

富士北麓水資源の保全と活用のための水文科学的研究

内山 高¹・小田切幸次²・佐野 哲也⁴・小林 浩²・中村 高志⁴・長谷川達也¹・山本 真也¹・村中 康秀³・
神谷 貴文³・渡辺 雅之³・古屋 洋一³・吉澤 一家²・赤塚 慎¹・内山美恵子⁵
(¹山梨県環境科学研究所, ²山梨県衛生環境研究所, ³静岡県環境衛生科学研究所,
⁴山梨大学国際流域環境研究センター, ⁵都留文科大学)

Hydrologic science research for the management and utilization of ground water resources in the northern piedmont area of Mount Fuji

Takashi UCHIYAMA¹, Koji OTAGIRI², Tetsuya SANNO⁴, Hiroshi KOBAYASHI², Takashi NAKAMURA⁴, Tatsuya HASEGAWA¹, Shinya YAMAMOTO¹, Yasuhide MURANAKA³, Takafumi KAMITANI³, Masayuki WATANABE³, Yoichi FURUYA³, Kazuya YOSHIZAWA², Shin AKATSUKA¹, and Mieko UCHIYAMA⁵

(¹Yamanashi Institute of Environmental Sciences, ²Yamanashi Institute for Public Health, ³Shizuoka Institute of Environment and Hygiene, ⁴University of Yamanashi, ⁵Tsuru University)

要約: 山梨県内のうち、富士北麓地域では生活・産業用水の水資源のほぼすべてを地下水等に依存している。本研究では富士北麓の水資源としての地下水等の量的および質的安全性を確保するため、水文科学的研究を行う。水文科学的研究として、山梨大学で運用しているXバンドMPレーダ及び気象庁のCバンドレーダの降水強度から推定された降水量と富士北麓地域に設置された地上雨量計データとを比較し、精度の検証を行った。その結果、Xバンドレーダによる推定の方がより精度が高いことが分かった。次に富士北麓の代表的湧水である忍野八海の涵養源を推定するために、富士北麓における地表水、地下水、富士山の積雪の水素・酸素安定同位体比を測定した。既往の研究で報告されている富士山の降水と標高の近似直線（地下水涵養線）を用い平均涵養標高の推定を行った結果、湧水群の平均涵養標高は1250m以下であり、湧水標高（930m～940m）に近い値を示した。さらに、水の由来を探るために水質調査を行った。忍野八海のなかで最も南にある出口池のバナジウム濃度はその他の池の濃度より高かった。従って、忍野八海なかで出口池は富士山からの地下水が最も湧いている池だと考えられた。同じように、北麓の代表的湖である河口湖の湖底湧水の実態を明らかにすることを目的に、湖底直上水のバナジウム濃度の空間変化を調べた。その結果、バナジウム濃度の相対的に高い水塊が湖西盆東側の南岸に沿って確認された。これら場所では湖岸付近に降った雨水が、溶岩の亀裂などを通り、湖底湧水として湖へとしみ出している可能性があることが判明した。

Abstract: The resource of potable and industrial water supply is dependent more than ca.60% on the groundwater in Yamanashi Prefecture, and almost all in Mount Fuji northern piedmont area, especially. Therefore, we performed hydrologic science research in Mount Fuji northern piedmont area to ensure the quality and quantitative of the groundwater and spring as water resources. First, to estimate the rainfall amount with a high degree of accuracy, we investigated the accuracies of the rainfall amounts derived by the observations of X-band multi-parameter radar (X-MP radar) of University of Yamanashi and C-band meteorological radar (C-band radar) of Japan Meteorological Agency based on the surface rainfall amount observed by tipping bucket type rain gauges on the northern piedmont area of Mount Fuji. The estimation of rainfall amount derived by X-MP radar was higher-accuracy than that derived by C-band radar. Furthermore, X-MP radar derived detail rainfall amount in a narrow region. Secondary, to identify the sources of spring waters in Oshino Hakkai Springs; surface and subsurface water, and snowfall were analyzed for hydrogen and oxygen isotopes. And recharge-water line for the Mount Fuji reported in a previous study was applied to estimate the mean recharge elevation of spring waters. Those results suggests that the mean recharge elevations were less than 1250m, which were close to the elevation of spring waters (930m~940m). And also we conducted a water quality survey of Oshino Hakkai Springs. Vanadium concentration of Deguchiike Pond located on the south side the most Oshino Hakkai was higher than the concentration of other ponds. In Oshino Hakkai Springs, Deguchiike Pond contains huge underground water from Mount Fuji. Finally, the spatial distribution of vanadium concentrations was examined in bottom water from Kawaguchiko Lake. We found a relatively vanadium-enriched water mass along the southern coast of the

west lake basin, suggesting that a water mass with relatively high vanadium concentration is likely provided from underwater springs that are located in off coast of the basaltic lava flow of Mount Fuji.

1. 緒言

山梨県は生活・産業用水の水源の約6割を、とくに富士北麓地域ではほぼすべてを地下水等に依存している。さらに、近年では富士山の地下水の水質特性から、富士山麓ではミネラルウォーター産業が急発展し、水資源としての地下水の量と質の把握が急務となっている。しかしながら、富士山麓地域では火山山麓特有の複雑な地質構造から地下水流動の実態が十分解明されていない。このような状況で、富士山麓、特に富士北麓で将来にわたり安全な地下水・湧水を安定的に利用していくためには、富士北麓での水資源の総合管理・保全計画が必要とされる。さらに、世界文化遺産「富士山」の構成資産の一つとしての湧水群や富士五湖の水環境を将来にわたって保全していくためにも、富士山の水環境の保全対策が必要とされる。

このような中、本研究では富士北麓の水資源としての地下水・湧水の量的および質的安全性を確保するため、水文学的現状を把握することとした。水収支の導入部にあたる降水量を高精度かつ定量的に把握するため、気象庁のCバンドレーダの観測データと山梨大学のXバンドマルチパラメータレーダ（XバンドMPレーダ）の観測データを用いた検証を行う。また、蒸発散量の推定には、従来の水収支法等とあわせて、サップフローセンサーシステムを用いた試行もおこなう。これらの研究結果より、地下水の量的把握、水収支の検討を行う予定である。

さらに加えて、富士北麓の地下水・湧水の水質や由来に関する検討をおこなうために、代表的な湧水群である忍野八海および富士五湖の代表的な湖である河口湖において、主要イオン分析、微量元素分析、水（水素、酸素）の安定同位体比解析を実施する。

もちろん本研究の最終目標は、以上のような種々の水文学的調査・研究成果に基づいて、高精度の水理地質構造および地下水流動系を解明した上で、水循環モデルを構築し、当該地域の水収支結果ならびに水質にもとづいた検証結果から、富士北麓水資源の保全と活用のための水文学的モデルと地下水資源賦存量等の基礎資料を提供することにある。

本論では今年度研究成果としての、降水量推定に関するXバンドMPレーダの有効性について、ならびに富士北麓の水の由来を調べる研究として、世界文化遺産富士山の構成資産の一つで、この地域の代表的な湧水群である忍野八海と代表的な湖である河口湖の水質および同位体比解析結果について報告する。

2. XバンドMPレーダを用いた富士北麓地域での降水量推定に関する検討

2-1 解析対象地域・使用データ・解析方法の概要

2-1-1 解析対象地域

本章における解析対象地域を図2-1に示した。解析対象地域は富士山、天子山地、御坂山地、道志山地に囲まれた富士北麓地域とした。本章で使用した富士北麓地域内にある地上雨量計の標高は860～2305mと、いずれも高標高の位置に設置してあり、山梨大学のXバンドMPレーダ（以下、梨大レーダと呼ぶ）から地上雨量計までの直線距離はおよそ21～35kmの範囲である。

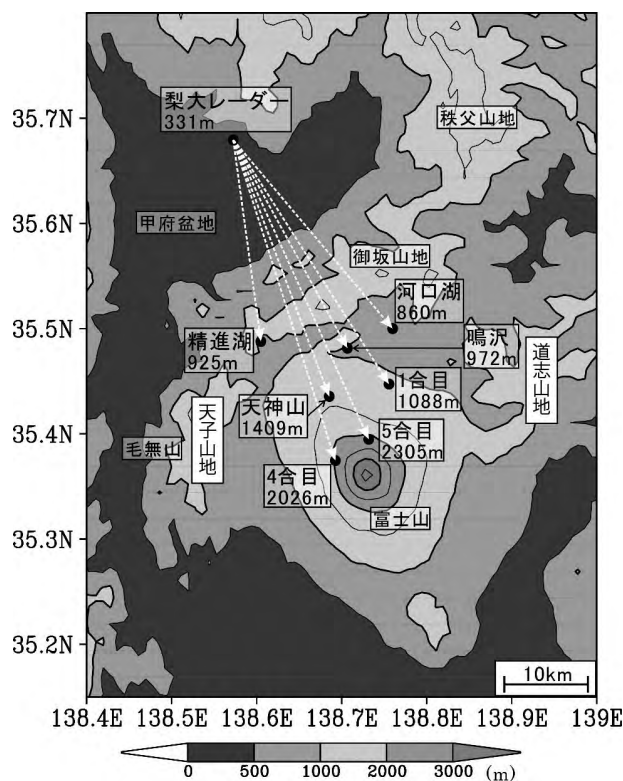


図2-1 梨大レーダと地上雨量観測地点の位置図

2-1-2 使用データ

本章において使用したデータは主に気象レーダの降雨強度データと地上雨量計の観測データの2つであり、このうち気象レーダで用いたデータは梨大レーダと気象庁のCバンドレーダ（以下、気象庁レーダと呼ぶ）の2種類である。

地上雨量計の観測データは、気象庁管理の河口湖アメダスと山梨県道路公社富士山有料道路管理事務所管理の富士山1合目・4合目・5合目の計4地点では観測単位が0.5mm刻みである。一方、山梨県県土整備部治水課管理の精進湖・

鳴沢・天神山の3地点では雨量計の観測単位が1mm単位である。その他に事例解析時における補足資料として気象庁ホームページ¹⁾にある地上天気図を使用した。

2-1-3 解析方法

梨大レーダによる観測データについて、真木と朴(2009)²⁾による降雨強度推定式に基づき、 Z_H (水平偏波のレーダ反射因子)、 K_{DP} (偏波間位相差変化率)を主としたパラメータを用いて降雨強度を算出した。この算出結果から得られた水平解像度500mのグリッドデータを解析データとし、富士北麓地域における降水量を推定した。

梨大レーダに対する比較対象として、気象庁レーダを使用し、気象業務支援センター発行の1kmメッシュ全国合成レーダ内にあるバイナリデータから、降雨強度に該当する部分を抽出した。この抽出結果から得られた水平解像度1kmのグリッドデータを解析データとし、梨大レーダと同様に降水量を推定した。

これらの推定データに基づき、富士北麓地域に設置している各々の地上雨量計データの実測値(地点データ)と地上雨量計のある緯度経度座標が当てはまる気象レーダのグリッドデータ(面データ)とを比較し、気象レーダで推定された降水量の精度について降水タイプ別に検証を試みた。降水タイプは層状性降雨と対流性降雨のどちらかに大別される。そのため降水タイプ別に推定値や実測値にどのような違いが生じるのかを捉えることとした。

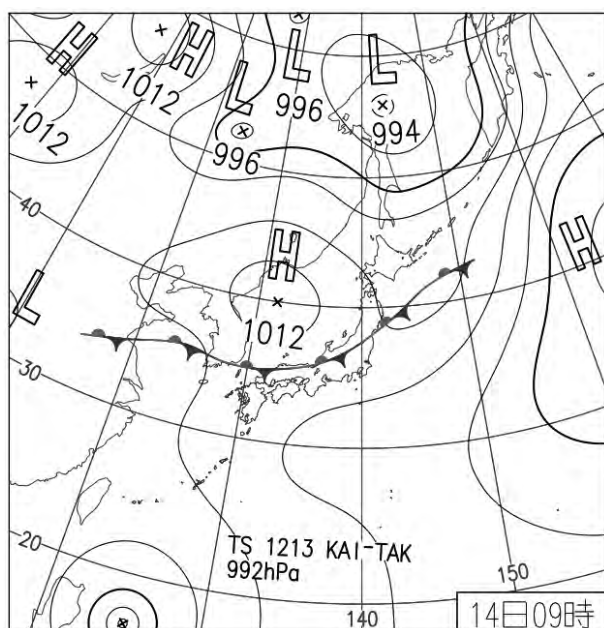


図2-2 2012年8月14日09:00JSTの地上天気図

2-2 解析結果

2-2-1 層状性降雨事例における解析結果

層状性降雨は、春雨や梅雨期にしばしば見られる層状

雲から降る雨のことで、地上の広い範囲に比較的一様な弱い降雨をもたらす。融解層上空の雪がゆっくりと下降し、融解層の下で雨滴に変化して地上に到達することで、降雨が形成される。本章では2012年8月14日に観測された層状性降雨事例を解析対象とした。

図2-2は解析対象日における09:00JST(日本標準時)の地上天気図である。当日の概況として、本州付近は日本海に中心を持つ高気圧と太平洋高気圧の間の気圧の谷にあり、停滞する前線に伴い、富士北麓地域周辺では層状性降水システムによる降雨が午前中に観測された。

