

世界と海洋のエネルギー資源をさぐる

春城清之助

まえがき

われわれは エネルギーを光 熱および動力として使うことによって 日々の生活をささえ 産業活動を進めています。このように生活や産業の発展に欠くことのできないエネルギーは ちょうど人間の体に必要な食べ物のような働きをしていることから「産業の米」ともいわれています。とくに文明の発達とともに エネルギーは社会組織のあらゆる面と 密接な関連をもつてますます重要さを加えてきました。その重要性は かつてニューヨークが1時間の停電で大混乱におちいったことや 東京でしばしばおこる交通機関のわずかな停頓による混雑を見てもわかります。

これらのエネルギー源として使われているものには古くから使われている薪炭 近代産業をささえる石炭 石油 天然ガス 水力のほか 新しくあらわれた原子力などがあります。そのうち現在エネルギー供給源の主力はなんとといっても 石炭 石油のような 鉱物エネルギー〔鉱物エネルギーは石炭・石油のような化石エネルギーとウラン・トリウムなど原子核エネルギー(または原子力)に2分されています〕であります。この 鉱物エネルギーは 動植物とちがって 自然にふえませんが つくこともできません。また 石炭・石油はもやして使えばたちまち 変形 逸散し 金属鉱物のように長期にわたって使えとか 必要に応じて回収できるものではありません。したがって 能率よく 大切に使うことが必要でしょう。

鉱物エネルギーのほかに循環エネルギーといわれる 水力 薪炭などがあります。このエネルギーは使うあとからたえず補充されて エネルギー資源としては潤渾することはありませんが 残念ながら一度に多量とりだせません。つまり 鉱物エネルギーは 銀行にあげた貯金をおろして使うようなもので 使えばへる一方ですが 循環エネルギーは月給のように 使っても たえずある量が加わってなくなることはありません。このようなことから前者を 資本エネルギー 後者を 収入エネルギーともいわれています。

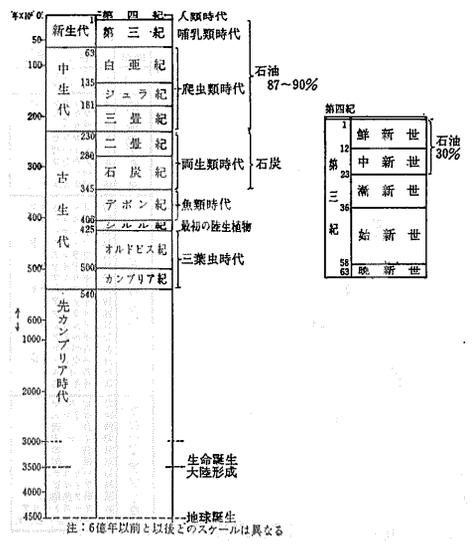
前にのべたようにエネルギーは国民生活や産業の発展に重要な役目をしていきますので エネルギー資源を確保し 計画的に使うことが必要であります。そのためにはいま使えるいろいろなエネルギー資源や 近い将来使えると考えられるエネルギー資源が 一はたして現在世界

にどの位あるかをしらべることは 今後の日本のエネルギー対策をたてる基礎資料として役立つと考えて 世界のエネルギー資源財産目録をつくってみました。もちろん日進月歩の科学技術の進展につれて 利用できる資源は今後どんどん増加するでしょうし 文化の向上 産業の開発とともに需要面もますます増大することと思われます。このように資源量は刻々と動いていますので 新しい資源の発見や技術の開発などの資料 報告がわかり次第これを吟味 検討してこのエネルギー資源の財産目録に 追加 訂正を加えていくつもりです。

さて このような目的で今回つくった世界のエネルギー資源目録について説明する前に エネルギーの世界および日本における動き 社会とのむすびつきに関するおもしろいことごとについて簡単にのべます。

エネルギー源のまへ

人類は古くから薪炭などを煮たきや暖房の燃料に 獣油や植物油を灯火にして生活してきましたが 19世紀になって 石炭を使う蒸気機関が發明されたことから 従来の人力 牛馬 風力 水流など限られたエネルギーにかわって 大きな石炭エネルギーが各種の産業に逐次とり入れられるようになって 産業は著しく発展し いわゆる産業革命がおこりました。また19世紀後半に入ると それまでランプ用にすぎなかった石油は 自動車や

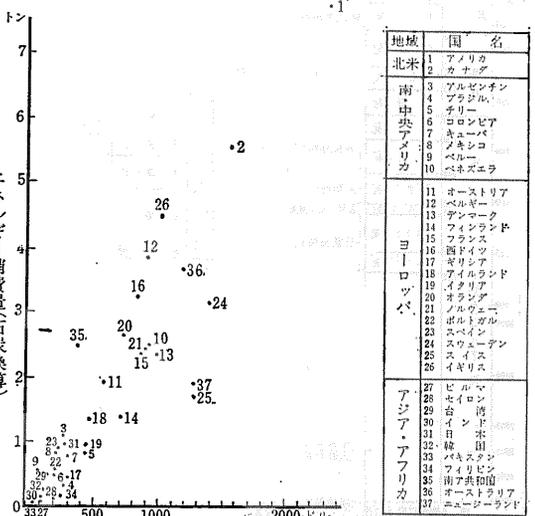


第1図 地質時代と絶対年代

ディーゼル機関の普及から その需要面を拡大し つづいて航空機の発達によって エネルギーのなかで重要な地位を占めるようになってきました。一方水力を利用する新しいエネルギー源の開拓や 石炭 石油を便利な電力にかえて使うことも盛んになってきました。さらに 第2次世界大戦後 中近東を中心として世界各地に大きな油田や含油層がひきつづいて発見され 開発されるとともに 大型タンカーなどによる輸送面の改良も手伝って 低廉な石油が多量に出まわるようになって ついに石油の生産と供給は 合理化に苦しむ石炭を押えて石油時代をむかえるようになりました。しかしながら戦後の急速な埋蔵量の増加にもかかわらずエネルギー全般の需要の急増はさらに著しく 今後ますます増大する傾向にありますから 遠からずエネルギーの供給不足に悩んでいる心配が強くなってきました。その不足をおぎなうものとして 原子力すなわち原子爆弾のもつ巨大なエネルギーをゆっくりもやして電力として利用しようという考えがうまれました。この研究は戦後もなく 戦勝国によってはじめられ 近年ようやくその開発が軌道にのってきて すでに先進各国によって多くの原子炉が建設され 産業用に使われるようになってきました。この原子力発電はやがて石油 石炭にかわって電力の主体に成長し いわゆる原子力時代をきずくものと目されています。要するに化石燃料時代は20世紀でおわり 21世紀は原子力時代をむかえるといわれています。

国防とエネルギー資源

第1次世界大戦は石油の重要さがまだあまり認められていなかった石炭時代におりましたが その発火点は

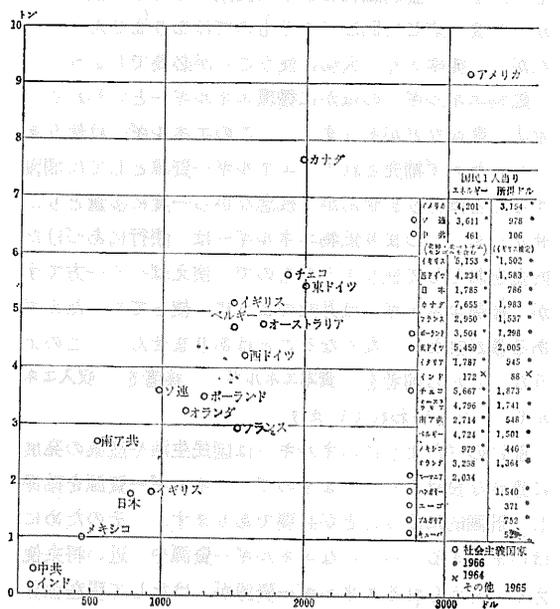


第2図 1人当り国民所得(ドル表示)とエネルギーの消費量の相関(1959年) 有次広己編「日本のエネルギー問題」による
 【注】国連統計では1人当り年間エネルギー消費量石炭換算で1.5トン以上が先進国 1トン未満の国は低開発国と規定

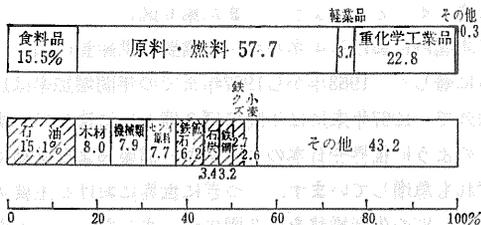
ドイツとフランス国境にあるアルサス ローレンス地区の石炭 鉄資源をめぐる争奪ともいわれています。その後次第に石油が平和産業だけでなく 国防上にも大切な資源であることが認められるようになって 第2次大戦には日本は石油の欠乏から参戦したとつたえられています。いわゆる「石油の1滴 血の1滴」という言葉は 産業における石油エネルギーの活動が人体における血液の働きと似ていることを意味するとともに 戦時中における石油の補給は ちょうど患者への輸血に相当することをあらわしているのかも知れません。また原子爆弾の広島 長崎への投下によって日本の降伏が早められたといわれています。すなわち第2次大戦の太平洋戦争は石油にはじまって原子力でおわったと見ることもできます。このようにエネルギー資源は 平時はもちろん戦時にもきわめて重要であることがわかります。

エネルギー消費量と生活水準

前にのべましたように エネルギーはその国の産業や国民生活の進展 向上に大きく関与していますので エネルギー消費量は その国の文化水準をはかるのに便利な尺度として使われています。国連の統計では国民1人当りのエネルギー消費量が石炭換算で 1.5トン以上を先進国 1トン以下を低開発国と定義されています。いま1959年と1965~1966年における主要国家の1人当りの国民所得と エネルギー消費量との相関を示しますと第2~3図の通りであります。両図でわかりますように大局的には1人当りのエネルギー消費量が多い国ほどその国民所得が高くなっています。しかしながらよく



第3図 1人当り国民所得(ドル表示)とエネルギー消費量の相関(1965~1966年) 国連統計月報 による



第4図 日本における輸入品分類

見ますとあまり相関性を示さない国もあります。たとえば第2図で年間1人当たり300ドル内外の国民所得をもつ国でも0.4トン位しか消費していないブラジル、ギリシア、1トン前後の日本やアルゼンチン、さらに2.5トンも消費している南アフリカ共和国もあります。これらの相違はそれぞれの国の産業経済構造のちがいによるものと考えられています。また社会主義国は自由経済諸国とちがって簡単に比較できませんが参考までに第3図にかかげました。なお両図でわかりますように日本とイタリアとはほぼ並んでいて、いずれも1959年から1966年の間にエネルギー消費量は1トン前後から2トン近くなり、国民所得も400ドルから800~900ドルとふえ、両国とも国連基準による先進国に仲間入りしています。

「なお両図ののっていませんが、クウェート王国は1959年当時の国民所得3000ドル以上、エネルギー消費量6トンとアメリカより高くさらに昨年独立したナウル共和国は国民所得約4000ドルで、アメリカ、クウェートを抜いて世界一といわれていますが、これは前者は石油、後者はりん鉱石とともに鉱産資源に恵まれ、それらの採掘にともなう莫大な利権料が、年々外国から入ってくるためですが、両国とも国土はせまく、人口もわずかで、特殊な例といえるでしょう」

すなわちエネルギー消費量が多いほど国民所得が高いということは、エネルギーを安く豊富に供給することができれば、国民のエネルギー消費量はふえ、一般製品は安くなり、国民の購買力を刺激し、産業を活発にし、産業の勤労者も多くなりその収入もあがり、交通や輸送費はさがり、サービスも改善され、国民生活を安定、さらに向上させることになるでしょう。このようにエネルギーを安く豊富に供給するにはかかることはもちろん必要ですが、もうひとつ大切なことはエネルギーの供給をたやさないことです。つまりエネルギーを安く豊富にかつ安定して供給することは、エネルギー供給の3原則ともいえる大事なことです。1例をあげますと、前回の中近東動乱でスエズ運河が閉鎖されたとき、中近東油田にたよる欧州諸国は石油の値上りよりも、石油が入らないことの方がより深刻な問題だったことでもその重要さがわかることと思います。

