

石油エネルギー資源関連分野の 技術戦略マップ

平成22年度版

平成23年2月



財団法人 石油産業活性化センター

目次

1. 技術戦略マップ作成の基本的な考え方 P. 1
2. 環境変化の認識 P. 1
3. 国の施策等の推移 P. 2
4. 石油エネルギー資源関連分野の進むべき方向性 P. 4
5. 将来（～2030年）に向けた技術戦略マップ P. 7
5. 1 総論	
5. 2 技術開発ニーズと重要な技術開発課題	
5. 3 その他の重要課題	
6. 石油エネルギー資源関連分野の技術戦略ロードマップ P. 15
7. 将来ビジョンにおける定量的な目標 P. 16
8. おわりに P. 17

1. 技術戦略マップ作成の基本的な考え方

(1) 過去の取り組み

P E Cでは石油精製に関する技術開発のシーズとニーズの整合を図るべく、数年毎に事業の方向性を検証してきた。

例えば、「石油産業における技術戦略」（平成16年8月）では、石油産業の将来のあるべき姿として「低廉かつ環境に配慮したエネルギーの安定供給基盤を確立し、限りある資源の有効利用の積極的な提案を通じて、我が国の将来のエネルギー供給のベストミックスシナリオ構築へ貢献する」ことを目的として、その実現に向けての技術の役割、重点分野・課題等を明らかにした。その後、原油価格の高止まり、京都議定書発効による地球温暖化対策への国際的な枠組みの設定、燃料油需要構造の変化の加速化などの顕著な環境変化に対応するため、以下を目的に「石油精製分野の技術戦略マップ」（平成18年7月）を策定した。

- a) 石油産業の技術戦略と併せて、国や社会の具体的な施策に反映する
- b) 産学官の関係者が共有し、革新的技術開発を先導する
- c) 関係業界と共通性の高いP J等を戦略的に企画・実行する

(2) 技術戦略マップ見直しの背景

上記の技術戦略マップ（平成18年7月）策定から、3年余しか経っていないが、

ア) 石油・エネルギーを取り巻く国内外の状況が地球温暖化対策を軸に大きく変化し始めており、国内の石油需要の減少速度は従来の予測を大幅に上回ることへの対応も含めて、業界全体を対象とする中長期技術戦略を策定する必要性が出てきた。

イ) 平成23年度から立ち上げを目指して提案中の次期大型事業については、中長期的な視点を持ったものであり、それが、「P E Cの将来のあり方」（平成21年3月作成）に沿った事業であることを示す必要性により、P E Cとしての中長期技術戦略が求められた。

という、大きく二つの動機により、2030年に向けての技術開発課題を盛り込んだ平成22年度版技術戦略マップを策定するものとした。

2. 環境変化の認識

地球温暖化問題への対応は、温室効果ガス（GHG）である大気中のCO₂の濃度と気候変動の相関について多数の議論や異論があるものの、国際的にも社会経済全体に影響を与える状況となっている。これは、原子力エネルギーの復権、太陽光・風力・バイオマスなどの再生可能エネルギーの開発、自動車の電気エネルギーへのシフトなど、産業および民生分野の全般にわたるさまざまな技術開発、新規事業の創出を誘起し、多様なエネルギーの新しいバランス（新秩序）形成にむけて、中長期的に展開があるものと予想される。まさに、世界史的な規模でエネルギー構造が変化する過渡的状況に突入していると認識できる。

環境変化の認識

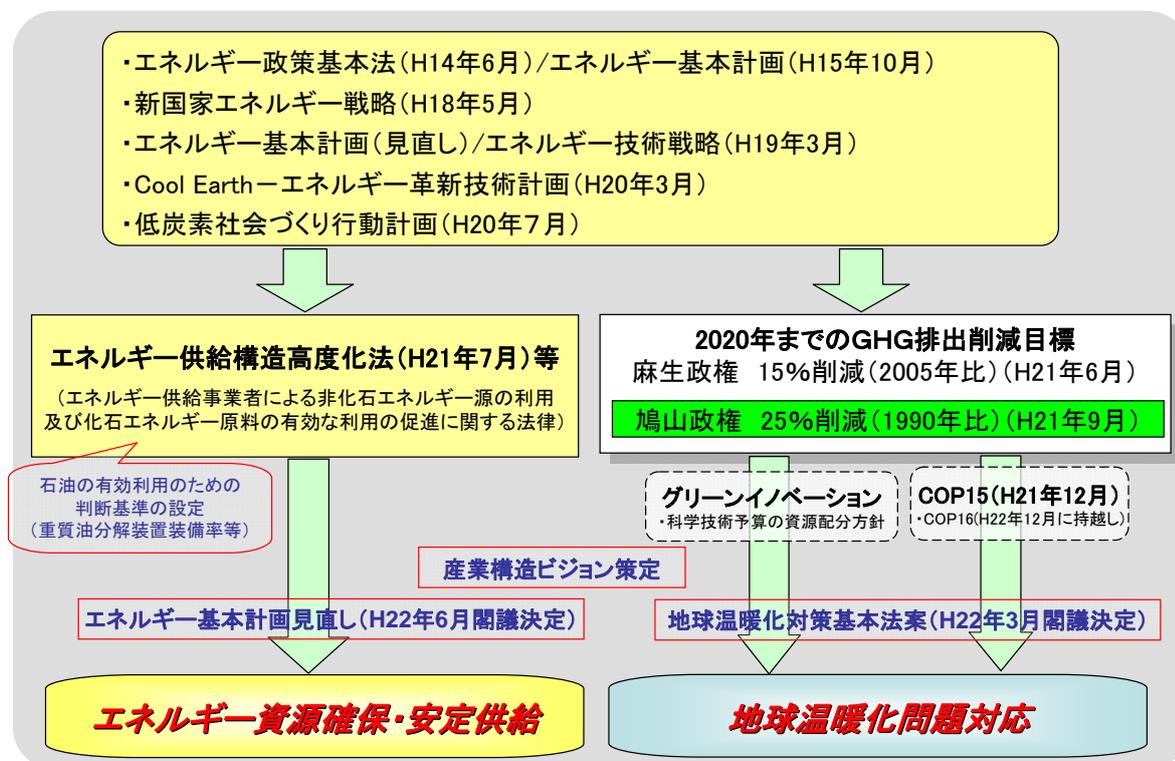


原子力はCO₂排出抑制政策の要ではあるが、立地地域住民との合意形成、放射性廃棄物の最終処分問題などの課題を抱えている。また、風力・太陽光・バイオマスなどの再生可能エネルギーは、経済合理性、CO₂削減のライフサイクル評価などから、常に石油より優位とは限らない。したがって、国内の石油需要は長期的に減少傾向にあるものの、一次エネルギー需要に占める石油の割合は、2030年時点でも、依然30%前後を占めると予測されている。このように、石油が長期にわたって主要な一次エネルギーであることから、石油エネルギー資源の高度利用、ノーブルユースの重要性は変わらない。

