

天然ガス液体燃料（GTL）の市場性に関する調査¹

総合研究部 石油グループ・マネージャー 小川 芳 樹
総合研究部 石油グループ 主任研究員 長谷中 和 久
総合研究部 石油グループ 研究員 川崎 泰 也

本研究の目的

1990年代に入ってGTL（天然ガスからの液体燃料）の技術開発が大きく進展し、経済性が大幅に改善しつつある。このプラントの商業化・普及には、今後も多様な技術開発を加えねばならない。そのためには、GTLの市場性、ニーズを把握して、その重要性を位置付ける必要がある。本研究の目的は、アジアの石油需要の長期見通しと特徴を分析し、先進国およびアジア途上国の環境対策動向を調査し、GTLの市場性、ニーズを検討することである。また、アジアには未開発の中小規模ガス田が多く存在し、LNG化を目指すアジア向け大規模ガス田も過剰気味である。GTLオプションが、こうした天然ガスの有効利用に果たす役割も本研究の分析対象である。

本研究の結論

1. アジアの石油需要は、1996年の1,758万B/Dに対して2020年にはほぼ倍増して3,499万B/Dに達する見込みである。GTLは、アジアの今後の石油需要、とくに中間留分需要の拡大に対する精製設備面の対応と競合関係を持つ有力なオプションとなる。
2. 軽油に10ppm以下の硫黄分低減とアロマ（芳香族）分の低減が要請される場合、脱硫・脱アロマ設備の本格導入が必要となる。GTLはこの設備対応と競合する有力なオプションである。アジア各国は、経済水準に応じて先進国の環境規制を追随している。
3. GTLが大規模需要の確保を考えるならば、環境に優しい品質特性を生かして、灯軽油代替として参入するのが有力分野である。今後のアジアで予想される中間留分需要の拡大と環境・品質規制の強化は、これにフォローの風として働くとみられる。
4. GTLの経済性という視点からは、低コストの小規模プラントが実現すれば、随伴ガスのGTLが最も競争力がある。次いで大規模ガス田のGTLが、域外からの輸送コストをかけても競争力がある。アジア域内の中小規模ガス田のGTLは、ラスト・オプションとなる。
5. アジア全体のGTL需要ポテンシャルは、供給価格が25\$/Bの場合、2005年で50万B/D生じ、2020年には494万B/Dと大規模なものに拡大する可能性がある。価格が30\$/Bの場合、2015年以降から拡大が期待できる。価格が35\$/Bの場合、2020年以降となる。
6. アジアのGTL生産の天然ガス所要量は、25\$/Bで2005年に1.8Tcf、2020年に18.0Tcf、30\$/Bで2015年に2.3Tcf、2020年に10.2Tcf、35\$/Bで2020年に3.7Tcfとなる。GTL需要が拡大すれば、中小規模ガス田の利用が必要となることは明らかである。
7. 2015～2020年を目標に、中小規模ガス田を対象とするGTLプラントの技術開発を進め、経済性を確立することが重要である。温暖化を考慮すると、副産するCO₂が問題になるが、これにはCO₂リサイクルにつながる水蒸気・CO₂改質法の開発が重要である。
8. 需要急増によるエネルギー需給の逼迫化、緊急時の発生などエネルギー安全保障問題、大気汚染、酸性雨など身近な環境問題、温暖化など地球環境問題とアジアが抱える3Eの調和を考えると、このような研究開発にわが国が率先して取り組むことは重要である。

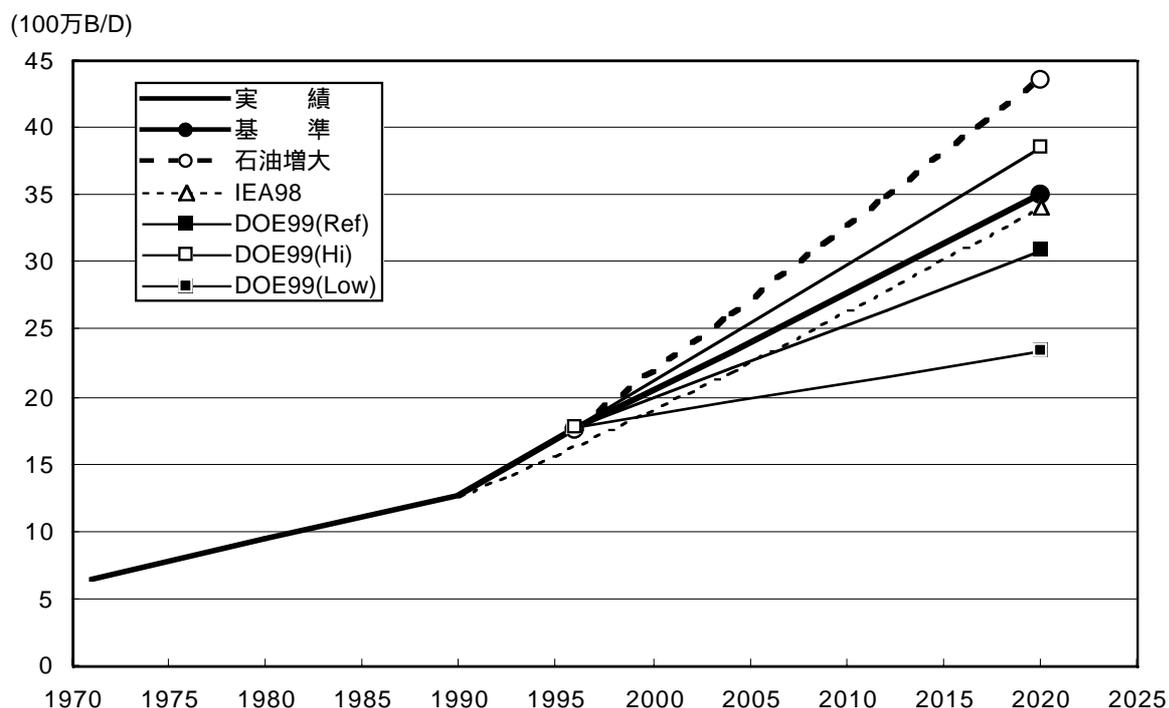
¹ 本報告は、平成11年度に石油公団より受託して実施した受託研究の報告要旨である。この度、石油公団の許可を得て公表できることとなった。石油公団関係者のご理解・ご協力に謝意を表するものである。

長期的に続くアジアの堅調な石油需要増大 - 中間留分の供給面での対応が問題

1997年夏に始まったアジアの通貨・経済危機は、1998年の1年間を通じて深刻化した。この結果、アジア地域のエネルギー需要、石油需要は一時的に鈍化したが、1999年にはすでに回復が始まっている。2020年までの長期で見ると、経済危機はあまり大きな影響を残さず、堅調なエネルギー需要、石油需要の拡大が予想される。本研究では、基準ケースとして2020年までにアジア地域の1次エネルギー需要が石油換算52億トン（年平均伸び率3.8%）に達すると想定した。この値は、国際エネルギー機関や米国エネルギー省の予測値と大きく異なるものではなく、GTL需要推計の前提として不自然なものになっていない。

基準ケースは、アジア各国の政府見通しがベースで、石炭や天然ガスなど石油代替エネルギーへの転換目標が強く織り込まれている。他方、2020年までの長期的な原油価格のトレンドは20\$/B前後と実質価格で横ばいの見方が一般的である。したがって、1990年代の実績にみられたように、石油構成比が計画通り減らない、あるいは国によって増えるという状況も考えられる。このため、本研究では基準ケースに対して石油需要増大ケースを想定した。アジア地域の石油需要は、図1に示すように、1996年の1,758万B/Dに対して基準ケースの2020年にはほぼ倍増して3,499万B/Dに達する見込みである。石油需要増大ケースでは、基準ケースよりも約900万B/D増加して、2020年で4,354万B/Dに達することが見込まれる。

