

鉾山廃水によって酸性化した鍋谷川の魚類の分布

著者	平井 賢一
雑誌名	金沢大学教育学部紀要.自然科学編
巻	44
ページ	65-80
発行年	1995-02-28
URL	http://hdl.handle.net/2297/497

鉱山廃水によって酸性化した鍋谷川の魚類の分布

平井 賢 一*

Fish Species Distribution in the Nabetani River, Ishikawa Prefecture in Relation to Acidification Owing to Mining Water

Ken - ichi HIRAI*

The Nabetani River, a tributary of the Kakehashi is known for acidified river due to the mine effluent water. High acidic water in the river appears to result from the effluent of sulfuric acid derived from porcelain clay that hold pyrite and limonite as impurities.

The species composition and distribution of fish in the Nabetani River were investigated in 1991 and 1994, besides the distributions of pH value in the river system were examined to discuss low pH effects on fish distributions. The pH value of water of the Nabetani River ranged from 2.7 at near the riverhead to 7.1 at station just upper part of confluence to the Kakehashi. The pH values gradually increase toward lower reaches.

During present study seven families and 25 species of fish were ascertained in the whole of Nabetani River. Six species, for example *Phoxinus lagowski steindachneri*, *Odontobutis obscura obscura*, and *Pseudogobio esocinus esocinus*, are obtained from the Tachitani River, a branch of the Nabetani, with the pH values normally between 6.1 and 7.2. While the upper reaches of the main river course where the pH values were between 3.0 and 4.0, no fish could be observed as well as upper middle reaches where

the pH values were between 4.0 and 5.3 in 1991. A few species can be seen in the site (pH 5.6-5.8) just below the confluence of two tributaries (the Nabetani and the Tachitani). Thus the mine effluents would influence on the fish distributions of upper and middle reaches due to low pH of the water.

Ganbuchi pond located near riverhead of Edadani Valley, there lived two species of immigrant fish, *Micropterus salmoides salmoides* and *Lepomis macrochirus*, despite low acidity that a pH value of 4.2-4.4. This is an exceptional case of distribution among the fish species in the Nabetani River.

Since a disposal plant of waste water was completed in 1993, water acidity of upper middle reaches has been reduced, and two species of fishes (*P. lagowski steindachneri*, and *O. obscura obscura*) occurred at St. 6 where increased in pH from 5.3 in June 1991 to 6.2 in June 1994. During present surveys, no fish was found in the water at pH 5.5 and below, whereas population of *P. lagowski steindachneri* and *P. esocinus esocinus* have been observed in water of pH value as low as 5.8. The value of pH between 5.5 and 5.8 may be lower limit in acidic waters for fish life in the Nabetani River.

はじめに

石川県小松市を流れる梯川水系には、いくつかの支流に採掘中あるいは閉山となった鉱山がある。そのひとつである郷谷川上流の尾小屋鉱山からは、銅・亜鉛・鉛・カドミウムなどの重金属を含む水が放流され、1960~70年頃までは郷谷川の下流部をほぼ無生物地帯としていた(御勢1961; 墨田ほか1973)。今回調査の対象とした鍋谷川でも、かつては多くの魚が生息していたが、鉱山廃水の影響でその姿が見られなくなった川であると言われている。

この川の源流域には、陶石の鉱床群があって、1930年以来採掘が行われている。鉱山からは、鉱石に含まれる黄鉄鉱、褐鉄鉱などの不純物が水と反応して生じた、鉄分の多い強酸性の水が流出している。この強酸性水は、すでに採掘を停止した鉱床からもなお浸透水として流出が続いており、おもにpHの変化として下流の生物相に影響を与えていると考えられる。

酸性水による水質の悪化は、重金属によるものとやや様相を異にする。つまり、一般的にはかなりの低pH状態になっても、なお何種類かの付着生物や水生昆虫の生息することである(藤松1938; 鈴木1961; 渡辺ほか1973; 渡辺ほか1974; Yoshimura1933, 1934)。予備的な調査ではあるが、鍋谷川でも川水の酸性度に応じて、いくつかの水生昆虫や藻類の出現することが確認されている。ただ、これまでに鍋谷川の生物相とその分布に関するまとまった報告は無く、1983年に刊行された辰口町史に断片的な記載が見られる程度である。その中には、魚類や水生昆虫は生息しないか、生息していてもごくわずかである、という程度のことが記されているに過ぎない。地元の人達の話によれば、1945年頃までは中~上流部にも多くの魚が生息していたということである。しかし、現在では寺島集落(St. 5)より上流では、魚影をまったく認めることはできない。

筆者は鍋谷川の魚類相を知ると共に、川水のpHが魚の生息分布にどの程度影響を及ぼしているかを知るために、1991年1994年の2回調査を行った。この3年の間に、廃水処理施設が新設されており、その影響を含め魚類の生息状況の概要を報告する。なお、本調査に当たって、現場での調査、採集には墨田迪彰博士および金沢大学科学教育研究員の木村明氏に協力をいただいた。また、金沢大学教養部の定塚謙二博士にはpHの生理学的意義について教示をいただいた。ここに記して感謝の意を表したい。

調査の方法

調査の目的は鍋谷川水系のpHの分布と魚の生息状況との関係を知ることであった。したがって、調査地点は酸性水の流れる鍋谷川の本流だけでなく、館川およびいくつかの谷川を含む水系全域におよぶように設定された。魚の生息調査はFig. 1に示す28地点で行われた。pHについてはさらに地点数を増やし、合計41地点で測定を行った。

魚の採集には1節18mmの網目の投網と、受け口50×25cmで1編が3mmの網目のタモ網を用いた。川幅の広いSt. 1~14の地点では両網を同時に使用し、小さな谷川ではタモ網のみを用いた。投網は10打を原則にしたが、川状況によってはそれ以下の回数もある。タモ網は主としてもの陰にひそむものを採集するために用いたが、瀬に生息する底生魚も対象とした。1地点で30回網を入れることを原則としたが、上流部では川の規模により5回程度の増減が生じた。

