

# 世界の石油ならびに天然ガスの埋蔵量と資源量

嶋崎 吉彦

## はじめに

地球上にどの位石油や天然ガスが存在するかという問題は 石油地質上きわめて興味あるだけでなく 政治経済上にまことに大きな影響を与える事はいままでもない。また一般にも非常な関心をもたれている問題である。しかし これは重大であるのと同時になかなか困難な問題であって 多くの専門家が炭化水素資源の量を把握する作業を行なっているが それぞれ考え方に相当な違いがあつて 明解なコンセンサスはなさそうである。

目下のところ 我々が将来利用し得る石油の量についてはきわめて悲観的な見方が強く 楽観的な見解を打出している人は余りいない様である。しかし比較的最近までは楽観的な見方もそれ程珍しかったわけではなく 例へば OECDの石油委員会のニュー オイル レポート(1973年2月)も “世界の原油の埋蔵量は予測可能な将来の予定必要量を十分満たしうる ……” と相当楽観的であつて 僅かに環境問題などに懸念を抱いているのみである。この時期から政治的環境は大きく変わったが 自然環境に変わりはない。純粋に炭化水素資源の量だけについて考えた場合 現時点ではどの様な事がはっきりわかっているのだろうか?

先般東京で世界石油会議が開催された折 この問題に関するシンポジウムの準備と運営の手伝いをする機会を得た。この結果 否応なしに埋蔵量・資源量について多少調べざるを得ない破目に陥つたので 無謀をかえりみず 此処に非常に限られた資料からではあるがなるべく新しいデータを中心に紹介する。この問題を考える場合 当然地質が主役になり 最近の地質学の飛躍的な発展とあいまって 非常に面白い議論が展開されている。

しかし今回は紙面と時間の関係から 量の問題に限って述べる。

地下資源の量については古くから調べられ 書かれているが 人によって又機関によって考え方が違い 分類の仕方も異なり 用語も国際的に統一されているわけではない。しかしこの面での努力はなされておらず 最も論理的な概念規定を行なつて 評価されているのは 米国地質調査所の McKELVEY (1972) である。彼は第1図に示す様に 地下資源を既に知られている鉱床中のものと 未だ知られていない濃集とに分け 前者の量を reserves 後者のそれを resources と大別した。更に前者の中でも品位や量の点で 現在の経済状態では利用出来ないものの量を subeconomic resources とした。

色々な文献では各人各様に近い用語の使い方をしているが この小文では大体 McKELVEY の分類に従い 次のような用語と訳語を用いた。

### A. 既に知られている油田・ガス田中の炭化水素量

- (1) Reserves 埋蔵量
    - (a) Proved (又は Proven) reserves 確認埋蔵量
    - (b) Potential reserves 推定埋蔵量
    - (c) Ultimate reserves 究極埋蔵量
- 既探掘量+(a)+(b)=(c)

### B. 未発見油田・ガス田中にあると予測される炭化水素量

- (2) Undiscovered (potential または resources) 未発見(潜在量または資源量) 潜在資源量

### C. 特定地域あるいは全地球上の炭化水素総量

- (3) Ultimate (recoverable) resources 究極(可採)資源量
- または  
Ultimate recovery 究極可採量  
究極埋蔵量{ A · (1) · (c) } + 未発見資源量{ B · (2) } = 究極可採量

		未知鉱床	
		既知鉱床地域	未知地域
稼行可能	Reserves	Hypothetical	Speculative
	稼行不能	Identified Subeconomic Resources	Resources

← 鉱量の地質学的確実さ →

通常石油・天然ガスの場合の埋蔵量や資源量は存在する総量をいうのではなく 採掘し得る可採量を示している。賦存する全量を意味する時には reserves (resources) in place 原始埋蔵量(資源量)という。

上に記した訳語のなかで埋蔵量に関するものは一般に

第1図 McKELVEY の鉱物資源の分類 (PRATT and BROBST 1974)

第1表 世界の石油確認埋蔵量 (単位:億トン)

	1		2		3		4		5		6	
	(1960・1・1現在)		(1965・1・1)		(1970・1・1)		(1975・1・1)		(1974・1・1)		(1974・1・1)	
	埋蔵量	%	埋蔵量	%	埋蔵量	%	埋蔵量	%	埋蔵量	%	埋蔵量	%
中東地域	248	62	289	62.1	433	60.6	551	56.5	478	55.8	431	57.8
ソ連・中国地域	39	9.7	40	8.6	82**	11.5	148	15.2	136	15.9	85	11.4
ソ連	(38)	(9.5)	(40)	(8.6)	**		(114)	(11.7)	(109)	(12.7)	(65)	(8.7)
中国	(1)	(0.2)	(0.4)	—	**		(34)	(3.5)	(27)	(3.2)	(20)	(2.7)
北米大陸	52	13	54	11.6	65	9.1	61	6.2	60	7.0	61	8.2
米国	(46)	(11.5)	(47)	(10.1)	(53)	(7.4)	(48)	(4.9)	(47)	(5.5)	(48)	(6.4)
カナダ	(6)	(1.5)	(7)	(1.5)	(12)	(1.7)	(13)	(1.3)	(13)	(1.5)	(13)	(1.8)
その他の地域	62	15.5	82	17.7	135	18.8	216	22.1	182	21.3	168	22.6
中南米大陸	(33)	(8.2)	(35)	(7.5)	(40)	(5.6)	(55)	(5.6)	(43)	(5.0)	(39)	(5.2)
アジア・太平洋地域	(14)	(3.5)	(16)	(3.5)	(18)	(2.5)	(29)	(3.0)	(21)	(2.5)	(25)	(3.4)
アフガニスタン	—	—	—	—	—	—	(0.1)	—	(0.1)	—	—	—
オーストラリア	—	—	—	—	(3)	—	(3)	—	(3)	—	(2.2)	—
ビルマ	—	—	—	—	—	—	(0.1)	—	(0.1)	—	—	—
インド	(0.7)	—	(1)	—	(1)	—	(1.1)	—	(1.1)	—	(1.2)	—
インドネシア	(12)	(3.0)	(14)	(3.0)	(12)	(1.7)	(20)	(2.0)	(14.3)	(1.7)	(16)	(2.1)
*マレーシア	(0.6)	—	(0.9)	—	(0.9)	—	(3)	—	(2.2)	—	(6)	—
他のアジア	(0.7)	—	(0.1)	—	(1.1)	—	(1.7)	—	(0.4)	—	(0.3)	—
アフリカ	(10)	(2.5)	(26)	(5.6)	(75)	(10.5)	(93)	(9.5)	(92)	(10.7)	(78)	(10.5)
西ヨーロッパ	(2)	(0.5)	(3)	(0.7)	(2)	(0.3)	(35)	(3.6)	(22)	(2.6)	(23)	(3.1)
東ヨーロッパ	(3)	(0.7)	(2)	(0.4)	**	—	(4)	(0.4)	(4)	(0.5)	(2.9)	(0.4)
計	401	100.0	465	100.0	715	100.0	976	100.0	856	100.0	745	100.0

