

# The Noto Hanto Earthquake in 2007 gave the effect on groundwater in Kakuma-No.2-well at Kanazawa University (<Special Issue>The Noto Hanto Earthquake in 2007 (Part1))

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2021-07-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24517/00061667">https://doi.org/10.24517/00061667</a>

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



## 能登半島地震と角間 2 号井戸の地下水について

高橋直人\*・田崎和江\*\*

## The Noto Hanto Earthquake in 2007 gave the effect on groundwater in Kakuma-No.2-well at Kanazawa University

TAKAHASHI Naoto\* and TAZAKI Kazue\*\*

**Abstract** The effect on groundwater in Kakuma-No.2-well at Kanazawa University by the Noto Hanto Earthquake struck at 9:41 a.m. 25<sup>th</sup> March 2007, reported in this study. The groundwater level indicated 39m in depth during operation, whereas the level indicated 31m in depth without operation. The electric conductivity (EC) of the groundwater during operation showed 18.7mS/m, whereas the EC showed 18.2mS/m without operation, using automatic measurement system. The EC tend to be higher in summer-autumn than that of winter- spring, which had not changed the value before and after the earthquake.

On the other hand, the groundwater temperature showed 12.6°C during operation whereas the temperature showed 12.3°C without operation. The temperature clearly increased 0.5°C for 2 weeks before the earthquake, and decreased the temperature after the earthquake. The results suggest that the earthquake gave the effect on the groundwater temperature as well. We need comparison with the record collected from the nearest area of epicenter in our future work.

**Key Words** : earthquake, groundwater level, groundwater temperature, automatic measurement system

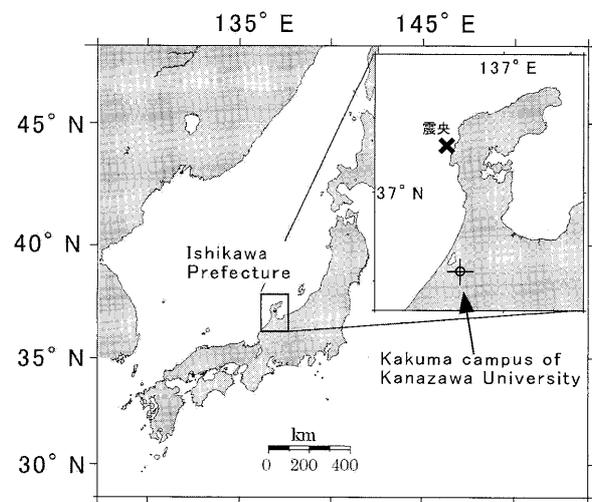
## はじめに

「大地震の前に井戸の水が噴き出したり、温泉や湧水の湧出量に変化する」などということが、古文書などにたびたび記載されている。2003 年十勝沖地震や、2004 年新潟県中越地震の際にも、地震発生後に地下水位や地下水温などが大きく変動した事例が見られている。

金沢大学角間キャンパス内にある角間 2 号井戸（深度 150m）では、2007 年 3 月 25 日 9 時 41 分に発生した能登半島地震の前後で地下水位・水温・電気伝導度の自動観測を行っていた。ここでは、地震発生前後の観測記録について報告し、地震と地下水位・水温・水質の経時変動について検討を行った。

## 金沢大学角間 2 号井戸について

本研究において調査した角間 2 号井戸は、1991 年 11 月に石川県金沢市角間町、金沢大学角間キャンパス敷地内理学部棟前（東経 136 度 42 分 37.6 秒、北緯 36 度 32 分 33.7 秒）に施工されたものである（Fig.1）。角間 2 号井戸は震央から



第 1 図 角間 2 号井戸の位置

**Fig.1** Location map of Kakuma-2-well (±: 136°42'37.6"E, 36°32'33.7"N)

The well was constructed in front of the department of science on Kakuma campus of Kanazawa University, Kanazawa, Ishikawa Prefecture on November, 1991.

2007 年 5 月 14 日受付. 2007 年 5 月 30 日受理.

\* 株式会社日さく北信越支社 〒 950-0891 新潟市東区上木戸 1-10-1  
Nissaku Co.,Ltd 1-10-1 Kamikido, Higashi-ku, Niigata, 950-0891 Japan.

\*\* 北陸支部. 金沢大学大学院自然科学研究科 〒 920-1192 金沢市角間町  
Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University. Kakuma, Kanazawa, 920-1192 Japan.

