

立山における酸性雨観測結果 (2010)

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1-8-31

²⁾ 富山県立大学工学部環境工学科 〒939-0398 富山県射水市黒河5180

Acid rain observation report at difference altitudes on the Mt. Tateyama (2010)

Hideharu Honoki¹⁾ and Koichi Watanabe²⁾

¹⁾ Toyama Science Museum

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

²⁾ Toyama Prefectural University

5180 Kurokawa, Imuzu-shi, Toyama, 939-0398, Japan

1. はじめに

立山における標高別酸性雨観測は2003年から開始し、2010年で8年目となる。当初は、美女平、弥陀ヶ原、室堂平の3カ所での観測であったが（朴木・渡辺2004、朴木・渡辺2006）、2005年からは観測点を増やして7カ所での観測を行い（朴木・渡辺2007）、さらに、富山市市街地に位置する科学博物館屋上で同時観測を行っている（朴木・渡辺2008、朴木・渡辺・米谷2009、朴木・渡辺2010、）。2010年には天狗平と美松坂駐車場の2カ所の観測点を追加して9カ所での同時観測を行い（朴木・渡辺2011）、2010年にはさらに追分と滝見台の2カ所を追加して11カ所での観測と科学博物館屋上での観測を同時に行った。ここでは、2010年の観測結果について報告する。

2. 調査地点

観測地点の概要は表1のとおりである。各観測点間の標高差は、桂台－美女平間と美女平－滝見台間の、それぞれ、310mが最大で、美松坂駐車場－天狗鼻間の標高差が最小の50mである。そのほかの観測点間の標高差は130m～200m程度である。

3. 観測方法および分析方法

科学博物館（以下、科博とする）屋上と桂台から室堂平までの全観測点による同時観測は、2010年7月30日から9月30日まで行い、その後、10月14日までは、科学博物館と桂台から弥陀ヶ原までの観測を行った。これらの

表1 立山における観測点と標高

地点	位置(上:緯度 下:経度)	標高(m)	標高差(m)
室堂平	36 34 24.8	2450	
	137 36 11.2		145
天狗平	36 34 50.5	2305	
	137 34 46.3		195
天狗鼻	36 34 51.2	2110	
(旧名称 美松坂)	137 34 03.4		50
美松坂駐車場	36 34 37.6	2060	
	137 33 52.2		130
弥陀ヶ原	36 33 57.7	1930	
	137 33 40.4		130
追分	36 34 3.5	1800	
	137 32 32.2		170
弘法平	36 33 59.1	1630	
	137 31 38.4		200
上の小平	36 33 59.1	1430	
	137 30 37.9		150
滝見台	36 34 41.3	1280	
	137 29 36.5		310
美女平	36 34 55.4	970	
	137 27 43.9		310
桂台	36 35 08.5	660	
	137 29 05.8		647
科学博物館	36 40 38.3	13	
	137 12 57.0		

観測と同時に、弥陀ヶ原駐車場でオオシラビソの樹冠通過雨の観測を行った。

試料の採取は1週間から2週間に一回行い、全ての観測点の試料を同一日のうちに回収した。サンプリングに際しては、保存タンクに採取された試料重量を測定し、分析用試料を500mlポリ瓶に分取した後、降水を受けるロートと貯蔵タンクをイオン交換水で洗浄して、再セットした。

実験室に持ち帰った試料は、分析時まで冷蔵庫に保管した(1週間以内)。試料のpHをpHメーターで測定し(堀場D-14)、電気伝導度を導電率計で測定した(堀場E-14)。陽イオン成分、陰イオン成分に関してはイオンクロマトグラフ(島津社製、ノンサプレッサーカラムタイプ)で分析した。使用したカラムは、陽イオンが島津Shim-pack IC-C4、陰イオンが島津Shim-pack IC-A3で、移動相組成、流量、カラムオープン温度はカラムの標準使用条件に設定した。

なお、以下の結果の解析グラフは、8月分については、7月30日から9月3日まで、9月分については9月3日から9月30日まで、10月分については9月30日から10月14日までの、それぞれ、平均値(降水量で重み付けした加重平均値)を利用して作成した(表1,表2)。

4. 結果

4.1 標高による降水量の変化

2010年の観測では、特に夏の期間に大気が不安定で、急な雨でサンプリングを中止せざるを得ない日や試料がオーバーフローしてしまったため、月平均値を計算できない観測点があった(図1)。

9月、10月の降水量は標高が高くなるにつれ増加したが、8月は桂台から弘法平まで標高が高くなると降水量が若干なくなり、追分、弥陀ヶ原で降水量が増加し(一部の試料がオーバーフローした)、美松坂駐車場から室堂平にかけて標高が高くなると降水量が若干低下した。

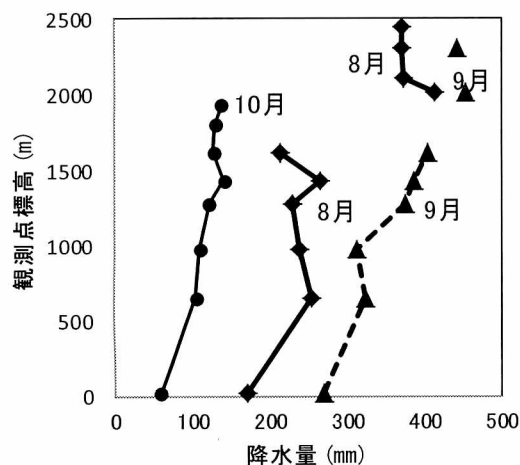


図1 観測点標高に対する降水量

4.2 観測点標高に対するナトリウムイオン濃度の変化

降水中のナトリウムイオンの起源は海塩と考えられており、降水中の濃度には、海からの距離によって濃度が低下する内陸効果や標高が高くなるにつれて濃度が低下する高度効果がみられる。

