

土壌水連続採取装置によって採取した呉羽丘陵の土壌水の水質

著者	朴木 英治, 川上 智規
雑誌名	富山市科学博物館研究報告
号	37
ページ	119-125
発行年	2013-06-25
URL	http://repo.tsm.toyama.toyama.jp/?action=repository_uri&item_id=987

短 報

土壌水連続採取装置によって採取した 呉羽丘陵の土壌水の水質*

朴木 英治¹⁾, 川上 智規²⁾

¹⁾ 富山市科学博物館, ²⁾ 富山県立大学

Water chemistry of soil water at Kureha hill in Toyama city collected continuously by soil water collector

Hideharu Honoki¹⁾ and Tomonori Kawakami²⁾

¹⁾ Toyama Science Museum, ²⁾ Toyama Prefectural University

1. はじめに

呉羽丘陵の小河川などで降水と谷水の水質を比較すると、大きな違いがあることが分かる。降水で顕著な濃度変化を示す成分はナトリウムイオンや塩化物イオンなどの海塩成分で、その濃度は冬期に高く夏期に低下する季節変化を示す(朴木, 1990)。さらに詳細に検討すると、冬期の降水中の海塩成分濃度は冬型気圧配置時の上空の寒気と日本海の水水温との温度差に比例して濃度が増加する傾向が見られる(朴木, 1993)。また、海塩成分以外の成分のうち、硫酸イオンや硝酸イオンは汚染源との関係や気象状況によって変化する。これらに対して、谷水では、海塩起源の塩化物イオンの他、硫酸イオンにおいても年間を通して濃度が平均化されて流出する場合が多い。極端な例では、夏に集中豪雨があると、その溶存イオン成分濃度はかなり低くなり、蒸留水のような雨が谷の集水域に供給される。谷水はこのような降雨によって流量を大きく増加させる。集水面積が2ha程度とたいへん小さな呉羽丘陵の谷での調査結果では、このような場合においても、谷水の化学成分濃度の変化はたいへん小さい(朴木・川上, 2005)。しかも、硝酸イオンのように谷水流量の増加によって濃度を増加させる成分もある(朴木・川上, 2005)。

これらの現象の原因として、降水が地下に浸透して谷水となって湧出する間に、その化学成分濃度を一定化するメカニズムが働いているためと考えられる。しかし、降水が土壌に浸透して谷に流出するまでの水質変化を追いかけることは意外に難しい。土壌内を表層から下層の帯水層に向けて流れていると考えられる土壌水を採取するために単に横穴をあけただけでは、土壌の毛細管現象の働きによって、土壌水を採取することが難しい。土壌

水を採取するために考案された道具として、微細な穴の開いた多孔質の筒を地面に打ち込み、負圧を利用して土壌水を吸い上げるポーラスカップがあるが、時間の経過と共に負圧が弱くなるほか、保存容器の容量が、取り出すことのできる土壌水の容量となるなどの制約がある。

そこで、呉羽丘陵の谷で、地下に浸透している水をそのまま採取する機材を設置し、地表面下30cmと80cm程度の土壌水を連続して採取し分析を行ったので、得られたデータから海塩成分の塩化物イオン濃度と栄養塩の一つである硝酸イオンの挙動について報告する。

2. 調査方法及び分析方法

2.1 調査地点

調査地点は富山市三の熊地内の丘陵内の谷である。調査位置に関してはHonoki et al. (2001), および、朴木・川上 (2005a), 朴木・川上 (2005b) に記述されている。

2.2 土壌水連続採取器の設置

土壌水連続採取器の本体はニューグネルポット(アズワンNF-5)で、底部から10cm程度の高さを残し、上部をのこぎり等で切断し、底部を使用する。ニューグネルポットの内部は、底面から水の排出口まで少し高さがあり、これがデッドスペースとなる。そこで、この中に収まる大きさの園芸用の鉢受け皿を逆さに入れ、シリコンコーキングで埋める。シリコンコーキングで新たに形成した底面が排水口の中央付近の高さになるようにする。これでデッドスペースはほぼなくなる(図1)。この底面に観賞魚用の硬質のろ過マットを敷いておいても良い。