そこで当日に降水が観測された04:00~11:00JSTを解析対象時間とし、富士山1合目・4合目・5合目での降水量の時系列変化を調べた(図2-3)。この図から気象庁レーダの推定降水量と梨大レーダの推定降水量がともに地上雨量計による実測値の大小の変化を良く捉えていることが伺えた。細かく解析すると、1合目と5合目の実測値との対応については、降水時に気象庁レーダの方が若干過大に降水量を見積もっている傾向が見えたほか、4合目の実測値との対応は06:30JSTや07:10JSTでの降水を除き、気象庁レーダと梨大レーダとでは推定降水量に明瞭な差異は認められなかった。また解析対象時間内における積算降水量について、梨大レーダによる推定値と地上雨量計による実測値とで面的な比較を行った(図2-4)。梨大レーダによる推定結果から、時間内積算降水量は富士山の北西斜面で10~20mm、さらに富士山の南西斜面で20~30mmであることが分かり、狭い領域内

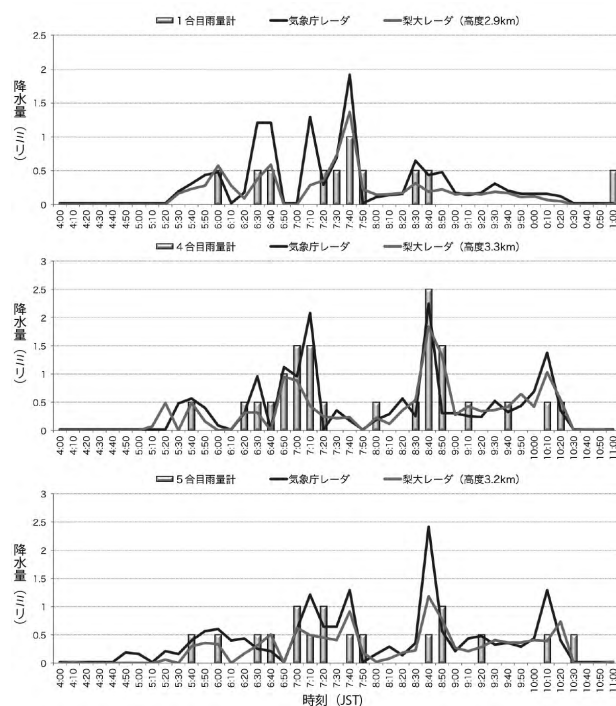


図2-3 2012年8月14日の地上雨量とレーダ推定降水量の時系列変化

(上段:1合目, 中段:4合目, 下段:5合目)

においても降水量の分布に差異があることが認められた。一方、富士山の北東方向や南東方向では無降水と見積もられたが、この地域は梨大レーダから送信された電磁波が地形の遮蔽により届かない領域にあたり、梨大レーダでは推定不可能となっていることに起因する。また積算降水量の推定値と実測値を比較した結果、富士北麓地域内における両値の多寡の傾向は概ね一致しており、天神山や富士山4合目などでは両値のずれは小さいことが分かった。ただし、地点毎の両値の差を細かく見ていくと、全体的な傾向として梨大レーダによる推定の積算降水量はやや過大評価している状況が読み取れた。

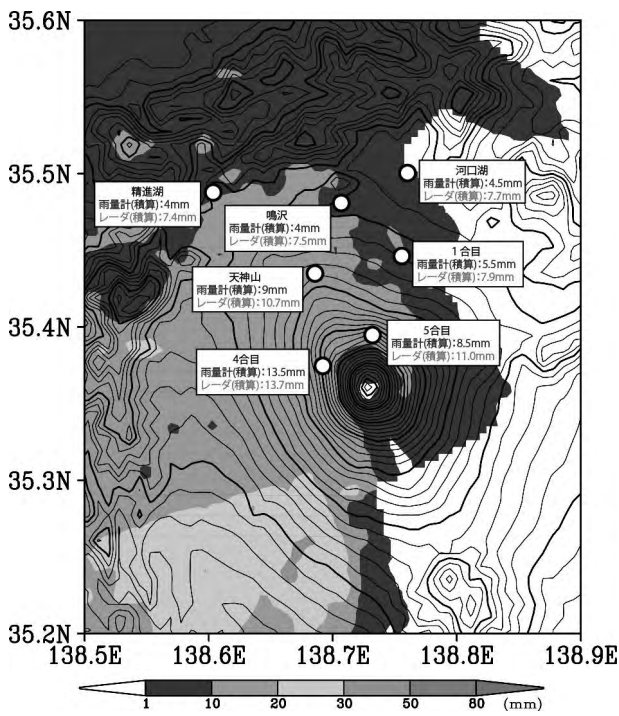


図2-4 梨大レーダによる推定の積算降水量と地上雨量の積算値の比較分布図 (2012年8月14日04:00~11:00JST)

2-2-2 対流性降雨事例における解析結果

対流性降雨は対流雲(積乱雲)から降る雨のことで、地上の狭い範囲に短時間で強い降雨をもたらす。夏季の夕立はその一例である。本章では富士山周縁部で強雨が観測された2012年8月17日と富士山頂付近で強雨が観測された2012年7月14日の2事例を対流性降雨事例の解析対象とした。

1) 2012年8月17日の対流性降雨事例

図2-5は解析対象日における09:00JSTの地上天気図である。当日の概況として、東日本は太平洋高気圧に覆われて広範囲で真夏日を記録した一方、上空に寒気が南下した影響で午後は大気の状態が不安定となり、富士北麓では昼過ぎから宵のうちにかけて、対流システムの通過に伴う短時間強雨が観測された。そこで当日、強雨が

顕著に観測された精進湖における降水量の時系列変化と時間-高度断面図を調べた(図2-6、図2-7)。

地上雨量の時系列変化から、17:00~17:40JSTにおいて4~5mm/10minの強雨のピークを観測しており、梨大レーダと気象庁レーダともにこのピークをしっかりと捉えていることが分かった。ただし17:20~17:30JSTに実測値で見られる一時的な強雨の弱まりについて、梨大レーダでは適切に捉えているが、気象庁レーダでは捉

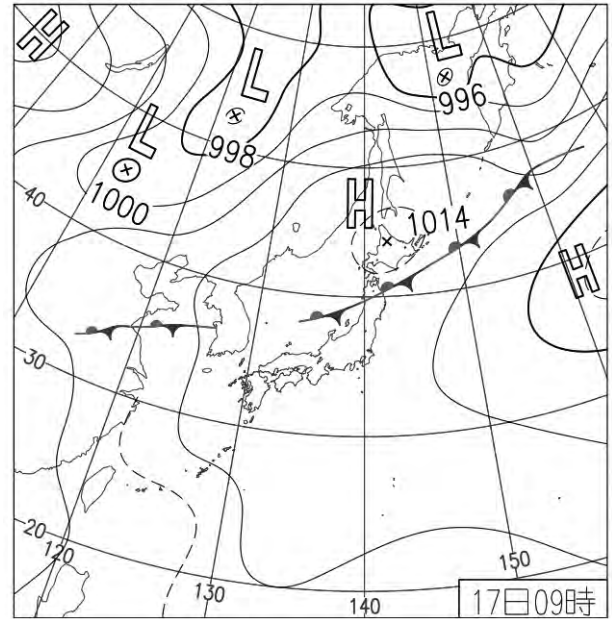


図2-5 2012年8月17日09:00JSTの地上天気図

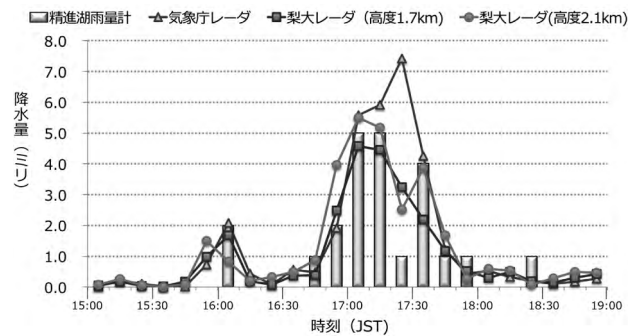


図2-6 2012年8月17日の地上雨量とレーダ推定降水量の時系列変化(精進湖)

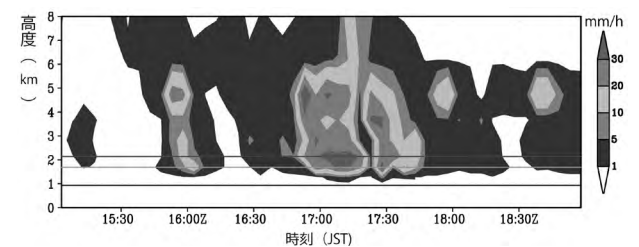


図2-7 梨大レーダによる2012年8月17日の降水強度と時間・高度断面図の変化(精進湖)

えきれておらず、むしろ解析対象時間内での最大ピークとして認識してしまっている。また時間-高度断面図の変化から、16:00~16:10JSTの最初の降雨と17:00~17:40JSTの強雨が高度約5~6kmにまで成長した対流雲によってもたらされた降雨であったことや、地上雨量が観測されなかった時間においても高度の高い所では弱い降水が捉えられていることが認められた。

また解析対象時間内における積算降水量について、梨大レーダによる推定値と地上雨量計による実測値とで面的な比較を行った(図2-8)。

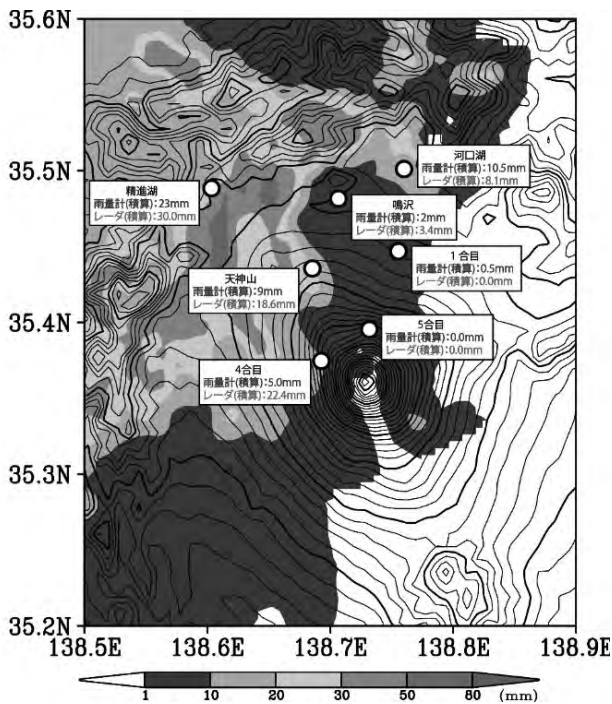


図2-8 梨大レーダによる推定の積算降水量と地上雨量の積算値の比較分布図
(2012年8月17日15:00~19:00JST)

梨大レーダによる推定から、本事例での積算降水量の極大域は富士山周縁部にあたる御坂山地から天子山地にかけた山地にあることが判明した。富士北麓地域では極大域に近い精進湖において20mmを超えるまとまった雨が推定されたが、富士山頂付近では極僅かの降水が見積もられた程度であった。これを実測値との比較で見ると、富士山4合目と天神山以外の地点では推定の積算降水量と実測の積算降水量との間に大きな差は見られず、本事例における推定の積算降水量分布図が的確であることが分かった。

2) 2012年7月14日の対流性降雨事例

図2-9は解析対象日における09:00JSTの地上天気図である。当日の概況として、本州付近に停滞する梅雨前線に向かって南から暖湿流が流れ込み、富士北麓地域では未明から明け方にかけて強い雨を観測した。

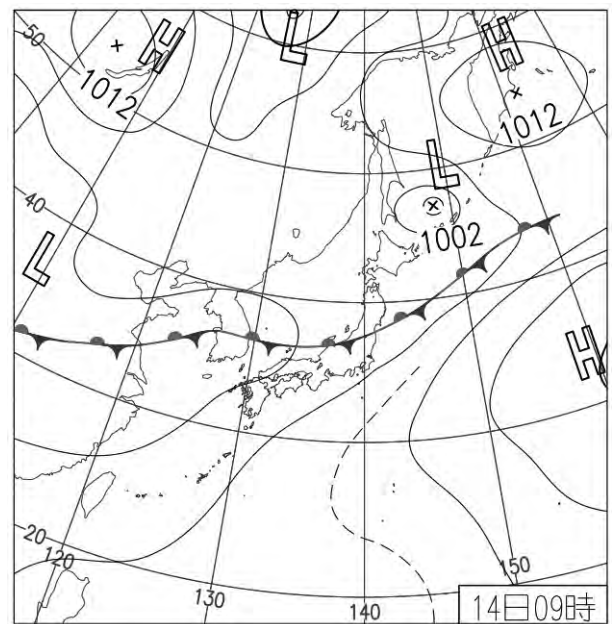


図2-9 2012年7月14日09:00JSTの地上天気図

そこで当日に強雨が観測された00:00~04:00JSTを解析対象時間とし、富士山1合目・4合目・5合目での降水量の時系列変化を調べた(図2-10)。各地点の雨量計から、00:00~03:00JSTにおいて断続的にまとまった降水を観測しており、4合目や5合目の地点では02:30JSTをピークに8.5~12mm/10minのやや強い雨を記録した。一方、気象レーダに関しては気象庁レーダと梨大レーダともに実測値の強弱の変化をうまく推定できている

