

## 2004年新潟県中越地震に伴う地下水温・水質の異常

佐藤早苗<sup>1</sup>・氏原英敏<sup>1</sup>・豊島剛志<sup>2</sup>・小林健太<sup>2</sup>・渡部直喜<sup>3</sup>  
大川直樹<sup>1</sup>・和田幸永<sup>2</sup>・小河原孝彦<sup>2</sup>・播磨雄太<sup>2</sup>・小泉尚嗣<sup>4</sup>

### Anomalies of Groundwater Temperature and Chemistry in Relation to the 2004 Mid Niigata Prefecture Earthquake

by

Sanae SATO, Hidetoshi UJIHARA, Tsuyoshi TOYOSHIMA,  
Kenta KOBAYASGHI, Naoki WATANABE, Naoki OHKAWA,  
Yukinaga WADA, Takahiko OGAWARA, Yuta HARIMA and Naoji KOIZUMI

#### Abstract

We investigated the temperature, the electric conductivity and the hydrochemistry of groundwaters using the snow-melting wells around the epicentral area of the 2004 Mid Niigata Prefecture Earthquake (so-called the "Chuetsu Earthquake") during 2004-2005 winter months. Our investigation reveals several new anomaly areas and zones in temperature and electric conductivity of groundwater related to the Chuetsu Earthquake. The seismic fracturing may have increased permeability and activated groundwater flow. It is likely that these new anomalies of groundwater indicate seismic fracturing near the surface along the Yukyu-zan active fault, its inferred southwestern extension to Ojiya City, and the inferred northern extension of the Muikamachi active fault. On the basis of the distribution of these anomalies, the following buried active faults are inferred: a N-S trending fault in the downtown area of Ojiya City, a WNW-ESE trending fault in the Kawaguchi area, and a NNE-SSW trending fault in the Horinouchi area. The Torigoe and the Katagai active faults were not activated during the earthquake.

*Keywords* : the 2004 Mid Niigata Prefecture Earthquake, snow-melting well, groundwater temperature, hydrochemistry, active fault  
キーワード : 2004年新潟県中越地震, 消雪井戸, 地下水温, 水質, 活断層

#### はじめに

越後平野は、日本では数少ない石油・天然ガス産出地であり、それに関連して多数のボーリング調査等が行われてきた。その結果、深さ1.5km程度以深から、静水圧から静岩圧側にずれた(石油生成に関係すると考えられる)高圧熱水の存在が古くから知られている(例えば、白石, 1972など)。このような高圧熱水は、一般に塩分濃度が高く、したがって、電気伝導度も高いと考えられる。2004年新潟県中越地震(以下、中越地震)の震源域周辺では、低比抵抗帯(Uyeshima et al., 2005)・低地震波速度帯(Okada et al., 2005)や深さ5 km以浅の低周波地震の存在(防災科学技術研究所, 2005)が知られ、いずれも地下水やその流動の影響を強く示唆する。

大木ほか(1998)は中越地震の発生する以前(1993年から1998年)に、新潟県内の越後平野、六日町盆地等の広い範囲で、消雪井戸地下水の水温・電気伝導度・水質を測定し、複数の高温異常帯の存在を明らかにした。大木ほか(1998)やXu(1998)は、活断層の破碎帯を通じて深部の高温かつ異常高圧

の熱水が上昇し、浅部の帯水層中に滲出しているために、これらの地下水温異常が生じたと考えた。筆者らは、大木ほか(1998)やXu(1998)によって示された中越地震前の地下水温・水質分布や高温異常帯が中越地震に伴ってどのように変化したのかを明らかにするため、中越地震直後の2004-2005年冬期に消雪井戸等の地下水の調査を実施した。この調査によって、中越地震に伴う地下水の挙動に関する基礎的な情報を得ることができ、加えて伏在活断層の推定を試みたのでここに報告する。

#### 調査地域の地質及び地下水の概要

##### 中越地震の本震・余震域周辺の活断層と地質構造

中越地震の本震・余震域周辺には多数の活断層が存在し、それらに平行な地下構造(褶曲, 断層, 活褶曲)が発達する(図-1)。丘陵や平野, 盆地といった地形もこの方向に配列している。活断層としては、六日町盆地西縁断層, 小平尾断層, 吉野屋断層, 悠久山断層, 山本山断層, 鳥越断層, 片貝断層などが認識されている。活褶曲としては、小栗田原向斜, 越路原

<sup>1</sup>新潟大学理学部

<sup>2</sup>新潟大学大学院自然科学研究科

<sup>3</sup>新潟大学積雪地域災害研究センター

<sup>4</sup>産業技術総合研究所地質情報研究部門

背斜がある。規模の大きい断層としては、新発田-小出構造線、鋸山断層、板倉山断層などがある。規模の大きい褶曲は多数存在し、梶屋敷向斜、田河川背斜、小屋柄川向斜、小松倉背斜、下島向斜、田麦山背斜、梶金向斜、金毘羅山向斜、小高向斜、東山背斜、小千谷向斜、時水背斜、渋海川向斜、八石背斜などがある。これらの地下構造はいずれも「新潟トレンド」と呼ばれる北北東-南南西方向に延び、互いに並走する。こ

れらに規制された地下地質構造が地下水の分布や温度、水質などに影響を与えていると考えられる。

### 中越地震前の地下水温異常

大木ほか(1998), Xu(1998), Xu et al. (1998)によれば、新潟県内の地下水温の高温異常帯は既知の活断層や歴史被害地震と重なって分布する傾向にある(図-2)。彼らはこの傾向を

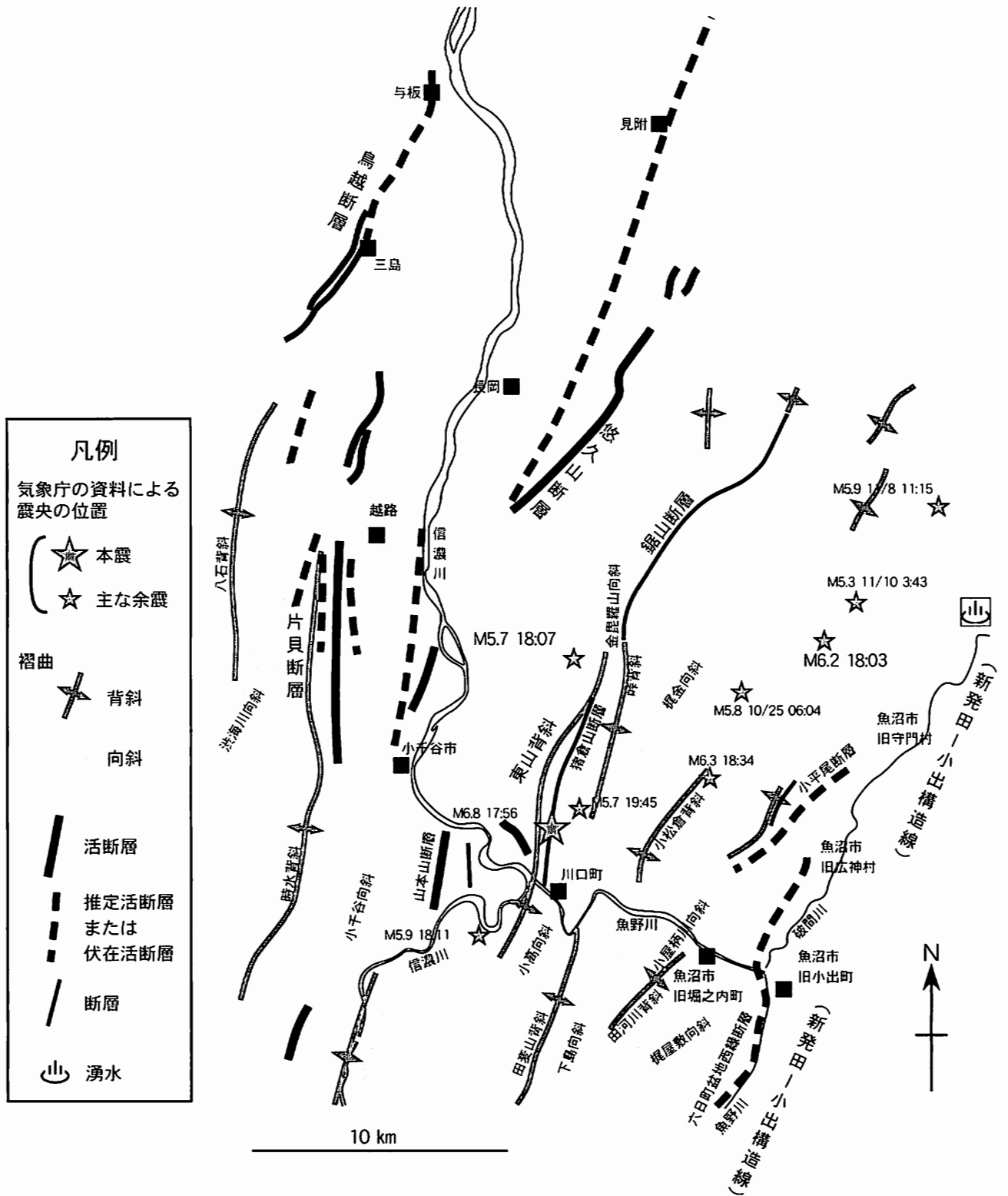


図-1 中越地震の本震・余震域の地下構造(褶曲・断層・活断層は、柳沢ほか(1986)、小林ほか(1989)、小林ほか(1991)、影山・金子(1992)、新潟県(2000)、堤ほか(2001)、渡辺ほか(2001)、中田・今泉編(2002)に基づく)



図一 2004年新潟県中越地震前の地下水温異常と伏在活断層 (大木ほか(1998)に基づく)

利用し、逆に高温地下水の分布から未知の伏在活断層を推定している。図一に示される中越から下越地域にかけての高温異常帯は、長岡市から角田山東方にかけて延びるだけでなく、長岡市から旧新津市を通過して新発田市にも達している。また小千谷市中央部、あるいは南魚沼市六日町～南魚沼市浦佐～魚沼市旧小出町～魚沼市堀之内にかけての地域は、北北東-南南西方向に連なる高温異常帯が見られる。さらに上越地域には、上越市柿崎から妙高市新井、上越市南部にかけて広い高温帯が広がっている。

このような地下水温の高温異常帯は、阪神・淡路大震災のあった神戸市周辺でも知られている。石井ほか(1995, 1996)は、地球化学的手法により高温地下水を検討し、高温地下水が地下深部由来であると結論づけ、その分布から神戸市周辺の潜在断層を推定した。

新潟県内においても、六日町盆地西縁(Cheibany and Watanabe, 2005)や新潟県北部地震震源域(Xu, 1998; Xu et al., 1998)に沿って、塩素イオン濃度の高い地下水が見出されている。これら地下水は、地下深部から断層沿いに上昇してくる高温地下水に由来すると考えられている。しかしながら、以上のような高温地下水と伏在活断層との対応関係には未だ不確実な部分もある。

### 調査・分析の方法

#### 地下水温調査の意義

地下水温は主として熱伝導と熱移流に支配される。測定された地下水温分布を熱伝導理論から求められる温度分布と比較することによって、熱移流の影響を評価できる。地下水温の測定は比較的容易かつ調査コストも安価であり、さらに、様々な条件(気象、地形、地質など)の異なる地域にも適用で

きる普遍性を有する。

季節変動がなく、年間を通じて地下水温が一定となる深度を恒温層深度と呼ぶ。一般に恒温層深度は深さ10～20m付近に存在する。恒温層以深では、ある地点における深さD(m)の地温T(°C)は次式によって求められる。

$$T = T_0 + \Delta t \times D / 100 \dots\dots\dots [1]$$

ここで、 $T_0$ : その地点の年平均気温(°C)

$\Delta t$ : 地温勾配(°C/100m)である。

例えば、 $T_0 = 11.5^\circ\text{C}$ (六日町盆地の年平均気温にほぼ等しい)、 $\Delta t = 3.0^\circ\text{C}/100\text{m}$ と仮定すると、深さ50m( $D = 50\text{m}$ )における地温は、 $T = 13.0^\circ\text{C}$ となる。熱移流の影響が無ければ、この深さの地下水温はここで求めた地温を反映する。ところで、恒温層以深のある深さの井戸から汲み上げた地下水温は経験的に次式で求められる。

$$T_a = T_0 + (\Delta t \times D / 100) \beta \dots\dots\dots [2]$$

ここで、 $\beta$ : 冷却等による損失係数(ポンプの位置や揚水量によって異なるが、経験的に0.7～0.9)である。

上と同様に、 $T_0 = 11.5^\circ\text{C}$ 、 $\Delta t = 3.0^\circ\text{C}/100\text{m}$ 、 $\beta = 0.7 \sim 0.9$ の範囲と仮定すると、深さ50m( $D = 50\text{m}$ )からポンプで汲み上げられた地下水温は、 $T_a = 12.6 \sim 12.9^\circ\text{C}$ となる。以上より、年平均気温がほぼ等しい限定された地域内では、ほぼ同じ深度の井戸から汲み上げられた地下水の温度はほぼ等しくなるはずである。

ところが、実際には、周辺の地下水に比べて有意に水温の高い地下水が存在する。近傍に火山等による熱源が認められない場合、熱移流をもたらす地下水流動に原因を求めるのが自然である。例えば、地下深部の高温域にある地下水が、断層や岩盤の亀裂を通じて湧き上がり、帯水層中に混入していれば、断層や亀裂近傍の地下水温は周囲に比べて有意に高くなると考えられる。

