

5.0 工場廃水対策の現状

5.0 工業廃水対策の現状

ナイル川には多数の工場から廃水が放流されており、工場廃水による汚濁負荷はナイル川水質汚濁の要因の一つとなっている。エジプト環境地図（1995）によれば公営企業 321 工場のうち 38 工場が 1 次廃水処理設備を設置し、6 工場が廃水処理設備を設置中であるが、残りの工場は未処理の廃水をナイル川、水路、下水、海域に直接放流していると報告している。上記のような現状に鑑み、各種の工業廃水対策が行われているが、以下に 2 事例を述べる。

- ナイル川汚濁防止計画（Nile Pollution Prevention Program）
- 工場における環境管理

5.1 Nile Pollution Prevention Program

国家環境省は 1997 年初期に環境プロジェクトの第一優先課題として工業廃水によるナイル川の水質汚濁防止対策を決定し、ナイル川への直接放流防止の国家計画としてナイル川汚濁防止計画（Nile Pollution Prevention Program: NPPP）を策定した。この計画は 1997 年 7 月に開始され、1998 年 12 月に完了した。

NPPP 最初のフェーズはナイル川に排出している工場汚染源を確認することであり、この調査は 1997 年 7 月に完了した。この調査結果に基づいて費用対効果が高く、廃水対策が実行可能な 34 工場が NPPP の対象工場として確定された。これらの工場は図 5.1 に示すように油・石鹼、肥料、石油精製、精糖、ガラス、セメント、鉄鋼、製粉、清涼飲料、スターチ、パルプ・製紙、乳製品、フェロシリコンが含まれる。

これら 34 工場からナイル川へ 100 万 m³/年の工場廃水が直接放流されていたが、NPPP ではこの対策費として 3 億 5 千万エジプトポンドを投資された。

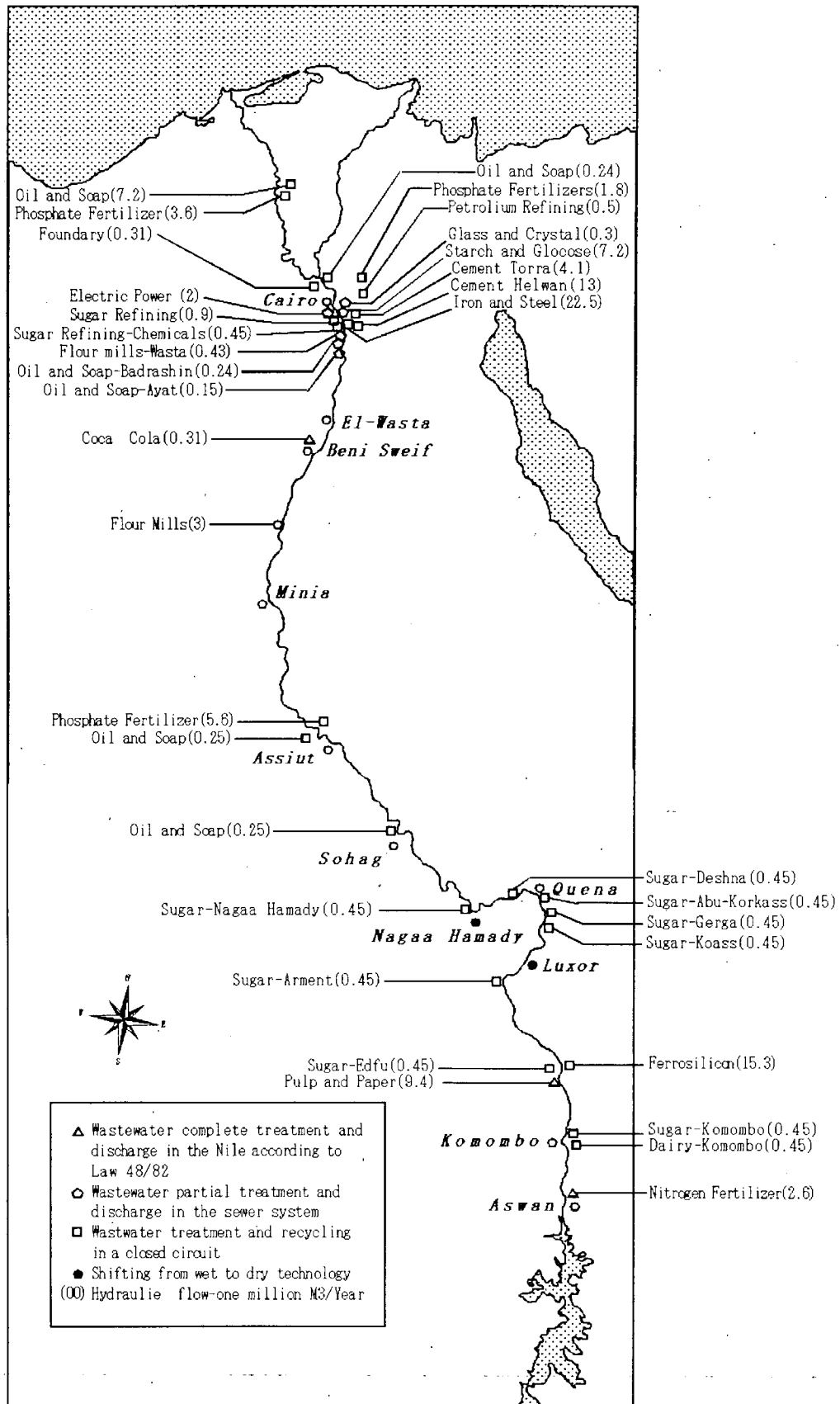


図 5.1 34 工場の位置図

以下にいくつかの工場における廃水対策事例を示す。

5.1.1 紙・パルプ

Edfu 紙・パルプ会社は原料としてバガスを使用している。バガスは短繊維で木材パルプと同様なパルプが得られる。パルプ製造プロセスではバガスに苛性ソーダを加え煮沸し褐色ストックを作り、褐色ストックは煮沸液（黒液）を除くため水洗される。プロセス廃水量はパルプ1トン当り 100 m³、BOD 負荷はパルプ1トン当り 20-40 kg、SS 負荷はパルプ1トン当り 20-50 kg である。このような廃水を処理するために散水濾床及び活性汚泥処理による2次処理システムが導入された。処理排水はナイル川への排出を規制している法律第48号(1982)に適合する排水となった。

5.1.2 石油精製

カイロ石油精製工場はプロセス改造及び新技術導入による対策を行い、汚染レベルを減少させた。採用された新技術としてはスラッジの農業利用、油除去率を向上させるためのコアレッサーなどがあげられる。

5.1.3 食用油精製

上部エジプト及びデルタ地帯の Sohag、 Assiut、 Giza、 Cairo 及び Gharbia 県にショートニング、マーガリン、サラダ油、調理用油を製造する食用油精製工場6工場が立地している。

これら全ての工場にプロセス廃水の油分を除去・回収するために重力式オイルセパレータが設置された。回収油は低級石鹼の製造に再利用される。処理排水を下水に放流するいくつかの工場では下水放流基準を満足させるために懸濁油から油分を除去するために起泡分離装置を導入した。さらに直接ナイル川へ排水を放流する3工場 (Kafr el-Zayat, Badrashin, and Assuit) では、より厳しい規制を満足するため2段階生物処理システムが設置された。

5.1.4 スターチ・ブドウ糖

カイロにあるエジプトスターチ・ブドウ糖工場では原料としてコーンを使用している。廃水は主にコーンを洗浄、破碎後、苛性ソーダに浸析し、たんぱく質を抽出するミルクスターチ濃縮プロセスから排出される。ミルクスターチは通常 15%以上のたんぱく質を含んでいる。このたんぱく質を除去するため2段階分離システムとして高速遠心分離機が設置され、スターチ中のたんぱく質含有量は 1%以下まで減少した。さらに多段蒸発法によりスターチ中からたんぱく質を回収する装置が設置された。以上の改善により廃棄物を減少させたのみならず製品品質の向上、回収たんぱく質の動物飼料としての再利用につながった。

ナイル川汚濁防止計画の完了スケジュール (1998 年末) に間に合わせるため、工場側は放流先をナイル川から公共下水 (放流基準がナイル川に比較して厳しくない) に切り替え、廃水の一部処理により放流基準に適合する計画を決定した。しかしながら、カイロ下水局

