

防衛大学校 学生会員 ○須釜隆

同上 学生会員 ウィトウン・ジラワッタナパン

同上 正会員 山口晴幸

1. はじめに 水は地球上の生物の生命を保持するために最も基本的なものであることから、水を考えないで生命を理解することはできないといえるだろう。昔から人類が生存するため使用されてきた水は、現在に至り産業の急速な発展や人口の増加のため、使用量が増大し、また水質汚染などの環境汚染の問題が発生している。現在の人間の社会活動、特に産業活動による環境汚染は我々人類を悩ます深刻な問題である。多くの水環境の汚染問題の中でも「酸性雨」は非常に注目を浴びた近年の環境汚染問題となっている。

酸性雨は、人為的要因に起因する化石燃料の燃焼から発生する窒素酸化物や硫酸酸化物が主因を成している。酸性雨現象が発生する地域としては、工業・産業の多い地域とその周辺であるが、本研究では、酸性雨発生地域以外すなわち、酸性雨の影響を受けていないと思われる自然域「ネパールのランタン谷と富士山」での降水について水質の状況を把握するため、調査・分析を行い、水環境の立場から考察した成果を提示する。

2. ネパールランタン谷・富士山の水環境 ネパールランタン谷・富士山の水環境調査活動は、平成13年に、降水（氷河、積雪、雨水）を採取し、採取水の酸性度の測定や酸性雨化の主因化学成分の分析を行い、山岳域の水環境の状況について評価を試みる（図1と2）。

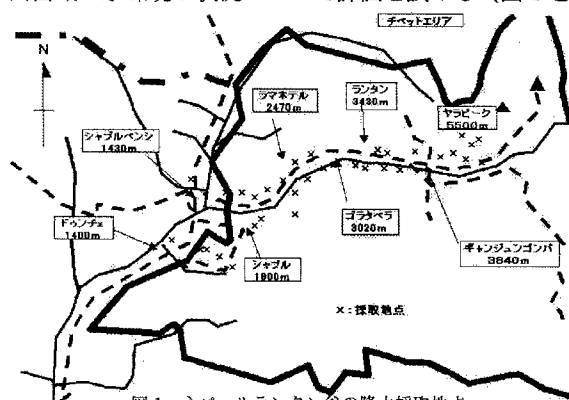


図1 ネパールランタン谷の降水採取地点

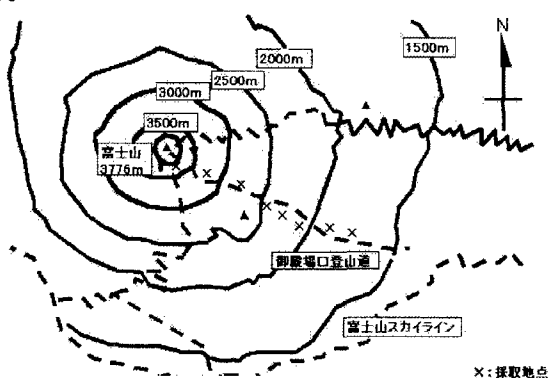


図2 富士山の降水採取地点

(1) 調査地点 ランタン地域はつい最近までは外国人に公開されることはなく、長い間外部の手がついていない地域であった。近年、ネパール王国が同地域を外国人にも公開するようになったが、まだほとんど外部の影響を受けておらず、いまだにタマン族の人々が放牧などによる生活を続けている。よって、生活排水等の処理施設もなく、生活排水などはそのまま放流されているが人口が少ないため目立った汚染は見られない。また、この地域は最高峰ランタンリルン(7225m)を中心に 5000m～6000mのランタンヒマールの峰々がそびえている。雨季にはインド大陸付近のベンガル湾で発生した低気圧がこのヒマラヤの峰々にぶつかり、降水をもたらす。降水の採取は平成13年5月に標高1400m～5300mまで約50箇所を行った。また、富士山の降水は平成13年5月及び8月の2回の調査を実施し採取した。

(2) 山岳域の降水の特性 図3は富士山とランタン谷における降水のpH値を示している。ランタンでは、標高が高くなるにつれ

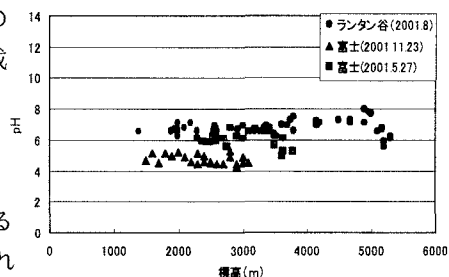


図3 富士山とランタン谷の降水のpH値の比較

キーワード：降水、酸性雨、電気伝導度、化学成分、山岳域

神奈川県 横須賀市 走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 Tel 0468-41-3810 Fax 0468-44-5913

てpH値がほとんど6~7範囲内で中性付近を示し、5月に採取した富士山の降水のpH値が6台であり変動していない。これに対し、11月に採取した富士山の降水(積雪)のpH値が5台で、酸性雨化していることが確認された。図4の電気伝導度(EC)を見ると、ランタン谷でのECはほとんど20~40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ で富士山の値より高く、最大値は約80 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 台となっている。ECは水に溶存しているイオン成分の量を表すパラメーターで、ECが高ければ溶存イオン量が多いということで、ECから見たランタン谷の降水は溶存イオン量が富士山のそれよりも多いと推察できる。また、富士山の5月に採取した降水のECは11月に採取したものより多少低い、いずれも20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 付近の値を示している。これらのECの違いは溶存成分量の相違によることから、降水の酸性雨化の主因となる硝酸イオン(NO_3^-)と硫酸イオン(SO_4^{2-})