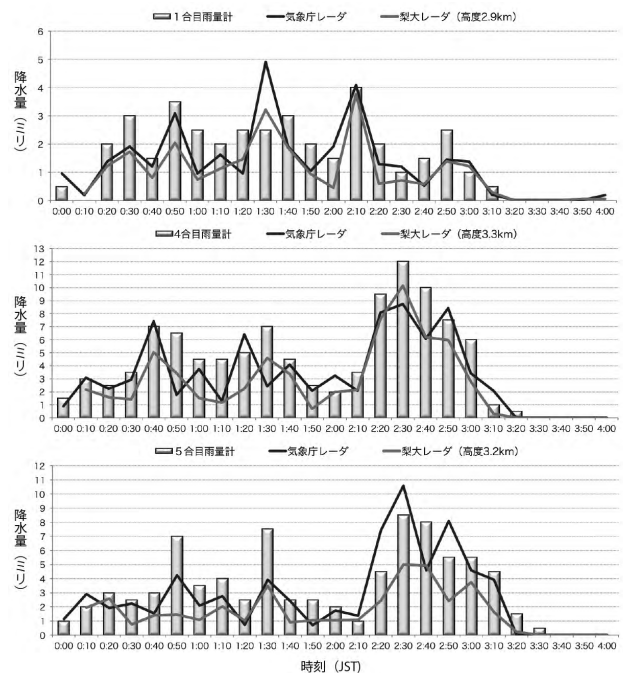


図2-10 2012年7月14日の地上雨量とレーダ推定降水量の時系列変化
(上段：1合目，中段：4合目，下段：5合目)

が、全体的には実測値と比べて過小評価する傾向にあり、特に梨大レーダではその傾向が顕著であった。

また解析対象時間内における積算降水量について、梨大レーダによる推定値と地上雨量計による実測値とで面的な比較を行った(図2-11)。梨大レーダによる推定結果から、本事例では富士山に近い地域ほど積算降水量が多くなる傾向にあり、特に富士山の西側及び東側斜面では時間内積算降水量が50mm以上と推定されており、局所的な降水の極大域を解析できていることが分かった。さらに積算降水量の推定値と実測値を比較した結果、層状性降雨事例と同様に富士北麓地域内における両値の多寡の傾向は概ね一致したが、全体的には梨大レーダによる推定は過小評価傾向にあり、特に富士山4合目・5合目では推定値に対して2倍近くの降水が地上雨量計で観測されている結果となった。

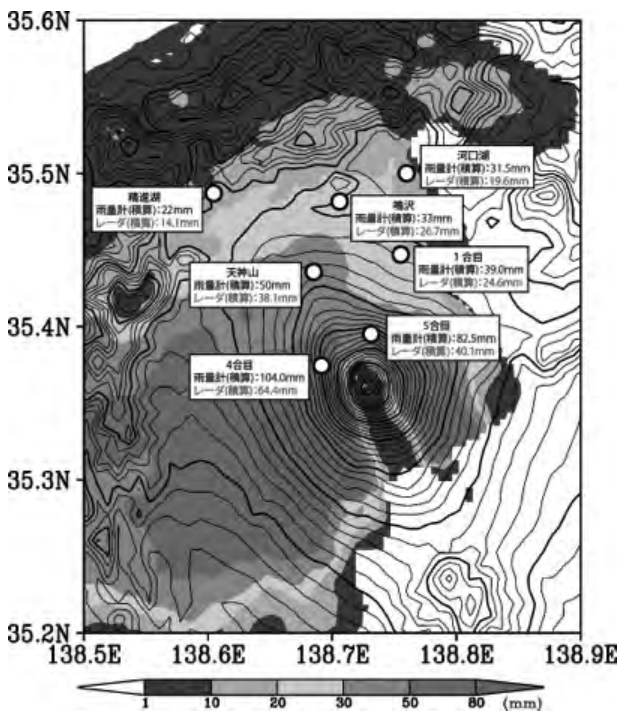


図2-11 梨大レーダによる推定の積算降水量と地上雨量の積算値の比較分布図
(2012年7月14日00:00~04:00JST)

2-3 考察

2-3-1 気象庁レーダと梨大レーダの推定精度について

今回の事例解析から2012年8月14日の層状性降雨事例と2012年7月14日の対流性降雨事例において、気象庁レーダと比べて梨大レーダの方がより実測値に即した降水量の推定を行えることが確認された。これは両レーダの特性に由来するものと考えられる(表1)。

気象庁レーダと比較して梨大レーダは水平解像度が2倍高く、1立方体(1グリッド)で考えた場合は8倍もの情報量を持つ。そのため局所的な降水現象や気象庁レー

ダでは一様に見られる降水域内でも、より細かな強度の違いを捉えることができる。また梨大レーダでは水平方向に加えて鉛直方向の偏波も送信しているため、両偏波の位相差から降雨減衰の影響を受けずに降水強度を推定することが可能である。これらの性能を梨大レーダは有するため、気象庁レーダよりも精度の高い推定が可能である。

表1 気象レーダの諸元

(諸元については、梨大レーダはSano et al. (2012)³⁾、気象庁レーダは深尾と浜津(2005)⁴⁾から引用)

レーダの種類	梨大レーダ	気象庁レーダ
波長帯	Xバンド(3cm)	Cバンド(5cm)
観測範囲	半径6.4km	半径200km
水平解像度	500m	1km
送信偏波	水平, 垂直	水平

2-3-2 梨大レーダの推定値と地上雨量計の実測値との差

2-2で述べた結果から、精度の高い梨大レーダによる推定値でも地上雨量計による実測値との時系列変化や積算降水量において、少なからず誤差が生じているが分かった。

この原因については大きく分けて2つに分別されると考える。1つ目は気象レーダと地上雨量計との観測手法の違いである(図2-12)。

梨大レーダは1グリッド内に存在する雨滴の平均値を降水強度(降水量)として換算しているのに対し、地上雨量計はわずか直径20cmの受水器に捕捉された雨滴のみを降水量として計測する。つまりそれぞれ観測手法が異なるもの同士を比較するため、少なからず誤差が生じる。

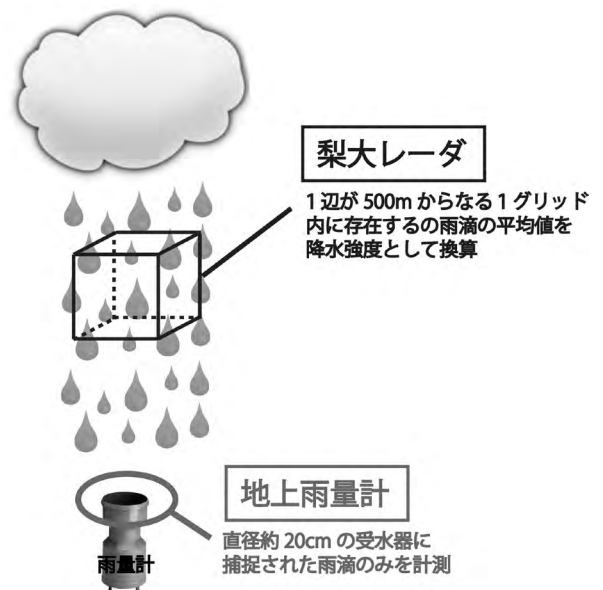


図2-12 気象レーダと地上雨量計との観測手法の違いを示した模式図

2つ目の誤差要因は気象レーダで観測された雨滴が地上に達するまでに受ける物理的影響によるものである。具体的には雨滴が上空から地上に到達するまでに、雨滴同士が併合したり分裂したりする他、大気下層が乾燥している場合や降水強度として弱い場合などは地上に到達するまでに雨滴が蒸発してしまう。また地上付近においても特に山岳地域は風による影響を受けやすいため、雨量計に確実に捕捉されないこともある。これら2つによる要因が誤差を生じさせ、これらの誤差の積み重ねが地点によっては積算降水量の推定値と実測値との間に大きな差をもたらすと思われる。

3. 富士北麓の水同位体比

水の水素および酸素安定同位体比は地下水の起源の推定や水系の区分、流動解析などで有用なトレーサーとして広く利用されている。本研究では富士北麓域における地下水の水文状況を把握するために水の水素および酸素安定同位体比を用いた検討を実施している。本年度は、忍野村の西部に位置する湧水群（忍野八海等）を中心に調査・研究を展開した。この湧水群は観光資源としての価値が高いだけでなく、桂川水系の水源を成し水資源的価値も高い。

3-1 実験方法

忍野地域の湧水群の水文学的特性を把握するために、対象地域の湧水、河川水、地下水を2013年6月から2014年1月の期間に毎月（地下水については隔月）で採水を行った。湧水は、忍野八海に属する出口池、お釜池、底抜池、銚子池、湧池、濁池、鏡池、菖蒲池で採取した。また、忍野八海湧水群から東に1km弱離れた地点にある鷹丸尾湧水群の浅池において2ヶ所の湧水を採取した。河川水は、湧水が流出する桂川において4地点、新名庄川2地点、阿原川1地点で採水を行った。富士北麓の地下水は山梨県環境科学研究所の井戸を用いて採取した。井戸の深度は150mである。さらに比較のために、山梨県が所有していた河口湖ならびに山中湖の湖水、富士山の積雪を試料として入手した。

水の水素および酸素安定同位体比は、山梨大学大学院医学工学総合研究部附属国際流域環境研究センター所有の同位体分析装置により、キャピティーリングダウン分光光度法（PICARRO, L1102-i）で測定した。安定同位体比の値は以下の式で定義する。

$$\delta \text{ sample } (\%) = \left[\frac{R_{\text{sample}} - R_{\text{standard}}}{R_{\text{standard}}} \right] \times 1000 \quad (1)$$

ここで、RはD/Hまたは $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ である。水の水素および酸素安定同位体比測定のスタンダードは国際標準物質

のV-SMOW, SLAP, GISPから値付けされた3種の異なる同位体比値を有するワーキングスタンダードを用いた。測定の精度については、水素安定同位体比で $\pm 0.5\%$ 、酸素安定同位体比で $\pm 0.05\%$ であった。

3-2 結果

表3-1に湧水、地下水、河川水、湖水、富士山の積雪の水素および酸素安定同位体の統計値を示す。最も低い同位体比値を示したのは富士山の積雪で、水素および酸素安定同位体比値はそれぞれ、 -192% ～ -64% ならびに -25.3% ～ -10.8% の範囲で変動し、平均値は -112.4% ならびに -16.1% であった。深度150mの井戸水の水素および酸素安定同位体比値はそれぞれ、 -82% ～ -80% ならびに -11.9% ～ -11.4% で変動し、その範囲は極めて小さかった。湧水の水素および酸素安定同位体比値はそれぞれ、 -68% ～ -57% ならびに -10.2% ～ -7.6% の範囲で変動し、その平均値は -63% ならびに -9.4% を示し、富士山の降雪や深度150mの井戸水より優位に高い同位体比値を示した。河川水の水素および酸素安定同位体比値はそれぞれ、 -66% ～ -51% ならびに -9.9% ～ -7.2% の範囲で変動し、その平均値は -62% ならびに -9.4% を示し、湧水の変動範囲ならびに平均値と良く一致している。湖水の水素および酸素安定同位体比値はそれぞれ、 -70% ～ -50% ならびに -10.4% ～ -6.4% の範囲で変動し、その平均値は -57% ならびに -8.0% で比較的高い値を示した。

表3-1 各種水試料の酸素および水素安定同位体比の統計

	No. of samples	$\delta^{18}\text{O}$ in H_2O δD in H_2O d-excess			
			‰	‰	‰
Spring water	81	Mean	-9.4	-62.9	12.8
		Median	-9.5	-63.2	12.9
		Minimum	-10.2	-68.0	9.4
		Maximum	-7.6	-56.9	16.5
Groundwater	4	Mean	-11.6	-81.1	12.0
		Median	-11.6	-81.2	11.9
		Minimum	-11.9	-82.0	10.8
		Maximum	-11.4	-80.2	13.2
River water	56	Mean	-9.4	-62.5	12.6
		Median	-9.5	-62.8	12.6
		Minimum	-9.9	-65.6	6.6
		Maximum	-7.2	-51.0	14.9
Lake water	173	Mean	-8.0	-57.0	7.2
		Median	-7.8	-56.4	7.1
		Minimum	-10.4	-70.0	1.6
		Maximum	-6.4	-49.6	14.5
Snow	6	Mean	-16.1	-112.4	16.6
		Median	-15.3	-107.1	17.7
		Minimum	-25.3	-191.6	10.6
		Maximum	-10.8	-63.8	22.6

3-3 考察

標高と各標高における降水の水素および酸素安定同位体比値の間には負の相関が得られる（高度効果）ことが知られている。富士山にでも標高が高い地点の降水ほど低い同位体比値を示すことが報告され、東・西・南麓における酸素安定同位体比値は $-0.18\%/100\text{m}$ で減少し、

北麓については-0.18‰/100mで減少することが確認されている(安原ほか2007)⁵⁾。富士山の積雪で特に低い水の水素および酸素安定同位体比値を示したのは、この高度効果を反映しているためと考えられる。また、富士北麓の深度150mの井戸水の水素および酸素安定同位体比値が比較的低い値を示したことについても、富士山の高度効果を反映している、いわゆる富士山の地下水を揚水していると考えられる。一方、忍野八海ならびに鷹丸尾の湧水については、深度150mの井戸水(富士山の地下水)より明らかに高い同位体比値を示していることから、深度150mの井戸水よりも低い涵養標高を有していると考えられる。桂川、新名庄川、阿原川の同位体比値が湧水のそれと良く一致したのは、これらの河川水の殆どが湧水により形成されていることを反映している。