約 80km 離れている。なお、能登半島地震では、金沢市において震度 4 を記録した。金沢市の金沢大学の周辺には大桑砂岩層が広く分布している。大桑砂岩層は砂岩層・砂質泥岩層を主体とし、海棲貝化石を多く産出する（粕野 1993）。大桑砂岩層の下位には泥岩層を主体とする高窪泥岩層が分布する。両層の境界に近い高窪泥岩層には、金沢大学周辺では凝灰質砂岩層の分布が確認されている（杉本 1999）。

Fig.2 に、角間 2 号井戸の掘削時に得られた地質柱状図を示す。この地点の地下地質は、地表から深度 61 m までが細砂層、61 m から 120 m までが砂質粘土層、120 m から 135 m までが粘土質砂礫層、135 m から孔底の 150 m までが凝灰質砂岩層となっている。61 m から 120 m 間の砂質粘土層には貝化石を含むことがある。このような特徴から見て、135 m 以浅の砂質な地層は大桑砂岩層に対比でき、135 m 以深の凝灰質砂岩層は高窪泥岩層に対比されるものと推定される。

掘削時のさく井工事では、径 450mm の孔を掘削した後、径 300mm の鉄管（JISG 3452P（MN）-GR-EG：配管用炭素鋼管）が挿入されている。掘削孔と鉄管の間は砂利で充填されている。鉄管のなかで、深度 62～73m、78.5～95m、106～138 m 間の部分には地下水取水用にスクリーン（溝状の穴）が切られている。その他の区間は、地下水が流れ込まないようにしている。また、この井戸は雑用水として地下水を取水しているため、取水用の水中モーターポンプが深さ 75.6m の位置に設置されている。井戸内には水中モーターポンプからの水を地中に導く揚水管（内面外面とも亜鉛メッキをした鉄管：JISG 3452 SGP 内径 80mm）が建てこまれている。

このようにして設置した 3 層の帯水層からは、揚水試験の結果 461.4L/min の水量が得られることが判明した。また、井戸全体の透水係数は  $3.59 \times 10^{-6}$  m/s、透水量係数は  $1.98 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s の値が得られている。この値は、砂岩を主体とする地層の揚水量としてはあまり多いとはいえず、透水係数も砂からシルトにかけての粒径の土における一般的な値となっている。

揚水量約 460L/min の条件下では、3 層の帯水層の中で、深度がもっとも浅い第 1 スクリーン区間の水量が全体の約 65% を占め、第 2 帯水層が残りの 30% 程度を占めていることが、揚水試験と同時に実施した微流速検層の結果、明らかになっている。

## 観測方法

角間 2 号井戸では、1998 年 4 月以降、NDR-4J 型（株日さく製）自動観測装置を用いて地下水位・地下水温・地下水電気伝導度の自動観測を行っている。それぞれの項目を測定するセンサーは、井戸内の地下約 40m 地点に固定されており、10 分間隔でデータの取得を行っている。なお、地下水位は地表面～GL-40m まで測定可能であり、水位センサーの最小分解能は 1cm である。水温は 0℃～40℃ の範囲で測定可能であり、最小分解能は 0.01℃ である。電気伝導度は 0～

400mS/m の範囲で測定可能であり、最小分解能は 0.1mS/m である。

得られたデータは IC カードに保存されるようになっており、1 ヶ月に 1 回データを回収して整理・解析を行った。ここでは、2007 年 4 月上旬までに回収したデータについて報告を行う。

## 観測結果

### 地下水位の変動記録

Fig.3 に、角間 2 号井戸における 2007 年 2～4 月の地下水位の変動記録を示す。前述したようにこの井戸は金沢大学キャンパス内の水源井として利用されているため、揚水ポンプの稼働・停止により頻りに地下水位が変動している。ポンプ停止時の地下水位（自然水位）は、GL-31m 付近であり、これは井戸竣工時以降ほとんど変化していない。自然水位は、降水や融雪など、地表からの水供給の影響を直接受けにくい被圧地下水に特徴的な水位変動傾向を示しているといえる。

