特集　大地の変動を探る

箱根山 大涌谷噴火を読み解く

**火山ガスの研究で噴火のメカニズムが見えてきた
将来は火山活動の進展をある程度予測できそうだ**

中島林彦（編集部）　協力：大場 武（東海大学）

大場武（東海大学）

箱根山の大涌谷で6月末，小規模な噴火が起きた。火山灰の量は昨年9月の御嶽山噴火や今年5月の口之永良部島噴火より桁違いに少なく死傷者も出ていないが，すぐ近くに居住地があり，日本を代表する観光地の中心であったため地域社会や観光産業は深刻な影響を受けた。噴火は地震と同様，予知が難しく，規模が小さいほど前兆現象も捉えにくい。ただ今回の大涌谷噴火では火山ガスの研究から，噴火のメカニズムを理解する有力な手がかりが得られた。将来的には噴火につながる火山活動の活発化をある程度予測できるようになるかもしれない。

大涌谷は箱根山で最大の地熱地帯だ。至るところから温泉や噴気（水蒸気を主成分とする火山ガス）が出ている。温泉と噴気のおおもとは大涌谷の推定地下500m～1kmにある熱水溜まりだ。地下水と高温のマグマ性ガスが混合，熱水と蒸気が共存した状態になっている。マグマ性ガスは熱水溜まりの下方，深さ約10kmにあるマグマ溜まりから上昇してきたもので，マグマ溜まりには，より深部から高温のマグマが供給されている。温泉と噴気は，熱水溜まりやマグマ溜まりの情報を伝える“地底から送られた手紙”なのだ。

火山学者の大場武東海大学教授は約2年前からほぼ毎月1回，大涌谷の噴気を採取して成分を調べているが，今年2月に採取した試料の分析結果を見て首をかしげた。噴気中の水蒸気に含まれる重水素の割合の指標である「水素安定同位体比」が，前月までのレベルと比べて明らかに低下していたのだ。

重水素は水素の安定同位体の1つで，重さは普通の水素の倍ある。水を構成する水素の一部は重水素になっており，水素全体に占める重水素の存在比を水素安定同位体比という。マグマ性ガス由来の水と地下水では水素安定同位体比が異なり，マグマ由来の水の方が高い。だから噴気中の水蒸気の水素安定同位体比を調べると，噴気の源となる大涌谷直下の熱水溜まりが，どれくらいの割合でマグマ性ガスと地下水が混ざった状態になっているのかを推定できる。水素安定同位体比が従来レベルより下がったということは，何らかの理由で，熱水溜まりへのマグマ性ガスの供給が絞られた可能性が高いことを意味している。

この水素安定同位体比の低下傾向は3月も続き，4月になると急低下した。大涌谷は外見上は何の変わりもなかったが，地下の熱水溜まりの状態は1月から4月にかけて，大きく変化していたわけだ。大場教授が分析した4月の噴気は4月24日に採取したものだが，その2日後の4月26日，箱根山で群発地震が始まった（以降，大涌谷の火山活動に関するデータは気象庁や国土地理院，神奈川温泉地学研究所，産業技術総合研究所，東京大学地震研究所，箱根町などの発表資料による）。

群発地震の震源は大涌谷周辺，深さ6kmより浅い場所で主に起きていた。1日当たりの地震発生数は5月中旬まで波打つように周期的に変動し，ピークは4月28日，5月5日，10日，15日。ピーク時の地震発生回数は次第に増え，5月15日は約500回に達した。箱根山周辺に設置された傾斜計や体積ひずみ計，GPS観測拠点では，群発地震に呼応するように，大涌谷周辺の山体がわずかに膨らむ動きが捉えられた。また地球観測衛星「だいち2号」のレーダーは大涌谷の直径約200mの狭い範囲が5月上旬段階で以前より最大10cm程度隆起したことを突き止めた。

