富山市科学博物館
TOYAMA SCIENCE MUSEUM

立山における酸性雨観測結果（2018）

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	43
ページ	47-51
発行年	2019-07-01
URL	http://repo.tsm.toyama.toyama.jp/?action=repository_uri&item_id=1511

富山市科学博物館研究報告第43号，pp. 47－51；(2019)
Bulletin of the Toyama Science Museum, (43): 47－51；(2019)

立山における酸性雨観測結果(2018)＊

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　富山市射水市黒河5180

Observation reports of acid rain collected on Mt. Tateyama (2018)

Hideharu Honoki[1)], Koichi Watanabe[2)]

[1)] Toyama Science Museum, 1-8-31 Nishinakano-machi, Toyama 939-8084, Japan
[2)] Toyama Prefectural University, 5180 Kurokawa, Imizu-shi, Toyama 939-0398, Japan

Acid rain observations were done at 10 observation points 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. Some rain collectors set at Mt. Tateyama had been turned over by the strong wind of the typhoon during observation periods in 2018. Precipitations were increased with the rise in altitude (altitude effect). Concentrations of nitrate ions were decreased with the rise in altitude (altitude effect). However, it was observed during July to September that concentrations of non-sea salt sulfate ion increased with rise in altitude. Concentrations of ammonium ions at observation points of Mt. Tateyama were fluctuated in July and August though that concentrations showed altitude effect like as nitrate ion in September and October. These phenomena were similar to observations in 2017. Value of pH was the lowest at observation point of Murodou-daira in July and August. It was considered that the lowest pH at Murodou-daira was due to transported acidic constituent from the Asian Continent, because nitrate contribution ratio was the lowest. Number concentrations of suspended particles in precipitation collected at Oiwake (1800 m a. s. l.) from 18 to 29, August were the highest from other observation points, and sample water seemed pale yellow. These particles might be due to the Asian dust. The supplementary data is available from https://doi.org/10.6084/m9.figshare.7957145.

Key words：acid rain，sodium ion，sulfate ion，nitrate ion，ammonium ion，suspended particles，Asian dust
キーワード：酸性雨，非海塩性硫酸イオン，硝酸イオン，懸濁粒子，黄砂

１．はじめに

立山における酸性雨観測は2003年から開始し，2018年で16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，2018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；朴木・渡辺，2018）．ここでは，2018年の観測結果について報告する．なお，今年の観測で特徴的な点は，8月24日に台風20号が通過し，9月4日に台風21号が通過したことである．2つの台風はほぼ同じ経路を通過し，立山ではいずれも強風が吹いたため，2つの台風の通過時に，ほぼ同じ観測点で観測器が転倒した．

＊富山市科学博物館研究業績第547号

２．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(Supplementary Table 1).

降水試料の採取には開口部口径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 L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，バルクサンプラーとして再セットした．

2018年の観測は７月3日に科学博物館，桂台，美女平，滝見台，上ノ小平，弘法平，追分，弥陀ヶ原の8か所で開始し，7月11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，9月28日に室堂平，天狗平，天狗鼻の観測を終了し，10月25日に全ての観測を終了した(Supplementary Table 2).

実験室に持ち帰った試料は採取重量を測定し，pH測定（ガラス電極法），電気伝導度測定（導電率計），を行った後，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，陽イオン成分の分析には島津HIC-6A，陰イオン成分の分析にはダイオネクスIC-2000を使用した）．

各試料のイオン分析値についてはSupplementary Table 1に掲載した．また，以下の解析に関して，7月分は7月11日～31日，8月分は7月31日～8月29日，9月分は8月29日～9月28日，10月分は9月28日～10月25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(Supplementary Table 3).粒子状物質の計測値については、試料ごとに粒形別の個数濃度を計測した(Supplementary Table 4).