消雪パイプは冬期の道路等の雪対策に画期的な効果を上げ、昭和40年代頃より各地で急速に普及した。昭和50年代になると、冬期の消雪用地下水の大量揚水を主な原因とする地盤沈下が認められるようになり、各自治体で地下水採取の規制に関する条例が整備された。消雪用地下水を採取できる帯水層も規制対象とされる場合が多い。帯水層を限定することによって、仮に同一地域における消雪用井戸の掘削深度に大きな違いが無ければ、ある程度の誤差はあるが、測定された地下水温を直接比較できる。

#### 現地調査

中越地域は1000を超える消雪用井戸を有する。中越地震直後の2004-2005年冬期、震源域周辺の500箇所に及び消雪井戸等の地下水温・水質に関する緊急調査を実施した。調査地点を図一3に示す。地下水温と電気伝導度は現地測定した。地下水温の測定にはデジタル温度計(横河製TX10-01)を用い、井戸に最も近い消雪パイプの孔に温度プローブを差し込んで測定した。消雪パイプより地下水の散布が開始された直後は、数分以上にわたって水温変化を計測し、水温が一定となった時点における値を採用した。電気伝導度は散布されている地下水を容器に捕集し、携帯型電気伝導度計(堀場製ES-51)を



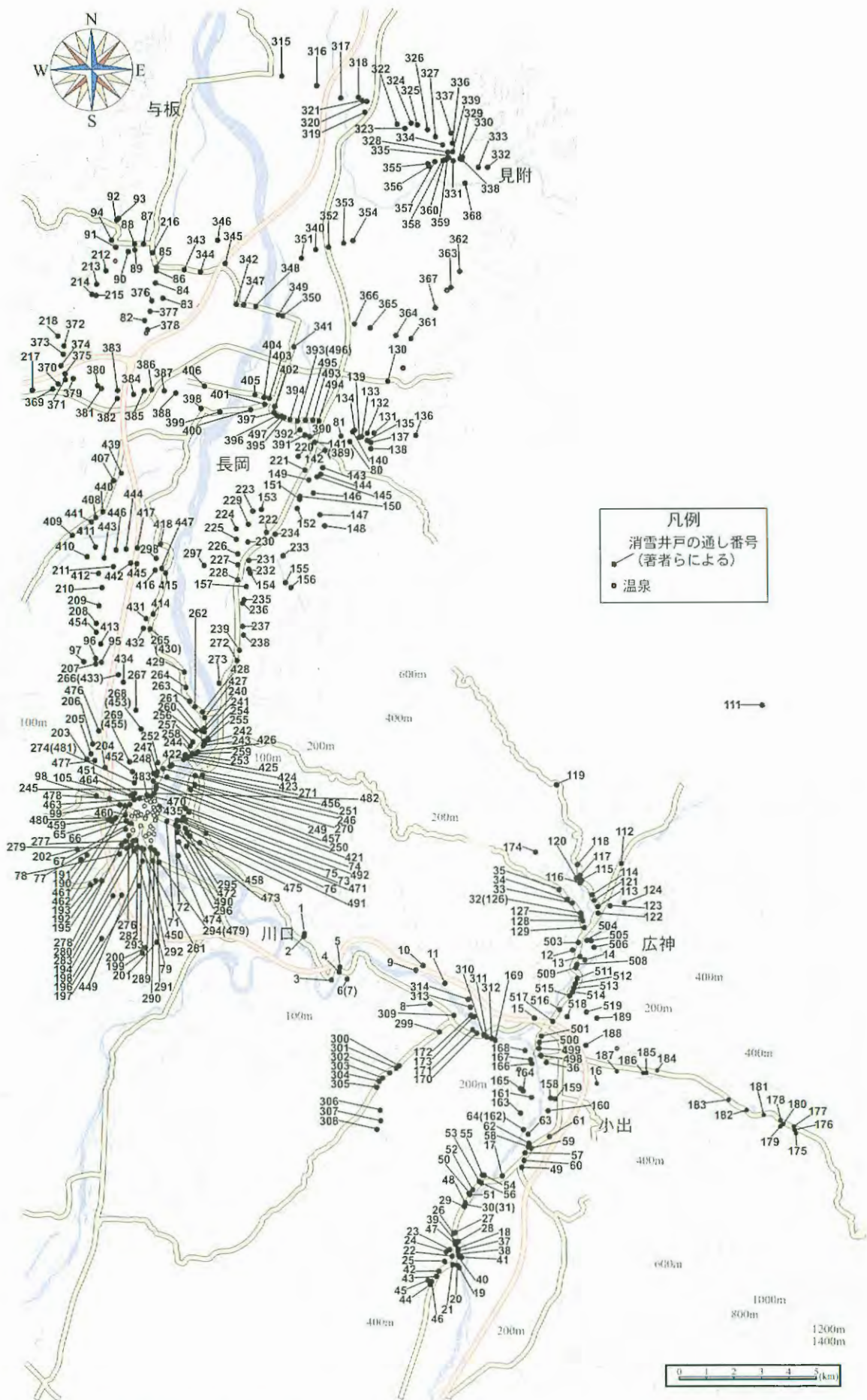


図-3 水温測定・電気伝導度測定・試料採取地点



用いて測定した。現地調査の際、水質分析用の試料を容積250 mlのポリビンに採取し、実験室に持ち帰った。酸素同位体比測定用の試料は容積30mlのガラス瓶に密栓して保管した。

### 室内分析

各種分析には新潟大学積雪地域災害研究センター設置の分析機器を使用した。水質分析は主要イオン( $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ )について行った。 $\text{HCO}_3^-$ については0.02N-HClによる滴定を行い、算出されるアルカリ度を $\text{HCO}_3^-$ 濃度と見なした。滴定には自動滴定装置(東亜電波製AUT-301)を用いた。滴定の際、同装置によってpHも測定した。その他のイオンはイオンクロマトグラフ分析装置(DIONEX製DX-120)を用いて分析した。酸素同位体比の測定には、安定同位体比測定用質量分析装置(Micromass社製PRISM)を使用した。測定は二酸化炭素ガス平衡法により、前処理及び測定の詳細は渡部ほか(1998)に従った。得られた分析結果を付表-1に示す。

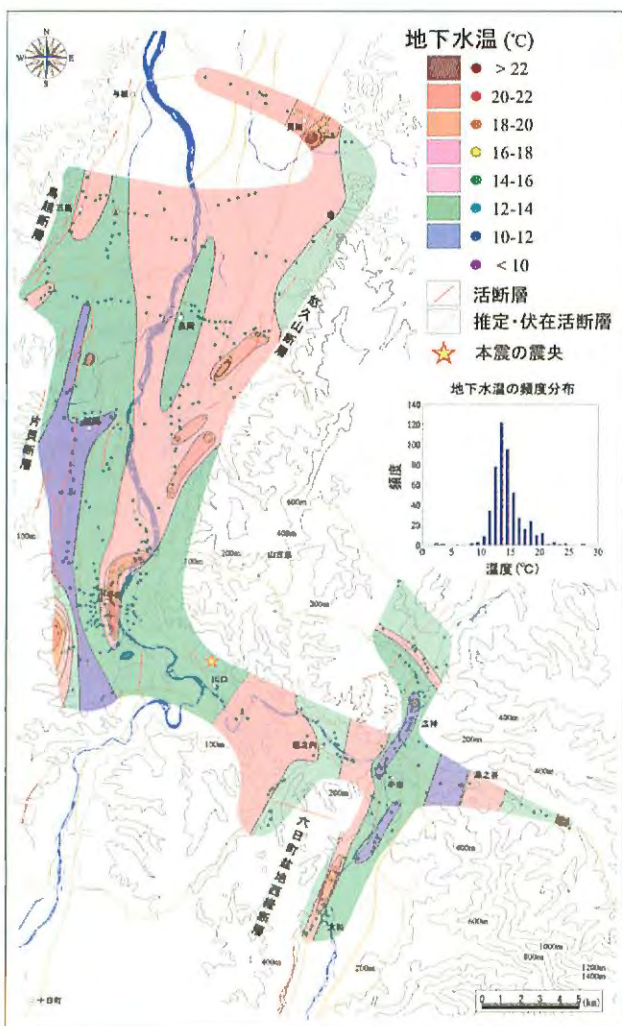


図-4 中越地震後の消雪井戸地下水温分布(活断層・伏在活断層は、活断層研究会編(1980, 1991), 新潟県(2000), 堤ほか(2001), 渡辺ほか(2001), 中田・今泉編(2002)に基づく)

## 結果と考察

### 中越地震直後の地下水異常

地下水温はその深度に応じて変化する。したがって、厳密には地下水採水深度や地温勾配による補正を行って、消雪井戸地下水の温度を検討する必要がある。しかし、実際には、井戸の深度による誤差以上に大きな異常が認められるので、本報告では採水深度で補正しても異常域の現れ方に大きな違いはないと判断した。さらに、温度の深度補正を行っていない大木ほか(1998)の地下水温度異常分布図と比較する場合、本報告のデータに対し深度補正をしない方が地震前後の変化を正しく捉えることができると考えられる。

ここで、調査地域の地下水温の平均値は13.0-14.0 $^{\circ}\text{C}$ を示し、本地域の平均気温と一致する。本報告では14.0 $^{\circ}\text{C}$ 以上を高温地下水とした。また、本地域の平均電気伝導度は10-20mS/mあり、平均塩素イオン濃度は10~20mg/lである。両者には正の相関が認められるが、30-40mS/m付近で、傾きが変わっているように見える。本報告では40mS/mを境に電気伝導度の高低を、20mg/lを境に塩素イオン濃度の高低を定めた。

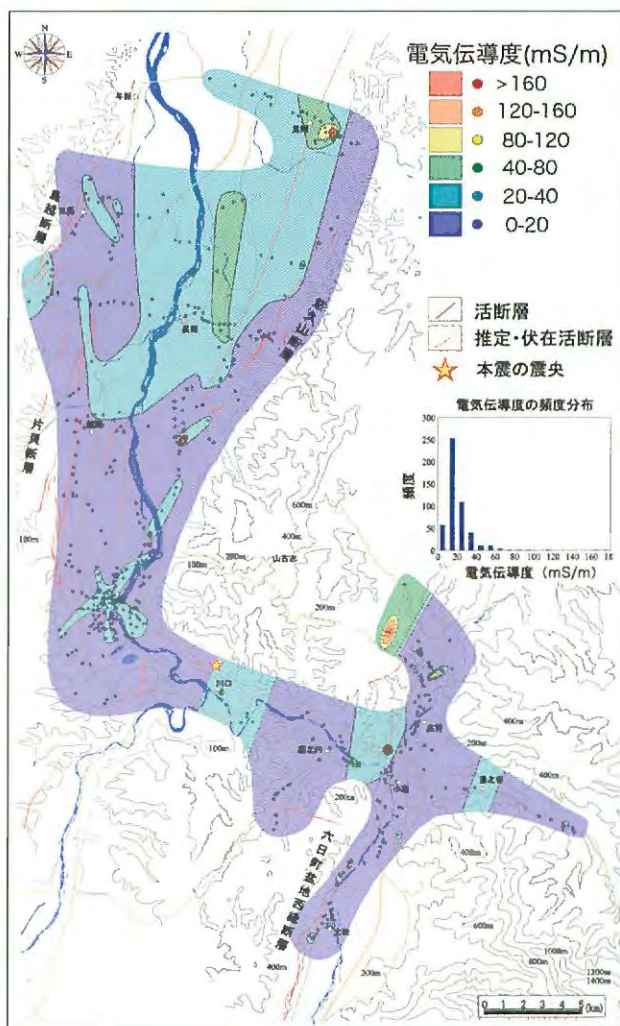


図-5 中越地震後の消雪井戸地下水の電気伝導度分布(活断層・伏在活断層は、活断層研究会編(1980, 1991), 新潟県(2000), 堤ほか(2001), 渡辺ほか(2001), 中田・今泉編(2002)に基づく)



中越地震の本震・余震域周辺地域における消雪井戸等の地下水変化の調査の結果、中越地震に伴って、広い範囲で地下水の変化が生じていることが明らかとなった(図-4、図-5)。長岡市周辺の広い高温域は、中越地震以前にも存在していたが、中越地震とともに範囲が拡大した(図-4)。悠久山断層周辺では最大20℃まで地下水温が上昇し、活断層である悠久山断層の南西方への延長部にも高温域が現れた。そのさらに南方の小千谷市内では、かつての高温異常帯の地下水温が最大25℃まで上昇していた。この信濃川の西岸を占める高温異常帯は、南北方向に延びており、山本山断層付近に連続するようにも見える。さらに、この南北方向の高温異常帯の北方には、平野の地下に南北方向の伏在活断層が推定されている。これに対し、活断層である片貝断層付近では地下水温の上昇が認められなかった。ただし、片貝断層の南方延長部には、中越地震前より高温になった異常帯が現れた。

余震域である東山丘陵の南東縁の新発田-小出構造線、または六日町盆地西縁断層の北方延長が通ると考えられている地域において、地下水温と電気伝導度の異常を見出した(図-4、図-5)。そこでは、高温で電気伝導度の高い場所点々と分布し、六日町盆地西縁断層に平行に延びる低温低電気伝導度帯も出現している(図-5)。中越地震以前から存在した浦佐付近の高温異常帯では、大木ほか(1998)の調査時よりも温度が約5℃も上昇していたが、電気伝導度の異常は認められなかった。

本地域において、中越地震後の消雪井戸地下水温と電気伝導度は、概ね正の相関を示す(図-6)。しかしながら、①水温はさほど高くないにも関わらず電気伝導度がかなり大きい地下水、②水温・電気伝導度ともに高い地下水(高温高電気伝導度地下水)、③高温であるが、低電気伝導度の地下水(高温低電気伝導度地下水)など多様な異常地下水も認められる。ただし、低温で高電気伝導度の地下水は存在しない。

