

国際原油価格適正化検討のための 世界統合 LP モデルの構築

曾我 正美, 中塚 誠次

わが国の石油精製業では、サウジアラビア等の中東の産油国から原油の多くを輸入している。1990年代に入り、この中東産出原油の原油価格がアジア向けと欧米向けに価格差が生じるようになった。このため、世界的視野で石油需給の地域間均衡を図りつつ、アジア地域の原油調達コストを下げることに実現可能性等を検討するため、線形計画法による世界統合 LP モデルを構築し分析を行った。本稿では構築した世界統合 LP モデルの構造と、分析の一例として、北東アジアへのアフリカ原油輸入増加を行った場合の分析結果を述べる。

キーワード：石油精製、原油価格水準、石油需給の地域間均衡、石油物流・精製世界統合 LP モデル、アジアエネルギーコスト

1. はじめに

わが国の石油精製業では、サウジアラビア等の中東の産油国から原油の多くを輸入し、国内製油所において蒸留、脱硫、分解、改質、ブレンドといった精製工程を経て、ガソリン、灯油、軽油、重油等の石油製品を製造し消費者に提供している。石油製品の大もとの原料となる原油は、基本的に世界に三つの大きな原油市場がある。その第一はアメリカ市場であり、第二は欧州市場そして第三の市場は日本を含むアジア市場である。各々の原油市場においては原油価格水準決定の指標となる特定の基準原油を持っている。世界の原油市場において原油価格水準を決定しているのは、アメリカ市場においてはアメリカ国内（オクラホマ州を中心とする地域）の陸上で生産されている WTI (West Texas Intermediate) 原油であり、欧州においては北海で産出されているブレント (Brent) 原油、アジア市場においてはアラブ首長国連邦のドバイで生産されているドバイ (Dubai) 原油が当該地域の原油価格水準を決定しているのである (図1)。

世界におけるすべての原油価格は、これら3種類の指標原油の市場価格を基準として（あるいは強く影響されて）個々の地域で決定されている。また、これら

3種類の指標原油に関する価格は各々の原油市場において決定されつつある。

1990年代に入り、図2に示すように、アジア市場で多くを輸入している中東産出原油の一つであるアラビアンライト原油は、アジア向け輸出価格について欧米向け輸出価格よりも高くなっている。特に1997年から1998年にかけてその価格差が1バーレル当たり2.5ドルと大きくなっており、この割高は原油価格水準に対し、およそ1997年において13%および1998年において20%程度に相当する。

このような状態が起こった原因は、中東原油価格水準を決定しているドバイ原油価格が国際的に公平な評価を受けていないことと、アジア市場は中等原油の依存度が高いといったことが要因と考えられる。1996年から1998年までのドバイとブレントの原油価格差（国際的ドバイ原油価格の水準）に対する、アラビアンライトのアジア向け価格に關した欧米向け価格との差異についていうと、1996年においては、アラビアンライトのアジア向け価格と欧米向け価格との差異はゼロに等しい水準にあった。しかし1997年および1998年においてその差異が大きくなり、ドバイ原油の価格もブレント原油並かあるいはそれ以上になり、ドバイ原油の国際的原油価格水準が上昇するとアラビアンライトの欧米向け価格に対するアジア向け価格の割高も増加した。本来、ドバイ原油は、ブレント原油と比較して品質的に高硫黄で重質油分が多く、ガソリン等の付加価値の高い製品の得率が少ないため、相対的に国際的価値が低いものである。1998年には、

そが まさよし

新日鉱テクノリサーチ(株)

〒335-8502 戸田市新曽南3-17-35

なかつか せいじ

セントラル・コンピュータ・サービス(株)

