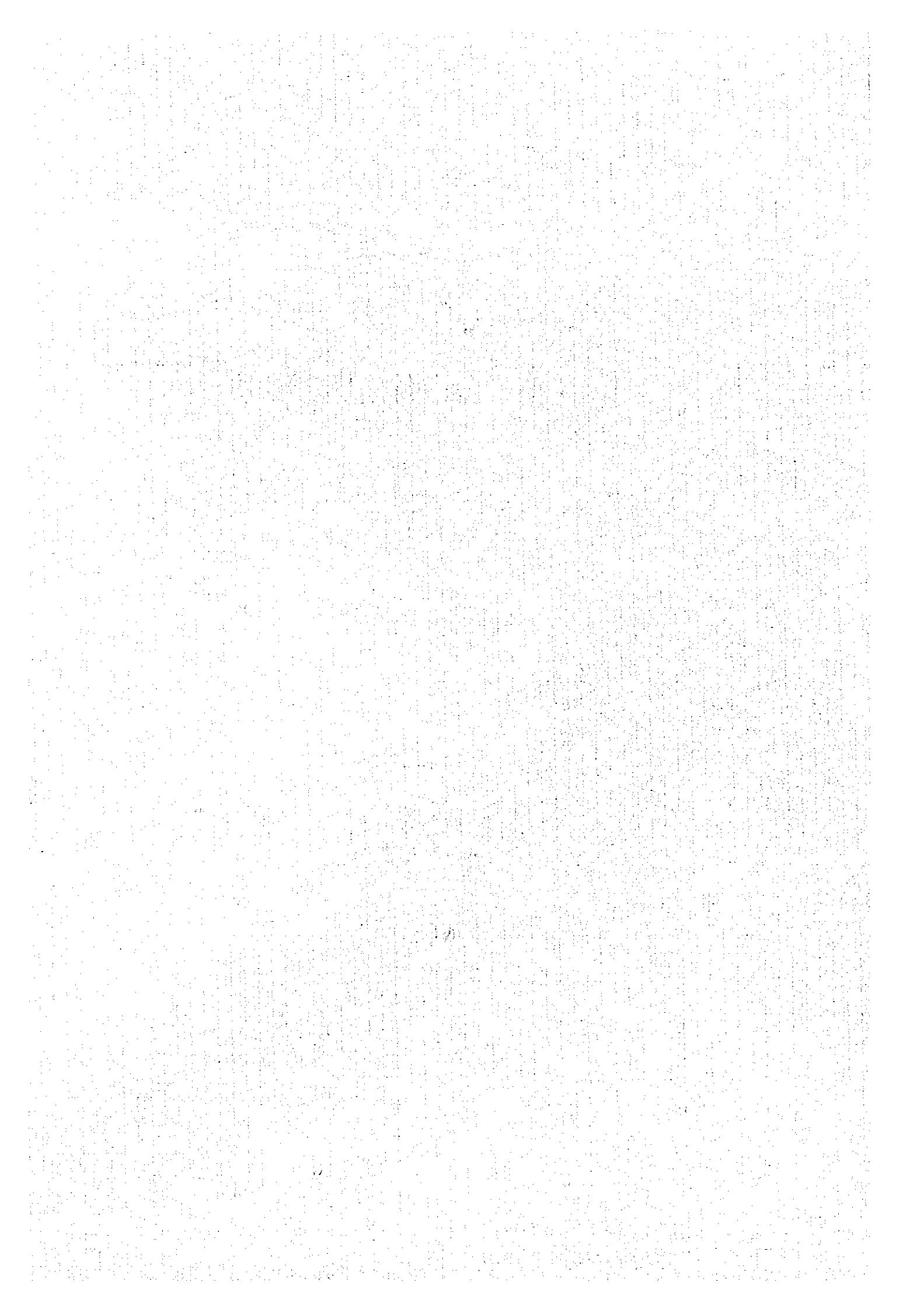


## 第5章 徳興鉦山の現状



## 第5章 徳興鉍山の現状

### 1. 徳興鉍山の概要

徳興鉍山は、江西省上饒地区徳興県四川鎮にある。交通は、北京から空路約2時間で南昌まで、そこから鉍山まで車で約300kmであるが、道路状況が悪く、8～9時間かかる。