現場設置の際には、谷の切り通しのような場所を利用し、地面の表層から30cm程の所に土壌水連続採取器が収まる程度の横穴を掘る。この際、穴の上面は平にする。土を掘り出す際、天井付近の土をそのままニューグネルポットの中に詰め、壁面よりも少し盛り上げる。詰める土の硬さは掘り出す前の土壌の硬さと同程度にする。土壌水採取器と保存用のポリタンクとの間に雨量計を入れることで、降雨に伴う土壌水の流出開始時間、流出速

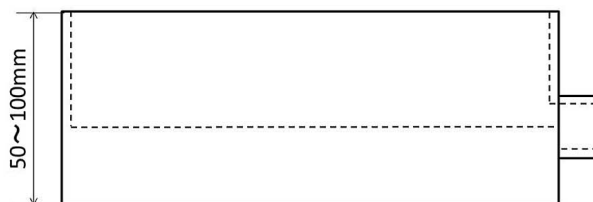


図1 土壌水連続採取器の形状

* 富山市科学博物館研究業績第455号

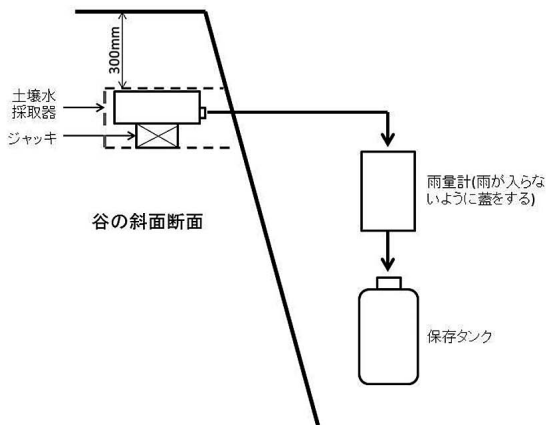


図2 土壌水連続採取器の設置の概要

度が分かる。ただ、雨量計を挟む分、高さも余計に必要なとなる（図2）。土壌水採取器は、土壌中に人工的な不透水面をつくり、たまった水を外部に引き出す形となる。

設置した土壌水採取器は、地形の関係から、谷水を採取した地点の下流側の斜面に設置した。設置深さは地表から30cmおよび80cmとした。設置の際には、土を詰めたニューワグネルポットを穴の上面に押しつけ、下にジャッキを入れて軽く押しつけた。水の流出口にゴム栓を介して導水用のチューブを接続し、横穴の隙間を掘り出した土で埋め戻した。

2.3 降水試料の採取

酸性雨観測で使用しているバルクサンプラーを集水域内の上が開けた地点（林外雨）と広葉樹の樹冠下に設置し（樹冠通過雨）、同時に降水試料の回収を行った。

降水試料（林外雨、樹冠通過雨）、土壌水（30cm, 80cm, ）、および、谷水試料を2週間に一回の頻度で回収および採取した。調査期間は2004年9月3日～2005年10月12日までである。

2.3 分析方法

採取した試料のイオン成分濃度はイオンクロマトグラフを使用して分析した。

3. 結果及び考察

3.1 降水量と土壌水量の変化

図3は林外雨の降水量と地下30cmの土壌水量（雨量換算は目安程度）の変化を示したもので、点線は雨量計による降水開始時間に合わせて引いた。土壌水の流出の始まりは、降雨の開始後1時間～数時間後に起きていた。また、降雨が終了すると土壌水の流出も停止していた。この点から、土壌水採取器の設置位置は自由地下水面よりも上の位置にあり、地下に浸透してきた降水を直接採取していると考えることができた。