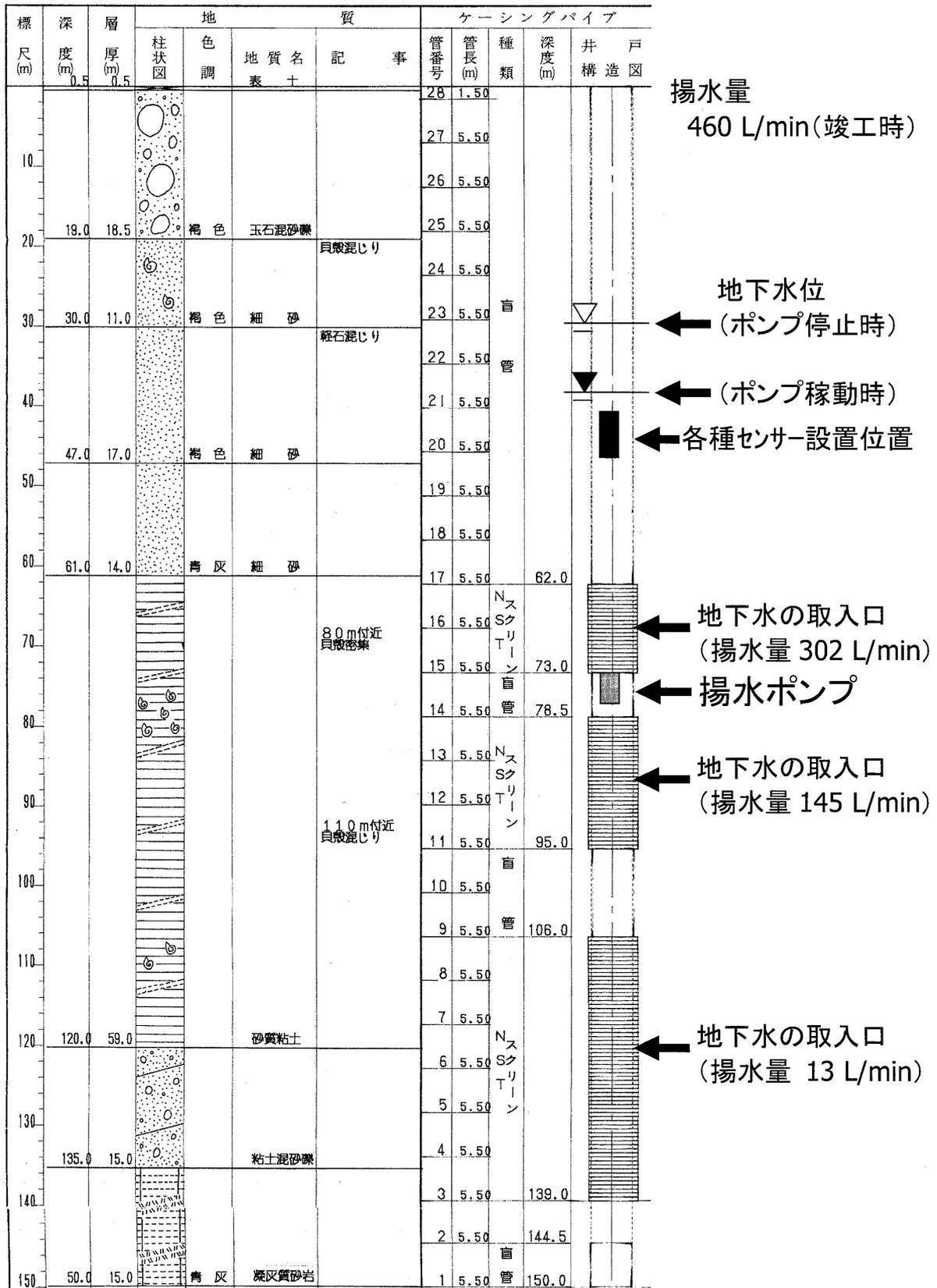
ポンプ稼働時の地下水位（揚水水位）は、GL-39m 付近であるが、これは揚水量やポンプの連続稼働時間により若干変化している。Fig.4 に、2007 年 3 月 24～26 日の地下水位変動記録を示す。通常この井戸は 1 日に 2 時間程度稼働し、稼働中に停止した地下水位を、ポンプ休止時間中に自然水位付近まで回復されるというサイクルを繰り返している。Fig.4 の観測記録により、揚水停止期間は常に地下水位は上昇しており、完全に自然水位まで水位回復しないうちに次の揚水が始まっている状況がわかる。

能登半島地震は 3 月 25 日 9 時 42 分にマグニチュード 6.9 の本震が発生し、その翌日以降も最大マグニチュード 5.3 の余震が発生している。本震・最大余震発生時、角間 2 号井戸のポンプは停止しており、地下水位上昇期に相当しているが、地震の前後で急激な水位変動は見られていない。

### 地下水電気伝導度の変動記録

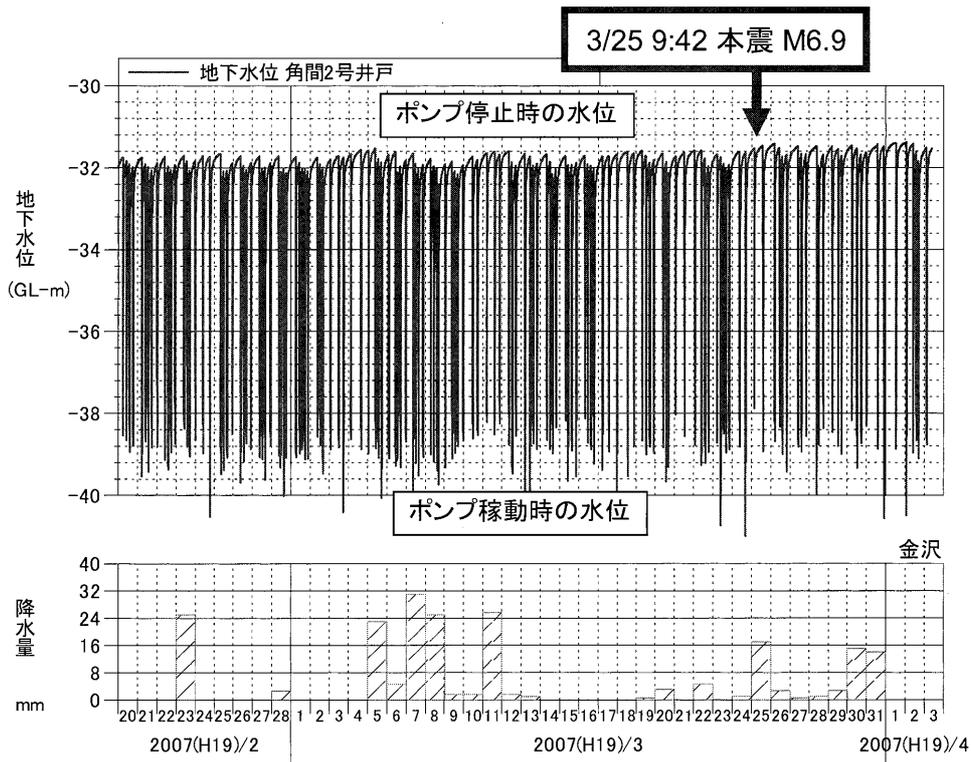
Fig.5 に、角間 2 号井戸における 2005 年～2007 年の電気伝導度の観測結果を示す。地下水の電気伝導度は 17.5～19.5mS/m の幅をもって変動する傾向が見られる。これは、第三紀の被圧地下水としては典型的な値である。季節変動の傾向としては、夏～秋にわずかに高く、冬～春にかけて低くなる現象が見られている。2005 年 2 月に、井戸内にたまったスケール（鉄細菌などによりスクリーンや井戸管に付着した錆びコブ状の物質）を除去・浚渫する作業を実施したため、この後井戸内の電気伝導度は一時期上昇する傾向が見られていたが、それ以外は 1998 年の竣工時以降、電気伝導度の値は大きく変動していない。

