

## サマリー

### (研究ノート) ポスト 3.11 における日本の石油精製業概観

#### —2020 年の需給バランスとガソリンのオクタン価—

計量分析ユニット 研究主幹 平井 晴己

2011 年 3 月 11 日発生した東日本大地震と福島原発事故は、日本の政治・経済・社会に大きな影響を与え、今後のエネルギー政策の有様を大きく変える契機となった。石油産業も被害を受けたものの、系統電源に全く依存することなしに、燃料の貯蔵が可能で、かつ移動が容易な自動車（ガソリンや軽油などの内燃機関を駆動源とする）の重要性が改めて認識され、さらに、これを支える、石油製品のロジスティックス(製油所・油槽所・SS)についても、その強靱さと有効性（ライフラインとしての価値）が高いことが実証された。その他、一時的なものではあろうが、原発の停止と復興需要による石油製品需要の増加もあって、これまで言われてきた急激な需要の減少は押しとどめられ、当面は緩やかな減少が持続する可能性が高い。

本稿では、こうした環境の変化を念頭に、2020 年における需要の予測と需給バランスの最適化を検討し、1つの量的なイメージを描いてみた。勿論、1つの断面ではあるが、需要・供給ともうまくバランスすることが分かった。また新增設を行わず、どの程度、生産パターンが変更可能かについて、ガソリンのオクタン価アップを参考例としてとりあげ、合わせて精製・燃焼・燃費向上等の各段階での CO2 排出への影響について試算を行ってみた。

お問合せ: [report@tky.ieej.or.jp](mailto:report@tky.ieej.or.jp)

（研究ノート）

## ポスト 3.11 における日本の石油精製業概観

- 2020年の需給バランスとガソリンのオクタン価 -

計量分析ユニット 研究主幹 平井 晴己

### 1. はじめに

3年前の2009年9月、著者は「急速な需要減退に直面する日本の石油精製業」<sup>1</sup>と題する小論で、日本の石油精製業の直面する課題を論じた。当時は、前年に発生したリーマンショックによる世界金融危機の余波も大きいときで、世界経済は低迷していた。その9月は、おりしも、はじめての非自民党による本格政権である民主党政権が誕生した時でもあり、世論は異様な熱気に包まれていた。エネルギー政策に関しては、鳩山政権による、「二酸化炭素排出量25%削減」が世界に向けて華々しく打ち出されるなど、「脱化石燃料」ということで、再生可能エネルギーや電気自動車にスマート社会がすぐにでもやってくるような賑わいであった。こうした中で、筆者は、経済構造の変化にともなう石油需要の大幅な減少と、全世界的な非化石燃料へのシフトを意図する政策(特に、オバマ政権の登場によって)が始まったことを指摘し、右肩下がりの局面における石油精製業のありようの難しさを論評した。しかし、1年半後に予想もしなかった事態に、日本は直面することとなった。

2011年3月11日発生した東日本大地震と福島原発事故である。日本の政治・経済・社会に与えた影響は計り知れず、また、エネルギー政策については、その有様を大きく変える契機となった。特に、原発問題を中心としたエネルギー政策に関しては、これまで議論に参加して来なかった多くの人々が新たに参加して、様々な議論が巻き起こる。残念ながら、現状の議論は収束というよりは発散の方向へと進みそうで、先行きは不透明である。

石油産業はどうかと言えば、大地震から得られた教訓（国民的なコンセンサス）は肯定的なもので、「系統電源に全く依存することなしに、燃料の貯蔵が可能で、かつ移動が容易な自動車（ガソリンや軽油などの内燃機関を駆動源とする）の重要性」が改めて認識されたことである。さらに、これを支える、石油製品のロジスティックス(製油所・油槽所・SS)についても、その強靱さと有効性(ライフラインとしての価値)が高いことが実証された。その他、一時的なものではあろうが、原発の停止と復興需要による石油製品需要の増加もあって、これまで言われてきた急激な需要の減少は押しとどめられ、当面は緩やかな減少が持続する可能性が高い。このことは、石油産業にとっては、体制を立て直し、長期戦略を調整するための時間的猶予が与えられたと考えて良かろう。

---

<sup>1</sup> 日本エネルギー経済研究所のホームページ(2009年9月掲載)を参照。

## 2. 2020年の石油製品需要をどう見るか<sup>2</sup>

では、2020年までの需要の見通しは、これまでの「超」悲観的なものから、どの程度変化しているのでしょうか。これを定量化するため、計量モデル（経済・エネルギー）を用いて試算を行うこととした。但し、この試算は2011年10月の時点で実施したので、現時点で改めて行えば、前提条件がやや異なるため、途中経過、特に2015年頃までの状況はかなり異なる可能性が高い。しかし、2020年に近づくとつれ、3.11及びその後の復興に伴う様々な影響が小さくなり、本来の長期的なトレンドに収斂するという見方もできることから、2020年の需要に的を絞って議論することとしたい。

以下に、需要予測における主要な前提条件とその考え方を示したが、本需要予測は、石油製品の需要に的を絞っていることから、1次エネルギー供給全体の整合性（政策議論）を対象としたものではないことをお断りしておく。

### 2-1 主要な前提条件とその考え方

#### (1) 世界経済、為替レート

- ①世界経済：アジアを中心に堅調に成長（EU危機・それにとמונau減速は一時的）
- ②日本経済：震災から順調に回復（復興需要:2012年～2015年）
- ③為替レート：2015年、2020年時点で85円/ドル(緩やかな円安)

