

富士山南麓の地下水水質と流動

Groundwater Quality and Flow at the Southern Foot of Mt.Fuji

樽林 直紀¹、小長谷裕紀²、藤川 格司

KUREBAYASHI Naoki, KONAGAYA Yuki, FUJIKAWA Kakuji

1. はじめに

富士山麓には数多くの湧水が存在しており、周辺地域の重要な水資源として工業、生活用水などに広く活用されている。また、地下水流動系の末端部に位置する湧水は、水循環や地下水流動を反映した様々な特性を示していると予測される。地質構造が不均一であり、また流域全体において井戸による水位観測などが困難である火山体では、その周辺に分布する湧水の性状に基づき、地下水流動を推定する試みが数多くなされている。最近では、安定同位体組成に基づき、山麓における地下水の平均涵養標高が求められ、1000 mから2500 mと推定されている（安原 他2007）。また、安定同位体組成によって4つのタイプの地下水の流れのモデルを作成している。そして、富士山南麓の地下水の硝酸イオンについて、窒素の安定同位体比によって化学肥料等による汚染であることが明らかになっている（鹿園 他2014）。

しかし、窒素の汚染は、標高1000 m以下の山麓の茶畑の化学肥料が原因であり、地下水の平均涵養標高と矛盾する。そして、標高1000 m以下に降った雨の流出形態について明らかにしたものは少ない。

富士山の湧水の流出形態について、流出量と電導度（EC）の関係に注目した藤川 他（2014）によると、流出量が少ないとECの値が高く、流出量が多いとECの値が低い傾向にある。流出量の増加期と減少期によって同じ流出量でもECの値が異なる傾向にある。降水量が多く地下水位の高い、湿潤な時期は、流域内部の地下水面が上昇して地下水面勾配が大きくなり、地下水の比較的浅い部分を通る年代の若い成分が湧水に寄与する割合が大きくなる。一方、降水量の少ない地下水位の低い、乾燥した時期は、流域内部の地下水面が低下し水面勾配も小さくなることから、相対的に若い地下水の寄与が減り、深い部分を流動する地下水の湧水に対する寄与が大きくなる。このため、湧水のECの値に季節変動が生じると指摘している。

富士山南麓の地下水は、古富士火山の噴出物や新富士火山の溶岩（大淵溶岩、曾比奈溶岩）の中か、それらの境界付近に存在する。地下水としてみると、表層の不圧地下水（新富士火山の溶岩の地下水）と水道水源として利用されている被圧地下水（古富士火山の噴出物の地下水）が存在する。湧水は、富士山の地下水が流出したもので、古富士火山の噴出物や新富士火山の溶岩から流出したものである。そして、流出する山麓付近ではお互いに影響し合っていると考えるが明らかではない。

¹ サンシティーはいばら

² (株)ホテル銀水荘

本研究では水辺ウォッチング（4年生のゼミナールの野外実習）の一環として、安定同位体組成による平均涵養標高の異なる湧水の水温、水質と水位を測定した。

水位変化、水温、水質と地質との関係から富士山の湧水の流出・涵養メカニズムを検討するために、本年度はどのような違いがあるのか調査したので報告する。特に、水質分析では地質と関係する炭酸水素イオン（ HCO_3^- ）と溶存ケイ酸（ SiO_2 ）の分析をおこなった。

2. 研究方法

安定同位体組成による平均涵養標高の異なる湧水を選定し水位変化、水温、水質にどのような違いがあるのかを調査した。図-1に富士山南麓地域の湧水の採水地点を示した。調査対象は8ヵ所で、以下に選定理由を示した。

1. 湧玉池（No.1）は富士宮溶岩の上部から流出し、酸素同位体比では -8.5% である。よしま池（No.2）は富士宮溶岩や古富士泥流から流出し、酸素同位体比では -9.3% でより標高の高い所で涵養されている。No.7,8 も同様の関係で、二子水神（No.7）は酸素同位体比で -9.4% 、中清水は -7.7% である。
2. 茶畑の影響調査のために、周辺に茶畑が多く、酸素同位体比が -7.7% と高く、浅層の地下水が流出している湧水として杉田1（No.3）と杉田2（No.4）を選定した。
3. 富士山の湧水で標高の低い、地下水流動の末端部に位置する湧水として、また、酸素同位体比が異なる点からも法雲寺の湧水（No.6）と永明寺（No.5）を選んだ。そして、法雲寺の湧水（No.6）では水位、水温と電導度（EC）の連続観測をしていることも考慮した。