鉍床は規模の大きなものから銅廠（トファン）、富家烏（フジャーウ）、珠砂紅（ジュシャホン）の3つの鉍床からなる。銅廠鉍床の鉍量はCu 0.17品位を0.3%として品位Cu 0.40%、Au 0.19 g/tで10.5億トン、富家烏鉍床はCu 0.42%で4.6億トンである。

採鉍は露天掘り採掘で、現在銅廠鉍床を採掘している。採掘量は日量60,000tで、stripping ratioは1.5である。現在第3期拡張が進行中で、1997年末には日量90,000tに増強する予定である。この採掘量は世界でも有数の規模であって、東洋一である。

銅廠鉍床からの採掘された鉍石は、鉍山鉄道で第1、第2選鉍場に運搬され、第3選鉍場へはベルトコンベアで運搬される。

ボールミルで200メッシュ以下65%に粉碎された鉍石は浮選工程で浮選にかけられる。浮選は、先ず石灰を加えてpH 10としてバルク浮選を行い、銅・硫化鉄鉍のバルク精鉍を回収する。バルク浮選の沈鉍は尾鉍となる。バルク精鉍はボールミルで再磨鉍されてからさらに石灰を添加してpHを11～12として硫化鉄鉍を抑制し、銅分離浮選を行い、精選して銅精鉍を得る。中国側から得たフローシートによると、銅浮選後の沈鉍に酸性廃水の一部を加えてpHを再び下げてから硫化浮選を行い、硫化鉄精鉍を回収するようになっているが、現在はまだ硫化鉄精鉍の回収は行っていない。

見学した第3選鉍場は1992年建設の新しい選鉍場である。サイクロンと閉回路の径6m、7,500t/d処理のボールミル8基が整然と並び、現在は4基が運転中であった。浮選機は、容量40m<sup>3</sup>の大型浮選機を用い、フロスの状況は安定しており、管理は良好のように見えた。分析、流量などオンラインで自動測定されており、瞬時の値が場内に掲示されている。

3選鉍場の操業成績の一例は次のとおりである。

選鉍場	原 鉍		銅精鉍 Cu%	尾 鉍 Cu%
	鉍量t/d	Cu%		
第1選鉍場	11,600	0.47	24.1	0.074
第2選鉍場	11,600	0.47	24.1	0.074
第3選鉍場	31,800	0.47	23.6	0.085

実際に3月20日の第3選鉍場の操業成績は次のとおりであった。

	1の方	2の方	3の方
原鉍処理量 t	16,100	11,150	17,018
破碎処理量 t	13,310	10,310	12,510
磨鉍処理量 t	10,826	10,690	10,649
原鉍品位 %	0.475	0.691	0.482
粗精鉍品位 %	6.57	4.34	5.02
銅精鉍品位 %	18.44	26.78	23.88
実収率 %	80.03	85.62	73.93

これを見ると、まず原鉱品位のばらつきが大きい。最大と最小では40%もの変動がある。これは、採鉱における採掘品位コントロールがうまくなされていないように思われる。したがって、選鉱成績の変動が大きく、精鉱品位、実収率ともに大きくばらついている。これらの数字から見て、採掘の品位管理にもっと重点を置くべきであると思われる。主要な銅鉱物は黄銅鉱であることから見て、85%またはそれ以下である実収率は低すぎる。普通ならば90%以上の実収率が期待される場所である。何故実収率が低いのか、その理由は定かではないが、今後の研究の余地があるものと思う。第3選鉱場の人員は約900名である。

第3選鉱場からの精鉱は第1、第2選鉱場までパイプ流送され、第1、第2選鉱場の精鉱と共に脱水されて貴溪銅製錬所まで鉄道輸送される。第1、第2選鉱場の尾鉱はポンプアップされて、第2、第4尾鉱ダムへ各々50%づつ堆積される。第3選鉱場の尾鉱は自然流送で第4尾鉱ダムに堆積される。第4尾鉱ダムでは、尾鉱はサイクロンにかけられ、粗粒はダムの築堤に用いられている。

