

C-4 酸性・酸化性物質に係る陸域生態系の衰退現象の定量的解析に関する研究
(8) 富栄養酸性雨の水質・底質への影響とその計測手法に関する研究
-新潟県村上市三面川の水質に関する予察的研究-

独立行政法人国立環境研究所

大気圏環境研究領域、酸性雨研究チーム

佐竹研一

Hyung-Jae Yang (EFF)

平成 13 年度予算額

2,066 千円

[要旨] 三面川を調査対象に決定したのは、この川がサケの回帰するもっとも重要な川の一つだからである。大量のサケが回帰するこの川は、その河口域に花崗岩が広く分布するため、陽イオン濃度が比較的到低いと予想された。カルシウム濃度とマグネシウム濃度は他の主要河川の半分以下であった。水質のサケに及ぼす影響を示す調査項目、すなわち、NO₃、SO₄、およびNH₄の濃度はそれぞれ1.37、4.08、および0.01mg/lであった。下流域のほとんどの項目について、濃度は上流域よりも高かった。

[キーワード] 三面川、酸性化、酸中和能、サケ

1. 序

ヨーロッパとアメリカの北部では、淡水の酸性化により、多くの湖沼・河川でアトランティック・サーモンの*Salmo salar*、カワマス*Salmo trutta*、*Sulvelinus fontinalis*などのサケ科魚類が減少してきている(Schofield, 1976)。低pHの水の急激な暴露は、体液からナトリウム・イオンと塩化物イオンを奪い、魚を死亡させる。pH低下の原因は、湖にその中和能を超えて負荷された酸性物質にあると考えられている(第2回東アジア酸性雨モニタリングネットワーク暫定科学諮問グループ会合, 2000)。現在、東アジアにおいて急速に拡大する工業活動により、酸性汚染物質の排出量が持続的に増加している(Ikutaら, 2001)。日本ではpH4の酸性雨がしばしば降るが、土壌の中和能が高いので、日本の河川や湖沼に酸性沈着による酸性化はまだ観測されていない。しかし、pH6程度のごく弱い酸性度でも淡水に生息する紅ザケ*Oncorhynchus nerka*の放卵を妨げるに十分であることが明らかにされている(Kitamura・Ikuta, 2000)。また、シロザケの稚魚*O. keta*は5.8以下のpHでかなりの悪影響を受ける。

化学的風化作用によって土壌から放出された陽イオンは、大気汚染から生じた、あるいは有機物の分解によって生成された酸を中和する。植物も酸を吸収するし、水の流れも酸を中和する(Nakanoら, 2001)。日本には酸性沈着に敏感な山間部の集水域が多く、そうであるが故に、国土の一部しか調査されておらず、陰イオン・陽イオン濃度の情報が不十分であるばかりか、集水域の基本的なアルカリ度データさえも十分に蓄積されていない。本研究プロジェクトでは、2年間をかけて、酸性沈着の水域に及ぼす影響に関する汚染パラメータのデータベースを着実に構築する。

日本海に面した新潟県では、森林生態系は、湿性及び乾性の酸性沈着と、冬の北西季節風によって中国大陸からの長距離越境大気汚染物質の影響を受ける。その新潟県の三面川を調査対象に決定したのは、この川がサケの回帰するもっとも重要な川の一つだからである。そこでは毎年、20万匹のサケが捕獲され、その数を上回るサケが回帰してきた。また、三面川流域のほとんど、つまり川辺に沿って広く分布する地帯は、酸中和能の低い花崗岩によって囲まれている(図1)。さらに、2002年度には、水の都と呼ばれる新潟県に数多く流れる河川(加治川、落

堀川、胎内川、荒川、および勝木川)と湖沼(奥三面ダム湖と猿田ダム湖)を調査することになっている。

公式サケ漁統計によれば、1880年には197,999匹が捕獲されたが、2000年にはわずかに18,805匹であった。1946年までの30年間にはわずか数千匹しか捕獲されなかったが、その後急増した。1980年からは漁獲高も回復し、年に約20,000匹のレベルになった。

セクション4で述べるが、三面川の水質は(財)新潟県環境衛生研究所によって12年間(1998～1999年)調査されており、水生環境に及ぼす影響が評価されている((財)イヨボヤの里開発公社, 1997年)。T-NとT-Pの濃度はそれぞれ0.25mg/lと0.007mg/lであり、伝導率が49us/cm、pHが7.0、そして水温は18.3℃であった。