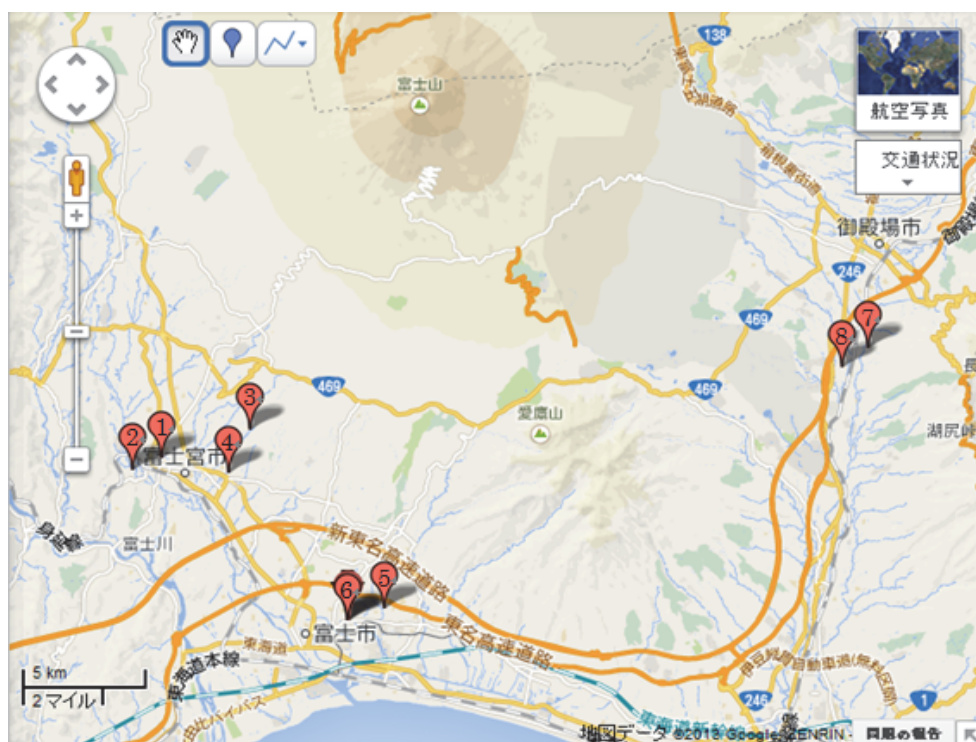


図-1 富士山南麓地域の湧水の採水地点（グーグルマップに加筆）

現地調査は年5回おこない、採水と同時に現地でpH、EC、水温、水位を測定した（2013/6/27,7/25,9/27,11/22,2014/1/9）。本調査では、流出量測定が困難な所が多かったため、流出量を水位で代用した。そして、湧水の安定同位体組成も季節変化をおこなうが、本研究では平均涵養標高を表す指標として取り扱った。

採取した試料について、陽イオンは、日立製 L-7000 シリーズのイオンクロマトグラフィー、陰イオンは日本ダイオネクス製イオンクロマトグラフィーで測定した。HCO₃⁻はpH4.8アルカリ度法で滴定により求めた。溶存ケイ酸（SiO₂）はモリブデン青法により定量した。また、比較のためにモリブデン黄法も試みた。

3. 結果・考察

3.1 水質組成

表-1に酸素同位体比、標高との関係を示した水質分析結果（第1回目）と図-2にトリリニアダイアグラムによる水質組成（第1回目）を示した。

表-1 水質分析結果

* : δ¹⁸O のデータは Tosaki(2011) から引用

| NO | 地点 | 標高 m | 水温 °C | pH | 電導度 μS/cm | F ⁻ mg/L | Cl ⁻ mg/L | NO ₃ ⁻ mg/L | PO ₄ ⁻ mg/L | SO ₄ ²⁻ mg/L | HCO ₃ ⁻ mg/L | K ⁺ mg/L | Ca ²⁺ mg/L | Mg ²⁺ mg/L | NH ₄ ⁺ mg/L | Na ⁺ mg/L | SiO ₂ mg/L | δ ¹⁸ O* ‰ |
|----|------|---------|----------|-----|--------------|------------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | 湧玉池 | 120 | 14.9 | 7.7 | 104.9 | 0.1 | 6.5 | 6.9 | N.D. | 7.2 | 40.4 | 2.2 | 12.6 | 4.4 | N.D. | 7.6 | 12.8 | -8.5 |
| 2 | よしま池 | 120 | 15.3 | 7.8 | 139.3 | 0.1 | 6.4 | 6.4 | N.D. | 17.5 | 46.4 | 2.5 | 15.1 | 5.4 | N.D. | 15.3 | 13.1 | -9.3 |
| 3 | 杉田1 | 230 | 15.8 | 7.0 | 147.2 | 0.0 | 5.4 | 21.2 | N.D. | 22.5 | 30.0 | 3.7 | 21.8 | 5.7 | 0.3 | 7.8 | 13.2 | -7.6 |
| 4 | 杉田2 | 200 | 18.2 | 7.5 | 176.2 | 0.1 | 7.4 | 21.6 | N.D. | 27.6 | 34.8 | 1.2 | 6.7 | 1.9 | N.D. | 3.1 | 12.0 | -7.7 |
| 5 | 永明寺 | 18 | 13.5 | 7.5 | 89.0 | 0.1 | 2.7 | 3.4 | N.D. | 4.6 | 30.8 | 1.6 | 6.7 | 2.7 | N.D. | 6.5 | 11.7 | -8.5 |
| 6 | 法雲寺 | 5 | 14.2 | 7.0 | 200.0 | 0.1 | 9.1 | 16.9 | N.D. | 14.2 | 48.6 | 0.9 | 6.8 | 2.7 | N.D. | 3.7 | 13.4 | -8.2 |
| 7 | 二子水神 | 390 | 15.0 | 8.3 | 189.0 | 0.1 | 2.2 | 1.8 | 0.3 | 12.2 | 56.4 | 0.9 | 3.9 | 2.1 | N.D. | 2.9 | 11.0 | -9.4 |
| 8 | 中清水 | 382 | 15.0 | 7.2 | 163.0 | 0.0 | 1.9 | 2.2 | N.D. | 6.8 | 52.0 | 0.7 | 3.1 | 1.7 | N.D. | 2.5 | 11.9 | -7.7 |

