

世界のウラン資源と原子力発電

肥田 昇・林 昇一郎

世界のウラン資源の現状と原子力発電についてその概要を述べておきます。

ウラン生産の現状と埋蔵量

生産概況

ウラン鉱の開発が1959年をピークとして次第に下降しとくに最近のウランの最大の購入者のアメリカが買付契約の“Stretch out”を1962年11月に発表したのがこれは1966年に終る長期買付契約を1967年68年に引延しさらに69年と70年に前の2年間に延ばされたと同量のものを買付けようというものであった。これによる1967~70年のAECとの契約量は約32,500トン(第5表参照)であるが果たせるかな原子力発電の経済的見透しが明らかになりウラン原料確保が問題化して再び第2次のウランブームを迎えるようになった。

一方となりのカナダでも各国のウラン原料調査団の入国が相次ぎブーム的現象を呈しているようである。しかしウラン資源の探鉱活動開始後非常に地質的環境に恵まれたことと政府および民間企業の活発な探鉱の結果数年にして世界最大の資源国となった反面その華かな発展後の沈滞期に業界の整備再編が相次ぎ過去の24社から現在の大手4社となり鉱山もわずか4山となっている。しかし最近ではすでにアメリカの鉱山および石油系の資本の鉱区獲得フランス国策会社の進出英国・ドイツとの長期契約などウラン鉱業の話題はますます明るくなっている。また世界第3の生産国である南ア共和国はもともと金鉱の開発に伴ってウランが生産されているのでウラン鉱業の沈滞の影響はそれほど大きくなくまた生産量も著しく低下していない。

一方鉱山開発を進めて以来ほとんどそのペースを落さずウラン鉱の開発を意欲的に進めているフランスはその生産量はほとんどコンスタントな量を維持しているこれはもちろんフランスのウラン鉱開発生産が国営として進められているからである。

オーストラリアも1961年をピークとして次第に生産は低下し英本国との契約終了後は1,000トン台から500トン以下になっている。

第1表に1956~1964年までのウランの生産量を示したがこれを見てもわかるように1959年のピークが43,450トンで64年にはその約 $\frac{1}{2}$ に近い25,600トンとな

はじめに

すでにご承知のように昨年の11月に日本で初の商業原子力発電所が日本原子力発電機の手によって営業運転に入ったのを初め第2第3…の原子力発電所の建設が開始され計画されております。もちろんこれまでは茨城県東海村にある日本原子力研究所にはすでに実験用の原子炉が4基もありそのほか小規模の実験炉が大学の一部に設置されています。これらの実験用の原子炉の燃料は非常に少なく大して問題にするものではありませんが商業用の原子力発電ではその燃料になるウラン燃料が年々消費され次々に追加して行かなければなりません。このように日本での原子力発電が次々に行なわれるようになると燃料となるウランの手当を長期的にしなければなりません。

いま発表されている計画からみても昭和50年には全国で約450万kWの原子力発電所が稼働し昭和60年には約3,500~4,000万kWと比躍的にふえる見透しでそのときの全発電設備の $\frac{1}{4}$ を超えるものといわれています。これは日本のみのことですがまた世界の先進諸国でも相当大規模な原子力発電計画をもっておりその燃料となるウラン資源の確保が今や各国の重要な問題となっています。

日本では地質調査所と原子燃料公社との国内探鉱の結果岡山・鳥取県境を中心として岐阜県東濃地方その他で約3,000トン近いウラン(U_3O_8)を獲得しておりますが今予想される将来の原子力発電のウラン所要量は昭和60年には天然ウラン U_3O_8 累積所要量約10万ショートトン(低濃縮16,500トン)となり今後の探鉱成果があがってもとても足りない現状です。そこで昨年来活発化して来たウラン原料確保の問題について電力会社関係国内大手金属鉱山会社原子燃料公社などがウラン資源国への燃料調査団を派遣してウラン原料問題と取り組んでいます。

このような動きは日本としてはむしろ遅きに失した感があり諸外国では将来のための原料確保について相当早くから取り組んでおります。したがって現状では過剰であるウラン原料も原子力発電の活発化に伴いまたたく間に売切れるのではないかと——全くの売手市場になるのではないかとという意見もでている位です。

まえがきが長くなりましたが今この誌上をかりて

第 1 表 世界ウラン生産量 (a/t) (Minerals Yearbook. 1960および1964より)

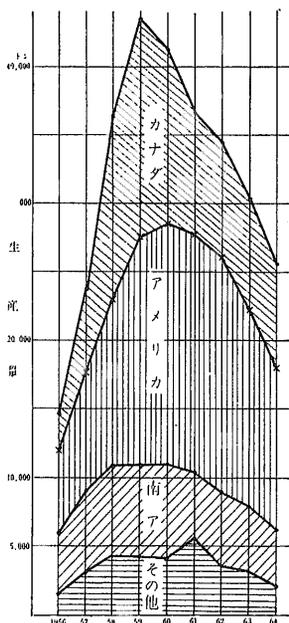
国 別	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
カナダ	2,280	6,635	13,400	15,910	12,748	9,641	8,430	8,141	6,914
アメリカ	6,000	8,640	12,560	16,390	17,760	17,399	17,010	14,218	11,847
アルゼンチン	20	20	25	25	7	5	4	11	12
フィンランド	—	—	—	20	40	20	—	—	—
フランス	—	465	865	1,000	1,379	2,078	2,601	2,021	1,910
スペイン	—	—	—	—	60	55	55	55	50
スウェーデン	6	10	10	10	10	10	10	10	9
コロンビア	1,300	1,300	2,300	2,300	1,200	—	—	—	—
南アフリカ	4,365	5,700	6,245	6,445	6,409	4,668	5,024	4,532	4,445
ローデシア	—	25	50	35	—	—	—	—	—
マダガスカル	—	70	95	100	—	—	—	—	—
オーストラリア	300	400	700	1,000	1,300	1,600	1,400	1,200	370
合 計	14,470	23,470	36,450	43,450	41,130	36,490	34,600	30,200	25,600

りさらに65年 19,855 (推定) となっている。これをグラフに示すと第1図のようになる。これらの生産量の多くはアメリカ原子力委員会 (USAEC) による買付に支えられているほか 英国の原子力発電向その他によるものである。いままでの買付は内訳が明らかでないが 今後の多くは原子力発電向になると予想される。

ウラン埋蔵量

さていまままで世界のウランの埋蔵量に関する発表がなされているうち 1964年の第3回ジュネーブ会議にアメリカ AEC のものと 1965年8月にヨーロッパ原子力機関 (ENEA) が発表しているものを紹介すると

USAEC では 1964年1月1日現在の非共産圏の埋蔵量は 589,000 ショートトンとして



カナダ 207,000トン
 アメリカ 160,000トン
 南アフリカ 147,000トン
 その他 75,000トン

となっているが アメリカは27% カナダ 35%で 北米大陸で 60%を超えており 南アフリカは 25%を占めている。その他がわずかに13%を占め これはフランスを中心とする西ヨーロッパ 南米 中央アフリカ オーストラリア 東南アジアなどが含まれて