〒105-0001 港区虎ノ門1-26-5

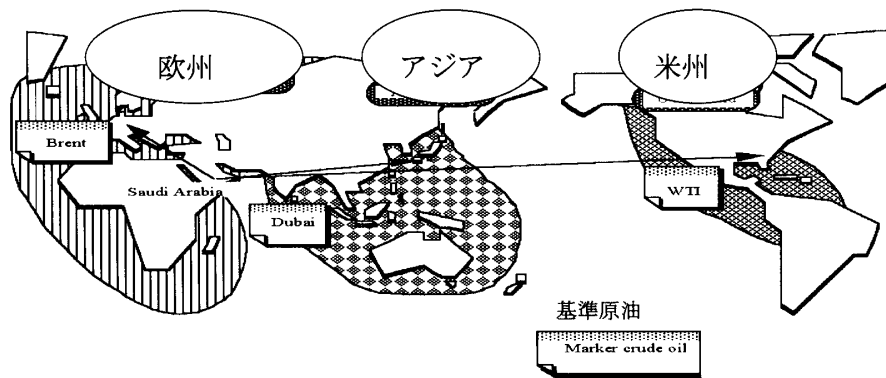
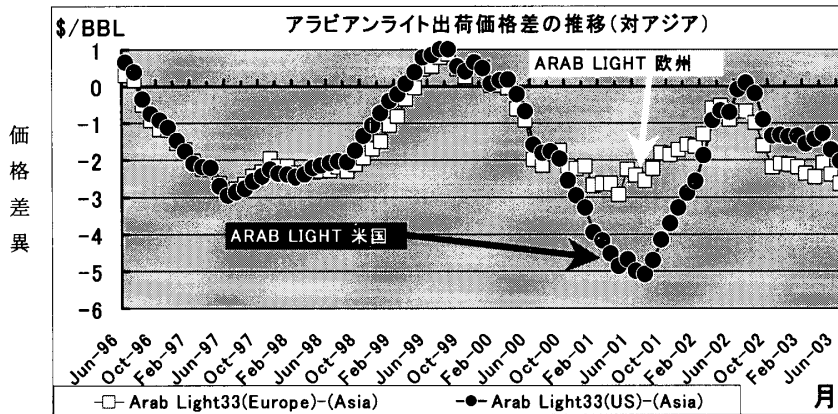


図1 世界三大市場と指標基準原油



※1BBL (バーレル) = 159 l

図2 アラビアンライトのアジア向け価格と欧米向け価格との差異

その価格の関係に逆転さえ生じた。現状の原油価格決定システムにおいては、中東原油として代表的なアラビアンライト原油等の価格もドバイ原油価格を基準として決定されるため、このドバイ原油価格の国際的公平化あるいは基準原油としてのドバイ原油そのものの変更が求められつつある。この1997から1998年にわたって生じた中東原油のアジア向けと欧州向けの価格差に、中東原油のアジア地域年間輸入量に乗じると約100億ドルという高額になる。

このような状況のもと、世界的視野で石油需給の地域間均衡を図りつつ、アジア地域の原油調達コストを下げることに実現可能性等を検討するためには、世界の各地域における石油物流・精製に関する情報を可能な限り網羅・集積し、さらに各地域を統合した世界モデルの構築が必要であると考えた。このため、世界的地域間均衡を分析するためのモデルとして、石油精製業において原油選択、生産計画で広く使われている線形計画法 (Linear Programming: LP) を用いて、原油・石油製品の地域間の物流コスト、各地域トータルでの精製能力や製造される製品品質を考慮した「石

油物流・精製世界統合LPモデル (以下、世界統合LPモデルと称す)」を構築し、世界的視野での石油需給の分析を行うことにした。本稿では、世界統合LPモデルを構築するうえで考慮したファクタとモデルの構造を説明し、本モデルによる検討の一例として、北東アジアへのアフリカ原油輸入増加を行った場合、

- ・世界石油需給状況にどのような影響を与えるか。
 - ・北東アジア地域の製油所を含む各地域製油所が、どのような経済的利益変動を受けることとなるか。
- について分析結果を述べる。

2. 石油物流・精製世界統合LPモデル

2.1 モデル入力条件

世界的視野で石油需給の地域間均衡の分析を行ううえで、世界統合LPモデルの入力条件として、各地域における石油物流・精製に対して影響を及ぼすと考えられる次の主要なファクタを入力条件として設定する。なお、図3に地域別 (原油については地域・品質別) に設定した原油、製油所、石油製品市場の分類を示す。

