

立山における酸性雨観測結果（2017）

著者	朴木 英治, 渡辺 幸一
雑誌名	富山市科学博物館研究報告
号	42
ページ	49-59
発行年	2018-07-01
URL	http://repo.tsm.toyama.toyama.jp/?action=repository_uri&item_id=446

立山における酸性雨観測結果(2017) *

朴木 英治¹⁾, 渡辺 幸一²⁾

¹⁾ 富山市科学博物館 939-8084 富山市西中野町一丁目8-31

²⁾ 富山県立大学 939-0398 射水市黒河5180

Observation reports of acid rain collected on Mt. Tateyama (2017)

Hideharu Honoki¹⁾, Koichi Watanabe²⁾

¹⁾ Toyama Science Museum, 1-8-31 Nishinakano-machi, Toyama-shi, Toyama 939-8084, Japan

²⁾ Toyama Prefectural University, 5180 Kurokawa, Imizu-shi, Toyama 939-0398, Japan

Acid rain observations were done at 10 observatories from Katsuradai (660 m a.s.l.) to Murodo-daira (2450 m a.s.l.) in Mt. Tateyama and Toyama Science Museum in Toyama city. Precipitations were increased with increase in altitude (altitude effect). Concentrations of nitrate ions and non-sea salt sulfate ions were decreased with increase in altitude (altitude effect). However, decreasing concentration with increasing altitude was higher in nitrate ion than in non-sea salt sulfate ion. Concentrations of ammonium ions at observatories of Mt. Tateyama were fluctuated in July and August though that concentrations showed altitude effect like as nitrate ion and non-sea salt sulfate ion in September and October. Concentrations of non-sea salt calcium ions were higher at Toyama city than at observatories of Mt. Tateyama and that concentration at observatories in Mt. Tateyama seemed almost same with some peaks at several observatories.

Key words : acid rain, sodium ion, sulfate ion, nitrate ion, ammonium ion

キーワード : 酸性雨, 非海塩性硫酸イオン, 硝酸イオン

はじめに

立山における酸性雨観測は2003年から開始し、2017年で15年目となった。観測は主に夏から秋の期間に行っている。当初の観測点は美女平、弥陀ヶ原、室堂平の3カ所であったが、2005年から7カ所での観測とし、その後観測点を増やし、2017年は桂台から室堂平まで、立山有料道路沿いの10カ所と科学博物館で同時に観測を行った。観測結果については毎年の研究報告で報告している(朴木・渡辺, 2004, 朴木・渡辺, 2006, 朴木・渡辺, 2007, 朴木・渡辺, 2008, 朴木ほか, 2009, 朴木・渡辺, 2010, 朴木・渡辺, 2011, 朴木・渡辺, 2012a, 朴木・渡辺, 2012b, 朴木・渡辺, 2013, 朴木・渡辺, 2014, 朴木・渡辺, 2015, 朴木・渡辺, 2016, 朴木・渡辺, 2017)。ここでは、2017年の観測結果について報告する。

調査地点および観測方法

調査地点は、観測点標高が高い順に、室堂平(自然保護センター敷地, 標高 2450 m)、天狗平(駐車場, 標高 2305 m)、天狗鼻(第二駐車場, 標高 2110 m)、弥陀ヶ原(駐車場, 標高 1930 m)、追分(駐車場, 標高 1800 m)、弘法平(有料トイレ設置駐車場, 標高 1620 m)、上ノ小平(駐車スペース, 標高 1420 m)、滝見台(駐車場, 標高 1280 m)、美女平(駅舎屋上, 標高 970 m)、桂台(料金所敷地, 標高 660 m)の10カ所と比較観測点としての科学博物館屋上(標高 13 m)である。

降水試料の採取には開口部面積 226.9 cm^2 のバルクサンプラーを使用した。試料の回収時には試料が採取された容量10リットルの貯蔵タンクを実験室であらかじめ洗浄したタンクと交換し、試料の全量をそのまま持ち帰った。バルクサンプラーの受け器はイオン交換水で洗浄後、

* 富山市科学博物館研究業績第529号

バルクサンプリングとして再セットした。

2017年の観測は6月23日に科学博物館、桂台、美女平、滝見台、上ノ小平、弘法平の6か所で開始し、7月7日から全観測点での観測を開始した。観測終了に関しては、まず、10月7日に室堂平、天狗平、天狗鼻の観測を終了し、10月27日に弥陀ヶ原、追分、弘法平の観測を終了した。上ノ小平、滝見台、美女平、桂台の観測点では11月9日まで観測を継続した（表1）。実験室に持ち帰った試料は、採取重量測定後、イオンクロマトグラフで陽イオン、陰イオン成分を分析した。

なお、以下の解析に関して、7月分は7月7日～8月10日、8月分は8月10日～9月6日、9月分は9月6日～10月7日、10月分は10月7日～10月27日のデータを使用し、月毎の降水量、平均濃度（降水量による加重平均）を計算した（表2）。

結果および考察

1 観測点標高に対する降水量の変化

観測点標高に対する降水量の変化を図1に示した。どの月も降水量は富山市の市街地（科学博物館）で最も少なかった。立山の観測点では7月は桂台から室堂平まで降水量にほとんど違いが見られなかったが、それ以外の月は観測点標高が高くなるにつれて降水量が増加した。

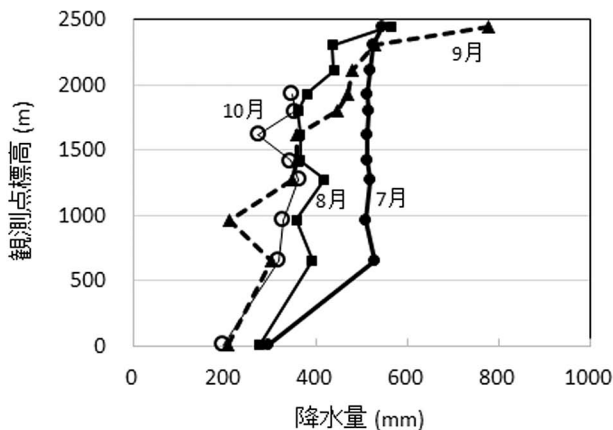


図1 観測点標高に対する降水量の変化。

2 観測点標高に対する降水中のナトリウムイオン濃度

観測点標高に対する降水中のナトリウムイオン濃度の変化を図2に示した。ナトリウムイオン濃度は、基本的に、海に近い富山市で濃度が高く、立山の観測点では標高が高くなるほど濃度が低下する高度効果が見られた。

7月は桂台で富山市市街地よりも濃度が高くなったが、美女平では富山市よりも濃度が低くなり、標高が高くなるにつれて濃度の低下が見られた。7月と8月は、美女平から室堂平まで同様な濃度変化を示した。9月は、富山市から追分までは7月、8月と比べて濃度が高くなった

が、弥陀ヶ原から室堂平までは、7月、8月と同様な濃度となった。10月は富山市でのナトリウムイオン濃度が $389.3 \mu\text{mol/L}$ と高い値を示した。