1995年、銅量72,000t、金量3,200gを生産した。

現在、祝家廃石堆積場の雨水浸透水をSX/EWで回収する予定で、SX/EWプラントを建設中である。

## 2. 廃水処理の現況

徳興鉱山の廃水は、酸性廃水とアルカリ性廃水がある。

酸性廃水は露天掘り採掘場および廃石堆積場から発生するものである。銅廠露天採掘場からの酸性廃水は未処理のまま大烏川に流出している。廃石堆積場からの酸性廃水のうち、楊桃烏廃石堆積場からの浸透水として発生する酸性水のみが既設の廃水処理場で中和処理されるが、その他の西源廃石堆積場からの酸性廃水は第4号尾鉱ダムへ直接流入している。祝家廃石堆積場からの浸出酸性水は、現在まだ廃石を堆積して間がないため酸性廃水は発生していないが、近く浸出酸性水からSX/EW法（溶媒抽出電解法）で銅を回収する予定で、SX/EWプラントを建設中であった。SX/EWプラントの稼働後は、銅回収後の酸性廃水が発生する予定である。これらの酸性廃水は雨水の浸透水であるので、水量、水質ともに雨期、乾期の季節変動が大きく、最大 $28\text{m}^3/\text{min}$ 、水質はpH2であり、多量の重金属を含む。

アルカリ廃水は、第1、第2、第3選鉱場の尾鉱ダムの上澄水として発生し、pHは約12あり、その約2/3は選鉱の繰り返し用水として利用されるが、余剰分は大烏川および樂安川に放流されている。

## 3. 廃水処理の概念設計

既に行われた概念設計において、2段中和、空気攪拌方式が提案された。その方式を以下に簡単に述べる。ベンチスケールのテストの結果、次のようなことが明らかとなった。

最も一般的な中和方法は、酸性廃水と尾鉱ダム上澄水であるアルカリ廃水を混合して中和する方法であるが、この場合酸性廃水1に対してアルカリ廃水1.5が必要である。アルカリ廃水として、選鉱の浮選尾鉱のサイクロンオーバーフローを用い、一旦pH4で約30分間攪拌して1段中和反応を行い、その後サイクロンオーバーフローを加えて2段階で中和を行うと、酸性廃水1に対してアルカリ廃水7で中和が可能となる。この理由は、浮選尾鉱中の炭酸カルシウムが1段中和の酸性雰囲気において中和剤として働くためと推定される。

以上のテスト結果を踏まえて、以下のような概念設計が行われた。

露天掘り採掘場、西源廃石堆積場、祝家廃石堆積場（SX/EWプラント）からの酸性廃水（最大

28m<sup>3</sup>/min) は、1次中和槽3m×3m×7.5m (有効容量50m<sup>3</sup>) ×20室×3系列 (1系列は予備) にて、約同量のアルカリ廃水 (浮選尾鉱サイクロンオーバーフロー) を加えてpH4 で約30分間反応させる。反応は、空気を吹き込んで空気攪拌によって行う。空気攪拌を行う主な理由は、動力費が少なく、機械的可動部分がないため保守が容易であること及び酸性廃水中の第1鉄イオンを第2鉄イオンに酸化するためである。

1段中和後、残りのサイクロンオーバーフローを加えてよく混合し、第4尾鉱ダムへ放流し、この尾鉱ダムで2次中和を行わせる。

こうすることによって、安全性を見て、中和後のpHは約9を目標とする。

この廃水処理施設の設置場所は、第4尾鉱ダムの堤体の近くを考えている。

#### 4. 予備調査

予備調査では、現地調査は時間がなく、わずか半日であったため、駆け足で祝家廃石場の酸性廃水ピット、揚桃烏廃石堆積場の酸性廃水ピット、酸性廃水、尾鉱の中継ポンプ室、第4尾鉱ダムの堤体を視察したのみであった。

季節は乾期であったため、酸性廃水はほとんど出ていなかった。

祝家廃石場および西源廃石場からの酸性廃水配管は、第4尾鉱庫堤体の西側までほとんど配管が完成している。途中2箇所のポンプステーションのポンプも設置完了していることが確認できた。

西源廃石場からの浸透水から銅を回収するSX/EWプラントは建設中であり、完成は1997年の予定である。

廃水処理施設の建設を行う前に、パイロットプラントテストを行うことが、概念設計で提案されている。パイロットプラントの必要性及び目的について、以下のとおり中国側と意見の一致をみた。

