

4-4 廃水処理試験 II・・・連続試験

基礎試験の結果から、酸性廃水の中和剤として、高アルカリ性の選鉱尾鉱分級溢流を利用できることが判った。しかも、尾鉱中に含まれる選鉱由来の消石灰分のみならず、尾鉱溢流中の固形分に含まれるアルカリ成分（炭酸カルシウムと思われる）も有効に中和剤として活用することを考え、新しい廃水処理施設として尾鉱溢流を利用した中和処理プロセスを想定して、室内連続中和試験を計画した。

基本的には日本でも実績のある炭酸カルシウム・消石灰二段中和法から、一段目では中和pHを4程度に制御して、尾鉱中の炭酸カルシウムの反応を促進し、二段目ではpH 9を目標として、尾鉱中の消石灰分による中和反応を行うものである。

従って、試験の主な目的は基礎試験で認められたように、一段目の反応が連続試験でも成立し、尾鉱中の炭酸カルシウムが中和反応に役立っていることが確認されることである。このため、炭酸カルシウムの分析法についても検討を行った。

連続試験は1993年9月と、翌1994年7月の二回に亘って行った。両者の間には、使用した酸性水水質が異なること、炭酸カルシウムの分析法も異なるので、それぞれ、順に従って説明する。

4-4-1 連続試験（1993年9月試験）

（1）酸性廃水

試験に使用した酸性廃水は、基礎試験の場合と同様に、混合酸性水を調合して試験に共したが、酸性水発生量の見直しにより混合比率を変更した。

即ち、2003年、豊水型、リーチング銅生産規模 4000t/年は変更がないが、混合比率は以下のように変わった。

試験年月	条 件	混合比率
1993.9.	2003年、豊水、Cu4000t/年	楊桃場 (a) : 露天掘 (b) : リーチング (c) = 1:1.8:0.7
1993.6.7	〃 〃 〃	〃 〃 〃 = 1:3.4:1.1

試験に使用した酸性水の水質を、「表 4-4-1 混合酸性水の水質」に示す。

(2) 炭酸カルシウムの分析方法

分析法としては、JISR910「セッコウの化学分析法」記載の二酸化炭素の定量法を採用した。具体的には塩酸で試料を分解し、生成した二酸化炭素を塩化バリウムと水酸化ナトリウム溶液中に吸収させ、塩酸標準液で滴定する方法である。従って、厳密には炭酸カルシウムに限らず、他の炭酸塩類の二酸化炭素分も同時に定量していることになる。

(3) 予備試験

連続試験を開始するまえに予備試験として、回分試験により、尾鉱溢流中の炭酸カルシウムの反応率が、滞留時間によってどのように変化するか調査した。即ち、尾鉱溢流としては第一、二選鉱および第三選鉱を使用し、混合液のpH値を4に維持しながら混合時間を15分、30分、60分に変えて、その時の炭酸カルシウムの消費の程度を調べた。また、純度98%の工業用炭酸カルシウムを用い、同様にその反応率を調査した。

試験の結果は、「表 4-4-2 分級溢流中のCaCO₃の中和反応試験(第一、二選鉱尾鉱溢流)」、「表 4-4-3 分級溢流中のCaCO₃の中和反応試験(第三選鉱尾鉱溢流)」および「表 4-4-4 工業用CaCO₃の中和反応試験」に示す。

これらの試験の結果から、第一、二選鉱尾鉱溢流の場合は、15分の攪拌時間で反応率が約50%、第三選鉱尾鉱溢流の場合は約65%程度の反応率に達するが、その後、30分、60分と攪拌時間を長くしても、炭酸カルシウムの反応率には、顕著な差が認められなかった。

一方、上澄水中の各成分をみると、「表 4-4-2」では攪拌時間によって、TFeおよび8.4AXは次第に低下していることが認められる。SO₄²⁻は逆に上がっているが、これは炭酸カルシウム中のCaが酸性水中のSO₄²⁻と反応して石膏を生成するが、まだ、イオンの形(Ca²⁺+SO₄²⁻)で中和液中に存在するためと考えられる。これは、「表4-4-4」の試験結果として、上澄水中のCa²⁺が反応時間とともに増加していることから裏付けられる。

「表 4-4-3」では上澄水の各成分の反応状態が滞留時間と逆転しているが、これは理論的に成立しないことであり、多分、攪拌時間15分と60分の試料の取り違いによるものではないかと考えられる。

「表 4-4-4」では、「表 4-4-2」と同様な反応が認められる。

反応速度の面からみると、反応時間15分までは急激に反応が進むが、その後は反応速度が緩やかになる。

これは、尾鉍溢流中には中和剤として炭酸カルシウムだけではなく、消石灰も含まれているためpH値が上がりやすく、pHが4近くになると炭酸カルシウムの反応が進み難くなるためと考えられる。

工業用炭酸カルシウムを使用した場合は、反応率は80%を超えており、尾鉍溢流とは異なり、消石灰分が入っていない分だけ反応率が高くなったものと考えられる。

(4) 連続試験装置

混合酸性水と尾鉍溢流は、ともに定量ポンプで一段目の混合用容器に送られる。一段目で中和された混合液は、落差により二段目の混合用容器に入る。この二段目の容器には、さらに定量ポンプで尾鉍溢流が供給される。

容器の大きさとしては、一段目の容器に6000mL(200mm径×250mm高さ)、二段目には200mLの樹脂製容器を使用した。それぞれの容器は機械攪拌機により攪拌し、pH計をセットして連続でpHを測定した。

定量ポンプの流量は50～350mL/分程度であり、混合量としても最大550mL/分程度の規模の室内連続試験装置である。

一段目の酸性廃水と尾鉍溢流の混合比は、予備試験の結果に基づいて1:2～3程度とし、滞留時間は混合容器の容量に対し定量ポンプの流量を調節して設定した。また、一段目のpH値は4、二段目は9になるように定量ポンプの流量を微調整した。

(5) 試験条件

一段目の中和における滞留時間として30分と60分の場合、尾鉍溢流の種類として、第一、二選鉍(西方分級)および第三選鉍(東方分級)の場合、一段目に工業用炭酸カルシウムを使用した場合、二段目に生石灰を使用した場合、一段だけでpHを9にした場合、等の条件により試験した。試験No.とその試験条件を、「表4-4-5 連続試験条件」に示す。

(6) 試験結果

それぞれの試験条件毎に連続中和試験結果は、「表4-4-6～4-4-12 中和処理連続試験結果表(試験No.1～No.6B)1993.9.試験」(資料集参照)に示す。

これらの試験結果から、各段の混合比、一段目における炭酸カルシウムの反応率、その他中和剤の使用量等をまとめれば、「表4-4-13 連続試験結果一覧表」に示すようになる。

一段目の中和反応でpHを4に制御（保持）したときに、酸性水量に対する尾鉍溢流の混合割合は、連続試験の範囲では1.6～3.0であり、平均値としては2.3となる。

二段目では同様に、PHを9に制御すると、その割合は2.9～7.88で平均値は5.2である。合計の混合比では4.5～10.8で平均値は7.7、ほぼ8となる。

次に、炭酸カルシウムの反応率は当初尾鉍溢流中のCaCO₃が、一段中和後の残査中の分析の結果から、その減少分が反応したものとすれば、ほぼ40～60%となっており、回分試験の結果からみると、若干低いながらもほぼ同様な結果が得られている。

二段目のpH4から9に中和するとき、尾鉍溢流の代わりに消石灰を使用すれば、酸性水1Lに対し4.3g（CaO化学薬品97%純度）を必要とする。（試験No.4）逆に一段目で工業用炭酸カルシウム（98%純度）だけで中和した場合は、pH4まで中和するため、10g/L必要とする。（試験No.5）

試験No.6A,Bは、二段中和でPH9まで中和する場合と、一挙にPH9まで一段で中和する場合の比較を行ったもので、尾鉍溢流の混合比は二段の4.5に対し、一段中和では6.6となり、約5割増しとなり、炭酸カルシウムの反応率も4%となって殆ど中和には関与していない。pHが急激に4を超えて中性からアルカリ性になると、炭酸カルシウムは殆ど反応しないことを示している。

攪拌反応時間については、一段目で30分（試験No.1）と60分（試験No.2）との比較を行ったが、回分試験の場合と同様に、両者間には差が認められなかった。

次に中和殿物の沈降性についてみると、基礎試験で行った炭酸カルシウム・消石灰による二段中和に比較して尾鉍溢流による二段中和は沈降速度が上回っている。

即ち前者は沈降速度が0.036mm/sec.に対し、後者の試験No.1,2,3,6Aではいずれの場合も速度が大きく、平均値では0.046mm/sec.である。さらに安定容積も沈降速度と同様に、より安定した結果となっている。

また、二段中和後の上澄水、即ち排水の水質も詳しく分析した結果は、「表 4-4 -14 連続試験分析一覧表」に示す通りであり、徳興銅鉍の排水基準をいずれの成分についても十分下回っている。

表 4-4-1 連続中和試験に使用した混合酸性水の水質(1993年9月試験)

2003年、豊水型、リチング 銅 4000t/年

(楊桃場:露天掘:リチング 廃液=1:1.8:0.7)

(単位:ppm)

試験No.	pH	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	8.4AX
1	2.10	79.2	2557	194	524	329	9138	13000
2	2.08	82.8	2618	321		347	10784	10140
3	2.20	81.9	2638	114	340	346	10702	10075
4	2.08	60.1	2596	102		340		
平均値	2.12	76.0	2602	183	432	341	10208	11072

表 4-4-2 分級溢流中のCaCO₃の中和反応試験 (第一、二選鉱尾鉱溢流)

混合酸性水(2003年、4000t/y, 豊水年) 1L									
	pH	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	Al ³⁺	SO ₄ ²⁻	8.4AX	SS	
ppm	2.1	75.1	2771	323		11154	10270	953	
g		0.08	2.72	0.3		11.15	10.27	1.0	

第一、二選鉱尾鉱分級溢流 流量 2L, 水量 1.9L							
	pH	Cu	TFe	CaCO ₃	4.3AX	SS	液比重
ppm	11.4	77	7886	6120	6197	166365	1.115
g		0.15	15.77	12.24	12.39	333	

混合酸性水

中和剤 - 分級溢流 (第一、二選)

攪拌時間 (15, 30, 60分)

pH 4

上澄水

時間 15分 流量 2.9 L						
	pH	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	SO ₄ ²⁻	8.4AX
ppm	4.58	0.35	147.5	55.6	2881	1300
g		0.001	0.42	0.16	8.4	3.8

残渣

時間 15分 375g					
	Cu	TFe	CaCO ₃	CaCO ₃ 消費量	CaCO ₃ 利用率 (%)
%	0.08	4.9	1.59		
g	0.3	18.4	5.96	6.28	51.3

時間 30分 流量 2.9 L						
	pH	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	SO ₄ ²⁻	8.4AX
ppm	4.98	1.90	113.5	43.7	3334	390
g		0.001	0.33	0.13	9.7	1.1

時間 30分 365g					
	Cu	TFe	CaCO ₃	CaCO ₃ 消費量	CaCO ₃ 利用率 (%)
%	0.07	4.9	1.53		
g	0.2	17.9	5.58	6.66	54.4

時間 60分 流量 2.9 L						
	PH	Cu	TFe	Fe ²⁺	SO ₄ ²⁻	8.4AX
ppm	5.28	1.26	96.5	39.7	3622	195
g		0.001	0.28	0.12	10.5	0.6

時間 60分 375g					
	Cu	TFe	CaCO ₃	CaCO ₃ 消費量	CaCO ₃ 利用率 (%)
%	0.07	5.1	1.63		
g	0.3	19.0	6.11	6.13	50.1

表 4-4-3 分級溢流中のCaCO₃の中和反応試験 (第三選鉱尾鉱溢流)

混合酸性水(1996年、2000t/y, 濁水年) 1L								
	pH	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	Al ³⁺	SO ₄ ²⁻	8.4AX	SS
ppm	2.1	57.2	2554	179	445	9529	9620	1431
g		0.06	2.55	0.18	0.4	9.53	9.62	1.4

第三選鉱尾鉱分級溢流 流量 1.75 L, 水量 1.63L							
	pH	Cu	TFe	CaCO ₃	4.3BX	SS	液比重
ppm	11.4	35.3	7204	3267		176500	1.106
g		0.06	12.61	5.72		309	

混合酸性水
中和剤
分級溢流 (第三選)

攪拌時間 (15, 30, 60分)
pH 4

上澄水
残渣

時間 15分 流量 2.63L						
	pH	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	SO ₄ ²⁻	8.4AX
ppm	3.87	5.27	241	14.0	3334	1170
g		0.01	0.63	0.04	8.8	3.08

時間 15分 330g					
	Cu	TFe	CaCO ₃	CaCO ₃ 消費量	CaCO ₃ 利用率 (%)
%	0.03	4.74	0.61		
g	0.1	15.5	2.01	3.71	64.9

時間 30分 流量 2.63L						
	pH	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	SO ₄ ²⁻	8.4AX
ppm	3.97	12.0	327	9.53	3087	1170
g		0.03	0.86	0.03	8.12	3.08

時間 30分 340g					
	Cu	TFe	CaCO ₃	CaCO ₃ 消費量	CaCO ₃ 利用率 (%)
%	0.03	4.90	0.61		
g	0.1	16.7	2.07	3.65	63.8

時間 60分 流量 2.63L						
	pH	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	SO ₄ ²⁻	8.4AX
ppm	4.00	12.3	344	13.8	2758	1235
g		0.03	0.90	0.04	7.3	3.2

時間 60分 335g					
	Cu	TFe	CaCO ₃	CaCO ₃ 消費量	CaCO ₃ 利用率 (%)
%	0.04	4.57	0.55		
g	0.1	15.3	1.84	3.88	67.8

表 4-4-4 工業用CaCO₃の中和反応試験

混合酸性水(2003年、4000t/y, 豊水年) 6.0L						混合酸性水																												
	pH	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	8.4AX	中和剤 --- 工業用CaCO ₃ 攪拌時間(15, 30, 60分) pH 4																												
ppm	1.91		2638	105	10270																													
g			15.8	0.63	61.62																													
工業用CaCO ₃ 58.8g (CaCO ₃)						上澄水																												
重量	添加量	CaCO ₃					残渣																											
g	g/l酸性水	%																																
60	10	98																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>時間</td> <td>15分</td> <td>流量</td> <td colspan="4">6.0L</td> </tr> <tr> <td></td> <td>pH</td> <td>Cu²⁺</td> <td>TFe</td> <td>Fe²⁺</td> <td>Ca²⁺</td> <td>8.4AX</td> </tr> <tr> <td>ppm</td> <td>3.63</td> <td></td> <td>133</td> <td>5.7</td> <td>709</td> <td>2535</td> </tr> <tr> <td>g</td> <td></td> <td></td> <td>0.80</td> <td>0.03</td> <td>4.25</td> <td>15.2</td> </tr> </table>							時間	15分	流量	6.0L					pH	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	Ca ²⁺	8.4AX	ppm	3.63		133	5.7	709	2535	g			0.80	0.03	4.25	15.2
時間	15分	流量	6.0L																															
	pH	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	Ca ²⁺	8.4AX																												
ppm	3.63		133	5.7	709	2535																												
g			0.80	0.03	4.25	15.2																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>時間</td> <td>15分</td> <td colspan="5">60 g</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Cu</td> <td>TFe</td> <td>CaCO₃</td> <td>CaCO₃消費量(g)</td> <td>CaCO₃利用率(%)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>%</td> <td></td> <td>19.2</td> <td>13.47</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>g</td> <td></td> <td>11.5</td> <td>8.08</td> <td>50.72</td> <td>86.3</td> <td></td> </tr> </table>							時間	15分	60 g						Cu	TFe	CaCO ₃	CaCO ₃ 消費量(g)	CaCO ₃ 利用率(%)		%		19.2	13.47				g		11.5	8.08	50.72	86.3	
時間	15分	60 g																																
	Cu	TFe	CaCO ₃	CaCO ₃ 消費量(g)	CaCO ₃ 利用率(%)																													
%		19.2	13.47																															
g		11.5	8.08	50.72	86.3																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>時間</td> <td>30分</td> <td>流量</td> <td colspan="4">6.0L</td> </tr> <tr> <td></td> <td>pH</td> <td>Cu²⁺</td> <td>TFe</td> <td>Fe²⁺</td> <td>Ca²⁺</td> <td>8.4AX</td> </tr> <tr> <td>ppm</td> <td>3.78</td> <td></td> <td>132</td> <td>9.9</td> <td>869</td> <td>1950</td> </tr> <tr> <td>g</td> <td></td> <td></td> <td>0.79</td> <td>0.06</td> <td>5.21</td> <td>11.7</td> </tr> </table>							時間	30分	流量	6.0L					pH	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	Ca ²⁺	8.4AX	ppm	3.78		132	9.9	869	1950	g			0.79	0.06	5.21	11.7
時間	30分	流量	6.0L																															
	pH	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	Ca ²⁺	8.4AX																												
ppm	3.78		132	9.9	869	1950																												
g			0.79	0.06	5.21	11.7																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>時間</td> <td>30分</td> <td colspan="5">88g</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Cu</td> <td>TFe</td> <td>CaCO₃</td> <td>CaCO₃消費量(g)</td> <td>CaCO₃利用率(%)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>%</td> <td></td> <td>14.4</td> <td>12.63</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>g</td> <td></td> <td>12.7</td> <td>11.11</td> <td>47.69</td> <td>81.1</td> <td></td> </tr> </table>							時間	30分	88g						Cu	TFe	CaCO ₃	CaCO ₃ 消費量(g)	CaCO ₃ 利用率(%)		%		14.4	12.63				g		12.7	11.11	47.69	81.1	
時間	30分	88g																																
	Cu	TFe	CaCO ₃	CaCO ₃ 消費量(g)	CaCO ₃ 利用率(%)																													
%		14.4	12.63																															
g		12.7	11.11	47.69	81.1																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>時間</td> <td>60分</td> <td>流量</td> <td colspan="4">6.0L</td> </tr> <tr> <td></td> <td>pH</td> <td>Cu²⁺</td> <td>TFe</td> <td>Fe²⁺</td> <td>Ca²⁺</td> <td>8.4AX</td> </tr> <tr> <td>ppm</td> <td>3.90</td> <td></td> <td>128</td> <td>5.7</td> <td>1495</td> <td>1311</td> </tr> <tr> <td>g</td> <td></td> <td></td> <td>0.76</td> <td>0.03</td> <td>8.97</td> <td>7.9</td> </tr> </table>							時間	60分	流量	6.0L					pH	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	Ca ²⁺	8.4AX	ppm	3.90		128	5.7	1495	1311	g			0.76	0.03	8.97	7.9
時間	60分	流量	6.0L																															
	pH	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	Ca ²⁺	8.4AX																												
ppm	3.90		128	5.7	1495	1311																												
g			0.76	0.03	8.97	7.9																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>時間</td> <td>60分</td> <td colspan="5">90g</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Cu</td> <td>TFe</td> <td>CaCO₃</td> <td>CaCO₃消費量(g)</td> <td>CaCO₃利用率(%)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>%</td> <td></td> <td>13.0</td> <td>10.61</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>g</td> <td></td> <td>11.7</td> <td>9.55</td> <td>49.25</td> <td>83.8</td> <td></td> </tr> </table>							時間	60分	90g						Cu	TFe	CaCO ₃	CaCO ₃ 消費量(g)	CaCO ₃ 利用率(%)		%		13.0	10.61				g		11.7	9.55	49.25	83.8	
時間	60分	90g																																
	Cu	TFe	CaCO ₃	CaCO ₃ 消費量(g)	CaCO ₃ 利用率(%)																													
%		13.0	10.61																															
g		11.7	9.55	49.25	83.8																													

表 4-4-5 連続試験条件(1993年9月)

試験 No.	酸性水	中和剤		滞留時間 (分)		備考
		一段目	二段目	一段目	二段目	
1	混合酸性水 (2003年 豊水年 リチウム 銅 4000t/年)	東方分級	東方分級	30	5	
2		東方分級	東方分級	60	10	
3		西方分級	西方分級	60	10	
4		東方分級	CaO	60	10	
5		CaCO ₃	東方分級	60	10	
6A		東方分級	東方分級	60	10	
6B		東方分級	—	30	0	一段pH 9

表 4-4-13 連続試験結果一覧表(1993年9月)

試験 No.	混合比(尾鉱溢流/酸性水)			実滞留時間(分)		CaCO ₃ 品位(%)		CaCO ₃ 反応率 (%)
	一段目	二段目	計	一段目	二段目	尾鉱溢流	一段中和残渣	
1	3.0	6.8	9.8	30	3.7	2.75	1.18	57
2	2.2	7.9	10.1	75	7.2	2.75	1.10	60
3	2.1	3.7	5.8	48	7.3	3.75	2.43	35
4	2.4	CaO 4.3 g/L		47	12.6	1.91	0.97	49
5	CaCO ₃ 10 g/L	2.1		63	10.0	98.0	0.06	99
6A	1.6	2.9	4.5	51	8.0	6.09	3.50	42
6B	6.6	0	6.6	28	0	6.09	5.85	4

表 4-4-14 連続試験分析一覧表

(単位:ppm)

成分	混合酸性水	排水 (上澄水)	排水基準	備考
pH	2.08	9.0	6~9	()は試験データの の平均値
Cu	76.11	0.21	2	
Fe ²⁺	146.70	(0.26)		
TFe	2615.02	0.39		
Al	568.21	3.98		
As	0.22	0.01	0.5	
Cr ⁺⁶			0.5	
SO ₄ ²⁻	10208.0	919.67		
Cl ⁻				
PO ₄ ³⁻				
Ca	308.23	660.51	1.0	
Mg	484.09	31.19		
S ⁻²		未検出		
NO ₃ ⁻				
Pb	0.78	0.24	1.0	
Mn	4.57	0.08	1.0	
Ni	0.46	0.11		
Cd	0.08	0.04		
Zn	0.33	0.28		
K	38.42	56.75		
Na	2.73	12.85	150	
Mo	0.23	0.24		
COD	38.34	24.72		
8.4AX	10725.0			
4.3BX				
SS				300

4-4-2 室内連続試験(1994年7月試験)

1993年9月の連続試験では、二段中和によっても酸性水に対し、尾鉱溢流量が8倍程度必要であり、消石灰を補充添加する必要が認められた。

しかし、連続試験の回数が少なく、炭酸カルシウムの分析値データも少なくバラツキが認められたため、試験精度を高めることに重点を置いて再確認連続試験を計画した。

炭酸カルシウムの分析法としては、操作が簡単で、分析数を多く処理できる方法としていわゆる「シュレッター法」を採用することに変更した。この分析法はJISK 1451「炭酸水素アンモニウム」の品質規格中に規定されている。具体的には試料中の炭酸カルシウムを硫酸で分解し、発生する炭酸ガスを除去するが、この前後における試料の重量減を0.1mg単位で精密に測定し、炭酸ガスの量を直接分析する重量法である。

連続中和試験装置は前回の場合と全く同様であるが、装置の操作法としては前回の試験の経験から、流量測定の手数を増やすとともに、流量を二重にチェックする方法を採用し、試験の信頼度を確保することとした。

(1) 酸性廃水

試験に使用した酸性廃水は前回と同様、混合酸性水を調合して使用したが、中国側の設計条件の変更により、ダンプリーチングによる電気銅の生産高を前回の4000t/年から2000t/年に半減することとして調合した。即ち、前回と比較すれば下表のようになる。

試験年月	条 件	混 合 比 率
1994.7.	2003年、豊水、Cu2000t/年	楊桃塢(a):露天掘(b):リーチンク'(c)=1:1.3:0.3
1993.9.	2003年、豊水、Cu4000t/年	〃 〃 〃 =1:1.8:0.7

この結果、最も酸性度の強いリーチング銅抽出廃液量が半減したため、混合酸性水の水質も前回の試験に比較すれば異なっている。

試験に実際に使用した混合酸性水の水質を、「表 4-4-15 連続中和試験に使用した

混合酸性水の水質(1994年7月試験)」に示す。前回の試験に使用した混合酸性水の水質は既に「表 4-7-5」に示してあるが、酸性水の水質を代表する8.4AX値で比較すれば、前回の 11000 (ppm)に対し今回は 8000 (ppm)台と低くなっている。

なお、今回は楊桃場の廃水として、酸性水貯水ダムの最上流部から試料を採取したため、銅濃度が200ppmと高く、混合酸性水の銅濃度もその分高く現れている。また、第一鉄も同様に、楊桃場酸性水が1000 (ppm)と前回より高かったため、混合酸性水中の第一鉄濃度も350 (ppm)と高くなっている。

(2) 試験条件

一次中和における滞留時間を確認するため、同じ試料を使用し滞留時間を、10分、30分、60分と変えて、尾鉍溢流中の炭酸カルシウムの反応を試験する。前回は定量ポンプによる給液量を変えることによって滞留時間を設定したが、尾鉍溢流の流量を変えることは流量変動しやすいので、逆にポンプ流量は一定として、混合容器の大きさを変えることで滞留時間を設定した。

次に、尾鉍溢流の採取日の異なる試料を使用し、酸性水に対する混合比がどのようになるか試験した。同時に、尾鉍溢流が不足することを考慮して、二次中和に消石灰を添加してその使用量がどの程度になるか試験した。

