

# 中華人民共和國德興銅鉍山 鉍廢水處理計画詳細設計調査

## 最終報告書 要約版

1998年3月

中国德興銅鉍山鉍廢水處理計画  
詳細設計調査共同企業体  
代表者 千代田デイムス・アンド・ムーア株式会社  
構成員 千代田化工建設株式会社

JICA LIBRARY



J 1142409(0)

鉍調査

JR

98-098



協力事業団  
有色金属工業総公司

# 中華人民共和國德興銅鉍山 鉍廢水處理計画詳細設計調査

## 最終報告書 要約版

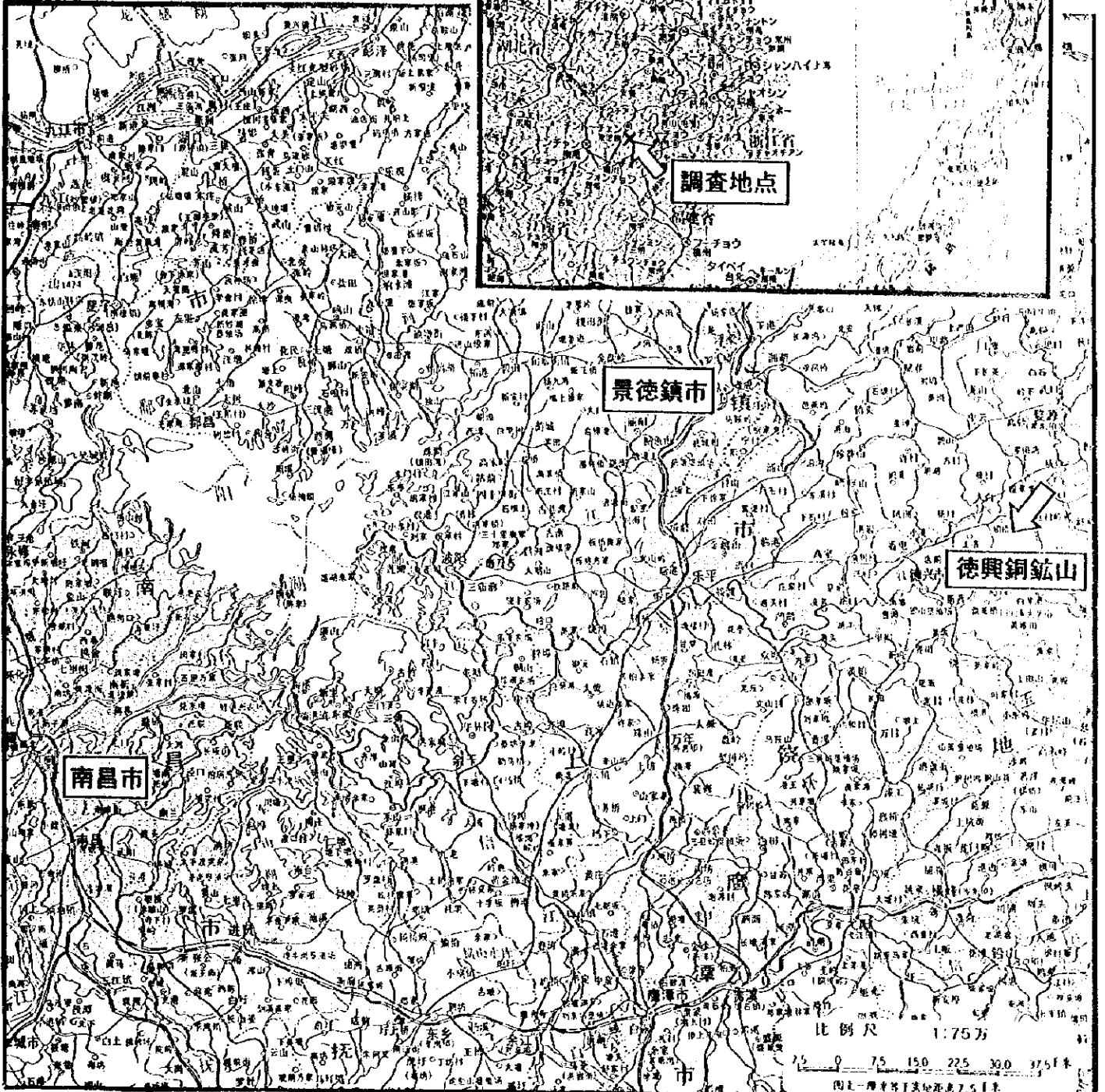
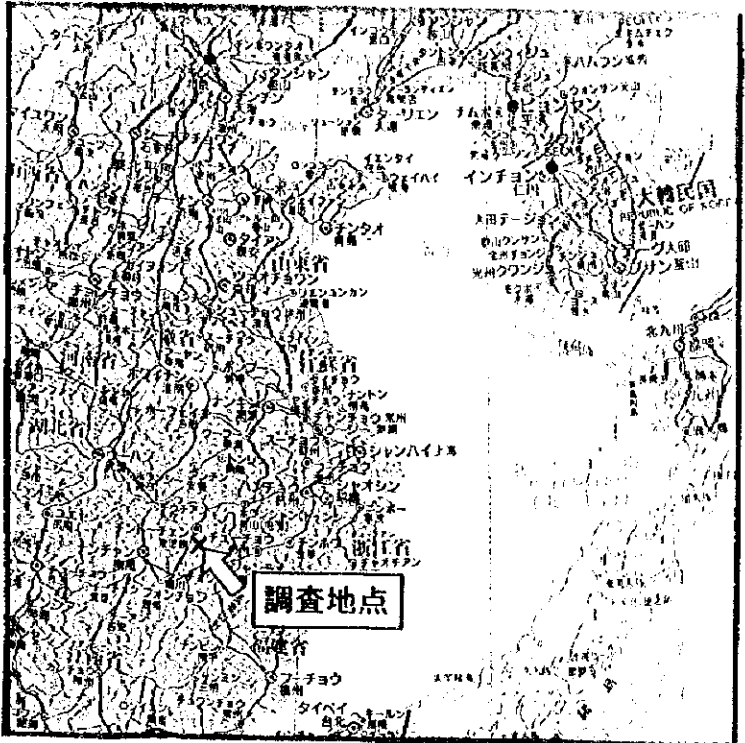
1998年3月

中国 德興銅鉍山鉍廢水處理計画  
詳細設計調査共同企業体  
代表者 千代田ディムス・アンド・ムーア株式会社  
構成員 千代田化工建設株式会社



1142409 [0]

調査地点位置図





写真一 1 2.4km x 2.4kmの銅鉱石露天掘り現場

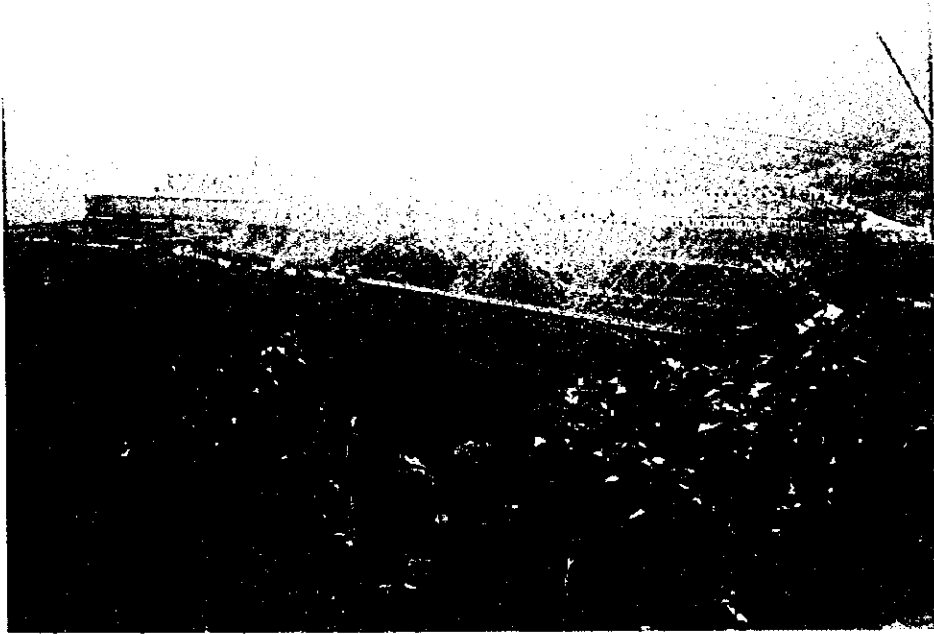


写真-2 第三選鉱場遠景

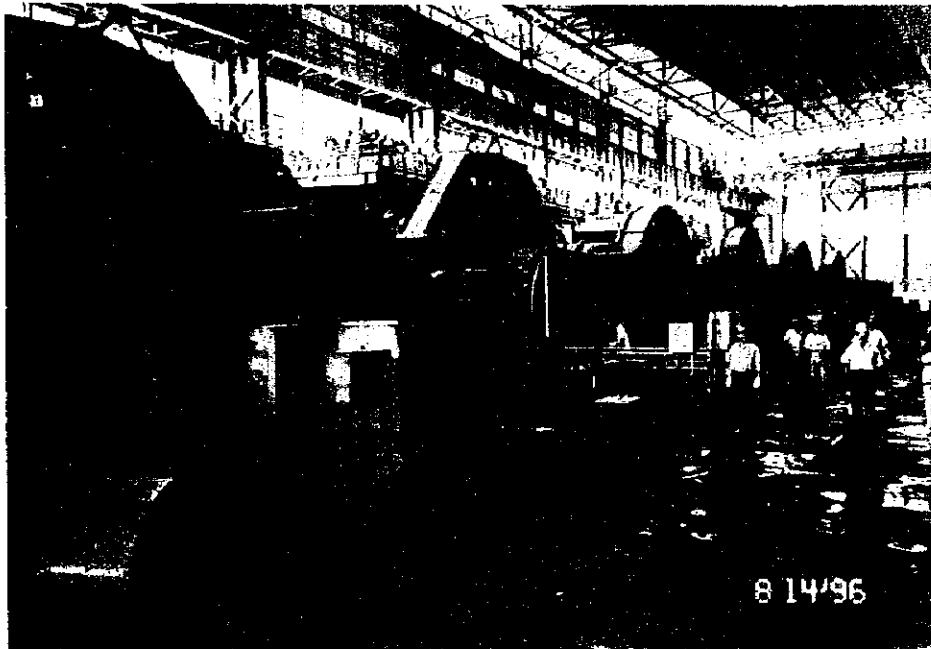


写真-3 第三選鉱場内部



写真-4 酸性水ダム



写真-5 酸性水ダム





写真-6 広大な第四尾鉱庫、  
左の緑の中に新規廃水処理施設が建設される予定

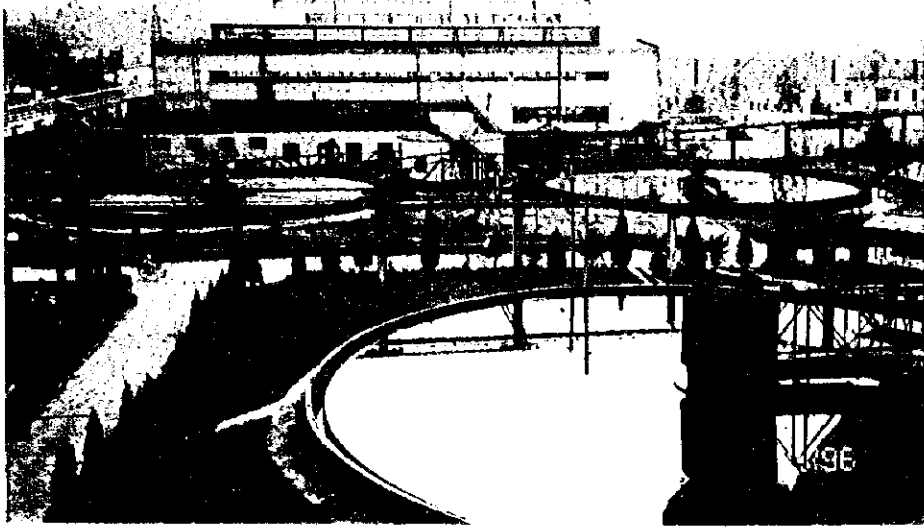


写真-7 既設廃水処理設備と有価物回収設備



写真-8 高架の中和槽と沈殿池



写真-9 徳興銅鉱山街を流れる大塙川



写真-10 酸性廃水とアルカリ性廃水が合流する



# 中国徳興銅鉍山鉍廃水処理計画詳細設計調査

## 最終報告書 要約版

### 目 次

#### 第1章 序論

1-1	調査の目的	1-1
1-2	調査の背景、経緯	1-1
1-3	これまでに実施された調査内容	1-2
(1)	本格調査	1-3
(2)	詳細設計調査	1-3
1-4	詳細設計調査の内容	1-4
(1)	第1年次(1996年度)	1-4
(2)	第2年次(1997年度)	1-4
1-5	調査団の編成と調査日程	1-6

#### 第2章 実証試験装置の設計

2-1	はじめに	2-1
2-2	実証試験装置の設計	2-1
(1)	設計期間	2-1
(2)	設計範囲	2-1
(3)	実証試験予定地	2-2
(4)	配置計画	2-2
(5)	プロセス概要	2-2
(6)	設計条件	2-3
(7)	設計内容	2-4
(8)	設計上の配慮点	2-5
(9)	機器リスト、計器リスト	2-6
(10)	機器製作・調達、据付工事	2-6

#### 第3章 実証試験

3-1	目的	3-1
3-2	実証試験の実施	3-1
(1)	実験場所と廃水	3-1
(2)	実証試験期間	3-2
(3)	実証試験の役割分担	3-2

3-3	実証試験の予備試験	3-2
(1)	調整・研修運転	3-2
(2)	改造工事	3-3
3-4	調整運転	3-4
3-5	実証試験	3-5
1.	予備実験	3-5
2.	空気攪拌実験(空気吹込管比較)	3-6
3.	空気攪拌実験(適正空気吹込量)	3-8
4.	滞留時間変化実験	3-10
5.	一次中和pH3.5の実験	3-12
6.	サイクロン部品交換による実験	3-13
7.	一次中和槽排泥循環実験	3-14
8.	一次中和槽排泥循環追加実験	3-15
9.	最適条件での実験(デモンストレーション)	3-16
3-6	廃水の評価	3-17
(1)	酸性廃水	3-17
(2)	アルカリ性廃水	3-18
3-7	計測機器について	3-19
(1)	計器等について	3-19
3-8	その他	3-21
(1)	スケールについて	3-21
(2)	アルカリ性廃水の詰まり	3-21

## 第4章 新規廃水処理設備の詳細設計

4-1	目的	4-1
4-2	基本方針	4-1
(1)	基本的な考え方	4-1
(2)	準拠すべき資料	4-1
4-3	基本計画	4-1
(1)	建設予定地	4-1
(2)	処理システムの概要	4-1
4-4	設計条件	4-3
(1)	設備一般	4-3
(2)	処理する廃水	4-4
(3)	廃水の量と質	4-4
(4)	処理水の基準	4-5

4-5	全体設計	4-7
(1)	全体配置	4-7
(2)	プロセスフロー図	4-7
(3)	エンジニアリングフロー図	4-8
4-6	機器（水槽）等の設計	4-9
(1)	廃水供給管（参考）	4-9
(2)	酸性水貯槽（S-01）	4-9
(3)	尾鉍溢流液分配槽（S-02）	4-10
(4)	一段中和槽、二段中和混合槽への供給配管	4-12
(5)	一段中和槽（S-03A、B、C）	4-14
(6)	循環返泥槽（S-05A1、A2、B1、B2、C1、C2）	4-17
(7)	排泥溝（X-01A、B、C、X-02A、B、C）	4-18
(8)	二段中和混合槽（S-04）	4-19
(9)	二段中和混合槽流入、流出配管、結合井	4-20
(10)	一段中和槽用鼓風機（B-01A、B、C、D）	4-20
(11)	攪拌用空気配管	4-22
4-7	その他	4-24
(1)	非常用発電機計画	4-24
(2)	土木設計用データ	4-25

## 第5章 結論と提言

5-1	本詳細設計調査の結論	5-1
(1)	実証試験装置の設計	5-1
(2)	実証試験	5-2
(3)	新規廃水処理設備の詳細設計	5-3
5-2	新規廃水処理設備の建設に係る提言	5-5
(1)	今後中国側が実施する詳細設計に係る留意事項	5-5
(2)	運転マニュアル作成及び維持管理上の留意事項	5-8
5-3	その他	5-8
(1)	現場詰所の設置	5-8
(2)	実証試験装置の活用	5-8





# 第1章 序 論

## 1-1 調査の目的

中国徳興銅鋳山において、鋳山で発生している鋳廃水及び今後発生するであろう鋳廃水を中和処理し、公共用水域の水質改善に寄与する廃水処理設備の建設が計画されている。本調査は、この計画に際し日本の鋳廃水及び類似する廃水処理技術を活用して実証試験を行い、適切かつ経済的な処理システムを確立し、概念設計で行われた設計指針に基づき新規廃水処理設備の詳細設計を行うものである。

また日中協同で行う本調査を通じて、日本の先端鋳害対策及び関連する技術を中国側技術者へ移転することにより、中国の鋳山鋳害対策計画を推進実行する技術面の人材を育成し、同国における類似鋳山等の廃水処理対策を実施する際に中心的役割を担うことができるよう期待するものである。

## 1-2 調査の背景、経緯

中国においては、日本の高度成長期の歪みで生じた公害問題を注視し、1970年代に全国規模の環境会議が開かれ、1979年には環境保護法（試行）が公布されている。第8次5ヶ年計画の重要課題の一つとして環境保護が加えられており、1992年に関われた共産党大会でも十大政策の一つに取り上げられている。具体的には公害防止に関しては「三同時」（生産と公害防止とは同時に計画し、施工し、そして稼働させる）が義務づけられている。

一方、国家計画委員会と環境保護局との連名により、中国全国の公鋳害排出工場、事業場のリストが公表され、緊急に対策を講ずべき旨の指示が出されている。その中に、本調査の徳興銅鋳山の名前があり鋳廃水処理の未整備が指摘されている。一方、徳興銅鋳山では銅の需要増に応え、現在増産工事を実施または計画中であり、鋳廃水処理設備の整備は緊急の課題となっている。現地へ行ってみると、徳興銅鋳山街の中心を流れる大塢川は、酸化鉄でまっ茶色に染まった酸性の水が流れ、生物がまったく棲めない川となっており、数キロメートル下流で合流する楽安川では魚類の生息も減少したといわれている。楽安川は更に流下し、中国最大の淡水湖である鄱陽湖へ流れ込み、水質汚濁の影響が顕在化しつつある。また、洪水や地下水汚染による周辺の水環境汚染と土壌汚染が拡大し、農作物の被害、住民の健康に深刻な影響を与えているとの指摘もある。