1~5. Oil and Gas Journal 各年末号 6. World Oil Aug. 15. 1975. のデータより作成  
 ( )は内数 ( )はアジアの内数 \* ブルネイを含む \*\*社会主義諸国内訳なし

用いられているものであるが“resources”については大町北一郎の提案に従い“資源量”と訳した。

### 地球上の炭化水素資源の量

鉱物資源は大部分が地下に埋蔵されており 鉱床の輪郭を明確に把握することは困難であるのみならず その存在を確認するためにも多大な努力を必要とする。従ってその量を推計する場合 非常に多くの要因に左右される事は当然である。特に計算値を解釈する場合に最も重要な事は 埋蔵量や資源量は 計算時に入手可能なデータを基礎にして定量を行なうものである故 その時代の地下資源に対する一般的な考え方が直接反映されるという事である。そして地質学の発展は正に日進月歩であって 資源についても新しい知識が非常な勢いで増えるのと同時に考え方も変って来る。従って資源の量の計算は後になって大幅に修正されるべく初めから運命づけられているといっても差支えない。例えばMoodyが世界石油会議の報告で述べている様に 最初に米国の石油の究極可採量を計算したのは 米国地質調査所の

D. T. Day であって 彼は1908年に米国には 究極的には14億ないし33億トンの石油があると算出した。しかし米国では1974年までに既にその10倍近い145億トンの石油を掘っている。又世界の石油の究極可採量に関しては 1920年に59億トンという数字が発表されているが既に1974年までにその7倍以上の435億トンの石油が生産されているのである。

1920年に比して1975年には 50倍近い可採量(2,769億トン 第4表)が全世界で究極的に見込まれているがこれは決して Day の不名誉になる事ではなくむしろこの半世紀の間に石油地質に関する知識が飛躍的に増えたことに心すべきであろう。

### 確認埋蔵量

石油の確認埋蔵量を世界的な規模で集計している機関は多くあると思われるが 発表されているものはそれ程多くない。そのおもなものは業界誌例えば“Oil and Gas Journal” “World Oil”; 一部の国の政府機関; 業界 (American Petroleum Institute) などである。この

第2表 世界の天然ガス確認埋蔵量(1973年末現在)

	(兆立方フィート)	(兆立方米)	(%)
中 東	728.3	20.6	31.7
ソ 連	632.0	17.9	27.5
北 米 大 陸	349.0	9.9	15.2
西 ヨーロッパ	181.4	5.1	7.9
ア フ リ カ	175.1	5.0	7.6
南アジア・極東	91.9	2.6	4.0
南 米 大 陸	47.2	1.3	2.1
大 洋 州	36.9	1.0	1.6
中 国	30.0	0.9	1.3
東 ヨーロッパ	24.2	0.7	1.1
計	2,296.0	65.0	100.0

ADAMS & KIRKBY (1975) より

内“Oil and Gas Journal”は毎年末号にその年の石油天然ガスの確認埋蔵量と生産量の推定値を国別に集計して発表しているが この速報性と数値の信頼性から一般に広く引用されている。この場合 これら米英系の統計ではバレル単位を用いており 色々な文献にそれぞれキロリットルやメートルトンに換算して掲載されているが 同じ容積単位のキロリットルは問題ないとしても重量のトンへの換算にはそれぞれ7~7.5バレルを1トンに換算している。従って同じソースの数字を用いても 集計の仕方と換算率の選び方によっては数パーセントの差を生じ得る。例えばこの小文では比較的広く用いられていると思われる7.33を用いているが アメリカのNational Academy of SciencesのFossil Fuel Sub-panelの報告ではメートル法のみを使っており換算率7.5を用いているので注意を要する。

石油の探査が進展すれば 当然確認埋蔵量は増加する。第1表(1~4)にOil and Gas Journal誌の推定による1960年1月1日から1975年1月1日までの5年毎の確認埋蔵量を地域別に分けて示した。ソ連と中国をまとめたのは 両国の詳しいデータが不明であるのとまとめて扱っている統計が多いからである。これから判る様に 過去15年間に世界の石油の確認埋蔵量は1960年の400億トンから1975年の976億トンまで2倍以上に増加した。この500億トン以上の増加の大部分は中東地域(248→551億トン) ソ連・中国地域(38→148億トン)ならびにアフリカ(10→93億トン)における目覚ましい新発見によるものである。又1969年に発見され西ヨーロッパの埋蔵量を同年の2億トンから5年後に35億トンに増加させた北海油田も特筆すべきものである。更に北米大陸は最も良く地質的に調べられた地域だけあ

って 埋蔵量の変化が非常に少ない事が目立つ。また埋蔵量の割合については中東地域(62→56.5%) 北米大陸(13→6.2%)などの地域ではその重要性が減り ソ連 中国地域(9.5→15.2%) アフリカ(2.5→9.5%) 西ヨーロッパ(0.5→2.6%)などではウエイトが増している。中国を除くアジア太平洋地域の埋蔵量は14億トンから29億トンに増えたが 世界での割合は3.5→3.0パーセントと殆ど変りない。

上に述べた様に色々な機関で独立に確認埋蔵量を集計しているが 比較のため 第1表の(6)に“World Oil”誌の最も新しい値(1974年1月1日)と“Oil and Gas Journal”誌の同時期の集計値を(5)欄に載せた。総計では両者の間に15パーセント近い差がある。全体に“World Oil”誌の方が控え目な値を採っているが 調査が良く行届いており数字を割合に良く発表する北米 西ヨーロッパやインドネシアの数字は比較的良く一致している。最も違いの大きいのは 発表データの皆無なソ連・中国地域であるのは止むを得ないと思われる。このほかに例えば米国地質調査所で1972年末の値を計算したものなどがあるが これでは世界全体で860億トンになり 当時の最も大きい集計値の1つであろう。しかし いずれの統計を採って見ても現在確認されている石油埋蔵量の半分以上が中東地域に濃集しており 次いでソ連・中国地域の11~15パーセント アフリカの10パーセント前後であって アジア地域には僅か3パーセント強しかない事が はっきりしている。現在の確認埋蔵量は 900~1,000億トンと考えてそう大きな間違いはないであろう。

