

地 化 学 探 査

伊藤 司郎・永田 松三

まえがき

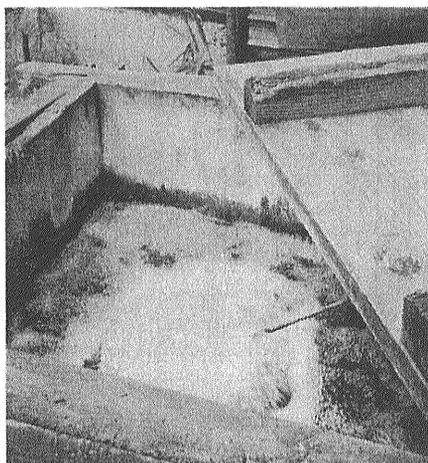
地下の地質構造を地球化学的知識およびデータから推察しようという試みは かなり以前から主として米国ソ連などで開発され 石油の探鉱に利用されてきた。わが国では 当時地質調査所の燃料部に所属していた兼子勝（後の地質調査所長）らによって 昭和17年に千葉県茂原町において初めて適用試験がなされた¹⁾。この時は地表下約3mの土壤空気を対象とし かなり大掛りな装置を現場に持ち込んで メタン 炭酸ガスを測定した。しかし この調査のおもな目的は分析装置の性能の試験にあったので 測定されたデータから地下地質構造を推定するまでには至らなかった。その後 当時地質調査所物理探査部に所属していた藤原健一（後の地球化学課初代課長）によって ガス鉱床に対する地化学探査の新方法として 地下2~3mの地下水中の溶存ガス（ CH_4 CO_2 N_2 O_2 ）を対象とする方法が考案された²⁾。川崎付近および焼津付近の実験的な調査結果では 地下水の溶存 CH_4 および free CO_2 の含有量の平面分布図は 地下のガス鉱床の存在状態をよく反映し この方法がガス鉱床の探査に有効であることを示した。以来 このような地表下2m前後の土壤空気または地下水中の溶存ガスを用いて石油または炭化水素系ガスを探査する方法は 他の探査方法に比較して技術的にも経済的にも格段

に安易な方法なので 各方面から注目され取り入れられるようになった。

松代の群発地震の総合的研究の一環として 地下構造と震源との関係を究明するために計画された一連の調査研究の一つに 上記の元来は炭化水素系ガス鉱床に用いられていた方法の適用が提案された。炭田またはガス田以外の地域にこのような試みが計画されるのは全く初めてのことであった。また このような提案が出された根底には 本島公司その他による長野県小諸市付近³⁾ および群馬県磯部町付近⁴⁾ の天然ガスの地化学調査の結果があった。これらの調査報告によれば 上記の両地域ともに天然ガスの組成は火山性の炭酸ガスを主体とし 含油第三紀層に由来する少量のメタン系ガスが機械的に混合したものである。また ガスの噴出地点は地下地質構造に密接に関係することが明らかにされ とくに 磯部町の炭酸ガス鉱床は 磯部断層と呼ばれる断層線に関連して存在することを地下水の地化学的データから明らかにしている。さらに 松代町の北部にある加賀井温泉は炭酸ガスを多量に含有していることが知られていた⁵⁾（写真参照）。このようなことから浅間山の周縁部に後火山作用に起因する火山性の炭酸ガス・ベルトを考えている人もあり 松代町の地下構造を地化学的に解明するために 指示成分としては炭酸ガスが最適であろうと考えられたのである。しかし このような目的に以上のような地化学的探査法を適用することは初めての試みであるだけに 解明しなければならぬ実験的および理論的問題点が数多く残されており 先日われわれが実施した短期間の予察的調査結果によって その一部が解決されたにすぎないのである。

