

山口西部地域のウラン鉱床

小村 幸二郎

まえがき

昭和29年に核原料物質の調査研究が開始されて以来およそ15年を経た現在 わが国の各地では 各種各様のウラン鉱床と放射能異常が発見され 今もなお 新鉱床の探査・開発業務およびウラン鉱床の成因を主とする地質鉱床学的研究が進められている。日本国内でウラン鉱床を発見することはほとんど不可能であるといわれていたむかしに比べれば まさに 隔世の感さえあるこの頃である。これは 調査研究に従事する多くの人々のたゆまぬ努力と 科学技術の急速な進歩がもたらした うれしい誤算の一つでもある。

調査研究が開始された当時は ペグマタイトやその付近の砂鉱および花崗岩質岩と成因的關係をもつ金属鉱床が その対称とされたが これらについて行なわれた調査によって得られた調査技術・知識・経験は 間もなく地質鉱床学的検討と相まって 花崗岩質岩を基盤とする新第三系中の大規模な堆積型ウラン鉱床の発見として 開花した。現在 採掘されている人形峠鉱山 および積極的かつ大規模に探鉱されている東濃地域のウラン鉱床は その代表的なものである。人形峠鉱山の鉱床が発見されて以後は 当然 調査の目は 花崗岩質岩を基盤とする新第三系に 向けられた。そして 注目すべき規模をもつ堆積型ウラン鉱床の多くが 花崗岩質岩を基盤としてその上に不整合にのる 新第三紀の湖成層中に形成されていることが確認される一方 いわゆるグリーンタフの基底部や その中に胚胎する黒鉱鉱床中や その周辺部にもウランの存在が見出された。

鉱物資源の調査は 企業化への探査に 先行することが必要なことはいうまでもない。新第三系についての調査がやや満足すべき段階まで進んだ頃 山口県の西部地域に広く分布する中世代の関門層群中に 動力炉・核燃料開発事業団によって ウランの露頭が発見された。

この発見は わが国の古期岩層中にもウラン鉱床が存在することを立証するものとして 資源確保の上からも 学問上からも 重要視され 現在もなお 山口県豊浦郡豊田町内を中心として 探査業務が進められている。

ウラン鉱床の存在地で例年行なわれている日本原子力学会資源探査現地討論会は 第8回を迎えて 今年 は 山口市と豊田町で行なわれた。

豊田町を中心とする山口西部地域のウラン鉱床については一般にはよく知られていない面が多いので 今回の現地討論会における講演・配布資料・討論などに基づいて その概要を紹介する。なお 本稿中に掲載されている図面や表などの多くは それぞれに記されているように 配布資料の中から直接引用するかまたは抜粋されたものであることを あらかじめおことわりしておく。

探査地の位置

山口県下関市の東端部に位置する小月町。止る急行列車も数少ない「おづき駅」は 山陽本線の下り列車が下関市に入って最初に通る 清潔でこじんまりした駅である。駅のホームの南側には 鮮やかな緑の中に 淡いピンク色の大輪の花がポツンポツンと素顔を見せる 広大な蓮田があり 長旅をようやく終えようとする人々の疲れをいやしてくれる。駅の1km ばかり東には吉田川の豊かな流れがある。周防灘に注ぐ吉田川は 河口から7km ばかり上流の菊川町田部で 分岐する。北へさかのぼれば木屋川となり 西へさかのぼれば 田部川である。いずれも その流域一帯に生活を営む人々にとっては 動脈的価値をもっている。

小月町から北へ向かう幹線道路は 田部で田部川を渡り 間もなく 木屋川の西岸に沿って 北東方へ曲り やがて 豊浦郡豊田町の中心地である西市を経て 木屋川を発する豊田湖に達する。おづき駅前から豊田湖までは自動車でも 小一時間の距離である(第1図)。

中国地方では 螢の名所として 豊田湖の名とともに わずかに知られていたこの豊田町に 3年ばかり前から 地質家の出入りが 目を追って 激しくなった。

はじめは 見知らぬヨソ者と自動車の往来を 珍しげに見ていた町の人々の表情は 今は ヨソ者の仕事の成功を期待する思いに満ちているようである。町造りに懸命の町長さんをはじめ町民の好意ある援助の下に 今 は 動力炉・核燃料開発事業団の調査用車が間断なく走り 町の片隅では ウラン鉱床探査を目的とする試錐機の快調な響きが 鮮やかなオレンジ色のテントから 静まり返った田園の澄みきった空気をふるわせて 朝な夕な 聞えてくる。その響きにも 人の姿にも この町のたたずまいとの間にはもはや違和感はない。

山口県下におけるウラン調査の歩み

ウラン鉱床の発見を目的とする調査によって 山口県下で強い放射能異常が発見されたのは 昭和29年に国内ウラン資源の本格的調査が開始されてからおよそ2年を経た 昭和31年であった。