図2に各観測点の標高に対する降水中のナトリウムイオン濃度を示した。10月は美女平や上ノ小平でナトリウムイオン濃度が平野の科博屋上よりも高くなったが、上ノ小平より標高が高い場所では高度効果がみられた。9月は科博屋上でナトリウムイオン濃度が最も高く、桂台がそれにつぎ、美女平では桂台と比べてかなり濃度が低下し、桂台よりも標高が高い場所では、高度効果によって濃度が低下した。8月は桂台での濃度の低下が大きかったが、比較的単純な高度効果がみられた。

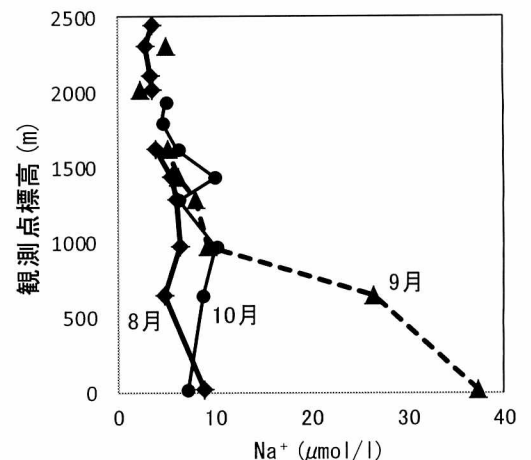


図2 観測点標高に対する降水中のNa⁺濃度

4.3 観測点標高に対する硝酸イオン濃度の変化

図3は各観測点標高に対する降水中の硝酸イオン濃度を示したものである。降水中の硝酸イオン濃度は観測点標高が高くなるにつれて比較的単純に低下する場合が多いが、この年は雨の降り方が例年とは異なるためか、階

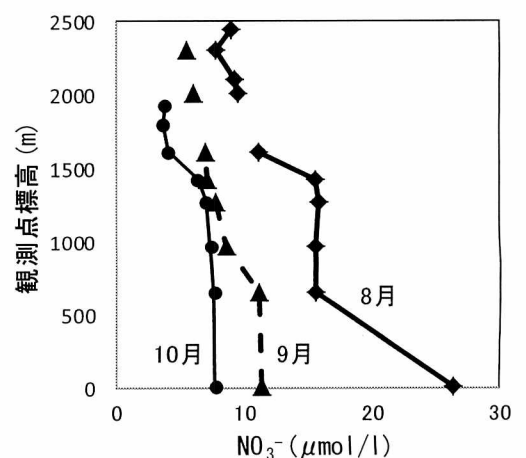


図3 観測点標高に対する降水中の硝酸イオン濃度

段状に変化している点で特徴があった。特に8月は桂台から上ノ小平まで、9月は科博屋上と桂台が、10月は科博屋上から滝見台までほぼ同程度の濃度となっていた。

4.4 観測点標高に対する非海塩性硫酸イオン濃度

図4に各観測点の標高に対する降水中の非海塩性硫酸イオン濃度を示した。9月の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の特徴は、硝酸イオンの場合と異なり、滝見台で濃度がやや低下するが、標高が高くなっても濃度の低下が少なかった。10月の場合も、多少のこぼこはあるが、標高に対する濃度の低下は少なかった。8月の観測点標高に対する濃度変化では、硝酸イオンの場合と同様、上ノ小平と弘法平との間で濃度変化パターンが大きく変化していた。

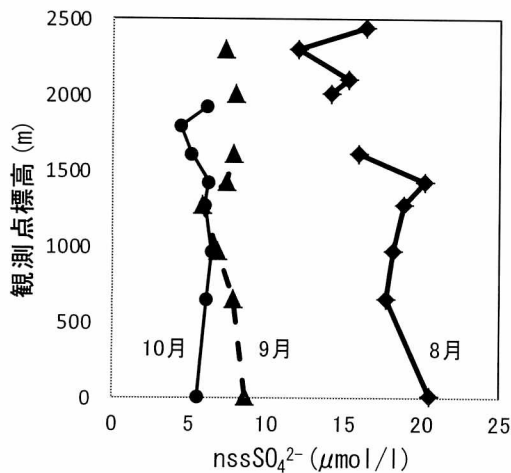


図4 観測点標高に対する降水中の海塩性硫酸イオン濃度

4.5 硝酸寄与比

本報告では、濃度をmol/lで表示しているため、硝酸寄与比 (Honoki, et al. 2000) は(1)式によって計算した。

$$Rc = \frac{NO_3^- \times V1}{(NO_3^- \times V1 + nssSO_4^{2-} \times V2)} \quad (1)$$

ここで、Rc：硝酸寄与比、 $NO_3^- \cdot nssSO_4^{2-}$ ：硝酸イオン・非海塩性硫酸イオンの濃度 (mol/l)、V1：硝酸イオンの価数 (1 価)、V2：非海塩性硫酸イオンの価数 (2 価) である。

図5は観測点標高に対する降水の硝酸寄与比の値をプロットしたもので、観測点標高に対する硝酸イオン、非海塩性硫酸イオンの濃度の変化は、単純な変化ではなかったが、硝酸寄与比の変化は平野の科博屋上で0.4程度と高く、標高が高くなるにつれて比較的単純に低下した。この点に関しては、従来の結果と同様であった。

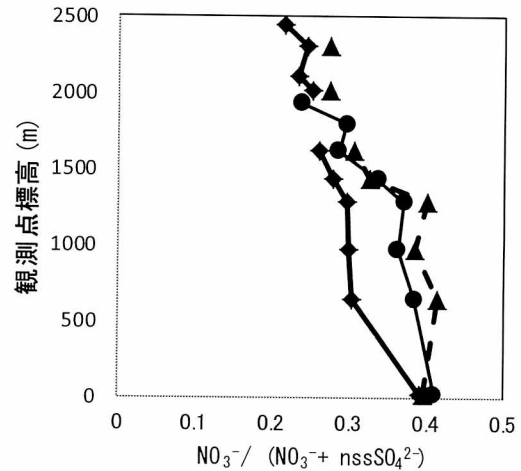


図5 観測点標高に対する降水の硝酸寄与比

4.6 観測点標高に対する降水中のアンモニウムイオン濃度

図6は観測点標高に対する降水中のアンモニウムイオン濃度をプロットしたものである。

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は、非海塩性硫酸イオンの濃度変化パターンと似ており、8月の濃度が9月や10月の濃度と比べて2倍程度高かった点も似ていた。

