

# 鉱山廃水の実態と処理システムに関する報告

八千代エンジニアリング(株)

○清野 昭則 店網 弘治

我が国で休廃止している鉱山のうち廃水処理を行っている鉱山は80鉱山程度ある。本報告では鉱山廃水の実態とその処理の現状、新たな処理システム等について整理したものを報告する。

## 1. 鉱山廃水の実態

### ① 鉱山の種類

産出鉱種により鉱山を区分したものを図1に示す。産出鉱種別では「銅・鉛・亜鉛鉱山」が約半数を占める。これに「鉛・亜鉛鉱山」および「マンガン鉱山」を合わせると、廃水処理でZn、Mn等を除去するために、中和pHを8以上にする必要のあるとみられる所が、60%を越えると推定される。

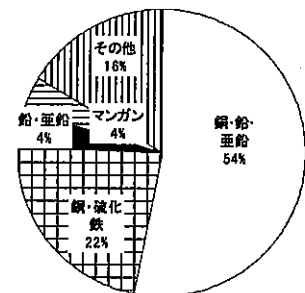


図1 鉱山の種類

### ② 原水水量

年平均の処理原水量の分布を図2に示す。原水の水量は720m<sup>3</sup>/日～2,880m<sup>3</sup>/日の範囲が最も大きく、一般的な廃棄物最終処分場の浸出水処理施設と比較しても水量の大きさが伺える。

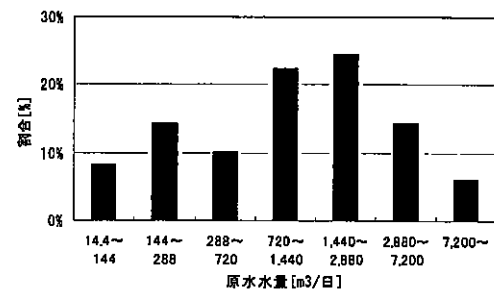


図2 原水水量

### ③ 原水水質 (pH)

原水水質 (pH) の分布を図3に示す。pH3.5未満の原水が約50%を占め、鉱山廃水は強酸性 (硫酸酸性) であることがわかる。

一方、pHが5.8～8.2の間にあり、そのままでも排水基準を満足している所が約20%ある。

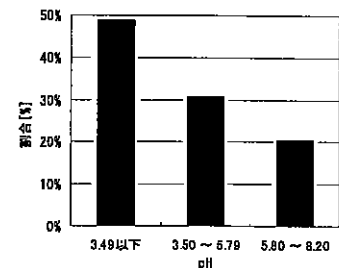


図3 原水水質 (pH)

④ 原水水質（重金属等）

鉱山廃水の重金属等の濃度Mが、水質汚濁防止法の排水基準値Sを越えている倍率「M/S」を各元素ごとに求め、分布を表1に示した。

表1によると、原水が排水基準を超えるものが多く、特にFeでは、超過倍率20以上の割合が他に比べて著しく大きい。また、銅・硫化鉄の鉱山でCuおよびFeの超過倍率が200を越える所がある。

表1 原水水質（重金属等）

重金属等	M/S	1.00~ 1.99	2.00~ 4.99	5.00~ 9.99	10.0~ 19.9	20 以上	計
Cu	3.0	6%	10%	10%	2%	2%	31%
Pb	0.1	12%	12%	4%	2%	-	31%
Zn	5.0	14%	16%	14%	8%	2%	55%
Cd	0.1	6%	6%	2%	-	-	14%
Fe	10	6%	14%	10%	8%	20%	59%
Mn	10	6%	6%	4%	4%	-	20%
As	0.1	-	2%	2%	2%	4%	10%
F	15	2%	-	-	-	-	2%
計	-	53%	65%	45%	27%	29%	-

※S:一般排水基準[mg/L]  
※M:坑廃水の重金属濃度[mg/L]