この他に、一段目に炭酸カルシウム(化学品)を添加した場合の添加量、一次の攪拌を空気で行った場合、二段中和に対し一段でpH9に中和した場合の比較試験等を行った。

さらに、尾鉍溢流の実態を調査するため、東西の分級溢流を日別に採取し、濃度、粒度、pH、4.3BX、CO₂ (CaCO₃)等の成分分析を行った。

(3) 試験結果

各回の試験結果のデータを示せば、「表 4-4-16 中和処理連続試験結果表(滞留1)」から、「表 4-4-30 中和処理連続試験結果表(一段中和 1)」の15回分になる。(資料集参照)

さらに、各回の試験結果表に基づいて量的バランス表を作成した。その結果は、「表4-4-31 連続中和試験バランスシート(滞留 1)」から、「表 4-4-45 連続中和試験バランスシート(一段中和 1)」までである。(資料集参照)

このバランスシート作成の際は、測定値をそのまま使用することを優先したため、

単位操作前後で量的に差が認められるが、これは試験の誤差を表すものとしてそのまま示してある。なお、量的表現としては一日当たりの量に換算して示してある。

全体の試験結果を一覧表で示せば、「表 4-4-46 連続中和試験総括表」になる。

(a) 滞留時間

一次中和における滞留時間を調査するため、滞留時間を変えて行った試験の結果だけをバランスシートから抜き出して纏めれば、「表 4-4-47 一次中和の滞留（反応）時間と炭酸カルシウムの反応率」、および「図 4-4-1 一次中和の滞留時間とCaCO₃の反応率」に示す通りである。

この試験の結果では、酸性水に対する尾鉱溢流量の混合比が0.8~1.0でpHが4になり、尾鉱溢流中の炭酸カルシウムは、滞留時間が10分程度で1/3の約30%しか反応せず、（滞留1）、30分の滞留時間では1/2の約50%となり（滞留2）、60分の滞留時間では約60%台の反応とみられる（滞留3-1）。

この試験のバランス計算から、滞留時間30分の場合、添加した溢流中の固形分重量より一次中和澱物中の固形分重量が7%程度少なくなっているため、表中の()にこの誤差分を修正し、炭酸カルシウムの反応率を再計算して表示した。また逆に60分の場合は、中和澱物中の固形分重量が18%多く（滞留3）、誤差として大きすぎるため再試験を実施した。尾鉱溢流の採取日が異なるが、反応率は約64%であった（滞留3-1）。

このように滞留時間を延ばしても、炭酸カルシウムの反応率が高くないのは、炭酸カルシウムは消石灰よりも難溶性であるため、（消石灰溶解度0.117g/100gH₂O (20° C)、炭酸カルシウム溶解度6.5mg/100gH₂O (20° C)）液・液反応よりも固・液反応となる。炭酸カルシウムは、硫酸酸性廃水中でその表面に石膏（CaSO₄）の皮膜を生じ、反応が進み難いことと、炭酸カルシウムは遊離硫酸との反応であるから、尾鉱中に共存する消石灰が優先的に遊離硫酸と反応してしまうので、炭酸カルシウムの反応が進まなくなるものと考えられる。

今回の連続試験の結果からは、滞留時間が10~30分の範囲でも、炭酸カルシウムの反応率は、50%程度になっていた可能性もあるが、反面、まだ未反応の炭酸カルシウムも多いので、少なくとも、滞留時間は30分を見込むのが安全と考えられる。

(b) 混合比

試験全体を通して、一次中和における酸性水と尾鉍溢流の混合比は平均1.0であり、範囲としては0.8~1.3となる。また、炭酸カルシウムの消費量は、30分の滞留時間の試験の平均値として酸性水に対し5g/l (5kg/m³)となる。

二次中和の混合比は試験の結果から(混合 1~4)、2.4~7.0と一次中和に比較すると変化の幅が広い。これは中和剤としての尾鉍溢流のアルカリ度の程度に幅があるためと考えられる。尾鉍溢流のpHと二次中和の混合比の関係を示せば、「図 4-4-2 溢流pHと二次混合比の関係」の通りである。

また、酸性廃水の8.4AXと尾鉍溢流の4.3BXの比に対する、二次中和の混合比の関係を示せば、「図 4-4-3 溢流(4.3BX)/酸性水(8.4AX)と二次混合比の関係」に示す通りである。

二次中和で尾鉍溢流が不足の場合を考慮して、消石灰(CaO)の添加量の試験を行った(CaO 1~3)。pH4からpH9まで中和するのに、CaO量として5.3~6.1g/l(酸性水)となった。これは、昨年度の試験結果(4.2g/l)に比較して、多すぎる結果となっている。また、酸性水の8.4AX値(8500ppm)に対しても理論的には過剰となる。その原因ははっきりしないが、使用した薬品の吸湿により劣化したためではないかと考えられる。

(c) その他

一次中和を空気攪拌した場合(空気 1)、尾鉍溢流中の炭酸カルシウムの消費量4.55g/lは、他の同じ試料を使用した試験(混合 4、滞留 3-1)の3.85、3.48g/lに比較して良い結果が得られている。

空気攪拌の場合は、中和反応で生成する炭酸ガス(CO₂)が、曝気により外部に追い出されるので、反応が一層進むことから、その効果とも考えられる。

今回の試験では、空気ポンプの容量不足のため、吹込み空気量が0.25m³/分/m²にとどまり、観察の結果では沈澱が認められた。

一次中和に尾鉍溢流ではなく、炭酸カルシウム単体の化学薬品で中和した場合の試験の結果では(CaCO₃ 1)、11.4g/lの消費量となるが、これは他の試験結果からすると大き過ぎるように思われる。酸性水の8.4AXより高い。この試薬も開封後時間が経っているので、吸湿して劣化していると思われる。

最後に一段だけでpH9まで中和する試験を行った（一段中和 1）。30分の滞留時間でpH9になるように尾鉍溢流量を調節した結果、混合比は3.8となった。同じ試料を使用して二段中和した場合（混合4、空気1、滞留3-1）の混合比は、3.2、2.8、3.8であるから、二段中和の方がその混合比は低いとその差が少ない。

これは、尾鉍溢流のアルカリ度即ちpHあるいは4.3BXが非常に高い場合は消石灰の濃度が高いため、一段中和でも十分中和が可能になることを示していると考えられる。また、逆に酸性水のpHが高いか、あるいは、8.4AXが低い場合も同じ結果になると考えられる。

この点を確認するために、混合酸性水の混合比率を変えて8.4AXの異なる酸性水を三種類準備し、回分試験により、一段および二段中和（pH4で30分攪拌反応）の場合の混合比率とpHの関係を比較した。尾鉍溢流は各酸性水に対し同じ試料を使用した。

試験の結果は、「表 4-4-48 酸性水の8.4AXと溢流混合比の関係」、および「図 4-4-4 8.4AXと中和混合比（1）」～「図 4-4-8 8.4AXと中和混合比（5）」に示す。

この試験の結果から、酸性水の8.4AXが高くなるにつれて、一段中和ではpH9まで中和するために尾鉍溢流の混合比は次第に高くなるが、二段中和では逆に混合比は少なくなる。

二段処理された中和殿物の沈降速度は0.03～0.04mm/sec.であり、その時の廃液濃度は15.7～12.5%である。

（4）尾鉍溢流の調査結果

東西分級施設から日別の溢流試料を採取した。調査結果を、「表 4-4-49 尾鉍分級濃度および溢流の分析調査表（東方分級）」と、「表 4-4-50 尾鉍分級濃度および溢流の分析調査表（西方分級）」に示す。

東西分級の比較では、西方分級の分級濃度が東方に比較して低い。このため、溢流の4.3BXが東方に比較して約半分となっている。当然濃度が低い分だけ流量が多くなっていることになる。これは、第一、二選鉍の操業濃度が第三選鉍に比較して低いためであり、さらに、尾鉍の流送条件が厳しいため水を加えて濃度を低くしているためと考えられる。

従って、中和剤として考えた場合は、中和能力は低いが、反面、流量が多くなっているため、含有アルカリ総量は変わらないと考えられる。

東方分級溢流のpHは平均値が11.97であり、pHと二次中和混合比の関係を示す試験の結果（「図 4-4-2」）から推定すると、二次混合比は約4となる。

また、東方分級溢流の4.3BXの平均値は5642 (ppm)であり、この値と酸性廃水の8.4 AX 8478 (ppm)との比0.67に対応する二次中和混合比は、試験の結果（「図 4-4-3」）からほぼ7となる。

両者の結果には差があるが、4.3BXの測定法は、もともと、溶液に対する水質表示法として規程されたものであり、尾鉱溢流のように、固形物を含んだ試料に対しては、必ずしも信頼性が高くないので、両者の結果を総合的に判断して、二次混合比としては余裕をみて6程度とするのが良いと考えられる。

また、尾鉱溢流中の炭酸カルシウムの品位は、平均5.5%とという結果であるが、変動幅は小さく安定している。これは鉄品位（4.74%）と同様に、鉱石に由来する成分のためと考えられる。

西方分級は操業が安定しないこともあってサンプル数も少ないが、溢流濃度も平均で7.5%と低い。しかし、東方と同様、炭酸カルシウムの品位は全く同じ5.5%であり、これも鉱石由来のため、選鉱操業の条件とは無関係のためと考えられる。

表 4-4-15 連続中和試験に使用した混合酸性水の水質(1994年7月試験)

2003年、豊水型、リチング銅 2000t/年
 混合酸性水 (楊桃場:露天掘:リチング廃液=1:1.3:0.3) (単位:ppm)

試験No.	pH	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	SO ₄ ²⁻	8.4AX
滞留1~3	2.25	122.1	1970	339.8	9261	8813
混合 1	2.20	105.0	1941	364.0	10496	8378
CaO 1	2.18	106.6	1896	340.4	10496	8628
混合 2	2.15	105.7	1850	308.5	10187	8628
CaO 3	2.28	101.0	1930	401.1	9570	8596
混合 4	2.27	100.7	1727	385.0	—	8269
CaCO ₃ 1	2.31	102.8	1732	288.8	10393	8324
空気 1	2.25	100.5	1754	320.8	11422	8487
滞留 3-1	2.22	100.2	1765	363.6	10084	8182
平均値	2.23	105.0	1841	345.8	10239	8478

楊桃場

採取日	pH	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	SO ₄ ²⁻	8.4AX
7月11日	2.44	222.2	1613	1111	15092	10794
15日	2.44	202.8	1570	1099	15152	10032
22日	2.42	188.9	1412	983.9	13994	9706
平均値	2.43	204.6	1532	1065	14746	10177

露天掘

採取日	pH	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	SO ₄ ²⁻	8.4AX
7月11日	3.18	36.8	257	54.25	2778	1327
18日	3.20	42.3	128.5	71.38	5660	1110
22日	3.20	31.59	139	117.6	2006	1175
平均値	3.19	36.9	174.8	81.1	3481	1204

リチング廃液

調製日	pH	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	SO ₄ ²⁻	8.4AX
7月11日	1.65	110.7	10221	2.86	36015	33622
18日	1.58	42.84	11249	34.26	40234	35862
22日	1.62	98.18	9968	404.3	39102	37104
平均値	1.62	83.90	10479	147.14	38450	35529

表 4-4-46 連続中和試験総括表

(1994年7月~8月)

試験 月日	試験 No.	酸性水		東方分級溢流				滞留時間		混合比		消費量	
		pH	8.4AX (ppm)	pH	CaCO ₃ (%)	4.3BX (ppm)	濃度 (%)	一次 (分)	二次 (分)	一次	二次	CaCO ₃ (g/l)	8.4AX (g/l)
7.13.	滞留 1	2.25	8813	11.4	4.88	5478	19.3	8.7 (10)	12.0	1.0	2.9	3.41	7.76
7.14.	滞留 2	2.25	9086	12.2	4.88	4500	18.7	28.0 (30)	-	1.0	-	5.98	7.04
7.14.	滞留 3	2.25	9086	12.1	4.88	4500	18.7	57.0 (60)	-	0.8	-	3.20	6.82
7.16.	滞留2-1	2.25	8813	11.9	4.88	7578	18.7	29.4 (30)	-	0.9	-	4.99	6.83
7.18.	混合 1	2.20	8378	12.2	6.83	6462	16.7	28.8 (30)	3.6 (5)	1.2	3.7	6.58	6.28
7.19.	CaO 1	2.18	8628	12.1	6.83	6928	16.7	28.3 (30)	6.7 (5)	1.2	5.3 g/l	5.07	6.14
7.20.	混合 2	2.15	8628	11.7	5.02	5990	17.85	28.2 (30)	2.2 (5)	1.3	7.0	5.37	6.14
7.20.	CaO 2	2.15	8628	11.7	5.02	5990	17.1	30.3 (30)	6.7 (5)	1.2	6.1 g/l	4.18	5.90
7.22.	混合 3	2.23	8759	11.8	6.36	6400	16.12	27.6 (30)	2.8 (5)	1.0	4.8	4.00	6.62
7.21.	CaO 3	2.28	8596	12.0	6.36	6462	16.12	28.8 (30)	6.6 (5)	1.1	5.7 g/l	5.76	6.72
7.25.	混合 4	2.27	8269	12.1	5.15	6820	12.5	27.5 (30)	3.9 (5)	0.8	2.4	3.85	5.25
7.26.	CaCO ₃ 1	2.31	8324	12.1	5.15	6922	12.5	32.1 (30)	3.8 (5)	12.3 g/l	2.7	11.4	6.35
7.28.	空気 1	2.25	8487	11.9	5.15	5653	12.5	27.5 (30)	4.4 (5)	0.8	2.0	4.55	6.12
7.29.	滞留3-1	2.22	8182	11.7	5.15	6492	12.5	52.6 (60)	6.7 (5)	0.8	3.0	3.48	5.30
7.30.	一段 1	2.21	8161	11.7	5.15	7496	12.5	29.9	-	3.8	-	0	7.88

消費量は酸性水量にたいする元単位である。

表 4-4-47 一次中和の滞留（反応）時間と炭酸カルシウムの反応率

試験 月日	試験 No.	流量 (L/D)			尾鉦溢流				一次中和				
		酸性水	溢流	混合比	濃度	乾量	CaCO ₃ (g/D)		乾量	CaCO ₃		反応 時間 (分)	反応率 (c-d)/c
		(a)	(b)	b/a	%	kg	%	g/D(c)	kg	%	g/D(d)		
7.13.	滞留1	82.1	83.5	1.0	19.3	18.4	4.88	898	19.0	3.25	618	8.7	31.2
7.14.	滞留2	77.8	76.3	1.0	18.7	16.2	4.88	791	15.1 (17)	2.16	326 (367)	28.0	58.8 (53.6)
7.14.	滞留3	85.0	67.7	0.8	18.7	14.4	4.88	703	17.1 (15)	2.52	431 (378)	57.0	38.7 (46.2)
7.16.	滞留2- 1	79.2	67.7	0.9	18.7	14.4	4.88	703	15.1	2.04	308	29.4	56.2
7.29.	滞留3- 1	92.2	72.0	0.8	12.5	9.8	5.15	505	10.5	1.75	184	52.6	63.6

図 4-4-1 一次中和の滞留（反応）時間と
CaCO₃の反応率(1994.7.)

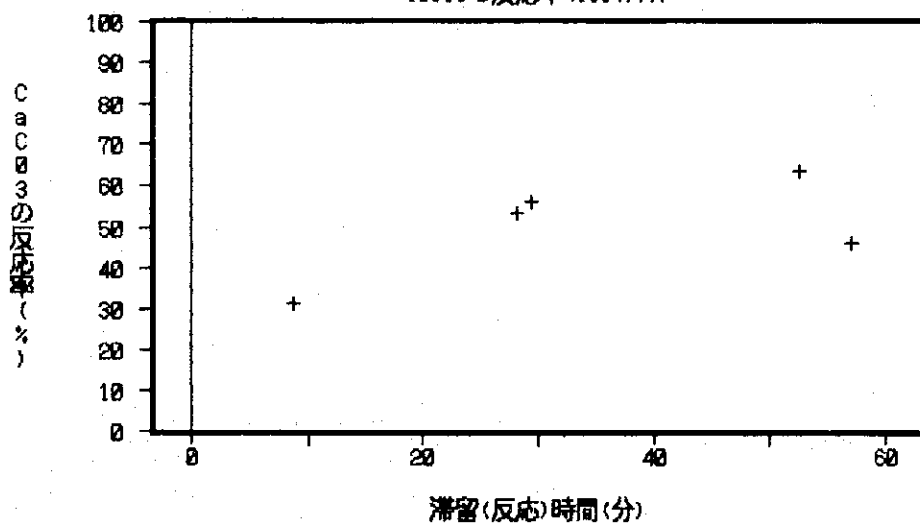
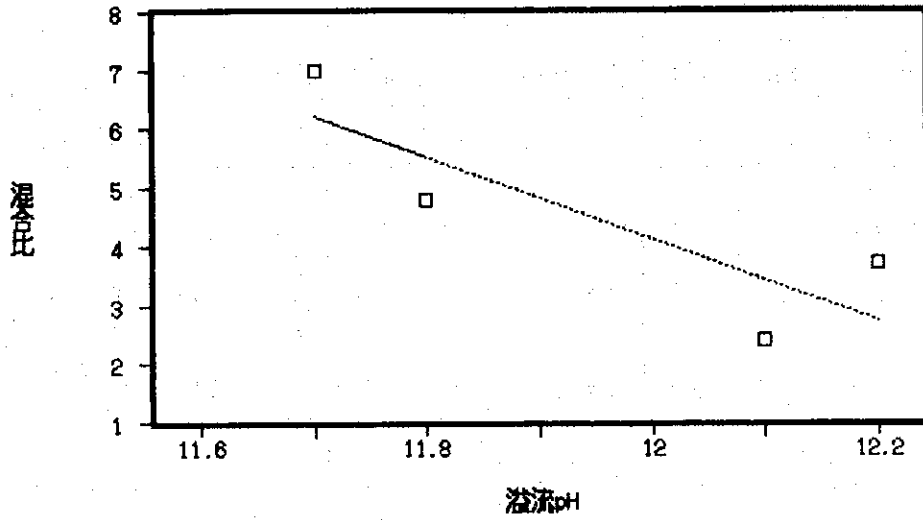


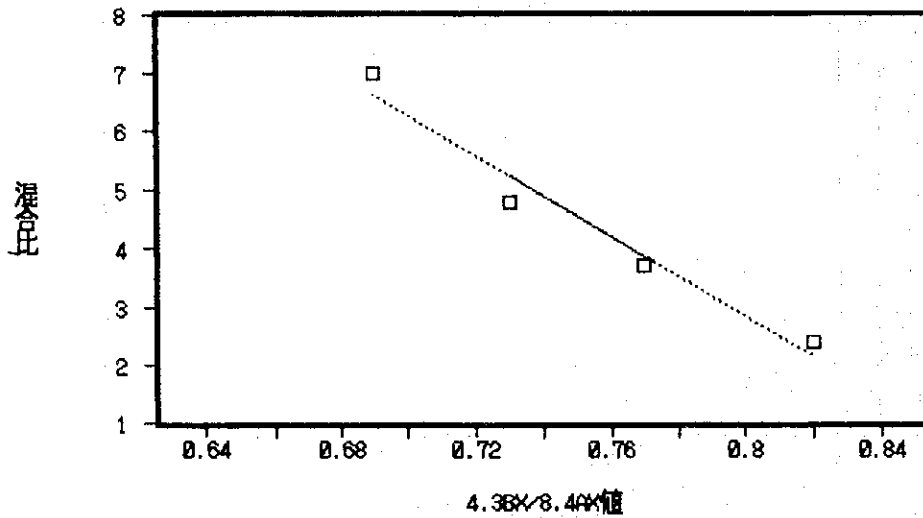
図 4-4-2 溢流pHと二次混合比の関係
1994年7月試験



溢流pHと二次混合比の関係

試験月日	試験No.	溢流pH	二次混合比	Y=aX+b
7月18日	混合 1	12.2	3.7	2.7323529
7月20日	混合 2	11.7	7	6.2176470
7月22日	混合 3	11.8	4.8	5.5205882
7月25日	混合 4	12.1	2.4	3.4294117

図 4-4-3 4.3BX/8.4AXと二次混合比の関係
1994年7月試験



溢流(4.3BX)/酸性水(8.4AX)と混合比の関係

試験月日	試験No.	酸水8.4AX (a)	溢流4.3BX (b)	比率 (b)/(a)	二次混合比	Y=aX+b
7月18日	混合 1	8378	6462	0.77	3.7	3.8735849
7月20日	混合 2	8626	5990	0.69	7	6.6229110
7月22日	混合 3	8759	6400	0.73	4.8	5.2482479
7月25日	混合 4	8269	6820	0.82	2.4	2.1552560

表 4-4-48 酸性水の8.4AXと溢流混合比の関係

試験月日: 1994年8月2日~3日

試験員: 柴田、孔蒼、王永紅

試験目的: 調合酸性水の8.4AXと溢流混合比の関係

1 試験試料

(1) 酸性水

試料No.	調合割合	水質		摘 要
	楊桃場:露天掘:リーチンク 廃液	pH	8.4AX (ppm)	
1	1 : 1.3 : 0.3	2.33	8650	2003年、豊水、2000t/年銅
2	1 : 1.5 : 0.55	2.17	10446	
3	1 : 1.8 : 0.7	2.21	11642	2003年、豊水、4000t/年銅

(2) 尾鉱溢流

種類	pH	4.3BX (ppm)	CaCO ₃ (%)
東方一段	12.25	6349	6.27

2 試験結果

混合酸性水に対する溢流の混合比率を一段中和と二段中和で比較する。

二段中和の場合、一次中和ではpH4で30分攪拌する。

試料No. 1, (8.4AX, 8650ppm)			試料No. 2, (8.4AX, 10446ppm)				試料No. 3, (8.4AX, 11642ppm)			
混合比	一段中和	二段中和	一段中和		二段中和		一段中和		二段中和	
	pH	pH	混合比	pH	混合比	pH	混合比	pH	混合比	pH
0	2.33	2.33	0	2.17	0	2.17	0	2.21	0	2.21
1.0	3.88	4.01	1.0	3.56	1.0	3.39	1.0	2.97	1.0	3.00
2.0	4.98	5.31	2.0	4.32	1.3	4.17	2.0	4.09	1.3	3.98
3.0	6.22	6.40	3.0	5.47	2.3	5.34	4.0	5.95	2.3	5.22
4.0	6.95	7.10	4.0	6.15	3.3	5.93	5.0	6.75	3.3	5.88
5.0	7.86	8.02	5.0	6.96	4.3	6.35	6.0	7.54	4.3	6.69
6.0	8.39	8.52	6.0	7.81	5.3	7.44	7.0	8.15	5.3	7.50
7.0	8.63	8.77	7.0	8.30	6.3	8.25	8.0	8.55	6.3	8.25
8.0	8.86	8.87	8.0	8.59	7.3	8.63	9.0	8.82	7.3	8.68
8.5	8.94	8.95	9.0	8.79	8.3	8.88	10.0	9.0	8.3	9.00
8.75	8.98	9.01	10.0	8.97	8.8	9.00				

図 4-4-4 8.4PXと中和混合比(一段、二段)
混合酸性水8.4PX=6658(ppm) (1)

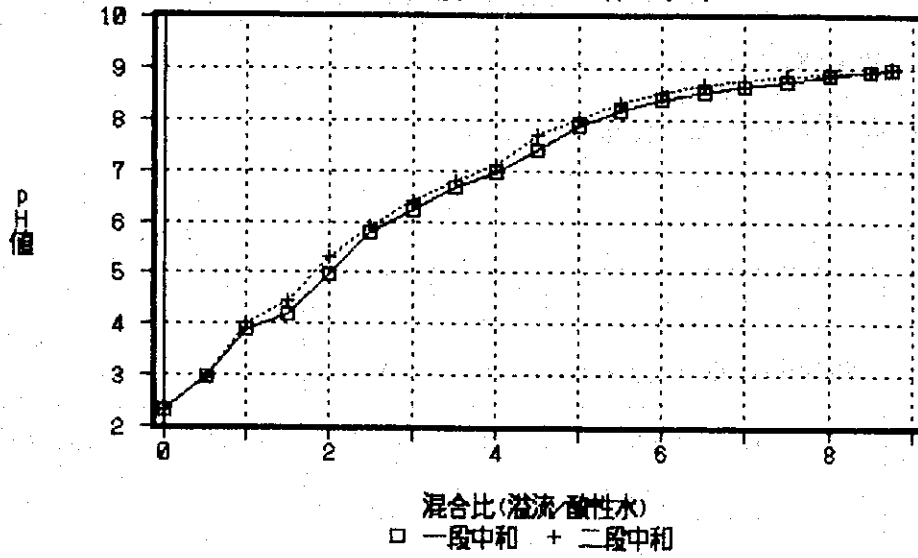


図 4-4-5 8.4PXと中和混合比(一段中和)
混合酸性水8.4PX=10446(ppm) (2)