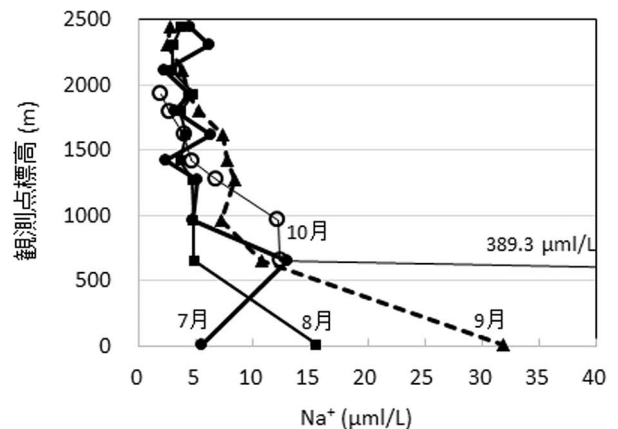


図2 観測点標高に対する降水中のナトリウムイオン濃度の変化。

3 観測点標高に対する降水中の非海塩性硫酸イオン濃度

観測点標高に対する降水中の非海塩性硫酸イオン濃度の変化を図3に示す。降水中の非海塩性硫酸イオンは、ナトリウムイオンと同様、標高が高くなるにつれて濃度が低下する高度効果が見られる。しかし、非海塩性硫酸イオンの濃度は、ナトリウムイオン濃度と比べ、標高の増加に伴う濃度の低下が少ないことが大きな特徴である。10月は桂台での濃度が富山市市街地よりも高かった。7月は追分から室堂平まで標高が高くなるにつれて濃度がやや高くなる傾向も見られた。

降水粒子による物質の捕捉という観点からこの濃度変化を見ると、観測点標高の低下に対する濃度の増加は、図4の硝酸イオンの場合と比べて小さく、降水粒子が落下中に捕捉する非海塩性硫酸イオンの量は硝酸イオンより少ないことが考えられる。

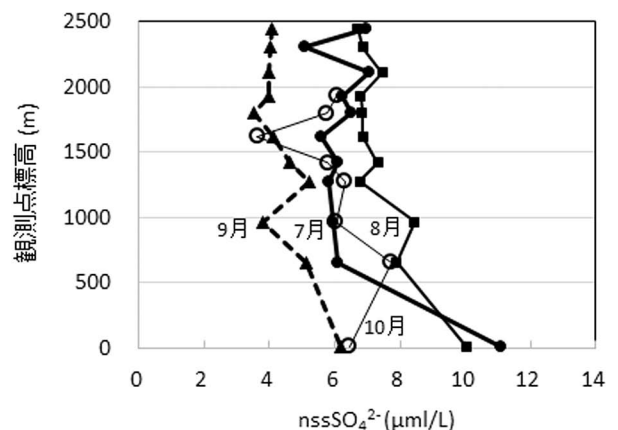


図3 観測点標高に対する降水中の非海塩性硫酸イオン濃度の変化。

4 観測点標高に対する降水中の硝酸イオン濃度

観測点標高に対する降水中の硝酸イオン濃度の変化を図4に示す。硝酸イオンも、ナトリウムイオンや非海塩性硫酸イオンと同様、観測点標高が高くなるにつれて濃度が低下する高度効果が見られる。しかし、同じ酸性雨原因成分である非海塩性硫酸イオンの観測点標高に対する濃度変化と比較すると、硝酸イオンの方が観測点標高の上昇に対する濃度の低下が大きい(図3, 図4)。

9月と10月の観測結果では、弘法平で濃度が大きく低下する現象が見られた。原因については不明である。

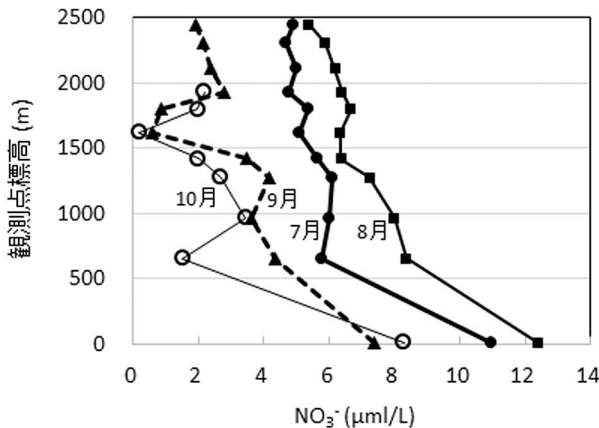


図4 観測点標高に対する降水中の硝酸イオン濃度の変化。

5 観測点標高に対する降水の硝酸寄与比

硝酸寄与比は酸性雨の原因成分である硝酸イオンと非海塩性硫酸イオンの合計濃度に対する硝酸イオンの比率を示したものである。計算は当量濃度で行っているの、非海塩性硫酸イオン濃度は2倍にしている。

図5に観測点標高に対する硝酸寄与比の値を示す。国内起源の汚染物質の場合はこの値が高くなる。富山市の硝酸寄与比の値は立山の観測点と比べて高く、立山では観測点標高が高くなるにつれて硝酸寄与比の値は低下する。8月、9月、10月は富山市での硝酸寄与比の値は0.37~0.39程度と高かったが、7月は0.33とやや低い値であった。

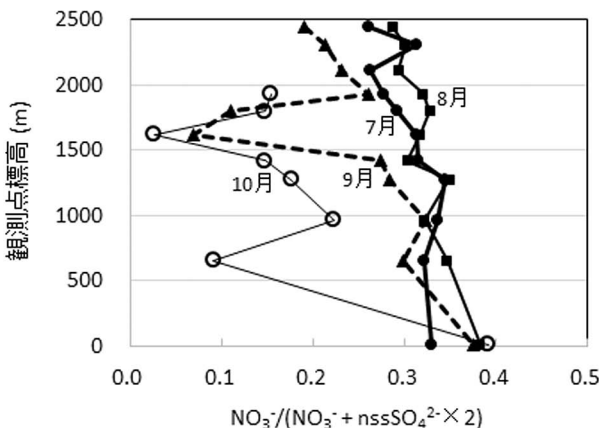


図5 観測点標高に対する降水硝酸寄与比の変化。

9月、10月は弘法平での硝酸イオン濃度が低かったことから硝酸寄与比の値もかなり低い値となった。

6 観測点標高に対する降水中のアンモニウムイオン濃度

観測点標高に対する降水中のアンモニウムイオン濃度の変化を図6に示す。降水中のアンモニウムイオンは、9月と10月については富山市市街地で濃度が高く、立山の観測点では観測点標高が高くなるにつれて濃度が低下する傾向が見られた。ただ、弘法平で濃度が上下の観測点よりも低下する点では硝酸イオンのグラフ(図4)と似たところがあった。7月と8月は立山の観測点の濃度のばらつきが大きく、富山市市街地と同程度以上の濃度が観測された地点もあった。

