

## 鉱山廃棄物による地下水汚染

### A case of underground water pollution caused by cupreous mine waste

井上 勝弘 小谷 玲子  
千葉 善昭

Katsuhiro Inoue, Reiko Kotani and Yoshiaki Chiba

#### 緒 言

産業廃棄物の処理は、現在人類が直面している重要な問題の1つである。産業廃棄物は、一般に特定の物質を多量に含んでいることが多いため、これを安易に処理することは、しばしば人々の生活に大きな障害を与える。

本報告は、或る鉱山廃棄物を道路の改築工事に用いたため、周辺地下水の汚染を招いた例について述べる。

#### 経 過

昭和45年、道北のM町市街地を通る幹線道路の改築工事が行なわれた。この際、長さ約0.5km、巾約0.05kmの陸橋が建設され、そのため、附近の銅鉱山廃坑跡の土砂（鉱滓）約30,000m<sup>3</sup>が使用された。この工事は、同年12月に完成したが、その後3ヶ月間経過した後、この陸橋の側面にある住宅2軒の井水々質に異常が生じた。これらの井水は、その住宅に居住する11人の住民及び18頭の牛馬の日常の飲用に用いられていたため、直ちに近くの保健所へ持込まれ、水質試験が行われた。その結果、これらの井水は著しく低いPH、高い硬度を持つことが明らかになり、更に精密な分析が必要と考えられたため再び、採取した5ℓの井水試料が、衛生研究所へ送られて来た。

#### 試料及び試料の分析

(i) 試料I：試料Iは、昭和46年4月16日に採取された。その内訳は、異常が認められた井水2件及び対照として、同日採取された周辺の井水5件である。

(ii) 試料II：試料Iの分析結果から、更に詳しい調査の必要を認めため、現地調査が実施された。試料IIはこの現地調査で採取された試料で、その内訳は、井水14件、湧水3件、河川水5件及び陸橋工事に用いた土砂、周辺土壌3件である。尚この試料の採取月日は、昭和46年5月14日である。

(iii) 試料III：試料IIIは、昭和47年1月20日に採取された4件の井水である。

(iv) 分析項目：保健所の分析結果ならびに予備試験の結果から、井水の異常が主として無機物によるものと考えられたため、分析項目は次の10項目とした。即ち、pH、硬度、塩素イオン、硫酸イオン及び鉄、マンガン（これらの分析は、日本工業規格JIS0101（1966）によった。）亜鉛、鉛、銅及びカドミウム（これらの無機元素の分析は、原子吸光法によった。）である。

#### 調査ならびに分析成績

##### (i) 試料Iについて

試料Iの分析結果は、第1表に示す通りである。即ち、

第1表 井水（試料I）の分析結果

No.	pH	硬 度 ppm	硫 酸 ppm	Fe ppm	Zn ppm	Cu ppm	Pb ppm	Cd ppm	Mn ppm
1	3.7	2003.3	1459.8	3.5	48.0	4.8	0.42	0.16	11.0
2	4.7	1561.6	19.8	0.104	3.7	3.7	—	0.032	5.0
4	6.4	86.5	15.5	0.16	—	—	—	—	—
5	6.2	64.3	36.1	0.32	—	—	—	—	—
8	4.1	111.6	114.3	0.24	—	—	—	—	8.0
9	6.5	131.6	—	2.32	—	—	—	—	—
10	5.9	74.4	27.16	0.07	—	—	—	—	—

異常を認めた2件の井水は、何れも低いPH, 高い硬度を示し、同時に多量の硫酸イオン及び高濃度の重金属が検出された。併し対照として採取された周辺の井水は、その中の1件の井水が、低いPHを示したのみで、他には異常が認められなかった。

一般の井水で、この様に多量の硫酸イオン或いは高濃度の重金属を含むことはなく、勿論 飲用に用いることは出来ない。従って2件の井水の水質異常は、何か特殊な要因によってもたらされたものと考えられた。著者らはこの原因を知るため、次の様な現地調査を行った。

(ii) 試料IIについて

現地調査を行なうにあたり、我々は水質の異常をもたらした要因について、次の3種類の假説を設定した。即ちA) 井水の水質汚染は地質的なものであり、以前から存在した。B) 何等かの原因で地下水流に変化が生じた。

