

八戸工専 正会員 阿部 正平
〇〇 工藤 貴正
北海道庁 〇 工藤 宏

1. 諸言 わが国には多数の休廃止鉱山が存在し、環境汚染等の懸念がもたれるものも少なくない。筆者らは47年度末、青森県下北半島西部に存在し、銅精錬を伴った中部城休廃止鉱山を具体例として、その周辺地域に関し調査研究を実施している。本報文においては、特に物理的観点を中心として、重金属類の挙動について検討を加えたものである。その結果、重金属類の挙動の機構を明らかにし、中部城鉱山を原点とする、重金属類汚染の機構に関し基本的な諸関係が概略把握できたと思われるので発表するものである。

2. 調査方法 調査対象および位置関係等は図-1の通りである。同鉱山の歴史あるいは分析方法などは、紙幅の都合上割愛したが詳細に関しは文献(2)、(3)を参照されたい。

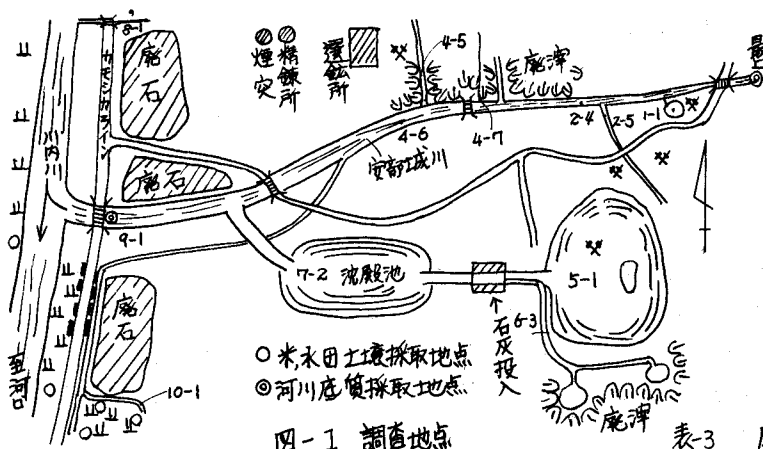
3. 調査結果および考察 3-1 分析結果 水、土壌、米、河川底質等の重金属類の分析結果の概要を記せば、河川水のCdは不検出～0.003ppmの範囲であり、以下、Zn:0.005～0.625ppm, Cu:0.005～0.195ppm, Pb:不検出～0.015ppm, つぎに坑排水の場合、Cd:0.001～0.0161ppm, Zn:0.013～1.975ppm, Cu:0.005～0.395ppm, Pb:0.01～0.111ppm, 水田土壌に関しては、Cd:1.4589～20.9446ppm, Zn:174.2～581.4ppm, Cu:103.3～340.0ppm, Pb:77.47～213.6ppm, 米については、Cd:0.209～0.370ppm, Zn:11.38～21.93ppm, Cu:2.146～5.802ppm, 河川底質は、Cd:1.212～7.399ppm, Zn:321.4～1965ppm, Cu:187～1506ppm, Pb:45.54～118.9ppmであった。 3-2 考察 平時の河川水、坑排水の重金属類濃度をみる限り、汚染されているとは考えがたい。しかし、同地区周辺の米、水田土壌、河川底質は、厚生省の行った所信胃緊急検査点検の結果等と比較すれば、代表例として米のCdについて検討すれば、非汚染地区で平均値0.08ppmで、汚染地区で0.4～5ppmであるとしているので、重金属によって汚染されているといえる。

従来この種の調査では、重金属が水中でイオン化したり、あるいは水に溶出するといった、いわゆる化学的な側面からのみ、多くは取り上げられて来ている状況にある。しかし、現実には、重金属類汚染の原点となる可能性の強い尾鉱廃滓、精錬廃石(鏡)等が、後述するように、高濃度の重金属類を含んだ状態で移動しやすい、微粒子として堆積し、かつ放置されている状況である。そこで筆者らは、上記の廃滓、廃石などに対し、飛砂と掃流の概念を適用すると共に、重金属類含有という要素を新たに取り入れ、休廃止鉱山における重金属類の挙動に関し説明を試みた。

3-3 廃石と廃滓の外的状況 廃石、廃滓は所謂「ダム」建設されて堆積されているのではなく、流出を防ぐ簡単な柵もない状態で、廃石は約52万t、廃滓はまわりの土と判別しにくいように堆積されている。堆積された廃石のすぐ下に水田は開かれ、人家も接近している。又、廃石、廃滓ともに川岸にせまっておき、よわめて流出しやすい状況にあるといえる。

3-4 廃石の物理的並びに化学的性質 廃石は粒度試験の結果、最大粒径9.52mm、最小粒径74μ以下で、60%粒径は1.8mmであり、比重3.506であった。すなわち、比重は約3.5と極めて大きく、このことは重金属類が十分に含有されていることを示しているものと考え、重金属以外の物質の比重を2.7とし、重金属の含有率を推定したものが表-2である。300μ以下の廃石の粒子に関し分析した結果は表-3に示す通りで、表-4の銅スラグ組成例と比較してもよく符合していると考えられる。更に重要なことは、Cdが約5～11ppm含有されている事実である。廃石の粒径につき検討すれば、60%粒径が1.8mmであることから、後述するようにその限界掃流力は極めて小さく、たとえば降雨時には極めて容易に掃流され、その結果下流地点に移動するものと考えられる。以上から廃石が、重金属汚染の発生源の一つとして、位置づけられ、これらの挙動に関し検討することから極めて重要となる。