湖沼と貯水池における富栄養化による利水への影響を防ぐためには、T-NおよびT-P濃度を決定する栄養元素の基準値が必要である。サケとマスは日本の貧栄養湖に良く見られる魚であるが、富栄養湖では鯉とローチの多いことが知られている。T-Pを基準にした分類である漁業クラス1は、サケとマスの個体数を維持できる水質であることを指している。漁業クラス1の基準値は、マスが生息している中禅寺湖と琵琶湖のT-PとT-Nに準拠してT-Pが0.01mg/l、T-Nが0.2mg/lと定められている(OkadaとPeterson, 2000年)。

表 1：三面川を 12 年間調査した結果から得られた 7 月の水質変化

調査項目	年												平均
	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	
水温(°C)	16.1	18.7	21.0	17.0	19.2	14.9	17.1	20.0	15.5	20.1	18.6	21.6	18.3
透明度(cm)	30	30	30	30	30	30	30	30	50	50	50	50	36.7
濁度(NTU)	2	1	2	ND	1	4	10	1	1	3.0	0.5	2.0	2.7
EC (us/cm)	45	48	65	42	49	52	46	51	39	47	47	62	49
PH	7.2	7.2	7.2	6.8	7.3	7.1	6.9	7.1	7.0	7.0	6.8	6.7	7.0
DO (mg/l)	9.5	9.4	9.0	9.6	9.8	10.0	9.7	9.5	10.0	10.0	10.0	9.4	9.7
BOD (mg/l)	1.1	1.0	0.7	ND	1.2	0.5	0.7	1.0	0.5	0.5	0.5	0.8	0.7
COD (mg/l)	2.0	2.9	2.0	2.5	2.3	1.6	3.5	1.2	2.0	0.8	1.0	2.1	2.0
SS (mg/l)	2	3	1	2	ND	3	10	2	1	1	1	3	2.4
T-N (mg/l)	0.18	0.29	0.16	0.15	0.28	0.20	0.39	0.22	0.26	0.23	0.25	0.42	0.25
T-P (mg/l)	.008	.007	.008	.010	.006	.007	.012	.005	.004	.006	.004	.010	.007
E-coli. (CG/10ml)	790	240	2200	490	79	490	3500	490	490	490	790	4900	1246
クロロフィル-a	-	-	-	-	-	<1.0	<1.0	<1.0	-	-	-	-	<1.0