湧水、地下水、河川水、河口湖および山中湖の湖水、富士山の積雪の水素と酸素の安定同位体比の関係を図3-1に示した。合わせて安原ら(2007)⁵⁾によって観測された富士山の降水の水素および酸素安定同位体比値の近似直線(ローカルな天水線)を示した。富士山の積雪ならびに深度150mの井戸水については天水線上に分布し、井戸水については降水による涵養を示唆する結果が得られた。湧水、河川水、湖水については、天水線より低い傾きを示しながら乖離する傾向が示されている。湖

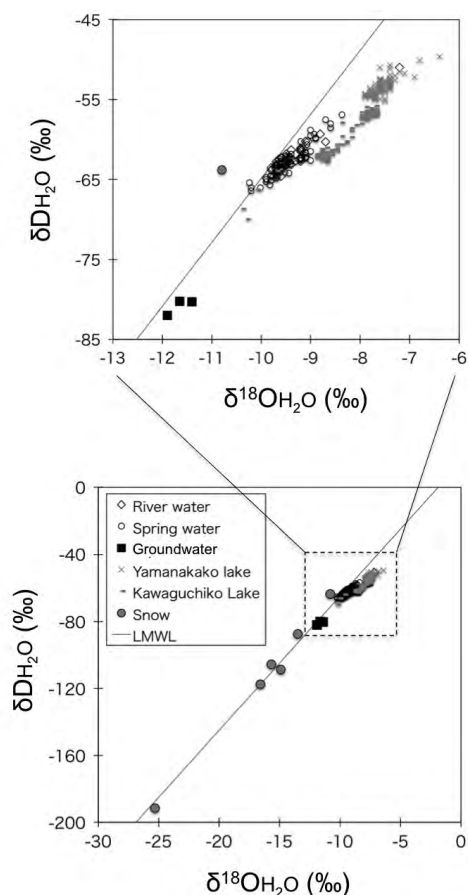


図3-1 各種水試料の水素および酸素安定同位体比

水については蒸発による同位体の分別により、天水線の傾きより低い傾きを示し変動することがある(例えばWeitz et al. 2013)⁶⁾。地下水についても同様で、地下水の涵養の過程で蒸発を受ける場合は、同位体比値に反映されることもある(例えばBoronina et al. 2005)⁷⁾。これらのことから、本研究で対象とした湧水については、蒸発を受けながら涵養されている可能性が上げられる。一方、湧水の水素および酸素安定同位体比は山中湖と天水線の間に広く分布していることに留意すると、天水と湖水の混合により形成されている可能性も無視できない。この点については今後、地下水位の分布等から得られている地下水流動と合わせて考察する必要がある。

忍野八海ならびに鷹丸尾湧水群で採取された湧水の酸素安定同位体比値を図3-2に示す。忍野八海の各湧水については、出口池で比較的低い同位体比値を示したものの、その他の湧水については-10.0‰~-9.0‰の範囲内で一定である。鷹丸尾湧水群の2湧水については、湧水群の中でも高い同位体比値を示した。これらの湧水の平均的な涵養標高を把握するために、既往の研究(安原ほか2007)⁵⁾で得られた富士山の降水の酸素安定同位体比値と標高を直線で近似した、いわゆる地下水涵養線(recharge water line)を用いた推定を行った。富士北麓で得られた地下水涵養線($H(m) = -833 * \delta^{18}O - 8515$)を用いて推定したところ、求められた涵養標高が実際の湧水標高より低い結果を示した。そこで、東・西・南麓で得られた地下水涵養線($H(m) = -555 * \delta^{18}O - 4437$)を用いたところ、出口池の湧水の平均涵養標高は950m~1250mと推定された。お釜池、底抜池、銚子池、湧池、濁池、鏡池、菖蒲池の平均涵養標高は560m~1060mと推定された。鷹丸尾湧水群については、210m~680mと推定された。これらの湧水群の湧水標高は930m~950m程度なので、推定結果が湧水標高より低い結果が得られている。この結果については、降水の調査が極めて困難な富士山において、限られた降水試料で地下水涵養線が作成されているため、現時点での推定精度の限界であることが考えられる。しかしながら、この貴重な先行研究で得られた地下水涵養線から推定された湧水の平均涵養

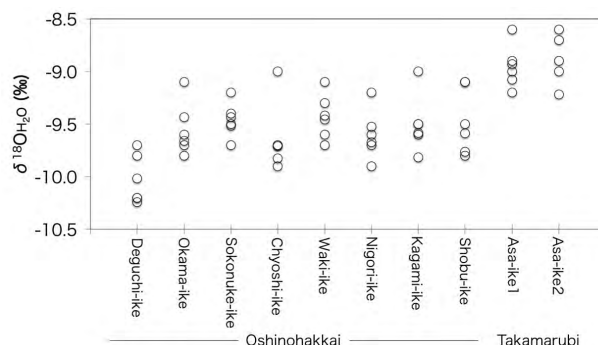


図3-2 忍野八海ならびに鷹丸尾湧水群の各湧水の酸素

標高は、湧水標高とそれほど差はなく、低標高での涵養が卓越している可能性が挙げられた。この推定の妥当性については、硝酸イオンの同位体など、他のトレーサーを利用することで評価していくことを計画している。

4. 忍野八海およびその周辺河川の水質調査

忍野村の西部に位置する忍野八海は世界文化遺産に登録された富士山の構成資産の一つであり、富士北麓地域を代表する湧水群として観光産業の一端を担っている。また、村内には地下水を原料とするミネラルウォーターの工場がいくつも存在し、忍野村の産業の一つとなっている。一方、忍野村の水道普及率は62.5%と山梨県内で最も低い。これは、忍野村には家庭用の井戸が多数あり、これが水道水に代わって生活用水として多く使われているためである。従って、富士北麓地域の地下水を調査・研究するためには忍野八海およびその周辺の地下水や河川水の調査は欠かすことができない。そこでまず、忍野八海（8カ所）、その周辺の河川水（7カ所）について2013年6月から毎月採水して水質分析を行った。今回の報告書には12月までの結果を示す。

4-1. 実験方法

4-1-1 採水地点および採水方法

忍野八海の採水地点は①出口池、②お釜池、③底抜池、④銚子池、⑤湧池、⑥濁池、⑦鏡池、⑧菖蒲池の8カ所。周辺河川の採水地点は⑨桂川－尾崎橋、⑩桂川－新名庄川合流前、⑪桂川－白久保橋、⑫桂川－忍野橋、

⑬新名庄川－八海橋、⑭新名庄川－茂平橋、⑮阿原川－八海橋の7カ所た（図4-1）、採水日は表4-1に示すとおりである。

採水はヒシャクあるいはポリバケツを用いて行い、現場で水温、電気伝導率およびpHの測定を行った。

4-1-2 総窒素および総リンの測定

全窒素の測定はペルオキシ二硫酸カリウム・水酸化ナトリウム溶液をサンプル（ろ過なし）に加え、オートクレーブで分解した後、塩酸でpHを調整して220nmの吸光度を測定して全窒素濃度を算出した。

全リンの測定は全窒素と同様にペルオキシ二硫酸カリウムをサンプル（ろ過なし）に加えオートクレーブを用いてサンプルを分解し、モリブデン酸とアルコールピニン酸を加えて発色させ、880nmの吸光度を測定して全リン濃度を算出した。

4-1-3 主要イオンの測定

主要イオン（ F^- 、 Cl^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 NO_2^- 、 SO_4^{2-} 、 PO_4^{3-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 NH_4^+ ）は0.2マイクロメートルのメンブランフィルターでろ過したサンプルを静岡県環境衛生科学研究所のイオンクロマトグラフィーで測定を行った。

表4-1 採水日

回	年	月	日	曜日
1	2013	6	28	金
2	2013	7	26	金
3	2013	8	29	木
4	2013	9	24	火
5	2013	10	22	火
6	2013	11	19	火
7	2013	12	25	水

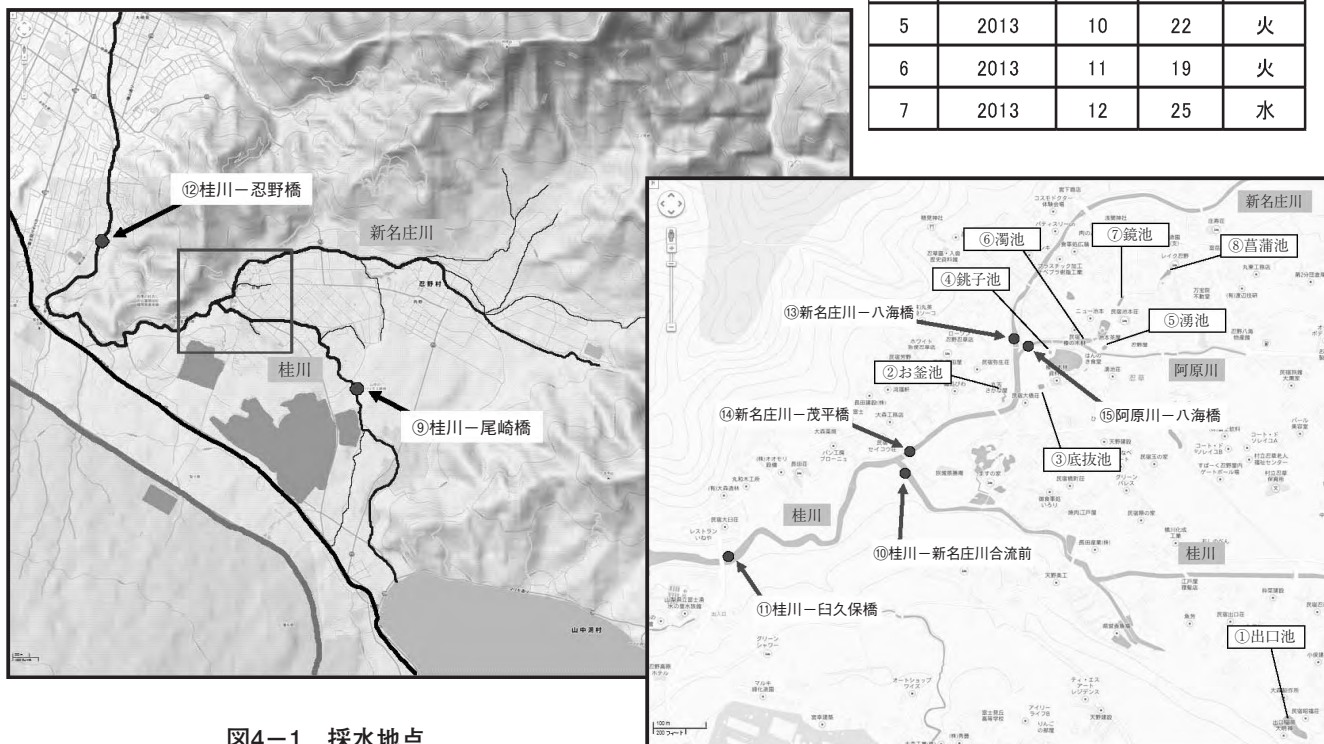


図4-1 採水地点

4-1-4 微量元素の測定

微量元素 (Li, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, As, Se, Rb, Sr, Mo, Sb, Cs, U) は0.2マイクロメートルのメンブランフィルターでろ過したサンプル10mLに硝酸0.1mLを加え、ICP-MSで分析した。

4-2. 結果

4-2-1 pHおよび電気伝導度の測定結果

忍野八海ならびに周辺河川水のpHを測定した結果、いずれのサンプルにおいてもpHは8弱で、弱塩基性であることが示された (図4-2)。これまでの我々の調査をはじめとして多くの調査においても、富士山周辺の地下水のpHは8前後であることが報告されており、それらと同様の結果であった。図4-3に電気伝導度の測定結果を示す。忍野八海の電気伝導度は①出口池で130 μ S/cmと8つの池の中で最も低かった。次に③底抜池、⑤湧池も低い傾向にあった。周辺河川水の電気伝導度は⑬新名庄川-八海橋、その下流である⑭新名庄川-茂平橋で比較的高かった。また、⑮阿原川-八海橋でも同様に高い傾向が認められた。

4-2-2 全窒素および全リンの測定結果

全窒素を測定した結果を図4-4に示す。忍野八海では①出口池が1mg/L弱と最も少ないことが示された。次に③底抜池、⑤湧池が2mg/L未満と低い値を示した。周辺河川の全窒素の結果から、桂川では⑨桂川-尾崎橋が

ら⑩桂川-新名庄川合流前までの間に濃度が上昇していることが示された。そして、新名庄川 (⑬新名庄川-八海橋、⑭新名庄川-茂平橋) と阿原川 (⑮阿原川-八海橋) の全窒素濃度は桂川 (⑩桂川-新名庄川合流前、⑪桂川-茂平橋) よりさらに高いことが示された。

忍野八海ならびに周辺河川の全リンを測定した結果を図4-5に示す。忍野八海では⑦鏡池、⑧菖蒲池で共に低い値が示された。これは後述するリン酸イオンと同様である。

周辺河川の全リンを測定した結果、⑬新名庄川-八海橋が最も低く、次に⑨桂川-尾崎橋も他の地点に比べ全リンが少ないことが示された。このパターンも後述するリン酸イオンと同様である。

4-2-3 主要イオンの測定結果

各サンプルのナトリウムイオン、マグネシウムイオンの測定結果を図4-6に、カリウムイオン、カルシウムイオンの測定結果を図4-7に示す。忍野八海において、4つの陽イオンは共に①出口池で低い傾向が認められた。この傾向は、二価の陽イオンであるカルシウムイオン、マグネシウムイオンで顕著であった。周辺の河川水において、ナトリウムイオンとマグネシウムイオンには特徴的な濃度パターンは認められなかった。カリウムイオンは⑬新名庄川-八海橋で高い傾向が認められた。カルシウムイオンは⑬新名庄川-八海橋、⑭新名庄川-茂平橋、⑮阿原川-八海橋で若干高い傾向が認められた。