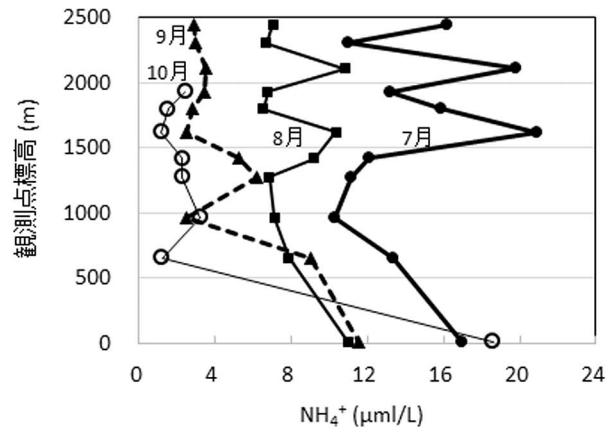


図6 観測点標高に対する降水中のアンモニウムイオン濃度の変化。

7 観測点標高に対する降水中の非海塩性カルシウムイオン濃度

観測点標高に対する降水中の非海塩性カルシウムイオン濃度の変化を図7に示す。これまでの観測では、降水中の非海塩性カルシウムイオン濃度は上ノ小平や弘法平などでピークを示す場合が多かったが、2017年の観測では、7月は弘法平で、8月は富山市と天狗鼻で、10月は桂台で濃度がかなり高かった。

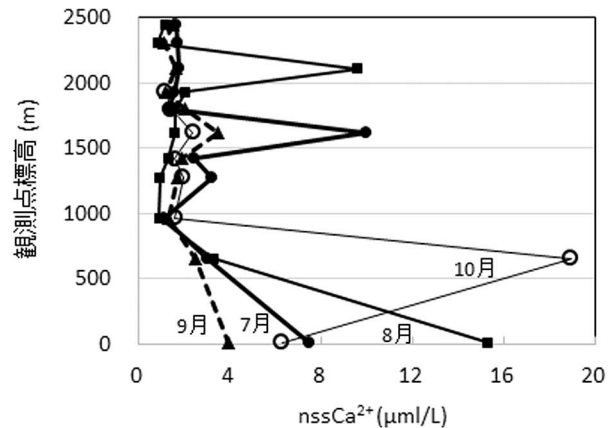


図7 観測点標高に対する降水中の非海塩性カルシウムイオン濃度の変化。

8 観測点標高に対する降水のpH

観測点標高に対する降水のpHの変化を図8に示す。観測点標高に対する降水のpHの変化パターンは月によって大きく異なり、7月は富山市市街地から弘法平にかけてpHの値が増加し、上ノ小平から天狗鼻にかけては酸性雨ではない雨となった。8月は降水のpHの値が4.8~5.2程度の幅で変動し、室堂平では富山市市街地と同程度となった。9月は8月と比べて全体にpHの値が高く、各観測点のpHの値は同程度であった。10月は桂台でpHの値が高かったが、その他の観測点では富山市市街地と同程度であった。

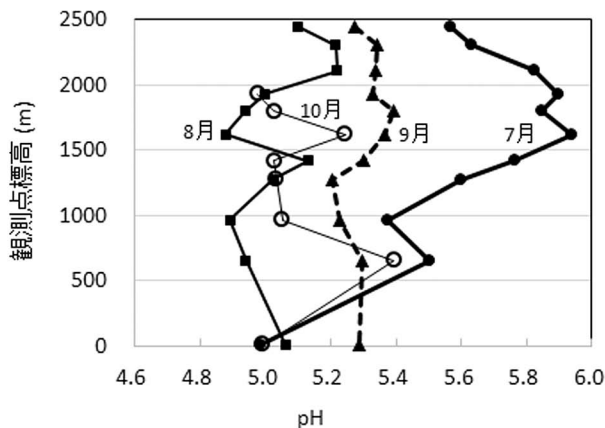


図8 観測点標高に対する降水のpHの値の変化。

謝辞

観測に際し、環境省立山自然保護官事務所、富山森林管理署、富山県（自然保護課、立山土木事務所）、富山県道路公社および富山県道路公社立山有料道路管理事務所、立山黒部貫光（株）、富山警察署の協力を得た。さらに、試料の回収の際に、富山県立山センター・富山県自然保護センター、立山有料道路管理事務所・桂台料金所、美女平駅、弥陀ヶ原ホテルの各皆様の協力を得た。ここに厚くお礼申し上げます。

文献

- 朴木英治・渡辺幸一，2004. 立山における酸性雨観測および降水と雲粒との化学成分濃度の違いに関する調査. 富山市科学文化センター研究報告，(27): 81-85.
- 朴木英治・渡辺幸一，2006. 立山における標高別の酸性雨と霧水の違いに関する調査結果2004. 富山市科学文化センター研究報告，(29): 123-131.
- 朴木英治・渡辺幸一，2007. 立山における標高別の酸性雨観測結果2005. 富山市科学文化センター研究報告，(30): 89-97.
- 朴木英治・渡辺幸一，2008. 立山における酸性雨観測結果2006. 富山市科学博物館研究報告，(31): 105-112.

- 朴木英治・渡辺幸一・米谷正広，2009. 立山における標高別の酸性雨観測結果2007. 富山市科学博物館研究報告，(32): 125-131.
- 朴木英治・渡辺幸一，2010. 立山における酸性雨観測結果(2008). 富山市科学博物館研究報告，(33): 113-120.
- 朴木英治・渡辺幸一，2011. 立山における酸性雨観測結果(2009). 富山市科学博物館研究報告，(34): 151-158.
- 朴木英治・渡辺幸一，2012a. 立山における酸性雨観測結果(2010). 富山市科学博物館研究報告，(35): 119-128.
- 朴木英治・渡辺幸一，2012b. 立山における酸性雨観測結果(2011). 富山市科学博物館研究報告，(36): 13-26.
- 朴木英治・渡辺幸一，2013. 立山における酸性雨および懸濁粒子観測結果(2012). 富山市科学博物館研究報告，(37): 89-102.
- 朴木英治・渡辺幸一，2014. 立山における酸性雨・懸濁粒子観測結果(2013). 富山市科学博物館研究報告(38): 105-120.
- 朴木英治・渡辺幸一，2015. 立山における酸性雨・懸濁粒子観測結果(2014). 富山市科学博物館研究報告(39): 69-86.
- 朴木英治・渡辺幸一，2016. 立山における酸性雨・懸濁粒子観測結果(2015). 富山市科学博物館研究報告(40): 51-69.
- 朴木英治・渡辺幸一，2017. 立山における酸性雨・懸濁粒子観測結果(2016). 富山市科学博物館研究報告(41): 41-58.

