

ラドン法による ウラン鉱床探査

堀川 義夫

まえがき

ウラン鉱床探査に放射能を利用した探鉱が初められたのは 1896年に Becquerel が放射能を発見して10数年後である。その後 R. Ambronn がラドン法によって断層や鉱脈を横切る付近で放射能が増加することを発見し 放射能鉱物探査以外にもこの方法が有効であることを示して以来 多くの人々によって試験的探査が行なわれた。

わが国ではラドン法による探査は初田教授によって 1942年頃より断層探査や温泉探査に用いられ その後石油天然ガス鉱床探査に利用されたが 現在では行なわれていない。ウラン探査には測定器として γ 線に対して高い効率をもつ シンチレーションカウンターが主として用いられている。 γ 線は物質を透過する力が α ・ β 線に比較して強いが 数mの土壌や数 10cmの岩石でほとんどしゃへいされてしまうので 被覆層が厚い場合には検出が困難になる。

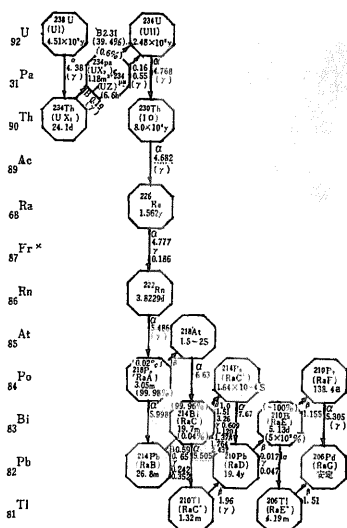
G-M計数管やシンチレーションカウンターによる放

射能探査はこのような原理的制約による限界があるが 地中空気中のラドン濃度を測定することによって 潜在鉱床を発見することは十分可能と考えられる。事実ソ連・フランス等ではラドン法によって成果を得ているようである。原子燃料公社（現在 動力炉・核燃料開発事業団）では 東濃ウラン鉱床地域で水中のラドン濃度を測定し 探鉱上有用な資料を得ている。最近 地質調査所では ウラン鉱床探査の目的で地中空気中のラドン濃度の測定を始めたので その概要を説明する。

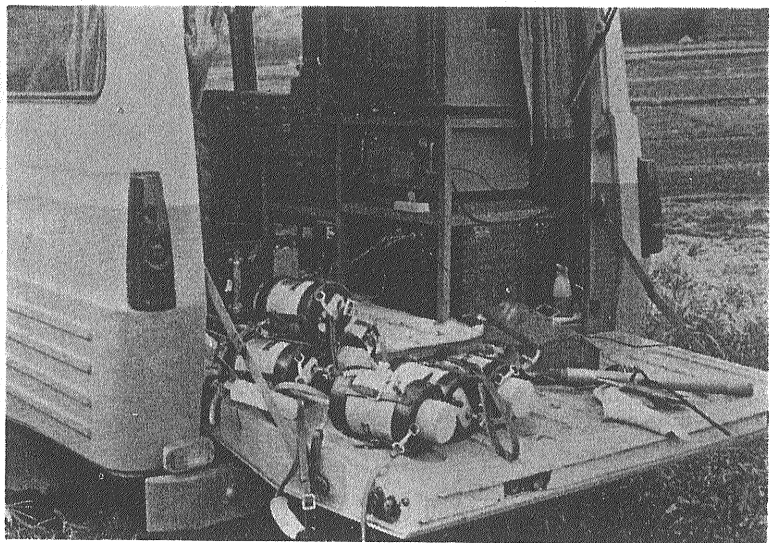
ラドン法の基礎事項

天然の放射性核種には壊変系列を構成しているウラン系列・トリウム系列・アクチニウム系列の三つの系列がある。いずれの系列もその中間に希ガスに属するラドンの同位体を含み それより前段には比較的半減期の長い重元素の壊変系列がならび また後段には比較的短寿命の同位体の系列がつづいている。ラドンの同位体は常温で気体で 他の元素とめったに反応しない 希ガスに属している。第1図にウラン系列の放射性壊変系列を示す。