図1 2020年までのアジア地域全体の石油需要の見通し

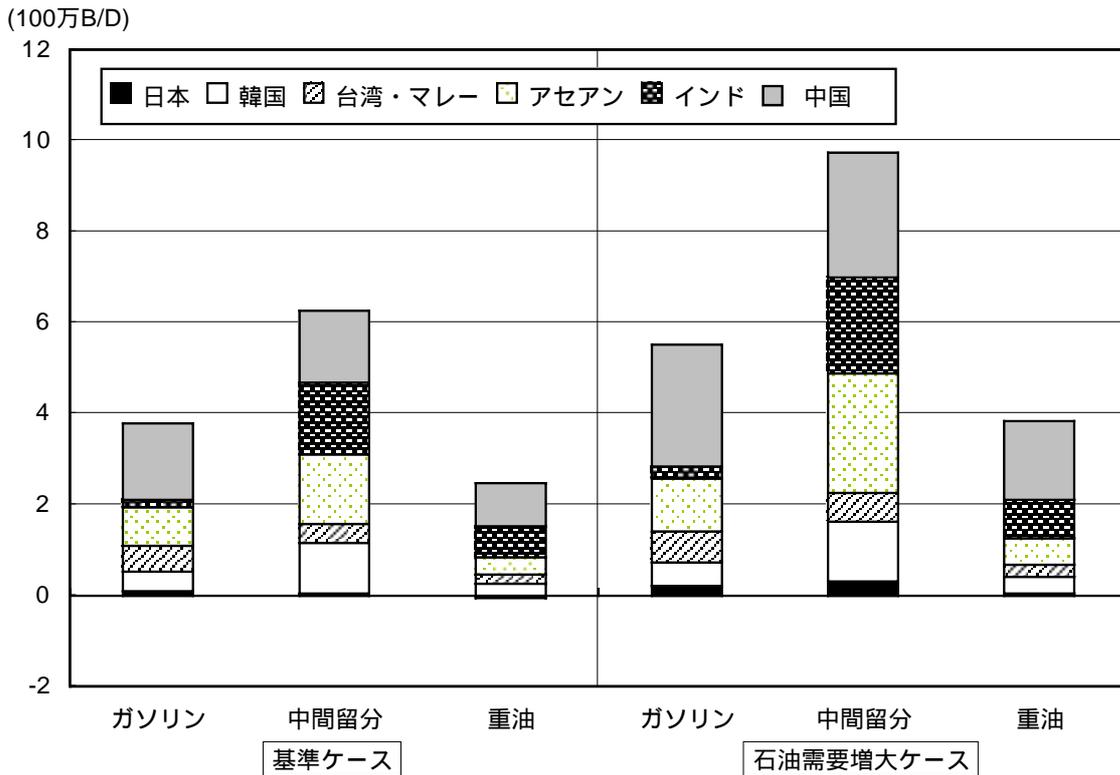


(注) IEA: 国際エネルギー機関, DOE: 米国エネルギー省

(出所) 本研究の分析結果, および US.DOE, "International Energy Outlook 1999," IEA, "World Energy Outlook 1998."

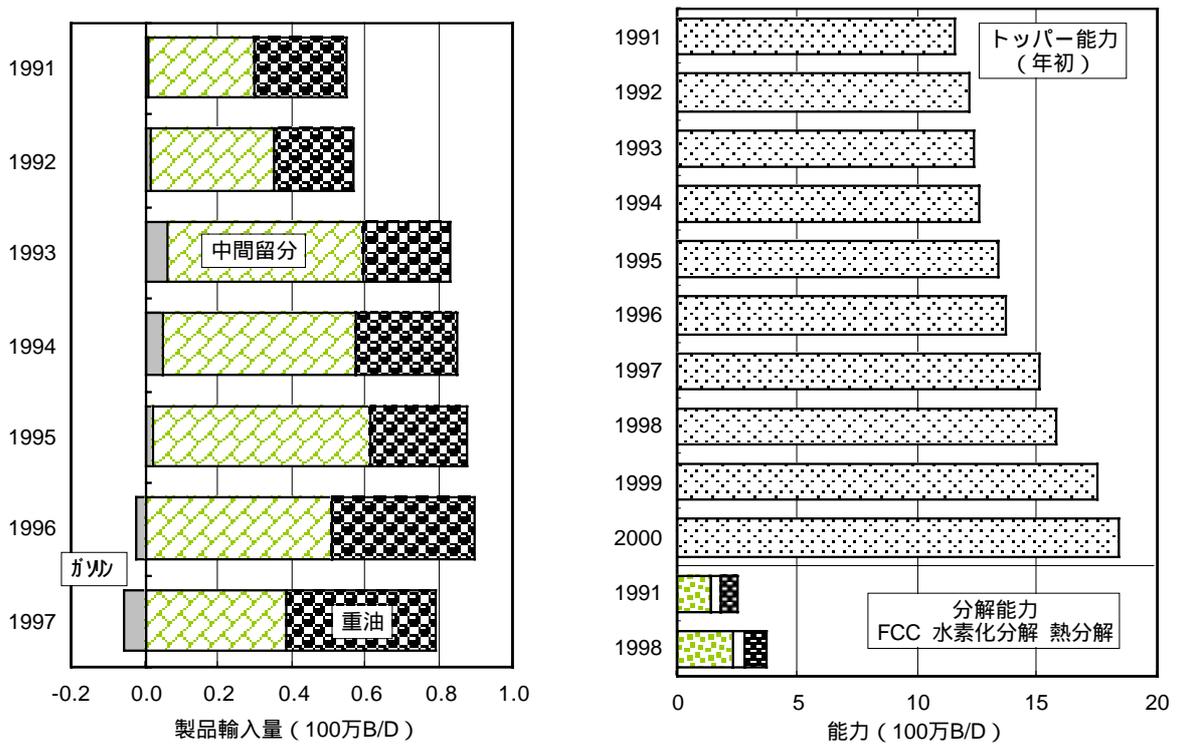
全体的な石油需要の増大に対して、国際小委員会での分析結果も参考にしながら、2020年までの個別の石油製品需要の見通しを作成した。基準ケースでアジア全体をみると、図2に示すように、2020年までの24年間で中間留分が626万B/D、ガソリンが379万B/Dも拡大するが、

図2 1996年から2020年にかけて増大する製品別にみた需要規模



(出所) 本研究の分析結果

図3 1990年代におけるアジア地域の製品輸入対応と精製設備対応



(出所) IEA, "Energy Balances and Statistics in Non-OECD Countries," OGJ, "World Oil Refining Report."

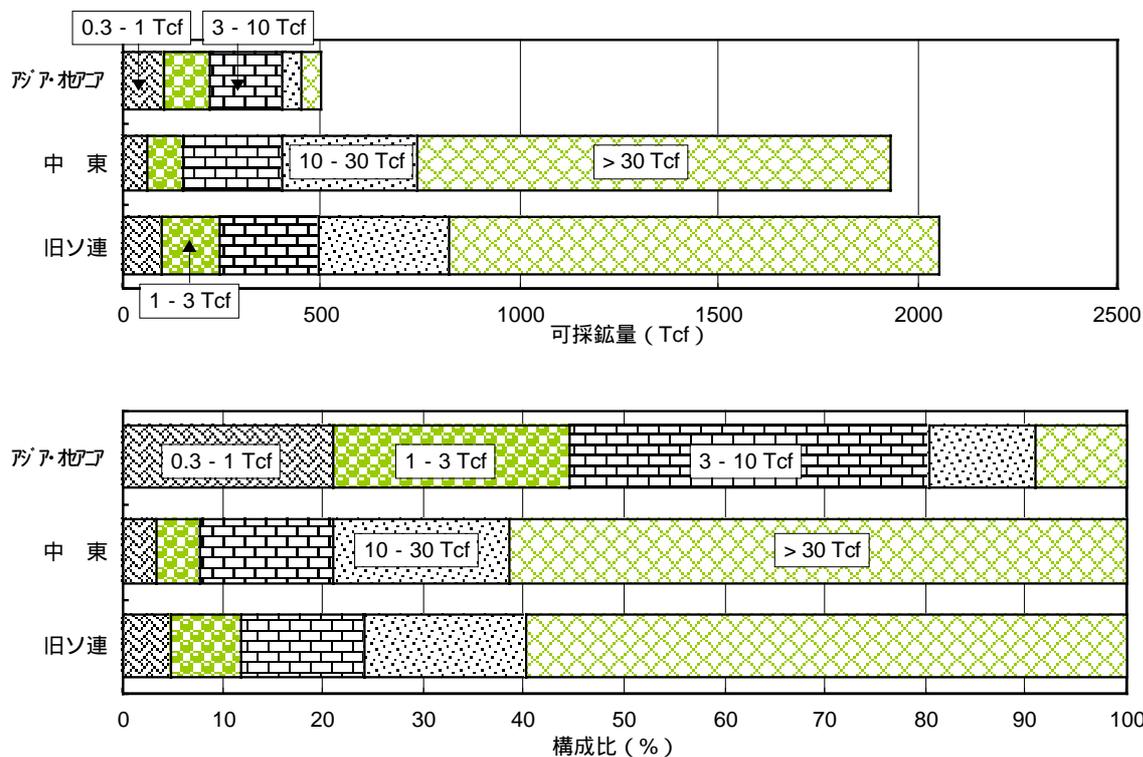
重油の増加は 241 万 B/D にとどまる。石油需要増大ケースでは、輸送燃料を中心に量の面で一段と増加する。地域別に特徴をみると、日本の石油需要の伸びは横ばいないし微増にとどまるが、それ以外の地域は今後も堅調な伸びが予想される。とくに、長期的には中国、インド、アセアンなどの堅調な拡大が重みを増すことになる。また、中間留分構成比をみると、インドの 69% を代表にアセアン地域の 49%、韓国の 48%と軽油を中心とする中間留分に偏ったところが多い。