現在、一部の廃水は中和処理され放流されているが、同鋳山では鋳廃水処理の計

画、設計に関する技術の蓄積は乏しく、今日に至るまで抜本的な対策がたてられていない。このような事態を重くみた中国政府は、早急に徳興銅鉱山に廃水処理設備を建設するため、処理設備計画、設計に関する技術協力を日本政府に要請してきた。

要請された主な内容は次の通り。

- (1) 水質環境の実態把握
- (2) 廃水処理技術の選定及び技術の提供
  - 1) 処理方法
    - ・ バクテリア酸化法
    - ・ 中和法
    - ・ 泡沫処理法
    - ・ 溶媒抽出法
  - 2) プロセスの自動制御
- (3) 実験室規模の基礎試験
- (4) 現場での拡大試験
- (5) 機材の提供

日本政府は、この中国政府の要請に応じて1991年7月に鉱工業環境プロジェクト確認調査団を派遣し、このプロジェクトを正式協力事業とする旨確認した。

更に1992年3月、国際協力事業団（JICA）による予備調査団が具体的な調査内容の確認、徳興銅鉱山の現地調査、資料収集を行い、今後本件実施に向けて協議を継続する旨確認した。

前提条件であった「低品位銅鉱石のダンプリーチング計画」の検討を経て、1992年11月、事前調査団が派遣された。そこで本件の実施内容、範囲等について具体的な協議が行われ、実施細則（S/W）及び協議議事録の確認、署名が行われ、1993年3月から本格調査が実施される運びとなった。

### 1-3 これまでに実施された調査内容

S/W（1992年11月20日付）及び合意議事録（1994年3月20日）に基づき「実効性のある廃水処理計画を策定し、新規廃水処理施設の概念設計並びに既設廃水処理施設の改善提案を行う」ものとして本格調査が実施された。なお、調査の詳細は下記の報告書にまとめられている。

・ 中華人民共和国徳興銅鉱山鉱廃水処理計画調査 最終報告書

1995年3月 国際協力事業団

(1) 本格調査

本格調査は次の4段階で実施された

1) 第1段階 (1993年3月)

現地概況把握調査

2) 第2段階 (1993年 6月～ 9月)

現地詳細調査

3) 第3段階 (1993年10月～12月)

廃水処理の基本方針の策定

4) 第4段階 (1994年 7月～1995年 3月)

概念設計

なお、本格調査は徳興銅鋳山鋳廃水処理計画調査共同企業体として下記の調査団で実施された。

代表者；三井金属資源開発株式会社 (団長 長浜達也氏)

構成員；同和工営株式会社

(2) 詳細設計調査 予備・事前調査 (1996年 1月～ 3月)

1993年 3月から1995年 3月にかけて実施した本格調査において、徳興銅鋳山から排出される鋳廃水の処理方法として提言された酸性廃水とアルカリ性廃水を「空気攪拌による二段階中和法」は中国側から高い評価を受けた。しかし、設計を担当する中国有色金属工業総公司是、同提言に基づき中国側で独自に詳細設計に着手するには技術レベルが不十分であるとして、1994年11月に日本側に以下の3点に係る詳細設計調査の協力を要請してきた。

1) 酸性廃水およびアルカリ性廃水を二段階反応にて処理する二段階中和法

2) 比重が大きく時間の長い反応に有効な空気攪拌技術

3) 水質、水量変動の大きい反応のモニタリング技術

これを受けて国際協力事業団は、1995年6月鋳工業選定確認調査団を派遣し中国側と協議を重ね、本詳細設計に係る要請を平成7年実施案件として採択した。

1996年1月予備調査団が、3月に事前調査団が派遣され、詳細設計調査に関する調査内容、範囲等について中国側と協議し、協議議事録に署名、詳細設計調査が正式に実施されることになった。なお、詳細は下記の報告書に記載されている。

・中華人民共和国徳興銅鋳山鋳廃水処理計画詳細設計

予備・事前調査報告書

1996年 5月 国際協力事業団

## 1-4 詳細設計調査の内容

詳細設計調査で実施した調査項目を以下に示す。

### (1) 第1年次(1996年度)

#### 1) 国内準備作業

- ①関連資料、情報の収集、整理・分析
- ②実証試験装置の基本設計準備
- ③実証試験実施計画の策定
- ④着手報告書の策定

#### 2) 第1次現地調査

- ①着手報告書の説明、協議
- ②徳興銅鉱山の現況調査
- ③新規廃水処理施設の関連施設建設状況、今後の計画調査
- ④実証試験装置の立地条件の確認
- ⑤詳細設計に必要な中国国内の工業規格、安全規格等の調査

#### 3) 第1次国内作業

- ①将来の廃水処理全体計画の検討
- ②実証試験装置の設計
  - ・製作、調達に必要な図書類の作成
  - ・購入仕様書の作成
- ③実証試験装置の製作、調達に関する事業団への助言
- ④実証試験装置建設に係る基礎工事の図面及び指示書の作成
- ⑤実証試験装置の現地据付作業計画の策定
- ⑥進捗報告書の作成
- ⑦実証試験計画書の作成

#### 4) 第2次現地調査

- ①進捗報告書の説明
- ②現地据付業者の情報収集

#### 5) 第2次追加現地調査

- ①据付工事業者詳細協議
- ②据付工事金額の決定、契約

### (2) 第2年次(1997年度)

#### 1) 第3次現地調査

- (a)実証試験装置の現地据付け作業の監督
- (b)実証試験装置の試運転
- (c)実証試験

- ①設計諸元に係るデータの取得
  - ・中和反応時間等
  - ・水量、水質変動に対する制御技術
  - ・空気攪拌に対する設計諸元
  - ・スケール付着、腐食に関するデータなど
- ②廃水処理設備の運転に関する教育訓練
  - ・計装機器の取り扱い
  - ・廃水処理プロセスの運転管理
  - ・空気攪拌設備の維持管理など
- 2) 第2次国内作業
  - ①廃水処理設備設計諸元の決定
  - ②中間報告書の作成
- 3) 第4次現地調査
  - ①実証試験最終段階の立ち会い
  - ②運転員教育の訓練成果の確認
  - ③実証試験終了後の施設の活用法の検討
  - ④中間報告書の説明・協議
- 4) 第3次国内作業
  - ①新規廃水処理施設の詳細設計
    - ・全体図（配置図、プロセスフローシート、エンジニアリングフローシート）
    - ・機器図（水槽類）
    - ・土木基礎データ
    - ・回転機器等技術仕様書
    - ・電気計装設備関係図（単線結線図、計器信号系統図、計器データシート）
  - ②新規廃水処理施設建設に係る提言
  - ③最終報告書案の作成
- 5) 第5次予備現地調査
  - 廃水処理設備の詳細設計に関する中間説明、協議
- 6) 第5次現地調査
  - ・最終報告書案の説明・協議
  - ・詳細設計図書のレビュー、確認
- 7) 最終報告書提出
  - 第5次現地調査における協議に基づき修正し、最終報告書として印刷・製本の後、所定部数提出する。

## 1-5 調査団の編成と調査日程

本詳細設計調査の調査団は、千代田デイムス・アンド・ムーア株式会社を代表者とし、千代田化工建設株式会社を構成員とする共同企業体であり、調査団のメンバーを表1.1に示す。

また、調査日程を図1.1に示す。中国側の要望を考慮し調査を円滑に進めるため、当初の調査予定に対して、下記の変更、追加を行った。

### (1) 実証試験の運転指導期間の延長

実証試験における調査団の任務は、実験に立ち会い運転指導し「設計諸元に係るデータの取得」と「廃水処理設備の運転に関する教育訓練」を行うこととされており、当初の計画では1997年7月～11月の実験期間中、4回（最初と最後、途中2回、0.5ヶ月×4=計2ヶ月）実証試験担当者が現地で実験に立ち会う予定であった。

これに対して中国側から、予め提出された実験計画に基づき中国側は実験を行う予定であるが、実験中に起こる現象の詳細な観察を行うこと、実験結果を踏まえた実験計画の変更を適切に判断すること、効果的な運転指導、研修のために、実験期間を通じて日本人技術者が常駐して欲しい旨強い要望があった。調査団も中国側の主旨を理解し、事業団も「実験の全期間を通し日本人技術者が常駐すること」を承認し、実施された。

### (2) 現地調査の追加

#### 1) 第2次追加現地調査

実証試験装置の据付工事は、中国側から紹介された現地業者に委託することが規定されており、現地の据付業者に工事範囲、工事仕様などを理解してもらい適正な金額での契約を行うため追加現地調査を実施したものである。これは中国側から提出された見積金額、単価が概念設計で示されていた予算額、工事単価と余りにも違ったことを確認することでもあった。

#### 2) 第5次予備現地調査

1997年11月実証試験を終え、実験の結果を踏まえて新規廃水処理設備の詳細設計に着手した。詳細設計を進める過程で概念設計を変更する箇所、中国側の要望点などに関し、中国側とFAXによる綿密な交信を重ね、意見交換・協議を行いながら詳細設計を進めてきた。1998年2月に予定されている最終報告会で中国側から設計変更の要望が出た場合、時間の制約もあってその対応は難しいため、設計方針が決まり主要装置の概略設計が終了した段階で、北京において中国側の設計担当である北京有色冶金設計研究総院担当者と事前・予備協議を行った。

表 1-1 調査団の編成

氏名	担当	主たる業務内容及び任務	所属
島津康弘	団長・総括	総括 鉱山廃水処理プロセス設計	千代田デイズ・アソシエーツ株式会社
高橋弘二	プロジェクトマネージャ 設計 実験	空気攪拌／機械設備設計 ・実証試験装置の設計、調達 ・実証試験装置据付工事監督 ・実証試験装置試運転、実験 ・プロセス、機械設備の詳細設計	千代田デイズ・アソシエーツ株式会社
斉藤 肇	電気計装設計	モタリングシステム／システム制御・電気設備設計 ・実証試験装置の設計、調達 ・実証試験装置電気計装工事監督 ・電気計装設備詳細設計	千代田デイズ・アソシエーツ株式会社 (千代田計装株式会社)
間篠善一	プラント技術 実験	実証試験／プラント技術全般 ・基礎実験 ・中和反応・腐食対策 ・実験結果の解析	千代田化工建設株式会社
柳川 木	土木・建築 設計	実証試験装置設計、詳細設計 ・土木、建築設計 ・プロジェクト管理	千代田デイズ・アソシエーツ株式会社
安川剛正	実験	実証試験 ・運転、 ・教育訓練	千代田化工建設株式会社
荒井敬之	実験	実証試験 ・運転、 ・教育訓練	千代田デイズ・アソシエーツ株式会社
横内 廉	通訳	現地調査における通訳 国内作業における翻訳	株式会社翻訳センター パイオニア

図 1-1 調査スケジュール

調査担当	調査内容 /氏名・所属	1996年度												1997年度											
		7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3			
第1次現地調査	着手報告、現地踏査	☆																							
第2次現地調査	進捗報告、据付情報収集			□																					
補足現地調査	据付工事説明、ネゴ																								
第3次現地調査	据付工事/実証試験																								
第4次現地調査	実験立会い、中間報告																								
予備現地調査	詳細設計事前協議																								
第5次現地調査	最終報告書案説明・協議																								
総括/釜山廃水処理プロセス設計	高津康弘	☆			☆					☆								☆				☆			
空気搅拌/機械設計設備	高橋弘二	☆			☆								☆☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆☆							☆☆			
モニタリングシステム/制御電気設備設計	斉藤 肇	☆			☆									☆☆	☆☆							☆☆			
実証試験/プラント技術全般	間篠善一	☆													☆☆										
本体施設/土木・建築	柳川 木	☆			☆										☆☆							☆☆			
実証実験/運転技術指導	安川剛正														☆☆☆	☆☆☆									
実証実験/運転技術指導	荒井敬之														☆☆☆	☆☆☆									
通 訳	横内 廉	☆			☆																☆☆	☆☆			



## 第2章 実証試験装置の設計

### 2-1 はじめに

概念設計において、新規廃水処理設備の処理プロセスとして適用を予定している「二段階中和プロセス及び空気攪拌技術」に関する主要設計諸元は、実証試験装置（パイロットプラント）による現地実験で確認され、決定されるものであることが提言されてきた。これを受けて、新規廃水処理設備の詳細設計に先立ち「実証試験装置」の詳細設計を行った。

### 2-2 実証試験装置の設計

実証試験に使用する装置の設計および製作、機器・資材の調達は日本側が担当することになっている。調査団は第1回現地調査において徳興銅鉱山の生産現場、廃水源、環境対策等現場の現況を把握し、廃水処理計画方針、内容・条件など中国側と協議した。実証試験装置の設計は、概念設計で示されている計画に準拠し、現地調査の結果を加味して検討し実施設計を行った。

#### (1) 設計期間

1996年9月から11月30日

#### (2) 設計範囲

実証試験装置の設計範囲については、1996年3月26日付け協議議事録に示されている。基本的には、地上（基礎の上）に設置されるものについて日本側が設計を行うものである。

1) 塔槽類・回転機器・配管類の設計

2) 電気・計装設備の設計

(計装用圧縮空気設備を含む)

3) 土木・建築設計

\* 付帯設備（計器室建物、及び実証試験設備までの電源、用水・廃水の供給及び排水の排出）については中国側が行う。ただし、計器室については日本側は計画図を提出する。

### (3) 実証試験予定地

実証試験装置の建設予定地は、4号加圧ポンプステーション下の空き地が予定されており、第1次現地調査において日中双方で現地踏査を実施した。予定地は一部平坦地があるものの、全体ではなだらかな斜面草地であるが、道路に近く実証試験装置建設の適地であることを双方で確認した。ただし、近くに送電線が走っており、調査団は、そのことが法規上、施工、実験に不具合のないことを確認した上で決定するよう申し入れた。

その後、中国側は測量を実施し再検討の結果、アルカリ性廃水の供給の容易さなどを考慮して、北へ約30m（道路、ポンプステーションに近い方へ）建設予定地を変更した（下記図面を参照）。

添付資料1.2 図(1) 「実証試験装置 位置図」

### (4) 配置計画

実証試験装置の配置は下記の図面による。

添付資料1.2 図(2) 「実証試験装置 平面配置図」

添付資料1.2 図(3) 「実証試験装置 側面図(1/2)」

添付資料1.2 図(4) 「実証試験装置 側面図(2/2)」

### (5) プロセスの概要

廃水処理プロセスは、概念設計において示されたフローに準拠し設計した。

添付資料1.5 図(5) 「実証試験装置 プロセスフローシート」

- ①酸性廃水、アルカリ性廃水については、中国側から供給を受けて、それぞれ酸性廃水受入れ槽（SUS304製）、アルカリ性廃水受入れ槽（鋼板製）に受入れられる。
- ②アルカリ性廃水は粗粒子を除くためにサイクロンを設置し、分級した溢流液を放射線密度計で固形分濃度を測定した後、前記アルカリ性廃水受入れ槽に貯留する。またサイクロンの底流液は直接処理液受槽（SUS304製）へ送られる。
- ③酸性廃水受入れ槽から一定量（100ℓ/min）に制御された酸性廃水が自然流下で一次中和槽（SUS304製）へ流入する。
- ④アルカリ性廃水受入れ槽からアルカリ性廃水が一次中和槽へ自然流下で加えられる。その流量は一次中和槽の中和液がpH4になるようにpH調節計からの信号で流量制御されている。
- ⑤一次中和槽は1槽4室x2槽（計8室）の角槽（SUS304製）からなり、流入した廃水は各室を順に流れる間に槽底から吹込む空気によって混合、中和され約pH4になる。

- ⑥一次中和槽各室の底は逆角錐になっていて汚泥の一部は沈降する。汚泥中の未反応の炭酸カルシウムを有効利用するため槽底に沈積した汚泥を抜き出し、排泥樋（SUS304製）で集めて繰り返し排泥槽（SUS304製）に受ける。この汚泥は繰り返しポンプにより一次中和槽入口へ返送する。
- ⑦一次中和槽においてpH 4付近に中和された一次中和液は二次中和混和槽（SUS304製）へ流下する。ここでアルカリ性廃水受入れ槽からアルカリ性廃水が加えられる。二次中和混和槽は水路に数枚の邪魔板が設けてあり、廃水は流れながら迂流攪拌、中和されてpH 7～9になって処理液受槽へ流下する。
- ⑧処理液受槽では、二次中和処理液とサイクロンの底流液及び酸性廃水・アルカリ性廃水の溢流液が流入し、その混合液は4号加圧ポンプステーションへ返送される。

## (6) 設計条件

### 1) 廃水の処理量と水質

#### (a) 処理水量

- ・酸性廃水 = 100 [ℓ/min]  
= 新規廃水処理設備処理量の約1/300
- ・一次中和アルカリ性廃水 = 上記廃水をpH 4付近にする量
- ・二次中和アルカリ性廃水 = 一次中和液をpH 7～9にする量

#### (b) 廃水の水質

表 2-1 酸性廃水の水質

項目	水質
pH [-]	2.3 (1.5~3.0)
Cu <sup>+2</sup> [mg/ℓ]	95
T-Fe [mg/ℓ]	2,670
Fe <sup>2+</sup> [mg/ℓ]	760
Al <sup>3+</sup> [mg/ℓ]	640
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/ℓ]	9,680
8.4AX [mg/ℓ]	8,580
SS [mg/ℓ]	3,100
液比重 [-]	1.02

表 2-2 アルカリ性廃水の水質

項目	水質
pH [-]	11.7 (11~12)
4.3BX [mg/ℓ]	2,290
CaO [mg/ℓ]	2.32
CaCO <sub>3</sub> [mg/ℓ]	5.54
Fe [mg/ℓ]	4.31
SS濃度 [%]	10 (5~10)
<200mesh [%]	82 (70~99)
液比重 [-]	1.10

## 2) 処理液水質

表 2-3 処理液の水質

項目	一次中和液	二次中和液
pH [-]	4.0 (3.5~4.5)	7.0 (6.5~9.0)
SS濃度 [%]	10 (5~15)	10 (5~15)
<200mesh [%]	82 (70~99)	82 (70~99)
液比重 [-]	1.10	1.01