表 2-1 主要なマクロ経済指標（2010年度～2020年度）

	2009年度 (実績)	2010年度 (実績)	2015年度 (予測)	2020年度 (予測)	2010-2015 年平均伸び率	2015-2020 年平均伸び率
国内総支出 (GDP) (2000年10億円)	526,442 (-2.4)	538,458 (2.3)	571,908 (1.1)	605,479 (1.1)	(1.2)	(1.1)
国内企業物価指数 (2005年=100)	102.6 (-5.2)	103.3 (0.7)	109.2 (0.8)	113.4 (0.7)	(1.1)	(0.8)
消費者物価指数 (2005年=100)	100.0 (-1.6)	99.6 (-0.4)	101.4 (0.5)	104.0 (0.5)	(0.4)	(0.5)
鉱工業生産指数 (2005年=100)	86.1 (-8.8)	93.9 (9.1)	105.6 (1.5)	114.2 (1.6)	(2.4)	(1.6)
為替レート (円/米ドル)	92.8 (-7.6)	85.7 (-7.7)	85.0 (2.4)	85.0 (0.0)	(-0.2)	(0.0)
原油CIF価格 (米ドル/バレル)	69.1 (-23.2)	84.4 (22.1)	100.0 (5.3)	120.0 (3.4)	(3.5)	(3.7)

(注) 括弧内の数値は前年伸び率

#### (2) 原油価格

- ①日本輸入 CIF 価格：2020年時点で実質価格120ドル/バレル(2010年基準)
- ②イラン危機・中東民主化など一時的に上昇はあるが短期的に終息・緩やかな上昇

#### (3) 気温

直近10年の平均気温を使用

<sup>2</sup> 需要予測については、計量分析ユニットの同僚である八馬研究員の協力を得た。

(4) 発電

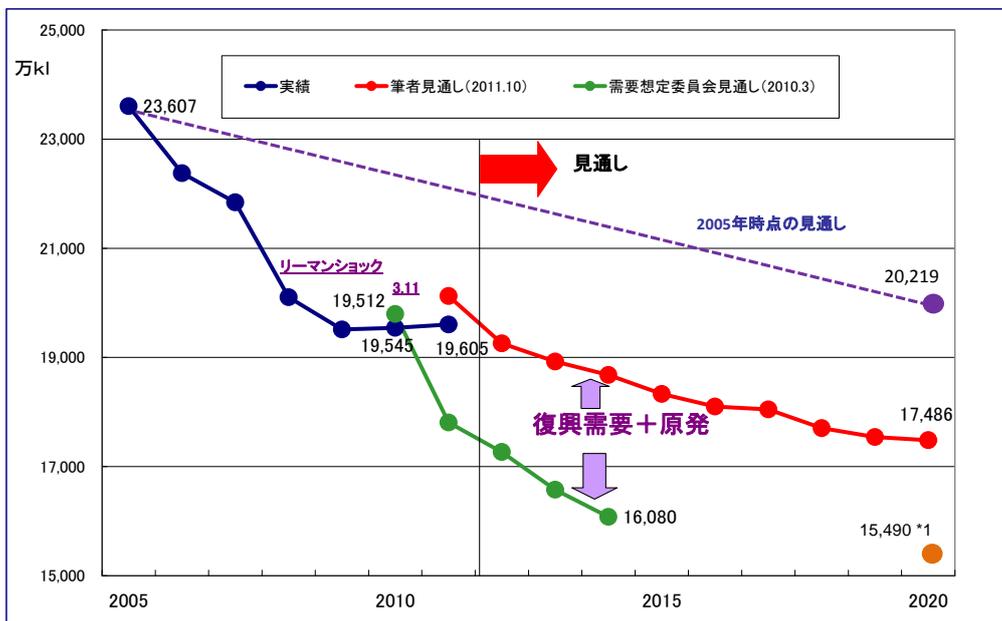
- ①原子力発電所：2012年4月から稼働を再開、40年以上経過した炉は順次廃炉  
（建設中のものは稼働、それ以外の新設は2020年まではなし）
- ②水力発電所：利用率は2012年度以降横ばい

2-2 石油製品の需要見通し

2-2-1 石油製品需要全般

図2-1は石油製品の需要(総計)<sup>3</sup>の推移を示した。復興需要により、石油製品全般の需要が増加し、特に建設・物流の活発化による輸送燃料の需要増（特に軽油）の効果もあって、これまで急速に進んでいた需要の減少を押しとどめる格好となる。さらに、原子力を40年で廃炉とした場合、石油火力の一定レベルでの稼働が必要となるため（主力は勿論LNG火力・石炭火力）、電力向けC重油の急激な減少にストップがかかる。このため、2020年頃までのC重油需要は、2012年以降、概ね横ばいで推移する。従って、2010年3月の需要想定委員会見通しと比較すると、少なくとも、C重油で約1,000万kl、ガソリン・中間留分で約1,000万kl以上の上方修正となり、2020年の需要は約1億7,500万kl程度を維持する結果となる。

図2-1 石油製品需要のこれまでの推移と今後の見通し（2005年度～2020年度）<sup>4</sup>



2009年9月に筆者が見込んだ、悲観的な「1億5千万klを割り込む」という数字と比較

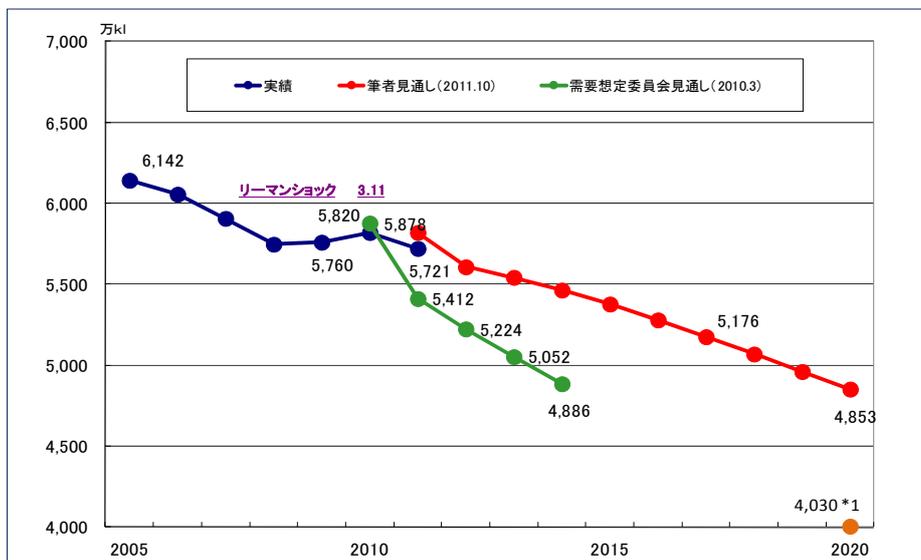
<sup>3</sup> ガソリン、ナフサ、ジェット燃料、灯油、軽油、A重油及びC重油の合計で、LPG・アスファルト等は含まない。  
<sup>4</sup> 2020年の数字(\*1)は資源エネルギー庁資源・燃料部「資源・燃料の安定供給の課題と今後の対応(参考資料)」(平成24年6月19日)13ページの記載数値(原油換算)を個々の製品容積に換算(kl)して集計。