天然ガスの確認埋蔵量を第2表に示す。この中で中東と北米のデータは確度が高いが ソ連の埋蔵量についてはやはり相当の誤差のある可能性を集計者は認めている。大勢としては天然ガスも中東に最も多くあり 更にソ連と北米大陸に多くあるわけであって この3地域に全世界の実に74パーセント・3/4の天然ガスが埋蔵されている。

現在までに確認された埋蔵量の世界的な分布は上に述べた通りであり これに推定埋蔵量を加えた数値も似た分布を示す。しかし過去の生産量を加えた究極埋蔵量になると かなり違った分布となり 中東地域は半分を割り 北米が15パーセントを越す値となる(第3表)。これは北米地域が早くから開発されており 今までの石油の生産量の大きかった事を示している。米国の過去の累積生産量は145億トンで世界の33パーセント 中東地域が106億トンで約24パーセント アジアでは15億ト

第3表 既知油田中の究極埋蔵量(1975年1月1日 億トン)

	従来 の 生産量 %		確認 + 推定埋蔵量 %		究 極 埋 蔵 量 %	
中 東 地 域	106	24.4	593	55.3	700	46.4
ソ連・中国地域	68	15.6	175	16.3	243	16.1
北 米 大 陸	155	35.6	82	7.7	236	15.7
米 国	(145)	(33.3)	(70)	( 6.6)	(214)	(14.2)
カ ナ ダ	(10)	( 2.3)	(12)	( 1.1)	(22)	( 1.5)
そ の 他 の 地 域	106	24.4	222	20.7	329	21.8
北 海	( 1)		(30)	( 2.8)	(31)	( 2.1)
他の西ヨーロッパ	( 3)		( 3)	( 0.3)	( 5)	( 0.3)
北 ア フ リ カ	(19)	( 4.4)	(54)	( 5.0)	(74)	( 4.9)
ギ ニ ア 湾	( 7)	( 1.6)	(41)	( 3.8)	(49)	( 3.2)
南アメリカ北西部	(49)	(11.3)	(34)	( 3.2)	(83)	( 5.5)
他のラテンアメリカ	(12)	( 2.8)	(19)	( 1.8)	(31)	( 2.1)
東 南 ア ジ ア	(12)	( 2.8)	(31)	( 2.7)	(44)	( 2.9)
他 の ア ジ ア	( 3)		(10)	( 0.9)	(12)	( 0.8)
計	435	100.0	1,072	100.0	1,508	100.0

( )は内数 データは Moody (1975) より

ンで約3パーセント生産している。Moody の計算によれば 1975年初の確認・推定埋蔵量の合計は1,072億トンであるが これは同氏の前年の値1,010億トンにくらべて約60億トンの増加である。

### 未 発 見 資 源 量

従来石油・天然ガスの存在が知られていなかった地域にも当然炭化水素の存在は考えられるのであって 現に新しい油田ガス田が毎年相当量発見されている。では今後どの程度の炭化水素が最終的に開発可能であるかいい換えれば地殻中に存在する石油・天然ガスの量は何億トンか？ この問いに正確に答える事は勿論出来ないが かなり論理的に計算が出来る様になった。計算は仮定が多くはいり 難しいが 地質的・地球化学的データが比較的多い地域に用いる方法と その様なデータが余りない地域に適用されるアプローチがあり 多くの計算がされている。

前者の場合は有機物の量や地質環境から物理・化学的方法を用いて生成される石油やガスの量 その移動などを算出して 資源量を求める方法 又は過去の探査データや結果を分析して新地域の炭化水素の量を求める方法などが用いられる。又後者のデータが余りない地域については 他の相当に詳しく状況の知られている地域との比較や堆積盆の大きさや堆積物の量など地質データの解析などから予想値が得られている。更にこれらの方法については確率計算が当然行なわれており 信頼度も数値的に出される様になりつつある。

未発見油田中の石油資源量については 色々な機関や個人が予測をしているが その数例を第4表に示す。それぞれの予測者の入手し得るデータの質・量が異なり又計算方法も異なるため 結果に相当な開きの出る事は当然である。

この数字と第3表を比較すれば 未発見量は既発見油田の確認・推定埋蔵量より多く見積られており 1974年の生産量(約28億トン)のおよそ24倍ないし74倍に相当する量を今後発見し得ると専門家達が考えている事がわかる。更に中東とソ連・中国両地域を除けば 水深2,000米までの大陸棚・大陸斜面にある量を 陸上のほぼ3倍に Moody は見積っている。

なお 此処で注目される事は 石油の確認ならびに推定埋蔵量では全世界の60パーセント近い量をもち 圧倒的な優位にある中東地域には 今後発見される量としては余り多く予測されておらず 一番新しい Moody の計算によれば 僅か16パーセント強であって ソ連・中国地域や北米大陸より少ない点である。これに反し ソ連・中国地域では既知油田の埋蔵量は世界の16パーセントに過ぎないが 未発見資源量は32パーセントと予測され 今後石油が発見される可能性の最も高い地域となっている。この傾向は他の予測値にも見られるものであって第4表(2)欄は1960年の計算値であるため 中東地域をより大きく扱っているが これは第1表から見ても判る様に ソ連・中国地域の重要な油田が 1960年代後半以降に発見されたからである。

現在の所 計算者によって絶対値には相当な差はある

第4表

世界の石油未発見資源量の各種予測値(億トン)