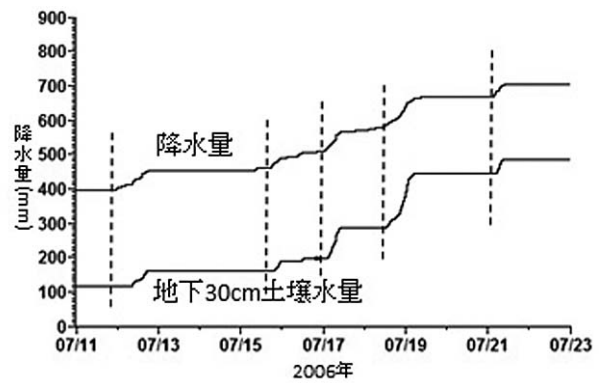


図3 三の熊の降水量と土壌水量の変化

（土壌水量は参考値 2006年7月11日～23日）

3.2 塩化物イオンの濃度変化

図4は、図3とは観測期間が異なるが、2004年9月3日から2005年10月12日までのほぼ1年間にわたって2週間ごとに採取した林外雨、林内雨、地下30cm、地下80cm（調査後半のみ）、谷水の塩化物イオン濃度をそれぞれプロットしたものである。谷水の塩化物イオン濃度の季節変動は比較的少なく8.0mg/l～10.0mg/l程度で推移していた。このうち、11月～4月までの冬期間が8.0mg/l～9.0mg/l程度、夏の期間は9.0mg/l～10.0mg/l程度で、冬の期間は夏の期間と比べて濃度が若干低下した。これに対して集水域への水の供給源となる林外雨の塩化物イオン濃度は冬期に高く夏期に低くなり、富山で例年見られる季節変化を示していた。林外雨の塩化物イオン濃度は12月から2月頃にかけて9.6mg/l～19.7mg/lと谷水よりも高濃度の場合も観測されたが、4月～9月までの夏の期間では1.0mg/l以下の濃度であった。また、樹冠通過雨の塩化物イオン濃度は、冬期のデータがないが、春期から秋期にかけて、林内雨の塩化物イオン濃度の2倍程度の濃度となった。しかし、谷水の塩化物イオン濃度と比べると数分の1程度であった。

降水が地下に浸透し、地下30cmの位置で採取した土壌水の塩化物イオン濃度は9月から12月までは5mg/l

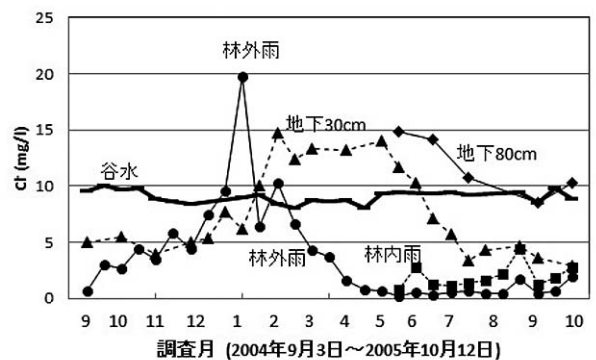


図4 三の熊地内の谷の林外雨、林内雨、地下30cm土壌水、地下80cm土壌水、谷水の塩化物イオン濃度の季節変化

程度で推移し、その後は上昇して、2月～5月にかけては谷水濃度よりも高い12mg/l～15mg/l程度で推移した。さらに、5月～7月にかけて低下し、7月以降は3mg/l～5mg/l程度で推移した。これに対して、地下80cmの土壌水の塩化物イオン濃度は地下30cmの土壌水と比べると濃度が高く、6月初旬で14.8mg/lを示し、6月～8月にかけて低下し、9月～10月の濃度は谷水の塩化物イオン濃度と同程度の9mg/l～11mg/l程度となった(図3)。

図4のグラフから、6月～10月の夏期の場合、地下80cmの土壌水の塩化物イオン濃度が地下30cmの土壌水と比べて最大で3倍程度も濃縮されていることから、植物の蒸発散による濃縮が起きている可能性が考えられた。

また、谷に流出する地下水の水質により近いと考えられる地下80cmの土壌水の塩化物イオン濃度は8月～10月を除いて谷水の濃度と比べてかなり高いため、どのような機構で谷水の塩化物イオン濃度まで低下するのか、今の所、不明である。

