

地中空気の放射能に現れたる地下構造の反映

(昭和十七年六月廿九日受領)

初 田 甚 一 郎

松 澤 明

龜 井 清

1. 緒 言

地殻に於ける放射能元素の分布は地質學的要素に支配されてゐる。例へば火成岩のラヂウム及びトリウム含有量は酸性岩に大で鹽基性になる程小であるとか、水成岩に於ては或種のものを除いては一般に火成岩より小であるとか云ふ事が知られてゐる。普通岩石1瓦中に含まれて居るラヂウムの量は 10^{-12} 瓦程度で非常に微量ではあるが其の分布は極めて普遍的である。放射能鑛物の中には之の十萬倍程度を含むものが有る。斯うした岩石及び鑛物中に於ける Ra 含有量の相異が所謂 Aufschlussmethode の一つの根據となる事は勿論であるが、之以外に地質條件に左右せられて起る放射能元素の移動、集中、擴散と云つたものもやはり役立つのである、簡単な例を示せば Ra より生ずる ラドン (Rn) は常溫で瓦斯體の放射能元素であるが、石油の溜り易い地質構造は同時に Rn にとつても集り易い構造である故に、斯くして集つた Rn が背斜の頂や斷層等の弱帶を透過して地表に向つて出て來る場合には Rn の測定が油田構造の探求に應用され得る譯である。

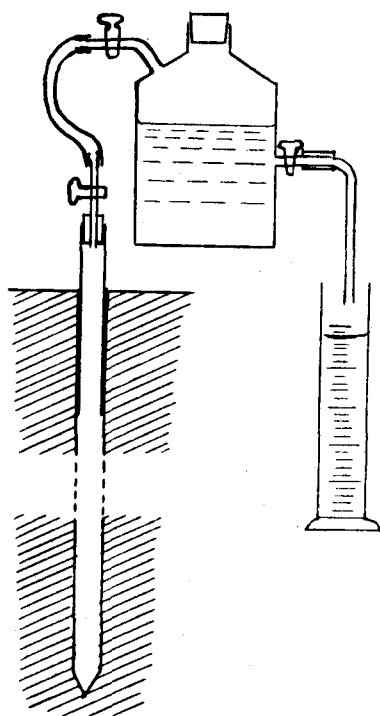
斯様な放射能的地下探査とも謂ふべき研究の從來行はれた例は決して少しとせないものであるが、筆者等も今回その一端を試る機會を得たので取敢ず報告する次第である。

2. 測 定 方 法

放射能的地下探査法としては岩石、土壤の Ra 含有量を測定したり、それ等から發する放射線の電離電流を測定したりする方法もあるが、地中空気の Rn 量を測定するのも一つの方法である。J. Königsberger¹⁾ 及 Fr. Breyer²⁾ は地中に圓筒型の孔を掘り之を直接電離槽の代りに使用して内部に擴散して來る Rn の電離を測定したが Ambrohn³⁾ は地中に管を挿入して地中の空氣をポンプに依て吸上げ電離槽に收容する方法に依つた。井上宇胤博士⁴⁾ が滿洲國錦州省興城溫泉に於ける放射能探査で採用された方法は長さ40呎、直径3呎の鐵管の側壁に多數の穴を有するものを地中に打込み、鐵管内の空氣が Rn で飽和するのを待つて之を目盛を附した硝子製容器にスプレーに依て收容し、更に之を

電離槽に導き Rn 量を測定された。筆者の今回の測定装置も大體之と同様であるが準備が充分出来なかつたので成るべく既設のものを利用し次の様にした。

即ち地中に深さ1米、直径1.5寸の孔をボーリングステツキを以て穿ち、之より少し大なる外径のパイプを地中部分30寸迄挿入し、其上端はゴム栓を以て塞いで置く。管の周囲は充分土を押へて氣密にする。孔内の空氣が Rn で飽和された後之を電離室に收容して檢電器に依て放射能を測定するのであるが、此目的には鑛泉の放射能測定に使用するシュミット型泉效計に多少改良を加へて用ひた。この程度の孔中の空氣が Rn で飽和される迄に要する時間は勿論土壤の孔率にもよるが大體一時間もすれば實際的には充分であらうと思はれる⁵⁾。然し作業進行の都合上前日に穿孔密閉し測定は 18~24 時間後に行つた。Rn 收容の操作は泉效計附屬の試料採集瓶を利用し第一圖の如くゴム管を以て



