



「別子銅山の坑水処理について」

<目次>

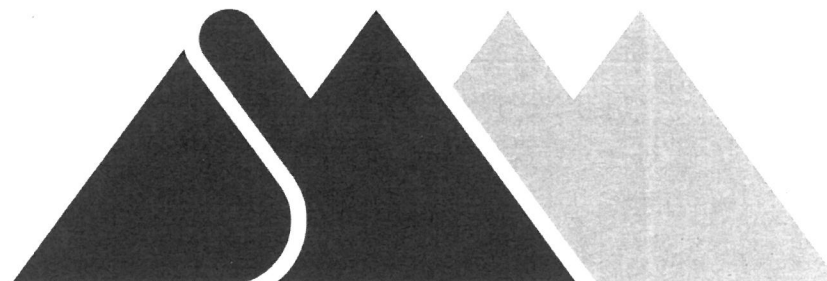
1. 鉱毒水
2. 別子鉱水 = 坑水
3. 端出場処理場の設備仕様
4. 端出場処理後水
5. 端出場立上げトラブル
6. 大斜坑・第四通洞坑
7. 大斜坑・第四通洞坑の水質
8. 別子坑水のまとめ
9. 端出場処理場の今後

別子事業所 安全環境センター
伊藤 寿章

MINING THE FUTURE

 住友金属鉱山

SUMITOMO METAL MINING



1. 鉍毒水

寛政年間に書かれた「有方録」によると、伊予の国・新居郡・立川山の項で・・・「角の川（今の国領川）は何時も、赤褐色に濁っていて、下流では、魚や虫は水中に棲む事が出来ない。涉ろうと思っても、濁っているのです、何処を渡ってよいか見当がつかんが、水中に入って見ると案外浅い。しかし、台風が来ると水が暴長する、暴れる」と書いてある。鉍毒水のために何時も水が濁っていて、魚が棲むことができないと、はっきりと書いてある。

別子銅山・鉍毒水関連史についてより



「銅汁 赤銅水」

鉍毒水とは、鉍山から排出される水で、人体に有害な影響をあたえる鉍水。鉍毒水は主に重金属（ヒ素、銅、水銀など）の化学物質で構成され、周辺の土壌や地表水、地下水に有害な影響を及ぼす。適切な予防措置を怠ると、広範囲にわたる汚染を引き起こし、生態系や地域生活に深刻な影響をもたらす水。

有害物質の種類	pH	(mg/l)										
		Fe	Mn	Cu	Zn	Cd	As	Pb	Hg	F	B	SS
排水基準値	河川:5.8-8.6	10	10	3	2	0.03	0.1	0.1	0.005	8	10	200
	海域:5.0-9.0									15	230	日平均150

水質汚濁防止法では、上表の水質をクリアであれば、公共用水域への排水が可能である。

2. 別子鉱水＝坑水

現在の別子坑水（原水）の水質は下記の表の通り

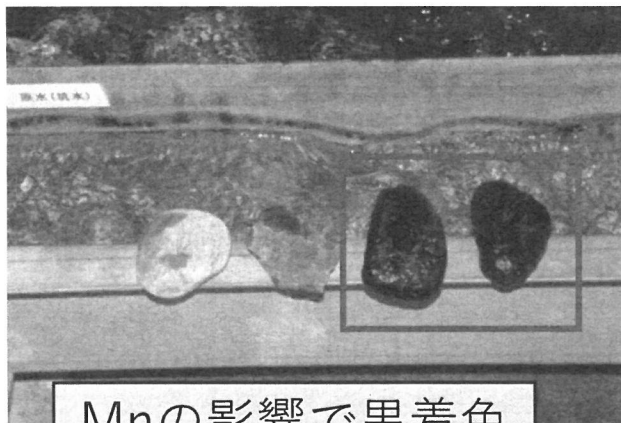
鉱山名	坑廃水名	pH	Fe	Mn	Cu	Zn	Cd	As	Pb	Hg	F	B	(mg/l)
													SS
別子鉱山	第四通洞坑水 2018年1月5日	7.7	2.6	2.7	0.37	0.48	0.002	<0.01	<0.01	<0.0005	0.6	0.6	3.6
排水基準値		河川:5.8-8.6 海域:5.0-9.0	10	10	3	2	0.03	0.1	0.1	0.005	8 15	10 230	200 日平均150

