

鉛川湧水調査結果

Assessment of Groundwaters in the Namari River

清野 茂 小山 孝昭 佐藤 健一*¹
 牧 滋 佐藤 勤 大庭 和彦*²

Shigeru SEINO, Takaaki KOYAMA, Kenichi SATO
 Shigeru MAKI, Tsutomu SATO, Kazuhiko OHBA

鉛川の湧水中のPbやCdなど重金属と一般水質の調査を3年間にわたり実施し、湧水の湧出機構を検討し、統計解析した結果、湧水の水質はハイポレックスゾーン（河床間隙水域）の存在により影響を受け、主要成分や多成分パターンダイアグラムにより4群に分類され、さらにクラスター分析から3水質区分され、河床堆積物の浸漬実験結果から鉛川のハイポレックスゾーン水は重金属濃度が高く、陽・陰イオン濃度が低いことが明らかとなった。

キーワード：湧水；河床間隙水域；重金属；多変量解析；鉛川

Keywords : Groundwaters ; Hyporheic Zone ; Heavy metals ; Multivariate Analysis ; the Namari River

1 はじめに

鉛川では、河川中のPbやCdなど重金属が環境基準を超過している。この原因は、これまでの調査^{1)~3)}から「河床・河岸に鉛を高濃度に含む湧水があるなど地質構造由来の自然汚濁による⁴⁾とされている。これらの調査以降、細倉鉱山の閉山や亜鉛製錬場休止（昭和62年3月）、シックナーの増設（平成8年5月）や坑廃水処理施設の高度化（平成14年11月）そして河川改修工事などが行われた。細倉鉱業関連4社の処理排水中にPbやCdなど重金属は現在検出されていない。

そこで、「地質構造由来の自然汚濁」とされてきた環境基準超過の原因を改めて精査することが必要となった。平成14年度から5年計画で鉛川水質監視調査の一環として、鉛川湧水調査を3年間にわたり実施した。本調査ではPbやCdなど重金属と一般水質を測定し、湧水の湧出機構を検討した。さらに、これらのパターンダイアグラムや多変量解析手法を用いて湧水の特性を明らかにした。

2 方法

2.1 調査時期及び調査地点

鉛川を下流からほぼ3分割し各年8月に実施した。平成14年は二迫川合流点～向原橋（図1下段）、平成15年は向原橋～佐野橋、平成16年は佐野橋～荒町橋（図1上段）であり、調査地点は47カ所である。

2.2 調査方法

湧水調査は、温度センサーのステンレス製の先端部を河床底をなでるように移動させ、河川表流水より

2 以上低い部位が湧水地点と判定し、石油ポンプまたは電動ポンプで採水した。同時に採水部位からの上流と下流で流量を測定した。

湧水の湧出量測定は、湧出点を挟む上下流の流量を精査測定してその差から求めた。側壁湧水は、ポリエチレン製容器に全量を流入させる方法で湧出量を計測した。

2.3 調査項目及び測定方法

既ね工場排水試験法（JIS K0102）及び上水試験法に従った。現地測定は水温、EC、試料を実験室に持ち帰り、pH、ORP、EC、SS、重金属、陽・陰イオンなどの計24項目である。陽イオン、陰イオン、F及び河床湧水の重金属はガラスフィルター（孔径1.2µm）によりろ過したろ液を分析した。

2.4 河床堆積物の浸漬実験

試料は五輪原橋付近で採取（平成16年10月8日）した河床堆積物6.2kgで、1年間室温で風乾させたものである。河床堆積物を超純水1500mlに24時間ポリエチレン製容器に浸漬し、浸漬液を全量回収した。この操作を連続5回行った。原液はpH、アルカリ度、EC、Pb、Cd、Znを測定し、遠心分離後ろ過した試料はPb、Cd、Zn、F、SiO₂、Alを測定した。

