

長野県諏訪地域における地下水の水質

宮原 裕一・木下 悠史

信州大学 山岳科学総合研究所

Quality of ground water in Suwa area, Nagano

Yuichi MIYABARA, Hisashi KINOSHITA

Institute of Mountain Science, Shinshu University

キーワード: 諏訪地域, 地下水, 水質

Keywords: Suwa area, ground water, water quality

1. はじめに

近年、諏訪地域では南八ヶ岳で地下水の水文学的研究が盛んに行われているものの(垣内・丸井, 1994; 鈴木, 1994; 清水ら, 2007), 諏訪湖周辺では、かつて諏訪教育会(1982)が湧水の水質調査を行った程度で、現在の地下水の水質は十分に把握されていない。本研究では、諏訪地域における地下水の水質把握と涵養システムの解明を目的とし、主に諏訪湖周辺の地下水について調査を行った。

地下水は渇水や洪水の影響を受けにくく、河川水よりも安定した水供給が可能であるが、以下に留意し、使用する必要がある。地下水の平均滞留時間は約 830 年(樞根, 1973)で、長いところでは最大 110 万年(井田, 2009)にもなる。このような滞留時間の長い地下水を使用すると、インプットとアウトプットのバランスが取れずに、地下水位の低下や地盤沈下を招く恐れがある。また、海岸付近において地下水を過剰に使用した場合、帯水層に海水が流入し地下水が塩水

化することもある。さらに、涵養域において開発が行われると、水質汚染が引き起こされる可能性があるほか、例えば森林や水田が宅地化されると、地下水の涵養量が低下し、地下水位が低下する可能性もある。このような留意点を踏まえ、地下水は大切に使う必要があり、水資源管理の徹底や涵養システムの解明が重要である。

ドイツでは水資源の管理が徹底されており、土地の所有者には利用権はなく、地下水の管理と供給は公的機関のコントロール下にある。一方、日本は海に囲まれているため、同緯度に位置する他の国々よりも降水量が多い。そのため水資源が豊富で、水資源への意識が他の国々に比べると低い。しかしながら、水資源が豊かな我が国においても、近年外国資本による水源地の買収が問題となっている。

長野県諏訪地域では水道水源の多くを湧水や井戸水に頼っているが、塩化物イオン濃度やトリクロロエチレン濃度が高い水源もある(長野県, 2013)。また、湖周の諏訪

市、岡谷市、下諏訪町では茅野市、原村、富士見町と比べ地下水資源が豊富とは言えない。諏訪市では上水の約半分を茅野市から購入しているほか、岡谷市と下諏訪町では上水の一部を河川水に頼っており、過去には水道水源を確保するためにダム建設が検討されたこともある。しかしながら、河川水は渇水や洪水などの異常気象が起きた際には安定した水供給ができず、また水道水として供給するには濾過などの高度な処理が必要である。このような背景から、諏訪地域における良質な地下水の把握と、その涵養システムの解明が重要と言える。

2. 方法

2-1 調査地点

長野県諏訪地域の42地点(図1-1, 表1)の地下水(湧水・井戸水)を調査対象とした。調査対象とした地下水の標高分布は760m~1650mであった。調査対象とした地下水には、水資源保護の観点から見て重要だと考えた、清水橋水源(諏訪市)や大清水水源(茅野市)などの湧水や、新井水源(諏訪市)や新有賀水源(諏訪市)などの井戸水も選んだ。また、水道水源以外にも、長命水(岡谷市)や水眼(茅野市)といった地元で名水として知られている湧水も調査対象とした。

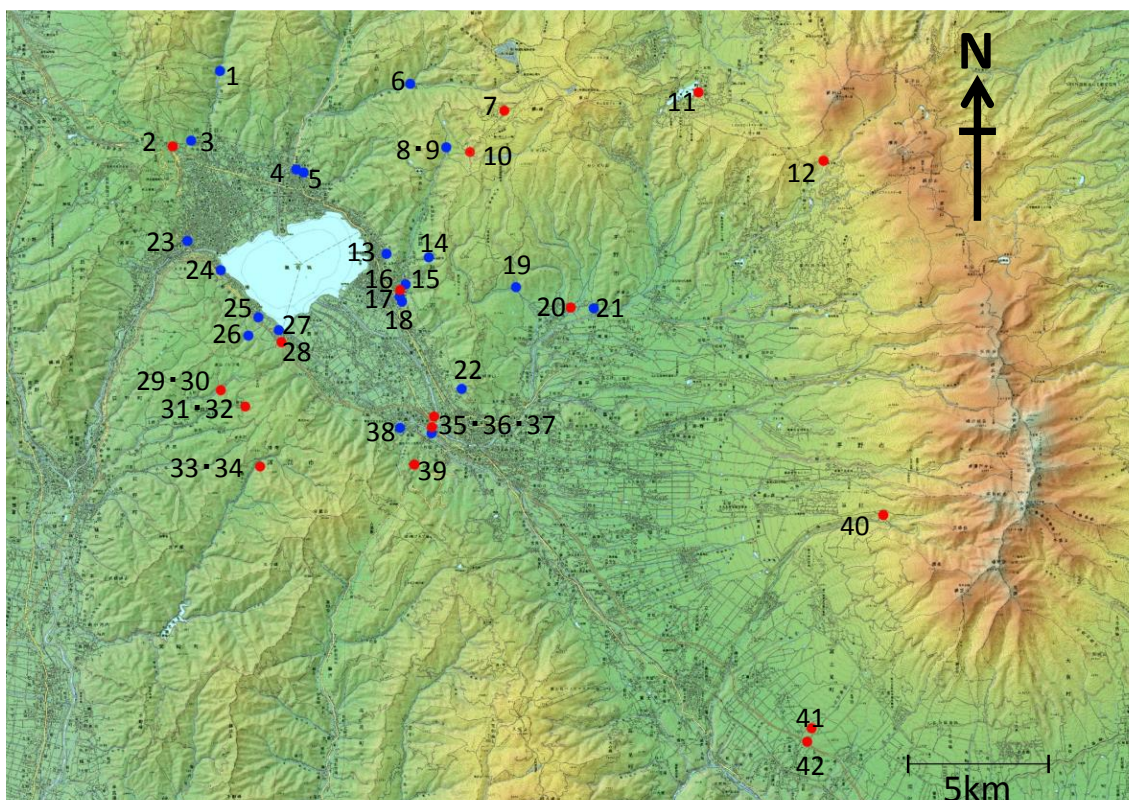


図1-1 試料採取地点

青色と赤色は地下水を意味する。青色で示した地下水は水質を調査した。赤色で示した地下水は、水質に加えて地下水資源量の調査を別途行った。番号は表1に記した地下水水番号と対応する。