3. 国の施策等の推移

我が国の現下のエネルギー戦略は、平成18年5月に経済産業省が策定した「新国家エネルギー戦略」が基調となっている。ここでは、「エネルギー問題と環境問題の一体的解決による持続可能な成長基盤の確立」との方針のもと、脱炭素化への技術的な取り組みの中長期的展開が示された。具体的には、2030年時点の一次エネルギーに占める石油の割合を40%以下にするとの目標が設定され、平成21年8月の総合エネルギー調査会による長期エネルギー需給見通し(再計算)でも、この方針が確認された。しかし、見方を変えると、脱炭素化を標榜しつつも、石油は長期にわたって我が国の主要な一次エネルギーであるという基本構図が追認された、とも言える。

国の施策等の推移



地球温暖化対応の国際的な盛り上がりに対応して、政府は平成20年3月に、2050年までに世界全体のGHG排出を半減させるという目標を提案し、具現化に向けて「Cool Earth エネルギー革新技術計画」を策定した。この中では、

- ア) 重点的に取り組むべき革新技術として、「21」技術を選定
- イ) これらの技術について技術ロードマップを提示
- ウ) 国際連携のあり方(国際的なロードマップの共有等)を提示

している。石油精製の技術開発についての個別の言及はないものの、石油産業が担い手となり得る燃料電池自動車用水素の製造・輸送・貯蔵や、バイオ燃料製造に関する技術の重要性が謳われている。

平成21年7月に、「電気やガス、石油事業者といったエネルギー供給事業者に対し、非化石エネルギー源の利用を拡大するとともに、化石エネルギー原料の有効利用を促す」ことを目的に制定された「エネルギー供給構造高度化法」では、脱石油一辺倒でなく、「石油製品の効率的な生産」(石油の有効利用)の方向性が明示された。これに沿って、エネルギー安定供給における石油精製技術の高度化の方向性と関連して、平成22年4月の総合エネルギー資源調査会石油分科会では、「石油の有効利用のための判断基準」等について議論されることとなり、さらに、平成22年6月に閣議決定されたエネルギー基本計画においても、石油残渣等の高度利用の更なる取組みの重要性について方針が示されている。

我が国における石油エネルギー資源確保の観点では、今後の世界的な需要増加に対して生産増加が追いつかないとの予測により、原油価格の高騰、良質原油の供給割り当て削減など、原油調達が逼迫する場面もあり得る。これと平行する形で、2010年代の半ばより、在来原油の性状は重質化するとの予測もあり、現状、採算性の問題等から商業生産に至っていない超重質原油や、非在来型の超重質原油などの供給比率が増加すると見込まれている。こうした状況下にあっても現状の高品質を将来にわたって維持し、省資源化をさらに推し進めるためには、徹底的な設備の高度化を戦略的に進める必要がある。

一方、地球規模で各国での対応が求められているGHG排出削減については、京都議定書での合意からさらに長期を見据えた新たな枠組みや目標値について、国際的な議論が活発になる中、鳩山政権は2020年において1990年比25%削減を表明した。これは極めてハードルの高いものではあるものの、すでに平成22年度の科学技術予算は「経済と環境が両立する社会を目指すグリーンイノベーションの推進」に資するものに重点配分する方針が明確になっている。細目については、内閣府総合科学技術会議の下に設けられたグリーンイノベーション・タスクフォースにて、省庁横断的な政策課題が議論されており、以下の3つの観点から重要施策をとりまとめ、技術立国としての成長を目指している。

- a) エネルギー効率の高い技術の世界的普及の促進
- b) 太陽電池等の革新技術の更なる加速
- c) 新たな科学的・技術的見地の「発掘」と「統合」によるブレークスルー技術の研究開発

したがって、石油エネルギー資源関連分野の技術開発は、エネルギー基本計画とグリーンイノベーションの推進方針の二つの観点で、石油エネルギー資源の安定供給ならびにGHG排出削減に資する課題が望まれる。

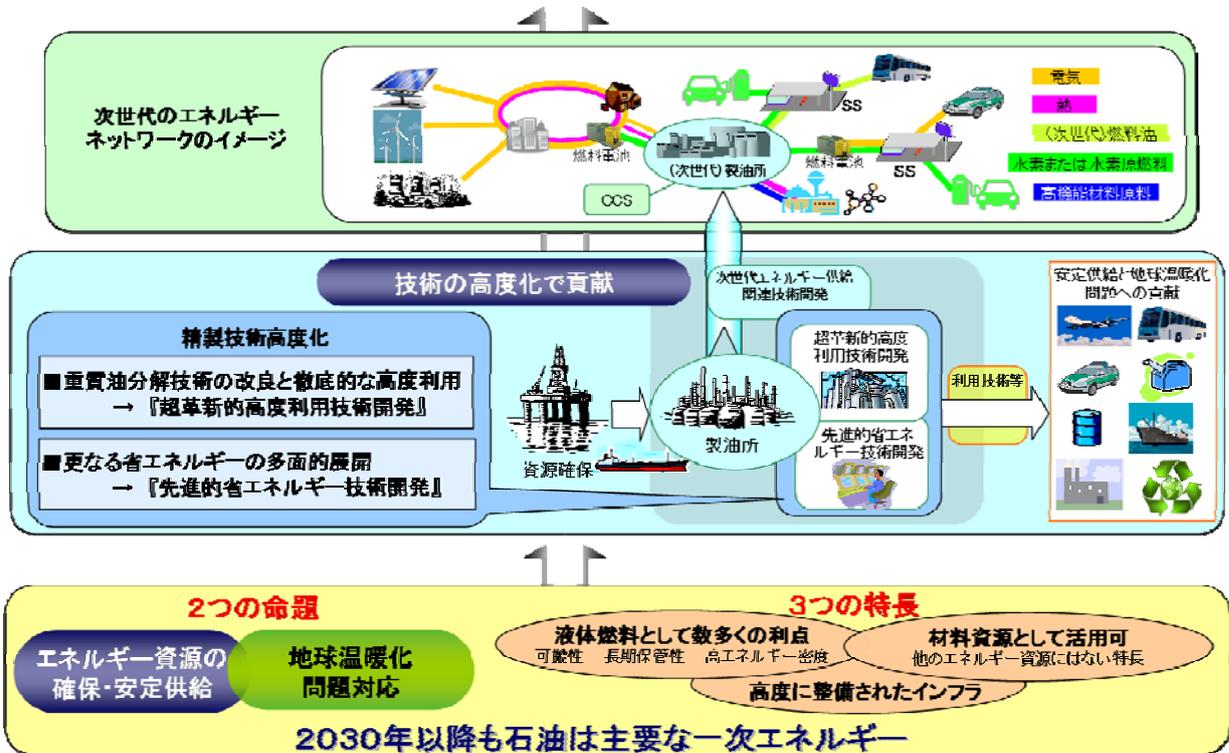
4. 石油エネルギー資源関連分野の進むべき方向性

2030年以降も含めて、石油が長期にわたって主要な一次エネルギーでありつづけることができるのは、扱い易い液体燃料であること、材料資源としての無限に近い可能性を有すること、すでに高度に整備されたインフラ設備が活用できることなど、石油が他にない優れた特徴を持つからに他ならない。よって、この優れた特徴をエネルギーの安定供給につなげるために、石油エネルギー資源の確保と石油精製技術の高度化の二つの大きな課題の解決を目指した技術開発を中長期的・戦略的視点を持って推進することが求められる。

