

# 地下ガスによる地震予知

東野 徳夫 (環境地質部)

Norio TOHNO

## 1 はじめに

近年 地震予知に関する社会的関心が高まり 国家的プロジェクトとして観測強化及び特定観測地域において地震 水準測量 地殻歪・応力 地下水等の観測体制の整備・拡充が図られ 長期あるいは短期予知を旨とし観測研究が進められている。

一方 地震予知の新たな技術開発も急務な課題となっているが 最近 地下深部を起源とするガスを対象とした地球化学的な研究が行われている。

地震の発生は地殻深部・マントル上部にたまった歪の解放(岩石の破壊)による現象であるが この解放に至る過程において 地下深部では歪の変化に対応して岩石中の間隙圧の変化により 岩石中のガスの移動 あるいは微細なクラックの発達による 破砕面からのガスの放出などが考えられる。従って 地震予知の面からは これらのガス一例えば断層付近(地下からのガスの通路として好都合)で土壤ガスあるいは地下水中のガスなどを観測し 地殻変動との関係を見出すことが可能であるならば 新技術としての発展が期待される。

## 2 地下ガスの供給源及びガスの化学成分

自然界において 地下から地表に供給されるガスには次のようなものがある

- 1) 火山・温泉活動によるもの……CO<sub>2</sub> SO<sub>2</sub> H<sub>2</sub>S  
N<sub>2</sub> Rn He HCl HF など
- 2) 金属・非金属鉱床の酸化帯などにおける反応によるもの……ウラン・トリウム鉱床から Rn He  
硫化鉱床から SO<sub>2</sub> Hg など 炭酸塩鉱床から CO<sub>2</sub> など
- 3) 天然ガス・石油・石炭鉱床から……CnHm N<sub>2</sub>  
CO<sub>2</sub> Ar He Rn など
- 4) 土壌・岩石中の有機物の分解によるもの……  
CnHm CO<sub>2</sub> N<sub>2</sub> など
- 5) 大気と地表との循環によるもの……N<sub>2</sub> O<sub>2</sub>  
Ar など
- 6) 地殻変動に伴う岩石中のガスの放出によるもの  
……Rn He Ar N<sub>2</sub> CO<sub>2</sub> H<sub>2</sub> など

このように地下ガスは多種にわたるが 地震予知の研究で期待されるのは6)である。なお わが国の場合

第1表 大気の化学組成(容積%)

N <sub>2</sub>	78.09
O <sub>2</sub>	20.95
Ar	0.917
CO <sub>2</sub>	0.03
Ne	1.8×10 <sup>-3</sup>
He	5.2×10 <sup>-4</sup>
Kr	1.1×10 <sup>-4</sup>
Xe	0.8×10 <sup>-5</sup>
H <sub>2</sub>	5×10 <sup>-5</sup>
Rn	6×10 <sup>-18</sup>
He/Ar	5.7×10 <sup>-4</sup>
N <sub>2</sub> /Ar	85.16

は地震の発生地域は火山活動の活発な地域であったり また 天然ガスの胚胎地域であったりするので研究に際してはそれらからのガスの供給も念頭におく必要がある。

## 3 地下深部の情報をもたらすガス成分

地震予知の立場からは地下における状態変化に関する情報を1つでも多く入手することが望ましい。その情報の1つとして地下深部を起源とするガスなどは有効なものと考えられる。

現在 研究の対象とされている成分は Rn He CO<sub>2</sub> H<sub>2</sub> などがある。これらの成分は大気組成の一部をなすものであるが 大気中の存在量は第1表に示すように少量~微量である。

ラドン(Rn) 岩石中の Rn はウラン トリウム アクチニウムの各系列の放射壊変により生成されるが 通常はウラン系列の<sup>226</sup>Raの壊変により生成される<sup>222</sup>Rnが一般的である。Rnは化学的には不活性で 比較的高い拡散能力を有し 地殻変動による破砕面 亀裂 空隙などに沿い地下深部から移動することができる。火山ガス 温泉・鉱泉に Rn 濃度の高いものが知られており深部からの供給を示唆している(岩崎 1970)。断層周辺のαトラック数の観測については KING, C.h.Y (1978), 加藤ら(1980)の報告等がある。

ヘリウム(He) 岩石中の He はウラン・トリウムの放射壊変により生成され岩石中に蓄積される。化学的には不活性で 水素について軽い元素であり拡散能力は高い。火山ガス 温泉 天然ガス等に濃度の高いものが知られている。杉崎・志知(1978)は He の供給源の

判定に He/Ar 比が有効なことを提案している。すなわち 岩石中で生産・蓄積される He と Ar の量を ウラン トリウム カリウム含有量から試算し 求めた He/Ar 比は岩種を問わずおよそ10であり大気の $5.7 \times 10^{-4}$ と比較すると約20万倍となる。従って 岩石の歪によりガスが放出されるとすると地表での He/Ar 比は大気よりはるかに大きくなり 地下からの供給を判断することができる。