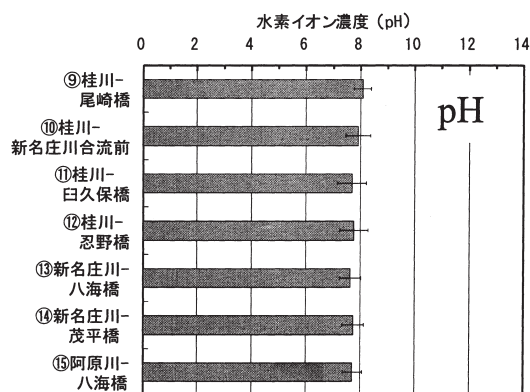
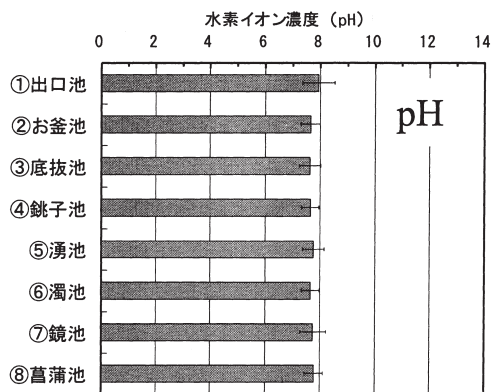


図4-2 忍野八海と周辺河川のpH

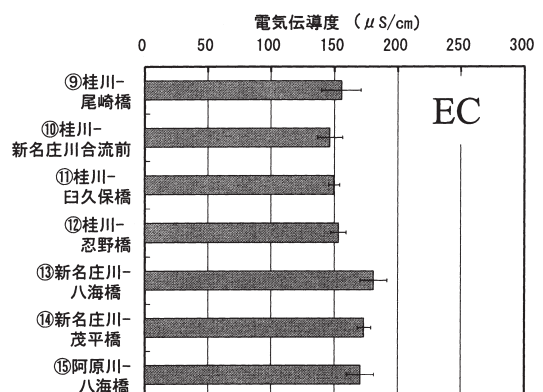
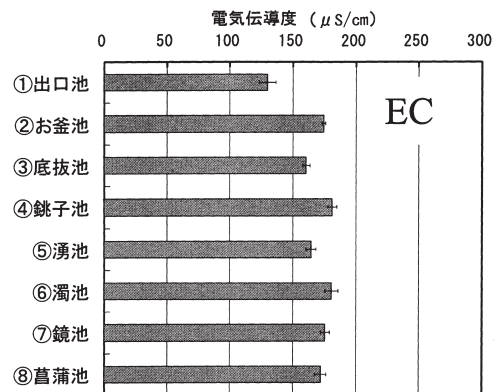


図4-3 忍野八海と周辺河川の電気伝導度

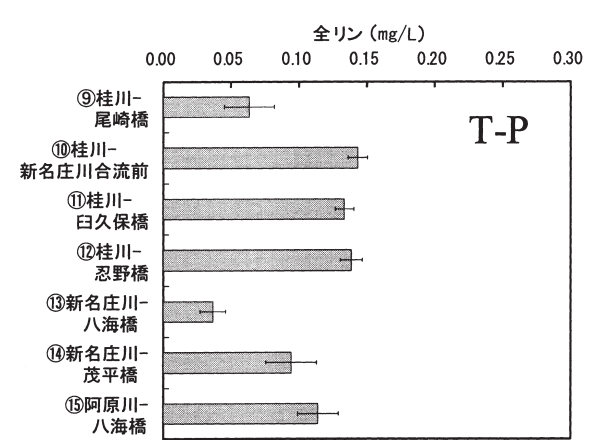
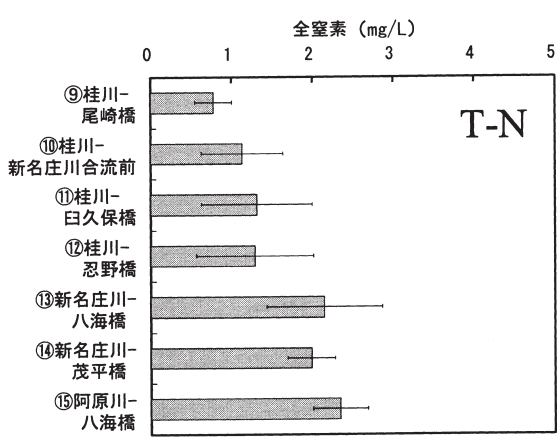
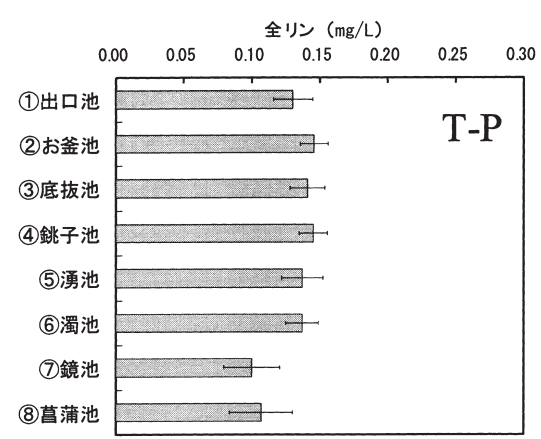
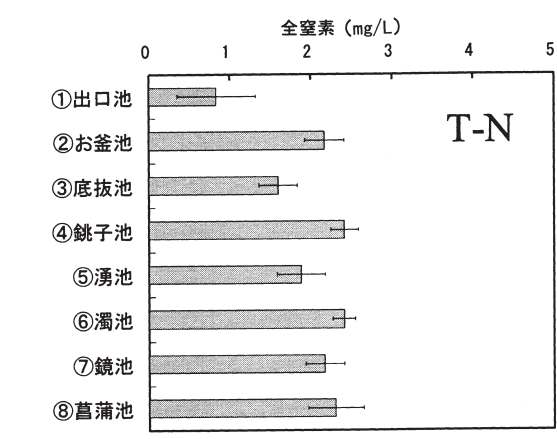


図4-4 忍野八海と周辺河川の全窒素

図4-5 忍野八海と周辺河川の全リン

陰イオンである塩化物イオン、硫酸イオン、硝酸イオンを測定した結果を図4-8に示す。忍野八海の塩化物イオンは顕著な変動は認められなかった。しかし、周辺河川では⑬新名庄川-八海橋で高い傾向が認められ、下流である⑭新名庄川-茂平橋までその影響が残っていることが示された。新名庄川は忍野村の人口の多い地域を流れているため、生活排水の流入が考えられる。また、桂川の上流地点である⑨桂川-尾崎橋の塩化物イオン濃度が高かったが、この原因については不明である。

忍野八海の硫酸イオンおよび硝酸イオンは①出口池の値が低く、②お釜池、④銚子池、⑥濁池、⑦鏡池、⑧菖蒲池の値が比較的高かった。周辺河川においては両イオンともに⑮阿原川-八海橋で高い値を示した。これは、②お釜池、④銚子池、⑥濁池の流入によるものと考えられる。新名庄川（⑬新名庄川-八海橋、⑭新名庄川-茂平橋）で硫酸イオンならびに硝酸イオンが高いのは塩化物イオン同様に生活排水由来の可能性が考えられる。

リン酸イオンならびにフッ化物イオンを測定した結果を図4-9に示す。リン酸イオンは忍野八海の⑦鏡池、⑧菖蒲池で共に低い値が示された。周辺河川を測定した結果においては、⑬新名庄川-八海橋で極端に低い値が示され、阿原川（⑮阿原川-八海橋）の合流により⑭新名庄川-茂平橋でリン酸イオン濃度が上昇していること

が示された。⑮阿原川-八海橋でリン酸イオンが高いのは、硫酸イオンや硝酸イオンの場合と同様に阿原川に②お釜池、④銚子池、⑥濁池が流入していることに由来していると考えられる。また、桂川上流（⑨桂川-尾崎橋）から中流（⑩桂川-新名庄川合流前）にかけてリン酸イオン濃度の上昇がみとめられ、これらリン酸イオンの濃度パターンは図4-5で示した全リンのパターンと同様である。従って全リンの主な成分は無機のリン酸イオンであると考えられた。

フッ化物イオンを測定した結果、忍野八海では大きな変動は観察されなかった。周辺河川では、リン酸イオンと同様に桂川上流（⑨桂川-尾崎橋）から中流（⑩桂川-新名庄川合流前）にかけてフッ化物イオン濃度の上昇が認められた。

4-2-4 微量元素の測定結果

富士山の地下水にはバナジウムが多く含まれており、富士吉田市や富士河口湖町の地下水では50~60 μg/L含まれている。鳴沢村では80 μg/Lを超える場所もある。忍野八海のバナジウム濃度を測定した結果を図4-10に示す。①出口池が50 μg/L前後で忍野八海の中では最も高かった。しかし、残りの7つの池では大きな違いがなく40 μg/Lと富士山周辺の地下水に比べて低い値であった。周辺河川では、桂川上流の山中湖に最も近い①桂川