いる。

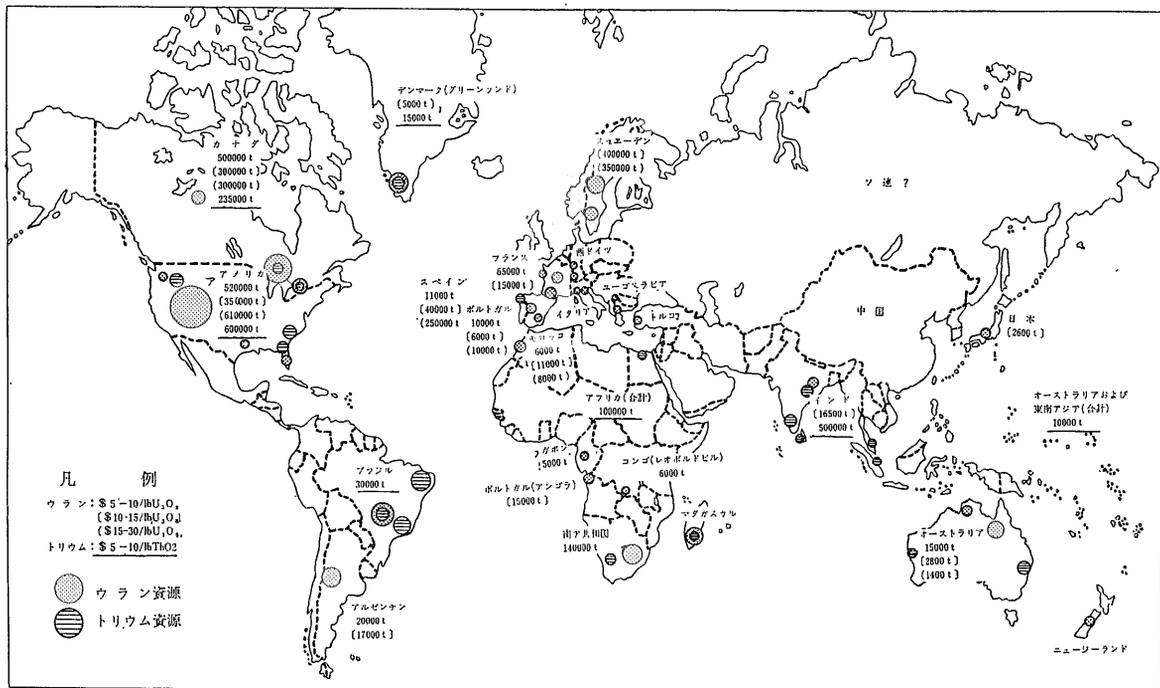
またENEAのものは「世界のウランとトリウム資源」と題する報告書を世界の資源量について世界の生産国と消費国のエキスパートからなる委員会で発表したものである。これは別表の資源分布図 (第2図) にも示されているように ウランについては 価格の範囲を推定してU₃O₈ポンド当りの値段は\$ 5~10 \$10~15 \$15~30の3つに分けて算定している。ここでは \$ 5~10/lb U₃O₈ のものが 共産圏を除き 642,000ショートトン \$ 10~15/lb U₃O₈ のものが684,000ショートトンとなっている。また\$15~30/lb U₃O₈ については 情報不十分で合計していない。ENEAの世界のウラン資源の推定を第2表および第3図に示すが ここでは安価なウラン (イエローケーキとして \$ 5~10/lb U₃O₈) は全量で約64万トンで カナダが33% アメリカが30% 南ア共和国が22% ヨーロッパが9%を占め残りがオーストラリア 南アメリカ アジア アフリカ諸国が占め北米大陸が60%を越している。また同表でみられる同じ価格のウランの可能資源量 (possible additional resources) としては約70万トンが見込まれているが この大部分がアメリカとカナダで占められている。このようにして見ると 北米大陸がウラン資源に占めるものはきわめて大きいものがあり 今後アフリカ諸国や オーストラリアの探鉱活動が著しく進んだとしてもこの占有の割合はそれほど大きい変化をもたらさないように考えられる。

最近のアメリカとカナダのウラン鉱床の開発は現在の企業の拡大のほか新会社や そのほかの新しい動きが活発となっているが その状況を次に紹介しておこう。

米国・カナダにおけるウラン資源

現在までに知られている自由世界におけるウラン資源の埋蔵量のうち 当面の稼行対象になる U₃O₈ ポンド当り 5~10米ドル (以下とくに断らない場合は同じ) で仕

第1図 世界のウラン生産量と主要生産国別図表



第2図 世界のウランとトリウムの資源

第2表 世界のウラン資源量の推定 単位1,000 s/t (ENE A Report 1965より)

lb 当り価格範囲	\$5-10/lb U ₃ O ₈		\$10-15/lb U ₃ O ₈		\$15-30/lb U ₃ O ₈	
	埋蔵量	可能資源量	埋蔵量	可能資源量	埋蔵量	可能資源量
資源の区分						
国名						
カナダ	210	290	130	170	100 ¹	200 ¹
アメリカ	195 ²	325	150 ³	200 ⁴	170 ⁵	440 ⁶
南ア	140					
ヨーロッパ						
フランス	37	28	5	10		
スペイン	11			40		250
ポルトガル	7	3		6		10
デンマーク				5		
スウェーデン				350	50	150
その他	5 ⁸	20 ⁹	6 ¹⁰			
ヨーロッパ合計	60		366			
オーストラリア	15		2.8		1.4	
コンゴ	6					
ガボン	5					
ポルトガル(アンゴラ)				15		
モロッコ	6		11		8	
インド			16.5			
日本			2.6			
アルゼンチン	5	15	5	12		
合計	642		684		12	

注) 1) \$15-20について推定 2) リン酸塩の副産物 24,000 tを含む 3) 普通の鉱床中のも100,000 t リン酸塩副産物 50,000 t 4) 普通の鉱床のみ 普通の鉱床中のも10,000 t リン酸塩副産物 70,000 t 5) 普通鉱床 140,000 t フロリダのリン酸塩溶解帯よりの300,000 t (リン酸塩採掘と無関係) 7) グリーンランド 8) 主として西ドイツ イタリア トルコ ユーゴスラビア 9) およびスペイン 10) 西ドイツ ユーゴスラビア

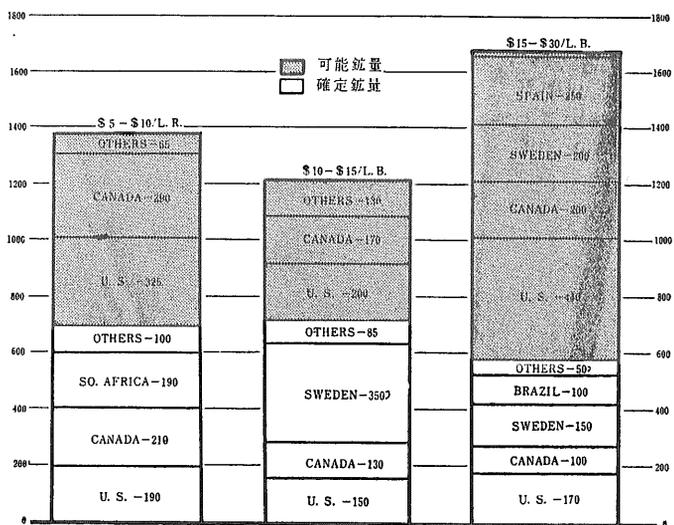
上げられるものの約85%は 米国・カナダ・南アフリカに存在する。その他10~15ドル 15~30ドル毎の埋蔵量は 第2図に示すとおりである。その中でもとくに関心の深い 米国およびカナダの鉱床の地質情況ならびに開発の近況についてのべる。

米国のウラン鉱床

1966年1月現在 米国原子力委員会 (USEAC) 推定による各州別の埋蔵量・品位・含有量は第2表のとおりである。この数字はポンド当り 5~30ドルの確定・可能鉱量の合計量である。燐鉱石から回収される量は含まれていない。これから明らかのように 80%以上はNew Mexico 州と Wyoming 州でしめられている。

ポンド当り 5~10ドルの埋蔵量はおもに比較的大きい鉱床によるものであって 鉱床の数は全体の10%を占める 120 鉱床で全埋蔵量の約90%を占めている。また地下比較的浅所にあるもので 全埋蔵量の90%以上は地下 270 m以浅にあり 50%は 120 m以浅にある。またしたがって50%は露天掘りが可能であるとされている。

ここで一般に露天掘りの方が坑内掘りに比して その採鉱コストが低いとされているが USAEC の調査によると 1日の操業規模 200 400 1,000トンの時に トン当りの採鉱費はつぎのとおりである。



第3図 自由世界のウラン資源量 (単位 U_3O_8 千ショートトン U.S.A. E.C. 資料 1966)

	200tpd	400tpd	1,000tpd
露天掘	\$12.00	\$11.70	\$11.50
坑内掘	\$14.45	\$13.65	\$13.10

この数字には諸種の経費を含み 露天掘りの場合ははく土費は約80mまで 坑内掘りの場合は 深度 200 m 鉱床の寿命は 7年 品位 U_3O_8 0.25%として計算してある。

