が世界中で推進されている。
- 大型設備投資を進めるアジア・中東圏の製油所に対し、我が国独自の優位性を確保するには、既存アセットを最大限活用し、日本独自の原油成分分析・解析技術を盛り込んだ石化品を最大化するためのソフトウェアを開発することがカギとなる。
- 原油の捉え方を「燃料油の元」から「石化品の製造原料」に転換するパラダイム・シフトが、COTCの起点となる。
- 日本版COTCで要となる技術（協調領域）は、
 - ① 原油中のリアルタイム石化成分評価技術
 - ・処理原油から石化品を製造する最適パスを、処理中にも刻々と変化する原油に対して、リアルタイムに評価する技術
 - ② 石化成分情報高度利用技術
 - ・処理原油のリアルタイム石化成分評価情報を生かして、分解反応装置を石化品収率最大型とする技術

15

日本版COTCの概念



- ▶ 既存アセットを最大限活用し、原油選択と化学品を製造する反応を最適化することで、石化品の最大化を目指す。
- ▶ 原油を燃料油の混合物として捉えず、石化品の原料として成分レベルまで踏み込む。換言すれば、製油所を石油精製工場から素材製造工場へと基本概念を変えなければならない。



技術開発① 原油中のリアルタイム石化成分推測技術

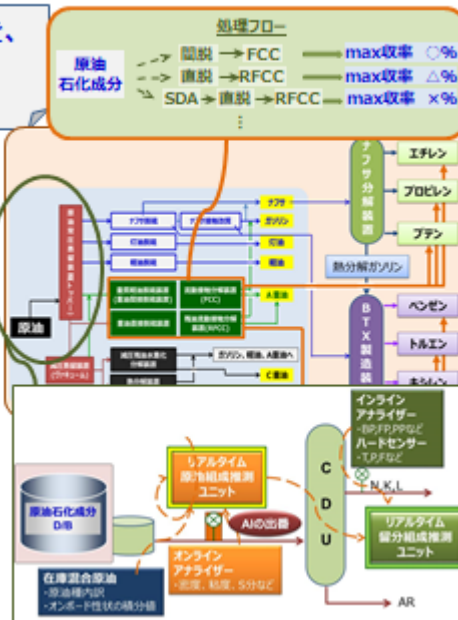


処理原油から石化品を製造する最適パスを、処理中にも刻々と変化する原油に対して、リアルタイムに評価する技術

- (1)原油中の石化成分評価技術開発
 - A)原油の石化品製造特性解析に必要な構造因子分析技術の確立
 - 1)原油のA)の分析情報から、LP等を活用し石化品の最大収率を推定する技術の確立
 - 2)国内輸入原油(近々可能性がある原油を含む)に対してA)1)の情報を格納した、データベース「原油石化成分DB」の構築 (約50原油種、国内輸入の95%以上を確保)

- (2)リアルタイム原油石化成分推測技術
 - ・原油石化成分DBと、実装置内インライン分析値*の組み合わせで、プロセス内の成分をリアルタイムに推測する蒸留モデルの確立

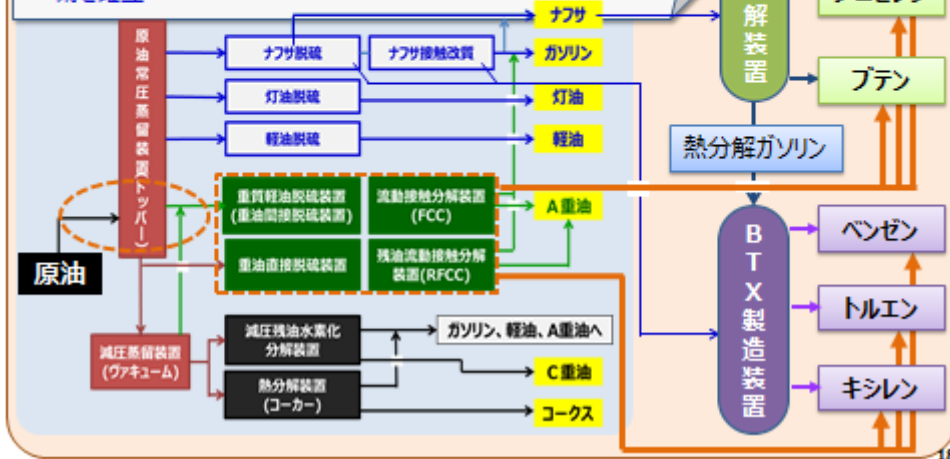
*密度、粘度、硫黄分などの一般物性



技術開発② 石化成分情報高度利用技術

修正案

FCC/RFCCはガソリン基材製造を目的の上位に置いてきたが、低級オレフィンやBTX製造を上位とするプロセスに転換する。
 ア) 間脱・FCCおよび直脱・RFCCで石化品収率最大化の詳細反応解析・触媒設計技術の確立
 イ) 原油中のリアルタイム石化成分情報とア)の技術を組み合わせ石化成分データを高度運転制御に活用し(R)FCC収益を最大化する技術を確立