2月に検出された噴気の異常から群発地震開始に至る大涌谷の地下の変化について，大場教授は次のようなシナリオを考えている。

先述のように地下数百mの熱水溜まりに供給されるマグマ性ガスは，地下約10kmのマグマ溜まりから上昇してくる。ただマグマ溜まりからのガスの放出ペースは，よほどのことがない限り変わらない。熱水溜まりへのマグマ性ガスの供給が絞られたとすると，マグマ溜まりから熱水溜まりに至るガスの上昇ルートが何らかの理由で詰まった可能性が高い。すると詰まったところの下方で次第にガスが溜まって圧力が高まり，ある一定の圧力を超えると岩盤中に新たな亀裂が生じ，蓄積していたガスが一気に上昇する。地下数kmを震源とする群発地震は，こうした地下の動きによると考えられる。山体が膨らむのも地下のガス圧上昇によるとみられる。

地震計や傾斜計などの観測データに表れる変動以外に，目に見える形の異変が生じたのは群発地震開始から約1週間後の5月3日のことだった。大涌

箱根山の群発地震　箱根山は約6万年までの火山活動で，現在見られるようなカルデラが形成された（右図）。カルデラは山頂部が陥没した地形で，その中央部の盛り上がったところは，カルデラ形成後にできた中央火口丘，その北側に大涌谷がある（左の写真）。カルデラ西縁は神奈川県と静岡県の県境（点線）。カルデラ内の一部は芦ノ湖になっている（水色の部分）。カルデラの東側は開いていて，早川が相模湾へと流れ出ている。神奈川県温泉地学研究所は箱根山で起きた地震の規模と震源をウェブサイトで公表している（www.onken.odawara.kanagawa.jp/）。右図は8月8日～9月7日の1カ月間の震源分布（9月7日16時公表）。地震の震源を赤丸で，規模を円の大きさで表す。黄色い星印はこの間に起きた最大の地震で，8月17日18時10分頃起き，マグニチュード（M）は2.2。オレンジ色は直近の9月7日11時前に起きた地震（M0.2）。これら星印のあたりが大涌谷になる。

神奈川県温泉地学研究所

谷に10本以上ある蒸気井の1つ（39号井）が，「ゴー」という轟音を発しながら通常より大量の蒸気を勢いよく噴出し始めた。暴噴という現象だ。蒸気井は温泉会社が掘った井戸で，深いものでは500mの地下から噴気を導き，水と合わせて温泉を造成する。39号井は深さ410mで，蒸気井の中で最も深いものの1つだ。

また群発地震のほとんどは体に感じない微弱な地震だが，発生頻度が高まった1回目のピークの4月27～28日，大涌谷周辺の箱根山中で有感地震が観測され，2回目のピークを迎えた5月5日には箱根山麓の箱根湯本でも3回有感地震があった。翌5月6日，気象庁は火口周辺警報を発表，大涌谷周辺の噴火警戒レベルを1（平常）から2（火口周辺規制）に引き上げた。大涌谷を中心に半径約300mの地域が立ち入り禁止となった。箱根ロープウェイは箱根観光のメインルートだが，大涌谷近くを通るため全線運休となった。

重水素とCO_2が大きく変化

事態が風雲急を告げる中，東海大の大場教授は5月8日，箱根町の許可を得て規制区域に入り，群発地震が始まって以来，初めて大涌谷で噴気を採取，研究室に持ち帰って分析した。群発地震開始から約2週間，噴気に大きな変化が起きていた。噴気に含まれる水蒸気の水素安定同位体比は4月末まで低下傾向にあったが，一転して大幅に上昇，2月に採取した噴気のレベル（水素安定同位体比の低下傾向が最初に確認された）を上回るまでに戻っていた。

これまであまり変化がなかった別の分析値にも異変が表れていた。噴気は水蒸気のほかに二酸化炭素（CO_2）を多く含むため，水に対する二酸化炭素の比率（モル比）も噴気の組成に関する重要指標になる。こちらの値は，水素安定同位体比が低下している2月と3月は1月までとほぼ同レベルで，4月の値もわずかに上昇した程度だった。それが5月に採取した噴気では明らかな上昇が認められた。