川環境条件としては、全地点で河床型、川幅、水深、水温、pH等の測定を行った。川水の物理化学的な水質測定についてはTable 1に示す7地点のみで行った。水質の測定値は1991年6月に採水したものを、石川県衛生公害研究所に分析依頼して得たものである。

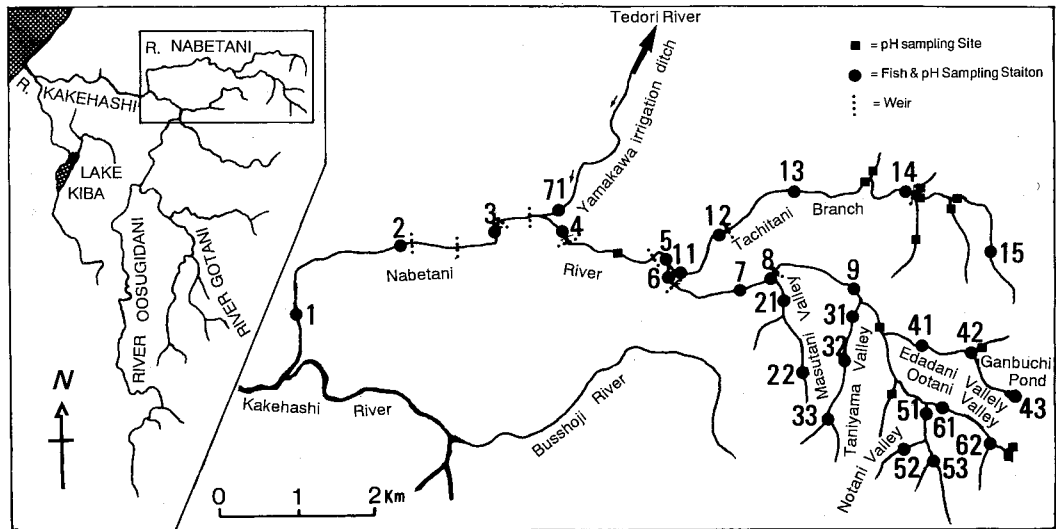


Fig. 1 Map of the study region showing the locations of pH and fish sampling stations. Figures in map refer to station number.

調査結果

1 鍋谷川の概況

鍋谷川本流は標高450m付近に源を発し、梯川に合流する約14kmの小さな川である。流程の70%が傾斜の緩い谷間の水田地帯を流れていて、St. 9付近から上流部の2～3kmのみが山地溪流の様相を呈している。集落の周辺ではコンクリートブロック等による護岸が進行し、河床がいくぶん平瀬化しているが、全般的には瀬や淵が適度に配置された自然度の高い河川形態をしている。St. 9（本流）付近から下流とSt. 14（館谷川）付近から下流ではBb型である。本流に連なるマス谷、谷山、枝谷などの小さな谷川は、ほとんどが上流部の特徴であるAa型からAa～Bb移行型の河床である。

本流には取水堰堤が8箇所余りあり、その上流部にはいずれも滞状の水域がある。堰堤には魚道が設けられておらず、下流部の3箇所を除くほとんどは落差が大きく、吸盤をもつ魚以外は移動が困難なものばかりである。

鉱山から流れ出た鉄分を含む陶石の微細粒は

川の水をやや白濁させ、また川底の環境を変えている。St. 9付近から上流では石の表面に付着した沈澱によって川底が赤く染まり、さらにそれにより上流の大谷では、本来浮き石の存在するような場所でも、粘土質の沈積物で沈み石状態にある。

2 水質

鍋谷川水系において、1991年と1994年6月に測定したpH値の分布状況をFig. 2に、また大谷（St. 62付近）から合流点（St. 1）までの本流について、流れに沿った4回の測定値をFig. 3に示した。

地点ごとのpHの値は、季節あるいは年によって若干の変動はあるが、図からも明らかのように一定の傾向が認められる。鉱山を水源に持たない館川では、若干の例外を除き、6.1から7.2と水域全体がほぼ中性を示す。マス谷、谷山、野谷も5.6から6.7の間にある。これに対し、St. 6付近から上流の本流および大谷、枝谷では5.0以下となっている。pH値は上流ほど低く、酸性の度合いが大きい。鉱山付近では3前後、枝谷と大谷では4から5の間にある。本流には途中でマス谷や谷山の水が流れ込むが、pHは5を越

えるまでには到らない。流量のやや多い館谷川と合流する St.5 から下流になって、はじめて pH は 5 を越えるようになる。手取川から取水した山川用水と合流後、pH は 7 に近くなる。このような傾向は時期によってほとんど変わらない。ただ、廃水処理施設が完成した 1994 年には、St. 6 と St. 7 で pH が 6 を越えていることが特筆される。

水素イオン濃度以外の水質は、一部の調査地点のみで測定された (Table 1)。低 pH 値と関連のある Fe と SO_4^{2-} は、最上流の St.62 で最も多く、支流の谷山 (St.31) の 10 倍前後の値である。これらの値は下流にいくにしたがって小さくなっている。

水の有機的な汚れ、あるいは栄養状態の指標となる BOD, SS, T-N, T-P は下流ほど多くなる傾向にある。BOD は上流部では 1.0 以下であり、鍋谷集落の下 St.5 になってはじめて 1 ppm を越える。この増加は下水や畜舎排水の流入によるものと考えられるが、さらに下流

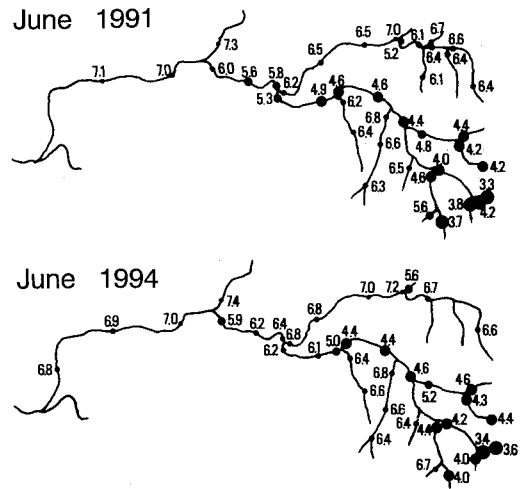


Fig. 2 pH values recorded in 1991 and 1994 from sampling sites in the Nabetani River System. The size of solid circles refers the extent of each acidity.