3 結果

湧水調査結果は表1に示した。

4 考察

4.1 鉛川の水文地質構造

鉛川は迫川水系二迫川支流の右支川で、石ヶ森（標

*1 現 塩釜保健福祉事務所 *2 現 栗原保健福祉事務所

表 1 湧水調査結果

検体	H14-2	H14-3	H14-5	H14-6	H14-7	H14-8	H14-9	H14-10	H14-11	H14-14	H14-16	H14-17	H14-20	H14-21	H14-19	H14-18
調査年度	H14	H14	H14	H14	H14	H14	H14	H14	H14	H14	H14	H14	H14	H14	H14	H14
左岸右岸中央	中央	中央	中央	中央	中央	中央	中央	中央	中央	中央	中央	中央	右岸	中央	中央	右岸
流程距離 m	113	160	183	201	251	278	324	437	467	1471	1493	1502	1540	1540	1550	1576
河道内位置	河床	河床	河床	河床	河床	河床	河床	河床	河床	河床	河床	河床	河床	河床	河床	河床
湧水場所基質	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫
採水月日	H14. 8.27	H14. 8.27	H14. 8.27	H14. 8.27	H14. 8.27	H14. 8.27	H14. 8.27	H14. 8.27	H14. 8.27	H14. 8.28	H14. 8.28	H14. 8.28	H14. 8.28	H14. 8.28	H14. 8.28	H14. 8.28
採水時刻	11: 55	12: 10	12: 34	12: 45	14: 35	14: 50	15: 05	15: 30	15: 55	10: 05	9: 35	9: 47	10: 24	10: 35	10: 12	9: 55
流量																
気温	30.2	29.0	28.1	28.0	28.3	27.8	28.0	28.5	27.2	26.8	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1
水温(表流水)	22.0	22.3	22.5	22.5	23.3	23.3	23.1	22.8	22.7	21.3	21.6	21.6	22.5	21.0	22.5	21.6
水温(湧水)	21.3	21.6	18.4	20.9	19.8	18.9	21.2	21.2	17.2	20.4	19.4	20.4	14.7	21.5	21.0	19.0
河川(現地)EC																
湧水(現地)EC																
pH	7.27	7.28	7.04	6.36	6.97	7.02	7.06	7.08	7.11	7.14	6.92	6.44	6.79	6.97	6.71	6.12
Pb																
Pbろ液	0.001	0.003	0.002	0.130	0.005	0.006	0.002	0.005	0.007	0.021	0.092	0.116	0.030	0.012	0.014	0.169
Cd																
Cdろ液	0.004	0.005	0.006	0.012	0.008	0.006	0.009	0.008	0.010	0.008	0.011	0.013	0.013	0.006	0.009	0.017
Zn																
Znろ液	0.65	0.61	0.53	2.53	0.55	0.72	0.57	0.63	0.62	1.35	1.86	2.52	1.73	1.16	1.29	3.30
SS																
F	3.3	3.1	3.3	2.8	3.4	3.4	3.4	3.2	3.5	3.4	3.6	2.4	3.2	3.5	3.1	1.6
Na	13.5	13.1	13.4	13.8	13.6	14.1	14.9	15.1	13.2	14.6	13.3	13.9	14.0	14.5	13.4	12.1
K	3.7	3.5	3.6	4.5	3.7	3.7	3.7	3.7	3.8	3.6	3.6	3.8	3.6	3.7	3.7	3.5
Mg	11.9	11.8	12.2	13.2	12.1	12.3	12.2	11.6	11.6	14.5	13.3	12.1	14.2	15.1	14.0	10.0
Ca	222	189	192	184	199	196	179	201	311	201	169	173	163	193	189	120
Cl	6.9	6.8	5.4	7.7	7.2	7.3	7.3	7.8	7.4	8.1	8.5	8.6	7.8	6.9	7.3	7.9
Br																
NO ₃	1.5	1.4	1.2	1.5	1.4	1.5	1.5	1.6	1.4	1.5	2.1	1.8	1.5	1.3	1.5	2.1
SO ₄	567	479	491	483	506	546	463	548	704	423	451	427	416	504	470	333
NH ₄	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
SiO ₂	17.8	18.5	17.5	21.8	17.8	17.9	17.9	18.5	17.9	17.0	17.8	19.7	17.0	16.4	16.6	22.3
Al	0.05	0.05	0.03	0.24	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	0.09	0.30	0.07	0.05	0.05	0.41
HCO ₃	12.4	11.1	10.6	8.2	10.4	11.0	10.3	11.8	10.8	10.3	9.4	7.3	7.9	8.8	8.4	4.7
EC	98	95	95	95	99	99	101	96	102	106	100	93	106	109	108	78
ORP	495	490	499	517	491	491	491	491	490	492	501	499	489	483	486	522
検体	H14-22	H15-d1	H15-d2	H14-24	H14-25	H15-d4	H15-d5	H15-S1	H15-S2	H16-0	H15-S4	H15-S5	H15-S7	H15-S8	H16-1	H16-2
調査年度	H14	H15	H15	H14	H14	H15	H15	H15	H15	H16	H15	H15	H15	H15	H16	H16