表 1 試料採取地点の詳細

番号	地点名	よみかた	湧出標高 (m)	試料採取 回数	番号	地点名	よみかた	湧出標高 (m)	試料採取 回数
1	長命水	ちょうめいすい	980	5	22	上原城	うえはらじょう	975	5
2	石船観音	いしぶね	920	5	23	小和田湧水	こわだ	760	5
3	広円寺	こうえんじ	905	5	24	小田井	おたい	760	5
4	龍の口	りゅうのくち	800	5	25	小坂下	おさか	770	5
5	御作田神社	みさくだ	790	5	26	栃久保	とちくぼ	880	5
6	金命水	きんめいすい	1080	2	27	方久保	かたくぼ	765	5
7	霧ヶ峰第2水源	きりがみね	1650	2	28	新有賀水源	しんあるが	830	2
8	科の木水源	しなのき	1310	5	29	上野水源	うえの	990	1
9	ヨキトギ水源	よきとぎ	1310	2	30	上野湧水	うえの	960	1
10	清水橋水源	しみずばし	1410	6	31	覗石水源	のぞきいし	1060	1
11	白樺湖第2水源	しらかばこ	1420	2	32	覗石湧水	のぞきいし	1060	1
12	女ノ神水水	めのかみ	1640	2	33	後山(㊤)水源	うしろやま	1150	1
13	千貫溝	せんがみぞ	775	5	34	後山(㊦)水源	うしろやま	1080	1
14	阿弥陀寺	あみだ	1050	5	35	新井第1水源	あらい	760	2
15	地藏寺	じぞう	820	5	36	新井第3水源	あらい	760	2
16	南沢水源	みなみさわ	780	2	37	旧新井公民館	あらい	765	5
17	角間赤彦	かくまあかひこ	775	5	38	石清水	いわしみず	770	5
18	秋葉神社	あきば	775	5	39	水眼	すいが	950	5
19	殿様水	とのさま	1000	5	40	阿弥陀聖水	あみだ	1630	2
20	大清水	おおしみず	895	5	41	大泉	おおいずみ	1030	2
21	瀬神社	せじんじゃ	925	2	42	小泉	こいずみ	1000	2

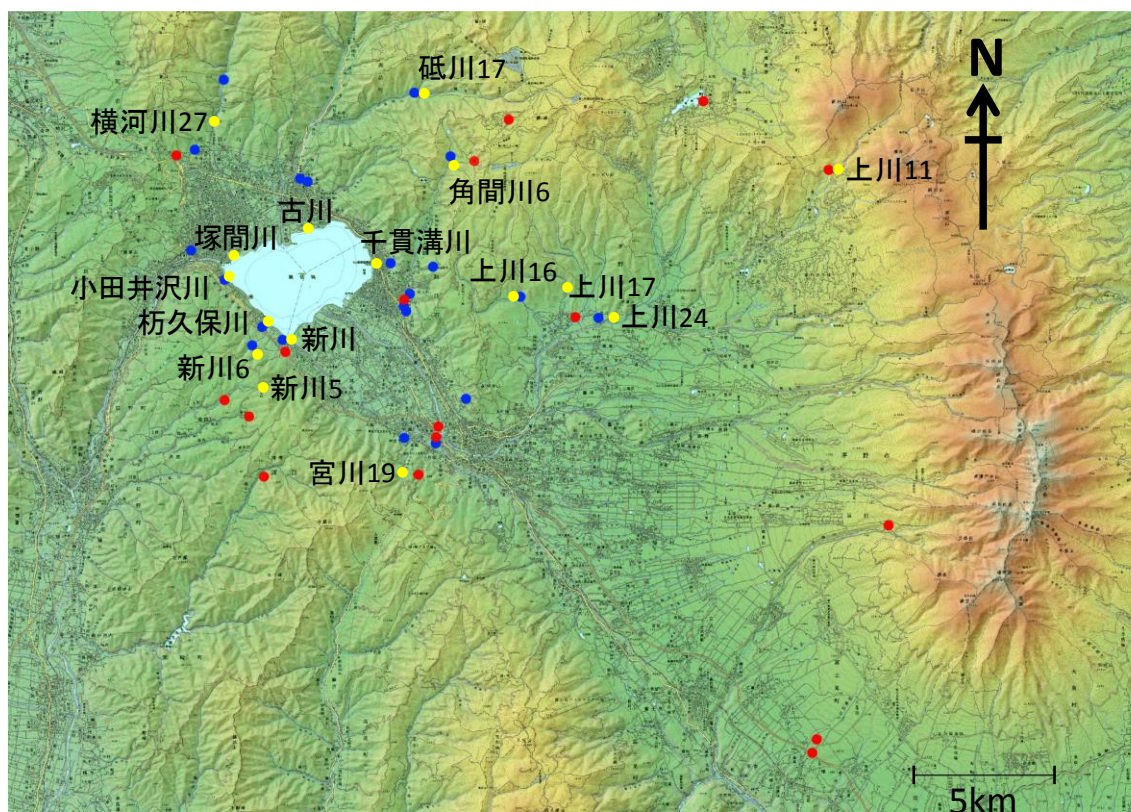


図 1-2 地下水と河川水の水質比較における両試料の採取地点

青色と赤色は地下水を，黄色は河川水を意味する。河川水の水質データは，宮原ら（2008）と細田（1995）のデータを引用した。

2-2 試料採取

試料採取は、それぞれ 2010 年 10～11 月、2011 年 3～4 月、2011 年 7 月、2012 年 7～9 月、2012 年 10 月、2012 年 12 月～2013 年 2 月、2013 年 6 月に、各地点計 2～6 回行った。試料は主要イオンおよびリン酸態リン (RP)、二酸化ケイ素 (SiO_2) 測定用として 250mL ポリビンに採取した。