調査法の基本的考え方

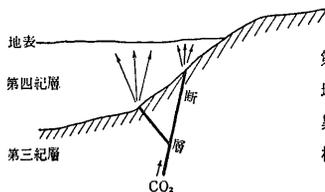
自然界を相手としてある新しい方法あるいは技術を開拓する際には 事の大小如何にかかわらず 理論的あるいは論理的に可能な きわめて単純化または理想化されたあるモデルについて考え 次に そのモデルと自然界との間に存在する差異によって生ずるさまざまな問題を一つ一つ解決していくのが常道であろう。油田およびガス田において 実施されていた方法を広く地下地質構造の解明に適用しようとしている われわれの場合にもそのようなモデルが設定されていた。したがって そのモデルが現実と似ても似つかぬものであるなら この方法を適用すること自体が全く無意味であることはもちろんである。また 別の言い方をすれば そのモデルが考えられる地域にのみ応用可能である。



① 松代町加賀井温泉の炭酸ガス

この研究を行なうに当ってわれわれが頭に画いているモデルは第1図に示したようなものである。図を参照すれば直ちに明らかになるように 地表で測定される炭酸ガスの大部分が地下深所から断層や弱線を經由してることが絶対的な条件である。したがってこの条件を満たしてくれるなら 炭酸ガスの起源が何であっててもかまわないことになる。困るのは地表の腐食土あるいは第四紀層から供給されるかもしれない炭酸ガスである。この問題は既存の地化探の文献においても検討されており（たとえば 藤原健一その他の清水市付近の地化学探鉱調査⁹⁾）表土の影響を除外して考え得ることが示されている。しかし 地域によって新たに十分検討されねばならぬ問題の一つである。

次に大きな問題は第四紀層の基底を流れているであろう伏流水の影響である。水に対する炭酸ガスの溶解度はかなり大きい（15℃で H₂O 1 cc に対し 0℃ 760mm に換算して 炭酸ガスは約 1 cc 溶解する）ので 地表の炭酸ガス濃度分布を大幅に乱す恐れがある。地下水が静水と考えられる場合については比較的考えやすく 地下水を地化探の手段として用いた当初から色々と検討されている。動的な地下水を扱った本島会社の磯部町の天然ガス調査での経験的考察では 遊離ガス中の CO₂% と地下水中の free CO₂ との間には正の相関々係がみられ しかも 地下水中の free CO₂ の異常値点は断層直上にあるが HCO₃⁻ や Cl⁻ の異常値点は地下水流の下流に当る東方に広がっていることが明らかにされた。この結果からは 地下から大量の炭酸ガスが連続的に供給されていれば その炭酸ガスは地下水流を軽く突破して地下の異常点を地上に反映させているように思われる。



第1図
地下構造と炭酸ガスの異常点との関係を示す模式図

しかし 地下水の量および流速と関連させて 詳しく検討せねばならぬ問題である。

以上のように解決せねばならぬ大きな問題を多く含んでいるが とにかく 第1図で示されるような関係が成り立つとすれば 地表で土壌空気中または地下水中の炭酸ガスを測定すれば その分布図から地表に露出していない地下深所の断層線の位置などが 推定できるはずである。

測定法

上述したように地下構造の地化学探査法には土壌空気を用いる場合と地下水を用いる場合とがある。われわれは次の3つの理由から土壌空気法を採用した。その1は松代町付近は扇状地帯であり 天水の浸透率が良すぎて地下水位が低いのではないかと予想されたこと。その2は土壌空気法なら1~2mの深度でも測定できるが 地下水法になると2~3mの作孔を必要とし その違いは時間的・労力的に数倍の違いとなり 効率が悪い