2007 年 3 月 24～26 日の電気伝導度データについて拡大したものを Fig.6 に示す。ポンプ停止時の電気伝導度は 18.2mS/m でほぼ一定であるが、ポンプ稼働時のみ 18.7mS/m に上昇し、ポンプが停止すると再び低下するというサイクル



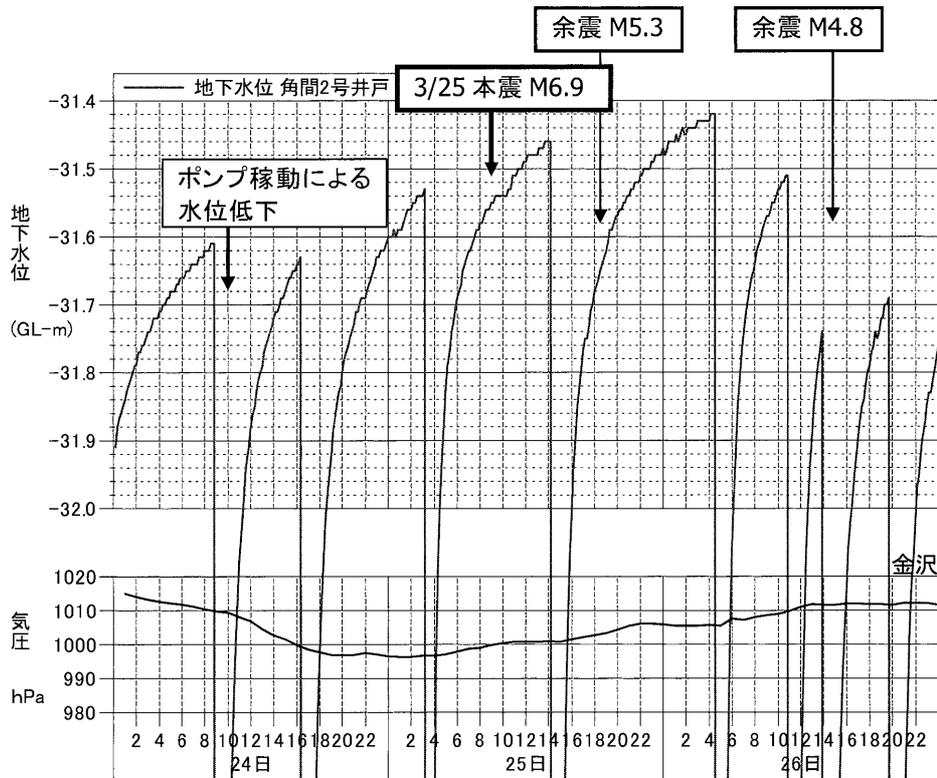
第2図 角間2号井戸の地質柱状図・スクリーン位置図

Fig.2 Geologic column and location of screens of Kakuma-2-well at Kanazawa University.