3.3 硝酸イオンの濃度変化

図5に林外雨、樹冠通過雨、地下30cm土壌水、地下80cm土壌水、谷水の硝酸イオン濃度の変化を示した。

降水の硝酸イオン濃度は6.8mg/lと非常に高くなる場合もあったが、ほとんどの場合は2mg/l以下の低濃度で、谷水の濃度は多くの場合、1mg/l以下の低濃度であった。これに対して、地下30cmの土壌水の硝酸イオン濃度は2004年の10月～11月にかけて48mg/l～54mg/lの高濃度を示し、その後、3月～5月にかけて6mg/l～8mg/lと低濃度となり、その後再び上昇した。図5からは地下30cmの土壌中の硝酸イオン濃度は秋期に高濃度となり春期に低濃度となる季節変化を示している可能性が考えられた。これに対して、地下80cmの土壌水の硝酸イオン濃度は地下30cmの土壌水の硝酸イオン濃度よりも低くなり、植物の根からの吸収が原因と考えられた。

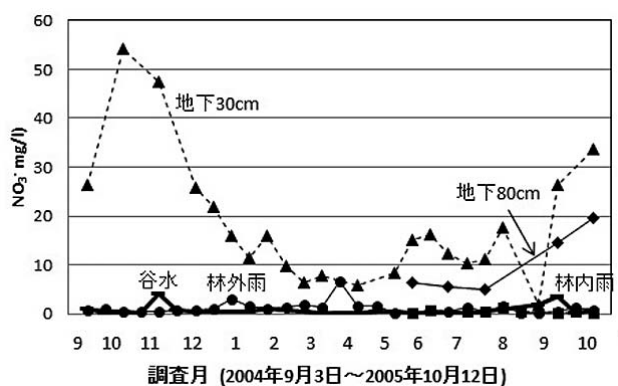


図5 三の熊地内の谷の林外雨、林内雨、地下30cm土壌水、地下80cm土壌水、谷水の硝酸イオン濃度の季節変化

4. まとめ

土壌に浸透した降水を地下30cmと80cmから直接採取し、塩化物イオン濃度と硝酸イオン濃度について、林外雨、樹冠通過雨、および、谷水のそれらの濃度と比較した。

塩化物イオンは、樹冠通過雨では夏期に濃度が低下し、冬期に増加する季節変化を示し、林内雨では林外雨と比べて濃度は2倍程度増加した。これに対し、地下30cmから採取した土壌水の塩化物イオン濃度は1月～2月にかけて濃度が上昇し、2月～5月にかけては谷水よりも濃度が高い13mg/l～15mg/lで推移し、5月以降は7月まで濃度が低下し、7月～10月は3mg/l～5mg/l程度の比較的低濃度で推移した。地下80cmの土壌水の採取は6月以降であったが、6月7月は谷水よりも濃度が高い14mg/l～15mg/l程度で、7月～10月は谷水の塩化物イオンと同程度の8mg/l～11mg/l程度の値となった。以上の結果からは、谷水の塩化物イオン濃度が年間を通して一定となる理由は見いだせなかった。

同様に調査した硝酸イオンに関しては、林外雨や樹冠通過雨、さらに、谷水濃度で濃度が低かった。これに対して、地下30cmの土壌水では比較的高濃度で検出され、10月に最高濃度の54mg/lを示し、翌年の5月にかけて濃度は低下し、5月～8月は10mg/l～20mg/l程度で推移し、さらに、9月以降は濃度が上昇した。また、地下80cmの土壌水では地下30cmの土壌水と比べて濃度が低かった。

