

海水中からウランを採る

～ 英国で研究中～

林 昇一郎

1964年9月ジュネーブで開催された第3回原子力平和利用国際会議において われわれに関係の深い放射性鉱物資源関係の論文もいくつか発表された。それらのうち注目すべきことは ウラン鉱石の採掘量そのものは1959年の38,700トンピークに 現在は減少しているが1970年頃から再び増加が予想されることである。

また現在の経済条件下で採鉱可能な U_3O_8 ポンド当り10米ドル(以下同じ)というような「安い」鉱石は 1980年頃には採掘しつくされるであろうという ウラン鉱石の需要と供給に関する長期計画が発表されている。

現在世界で運転中の原子力発電所は10数ヶ国で 総計555万kWであり 建設中のものは 総計763万 kW におよんでいる。1958年における世界の原子力発電容量に見合う所要ウラン量は 天然ウラン換算にて約54万トンといわれる。これに対して「安い」ウランの埋蔵量は51万ないし59万トンと「再評価」されている。したがってその後においては さらに「高い」ウランの使用ならびに新鉱床の発見にまたねばならないと 予測されている。

英国地質調査所 においては 第2次大戦中に原子力部(Atomic Energy Division)が設立され 国内国外の核原料資源の調査が行なわれた。しかし1950年頃からのちは 基礎的な研究 旧植民地などから得られた鉱石標本などについて 研究が行なわれている。

英国内の核原料資源がとぼしいにもかかわらず その

すぐれた工業技術を駆使して1956年には有名な コールダーホール(Calder Hall 第1図)に原子力発電所(電気出力18万kW)を完成し 運転を開始している。

国内のウラン資源に依存できないとなると 当然 わが国と同じように四面環海の島国として 海洋中に含まれているウランに着目することとなった。その結果海水中からウランを回収することが実験され 成功の域に達した。R.V. Davies 氏ら(英国原子力研究所)の研究の一部を紹介しよう。

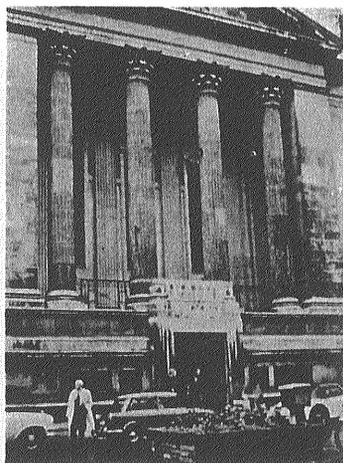
ウランは海水中に金の400倍以上も含まれている

海水中に溶存しているウランの量は 地殻中の平均量のわずかに2,000分の1にすぎないが 地表水に比べると数倍以上含まれている。地表中のウランの平均値が0.002ないし0.0003 g/t(以下単位同じ)であるのに対して海水中の平均は0.0016といわれる。よくいわれているように 海水中にはあらゆる元素がごくわずかずつではあるが含まれている。ウランは金や銀に比べてむしろ多いことを第1表は物語っている。

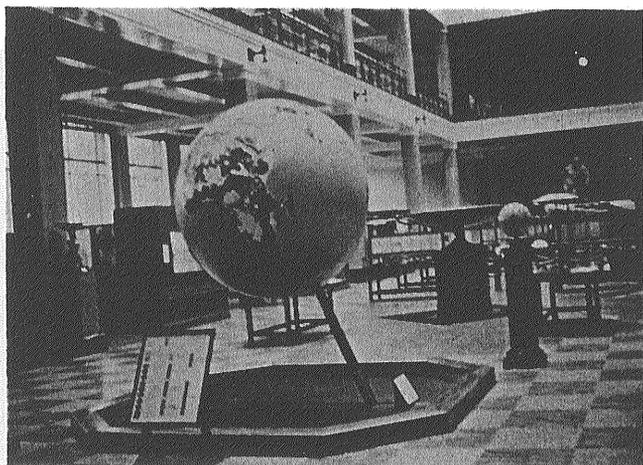
第1表 海水中の溶存元素の濃度(g/t)

U (ウラン)	0.00015~0.0016
Th (トリウム)	<0.0005
Au (金)	0.000004~0.000008
Ag (銀)	0.00015~0.0003