まず噴気中の水素安定同位体比の変動は次のように解釈できる。群発地震が始まる直前の4月24日時点ではマグマ溜まりから熱水溜まりへのガスの上昇ルートはかなり詰まっていたが，同26日になると岩盤中に新たな亀裂が生じ（群発地震が始まり），上昇ルートが再び拡大，熱水溜まりへのマグマ性ガスの供給が回復し始めた。新たな亀裂の発生に伴う群発地震は約2週間続き，熱水溜まりへのマグマ性ガスの供給量も増え続けた。大場教授が噴気を採取した5月8日時点では，マグマ性ガスの供給ペースは1月以前に近いレベルまで戻ったとみることができる。

ではもう1つの噴気の異変，水に対するCO_2のモル比の上昇はどう解釈すればよいか？　噴気中のCO_2はマグマ性ガスに由来する。水蒸気の水素安定同位体比の変動が示すように，2月から4月下旬まで，熱水溜まりへのマグマ性ガスの供給が絞り込まれたとしたら，水に対するCO_2のモル比にも低下傾向が表れてよさそうだが，前述のようにその期間は，1月以前とほぼ同レベルだった。そして群発地震が始まると，今度は上昇した。こうした変動は次のように解釈できる。

熱水溜まりでマグマ性ガスと地下水が混合すると熱水と水蒸気が発生する。その際，ほとんどのCO_2は水蒸気に混在し，熱水には溶存しない。だからマグマ性ガスの供給が絞り込まれ，熱水溜まりで地下水の混合割合が増え，水蒸気の発生量がある程度減っても，水蒸気のCO_2濃度には大きな変動は起きない。このため群発地震前，噴気のCO_2のモル比はほぼ一定だった。

一方，マグマと平衡状態にあるガスでは，マグマの圧力が増加すると，水に対するCO_2のモル比は急上昇する。だとすると群発地震の開始と同時に，何らかの理由で，圧力の高いマグマと平衡状態にあったCO_2濃度の高いガスが上昇し，熱水溜まりに供給されたと考えられる。

噴火への道筋

先述のように地下数kmを震源とする群発地震は，発生頻度が5月15日にピークを迎えた後，長期的には低下傾向に転じた。5月末と6月中旬，小規模噴火が起きた6月末に各1回，ピークがあったものの，その地震発生頻度の高まりは5月15日に及ばない。マグマ溜まりから熱水溜まりへのガス上昇ルートでの岩盤の動きは5月中旬がピークだったようだ。

一方，4月末に群発地震が始まって以来，熱水溜まりにはかなりのペースでマグマ性ガスが供給され続けたため，熱水溜まりの内圧が高まり，地表に向けて熱水や高温ガスを押し出す力が強まったと考えられる。地下変動は熱水溜まりから地表に至る領域にも広がっていった。クライマックスが6月末の小規模噴火で，その先駆けとなったのが5月3日に始まった蒸気井39号井の暴噴だとみられる。

39号井は地下数百mにある熱水溜まり周辺部と地表を直結するバイパス，いわば地表に至る人工の亀裂だ。熱水溜まりの内圧の高まりを受け，自然の亀裂を伝わってガスが上昇，39号井の底（深さ約410m）に到達すると，ガスは一気に地表まで上昇，暴噴が起きたとみられる。興味深いのは39号井から数十m離れた52号井（深さ約500m）では当初，暴噴が起きなかったことだ。地表に向かうガスの上昇ルートとなる自然の亀裂は，水平方向にはあまり広がっていないようだ。

ただ39号井による“ガス抜き”だけでは熱水溜まりの内圧の高まりは到底解消されず，ガスは自然の亀裂を伝って地表に向けて上昇を続けた。実際，5月下旬からは噴気活動が目に見えて活発化し，6月に入ると噴気による湯気で周囲の地表が見えにくくなった。地球観測衛星「だいち2号」のレーダー観測によると，5月上旬に地盤の隆起が観測された大涌谷の直径約200mの範囲ではペースは鈍化しつつも隆起が続いていた。

