

徳志別川鮭鱒被害調査(I)

高安三次 江口弘
木村義一 早坂誠一

Research on the Death of Salmon in the Tokushibetsu River (1)

Mitsugu TAKAYASU Hiroshi EGUCHI
Gi-ichi KIMURA Sei-ichi HAYASAKA

Since the spring of 1961, the death of a large number of salmon were observed in the lower part of the Tokushibetsu River. The estimated total number of death were about 12,000 in 1961, and 20,000 in 1962.

After a preliminary research, it was estimated that the cause of these damages would come from certain toxic substances being contained in the waste water of Motokura Metal Mine situated on the upstream basin of the river. The Motokura Mine is that of galena, chalcopyrite and zinc-blende.

However an ample explanation of the estimation could not derive only from the preliminary research. With the low concentration of the heavy metal ions in the river water where salmon were killed, the authors could not explain the reason of the death clearly.

At that time, there deposited some wasted slimes on the river bed. However, these slimes were swept out by some flood afterword. After the clear out of the deposited slimes, the damage on fishes remained without prominent decrease. This results that the slimes were not main reasons of the high mortality of the salmon.

Besides these, the effects of carbondioxated springs in the tributary on salmon also took into consideration. However, the authors concluded that the low concentrations of the spring effluent do not give large effects on fishes.

目 次

- I 調査の目的
 - II 被害の一般状況と従来の経過
 - III 本庫鉱山に関する調査
 - (1) 本庫鉱山の概要
 - (2) 選鉱方法の概要
 - (3) 鉱山廃水と河川の現場調査
 - (4) 桜鱒親魚を用いオワンタルマナイ川水で行った生物試験
 - (5) 坑内水, 選鉱廃水等の毒性試験
 - (6) 河川の随所に発見される沈澱堆積物
 - (a) 豊国橋附近の堆積物
 - (b) 鉱山より下流にある堆積物
 - (7) 河岸随所に湧出している炭酸泉
- む す び

徳志別川鮭鱒被害調査 (I)

つた。然るに昭和37年5月に至り、再び桜鱒の斃死が起つたため急遽重ねて調査を行うに至つたものである。

昭和37年度に於ける被害の状況は大凡次の通りである。

5月12日頃(当時まだ捕獲場の魚止装置は完成して居なかつた)から毎日上流から4~5尾位斃死、又は横臥して漂流して来るのが見られた。5月16日頃には毎日20~30尾の漂流が見られた。5月27日捕獲場の魚止完成、その後毎日10~15尾位上流から流れ来つて止めにかかつた。6月2日には気温、水温共高かつたが(高温16°C、水温15.5°C快晴)1日に100尾位止めにかかつた。6月3日も多くの斃死魚を取上げたが、その後は2~3尾程度の漂流が見られ、6月6日以後は上流からの斃死魚は全く見られなかつた。

第1表 廃水及び河川水の水量並びに水質 (36, 6, 22)

調査及び分析：札幌鉱山保安監督部

区 分	試料採取番号	筒 所	基 点 からの 距 離 (km)	水 量 (m ³ / min)	水 質										
					PH	酸度	アルカリ度	Cu	Zn	Mn	EFe	Cl	SO ₄	全硬度	COD
坑、廃水放流前 河	1	文珠沢上流通洞坑口上流80m	80m	0.49	4.6	2.33	0.83	2.78	6.4	tr	3.83	6.06	44.5	40.4	0.3
	2	オファンタルマナイ川上流米橋上流	600m	35.4	6.6	0.16	1.83	tr	tr	tr	2.71	5.05	8.6	14.1	0.4
坑、廃水放流後 河	3	文珠沢坑水合流後選鉱場前	500m	3.6	4.07	820.33	1.70	25.0	tr	7.34	8.56	122.1	94.9	0.2	
	4	文珠沢とオファン川の合流後150m下流	750m	37.0	6.60	661.83	0.09	0.06	tr	3.19	5.55	12.6	18.2	1.1	
選 鉱 廃 水	5	堆積場第1号池放流口	900m	0.24	7.92	332.49	3.85	1.35	tr	7.98	11.11	129.6	85.8	8.2	
廃水合流後河水	6	オファンタルマナイ川末広橋	1.5km	39.5	6.70	331.99	0.30	0.51	tr	2.87	7.07	13.5	18.2	1.4	
	7	日 鉱 の 沢	3.6	5.4	5.60	331.83	0.07	0.03	tr	3.03	6.06	18.1	27.3	0.6	
〃	8	日鉱沢、オファン川合流後	4.4	90.0	6.70	162.32	tr	0.03	tr	3.19	5.55	12.9	18.2	1.2	
〃	9	オファン川と徳志別川の合流前300m上流	19.0	170.4	7.00	333.16	0.09	0.03	tr	2.45	6.06	6.5	15.2	1.4	
廃水に係るなき 本 流 河 水	10	本流とオファン川の合流前100m上流	19.4	288.0	7.20	333.82	tr	0.04	tr	3.19	6.06	2.7	17.1	0.6	
廃水合流後河水	11	本流とオファン川の合流後100m下流	19.5	458.4	7.10	333.49	tr	0.03	tr	3.19	6.06	3.2	14.1	1.5	
	12	本流河口部上流浄化場前	36.0	510.0	7.00	333.82	tr	0.02	tr	2.39	6.56	3.2	13.1	1.4	
380m.L. 通 洞 坑 々 水		通 洞 坑 々 口	基点		4.32	330.83	3.29	39.0	tr	15.9	10.1	157.1	131.3	0.4	