2. 廃水処理の現状

休業した鉱山廃水の処理には様々な処理法が採用されているが、以下のようなものが多い。

- ・処理方式としては強酸性のpHを上昇させるため、中和剤によるpHのコントロールのみを行っているものが主である（キレート処理や酸化処理は行っていないものが多いが、pHの中和処理だけで重金属は排水基準を満足している）。
- ・処理装置としては沈殿池やシックナーのみと簡易なものが多く、設置面積が大きいのが特徴である。

① 中和剤の種類

図4に示すように、中和剤としては消石灰が最も広く使用され、他の中和剤との併用も合わせると全鉱山の85%以上で使われている。

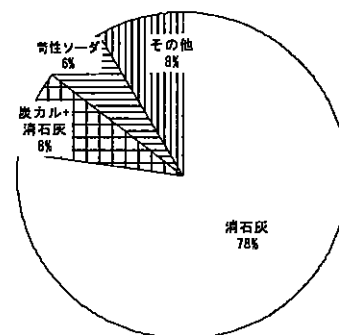


図4 中和剤の種類

② 固液分離方法

坑廃水処理の固液分離工程では、沈降分離のための装置として、シックナーもしくは沈殿池が用いられている。これらの装置の種類による各鉱山での採用割合を図5に示す。シックナーを採用している鉱山と沈殿池を採用している鉱山がほぼ同数である。

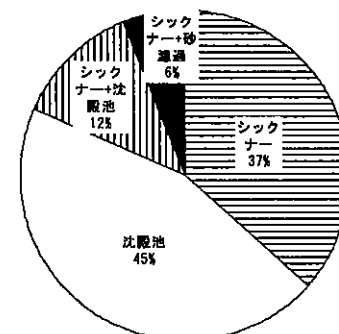


図5 固液分離方法

また、処理水量1,000m<sup>3</sup>あたりに換算した固液分離装置の規模を図6～図7に示す。シックナーの面積は平均200m<sup>2</sup>程度、沈殿池の面積は平均2,000m<sup>2</sup>

程度であるが、それよりも規模の大きなものも存在する。

### ③ まとめと課題

前述してきたことから、  
 鉱山廃水処理については  
 以下のような課題があげ  
 られる。

- ・ 鉱山が稼働していた当  
 時からの沈殿池等を利用  
 した施設で処理して  
 いるためプラントが老  
 朽化していると考えられる。
- ・ 廃水処理装置としては、シクナーまたは沈殿池による固液分離を実施している  
 鉱山が多い。また、その装置は大型でかなりの設置スペースが必要であると推定  
 されることから、新たな処理施設を検討する場合、山間等に設置する必要がある  
 ことからコンパクトな施設が求められる。
- ・ 鉱山廃水の処理法としては中和剤の投入により pH を排水基準に満たすとともに、  
 pH の上昇に伴い溶存している重金属を沈殿させ固液分離し除去していると推定  
 される。中和剤としては消石灰を利用している鉱山がほとんどである。
- ・ 凝集剤を使用している鉱山は約 4 割程度であるが、年間あたりの使用量や水量あ  
 たりの使用量、薬剤単価等はかなりのバラツキがある。また、シクナーや沈殿  
 池の規模が大きいため凝集剤の効果を検証するのは困難であると考えられる。
- ・ フィルタプレス等の脱水設備を有していない鉱山では、シクナーもしくは沈殿  
 池からの引抜く汚泥の容量が大きくその処理に困窮していると考えられる。