石油精製技術の高度化は長期的にも、重質油のアップグレーディングと省エネルギーの二つの宿命的な課題が軸になる。石油需要構造の白油化、新規開発油田の重質化傾向、非在来型超重質油への将来の依存などに対応するには、重質油のアップグレーディングを効率的に行うこと（低コスト化）が必須となる。また、石油精製はエネルギー多消費型産業であるため、低エネルギー消費型プロセスあるいは高効率エネルギー回収システムなどの効果的な普及は、GHG削減と国際競争力、ひいては石油の安定供給の観点から極めて重要である。

石油エネルギー資源関連分野の進むべき方向性

多様化するエネルギー、社会システムの中で
次世代のエネルギー供給も総合的にリード



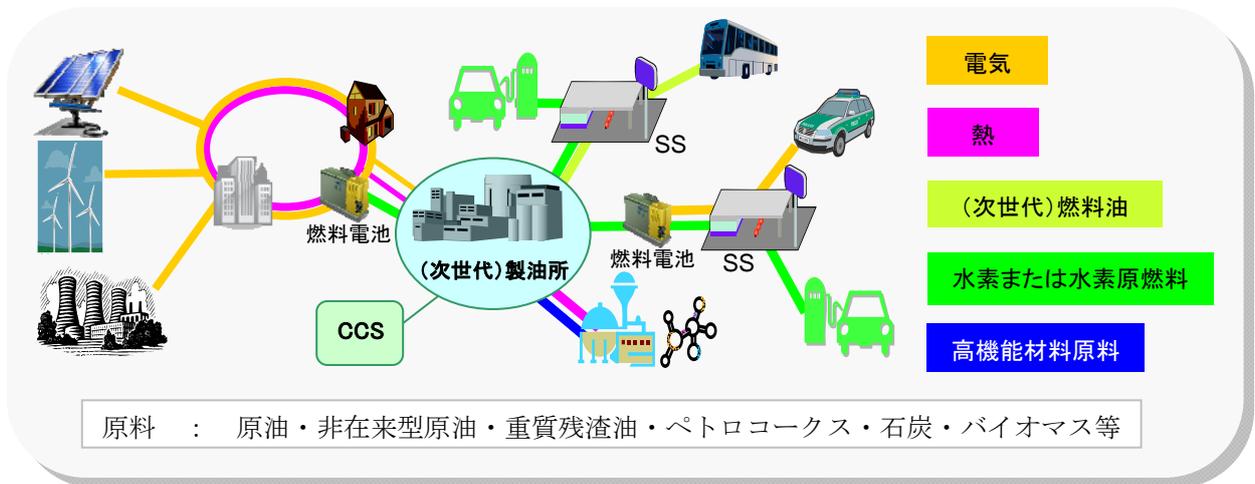
「2. 環境変化の認識」で記したように、中長期的にエネルギーの需給形態が多様化することに呼応し、あるいはエネルギーの新秩序形成をリードする形で、製油所は多様な機能を発揮するエネルギー転換拠点に進化し、次世代のエネルギーネットワークにおいて、中核的な存在であることが期待される。たとえば、2030年以降においては、以下の通りである。

ア) 処理原油には非在来型超重質油や、それ由来の合成原油なども大きな制約無く処理できるプロセスとなっている。後述のように、バイオマス、石炭・ペトロコックスなども原料の一部に取り込んで、一大エネルギー転換拠点になると想定される。多様な原料から、気体、液体、電気、熱という多様な物質・エネルギーを製造・供給する場合、その最適性が問題になるが、コプロダクション・ピンチテクノロジーの実用が進み、最適性も担保されている。

イ) 石油産業の戦略商品でもある自動車用燃料のうち、乗用車系（ガソリン車）は電気自動車（EV）やプラグインハイブリッド車（PHV）への置き換わりが相応に進みガソリン需要の大幅縮減となるものの、FCV（燃料電池車）の利用による水素利用拡大も予測され、製油所からの水素供給が地域最大の拠点になると想定される。

次世代エネルギーネットワークのイメージ

(前掲の拡大図)



ウ) 水素供給を担う多機能型製油所の技術背景としては、既存の水素製造プロセスに革新的水素製造技術の組み込みが標準となっていることに加え、重質残渣油あるいはペトロコークスなどの低付加価値余剰品を原料として、ガス化装置を組み合わせることで水素製造するなど、低コスト水素を大量に供給できる状態が想定される。

エ) 技術的あるいは経済性の観点より、ディーゼルエンジンから他の動力源への置き換えが難しいトラック等の大型車においては、軽油等の液体系燃料が主体で維持される。ただし、乗用車、トラックともに燃費向上のため新たなエンジン燃焼方式が導入され、この対応として燃料品質設計の見直しもありえる。さらにはバイオマス燃料の混合など、変化の程度によっては、精製工程に大きな影響を与えることになる。

オ) 石化向けナフサは、石化側のニーズ（プロセスの種類）に合わせて現状（軽質ナフサか重質ナフサ）よりも格段に細かく分留され、種々の高機能材製造原料の供給が展開される。

