

資 料

553+550.8 : 553.495 : 552.313

酸性火成岩を母岩とするウラン鉱床の地質学的特性とその探査方法について*

P. V. Ragonov

小西 善治 訳

最近、ジュネーヴで開かれた原子力平和利用国際会議の外国学者の講演集“核燃料物質の地質学”が刊行された。この論文集には、ウラン生成区およびウラン鉱床の主要型の特性が記載されている。これらの特性に関する重要な結論は、それぞれのウラン産出国のウラン鉱床の探査・探鉱で得られた経験によつて裏付けられている。しかし本講演集では、周辺岩石と密接な関係のあるウラン鉱床のある種の型の地質学的特性、およびこの種の鉱床の探査方法については十分に明らかにされていない。しかし酸性火成岩に関連性のあるウラン鉱床群は、鉱業上からみて重要である。この種の鉱床群を探査するにあつては、多くの場合、鉱石がこの種鉱床の酸化帯で侵出されて地表上に認められないから、鉱床の生成された地質環境を知ることが重要である。

酸性火成岩がウラン鉱床の生成に好ましい媒質であることは、すでに以前から地質家の注目をひいていた。この種岩石のウランのクラーク数は $4 \cdot 10^{-6}$ で、塩基性岩 ($1,1 \cdot 10^{-6}$) および超塩基性岩石 ($0,6 \cdot 10^{-6}$) のそれを上廻っている。ある種の巨大な花崗岩塊では、ウランを濃縮して $8-10 \cdot 10^{-6}$ に達しているが、小規模の進入酸性熔岩ではウランは $100-150 \cdot 10^{-6}$ 、すなわち 0,01—0,015% に上昇している。ウランが花崗質殻に濃集している原因は、花崗質殻自体の生成様式が、依然として科学上において解決されていないので、未知のまま残されている。

酸性火成岩中に賦存するウラン鉱床の探査を系統づける最初の試みは、あまり良い結果が得られなかつた。この試みで、グライゼン化された花崗岩状岩石およびペグマタイト中には、貧弱なウラン・トリウム鉱体を伴うことが明らかにされたので、類似の地質条件のもとで探査を行う興味がそがれた。しかし主として空中放射能探査が進むに従つて、酸性火成岩を母岩とする稼行価値のある新ウラン鉱床型が明らかにされるとともに、一方では、その成因の解明が進んだので、探査を合理的に行い、探査効果を著しく引上げるみちが開けた。

次にウラン・トリウム鉱床の地質環境の特性、成因および探査方法を述べよう。

進入現象に関連性のあるウランの熱水鉱床 (準火山岩群 Paravolcanic group)

著者は酸性火山岩中に賦存するウラン鉱床が、ソ連ならびに外国で明らかにされたので、1950年にこの種火山岩との共生関係について見解を発表した。この論文では、著者は地殻上の火山地域におけるウランの高濃縮度の(作用)原因が時代によつて異なつても、酸性熔岩を噴出する火山の生成と、この種の火山の噴出物中に賦存する熱水性ウラン鉱床の特異な群とは、1つの鉱床群に纏められることを想定した。

現在では、地殻内部のほとんどすべての熱がウラン・トリウムおよびカリウムの崩壊で放出された熱であることが、一般に認められている (この場合発生熱の約 20% は花崗質殻中に集中しているウランによるものである)。

いま地殻のそれぞれの地域が造山運動を蒙つて、高含有量のウランを伴う巨大な花崗岩質基体 (substrate) が集積すると、放射能の熱放出が著しく増大し、地殻およびその上部 (一般には花崗岩質殻と玄武岩質殻との界面) の地下温度が上昇し、岩漿溜が発生する。この岩漿溜がさらに発達すると岩漿が地表面に向かつて上昇し、普通火山地域が形成される。この場合、火山活動は長期間にわたり、かつ多相を示す。これは放射性元素の崩壊には10億年を要するが、放射性元素を多量に含む火山噴出物は噴出箇所に残り、数 km の厚さに累重して円錐型の成層火山を形成するからである。

* Раднонов, П. В. : Геологические особенности урановых месторождений, приуроченных к кислым изверженным породам, и методика их поисков, азведка и охрана недр, 1957, х но. 2, р. 1.