	(1)				(2)		(3)		(4)	
	陸上	海底*	合計	%	資源量	%	資源量	%	資源量	%
中東地域	117	27	205	16.2	730	35.3	210	14.1	190	28.0
ソ連・中国地域	375	34	409	32.4	**530	25.7	**580	39.0	**240	35.3
北米大陸	59	153	212	16.8	360	17.4	230	15.5	110	16.2
米 国	(41)	(75)	(116)	( 9.2)						
カナダ	(18)	(78)	(96)	( 7.6)						
その他の地域	130	307	436	34.6	445	21.5	468	31.4	139	20.5
北 海	—	(61)	(61)	( 4.9)						
他の西ヨーロッパ	( 4)	(12)	(16)	( 1.3)	(22)	( 1.0)	(70)	( 4.7)	(27)	( 4.0)
北アフリカ	(36)	(10)	(45)	( 3.6)						
ギニア湾	( 8)	(33)	(41)	( 3.2)	(140)	( 6.8)	(130)	( 8.7)	(49)	( 7.2)
他のアフリカ	( 3)	( 8)	(11)	( 0.8)						
南米北西部	(31)	(12)	(44)	( 3.5)	(210)	(10.2)	(140)	( 9.4)	(24)	( 3.5)
他のラテンアメリカ	(22)	(47)	(68)	( 5.4)						
東南アジア	( 5)	(38)	(44)	( 3.5)	(73)	( 3.5)	(98)	( 6.6)	(39)	( 5.8)
他のアジア	(21)	(59)	(79)	( 6.3)						
南 極	—	(27)	(27)	( 2.1)			(30)	( 2.0)		
計	741	521	1,262	100.0	2,065	100.0	1,488	100.0	679	100.0

(1) Moody 1975 (1975・1・1 現在)

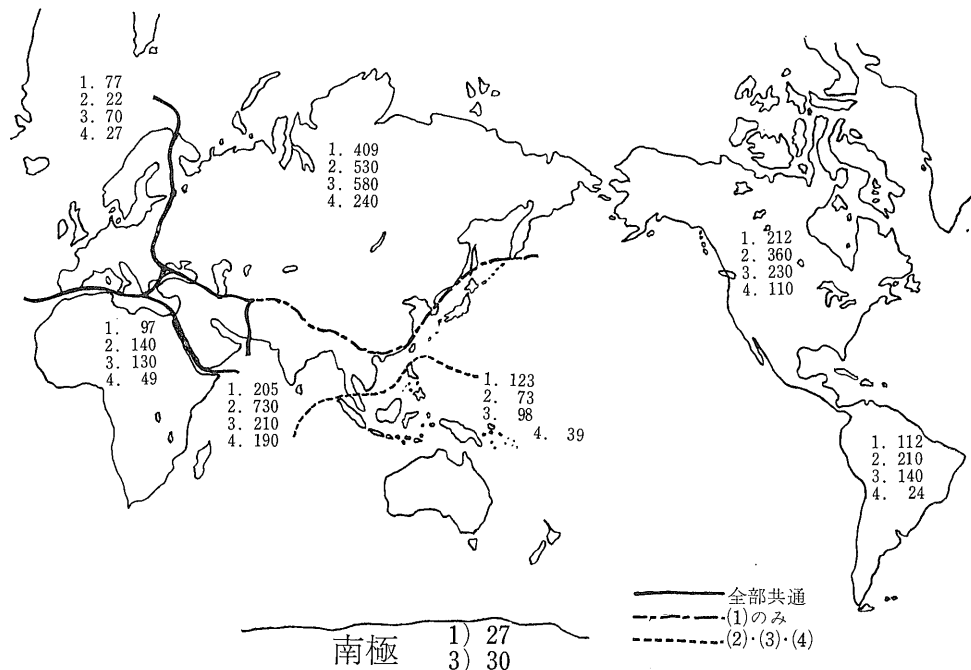
(2) (3) (4) US Nat. Acad. Sci Rpt. より; 夫々 WEEKS (1960年現在) 石油会社D社 (1974) C社 (1973) による推計。 NGLを含む。

\* 水深2,000mまで \*\* ユーラシア大陸 (東欧・インド亜大陸・ビルマ・タイ・インドシナ半島を含む)。

( )は各地域の内数。

ものの 未発見石油資源の約1/3がソ連・中国地域にあり  
 およそ1/6づつが中東地域と北米大陸に埋蔵され  
 その他の地域に約1/3が賦存するというのが大方の専門

家の意見と考えて大きな間違いはなからう。又 この  
 予測値では アジア・大洋州地域には 5~10パーセン  
 トであると計算されている。 アジア地域については後で



第2図 世界の未発見石油資源の分布 (単位: 億トン 数字の出所は第4表と同じ)

第5表 世界の石油究極可採量(億トン)

	累積生産量 (1975・1・1迄)	既知油田 究極埋蔵量	未発見資源量		究極可採量 %	
			期待値	範囲		
中東地域	106	700	205	102—382	905	32.7
ソ連・中国地域	68	243	409	95—955	652	23.5
北米大陸	155	236	212	136—341	447	16.2
米 国	(145)	(214)	(116)	( 68—205)	(330)	(11.9)
カナダ	(10)	(22)	(96)	( 55—150)	(117)	( 4.3)
その他の地域	106	329	436	273—682	765	27.6
北 海	( 1)	(31)	(61)	( 27—109)	(93)	( 3.3)
西ヨーロッパ(除北海)	( 3)	( 5)	(16)	( 9— 23)	(22)	( 0.8)
北アフリカ	(19)	(74)	(45)	( 20— 82)	(118)	( 4.3)
ギニア湾	( 7)	(49)	(41)	( 20— 68)	(89)	( 3.2)
その他のアフリカ	—	—	(11)	( 4— 20)	(11)	( 0.4)
南米北西部	(49)	(83)	(44)	( 27— 68)	(127)	( 4.6)
その他のラテンアメリカ	(12)	(31)	(68)	( 31—130)	(100)	( 3.6)
東南アジア	(12)	(44)	(44)	( 25— 68)	(87)	( 3.1)
他のアジア	( 3)	(12)	(79)	( 27—164)	(91)	( 3.3)
南 極	—	—	(27)	( 7— 68)	(27)	(1.0)
計	435	1,508	1,262	819—1,910	2,769	100

データは Moody 1975 より。( )は内数。

再び触れる。

### 石油・天然ガスの究極可採量

究極可採量とは 過去に採掘されたものも含めて 特定地域又は全地球上にある利用し得る資源の総量である。未発見量の予測値に相当な開きがあるので 究極可採量にも色々な値が計算されているが 最も新しいMoodyのデータを第5表に示す。これによれば 全世界では約2,770億トンの石油を最終的に使用出来るわけであり その内の約1/3が中東地域 およそ1/6が北米大陸 約1/4づつソ連・中国地域とその他の地域にあると考えている。アジア・大洋州地域では178億トンで 世界の6.4パーセントを最終的に採掘し得る事になる。