第1表 1964年主要鉱産物生産輸入および輸入依存率

鉱産物種	生産(億円)	輸入(億円)	輸入依存率%
金	46.5	0	0
銀	35.2	1.8	5
銅	275.9	395.4	58
鉛	43.2	52.6	55
亜鉛	128.4	138.3	52
硫化鉄	170.8	0.9	0
鉄	41.3	1,873.0	98
マンガン	25.8	96.5	71
クロム	4.3	32.4	88
すず	9.9	3.4	26
アンチモン	0.2	7.4	97
水銀	3.3	35.5	91
タングステン	3.0	8.2	73
モリブデン	4.4	48.6	92
ニッケル	0	89.7	100
ボーキサイト	0	61.7	100
金 属 計	772.2	2,846.4	
リチウム	0	171.1	100
石膏	16.8	2.8	14
螢石	1.5	15.8	91
石綿	3.4	68.7	95
石灰	202.4	0	0
ドロマイト(含マグネサイト)	18.6	4.4	19
けい素	41.4	2.8	6
カオリン	3.2	10.0	76
雲母	0	10.7	100
ダイヤモンド	0	33.7	100
非 金 属 計	287.3	320.0	
石炭	1,766.1	972.7	33
石油	44.6	4,150.1	99
天然ガス	119.1	0	0
燃 料 計	1,929.8	5,122.8	
合 計	2,989.3	8,289.2	

〔注〕 1965通商産業省 昭和40年 本邦鉱業の趨勢 より編集
 ボーキサイト (アルミニウム原料鉱石) 石油(原油 粗油
 揮発油 灯油 軽油 重油 潤滑油を含む) パラフィン
 グリース ワセリン アスファルト 石油コークスを含まない)

日本におけるエネルギーの供給

日本は原料輸入国といわれていますが、はたして日本にエネルギー資源が実際にどの位輸入されているか、どの位国内で生産されているかを知るために、第4図と第1表をかかげました。第4図でわかりますように、1967年における輸入全体のうち、原料・燃料だけで57.7%とその大半を占めています。また各輸入品細目別では石油が第1位で15.1%、石炭(主として製鉄用原料炭)が第6位で3.4%、また鉱産物では石油、鉄につい

で第3位と いずれも主要な輸入品であることがわかります。さらに第1表によりますと 国内鉱産物約3000億円のおよそ2%の約2000億円が燃料の生産で そのうち石炭生産は燃料のおよそ90%にあたる 1760億円で 鉱産物の第1位をたもっていることからみても 国内生産における石炭産業のもつ重要さがよく理解できます。

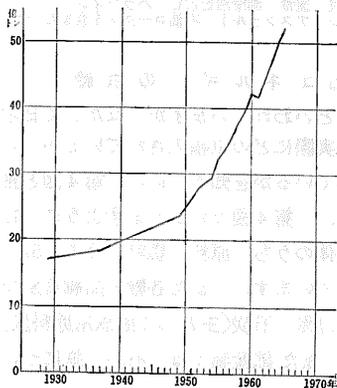
しかし国内における主要鉱産物生産金額の3倍近いおよそ8300億円が主要輸入鉱産物ですから鉱産物をいかに多量に海外から買っているかがわかります。さらに主要輸入鉱産物全体のおよそ60%が燃料で そのうち石油は燃料全体の80% 全鉱産物の50%に相当する約4100億円を輸入して輸入依存率は99%であります。なお図表には示しませんが 日本における輸入鉱産物の大半は 年々増加し とくに石油の輸入は急増し いまではアメリカ ソ連について 世界第3位の石油消費国 また世界一の石油輸入国になりましたが 石油の輸入は今後もますます増加する傾向にあります。このように国内生産がわずかなものにもかかわらず 石油を多量につかかって経済の高度成長をとげている日本ですから さらにその発展をたもつためには 今後の世界の動向 政治経済の変化 産業の発展 科学技術の進歩などに応じて つねに新しい研究 開発の情報や資料をどしどし取入れながら 石油を中心とする綿密な総合エネルギー対策の計画実施 検討をくりかえしてつづけていくことが大事であります。

エネルギー需要の増大

世界および日本におけるエネルギー需要は年々増大しつづけていますが 近年におけるエネルギー需要の動きを見ますと 第5図と第6図の通りです。すなわち第5図の世界におけるエネルギー全般の需要は戦前の年間増加率2%内外から戦後の6%と増大し さらに急増する傾向をもっています。すでに1965年における世界の消費量は石炭換算で50億トンを超え まもなく60億トン

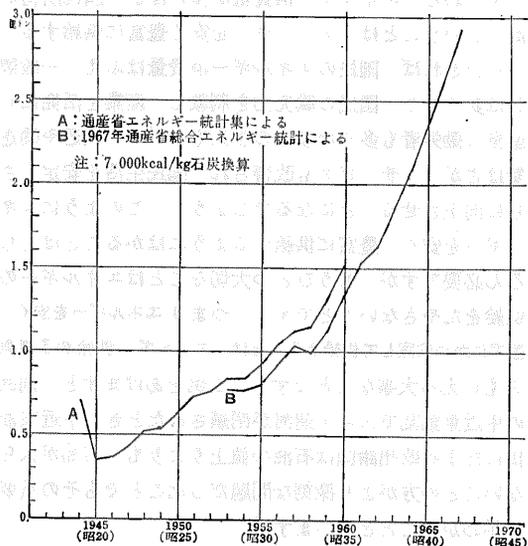
に達することでしょう。また第6図に見られるように日本国内におけるエネルギーの需要 供給量の増加はさらに著しく 1963年から1967年までの年間増加率は10%内外で 1967年末には年間ほぼ3億トンに達しています。このように世界や日本のエネルギー需要および供給は いずれも急増しています。つぎに世界における主要エネルギー別の生産推移を第7図に示しました。この図によりますと 石油生産は急増の一途をたどって 1955年から65年の11年間に石炭換算で13億トンから25億トンとほぼ倍増しています。石炭生産は1960年までは年々増加し 1955年の16億トンから20億トン近くになって それまでは石油よりも多く生産していましたが 1961年62年と減産し 63年からふたたびふえて65年には20億トンを超えています。しかし石炭生産の増加率は石油よりも低く この図では61年と62年の間で石炭と石油との首位が入れかわっていますが 1961年以降の生産に中共が含まれていません。中共の生産はアメリカ ソ連について世界第3位で 1960年における中共の亜炭 褐炭を含めた推定生産量4.2億トン（中共は文化大革命の影響で その後かなり減産していると思われます）を61年以降の世界の生産量に加えますと 石炭生産は61年から62年にかけて減産しただけで それ以降はふたたび増加をつづけているようで 石油生産が石炭をぬいたのは63年頃のように思われます。

天然ガスの生産は55年頃は亜炭の生産より石炭換算で1.5億トン多い4.2億トン程度でしたが 66年には10億トンを超えて同年における亜炭生産3.7億トン（石炭換算）の3倍に 石炭生産20億トンのほぼ半分には達しています。亜炭の生産は55年の2.5億トンから66年の3.7



第5図 世界におけるエネルギー需要の推移（石炭 褐炭 亜炭 石油 天然ガス 水力）7,000 kcal/kg 石炭換算

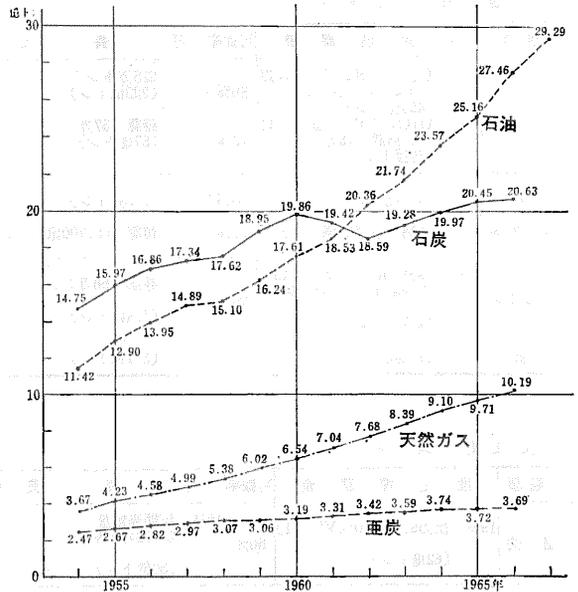
〔注〕 通産省 総合エネルギー統計（昭和42年度版）より換算 ただし 1949年は生産



第6図 日本におけるエネルギー需要と供給（水力 石炭 亜炭 石油 天然ガス 薪炭 L P Gを含む）7,000kcal/kg石炭換算

億トンと増量はわずかで 64年の3.74億トンを最高にすでに頭打ちか 下降の傾向も見られます。また石油と天然ガスをあわせた流体エネルギーと 石炭 亜炭からなる固体エネルギーとの需要の推移を見ると 61年に入れかわっています。

この図には水力と薪炭の推移をかかげませんでしたが水力の生産は年々増加しています。1965年における生産量は第2表でわかりますように 国連統計による1000キロワット/時=0.125トンの換算率で石炭に換算しますとおよそ1億トンで 薪炭の生産量よりも少ない量です。また薪炭は第5図のように一般に世界のエネルギー統計からはずされているので その生産推移をまだ調べていませんが 生産量は年々ほぼ同量あるいは幾分低下しているように思われます。なお 薪炭の1965年における生産量は石炭に換算してほぼ3億トンで 水力の3倍亜炭に近い量であります。以上 第5～7図によって世界および日本におけるエネルギー生産または需要の推移を大略つかめたことと思います。〔注 本文中の数量トンはとくに断りないものはすべてメトリックトン〕



第7図 世界主要第一次エネルギー生産推移 (7,000kcal/kg石炭換算)
 [注] 水力を除く 石炭 亜炭(褐炭を含む)は通産省 本邦鉱業の速算より換算 石油 天然ガスは 石油統計年報 より換算
 1961年以降の石炭生産は中共を含まない

第2表 世界のエネルギー資源埋蔵量と生産量

(1) 流体エネルギー (化石エネルギー)

注()の数量は7,000kcal/kg石炭換算

種類	推定埋蔵量	可採率	可採量 (R)	生産量 (P)	R/P
石油	1965 6.2兆バレル (1.4兆トン)	1)	1963 1.8兆バレル (4,100億トン)	1967 128.8兆バレル (29.7億トン)	138
			1966 確認 3,879.8億バレル (880億トン)	確認 29.6	
天然ガス	1965 天然ガス19,100兆立方メートル (7,500億トン) 液体天然ガス5,200億バレル (1,200億トン)	4)	1965 1.1兆バレル (2,400億トン)	1967 7,640億立方メートル (11億トン)	218
			1966 確認 31兆895億立方メートル (435億トン)	確認 39.5	
頁岩油	1965 トン当り10ガロン以上 3.3兆バレル (7,500億トン)	7)	1965 1.65兆バレル (3,750億トン)	1954 ソ連 中共 西ドイツ スウェーデン (90万トン)	8)
タールサンド	1965 4,000億バレル (900億トン)	9)	1965 2,000億バレル (450億トン)	1966 カナダ1967年9月より生産 45,000バレル/日 (1万トン/日)	10)
計	(3.1兆トン)		(1兆トン)	(41億トン)	

注 確認は確認可採量(石油 天然ガスで 普通埋蔵量というのは可採量をあらわす)

- 1) 1965 T. A. Hendricks
- 2) 1963 L. G. Weeks
- 3) 1967 World Oil
- 4) 1965 USGS Circular no. 522
- 5) 1967 天然ガス総覧
- 6) 1967 石油統計年報
- 7) 1965 USGS 報告
- 8) 1957 日本鉱産誌
- 9) 1965 T. W. Nalson
- 10) 1966 Petroleum Times

(2) 固体エネルギー (化石エネルギー)

種類	推定埋蔵量	可採率	可採量 (R)	生産量 (P)	R/P
石炭	1960 (4.6兆トン)	1)	1960 (2.3兆トン)	1966 (20億7,680万トン)	1,110
亜炭	1954 1兆7,300億トン (8,700億トン)	3)	1954 8,700億トン (4,300億トン)	1966 7億3,810万トン	1,160
褐炭				(3億6,900万トン)	
泥炭	1954 1,000億トン (450億トン)	3)	1954 500億トン (225億トン)	1966 燃料用のみ 5,022万トン (2,260万トン)	996
計	(5.5兆トン)		(2.75兆トン)	(24.8億トン)	

- 注
- 1) 1960 USGS 報告
 - 2) 1966 世界統計年鑑 vol. 19
 - 3) 1954 世界石炭統計集
 - 4) 1966 USBM Minerals Yearbook