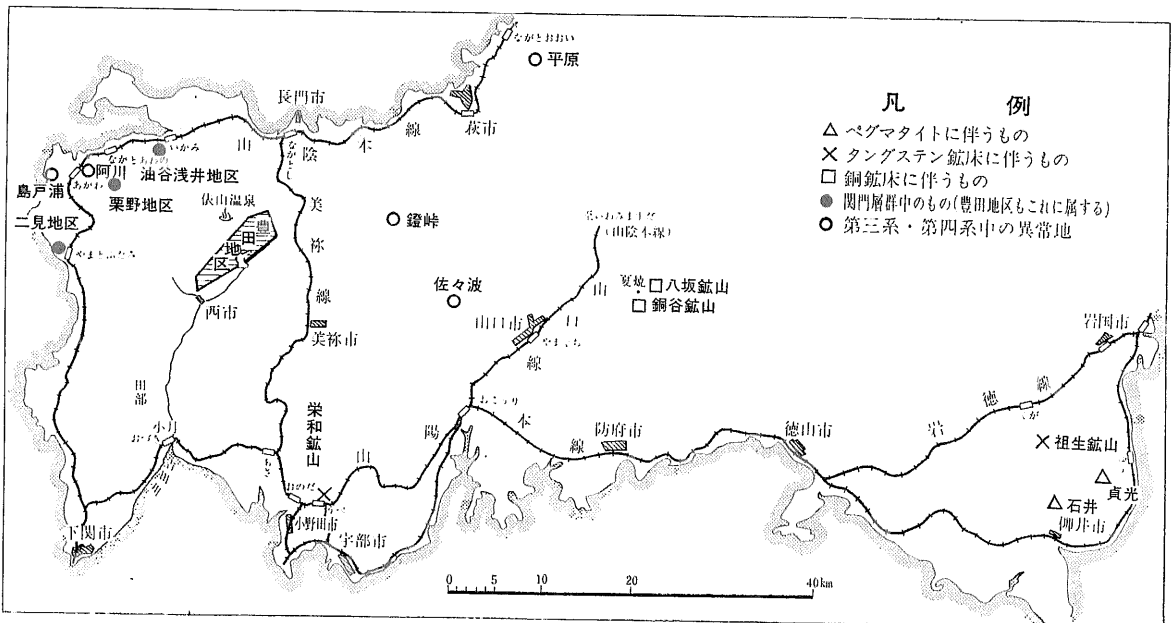
ウラン調査が開始された当時は ペグマタイトやその周辺の砂鉱中に多様の放射性鉱物が含まれているという古くからの知識と 倉敷市の北部に位置する三吉鉱山で砒銅ウラン石が発見されたこともあって ペグマタイトやその周辺の砂鉱や花崗岩類に成因の関係をもつ金属鉱床について 優先的に調査が行なわれた。そうした頃昭和31年に 山陽本線宇部駅の北方約1kmの丘陵地帯にある栄和鉱山で 強い放射能異常が発見された。三吉鉱山と同様に 花崗岩中のタングステン鉱床を稼行した栄和鉱山でのこの発見は 前途に大きな期待を抱かせたが その後詳細な調査研究が行なわれた結果 放射能異常の原因が蒼鉛の二次鉱物である泡蒼鉛(Bismutite)中に吸着されたウランによるものであること ウランの本源については期待できないことが判明して ウラン資源を目的とした開発をこの鉱山で行なうことは不可能となった。

昭和32年 佐波郡徳地町にある八坂鉱山と銅谷鉱山の銅鉱床中で放射能異常が発見され 早速 地質鉱床と放射能強度についての精密調査が行なわれた。その結果この地域では 気成に続く熱水性の鉱化作用が行なわれその順序は黄玉・螢石を伴うグライゼン化作用→緑泥石

化・珪化・絹雲母化等の変質作用→硫砒鉄鉱・黄鉄鉱・黄銅鉱・閃亜鉛鉱・方鉛鉱の鉱化作用→瀝青ウラン鉱・コフィン石の鉱化作用であることが明らかにされた。そして 二次鉱物である燐灰ウラン石も発見され ウランの最高品位は0.27% U_3O_8 、平均品位0.05% U_3O_8 であることが判明した。このウラン品位は 稼行に耐えるものとして 注目されはしたが 鉱量計算にも値しない量ではいかんともしがたく ついに ウラン資源として活用されるに至らなかった。

同年 玖珂郡周東町平畑にある祖生鉱山の選鉱産物中に 放射能異常が発見された。交通の便に恵まれたこのタングステン鉱山での放射能異常の発見は 休山直後の鉱山に 再開の希望を抱かせたが 精密調査によって微量の閃ウラン鉱が発見されただけで 再開の夢は果たされなかった。これらの金属鉱床の他にも 各地の金属鉱床やペグマタイトについても調査が行なわれ 若干の場所でウラン鉱物が発見されはしたが ウラン鉱床としての価値をもつものは発見されなかった。

昭和30年11月12日 ウラン鉱床の発見に精力的な活動を続けていた地質調査所のカーボン班が 岡山県と鳥取県の県境に当る人形峠で 強度の放射能異常を発見した。予想もしなかったこの発見を機に 地質調査所は 持てる技術を結集して この地域の精密調査を実施し 遂に 花崗岩類を基盤とする新第三系中に 本邦初の大規模の堆積型ウラン鉱床を発見することに成功した。そしてこの地域の探査は 原子燃料公社(現 動力炉・



第1図 山口県下のウラン鉱床分布図

核燃料開発事業団)の設立によって さらに大規模に進められ 現在の人形峠鉱山の誕生として実ったわけである。人形峠におけるこの発見を契機として「ウラン鉱物は ベグマタイトや砂鉱または特定の金属鉱床だけに産出する」という ウラン鉱床に対する従来の考え方は大きく訂正され ウラン調査の目は 当然 花崗岩類を基盤とする第三系に向けられていった。

その結果 各地の第三系中にウラン鉱物や放射能異常が発見されたが とくに 昭和37年12月1日 地質調査所のカーボン班が発見した岐阜県土岐市の露頭は 東濃地域におけるウラン鉱床探査の発端となった。そして その後の調査の結果 東濃地域一帯に 人形峠鉱山に勝るとも劣らぬ鉱量をもつ 大規模のウラン鉱床の存在が確認されるに至った。現在なお この地域では 動力炉・核燃料開発事業団中部探鉱事務所によって 精力的な探査と 地質調査所による成因的研究を主とする業務とが行なわれているが 昭和45年の春を迎えて 東濃地域の一部では 坑道開発の鎚音が聞かれるだろう。

人形峠でも 東濃でも 大規模のウラン鉱床が発見されて 調査研究にたずさわる技術者も地元の人々も喜びに浸った。しかし 山口県下では 先に述べた若干の鉱山において ウラン鉱物が発見されて以後およそ10年間 ウラン資源の調査に鋭意努力する技術者に刮目させるに足る情報は得られないまま 空しく過ぎた。

ところが 国内ウラン資源の探査と開発に着々と成果を挙げていた動力炉・核燃料開発事業団のカーボン班が 昭和41年11月23日 山口県大津郡油谷町浅井で 強い放射能異常を示す露頭を発見した。

この露頭の発見は 人形峠地域のウラン鉱床発見によって芽生えた「日本の注目すべきウラン鉱床は 花崗岩類を基盤とする 湖成堆積物の基底部付近に胚胎する」という ウラン鉱床の地質的位置づけに さらに 中生層中にもウラン鉱床が胚胎する事実を立証するとともに より古い地層について 積極的探査の必要性を認識させかつ これまでは予想もされなかった新しいタイプのウラン鉱床発見の可能性を与えた。