表の通り、普段の坑水は『排水基準値をクリア』

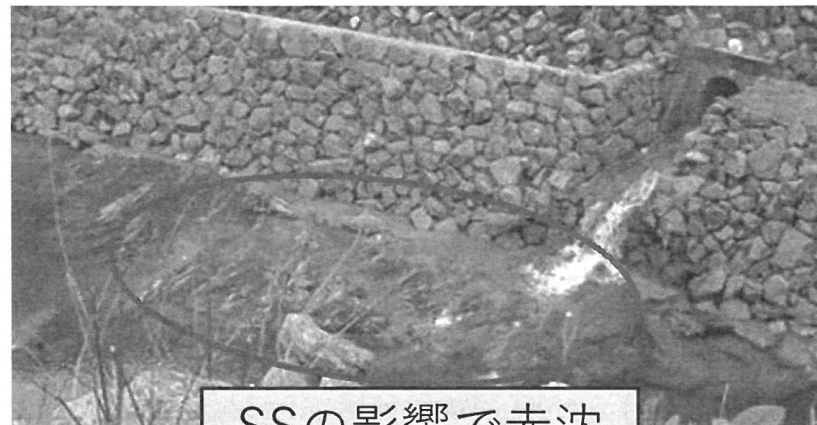
このまま放流しても良い水である。

しかし、Mn（マンガン）が2～3mg/lでも石が黒く着色、

SS（浮遊物質）が数mg/lでも、継続して放流し続けると赤沈してくる。



Mnの影響で黒着色



SSの影響で赤沈

2. 別子 鉱水＝坑水

現在の別子坑水の水質は下記の表の通り

鉱山名	坑廃水名	pH	Fe	Mn	Cu	Zn	Cd	As	Pb	Hg	F	B	(mg/l)
													SS
別子鉱山	第四通洞坑水 2018年1月5日	7.7	2.6	2.7	0.37	0.48	0.002	<0.01	<0.01	<0.0005	0.6	0.6	3.6
別子鉱山	第四通洞坑水 2018年7月10日	6.6	—	—	4.4	3.0	—	—	—	—	—	—	62.0
別子鉱山	第四通洞坑水 2014年8月12日	4.9	—	—	8.7	4.0	—	—	—	—	—	—	110.0
排水基準値		河川:5.8-8.6 海域:5.0-9.0	10	10	3	2	0.03	0.1	0.1	0.005	8 15	10 230	200 日平均150