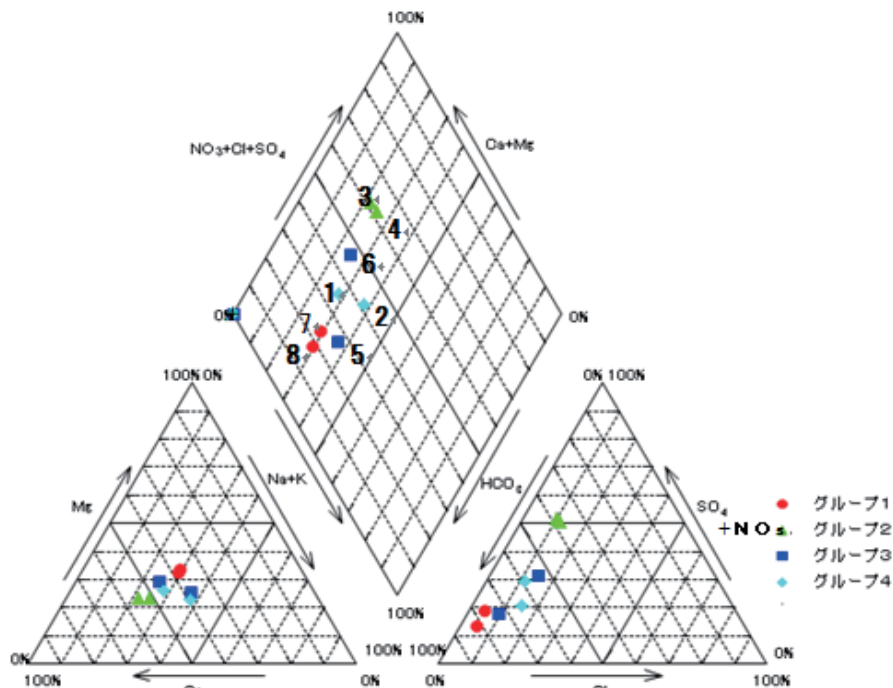


図-2 富士山南麓の湧水のトリリニアダイアグラム

図-2では、各湧水の特徴を水質組成で、地理的に近い湧水をグループとして表示した。グループ1は富士山東側の二子水神、中清水湧水、グループ2は茶畑の影響調査のための杉田の湧水、グループ3は南側の永明寺、法雲寺湧水、グループ4は西側の湧玉池、よしま池湧水を示した。地理的に近い湧水をグループ分けしたので同じようなアルカリ炭酸型の水質組成を示しているが、グループ3の永明寺、法雲寺湧水の水質組成が大きく異なる。そして、茶畑の影響調査のためのグループ2の杉田の湧水は、他のグループと異なりアルカリ非炭酸型を示している。これは、茶畑の肥料による硝酸イオン (NO_3^-) と硫酸イオン (SO_4^{2-}) の影響である。

図-3に酸素同位体比とEC、水温、 HCO_3^- 、溶存ケイ酸の相関関係を示した。平均涵養高度が高いと岩石との接触時間が長く、水質成分濃度が高くなる傾向がある。

酸素同位体比と HCO_3^- は逆の関係にあり、酸素同位体比が低い湧水は高い HCO_3^- 値を示している。ECの値においても同様の関係 (2と1,7と8) が認められる。しかし、丸で囲った3、4、6と5の地

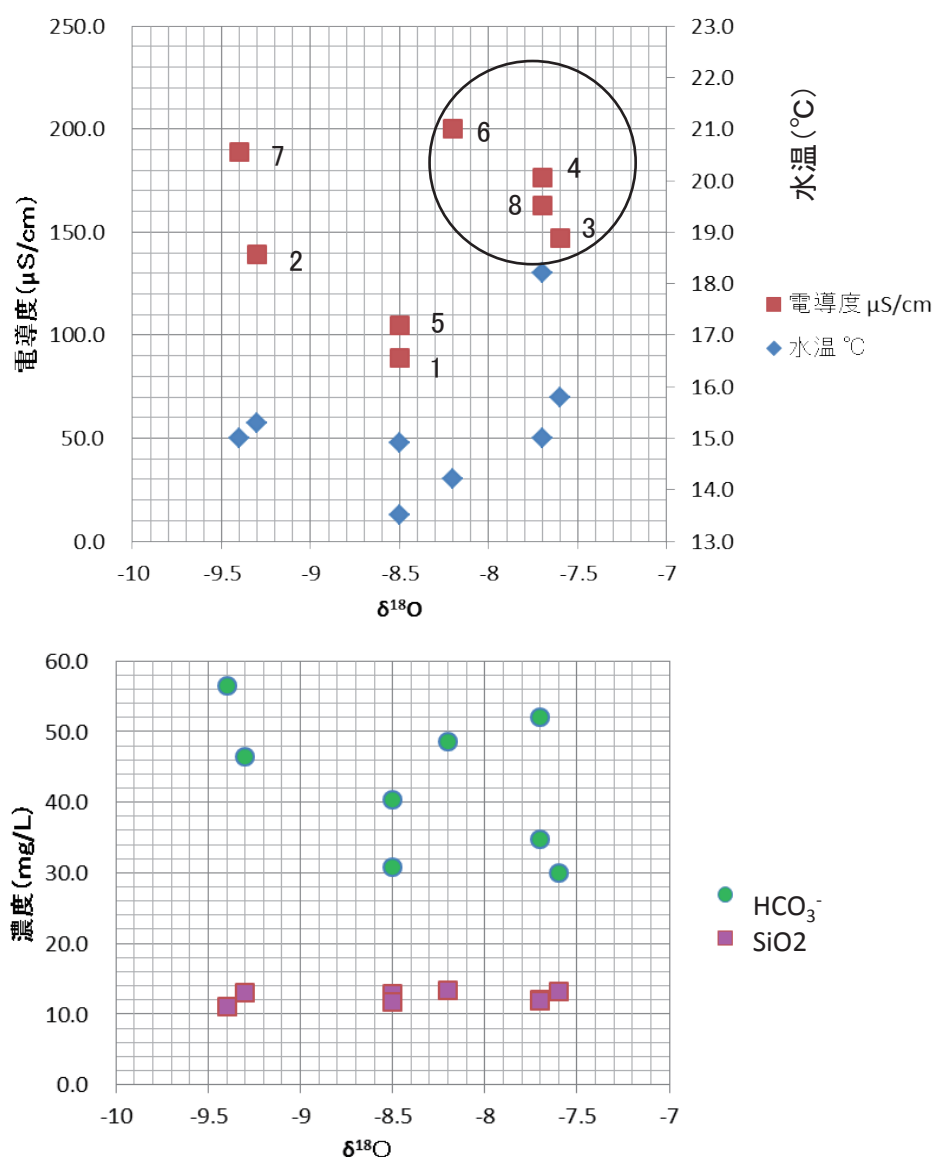


図-3 酸素同位体比と水質分析結果の関係 (上図中の数値は採水地点番号を示す。)