3-5 廃石からの重金属類の挙動 廃石は現実には、原野に放置されている状況であるので、当然のことながら風雨により輸送あるいは移動されることが推定される。そこで、同休廃止鉱山周辺の重金属類の挙動を把握する。



四-1 調査地点

表-1 水採取地点

地点	内容	地点	内容
最上	河川水	5-1	溜水
1-1	排水	6-3	管内水
2-4	河川水	7-2	流路水
2-5	管内水	8-1	水道源
4-5	管内水	9-1	河川水
4-6	河川水	10-1	下水道
4-7	表流水	河口	河川水

表-4
銅スラグ
組成例%

成分	割合%
Cu	0.36
S	1.12
Zn	3.54
Fe	33.1
SiO ₂	35.9
Al ₂ O ₃	3.62
CaO	8.22
MgO	0.93

表-3 廃石組成

Cd	5.497~11.397 (ppm)
Cu	0.271~0.447 (%)
Zn	0.904~3.667 (%)
Pb	0.025~0.273 (%)

表-2

重金属 仮定比重	重金属 含有率
4.0	62.0%
6.0	24.4
7.0	18.7
8.0	15.2
9.0	12.8

表-5

粒径 (mm)	境界摩 擦速度
0.074	18 (0%)
0.105	22
0.25	27
0.42	32
0.84	49
1.05	56

ために晴天時に対応するものとして飛砂、雨天時のそれとして掃流につき検討を加えた。(1) 風による重金属類の挙動—飛砂—(飛砂に関しては岩垣が砂粒径とその密度の積と境界摩擦速度との関連より推定して求めている。それに基づいて廃石の密度3.506 (g/cm³)を用いて境界摩擦速度を示せば、表-5の通りとなる。このような境界摩擦速度となるような風速は極めて容易にかつ数多く発生することは、現地に最も近い「5つ測候所」の観測資料からも十分に伺える。すなわち、廃石は種々の粒径をもって極めて日常的に風により移動することが指摘できよう。そこで、このように移動する飛砂量を推定するために、Bagnoldの式を用い算出を試みた。

$Q = q/d/d' \cdot (P/18) \cdot U_*^3 \times 60 \times 10$ (ここに Q : 10分間における単位幅当りの飛砂量 (kg/m・10min)

C : 定数 (1.5とした), P : 空気単位重量 (kg/m³), U_* 境界摩擦速度 (m/sec), d : 廃石の粒径 (mm)

d' : 廃石の標準粒径 (この場合 $d_0 = 1.05$ mm), 尚、この計算で10分間の時間としたのは観測資料が日最大

風速 (10分間平均) となっていることによる。昭和46年度の日最大風速は16.4 m/secでこれに対応

する飛砂量は10.793 kg/m・10minとなる。(2) 降雨あるいは河川の流れによる重金属類の挙動—掃流—

境界摩擦速度を U_* とし、その摩擦速度を U_* とすれば Shields はつきの関係式をうている。

$U_* / g(P-P_0)d = U_*^3 / (P/P_0 - 1)g d = f(U_* / \nu d)$ (ここに g : 重力加速度, P : 砂の比重 (3.506)

P_0 : 水の比重, d : 砂の平均粒径 (1.05 mm), ν : 水の動粘性係数 (0.01)。 $f(U_* / \nu d)$ を与える公式と

して岩垣の式を用いた。これにより $U_* \approx 4.4$ cm/sec と算出される。すなわち通常の降雨などにより、掃流される

とほに、河川でも掃流され下流へと移動することが指摘できよう。現に河川の底質につき分析した結果、Cdは1.24~

7.397 ppmであった。このように、掃流によっても廃石の重金属類が移動しているといえる。

4. 総括および結論 これまでの調査および検討の範囲では、つきのようことが指摘できよう。

(1) 安部城休廃止鉱山およびその周辺は汚染されているといえる。(2) 廃石は極めて移動性に富む微

細粒子から構成されており、同時に高濃度の重金属類を含有している。(3) 廃石は極めて僅かな外力で

風および降雨あるいは、河川の流れなどにより、飛砂、掃流あるいは浸透などの形で移動する

ことが推定される。(4) したがって、従来、休廃止鉱山およびその周辺における重金属類の汚染などの

状況を把握する場合、坑排水のみに限って調査していた傾向があるが、今後は上記の飛砂、掃流

あるいは、浸透などによる移動をも考慮し、実施すべきであろう。(5) 今後の課題としては、廃石などの

X線回折による組成分析、浸透現象の解明、鉱山周辺の植生図の作成 更には、疫学的見点からの

検討などを通じて、調査研究を重ねていくことが必要となる。参考文献; 1) 546.69厚生省 所謂緊急総

査結果。2) 547.48年度土木学会東北支部 同部会論文。4) 548年度川工専紀要 同部会論文