(3) 原子核エネルギー

種類	推定埋蔵量	可採率	可採量	生産量
ウラン	1967 U ₃ O ₈ (ポンド30ドル以下) 450万トン (450億トン)	50%	225万トン (225億トン)	1967 発電量不明 合計出力 907万キロワット
	U ₃ O ₈ (ポンド10ドル以下) 確認 75万トン (75億トン)	76%	確認 57万トン (57億トン)	1966 U ₃ O ₈ 17,790トン (1.8億トン)
プルトニウム	(4.5兆トン) 確認 (7,500億トン)	50% 76%	(2.3兆トン) 確認 (5,700億トン)	不明
トリウム	1967 確認ThO ₂ (ポンド10ドル以下) 135万トン (2.7兆トン)	50%	確認 68万トン (1.4兆トン)	不明
計	(7.2兆トン)		(3.7兆トン)	(1.8億トン)

注 数量はいずれもショートトンメートルに換算したもので、確認は確認埋蔵量や確認可採量のこと、ポンド10ドル以下のウラン、トリウム、プルトニウムのことである

(4) 主要循環エネルギー

種類	推定埋蔵量	可採率	可採量	生産量
水力	1958 出力5.69×10 ⁶ kW (62億トン)	50%	1958 年間発電量 24.73兆kWh (30億トン)	1965 7,865億kWh以上 (1.1億トン)
新炭	1954 蓄積量 24×10 ⁶ 立方メートル (86.4億トン)	6%	1954 年間成長量 1.44×10 ⁶ 立方メートル (5億トン)	1965 8.71億立方メートル (3億トン)
計	(148億トン)		(35億トン)	(4億トン)

注 1) 1958 世界動力会議資料
2) 1968 日本国勢図会より推定
3) 1955 FAO林産統計年鑑
4) 1966 FAO "

(5) そのほかの循環エネルギー (海洋エネルギーをのぞく)

種類	可採量	おもなる開発状況
太陽熱	太陽ふく射の1%利用できるとして (1兆8,200億トン1年) 1)	太陽炉 おもにアメリカ フランス 日本 フランス ビレネー山 出力 1,000kW 3) 5)
		太陽発電所 ソ連 出力 2,200kW 5)
		太陽電池 おもに {アメリカ 宇宙衛星用 1) 日本 灯台用 1)
		太陽熱蒸溜 おもに ギリシア フランス オーストラリア 3) 5)
		太陽エンジン おもに アメリカ イタリア イスラエル 5)
		太陽熱温水器 おもに 日本 150万台 (150万トン/年) 1) 3)
風力		風力発電所 アメリカ 出力 1,250kW (1941年より運転) 2) イギリス 出力 100kW (1954年より ") 2) デンマーク 出力 200kW (1961年より ") 2) ソ連 出力 10万kW (計画) 1) 灯台用 日本 出力 4.5kWと2.5kW 4)
		イタリア 出力 35.6万kW (35万トン/年) 6)
		ニュージーランド 出力 19.2万kW (18.9万トン/年) ほか 世界計 出力 67.2万kW (67万トン/年)
地熱		

注 1) 1964 押田勇雄『エネルギーの話』ブルーバックス
2) 1968 ワシリエフ(小林茂樹訳)『明日をひらくエネルギーの世界』白揚社
3) 1969 野口哲男『世界最大出力 1,000kWのフランス太陽炉』エネルギーvol. 1 no. 6 日刊工業社
4) 1957 通産省編『将来における日本の産業とエネルギー』
5) 1968 水野正雄『永遠のエネルギー源・太陽』エネルギー vol. 1 no. 6 日刊工業社
6) 1968 浅尾格『新しい国産エネルギー・地熱』エネルギー vol. 1 no. 3 日刊工業社

I 世界におけるエネルギー資源と生産
前記のべましたようにエネルギーの種類による差はありますが、エネルギー全体としての需要は年々増大していますから、今後のエネルギー対策を考えるために、いま世界や日本にエネルギー資源がどの位埋蔵されているか(埋蔵量)、そのうちどの位利用できるだろうか(可採量)、いまどの位利用されているか(生産量)を知ることが大切ですので、これらについてしらべたところを

第2～3表にまとめました。なお第2表では鉱物エネルギーを化石エネルギーと原子核エネルギーとにわけ、さらに前者をその形態から、石油、天然ガスなどの液体気体を一括して流体エネルギー、石炭、亜炭などを固体エネルギーとしてくわけしました。また循環エネルギーを主要なもの、まだまだあまり利用されていないもの、にわけました。つまり表(1)は流体エネルギー、(2)は固体エネルギー、(3)は原子核エネルギー、(4)は主要循環エ

エネルギー (5)はそのほかの循環エネルギーであります。また表(1)のうち 石油 天然ガス 石炭は海域の分も含んだ世界全体の量をあらわしていますが そのほかは一応世界の陸域に限られたもので 海域および海洋のエネルギーはのぞいてあります。

この表(1)の流体エネルギーは 石油 天然ガス 頁岩油およびタールサンドで その合計推定埋蔵量〔本文でいう推定埋蔵量は エネルギーの種類による多少の相違はありますが いわゆる確定鉱量 推定鉱量 予想鉱量を合せた鉱量で また可採量 不可採量を含めた絶対量あるいは理論埋蔵量のことであります〕は3兆トン(石炭換算) 合計可採量〔可採量は 推定可採量のことです 推定埋蔵量のうち 現在または近い将来に採掘または回収できるとされる鉱量〕は1兆トン(石炭換算) 合計生産量は41億トン(石炭換算)であります。なお石油の世界全可採量1.8兆バレルのうち 海域可採量 7000億バレル(第6表参照)としますと 陸域可採量は1.1兆バレル(石炭換算2400億トン)であります。また天然ガスの世界全可採量1.1兆バレルのうち海域可採量3000億バレル(第7表参照)としますと 陸域可採量は8000億バレル(石炭換算1700億トン)であります。

つぎにこれらのエネルギーの可採量のうち 一番多いものから石油1.8兆バレル(石炭で4100億トン) 頁岩油1.65兆バレル(石炭で3750億トン) 天然ガス1.1兆バレル(石炭で2400億トン) タールサンド2000億バレル(石炭で450億トン)の順で 生産量は石油約30億トン(石炭換算) 天然ガス約11億トン(石炭換算)で 頁岩油 タールサンドは前2者と比べるとまだきわめて少量であります。

表(2)の固体エネルギーは 石炭 亜炭(褐炭を含む)および泥炭で 合計埋蔵量5.5兆トン(石炭換算) 合計可採量2.75兆トン(石炭換算) 合計生産量は24.8億トン(石炭換算) であります。また合計可採量のうち 一番多いのは石炭で2.3兆トン 亜炭(褐炭)は4,300億トン(石炭換算)で石炭の20%以下 泥炭は225億トン(石炭換算)でさらに少なくほとんど問題にならない量です。生産量も石炭が20億トン 亜炭(褐炭)3.7億トン(石炭換算)で 泥炭は2,300万トン弱(石炭換算)で亜炭の6%に相当し前2者に比べると とるにたらない量であります。

表(3)の原子核エネルギーはウラン〔ウランの元素記号はUで 同位元素として原子炉でもえる²³⁵Uと もえない²³⁸Uがあります〕プルトニウム〔プルトニウムの元素記号はPuで

第3表 日本エネルギー資源埋蔵量と生産量

種類	埋蔵量	可採(実収)量	生産量
石炭	1956 200億トン 1)	1956 32億トン 1)	1967 4,706万トン 2)
亜炭	" 2.7億トン 1)	" 2,500万トン 1)	1966 35万トン 2)
泥炭	1955 4億トン 3)	50% 2億トン	1966 3万トン 4)
ウラン	1967 3,600万トン 5)	76% 2,700万トン (27億トン)	1967 0トン
石油	" 780万トン 6)	1955 " 7)	" 125万トン 7)
天然ガス	" 2,600万トン 6)	" " 7)	" 265万トン 7)
炭田ガス	1966 5億トン 8)	1966 4,300万トン 8)	" (44万トン) 2)
鉱物エネルギー計	212億トン	37億トン(62億トン)	5,134万トン
水力	1958 3,650万キロワット 9)	1968 1,600万トン/年	1967 871万トン 10)
地熱	1957 400万キロワット 11)	1957 190万トン/年	" 3.2万トン 12)
薪炭	1960 1.2億トン 13)	1960 720万トン/年	" 338万トン 14)
循環エネルギー計		2,510万トン/年	1,212万トン

注 7,000Kcal/kg 石炭として換算

水力・地熱電気の石炭換算は1,000kW/h=0.125トン

泥炭・ウランの可採量中の%は可採率

ウランの()の数量はプルトニウムも利用できる場合の数量

炭田ガス生産量は天然ガスの生産量中に含まれている

- 1) 1956 通産省 埋蔵炭量炭質統計調査
- 2) 1966 " 石炭コークス統計年報
- 3) 1955 電源開発資料 no. 9 より想定
- 4) 1965 US Bureau of Mines Minerals Yearbook
- 5) 1967 動力炉 核燃料開発事業団発表
- 6) 1965 World Oil
- 7) 1967 通産大臣官房 石油統計年報
- 8) 1964 通産省 炭田ガス埋蔵量調査報告
- 9) 1968 野瀬正儀 エネルギー vol. 1 no. 5
- 10) 1967 電気事業連合会 電気事業便覧
- 11) 1953 通産大臣官房 将来における日本の産業とエネルギー
- 12) 1968 浅尾格 エネルギー vol. 1 no. 3
- 13) 1960 林野庁資料
- 14) 1967 通産省 総合エネルギー統計

ウランをもやすとき ²³⁵Uはもえますが ²³⁸Uはもえないで その一部はプルトニウムにかかります このプルトニウムは天然に見られない人工鉱物で 高速増殖炉(原子炉の一種)でも やすことができます。その際もとの量よりも多くプルトニウムができますので 増殖炉と呼ばれています トリウム〔トリウムの元素記号はThで これも原子炉でもやすことができます〕ですが これらの数量は1967年 ENEA (欧州原子力機関)の報告にもとづいてつくったものです。そのうち ENEA によって発表されたものとウラン資源量の明細表を参考のために 第4表に掲げました。これらの合計埋蔵量は石炭換算で7.2兆トン 合計可採量は石炭換算で3.7兆トン 生産量はウラン分だけで石炭換算で1.8億トンであります。しかしプルトニウムやトリウムの利用はまだ研究の段階で また埋蔵量 可採率および可採量などはまだ十分検討されていませんで 今後の実績や研究開発によってかなり数量的に動くものと考えてよいでしょう。

第4表 自由世界の推定ウラン資源量 1967年10月現在 (ENEA1967年発表による)

(単位: 10⁸ ショートトン U₃O₈)

価格範囲 (U ₃ O ₈ 1ポンド当り)	10ドル以下		10 ~ 15ドル		15 ~ 30ドル	
	埋蔵量	推定追加資源量	埋蔵量1)	推定追加資源量	埋蔵量2)	推定追加資源量
アルゼンチン	9	21	11	32	15	73
オーストラリア	10.7	3	2.8	1	1.4	
カナダ	200	290	130	170	100	300
コンゴ (キンシャサ)	6					
デンマーク			5			
フランス	45	20	5	10		
ガボン	4	3.5				
インド			3	1	24	61
イタリア	1.5		(10)		(20)	
日本			4			
モロッコ	(6)		(11)		(8)	
ニジェール	12	13	13			
ポルトガル (ヨーロッパ)	9.5	6.5		11.5		10
(アンゴラ)				15		
南アフリカ	205		(65)	(35)	(55)	(70)
スペイン	11		4	30	15	250
スウェーデン			350	50	150	200
アメリカ	180+(120)	325+(25)	100+(50)	200	100+(100)	440
その他 (ドイツ・トルコ・ユーゴ)	5	20	6			
合計	700+(126)	703+(25)	644+(136)	521+(35)	481+(183)	1,334+(70)
	A 埋蔵量合計 1,325+(445)		B 推定追加資源量合計 2,558+(130)			
	A+B 合計 4,383+(575)					