３．結果および考察

3.1　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Fig．1に示した．7月は非常に暑く，降水量はかなり少なかった．これに対して9月は降水量が多く，科学博物館で月降水量が400 mmを超え，室堂平では800 mm以上になった．また，8月24日の台風20号の強風で天狗平と追分で観測器が転倒していた．また，9月4日に通過した台風21号も20号と同様な経路を通過したため，天狗平，弥陀ヶ原，追分，美女平で観測器が転倒した．この影響が図1の8月，9月のグラフに現れている．

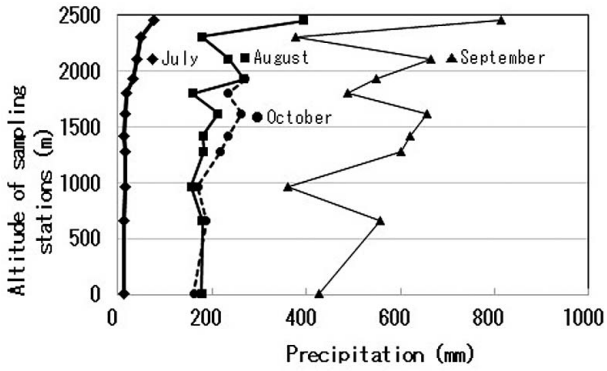

Fig. 1 Altitudes of sampling stations versus precipitations.

3.2　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Fig．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なる．また，立山の観測点では標高が高くなるために濃度が低下する高度効果が見られる．

2018年の観測ではどの月も富山市内でナトリウム濃度が高く，標高が高くなるにつれて濃度が低下した．7月の立山の観測点の中では弘法平での濃度が比較的高くなり，8月にも同じ現象が見られた．9月は桂台から天狗平までナトリウムイオン濃度はほぼ同じであった．また，室堂平では7月，8月，9月の濃度はほぼ同じであった．

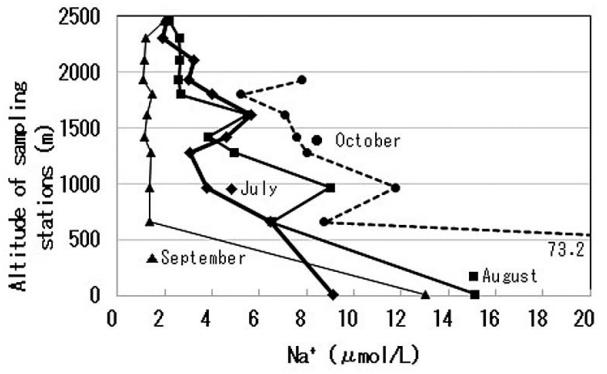

Fig. 2 Altitudes of sampling stations versus mean concentrations of sodium ion in precipitations.

3.3　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Fig．3に示す．降水中の非海塩性硫酸イオン濃度には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場合が多いが，降水量が非常に少なかった7月は滝見台から室堂平にかけて，8月は上ノ小平から室堂平にかけて，9月は美女平から室堂平にかけて，それぞれ，

標高が高くなるにつれて濃度が上昇した．10月は富山市の非海塩性硫酸イオン濃度が高く，立山では標高が高くなるにつれて濃度が減少する通常の高度効果が観察された．

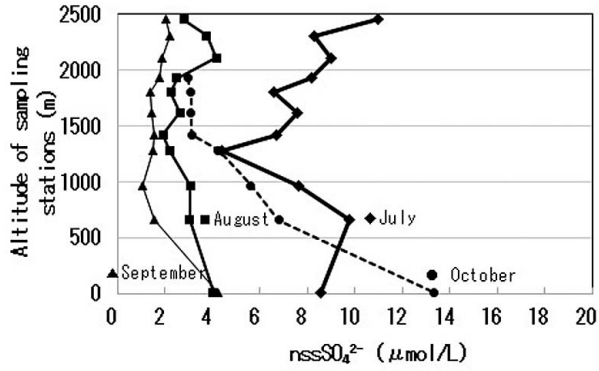

Fig. 3 Altitudes of sampling stations versus mean concentrations of non sea-salt sulfate ions in precipitations.