すれば、やや楽観的な数字となったが、これはあくまでも前提条件に基づくものであり、電力・重油を除く石油製品需要の減少トレンドそれ自体は変化していないので、「一過性ではあるが、その期間がやや長い」と位置づけるのが賢明だと言えよう。

### 2-2-2 ガソリン需要

2020年までを見通せば、国内の新車販売台数(国内生産台数)の減少傾向が続く一方で、車の保有期間は延びて、保有台数ベースで見れば概ね横ばいが続く。一方、ハイブリッド車の販売比率が増加し、新車の燃費の向上も進む。さらに、燃費の良い軽自動車へのシフトが進み、タイムラグはあるものの保有台数ベースで見ても平均燃費は向上する。走行距離は高齢化もあって減少する。燃料消費量＝(保有台数)×(保有台数で見た走行燃費)×(走行距離)とすれば、全体としては、ガソリン需要は減少し、そのトレンドに変化はない。しかし、ハイブリッド車より一層の普及、またハイブリッド並の燃費を持つ内燃機関(を駆動源とする)自動車の登場により、電気自動車などの本格的な次世代自動車は、当分の間、普及は進まないと想定できる。従って、ガソリン需要の減少速度はやや緩和され、2020年時点でも約4,500万klの水準を維持するという試算結果となった。2010年3月の需要想定委員会の見通しと比較して、約800万kl上方修正されことになる。

図 2-2 ガソリン需要のこれまでの推移と今後の見通し（2005年度～2020年度）



(注) 図中の (\*1) については脚注 4 を参照

## 3. 石油精製における現状と今後の見通し

### 3-1 精製設備の能力及び稼働率の推移

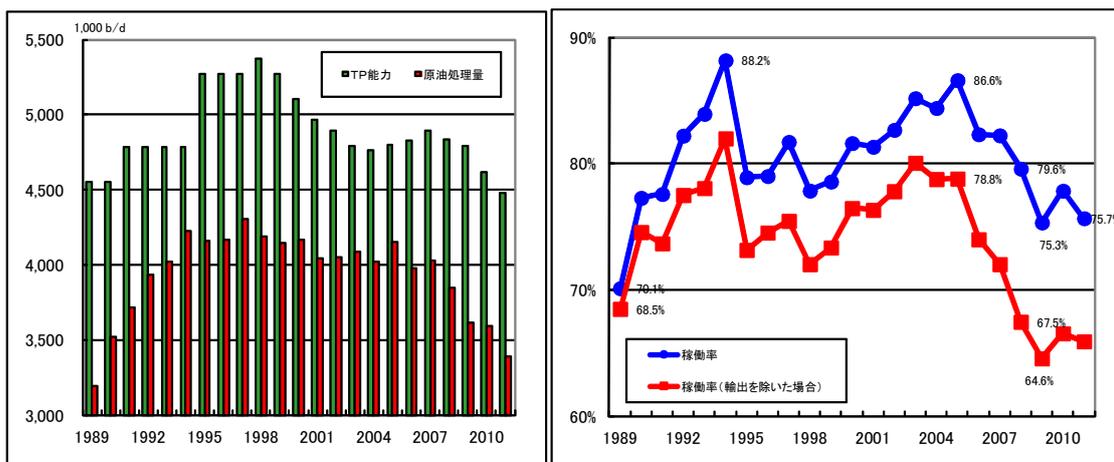
石油製品の足元の需要(内需)は、図 2-1 で示すように、2009年～2011年にかけて、ほぼ横ばいで推移しているが、供給サイドでは、3.11以降、どういふ変化があったのであろう

か。図 1-3 の左図を見ると、原油処理量は 2009 年以降も減少が続いていることが分かる。常圧蒸留装置（トッパー）の能力削減が約 31 万 b/d（2009 年度末から 2011 年度末）実施されたことから、図 3-1 の右図で示すように、稼働率は約 75% 近辺で推移している。しかし、最適稼働率を 85%～90% と見れば、低稼働であることに変わりはない。2020 年の需要見通しが正しいとすれば、現行よりも、少なくとも約 2,000 万 kl（約 37 万 b/d）以上の内需が減少することから、精製設備の大幅な削減が”Must”である状況に変わりはない。

図 3-1 原油処理量及び稼働率の推移（1989 年度～2011 年度）

（トッパー能力と原油処理量の推移）

（トッパー稼働率の推移）



（出所）石油連盟、TP(常圧蒸留装置)の能力は年度末能力、輸出にはボンドジェット・ボンド重油(生産分)を含む

### 3-2 供給高度化法と精製設備の能力削減について

元売り・精製各社は、将来の石油需要の減少に対応して、各グループ内の小規模な製油所の閉鎖や常圧蒸留能力の削減を進めているが、究極的には、どの程度の削減が実施されるのであろうか。まず、「供給高度化法」<sup>5</sup>で定めるところの、2013 年度末を目途とした、分解率<sup>6</sup>の向上に伴う設備能力の削減量を試算してみることにした。その試算結果が表 1-2 である。計算方法は、まず、2009 年度末（2010 年 3 月末）を現行能力とし、現行の分解率を各グループ別に計算する。次に、分解率のレベルに応じた改善目標率から、2013 年度末の目標分解率を算出する。分解率向上は、分母の常圧蒸留装置の能力を削減するか（蒸留塔単位での設備廃棄）、分子の重油分解装置（RFCC またはコーカー）の導入（または能力増強）のどちらかによって達成される。ここでは、原則として<sup>8</sup>、常圧蒸留装置の能力削