図-7に塩素イオン濃度の分布を示す。悠久山断層の南西方への延長部と六日町盆地西縁断層の北方への延長部にはっきりとした高濃度帯が現れた。また、所々に高濃度域が点在している。一般に高温化が進んだところでは、塩素イオン濃度あるいは電気伝導度が周囲に比べ有意に高い傾向が見てとれる。

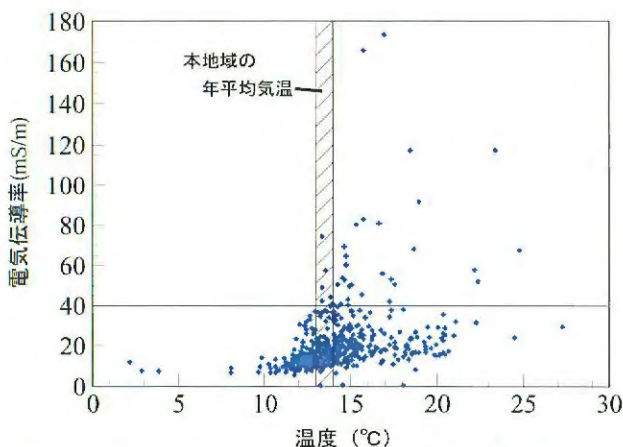


図-6 中越地震後の消雪井戸地下水温と電気伝導度との相関図

#### 地下水の異常帯と活断層、地下深部での断層活動

中越地震による地下水の異常は、中越地震に伴って、断層や断裂を通じて地下深部の高温地下水が上昇したことを示すと考えられる。つまり、中越地震に伴い、地下の帯水層にかかる応力が変化したこと、断層や断裂の透水性が大きく変化したことによって、地下深部からの地下水上昇が促進されたと考えられる。具体的には、悠久山断層、魚沼市旧守門村~旧広神村周辺の新発田-小出構造線、六日町盆地西縁断層の北方延長として推定される伏在断層、以下に示される未報告の伏在活断層などに透水性の変化が生じ、地下深部から地表直下に向かう地下水上昇が活発化したと考えられる。また、中越地震ではこれら複数の断層を通じて、地震によって生じた地下の過度な流体圧・摩擦熱を解放した可能性も考えられる。

本研究の地下水温と電気伝導度の異常域の分布は、以下の場所に伏在活断層が存在する可能性を示唆する。

- 1) 悠久山断層とその南西延長として推定される伏在活断層(雁行状配列を示す)
- 2) 長岡平野の高温帯によって示される伏在活断層
- 3) 小千谷市中央部の南北方向高温帯によって示される伏在活断層(信濃川西岸で、小千谷-越路間の平野下)
- 4) 川口町にて西北西-東南東方向に推定される伏在活断層
- 5) 六日町盆地西縁断層の北方延長として推定される伏在活断層
- 6) 堀之内地域にて北北東-南南西方向に推定される伏在活断層

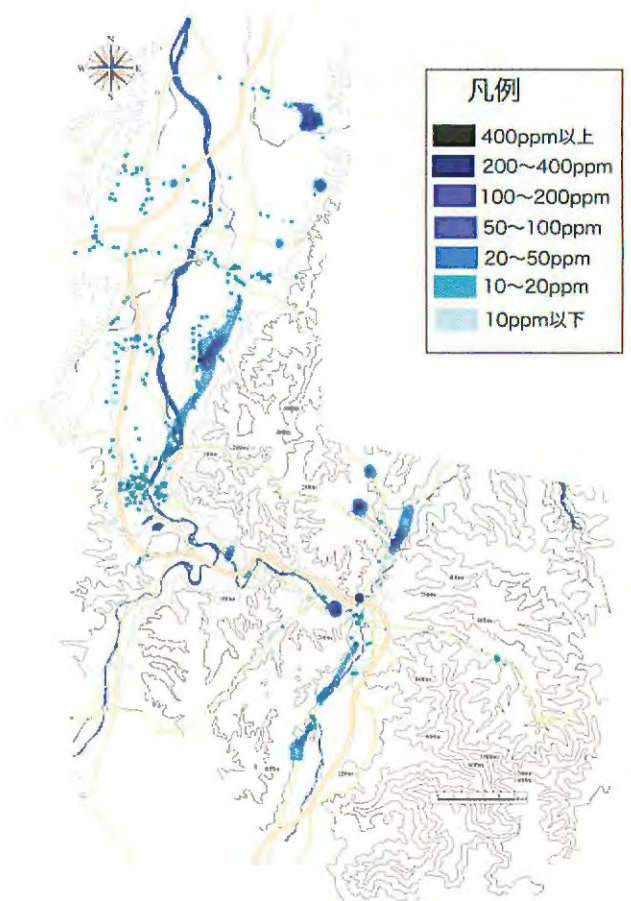


図-7 中越地震後の消雪井戸地下水の塩素イオン濃度分布



水性を増大させるような破壊は起こらなかった。

## 謝辞

本研究を行うにあたって、新潟大学学長裁量経費、平成16年度科学技術振興調整費(2004年新潟県中越地震に関する緊急研究)、科学研究費特別研究促進費(課題番号:16800054、代表:平田直)、(独)産業技術総合研究所、(財)内田エネルギー科学振興財団研究助成等によって財政的援助を受けました。ここに記して関係各位に感謝申し上げます。本研究を進めるにあたり、被災地の方々、国や県および市町村などの公的機関や各種自治体の方々、民間企業の方々に数々のご協力をいただきました。新潟大学理学部地質科学教室をはじめ、新潟大学の関係者の方々に様々なご援助を頂きました。経済産業省並びに独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構には、基礎試錐の調査資料の使用を許可していただきました。記して深謝いたします。

## 文献

- 防災科学技術研究所(2005)新潟県中越地震余震活動中に見られる浅部低周波地震、地震予知連絡会会報, 73, 371-372.
- Cheibany, O.E. and Watanabe, N.(2005) Hydrogeochemistry and environmental oxygen isotopes of groundwater from the Muikamachi Basin, Niigata Prefecture, Central Japan. *J. Japan Soc. Hydrol. & Water Resour.*, Vol. 18, No. 2, 140-155.
- 池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志編(2002)第四期逆断層アトラス。東京大学出版会, 260p.
- 石井武政・風早康平・安原正也・佐藤 努(1995)地下水調査から推定される神戸市周辺の潜在断層。地質ニュース, 491, 29-32.
- 石井武政・風早康平・安原正也・丸井敦高・佐藤 努(1996)神戸市周辺の高温地下水異常と全炭酸の安定炭素同位体比。地理学評論, *Sex, A*, 69, 7, 493-503.
- 影山邦夫・金子信行(1992)日本油田・ガス田図13「新潟県中部地域」(10万分の1図幅)。地質調査所。
- 活断層研究会編(1980)日本の活断層—分布図と資料。東京大学出版会, 363p.
- 活断層研究会編(1991)新編 日本の活断層—分布図と資料。東京大学出版会, 437p.
- 小林巖雄・立石雅昭・吉岡敏和・島津光夫(1991)長岡地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 132p.
- 小林巖雄・立石雅昭・黒川勝己・吉村尚久・加藤碩一(1989)岡野町地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 110p.
- 中田 高・今泉俊文編(2002)活断層詳細デジタルマップ。東京大学出版会, 60p.
- 新潟県(2000)新潟県地質図(2000年版 1:200, 000)及び説明書。新潟県地質図改訂委員会, 200p.
- Okada, T., Umino, N., Matsuzawa, T., Nakajima, J., Uchida, N., Nakayama, T., Hirahara, S., Sato, T., Hori, S., Kono, T., Yabe, Y., Ariyoshi, K., Gamage, S., Shimizu, J., Suganomata, J., Kita, S., Yui, S., Arao, M., Hondo, S., Mizukami, T., Tsushima, H., Yaginuma, T., Hasegawa, A., Asano, Y., Zhang, H. and Thurber, C., 2005,

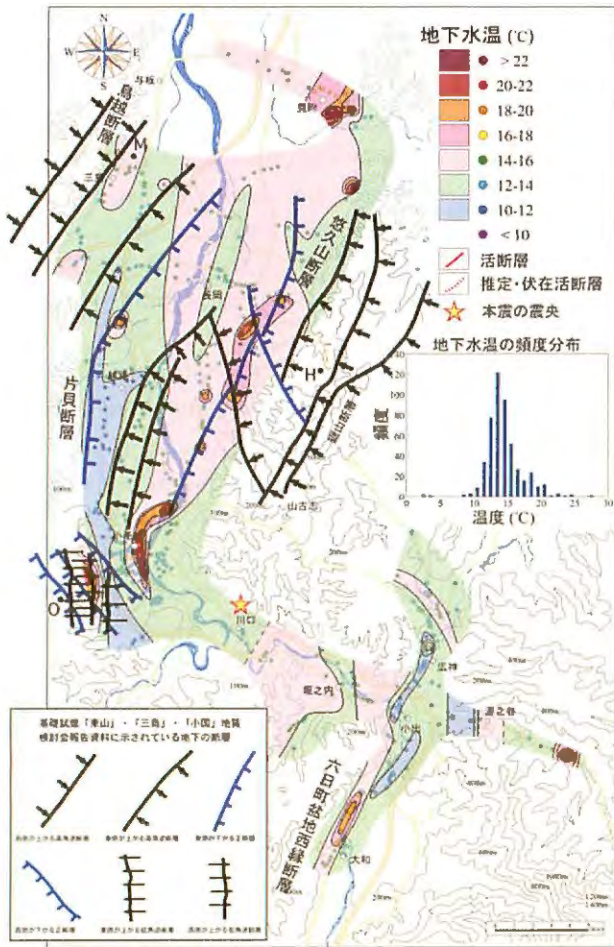


図-8 2004年新潟県中越地震後の地下水温の分布と地下地質構造(断層)

7)小平尾断層にほぼ直交する北西-南東方向の高温帯によって示される伏在活断層

長岡~小千谷地域の6000m級の基礎試錐「三島」・「東山」・「小国」(石油公団, 1991;1997;2000)の調査報告書に示されている地下の断層を、地下水温の分布とともに図-8に示した。この図から悠久山断層は南西方に連続することが推定できる。なお、基礎試錐の調査報告書の地下地質断面図には、悠久山断層の地下延長と考えられる断層が二種類示されている。ひとつは東傾斜の逆断層、もうひとつは高角正断層である。これらの地下延長部についての検討も今後行う予定である。

## まとめ

中越地震によって起こった地下水の変化(とくに水温)を追跡した結果、以下のことが明らかとなった。

- 1)中越地震に伴って、広い範囲で地下水の変化が生じた。かつての高温域において高温範囲の拡大や水温の上昇が認められた。
- 2)このことは、中越地震に伴って、これら断層面に沿って透水性を増大させる程度の破壊が生じたことによると考えられる。
- 3)悠久山断層とその南西延長部、六日町盆地西縁断層の北方延長部などに伏在活断層が推定される。
- 4)中越地震時に鳥越断層や片貝断層では断層面に沿って透

Aftershock distribution and 3D seismic velocity structure in and around the focal area of the 2004 mid Niigata prefecture earthquake obtained by applying double-difference tomography to dense temporary seismic network data. *Earth Planets Space*, **57**, 435-440.

大木靖衛・徐 輝竜・河内一男・鈴木幸治・渡部直喜・佐藤 修 (1998)新潟県の歴史被害地震と伏在活断層について. 産業地質科学研究所研究年報, **9**, 21-39.

佐藤早苗・氏原英敏・豊島剛志・小林健太・渡部直喜・大川直樹・和田幸永・小河原孝彦(2005)2004年新潟県中越地震による地下水異常. 新潟県連続災害の検証と復興への視点-2004. 7. 13水害と中越地震の総合的検証-, 50-56. 新潟大学・中越地震新潟大学調査団.

石油公団(1991)平成3年度国内石油・天然ガス基礎調査, 基礎試錐「三島」調査報告書. 118p.

石油公団(1997)平成9年度国内石油・天然ガス基礎調査, 基礎試錐「東山」調査報告書. 89p.

石油公団(2000)平成11年度国内石油・天然ガス基礎調査, 陸上基礎試錐「小国」調査報告書. 56p.

白石建男(1972)新潟地区における掘さく障害. 石油技術協会誌, 37巻6号, 338-339.

堤 浩之・東郷正美・渡辺満久・金 幸隆・佐藤尚登(2001)1: 25,000 都市圏活断層図「長岡」, 国土地理院技術資料D・1-No.

388.

Uyeshima, M., Ogawa, Y., Honkura, Y., Koyama, S., Ujihara, N., Mogi, T., Yamaya, Y., Harada, M., Yamaguchi, S., Shiozaki, I., Noguchi, T., Kuwaba, Y., Tanaka, Y., Mochido, Y., Manabe, N., Nishihara, M., Saka, M. and Serizawa, M.(2005) Resistivity imaging across the source region of the 2004 Mid-Niigata Prefecture earthquake (M6.8), central Japan. *Earth Planets Space*, **57**, 441-446.

渡辺満久・堤 浩之・鈴木康弘・金 幸隆・佐藤尚登(2001)1: 25,000都市圏活断層図「小千谷」. 国土地理院技術資料D・1-No. 388.

渡部直喜・柚原雅樹・佐藤 修・鈴木将之・中川 勉(1998)新潟大学積雪地域災害研究センターにおける水試料の酸素同位体比測定, 新潟大学積雪地域災害研究センター研究年報, **20**, 105-110.