久しく絶えていたウラン調査の声が ようやく 山口県下に甦った。人形峠での発見といい 東濃地域での発見といい そしてまた 山口県下における新しいタイプの鉱床の発見といい どれもが年の暮を目前に控えた冬のきびしさの中で発見されたことについては くしき因縁めいたものさえ感じられる。それだけに 浅井露頭を発見した人々も その探査に従事する人々も そしてそれを見守る人々も 人形峠や東濃地域のウラン鉱床

に勝るとも劣らぬウラン鉱床の開発の夢を その脳裏に浮かべたことだろうし また 新しい年にかかる意欲と喜びに 胸おどる思いであっただろう。

山陰の真冬は 暗く そして筆舌に尽しがたいほどきびしい。明けて 昭和42年2月 日本海から容赦なく吹きつける烈風が身を切るような寒さの中で 浅井露頭を中心とする区域の地質調査が開始された。そして寒さもようやく峠を越えた春4月 やわらかな陽ざしの中で 試錐探鉱が始まった。

新しいタイプのウラン鉱床の発見という成果に勇気づけられたカーボン班の活動は 新年を迎えてより詳細にそしてより広範囲にわたって活発に開始され 浅井地区での試錐探鉱と相前後して 響灘に面する長門二見の海岸で新露頭を発見し そして 浅井露頭の発見後およそ1年を経た12月9日 またしても年の暮を目前にして 豊浦郡豊田町稲見でも新露頭を発見した。

昭和42年も来る年への期待の中に暮れ 明けて43年1月 新年を迎えて間もなく 豊田地区一帯についての地質調査が開始された。古くは硯石統と呼ばれ 最近では関門層群と呼ばれている中生代の地層からなるこの付近の地質調査は 土を見せず密生する大木と灌木と草とに妨げられる一方 複雑な地質構造の影響もあって 困難をきわめた。

しかし 動力炉・核燃料開発事業団の調査員のたゆまぬ努力と地元の人々の援助とによって 豊田地区の地質はその全貌を現わし 深い緑の中に静かなたたずまいを見せる豊田湖を中心とする延長およそ13km 幅およそ3kmの区域内に 強度の放射能異常を示す30余の露頭が発見された。そして4月 いよいよ 本格的な試錐探鉱が開始され 今もなお 多くの人々の注視と期待の中で 日夜その業務が続けられている。

地質のあらまし

赤色～暗赤色や雑色の岩層をはさんで 西部中国や北部九州地域に広く分布している地層群は 従来 硯石統あるいはインクストーンという名前で一括総称されていたが 地質学的研究が進むに従って その全貌が徐々に解明され 最近では 層序の明らかになった硯石統を関門層群と呼び その中 淡水性の化石を含む下部を脇野皿層群 火山岩や火山砕屑岩などによって構成されている上部を下関皿層群と呼んでいる。そして脇野皿層群と下関皿層群は それぞれ 朝鮮の洛東統と新羅統に対比されている(第2図 第1表)。

第1表 北部九州・西部中国地域の一般層序表（構造関係を省略）

時代	層名	地層名	おもな構成岩類	層厚(m)	
古第三紀					
		深成岩類	花崗岩・花崗斑岩・花崗閃緑岩・石英閃緑岩		
白層群		深成岩類・半深成岩類	花崗閃緑岩・石英モンゾニ斑岩など		
	阿武隈層群	江舟累層	石英安山岩質凝灰岩・凝灰質砂岩・頁岩 流紋岩質～流紋石英安山岩質溶結凝灰岩 流紋石英安山岩質凝灰角礫岩	500～800	
		舞谷累層	石英安山岩質～流紋石英安山岩質溶岩・溶結凝灰岩など	600～900	
		篠目累層	流紋岩質～流紋石英安山岩質溶結凝灰岩 凝灰質砂岩・頁岩など	300～500	
		深成岩類・半深成岩類	石英斑岩・石英閃緑岩・花崗閃緑岩		
巫	周南層群(八幡層)	田床山火山岩類	石英安山岩および同質凝灰岩 凝灰質砂岩・頁岩など	500～2,000	
		出葉深成岩類	花崗閃緑岩・斜長斑岩		
紀	関門層群	下関巫層	福江層	安山岩・凝灰岩・凝灰角礫岩	200～500
			筋ヶ浜層	火山円礫岩・凝灰角礫岩・凝灰質砂岩・頁岩	300～1,000
			北彦島層	変質角閃石安山岩・輝石角閃石安山岩・輝石安山岩	200～2,600
			塩浜層	火山円礫岩・凝灰角礫岩・凝灰岩など	100～500
	脇野巫層群		若宮上部層	凝灰質細粒砂岩	200～500
			若宮下部層	細粒砂岩・頁岩・石灰質頁岩・礫岩・石灰岩	150～600
			如来田層	細粒砂岩・黒色頁岩互層・赤紫色細粒質頁岩	100～400
			千石層	砂岩・頁岩・石灰岩	200～550
	基盤				

(日本原子力学会第8回資源探査現地討論会予稿集2-1表 4-1表 1頁 などによって作成)

脇野巫層群は 模式地とされている福岡県直方市の南西方約10kmの脇野・笠置山付近では約1,000mの層厚を示し 古生代の和田層を不整合におおっている。本層群は 砂岩や頁岩を主とし 礫岩やレンズ状石灰岩などをはさむ累層によって構成されており 局部的にみられる非整合や礫岩からはじまる堆積輪廻およびその他の地質的特性などによって 下位から上位へ 千石層・如来田層・若宮下部層・若宮上部層の四層に区別されている。

脇野巫層群と古生層との関係は決して一様ではなく 模式地付近では上に述べたような関係にあるが 北東方へ進むに従って 漸次上位の地層が古生層を直接おおうようになり 門司付近では如来田層が 山口県では若宮下部層が古生層をおおっている。

礫岩ではじまる千石層は 黒色頁岩をやや多量に含む砂岩・頁岩からなる地層で 基底部の礫岩層の上位付近に赤色ないし雑色の頁岩をはさむほか上半部の層準内にレンズ状石灰岩をはさむ。層厚は200～550mの間で変化するが 模式地では約350mである。