こうした石油需要拡大に対する供給面の対応が今後の大きな問題となる。実際に、1980 年代後半からの石油需要増加に対して、図 3 に示すように、インド、中国、アセアンなどでは、石油製品輸入の拡大が対応の大きな柱となった。しかし、石油製品輸入には一定の限界があるため、1990 年代に入ると韓国、タイ、中国、インドなどで製油所拡充の動きが加速化した。アジア途上地域の製油所拡充は、トッパーを中心としたもので、水素化分解設備など本格的な 2 次装置の導入はまだ多くないが、今後 2020 年までの長期をみると、原油処理面での対応としては 2 次設備の充実が大きな課題となる。GTL は、アジアの今後の石油需要、とくに中間留分需要の拡大に対する精製設備面の対応と競合関係を持つ、有力なオプションであるといえる。

アジアで重要な中小規模ガス田の有効利用 - GTL の経済性からみた位置づけは

アジア・オセアニア地域の天然ガスの確認埋蔵量は 1998 年時点で 550 Tcf (兆立方フィート) に上り、利用規模がまだ小さいため可採年数も 37.5 年 (1995 年時点) と、石油資源 (16.3 年) に比べると、比較的長い値となっている。1980 年代に入って急速に天然ガスの確認埋蔵量が増加しているが、海上での天然ガス資源の発見が多いことが特徴である。この地域の天然ガス資源のもう一つの特徴は、中小規模のガス田が多いことである。可採鉱量全体に対する規模別分布をみると、図 4 に示すように、0.3~1 Tcf、1~3 Tcf 規模のガス田で全体の 40% 以上を占める。

図 4 天然ガス可採鉱量の規模別分布とアジアへの供給源

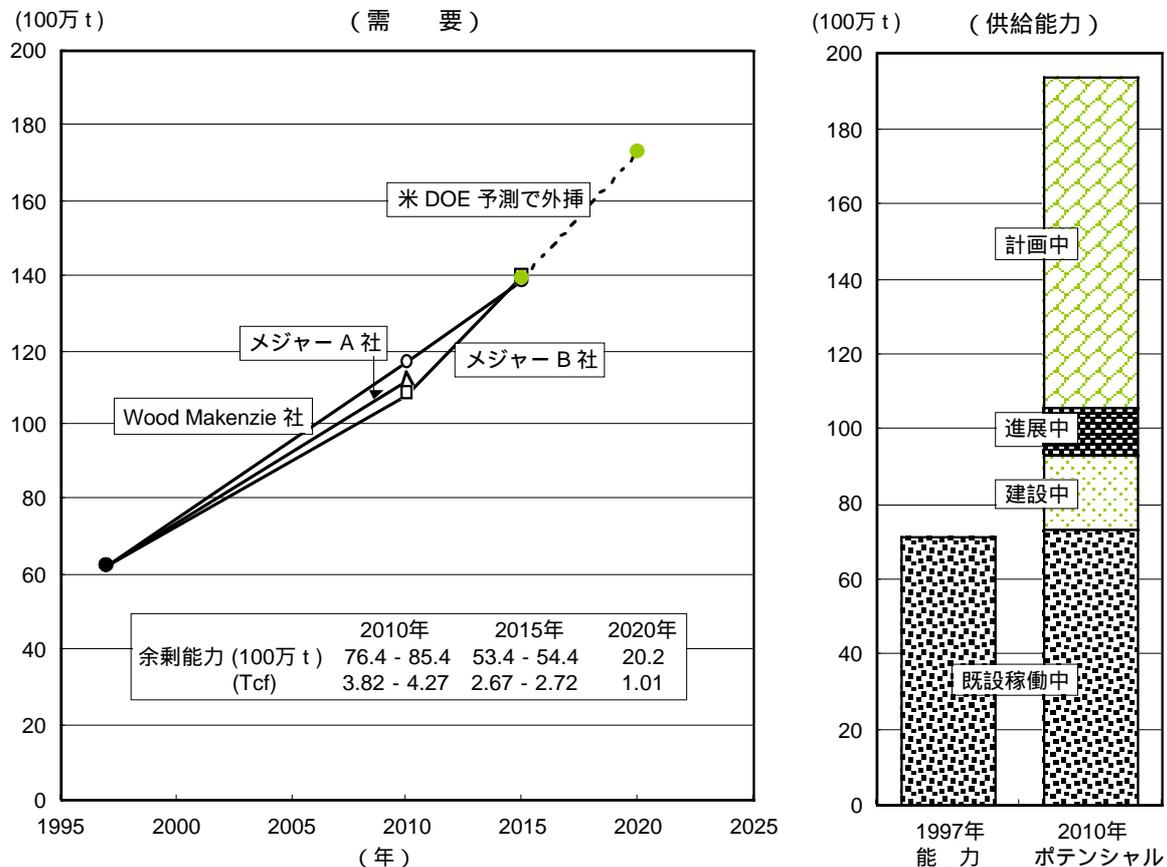


(出所) 石油鉱業連盟, “石油・天然ガス等の資源に関するスタディ,” (1997) のデータから作成。

これに 3~10 Tcf 規模のガス田を加えると、全体の 80% を占める大きさとなる。したがって、中小規模ガス田の有効利用は、アジア地域で重要で、GTL 原料用天然ガス源の候補となる。

長期のアジアの LNG 需要とアジア向け供給ポテンシャルを突き合わせると、LNG 化候補の天然ガス資源の供給余剰が、2020 年まで継続する可能性が高い。今後も新しい資源は出てくるので一概にいえないが、供給余剰は、図 5 に示すように、2010 年で 7,640~8,540 万トン(3.82~4.27 Tcf)、2015 年で 5,340~5,440 万トン(2.67~2.72 Tcf)、2020 年でも 2,020 万トン(1.01 Tcf)と試算される。このように、LNG 化を目指す天然ガス資源の供給過剰が残ることは、この資源を LNG と競合しない用途で早期利用する動きが出ることを意味する。GTL の製造はその有力なオプションとなる。実際に、アラスカやカタールで Exxon、BP Amoco、Arco、Sasol が GTL プラントの建設を計画している。サハリンでも、こうした動きの可能性を指摘する専門家がいる。

図 5 2020 年まで続くアジア市場向けの LNG の供給ポテンシャルの余剰



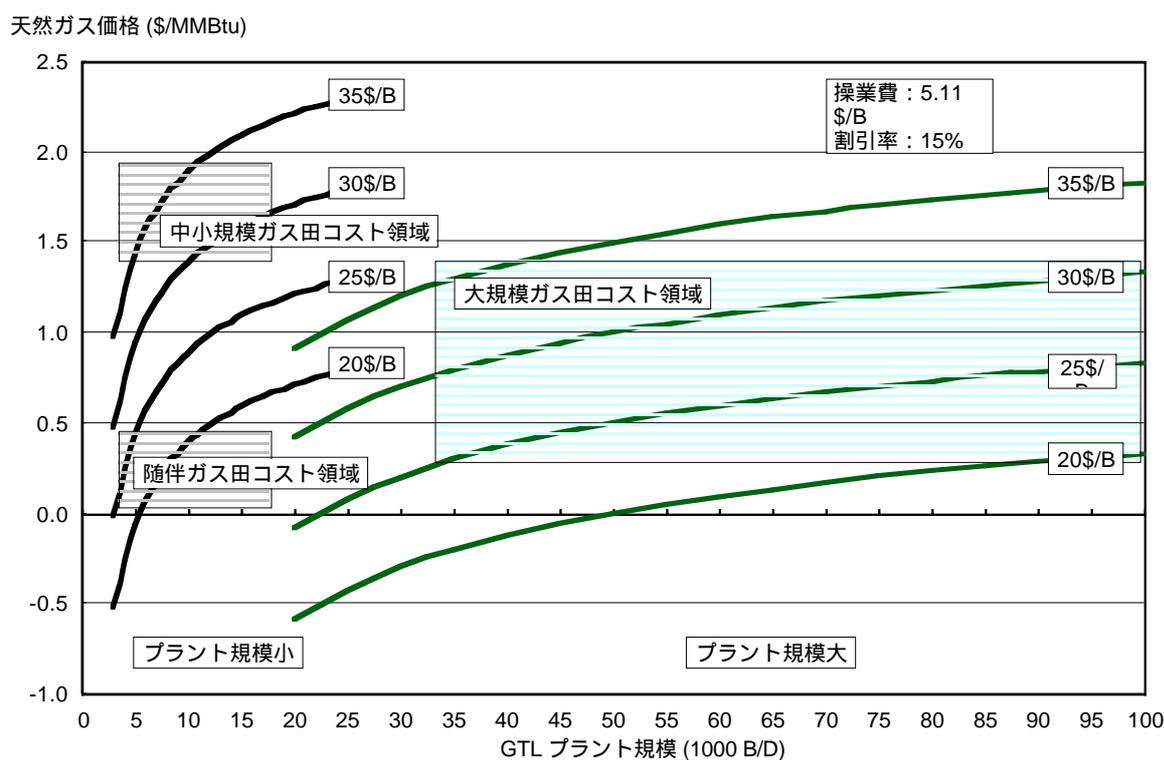
(出所) 各種資料に基づいてアジア地域の LNG 需給を突き合わせて作成

産油・産ガス国の天然ガスのフレア・リーク率をみると、ナイジェリアが 70% 以上で異常に高い。次いで高いフレアの量と率があるのは、サウジアラビアの 15.5%、イランの 10.5% である。アジアでは、インドネシアの 5.5% である。最近、メキシコやベネズエラのフレア量が急速に拡大している。世界全体のフレア量は、1984 年の 3.5 Tcf から 1997 年の 4.5 Tcf に達した。このフレアおよびリークは、温室効果ガスの CO₂ (炭酸ガス) それより温室効果の大きい CH₄ (メタン) を大気中へ放出する。温暖化問題を考慮すると、対策が必要である。フレア・ガスは廉価に評価できるので、GTL プラントの経済性、競争力を高める上で有効である。実際、ナイジェリアのフレア・ガスを利用する GTL プラントの建設を、Chevron や Sasol が進めようとしている。