<sup>5</sup> エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律(略称「エネルギー供給構造高度化法」、平成 21 年 7 月制定)。本稿では「供給高度化法」と記載する。

<sup>6</sup> 分解率=(TP能力)÷(RFCC+コーカーの能力)、RFCC とは残渣油を原料とする接触分解装置を言う。

<sup>7</sup> JXグループ、出光グループ、コスモ石油グループ(以上3グループを民族系)、昭和シェルグループ、東燃ゼネ石グループ(以上2グループを外資系)。それ以外は、1 精製会社=1 製油所として計算する。

<sup>8</sup> その他に含まれる太陽石油菊間製油所の場合は、2010 年 3 月以降、コーカーの新設がなされた。

減(分母の削減)を行うものとした。日本全体で、約 105 万 b/d (2009 年度末比) の能力が削減され、削減後の常圧蒸留能力は約 374 万 b/d となる。

表 3-1 供給高度化法による分解率向上と常圧蒸留能力削減量(筆者試算)

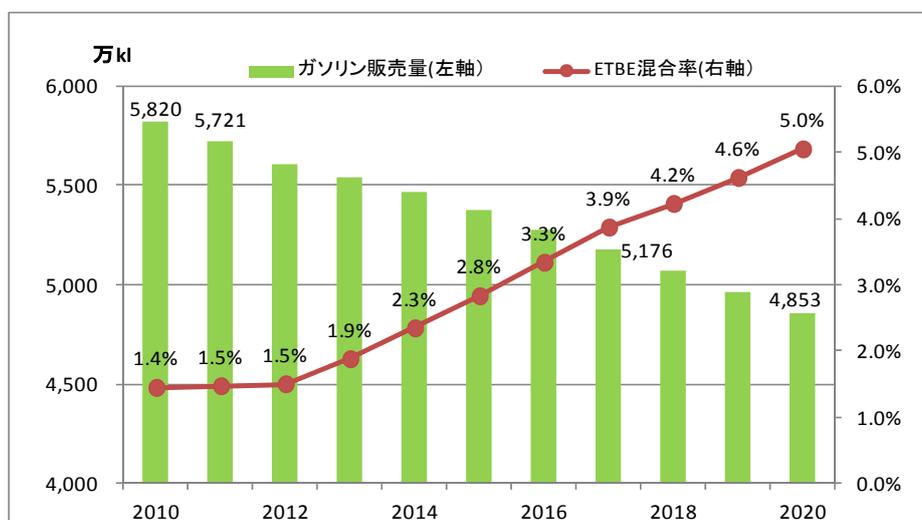
	現行能力(1,000 bbl/d)			改善後能力(1,000 bbl/d)		
	常圧蒸留	重油分解	分解率	分解率	常圧蒸留(削減量)	常圧蒸留(2013年度末)
民族系3社	3,026	333	11.0%	14.2%	-621	2,405
外資系2社	1,543	180	11.7%	16.1%	-425	1,118
その他	220	0	0.0%	11.4%	0	220
合計	4,789	513	10.7%	14.6%	-1,046	3,743

(注)現行能力とは 2010 年 3 月末の設備能力、改善後とは 2013 年度末(2014 年 3 月末)の能力を言う。

### 3-2 バイオ燃料の導入の現状と今後の見通し

図 3-2 に、ガソリンへのバイオ燃料の導入の見通しを示した。バイオ燃料は、ETBE<sup>9</sup>の形で導入され、2010 年時点で原油換算 21 万 kℓ (ETBE 換算 84 万 kℓ) の導入が行われた。

図 3-2 ETBE の混合比率の現状と今後の見通し(筆者試算)



(注)ガソリン販売量は図 2-2 の需要見通し。2012 年から 2017 年の ETBE 導入量<sup>10</sup>は、供給高度化法における目標値を採用した。

2017 年には、原油換算で 50 万 kℓ (エタノール換算 : 85.7 万 kℓ、バイオ ETBE : 200 万 kℓ) まで導入が進み、ETBE 混合率は全国で約 3.9%まで進むことになる。ETBE の国内

<sup>9</sup> ETBE とは、バイオエタノールとイソブチレンを合成して得られるエチルターシャルブチルエーテルをいう。

<sup>10</sup> 2018 年以降は 2020 年の導入量が、ETBE 混合率 5% (ETBE 量は 245 万kl)となるように設定した。

製造能力は、製油所から副生するイソブチレン<sup>11</sup>の制約もあって、最大でも、約150万k<sup>12</sup>が上限となり、残りは輸入する必要が生じる。輸入については、石油業界は共同でETBEの輸入を実施しており、輸入基地についても、東西2基地（千葉・和歌山）が完成し、共同利用体制も整備された。また、JX、出光、コスモの各社では、ETBEの合成装置の新設（MTBEからの転換を含む）が進められている。2020年時点での混合比率は、ガソリン需要の水準に依存するが、図1-2で示すガソリン需要見通しを前提とすれば、5%程度の比率に達すると考えて良いであろう。

## 4. 自動車の燃費改善努力とガソリンの品質

### 4-1 日米欧における燃費向上（CO<sub>2</sub>排出量削減）に向けた厳しい戦い

3.11以前には、「次世代自動車の電気自動車は○、旧守のガソリン車はX（バツ）」という、単純な二項対立の図式が随分見られた（ブームと言えようか）。しかし、現在では、内燃機関であれ、そうでないものであれ、消費者の求めるものは、より地に足が着いた「燃費の重視」にあることは疑いない。一方、行政サイドは、より厳しいCO<sub>2</sub>の排出規制へのシフトを志向している。従って、これをクリアするには、燃費の飛躍的な向上を図る以外になく、日米欧の自動車メーカーの競争は、今後、益々激しくなるであろう。この競争からの脱落は世界市場からの撤退を意味する厳しい戦いである。では、その必要とされる燃費の向上はどの程度を目指したものであろうか。