左岸右岸中央	左岸	左岸	左岸	中央	中央	右岸	右岸	右岸	左岸	左岸	中央	左岸	右岸	右岸	右岸	中央
流程距離 m	1590	1870	1870	2000	2050	2200	2205	2300	2690	3180	3210	3270	3910	3910	3930	3953
河道内位置	河床	側壁	側壁	河床	河床	側壁	側壁	河床	河床	側壁	側壁	側壁	河床	河床	河床	河床
湧水場所基質	砂礫	ブロック	ブロック	砂礫	砂礫	ブロック	ブロック	砂礫	岩盤	岩盤	岩盤	岩盤	砂利	砂利	砂礫	砂礫
採水月日	H14. 8.28	H15.12. 2	H15.12. 2	H14. 8.28	H14. 8.28	H15.12. 2	H15.12. 2	H15. 8.28	H15. 8.28	H16. 6.10	H15. 8.28	H15. 8.29	H15. 8.29	H15. 8.29	H16. 8.30	H16. 8.30
採水時刻	11: 00	11: 02	11: 05	11: 20	10: 55	11: 25	11: 20	11: 50	14: 30	14: 10	16: 45	9: 55	12: 10	12: 01	11: 15	11: 25
流量										0.00051		0.00007				
気温	27.1			28.3	28.3			20.2	20.3	19.8	19.8	25.5	27.8	27.8	23.3	23.3
水温(表流水)	21.0	11.6	11.6	22.4	23.1	11.6	11.6	18.3	18.3	22.1	18.1	16.3	20.0	20.0	22.4	21.9
水温(湧水)	19.0	12.7	11.8	18.9	16.9	11.6	13.7	17.7	15.1	17.8	16.9	18.0	18.0	18.0	20.0	19.6
河川(現地)EC								76	84.1			87.7	92.5	155	134	
湧水(現地)EC								75.6	77.1	7.04	65.8	29.4	125	78.5		
pH	7.04	5.30	5.13	5.83	7.13	7.08	5.33	6.97	7.01	7.04	6.96	6.10	6.64	6.41	6.60	6.63
Pb		0.462	0.437			0.063	0.310			0.016					0.130	0.031
Pbろ液	0.012			0.418	0.016	0.011		0.012	0.009			< 0.005	0.018	0.057	0.085	
Cd		0.022	0.022			0.004	0.024			0.003		0.002	0.004	0.008	0.012	0.010
Cdろ液	0.011			0.033	0.008	0.004		0.005	0.004			0.002	0.004	0.008	0.012	0.010
Zn		4.98	5.11			1.09	5.37			0.53		1.32	2.40	2.81	2.88	2.22
Znろ液	1.23			3.74	1.12	1.08		1.01	0.79		0.55	1.32	2.40	2.81	2.88	2.22
SS						2		64	25		11	4	24	15		
F	3.6	0.4	0.4	1.1	3.5	1.2	0.9	1.5	1.3	0.1	0.9	0.1	2.8	2.6	3.7	3.8
Na	14.1	14.3	15.1	12.6	14.3	20.0	16.5	24.8	24.6	26.6	19.0	50.1	34.6	91.0	93.4	93.4
K	3.9	2.7	2.5	3.1	3.8	2.7	2.8	2.4	2.6	3.0	2.8	4.1	4.3	5.2	5.8	5.8
Mg	15.5	8.7	9.0	10.0	15.5	19.6	12.6	14.1	13.3	13.5	5.4	24.1	23.0	106.0	105.0	105.0
Ca	204	61	58	138	219	100	101	119	118	99	27	245	230	385	382	382
Cl	7.3	13.7	13.3	8.7	7.3	5.4	8.1	5.9	6.3	6.8	25.9	7.9	8.5	7.6	7.7	7.7
Br	<0.01	<0.01	<0.01			<0.01	<0.01	0.12	0.14	<0.01	0.15	<0.01	0.24	0.22	0.67	0.95
NO ₃	1.3	2.0	2.1	1.7	1.3	2.5	3.4	1.5	1.4	3.2	0.9	2.4	1.7	1.7	1.6	0.7
SO ₄	526	146	177	359	549	239	257	338	329	260	42	691	655	1004	996	996
NH ₄	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.08	0.01	0.22	0.27
SiO ₂	16.3	26.4	24.3	22.0	16.4	19.9	28.4	18.7	19.7	28.1	29.9	22.6	20.7	25.8	6.5	8.0
Al	0.05	0.33	0.23	0.51	0.07	0.02	0.16	0.05	0.05	0.08	0.08	0.09	0.08	0.15	0.03	0.03
HCO ₃	9.7	1.5	0.9	4.4	10.8	9.6	2.7	16.4	18.8	30.6	37.9	38.1	17.7	20.0	14.0	17.3
EC	109	40	35	77	111	74	56	72	71	16	62	26	127	117	169	168
ORP	479	580	593	406	483	519	591	489	478	485	537	541	451	492	440	316
検体	H16-3	H16-4	H16-5	H16-11	H16-6	H16-8	H16-10	H16-16	H16-17	H16-14	H16-15	H16-18	H16-19	H16-21	H16-22	
調査年度	H16	H16	H16	H16	H16	H16	H16	H16	H16	H16	H16	H16	H16	H16	H16	
左岸右岸中央	中央	中央	中央	左岸	中央	右岸	右岸	右岸	左岸	左岸	右岸	右岸	右岸	右岸	左岸	左岸
流程距離 m	3970	4150	4160	4160	4170											