そして6月29日，暴噴中の39号井から約100m南方の複数カ所で噴火が起き，火山灰が放出された。降灰は大涌谷から約4km離れた仙石原あたりまで確認された。噴火に伴うとみられる火山性微動と空振も観測された。噴出物が積もってできた噴石丘が確認された火口は4つ。これら火口群と39号井を結ぶほぼ中間点に位置する52号井でも暴噴が起きた。またそれらの周辺部に10カ所以上の新たな噴気孔が生じた（活動が休止していた噴気孔が活発になった可能性もある）。

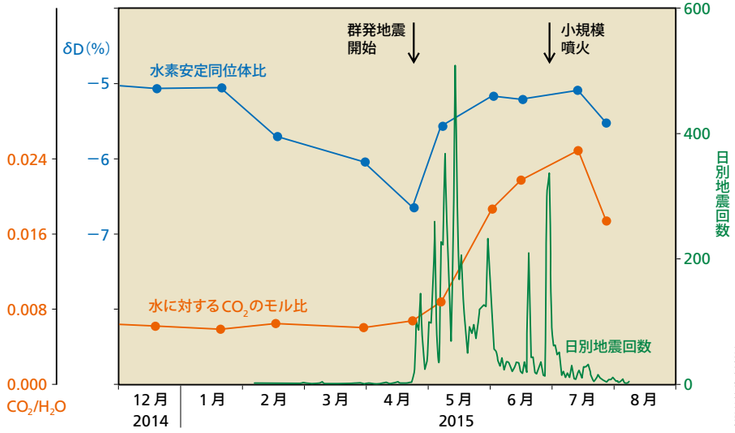
暴噴した蒸気井や火口群，新たな噴気孔群は直径約150mの範囲に分布しており，地球観測衛星「だいち2号」のレーダーで隆起が観測された範囲にほぼ入る。また火口群近くで熱泥流（高温の泥水の流れ）が発生し，近くの沢を流れ下る様子が観測された。こうして，熱水溜まりから押し出されたガスは熱水を伴って地表に噴出し，“ガス抜き”が行われた。一連の噴火活動は7月1日まで断続的に続いた。

放出された火山灰は約100トン。これは昨年の御嶽山噴火や今春の口之永良部島噴火の火山灰の総量の1/1000から1万分の1で，きわめて小規模だ。ただ箱根山で火山性微動が捉えられたのは今回が観測史上初めて。近代にお

KEY CONCEPTS

火山ガスが語る地下変動

- 箱根山の大涌谷で6月末に小規模な噴火が起きた。5月初めに蒸気井の暴噴，4月末に群発地震が始まっていたが，噴気の分析によると，噴火につながる地下の異変は2月には始まっていたようだ。
- 大涌谷の地下約10kmにマグマ溜まりがあり，そこから上昇してきたマグマ性ガスが地下数百mの熱水溜まりに供給されている。噴気の成分の変動から考えると2月頃からガスの上昇ルートに目詰まりが生じ，地下数kmあたりでガスが蓄積したことが今回の噴火をもたらしたとみられる。
- 箱根山と同じような古い火山では同様のメカニズムで噴火が起きている可能性があり，昨秋の御嶽山噴火もその1つと考えられる。



大場武（東海大学）

噴気の変動と地震活動　東海大学の大場武教授は大涌谷の噴気をほぼ毎月1回採取，成分の変化などを調べている（上段の写真は噴気の採取の模様）。昨年12月から今年7月までの変動を青色と赤色の折れ線グラフで示した（下段）。また神奈川県温泉地学研究所の観測による箱根山地域の日別地震回数を緑色の折れ線グラフで示す（目盛りは右側の縦軸）。青い折れ線グラフは噴気中の水蒸気の分析で得られた水素安定同位体比の変動。海水の水素安定同位体比と比べた値を‰で表示する（目盛りは左側の縦軸δD）。マグマ性ガスは−2%台，地下水は−6%台なので，両者が混ざってできた熱水溜まりから上昇してくる噴気は，その間の値を取る（場合によっては地下水よりも若干低い値になることもある。これは重水素が水蒸気よりも熱水に取り込まれやすい効果による）。今年1月までは−5%だったが，2月から下がり始め，群発地震が始まる直前の4月末時点では−7%に迫るレベルまで下がった。その後，上昇に転じ，6月初めの時点（小規模噴火が起きる約1カ月前）で1月までのレベルに回復している。赤い折れ線グラフは，噴気の水（水蒸気）に対するCO_2のモル比の変動を表す（目盛りは左側の縦軸CO_2/H_2O）。モル比は4月末時点までほぼ一定レベルを保っていたが，群発地震発生後に大きく上昇している。