一方止めの完成後、その下流部に滞留していた桜鱒が突然狂燥し始め、間もなく横転して斃死する現象が見られる様になつたが、この様な現象は昭和36年には見られなかつた。此事から考えて河水の毒性は昨年より強烈なものと推定される。

捕獲装置で捕獲された親魚は、河水を導入した蓄養池に収容し、精、卵の熟するのを待つのであるが、蓄養中の親魚も1~2日後には狂燥状態を呈し、次々と斃死した。斯くして此年桜鱒の斃死総数は約2万と推定された。

徳志別川は鱒遡上河川であるからヤマベの棲息も多い。それ故ヤマベの棲息状態を参考として調査したが大凡次の通りであつた。以下は同地方の釣魚家、歌登食糧事務所長飯淵氏より聴取したものである。

昭和34~35年頃迄は毎年変りなくヤマベはよく釣れた。昭和36年には稍々減少し、昭和37年は激減した。本庫鉱山のあるオファンタルマナイ川はもとともヤマベは少なかつたが、昭和37年は殆んど棲息してないようである。然し鉱山より上流には棲息している。オファンタルマナイ川の支流、日鉱の沢にはヤマベが居り、36年には1日100~200尾釣れたが、37年は1度行つて6尾釣つただけである。本流の方は例年よく釣れるが、37年はまだ行つてない。例年7~8月頃上流の支流で釣れるが、オファンタルマナイ川との合流点より下では釣れない。オファンタルマナイ川以外の支流では例年よく釣れるが、37年はあまり釣れない。ニタツナイ川では36年に1日50尾程釣れたが、37年は2回行つて8~12尾より釣れなかつた。逆川はよく釣れる川で37年も40尾程釣つた。幌別川(隣接河川)は河川も汚れており(澱粉工場が多い)鱒遡上も少なくヤマベも少ない。

以上椋鱒の斃死状況、ヤマベの河川内棲息状況等から見て、本被害はオフタルマナイ川上流にある本庫鉱山の廃水の影響による疑が濃厚となつたが、一方農業、殺鼠剤、密漁者の毒流し等の原因も一応は考えられたので、之等に関しても若干の調査を行つた。然し何れも斯かる大被害の原因と考えられなかつたので、それ以後の調査は専ら鉱山廃水に就て行つた。

Ⅲ 本庫鉱山に関する調査

(1) 本庫鉱山の概要

本庫鉱山は徳志別川の支流オフタルマナイ川の上流にあつて、河口から36km、徳志別川とオフタルマナイ川との合流点から約20kmの地点にある。

昭和22年頃小樽市今井作治氏の探鉱に始まり、昭和25年7月三井鉱山KKとの資金提携によつて本庫鉱業株式会社が発立され、本格的採掘が開始された。当初、社長は今井作治氏が当つたが、後に同氏の令息今井清一氏が代つて社長に就任した。(其後今井氏は全く鉱山から手を引き現在は三井金属の直轄となり、社長には近藤正治氏が就任している)現鉱山長は佐藤信英氏である。

現在主として採掘されている坑道は、オフタルマナイ川の左岸にある小溪流、文珠沢を約500m溯つた地点に坑口があり、この坑口から北に数十米掘進され更に略々東西に坑道が延長している。此一带の鉱区を平安坑と呼んでいる。最近右岸に昭栄坑と呼ばれる坑道が掘り始められて居り、鉱質優良と称されている。

本庫山から産出する鉱石は黄銅鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱の3種で、含有量は平均27% (銅1, 亜鉛11, 鉛15)と称され、特に良質なものは鉛の含有量70%にも及ぶものがあるとのことである。

採掘した鉱石は浮遊選鉱を行い、精鉱として搬出される。選鉱場は昭和36年6月に完成し、最初は50t/日規模であつたが、37年7~8月頃は強行操業によつて60t/日程度の操業を行なつていた。(昭和37年末には選鉱場が拡張され現在100t/日操業を行つている。)

この鉱山は未知の地帯が多く、探鉱の進むに連れて、将来大規模な拡張が行われるものと予想されている。将来は150t/日乃至200t/日になる可能性も強い。この鉱区における推定埋蔵量は20萬屯と云われているが、将来調査が進めば更に増加するものと見られている。

(2) 選鉱方法の概要

坑内で採掘された鉱石はトロ(人力)で坑口迄搬出され、更に坑口から約200m離れた選鉱場に運搬される。選鉱場は急傾斜の断崖にそつて建築され、鉱石はまずその最上階に搬入され、処理工程に随つて順次下階に移る様になつている。

選鉱の工程は鉱石の種類によつて異なり、各鉱山独自の方法を採用している。したがつて添加する薬品の種類、数量も異なるので、同鉱山の実際について、精錬関係者の説明を求めた。その概要は次の通りである。

先ず手撰によつて塊精鉱(70%以上含有のもの)が選別され、残りを粗砕機にかけて砕く。次で比重選鉱(ジグ使用)を行い、粒精鉱(65%含有)が取り出される。残つた低品位の鉱石は更に細砕して65mesh以下となし、浮遊選鉱の工程にかけられる。