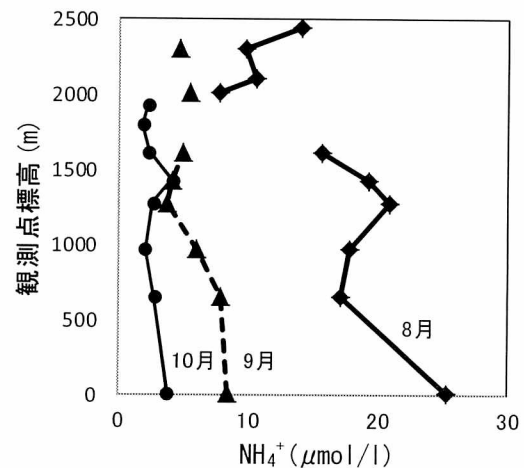


図6 観測点標高に対する降水中のアンモニウムイオン濃度

4.7 非海塩性カルシウムイオン

図7は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をプロットしたものである。どの月も上ノ小平を中心に濃度が高まり、8月は天狗平、室堂平でも濃度が高まっており、黄砂がこの標高帯を通過した可能性が考えられた。

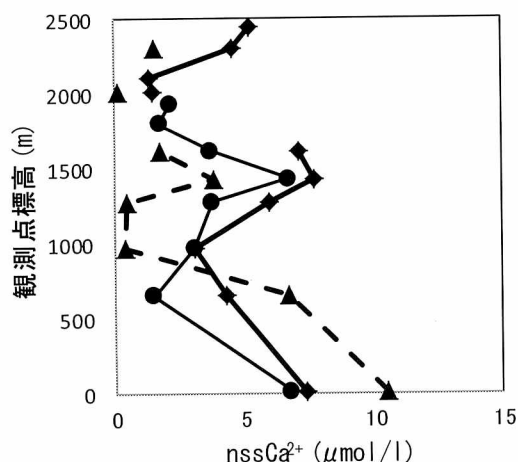


図7 観測点標高に対する降水中の非海塩性カルシウムイオン濃度

4.8 降水のpH

図8は観測点標高に対する降水のpHをプロットしたものである。8月是他の月と比べてpHは低く、富山市の市街地と比べて立山では一部の地点を除いて、標高が高くなるほどpHは高くなる傾向が見られた。これに対し、9月、10月は富山市の市街地で降水のpHが高く、立山では標高が高くなるほど降水のpHは低下する傾向が見られた。

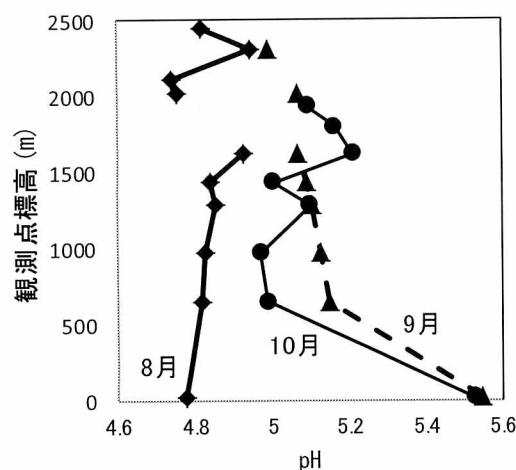


図8 観測点標高に対する降水のpH

謝辞

この研究は文科省科学研究費補助金（基盤研究B、「バックグラウンド黄砂の動態と高所における大気液相化学および植生への影響評価」、研究代表者 渡辺幸一）を使用して行った。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、富山県立山センター）、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)、立山貫光ターミナル(株)、富山警察署の協力を得ました。

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、美女平駅およびバス整備工場、弥陀ヶ原ホテルの各皆様の協力を得ました。ここに厚くお礼申し上げます。

参考文献

- Honoki, H., Tsushima, K. and Hayakawa, K.; Inorganic constituents in snow accompanied by winter wind and their origin in the Hokuriku districts, J. Heal. Sci., 47, (6), 559-564, 2001
- 朴木英治・渡辺幸一; 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, 2004
- 朴木英治・渡辺幸一; 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, 2006
- 朴木英治・渡辺幸一; 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, 2007
- 朴木英治・渡辺幸一; 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, 2008
- 朴木英治・渡辺幸一・米谷正広, 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, 2009
- 朴木英治・渡辺幸一, 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, 2010
- 朴木英治・渡辺幸一, 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, 2011

表 1 立山における標高別酸性雨観測結果(2010 年)

試料名	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 $\mu\text{s/cm}$	pH	Na^+ $\mu\text{mol/l}$	NH_4^+ $\mu\text{mol/l}$	K^+ $\mu\text{mol/l}$	Mg^{2+} $\mu\text{mol/l}$	Ca^{2+} $\mu\text{mol/l}$	F^- $\mu\text{mol/l}$	Cl^- $\mu\text{mol/l}$	NO_2^- $\mu\text{mol/l}$	NO_3^- $\mu\text{mol/l}$	SO_4^{2-} $\mu\text{mol/l}$	nss Ca^{2+} $\mu\text{mol/l}$	nss SO_4^{2-} $\mu\text{mol/l}$
1 回目	07/30-08/10	12.8	31.9	4.42	11.7	54.4	3.8	3.3	15.2	0.0	17.6	0.0	53.1	41.9	15.0	41.2
科博																
桂台	07/30-08/10	*														
美女平	07/30-08/10	*														
滝見台	07/30-08/10	29.7	30.5	4.61	17.3	68.2	5.6	3.9	17.9	0.0	14.4	0.0	46.8	50.6	17.6	49.6
上の小平	07/30-08/10	60.7	22.2	4.66	9.8	40.6	9.3	4.2	13.6	0.0	11.5	0.0	33.2	35.2	13.3	34.6
弘法平	07/30-08/10	26.8	22.0	4.78	11.9	57.6	5.8	1.0	12.2	0.0	9.8	0.0	32.7	40.9	12.0	40.2
追分	07/30-08/10	38.4	20.3	4.81	10.4	50.2	7.6	3.1	8.3	0.0	9.4	0.0	26.7	35.0	8.1	34.4
弥陀ヶ原	07/30-08/10	39.3	19.0	4.78	7.4	37.4	3.2	1.6	14.9	0.0	6.0	0.0	25.2	31.2	14.7	30.7
美松坂	07/30-08/10	55.1	19.3	4.66	6.0	26.4	1.8	1.0	7.1	0.0	4.9	0.0	21.7	26.7	7.0	26.3
天狗鼻	07/30-08/10	57.1	18.2	4.81	8.3	37.1	3.1	0.0	8.7	0.0	7.1	0.0	22.2	29.7	8.5	29.2
天狗平	07/30-08/10	87.4	13.8	4.80	5.0	22.7	1.9	0.0	4.7	0.0	3.9	0.0	14.8	19.9	4.6	19.6
室堂平	07/30-08/10	56.8	20.9	4.60	8.2	31.2	3.3	1.3	6.1	0.0	8.7	0.0	20.5	29.5	5.9	29.0