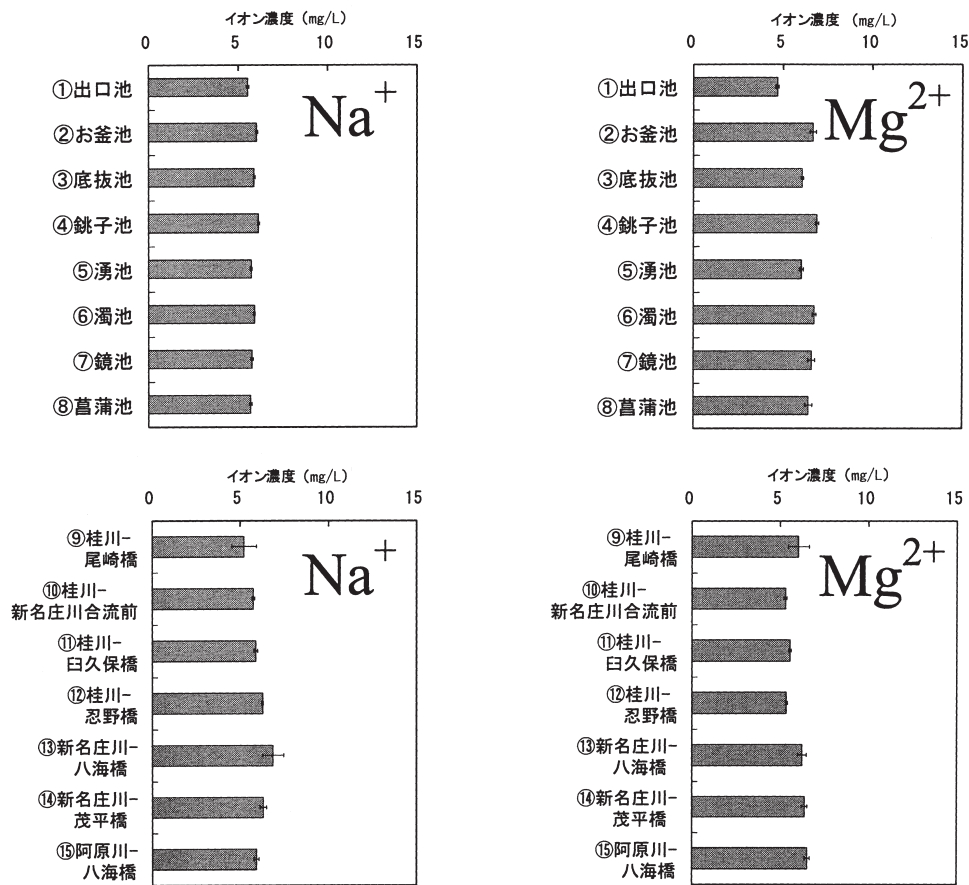


図4-6 忍野八海と周辺河川のナトリウムイオンとマグネシウムイオンの測定結果

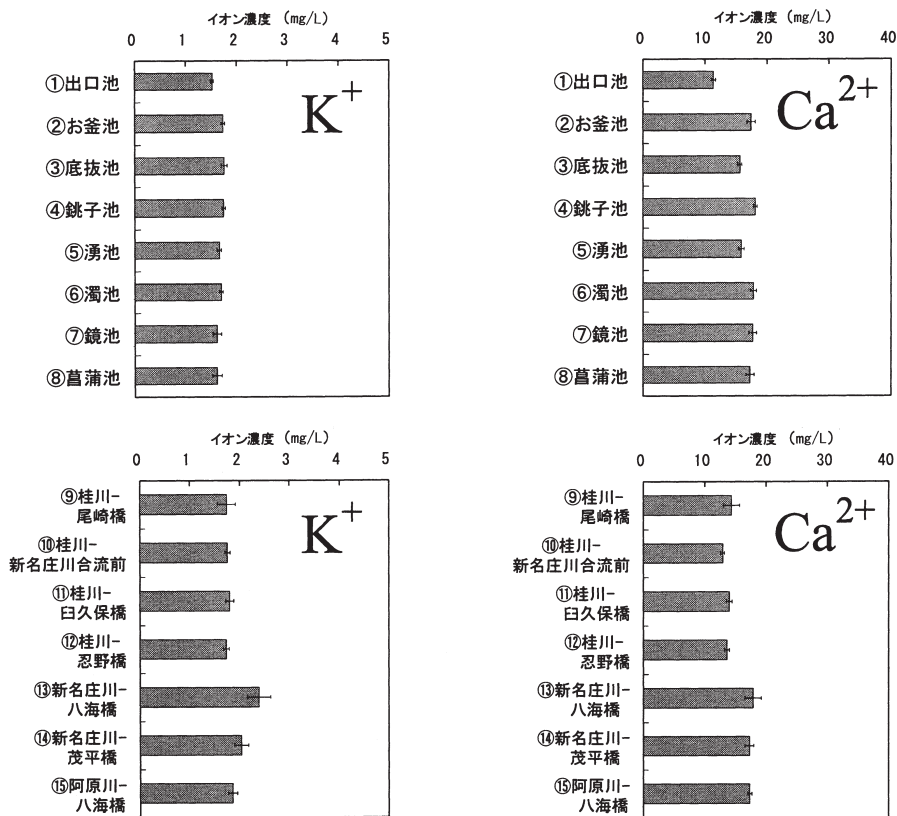


図4-7 忍野八海と周辺河川のカリウムイオンとカルシウムイオンの測定結果

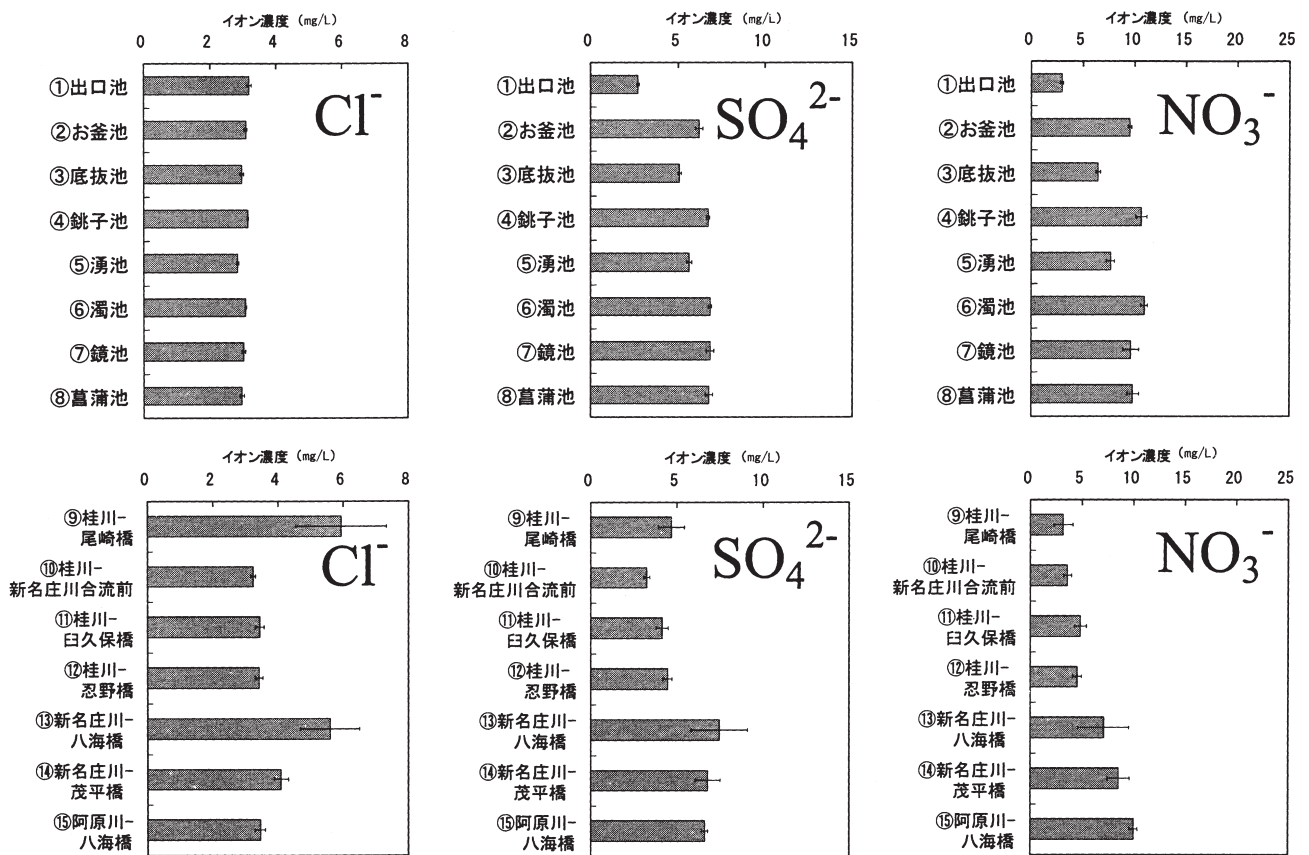


図4-8 忍野八海と周辺河川の塩化物イオン、硫酸イオン、硝酸イオンの測定結果

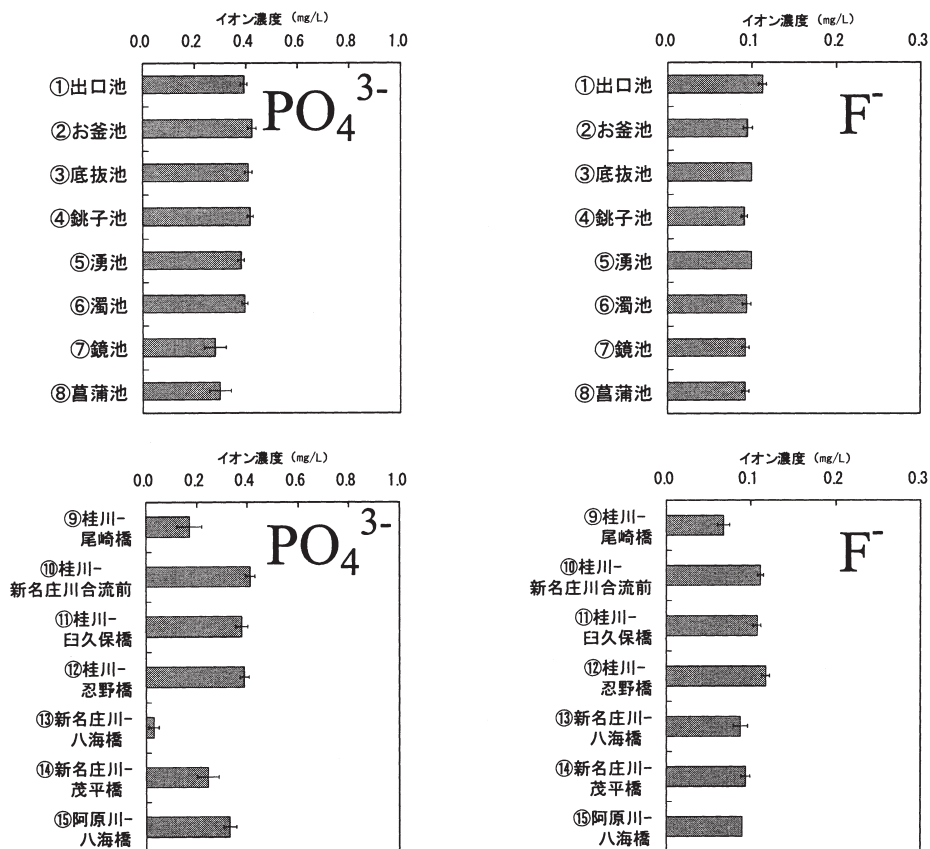


図4-9 忍野八海と周辺河川のリン酸イオン、フッ化物イオンの測定結果

一尾崎橋が20 $\mu\text{g/L}$ 、忍野村の北側を流れる新名庄川の⑬八海橋も10 $\mu\text{g/L}$ と共に低い値であった。

周期律表でバナジウムと隣に位置するクロムの濃度パターンは、バナジウムと類似していた。バナジウムやクロムと同様に①出口池の値が他の池に比べて高い元素としてリチウムがあった。しかし、周辺河川のサンプル中の濃度パターンはバナジウムやクロムと異なっていた(図4-10)。

ヒ素、アンチモン、銅の測定結果を図4-11に示す。忍野八海のヒ素濃度には大きな違いはなかった。しかし、周辺河川中のヒ素濃度はサンプリング地点により大きく異なっていた。そして、その変動パターンは図4-9に示したリン酸イオンと類似していた。忍野八海のアンチモンおよび銅濃度は共に大きな差は認められなかった。しかし周辺河川の濃度は大きな違いがあり、⑬新名庄川一八海橋、⑨桂川一尾崎橋で高濃度を示した。新名庄川で高い値を示した元素は、生活排水の流入に起因している可能性が考えられる。しかし、桂川の上流に位置する⑨桂川一尾崎橋でアンチモンと銅の濃度が高い値を示したが、原因は不明である。

マンガンと鉄の測定結果を図4-12に示す。忍野八海のマンガンはほとんど検出されなかった。鉄は若干①出口池で少ないが、忍野八海全ての池でほぼ一定の値であった。周辺河川水のマンガンならびに鉄濃度は類似のパ

ターンを示した。すなわち、⑬新名庄川一八海橋が最も高く、続いて⑭新名庄川一茂平橋、⑨桂川一尾崎橋の順であった。このパターンはアンチモンや銅と類似しており、やはり新名庄川には生活排水の流入が示唆された。

ストロンチウム、モリブデン、ニッケルの測定結果を図4-13に示す。忍野八海を測定した結果、三つの元素とも①出口池で少なく、ほかの7つの池の濃度に差は認められなかった。周辺河川においても三元素ともに⑬新名庄川一八海橋で高い傾向を示す類似の濃度パターンを示した。

アルカリ金属であるルビジウムとセシウムを測定した結果を図4-14に示す。忍野八海および周辺河川ともに顕著に濃度が異なる地点は認められないが、若干⑬新名庄川一八海橋で両元素共に高い傾向が認められ、ほぼ類似の濃度パターンを示した。

図4-15にセレンおよびウランの測定結果を示す。セレンは忍野八海ならびに周辺河川すべての地点でほぼ同じ濃度であった。忍野八海のウラン濃度は、①出口池では少ない傾向が認められた。周辺河川では、⑨桂川一尾崎橋で高く、⑬新名庄川一八海橋で低い珍しい濃度パターンが観察された。