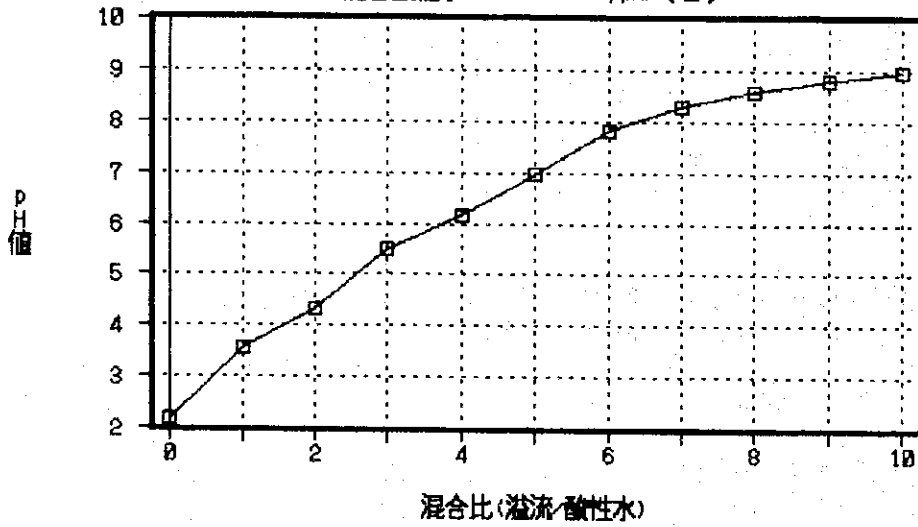


図 4-4-6 8.4PXと中和混合比(二段中和)
混合酸性水8.4PX=10446(ppm) (3)

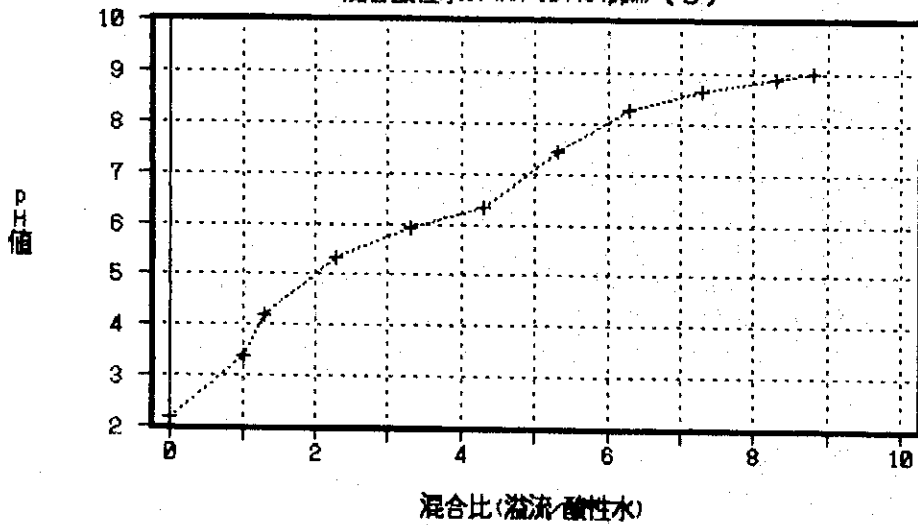


図 4-4-7 8.4%と中和混合比(一段中和)
混合酸性水8.4% \rightarrow 11642(ppm) (4)

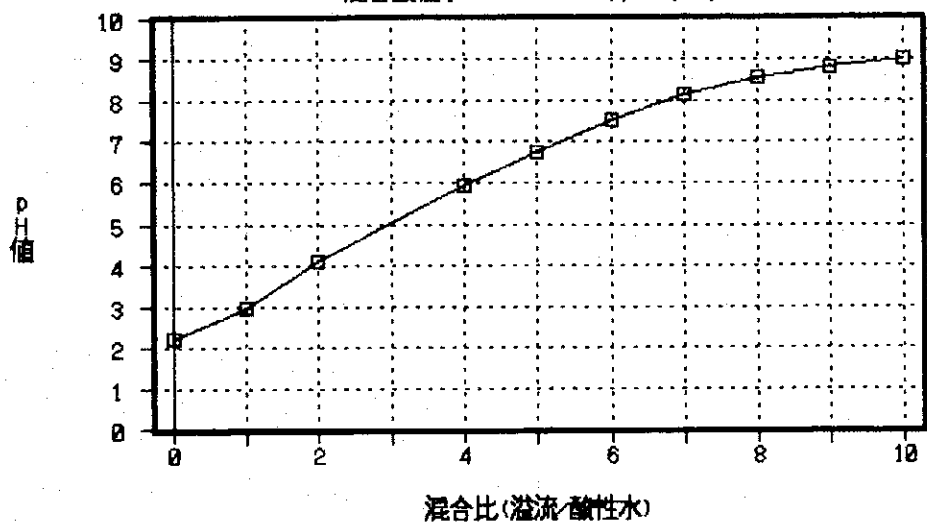


図 4-4-8 8.4%と中和混合比(二段中和)
混合酸性水8.4% \rightarrow 11643(ppm) (5)

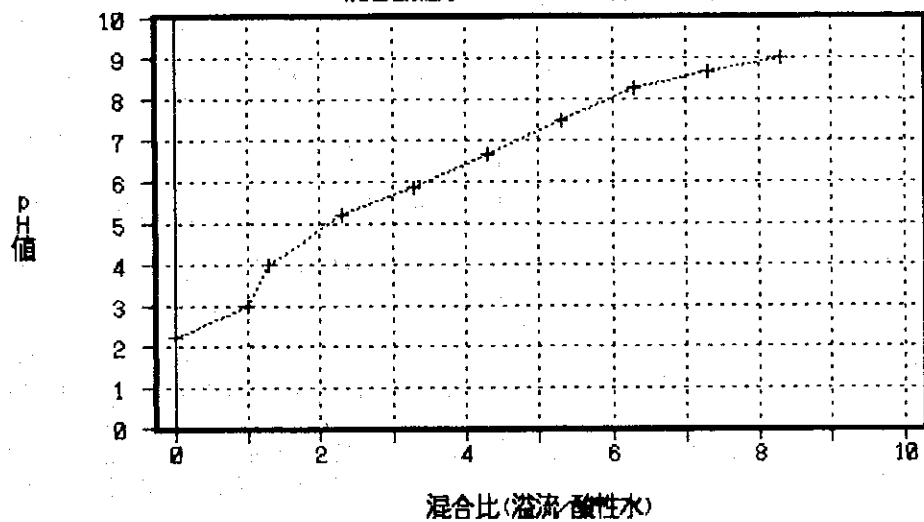


表 4-4-49 尾鉱分級濃度および溢流の分析調査表 (東方分級)

(1994年7~8月調査)

試料採取月日	選鉱稼働状況	重量濃度			溢流					
		給液	底流	溢流	-200mesh	PH	4.3BX	CaO	CaCO ₃	Fe
		%	%	%	%		mg/l	%	%	%
7.13. 後	正常 BM3台	22	45	18.5	76.2	11.37	4813	1.80	3.95	4.01
7.14. 前	〃	26	52	22	77.5	12.20	5898	2.60	6.83	4.59
7.15. 前	〃	25	57	20	80.2	11.95	5366	2.00	4.54	4.70
7.16. 後	正常 BM4台	23	58	17	90.0	12.30	5284	2.37	4.68	4.57
7.18. 前	〃	19	42	14	97.7	12.15	3917	2.46	6.33	4.16
7.19. 前	〃	26	58	22	68.4	12.20	9882	2.20	5.02	3.82
7.21. 前	〃 3台	21	26	17		11.99	6462	2.91	6.36	3.97
7.25. 前	〃 3台	21	56	12	83.6	12.20	6820	2.71	5.15	5.41
8. 1. 前	〃 4台	25	55	20	93.2	12.20	6758	2.70	5.88	4.47
8. 2. 前	〃 4台	25	49	16	82.0	11.80	3287	1.72	5.88	6.72
8. 4. 前	〃 4台	24	44	20	95.6	12.03	5284	1.47	6.51	4.74
8. 5. 前	〃 4台	23	60	17	90.5	11.30	3942	2.85	5.11	5.72
	データ数	12	12	12	11	12	12	12	12	12
	合計	280	602	215.5	936.9	143.69	67713	27.79	66.24	56.88
	平均値	23.3	50.2	18.0	85.2	11.97	5642.8	2.32	5.52	4.74
	標準偏差	2.13	9.33	2.93	8.86	0.32	1677.8	0.46	0.90	0.80
	最大値	26	60	22	97.7	12.3	9882	2.91	6.83	6.72
	最小値	19	26	12	68.4	11.3	3287	1.47	3.95	3.82

表 4-4-50 尾鉱分級濃度および溢流の分析調査表 (西方分級)

(1994年7~8月調査)

試料採取 月日	選鉱の稼 動状況	重量濃度			溢 流					
		給液	底流	溢流	-200mesh	PH	4.3BX	CaO	CaCO ₃	Fe
		%	%	%	%		mg/l	%	%	%
7.14.後	正常運転	8	44	4	98.5	11.94	2161	2.79	5.77	5.68
7.15.後	正常運転	11.5	54	6	98.7	11.84	3031	2.99	7.65	4.52
7.16.前	//	14	61	6.5	98.5	12.10	3062	2.48	5.52	4.70
7.18.後	//	16	46	9	99.0	11.20	2775	2.18	4.68	4.20
8. 1.後	//	14	51	8	55.8	12.00	1853	1.92	5.11	4.05
8. 2.後	//	15	37	10	50.1	11.30	1434	1.99	5.11	3.60
8. 4.後	//	13	31	9	73.4	11.35	1710	1.92	4.95	3.40
	データ数	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	合計	91.5	324	52.5	574	81.73	16020	16.27	38.80	30.15
	平均値	13.1	46.3	7.5	82.0	11.68	2289.4	2.32	5.54	4.31
	標準偏差	2.46	9.44	1.95	20.32	0.35	616.1	0.40	0.92	0.71
	最大値	16	61	10	99.0	12.10	3062	2.99	7.65	5.68
	最小値	8	31	4	50.1	11.20	1434	1.92	4.68	3.40

第 5 章 鉍廢水處理基本方針

第5章 鉍廃水処理基本計画

5-1 処理水量・水質の決定

処理を必要とする廃水をその水質で分類すれば、(1)酸性水、(2)選鉍工程から発生するアルカリ性水、(3)選鉍の破碎場の集塵機に使用される洗滌廃水(中性)になる。

以下、それぞれについて処理水量・水質の策定を行う。

(1) 酸性廃水の概要

酸性廃水の発生源を大別すれば、①露天採掘場並びにその旧坑、②廃石(剥土)堆積場になる。

現在の露天採掘場の採掘レベルは、中央部を流れる大塙川河床(SL125m)より高いため、場内水は大塙川に自然に集中するが、今後採掘が進行しレベルが下がるにつれて採掘場内に流入することになる。また、旧坑も採掘場に含まれることから、いずれ同じように地表水となり、強制排水を必要とすることになる。

廃石堆積場から発生する酸性廃水としては、その浸透水と、更に浸透水の一部を利用し、廃石中の銅を積極的に回収するため、ダンブリーチングを行うが、その銅抽出から発生する酸性廃液がある。

廃石堆積場としては、従来から存在し現状では既に堆積の完了した楊桃塙廃石堆積場の他に、西源廃石堆積場と祝家廃石堆積場がある。

西源廃石堆積場は露天採掘場の北西に位置し、四号廃さい堆積場(尾鉍庫)の上流に接している。この堆積場には、露天掘北部(北山)の剥土が主として堆積されているが、浸透水は酸性化している。しかし、溶存重金属濃度は、現在のところ楊桃塙に比較すれば低い。

祝家廃石堆積場は露天採掘場の南東側に位置している。現状では堆積を開始したばかりなので、まだ酸性廃水は認められないが、遠からず楊桃塙と同水質の廃水が発生するものと考えられる。

ダンブリーチング場は、この祝家廃石堆積場に設けられる計画であるが、当然銅抽出後の廃液は、強酸性の鉄濃度の高い水質となる。

(a) 酸性廃水の水量

酸性廃水のうち、露天掘および各廃石堆積場の廃水は、いずれもその根元が雨水によるものである。従って、その水量は降雨強度によって左右される。降雨量としては徳鋳銅鋳の気象データに基づき、10%超過確率雨量（2350mm/年）を豊水年、50%超過確率雨量（1870mm/年）を平水年、90%超過確率雨量（1410mm/年）を渇水年とし、今後の採掘計画並びに廃石堆積計画による集水面積と、それぞれの流出係数により酸性廃水流出量が算出された。

いずれも中国側から提示されたが、既に前章で検討しその妥当性は評価済である。さらに、ダンブリーチング銅抽出の操業規模等から、その廃液量が算出された。

この酸性廃水流出量は、「表 5-1-1 酸性水発生源と廃水量」に示す通りである。

この表をより具体的に表現するため、年度毎（1996年、2003年、）、ダンブリーチング銅抽出による電気銅の年生産規模別（2000t、4000t）に分類して、酸性水量を発生源毎と流況別にまとめれば、「表 5-1-2 年度別、銅生産規模別酸性廃水量計算表」に示す通りとなる。

廃水の処理流量として、どのような降雨強度の場合の流量でも処理できれば、鋳害防止の立場からは理想的であるが、余り過大な流量を想定することは設備投資、操業維持の観点から無理が伴う。従って、プロセス設計の立場からは、廃水処理計画の基本的な処理量としては、中国側提示の10%確率雨量に相当する豊水年流量を処理量とし、かつ、徳興銅鋳の将来計画が見通せる約10年先の2003年を想定することとする。

なお、ダンブリーチング操業では、リーチング用水として祝家廃石堆積場の浸透水を利用するため、渇水期には浸透水が全て使用され、直接廃水がなくなることもある。また、銅抽出工程の稼働日数が年間300日となっているため、抽出廃液の年間排出量はこの稼働日数に基づいて計画するとともに、現在既に進行している計画に基づき、電気銅年産 2000t規模に相当する銅抽出廃液量を廃水処理することとする。

この結果、既設廃水処理量も含め全酸性水の最大処理量としては、約 $1.7 \times 10^7 \text{m}^3/\text{年}$ 、4.9万 $\text{m}^3/\text{日}$ となる。（新設処理施設対象処理量は $1.45 \times 10^7 \text{m}^3/\text{年}$ ）

(b) 酸性廃水の水質

酸性水の水質は当然ながら発生源ごとに異なる。また、廃石堆積場の浸透水も堆積開始当初はそれほど汚染はないが、時間の経過とともに次第に酸性化が進み、溶存重金属類の濃度も高くなる。さらに、ダンブリーチングは、人工的に積極的に酸化を促進するため、銅抽出廃水は極端に酸化の進んだ廃水となる。

祝家廃石堆積場は堆積を開始したばかりであり、西源廃石堆積場は現在剥土堆積が

主であるが、その浸透水はいずれ時間の経過とともに、次第に酸性化するものと推定される。従って、祝家および西源廃石堆積場の浸透水の水質は、将来、楊桃場と同様になるものと想定し、楊桃場酸性水の現在の水質をそのまま水質諸元とする。

露天採掘場発生の酸性水は、採掘面を流れる雨水の汚染が主となるので、降雨強度によって土砂の流出をともなうことが考えられる。

露天掘廃水の水質は、調査期間中の水文調査時のサンプリングの分析値とする。成分によっては、試験用試料として採取した分の分析値も補助的に採用する。

リーチング廃液は、以前に行われた試験の結果から、中国側が提示した諸元をそのまま採用する。以上、各酸性廃水の水質を、「表 5-1-3 酸性廃水の水質」に示す。

(2) アルカリ性廃水の概要

アルカリ性廃水の根元は全て選鉱操業に由来する。これは選鉱操業がアルカリ回路で行われているためである。特に大量に発生するのは選鉱尾鉱であり、そのサイクロン分級オーバーフロー（溢流）である。これが廃さい堆積場（尾鉱庫）に堆積され、その上澄水が繰返し用水（回水）として使用されるが、この回水の余剰分がアルカリ性廃水となる。回水の余剰分としては、尾鉱庫から直接桑安川に放流されるものと、第一、二選鉱に繰返し送水される際に、水路の各所から余剰となって、大場川に放流されるものがある。

選鉱精鉱の場合もその濃縮脱水の工程で高アルカリ性水が発生する。第一、二選鉱の精鉱シックナー・オーバーフローは、既設中和処理施設で中和剤として利用されているが、第三選鉱の銅精鉱シックナー・オーバーフローは、「砕三水路」経由で大場川に流出している。

(a) 尾鉱のサイクロン分級オーバーフロー（溢流）の流量

選鉱元鉱の銅品位が低い（約0.5%）ことから、尾鉱量は元鉱量と大差はない。第三期計画では、第三選鉱場は処理鉱量が倍増され、6万t/日となる。第一、二選鉱場の処理鉱量は、現状の3万t/日から4万t/日に増処理される計画である。

第三選鉱場の尾鉱は全量四号尾鉱庫に送られるが、第一、二選鉱場の尾鉱は二号および四号尾鉱庫に半量づつ流送される。しかし、ほぼ10年後の2003年には二号尾鉱庫が堆積終了することが予想されるため、2003年以降は全量四号尾鉱庫に流送されることになる。

四号尾鉱庫ではダムサイトの両岸（東西）に分級施設があり、第一、二選鉱の尾鉱は西方分級施設で、第三選鉱尾鉱は東方分級施設でそれぞれサイクロン分級され、粗粒のアンダーフロー（底流）は堰堤の築堤材として利用され、細粒のオーバーフロー（溢流）は場内に堆積される。さらに、東方分級サイクロンの底流は、堰堤上のサイクロンで二段分級されて、その底流が築堤材となり、溢流は一段目の溢流とともに場内に放流堆積される。

サイクロン分級の溢流流量は、尾鉱濃度および分級条件によって決定される。中国側から提示された従来のサイクロン分級の操業実績（濃度）から、平均的な流量を算出すれば、「表 5-1-4 選鉱尾鉱サイクロン分級バランス（平均）」となる。

このバランスに示す通り、四号尾鉱庫の1996～2003年では、東西分級施設の溢流および二段分級の溢流も含めると、約22.5万m³/日のサイクロン溢流量があり、2003年以降は約28万m³/日となる。プロセス設計にあたっては、この流量を採用することとする。

なお、サイクロン分級の濃度実績には幅があるので、濃度変化の組合わせにより、溢流量が最大になる場合と、最小になる場合が考えられるので、それぞれのケースについて、サイクロン分級バランスを計算した結果を示せば、「表 5-1-5 選鉱尾鉱サイクロン分級バランス（最大値）」と、「表 5-1-6 選鉱尾鉱サイクロン分級バランス（最小値）」となる。

(b) 尾鉱サイクロン分級溢流の水質と成分

選鉱操業が高アルカリ回路で行われていることから、尾鉱の水質としてはpHが11以上と高い。従って、尾鉱庫の上澄水も降雨によって希釈されるとはいえ、pH10以上であり、これが主として繰返し用水（回水）として選鉱場に送水されるとともに、尾鉱庫から溢流し楽安川に放流される。

尾鉱のサイクロン溢流の水量・水質の変動は第一、二選鉱尾鉱を扱う西方分級ステーションの方が変化が大きいことは、「表 4-4-49 尾鉱分級濃度および溢流の分析調査表（東方分級）」と、「表 4-4-50 尾鉱分級濃度および溢流の分析調査表（西方分級）」で既に示した通りである。

尾鉱溢流の固形分に含まれる炭酸塩鉱物は、地質調査の結果から、脈石鉱物として方解石が確認されていることから、ほぼ炭酸カルシウムと考えられる。また、中国側の資料として、「表 5-1-7 徳興銅鉱石化学成分表」にも示す通り、CO₂として、

1.88および2.32%となっていることから、この炭酸カルシウムは元鉱由来であることは明かである。

(c) 繰返し用水（回水）

選鉱尾鉱サイクロン溢流が尾鉱庫に堆積され、固液分離された上澄水が回水となる。尾鉱溢流量としては約 28万 m^3 /日であるが、尾鉱庫にはこの他に既設中和処理場の処理殿物も送泥される。しかし、その量は選鉱尾鉱の数%程度とみられる。

尾鉱分級溢流中に含まれる水量は、バランスから約 26万 m^3 /日であるが、尾鉱庫では降雨水や沢水の流入が見込まれる。このため雨期には回水が余剰となり、逆に乾期には不足となる。

回水の水質は、選鉱で使用した消石灰が溶存しているため、高アルカリ性であるが、雨水の影響や、四号尾鉱庫では、上流にある西源廃石堆積場からの酸性浸透水が流入することもある。雨期にはpH値が低下することがある。（1993年6～7月調査）

(d) 精鉱溢流

選鉱尾鉱由来の回水の他に、精鉱の濃縮脱水過程から発生する高アルカリ性水がある。第一、二選鉱場の銅および硫化鉄精鉱シックナーの溢流は、中和処理工場へ送られ、中和剤として利用されている。その水量は約 1万 m^3 /日とみられる。

第三選鉱場の銅精鉱の脱水工場（泗州鎮）からは、現状で約 6000 m^3 /日の高アルカリ性水が排出されている。第三期増処理計画にともなって精鉱溢流量も増加し、1万 m^3 /日に増加することが見込まれている。（中国側提示）

(3) その他廃水

アルカリ性水は選鉱の磨鉱・浮選工程から発生するが、同じ選鉱の破碎工場からは集塵洗滌廃水が発生する。水質としては、生産水（新水）を使用しているため中性域の廃水であるが、SS（浮遊懸濁水物質）が1000～2000mg/lあり、排出規準以上となっている。特に第一、二選鉱場からは大塙川に流出するため、処理対策が必要である。

発生源としては、第一選鉱場破碎系二箇所、第二選鉱場一箇所である。洗滌水量としては増処理時を想定して、それぞれ、5000 m^3 /日、4000 m^3 /日、および22000 m^3 /日、計31000 m^3 /日と見込まれる。（中国側提示）

この他に、消石灰工場廃水および、時には事故池からの溢流がある。

表 5-1-1 酸性水発生源と廃水量

1. 廃石堆積場と酸性水量

(単位：万m³/年)

廃石堆積場			廃水量		
名称	年	集水面積 (km ²)	豊水年 (p=10%)	平水年 (P=50%)	渇水年 (P=90%)
楊桃場		1.80	296.10	201.96	101.52
西源	1996	1.50	246.75	168.30	84.60
〃	2003	2.50	411.25	280.50	141.00
祝家	1996	1.70	279.65	190.74	95.88
〃	2003	2.00	329.00	224.40	112.80
〃	最終	3.60	592.20	403.92	263.04

2. 露天採掘場と酸性水量

露天採掘場		採掘レベル	集水面積	正常廃水量		最大廃水量
採掘区域	年	m	km ²	m ³ /日	万m ³ /年	m ³ /日
	1993	+125	0.98	7415	270.6	65100
	1995	+95	1.73	11367	414.9	111163
南山	2002	+20	3.21	10907	(計)	105800
北山				9514	745.4	100225
南山	2005			14455	(計)	131701
北山	最終	-270	2.71	4818	703.5	43900

註：年水量は365日として計算する

3. 電気銅生産規模とダンプリーチング銅抽出廃液量

電気銅生産規模 t/年	祝家酸性水使用量		ダンプリーチング銅抽出廃液	
	m ³ /日	万m ³ /年	m ³ /日	万m ³ /年
2000	5693	170.8	4513	135.4
4000	11386	341.6	9026	270.8

註：年水量は300日として計算する

4. 廃水処理を必要とする祝家の酸性廃水量 (=1-3)

(単位:万m³/年)

電気銅生産規模 (t/年)	年度	豊水年	平水年	渇水年
2000	1996	108.85	19.94	-74.92
	2003	158.20	53.00	-58.00
	最終	421.40	233.12	32.24
4000	2003	-12.60	-117.20	-228.80
	最終	250.00	62.32	-138.50

表 5-1-2 年度別、銅生産規模別廃水量

1. 1996年 電解銅 2000t/年

発生源	豊水年			平水年			渇水年		
	万m ³ /年	m ³ /日	m ³ /分	万m ³ /年	m ³ /日	m ³ /分	万m ³ /年	m ³ /日	m ³ /分
楊桃塙廃石堆積場	296.10	8112	5.63	201.96	5533	3.84	101.52	2781	1.93
祝家廃石堆積場	108.85	2982	2.07	19.94	546	0.38	0	0	0
西源廃石堆積場	246.75	6760	4.69	168.30	4611	3.20	84.60	2318	1.61
露天採掘場	414.90	11367	7.89	414.90	11367	7.89	414.90	11367	7.89
ダンプリーチング工場	135.4	4513	3.13	135.4	4513	3.13	135.4	4513	3.13
計	1202.00	33734	23.41	940.50	26570	18.44	736.42	20979	14.56

2. 2003年 電解銅 2000t/年

発生源	豊水年			平水年			渇水年		
	万m ³ /年	m ³ /日	m ³ /分	万m ³ /年	m ³ /日	m ³ /分	万m ³ /年	m ³ /日	m ³ /分
楊桃塙廃石堆積場	296.10	8112	5.63	201.96	5533	3.84	101.52	2781	1.93
祝家廃石堆積場	158.20	4334	3.01	53.60	1468	1.02	0	0	0
西源廃石堆積場	411.25	11267	7.82	280.50	7685	5.34	141.00	3863	2.68
露天採掘場	745.40	20422	14.18	745.40	20422	14.18	745.40	20422	14.18
ダンプリーチング工場	135.4	4513	3.13	135.4	4513	3.13	135.4	4513	3.13
計	1746.35	48648	33.77	1416.86	39621	27.51	1123.32	31579	21.92