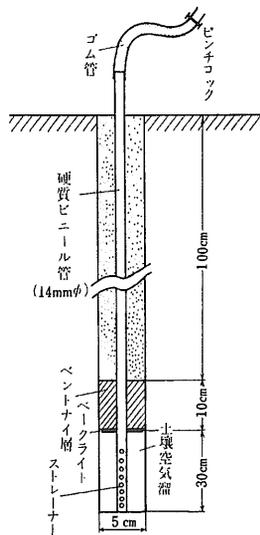
② ハンド・オーガーによる作孔



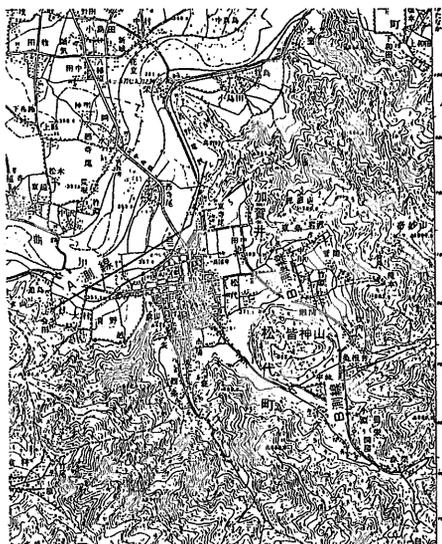
③ 土壌試料の採取 実験室に持ち帰り有機炭素および含水率などを測定する



④ 硬質ビニール管（ガス導管）の途中にペントナイト層を置き 大気としゃ断する



第2図 作孔断面図



第3図 測線位置図

こと。その3は後述するように採取ガス中の炭酸ガス測定がきわめて簡便にできることである。土壌空気法では大気との完全な遮断が必要でありかつ困難な問題でもあった。事前にいろいろ検討した結果作孔の途中で半練りのベントナイト層を置くことにより目的を達することを確かめた。作孔には径5cmのハンドオーガーを用い約1.3mの孔を掘り孔底より30cm上部までを土壌空気溜(約600cc)とし径14mmのビニール管を導管として2口注射筒によりガス試料を採取した(第2図参照)作孔当日は約1lを目標にしてガス抜きを行ない(作孔時の大気を抜き出す)密栓して放置し翌日ガス溜に溜る土壌空気を採取した。採取したガス試料は直ちにメタン干渉計により炭酸ガスの分析を行な

った。

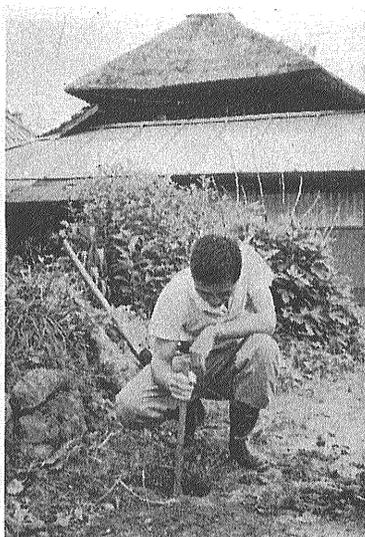
このメタン干渉計は元来炭鉱などで保安上の目的から坑内空气中的メタン含量を簡単に測定するために開発されたものである⁶⁾

測定中の写真でもわかるように小さな測定器で取り扱い方もきわめて簡単でありかつ測定時間は数分ですむという便利なものである。原理は単純で器内のガス室に光を送りガスによる光の干渉縞を作りガスの組成によって干渉縞の位置が移動することを利用したものである。この機械がメタンと同様に炭酸ガスも測定できるので

本調査に採用したのであるが精度の点で不安があった(われわれの使用した干渉計は0.02~10%の濃度範囲が測定可能で目盛刻みは0.02%であった)ので現場分析した土壌空気をガス補集管に飽和食塩水と置換させて採取し実験室に持ち帰ってガスクロマトグラフにより定量した。その結果を比較したところ干渉計による炭酸ガスの分析値の方が若干下回る傾向があったが比較的良好一致を示した。

測定結果

今度の調査は予備調査ということで日程が短かったために上述したような測定方法の検討に終始し系統的な測線は第3図に示すように1本のみであった。皆



⑤ 突棒で突いてベントナイト層を孔壁に密着させる



⑥ 土壌空気の採取



⑦ 土壌空気は二口注射筒に採取し直ちにメタン干渉計で炭酸ガスを定量する

神山の東方に計画測線はあったのであるが 地表下数10 cmで角礫層に出合うために作孔ができず 当初の目的を達し得ず 断片的な測点となった。測線は主として重力探査の結果を参照し その結果より推定された地下の断層線と斜交するように選定した。測定結果は第4図に示してある。この図の上の部分は作孔後翌日の試料のガスクロマトグラフによる測定値を示し 下の図は作孔当日約1/2ガス抜きした後の試料と翌日の試料の干渉計による測定値の変動を増加率として示したものである。この図からも明らかなように 当地域で地下構造の指示成分として期待された炭酸ガス含有量は 著しい変化が認められた。