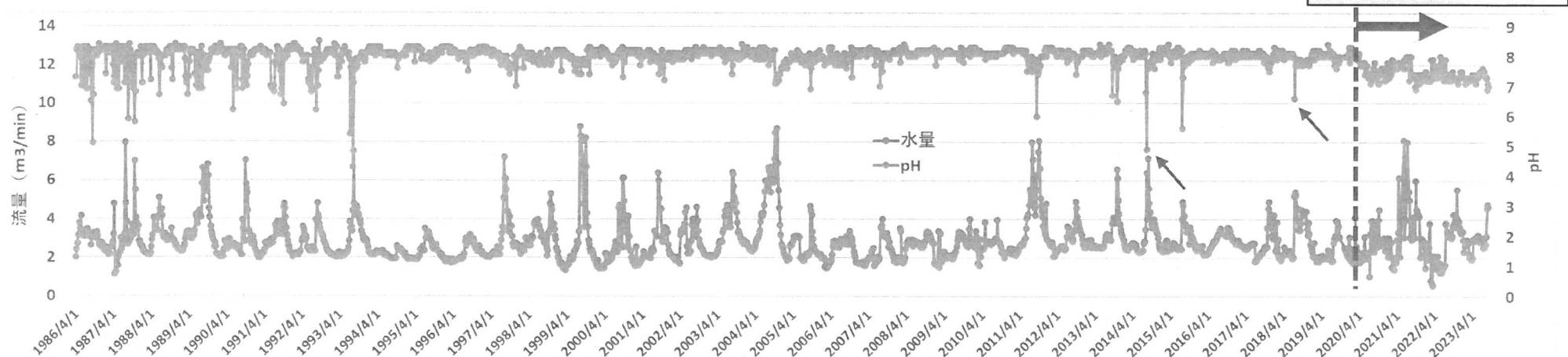
表の通り、普段の坑水は『排水基準値をクリア』

このまま放流しても良い水である。

しかし、Mn（マンガン）が2～3mg/lでも石が黒く着色、

SS（浮遊物質）が数mg/lでも、継続して放流し続けると赤沈してくる。

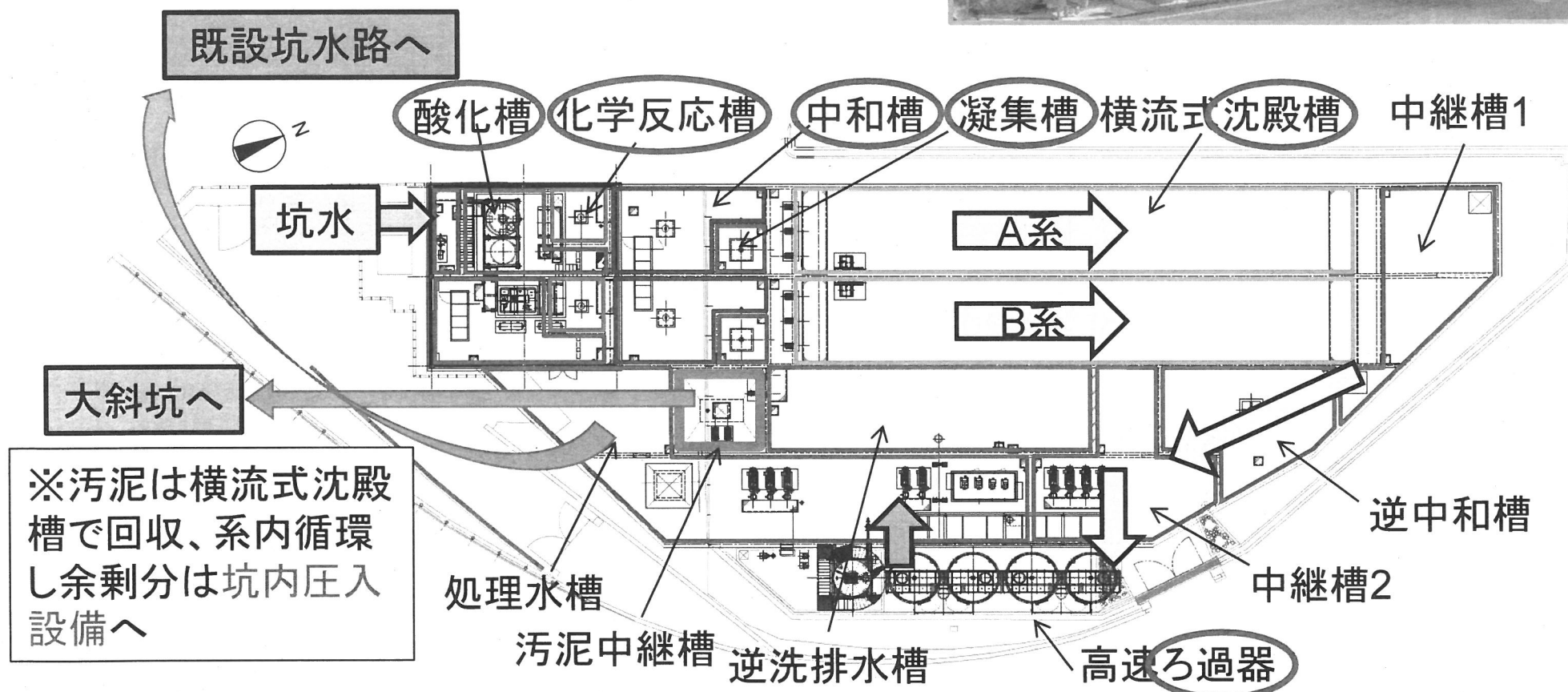
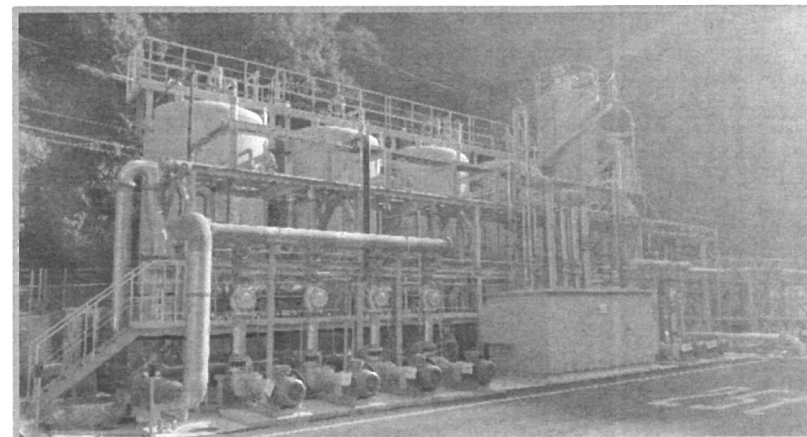
たまに、台風や大雨時にはpH、Cu、Znが基準値を超過したりもする。



3. 端出場処理場の設備仕様

□ 設備仕様

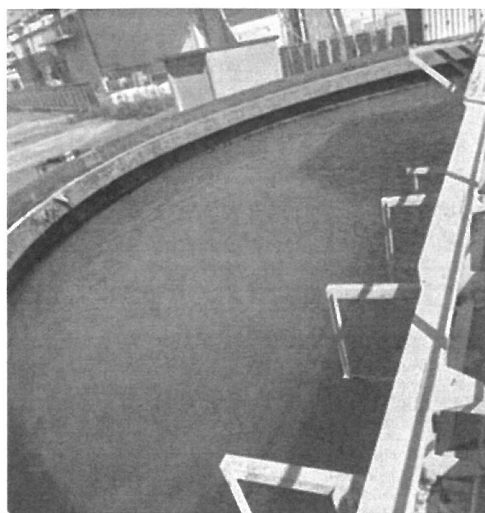
- ・処理能力: 最大10 m³/min、
- ・平均処理量: 2~3 m³/min、
- ・Fe, Cu, Zn, Mnを中和沈殿除去
- ・浮遊物質(SS)を砂ろ過設備で完全除去