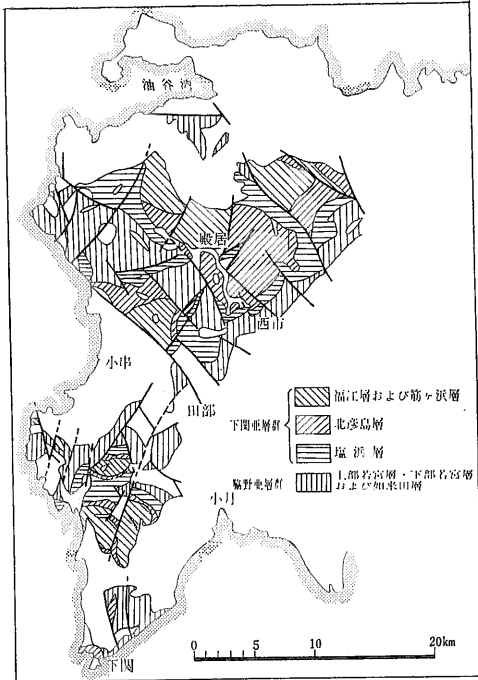
如来田層は 砂岩が卓越した砂岩・頁岩・礫岩・凝灰質砂岩・赤色ないし 雑色頁岩などからなる地層で その厚さは 模式地では100m前後であるが 400mに達する部分もある。模式地付近では如来田層の下半部にみられるような凝灰質砂岩は 脇野巫層群の他の地層中にはあまり見出されないため 一種の鍵層として注目される。また下部に石灰岩ノジュールをはさむ。

若宮下部層は どちらかといえ ば 下部と上部が砂岩がち 中部が頁岩がちな地層で 下部に珪質ないし凝灰質頁岩 上部にレンズ状石灰岩をはさむ。黒色頁岩を多量に含むことは本層の特徴の一つである。層厚は 模式地で約

400m 時には600mに達することもあるが 300～400mの場合が多い。脇野巫層群を構成する地層の中でもっとも連続性に富むようである。

脇野巫層群の最上位にある若宮上部層は 礫岩・砂岩・砂岩と頁岩の互層・珪質ないし凝灰質様頁岩によって構成されており 200～500mの厚さを示す。他の地層に比べて 珪質ないし凝灰質様頁岩をやや多量に含むことは本層の特徴の一つとなっている。

下関巫層群は 脇野巫層群の上位に 一部整合

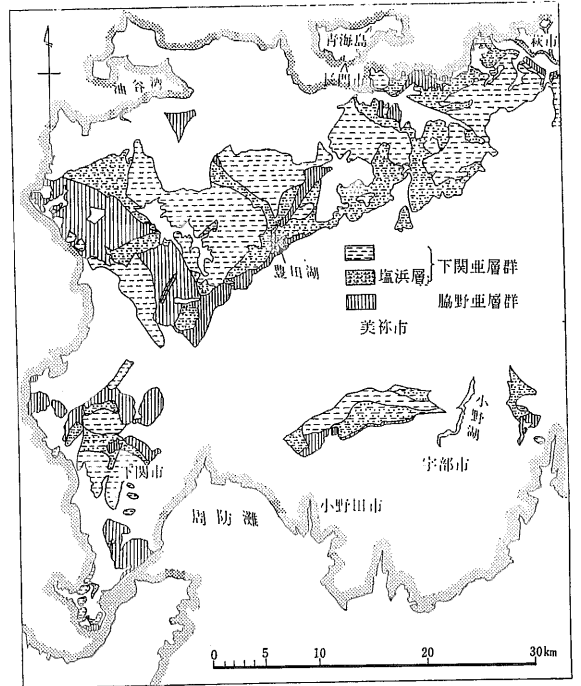


第2図 山口西部地域における関門層群分布図
(長谷 晃 1960による)

一部不整合にのっているが 山口県の中中部地域では古生界や三疊系の上に直接のっている。 模式地とされている下関市の西海岸では 約2,000mの層厚を示し 構成岩類の相違や構造などによって 下位から上位へ 塩浜層・北彦島層・筋ヶ浜層・福江層の四層に区分されているが 北部九州の一部では筋ヶ浜層と福江層を欠く。

下関亜層群が脇野亜層群ともっとも相違する点は 脇野亜層群が砂岩や頁岩を主とする堆積層であるのに対して 下関亜層群が火山岩や火山砕屑岩類によってほとんど構成されていることである。 しかし 下関亜層群を構成する火山岩類を産出した火山活動は決して連続して行なわれたわけではなく 筋ヶ浜層の堆積初期には火山活動の休止時期があり その後再び火山活動が起こったようにも思える。 この時期の火山活動の産物である安山岩がいわゆる福江層とされているものである。

下関亜層群の最下位にある塩浜層は 火山円礫岩・凝灰角礫岩・凝灰岩などからなる地層で 模式地付近では約350mの層厚を示すが 場所によって層厚は著しく増減し 100~500mの間に変化する。 いわゆる礫石統の特徴の一つとされている赤色~暗赤色の堆積物を少なからずはさむ。 北彦島層は 塩浜層の上位に整合にのり 角閃石安山岩・輝石安山岩・輝石角閃石安山岩などからなり その一部は変質していることがある。 模式地で



第3図 関門層群の分布図

(日本原子力学会第8回資源探査現地討論会予稿集5-1図による)

は約700mの層厚を示すが たとえば 小倉-若松付近のように2,500m以上の層厚をもっているところもある。

筋ヶ浜層は 北彦島層の上位に 整合または一部非整合にのる。 構成岩類は火山円礫岩・凝灰角礫岩・凝灰質砂岩・頁岩などである。 層厚は約300mから1,000mの間に変化する。 あまり顕著ではないが 赤色堆積物をはさむことがある。 また 流紋石英安山岩または流紋岩が砂岩・頁岩に卓越することがある。

下関亜層群の最上位に当る福江層の分布は 脇野亜層群と下関亜層群を通じて もっともせまいようである。 この地層は その大部分を占める安山岩と凝灰岩および凝灰角礫岩からなり 200~500mの層厚を示す。

さて 油谷地区と豊田地区を中心に 精密な地質調査を行なった動力炉・核燃料開発事業団は いわゆる山口西部地域に分布する地層を 下位から上位へ A・B・Cの三層に区分し その分布を明らかにするとともに ウラン鉱床がほとんどB層に賦存することを 確認した (第3図)。

A 層は 礫岩・砂岩・頁岩などからなり 火山活動の産物を含まない。 このような構成岩類およびその分布からみて 本層は脇野亜層群の如来田層・若宮下部層・若宮上部層を一括したものに相当するようである。