の St. 4 ではやや高い値の 2.5 ppm を示す。なお、この地点では石の表面に汚水菌の白いコロニーが見られる。谷山と枝谷の 2 つの支流では

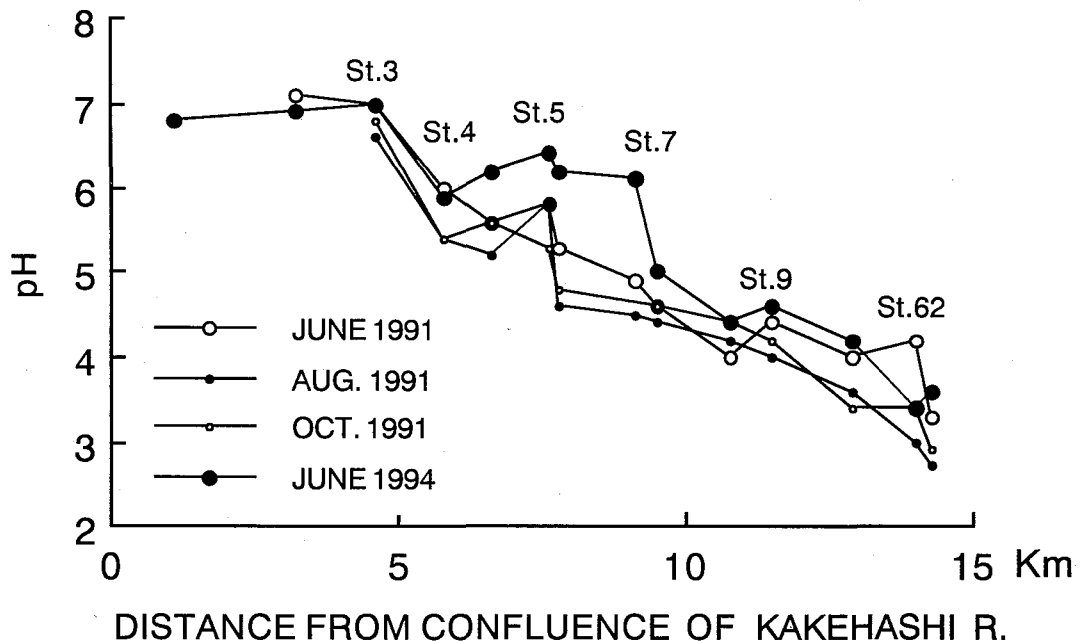


Fig. 3 pH profiles of main course of the Nabetani River in 1991 and 1994.

Table 1 Physicochemical measurements at five stations of the Nabetani River and two stations of its tributary waters, in June, 1991.

	Sampling station						
	Nabetani River (main course)					Taniyama V.	Edadani V.
	62	9	8	5	4	31	41
pH	3.8	4.6	5.0	6.2	6.4	6.6	5.8
SS (mg/l)	1.0	2.2	6.8	6.2	5.0	--	--
BOD (mg/l)	0.3	0.9	0.2	1.8	2.5	0.2	0.1
T-N (mg/l)	0.22	0.40	0.48	1.02	1.09	--	--
T-P (mg/l)	0.004	0.005	0.030	0.091	0.062	--	--
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	89.9	42.0	30.6	24.8	16.6	6.0	15.1
T-Fe (mg/l)	0.675	0.256	0.276	0.219	0.174	0.077	0.051
Sol.-Fe (mg/l)	0.642	0.135	0.106	0.170	0.093	0.039	0.051

T-N: Total nitrate

T-P: Total phosphorus

T-Fe: Total iron

BODのみを測定したが、その値は小さく有機的な汚れの少ないことを示している。

3 鍋谷川水系に生息する魚類とその分布

梯川とその支流の鍋谷川において、今回の調査の間に生息が確認された魚種を Table 2 に示した。なお、数種の魚についてはそれ以前に採集されたものも併記してある。

1991年と1994年に梯川水系全体で採集された魚類は44種におよび、以前に採集されたものを加えると、12科47種が記録されたことになる。そのうち鍋谷川では、現在7科25種の生息が確認されている。過去に生息が記録されているシマドジョウとメダカは採集できなかった。また、梯川の他の支流から類推して、生息の可能性が考えられるヨシノボリ類は生息を確認することができなかった。

(1) 支流の魚

鍋谷川水系の中では比較的大きな支流である館谷川で採集された魚は、Table 3 に示した6種である。このうち、アブラハヤは最も個体数が多く、生息域も広い。ドンコもアブラハヤと同様にBb型の水域に広く分布しているが、生息量はあまり多くない。カジカは全地点で採集されているが、やはり個体数は多くない。カマツカ・タカハヤ・ドジョウの3種は生息域がさ

らに限定され、個体数も少ないようである。1980年頃まで生息していたシマドジョウは採集することができなかった。

溪流型の支流であるマス谷、谷山、野谷の3つの谷川には、いずれにもカジカが生息する。このほかマス谷にはアブラハヤが、そして谷山にはアブラハヤとイワナが見られ、野谷には放流されたアマゴが定着している。川幅が広い所でも1mそこそこの支流なので、いずれの種も生息量そのものはそんなに多くない (Table 3)。

館谷川を含む4つの支流で採集された魚の個体数は、採集時によって幾分変動がある。特にアブラハヤの採集個体数にばらつきが目だが、他の魚種については1981年と1994年の間で生息数に大きな差があるようには見えない。

支流のうちpH値が5以下である大谷の分流と枝谷では、魚影を見ることができなかった。ただ、枝谷の上流にある蟹淵といわれる池 (St. 43) はpH4.2~4.4の範囲であるが、放流されたブルーギルとオオクチバスがすみついている点の特異である。

(2) 本流の魚

鍋谷川の本流では2年間で、合計20種の魚が採集された。Table 4 は各地点ごとの採集個体

Table 2 List of fishes distributed in the Kakehashi River and its tributary Nabetani River.