* 豪雨のため回収断念

試料名	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 $\mu\text{s/cm}$	pH	Na^+ $\mu\text{mol/l}$	NH_4^+ $\mu\text{mol/l}$	K^+ $\mu\text{mol/l}$	Mg^{2+} $\mu\text{mol/l}$	Ca^{2+} $\mu\text{mol/l}$	F^- $\mu\text{mol/l}$	Cl^- $\mu\text{mol/l}$	NO_2^- $\mu\text{mol/l}$	NO_3^- $\mu\text{mol/l}$	SO_4^{2-} $\mu\text{mol/l}$	nss Ca^{2+} $\mu\text{mol/l}$	nss SO_4^{2-} $\mu\text{mol/l}$
2 回目	08/10-/17	55.6	18.7	4.71	15.5	43.9	9.6	1.7	10.3	3.2	25.8	0.0	21.8	28.0	10.0	27.1
科博																
桂台 1	08/10-/17	191.5	12.6	4.86	4.7	16.1	2.9	0.0	3.2	0.0	4.1	0.0	13.5	18.5	3.1	18.2
美女平	08/10-/17	175.8	12.0	4.84	7.5	19.8	3.2	0.0	4.3	0.0	6.1	0.0	13.3	18.8	4.2	18.3
滝見台 1	08/10-/17	179.2	10.1	4.88	3.3	11.4	2.5	0.0	1.7	0.0	2.9	0.0	8.6	13.6	1.7	13.4
上の小平	08/10-/17	188.6	9.8	4.88	3.3	8.9	3.2	1.8	4.1	0.0	3.8	0.0	8.8	15.4	4.0	15.2
弘法平	08/10-/17	174.5	8.4	4.94	2.4	9.5	1.4	0.0	5.0	0.0	2.3	0.0	7.0	11.8	4.9	11.7
追分	08/10-/17	オーバー フロア	8.4	4.92	2.1	5.7	1.4	0.0	1.5	0.0	1.7	0.0	6.6	10.2	1.4	10.1
弥陀ヶ原	08/10-/17	オーバー フロア	9.0	4.89	2.1	7.6	1.1	0.0	1.5	0.0	1.6	0.0	6.9	12.0	1.4	11.9
美松坂	08/10-/17	236.4	10.6	4.74	2.9	2.7	1.7	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	5.5	11.9	-0.1	11.8
美松坂口— ト上	08/10-/17	46.5	14.4	4.75	5.6	17.7	3.4	0.0	4.7	0.0	5.7	0.0	15.0	21.0	4.6	20.7
天狗鼻	08/10-/17	256.5	11.8	4.70	2.7	6.7	1.7	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	7.1	13.0	-0.1	12.8
天狗平	08/10-/17	232.2	6.9	4.97	1.7	5.7	1.1	0.0	4.1	0.0	1.4	0.0	4.8	9.6	4.1	9.5
室堂平	08/10-/17	260.5	10.9	4.83	3.1	12.9	3.2	0.0	6.2	0.0	2.0	0.0	8.3	15.4	6.1	15.2
弥陀ヶ原樹 冠	08/10-/17		9.2	5.03	2.5	6.0	10.7	3.6	14.8	0.0	10.3	0.0	4.5	12.8	14.7	12.7

試料名 3回目	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 $\mu\text{S}/\text{cm}$	pH	Na ⁺ $\mu\text{mol}/\text{l}$	NH ₄ ⁺ $\mu\text{mol}/\text{l}$	K ⁺ $\mu\text{mol}/\text{l}$	Mg ²⁺ $\mu\text{mol}/\text{l}$	Ca ²⁺ $\mu\text{mol}/\text{l}$	F ⁻ $\mu\text{mol}/\text{l}$	Cl ⁻ $\mu\text{mol}/\text{l}$	NO ₂ ⁻ $\mu\text{mol}/\text{l}$	NO ₃ ⁻ $\mu\text{mol}/\text{l}$	SO ₄ ²⁻ $\mu\text{mol}/\text{l}$	nssCa ²⁺ $\mu\text{mol}/\text{l}$	nssSO ₄ ²⁻ $\mu\text{mol}/\text{l}$
科博	08/17-26	0.4		4.10	56.4	193.4	15.9	18.9	105.1	0.0	172.2	0.0	175.1	141.2	103.8	137.8
桂台	08/17-26	6.6	21.3	4.91	8.4	26.4	5.3	7.4	2.6	0.0	6.2	0.0	41.6	31.9	2.5	31.4
美女平	08/17-26															
滝見台	08/17-26	5.6	24.1	5.72	11.4	91.7	16.0	4.5	31.1	0.0	7.5	5.3	40.0	33.0	30.8	32.3
上の小平	08/17-26	5.6	26.9	5.92	10.5	88.2	9.0	4.5	45.9	0.0	20.1	0.0	38.1	33.7	45.6	33.1
弘法平	08/17-26	4.0	18.9	5.35	8.7	14.9	12.3	5.8	42.3	0.0	10.3	0.0	35.7	34.7	42.1	34.2
追分	08/17-26	1.5	-	5.50	23.5	62.2	36.7	14.2	38.3	0.0	34.3	0.0	57.0	72.0	37.8	70.6
弥陀ヶ原	08/17-26															
美松坂	08/17-26	0.7	-	5.10	10.2	23.2	10.4	3.8	23.1	0.0	10.1	0.0	32.6	26.8	22.8	26.2
天狗鼻	08/17-26	0.5	-	7.10	11.3	87.3	61.7	11.3	90.3	0.0	26.4	3.0	40.1	48.4	90.1	47.7
天狗平	08/17-26	0.3	-	6.40	15.5	38.3	78.9	17.3	60.3	0.0	37.0	0.0	53.0	63.7	59.9	62.7
室堂平	08/17-26	0.4	-	7.90												
弥陀ヶ原樹冠	08/17-26	0.1		-	37.1	0.0	153.7	13.1	38.1	0.0	175.7	0.0	15.6	111.8	37.2	109.5