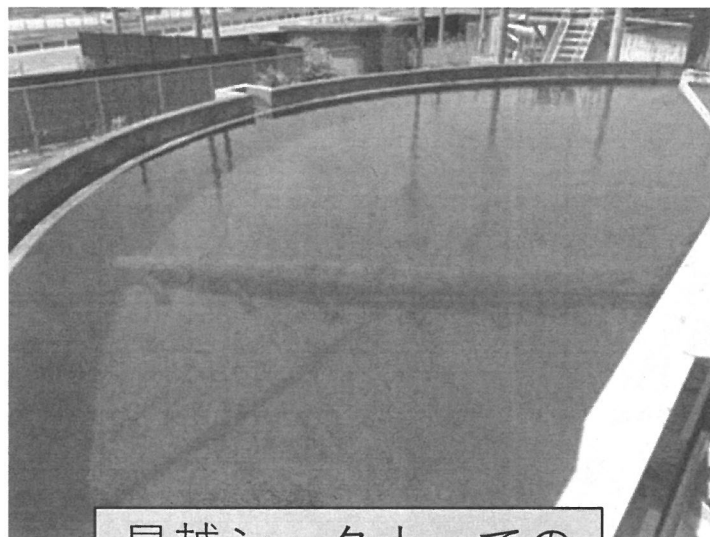
4. 端出場処理後水

今回の端出場処理場での処理後水の水質は下記の表の通り
 端出場処理場での処理では、pH、Fe、Mn、Cu、Zn、SSすべての項目でクリア

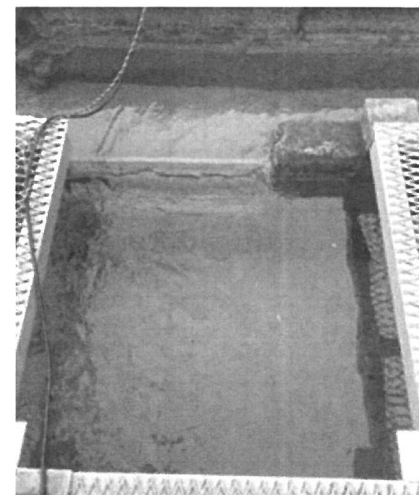
鉱山名	坑廃水名	pH	Fe	Mn	Cu	Zn	Cd	As	Pb	Hg	F	B	SS
別子鉱山	第四通洞坑水 2018年1月5日	7.7	2.6	2.7	0.37	0.48	0.002	<0.01	<0.01	<0.0005	0.60	0.60	3.60
別子鉱山	第四通洞坑水 2018年7月10日	6.6	—	—	4.4	3.0	—	—	—	—	—	—	62
別子鉱山	第四通洞坑水 2014年8月12日	4.9	—	—	8.7	4.0	—	—	—	—	—	—	110
別子鉱山	端出場処理後水 2021年9月28日	8.1	<0.1	0.02	<0.01	0.03	—	—	—	—	—	—	<0.5
別子鉱山	端出場処理後水 2023年5月23日	8.0	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	—	—	—	—	—	—	<0.5
排水基準値		河川: 5.8-8.6 海域: 5.0-9.0	10	10	3	2	0.03	0.1	0.1	0.005	8 15	10 230	200 日平均150



星越シックナーでの
星越処理後水



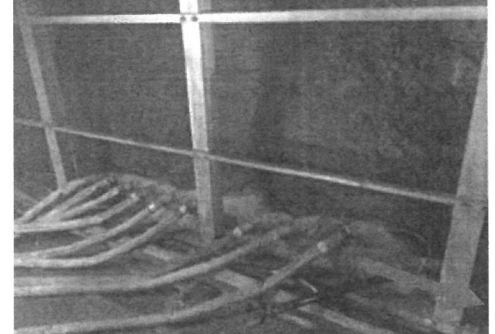
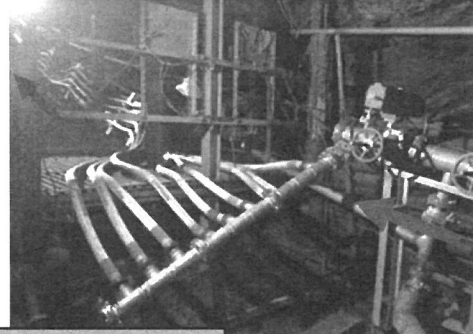
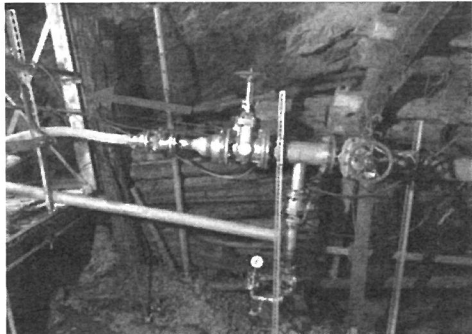
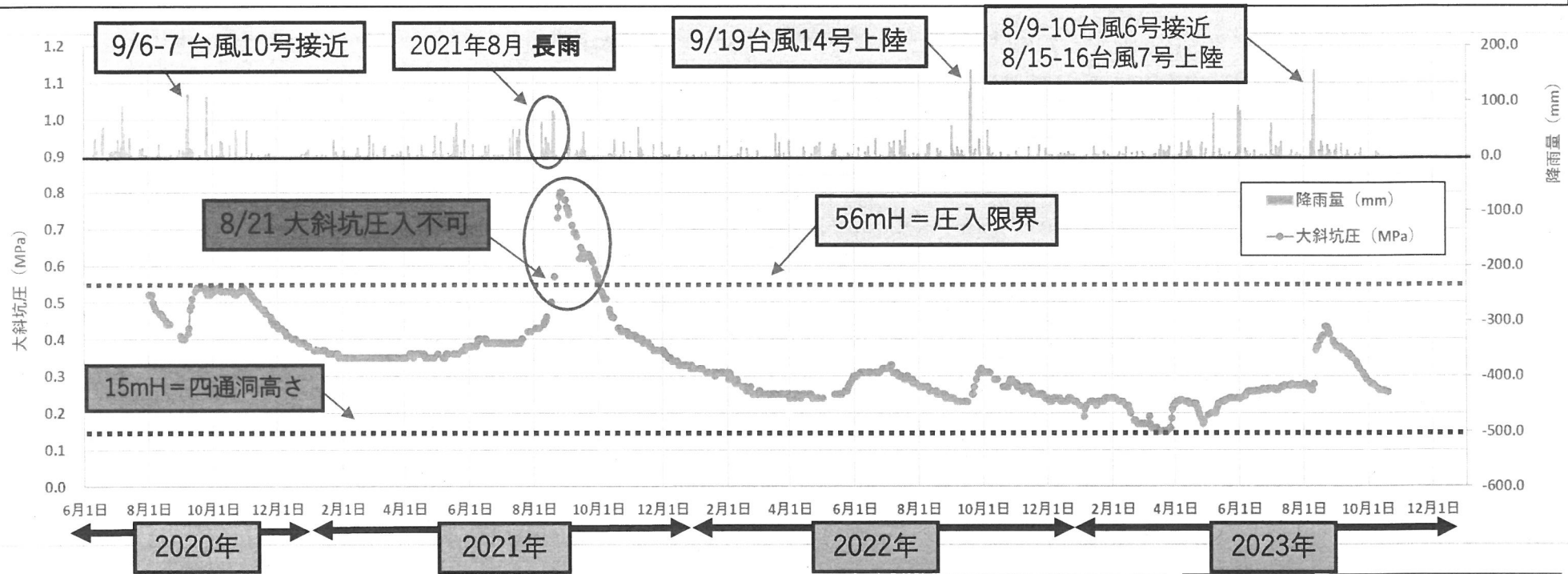
星越シックナーでの
端出場処理後水



