

# 人工衛星で検出された地表面高温帯の熱水上昇仮説による説明 - 1995 年新潟県北部地震(M5.5)の前兆現象-

## A hot zone disclosed by satellite images as a precursor for the 1995 Northern Niigata Earthquake

# 佃 為成[1]; 後藤 恵之輔[2]

# Tameshige Tsukuda[1]; Keinosuke Gotoh[2]

[1] 東大・地震研; [2] 長崎大・工・生産科学

[1] ERI, Univ. Tokyo; [2] Systems Sci., Nagasaki Univ

プレートの運動やマントル対流の影響により、地殻の岩盤が変形したり岩盤内の応力が強まったり弱まったりした場合、岩盤媒質内の既存の微小な亀裂(クラック)が拡大したり、新たな微小クラックが生成されることが考えられる。既存の亀裂内に閉じ込められている流体の圧力に変化が生じ、圧力が強まればその流体を外部へ押しだし、圧力が弱まればその亀裂に外部の流体が入り込んでくる。さらに、拡大した既存の亀裂や新たに生成された亀裂の系は流体の通路としての機能を増大する。このように、地殻変動は流体の移動を促進する。とくに深部の高圧流体は低圧環境である地殻上部へ移動する傾向をもつ。深部の水は熱水であるので、これが上昇して地表付近に達すれば、浅層地下水に混じり地下水温を上昇させる。また、地表付近の岩盤内に留まった熱水は岩盤を熱する。ある地域一帯で大量の熱水上昇が行われたならば、そのゾーンの地表面の温度もそれにとまって上昇するであろう。そのような温度の平面分布は、人工衛星を用いて地表の赤外放射を観測することにより可視化できるはずである。これを新潟地域に適用してみた。

利用可能な人工衛星は、NOAA、LANDSAT などが存在する(LANDSAT は現在利用不可)。NOAA より LANDSAT の方が分解能が高い。1995 年当時、LANDSAT 5 号のデータが利用できた。TM センサーの No.6 の帯域(波長 10.4-12.5 $\mu\text{m}$ )を用いるとして、分解能は 120m である。LANDSAT は 99 分周期で地球を周回し、16 日の周期で地球全体をカバーする。日本付近の上空を飛行するときは、昼間 10 時頃北から南へと向かい、夜間 21 時頃南から北へ航行する。我々の目的には太陽光の反射がない夜間のデータを用いる。また、雲が広く地表を覆う場合や積雪の場合は地表の観測はできない。以上の条件が合致する日は、新潟付近の場合、夏ごろを中心に年にせいぜい 1 回くらいしかない。

解析によって 1994 年の 8 月の地温分布に、新潟県北部の月岡断層に沿った地域に高温帯が見いだされた。この地域は温泉地帯でもある。また、この線は新発田・小出構造線の断層系の部分をなす。一方、1991 年から 1995 年までの他のデータには、1994 年のような際だった異常分布は見いだされない。実は、1984 年 8 月にも 1994 年の線状の高温部の南西延長に線状パターンが見られ、さらにこれに平行して、新潟平野の横越、新津から三条へ延びる比較的高温の線状パターンが見られた。絶対的な温度では、1994 年より低いですが、この時期にも熱水上昇がやや盛んであった可能性もある。

新潟平野は地震の空白域が存在し潜在的な大地発生地域である(佃, 1995)。1994 年の高温線が発現した地域は、この空白域の北縁付近に位置する。この高温線に隣接する地域の新潟県笹神村と豊栄市にかけての地域において、1994 年 10 月頃から群発地震が発生し始め、12 月から活発になった。また、この空白域の南の縁付近の小国町付近においても 1994 年 10 月から群発地震が発生しており、空白域の南と北の縁で地震活動が活発になったのであった。豊栄市・笹神村付近の群発地震は、有感地震の回数も多く、小国町の群発地震がほぼ収束した 12 月を過ぎても衰えず、次の年に入っても活発な活動が続いた。M5.5 の地震が起きる前の 1995 年 3 月 31 日までの期間において、最大の地震は 12 月 19 日の M4.3 であり、M3 以上の地震は 11 回であった。1995 年 4 月 1 日には、M5.5 の地震が発生し、大きな被害を及ぼした。最大余震は 4 月 2 日の M5.0 であり、10 月までに M3 以上の余震が 42 回あった。東大地震研究所はこの地震の後、現地において余震観測を実施した。そのデータによる精密な余震分布は、震源が非常に浅い(5km 未満)ということがわかった(酒井ほか, 1995)。

月岡断層地域は温泉が並ぶ地域であるから、すでに熱水の深部からの供給は存在する。すなわち、熱水の通路はすでに存在し、1994 年当時も同様の環境であったと考えられる。したがって、今回の地温上昇は主に、地殻の応力の高まりによって深部熱水の上昇が促進されたと解釈することができる。1994 年 11 月からの群発地震や 1995 年 4 月の M5.5 の活動は、それ以前から高まってきた地殻応力に原因があると考えられる。応力の高まりとともに、当初は群発地震、最終段階において主震(本震)およびそれにとまなう余震が発生した。

人工衛星を用いて、地温を分析し地震発生と関連づける研究はすでに行われている(Tronin, 1996; Tronin et al., 2002)。しかし、かなり狭い範囲に高温分布を捉え、地震活動を直接結びつけられた点では、このランドサットによる新潟の例がもっとも明確である。