## (7) 設計内容

実証試験装置に関する次の設計を実施した。

### 1) 機械設備関係

#### (a) 全体設計

- ① 配置図
- ② プロセスフローシート
- ③ エンジニアリングフローシート

#### (b) 個別設計

- ① 機器製作図
  - ・ 一次中和槽など水槽図面
- ② 配管図
  - ・ 平面図、側面図
- ③ 鉄架構、階段、操作ステージ、手摺など
- ④ 水槽類等製作仕様書
- ⑤ 回転機器類、配管資材購入仕様書
- ⑥ 機器リスト、データシートほか
- ⑦ 据付け工事仕様書

### 2) 電気計装設備関係

- ① 制御盤設計、購入仕様書
- ② 計器、電気機器類購入仕様書
- ③ 電気工事施工図
- ④ 計装工事施工図
- ⑤ リスト、データシートなど
- ⑥ 電気計装工事仕様書

### 3) 運転関係

- ①試運転計画書
- ②運転要領書
- ③実験計画書

## (8) 設計上の配慮点

### 1) 全面操作ステージの設置

実験装置は運転中に観察、測定、採水、運転操作などのために装置周辺を歩くことが多く、実装置以上に操作しや易いことが望まれる。この点を考慮して「2つの廃水受槽、サイクロン、一次中和槽、二次中和混和槽」は架台を組んで、その上に設置し、周囲を操作ステージで囲み階段を設け、運転操作・点検が容易にできるように設計した。

### 2) 仮組み計画

水槽類、運転操作ステージ、階段等及びこれらを搭載し取付ける鉄架構は現地中国人作業員でも容易にかつ確実に、短い工期で据付工事ができるように、製作工場でボルト締めで仮組みするものとして設計、製作仕様書に規定した。

### 3) 一次中和槽

一次中和槽の大きさは、概念設計では約1.0m x 1.0m x 1.5mH（垂直部）で10室を設置することになっていた。10室で設計することは、製作、運搬上の問題、現場据付けの難易さを考慮するとあまり経済的でないので、容積（表面積）を変えないで「（2室 x 2室） x 2槽 = 計8室」に設計変更することにした。

1室を正方形とし、その1辺をaとすると

$$[(1.0\text{m} \times 1.0\text{m}) \times 10\text{室}] = a^2 \times 8\text{室} \quad a = 1.15 \rightarrow 1.15\text{m}$$

となり、

- ・ 1室 =  $1.15\text{m} \times 1.15\text{m} = (1.32\text{m}^2)$
- ・ 1槽 =  $4\text{室} (1.15\text{m} \times 2) \times (1.15\text{m} \times 2) = 5.29\text{m}^2$
- ・ 2槽 =  $5.29\text{m}^2 \times 2 = 10.58\text{m}^2$

とした。

### 4) 輸送制限

中国国内の輸送は貨車輸送が予定されており、次の大きさ、重量制限が指定された。各水槽類、鉄架構、階段などは、梱包の後この寸法以内になるよう設計上考慮した。輸送制限は下記の通り。

- ・ 大きさ： 長さ12m x 幅3m x 高さ2.7m
- ・ 重量： 50ト

なお、一次中和槽（4室）は幅、高さとも大きさ制限一杯であった。

(9) 機器リスト、計器リスト

主要な機器、計器を、それぞれ表2-1 機器リスト、表2-2 計器リストに示す。

(10) 機器製作・調達、据付工事

実証試験装置を構成する機器類、計器類、資機材は日本で製作・調達され、現地へ輸送された後、日本からの役務提供調査団員の技術指導により現地据付業者により施工された。

表 2-1 機器リスト

NO	機器名称	数量	材質	寸法・仕様ほか
VE-01	アルカリ性廃水受入れ槽	1基	鋼板	円筒型 内径1.55m x 2.0mH
VE-02	酸性廃水受入れ槽	1基	SUS304	円筒型 内径1.55m x 2.0mH
VE-03 AB	一次中和槽	2槽	SUS304	角型、底部逆角錐 1至：1.15m x 1.15m x 1.5mH 1槽：2.3m x 2.3m x 1.5mH 空気吹込管
VE-04	二次中和混和槽	1基	SUS304	角型横置 0.6mW x 2.0mL x 0.8mH 水平迂流式攪拌
VE-05	繰り返し排泥槽	1基	SUS304	角型横置 0.6mW x 2.0mL x 0.8mH 空気攪拌
PU-01 AB	繰り返しポンプ	1台	ゴムライニング	遠心横型7-マンポンプ 0.4m <sup>3</sup> /min x 15mH x 3.7kw
B-01	ブロー	1台	鋳鉄	ロータリーブロー 7.0Nm <sup>3</sup> /min x 3.0mAqx7.5kw
X-01	アルカリ性廃水攪拌機	1台	SUS304	縦型、350rpm x 0.75kw
X-02	処理液受槽攪拌機	1台	SUS304	縦型、350rpm x 1.5kw
C-01	計装用空気圧縮機	1台		0.075m <sup>3</sup> /min x 8.5kg/cm <sup>2</sup> x 0.75kw、ベビコン

表 2-2 計器リスト

NO	計器名称	数量	寸法、材質、仕様など
—	制御盤	1面	鋼板製自立型 1.0mW x 0.9mL x 2.1mH
FR-1	流量記録計	1台	4B7ℓ加性廃水、電磁流量計
FR-2	流量記録計	1台	1-1/2B7ℓ加性廃水、電磁流量計
FR-3	流量記録計	1台	1-1/2B酸性廃水、電磁流量計
FI-101	流量指示計	1台	4B7ℓ加性廃水、電磁流量計
FI-102	流量指示計	1台	4B7ℓ加性廃水、電磁流量計
FI-103	流量指示計	1台	2B循環排泥、電磁流量計
LICA-1	液面指示調節計	1台	超音波液面計、VE-05
LIA-2	液面指示警報計	1台	超音波液面計、VE-01
LIC-3	液面指示調節計	1台	超音波液面計、VE-02
LIA-4	液面指示警報計	1台	超音波液面計、VE-06
AR-1	pH記録計	1台	電極式、浸漬型ブラシ洗浄器付、VE-01
AR-2	pH記録計	1台	電極式、超音波洗浄器付、VE-02
ARC-3	pH調節計	1台	電極式、浸漬型ブラシ洗浄器付、VE-03
AR-4	pH記録計	1台	電極式、浸漬型ブラシ洗浄器付、VE-04
LICAV-1	調節弁	1台	2B、循環排泥
LICV-3	調節弁	1台	1-1/2B、酸性廃水
ARCV-3	調節弁	1台	1-1/2B、アルカリ性廃水
PI-1	圧力指示計	1台	7ℓ加性廃水、ダイヤフラム式
DR-1	密度計	1台	放射線密度計、AMDEL型 中国昆明冶金設計院製

表 2-2 計器リスト (2/2)

NO	計器名称	数量	寸法、材質、仕様など
FI-105~112	流量計	8台	1B、ガラスロータメータ
PI-1	圧力指示計	1台	アルカリ性廃水、ダイヤフラム式



## 第3章 実証試験

### 3-1 目的

実証試験は、徳興銅鋳山の鋳山廃水処理において「空気攪拌による二段階中和法」を実証し、技術的に最適で、かつもっとも経済的な規模の新規廃水処理設備を設計するために必要な設計諸元を得ることを目的として、次の試験および技術指導・移転を行うものである。

#### (1) 二段階中和法に関する試験

廃水の性状変化に対応する中和処理技術を確立するために、試験では様々な性状の廃水を供給し実験、観察する。そのため複数の一次中和槽を通した連続試験を行い、各槽における処理水のpH値の変化をモニタリングする。併せて処理水が環境基準値に達するまでの中和反応時間を求める。

#### (2) 空気攪拌技術の確立のための試験

空気攪拌が大量の尾鉱粒子を含む廃水に対して有効に働くことを確認する。また、最適な送風空気量を得ることにより、空気攪拌装置の建設コスト及びランニングコストを最小にするものである。

#### (3) 実験の技術指導

日本側が実証試験を指導して、中国側への技術移転を中心に進め、詳細設計のための諸データの蓄積を図る。

#### (4) 計測・制御技術

基本設計データを収集するとともに、流量季節変化に対応したpH値制御の方法を確認する。

### 3-2 実証試験の実施

#### (1) 実験場所と廃水

実験場所及び実験に使用する廃水については事前調査において決定されており、本格調査の踏査において確認されたものである。

##### 1) 実験場所

四号加圧ポンプステーション下

##### 2) 実験に使用する廃水

・酸性廃水： 楊桃塢酸性廃水

- ・アルカリ性廃水：4号加圧ポンプステーション（西方分級ステーション）  
[注] 両廃水とも新規廃水処理設備で処理対象とする廃水ではない。

(2) 実証試験期間

1997年7月14日～11月3日（調整、研修試験を含む）

(3) 実証試験の役割分担

1) 実証試験の技術指導

<日本側調査団>

①実験全般：高橋弘二 安川剛正 荒井敬之

②個別：（室内実験）間篠善一、（電気計装）齊藤肇

2) 実証試験の運転担当

<北京有色冶金設計研究総院>

刘 荣仁 孔 芸 刘 成 胡 宝和

<德興銅礦>

熊 报国 董 家輝 詹 幼鴻 刘 泳玉

3-3. 実証試験前の予備試験

(1) 調整・研修運転（1997年7月14日～8月8日）

1) 目的

本実験に入る前に、下記の目的で調整・研修運転を実施した。

- ①供給を受ける酸性廃水、アルカリ性廃水、および中和液の概略の性状を把握する。
- ②機器・計器の作動、性能の良否を把握する。
- ③長期連続試験を行う上で不具合と思われる点を洗い出す。
- ④その結果、不具合な個所があれば、その対策案を作成する。運転で解決が難しい個所に対して改造計画を立案する。
- ⑤中国側の実証試験の中心になる技術者と、運転要員として現地採用された運転員（女性）に対して装置の運転に習熟してもらう。

2) 成果

①調整運転

アルカリ性廃水の供給、およびサイクロンでの分級など、主としてアルカリ性廃水中の粗粒子による堆積・詰まりに起因する不具合により、長時間の連

続運転が困難であることが明らかになったので、日中ともそれぞれ改造計画を作成・協議し、改造を行うことにした。

## ②研修運転

装置の運転要領、個々の機器・計器の調整法など、また実際に発生した、あるいは予想されるトラブルに対する処置要領など、現場において実地指導を行った。その結果、技術者、運転員とも運転技術の理解・修得、取り組み姿勢においてほぼ満足できたので、今後予定されている3直3交替24時間連続運転で行う実験に移行する上での不安がほぼ解消された。

## (2) 改造工事

調整運転の結果、連続運転を行う上で主としてアルカリ性廃水の粗粒子による配管の詰まりが発生するなどの不具合な個所が認められた。この点に対して改造計画案を作成し、日中協議の後、次の改造工事を実施した。

### 1)改造工事期間

1997年8月9日(土)~11日(月)

### 2)改造内容

- ①固形分濃度の高いサイクロン底流 (Underflow) の配管閉鎖を防止するために、底流をファンネルで受けた後、単独の傾斜配管で処理液受槽まで配管した。  
(改造前：・サイクロンの底流、・酸性廃水受入れ槽、アルカリ性廃水受入れ槽溢流液・繰り返しポンプによる余剰汚泥排出、が1本の配管で処理液受槽へ送られていた。)
- ②サイクロン底流と同じ配管に接続されていた酸性廃水、アルカリ性廃水の溢流管 (Overflow) を切り離し、それぞれ直下の繰り返し排泥槽へ流下するよう配管した。
- ③繰り返しポンプの吐出側配管を、単独で処理液受槽まで配管した。
- ④繰り返し排泥槽内に、汚泥堆積防止のための傾斜板を取付けた。  
また、攪拌用空気吹込管の位置を移動させた (期間前に実施)。
- ⑤定水位槽の撤去ほか、アルカリ性廃水の安定供給、処理液の放流のための改造が行われた (中国側)。

### 3-4 調整運転

#### 【調整運転】

改造工事を行ったことより、運転上の不具合が解消され、長期連続運転が可能であることを確認する。

#### (1) 期間

1997年8月12日(火)～15日(金)、3直3交替24時間連続運転

#### (2) 目的

改造結果の確認

#### (3) 実験条件

- ・酸性廃水： 95～100[l/min]
- ・一次中和： pH 4
- ・二次中和： pH 7～9
- ・攪拌空気吹込量： 200[l/min]
- ・空気吹込管： Js (末端が3/4Bの直管)
- ・一次中和槽排泥： 2時間に1回、濃縮泥を排出

#### (4) 成果

##### 1) 改造工事

改造工事の成果が確認でき、連続運転を行うことができることが確認できた。

##### ①配管

それぞれ改造の効果があり、アルカリ性廃水系の配管の詰まりが解消され、連続運転を行う上で支障がないことが確認できた。

ただし、サイクロン底流 (Underflow) 濃度が高く、詰まりの懸念があるため常時希釈用に工水をファンネルに注水することで対処した。

##### ②繰り返し排泥槽

槽底部に汚泥が堆積することが防止され、繰り返しポンプの吸込み管が詰まることがなくなった。

##### 2) 全般

1次中和、2次中和とも、ほぼ所定のpHで中和反応が行われており、「空気攪拌による二段階中和」による酸性廃水・アルカリ性廃水の中和処理が容易に可能であることが確認された。

### 3-5 実証試験 (1997年8月18日～22日)

#### 1. 予備実験

調整試験運転で長期連続運転が可能であることが確認できたので、運転条件を設定し、実験データをとる予備実験を行った。

#### (1) 実験内容

前週の調整運転の条件を引継いで1週間の連続運転を行い、「予備実験」としての実験データをとった。実験条件は「調整運転」に同じ

#### (2) 主な実験結果

##### 1) pH

- ・酸性廃水： pH 2.60 (2.56～2.63)
- ・アルカリ性廃水： pH 11.87 (11.82～11.92)
- ・処理液： 1次中和= pH 3.97、2次中和= pH 8.01

##### 2) 重金属の除去

	廃水	一次中和 (除去率)	二次中和
Cu	77.5[mg/l]	→ 35.0[mg/l] (25.6%)	→ <0.5[mg/l]
TFe	1244[mg/l]	→ 494[mg/l] (34.5%)	→ <0.5[mg/l]
Fe <sup>2+</sup>	450[mg/l]	→ 501[mg/l] (-10.2%)	→ <0.5[mg/l]

ただし、アルカリ性廃水には Cu、TFe、Fe<sup>2+</sup>は含まれていないものとして計算している。

##### 3) 炭酸カルシウム利用率： 77.0% (68.5～87.0%)

##### 4) 酸性廃水に対するアルカリ性廃水の消費比率

- ・一次中和： 一次アルカリ性廃水量 / 酸性廃水量 = 0.65
  - ・二次中和： 二次アルカリ性廃水量 / 酸性廃水量 = 2.89
- 
- 合計                  アルカリ性廃水量 / 酸性廃水量 = 3.54

#### (3) 成果

実証試験装置の運転要領、中和処理の概要が把握することができた。これからの実験を行うにあたり、実験条件の設定・調整、運転データの確認・記録、採水・分析の要領など、特に問題がないことが確認できた。特に、実験装置を昼夜にわたり連続運転する中国側運転員が、期待していた以上に運転要領をよく習熟し運転してくれたので、今後の各種実験を進めていく上での不安が解消された。

## 2. 空気攪拌実験<空気吹込管比較> (1997年8月25日~9月3日)

用意した4種類の空気吹込管の中で、どのタイプの空気吹込管が適切であるか選定する。

### (1) 実験内容

#### 2種類の空気吹込管比較実験

- ① [Run 1301] J $\ell$ 型 (直管径大) ノズル : J $s$ 型 (直管径小) ノズル
- ② [Run 1303] T $\ell$ 型 (T型管太) ノズル : T $s$ 型 (T型管細) ノズル
- ③ [Run 1305] J $s$ 型 (直管孔小) ノズル : T $s$ 型 (T型管細) ノズル

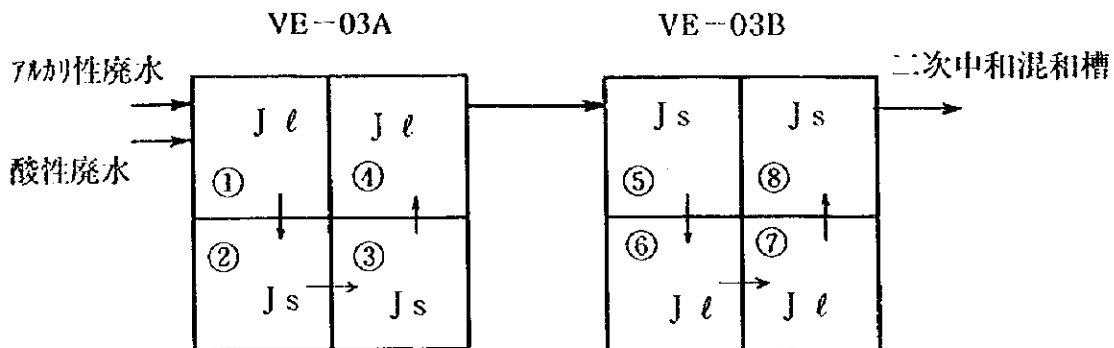
### (2) 空気吹込管 (PVC管=硬質塩化ビニル管)

形状	管径	孔径(面積)	孔数	吹出速度
J $\ell$ 型直管	1B(25mm)	2.5cm(4.91cm <sup>2</sup> )	1	6.8[m/sec]
J $s$ 型直管	3/4B(20mm)	2.0cm(3.14cm <sup>2</sup> )	1	10.6[m/sec]
T $\ell$ 型多孔管	1B(25mm)	1.0cm(0.79cm <sup>2</sup> )	4	10.6[m/sec]
T $s$ 型多孔管	3/4B(20mm)	1.0cm(0.79cm <sup>2</sup> )	4	10.6[m/sec]

[注] 吹出速度は、空気吹込み量  $Q=200[\ell/\text{min}]$ の場合

### (3) 実験方法

空気吹込量は、これまでの実験で妥当ではないと思われる  $200[\ell/\text{min}]$  を採用した。空気吹込管は一次中和槽各槽に下記のように設置し、下図に示す上下槽での性能の相対比較を行った(例:①と②の比較、④と③の比較)。