3. 2003年 電解銅 4000t/年

発生源	豊水年			平水年			渇水年		
	万m ³ /年	m ³ /日	m ³ /分	万m ³ /年	m ³ /日	m ³ /分	万m ³ /年	m ³ /日	m ³ /分
楊桃塙廃石堆積場	296.10	8112	5.63	201.96	5533	3.84	101.52	2781	1.93
祝家廃石堆積場	0	0	0	0	0	0	0	0	0
西源廃石堆積場	411.25	11267	7.82	280.50	7685	5.34	141.00	3863	2.68
露天採掘場	745.40	20422	14.18	745.40	20422	14.18	745.40	20422	14.18
ダンプリーチング工場	270.8	9026	6.27	270.8	9026	6.27	270.8	9026	6.27
計	1723.55	48827	33.90	1498.66	42666	29.63	1258.72	36092	25.06

表 5-1-3 酸性廃水の水質

酸性水		水 質 (ppm)								
		pH	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	Al ³⁺	SO ₄ ²⁻	8.4AX	SS	液比重
露天採 掘廃水	Min.	2.5	15	170	50	120	1000	600	5	1.00
	Avg.	3.0	30	500	200	150	2500	1300	6000	1.00
	Max.	4.0	35	1300	350	200	7500	2300	30000	1.02
リーチ ング 廃液	Min.	1.6		14000		1000	20000	30000		
	Avg.		100>	17000	2000>	1500	30000	34000		1.04
	Max.	1.7		20000		2000	40000	36000		
楊桃塢 西源家 祝家水 廃水	Min.	2.4	140	1700	900	800	10000	9500		
	Avg.	2.5	150	1800	1000	900	12000	10000		1.00
	Max.	2.6	160	2000	1100	1100	13000	11000		

表 5-1-4 選鉱尾鉱材料分級バランス (平均値)

1. 第一、二選鉱尾鉱溢流 (二号、四号尾鉱庫西方分級施設)

凡 例

- (1) 一段サイコンの濃度実績
 (a) 給砂 : 18 ~ 20 % 平均 19.0%
 (b) 溢流 : 12 ~ 14 % 平均 13.0%
 (c) 底流 : 25 ~ 30 % 平均 27.5%

乾重量	含水量	流 量	濃 度
t/日	m ³ /日	m ³ /日	%
t/分	m ³ /分	m ³ /分	

- (2) 選鉱尾鉱量 (乾重量)
 (a) 1996~2003年
 二号尾鉱庫 20000t/日
 四号尾鉱庫 20000t/日
 (b) 2003年以降
 二号尾鉱庫 0t/日
 四号尾鉱庫 40000t/日

給 砂

乾重量	含水量	流 量	濃 度
40000	170520	184880	19.0
27.8	118.4	128.0	

一段サイコン分級

底 流

乾重量	含水量	流 量	濃 度
23960	63200	71800	27.5
16.6	44.0	50.0	

溢 流

乾重量	含水量	流 量	濃 度
16040	107320	113080	13.0
11.2	74.4	78.0	

2. 第三選鉱尾鉱溢流 (四号尾鉱庫東方分級施設)

凡 例

- (1) 一段サイコロの濃度実績
 (a) 給砂 : 26 ~ 27 % 平均 26.5%
 (b) 溢流 : 17 ~ 18 % 平均 17.5%
 (c) 底流 : 45 % 平均 45 %

乾重量	含水量	流量	濃度
t/日	m ³ /日	m ³ /日	%
t/分	m ³ /分	m ³ /分	

- (2) 二段サイコロの濃度実績
 (a) 溢流 : 平均 22 %
 (b) 底流 : 平均 70 %

- (3) 選鉱尾鉱量 (乾重量)
 (a) 60000t/日

給 砂

乾重量	含水量	流量	濃度
60000	166440	187980	26.5
41.7	115.6	130.5	

一段サイコロ分級

底 流

乾重量	含水量	流量	濃度
33360	40800	52800	45
23.2	28.3	36.7	

溢 流

乾重量	含水量	流量	濃度
26640	125640	135180	17.5
18.5	87.3	93.8	

二段サイコロ分級

底 流

乾重量	含水量	流量	濃度
24850	10636	19563	70.0
17.3	7.3	13.6	

溢 流

乾重量	含水量	流量	濃度
8510	30164	33237	22.0
5.9	21.0	23.1	

総合溢流量

乾重量	含水量	流量	濃度
35150	155804	168417	18.4
24.4	108.3	116.9	

表 5-1-5 選鉱尾鉱サイクロン分級バランス (最大値)

1. 第一、二選鉱尾鉱溢流 (二号、四号尾鉱庫西方分級ステーション)

- (1) サイクロンの濃度実績 溢流最大流量時
 (a) 給砂 : 18 ~ 20 % 18.0%
 (b) 溢流 : 12 ~ 14 % 14.0%
 (c) 底流 : 25 ~ 30 % 30.0%

凡 例

乾重量	含水量	流 量	濃 度
t/日	m ³ /日	m ³ /日	%
t/分	m ³ /分	m ³ /分	

- (2) 選鉱尾鉱量 (乾重量)
 (a) 1996~2003年
 二号尾鉱庫 2000t/日
 四号尾鉱庫 2000t/日
 (b) 2003年以降
 二号尾鉱庫 0t/日
 四号尾鉱庫 4000t/日

給 砂

乾重量	含水量	流 量	濃 度
40000	182240	196600	18.0
27.8	126.6	136.5	

底 流

乾重量	含水量	流 量	濃 度
16640	38800	44600	30.0
11.6	26.9	31.0	

溢 流

乾重量	含水量	流 量	濃 度
23360	143440	152000	14.0
16.2	99.6	105.5	

2. 第三選鉱尾鉱溢流 (東方分級ステーション)

凡 例

(1) 一段サイコロの濃度実績 溢流最大流量時

- (a) 給砂 : 26 ~ 27 % 26%
- (b) 溢流 : 17 ~ 18 % 18%
- (c) 底流 : 45 % 45%

乾重量	含水量	流 量	濃 度
t/日	m ³ /日	m ³ /日	%
t/分	m ³ /分	m ³ /分	

(2) 二段サイコロの濃度実績

- (a) 溢流 : 平均 22%
- (b) 底流 : 平均 70%

給 砂

(3) 選鉱尾鉱量 (乾重量)

- (a) 60000t/日

乾重量	含水量	流 量	濃 度
60000	170760	192300	26.0
41.7	118.6	133.5	

底 流

乾重量	含水量	流 量	濃 度
30720	37560	48540	45
21.3	26.1	33.7	

溢 流

乾重量	含水量	流 量	濃 度
29280	133200	143760	18.0
20.4	92.5	99.8	

二段サイコロ分級

底 流

乾重量	含水量	流 量	濃 度
22895	9800	18036	70
15.9	6.8	12.5	

溢 流

乾重量	含水量	流 量	濃 度
7825	27760	30504	22.0
5.4	19.3	21.2	

一段、二段溢流合計

乾重量	含水量	流 量	濃 度
37105	160960	174264	18.0
25.8	111.8	121.0	1.13

表 5-1-6 選鉱尾鉱サイクロン分級バランス (最小値)

1. 第一、二選鉱尾鉱溢流 (二号、四号尾鉱庫西方分級ステーション)

- (1) サイクロンの濃度実績 溢流最小流量時
- (a) 給砂 : 18 ~ 20 % 20.0%
 - (b) 溢流 : 12 ~ 14 % 12.0%
 - (c) 底流 : 25 ~ 30 % 25.0%

凡 例

乾重量	含水量	流 量	濃 度
t/日	m ³ /日	m ³ /日	%
t/分	m ³ /分	m ³ /分	

(2) 選鉱尾鉱量 (乾重量)

- (a) 1996~2003年
 - 二号尾鉱庫 20000t/日
 - 四号尾鉱庫 20000t/日
- (b) 2003年以降
 - 二号尾鉱庫 0t/日
 - 四号尾鉱庫 40000t/日

給 砂

乾重量	含水量	流 量	濃 度
40000	160000	174360	20.0
27.8	111.1	121.1	

底 流

乾重量	含水量	流 量	濃 度
30760	92280	103320	25.0
21.4	64.1	71.8	

溢 流

乾重量	含水量	流 量	濃 度
9240	67720	71040	12.0
6.4	47.0	49.3	

2. 第三選鉱尾鉱溢流 (東方分級ステーション)

凡 例

- (1) 一段サイクロンの濃度実績 溢流最小流量時
 (a) 給砂 : 26 ~ 27 % 27%
 (b) 溢流 : 17 ~ 18 % 17%
 (c) 底流 : 45 % 45%
- (2) 二段サイクロンの濃度実績
 (a) 溢流 : 平均 22%
 (b) 底流 : 平均 70%

乾重量	含水量	流 量	濃 度
t/日	m ³ /日	m ³ /日	%
t/分	m ³ /分	m ³ /分	

- (3) 選鉱尾鉱量 (乾重量)
 (a) 60000t/日

給 砂

乾重量	含水量	流 量	濃 度
60000	162240	183840	27.0
41.7	112.7	127.7	

一段サイクロン分級

底 流

乾重量	含水量	流 量	濃 度
35700	43620	56460	45.0
24.8	30.3	39.2	

溢 流

乾重量	含水量	流 量	濃 度
24300	118620	127380	17.0
16.9	82.4	88.5	

二段サイクロン分級

底 流

乾重量	含水量	流 量	濃 度
26608	11388	20959	70.0
18.5	7.9	14.6	

溢 流

乾重量	含水量	流 量	濃 度
9092	32232	35501	22.0
6.3	22.4	24.6	

一段、二段溢流合計

乾重量	含水量	流 量	濃 度
24300	118620	127380	17.0
23.2	104.8	113.1	1.12

表 5-1-7 德興銅鉍鉍石化学成分表

化学成分	平均品位 (%)	
	斑岩型鉍石	千枚岩型鉍石
SiO ₂	63.78	58.27
TiO ₂	0.37	0.87
Al ₂ O ₃	11.96	14.29
Fe ₂ O ₃	1.57	1.83
FeO	3.36	3.22
MnO	0.08	0.09
MgO	1.96	3.36
CaO	2.82	2.81
Na ₂ O	0.24	0.16
K ₂ O	3.17	3.44
P ₂ O ₅	0.19	0.18
H ₂ O	2.65	3.39
CO ₂	2.32	1.88
F	0.05	0.05
O=F ₂	0.02	0.02
SO ₃ ⁻²	0.45	0.55
FeS ₂	4.11	4.35
Cu	0.64	0.77
Mo	0.0045	0.022
總計	99.7	99.55

北京有色冶金設計研究總院提供

5-2 廃水処理基本技術の選定

(1) 酸性廃水の性状

廃水処理の対象となる酸性廃水の性状としては、最も水質の厳しいダンプリーチング銅抽出廃水から、比較的汚染度の低い露天掘廃水まで幅が大きい。しかし、共通的には、鉄濃度の高い硫酸酸性廃水ということが出来る。pH値ではほぼ1.6から4の範囲である。

ダンプリーチングは、廃石堆積場（祝家）の浸透水を利用して人工的に散水を繰り返す、銅を濃縮することを目的としているが、銅抽出後の廃水は銅以外の成分が濃縮されているため、pHが低だけでなく8.4AXの高い廃水（34000ppm）となる。また、その他の酸性廃水と異なり、鉄がリーチングの段階で酸化され、殆ど第二鉄（17000ppm）になっていることである。

楊桃塙酸性水は堆積開始以来、長い時間を経過しているため、銅濃度も比較的高いく（100～150ppm）、鉄は約半分強が第二鉄（1000ppm）に酸化されている。

西源廃石堆積場の浸透水は、いずれ楊桃塙堆積場酸性水と同じ水質になるものと想定して試験を行ったが、実際は剝土堆積が主なので、楊桃塙のように銅の比較的高い浸透水になるかどうかは明確でない。現在の浸透水水質は、「表 5-2-1 西源廃石堆積場酸性水の水質」に示す通りである。

露天掘酸性水はpHも2.5～4程度で、8.4AXはリーチング廃液の1/26（1300ppm）である。従って、溶存成分も低く、銅は30ppm、第二鉄は全鉄の半分強の約300ppm程度である。

(2) 処理基本技術の検討

このような廃水の水質は、基本的に徳興銅鉱の鉱石が硫化鉄鉱を含む銅鉱石のためこれらの硫化鉱物の酸化作用によるものであり、このような鉱山の酸性廃水は、硫酸酸性水となるため中和処理技術が必ず適用され、廃水の成分と処理排水基準との関係から必要な場合は、他の処理方法と組み合わせられるのが一般的である。

徳興の既設廃水処理施設では、楊桃塙酸性水処理法として、取銅技術の一つである銅の硫化処理技術と中和処理技術とを組み合わせた処理法を採用している。これは廃

水中の銅分が比較的高く、銅処理に重点を置いた中和法といえる。

しかし、楊桃場酸性水以外は酸性水中の銅濃度が低く、脱銅法として硫化技術を採用しても経済的とはいえず、むしろ中和法によって脱銅する方法が得策と考えられる。

鉄主体の硫酸酸性廃水に対しては、松尾や柵原のように、鉄酸化技術と中和技術とを組み合わせた処理法が採用される場合がある。ここでは、鉄酸化細菌と中和剤として炭酸カルシウムが利用されており、先ず、細菌の酸化力によって第一鉄を第二鉄に酸化した後、炭酸カルシウムを用いて酸性領域内で、鉄を水酸化第二鉄として除去している。この鉄酸化技術が採用されたのは、中和剤の節減とともに、日本では価格の安い炭酸カルシウムを前処理用の中和剤として利用できることと、炭酸カルシウムによる中和澱物の圧密性が高いため、澱物の堆積場容積が節減できるという利点があることによる。

しかし、徳興の場合は次の理由から鉄酸化技術は採用しない。即ち、鉄酸化のための設備に大きな投資を必要とし、鉄以外に他の重金属を含む場合は、必ずしも中和剤の節減にはならないこと、徳興では中和剤として選鉱廃滓を利用するので、それが量的に十分であれば、さらに酸化処理設備を組み合わせるのは過剰投資となり、その上操業費も嵩む。

この他、イオン浮上法、等各種処理技術があるが、鉄主体の鉱山廃水に対する処理技術としては一般的ではないので選定から除外する。

(3) 処理基本技術の選定

楊桃場酸性水は、既設廃水施設で処理するものとすれば、残りのダンプリーチング（祝家）、西源、および露天掘各酸性廃水は、比較的銅濃度の低い硫酸酸性廃水といえることができる。

従って、これらの酸性水を纏めて同じ設備で効率的に処理できる技術としては、一般的な中和処理技術の適用が考えられる。

特に、徳興銅鉱の場合は高アルカリ性の選鉱廃さいが多量に存在するので、この廃さいを利用して酸性水のみならず、アルカリ性廃水も同時に処理できることが考えられるので、経済的にも有利な処理法となる。

中和pH値としては、豊水年基準でみれば理論的にも、試験の結果からも pH8.5程度で十分排出基準を下回ることが明かであるが、余裕をみてpH9とする。

表 5-2-1 西源廃石堆積場酸性廃水の水質

(1993年)

サンプル採取日		分析成分 (単位: ppm)								備考
月	日	PH	ms/cm	Cu ²⁺	TFe	Fe ²⁺	Fe ³⁺	SO ₄ ²⁻	SS	
6	23	2.47		9	56	15	43	2317	337	*1
6	25	2.44		8	45	4	44			*2
9	11	2.87	2.94	17	57	18	39	5371	26	*3
9	17	2.94	5.00	23	45	3	43	5433	11	*4
9	17	2.98	5.60	21	71	14	57	5515	545	*5

- *1 サンプル採取地点は西源かん止堤約500m下流
- *2 中国側サンプル
- *3, *4 西源かん止堤下流
- *5 西源かん止堤内

5-3 廃水処理全体計画

各酸性水の発生量の変動と、処理施設での処理量とのバランスをとるため、発生源対策として貯水ダムを構築する。また、露天採掘場の廃水に対しては、前処理施設として、廃水中の粗粒土砂を除去するための沈砂池を設置する。新設廃水処理施設は、四号尾鉱庫のダムサイトに建設する計画である。従って、発生源から処理施設まで、約12kmに達する酸性廃水の流送施設が必要となる。

この他に、各所から流出しているアルカリ性廃水および、濁度の高い廃水があり、これら全ての廃水処理を考慮して、徳興銅鉱の廃水処理全体計画を策定する。

(1) 発生源対策

各廃石堆積場にはそれぞれ浸透水を貯水するダムを設ける。このダムは降雨強度による酸性廃水の流量変動を均等化して、廃水処理設備容量の適正化を図るためである。

貯水容量は、10%超過確率雨量（豊水年相当）の各月雨量配分率による廃水発生量と処理量（＝発生量/12）との差を累積し、この差即ち未処理量が最大になる値を貯水する必要があるものとして、バランス計算を行い求めたものである。

既設の楊桃塙廃石堆積場には酸性水貯水用ダムがあるが、祝家廃石堆積場への廃石運搬用道路で湛水面が二分され、貯水容量が約3/5となったため回復する必要がある。

その必要な貯水能力はバランス計算上約96万 m^3 である。

祝家廃石堆積場では酸性水貯水ダム（容量約200万 m^3 ）が新設されており、バランス上では未処理量最大が106万 m^3 （2003年）なので十分な貯水容量がある。

西源廃石堆積場では堆積土流出防止用の堰堤しかなく貯水機能がない。従ってバランス計算からは約133万 m^3 の貯水容量を持つ酸性水貯水用のダムが必要である。

しかし、下流域は四号尾鉱庫内であり、この中に酸性水貯水ダムを構築する場合、尾鉱庫の最終堆積レベル（280m）までその堰堤を嵩上げすることは技術的にも経済的にも困難と考えられる。

従って、廃石の堆積が終了次第速やかに覆土植生を行い、浸透水の防止を行うこととし、それまで使用できる酸性水貯水ダムを構築することが現実的と考えられる。

なお、西源廃石堆積場からの酸性水の一部（0.5万 m^3 /日）が近くの第三選鉱場の硫化鉄浮選用として利用する計画もある。

露天採掘廃水の特殊事情として、流送および廃水処理設備の摩耗防止、および沈澱防止のため、前処理対策として土砂除去が必要となるため沈砂池を設置する。

沈砂池の位置条件としては、露天採掘範囲外であること、処理済み廃水が自然落差で祝家廃水ルートに接続できること、を考慮すれば西部破砕場の近くで、大塙川川岸が適地であり、他に選択の余地は無いともいえる。

沈砂池の処理能力は20000m³/日（最大30000m³/日）であり、廃水中の粗粒を回収する。この粗粒部は殆ど脈石成分が主体なので回収するとともに、脱水後廃石堆積場に運搬処理する。また、最大流量を超過した場合は、非常用溢流堰から大塙川に放流することになるが、洪水時には止むを得ないとしても、雨期の一時期にはできるだけ露天採掘場内に貯水して、処理能力を超過しないように調節する必要がある。

ダンブリーチング銅抽出廃液も一種の廃石堆積場の浸透水といえる。溶存成分が極めて高いが、第二鉄を主とする硫酸酸性廃水であり、基本的には他の廃石堆積場の酸性水と同水質である。また、発生箇所も祝家廃石場なので、祝家廃石堆積場酸性水ダムの余剰酸性水と混合して、新設廃水処理場に送水し処理することとする。

(2) 送水ルート

新設廃水処理施設の建設位置としては、廃水処理プロセスとして選鉱尾鉱のサイクロン・オーバーフローを中和剤として利用し、中和後の固液分離、澱物堆積を四号廃さい堆積場（尾鉱庫）を使用して行う計画のため、選鉱廃さい分級施設のある四号尾鉱庫のダムサイト付近まで、各酸性水ダムから送水する必要がある。

四号尾鉱庫から最も遠いところにあるのが祝家酸性水ダムであり、次に露天掘廃水沈砂池となり、最後に西源酸性水ダムとなる。

高低差としては祝家酸性水ダムの流入口で海拔121.2mであり、新設廃水処理場の原水受槽の海拔は約206mであるから、その差は約85m近くになるため、ポンプによる送水が不可欠であり、数段の中継ポンプによる送水システムが必要となる。

既に、中国側では送水施設のメインルートの約8割程度を施工済みであり、その設計資料によればその内容は、「表 5-3-1 酸性水送水施設一覧表」に示す通りである。

今後、付加する送水設備としては、露天掘廃水の沈砂池以降のルートと西源酸性水ダムからの送水ルートである。

露天掘沈砂池以降の送水ルートは、ほぼ現在の大塙川に沿って配管され、祝家廃水

ずい道出口で、祝家酸性廃水と接続合流する計画である。

西源酸性水ダムからは、既設の第三選鉱銅精鉱流送用ずい道を共用して、#2生産水ポンプ室付近（一号尾鉱庫）でメインルートと接続する計画である。

現地のルート調査の結果、当初設計では送水ルート末端の廃水処理施設を四号尾鉱庫西側に想定しているため、東側まで送水設備を延長するための設計変更が必要となる。

なお、No.1およびNo.3ポンプ室（新No.2ポンプ）設備とも停電時対策として複数電源を確保しているが、大部分のずい道内送水設備は開放型のU字溝であるため、停電等の事故の場合溢流する恐れが考えられる。事故池の設置を検討する必要があるように思われる。

（3）既設廃水処理施設の処理計画

楊桃塢廃石堆積場からの酸性水は、現在、既設中和処理場で処理されているが、豊水年基準の酸性水発生量約300万 m^3 /年（約8000 m^3 /日）であり、中和処理能力の設計値としても8000 m^3 /日となっているが、実績としては約5000～6000 m^3 /日程度の操業となっている。しかし、既設廃水処理施設は、1988年に操業を開始したばかりで、設備には全く老朽化が認められないこと、立地的に選鉱排出の高アルカリ性水を中和剤として利用しやすいこと、他に有利に転用できる計画もないことから、設計処理量を達成できるように諸改善を図り、引き続き中和処理場として活用することとする。

（4）新設廃水処理施設の処理計画

楊桃塢廃石堆積場以外から発生する酸性廃水の水質は、発生源ごとに差が大きいですが、全て集水し、四号尾鉱庫東方分級施設の上流側の適地に、総合的な廃水処理施設を新設しここで処理する。

処理プロセスとしては、選鉱尾鉱分級溢流を中和剤として利用する二段中和方式を採用する。中和澱物は四号尾鉱庫に放流し、尾鉱庫内で固液分離・堆積を行う。

（5）アルカリ性廃水の処理

アルカリ性廃水の発生源は、大部分が選鉱尾鉱分級溢流であり、残りは選鉱精鉱シクナー・オーバーフロー（溢流）である。

尾鉱溢流は廃さい堆積場（尾鉱庫）に堆積され、その上澄水は楽安川に直接放流される他、繰返し用水（回水）として選鉱場およびその他に使用されるが、降雨量の多い時期には第一、二選鉱場まで流送される間に、回水余剰分が各所から放流水として大塢川に流出していることは既述した通りである。

新設廃水処理施設では、選鉱尾鉱分級溢流を酸性廃水の中和剤として利用するため、少なくとも四号尾鉱庫の上澄水は、現状より中性化に向かうことは明かである。

二号尾鉱庫の上澄水は、第一、二選鉱の繰返し用水として利用されるが、余剰が発生する雨期には、溢流立管の溢流堰高さの調節を行って、尾鉱庫内に上澄水を貯水することと、四号尾鉱庫から第一、二選鉱送りの繰返し用水のポンプ流量を調節して、余剰水が送水路の各所から大場川に流出することを防止する。

なお、2003年頃には二号尾鉱庫の堆積が完了する見込みであり、全ての尾鉱溢流は四号尾鉱庫に集約されることになる。

精鉱溢流のうち、第一、二選鉱の銅および硫化鉄精鉱の溢流は、既設廃水処施設の中和剤として利用されているが、第三選鉱の銅精鉱溢流は、現状では砕三水路経由で大場川に流出している。既設廃水処理試験の結果から、第三選鉱精鉱の溢流は第一、二選鉱精鉱溢流よりは高アルカリ性であることと、送水距離が近いことを考慮して、既設廃水処理施設の中和剤として優先使用することとする。

(6) 集塵機洗滌廃水

第一、二選鉱場破碎系集塵洗滌廃水は、使用後固液分離を行い、上澄水を繰返し使用することとする。濃縮された固体部分（底流）は選鉱の磨鉱機に投入し、洗滌水として不足する分だけ新水（生産水）を補充する。

(7) 事故池溢流およびその他廃水

事故池としては、(1)第一選鉱場磨鉱・浮選用、(2)同尾鉱用、(3)第二選鉱場磨鉱・浮選・尾鉱用の三箇所があるが、いずれも容量としては一回の事故が発生しても十分収容できる能力をもっている。

従って、事故池からの溢流を防ぐためには、まず事故防止が第一であるが、万一事故が発生した場合には、事故回復後直ちに回収して、次の事故に備えることが必要である。

その他、選鉱の各所から発生する雑廃水についても、設備からの漏出防止が第一であるが、漏出した廃水はできるだけ発生源近くで回収し、事故回復後もとの設備に繰り返すことが必要である。