上記の温暖化問題を考慮すると、GTL 製造で副産する CO₂ の処理が大きな課題となる。この問題の解決には、まだ研究段階の水蒸気・CO₂ 改質法と呼ぶ合成ガス製造技術の開発が重要である。この方法では、原料として水蒸気のほかに CO₂ を投入することになるので、F-T 合成で出てくる CO₂ をこの反応へ戻して循環させることで、CO₂ の大気中への放出を抑制できる。反応に必要な CO₂ がこれだけで不足する場合、外部から CO₂ をさらに投入することになり、これは広く CO₂ 排出抑制につながる有力手段を提供することになる。この反応を吟味すると、長期的に不可欠となる CO₂ リサイクルにつながる技術開発であることがわかる。この視点からも、水蒸気・CO₂ 改質法の研究は重要である。

GTL の経済性分析によると、Syntroleum の提示する投資コストと操業費 5.11 \$/B を前提にすれば、図 6 に示すように、随伴ガスからの GTL の価格水準は 20 \$/B となる。Exxon の提示する投資コストと同じ操業費を前提にできれば、大規模ガス田ガスからの GTL の価格水準は 25 ~ 30 \$/B となる。また、中小規模ガス田ガスからの GTL の価格水準は 30 ~ 35 \$/B となる。経済性の高い GTL の小規模プラントが商業化されれば、低コストで供給される随伴ガスからの GTL が、一般的には最も競争力がある。次いで、大規模ガス田ガスからの GTL が、アジア域外から輸送コストをかけても、競争力があると判断される。アジア域内の中小規模ガス田ガスからの GTL は、特殊事情で原料ガスのコストが大幅に下がらないとラスト・オプションになる。

図 6 原料天然ガス価格とプラント規模による GTL の供給コスト（基準ケース）



(出所) 各種資料のデータを前提とする本研究の試算結果

なお、経済性の順位は上述となるが、フレア・ガスの規模は、アジア・オセアニアと中東の計で 1.2 Tcf / 年に過ぎず、世界全体を考慮しても 4.5 Tcf / 年である。LNG 化を目指す大規模ガス田は、すでに述べたように、2020 年まで余剰が見込まれるが、その規模は 2010 年で 4 Tcf / 年、2015 年で 2.7 Tcf / 年、2020 年で 1 Tcf / 年と大きくはなく、新しいガス田が出なければ縮小する。

日米欧で強まる「緑の燃料」の指向性 - 経済水準に応じて追随するアジア各国

欧米諸国は、大気汚染による健康被害や生態系への悪影響を懸念している。窒素酸化物（NO_x）や粒子状物質（PM）による汚染の深刻化で、主要な排出源である自動車の排ガス抑制を求めている。EUは2000年（EURO III）、2005年（EURO IV）、米国は2004年（TIER 2）に自動車の排ガス規制を強化する。ディーゼル車の燃費とNO_xおよびNO_xとPMには二律背反関係があるが、自動車/エンジン・メーカーは、エンジンの燃焼効率改善でCO₂と同時にPMを低減し、排出NO_xを後処理技術で浄化する方向性を考えている。この後処理に用いる触媒の活性が燃料中の硫黄分によって激減するため、2005年以降の排ガス規制（EURO IV）に対応して軽油硫黄分の低減が必要とされている。

米国は、1990年大気浄化法で、冬期の含酸素ガソリンの導入や、夏期のリード蒸気圧規制、改質ガソリンの導入を定め、2000年まで段階的に強化してきた。また、軽油硫黄分も500ppm以下に強化した。カリフォルニア州は、硫黄分、芳香族分、オレフィン分などを厳しく規制したCARBガソリン、硫黄分（500ppm以下）、芳香族分を規制したCARB軽油を導入した。EUは、表1に示すように、2005年のガソリン、軽油の硫黄分を「強制値」で50ppm以下とすることを1998年6月に決定した。この規制値は、現行の10分の1と非常に厳しく、強制値であるために、石油業界に規制遵守の義務が発生する。2005年の軽油のセタン価、多環芳香族分などその他の規制値は、AOP2（Auto Oil Program 2）の検討を待って決定される。

表1 欧州の燃料品質規制強化の動向

上限値			現行統一規格	EU委員会案		EU議会 (第1査読案)		EU理事会案		EU議会 (第2査読案)		理事会・議会 最終合意	
				1996年6月		1997年4月		1997年6月		1998年2月		1998年6月	
				2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005
ガ ソ リ ン	RVP 夏期	Kpa	クラス別	60	- - -	60	- - -	60	- - -	60	- - -	60	- - -
	芳香族	vol.%	- - -	45	- - -	35	30	42	35	35	30	42	35
	ベンゼン	vol.%	5	2	- - -	1	- - -	1	- - -	1	- - -	1	- - -
	オレフィン	vol.%	- - -	18	- - -	10	- - -	18	- - -	14	- - -	18	- - -
	含酸素量	wt.%	- - -	2.3	- - -	2.7	- - -	2.3	- - -	2.7	- - -	2.7	- - -
	硫黄分	ppm	500	200	低減	50	30	150	50	100	50	150	50
デ イ ー ゼ ル	セタン価(min)	No.	クラス別	51	- - -	52	58	51	- - -	51	58	51	*
	密度15	kg/m ³	860	845	- - -	837	825	845	- - -	845	825	845	*
	T95		370	360	- - -	350	340	360	- - -	360	360	360	*
	多環芳香族	vol.%	- - -	11	- - -	6	1	11	6	11	1	11	*
	硫黄分	ppm	500	350	低減	100	50	350	50	200	50	350	50
規制値の特徴			- - -	強制値	目標値	強制値	目標値	強制値	目標値	強制値	強制値	強制値	強制値

(注意) *印の規制値については、今後EU委員会より提案される予定。

(出所) 平成10年度新燃料油研究開発調査報告書(高品質自動車燃料に関する内外状況調査)(通産省資源エネルギー庁委託調査、1998年12月エネ研)、定例研資料などから作成。

長期的には、表2に示すように、ガソリン、軽油の品質規制がさらに強まる可能性が高い。米国環境保護庁が最近発表したガソリンの新品質規制では、30ppm以下の硫黄分を要求している。日米欧の自動車業界も最近5~10ppmの硫黄分を要求するカテゴリー4の品質を提唱した。ドイツでは「10ppm」軽油の導入が決定している。わが国でも、公害訴訟の和解や判決でさらなる対策強化が要請されている。また、東京都庁は、ディーゼル車からの黒煙（PM）およびNO_x問題解決のため早急な対策を要請した。10ppm以下という非常に厳しい硫黄分低減が軽油に課される

と同時に、粒子状物質（PM）の汚染に対応するために、軽油中のアロマ（芳香族）分の低減が要請される場合には、軽油を本格的に脱硫・脱アロマする高品質化設備の新設導入が必要になる。GTL は、水素を大量に使用して非常に大きなコストがかかるこの設備対応と競合する有力なオプションとなる。