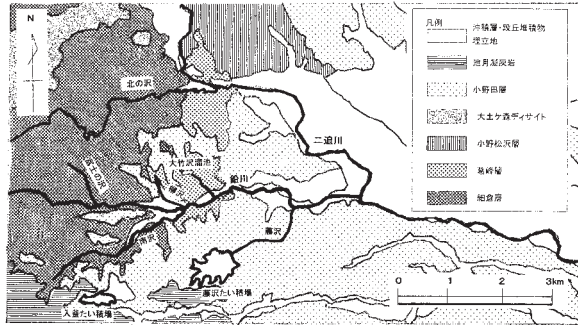


図3 地質図(土谷ら(1997)一部改変)

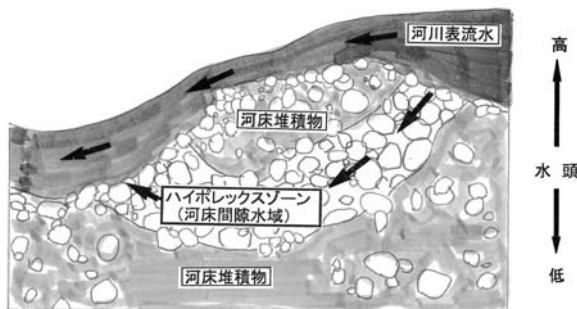


図4 ハイポレックス(河床間隙水域)の模式図

で河床に堆積したと考えるのが自然である。

鉱脈は海拔マイナス550mまで分布し坑道もその範囲に延びているが¹⁾⁵⁾、現在坑道は水没して海拔40mに水位が維持されている。鉛川の河床標高は、上流から正門前97m、細倉中央橋80m、佐野橋72m、五輪原橋59mであり、坑道水没水位より高いことから坑内水の湧出は考えにくい。鉱床分布域の東端から約3~4km離れている西角橋35mや久保橋27mでは坑道水没水位より低いものの、西角橋や久保橋付近には裂罅・割目がないことから坑内水の鉛川への湧出は考えられない。

鉛川沿いの沖積層と段丘堆積物は砂礫で構成され、帯水層だが、小野田層・葛峰層・細倉層は岩体で帯水層ではない。しかし、これらの地層の傾斜地では植生が発達し、土壌層には地下水面がある。降雨直後は中間流として鉛川へ流出するか、沖積層に浸透し地下水となって流動し鉛川を涵養していると考えられる。