その方法は、先ず曹達灰を加えてPHを8.0~8.5となし、亜鉛を抑制するために青化ソーダ(鉱石屯当り20~30gr/t程度という)を加え、更にAmyl-Xanthate 24gr/t及び若干の起泡剤(石油系統のもの)を加えて浮選する。これによつて銅、鉛が分別され、尾鉱中に亜鉛が移行する。

以上で分別された銅、鉛のFrothを更に分別するには、通例青化ソーダが使用されるが、本庫山の鉱石はこの方法では好結果が得られないので、亜硫酸を使用している。亜硫酸は硫黄を焼いて作り、1日の硫黄使用量は25kg内外である、亜硫酸の鉱石屯当り使用量は120gr内外である。亜硫酸を加えるとPHが下るのでソーダ灰を加えてPHを5~6に調整する。更にエロフロート(Acrofloat)11gr/tを加え、銅をFrothとして採取する。斯くして銅及鉛の各精鉱を得るのである。

また、さきは銅及鉛を浮選した際の尾鉱から亜鉛を分別、採取するには、閃亜鉛鉱に対する活性剤として硫酸銅300gr/t, Ethyl-Xanthate 50gr/t内外、若干の起泡剤、及び鉄を抑制するために消石灰1.5gr/t内外を加え(PH8.0前後となる)亜鉛を浮選し、亜鉛精鉱と廃石とに分離する。

徳志別川鮭鱒被害調査 (I)

以上の工程で分離された銅、鉛、亜鉛の各精鉱は、それぞれ選鉱廃水と共に流送されて、選鉱場の最下段に設けられた濾過機で吸引濾過され、それぞれ精鉱と廃水とに別けられる。濾過機から出た廃水には猶微量の精鉱が混在しているので(濾布の洩れ)鉄管によつて文珠沢の附近に設置された沈澱槽に送られ、ここで静置沈澱、葎濾過等の方法で極力精鉱を回収した後、木樋によつて約300~400mを隔てた対岸オフタルマナイ川右岸の沈澱池に送らせる。

(註) 以上は昭和37年当時の作業工程であるが、当時は上にも述べた様に精鉱濾過機が幾分不備であつたため多少の精鉱の洩れがあり、更に葎濾過等の手段を必要としたのであるが、その後濾過機が完全に改修され、全く清澄に濾過し得るようになったので、現在では葎濾し等を行わず、廃液は直接沈澱池に送られるように改められた。

調査当時の廃水の流量は $0.4\text{m}^3/\text{min}$ ($576\text{m}^3/\text{d}$)と観測されたが、鉱山側では通常 $520\text{m}^3/\text{d}$ であると称していた。沈澱池に流入直前で、廃水に石灰乳を添加している。これは沈澱を促進するためである。石灰の添加量は昭和37年6月6日当時は $120\text{kg}/\text{d}$ であつたが、同年8月3日当時は $240\text{kg}/\text{d}$ に増加された。石灰の添加方法は容量200l内外の鉄製タンクに水を充たし、これに2時間毎に 20kg (1袋)又は 40kg の消石灰を投入し、モーターで攪拌しながら、一方から清水を注入し、他方から石灰乳を流出させ、導水路で選鉱廃水と混和させる方法によつている。

(3) 鉱山廃水と河川の現場調査

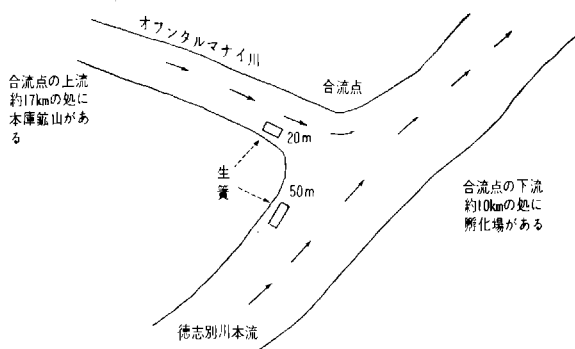
鉱山から排出される廃水は大別して2種類である。その1は前述の選鉱廃水であつて、他は坑内各処から排出されている所謂坑内水である。前者は前述の工程で消石灰で処理された後、沈澱池に送られ、清澄なる上澄液(PH9.0内外)として河川に放流されるが、後者は全く無処理のまま文珠沢を経てオフタルマナイ川に放水されている。これらの廃水及びオフタルマナイ川並びに本流の各点に於ける水量、PH等を現場にて測定し、更に試料を持ち帰り水質の分析を行った。(含有重金属イオンの分析は札幌鉱山保安監督部西山氏担当)その結果は第2表の通りである。

第2表及び前に掲げた第1表(昭36.6.22分析結果)を見ると、坑内水、選鉱廃水等には著しい量の銅、亜鉛等が検出されているが、多量の河川水で稀釈された河川水中では比較的微量であり、殊に被害現場たる徳志別川下流域では、銅はtrace若くは 0.0011ppm 程度、亜鉛は $0.01\sim 0.02\text{ppm}$ に過ぎない。此の程度は従来多く学者によつて報告された、魚族に対する有害極量の $1/10$ 程度であつて、このデータのみから被害原因に結びつけるには無理があるようである。