### (4) 効果判定方法

次に示す簡便法による相対的性能比較で優劣の判定を行った。

<運転中>

①水槽表面3ヶ所の固形物濃度を測定し、その均一性

②攪拌空気による水面の盛り上がりの輪の大きさ

<運転停止、水抜き後>

・槽底の堆積汚泥量、面積の少なさ及び分布の偏り

## (5) 結果

### 1) 優れた空気吹込管

槽内濃度の均一性と槽底の汚泥堆積状態から、

「J型とJS型」ではJS型が、また、

「T型とTS型」ではTS型がやや優れていると判断された。

次に優れた「JS型とTS型」同士の比較ではTS型がやや優れていると判定された。しかし4種類の空気吹込管の間では、大きな優劣の差は見られなかった。

### 2) 中和実験結果

2種類の異なる空気吹込管を使って行った中和実験のため、以下は中和実験としての参考値として示すものである。

#### (a)酸性廃水に対するアルカリ性廃水の消費比率

RunNO. 1301/1303/1305

・一次中和： 一次アルカリ性廃水量/酸性廃水量 = 0.60/0.87/0.72

・二次中和： 二次アルカリ性廃水量/酸性廃水量 = 2.67/3.33/4.19

合計 アルカリ性廃水量/酸性廃水量 = 3.27/4.20/4.91

#### (b)一次中和炭酸カルシウム利用率と重金属除去率

Run NO.	1301	1303	1305
1)炭酸カルシウム利用率 [%]	0.82	0.73	0.74
2)重金属除去率 [%]			
・Cu	20.6	30.9	14.1
・TFe	37.5	25.0	21.8
・Fe <sup>2+</sup>	3.0	7.6	0.7

[注] 重金属については、酸性廃水にのみ含まれているものとして計算している。

なお、二次中和後の重金属濃度は、いずれも0.5[mg/l]以下である。

(c)1週間の運転で硫酸カルシウム(石膏=CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O)の付着が観察された。空気吹込管の外側はもちろん、J型吹込管では管内部(末端から数cm)、T型吹込管では孔の内側に石膏のスケールの付着が見られた。TS型(多孔管型)空気吹込管が優れた結果を示したが、石膏による孔の詰まりが心配される。

### 3. 空気攪拌実験<適正空気吹込量> (1997年9月3日～12日)

前の実験で選定したT<sub>s</sub>型空気吹込管を用いて空気の吹込量を変化させ、最適な空気吹込量を求める。

#### (1) 実験内容

T<sub>s</sub>型空気吹込管を使用して空気吹込み量を変えて実験し、最適な空気吹込量を求める。

- ・ [Run NO.1306] 空気吹込量：Q=200[ℓ/min]
- ・ [Run NO.1307] 空気吹込量：Q=250[ℓ/min]
- ・ [Run NO.1308] 空気吹込量：Q=150[ℓ/min]

#### (2) 効果判定

1) 外観を主とする判定：前記「空気吹込管実験」に同じ。

2) 中和効果

一次中和における炭酸カルシウム利用率と重金属の除去率

#### (3) 結果

1) 外観を主とする判定

空気の吹込量が多ければ槽底の汚泥堆積量が減るであろうと予想していたが、予想に反して、これまで実験してきた200[ℓ/min]の汚泥堆積量が少なく、混合攪拌状態も変わらないため、空気吹込量 200[ℓ/min]が優れていると判定した。

2) 中和効果

(a)酸性廃水に対するアルカリ性廃水消費比率：

偶然かと思われるが、空気吹込量 200[ℓ/min] (Run NO.1306) の場合のアルカリ性廃水の消費量が少なかった。

Run NO.	1305	1306	1308
空気吹込量 [ℓ/min]	150	200	250
酸性廃水 pH [-]	2.49	2.66	2.53
7Mアルカリ性廃水 pH [-]	11.48	11.50	11.56

[アルカリ性廃水消費比率]

・ 一次中和：一次アルカリ性廃水量／酸性廃水量 = 0.76 / 0.63 / 0.66

・ 二次中和：二次アルカリ性廃水量／酸性廃水量 = 4.19 / 2.83 / 4.25

合計      アルカリ性廃水量／酸性廃水量 = 4.95 / 3.46 / 4.91

(b)炭酸カルシウムの利用率

一次中和槽における炭酸カルシウムの利用率に関しては、空気吹込量の多い (Q=250[ℓ/min]) の利用率が高かった。



#### (4) 評価

##### 1) 実験の結果

運転中の一次中和槽の攪拌状態、水を抜いて槽底に堆積している汚泥量の観察の結果から、空気吹込量 200[ ℓ /min]と250[ ℓ /min]とはほとんど差がなく、むしろ空気の吹込量が少ない 200[ ℓ /min]の方が、適していると判定された。

##### 2) 単位面積当りの空気量

(a)最適とされた空気吹込量 $Q=200$ [ ℓ /min]を単位面積当りに換算する。

$$\begin{aligned}0.2[\text{m}^3/\text{min}]/(1.15\text{m}\times 1.15\text{m}) &= 0.15[\text{m}^3/\text{m}^2/\text{min}] \text{ (at } 2\text{m-スラー)} \\ &= 0.15 \times (1+0.2) \times (1.1) \\ &= 0.2[\text{Nm}^3/\text{m}^2/\text{min}] \text{ (at } 0\text{m-H}_2\text{O)} \text{ ---(1)}\end{aligned}$$

一方、概念設計では日本国内の鉱山廃水処理で使用されている実績から、必要な空気吹込量として次の値を採用している。

$$Q=0.7[\text{m}^3/\text{m}^2/\text{min}] \text{ ---(2)}$$

(b)化学工学便覧(改訂三版)によると、ガス吹込みによる攪拌強さを規定する単位面積当りの噴出空気量の基準値として次の値が示されている。

(引用文献: Quillen, C.S.: Chem. Eng. 61, No. 6, 178 (1954))

- ・弱い攪拌  $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$
- ・中程度の攪拌  $0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$  -----(3)
- ・激しい攪拌  $1.0 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$

(c)実証実験で得られた「 $Q=0.2$ [Nm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min]」は、文献の値と比較すると「弱い攪拌」に相当するが、この空気量を吹き込んだ本実験では、外観上「中程度か激しい攪拌」に見えた。これは水槽が約1m角で狭く壁面の影響を受けて比較的良好的な攪拌が行われていたことも一因と考えられる。

(d)概念設計で採用された「 $Q=0.7$ m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min」は、文献の値と比較すると「中程度以上、激しい攪拌」に相当する。

(e)今回の実証実験に使用しているアルカリ性廃水の濃度は、新規廃水処理装置のアルカリ性廃水の濃度に比較して小さいことが中国側から指摘されている。アルカリ性廃水(尾鉱)濃度の増加は、一般に尾鉱の平均粒子径の増大になると思われるので、同様の混合攪拌効果を得るためには今回の実験結果よりは多い空気量を必要とすることが予想される。

単純に平均粒子径の増加分(仮に20%とする)だけ粒子の沈降速度が増加すると仮定すると、その粒子群が沈降しないために増加すべき空気量は

$$\cdot \text{沈降速度の増加分} = (1.2d)^2/d^2 = 1.44$$

(沈降速度はストークスの式によると粒子径の2乗に比例する)

となるので、約50%の空気吹込量を増やす必要があることになる。

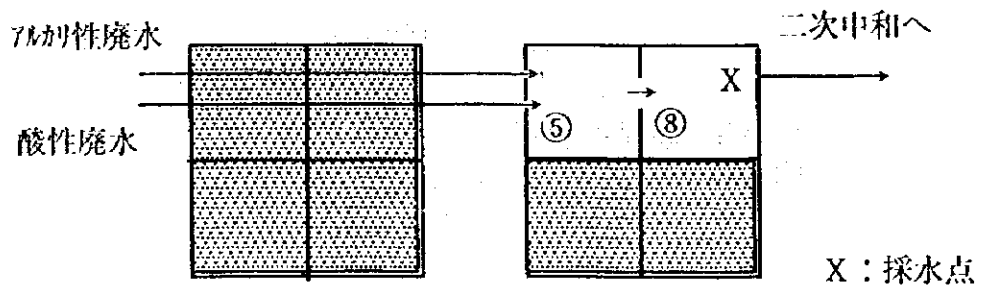
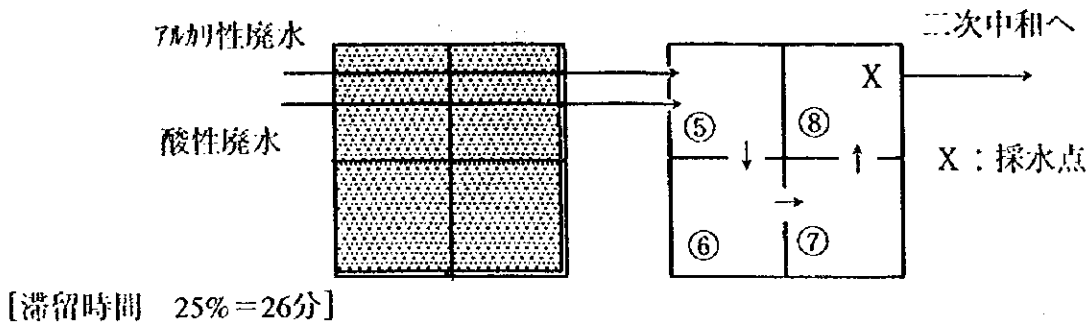
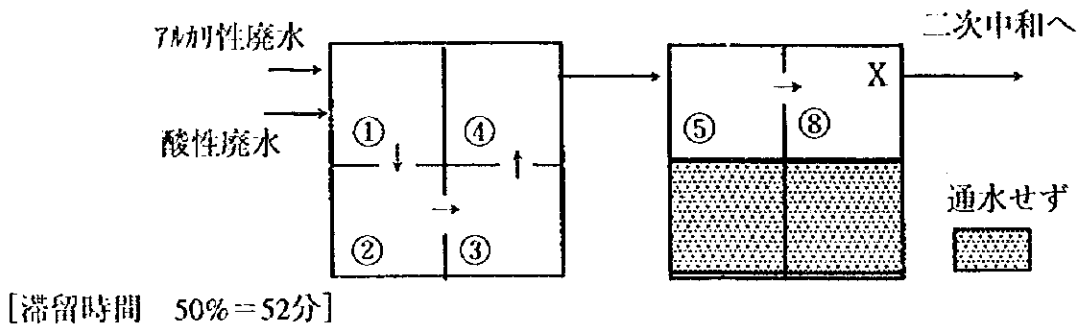
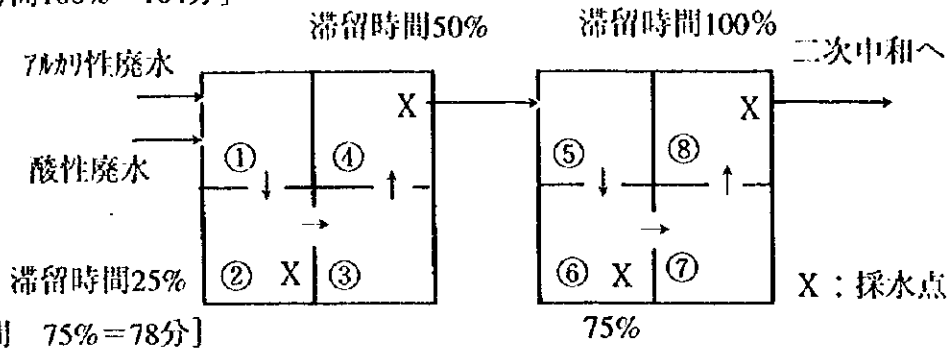
#### 4. 滞留時間変化実験 (1997年9月15日～26日)

$T_s$ 空気吹込管を用いて、空気吹込量 200[l/min]で運転を行い、一次和槽の滞留時間を変えて実験し、適切な滞留時間を求めた。

##### (1) 実験方法

一次中和槽の隔壁に設けてあるゲートの開閉と酸、アルカリ性廃水の注入点を変更して、次のように滞留時間を変化させて実験した (1室=26分)。

[滞留時間100%=104分]



## (2) 実験結果

### 1) 炭酸カルシウムの利用率

(a) 滞留時間 100% のケースでは、炭酸カルシウムの利用率は 84、85% ともっとも高い利用率を示した。

(b) 他の 3 ケースも、(9/15、滞留時間 75% のデータ) を除いて計算すると、いずれも利用率 80% 以上であった。

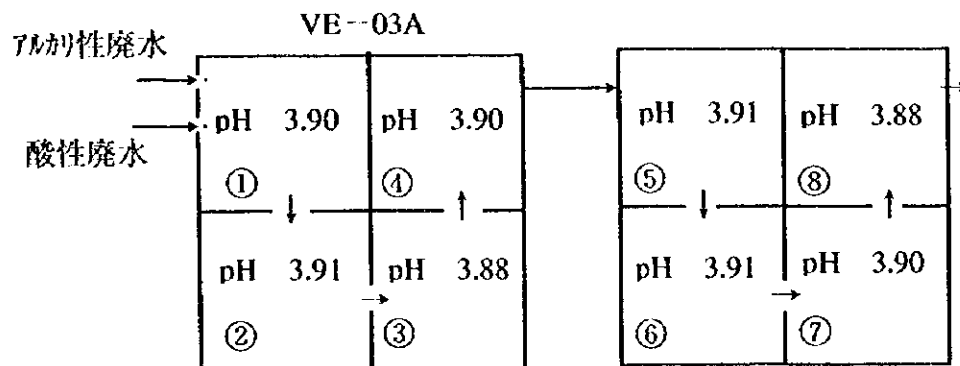
従って、滞留時間のもっとも短い 25% (約 26 分) のケースでも炭酸カルシウムは有効に利用されていることがわかった。

### 2) 一次中和槽各室の pH の変化

一次中和槽各室の pH を測定し、第 1 室から第 8 室まで滞留時間が変わることによる pH の変化を調べたが、いずれの滞留時間でも入口 (第 1 室) と出口 (第 8 室 = 二次中和槽入口) の間でも pH 0.1 程度しか変化しておらず (増加の場合と減少の場合がある)、滞留時間が一番短い 25% (約 26 分) でも中和反応はほぼ完了していると判断された。

[9/17 10:00 の測定結果]

一次中和槽各槽の pH



### 3) 一次中和による重金属 (Cu、T-Fe、Fe<sup>2+</sup>) の除去率

滞留時間が変わっても特徴ある結果は見られなかった。滞留時間 100% の場合の Cu、TFe の除去率が他のケースにくらべ劣っていたが、滞留時間によるものとは考えにくい。いずれにしても重金属は pH 7 ~ 9 にする二次中和で水酸化物となってほぼ完全に析出する。そのため一次中和での重金属の除去率は参考としてみるべきであろう。

## (3) 評価

以上の結果を総合的に判断した結果、

一次中和槽の滞留時間は 25% (約 26 min) でもよいとの結果が得られた。廃水の性状変動を考慮しても滞留時間は約 30 min で十分であろうと判断される。

ちなみに、概念設計で計画されている一次中和槽の滞留時間は 30 min. である。

## 5. 一次中和pH3.5の実験 (1997年10月5日～7日)

pH3.5で一次中和することで、炭酸カルシウムの利用率向上、アルカリ性廃水の使用量削減が可能かどうか確認する。

### (1) 実験方法

一次中和槽は全室を使用し、滞留時間 50% (約52分) 100% (約104分) のところで採水し、分析した。

### (2) 効果の判定

- ①炭酸カルシウム利用率
- ②アルカリ性廃水の使用量
- ③一次中和での重金属除去率

### (3) 実験結果

#### ①炭酸カルシウム利用率

滞留時間 100%、50%とも炭酸カルシウムの利用率は 80%を越えていた。

- ・滞留時間 100%のとき： 平均 80.4% (57～93)
- ・                  50%      : 平均 82.0% (69～88)

#### ②酸性廃水に対するアルカリ性廃水の使用比率

pH3.5での一次中和のため、アルカリ性廃水の消費量は 1/2～1/3になった。その分、二次中和でアルカリ性廃水が消費されたため、全体ではほとんど変わらない使用比率となった。

- ・一次中和： 一次アルカリ性廃水量 / 酸性廃水量 = 0.23
  - ・二次中和： 二次アルカリ性廃水量 / 酸性廃水量 = 4.18
- 
- 合計                  アルカリ性廃水量 / 酸性廃水量 = 4.41

#### ③重金属の除去率

TFe、Fe<sup>2+</sup>の除去率は、これまでの実験とそれほど差がなかったが、Cuの除去率が著しく低下した。

- ・Cu / TFe / Fe<sup>2+</sup>の除去率： 9.8% / 25.1% / 9.2%

### (5) 評価

炭酸カルシウムの利用率は 80%を越えており、アルカリ性廃水の総添加量は pH4での一次中和とくらべ変わらない結果であった。短時間の実験のため「石膏スケースの生成削減効果」の確認はできなかったが、中和反応、炭酸カルシウムの利用率の結果からみると、一次中和のpHを4に固執する必要はないと考えられる。

## 6. サイクロン部品交換による実験 (1997年10月8日～15日)

(1) 底流 (Underflow) 調整のアベックスインサートの交換

(2) 流入部調整のためのボルテックスファインダーの交換

により、溢流 (Overflow) 濃度、分級粒子径を変えて実験した。

### (1) 実験内容

サイクロン部品交換による溢流液の流量、濃度変化の把握

### (2) 実験結果

サイクロンの分級性能を把握するもので、溢流液 (実験に使用するアルカリ性廃水=尾鉱) の濃度変化、すなわち平均粒子径を変化させる実験である。

#### 1) サイクロン分級実験

添付資料 1. 6 表-5を参照のこと。

#### 2) 中和試験結果

サイクロンの分級実験期間中の分析結果は以下の通り。

##### ①アルカリ性廃水使用量

	10/8～9	10/9～10	10/13～15
・一次中和：一次アルカリ性廃水量/酸性廃水量 = 0.48	0.48	0.54	
・二次中和：二次アルカリ性廃水量/酸性廃水量 = 3.69	3.13	3.58	
合計	アルカリ性廃水量/酸性廃水量 = 4.17	3.61	4.12

##### ②炭酸カルシウム利用率と重金属除去率

項目	10/8～9	10/9～10	10/13～15
炭酸カルシウム利用率[%]	87.3	90.3	78.0
重金属除去率			
Cu 除去率 [%]	5.1	8.6	20.6
TFe 〃 [%]	26.9	30.3	23.3
Fe <sup>2+</sup> 〃 [%]	6.6	9.8	3.4

## 7. 一次中和槽排泥循環実験 (1997年10月20日～24日)

一次中和槽の槽底から連続的に排泥し、繰り返しポンプにより排泥を一次中和槽入口へ汚泥返送し、炭酸カルシウムの利用率を上げるとともに槽底の汚泥堆積を防止する。

### (1) 改造工事

前週 (10/16～18) 次の改造を行った。

- ・一次中和槽の流入・流出口の改造 (上下流)
- ・空気吹込管を中央下部へ移設 (VE-03A②④、VE-03B⑤⑧)
- ・常時、一次中和槽排泥以外は繰り返し排泥槽に入らないようにアルカリ性廃水、酸性廃水の溢流液 (Overflow) 配管の変更等