注 () は副産物として生産しうる埋蔵量・資源量を示す
 1) 2) 欄を集計した数量と合計数量とは異なるもそのまま掲げた

循環エネルギーは表(4)(5)に示しました。両表は循環エネルギー中の海洋エネルギーを除いてあります。なお海洋エネルギーは第11表に一括してかかげました。表(4)でわかるように現在おもな循環エネルギーとして水力と薪炭があります。両者の合計推定埋蔵量は年間石炭換算で148億トン 合計可採量は年間石炭換算で35億トン 合計生産量は石炭換算で4億トンであります。しかし両者はかなり異質なエネルギーで水力はすべて電力として利用されていますが薪炭はほとんど家庭燃料用であります。また推定埋蔵量は水力では発電所の容量つまり出力を100%つかった場合の発電量であらわし薪炭では薪炭用材の蓄積量をかかげました。可採量は前者は年間発電量 後者は薪炭材の適性伐採量〔日本における薪炭材の生長率は蓄積量の6%と考えられこの6%が適正な伐採量とされています。また世界の適正な伐採量も同じく6%として算出しました〕で示しました。水力は可採量30億トン(石炭換算)で後者の5億トン(石炭換算)の6倍に相当し生産量は約1億トン(石炭換算)ですからまだまだ開発できる余地があります。一方薪炭の生産量3億トン(石炭換算)は可採量の60%にあたりほとんど開発された状態といえます。

このように水力は産業に直結してますます発展が期待できるエネルギーですが薪炭は直接産業に関与しないエネルギーです。すでに忘れられた過去のものともいえます。しかし薪炭の生産量の点ではなお水力の倍以上で亜炭の生産量に近い量であることが注目されます。これらのほかに太陽熱 風力 地熱 潮汐 波浪などの循環エネルギーがありますが海洋エネルギーを除いたものを一括して表(5)にまとめました。これらはいずれもぼう大なエネルギーをもっています。しかし仲々利用しにくい資源で埋蔵量 可採量も把握しにくいし生産量もはっきりしませんのでわかった範囲で概略の開発状況を表にしてかかげました。とくに太陽エネルギーはぼう大で地球がうける量は年間 8.1×10²⁰ キロカロリーまたは石炭182兆トン分に匹敵するといわれています。地熱〔地熱は地球自身がつもつエネルギーで地熱の熱源は地球が生れたときにできたウランなどの放射能鉱物に由来していると考えられています。火山爆発などは地下の放射能鉱物が崩壊するときに出す熱が蓄積されて「マグマ」といわれる高温の溶融体ができてそれが岩石の割れ目を通じて噴出したもので噴出しないうマグマもあるわけです。現在開発されている地熱は地熱源で温められた熱水をつかって発電されています。こ

第5表 日本における発電所利用率および石油・天然ガス回収率

発電所 負荷率(利用率)		石油 回収率		天然ガス 回収率	
火 力	70%	油 井	30%	天然ガス井	
地 熱	90%	水攻法・ガス圧入法	50%	フ リ ー ガ ス	70~80%
水 力	50%	火 攻 法	70%以上(見込)	水 溶 性 ガ ス	100%
原 子 力	42% (日本原子力発電 東海1号炉1966年の 実績より算出)	注 火攻法については各国ともまだ研究中			
注 フランス ランス潮汐発電所 26% (見込み)					

の熱水の大部分は地下の循環水で、マグマ自身から出る熱水はわずかであるといわれています。原子核エネルギー以外のエネルギー資源はすべて過去および現在の太陽エネルギーから直接または間接にもたらされたものであります。

これらのエネルギー資源の利用は、新しい地熱以外は古くから研究されていますが、現況でもあまり開発が進んでいません。しかし、エネルギー全般にわたる需要増大による資源の逼迫と、石油、石炭、原子力などによっておこる各種の公害を防ぐためにも、改めて研究対象として取り上げることが必要な新しい資源であります。

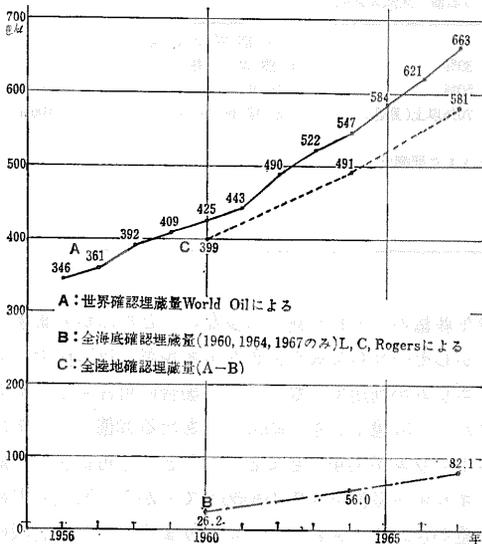
以上のエネルギー資源全体を通じて見ますと、流体エネルギーの可採量は、鉱物エネルギー中最も少なく、生産量は最大で、しかもその需要はますます増大の方向にありますので、まだほとんど開発されていない頁岩油、タールサンドはともかくとして、石油、天然ガス資源の寿命は、ほかのエネルギーに比べて一番短かいように思われます。固体エネルギーの可採量は、流体エネルギーの3倍近い量ですが、生産量は流体エネルギーの60%と比較的少ないことから、流体エネルギーよりも寿命は長いようです。こころみに石油、天然ガスのR/P(可採量/生産量)と石炭、亜炭(褐炭)、泥炭のR/Pを比較してみますと、たやすくわかります。また原子核エネルギーの可採量は、プルトニウムやトリウムを利用する技術を確立できるようになれば、液体エネルギーの4倍近くになりますが、もしそれらの利用がうまくいかない場合は、せいぜい石炭で225億トン位に考えられますので、原子核エネルギーの寿命はたいへん心細いこととなります。また循環エネルギーの可採量や生産量はほかのエネルギーに比べると、一度に使える量は限られていますが、資源の寿命は永久的で、涸渇する心配がないエネルギーであります。

日本におけるエネルギー資源と生産
 ついで日本のエネルギー資源について、第3表にまとめました。この表でわかるように埋蔵量、可採量およ

び生産量のいずれを見ても少ないことがわかります。しかしそのうちで最も大きなエネルギーは石炭で、プルトニウムが利用できないとした場合の可採量は、鉱物エネルギー37億トン中の約90%にあたる32億トン、またプルトニウムが利用できるとしたときでも可採量は、鉱物エネルギー62億トン中の約50%ですから、石炭の占める比重がきわめて大きいこととなります。また石炭の生産量も鉱物エネルギーのおよそ5,100万トン(石炭換算)中の約90%(4,700万トン)と、やはりその大半を占めていることがわかります。循環エネルギーでは水力の可採量(供給可能量)1,600万トン(石炭)/年は、全量2,510万トン(石炭)/年の64%、生産量(発電量)およそ870万トン(石炭)/年は、全量1,210万トン(石炭)/年の72%に相当し、最も大きく、また全エネルギーの生産量中でも石炭につぐ大きさで、日本における水力の重要性を知ることができます[1965年における世界のエネルギー消費量のうち、水力が占める比率は2.1%で、同年における日本のエネルギー消費量のうち、水力の比率は11.3%と、世界の平均比率の5倍以上になっています]

II 海洋エネルギー資源

世界と日本におけるエネルギー資源の埋蔵量、可採量、生産量について、おおよその説明をいたしました。1つ大事な資源が欠けています。それは海洋のエネルギー資源です。世界各国の海洋エネルギーも含めた海洋開発に対する関心は、近年急速に高まってきました。その理由としては、戦後世界の人口増による食糧の逼迫や産業の進展にともなう工業原料の需要増から、陸上における食糧、鉱産物の増産だけでは深刻な供給不足に落ちている懸念が強くなってきたことから、先進各国はその対策として、いままでほとんどかえり見なかった広大な海洋に、包蔵されているぼう大な量をもつ水産、鉱産両資源に注目するようになったからです。なかでも石油、天然ガスなどは当面の主要なプロジェクトと考えられています。本文ではいくつの海洋開発のうち、海洋のエネルギー資源について、種類別に、それらの資源の賦存状況、埋蔵量、開発状況などの概略をのべるとともに、今



第8図 世界石油確認埋蔵量および海底確認埋蔵量の推移

後の進むべき方向 問題点なども簡単にふれることにします。

海洋エネルギー資源には 海洋の大陸棚〔大陸棚は陸地の2倍の広さをもつ海洋のうち 水深およそ200m程度の比較的浅い平坦な部分で 大陸棚斜面上部200mを含めると ほぼアフリカ大陸(陸地の22%およそ 2,000万km²)の広さをもち 海洋の8%を占めています。 また大陸棚(大陸棚斜面を含む)以外は深海で多くは水深4,000m以下を示しています〕下に賦存する石油 天然ガス 石炭や 海水中にとけているウラン 重水素 そのほか 海洋自身つまり海水がもつエネルギーとして潮汐 波浪 海水の温度差などがあります。 そのうち現在最も注目を浴び その開発が急がれている 石油 天然ガス資源からその概略をのべることにします。

1 石油 天然ガス

石油 天然ガスは大陸棚(大陸棚斜面を含む)に包蔵されています。

石油の大陸棚における埋蔵量(推定可採量)はL. G. Weeks(第7表)によるとおよそ7,000億バレルで世界(残存)推定可採量1.8兆バレル(第2表)の40% また陸域推定可採量1.1兆バレルの60%以上 つまり陸地の石油の6割以上に当たる石油が海底にあることとなります。 一方1967年末における海底(大陸棚)の石油確認可採量は513億バレル(第7表第8図)で陸地の確認可採量3,600億バレル(第8図の581億キロリットルから換算)に比べると 海底確認可採量は陸地確認

第6表 各種エネルギー石炭概算表

(7,000 kcal/kg 石炭換算)

石油	1kl=1.43 t	(1) (2) (3)
天然ガス		
油田ガス	1,000m ³ =1.4 t	(3)
炭田ガス	1,000m ³ =1.14 t	(1) (2) (3)
亜炭(褐炭)	1 t=0.5 t	(1) (2) (3)
泥炭	1 t=0.45 t	(5)
木炭	1 t=1 t	(1) (2) (3)
薪	1 m ³ =0.36 t	(1)
ウラン U ₈ O ₈	1 t=240万 t (理論値)	(3)
天然ウラン(イローケーキ)		
U ₈ O ₈	U ²³⁵ のみの場合 1 t=1万 t (1)(2) (推定値) Pu も利用した場合 1 t=100万 t	
トリウム ThO ₂	1 t=290万 t (理論値)	(4)
	ThO ₂ 1 t=200万 t (推定値)	
重水素 ² H	1 t=800万 t (理論値)	(1) (3)
電力(水力)	1,000kW/h=0.6 t 0.35 t 0.125 t (国連による換算率 この場合 従来の日本における換算率 機械エネルギーへの換算の際の損失を考慮したものと)	

注 石油 1 bbl (バレル)=0.16kl (キロリットル) 石油

天然ウラン中 U²³⁵ は 0.7% そのほかは U²³⁸

従って U²³⁵/U²³⁸=1/140

1 ft³=0.0283m³ 1 st=0.9 t

- (1) 1961年 科学技術庁 資源調査会報告 no. 19 "日本の資源問題" による
- (2) 1960年 経済企画庁編 "日本のエネルギー" による
- (3) 1965年 北海道開発庁 北海道鉱工業開発計画調査"石炭化学工業開発調査報告書" による
- (4) 1969年 上田・下川"ウランに次ぐ核燃料トリウム" "エネルギー" vol. 2 no. 1 による
- (5) 1966年 黒沢俊一 "エネルギー問題の現状と将来" 燃料協会誌 vol. 45 no. 471 による

可採量の1/10位しか見つかっていないわけで 海域の探査が陸域よりもかなりおこなわれていることがわかります。 また海域の推定可採量7,000億バレルに対する海域の確認可採量513億バレルの比率は7.3%で あとの93%にあたる石油がまだ発見されていません。 つまり海底の石油は現在1割も発見されていないわけであります。 いいかえますと海底の石油の9割以上がこれからの探査によって確認できるはずであります。 このように大陸棚に多量の石油 天然ガスがまだ発見されていないことは戦後世界の各国とも石油 天然ガスの需要が急増し 陸域からの生産だけでは応じきれなくなってきたことと 探査採掘技術の急速な進歩 発展によって 大陸棚深部の海底油田 ガス田を開発できる見通しがついてきたことなどから 大陸棚に石油 天然ガスを求める動きがにわかに活発化してきたとはいえ 大陸棚開発ははじまったばかりといえるでしょう。 その開発状況は第7~8表 第8~9図に見られる通りであります。 すなわち L. C. Rogersによれば海洋開発に参加している国は 1960年の24カ国から67年には80カ国に 確認埋蔵量は1960年の26億キロリットルから67年の82億キロリットルと3倍以上に 生産量も1960年の2,300万キロリットルから67年には1億3,600万キロリットルと6倍近くにそれぞれ