米国におけるウラン鉱床の型式としては

- 1) 層状鉱床 (peneconcordant)
- 2) 鉱脈鉱床
- 3) ベグマタイト鉱床
- 4) 含ウラン燐鉱床
- 5) 海成黑色頁岩

に伴うものなどが知られているが 層状鉱床以外は将来の資源と見られている。そこでつきに層状鉱床について特徴的な性質をのべる。

ウランの鉱化作用を受けた地層は デボン系から鮮新統にまでおよんでいるが 大鉱床と見られるものはつき

第3表 米国のウラン埋蔵量

州 別	粗鉱量(千トン)	U_3O_8 %	U_3O_8 トン
New Mexico	29,700	0.24	70,400
Wyoming	22,700	0.23	53,100
Colorado	3,850	0.25	9,590
Utah	1,750	0.24	4,300
N. & S. Dakota	480	0.29	1,400
Arizona	220	0.32	710
その他	2,900	0.18	5,500
合計	61,600	0.235	145,000

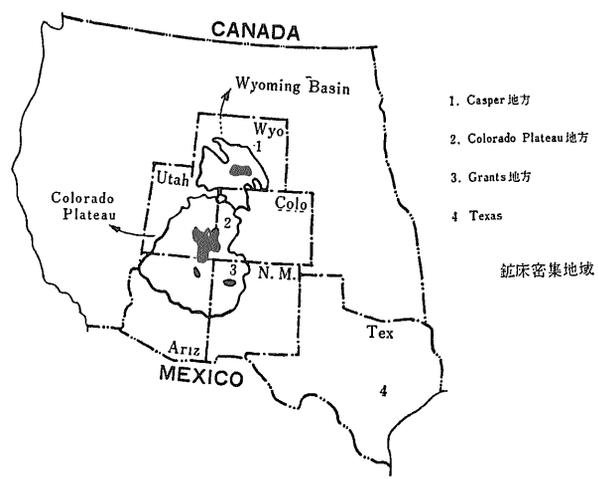
第4表 米国のウラン埋蔵量の母岩の地質時代別の分布

地質時代		埋蔵量 (%)
新 生 代	Tertiary	37.8
中 生 代	Jurassic	51.5
	Triassic	5.6
	Cretaceous	0.7
古 生 代	Permian	1.1
	Pennsylvanian	0.3
	Mississippian	0.03
	Devonian	—
	Silurian	—
	Ordovician	—
	Cambrian	0.1
原 生 代	Precambrian	2.9

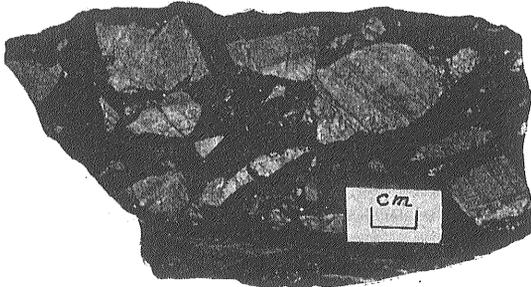
の 2, 3の地層に集中している。すなわち ジュラ系の Morrison 層 始新統の Wind River 層 および三畳系の Chinle 層である。この模様はわが国のキースラーガーの層準に何枚もあることと関連して 成因的に興味深い地質的現象であろう。母岩の地質時代別の分布を第4表に示す。またこれらの地理的分布は大部分がコロラド山地とワイオミング盆地に集中している。その模様を第4図に示す。

以上から明らかのように米国のウラン鉱床の稼行価値のあるものはほとんど西部の諸州にあり その埋蔵量は全量の約95%に達している。

鉱床の母岩は大部分砂岩に属するが 凝灰質物質 同岩片などを含む所が多い。色は赤褐色 黄褐色 灰色などで 部分的に炭質物片が少量存在する所もある。このような堆積物はカンブリア系から新しい地層まで 4,000~5,000m厚く堆積しており 基盤の花崗岩は含ウラン層の下 2,000~3,000m位である。この点はわが



第4図 米国のおもなウラン鉱床分布図



Schwartzwalder 鉱山産閃ウラン鉱 コロラド州デンバーの西方にあり 鉱脈型のウラン鉱床としては世界的に代表的な高品位のウラン鉱を産するので有名である 最近 鉱区買収が行なわれ 再開準備中 黒色部はセンウラン鉱 白色部は母岩である

国の新第三系中の堆積鉱床のように基盤の花崗岩にきわめて近接した 礫岩・砂岩などの中にウランが胚胎しているものとは きわめて様子が異なっている。したがってウランの根源を花崗岩類に求める考えは少ない。そして直接の母岩である凝灰質物質から微量のウランの溶脱に求める考えが多い。また地下の温泉・鉱泉のような比較的低温の含ウラン水によって運ばれたもの またはその後の移動によったものと考えられている。

このようなウランの鉱化作用の時期はもちろん1回ではなく何回かあり 地球化学的にはウランのほか Mo・Se・V・Cu・Co などが同時に供給されたものと見られる。その中心の場所においては煙突状の鉱床があり 上部は銅 下部に向かってウランが増加している。この例はアリゾナ州グランドキャニオン国立公園の真中にあるオーファン鉱山である。

ウラン鉱床は生成後何回かにわたって移動し 化学的に移動速度の差があるので 最先端にはMo (Ilsemanite Jordisite として) の青黒いハローを示し つぎに Se の橙色 最後に黒いウランが巻パン状に見られる所がある。坑内などにおいては front と呼び 鉱床の縁辺部などによく見られる。写真でその一例を示す。

Wyoming 州 Shirley Basin 地区のウランのアイソトープの研究からは その生成年代をたとえば 25万年と計算している例もある (J. N. Rosholt, 1964)。

わが国では比較的珍しい V がかなり 随伴して来るのもこの地方の特徴で その根源の一部は鉄鉱物に求める考えもある。われわれに比較的なじみの多い ウラン鉱の近くの「煙水晶」はコロラド地方のウラン鉱床には予想外に少なく 大部分は白色透明のものである。これは一度着色したものが再び脱色したが ウラン沈積が比較的新しいためかもしれない。砂漠の下 200 m 位の坑内において含ウラン層をぬって大量の清水が流れている所もある。この地下水はそのままで飲料水になる

位に清澄なものである。

ウラン 鉱物 としてはもちろん センウラン鉱とコフィン石が重要である。この2つの鉱物は相伴って産するようにいわれているが 地域地域でどちらが主成分鉱物であるかという事が成因的に細かく見る時は重要である。

New Mexico 州の Grants 地区はコフィン石を主とする地区である。コフィン石は比較的新しく (1955) 記載された鉱物である。有名なハンガリーの Joachmstahl 産のセンウラン鉱も X線で見るとコフィン石を伴っている。

種々の美しい色を呈するウランの2次鉱物は 酸化帯には普通に見られるが 開発が深部に進むにつれて その量も少なくなりつつある。

鉱石の選鉱処理に当っては その鉱石が石灰質であるか バナジウムが多いとか色々な鉱物組み合わせによってその方法を変えなくてはならず 選鉱処理の見地からはウラン鉱石を28位に分類している。

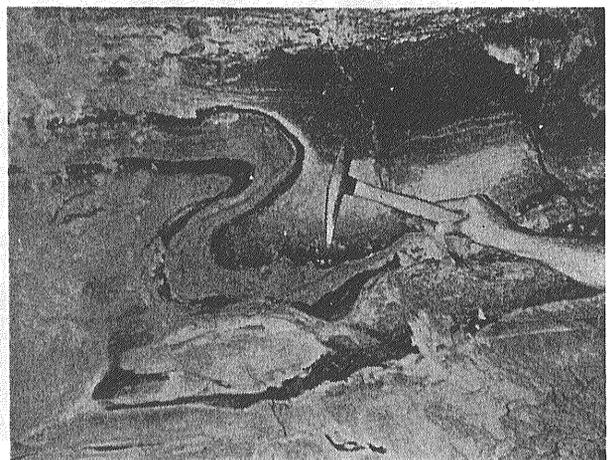
現在の開発の情況

USAEC は1959年4月に1962年から1966年末までの国内産ウラン鉱買上げに関して延長計画を発表した。また1962年11月には再度ウラン精鉱の買上げの繰延べ計画を発表した。その計画量はつぎのとおりである。