謝辞

調査に際し、土地所有者の故高橋政則氏の承諾、協力を得ました。ここに厚くお礼申し上げます。

文献

- Honoki, H. Kawakami, T., Yasuda, H. and Maehara, I., 2001. Nitrate Leakage from deciduous forest soils into streams on Kureha Hill, Japan. *Proceedings of the 2nd International Nitrogen Conference on Science and Policy*, 548-555.
- 朴木英治, 1990. 富山市における降水中の主要イオン相互、および、それらと気象要素との関連性. 富山市科学文化センター研究報告, 13: 151-155.
- 朴木英治, 1993. 富山市での降水による海塩成分降下の特徴、および、冬季降水中のナトリウムイオン濃度に対する冬型強さの関係. 富山市科学文化センター研究報告, 16: 83-90.
- 朴木英治・川上智規, 2005a. 素素飽和状態の渓流水における水質変動特性. *J. Ecotech. Res.*, 11(1): 29-34.
- 朴木英治・川上智規, 2005b. 富山市三の熊地内の谷地の水収支. 里山(富山県中央部)の自然環境調査報告書Ⅰ 環境・動物・植物編(富山市科学文化センター): 41-44.

表 1 林外雨の水質

期間	p H	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
林外雨		[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
-03/09/03	4.67	0.33	0.19	0.17	0.06	0.35	0.67	—	0.80	1.99
03/09/03-09/16	4.80	0.31	0.23	0.18	0.08	0.37	0.68	—	0.65	1.36
03/09/16-09/30	4.48	1.30	0.23	0.32	0.21	0.55	3.00	—	1.05	2.40
03/09/30-10/14	4.82	1.28	0.13	0.13	0.23	0.41	2.71	0.00	0.51	2.01
03/10/14-10/28	5.33	2.07	0.15	0.59	0.39	0.95	4.39	0.00	0.55	2.33
03/10/28-11/11	5.94	1.53	0.07	2.45	0.55	1.45	3.45	0.00	0.61	2.42
03/11/11--11/25	4.57	2.91	0.15	0.20	0.50	0.47	5.83	0.00	0.78	2.70
03/11/25-12/09	4.60	2.16	0.14	0.14	0.38	0.54	4.41	0.00	0.63	2.58
03/12/09-12/22	4.85	3.64	0.35	0.20	0.58	0.66	7.52	0.00	0.90	2.65
03/12/22-04/01/06	4.13	4.73	0.55	0.33	0.76	0.86	9.57	0.00	3.06	5.58
04/01/06-01/20	4.21	9.53	0.42	0.43	1.44	0.81	19.70	0.00	1.70	6.01
04/01/20-02/03	4.37	3.11	0.22	0.15	0.53	0.35	6.40	0.00	0.98	2.95
04/02/03-02/17	4.64	5.53	0.46	0.33	0.75	0.88	10.25	0.00	1.25	3.96
04/02/17-03/03	5.57	3.87	0.36	0.23	0.57	1.56	6.59	0.00	1.88	3.74
04/03/03-03/23	5.39	2.44	0.33	0.19	0.44	1.62	4.29	0.00	1.45	3.29
04/03/23-03/30	4.24	1.85	1.36	0.43	0.53	2.83	3.74	0.00	6.78	9.41
04/03/30-04/13	4.96	0.62	0.58	0.16	0.17	1.63	1.57	0.00	1.67	3.90
04/04/13-04/27	—	0.38	0.56	0.23	0.22	2.28	0.81	0.00	1.51	3.98
04/04/27-05/11	—	0.28	0.10	0.62	0.16	0.80	0.66	0.00	0.20	0.94
04/05/11-06/01	—	0.08	0.35	0.11	0.05	0.42	0.24	0.00	0.29	1.24
04/06/01-06/08	—	0.27	0.34	0.10	0.06	0.38	0.57	0.00	0.61	1.42
04/06/08-06/22	—	0.13	0.45	0.16	0.04	0.36	0.33	0.00	0.45	1.22
04/06/22-07/06	—	0.20	1.43	0.40	0.07	0.65	0.59	0.00	1.25	3.44
04/07/06-07/20	—	0.32	0.15	0.28	0.05	0.41	0.64	0.00	0.46	1.39
04/07/20-08/04	—	0.17	0.69	0.39	0.07	0.52	0.46	0.00	1.66	3.85
04/08/04-08/18	—	0.19	0.58	0.28	0.08	0.72	0.42	0.00	0.18	2.00
04/08/18-08/31	—	0.99	0.01	0.24	0.16	0.57	1.71	0.00	0.29	1.05
04/08/31-09/14	—	0.26	0.09	0.25	0.08	0.49	0.47	0.00	0.47	1.21
04/09/14-09/28	—	0.32	0.30	0.15	0.09	0.66	0.64	0.00	1.34	2.02
04/09/28-10/12	—	1.09	0.17	0.17	0.15	0.52	1.95	0.00	0.72	1.69
-05/01/12	—	7.69	0.00	0.40	0.81	0.94	14.00	0.00	0.00	3.16
05/01/12-01/23	—	3.38	0.47	0.33	0.45	0.62	6.30	0.00	1.26	3.18
05/01/23-02/08	—	4.27	0.42	0.26	0.56	0.86	7.74	0.00	1.50	3.60
05/02/08-02/23	—	2.21	0.38	0.28	0.33	0.45	4.04	0.00	1.11	3.02
05/02/23-03/08	—	4.34	0.58	0.36	0.53	0.77	8.03	0.00	2.11	4.17
05/03/08-03/23	—	3.03	0.54	0.43	0.41	0.73	5.46	0.00	2.45	3.87