第7表 海洋・海底エネルギー資源埋蔵量および生産量

種類	賦存状況	埋 蔵 量			備 考	生 産 量
		推 定 埋 蔵 量	推 定 (可 採) 量	確 認 (可 採) 量		
石 油	大陸棚		第1次回収量 (回収率30%) 7,000億パーレル (1,600億トン)	1967年末 513億パーレル (117億トン)	推定量 1963 L. G. Weeks 確認量 1968 L. C. Rogers	1967 1.36億キロリットル (1.9億トン)
天然ガス	大陸棚		3,000億パーレル (700億トン)		1963 L. G. Weeks	不 明
石 炭	大陸棚			1963 (26~30億トン)	1966 科学技術庁資源 調査報告 no. 35	1963 (3,019万トン)
ウラン	海 水	40億トン(40兆トン) プルトニウムも利用したとき (4,000兆トン)				ナ シ
重水素	海 水	46兆トン (3.6垓トン=3.6×10 ²⁰ トン)				少 量

注 ()内の数量 7,000Kcal/kg 石炭換算

ふえています。また全世界埋蔵量に対する海底埋蔵量の比率は 1960年の6%から67年の12%に上昇し、全世界生産量に対する海底生産量の比率も 1960年の1.8%から67年の6.7%と急速に上昇していますので、石油の生産は今後ますます海底に依存することになるでしょう。

天然ガスの海底埋蔵量(推定可採量)はやはり Weeks (第7表) によって3,000億パーレルと推定されていますが、海底の確認埋蔵量(可採量)や生産量ははっきりわかりません。しかしながら戦後世界における天然ガスの埋蔵量 生産量は第10図に示しましたように著しく増大していることや、北海の大ガス田の確認(埋蔵量2兆立方メートル以上)を先鞭として、イタリアのアドリア海、アラスカのクック湾、オーストラリアのバス海峡な

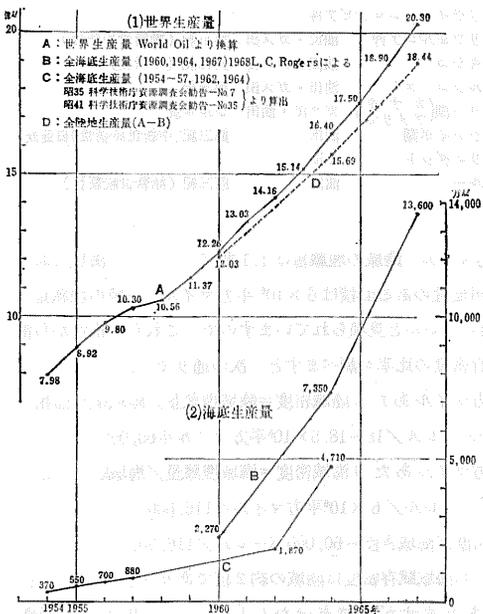
どの海域からガス田がつつぎと発見されていますので、石油と同様に、海底の確認埋蔵量 生産量とも飛躍的に増加していることはまづまちがいないでしょう。

海底油田ガス田の地質時代

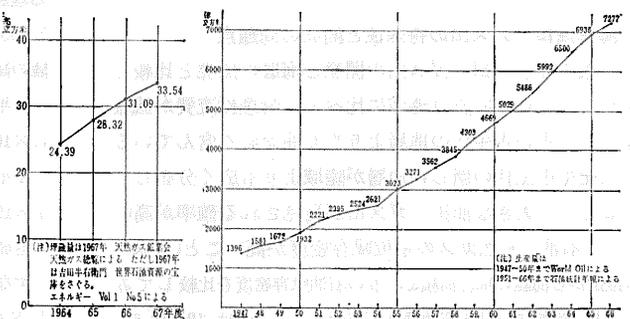
第11図 でわかりますように、海底油田の含油層はいずれも第三紀または中生代の地層であります。海底ガス田には北海の二疊紀やエリ-湖のシルル紀のような古生代の地層中に大きなガス田が含まれていることは、石油とちがって、古い古生層中からも大きなガス田が発見される可能性があるわけではなはだ興味があります。

世界における海底油田 ガス田開発状況

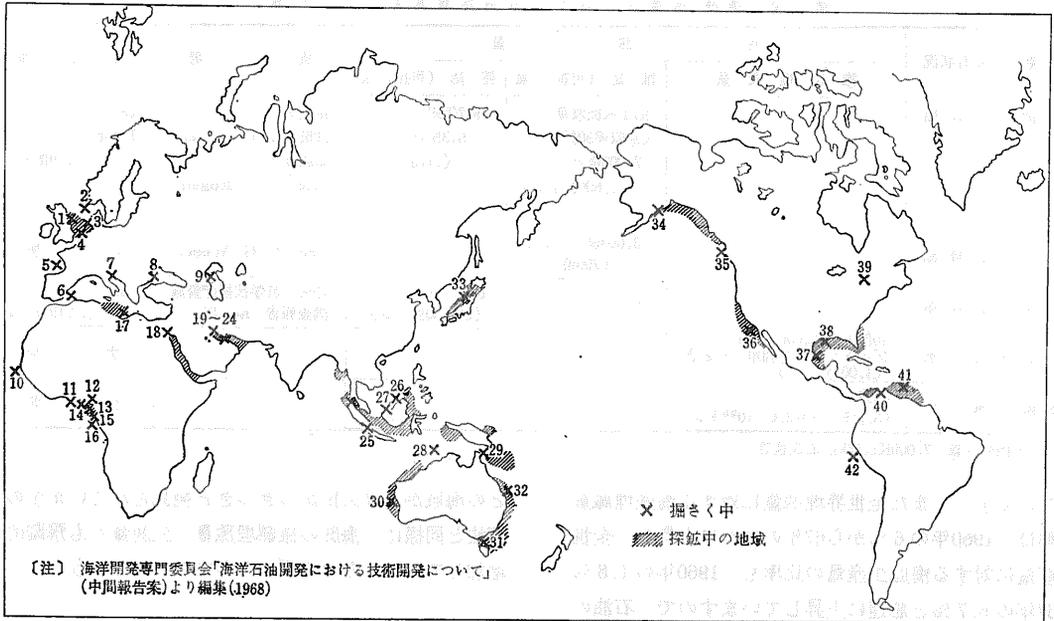
先にもべましたように、世界各国における海底油田ガス田の開発は年々盛大になってきています。その開発状況を第11図に示しました。そのほか開発計画中の地点にはアンゴラ、南アフリカ、モザンビーク(以上アフリカ)、オ-マ-ン-マスカット、イスラエル、イランのカスピ海(以上中近東)、インド西方、タイ(以上アジア)、ニュージーランド(以上濠洲)、アトランチックコースト(以上北アメリカ)、ホンジュラス、ジャマイカ、コスタリカ(以上中央アメリカ)、ブラジル、アルゼン



第9図 世界および海底石油生産量の推移



第10図 世界天然ガス確認埋蔵量・生産量と推移



第11図 大陸棚油田ガス田開発状況(1967年)

1	北海	イギリス	} ガス田	二疊紀	23	カタール	油田	白亜紀ジュラ紀
2	"	ノルウェー			24	サウジアラビア	油田	白亜紀
3	"	デンマーク			25	インドネシア	{ 北スマトラ カリマンタン	
4	"	オランダ			26	ブルネイ沖	油田	第三紀
5	ビスケー湾			27	サラワク			
6	スペイン沖			28	チモール			
7	アドリア海	ガス田	第三紀	29	バプア沖			
8	ブルガリア			30	インド洋	油田	白亜紀ジュラ紀	
9	カスピ海	油田・ガス田	第三紀	31	バス海峡	油田・ガス田	下部第三紀	
10	セネガル沖			32	サンゴ海			
11	ダホメ			33	日本	油田	第三紀	
12	ナイジェリア	油田	第三紀	34	クック湾	油田・ガス田	第三紀	
13	カメルーン			35	ブリティッシュコロンビア沖			
14	フェルナンドポ			36	カリフォルニア沖	油田・ガス田	第三紀(漸新世中新世)	
15	ガボン	油田	白亜紀	37	メキシコ	油田・ガス田	第三紀(中新世)	
16	ガビンダ	油田	白亜紀	38	ガルフコースト	油田・ガス田	第三紀	
17	リビア沖			39	エリー湖(カナダ)	ガス田・油田	シルル紀	
18	スエズ湾	油田	第三紀(中新世)白亜紀	40	マラカイボ湖	油田	第三紀(中新世始新世)白亜紀	
19	アブダビ	油田	白亜紀ジュラ紀	41	トリニダット	油田	白亜紀	
20	中立地帯	油田	白亜紀	42	ペルー	油田	第三紀(始新世晩新世)	
21	デユバイ							
22	イラン	油田	第三紀(漸新—中新世)白亜紀					

チン(以上南アメリカ)などがあります。

海底油田 ガス田の特殊性と開発の問題点

従来の陸上油田 ガス田の開発と海底の開発と比較しますと 海域の探査は陸域に比べて 物理探査費が低廉なこと 古い古生代の地層よりも石油を多く含んでいる第三紀や中生代の新しい地層が陸域よりも広く分布していること 大きな油田 ガス田が発見される確率が高いこと 石油 天然ガスの単位賦存密度が高いこと[Weeksの推定から陸陸の単位面積あたりの石油賦存密度を比較してみますと 陸域における石油埋蔵可能性のある面積は 18~18.5×

10⁶ 平方マイル 陸域の埋蔵量は 1.1 兆バレルで 海域における埋蔵可能性のある面積は 6 × 10⁶ 平方マイル 海域の埋蔵量は 7,000 億バレルと見積られていますので これらの推定から陸陸の賦存密度の比率を調べますと 次の通りです。

$$1 \text{ 平方マイルあたり陸域密度} = \frac{\text{陸域埋蔵量}}{\text{陸域賦存面積}} = \frac{11 \times 10^{11} \text{ バレル}}{18 \sim 18.5 \times 10^6 \text{ 平方マイル}} \approx 60,000 \text{ バレル}$$

$$1 \text{ 平方マイルあたり海域密度} = \frac{\text{海域埋蔵量}}{\text{海域賦存面積}} = \frac{7 \times 10^{11} \text{ バレル}}{6 \times 10^6 \text{ 平方マイル}} \approx 116,600 \text{ バレル}$$

陸域密度 / 海域密度 = 60,000 バレル / 116,000 バレル ≈ 1/2
すなわち海域賦存密度は陸域の約 2 倍であります] など有利な点もありますが 難点はなんといっても海洋の探掘費

第8表 海底油田埋蔵量および生産量

	1960	1964	1967
海洋開発国家	24	66	80
海底油田埋蔵量(億kL)	26.2	56.0	82.1
全世界埋蔵量に対する海底埋蔵量%	(6.2)	(10.3)	(12.1)
海底油田生産量(万kL)	2,290	7,350	13,600
全世界生産量に対する海底生産量%	(1.8)	(4.4)	(6.7)

L. C. Rogers: Offshore Drawing 25% of Oil Dollar: Oil & Gas Journal May 6, 1968 による。

が割高になることであります。とくに大陸棚深部にむかって開発が進むにつれて採掘面での出費がますます多くなるでしょうから石油天然ガスの価格上昇をおさえることがだんだんむづかしくなります。しかしこれからの採掘技術の改良 進歩によって採掘費をかなりコストダウンできると思います。はたしてそれらの技術革新によってどの程度まで石油天然ガスの生産価格をおさえることができるかがこれからの主要な課題であります。つまり石油天然ガスの値上りがある限界をこえることによっていままで眠っていたぼう大な量をもつ陸域の頁岩 タールサンドからの石油の抽出や石炭液化などの計画されているものの企業化も急速に進展し石油天然ガスとはげしく競合することになるでしょう。先に述べましたように頁岩からとれる頁岩油の世界の推定可採量 1.65 兆バレルは石油推定可採量 1.8 億バレルに近い数量で 1966年の全石油確認量 3,900 億バレルの4倍以上もあってそのうち世界の半分以上の推定可採量をもつアメリカではその採掘や抽出方法について研究検討が進められています。またタールサンドの世界推定可採量 2,000 億バレルは1966年の全石油確認量の半分以上でそのうち世界

第9表 1963年における海底炭田の埋蔵量と出炭量

国	全埋蔵量 (億トン)	海 底 埋 蔵 量 (億トン)	海 底 可 採 炭 量 (億トン)	全出炭量 (万トン)	海 底 出 炭 量 (万トン)
イギリス	1,693	25.2 (1.5)	12.6	19,894	1,400 (7.0)
日本	200	32 (16)	7.8	5,205	1,054 (20.2)
カナダ	862	8~14 (0.9~1.6)	4~7	870	400 (46.0)
台湾	5.3	0.9 (17)	0.45	481	38 (7.9)
トルコ	13	0.78 (6.0)	0.57	415	0 (0)
チリ	31	1.8 (5.8)	0.9	151	127 (84.1)
計	2,804	68.7~74.7 (2.5~2.7)	26.3~29.3	27,016	3,019 (11)
世界計	46,038	(0.15~0.16)		192,830	(1.6)