*新潟県土木部三面川開発事務所と(財)新潟県環境衛生研究所によるデータ、1988～1999年

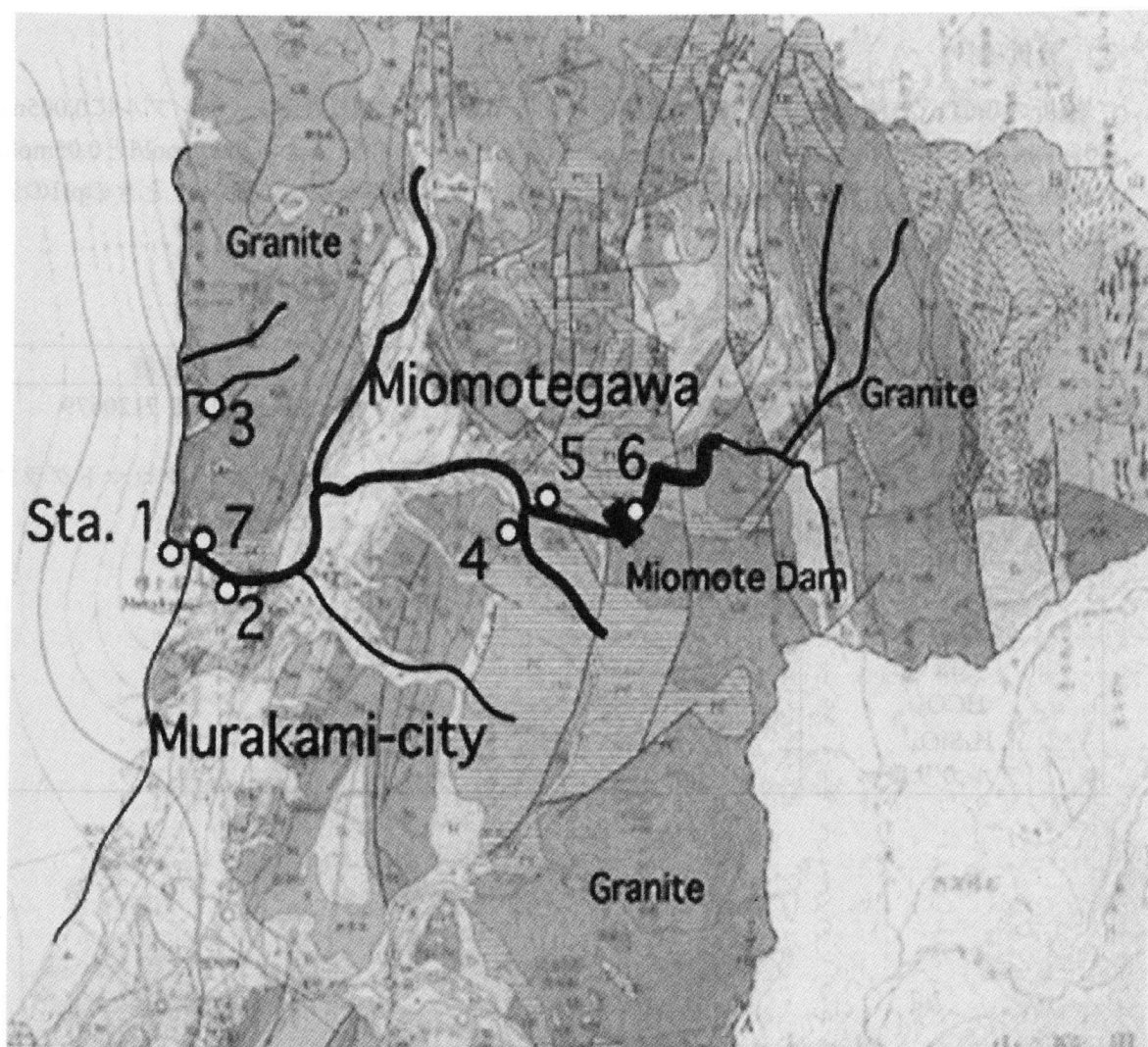


図 1：調査地点

2. 調査地点

表2と図1のように8箇所の調査地点を選んだ。内4箇所（地点番号4、5、6、8）は三面川の上流に、2箇所は下流に定めた。地点番号1は河口に設定したが、地点番号3は三面川流域ではない細流に設定した。

表2：調査地点の説明

地点番号	位置	注釈
1	日本海河口	塩水
2	三面川の下流	
3	北村上の細流	
4	三面川の支流	
5	三面川の中流	
6	三面川ダム	
7	滝（多岐神社）	
8	三面川ダムの堆積地	

3. 分析項目

分析の項目、方法、および装置は表3のとおりである。酸中和能は、サンプルに0.005mol/lと0.05mol/lの酸性溶液を順次加える方法でpHの低下を調べて推計した。0.005mol/lと0.05mol/lの酸性溶液、すなわちアルカリ度を測定する標準方法よりも簡単な硫酸を加えたときのpHの変化がpHの低下を示す。

表3：分析項目

項目	分析方法	分析装置
pH	pH計	Horiba, LOT 7120679
導電率	導電率計	"
Cl	イオン・クロマトグラフィ	Dionex500イオン・クロマトグラフィ
NO ₃	"	"
Na	"	"
K	"	"
Mg	"	"
Ca	"	"
HCO ₃	—	—
H ₄ SiO ₄	—	—
アルカリ度	—	—

4. 水質分析の結果

三面川と他の調査地点から収集した水の陽イオンおよび陰イオン濃度を表4に示す。

表4：水質分析の結果 (mg/l)

調査地点番号	Na	K	Mg	Ca	NH ₄	Cl	NO ₃	SO ₄
St. 1	6470	260	772	250	0.00	10100	33.2	1450
St. 2	8.61	1.06	1.84	4.47	0.04	14.5	2.99	5.31
St. 3	16.0	1.22	3.42	4.22	0.00	29.5	5.70	5.70
St. 4	6.68	0.72	2.13	3.48	0.00	11.89	2.89	4.23
St. 5	4.83	0.89	1.09	3.91	0.01	6.64	1.37	4.08
St. 6	4.25	0.76	1.04	4.17	0.01	5.70	1.05	3.73
St. 7	19.8	1.13	3.03	2.79	0.00	34.4	3.86	6.64