また He には  $^3\text{He}$  及び  $^4\text{He}$  の同位体があり  $^3\text{He}$  は地球形成後 地殻深部・上部マントルに脱ガスされずに蓄積していると考えられる。火山ガス 温泉ガス 断層付近の土壤ガス等の測定結果によると 大気の  $^3\text{He}/^4\text{He}$  比  $1.4 \times 10^{-6}$  に対して数倍~10倍位の高い値が報告され (Craig et al 1978 Wakita et al 1978 Nagao et al 1979 松林ら 1979) 上部マントルからの供給が示唆されている。

**二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ )** 炭素の酸化による最終的生産物としての  $\text{CO}_2$  は 高温・高圧下で岩石中の炭素が水との反応により生成される ( $\text{C} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2$ )。また 水の存在下で炭酸塩岩石を加熱すると  $200^\circ\text{C}$  で  $\text{CO}_2$  が発生する。火山ガス 温泉・鉱泉 天然ガス等には  $\text{CO}_2$  を主成分とするようなガスが数多くみられる。断層付近の土壤ガス中の  $\text{CO}_2$  も数%~10%前後に及ぶことが知られており 大気中の  $\text{CO}_2$  0.03%と比較するとはるかに高い (永田・伊藤1969 池田・高橋1981 吉川ら1981 高橋ら1981)。  $\text{CO}_2$  の場合には 前述のように火山・温泉活動 可燃性鉱床 有機物の分解による供給も考慮する必要があることは勿論である。炭素には  $^{12}\text{C}$  と  $^{13}\text{C}$  酸素には  $^{16}\text{O}$   $^{17}\text{O}$   $^{18}\text{O}$  の同位体があるが 深部起源 有機物起源に関する問題についてはこれらの同位体の研究も重要な課題である。

**水素 ( $\text{H}_2$ )** 水素の起源としては核反応 堆積岩中のバクテリア活動 高温の場合は有機物や水の熱分解過程で生成され蓄積される。また 最近の活断層付近の土壤ガスなどの研究により 断層添に異常に水素濃度が高い例が報告されている (WAKITA H et al 1980)

#### 4 あとがき

地下深部の情報をもたらすと考えられる火山ガス 温泉ガス 断層付近の土壤ガス等の事例研究により 深部からのガスの特徴 大気組成と大きく異なることなどが明らかになりつつあり 地震予知技術として地下ガスが利用できる可能性が大である。

今後 事例研究の一層の積上げ 連続観測を積極的に導入し 経時変化の把握 ガス含有量と気象要因 (気

圧 降水量 温度 潮汐など) との関係並びにデータ解析手法の確立 各種成分の総合的な観測システムの開発などの諸問題を解決することにより展望が開けるであろう。

#### 引用文献

- 1) CRAIG, H. LUPTON, J.E. and HORIBE, Y. (1978): A mantle helium component in Circum-Pacific volcanic gases: Hakone, the Marianas and Mt. Lassen, in "Terrestrial Rare Gases" eds. E.C. ALEXANDER, Jr. and M. OZIMA pp. 3-16.
- 2) 池田喜代治 高橋誠 (1981) 活断層上のラドン濃度分布とその経時変化 地震学会講演予稿集56年度秋季大会 147.
- 3) 岩崎岩次 (1970) 火山の化学 (講談社) p.229.
- 4) 加藤完 永田松三 伊藤吉助 (1980)  $\alpha$ トラック法による活断層周辺のラドン濃度の変動測定 地震 第2輯 33 289-301.
- 5) KING, C.Y. (1978) Radon Emanation on San Andreas Fault, Nature, 271.516-519.
- 6) 松林修 長尾敬介 高岡宣雄 (1979) 日本列島下のマグマ性 He 同位体比異常 火山 第2集 24 21-22.
- 7) NAGAO, K. TAKAOKA, N. and MATSUBAYASHI O. (1979): Isotopic anomalies of rare gases in the Nigorikawa geothermal area, Hokkaido, Japan. Earth Planet. Sci. Lett. 44,82-90.
- 8) 永田松三 伊藤司郎 (1969) 松代地震地域における地化学探査(続報) 防災科学技術総合研究報告書 第18号 29-39.
- 9) 杉崎隆一・志知龍一 (1978) : 地震の前兆現象としての断層ガス中の He/Ar  $\text{N}_2/\text{Ar}$  比の変動. 地震 第2輯 31 195-206.
- 10) 高橋誠 池田喜代治 加藤完 (1981) 活断層における土壤ガス組成の分布 地震学会講演予稿集56年度秋季大会 160.
- 11) 吉川清志 高橋誠 加藤完 (1981) 松代における土壤ガス組成と基盤構造 地震学会講演予稿集56年度秋季大会 159.
- 12) WAKITA, H. FUJII, N. MATSUO, S. NOTSU, K. NAGAO, K. and TAKAOKA, N. (1978): "Helium Spots": caused by a diapiric magma from the upper mantle. Science, 200, 430-432.
- 13) WAKITA, H. NAKAMURA, Y. KITA, I. FUJII, N. and NOTSU, K. (1980) Hydrogen Release: New Indicator of Fault Activity, Science, 210, 188-190.