Japanese name	Species name	River Kakehashi	River Nabetani
Osmeridae			
Wakasagi	<i>Hypomesus transpacificus nipponensis</i>	+	+
Ayu	<i>Plecoglossus altivelis-altivelis</i>	+	+
Salmonidae			
Iwana	<i>Salvelinus leucomaenis</i>	+	+
Nijimasu	<i>Salmo mykiss</i>	*	
Yamame	<i>S. masou masou</i>	+	+
Amago	<i>S. m. macrostomus</i>	+	+
Cyprinidae			
Kawamutsu	<i>Zacco temmincki</i>	+	+
Oikawa	<i>Z. platypus</i>	+	+
Ugui	<i>Luerciscus hakonensis</i>	+	+
Aburahaya	<i>Phoxinus lagowski steindachneri</i>	+	+
Takahaya	<i>P. oxycephalus</i>	+	+
Wataka	<i>Ischikauia steenackeri</i>	*	
Tamoroko	<i>Gnathopogon elongatus elongatus</i>	+	+
Motsugo	<i>Pseudorasbora parva</i>	+	+
Biwahigai	<i>Sarcocheilichthys variegatus variegatus</i>	+	
Kamatsuka	<i>Pseudogobio esocinus esocinus</i>	+	+
Nigoi	<i>Hemibarbus labeo barbatus</i>	+	
Koi	<i>Cyprinus carpio</i>	+	+
Gengoroubuna	<i>Carassius cuvieri</i>	+	
Ginbuna	<i>C. gibelio langsdorfi</i>	+	+
Yaritanago	<i>Tanaka lanceolata</i>	+	
Tairikubaratanago	<i>Rhodeus ocellatus ocellatus</i>	+	+
Akahiretabira	<i>Acheilognathus tabira subsp.R</i>	+	
Cobitidae			
Dojou	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	+	+
Shimadojou	<i>Cobitis biwae</i>	+	*
Siluridae			
Namazu	<i>Silurus asotus</i>	+	
Adrianichthyidae			
Medaka	<i>Oryzias latipes</i>	+	*
Gasterosteidae			
Itoyo	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	+	
Mugilidae			
Bora	<i>Mugil cephalus cephalus</i>	+	
Menada	<i>Liza haematocheila</i>	+	
Percichthyidae			
Suzuki	<i>Lateobraz japonicus</i>	*	
Centrarchidae			
Ookuchibasū	<i>Micropterus salmoides salmoides</i>	+	+
Buruugiru	<i>Lepomis macrochirus</i>	+	+
Gobiidae			
Donko	<i>Odontobutis obscura obscura</i>	+	+
Shimayoshinobori	<i>Rhinogobius</i> sp. CB	+	
Ooyoshinobori	<i>R.</i> sp. LD	+	
Touyoshinobori	<i>R.</i> sp. OR	+	
Numachichibu	<i>Tridentiger kuroiwaie brevispinis</i>	+	
Biringo	<i>Chaenogobius castaneus</i>	+	
Juzukakehaze	<i>C. laevis</i>	+	
Ukigori	<i>C. urotaenia</i>	+	+
Shimaukigori	<i>C.</i> sp.1	+	
Sumiukibori	<i>C.</i> sp.2	+	+
Mahaze	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	+	+
Cottidae			
Ayukake	<i>Cottus kajika</i>	+	+
Kajika	<i>C. pollux</i>	+	+
Total		47	27

+: Species collected in this time (1991)

*: Species collected in other years (1978, 1979 and 1981)

数を示したものである。なお、魚がまったく採集されなかった St. 7 より上流については表から省いた。

魚の種数は下流ほど多いという傾向を示すが、同じ場所でも年によって魚種数に大きな違いがある。1991年の調査時には、St. 6 より上流部では魚はまったく採集されていない。ただ、館谷川との合流点のすぐ直下 (St. 5) ではアブラハヤとドンコが採集され、放流された大型のコイ10数個体も目撃されている。合流点のすぐ上流の館谷川側 (St. 11) ではアブラハヤ・カマツカ・ドンコ・カジカの4種が生息しているので、魚種によってはこの2地点間で行き来しているかも知れない。これに対し、合流点の本流側の上流地点 (St. 6) では、魚の姿をまったく見ることができなかった。

1994年には、合流点の直下 (St. 5) で前3種のほかカマツカも見られるようになり、生息する魚の個体数も増加している。同様に、以前は魚が見られなかった St. 6 にも、アブラハヤが多数生息するようになった。ふ化後間もない稚魚も多数見られるので、ここが一時的に利用される場所ではなく、アブラハヤの生活の場となったことを示すものと考えられる。なお、ひとつ上流の調査地点である St. 7 では、魚は採集されなかった。

St. 5 の約1.5km下流にある調査地点 St. 4 では、1991年には魚はまったく採集されていない。しかし、1994年にはウグイやアブラハヤなど合計6種の生息が確認された。これは山川用水との合流点付近に生息していたものが遡上して来たものと思われるが、生息可能な環境条件への変化を示唆するものであろう。また、ギンブナについては稚魚期のものが多数採集されたことから、この付近が繁殖が可能な場所としても利用されるようになったと考えられる。St. 4 の近くで合流する手取川から取水した農業用水路 (St. 71) には、オイカワ・タモロコ・ギンブナ・ドンコなどが生息する。

St. 3 より下流部では下流域に特徴的な魚種

が加わり、種数が多くなっている。St. 1 では6種しか得られていないが、St. 3 では3年分の合計で11種、St. 2 では2年分で16種が得られている。下流部の3地点の魚うち、アブラハヤ・タカハヤ・カマツカ・ドジョウ・ドンコは上流部の支流で見られるものと共通種である。下流から遡上してくる魚のうちワカサギ・タイリクバラタナゴ・マハゼ・アユカケなどが St. 3 で見られないのは、St. 2 と St. 3 の間にある堰堤が通過を妨げているからと考えられる。また、これらの地点間では、年によって採集された魚種にいくらかの違いはあるが、種数の合計は1994年の方が多い。