山場処理場での
処理後水

5. 端出場立上げトラブル（坑内水位の上昇）

処理場で発生した殿物は坑内へ圧入され処分されるが、2021年8月の400mm降雨量で坑内水位が81mまで急上昇、端出場の殿物圧入処理ができなくなり、操業が停止。その後の緊急対応排水で水位低下。毎年豊水期には水位上昇し操業が停止。



大斜坑からの排水

6. 大斜坑・第四通洞坑 (別子鉱山鳥瞰図)

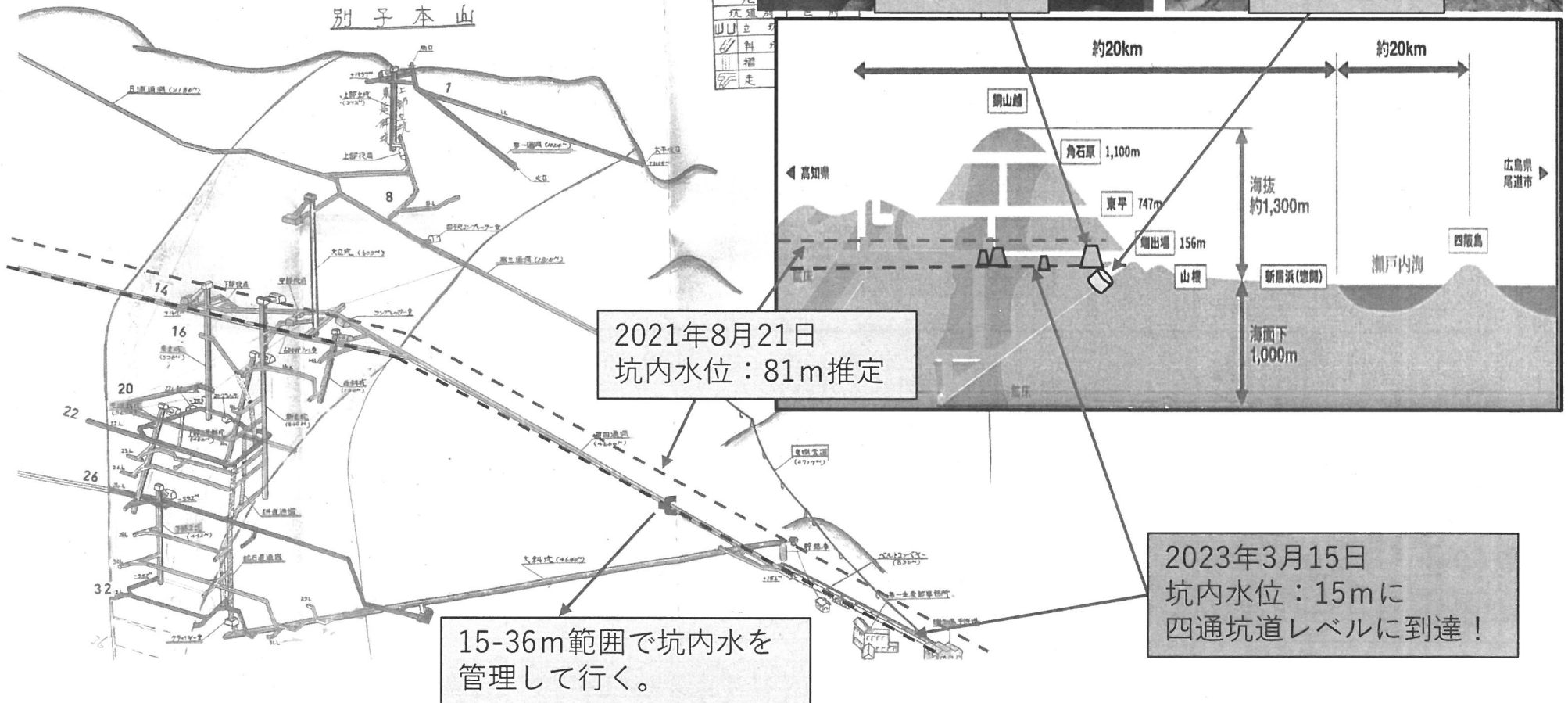
別子鉱山鳥瞰図



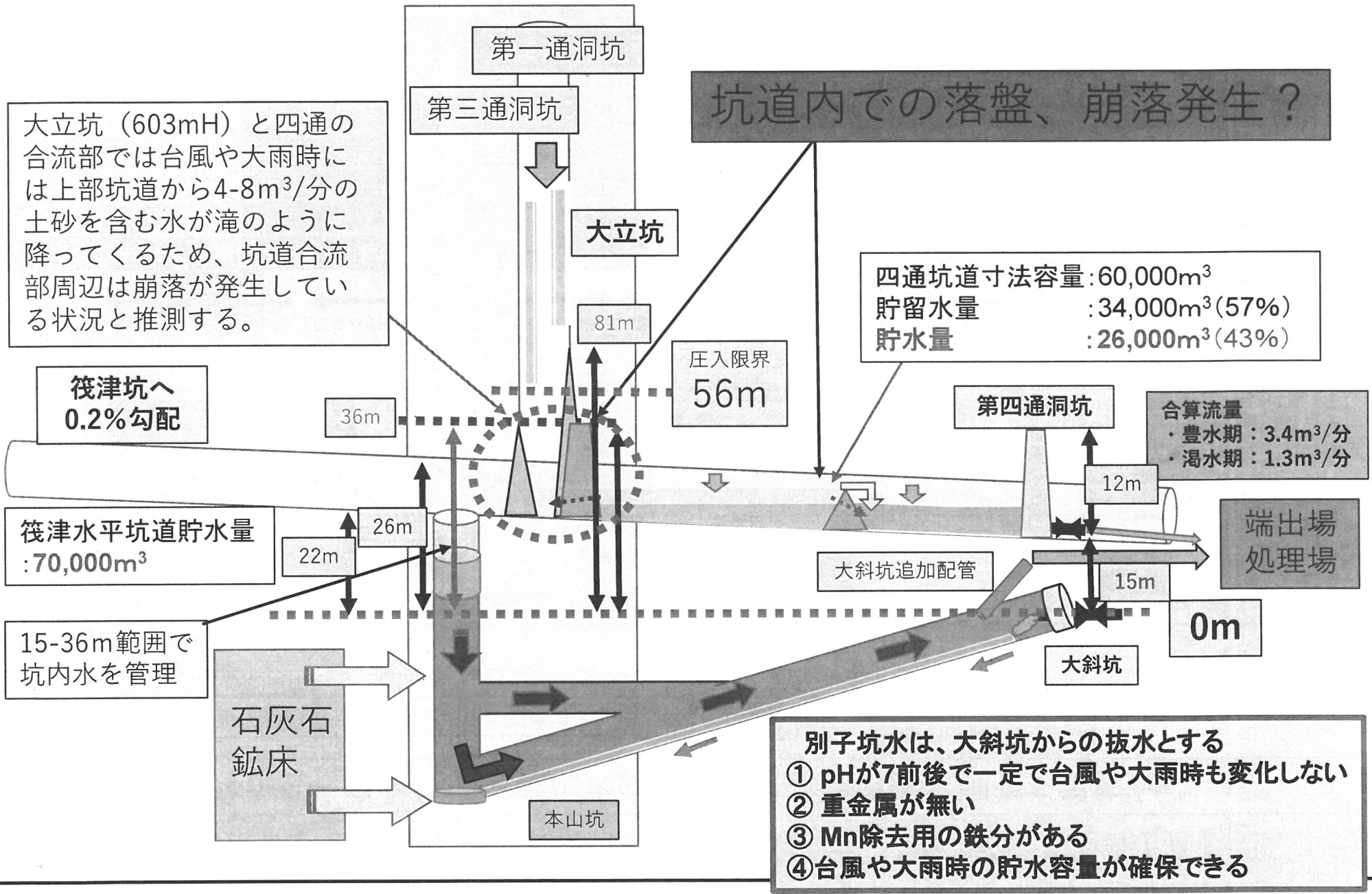
四通プラグ



大斜坑プラグ

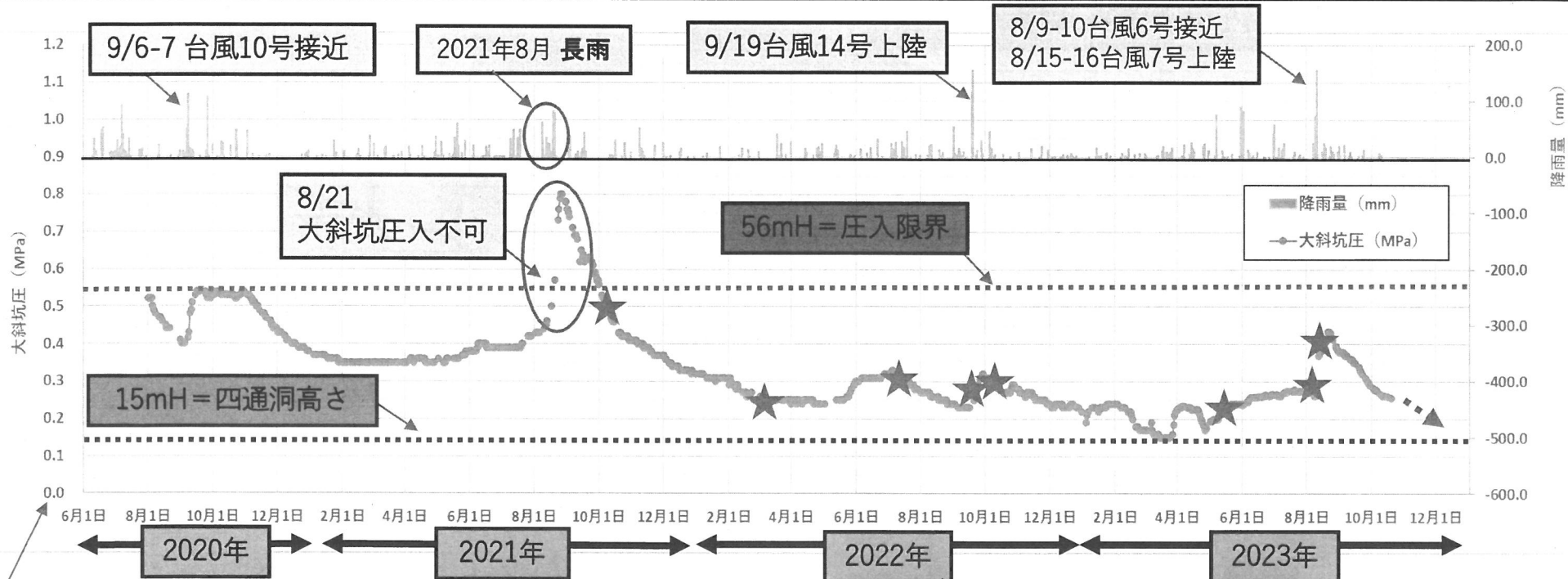


6. 大斜坑・第四通洞坑 (坑内の想定状況)

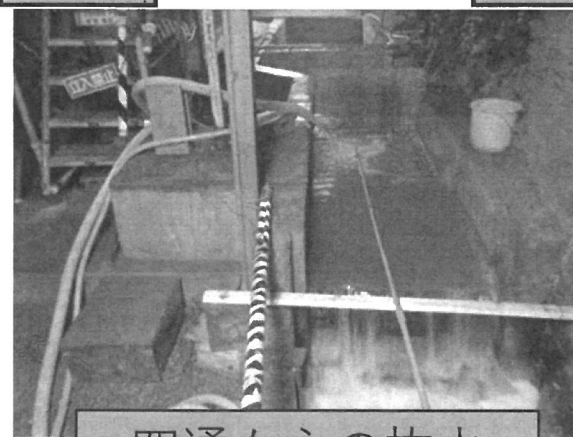


7. 大斜坑／四通（原水）水質状況（2021/10～2022/10）

2021年10月から一定水位低下毎に大斜坑と第四通洞の原水調査を実施(★)



大斜坑からの抜水



四通からの抜水

7. 大斜坑／四通(原水) 水質狀況 (2021/10~2023/8)

坑水名	大斜坑压	pH	Fe	Mn	Cu	Zn	Cd	As	Pb	F	B	COD
大斜坑 原水	20211004 0.53MPa	7.1	5.8	2.2	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.8	<1	1