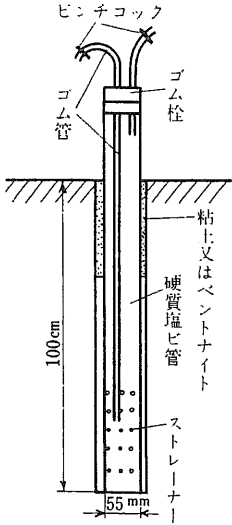
ウラン系列のラドン 222は トリウム系列・アクチニウム系列のトロン・アクチノンに比較して半減期が長く 3.8日であるが 純粋に拡散だけによれば土壌中の孔隙を数m程度しか移動できない。しかし深所から内部の圧力のために 他のガスと共に次第に地表に向けて移動したり 地下水などによって もっと半減期の長い親核種も 地層の割れ目や孔隙率の大きい地層をとおって地表へ移動しているものと考えられる。地中空気のラドン含有量は土壌の空孔率 粒度 温度 気象条件に関係



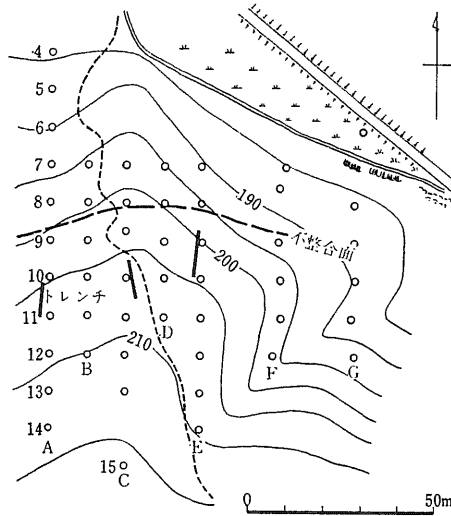
第1図 天然の放射性壊変系列 ウラン系列



自動車に搭載したラドン濃度測定装置



第2図 試料採取孔断面図



第3図 瑞浪市月吉地区地形・測点図

測定器

地中空気中のラドンの測定には HS 型泉効計やアンブロン型ラドン計が従来使用されたが 本調査ではトランジスタ化された 振動容量電位計と電離箱を組み合わせた測定器を使用している。

この装置は電離箱 振動容量電位計 記録計 電源部から構成され 現地調査に便利なように自動車に搭載されている。

電離箱は 1 l (許容誤差±20ml) 入ステンレス鋼製円筒で 内部コンタミ除去に便利なように分解できる。上蓋には高圧電極用端子とラドンガス吸入口が また下側面にも吸入口がついている。集電

極～ガードリング間の絶縁抵抗は $10^{15}\Omega$ 以上である。

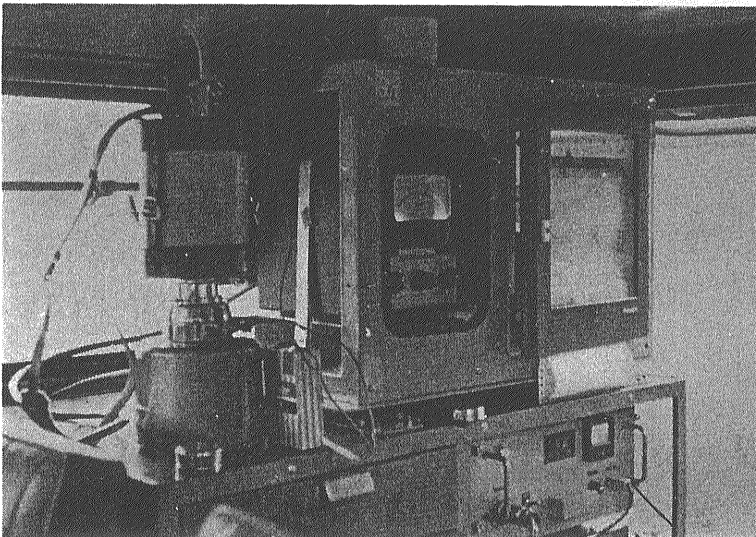
振動容量電位計は 2つのブロックからなり 電流感度切換用ターレットスイッチ振動容量型コンバーターおよび 前置増幅器を収めたヘッド部と 主増幅器 同期整流器 400c/s 発振器 指示計等を収めた本体とからなっている。これらは10芯のケーブルで接続される。電源は DC 24V からトランジスタ式 DCAC コンバーターで AC100V を取り出している。その他に電離箱にガスを採取し 測定後コンタミ除去のため小型の真空ポンプを使用している。