原油の地域・品質別分類	
1.アジア原油	1-2.Arun natural gas condensate
1-1.Indnesian low sulfer heavy	
1-3.Malasian low sulfer light	
2.中東原油	2-2.Arabian extra light
2-1.Arabian super light	2-4.Arabian medium
2-3.Arabian light	
2-5.Arabian heavy	
3.ヨーロッパ・FSU原油	3-2.European low sulfer heavy
3-1.European low sulfer light (Brent)	
4.アフリカ原油	4-2.African low sulfer heavy
4-1.African low sulfer light	
5.北米原油	5-2.Alaskan north slope
5-1.American low sulfer light(WTI)	
5-3.Mexican high sulfer heavy	
6.南米原油	6-2.Venesuelan Furrrial
6-1.Mexican high sulfer heavy	
製油所の地域分類	石油製品市場の地域別分類
1.北東アジア製油所	1.北東アジア製油所
1-1.中国、1-2.台湾、1-3.韓国、1-4.日本	1-1.中国、1-2.台湾、1-3.韓国、1-4.日本
2.その他アジア・オーストラリア製油所	2.その他アジア・オーストラリア製油所
3.中東製油所	3.中東市場
4.ヨーロッパ・FSU製油所	4.欧州・FSU市場
5.アメリカ(カリフォルニアをベース)製油所	5.アフリカ市場
6.その他アメリカ(南米含む)製油所	6.アメリカ市場(主に北米西海岸)
	7.その他アメリカ(南米含む)市場

図3 世界統合LPモデルにおける原油、製油所、石油製品市場の分類

(1) 各種原油の供給可能量とその出荷時点販売価格
原油分類は、その輸送コストに影響を与える生産地域別に6分類、および精製コストに影響を与える品質別に分類し、最終的に17原油種を設定して供給可能量と供給先別にその出荷時点販売価格を各種実績データに基づいて設定を行った。

(2) 製油所における原油処理量および石油精製設備能力

製油所の地域分類は、世界において大きな原油処理能力を持つ代表的な6地域とするものの、北東アジアについては、日本、中国、韓国、台湾の4ヶ国に分け、製油所数としてはトータル9ヶ所を設定し、原油処理量等製油状況を各種実績データに基づいて想定した。このことにより、北東アジア内の各国別製油所に関する精製コスト分析も可能にした。

各地域製油所における石油精製設備分類は、比較的正確な情報が世界的に公表されているオイルアンドガスジャーナル誌の分類を参考に30種類とし、その装置能力を各種実績データに基づいて想定した。また、精製設備ごとにその原料からの生産物の得率および本設備を稼動する場合の各種コストの関係について設定を行った。各種コストとは、原料1単位当たりの電力・燃料・触媒薬品および水素に関する消費量である。

(3) 各製油所における各種石油製品原料および各種石油製品の品質

石油精製の最終工程として、ガソリンや灯油といった最終製品を生産する際に、各精製設備の生産物を石油製品原料とし、複数の石油製品原料をブレンドして

最終製品を生産する。本モデルでは、これらの最終製品のブレンドに使用する石油製品原料と最終製品に対して品質条件を設定した。

石油製品原料の品質分類は、製油所内各種精製設備から生成する各種原料を109種類とした。各製油所における最終石油製品の品質については、次の品質項目を各種実績データに基づいて想定した。品質項目数はガソリンについてオクタン価・蒸気圧・50%蒸留点・硫黄分の4項目、灯油については硫黄分、軽油と重油については硫黄分・粘度の2項目とした。

(4) 原油生産地域と製油所への輸送運賃

上記のように設定した、原油生産地域別に6分類と地域・国別製油所9ヶ所間の運賃を各種実績データに基づいて想定した。

(5) 石油製品市場へ輸送する運賃

石油製品市場分類は、世界において大きな石油製品需要量を持つ代表的な北東アジア、その他のアジア、中東、欧州とFSU (Former Soviet Union:旧ソ連邦)、アフリカ、北米西海岸およびその他の米州計7ヶ所を設定し、さらに先に述べた北東アジアは4ヶ国に分けて設定を行って合計10ヶ所とし、製油所数9ヶ所との間の石油製品運賃を各種実績データに基づいて想定した。

(6) 各市場における各種石油製品需要量

石油製品分類およびその分類内での、現在の品質および将来環境規制等によって新しくできる品質の可能性も考慮し、石油製品分類は、LPG等のガス関連3、ガソリン関連14、ジェット関連4、軽油関連11、重