##### (1) パイロットプラントテストの必要性

###### 1) 処理量が非常に大きいこと。

1次中和槽の流量が56m<sup>3</sup>/分 (2003年豊水年) と非常に大きく、日本国内でもこのような大量な廃水の処理経験はない。

###### 2) 中和プロセスが新しいものである。

中和剤として選鉱浮選尾鉱 (尾鉱サイクロンオーバーフロー) に含まれる石灰分に加えて、原鉱由来の炭酸カルシウムを利用するプロセスは従来ないもので、経験に乏しい。

###### 3) 水量、水質の変動が非常に大きい。

季節変動によって酸性廃水の水量、水質の変動が大きく、十分に対応できる制御方式について知見を得る必要がある。

###### 4) 大規模な空気攪拌であること。

1次中和槽において、尾鉱サイクロンのオーバーフローをアルカリ廃水として用いるため、大量の尾鉱粒子を大容量のタンク内で十分に効率よく空気吹き込みによって攪拌する必要がある。このような大規模な空気攪拌に関して経験が乏しい。

##### (2) パイロットプラントテストの目的

###### 1) 水量、水質の変動に応じた中和反応制御の方式を求めると。

###### 2) 処理液中の尾鉱粒子の沈降性と、エアの空気圧、空気量、エア配管の形、ノズルの大きさ、数など

の関係に関する知見を得る。

- 3) 2段中和、空気攪拌による新しい処理方式の確証を得る。

パイロットプラントの規模及び設置場所についてはその後の検討事項とした。

## 5. 事前調査

事前調査の目的の一つは、パイロットプラントの規模と設置場所を中国側と協議し、決定することであった。

### (1) パイロットプラントの規模について

パイロットプラントの規模について日本側は処理水量約1/300で、1m×1m×1.5m高さの槽、10槽を提示したが、中国側は当初1/40を、その後1/100を主張した。

中国側の意見は次のとおりである。

- 1) アルカリ廃水である尾鉱オーバーフローは、多量の尾鉱粒子を含み、かつ水質の変動が大きい。
- 2) 尾鉱中の炭酸カルシウムをを中和に用いる技術、空気攪拌技術がかつて経験したことがない新しい技術である。

以上の理由より、パイロットプラントはできるだけ大きい方がよく、日本側の1/300は小さすぎる。

これに対して、日本側の1/300規模の設定理由として以下の根拠を示した。

- 1) パイロットプラントの一般的判断基準として、原料の性状変化を伴い、やや再現性に欠ける場合には1/100～1/500である。
- 2) 中和化学反応自体は単純な反応であって、重要なファクタは反応時間である。  
中和反応制御の方式を求めるためには複数の反応槽を設けることが必要で、この規模であっても十分再現性を得ることができる。
- 3) 空気攪拌技術については、水力学的に考察して、1.5m高さの槽でも十分再現性を得ることができる。

中国側と技術的討議の結果、1/300の規模で中国側の子承を得た。

### (2) パイロットプラントの設置場所について

パイロットプラントの設置場所の条件としては、次のような事項が考えられる。

- 1) 酸性廃水およびアルカリ廃水（選鉱浮選尾鉱）を容易に得ることができること。
- 2) 処理水（浮選尾鉱を含む）を容易に廃棄できること。
- 3) 電気、用水が容易に得られること。
- 4) 平坦部があるか、または整地しやすいこと。
- 5) 分析が容易にできること。
- 6) 長期にわたるテスト期間中、作業能率向上と健康維持を確保できること。

中国側は、将来本設備の建設が予定されている第4尾鉱ダム堤体の東端の尾鉱分級ステーションの近くを第1候補地に、第4尾鉱加圧ステーション（第1、2選鉱場の尾鉱の流送ポンプ中継場）付近を第2候