(4) 桜鱒親魚を使用しオフタルマナイ川水で行つた生物実験

昭和37年6月17日オフタルマナイ川と徳志別川本流とに生簀を築造し、これに桜鱒6尾宛を收容しその動静を観察した。生簀設置箇所の略図は第2図に示す通りである。

第2図 生簀設置箇所略図



試験魚としては幌別川産桜鱒親魚12尾を使用した。幌別川捕獲場(河水温 16°C)にて蕃養中の桜鱒親魚をタンクに收容し、氷塊投入及び酸素注入により水温を $5^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ 保ち、約2時間を要して試験地に輸送し予め設置した生簀($90\text{cm}\times 120\text{cm}\times 80\text{cm}$)2個にそれぞれ6尾宛收容し、6月16日15時から48時間の観測を行った。

試験区であるオフタルマナイ川は川水がやや白みがかつた感じで、川底の礫には緑藻は見当たらない。所々の礫には水酸化鉄と思われる赤色沈澱が見受けられた。生簀設置場所

の水深は 75cm 、流速 $0.608\text{m}/\text{sec}$ であつた。一方対照区である徳志別川本流は川水清澄で川底の礫には緑藻の繁茂を見、オフタルマナイ川の川底の様相とは対照的であつた。生簀設置場所の水深は 70cm 、流速 $0.42\text{m}/\text{sec}$

はであつた。

試験の結果は次に第 3 表に示す。

第 2 表 廃水及び河水の水量及び水質 (37. 6. 5~6)

区 分	No.	試 料 採 取 箇 所	基 点 か ら の 距 離 (km)	水 量 m ³ / min	水 質 (ppm)							
					PH	COD	Cl	Cu	Pb	Zn	Mn	Fe
坑 内 水	1	文珠坑 360 mL 坑口	0	1.2	4.1	2.0	9.4	3.04	6.38	30.5	tr	46.57
合流前沢水	2	文珠坑 360 mL 坑口より 80 m 上流	0.08	0.6	4.6	1.2	4.1	0.35	0.92	2.90		8.08
合流後沢水	3	文珠沢運鉱橋下	0.24	2.5	4.6	3.5	6.2	0.98	22.0	10.75	tr	22.76
坑 内 水	4	昭栄坑々口	0.34	0.05	4.6	3.0	9.2	1.22	7.60	2.62		6.24
合流前河水	5	栄橋下	0.27	126	6.7	1.4	7.7	0.002	0.002	0.021		0.45
合流後河水	6	栄橋より 70 m 下流	0.34	126	6.6	1.8	6.2	0.018	0.03	0.345		0.78
送 鉱 廃 水	7	廃石堆積場上澄水放流口	0.41	0.5	9.7	8.0	12.5	0.69	1.03	1.30	tr	3.14
合流後河水	8	末広橋下	1.5	160	6.6	2.4	5.2	0.02	0.035	0.35		0.70
坑 内 水	9	上徳鉱山(廃鉱) 3 坑々口		0.36	4.3	4.0	7.7	0.36	0.136	2.62	tr	6.81
沢 水	10	日鉱の沢下流	3.6	12.6	6.7	1.6	5.7	0.089	0.032	0.36		1.26
合流後河水	11	吉田澱粉工場横	10.2	180	6.8	3.6	39.0	0.015	0.012	0.28		0.61
同 上	12	オファンタルマナイ川志美宇丹橋上	17.0	300	6.9	2.4	10.4	0.0038	0.005	0.151		0.33
合流前本流	13	徳志別川本流豊沢橋下	17.3	600	7.1	2.2	7.4	tr	tr	0.005		0.53
支 流	14	タチカラウシナイ川下流	17.4	15	7.3	16.4	9.6	tr	tr	0.003		0.23
本 流	15-1	徳志別川浄化場横	26.4	1,000	7.0	41.0	11.4	0.0011	tr	0.009		1.02
同 上	15-2	同上 (37.6.2 浄化場員採水のもの)		1,000	7.0	2.4	7.8	tr	tr	0.004		0.2

第 3 表 桜鱒親魚を使用した河川水による生物試験

経 過 時 間	河 川 名 魚 種	試 験 区				対 照 区			
		オファンタルマナイ川				徳志別川本流			
		桜 鱒				桜 鱒			
		仮 死	致 死	仮 死	致 死	仮 死	致 死		
5		0	0	0	0	0	0		
10		0	0	0	0	0	0		
20		1	0	0	0	0	0		
24		3	1	0	0	0	0		
30		0	3	0	0	0	0		
42		2	0	0	0	0	0		
48		0	2	0	0	0	0		

(註) 試験中の水温 14.0°C ± 2°C

PH オファンタルマナイ川 6.90~7.20

徳志別川本流 7.10

仮 死 横転又は逆転し微かに鰓を動かしている時

致 死 まつたく鰓を動かさなくなった時

試験区 (オファンタルマナイ川) に収容した桜鱒は生簀に収容当時は元気よく生簀の上流に遊泳していたが、20 時間後 1 尾が逆転し、白い腹を上にしてかすかに呼吸し、下流に流れ寄つた。更に 3 尾が下流に流され元気がなく

徳志別川鮭鱒被害調査 (I)

遊泳していたが、背部の青緑色が幾分白味を帯びたように感じられた。

24時間後1尾は呼吸まったく停止し、3尾は横転して微かに鰓を動かしていた。30時間経過後3尾が呼吸停止し、42時間後、残りの2尾も呼吸を停止した。

死魚については次の事項を観察した。

- (1) 眼球及び魚体背部の青緑色のさえた色が白味がかかる。口は全くかたく閉ざしているか、やや開いていた。
- (2) 鰓葉に硝子様の微粒子のかたまり(アワ粒よりももつと小さい)が、処々に附着していた。これは Carpenter (1927) の鰓に対する不溶解性の金属蛋白質化合物の沈澱ということと全く一致する。
- (3) 魚体を腹側からみて、両胸鰭の中間部のやや上方に50円銀貨よりもやや大きい黄色のまるい斑紋が現われていた。その附近に内出血によって生じたと考えられる桃色の斑点があつた。
- (4) 肝臓の色沢は帯黄色に変じ異常であつた。肝臓貧血については、医学の方では薬物による中毒又は時に伝染病、寄生虫の際、その病変が肝臓に現われてくるのが普通であるとされている。