いて，箱根山としては最大規模の火山活動だったことは確かなようだ。

小規模噴火を受け，気象庁は6月30日，噴火警戒レベルを2（火口周辺規制）から3（入山規制）に引き上げた。それまで大涌谷を中心に半径約300mが立ち入り禁止だったが，同約1kmまで広げられた。その後，7月21日にも火口の1つから噴煙が上がり，少量の火山灰が放出されたが，6月末の小規模噴火をピークに今回の大涌谷の火山活動は終息に向かい始めたようだ。大涌谷周辺で観測されていた山体の膨張は8月下旬から鈍化傾向に転じ，9月上旬現在，噴気は活発な状態が続いているが，群発地震の発生回数はここ1カ月間，ほとんどの日が10回以下だ。

東海大の大場教授は6月初めから7月末にかけて4回，箱根町の許可を得て規制区域に入り，大涌谷の噴気を分析した。それによると6月初めには噴気中の水蒸気の水素安定同位体比は1月までの平常レベルに戻っていた。一方，噴気中の水に対するCO_2のモル比の上昇は6月末まで続き，平常レベルの約3倍まで高まった後，7月末には平常レベルの2倍程度まで下がった。熱水溜まりへのマグマ性ガスの供給ペースは6月初め段階でほぼ平常に戻っていたが，平常時より高濃度のCO_2を含んだ状態は6月末頃まで続いた後，平常レベルに向かい始めたようだ。8月中旬に行った噴気の分析でもCO_2モル比の低下傾向が確認されている。

シーリングゾーンで目詰まり

ここまで大涌谷が小規模噴火に至る道筋をたどってきたが，2つの謎が残っている。1つはマグマ溜まりから熱水溜まりに至るマグマ性ガスの上昇ルートがなぜ目詰まりしたのか，もう1つは目詰まりが解消し，熱水溜まりへのマグマ性ガスの供給が再び増えた時，そのガスはなぜ，CO_2濃度が高い状態になっていたのかだ。これらの出来事は次のようなモデルで解釈できる。

先述のように大涌谷の直下，10kmあたりにマグマ溜まりが存在し，その温度は800℃以上で，そこからマグマ性ガスが常時放出され，岩盤中の細かい亀裂を伝って上昇している。上昇していくのはガスと熱水が混ざった流体だ。そうした流体が上昇するうちに温度が約400℃まで低下すると，様々な鉱物が析出してくる。石こうや硬石こう，ミョウバン石，黄鉄鉱などだ。

この析出プロセスが続くと，岩盤中の亀裂はこれらの鉱物で次第に埋められ，完全に塞がれるような場合も出てくる。水道管が水垢で詰まって出が悪くなるのと似た現象だ。岩盤中に約400℃の等温面を描くと，それはマグマ溜まりの上方をドームのように覆う形になり，そのあたりの亀裂で集中的に目詰まりが進むことになる。これによって火山性ガスを含む流体の上昇が阻まれやすくなることから「シーリングゾーン」と呼ばれる。

このシーリングゾーンは大涌谷の深さ数km，つまりマグマ溜まりと熱水溜まりの間に存在していると考えられる。熱水溜まりへのマグマ性ガスの供給が絞り込まれたのは，シーリングゾーンで目詰まりが進んで，ガスの上昇が阻まれ始めたからだと理解できる。するとガスはシーリングゾーンの下方に溜まり始め，次第に圧力が上昇すると考えられる。蓄積したガスの影響はマグマ溜まりにも及び，マグマ溜まりに加わる圧力も上昇する。そしてマグマの圧力が上昇すると，マグマ溜まりに存在するガス（マグマと平衡状態にあるガス）のCO_2濃度が高まり，そのガスが上昇していくことになる。