第2表 豊田地区のウランの産状による分類

産状の型式	おもな産地(露頭)名
炭質物に伴うもの	ねずみ坂
岩脈に伴うもの	野中・掛橋・長瀬・稲見橋・長楽山
破碎帯に伴うもの	掛橋・向ヶ迫
礫岩・砂岩中のもの	稲見・野中・掛橋—A・石井山・山野 (浅井地区のものもこれに属する)

(日本原子力学会第8回資源探査現地討論会予稿集P14~15より作成)

B 層 は A層を非整合的におおって 豊田地区に広く分布している。本層は礫岩や砂岩・礫岩・頁岩互層 流紋石英安山岩質火山礫凝灰岩および凝灰質砂岩等によって構成されており 火山岩類は上部付近に位置する。しかし 下部の砂岩中にも凝灰質の部分が見出されるので 本層の全部が 本層を特徴づけている 流紋石英安山岩の活動期のもとみられている。本層は構成岩類・その分布・および下部のA層との構造的関係などからみて 下関亜層群の最下部に位置する塩浜層にほぼ対比されるようである。

C 層 は 総体的にみて 下部は火山礫凝灰岩および凝灰角礫岩によって 上部は火山円礫岩および凝灰質砂岩によって 主として構成されている。その分布は広く B層とは非整合関係にあると考えられているが 構成岩類や分布などからみて 下関亜層群の北彦島層・筋ヶ浜層および福江層を一括したものにほぼ相当すると推定されるので B層との関係は あるいは 一部非整合で大部分が整合かもしれない。B層の最上位にある厚さ5~30mの 流紋石英安山岩質火山礫凝灰岩・混成火山礫凝灰岩・凝灰岩は鍵層として有効と考えられている。

砂岩・頁岩などの堆積から中心噴出性の火山活動によって噴出された安山岩類まで いわゆる陸水性層として堆積された関門層群とは著しく異なって 関門層群以後は いわゆる fissure eruption による 陸上形成の酸性岩類で特徴づけられている。関門層群がかなり強く褶曲しているのに比べて これ以後の地層の褶曲は弱く fissure eruption の産物が 関門層群を構成する火山岩類よりも量的にはるかに多いことをみれば この fissure eruption は おもな褶曲構造が形成された後に起こった 活発な火山活動の時期(最盛期?)を示すものであろう。

関門層群後 周南層群前には 出葉深成岩類と呼ばれ

ている花崗閃緑岩・石英斑岩の活動があり その後 白亜紀末頃の深成活動の産物とみなされている広島花崗岩類およびこれと関連した各種の火成岩類の侵入まで 火成岩類の活動が行なわれた(第1表)わけであるが 山口西部地域のウラン鉱床の生成に関連のありそうな 興味ある地質・構造もあるようである。それは 日本海側の長門市付近から 豊田湖の東側を経て 先に述べた吉田川付近を通る地質的不連続線に沿ってみられる現象から推定される古生代の花崗岩質岩の存在およびこれと関門層群との関係である。

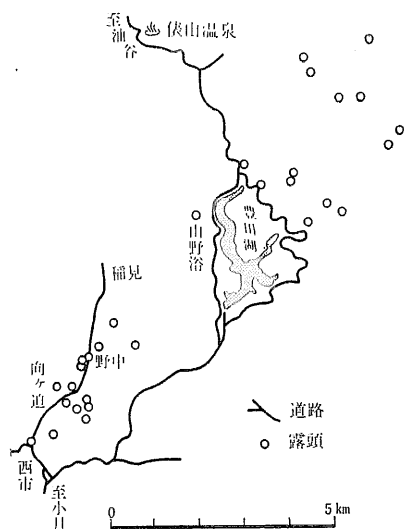
長門構造帯あるいは長門構造線と呼ばれるこの不連続線は 厚い炭層をはさんでこれより東側に分布している三疊紀の美称層群の堆積盆地と これより西側に分布しているジュラ紀の豊浦層群や白亜紀の関門層群の堆積盆地の ちょうど境界付近を通る。そしてこの構造帯に沿って 古生代の蛇紋岩や変質した地層を貫く花崗岩質岩があるが この岩石は 古生層が形成された後に 断層を伴う変動によって地表に押し上げられたものと推定されている。この花崗岩質岩の断層に直接関連した上記のような産状と分布 および古生層・中生層との構造的関係 古生層と中生層との関係などからみて 豊田町の中心である西市の北方や西方では 脇野亜層群の下にこの花崗岩質岩が存在すると推定されている。このことは 後で述べるように 豊田地区のウラン鉱床の成因を考察する上において 注目される。

ウラン鉱床のあらまし

山口県下ですでに発見されているウラン鉱物の産地は第1図に示したとおりであるが これらの中油谷地区および豊田地区に分布するもの多くは 堆積環境が淡水堆積環境から活発な火山活動へ移化する時代に堆積した脇野亜層群上部から下関亜層群下部の地層中には限定されて存在し かつ 海拔100m前後の位置で発見されている。これらの鉱床は 新第三系中の堆積型鉱床とは産状をかなり異にしており その直下に花崗岩類もないし また 一定の層準内に賦存することもあれば破碎帯や岩脈などと密接に関係して形成されることもある。したがって 現時点では これらの鉱床は産状によって

- ① 炭質物に伴うもの
- ② 岩脈に伴うもの
- ③ 破碎帯中に形成されているもの
- ④ 砂岩や礫岩中のもの

の四つのタイプに区別されている。現在探査が進められている豊田地区の露頭の分布を第4図に 鉱床名とそ



第4図 豊田町周辺の放射能異常露頭分布図
 (日本原子力学者第8回資源探査現地討論会予稿集第5-4図による)

のタイプを第2表に示す。

炭質物に伴うもの の一例は 西市から北東方の稲見へ向かう道路が急カーブする“ねずみ坂”の切取部でみられる。ここでは 塩浜層の砂岩中にはさまれる厚さ 10cm 以下の炭質物とその周辺のせまいはんに最高 1.0mr/h の放射能異常が発見されているが ウラン鉱物はまだ見出されていない。ウランは おそらく第三系中の堆積型ウラン鉱床にしばしばみられるように炭質物に吸着された型で存在するのであろう。これと同様の異常は西市の北東方 1km 付近に位置する榎原の北方でもしばしば見出されるということである。