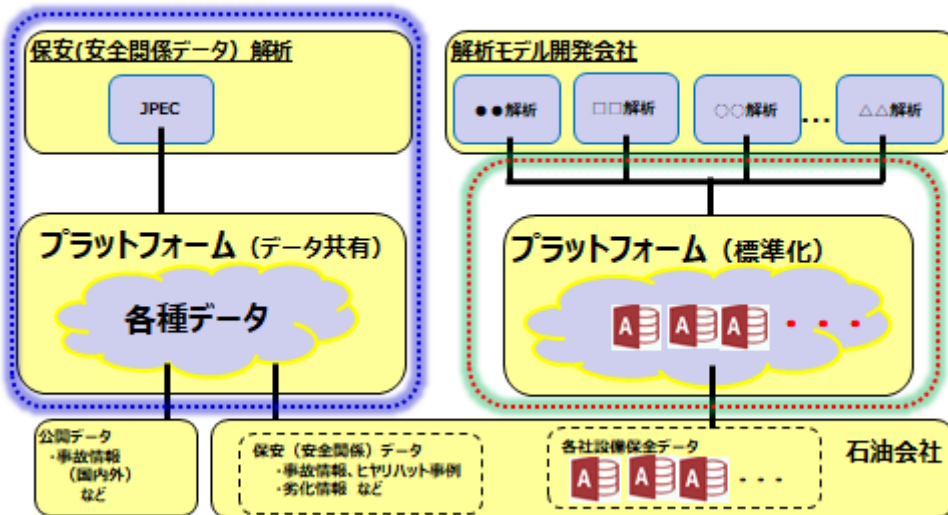
18

保安PFおよび保安(安全情報)データPFによる信頼性向上技術

JPEC
関係者外秘

①保安(安全)データPF

②保安(解析モデル)PF(省略)



23

①保安（安全）データPF

石油業界の課題

- 安定操業を維持するために基本となる、人財確保、技術伝承が共通の問題となっている
- 保安（安全関係）情報は、テキストデータとして蓄積されているため、必要な情報の検索や、複数の事例や状況を関連付けた解析は、ベテランの知恵や経験に依存している部分が多く、今後対応が困難となる事が予想される