### (2) 実験内容

一次中和槽排泥循環実験 排泥循環率 = 50% (連続)

### (3) 実験結果

#### 1) 汚泥堆積状態

運転を停止した後、一次中和槽の水抜きを行った結果、槽底には汚泥の堆積は見られず連続排泥の効果が確認された。

#### 2) 中和試験結果

アルカリ性廃水の使用量はこれまでの実験と変わりなかったが、炭酸カルシウム利用率は高く約90%あり、重金属の除去率もよくなっていて、一次中和槽から底泥を抜き出し循環することの効果が確認された。

[アルカリ性廃水使用量]

	10/20～22	10/22～24
・一次中和：	一次7L加性廃水量／酸性廃水量 = 0.72	0.68
・二次中和：	二次7L加性廃水量／酸性廃水量 = 3.14	3.48
合計	7L加性廃水量／酸性廃水量 = 3.86	4.16

### (4) 評価

一次中和槽の槽底から汚泥の一部を連続的に抜き出し循環することは、一次中和槽の槽底の汚泥堆積を防止し、炭酸カルシウムの利用率を増加させる効果が優れていることが確認された。実験では汚泥の循環量を約50% (約70[l/min]) で行った。これは現在の実験装置が自然流下による抜き出し方法のため、排泥管のところで詰まりが起りやすく連続して均一に定量抜き出すことは難しい。感覚的にはあるが、排泥率は半減以下にできると思われる。

## 8. 一次中和槽排泥循環追加実験 (1997年10月27日～31日)

一次中和槽の槽底から連続的に排泥し、繰り返しポンプによる一次中和槽への汚泥返送を基本とし、「酸：アルカリ＝1：1」、空気吹込量 100[l/min]などの運転条件の変更を行った。

### (1) 実験内容

一次中和槽排泥循環実験 排泥循環率＝50% (連続) を基本とし

①酸性廃水：アルカリ性廃水の流量比＝1：1で一次中和を行う。

(空気吹込量＝200[l/min])

②同上の条件で、空気吹込量を 100[l/min]に減らす。

### (2) 実験結果

#### 1) 酸性廃水：アルカリ性廃水の流量比＝1：1の実験

①アルカリ性廃水の量を増やしたため、一次中和槽のpHは4.24に上昇した。  
そのために重金属の除去率は大幅に増加した。

②炭酸カルシウムの利用率は、実験がわずか数時間であったため、定常運転になっていないことが原因か、利用率は低く70%を割っていた。

#### 2) 空気量を 100[l/min]に下げた実験

一次中和槽のpHは更に増加し、約4.5になった。炭酸カルシウムの利用率は上昇し78%に、重金属の除去率は更に増加した。運転を停止した後、一次中和槽の水抜きを観察の結果、空気吹込量を100[l/min]に減らしても、槽底には汚泥の堆積はほとんど見られなかった。槽底の汚泥堆積防止は、空気吹込量を増やすことも効果的であるが、連続排泥の効果が大きいものと思われる。

#### 3) 中和試験結果

この週の実験ではアルカリ性廃水の使用量が減っているが、これは酸性廃水がpH2.7を越えており、酸性の度合いが弱くなった影響と思われる。

##### (a) アルカリ性廃水使用比率

	10/27～30	10/30	10/30～31	
・一次中和：一次アルカリ性廃水量／酸性廃水量＝	0.58	0.99	0.99	
・二次中和：二次アルカリ性廃水量／酸性廃水量＝	2.46	1.96	1.91	
合計	アルカリ性廃水量／酸性廃水量＝	3.04	2.95	2.90

##### (b) 炭酸カルシウム利用率

炭酸カルシウムの利用率は、途中の10月30日(68%)を除くと、80%前後であった。

## 9. 最適条件での実験<デモンストレーション> (1997年11月3日～5日)

これまでの実験結果を踏まえて、最適と考えられる運転条件で連続運転を行い、調査団の最終立会い、確認運転とする。

### (1) 実験内容

これまでの実験結果から下記の運転条件でデモンストレーション実験を行う。

- ・ 滞留時間 = 100[%]、104[分]
- ・ 一次中和槽排泥循環率 = 50% (連続)
- ・ 一次中和 pH = 4、・ 二次中和 = pH 7 ~ 9
- ・ 空気吹込管 = Ts型、・ 空気吹き込量 = 200[ℓ/min]

### (2) 実験結果

#### 1) 汚泥堆積状態

VE-03A④の槽壁から剥離した石膏片が排泥管にたびたび詰まった。

#### 2) 中和試験結果

- ・ 酸性廃水の酸度が低いためアルカリ性廃水の使用比率が小さかった。
- ・ 炭酸カルシウム利用率は約80%で、ほぼこれまでの平均的な値である。

#### (a) アルカリ性廃水使用比率

アルカリ性廃水の使用比率は非常に少なかった。

- ・ 一次中和：一次7ℓ加性廃水量 / 酸性廃水量 = 0.52
- ・ 二次中和：二次7ℓ加性廃水量 / 酸性廃水量 = 2.33

合計： 2.85

#### (b) 炭酸カルシウム利用率：CaCO<sub>3</sub>利用率： 81.0[%]

#### (c) 重金属除去率

Cu 除去率：34.7[%]、 TFe除去率：40.6[%]、 Fe<sup>2+</sup>除去率：13.9[%]

### (5) 評価

- 1) 酸性廃水に対するアルカリ性廃水の消費量が非常に少なく、一次中和では酸性廃水量のわずか約1/2であった。これは酸性廃水の酸度が弱かったことに起因するものと推定される。
- 2) 中和実験の結果では処理液のpHは安定していた。また炭酸カルシウムの利用率も80%を越えており、「空気攪拌による二段階中和法」が優れたプロセスであることが確認できた。
- 3) VE-03A④では、壁面に付着した石膏スケールが剥離して排泥管を詰まらせた。このような現象の発生は実装置でも懸念されるため、詰まった場合の対策が取れるようにしておくことが必要であろう。



### 3-6 廃水の評価

実験期間中は、1日1回以上、酸性廃水、アルカリ性廃水の水質分析を行った。全分析データを表にまとめ、週単位で平均値を計算した。バラツキもみられるので、週単位にまとめた分析値について、以下に概念設計（2003年予測値）と比較する。

#### (1) 酸性廃水

##### 1) 酸性の度合

項 目		平均値（最小 [ ] ~ 最大 [ ]）
pH [-]	実証試験結果	2.66 ( 2.43 ~ 2.89 )
	概念設計予測値	(1.95[渴] ~ 2.11[豊])
8.4AX [mg/l]	実証試験結果	8,547 (7067 ~ 10,989 )
	概念設計予測値	(9,129[渴] ~ 11,476[豊])
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]	実証試験結果	12,107 (11,540 ~ 15,650 )
	概念設計予測値	(10,022[渴]~12,266[豊])

[注] 概念設計予測値：(P.67)による。

[渴]は渴水期、[豊]は豊水期を示す。

#### [評価]

今回実験に使用した酸性廃水の水質について概念設計で予想している水質と比較すると、

- ① pHは、概念設計にくらべかなり高い。
- ② 8.4AXは、概念設計にくらべやや小さい程度である。
- ③ SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度は、概念設計にほぼ等しい。

pH値が1.0違うということは水素イオン濃度で10倍の違いである。このことから、詳細設計で計画するアルカリ性廃水の比率（使用量）は、この実証実験で得られた「酸性廃水：アルカリ性廃水」の比率よりは大きくなるものと考えておく必要がある。

2) 重金属類

項 目		平均値 (最小[ ] ~ 最大[ ])
Cu <sup>2+</sup> [mg/l]	実証試験結果	53.3 ( 20.3 ~ 147.4 )
	概念設計予測値	(13.4[渴] ~ 56.4[豊])
T F e [mg/l]	実証試験結果	1,483 (1,161 ~ 1,763 )
	概念設計予測値	( 1,869[豊] ~ 2,617[渴] )
Fe <sup>2+</sup> [mg/l]	実証試験結果	1,049 ( 571 ~ 1,549 )
	概念設計予測値	( 90[渴] ~ 122[平] )
A l <sup>3+</sup> [mg/l]	実証試験結果	609 ( 420 ~ 696 )
	概念設計予測値	( 557[渴] ~ 590[豊] )

[注] 概念設計予測値： (P.67)

[渴] は渴水期、[豊] は豊水期、[平] は平水期を示す。

[評価]

今回実験に使用した酸性廃水中の重金属類の濃度について概念設計の予測値と比較してみると、次のようになる。

- ① Cu<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>濃度は、概念設計に比べかなり高い濃度である。
- ② 逆にT F e濃度は、やや小さい。
- ③ A l<sup>3+</sup>濃度については、概念設計にほぼ等しい。

特に、Fe<sup>2+</sup>については、今回の実験結果が概念設計時の予測値にくらべ1桁大きい濃度である。

(2) アルカリ性廃水

1) アルカリの度合

項 目		平均値 (最小 ~ 最大)
p H [-]	実証試験結果	11.97 (11.53 ~ 12.40)
	概念設計予測値	11.97 (11.3 ~ 12.3)
4.3BX [mg/l]	実証試験結果	6,627 ( 5,008 ~ 7,845 )
	概念設計予測値	5,643 ( 3,287 ~ 9,882 )

[注] 概念設計予測値：東方分級の尾鉱 (P.98)

2)濃度

項目		平均値 (最小～最大)
固形分 [mg/l]	実証試験結果	11.3 (10.4～12.4)
	概念設計予測値	18.0 (12～22)
CaCO <sub>3</sub> [%]	実証試験結果	3.8 (2.02～5.83)
	概念設計予測値	5.52 (3.95～6.83)

[注] 概念設計予測値：(東方分級) 最終報告書 P.98

[評価]

実証試験で用いたアルカリ性廃水のアルカリの割合は、概念設計で計画している東方分級溢流液の値に近い。しかし、固形分濃度、CaCO<sub>3</sub>の濃度はかなり小さい値であった。

中和反応においては、pH、4.3 BXの値の方が、固形分濃度、CaCO<sub>3</sub>濃度よりも影響するものと考えられるので、一次中和、二次中和処理においてはそれほど実証試験結果と違った結果にはならないと考えられる。

固形分濃度の違いについては、詳細設計において配管、槽類などでの沈積、詰まり防止、及び詰まりが起った時の対策など、慎重な考慮が必要であろう。

3-7 計測機器について

(1) 計器等について

1) 水量、水質の変動に対応した制御技術に関する基本設計データ

実証試験設備は次の制御技術を使用しており、実プラントへの適用性について検討した。詳細設計で考慮しなければならない主な事項は次の通り。

(a)液面指示調節計 (LICA-1)

繰り返し排泥槽の液面を一定レベル範囲に保つために、繰り返しポンプ吐出側から繰り返し排泥槽への戻り配管につけた自動調節弁の開閉により、戻る流量を調整するものである。

①超音波発信器の発信面に「空気攪拌で生じるアルカリ性廃水の気泡、飛沫」が付着して汚れたために誤指示、誤表示を起した。

②発信器から発信される超音波には有効角度があり、その角度内に障害物がないよう設計、施工上、注意しなければならない。

(b) pH指示記録調節計 (ARC-3)

①PID制御

一次中和槽のpHを測定し、一次中和液がpH4になるようにアルカリ性廃水の注入量を調節するものである。制御方式は「サンプル値PI制御」を採用している。これは測定した結果をフィードバック (Feedback) し、その結果が現れる一定時間 (T) は操作信号を送らない方式で、現在 T=10min (当初は 40min) に設定されている。

通常、時間遅れが大きい系では「サンプル値PI制御」か、場合によっては「フィードフォワード (Feed Forward) 制御」が用いられる。しかしながら実証試験においては、酸性廃水、アルカリ性廃水とも比較的安定したpHで供給されていたためか、サンプル時間やP、I、Dのパラメータ値をいろいろ変化させても常に良好な制御結果を示していた。従って、新規廃水処理設備においても、一次中和槽のpH制御は、通常のPID制御が適用できる。

②一次中和槽は、pH3.8~4.1で安定した運転が行われており、計装上の問題はない。(ただし、一次中和供給アルカリ性廃水の注入量が少なくなると詰まる傾向にある。)

③pH計取付け位置

一次中和槽各室のpHを測定した結果、第1室以降のpH変化が少ないので、pH計はさらに前の方に設置し、早めに流量調整信号を送った方がよいと思われる。当初、pH計は一次中和槽の出口 (VE-03B⑧) に取り付けていたが、滞留時間が1時間以上あるため、フィードバックが非常に遅れる。そこで中間点付近 (VE-03B⑤、廃水流入後約50分後) 入口部に移設した。

④電極の洗浄法

酸性廃水以外は、pH電極を定期的に工水を駆動力とした回転ブラシで洗浄し

ているが、まずまずの洗浄効果が発揮されているように思われる（酸性廃水は超音波洗浄器による）。しかし、一次中和槽のpH計では、洗浄ブラシにも石膏スケールの付着がみられる。そのため、毎週初めに行うpH計の検量の際に汚れ具合を確認し、専用のブラシで洗浄すること、また、定期的に部品を取り替えを行う必要がある。

### 3-8 その他

#### (1) スケールについて

実証試験において一次中和槽の壁面、廃水配管内面（酸、アルカリとも）、空気吹込管内外面などにスケールの付着が確認された。また、酸性廃水受入れ槽の槽底には相当量の鉄錆の堆積が確認された。これらのスケールの生成は

①酸性廃水にアルカリ性廃水を加えるた中和反応で生成する石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）によるもの

②酸性廃水中の溶解鉄が酸化されて発生するもの

とある。後者のスケール被膜はそれほど厚く成長しないが、前者の成長は著しく中和槽の壁面、配管内のスケール付着を完全に防止することは難しい。

詳細設計にあたっては、実験の結果や既存の知見を参考に、スケールの発生・付着防止について検討するが、「スケールが付着しても除去しやすい構造、材質」に配慮した設計を行うことを基本とする。

#### (2) アルカリ性廃水の詰まり

アルカリ性廃水中の尾鉍粒子による詰まり、堆積は、アルカリ性廃水配管系のすべてで発生し、あるいは発生の可能性があった。特に、高い濃度のサイクロン底流液、常時使用しない配管（予備、バイパス管など）が詰まった。

詳細設計においては、アルカリ性廃水系配管、水槽類の尾鉍粒子の詰まり、堆積防止と、詰まった時の処置が取りやすいようにするなど考慮した設計が要求される。例えば、圧力水（工水）が送り込めるように配管しておく、できる場所は使用しない時には水抜きができるようにするなどの対策をとる必要がある。



## 第4章 新規廃水処理設備の詳細設計

### 4-1 目的

新規廃水処理設備の詳細設計を進めるに当り、先に実施された概念設計の設計指針に準拠し、加えて実証試験結果及び類似の日本国内の事例を参考にして、基本となる設計条件、諸元等を決定する。これに基づき機器等の詳細設計を行う。

### 4-2 基本方針

#### (1) 基本的な考え方

事前調査団協議議事録（1996年2月1日）に示されているように、鉍廃水処理設備は技術的に最適で、かつ経済的な規模の施設とし、建設コスト及びランニングコストを最小とする設備を設計するものである。

なお、設計は日本国において施行されている法律及び規則に従い実施する。また、詳細設計で作成される全ての文書と図面に起因するプロジェクト実施の結果に対しては、本プロジェクトの実施機関である中国有色金属工業総公司がその責任を負うものである。

#### [準拠すべき資料]

①詳細設計調査	実証試験報告書	1997年11月
②詳細設計調査予備・事前調査報告書		1996年5月
③鉍廃水処理計画（概念設計）最終報告書		1995年3月

以下、特別に記載のないものは資料③のページ（P.XX）を示す。

### 4-3 基本計画

#### (1) 建設予定地

建設予定地は概念設計時に決定されており4号尾鉍庫付近の四号公路から入った造成地である。

#### (2) 処理システムの概要

添付資料2. 2 図-3「プロセスフローシート」参照

## 1) 廃水源

- (a)徳興銅鉱山から排出される酸性廃水は、2ヶ所の酸性水ダム、1ヶ所の沈砂池に貯留された後、24Bの配管により処理設備内の酸性水貯槽（S-01）に送られてくる。
- (b)東方分級ステーションのサイクロンで分級された尾鉱溢流液（アルカリ性廃水）は開水路（溝）により処理設備内の尾鉱溢流液分配槽（S-02）に送られてくる。

## 2) 廃水の供給

- (a)酸性水貯槽に受け入れた酸性廃水は、流量制御されて一定量ずつ一段中和槽へ自然流下で送られる。
- (b)尾鉱溢流液分配槽に受け入れたアルカリ性廃水は、一段中和槽の中和液 pH を計測する pH 計（ARC-3）からの信号で、pH 4 になるように調節弁で流量制御されて一段中和槽（S-03）へ送られる。

## 3) 一段中和

- (a)一段中和槽では、流入した酸性廃水とアルカリ性廃水が槽底から吹き込まれる空気によって攪拌され完全混合・中和される。
- (b)槽底に沈殿した汚泥は連続的に排出され、排泥溝（X-01、X-02）を流下して循環返泥槽（S-05）に集められ、返泥ポンプ（PU-01）によって一段中和槽入口へ返送・循環される。
- (c)一段中和槽を流れる間に pH 4 付近に中和された一段中和処理液は、溢流して処理液溝に流れ込み、二段中和混合槽（S-04）へ流下する。

## 4) 二段中和

- (a)一段中和槽へ供給して余剰になった尾鉱溢流液は、尾鉱溢流液分配槽を溢流して開水路（溝）を流れ下り、二段中和混合槽入口で一段中和処理液と合流する。
- (b)二段中和混合槽には、水平迂流で流れるように取り付けられた7枚の邪魔板により攪拌が行われ、短時間で混合・中和が行われる。
- (c)二段中和混合液は pH 6 付近ないしはそれ以上になって隣接する結合井（S-07）に流下する。

## 5) 放流

結合井からは3本の配管で四号尾鉱庫へ自然流下、放流される。

## 6) その他

- (a)一段中和槽入口部下のポンプ室床下に排水槽（S-06）、排水ポンプ（PU-02）が設置される。
- (b)一次中和槽攪拌鼓風機、計装用空圧機は離れた室内に設置される。