油関連6および潤滑油・コークス関連3の計41種類を設定した。このうち、1997年時点の世界石油需給に関する検討用に活用しようとしている本モデルにおいては、地域別に最大21種類の各々の石油製品需要量を国際エネルギー機関等による各種実績データに基づいて想定した。

2.2 モデルの構造

本節では、世界統合LPモデルの構造およびモデルの定式化の概要を述べる。

(1) モデルの構成

モデルの全体構成としては、図4に示すように原油供給として、地域・品質別に17原油種の生産可能量の上限、石油製品需要地域に各々の石油製品需要量、製品価格を設定した。また、原油供給地域と製油所精

製地域間の原油輸送ライン、製油所精製と石油製品需要地域間の製品輸送ラインを設け、各々の輸送ラインに輸送コストを設定し、原油供給地域、製油所、製品需要地域の連結を行っている。原油価格は同一原油に対して製油所ごとに異なる価格設定を行えるようにした。なお、本モデルでは製油所間での製品原料の融通が利くように製品原料の転送も可能なモデル構造とした。

図5に示すように、製油所をモデル化した装置の基本構成は原油を灯油、軽油といった沸点ごとの留分に分ける常圧蒸留装置と、重質留分を蒸留するための減圧蒸留装置、硫黄分を取り除く脱硫装置、燃焼性の良い高オクタン価の製品原料を製造する改質装置、また、余剰な重質油からガソリン等の軽質製品の原料を生成

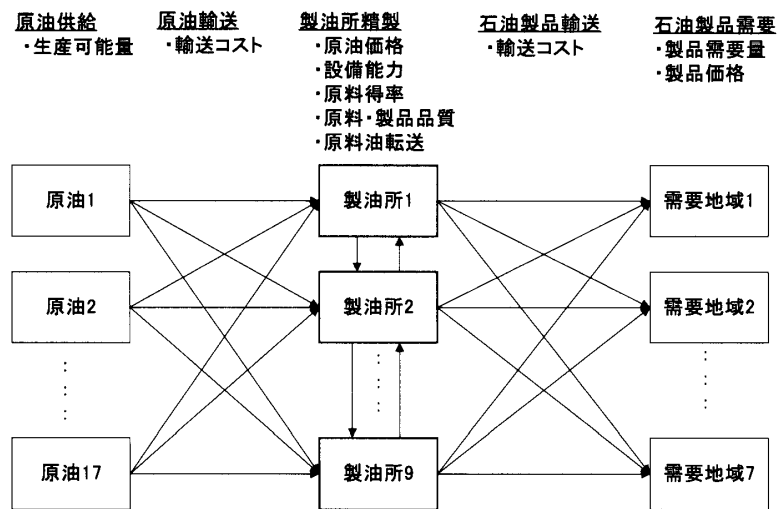


図4 世界統合モデルの全体構成（原油供給、製油所精製、石油製品需要）

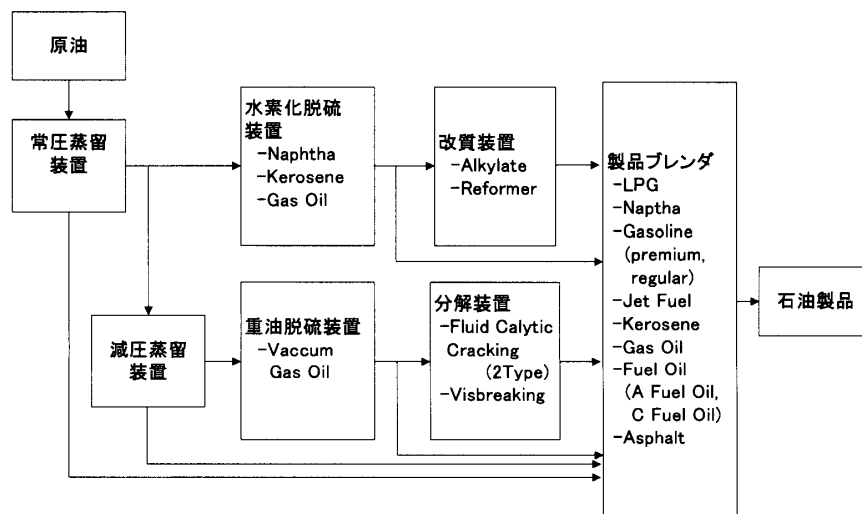


図5 モデル化した製油所の装置構成の概略図（石油精製設備分類は、比較的に正確な情報が世界的に公表されているオイルアンドガスジャーナル誌の分類を参考に30種類を設定し、自家燃焼装置も含めた）