又この2,770億トンの内半分より少し多い1,508億トンが既に知られた油田地域にあり 究極量の15.7パーセントで既知埋蔵量の約30パーセントに相当する435億トンが既に採掘されている。最も開発の進んでいるのは米国であって 究極可採量の約44パーセントが既に掘られており 次にベネズエラなど南米の西北地域の約39パーセントが群を抜いて高く 北アフリカの16パーセント 東南アジアの14パーセントと続き 中東地域は僅か12パーセント ソ連・中国地域も10パーセントが今までに掘られたに過ぎない。従って今後利用し得る石油は世界全体で約2,300億トンあり その内約800億トンは中東地域 580億トンはソ連・中国地域 約290億トンが北米に

第6表 世界の天然ガスの究極可採量の各種計算値

	(兆立方フィート)	(兆立方米)
1969 HUBBERT	8,000—12,000	226.5—339.8
1971 WEEKS	7,200	203.9
1973 KOPPACK (Shell)	7,500	212.4
1973 HUBBERT	12,000	339.8
1973 LINDEN	10,400	294.5
1975 ADAMS, KIRKBY	5,000—6,000	140—170

ADAMS and KIRKBY (1975) より

あり アジア・大洋州地域にはおよそ160億トンあると計算される。

天然ガスの究極可採量についても色々な数字が挙げられており その最近の数値を第6表に掲げる。ADAMSとKIRKBYの最も新しいデータによれば 140~170兆立方メートルが究極可採量であり その約10パーセントが採掘済みという事である。この表を見て判る様に ADAMS達の数字は最も控え目なものであって HUBBERTの計算値の約半分である。これについて KIRKBYは 若し他の計算値の様に多量の未発見量を見込むならば 既に採掘したのものも含めて地球上にある天然ガスの約1/3しか発見されていない事になり 今後非常に多くの巨大な堆積盆が発見される事を想定せざるを得ないといひ 石油・天然ガスの探査が活発に行なわれている現在 全くの未

第7表 世界の石油埋蔵量と巨大油田(億トン)

	巨大油田の数	巨大油田の埋蔵量	全油田の埋蔵量	総埋蔵量中の巨大油田の%
中東地域	82	670	700	95.7
ソ連・中国地域	39	123	243	50.6
北米大陸	61	98	236	41.4
米 国	(53)	(89)	(214)	(41.3)
カナダ	(8)	(9)	(22)	(43.1)
その他の地域	105	186	329	56.9
北 海	(19)	(26)	(31)	(81.7)
他の西ヨーロッパ	(1)	(0.7)	(5.5)	(12.5)
北アフリカ	(25)	(49)	(74)	(67.4)
ギニア湾	(9)	(9)	(49)	(18.9)
他のアフリカ	—	—	—	—
南アメリカ北西部	(25)	(65)	(83)	(78.5)
他のラテンアメリカ	(11)	(16)	(31)	(50.9)
東南アジア	(11)	(17)	(44)	(39.4)
他のアジア	(4)	(4)	(12)	(30.0)
南 極	—	—	—	—
計	287	1,077	1,508	71.5

データは Moody (1975) より

調査地域は少なくこのような事態は考えられないとしている。この点に関しては多くの専門家には異論のある所であろう。即ち我々はそれ程地球について詳しく知っているか？ という基本的な認識の問題とすべてのデータが余りにも控え目であるという事である。

又天然ガスについては常にガスの総量のみが議論されているがその中の可燃性ガスの含有量が問題であろう。この点は世界石油会議で英国の Ion が指摘したものであるが開発の進んだ地域ではデータが得られるが世界的な規模の集計は不可能な様である。

これらの究極可採量については Moody の石油に関する値 (2,770億トン) は 1973年1月1日現在で Exxon 社の行った推計値 (2,660億トン) と非常に良い一致を示す。これは両者の信頼度が高い事を表わしているという意見もあるがしかしこの様に不確定要素の多い計算で3~4パーセント以内の差で一致するという事はむしろインプットデータが同じである事即ち同じ仮定と資料を用いた事を示すわけであって両者が間違っている可能性も充分考えられこれについては余り重要視しない方が賢明であろう。

究極可採量の計算値の開きについて石油に関して Moody は比較的新しいデータは 1,705億トンないし 3,520億トンの数字が色々な機関で計算されその差は約100パーセントであるといっている。しかし米国

の様に最も良く調査され開発の進んだ地域の究極可採量でさえ 225億トン (1970 ARPS 他) から750億トン (1973 McKELVEY 他) まで約3倍の開きがあり原始資源量に到っては800億 (1970 Moore) から3,956億トン (1973 McKELVEY他) と約5倍の差のある計算値が出されているのであって発表されたものは少ないにしても全世界の究極可採量については考え方やアプローチによってもっと大きな差が出て来るものと思われる。しかしいづれにしても大部分の独立に行なわれる推計が僅か2~3倍の差で納まるのはまさに驚異であるといつてよい。

### 巨大油田

鉱物資源はすべて多かれ少なかれ偏在しているものであるが炭化水素はこの傾向がきわめて著しい。それが端的に表われて来るのが巨大油田である。埋蔵量が6,800万トン (5億バレル) 以上あるものを巨大油田 (Giant oil field) と云い 1.36億トン (10億バレル) 以上のものを超巨大油田と称している。第7表から判る様に僅か287油田 (全体の1パーセント以下) に全世界の実に71.5パーセントの石油が埋蔵されており 15の超巨大油田 (中東に11 ソ連・ベネズエラ・インドネシア・米国に各1) の中に全世界の既知油田究極埋蔵量の35パーセントの石油があり世界最大のサウジアラビアの Ghawar 油田と 次のクエートの Burgan 油田の2カ所

第8表 北西太平洋弧状列島諸国の石油・天然ガス

	既知油田数	既知ガス田数	既知埋蔵量*		現生産量(日産)**		未発見資源量予想値*	
			石油	ガス	石油	ガス	石油	ガス
東マレーシア—ブルネイ	12	2	21.6	5,660	52	12	20.8	255
インドネシア	128	8	141.9	4,250	211.4	10	44.4	400
フィリピン	—	—	—	—	—	—	1.1	8
沖繩	—	—	—	—	—	—	1.0	4
台湾	8	7	0.2	110	0.3	2.0	0.7	28
計	148	17	164	10,020	264	24	68	695