Xu, H.(1998) The 1995 Northern Niigata Earthquake of M5.5 with Special Attention to a Geopressured Hydrothermal System. PhD thesis of Niigata University.

Xu, H., Oki, Y. and Ito, T.(1998) 1995Northern Niigata earthquake with special attention to a geopressured hydrothermal system. *Island Arc*, **7**, 647-659.

柳沢幸夫・小林巖雄・竹内圭史・立石雅昭・茅原一也・加藤碩一(1986)小千谷地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 177p.



付表一 水質分析結果

Sample#	Temp. (°C)	EC (mS/m)	pH	Na (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	Cl (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	δ <sup>18</sup> O (‰)
1	13.6	36.7	8.0	45.6	n.d.	3.0	7.0	16.7	176.9	10.1	tr.	4.4	-9.14
2	13.3	74.0	8.0	121.7	tr.	2.3	7.2	19.8	110.9	168.4	1.7	18.7	-8.86
3	15.5	25.8	7.9	15.7	0.1	2.5	4.3	12.7	40.7	13.7	3.3	31.5	-9.12
4	15.5	20.2	7.7	17.7	n.d.	2.7	4.6	13.7	58.1	11.2	1.7	24.8	-9.14
5	15.4	20.5	7.7	15.2	tr.	2.1	3.8	11.4	58.1	7.9	2.2	16.5	-9.34
6	14.4	23.0	7.8	16.3	n.d.	5.2	5.2	10.7	75.5	8.6	1.8	7.6	-8.97
7	13.6	21.2	7.6	15.9	n.d.	2.0	4.3	9.7	69.7	10.4	2.5	2.1	-8.71
8	15.8	14.3	9.4	9.1	0.1	2.1	4.5	11.0	67.6	5.7	n.d.	2.7	-9.47
9	14.6	13.0	8.2	9.3	n.d.	1.3	3.5	8.1	34.8	12.5	0.5	12.5	-9.11
10	13.5	13.4	7.9	8.9	n.d.	1.7	6.8	7.7	63.9	6.3	0.1	9.1	-9.28
11	13.8	14.3	8.0	12.0	n.d.	0.9	8.0	8.5	92.9	4.9	0.1	2.3	-9.50
12	12.5	14.7	7.2	9.7	n.d.	0.9	4.4	10.4	35.7	10.9	16.5	3.8	-9.32
13	15.3	9.8	6.9	7.2	n.d.	1.4	3.1	5.5	27.3	6.8	5.3	6.9	-8.60
14	13.3	13.6	7.7	11.9	n.d.	0.9	4.6	12.3	63.9	8.8	5.3	6.5	-8.99
15	15.7	165.4	8.4	247.1	2.3	1.5	24.2	75.0	107.7	395.4	0.5	159.2	-9.73
16	14.2	13.8	6.8	6.7	tr.	1.1	2.3	8.4	26.3	7.6	3.9	10.5	-9.70
17	11.9	9.3	7.0	5.0	0.2	0.9	3.5	8.0	35.1	7.5	4.2	3.8	-9.93
18	13.6	12.9	7.6	12.0	n.d.	0.5	1.7	10.6	45.0	10.2	0.8	4.3	-10.41
19	12.7	12.2	7.5	7.7	n.d.	0.6	2.8	10.5	47.5	5.0	1.9	4.4	-10.13
20	12.6	34.6	7.6	10.2	n.d.	0.6	2.5	12.3	53.8	7.4	1.9	4.4	-10.27
21	13.1	20.3	7.7	12.3	n.d.	0.5	1.9	11.4	46.8	9.5	1.9	4.4	-10.42
22	14.1	16.2	7.7	16.8	n.d.	0.6	1.9	11.4	50.6	14.0	1.6	5.1	-10.39
23	16.0	19.2	7.8	19.9	n.d.	0.5	1.4	12.3	51.5	21.0	0.1	6.1	-10.64
24	17.0	17.5	7.7	20.1	n.d.	0.6	1.9	11.6	56.4	19.8	tr.	6.3	-10.36
25	15.6	19.4	7.8	20.2	n.d.	0.6	1.7	13.1	47.5	25.3	n.d.	6.2	-10.48
26	18.7	16.4	7.6	18.9	n.d.	0.5	0.7	12.3	44.8	18.1	0.1	6.5	-10.60
27	18.1	16.4	7.8	12.7	0.4	0.7	0.3	8.2	39.9	10.6	0.1	5.7	-10.60
28	14.2	15.4	7.6	13.2	n.d.	0.6	1.7	11.5	47.7	11.6	1.5	4.7	-10.39
29	18.5	16.2	7.8	19.8	n.d.	0.6	0.5	10.8	52.2	17.6	0.3	6.3	-10.46
31	17.5	20.4	7.7	22.9	0.2	0.7	1.0	12.5	53.6	22.5	1.6	8.1	-10.17
33	14.4	14.8	7.9	11.3	tr.	1.0	3.3	16.0	77.1	7.2	0.2	3.6	-9.48
34	13.5	7.7	7.7	8.0	tr.	0.9	5.2	10.5	63.1	5.1	0.2	4.1	-9.45
35	13.8	17.2	7.7	8.4	0.1	0.6	4.2	5.8	49.5	5.6	0.4	0.8	-9.75
36	12.0	7.1	7.4	5.5	n.d.	0.6	1.6	5.8	23.2	5.0	2.7	6.2	-9.59
37	13.1	19.7	7.8	12.0	n.d.	0.5	2.0	12.0	58.1	9.2	1.6	4.7	-10.31
38	13.2	13.0	7.9	15.4	n.d.	0.6	2.3	13.4	69.7	12.1	2.0	5.7	-10.11
39	13.7	11.0	7.5	16.0	tr.	0.8	2.7	17.2	58.6	15.1	1.1	13.0	-10.08
40	13.0	19.0	7.9	9.1	n.d.	0.6	2.4	10.7	52.3	6.4	1.7	4.1	-10.40
41	12.5	19.1	7.8	8.8	n.d.	0.7	2.8	10.6	52.3	6.1	2.0	4.5	-10.18
42	15.4	24.2	7.9	20.0	n.d.	1.2	6.4	15.3	87.1	23.3	1.8	4.8	-10.03
43	15.5	20.6	7.8	26.7	n.d.	0.9	5.0	14.3	69.7	32.6	1.3	5.5	-10.27
44	15.5	19.5	8.0	25.3	n.d.	1.1	8.8	21.2	127.8	24.0	2.1	0.4	-9.93
45	14.1	7.9	7.9	23.2	n.d.	1.2	7.9	18.6	110.3	28.4	1.0	1.8	-10.19
46	15.2	18.7	7.9	23.1	n.d.	1.2	7.8	18.3	110.3	24.9	1.7	1.8	-10.19
47	13.2	13.1	7.7	5.5	n.d.	0.5	1.7	7.9	37.4	4.1	1.6	3.1	-10.11
48	17.5	23.2	7.8	23.9	0.1	2.2	0.6	12.9	50.8	24.6	1.2	7.9	-10.25
49	12.1	18.1	7.3	5.2	n.d.	0.6	3.4	6.9	32.0	8.1	3.0	4.0	-9.43
50	18.5	15.0	7.8	20.7	n.d.	0.7	0.6	8.7	46.2	23.8	0.2	5.4	-10.51
51	18.3	19.2	7.9	22.9	tr.	0.5	0.5	11.1	49.0	25.7	0.3	6.7	-10.19
52	17.5	23.1	7.9	24.3	tr.	0.6	0.5	10.9	45.0	26.8	0.7	7.0	-10.31
53	16.4	10.7	7.9	32.6	n.d.	0.6	1.0	12.9	59.0	34.9	0.2	4.4	-10.44
54	14.4	16.5	7.6	50.2	0.2	3.3	2.3	13.5	75.8	57.4	0.4	3.0	-10.16
55	13.6	14.1	7.0	7.5	n.d.	1.3	3.9	10.1	45.3	6.6	4.8	6.7	-9.14
56	16.1	11.1	7.7	25.4	n.d.	0.5	0.7	10.3	52.3	28.6	0.2	5.2	-10.40
57	11.9	11.5	7.7	5.6	tr.	0.6	4.5	12.7	52.5	11.4	2.9	6.6	-9.56
58	11.9	6.4	7.6	5.4	n.d.	0.7	5.6	15.1	60.8	8.8	4.9	5.9	-9.51
59	12.7	24.8	7.7	8.6	n.d.	0.8	5.6	14.4	63.9	16.4	4.1	6.2	-8.95
60	10.6	13.8	7.7	3.5	n.d.	0.5	3.1	8.5	36.8	7.9	2.3	1.4	-9.48
61	14.4	7.1	6.9	14.4	tr.	1.0	7.9	16.9	59.5	21.8	13.0	18.4	-9.52
62	12.4	7.3	7.8	6.6	n.d.	0.7	5.1	12.9	58.1	8.2	3.2	9.4	-9.73
63	12.4	36.0	7.4	5.1	n.d.	0.5	3.0	7.6	34.7	5.9	3.0	4.0	-9.89
64	13.2	21.3	7.5	8.1	n.d.	0.6	1.8	7.2	31.0	9.1	2.6	5.3	-10.18
65	13.3	14.3	7.5	12.5	0.2	4.2	20.5	24.4	94.1	15.7	0.1	71.7	-9.01
66	12.9	23.7	7.5	51.0	n.d.	5.5	7.4	13.0	81.3	76.0	0.1	11.1	-9.24
67	15.4	24.9	7.9	10.1	n.d.	3.4	10.2	12.6	106.1	8.7	1.3	1.7	-9.25
68	24.4	37.7	7.7	27.9	tr.	8.4	4.6	9.2	123.7	6.0	0.1	1.6	-10.19

Temp.: Temperature, EC: Electric Conductivity

付表-1 水質分析結果(つづき)