4-3. 考察

忍野八海で最も南側(富士山側)に位置する①出口

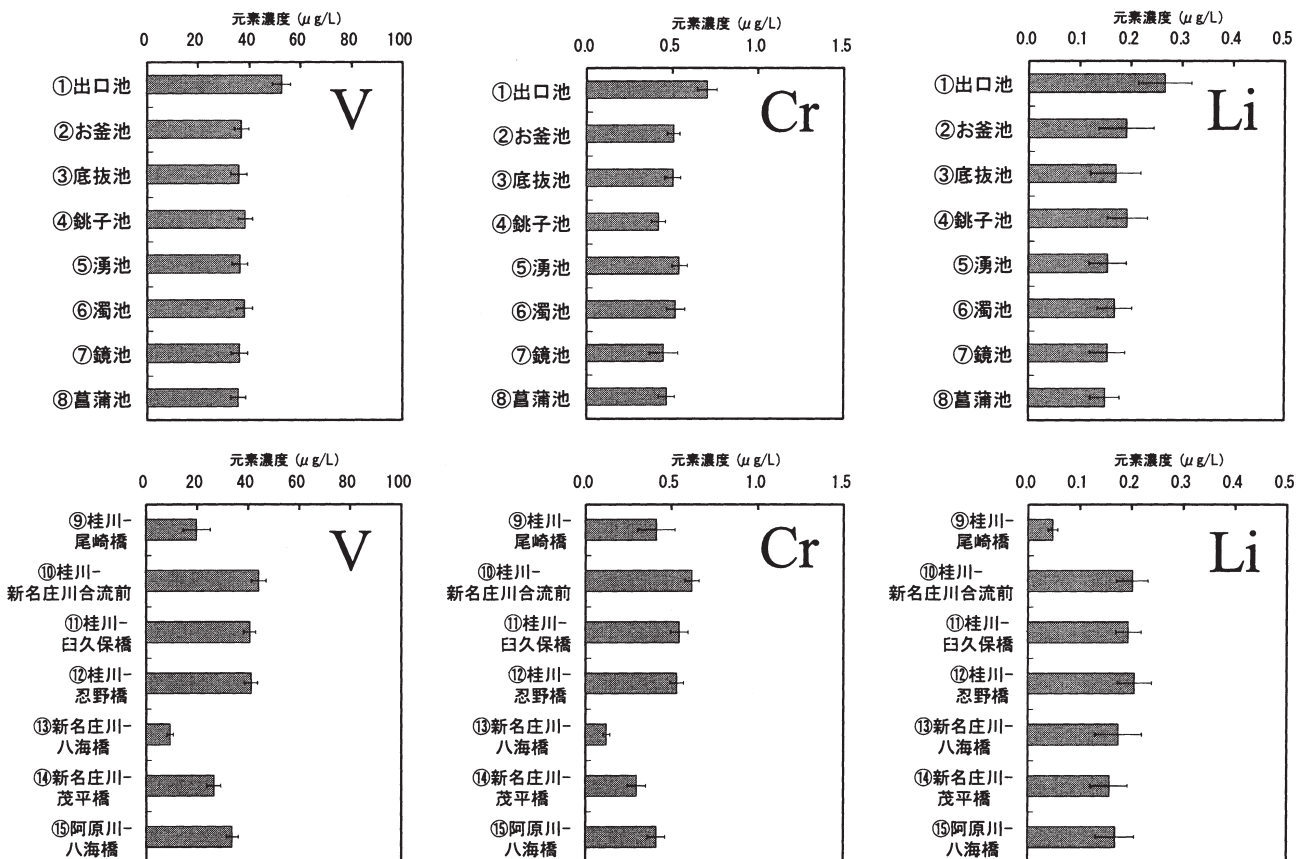


図4-10 忍野八海と周辺河川のバナジウム、クロム、リチウムの測定結果

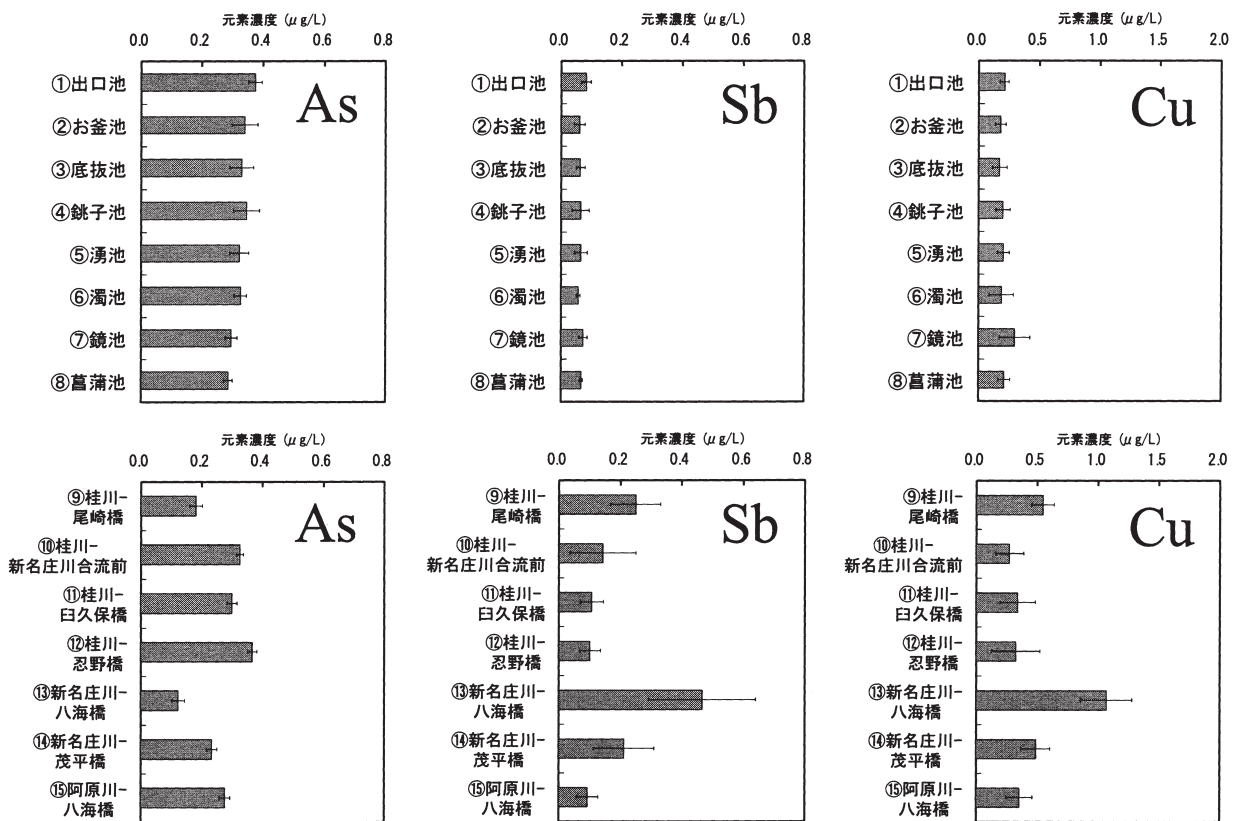


図4-11 忍野八海と周辺河川のヒ素、アンチモン、銅の測定結果

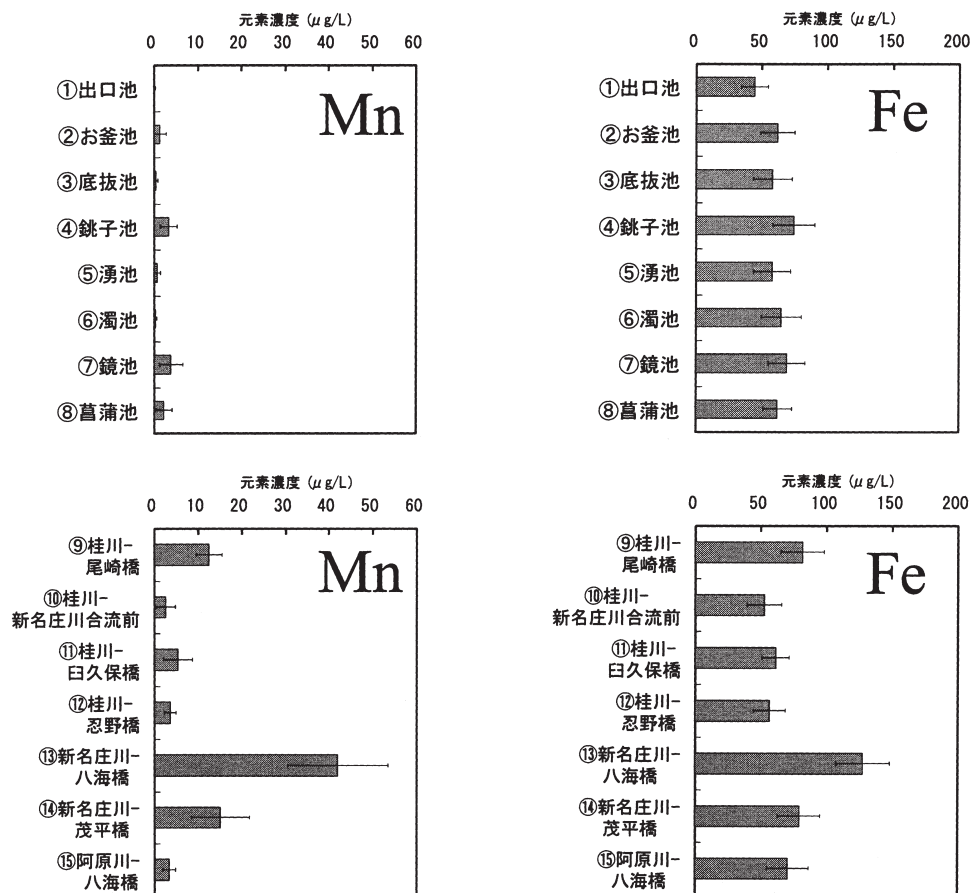


図4-12 忍野八海と周辺河川のマンガン、鉄の測定結果

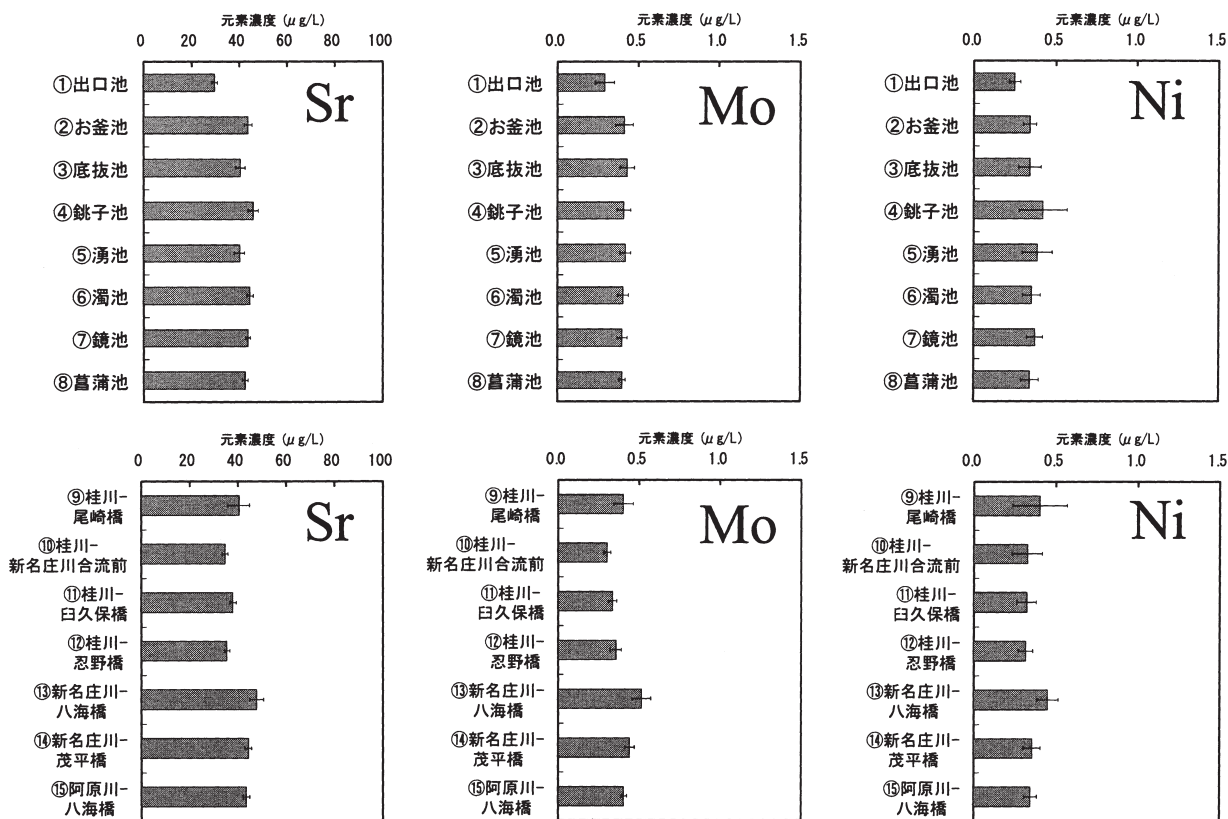


図4-13 忍野八海と周辺河川のストロンチウム、モリブデン、ニッケルの測定結果

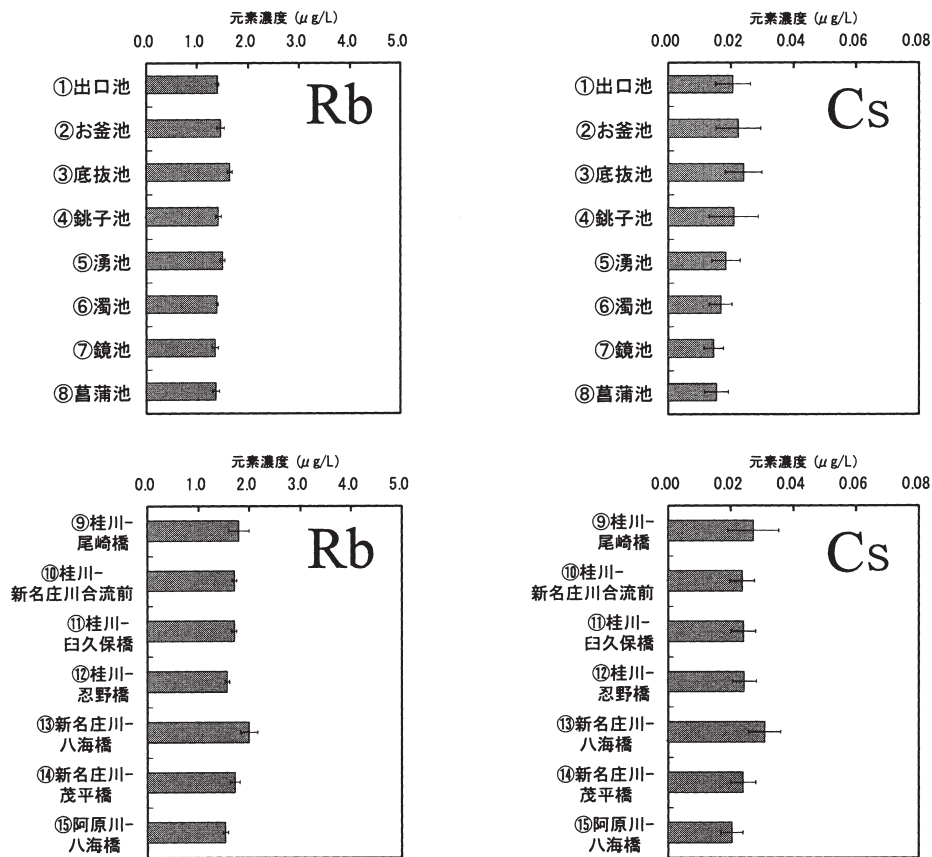


図4-14 忍野八海と周辺河川のルビジウム、セシウムの測定結果

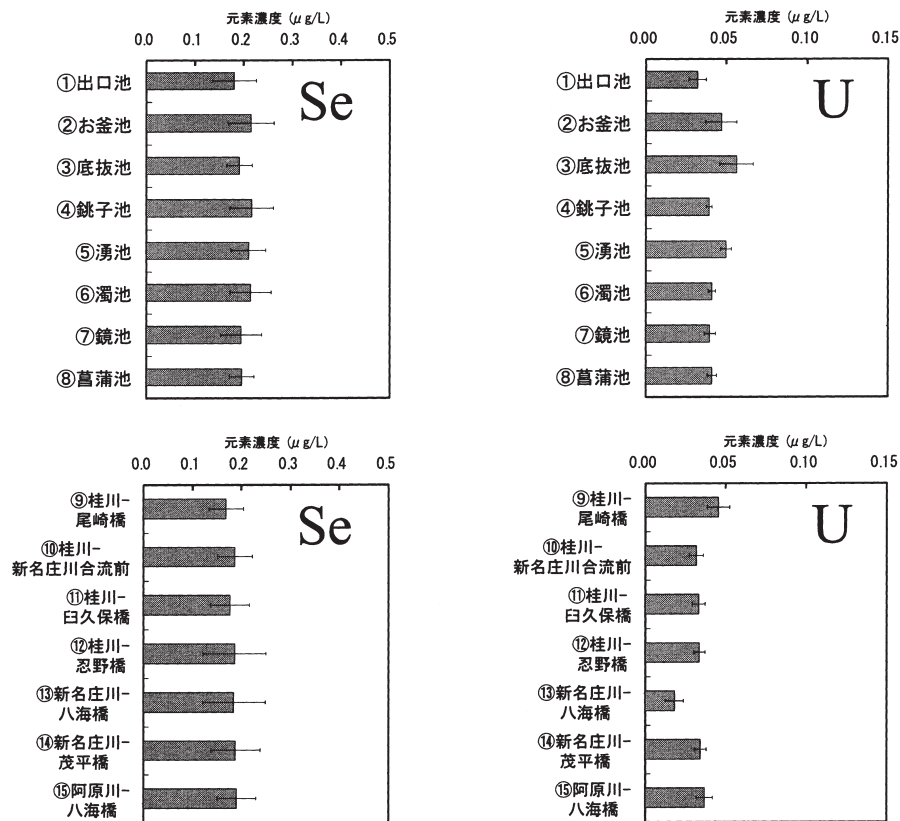


図4-15 忍野八海と周辺河川のセレン、ウランの測定結果

池の水質は、他の7つの池の水質と異なることが示された。すなわち電気伝導度、全窒素、ナトリウムイオン、マグネシウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、硫酸イオン、硝酸イオン、鉄、ストロンチウム、モリブデン、ニッケル、ウランの濃度が他の7つの池に比べ低く、バナジウム、クロム、リチウムの濃度が高かった。特に、富士山の地下水に特徴的なバナジウムの濃度が高いことから①出口池には富士山からの地下水が他の池に比べ多く流れ込んでいることが考えられた。他の7つの池については富士山からの地下水以外に起源を別にする地下水が関与している可能性が考えられた。

出口池以外の7つの池は比較的近い場所にあるが、③底抜池と⑤湧池が共に残りの5つの池（②お釜池、④銚子池、⑥濁池、⑦鏡池、⑧菖蒲池）と水質が異なる可能性が示された。すなわち、③底抜池と⑤湧池の電気伝導度、全窒素、硫酸イオン、硝酸イオンの濃度が5つの池に比べて少ない。②お釜池と③底抜池は地下で水脈がつながっているとの言い伝えがあるが、我々の1年目のデータの解析からは、その言い伝えを科学的に証明することはできなかった。今回のデータによると③底抜池と⑤湧池が地下でつながっている可能性を示しているが、今後の詳細な検討が必要である。

また、⑦鏡池と⑧菖蒲池の全リン、リン酸イオンの濃度が他の池に比べて低い値であった。このことから、⑦鏡池と⑧菖蒲池も地下で水脈がつながっている可能性も

考えられた。

周辺河川の水質を調査した結果、最も特徴的なのは新名庄川である。新名庄川は忍野村の北側を東西に流れており、富士山の地下水とは関連しない河川であることが考えられる（実際バナジウム濃度も少ない）。そして村役場と小学校の近く、さらに民家の多い地域を流れている。新名庄川の採水地点である⑬新名庄川-八海橋では桂川の中流・下流（上流である⑨桂川-尾崎橋を除く）に比べ電気伝導度、全窒素、カリウムイオン、カルシウムイオン、塩化物イオン、硫酸イオン、硝酸イオン、アンチモン、銅、マンガン、鉄、ストロンチウム、モリブデン、ニッケル、ルビジウム、セシウムの濃度が高く、全リン、リン酸イオン、バナジウム、クロム、ヒ素、ウランの濃度が低い特徴があった。今回、新名庄川の上流での採水を行っていないので、明確な結論は得られないが、生活排水などの混入が考えられた。

阿原川には④銚子池、⑤湧池、⑥濁池が流れ込んでいる。今回の採水ポイント⑮阿原川-八海橋は三つの池の水が流入した後に位置している。そのため水質は、三つの池の水が混合された値となった。来年度は流入前の地点での採水を行い、阿原川の特徴を調査していきたい。

桂川の上流に位置する⑨桂川-尾崎橋の水質は桂川の中流や下流（⑩桂川-新名庄川合流前、⑪桂川-白久保橋、⑫桂川-忍野橋）と大きく異なる水質成分がいくつもあった（全窒素、全リン、塩化物イオン、リン酸イオ

ン、フッ化物イオン、バナジウム、クロム、リチウム、ヒ素、アンチモン、銅、マンガン、鉄、ウラン)。来年度は⑨桂川－尾崎橋のさらに上流に位置する山中湖、および⑨桂川－尾崎橋と⑩桂川－新名庄川合流前に採水ポイントを設置して調査したいと考えている。

5. 河口湖湖底直上水中のバナジウム濃度の空間分布と湖底湧水の可能性

河口湖では、従来湖底湧水が存在する可能性が指摘されており⁸⁾、全面結氷時の結氷状況などから湧水地点の推定がなされている^{9), 10)}。しかし、これら湧水の実態についてはその起源を含めて未だ推定の域を出ていないのが現状である。近年、河口湖の表層水のバナジウム(⁵¹V)濃度が、夏の水位上昇期に増加するとの報告があり¹¹⁾、バナジウムをトレーサーとすることで湖への流入水塊の実態を捉えられる可能性が出てきた。こうした背景から、本研究では、湧水の実態を明らかにすることを目的に、河口湖湖底直上水中のバナジウム濃度の詳細な空間分布を調べ、従来推定されている湧水地点と比較した。

5-1 実験方法

本研究では、2005年7月14日から8月2日に船津湖盆及び東湖盆で採取された試料¹²⁾に加え、2013年10月31日及び11月1日に西湖盆で採取した試料を対象とした。試料は、それぞれアクリル製及びテフロン製の地下水採水器を用い湖底直上より採取し、その後孔径0.20 μ mのメンブランフィルターで濾過したものを分析用試料とした。測定には、山梨県環境科学研究所の誘導結合プラズマ質量分析計(HP-4500:横河アナリティカルシステムズ社)を用い、絶対検量線法による定量を行った。

5-2 結果および考察

河口湖の湖底直上水のバナジウム濃度は、0.66ppbから3.18ppbの範囲で変動を示した(図5-1)。一般に、降水中のバナジウム濃度は0.1ppb以下であることから、こうした変動は、降水による湖水の希釈や、バナジウムを含む水塊の流入によるものと考えられる。ただし、これらバナジウム濃度は、富士山北麓の地下水¹³⁾と比べて、極めて低濃度であり、河口湖への富士山からの地下水の影響がないとする従来の見解を支持する。一方で、西湖盆東部(鶴の島の西;図5-1)では、バナジウム濃度の相対的に高い水塊が湖南岸に沿って確認され、これは従来推定されている湖底湧水の分布と一致した。これら水塊の周辺には、流入河川がなく、またその分布が、東剣溶岩流東側の沖合に集中していることから、湖岸付近に降った雨水が、溶岩の亀裂などを通り、局所的に湖へとしみ出している可能性がある。