C) 道路工事に用いた土砂の影響による。

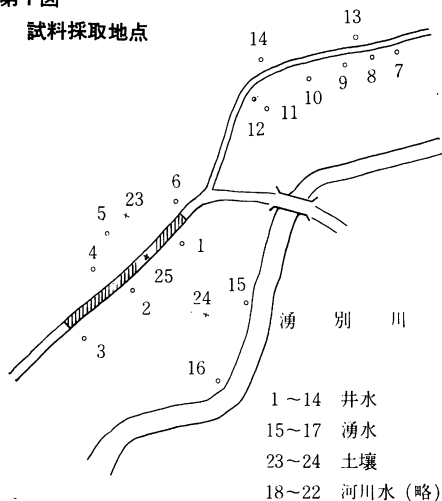
現地では上記の3種類の假説に対し、必要な調査及び試料の採取が出来るように留意した。

第1図は、試料の採取場所を示したものである。即ち №1~№14は、井水、№15~17は 湧水、№18~№22は河川水、そして№23~25は、土壌の採取場所である。

この地区の地形は、道路をはさんで片側が丘陵、そして他側は河川であり、北西から南東に傾斜している。

道面から、河川の水面までの標向差は、約15mであった。また地質は、表層は普通の土壌、砂礫で、深さ5mの場所に厚い粘土層がある。周辺の井戸の深さは、その大部分が約5m前後、従って井水は、この粘度層の上部を流れる浅層地下水を汲み上げているものと考えられた。

第1図  
試料採取地点



この調査で採取された試料、即ち試料IIの分析結果は第2表、第3表及び第4表に示す通りである。これらの分析結果及び試料Iの分析結果から、井水の重金属汚染について考察して見たい。

第2表 井水(試料II)の分析結果

№	pH	硬度 ppm	硫酸 ppm	Zn ppm	Cu ppm	Cd ppm	Mn ppm
1	4.4	730.73	738.99	10.5	1.10	0.033	3.2
2	5.4	40.3	9.28	0.06	0.01	0.0003>	0.01>
3	3.5	139.79	122.79	0.45	0.15	"	2.1
4	6.5	78.49	22.8	0.01>	0.01>	"	0.01>
5	6.5	56.38	23.2	0.01>	0.01>	"	"
6	6.5	61.4	29.39	0.15	0.01>	"	"
7	4.9	205.12	169.74	4.0	0.01>	0.024	0.6
8	4.2	59.39	55.73	0.01>	0.01>	0.0018	0.3
9	5.2	57.38	51.61	0.01>	0.01>	0.0003	0.03
10	5.4	48.34	33.92	0.01>	0.01>	0.0008	0.01>
11	6.3	42.31	28.98	0.08	0.01>	0.0006	0.01>
12	5.7	94.57	47.09	0.01>	0.01>	0.0004	0.01>
13	5.4	64.42	16.63	0.03	0.01>	0.0008	0.15
14	5.1	72.46	69.73	0.225	0.01>	0.0012	0.3

第3表 河川水・湧水（試料II）の分析結果

№	pH	硬度 ppm	硫酸 ppm	Zn ppm	Cu ppm	Cd ppm	Mn ppm
18	6.6	21.2	19.9	0.01>	0.01>	0.0003>	0.03
19	6.5	11.5	3.46	"	"	"	0.05
20	6.4	24.2	12.5	"	"	"	0.01>
21	6.6	19.2	2.6	"	"	0.0012	0.01>
22	6.7	26.2	16.6	"	"	0.0003>	0.05
15	6.4	297.6	244.2	3.0	0.15	0.0008	0.6
16	5.7	601.1	616.3	7.6	0.14	0.008	2.2
17	5.6	162.9	150.4	2.0	0.3	0.0084	0.6

試料I及びIIの中、その水質に異常を認めた井水は6件（№1, №2, №3, №7, №9及び№10）で、他の8件の井水の水質は正常であった。6件の井水は、何れも低いPHを示すことが特徴であり、その中の4件は、多量の硫酸イオン及び高濃度の亜鉛、銅などの重金属を含んでいた。これらの井水は、何れも陸橋工事を行った道路より低地にある井戸、或いは道路改築に用いたと同様の土砂を用いて舗装された林道より低地にある井戸から汲み出されていた。

これらの事実は、現地調査前に設定した3種類の假説の中、(C)説を支持するように思われた。何故なら、若し(A)説が正しければ、周辺の井戸から汲み出された井戸の総てが、同様の水質でなければならない。また(B)説が妥当であれば、地形的に見て、同じ地下水流と考えられた№4, №5井水の水質にも異常が認められた筈である。