表2 日米欧で検討中のガソリン、軽油の長期的な品質規制の方向性

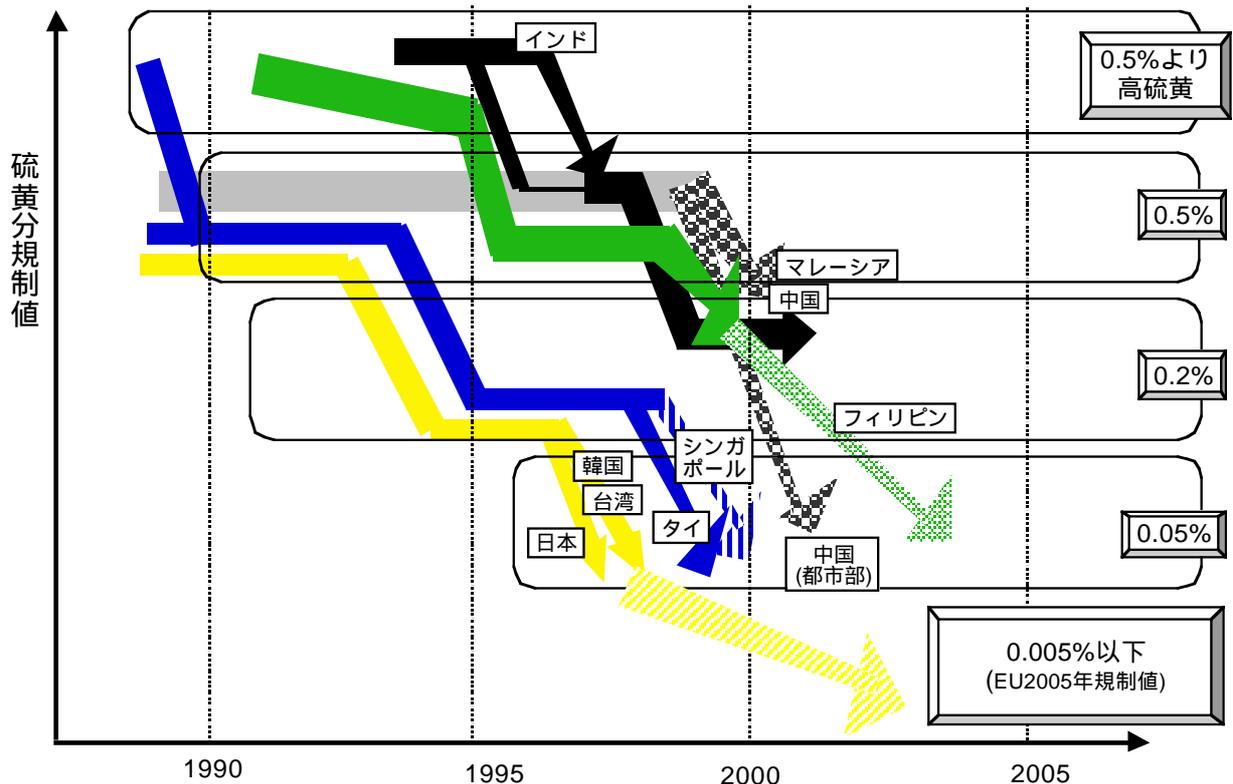
米 国	ガソリン	2004年から段階的に硫黄分規制を強化することが決定。2006年には製油所平均30ppm（1ガロン当たり80ppm以下）とする。	EPAの提案
	軽油	2004年に開始される'TIER2'の汚染物質排出基準達成に向けて、エンジンメーカー・排出機器コントロールメーカー・石油業界等を巻き込み対費用効果の高いエンジン側と燃料側の規制値を検討。2000年春に軽油の新規制値を発表する予定。	
欧 州	ガソリン	98年に2000年、2005年の硫黄分規制値をそれぞれ150ppm、50ppmと決定。2000年規制より新たに芳香族含有率・オレフィン含有率などが追加された。また、2000年より有鉛ガソリン販売を禁止（対策実態に応じて2005年までの猶予期間あり）。	EU決定事項
	軽油	98年に2000年、2005年の硫黄分規制値をそれぞれ350ppm、50ppmと決定。2000年規制より新たに95%留出温度・多環芳香族含有率などが追加された。	
	一般 動向	欧州の2005年規制値（50ppm）を2001年から前倒しで導入し、2003年からは10ppm以下のガソリン・軽油を導入する予定。EU各国にも2005年新規制の前倒しと更なる規制強化を提案。	ドイツ
日 本	軽油	東京都はディーゼル車の黒煙を問題視。軽油の硫黄分を自動車側の排ガス浄化技術が実用化できる水準（具体的には50ppm）まで低下するように石油業界に要請。	東京都
	一般 動向	自動車排ガス訴訟（西淀川公害訴訟（98年）、川崎公害訴訟（99年））で相次いで和解が成立。2000年1月の尼崎公害訴訟の地裁判決では、自動車排ガス中のPMと健康被害との因果関係を初めて認定し、排ガスの差し止めを国、道路公団に要求（国は控訴する方針）。	公害訴訟
先 進 国		欧米での自動車排ガス規制強化の動きを踏まえ、2000年1月に世界統一燃料品質基準案の改定案を追加（カテゴリー4）。ガソリン・軽油の硫黄分では従来の30ppmを更に低減し、5～10ppmを提案している。	日米欧 自動車工業会

（出所）海外動向調査（石油連盟）、東京都ホームページなどから作成。

アジア諸国でも、人口増加と経済成長による工業化、モータリゼーションの進展などで、産業公害や大気汚染が深刻化している。また、化石燃料、とくに石炭の燃焼によるNO_x、SO_xが引き起こす酸性雨の問題も懸念されている。アジア諸国は、先進国の環境問題への対応を参考にしながら、経済水準に応じたフェーズのズレは存在するが、身近な環境問題への取り組みを開始している。例えば、図7に示すように、軽油の硫黄分規制は、韓国、台湾が90年代前半に0.4～0.5%の水準から0.2～0.3%の水準へ移行し、シンガポール、タイが1995年過ぎに同様の動きを示した。マレーシア、フィリピンでは、硫黄分規制の強化を検討中である。また、中国も大気汚染の深刻な都市部で、先進地域の現在の硫黄分規制と同一水準の0.05%軽油を導入することを検討している。ガソリンの無鉛化についても同様に規制強化の動きがみられている。

現在のアジア自動車保有は、先進国からの中古車および新車の輸入と歴史の浅い国産車メーカーの新車で成り立っている。自動車保有の拡大期は、富裕層の新車購入と貧困層の中古車購入によって生じると考えると、アジアの自動車排ガス対策は、自動車業界の新技术開発と新車への導入に依るよりも、むしろ燃料のクリーン化に寄与する部分が大きくなると考えられる。また、日米欧の進んだ自動車社会においても、さらなる排ガス規制が必要とされている現状を顧みると、アジアの燃料品質規制値（硫黄分、芳香族分など）は、先進地域の規制値を参考にしつつ強化されていく可能性が高い。

図7 アジア諸国の自動車用軽油硫黄分の推移（概念図）



(注意) 1991年、1995年の実績値および2000年以降の計画値を参考に作成しており、同一カテゴリーの国家間であっても規制値変更の時期及びの規制値は異なる。

(出所) エネ研シンポジウム資料などから作成。

環境に優しいGTLの品質特性 - 大きな需要規模の確保には灯油代替が有力

GTL製造は、硫黄含量が低い天然ガスを原料としており、フィシャー＝トロプッシュ反応で飽和炭化水素を合成するので、製造される製品は、基本的には硫黄分も窒素分も芳香族分も重金属も含まない非常にクリーンな性状を有している。したがって、「環境との調和」という面から今後その適用分野の拡大が予想される。GTLの留分を原油と比較すると、表3に示すように、GTLからは着火性能に優れた高セタン価“軽油留分”、燃焼性の高い高煙点“灯油留分”、高粘度指数“潤滑油基材”、高純度“ワックス”などが得られる。しかし、GTLのナフサ留分はオクタン価が低く、“ガソリン基材”としてはあまり適さない。ナフサ留分は、むしろエチレン・クラッカーの良好な原料になるといえる。

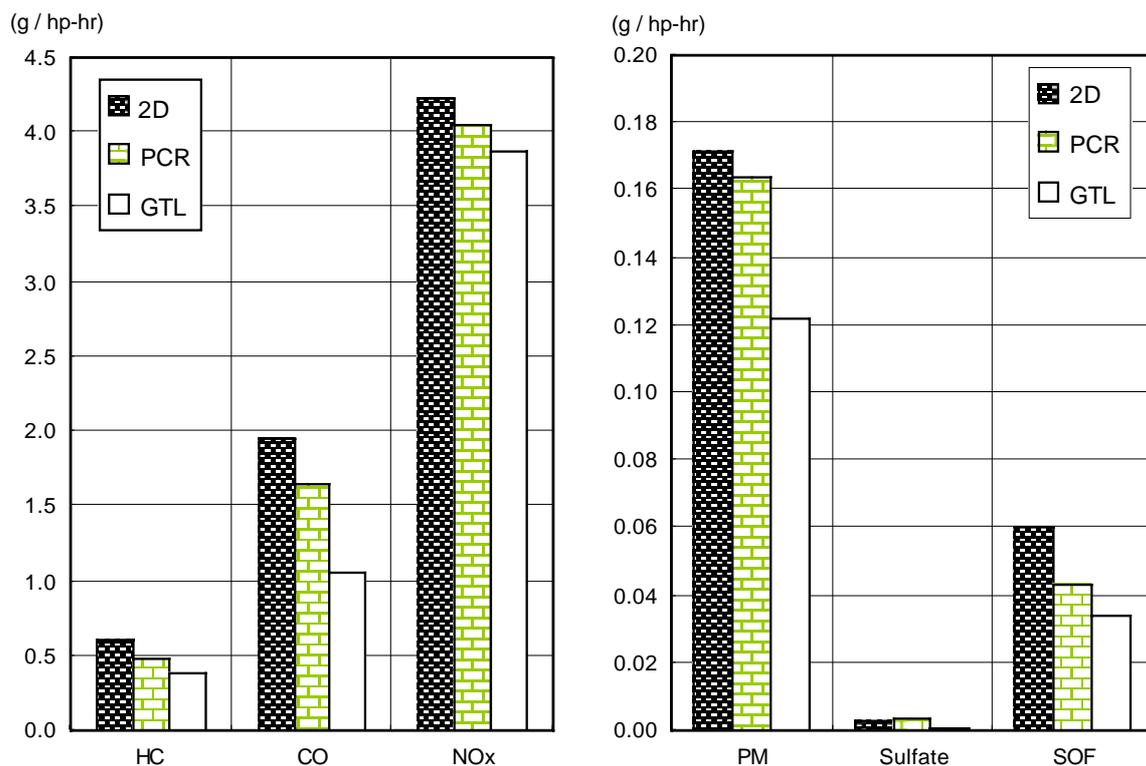
ジェット機のトラブルは人命事故に直結する可能性が大きい。このため、ジェット燃料油は、燃焼性がよい、発熱量が大きい、熱安定性がよい、異物の混入がないなど厳しい品質が要求される。GTLから製造されるジェット燃料は、芳香族分をほとんど含まないため、燃焼性が高く、エンジンの始動性もよく、ブローアウトといわれる吹き消えの危険性も少ない。家庭用灯油で最も大切な性状は燃焼性である。パラフィン系炭化水素は、ナフテン系や芳香族系に比べ燃焼性がよい。GTL灯油はパラフィン系で、発煙性が大きい芳香族分を含まないので、不完全燃焼を起こしにくい。また、屋内の空気汚染、燃焼ガスの臭気という点から家庭用灯油の硫黄分は、JIS規格で0.008質量%以下に規定されている。この面でもGTL灯油は適している。