表 1 立山における標高別酸性雨観測結果

試料名	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 μs/cm	pH	Na ⁺ μmol/l	NH ₄ ⁺ μmol/l	K ⁺ μmol/l	Mg ²⁺ μmol/l	Ca ²⁺ μmol/l	F ⁻ μmol/l	Cl ⁻ μmol/l	NO ₃ ⁻ μmol/l	SO ₄ ²⁻ μmol/l	nssCa ²⁺ μmol/l	nssSO ₄ ²⁻ μmol/l
1 回目															
弘法平	2017/06/23-07/07	453.5	5.4	5.44	2.86	6.19	1.77	0.31	0.86	0.00	2.17	4.57	6.28	0.80	6.11
上ノ小平	2017/06/23-07/07	396.6	3.6	5.52	3.51	4.97	2.06	0.28	0.96	0.00	2.62	4.77	6.65	0.88	6.44
滝見台	2017/06/23-07/07	400.5	3.8	5.45	3.00	5.33	1.77	0.28	0.80	0.00	2.65	4.70	5.54	0.73	5.36
美女平	2017/06/23-07/07	317.0	4.5	5.38	2.24	4.22	1.31	0.18	0.57	0.00	1.93	5.39	6.14	0.52	6.01
桂台	2017/06/23-07/07	388.2	4.8	5.24	2.26	5.34	1.30	0.32	0.73	0.00	2.04	5.64	7.00	0.68	6.87
科博	2017/06/23-07/07	241.7	11.5	4.83	3.91	6.86	1.68	0.63	9.02	0.00	31.12	6.94	7.12	8.93	6.88

試料名	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 μs/cm	pH	Na ⁺ μmol/l	NH ₄ ⁺ μmol/l	K ⁺ μmol/l	Mg ²⁺ μmol/l	Ca ²⁺ μmol/l	F ⁻ μmol/l	Cl ⁻ μmol/l	NO ₃ ⁻ μmol/l	SO ₄ ²⁻ μmol/l	nssCa ²⁺ μmol/l	nssSO ₄ ²⁻ μmol/l
2 回目															
室堂平	2017/07/07-20	72.4	14.6	5.41	17.41	80.93	6.51	2.35	4.53	0.00	7.97	14.88	16.45	4.14	15.41
天狗平	2017/07/07-20	54.7	11.3	4.90	5.79	20.42	3.26	0.95	3.06	1.22	5.42	14.27	12.62	2.93	12.28
天狗鼻	2017/07/07-20	55.3	14.5	5.33	5.99	52.50	6.36	1.84	4.70	0.00	6.83	14.53	13.04	4.57	12.68
弥陀ヶ原	2017/07/07-20	44.0	12.0	5.52	5.79	30.85	3.90	1.90	3.71	0.00	6.35	15.91	14.60	3.58	14.25
追分	2017/07/07-20	46.5	10.0	5.56	9.64	40.91	6.85	1.47	3.48	0.00	7.27	18.60	13.77	3.26	13.19
弘法平	2017/07/07-20	45.2	13.1	5.70	10.30	66.88	7.81	1.76	5.59	0.00	9.65	16.25	13.46	5.36	12.84
上ノ小平	2017/07/07-20	47.5	9.0	5.64	6.03	28.11	3.54	1.33	6.91	0.00	5.42	17.95	12.22	6.78	11.86
滝見台	2017/07/07-20	47.7	10.6	5.24	6.75	20.84	3.58	1.43	9.45	0.00	5.03	20.30	12.74	9.30	12.33
美女平	2017/07/07-20	41.9	9.6	4.96	5.59	12.04	2.16	1.08	4.37	0.00	4.47	12.68	9.46	4.25	9.12
桂台	2017/07/07-20	59.1	9.0	5.39	4.99	47.20	4.80	0.81	2.00	0.00	4.25	9.55	10.22	1.89	9.92
科博	2017/07/07-20	50.3	21.2	4.60	6.28	17.25	3.67	1.12	16.14	0.00	40.66	14.77	13.11	16.00	12.73

試料名	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 μs/cm	pH	Na ⁺ μmol/l	NH ₄ ⁺ μmol/l	K ⁺ μmol/l	Mg ²⁺ μmol/l	Ca ²⁺ μmol/l	F ⁻ μmol/l	Cl ⁻ μmol/l	NO ₃ ⁻ μmol/l	SO ₄ ²⁻ μmol/l	nssCa ²⁺ μmol/l	nssSO ₄ ²⁻ μmol/l
3 回目															
室堂平	2017/07/20-08/10	470.6	3.6	5.60	2.54	6.25	1.42	0.56	1.34	0.00	1.88	3.35	5.80	1.28	5.65
天狗平	2017/07/20-08/10	468.8	3.6	5.94	6.25	9.93	4.96	0.54	1.73	2.55	5.29	3.54	4.65	1.59	4.28
天狗鼻	2017/07/20-08/10	461.9	4.3	5.95	1.74	15.87	2.84	0.78	1.46	0.00	1.11	3.84	6.47	1.43	6.37
弥陀ヶ原	2017/07/20-08/10	468.2	4.0	5.96	4.29	11.54	3.76	0.57	1.47	2.79	3.55	3.73	5.75	1.37	5.49
追分	2017/07/20-08/10	467.6	3.8	5.89	2.53	13.38	2.94	0.24	1.15	0.00	1.72	4.04	6.02	1.09	5.87

弘法平	2017/07/20-08/10	467.3	3.9	5.97	5.88	16.45	5.49	3.21	10.55	1.94	3.95	4.04	5.26	10.42	4.91
上ノ小平	2017/07/20-08/10	463.2	4.1	5.78	2.01	10.44	2.04	0.74	2.00	0.00	1.44	4.36	5.65	1.95	5.53
滝見台	2017/07/20-08/10	469.7	4.5	5.66	4.92	10.21	3.74	0.62	2.69	1.97	3.67	4.68	5.46	2.58	5.17
美女平	2017/07/20-08/10	466.2	5.2	5.44	4.71	10.11	2.51	1.39	0.92	1.46	3.84	5.42	5.94	0.81	5.66
桂台	2017/07/20-08/10	468.6	4.7	5.52	14.03	9.10	11.78	0.79	3.47	4.82	11.65	5.30	6.46	3.16	5.62
科博	2017/07/20-08/10	243.1	10.6	5.14	5.32	16.94	2.63	0.81	5.85	0.00	17.25	10.14	11.10	5.73	10.78