Sample#	Temp. (°C)	EC (mS/m)	pH	Na (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	Cl (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	δ <sup>18</sup> O (‰)
69	20.4	13.7	7.5	24.7	n.d.	6.4	6.2	10.1	93.5	12.0	0.1	15.1	-9.48
70	18.0	14.0	7.4	17.3	n.d.	5.1	12.2	20.7	94.0	8.6	5.1	53.7	-9.70
71	9.8	16.0	7.9	12.6	n.d.	6.4	8.6	14.8	92.9	9.6	4.2	15.3	-9.27
72	13.0	8.9	7.9	13.5	n.d.	4.4	7.6	14.4	92.9	12.2	3.7	7.6	-9.10
73	13.0	18.5	7.7	9.5	0.1	2.4	9.4	17.1	68.3	10.8	2.2	37.5	-9.38
74	12.0	14.2	7.6	7.3	0.3	3.0	4.3	8.8	39.7	7.1	0.1	15.6	-9.46
75	12.4	15.5	7.9	14.7	tr.	4.3	11.9	22.9	110.3	13.0	1.8	27.2	-8.98
76	12.7	10.1	7.9	9.1	tr.	3.1	5.2	10.1	58.1	10.7	2.6	6.8	-9.02
77	13.5	17.5	7.8	10.9	tr.	4.2	8.6	12.6	81.3	10.9	2.4	11.3	-9.13
78	12.6	12.7	7.8	8.1	n.d.	3.7	6.2	8.3	63.9	11.1	tr.	1.5	-9.58
79	14.1	18.3	8.2	10.7	0.5	3.4	11.7	15.2	98.7	11.2	1.2	18.2	-9.26
80	17.7	17.2	7.9	12.6	n.d.	7.8	7.9	12.6	98.7	8.1	2.8	2.0	-9.26
81	14.8	15.6	7.9	16.8	n.d.	5.8	9.6	20.3	127.8	11.6	5.4	5.0	-8.97
82	13.3	16.9	7.9	16.8	tr.	2.2	10.8	17.4	133.6	14.0	0.2	0.5	-8.58
83	13.4	29.9	8.1	15.5	n.d.	1.6	10.5	17.7	122.0	16.1	tr.	0.8	-8.55
84	13.5	15.4	7.9	16.7	0.2	2.7	8.3	17.2	122.0	11.7	2.3	tr.	-8.44
85	14.2	18.3	7.3	18.8	2.4	5.1	7.0	15.6	120.4	10.4	0.1	0.3	-8.60
86	12.6	19.1	7.6	15.2	0.2	3.3	6.3	13.5	96.9	10.6	1.9	0.1	-8.85
87	14.7	19.1	6.8	16.0	n.d.	5.3	6.2	12.3	87.2	10.3	16.5	0.2	-8.90
88	14.0	22.2	7.4	17.0	n.d.	3.4	9.8	16.1	125.9	15.2	3.7	0.1	-8.73
89	14.2	20.9	7.7	17.0	0.1	4.3	8.2	13.8	104.5	12.2	10.1	0.3	-9.03
90	14.3	21.5	6.9	19.2	n.d.	6.4	8.2	13.5	102.8	14.5	23.4	tr.	-9.10
91	15.0	15.6	7.5	22.6	n.d.	5.0	9.0	15.2	118.9	19.8	0.2	0.2	-8.91
92	14.2	14.1	8.0	22.4	n.d.	7.1	13.0	20.0	174.2	11.7	0.1	tr.	-9.08
93	14.6	7.5	7.9	17.7	n.d.	6.1	7.6	11.5	110.3	11.3	1.9	tr.	-9.20
94	12.6	7.6	7.8	16.6	tr.	5.2	7.9	12.8	87.1	10.6	0.3	12.7	-8.91
95	10.7	6.6	7.8	9.1	n.d.	0.6	3.9	7.0	52.3	9.2	1.0	1.7	-9.34
96	10.8	8.5	7.8	8.7	tr.	0.8	3.4	6.2	40.7	9.7	0.1	1.8	-9.29
97	11.2	10.2	7.6	8.2	tr.	0.9	3.2	5.1	34.8	10.9	2.0	2.5	-9.03
98	11.8	21.5	7.7	7.7	n.d.	2.9	5.0	6.9	59.3	9.1	0.6	2.1	-9.40
99	12.1	21.9	7.8	9.8	tr.	4.1	6.5	9.2	63.9	7.8	0.1	6.3	-9.04
100	13.1	16.3	7.4	14.2	tr.	4.6	12.7	16.5	81.0	12.8	3.3	46.0	-9.06
101	14.4	25.2	8.0	12.5	tr.	6.0	14.4	19.9	98.7	16.1	3.7	47.8	-9.07
102	19.3	16.7	7.8	17.4	n.d.	4.5	5.1	7.4	69.7	11.5	6.8	11.6	-9.86
103	16.3	18.6	8.2	14.3	0.1	6.2	17.4	23.6	92.9	11.3	3.8	64.8	-9.40
104	16.2	19.3	7.9	11.0	tr.	5.8	9.4	13.2	75.5	9.8	0.1	18.4	-9.44
105	14.1	12.3	7.9	11.1	n.d.	5.3	12.3	17.3	81.3	10.8	3.4	44.8	-9.15
106	14.3	21.5	8.2	13.3	tr.	5.5	12.0	17.2	110.3	10.8	0.5	22.9	-9.44
107	16.8	23.6	7.8	9.3	n.d.	2.7	6.2	8.5	69.4	7.0	n.d.	2.6	-9.50
108	14.8	14.7	7.9	12.3	0.5	4.8	14.8	22.0	126.8	10.6	1.0	31.6	-9.36
109	14.1	6.3	8.1	14.7	tr.	5.2	19.3	27.7	139.4	16.8	0.9	34.9	-9.28
110	19.9	14.1	7.7	12.5	n.d.	3.5	6.2	9.1	68.6	8.1	0.6	12.4	-9.57
111	8.0	15.1	7.5	6.4	0.2	2.2	4.8	7.2	46.5	6.0	2.1	8.2	-9.39
112	13.3	6.1	6.7	13.6	tr.	1.5	4.4	12.3	32.6	27.3	6.2	17.2	-8.92
113	15.2	11.3	7.6	24.4	n.d.	0.6	4.3	10.2	79.1	8.6	0.3	19.1	-9.32
114	14.1	11.0	7.1	8.1	n.d.	0.7	4.7	8.0	52.6	5.5	3.0	3.7	-8.85
115	14.0	11.7	7.8	8.6	tr.	0.6	8.3	9.7	74.5	6.5	1.5	4.4	-9.25
116	14.2	13.3	7.7	8.9	n.d.	0.5	8.8	10.3	80.5	6.8	1.3	4.9	-9.18
117	13.1	57.2	7.6	9.2	tr.	0.4	9.1	11.9	88.4	5.2	1.9	1.0	-8.87
118	13.8	12.4	7.8	10.2	n.d.	0.6	10.1	12.7	93.3	5.5	1.4	8.3	-9.70
119	13.5	9.0	8.6	167.6	n.d.	2.4	1.6	8.7	120.0	146.0	n.d.	58.6	-9.52
120	13.9	82.5	7.8	9.4	n.d.	0.6	8.6	11.1	67.5	12.5	3.5	3.6	-9.29
121	14.7	48.7	7.3	8.1	n.d.	0.5	5.7	6.7	50.3	4.9	2.0	4.3	-9.12
122	15.7	7.1	7.8	152.4	1.0	2.1	9.6	64.7	100.7	106.7	0.0	259.3	-10.04
123	13.3	53.4	7.2	137.1	n.d.	1.9	12.2	111.0	58.8	71.4	3.2	444.2	-10.27
124	13.2	9.2	6.6	6.3	n.d.	0.9	2.3	4.9	14.1	7.9	3.8	9.1	-9.25
125	14.5	10.3	7.9	69.3	0.2	1.8	12.3	49.6	87.1	55.0	tr.	147.1	-9.37
126	13.0	11.5	7.8	10.0	n.d.	0.5	5.6	8.8	69.7	5.3	tr.	2.1	-9.39
127	13.4	9.2	7.9	10.1	tr.	0.6	7.8	11.3	81.3	6.3	1.6	4.4	-9.11
128	13.0	24.1	7.8	10.8	tr.	0.9	8.4	13.1	81.3	7.8	1.1	13.7	-8.96
129	12.6	7.4	7.7	9.4	tr.	0.7	6.2	11.3	69.7	7.3	4.9	5.3	-9.02
130	13.2	12.3	7.8	33.8	n.d.	5.9	17.6	30.9	191.6	31.9	9.2	0.1	-8.49
131	2.8	10.9	8.8	8.0	n.d.	1.5	3.1	9.4	37.3	10.4	0.5	8.3	-9.11
132	14.6	18.6	7.9	12.0	n.d.	3.5	6.6	16.5	92.9	10.7	3.8	3.3	-8.80
133	14.0	13.6	7.5	13.0	n.d.	2.6	5.4	11.2	52.3	13.2	18.4	6.3	-6.08
134	15.4	7.1	8.0	16.2	n.d.	6.0	10.8	24.6	139.4	10.1	4.0	5.7	-8.86

Temp.: Temperature, EC: Electric Conductivity



付表-1 水質分析結果(つづき)

Sample#	Temp. (°C)	EC (mS/m)	pH	Na (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	Cl (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	δ <sup>18</sup> O (‰)
135	15.5	11.1	7.9	11.2	n.d.	4.6	9.5	15.6	104.5	10.3	0.2	4.6	-8.83
136	3.8	7.8	7.4	7.9	n.d.	1.5	3.0	8.4	38.2	11.0	1.1	7.6	-9.35
137	16.7	12.4	8.0	10.7	tr.	3.4	7.9	12.0	87.1	8.6	tr.	0.9	-9.17
138	18.7	14.1	7.9	11.0	n.d.	3.1	2.5	8.2	58.1	8.2	tr.	4.4	-9.41
139	15.0	21.1	7.8	12.2	n.d.	3.1	6.8	16.3	87.1	11.9	5.4	6.3	-9.02
140	13.9	18.8	7.8	12.6	n.d.	2.8	6.7	16.3	69.7	13.9	1.8	22.1	-8.90
141	14.8	11.0	7.7	14.8	0.4	4.6	10.8	23.1	148.5	11.9	4.5	0.1	-8.81
142	13.4	16.8	7.9	13.7	0.3	2.9	9.2	20.3	101.8	17.2	1.1	12.9	-8.71
143	14.8	35.2	7.7	9.1	tr.	2.1	5.0	9.9	47.7	9.8	0.3	12.8	-9.15
144	16.7	17.9	7.9	11.1	0.1	4.9	7.3	12.1	94.7	10.9	tr.	3.3	-9.22
145	20.3	14.3	8.1	62.2	n.d.	7.7	3.7	10.3	174.7	43.2	0.1	0.9	-9.97
146	16.9	9.9	8.1	26.2	n.d.	5.7	3.4	8.3	75.5	25.3	0.4	5.0	-9.31
147	13.4	14.9	8.0	11.1	n.d.	2.8	6.3	17.1	81.3	11.5	4.0	5.1	-8.85
148	15.1	23.3	7.9	9.8	n.d.	2.4	3.9	8.2	58.1	8.1	tr.	4.5	-9.48
149	16.2	25.7	7.8	14.0	n.d.	4.2	5.9	10.0	81.4	12.5	2.6	4.7	-9.10
150	20.2	19.5	8.0	36.9	n.d.	10.7	6.3	11.4	151.0	9.7	7.6	0.3	-9.82
151	16.9	18.2	7.9	36.7	n.d.	10.8	9.2	15.9	168.4	10.5	11.2	0.4	-9.53
152	15.4	22.2	8.0	20.7	n.d.	6.4	12.2	22.8	162.6	14.2	2.2	0.3	-8.64
153	13.3	16.2	7.7	8.5	0.2	1.5	4.9	14.4	66.3	11.0	0.4	11.7	-8.55
154	14.7	15.3	7.8	23.1	n.d.	6.7	5.6	14.4	104.5	25.0	0.1	4.3	-8.83
155	18.9	—	8.2	21.6	n.d.	4.3	2.8	15.7	92.9	10.5	0.2	9.8	-9.52
156	18.5	11.4	8.1	13.2	n.d.	3.9	4.2	17.4	75.5	10.2	tr.	20.3	-9.56
157	18.0	7.7	7.9	406.6	1.5	48.4	32.6	87.3	75.5	870.9	0.4	0.5	-8.91
158	12.3	8.8	6.6	9.3	tr.	0.6	2.4	5.8	20.1	15.6	4.0	3.0	-9.33
159	11.9	17.6	7.3	7.0	n.d.	0.6	2.3	5.6	21.5	11.8	3.6	3.0	-9.38
160	11.5	—	7.0	8.3	n.d.	0.8	4.5	8.4	38.6	9.0	2.8	10.7	-9.09
161	14.0	—	7.7	20.8	n.d.	0.4	3.2	11.8	41.9	28.1	n.d.	20.5	-10.02
163	12.8	9.0	7.4	9.1	n.d.	0.7	2.3	9.9	40.7	8.1	1.6	5.0	-9.99
164	13.0	9.1	7.6	10.1	tr.	0.5	1.8	8.5	42.5	9.3	1.0	5.0	-10.09
165	14.4	10.6	7.7	16.3	n.d.	0.5	1.3	8.7	34.0	18.9	0.3	8.3	-10.30
166	8.0	8.6	7.3	6.9	n.d.	0.4	3.3	8.9	27.3	13.4	2.4	7.9	-10.33
167	10.6	9.5	7.4	7.8	n.d.	0.5	3.6	10.7	36.4	14.1	2.8	8.8	-10.22
168	12.9	20.8	7.6	16.9	n.d.	0.7	4.0	13.4	46.7	18.3	2.0	14.6	-10.03
169	15.0	36.6	8.1	100.0	0.2	0.7	0.3	2.8	202.1	55.4	n.d.	0.6	-10.20
170	12.4	11.7	6.9	11.2	n.d.	2.1	3.9	10.6	26.8	18.0	7.4	11.7	-9.61
171	14.4	18.5	8.0	47.1	n.d.	0.6	1.7	6.3	113.5	7.4	0.1	16.7	-9.40
172	13.2	15.9	7.9	11.2	n.d.	1.0	6.4	23.2	100.8	9.9	2.0	11.7	-9.01
173	14.2	21.4	8.2	31.2	0.3	0.4	2.1	26.0	158.7	11.7	0.2	9.5	-9.01
174	14.5	416.0	7.7	973.4	84.0	38.8	13.8	49.2	279.5	1729.6	59.2	68.8	-10.18
175	14.0	17.6	7.9	13.4	tr.	0.8	0.9	26.9	87.1	12.0	4.3	16.9	-9.56
176	16.1	16.9	8.0	15.7	n.d.	0.6	0.4	26.2	98.7	5.7	2.3	15.0	-9.51
177	12.2	10.4	7.7	6.7	n.d.	1.4	2.6	16.1	52.3	5.1	17.5	4.8	-9.53
178	12.5	7.9	7.5	7.3	n.d.	0.8	3.2	11.7	46.5	10.4	3.6	3.7	-9.49
179	19.3	19.3	7.9	31.9	n.d.	0.8	2.0	18.1	87.1	12.2	2.6	28.4	-9.64
180	27.2	29.0	8.1	49.4	n.d.	0.8	0.1	19.1	92.9	18.1	0.3	51.2	-9.98
181	12.4	9.7	7.8	6.6	n.d.	1.2	3.3	14.7	58.7	6.5	6.0	3.5	-9.42
182	11.8	7.0	7.6	6.5	n.d.	1.2	2.1	10.6	40.7	6.5	3.3	5.8	-9.58
183	12.8	13.4	8.1	8.6	n.d.	0.6	4.2	26.1	110.3	4.9	3.1	6.8	-9.46
184	15.1	34.6	8.2	35.8	n.d.	1.3	3.6	61.5	145.2	8.2	0.8	101.8	-9.76
185	11.5	8.2	7.3	7.5	n.d.	0.9	2.7	8.8	34.8	5.7	6.4	12.7	-9.44
186	10.3	8.6	7.4	7.5	n.d.	1.1	2.4	11.3	40.7	5.7	3.7	15.3	-9.55
187	10.3	6.5	7.3	5.5	n.d.	0.8	2.0	7.8	23.2	6.6	6.7	8.1	-9.52
188	9.6	6.7	6.7	5.7	n.d.	1.0	1.6	6.5	16.5	6.0	5.3	8.7	-9.50
189	13.3	7.6	7.5	7.9	tr.	0.6	3.9	8.9	52.3	6.2	3.7	3.7	-9.18
190	18.3	12.9	7.3	12.2	n.d.	4.8	3.4	5.9	52.5	7.6	5.7	3.8	-9.81
191	20.0	28.6	7.5	29.7	n.d.	10.7	9.2	19.6	184.5	7.4	16.6	1.9	-10.24
192	15.0	14.8	7.5	20.6	0.4	5.3	4.3	8.6	80.1	7.1	7.9	2.6	-9.81
193	16.3	16.6	7.6	33.0	n.d.	5.5	2.3	5.5	100.2	6.1	5.8	1.2	-9.95
194	11.2	9.2	7.9	7.5	n.d.	2.6	5.0	6.8	53.0	6.9	tr.	3.3	-9.80
195	13.7	11.1	7.5	12.4	0.1	3.4	4.7	6.8	57.1	6.9	4.7	2.0	-9.85
196	12.6	12.4	7.6	10.2	n.d.	2.0	6.9	10.5	75.2	7.0	5.2	1.9	-9.61
197	9.7	9.4	7.7	8.5	n.d.	3.0	5.5	8.1	63.9	8.0	1.7	4.2	-9.94
198	10.2	10.6	7.9	9.5	0.1	2.4	7.1	8.6	69.7	7.2	tr.	9.8	-9.57
199	11.7	17.8	8.0	10.4	2.2	3.1	8.0	14.8	98.7	13.0	0.1	0.1	-8.77
200	11.7	5.1	7.8	10.3	n.d.	4.7	6.7	10.6	75.5	14.1	1.7	1.5	-9.13
201	11.1	13.4	7.8	10.7	n.d.	3.6	8.6	15.9	92.9	10.7	2.0	11.2	-9.48