対応策

『保安（安全関係）データプラットフォーム』を構築し、情報共有・活用を図る

24

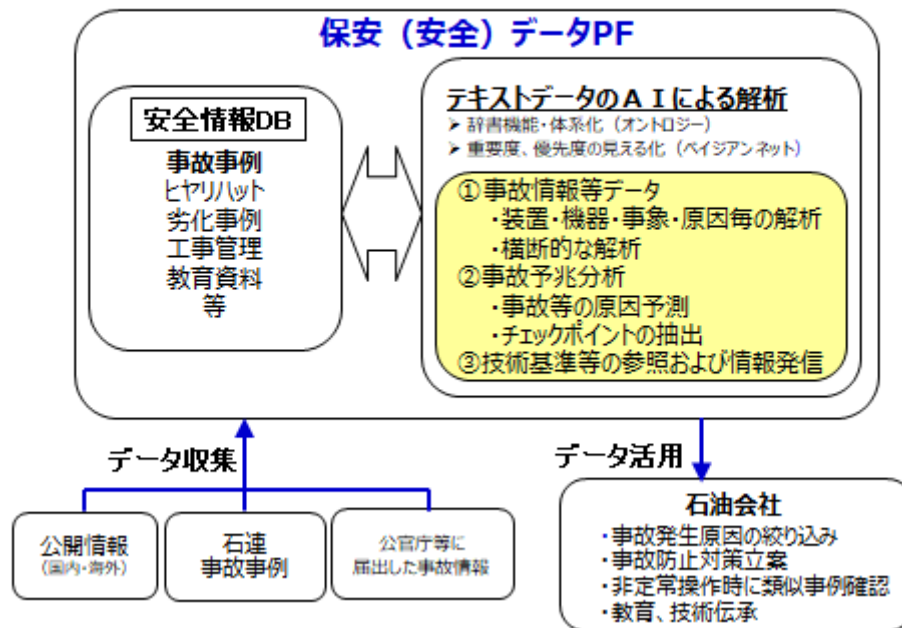
①保安（安全）データPF

保安（安全情報）データPFの構築

| 「保安（安全関係）情報収集と、テキストデータのAIによる解析機能の開発」 |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">➢ 情報収集<ul style="list-style-type: none">⇒ 詳細情報：公官庁からの情報入手（データ共有事業者認定の取得）⇒ タイムリーな情報収集：石連水平展開情報の利用➢ 事故事例などテキストデータで蓄積されている情報を、コンピューターで処理可能な状態として、AIを活用 |
| ①事故情報等の装置・機器・事象・原因 毎 および 横断的な解析 |
| <ul style="list-style-type: none">➢ 石油会社全体の事故情報等の体系化により発生事象の類似性等を瞬時に判断し、事故要因を抽出<ul style="list-style-type: none">⇒ 事故発生原因の絞り込み（網羅的検討）および防止対策立案（対象抜け防止）に利用⇒ 水平展開、リスクアセスメント等に利用 |
| ②事故等の原因予測およびチェックポイントの抽出 |
| <ul style="list-style-type: none">➢ 事故事例と、ヒヤリハット、劣化事例、工事管理、教育など、複数のDBを連携して解析し、事故原因につながる事項を予測し、チェックポイントを抽出<ul style="list-style-type: none">⇒ 非常操作や工事前の類似事例確認による事故防止に利用⇒ 装置事、環境毎の不具合傾向等を確率順にリスト化・見える化し教育に利用（技術伝承）⇒ 水平展開、リスクアセスメント等に利用 |
| ③技術基準等の参照および情報発信 |
| <ul style="list-style-type: none">➢ 業界共通で利用している技術基準（JPI維持規格など）をAIに学習させて、事故事例と照合することで、事故要因に対応する部分を検索可能とする。➢ 事故の発生動向や傾向を分析し、技術基準等への対応の必要性について参考情報を発信<ul style="list-style-type: none">⇒ 社内技術標準への反映確認および協力会社社員・受入れ研修生等への教育資料として利用（技術伝承） |

25

①保安（安全）データPF



補足

2017年度

主査会

| | | |
|-----|--------|---|
| 主査 | 西村 純一 | JXTGエネルギー株式会社 執行役員 中央技術研究所副所長 |
| 副主査 | 戸丸 将志 | 出光興産(株) 製造技術部 企画課課長 |
| 副主査 | 千代田 修 | コスモ石油(株) 安全技術統括ユニット 研究部 研究企画グループ長 |
| 副主査 | 和久 俊雄 | JXTG エネルギー(株) 中央技術研究所 技術戦略室長 |
| 副主査 | 坂ノ上 宗広 | JXTG エネルギー(株) 中央技術研究所 技術戦略室 技術戦略グループ |
| 副主査 | 檜山 昭彦 | 昭和シェル石油(株) 経営企画部 サブリーダー |