3.4 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Fig．4に示す．硝酸イオン濃度にも，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．2018年の観測では観測点による濃度の変化が大きいが，非海塩性硫酸イオンの場合と異なり，大きく見ると，どの月も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た．

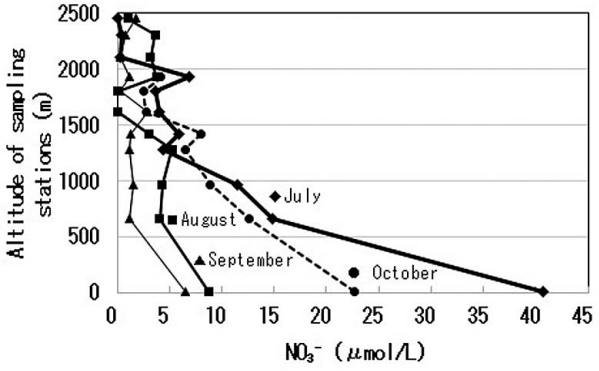

Fig. 4 Altitudes of sampling stations versus mean concentrations of nitrate ions in precipitation.

3.5 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で，非海塩性硫酸イオン濃度は2倍にしている．

Fig．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した．8月，9月，10月は富山市での硝酸寄与比の値は0.44～0.52で昨年と比べて高く，立山の観測点では標高が高くなるにつれて硝酸寄与比の値が低下する傾向が見られた．

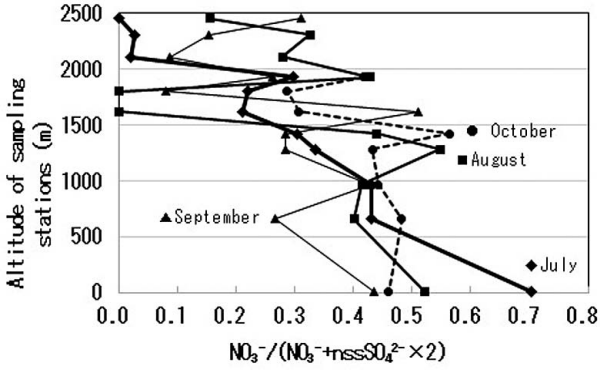

Fig. 5 Altitudes of sampling stations versus nitrate contribution ratios in precipitation.

3.6 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Fig．6に示す．降水中のアンモニウムイオン濃度は７月，8月は場所によって濃度がばらつき，降水量が少なかった7月は天狗鼻，上ノ小平，美女平で濃度がかなり高くなった．8月は天狗平，天狗鼻，追分で濃度が高くなった．これに対して，9月と10月では，通常の高度効果が見られた．立山の観測点で7月，8月にアンモニウムイオン濃度がばらつく現象は2017年の観測でも観測された．

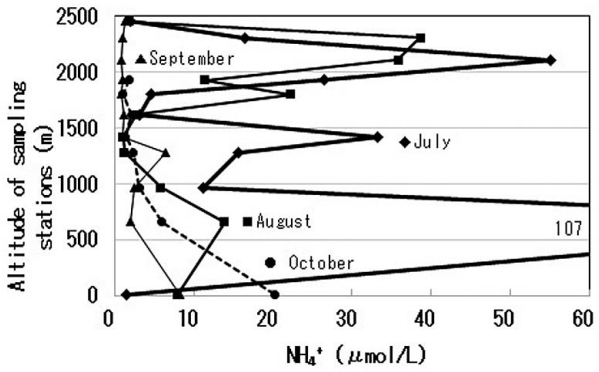

Fig. 6 Altitudes of sampling stations versus mean concentrations of ammonium ions in precipitation.

3.7 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Fig．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観測点によって濃度がばらつくことが多く，2018年の観測においても，7月は美女平，上ノ小平，天狗鼻で，8月と9月は弘法平，

天狗鼻で，10月は美女平，弘法平で濃度が高くなった．

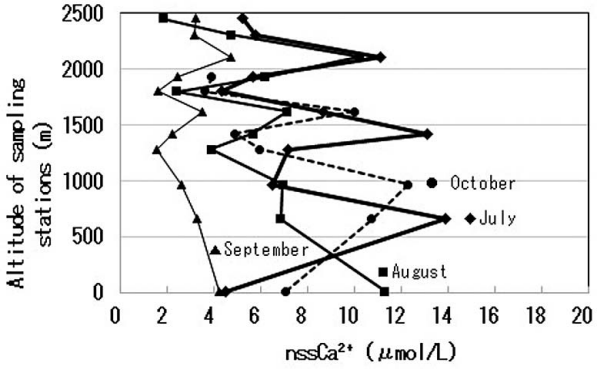

Fig. 7 Altitudes of sampling stations versus mean concentrations of non sea-salt calcium ions in precipitation.