Temp.: Temperature, EC: Electric Conductivity

付表-1 水質分析結果(つづき)

Sample#	Temp. (°C)	EC (mS/m)	pH	Na (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	Cl (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	δ <sup>18</sup> O (‰)
202	20.6	16.9	7.5	17.2	0.1	7.4	4.8	10.0	84.2	6.9	3.8	5.4	-9.81
203	10.6	12.9	7.6	9.4	n.d.	1.8	3.9	7.2	55.7	7.8	n.d.	2.7	-9.06
204	12.0	10.4	7.4	8.8	tr.	0.8	3.0	7.0	35.7	9.7	3.9	2.7	-8.65
205	11.3	15.3	7.8	9.9	0.1	0.9	8.2	8.7	79.5	10.0	0.7	5.0	-9.03
206	12.9	11.6	7.6	7.1	n.d.	0.6	5.2	5.7	49.1	7.0	1.7	4.5	-9.19
207	11.2	9.7	7.6	8.3	n.d.	0.7	2.9	6.6	39.6	9.0	2.8	1.7	-8.97
208	11.2	10.0	7.6	10.7	n.d.	1.3	3.1	6.4	40.7	10.7	6.2	1.2	-8.85
209	11.2	11.5	7.6	10.0	n.d.	1.9	4.9	7.6	58.1	10.8	2.3	3.5	-8.98
210	11.4	9.7	7.5	10.5	n.d.	0.8	2.2	5.6	29.0	12.3	6.4	1.3	-8.66
211	11.0	11.5	7.5	9.3	tr.	0.7	3.4	7.9	42.2	12.5	9.1	1.6	-8.84
212	14.1	17.8	7.7	12.5	tr.	2.7	10.3	11.5	85.5	14.3	3.8	1.0	-8.95
213	14.3	15.0	7.6	11.7	n.d.	4.5	5.2	8.0	60.5	10.2	14.6	0.1	-9.04
214	13.5	13.3	7.7	10.5	n.d.	3.7	4.3	7.8	55.9	11.1	3.3	0.6	-8.86
215	14.3	14.8	7.6	11.5	n.d.	4.4	5.1	8.0	57.9	14.6	13.8	0.2	-8.88
216	13.7	21.8	7.8	16.3	n.d.	3.3	7.7	16.2	116.5	9.9	4.2	0.2	-8.78
217	15.8	22.7	7.8	15.8	n.d.	8.4	8.7	11.4	98.9	10.1	21.0	0.1	-9.32
218	13.8	11.3	7.4	10.5	n.d.	2.6	3.0	4.6	36.2	11.2	3.1	3.8	-8.79
220	15.7	22.9	7.8	15.2	n.d.	5.3	12.1	20.5	144.0	15.1	9.5	2.9	-8.84
221	14.3	24.5	7.7	23.8	n.d.	6.3	8.0	16.1	107.8	15.4	16.6	7.8	-8.66
222	13.2	15.8	7.7	12.2	n.d.	2.5	5.7	18.6	91.9	18.5	2.1	3.0	-8.39
223	14.1	19.5	7.6	11.7	0.4	2.3	5.3	17.4	63.9	12.4	0.7	17.6	-8.77
224	13.9	16.9	7.7	11.8	n.d.	3.2	7.6	19.1	63.9	12.9	2.0	26.1	-8.73
225	14.9	18.7	7.7	11.3	n.d.	3.7	7.3	18.8	61.9	12.2	1.2	29.4	-8.66
226	13.7	18.6	7.8	13.1	n.d.	2.8	6.6	21.9	92.9	16.3	1.3	22.5	-9.11
227	12.3	14.3	7.5	12.2	n.d.	2.3	4.7	15.6	46.5	17.7	0.4	17.0	-9.30
228	15.6	17.7	7.7	18.2	n.d.	5.3	5.6	13.4	81.3	17.7	1.3	9.4	-9.10
229	15.2	17.8	7.6	10.8	n.d.	3.5	5.6	15.6	63.9	13.1	3.8	15.0	-8.75
230	14.4	21.2	7.6	12.6	n.d.	2.7	6.7	20.5	81.8	17.7	5.5	20.6	-8.60
231	14.1	19.5	7.7	22.8	tr.	4.3	4.8	16.0	81.3	22.9	1.1	9.6	-8.61
232	15.2	17.8	7.5	17.3	n.d.	4.7	4.1	12.1	71.6	21.1	2.1	4.5	-8.54
233	16.1	36.1	8.2	43.0	tr.	5.0	10.3	31.8	88.3	110.9	n.d.	1.2	-8.92
234	13.5	18.5	7.6	11.0	n.d.	2.5	5.1	15.0	74.3	13.0	3.1	5.1	-8.35
235	13.8	17.7	7.7	11.7	0.5	3.3	5.1	14.9	75.5	12.7	tr.	6.4	-8.19
236	14.3	17.9	7.6	13.2	n.d.	3.7	5.3	14.7	75.5	13.5	1.5	5.2	-8.26
237	15.1	16.1	7.7	10.2	0.4	2.6	4.9	14.1	75.5	10.7	0.1	2.9	-8.25
238	14.3	17.1	7.6	9.6	n.d.	2.7	4.3	13.0	58.1	12.6	1.0	9.8	-8.48
239	14.6	23.2	8.0	20.7	n.d.	4.7	9.2	30.7	151.0	20.6	2.1	6.3	-8.60
240	13.6	15.9	7.7	12.5	n.d.	4.4	5.2	17.0	74.1	12.7	1.0	23.5	-9.09
241	13.4	17.8	7.7	12.2	n.d.	5.4	6.8	17.3	68.3	13.9	1.2	32.1	-8.82
242	15.6	27.6	7.9	35.5	n.d.	7.9	6.0	20.3	129.9	44.2	2.3	6.2	-10.27
243	16.0	29.3	7.8	37.0	n.d.	8.4	6.2	20.7	133.8	40.2	3.4	6.0	-10.40
244	19.4	29.0	7.7	30.0	n.d.	8.1	9.8	19.0	168.5	20.7	11.7	0.4	-9.93
245	17.2	20.1	7.7	13.1	n.d.	6.8	11.2	16.2	104.4	10.2	8.4	18.3	-9.19
246	15.3	20.9	7.5	24.4	n.d.	4.5	8.8	13.6	105.8	8.3	4.1	30.1	-9.31
247	19.6	18.4	7.7	25.0	n.d.	5.2	6.1	8.8	111.1	8.5	7.7	0.9	-9.98
248	19.3	17.8	7.7	20.0	n.d.	5.8	6.2	9.1	97.9	7.5	7.1	0.8	-9.72
249	17.5	19.3	7.4	22.7	tr.	8.2	7.8	11.7	105.2	7.2	11.7	6.6	-9.55
250	16.4	17.8	7.7	13.3	tr.	6.6	8.6	12.6	86.3	12.1	12.5	10.7	-9.17
251	18.4	23.3	7.5	29.7	n.d.	5.8	8.0	11.7	136.4	6.1	6.7	7.4	-9.61
252	18.2	19.2	7.3	22.9	n.d.	6.5	6.1	8.8	101.4	6.3	13.3	0.6	-9.95
253	21.0	31.6	8.0	42.3	3.9	7.0	8.7	15.9	205.6	21.8	0.4	2.3	-10.05
254	12.2	13.2	7.2	11.0	n.d.	6.7	3.0	15.1	39.3	13.2	14.0	17.7	-8.90
256	13.2	18.5	7.8	10.9	tr.	6.4	7.6	20.2	87.7	13.8	2.3	28.2	-8.96
257	14.0	13.7	7.4	9.8	n.d.	3.0	5.9	11.1	38.1	10.8	1.5	26.2	-9.25
258	12.7	14.1	7.6	10.3	n.d.	2.3	6.2	13.0	36.3	12.3	0.9	37.9	-9.06
259	20.3	25.7	7.5	15.6	n.d.	6.5	6.9	12.1	76.4	10.2	8.6	17.6	-9.29
260	13.1	12.3	7.7	8.9	tr.	2.7	5.2	11.0	49.6	9.9	3.1	18.0	-9.25
262	14.4	15.1	7.6	11.7	0.3	3.7	6.4	12.5	63.0	12.3	tr.	21.8	-9.40
263	13.9	14.4	8.0	13.1	n.d.	2.2	8.8	15.3	75.2	15.5	12.4	15.3	-9.12
264	17.4	10.6	7.6	9.7	n.d.	5.3	4.9	7.1	53.6	9.1	tr.	3.3	-9.20
265	14.2	11.0	7.5	12.7	n.d.	1.0	3.3	9.9	49.0	12.5	11.1	6.3	-9.06
266	13.3	11.9	7.6	13.7	n.d.	0.9	4.0	11.1	61.8	14.6	6.9	1.1	-9.10
267	12.9	11.6	7.5	12.4	0.8	0.9	3.4	11.0	46.5	14.4	22.6	0.8	-8.98
268	13.2	8.6	7.0	10.2	n.d.	0.8	2.9	5.9	17.4	14.9	20.7	2.0	-9.21
269	13.1	18.6	8.0	12.3	tr.	3.5	12.3	18.5	108.8	14.5	1.2	21.2	-8.98
270	11.0	9.3	7.7	7.5	n.d.	2.8	3.8	7.2	37.3	10.2	0.1	12.1	-9.38

Temp.: Temperature, EC: Electric Conductivity



付表-1 水質分析結果(つづき)