注・全埋蔵量は 推定埋蔵量で 1960年 米国地質調査所報告による だし日本は 1956年 通産省埋蔵量統計調査報告による
 ・台湾は 1963年 中国台湾地質調査所報告 "Economic Minerals of Taiwan" による トルコは1964年トルコ石炭公社資料による
 ・全出炭量は 国連世界統計年鑑 vol. 17 による
 ・海底に関する資料は 1966年 科学技術庁資源調査会報告 no. 35 による
 ・海底埋蔵量・出炭量の()の数字は 各国または世界の全埋蔵量・全出炭量に対する%である
 ・海底埋蔵量が海底可採量のうちいずれか一方だけわかっているものは可採率50%として算出した

の推定可採量の 3/4 を占めるカナダでは1967年9月から一部工場生産に入ったとつたえられています。また石炭液化は戦後南アフリカ共和国で「サゾール」計画として企業化されていますしアメリカでも最近急速にこの研究が進んで 頁岩油の開発よりも有望であるとも報ぜられています。し電力供給面では原子力の追上げも一段と活発化してくると思われるからであります。

以上海底の石油 天然ガスの埋蔵量 生産量 海底油田 ガス田の特殊性と開発状況や競合する頁岩油 タールサンド 液化石炭などとの関連についてのあらましをのべました。

しかしなんといたって海底油田の開発は莫大な資金がかかり かつリスクをとまなつています。しかも開発が大陸棚浅所から 次第に深部にうつりつあります。また開発地域も気象 海況および立地条件など比較的恵まれた地点が少なくなってだんだん条件の悪い地点にむかっていくことでしょう。しかしさきのべた Weeks の推定可採量 7,000 億バレルは かなりひかえめの見積りで 今後の探査の進展につれてさらに増加する可能性があります。

第10表 海外油田開発会社一覧表

会社	開発地点	設立年月	備考
○ アラビア石油	中近東 ベルシア湾	昭和34年7月	
○ 北スマトラ石油開発協力	インドネシア 北スマトラ	35年6月	石油資源系
○ サバタイセキ	インドネシア サバ	39年	帝石系
○ (北スマトラ海洋石油資源開発)	インドネシア 北スマトラ	40年	インドネシア石油資源開発に併合
○ インドネシア石油資源開発	インドネシア 北スマトラ沖 東カリマンタン	41年	石油資源系
○ ジャベックスカナダ	カナダ西部	41年	石油資源系
○ ジャベックスオーストラリア	ニューギニア	41年	石油資源系
○ アラスカ石油	北アメリカ アラスカ	41年9月	帝石系
○ 九州石油開発	インドネシア 南カリマンタン 東南カリマンタン	42年7月	八幡製鉄ほか
○ 中東石油	中近東 アブダビ陸上	43年	三菱グループ
○ アブダビ石油	" " 沖合	43年1月	丸善石油ほか

注 ○印は海洋 そのほかは陸上 なお カタール石油開発 (東京電力ほか) マルゼン オイル オブ アラスカ (丸善石油 アメリカユニオンオイルほか) の2社 は現在設立準備中で 前者はベルシア湾 後者はアラスカのクック湾の海洋油田開発を目指しております

2 次回収の石油 頁岩油 タールサンド

Weeks は海域可採量として さらに石油の2次回収(可採率50%)による可採量の増加分3,000億バレル 海域のタールサンド2,000億バレル 頁岩油1兆バレルを見込んでいますが 石油の2次回収 タールサンド頁岩油の陸域におけるそれらの開発もまだ進んでいない現在 海域の開発はさらに一層困難と思われるので それらを可採量として計上するのはまだ早すぎると考えて 第7表から省略しました。

日本における海底油田 ガス田開発と海外進出状況

日本をとりまく大陸棚の広さは国土の70%に相当し 海底油田 ガス田の発見 開発は十分期待できるように思われます。すでに出光興産はインディアナ スタンダードとくんで日本海の秋田 新潟沖に石油鉱区権を確保して海底探査を開始し ついで昨年三菱 シエルグループは西日本石油開発を設立し 鳥取県の沖合いから山陰九州の北方を経て五島列島に至る海域の試掘権をえて探鉱に入りました。また本年早々帝国石油は九州の天草地区沖合いに 日本石油は子会社 日本石油開発を設立して西九州の沖合いに それぞれ鉱区を出願し 後者は探査の結果有望であればカルテックス グループと共同で 開発する計画をたてております。このように昨年 から日本近海 海底開発の動きがとくに活発になってきましたが これらの鉱区の評価はこれからの探査によって判明してくると思います。もしそれらの開発に成功すれば 立地条件もよく 供給の安定性もえられますから 日本の産業へ大きく貢献することでしょう。一方日本の海外への進出もこの2~3年来著しくなりました。とくに昭和42年10月に石油開発公団が設立されてからは一層積極化してきました。現在海外の海底油田を採掘している会社はアラビア石油 インドネシア石油資源開発で そのうちでも アラビア石油の海底からの産出が大きな部分を占めております。なお現在までに海外の海陸に進出している会社および開発地点などをあげますと 第10表の通りであります。

2 石 炭

大陸棚の海底炭田(厳密な意味では 例外なく海陸にまたがる炭田で 海陸炭田といえます つまり いずれも陸域の採炭からはじまって海域に発展しているか 海域への展開が期待されているものです)については 第9表にかかげましたように 現在開発されている国はイギリス 日本 カナダ チリおよび台湾で そのほかトルコも近く海底から採炭する計画をたてております。トルコも含めた上記の6カ国の全埋蔵量はおよそ2,800億トン 海底埋蔵量

は68~78億トン 海底可採炭量は26~30億トン また全埋蔵量に対する海底埋蔵量の比は2.5~2.7%で さらに世界埋蔵量に対する海底埋蔵量の比は 0.15~0.16%と きわめて低い比率です。また6カ国の全出炭量は 2.7億トン 海底出炭量は3,000万トンで 全出炭量に対する海底出炭量の比は 11%を示し 埋蔵量における比率に比べるとかなり大きいことがわかります。これは海底調査が陸上に比べて著しく困難なため調査があまり進んでいないことや 海底の石炭が一般に良質で製鉄用原料炭が多いことから 海底採炭を積極的に進められていることを示しているように思われます。

なお世界全出炭量に対する海底出炭量の比は1.6%で 埋蔵量のそれらの比率よりも大きく なおミルトン海 イスラエル沖 アラスカのケナイ半島 カナダのマッケンジーとパリー島 ブラジルのナザーレ アルゼンチンのサンタクルズとサンディゴなどの未稼行の海底炭田に関する埋蔵量は 不明なため計上していません。これらの海底炭田における夾炭層の地質時代は 大半石炭紀か第三紀に属していますが カナダの炭田には白亜紀のものもあります。そのうちナナイモ炭田は 現在稼行されている唯一の炭田です。炭質も先にのべましたように一般に良質な瀝青炭で 多くは原料炭としてつかわれています。例外として カナダの炭田に褐炭がありますが 1つは稼行を中止し もう1つは未稼行なので 現在出炭はありません。なお海底炭田から出炭している6カ国のうち海底可採炭量と海底出炭量はいずれも1位のイギリス 2位の日本との2カ国だけで その大半を占めていますが 国別の全埋蔵量に対する海底埋蔵量の比では 日本16% トルコ6% チリ5.8%の順で また全出炭量に対する海底出炭量の比ではチリ84.1% カナダ46% 日本20.2%の順で チリではほとんど海底から出炭されています。このように海底に良質な石炭をもっている国や 海底炭田に依存している度合の大きい国は 海底炭田の探査 開発に力を注いでいますが 世界の石炭埋蔵量から見ますと 製鉄に必要な原料炭はともかくとして石炭資源は陸域だけでもまだまだ不足していませんので 海底から採炭している国のほかは一般に海底炭田に対する関心はあまりもっていないように思われます。(世界海底炭田図は 紙面の都合で省略 地質ニュース No.170 p28世界の海底炭田分布図を参照)

さて海底(大陸棚)における炭田の賦存量を念のため石油 天然ガスと同様に 地質状況 採掘条件などからみますと多くは期待できないようであります。その理由として 石油とは反対に 世界の炭田は一数量的に

はまだつかんでいませんが一質量ともすぐれているのは古い古生代の石炭紀や二疊紀の地層に集中する傾向にあります(ただし亜炭・褐炭を含めると新しい第三紀の石炭も量的にはぼう大なものとなるでしょう)ので石油の項でのべましたように大陸棚に古い地層が陸上よりも少ないことは質量的にすぐれた石炭を含んだ古生代の地層が少ないこととなります。さらにもう1つの理由は現在の採掘技術一むしろこれが決定的な条件ですが一ではたとえ炭田が発見されたとしても石油や天然ガスのように海上から直接採掘できないことであります。すなわち石炭の採掘は一とくに地質・炭層条件に恵まれたときは人工島をつくって開発されることはありますが一多くの場合陸地から採掘が進められていますから水深によって制限をうけることのほかに陸地からの距離にも大きく制約されているわけです。

なおほかのエネルギー資源では代用できないもので製鉄に重要な原料炭について簡単に述べます。世界の全石炭推定埋蔵量は第2表でわかるように約4.6兆トン・推定可採量は約2.3兆トンであります。また全瀝青炭の推定埋蔵量は約1.5兆トン・その推定可採量は7,000~8,000億トンと考えられますがさらに原料炭に限った場合その確定埋蔵量は約550億トンといわれています。この確定埋蔵量は世界の全鉄鉱石確定埋蔵量約2,500億トンに比べますと著しく不足していることがわかります(普通高炉における原料比はおよそ鉄鉱石1.5に対してコークス0.5。また原料炭からコークスの生産比は約0.8)。このような原料炭資源の不足は原料炭の生産供給面にも大きくひびいています。とくに日本は主要鉄鋼生産国(世界第3位)で最も製鉄原料を海外に依存(鉄鉱石90%以上原料炭60%以上)していますので今後の製鉄業の拡大発展する上に比較的入手しやすい鉄鉱石に比べて原料炭確保は深刻な問題となっています。また現在海外輸入原料炭のうち80%をアメリカに依存していますので日本の製鉄業はアメリカ炭の値上りや炭鉱ストなどによる影響を大きく受けることをさけるため現在石油と同様に供給地の分散に努力しています。このような状況からもう一度世界の海底炭田をみますと港湾から離れた炭田に比較して海底炭田は直接石炭を船積することができますので輸送コストは著しく安くあがるという立地条件に恵まれています。したがって海底炭田のうち良質な原料炭をもち今後の発展が期待できる炭田を緊急にさがすことが必要でしょう。

3 ウ ラ ン (第12図参照)

1967年E.N.E.Aの発表(第4表)によるとポンド当り10ドル以下の安いウラン埋蔵量は U_3O_8 として約83万ショートトンで一方1980年までに自由世界諸国全体に必要な需要量の累計は約50万ショートトンと推定されていますので一応1980年までは十分まかなえるように思われます。しかしウランは石油・石炭のようにそのまま比較的簡単な処理をただけでは使えません。つまり燃料用としてかなり複雑な加工をしなければなりません。ということは探査から燃料としての製品をつくるまでの期間工場の生産能力およびその過程におけるウラン鉱の減量を考慮する必要があります。最近のカナダにおけるウラニウム委員会の報告によりますとウラン燃料は探査から製品として入手するまで普通8~9年かかり現在自由世界におけるウラン燃料の生産能力は1967年の2万ショートトンから1980年の3.8万ショートトンと推測されています。一応その委員会の発表をもとにいまから1980年までの累積生産量を概算してみますとせいぜい40万ショートトン位に思われます。