点は異なる傾向を示している。これらは NO_3^- 濃度が高く、茶畑と人為的な影響を受けているためと考える。

溶存ケイ酸は、酸素同位体比と関係なく一定の値を示している。水温との関係は比例関係にあり、酸素同位体比が小さく平均涵養高度の高い所の湧水の水温は、低い傾向にある。

岩石・土壌との接触時間が長いと水質成分が溶出し、高い HCO_3^- と EC の値を示していると考えられる。しかし、同様に岩石・土壌と関係する溶存ケイ酸にはその傾向がない。

3.2 湧水の流出量の水位変化

各湧水の流出形態を調べるために、流出口付近の定点で水位の変化を測定した。採水日の水位だけでは傾向が把握できないので、法雲寺の湧水の連続観測結果を示し傾向を補間した。

図-4 に法雲寺の湧水の水温、EC、水位の連続観測結果と採水した時期を示した。第1回目の採水は雨の多い6月27日で、水位が高い時期であった。第2回は梅雨明けで水位が低い時期、第3回と第4回はそれよりも水位の高い時期を選んだ。そして、第5回目は、冬季の水位の一番低い時期を選んだ。第1回を除いて、水位と EC の関係は逆の関係にあり、水位が低いと EC の値は高く、水位が高いと EC の値は低い関係にある。この法雲寺の水位と他の湧水の水位と比較したものを図-5 に示した。

図-5 によると、5回の測定の水位の傾向はほぼ同じである。ただし、杉田2の第1回目の水位が異常に高い。

3.3 水質成分の季節変化

表-2 に5回の調査の水質分析結果を示した。一部、測定できなかったものを含んでいる。また、分析に慣れていない4年生による水質分析結果であるため、精度としては低い結果となった。このデータ

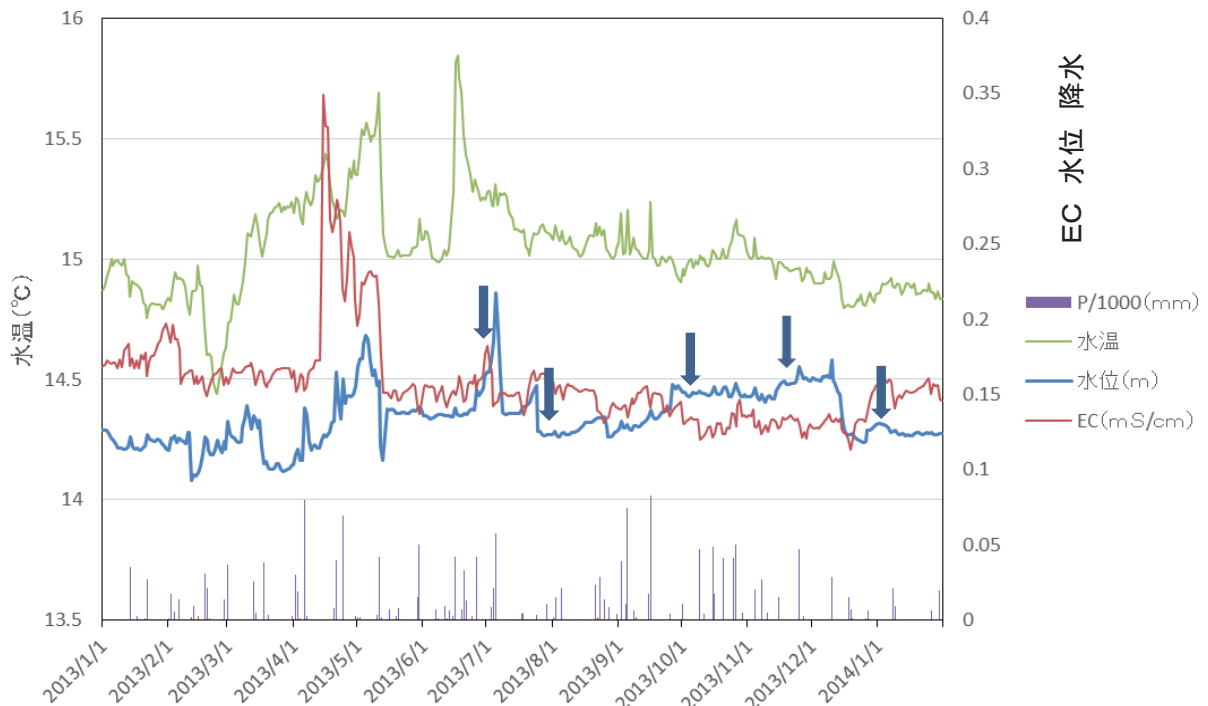


図-4 法雲寺の湧水の水位、水温、電導度の観測結果
(矢印は採水日)