試料名 4回目	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 $\mu\text{S}/\text{cm}$	pH	Na ⁺ $\mu\text{mol}/\text{l}$	NH ₄ ⁺ $\mu\text{mol}/\text{l}$	K ⁺ $\mu\text{mol}/\text{l}$	Mg ²⁺ $\mu\text{mol}/\text{l}$	Ca ²⁺ $\mu\text{mol}/\text{l}$	F ⁻ $\mu\text{mol}/\text{l}$	Cl ⁻ $\mu\text{mol}/\text{l}$	NO ₂ ⁻ $\mu\text{mol}/\text{l}$	NO ₃ ⁻ $\mu\text{mol}/\text{l}$	SO ₄ ²⁻ $\mu\text{mol}/\text{l}$	nssCa ²⁺ $\mu\text{mol}/\text{l}$	nssSO ₄ ²⁻ $\mu\text{mol}/\text{l}$
科博	08/26-09/03	101.5	14.1	4.91	4.8	10.7	1.5	1.3	4.7	0.0	5.6	0.0	24.9	14.0	4.6	13.7
桂台 2	08/26-09/03	56.5	17.7	4.70	4.9	19.3	3.9	13.9	8.6	0.0	2.7	0.0	19.4	14.9	8.5	14.6
美女平	08/26-09/03	61.5	17.0	4.79	3.7	12.1	1.2	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	21.8	18.1	-0.1	17.8
滝見台	08/26-09/03	15.0	13.5	5.11	17.2	14.7	11.2	8.6	25.4	1.6	9.6	0.0	31.9	19.6	25.0	18.6
上の小平	08/26-09/03	9.4	15.3	6.30	20.8	48.6	12.2	3.2	23.8	3.8	12.5	0.0	25.3	20.7	23.4	19.4
弘法平	08/26-09/03	8.6	12.6	5.09	9.7	10.8	4.0	5.1	21.2	0.0	4.5	0.0	19.1	19.1	20.9	18.5
追分	08/26-09/03	24.2	10.2	5.13	8.6	10.7	5.2	4.7	11.4	0.9	5.7	0.0	16.4	14.0	11.2	13.5
弥陀ヶ原	08/26-09/03	68.7	8.9	5.10	1.9	5.2	0.7	0.0	12.3	0.0	1.8	0.0	11.4	13.6	12.3	13.5
美松坂	08/26-09/03	60.1	11.3	4.87	3.1	3.8	0.7	0.0	0.5	0.0	2.3	0.0	10.7	9.7	0.4	9.5
美松坂口一ト上	08/26-09/03	14.3	5.4	5.16	2.0	1.5	0.6	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	4.6	4.2	0.0	4.1
天狗鼻	08/26-09/03	58.0	10.7	4.90	2.2	1.3	0.9	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	6.3	12.0	0.0	11.9
天狗平 2	08/26-09/03	49.9	8.0	5.17	5.0	6.4	3.0	0.0	6.8	0.0	2.6	0.0	9.2	10.3	6.7	10.0
室堂平	08/26-09/03	51.6	7.8	5.17	1.8	0.7	1.1	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	9.0	0.0	8.9
弥陀ヶ原樹冠	08/26-09/03	45.6	22.9	5.18	7.0	6.3	39.5	1.5	49.6	0.0	34.6	0.0	19.8	32.5	49.4	32.1

試料名	降水量	電気伝導度	pH	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nssCa ²⁺	nssSO ₄ ²⁻
5回目	(mm)	μs/cm		μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l
科博	135.7	16.1	5.68	34.7	7.9	1.3	5.3	17.8	0.0	60.0	0.0	11.5	9.9	17.0	7.8
桂台	199.9	6.9	5.66	36.5	9.6	1.0	0.0	9.3	0.0	61.1	0.0	12.0	10.5	8.5	8.3
美女平	191.4	7.4	5.52	8.6	6.1	2.0	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0	7.3	7.0	-0.2	6.5
滝見台	226.2	6.0	5.45	4.5	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	6.5	6.0	-0.1	5.7
上の小平	230.8	5.9	5.36	5.1	3.3	0.0	0.0	3.7	0.0	4.7	8.2	6.1	5.8	3.6	5.5
弘法平	237.6	5.9	5.36	3.9	3.3	0.0	0.0	2.5	0.0	3.6	0.0	5.7	6.0	2.4	5.8
追分	オ-バ- フコ-	5.2	5.23	26.8	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	3.8	5.6	-0.6	4.0
弥陀ヶ原	オ-バ- フコ-	5.0	5.27	2.0	2.7	0.0	0.0	3.7	0.0	2.2	0.0	4.9	7.1	3.7	7.0
美松坂	244.3	5.7	5.40	1.9	3.5	1.1	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	4.4	6.3	0.0	6.2
天狗鼻	オ-バ- フコ-	5.4	5.39	2.1	4.0	1.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	3.4	6.0	0.0	5.9
天狗平	231.8	5.1	5.06	6.2	4.0	3.9	0.0	1.2	1.5	6.6	0.0	3.8	5.8	1.1	5.5
室堂平	オ-バ- フコ-	5.9	5.21	1.7	4.0	1.4	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	4.4	7.8	0.0	7.7
弥陀ヶ原樹冠	オ-バ- フコ-	9.3	5.30	37.4	24.5	62.7	7.1	13.6	0.0	13.5	0.0	0.0	11.6	12.7	9.3