調査方法

岐阜県東濃地域で実施した例でのべる。東濃地域に

する。

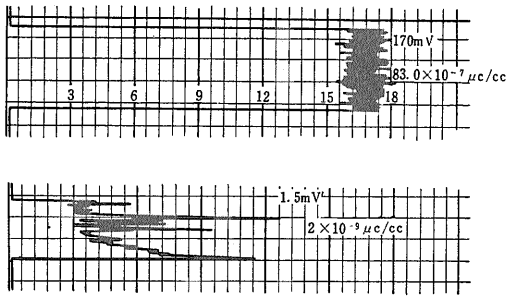
初田教授は地表下 1～2 m のラドン濃度の年間変化を測定し ラドン濃度は季節的变化し その較差は60%にもおよび 気圧の低下とともに増大し 地温の上昇とともに減少することを見出している。地表の凍結 多量の降雨などは 地中のラドンの発散をさまたげるので 一時的に地中空気中のラドン濃度が高められる また砂地などでは 地中空気と大気が交流しやすいので ラドン濃度がうすくなる。ウラン鉱床から出るラドン²²²は石油天然ガス鉱床地帯の潜在断層から出るものに比較して 多量であるため 鉱床を被覆している土壌は強く汚染されているものと推定される。ラドン法によるウラン探査はウラン鉱床からの汚染を検出する方法といえる。