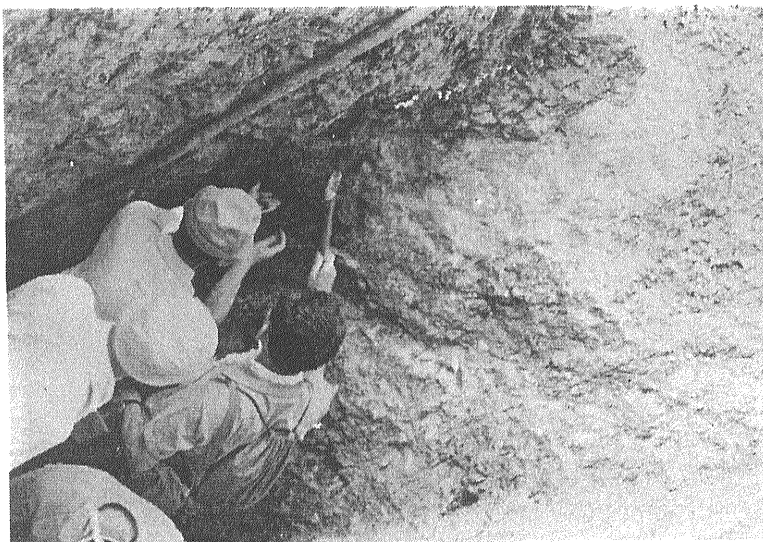
岩脈に伴うもの は 第2表に示したように 豊田地区では割合に多くの場所でみられる。一般に NE-SW 方向に走る安山岩々脈にウラン鉱物を産するもので 長葉山・長瀬・稲見橋の各露頭でみられるものは その代表的なものとしてされている。ウラン鉱物は 岩脈中の割目や粘土化して多くは白色を呈する部分にやや特徴的に産するが 岩脈の周縁部に見出されることもある。もっとも強い放射能異常部では 2.5 mr/h 以上に達することがあるといわれている。

破砕帯に伴うもの は 岩脈とほぼ同方向に N-E-SW 方向に走る断層破砕帯に沿ってみられるものでその代表的な例とみなされる向ヶ迫のピットでは N 50°E 方向に走る断層破砕帯に沿って 最高 2.0mr/h の異常を示す。放射能異常のもっとも強い部分は この破砕帯の 褐鉄鉱で汚染された部分であるが その下側の白色粘土中にも異常は認められる(第5図)。

断層破砕帯ではないが 山野浴露頭の一部では 小規模の割目中にやや強い放射能異常が認められる(第6図)。

砂岩や礫岩に伴うもの は ウラン鉱床としても もっとも期待されるタイプの一つである。稲見で発見された露頭はこのタイプの代表的なものとしてされているが 第6図に示した山野浴露頭の細粒砂岩中にみられる放射能異常を示す部分もこのタイプに属する。その他 掛橋・野中・石井山の各地区でもこの種のものが発見されている。油谷地区では 含礫砂岩中に海拔75m 付近から 125m 付近までの間に 異常地が発見されている。これらの異常地は ほとんど同一層準内に ゆるい向斜構造の翼部に賦存しており 形態上からみた限りでは いわゆるチャンネル構造に規制されたようにみえる。これらも砂岩や礫岩に伴うものに類すると思われるが これらの異常地の周辺や下部近い場所に石英斑岩々脈が多数みられることにやや興味を覚える(第7図)。

これらの岩脈のあるものは放射能異常部を含む含礫砂岩層を貫いているが これらの岩脈は放射能異常部の形成と関連性をもたないのだろうか。稲見橋露頭における安山岩質岩脈の存在といい また 掛橋露頭における



第5図 向ヶ迫ピット。 N50°E 方向にのびる断層破砕帯の上盤側に沿って 1.0mr/h 程度の放射能異常が発見されている。ハンマーの先付近から右斜上方へ続く灰色部は水酸化第二鉄に汚染されている部分で含ウラン量はとくに多い。

岩床状の流紋岩・酸性安山岩の存在といい 少なくとも現時点では 油谷地区の放射能異常も豊田地区の多くの放射能異常も これらの岩脈類あるいは割目と関連して形成されたと推定できるかもしれない。

ウランの存在状態

油谷地区では燐灰ウラン石だけが発見されているが 豊田地区では燐灰ウラン石 メタ燐灰ウラン石 閃ウラン 鈹 燐銅ウラン石 ウラノフェーン ベータ・ウラノフェーン フォスフラニライトなどの含ウラン鉱物のほかに 含ウランオパールや緑泥石(塊緑泥石) 水酸化第二鉄 炭質物 粘土鉱物などに吸着されてウランが存在する。これらの鉱物は単独で産することもあり また何種類かが共存することもある。各露頭における産出鉱物を第3表に示す。これらの鉱物が産する場所は砂岩や礫岩のような透水性の岩石 断層破碎帯 岩脈の変質部や多くは上盤側沿い あるいは岩脈やその周辺の岩石中の割目などである。

豊田地区のウランの存在状態については 動力炉・核燃料開発事業団の広野修一郎氏によって 詳細に検討された。その結果 第3表に示したように 各種のウラン鉱物や吸着された形で存在するウランの分布が明らかになるとともに 緑泥石(塊緑泥石)にウランが吸着されて存在することが 豊田地区におけるウランの存在状態の一つの特徴であることが判明した。

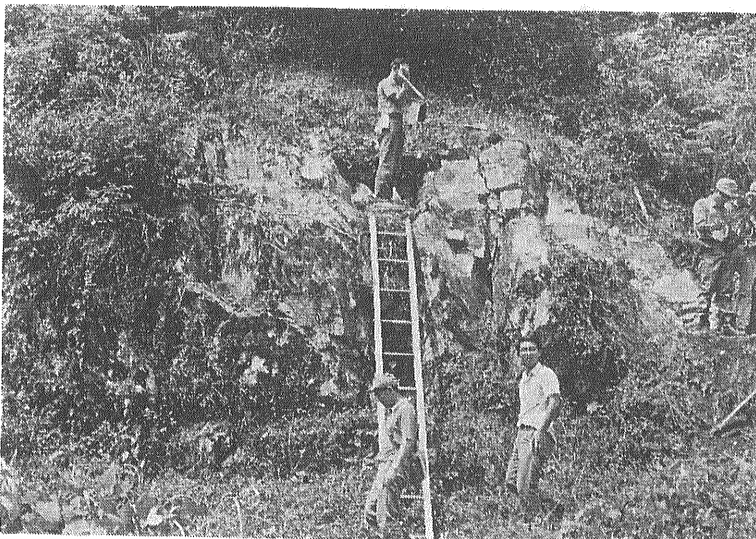
しかし ウランは 多くの露頭でみられるように水酸化第二鉄に吸着されていることもあり また ねずみ坂の露頭でみられるように炭質物に吸着されていることも