火山活動の爆発相の出現後には、放射性物質に富む火山灰(火山ガスとともに)を遠く噴出火山地帯外に多量に降らす。そのために放射源の熱放出量は減少し、地球の表面の放出(輻射)熱量と除々に平衡を保つようになる。

このようにして地殻のそれぞれの地域における放射性元素の含有量が增大すると、それに比例して、火山活動(過程)期は長期間にわたり、かつ激烈となる。したがってウラン鉱床の生成される probability が増してくる。

地域的には広域にわたるが、比較的規模の小さな高地玄武岩流で代表される他の噴出型が存在する。玄武岩の形成期の火山活動は、比較的短期間であつたが、幾10万km²にわたる広大地域に玄武岩台地を構成した。この種の熔岩噴出は、岩漿が玄武岩質殻から地殻の大破砕帯に沿つて上昇して起こつたものである。この玄武岩質殻では、基体は過熱状態(superheated condition)にあつて、その放射性元素は地殻の標準含有量であることが考えられる。したがって高原玄武岩の発達地域におけるウラン鉱床の探査が好ましくないことはいふまでもない。

準火山岩群のウラン鉱床は次のような特性をもっている。

1) 鉱床は成層火山を形成した長期間の火山活動地域に賦存している。火山活動過程では、塩基性、中性および酸性の火山噴出物の厚い互層が形成され、輝緑岩から石英粗面岩にわたる雑多な組成の亜火山岩(subvolcanic rock)の餅盤・岩脈・岩瘤が進入している。火山岩累系が深く侵蝕・蝕刻されている場合には、花崗岩・花崗閃緑岩およびはんれき岩のような、一層完晶質の火成岩型が地表面に露出している。酸性岩石系中には、標準を10~20倍上廻る異常に高い放射能を示す変種に出会す。

2) 強度の造構造性擾乱を蒙り、火山岩が破碎されている地域では、ウラン鉱床の周辺部に熱水変質・緑泥化作用・絹雲母化作用を伴ない、ときにはプロピライト化作用・珪化作用および高陵土化作用が認められる。

3) 鉱体は複雑な脈状・レンズ状および鉱瘤状をなし、ときには層状形態を形成している。さらに初成のウラン鉱体のウランが不均一に侵出され、侵出されたウランが一層深部の地並に粉状瀝青ウランの型で再沈澱している酸化帯では、鉱体は一層複雑な容貌を呈している。

4) 鉱石は多様な鉱物学的組成を示し、閃ウラン鉱・閃ウラン鉱-多種金属(polimetal)・閃ウラン鉱-モリブデンに区別される。この型の鉱石の分布は延長がきかないが、ある程度の帯状分布が認められる。純粋の閃ウラン鉱は空隙または半空隙裂罅および成層面を充填して火山岩層の上部層準でしばしば出会う。閃ウラン鉱-多種金属は輝緑岩岩脈の接触部または断層角礫帯に存在するいくぶん侵蝕された火山岩中に普通みられる。閃ウラン-モリブデン型鉱石は、進入岩の下部層準にみうけられる傾向があつて、割れ目の発達した珪長岩質火山岩岩頸、火山角礫あるいは厚い破砕帯に賦存している。

準火山岩群の鉱床は、ときにはウランの品位が2~3%以上の閃ウラン鉱質鉱石を多量に産出するが、その大部分は鉱量が少ないという欠点がある。多数のウラン鉱体に出会う大鉱床区でも、鉱山企業の基礎となる鉱量をとらえるために、多数の探鉱坑道を切ることが必要である。遺憾なことには、この群の鉱床を稼行する現場では、ウラン鉱体は大断層裂罅から羽毛状に分岐した微細な裂罅中に存在する傾向があるという考え方が根をおろしている。したがって延長数kmにわたつて火山岩層を切っている大構造(剪断)帯自体は、鉱床の生成にとつて好ましくない媒質(media)と考えられている。