また、採水時に東亜ディーケーケー社製 CM-21P と HM-20P を用い、電気伝導度 (EC)、水温および pH を測定した。

2-3 水質分析

主要イオン濃度 (Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}) は、試料水をメンブレンフィルター (0.2 μm アドバンテック社製) でろ過し、イオンクロマトグラフ (DIONEX 社製 ICS-1500) で分析した。陽イオン分析には、ガードカラムに DIONEX 社製 CG12A, 分析カラムに同社 CS12A, 溶離液に 20mmol/L メタンスルホン酸溶液 (流速 1mL/min), サプレッサーに同社 CSRS-300 (電流 60mA) を用いた。陰イオン分析には、ガードカラムに DIONEX 社製 AG12A, 分析カラムに同社 AS12A, 溶離液に 2.7mmol/L 炭酸ナトリウム溶液と 0.3mmol/L 炭酸水素ナトリウム溶液の混合溶液 (流速 1.3mL/min), サプレッサーに DIONEX 社 ASRS-200 (電流 20mA) を用いた。検量線は関東化学社製のイオンクロマトグラフ用混合標準液を用いて作成した。

主要イオンの中でイオンクロマトグラフでは測定することができない HCO_3^- は、pH4.8 アルカリ度硫酸滴定法に基づき、試

水 50mL に MR-BCG 混合指示薬を駒込ピペットで 4 滴加え、0.02N 硫酸で溶液が灰紫色になるまで滴定し濃度を求めた。

RP 濃度は、アスコルビン酸還元法に基づき、試水 20mL をオートピペットにて試験管に分注し、そこに発色試薬を 2mL 加えて混合させ、約 30 分間放置後、青色に発色していることを確認し、分光光度計 (日立製作所製 U-2000) にて波長 710nm の吸光度を測定し、その濃度を求めた。

SiO_2 濃度は、モリブデン黄法に基づき、試水 20mL をオートピペットにてプラスチック製の遠沈管に分注し、そこにモリブデン酸アンモニウム溶液を 1mL, 2.4N 塩酸を 1mL それぞれ加えて混合させ、約 15 分間放置後、黄色に発色していることを確認し、分光光度計 (日立製作所製 U-2000) にて波長 430nm の吸光度を測定し、その濃度を求めた。

2-4 解析方法

地下水の水質を分類するためにトリリニアダイアグラムとヘキサダイアグラムを作成し、解析を行った。解析の際には、2～6 回水質を測定した 36 地点の地下水ではその平均値を、1 回のみ測定した 6 地点の地下水ではその値を、それぞれ用いた。また、クラスター分析は、ヘキサダイアグラムと同様の項目 (Na^++K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , $\text{Cl}^-+\text{NO}_3^-$, SO_4^{2-} , HCO_3^-) を分析項目として、統計解析アドインソフト (社会情報サービス社製 エクセル統計 2008) を用い、基準化されたユークリッドの距離 (基準化ユークリッド距離) とワード法 (Joe H. W, 1963) に基づいて分類し、ユークリッド距離=5 をグループの分類条件として、地下水は 4 つ

の水質グループに、地下水と河川水の比較では5つのグループに、それぞれ分類した。

3. 結果

3-1 地下水水質の安定性

調査を行った地下水のうち、2回以上水質を測定した36地点の地下水について、14項目（水温、EC、pH、総イオン濃度、主要イオン濃度、RP、SiO₂）について変動係数（CV）を求め、水質の安定性を確認した。

地点ごとに見てみると、阿弥陀寺では変動係数が10%以上だった項目が、14項目中11項目あり、本研究において調査した地下

水の中で最も水質の変動が大きな湧水であった。また、科の木水源では9項目、小田井では8項目、上原城では6項目、それぞれ変動係数が10%を上回り、水質の変動がみられた。これらより、阿弥陀寺、科の木水源、小田井、上原城では、その水質に変化があることが示された。

3-2 地下水の分類

3-2-1 トリリニアダイアグラム

トリリニアダイアグラムとは、水に溶解している8つのイオン成分（Na⁺+K⁺、Mg²⁺、

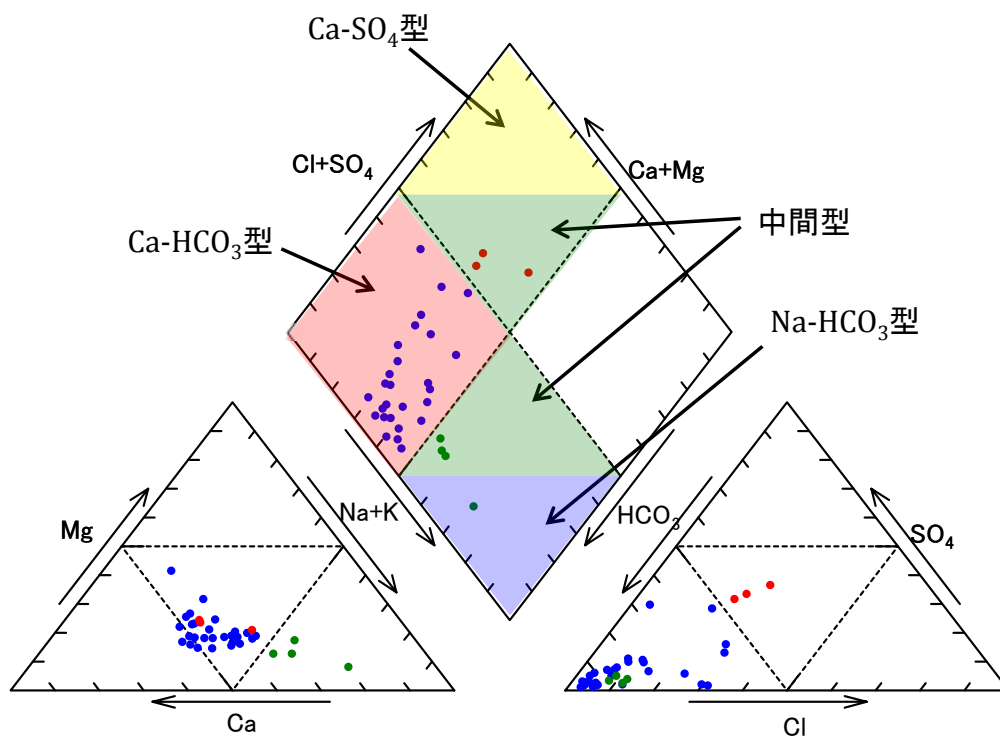


図2 諏訪地域の地下水のトリリニアダイアグラム

Ca²⁺、Cl⁻+NO₃⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻)の当量濃度比を、地点ごとにキーダイアグラムと呼ばれる菱形のグラフにプロットし、プロットされた位置から水質特性を分類する図で