はこの計画で採用された一部処理方式からの排水は高負荷の有機物を含み、公共下水への排水基準を満足しない可能性があるとして判断し、この工場に年間1百万エジプトポンドの賦課金を課すこととした。工場側はこの重い賦課金を免除してもらうために一部処理方式に加え物理化学的廃水処理設備を設置することを決定した。これらの新しい廃水前処理設備は1998年下半期に完成した。この廃水設備により負荷量が著しく減少し下水への放流基準を満足し、賦課金が免除された。

5.1.5 製糖・イースト

Sugar and Integrated Industries Company (SIIC)はナイル川沿いの上部エジプトにある8工場(Kom Ombo, Edfu, Arment, Nagaa Hamady, Koass, Gerga, Abu Korkass, and Deshna)でサトウキビから粗糖を製造している。

これらの工場は未処理の高負荷廃水をナイル川に放流していたためナイル川の水質悪化、特に排水口近傍の水質悪化を招いていた。工場内に廃水処理設備が設置され処理水の大部分は灌漑及びプロセス水として再利用し、残りの処理水は排水路または下水システムに放流されることとなった。このことにより上部エジプトにある全ての製糖工場からナイル川本流への廃水の排出は止まった。

5.1.6 窒素肥料工場

アスワン(KIMA)にあるFertilizers and Chemical Industries Companyは硝酸アンモニウム、尿素を生産している。プロセス廃水中には高濃度のアンモニア及び硝酸塩が含まれナイル川へ排出されることにより水生生物及び公衆衛生に影響を及ぼしていた。

1998年に6基の凝集装置の設置及び既設の廃水処理システムの増強が行われ、汚濁成分を減少させることにより法律第48号(1982)の基準に準拠する状態となった。

工場はナイル汚濁防止計画の要求事項に適合したが、工場側は2000年末までにアスワンに新設される下水処理場に排出する許可を求めている。処理排水を灌漑及び景観整備に使用する代替案も考えられている。

5.2 工場における環境管理

5.2.1 食品工業

魚加工工場で実施された環境監査が報告されている。この環境監査は英国ドナーによるSEAM(Support for Environmental Assessment and Management)プロジェクトの一環として実施された。監査の主目的は以下のとおり。

- ・環境に影響を及ぼす生産活動の可能性調査
- ・環境に影響を及ぼす生産活動の確認

- ・ 法規制の遵守
- ・ 資源の節約
- ・ 作業環境条件及びイメージ改善

監査により確認された水関連の事項は以下のとおり。

魚1トン当たり 30-40 m³ の水が使用されている。この水は多量であり、汚濁を引き起こしている。魚油プラント廃水中には高濃度の有機汚濁物質及び oil and grease が含まれている。公共下水道がないため生活廃水及び工業廃水はナイル川に排出されている。

5.2.2 ISO 9000 and ISO 14000

エジプトにおいて品質管理の国際基準 ISO 9000 シリーズ、環境管理の国際基準 ISO 14000 シリーズについての認識は十分に浸透していない。公営事業省下の工業マネジメント開発センター (Management Development Center for Industry: MDCI) の情報によれば、ISO 9001 の認証を取得した事業所は約 350、ISO 14001 の認証を取得した事業所は約 30 となっている。ISO 14001 認証取得事業所は製薬、セメント、カーボンブラック、食品工業等で、従業員規模 3,000~4,000 人となっている。エジプトには投資額 2 百万エジプトポンド以上の工場が 2,700 ある。ISO 14001 の認証を取得している工場の割合はわずか 1% である。

5.3 まとめ

上記の事例に基づけば、工業廃水対策の現状および必要性は以下のように考察される。

34 の主要工場に設置された廃水処理設備はナイル川への流入負荷削減に寄与したが、廃水処理設備の運転・維持管理が適切でないとナイル川の水質汚濁につながる。排水水質を継続的に基準に適合させるためには設置された廃水処理設備の適切な運転・維持管理が必要である。また、放流基準の遵守状況を確認するために定期的なモニタリングが必要である。

エジプトには約 26,300 の工場があり、公営企業：321 工場、民間企業：26,000 工場となっている。公営企業 321 工場の業種内訳は繊維：72、食品：62、石鹼・油脂：36、化学：36、エンジニアリング：35、鋳業：17、金属：15 レンガ工業：12、精糖：11、パルプ・製紙：11、木材：5、電気：4、肥料：3、革なめし：2 となっている。魚加工工場の環境監査の事例では法律の遵守率は低いことが示され、多くの工場では未処理の廃水をナイル川、下水に放流していることが示されている。また、本調査の調査対象 5 工場においても廃水処理の状況は同様であり、廃水処理設備が未設置であったり、廃水処理設備が設置されていても処理能力不足、不十分な維持管理のため未処理または十分に処理されない廃水が放流されていた。このような廃水処理の現状に鑑みれば廃水処理が多くの工場が必要である。

水質、水量、変動など工業廃水の特徴は業種によって異なるため適切な廃水特性に応じた廃水処理の設計を行うことが重要である。しかしながら、業種および規模の異なる工場廃水の既存水量・水質データは汚濁負荷および工業廃水処理システムを評価するためには不十分である。適切な工業廃水処理計画を行うためには原水源、原水使用量、廃水原、廃水水質、廃水量、変動、放流先などのデータ・情報が必要である。

廃水処理計画に加えて、廃水量を削減し、廃水水質を改善するために生産現場での実行可能な廃水管理を考慮することが必要である。これには適切な原材料使用（リサイクル、原材料代替、プロセス改善）、原材料の再使用、水の再使用があげられる。

全工場数に比較すると ISO 14000 の認証を取得している事業所は多くない。投資額 2 百万エジプトポンド以上の工場が 2,700 あるが、ISO 14001 の認証を取得している工場の割合はわずか 1%である。工場環境管理は十分に確立されていない。エジプト政府は ISO 14001 認証を政策として奨励しているが工場側は環境管理の実施および重要性の理解は十分でない。環境管理を普及させるためには管理職および従業員に対する周知、教育、訓練が必要である。

6.0 産業廃棄物管理

6.0 産業廃棄物管理

6.1 産業廃棄物に関する政策、規制、ガイドライン

法律 No.4 に基づく有害物質及び廃棄物の許認可、収集、貯蔵、輸送、処理、取り扱い、処分及びモニタリングの規則を定めた首相令 NO. 338 が 1995 年に公布された。有害物質及び廃棄物の取り扱い、使用には特別な免許が必要である。工業相が有害物質及び廃棄物に関する免許を交付する。免許を取得するためには下記の事項を明記した申請書の提出が必要である。

- 物質及び廃棄物の詳細
- 収集方法
- 輸送手段
- 貯蔵方法
- 処分方法
- 記録保持の方法
- 有害物質または廃棄物を非有害物質と混合しないことの誓約書

申請書において以下のような安全システムを明記することが必要である。

- 取り扱い及び輸送のための訓練された責任者
- 安全な取り扱い及び輸送に必要な措置
- 緊急時計画

危険物質または廃棄物の処理施設は住宅地及び都市地域から 3 km 以内に立地することが禁止されている。処分地に関しては以下の規定がなされている。

- 有害物質または廃棄物量に応じた十分な能力
- 処理場の囲い
- 適切な進入路及び避難路
- 適切な給水
- 労働衛生
- 通信手段
- 適切かつ安全な貯蔵エリア
- 焼却能力
- マーキング機器
- 廃棄物埋設の専用地

6.2 工場における産業廃棄物処理・処分

1992 年の Environmental Action Plan ではエジプト国内で発生する有害産業廃棄物は年間約 50,000 トンと推算している。他の調査では大カイロエリアで発生する産業廃棄物を年間

77,000 トンと推算している（固形廃棄物が年間 32,000 トン、残り大部分はスラッジ）。

多くの場合、廃棄物の性質を考慮しない敷地外処分、有害廃棄物の確認・分別を行わない敷地外処分が行われている。通常は、以下のような方法が行われている。

- 廃棄物の最終場所を知ることなく、廃棄物発生者としての責任を持つことなく、競売または業者に売却する
- 契約業者あるいは地方自治体による輸送・処分。多くの場合、これらの廃棄物は公共処分地に投棄されるか、空き地または公共地に不法投棄されている。ある製薬会社は予防的措置として当局の立ち会いのもとに廃棄物の焼却・被覆を行っている。むき出しの投棄地は清掃動物が繁殖し有害廃棄物を容器に格納しないで取り扱うのと同じ状態となっている
- 空き地への不法投棄