このような考え方は多くの鉱体が微細な裂罅を充填して分布しているデータによるものである。この場合次の点を考えに入れていない。すなわち、大構造帯の著しく熱水変質された粒化岩石類(granulated rock)-低夷地域を占める一は普通地表水の(下降)滲入通路となるが、その際微細な裂罅中に分布する鉱体は侵出を免れる確率が高い。火山岩に硫化物が多量に存在する際には、破碎火山岩中を滲透する地表水は酸性となるから、含ウラン鉱体は粒化帯の地表に近い鉱体の部分から侵出される。しかしこのような破砕帯の調査・研究は、厚い洪積層および冲積性堆積物に覆われているので困難である。

現在大構造帯中に賦存する鉱体に対して、大きな期待が寄せられている。とくに剪断構造帯の方向が微細裂罅を充填する含ウラン鉱脈の方向と一致する地帯は、鉱体の賦存する見込みが多い。豊富なウラン埋蔵量を発見するには、探査結果が示すように、2構造(破砕帯)線の落合点-1構造線の方向が鉱脈の方向と一致するものと仮定する一を精査すべきである。

酸性火山岩の分布地域のウラン鉱床の探査が進むに従つて、ウラン鉱床の深所における賦存状態に関する知識が増してきた。初期には、ウラン鉱石の生成に最も好都合な岩石は、火山岩層の上部層準を構成する酸性火山岩であると考えられていた。すなわち鉱床の生成時には、この種岩石に発達した割れ目(裂罅)は、開かれた状態を保持するの

に最も好都合な条件下にある。そこで地質家は、比較的侵蝕作用を蒙っていない地溝状 (graben) 地帯に探査を集中した。これらの地域では、しばしば純粋の閃ウラン鉱および閃ウラン鉱—多種金属鉱床型に出会っている。

現在では火山岩岩類の発達する地域で、含ウラン鉱、とくに閃ウラン—モリブデン型の鉱床の探査が最も効果的に行われている。これらの地域では、火山岩流は、ほとんど完全に削割されているか、中性あるいは塩基性火山岩で代表される砕屑状基盤岩類が残留している。この地域は珪長岩・輝緑岩から花崗岩・はんれき岩—地表上に進入した岩漿の発達階梯を現わず—にわたる雑多な組成の火成岩の岩脈または小岩塊のみられるのが特徴となつている。この条件下では古生物学的研究が用いられないことと、岩石学的研究方法が不足している点を考えに入れて、この面における調査・研究方法を精確化すべきである。ここである程度調査・研究に役立つと考えられる方法は、種々の火成岩の共生鉱物の対比と、放射性鉱物の絶対年代の決定とである。

全火山噴出周期に貫入した多数の火成岩のみられる比較的小地域を確認するとともに、火成岩の様々な組成と晶出階梯の調査・研究を行うと、急速に成長したが、現在削割されている円錐火山に発達した古期火山岩体の活動の跡を解明することが容易になる。類似の条件のもとでは、晩期に貫入した火成岩類は、初期のものに比較して、一層完晶質である。したがって、この環境下のウラン鉱床は一層晩期の完晶質の岩石よりも、初期貫入階梯の珪長岩質岩類および餅盤に一層賦存する傾向が大きいことが認められる。珪長岩類には、熔岩と周辺岩石との生成温度に著しい差異が存在するから、貫入・定着時に微細な割れ目網が生じ、その後含ウラン鉱液の上昇に利用されたことは明らかである。

準火山岩群の鉱床の地質環境がきわめて複雑なことから、『鉱床が多様性である点とを考えに入れて、鉱体の出現地域の研究順位を計画的に決めることが必要である。以前には、地表面に稼行価値ある鉱体がなくても、既知ウラン鉱兆地域の深部探鉱をしばしば始めていた。現在では既知の見込のある全地域の探査が完了するまでに、このようなあてにならない鉱兆地帯の探鉱を急ぐことはすすめられない。探査にあたっては、2万5千分の1または5万分の1の縮尺の地質図を同時に作成するのが合理的である』。作成にあたっては、火山岩のあらゆる変種を区分し、岩石の熱水変成と(造溝造性)擾乱地帯とを綿密に追跡すべきである。最も複雑な地質構造地域で、1万分の1の縮尺で覆うようにすることが必要である。探査にあたっては、 γ 線調査、emanation 調査およびウランの count 調査を行うべきである。