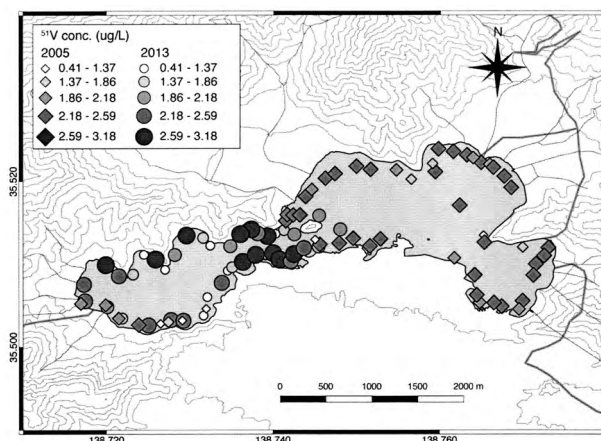


図5-1 河口湖湖底直上水中のバナジウム濃度の分布

6. 結言および今後の課題

ここでは、今年度のまとめと今後の課題について、解析項目ごとに述べる。

6-1 XバンドMPレーダを用いた降水量推定

降水タイプ別に事例解析を行った結果、気象庁のCバンドレーダと比べ、山梨大学のXバンドMPレーダによる推定の方が実測の降水量をうまく捉えていることが分かったほか、狭い領域においても降水量を緻密に把握できることが確認できた。また積算の推定降水量では分布傾向としては実測値の状況を反映できていたものの、事例や地点によっては誤差が生じている状況が読み取れた。

今後の課題としては、降水タイプ別に事例解析を行ったが、降水量の地理的特徴を把握するため、解析事例を増やすことを予定している。また考察で述べた誤差要因のうち、2つ目の物理的影響はパラメータとして組み込むことで改善の余地があると考えられるので、誤差を極力少なくするよう工夫したい。今後、水収支を考えていく上で重要な要素となる降雪による影響についても、定量的把握が可能かどうかを含めて検討をする必要がある。

6-2 水の安定同位体比

水の水素および酸素安定同位体比を用いた湧水の起源推定については、限定的な既往データに基づいて得られる涵養標高の妥当性についての評価が必要である。今後は、天然由来と人畜由来で異なる値を示す硝酸イオンの窒素安定同位体比を用いて、富士山の森林域と生活域から涵養する地下水を分離することで推定涵養標高の評価を行う。

6-3 忍野八海およびその周辺の水質

忍野八海は富士山北麓地域の観光の重要な拠点の一つである。忍野八海に湧いている地下水が富士山に由来する

のかを科学的に明らかにすること、さらに忍野八海の地下水流動系の推定は重要な課題である。また、忍野村に住んでいる人々の生活は、地下水への依存率が山梨県の中でも一番高いと言える。そこで、忍野八海の八つの池ならびに周辺に河川水の調査を行った。

出口池は他の7つの池とは異なる流動系によって水が湧いていることが考えられた。そして、この出口池は他の7つの池に比べて富士山からの地下水が多く含まれていることが考えられた。

出口池以外の7つの池も2ないし3つのグループに水質が分けられる可能性が示された。これらのグループが直接地下水流動系と関連するかどうかは今後の調査が必要である。

周辺河川を7ヶ所で採水して水質分析を行った。新名庄川は富士山の地下水と関連しない水源に由来し、生活排水が混入している可能性が考えられた。阿原川は銚子池、湧池、濁池からの流入水の影響が大きく、桂川は上流から中流域での小さな流入河川が水質に大きく影響していることが考えられた。

今後は、忍野八海以外に家庭や事業所の井戸水をサンプリング地点に加え、さらに河川水のサンプリング地点も増やして忍野村の地下水の流れを解析していきたい。

謝 辞

梨大レーダは山梨大学グローバルCOEプログラム「アジア域での流域総合水管理研究の展開」の支援を受けて用されました。梨大レーダの立ち上げと運用において、神戸大学都市安全研究センター大石哲教授に感謝の意を表します。また地上雨量計データを提供していただいた山梨県県土整備部治水課様と山梨県道路公社様には厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 気象庁ホームページ (日々の天気図) :
<http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/>
- 2) 真木雅之, 朴相郡: 高仰角観測時のXバンド偏波レーダ降雨強度推定式. 防災科学技術研究所研究報告, 73, 41-47. (2009)
- 3) Sano, T., S. Oishi and K. Sunada : Structure Maintenance and Development of a Strationary Convective System Generated over a Mountain Slope Adjoining a Bay in Summer. J. Meteo. Soc. Japan, 90, 807-831. (2012)
- 4) 深尾昌一郎, 浜津亨助: 気象と大気のレーダーリモートセンシング. 京都大学学術出版会, 491pp. (2005)
- 5) 安原正也, 風早康平, 丸井敦尚: 富士火山, P.389-405 (2007)
- 6) oronina, A., Balderer, W., Renard, P. and Stichler.,

- W. : Journal of Hydrology 書名, 308, 214-226, (1999)
- 7) Weitz, J. and Demlie, M. : Journal of African Earth Sciences, in-press (2013)
- 8) 石原初太郎: 富士山の地理と地質, 古今書院, 408p. (1928).
- 9) 山本寿々雄: 富士山国立公園博物館研究報告, 9, 13-14. (1963)
- 10) 有泉和紀, 吉澤一家: 山梨県衛生公害研究所年報, 45, 45-48. (2001)
- 11) 吉澤一家, 有泉和紀, 望月映希: 山梨県衛生公害研究所年報, 52, 85-88. (2008)
- 12) 吉澤一家, 望月映希: 山梨県衛生公害研究所年報, 49, 54-59. (2005)
- 13) 輿水達司, 酒井陽一, 戸村健児, 大下一政: 地球環境, 2 (2), 214-220. (1998)

成果発表状況

学会発表

- 1) 小田切幸次, 佐野哲也, 大石 哲, 内山 高, 小林浩: XバンドMPレーダを用いた富士北麓地域での降水量推定に関する検討, 水文・水資源学会2013年度研究発表会, 神戸, 2013