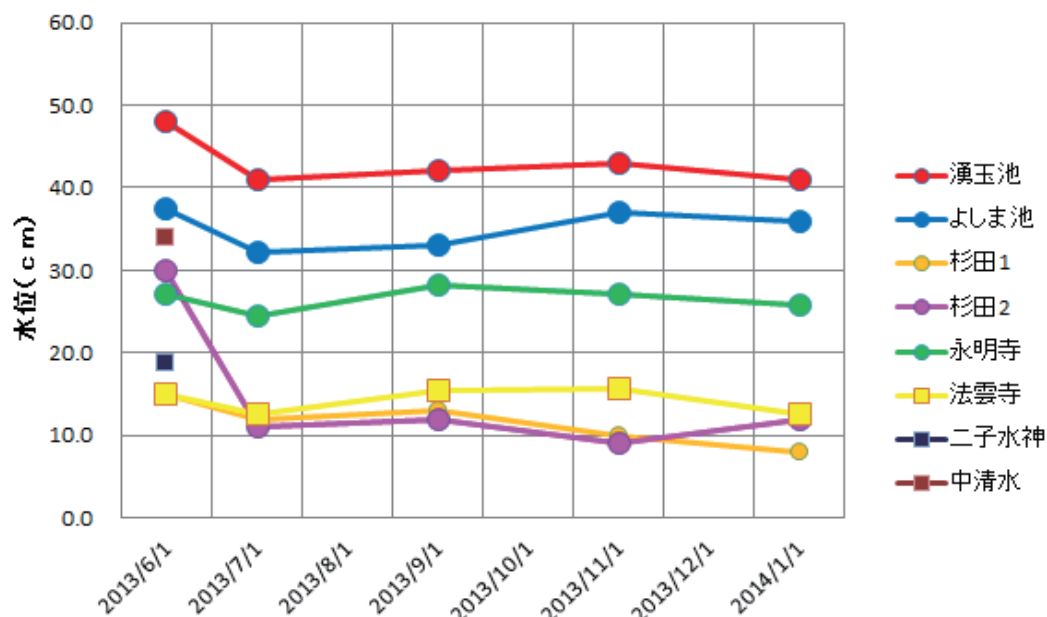


図-5 各湧水の流出量の変化

表-2 水質分析結果

(-) : 欠損値

| No. 地点 | 採水日 | 水温 °C | EC μ S/cm | pH | Cl ⁻ me/L | NO ₃ ⁻ me/L | SO ₄ ²⁻ me/L | HCO ₃ ⁻ me/L | K ⁺ me/L | Ca ²⁺ me/L | Mg ²⁺ me/L | Na ⁺ me/L | SiO ₂ mg/L | 水位 cm |
|--------|----------|----------|--------------|-----|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|----------|
| 1 湧玉池 | 13/06/27 | 14.9 | 104.9 | 7.7 | 0.185 | 0.111 | 0.149 | 0.404 | 0.057 | 0.628 | 0.359 | 0.331 | 12.8 | 48.0 |
| | 13/07/25 | 15.0 | 107.7 | 6.9 | 0.172 | 0.126 | 0.183 | 0.401 | 0.018 | 0.287 | 0.129 | 0.048 | 15.6 | 41.0 |
| | 13/09/27 | 14.9 | 103.1 | 6.9 | 0.222 | 0.122 | 0.179 | 0.394 | 0.051 | 0.510 | 0.298 | 0.063 | 12.8 | 42.0 |
| | 13/11/22 | 14.1 | 104.5 | 7.2 | 0.178 | 0.119 | - | 0.400 | - | - | - | - | 9.7 | 43.0 |
| | 14/01/09 | 13.9 | 105.1 | 7.3 | 0.192 | 0.105 | 0.265 | 0.506 | 0.058 | 0.114 | 0.167 | 0.571 | 14.0 | 41.0 |
| 2 よしま池 | 13/06/27 | 15.3 | 139.3 | 7.8 | 0.180 | 0.104 | 0.365 | 0.464 | 0.065 | 0.755 | 0.448 | 0.666 | 13.1 | 37.5 |
| | 13/07/25 | 15.3 | 138.6 | 7.3 | 0.161 | 0.120 | 0.389 | 0.491 | 0.018 | 0.347 | 0.134 | 0.625 | 16.3 | 32.1 |
| | 13/09/27 | 15.6 | 141.1 | 7.0 | 0.203 | 0.123 | 0.419 | 0.385 | 0.049 | 0.556 | 0.361 | 0.114 | 13.3 | 33.0 |
| | 13/11/22 | 15.3 | 140.0 | 7.3 | 0.187 | 0.113 | - | 0.605 | - | - | - | - | 12.4 | 37.0 |
| | 14/01/09 | 14.6 | 135.3 | 7.4 | 0.188 | 0.127 | 0.050 | 0.402 | 0.065 | 0.127 | 0.365 | 0.315 | 9.3 | 36.0 |
| 3 杉田1 | 13/06/27 | 15.8 | 147.2 | 7.0 | 0.152 | 0.341 | 0.468 | 0.300 | 0.094 | 1.089 | 0.466 | 0.341 | 13.2 | 15.0 |
| | 13/07/25 | 16.1 | 148.8 | 6.8 | 0.152 | 0.381 | 0.522 | 0.311 | 0.030 | 0.441 | 0.149 | 0.033 | 16.3 | 12.0 |
| | 13/09/27 | 16.7 | 140.7 | 6.9 | 0.170 | 0.371 | 0.528 | 0.290 | 0.068 | 0.777 | 0.362 | 0.055 | 11.4 | 13.0 |
| | 13/11/22 | 16.2 | 146.5 | 6.9 | 0.162 | 0.364 | - | 0.170 | - | - | - | - | 13.1 | 10.0 |
| | 14/01/09 | 15.6 | 151.6 | 6.9 | 0.191 | 0.406 | 0.429 | 0.336 | 0.089 | 0.174 | 0.375 | 0.229 | 9.8 | 8.0 |
| 4 杉田2 | 13/06/27 | 18.2 | 176.2 | 7.5 | 0.208 | 0.349 | 0.574 | 0.348 | 0.032 | 0.335 | 0.154 | 0.134 | 12.0 | 30.0 |
| | 13/07/25 | 21.3 | 183.6 | 7.0 | 0.241 | 0.217 | 0.585 | 0.309 | 0.034 | 0.519 | 0.202 | 0.071 | 14.8 | 11.0 |
| | 13/09/27 | 20.0 | 186.3 | 7.6 | 0.235 | 0.249 | 0.756 | 0.329 | 0.097 | 0.870 | 0.489 | 0.070 | 11.7 | 12.0 |
| | 13/11/22 | 14.8 | 147.1 | 6.8 | 0.207 | 0.394 | - | 0.302 | - | - | - | - | 10.9 | 9.0 |