ガイガーカウンターによる放射能検出は、延長100m以上にわたる盆地底および低夷地域の堆積物について普通行われる。emanation 調査は沖積層で覆われている裂罅帯の高放射能地域を明らかにするのに利用される。この場合、延長に沿って50~100mの間隔をおき、各測点の間隔は2~5mで調査が行われる。広域—泥炭地の発達する平坦な起伏地域—では、裂罅帯を明らかにするのに electric profiling が使用される。破碎帯に沼沢地が点在している際には、emanation 測定法の代りに、せん孔・ γ 測定法が使用される。稼行価値のある含ウラン鉱体が、これらの探鉱作業で発見できない場合には、鉱兆地域の最終決定を行うために大破碎帯、とくにその地帯を切る箇所または他の(造構造)擾乱帯との落合箇所(鋭角)にみられるウランの鉱兆(露頭)帯にボーリング孔をおろすか、または錘押坑道を切るのが合理的である。火山岩流の基盤に貫入する餅盤および火道の放射能異常を明らかにするためには、とくに珪長岩地帯の最も放射能異常の高い地域にボーリングをおろすか、または錘押坑道を開くべきである。

花崗岩状岩石を母岩とするウランの熱水性鉱床

花崗岩状岩石塊中では、高温型に属する多様なウラン鉱体が多数確認されている。この種の鉱床型には

- (1) ペグマタイト鉱脈・閃ウラン鉱・ウラノトール石・モナザイト石・含ウラントantal石・コロンブ石を伴なう。
- (2) グライゼン帯、複雑なウラン・トリウム、稀有金属の生成を伴なう鉱化作用を蒙っている。
- (3) 曹長石化帯、変曲石(cyrtoilite)、含ウラン燐灰石および様々な含ウラン・トリウム・タンタル・ニオブ鉱石を伴なう。
- (4) 石英緑柱石質鉱脈・石英・鉄マンガン重石質鉱脈・石英・輝水鉛鉱質鉱脈、その縁辺部には閃ウラン鉱・ランネル石等を含むグライゼン化帯を伴なう。
- (5) 石英・炭酸塩質鉱脈・黄銅鉱・磁鉄鉱・赤鉄鉱および閃ウラン鉱を伴なう。

この型の鉱床は総合的に稼行する場合には、ある程度の興味のあるものがときには存在するが、ウラン鉱床として

独立に稼行できるものはまれである。これはウランの含有量(平均すると)が低く、鉱体の規模が小さいか、あるいはウラン鉱化(作用)帯がきわめて不規則に分布しているためである。この種鉱床は、鉱石および鉱脈の成分組成が鉱体を圍繞する花崗岩状岩石と近縁関係があるから、成因的には花崗岩状岩石と相関関係があるのは明らかである。

しかし多様な組成の花崗岩状岩石塊中では、高温型の含ウラン複合鉱床以外に、中温・低温型のウラン鉱床に出会える。この型の鉱床の鉱業的価値は最近著しく増大している。この種鉱体の特性としては20~40mまでの厚い粒化、圧砕(mylonitization)帯をもつ延長数10kmにわたる大破砕帯に賦存していることである。鉱体は破砕帯に沿う粒状化帯か、あるいは破砕帯と落ち合う平行・斜走裂罅帯中に分布している。鉱化・破砕帯(鉱脈)の落しは、変化に富み、垂直から10~15°(緩傾斜)にわたっている。鉱体が花崗岩状岩石の周辺部に発達し易い傾向は、確認されていない。母岩は絹雲母化作用および緑泥化作用を蒙りて変質しているが、地表に近い箇所では、高陵土化作用が認められている。鉱石の濃集している附近では、しばしば低温型の玉髓状石英が析出しているのが確認されているが、ときには炭酸塩・重晶石および暗すみれ色螢石に出会することがある。

この種鉱床で稼行対象となるウランのおもなる部分は酸化帯に存在し、酸化鉱石としては zippeite 燐灰ウラン石・Torberite・ウズベエカイト $\text{Cu}_3(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ・ウラノタイル・ゴム石を産するが、さらに一層深部では、不透明なすす色の含ウラン(粉状物)皮膜に出会える。初成鉱物中では、膠状形態のウラン沈澱物(sinter)に出会える。この種のウランは細長く延びた細脈か、または網状鉱脈を形成し、あるいは角蝨岩(breccia)中に鉱染しているが、ときには万鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄鉄鉱・自鉄鉱の汚染しているのが認められる。