またウラン探査から開発生産をへて実際に入手できる量は埋蔵量60万ショートトンの場合で46万ショートトンということですから実収率は76%になります。この比率によって1967年におけるポンド当り10ドル以下のウラン埋蔵量83万ショートトンから生産できる燃料を計算すると63万ショートトンと見積ることができます。このような点からたとえ今後の探査によってポンド当り10ドル以下の安いウランが増加するとしてもウラン燃料の需要に対する供給量はたいへん心もとないことがわかります。さらに1980年以降になりますと安いウランの確保がますます困難になって一部はポンド当り10ドル以上のウランをつかう可能性が大きくなるように思われます。もっともその頃に予定通り先進国によって高速増殖炉を実用化することができればウラン燃料からとれるプルトニウムも燃料として利用できるわけですから従来のウラン燃料の100倍位に相当する量を燃料としてつかえることになってポンド当り10ドル以上のウランも経済的に採掘生産して利用できるようになるでしょう。しかし自由世界におけるウラン推定埋蔵量はポンド当り15~30ドルの推定追加資源量を含めても約500万ショートトンですからプルトニウムを利用したとしても石炭換算でおよそ2.3兆トンで石炭の可採量2.3兆トンと同量ですから思ったより多くありません。また今後各国ともかなり勢力的に探査を進めるにしてもウランの需要増に見合う新しい鉱量を発見することは従前通りの調査の進め方ではなかなかむづかしいよ

うにみえます。なお参考のために ENEA の1965年と1967年における報告を比べますと ポンド10ドル以下の埋蔵量は64万ショートトンから83万ショートトンにふえていますから 2年間の調査による増量は19万ショートトンになります。

このように資源面から見ますと 石油時代について原子力時代が到来するとしても 原子力時代は思ったより持続性がないように見えます。しかしながらここで注目すべきことは ウランは岩石や地層中以外のほかに 海水中にもとけていることです。その含有量は平均0.003グラム/トン と微量ですが 全海洋中のウラン総量は下記の式から計算しますとおよそ40億トンになります。

$$\text{海水総量 (1.37} \times 10^{18} \text{トン)} \times \text{含有量 (0.003グラム/トン)} \\ = 41.1 \times 10^9 \text{トン}$$

したがって海水中のウランは陸上のウラン推定埋蔵量450万トン (ポンド30ドル以下の推定追加資源量を含めた総合計 第2表 第4表参照) の900倍以上に相当しこれを石炭に換算しますと40兆トン プルトニウムも利用した場合は 4,000兆トンと莫大な量になります。

もしこの海水のウランを経済的に抽出できるようになれば海水のウランは原子力時代をささえる大黒柱のような 有力な資源となることでしょう。

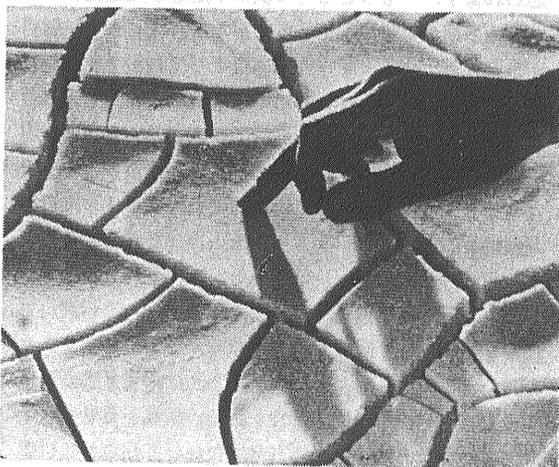
イギリスでは早くから海水中のウランをとる問題に着目し研究がつつけられています。1967年 ENEA の報告によりますと 世界の海に面した敷地点で 年間数1,000トンの割合でウランをとりだすことができるといわれています。さらに現在も研究 検討が進められています。抽出コストはやがてポンド当り11~12ドルになる見通しで もう少しで経済的に採算がとれるだろうとのことです。イギリスと同様にウラン資源に乏しく

四囲を海にとりまかれている日本も 海外にウラン資源の確保につとめると同時に 陸域のウラン資源の逼迫も必至と見られているおりから 海中のウラン資源を抽出する研究を推進することも必要 と考えられます。

いずれにしても原子力開発の進展にともなうウラン資源の需要増にそなえて 日本もできるだけ早くイギリスのウラン抽出技術に追付いて できれば追抜けるような技術を確立したいものです。もし海水からウランを抽出することができれば 海水がもつぼう大な資源をそっくり その場で国内の資源として安心してつかうことができますから 日本のウラン資源の安定と自給自足に大きく貢献することになるわけで これまでエネルギー資源に乏しかったわが国は ことウランに関しては一躍 “持てる国” になるでしょう。

4 重水素 [普通の水素の元素記号はHで重水素のそれはDまたは²Hであります。また重水素を二重水素ともいわれています]

20世紀は化石燃料時代 21世紀は原子力時代といわれていますが もしも高速増殖炉の開発が思うように進展しなかったり 放射能灰の処理などから生じる公害から原子力発電を制限しなくてはならないことがおこるかも知れません。その場合ウランあるいはトリウムによる原子力時代につぐものと期待されている核融合発電があります。核融合発電は水素爆弾の核爆発 つまり重水素と重水素との核融合反応によってできるエネルギーをゆっくりととりだす方法で いいかえると太陽で行なわれている反応を地上でつくりだそうというこころみであります。この発電は “人類の永遠のエネルギー” といわれ やはり原子力発電の一種でさきのウランなどの核分裂を利用する発電とともに 広義の原子力発電であります。このように核融合発電につかわれる重水素は普通海水の水素原子6,500個について1個の割合で存在しています。つまり海水1トン中に34グラム含まれているわけです。また海水の総量は前述しましたように 1.37×10^{18} 立方トンですから 海水中の重水素の総量は $(1.37 \times 10^{18}) \times (34 \times 10^{-6})$ トン $\doteq 46 \times 10^{12}$ トン で およそ46兆トンになります。すなわち海水のウラン総量40億トンの1万倍以上もあることになります。しかも重水素がもつエネルギーの大きさは石炭の800万倍に匹敵するとされていますので 海水中の重水素のエネルギー総量は第7表に示しましたように石炭に換算しますと $46 \text{兆トン} \times (8 \times 10^6) \doteq 3.6 \times 10^{20}$ トン (3.6¹⁰兆トン) という天文的な量です。現在世界における年間エネルギー消費



第12図 海水より抽出されたウラン鉱 (イギリス spectrum no. 45 1968より)

第11表 海洋エネルギー開発状況(1968)

種 類	設 置 地 点	出 力	年 間 発 電 量	備 考	
潮 汐 発 電	フランス ソ 連	ランス河口 コラ半島	24万kW 32万kW	5億4,400万kW/h 1966年12月完成 1968年12月完成	
	アメリカ フランス	ファンデイ湾 モンサンミッシェル湾	100万kW		計 画 "
	イギリス	セバーン河口		30億kW/h 120億kW/h	"
	海水温度差発電	フランス	アフリカ象牙海岸	6,000kW	1948年完成 その後の状況不明
波 力 発 電	日 本	航路標識用ブイ 灯台用観音崎	10W 500W	100個以上使用	
潮 流 発 電 海 流 発 電				未 利 用	
海水揚水発電	フランス イギリス 日 本	ランス河口の潮汐発電に一部併用 90万kW		計 画 目下検討中	

海洋のエネルギー

海洋自身もつエネルギーには 潮汐 潮流 海流 波浪 海水の温度差などがあります。 そのうち 潮汐 波浪および海水の温度差による発電が近年やっとエネルギーとして利用できるようになってきました。 これらの発電は現在のところ火力発電の出力 発電量に比べると大きくありませんが さきへのましたように公害の心配や燃料の補充を考慮しなくてもよい

量は第5図でわかりますようにすでに50億トンを超えています。 かりにいまから年々50億トンの割合で消費した場合—もちろん世界のエネルギー消費量は1970年頃には石炭換算で60億トンを超え さらに増大をつづけるでしょうが—700億年以上もつづくわけです。 現在地球が誕生してから45億年 人類が地球上に出現してから100万年(最近400万年という意見も発表されています)といわれていますので この700億年という期間は地球の年令の15倍以上 人類の歴史の7万倍で まず実際問題として無限と考えてよいものであります。

このように核融合発電の燃料である重水素は 海水中に無尽蔵にあります。 しかも海水から抽出するのに要する費用は1グラム15~22円と1グラム5,000円もするウランの価格に比べて格段に安いこと ウランのように放射能を心配する必要がないこと 直接発電ができて効率がよいこと 比較的小型でも大出力の発電ができることなどの長所をもっています。 しかし問題は原子炉の開発で、すでに先進各国とも早くからこの問題にとりくんで 着々と研究を進め かなりの成果をあげていますが まだ解決しなくてはならない多くの課題が残されています。 なおこの発電の実現は早ければ20年後 おそらくとも21世紀初頭といわれています。 また日本も早くから基礎的研究をつづけてきましたが いよいよ昨年から本格的に開発研究の体制に入りました。

いずれにしても重水素は海水中に無尽蔵にありますし抽出技術もすでに確立され かつ低廉ですから 資源面での問題は全くありませんので いつに原子炉の完成 実用化に焦点がしぼられているわけでありす。 このように重水素は人類の未来を保証するエネルギーとして期待されていますが この資源は海水に含まれていて 陸地では求められない海洋特有の資源ともいえるものであります。

などの利点をもっていますので 研究 開発に充分値するプロジェクトであります。

5 潮 汐 発 電

1966年11月 世界で最初の潮汐発電所がフランスのランス河口に建設されました。 その規模は1万キロワットの出力をもつ低落差タービン24基をもち 総出力24万キロワット 年間の発電量5億4,400万キロワット時と報告されています。 また昨年のニュースによればソ連コラ半島の湾内に出力32万キロワットの 実験用潮汐発電所を建設中で 運転開始は同年12月とのことでしたから 予定通りに建設が進んでいれば現在すでに運転されていることでしょう。 そのほかアメリカのファンデイ湾に出力100万キロワットの大発電所 フランスのモンサンミッシェル湾発電所(年間発電量30億キロワット時) イギリスのセバーン河口発電所(年間120億キロワット時)などの計画があります。

この発電は潮汐の干満による海面の高さの差を利用するものです。 アメリカのファンデイ湾沿岸における干満の差は世界最大で6~17m 干満のたびに20億トンの海水が移動しているといわれ またフランスのランス河口の最大潮差も13.5mと顕著ですが 日本では最大潮差を示す西九州沿岸でも最高4.5mであり大きなものではありません。 したがって日本近海は潮汐発電の立地条件としてはあまり恵まれていません。 しかし日本でも早くから九州の大村湾を利用して早岐に運河を掘って東支那海と大村湾さらに有明海の潮差を利用する計画とか 愛媛県佐田岬に運河をつくる計画に潮汐発電も考えたことなどがあったといわれています。 また最近では四国電力の社内研究として瀬戸内海の2地点(香川県栗島 愛媛県松山市沖の由良湾)をえらんで試算されたことがありました。 その報告によりますと両地点におけ

る発電出力は3万~1万キロワット程度で 現在の技術ではまだ採算がとれませんが もし2~3mの落差でも効率よく電力をとりだせるような低落差のタービンの開発ができれば 可能となるかも知れないと結論されています。 なお先にあげた佐田岬における運河と発電の計画に 海中のウラン抽出試験場と原子力発電所の建設という一石四鳥というアイデアも検討してみたいテーマであります。

6 波力発電

波浪のもつエネルギーは例を日本海にとりますと 海岸によせる波浪は海岸線1kmについて7.5キロワットで日本の海岸全体では3,000kmといわれていますので 普通の荒天では日本の海岸における波浪は2億2,000万キロワットと莫大なエネルギーをもっています。 しかしエネルギーの質としてはあまりよくありません。

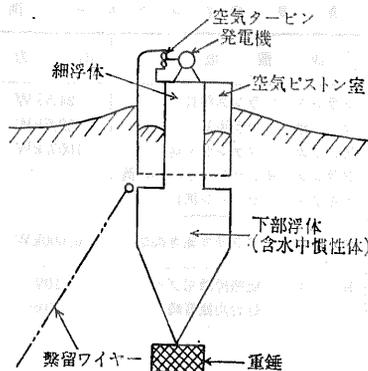
この波浪を利用して発電する研究開発は 日本が一番進んでいて すでに航路標式用ブイとか 灯台用の電力に活用されています。

これらの発電はいずれも防衛庁の益田善雄技官によって開発されたもので 発電の原理は第13図にかかげましたように波の昇降運動による力を利用し 空気をおしひきさせて空気タービンを回転させるしくみですが 発電規模は小さいので いまのところ特殊な用途に限られています。 現在つかわれている航路標識用発電機の性能はたいへんすぐれたもので 国内の需要はもちろん 海外からの問合わせも多いようです。 また 灯台用も すでに神奈川県観音崎沖灯台の500キロワット発電の開発に成功しています。