| | 14/01/09 | 9.5 | 115.2 | 7.1 | 0.332 | 0.387 | 0.227 | 0.446 | 0.111 | 0.217 | 0.313 | 0.479 | 6.4 | 12.0 |
| 5 永明寺 | 13/06/27 | 13.5 | 89.0 | 7.5 | 0.076 | 0.055 | 0.096 | 0.308 | 0.042 | 0.337 | 0.226 | 0.282 | 11.7 | 27.0 |
| | 13/07/25 | 14.1 | 87.0 | 7.2 | 0.082 | 0.078 | 0.137 | 0.289 | 0.017 | 0.205 | 0.101 | 0.036 | 15.1 | 24.5 |
| | 13/09/27 | 14.1 | 110.0 | 7.2 | 0.096 | 0.076 | 0.123 | 0.295 | 0.037 | 0.330 | 0.223 | 0.058 | 11.9 | 28.2 |
| | 13/11/22 | 12.0 | 91.0 | 7.1 | 0.095 | 0.071 | - | 0.301 | - | - | - | - | 12.1 | 27.2 |
| | 14/01/09 | 11.0 | 70.0 | 7.7 | 0.086 | 0.062 | 0.110 | 0.296 | 0.048 | 0.094 | 0.220 | 0.244 | 9.8 | 25.7 |
| 6 法雲寺 | 13/06/27 | 14.2 | 158.9 | 7.0 | 0.256 | 0.273 | 0.296 | 0.486 | 0.023 | 0.342 | 0.223 | 0.162 | 13.4 | 14.9 |
| | 13/07/25 | 14.8 | 160.0 | 7.1 | 0.244 | 0.303 | 0.353 | 0.514 | 0.029 | 0.463 | 0.252 | 0.071 | 17.5 | 12.6 |
| | 13/09/27 | 14.2 | 140.7 | 7.2 | 0.159 | 0.357 | 0.292 | 0.411 | 0.055 | 0.580 | 0.414 | 0.072 | 12.9 | 15.5 |
| | 13/11/22 | 13.5 | 134.2 | 7.1 | 0.244 | 0.278 | - | 0.509 | - | - | - | - | 13.3 | 15.7 |
| | 14/01/09 | 13.2 | 140.7 | 7.1 | 0.262 | 0.289 | 0.202 | 0.506 | 0.083 | 0.161 | 0.544 | 0.422 | 12.3 | 12.6 |
| 7 二子水神 | 13/06/27 | 15.0 | 189.0 | 8.3 | 0.061 | 0.029 | 0.254 | 0.564 | 0.024 | 0.195 | 0.169 | 0.126 | 11.0 | 18.7 |
| | 13/07/25 | 15.0 | 160.0 | 8.2 | 0.055 | 0.042 | 0.223 | 0.573 | 0.023 | 0.429 | 0.188 | 0.053 | 13.4 | - |
| | 13/09/27 | 12.0 | 78.0 | 8.2 | 0.078 | 0.031 | 0.290 | 0.579 | 0.042 | 0.696 | 0.461 | 0.070 | 10.2 | - |
| | 13/11/22 | 12.0 | 78.0 | 8.2 | 0.076 | 0.041 | - | 0.589 | - | - | - | - | 11.2 | - |
| | 14/01/09 | - | 159.0 | 7.6 | 0.064 | 0.027 | 0.186 | 0.582 | 0.029 | 0.057 | 0.522 | 0.346 | 7.3 | - |
| 8 中清水 | 13/06/27 | 15.0 | 163.0 | 7.2 | 0.054 | 0.036 | 0.141 | 0.520 | 0.017 | 0.156 | 0.142 | 0.107 | 11.9 | 34.0 |
| | 13/07/25 | 13.0 | 136.0 | 7.8 | 0.048 | 0.053 | 0.119 | 0.516 | 0.016 | 0.300 | 0.155 | 0.039 | 14.5 | - |
| | 13/09/27 | 12.5 | 147.0 | 7.9 | 0.068 | 0.045 | 0.123 | 0.502 | 0.040 | 0.440 | 0.345 | 0.059 | 11.7 | - |
| | 13/11/22 | 12.5 | 147.0 | 7.9 | 0.058 | 0.052 | - | 0.528 | - | - | - | - | 12.0 | - |
| | 14/01/09 | - | 132.0 | 7.5 | 0.049 | 0.045 | 0.110 | 0.536 | 0.019 | 0.037 | 0.384 | 0.163 | 6.3 | - |

をもとに、解析を行った。

図-6に水質成分の季節変化を水位との関係で示した。凡例にあるように、湧水地点を色で区別して示した。5回分の水位と水質成分濃度との関係から平均涵養標高の異なる湧水の水質変化の傾向を示した。