長期間にわたって形成された酸化帯では、地表近くで侵出されたウランは、割れ目に沿って還元帯に下降し、厚さ20~30mの“薄皮膜”状酸化鉱石が形成される。このような鉱体は、まれには60~80m以上の深度まで追跡されている。しかし深部では一層品位の高いすす色粉状またはsinter状鉱石からなる厚くない鉱体に移化している。

含ウラン鉱体は花崗岩状岩石に形成された破砕帯の部分に賦存する傾向がある。これらの地帯では、岩漿活動の回春を促し、輝緑岩・珪長岩・石英斑岩および地表附近(条件)で急冷・凝固した岩石類が進入している。ある場合には、鉱体は火道を充填する角礫物質地帯、または周辺岩石の捕獲岩からなる破砕帯に接する地帯にも存在する傾向がある。晩期に貫入したある種の火成岩は、主母岩の花崗岩における放射性元素の含有量がクラーク係数を示している場合でも、高い放射能をもっている。一般に晩期の火山岩の占める範囲は、花崗岩状岩石塊の全体の大きさに比較して僅かな部分にあたっている。

低温ウラン鉱床の生成期は、高温型の複合鉱床と異なつて、花崗岩状岩石(塊)の生成期と著しい中間期—1,100万年、ときには1億万年に達する一をおいているので、普通区別される。したがつて、しばしば行われているように、その生成期を造山—火山活動周期の最終階梯に入れるのは誤まりであろう。實際上、この種鉱床は花崗岩状地塊が完全に凝固し、深層風化を蒙りてから安定地向斜地帯に起こつた造構運動の回春時(moment)に形成される。この場合には、火山活動の回春が起こるならば(著者の見解によれば)、この地帯では過去の造山期に滞留(conserved)されていた小岩漿溜が活動する。晩期の火成活動産物中に存在する放射性元素の量的差異—標準クラーク数を10倍も上廻る—からみれば、岩漿分化過程においては、ウラン・トリウムが濃縮し、放射性元素の壊変で発生する程度の熱量をwall rockに放散する岩漿が生じることが考えられる。類似の岩漿溜は放射性元素の壊変によつて生ずる放散熱量が僅かであるから、滞留期間については決定できないが、ある一定の期間存在するはずである (U^{238} の半減期 $4.5 \cdot 10^9$ 年, Th $13.9 \cdot 10^{10}$ 年)。

破砕帯が深所花崗岩状岩石塊中に形成される場合には、このような岩漿溜は回春して活動を起こし、火成活動産物以外にウランに富む熱水溶液が生じる。

花崗岩状岩石中に賦存する熱水鉱床では、鉱体が地表上に露出している場合には、ウランの“易浸出性”によつてしばしば不毛帯に出会える。したがつて鉱体探査方法を研究する際にはこの点を考慮に入れるべきである。

ウランを含む花崗岩状岩石の賦存を概査して確かめるのには、普通空中放射能探査による。すでに見込みのあるウラン鉱石が確認されている花崗岩地帯で新鉱床を探査する際には、地形調査が最も役立つ。組成および硬度が同一の岩石からなる花崗岩地帯では、弱線地帯(粒化)および熱水変質帯に沿って侵蝕がまず行われる。したがつて、ウラン鉱床の賦存する上述の地帯は、負の地形を示し、厚い洪世層および沖積成堆積物で覆われている。

このような地域ではウラン鉱体を発見することは困難である。しかし調査結果によれば、花崗岩状岩石中の鉱床の大多数は、軟状分水嶺地帯に発達する裂罅帯で出会う。もちろんこの法則性は、鉱体の特性とならぬ関連がない。