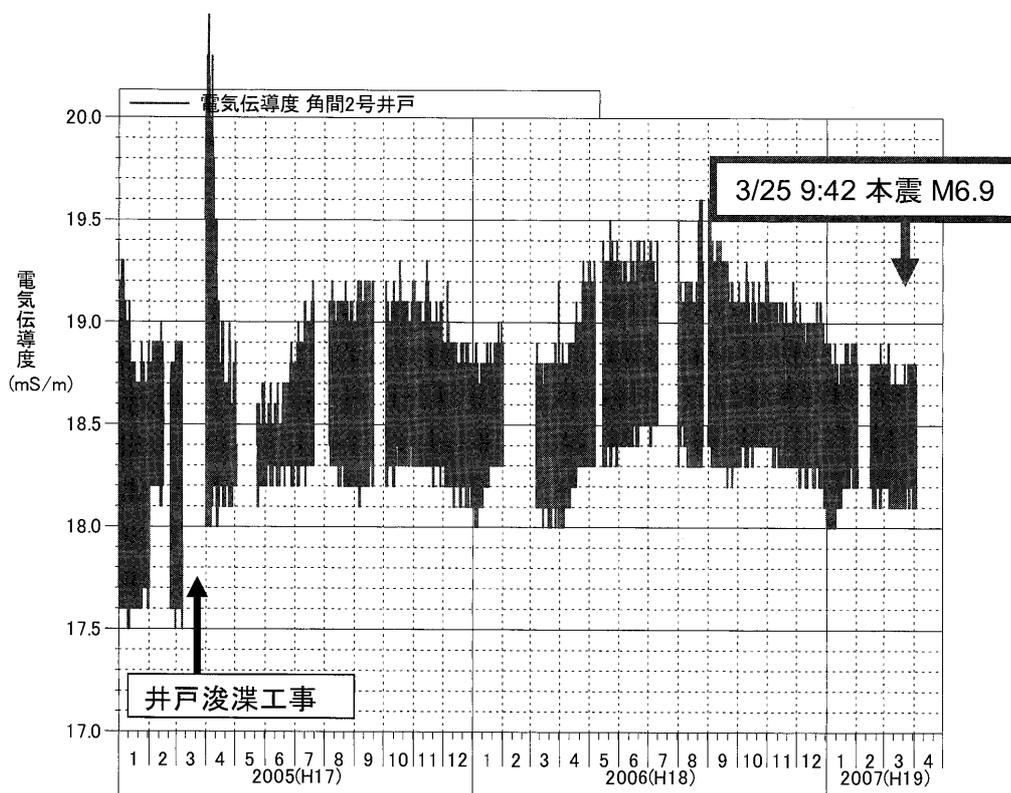
第3図 角間2号井戸の地下水位変動 (2007年2月~4月)

Fig.3 The change of groundwater level from February to April in 2007 at Kakuma-2- well.



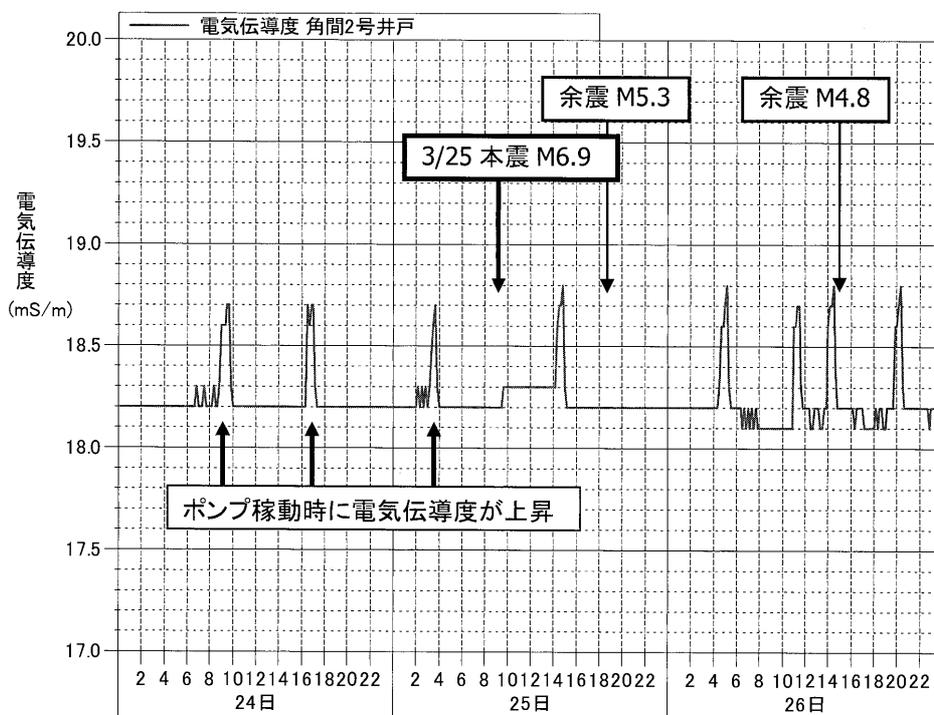
第4図 角間2号井戸の地下水位変動 (2007年3月24~26日)

Fig.4 The change of groundwater level from 24 to 26 on March in 2007 at Kakuma-2- well.