3.8　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Fig．8に示す．7月は場所による値の変化が大きく，しかも，標高が高くなるにつれてpHが低下する傾向が見られた．7月は滝見台から室堂平に向けて標高が高くなるにつれて非海塩性硫酸イオン濃度が上昇していることから（Fig．3），この非海塩性硫酸イオンの濃度上昇が関係しているものと考えられた．同様に，8月は室堂平でpHの値がやや低くなった．7月，8月は室堂平での硝酸寄与比の値がかなり低く，アジア大陸起源の酸性物質の輸送の影響があった可能性が考えられた．9月は室堂平を除いて，標高が高くなるにつれてpHの値が増加する傾向が見られた．10月は桂台と滝見台，上ノ小平，弘法平でpHの値がやや高くなった．

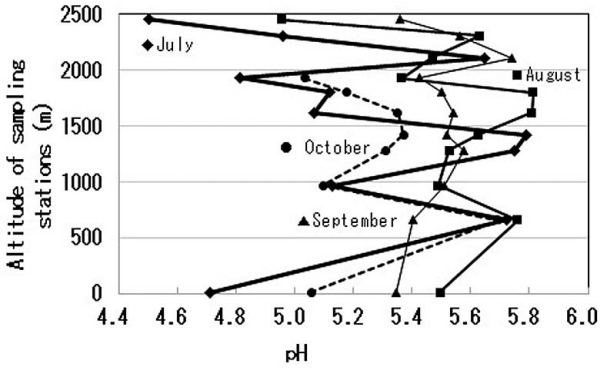

Fig. 8 Altitudes of sampling stations versus mean pH of precipitation.

3.9　観測点標高に対する降水中の粒子状物質

Fig．9は2018年8月18日～29日試料と比較試料の8月29日～9月11日試料について，観測点標高に対する降水中の粒径1.5～150μmの粒子総個数濃度をプロットしたものである．8月18日～29日の試料では追分，美女平で粒子総個数濃度が大きく上昇した．これらの試料は淡黄色を呈しており，夏の期間ではあるが，黄砂が飛来した可能性が考えられた．

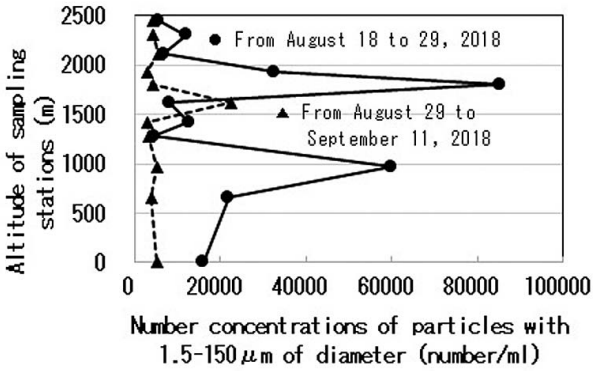

Fig. 9 Altitudes of sampling stations versus number concentrations of total particles in precipitation.

4．謝辞

著者の退職に伴い，著者が行う立山での標高別降雨観測は2018年の観測をもって終了いたしました．16年間もの長きにわたって観測を継続できたのは，調査に必要な許可申請の担当部署である，環境省中部山岳国立公園 立山管理官事務所，林野庁富山森林管理署，および，富山県自然保護課，富山県立山土木事務所，富山県道路公社，富山県道路公社立山有料道路管理事務所，立山黒部貫光株式会社，富山県公安委員会，富山警察署のご協力，アドバイスのおかげです．さらに，試料の回収に際し，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所員の皆様から様々なご協力をいただきました．ここに厚くお礼申し上げます．

5．引用文献

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年）．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．
朴木英治・渡辺幸一，2018．立山における酸性雨観測結果（2017）．富山市科学博物館研究報告（42）：49-59