1967年	}	15,000 t
1968		
1969	}	15,000
1970		

この計画の目的は1966年までの買上げが終った後 ウラン鉱業がすべて壊滅状態になるのを防ぐためである。

この計画に参加するウラン鉱業会社と AEC の買上げ



ウラン鉱山坑内にみられる代表的巻パン状構造 黒色部はMoのフロント 米国ニューメキシコ Grants 地区

第5表 U.S.A.R.C. の買上繰延べ計画による契約量

会社名	AEC買付量 1967-70 U ₈ O ₈
Kerr-McGee Nuclear Fuel Corporation	6,075
Homestake-Sapin Partners	4,325
Union Carbide Corporation	4,600
United Nuclear	3,850
Atlas Corporation	3,500
Anaconda Company	3,000
Western Nuclear Inc.	2,150
Utah Construction & Mining Co.	2,100
Federal-Radrock Gas Hills Partners	1,500
Vanadium Corporation of America	1,400
合 計	32,500

量は第5表に示すとおりである。また現在稼働中のウラン鉱の選鉱処理設備能力を第6表に示す。

1. New Mexico 州 Grants 地方の鉱床

米国最大の鉱床地区である。この地方のウラン鉱の発見の端緒は Se を含む植物を食べた家畜の病気からであったといわれる。地表の探査のほか空中探査も有効であった。母岩はジュラ系の Morrison 層と三畳系の Chinle 層の砂岩でウラン鉱床の厚さは10m位である。

付近には有名な珪化木層がある。ウラン鉱物としてはコフィン石を主とし Mo を多く含んでいる。石灰岩を母岩とする有名な Todilto 鉱床は1950年に発見された。

メキシコ色豊かな町 Albuquerque まで航空機で行きその西 100 余kmのGrants が探鉱の中心地であり AEC の支所がある。Grants 地方のAmbrosia Lake が主要地区である。

2. Wyoming 州 Casper 地方の鉱床

西部劇の舞台としてなじみの深い Cheyenne・Lara-

第6表 アメリカの製練所一覧表

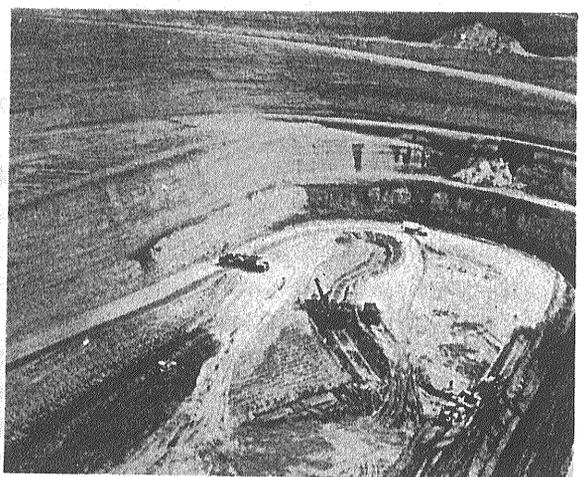
会社名	所在地	1日当りの 鉱石処理能力(t)
Climax Uranium Co. a division of American Metal Climax	Grand Junction, Colo.	330
The Anaconda Co.	Bluewater, N.M.	3,000
Atlas Corp.	Moab, N.M.	1,500
Dawn Mining Co.	Ford, Wash.	400
El Paso National Gas Co.	Tuba City, Ariz.	300
Federal-Radrock-Gas Hills Partners	Gas Hills Area, Wyo.	520
Homestake-Sapin Partners	Grants, N.M.	3,300
Kerr-McGee Corp.	Grants, N.M.	400
Mines Development Inc	Edgemont, S.D.	200
Petrotomics Co.	Shirley Basin, Wyo.	200
Susquehanna-Western Inc.	Falls City, Texas.	1,000
Union Carbide Corp.	Rifle, Colo.	1,000
	Uravan, Colo.	490
	Natrona County, Wyo.	980
Utah Construction & Mining Co.	Fremont County, Wyo.	980
Vanadium Corp. of America	Shiprock, N.M.	500
Western Nuclear Inc.	Jeffrey City, Wyo.	850
合 計		17,970

mie・Medicine Bow を経てCasper にいたる地域一帯がウラン鉱床地帯をなしている。当地方のウランとしては第1次大戦中に Lusk 近くでラジウムを採掘したのに始る。その後現在では米国 1, 2 のウラン埋蔵地方となっている。

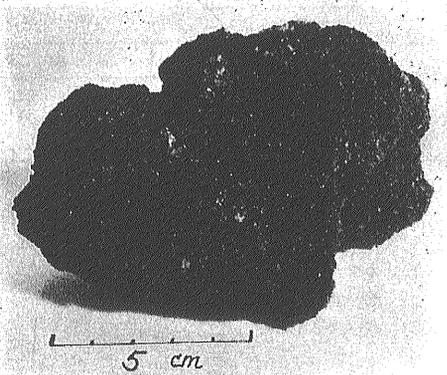
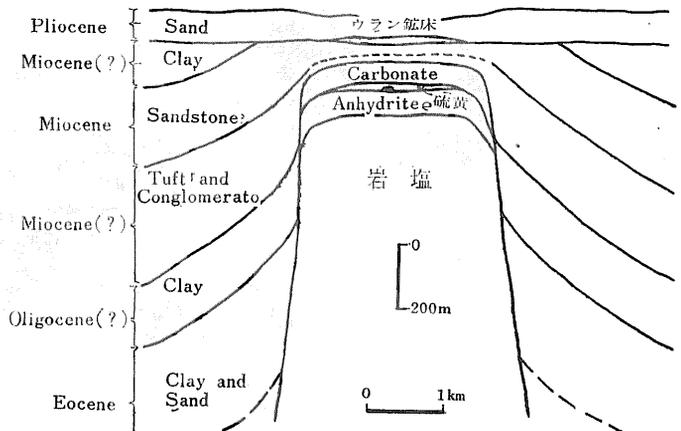
おもな鉱床は Gas Hills地区と Shirley Basin 地区である。ガスヒルズ地区は1953年から開発されており始新統の Wind River 層のアーコース砂岩が母岩である。非酸化鉱は深さ50~120m にあり センウラン鉱を主とする。バナジウム Ca は少ない鉱石で多くの露天掘りがある。最近わが国からも探鉱に参加しているShirley Basin 地区はガスヒルズ地区の後に開発された。ここの鉱石の一部はわが国の人形石を含む ざらざらした感じの鉱石によくにているので その写真を参考に



ワイオミング州キャスパー市街



ワイオミング州 ガスヒルズ (Gas Hills) 地区 代表的ウラン鉱床の露天掘り



ワイオミング州 Shirley Basin 地区のウラン鉱石

第5図 テキサスウラン鉱床模式断面図

かける。

Casper は探鉱の中心根拠地で AEC の支所がある。

3. Colorado・Utah 州地方の鉱床

コロラド州西部の Grand Junction の西南にわたる重要地区である。コロラド高原地区として一括されている。バナジンを多く含む地帯で バナジン鉱としてはすでに1881年から知られており 1923年までは バナジンとラジウムを目的に採掘された。ウランの母岩は Morrison 層と Chinle 層で 両層中の含ウラン層の合計の厚さは60mにおよぶ。おもな鉱床地帯は 東から Uravan Mineral Belt・Big Indian・White Canyon・Monument Valley などである。

4. Texas 州の鉱床

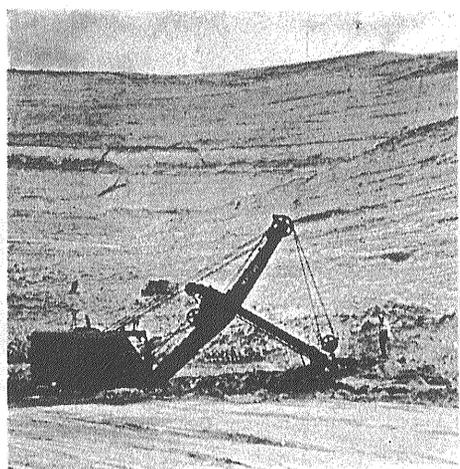
油田地帯にある地質的にちょっと変わったウラン鉱床であり わが国には余り紹介されていない比較的新しい鉱床であるので 量的に余り大きくはないが その概要を