エジプトの工業地帯の一つである Helwan 工業地区の産業廃棄物の処分について以下のように報告されている。

Helwan 工業地区における主要な産業廃棄物には以下のようなものが含まれる。

- 鉄及び非鉄スクラップ、これらはリサイクルされる
- スラッグ、大部分は再利用される
- 炉のライニング、処分される
- ガス及び廃水処理により生じるスラッジ、処分される
- セメントプラントのバイパスダスト、処分される
- タールスラッジ、処分される
- アスベストダスト、非常に有害である
- 旋盤切削くず、油を含有しているためリサイクルが困難

Helwan 工業地区で発生する廃棄物は図 6.1 に示す 18 の屋外ダンプサイトに処分されている。

調査団は 1999 年 9 月 14 日に Dump Site No.4 を踏査した。このサイトは以下のような状況であった。

- 投棄場所には囲いまたは境界を示すものはない
- 12 インチパイプで Egyptian Iron and Steel 工場からスラリーが運ばれ、幅約 200m、深さ約 10m の自然のくぼ地に排出されていた。
- トラックがサイト周辺に統制されない形で物を投棄しているのが観察された
- 現地訪問時には監督者はいなかった

- スクレーパで地ならしを行っていた
- 12 インチパイプを接続するボルトが一部切断されていたが、1994 年の地震によるものと考えられる。この切断部はパイプサポート 50～100 cm ずれていた。

上記のように、産業廃棄物管理の規制と現況にはギャップがある。

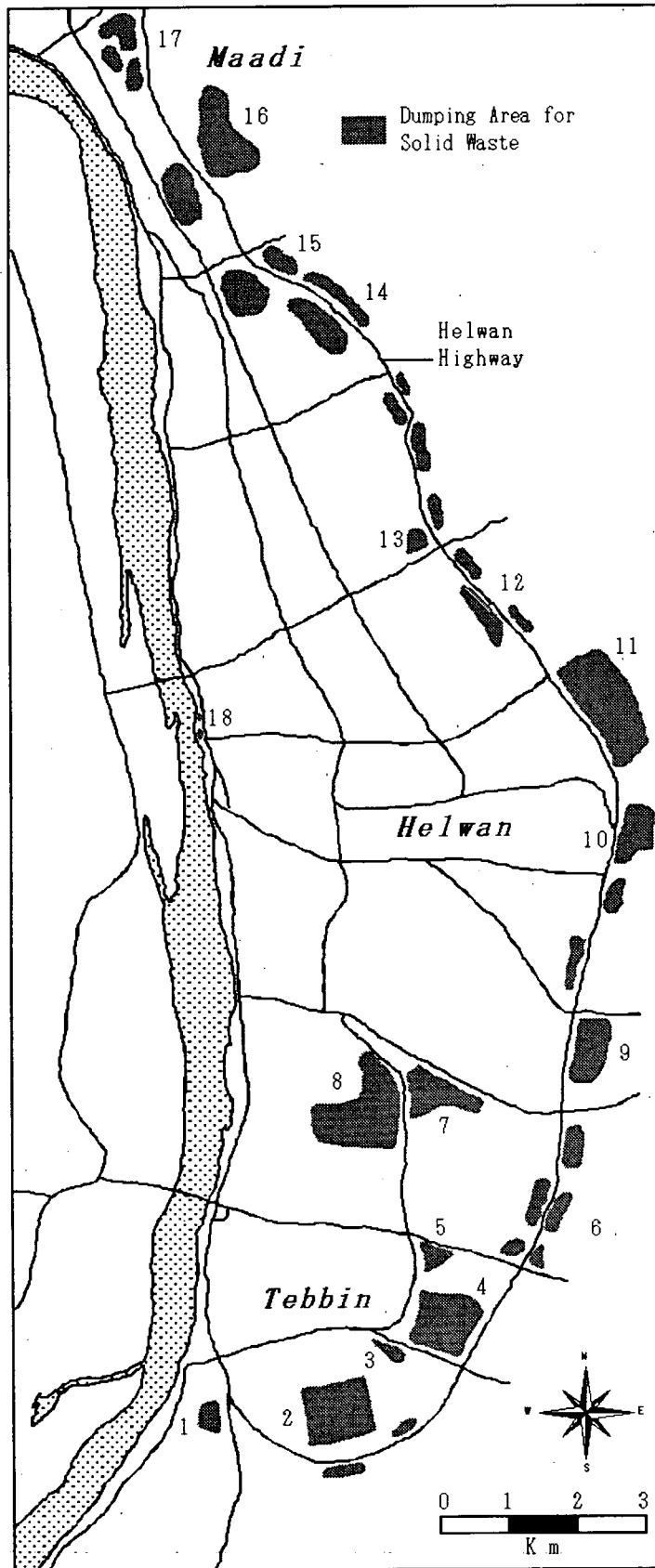


図 6.1 Helwan 工業地区の廃棄物投棄エリア

7.0 エジプトにおける環境対策プロジェクト

7.0 エジプトにおける環境対策プロジェクト

7.1 概論

エジプトでは環境対策の多くがプロジェクトベースで行われ、外国の援助の下で多くのプロジェクトが実施されている。従い、本章では、海外の援助機関によるプロジェクトとエジプト政府による環境対策プロジェクトの概要をまとめる。

7.2 海外の援助機関による主要プロジェクト

海外の援助機関とエジプト環境庁(EEAA)により共同で実施されている（計画中を含む）主要な環境対策プロジェクトの概要を表 7.1 にまとめる。

表 7.1 海外援助機関と EEAA による環境対策プロジェクト

Donor	Project Title	Budget	Duration
USAID (U.S.A.)	Cairo Air Improvement Project (CAIP)	US\$ 35 mil. (planned US\$ 60 mi.)	1995-
	Integrated Environmental Program for the 10 th of Ramadan City		
	U.S Egyptian Partnership for Economic Growth and Development - lead Exposure Abatement Plan (LEAD)		
	Program for Eco-Tourism Development in Egypt		
	Egyptian Environmental Policy Plan (EPPP)		
DANIDA (DENMARK)	Environmental Education and Training Program (EETP).	DKK 10,197,996	1995-
	Organization Support Program (OSP)	Phase 1: DKK 13.5 Million (approx. LE 7 Million) Phase 2: DKK 23.6 Million (approx. LE 12 Million)	1993-
	Environmental Information and Monitoring Program (EIMP)		1996-
	North Sinai Governorate Environmental Action Plan		1994-1997
	Development of a National Integrated Coastal Zone		
	Design of Economic Instruments Project (DEIP)	(Potential)	
	Pilot Project for Hospital Waste Management Program for Specified Hospitals in Cairo, Phase 1 & 2		1995 -
	Technical Support to the Shore Protection Authority (TSSPA)		
	Training in Urban Sewer Modeling (TUSM)		
	Aswan Governorate Environmental Management Unit (AGEMU)	(Potential)	
	Industrial Waste Management and Energy Conservation for Aswan Fertilizer Complex of the Egyptian Chemical Industries	(Potential)	
	Establishment of Shore-Based Oil Water Treatment Facilities in Suez and Alexandria.	(Potential)	
	Updating of the National Oil Spill Contingency Plan.	(Potential)	
	Preparation of Safe Landfill for Hazardous Residuals from Industrial Production.	(Potential)	
Technical Assistance to Coastal Research Institute and Hydraulic Research Institute	(Potential)		

表 7.1 海外援助機関と EEAA による環境対策プロジェクト (続き)

Donor	Project Title	Budget	Duration
DANIDA (DENMARK)	Environmental Non-Governmental Organizations (ENGO) Support Program	(Potential)	
	Community Action for the Environment (CAFE)		
	Environmental Business Egypt (EBE)		
CIDA (CANADA)	Egyptian Environmental Information System (EEIS)	CD \$ 11,200,000	1997-2002
	Egyptian Environmental Initiatives Fund (EEIF)		
UK DFID (U.K.)	Support to Environmental Assessment and Management Program		2000-2004
	6th of October Abatement Initiative	(Potential)	
	National Industrial Pollution Prevention Program (NIPPP)	(Potential)	
FINNIDA (FINLAND)	The Egyptian Pollution Abatement Project (EPAP)		1997-2002
	Hazardous Waste Management Project in Alexandria	(Potential)	
DGCS (ITALY)	Enhancement of the Organization and Capabilities to Preserve Cultural Heritage Assets of Egypt	(Potential)	
	Decision Support for Agricultural Water Resource Planning Based on Ecological Balance	(Potential)	
	Environmental Protection in Siwa and Fayoum Oases	(Potential)	
WORLD BANK	Pollution Abatement Fund for industry	\$ 20 million from IBRD \$ 15 million from IDA \$ 5.5 million from Finland \$ 19 million from the European Investment Bank	
KFW (GERMANY)	Environmental Protection Facility for Public sector Industries	\$33.5 million	
JICA (JAPAN)	Environmental Monitoring Training Project		1997-2002