5. 考察

河川水のpHは常に7前後であり、季節的低下もなかったが、図1のように大きな花崗岩が川の流域に広く分布しているため、三面川の酸中和能と陽イオン濃度は低いと予測した。採取した水サンプルを分析した結果は予測通りであり、カルシウム濃度とマグネシウム濃度は日本の主要河川・湖沼よりもかなり低く、調査地点5においてはわずか3分の1程度であった。

図2のように、三面川のカルシウム濃度とマグネシウム濃度を分析したところ、値がもっとも低く、それぞれ3.91mg/lと1.09mg/lであった。ちなみに主要河川・湖沼のカルシウム濃度は次のとおりである。利根川 13.3mg/l、石狩川 9.4mg/l、信濃川 10.2mg/l、米代川 8.3mg/l、那珂川 15.8mg/l (13河川中最高)、筑後川 9.2mg/l、由良川 6.4mg/l、鬼怒川 12.9mg/l、吉井川 7.4mg/l、琵琶湖 8.5mg/l、霞ヶ浦 16.6mg/l、山中川 8.3mg/l。

マグネシウム濃度については、霞ヶ浦が最高値の5.9mg/l、那珂川は2番目の4.3mg/lであった。三面川のカルシウム濃度とマグネシウム濃度は他の河川・湖沼のそれぞれ3分の1と半分程度であることが判明した。

下流にある調査地点2で観測されたNH₄、NO₃、およびSO₄濃度はそれぞれ0.04mg/l、2.99mg/l、および5.31mg/lであったが、上流の調査地点5、すなわち酸性雨研究センター (ADORC) で分析された濃度はそれぞれ0.01mg/l、1.37mg/l、および4.08mg/lであり、下流の濃度よりも低かった。上流にある三面川ダムの調査地点6の分析項目については濃度が比較的に低かったが、これは一部の酸性汚染物質の乾性沈着が水中に流れ込んだことを意味する。