資 料

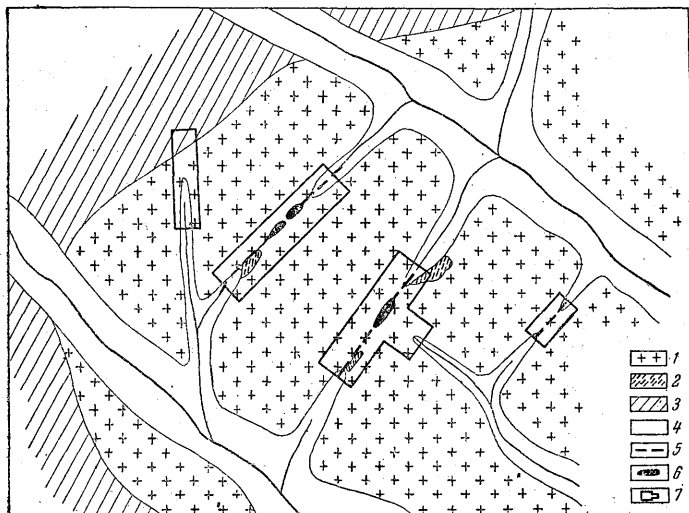
鞍部では一般に侵蝕・削剝が行われるが沖積層の集積は起こらない。したがってウラン鉱石は地表近くに存在し、容易に発見できる。

丘陵地地域および山間地域では次のような探査法が進められる。花崗岩状岩石地帯で、裂隙がすでに確認されている場合に、さらに精査を進めるためには、対応方向を示す山間凹地帯系と分水嶺地帯系とに区別する(第1図)。まず第一に山間凹地の方向と一致している2配列河川系一分水嶺で結ばれている一地域を調査する。このような地域では、河川の流れの方向を横切つて、長さ200m(測点間の密度2m)、50~100mの測線間隔において emanation 探査を行う。しかし湿地帯では同一間隔を置いてせん孔γ線調査を行うべきである。明らかにされた異常地帯には、prospecting pit をおろすか溝掘りを行う。しかし含ウラン鉱石が現われている地帯では、鉱石に沿つて深部ボーリングを行う必要がある。晩期の熱変成を蒙つた花崗岩状岩石地塊は岩流で覆われ、探査がきわめて困難である。そのためにこれらの地域はウランの見込みある地帯の区分の際にしばしば除外される。岩流が形成される原因の1つは次の場合である。すなわち、花崗岩の残留堆積物を運び出すに十分な力をもつ含水岩流は巨花崗岩塊を動かすことができないので、巨花崗岩塊は傾斜面にほとんど残留し、残積物の蝕刻・洗掘にしたがつて下方にのみ移動すると岩脈が形成される。

観察結果によれば、花崗岩が深所熱水変成を蒙っている地域および強度の圧碎帯の分布する地域では、非変質花崗岩塊の大きさが著しく大きくないから、岩流が形成されないので、ウラン鉱床の探査に最も好都合である。岩石の変質が低度で、かつ割れ目の発達度が低い地域に存在するウラン鉱床群は、厚い岩流で覆われている。したがってこの地域ではまず第一に岩流の認められない地域の探査を精密に行うことが必要である。一層探査に困難な地域は、見込みのあるウラン鉱石の賦存が明らかになった場合に探査に着手するようにすべきである。