Fig. 4 は比較的広範囲に分布するアブラハヤ・ドンコ・カジカ・カマツカの4種について、その分布状況を図示したものである。pH が常に5以下である St. 6 から上流の本流と枝谷では、1994年に St. 6 でアブラハヤとドンコが採集された以外、魚の生息は確認されていない。

考 察

館谷川との合流点 (St. 5) より上流の本流と、館谷川とでは川の規模や河床型の配置状態は比較的良好に似ている。河川形態的に見ると、本流には少なくとも館谷川と同程度の魚種が生息できる環境を備えていると考えられる。しかしながら、館谷川では現在6種の魚が生息するのに、St. 6 より上流の本流にはまったく魚の姿が見られなかった。また St. 5 に近い下流部でも1991年にはほとんど魚影を見ていない。魚の分布に空白部が生じるということは、その環境に何らかの悪化あるいは不都合が生じているためである。

川魚が減少あるいは姿を消していく要因には、さまざまなことが考えられるが、その主たるものに河川改修と水質の悪化がある。鍋谷川でも日本全国の多くの川と同様に、護岸工事による瀬の出現および移動の妨げがある。しかし、

Table 4 Environmental conditions and number of fishes collected at six stations in the Nabetani River. Species scientific names are given in Table 1.

River course type	Nabetani River										
	1	2	3	4	5	6					
Year	J.'94	A.'91	J.'94	J.'91	A.'91	J.'94	J.'91	A.'91	J.'94	Bb & Bc	Bb
Water temp. °C	19.4	27.4	20.0	19.8	20.9	20.1	21.0	19.8	20.9	21.0	19.1
pH	6.8	7.6	6.9	7.0	7.0	7.0	6.0	5.4	5.9	5.8	6.2
Wakasagi	3	7									
Ayu		18	1								
Sakuramasu					1						
Kawamutsu			4								
Oikawa		3									
Ugui	11	10			2				9		
Aburahaya		2			7				2	1	10
Takahaya											38
Tamoroko					7						
Motsugo											
Kamatsuka		3									
Koi		1			6						11
Ginbuna	3*	3			2*				1	+	1
Tairikubaratango		9			7				114*		
Dojou		1									
Donko	3	1			1				1		
Ukigori	16	41			8				1	3	1
Sumiukigori		9			1				2		
Mahaze											
Ayukake	3	3									
Total species	6	12	1	5	9	0	0	0	6	3	3
											4
											0
											0
											2

J : June A : August O : October
 * : Juvenile or fry + : not collected but observed

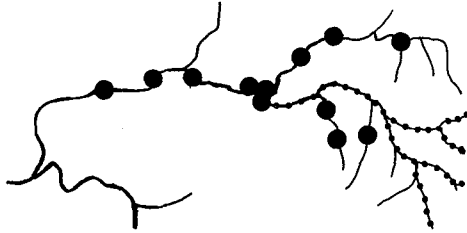
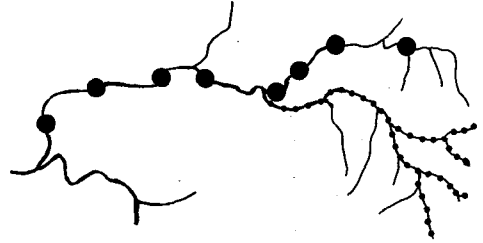
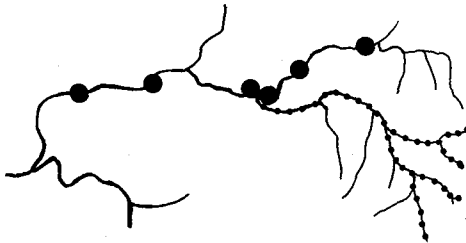
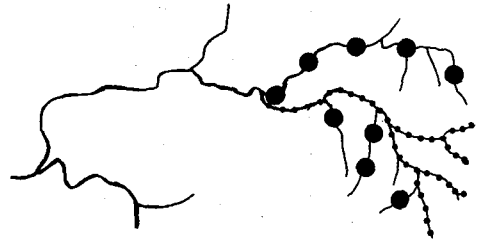
Aburahaya (*Phoxinus lagowski lagowski*)**Donko** (*Odontobutis obscura obscura*)**Kamatsuka** (*Pseudogobio esocinus esocinus*)**Kajika** (*Cottus pollux*)

Fig. 4 Distribution maps for four species of fish at the Nabetani River in 1991 and 1994. The solid circles refer the sites where each fish was collected. Tributaries with pH's ≤ 5.0 (1991) are indicated by small dots on the river courses.

本流だけが魚の生息にとって特に不都合な形態をしている訳ではなく、魚の生息する館谷川でも状況は同じである。

本研究の目的は水質、特に川の酸性化と、魚の生息状態の関係を調べることであった。pHと魚の分布の関係を考える前に、まず鍋谷川の有機的な汚濁について若干触れておきたい。水の汚れを表す指標のひとつとされるBODの値は1.0以下の所が多く、最大でもSt. 4の2.5 ppmであった。この値は貧腐水性の範囲であり(津田1974)、一般的にはほとんどの魚の生息許容範囲にある。さらに中～上流部では川の水の透明度も高く、肉眼的にも水、川底共に有機的な汚れは感じられない。おそらく生活排水や農業排水が魚の生息に及ぼす影響は小さいものと思われる。

ただ、館谷川では以前の調査時(平井1980)に比ベドジョウやカマツカの生息量が減少し、シマドジョウが姿を消すといった変化を受けて

いる。その原因を特定する資料は持ち合わせていないが、汚水菌の出現などからみて、生活排水等による水質悪化が原因である可能性も考えられる。このように、部分的には有機的な汚れが魚の分布に影響を及ぼしている可能性はあるが、鍋谷川水系における魚の分布の極端な偏りは、やはり水の酸性化との関わりで考えるべきであろう。

環境水のpHと魚の生息の有無の関係については、ヨーロッパあるいは北アメリカの魚類についてはよく研究されているが、日本の魚についてはほとんど資料がない。そこでとりあえず、欧米の魚についてpHが生息分布等に及ぼす影響について概観してみよう。