表 2 樹冠通過雨の水質

期間	p H	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
樹冠通過雨		[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
04/05/11-06/01	—	0.31	0.49	1.49	0.20	0.71	0.82	0.00	0.15	1.44
04/06/01-06/08	—	0.44	0.53	5.31	0.42	0.96	2.74	0.00	0.67	2.61
04/06/08-06/22	—	0.40	0.45	2.06	0.40	1.32	1.22	0.00	0.00	1.78
04/06/22-07/06	—	0.29	0.97	1.99	0.36	1.64	1.09	0.00	0.41	3.60
04/07/06-07/20	—	0.46	0.38	1.40	0.42	1.50	1.38	0.00	0.34	1.83
04/07/20-08/04	—	0.34	0.08	1.33	0.38	1.82	1.54	0.00	1.42	4.53
04/08/04-08/18	—	0.46	0.07	2.75	0.48	2.28	2.18	0.00	0.60	3.36
04/08/18-08/31	—	1.58	0.16	3.41	0.60	2.14	4.44	0.00	0.00	2.28
04/08/31-09/14	—	0.54	0.24	1.53	0.20	0.79	1.30	0.00	0.18	1.76
04/09/14-09/28	—	0.61	0.39	1.91	0.45	1.81	1.89	0.00	0.56	2.88
04/09/28-10/12	—	1.48	0.01	0.94	0.34	1.26	2.75	0.00	0.13	2.04
-05/01/12	—	7.66	1.06	1.53	1.16	1.89	14.54	0.00	0.15	4.55
05/01/12-01/23	—	4.48	0.00	0.40	0.67	1.19	7.54	0.00	0.45	3.08
05/01/23-02/08	—	6.21	0.00	0.61	1.17	1.89	11.43	0.00	1.03	4.51
05/02/08-02/23	—	1.90	0.20	0.27	0.47	1.03	3.03	0.00	1.01	3.08
05/02/23-03/08	—	5.58	0.08	0.50	0.83	1.55	9.73	0.00	1.95	5.09
05/03/08-03/23	—	4.12	0.47	0.60	0.68	1.58	7.76	0.00	2.57	5.01