つまりシーリングゾーンでガスの上昇が阻まれ続けると，ゾーン下方に溜まったガスの圧力が高まるとともに，そのCO_2濃度が上昇し，臨界に達すると，シーリングゾーンの脆弱な部分が破壊され，そこからガスが勢いよく噴出して上昇していく。群発地震の発生と噴気の分析データに表れた変動は，こうした地下の動きによって生じたと解釈できる。シーリングゾーンの発達は鉱床が形成されるプロセスでもあり，鉱床学の観点からの研究も進んでいる。

このように，マグマ溜まりに何の変化がなくても，その近傍に形成されたシーリングゾーンが原因で噴火が起きる理論モデルは，米国の火山学者のフルニエ（Robert Fournier）博士が提唱した。博士は長らく米国地質調査所に務め，巨大火山イエローストーンの地熱地帯をフィールドとしてきた。

今回の大涌谷の噴火は，広い意味ではマグマに熱せられた水が気化することで起こる水蒸気爆発（水蒸気噴火）だ。水蒸気噴火は高温のマグマ本体が上昇して地下水に接触することでも起こる。また噴気中のCO_2の濃度上昇は，CO_2濃度の高いマグマがマグマ溜まりに注入されることでも生じる。もし本当に大涌谷の地下でこうしたことが発生したとしたら，噴火はさらに格段に激しさを増す可能性があり，多くの火山学者はこの点を懸念していた。

ただ，マグマ上昇シナリオでは群発地震に先行して熱水溜まりへのマグマ性ガスの供給が絞り込まれるような現象が起きることは考えにくい。噴気中のCO_2濃度の上昇幅は，マグマの上昇ではなく，シーリングゾーンが関与するシナリオでうまく説明がつく。また6月末の小規模噴火の火山灰の分析によると，火山灰を構成する粒子はほぼすべてが熱水による変成を受けたもので，新鮮なマグマ物質を含んでいなかった。こうしたことを総合して考えると，今回の大涌谷の小規模噴火はシーリングゾーンの発達と破壊によって生じたと解釈できる。

御嶽山噴火も？

シーリングゾーンによる噴火のメカニズムを考えると，大涌谷では過去も同様のことが起きていたとみられ，将来も生じる可能性が高い。

実際，大涌谷直下では2001年にも群発地震と蒸気井の暴噴（39号井や52号井など）が起き，新たな場所に噴気孔群が形成され，今回と同様の噴気中のCO_2の変動も検出されている。より規模は小さいが2006年や13年にも同様の火山活動が起きている。今回は2001年よりもシーリングゾーンの閉塞が強かったため小規模噴火にまで至ったようだ。

今回の噴火の知見を踏まえて噴気の分析を定期的に行えば，群発地震に先立ってシーリングゾーンの閉塞の程度が評価できるので，噴火に至る可能性をある程度，予測できるようになる。

例えば噴気中の水蒸気の水素安定同位体比が平常レベルより大きく低下し，その低下期間が長引く場合は，それだけシーリングゾーン下方に溜め込まれるマグマ性ガスの圧力が高まり，ガスの総量が増えることから，噴火に至る恐れが強まると考えられる。噴気の分析データの変動がシーリングゾーンによる噴火シナリオと異なることがわかれば，それは別のメカニズム，例えばマグマの上昇による噴火の可能性などを真剣に検討することになる。