2018年度

| 委員会 | 氏名 | 社名 | 所属 | 役職 |
|------------|--------|----------------|--|---------------------|
| 主査会 | 西村 純一 | JXTGエネルギー株式会社 | 執行役員 中央技術研究所 | 副所長 |
| 主査会 | 坂ノ上 宗広 | JXTGエネルギー株式会社 | 中央技術研究所 技術戦略室 技術戦略グループ | 担当マネージャー |
| 高度化WG | 柳川 真一朗 | JXTGエネルギー株式会社 | 中央技術研究所 燃料研究所 プロセス・触媒グループ | グループマネージャー |
| 高度化WG | 齋藤 直哉 | JXTGエネルギー株式会社 | 中央技術研究所 燃料研究所 プロセス・触媒グループ | 担当マネージャー |
| 向上WG | 齊藤 英光 | JXTGエネルギー株式会社 | 中央技術研究所 燃料研究所 MA技術グループ | グループマネージャー |
| 高度化WG | 小池 重章 | JXTGエネルギー株式会社 | 技術計画部 設備戦略グループ | |
| 主査会 | 戸丸 将志 | 出光興産株式会社 | 製造技術部 企画課 | 課長 |
| 高度化WG | 宮岡 正夫 | 出光興産株式会社 | 製造技術部 | 部長付 |
| 向上WG | 木本 浩規 | 出光興産株式会社 | 生産技術センター エンジニアリング室 | センター長付 |
| 主査会 | 千代田 修 | コスモ石油株式会社 | 安全技術統括ユニット 研究部 研究企画グループ | グループ長 |
| 高度化WG・向上WG | 梅木 智幸 | コスモ石油株式会社 | 製造技術部 統括グループ | グループ長代理 |
| 高度化WG | 松林 啓太 | コスモ石油株式会社 | 研究部 研究企画グループ | グループ長代理 |
| 主査会 | 岡部 伸宏 | 昭和シェル石油株式会社 | R & D戦略部 | 部長 兼企画課長 |
| 高度化WG | 川上 和也 | 昭和シェル石油株式会社 | 製造部技術課 | 担当課長 |
| 向上WG | 秋山 成樹 | 昭和シェル石油株式会社 | 製造部工務課 | |
| 高度化WG | 添田 美彦 | 太陽石油株式会社 | 経営企画部管理グループ | グループ長 |
| 向上WG | 三宅 信次 | 太陽石油株式会社 | 経営企画部企画グループ | グループ長補佐 |
| 向上WG | 細田 和敬 | 富士石油株式会社 | 袖ヶ浦製油所 工務部工務課 | 工務部担当部長 兼 工務課長 |
| 高度化WG | 福井 敦 | 千代田化工建設株式会社 | 石油・化学・新エネルギープロセス設計部 | セクションリーダー |
| 向上WG | 小木曾 良治 | 千代田化工建設株式会社 | 高度プロセス解析部 | 部長 |
| 向上WG | 中條 路子 | 東洋エンジニアリング株式会社 | エンジニアリング・技術統括部 DXエンジニアリング部 デジタルソリューションチーム | シニアエンジニア |
| 高度化WG | 三浦 剛 | 日揮株式会社 | プロセスエンジニアリング第2部 | プリンシパルプロセス エンジニア |
| DXWG | 大宮司 理晴 | JXTGエネルギー株式会社 | 製造本部 製造部 プロセス技術グループ | スペシャリスト |
| DXWG | 樋口 文孝 | 出光興産株式会社 | 生産技術センター エンジニアリング室 システムグループ システム技術担当 | 主任技師 |
| DXWG | 児玉 孝樹 | コスモ石油株式会社 | 製造技術部 | |
| DXWG | 北本 慎一 | 昭和シェル石油株式会社 | 製造部 企画課 | |
| ワーカー | 杉山 正晃 | 石油連盟 | 企画部 | 企画渉外グループ長 |

検討経緯

平成29年度

- 12月6日 第1回 次世代石油エネルギービジョン研究会 主査会
- 1月16日 第2回次世代石油エネルギービジョン研究会 主査会
- 1月24日 第3回次世代石油エネルギービジョン研究会 主査会
(ローランドベルガー講演会)
- 3月23日 第4回次世代石油エネルギービジョン研究会 主査会

平成30年度

- 5月16日 第1回 次世代石油エネルギービジョン研究会 主査会
- 7月10日 第2回 次世代石油エネルギービジョン研究会 主査会
- 9月18日 第3回次世代石油エネルギービジョン研究会 主査会
- 11月9日 第1部 全体会
第2部 分科会
 - 第4回 主査会
 - 第1回 精製技術深化・高度化 WG
 - 第1回 信頼性向上 WG
- 12月18日 第2回 精製技術深化・高度化 WG
 - 将来製油所・石油産業イメージ
 - エネルギー需給見通し
 - 日本の石油精製業の国際競争力
 - 将来の製油所が実装する技術候補・ペトロリオミクス技術
 - アンケートについて
- 12月26日 第2回信頼性向上 WG
 - 日本の製油所の国際競争力について (ソロモン調査結果)
 - 稼働率向上に係る製油所の現状と今後の課題について
- 1月25日 第4回次世代石油エネルギービジョン研究会 主査会
- 2月13日 第3回信頼性向上 WG
 - 国内製油所の稼働信頼性調査に関するヒアリング
 - 製油所の稼働率向上に向けた各種新技術の適用について
- 2月14日 第3回 精製技術深化・高度化 WG
 - 需要想定について
 - 安価な原油、残渣油の有効利用について
 - 石化品増産について