また 異常値を示す測定点は その地域の平均値より2~10倍量であった。炭酸ガス含量の高い測点は 第4図下部の経時増加率も同様に高い傾向を示し 深部から炭酸ガスの不断の供給が考えられる。このような異常点は 地質図および重力探査結果図を参照すれば 明らかなように 予想された地下断層線上にあるらしい。しかし 1測線のみから 両者の因果関係を結論することができないのは当然である。1測線上の異常点はあくまでも点であって線ではないからである。今後なお同地域に調査する機会があれば 平行した数本の測線を設定し 上記の因果関係を明らかにしたいと思っている。

あとがき

地震の地化学探査というと読者の中には奇異な感じを持たれる方もあろう。われわれも当初から珍妙な感じを抱いていた。しかし われわれがこのような仕事を

始めたことについてはまえがきをお読みになって理解していただけたことと思う。また 多少なりとも結果らしきものを最後にご披露したわけであるが 頭をかしげる人もあろうし うなづく人もあるかもしれない。事実 多くの未知の問題を内蔵しており 結果の解析はいろいろとむずかしいようである。しかし 今後多くの経験的および実験的データが出てくることであろうから これら未知の問題が一つ一つ解決されて 地下地質構造の炭酸ガスを利用する簡便な地化学探査法が確立される可能性は大きいと考えている。

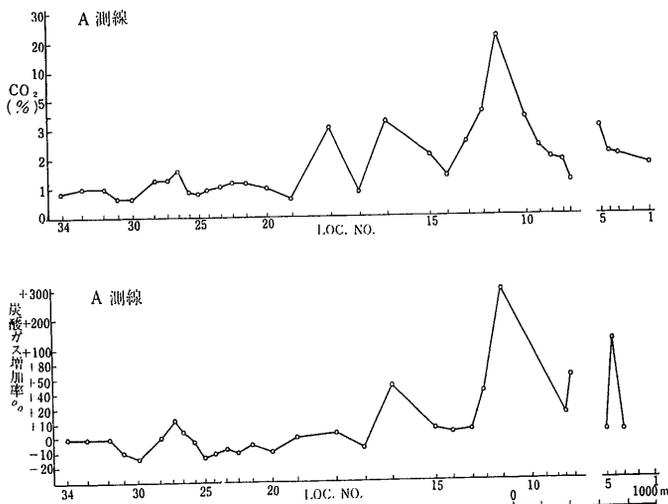
引用文献

- 1) 兼子勝・阿部道起; 千葉県茂原町における微量ガス分析計による地化学的探鉱調査試験について 石油技術協会誌 Vol.10 No.1 (1942)
- 2) 藤原健一・下河原達哉; ガス鉱床に対する地化学探査の新方法 同上 Vol.14 No.4 (1948)
- 3) 本島公司・他4名; 長野県小諸付近の天然ガス 同上 Vol.20 No.3 (1955)
- 4) 本島公司; 群馬県磯部町付近地化学調査報告 地質調査所月報 Vol.8 No.1 (1957)
- 5) 地質調査所; 日本鉱産誌 VI-a 水および地熱 (1957)
- 6) 日本工業規格; 干渉屈折計形精密可燃性ガス検出器 JIS M 7602 解説 (1953)

(筆者等は地球化学課・化学課)



⑧ 土壌はさらにガス捕集管に移され 実験室に持ち帰ってガスクロマトグラフによって 成分の詳細な分析を行なう



第4図 A測線上の炭酸ガス分析値と測点との関係図