あるので 必ずしも緑泥石だけに吸着されているというわけではない。たとえば 長葉山—C露頭や野中露頭では 安山岩岩脈から上方へ向かって 緑泥石の量は次第に減少しているが これと正の相関関係において ウランも漸次減少している。これらの露頭についてみられる現象は 豊田地区のウランの存在状態の一つの大きな特徴とされているわけであるが 他の露頭においても必ずみられるというわけではない。たとえば 掛橋の露頭の一部では 緑泥石の量の増加に反してウラン量が減少している事実も見出されており また 緑泥石の量が減少しているのにウラン量が逆に増加している事実も見出されている。緑泥石は pH 3~8の間で ウランをもっともよく吸着することが広野氏の研究によって明らかにされているが 緑泥石とウランとの間にみられるこのような相反する二つの関係は 両者の間に 成因上の相違があることを示すものとして注目されている。

長葉山—C露頭だけに発見されている閃ウラン鈹は 広野氏の鉱物学的検討によって 黄鉄鈹と共産する微粒子であり 格子定数は $5.4670 \pm 0.0002 \text{ \AA}$ 化学式は UO_2 で示されることが判明している。

想定されるウラン 鈹床の成因

これまでに発見されている各種の多くのウラン鈹床については それぞれについて 定説化された成因説がある。たとえば 本邦ですでに発見されているウラン鈹床としてはもっとも規模の大きな人形峠や東濃地域をはじめとする各地の新第三系中の鈹床については 基盤となっている花崗岩質岩中のウラン→水中への溶脱→基盤のチャンネル構造の規制下における運搬→炭質物・粘土鉱物・硫化鉄・酸化鉄その他母層の構成物質との関連下における吸着・沈澱のような いわゆる堆積説が適用されている。しかし 上記のような堆積型鈹床にみられる基盤岩類に類するものは 山口西部のウラン鈹床地帯ではみられないし 現在なお探査の緒に着的段階にあるということもあって この地域のウラン鈹床の成因についてはまだ十分に検討されていない。油谷地区で露頭が発見された当時は 中生層中の堆積型ウラン鈹床と即断した学者もあり 閩門層群が朝鮮の洛東統や新羅統に対比されることから この種のウラン鈹床は 山口西部地域だけでなく 朝鮮にも期



第6図 山形谷露頭。塩浜層の細粒砂岩と割れ目に沿って 0.7~1.2mR/hの強い放射能異常があり 燐灰ウラン石や 割れ目の中に含ウランオパールが発見されている。

第3表 山口西部地域で発見されているウラン鉱物とそのおもな産地

鉱物名	化学成分	おもな産地(露頭)名
燐灰ウラン石 Autunite	$\text{CaO} \cdot \text{UO}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	野中・掛橋・長葉山-C・山野浴・浅井
メタ燐灰ウラン石 Meta-Autunite	$\text{Ca}(\text{UO}_2)(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\frac{1}{2} \sim 6\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$	長葉山
閃ウラン鉱 Uraninite	UO_2 と UO_3 の混合物 Pb, Th 稀土を伴うことがある	長葉山-C
燐銅ウラン石 Torbanite	$\text{CuO} \cdot 2\text{UO}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	長葉山-AおよびC
ウラノフェーン Uranophane	$\text{CaO} \cdot 2\text{UO}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	掛橋
ベータ・ウラノフェーン Beta-uranophane	$\text{CaO} \cdot 2\text{UO}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	山野浴
フォスフラニライト Phosphuranylite	$\text{Ca}_3(\text{UO}_2)_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}?$	掛橋-A

以上の他 緑泥石・水酸化第二鉄・粘土鉱物・炭質物に吸着されたウランが各地で見出されており また山野浴では含ウランオパールが発見されている (日本原子力学会第8回資源探査現地討論会予稿集P14~15・6-1表を参考にして作成)

待できると考えられもした。こうした考え方はすでに発見されていた堆積岩中のウラン鉱床の成因が前に述べたような機構によってかなりよく説明づけられた当時としてはあるいは当然だったかもしれない。

しかしこのような生成機構が山口西部地域に分布するウラン鉱床について本当に適用されるか否かという点については現時点ではまだ判然としないがこれをそのまま適用することは母層の地質時代に相違があることを十分に考慮したとしてもむずかしいようである。今回の現地討論会の席上においても本地域のウラン鉱床の成因や成因を考える場合に重要な幾つかの問題について若干の意見の交換が行なわれたのでこれらを中心に豊田地区を主とするウラン鉱床の成因に関連する事項のあらましを述べてみよう。

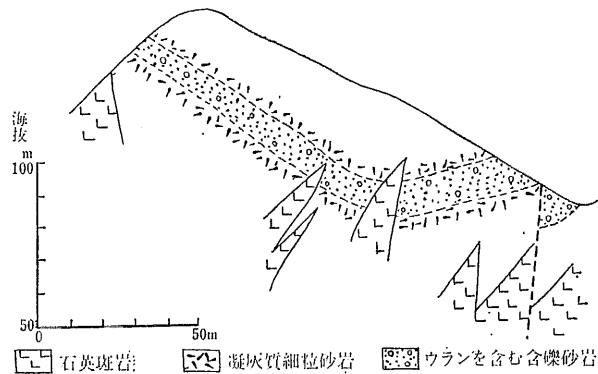
油谷地区で発見された露頭やその延長部が海拔100m前後に位置することについては先に述べたが豊田地区で発見されている露頭のほとんども海拔100m付近から150m付近までの間に位置している。このように露頭のほとんどすべてが海拔高度からみた場合ほぼ一定の範囲内で発見されているわけであるが鉱床の存在とその位置との間にどのような関係があるかということについては現在までのところはっきりしていない。