する分解装置の工程を通して生成された製品原料油を、製品ごとのブレンドを通して最終製品が生産される。製油所のモデル化は各装置の設備能力、原料の得率、製品原料および最終製品の品質等が考慮できるようにモデル構築を行った。なお、石油精製設備には、電力・燃料および水素に関する3種類の自家燃製造設備も含めた。

(2) 目的関数・制約式

LPモデルでは、制約式を満足する中で、目的関数が最大（もしくは最小）となる解を求める。本モデルでは、目的関数および制約式について次の通り定式化を行った。

(a) 目的関数

製油所トータルで利益最大となる目的関数を次の通り設定した。

$$\text{Max } \sum (\text{製品販売益} - \text{原油コスト} - \text{原油・製品輸送コスト} - \text{精製コスト}) \quad (1)$$

(b) 制約式

—原油供給—

① 原油供給可能量

$$\text{原油種別供給可能量} > \sum (\text{原油種} \cdot \text{製油所別原油輸入量}[i]) \quad (2)$$

② 原油供給ライン

$$\text{原油種別供給量} = \sum (\text{原油種} \cdot \text{製油所別原油輸入量}[i]) \quad (3)$$

—製油所精製—

③ 原料流入出量

$$\text{装置別原料流出量} = \text{原料} \cdot \text{装置別得率} \cdot \text{原料} \cdot \text{装置別流入量} \quad (4)$$

(原料油種別ごとに流入出量のバランス式を生成)

④ 処理装置能力

$$\text{装置通油可能量} > \sum (\text{原料} \cdot \text{装置別流入量}[j]) \quad (5)$$

⑤ ブレンド制約（製品品質）

$$\sum \text{原料品質}[j] \cdot \text{原料投入量}[j] \leq \text{品質規格上限} \cdot \text{製品製造量} \quad (6)$$

$$\sum \text{原料品質}[j] \cdot \text{原料投入量}[j] \geq \text{品質規格下限} \cdot \text{製品製造量} \quad (7)$$

—石油製品需要—

⑥ 製油所・製品別生産量

$$= \sum (\text{製油所} \cdot \text{製品需要地域間製品別輸送量}[k]) \quad (8)$$

⑦ 地域・製品別需要量

$$= \sum (\text{製油所} \cdot \text{製品需要地域間製品別輸送量}[i]) \quad (9)$$

ただし、i：製油所地域、j：原料種類、k：製品需要地域

2.3 モデル検証

構築したモデルの検証として、総原油処理量および各地域間石油（原油と石油製品の合計）貿易量についての比較的明確な実績データと本モデル計算値との比較を行うことによって、1997年の世界石油需給環境における世界統合LPモデルの石油物流・精製に関する再現性の検証を行った。

(1) 原油処理量比較

各地域製油所の原油処理量に関する実績データと、モデル計算結果との比較結果を表1に示す。その差は実績値に対しすべての地域製油所において3.5%以下で、世界合計では0.2%の差異にとどまっていることから、本モデルは各地域の製油所の原油処理量を精度高く表現しているといえる。

(2) 石油製品輸送量

表2に、各地域間石油貿易量の実績データとモデル計算結果との比較を示した。表2の実績値には国内原油調達分が含まれておらず、モデル計算値には国内原油調達分を含んでいるので同一地域間の貿易量に関するデータの比較は意味がない（表2の斜線部）ため、他地域間における本貿易量の比較を行った。

全世界貿易量実績値（58,734千バレル/日）に対する比率で見た場合には、すべての製油所と製品市場の間での地域間貿易量の実績値と計算値との差異は2%以下に収まっており大きな差は見られなかった。

表1 各地域の原油処理量に関する実績データとモデル計算結果との比較（出所：実績値はBP（ブリティッシュペトロリアム社）統計によって公表された1997年実績値に関するデータを集計）