この技術的背景としては、従来のエネルギー多消費型の蒸留工程が、革新的な膜分離プロセス等に置き換わることが想定される。

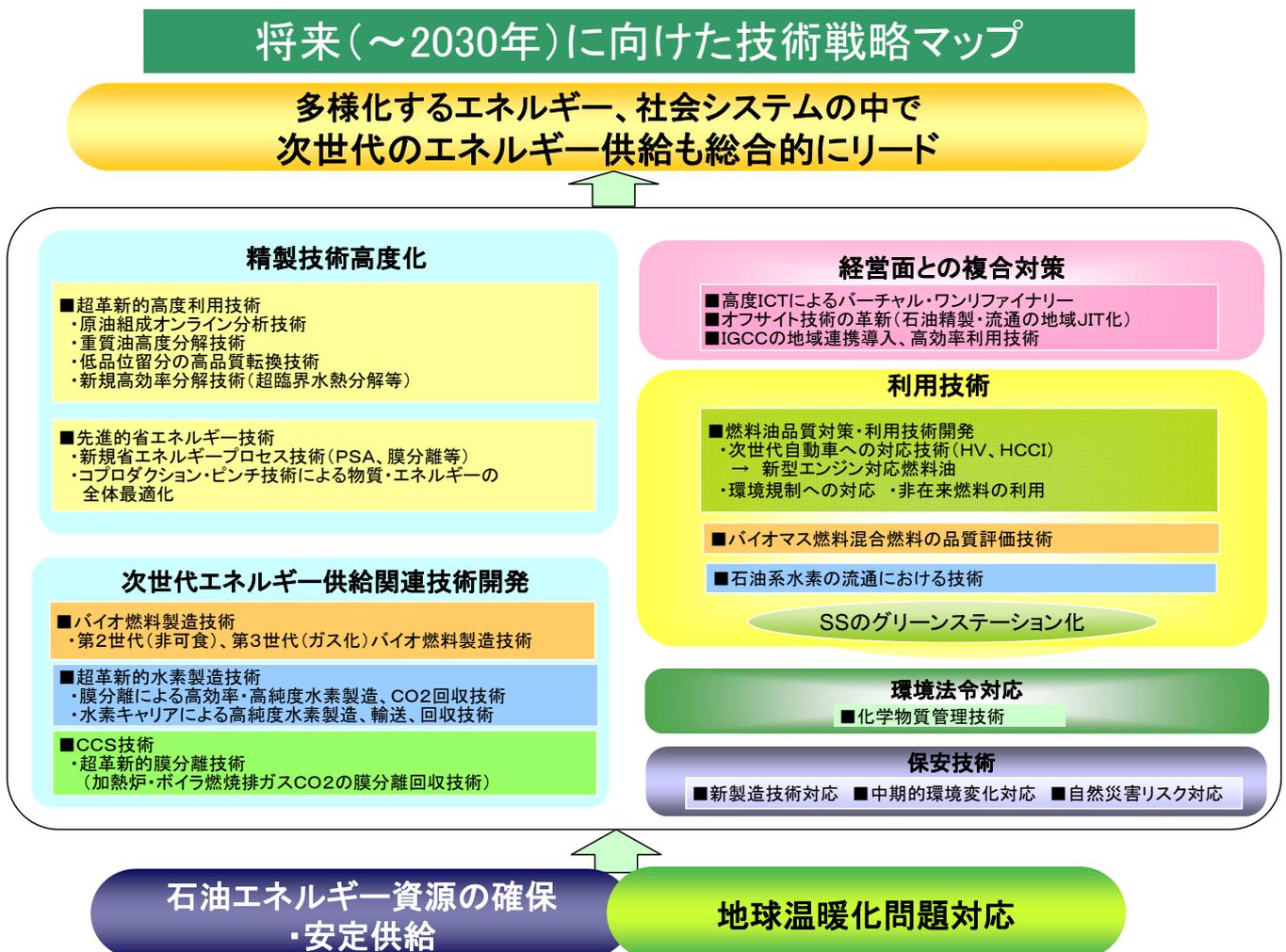
カ) 先進的な省エネ技術の導入により、エネルギー原単位は相当に低下した状態で、さらに排出されるCO₂を効率よく回収しCCSを実現することで、次世代製油所は、いわゆるグリーンイノベーションの集積事業体となり、次世代エネルギーネットワークの中核的存在になることが期待される。

5. 将来（～2030年）に向けた技術戦略マップ

5. 1 総論

石油エネルギー資源関連分野の進むべき方向性を前項で示した。この中核となる次世代製油所を実現するための主要な技術開発項目を、技術戦略マップとして示し、技術開発の期間等をロードマップとして整理した。（最終頁に添付）

次世代製油所構築の必須項目は精製技術の高度化であり、中でも重質油分解技術ならびに省エネルギー技術の改良、開発は、石油精製が宿命的に取り組むべき最重点課題である。これを技術戦略マップでは、超革新的高度利用技術と先進的省エネルギー技術として掲げている。また、製油所が多機能型エネルギー供給拠点に発展する上で、重要な技術分野として、バイオ燃料製造技術と超革新的水素製造技術を上げ、ここには水素製造プロセスで発生するCO₂をCCS（高効率のCO₂回収）技術で回収することも組み込んでいる。



以上は、プロセス技術開発の中心課題であるが、製油所が多機能化すると同時にグリーンイノベーションへの貢献度を高めることを意図して、経営面との複合対策を挙げた。これは、

技術的なハードルの高さよりも、資本の壁を越えるという点で、難度の高い課題である。具体的には隣接する、あるいは同じコンビナート地区にある複数の製油所が一体的な経営を行うことで操業の効率化を最高レベルに高めることに主眼がある。

また、利用技術面では、エネルギー利用効率を飛躍的に向上させる燃料電池関連、再生可能エネルギーとして有望なバイオマス燃料関連の、いわゆる次世代型エネルギーへの対応のほか、内燃エンジンについても将来型の高効率なものへの転換が予想され、戦略的な取り組みが求められる。

その他、製油所操業に影響を与えるものとして、環境法令対応、保安技術への対応も掲げ、これらを包括的に推進することで、製油所は次世代エネルギーを総合的にリードする地位を確保できるとした。

5. 2 技術開発ニーズと重要な技術開発課題

5. 2. 1 超革新的高度利用技術開発

前述のように、重質油分解技術と省エネルギー技術の改良は、石油精製が宿命的に取り組まなければならない分野である。重質油分解プロセスは、水素化分解、流動接触分解、熱分解等に大別できるが、燃料油需要構造や品質性状の市場ニーズの変化への対応、コスト削減、原油（原料油）の重質化対応などの観点は、どのプロセスにも共有する。すでに、現在に至るまでそれぞれ大きな技術改良がなされ、特に、ほとんどの製油所で稼動し収益の源泉として位置づけられる流動接触分解は、長足の進歩を遂げている。しかし、今後の国内の石油精製を取り巻く激変を考えると、各プロセスとも相当な改良・新規開発が必要である。

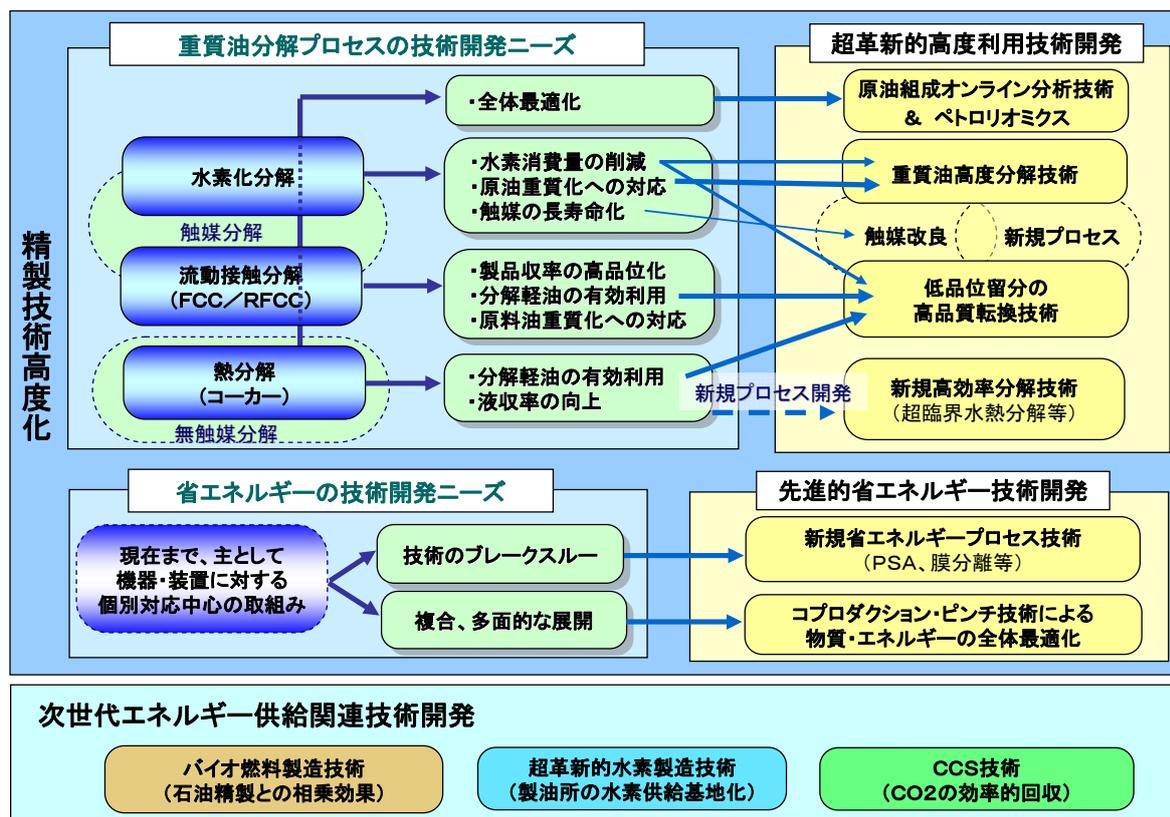
石油精製のプロセス技術は、ほぼ全てが海外からの技術導入であったが、プロセス性能を徹底的に引き出すための触媒技術、プロセス制御技術、品質管理技術などは、我が国も海外ライセンサー等に劣らない優れた技術力を備えている。さらに、サルファーフリー軽油のように我が国の燃料油品質が世界最先端にあるものは、当然国産技術（触媒をコアとするプロセス技術）が優れており、国産の大型プロセス開発であるHS-FCCは実証段階にまで達している。したがって、今後はこれまで以上に、過去の単純な延長線上にはない技術ブレークスルーを伴い、海外の競合対象と比較しても優位に立てる技術開発の推進が期待される。