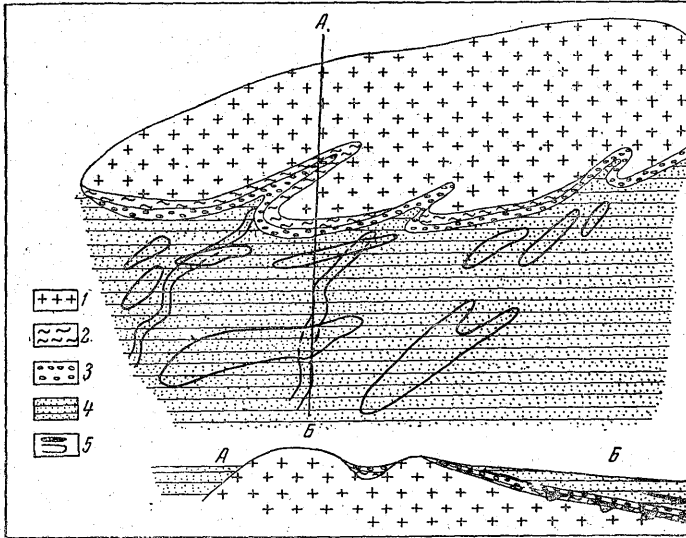
酸性火成岩を母岩とする水成ウラン鉱床

酸性火成岩はしばしば水成ウラン鉱床の生成源となる。いまウランのクラーク数 $6 \cdot 10^{-6}$ とすると、 1 km^3 の花崗岩中には $15,000 \text{ t}$ のウランを含んでいることになるから、この種成因の鉱床の規模はきわめて大きい。個々の花崗岩質地塊の面積はしばしば $1,000 \text{ km}^2$ に達する。したがって $1,000 \text{ km}^2$ の面積を占める花崗岩地塊に厚さ 10 m の侵蝕皮殻が形成されているとするならば、この地域からは、溶液(天水)で $60 \sim 130 \text{ t}$ のウランが移動するはずである。このことを考えに入れば花崗岩地帯を流れる細流および泉に $0.1 \sim 1 \text{ mg/l}$ のウランを含んでいる事実が理解できる。氾濫性湿地帯では植物破片に富む土壌および粘土質砂質・堆積物の埋伏されている泥炭地の細流には、しばしば植物遺骸に吸着された型で、あるいは schroeckingerite 型でウランが濃集している。このような堆積物における放射能平衡は、ラジウムの(存在量)不足の型で乱されているから、河谷のγ線調査は常に効果がないであろう。したがってこのような場合には $200 \times 10 \text{ m}$ の探査網で行われる emanation 調査か、あるいはせん孔β線調査を選ぶべきである。大規模なこの型のウラン鉱床を発見する確率は比較的低い。これはウランの濃集を促進する好都合な要因とともに、不都合な要因が共存するからである(不都合な要因としては、形成されたウラン鉱体を完全に、または部分的に洗い去る破局的な洪水があげられる)。氾濫地および一層古期の段丘地帯にみられる大規模の底盤地域では、多数のウラン鉱体からなる鉱床帯一全体で中位の規模の鉱床を構成する一が確認できる可能性がある。この種鉱床の稼行は、鉱石が地表面に存在することと、鉱石のみ処理技術が簡単なために採算に合う。静かに河川が流れている地域



第1図 花崗岩地域に発達するウラン鉱床地帯中で、第一に探査が行われる地域

1. 花崗岩
2. 石英斑岩
3. 砂岩・頁岩
4. 堆積層
5. 造構造的擾乱地帯と岩石の熱水変質帯
6. 鉱石地帯
7. 第一に探査に着手される地域



第2図 花崗岩中の崩辺部におけるデルタ型ウラン鉱体の分布図
 1. 花崗岩類 2. 花崗岩のカオリン化風化皮殻
 3. 礫岩・密岩(基底) 4. 砂岩・粘土・シルト岩
 5. 鉱体と投影

動方向に垂直な断面について行う)。

水成ウラン鉱床の生成に対して、最も好都合な古地理的環境が、花崗岩質地帯一汀線がそのなかを貫ぬいている場合一への海進で到来する。この場合には著しく大規模の潟成(デルタ成)ウラン鉱床が生成される。このような鉱床の生成条件は次のようである。

1) 深層侵蝕皮殻が花崗岩状地帯に存在すること(深層侵蝕皮殻は花崗岩状残積層またはカオリン化作用を蒙つた花崗岩で代表される)。地表水はこの種残留堆積物中に容易に滲入し、そのためにウランは著しい面積を占める花崗岩状岩石から侵出する。侵蝕皮殻は大破砕地帯の角礫圧砕帯あるいは花崗岩状岩石の熱水変質帯(絹雲母化作用およびカオリン化作用を蒙っている)に、とくにしばしば形成される。