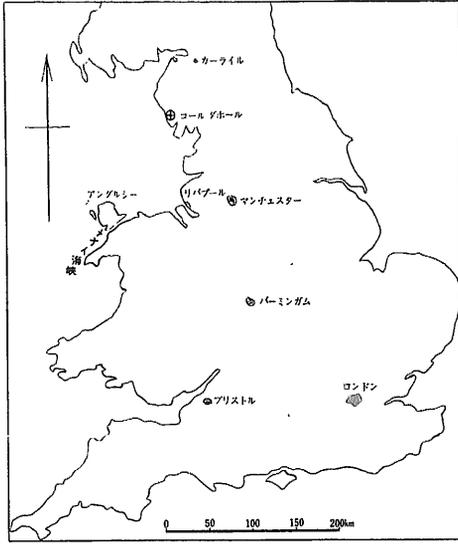
さて海洋の総量は 1.37×10^9 立方kmであるといわれ



ロンドン Exhibition Rd にある地質博物館の入口



ロンドンの地質博物館の内部



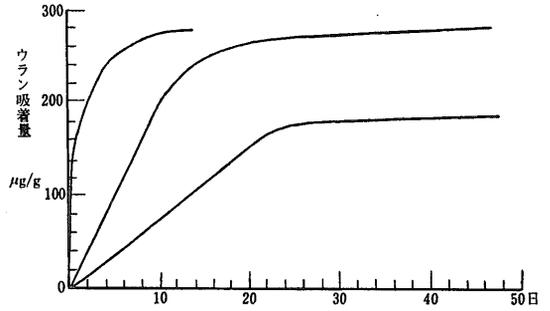
第1図
Menai
海峡位
置図

その中には おおよそ41.6億トンのウランがとけてい
ると 計算される。ウランはおもに3個の炭酸塩が配位
した安定な 錯イオン $[UO_2(CO_3)_3]^{4-}$ の形である。また
毎年河川によって 約27,000トンのウランが海洋に供
給されているが これは堆積物中に吸収されて沈殿し
海洋中のウランはバランスがとれているといわれる。

鉱石中からのウランの抽出を行なうには すでに
dibutyl phosphate が用いられているが 海水中のウ
ランの回収には ウランの濃度が非常に稀薄であること
と 処理海水が大量であることのために 実際的ではな
いようであった。

無機吸着剤がウランの吸着に効果的である

海水中のウランの抽出には dibutyl phosphate と
ならんで 各種の固相イオン交換体を用いて 種々試験
された。一方無機物質による吸着についても実験され
たが そのうちでも とくに 炭酸亜鉛(Zinc carbonate)



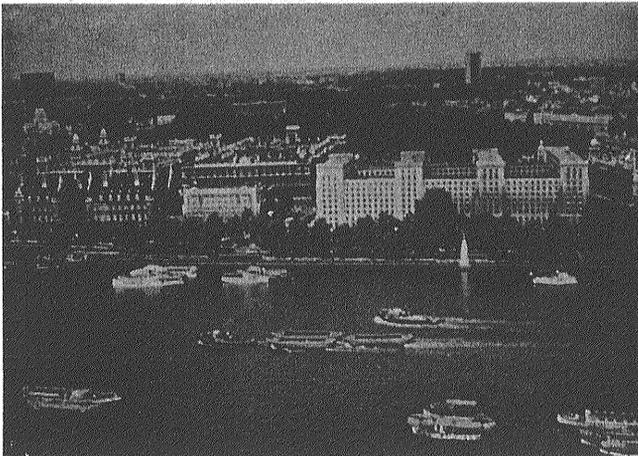
第2図 水酸化チタンによるウラン吸着の実験例

含水水酸化チタン(hydrated titanium hydroxide) お
よび 鉛化合物が有望と見られた。しかしながら亜鉛
と鉛の化合物は ウラン吸着後にウランを洗い落すのに
好ましくないことがわかった。

これに反して二酸化チタン (titanium dioxide) TiO_2
ははるかに満足すべきものであった。1グラムの二
酸化チタンは 21日間に268マイクログラムのウランを吸
着した。これは乾重量比で表わすと 約0.02%に当り
鉱石中のウラン含有量に対比される数字である。第2
図に水酸化チタンを用いた場合の結果の一例を示す。
二酸化チタンの溶出剤として最適のものは 1モルの炭
酸アンモニウム溶液であることがわかり それによって
約93%が溶出される。

以上の操作を工業的の規模で行なうことが 現在の問
題となっている。おもな点は莫大な量の海水を吸着剤
に接触されるための動力をいかにして最少限にするか
ということである。このようなプラントは自然力を利用
して行なわれるのが 最も望ましいことはもちろんである。
潮汐の力を利用することも考えられている。ある種の
潮流は非常に大量のウランを運搬している。