以上、廃水処理全体計画の基本的な方針を系統図として示せば、「図 5-3-1 廃水処理全体計画水量バランス図」となる。

表 5-3-1 酸性水送水施設一覽表

1994年7月調査

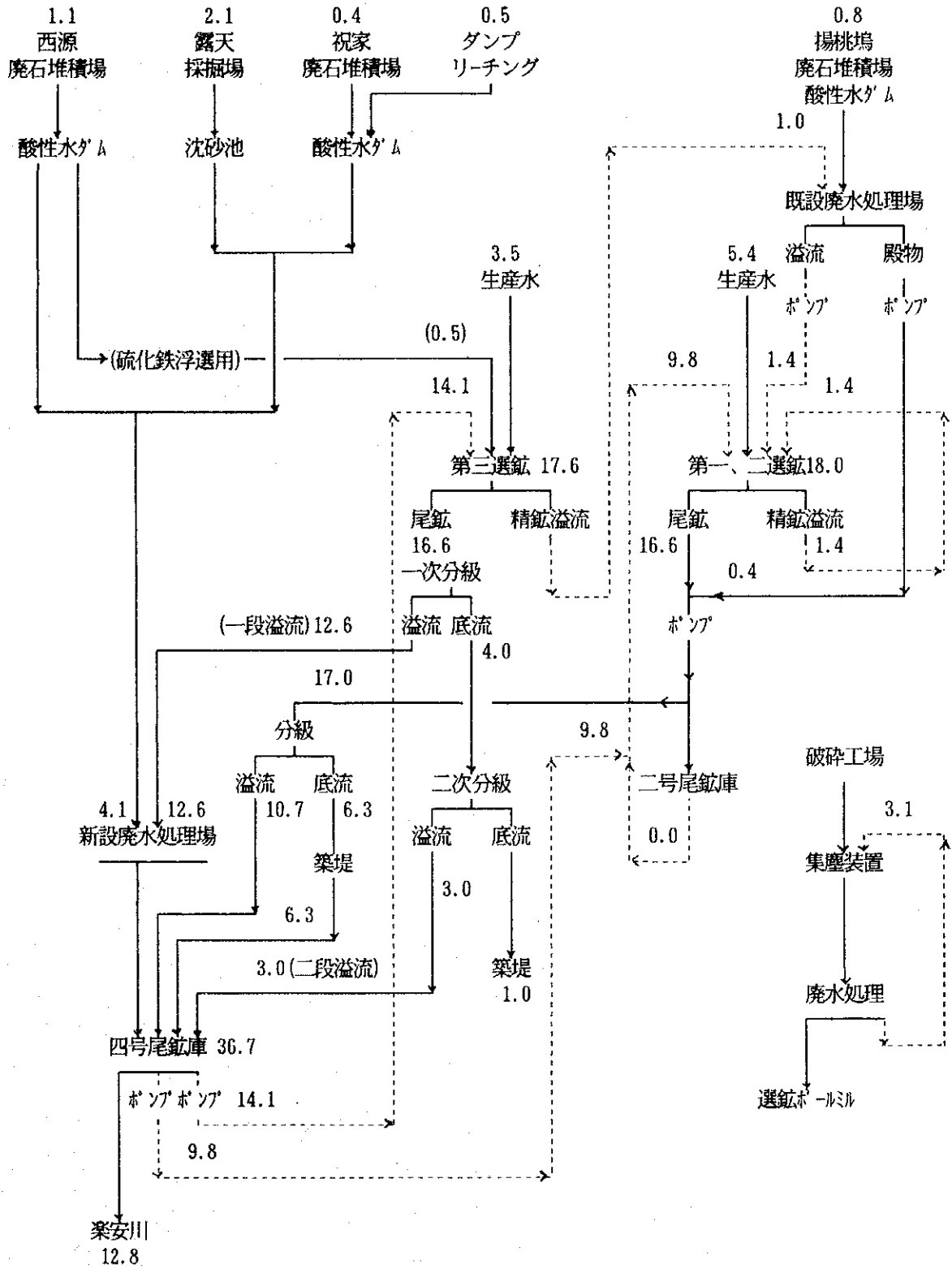
名称	流送設備	距離 (m)		レベル (m)			備考
		区間	累計	海拔	差	累計	
祝家酸性水庫		0	0	121.2	0	0	水庫最大レベル144m レベル累計ポンプ間
祝家廃水ずい道	呑口SUS800φ	982	982	104.2	-17.0	-17.0	ずい道出口で露天 廃水と合流
地表配管-1	ヒューム管800φ×1本	328	1310	102.15	-20.5	-37.5	海拔は末端位置
#1 ずい道	コンクリート樋700w×1000H ×1本	1375	2685	95.05	-7.1	-44.6	鉄管、ヒューム管、U 字溝は耐酸7スファルト
地表配管-2	600φ×2本	62	2747	94.35	-0.7	-45.3	内面ライニング
No.1ポンプ室	耐酸ポンプ 220kw Q=350~540m ³ /H H=120~95mH			93.83	-0.52	-45.82	型式2A200-560 6台(常用4台、予 備2台)
地表配管-3	鉄管600φ×1本	1464	4211	165.20	71.37	0	
#2 ずい道	コンクリート樋700w×1000H ×1本	509	4720	162.50	-2.7	-2.7	
地表配管-4	鉄管600φ×1本	215	4935	160.50	-2.0	-4.7	#2-生産水ポンプ室
	鉄管600φ×1本	27	4962				#1尾鉱庫堤体
	800φ×2本	905	5867				ヒューム管
ずい道	鉄管600φ×1本	230	6097	146.47	-14.03	-18.73	
#2~#3ずい道	コンクリート樋700w×1000H ×1本	180	6277				設計変更増設
#3, #4ずい道	コンクリート樋700w×1000H ×1本	914	7191	137.09	-9.38	-28.11	#3, #4はほぼ接続
地表配管-5	鉄管600φ×1本	133	7324	135.80	-1.29	-29.40	
#5 ずい道	コンクリート樋700w×1000H 1本	110	7434	132.12	-3.68	-33.08	
地表配管-6	800φ×1本	1000	8434	120.32	-11.80	-44.88	ヒューム管
#2-#4尾ずい道	コンクリート樋700w×1000H ×1本	1850	10284				#2, #4尾鉱庫連絡 ずい道
新No.2 ポンプ室	ポンプ 132KW×2段×5系列 Q=540m ³ /H、H=44m			98.1	-22.22	-67.10	8/6R-AH-WARMAN 第1.2選鉱尾鉱ポン プ 14/12AH-WARMAN 630KW×2段×5系 列建家90mL×20mW
地表配管-7	鉄管600φ×1本	400	10684	175.10	77.0	0	
#6 ずい道	コンクリート樋700w×1000H ×1本	52	10736	174.20	-0.9	-0.9	
地表配管-8	700φ×1本	1194	11930	159.05	-15.15	-16.05	ヒューム管 末端は西方分級 ステーション

北京有色冶金研究設計総院提供

新No.2ポンプ室以降が設計変更となる。

図 5-3-1 廃水処理全体計画水量バランス
(2003年、豊水年、銅2000t/年)

数字は水量、単位は万m³/日
(----- は回水)



第 6 章 新規廃水処理施設の概念設計

第6章 新規廃水処理施設の概念設計

6-1 設計範囲と立地選定

6-1-1 概念設計の範囲

1994年3月30日付協議議事録付図（図 6-1-1）に示されたバッテリーリミット（B/L）の内側を本調査の設計範囲とした。ただし、同議事録で示された通り、廃水の発生源対策として酸性水貯水ダム並びに送水ルート概念図または計画図を策定し、消石灰工場については、中国の現行の技術を考慮して改善提案を行った。また、空気攪拌用の送風機始めユーティリティ関係についても、カウンターパートの協力を得ながら出来る限り盛り込むこととした。

更に、同議事録によって補強された4部門（設備設計B、電気・計装、ダム・土建、バクテリア酸化）について時間的制約もあり、設計の一部を積算を含め現地コンサルタントに再委託した。一方、中国側から期待が寄せられていた新技術（2段中和、空気攪拌、計装）関係については、概念設計としては可成り突っ込んだ設計となっている。

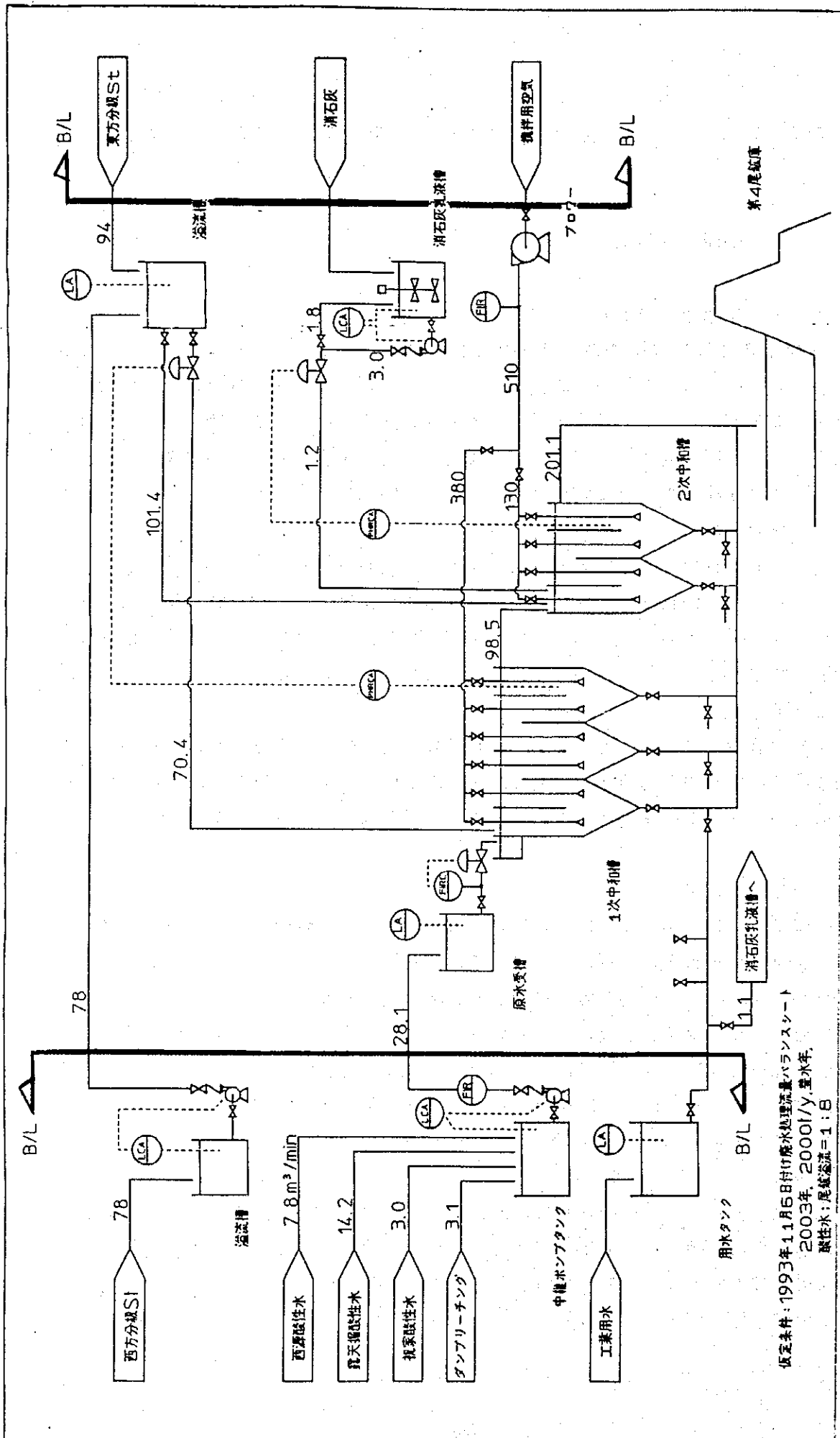
今回の2段中和において、第1次中和は処理施設の中で完全に行われるが、実質的な第2次中和の反応池並びに中和澱物の堆積場として4号廃滓ダムが利用される。そのため、同ダムの安定性について改めて検討を加えた。（第8章8-1）

6-1-2 立地選定

新設廃水処理場の建設候補地域3箇所に於いて、岩盤中の断層・節理の発達状況、岩盤の風化状況、土質、土の厚さ及び湧水等を調査した。〔徳興一地質評価一〇〇三 新設排水処理場建設候補地点調査結果図（別冊資料編に収録）〕参照。

岩盤の堅さと風化の程度は、日本の電力中央研究所の分類法に基づき、B、CH、CM、CL、Dの岩盤等級に分けた（表 6-1-1）。併せて、踏査ルートマップ作成時に露頭において、日本の電源開発（株）の岩盤分類法に基づく記載も行った（表 6-1-2）。また、地すべり・崩壊等の土木地質上問題となる地形の有無を確認した。調査結果は、第5-3-1図にまとめた。

この調査結果から、西岸地域は地形が著しく急峻で大きな敷地造成の適地なく、しかも、各所に地滑りも発生していることから候補地域から先ず除外した。東岸2ヶ所の候補地域では、地形、地質的な優劣はつけ難いが、万一溢流事故が発生した場合の安全性の面から、上流側の候補地域を最適地と判断した。更に地下深部の状



仮定条件：1993年11月6日付廃水処理流量バランスシート
 2003年、2000l/y、量水年、
 酸性水：尾端流量=1：8

図 6 - 1 - 1

況を確認するため、選定した候補地に3本の調査ボーリングを実施した。

(1) 新設廃水処理場候補地点の地質調査及び地形・土質調査結果

(a) 第1候補地点（東岸上流側）

地質；凝灰質千枚岩、表土及び崖錐堆積物、廃石堆積物

表土及び崖錐堆積物の厚さ；0.3 - 1m で薄い。

断層；西北西－東南東方向で南へ傾斜する断層が多く、東北東－西南西方向で南へ傾斜する断層もある。土木地質上、問題となるような大断層は認められない。

岩盤等級；谷部でCM級，CL-CM級が分布、尾根部でCL-CM級，CL級，CL-D級が分布する。すなわち、谷部よりも尾根部で風化が進み、岩質も軟弱化している。一般に強風化岩（D級，CL級）の厚さは尾根部でも10m以内と推定される。断層破碎帯は、いずれもCL-D級になっている。

地形；地すべり、崩壊地は認められない。

新設廃水処理場候補地点としての評価；特に問題ない。

(b) 第2候補地点（東岸下流側）

地質；凝灰質千枚岩、表土及び崖錐堆積物、廃石堆積物

表土及び崖錐堆積物の厚さ；0.2 - 4 m 。

断層；東北東－西南西方向で南へ傾斜する断層が多く、北東－南西方向で北西へ傾斜する断層、北西－南東方向で南西へ傾斜する断層もある。土木地質上、問題となるような大断層は認められない。

岩盤等級；谷部でCM級，CL-CM級が分布、尾根部でCL-CM級，CL級，CL-D級が分布する。すなわち、谷部よりも尾根部で風化が進み、岩質も軟弱化している。一般に強風化岩（D級，CL級）の厚さは尾根部でも10m以内と推定される。断層破碎帯は、いずれもCL-D級になっている。

地形；地すべり、崩壊地は認められない。

新設廃水処理場候補地点としての評価；強風化岩の厚さが第1候補地点より厚いが他に問題はない。

(c) 第3候補地点（西岸側）

地質；凝灰質千枚岩、珪化変質岩、表土及び崖錐堆積物、廃石堆積物、尾鉦堆積物

表土及び崖錐堆積物の厚さ；0.2 - 5 m 。

断層；北東－南西方向で北西または南東へ傾斜する断層と北西－南東方向で北東または南西へ傾斜する断層がある。これらの他、今回の調査では確認していないが、

表 6-1-1 電研式岩盤等級区分 (田中)

記号	特 徴
A	<p>きわめて新鮮なもので、造岩鉱物および粒子は風化、変質を受けていない。亀裂・節理はほとんどなく、あってもよく密着し、それらの面に沿って風化の跡は見られないもの。岩質はきわめて堅硬でハンマーによって打診すれば、澄んだ音を出す。</p>
B	<p>岩質堅硬で開口した(たとえ1mmでも)亀裂あるいは節理はなく、よく密着している。ただし造岩鉱物および粒子は部分的に多少風化・変質が見られる。ハンマーによって打診すれば、澄んだ音を出す。</p>
CH	<p>造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けてはいるが、岩質は比較的堅硬である。一般に褐鉄鉱などに汚染せられ、節理あるいは亀裂間の粘着力はわずかに減少しており、ハンマーの強打によって割れ目に沿って岩塊がはく脱し、はく脱面には粘土物質の薄層が残留することがある。ハンマーによって打診すれば、少し濁った音を出す。</p>
CM	<p>造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けて多少軟質化しており、岩質も多少軟らかくなっている。節理あるいは亀裂間の粘着力は多少減少しており、ハンマーの普通程度の打撃によって割れ目に沿って岩塊がはく脱し、はく脱面には粘土質物質の層が残留することがある。ハンマーによって打診すれば、少し濁った音を出す。</p>
CL	<p>造岩鉱物および粒子は風化作用を受けて軟質化しており、岩質も軟らかくなっている。節理あるいは亀裂間の粘着力は減少しており、ハンマーの軽打によって割れ目に沿って岩塊がはく脱し、はく脱面には粘土質物質が残留する。ハンマーによって打診すれば、濁った音を出す。</p>
D	<p>造岩鉱物および粒子は風化作用を受けて著しく軟質化しており、岩質も著しく軟らかい。節理あるいは亀裂間の粘着力はほとんどなく、ハンマーによってわずかな打撃を与えるだけで崩れ落ちる。はく脱面には粘土質物質が残留する。ハンマーによって打診すれば、著しく濁った音を出す。</p>

表 6-1-2 電源開発岩盤分類

岩盤分類基準（ボーリングコア以外に適用）

風 化	1	全く風化が認められず構成鉱物まで新鮮なもの	硬 さ	A	ハンマー打でナイフエッジをなして割れる。特に硬い
	2	一部の鉱物がわずかに風化し、ヘアクラックが見えるが分離していない		B	ハンマー打で粉を伴って割れる。硬い
	3	一部の鉱物が風化、亀裂等に沿って分離し、角礫状になったもの		C	ハンマー軽打で小岩片となる。もろい
	4	未風化の部分が角礫～円礫状に風化物中に含まれている状態		D	やや固結しているが両手で粉砕できるもの。ハンマーで穴
	5	構成鉱物の大部分が風化し二次鉱物に変わっている状態		E	粉状粒状（湿っている場合には乾燥状態を考慮して判断）ハンマーで掘れる

中国側提供の地質図(1:25,000)では、この地区に北東-南西方向の断層の通過が推定されている。

岩盤等級；CM級，CL-CM級が主体で、CL級，CH級，B級も認められる。

地形；急峻な地形で、ダム軸部の上流及び下流に崩壊地が認められる。

現地詳細調査時に、分級ステーション西側の斜面が幅40mにわたって崩壊した。

新設廃水処理場候補地点としての評価；地形が急峻で、分級ステーション付近には適地が見当たらない。

(2) ボーリング調査結果

新設廃水処理場の建設候補地点の右岸上流側で、候補地点の地盤特性を確認する為に3本のボーリングを実施した。

(a) 調査期間

1994年7月4日～8月10日

(b) 調査数量

掘進長：3孔，計85.11m

ZK4 = 40.04m (孔口標高 209.31m)

ZK5 = 25.00m (孔口標高 194.66m)

ZK6 = 20.07m (孔口標高 187.17m)

一軸圧縮試験 7組 20個

(c) 調査方法

- ・ボーリング機械：XY-100型油圧式ボーリング機械
- ・サンプリング：ダブルコアチューブ式，コア径 49mm

(d) 調査結果

・コア採取率

ZK4 = 29.7% (CL)

ZK5 = 29.9% (CL)，62.5% (CM)

ZK6 = 98.1% (CL)，67.0% (CM)，93.8% (B)

・岩相

新設廃水処理場の建設候補地域の地層は、先カンブリア時代の双橋山層群のシルト質千枚岩と粘板岩である。断層は、走向西北西-東南東で南へ70°以上の急傾

斜を示すものと、走向東北東-西南西～東-西で南へ70°以上の急傾斜を示すものとの2系統が分布している。

各ボーリングの岩石の性状は表 6-1-3の様に要約される。

また、第5-3-2図に新設廃水処理場建設候補地域の断面図を示す。

表 6-1-3 岩相及び層序一覧表

試錐名	孔口標高 (m)	水 位 (m)	層 序 (m)	深 度 (m)	岩 相
Z K 4	209.31	35.00	6.10	6.10	風化残留層(D)
			33.94	40.04	強風化シルト質粘板岩(CL)
Z K 5	194.66	19.60	9.50	9.50	風化残留層(D)
			9.10	18.60	強風化シルト質粘板岩(CL)
			6.40	25.00	弱風化シルト質粘板岩(CM)
Z K 6	187.17	3.40	5.40	5.40	風化残留層(D)
			2.60	8.00	強風化シルト質千枚岩(CL)
			6.79	14.79	弱風化シルト質千枚岩(CM)
			5.28	20.07	シルト質千枚岩(B)

・一軸圧縮試験

今回の一軸圧縮試験用の試料は、径：高=1：1で採取した。試験結果を表6-1-4に示す。

試験結果は、風化程度の強いものほど耐圧強度が低いことを示している。軟化係数は、地表に近いものほど低く、設計時に浸水軟化の特性に注意を要する。

・地下水位

表 6-1-3に示す様に、Z K 4 が深度35.00m (標高174.31m) , Z K 5 が深度19.60m (標高175.06m) , Z K 6 が深度3.40m (標高183.77m) であり明らかにZ K 4 の水位は他の地下水位より低い。本孔では深度24～28mで逸水があったため、断層破碎帯の存在によるものと考えられる。

・土木地質的評価

風化残留層は可塑性を持ち軟弱である。強風化岩も裂かが発達し、建造物の基盤としては不適當である。弱風化岩については基盤として適していると考えられる。Z K 4 の付近には、①孔底まで節理が非常に発達し、岩石が強風化岩となっ

表 6-1-4 一軸圧縮試験結果

試錐名	番 号	採取深度 (m)	風 化 状 況	耐圧強度				軟化 係数	岩石名	備 考
				乾 燥		湿 潤				
				測 定 値	平 均 値	測 定 値	平 均 値			
				MPa	MPa	MPa	MPa			
-	L-1~6	-	強風化	5.2	5.4	0.6	0.7	0.13	千枚岩及び 粘板岩	地表露頭 試料
				4.8		0.7				
				6.2		0.8				
Z K 4	4-1~6	33.54 ~ 37.74	強風化	20.6	18.4	7.2	7.3	0.40	シルト質 千枚岩	
				16.1		7.6				
				18.4		7.1				
Z K 5	5-1~4	18.6 ~ 20.19	弱風化	22.4	37.1	19.6	21.8	0.59	シルト質 粘板岩	
				51.8		23.9				
	5-5~7	22.5 ~ 23.89	弱風化	-	-	32.7	31.6	-	シルト質 粘板岩	
				28.6		33.5				
Z K 6	6-1~6	8.0 ~ 13.05	強風化	35.1	29.4	18.2	16.5	0.56	シルト質 粘板岩	
				28.4		15.8				
				24.7		15.5				
	6-7~ 11	13.80 ~ 14.67	弱風化	62.6	63.9	55.2	51.7	0.81	シルト質 千枚岩	
				65.0		38.1				
				64.2		61.8				
6-13~ 15	15.59 ~ 17.01	未風化	127.2	91.5	73.7	81.5	0.89	シルト質 千枚岩		
			86.1		80.7					
			61.2		90.1					

ている、②深度11.0～11.74m及び24.0～28.0mに断層粘土が見られる、③深度24～28mで逸水があった、等の理由により断層破碎帯が存在すると推定される。これは、地表部で確認している西北西－東南東方向の断層破碎帯が、Z K 4の付近を通過するためと考えられる。強風化岩には割れ目が発達し、水が浸入すると軟化しやすいので設計上注意を要する。

・結論

Z K 4で見られた断層破碎帯は、西北西－東南東方向で南へ70°以上の急傾斜を示すと推定され、将来の構造物の安定性に影響を及ぼす可能性がある。

したがって、詳細設計の段階では更に地表精査、トレンチ、ボーリング等を実施して破碎帯の規模、状態等を明らかにする必要がある。

また、第2候補地点（右岸下流側）についても、ボーリング調査範囲を広げ、4号尾鉾庫の堆積速度も考慮に入れて慎重に立地選定を行なう必要がある。

6-2 プロセスの選定と設計諸元

(1) 基本プロセス

各所から発生する酸性廃水のうち、楊桃場酸性廃水は既設廃水処理施設で処理することとし、その他の酸性廃水は全て新設廃水処理施設で一括混合処理する。

処理方式としては中和法を採用するが、中和剤としては選鉱廃さい（尾鉱）を利用し、不足する場合は消石灰で補う。

尾鉱溢流の分析結果から、廃さい中には選鉱で使用した消石灰分だけでなく、炭酸カルシウムが約5.5%（CO₂で2.4%）含まれていることが分かった。

この炭酸カルシウムは元鉱に由来することは既述した通りである。

このため、尾鉱溢流中の炭酸カルシウムを有効に活用するため、二段中和処理方式を採用する。即ち、一次中和ではPH4で制御しながらできるだけ炭酸カルシウムを中和反応させ、二次中和では消石灰分を利用してPH9まで中和する。