以上から、鉛川河川中の高濃度Pbなど重金属の原因は「地質構造由来の自然汚濁」ではないと考えられる。

4.2 湧水の湧出機構

湧水は47カ所存在した。15カ所は側壁湧水であり、その内6カ所は湧出量を把握できた。

河床湧水の湧出量測定は、湧出点を挟む上下流の流量を測定しその差分としたものの、湧出量を測定することができなかった。しかし、鉛川本流の流量は測定できた。その結果は湧水調査区間で流量の増減が数多く見られた。流量の増減は、表流水が出入りする河床堆積物すなわち「ハイポレックスゾーン(河床間隙水域)」^{8)~11)}にあると考えると合理的である(図4)。

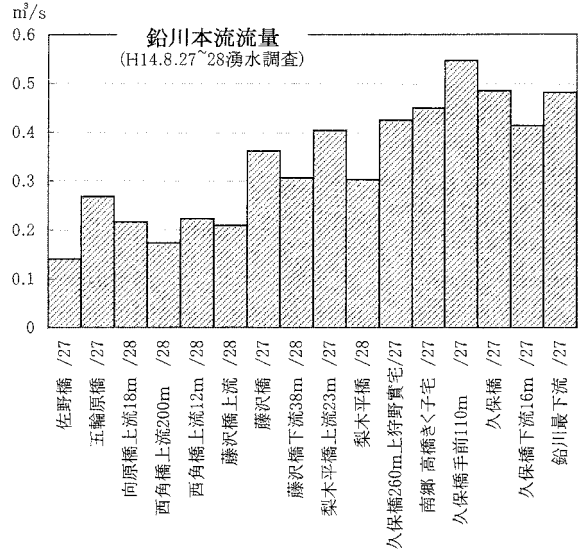


図5 鉛川本流流量図(平成14年8月27日~28日)

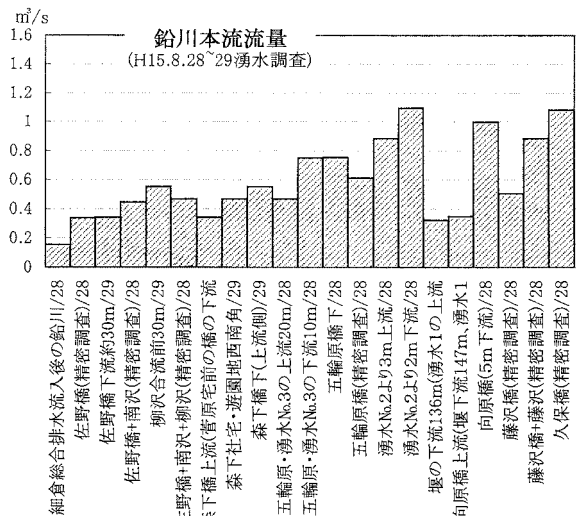


図6 鉛川本流流量図(平成15年8月28日~29日)

すなわち、河川表流水が流下に伴ってハイポレックスゾーンへ浸入する流量は河川流量に対して減少分であり、下流側でハイポレックスゾーンから浸出する流量は河川流量に対して増加分であると考えた。

本川流量が最も減少する区間は五輪原橋から向原橋付近であり、前述したようにこの区間の地形は谷口の出口に当たり、河道勾配約3/100と流域のうち最も急峻であることから、相当量の河床堆積物が埋積するハイポレックスゾーンが存在し、一方向原橋から二迫川合流点までは河道勾配約9/1000と緩く、氾濫原に埋積した間に富む旧河道のハイポレックスゾーンからの流入水があることは容易に想定できる(図5・図6)。

一方、あきのり橋(細倉中央橋より200m下流)付近から上流は、露頭が多数見られ、地中には鉱脈が存在すると推定された。また、事業場内外には大小10ヶ所以上の捨石たい積場が分布し¹²⁾、これらの浸透水を

回収し坑廃水処理施設で処理されているものの、施設の老朽化などで回収漏れも考えられる。従って、総合排水中に含有されないCd・Pb・Znが、佐野橋付近で検出されたと考えられる。

佐野橋より下流の河床湧水のうち、高濃度湧水は前述のとおり地質的要因は考えにくく、別な要因を考慮してはならない。降雨直後（平成15年12月2日）の護岸ブロックからの中間流出的な性質の湧水、後述する浸漬試験などにより、ハイポレックスゾーン中の鉱石・ズリ・脈石などからの重金属の溶出を考えた。