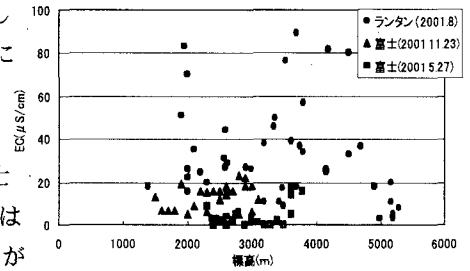


図4 富士山とランタン谷の降水のEC値の比較

表1 富士山における降水一部の陰イオン濃度(2001.5.27調査)

No	標高(m)	水形態	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	陰イオン濃度(mg/l)		
					Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
8	2300	積雪	8.2	9	1.10	0.00	0.41
28	2500	積雪	8.1	2	0.10	0.00	0.34
22	2700	積雪	8.0	2	0.17	0.00	0.59
21	2900	雪	7.9	0	0.11	0.00	0.42
13	3100	雪	8.1	1	0.07	0.00	0.49
23	3300	雪	8.1	0	0.12	0.00	0.34
16	3400	雪	8.0	2	0.09	0.00	0.52
14	3500	雪	8.2	0	0.11	0.00	0.39
20	3620	雪	8.1	18	0.46	0.35	0.88
30	山頂	雪	7.9	16	1.88	1.89	2.83

表2 富士山における降水一部の陰イオン濃度(2001.11.23調査)

No	標高(m)	水形態	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	陰イオン濃度(mg/l)		
					Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
30	2300	積雪	5.1	6	1.57	0.80	0.73
12	2400	積雪	4.6	16	4.18	1.90	1.13
13	2500	積雪	4.5	16	1.49	1.17	1.49
14	2600	積雪	4.4	14	0.42	1.34	1.54
28	2700	積雪	4.4	16	1.49	0.71	1.15
25	2800	積雪	4.9	23	0.33	1.47	1.98
24	2900	積雪	4.4	18	0.57	1.51	1.62
23	3000	積雪	4.5	18	1.91	1.15	1.39
19	3100	積雪	4.5	12	1.10	1.21	1.24
20	3100	積雪	4.5	78	6.18	3.77	9.84

表3 ランタン谷における降水一部の陰イオン濃度(2001.8調査)

No	標高(m)	水形態	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	陰イオン濃度(mg/l)		
					Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
2	1400	雨水	6.5	59	1.63	0.00	2.57
14	2000	河川水	6.3	16	1.00	0.00	2.20
18	2500	河川水	6.6	35	1.81	0.00	5.87
19	3000	河川水	6.9	31	0.74	0.00	5.80
26	3500	河川水	6.2	17	1.16	0.00	2.83
36	4150	河川水	7	25	0.55	0.00	0.40
39	4500	河川水	7.3	80	0.34	0.00	1.78
44	5100	雪	6.5	3	0.09	0.39	0.00
50	5200	雪	5.8	4	0.00	0.00	0.00
51	5300	雪解け水	6.1	3	0.00	0.00	0.00

が検出されることが分かった。硝酸イオンは自然界に存在していないので、排気ガスに主因がある人為的起源のみによるものである。塩素イオンについては海水に起源を持つ海塩粒子の溶け込みの影響によると考えられる。一方、硫酸イオンの場合には煤煙などによる人為発生起源の他に、海塩粒子による自然界からの供給起源がある。自然界から供給される海塩粒子による硫酸イオン濃度はナトリウムイオン(Na^+)の0.251倍の濃度である。図5には各山岳域におけるナトリウムイオン濃度と硫酸イオン濃度との関係を示し、海水起源の割合がNa濃度の0.251倍あるため、その量を差し引いた分が人為的影響と見なされる。これにより、降水は人為的起源の影響を受けている場合が多いと考えられる。

3. まとめ 自然界の山岳域における降水について、酸性度及び主要化学成分を測定し、降水の水質状況を調べた。酸性雨化の主因となる硝酸イオンや人為的硫酸イオンが検出される場合が多いため、pH値が低下すると考えられる。人口の増加に伴う生活圏の拡大等の影響で、高所山岳域まで汚染され、自然環境への汚染が懸念される。

(参考文献) 1) 山口晴幸ら(1999.11): 酸性雨と屋外青銅製彫刻の腐食劣化、生活と環境 平成11年11月号、pp57~67

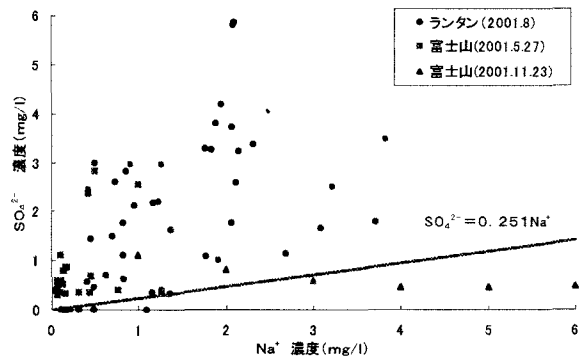


図5 SO_4^{2-} の人為的活動に伴う影響