7.2.1 USAID (UA Agency for International Development)

USAID のエジプトに対する環境対策協力では上水/廃水処理、大気汚染対策、エコ・ツーリズムに焦点を当てている。

(1) 上水及び廃水処理

1975 年以来、USAID は 20 億ドル以上を都市部の上水供給、廃水処理のためのインフラに投資してきた。1996 年には多くのプロジェクトが以下の様に完了した。

- Pyramids、Embaba 等のカイロ近郊の 200 万戸につき下水道が整備された。
- Suez の 50 万戸以上が、USAID の資金により建設された下水処理プラントに接続された。
- カイロでは、3 つの貯水池が完成し、中心部の 300 万人に対し上質の上水供給が可能となった。

USAID の主な活動・プロジェクトは以下のとおりである。

- **Secondary Cities Development**
 - 予算： 8,200 万ドル（2 億 1,500 万ドルへの増額を検討中）
 - 開始： 1994 年
 - 目的： Mansoura、Nuweiba、Luxor 及び Aswan 地区の Nars、Kom Ombo 及び Darawo 市に上下水の施設を建設する。
- **Cairo Water Supply II**
 - 予算： 1 億 4,500 万ドル
 - 開始： 1988 年
 - 目的： カイロ中央部に 53km の給配水管の敷設、4 基の貯水池の建設、2 基のポンピングステーションの建設、4 基のポンピングステーションのリハビリ工事、水質管理ラボの設立。
- **Canal Cities Water and Wastewater II**
 - 予算： 3 億 8,000 万ドル
 - 開始： 1987 年
 - 目的： Suez, Ismaila 及び Port Said 向けの下処理場の建設、Qantara でのポンピングステーションの建設、制度の確立・トレーニング等。
- **Cairo Sewage II**
 - 予算： 7,710 万ドル
 - 開始： 1984 年
 - 目的： 汚水収集、処理、廃棄設備に対するファイナンス及び Cairo General Organization for Sanitary Drainage に対する制度面でのサポート。
- **Provincial Cities Development**
 - 予算： 1 億 414 万ドル
 - 開始： 1981 年
 - 目的： 3 つの地方都市の上下水システムの改善
- **Alexandria Wastewater System**
 - 予算： 4 億 2,500 万ドル
 - 開始： 1977 年
 - 目的： 下水処理システムの設計、建設、創業開始に対するファイナンス

(2) 大気汚染

USAID は、その産業、エネルギー、環境活動の中で、工業汚染物質の排出量の削減、省エネルギーの促進を援助している。省エネ活動により都市の大気から以下の汚染物質の削減を達成した。

- 25,000 トンのイオウ酸化物
- 4,000 トンの窒素酸化物
- 7,800 トンの一酸化炭素

表 7.1 に示した Cairo Air Improvement Project (CAIP)では、以下の分野でエジプト政府と協調している。

- 精錬所およびガソリンに起因する鉛排出の減少
- 自動車排ガスの分析及び承認制度の確立
- ディーゼルエンジンからのばいじんの減少を目的とする天然ガス焼きバスの導入

(3) エコ・ツーリズム

エジプトの第2の外貨獲得源である観光業にとり、環境保全是非常に大切である。米国-エジプト両国間の経済発展・開発協力の下、USAID は以下のプロジェクトを通じてエジプト政府を援助している。

- Promotion of Environmental Sustainable Tourism

予算： 535 万ドル

開始： 1995 年

目的： 自然及び文化資産の保護と観光業の発展の両立を図るための試験的な取り組み

組み

- Prevention and Restoration of Egyptian Antiques

予算： 1,500 万ドル

開始： 1994 年

目的： エジプトの古代の遺産を守るための管理プログラム

7.2.2 DANIDA (Danish International Development Agency)

表 7.2 に示すように、DANIDA のエジプトに対する開発協力は以下の3分野が中心となっている。

- 環境（汚染対策に対する援助）
- エネルギー、特に再生可能エネルギー及び省エネ
- 上部エジプト地区の上下水整備

表 7.2 DANIDA による援助の内訳

(Unit: DKK)

Sector	1996	1997	1998	1999	2000
Environment	40	50	50	50	50
Energy	50	50	50	50	50
Water/Sanitation	10	35	35	40	40
Health	10	10	5	5	5
Industry	20	10	10	20	20
Industry including Agro Industry	50	40	35	20	20
Democracy/WID	20	15	15	15	15
Total	200	215	200	200	200

Source: Homepage of Ministry of Foreign Affairs of Denmark

環境分野での DANIDA のエジプトに対する援助は 1991 に始まり、継続的な発展、汚染による被害の最小化を図るエジプト政府に対する援助を行っている。DANIDA の活動の中心は以下の分野である。

- エジプト環境庁(EEAA)に対する継続的な援助 (DANIDA は EEAA に対する最大の援助機関である)
- 沿岸域の環境保全
- 有害廃棄物の処理

また、上記に加え、特定の産業を対象に汚染を減少するためのデモンストレーションプロジェクトを含むプログラムの実施を検討している。対象分野は、デンマークが得意とする分野になる。

7.2.3 CIDA (Canadian International Development Agency)

CIDA の協力の下、以下の 2 件のプロジェクトが実施されている。

(1) Egyptian Environmental Information System (EEIS)

このプロジェクトの目的は、エジプト政府の首脳に対し、環境政策、法律、プログラム、プロジェクトを適時に適切に策定・実行する事を助けることにある。本プロジェクトの特別の目的は環境政策の決定を目的に、EEAA の環境情報の検索・処理・分析・広報能力を高めることにある。具体的には

- 1)EEAA の環境保全・管理に関する判断能力を高める。
- 2)EEAA を含む他の政府機関や大学等の研究機関が環境関連の情報を自由に扱えるようにする。
- 3)EEAA と他の全ての機関 (省、プロジェクト、NGO、研究機関など) との間の連携を強める。
- 4)EEAA を中心に多くの主要機関との間で環境情報を交換するためのネットワークを構築する。

EEIS の主たる内容は以下の通りである。

- 1) EEIS のためのデータベースシステムの設計・構築・試験・運用
- 2) 環境情報戦略の構築、運用の準備、トレーニング・セミナーの実施、環境指標の設定、出版・トレーニングセンターの設立、基準の設定、調査の実施
- 3) 年間計画・予算・活動報告・コンピューターによる管理などによる、管理運営体制の強化

(2) Egyptian Environmental Initiative Funds (EEIF)

EEIF はエジプトとカナダによる多年度の援助プログラムであり、全ての中小企業、NGO、

エジプトの NGO、市民グループなどに環境関連の活動に対する援助を目的としている。EEIF は以下の要素からなる。

- 1) 中小企業による革新的な環境対策のための管理・技術を導入に対し使用する資金
- 2) NGO、エジプトの NGO、市民グループなどのための予算
- 3) 中小企業が行うグリーンビジネスに対する資金
- 4) 対象とするグループに対し環境に対する認識を高めさせ、また、複数のプロジェクト間の調整を行うなど、報道・認識強化のための予算

エジプトの民間及びボランティアセクターによる継続的かつ健全な環境に対する習慣を確立することによりエジプトの自然環境（特に土壌と水）を守ることが最大の目的である。このプロジェクトの具体的な目的は以下の通りである。

- 中小企業の生産効率を高めることにより、環境保全を図る
- エジプトの民間・非政府・市民団体に適切な環境管理を促すと共に環境に対する認識を高めさせる
- エジプトの民間企業による環境対策のための物品及びサービスの開発を促す
- 自然保護のためのプロジェクトを企画・実施できるようにエジプト政府の能力強化を図る
- 環境に関する男女の役割を明確にする

7.2.4 UK DFID (UK Department for International Development)

UK DFID は Support for Environmental Assessment and Management (SEAM) プロジェクトに対し資金援助を行っている。SEAM プロジェクトの概要については 7.3 節にて詳述する。

7.2.5 World Bank 及び FINNIDA (Finnish Ministry of Foreign Affairs)

Egyptian Pollution Abatement Project (EPAP) は世界銀行と欧州投資銀行のファイナンスを受けて実施されている。FINNIDA とエジプト環境庁は EPAP の実施における技術的なサポートを行っている。EPAP の概要については 7.3 節にて詳述する。