(1) 原油組成オンライン分析とペトロリオミクス

原油は極めて膨大な数の組成（分子レベルの成分）で構成され、反応の組み合わせも無限になるため、組成を解析し、反応経路を解明することについては、ほとんど未開拓とあってよい領域であった。しかし、近年のコンピュータ技術の驚異的な発展、分析技術の高度化は、これらを可能にしつつある。一つの発想として、常圧蒸留装置（トッパー）入口で原油の組成（詳細でなく、擬似的なものであっても価値はある）をリアルタイムに分析し、トッパーはもとより下流の二次装置、基材ブレンドによる最終製品のロット確立までフィードフォワード的に操作変数を調整・制御することができれば、従来にない次元での最適化に結びつく。

この技術は、原油連続サンプリング技術、現場型近赤外分光分析技術、分光分析結果の同定技術、組成・蒸留性状シミュレーション技術などで構成され、それぞれに高い技術ハードルがあるため実現は容易ではない。欧米のメジャーの一部はすでに原油オンライン分析を実用化しているとの情報もあるが、開示されておらず、初期段階にとどまったままと推察している。

技術の高度化に係わる技術開発ニーズと重要な技術開発項目



オンライン分析は一つの理想形ではあるが、オフラインでも原油の組成分析、中でも重質残渣油などの組成を解析し、さらに、主要な反応の経路を解明することができれば、プロセスの設計、触媒の設計、運転操作変数の調整などの場面で、かつてない画期的な効果をもたらすことが期待される。このような、分子の詳細構造分析と分子反応モデルとの融合的な技術体系をペトロリオミクス (Petroleomics^(*)) 技術と称し、米国を起点に近年立ち上がってきた。

(*) ; Petroleum と omics (ome(完全)と ics(学問)の二つのギリシャ語の合成語) を合成した造語、ある分野の全てを包括する学問体系を意味する。

ペトロリオミクス技術は特に、重質油等を高度利用する際の研究開発基盤技術として期待される。たとえば、原油あるいは原油蒸留の残渣物である重質油は、万単位の分子の種類を持つ混合物であり、しかも、アスファルテンのように分子量が10万にもなる巨大で複雑な

構造の分子も含んでいる。従来の分析技術では、重質油を飽和分、芳香族、レジン、アスファルテンに分画し、それぞれの平均分子構造をモデル的に推測することにとどまっていた。しかし、最新のイオンサイクロトロン共鳴質量分析（FT-ICR-MS；Fourier Transform Ion Cyclotron Resonance Mass Spectrometry）を用いると、重質油を構成する分子の詳細構造を定性・定量分析でき、しかも、硫黄分や窒素分などのヘテロ化合物についても、定性・定量分析が可能となってきた。分析手法としては発展途上段階にあるものの、「原油、重質油は所詮、分子レベルまでは解析できないもの」から「詳細構造が解析できるもの」に扱いは変わるとは、石油精製分野に極めて重大な影響を与えるイノベーションである。

また、計算化学も長足に進歩している。たとえば、極めて複雑な重質油の反応経路については、近年、「巨大な分子を部分構造に分けて反応モデル化する手法（ARM；Attribute Reaction Model）」が実用域に達したことで、一挙に、実装置の反応メカニズム解析、モデル構築、反応シミュレーション、プロダクト性状予測が効率的に行えるようになってきた。

以上のように、重質油の分子レベルでの詳細構造分析と分子反応モデリングにより、重質油に関わるプロセスや触媒は、数年内に従来にない飛躍的なレベルでの開発が始まる可能性が高まっている。原油オンライン分析とペトロリオミクス技術はそれぞれに、大変ハードルが高いので、開発ステージを分けて、各ステージの開発が終了したものから実用化するという、現実的な対応も視野に入れるべきであろう。

（２）重質油高度分解技術

我が国では、流動接触分解装置の原料油は、前工程の間接（直接）脱硫装置で水素化精製されるのが一般的であり、この工程でも水素化分解が生じ、また水素化度合いによって（R）FCCでの分解パフォーマンスが変わってくるため、これらの全体を一つの「系」としてとらえて最適化することが重要な観点である。特に、原油（原料油）の重質化にも対応しながら分解能を上げるには、最先端の重質油構造解析技術、計算化学に基づく反応シミュレーション技術、触媒構造解析技術、装置の流動解析技術などを個々に改良し、効果的に組み合わせる総合的な技術力を要する。例えば、こうした研究成果として流動接触分解装置のボトム油であるCLOによって、VR（減圧蒸留残渣油）中のアスファルテン分を凝集緩和させることができ、この結果、VRを直脱原料にできる可能性が十分にあるなど、超革新的と称せる技術開発の余地が十分残されている。

一方、水素化分解、水添脱硫等で水素を大量に消費するが、水素は反応に必要な量だけでなく、副反応のためにも消費され、さらに、反応塔から下流の分離工程で分解ガスと水素が完全には分離できず、貴重な水素が一定の比率で燃料ガス系統に消えている。こういった水素のかなりの比率（製油所によっては50%以上）は、水素製造装置でナフサ、LPGなどを原料として水蒸気改質法によって製造しており、工程の中でCO₂を相当量、大気放出している。ところが、産油国では原油からの随伴ガスや天然ガスを原料にして水素を製造するケースが多く、水素製造コストが圧倒的に低く競争力の源泉の一つとなっている。したがっ