#### 4-4 設計条件

##### (1) 設備一般

###### 1) 建設予定地

徳興銅鉱山四号公路から入った造成地：「90m x 190m」、標高192.00～200.40

###### 2) 処理方式

酸性廃水とアルカリ性廃水を「空気攪拌による二段階中和法」により中和処理

###### 3) 設計の基準年 (P.140)

① 2003年を設計基準年とし、

② 豊水年

③ リーチング銅生産高 2,000[Ton/年]

において予想される廃水量を基に設計する。

###### 4) 運転方式

① 24時間連続自動運転方式とする。

② 計画休職による尾鉱使用不能日年間35日は運転を停止する。

###### 5) 予備の考え方

機器類は原則として予備を有し、その数量は個々の機器設計において決定する。

###### 6) 制御方針 (P.143)

(a) 停電をなくすために二電源受電とし、更に、非常用発電機を設置する。

(b) 停電発生時、5分以内に非常用発電機から非常用電力が供給されるものとする。

(c) 計装設備は日本における廃水処理設備のうち、高いレベルにある廃水処理場を基準とし、かつ経済性を考慮して設計する。

(d) 計測機器の信頼性を考慮して、計測機器は日本製品の使用を前提とする。

(e) 計器室に簡易DCSを設置するものとし、運転状況を表示するグラフィックはCRT上に表示するものとする。

(f) 回転機器の起動・停止は原則として現場操作とするが、計器室からの遠隔操作が可能な設計とする。

###### 7) ユーティリティ

電気、用水、制御用空気等、一切のユーティリティ設備の設計は範囲外である。

ただし、非常用発電機、計装用空圧機の規模については、日本側調査団がデータを提供する。

###### 8) その他

計器室、電気室に設置される機器、計器類を除き、その他の機器、水槽、計器類の一切は屋外に設置されるものとする。

##### (2) 処理する廃水



\*印は今回 (P.67) 表4-3-1 より再計算したものの。

<条件確認>

実証試験に使用した楊桃塢酸性廃水は、下記の項目において酸性廃水の設計水質とかなり相違している。実証試験の結果を下記に示す。

- ・ pH: 2.62 (2.4~2.9)
- ・ Cu<sup>2+</sup>: 53 (20~147)
- ・ Fe<sup>2+</sup>: 1,050 (570~1,550)

2) アルカリ性廃水

(a)流量 (p.140、141)

東方分級ステーションサイクロン溢流液:

93.8[m<sup>3</sup>/min] (一段中和、二段中和用)

(b)水質

表 4-2 アルカリ性廃水

項目	pH [-]	濃度 [%]	液比重 [-]	粒度 [-]	CaCO <sub>3</sub> * [%]	4.3BX* [mg/l]
東方分級 溢流液	11.5 ~12.5	17.5	1.13	-200mesh>70%	4.8 ~6.8	4500 ~7500
(参) 西方 分級溢流液	11.5 ~12.5	13.0	1.09	-200mesh>70%		

[注] 上記の数値は (P.141) による。上記数値は濃度の範囲を示す。

\*印は (P.92) 表4-4-46 「東方分級溢流」の平均値を示す。

(4) 処理水の基準

1) 処理液の水質基準

(a)一段中和 (一段中和槽出口) : pH 4 (3.8~4.2)

(b)二段中和 (二段中和混合槽出口) : pH 6 付近、またはそれ以上

(c)放流水 (四号尾鉾庫)

「重有色金属工業汚染物質排出基準」が優先され、これに規程されない物質 (項目) については、一般的な「汚染総合排出基準」が適用される (P.38)。

表 4-3 徳興銅礫廃水の排出基準 単位[mg/l]

項目	T-Hg	有機Hg	T-Cd	Cr <sup>6+</sup>	T-Cr	T-As	T-Pb	T-Ni
基準	0.05	不検出	0.2	0.5	1.5	0.5	1.0	1.0

項目	pH	T-Cu	T-Zn	S <sup>2-</sup>	COD	SS
基準	6~9	2.0	5.0	1.0	150	300

[概念設計での自主基準]

項目	dis-Fe	Mn
基準	10	10

表 4-3 の排出基準は 4 号尾鉱庫からの放流水に適用されるものである。

2) 環境水質基準（地表水） P.37、39

(a)適用場所

大塙川と楽安川の合流点の前

(b)適用基準

環境水質基準（地表水）第四類

表 4-4 環境水質基準（地表水）第四類 単位[mg/l]

項目	pH	T-Cu	T-Zn	T-Pb	T-Cd	T-As	COD
基準	6.5~8.5	1	2	0.05	0.005	0.1	20

## 4-5 全体設計

### (1) 全体配置

添付資料 2. 2 図-4「全体配置図」参照

新規廃水処理設備の全体配置計画は、概念設計で計画された配置をもとに4号尾鉱庫付近に予定されている造成地の地形を考慮して、中国側によって作成されたものである。施設全体では約90m x 190mで、このうち廃水処理設備は約 50m x 110m が予定された。調査団は処理装置の詳細設計で概略寸法を決定し、概念設計に基づく中国側の配置計画を参考に、配管、運転操作ルート、保守用地などを考慮して処理装置の配置を決めた。配置を計画するにあたり配慮した主な点を下記に示す。

#### 1) 中国側の要望

- ① 予定地中央道路の北西、北寄り半分を処理設備用地とする。
- ② 現地盤高さを考慮して、廃水は北側（標高200.40）から受け入れて、処理液は西側中央（標高192.00）から4号尾鉱庫へ放流するものとする。
- ③ 処理設備の用地は多少大きくなってよいが、結合井（放流部）はできるだけ現計画地とすること。
- ④ 処理設備地区は雨水の排水を考慮して、中央道路側（192.20）、廃水放流側（192.00）とする。
- ⑤ 地下構造物となる循環返泥槽、排水槽の底面は、4号尾鉱庫の水位と関係があるので、出来るだけ浅く（高く）計画すること。

#### 2) 調査団の配置計画上の考慮点

- ① 懸濁液で流入し堆積の恐れがあるアルカリ性廃水（尾鉱溢流液）のルートが最短になるように計画する。
- ② 廃水の受け入れ地点（標高200.40）と中和装置の地盤高さ（標高192.20）はプロセス、運転、施工を考慮し、必要最小限にする。
- ③ 廃水は、運転、安全性、施工を考慮して、できるだけ地上に近いところで処理する。
- ④ 配管（空気、工水、制御用空気）、電気・計装ケーブルダクト（ピット）の敷設用地、照明、消火配管・消火栓、メンテナンス通路、車両用道路等の用地を確保する。
- ⑤ 日常の運転・保守点検のルートが短くなるようにする。

### (2) プロセスフロー図（PFD）

添付資料 2. 2 図-3「プロセスフローシート」参照

廃水処理設備の設計において、もっとも基本となるプロセスシステムを集約し

たものがプロセスフロー図 (Process Flow Diagram) である。プロセスフロー図を作成するにあたり考慮した主な点を以下に記す。

- ① プロセスは、概念設計、実証試験で行われたプロセス通りとする。
- ② プロセスフロー図で鉍廃水処理設備の処理システムがおおよそ把握できる情報を盛り込むものとする (配管ごとの流量、水質を記載)。
- ③ 「フロー (流れ) は左から右へ」流れるように描き (一段中和槽用攪拌空気を除く)、処理設備の配置と対応する流れとした。

### (3) エンジニアリングフロー図 (EFD)

エンジニアリングフロー図 (Engineering Flow Diagram) または P & I 図 (Piping & Instrument Flow Diagram) は、後者の名前が示すようにシステムフローに配管 (機器類を含む) と計装の情報を付加したものである。

機器番号、配管番号について以下に説明する (計器記号などは図面参照)。

#### 1) 機器番号等

- |           |              |
|-----------|--------------|
| (a) 回転機械類 | PU: ポンプ      |
|           | B: 鼓風機 (ブロー) |
| (b) 水槽類   | S: 水槽        |
| (c) その他   | X: その他       |

#### 2) 配管番号

配管には次のように配管番号を付した。

□□\*<sup>1</sup>B-□□□\*<sup>2</sup>-□□□\*<sup>3</sup>-□□\*<sup>4</sup>

\* 1: 配管サイズ (インチ表示)

- |           |     |                 |
|-----------|-----|-----------------|
| * 2: 流体記号 | WAC | 酸性廃水            |
|           | WAL | アルカリ性廃水 (尾鉍溢流液) |
|           | WS  | 排水、排泥           |
|           | WI  | 工水              |
|           | AP  | 攪拌用空気           |
|           | AI  | 制御用空気           |

\* 3: 配管の番号 (順番)

- |           |    |                     |
|-----------|----|---------------------|
| * 4: 配管材質 | A1 | 銅管 (SGP)            |
|           | B1 | SUS304              |
|           | C1 | PE (ポリエチレン管) または同等品 |
|           | D1 | 亜鉛メッキ銅管 (SGPW)      |

#### 3) 計装用記号

エンジニアリングフロー図 (DWG NO TO-DD-16-01-1) 参照のこと。

## 4-6 機器等の設計

### (1) 廃水供給管 (参考)

#### 1) 酸性廃水

酸性廃水は1本の配管で廃水処理設備へ送られてくる。

- ・材質：ポリエチレン管 (PE) または同等品
- ・最大流量 = 28.1[m<sup>3</sup>/分]
- ・管径 24B (600A) 内径  $d=600$ [mm] として、管内流速  $u=1.66$ [m/sec]  
22B (550A)  $\times$   $d=550$ [mm]  $\times$ 、  $u=1.97$ [m/sec]

#### 2) アルカリ性廃水 (尾鉍溢流液)

東方分級ステーションサイクロン溢流液の送水溝 (開水路)

- ・最大流量 = 93.8[m<sup>3</sup>/min]=1.56[m<sup>3</sup>/sec]
- ・幅  $b=1.5$ [m] とすると  $h=0.50$ [m]、 $u=2.10$ [m/sec]  
幅  $b=1.2$ [m] とすると  $h=0.55$ [m]、 $u=2.20$ [m/sec]

従って、アルカリ性廃水溝は、幅1.2~1.5m程度の水路で供給される。

### (2) 酸性水貯槽 (S-01)

#### 1) 機能

- ①酸性廃水を一定量貯留する。
- ②液面を常に滴水近くに保ち一定量の廃水を一次中和槽へ自然流下させる。
- ③酸性廃水に含まれる酸化鉄 (鉄錆) を沈殿分離する。

#### 2) 設計仕様

- ①廃水の水質：前記4-4 (3) 1)の通り。
- ②形状：長方形または正方形とする。
- ③数量：1槽とする。
- ④構造：鉄筋コンクリート製とし、内面は耐酸樹脂系ライニングとする。  
流入部は偏流を防ぐよう考慮すること。
- ⑤大きさ：最大流量 28.1[m<sup>3</sup>/min]において滞留時間 30[min]とする。

#### [説明]

- ①流入する酸性廃水は容量の大きなダム、沈砂池から一定量ポンプで送水されてくるため、流量の変動、水質の変動もそれほど大きくなく、酸性水貯槽は「流量・水質の調整機能 (Equalization)」を持たなくてもよいと考えられる。
- ②酸性水貯槽から一段中和槽へは自然流下で一定流量以上流す必要がある。そのため液面は計算で求まるある一定高さ (水頭) が必要である。
- ③鉄錆堆積による滞留時間の減少は考慮しない。

コンクリート水槽について、北京有色冶金設計研究總院（BNFI）標準図があるので、それを採用する。

ENFI 標準設計図（ $V=1000[m^3]$ ）：15.9[m] x 15.9[m] x 4.0[m]H

※余裕深=0.3[m]、配管下=0.3[m]とすると、有効貯水量=859[m<sup>3</sup>]

$859[m^3] / 28.1[m^3/min] = 30.6[min]$  OK

### 3) 付帯設備

#### (a) 機械設備

##### ① 階段、ステージ

\* 内梯子は設けない。

#### (b) 計装設備

##### ① 酸性廃水流量記録計

##### ② pH 記録計（潜漬型、超音波洗浄装置付）

##### ③ 液面指示調節計（上下限警報付）

#### (c) 付帯配管

##### ① 溢流管（24B）：二段中和槽へ送られる尾鉍溢流液の開水路（溝）へ流す。

\* ドレン弁は設置しない。

### 5) 検討の経過

調査団は、何かの際に1槽ずつ清掃、補修ができるよう、2槽設置する設計で進めていたが、中国側からの要望で1槽で設計することになった。

### (3) 尾鉍溢流液分配槽（S-02）

#### 1) 機能

- ① 東方分級ステーションサイクロン溢流液（アルカリ性廃水）を受け入れ、流入の勢いを緩和する。
- ② 一定の水位を保ち、アルカリ性廃水を調節弁により一定量ずつ一段中和槽へ自然流下、供給する。
- ③ 余剰となったアルカリ性廃水を二次中和混合槽へ自然流下で供給する。

#### 2) 設計仕様

- ① 廃水の水質：前記4-4(3)2の通り。
- ② 形状：長方形または正方形を基本とする。
- ③ 数量：1槽
- ④ 構造：鉄筋コンクリート製とする。  
槽内は偏流、堆積を防ぐよう考慮すること。
- ⑤ 大きさ：滞留時間0.5[ $min$ ]容量とする。ただし、流入部は除く。  
・ 一段中和槽最大供給流量： 28.1[m<sup>3</sup>/min]



・二段中和混合槽最大供給流量： 65.7[m<sup>3</sup>/min] 合計 93.8[m<sup>3</sup>/min]

⑥高さ：必要量のアルカリ性廃水が一段中和槽へ自然流下するために必要な水位（水頭）を有すること。

### 3) 外形寸法の計算

(a)必要な容積 (V)

$$V=93.8[\text{m}^3/\text{min}]\times 0.5[\text{min}]=46.9\rightarrow 47.0[\text{m}^3]$$

(b)必要な面積 (A)：有効平均水深  $h_1=2.4\text{m}$  とする

$$A = 47.0[\text{m}^3]/2.4[\text{m}] = 19.6[\text{m}^2]$$

・平面寸法 (LxW)：

3本のアルカリ性廃水の供給配管を引き出すため、 $W=6.0\text{m}$  とする。

$$19.6[\text{m}^2]/6.0[\text{m}]=3.3\rightarrow 3.5[\text{m}]$$

・高さ H：余裕深さ  $h_2=0.3\text{m}$ 、ポンプ吸い込み管～槽底まで  $h_3=0.3\text{m}$  とすると

$$H = 2.4[\text{m}] \times 1.2 + (0.3+0.3) [\text{m}] \approx 3.5[\text{m}]$$

尾鉍溢流液分配槽（概略）外形寸法 = 6.0[m] x 3.5[m] x 3.5[m] 高さ

ただし、流入部を除く。

### 4) 付帯設備

(a)機械設備

・階段、操作ステージ・粗目スクリーン（流入部）[範囲外]

(b)計装設備

①尾鉍溢流液流量記録計（パーシャルフリューム：流入開水路に設置）

パーシャルフリュームは流路を流れる水面高さを測定して流量を求めるものであるが、尾鉍粒子濃度が10%以上の懸濁液であるから沈積、泡立ちなども考えられ、流量精度は約±10%と考えられる。

②pH記録計（潜漬型、ブラシ洗浄装置付）

③液面指示計（下限警報付）

### 5) 検討の経過

(a)調査団は、何かの際に1槽ずつ清掃、補修ができるよう、2槽設置する設計で進めていたが、中国側からの要望で1槽で設計することになった。

(b)調査団は、槽底、隅での尾鉍の堆積が懸念されるので、槽底から攪拌空気の吹き込みで沈積防止を計画したが、中国側から鉍山の実績で槽底に傾斜をとることで堆積は起こらないとの説明があり、空気攪拌は取り止めた。

(c)また、アルカリ性廃水が開水路で送られてくるので、混入するごみなどを除くため「粗目スクリーン」の設置を計画したが、必要があれば中国側で実施するというので、図面などには入れなかった。

(5) 一段中和槽、二段中和混合槽への供給配管

1) 機能

- ①一定量の酸性廃水を供給一段中和槽へ供給する。(流量計、調節弁取付け)
- ②一段中和でpH4に調整する量のアルカリ性廃水を一段中和槽への供給する。(流量計、調節弁の取付け)
- ③尾鉾溢流液分配槽から一段中和槽への供給で余剰となったアルカリ性廃水を二段中和混合槽へ供給する。

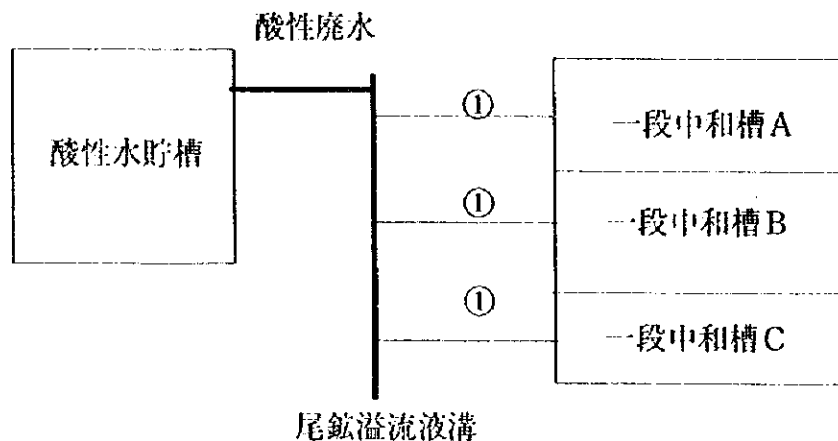
2) 設計仕様

- ①廃水の水質：前記4-4.(3)1)2)の通り。
- ②材質：酸性廃水配管＝ポリエチレン管（PE）または同等品  
アルカリ性廃水：一段中和槽へ＝鋼管（SGP）  
二段中和混合槽へ＝コンクリート製開水路（溝）
- ③管内流速：管は1.5～2.5[m/sec]  
開水路は1.0～1.5[m/sec]
- ④供給力：水位差による自然流下による（管、水路とも勾配＝10/1000）。

3) 管径の計算

(a) 酸性廃水

一段中和槽への酸性廃水の供給は下記のようにする。



① 管径

- ・廃水量： $28.1[m^3/min]/2 = 14.1[m^3/min]$
- ・管径 16B (内径  $d=390.6[mm]$ 、管内流速  $u=1.96[m/sec]$ ) ←  
18B (  $d=441.4[mm]$ 、  $u=1.54[m/sec]$ )