7.2.6 KFW (Kreditanstalt Fur Wiederaubau)

KWF はエジプトの公営企業に起因する環境への影響を緩和するための環境対策機器プロジェクトに対し、ファイナンスと技術援助を行っている。7.3 節にこのプロジェクトの概要を述べる。

7.2.7 JICA (Japan International Cooperation Agency)

JICA は、エジプト全土をカバーする環境モニタリング・ネットワーク体制の確立を計画し、カイロ中央センター (CCC) および 8 カ所の地域支局 (RBO) に環境分析ラボを整備し、モニタリング技術者の訓練を行う環境モニタリング研修センタープロジェクト (Environmental Monitoring Training Project: EMTP) を実施中である (1997 年 9 月～2002 年 8

月)。

CCC は、各 RBO に対するレファレンスラボラトリーおよび総合的な訓練センターとしての役割を有する。一方、RBO は、実際に工場立ち入り検査等を実施する法律第 4 号執行機関、環境分析機関であり、将来的には所管する 3～4 県の環境担当職員や民間の環境関係従事者等を対象とした研修機能も有する事になる。

このプロジェクトの目的は CCC および RBO が水、大気的一般環境および発生源のモニタリングを適切に実施できるようにすることであり、成果としては、CCC 及び RBO のスタッフがモニタリング手法および公害対策技術に関する知見を身につけること、CCC においてモニタリングの研修コースが開発され、必要な機材・教材が整備され適切に運営・管理されること、また、モニタリングに関する情報提供のシステムの確立が期待される。

日本人専門家としては、長期専門家として、リーダー、調整員、水質モニタリング専門家、大気質モニタリング専門家を、短期専門家として、機材保守および大気質分野の専門家を派遣している。

活動内容としては、モニタリング手法および公害対策技術の理論修得、現場実習、分析技術、研修手法、情報提供システム確立に必要な知識および技術をカウンターパートに移転することである。

7.3 政府による工業廃水汚染対策

エジプト政府は工業廃水による汚染を軽減するために以下のプロジェクトを実施している。

- Nile River Clean Up Program
- The Egyptian Pollution Abatement Project (EPAP)
- Support for Environmental Assessment and Management (SEAM)
- Environmental Protection Facility for Public Sector Industries
- Compliance and Enforcement Program

各プロジェクトの概要は以下の通りである。

7.3.1 Nile River Clean Up Program

国家環境省は 1997 年初期にナイル川への産業公害防止を 1998 年の環境の最優先課題とした。環境及び健康上の理由によりナイル川への産業公害防止が国家の優先課題とされた。この課題は一般国民、規制官庁、責任を負うべき産業の注意を喚起した。その結果として、国家環境省はナイル川への直接排水を防止する国家計画を開始した。ナイル川汚濁防止計画 (Nile Pollution Prevention Program (NPPP)) は 1997 年 7 月に正式にスタートした。この計画は 1998 年 12 月に全ての計画を終了させるという最終期限が設定されていた。

NPPP の最初のフェーズはナイル川に排出している産業汚染源を確認することであり、1997年7月に完了した。その後直ちに費用対効果の高い、実行可能な、対象34産業の汚染防止計画策定のための環境監査が行われ、1997年9月に成功裏に終了した。

主要な34産業からのナイル川への100万m³/年の産業排水の直接排出を防止し、効果的な環境計画を行うために350百万エジプトポンドが投資され、1998年12月までに実施された。

7.3.2 The Egyptian Pollution Abatement Project (EPAP)

EPAP はエジプトにおける産業汚染の減少及び産業の法規制遵守を向上することを意図している。したがって、産業における環境計画の持続可能なメカニズムの確立、産業公害を担当する全ての関係当局の能力向上、産業公害防止に対する地域社会の役割促進を目的としている。

EPAPは1997年初期に産業環境管理における持続可能なメカニズムを確立するために設立された。プロジェクト期間6年において世界銀行及びヨーロッパ投資銀行による長期低利貸付が環境保全に投資される。

フィンランド外務省 (Finnish Ministry of Foreign Affairs (FINNIDA)) 及びエジプト環境省は EPAP 実施に技術的及び制度的サポートを行っている。

EPAP は産業における環境計画の組織強化、環境管理、資金調達、モニタリング、施行に必要な要領を確立する。このために地方銀行、金融機関ばかりでなく規制官庁、企業・組織、環境サービス提供者に関連する経験及びノウハウを移転する。産業公害防止の公衆への周知のために NGO 及びマスコミも対象とする。EPAP の行動計画には以下の事項が含まれる。

- 産業公害を管理するための要領書・ガイドライン作成を行い、また、モニタリング・管理に必要な基本的設備を供給することによりカイロ、アレキサンドリア、カロビア及びスエズ県の環境管理課、環境省の地域支所スタッフの訓練及び能力開発を行う
- 県の産業公害防止計画の策定
- 50 の主要産業について環境法の要求事項を遵守、クリーンな生産方式、環境的に持続可能な投資を確認、公害防止計画策定を援助することにより産業による汚染削減を促進する
- 環境融資申請の評価、融資要領及び機会の開発に関する銀行制度への援助
- 環境周知の高揚、参加促進、安全・健全な産業環境についての大衆意見を結集するために NGO 及びマスコミの能力増強

7.3.3 Support for Environmental Assessment and Management (SEAM)

SEAM は環境アセスメント及び管理に関する3年間のプロジェクトで、UK Department for International Development (DFID)による資金援助、EEAA の TCOE 及び英国のエンジニアリング及び環境コンサルタント Entec が技術援助を行うことにより実施される。SEAM プロジェクトの目的は新設及び既設開発における環境影響を減少させることにより国家環境行動計画の実行をサポートすることである。当面の目的は以下のとおりである。

- 環境改善を実施することによる利益をデモンストレーションプロジェクトにより示すこと
- 国家及び地域における環境管理・環境アセスメント制度の能力開発
- 環境業務を行うエジプトの組織の能力改善、健全な環境管理の認知
- 理解及び利益に関する事項の改善

SEAM プロジェクトは1) 公害防止/クリーンプロダクション、2) 環境アセスメント、3) 廃棄物管理、4) 環境行動計画、及び5)環境データベース開発の5つの要素から構成されている。

公害プロジェクトは著しい財務上の節約及び環境改善が比較的低コスト及び直接的な仲介によってできることを示す。このプロジェクトは廃棄物の減量化、プロセス改造、技術による公害防止から構成されている。このアプローチは2つの利益がある。

- 有価物の回収
- 法規制の遵守

このプロジェクトは国家公害防止計画を支援し、繊維、食品及び油・石鹼の3工業を対象としている。

32 工場における監査により低コスト/費用負担なしの公害防止対策が特定された。共通事項については汚染防止への取り組みが財務及び環境的利益をもたらすことを示す各工業のデモンストレーションプロジェクトとして展開された。

以下に示す 15 のデモンストレーションプロジェクトが 23 サイトにおいて実施されている。

(1) 繊維工業

- 国際的に認知される生態系に優しいプロセス
- 水及びエネルギー節減
- 染料槽再利用
- プロセスの結合：洗浄及び漂白

- 酵素を用いた漂白
- 硫黄漂白における硫黄削減

(2) 食品工業

- ミルクロス最小化
- 水及びエネルギー節減
- 品質改善による廃棄物減量化
- 動物食品に乳清使用

(3) 油・石鹼工業

- 総合水管理システム
- 廃棄物最小化による廃水水質改善
- 油・脂肪回収
- 廃水分離、再利用及び処理

これらのプロジェクトのアウトプットにはワークショップ、セミナー、指導書・マニュアル（他の工場が類似のプロジェクトを工場自身で実施できるようにするため）、フィージビリティを示すための費用便益分析、詳細なセクター報告書、修正監査ガイドラインが含まれる。

セクター間にわたって実施できる“ハブテクノロジー”と呼ばれる技術を見出すための調査も行われている。

工場従業員及びコンサルタントに汚染防止概念を導入するためのトレーニングはプロジェクトの一部を構成している。工場の関与及び協力を重視するためにトレーニングは重要である。金融制度、金属処理、製菓、紙・パルプ工業についてのセミナーが計画されている。

SEAM プロジェクトでは公営または民間の3セクターにおける低コスト・費用負担の無い解決策に力点をおいた監査について資金を付けている。企業経営者からも資金が付けられる。

7.3.4 Environmental Protection Facility for Public Sector Industries

公営の産業及びユーティリティセクターの環境影響防止対策に融資することが目的である。プロジェクトはドイツ復興金融公庫が資金を供給し、投資計画作成についての技術援助も行っている。スタートアップフェーズではプラントの廃水削減、処理に重点が置かれている。公営及び民間商業銀行が融資の際の代理店を勤めている。