ある。図2には、本研究で調査した42地点の地下水をプロットした。全体の8割以上に及ぶ37地点（青色でプロット）は、日本の循環性地下水の大半が属しているCa-

HCO₃型(重炭酸カルシウム型)に属していた。これら 37 地点の湧水は一般的な地下水といえる。一方, 赤色でプロットした新井第 1 水源, 新井第 3 水源, 旧新井公民館の 3 地点の地下水は, Ca-SO₄型(硫酸カルシウム型)と Ca-HCO₃型(重炭酸カルシウム型)と Ca-HCO₃型(重炭酸ナトリウム型)の中間型の組成を示した。また, 緑色でプロットした 4 地点の地下水のうち, 方久保は Na-HCO₃型(重炭酸ナトリウム型)に属し, 新有賀水源, 小田井, 霧ヶ峰第 2 水源の 3 地点は Ca-HCO₃型と Na-HCO₃型の中間型に属していた。

3-2-2 ヘキサダイアグラム

次にヘキサダイアグラムを用いて水質を解析した。ヘキサダイアグラムとは, 水に溶解している各イオンの当量濃度(mEq/L)を水平軸にプロットし, 各点を結んででき

た六角形の形から水質を視覚的に分類, 把握する図である。図 3 には本研究で調査した 42 地点のヘキサダイアグラムを示した。ヘキサダイアグラムを見ると, 標高の高い場所の地下水は細長い六角形となり, イオン含有量が少なかった。細かく見ると, 特に細長いヘキサダイアグラムでは, 六角形の膨らみが HCO₃⁻>Ca²⁺≒Na⁺の順番に大きく, 少し膨らむと HCO₃⁻≒Ca²⁺>Na⁺となっていた。

一方, 標高の低い場所(諏訪盆地の盆地底)の地下水は, 標高の高い場所の地下水と比べヘキサダイアグラムの六角形が大きくなり, イオン含有量が多く, Cl⁻や SO₄²⁻, Na⁺, Mg²⁺を多く含む湧水もあった。特に新井第 1 水源と新井第 3 水源では, イオン含有量が他の地下水に比べて多かった。

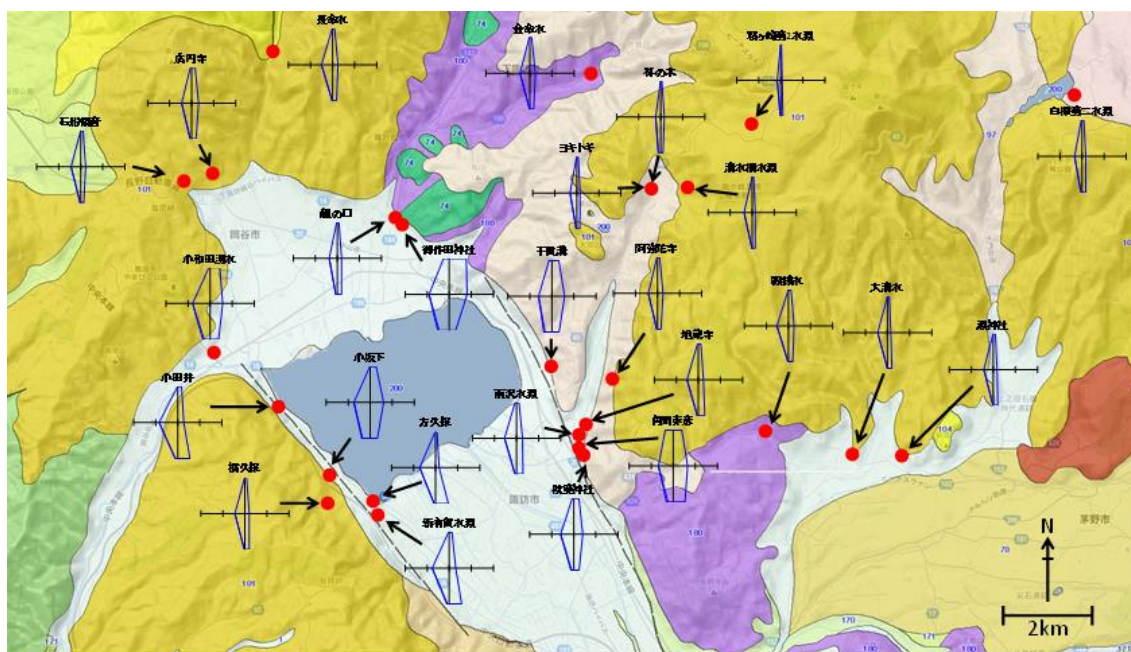


図 3 地質図上にプロットした地下水のヘキサダイアグラム (諏訪地域北部)

地質図上に地下水のヘキサダイアグラムを示した。地質図は 20 万分の 1 日本シームレス地質図(産業技術総合研究所地質調査総合センター)を使用した。スペースの都合上, 北部, 南部, 八ヶ岳の 3 図に分けた。地質凡例は次ページ参照。