② 損失水頭の計算

- ・16B管、管内流速＝1.96[m/sec]、直管相当長さ 238m、

$$P_{16} = (1.0\text{mH}_2\text{O}/100\text{m}) \times 238\text{m} = 2.38\text{m}$$

・必要とする水頭 = 全損失水頭 + [(余裕 + 錆ロス) = 20%]

$$P_{16} = 2.38 \times 1.2 = 2.86\text{m}$$

### ③有効水頭

・酸性水貯槽 Overflow Level  $204.00 - 0.30 = 203.70\text{m}$

・一段中和槽流入管 Top of Pipe  $199.70 + 0.15 + 0.40 = 200.25\text{m}$

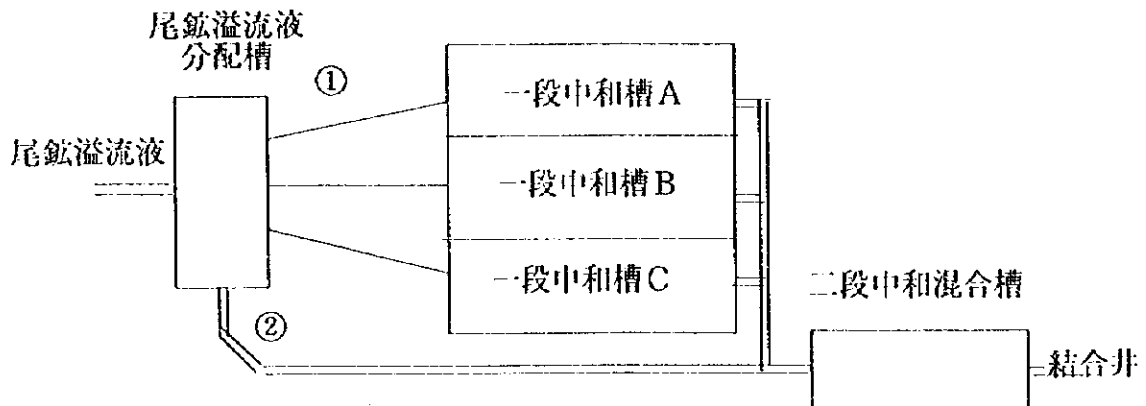
水頭差 3.45m

HWL - 0.59m (=3.45-2.86) までは、必要流量 (28.1[m<sup>3</sup>/min]) の酸性廃水が一段中和槽へ自然流下する。

以上により、酸性廃水の一段中和槽への供給配管は16B (400A) で計画する。

### (b)アルカリ性廃水

アルカリ性廃水の一段中和槽、二段中和混合槽への供給は下記の通り。



#### (b-1)一段中和槽供給管

##### ①管径

・廃水量 :  $28.1[\text{m}^3/\text{min}]/2 = 14.1[\text{m}^3/\text{min}]$

・管径 : 16B (内径  $d=390.6[\text{mm}]$ 、 $u=1.96[\text{m}/\text{sec}]$ )

②損失水頭 : 16B、管内流速 = 1.96[m/sec]、直管相当長さ = 245m

$$P_{16} = 1.0\text{mH}/100\text{m} \times 245\text{m} = 2.45\text{mH}_2\text{O}$$

・必要とする水頭 = 全損失水頭 + [(余裕 + スケールロス) = 20%]

$$= 2.45 \times 1.2 = 2.94$$

##### ③有効水頭

・尾鉾溢流液分配槽 Overflow Level  $203.90 - 0.50 + 0.2 = 203.60\text{m}$

・一段中和槽流入管 Top of Pipe  $199.70 + 0.15 + 0.40 = 200.25\text{m}$

水頭差 3.35m

検討の結果、16B で必要流量 (28.1[m<sup>3</sup>/min]) が流れる。

#### (b-2)二段中和混合槽供給管

「アルカリ／酸」の比の大きい2.3の場合で設計する。

1本の長方形開水路で供給する場合

・最大流量 =  $65.7[\text{m}^3/\text{min}] = 1.1[\text{m}^3/\text{sec}]$

・幅  $b=1[\text{m}]$  とすると  $h=0.52[\text{m}]$ 、 $u=2.13[\text{m}/\text{sec}]$

幅  $b=1.2[\text{m}]$  とすると  $h=0.46[\text{m}]$ 、 $u=2.02[\text{m}/\text{sec}]$

幅  $b=1.3[\text{m}]$  とすると  $h=0.43[\text{m}]$ 、 $u=1.96[\text{m}/\text{sec}]$

二段中和混合槽への開水路（溝）は幅1.2m x 高さ1.5mで計画する。

#### 4) 取付計器

##### (a)酸性廃水管

流量記録調節計+調節弁

「酸性水貯槽 → 一段中和槽」 口径 16B=400mm x 3組

##### (b)アルカリ性廃水

流量記録計+調節弁（pH調節計の調節弁）

「分配槽 → 一段中和槽」 口径 16B=400mm x 3組

#### 5) 検討の経過

(a)中国側の計画を採用し、24B（600A）のヘッダーで一段中和槽近くまで配管した後分岐し、それぞれの槽へ16B配管で供給するようにした。

(b)実証試験では二段中和混合槽でpH7～9付近になるようにアルカリ性廃水供給量を制御したが、中国側の計画は二段中和混合槽ではpH調整は行わず、尾鉍溢流液分配槽をオーバーフローした尾鉍全量を二段中和混合槽へ供給し、pH6付近ないしはそれ以上になればよいとのことで、設計ではこのシステムを採用した。

#### (5) 一段中和槽（S-O3A、B、C）

##### 1) 機能

酸性廃水にアルカリ性廃水を加え、空気攪拌により効率よく混合し、pH4付近に中和する。中和反応では尾鉍溢流液中の炭酸カルシウムを有効に利用する。

##### 2) 設計仕様

①処理水量： 「酸性廃水：アルカリ性廃水」 = 1：1とする。

$$28.1[\text{m}^3/\text{min}] + 28.1[\text{m}^3/\text{min}] = 56.2[\text{m}^3/\text{min}]$$

②廃水の性状： pH 1.9～12.5

比重 1.06

③一段中和処理液： pH 4（3.8～4.2）

④系列と滞留時間

- ・ 常用 3 系列運転の場合： [ 1 系列 = 18.8[m<sup>3</sup>/min] x 30[min]
- ・ 2 系列運転（停止 1 系列）の場合： [ 1 系列 = 28.1[m<sup>3</sup>/min] x 20[min]
- ⑤ 攪拌空気の吹き込み量： 0.3[m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>]  
攪拌空気の上昇速度： 0.3~0.5[m/sec]
- ⑥ 槽材質：（本体） 鉄筋コンクリート（RC） + 耐酸樹脂ライニング  
（取付部品類） SUS304 または PVC
- ⑦ 槽内の流れ： 水平迂流式
- ⑧ 垂直部有効水深： 3[m]
- ⑨ 1 室の大きさ： 3m x 6m
- ⑩ 1 系列の室数： 10 室
- ⑪ 排泥循環率： 処理量の 10%

## [説明]

### (a) 滞留時間

- ・ 実証試験の結果の pH 変化、炭酸カルシウムの利用率から判断し、一次中和槽の滞留時間は 30 分あれば十分である。
- ・ 運転しながら 1 系列を停止し保守点検できれば、予備を設ける必要はない。
- ・ 経済的

以上の理由で、2 系列運転で最大水量（28.1[m<sup>3</sup>/min]）を滞留時間 20 分で処理するものとして設計する。運転をしてみても滞留時間が不足と考えられる場合、3 系列運転で対応する。あるいは、常時 3 系列で運転し、メンテナンス時に 2 系列で運転する。

### (b) 攪拌空気量

概念設計では槽容量の 13%を見込んでいるが、空気吹き込み量、気泡の滞留時間を想定して計算するとは約 5.0[%]であり、概念設計の 13%は多過ぎる。従って、一段中和槽の容積を減少できる。

### (c) 水平迂流式

槽内の水の流れは水平迂流式で設計する。これは、空気攪拌によって各室で十分完全混合が行われており短絡流は起らないと考える。これにより隔壁の壁厚を削減でき、かつ清掃時の槽内移動が容易になる。

### (d) 室数の半減

概念設計では、3m x 3mの室で分割したが、2 室間の壁をなくし室数を 20 室から 10 室に半減した。2 室を 1 つにしても適切な空気攪拌を行えば槽内の汚泥堆積は防止できる。室数を減らすことより壁の数が減り、汚泥の拔出し箇所数も半減する。

### 3) 外形寸法の計算

寸法は構造の計算を行う段階で決定されるが（中国側）、基本寸法は次の通り。

#### (a)容積：

- ・全容積  $(28.1[\text{m}^3/\text{min}]+28.1[\text{m}^3/\text{min}])/2[\text{系列}]\times 20[\text{min}]\times 3[\text{系列}] = 1686[\text{m}^3]$
- ・1系列当りの有効容積  $1686[\text{m}^3]/3 = 562[\text{m}^3]$

#### (b)表面積：

- ・全表面積 有効水深 =  $(3.0+0.2) \text{ m}=3.2\text{m}$ とすると  
 $1686[\text{m}^3]/3.2[\text{m}] = 527[\text{m}^2]$
- ・1系列当りの有効表面積  
 $527[\text{m}^2]/3 = 175.6 \rightarrow 180[\text{m}^2]$

#### (c)槽幅 (W) x槽長さ (L)

- ・1系列は、1室を  $(3[\text{m}]\times 6[\text{m}]=18[\text{m}^2])$  とすると、 $180[\text{m}^2]/18[\text{m}^2]=10$ 室
- ・全体では  $(6\text{m} \times 3=18[\text{m}]) \times (3\text{m} \times 10\text{室}=30.0[\text{m}])$   
ただし、壁厚を含まない。

#### (d)槽高さ：

##### ①垂直部（上部）

- |             |         |
|-------------|---------|
| ・有効水深：      | 3.0 [m] |
| ・越流高さ、余裕深ほか | 1.0 [m] |
| -----       |         |
| 垂直部高さ       | 4.0 [m] |

##### ②下部

- |                                |         |
|--------------------------------|---------|
| ・角錐深さ： $3[\text{m}]\times 1/2$ | 1.5 [m] |
| ・水槽壁厚、排泥管                      | 0.95[m] |
| ・排泥溝、勾配、余裕                     | 0.95[m] |
| -----                          |         |
| 脚部                             | 3.40[m] |

### 4) 付属設備

#### (a) 機械設備

①攪拌空気吹込管：ブロー（鼓風機）と合わせ詳細は別途検討する。

#### ②排泥弁

- ・1系列10本、1本からの排泥量は

$$(28.1+28.1) / 3[\text{m}^3/\text{min}]/\times 0.1 \times 1/10=0.187[\text{m}^3/\text{min}]$$

- ・抜き出し速度は、2B SUS304TP sch10S（ $d=54.9\text{mm}$ ）を使用する。

$$0.187[\text{m}^3/\text{min}]/60[\text{min}/\text{sec}]/0.00237[\text{m}^2]=1.32[\text{m}/\text{sec}]$$

#### ③階段、操作ステージなど

#### (b)計装設備

pH記録調節計（潜漬型ブラシ洗浄装置付） 3組

## 5) 検討の経過

### (a) 一段中和槽の表面積

1系列当たりの滞留時間を30分から20分にしたことで水槽の容量は2/3になった。槽表面積は概念設計通り(約18m x 30m)とすれ中国側の提案を取り入れたので、水槽の高さが比例して低くなった(垂直部 6.0m→4.0m)。

### (b) 一段中和槽の構造

空気攪拌は吹き込み管の配置により容易に完全混合が可能であることが実証試験で確認された。また、適切な空気の吹き込みと槽底からの汚泥の抜き出しにより、槽底の汚泥堆積は防止できる。そこで調査団は概念設計の「3mx3m」の室を設け中央から汚泥を引き抜く考え方を大きく変え、1系列は長方形の3室(3m x 21m)により構成されるようにして、汚泥の抜き出しを2ヶ所と少なくした。これにより隔壁を大幅に削減できる上、構造が簡単で施工が容易になる。また、汚泥の循環は未利用の炭酸カルシウムの有効利用を主目的と考えていたが、実証試験結果では、それよりも槽底の汚泥堆積防止の方が効果的であることが判明した。槽底に逆角錐を設けるから汚泥が沈積するので排泥箇所を減らし、汚泥の循環量も減らすことで排泥循環設備容量も小さくすることができる。これに対して、中国側は概念設計の1系列(3mx3m) x 20室の考えを尊重していたが、最終的には(3mx6m) x 10室で設計を進めることになった。

## (6) 循環返泥槽(S-O 5 A1、A2、B1、B2、C1、C2)

### 1) 機能

一段中和槽の槽底から汚泥を連続的に抜き出した汚泥を排泥溝(樋)を通して集め、一段中和槽入口へ返送・循環するためのポンプピット

### 2) 設計仕様

- ① 排泥量： 処理水量の最大 10[%]
- ② 汚泥性状： pH 3.5~4.5、 比重 1.2~1.3
- ③ 滞留時間： 約 5[min]
- ④ 形状、材質： 地下鉄筋コンクリート製+耐酸ライニング
- ⑤ 数量： 6槽(1系列1槽+1槽予備、切り替え使用)

### 3) 外形寸法など

- ① 排泥流入量：  $(28.1 \times 2) / 3 [\text{m}^3/\text{min}] \times 0.1 = 1.9 \rightarrow 2.0 [\text{m}^3/\text{min}]$
- ② 必要な容積：  $2.0 [\text{m}^3/\text{min}] \times 5 [\text{min}] = 10 [\text{m}^3]$
- ③ 寸法： 平均有効高さ=1.8[m]とする、面積  $10/1.8=5.6 [\text{m}^2]$   
幅  $d=3.125 [\text{m}]$  とすると  $L=5.6 [\text{m}^2] / 3.125 [\text{m}] = 1.8 [\text{m}]$   
外形寸法 =  $3.125 [\text{m}] \times 1.8 [\text{m}] \times 1.8 [\text{m}] \text{H}$  (総高=2.8m)

#### 4) 付属設備

##### (a) 機械設備

###### ① 返泥ポンプ

i) 吐出し量：2.0[m<sup>3</sup>/min] (循環返泥槽流入量)

ii) 吐出圧力：

・ 排泥槽底～床～：高さ 9.8m

・ 配管損失：管径=6B、管内流速=1.8[m/sec]、直管相当長さ 109m、

$$P = (2.7[\text{mH}_2\text{O}]/100[\text{m}]) \times 109[\text{m}] = 3.0[\text{m}]$$

ポンプ吐出圧力 = (水頭) × (液密度) × (1+余裕)

$$= (9.8+3.0) \times 1.3 \times (1+0.2) = 20[\text{mH}]$$

iii) モーター出力 (推定)

$$0.163 \times 2.0 \times 20 \times (1/0.5) = 13.1 \rightarrow 18.5\text{kw} \quad (22\text{kw})$$

iv) 数量：3台+3台予備 (交互運転)

###### ② 蓋 (鋼板製)、手摺

##### (b) 計器類

① 液面指示警報計 6組

② 流量指示計 6組

③ 圧力計 6組

#### (7) 排泥溝 (X-01A、B、C、-02A、B、C)

##### 1) 機能

一段中和槽から連続的に抜き出した汚泥を循環返泥槽へ送る。

##### 2) 設計仕様

① 一段中和槽の1系列10室から抜き出した汚泥を

No.1 排泥溝は8室、No.2 排泥溝は2室の排泥を集め循環返泥槽へ流す。

② 形状、材質：角形、SUS304

③ 排泥溝の傾き：20/1000程度とする。

④ 堰板付分岐溝：末端に循環返泥槽へ切り替え用の堰板つき分岐溝取付け

##### 3) 外形寸法など

$$1 \text{ 系列の排泥量} = (28.1 \times 2) \times (1/3) \times 0.1 = 1.9 \rightarrow 2.0[\text{m}^3/\text{min}]$$

###### (a) No.1 排泥溝

① 排泥量：2.0[m<sup>3</sup>/min] × (8/10) = 1.6[m<sup>3</sup>/min]

② 溝寸法：0.2mW × 0.3mH、u=1.0[m/sec]では水深 h=0.13[m]

###### (b) No.2 排泥溝

① 排泥量：2.0[m<sup>3</sup>/min] × (2/10) = 0.4[m<sup>3</sup>/min]



②溝寸法：  $0.15W \times 0.2mH[m]$ 、 $u=0.7[m/sec]$ では 水深  $h=0.05[m]$

## (8) 二段中和混合槽

### 1) 機能

pH4の一段中和処理液に尾鉍溢流液分配槽からの溢流液を加えて、水流による攪拌力により混合中和する。

### 2) 設計仕様

① 廃水量：	一段中和処理液	$28.1 \times 2.0 = 56.2[m^3/min]$
	二段中和アルカリ廃水	$28.1 \times 2.3 = 65.7[m^3/min]$
	二段中和処理液	$121.9[m^3/min]$

② 廃水の水質： pH 3.5～12.5、 液比重 1.0～1.13

③ 二次中和処理液： >pH6付近

④ 水槽の数： 1槽

⑤ 材質： 鉄筋コンクリート (RC)

⑥ 混合方式： 邪魔板による水平迂流式

⑦ 滞留時間： 15sec程度

⑧ 槽内流速： 1.5[m/sec]以上

⑨ 邪魔板の間隔、枚数： 7枚

⑩ 邪魔板の取り付け角度： 90度以上

### 3) 外形寸法の計算

#### ① 流路断面積

・ 最大流量  $121.9[m^3/min] = 2.03[m^3/sec]$

流速を  $u=2.0[m/sec]$ とすると、流路断面積は  $2.03[m^3/sec]/2.0[m] \doteq 1.0[m^2]$

② 流路幅w 水深を  $u=0.8[m]$ すると、 $1.0[m^2]/0.8[m]=1.25[m]$

③ 流路長さ= (流速)  $\times$  (滞留時間)  $= 2.0[m/sec] \times 15[sec] = 30[m]$

#### ④ 水路幅Wの決定

(縦方向)  $+ (邪魔板厚さ) + (邪魔板数+1) \times \ell = 30[m]$

$(1.25+0.4) \times 8 + (0.15 \times 7) + (8 \times \ell) = 30[m]$

\*0.4[m]は邪魔板の流れ方向への傾き

$\ell = 2.0[m]$

$W = w + \ell = 1.25[m] + 2.0[m] = 3.25[m]$

⑤ 水路高さ：水深  $h=0.8m$ に対して余裕をみて  $H=1.5[m]$ とする。

### 4) 付帯設備

#### (a) 機械設備

・ 操作ステージ、手摺

(b)計装設備

- ・ pH記録計（潜漬型、ブラシ洗浄装置付） 1台

5) 検討の経過

(a)二段中和混合槽を流れる流量は120[m<sup>3</sup>/min]を越える大量である。

また一段中和槽は3系列あり、常時2系列または3系列運転されている。そこで調査団は、二段中和混合槽は2系列設置し、何かの場合1系列でも運転できるように計画した。

(b)これに対して、中国側はその必要はなく、概念設計の通り1系列でよいとのことだったので、これに従い設計することになった。

(9) 二段中和混合槽流入、流出配管、結合井

1) 管径の計算

一段中和槽処理液流入水路

- ・ 廃水量：56.2[m<sup>3</sup>/min] = 0.94[m<sup>3</sup>/sec]
- ・ 開水路：水路幅 1.0[m]、水深 0.46[m]、流速 u=2.03[m/sec]