(1) 無償資金供与

公営企業及びユーティリティセクター（資金利用者）に対し以下の資金が供与される。

- エンドパイプの環境プロジェクト（例：廃水処理）の場合には投資額の 50%まで
- 環境状況を改善する生産技術近代化（総合対策）の場合には 25%まで

融資条件は以下の通りである。:

- 1) 無償：返済なし、無利息、銀行の取り扱い手数料あり
- 2) 貸付：無償以外の投資額は銀行の貸付によりカバーされる
- 3) 貸付条件:
 - 利 息： 市場金利の最低金利
 - 返 済 期 間： 3年から5年
 - 支払い猶予期間： 12ヶ月
 - 自己資金調達： 自己資金源

有資格企業は以下の通りである。

- 公営企業
- 環境保全の必要性があること
- 適切な信用状態
- 企業活動における長期の経済的持続性
- 公営ユーティリティ、ケース・バイ・ケースベース

(2) 調査及び専門家無償

本スキームは以下の用途に利用可能である。

- サブセクタープレスクリーニング（プロジェクト確認）
- 環境保全に関しプラントの評価を含む公害防止プロジェクト策定またはレビュー調査
- コンサルタント及び追加専門家サービス

本件には、プレ・スクリーニング、プロジェクト確認、プロジェクト準備段階、プロジェクト調査において EEAA の Industrial Compliance 及び 調整コンサルタントが関与する。また、調整コンサルタントがプレ・スクリーニング、プロジェクト評価、工場と共に EEAA の援助を行う。

7.3.5 Compliance and Enforcement Program

資本金 2 百万エジプトポンド以上の 2,700 工場が 1998 年 3 月 1 日以降査察された。査察は EEAA, Ministry of Manpower and Public Works and Water Resources の共同チームにより実施された。1999 年中には追加の 400 工場が査察される。査察報告書は工場と共有され環境調停の追跡が行われる。

8.0 工場廃水調査と廃水処理設備設計

8.0 工場廃水調査と廃水処理設備設計

工場廃水調査に基づき概念設計、基本設計を行い、デモンストレーションプラント（以下、デモプラントと記す）建設工場として Egyptian Iron and Steel Co. (EIS 工場) を内定した。しかし基本設計を詳細に進めた結果、SW で定められている「廃水処理設備導入の条件」を満たさないことが判明したためデモプラントの建設を中止し、フェーズ2へは進まないことになった（図 8-1 参照）。

（1）工場調査の実施

下記の対象5工場について、工場調査、工場廃水調査を実施した。

- 1) Delta Steel Mill Co. (DSM)
- 2) Egyptian Ferroalloys Co. (EF)
- 3) El Nasr Co. for Steel Pipes and Fittings (NSP)
- 4) Mansoura Co. for Resins and Chemicals (MRC)
- 5) Egyptian Iron and Steel Co. (EIS)

主な調査項目は次の通り。

- (a)工場ヒアリング、資料収集
- (b)工場廃水源、廃水処理設備調査
- (c)工場廃水（流量、水質）調査ほか

（2）概念設計

上記対象5工場の廃水調査結果に基づき、各工場それぞれデモプラントに適する廃水を選出し、廃水処理設備の概念設計を実施した。

- 1) 処理システム設計
- 2) 主要処理装置設計
- 3) 配置計画
- 4) 概算建設費ほか

（3）代表3工場の選定

対象5工場について、工場調査の結果および廃水処理設備の概念設計を基に、「代表工場選定基準」に照らし合わせてデモプラントとしての適否について検討・評価し、代表3工場を選定した。

[評価基準]

- 1) 緊急に廃水対策が必要な工場
- 2) 廃水処理システムが、代表的な処理ユニットプロセスから構成され、エジプト国に広く普及が期待できる対象廃水がある工場
- 3) 廃水処理設備の建設、運営管理に熱意が感じられる工場
- 4) 財政的に（自己資金、あるいは他からの融資）デモプラント建設が可能である工場
- 5) 他のドナーによる同種のプロジェクトが進行中でない工場

検討の結果、調査団は下記の代表3工場を内定し、エジプト側と協議を行い合意を得た。なお、実際には調査団は13カテゴリ71項目の独自の選定基準（添付表8.3-2）を作成し、詳細な検討・選定を行った。

添付表 8.1-1 Comparison of Representative Factories」。

添付表 8.1-2 (1/4) ~ (4/4) Evaluation Table 参照。

デモプラント（候補）の基本設計を行う代表3工場は次の通り。

- ・ **El Nasr Co. for Steel Pipes and Fittings** （NSP 工場）
- ・ **Mansoura Co. for Resins and Chemicals** （MRC 工場）
- ・ **Egyptian Iron and Steel Co.** （EIS 工場）

(4) 基本設計

上記代表3工場に対して概念設計を展開し、追加工場廃水調査の結果を参考にして、廃水処理設備デモプラント（候補）の基本設計を実施した。

- 1) 廃水処理設備フロー図
- 2) 廃水処理設備配置図
- 3) 主要機器外形図
- 4) 機器リスト、計器リスト、電動機リスト
- 5) 建設費、維持管理費ほか

(5) デモンストレーションプラント導入適否の検討

代表3工場に対する W.W.T.デモプラント（候補）の基本設計を進める一方、「廃水処理設備導入の条件（下記）」に基づき、エジプト国への廃水処理設備デモプラント導入の可否について検討した。その結果、下記の条件を満足しデモプラントの導入が可能であろうとの結論に達した。

[廃水処理設備導入条件]

- (a)基本設計を作成する廃水処理設備のうち、以下の項目を満たすものが存在する。
- イ. 廃水処理設備導入における日本側負担事項が、発注者が別に示す予算範囲内に収まる。
 - イ. 廃水処理により、エジプト国内において適切な処理が不可能な有害物質を含むスラッジを生成しない。

(b)エジプト国側により、以下の項目が満たされる。

- ア. 設備導入工場が、適当な設置用地を確保する。
- イ. 廃水処理設備を導入する際にエジプト国側による負担が必要な事項について、持株会社による支援を得つつ、設備導入工場が負担する。
- ウ. 設備導入工場において廃水処理設備の運転体制が構築可能である。
- エ. 廃水処理設備が、調査終了後も廃水処理方法の普及という調査の目的に則って活用される。

(6) デモンストレーションプラント導入工場の検討

1) デモプラント建設工場選定基準の作成

廃水処理設備の基本設計の結果と、デモプラントとしての維持管理、デモンストレーション効果、立地条件などを考慮したデモプラント建設工場を選出するに当たっての独自の評価基準を作成した。

2) デモプラント導入工場の検討

代表3工場について、デモプラント建設工場評価基準に基づき評価・検討し、エジプト国側と協議の結果、唯一デモプラントを導入できる工場として

Egyptian Iron and Steel Co. (EIS 工場)

が挙げられた。

しかし、さらに詳細な調査を進め、基本設計を終えて検討した結果、デモプラントの建設費が多額になり日本側予算を超過するなど EIS 工場も「廃水処理設備導入の条件」を満たさないことが判明した。そのため、調査団は S/W に基づきデモプラントのエジプト国への導入を中止することにして、エジプト国側と協議を行い合意を得た。

(7) EIS 工場の廃水処理設備基本設計 (Modified) の実施

1) 基本設計 (Modified Case)

EIS 工場の現地調査、基本設計を進める段階で、廃硫酸の回収設備の能力不足に起因して本来回収されるべき廃硫酸を廃水に加え中和処理しているため、廃水処理設備に悪影響を与えていることが明らかになった。

EIS 工場もこれを認識しており、廃酸回収設備の改善を検討中とのことであったので、協議の上、「廃酸回収設備の改善を前提とした廃水処理設備の基本設計 (Modified

Case)」を実施することにした。

2) 廃酸回収設備改善案に対する技術的検討

また、廃水処理設備の基本設計 (Modified Case) に関係が深い下記の調査を実施した。

(a)EIS 工場の廃酸回収設備の現状調査

(b)EIS 工場が計画中の廃酸回収設備の技術的検討

(8) 工場廃水詳細調査

廃酸回収設備の改善を前提とした廃水処理設備の基本設計を実施するにあたり、現状の酸洗設備の運転実態、廃水量、水質について詳細調査を実施し、基本設計 (Modified Case) の設計条件を設定した。

(9) 設計図書などのまとめ

本調査で実施した対象 5 工場の工場調査、設計の概要は本文に、設計図書などは別冊として、下記のように工場ごとにとりまとめた。

1) Delta Steel Mill Co.