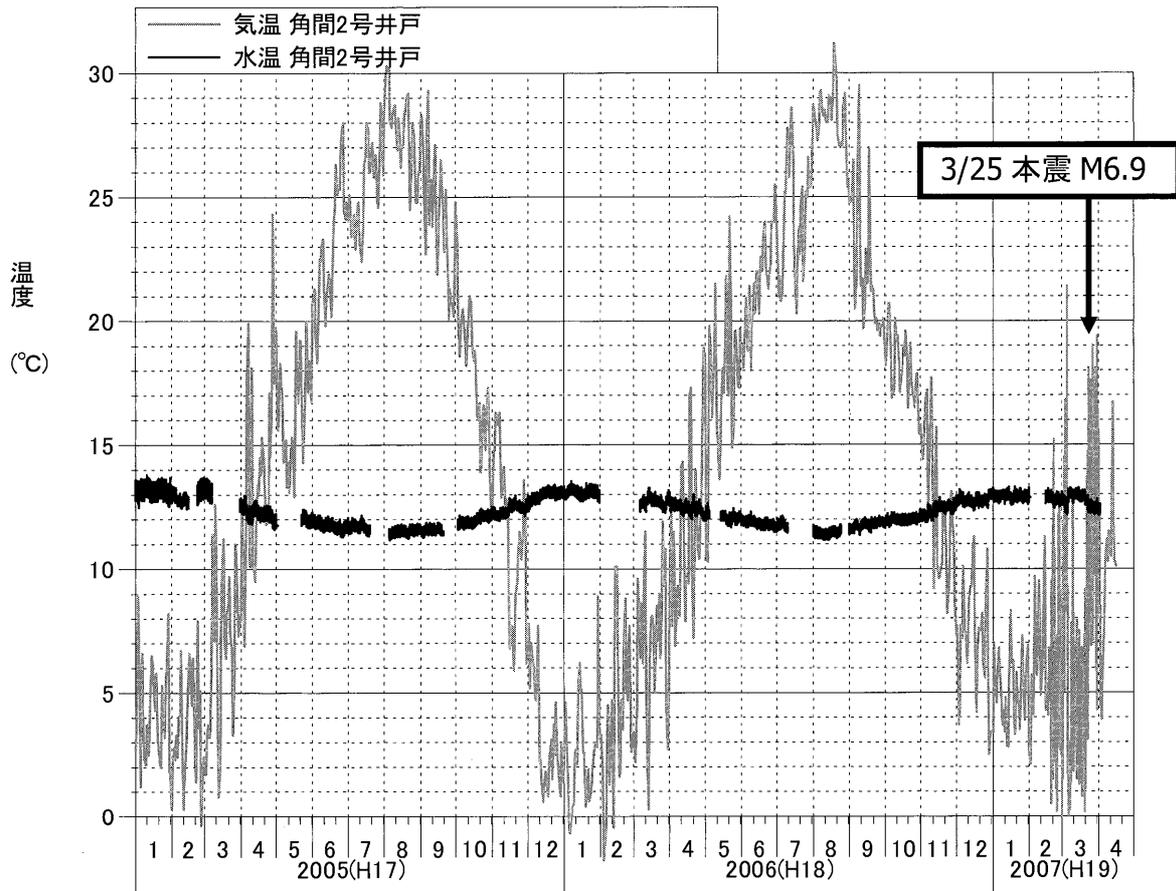
第5図 角間2号井戸の地下水位変動 (2007年3月24～26日)

Fig.5 The change of groundwater level from 24 to 26 on March in 2007 at Kakuma-2- well



第6図 角間2号井戸の電気伝導度の変動傾向 (2007年3月24～26日)

Fig.6 Tendency to change of the electric conductivity at Kakuma-2-well from 24 to 26 on March in 2007



第7図 角間2号井戸の電気伝導度の変動傾向 (2007年3月24～26日)

Fig.7 Tendency to change of the groundwater temperature at Kakuma-2-well from 2005 to 2007

を繰り返していることがわかる。このことは、ポンプの稼動により井戸内に電気伝導度の高い水が流入していることを示している。前述したようにこの井戸は3層の帯水層から取水しているが、揚水量の約65%は第1スクリーン（深度62～73m）からの取水であり、それ以深からの取水量は少ない。一般的に、滞留時間の長い地下深部の水ほど電気伝導度が高い傾向があることから、電気伝導度の変化は以下のように説明することができる。

すなわち、ポンプの稼動により第2・第3スクリーンからの電気伝導度の高い地下水が流入し、井戸内全体の電気伝導度がわずかに上昇する。ポンプ停止時には主に第1スクリーンからの電気伝導度の低い地下水が多量に流入するため、井戸内全体の電気伝導度は低下し安定した値をとるものと考えられる。