試料名 4 回目	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 μs/cm	pH	Na ⁺ μmol/l	NH ₄ ⁺ μmol/l	K ⁺ μmol/l	Mg ²⁺ μmol/l	Ca ²⁺ μmol/l	F ⁻ μmol/l	Cl ⁻ μmol/l	NO ₃ ⁻ μmol/l	SO ₄ ²⁻ μmol/l	nssCa ²⁺ μmol/l	nssSO ₄ ²⁻ μmol/l
室堂平	2017/08/10-24	309.8	7.4	5.02	4.36	10.03	1.64	0.43	1.54	0.00	5.31	7.61	8.41	1.44	8.15
天狗平	2017/08/10-24	248.5	6.9	5.11	3.50	8.70	1.10	0.29	1.09	0.00	3.12	8.26	8.83	1.01	8.62
天狗鼻	2017/08/10-24	251.6	6.6	5.08	3.51	13.61	1.65	0.33	1.12	0.00	3.29	8.40	8.67	1.04	8.46
弥陀ヶ原	2017/08/10-24	217.2	8.2	4.91	6.28	8.27	2.01	0.42	1.57	0.84	5.40	8.24	7.93	1.43	7.55
追分	2017/08/10-24	212.2	8.3	4.96	3.85	6.67	0.86	0.49	1.68	0.00	3.90	8.36	7.87	1.60	7.64
弘法平	2017/08/10-24	223.3	7.1	5.06	4.23	8.92	1.68	0.51	1.20	0.00	4.14	7.75	7.72	1.10	7.46
上ノ小平	2017/08/10-24	239.5	6.3	5.03	3.24	9.31	1.32	0.44	1.20	0.00	3.01	7.01	8.12	1.13	7.92
滝見台	2017/08/10-24	283.5	7.3	4.98	4.35	7.81	1.74	0.64	1.06	0.00	3.55	7.72	7.44	0.96	7.18
美女平	2017/08/10-24	228.2	9.6	4.81	4.40	7.06	1.05	0.79	1.02	0.26	4.51	8.90	9.40	0.92	9.14
桂台	2017/08/10-24	263.5	7.1	4.91	4.16	7.87	2.77	1.36	3.63	0.00	4.21	8.70	8.11	3.54	7.86
科博	2017/08/10-24	120.0	16.6	4.91	16.89	13.84	1.90	2.68	21.83	0.00	46.73	15.68	14.82	21.46	13.81
室堂平霧*	2017/8/24 (3184)		36.4	4.31	22.60	52.79	6.93	6.61	8.05	4.23	26.33	49.29	32.66	7.54	31.30
弥陀ヶ原霧*	2017/8/24 (310)		73.8	3.95	52.80	57.26	6.57	7.96	15.59	0.00	53.56	84.54	58.98	14.41	55.81

*細線式パッシブサンプラーによる観測，降水量枠の()内の数字は採取試料量 ml

試料名 5 回目	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 μs/cm	pH	Na ⁺ μmol/l	NH ₄ ⁺ μmol/l	K ⁺ μmol/l	Mg ²⁺ μmol/l	Ca ²⁺ μmol/l	F ⁻ μmol/l	Cl ⁻ μmol/l	NO ₃ ⁻ μmol/l	SO ₄ ²⁻ μmol/l	nssCa ²⁺ μmol/l	nssSO ₄ ²⁻ μmol/l
室堂平	2017/08/24-09/06	252.6	4.3	5.22	2.96	3.44	2.07	0.33	0.90	0.00	4.62	2.64	5.14	0.84	4.96
天狗平	2017/08/24-09/06	187.0	3.4	5.41	2.37	4.07	1.81	0.28	0.67	0.33	1.44	2.73	4.66	0.62	4.52
天狗鼻	2017/08/24-09/06	187.1	4.0	5.53	2.20	7.07	1.71	3.50	21.10	0.00	1.99	3.22	6.28	21.05	6.15
弥陀ヶ原	2017/08/24-09/06	161.2	5.1	5.16	2.71	4.76	1.34	0.38	2.96	0.00	2.23	3.88	5.94	2.90	5.78
追分	2017/08/24-09/06	148.0	4.4	4.91	3.31	6.37	2.01	0.40	1.65	0.00	2.30	4.21	5.90	1.57	5.70

	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 μs/cm	pH	Na ⁺ μmol/l	NH ₄ ⁺ μmol/l	K ⁺ μmol/l	Mg ²⁺ μmol/l	Ca ²⁺ μmol/l	F ⁻ μmol/l	Cl ⁻ μmol/l	NO ₃ ⁻ μmol/l	SO ₄ ²⁻ μmol/l	nssCa ²⁺ μmol/l	nssSO ₄ ²⁻ μmol/l
弘法平	2017/08/24-09/06	141.1	4.0	4.69	3.96	12.63	2.12	0.50	2.50	0.00	2.74	4.14	6.14	2.41	5.90
上ノ小平	2017/08/24-09/06	124.6	4.7	5.43	4.52	9.02	1.84	0.49	1.75	0.00	4.15	5.09	6.46	1.65	6.19
滝見台	2017/08/24-09/06	134.0	5.5	5.14	5.41	4.83	1.14	0.56	1.00	0.00	4.21	6.20	6.21	0.88	5.88
美女平	2017/08/24-09/06	128.9	6.6	5.09	5.48	7.25	1.17	0.81	1.05	0.00	4.62	6.38	7.52	0.92	7.19
桂台	2017/08/24-09/06	127.1	6.8	5.01	6.19	7.93	1.59	1.00	2.83	0.00	5.27	7.64	8.34	2.69	7.97
科博	2017/08/24-09/06	156.3	7.2	5.23	14.41	8.81	1.56	4.02	10.80	0.00	15.72	9.81	7.97	10.48	7.11
室堂平霧*	2017/9/6	(2431)	29.7	4.74	21.75	41.69	3.27	3.00	4.36	0.41	30.10	35.15	25.65	3.88	24.34
弥陀ヶ原霧*	2017/9/6	(114)	46.4	4.98	99.36	107.07	15.46	13.92	24.13	0.00	60.47	96.19	61.58	21.91	55.61

*細線式パッシブサンプラーによる観測，降水量枠の()内の数字は採取試料量 ml

試料名 6 回目	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 μs/cm	pH	Na ⁺ μmol/l	NH ₄ ⁺ μmol/l	K ⁺ μmol/l	Mg ²⁺ μmol/l	Ca ²⁺ μmol/l	F ⁻ μmol/l	Cl ⁻ μmol/l	NO ₃ ⁻ μmol/l	SO ₄ ²⁻ μmol/l	nssCa ²⁺ μmol/l	nssSO ₄ ²⁻ μmol/l
室堂平	2017/09/06-9/15	371.3	2.4	5.35	2.27	1.88	0.81	0.46	1.40	0.00	1.60	1.35	3.06	1.35	2.92
天狗平	2017/09/06-9/15	211.1	2.3	5.43	1.59	2.28	0.57	0.01	0.80	0.00	0.57	1.62	3.09	0.77	2.99
天狗鼻	2017/09/06-9/15	197.2	2.5	5.40	2.34	3.84	0.98	0.26	1.26	0.00	1.35	2.20	3.66	1.20	3.52
弥陀ヶ原	2017/09/06-9/15	196.0	2.8	5.38	1.63	2.52	0.56	0.01	0.69	0.00	0.77	2.00	3.24	0.65	3.14
追分	2017/09/06-9/15	177.7	2.6	5.35	2.05	2.60	0.58	0.00	0.65	0.00	1.61	2.20	2.90	0.61	2.78
弘法平	2017/09/06-9/15	163.2	2.7	5.32	2.11	2.69	1.10	0.53	1.64	0.00	2.10	1.26	3.08	1.59	2.95
上ノ小平	2017/09/06-9/15	144.0	3.1	5.23	2.42	2.12	1.43	0.28	0.81	0.00	2.42	2.49	3.04	0.75	2.89
滝見台	2017/09/06-9/15	142.4	3.3	5.16	2.81	1.95	1.63	0.38	1.08	0.00	2.68	3.05	3.70	1.01	3.53
美女平	2017/09/06-9/15	116.8	3.9	5.13	2.76	2.08	1.20	0.32	0.76	0.00	2.87	3.46	3.99	0.70	3.82
桂台	2017/09/06-9/15	129.9	3.4	5.21	2.61	2.47	1.43	0.34	1.45	0.00	2.45	3.32	3.90	1.40	3.74
科博	2017/09/06-9/15	86.5	4.6	5.26	5.22	5.73	2.26	0.64	2.46	0.00	7.41	3.99	5.46	2.34	5.15