本例の場合は、その色沢が帯黄色を呈していることから、貧血状態であることは明らかであり、この肝臓の変化は毒金属による作用によつたものと考えられるのが至当であろう。(第3図参照)

他方対照区(徳志別川本流)に収容した6尾の桜鱒は、収容当時より全部上流附近に集まり遊泳し、48時間後も何れも元氣よく背部の青緑色もさえて見えた。

以上によつてオファンタルマナイ下流附近の河川水は桜鱒親魚に対して致死性的であることが判明した。

(5) 坑内水、選鉱廃水等の毒性試験

昭和37年6月19日より6月23日に至る間に於て坑内水、選鉱廃水等の魚族に対する影響に就て試験したが、その結果は次の如くであつた。

試験の場所……………千歳市蘭越、千歳孵化場

試験魚……………サケ及びマスノスケの稚魚を使用した
その孵出月日、全長等は次の通りである。

サケ……………昭和37年2月10日千歳孵化場にて孵出、その後同場にて餌料を与えて蕃養せるもの、全長(吻端より尾端まで、最大4.8cm、最小3.8cm、平均4.5cm)。

マスノスケ……………昭和36年12月18日千歳孵化場にて孵出、その後同場の養魚池にて餌料を与えて蕃養せるもの、全長、最大8.0cm、最小5.8cm、平均6.45cm。

供試水……………供試水としては、坑内水(昭36.6.5現場にて採取)選鉱廃水(同)及びその両者を等量に混合せるものの3種を用い、これを清水(千歳孵化場湧水)をもつて種々の割合に稀釈したるものを用いた。

供試水稀釈の割合は次の通りである。

坑内水の部

番号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No.8(比較)
稀釈割合	1/25	1/50	1/100	1/200	1/300	1/400	1/500	清水のみ
原水	120CC	60CC	30CC	15CC	10CC	7.5CC	6CC	0CC
清水	2880CC	2940CC	2970CC	2985CC	2990CC	2992.5CC	2994CC	3000CC
PH	6.65	6.70	6.75	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80

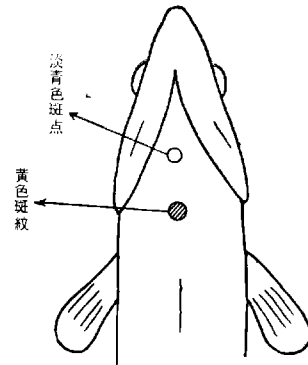
選鉱廃水の部

番号	No.1	No.2	No.3	No.4
稀釈割合	1/25	1/50	1/100	1/200
原水	120CC	60CC	30CC	15CC
清水	2880CC	2940CC	2.970CC	2.985CC
PH	7.10	7.00	6.90	6.80

坑内外、選鉱廃水等量混合液の部

番号	No.1	No.2	No.3	No.4
稀釈割合	1/25	1/50	1/100	1/200
原水	120CC	60CC	30CC	15CC
清水	2.880CC	2.940CC	2.970CC	2.985CC
PH	6.80	6.80	6.80	6.80

第3図 死魚下顎腹面見取図



第 4 図~(1) 坑内水毒性試験

試験番号	稀釈割合		試料魚	試験結果															
	坑内水	孵化用水																	
1	1	24 Cu...0.1216 Zn...1.22	サケ稚魚																
			マスノスケ稚魚																
2	1	49 Cu...0.0608 Zn...0.61	サケ稚魚																
			マスノスケ稚魚																
3	1	99 Cu...0.0304 Zn...0.305	サケ稚魚																
			マスノスケ稚魚																
4	1	199 Cu...0.0152 Zn...0.1525	サケ稚魚																
			マスノスケ稚魚																
5	1	299 Cu...0.0101 Zn...0.102	サケ稚魚																
			マスノスケ稚魚																
6	1	399 Cu...0.0076 Zn...0.076	サケ稚魚																
			マスノスケ稚魚																
7	1	499 Cu...0.0061 Zn...0.061	サケ稚魚																
			マスノスケ稚魚																
8	比較 (孵化用水のみ)		サケ稚魚																
			マスノスケ稚魚																

徳志別川鮭鱒被害調査 (I)

第4図~(2) 選鉍廃水毒性試験

試験番号	稀釈割合		試料魚	試験結果															
	選鉍廃水	馴化用水		10	20	30	40												
9	1	24 Cu...0.0276 Zn...0.052	サケ稚魚 マスノスケ稚魚																
10	1	49 Cu...0.014 Zn...0.026	サケ稚魚 マスノスケ稚魚																
11	1	99 Cu...0.007 Zn...0.013	サケ稚魚 マスノスケ稚魚																
12	1	199 Cu...0.0035 Zn...0.0065	サケ稚魚 マスノスケ稚魚																