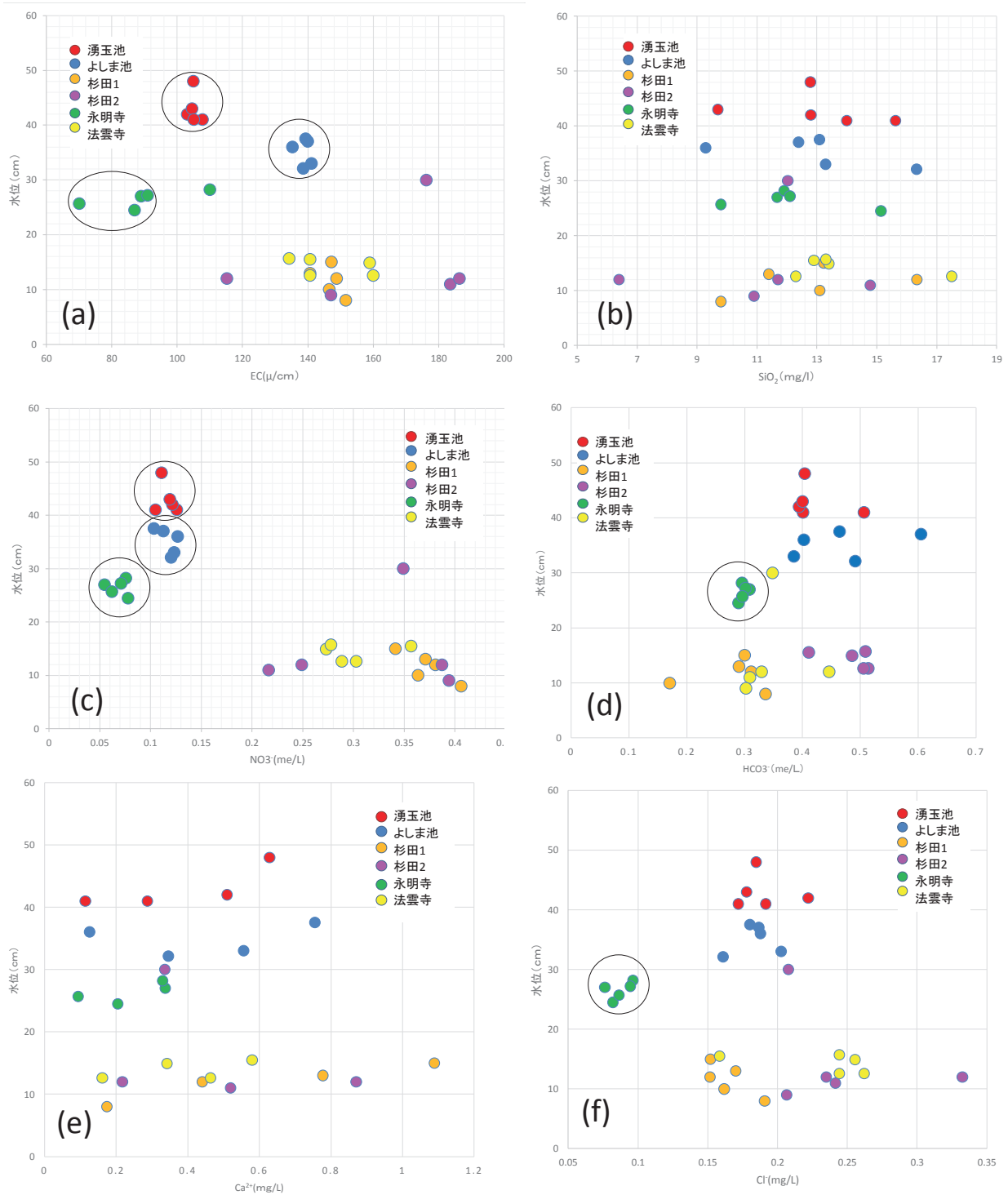


図-6 水質成分の季節変化

(a) 電導度 (EC) (b) 溶存ケイ酸 (c) NO_3^- (d) HCO_3^- (e) Ca^{2+} (f) Cl^-

図-6 (a) は EC と水位の関係を示し、溶存成分の総量の傾向を表している。湧玉池、よしま池、永明寺の酸素同位体比の低い湧水の EC の値は、ほとんど一定で変化しない。永明寺の一部は異常値と考えている。一方、杉田1と法雲寺の湧水の EC の値は水位とは逆の関係にある。水位が高いと EC の値は低く、水位が低いと EC の値が高くなる傾向がある。杉田2の湧水の EC の値の変化は大きい、傾向は認められない。

図-6 (b) は溶存ケイ酸と水位の関係を示し、地質や岩石との関係を表している。湧玉池、よしま池、永明寺、法雲寺は水位とは逆の関係である。水位が高いと濃度が低く、水位が低いと濃度が高い傾向にある。杉田1,2は水位とは無関係である。

図-6 (c) は硝酸イオン (NO_3^-) と水位の関係を示した。湧玉池、よしま池、永明寺の酸素同位体比の低い湧水は、濃度も低く変化は小さい傾向にある。一方、杉田1と法雲寺は、水位が高いと濃度は低く、水位が低いと濃度が高くなる傾向がある。杉田2は、変化が大きく出ている。

図-6 (d) は HCO_3^- と水位の関係を示し、地質や岩石との関係を表している。湧玉池、永明寺の酸素同位体比の低い湧水は、変化は小さい傾向にある。よしま池は、水位が高いと濃度も高くなる正の関係にある。杉田1、2と法雲寺は水位が高いと濃度は低く、水位が低いと濃度が高くなる逆の傾向がある。

図-6 (e) は Ca^{2+} と水位の関係を示し、地質や岩石との関係を表している。すべての地点で正の関係にあり、水位が高いと濃度も高い傾向を示している。しかし、法雲寺の湧水で、藤川 (2014) は、 Ca^{2+} と水位には逆の関係があることを指摘している。地質や岩石との接触時間を考えると水位が高いと濃度が低い傾向があると考えるが、今後検討したい。

図-6(f)は Cl^- と水位の関係を示した。 Cl^- は降水や風送塩と人為的な汚染が供給源と考えられている。湧玉池、よしま池、永明寺と杉田1は変化が小さい。しかし、法雲寺と杉田2は変化が大きい。

以上のことから、3つのタイプに分けられる。

1. (湧玉池、よしま池、永明寺) 酸素同位体比が低く、平均涵養高度が高い湧水は、山麓ではより深い所を流動し、地表面の土地利用の影響が少ないために季節変化が小さい。 HCO_3^- 、 Ca^{2+} と溶存ケイ酸との相関が高く、地質の影響が強く出ている。 Cl^- は取り込まれた状態で変化していない、また、 NO_3^- は肥料の影響を受けていないので少ない。
2. (杉田1、法雲寺) 平均涵養高度が低い湧水は、山麓付近に降った降水にも涵養されるので、地表面の土地利用の影響を大きく受け、季節変化が大きい。EC、 NO_3^- 、 HCO_3^- は水位が高いと濃度は低く、水位が低いと濃度が高くなる傾向がある。
3. (杉田2) 平均涵養高度が低い湧水は、山麓では深度が浅く、地表面の土地利用の影響を大きく受け、季節変化が大きい。そして、人為的な汚染を受けている可能性が高い。