ヨーロッパの内陸魚に関し、EIFAC(1969)はpH値が漁業に及ぼす影響について論じている。それによると、いくらかの魚種は低pHでも生息あるいは繁殖することができるが、多くはpH 5付近を境にそれより酸性域では、大なり小

なり影響の及ぶことが指摘されている。そして、直接的に魚の致死帯とならない範囲は pH 5 から pH 9 の間としている。また、北アメリカの多くの研究者達も同様に、pH 5 付近を境に特定の魚種の出現の有無や、湖に出現する魚種数が大きく変化することを示している (Beamish and Harvey 1972; Schindler et al. 1980; Rahel and Magnuson 1983; Watt et al. 1983; Matuszek and Beggs 1988)。

低 pH で魚類の生息が可能か否かは魚類によって差があり、ひとまとめに論ずる訳にはいかないが、pH が 5 より小さくなるとその程度に応じて鰓や鼻孔の上皮、目の角膜などに組織学的損傷が起こる (Daye and Garside 1976; 定塚 1981)。さらに血液の pH の低下や血漿 Na^+ の減少による体内イオンのバランスの崩れが起こる (Jozuka and Adachi 1979a, 1979b)。その結果、生存時間に長短はあるもののやがては死に到る場合が多い。

Jozuka and Adachi (1979a) によると、硫酸酸性水中でのメダカの生存時間は pH 5.0 で約 20 時間である。そして、pH が 5.0 ~ 2.5 の間では酸性が強くなるにつれて、指数的に生存時間が短くなることを示している。いっぽう、pH が 5.5 では 72 時間以内に死亡する個体は皆無であるという。またアブラハヤの近縁種である *Phoxinus phoxinus* は pH 5.0 だと 28 時間しか生存しないが、5.2 になると 3 日間たっても影響が現れないという。イトヨでは pH 4.8 だと 5.5 日で死亡するが、5.0 で 10 日以上生存するといわれる (いずれも EIFAC 1969 より)。Atlantic salmon の parr を酸性河川の囲いの中に置いた場合、pH が 4.7 以下ではすべて死亡するが、4.8 以下にならなければ死亡率は 0 のままである (Lacroix and Townsend 1987)。このように、耐性実験でも pH 値が 5 付近が生存限界であるものが多い。

しかしながら、pH 5 以下の水域にも生息できる種や、一時的に出現する種もいくつかは見られる。北アメリカの central mudminnow は

pH 4.0 に、そして yellow perch, black bull-head, bluegill, largemouth bass などは 4.0 ~ 4.5 の水域にも生息する (Rahel et al. 1983)。ヨーロッパの魚では、roach, perch, pike, bream, tench などの成魚が pH 4 付近の水域等に一時期侵入することがあるといわれる。この中で pike のみは pH 4.2 ~ 4.4 の間でも産卵する。しかし pH が 3.5 以下になると、そこにはどんな魚種も生息できないといわれる (EIFAC 1969)。

酸性水に抵抗性のある特異な例としては、pH が 3.2 ~ 3.5 の強酸性湖である青森県の宇曽利山湖にウグイが生息し、世代を重ねていることである (益子ほか 1973; 渡辺ほか 1973; 青森県 1979)。また、秋田県 (1974, 1979) の調査報告の中には、強酸性河川である玉川の水の導入によって酸性化した田沢湖から、クニマス・ヒメマス・ナマズ・ウグイほかの魚が姿を消したこと、その後宇曽利山湖からの数回にわたる放流によって、pH 4.1 ~ 4.8 の湖水にもウグイが生息するようになったことなどが記されている。

このように、日本の淡水魚中にも酸性の強い水域に生息できる種はいるが、鍋谷川では若干の例外を除き強酸性域に魚は生息していない。鍋谷川にすむ魚は欧米のもの種を異にするので、直接の比較の対象とはならないが、便宜的に pH 5 を鍋谷川に当てると、St. 6 付近から上流が魚の生息が困難な水域ということになる。

鍋谷川の大谷では pH が 4.2 ~ 2.7 であった。これは、宇曽利山湖のウグイ以外の魚が生息できない pH の範囲であり、現にここではウグイを含むどんな魚も生息していない。宇曽利山湖のウグイの鰓には、耐強酸性水を推察させる特異な腺様塩細胞群が存在するが、普通の川にすむものには存在しない (益子ほか 1973)。また、酸性化によって田沢湖のウグイは一度絶滅したが、宇曽利山湖から移植されたものがすみ着いている。これらのことから宇曽利山湖のウグイは、酸性に強い特別な個体群の可能性が大きい。鍋谷川の分布状態から判断して、鍋谷川のウグ

イも低 pH に耐えることができない個体群であろうと思われる。

St. 9 付近から St. 6 の区間と枝谷では、1994 年の一部の地点を除き pH は 4.2 から 5.3 の間にあった。pH 4.0~4.5 は一般に汚染に強いといわれるフナ (キンギョ) やコイにとっても有害な範囲である (EIFAC 1969)。pH が 4.5~5.0 では、5.0 に近づくとつれて耐えられる時間は長くなるといわれているが、鍋谷川ではこの範囲に出現する魚はいない。鍋谷川の魚にとっては、やはり有害な範囲であるらしい。しかしながら、pH がこの範囲の水域で生息の確認された魚もある。

1987 年以来枝谷では数回の採集を試みているが、その中で 1981 年の 10 月にただ一度イワナの成魚 1 個体を得ている。サケ科の魚はやや低 pH に強く実験的にも 4.5 以上であれば、比較的長時間生息できることが知られている (EIFAC 1969) ので、一時的に生息は可能と思われる。しかし、サケ科の魚であっても幼魚にとっては事情は異なる。Atrantic salmon の卵や幼魚 (fry, parr) は、pH 5 以下ではふ化率や生残率が成魚と比べ大幅に低い (Lacroix et al. 1985; Lacroix and Townsend 1987)。Daye (1980) は Atrantic salmon と rainbow trout について、馴化させた alvein でも 10,000min の LL_{50} を約 pH 4.3 と求めている。