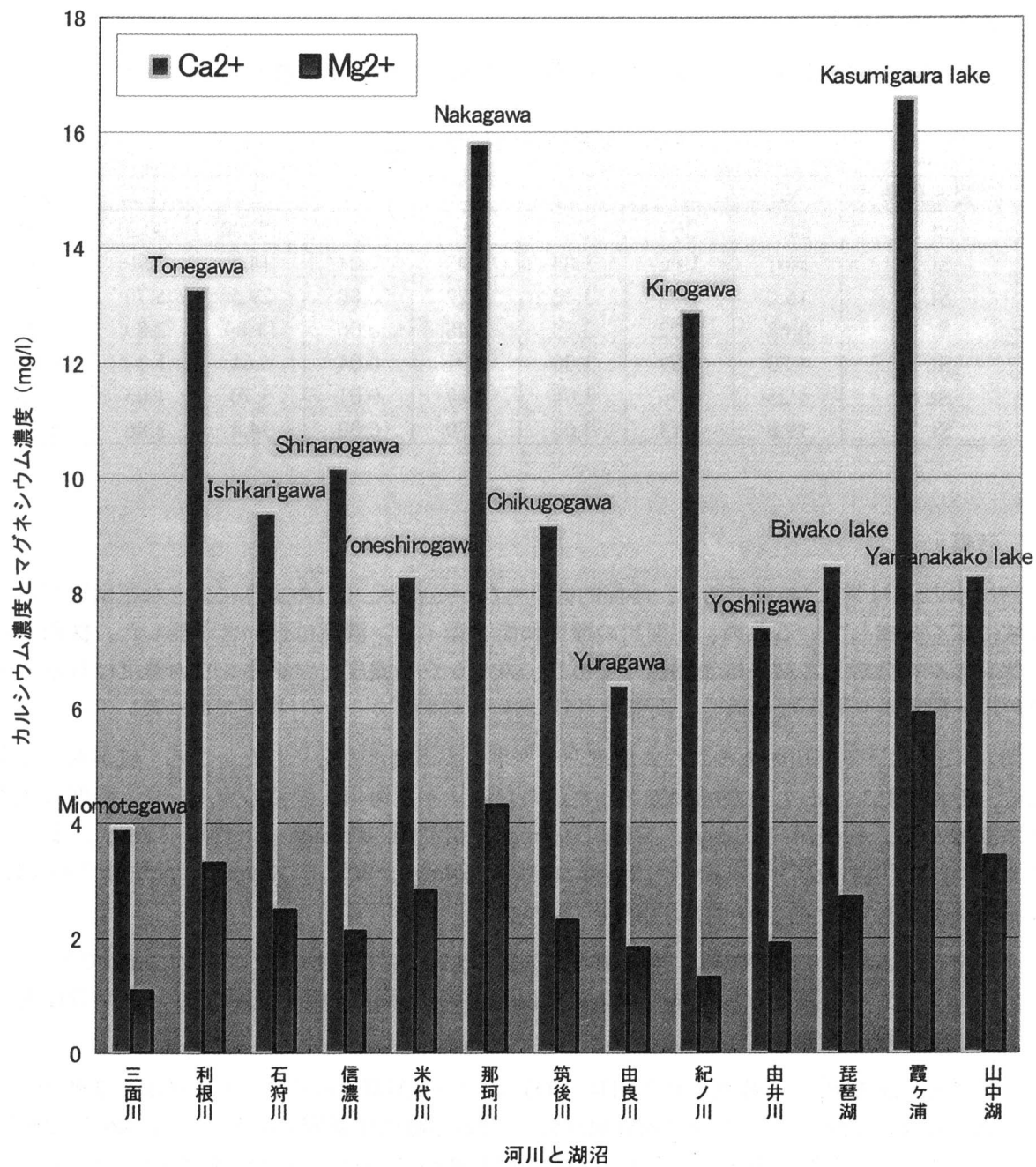


図2：陽イオン（カルシウム及びマグネシウム）の濃度

*理科年表2001年のデータ
 (国立天文台、理科年表2001年、国立天文台、2000年)

謝辞

本研究プロジェクトの実施に参加していただいた酸性雨研究センター所長 戸塚 績博士、国立環境研究所の共同研究者 佐竹 研一博士と、資金と新潟の酸性雨研究センターのEFFプログラムをご用意いただいた環境省の鈴木 克徳氏に感謝を申し上げます。また、水質のサンプリングと分析をお願いした酸性雨研究センターの齋藤 雅志氏、佐瀬 裕之博士、小林 洋康氏と、国際環境研究協会の堀池氏に御礼を申し上げます。

REFERENCES

Schofield C.L., *Ambio* 5, 228, 1976

The second Interim Scientific Advisory Group meeting of acid deposition monitoring network in East Asia, Technical documents for acid deposition monitoring in East Asia, March 2000

Ikuta K., Munakata A., Aida K., Amano M. and Kitamura S., Effect of low pH on upstream migratory behavior in land-locked sockeye salmon *Oncorhynchus nerka*, *Water, Air, and Soil pollution* 130; 99-106, 2001

Kitamura S., Ikuta K., Effects on acidification on salmonid spawning behavior, *Water, Air, and Soil pollution* 130; 875-880, 2001

Nakano T., Yokoo Y., Anma R. and Shindo J., Ca depletion in the soil column on a granite substrate on the inland of Yakushima, A world natural heritage site, *Water, Air, and Soil pollution* 130; 733-738, 2001

新潟県三面川開発事務所／(財)新潟県環境衛生研究所, 三面川水質調査報告書, 1988～1999

Okada, M., Peterson, S.A., *Water pollution control policy and management; The Japanese experience*, Gyosei, pub., 2000

(財)イヨボヤの里開発公社(村上市), 村上の鮭物語, 1997

新潟県三面川開発事務所／(財)新潟県環境衛生研究所, 三面川水質調査報告書, 1988～1999

[国際共同研究等の状況]

EFFプログラムとして実施

[研究成果の発表状況]

(1) 発表(学術雑誌)

なし

(2) 口頭発表

なし

(3) 出願特許

なし

(4) 受賞等

なし

(5) 一般への公表・報道等

なし

(6) その他成果の普及、政策的な寄与・貢献について

特記事項なし