第4図~(3) 選鉍廃水(坑内水)等量混合液毒性試験

試験番号	稀釈割合		試料魚	試験結果															
	選鉍廃水(坑内水)等量混合液	馴化用水		10	20	30	40												
13	1	24 Cu...0.075 Zn...0.636	サケ稚魚 マスノスケ稚魚																
14	1	49 Cu...0.037 Zn...0.318	サケ稚魚 マスノスケ稚魚																
15	1	99 Cu...0.0185 Zn...0.159	サケ稚魚 マスノスケ稚魚																
	1	199 Cu...0.009 Zn...0.08	サケ稚魚 マスノスケ稚魚																

試験の方法……………硝子製のバットに試験水 3,000 CC 宛を入れ、この中にサケ稚魚 3 尾、マスノスケ稚魚 2 尾を放ち、バットを水温 8°C の水流中に置き実験中水温の変化するのを防いだ。

試験の結果……………第 4 図(1)(2)(3)に示した通りである。猶同図中稀釈割合の欄に記入した銅 (Cu)、亜鉛 (Zn) 量は坑内水 (Cu……3.04ppm, Zn……30.5ppm) 選鉱廃水 (Cu……0.69 Zn……1.30ppm) から計算した推定含有量 (ppm) である。

試験結果の考察……………第 4 図に見るように試験した 3 種の試料のうち最も毒性の強いのは坑内水であつて、選鉱廃水と坑内水との混合液はこれに次ぎ、選鉱廃水は最も毒性が少ない。

坑内水の 1/25, 1/50 稀釈液は 8~26 時間でサケ及びマスノスケの稚魚の全部が死んだ。1/100 ではサケ稚魚の 1 尾が 20~26 時間内外で数回横臥したが間もなく起き直り、その他のサケ稚魚 2 尾及びマスノスケ稚魚 1 尾と共に一見異常なく 90 時間以上生存した。マスノスケの稚魚 1 尾は 26 時間内外で横臥し 28 時間 40 分内外で死んだ。

1/200 ではサケ稚魚は 3 尾とも一見異常なく 90 時間以上生存したがマスノスケ稚魚 2 尾は 30 時間内外及び 40 時間内外で横臥し間もなく斃死した。

1/300 ではサケ稚魚は 3 尾共一見異常なく 48 時間以上生存したが、マスノスケ稚魚は 46~47 時間内外で 2 尾とも斃死した。

1/400 ではサケ稚魚は異常なく、マスノスケ稚魚は 1 尾が 40~44 時間内外で数回横臥したが、起き直り全部 48 時間以上生存した。しかし数回横臥したマスノスケ稚魚は清水に復したところ、烈しく狂奔した後横臥し、間もなく清水中で斃死した。

1/500 では全部一見異常なく 48 時間以上生存した。

之等の結果から見て、個体によつて可なりの差はあるが、概してマスノスケ稚魚はサケ稚魚に比して抵抗力が弱いようである。此事は種類の相違と云うよりは年齢の相違に基づくものゝ様で、一般に発育の Stage の進んだものの方が、若いものより弱い傾向がある。

選鉱廃水は坑内水に比して遙かに毒性が弱い。1/25乃至1/200 稀釈でサケ、マスノスケとも 1 尾も斃死したものはなかつた。銅、亜鉛の推定含有量の近似したものでも、坑内水では選鉱廃水より遙かに毒性が強い。此事は共存する石灰の多少によるものと思われる。P, Doudoroff は Ca-塩が重金属塩類の毒性を中和することを述べているが、選鉱廃水は PH9.0~10.0 程度に石灰が加えられているので之れによつて毒性が緩和されたものであろう。

坑内水と選鉱廃水とを等量に混合したものは、坑内水そのままのものより毒性が弱まつている、例えば No. 2 と No. 13 は銅、亜鉛の含有量が No. 13 の方が多いのに拘わらず生き続けている。又 No. 3 と No. 14 とに就いても同様の事が云われる。之等も選鉱廃水中は含まれた Ca-塩が毒性を緩和したものと思われる。

以上によつて坑内水が毒性の主たる原因であること、並びに之れに石灰を加えると毒性が著しく緩和されることを知ることができた。

重金属塩類の魚に対する毒性に就ては古来多数の学者によつて研究され、数多の結果が発表されているが、その結果はまちまちであり、報告された致死限界値は広い範囲に亘つている。そのうち最も信頼す可き値と考えられるのは、Doudoroff が銅と亜鉛が共存する場合にはそれぞれの単独の場合より著しく毒性が強まることを述べ 0.025ppm の銅と 1.0ppm 亜鉛が共存すれば速やかに minnow を殺すと報告していることである。又 Powers や Jones は塩化第 2 銅や硝酸第 2 銅は魚に対して銅として 0.01~0.02ppm 有毒であると述べ⁽¹⁾ Doudoroff の実験でも Fathead minnow に対して硫酸第 2 銅が同じように有毒であると報告している。⁽²⁾

纏つて上記の試験結果を見ると、坑内水を 1/300 に薄めた液中でマスノスケ稚魚は 46~47 時間で死んだが、⁽³⁾ 此時の濃度は坑内水中の銅、亜鉛の含有量から計算すると、銅 0.0101 ppm, 亜鉛 0.102ppm となり、前記 Powers Jones 等の報告した値と匹敵している。重金属塩類の毒性は魚の種類によつても大差があるが、この程度なら当然魚を殺すと考えても差支ないようである。