表3 GTLと原油の留分に関する性状比較

留分	性状項目	GTL	WTI原油	インプリケーション
ナフサ	密度, g/ml 60°F	0.69	0.74	・ GTL ナフサ留分は製油所のリフォーマー原料には不適當だが、優れたエチレン原料となる
	硫黄分, wt%	0	0.07	
	RON Clear	<40	67	
	N+2A	5	51	
ジェット・灯油	密度, g/ml 60°F	0.77	0.80	・ GTL ジェット・灯油留分は芳香族分を含まないので、優れた煙点性状を持つ ・ 今後の性状試験で航空産業での利用がきまる
	硫黄分, wt%	0	0.12	
	煙点, mm	45	22	
	凝固点, °F	-53	-53	
軽油	密度, g/ml 60°F	0.78	0.84	・ GTL 軽油留分の密度が相対的に低いことは、燃費を悪くする方向へ働く ・ 非常に低い芳香族分、硫黄分および高いセタン価から、GTL 軽油留分は精製原料としての価値が大きい
	硫黄分, wt%	0	0.37	
	芳香族分, LV%	<1	29	
	セタン価	>70	56	
	動粘度, cSt, 100°F	2.3	4.0	

(出所) Johannes Thijssen, 「Comparison of Exxon, Shell and Sasol Technologies, and GTL Viability」, Conference on Monetizing Stranded Gas Reserves '98, 1998年12月, San Francisco, USA.

図8 GTL軽油がもたらす排ガス中の汚染物質の削減効果



(注) HC:炭化水素, CO:一酸化炭素, NOx:窒素酸化物, PM:粒子状物質, Sulfate:サルフェート, SOF:可溶性有機物, 2D:No. 2自動車用軽油, PCR:Pseudo-CARB Reference

(出所) Jeff Leet, 「Potential Application of Fisher-Tropsch Fuels」, Conference on Monetizing Stranded Gas Reserves '98, 1998年12月, San Francisco, USA.

パラフィン系の GTL 軽油は、芳香族分を含まないので、セタン価が高く着火性の面で優れている。米国での試験結果によると、図 8 に示すように、米国内で流通する軽油と比較して、GTL 軽油はパティキュレートで 30%減、窒素酸化物で 8.3%減、一酸化炭素で 46%減、炭化水素で 38%減と燃焼排ガスの汚染物質削減に効果がある。ディーゼル・エンジンの燃焼は、空気過剰で行われるため、排ガスに CO や HC が少ないが、拡散燃焼の結果として黒煙や NOx が多い。黒煙には可溶性有機物 (SOF) やサルフェートも含まれ、これらの後処理を阻害するサルフェートの低減に、軽油の低硫黄化が求められる。また、硫黄被毒がなければ、窒素酸化物や炭化水素の除去を目的とする排ガス浄化触媒の性能アップ、長期間持続に効果がある。硫黄分をほとんど含まない GTL 軽油に対する期待はこの点で大きい。

GTL プロセスで製造するワックス (日本精蠟の商品名は、「FT 100」) は、石油系のワックスと比較して、表 4 に示すように、優れた特性を有する。特に“融点 100 度”のワックスは石油系では絶対に製造できない。FT100 の適合用途は多様だが、実際には、ホットメルト接着剤、印刷インキ、顔料分散材、コピー用トナー、各種ワックス改質剤が大部分である。日本の市場規模はワックス全体で約 10 万トン (GTL ワックスは約 5,000 トン)、中国の市場規模はワックス全体で日本の 10 倍の約 100 万トンだが、規模的にはそれほど大きな市場とは言い難い。また、GTL プロセスの飽和炭化水素は、潤滑油基材としても特殊用途に用いられる。シェルの XHVI 製品は、マレーシア/ピンツル GTL プラントから四日市製油所に輸送され、最終仕上げの精製処理が行われ、各種製品の出発点となる XHVI 基油が製造される。その後、各種用途に合わせて最適な添加剤を配合し、多彩な分野で高性能を発揮する潤滑油製品となる。

表 4 GTL ワックスの品質特性と高付加価値を生む特殊用途

<p>(一般的な特徴)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・揮発成分が極めて少ない ・溶融粘度が低い ・防湿性、防水性に優れている ・無味、無臭である 	<p>(石油ワックスとの比較で)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高融点である ・針入度値が小さく高硬度である ・高融点の割に低粘度である ・潜熱が大きい 																
<p>(FT 100 の適合用途)</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%; padding: 2px;">・ホットメルト接着剤</td> <td style="padding: 2px;">- - - - 粘度を下げ、ぬれ性を改良する</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">・各種ポリッシュ</td> <td style="padding: 2px;">- - - - - 塗膜を固くし、べたつきを低減する</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">・印刷インキ、顔料分散材</td> <td style="padding: 2px;">- - - - インキに耐磨耗性を付与する</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">・樹脂滑剤</td> <td style="padding: 2px;">- - - - - 外部滑剤として有効である</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">・ゴム老化防止剤</td> <td style="padding: 2px;">- - - - - 高温下で優れたオゾン亀裂防止効果を付与する</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">・各種ワックス改質剤</td> <td style="padding: 2px;">- - - - 固さを付与し、ブロッキング温度を向上させる</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">・クレヨン</td> <td style="padding: 2px;">- - - - - 固さを付与する</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">・ロストワックス</td> <td style="padding: 2px;">- - - - - 固さを付与する</td> </tr> </table>		・ホットメルト接着剤	- - - - 粘度を下げ、ぬれ性を改良する	・各種ポリッシュ	- - - - - 塗膜を固くし、べたつきを低減する	・印刷インキ、顔料分散材	- - - - インキに耐磨耗性を付与する	・樹脂滑剤	- - - - - 外部滑剤として有効である	・ゴム老化防止剤	- - - - - 高温下で優れたオゾン亀裂防止効果を付与する	・各種ワックス改質剤	- - - - 固さを付与し、ブロッキング温度を向上させる	・クレヨン	- - - - - 固さを付与する	・ロストワックス	- - - - - 固さを付与する
・ホットメルト接着剤	- - - - 粘度を下げ、ぬれ性を改良する																
・各種ポリッシュ	- - - - - 塗膜を固くし、べたつきを低減する																
・印刷インキ、顔料分散材	- - - - インキに耐磨耗性を付与する																
・樹脂滑剤	- - - - - 外部滑剤として有効である																
・ゴム老化防止剤	- - - - - 高温下で優れたオゾン亀裂防止効果を付与する																
・各種ワックス改質剤	- - - - 固さを付与し、ブロッキング温度を向上させる																
・クレヨン	- - - - - 固さを付与する																
・ロストワックス	- - - - - 固さを付与する																