て、CO₂の排出抑制、国際競争力の底上げなどの観点より、水素化分解、水添脱硫等の触媒開発やプロセス開発では、「超低水素消費」を要件とすることが望まれる。

(3) 低品位留分の高品質転換技術

流動接触分解装置や熱分解装置から得る中間留分には多環芳香族が多く含まれている結果、製品とするには二次水添処理によって多環芳香族をBTXやパラフィン、ナフテンといった水素化度の高い炭化水素分子に転換する必要がある。これが十分でなければ、分解軽油は需要が急激に縮減しているA重油、C重油の基材にしかならず、需要構造変化への対応の重大な足かせになる。したがって、たとえば、水素消費量を極力押さえながら高品質なものを高収率で得るための触媒開発、あるいは既存プロセスでは二段階の固定床で反応させているものを、移動床によって一段階で反応させ、水素消費量を圧倒的に減少させる超革新的なプロセスの開発など、多様な技術開発が期待できる。

(4) 新規高効率分解技術（超臨界水熱分解プロセス）

無触媒の熱分解装置の代表格はコーカーである。VRを分解できる比較的シンプルなプロセスという利点により、世界で多数の実装置が操業しているが、(3)でも述べたように、これから得る中間留分は品質上の制約がある上、コークス収率が数十%にもなるため、コークス燃焼時に大量のCO₂を発生するなど、地球温暖化防止には貢献しがたい。近年、VRクラスの重質油を直接水素化分解するプロセスも開発されているが、水素消費が多量である、建設費が相対的に高いなど、経済性で必ずしもコーカーより優位ではなく、実装置は限られた数にとどまっている。

そこで、たとえば、まったく新たな発想として、超臨界水を反応場としてVRなどの超重質油を熱分解する新規プロセスの開発が起案され、目下、先導研究として反応メカニズムなどサイエンスレベルの究明が進んでいる。水の超臨界状態では水と有機反応物が均一相を形成し、水中の水素が反応に寄与（水素移行反応）することで、系外からの水素供給が不要、コーク生成がゼロにできる可能性があり、超重質原油の処理、地球温暖化防止など数々のニーズに応えることのできる画期的なプロセスになる期待がある。我が国オリジナルで圧倒的な優位性を持つ（超）重質油分解プロセスの確立に向けて、研究・技術開発を強力に継続すべきである。

5. 2. 2 先進的省エネルギー技術開発

省エネルギーは地球温暖化対策の基本的な取り組みであるものの、個々の機器あるいは装置単位での省エネルギーは行き着く所までいった感もある。我が国の製油所は最も近年に操業したものでも35年を経えており、海外の最新鋭の製油所と比較して規模や最新技術の装備で劣位にあるにも拘わらず、エネルギー消費原単位はおしなべて世界の上位に位置する。これは、各製油所で省エネルギー技術の導入に対する弛まぬ努力の証ではあるが、最近では伸

び悩み傾向にあることも否めない。したがって、従来技術の延長線の取り組みを脱し、新たな観点での技術開発・導入が必要となる。すなわち、技術的なブレークスルーと、最新のソフト技術の応用による複合的・多面的な展開という二つの軸での取り組みで考えたい。

(1) 新規省エネルギープロセス（機器）開発

製油所ではトッパーを代表格として、いわゆる蒸留塔が無数といえるほど稼働している。ここで消費される熱エネルギーは熱交換器で回収利用されるが、物理的に限界があり、いわゆる低温排熱が未回収のまま大量に放出されている。熱エネルギーは電気エネルギーや動力的なエネルギーと比べて最も回収利用しにくいものであり、究極的に蒸留を必要としない分離工程が省エネルギーの到着点の一つと考えられる。たとえば、膜分離やP S A（Pressure Swing Adsorption；圧力スイング吸着方式）にその可能性がある。

膜分離は混合物中の分子の透過率の差を利用する。すでに有機膜では水素と二酸化炭素の分離など、ガス体で実用化されているが、炭化水素の分離についても技術開発が進んでいる。さらに有機膜よりも寿命的に優位性が望める無機膜は、一般的に分子毎の透過率の差が有機膜よりも大きいいため分離性能が高くなり、炭素の中空糸膜なども実用化に近づいている。

P S A分離は吸着剤の新規開発により、たとえばプロパンとプロピレンのように沸点が近接しているものの分離にも応用できる見込みがでてきた。新規吸着剤の開発と、P S A全体の高度な制御技術の開発等により、炭化水素混合物の分離も応用範囲が拡大すると思われる。

以上のように、将来的には液体炭化水素の膜分離（分子篩も含む）とP S A分離の実用範囲が拡大し、こういった新規分離技術の組み合わせによって蒸留工程を大幅に削減した超省エネルギー型製油所の実現を目標とする技術開発が望まれる。

(2) コプロダクション・ピンチ技術による全体最適化

製油所では燃料油の製造に焦点を当て、水素やユーティリティの供給は従属的な扱いになることが多い。しかし、これらの従属的なものの製造と供給のためにもCO₂は排出されており、地球温暖化防止の観点からは、全CO₂排出量を削減する努力が求められる。したがって、これからの製油所は全体最適的な概念を持ち込み、燃料油生産を目標に合わせつつ、CO₂の総排出量をミニマムにするような操業のあり方（燃料油製造装置、水素製造装置、ユーティリティ設備などの稼働の組み合わせ）を実現することが極めて重要となる。このように、物質（燃料油、水素など）とエネルギー（電力、蒸気など）を総合した全体最適を求める手法がコプロダクション・ピンチ技術であり、この手法の大規模な実用化が求められる。

さらに、今後の燃料油需要の減少に伴い、水素やユーティリティの供給能力には余裕が生じる。この余力は、水素であればFCVへの供給、電力・蒸気などは製油所近隣地区への供給などに活用できる可能性があり、このような物質とエネルギーの複合供給の最適化こそ、コプロダクション・ピンチ技術の活用場となる。現状、机上での試算レベルにとどまっているので、本格的で大規模での実用に向けた取り組みが強く期待される。

5. 2. 3 次世代エネルギー供給関連技術

(1) バイオ燃料製造技術

バイオ燃料製造について、現状は技術、原料調達のいずれからも進むべき方向性が明確でなく、今後さらに調査・検討を進め、国の方針にも合致する技術開発と実用化が必要となる。

たとえば、石油個社ではバイオ燃料製造、特に非可食原料からの次世代バイオ燃料に関し、将来に向けての世界的な需要増加に備えた製造研究が立ち上がっている。

我が国にとって、バイオマスは原料調達の面で多くの課題があることが、すでに種々の調査でも指摘されており、諸外国では農業政策などと連動させた戦略が国家レベルで進められている。したがって、長期的な展望を持って技術開発を進めるに当たっては、事業としての成立要件も考慮した戦略的な取り組みが望まれる。

(2) 超革新的水素製造技術

F C Vの本格的な普及を見据えて、製油所における高純度水素の高効率製造技術、およびグリーンS S（多様な再生可能エネルギーを一般消費者に供給する拠点）までの水素の安全・大量輸送技術は、国家施策に沿うものとして開発速度を速める必要がある。