図4-1は、第21回内燃機関シンポジウムで発表された資料を参考に、内燃機関駆動の自動車の燃費向上（CO<sub>2</sub>排出量削減）の目標値を示したものである。今後の厳しい基準値を想定するならば、内燃機関の車といえども、走行1kmあたりCO<sub>2</sub>排出量を100g以下へと削減しなければならず、現行のハイブリッド車なみの燃費達成が必要であることを示している。

燃費向上には、様々なエンジンの改良や技術革新により実現されていくであろうが、ガソリンエンジンで言えば、圧縮比の上昇や過給エンジンによるダウンサイジング<sup>13</sup>は有力な手法の1つである。日本ではレギュラーガソリンのオクタン価（RON）<sup>14</sup>は90（規格は89）であるので、圧縮比をあげる場合には、ノッキング防止のためにこれを引き上げる必要が出てくる。ちなみに、欧州では2000年以降、レギュラーガソリンの中心はオクタン価（RON）95であり、エンジンの設計はこれをベースとしている。

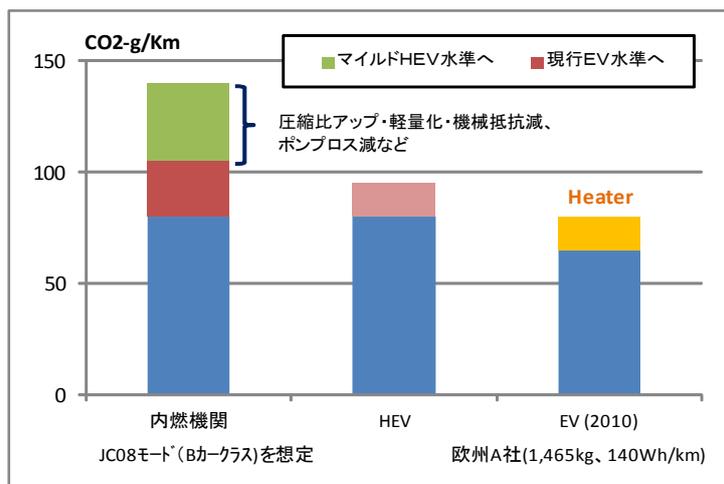
<sup>11</sup> 輸入ブタンを異性化・脱水してイソブチレンを製造するプロセスもあるが、原料コストが高いことや新規の設備投資が必要なことから、接触分解装置などから副生する範囲内でETBEを製造することが基本となっている。

<sup>12</sup> 第4回ETBE利用検討WG「ETBEの供給安定性・経済性について」を参照。

<sup>13</sup> 排気量を20~50%減らし、代わりにターボチャージャーにより過給するエンジンを言い、「燃費ターボエンジン」あるいは「ダウンサイジングエンジン」と呼ばれる。ドイツのフォルクスワーゲン社のゴルフは、排気量1.2ℓのエンジンで、1,270kgの車体重量を走らせる。このように、欧州では「ダウンサイジングエンジン」が幅広く浸透している。

<sup>14</sup> 全負荷時の最適点火時期において、ノックの発生しない運転を可能にする燃料品質を、ノルマルヘプタン（0）、イソオクタン（100）を標準試料として、その混合比率で表示する。RONはリサーチ法オクタン価の略称。

図 4-1 内燃機関駆動自動車の CO<sub>2</sub> 排出量削減（燃費向上）目標



(出所)第 21 回内燃機関シンポジウム「内燃機関の将来展望」(2010 年 11 月、マツダ)の資料から作成

#### 4-2 鍵を握るガソリンのオクタン価

では、ガソリンのオクタン価を 90 からあげて行けば良いかと言えば、そう単純な話ではない。オクタン価アップにともない、石化原料として利用されている、芳香族系基材（高オクタン価基材）である BTX（ベンゼン・トルエン・キシレン）が、ガソリン基材へとシフトすることや、需給バランスが色々変化する。その意味で、オクタン価引き上げに伴う需給バランスを検討することは重要である。またハイオクとレギュラーガソリンのオクタン価差の設定も変化する。そして、同時に、自動車の走行とガソリンの製造を合わせた全体で、果たして、オクタン価のアップが CO<sub>2</sub> の排出量の減少に結びつくかどうかの検証（「社会全体で CO<sub>2</sub> 排出量が減少するか否か」）<sup>15</sup>も必要である。

この点については、2005 年に、石油業界と自動車業界が合同で、ガソリンのオクタン価アップに関する検討がなされた。報告書<sup>16</sup>によると、オクタン価（レギュラー）を 90 から 95 までアップした場合、全体の CO<sub>2</sub> 排出量は増加するケースが多いが、装置構成や稼働パターンによっては、全体で減少する場合があること、またバイオ燃料（ETBE やエタノール）を導入すれば、全体として減少することが示唆されている（オクタン価 93 から 94 の間で極小値が存在）。しかし、最終的には、明確な結論を打ち出すには至っていない。

当時と現在では需給状況が大きく変化しているので、次章ではこの環境変化を踏まえて、オクタン値上昇と CO<sub>2</sub> 排出量の関係を改めて議論する材料を提供したい。

<sup>15</sup> CO<sub>2</sub> 排出量の増減は、①石油精製時の CO<sub>2</sub> 排出量の増減（=自家燃使用量の増減）、②燃焼時の CO<sub>2</sub> 排出量の増加（オクタン価アップ⇒芳香族含有率の増加⇒C/H 比の上昇⇒CO<sub>2</sub> 排出量の増加）、及び、③燃費の向上によるガソリン消費量の減少にともなう CO<sub>2</sub> 排出量の減少という、3つの総和となる。