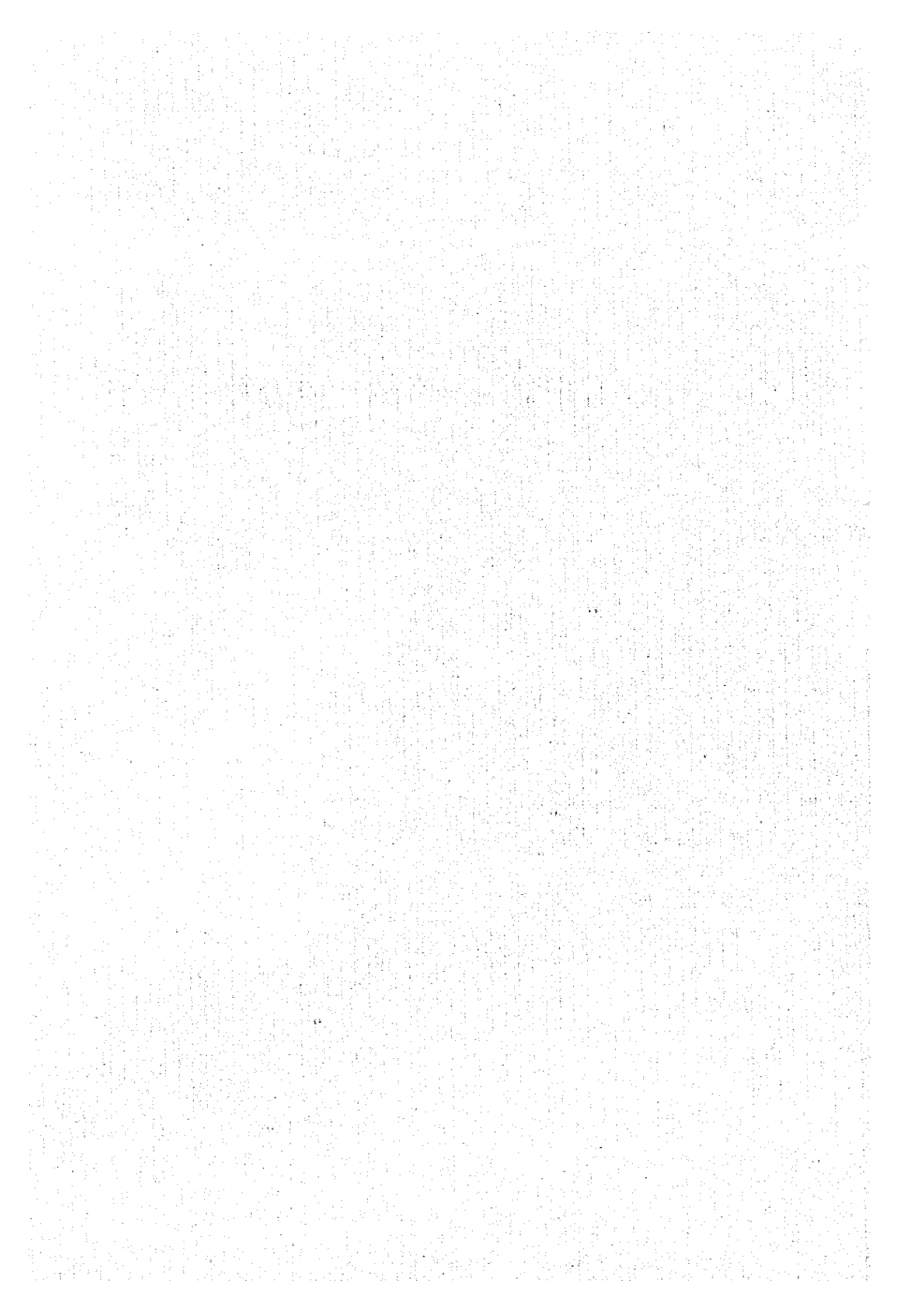
補地として提案してきた。上記の条件を考慮して第4尾鉱加圧ステーション付近が最適と判断され、中国側と意見の一致を見た。