試料名 7 回目	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 μs/cm	pH	Na ⁺ μmol/l	NH ₄ ⁺ μmol/l	K ⁺ μmol/l	Mg ²⁺ μmol/l	Ca ²⁺ μmol/l	F ⁻ μmol/l	Cl ⁻ μmol/l	NO ₃ ⁻ μmol/l	SO ₄ ²⁻ μmol/l	nssCa ²⁺ μmol/l	nssSO ₄ ²⁻ μmol/l
室堂平	2017/09/15-26	215.6	4.5	5.46	4.08	5.91	1.42	0.62	1.77	0.00	4.79	3.38	6.30	1.68	6.05
天狗平	2017/09/15-26	167.6	4.6	5.54	4.31	5.33	1.41	0.65	1.57	0.00	5.04	3.45	6.20	1.48	5.94
天狗鼻	2017/09/15-26	142.6	5.1	5.34	6.17	4.99	2.35	1.07	2.32	0.00	8.03	3.47	6.01	2.18	5.64
弥陀ヶ原	2017/09/15-26	135.3	9.5	5.26	8.64	5.83	1.23	1.51	1.92	0.00	7.82	5.07	6.70	1.73	6.18
追分	2017/09/15-26	142.4	4.6	5.39	9.52	4.20	3.53	2.01	3.13	0.00	10.02	0.00	5.81	2.91	5.23

弘法平	2017/09/15-26	129.1	6.7	5.40	11.91	2.53	10.53	3.99	5.07	0.00	17.15	0.00	6.77	4.80	6.05
上ノ小平	2017/09/15-26	103.6	7.2	5.23	12.30	9.55	2.46	6.00	3.65	0.00	12.16	5.63	8.45	3.37	7.71
滝見台	2017/09/15-26	98.1	8.7	5.09	13.63	15.34	2.83	2.17	2.63	0.00	13.16	7.20	10.77	2.33	9.95
美女平	2017/09/15-26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
桂台	2017/09/15-26	75.0	9.2	5.30	18.27	28.14	7.96	3.08	4.29	0.00	19.12	8.60	10.87	3.88	9.77
科博	2017/09/15-26	50.2	12.8	5.36	46.46	21.27	2.97	5.80	5.28	0.00	46.57	8.65	10.34	4.24	7.55
室堂平霧*	2017/09/15-26	-	-	-	21.67	23.34	12.61	1.22	2.40	5.90	18.85	8.44	8.93	1.92	7.63
弥陀ヶ原霧*	2017/09/15-26	-	-	-	40.31	5.19	6.48	5.51	15.83	0.00	37.86	19.20	12.11	14.93	9.69

*細線式パッシブサンプラーによる観測

試料名 8 回目	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 μs/cm	pH	Na ⁺ μmol/l	NH ₄ ⁺ μmol/l	K ⁺ μmol/l	Mg ²⁺ μmol/l	Ca ²⁺ μmol/l	F ⁻ μmol/l	Cl ⁻ μmol/l	NO ₃ ⁻ μmol/l	SO ₄ ²⁻ μmol/l	nssCa ²⁺ μmol/l	nssSO ₄ ²⁻ μmol/l
室堂平	2017/09/26-10/7	189.5	3.7	5.04	2.34	1.42	0.97	0.38	1.75	0.00	4.51	1.39	4.34	1.70	4.20
天狗平	2017/09/26-10/7	147.5	2.6	5.12	1.95	1.50	0.73	0.25	1.18	0.00	1.67	1.51	3.46	1.13	3.35
天狗鼻	2017/09/26-10/7	140.0	3.1	5.26	3.64	1.74	1.67	0.61	1.80	0.00	4.28	1.58	3.24	1.72	3.03
弥陀ヶ原	2017/09/26-10/7	136.1	2.8	5.34	4.15	2.37	1.24	0.54	1.56	0.00	3.58	1.75	3.34	1.47	3.09
追分	2017/09/26-10/7	125.7	2.8	5.46	5.07	1.73	3.17	1.58	3.20	0.00	5.30	0.00	2.93	3.09	2.62
弘法平	2017/09/26-10/7	64.3	6.2	5.44	11.44	1.95	13.70	3.95	5.94	0.00	18.21	0.21	4.04	5.69	3.35
上ノ小平	2017/09/26-10/7	109.8	4.3	5.53	10.46	5.35	2.90	1.67	2.30	0.00	10.36	2.71	4.57	2.07	3.94
滝見台	2017/09/26-10/7	108.2	4.0	5.44	11.02	3.66	1.72	1.35	2.39	0.00	9.92	2.84	3.87	2.14	3.21
美女平	2017/09/26-10/7	92.0	4.3	5.40	12.84	3.09	2.60	1.64	2.45	0.00	11.86	3.83	4.53	2.16	3.76
桂台	2017/09/26-10/7	95.7	5.1	5.44	15.95	2.93	3.17	1.94	3.23	0.00	15.31	2.48	4.37	2.87	3.41
科博	2017/09/26-10/7	69.7	14.0	5.28	54.42	11.77	3.26	7.21	6.91	0.00	54.66	10.72	9.75	5.69	6.48

試料名 9 回目	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 μs/cm	pH	Na ⁺ μmol/l	NH ₄ ⁺ μmol/l	K ⁺ μmol/l	Mg ²⁺ μmol/l	Ca ²⁺ μmol/l	F ⁻ μmol/l	Cl ⁻ μmol/l	NO ₃ ⁻ μmol/l	SO ₄ ²⁻ μmol/l	nssCa ²⁺ μmol/l	nssSO ₄ ²⁻ μmol/l
弥陀ヶ原	2017/10/7-17	107.8	11.9	4.60	1.50	3.70	1.51	0.67	1.83	0.00	1.42	6.49	12.25	1.79	12.16
追分	2017/10/7-17	97.8	10.6	4.65	2.47	3.41	2.74	1.22	3.08	0.00	2.05	6.99	11.86	3.02	11.71
弘法平	2017/10/7-17	23.9	5.4	5.11	4.18	0.95	6.83	6.21	10.92	0.00	5.71	2.19	8.95	10.82	8.70
上ノ小平	2017/10/7-17	91.8	11.8	4.61	2.08	4.55	1.50	0.79	2.76	0.00	2.07	7.49	12.71	2.72	12.59
滝見台	2017/10/7-17	92.6	12.5	4.62	1.94	4.96	1.04	0.41	1.90	0.00	1.93	9.41	13.57	1.86	13.46