記してご参考に供したいと思う。

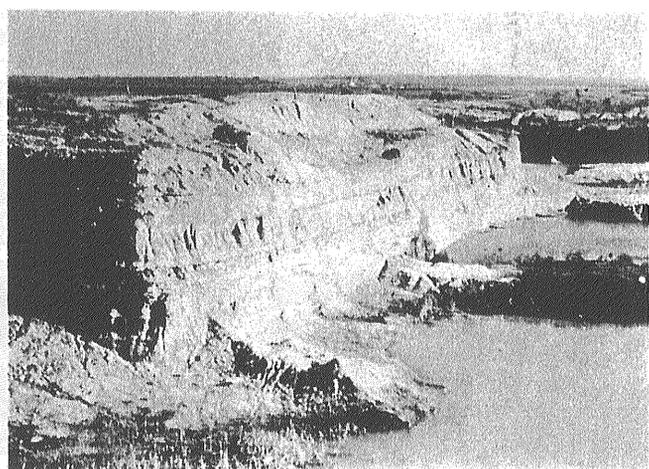
1954年油田調査中に発見され 空中探査で広く開発された。含ウラン層は岩塩ドームの上30m 地表下100mの所にあり Mio-pliocene の凝灰岩を主とする地層中に2次鉱物および細かいスズ状のセンウラン鉱からなる。一般に母岩は石灰質で 珪化木片を含み Mo Vを伴っている。成因としては下位の凝灰岩層中のウランが溶脱されて 熱帯的気候のもとで caliche におおわれて保存堆積された。一部には珪化作用 フツ石化作用も関係ありといわれる。最初に発見された Palangana 地区とその北々東 150km の Karnes 地区の2カ所が知られている。これらの鉱床の南西延長と見られるものはメキシコ国内にも発見されている。第5図にその模式断面図を示す。

カナダのウラン鉱床

カナダは米国とならんで世界有数のウラン・トリウム資源国である 第4表にその埋蔵量を示す。カナダに



ワイオミング州ガスヒルズ地区ウラン鉱床の露天掘り



テキサス州 Karnes 地区ウラン鉱床露出地

第7表 カナダにおけるウラン・トリウムの価格別埋蔵量(単位千トン)

	U ₃ O ₈		ThO ₂	
	確 定	可 能	確 定	可 能
5~10ドル	210	290	80	120
10~15	130	170	100	100
15~20	100	200	100	200

おけるおもなウラン鉱床の型式は

- 1) 含ウラン礫岩
- 2) 鉱脈鉱床
- 3) ベグマタイト型

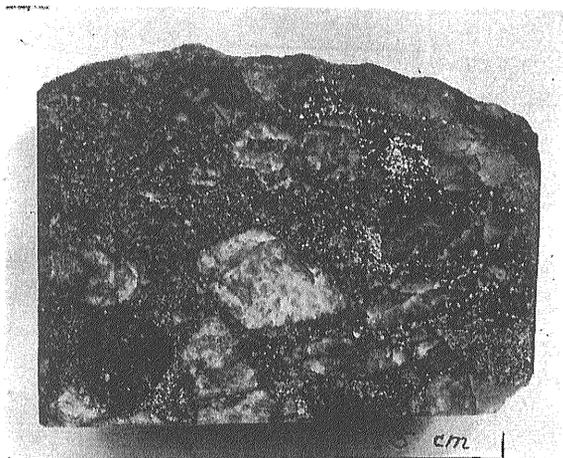
などである。このうち90%以上は礫岩型である。地域的にはつぎの3地区があげられる。いずれもカナダ楯状地の縁辺部に発見されている。第6図にその分布を示す。

地区名	埋蔵量(%)	鉱床型式
Elliot Lake	93	礫岩型
Beaver lodge	6	鉱脈型
Bancroft	1	ベグマタイト型

つぎにおもな地区を簡単にのべる。

1. Elliot Lake 地区 (Blind River 地区)

オンタリオ州の Blind River 地方にある。ニッケル鉱床として有名な Sudbury 鉱床の西方約 150km に当り Espanola を経て Elliot Lake への分岐点までバスで 2 時間で達する。この分岐点の名前は地図にも余り出ていない所で Sheppard Riding と呼ばれておりそこから Elliot Lake までは自動車ですら約 20 分約 25km である。Blind River という町は分岐から西へさらに 25km

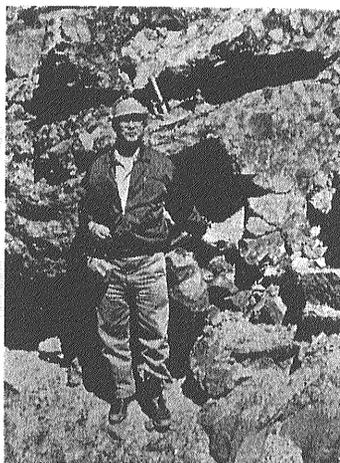


カナダエリオットレーク (Elliot Lake) 地区の代表的礫岩型ウラン鉱石の研磨面 石英の礫と黄鉄鉱からなり 黄鉄鉱の付近にウラントリウムが含まれている

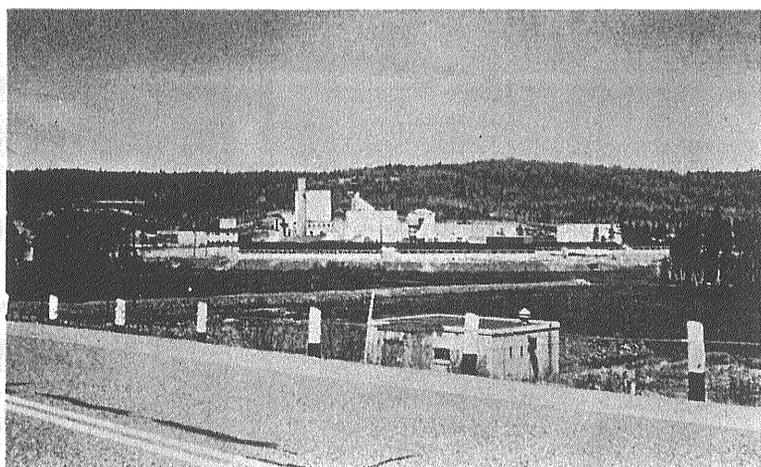
の所にある。Elliot Lake という小さな湖がありその付近で 1953 年ウラン鉱床が発見されたのでちょうどわが国の人形峠のように新しいウランの町ができたわけである。最近はその地方を呼ぶのに Elliot Lake 地区が多く使われるようになった。

鉱石は原生時代の Huronian 系の礫岩でよく円磨された 1~5 cm の石英礫とその間をうめている黄鉄鉱・ブランネライト・センウラン鉱・モナズ石・ウラントール石・ジルコンなどからなる。この礫岩は南アフリカの Witwatersrand のものと極似している。ただカナダのものは U, Th, とであるのに南アフリカのものは U のほかに金が主体鉱物となっている。Elliot Lake の鉱石の平均品位は U₃O₈ 0.1% ThO₂ 0.05% である。代表的個所においては 厚さ 30m の中に 3~4 枚の含ウラン層があり 厚いものは 2~5 m に達する。

成因に関しては まず河の砂鉄のようなものがあってそれが後に変成作用を受けて現在のようになったと見ら



カナダ Quirke 付近の代表的 Huronian の礫岩



カナダ エリオットレーク地区北部の Quirke 鉱山

れている。現在は比較的浅所の地下200~300m位の所を採掘しているが 今後はさらに深い所が問題になってくると見られている。

2. Beaver lodge 地区

Saskatchewan 州の北西端に近く 北緯60°近くである。Archean の片麻岩中の鉱脈ないし鉱染状の鉱床で 大きい断層の近くに富鉱部がある。ウラン鉱物としてはピッチブレンドで 赤鉄鉱化が著しい。品位は U_3O_8 0.2%位である。

3. Bancroft 地区

Ontario 州の東部にあり 先カンブリアンの片麻岩中のペグマタイト鉱床である。センウラン鉱・ウラントール石・トール石・モナズ石・ジルコンなどからなり 品位 U_3O_8 0.1% ThO_2 0.02~0.2%である。