	製油所地域						
	アジア地域			中東	欧・FSU アフリカ	米州	世界
	中国	日本	その他				
(A)実績値	3,085	4,330	8,985	5,475	22,060	22,790	66,725
(B)モデル計算値	2,992	4,193	9,270	5,476	21,350	23,547	66,828
(C)比較値(※1)	-3.0	-3.2	3.2	0.0	-3.2	3.3	0.2

※1: C=(B-A)/A*100

表2 各地域間原油・石油製品貿易量に関する実績データとモデル計算結果との比較（出所：実績値はBLACKWELL ENERGY RESEARCH社のWorld Oil Trade 1999年9月発行によるデータを集計）

（単位：千バレル/日）

		石油製品市場							
		北東アジア		その他	中東	欧・FSU	米州	その他	世界
製油所地域分類	(A)実績値 国内調達分含まず。	中国+台湾	韓国+日本	アジア		アフリカ			
	アジア	780	1,472	2,061	19	22	262	560	5,176
	中東	764	5,939	4,028	307	4,277	2,183	786	18,284
	アフリカ	263	296	277	56	2,862	2,311	200	6,265
	欧州・FSU	153	31	141	48	9,175	1,613	4,176	15,337
	米州	70	178	89	16	461	7,407	660	8,881
	地域未確認貿易量	0	510	310	610	3,042	320	0	4,792
	世界	2,030	8,426	6,906	1,056	19,839	14,096	6,382	58,735
	(B)モデル計算値 国内原油分含む。	中国+台湾	韓国+日本	アジア		アフリカ			
	アジア	3,346	1,608	3,195	0	0	477		8,626
中東	829	6,238	4,289	5,476	5,218	2,607		24,657	
アフリカ	253	274	236	0	4,616	1,835		7,214	
欧州・FSU	48	16	21	214	13,178	748		14,225	
米州	496	245	355	0	1,511	19,904		22,511	
世界	4,972	8,381	8,096	5,690	24,523	25,571		77,233	
(C)比較値 (B)-(A)	中国+台湾	韓国+日本	アジア		アフリカ				
アジア				-19	-22	215	-560	3,450	
中東	65	299	261		941	424	-786	6,373	
アフリカ	-10	-22	-41			-476	-200	949	
欧州・FSU	-105	-15	-120	166			-865	-4,176	
米州	426	67	266	-16	1,050		-660	13,630	
(D)比較値(%) (B)/(C)	中国+台湾	韓国+日本	アジア		アフリカ				
アジア				--	--	45.1			
中東	7.8	4.8	6.1		18.0	16.3			
アフリカ	-4.0	-8.0	-17.4			-25.9			
欧州・FSU	-218.8	-93.8	-571.4	77.6		-115.6			
米州	85.9	27.3	74.9		69.5				

しかしながら、地域間の貿易量を個別に見てみると、実績とモデル計算値に差異が見られた（表2の白抜き数字部）。欧州・FSUおよび米州地域の製油所と各製品市場間の貿易量に見られる差異の要因としては、中国では当時（現在も）輸入自由化が行われていないため、米州からの輸入量について本モデルによる結果が実績に対し大幅に増加していることとなったと考えられる。すなわち、本モデルの解は製品輸入が自由化された場合における経済合理的な解を求めている。その他の欧州・FSU、米州製油所地域と各製品市場間の輸入量の差異は割合が大きいものの、地域未確認輸入量と比較して小さい差異にとどまっているため、世界の中の地域的検討に大きな影響をもたらすものではないと考えられる。

また、米州地域の製品市場と各製油所地域との貿易量については、すべての地域とも10%以上の差異があった。この差異は地域未確認輸入量の320千バレル/日に対して同等以上の地域もある状態である。特徴としては、欧州・FSUおよびアフリカ地域からの輸入が少なく（両地域合計で実績と比較して34%減少）ことが挙げられる。この要因としては、本モデルが通年モデルであり石油製品の赤道を越える季節的な輸出入を出来るだけ少なくすることによって、経済合

理性を現実以上に高めていることを示していると考えられる。このため、貿易量に最大の量的差異がある米州の石油製品市場への欧州・FSU製油所地域からの輸入量の値は、米州輸入実績量14,096千バレル/日の6%程度であり米欧間の検討を行うに当たっては十分留意する必要がある。