美女平	2017/10/7-17	81.0	12.0	4.72	4.42	6.77	2.26	0.57	2.19	0.00	3.50	10.91	12.52	2.09	12.25
桂台	2017/10/7-17	78.9	7.8	5.35	3.73	1.55	7.45	3.34	17.10	0.00	8.30	5.93	15.69	17.01	15.46
科博	2017/10/7-17	59.9	23.2	5.19	88.42	23.54	4.55	12.58	7.22	0.00	89.84	16.29	17.85	5.24	12.54
弥陀ヶ原霧*	2017/10/7-17	(47)	42.0	4.44	95.20	20.62	4.22	15.87	29.58	0.00	62.03	42.10	59.60	27.45	53.88

*細線式パッシブサンプラーによる観測，降水量枠の()内の数字は採取試料量 ml

試料名 10 回目	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 μs/cm	pH	Na ⁺ μmol/l	NH ₄ ⁺ μmol/l	K ⁺ μmol/l	Mg ²⁺ μmol/l	Ca ²⁺ μmol/l	F ⁻ μmol/l	Cl ⁻ μmol/l	NO ₃ ⁻ μmol/l	SO ₄ ²⁻ μmol/l	nssCa ²⁺ μmol/l	nssSO ₄ ²⁻ μmol/l
弥陀ヶ原	2017/10/17-27	237.9	2.9	5.41	2.17	1.91	1.16	0.33	0.93	0.00	1.71	0.26	3.43	0.88	3.30
追分	2017/10/17-27	254.5	2.5	5.36	2.73	0.87	1.23	0.53	0.86	0.00	2.82	0.08	3.66	0.80	3.50
弘法平	2017/10/17-27	249.6	2.9	5.26	3.92	1.22	1.16	0.70	1.67	0.00	4.14	0.00	3.39	1.58	3.15
上ノ小平	2017/10/17-27	250.9	3.0	5.42	5.58	1.47	1.05	0.74	1.30	0.00	7.07	0.00	3.65	1.17	3.32
滝見台	2017/10/17-27	268.5	3.7	5.38	8.43	1.40	1.24	1.22	2.20	0.00	10.32	0.37	4.37	2.01	3.87
美女平	2017/10/17-27	245.5	4.9	5.26	14.68	2.08	1.44	1.74	1.74	0.00	16.16	1.00	4.87	1.42	3.99
桂台	2017/10/17-27	237.5	9.0	5.41	15.22	1.14	18.76	5.28	19.86	0.00	31.77	0.08	6.07	19.52	5.16
科博	2017/10/17-27	135.5	86.7	4.93	522.22	16.43	15.17	59.03	18.43	0.00	592.38	4.74	35.14	6.75	3.77

試料名 11 回目	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 μs/cm	pH	Na ⁺ μmol/l	NH ₄ ⁺ μmol/l	K ⁺ μmol/l	Mg ²⁺ μmol/l	Ca ²⁺ μmol/l	F ⁻ μmol/l	Cl ⁻ μmol/l	NO ₃ ⁻ μmol/l	SO ₄ ²⁻ μmol/l	nssCa ²⁺ μmol/l	nssSO ₄ ²⁻ μmol/l
上ノ小平	2017/10/27-11/9	212.3	16.5	5.05	52.85	8.38	1.48	8.42	8.76	0.00	64.52	11.10	12.52	7.58	9.35
滝見台	2017/10/27-11/9	225.2	17.0	5.16	54.46	7.85	1.31	8.43	6.33	0.00	65.65	8.83	11.71	5.11	8.44
美女平	2017/10/27-11/9	198.0	19.3	4.85	63.79	7.97	1.24	10.94	5.43	0.00	79.06	8.74	13.06	4.00	9.23
桂台	2017/10/27-11/9	203.3	21.0	5.08	74.07	11.16	14.22	11.05	19.49	0.00	88.46	10.11	15.17	17.83	10.72
科博	2017/10/27-11/9	94.1	46.3	5.04	227.00	31.59	7.44	28.94	10.85	0.00	255.09	18.62	24.63	5.77	11.00

表2 立山における酸性雨観測結果の月別集計

試料名	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 μs/cm	pH	Na ⁺ μmol/l	NH ₄ ⁺ μmol/l	K ⁺ μmol/l	Mg ²⁺ μmol/l	Ca ²⁺ μmol/l	F ⁻ μmol/l	Cl ⁻ μmol/l	NO ₃ ⁻ μmol/l	SO ₄ ²⁻ μmol/l	nssCa ²⁺ μmol/l	nssSO ₄ ²⁻ μmol/l
7月															
室堂平	2017/07/07-8/10	542.9	5.1	5.57	4.53	16.20	2.10	0.79	1.76	0.00	2.69	4.89	7.22	1.66	6.95
天狗平	2017/07/07-8/10	523.6	4.4	5.63	6.21	11.03	4.79	0.58	1.87	2.41	5.30	4.66	5.49	1.73	5.11
天狗鼻	2017/07/07-8/10	517.2	5.3	5.82	2.19	19.79	3.21	0.89	1.81	0.00	1.72	4.99	7.17	1.76	7.04
弥陀ヶ原	2017/07/07-8/10	512.3	4.7	5.90	4.42	13.20	3.77	0.68	1.66	2.55	3.79	4.77	6.51	1.56	6.24
追分	2017/07/07-8/10	514.1	4.4	5.85	3.17	15.87	3.29	0.35	1.36	0.00	2.22	5.36	6.72	1.29	6.53
弘法平	2017/07/07-8/10	512.5	4.7	5.94	6.27	20.90	5.70	3.08	10.12	1.77	4.46	5.11	5.98	9.98	5.61
上ノ小平	2017/07/07-8/10	510.7	4.6	5.76	2.38	12.08	2.18	0.79	2.46	0.00	1.81	5.62	6.26	2.40	6.12
滝見台	2017/07/07-8/10	517.4	5.0	5.60	5.09	11.19	3.73	0.70	3.32	1.79	3.79	6.11	6.13	3.20	5.83
美女平	2017/07/07-8/10	508.0	5.6	5.37	4.78	10.26	2.48	1.37	1.20	1.34	3.89	6.02	6.23	1.09	5.95
桂台	2017/07/07-8/10	527.8	5.1	5.50	13.01	13.37	11.00	0.79	3.31	4.28	10.82	5.77	6.88	3.02	6.10
科博	2017/07/07-8/10	293.4	12.4	4.99	5.49	16.99	2.81	0.86	7.62	0.00	21.27	10.94	11.44	7.49	11.11