	20220301 0.25MPa	7.2	6.5	2.8	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.8	<1	1
	20220712 0.30MPa	7.0	6.1	2.4	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	<0.01	1.0	<1	2
	20220921 0.23MPa	7.1	3.8	2.3	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.8	<1	1
	20221004 0.31MPa	7.0	3.1	2.3	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.8	<1	1
	20230517 0.23MPa	7.1	3.6	2.4	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.8	<1	1
大斜坑 原水 20230802	0.28MPa	7.1	4.0	2.9	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.8	<1	2
第四通洞 原水	水 20180105	7.7	2.6	2.7	0.37	0.48	0.002	<0.01	<0.01	0.6	1	2
	水 20211220 0.35m	7.7	0.9	2.0	0.22	0.41	<0.01	<0.01	<0.01	<0.8	<1	1
	水 20220301 0.31m	7.9	0.3	1.8	0.09	0.40	<0.01	<0.01	<0.01	<0.8	<1	1
	水 20220712 2.64m	7.6	0.2	1.3	<0.05	0.20	<0.01	<0.01	<0.01	<0.8	<1	1
	水 20220921 0.31m	7.9	2.2	1.7	<0.05	0.28	<0.01	<0.01	<0.01	<0.8	1	1
	水 20221004 0.33m	7.2	0.4	3.3	0.96	2.7	<0.01	<0.01	<0.01	<0.8	1	1
	水 20230517 7.72m	7.0	<0.1	<0.05	<0.05	0.24	<0.01	<0.01	<0.01	<0.8	1	1
	第四通洞 原水 20230802	8.52m	6.7	<0.1	0.69	0.15	2.3	<0.01	<0.01	<0.01	<0.8	1
第四通洞 原水 20230817	5.70m	6.3	0.6	2.3	0.63	3.0	0.01	<0.01	<0.01	<0.8	<1	1
排水基準		5.0-9.0	10	10	3	2	0.03	0.1	0.1	8	10	160