(a)概念設計図書

(b)設計計算書

2) Egyptian Ferroalloys Co.

(a)概念設計図書

(b)設計計算書

3) El Nasr Co. for Steel Pipes and Fittings

(a)概念設計図書

(b)基本設計図書

・基本設計検討書

・設計計算書

4) Mansoura Co. for Resins and Chemicals

(a)概念設計図書

(b)基本設計図書

・基本設計検討書

・設計計算書

5) Egyptian Iron and Steel Co.

(a)概念設計図書

(b)基本設計 (Original Case) 図書

・基本設計検討書

- ・設計計算書

(c)基本設計 (Modified Case) 図書

- ・基本設計検討書

- ・設計計算書

9.0 工場別の工場調査及び設計概要

9.0 工場別の工場調査および設計概要

本調査で実施した工場調査および設計内容について、工場ごとにその概要を述べる。

詳細は、添付工場調査報告書および別冊の設計図書を参照のこと。

9.1 DELTA STEEL MILL CO. (DSM)

9.1.1. 工場調査

(1) 工場概要

- 1) 住所： 18-Emad el-Deen St. Cairo
- 2) 資本金： 35 百万エジプトポンド
- 3) 年間売上：156 百万エジプトポンド
- 4) 従業員： 2,500 人
- 5) 主要製品： 型鋼板、鋳造品、番線、ワイヤメッシュ、銅管、など
- 6) 敷地（建物）面積：336 千 m^2 （120 千 m^2 ）
- 7) 持株会社：HCMI (Holding Company for Metallurgical Industries)

(2) 環境の現況

工場の設備が老朽化しており、下記2点の公害防止対策が適切に行われておらず、設備の近代化と公害防止設備の設置が必要と考える。

- 1) 電気炉から発生する粉塵を含む排気ガスによる大気汚染が見られる。
- 2) 油分、浮遊物を含む工場廃水が排出されている。

(3) 工場廃水処理の現況

工場廃水調査（1999年9月6日～26日）の主な結果は次の通り。

1) 用水源

- ・工業用水=14,400 m^3 /d：Ismailiah 運河から取水し、除濁処理して使用。
- ・水道水（city Water）=200 m^3 /h

2) 既設の廃水処理設備（添付設計図 DS-CD-15-01 参照）

大別し、次の3系統からなる。

- (a) 空気源設備から排出される廃水：油水分離器で処理される。
- (b) 酸洗廃水：中和処理し、そのまま公共下水道へ放流される。
- (c) 電気炉の冷却水は冷却塔を通して循環使用される。
- (d) 上記以外の廃水は、簡易油水分離器と沈殿槽を通して公共下水道へ排出されている。

3) 排水の課徴金

- ・工場から排出される廃水1 m^3 当たり=0.36 エジプトポンド
- ・1ヶ月の廃水排出税=168 千エジプトポンド

(4) 工場廃水調査

- 1) 工場内の5ヶ所で、1昼夜にわたり6時間ごとに廃水量を測定した。
- 2) 同上箇所ですべて主要水質項目（pH、電気伝導度、濁度、塩分濃度、水温）を現場計器で、COD_{Mn}をパックテストで1昼夜にわたり6時間ごとに測定した。
- 3) また、上記以外の主要排水規制項目9項目（COD_{Cr}を含む）について、1昼夜6時間ごとに採水したコンポジットサンプルを用いて分析した。
分析結果は、添付表 9.1-1 「Wastewater Qualities Analysis Data」参照。

9.1.2 概念設計

(1) 処理対象廃水の水量、水質

工場廃水の中からデモンストレーションプラント（候補）で処理する廃水の候補として、空気源設備から排出される廃水を選んだ。

この廃水の廃水量、水質および処理水質を表9.1-1に示す。

添付図 9.1-1 DWG NO. DS-CD-15-01

「SCHEMATIC DIADRAM OF WASTE WATER FLOW」参照。

表 9.1-1 処理対象廃水の水量および水質

項目	計画値		
	空気源設備からの廃水		ナイル川放流水質基準
廃水量 [m ³ /h]	最大 120		—
廃水水質項目	廃水	処理水	—
pH	6-7	6-9	6-9
COD [mg/L]	30	15	30
BOD [mg/L]	20	10	20
浮遊物質 [mg/L]	200	2	30
油分 [mg/L]	1,000	5	5

処理水の水質は再利用できる水質とし、エジプト国の廃水放流基準「Law No.48/82 Underground Reservoir & Nile Branches / Canals」を満足するものである。

(2) 処理システム

処理システムは、次の処理装置で構成される。

添付図 9.1-2 DWG.NO. DS-CD-15-01 BLOCK FLOW DIAGRAM OF W.W.T.

添付図 9.1.3 DWG.NO. DS-CD-15-03 CONCEPTUAL DESIGN OF W.W.T.参照。

1) 重力式油水分離装置（API式）

廃水中の油分を水と油の比重差で分離・除去する。分離した油は回収し、燃料などに利用する。

2)凝集沈殿装置

凝集剤を添加して廃水中の浮遊物質 (SS)をフロックにして沈殿分離する。

凝集沈殿装置は、凝集槽－沈殿分離槽と薬注装置からなる。

3)砂ろ過装置

砂・アンストラサイト (無煙炭) をろ材としたろ過器により、浮遊物質をさらに除去する。

砂ろ過装置は、ろ過槽と逆洗装置 (ポンプ、フロア、水槽) からなる。

4)汚泥処理装置

凝集沈殿装置、ろ過装置で除去された浮遊物はスラッジとして排出されるので、脱水固化化し減容する汚泥処理設備を設ける。汚泥処理装置は、シックナーと遠心分離機、薬注装置からなる。

(3) 配置計画図

添付図 9.1-4 DWG NO. DS-CD-12-01

CONCEPTUAL DESIGN OF W.W.T. DEMONSTRATION PLANT 参照。

所要面積は、30m x 52m (1,560m²) である。

(4) 概算建設費

廃水処理設備の概算建設費を表 9.1-2 に示す。

表 9.1-2 概算建設費

項目	日本調達費用 (千円)	現地支払い費用	
		エジプト通貨 (千 LE)	日本円 (千円)
1. 機材調達			
(1) 機械類	101,030		
(2) 電気計装品	49,224		
(3) 梱包・海上輸送費	28,800		
小計	179,054		
2. 現場工事費			
(1) 土木工事		1,114	
(2) 据付、配管、塗装工 事		812	
(3) 電気計装工事		660	
(4) 試運転		7	
小計		2,593	88,150
3. 間接費			
(1) 諸経費		648	22,040
(2) 工事管理経費		294	10,000
合計		日本円として 299,210 千円	

注 1. 換算レート： 1 LE (エジプトポンド) = 34 円

注 2. 間接費諸経費は、現場工事費の 25%とした。

注 3. 日本人コンサルタントの人的費は含まない。

注4. 関税、現地工事に係る税金は含んでいない。

(5) 廃水処理に係る改善案の提言

1) 日常の運転管理による水質改善

[現状]

工場内の排水溝、放流溝を流れる廃水は外観からも浮遊物、油分などの混入が見られる。

[改善案]

(a) 廃水の定時監視

廃水および処理水の外観（色、透明度、臭い、浮遊物の有無など）を定期的に監視し、異常があれば適切な措置を講じること。

(b) 排水溝は溜まった堆積泥、ごみ、浮遊物など、定期的に除去すること。

(c) 中和設備に設置されているpHメーターの電極は、毎週1回、清掃し検量すること。

(d) 廃水源ごとの適正使用水量の把握と使用水量の削減

[期待される効果]

公共下水への汚濁負荷が軽減される。また、使用水量の削減により電気、用水、廃水にかかる費用の削減が可能となる。

2) 廃水処理装置の設置

現在、Mastorod Drainage 運河へ放流している廃水は、下記の処理設備を設置することにより処理水を工業用水として再利用可能となり、公共下水への廃水をなくすることも可能である。ただし、費用対効果の検討が必要である。