最近の開発政策

カナダ政府は 1965年6月に1965年7月1日から向う5ヵ年にわたる Stockpile 政策を決定している。その契約を見ると対象は現在生産中の4社で第8表のようになっている。買上価格は U_3O_8 1ポンド当り 4.90カナダドル (4.55米ドル) である。

原子力発電とウランの需要

原子力発電がここへ来て非常に活発になったことはいうまでもなくその経済性が著しく向上したことによるものであるが さらにこのほかに原子力発電の安全性が立証されていることも大きい。また原子力発電所建設にはその設置場所の決定までに相当の歳月を要していた事実も多い。

原子力発電によるウラン需要は その原子力炉のタイ

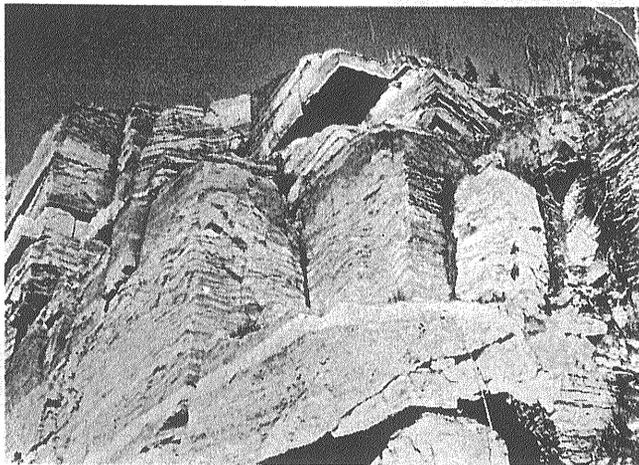
第8表 カナダ政府の備蓄計画

会社名	契約量
Denison Mines Ltd.	1,505 t/y 5年間 7,500
Eldorado Mining & Refining Ltd.	900 4 " 3,600
Rio Algom Mines Ltd	207-600 5 " 3,000
Stanrock Uranium Mines Ltd.	300 5 " 1,500

プと燃料サイクルによって異なってくるが アメリカ AEC は1970年における原子力発電は火力の4%にすぎないが 1980年には約20%となり 1981年以降2000年までにおそらく64%を占めるだろうという相定をしている。(第8図参照)

またユーラトム (EURATOM ヨーロッパ原子力共同体) での計画では 2000年におけるユーラトム諸国の全発電設備の50%が原子力に占められるようである。しかし原子力発電計画は不確定要素も多いため 長期計画の確立は困難である。したがっているいろいろの原子力発電の統計が行なわれているが 今ここでアメリカAECによるもの(第9表参照) Burns Bros & Denton Ltd. のBuntain (Urnium : The fuel source of the atomicera progress report No, 1 Feb. 1967) (第10表参照) を次に紹介しておこう。

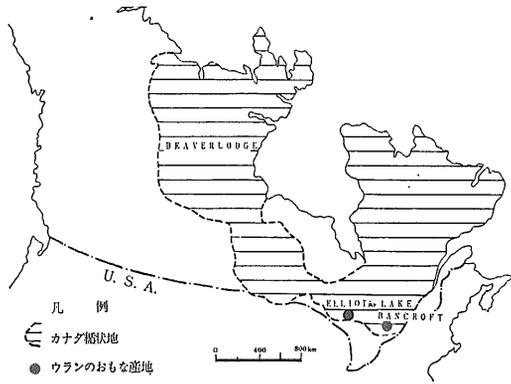
いま 世界ではイギリス23 アメリカ15 ソ連9などの動力炉が運転され 建設中あるいは計画中のものが98にもおよんでいる (1966年末現在の統計)。また研究炉のみを取上げるとアメリカの136 イギリスの22 フランスの24 ソ連の19 西ドイツの17 イタリアの12 日本の11 カナダの7 など実に323のものがあり そのほかの炉についても運転中のもの61 建設中計画中のもの17 があり総ての原子炉の合計は全世界で561に達している (科学技術庁原子力局 原子力産業会議統計第11



カナダ オンタリオ州 エリオットレーク北方 Quirke 付近 結晶片岩 シールドの一部



Dr. I.W. Griffith, カナダ地質調査所でウラン鉱床について研究し 現在は Rio Algom 鉱山会社



第6図 カナダのおもなウラン鉱床分布図

表参照).

第9 10表などから見ると いずれにしても 自由世界のみ原子力発電計画予想は

1965	5,000MWe 以上
1970	25,000MWe 前後
1975	100,000MWe 近く
1980	200,000MWe 前後
1985	450,000MWe 前後

(注MWe=1,000kW)

となっている。

第9表 USAEC による原子力発電量 (1,000MW) とウラン需要 (1,000 s/t U₃O₈)

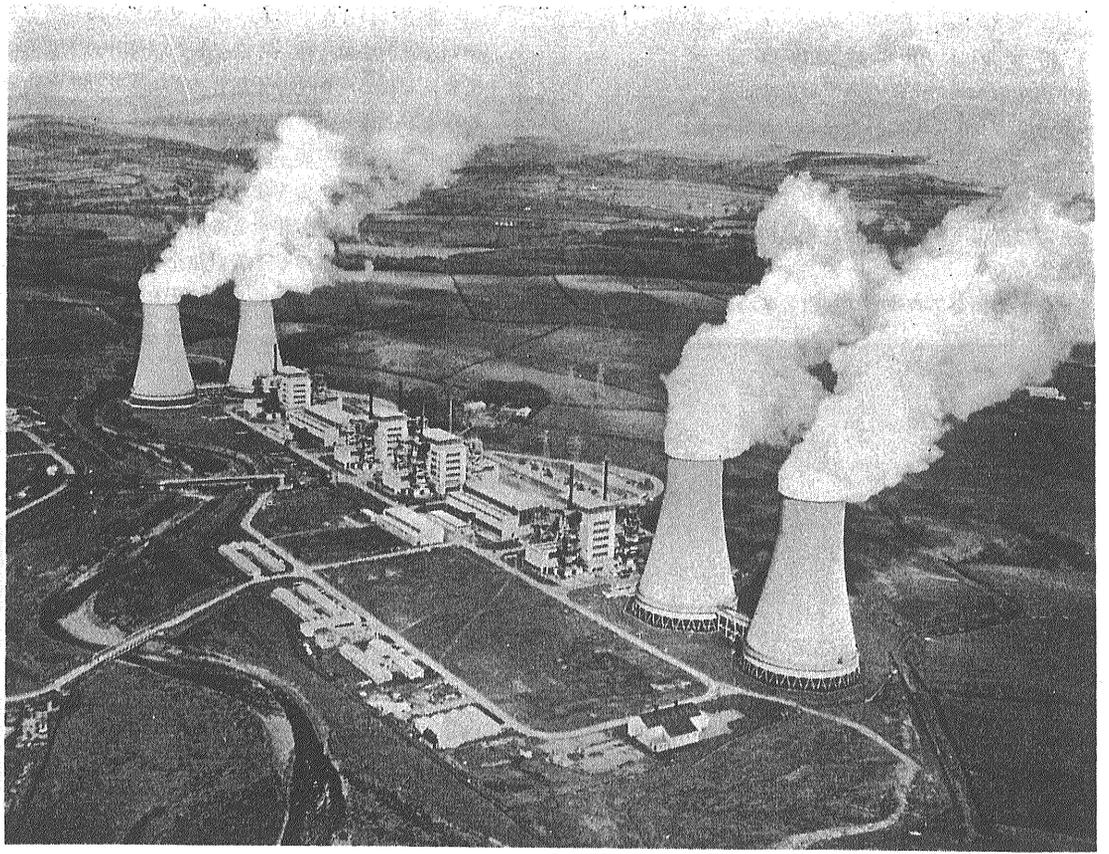
		1970	1975	1980
アメリカ	発電容量	6~7	21~37	60~90
	ウラン 年間	1.6~4.2	8.9~14	19~27
	所要量 累計	9.4~14	37~64	110~170
その他の非 共産圏諸国	発電容量	14~15	35~50	80~110
	ウラン 年間	6.2~9	14~19	24~32
	所要量 累計	28~33	80~110	180~240
計	発電容量	20~22	56~87	140~200
	ウラン 年間	7.8~13	23~33	43~59
	所要量 累計	37~47	120~170	290~410