(出所) 日本精蠟に対するヒアリング結果より作成

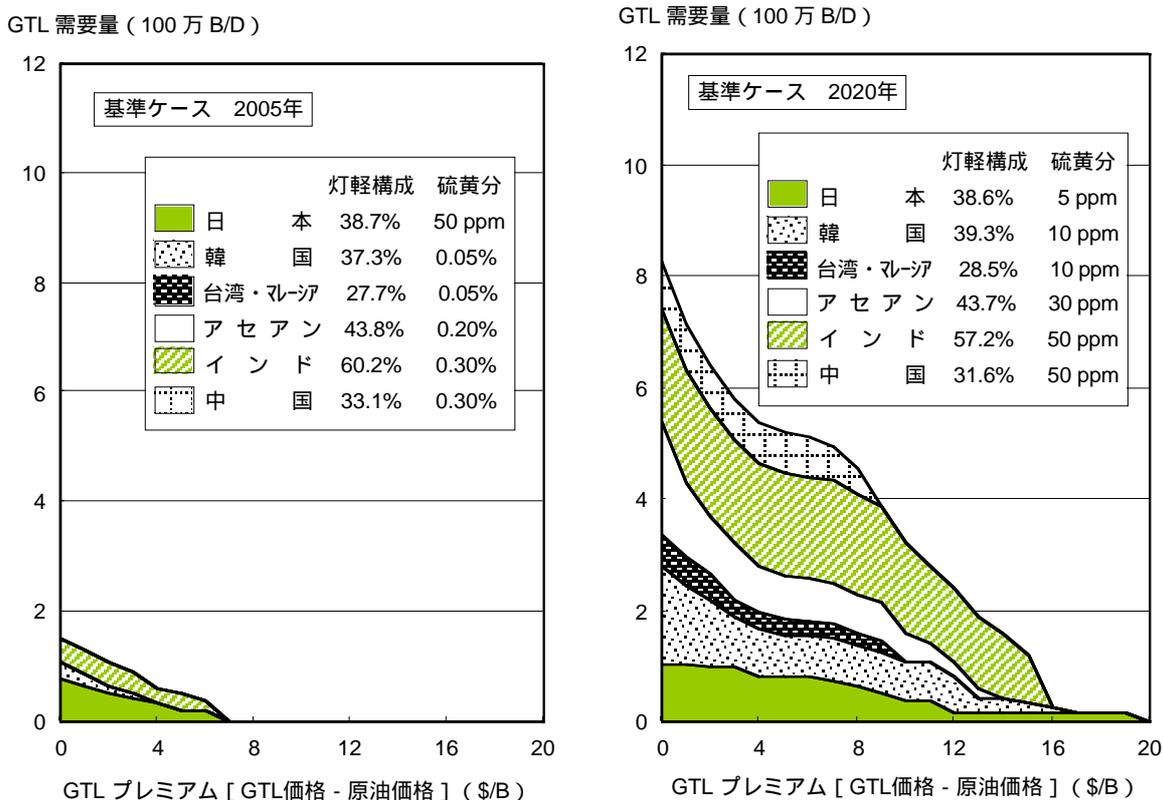
これまでみてきたように、GTL から製造される灯油、軽油などの製品は、硫黄分、芳香族分がほとんど含まれていないことにより、環境に優しい品質特性を持っている。また、GTL からの飽和炭化水素 (パラフィン系) は、ワックス、潤滑油などで他にはない品質特性を発揮して、高付加価値を持つ収益性の高い商品を生み出すことができる。しかしながら、後者の高付加価値製品の需要規模はそれほどなく、大きな需要規模を確保しようとするのであれば、環境に優しい品質特性を生かして、灯油代替として参入するのが有力分野と考えられる。今後、アジアで強まることが予想される環境規制と中間留分需要の拡大は、それにフォローの風として働くとみられる。

期待できる GTL のアジア市場性 - 中小規模ガス田の利用には経済性の改善が鍵

日本、韓国、台湾・マレーシア、アセアン、インド、中国の6地域に関して、2005年、2010年、2015年、2020年の4時点の石油需要を対象に、GTLの供給価格を変化させながら、それぞれにどのような供給対応が選択されるのかを石油精製モデルを用いて分析した。アジア各地域の環境・品質規制は、経済水準に応じながら先進国の規制をフォローすると想定した。

6地域のGTL処理と設備対応を個別にみると、それぞれの石油需要の伸びや需要特性の違いと環境・品質規制強化の進み具合の違いによって、GTL処理の必要性に大きな差が生じることがわかった。GTL価格の原油価格に対するプレミアムは少なくとも6~7\$/B、設備対応が厳しくなると15\$/B以上に上昇することもある。これはGTLの潜在需要の幅が広いことを意味する。アジア全体のGTL需要ポテンシャルは、図9に示すように、GTL価格が25\$/Bの場合、2005年で50万B/Dのポテンシャルが生じ、2020年には494万B/Dと大規模なものに拡大する可能性がある。GTL価格が30\$/Bの場合、2010年でも多少のポテンシャルがあるが、基本的には2015年以降で拡大が期待できる。GTL価格が35\$/Bの場合、2020年以降でないとポテンシャルは期待できない。

図9 アジア地域におけるGTL潜在需要量の変化(基準ケース)

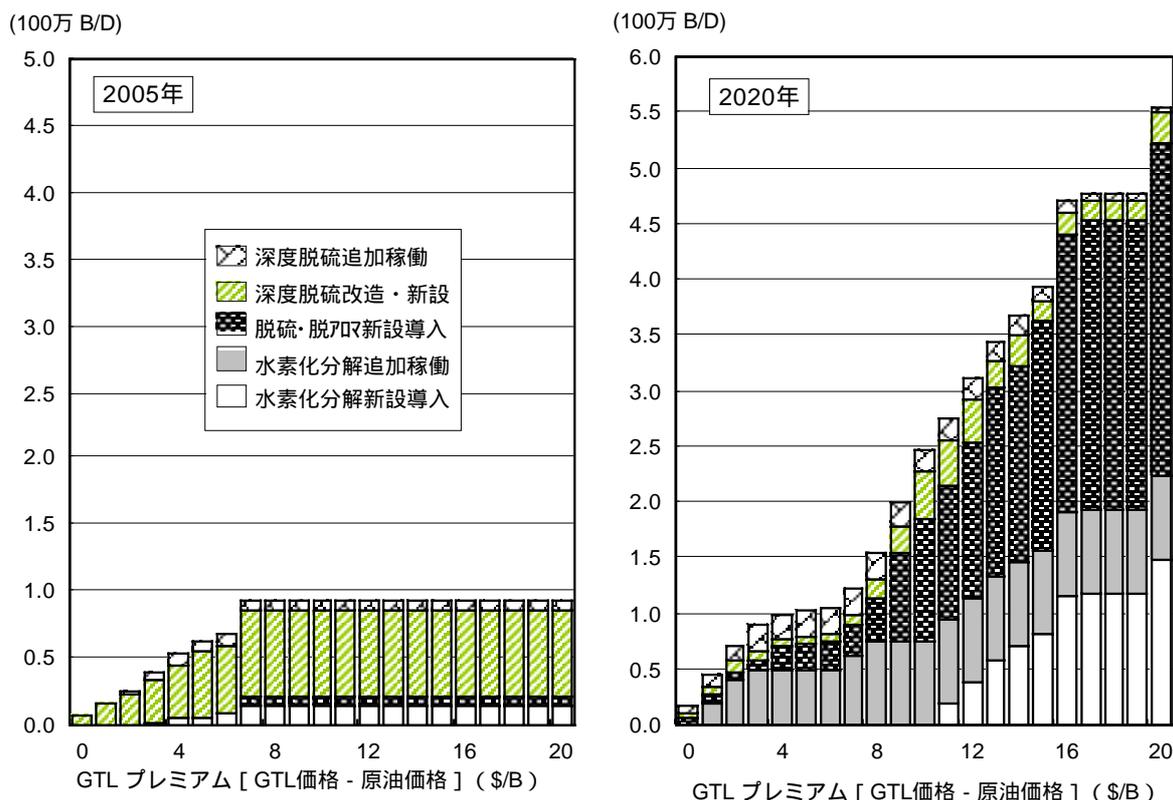


(出所) 本研究の分析結果

アジア全体の設備対応は、図10に示すように、基準ケースの2005年でGTLが選択されない、軽油深度脱硫の改造・新設、脱硫・脱アロマの新設、水素化分解の新設で約100万B/Dの設備対応となる。2015年、2020年と厳しい環境・品質規制がアジア途上国で適用されると、脱硫・

脱アロマの本格導入、水素化分解の大幅新設が必要になる。GTL が選択されないと、2015 年で約 250 万 B/D、2020 年で約 500～550 万 B/D の設備対応となる。深度脱硫の改造・新設は軽油の高品質化に必要で、不足すると本格的な脱硫・脱アロマを導入する。水素化分解は重油からの中間留分増産に必要である。これらの設備は、大きな固定費負担が生じるほか、大量の水素消費で変動費負担も大きい。GTL プレミアムの上限は、このコスト負担の大きさに依存する。2015 年以降は、脱硫・脱アロマと水素化分解の導入がダブルで効く地域があり、プレミアムの上限は 2015 年の 12 \$/B から 2020 年の 16 \$/B へ上昇する。