これらの例を参考にすると、枝谷ではイワナの繁殖はかなり困難と思われる。1991 年と 1994 年の調査時には該当地点付近をかなり精力的に調べたが、生息を示す証拠は得られていない。枝谷で見つかったイワナは、何者かによって放流されたものか、谷山から流下したものが枝谷に遡ったのであろうと考える。しかしながら、一時的にしてもイワナは pH 4.8 付近ならば生息が可能な魚といえる。pH が 4.2~4.4 の蟹淵池に放流されたオオクチバスとブルーギルは、少なくとも 1991 年から 2 年間は生息していた。この 2 種は北米では pH が 4.5 までの水域にも自然分布している種であり (Rahel and

Magnuson 1983)、この池での繁殖も可能かもしれない。

St. 6 では 1991 年には pH は 4.6 から 5.3 の間であった。この値はすでに見たように、一般的な多くの魚の生息下限界に近い値である。つまり魚種によっては生活を続けることが可能な水域である。しかしながら、合流点のすぐ下 (St. 5) まで生息域を広げることのできたアブラハヤなども、St. 6 までは侵入していなかった。ところが、廃水処理施設の完成後の 1994 年には、pH が 6.2 に回復しており、そこにはアブラハヤの成魚だけでなく稚魚も多数生息していた。卵や稚魚は成魚に比べ酸性に対する耐性が小さいとされるが (Trojnar 1977; Watt et al. 1983)、稚魚が出現しているということは、pH が安定していることを示している。

Beamish and Harvey (1972) はカナダの La Cloche Mountain 湖沼群で、酸性化にともなう魚種の減少状況を調べた。そして、魚の生息状況から pH 4.5 以下を "critically acidic" 湖、pH が 4.5~5.5 の範囲を "endangered" 湖と名づけ、pH の変化が及ぼす影響の範囲を定めている。鍋谷川水系の場合、前述したイワナやブルーギル、オオクチバスの例を除けば、今回の調査の間に "critically acidic" はもちろん "endangered" に相当する範囲で魚の生息を確認できなかった。鍋谷川では魚が生息可能な pH の下限は、5.5~6.0 の間にあると考える。

石川県の手取川扇状地や福井県の大野盆地の湧水帯では、湧水の pH は 5.8~6.2 である (平井ほか 1973; 平井 1992)。そしてその水域にはタモロコ・ギンブナ・アブラハヤ・シマドジョウ・トミヨ・イトヨほか多数の魚が生息しており、少なくとも pH 5.8 では魚にとって有害とはいえない。鍋谷川でも魚が採集された地点のうち、最低の pH 値を示したのは St. 5 の 5.8 であった。そして、pH が 5.8~6.0 の間に出現した魚はウグイ・アブラハヤ・コイ・ギンブナ・ドジョウ・ドンコの 6 種である。

St. 6 の約 1.4km 上流の St. 7 では、1994 年に

pHが6.1に回復したが、そこではまだ魚は見られなかった。St. 6で魚が見られるようになったのは対照的である。これは2つの地点間に落差の大きい堰堤があり、下流から遡上による補給ができないため、堰堤がなければおそらくSt. 7でも魚は見られた可能性がある。マス谷もSt. 7への魚の補給源となりうる支流だが、もともと魚の生息量が少なく、さらに本流との接続部も魚の移動が困難な形態をしている。したがって、ここからの供給による回復には時間がかかるものと考えられる。

St. 4では、1991年の調査時にもpHは魚の生息可能な範囲である5.4~6.0の間であったが、魚は採集されなかった。St. 3ではpH値はさらに大きく、6.6~7.0であったが、ここでもアユが1個体採集できたに過ぎない。いずれの地点についても、1991年と1994年とではほぼ同じpH値でありながら、両年の間で魚種数がかなり異なる結果となった。現在のところ1991年に魚の少なかった理由は明かでない。ただ、大雨の出水時には鍋谷川に白濁した水が流れるといわれており、突然の酸性水が下流の魚を殺すことはあり得る。さらに同時に流れ出した水酸化第二鉄を含む粒子が、鰓に付着して害を及ぼすこともありうる (EIFAC 1969)。しかしpHの測定は、普通魚が被害を受けてしまった後の流量が安定した時期に行われるので、pH値は魚の生息の有無の実態と合わないこともあるという (EIFAC 1969)。1991年の調査は、いずれも流量の安定した時期に行われており、降雨による流量変化が魚に影響を及ぼしたか否かについては判断できない。

以上、鍋谷川水系の魚類の分布とpHとの関係について述べてきたが、魚の生息していた地点の中で最も低いpHを示したのは、St. 5の5.8であった。これは欧米の魚の平均的な下限値のpH5.0よりやや高い。もともと日本には魚の侵入できるような場所には酸性水域は少ない。だから、宇曽利山湖のウグイに見られる特異な例以外には、低酸性水に適應できる種は少ない

のかもしれない。

摘 要

1. 梯川の支流のひとつである鍋谷川には、源流付近に陶石の鉦山があり、そこから流出する鉄分の多い強酸性水が下流の生物に影響を与えてきた。影響を受けている生物のひとつである魚類を対象に、pHによって生息域がどのように制限を受けているかを知るために調査を行った。
2. 調査は1991年の6月及び8月と、廃水処理施設が完成後の1994年の6月に行った。
3. 川水のpHは、鉦山に近い源流付近の3前後から梯川との合流付近での7の間で変化した。流程の中間付近のSt. 6でpHは5に近くなり、館谷川と合流点のすぐ下のSt. 5で5.8程度になる。鉦山と無関係の支流ではpHは6.5~7.0の間にある。
4. 鍋谷川では、今回の調査で7科25種の生息を確認した。そのうち、イワナ・カジカ・アブラハヤ・ドンコなど約半数に当たる合計12種がSt. 5付近から上流のいくつかの支流に生息していた。しかし、pHが5以下の本流にはまったく生息しなかった。
5. 支流のひとつで、pHが4.4~5.0の枝谷でイワナの生息記録があり、さらに上流の池には放流されたブルーギルとオオクチバスが生息していた。これは、鍋谷川で記録された魚の中では特異な例である。
6. 館谷川との合流点付近では、pHのわずかな違いが生息の有無を決めているようである。pHが館谷川側 (St.11) で6.2、本流側 (St. 6) で5.3そして合流点 (St. 5) で5.8の状況下では、St. 5には魚は見られるが、St. 6へはまったく侵入していない。しかし、St. 6のpHが6.2に回復した段階では、St.11と同程度かそれ以上の生息があった。
7. 魚の生息限界となるpH値は、欧米の魚では5付近とされるが、鍋谷川水系の魚が生息地