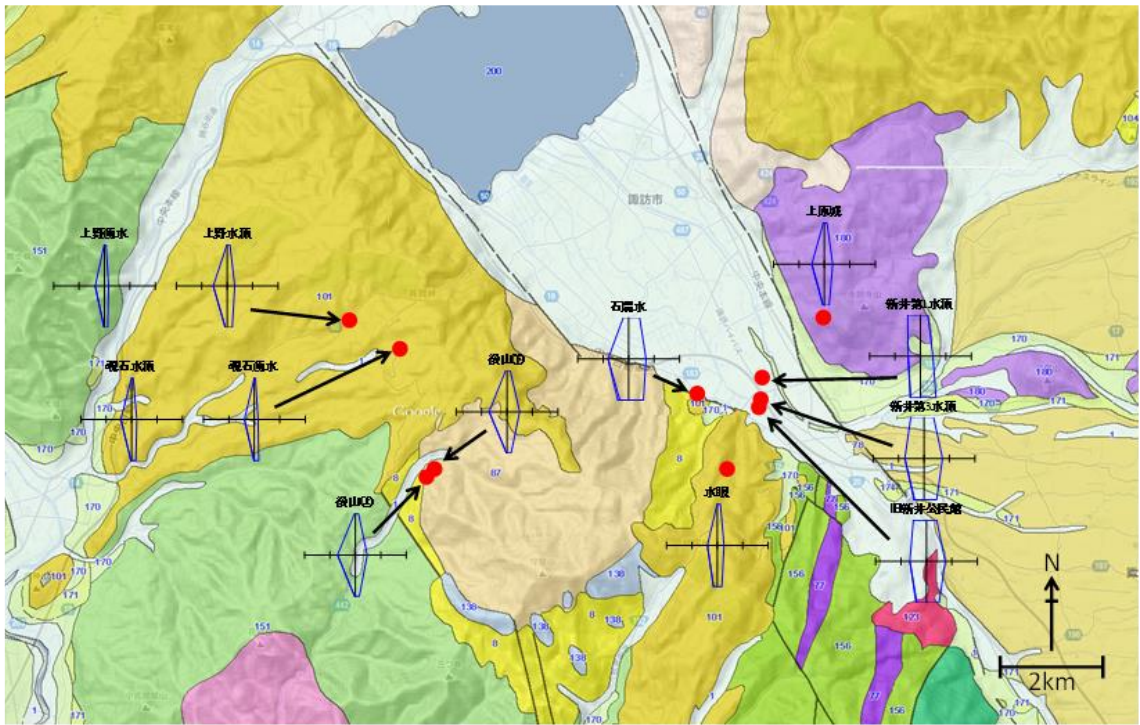


図3 地質図上にプロットした地下水のヘキサダイアグラム（諏訪地域南部）

地質図上に地下水のヘキサダイアグラム示した。地質図は20万分の1日本シームレス地質図（産業技術総合研究所地質調査総合センター）を使用した。

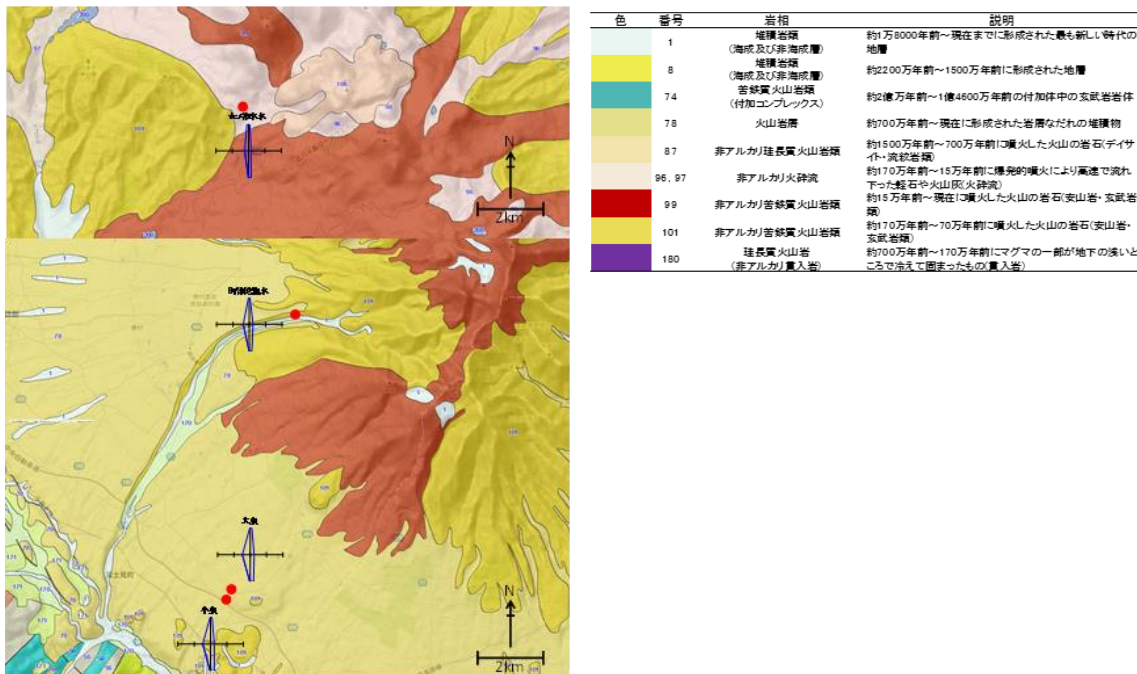


図3 地質図上にプロットした地下水のヘキサダイアグラム（八ヶ岳）

地質図上に地下水のヘキサダイアグラム示した。地質図は20万分の1日本シームレス地質図（産業技術総合研究所地質調査総合センター）を使用した。

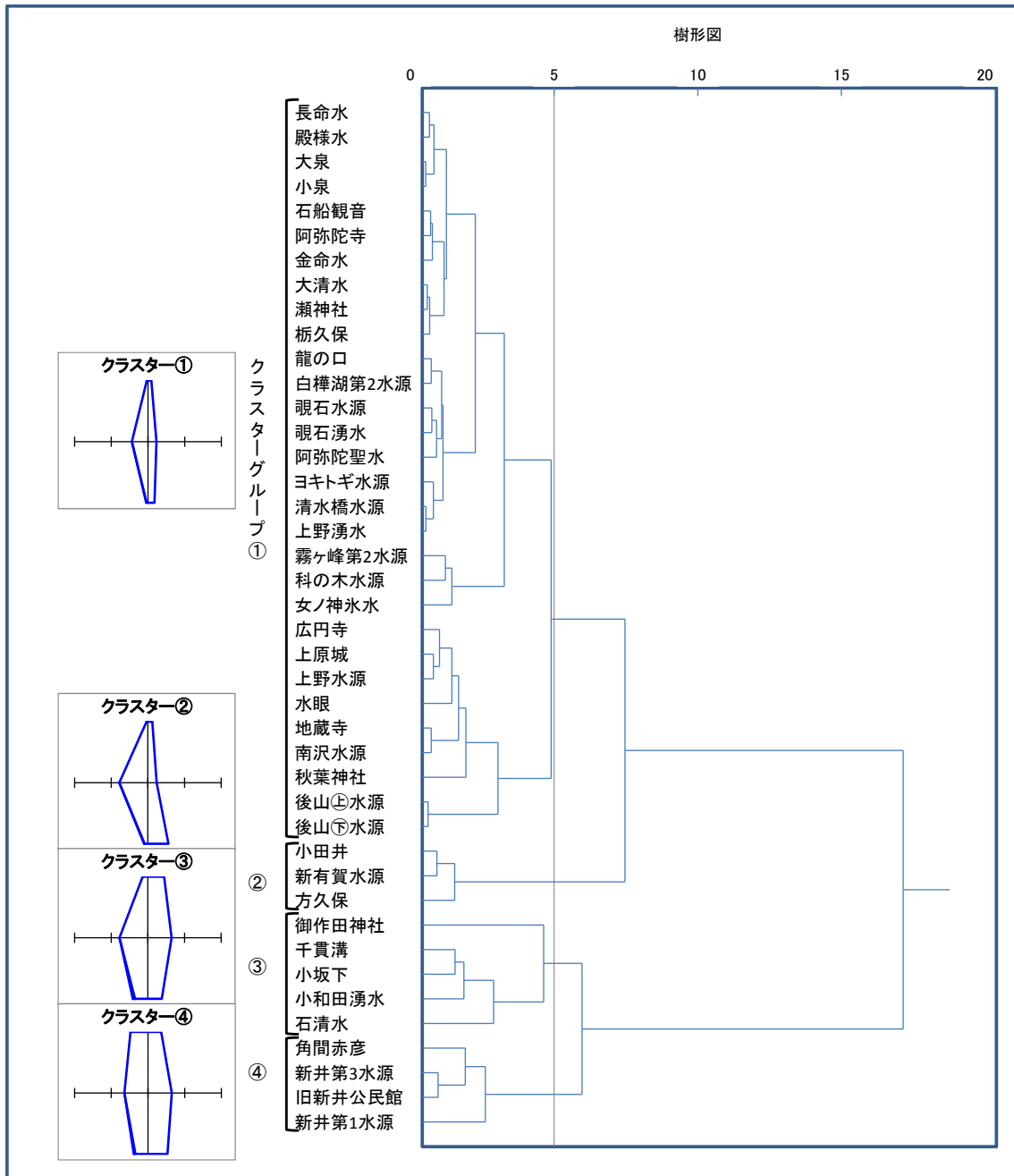


図4 クラスタ分析による樹形図と、クラスタグループごとのヘキサダイヤグラム
ヘキサダイヤグラムはクラスタグループごとの平均値から作成した。

3-2-3 クラスタ分析による地下水の分類

ヘキサダイヤグラムで示されたデータを用い、クラスタ分析によって、42地点の湧水を4つの水質グループに分類した。それぞれクラスタグループ①には30地点

の地下水、クラスタグループ②には3地点の地下水、クラスタグループ③には5地点の地下水、クラスタグループ④には4地点の地下水が分類された。クラスタ分析により分類した樹形図と、各クラスタ

ーグループの平均値から作成したヘキサダイアグラムを図4に示した。

それぞれのクラスターグループの特徴を見ると、クラスターグループ①は細長い六角形のヘキサダイアグラムであり、すべてのイオン含有量が少なかった。次にクラスターグループ②は、他のグループと比較して Na^+ の組成比が高かった。当量濃度は Na^+ のほうが Ca^{2+} より高く、イオン組成では Na^+ が HCO_3^- の次にその割合が高かった。また、クラスターグループ②には、トリリニアダイアグラムにおいて Ca-HCO_3 型と Na-HCO_3 型の中間型、もしくは Na-HCO_3 型に分類された地下水が含まれていた。