これに対しウランの需要は 前記 D. H. L. Buntain によると

	年間所要量	累積所要量
1970	4,700~12,500ショートトン	38,000ショートトン
1975	14,200~34,600 "	156,000 "
1980	29,850~68,500 "	409,000 "

となっている。

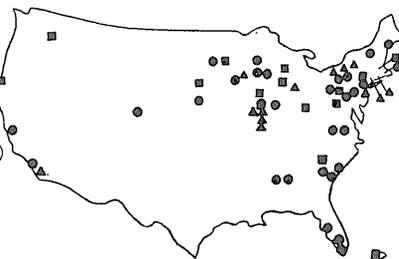
これを見ても明らかのように1975年後半~80年頃にはウランの需要は現在の埋蔵量の $\frac{1}{2}$ 以上の量が必要となると推定される。



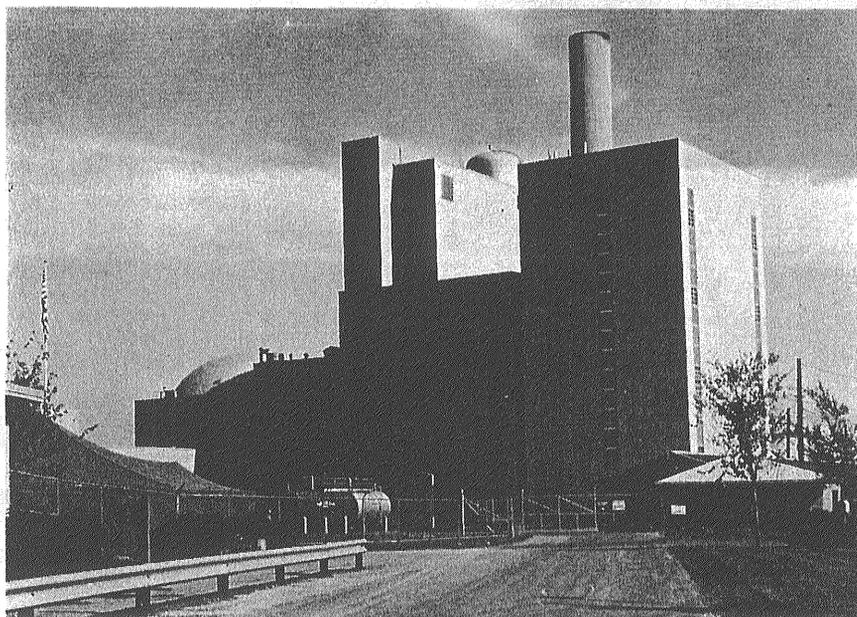
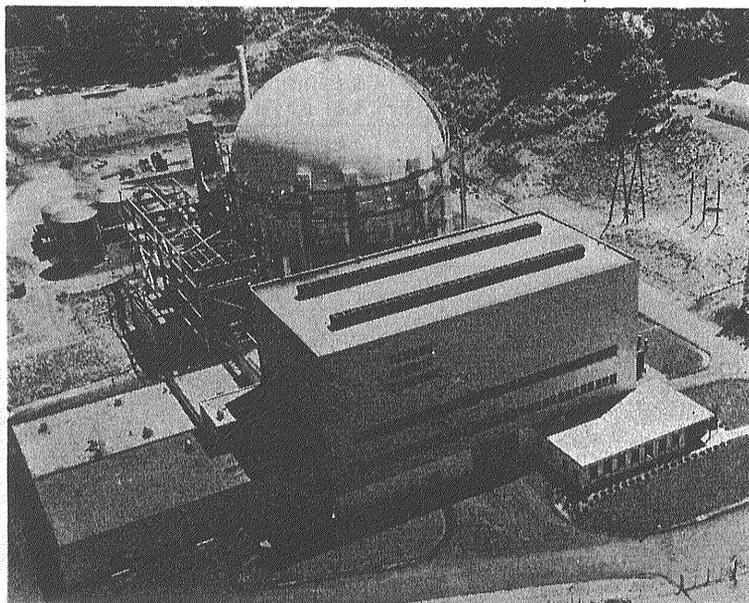
英国ローダーホール原子力発電所 商業規模の原子力発電所として世界で初めてのもので 1956年(昭和31年)10月から送電を始めた場所はイングランドの北西部カンバーランドの海岸にあり 4つの原子炉をもって出力は20万kWである。燃料は天然ウラン 写真の煙のものは水蒸気である。(日本原子力産業会議提供)

このまま行けば原子力発電の原料が意外に早く消費されることになるが 今各国がさらに新しい原子炉の開発に国力をあげて努力しているものがある。これはいうまでもなく「増殖炉」の開発である。これはいわばウラン燃料の完全利用を目的としたもので 核分裂をしないウラン238（核分裂をするウラン235は天然ウランの中にわずか0.7%しか含まれず 残りの99.3%はウラン238である）は中性子を吸収するとプルトニウムにかわる。そしてさらにこのプルトニウムがウラン235と同様核分裂を起すようにする炉を開発することができれば全ウランが完全に利用されその消費量も少なくてすむわけである。今イギリスは1963年に完成したドンレイの実験増殖炉（出力6万kW）の隣に25万kWを1970年目標に建設する方針を決め フランスはこの3月全出力運転に入った「ラプソディ」（熱出力2万kW）に続き「フェニックス」の設計を進めており ソ連も実験炉「BN350」「BR5」の経験から新型実験増殖炉「BOR」（熱出力6万kW）を建設中である。また西ドイツは従来の研究を打ち切り1968年着工目標に30万kW原型炉を建設する。またアメリカではすでに「エンリコフェルミ」炉（6.09万kW 写真参照）が1963年に完成し さらに新たに熱

- 運転中 (14)
 - ▲ 建設中 (13)
 - 計画中 (32)
- 米国の原子力発電所の発電容量(単位KW)
 運転中 1,881,200
 建設中 7,359,200
 計画中 32,147,000
 (1967年3月末現在)



第7図 米国の商業用原子力発電所



↑ 米国ヤンキー原子力発電所
 加圧水原子炉で 17.5万kWの出力
 1960年に完成したもの 燃料は濃縮
 ウランで マサチューセッツ州
 Rowe にあり Yankee Atomic
 Electric 社のもの 円型のものが原
 子炉 手前はタービン室
 (日本原子力産業会議提供)

←
 米国 エンリコフェルミ増殖炉
 出力6.09万kWのナトリウム冷却高
 速増殖炉で ミシガン州のLagoona
 Beach に1963年完成 Detroit
 Edison Electric 社所有 左側の円
 型部が原子炉 右側は付属施設
 (日本原子力産業会議提供)

第10表 世界の原子力発電量(1965~1985)(単位GWe)

		1965	1970	1975	1980	1985
北 米	アメリカ	1.0	11.8	40.0	115.0	200.0
	カナダ	—	.7	3.0	7.0	15.0
ヨーロッパ	ベルギー	.1	.1	1.4	3.0	5.0
	フランス	.4	1.9	5.8	20.0	37.0
	西ドイツ	—	1.2	8.0	22.0	50.0
	イタリア	.6	1.2	4.2	10.0	18.0
	スペイン	—	.6	2.0	5.0	10.0
	スウェーデン	—	.6	1.5	3.5	8.0
	スイス	—	.3	1.5	2.5	4.0
	英国	3.4	5.3	13.3	25.0	48.0
	ア ジ ア	日 本	—	1.1	5.2	11.0
	イ ン ド	—	1.2	2.5	6.0	12.0
そ の 他	自由世界	—	.6	4.5	16.0	42.0
		5.5	26.6	92.9	246.0	469.0