なお、テストに用いるアルカリ廃水供給のためのサイクロンがないため、日本側から提供することとした。パイロットプラントの設置面積は10m×20mである。





## 第6章 本格調査の方針



## 第6章 本格調査の方針

事前調査団が提案した本格調査の内容は、以下の項目よりなる。

1. 徳興銅鉱山の現況、既存情報の確認
2. 実証試験
3. 詳細設計

### 1. 徳興銅鉱山の現況、既存情報の確認

- (1) 酸性廃水、アルカリ廃水の水量、水質の変動に関する概念設計との相違点
  - 1) 現状の相違点
  - 2) 将来計画の相違点
- (2) 廃水処理関連施設の建設状況および今後の計画
  - 1) 酸性廃水配管の状況、送水ポンプの設置の状況
  - 2) 酸性廃水配管、送水ポンプの設置の今後の計画
- (3) 廃水処理施設の立地条件の調査
  - 1) 電力、用水供給の状況
  - 2) アクセスの状況
  - 3) 基礎岩盤の状況
- (4) 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

### 2. 実証試験

#### (1) パイロットプラントの設計

##### 1) パイロットプラントの概要

酸性廃水は近くを通っている酸性廃水配管より分岐して酸性廃水受槽に受入れる（約100リットル/分）。また、アルカリ廃水は、加圧ポンプの尾鉱受槽よりポンプアップしてサイクロンにかけ、オーバーフローをアルカリ廃水受槽に受け入れる。

1次中和槽は、2m×5m×1.5m高とし、内部を1m×1mの10室に区切る。材質はSUS304とする。酸性廃水、アルカリ廃水は、1次中和槽内でpHが4になるように流量をコントロールし、ブLOWERで空気を吹き込んで空気攪拌を行いながら反応させる。また、アルカリ廃水中の尾鉱粒子の沈澱を防ぐために、液を下部から抜き取りポンプで循環する。

処理液は、処理液受槽（攪拌機付き）に入り、さらにアルカリ廃水を加えてpH9近辺として、近くの第1尾鉱ダムに放流する。

パイロットプラントの建設の日本側、中国側の分担範囲は以下のとおりである。

- a) 酸性廃水、アルカリ廃水の供給はそれぞれの受槽までは中国側が行う。ただし、アルカリ廃水用のサイクロンは日本側より提供する。
- b) 酸性廃水受槽、アルカリ廃水受槽以降、1次中和槽、処理液受槽およびその他の付属設備（ポンプ、ブLOWER、計器用コンプレッサー、計測機器類）の製造、設置は日本側が行う。
- c) 処理液受槽以降、処理液の放流は中国側が行う。
- d) パイロットプラント建設用地の整地は中国側が行う。

2) 設計図作成および仕様書作成

作成する設計図は以下のとおりとする。

- ア) 酸性廃水受入れ槽
- イ) アルカリ廃水受入れ槽
- ウ) 1次中和槽
- エ) 2次中和混合槽
- オ) 中和槽廃泥槽
- カ) 処理液受槽
- キ) 配管図
- ク) 架構および安全柵等
- ケ) 現場作業盤
- コ) P&I図
- ク) システム構成図

制御盤製作仕様書、運転操作方案、インターロックブロック図、単線結線図、単位計装図、計装配管図、配線系統図、配線接続図

- シ) 全体配置図

作成する仕様書は以下のとおりとする。

- ア) アルカリ廃水供給用サイクロン
- イ) プロワ
- ウ) ポンプ類 (酸性廃水供給用ポンプ、アルカリ廃水供給用ポンプ、返泥ポンプ)
- エ) pH計、流量計、記録計
- オ) 空気圧縮機 (計装機器用)

(2) パイロットプラントの現地据え付け

中国国内の輸送については、中国側が負担することになっているが、現地でのパイロットプラントの据え付け工事は、日本側が現地作業員を雇用し行う。

現地作業員は、徳興鋳山関連の業者より傭人することができ、その費用について中国側から事前調査団に対して情報提供があった。以下に、その内容を記す。

作業項目	単 価
機械 仕上工	35元/工・日
機械 組立工	35元/工・日
機械 溶接工	35元/工・日
電気 電気計装	35元/工・日
機械 組立 (据え付け)	1500元/ton

### (3) パイロットプラントテストの実施、教育

#### 1) パイロットプラントテストのテスト期間

乾期、雨期の季節変動によって水量、水質ともに大きく変化することから、パイロットプラントテストはこれらの変動についての知見を得るためには乾期、雨期にわたって行う必要がある。よって1996年6月から10月の5ヶ月間とする。