続いてクラスターグループ③と④は、全体的に太い六角形のヘキサダイアグラムとなりイオン含有量が多かったが、クラスターグループ③では SO_4^{2-} の含有量が少なかったのに対し、クラスターグループ④では SO_4^{2-} の含有量が多かった。また、クラスターグループ④には、角間赤彦以外は、トリリニアダイアグラムにおいて Ca-SO_4 型と Ca-HCO_3 型の中間型に分類された地下水が含まれていた。

4. 考察

4-1 水質が変化した要因

上述のように、阿弥陀寺、科の木水源、小田井、上原城の4地点では調査期間の間、その水質が大きく変化していた。これらで水質が変化した要因として、人為的な影響、異なる地下水流の混合、降水による希釈（涵養量の変化）を考えた。

まず人為的な影響を考えた。しかし、水質が変化したいずれの湧水も、湧出点より標高の高い涵養域と推定されるところには人家や田畑はなく、人為的な影響は考えられ

なかった。

次に、地下水流の混合を考えた。小田井はトリリニアダイアグラム（図2）では、 Na-HCO_3 型寄りの組成を示し、滞留時間が長い地下水と推定された。一般的に滞留時間が長い地下水は水質が変化しにくいとされているが、ここでは水質が変化していた。また、湧出量が多く、降水による希釈が考えにくい湧水であった。そこで、小田井では溶存成分が異なる地下水が混合しており、その混合比によって水質が変化した可能性が考えられた。しかし、それを裏付ける情報は得られなかった。

最後に降水による希釈を考えた。阿弥陀寺、科の木水源、上原城では、いずれも湧出量が少ないので、滞留時間が短ければ、降水による希釈によって水質が変化するものと考えられた。Haines *et al.* (1985) は、 SiO_2 濃度が滞留時間に比例して増加することを示している。そこで、 SiO_2 濃度から、これら地下水の滞留時間を推察した。阿弥陀寺、科の木水源、上原城の SiO_2 濃度は、それぞれ 43.1, 18.4, 22.3 (mg- SiO_2/L) であり、科の木水源と上原城は比較的滞留時間が短い地下水であると考えられた。したがって、これらでは降水による希釈によって水質が変化した可能性がある。一方、阿弥陀寺の滞留時間は短くないと考えられたため、雨による希釈も考えられず、その水質が変化した要因は不明である。