2) ウランが多量に、かつ易動性の型で花崗岩状岩石中に含まれていること。

3) 潟(かん湖)底には、現地性および外来性の植物の分解によつて形成される還元環境が存在すること。

この型の鉱床の生成過程は次のように考えられる。花崗岩質残積層中に滲入した天水は(その内から)ウランを侵出する。しかし天水が非侵蝕花崗岩面(水準)に達すると、侵蝕基底面の移動が徐々に起る。そのために地下水の一部は地表上に湧出し、細流を形成し、河水あるいは入江の海水と混和し、水はきわめて微量であるが、ウランで富化(enrich)される。地下水溜の他の部分はデルタ流路または潟(湖)に尖滅する。しかし水温が低く、密度が高ければ、さらに沖積地の底層中に滲入し、ウランが植物破片に富む堆積物に吸着されて沈澱されない間は、水はウランの高含有量を保持する。この型の鉱床では多くの鉱体が発見されている。鉱体は接触線から0.2~3kmの距離にわたつて脆弱堆積物と花崗岩質岩塊との接触部に沿つて賦存しているか、あるいは花崗岩塊の侵蝕皮殻に蝕刻された古期流路の堆積物中に花崗岩を切つて発達している(第2図)。

鉱体は厚さ40~50mに達する含鉱石層の数層準に出会することがある。ときには両鉱が連続しているが、鉱体の配列定位は若干異なっている。富鉱体は基底層中に形成され、しばしば花崗岩カオリン化侵蝕皮殻に賦存していることがある。含鉱石層の上部ではウランの品位は低い。鉱石は少量の黄鉄鉱および白鉄鉱が混在する粘土質砂で代表される。この種鉱石に含まれているウランの大部分は粉状ウラン鉱であるが、少数は有機質残積物に吸着された型で産出する。

鉱体の上部が酸化されている場合には侵出ウランは層面に沿つて下部地並に移動し、2次富鉱体を形成する。花崗岩質岩塊の辺部に発達する潟型鉱床の探査にはウラン鉱床形成後強度の擾乱を蒙っていない新生代および中生代の堆積物中に行うのが合理的である。この種堆積物の発達する地帯では、ウラン鉱床が生成された当時の地形条件は、僅

では、類似の鉱床帯に出会える確率が大い。

現世成因の一層大規模なウラン鉱床はウラン含有量の高い細流が花崗岩(塊)または酸性火山石を覆う脆弱な堆積物中に吸込まれている地域では期待できる。このような地質条件下では一般に空所または半空所が形成される。ウラン化合物はこのような空所に沈澱するが、脆弱な(被覆)堆積物下に滲入した地表水は徐々に酸性度を失ない、還元環境に移動する。この地域では非分解植物遺骸はウランを吸着する。

類似の生成条件は地表流が脆弱な堆積物中に尖滅している箇所から数kmの地点でも出会える。この地域では鉱体は垂直電探法(vertical electric searching)およびボーリングで捕捉することが可能である(この場合、探査は伏流の推定流

資 料

かの変化状態で保存されている。こゝで次の点に注目すべきである。潟湖、とくに古期流路（デルタ）に形成された大規模な含ウラン鉱石は、花崗岩質地塊中に発達する現在の河谷に対して分布し、古期起伏の河谷の“相続性”を立証する。

花崗岩塊周辺部の潟型ウラン鉱床の探査は、鉱体が普通潜頭を形成し、core drilling を使用して発見できるから重要である。この種の鉱床では一層低コストの物理探査は効果が少ない。しかし小テストボーリングを広域にわたっておろしても、脆弱堆積物のボーリングのコストが比較的低いので完全に引き合う。そのうえ鉱体がみつかる場合には、最も効果のある探鉱法となる。

潟型鉱床の探査ではボーリング孔は400~1,600mの距離（長さ）にわたって、孔間間隔100~400mで汀線に直角に配列するようにすべきである。古期流路（デルタ）の鉱体探査では、この種流路の発達していると考えられる方向を横切つて、同一間隔をおいて、同一距離にわたって、ボーリングをおろすことが必要である。探鉱ボーリングをおろすに先立つて、脆弱堆積物被覆の生成された当時の古地理的環境を研究することが必要である。

結論として次の点を指摘しておこう。こんにちに至るまで、この種ウランの鉱床の生成条件が例外であるという考え方が広く普及している。しかしソ連では酸性火成岩に関連性のあるウラン鉱床群の生成を裏付ける多種多様な地質条件が指摘されている。本論文ではこの種鉱床が普通にみられる地質条件下で生成されたことを述べた。しかし鉱床生成過程の法則性は完全に明らかにされていない。しかしすでに確認された諸事実によつても、きわめて有効に探査を進めることができる。