製油所における水素製造は、高オクタン価ガソリン基材の製造を目的としたナフサ改質プロセスで副産される水素以外は、ナフサ、L P G、製油所オフガス（メタン、エタン等）を原料として水蒸気改質プロセスで製造される。このプロセスの水蒸気改質工程、シフト反応工程、水素回収工程のそれぞれにおいて、膜分離を組み合わせることで、水素製造に必要なエネルギー原単位が大幅に低下できる。現状、水素透過能力を有するパラジウム（P d）を用いた膜が研究段階では先行しているが、高コストなため実用のハードルは高い。P dに代わる膜材料の開発など低コスト化が進み、実装置に組み込まれることが期待される。

圧縮水素の輸送では高圧化・大容量化に向けて、複合材料容器の開発などが進み、また、安全性に優れた有機ハイドライド輸送システムの技術確立に向けての開発や液体水素輸送の効率向上の検討、グリーンS Sでの高圧水素の低コスト供給技術の開発等が進んでいる。

(3) C C S技術

「エネルギー基本計画」において、C C Sは2020年代後半の本格導入に向けた具体的なアクション・プランを早急に策定するとのシナリオが示されており、この観点で開発の加速が期待される要素技術を、将来の水素製造拠点である製油所にも展開する可能性は十分ある。また、製油所設備のうち燃焼排ガス中のC O 2回収は他産業とも共通する課題であるが、水素製造装置から副生される高濃度のC O 2をさらに効率的に回収する技術開発は、水素製造の圧倒的なシェアから考えて石油業界が主体的に取り組むべきものである。このような技術開発を背景にC C Sの普及が加速され、L C A（ライフサイクルアセスメント）での評価の面からも化石資源由来の燃料油、あるいは水素が再生可能エネルギーと同等又はそれ以上の優位性あるエネルギーとなり得る。

5. 3 その他の重要課題

(1) 経営面との複合対策

石油各社は備蓄義務を課せられているが、元々、製油所の安定操業のための原油在庫、中間製品（二次装置原料、製品基材など）在庫を確保し、市場への安定供給確保のために製品在庫を持ち、輸送途中の物流在庫も相当な量を抱えるなど、大量の在庫を所有・管理するため、石油産業は在庫商売とも称される。これを個社で個別に行うことは、燃料油の国内需要が縮減する縮小経済下では、過剰在庫、非効率物流の度合いは膨らみ続けることになる。

そこで、各社が連携することにより、近隣の複数の製油所と油槽所で完全に在庫を共有し、全体として在庫と物流の最適化を徹底することで、各社の経営改善につながり、CO₂排出削減への効果も相当大きくなると期待できる。このように、在庫を完全に共有し、装置稼働と物流の最適化を行うには、クラウド・コンピューティングに代表される最新のICTを用いることが前提となり、コンピュータ・ネットワーク上で、仮想的に複数の製油所を一つと見立てて操業管理することになるので、バーチャル・ワンリファイナリーと仮称している。ただし、この前提として資本の壁を越えることが必要であり、本マップでは「経営面との複合対策」との κατηγοリーを設けている。さらに、発想を深化させ、ICT（情報通信技術）を駆使することで石油産業におけるJIT（ジャストインタイム）化も構想でき、今後、製油所の閉鎖を進めるにあたり、事前にバーチャル・ワンリファイナリー化しておくことは、安定供給確保のためにも極めて有効な手段となり得る。

同様に経営面との複合対策として、地域共同によるIGCCの設置と熱電併給拠点化が構想できる。IGCC（石油残渣ガス化複合発電）の原料としては重質残渣油、ペトロコークスのほか、他産業での廃棄物なども可能性は十分ある。コプロダクション・ピンチテクノロジーを活用することによって、IGCCの稼働の最適性も確保できる。

(2) 利用技術

地球温暖化対策および大気汚染防止の観点、同時に我が国の成長産業の要との位置付けから、経済産業省や環境省では次世代自動車の導入に向けてのとりまとめがなされている。

既存の内燃機関エンジン搭載車については、今後も段階的な燃費規制の強化が図られるものの、2030年の時点では、依然、石油系燃料が主流であると予測される。しかし、成分的には、非在来型原油由来の燃料やバイオマス由来の燃料を配合した新規燃料が本格的に流通するとされている。また、研究開発中であるプラグイン・ハイブリッド車や未来のエンジンとして期待の高いHCCI（予混合圧縮着火）エンジン搭載車の普及に向けて、新たに燃料品質設計の最適化が求められるとされている。

さらに、2015年より一般ユーザーへの普及開始段階に入るFCVについては、水素の安定供給確保のために石油系水素が量的・経済的にも期待されている。これには、製油所水素を水素ステーションに輸送し給水素するケースと、水素ステーションにおいて石油系燃料から水素を製造し供給するケースがあり、それぞれについて技術課題への対応が必要となる。

このように、我が国の経済成長、環境対策の切り札となる次世代自動車の普及・拡大に当たっては、多様な燃料種を環境負荷の少ない形で供給できるようSSのグリーンステーション化を図ることが重要、との政府のとりまとめも踏まえ、石油業界としては製造～流通～供給の各段階での技術課題について積極的な取り組みが必要である。

(3) 環境法令対応

石油産業に係る環境規制は大気、土壌、水質と広範である。これら法体系の根幹にある化学物質リスクについては、日本固有の制度設計がされてきたが、昨今、米国のTSCA（有害物質規制法）やEUのREACH（化学物質の登録、評価、認可及び制限に関する規則）を機軸に、化学物質リスク管理の国際的な協調の動きが顕著となっている。そのため、我が国の化審法（化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律）も平成21年5月に改正法が公布されている。

このように、化学物質管理に関しては、分析評価技術等の発展と相まって、リスク判断の適正化について今後も国際的な議論が続くと考えられることから、我が国においても、石油製品の国内外の流通上での管理に対し、迅速に対応できるよう備えておくことが必要である。

(4) 保安技術

上述の石油精製技術の高度化は、設備の使用環境の多様化・過酷化をもたらすものと予想される。このため、製油所の安全・安定操業の確保に向けて、保安技術の更なる向上が必要となる。また足下で議論されている重質油分解装置の装備率向上や船舶用燃料の硫黄規制、設備の高経年化、さらには自然災害によるトラブルの抑制対策が確保されなくてはならない。

これらの対応は、複雑に絡み合った要因分析から見出される改善策を検討することが重要であるとの認識から、今後の保安技術分野の展開については、高度安全安定操業の確保に向けた体系的・継続的な取り組み、特に、保安基盤（設備・機器の運転、保守、保安等）と安全文化（保安基盤を活性化する組織文化）をベースにして保安技術の高度化によるプラント保安力の向上に向けて、業界の英知を集約することが重要である。

6. 石油エネルギー資源関連分野の技術戦略ロードマップ（最終頁に添付）

ここでは、技術開発期間の概略を示した。技術の深化・発展系というより、実用化に向けて継続的な取り組みに重きを成すものについては、それぞれ個別の表現を記している。

また、技術開発課題の「基礎」とは「先導研究から基礎研究」、「応用・実証」とは「応用研究から研究室レベルでの技術確立」、「実用化」とは「商業規模での実用」と定義して概ねの工程を期待も含めて示したが、各課題とも技術ハードルが高く不確定要素が多い。今後、具体的な取り組みが見えてくる段階で、専門家の見地も加えて修正していく。