\* 石油 千トン ガス 億立方メートル \*\* 石油 千トン ガス 百万立方メートル  
SANDERS その他 (1975) より

第9表 アジア大陸諸国の石油・天然ガス

	既知油田数	既知ガス田数	既知埋蔵量*		現生産量(日産)**		未発見資源量予想値*	
			石油	ガス	石油	ガス	石油	ガス
アフガニスタン	1	5	1.2	1,390	—	6.3	3	150
バングラデシュ	2	9	—	2,270	—	1.7	2.8	200
ビルマ	18	1	0.9	60	2.7	0.52	4.8	100
中国	42	15	270.0	5,950	125	12.26	400	1,000
インド	16	4	10.8	700	20.8	1.4	9	150
インドシナ半島(クメール・ラオス・ベトナム)	—	—	—	—	—	—	5.6	100
朝鮮半島	—	—	—	—	—	—	0.14	20
パキスタン	7	9	0.45	2,860	1.1	10.0	2.8	286
スリランカ	—	—	—	—	—	—	0.2	5
タイ国	2	—	0.14	—	0.04	—	3.47	250
西マレーシア	2	2	不明	不明	—	—	17.5	150
計	90	45	282.6	13,230	149.6	32.2	444.3	2,411

\* 石油 千トン ガス 億立方メートル \*\* 石油 千トン ガス 百万立方メートル  
SANDER その他 (1975) より

に全世界の石油埋蔵量の実に15パーセントが集っている。これはまことに驚くべき事である。

この様に重要な巨大油田は 大部分が背斜構造のトラップ中にあり 安定地塊ならびにその周辺の堆積盆が多量の石油生成・貯溜に適した環境の様である。これらの巨大油田の貯油層は通常70m以下の厚さであり 水平的にも200km<sup>2</sup>より小さい面積のものが大部分である。又深さも多くは3,000m以下である。最も産油量の多いものは中生代の砂岩・炭酸塩岩であり 残りは第三紀のものである。

従って 従来と同じ型の油田を探す場合には 中生代又は第三紀の浅海性堆積物が厚く堆積し 背斜構造をなしている様な地域が最も有望である事になる。しかしこれは第7表からも判る様に 巨大油田について中東地域の比重が余りにも大きい為 結局はこの地域の油田の特徴を示している結果になっている。

巨大油田の果す役割を少し詳細に見れば 中東地域では既知石油の殆ど大部分(95.7パーセント)が巨大油田中にあり 次に北海地域では82パーセントを占めている。

果して今後発見される油田についてもこの様な傾向が続くであろうか? 前に述べた様に一般には今後発見される油田・ガス田の多くは大陸棚もしくは大陸斜面にあるものと考えられ 又最近発見されているものは巨大油田といっても小さいものが多い事などを考えると 今までは違った性格の油田が相当発見・開発されるのではないかと思われる。MOODYは今後発見される石油の44パーセントはソ連・中国地域と中東の陸上から見出され 従来の巨大油田と似た性格の貯油層にあると予測している。しかし上述の様に中東や北海地域で現在知られている油田の80~90パーセント以上が巨大油田である事は 今後はこの地域では比較的小さい油田が発見される可能性を意味しているといっても良さそうである。



第10表 大 洋 州 の 石 油 ・ 天 然 ガ ス

	既知油田数	既知ガス田数	既 知 埋 蔵 量*		現 生 産 量 (日 産)**		未 発 見 資 源 量 予 測 値*	
			石 油	ガ ス	石 油	ガ ス	石 油	ガ ス
オーストラリア	6	28	31.1	10,680	58.2	11.6	12	425
英領ソロモン諸島	—	—	—	—	—	—	0.1	0.2
フイジ	—	—	—	—	—	—	0.05	0.1
ニューカレドニアローヤルティ諸島	—	—	—	—	—	—	0.04	0.05
ニューヘブリデス	—	—	—	—	—	—	—	—
ニュージーランド	2	2	3	4,250	0.5	0.9	0.7	80
バプア・ニューギニア (ピスマルク諸島を含む)	1(?)	7(?)	不明	510	—	—	2.8	30
計	8~9	~37	34.1	15,440	58.7	12.5	15.7	535.4

\* 石油 千ワトン ガス 億立方メートル \*\* 石油 千トン ガス 百万立方メートル  
SANDER その他 (1975) より

### アジア・大洋州の炭化水素資源

今まで世界の炭化水素資源の可採量の概要を説明したが この項ではアジアと大洋州の状態について簡単に紹介する。この地域で今まで知られている巨大油田は20あり その内訳は 中国5・インド1・オーストラリア南東部3・ジャワ島3・スマトラ4・カリマンタン1・ブルネイ2・マレー半島東海域1である。

これらの地域の炭化水素資源の状況を弧状列島・大陸・大洋州の3地域にわけて 第8・9・10表に示す。

これは SANDER (1975) の数字であるが この内既知埋蔵量に関しては約48億トンと見積っており これは Oil and Gas Journal 誌の1974年1月1日現在の数字 (第1表一5) に良く一致する。SANDER が “今後発見される” と考えて算出した量は約52億トンであって 中国を除けば約12億トン この値は Moody のいう未発見量ではなく 推定埋蔵量と思われ 第3表の第2欄のアジア地域41億トン (1974年では37億トン) から確認埋蔵量29億トン (1974年21億トン) を差引いたものに相当する。この両者の値は良く一致する。

この数字でわかる様に現在ではアジア最大の石油保有国は中国と考えられ 確認・推定約67億トン 次いでインドネシアの約19億トンであり 全地域では 100 億トンとなる。一方 Moody の未発見量を含めた期待し得る資源量は 中国を除いた地域で 163 億トン計上している。