Sample#	Temp. (°C)	EC (mS/m)	pH	Na (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	Cl (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	δ <sup>18</sup> O (‰)
271	15.3	17.2	8.0	35.7	n.d.	2.6	0.5	4.5	61.8	6.8	2.0	36.0	-9.47
272	18.4	22.6	7.9	32.3	n.d.	6.8	4.5	19.2	139.4	10.3	4.6	8.9	-9.70
273	15.0	23.1	7.6	30.9	0.4	7.0	4.2	17.0	81.3	45.7	0.1	4.7	-8.67
274	14.4	26.5	8.0	16.4	n.d.	5.0	19.1	28.1	139.1	12.4	1.7	51.9	-8.67
275	15.2	17.1	7.9	11.0	n.d.	3.6	9.5	12.8	88.3	11.3	tr.	14.4	-9.08
276	13.2	13.4	7.8	9.8	n.d.	1.4	8.2	9.7	66.4	13.4	3.4	10.7	-8.80
277	13.7	15.3	7.8	8.7	n.d.	4.3	8.8	12.2	94.7	9.4	tr.	9.6	-9.18
278	12.3	14.8	7.6	13.5	tr.	3.0	6.4	13.8	74.7	11.3	9.4	13.6	-8.99
279	13.2	17.8	7.7	11.3	0.2	2.7	12.5	16.1	114.6	12.7	1.0	8.3	-8.84
280	13.5	14.7	7.9	10.4	n.d.	3.1	10.3	13.9	89.2	12.8	0.1	13.5	-9.20
282	15.0	18.9	8.0	12.4	n.d.	4.1	11.0	14.6	116.5	9.6	tr.	15.0	-9.13
283	13.7	17.9	7.9	10.6	n.d.	4.8	13.1	17.4	106.5	15.0	0.1	14.7	-8.94
284	15.2	14.8	7.7	10.8	n.d.	3.2	5.8	9.2	58.8	10.5	2.7	16.0	-9.20
285	18.1	15.1	7.6	16.0	n.d.	4.6	5.8	8.6	76.6	10.0	0.1	9.2	-9.74
286	19.8	15.1	7.6	16.0	n.d.	4.5	5.6	8.5	81.3	11.9	tr.	10.4	-9.69
287	20.4	15.3	7.6	16.9	n.d.	4.7	5.2	7.6	81.9	9.3	0.1	7.8	-9.88
288	18.0	14.1	7.6	12.5	n.d.	4.0	5.6	7.9	70.5	7.4	tr.	8.1	-9.50
289	13.4	16.7	7.6	9.4	tr.	3.0	8.7	15.7	74.4	14.2	1.7	20.2	-9.30
290	20.1	15.1	7.6	14.4	n.d.	5.2	6.1	8.8	79.2	8.3	0.1	7.1	-9.57
292	13.7	20.0	7.7	11.5	0.1	4.3	12.8	16.6	118.8	13.7	4.4	15.5	-8.72
294	16.5	18.4	7.5	10.8	tr.	4.4	9.9	14.7	112.1	7.5	2.1	7.7	-9.72
295	13.4	21.1	7.7	13.6	n.d.	9.8	7.3	29.8	80.9	11.4	2.5	68.8	-9.15
296	12.9	14.9	7.7	11.8	0.2	3.0	7.3	15.0	72.9	10.5	1.6	22.2	-9.06
297	15.3	16.0	7.8	10.0	n.d.	1.7	6.4	8.7	69.7	8.4	0.1	0.6	-9.41
298	11.6	12.0	7.6	11.2	n.d.	0.7	3.4	11.5	46.5	12.3	11.7	2.8	-9.26
299	15.5	13.4	7.7	22.4	n.d.	1.6	3.8	9.4	84.2	9.1	1.6	11.3	-9.49
300	13.4	12.4	7.6	15.2	n.d.	2.8	4.4	10.6	80.0	13.4	1.7	1.5	-9.66
301	13.4	10.2	7.7	15.7	n.d.	2.6	3.7	8.9	76.2	5.5	tr.	0.1	-9.62
302	14.2	12.1	7.8	16.8	tr.	3.0	4.5	11.5	91.9	8.7	tr.	0.3	-9.81
303	15.7	12.8	7.9	14.9	n.d.	2.6	4.9	13.0	94.2	5.6	0.1	0.2	-9.90
304	14.8	12.5	7.9	14.1	n.d.	2.1	4.5	12.3	93.9	8.7	0.1	2.2	-9.81
305	14.6	11.9	7.8	12.6	n.d.	1.8	5.1	12.5	92.8	4.4	0.1	0.3	-9.72
306	13.5	11.6	7.9	11.2	n.d.	0.7	4.8	13.3	82.4	6.2	0.1	1.4	-9.68
307	12.8	11.0	8.3	9.7	n.d.	0.7	6.6	12.2	85.2	4.4	n.d.	1.5	-9.66
308	12.6	12.3	8.1	10.8	n.d.	0.8	8.2	15.4	99.5	5.0	0.1	3.3	-9.61
309	13.8	15.9	7.4	12.1	n.d.	1.0	6.1	15.2	82.1	8.5	0.8	11.0	-9.18
310	14.7	59.9	7.6	139.3	n.d.	1.0	1.0	16.2	132.4	185.9	0.2	3.6	-10.63
311	14.6	68.9	7.9	185.5	n.d.	0.8	1.6	21.2	156.9	256.5	tr.	1.0	-10.48
312	14.7	64.4	7.6	268.1	0.6	1.0	2.5	28.6	211.8	307.0	tr.	0.7	-10.52
313	14.6	19.3	8.1	21.3	n.d.	0.6	5.4	25.8	138.7	9.8	0.2	7.8	-9.78
314	13.6	13.5	7.9	11.9	n.d.	0.6	6.4	12.3	75.0	9.0	tr.	6.1	-9.46
315	14.4	40.4	7.8	31.0	0.5	4.1	20.7	51.7	300.4	10.2	9.6	0.3	-8.72
316	15.2	22.4	8.0	16.2	n.d.	3.2	11.1	30.6	174.2	10.2	1.8	0.6	-8.75
317	14.9	27.3	7.8	24.2	0.8	6.3	13.8	31.1	185.8	12.7	14.1	0.1	-8.77
318	14.5	27.2	7.8	29.8	tr.	4.8	12.1	29.5	180.0	14.6	10.7	tr.	-8.39
319	15.0	28.4	7.9	42.1	1.3	5.6	10.7	28.6	209.1	17.9	8.9	tr.	-8.67
320	15.1	25.1	7.6	22.4	tr.	4.9	8.6	22.8	122.0	19.4	15.8	tr.	-8.23
321	14.6	28.1	7.8	38.6	0.3	5.8	10.5	27.2	203.3	12.3	16.3	tr.	-8.25
322	15.8	33.7	7.8	35.4	0.6	14.5	14.7	26.5	197.4	17.9	20.7	n.d.	-8.41
323	17.2	34.0	7.9	77.1	0.5	15.0	7.3	12.8	238.1	11.3	21.7	tr.	-8.73
324	17.2	41.7	8.1	116.7	1.2	15.2	5.4	10.0	336.8	15.5	17.7	tr.	-8.65
325	16.8	55.6	8.0	150.5	0.1	12.7	5.3	12.9	307.8	75.9	5.6	0.3	-9.42
326	17.3	52.8	8.2	133.9	0.6	10.2	5.9	12.7	331.0	57.7	9.9	0.1	-9.23
327	17.5	50.2	7.9	138.8	0.2	9.6	6.9	14.1	278.7	83.5	9.2	0.1	-9.64
328	17.3	37.4	7.9	58.3	0.1	7.2	8.4	17.7	191.6	42.5	5.4	2.9	-8.85
329	22.2	31.1	7.8	41.7	0.1	13.5	7.4	11.8	87.1	69.7	0.6	3.2	-9.33
330	16.1	19.9	7.8	14.9	0.1	3.2	11.4	14.0	104.5	14.6	1.4	8.6	-9.16
331	14.9	49.2	7.8	92.8	0.5	7.5	8.8	21.0	168.4	106.4	3.3	0.3	-8.75
332	13.8	9.7	8.0	7.9	n.d.	2.3	5.5	8.4	69.7	8.1	tr.	2.6	-9.20
333	13.6	10.1	7.7	9.4	tr.	2.7	4.4	7.3	63.9	7.6	0.1	tr.	-9.12
334	18.9	91.3	8.1	174.5	1.7	14.0	16.1	28.0	272.9	202.8	12.0	0.3	-9.88
335	18.6	67.7	7.7	125.2	1.1	12.6	10.7	20.9	209.1	130.7	1.6	0.0	-8.92
336	16.6	80.5	7.9	146.3	1.6	10.6	7.4	15.0	243.9	123.0	5.0	0.2	-8.85
337	18.2	20.0	7.8	19.2	n.d.	4.6	7.8	11.9	122.0	9.1	0.1	tr.	-9.24
338	14.3	23.7	7.8	13.9	n.d.	1.8	12.0	16.6	98.7	14.5	1.4	33.8	-8.68
339	16.9	173.0	7.9	269.4	0.3	20.9	25.9	42.2	238.1	408.9	12.7	0.3	-9.20

Temp.: Temperature, EC: Electric Conductivity

付表-1 水質分析結果(つづき)

Sample#	Temp. (°C)	EC (mS/m)	pH	Na (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	Cl (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	δ <sup>18</sup> O (‰)
340	14.2	39.1	7.8	14.5	1.2	4.6	17.1	38.3	218.0	15.6	0.1	0.8	-8.41
341	13.8	43.9	6.8	18.2	0.5	3.6	10.0	35.1	74.9	12.9	0.4	89.0	-8.87
342	14.6	29.0	7.6	16.2	2.4	6.3	11.3	21.1	150.0	13.4	tr.	7.7	-8.72
343	14.0	31.3	7.8	20.7	0.5	1.7	16.1	26.5	187.9	17.0	0.7	3.7	-8.38
344	13.9	36.3	7.7	21.5	0.3	4.3	12.8	28.0	142.7	26.1	8.8	0.2	-8.33
345	15.0	15.2	7.2	11.2	n.d.	4.1	3.7	7.5	54.5	11.5	6.7	tr.	-9.06
346	14.0	22.3	6.9	13.3	n.d.	3.7	4.8	12.9	73.0	11.1	0.1	4.4	-8.52
347	14.9	29.5	7.5	15.5	1.2	5.4	11.1	22.8	141.0	14.4	tr.	11.0	-8.54
348	15.5	37.3	7.2	15.8	2.9	5.5	11.5	25.5	142.6	18.5	0.1	25.1	-6.46
350	12.6	32.8	7.0	11.5	0.3	2.7	7.7	26.5	81.0	13.8	0.3	42.5	-8.59
351	14.8	42.8	8.0	17.6	0.4	3.9	20.0	48.1	242.2	20.2	1.7	1.6	-8.33
352	14.0	40.0	8.1	13.9	n.d.	3.4	16.8	45.8	203.3	12.5	0.3	29.6	-8.34
355	22.1	57.3	8.1	122.7	0.1	10.7	2.9	7.1	325.2	28.3	8.7	0.3	-9.73
356	24.7	67.0	8.0	139.5	n.d.	12.9	3.0	7.5	278.7	84.6	7.2	0.1	-8.30
357	23.3	116.9	7.8	224.8	3.0	13.9	8.6	18.8	319.4	217.3	7.2	0.7	-10.10
359	18.4	116.9	7.6	189.4	2.0	17.1	16.0	25.9	238.1	252.8	3.3	0.2	-8.17
361	13.3	42.0	7.7	18.4	2.5	5.1	12.3	27.6	209.1	12.5	0.5	0.1	-8.51
362	22.3	51.6	8.1	96.1	0.1	4.0	5.0	8.0	127.8	107.6	0.2	0.2	-10.11
363	13.7	17.7	7.5	11.5	0.1	4.4	5.1	9.6	75.5	12.7	1.0	0.4	-8.74
364	14.9	30.3	7.8	18.3	0.2	4.2	9.8	21.5	162.6	8.3	3.8	0.1	-8.74
365	13.9	33.2	7.9	12.4	0.1	2.8	8.6	29.0	156.8	13.6	0.2	tr.	-8.14
366	14.0	34.7	—	13.3	tr.	3.0	8.4	31.1	156.8	15.1	2.8	0.9	-7.93
367	2.1	11.5	—	8.9	n.d.	1.5	2.9	7.6	34.8	9.9	1.6	11.6	-8.39
368	13.1	17.5	—	12.7	tr.	2.0	8.5	10.7	81.3	11.8	0.4	6.6	-7.94
369	15.0	20.4	7.4	12.1	n.d.	7.8	8.1	10.3	91.7	13.2	10.2	tr.	-9.18
370	13.5	19.2	7.5	12.8	5.1	6.1	5.7	7.0	98.3	13.2	0.1	tr.	-8.88
371	13.1	19.8	7.6	10.7	0.1	1.6	4.5	7.1	57.1	10.4	1.2	2.8	-8.70
372	13.1	21.9	7.6	16.4	n.d.	5.8	5.3	7.6	76.4	12.1	6.7	0.7	-8.90
373	13.6	22.9	7.2	15.3	2.1	5.6	7.0	12.0	84.5	14.8	0.5	6.6	-8.53
374	13.5	31.9	7.2	17.3	n.d.	8.3	11.1	16.4	117.2	23.1	14.4	3.8	-6.45
375	14.9	19.7	7.3	12.1	n.d.	6.4	7.3	9.6	76.6	15.2	13.3	tr.	-8.96
376	13.6	22.2	7.9	13.9	n.d.	1.9	8.6	17.3	122.9	12.2	0.3	tr.	-8.47
377	13.9	14.5	7.6	10.4	n.d.	2.9	5.3	8.8	63.1	11.9	0.1	1.9	-8.88
378	13.4	16.7	7.9	12.1	n.d.	2.7	7.1	11.6	86.2	13.2	n.d.	1.0	-8.84
379	13.2	19.7	7.4	13.4	tr.	4.8	7.1	11.5	69.4	12.8	3.9	10.3	-8.78
380	13.4	18.6	7.4	10.6	n.d.	7.8	8.0	10.6	67.6	10.5	13.4	5.8	-9.07
381	12.7	21.9	7.8	12.9	n.d.	5.2	7.9	11.7	65.4	17.3	5.2	15.5	-8.75
382	11.8	23.0	7.7	14.2	n.d.	2.1	12.9	13.0	87.1	14.1	3.5	18.4	-8.80
383	12.4	15.5	7.4	9.8	n.d.	4.9	5.2	7.5	52.7	9.2	8.0	2.8	-9.01
384	12.4	13.7	7.6	11.2	n.d.	2.1	5.4	8.1	66.2	11.3	tr.	1.6	-9.00
385	12.2	13.1	7.6	10.4	n.d.	1.9	4.0	7.4	42.7	12.2	n.d.	5.5	-8.89
386	13.4	14.9	7.8	11.5	0.1	2.2	5.6	8.7	63.1	11.3	0.5	2.2	-9.06
387	13.2	17.6	7.6	12.8	n.d.	3.8	6.3	11.0	83.3	8.5	tr.	0.6	-9.15
388	13.9	17.5	7.7	12.4	n.d.	2.2	8.5	13.7	81.3	12.6	0.1	16.7	-8.65
391	14.8	40.0	7.8	16.8	tr.	4.0	15.9	41.3	104.5	13.5	1.1	88.3	-8.57
392	14.9	49.6	—	17.3	0.5	3.2	14.4	39.8	43.9	11.9	0.2	145.0	-8.70
393	14.6	52.6	7.1	19.0	0.8	3.6	16.5	44.5	61.4	11.7	0.1	144.4	-8.65
394	14.2	50.3	4.7	18.5	0.9	4.1	12.5	38.0	1.8	14.0	2.1	166.8	-8.83
395	14.0	25.3	7.9	13.8	n.d.	2.7	10.7	19.7	120.6	8.8	n.d.	11.5	-9.19
396	13.9	40.5	7.7	14.9	n.d.	2.7	13.8	42.8	101.1	11.1	0.3	94.8	-8.78
397	13.8	39.5	7.5	15.5	0.1	2.8	14.9	43.5	116.1	12.7	0.2	89.7	-8.82
398	14.4	33.3	7.7	17.0	tr.	3.8	12.8	26.6	135.1	12.0	1.2	25.9	-8.47
399	13.0	23.4	7.8	13.3	n.d.	3.2	10.5	16.1	90.1	11.9	0.7	19.7	-9.54
400	12.7	12.9	7.8	9.3	tr.	1.8	5.1	7.8	57.7	8.4	n.d.	2.8	-9.09
401	12.7	28.5	7.9	12.6	n.d.	2.0	13.4	26.9	110.5	11.0	n.d.	32.6	-9.17
402	14.0	36.6	8.0	15.7	0.7	3.4	15.4	40.7	122.9	13.0	1.5	67.1	-8.80
403	13.7	33.8	8.1	14.1	0.1	2.3	14.3	33.4	120.1	12.3	0.2	57.4	-8.95
404	13.2	34.3	8.2	14.5	n.d.	2.3	17.2	30.8	136.4	12.2	0.3	41.3	-9.34
405	16.2	15.3	7.8	10.6	1.3	4.4	4.7	7.8	79.0	8.6	n.d.	tr.	-9.14
406	14.6	16.5	7.8	11.6	n.d.	2.8	6.2	10.9	73.9	9.9	n.d.	5.0	-9.07
407	14.0	14.4	6.7	11.5	n.d.	2.2	3.9	6.8	15.2	14.4	16.0	9.0	-8.49
408	11.9	13.9	7.3	9.7	n.d.	2.1	4.5	9.1	41.1	15.9	4.7	9.5	-8.79
409	12.9	16.3	—	10.6	n.d.	5.5	4.2	7.4	52.3	9.7	3.9	9.9	-8.98
410	11.2	11.7	—	9.0	n.d.	1.4	5.5	5.8	52.3	9.3	tr.	5.4	-9.17
411	12.0	14.0	—	15.0	n.d.	1.3	5.2	12.3	75.5	11.4	5.6	1.3	-8.74
412	11.2	10.6	—	11.3	n.d.	1.1	2.7	6.8	40.7	12.0	4.2	1.2	-8.69