この二次中和と中和澱物の固液分離機能を四号尾鉱庫で行うとともに、同時に澱物を堆積する。

(2) プロセスの内容

連続試験（1994年7月）の結果から、一次中和で必要とする尾鉱溢流量は、酸性廃水量に対しほぼ1:1である。即ち、酸性廃水量の発生量が最も多い場合（2003年、豊水年）は28.1m³/分（40536m³/日）であり、この酸性廃水を一次中和するためにはほぼ同量の尾鉱溢流量が必要となる。

この尾鉱溢流は四号尾鉱庫の東西分級施設から得られるが、操業実績（濃度）から尾鉱溢流量の変動範囲を推定すれば、「表 6-2-1 選鉱尾鉱溢流量の変動範囲」に示す通りになる。この表から、東方分級施設の尾鉱溢流は比較的安定しているが、西方分級の溢流は変動が大きく不安定な状態にある。

また、酸性水量に対する尾鉱溢流量の比率を流況毎に示せば、「表 6-2-2 酸性廃水量と尾鉱溢流量の比率」の通りとなる。

この表から東方分級溢流量（一段）は酸性廃水量の3倍以上あり、一次中和用として量的にも十分余裕がある。また、東方分級施設の溢流は操業も安定しているので、この溢流を一次中和に使用することとし、一次中和で余剰となる東方分級溢流と西方

分級溢流を二次中和剤として使用することとする。

また、この表から2003年、豊水年条件で酸性廃水量（ $28.1\text{m}^3/\text{分}$ ）に対する東西分級溢流の合計量は、約 $195\text{m}^3/\text{分}$ でありその比率はほぼ7となる。

一方、連続試験の結果、pH9まで中和するために、尾鉱溢流量の混合比は一次及び二次中和合わせて7であるから丁度一致する。従って、1996年から2002年までは勿論、2003年の場合でも平水年、渇水年では尾鉱溢流量に余裕があり、バランス上では消石灰を必要としない。

一次中和では、連続試験の結果から30分の反応時間をみて反応槽の容量をきめ、さらに炭酸カルシウムの反応を促進するため、強力に攪拌を行うこととするが、二次中和では消石灰の中和反応であるため、動力攪拌を使用せず、落差を利用し乱流を生成させて混合する方式を採用する。

しかし、西方分級溢流および東方二段分級溢流はこの装置を經由せず、尾鉱庫内で二次中和反応することになる。この場合、処理施設を經由した中和液とこれらの尾鉱溢流は堰堤上から混合放流する必要がある。別々に放流された場合は、堆積場の湛水面が広いため、全く混合できない恐れがある。

2003年、豊水年、リーチング銅生産高、 $2000\text{t}/\text{年}$ の酸性廃水量を設計基準にして、新設廃水処理施設の処理フローと流量バランスを示せば、「図 6-2-1 新設廃水処理施設流量バランスシート」の通りとなる。

(3) 設計諸元

(a) 酸性廃水量

2003年、豊水年、リーチング銅生産高、 $2000\text{t}/\text{年}$ の酸性廃水量 $28.1\text{m}^3/\text{分}$ 、（ $40536\text{m}^3/\text{日}$ ）とする。

(b) 尾鉱溢流量

2003年、第一、二選鉱処理量 $40000\text{t}/\text{日}$ 、第三選鉱処理量 $60000\text{t}/\text{日}$ 、の尾鉱量を基準として、四号尾鉱庫東西分級施設操業実績による平均溢流量とする。

即ち、 東方分級溢流 93.8m³/分（一段）、23.1m³/分（二段）、
西方分級溢流 78.0m³/分、

尾鉍溢流の性状は次の通りである。

東方分級一段溢流 pH 11.5～12.5、濃度 17.5% (液比重1.13) 粒度-200mesh>70%
西方分級 // pH 11.5～12.5、濃度 13.0% (液比重1.09) 粒度-200mesh>70%

(c) 操業条件

廃水処理取扱い量も多いので、処理設備を有効に使用するため、廃水処理の一般的操業形態である連続操業とする。即ち、一日24時間、年間365日稼働とする。

また、年間の全停電日数は20日とするとともに、選鉍の計画休転による尾鉍の使用不能日数を年間35日とする。

(d) 処理能力

連続操業を確実に行うこと、尾鉍溢流を中和剤として使用するため、沈殿しやすいこと、アルカリ中和のためスケール付着が考えられること、等を考慮して、主要な施設となる一次中和槽は、常時、整備作業およびスケール除去作業ができるように、常用二系列、予備一系列として、計画的に切り替え使用する。

(e) 処理フローおよび流量バランス

「図 6-2-1 新設廃水処理施設流量バランス」の通りとする。

(f) 原水受槽

槽の容量は酸性廃水の流量変動を均等化し、一次中和槽に定量的に供給し中和pHを安定的に制御するため、酸性廃水を1時間相当分貯水できる容量とする。

槽から一次中和槽三系列に酸性水を自然落差で分配する。この分配配管には流量制御装置を設備する。

なお、直接二次中和槽に送水できるようバイパス配管を設ける。

これは、リーチング液からの銅生産工場の稼働日数が年間300日であり、工場休転時にはその廃液がでないため酸性廃水の水質が緩やかになる場合や、1996年から2003年間の場合、渇水年では酸性水の発生量が少なくなり、混合比として12以上となるので、このようなケースでは一段中和でも済む可能性があるため、処理コストの嵩む一次中和を経由せずに、直接二次中和槽で処理できるようにする。

また、最終排水（尾鉍庫の溢流）のpH値が排水基準の9.0以上になる場合は、一次

中和の運転を一時停止し、バイパスにより二次中和槽での処理だけとして排水のpH値を基準以下にコントロールする。

(g) 溢流分配槽

東方分級溢流を受け、三系列の一次中和槽に分配する。また、余剰分を二次中和設備に送泥する。一次中和槽へは自然落差で送泥するが、この配管には流量制御装置をつけ、一次中和槽のpH計と連動させ、中和pHを4になるように自動制御する。

尾鉍溢流のため沈澱しやすいので、槽の容量としては構造上分配機能が十分配置できる最小限の容量とする。

(h) 一次中和槽

試験の結果から、pH4に中和するために必要な尾鉍溢流量は酸性廃水量と同量とする。また、反応のための滞留時間を30分とする。

槽容量が大きいことから、松尾と同じく攪拌方式としては圧気攪拌とする。攪拌用吹き込み空気量は松尾および柵原の実績から $0.7\text{m}^3/\text{分}/\text{m}^2$ とする。

尾鉍溢流の調査結果、溢流中の固形分の粒度が-200mesh70%と比較的粗いことから、沈殿防止のため常時槽下底部から少量拔出し、ポンプにより中和槽に繰り返す方法を採用する。また、槽内の補修、清掃のため、或いは緊急時の抜き出しのため、槽下底部には口径の大きい拔出し口を設けるとともに、圧力水を注入できる構造とする。

一次中和槽内の中和液の液比重は1.06（濃度9.3%）とする。

(i) 二次中和槽

溢流分配槽の余剰分と、一次中和槽の処理廃水とを混合することを目的として、二次中和を行う。ここでの中和反応は消石灰によるものなので、反応時間よりもむしろ、良く混合することを目的とするが、自然の落差を利用し乱流を発生させる構造の混合槽とする。二次中和槽ではpHは測定するが制御はしない。

取扱い流量としては、

一次中和槽からの廃水量 $28.1 + 28.1 = 56.2(\text{m}^3/\text{分})$

溢流分配槽からの余剰分 $93.8 - 28.1 = 65.7(\text{m}^3/\text{分})$

計 $= 121.9(\text{m}^3/\text{分})$

二次中和槽内における液比重は1.10（濃度13%）とする。

二次中和槽からの中和廃液はパイプにより堰堤上に流送されるが、堰堤上から堆積場内に放流する場合は必ず、東方二次分級溢流および西方分級溢流と同位置から放流

し、よく混合する。

(j) 消石灰工場（設計は中国側実施）

試験の結果、酸性水と尾鉱溢流量のバランス上は消石灰を必要としないが、不確定要素もあり、消石灰工場の建設に要する敷地面積を処理場内に確保するものとする。

消石灰工場の規模としては130t/日とし、その算定根拠は、1993年9月の連続試験結果に基づき、以下の通りである。

酸性廃水：2003年、豊水年、リーチング銅 4000t/年、流量 28.1m³/分

尾鉱溢流量：東方分級一段 93.8m³/分、西方分級 78.0m³/分 計 171.8m³/分

混合比：混合比 6.1(=171.8/28.1) 必要混合比 8(=一次2.5 + 二次5.5)

不足混合比 1.9, 対二次比 1.9/5.5= 0.345

CaO使用量：試験より二次中和(pH4からpH9)まで中和するのに4.3kg/m³、97%

従って 4.3(kg/m³)×0.97×0.345=1.44(kg/m³)

Ca(OH)₂ = {1.44×28.1×60×24/0.53(消石灰CaO分実績)} ×1.2(安全率)=130(t/日)

(k) 用水

設備および場内清掃用の用水としては、回水を使用する。使用量は500m³/日を見込む。また、ルーツプロワおよび非常用電源の冷却用水としては水質を考慮し、新水を使用する。必要に応じ用水の冷却装置を考慮する。

(l) 電気・計装

停電を少なくするため二電源受電とする。更に、非常用発電機を設置する。

計装の程度としては日本における廃水処理施設のうち、高いレベルにある廃水処理場を基準とし、且つ経済性を考慮して設計する。計測機器の信頼性を考慮して日本製を前提とする。また、以下の諸点に留意して設計する。

- ① 計器室を設置し集中監視する。
- ② 測定値のうち重要なものは自動記録する。
- ③ 異常値に対しては警報する。
- ④ 必要に応じ遠隔操作可能とする。

なお、計装盤はセミグラフィックパネルとし運転状況を表示する。機器の起動・停止は原則として現場操作とするが、設計上は計器室からの遠隔操作を考慮する。

表 6-2-1 選鉱尾鉱溢流量の変動範囲

年	単位	東方分級			西方分級		
		平均	最大	最小	平均	最大	最小
1996	m ³ /日	135180	143760	127380	56540	76000	35520
	m ³ /分	93.8	99.8	88.5	39.0	52.8	24.7
2003	m ³ /日	135180	143760	127380	113080	152000	71040
	m ³ /分	93.8	99.8	88.5	78.0	105.5	49.3

溢流量が平均、最大、最小、となる分級（濃度）条件

	東方分級施設					西方分級施設				
	分級濃度 (%)			溢流量		分級濃度 (%)			溢流量	
	給液	底流	溢流	m ³ /日	m ³ /分	給液	底流	溢流	m ³ /日	m ³ /分
平均	26.5	45.0	17.5	135180	93.8	19.0	27.5	13.0	113080	78.0
最大	26.0	45.0	18.0	143760	99.8	18.0	30.0	14.0	152000	105.5
最小	27.0	45.0	17.0	127380	88.5	20.0	25.0	12.0	71040	49.3

表 6-2-2 酸性廃水量と尾鉦分級溢流量の比率 (溢流量/酸性水量)

1. 東方分級溢流量 (一段) の場合

(流量:m³/分)

年	豊水				平水				渇水			
	酸性水量	尾鉦溢流量			酸性水量	尾鉦溢流量			酸性水量	尾鉦溢流量		
		平均 93.8	最大 99.8	最小 88.5		平均 93.8	最大 99.8	最小 88.5		平均 93.8	最大 99.8	最小 88.5
1996	17.8	5.3	5.6	5.0	14.6	6.4	6.8	6.0	12.6	7.5	7.9	7.0
2003	28.1	3.3	3.6	3.1	23.7	4.0	4.2	3.7	20.0	4.8	5.0	4.4

2. 西方分級溢流量単独の場合

(尾鉦溢流の上段は1996年、下段は2003年)

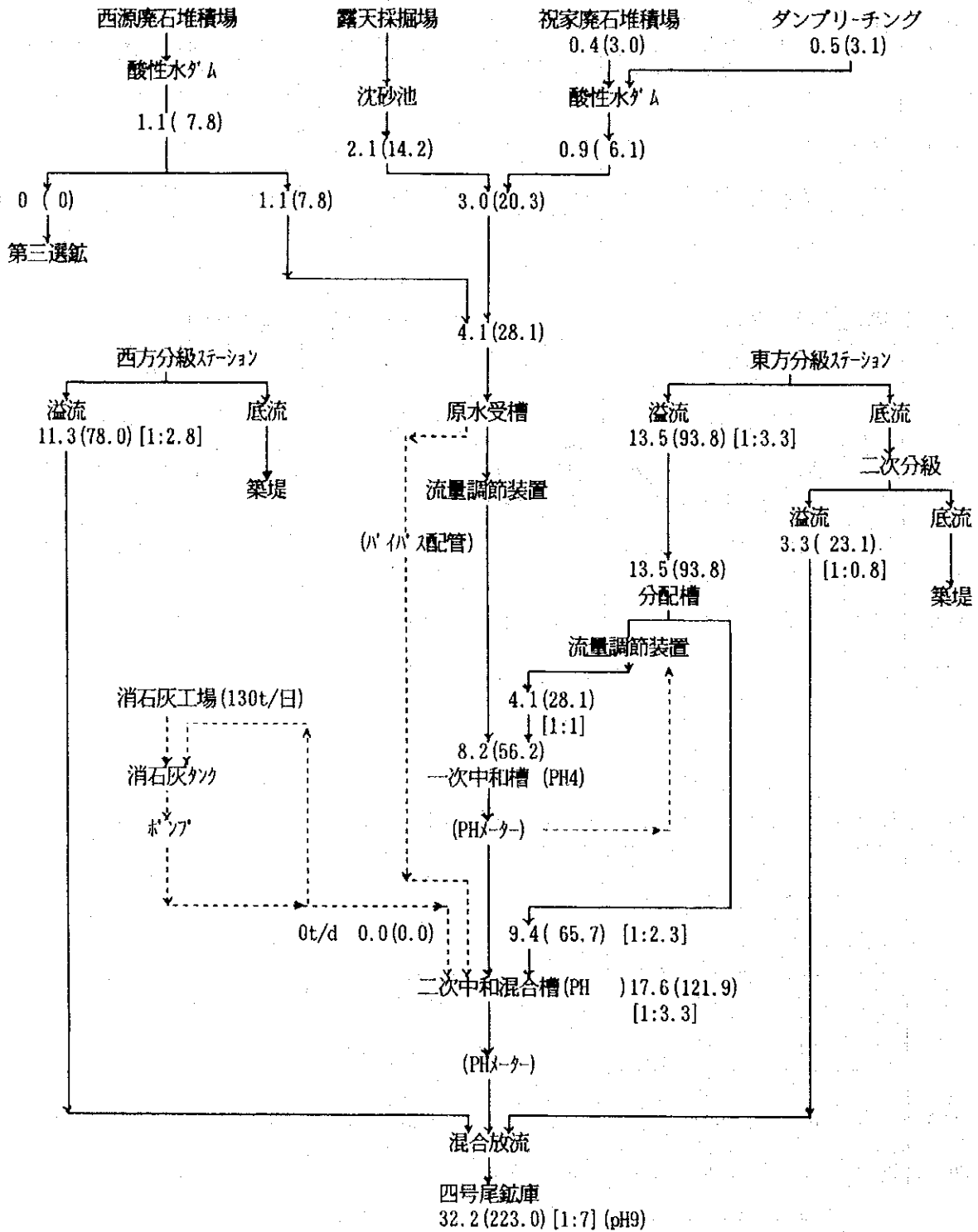
年	豊水				平水				渇水			
	酸性水量	尾鉦溢流量			酸性水量	尾鉦溢流量			酸性水量	尾鉦溢流量		
		平均 39.0	最大 52.8	最小 24.7		平均 39.0	最大 52.8	最小 24.7		平均 39.0	最大 52.8	最小 24.7
		78.0	105.5	49.3		78.0	105.5	49.3		78.0	105.5	49.3
1996	17.8	2.2	3.0	1.4	14.6	2.7	3.6	1.7	12.6	3.1	4.2	2.0
2003	28.1	2.8	3.8	1.8	23.7	3.3	4.5	2.1	20.0	3.9	5.3	2.5

3. 東方分級溢流量 (一段 + 二段溢流) および西方分級溢流量合計の場合

年	豊水				平水				渇水			
	酸性水量	尾鉦溢流量			酸性水量	尾鉦溢流量			酸性水量	尾鉦溢流量		
		平均 155.9	最大 173.8	最小 137.8		平均 155.9	最大 173.8	最小 137.8		平均 155.9	最大 173.8	最小 137.8
		194.9	226.5	162.4		194.9	226.5	162.4		194.9	226.5	162.4
1996	17.8	8.8	9.8	7.7	14.6	10.7	11.9	9.4	12.6	12.4	13.8	10.9
2003	28.1	7.0	8.0	5.8	23.7	8.3	9.5	6.9	20.0	9.6	11.3	8.1

図 6-2-1 新設廃水処理施設流量バランスシート
 (2003年、豊水年、リチング銅 2000t/年)
 [酸性水:尾鉱溢流合計= 1 : 7]

数字は流量 万m³/日
 ()内は m³/分
 [:] 内は 酸水:溢流比



6-3 機械等設備

プロセスの内容と、基本的な設計諸元に基づき、酸性廃水の最大処理量28.1m³/分を処理能力として、設備の検討を行った。その結果を「新規廃水処理場フローシート」（徳興-設備設計A-001）以下の設計図面類に示した。また、主要機器の仕様には、「表 6-3-1 機器リスト（1）、（2）」に纏めたが、その選定理由（計算結果）を主要機器毎に説明する。

（1）主要機器の設計計算書

（a）原水受槽

酸性廃水の流量および水質変動に対処し、また、各機器の保守点検時間等を確保するため、原水受槽を設置する。

原水受槽から一次中和槽へは、定量且つ自然流送する。流送配管は3系統とし、常用2系統、予備1系統とする。

設計条件

pH	: 2.2
液比重	: 1.0
滞留時間	: 60分
流量	: 28.1m ³ /分 (14.05m ³ /分 /1系列)

必要容量の算出

$$V=28.1 \times 60=1686(\text{m}^3)$$

主要仕様

容量	: 2140m ³ (有効容積 1800m ³)
寸法	: □18.5m×6.5m(有効5.5m)
材質	: RC+耐酸ライニング
数量	: 1基
付属品	: 槽内昇降梯子、槽上面点検床付き

（b）溢流分配槽

中和剤として選鉱尾鉱溢流を一定量一次中和槽に流し、余量は二次中和混合槽に流すため、溢流分配槽を設置する。

$$56.2 \times 0.13 = 7.3 \text{ m}^3/\text{分}$$

必要容量の算出

$$V = (56.2 + 7.3) \times 30 = 1905 (\text{m}^3)$$

主要仕様

運転容量 : 2320 m^3 (有効容積 2000 m^3)
(50 m^3 /室 \times 20室/系列 \times 2系列運転)

総寸法 : 34m \times 21m \times 10m
1室寸法 □3m \times (6+1.5)m高さ

材質 : RC+耐酸ライニング

数量 : 1基

付属品 : 下部ドレン口付き、槽上面点検床付き

(d)一次中和槽返送ポンプピット

一次中和槽底部より抜き出された液は、廃水溝を通じて返送ポンプピットに流れ込む。

抜き出し量は1室当たり150L/分とし、40室運転より合計流入量は6 m^3 /分となる。

流入液は返送ポンプで一次中和槽の入り口側に戻す。

ポンプピット容量は、底部抜き出し量の不確定さ、ピット内の堆積物および、ポンプ切り替え所用時間等を考慮して、30分容量とする。

設計条件

pH : 2.2~4.0

液比重 : 1.06~1.13

滞留時間 : 30分

流量 : 6 m^3 /分 (0.15 m^3 /分 \cdot 室 \times 40室)

必要容量の算出

$$V = 6 \times 30 = 180 (\text{m}^3)$$

主要仕様

容量 : 230 m^3 (有効容積 180 m^3)

寸法 : 5m \times 18m \times (3+2.5)m高さ

材質 : RC+耐酸ライニング

数量 : 1基

付属品 : ピット内昇降梯子、槽上面点検床付き

溢流分配槽から一、二次中和槽へは、自然流送する。槽内は3室構造とし、流入口にはそれぞれ水門ゲートを設置する。

常用2室、予備1室とし、槽内の閉塞状況により、定期的に切り替えて運転する。

設計条件

pH	: 12.0
液比重	: 1.13
滞留時間	: 0.5~1.0分
流量	: 93.8m ³ /分 (46.9m ³ /分/1系列)

必要容量の算出

$$V=93.8 \times 0.5 \sim 1.0 = 46.9 \sim 93.8 (\text{m}^3)$$

主要仕様

容量	: 90m ³ (有効容積 70m ³)
寸法	: 9m×6.8m×3.5m、(常用2室)
材質	: RC
数量	: 1基
付属品	: 水門ゲート、槽上面点検床付き

(c)一次中和槽

酸性水と尾鉱溢流を混合し、pH4となるよう尾鉱溢流量を調整する。

攪拌方式は空気攪拌方式を採用する。単位面積当たりの攪拌空気量は0.7m³/分・m²とする。

尾鉱溢流中の粗粒沈澱物による、中和槽底部への堆積防止策として、槽底部より常時定量抜き出しする。

中和槽は3系列とし、常用2系列、予備1系列とし、槽内の状況により定期的に切り替えて運転するものとする。

1系列20室構造とし、混合液の短絡流出を防止するためカギ型に流れる構造とする。

設計条件

pH	: 4.0
液比重	: 1.06
滞留時間	: 30分
流量	: 56.2m ³ /分 (28.1+28.1=56.2m ³ /分)
攪拌空気	: 槽内の空気容量分は13%より、

(e)一次中和槽返送ポンプ

一次中和槽返送ポンプピットに設置するポンプ台数は、常用 4台、予備2台、合計 6台とする。

ポンプ上には保全用の2tクレーンを設置する。

設計条件

pH	:	2.2~4.0
液比重	:	1.06~1.13
揚量	:	6m ³ /分

主要仕様

型式	:	立型スラリーポンプ
容量	:	1.8m ³ /分・台(安全率 1.2)
揚程	:	20m
材質	:	耐酸仕様
動力	:	15kw/台
付属品	:	保全用2tクレーン付き

(f)二次中和混合槽

一次中和槽処理液と、溢流分配槽の余剰液を混合させる。混合方式は水力攪拌による隔板混合槽方式とする。

設計条件

処理水量	:	121.9m ³ /分(酸性水量28.1+溢流93.8)
pH	:	2.2~12.0
液比重	:	1.0~1.13
隔板数	:	7枚
隔板間距離	:	0.7m以上
隔板間流速	:	1.5m/秒前後
滞留時間	:	15秒前後

主要仕様

容量	:	76m ³
実容量	:	30m ³
寸法	:	3.8m×10m×2m高さ

材質 : 接液部SUS316、その他SS400
付属品 : 架構、点検歩廊付き

(g) 攪拌用空気ブロー

一次中和槽内の混合液攪拌用として、空気ブローを設置する。
空気ブローは1系列1台運転とし、常時2系列運転のため、2台運転となる。予備を1台設置する。

設計条件

単位空気量 : $0.7\text{m}^3/\text{分}\cdot\text{m}^2$

ブロー1台当たりの必要空気量の算出

1台当たり空気量 : $9\text{m}^2/\text{室}\times 20\text{室}\times 0.7=126\text{m}^3/\text{分}$

必要空気量 : $150\text{m}^3/\text{分}$ (安全率1.2)

必要空気圧力の算出

液面高さ : 6.5m

液比重 : 1.06

必要空気圧 : 8500mmAq ($6500\times 1.06\times$ 安全率1.23)

主要仕様

型式 : 水冷式ロータリーブロー

風量 : $150\text{m}^3/\text{分}\cdot\text{台}$

吐出し圧力 : $0.85\text{kg}/\text{cm}^2$ (8500mmAq)

材質 : 標準仕様

動力 : 270kw/台

台数 : 3台(常用2台、予備1台)

付属品 : 吸い込みフィルター、吸吐側ダンパー、吸吐側伸縮継手、吸吐側サイレンサー、安全弁、アフタークーラー等メーカー推奨付属品一式、

(h)軽油タンク（非常用発電機燃料）

設計条件

油消費量 : 4L/分

使用時間 : 24時間

必要容量の算出

$$V=0.004 \times 60 \times 24=5.76(\text{m}^3)$$

主要仕様

公称容量 : 6m^3

寸法 : 2m径×2.1m高さ（空間率10%）

材質 : SS400

板厚 : 側板6mm、底板6mm、屋根4.5mm

数量 : 1基

付属品 : 屋根昇降用梯子付き

防油堤仕様

必要容量 : 6.6m^3 （公称容量×110%）

有効容量 : 8.05m^3

寸法 : 4m×4m×0.6m

材質 : RC

付属品 : 防油堤出入階段、危険物標識、掲示板、消火器

(i)軽油送油ポンプ（軽油タンク～発電機サービスタンク間）

主要仕様

型式 : ギャポンプ

容量 : 20L/分・台

揚程 : 20m

材質 : 標準仕様

動力 : 0.4kw/台（モーターは防爆安増型）

台数 : 2台（1台常用、1台予備）

付属品 : 吸い込みストレーナー、リリーフ弁付き

(j)空気圧縮機

通常は水冷式空気圧縮機を運転し、冷却水断水等の異常時を考慮し、予備は空冷

式空気圧縮機を設置する。

圧縮空気使用量の算出

計装用圧気	:	0.12Nm ³ /分 (コントロール弁6基分)
工場用圧気	:	1.68Nm ³ /分 (清掃、フラッシング等)
合計	:	1.80Nm ³ /分

主要仕様

型式	:	単段式スクリー型空気圧縮機
吐出量	:	1.8m ³ /分 (吸い込み状態換算)
吐出圧力	:	8kg/cm ²
動力	:	15kw
台数	:	2台 (常用:水冷式1、予備:空冷式1)
付属品	:	レシーバタンク
容量	:	0.8m ³
最高使用圧力	:	8.5kg/cm ²
台数	:	1基

(k)圧縮空気脱湿器

計装用圧気ラインには、圧縮空気脱湿器を設置する。

主要仕様

型式	:	全自動、電気再生方式
処理風量	:	0.8Nm ³ /分
再生電熱	:	1.0kw
水分	:	脱湿後水分 -40℃ D,P以下
台数	:	1台

(l)空冷塔 (機器冷却水循環用) および循環槽

機器冷却用水は水質保持が必要であり、かつ使用水量が多いため、空冷塔を採用し循環方式とする。

冷却水の必要な機器は、水冷式空気圧縮機、攪拌用空気ブローアおよび非常用発電機とする。

冷却水の循環槽の容量は、ポンプの切り替え時間等を考慮し、使用冷却水量の15分間程度とする。

設計条件

外気条件 : 湿球温度 28℃、乾球温度 34℃、相対湿度 80%

水質条件 : 別紙に示す。

冷却熱量の算出

機器名	冷却水量	入口水温	出口水温	発生熱量
空気圧縮機	0.1m ³ /分	32℃	37℃	500kcal/分
空気ブロー	0.9m ³ /分	32℃	42℃	9000kcal/分
非常用発電機	0.4m ³ /分	32℃	37℃	2000kcal/分
合計 (平均)	1.4m ³ /分	(32℃)	(40.2℃)	11500kcal/分

発生熱量合計 : 690000 kcal/Hr.