インドネシアは北海と共に最も探査で成功している地域の1つであり 過去数年間に確認埋蔵量は2倍近くになっており 今後もしばらくはこの勢いが続くと思われている。

### 今後の問題

以上炭化水素資源の賦存量に関する最近の考え方の概要を石油に焦点をあてて紹介して来た。このほかに興

味深い問題がたくさんあるが その中で重要と思われるもの 即ち深海の石油・油田の最大規模・石油回収率・価格と埋蔵量などの諸問題を簡単に此処で紹介する。

深海における石油賦存の可能性については 一般に否定的な意見が多く 陸棚外縁が限度とされており 前出の資源量計算も水深約2,000m までを計上している。

しかし世界各地の深海底42カ所の試錐から微量の炭化水素が検出され 又深海堆積物中の有機物の量は従来考えられていた値より相当多い事などが最近判って来た。

更に深海底表面近くの堆積物は部分的に炭化水素を含んでおり これは適当な条件下で埋蔵されれば石油となり得る物質である。従って Moody によれば 深海底に関する考え方を変えなければならない様な状況になる可能性はあり 石油資源に関して現在は深海を過小評価している恐れがなきにしもあらずとの事である。しかしこの可能性は非常に小さいと考えられている。

現在知られている油田で最大のもはサウジアラビアの Ghawar 油田であって 230億トン以上の原始埋蔵量を有している。しかしタールサンドには圧倒的な大鉱床があって 最大のもは南米の Orinoco 鉱床で 原始埋蔵量 1,500 億トン以上といわれる 巨大なるものであり カナダの Athabasca が 830 億以上 Olenek が 約800億トンといわれている (第3図)。タールサンドが石油の変質したものであるとすれば この様な規模の石油の集積が何処かにあり得ると考えて差支えないのではなかろうか? 又多くの自然現象の様に油田の規模に関して何らかの正規分布が成り立つと考え Orinoco を最大規模とすれば 当然 Ghawar より大きい油田の存在が考えられる。但し KIRKBY などは油田の規模による分布に規則性のある根拠は何もなく その様な事は全く考えられないとの立場である。一方巨大油田の多くは前カンブリア紀の基盤の上に乗っており 各種の風化作用により

削刺されなくて残ったという事がきわめて重要な要素である。従って HOLMGREN ら (1975) がいう様に超巨大油田で削刺されたものがどの位あったかは全く不明であるし Ghawar 以上の規模のものが1カ所位どこかに残っていても 不思議ではない。

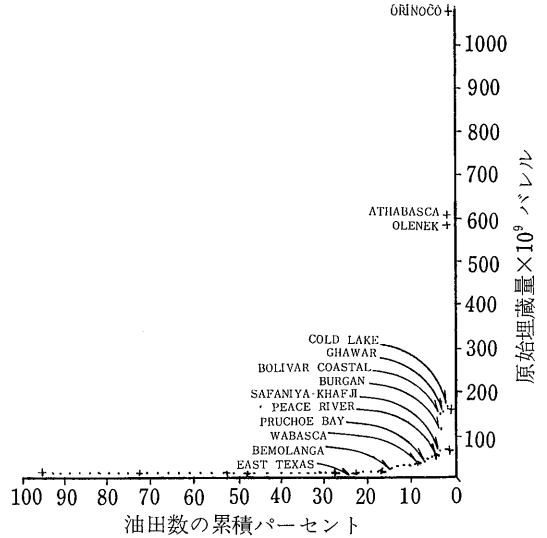
結局究極可採量などは上に述べた様に超巨大油田が新しく発見されれば大きく影響される数字であるし 又その正否は数百年後にならなければ わからないか あるいは本質的に不可知なものであるかも知れない。KIRKBY はこの様な観点から究極可採量は重要視せず 基本的に問題なのは新しい油田・ガス田の発見率であるとし 最近は天然ガスに関し 全体的に探査活動から得られる結果は増加せず ピークを過ぎたと考えている。

石油の埋蔵量に関する議論で強く印象に残る事の1つは 採掘の際の回収率の低い点である。MOODY の統計値では回収率を40パーセントと見込んで 可採量を算出している。この値は通常の統計値より高いがそれにしても回収率が1パーセント上がれば 世界の究極可採量は70億トン増加する。従って 石油の二次・三次回収技術の研究はきわめて重要な問題であり 今後最も力を入れるべき分野の1つであろう。

石油・天然ガスの様な基礎的な物質については その価格が経済全体に及ぼす影響のきわめて大きい事は実際に体験済みであるが 価格が上昇すれば最終的に利用出来る石油の量は増すであろうか？

地下資源で埋蔵量と価格の関係を最も明確な表現で表わしているのはウラン鉱石である。通常金属鉱石の場合は鉱石中の金属の含有率(品位)が主要な質の表現となるが ウラン鉱石の場合は品位も問題にするが埋蔵量などの場合はその鉱石から作った  $U_3O_8$  の価格で分類する。例えば1974年初の自由圏のウラン確定埋蔵量 ( $U_3O_8$  含有量) は  $U_3O_8$  1ポンド当り10ドル以下のもの約124万トン 10~15ドルのもの約92万トン 計216万トン (IAEA 資料) と計算されている。勿論 現今の様に物資の価格が変わり また地下資源の価格が政治的武器になる時代にはこの様な分類は混乱する恐れはあるが 価格による分類がウランに関して定着している事は評価して良い。しかしこれは極端な例外であって 普通金属鉱石は品位と量を示すのにとどまる。

石油については直接的な表現は用いられていない。価格と埋蔵量の関係には3つの要素が考えられる様である。即ち 回収率・探査への刺激と悪条件下の採掘である。回収率は上に述べた通りきわめて重要な問題であるが 価格を含めた経済条件が良ければ 回収率を上げる可能性は充分あり 可採量は大幅に増加し得よう。



第3図 世界で知られている最も大きな210油田・タール鉱床の規模分布 (HOLMGREN and MOODY 1975)  
 ・油田 +印はタール鉱床  
 18 × 10<sup>9</sup> バレル ≤ 32油田またはタール鉱床  
 8 × 10<sup>9</sup> バレル < 32-64油田またはタール鉱床  
 1 × 10<sup>9</sup> バレル ≤ 65-210油田またはタール鉱床

例えば MOODY の世界の究極可採量 2,769 億トンは回収率を40パーセントと計算しているので 原始資源量は 6,923 億トンである。この内どれだけを利用し得るかは経済的技術的要因で異なって来るわけである。ただし究極可採量は実際には未知のものであり 究極原始資源量は 価格とは無関係に計算されたものである。

価格の上昇により探査が活発になれば 確認埋蔵量が増す事はたしかである。また条件の悪い油田 例えば水深の深い海底油層の採掘などについては 相当価格に影響されると考えられる。これらについて定量的な考察は出来るであろうが 人為的に価格が大きく動く場合には発表しにくいのもであろう。