(3) 検証のまとめ

以上のことから、地域ごとに需給バランス実績としての地域間における貿易量を、モデルの性格と勘案しつつモデル結果と比較した結果、部分的に実績との差異は見られるものの、全体として1997年を目的とする検討が行える程度まで再現できたものと考えられる。また、各地域製油所の原油処理量に関する良好な比較結果を合わせて検討した結果、本モデルは1997年石油需給バランスをよく表現しているモデルであるということが確認できた。

3. 検討例

3.1 検討内容

本質的にすべての原油価格は、需要と供給のバランス状態によって決定されると考えられ、中東原油の欧州向けとアジア向けの価格差が大きくなった場合、北東アジア地域の対応策として中東原油以外の輸入を想

定し、北東アジアが非中東原油からの輸入を増加させた場合に、世界的な石油需給の動態がどのように変化するかを分析してみる価値があると考えられる。このため、北東アジア地域が非中東原油であるアフリカ原油を経済的に許される条件（ここでは、北東アジア地域製油所が1997年の経済的利益水準を下回らないこと）で輸入可能か否か、また可能とすれば量的にはどこまで可能かを検討することにした。ここで北東アジア製油所とは、中東原油の代わりに非中東原油をより多く選択・輸入する可能性を持つ中国・台湾・韓国・日本の4ヶ国を意味する。なお、本モデルを用いてこのことを検討するに当たり、原油選択を行う主体である全世界の製油所合計の利益ばかりでなく、各地域の製油所に関する利益変動についても着目して分析を行うことにした。

3.2 検討結果

北東アジア製油所への、アフリカ原油輸入量の上限を順次増加させて世界統合モデルを実行した場合、1997年の利益状態からの世界の直接利益の変化を図6に示す。世界の全製油所合計の利益に関しては、1997年における世界石油精製需給基準利益39,970百万ドルが最小である。アフリカ原油の北東アジア地域への輸出が増加するに伴い、欧州向けに安い価格で販売されている中東原油の欧州地域向け輸出も増加し、その利益は増加し続ける。世界製油所利益の最大値42,736百万ドルはアフリカ原油の北東アジア向け輸出量が最大となったときに得られる。このときの増量されたアフリカ原油量は約2億KL、世界全体の利益の増加額は約28億ドルとなった。世界的に見て、ア

フリカ原油の北東アジア輸入は増加し、欧州地域は安い価格の中東原油を処理することにより利益が上がることになるが、その限界は欧州・FSU・アフリカの石油精製設備能力であり、硫黄分が高く重油留分の大きい中東原油の処理割合を増加し得る限界が約2億KL（1997年実績比増量）程度という結果が得られた。また北東アジア製油所トータルで見ると、利益水準は若干下がる傾向にあるが、その下げ幅は小さく、アフリカ原油を中東の代替原油として検討する余地があると考えられる。

一方、北東アジアの利益変動について北東アジアを韓国・日本、中国・台湾とに分けて見てみると、アジア向け輸入量の増加を年間1億KLとした場合に韓国・日本製油所としてはほぼ変化がないものの、中国・台湾の製油所においては年間約50百万ドルの減少となった。また、同様に2億KLのアフリカ原油増量時に韓国・日本製油所においては損失がないものの、中国・台湾の製油所においては年間約280百万ドルの減少となった。

韓国・日本および中国・台湾における利益変動の差異においては、特に中国における割高な原油物流コストが原因の一つであると考えられる。今後、北東アジア全体での利益を考えた場合、物流コストの低減が重要な課題になると考えられる。

以上のことから、世界統合LPモデルを用いて、1997年においてアフリカ原油を中東原油代替として北東アジアに輸入する実現性を検討した結果、世界における地域間均衡を図るべきアジアエネルギーコストを