特に高濃度重金属含有の湧水は、地下水の水みちに高品質の脈石が埋没しており、浅い地下水と接触し、硫化鉱物をSO₄に酸化し、重金属を溶出すると考えられる。

4.3 湧水の多成分のパターンダイアグラム

多成分のパターンダイアグラムから湧水を分類すると、A～D群の4群に分類される。A群（H14-2,3,5,7,8,9,10,11,14,19,21,22,25, H15-d4,S1,S2）はほぼ表流水と同濃度だが、Pdは低濃度であり、より上流で表流水が伏流し再湧出したハイポレックスゾーン水と考えられる。B群（H14-6,16,17,18,20,24,H15-d1,d2,d3,H16-11,6,8,21,22）は、A群に比べてCd, Pbが高濃度で、前述した典型的「高濃度湧水」である。C群（H16-0,H15-S4,S5,H16-16,15,19）は各成分とも低濃度で、山地溪流の基底流出水の水質に分類できる。D群（H15-S7,S8,H16-1,2,3,4,5,17,14,18）はF, SO₄, Mg, Cd, Pbが高濃度、CdまたはMgが高濃度でもある（図7）。

鉛川の中下流でCd, Pb, Znの負荷を増大させる要因は、B群の湧水であると考えられる。

4.4 主成分分析による湧水の解析

pH, Pb, Cd, Zn, F, Mg, Ca, SO₄, SiO₂, HCO₃の10成分データが測定された46湧水を用いて主成分分析を行った。その結果、第3成分までで累積寄与率は約82%に達し、鉛川の湧水の特性は次のような少数の主成分で集約された。第1主成分は正の値がSiO₂, Zn, Pb, Cd, HCO₃の順で高く、負の値はCa, SO₄, Mg, F, pHの順で高い。このことから、ハイポレックスゾ

ンからの重金属、SiO₂の溶出と事業所系排水等の総合的な湧水水質への影響指標を示すと考えられる。第2主成分は正の値でZn, Pb, Cd, Zn, Fの順で高く、負の値を示したのはpHとHCO₃であることから、pHとHCO₃によりハイポレックスゾーンから溶出した成分と解釈される。第3主成分は正の値でPbが高いことから、Pbを強く反映する湧水といえる。鉛川の湧水水質は、ハイポレックスゾーンからの溶出成分、事業所系排水由来成分、Pbを含有することで説明できると考えられる。

さらに、主成分のスコアを用いたクラスター分析により、湧水の水質を区分した。非類似度を示すデータ間の距離の計算には標準化ユークリッド平方距離を用い、クラスター間の結合にはウォード法を使用した。類似度の高いクラスターを結合させた結果、3つの水質区分に分類された。の水質区分は向原橋～二迫川合流点の事業所系排水由来の河川水が伏流し再湧出した湧水（ハイポレックスゾーン水）であり、前述のA

表2 主成分分析結果

変数名	主成分1	主成分2	主成分3
pH	-0.265	-0.358	-0.381
Pb	0.202	0.445	0.342
Cd	0.124	0.345	-0.574
Zn	0.215	0.525	-0.239
F	-0.325	0.282	-0.270
Mg	-0.340	0.240	-0.060
Ca	-0.459	0.154	0.081
SO ₄	-0.442	0.245	0.036
SiO ₂	0.444	0.051	-0.182
HCO ₃	0.045	-0.235	-0.484
固有値	4.113	2.523	1.54
寄与率 (%)	41.13	25.23	15.40
累積寄与率 (%)	41.13	66.36	81.76