試料名	降水量	電気伝導度	pH	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nssCa ²⁺	nssSO ₄ ²⁻
6回目	(mm)	μs/cm		μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l
科博	117.7	12.2	5.99	32.8	6.8	1.6	0.0	3.7	0.0	41.1	0.0	7.5	9.1	3.0	7.1
桂台	89.2	11.3	4.84	4.0	5.5	2.3	0.0	3.2	0.0	4.5	0.0	11.1	5.8	3.1	5.5
美女平	87.4	9.0	4.91	3.7	5.1	2.4	0.0	0.3	0.0	3.4	0.0	9.2	5.7	0.3	5.4
滝見台	108.0	9.4	4.90	10.6	4.1	24.3	0.0	0.0	3.1	9.9	0.0	9.3	5.2	-0.2	4.6
上の小平	109.4	10.1	4.88	2.9	6.9	0.0	0.0	2.7	0.0	3.6	0.0	9.2	11.0	2.7	10.9
弘法平	118.9	10.7	4.88	5.1	9.6	3.2	0.0	0.0	0.7	5.9	0.0	9.3	11.9	-0.1	11.6
追分	130.0	10.5	4.83	2.4	8.8	0.0	0.0	2.2	0.0	3.0	0.0	8.7	12.7	2.1	12.5
弥陀ヶ原	151.7	10.1	4.82	2.2	8.5	1.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	8.4	1.1	0.0	1.0
美松坂	157.0	10.0	4.87	1.7	9.4	2.2	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	8.2	11.0	0.0	10.9
天狗鼻	149.6	10.7	4.87	2.1	9.8	1.3	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	8.2	12.5	0.0	12.3
天狗平	161.9	9.0	4.94	3.2	6.8	0.0	0.0	2.0	0.0	2.6	0.0	8.0	10.3	1.9	10.1
室堂平	193.9	9.6	4.83	2.0	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	7.0	10.3	0.0	10.1
弥陀ヶ原樹冠	162.5	8.5	5.14	4.1	3.5	16.7	18.5	3.7	0.0	7.8	0.0	0.0	13.5	3.6	13.3

試料名	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 $\mu\text{S/cm}$	pH	Na ⁺ $\mu\text{mol/l}$	NH ₄ ⁺ $\mu\text{mol/l}$	K ⁺ $\mu\text{mol/l}$	Mg ²⁺ $\mu\text{mol/l}$	Ca ²⁺ $\mu\text{mol/l}$	F ⁻ $\mu\text{mol/l}$	Cl ⁻ $\mu\text{mol/l}$	NO ₂ ⁻ $\mu\text{mol/l}$	NO ₃ ⁻ $\mu\text{mol/l}$	SO ₄ ²⁻ $\mu\text{mol/l}$	nssCa ²⁺ $\mu\text{mol/l}$	nssSO ₄ ²⁻ $\mu\text{mol/l}$
7回目																
科博	09/26-30	15.0	40.1	4.62	95.0	26.4	4.9	8.7	12.1	0.0	117.1	0.0	40.4	34.6	10.0	28.9
桂台	09/26-30	34.6	12.5	4.78	26.6	4.7	1.9	3.4	6.2	0.0	28.9	0.0	6.8	13.0	5.6	11.4
美女平	09/26-30	33.9	16.3	4.70	28.3	8.1	2.6	3.6	5.2	0.0	31.8	0.0	14.9	14.6	4.6	12.9
滝見台	09/26-30	40.2	13.7	4.71	21.0	4.5	3.5	2.9	6.5	1.0	22.2	0.0	11.3	11.2	6.0	10.0
上の小平	09/26-30	46.9	10.9	4.82	20.3	2.5	5.1	2.5	7.9	2.7	21.6	0.0	7.5	9.9	7.5	8.7
弘法平	09/26-30	48.3	10.6	4.74	12.5	1.6	1.7	1.7	3.3	0.0	13.4	0.0	7.8	10.1	3.0	9.3
追分	09/26-30	50.2	7.1	4.97	10.1	1.6	3.0	1.3	4.7	0.3	10.5	0.0	0.0	7.7	4.5	7.1
弥陀ヶ原	09/26-30	51.0	7.3	4.94	7.4	1.6	1.2	1.1	2.5	0.0	7.2	0.0	0.0	8.8	2.4	8.4
美松坂	09/26-30	51.2	9.0	4.81	6.5	3.0	1.1	0.0	1.9	0.0	6.3	0.0	7.5	8.5	1.8	8.1
天狗鼻	09/26-30	49.9	8.6	4.82	8.3	2.3	2.3	0.0	2.4	0.0	7.8	0.0	4.9	9.0	2.2	8.5
天狗平	09/26-30	48.7	7.6	4.87	5.1	1.9	1.2	0.0	2.9	0.0	5.4	0.0	5.5	7.1	2.8	6.7
室堂平	09/26-30	50.2	9.8	4.79	5.5	2.6	0.9	0.0	5.8	0.0	5.6	0.0	5.7	10.4	5.7	10.1
弥陀ヶ原樹冠	09/26-30	45.9	12.7	5.28	15.2	2.1	17.3	7.4	20.4	0.0	27.1	0.0	0.0	19.0	20.0	18.1
室堂霧	09/26-30		73.8	4.13	57.2	78.4	5.7	8.7	27.5	0.0	57.9	0.0	88.3	81.5	26.2	78.1