自動車に搭載したラドン濃度測定装置

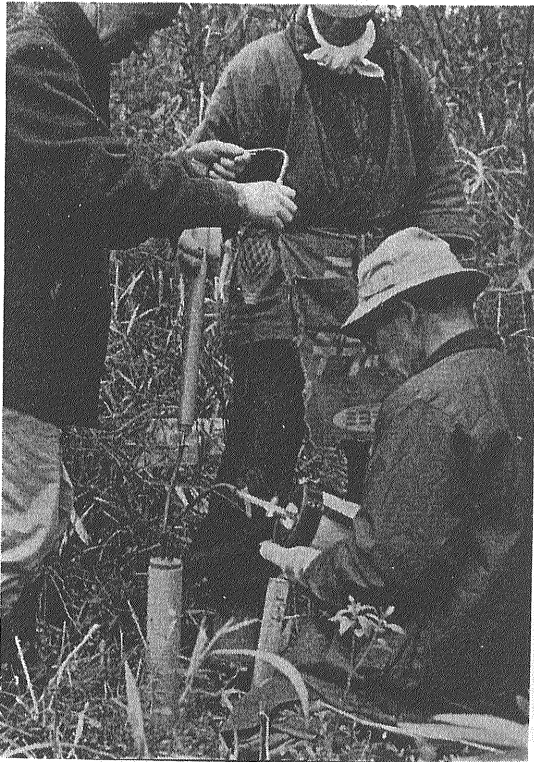


ハンドオーガーでガス採取孔を掘る 深度1m

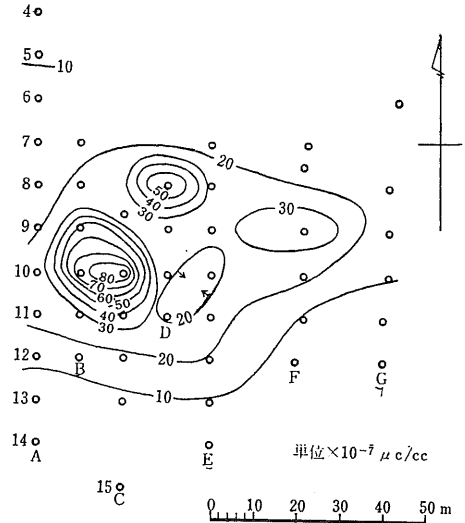


第4図 記録の1例 上段はラドンガスを入れて3時間後の値で170mV
ラドン濃度に換算して $83 \times 10^{-7} \mu\text{c}/\text{cc}$ 下段は電離箱のバック
グラウンドで 1.5mV $2 \times 10^{-9} \mu\text{c}/\text{cc}$

は堆積型ウラン鉱床が分布し 各所に放射能異常地が認められている。ラドン法による試験的調査は瑞浪市月吉地区で実施した。この地区は基盤花崗岩をおおう堆積岩の基底部に異常が認められる。第3図に示すように不整合面に直角に10m間隔で測点を作り ハンドオーガーで深度1m 孔径5.5cmのガス採取孔を作孔する。この孔に長さ1.3m 径55mmの硬質塩ビ管を挿入する。塩ビ管の下部にはストレーナを切っている。地中空気を取り出すには 大気との完全なしゃ断が必要なので地表から30cm程度のところまで かつ練のペントナイトまたは粘土でつきかため 大気が孔の中に入らないようにした。(第2図参照)



硬質ビニール管にたまったラドンガスを循環法で電離箱に移す



第5図 地下1mの等ラドン濃度分布図

塩ビ管の上部にゴム管を2本出し 採取管の中の地中空氣をポンプで抜取り密栓して 約24時間放置しておく。地中空氣の採取方法は 採取管にたまった地中空氣を乾燥管を通してスプレーでじゅんかんさせ ラドンを電離箱に送りこむ。そして放射平衡に達する3時間前後放置した後 電離箱を振動容量電位計のヘッド部に接続し電離電流を求め 電離電流対ラドン量校正曲線よりラドン濃度を求める。電離箱のバックグラウンドは試料を入れる直前に測定し差引く。第4図は測定記録の一例である。この方法によるラドン濃度の測定限界は 電離箱の汚染に支配されるが 約 $10^{-9} \mu\text{c}/\text{cc}$ (0.0nエマン) である。測定が終わった電離箱はただちにガスを抜き コンタミ除去のため電離箱を分解して 内部をアルコールでふきとることが必要である。

調査の能率はガス採取孔の作孔の難易に支配され また電離箱が1日1回しか使用できないので 現在では1日10点前後である。作孔を機械化し電離箱を多く用いれば 20点前後は可能であろう。

測定結果

最初の調査であるため 測定方法の検討などを行なったので多くの測点が取れなかった。第3図に示すようにA~G測線を不整合面に直角に取り約50点測定した。

A C Eの各測線 No.10 近くには探鉱のためトレンチを切った場所があり C線付近のトレンチでは深さ1~2mのところ強い異常が認められている。

第5図は地下1m深度の等ラドン濃度分布図である。この調査地付近のラドン濃度のバックグラウンドは $5 \times 10^{-7} \mu\text{c}/\text{cc}$ 程度であるが B・C測線のNo.10を中

心にして $70 \times 10^{-7} \mu\text{c}/\text{cc}$ 以上の高濃度地点が認められる。またD線 No. 8 F線 No. 9 にも弱い濃度の増加が見られる。C線 No. 10 を中心とした異常地点で 深度 1.5にして測定した結果 B線ではラドン濃度の増加はほとんど認められないが C線では著しい増加が見られる。このことはラドン源がC線 No. 10 付近にあることが推定できる。次に測定値の再現性について C線で同じ採取孔で数日後再測した結果 第8図のように再現性は良好で ウラン探査を目的とした測定では十分であろう。