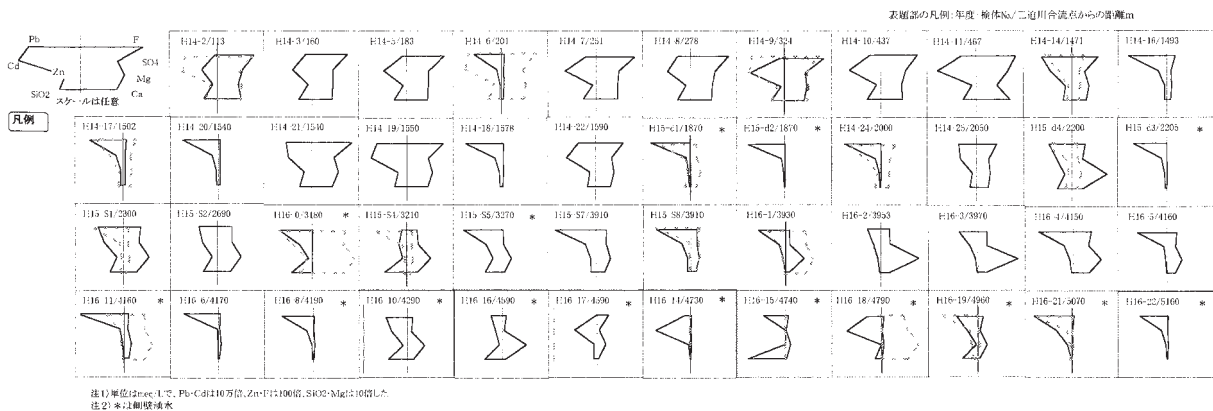


図7 多成分のパターンダイアグラム

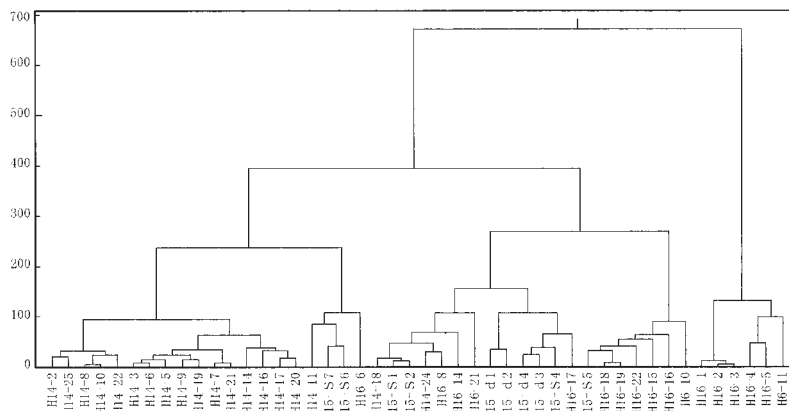


図8 デンドログラム

表3 河床堆積物の浸漬実験結果

		超純水	浸漬水中の濃度					河川水
		(浸漬水)	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	(2003/10/8)
回収量	mL	1500	1200	1480	1480	1510	1490	
pH		5.50	6.16	6.28	6.49	6.60	6.60	7.24
R-pH			6.24	6.76	6.78	6.74	6.76	
EC	mS/m	0.134	103.3	56.5	27.3	20.4	9.36	142.5
Pb	mg/L	<0.001	0.382	0.179	0.082	0.073	0.029	0.015
D-Pb	mg/L		0.117	0.038	0.011	<0.001	0.011	
Cd	mg/L	<0.001	0.052	0.034	0.017	0.013	0.013	0.003
D-Cd	mg/L		0.049	0.021	0.016	0.012	0.009	
Zn	mg/L	0.02	4.45	3.21	1.77	1.41	0.68	0.92
D-Zn	mg/L		4.20	1.84	1.70	1.36	0.67	
Li	mg/L	<0.01	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01	<0.01
Na	mg/L	<0.01	68.69	41.24	4.54	3.82	3.54	62.42
NH ₄	mg/L	<0.01	0.28	0.12	0.08	0.07	0.07	0.27
K	mg/L	<0.01	5.67	2.66	2.20	1.90	1.84	4.05
Mg	mg/L	<0.01	11.18	3.21	3.07	1.93	2.05	66.41
Ca	mg/L	<0.01	198.9	53.9	39.9	29.2	28.2	525.3
F	mg/L	<0.01	2.52	2.36	2.47	2.32	2.02	1.87
Cl	mg/L	0.02	2.64	0.80	0.68	0.47	0.40	4.44
NO ₂	mg/L	<0.01	0.35	0.15	0.11	<0.01	<0.01	<0.01
Br	mg/L	<0.01	0.11	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.17
NO ₃	mg/L	<0.01	6.99	1.58	1.14	0.79	0.60	3.71
SO ₄	mg/L	<0.01	646.0	164.2	118.8	89.25	86.34	1956
SiO ₂	mg/L	<0.01	18.56	12.94	11.87	12.18	12.06	11.23
Al	mg/L	<0.01	0.34	0.14	0.11	0.13	0.12	0.04