<sup>16</sup> JCAP 技術報告書(PEC-2005JC-04)「ガソリンオクタン価アップが製油所並びに自動車から CO<sub>2</sub> 排出量に及ぼす影響調査」(2005 年 10 月)

## 5. オクタン価向上とCO2排出量への影響（試算）☆

### 5-1 前提条件と検討方法

#### (1) 需給バランスの最適化とその検討方法

- ① 全国1製油所とする石油精製モデル<sup>17</sup>を用いて、利益最大化により最適化を行う。
- ② 2010年及び2020年の需給バランスの最適化を行う(レギュラーガソリンのRONは90)。
- ③ 2020年の需要を前提に、レギュラーガソリン(数量固定)のRONを90から95まで上昇させた場合の(ハイオクのRONは100で固定)、需給バランスの最適化を行う。

#### (2) 石油製品の内需

2020年の石油製品需要は、第2章で述べた需要見通しに基づく。

#### (3) 設備能力の設定

- ① 第3章で述べた、供給高度化法にともなう設備削減後の能力(2013年度末)を2020年度の能力とする。常圧蒸留(TP)の能力は3,743千B/D(公称)、稼働率の上限は92%とする。
- ② その他の装置は、原則、2010年度末の能力とし、新設・増強は行わない。

#### (4) ETBEの混合比率

- ① 第2章では、ETBEの混合比率を5%としたが、ここでは、ハイオク・レギュラーを問わず2020年におけるETBEの混合比率は5%または7%とし、混合比率は常に一定とする。
- ② 国内生産量(輸入エタノールと副生ブチレンの合成)は、100万klを上限とし、残りはETBEを輸入するものとする。

### 5-2 検討結果

#### 5-2-1 2010年から2020年の需給バランスの変化

表5-1に2010年から2020年へどのように生産パターンが変化したかを示した。

表5-1 2010年から2020年への生産パターンの変化

	2010	2020			
		原油処理制約なし		原油処理フル稼働	
ETBE混合率	1.4%	5%	7%	5%	7%
原油処理量(1,000 b/d)	3,590	3,312	3,312	3,444	3,444
TP稼働率(CD)	75%	88%	88%	92%	92%
(2020年能力ベース)	96%	-	-	-	-
処理原油比重(API)	36.0	34.5	34.5	34.0	34.0
RF稼働量(2010=100)	100	87	87	89	89
生産量(:2010=100)					
BTX	100	115	120	117	123
ガソリン	100	84	84	84	84
中間留分	100	90	90	90	90
C重油	100	85	85	115	114

(注)レギュラーガソリンのオクタン価(RON)は90で固定

☆ より詳細な技術的な記述については、本稿の範囲を超えるので割愛し、別途まとめることとする。

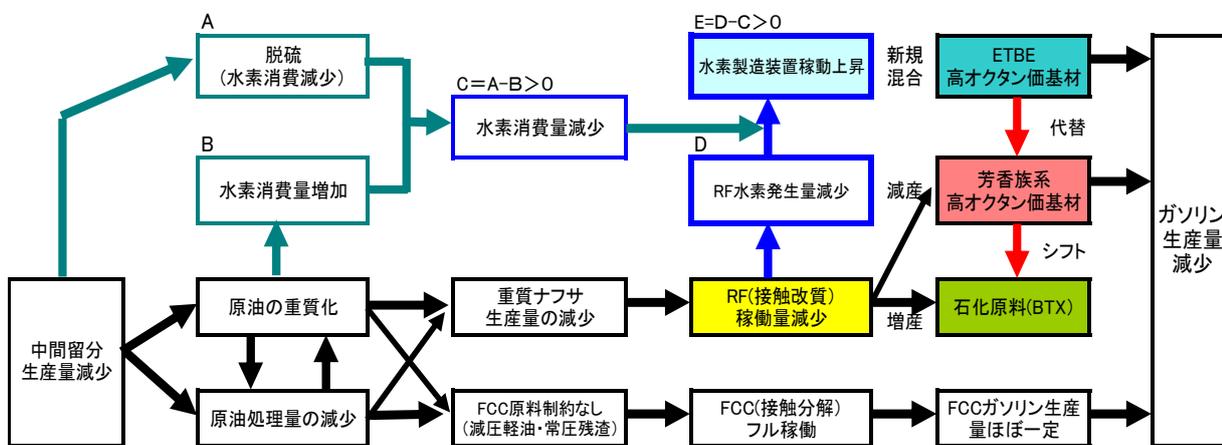
<sup>17</sup> 多数のガソリン基材の利用や様々な製品規格に対応できるように、新たに、単一石油精製モデルを開発した。

2020年のケースでは、ETBE混合5%、7%の各々に対して、原油処理の制約なし、フル稼働の各ケース、合計で4ケースの検討を行ったが、基本的な特徴を述べると次の通りである。

- (1) 石油需要の減少に対し設備削減が進み、ほぼフル稼働に近いところでバランスする。
- (2) バイオ燃料の導入が進展しガソリンのCO2排出原単位（精製・燃焼時合計）は低下<sup>18</sup>。
- (3) 生産パターンの変化(図5-1)

内需が減少して原油処理量は低下するが、設備能力の削減により、稼働率は75%から88%へと大幅に上昇する（フル稼働92%）。同時に処理原油は重質化する。接触改質装置(RF)の稼働は低下するが、ガソリン生産の減少と反対に石化原料のBTXの生産量は増加する。ETBE混合率の高いほうがBTXの生産レベルは高くなる。

図5-1 2010年から2020年の生産パターンの変化のメカニズム(概念図)<sup>19</sup>



(注)A,B,C,D,Eは絶対値

(生産パターンの変化のメカニズム)