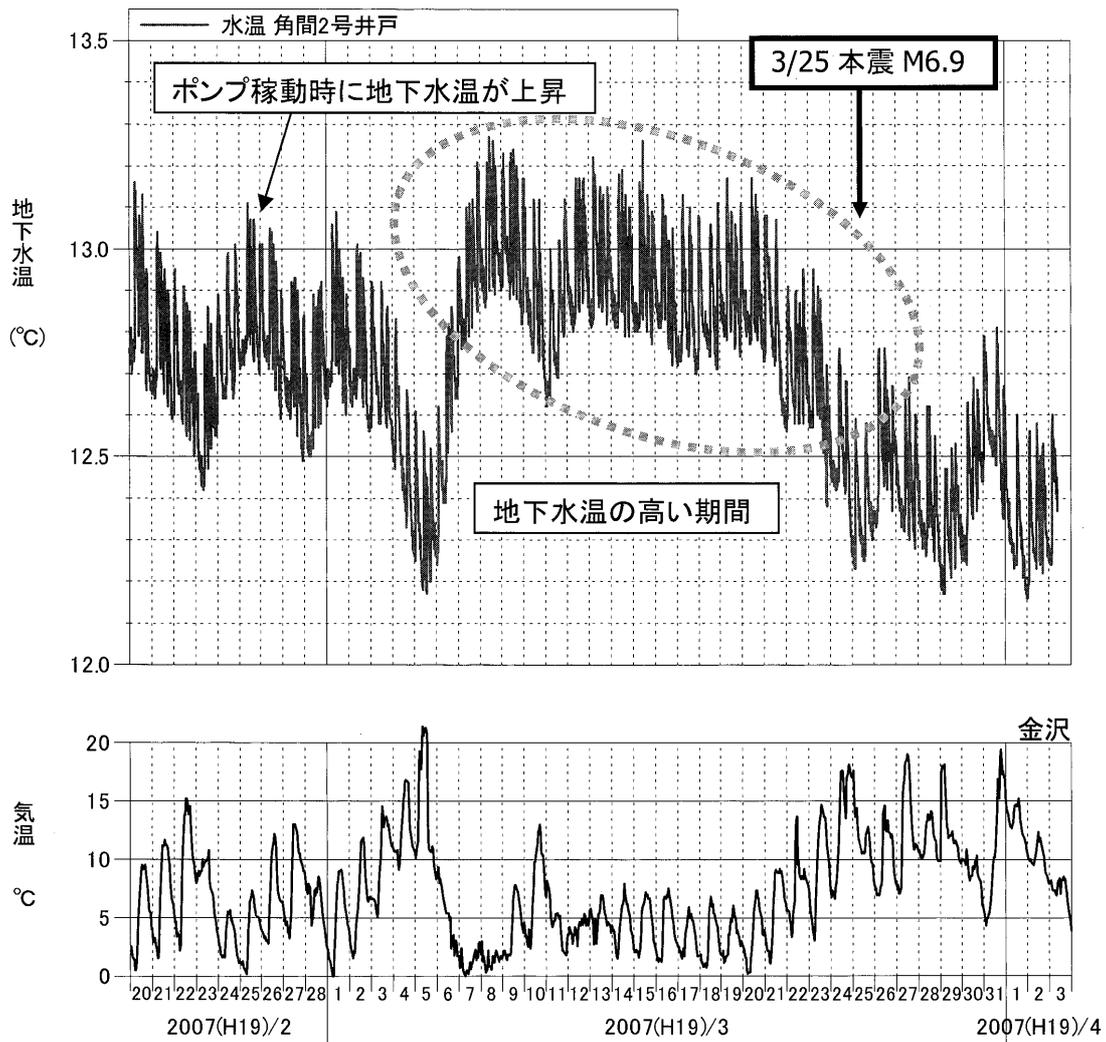
能登半島地震は3月25日9時42分にマグニチュード6.9の本震が発生し、その翌日以降も最大マグニチュード5.3の余震が発生している。本震・最大余震発生時、角間2号井戸のポンプは停止しており、電気伝導度の低下時期に相当しているが、地震の前後で急激な電気伝導度の変動は見られていない。

#### 地下水温の変動記録

Fig.7に、角間2号井戸における2005～2007年の地下水温度変動記録を示す。また、参考データとして、金沢市における気温（気象庁データ）も示した。角間2号井戸の地下水温度は11～14°Cの範囲で変動する。季節変動の傾向としては、気温と地下水温度では約半年のタイムラグがあり、地下水温度は夏に低く、冬に高い傾向が見られている。この傾向は、1998年の観測開始以降ほとんど変化していない。Fig.8に2007年2月～4月のデータを拡大したものを示す。地下水温度は、地下水位や電気伝導度と同様に、ポンプの稼動・停止によって変化する傾向を示している。ポンプ稼動時は、ポンプ停止時に比較して地下水温度が0.6～0.7°C高くなる傾向が見られる。

一般的に地下水温度は、地下深部ほど高くなる傾向が見られることから、電気伝導度の変動傾向と同様に、この傾向は以下のように説明することができる。

すなわち、ポンプの稼動により第2・第3スクリーンからの暖かい地下水が流入し、地下水温度がわずかに上昇する。ポンプ停止時には主に第1スクリーンからの冷たい地下水が井



第8図 角間2号井戸の電気伝導度の変動傾向 (2007年2月～4月)

Fig.8 Tendency to change of the groundwater temperature at Kakuma-2-well from February to April in 2007 at Kakuma-2-well.

戸内に多量に流入するため、地下水温度は低下し安定した値をとるものと考えられる。

能登半島地震は3月25日9時42分にマグニチュード6.9の本震が発生し、その翌日以降も最大マグニチュード5.3の余震が発生している。本震・最大余震発生時、角間2号井戸のポンプは停止しており、地下水温度の低下時期に相当している。季節変動傾向をみても、この時期は地下水水位が低下していく時期に相当している。Fig.8より、大局的には地下水温度はゆっくり低下する傾向にあるものの、2007年3月4～7日にかけて地下水温度は急激に低下し、3月7日～21日の間地下水温度が高い状態が継続して、3月21日以降急激に低下する傾向が見られている。このときの変動量は約0.5℃であるが、ポンプの稼動・停止や、気温、通年の季節変動傾向などとは異なるパターンの変動であった。

## 考 察

現在想定されている地震発生モデルによると、本震の発生前にも地盤にわずかな歪変化が生じるものと考えられている。地震発生時には、地下深部の帯水層周辺の歪が変化し、帯水層内の圧力が変化し、地下水水位や水温・水質が変化するものと考えられている(松本1994)。2004年新潟県中越地震の際には、長岡市周辺で地下水温度の高い領域が広がった事例が報告されている(佐藤ほか2005)。