試料名	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 $\mu\text{S/cm}$	pH	Na ⁺ $\mu\text{mol/l}$	NH ₄ ⁺ $\mu\text{mol/l}$	K ⁺ $\mu\text{mol/l}$	Mg ²⁺ $\mu\text{mol/l}$	Ca ²⁺ $\mu\text{mol/l}$	F ⁻ $\mu\text{mol/l}$	Cl ⁻ $\mu\text{mol/l}$	NO ₂ ⁻ $\mu\text{mol/l}$	NO ₃ ⁻ $\mu\text{mol/l}$	SO ₄ ²⁻ $\mu\text{mol/l}$	nssCa ²⁺ $\mu\text{mol/l}$	nssSO ₄ ²⁻ $\mu\text{mol/l}$
8回目																
科博	09/30-10/06	26.6	10.4	5.31	6.9	5.3	1.3	0.0	8.2	0.0	6.9	0.0	7.5	6.8	8.1	6.4
桂台	09/30-10/06	56.9	5.4	5.16	2.5	3.5	2.9	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	6.7	5.5	-0.1	5.4
美女平	09/30-10/06	56.9	5.1	5.26	5.0	2.8	1.4	0.0	2.5	0.0	4.7	0.0	4.4	5.4	2.4	5.1
滝見台	09/30-10/06	68.0	5.0	5.20	2.8	2.4	0.0	0.0	1.2	0.0	3.0	0.0	4.9	4.9	1.2	4.7
上の小平	09/30-10/06	80.3	4.6	5.23	10.3	4.7	3.4	0.0	3.7	1.6	11.0	0.0	4.7	6.1	3.5	5.5
弘法平	09/30-10/06	70.3	4.5	5.22	4.3	2.0	2.8	0.0	2.5	0.0	4.7	0.0	3.2	4.8	2.4	4.5
追分	09/30-10/06	66.4	4.3	5.20	1.7	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	3.5	3.8	0.0	3.7
弥陀ヶ原	09/30-10/06	74.0	4.9	5.17	2.3	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	3.8	5.9	-0.1	5.8
弥陀ヶ原樹冠	09/30-10/06	61.7	7.4	5.22	7.0	3.1	12.8	5.6	16.2	0.0	10.7	0.0	0.0	11.2	16.1	10.8

試料名 9回目	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 $\mu\text{s/cm}$	pH	Na ⁺ $\mu\text{mol/l}$	NH ₄ ⁺ $\mu\text{mol/l}$	K ⁺ $\mu\text{mol/l}$	Mg ²⁺ $\mu\text{mol/l}$	Ca ²⁺ $\mu\text{mol/l}$	F ⁻ $\mu\text{mol/l}$	Cl ⁻ $\mu\text{mol/l}$	NO ₂ ⁻ $\mu\text{mol/l}$	NO ₃ ⁻ $\mu\text{mol/l}$	SO ₄ ²⁻ $\mu\text{mol/l}$	nssCa ²⁺ $\mu\text{mol/l}$	nssSO ₄ ²⁻ $\mu\text{mol/l}$
科博	10/06-14	32.8	5.6	5.85	7.4	2.6	1.5	0.0	5.9	0.0	8.1	0.0	7.9	5.3	5.7	4.9
桂台	10/06-14	48.3	9.8	4.85	16.3	2.1	1.7	1.9	3.7	0.0	16.9	0.0	8.7	7.9	3.4	7.0
美女平	10/06-14	53.1	11.3	4.79	15.8	1.3	1.1	1.8	4.2	0.0	16.1	0.0	10.6	8.9	3.8	8.0
滝見台	10/06-14	54.1	8.8	5.00	10.9	3.0	1.7	2.5	7.3	0.0	11.5	0.0	9.8	8.2	7.1	7.5
上の小平	10/06-14	60.6	10.4	4.82	9.8	3.3	1.5	3.8	11.2	0.0	11.9	0.0	8.5	7.8	11.0	7.2
弘法平	10/06-14	56.9	6.0	5.20	8.7	2.8	1.3	0.0	5.5	0.0	8.9	0.0	5.1	6.3	5.3	5.8
追分	10/06-14	63.7	5.7	5.13	7.8	2.3	1.7	0.8	3.7	0.0	7.9	0.0	3.9	5.6	3.6	5.1
弥陀ヶ原	10/06-14	64.1	6.2	5.02	8.2	2.2	1.5	0.0	4.9	0.0	7.8	0.0	3.9	7.0	4.7	6.5
弥陀ヶ原樹冠	10/06-14	66.6	11.2	5.24	12.5	1.3	18.0	5.3	14.8	0.0	20.6	0.0	0.0	17.3	14.5	16.5

表2 立山における標高別観測結果の月別集計値*

試料名 8月平均値	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 $\mu\text{s/cm}$	pH	Na ⁺ $\mu\text{mol/l}$	NH ₄ ⁺ $\mu\text{mol/l}$	K ⁺ $\mu\text{mol/l}$	Mg ²⁺ $\mu\text{mol/l}$	Ca ²⁺ $\mu\text{mol/l}$	F ⁻ $\mu\text{mol/l}$	Cl ⁻ $\mu\text{mol/l}$	NO ₂ ⁻ $\mu\text{mol/l}$	NO ₃ ⁻ $\mu\text{mol/l}$	SO ₄ ²⁻ $\mu\text{mol/l}$	nssCa ²⁺ $\mu\text{mol/l}$	nssSO ₄ ²⁻ $\mu\text{mol/l}$
科博	10/7/30-9/3	170.3	16.9	4.78	8.9	25.3	4.3	1.6	7.6	1.0	13.5	0.0	26.4	21.0	7.4	20.5
桂台	10/7/30-9/3	254.6	13.9	4.82	4.8	17.1	3.2	3.3	4.4	0.0	3.8	0.0	15.5	18.0	4.3	17.7
美女平	10/7/30-9/3	237.3	13.3	4.83	6.5	17.8	2.7	0.0	3.2	0.0	5.4	0.0	15.5	18.6	3.1	18.2
滝見台	10/7/30-9/3	229.5	13.3	4.85	6.2	20.9	3.8	1.2	6.1	0.1	4.9	0.1	15.9	19.2	6.0	18.9
上の小平	10/7/30-9/3	264.3	13.2	4.84	5.6	19.3	5.1	2.5	7.9	0.1	6.2	0.0	15.6	20.5	7.7	20.2
弘法平	10/7/30-9/3	213.9	10.5	4.93	4.0	80.6	2.2	0.4	7.2	0.0	3.4	0.0	11.2	16.2	7.1	15.9
追分	**	**														
弥陀ヶ原	**	**														
美松坂	10/7/30-9/3	413.0	12.1	4.76	3.6	7.7	1.7	0.1	1.6	0.0	2.7	0.0	9.5	14.4	1.5	14.1
天狗鼻	10/7/30-9/3	372.1	12.6	4.74	3.5	10.6	1.9	0.0	1.5	0.0	2.9	0.0	9.3	15.4	1.4	15.2
天狗平	10/7/30-9/3	369.7	8.7	4.94	2.9	9.8	1.6	0.0	4.7	0.0	2.2	0.0	7.8	12.2	4.6	12.0
室堂平	10/7/30-9/3	369.2	12.0	4.82	3.7	14.0	3.0	0.2	5.3	0.0	3.1	0.0	9.0	16.6	5.2	16.4
弥陀ヶ原樹冠	*	*														