一方、同時に採取された湧水の分析結果も、また(C)説を支持するように思われた。湧水を採取した場所は、第1図で示したように、№17湧水は陸橋工事に用いた土砂を採掘した銅鉱山跡のズリ山であり、また№15, №16湧水は、異常を認めた№1~№2井戸より低地にある河川岸壁から湧出していた。即ちこれらの湧水は、何れも道路工事に用いた土砂と密接な関係があった。そして何れの湧水も、異常を認めた井水と類似した成分によって汚染されていた。

このように、水質試験の結果は、道路工事に当って使用した土砂が、井水々質の汚染と密接な関係を持つことを示していた。

著者らは、この推定を確めるため、更に、次の様な実験を行った。即ち、異常を認めた井戸の周辺の土壤2件（それぞれ、表面より約1m下の土壤）及び道路工事に用いた土砂を水に県濁し、水に可溶な成分について調べた。

それぞれの試料（風乾物）40gを脱イオン水1ℓに県濁し、充分、攪拌した後、沝過し、上澄液を試料とした。

この分析結果は、第4表に示すように、周辺土壤の浸出液に異常は認められなかったが、工事に用いた土砂浸出液は、明らかに、低いPHを示し、銅、亜鉛など、異常を認めた井水と類似の成分が検出された。この成績は、更に、(C)説を強く支持する様に思われた。

第4表 土壤浸出液の分析結果

№	pH	Zn ppm	Cu ppm	Cd ppm	Mn ppm
23	7.2	0.01>	0.01>	0.0003>	0.01>
24	6.8	"	"	"	"
25	3.7	1.8	2.0	0.008	0.5

現地調査によれば、№1井戸は15年、№2井戸は50年前から、人及び牛馬の飲用に供されていたという。そして水質の異常（渋味及び強い取検性を帯びた）は、道路工事（陸橋建設）完了3ヶ月後に急に生じた。若しこれらの井水の汚染が、以前からあったならば、そしてこれらの井水を15年、或いは50年前から飲用に供したとするならば、これを飲用した人或は牛馬の体調に大きな影響を与えたと考えられる。併し、№1及び№2井水を用いた住宅の人達及び牛馬には、健康上、何等異常は認められなかった。

以上、水質分析、現地調査及び土壤溶出成分の分析などから得られた成績は、井水の水質汚染が、道路工事に用いられた土砂に起因したことを示している。

№1及び№2井水の水質の異常が認められたのは、陸橋建設の直後ではなく、その完成後3ヶ月経過した4月初旬であった。これは冬期間凍結していた土砂中の水分が春の融雪期に溶け出し、土砂中の水溶性成分を伴って、地下に浸透した結果、陸橋より低地にある地下水流に混入し、その地下水を汲み上げている井戸の井水を汚染したのであろう。

#### その後の経過

道路工事関係者は、ただちに、この地域に水道を附設し、汚染された井水の使用は中止された。また、陸

要 旨

橋は表面はアスファルト舗装、また側面はビニール被覆によって、表面からの雨水などの滲透を防止する工事を行なった。併しその後9ヶ月を経た現在でも、№2の井水々質は、第5表に示す様に回復していない。

この現象は、おそらく表面から雨水などの滲透が閉ざられていても、土中の水分は一定の保持量を保ち、地下水層は、絶えず工事に用いた土砂から溶出される成分によって汚染され続けているものと思われる。

この様な地下水汚染例は、今後の産業廃棄物の処理に対して、極めて重要な警告を与えていると考えられる。

或る山間にあるM町市街地にある2軒の住宅の井戸の井水が、突然多量の硫酸イオン及び高濃度の重金属によって汚染された。

この原因を追究するため、調査が実施された。その結果、この井水々質汚染は、附近(井戸から10m離れた)の道路改築に用いられた土砂に起因することが確かめられた。

この土砂は、銅鉍山の廃坑にあったズリ山の鉍さいであった。

本調査を行うにあたり、種々、御援助を賜った遠軽保健所に対し、深く感謝する。

第5表 汚染後9ヶ月の井水・湧水の分析結果

№	PH	硬 度 ppm	硫 酸 ppm	鉄 ppm	亜 鉛 ppm	銅 ppm	鉛 ppm	カドミウム ppm	マンガン ppm
2	5.95	820	668.9	0.072	19.0	0.45	0.02	0.087	9.5
15	4.9	745	703.6	0.152	10.7	0.575	0.02	0.05	2.4
16	5.4	266	231.8	0.07	3.9	0.05	0.00	0.015	0.8
6	6.1	55	15.1	0.04	0.01>	0.0125	0.00	0.000	0.0