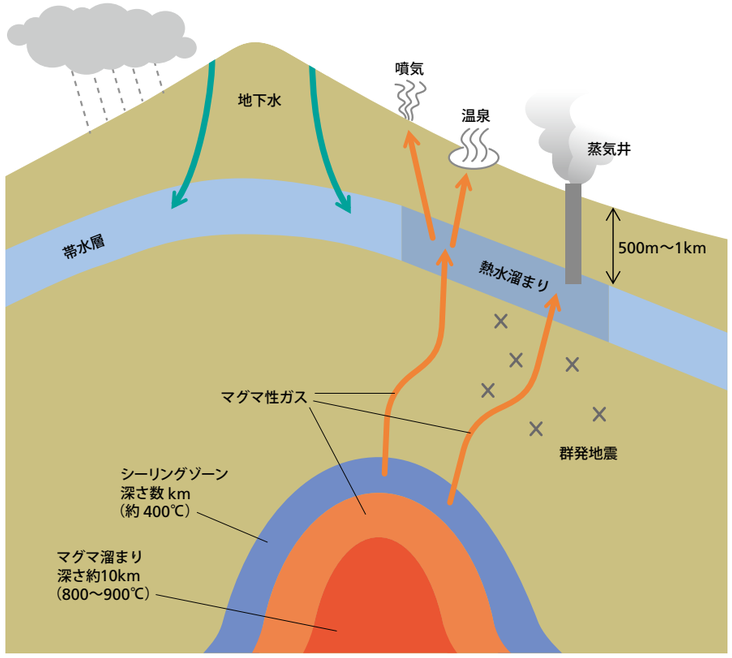
箱根山は約65万年前に火山活動が始まった。付近にある富士山（活動開始は約10万年前）や伊豆大島の三原山（同数万年前）と比べると古い火山だ。日本国内には同じような古い火山が多数あり，そうした火山には大涌谷に似た地熱地帯がよく見られる。「地獄」という名前がついた場所がそうだ。

本格的な研究はこれからだが，こうした火山でもシーリングゾーンが関与する群発地震や水蒸気噴火が起きている可能性が高い。その1つが草津白根山だ。その山頂近くにある火口湖「湯釜」も大場教授のフィールドで，火口湖水（湖底から火山ガスが出ている）の分析によれば，同地の水蒸気噴火もシーリングゾーンの噴火モデルが適用できるという。

昨年9月の御嶽山噴火もこのタイプの可能性がある。大場教授が1992年に御嶽山の山頂部で採取した噴気の分析結果から考えると深さ約500mに熱水溜まりがあると推定される。一方，気象庁によると御嶽山では噴気が立ち上る高度が1979年以来，徐々に低下，噴気量の長期的減少が示唆されていた。

大場教授は，この噴気量減少はシーリングゾーンの目詰まりよるとみている。だとすると，そのシーリングゾーン下方には，大涌谷の場合よりはるかに膨大な量のマグマ性ガスが溜め込まれていたはずだ。御嶽山噴火の約1カ月前から始まった山頂付近の微小地震は，シーリングゾーンが破壊され，マグマ性ガスが熱水溜まりに注入される際の地下の動きで生じたと解釈できる。ただ噴気の定期的な分析は行われていなかったので検証は難しい。

噴気（火山ガス）の分析は研究室に持ち帰って行われているが，地震計やGPSなどと同様，現地で自動的に成分などが計測され，データを研究室でモニターできれば，現在よりも深く火山活動の様子を理解できる可能性がある。“地底からの手紙”を素早く大量に読むための工夫が求められる。 ■



大涌谷噴火のメカニズム　大涌谷の地下約10kmには800℃以上のマグマ溜まりがあり，そこからマグマ性ガスが常時放出されている。ガスは岩盤中の亀裂を伝って上昇するにつれて温度が下がり，約400℃のところで様々な鉱物が析出，シーリングゾーンを形成する。シーリングゾーンのところで亀裂が塞がれると，ガスはその下方で溜まり始めて圧力が上昇，マグマ溜まりにも影響が及び，放出されるガスのCO_2濃度が上がる。溜まったガスの圧力が臨界に達すると，シーリングゾーンが破壊されガスが勢いよく上昇，高濃度のCO_2を含むマグマ性ガスが熱水溜まりに供給される。すると熱水溜まりの内圧が上昇，ガスが地表に向けて押し出され，蒸気井の暴噴が起こり，最終的に小規模な噴火に至った。

協力　大場 武（おおば・たけし）
東海大学理学部教授。専門は火山化学と地球化学。特に火山性ガスと火山活動との関連に興味がある。1986年，アフリカ・カメルーンのニオス湖で火山ガス由来の大量のCO_2が爆発的に放出され，約2000人が死亡する火口湖ガス災害が起きたが，その再発を防ぐ研究プロジェクトの代表も務める。