堆積型鉱床の一つのタイプとしてレンズ状ないし楕円状の断面を示す“ロール・オア (Roll ore)”と呼ばれているものがある。これは酸化性の地下水と還元性の地下水との境界部付近に選択的に形成される鉱床で多くは断続的に胚胎する。この地域のウラン鉱床の位置づけが“ロール・オア”の形成に重要な影響を与えるような地下水とその性質に関係して起こったものかあるいは地下水面が海拔100m前後の位置にあってこれの影響によってなされたのかは明らかでない。ウ

ラン鉱床の位置と地下水との関係については今後十分に検討されなければならない問題の一つであろう。

ウラン鉱床の位置という問題については地質上これらが脇野亜層群の上部から下関亜層群の下部にいたる比較的限られた層準内にある事実注目する必要がある。脇野亜層群の上部から下関亜層群の下部にわたる時代は堆積環境が淡水性の堆積環境から優勢な火山活動の環境への変せん時代でありそれに関連した水質の変化やたとえば赤色～暗赤色または雑色の岩層によって示される気候条件の変化の時代でもあったと推定される。

こうした堆積環境の変せんの時期的に母層の堆積と同時にウランが濃集したかどうかは分からないが山口西部の各地で発見されている露頭が場所によって母層の構成岩類をかなり異にしていることや層序上の位置に相当の差異があることからみればウランが母層の堆積時に濃集した可能性はむしろ薄いとみなされよう。またかりに母層の堆積時にウランが濃集したと考えた場合そのウランがどこからどのようにして運ば



第7図 油谷地区地質断面図 (日本原子力学会第8回資源探査現地討論会予稿集第5-2図による)

れたかについて 十分に説明または想定できる根拠はさしあたって 見当らない。

この地区のウラン鉱床の形成あるいはウランの濃集について 露頭付近にもしばしばみられる岩脈類の貫入に伴うウランの鉱化作用 花崗岩類その他の火成岩類の侵入によって 関門層群に与えられた 熱変成作用と関連したウランの濃集 花崗岩類の後火成作用によるウランの鉱化作用などを想定している人もいる。そして このような火成岩類の活動に伴われた鉱化作用によってもたらされたウランは その後 岩石の粒度や組成鉱物の種類 地質変動に起因する地質構造や岩石組織の改変などに関連して 濃集を促進されたとも考えられているが今までのところ こうした考え方が適用されるか否かについては はっきりした解答は得られていない。

このような形成機構の他に 次のような 幾つかの可能性を 想定している人もある。

- ①白亜紀末に 広い地域にわたって 侵入した花崗岩から 何らかの過程を経て 脇野亜層群の上部と下関亜層群の下部にウランが濃集されたか または 岩脈類に伴われたウランが上記の地層に侵入した。
- ②下関亜層群を特徴づけている石英安山岩から ウランが 下関亜層群の最下部を構成している角礫部に入り これからさらに 下位の脇野亜層群の最上部付近に移動した。
- ③地質の項で述べた古生代の花崗岩中のウランが 脇野亜層群の最上部付近と下関亜層群の最下部付近に 直接堆積した。

④古生代の花崗岩中のウランが 最初は 脇野亜層群の最下部付近に堆積し その後 地質変動によって形成された破砕帯を通路として上昇し 脇野亜層群の最上部付近とその上位の下関亜層群の最下部付近に濃集した。

このような幾つかの可能性を想定している人は これらの中で ④の解釈を重要視しているようである。

④の解釈が重要視されるに至ったおもな理由は ①豊田地区で発見されている多くの露頭の中には 破砕帯に沿ったり または岩脈に沿って ウランが濃集しているものが割合に多い ②西市の周辺では 古生代の花崗岩の上に 脇野亜層群が直接のっている可能性がある ことなどである。このような解釈が当を得ているとすれば 古生代の花崗岩の上に直接のる脇野亜層群の最下部には この花崗岩から多分溶脱されたウランの濃集部が存在する可能性が強いので 今後の探鉱に際して 重要な指針を与えることになろう。

山口西部地域のウラン鉱床は 本邦初の 中生層中の鉱床であり また かなり広範囲にわたってその露頭が発見されているので ウラン資源確保の上からも 地質鉱床学的見地からもそしてまた 今後 中生層についてウラン調査を行なう場合の指針を与える意味においても注目されている。その成因については 現時点では明らかでないが 動力炉・核燃料開発事業団が積極的に進めている詳細な調査によって 近い将来 明らかにされることだろう。

(筆者は鉱床部 核原料資源課)

(17頁からつづく)

ペレットは泥水の循環速度の減少によって生ずる懸濁状態の中で一時は懸吊の形で残っているが 懸濁から分離すると まちまちに落ちていき 再びビットを通して循環されていく。ドリルの最下端にある2本の触角脚はビットと岩石との間を常に一定に保つためにある。またこのドリルは 触角脚の下部を常に新しく露出させるためにゆっくりと回転させられる。

大理石 石灰石 珪岩に対するペレットドリルの掘さくデータが示されているが これによると掘進率は硬いピンク珪岩で0.25cm/分 から軟質のオクラホマ大理石で3.8cm/分の範囲を示している。ペレットの消費量はきわめて少なく 最も多いピンク珪岩ですら 64kg のペレットが3時間半の実験で1.1kg の消費をみたにすぎない。他面水力効率がわずかに約4%という小ささであるが これに影響をおよぼすおもな要素は 第1 第2

ノズルの直径 ペレットの大きさ 第2ノズルの長さ 岩石との間隔 流速および循環水の性質であることを見出している。そして循環水には水が最もよく 1.15g/cm³ の泥水 (比重1.15) の場合には掘さく能率は25%に減少し さらに空気の場合には75%も減少していると述べている。

第2図に示したドリルの外にも多くのペレットドリルが実験されている。その一つとして ペレットが孔の中心部を掘さくしている間に 周辺部を機械的に掘さくするため鋭い切削刃を用いたものもある。このドリルは 200~400kg の給圧力を必要とし 砂岩や石灰岩に対して 30m/時の早い掘進率をもっているのにもかかわらず あまり実用的でない。その理由は機械的切削刃がペレットを急速に消費させてしまうからである。ペレットドリルの実用化の研究も一般に遅々として進展していないようである。

(筆者は 試験課)