1	中間留分の生産量は、その大半が、原油常圧蒸留装置からの留出する量（すなわち直留）がベースとなるため、原油処理量と処理原油の比重(API)の太宗が決定される。
2	原油処理量は極力減産しないで（売上増）、原油を重質化（コスト低下）する性向を持つが、分解能力や重油（特に高硫黄）の出荷（輸出）上限との兼ね合いで、最終的な処理量のレベルと原油の重質化の組み合わせが決まる。
3	FCC原料となる重油留分（減圧軽油・常圧残渣）のアベラビリティは、FCC能力と比較して十分にあるので、FCCは常にフル稼働となり（重油を分解して、ガソリン・中間留分という高付加価値製品を生み出す）、FCCガソリンの生産量は変化しない。
4	原油処理量の低下や重質化による得率低下で重質ナフサの生産量は減少する。その結果、RFの稼働量が低下して、リフォーマート（ガソリン基材、BTX原料）の生産量が減少する。
5	ガソリン生産量が減少し、ガソリン基材としてETBEが導入されるので、高オクタン価の芳香族基材の使用量が絶対的に減少する。ガソリン基材としての芳香族基材の減少分は、BTX生産量の増加（シフト）で代替される。
6	RFの稼働量の低下は、BTX原料の生産増（利益増加）により、極力相殺されるが、一方で、RFの稼働水準は、RFからの発生水素量と製油所全体の水素消費量（不足分は水素製造装置により補填）の最適バランスに制約される。
7	以上のことから、ガソリン生産量が減少すると同時に、ETBEの混合比率の上昇、芳香族系基材比率の低下が生じる。

<sup>18</sup> 表5-3参照

<sup>19</sup> 重質ナフサ等については、いずれの場合も、最大可能量(制約条件の上限)を輸入しており、上図では捨象。

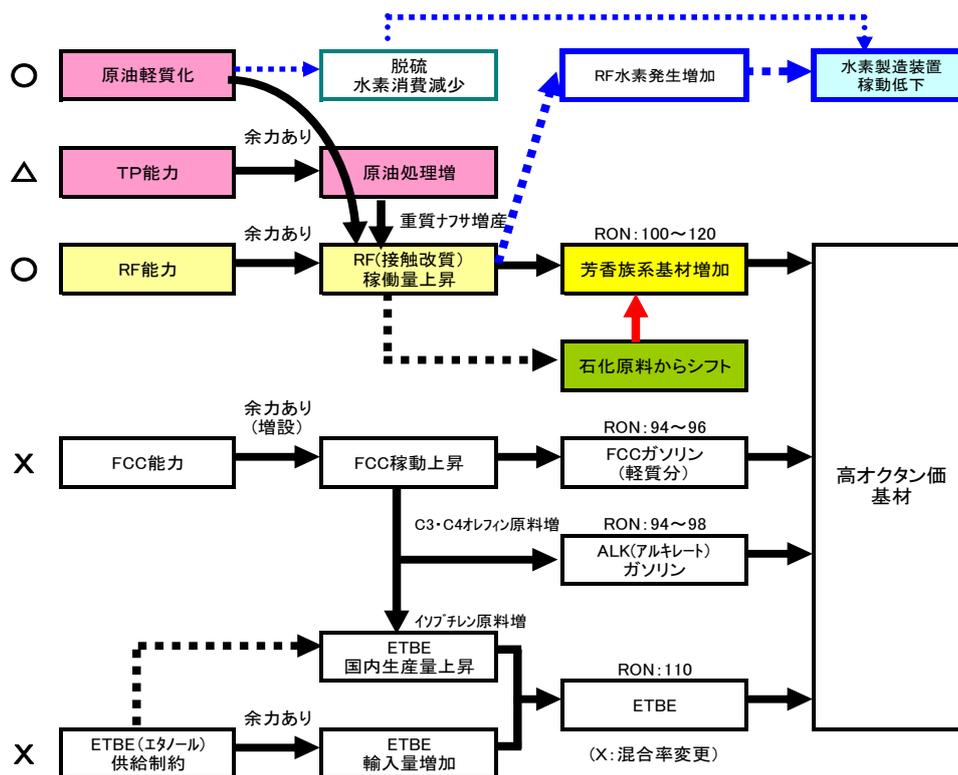
5-2-2 レギュラーガソリンのオクタン価をアップしたときの需給バランスの変化

(1) ガソリン基材構成の変化のメカニズム

2020年の需給バランスから出発して、ガソリン生産量は固定したまま、レギュラーガソリンのオクタン価を上昇させると、ガソリン基材構成はどう変化するのか。このメカニズムを示したのが図5-2である。

図5-2 オクタン価の上昇とガソリン基材構成の変化のメカニズム(概念図)<sup>20</sup>

(ガソリン・中間留分生産量固定・ETBE混合率一定)



(注) 今回の検討における前提条件から、「X」: 変化しない、「△」: 変化する場合と変化しない場合がある、「○」: 変化する、を意味する。

(オクタン価アップとガソリン基材パターンの変化のメカニズム)

1	代表的な高オクタン価基材として、ETBE、トルエン、AC9といった芳香族系基材、FCCガソリン軽質留分、アルキレートがある。
2	FCCはフル稼働であるが、設備の新設・増強を実施しない前提により、FCCガソリンの軽質留分、アルキレート（FCCから副産されるC4オレフィンを原料）は増産が不可能となる。ETBE（国内生産）も同様である。輸入ETBEの増加によるETBEの増量は可能であるが、ETBEの混合比率は5%または7%で一定という前提がある。
3	芳香族系基材の増量が唯一の方法となるが、このためには、石化原料からガソリン基材へのシフト、あるいはRFの稼働上昇によるリフォーマートの増量が必要となる。
4	後者のRFの稼働量の上昇の必要条件は、設備能力に余裕があり、かつ原料となる重質ナフサの増量が可能ということとなる。
5	重質ナフサの増量は、原油処理量の増量または原油の軽質化による得率の上昇、及びこの組み合わせが必要となる。