しかしながら前節⁽⁴⁾に述べた。オファンタルマナイ川で桜鱒を用いた生物試験では、現場の水質は銅 0.0038PPm 亜鉛 0.151ppm であつて、この値は坑内水を 1/300 に薄めたもの(銅……0.01ppm, 亜鉛……0.1ppm) より亜

徳志別川鮭鱒被害調査 (I)

鉛に就ては少々多いが。銅に就ては遙かに少ない。此程度の水の中で桜鱒は48時間内に全滅している。

又徳志別川河口附近で現実に桜鱒が多数斃死しているが、河口附近の分析結果は(第2表参照)銅 0.001PPm, 亜鉛0.009PPm であつて極めて微量である。河口附近の含有量は時によつて変化することもあるが、それにしても前記諸家の報告並びに千歳孵化場での生物試験結果とは相違いである。この事から現場河川水中には溶解した重金属イオンの外に何等か強い毒性を有する物質がある様にも思われたので、重金属塩類以外の原因に就ても若干の調査を行つた。

(6) 河川の随所に発見される沈澱堆積物

オフタルマナイ川の河床には処々に種々なる堆積物がある。その内最も顕著なのは豊国橋附近の堆積物と鉾山から約2.5km下流の河床石礫に附着した暗青色の物質である。以下之等のものに就て述べる。

- a) 豊国橋附近の堆積物……豊国橋は鉾山から約8km下流であるが、その橋脚附近に暗灰青色の浮泥状堆積物が厚さ4~5寸堆積していた(昭和37年6~7月当時)この物につき道立衛生研究所にて分析せる結果は次の通りであつた。

試料 昭和37年6月豊国橋附近で江口が採取した暗灰青色の浮泥状物質

分析結果	銅 (Cu)	亜鉛 (Zn)	鉛 (Pb)
(乾物100分中)	0.045	0.0156	0.0725

此物に就て水族に対する毒性を検したが(江口)その結果は次の通りであつた。

浮泥の一部をビーカーに取り水道水を加えて攪拌したその上澄水中で、サケ稚魚は15時間25分、ニジマス稚魚は17時間20分、モイナ(甲殻類プランクトン)は23時間で斃死した。之れと共に比較として水道水そのままに就ても試験したが以上3種の試験動物は何れも48時間以上生存した。

昭和37年7月18日千歳孵化場に於て以上と同様な試験を重ねて繰返し行つた(高安)其際は前記の暗灰青色の浮泥状の物質(水分を含み泥状である)約20gを清水3ℓと共によく振り、静置し、その上澄水に就て行つた。以上の液3ℓに鮭稚魚10尾を放つて観察したが、其際は48時間中1尾も死するものはなかつた。以上の結果はさきに述べた江口の試験とは相違するが、これは或は資料が少なかつたためかと思われる。

以上2回の試験は相反した結果を得たが、このものは分析結果から見ても鉾滓と思われるもので、増水の際このものが河水に混じて流出すれば水族に害を与えることは考えられる処である。

- b) 鉾山より2.5km下流の河床の石礫に附着した暗青色物質……オフタルマナイ川の上流、鉾山から下流約2.5kmの地点の河床石礫には、昭和37年6~7月当時暗青色の物質が厚さ2mm内外石礫の全面に附着していた。又河の淀みや石礫の間等にも之れと一見同様な浮泥状の暗青色物質が堆積していた。之等の物質につき分析せる結果は次の通りであつた。(北海道立衛生研究所分析)

試料 (A) 石礫の表面に附着した暗青色物質
(B) 河川の淀み石礫の間等から採取した暗青色浮泥状物質

分析結果	試料	銅 (Cu)	亜鉛 (Zn)	鉛 (Pb)
(乾物100分中)	A	0.23	0.273	2.53
	B	0.187	0.187	0.764

以上の分析結果から、このものも亦鉾滓であろうと推定される。鉾滓即選鉾残滓は鉾山では廃石と称しているがその内特に細微な部分が比重、粒度、河川の流速等の関係で、河川内の最も条件のよい場所に堆積したものと考えられる。

このものに就ては毒性試験は行わなかつたが、昭和37年7月末第9号台風で河川が大増水した際、これらの暗青色の堆積物は大部分洗い流され(豊国橋附近の暗灰青色の堆積物も大部分洗い流された)その際下流に於て従来見なかつた程の樺太鱒の斃死事件が起つた)其状況は次の通りである。

当時捕獲場の魚止柵の下流に多数の樺太鱒(目測2,000尾)が滞留していたが、増水と共に1尾も見えなく

なり、その一部は斃死して海岸に漂着し、附近住民が争つて5~10尾宛拾獲した。其数概測次の通りであつた。

7月31日……全体で約 120尾
 8月1日…… 70~80尾
 8月2日…… 70~80尾

又当時捕獲場の蓄養池内には300~400尾の樺太鱒が蓄養されていたが、当時の池内斃死数は次の通りであつた。

蓄養池内斃死数

7月8日……2尾	7月25日……1尾	} 増水当時
〳 9日……3尾	〳 28日……4尾	
〳 14日……1尾	〳 29日……1尾	
〳 15日……4尾	〳 30日……4尾	
〳 16日……1尾	〳 31日……25尾	
〳 20日……9尾	8月1日……18尾	
〳 21日……15尾	〳 2日……47尾	
〳 22日……30尾	〳 3日……20尾	
〳 23日……26尾	小 計 ……211尾	