2) 結合井（S-07）：外形寸法 5.0[m]x5.0[m] x 4.0[m]（中国側）

(10) 一段中和槽用鼓風機（B-01ABCD）

1) 機能

一段中和槽において酸性廃水とアルカリ性廃水を攪拌混合し中和するために槽底から吹き込む空気を供給する。

2) 設計仕様

- ①単位空気吹込量： 0.3[m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>]
- ②一段中和槽液比重： 1.06
- ③必要空気圧： 「水深」 x 「液比重」 x （安全率=1.2）
- ④型式： 水冷式ロータリーブロワー
- ⑤数量： 3台+1台予備

[説明]

(a)単位空気吹込量

概念設計の空気吹き込み量： 0.7[m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>]

①実証試験における空気吹き込み量は

$$0.2[\text{m}^3/\text{min}/\text{m}^2] \text{ at } 1.7\text{mH}_2\text{O} = 0.2 \times (1+0.17)/1.0 \times 1.06 = 0.26[\text{Nm}^3/\text{min}/\text{m}^2]$$

で十分との結果であった。

②鉱山廃水を中和処理している松尾鉱山の実績では、酸化槽、中和槽とも空気の吹き込み量は（'97.12.5 調査）

$$0.26[\text{m}^3/\text{min}/\text{m}^2] \text{ at } 8\text{mH}_2\text{O} = 0.26 \times (1+0.8)/1.0 \times 1.03 \\ = 0.48[\text{Nm}^3/\text{min}/\text{m}^2]$$

であったが、担当者のお話では現状の運転では吹き込み量は過大であり、削減可能とのことであった。

ただし、注意しなければならないことは、松尾の場合は精製された炭酸カルシウム粉末を使用しており、中和槽の液の濃度は徳興銅鉱山の中和液濃度に比べ半分程度である。

③従って単位空気吹込量の設計値としては、松尾鉱山の値よりやや大きい0.3[m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>]とし、1系列1鼓風機として設計する。すなわち、一段中和槽3系列運転においては鼓風機3台を運転するが、攪拌の状態をみて3系列へ2台の鼓風機での供給が可能であることが予想される(0.2[Nm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min])。これにより、運転経費が節減できる。

④空気吹込量の比較を表 4-5 に示す。

表 4-5 空気吹込量の比較

		液比重 [-]	水深 [m]	空気吹込量	
				[m <sup>3</sup> /min/m <sup>2</sup> ]	[Nm <sup>3</sup> /min/m <sup>2</sup> ]
詳細設計		1.06	4.0	0.3 (0.2)	0.45(0.30)
実証試験		1.06	1.8	0.2	0.26
概念設計		1.06	6.5	0.7	1.22
松尾鉱山	酸化槽	1.03	8.0	0.26	0.48
	中和槽	1.03	8.0	0.26	0.48

[注] ( ) 内は運転予想

### 3) プロワー

#### (a) 1系列あたりの空気吹込量

- ・ 一段中和槽の表面積 = 3[m]x6[m]x10=180[m<sup>2</sup>]
- ・ 空気吹込量 (余裕を20%見込む)  
180[m<sup>2</sup>] x 0.3[m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>] x 1.2= 64.8→65[m<sup>3</sup>/min]

#### (b) 必要空気圧力

$$\{ (\text{水深} \times \text{液比重}) + (\text{配管、流量計圧力損失}) \} \times (\text{安全率}20\%) \\ = \{ [(4.0+0.5) \times 1.06] + 0.5 \} \times 1.2 = 6.32 \rightarrow 6.5[\text{mAq}]$$

#### (c) プロワー容量： 65[m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>] x 6.5mAq x 110kw

5) 検討の経過

(a)調査団は、大型ブロワー70[m<sup>3</sup>/min] x 2台+小型ブロワー35[m<sup>3</sup>/min] 2台で計画した。これは一段中和槽2系列運転に対して、

・鼓風機（大）1台+鼓風機（小）1台運転で設計し

（単位空気吹込み量：0.3[m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>]）、

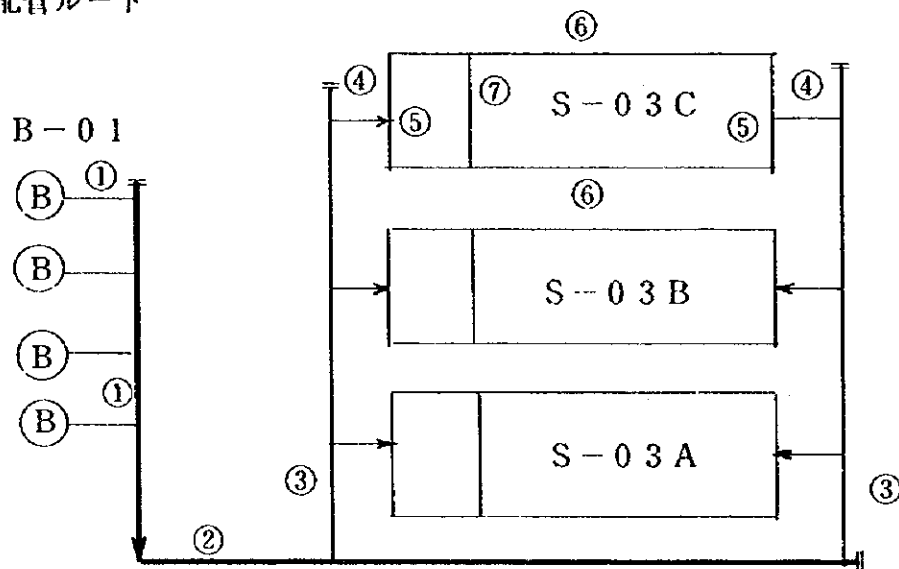
・運転状態をみて空気吹込み量を減らすことができるようであれば

鼓風機（大）1台で運転（単位空気吹込み量：0.2[m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>]）するとの考えである。

(b)これに対して中国側からは、1系列1鼓風機（計3台）+1台予備で計画するよう提案された。これは常時3系列運転に対して鼓風機3台を運転（0.3[m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>]）し、場合によっては2台運転（0.2[m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>]）しようとするものである。この中国案で設計する。

(11) 攪拌用空気配管

1) 空気配管ルート



①鼓風機吐出配管

空気流量=65[m<sup>3</sup>/min]

10B I.D.=254.2[mm]、A=0.0507[m<sup>2</sup>] 管内流速 u=21.4[m/sec]←

②主管（ヘッダー）

空気量 65[m<sup>3</sup>/min] x 3=195[m<sup>3</sup>/min]

d=18B、I.D.= 441.4[mm]、A=0.152[m<sup>2</sup>]、管内流速 u=21.2[m/s]←

③主管（第2）ヘッダー

空気量 195[m<sup>3</sup>/min]/2=97.5[m<sup>3</sup>/min]

$d=12B$ 、 $I.D.=304.7[\text{mm}]$ 、 $A=0.073[\text{m}^2]$ 、管内流速  $u=22.3[\text{m}/\text{sec}]$

④各系列流入管

空気量  $97.5[\text{m}^3/\text{min}]/3=32.5[\text{m}^3/\text{min}]$

$50\%=32.5[\text{m}^3/\text{min}]$ に対して最大70%流入可能とすると

$32.5[\text{m}^3/\text{min}] \times 70/50=45.5[\text{m}^3/\text{min}]$

$d=6B$   $I.D.=155.2[\text{mm}]$ 、 $A=0.0189[\text{m}^2]$ 、管内流速  $u=40.1[\text{m}/\text{sec}]$

$d=8B$   $I.D.=204.7[\text{mm}]$ 、 $A=0.0329[\text{m}^2]$ 、管内流速  $u=23.0[\text{m}/\text{sec}]$  ←

⑤ループ配管入口側、出口側ヘッダー

最大空気量  $45.5[\text{m}^3/\text{min}]/2=22.8[\text{m}^3/\text{min}]$

$d=6B$ 、 $I.D.=155.2[\text{mm}]$ 、 $A=0.0189[\text{m}^2]$ 、管内流速 $u=20.1[\text{m}/\text{sec}]$  ←

⑥ループ配管

常時空気量  $32.5[\text{m}^3/\text{min}]/2=16.3[\text{m}^3/\text{min}]$

$d=4B$ 、 $I.D.=105.3[\text{mm}]$ 、 $A=0.0087[\text{m}^2]$ 、管内流速 $u=31.2[\text{m}/\text{sec}]$  ←

$d=6B$ 、 $I.D.=155.2[\text{mm}]$ 、 $A=0.0189[\text{m}^2]$ 、管内流速 $u=14.4[\text{m}/\text{sec}]$

最大空気量  $45.5[\text{m}^3/\text{min}]/2=22.8[\text{m}^3/\text{min}]$

$d=4B$ 、 $I.D.=105.3[\text{mm}]$ 、 $A=0.0087[\text{m}^2]$ 、管内流速 $u=43.6[\text{m}/\text{sec}]$

$d=6B$ 、 $I.D.=155.2[\text{mm}]$ 、 $A=0.0189[\text{m}^2]$ 、管内流速 $u=20.1[\text{m}/\text{sec}]$

分岐後、すぐに空気吹込管ヘッダーに分かれるので、ここでは常時流量を対象として設計する。

⑦空気吹込管ヘッダー

$65[\text{m}^3/\text{min}]/(10 \times 2)$ 本 $=3.25[\text{m}^3/\text{min}/\text{本}]$

・空気吹込管ヘッダー  $d=2B$   $I.D.=52.9[\text{mm}]$ 、 $A=0.0022[\text{m}^2]$

管内流速  $u=24.6[\text{m}/\text{sec}]$

⑧空気吹込管

$65[\text{m}^3/\text{min}]/(11 \times 10)$ 本 $=0.59[\text{m}^3/\text{min}/\text{本}]$

・空気吹込管  $d=1B$   $I.D.=27.6[\text{mm}]$ 、 $A=0.0006[\text{m}^2]$

管内流速  $u=16.45[\text{m}/\text{sec}]$

・空気吹込管  $d=3/4B$   $I.D.=21.6[\text{mm}]$ 、 $A=0.000366[\text{m}^2]$

管内流速  $u=26.9[\text{m}/\text{sec}]$

2) 検討の経過

各系列へ分岐後の空気配管には、入口側（50%）、出口側（50%）の空気吹込量で設計していた。中国側より、片側最大70%を流すことができるよう設計変更の提言があり、設計配管径で不具合がないか検討した。槽上部のループ配管の上流側数 $m$ だけ流速が大きく圧力増加が懸念されるが、その他は問題ないことを確認した。

#### 4-7 その他

##### (1) 非常用発電機計画

###### 1) 非常用発電機

- ①機種：ディーゼル発電機、380Vx50HZ
- ②数量： 1台
- ③設置場所： 電気室内
- ④非常停電から非常用発電機が起動するまでの時間： 1分以内

###### 2) 非常停電時の運転の考え方

「非常停電時には一段中和処理は行わず、槽内の汚泥が堆積・固化を生じないように最小限の空気を供給し、運転を維持する」ものとする。

###### 3) 非常停電時の運転モード

(a)非常停電の発生時は、制御電源、非常灯を除いてすべての電源供給が停止する。

###### ①機械関係

- ・回転機（鼓風機、返泥ポンプ、排水ポンプ）は停止する。

###### ②計装関係

- ・UPS（保持時間10分）を設置するので、すべての計器類は正常作動を続ける。その間に非常用発電機が起動し電力が供給される。
- ・制御用空圧機は停止するので、調節弁などは安全側に作動し停止する。

###### ③照明

- ・非常灯を除いて消灯する。

(b)非常停電発生直後の対応

###### ①一段中和槽への酸性廃水、アルカリ性廃水供給配管の調節弁：自動全閉

- ・酸性廃水は酸性水貯槽が満水になるまで貯槽に貯留された後、オーバーフローして尾鉾溢流液溝を通して二段中和混合槽へ排出される。
- ・アルカリ性廃水は全量尾鉾溢流液溝へ溢流し二段中和混合槽へ排出される。両廃水は二段中和混合槽で混合された後、結合井から4号尾鉾庫へ自然流下で放流される。または、廃水源からの供給を停止する。

###### ②直ちに一段中和槽から排出されている排泥対策を行う。

(c)非常用発電機による電力の供給開始後の対応

非常用発電機が起動し非常用電力が供給されたら

###### ①排水の溢れ防止のため、直ちに「排水ポンプ」「返泥ポンプ」を起動する。

（現場で確認、手動起動を原則とする）

###### ②一段中和槽へ汚泥沈積を防止用の空気を供給するために鼓風機1台を起動する。従って、単位空気吹込量は

- ・一段中和槽3系列運転の場合： 0.1[m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>]となり
- ・     〃     2系列運転         ： 0.15[m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>]となる。

③この空気吹き込み量は停電前にくらべ1/2か1/3となるので、槽全体にわたり均一に空気を吹き込むためには、空気吹込管のバルブの開度調節を行わなければならない。

\*停電が解除となり通常通り鼓風機を起動したら、空気吹き込み管バルブは元の開度に調整し直すこと。

#### 4) 非常用発電機の容量

下記の電力供給を行うものとし、起動電流を考慮して発電機容量を計画する。

- ①排水ポンプ (5.5kw)         1台
- ②返泥ポンプ (18.5kw)       3台
- ③鼓風機         (120kw)       1台
- ④計装用空気圧縮機 (0.75kw) 1台
- ⑤照明用     ⑥計装用     ⑦空調など

## (2) 土木設計用データ

### 1) 酸性水貯槽 (S-01)

#### (a) プロセスデータ

- ・酸性廃水はpH1.4~2.2の強酸性で比重は約1.0である。
- ・液面はLICA-1により、常に満水付近に保たれる。
- ・溢流液面は天端から-400mm (底+3,600mm) である。

#### (b) 廃水以外の荷重条件

- ①流入廃水管 (24B) : 1,160kg
- ②流出管 (24B) :       600kg
- ③溢流管 (24B) :       600kg
- ④操作ステージなど : 420kg

### 2) 尾鉾溢流液分配槽

#### (a) プロセスデータ

- ・アルカリ性廃水はpH11.5~12.5、固形分濃度約18%で沈降しやすい。
- ・分配槽は常に流入量の約2/3が溢流している。溢流高は天端から-400~500 (底+3,000~3,100) である。

#### (b) 廃水以外の荷重条件

- ①流出管 (16B) :       360kg
- ②操作ステージなど : 800kg

### 3) 一段中和槽

#### (a) プロセスデータ

- ・ 常時3系列運転するが、2系列、1系列運転も行う。
- ・ 流入した酸性廃水、アルカリ性廃水を槽底から吹込む空気で混合攪拌する。運転中は満水（天端から約400mm）、停止の場合は満水または水を抜いて空になる。
- ・ 処理液は処理液溝へ溢流し、約10%は槽底から循環返泥槽へ排出される。
- ・ C系列西側壁上部に尾鉍溢流液用の溝が取り付けられる。

#### (b) 廃水以外の荷重条件

- ① 操作ステージ、空気配管：1m当たり 150kg、槽全体で 47,000kg
- ② 流入管： 1m当たり 約300kg、全体で 720kg

### 4) 二段中和混合槽（S-04）

#### (a) プロセスデータ

- ・ 一段中和処理液と尾鉍溢流液合流し、邪魔板の間を流れながら混合される。
- ・ 混合液のpHは6付近～12.5、固形分濃度は10～15%、比重1.07である。
- ・ 流入部では尾鉍溢流溝との間に落差1.5mある。

#### (b) 廃水以外の荷重条件

操作ステージ：1m当たり 100kg/m（運転員を含まず）  
全荷重 1,800kg

### 5) 循環返泥槽（S-05）

#### (a) プロセス条件

- ・ 循環返泥槽は1系列に2槽あり（計6槽）、交互に使用する。
- ・ 汚泥はpH4、固形分濃度約20%、比重約1.1である。
- ・ 返泥ポンプが5～10分間隔で自動起動停止を繰り返す。
- ・ A、Bの仕切壁上部に300Wx200Hの切欠きを設けオーバーフローとする。

#### (b) 廃水以外の荷重

- ・ 蓋（鋼板製）、排泥溝など 約1,000kg



## 6) 回転機械関係

## 回転機械の諸条件

機器番号	B-01ABCD	P-01A1~C2	P-02AB
機器名称	一段中和槽攪拌 鼓風機	返泥ポンプ	排水ポンプ
数量	4 台	6 台	2 台
型式	U-ターボ型	遠心横型コムライニング*	遠心縦型コムライニング*
吐出量 x吐出圧力	6.5Nmin x6,500mmAq	2.0m <sup>3</sup> /min x0.21MP	0.2m <sup>3</sup> /min x0.2MP
電動機	110kw	18.5kw	5.5kw
回転数	1,390 rpm	1,230 rpm	2,300 rpm
伝達方式	ベルト	ベルト	ベルト
本体重量	1,300 kg	590 kg	400 kg
運転重量	1,300 kg	700 kg	500 kg
重心の位置	床面から +600mm上	床面から +500mm上	床面 0mm
運転方式	常時2台又は3台 連続運転	・1系列につき1 台 運転1台停止 ・常時2系列又は 3系列連続運転	・1台運転、1台 停止 ・5~10分に1回 自動起動停止を繰 り返す
取扱い流体	空気	尾鉾を含む一段中 和汚泥 pH4、比重1.1 固形物濃度20%	一段中和処理液、 ポンプ軸封水、雨水 pH4、比重1.07 固形物濃度15%
設置場所	室内 鼓風機及空圧機室	屋外 一段中和槽下ポンプ 室	屋外 一段中和槽下ポンプ 室、S-06上
備考	冷却水 (35℃) 10 l/min 0.2MP	軸封水 0.8 l/min 0.03MP以下	軸封水 0.5 l/min 0.03MP以下