		(mg/ℓ)										
		Na	K	Mg	Ca	Al	Si	Cl	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	遊離炭酸	SO ₄ ²⁻
大斜坑 原水	61	6.7	95	290	<0.2	23	10	<1	310	26	970	
	69	7.4	100	320	<0.2	25	7	<1	320	49	1000	
	65	6.5	99	310	<0.2	23	6	<1	320	29	970	
	56	6.0	96	290	<0.2	27	6	<1	300	<2	960	
	54	6.4	96	280	<0.2	21	6	<1	301	<2	970	
	55	6.8	97	300	<0.2	24	6	<1	280	11	960	
	53	5.9	100	330	<0.2	23	6	<1	250	12	1000	
第四通洞 原水	67	7.0	98	320	0.91	11	12	<1	250	11	1100	
	60	6.8	96	310	0.3	21	15	<1	310	17	1000	
	61	7.4	92	320	<0.2	21	28	<1	200	6	1000	
	68	6.9	95	310	<0.2	21	26	<1	240	9	1000	
	78	9.3	85	340	<0.2	26	63	<1	160	<2	1100	
	43	6.5	95	330	<0.2	17	19	<1	100	<2	1200	
	100	12	84	330	<0.2	17	100	<1	170	7	1000	
	110	13	95	410	<0.2	24	100	<1	180	30	1200	
78	11	89	350	<0.2	28	66	<1	120	2	1200		

8. 別子坑水のまとめ

- ① 別子鉱水(=坑水)は、硫酸塩系(SO₄²⁻)と炭酸水素塩系(HCO₃⁻)の混合水。
- ② 上部坑道の硫化鉱床からくる水(酸性)と地下の石灰石鉱床からの水(アルカリ性)と反応して中和・無害化の事象を利用した大斜坑からの坑水を排水し、操業を行う。
- ③ 大斜坑水のpHは7前後(6.9~7.2)でほぼ一定、台風等の影響無し。
- ④ 大斜坑からの坑水には、Fe、Mn以外の重金属は一切含まれていない。
- ⑤ Na、K、Mg、Caが含まれるミネラル豊富な水である。

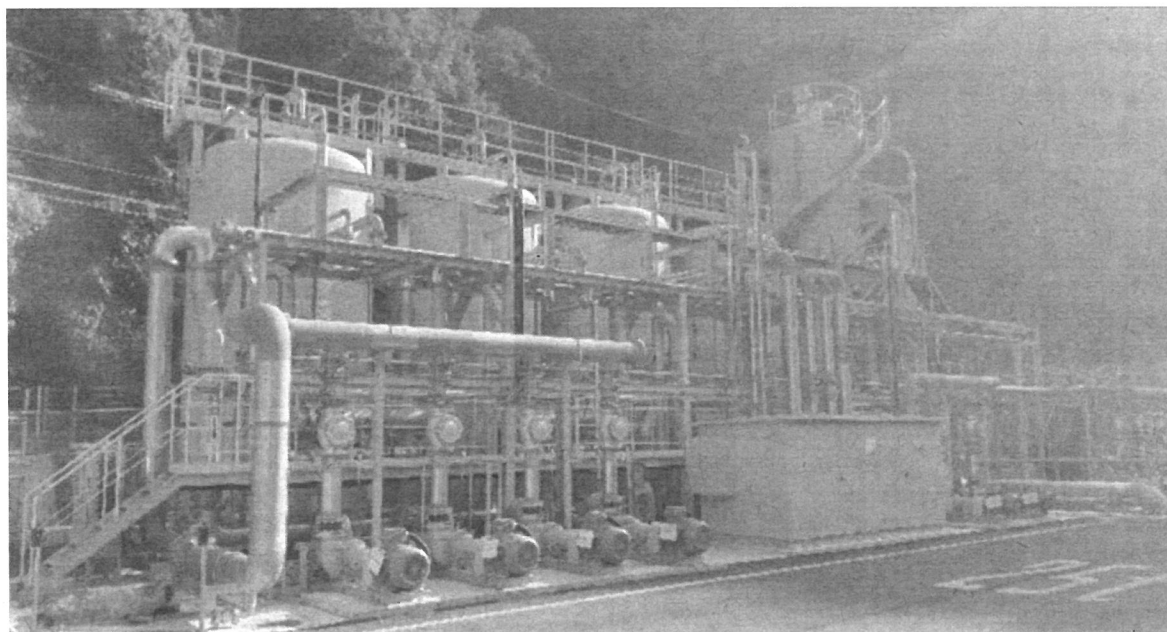
鉱山名	坑廃水名	pH	Fe	Mn	Cu	Zn	Cd	As	Pb	F	B	COD
別子鉱山	大斜坑 原水 20221004	7.0	3.1	2.3	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.8	<1	1.0
	端出場処理後水 20230523	8.0	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	—	—	—	—	—	—
マイントピア	鉱泉水	6.4	16.7	1.7	<0.01	0.098	<0.001	<0.001	<0.001	0.6		
		7.1	16.3	<0.005	<0.005	0.024	<0.0005	<0.005	<0.001	0.5		
排水基準値		5.8-8.6	10	10	3	2	0.03	0.1	0.1	8	10	(10)

排水基準値超過

											(鉱泉水: mg/kg)		(mg/l)	
K	Na	Mg	Ca	Al	Si	Cl	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	遊離炭酸	SO ₄ ²⁻				
54	6.4	96	280	<0.2	21	6	<1	301	<2	970				
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
107	1261	65	315	0.2		1472	0.4	2176	1321	8				
112	1282	59	367	<0.05		1565	2.5	2361	287	5				
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				

9. 端出場処理場の今後

- 端出場処理場での処理データ(水質結果)を蓄積し、安全安心な処理場であることを検証し、河川放流を目指す。
- 抜水と殿物圧入の連続運転による安定操業化。
- 出来る限り操業コストの削減(薬剤使用ミニマム・定期メンテミニマム・自動運転の導入)する。





MINING THE FUTURE

<https://www.smm.co.jp/>