第一圖 地中空氣採集裝置

地中空氣吸上管と連結し試料採集瓶の活栓を開けて豫め此中に滿せる水を下方の口より流出せしめ地中空氣と置換した。但し瓶内の水面が流出口近くまで低下した時にも尙適當の水頭差を残す様に、垂直部分の長さ20寸の逆L型に曲げた硝子管を下の口に取り付けた。此の間採集瓶は自由に靜かに懸垂させたので採集された空氣の體積は大體何時も一定であつたが念の爲流出した水量をメスシリンダーで測定した。此様にして Rn 吸込に要した時間は3~4分であつた。試料採集瓶に收容した Rn は鑛泉の Rn 測定の際と同様に採集瓶と電離槽とをスプレー及ゴム管で連絡し活潑に前者を作働せしめて所謂循環操作を1分間行つた。放射能觀測は數分の後開始し約10分の間隔を置いて5回以上反覆し複元係數⁶⁾を用ひて何れも元始放射能に換算し其の平均を求めた。此等の測定中檢電器の金箔は絶えず帶電せしめて置き Rn の衰變生成物の分布に擾亂を生ぜしめない様に注意した。又

使用した2個の泉效計は嘗て理研飯盛研究室より分讓を乞うた Ra 標準溶液を用ひて檢定し次の様な恒數を得た。

泉 效 計	毎分1目盛(元始放射能)に相當する Rn 量
No. 403	2.24エマン

No. 404

2.53 エマン

備考 1 エマン=10⁻¹⁰ キュリー

此検定値に依て泉効計に收容された Rn 量を計算し、電離槽に入つた空氣の量の採集した全量に對する割合から全 Rn 量を求め、これから採集した空氣 1 立中の Rn 量を計算した。勿論此際採集から循環操作迄に壞變する Rn の量を考慮せねばならないが採集した Rn の量を Q_0 、循環操作の時には Q_t であつたとすると $Q_0 - Q_t = Q_0(1 - e^{-\lambda t})$ なる關係がありラドンの壞變恒數 $\lambda = 1.26 \times 10^{-4} \text{min}^{-1}$ であるから $t = 10$ 分としても $e^{-\lambda t} = 0.9987$ となり實際には 4~10 分を要したのみであるから實驗誤差の範圍内で此補正は不必要であつた。

放射能測定と同時に孔底の地温をも測つた。それには普通溫度計の水銀溜の部分をゴム及木綿綿で包んで鈍感にしたものを眞鍮の保護鞘に入れ木製の棒の先端に取付けて使用した。之を深さ 1m の孔中に挿入し 1 時間以上經過して後手早く溫度を讀取つた。