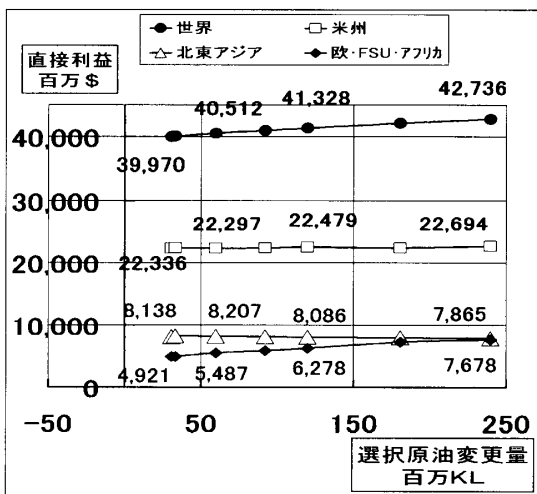


図6 北東アジアのアフリカ原油選択量変化に伴う直接利益

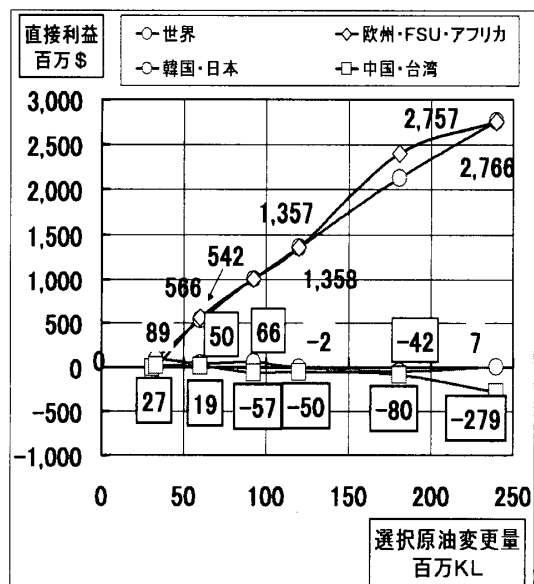


図7 アフリカ原油選択量変化に伴う直接利益変化

実現する方策として有効であり可能性があることがわかった。年間1億KL程度のアフリカ原油を北東アジアが増量調達することは、物流の提携や原料の融通といった北東アジア地域製油所の協力を前提とすれば、1997年における世界石油精製需給基準利益状態と比較してその利益水準を下回ることなく実行することが可能であると考えられる。

4. おわりに

今般、アジアのエネルギーコストに関し、世界における地域間均衡を図る方策研究のために活用し得る「石油物流・精製世界モデル」を開発することができた。本モデルは、1997年の世界石油需給バランス状況を再現できており、先に述べた検証および検討例から、総合的に原油需給システム、製油所システム、石油製品需給システムおよびそれらを統合する各種物流システムを含めて、世界全体と各地域双方の石油物流・精製を考察し得るモデルであると考えられる。

既に欧州においては、10ヶ国以上を統合した石油製品需給モデルが活用され、各種の効率化研究が実施されている。北東アジア地域においても日韓自由貿易協定締結を契機として各種の経済統合効果に関し、中国等を含めて定量的に推計する必要性が高まっている。今後、本モデルを活用しつつ、世界における特にアジアエネルギーコストの地域間均衡の実現を目指して新しい効果的な方策研究に本モデルを活用していくことと

したい。

参考文献

- [1] 小山賢, 岡谷幸雄, 林泰三ら: 環太平洋の石油フローに関する将来展望, 財団法人日本エネルギー経済研究所研究調査報告, pp. 18-31, 1989.
- [2] 小山賢: アジア・太平洋地域の石油製品需給と日本の精製業の役割, 財団法人日本エネルギー経済研究所研究調査報告, pp. 42-55, 1991.
- [3] 曾我正美: 日本石油精製の国際競争力分析, 第15回エネルギーシステム・経済・環境・コンファレンス, pp. 577-582, 1999.
- [4] W. Bosch, V.A. Corso, G. Crocianiら: EU oil refining industry costs of changing gasoline and diesel fuel characteristics, CONCAWE (欧州石油連盟)の研究調査報告, pp. 1-15, 1999.
- [5] キム・ドウ-シック, 伊藤孝司, 曾我正美: 日本, 韓国, シンガポールの精製コストと日本着の競争力に関する分析, 第17回エネルギーシステム・経済・環境・コンファレンス, pp. 709-714, 2001.
- [6] キム・ドウ-シック, 伊藤孝司, 曾我正美: 消費地精製の経済性および国際競争力に関する調査報告書(II), 財団法人石油産業活性化センター, pp. 28-29, 2000.
- [7] 曾我正美: 中東原油のアジアプレミアムにどう対応するか~その発生原因および解消策に関する一考察~, 財団法人日本エネルギー経済研究所第369回定例研究会資料, pp. 30-34, 2001.