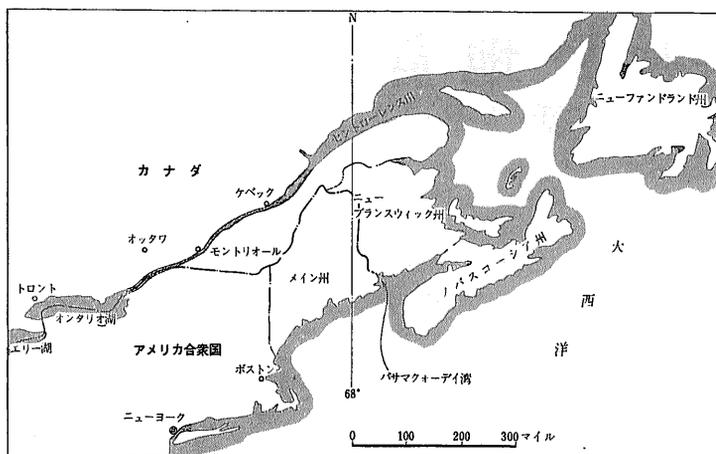
ノルウェー海流とよばれているものは スコットラン
ド北方の Orkney および Shetland 島付近を通り ノ



ロンドンのテムズ川(高さ約100mのShell Bldgの展望所から望む)



ロンドンの地下鉄は地上部分がところどころにある
車内も清潔でゆったりしている 現在7系統が運行
されている



第3図 Passamaquoddy 湾位置図

ルウェー西岸に沿って北極へ向かっている。その流量は1秒間に $3 \times 10^6 \text{ m}^3$ といわれこれは1年間にウランの25万トンに相当する。またさらに大量の1年間に100万トン以上のウランが Florida 海峡および日本付近の比較的せまい海峡を通して流れている。

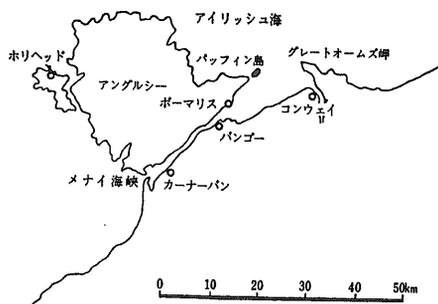
実際の設置場所についての研究はまだであるがこの種の新しい工業が当面するであろう諸問題について水力的地質学的その他の不確定要素についての多くの仮定が原価計算のためになされた。しかしながら幸いなことに Passamaquoddy Tidal Project* の関係者ならびにアメリカの技師などの援助により原価計算についてはかなりの信頼を得ることができた。

* (筆者注) 1935年 米国 Franklin D. Roosevelt 大統領のときに経費1,000万ドルで潮汐発電が計画された。場所はアメリカ東端のMain州とカナダのNew Brunswick州の間にある入江状の湾でその湾の名前が Passamaquoddy Bay と呼ばれている。Fundy 湾の一部を占める (第3図)

ポンド U_3O_8 当り 11~22ドルのウランが得られる

Wales 西部の Menai 海峡において海水中からのウランの採取計画の実施が検討された (第4図)。その結果適当な吸着作業を仮定することにより1年間に約1,000トン(メートル)のウランが生産されることになる。その計画によると Anglesey と Great Orme's Head の間にダムおよび水門が作られる。Beaumaris 湾は上下2つの湾に仕切られる。吸着床は Puffin 島付近にもうけられる。

その結果原価は20年償却の場合にポンド U_3O_8 当り 11~22ドルである。もしこの償却年限をさらに20~40年にとするとさらに安い原価となるわけである。この価格は現在試算されている頁岩 花崗岩などから



第4図 Menai 地点詳図

の抽出に比べてかなり安い価格といわれねばならない。つぎに比較のためにそれらの原価の一例を示す。

燐鉱からの副産物	10~30ドル / ポンド U_3O_8
頁岩から	40~50ドル / ポンド U_3O_8
花崗岩から	100ドル / ポンド U_3O_8

今後の見通し

現状においてはこのような方法によるウランの採取はなお経済的ではないがもしウランの需要の増加によりポンド当り10ドル以上のものが採算にあうようになると海水中からのウランの採取作業が行なわれるようになるであろう。このことはすでに将来における経済的原子力開発に対しての保障を与えているように見える。さらにこのような価格の上昇をまつまでもなくこのような採取方法を可能ならしめる2つの要素がすべてにあらわれている。

第1に 潮汐発電とウラン採取計画を同時に行なうものであってさらに化学的方法を併用するならばさらに有利なものとなるであろう。

第2に 海水中からのウランの採取に同位体交換方法を併用して濃縮 U-235 を採取することである。すでに実験された資料によると採取されたウランの同位体の存在量の比は他のウラン中のものと実験誤差の範囲内でほぼにた結果を得ている。(第2表)

第2表

	U-235/238	U-234/235
海洋中のウラン	0.007252	0.0078
標準のウラン	0.007258	0.0078

(筆者は鉱床部核原料資源課)