として選ぶ pH の下限値はやや高く、5.5から5.8の間にあると推察される。

参考文献

- 秋田県. 1974. 玉川自然汚濁対策調査報告書. 秋田県, pp.34-50.
- 秋田県. 1979. 第2回自然環境保全基礎調査湖沼調査報告書. 環境庁委託, 115pp.
- 青森県. 1979. 第2回自然環境保全基礎調査湖沼調査報告書. 環境庁委託, 218pp.
- DAYE, P. G. 1980. Attempts to acclimate embryos and alevins of Atlantic salmon, *Salmo salar*, and rainbow trout, *S. gairdneri*, to low pH. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 1035-1038.
- DAYE, P. G., and E. T. GARSIDE. 1976. Histopathologic changes in surficial tissues of brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill), exposed to acute and chronic levels of pH. *Can. J. Zool.*, 54: 2140-2155.
- BEAMISH, R. J., and H. H. HARVEY. 1972. Acidification of the La Cloche Mountain Lakes, Ontario, and resulting fish mortalities. *J. Fish. Res. Board Can.*, 29: 1131-1143.
- EIFAC 1969. Water quality criteria for European freshwater fish. Report on extreme pH value and inland fisheries. *Water Res.*, 3: 593-611.
- 藤松馨. 1938. 強酸性湖沼沼の生物に就いて. *生態学研究*, 4: 131-140.
- 御勢久右衛門. 1961. 岐阜県神岡, 石川県尾小屋, 宮城県細倉鉾山の廃水の河川生物に及ぼす影響. *日本生態会誌*, 11: 111-117.
- 平井賢一. 1980. 石川県の淡水魚類 I. 大聖寺川・動橋川・梯川. *金沢大学日本海域研究所報告*, (12): 19-31.
- 平井賢一. 1992. 手取川扇状地における淡水魚の減少傾向. *金沢大学日本海域研究所報告*, (24): 49-62.
- 平井賢一・田中晋・加藤文男. 1973. 大野盆地の陸封型イトヨの分布におよぼす湧水涸れの影響. *能登臨海実験所年報*, 13: 77-84.
- 定塚謙二. 1981. 魚類の耐酸性に関する環境生理学. *生態化学*, 4: 23-30.
- 定塚謙二. 1986. 脊椎動物における酸-塩基平衡の比較生理学. *臨床水電解質*, 5: 47-53.
- JOZUKA, K., and H. ADACHI. 1979a. Environmental physiology on the pH tolerance of teleost. I. Some inorganic factors affecting the survival of medaka, *Oryzias latipes*, exposed to low pH environment. *Jap. J. Ecol.*, 29: 221-227.
- JOZUKA, K., and H. ADACHI. 1979b. Environmental physiology on the pH tolerance of teleost. II. Blood properties of medaka, *Oryzias latipes*, exposed to low pH environment. *Annot. Zool. Japon.*, 52: 107-113.
- LACROIX, G.L., D. J. GORDON, and D.J. JOHNSTON. 1985. Effects of low environmental pH on the survival, growth, and ionic composition of postemergent Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42: 768-775.
- LACROIX, G. L., and D. R. TOWNSEND. 1987. Responses of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) to episodic increases in acidity of Nova Scotia rivers. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 44: 1475-1484.
- 益子帰来也・定塚謙二・朝倉弘修. 1973. 恐山湖産ウグイの鰓の Chloride Cell. *能登臨海実験所年報*, 13: 33-37.
- MATUSZEK, J.E., and G. L. BEGGS. 1988. Fish species richness in relation to lake area, pH, and other abiotic factors in Ontario lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 1931-1941.
- RAHEL, F. J., and J. J. MAGNUSON. 1983. Low pH and the absence of fish species in naturally acidic Wisconsin lakes: inferences for cultural acidification. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 40: 3-9.
- SCHINDLER, D. W., R. WAGEMANN, R. B. COOK, T. RUSZCZYNSKI, and J. PROKOPOWICH. 1980. Experimental acidification of lake 223, Experimental Lakes Area: background data and the first three years acidification. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 342-354.
- 鈴木静夫. 1961. 強酸性湖沼沼の微生物相. *陸水雑*, 22: 201-207.
- 墨田迪彰・渡辺仁治. 1973. 郷谷川・梯川の鉍毒汚染に関する陸水生物学的研究. *能登臨海実験所年報*, 13: 85-95.
- TROJNAR, J. R. 1977. Egg and larval survival of white sucker (*Catostomas commersoni*) at low pH. *J. Fish. Res. Board Can.* 34: 262-266.
- 津田松苗. 1974. *陸水生態学*. 共立出版, 東京.
- 渡辺仁治・上条裕規・森下郁子・新谷力・益子帰来也.

1973. 無機酸性湖恐山湖の富栄養化に関する研究. 能登臨海実験所年報, 13 : 39-51.
- 渡辺仁治・益子帰来也・上条裕規. 1974. 強酸性湖濁沼の陸水生物学的研究. 陸水富栄養化の基礎的研究, 第3報 : 18-22.
- WATT, W. D., C. D. SCOTT, and W. J. WHITE. 1983. Evidence of acidification of some Nova Scotian rivers and its impact on Atlantic salmon, *Salmo salar*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40 : 462-473.
- YOSHIMURA, S. 1933. Kata - numa, a very strong acid water lake on Volcano Kata - numa, Miyagi Prefecture, Japan. Arch. f. Hydrob., 26 : 197-202.
- YOSHIMURA, S. 1934. Anohaline stratification of the chemical constituents of Lake Osoresan - ko, Aomori Prefecture, Japan. Proc. Imp. Acad., 10 : 475-478.