第6図は各測線のラドン濃度曲線と 地表で測定したガンマ線強度曲線および地形断面図である。A線は No. 9 付近が不整合面で ラドン濃度は No. 11 が最も強く 基盤花崗岩上では不整合面に遠ざかるにしたがい次第に濃度が薄くなっているが No. 13, 14 の堆積岩上では急激に薄くなっている。このような傾向は不整合面近くにあるウラン鉱床から生ずるラドンが 地形の低い方へ移動していることが考えられ また花崗岩から出るラドンも濃度の増加に寄与しているものと思われる。

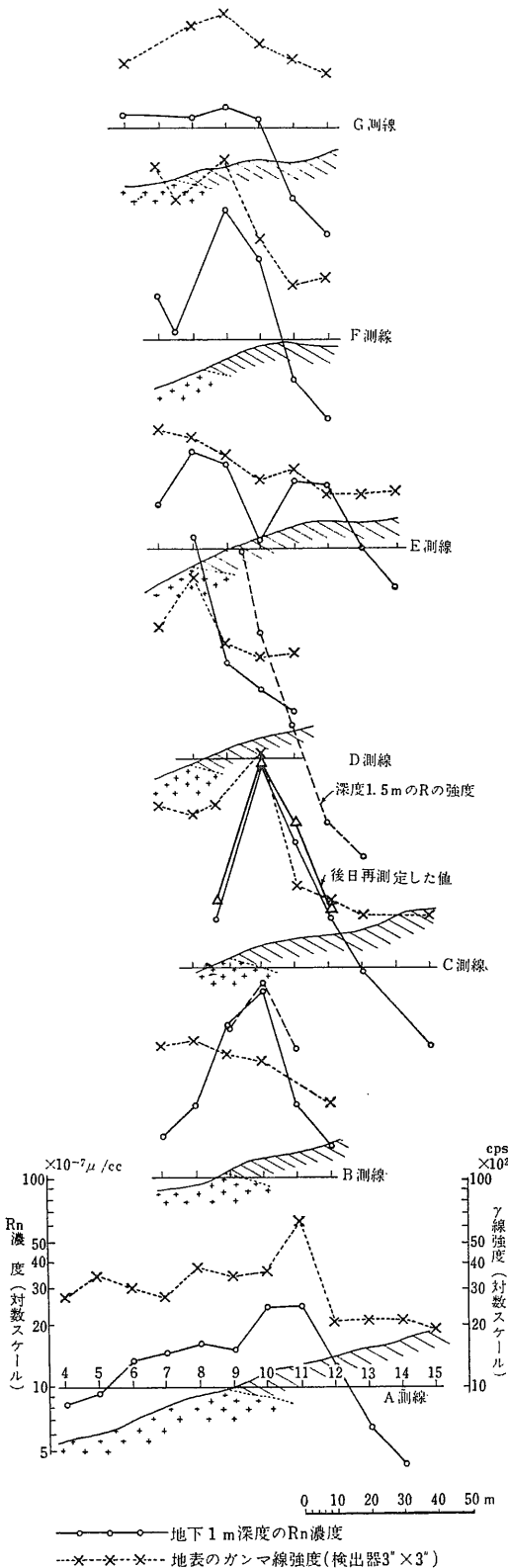
あ と が き

ラドン法によるウラン探査は従来行なわれているガンマ線を利用する探査法に比較して 探査能率は悪いが浅い潜在鉱床探査には有効であることがいえる。

潜在鉱床が深くなり また被覆する地層がラドン探査に適しないような場合には ラドン濃度の異常値は小さくなるが 数m程度の簡易ボーリングを実施し 放射能検層などによってチェックすれば 数10m程度までの潜在鉱床探査には有効であろう。しかし可探深度については今後の調査研究にまたなければならぬ。

地中空気中のラドン濃度の測定に感度のよい振動容量型電位計が使われるようになったので ウラン探査以外に 断層の追跡や地層の境界などの調査にも 十分利用できるものと考えられる。

(筆者は物理探査部)



第6図 ラドン濃度およびガンマ線強度曲線図