3. 測定地の狀況

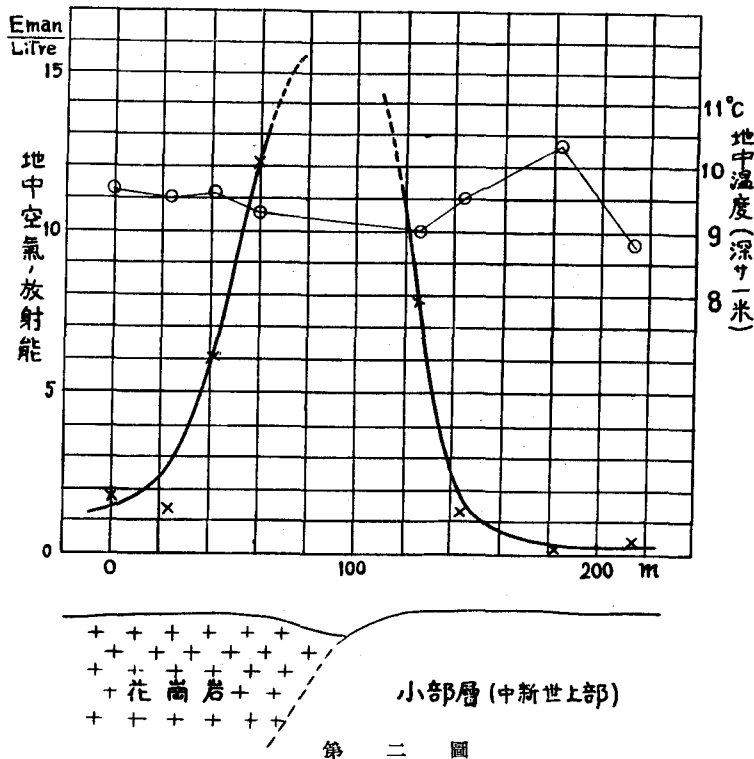
測定を實施したのは兵庫縣武庫郡山田村字箕谷で上治博士の六甲山塊地質圖⁶⁾に見る如く六甲衝上斷層が略東西に走り、南側の含角閃黑雲母花崗岩と北側の第三系(小部層)とを境せる部分を横斷して測點を選んだ。附近は東北東に向つた斜面に在る水田で當時は作物無く地表は相當濕りを有して居り地中空氣の吸上げに際して大氣の混する懼少なく好都合であつた。然し地下水の水位比較的淺く孔中に水が溜つて測定を不可能ならしめた場合もあり、殊に斷層附近は小規模の斷層谷を形成せる爲細流存在し遂に測定を斷念するの止む無きに到つた部分もあつた。

4. 測定結果

測定點の配置並びに放射能測定の結果は第一表及び第二圖に示す。

第一表 兵庫縣箕谷に於ける地中空氣放射能

測 點	測點間距離 米	放 射 能 エ マ ン/立	地 中 溫 度 (深サ 1 米)	備 考
No. 1	23	1.81	9.7	花崗岩砂質土壤比較的乾燥
No. 2		1.39	9.5	同 上
No. 3	16	6.07	9.6	同 上
	17			
No. 4	66	12.11	9.3	同 上
No. 5	18	7.84	9.0	含礫粘土質土壤、濕潤
No. 6		1.20	9.5	同 上
No. 7	38	0.11	10.3	含礫粘土質土壤、極メテ濕潤
No. 8	32	0.31	8.8	同 上



第二圖

此結果を見ると放射能は花崗の部分では小部層の部分に比して遙かに大であり特に斷層に近づくに従ひ著しく増大してゐる。前記の理由から此附近で細かく測點を選び得なかつたのと、測線の兩端も地形上延長の餘地が無かつたのは残念であるが此大勢は變ら

ないものと考へてよいであらう。此附近の土壤は所謂原地土 (autochthonen Boden) で原岩石の放射能測定は未だ行はないが礫岩及頁岩を主とする小部層の岩石より生じた土壤は含角閃黒雲母花崗岩の土壤より放射能が小なる事は當然豫想されたが果して上の如き結果を得た。又斷層附近で放射能曲線に著しい山が出たが F. Müller⁷⁾ が Thüringen の Leuchtenburggraben で行つた測定でも V. Patricu⁸⁾ の Göttingen の Leinetalgraben に於ける測定でもやはり同様の結果を得てゐる。此現象は可溶性のラヂウム鹽が斷層の虚弱な地帯に於て地下水の循環と共に表面近くに齎され或は Rn 自身が地中の瓦斯と共に弱帯を上昇して來ると想像されて居るが未だ明確でない。

5. 土壤の放射能

現地の土壤を採集して Geiger-Müller 計數管を使用して γ 線の計數に依り放射能の比較を行つた。裝置並びに方法は筆者⁹⁾ が既に發表してゐるから茲には省略するが各試料に就き 140 分間測定して次の様な計數比を得た。

花崗岩の土壤 : 小部層の土壤 = 1123 : 459 $\approx$ 2.4 : 1

勿論此値にはトリウム系元素の放射能も含まれてゐるのであるが Ra と Th の一般岩石に含有されてゐる割合から考へて上の計數比は兩土壤の Ra 含有量の比に近いと考へ