新水 (補給水) 量の算出

$$Q = 690000 / 575 = 1200 (l/Hr. + \alpha)$$

(40℃水の蒸発潜熱: 575kCal/kg)

α : 漏水、飛散等

主要仕様

型式 : 直交流空冷式冷却塔
冷却能力 : 780000kcal/Hr. (安全率1.13)
外形寸法 : 2.5m×3.4m×3.5m高さ
運転重量 : 2800kg
材質 : 標準仕様
動力 : 5.5kw
台数 : 1台

冷却水循環槽

容量 : 29m³
滞留時間 : 15分
実容量 : 23m³
寸法 : 3m×5m×2m高さ
材質 : RC+防水モルタル

(m) 冷却水給水ポンプ

設計条件

給水温度	:	32℃以下
給水量	:	1.4m ³ /分
給水圧力	:	2~3kg/cm ²
水質	:	次ページ「(3) 機器冷却水の推奨水質値」参照

主要仕様

型式	:	渦巻ポンプ
揚量	:	1.7m ³ /分・台 (安全率1.2)
揚程	:	30m
材質	:	標準仕様
動力	:	18.5kw/台
台数	:	2台 (1台常用、1台予備)
付属品	:	吸い込みストレーナー、圧力計、弁、逆止弁付き

(n) 冷却水返送ポンプ

主要仕様

型式	:	縦型渦巻ポンプ
揚量	:	1.7m ³ /分・台 (安全率1.2)
揚程	:	20m
材質	:	標準仕様
動力	:	15kw/台
台数	:	2台 (1台常用、1台予備)
付属品	:	圧力計、弁、逆止弁付き

(2) 機器リストおよび点検周期リスト

「表 6-3-1 機器リスト(1)、(2)」に示す。

「表 6-3-2 点検周期リスト(1)、(2)、(3)、(4)」に示す。

(3) 機器冷却水の推奨水質値

	推奨水質値	上水道基準 (参考)
P · H	6.5~8.0	5.8~8.0
全 硬 度 (C, CO ₃) ppm	30以下	17以下
塩素イオン (Cl ⁻) ppm	80以下	30以下
鉄 分 ppm	3.0以下	30以下

(4) 軽油燃料の規格

危険物区分：第4種第2石油類、JIS2号軽油

JIS規格

	反応	引火点 ℃	残留性状 流出温度 ℃	流動点 ℃	10%残油の 残留炭素分 %	たん指数	動粘度 30℃cst	硫黄分 質量%
2号	中性	50以上	350以下	-10以下	0.10以下	45以上	2.5以上	0.05以下

石油メーカー性状

比 重： 0.83~0.88

引 火 点： 50~70℃

発 火 点： 257℃

発 熱 量： 10500~11200kcal/kg

(5) 鋼材規格

一般構造用圧延鋼材 SS400 ; J I S G 3 1 0 1

S I 単位	化学成分 (%)				降伏点ま たは耐力 (N/mm ²)	引張り 強 さ (N/mm ²)
	C	M n	P	S		
SS 400	—	—	—	0.05 以下	245以上	402~510

配管用炭素鋼鋼管 S G P ; J I S G 3 4 5 2

S I 単位	化学成分 (%)				引張り 強 さ (N/mm ²)
			P	S	
SS 400			0.04 以下	0.04 以下	290以上

圧力配管用炭素鋼鋼管 S T P G 3 7 0 ; J I S G 3 4 5 2

S I 単位	化学成分 (%)				降伏点ま たは耐力 (N/mm ²)	引張り 強 さ (N/mm ²)
	C	M n	P	S		
STPG370	0.25 以下	0.3~ 0.9	0.04 以下	0.04 以下	215以上	370 以上

配管用ステンレス鋼鋼管 SUS316P ; JIS G 3459

S I 単位	化 学 成 分 (%)						
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
SUS316TP	0.08 以下	1.00 以下	2.00 以下	0.03 以下	0.03 以下	10~14	16~18

S I 単位	化 学 成 分 (%)				降 伏 点 ま た は 耐 力 (N/mm ²)	引 張 り 強 さ (N/mm ²)
	Mo					
SUS316TP	2.00~ 3.00				205以上	520 以上

使用配管厚さ一覧表

配管表示記号	外径 (mm)	厚さ (mm)	単位質量 (kg/m)
15 ^φ SGP	21.7	2.8	1.31
25 ^φ SGP	34.0	3.2	2.43
50 ^φ SGP	60.5	3.8	5.31
150 ^φ SGP	165.2	5.0	19.8
300 ^φ SGP	318.5	6.9	53.0
500 ^φ SGP	508.0	7.9	97.4
400 ^φ STPG370 #40	406.4	12.7	123
25 ^φ SUS316#40	34.0	3.4	2.61
80 ^φ SUS316#40	89.1	5.5	11.5
150 ^φ SUS316#40	165.2	7.1	28.0
200 ^φ SUS316#40	216.3	8.2	42.8
300 ^φ SUS316#40	318.5	10.3	79.6
400 ^φ SUS316#40	406.4	12.7	125
550 ^φ SUS316#40	558.8	15.9	216

(6) 設計図面類 (別冊資料編に収録)

1	新規廃水処理場フローシート	徳興-設備設計A-001
2	新規廃水処理場位置図	徳興-設備設計A-002
3	新規廃水処理場配置図	徳興-設備設計A-003
4	新規廃水処理場設備概略図	
a	2次中和混合槽	徳興-設備設計A-004
b	溢流分配槽付き水門ゲート	徳興-設備設計A-005
c	空冷塔及び循環槽	徳興-設備設計A-006
d	6 \times 2軽油屋外貯蔵タンク及び防油堤	徳興-設備設計A-007
e	1次中和槽返送ポンプ回り	徳興-設備設計A-008
f	溢流液流送樋	徳興-設備設計A-009
g	新規廃水処理場歩廊	徳興-設備設計A-010
h	1次中和槽攪拌空気配管	徳興-設備設計A-011
i	機械基礎基概略設計仕様	徳興-設備設計A-012

機械等設備 機器リスト

表 6-3-1 機器リスト (1)、(2)

表6-3-1(1)

機器リスト(1)

機番	機器名	数量	型式	仕様	材質	動力
	原水受槽	1	角槽、 屋外	18.5m ³ ×18.5m ³ ×6.5m ^H 有効容量:1800m ³	RC+耐酸ライニ ング	
	溢流分配槽	1	角槽、 屋外	2m ³ ×3.8m ³ (3+2)m ^H /系列、 有効容量:15m ³ /系列×3系列	RC	
	1次中和槽	1	角槽、 屋外	3m ³ ×3m ³ ×7.5m ^H /室、有効容量:50m ³ /室 20室/系列×3系列 合計60室	RC+耐酸ライニ ング	
	1次中和槽返送ポンプピ ット	1	角槽、 屋外地下	5m ³ ×18m ³ (3+2.5)m ^H 、 有効容量:180m ³	RC+耐酸ライニ ング	
	1次中和槽返送ポンプ	4+2	立型スラリ 屋外	1.8m ³ /min×20m ^H	耐酸 (SUS316、ゴムライニング)	15
	上記保安全用クレーン	1	電動式クレーン 屋外	揚量:2トン、行程:6m、ローハット形ホイスト 走行・横行付き、	標準	3.8 2.9+3+6
	2次中和混合槽	1	水力式、 屋外	3.8m ³ ×10m ³ ×2m ^H 、有効容量:30m ³	鉄筋部:SUS316 その他:SS400	
	攪拌用空気ブロー	2+1	ロータリ一型 屋内	150m ³ /min×8500mmAq	標準	270
	軽油タンク	1	丸型、 屋外	φ2m×(2.1+0.4)m ^H 、有効容量:6m ³ 防油堤:4m×4m×0.6m ^H 、有効容量:8.05m ³	タンク本体:SS400 防油堤:RC	
	軽油送油ポンプ	1+1	ギヤポンプ 屋外	20ℓ/min×20m ^H	標準	0.4

* RC (Reinforced Concrete: 鉄筋コンクリート)
 SS (rolled Steel Structure: 一般構造用圧延鋼材)
 SUS (Stainless Steel: ステンレス鋼)

表6-3-1(2)

機器リスト(2)

機番	機器名	数量	型式	仕様	材質	動力
	空冷却塔	1	直交流空冷式 屋外	冷卻能力:78000kcal/hr 2.5m ³ ×3.4m×3.5m ^H	標準	5.5
	冷却水循環槽	1	角型、屋外	3m×5m×2m ^H 、容量:8.05m ³	RC	
	冷却水給水ポンプ	1+1	渦巻きポンプ 屋外	1.7m ³ /min×30m ^H	標準	18.5
	冷却水返送ポンプ	1+1	立型ポンプ 屋内	1.7m ³ /min×20m ^H	標準	15
	水冷式空気圧縮機	1	単段スクリーン 屋内	1.8m ³ /min×8kg/cm ²	標準	15
	空冷式空気圧縮機	1	単段スクリーン 屋内	1.8m ³ /min×8kg/cm ²	標準	15
	圧縮空気脱湿器	1	電気再生式 屋内	処理容量:0.8m ³ /min、再生電熱:1.0kw 露点後の水分:-40CD-PWT	標準	1

点検周期リスト

表 6-3-2 点検周期リスト
(1), (2), (3), (4)

表6-3-2(2) 点検周期リスト

機械設備関係

No	項目	毎日 Day	週 Week	月 Month	年 Year	点検内容
	<ul style="list-style-type: none"> ・空気量 ・音 ・振動 ・軸受け ・ドレン ・各接合部の締めつけ ・Vベルト ・安全弁 ・アフタークーラー ・定期開放点検 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ○ ○ ○ ○ 		<ul style="list-style-type: none"> ○ ○ 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ○ ○ ○ 	流量計の確認 異常音の確認 触感、振動計による確認 触感、温度計による確認 本体及びレシーバータンク内ドレン抜き 圧縮機、モーター、配管 張り、伸び、亀裂の確認 作動の確認 内部清掃 2回/年
3	ポンプ類 <ul style="list-style-type: none"> ・本体 ・吐出圧力 ・クランプバックシートの確認 ・電流 ・音 ・振動 ・軸受け ・各接合部の締めつけ ・Vベルト、直結 ・ベアリンググリース ・軸スリーブ ・インペラ、ケーシング ・消耗品 ・吸込ストレーナー ・定期開放点検 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ 		<ul style="list-style-type: none"> ○ ○ ○ 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ 	外観、 ゲージ圧の確認 漏れ量の確認。締め付けまたは交換 負荷電流値の確認 異常音の確認 触感、振動計による確認 触感、温度計による確認 ポンプ、モーター、配管 張り、伸び、亀裂、芯の確認 給油 摩耗状況確認 点検、交換 潤滑油、バックシン、シール類 内部清掃 2回/年

表6-3-2(3) 点検周期リスト

機械設備関係

No	項目	毎日 Day	週 Week	月 Month	年 Year	点検内容
4	冷却塔 ・本体外部 ・冷却水 ・電流 ・音 ・振動 ・各接合部の締めつけ ・Vベルト、直結 ・本体内部 ・水質管理 ・循環槽 ・定期開放点検	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○		○ ○ ○ ○	○ ○	外観、漏れ、水の飛散、ルーバ目詰まり 出入水温の確認、汚れ、濁り 負荷電流値の確認 異常音の確認 触感、振動計による確認 本体、ファン、モーター、配管 張り、伸び、亀裂、芯の確認 膨れ、剥がれ、腐食、亀裂、沈殿物 循環水の水質分析(PH、導電、鉄イオン、銅イオン、 総硬度、全酸、臭、酸素イオン、アンモニアイオン、イオン交換力) 槽内液面の確認、漏水の確認 槽内の清掃、冷却水の総入れ替え 2回/年
5	配管およびダクト ・外観 ・ゲージ ・各接合部の締め付け ・バルブ ・肉厚測定 ・定期開放点検	○ ○ ○ ○ ○ ○	○	○	○	漏れ、汚れ、曲がり、亀裂等の確認 圧力、温度、流量等指示の確認 フランジボルト、サポート 作動の確認 指定個所の厚み測定器による肉厚測定 配管内の摩耗状況、清掃手入れ (2回/年)

表6-3-2(4) 点検周期リスト

機械設備関係

No	項目	毎日 Day	週 Week	月 Month	年 Year	点検内容
6	1次中和槽 (槽類) ・本体 ・液面 ・ドレン ・床面 ・空気配管 ・槽内部定期開放点検	○ ○ ○ ○ ○		○	○	外観 (漏れ、亀裂、汚れ) 混合状態、液レベル、付着物の確認 ドレン量の確認 腐食、損傷、塗装剥離の確認 圧力、振動、異常音の確認。 槽内部配管の引き上げ点検(無、詰り、鏽) 2回/年(煤粉機法、ラインガム、 equal)
7	クレーン ・始業前点検 通電 巻き上げ・下げ 走行・横行 ワイヤーロープ ・ワイヤーロープ ・走行・横行 ・巻き上げ・下げ ・各部ボルト ・定期開放点検	○		○ ○ ○ ○	○	パイロットランプの点灯確認 制動、異常音、ロープ巻き付けの確認 異常音、振動の確認 キンク、素線断線の確認 キンク・素線断線の有無、摩耗、端末 レール・車輪、油量、主軸 プレーキライナー、ドラム溝 緩み、折損、脱落 1回/年

6-4 電気設備

6-4-1 受変電設備

(a) 受電

新設廃水処理場内電気室付近で、電圧6KV2回線受電するものとする。

浮溪口変電所（ここでは、#1系統と呼ぶ）および、第3選鉱回水ポンプステーション変電所（同じく#2系統）から架空送電線にて供給を受ける。

それぞれの系統の受電点では、区分開閉用として手動で操作する気中負荷開閉器（AS）を設置する。

常時は、いずれか1回線受電とし、停電の場合、他方に自動切換えする。その切換えは、双投形自動真空負荷開閉器（VAS）による。

・受電電力仕様：3相 6,300 V 50Hz

・最大電力について

常用運転設備容量は、約700 kwであり、負荷率0.8~0.85と想定して

：700 kw × 0.80 = 560 kw または、

：700 kw × 0.85 = 595 kw ≒ 600 Kw となる。

・受電盤遮断器の遮断容量は、：#1系統 = 23 MVA

：#2系統 = 22.7 MVA

である。この容量以上なければ、短絡事故の場合、遮断不能となる。

ここでは100 MVAを選定した。

盤構成としては、受電盤、常用/非常電源切換盤、配電盤、コンデンサ盤の列盤とする。

保護装置としては過電流継電器、不足電圧継電器、地絡方向継電器等を装備し供給変電所（#1、#2）との保護協調をとる必要がある。

監視装置は、電圧、電流、電力、力率計等を装備している。

(b) コンデンサ

力率改善用のコンデンサ設備は、平常運転中の場合、ほとんど力率変動は少なく、一定負荷と想定されるので力率調整は手動開閉とした。

(c) 変圧器

380 V動力用変圧器の容量は、将来の負荷増加、メンテナンス負荷等を考え500

KVAを選定した。

また、220V用動力変圧器は、シャッター、クレーン等の電源供給負荷における操作上の安全と、メンテナンス負荷を考え100KVAを選定した。

(d) 直流電源装置

6Kv受電盤、発電機盤等の操作、制御用電源として設置する。

6-4-2 動力設備

(a) 6KV高圧動力

270 KWの攪拌プロア3台だけであり、起動時の電源容量低減のため、リアクトル起動盤とする。

運転は同時に2台起動しないよう操作上のインターロックをとり、盤はプロア室に設置する。

(d) 低圧動力

380 V動力は、モーターコントロールセンターとし、互換性、保守管理性の向上をはかっている。

220 V動力は、ユーティリティの電源供給負荷が主である。

(c) 操作監視システム

運転は、現場操作盤および計器室コントロールデスクの2箇所とする。主要な動力については、デスク上の電流計で監視可能である。

動力設備と計装設備とは、自動、インターロック等の制御監視システムの中で関連性が有り、コントロールデスクと計装盤間とで総合的、最善な構成とする。

6-4-3 非常用発電機

常用電源が2系統とも停電した場合、停電信号により発電機が自動起動する。発電電圧が確立後、高圧回路を非常電源側に切換えし、電源を供給する。

標準的には、停電後40秒以内に電源切換え完了とする。

負荷の運転については、決められた手順にもとづき順序起動させ、同時投入させ

ない様、シーケンスにより回路構成しておくものとする。

停電回復後、発電機は一定確認時限後に自動的に停止し、常用電源に自動切換えとなる。

始動方式としては、高圧空気を機関のシリンダ内に順次吹き込む空気始動方式とする。

6-4-4 照明設備

- (a) 屋外全般 : ポール取付けの400 W水銀灯を15灯取付ける。
配線は、埋設用コルゲートケーブルとする。
(CVMAZVケーブル)
- (b) 電気室 : 笠付き40 W×2灯用を8灯取付ける。
- (c) 発電機室 : 笠付き400 W水銀灯を2灯取付ける。
- (d) ブロアー室 : 笠付き400 W水銀灯を6灯取付ける。
- (e) 電灯分電盤 : 1面

6-4-5 放送設備

計器室に放送アンプ、マイクロホンをセットし、工場、事務所、廃水処理場にて呼び出しや業務連絡用とする。

以上の内容をまとめると、別紙表5-5-21「受配電設備リスト」の通りである。

6-4-6 共通設備・仕様

(a) 配線ラック

電気室から計器室、各工場、廃水処理工程まで配線ラックを制作取付けし、ケーブルを敷設する。配線ラックから機器までは、配管とする。

(b) 接地

保安上、各種接地の種類はつぎの通り。

ただし法規的に可能なものは兼用しても良い。

弱電機器については、兼用する場合はノイズ対策上注意のこと。

各種接地極間の離隔距離は、法規的に満足し、障害発生が無いようにする。

各種接地極の種類と用途

No	種 類	接地抵抗値	接 地 の 用 途
1	第1種接地	10Ω以下	6KV機器の架台、外箱の接地
2	第1種接地	10Ω以下	6KV避雷器の接地
3	第2種接地	詳細設計事項	変圧器中性点の接地
4	特別第3種接地	10Ω以下	380V動力機器
5	第3種接地	100Ω以下	受電盤内計器、低圧機器類
6	第3種接地	100Ω以下	計器、シーケンサ
7	第3種接地	100Ω以下	電話保安器
8	第3種接地	100Ω以下	放送機器

(c) 配線

配線用ケーブルで主なものは、次の通り。

- (1) 架橋ポリエチレンビニルシースケーブル ----- 6KV CV
- 600V CV
- (2) 制御用ビニル絶縁ビニルシースケーブル ----- CVV
- (3) 静電遮蔽付き制御用ビニル絶縁ビニルシースケーブル ----- CVV-S

(4) ビニル絶縁ビニルシースケーブル ----- 平形 VVF, 丸形 VVR

(5) ビニル絶縁電線 ----- IV

(d) 配管

電気用配管は、使用場所と施工方法により適性なものを選定する。

【露出配管】：屋内

- (1) 鋼製電線管 (CP, EP, GP)
- (2) 硬質ビニル電線管 (VE)
- (3) ライニング鋼管 (PE)
- (4) 金属製可とう電線管
- (5) 合成樹脂製可とう電線管, CD管

【地中配管】：屋外

- (1) 波付き硬質ポリエチレン管
- (2) 配管用炭素鋼鋼管
- (3) 防水铸铁管
- (4) 鉄筋コンクリート管 (ヒューム管)
- (5) コンクリートトラフ
- (6) 厚鋼電線管
- (7) 硬質ビニル電線管

6-4-7 計装設備

設計の基本的な考え方としては、中国側とも協議した結果、コンピューター制御は行わず、当プロセスに最適なループコントローラ方式とする。

プロセス各所の必要監視データを最新の計測センサーで検出する。そして、計器室にて監視しながら自動制御信号により、フィードバック制御をかけて廃水中和コントロールするものである。

計器盤はセミグラフィックパネルとし、アナンシェーター、調節計、指示計、記録計、シーケンサ等を装備している。

コントロールデスクと連携しながら制御、監視警報システム機能により、廃水中和処理設備全体の運転状態を、正常に維持管理できる。

以下、主要な制御ループについて説明する。

(a) pH計設備

(PHIR-1)

原水受槽では、処理場に入ってくる原水のpHを常時監視し、記録する。

(PHRCA-2, 3, 4)

一次中和槽では、常時2系列運転しており、槽内のpHを測定し、調節計でPID制御をかけ、尾鉱を中和剤として適性に制御をかけて中和するものである。

(b) レベル計設備

(LICA-1)

原水受槽レベルを一定に保つよう監視制御する。なお、廃水送液ポンプの運転制御用として連続信号(DC 4~20mA)を出力可能としている。

(LCA-3)

返送ポンプをピットレベルにより、効率よく台数制御する。

(LCA-4, 5, 6)

液レベルにより、ポンプ自動運転を行う。

(c) 温度計設備

(TCA-1)

空冷塔冷却水の温度を、一定温度以下に保つ様に制御しながら、補給水を確保する。

(d) 流量計設備

(FRCQ-1, 2, 3)

一次中和槽の原水を、常時2系統に均等分流処理することと、それぞれの流量を測定監視し、処理水量の積算をとる。

(e) 圧力計設備

(PA-1)

計装空気圧力は、一定以上確保する必要があるが有り、圧力低下で警報を出すようにする。

(f) 計装盤

(IP-1)

セミグラフィックパネルとし、アナンシエーター、調節計、指示計、記録計、シーケンサ等を装備し、廃水処理設備全体の運転状態を管理する。

(g) 無停電電源装置

(UPS)

計装システムにおいては、停電が発生すると制御が乱れ、復電しても制御状態を元の状態に戻すのには長時間必要とする。

また、停電中は制御状態を把握できない。

いかなる時も設備状況を把握するため、計装電源は、フリッカの無い無停電電源とする方がベターである。

6-4-8 保守管理

保守管理業務は、日常把握出来ない設備機器の運転状態の確認及び定期的に必要とする設備機器の点検・整備がある。更に、運転障害が予測される恐れのある設備機器の整備・補修作業等非常に幅の広い業務であり、保守管理の適否は、補修作業の発生量に著しく反映するので、その効果は十分に確認できる。

保守管理業務は、積極的に考えれば限りのない業務内容を有しているが、反面、消極的に考えれば最低の範囲ですませてしまうことの出来る危険性を有した業務でもある。

もちろん、高度な知識・技量・経験を有する業務である。

保守管理については、メーカー機器選定及び、建設工事完了し、試運転調整後に保守管理マニュアルを作成するのが一般的である。

ここでは、一般的な機器別に、主な管理項目とその内容をまとめ、点検周期リストとした。

※以上から、機器リスト及び概念図をまとめると次の通りとなる。

電気・計装設備機器リスト

① 受配電設備リスト (1/5) ~ (5/5)	表6-4-1
② 負荷・モータリスト	表6-4-2
③ 照明・放送リスト	表6-4-3
④ 計器リスト (1/6) ~ (6/6)	表6-4-4

<u>電気・計装点検周期リスト</u> (1/2) ~ (2/2)	表6-4-5
-----------------------------------	--------

電気・計装概念設計図 (別冊資料編に収録)