天然ガスについては KIRKBY は余り価格の影響を受けまいと考えている。回収率については石油と違って余り改善されないし 悪条件化で採掘すると 貯蔵や運搬などの燃料として掘ったガスの相当量を消費してしまうから 価格とは無関係に不可能である というのがその理由である。

### おわりに

今知られている油田・ガス田は大部分が探査技術的に非常に目立つもの 非常に巨大なもの 又は非常に良く調査されて探査の行届いた地域にあるもの の何れかであるというが良い。今後発見されるであろう油田・ガス田は 未探査地域のものだけではなく 多くの小さな油田 大きい探査技術に鋭敏に反応しないものなどが

挙げられよう。例えば世界最大の Ghawar 油田は地表調査や物理探査の結果では特別に有望な構造とは考えられていたものではなく 試錐によって始めて発見されたものである (PRATT & BROBST, 1974)。これから明らかな様に探査技術の研究は非常に大きな成果を挙げ得るものであり 強力に押し通めるべきものである。

更にこの小文の様な論議から引き出される結論の1つは：石油や天然ガスの埋蔵量や資源量の色々な計算値は最も大きい推計値と最小値の開きが僅か2ないし3倍であって驚くべき良い一致を示しているが これはあくまでも現在の知識水準による計算値であって 決して固定的に考えてはならないという事である。

最後に石油は後何年位 “もつ” であろうか？ これは一般に最も関心をもたれている問題であるが これには直載な返答は無理である。鉱物資源はすべて 大きな生産を続けていて 或る日突然涸渇して生産量がゼロになるという様な性格のものではない。従って現在知られている埋蔵量や究極資源量を 生産量又は将来の想定累積需要量で割って 何年まで “もつ” という議論は余り意味がない。この様な数字は R/P 比などの係数として色々な目安に役立てるのであって 文字通りの意味をもっているわけではない。

石油の生産量の変せんについては HUBBERT (1974) が提唱した“釣鐘型曲線” (第4図) が良く用いられている。これは石油の生産量が最大値に達した後 減少する割合は ピーク量に達する前に増加した割合と同じであると仮定したものである。例えば MOODY は現在の究極可採量から見て 釣鐘型曲線を用いて ピーク生産量は1980年代後半か90年代始めであろうとっている。しかしこの HUBBERT の釣鐘型曲線は1つの仮説としては興味あるものであるが 筆者にはこの様な経過をたどるとは考えられない。石油だけではなく すべての鉱物資源の生産量の変化は HUBBERT の曲線の様な最大値

を示す事なく むしろこれより低い所で毎年余り増減のない生産量を或る期間続け その後増加時より遙かにゆるやかな割合で減少して行くのではないかと思われる。

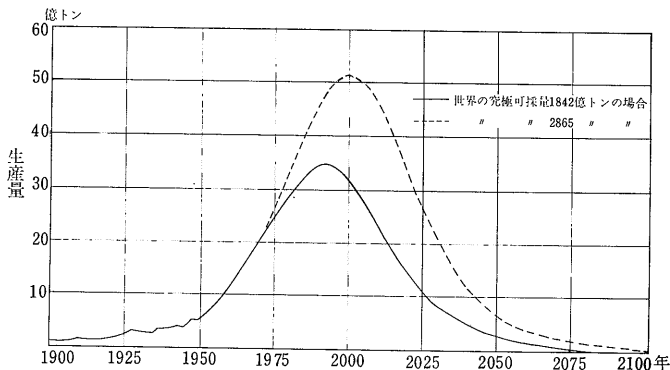
確かに炭化水素燃料がエネルギー源の主要部分を占めるのはそれ程長い期間ではなく大方の識者のいわれる様に20~30年程度であろうが 炭化水素資源が人類にとって非常に有用な役割を果す期間が今後相当長く続く事は間違いなからう。この様な意味では石油・天然ガスは非常に長く “もつ” と考える。

今回 石油・天然ガスの埋蔵量について調べるにあたり McKELVEY, MOODY, KIRKBY, 石和田靖章 大町北一郎の諸氏に多くの御教示をいただいた。ここに感謝の意を表する次第である。

(筆者は 鉱床部)

#### おもな参考文献

1. ADAMS, T. D. and KIRKBY, M. A., (1975): Estimate of World Gas Reserves. 9th World Petroleum Congress (WPC), D. P. 6
2. HOLMGREN, D. A., MOODY, J. D., EMMERICH, H. H., (1975): The Structural Setting for Giant Oil and Gas Fields. 9th WPC, D. P. 1.
3. HOUPEURT, A. H., GROULT, J., MOLLIER, M., SALLE, C. L., SIMANDOUX, P. R., THOMERE, R., (1975): Principe et Methodes de Calcul des Reserves d'Huile et de Gaz. 9th WPC. D. P. 6.
4. HUBBERT, M. K., (1971): The Energy Resources of the Earth, Sci. Am. Vol. 225, no. 3. 61—70.
5. McKELVEY, V. E., (1973): Mineral Resources Estimates and Public Policy. USGS Circular 682, p. 9—19.
6. McKELVEY, V. E., KING, R. E., PARAN, Y., SHIMAZAKI, Y., (1975): World Reserves and Potential Resources of Oil and Natural Gas. (Discussion Summary, P. D. 6) Proceedings 9th WPC. 印刷中
7. MOODY, J. D., (1975): An Estimate of World's Recoverable Crude Oil Resources, 9th WPC, P. D. 6.
8. OECD (1973), New Oil Report, 鈴木両平訳：石油の現状と展望 ダイアモンド社 昭和48年
9. Oil and Gas Journal, 各年末号
10. PRATT, W. P. and BROBST, D. A., (1974): Mineral Resources. Potentials and Problems. US GS Circular 698.
11. SANDER, N. J., HUMPHREY, W. E., MASON, J. F., (1975): Tectonic Framework of Southeast Asia and Australia: Its Significance in the Occurrence of Petroleum. 9th WPC, D. P. 7.
12. サイエンス別刷 (1974) 新資源の探求 日本経済新聞社
13. 週間エコノミスト：1974年1月1—8日号
14. US National Academy of Sciences (1974): Resources of the Fossil Fuels, Rept. Subpanel on Fossil Resources.
15. World Oil: August 15, 1975号 61—64.



第4図 世界の石油生産量の釣鐘型予測曲線 (HUBBERT 1971)