7. 将来ビジョンにおける定量的な目標

技術開発を進める上で、その結果として、どのような実際的な成果を目指すかを明確にすることの重要性は言うまでもない。しかし、技術開発そのものは最終目標ではなく、あくまで将来ビジョン達成のための一手段であると言える。

例えば、経済産業省の「技術戦略マップ2010」における「エネルギー分野の技術戦略マップ」では、平成18年に策定した「新・国家エネルギー戦略」における政策の柱を踏まえ、①総合エネルギー効率の向上、②運輸部門の燃料多様化、③新エネルギーの開発・導入促進、④原子力の利用、そして、⑤化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーン利用の5つの政策目標を設定した上で、これらに寄与する主なエネルギー分野の技術を抽出しているが、これらの政策目標は技術開発のみで達成されるわけではなく、様々なポリシー・ミックスの組み合わせで達成されるべきものであり、技術開発はその一手段と位置づけられる。

また、「平成23年度科学・技術重要施策アクション・プラン」（平成22年6月 内閣府総合科学技術会議）において、新成長戦略の重要課題であるグリーンイノベーションの推進については、国民が低炭素・自然共生・循環型社会を実現できる「環境先進国日本」を世界に先駆けて構築することを目指し、①再生可能エネルギーへの転換、②エネルギー供給・利用の低炭素化、③エネルギー利用の省エネ化、④社会インフラのグリーン化の四つの課題とその方策が設定されている。

技術開発の最終目標は、将来ビジョン達成への寄与によって計られるべきものであり、その観点から、本技術戦略マップが描く、将来ビジョンの目標及び定量的な指標となりうるものをまとめると、以下ようになる。

①エネルギー安定供給への貢献

重質油高度分解技術開発による重質原油処理への対処や、バイオ燃料製造技術、水素製造・輸送技術の開発等がこれに該当する。

考えられる定量的な目標としては、原油処理削減量（比率）、重質原油処理量（比率）、再生可能エネルギー等導入量等があげられる。

②低炭素社会構築への貢献

膜分離、エクセルギー再生等の革新的省エネ技術、バイオ燃料製造技術、超革新的水素製造技術、CCS技術の開発等がこれに該当する。

考えられる定量的な目標としては、CO₂削減量、省エネ量、エネルギー原単位低下度、EII（ソロモン社のエネルギー効率指標）低下度等があげられる。

③産業競争力向上への貢献

低品位留分の高品質転換技術の開発による製品高付加価値化や、重質油高度分解技術開発による原油処理量の削減・重質原油処理量増加によるコスト削減、先進的エネルギー技

術開発によるコスト削減、高度 I C T によるバーチャル・ワンリファイナリー化、更には次世代エネルギーネットワークへの対応等がこれに該当する。

考えられる定量的な目標としては、コスト削減額、付加価値額等があげられる。

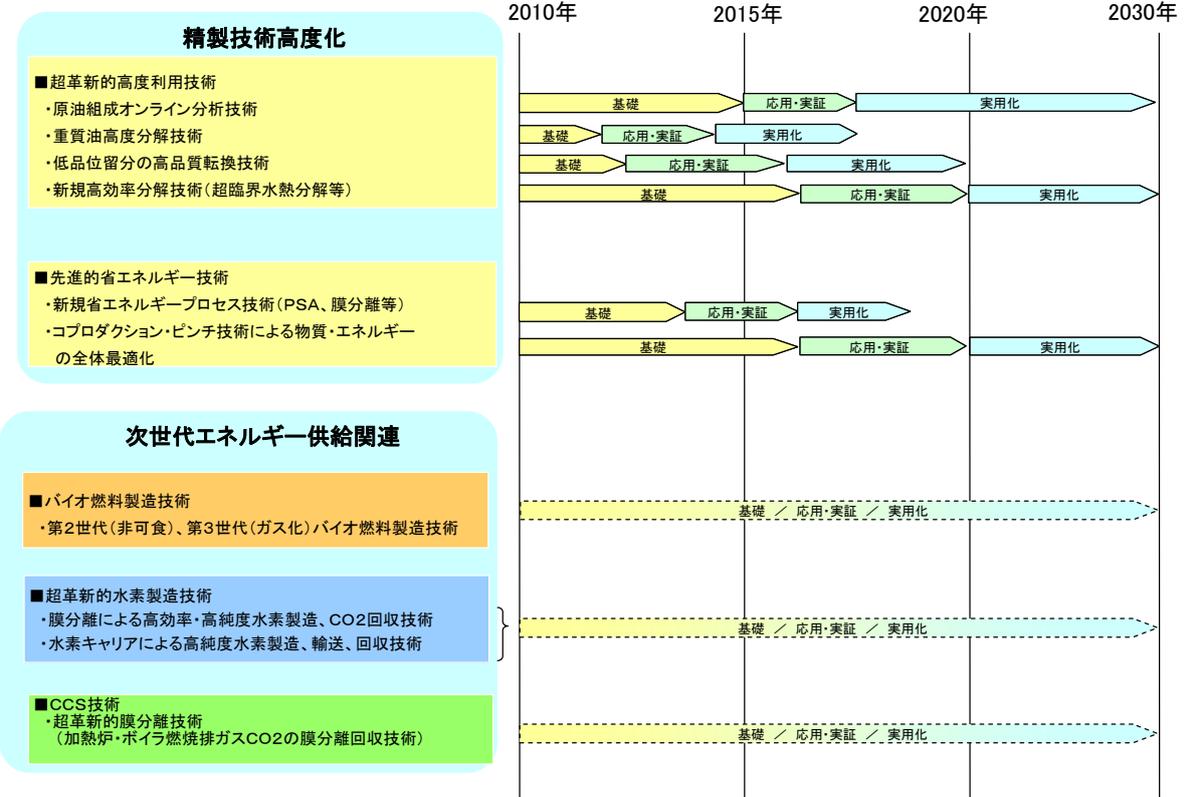
定量的な指標は、以上の項目からの選択、あるいは組み合わせになると思われ、具体的な値は、目標を達成するうえで必要な各技術要素の開発見込み・コストと、得られる便益を勘案して適切に設定する必要がある。そのためには、各技術要素の詳細な検討が必要であり、次年度以降の課題としたい。

8. おわりに

以上のように、石油エネルギー資源関連分野が、中長期的に取り組むべきと考える重要な課題を、一定の網羅性を持って示した。ただし、こういった技術戦略マップには本来、完全な完成品はなく、「発想を示す一つの切り口」と考えて整理している。技術は日進月歩で進化し、時に関係者の予想を超えるブレークスルーもある。また、石油産業を取り巻く経営環境の激変は、関係者の予想を覆すことが現実には起こっている。したがって、技術開発、経営環境の両面でめまぐるしく変化する中では、関連する事項を常に鳥瞰する姿勢こそ肝要であり、本技術戦略マップも戦略的発想を共有するための道具立ての一つとして活用し、環境の変化を見据えながら、数年ごとに見直すものとする。

以上

石油エネルギー資源関連分野の技術戦略ロードマップ(1)



石油エネルギー資源関連分野の技術戦略ロードマップ(2)