表 3 地下 30cm 土壌水

	p H	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
地下 30cm 土壌水		[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
03/09/03-09/16	5.49	4.41	0.00	3.60	2.57	6.37	5.04	0.00	26.40	5.28
03/09/16-09/30	水なし									
03/09/30-10/14	4.21	4.89	0.37	4.01	4.20	9.74	5.47	0.00	54.11	4.65
03/10/14-10/28	水なし									
03/10/28-11/11	4.39	3.79	0.00	3.36	3.43	7.50	3.95	0.00	47.52	4.58
03/11/11--11/25	水なし									
03/11/25-12/09	4.61	2.12	0.01	2.65	2.51	5.50	4.99	0.00	25.68	4.98
03/12/09-12/22	—	2.26	0.00	2.34	2.09	5.02	5.35	0.00	21.87	5.32
03/12/22-04/01/06	4.83	3.07	0.26	2.77	2.23	5.59	7.75	0.28	15.85	7.47
04/01/06-01/20	4.74	2.85	0.34	2.24	1.67	4.08	6.16	0.00	11.46	6.32
04/01/20-02/03	4.55	2.43	0.08	2.27	2.40	5.53	10.10	0.00	15.86	5.89
04/02/03-02/17	4.51	4.97	0.00	1.96	1.89	4.55	14.75	0.00	9.88	6.19
04/02/17-03/03	4.53	5.26	0.00	1.65	1.38	3.47	12.40	0.00	6.44	6.84
04/03/03-03/23	4.70	5.58	0.00	2.10	1.56	3.72	13.30	0.00	7.75	6.91
04/03/23-03/30	水なし									
04/03/30-04/13	4.80	5.00	0.00	2.27	1.52	3.84	13.21	0.00	5.94	6.72
04/04/13-04/27	水なし									

表 3 続き

04/04/27-05/11	—	5.85	0.00	3.12	1.59	4.05	14.05	0.00	8.31	6.69
04/05/11-06/01	—	6.10	0.00	2.74	1.58	3.94	11.68	0.00	15.02	5.94
04/06/01-06/08	—	5.77	0.03	3.05	1.52	3.82	10.26	0.00	16.26	6.73
04/06/08-06/22	—	4.67	0.01	2.34	1.12	2.91	7.06	0.00	12.37	7.59
04/06/22-07/06	—	5.07	0.00	2.62	1.05	2.87	5.74	0.00	10.31	7.55
04/07/06-07/20	—	3.90	0.00	0.23	0.94	2.26	3.32	0.00	11.01	6.73
04/07/20-08/04	—	3.76	0.00	2.61	0.94	2.49	4.25	0.00	17.57	8.55
04/08/04-08/18	水なし									
04/08/18-08/31	—	3.83	20.25	4.19	0.86	2.55	4.63	0.25	1.94	4.40
04/08/31-09/14	—	4.77	2.44	3.94	1.78	4.93	3.59	0.07	26.36	4.65
04/09/14-09/28	水なし									
04/09/28-10/12	—	4.09	0.56	3.52	2.00	5.06	2.93	0.00	33.78	4.29
-05/01/12	—	2.61	10.25	3.95	1.46	3.64	4.32	0.26	1.43	7.14
05/01/12-01/23	—	4.33	0.07	1.98	1.62	4.23	11.31	0.00	9.01	6.24
05/01/23-02/08	—	4.07	0.00	1.52	1.12	3.04	9.07	0.00	5.49	7.54
05/02/08-02/23	—	4.52	0.00	1.49	1.14	2.96	9.26	0.00	3.95	7.99
05/02/23-03/08	—	4.46	0.06	1.47	0.89	2.52	6.88	0.00	2.78	9.39
05/03/08-03/23	—	4.61	0.03	1.49	0.95	2.66	7.41	0.00	3.28	9.21

表 4 地下 80cm 土壌水

採取量	pH	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
地下 80cm 土壌水		[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
04/05/11-06/01	—	5.47	0.74	2.24	1.74	2.29	14.80	0.03	6.36	2.82
04/06/01-06/08	水なし									
04/06/08-06/22	—	5.31	6.65	3.61	1.63	5.34	14.12	0.33	5.40	3.69
04/06/22-07/06	水なし									
04/07/06-07/20	—	5.36	0.94	3.09	1.32	2.49	10.75	0.00	4.91	3.66
04/07/20-08/04	水なし									
04/08/04-08/18	水なし									
04/08/18-08/31	水なし									
04/08/31-09/14	—	5.10	1.31	5.07	1.58	2.90	8.51	0.00	14.53	3.56
04/09/14-09/28	水なし									
04/09/28-10/12	—	6.50	1.38	6.18	2.24	3.76	10.28	0.13	19.54	5.01
-05/01/12	水なし									
05/01/12-01/23	水なし									
05/01/23-02/08	水なし									
05/02/08-02/23	—	4.31	2.08	2.56	1.43	2.04	6.09	0.00	14.66	2.96
05/02/23-03/08	—	5.30	2.16	3.20	1.47	2.59	7.54	0.15	15.48	5.11
05/03/08-03/23	—	5.44	36.56	8.65	1.25	2.76	7.97	0.09	10.00	8.59