Temp.: Temperature, EC: Electric Conductivity



付表-1 水質分析結果(つづき)

Sample#	Temp. (°C)	EC (mS/m)	pH	Na (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	Cl (mg/l)	NO <sub>4</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	δ <sup>18</sup> O (‰)
413	10.6	9.2	—	10.6	n.d.	1.0	2.7	5.8	46.5	9.4	0.6	1.3	-9.09
414	12.6	14.2	7.4	11.8	n.d.	0.9	3.3	10.6	52.3	12.2	10.6	2.5	-9.01
415	13.4	17.0	7.4	15.4	0.8	1.0	5.2	11.9	58.1	12.1	13.5	11.2	-9.35
416	12.7	17.9	7.6	16.6	n.d.	1.1	5.5	16.6	62.3	14.2	20.2	8.4	-8.82
417	13.5	37.2	—	19.2	0.5	3.4	11.9	33.5	139.4	33.0	1.1	6.6	-8.25
418	13.2	20.9	7.2	13.0	0.1	2.3	6.8	16.3	75.5	14.3	11.7	16.4	-8.53
419	17.8	26.5	7.8	25.4	n.d.	7.1	8.1	13.2	113.9	10.0	5.6	13.6	-9.46
422	16.7	27.4	7.6	31.9	n.d.	6.1	7.2	13.7	139.4	10.2	0.7	10.8	-9.79
424	18.7	26.4	7.4	40.4	n.d.	8.4	4.3	0.0	116.1	17.3	tr.	3.3	-9.95
425	15.7	24.9	7.5	16.7	tr.	4.1	8.7	19.2	94.6	20.5	n.d.	10.2	-10.01
427	15.6	45.2	7.9	75.4	n.d.	10.9	2.4	15.3	166.2	54.0	0.5	7.0	-10.30
428	15.0	37.4	7.5	50.4	n.d.	9.1	6.7	18.2	145.2	46.0	5.8	13.5	-9.67
429	14.8	14.0	7.7	8.7	n.d.	3.5	6.2	8.2	63.9	9.7	2.6	3.8	-9.34
431	13.2	14.1	7.3	13.4	n.d.	1.0	4.0	10.1	46.5	14.9	11.5	7.7	-9.06
435	12.2	19.3	7.6	16.6	tr.	4.0	5.4	8.1	45.1	12.7	4.0	18.4	-10.67
436	17.3	23.7	7.8	25.4	0.3	7.1	6.6	11.5	99.2	10.4	5.3	11.7	-9.53
437	16.2	24.0	7.4	17.5	n.d.	4.6	6.4	10.2	75.4	11.2	0.3	16.9	-9.65
438	20.9	24.7	7.9	28.3	0.2	7.8	5.8	10.1	117.1	12.5	6.9	6.0	-9.75
439	19.9	20.1	7.7	15.1	0.3	1.6	7.2	14.9	85.2	12.4	10.9	2.6	-8.86
440	12.2	13.6	—	13.7	n.d.	1.7	4.0	9.2	46.5	11.3	7.6	8.0	-8.85
441	11.8	14.4	—	12.2	n.d.	2.9	4.3	9.2	46.5	12.2	6.3	12.4	-8.62
442	11.5	10.6	7.5	8.6	tr.	0.7	3.0	6.2	33.0	11.1	6.1	2.1	-8.99
443	12.2	16.2	—	15.8	n.d.	1.3	5.1	10.9	63.9	13.2	13.5	3.1	-8.53
444	12.9	27.0	—	15.3	n.d.	3.0	11.9	20.5	133.6	13.0	2.0	3.6	-8.16
445	11.3	9.9	7.5	9.0	n.d.	0.7	2.8	7.4	40.7	10.4	3.0	3.0	-9.14
446	12.6	17.6	—	12.9	n.d.	2.2	6.8	13.0	81.3	12.1	0.9	3.8	-8.67
447	13.0	17.1	7.6	14.1	0.1	1.3	4.6	12.2	49.2	12.3	16.1	8.9	-9.02
448	13.0	22.0	7.7	13.9	n.d.	2.9	7.2	14.0	71.3	10.8	5.5	20.6	-9.14
449	12.9	27.6	7.6	14.0	n.d.	3.1	11.9	16.0	108.2	10.5	5.1	16.8	-8.99
450	13.4	36.8	7.9	15.9	n.d.	5.6	17.8	24.4	188.6	9.2	3.0	17.7	-9.50
451	14.4	21.4	7.7	9.0	n.d.	4.8	7.0	9.7	79.3	8.1	tr.	7.1	-9.30
452	12.4	25.7	7.9	13.5	tr.	4.4	12.8	19.1	109.4	11.1	1.6	20.7	-8.85
454	10.0	10.8	—	9.7	0.1	1.0	4.0	6.6	52.3	10.5	0.8	2.1	-9.24
456	11.9	13.0	7.5	7.6	tr.	3.5	4.0	8.9	42.0	9.6	0.1	12.5	-9.25
457	11.6	15.2	7.5	8.1	n.d.	2.2	6.0	11.0	43.1	8.0	0.2	22.3	-9.37
458	12.0	30.3	7.8	13.4	0.1	4.9	9.9	22.2	56.7	15.6	0.7	59.2	-8.90
459	12.2	21.2	7.6	16.2	n.d.	5.4	27.0	32.2	87.1	21.0	1.7	145.5	-9.10
460	12.4	27.6	7.5	11.7	n.d.	6.7	10.1	16.9	101.7	12.0	0.2	18.1	-8.97
461	12.2	21.6	7.6	11.0	n.d.	4.4	8.1	14.2	67.6	13.1	2.9	24.8	-9.18
462	12.8	17.0	7.5	9.9	n.d.	3.3	6.1	11.0	64.4	11.0	0.5	11.2	-9.26
463	12.9	36.6	7.2	14.1	0.4	5.5	15.6	30.6	40.2	12.9	2.5	115.7	-8.90
464	12.1	17.1	7.6	9.1	n.d.	5.5	5.3	8.7	59.6	12.2	2.3	9.6	-9.32
467	20.4	28.4	7.6	28.1	n.d.	6.7	6.1	10.0	108.6	9.9	tr.	15.8	-9.05
468	19.5	23.9	7.7	29.5	0.1	7.7	5.2	8.6	119.1	6.4	6.0	0.1	-9.63
470	18.2	19.6	7.6	15.6	n.d.	4.7	5.6	8.8	86.9	10.8	0.1	3.6	-9.41
471	12.3	29.5	7.9	14.2	n.d.	4.1	12.0	23.4	112.5	12.3	1.7	30.1	-8.95
472	12.8	25.4	7.7	12.7	n.d.	4.3	9.2	21.0	86.5	11.4	5.4	30.2	-8.89
473	12.4	31.6	7.8	14.7	tr.	4.4	11.8	26.3	99.0	30.4	3.8	27.6	-8.71
474	12.4	25.6	7.8	11.3	0.1	2.8	10.9	19.1	98.7	10.4	1.2	18.5	-8.77
475	13.4	24.1	7.8	9.7	n.d.	2.5	9.5	16.0	95.6	8.0	0.2	11.9	-9.18
476	11.9	13.7	7.5	10.0	n.d.	0.8	5.2	8.3	52.3	11.5	4.4	2.0	-8.97
477	11.7	14.6	7.6	10.7	n.d.	1.0	5.9	9.7	64.4	10.9	3.5	3.4	-8.22
478	11.6	13.4	7.6	7.5	n.d.	3.5	4.8	6.9	54.7	9.3	0.9	3.8	-9.13
480	12.8	20.1	7.5	9.4	n.d.	5.6	7.7	11.3	81.8	7.9	n.d.	10.0	-9.19
482	20.3	22.3	7.5	23.2	n.d.	5.2	4.5	7.0	75.3	12.4	tr.	15.6	-10.07
483	16.3	25.0	7.7	12.1	tr.	5.7	11.6	16.1	91.8	10.9	0.4	21.2	-9.34
484	15.4	30.0	7.6	13.1	tr.	6.7	13.7	20.0	78.2	11.3	5.2	56.7	-9.36
485	14.9	27.8	7.8	10.0	n.d.	3.9	14.6	18.9	113.6	10.4	n.d.	24.6	-9.04
488	13.6	28.1	7.5	10.9	0.5	4.7	11.8	15.5	88.0	9.7	0.5	32.7	-8.97
489	13.6	21.5	7.8	11.4	n.d.	3.7	9.4	11.3	71.2	12.3	0.7	15.9	-9.21
490	13.1	23.3	7.9	12.9	n.d.	3.6	8.8	19.2	89.7	12.6	1.2	22.6	-9.02
491	13.1	36.3	7.6	12.4	0.4	3.0	16.3	28.1	114.9	20.2	n.d.	56.9	-9.13
492	12.4	9.0	7.6	7.7	n.d.	2.8	5.1	10.9	43.4	8.6	0.1	20.5	-9.32
493	14.6	15.8	7.5	13.0	n.d.	2.4	9.1	24.1	88.1	18.5	3.4	30.7	-8.34
494	14.2	35.1	7.8	15.0	n.d.	3.2	10.5	32.0	155.1	13.5	2.7	1.5	-8.36
495	15.3	79.8	3.5	19.3	n.d.	4.7	28.6	96.7	—	26.9	0.4	330.9	-8.67

Temp.: Temperature, EC: Electric Conductivity

付表-1 水質分析結果(つづき)

Sample#	Temp. (°C)	EC (mS/m)	pH	Na (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	Cl (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	δ <sup>18</sup> O (‰)
497	14.1	34.7	7.6	14.1	0.1	3.0	9.4	37.4	89.7	9.8	0.5	90.9	-9.04
498	13.3	14.7	7.5	10.7	n.d.	0.6	3.5	12.4	49.2	9.3	3.5	12.4	-9.83
499	12.0	15.3	7.4	8.6	tr.	0.7	3.5	8.2	36.3	10.4	7.1	6.2	-9.50
500	12.6	11.3	7.5	8.7	n.d.	0.6	3.5	11.9	43.4	11.4	4.5	9.6	-9.77
501	11.2	9.9	7.3	6.6	0.1	0.6	2.7	6.6	28.4	9.2	3.8	6.3	-9.55
503	11.2	7.5	6.0	4.6	n.d.	0.6	2.4	3.5	9.7	5.6	12.3	2.0	-9.26
504	13.3	10.0	6.3	7.3	0.1	0.8	2.7	5.4	19.2	7.4	7.4	6.4	-9.08
505	12.8	11.7	6.4	7.3	0.1	0.9	3.6	7.4	23.0	7.0	7.4	11.8	-8.92
506	13.4	9.4	6.4	5.5	n.d.	0.9	2.4	5.8	12.2	6.3	8.0	8.9	-9.30
508	11.7	9.2	6.1	5.5	n.d.	1.4	2.5	4.7	12.3	9.4	11.6	5.9	-8.99
509	12.1	11.3	6.9	7.1	n.d.	0.8	3.8	9.3	43.2	8.4	7.0	5.0	-8.84
511	12.5	10.1	6.8	5.8	tr.	0.8	2.9	8.7	30.6	7.0	7.0	6.2	-9.20
512	11.4	10.5	6.9	6.5	n.d.	1.0	3.4	9.2	38.4	6.4	5.5	6.1	-9.36
513	11.2	10.2	6.6	5.5	n.d.	1.0	2.8	8.6	23.1	9.0	8.6	7.3	-9.46
514	12.5	11.8	6.5	8.0	n.d.	1.2	4.0	9.6	36.8	13.3	6.3	5.5	-9.16
515	13.1	11.2	6.8	7.8	0.1	1.1	4.6	10.3	43.7	8.2	6.7	4.7	-9.11
516	11.7	11.6	6.9	6.6	n.d.	0.9	4.2	9.4	38.6	7.2	4.7	6.3	-9.32
517	12.1	10.6	6.8	7.6	n.d.	0.6	3.2	7.6	32.4	7.6	4.1	6.4	-9.50
518	13.0	11.3	6.8	7.2	n.d.	0.6	3.3	8.8	38.6	6.0	4.2	5.2	-9.24
519	12.3	9.3	6.8	6.5	n.d.	0.5	3.4	6.7	35.0	5.7	5.3	2.8	-9.24

Temp.: Temperature, EC: Electric Conductivity