て差支へないと思はれる。第二圖の Radioactive Profile を見ると花崗岩と小部層の部分とに於て Rn の示す放射能に明瞭な相違が認められるが、斷層により擾亂されて居ない部分に於ける地中空氣の Rn 濃度として花崗岩の部分では測點 No. 1 及 No. 2 の平均値を採り、小部層の部分では No. 6, No. 7, No. 8 の平均値を採れば $1.60 : 0.54 \div 3 : 1$ となり、之を前記の計數比と比較すれば地中空氣の Rn 量は土壤中の Ra に大體に於て對應するものなる事が推定される。

仍て試みに容量 3 立のフラスコに現地の花崗岩の土壤を充填密閉し、約一ヶ月放置して其中の Ra から發生する Rn が前者と平衡に達して後此中の空氣を豫め排氣せる電離槽に收容して Rn 量を測定した。使用したフラスコの底には活栓付の硝子管を附し Rn の完全收容に遺憾無からしめた。此結果土壤空氣每立中 10.8 エマンの Ra を有する事が判つた。土壤の Ra 測定は行つて居ないが原岩石たる花崗岩の夫れに近いと假定して每瓦中 1×10^{-12} 瓦と採れば上記實驗に使用した土壤の量 2635 瓦中の Rn と平衡量の Rn は 26.35 エマンとなる筈である。土壤中の空間の容積を水で置換して測定した處 1.37 立であつた。依つて若し平衡量の Rn が全部空氣中に出るとすれば土壤空氣 1 立中の Rn 量は 19.2 エマンとなる。然し實際に上記の通りであるから此の比

$$\frac{10.8}{19.2} = 56.3\%$$

は Rn 離脱能を表す事になる。Rn 離脱能は濕度の函數であり殊に低濕度の水分が相當含有せられてゐる場合には著しく小になる。測定當時の孔底溫度は $9^{\circ} \sim 10^{\circ} \text{C}$ で相當濕潤であつた。之に對してフラスコ中の空氣の Rn を測定した時の室温は 22°C であつた。實驗室で測定した Rn の濃度が原地に於ける値より著しく大であるのは此理由で説明出来る。

6. 結 言

今回の測定は初めての試みであつた爲準備や裝置の上に於ても不十分な所が有つたに拘らず相當興味ある結果を得た。地中空氣の放射能は地表に近い所は氣象の要素に支配されるが今回の測定は概して靜穩な連續三日間に完了したので其心配は少なかつた。然し成るべく地表より深い部分の空氣を採集する事が望ましいので最初地中空氣採集管として長さ 1 米で先端 20 厘の稍細くなつた部分に多數の側孔を有するものを用意したが之は忽ち泥が塞つて使用に堪へなかつた。今回採用した方法も非常に濕潤なる土地に於ては適用出来ない事は明かである。兎に角溫泉等に關係の無い地域に於て斷層の附近で地中空氣の放射能に前記の如き著しい變化を認めた事は放射能的地下探査の可能性を實證したものと謂へる。

終りに臨み測定實施に懇切なる御指導を賜つた松山基範教授に厚く感謝すると共に、本研究に要した費用の大部分は文部省科學研究費に依つた事を記して謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) J. Königsberger, Zeits. prakt. Geol. **34**, 187-190 (1926).
- 2) Fr. Breyer, Gerlands Beitr. Geophys. Ergänzungshefte, **1**, 373-419, (1931).
- 3) R. Ambronn, Phys. Zeits. **28**, 444-446, (1927).
- 4) 井上宇胤. 滿洲帝國地質調査所報告 第98號 (康德7年).
- 5) 飯盛里安. 理化學研究所彙報 第10輯 第1129頁 (昭和6年).
- 6) 上治寅治郎. 地學雜誌 第49年 第584號 (昭和12年).
- 7) F. Müller, Zeits. Geophys. **3**, 330-336. (1927).
- 8) V. Patricu, Abh. Preuss. Geol. Landesanst. N. F. Heft 116, 163-194, (1930).
- 9) 初田甚一郎. 服部報公會研究抄錄 第6輯 第277頁 (昭和13年).