*降水量は各試料の合計値、濃度は降水量による加重平均値

**オオバーフロー試料があり集計できなかった。

試料名	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 $\mu\text{S}/\text{cm}$	pH	Na^+ $\mu\text{mol}/\text{l}$	NH_4^+ $\mu\text{mol}/\text{l}$	K^+ $\mu\text{mol}/\text{l}$	Mg^{2+} $\mu\text{mol}/\text{l}$	Ca^{2+} $\mu\text{mol}/\text{l}$	F^- $\mu\text{mol}/\text{l}$	Cl^- $\mu\text{mol}/\text{l}$	NO_2^- $\mu\text{mol}/\text{l}$	NO_3^- $\mu\text{mol}/\text{l}$	SO_4^{2-} $\mu\text{mol}/\text{l}$	nssCa^{2+} $\mu\text{mol}/\text{l}$	nssSO_4^{2-} $\mu\text{mol}/\text{l}$
9月平均値																
科博	10/9/3-9/30	268.4	15.7	5.55	37.3	8.5	1.6	3.2	11.3	0.0	54.9	0.0	11.4	10.9	10.5	8.7
桂台	10/9/3-9/30	323.7	8.7	5.15	26.5	7.9	1.5	0.4	7.3	0.0	42.1	0.0	11.2	9.5	6.7	7.9
美女平	10/9/3-9/30	312.7	8.8	5.13	9.4	6.0	2.1	0.4	0.7	0.0	9.5	0.0	8.7	7.5	0.4	6.9
滝見台	10/9/3-9/30	374.3	7.8	5.10	8.0	3.8	7.4	0.3	0.7	1.0	8.0	0.0	7.8	6.3	0.5	5.9
上の小平	10/9/3-9/30	387.0	7.7	5.09	6.3	4.2	0.6	0.3	4.0	0.3	6.4	4.9	7.1	7.8	3.8	7.4
弘法平	10/9/3-9/30	404.8	7.8	5.07	5.3	5.0	1.1	0.2	1.9	0.2	5.4	0.0	7.0	8.2	1.7	7.9
追分	**	**														
弥陀ヶ原	**	**														
美松坂	10/9/3-9/30	452.5	7.6	5.07	2.4	5.5	1.5	0.0	0.2	0.0	2.6	0.0	6.1	8.2	0.2	8.0
天狗鼻	**	**														
天狗平	10/9/3-9/30	442.4	6.8	4.99	5.0	4.8	2.2	0.0	1.7	0.8	5.0	0.0	5.5	7.6	1.6	7.3
室堂平	**	**														
弥陀ヶ原樹冠	**	**														

* * オーパーフロー試料があり集計できなかった。

試料名	採集期間	降水量 (mm)	電気伝導度 $\mu\text{S}/\text{cm}$	pH	Na^+ $\mu\text{mol}/\text{l}$	NH_4^+ $\mu\text{mol}/\text{l}$	K^+ $\mu\text{mol}/\text{l}$	Mg^{2+} $\mu\text{mol}/\text{l}$	Ca^{2+} $\mu\text{mol}/\text{l}$	F^- $\mu\text{mol}/\text{l}$	Cl^- $\mu\text{mol}/\text{l}$	NO_2^- $\mu\text{mol}/\text{l}$	NO_3^- $\mu\text{mol}/\text{l}$	SO_4^{2-} $\mu\text{mol}/\text{l}$	nssCa^{2+} $\mu\text{mol}/\text{l}$	nssSO_4^{2-} $\mu\text{mol}/\text{l}$
10月平均値																
科博	10/9/30-10/14	59.4	7.7	5.53	7.2	3.8	1.4	0.0	6.9	0.0	7.5	0.0	7.7	6.0	6.8	5.6
桂台	10/9/30-10/14	105.2	7.4	4.99	8.9	2.8	2.3	0.9	1.7	0.0	9.0	0.0	7.6	6.6	1.5	6.1
美女平	10/9/30-10/14	109.9	8.1	4.97	10.2	2.1	1.3	0.9	3.3	0.0	10.2	0.0	7.4	7.1	3.1	6.5
滝見台	10/9/30-10/14	122.2	6.7	5.10	6.4	2.7	0.8	1.1	3.9	0.0	6.8	0.0	7.1	6.4	3.8	6.0
上の小平	10/9/30-10/14	140.9	7.1	5.01	10.1	4.1	2.6	1.6	7.0	0.9	11.4	0.0	6.3	6.8	6.7	6.2
弘法平	10/9/30-10/14	127.1	5.2	5.21	6.2	2.4	2.1	0.0	3.8	0.0	6.6	0.0	4.1	5.5	3.7	5.1
追分	10/9/30-10/14	130.1	5.0	5.16	4.7	1.9	0.8	0.4	1.8	0.0	4.8	0.0	3.7	4.7	1.7	4.4
弥陀ヶ原	10/9/30-10/14	138.1	5.5	5.09	5.0	2.3	0.7	0.0	2.3	0.0	4.7	0.0	3.8	6.4	2.1	6.1
弥陀ヶ原樹冠	10/9/30-10/14	128.3	9.4	5.23	9.9	2.2	15.5	5.5	15.5	0.0	15.8	0.0	0.0	14.3	15.2	13.7