4-2 地下水と近隣河川の水質比較

地下水の近くに河川が存在する場合、その河川水が地下水の涵養源となっている可能性がある。そこで、地下水と近隣河川の水質をヘキサダイアグラムにより比較した。

（試料採取地点は、図1-2を参照のこと。）

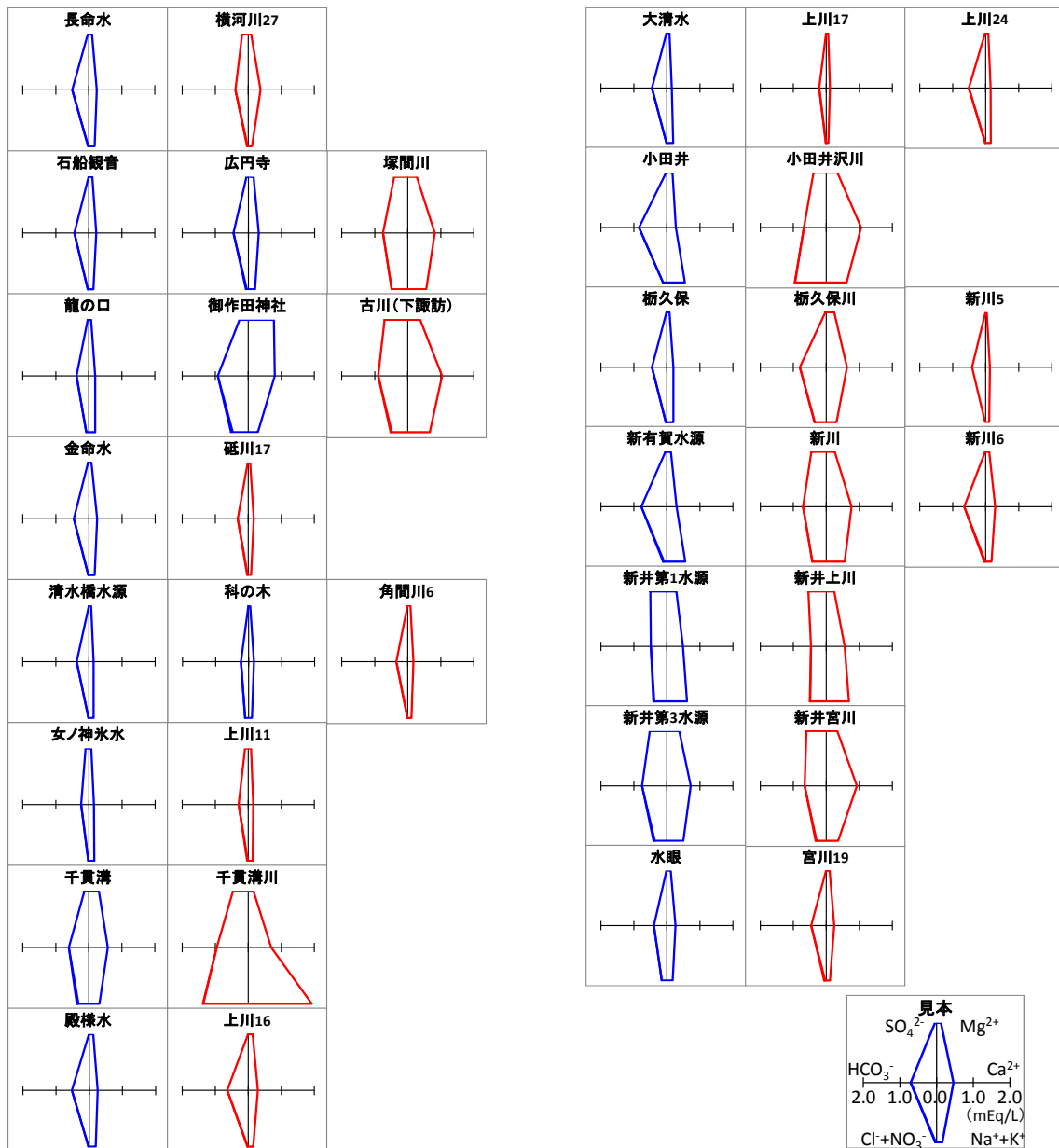


図5 地下水と近接する河川水のヘキサダイアグラムの比較

河川水の水質は上川（新井）と宮川（新井）を除き、宮原ら（2008）と細田（1995）のデータを引用した。

図5では、地下水と河川水のヘキサダイアグラムの形や大きさを横に並べた。左の青色で示したヘキサダイアグラムが地下水で、右の赤色で示したヘキサダイアグラムが対応する河川水である。これによると、長命水、金命水、清水橋水源、科の木水源、女ノ神氷水、殿様水、大清水、新久保、水眼では、対応する河

川水（渓流水）とヘキサダイアグラムの形や大きさが似ており、その水質が似ていた。一方、石船観音、広円寺、龍の口、千貫溝、小田井、新久保では、対応する河川水（諏訪湖河口）よりもヘキサダイアグラムが小さく、水質が異なっていた。同じく御作田神社、新有賀水源も水質が異なっていたが、溶存イ

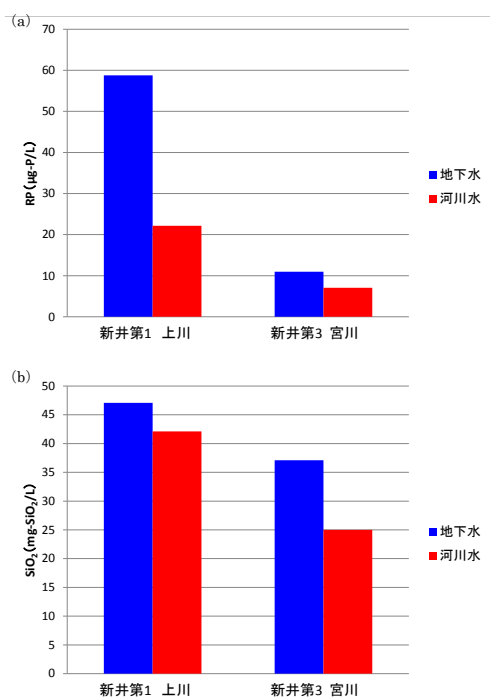


図 6 新井における地下水と近接する河川水の (a) RP 濃度および (b) SiO₂ 濃度

オン量は大きく異なっておらず、ヘキサダイアグラムの形が異なっていた。最後に新井第1水源・新井第3水源と対応する河川水(上川、宮川)であるが、それぞれ、ヘキサダイアグラムの形や大きさが良く似ていた。さらに、RPとSiO₂でも両者の関係を見てみた。RP、SiO₂共に上川と新井第1水源が宮川と新井第3水源よりも高くなっていた(図6)。これらから、新井第1水源の水(井戸スクリーン深22m)は上川の伏流水、新井第3水源(井戸スクリーン深22m)の水は宮川の伏流水が、それぞれ主要な涵養源になっているものと考えられた。