図 10 アジア地域の GTL による設備対応の変化（基準ケース）

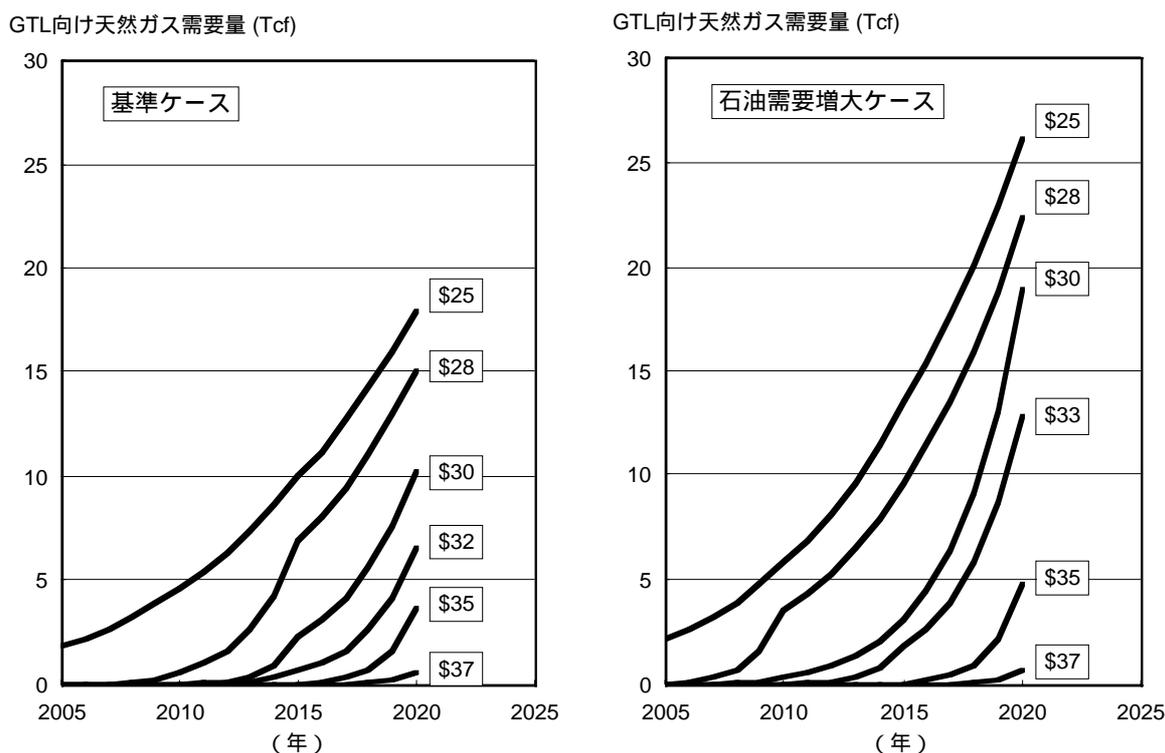


(出所) 本研究の分析結果

GTL 1 バレルの製造に必要な原料ガスは 10,000 cf である。この関係を用いると、GTL を 25 \$/B で供給できるならば、図 11 に示すように、2005 年で 1.8 Tcf、2010 年で 4.6 Tcf、2015 年で 10.0 Tcf、2020 年で 18.0 Tcf の天然ガスがアジア向け GTL 生産に必要となる。GTL が 30 \$/B の場合、2015 年で 2.3 Tcf、2020 年で 10.2 Tcf となり、GTL が 35 \$/B の場合、2020 年で 3.7 Tcf となる。すでに述べたように、GTL の経済性という視点からは、第 1 にフレア・ガスによる GTL、第 2 に LNG 化できる大規模ガス田による GTL、第 3 にアジアの中小規模ガス田による GTL という順番になる。しかし、前 2 者の供給規模には一定の限界が考えられるので、アジアの GTL 需要量が拡大すれば、中小規模ガス田の天然ガスを利用する必要性が生じることは明らかである。

GTL プラントは、建設決断時にプラント寿命期間の原料入手の用途を立てねばならない。2020 年までに運開するプラントのすべてについて所要天然ガス量を累積すると、GTL が 25 \$/B では累積量が 451 Tcf に達し、アジア・オセアニアの天然ガスの残存確認可採埋蔵量 343.5 Tcf を上回る。GTL が 30 \$/B では 254 Tcf に、35 \$/B では 92 Tcf となる。したがって、アジアで資源量の多い中小規模の天然ガス田の利用は間違いなく必要であり、これを実現するための技術開発が重要となる。

図 11 2005 年から 2020 年までの各年における GTL 向け天然ガスの需要量



(出所) 本研究の分析結果

GTL の技術開発で経済性の確立を目指せ - アジアの 3 E の調和に重要な役割

GTL プロセスの技術開発の中で、大規模ガス田からの原料ガス供給が必要になる大規模プラントは建設コストも下がり、メジャーが商業化プロジェクトを具体化しつつあるので、2005～2010年頃までには商業化が実現すると考えられる。中小規模ガス田を対象とする小規模プラントに関しては、いくつかの技術革新が進展しつつあるが、今後のさらなる技術開発による経済性の確立が必要である。アジアにおける GTL 供給を考えると、LNG 化できる大規模ガス田からの GTL ももちろん重要な候補であるが、経済性を持てばアジアで必要になる潜在的な GTL の需要規模を考慮すると、アジアの中小規模ガス田を利用することが不可欠である。このためには、GTL プラントの小規模化を図るとともに、原料ガスをかなり割高に評価せざるを得ない環境下でも GTL がエネルギー間競争の中で経済性を確保できるようにしなければならない。これまでみてきたアジアのエネルギー需要の拡大、環境問題の深刻化という長期的な問題を考えると、2010 年以降、2015 年から 2020 年における本格化を目標に、アジアの中小規模ガス田を対象とする GTL プラントの技術開発を進め、経済性の確立を目指すことはエネルギー分野の重要課題である。わが国は率先してこの課題に取り組むべきである。なお、この技術開発にあたっては、後述するように、地球温暖化問題への配慮を忘れてはならない。

本研究では必ずしも詳しい分析を加えていないが、アジアでは急速なエネルギー需要、石油需要の増加に対して、域内のエネルギー供給はそれを充足できる伸びをみせておらず、域外エネルギーへの依存が高まりつつある。とくに石油供給における中東依存度の増大は、1990 年代に入って顕著であり、エネルギー安全保障問題に大きな翳りを落としている。1990 年代の石油中東依存度の高まりとともに、中東からのアジア向け原油価格は、欧米向け原油価格と比較すると、1～1.5 ドルの割高感をもって推移している。アジアの LNG 価格や石炭価格は、この原油価格に連動し

てあるいはこの原油価格を参照して設定されているので、一般的にアジアのエネルギー価格水準は割高になっていると考えられる。この問題は、欧米との国際競争が激化してくれば検討を要する重要課題である。アジアが不当に割高なエネルギー価格の環境に晒されないためには、依存が高まる中東原油を牽制できるアジアのバーゲニング・パワーを様々な形で構築することが必要になる。アジア域内の中小規模ガス田を利用した GTL の供給規模がどの程度のポテンシャルを有するかは左右されるが、GTL オプションもアジアのバーゲニング・パワーの一翼を担う重要手段の1つとして育てるべきである。

GTL 製造で副産する CO₂ の処理が、地球温暖化問題を考慮すると大きな課題である。この問題の解決には、原料として水蒸気のほかに CO₂ を投入する水蒸気・CO₂ 改質法の開発が重要な方策である。この合成ガス製造法は、温室効果ガスの大気中における濃度安定化を目指す気候変動枠組条約の究極目標を念頭に置くと、長期的にはいずれ不可欠となる CO₂ リサイクルの技術開発につながる反応プロセスである。この反応プロセスは、まだ基礎的な研究開発の段階にあるが、地球温暖化対策に配慮しながら GTL プラントの商業化を進める上でも、さらに長期的には CO₂ のリサイクル技術を確立する上でも、実用化を目指すべき重要課題である。現在は取り扱い易い天然ガスを原料とするプロセスの開発が目標になっているが、この技術開発が進めば、水蒸気を水素の供給源として石炭ガス化と絡め、CO₂ 排出を抑制しつつ液体燃料を合成するプロセスへつながる可能性も秘めている。

以上に述べてきたすべての視点を総合して判断すると、環境問題を配慮した GTL プロセスの技術開発は、今後、精力的に進めるべき重要分野である。豊富な石炭、石油、天然ガスといった化石燃料資源を有効利用するために必要な CO₂ リサイクル技術の確立という長期的なグローバル・ニーズも視野に入れると、この技術が市場で競合できる経済性を持つ段階まで、公的支援を考えることも非常に大きな意味を持つ重要方策といえる。エネルギー需要、石油需要の急増による需給のひっ迫化、緊急時の発生に対する対応などエネルギー安全保障問題、大気汚染、酸性雨の深刻化など身近な環境問題、温暖化など地球環境問題といったアジアが抱える 3E 問題の調和を考えると、わが国が率先してこのような基盤技術の研究開発を担当し実用化を目指すことは、きわめて重要な課題となる。