<sup>20</sup> 脚注19と同じ。

(2) オクタン価を上昇させた場合の生産パターンの変化

オクタン価を 95 まで上昇させる場合の生産パターンの変化をまとめたのが表 5-2 である。

- ① ETBE7%の場合はオクタン価値 95 まで生産可能、ETBE5%の場合はオクタン価 94 が生産可能な上限となる<sup>21</sup>。

(注)ガソリン需要量が低下するか、ETBEの混合率を増加させるか、FCCの能力増強を行うか、のいずれかが実現すれば生産可能となる。

- ② ETBE5%の場合はオクタン価が 93、ETBE7%の場合はオクタン価 94 を越えると、原油処理はフル稼働になる。

表 5-2 オクタン価上昇における生産パターンの変化（ガソリン・中間留分生産量固定）

RON(オクタン価) レギュラーガソリン	原油処理制約なし				原油処理フル稼働			
	ETBE混合率 5%		ETBE混合率 7%		ETBE混合率 5%		ETBE混合率 7%	
	90	94	90	95	90	94	90	95
原油処理量 (1,000 b/d)	3,312	3,444	3,312	3,444	3,444	3,444	3,444	3,444
TP稼働率(CD)	88%	92%	88%	92%	92%	92%	92%	92%
処理原油比重(API)	34.5	35.6	34.5	35.5	34.0	35.6	34.0	35.5
RF稼働量 (2010=100)	87	93	87	93	89	93	89	93
生産量:(2010=100)								
BTX	115	104	120	105	117	104	123	105
ガソリン	84	84	84	84	84	84	84	84
中間留分	90	90	90	90	90	90	90	90
C重油	85	110	85	108	115	110	114	108

5-3 CO<sub>2</sub> 排出量の変化

5-3-1 CO<sub>2</sub> 排出量の試算方法

(1) 精製時の CO<sub>2</sub> 排出量

自家燃(水素を含む)からの CO<sub>2</sub> 排出量を、製油所の全生産量(kℓ)で均等に配分する。

(2) 燃焼時の CO<sub>2</sub> 排出量

ETBE 中、バイオ燃料起源のカーボンは0カウントとする。

(3) レギュラーガソリンの製造及び燃焼時に排出される CO<sub>2</sub> 排出量

上記(1)及び(2)の合算値を、レギュラーガソリンの単位容積(kℓ)あたりの CO<sub>2</sub> 排出量とする。

5-3-2 CO<sub>2</sub> 排出量の試算結果(表 5-3)

(1) 石油精製時の CO<sub>2</sub> 排出量

オクタンの上昇にともない若干 CO<sub>2</sub> 排出量が減少する理由は以下の 2 つである。

- ① 処理原油の比重(API)が軽質化し自家燃の投入量が減少する
- ② 接触改質装置の稼働率上昇にともない水素発生量が増加するので、水素製造装置からの水素生産が減少し、製油所全体の自家燃の投入量が減少する。

(2) 燃焼時の CO<sub>2</sub> 排出量

オクタン価のアップにともない、芳香族比率の上昇(C/H比の増加)により増加する。

<sup>21</sup> ハイオクガソリンはオクタン価 100 で固定。

(3) 石油精製及び燃焼時のCO<sub>2</sub>排出量

(1)と(2)を合計すると、全体では緩やかにCO<sub>2</sub>排出量は上昇する。オクタン価90との比較で、ETBE5%で1.6%（RON94）、ETBE7%で2.5%（RON95）だけCO<sub>2</sub>排出量が増加する。

表 5-3 レギュラーガソリンのオクタン価上昇とCO<sub>2</sub>排出量の変化（フル稼働）

オクタン価 (RON)	ETBE 1.4%混合 (2010年)			ETBE 5%混合 (2020年)			ETBE 7%混合 (2020年)		
	燃焼	石油精製	合計	燃焼	石油精製	合計	燃焼	石油精製	合計
90	2.32	0.20	2.52	2.24	0.23	2.47	2.20	0.24	2.44
94	—	—	—	2.30	0.21	2.51	2.26	0.22	2.47
95	—	—	—	—	—	—	2.28	0.21	2.50
増減率 (RON90対比)			1.6%			2.5%			

(注) ETBE5%混合の場合は、RON94のRON90に対する増減率を示す。2010年と2020年(RON=90)の比較では、CO<sub>2</sub>排出原単位は、ETBE5%で約2%、ETBE7%で3.4%改善される。

(4) 社会全体としてのCO<sub>2</sub>排出量（燃費向上分を加味した場合）

表 5-3 のCO<sub>2</sub>排出量増加率(ETBE5% : 1.6%、ETBE7% : 2.5%)に対し、燃費向上によるCO<sub>2</sub>排出量減少率が3%程度あれば、これを上回り、社会全体のCO<sub>2</sub>排出量は減少する。

## 6. まとめ

2005年からわずか7年に過ぎないにもかかわらず、日本を取り巻く政治・外交・経済、そして石油産業・自動車産業の環境変化は、本当に大きなものであった。本稿では、こうした環境の変化を念頭に、2020年における需要の予測と需給バランスの最適化を検討し、1つの量的なイメージを描いてみた。勿論、1つの断面ではあるが、需要・供給ともうまくバランスすることが分かった。また新增設を行わず、どの程度、生産パターンが変更可能かについて、ガソリンのオクタン価アップを参考例としてとりあげ、合わせて精製・燃焼・燃費向上等の各段階でのCO<sub>2</sub>排出への影響について試算を行ってみた。

最後に、CO<sub>2</sub>排出量の削減に関する試算は、あくまでも筆者が設定した前提条件に基づく結果にしか過ぎない。従って、より詳細な正確なデータに基づいた、包括的かつ客観的な検討がぜひ必要であることを留意点としてあげておきたい。

(引用・参考文献)

1. JCAP 技術報告書「ガソリンのオクタン価アップが製油所並びに自動車からのCO<sub>2</sub>排出量に及ぼす影響調査」（平成17年10月）
2. 資源エネルギー庁「資源・燃料の安定供給の課題と今後の対応」（平成24年6月19日）
3. IEEJ/HP「急速な需要減退に直面する日本の石油精製業」（2009年9月、平井）

お問い合わせ: report@tky.ieej.or.jp