地下水水位の観測結果からは、角間2号井戸では能登半島地震の前後で異常な水位変動は確認されなかった。しかし、角間2号井戸の場合、ポンプが設置されており頻りに地下水が揚水されている。地下水水位はポンプの稼動・停止により8m以上変動するため、常に井戸内の水位は激しく変動している状態にあり、地震による微小な水位変動を捉えきれなかった

可能性もある。

地下水電気伝導度の結果からも、角間2号井戸では能登半島地震の前後で異常な水質変化は観測されていない。通常期における電気伝導度の変動パターンについても、ポンプの稼動・停止と、3つに分けられた帯水層からの地下水の流入割合の変化による影響が大きい。

今回計測を実施した3項目のうち、地下水温については、能登半島地震の前約2週間の間、地下水温が約0.5℃高い傾向が継続するなど、地震前後で急激に変動する傾向が観測されている。この傾向はポンプの稼動・停止や、気温、通年の季節変動傾向などとは異なるパターンの変動であった。地下水温が上昇する要因として、地下深部の第2・第3帯水層からの地下水が井戸内に流入した可能性があるが、現時点でこの現象のメカニズムの詳細は明らかになっていない。今後は、より震央に近い地域における地下水位・水温・水質の観測記録との照合や、余震にともなう変化の観察などの再検証が必要であるものと考えられる。

### まとめ

金沢大学角間2号井戸（深度150m）において、能登半島地震の前後に地下水位・水温・電気伝導度の観測を行った結果、以下のことが明らかになった。

・地下水位は、揚水ポンプの停止時にはGL-31m、稼動時にはGL-39m程度の値を示す。能登半島地震時、ポンプは停止

していたが、地震の前後で異常な水位変動は見られなかった。

・電気伝導度は、ポンプの停止時に18.2mS/m、稼動時には18.7mS/mの値を示した。季節変動として、夏～秋にわずかに高く、冬～春にかけて低くなる現象が見られているが、地震の前後で異常な水位変動は見られなかった。

・地下水温は、地震時直近のポンプの停止時に12.3℃、稼動時に12.6℃の値を示した。通常地下水温は夏に低く、冬に高い傾向が見られているが、能登半島地震の前約2週間の間、地下水温が約0.5℃高い傾向が継続する現象が見られた。

### 文 献

- 北海道立地質研究所 (2003) 平成15年十勝沖地震にともなう北海道における地下水位変化 (速報), 産総研 TODAY, 3, 11, 211p.
- 金沢大学 (1991) 金沢大学角間団地基幹整備 (さく井) 工事報告書, 1-44.
- 粕野義夫 (1979) 北陸の地質をめぐって, 築地書館, 89-104.
- 粕野義夫 (1993) 石川県地質誌, 石川県, 北陸地質研究所, 28-30.
- 松本則夫 (2004) 地震に関連する地下水観測データベース, 産総研 TODAY, 4, 12, 36p.
- 佐藤早苗ほか (2005) 2004年新潟県中越地震と地下水異常, 新潟県連続災害の検証と復興への視点, 中越地震新潟大学調査団, 50-56.
- 白石秀一・高橋直人・霜島康浩・朝田隆二・渡辺弘明・田崎和江 (2005) 井戸揚水管外壁に形成されたZn-SバイオマットとFeバイオマット, 粘土科学, 44: 176-190.
- 杉本幹博 (1999) 金沢市小二又地域における更新統大桑層基底の不整合, 金沢大学教育学部紀要 (自然科学編), 49: 41-62.

高橋直人・田崎和江. 2007. 能登半島地震と角間2号井戸の地下水について. 地球科学, 61, 293-300.

TAKAHASHI Naoto and TAZAKI Kazue. 2007. The Noto Hanto Earthquake in 2007 gave the effect on groundwater in Kakuma-No.2-well at Kanazawa University. Earth Science (Chikyū Kagaku), 61, 293-300.

### 要 旨

金沢大学角間2号井戸（深度150m, 取水区間深度62～73m, 同78.5～95m, 同106～138m）では、これまで地下水位・地下水温・電気伝導度の自動観測を行っており、2007年3月25日に発生した能登半島地震前後における10分間隔の詳細な経時変動データを取得することができた。

地下水位は、揚水ポンプの停止時に深度31m、稼動時には深度39m程度の値を示した。電気伝導度は、ポンプの停止時に18.2mS/m、稼動時には18.7mS/mの値を示した。季節変動として、夏～秋にわずかに高く、冬～春にかけて低くなる現象が見られている。地下水位および電気伝導度については、地震の前後で異常な水位変動は見られなかった。

地下水温は、地震時直近のポンプの停止時に12.3℃、稼動時に12.6℃の値を示した。通常地下水温は夏に低く、冬に高い傾向が見られているが、能登半島地震の前約2週間の間、地下水温が約0.5℃高い傾向が継続する現象が見られた。この傾向はポンプの稼動・停止や、気温、通年の季節変動傾向などとは異なるパターンの変動であった。今後は、より震央に近い地域における地下水位・水温・水質の観測記録との照合や、余震にともなう変化の観察などの再検証が必要であるものと考えられる。