#### 2) パイロットプラントテストの目的

パイロットプラントテストの目的は、1) 廃水処理設備の詳細設計に必要な設計緒元に係るデータを得ること、および2) 廃水処理設備の運転に関する教育を行うことである。

廃水処理設備の詳細設計に必要な設計緒元に係るデータは、以下のような事項である。

- ア) 必要な中和反応時間に関するデータ
- イ) 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
- ウ) 空気攪拌における適正空気圧および空気量に関するデータ
- エ) 空気攪拌用ノズルの形状および配置に関するデータ
- オ) 空気攪拌による粒子の懸濁状況に関するデータ
- カ) 中和槽、配管のスケール付着に関するデータ
- キ) 運転維持管理費に関するデータ

#### 廃水処理設備の運転に関する教育

パイロットプラントテストを行うと同時に、以下のような教育訓練を行う。

- ア) 計装機器の取扱い
- イ) 廃水処理プロセスの運転管理
- ウ) 空気攪拌設備の維持管理

### (4) パイロットプラントの建設費の推定

日本側の分担する範囲に関するパイロットプラント建設の費用の推定は以下のとおりである。なお、これは設備機器の製造費用、購入価格であって、消費税、梱包費、輸送費、通関手続き費用、現地立ち会い費用、設計費、その他経費などは含まれていない。

主要機材、項目	仕 様	基数	金額
1. 1次中和槽	2m×5m×1.5m (内部10槽に仕切) 材質SUS304 3mm厚 含足場、手摺 重量3t	1基	2,610
2. サイクロン	内径230mm	1基	500
3. ブロワー	7m <sup>3</sup> /min×3,000mm	1台	730
4. 返送用ポンプ	0.18m <sup>3</sup> /min×20mH	1台	950
5. 電気計装			
1) 制御盤		1式	1,000
2) 計装		1式	3,680
3) 計器用空気圧縮機		1式	590
4) 調節弁		1式	700
6) 酸性水受入れ槽	1.5mφ×2m 材質SUS304	1基	800
7) アルカリ廃水受入れ槽	1.5mφ×2m 材質SS 攪拌機付	1基	900
8) 返送ポンプピット	1m×1m×0.6m 材質SUS304	1台	200
9) 処理液受け槽	2mφ×2m 材質SUS304 攪拌機付	1台	1,500
10) 処理液流送ポンプ	0.4m <sup>3</sup> /min×15m	1台	1,500
11) 配管工事		1式	1,000
12) その他	((1)~(11))×30%	1式	5,178
13) 現地建設費			
1) 据え付け費	5t×1,500元	1式	105
2) 電気計装	50工×35元	1式	25
3) 試運転その他	50工×35元	1式	25

総 計

21,993千円

### 3. 詳細設計

日本側が行う詳細設計の範囲は、原則として酸性廃水、アルカリ廃水の受入れ槽から処理水を排出する2次混和槽までとするが、本プロセスで重要であるブロワについては、特別仕様になることから、仕様書を作成する。それ以外はすべて中国側が行うものとする。

日本側が作成する詳細設計図面および仕様書は以下のとおりである。

#### (1) 全体図

- 1) 全体配置図 (参考図)
- 2) フローダイヤグラム

### 3) P & I 図

#### (2) 機械設備関係図

##### 1) 各製作機器の組立図

酸性廃水受入れ槽、アルカリ廃水受入れ槽、1次中和槽、繰り返し排泥槽、2次混和槽、

##### 2) 各製作機器の部品図

酸性廃水受入れ槽、アルカリ廃水受入れ槽、1次中和槽、散気管、繰り返し排泥槽、2次混和槽、

##### 3) 基礎工事に関する荷重条件

各槽、プロワの荷重計算書

##### 4) 各機器の技術仕様書

プロワ、各種ポンプ、攪拌機

#### (3) 電気計装設備関係図

##### 1) システム構成図

制御盤製作仕様書、運転操作方案、インターブロック線図、単位計装図、計装配管図、単線結線図

##### 2) 各電気制御機器の技術仕様書

pH計、流量計、記録計、調節弁

##### 3) 単線結線図

#### (4) 新規廃水処理施設の建設に係る提言

##### 1) 今後中国側が実施する詳細設計に係る留意事項

##### 2) 運転マニュアル作成および維持管理上の留意事項











JICA