表 5 谷水の水質

時間	p H	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
谷水		[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
03/09/16	—	4.69	0.01	0.62	1.32	2.85	9.51	0.00	1.13	4.45
03/09/30	—	4.91	0.00	0.74	1.52	1.17	10.04	0.00	0.16	4.42
03/10/14	—	4.85	0.00	0.73	1.47	1.04	9.73	0.00	0.45	4.15
03/10/28	—	4.86	0.00	0.66	1.42	1.02	9.81		0.13	4.49
03/11/11	—	4.80	0.00	0.78	1.93	2.26	8.90	0.00	3.99	4.26
03/11/25	—	4.46	0.00	0.61	1.38	0.88	8.66	0.00	0.72	4.41
03/12/09	—	4.29	0.00	0.59	1.27	0.95	8.35	0.00	0.46	4.46
03/12/22	欠測									
04/01/06	欠測									
04/01/20	—	4.56	0.00	0.55	1.45	1.02	9.02	0.00	0.47	4.52
0402/03	—	4.37	0.00	0.44	1.38	0.94	9.17	0.00	1.11	4.25
04/02/17	—	4.59	0.00	0.64	1.18	0.90	8.45	0.00	0.81	4.11
04/03/03	—	4.61	0.00	0.50	1.22	0.84	8.04	0.00	0.39	4.34
04/03/23	—	4.89	0.00	0.54	1.22	0.99	8.71	0.00	0.12	4.44
04/03/30	—	4.27	0.00	0.65	1.20	0.99	8.64	0.00	0.22	4.46
04/04/13	—	4.34	0.00	0.62	1.23	0.88	8.76	0.00	0.07	4.54
04/04/27	—	4.11	0.00	0.72	1.19	0.95	8.04	0.00	0.40	4.25
04/05/11	—	4.50	0.00	0.54	1.29	0.90	9.34	0.00	0.38	4.34
04/06/01	—	4.61	0.00	0.92	1.28	0.94	9.43	0.00	0.15	4.43
04/06/08	水なし									
04/06/22	—	4.45	0.00	0.59	1.30	0.98	9.36	0.00	0.23	4.21
04/07/06	—	4.78	0.00	0.70	1.36	1.04	9.49	0.00	0.31	4.27
04/07/20	—	5.21	0.00	0.70	1.24	0.76	9.18	0.00	0.37	4.27
04/08/04	水なし									
04/08/18	水なし									
04/08/31	—	5.88	0.04	0.80	1.37	1.20	9.41	0.00	1.95	4.46
04/09/14	—	5.00	0.00	0.65	1.32	1.23	8.48	0.00	3.43	4.02
04/09/28	—	5.72	0.00	0.78	1.29	0.98	9.85	0.00	0.19	4.12
-05/01/12	—	5.46	0.00	0.65	1.34	0.92	9.84	0.00	0.74	4.09
05/01/23	—	5.50	0.00	0.83	1.28	0.95	9.74	0.00	0.99	4.16
05/02/08	—	5.42	0.00	0.69	1.34	0.91	9.67	0.00	0.51	4.21
05/02/23	—	5.02	0.00	0.52	1.31	0.92	9.52	0.00	1.11	3.93
05/03/08	—	5.21	0.00	0.54	1.33	0.91	9.60	0.00	0.65	4.04
05/03/23	—	5.07	0.00	0.63	1.27	0.88	9.30	0.00	1.08	4.05