図-7に NO_3^- の季節変化を示した。図-6の分布を時系列に並び替えた。図から茶畑の分布している地域とそれ以外に区別される。また、季節による変化は、茶畑に近い杉田1では、高濃度で季節変化は少ない。茶畑と人為的な影響が多い杉田2、法雲寺は、季節変化をしている。杉田2は人為的な影響が特に大きいと考えている。

農林水産省 (2009) によると、茶畑の土壤水中の NO_3^- の観測結果では季節変化があり、降水量の多い6,7月に高い濃度を示している。法雲寺の湧水は同様の季節変化を示している。しかし、供給源近くの杉田1の湧水の水質は、高濃度で変化が少なく矛盾する。茶畑の土壤水中の NO_3^- 濃度と地下水中の

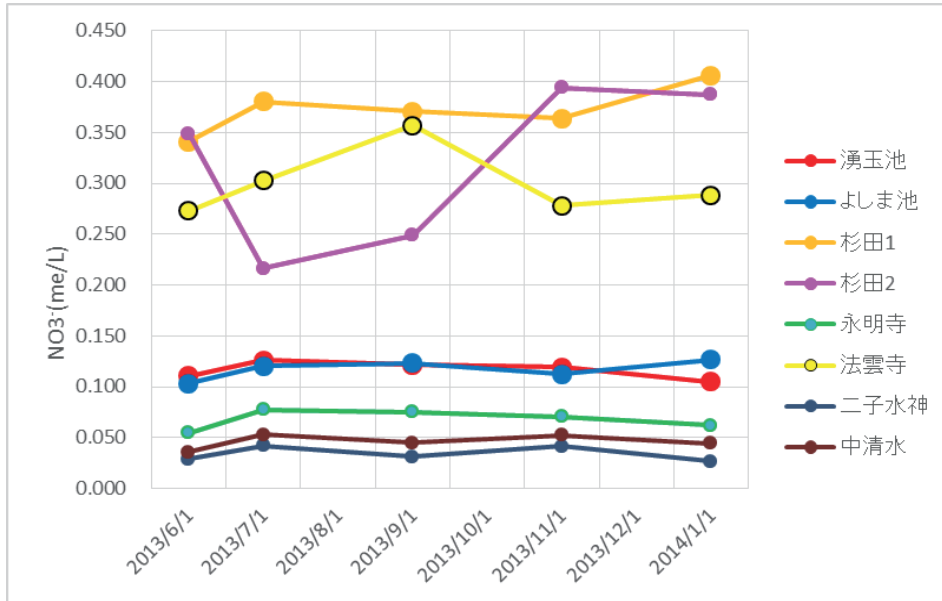


図-7 硝酸イオン (NO₃⁻) の季節変化

NO₃⁻ 濃度が異なるのか、地下水が流動している間に NO₃⁻ 濃度が変化するのか今後検討したい。

4. まとめ

富士山の湧水の流出・涵養メカニズムの解明の準備として、平均涵養高度のわかっている湧水の水位変化と水温、水質からどのような違いがあるのか調査した。

その結果、平均涵養高度が高い湧水は、HCO₃⁻、Ca²⁺ と溶存ケイ酸との相関が高く、地質の影響が強く出ている。Cl⁻ の濃度は一定で、地下水に取り込まれた初期の状態のままで変化していない、また、NO₃⁻ の濃度は低く、肥料の影響を受けていない。季節変化による濃度の変化は小さい。

平均涵養高度が低い湧水は、EC、NO₃⁻、HCO₃⁻ は水位が高いと濃度は低く、水位が低いと濃度が高くなる傾向がある。季節変化による濃度の変化は大きい。

富士山の湧水にも数多くのタイプが存在する。例えば、法雲寺と永明寺の湧水のように、曾比奈溶岩と大淵溶岩から流出する同様の流出メカニズムと考えていたものが、水質分析の結果、トリリニアダイアグラムによる水質組成の違い、水質成分の季節変化の違いがあり、平均涵養高度の相違が影響することがわかった。しかし、平均涵養高度の推定のもとである酸素同位体比が、異なった水の浸入により、たとえば、人為的な汚染や標高の低い地点での降水の浸透などで高くなることも考えられる。今後、標高 1000 m 以下に降った雨の水収支や地質との関係、そして、平均涵養高度に注目して富士山の湧水の流出・涵養メカニズムの解明を継続する。

5. 謝辞

本研究をまとめるにあたり、化学分析では社会環境学部の小川浩教授と山田建太助教の協力を得ました。現地調査では当時 4 年のゼミナールの学生（藤原郁大氏、渡邊景士氏、木本匡哉氏、伊藤勇二氏、

小林俊介氏)にお世話になりました。ここに記して謝意を表します。

6. 参考文献

鹿園直建 他(2014) 富士山南麓の地下水水質、流動と窒素汚染、地学雑誌、123,3,323-342.

農林水産省(2009) 茶生産における施肥の現状と課題

藤川格司 他(2014) 富士山南麓地域における地下水起源の推定、常葉大学社会環境学部研究紀要、1、1-11.

安原正也(2007) 富士山の地下水とその涵養プロセスについて、富士火山、山梨県環境科学研究所、389-405.

Yuki Tosaki et al(2011) Estimation of Groundwater Residence Time Using the ^{36}Cl Bomb pulse, GROUNDWATER, 49, 6, 891-902.