注1) 空欄は測定値なし

群（以下同様）に当たる。の水質区分は向原橋～西角橋のハイポレックスゾーン水及び河岸段丘堆積物の脈石と浅い地下水の反応由来の湧水，そして細倉中央橋上流の山地斜面基底流出水が側壁から湧出した湧水であり，前者はB群，後者はC群に当たる。の水質区分はあきのり橋～佐野橋の露頭地帯からの湧水でD群に当たると解釈できる（図8）。

4.5 河床堆積物の浸漬実験

各成分とも1日目に溶出するが，Pb，Znは5日目で

河川水より低くなり，Cdは5日目でも河川水より高値である。K，Cl，NO₃は2日目から河川水より低値で，Ca，SO₄，Mgは1日目から低い。F，SiO₂は河川水と同濃度で，Alは河川水よりも高い（表3）。

浸漬実験の結果は，河川表流水が河床堆積物に出入した（ハイポレックスゾーン）水質がPb，Zn，Cd，Alは高く，一方Ca，SO₄，Mgの陽・陰イオンが少ないのが特徴であることを示唆している。

5 ま と め

鉛川の湧水中のPbやCdなど重金属と一般水質の調査を3年間にわたり実施し、湧水の湧出機構を検討し、これらのデータの統計解析した結果、次のことが明らかとなった。

- 1) 湧水の水質及び流量はハイポレックスゾーン(河床間隙水域)の存在により影響を受ける。
- 2) 多成分パターンダイアグラムにより4群に分類され、A群はほぼ表流水と同濃度だが、Pdが低濃度のハイポレックスゾーン水、B群はA群に比べてCd、Pbが高濃度の典型的「高濃度湧水」、C群は各成分が低濃度の山地溪流基底流出水水質、D群はF、SO₄、Mg、Cd、Pbが高濃度で、Cd又はMgが高濃度の湧水である。
- 3) クラスタ分析から3つの水質区分され、1つは向原橋～二迫川合流点でハイポレックスゾーン水、2つは向原橋～西角橋でのハイポレックスゾーン水及び浅い地下水と河岸段丘堆積物中の脈石との反応由来の湧水、そして細倉中央橋上流で山地斜面基底流出水が側壁から湧出した湧水、3つにはあきのり橋～佐野橋の露頭地帯からの湧水であると解釈できる。
- 4) 河床堆積物の実験結果から鉛川のハイポレックスゾーン水は重金属濃度が高く、陽・陰イオン濃度が低い。

謝 辞

本調査を進めるにあたり、ご協力をいただいた旧鷺沢町町民課職員各位、栗原保健福祉事務所環境衛生部職員各位、細倉鉱業(株)の関係各位に心よりお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 宮城県生活環境部：宮城県における公害事例集, 75 (1977)。
- 2) 宮城県公害規制課：鉛川の精密調査結果について, (1979)。
- 3) 宮城県保健環境部環境管理課：鉛川環境汚染調査, (1990)。
- 4) 宮城県：宮城県環境白書, (1976～2004)。
- 5) 北村 信, 中川久夫：土地分類基本図「岩ヶ崎」5万分の1. 15, 宮城県企画部土地対策課, (1991)。
- 6) 土谷信之, 伊藤順一, 関 陽児, 巖谷敏光：地域地質研究報告 5万分の1地質図幅秋田(6)第68号「岩ヶ崎地域の地質」, 地質調査所, (1997)。
- 7) 宮城県公害対策局：公害資料, 10, 314(1973)。
- 8) Stanford, J.A. and Ward, J.V. : Nature, 335, 64(1988)。
- 9) T.C. Winter, J.W. Harvey, O.L. Franke and W.M. Alley : U.S. Geological Survey Circular, 1139, 16(1998)。
- 10) 高橋剛一郎, 太田猛彦：溪流生態砂防学, 東京大学出版会, 13(2000)。
- 11) S. Lamontagne, A.L. Herczeg, J.C. Dighton, J.L. Pritchard, J.S. Jiwan, T.C. Winter, J.W. Harvey, O.L. Franke, W.M. Alley : Technical Report 42/03. CSIRO Land and Water, 22 (2003)。
- 12) 関東東北鉱山保安監督部：大気汚染防止法第条第項の規定による通知, (2005)。