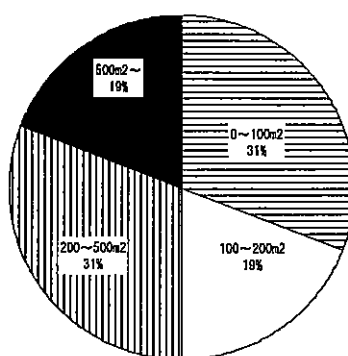


図 6 シクナー面積

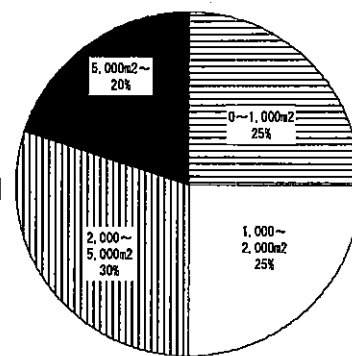


図 7 沈殿池面積

### 3. 処理システムと比較

鉱山廃水の水質・水量の条件を設定した場合の、処理施設のフローや規模、コスト  
 等についてとりまとめ、現状の鉱山廃水処理で採用されているシステムと比較した。

[前提条件]

水量：1,000m<sup>3</sup>/日

水質：pH=3.0

重金属濃度=排水基準の 5 倍

(Cu 15mg/L, Pb 0.5mg/L, Zn 25mg/L, Cd 0.5mg/L, Fe 50mg/L, Mn 50mg/L)

前提条件の下、①「現状の鉱山廃水処理で採用されているシステム」、今回検討し  
 たシステムとして②「中和+凝集沈殿システム (一般的)」③「中和+凝集沈殿システ

ム（高速）」④「キレート処理まで含めた重金属対策のシステム」の4パターンの概要について表2に整理した。

表2 現状の鉱山廃水処理で採用されているシステムと今回検討したシステムの比較

	①	②	③	④										
	現状の鉱山廃水処理で採用されているシステム	今回検討したシステム												
		中和+凝集沈殿システム (一般的)	中和+凝集沈殿システム (高速)	キレート処理まで含めた 重金属対策のシステム										
処理フロー	シックナーまたは沈殿池での処理	中和槽→酸化槽→凝集反応槽→凝集沈殿槽→汚泥処理	中和槽→攪拌槽→高速凝集沈殿設備→汚泥処理	中和槽→酸化槽→凝集反応槽→凝集沈殿槽→マンガン酸化槽→キレート処理→汚泥処理										
設置面積	シックナー200m <sup>2</sup> 沈殿池2,000m <sup>2</sup>	270m <sup>2</sup>	40m <sup>2</sup>	480m <sup>2</sup>										
建設コスト	—	2億	1億	7億										
年間運営管理コスト	500～5,000万/年程度	3,100万/年	830万/年	2.3億/年										
<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="font-size: small;">運転管理コスト (薬品・電力等)</td> <td>—</td> <td>2,400万/年</td> <td>680万/年</td> <td>2.1億/年</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">維持管理コスト (点検・補修)</td> <td>—</td> <td>700万/年</td> <td>150万/年</td> <td>0.2億/年</td> </tr> </table>	運転管理コスト (薬品・電力等)	—	2,400万/年	680万/年	2.1億/年	維持管理コスト (点検・補修)	—	700万/年	150万/年	0.2億/年				
運転管理コスト (薬品・電力等)	—	2,400万/年	680万/年	2.1億/年										
維持管理コスト (点検・補修)	—	700万/年	150万/年	0.2億/年										
特徴	・コストが小さい ・汚泥処理が問題	・③と④の中間的な特徴	・設置面積が小さい ・コストが小さい ・重金属での実績がなく今後の課題	・重金属類への対策が確実 ・キレート等の薬品コストが大きい										

今回提案したシステムの主な特徴としては、下記の点が挙げられる。

- ・設置面積が小さくなる
- ・汚泥処理を実施するため汚泥が減容化される
- ・ランニングコストは同等か高くなる

また、この分野では新たな対策として、特に鉄含有量が高い廃水で化学的に汚泥量（乾ベース）の減量化・減容化に取り組んでいる事例（フェライト化等）もあり今後期待される。

#### 4. おわりに

休廃止した鉱山でも半永久的に廃水処理が必要であるケースが多く、また、事業が終了していることから管理者不在というケースも見られる。このような状況の下、周辺環境への影響を考慮するとともに、処理コストの削減を検討していく必要性があり、適切な廃水処理を計画が必要であると考えられる。