1 新規廃水処理場PID	徳興一電気・計装-001
2 単線結線図	徳興一電気・計装-002
3 システム構成図 (1/2)	徳興一電気・計装-003
4 システム構成図 (1/2)	徳興一電気・計装-004
5 電気室配置図	徳興一電気・計装-005

受配電設備リスト

表6-4-1

表6-4-1

受配電設備リスト (1/5)

No	機器名称	仕様	数量	備考
1	手動気中負荷開閉器 (AS)	手動操作式 3相 7.2kv 200A 50 Hz 屋外柱上取付 定格短時間電流(1秒間) : 12.5KA	2	区分開閉用
2	自動真空負荷開閉器 (VAS)	双投形 3相 7.2kv 300A 50 Hz 屋外柱上取付 定格短時間電流(1秒間) : 12.5KA 常用電源優先 制御電圧 : AC100V XDC100V	1	常用/予備 電源切換え用 停電で自動切換
3	受電盤 (CB)	真空遮断器盤 (VCB) 3相 7.2kv 400A 50 Hz 遮断容量 : 100 MVA 過電流継電器X2, 不足電圧継電器 CTX2, PTX2, 避雷器X3 計器 : 電流計, 電圧計, 電力計 力率計, 積算計, AS, VS付き 操作 : 入/切カムスイッチ 表示灯 : 緑灯, 赤灯 遮断器引き出し形	1	受電用
4	配電盤 (CB)	真空遮断器盤 (VCB) 3相 7.2kv 400A 50 Hz 遮断容量 : 100 MVA 過電流継電器X2, CTX2, PTX2 計器 : 電流計, AS付き, 積算計 表示灯 : 緑灯, 赤灯 操作 : 入/切カムスイッチ 遮断器引き出し形	7	変圧器盤 2 フロア盤 1 予備盤 2 コンデンサ 1 常用-非常 電源切換盤 1
		<p>◆フロア盤 : ZCT+地絡方向継電器付き。 ◆コンデンサ盤 : PTX2, 積算計 (不要) ◆常用-非常/電源切換盤 : PTX2, 積算計 (不要) 過電流継電器X2 (不要)</p>		

受配電設備リスト (2/5)

No	機器名称	仕様	数量	備考
5	変圧器	3相4線式 6.3KV/380, 220V 50Hz 容量：500 KVA 屋内用，油入自冷式 基礎ボルト，連続定格 付属品： 主銘板，油面計，温度計，排油弁， 2次側ブスタクトフランジ付 接地端子，吊り耳付き	1	
6	変圧器	3相3線式 6.3KV/220V 50Hz 容量：100 KVA 屋内用，油入自冷式 基礎ボルト，連続定格 付属品： 主銘板，油面計，温度計， 接地端子，吊り耳付き	1	
7	リアクトル起動盤 (フロア3台分)	3相 6.3kv 270KW 50 Hz 乾式リアクトル+限流フューズ+真空接触器 計器：電流計 (AS付き)，CT (40VAx2) 表示灯：電源，運転，停止，起動中， 故障 操作：R/L切換えスイッチ 押釦：運転，停止 移報接点：R/L切換え，故障 運転，停止，起動中 外部端子：電流計配線	3	

受配電設備リスト (4/5)

No	機 器 名 称	仕 様	数 量	備 考
1 2	CONTROL DESK	<p>★DESK TYPE (主仕様) スイッチ：運転-停止 選択スイッチ 電流計：プロア 3台，空気圧縮機 2台 一次中和槽返送ポンプ 6台 冷却水給水ポンプ 2台 冷却水返送ポンプ 2台 表示灯：運転，停止，(起動中) 故障 電源表示：受電系統別 # 1， # 2 発電機表示：運転/停止 制御：シーケンサ 1式</p>	1	
1 3	直流電源装置	<p>★蓄電池式 アルカリ蓄電池 充電装置：浮動充電方式 (容量は詳細設計必要)</p>	1	

受配電設備リスト (5/5)

No	機器名称	仕様	数量	備考
14	非常用発電機	<p>★ディーゼルエンジン同期発電機</p> <hr/> <p>三相交流同期発電機</p> <ul style="list-style-type: none"> ・出力：1,000KVA ・力率：0.8 ・極数：4P ・定格：連続 ・電圧：6,600V ・相数：3 ・周波数：50Hz ・回転数：1,500rpm ・絶縁階級：F種 <p>励磁機</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ブラシレス励磁方式 ・絶縁階級：F種 <p>※スペースヒータ付き</p> <p>内燃機関</p> <ul style="list-style-type: none"> ・出力：1200PS ・回転数：1,500rpm ・空気始動方式 ・燃料：軽油 <p>その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・減圧水槽、燃料タンク、消音器 コンプレッサー、レシーバタンク ・発電機盤 1面 ・補機盤 1面 	1	<p>概略重量 10ton</p> <p>屋内設置</p>
15	無停電電源装置 (UPS)	<p>電源 AC220V 50Hz</p> <p>出力 AC220V 50Hz</p> <p>3KVA</p>	1	計器電源用

計器リスト

表6-4-4

計器リスト (1/6)

表 6-4-4

No	TAG. No	機器名称	型式・仕様	数量	備考
1	PHIR-1	原水受槽 pH	★ pH計 ・測定範囲：0～14 pH ・伝送方式：絶縁形2線式 ・伝送信号：DC4～20mA ・システム構成 ① pHセンサ ② ホルダ ③ pH変換器 ・ホルダ：浸漬形ポリプロピレン 1 mL ・変換器：電源 DC24V 2 Bバイプ取付け形 防雨構造 ★ 変換器取付け用スタンション 2 BX1, 500L X250 [□] 座付き 塗装仕上げ	6	製作品
2	PHRCA-2	一次中和槽 pH			
3	PHRCA-3	一次中和槽 pH			
4	PHRCA-4	一次中和槽 pH			
5	PHIR-5	二次中和混合槽 pH			
6	PHIR-6	東方選鉱尾鉱分級St溢流分配槽 pH			
7	LICA-1	原水受槽 レベル	★ フランジ形差圧発信器 ・最大測定長 1.0 m ・変換器：電源 DC24V, レジ 0～10,000mmH ₂ O 出力 DC4～20mA 防水・防塵構造 接続部フランジ 80A 接続部ゲージボルト：テフロン 材質：ステンボイス SUS316 発信部 ケース アルミニウム合金	1	

計器リスト (2/6)

No	TAG. No	機器名称	型式・仕様	数量	備考
8	LIA - 2	溢流分配槽 レベル (東方選鉱尾鉱 分級St)	★超音波式 ・最大測定長 : 5m ・センサー : 材質 PVC ・変換器 出力 DC4~20mA	1	
9	LCA - 3	返送ポンプ レベル	★フロートレススイッチ ・ON-OFF制御用5P (上下限アラーム) 振れ止め管+電極+テロンチューブ付き	1	(加工品) 取付け座の加工も 要す。
10	LCA - 4	軽油タンク レベル	★フロート式スイッチ ・フロート材質 : SUS304	1	
11	LCA - 5	冷却水返送 ポンプ	★フロートレススイッチ ・ON-OFF制御用5P (上下限アラーム) 振れ止め管+電極+テロンチューブ付き	2	
12	LCA - 6	空冷塔 レベル			
13	TCA - 1	空冷塔冷却水 温度	★測温抵抗体温度計 ・Pt100	2	
14	TIA - 2	軽油タンク温度	・材質 : SUS304 ・取付け : フランジタイプ		

計器リスト (3/6)

No	TAG. NO	機器名称	型式・仕様	数量	備考
15	FRCQ-1	一次中和槽 原水流量 (3系統分)	★電磁流量検出器 ・測定流量：MAX 850 m ³ /h, MIN 600 m ³ /h ・レンジ：0~1,000 m ³ /h ・口径：400 mm ・ライニング材質：クローレンヂム ・プロセス接続：JIS10KRF ・電極：SUS316L ・接液リング：SUS316 ・検出器 - 変換器間ケーブル 信号用：2芯別2重シールドケーブル (CVVS, CEEV等) 励磁用：クローレンヂム・キャブタイヤ・ケーブル2RNCT等	3	流体：強酸性水 PH2
16	FRCQ-2				
17	FRCQ-3				
			★電磁流量変換器 ・出力 4~20 mA DC, 電磁カウンタ駆動パルス出力 ・取付け：壁掛 (2Bパイプ) ・避雷器付き ★変換器取付け用スタンション 2BX1, 500L X250度付き 塗装仕上げ	3	製作品

計器リスト (5/6)

No	TAG. No	機器名称	型式・仕様	数量	備考
25	IP-1	計表盤	<p>★セミグラフィック全閉屋内自立形 ・電源 AC100V 50Hz or AC220V 50Hz ・グラフィック：600×900 ランプ付き ・アナシエータ：30点，シケン警報回路 ・指示計：12台 ・調節計：8台 ・記録計：入力12チャンネル用1台 ・ドット記録方式（6色） ・チャート折たたみ式，有効幅180mm ・表示部 ディジタルLED ・記録紙照明ランプ付き ・DC電源1式</p>	1	設計製作品
26	FCV-1	原水 コントロール バルブ (3系統分)	<p>★モトシール弁 ・流体名：酸性水 (pH2) ・流量：Max 14.1 m³/min ・流体温度：常温 ・口径：400 mm ・接続規格：JIS10KRF ・材質 Body Material: SCS14A Trim Material: SUS316 ・動作：Air To Open ・POSITIONER Type: EP Input Signal : 4~20mA DC Output Signal : 0.4~2.0 kgf/cm²G Air Supply Pressure : 2.8 kgf/cm²G ・ACCESSARY : フィルタ付き減圧弁</p>	3	
27	FCV-2				
28	FCV-3				

計器リスト (6/6)

No	TAG. No	機器名称	型式・仕様	数量	備考
29	PHCV-1	一次中和 コントロ-ル弁 (3系統分)	★バタフライ弁 ・流体名：東方選鉱尾鉱7%加り液 ・流量：Max 14.1 m ³ /min ・流体温度：常温 ・口径：400 mm ・接続規格：JIS10RF ・材質 Body Material: SCS14A Trim Material: SUS316 ・動作：Air To Open ・POSITIONER Type: E P Input Signal : 4~20mA DC Output Signal: 0.4~2.0 kgf/cm ² G Air Supply Pressure: 2.8 kgf/cm ² G ・ACCESSARY : フィルタ付き減圧弁	3	
30	PHCV-2				
31	PHCV-3				
32	LSV-6	空冷塔補給水弁	★電磁弁 ・口径：50 mm フランジ接続 ・材質 Body Material : BC6 Valve Material : SUS304 ・動作：通電で open ・電源：AC220V 50Hz	1	

負荷・モーターリスト

表6-4-2

照明・放送リスト

表6-4-3

点検周期リスト

表6-4-5

表6-4-2

負荷・モーターリスト (1/1)

設 備 名	1台の定格出力 (KW)			常 用		予 備		計	
	6KV	380V	220V	数量	KW	数量	KW	数量	KW
一次中和槽返送ポンプ		15		4	60	2	30	6	90
攪拌用プロア	270			2	540	1	270	3	810
空冷塔ファン		5.5		1	5.5	----	----	1	5.5
冷却水給水ポンプ		18.5		1	18.5	1	18.5	2	37
冷却水返送ポンプ		7.5		1	7.5	1	7.5	2	15
空気圧縮機 (水冷式)		15		1	15	----	----	1	15
空気圧縮機 (空冷式)		15		----	----	1	15	1	15
空気脱湿器		1.0		1	1.0	----	----	1	1.0
軽油給油ポンプ		0.4		1	0.4	1	0.4	2	0.8
電気室シャッター電源			0.4	1	0.4	----	----	1	0.4
発電機室シャッター電源			0.4	1	0.4	----	----	1	0.4
プロア室シャッター電源			0.4	1	0.4	----	----	1	0.4
プロア室5tクレーン			8	1	8	----	----	1	8
発電機室5tクレーン			6.5	1	6.5	----	----	1	6.5
一次中和槽 クレーン			3.8	1	3.8			1	3.8
プロア室有圧換気扇		0.75		4	3.0	----	----	4	3.0
発電機補機電源盤		3.7+5.5			12	----	----		12
電気室 有圧換気扇		0.4		2	0.8	----	----	2	0.8
直流電源装置		4		1	4			1	4
照明盤 (1)				1	10			1	10
照明盤 (2)				----	----			----	----
エアコン				----	----			----	----
無停電電源装置 : UPS			3	1	3			1	3
計				27	700.2	7	341.4	34	1041.6
				≒	700kw				

表6-4-3

照明・放送リスト (1/1)

No	機器名	仕様	数量	備考
1	照明設備			
1	屋外水銀灯	AC220V 400W 安定器 灯具, ポール, 基礎, 埋設ケーブル	15	
2	室内水銀灯	AC220V 400W 安定器 灯具, 天井吊り金具	10	発電機室 2 フロア 6 一次中和 2
3	室内蛍光灯	AC220V 40W×2灯用	8	電気室 8
4	電灯分電盤	電気室+計器室+工場+屋外	1	
5	コンセント各所	電気室 ~2箇所 発電機室~3 フロア工場~5 屋外+処理場~10箇所	20	
2	呼び出し設備			
1	主装置	卓上型:出力50W1台, マイク付き	1	計器室
2	スピーカー	出力:10W 3台 5W 3台 3W 1台	7	事務所, 分析 電気室 工場×2 処理場×2

表6-4-5

点検周期リスト (1/2)

電気設備

No	項目	毎日 Day	週 Week	月 Month	年 Year	使用器材及び備考
1	絶縁抵抗測定 (測定は、動力回路のみとする事)				○	2回/年測定 絶縁抵抗測定器 (メガー) 1,000 V 用 / 0~2,000MΩ 500 V 用 / 0~100MΩ 【注意】 計装盤内計器、現場計器は絶対測定しないこと。 絶縁破壊し、制御不能となります。
2	接地抵抗測定				○	接地抵抗測定計器 6,300 V 動力 10 Ω以下 380 V 動力 10 Ω以下 220 V 照明 100 Ω以下 220 V 計装 100 Ω以下 6,300 V 避雷器 10 Ω以下
3	盤各所、端子増し締め目視点検 ・受電盤他高圧盤 ・動力盤 ・コントロールデスク盤 ・計装盤 ・照明盤				○ ○ ○ ○ ○	建設後、特に1年目は必ず実施して下さい。
4	非常用発電機 ・エンジン ・発電機 ・バッテリー ・冷却水 ・潤滑油 ・燃料 ・試運転		○ ○ ○ ○ ○		○ ○	※メーカー取扱説明書による。 燃料は、運転時間による。
5	継電器試験 ・受電盤他高圧盤				○	

点検周期リスト (2/2)

計装設備

No	項目	毎日 Day	週 Week	月 Month	年 Year	使用器材及び備考
1	<p>PHセンサ, 計器</p> <ul style="list-style-type: none"> ・センサの洗浄 ・PH計の校正 ・センサにKc l液補充 	○	○	○		<p>はけ、水、希塩酸水</p> <p>校正液pH4, 7, 9 カップ, 瓶, 洗浄水等を準備</p>
2	<p>オリフィス流量計, 圧力計</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ドレン抜き ・圧力取出し部の点検 清掃 	○			○	
3	<p>電磁流量計</p> <ul style="list-style-type: none"> ・流量検出器内部点検 				○	カラム付着、磨耗程度を確認。
4	<p>レベル計, 温度計</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電極の点検清掃 ・動作確認 			○	○	腐食程度、清掃確認。
5	<p>コントロールバルブ, 電磁弁</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作動点検 			○		清掃、注油、分解点検
6	<p>計装盤, コントロールデスク盤</p> <ul style="list-style-type: none"> ・記録計ギヤ機構部 ・記録計 記録紙 ・記録計 ペン ・記録計 乾電池 ・盤前面フィルター清掃 			○	○	<p>清掃、注油</p> <p>使い切ったら入れ替え 24h/day onで1ヶ月 定期 各色(紫, 赤, 黒, 緑, 青, 茶) チェック 寿命は停電頻度による。</p>
7	<p>その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各種計器の精度確認 				○	

6-5 土木・建築設備

(1) 敷地造成計画

敷地造成の計画にあたっては、本章6-1立地選定調査結果に基づき、調査団内関係専門家と協議し、中国側の意見も参考にして造成範囲を決定した。当該範囲の地形は非常に急峻であるため、山腹への盛土は極力避け、重要構造物は全て地山に載せるように計画した。また、受水槽と中和槽との間に必要な落差がとれるように、敷地を上下2段の階段状とした。

切土斜面勾配、場内道路縦断勾配等については、現地の実績をもとに決定した。

切土のために既設の道路の一部が遮断されるので、切土面の中間に犬走り兼ねた切替え道路を設置する。場内へのアクセス道路としては、中国側希望により上流側、下流側各一本を計画した。

設計図および工事について概略仕様を定めた上、図面の仕上げ並びに外構工事を含む具体的な工事方法は、現地コンサルタントに委託した。

以下の設計図は別冊資料編に収録。

- (徳興-ダム・土建-001 敷地造成平面図)
- (" -002 敷地造成縦断面図)
- (" -003 敷地造成横断面図)

(2) 建築設備計画

中和槽などコンクリート構造物設備の大半は屋外に設置される。建屋を必要とするのは、送風機等機械設備、発電機等電気設備および事務所、修理工場等のサービス施設である。また、主要機器の基礎図として送風機、発電機等五点を取り上げた。

建屋についても敷地造成計画と同様、レイアウト、大きさ、間口寸法等を指示し、建屋の構造、図面の仕上等は現地コンサルタントに委託した。

以下の設計図は別冊資料編に収録。

- (徳興-ダム・土建-004 プロワー・コンプレッサー室建家 平面図、立面図、断面図)
- (徳興-ダム・土建-005 発電機室、電気室及び事務所建家 平面図、立面図、断面図)
- (徳興-ダム・土建-006 修理工場 平面図、立面図、断面図)
- (徳興-ダム・土建-007 車庫棟 平面図、立面図、断面図)
- (徳興-ダム・土建-008 原水受槽、溢流分配槽及び中和槽 平面図、断面図)
- (徳興-ダム・土建-009 主要機器基礎図)

6-6 操業計画

(1) 操業形態と配置人員

運転時間は一日24時間、年間365日の連続操業とするため、四直三交代制を採用する。

現場の組織は中国側の現状に合わせる。即ち、管理職としては処理場の責任者および保全担当技術職等としその他は一般職となる。日本の職長に相当する業務は一般職の中から選ばれる。

新設廃水処理設備の運転停止操作は現場操作盤を優先する。運転状況は計器室での表示により常時把握できるものとする。

自動制御機器の制御値設定、監視は計器室で集中的に行えるものとする。

このため、計器類の監視要員を常時配置する。

人員配置としては、プロセスとして単純であり、且つ自動制御機器を大幅に採用するため、日本における廃水処理施設の実績を基礎とし、且つ作業員は日本の高校卒業程度とし、できるだけ少ない人員配置とする。操業人員計画は次の通りである。

組 織	職務内容	人員配置
管理職	総括責任者（所長、副所長） 保全担当	2名 × 1方 = 2名 2 × 1 = 2 計 = 4
一般職	現場要員（受入れ、中和処理） 周辺機器操作要員 計器監視 保全要員（設備2, 電気1, 計装1） 分析 事務	2名 × 3方 + 2 = 8名 2 × 3 + 2 = 8 1 × 3 + 1 = 4 4 × 1 = 4 2 × 1 = 2 1 × 1 = 1 計 = 27
		合計 = 31名

一般職のうち、現場要員は酸性水および尾鉱溢流の受入れ、中和処理の現場作業全体をその職務範囲とする。周辺機器要員は空気ブロワー、非常用電源、および用水設備等の運転業務を範囲とする。計器監視は主として計器室に常駐し、全体の操業状況の監視と調整を担当する。保全要員は、主として設備の点検作業と軽修理事業を業務とし、実際の修理および整備作業は外注する。

分析要員は酸性水、尾鉱溢流、および中和処理液等の水質検査を行うとともに、現場操業の状況調査あるいは試験等を担当する。

特に、酸性廃水と尾鉱溢流の混合試験（回分）を頻繁に行い、実際の操業の指針となるデータを提供する。その他、酸性廃水のpH、8.4AX、Fe、および尾鉱溢流の濃度、粒度、およびCaCO₃の分析程度を行うものとする。

管理職のうち所長は責任者として処理場全体の操業管理に当たる。副所長は所長を補佐するとともに、必要な管理業務を担当する。保全担当管理職は機械および電気・計装をそれぞれ担当するが、主要な任務は設備の保全計画の立案と設備管理とする。

(2) 必要資材およびユーティリティ

経常物品として常時多量に使用するものはないが、非常用資材として選鉱場計画休転日（35日/年）、および選鉱場停電（20日/年）対策用の消石灰、さらに、廃水処理場停電（20日/年）対策として、非常用電源運転用の軽油がある。

電力量は、最大電力が600KWであり、用水としては、設備の掃除用として回水、機器冷却用として、新水をそれぞれ使用する。

ユーティリティ	年間使用量	算定基礎
生石灰	5390t	98t/日 × (35+20)日/年
軽油	115kL	4L/分 × 60 × 24 × 20日
電力量	5000千kWh	600kw × 24 × (365-20)/年
清掃用水（回水）	180千m ³	500m ³ /日 × 365日
冷却用水（新水）	14千m ³	*

*（空気ブロワー、圧縮機冷却用 $1\text{m}^3/\text{H} \times 24 \times 365\text{日}/\text{年} \times 1.5 = 13000\text{m}^3/\text{年}$ ）

*（非常用発電機冷却用 $0.21\text{m}^3/\text{H} \times 24 \times 20\text{日}/\text{年} \times 1.5 = 150\text{m}^3/\text{年}$ ）

生石灰の品質は既設廃水処理場で現在使用中のものと同等である。

冷却水の推奨水質および軽油の規格については、6-3、(3)と(4)で既述した通りである。

(3) 工事工程

概念設計に引き続き、今後の工事工程としては、パイロット・プラント規模の連続試験、基本設計、詳細設計、そして建設となる。

パイロット・プラントによる連続試験の目的としては、一次中和における滞留時間の再確認、攪拌用空気の必要流量確認が主となる。試験期間としては三か月程度は必要と考えられる。

基本設計、詳細設計には、調査を含め一年程度を要する。建設工期としては二年程度と見積られるが、詳細設計とある程度並行して進めることができる。工期の前半は敷地造成と基礎工事が主体となり、後半では機械設備、電気・計装、建築工事となる。

1995年から引き続き行うことを前提として、工事工程を概略以下に示す。

項目	1995年	1996年	1997年
パイロット・プラント試験	—		
基本・詳細設計	—	—	
土木工事		—	
機械設備			—
電気・計装			—
建築			—

(4) 操業上の留意点

酸性廃水量は降雨量によって変動が大きい。廃水処理量はそれぞれの発生源にある酸性水ダムによって調整し、処理必要系列数をきめることになるが、できるだけ少ない系列を使用して廃水を多く処理することが基本となる。しかし、逆に処理量の頻繁な変更は操業の安定性を損なうので、ある程度長期的な見通しをたてながら、処理量および運転系列数を決める必要がある。

酸性水の処理量は原水受槽の水位を常時監視しながら、槽の余裕状況を考慮して、

できるだけ定量処理することが操業を安定させることになる。急激な処理量の変更はpH値の安定を損なう。

廃水処理操業の基本は中和処理であるから、作業基準となるpH設定値を安定して維持することが重要である。酸性廃水としては硫酸酸性が強く、且つ鉄濃度が高いので、pH電極は短時間で付着生成物によって汚染される。従って、予備電極を常備し定期的に洗浄することと、標準液による校正作業は欠かせない作業であり、これは現場作業要員の大事な任務である。

また、中和剤として尾鉱溢流を使用するので、各装置における粗粒の沈澱防止が大切となる。一次中和槽では、常時槽底部から少量のスラリーを抽出しては循環させる方法により、粗粒の槽内堆積を防止することができる。この抽出し量の管理も重要な作業となる。抽出し量が少な過ぎれば槽内沈積が始まるし、多過ぎれば沈澱防止は容易であるが、ポンプの動力費が嵩むことになる。

酸性廃水量と尾鉱溢流量のバランスから、豊水年基準では、最終排水（四号尾鉱庫溢流）は基準値であるpH9以内に収まる筈であるが、降雨量の多寡その他の条件によっては基準を上回る危険も考えて措かねばならない。このような場合には、既述したように、バイパス配管を經由して原水受槽から直接二次隔板混合槽に流入させるだけの操業とし、一次中和はその時休止する。

四号尾鉱庫はその容量が大きいので、溢流排水のpHが急激に大きく変化する事はないが、それだけに一旦基準を越えると修正にも時間がかかることになる。したがって、四号尾鉱庫の排水口では常時pHを測定し、それが8.5～8.8程度を維持できるように廃水処理場の操業を管理する必要がある。その管理基準を作るためには、これからの操業データの積み重ね以外にはない。

停電時も操業が継続できるよう、非常用のディーゼル発電機を設置する。ただし、送水側が停電した場合、状況によっては一次中和槽内の沈澱防止程度の空気吹き込みを継続するが、長時間に亘って送水が止まる場合は、一次中和槽の底部からスラリーを抽出して沈澱を防止する。抽出したスラリーは尾鉱庫に放流する。