しかしこの発電は今後用途面で燃料電池 太陽電池および原子力電池などと競合することになるでしょう。 なおまだアイデアの段階ですが 海岸線に沿って護岸用もかねたかなり大きな波浪発電所建設という考えも研究次第では具体化するかも知れません。

7 海水温度差発電

この発電は第14図に示しましたように 海水の表層と深部との温度差を利用する方法で 原理は温度の高い表層水を蒸化器の中で減圧し これを蒸気にかけてタービンをまわし つかった蒸気を 深部からくみあげた冷たい海水で冷却 液化するやり方です。 1948年フランスによってアフリカの象牙海岸にこの方式による出力6,000キロワットのテストプラントが建設されましたが これが世界で初めてで唯一の発電所です。 しかしその後の経過は全く不明ですが この発電はもともと海水から淡水をつくるのが主目的であったようで



第13図 波力発電機(浮遊型)の原理図 (科学技術庁資源調査会報告 第7号1960より)

最近同地点付近に淡水化用の火力発電所が運転されていることから 海水温度差発電は中止されたのではないかと (海外電力事業調査会 深井秀和談) と思われます。 この発電の問題点はタービン設備がかさばって経費がかかることとあります。 日本ではまだこの発電は計画されたことはありませんが 海水温度の高い低緯度地域たとえば小笠原群島とか沖繩諸島に適した地点があるかどうか 検討してみるのも興味があります。 なおこの発電は副産物として淡水がえられることから 飲料水電力に恵まれていない とくに 公害をさけたい島などに建設できれば たいへん有用だと思われます。

未利用エネルギー(潮流 海流)

潮流は潮汐の影響をうけてあらわれる現象で 潮流の強い地点は海峡ですが まだどの国でもそのエネルギーを利用していません。 わが国においても比較的利用できそうな海峡 水道 瀬戸などの地点の例をあげますと 通過する流水エネルギーは津軽海峡で2,600万キロワット 九州の八代湾南部の長島海峡で420万キロワット 鳴戸瀬戸で150万キロワットといずれもぼう大な潜在エネルギーをもつて流れております。 海流は潮流よりもっとぼう大なエネルギーをもっていますが 利用面では潮流よりもはるかに条件が悪く 開発が困難なエネルギーであります。

海水揚水発電

この発電は海陸にまたがるもので 厳密な意味では海洋エネルギーに入りません。 発電方法は海水や海水面を利用するほかは一般の揚水発電 [一般の揚水発電方式は発電地点の上流側と下流側とにそれぞれ貯水池(上池 下池)をつくって夜間などの余剰電力を利用して下池から上池に揚水しておいてピーク時に発電できるのもであります。 また上池下池を既設の貯水池をつかって どちらかの貯水池を建設しないですむ場合もあります] の型式と同じですが 下池にあ

第12表 各種発電の建設費および発電単価

種類	建設費 1kW当り	発電単価 1kW/h当り
水力	12~15万円	3円台
火力	重油 3.6~4.1万円	重油 1.98~2.38円
	石炭 4.6~4.9万円	石炭 2.60~2.38円
地熱	10万円(松川 イタリヤ ニューゼーランド) 12~13万円(大岳)	1円台(イタリア ニューゼーランド) 2~3円(大岳 松川)
原子力	(1) 5~7万円(アメリカ) (2) 6.6~9.7万円(イギリス) (3) 8.5~10.6万円(イギリス)	(1) 1.77~2.45円(アメリカ) (2) 1.91~2.55円(イギリス) (3) 2~2.6円(イギリス) (4) 1.66円(カナダ スウェーデン) (5) 1.50円(西ドイツ)
核融合		1円内外(見込)
潮汐	12.5万円(フランス)	3円台(フランス)

注 注のないものは日本における平均建設費または発電単価

- (1) アメリカ軽水炉
- (2) イギリス天然ウラン黒鉛ガス炉
- (3) イギリス天然ウラン重水減速冷却炉
- (4) カナダ スウェーデン天然ウラン重水炉
- (5) 西ドイツトリウム高温ガス炉

たる貯水池を省略して海岸を利用する方法で 下池の海水をつかうので混水を心配する必要がありません。またこの発電はフランス ランス河口の潮汐発電で 一部併用されているだけで 世界でまだ単独には建設されていませんが イギリスの90万キロワット発電計画のほかアメリカ ソ連にも計画があるようです。この発電は潮汐発電 海水温度差発電とともに 海水の腐蝕 海水生物の付着などの防止対策を考慮する必要がありますがこの点フランスでは潮汐 海水温度差などの発電建設ですでに解決済みでしょう。日本では最近電力会社によって 候補地点をえらんで検討が加えられています。

む す び (今後のエネルギー資源の展望)

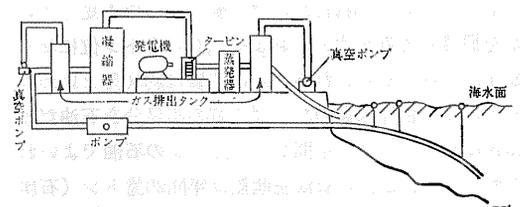
本文ではいままでにわかった世界および日本における各種エネルギー資源の埋蔵量 可採量 生産量などの表つまりエネルギー資源の財産目録と支出の一覧表をつくとともに それらの今後の推移をさぐるために 最近の資源量や生産および需要量の推移図をつくってみました。さらに新しい開拓分野の海洋エネルギー資源についてその概略を紹介しました。

しかしながら これからの調査の進展につれて 確認または確定埋蔵量や可採量はますます増えていくことでしょうし 推定および予想埋蔵量や可採量もかなり変動することと思われます。また可採率や回収率および利用面における技術の確立と革新によって可採量(利用面では利用量ともいえるもの)は著しく増加することでしょう。たとえば これからの調査によって 海洋の油

田 ガス田の確認埋蔵量は大幅に増大していくでしょうし 採掘技術では石油における火攻法 天然ガス 頁岩油 石炭などにおける地下核爆発による回収 石炭の地下ガス化による活用などの技術の確立によって可採量は増加するでしょうし また利用技術では 原子力における新型転換炉や高速増殖炉などの実用化によって 資源の利用量は飛躍的に増大することはまちがひありません。とくに最近西ドイツでは新型転換炉の一種である高温ガス炉の研究が著しく進んできました。この炉は第2の「夢の原子炉」ともいわれ エネルギーのコストは高速増殖炉なみで これまであまり注目されていなかったトリウム資源もこの

炉の開発によって脚光を浴びてきました。

前にのべましたが 今後エネルギーの需要はますます増大するとともに 各種エネルギー間における競争も一段とはげしくなるでしょう。現在電力面における主力は石油 石炭ですが いずれ原子力がこれらにかかわると予測されています。この場合やはり一番問題になるのは その経済性でそれらの発電所の建設費 発電単価でしょう。ここに各種エネルギーによる現在の建設費発電単価を第12表にかかげましたが この表で見ますと原子力発電は 石油などの火力発電に充分対抗できるように見えますが アメリカにおいて実用炉といわれる原子炉でも順調に運転されているのは1つもないことから 実際の建設費や発電単価は表にかかげた見積りよりもかなり高くなっているようで 原子力発電計画は予定よりも大分おくらせているように思われます。要するに石油の値上りあるいは原子力発電のコストダウンとによって両者のコストが逆転したときには はじめて電力の主役が石油から原子力にかかわることになるでしょう。



第14図 海水温度差利用発電原理図 (1960科学技術庁資源調査会勧告 第7号 より)

しながら原子力が競合できないもので、石油や石炭のような化石エネルギーだけに限られた重要な利用面があります。それは化石エネルギーの化学工業原料への用途であります。現在すでに合成せいの合成ゴム、合成皮革、合成樹脂、医薬品類、建材類、その他種々の工業用原料が盛んにつくられていますが、さらにまた石油、天然ガスから、家畜飼料や人造食糧への利用が研究されています。この研究が進んでいる国は、アメリカ、イギリス、フランス、日本（鐘淵化学、大日本インキ、旭化成、東洋高圧ほか数社によって研究中で、来年度からまず飼料用の企業化の予定）などでその実用化の日も近づいています。これは世界の人口増によってますます深刻になってきている食糧対策のためであります。つまり人体に必要な動物性たんぱく質を、現在の陸海の食糧資源にたよるだけではすでに限られていますので、石油、天然ガスの酵母から良質のタンパクをつくってその不足分を充足しようとするところみであります。昨年フランスではブリティッシュ・ペトロリウム会社の技術を導入して石油による食糧生産工場の建設に着手しています。このように石油、天然ガスあるいは、石炭が人間の衣食住に欠くことのできないものに成長しつつあります。

最近の説では地球ができたばかりの原始海中で、石油のような高炭化水素化合物でできたいわゆる“コアセルベート”の溶液から原始生物が発生したといわれています。つまり石油から生物が誕生し、多くの生物がまた多くの石油をつくり、最後に生まれた人類は石油を動力や燃料に盛んにつかい、多くの石油をきて、多くの石油でつくられた家や道具をつかい、いままた石油をもたべて生活しようとしているわけですから、また海中に生れた生物から発展した人類がふたたび海中や海底に資源をもとめてもぐろうとしています。すでにわずかながらもとられている永遠のエネルギーといわれる重水素や、新たにウランなどのエネルギー資源を海中にさぐるようとしていることは、なんとこの生物の運命のめぐりあわせでしょうか。これからのウラン、重水素はともかくとして、石油をはじめとする炭化水素源は人類と密接な関連をもっています。

いま世界全体で動物性たんぱく質がどの位不足しているかを概算してみますと、およそ1,000万トン位になります。石油からとれるたんぱく質は約50%といわれていますので、世界人類のたんぱく質の不足分を石油だけでおぎなうとすれば、年間2,000万トンの石油でよいわけです。いま世界の石油生産量は年間20億トン（石炭で27億トン）程度ですから、生産量の1%の石油分を食

糧用にまわせばよいことになります。このように衣食住にますます活躍が期待される石油、天然ガスあるいは石炭は、やはり有限資源でありますから、燃料や電力などにつかうのはたいへんもったいないことで、燃料や電力用にはできるだけ早い時期に原子力発電や核融合発電にかかわることが望まれます。

以上エネルギー資源について、おもちゃ箱をひっくりかえしたように雑然とのべましたし、またこまかい点にもふれませんでしたので、たいへんわかりにくいことが多かったと思います。しかしこれからの日本のエネルギー対策はきわめて重要と思えますし、衆知を集めて進めなければならない大事な課題と考えられますので、これを機会に、読者のみなさまからエネルギー資源に関する種々のご批判やご意見をいただければ、まことにありがたく存じます。

欄筆にあたって写真の提供および色々ご教示をたまわりました海中開発技術協会理事、工藤昌男、海外電力調査会、深井秀昶の両氏に深く感謝いたします。

(筆者は燃料部)

主要文献(順不同)

- (1) 科学技術庁(1960): 資源調査会報告 第7号
- (2) " (1961): " 報告 第19号
- (3) " (1966): " " 第35号
- (4) 燃料協会(1966)(1967): 燃料協会誌 vol. 45 no. 471 vol. 46 no. 478 479
- (5) 東亜燃料工業株式会社(1966): 東燃世界石油ニュース no. 122 ほか
- (6) 日刊工業社(1968): エネルギー vol. 1 no. 10 ほか
- (7) 地質調査所編(1968): 地質ニュース 170号
- (8) 有沢広巳編(1962): 日本のエネルギー問題 岩波新書
- (9) 高橋 実(1962): エネルギー コロナ社
- (10) 押田 勇雄(1964): エネルギーの話 ブルーバックス
- (11) 佐々木忠義編(1968): 海洋開発への挑戦 日刊工業社
- (12) M・ワシリエフ(小林茂樹訳)(1968): 明日をひらくエネルギーの世界 白揚社
- (13) 天然ガス工業会(1967): 天然ガス総覧
- (14) 石油開発公団(1968): 石油の開発 vol. 1 no. 2 ほか
- (15) 通産大臣官房編(1967)ほか: 本邦鉱業の趨勢
- (16) US Bureau of Mines(1965): Minerals Yearbook vol. II ほか
- (17) L. G. Weeks(1965): 700 billion bbl await drillers on continental shelves Oil & Gas Journal vol. 63 no. 25
- (18) 石油評論社(1967): Petroleum Press Service vol. 34 no. 10 ほか
- (19) 日本石油編(1962): 石油便覧
- (20) ENEA Report(1967): Uranium Resources Revised Estimates
- (21) 後藤憲一(1968): プラズマの世界 ブルーバックス
- (22) 矢野恒太郎記念会編(1968): 日本国勢図会 国勢社