猶当時増水のため河水が止めをオーバーし少数(目測約10尾)の魚が上流へ逃逸したが、その内2尾が7月31日斃死して漂着した。

之等の事実から河中の沈澱物が魚に対して有害であつて、尠くも被害の補助的原因を為すものであると判断された。

- (7) 河岸随所に湧出して居る炭酸泉
 徳志別川沿岸並びに河中には随所に炭酸泉が湧出している。その最も顕著なものは徳志別孵化場から約5km上流の右岸と、更に約3km上流の左岸(逆川附近)に湧出するものである。その内前者

は増水のため現場を確かめることはできなかつたが、後者は現場を確かめ採水分析した。

後者の湧出地点を地図に示すと第5図の通りである。

炭酸泉の湧出量は毎分466CC内外であつた。分析の結果は次の通りである。

炭酸泉分析結果

PH……………5.80

Free CO₂ ……375mg/l

但採水約1時間後に分析す。

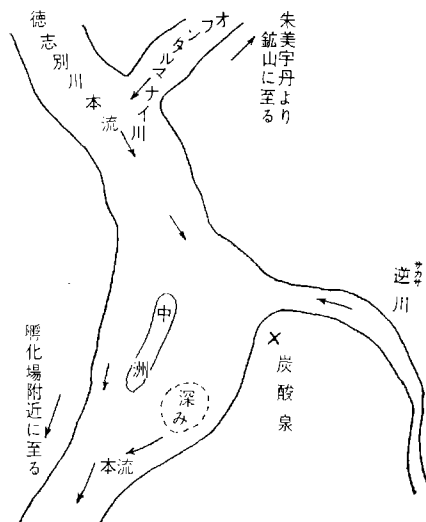
原水は無色透明であるがCO₂の気泡を発生し、サイダーの如き刺戟味がある。

該炭酸泉の附近では屢々魚が斃死することがあり、附近の人々は之を知つて居り、時々拾いに行くものがある。

遊離炭酸の過量は元より魚族に有害なことは周知の通りである。然し乍ら該湧泉は湧出量極めて少なく、多量の河川水で稀釈された後、之のみで魚族を斃死せしむるとは考え難い。然し徳志別川の水には微量ではあるが銅の化合物が含まれている。炭酸水が銅塩と作用すれば Malachite [Cu₂(OH)₂(CO₃)₂] Azurite [Cu₃(OH)₂(CO₃)₂] 等の難溶性の塩基性炭酸化合物を生ずることは既に知らるる処であるから、これらの沈澱物が魚の鰓に沈着すれば害毒を及ぼすことも考えられる。よつて之れに関する2~3の実験を行つたが、確定的の結果を得るに至らなかつた。尠くとも徳志別川の河水に含有する程度の微量の銅では、炭酸瓦斯を通じても認め得可き沈澱は生成しない様である。

炭酸泉と魚族斃死との関係に就ては更に今後の研究に俟たなければならない。

第5図 炭酸泉湧出位置見取図



徳志別川鮭鱒被害調査 (1)

む す び

以上は本件に関する昭和37年度中に行つた調査試験結果の概要であるが、猶決定的な結論を下すに至つていない。被害原因と関係があると思われるものは、今迄のところ次の諸点である。

(1) 坑内水中に含有する重金属イオン。

坑内水中には著量の銅、亜鉛等の重金属イオンが含有されている。現在のところ河水で稀釈されれば、極めて稀薄化されるようであるが、このものが被害と大きな関係をもつ様に思われる。坑内水は現在無処理のまま河川に放流されて居るが、適量の石灰を加え、充分な大きさの沈澱池で静置沈澱させ、その上澄水のみを放流する様に改めさせる可きである。往年(昭和25年頃)青森県上北鉱山に於て同様な鉱害事件を発生したとき、消石灰収銅法によつて下流に及ぼす害毒を防除し得たと報告されて居るが之れと同様な除害方法を採らしむ可きである。

(2) 河川随所に堆積して居る沈澱堆積物

尠なくとも昭和37年7月頃迄は河川の処々に暗青色乃至暗灰青色の堆積物があつた。このものは分析の結果から見て選鉱残滓(所謂廢石)の微粒子であることは殆んど疑いない。恐らく何等かの機会に沈澱池から洩れて河川に流れ出したものと思われる。このものは増水の際洗い流されて下流に至り魚族を斃死させる一因となることも当然考えられる。宜しく沈澱池を完備し鉱滓の流出を絶対に防止せしむ可きである。

(3) 炭酸泉の影響

徳志別川沿川には炭酸泉があり、河川に流入している。炭酸泉と被害との関係に就ても2-3の試験を行つたが、決定的の結果を得るに至らなかつた。

× × × × × ×

以上の意見を鉱山保安監督局を通じて鉱山側に伝え取り敢ず坑内水の石灰処理を要請したが、鉱山側も之れを了承し、直ちにその設備に着工した。本工事は昭和37年11月中に完成し、爾來坑内水は無処理で放流されることはなくなつた。

文 献

1. P. Doudoroff: Physiology of Fishes Vol. II, P. 425
2. P. Doudoroff and Max Katz: Critical Review of Literature on the Toxicity of Industrial Wastes and their Components to Fish, II. The Metals as Salts, from "Sewage and Industrial Wastes" Vol. 25, No. 7, P. 802
3. 佐藤隆平他, 1955 青森県小川原沼の水産開発調査(第5報)