4-3 Ca-SO₄型とCa-HCO₃型の中間型の組成を示した地下水

新井第1水源、新井第3水源、旧新井公民館の3地点の地下水は、Ca-SO₄型(非重

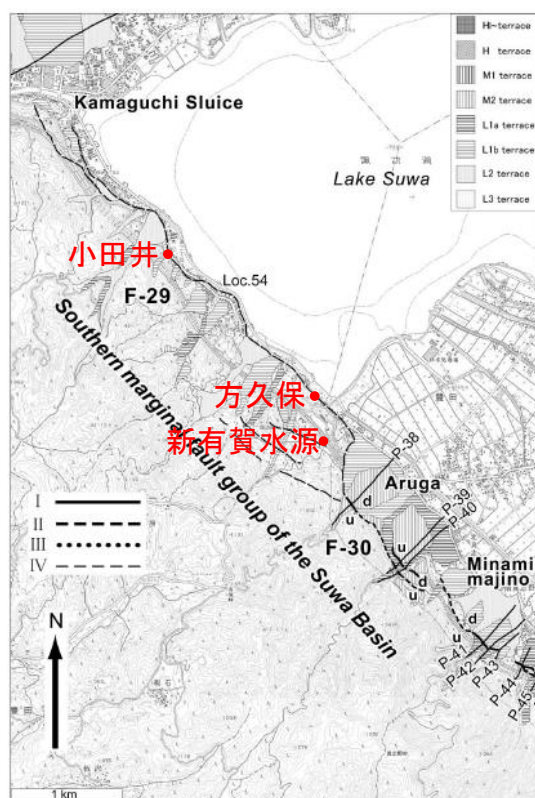


図 7 断層と、方久保湧水、小田井湧水および新有賀水源の位置

澤ら(2007)の断層図に加筆した。

炭酸カルシウム型)とCa-HCO₃型の中間型の組成を示した。これら3つの地下水の総溶解物重量は、調査した地下水の中で最も多かった。このことから、新井第1水源と新井第3水源では、地下水が涵養される段階で涵養水にSO₄²⁻が多量に含まれていたと考えられた。つまり、涵養水である上川や宮川の河川水中のSO₄²⁻濃度が高いためではないかと考えられた。

4-4 Na-HCO₃型を示した地下水

トリリニアダイアグラムの分類により、本研究で調査した湧水のうち、方久保はNa-HCO₃型に属し、新有賀水源と小田井はCa-HCO₃型とNa-HCO₃型の中間型に属し

た。これら地下水で Na^+ 濃度が高い要因として、断層の影響が考えられた。その原理は、地下水の流れが断層により遮断された場合、断層の粘土鉱物中の Na^+ と地下水中の Ca^{2+} とでイオン交換が進み、 Na^+ に富んだ Na-HCO_3 型の水になる（北，2001）というものである。百瀬（2007）は、この原理を利用して長野県松本盆地において、 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比から断層の存在を推定している。諏訪湖の西側には断層（糸魚川 - 静岡構造線の諏訪断層群）が走っており、方久保、新有賀水源、小田井はその断層付近に位置している（図 7）。なお図 3 に点線で示されているように、諏訪湖の東側にも断層が走っているが、東側の断層付近に位置する地下水では、同様な水質の地下水は見られなかった。この要因としては、断層の変位の大きさや地質構造など考えられた。

5. まとめ

長野県諏訪地域において、2010~2013 年にかけて、地下水 42 地点の水質と、20 地点の水資源量を調査した。諏訪地域の地下水は、トリリニアダイヤグラムによる水質分類で全体の 8 割以上に及ぶ 37 地点が、我が国で一般的な Ca-HCO_3 型（重炭酸カルシウム型）に分類された。新井第 1 水源、新井第 3 水源、旧新井公民館の 3 地点の地下水は、 Ca-SO_4 型（硫酸カルシウム型）と Ca-HCO_3 型の間接型の組成を示した。これらの地下水には Cl^- や SO_4^{2-} が多く含まれており、その水質が近隣の河川水と類似していた。このことから、河川の伏流水が新井水源の涵養水となっている可能性が強い。一方、方久保は Na-HCO_3 型（重炭酸ナトリウム型）に属し、新有賀水源と小田井は Ca-

HCO_3 型と Na-HCO_3 型の間接型に属した。これらの地下水は諏訪湖の西側に位置し、 Ca^{2+} よりも Na^+ を多く含むことから、断層の影響により地下水の滞留時間が長くなり、地中でイオン交換が起こったものと考えられた。また、大泉、小泉、大清水、水眼などの湧水は、湧出量が豊富であり、水資源の観点からみて非常に重要な地下水であると考えられた。これらの一部は水源も兼ねているが、それでも余った水を大量に放流していることから、災害時には地元住民にとって重要な水の供給源になるものと考えられた。

謝辞

本研究は、科学研究費基礎研究 (C) 「地下水年代解析に基づく地下水の硝酸塩汚染の解明」(代表・戸田任重)により実施されました。また、諏訪市の生活環境課および水道局の皆様には、水道水源での試料採取に多大なご協力をいただきました。この場を借り、御礼申し上げます。

引用文献

- Haines, T. S., Lloyd, J. W. (1985) : Controls on silica in groundwater environments in the United Kingdom. *Journal of Hydrology*, 81, 277-295
- 細田耕司 (1995) : 諏訪湖流入河川上流部における基本水質の研究. 信州大学理学部地質学科卒業論文.
- 井田徹治 (2009) : 見えない巨大水脈 地下水の科学. 講談社.
- Joe, H. W. (1963) : Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical*

- Association, 58, 236-244.
- 垣内正久・丸井敦尚 (1994) : 八ヶ岳の湧水および地下水のトリチウム濃度. *ハイドロロジー*, 24, 93-106.
- 榎根勇 (1973) : 水の循環. 共立出版.
- 北裕一郎 (2001) : 断層帯周辺における地下水の科学組成及び同位体比. 富山大学大学院理工学教育部修士論文.
- 宮原裕一・石母田誠・今井晶子 (2008) : 諏訪湖流入河川の水質一斉調査. *信州大学環境科学年報*, 30, 15-20.
- 百瀬章 (2007) : 松本盆地の地下水の化学分析から推定される断層. 信州大学理学部物質循環学科卒業論文.
- 長野県 (2013) : 平成 23 年度水質測定結果 (冊子)
産業技術総合研究所地質調査総合センター : 20 万分の 1 日本シームレス地質図データベース
<http://riodb02.ibase.aist.go.jp/db084/index.html>
- 澤祥・谷口薫・廣内大助・松多信尚・内田主税・佐藤善輝・石黒聡士・田力正好・杉戸信彦・安藤俊人・隈元崇・佐野滋樹・野澤竜二郎・坂上寛之・渡辺満久・鈴木康弘 (2007) : 糸魚川-静岡構造線活断層帯中部, 松本盆地南部・塩尻峠および諏訪湖南岸断層群の変動地形の再検討. *活断層研究*, 27, 169-190.
- 清水源治・江頭恭子・植松本・澤谷滋子 (2007) : 八ヶ岳南麓湧水群の水質 (II). *山梨県衛公研年報*, 51, 39-43.
- 諏訪教育会 (1982) : 諏訪の自然誌 陸水編
鈴木裕一 (1994) : 八ヶ岳の湧水および地下水の水温について. *ハイドロロジー*, 24, 83-92.

(原稿受付 2014. 3. 10)