試料名	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 μs/cm	pH	Na ⁺ μmol/l	NH ₄ ⁺ μmol/l	K ⁺ μmol/l	Mg ²⁺ μmol/l	Ca ²⁺ μmol/l	F ⁻ μmol/l	Cl ⁻ μmol/l	NO ₃ ⁻ μmol/l	SO ₄ ²⁻ μmol/l	nssCa ²⁺ μmol/l	nssSO ₄ ²⁻ μmol/l
8月															
室堂平	2017/08/10-9/6	562.5	6.0	5.10	3.73	7.07	1.84	0.38	1.25	0.00	5.00	5.38	6.94	1.17	6.72
天狗平	2017/08/10-9/6	435.5	5.4	5.21	3.02	6.72	1.41	0.29	0.91	0.14	2.40	5.89	7.04	0.84	6.86
天狗鼻	2017/08/10-9/6	438.7	5.5	5.22	2.95	10.82	1.68	1.68	9.64	0.00	2.74	6.19	7.65	9.57	7.47
弥陀ヶ原	2017/08/10-9/6	378.4	6.9	5.00	4.76	6.78	1.73	0.40	2.16	0.48	4.05	6.38	7.08	2.05	6.79
追分	2017/08/10-9/6	360.2	6.7	4.94	3.63	6.55	1.33	0.45	1.67	0.00	3.24	6.66	7.06	1.59	6.84
弘法平	2017/08/10-9/6	364.3	5.9	4.88	4.13	10.36	1.85	0.50	1.70	0.00	3.60	6.35	7.11	1.61	6.86
上ノ小平	2017/08/10-9/6	364.1	5.7	5.13	3.68	9.21	1.50	0.46	1.39	0.00	3.40	6.35	7.55	1.31	7.33
滝見台	2017/08/10-9/6	417.5	6.7	5.03	4.69	6.85	1.55	0.61	1.04	0.00	3.77	7.23	7.05	0.93	6.76
美女平	2017/08/10-9/6	357.0	8.5	4.89	4.79	7.13	1.09	0.80	1.03	0.17	4.55	7.99	8.72	0.92	8.44
桂台	2017/08/10-9/6	390.6	7.0	4.94	4.82	7.89	2.39	1.24	3.37	0.00	4.56	8.35	8.19	3.26	7.90
科博	2017/08/10-9/6	276.3	11.3	5.06	15.49	10.99	1.71	3.44	15.59	0.00	29.19	12.36	10.95	15.25	10.02

試料名	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 μs/cm	pH	Na ⁺ μmol/l	NH ₄ ⁺ μmol/l	K ⁺ μmol/l	Mg ²⁺ μmol/l	Ca ²⁺ μmol/l	F ⁻ μmol/l	Cl ⁻ μmol/l	NO ₃ ⁻ μmol/l	SO ₄ ²⁻ μmol/l	nssCa ²⁺ μmol/l	nssSO ₄ ²⁻ μmol/l
9 月															
室堂平	2017/09/06-10/7	776.4	3.3	5.27	2.79	2.89	1.02	0.49	1.59	0.00	3.20	1.92	4.27	1.53	4.10
天狗平	2017/09/06-10/7	526.1	3.1	5.34	2.56	3.03	0.88	0.28	1.15	0.00	2.30	2.17	4.18	1.09	4.03
天狗鼻	2017/09/06-10/7	479.7	3.4	5.34	3.86		1.59	0.61	1.73	0.00	4.19	2.40	4.24	1.65	4.01
弥陀ヶ原	2017/09/06-10/7	467.3	4.7	5.33	4.39	3.43	0.95	0.60	1.30	0.00	3.63	2.81	4.27	1.20	4.01
追分	2017/09/06-10/7	445.8	3.3	5.39	5.29	2.87	2.26	1.09	2.16	0.00	5.34	0.88	3.84	2.04	3.52
弘法平	2017/09/06-10/7	356.5	4.7	5.37	7.34	2.50	6.79	2.40	3.66	0.00	10.46	0.61	4.59	3.49	4.15
上ノ小平	2017/09/06-10/7	357.3	4.6	5.30	7.75	5.27	2.18	2.36	2.09	0.00	7.68	3.47	5.08	1.92	4.61
滝見台	2017/09/06-10/7	348.7	5.0	5.20	8.40	6.25	2.00	1.18	1.92	0.00	7.87	4.15	5.74	1.73	5.24
美女平	2017/09/06-10/7	208.8	4.1	5.23	7.20	2.52	1.82	0.90	1.50	0.00	6.83	3.62	4.23	1.34	3.80
桂台	2017/09/06-10/7	300.6	5.4	5.29	10.76	9.02	3.61	1.53	2.73	0.00	10.71	4.37	5.79	2.49	5.14
科博	2017/09/06-10/7	206.4	9.7	5.29	31.86	11.55	2.77	4.11	4.65	0.00	32.89	7.40	8.10	3.94	6.18

試料名	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 μs/cm	pH	Na ⁺ μmol/l	NH ₄ ⁺ μmol/l	K ⁺ μmol/l	Mg ²⁺ μmol/l	Ca ²⁺ μmol/l	F ⁻ μmol/l	Cl ⁻ μmol/l	NO ₃ ⁻ μmol/l	SO ₄ ²⁻ μmol/l	nssCa ²⁺ μmol/l	nssSO ₄ ²⁻ μmol/l
10 月															
弥陀ヶ原	2017/10/7-27	345.7	5.7	4.98	1.96	2.47	1.27	0.44	1.21	0.00	1.62	2.20	6.18	1.17	6.06
追分	2017/10/7-27	352.3	4.8	5.03	2.66	1.58	1.65	0.72	1.48	0.00	2.61	2.00	5.94	1.42	5.78
弘法平	2017/10/7-27	273.6	3.1	5.24	3.95	1.20	1.66	1.18	2.48	0.00	4.28	0.19	3.88	2.39	3.64
上ノ小平	2017/10/7-27	342.7	5.3	5.03	4.64	2.29	1.17	0.76	1.69	0.00	5.73	2.00	6.08	1.59	5.80
滝見台	2017/10/7-27	361.1	6.0	5.03	6.76	2.31	1.19	1.01	2.12	0.00	8.16	2.69	6.73	1.97	6.33
美女平	2017/10/7-27	326.4	6.6	5.05	12.14	3.24	1.64	1.45	1.85	0.00	13.02	3.46	6.77	1.58	6.04
桂台	2017/10/7-27	316.4	8.7	5.39	12.36	1.24	15.94	4.80	19.17	0.00	25.92	1.54	8.47	18.90	7.73
科博	2017/10/7-27	195.3	67.2	4.99	389.30	18.61	11.92	44.80	15.00	0.00	438.40	8.28	29.84	6.29	6.46