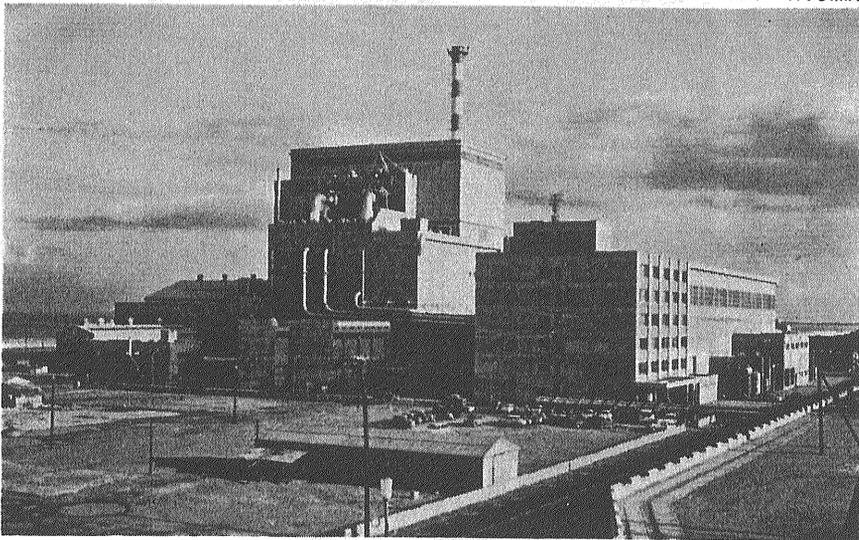
GWe (ギガワット) = 1,000 MWe = 1,000,000kW

[D.H.L. Buntain (Buvns Bros & Denton Ltd.) による]

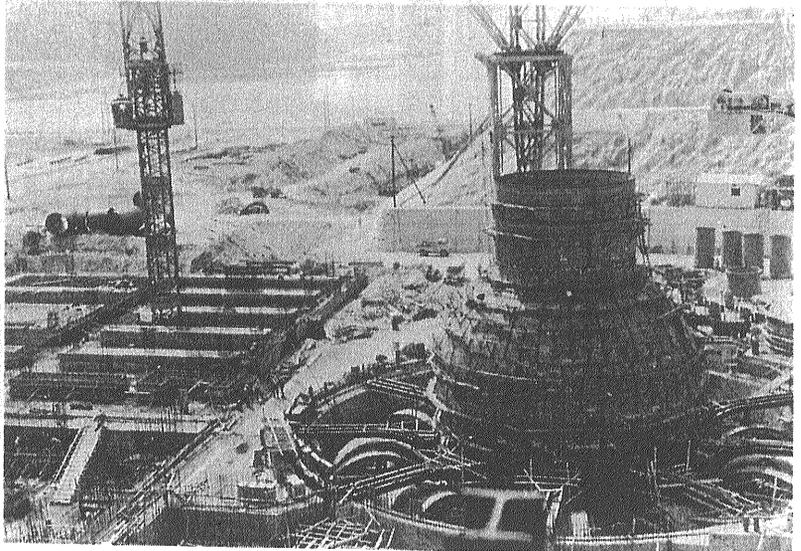
第11表 世界各国の原子炉一覧

国 名	研究炉	動力炉		その他		合 計
		運転中	建設計画中	運転中	建設計画中	
アメリカ	136	15	36	48	8	243
イギリス	22	23	12	3	—	60
フランス	24	5	7	1	—	37
フランス連	19	9	3	3	1	35
西ドイツ	17	1	8	1	3	30
イタリア	12	3	1	—	1	17
日本	11	2	3	—	—	16
カナダ	7	2	3	—	—	12
スイス	4	—	5	1	—	10
インド	3	—	6	—	—	9
スウェーデン スペイン オランダ アルゼンチン デンマーク ノルウェー など33ヶ国	68	2	14	4	4	92
合 計	323	62	98	61	17	561

(1966年12月末現在 科学技術庁 原子力局 原子力産業会議調べ)



東海1号炉
英国コールダーホール改良型の原子炉で 41年11月完成 燃料は天然ウラン 出力16.6万kW 日本原子力発電(株) 1号炉 左側が原子炉 右側はタービン室 茨城県東海村の原子力センターの近くにある (日本原子力産業会議提供)



→ 敦賀発電所(日本原子力発電2号炉) 昭和41年4月着工 44年2月完成予定で 出力32.5万kW 沸騰軽水型(濃縮ウラン使用) 総工費323億円 福井県敦賀市浦底の海岸に建設中 右側の円型のは 炉心の格納容器 左側はタービン室建家基礎 (日本原子力産業会議提供)

第12表 日本における原子力発電の長期予測

	昭和45年	昭和50年	昭和60年	昭和75年
原子力発電容量 (MWe)	1,390	4,990	30,000 ~40,000	164,450
全発電設備容量 に対する率(%)	2.5	6.3	18.7~24.9	46.6

出力40万kW の高速増殖炉「LMFBR」の開発計画を進めている。

わが国ではこの42年10月発足を予定されている動力炉・核燃料開発事業団(原子燃料公社は発展的併合)はこの目的をもって設定されるもので今後20年間に約2,000億円の経費を必要とする超大型の開発計画をもっている。昭和40年代後半に原型炉(電気出力20~30万kW) さらに昭和60年代初期に実用炉(電気出力100万kW)を持てるように準備することになっている。

日本の現状と将来

今わが国では 東海村の日本原子力発電(株)の1号炉(コールドホール型16万6千kW)に続いて 2号炉(沸騰軽水型 32万kW)が 昭和41年4月に福井県敦賀市郊外の浦底に建設が開始され また東京電力(株)は 同年12月に 福島県双葉郡下の双葉町 大熊町で 福島原子力発電所(沸騰軽水型 40万kW)を建設に着手し さらに関西電力(株)は 福井県美浜郡美浜町奥浦で 美浜発電所(加圧水型 34万kW)が着工されている。

この他 中部電力(株)が42年中に原子力発電所の着工をするのをはじめ 日本原子力発電(株)の3号炉 東電・関西電の2号炉 中国および九州電力(株)などの計画が次々に発表されようとし 昭和50年度までに運転開始の商業用発電炉は 合計13基が予定され これの総発電量は約450万kWとなっている(第7図参照)

通商産業省総合エネルギー調査会原子力部会および日本原子力産業会議開発計画委員会によって 今後のわが国における原子力発電の見通しおよびそれに伴う核燃料

第13表 日本における将来のウラン所要量推定

	昭和45年	昭和50年	昭和60年	昭和75年
天然ウラン所要量 (S.T./年)	1,838	3,834	12,401	25,000
同上イエローケーキ代 (億円) *	106	221	686	1,440
累計所容量 (S.T.)	2,766	15,175	98,681	360,000
同上イエローケーキ代 (億円) *	160	875	5,607	20,736

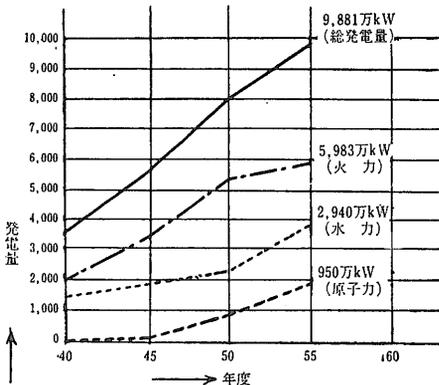
* イエローケーキは \$8/1bU₃O₈として計算した (12 13表は何れも総合エネルギー調査会 原子力産業会議資料より)

の所要量が示されているが これらを第11表 および第12表に示す。

前述のような世界情勢から 前記原子力部会では早急にウラン原料の確保に関する方策を決定すべく準備が進められている。一方昨年の後半頃から関連業界の動きが活発化しつつあり 原子燃料公社のカナダおよびオーストラリアのウラン事情調査 カナダ有数のウラン鉱業会社 Rio Algom 社と日本の金属鉱山会社(三菱金属)のアメリカ ワイオミング州の Shirley Basin の共同探鉱契約 42年3月に電力業界のウラン燃料事情調査団の派遣 さらに原子力産業会議の要請によるウラン資源調査団(主として代表金属鉱山会社からなる)のアメリカ Kerr McGee社の700余の鉱区のあるカナダ Elliot Lake 地区についての共同探鉱申入れに対する事情調査などますますウラン原料問題は活発となってきている。

ウラン原料は日本の将来のエネルギーの重要な課題であるので関連官界・業界の賢明適切な処置をのぞみたい。

(筆者らは鉱床部核原料資源課)



第8図 発電所開発予想図