(a) API オイルセパレーター、集油ピット：油分の除去

(b) 凝集沈殿装置：浮遊物、微量油分、色度の除去

(c) 砂ろ過装置：微量の浮遊物、油分の除去

(d) 軟水装置：スケール発生のもとになる硬度成分の除去

(6) プロセスなどの改善案の提言

現状、好ましい作業環境とはいえず、生産設備、用役設備などの環境面に関する簡易な改善案を下記に示す。

1) 公害防止対策

(a) 電気炉からの粉塵対策

(b) 大気汚染防止の検討

(c) 漏油対策

2) 運転・保守管理

(a) 適正な保守点検作業の実施

(b) 工場内の清掃、整理・整頓

9.2 EGYPTIAN FERROALLOYS CO. (EF)

9.2.1 工場調査

(1) 工場概要

1) 住所： 本社 33 Kasr El Nil Str. Cairo

工場 City of Edfu

2) 創立：1970年代の中頃

Ferro-Silicon の生産開始は1986年である。

3) 資本金： 100百万エジプトポンド

4) 年間売上： 130百万エジプトポンド

5) 従業員数： 1,570人

6) 主要製品： Ferro-Silicon (年間 50,000トン)

副産物として Silica-Fume (年間 15,000-18,000トン)

7) 持株会社： Holding Company for Metallurgical Industries (HCMI)

8) 敷地(建物)面積： 149千m² (45千m²)

(2) 環境の現況

1) 水質汚濁

(a) トランス設備から廃水に油膜が見られる。

(b) 大量の水をナイル川から取水しており、冷却設備が不足しているため、冷却水の大半は循環使用されことなく放流している。

(c) 浮遊物による汚濁が予想される破碎石英の洗浄廃水は、調査期間中、稼動されなかったため、確認(採水・分析)できなかった。

(d) ナイル川への放流水は、外観上、クリーンであった。

2) 大気汚染

(a) ろ過機により粉塵の捕集が行われているが、大気の規制値をやや越えているようである。

(b) 運転条件によっては、排気ガスの温度がダスト袋の安全温度(160℃)をときどき越えている。

(c) 屋外の資材置き場には何ら対策がないため、粉塵の飛散が起こっている。

3) 労働環境

電気炉周辺は有害ガスが発生している高温の作業環境にあり、作業手順、防護措置など緊急の改善が必要であろう。

(3) 工場廃水調査

工場廃水調査を1999年9月21日、22日に実施した。主な調査結果を以下に示す。

1) 用水

・水源： ナイル川

2) 取水量： 1,900 m³/h (うち冷却設備 1,450m³/h)

年間 16.32 百万m³

3) 既設の廃水処理設備

添付図 9.2-1 DWG. NO. EF-CD-15-01

SCHEMATIC DIAGRAM FOR WASTE WATER FLOW 参照。

(a) 電気炉の冷却水：4 基ある電気炉うち No.1 & No.2 は一過式で、直接ナイル川へ放流されている。NO.3 & No.4 の電気炉の冷却水は、冷却塔一過設備を通して循環使用している。

(b) トランス設備、粉碎石英洗浄、空気源設備、ワークショップで使用された廃水は、循環再使用されている。

(c) 生活系の水はナイル川の水を飲料水設備で処理・配水されている。生活廃水は風乾床へ送り、蒸発・地下浸透させている。

4) 排水の課徴金

(a) 排水 1 m³ 当たり = 0.0025 エジプトポンド

(b) 年間支払額： 22,500 エジプトポンド

(4) 廃水の水量、水質

1) 工場内の 8ヶ所で、1 昼夜 6 時間ごとに廃水量を測定した (ただし、1ヶ所は測定不可)。

2) 同上箇所主要水質項目 (pH、電気伝導度、濁度、塩分濃度、水温) を現場計器で、COD_{Mn} をパックテストで、1 昼夜 6 時間ごとに測定した。

3) また、上記以外の主要排水規制項目 14 項目 (COD_{Cr} を含む) について、1 昼夜にわたり 6 時間ごとに採水したコンジットサンプルを用いて分析した。

分析結果は、添付表 9.2-1 Wastewater Qualities Analysis Data 参照。

9.2.2 概念設計

(1) 対象とする廃水の水量、水質

工場廃水の中からデモンストレーションプラント (候補) で処理する廃水の候補として、空気源設備から排出される廃水を選んだ。

この廃水の廃水量、水質および処理水質を表 9.2-1 に示す。処理水の水質目標は、エジプト国の廃水放流基準 (Law No.48/82 - Underground Reservoir & Nile Branches / Canals) とした。

表 9.2-1 処理対象廃水の水量および水質

項目	計画値		
	トランス設備、石英洗浄設備、 空気源設備および ワークショップからの廃水		廃水放流 水質基準 Law48/82
廃水量 [m ³ /h]	最大 260		—
廃水水質項目	廃水	処理水	—
p-H [mg/l]	6.5-8	7-8	6-9
COD [mg/l]	3-30	<30	30
BOD [mg/l]	<5	<5	20
浮遊物質 [mg/l]	30-700	10	30
油分 [mg/l]	0-20	<2	5
SiO ₂ [mg/l]	30	<10	—
水温 [°C]	20-35	20-35	<35

(2) 処理システム

廃水の水質が比較的良好なため、処理システムは単純である。

添付図 9.2-2 DWG NO. EF-CD-15-03

「SCHEMATIC FLOW DIAGRAM FOR W.W.T. DEMONSTRATION PLANT」参照。

1) 凝集沈殿装置

(a)機能

廃水中の浮遊物質を除去するため、凝集剤を添加してフロックを形成、沈殿分離する。

凝集の際に少量の油分もフロックに吸着し、除去される。

(b)装置構成

凝集槽、沈殿槽、薬注装置（タンク、攪拌機、定量ポンプ）からなる。

2) 砂ろ過装置

(a)機能

凝集沈殿処理水中の浮遊物質をさらに除去する。

ろ過水は、工場の用水循環系へ戻し再利用する。

ろ材は1日1回程度、水と空気で洗浄し、洗浄廃水は汚泥処理装置で処理する。

(b)装置構成

ろ過器、洗浄装置（ポンプ、ブロー、水槽）からなる。

3) 汚泥処理装置

(a)機能

凝集沈殿装置からの汚泥、ろ過器の洗浄廃水を濃縮、脱水・固形化する。

脱水効率、ろ液の清澄度を改善するため凝集剤を添加する。

(b)装置構成

シクナー、遠心脱水機、薬注装置（タンク、攪拌機、定量ポンプ）からなる。

(3) 配置計画図

添付図 9.2-3 DWG No. EF-CD-12-02 「PLOT PLAN FOR CONCEPTUAL DESIGN
OF W.W.T. DEMONSTRATION PLANT 参照。

所要面積は 40m x 42m (1,680m²) である。

(4) 概算建設費

廃水処理設備の概算建設費を表 9.2-2 に示す。

表 9.2-2 概算建設費

項目	日本調達費用 (千円)	現地支払い費用	
		エジプト通貨 (千 LE)	日本円 (千円)
1. 機材調達費			
(1) 機械類	105,000		
(2) 電気計装品	57,100		
(3) 梱包・海上輸送費	22,400		
小計	184,800		
2. 現場工事費			
(1) 土木工事		1,608	
(2) 据付、配管、塗装工 事		1,134	
(3) 電気計装工事		536	
(4) 試運転		6	
小計		3,284	111,670
3. 間接費			
(1) 諸経費		821	27,920
(2) 工事管理経費		294	10,000
合計			日本円として 334,390 千円

注 1. 換算レート： 1LE (エジプトポンド) = 34 円

注 2. 間接費諸経費は、現場工事費の 25% とした。

注 3. 日本人コンサルタントの人件費は含まない。

注 4. 関税、現地工事に係る税金は含んでいない。

(5) 廃水処理に係る改善案の提言

1) 漏油対策

[現状]

トランス設備からの廃水中に油が混入していた。

[改善案]

(a) 本来、油が流れ出るところではないので、処理対策を考える前に、まず油の混入の原因を究明する必要がある。

(b) 油が混入するトランス設備の廃水は、他の廃水 (空気源設備、石英洗浄設備) から分離し、油水

分離装置で油水分離すべきである。

[期待される効果]

廃水中の油分が除去され、ナイル川への油分負荷が軽減される。

3) 冷却水対策

[現状]

電気炉 (NO.1&No.2) の冷却水は、一過式でそのままナイル川へ放流している。

[改善案]

冷却塔を設置して循環使用する。

[期待される効果]

ナイル川からの取水量・排水量を大幅に削減することができる。

取水に要する電力費、排水に対する課徴金が軽減できる。

(6) プロセスなどの改善案の提言

1) 全般

廃水の水質を考慮して、廃水系統の分離・統合について再検討する。その結果、適切でかつ容易な廃水処理運転管理が可能になる。

2) 生産プロセス

下記の作業環境改善が望ましい。

- (a) シリカの粉塵発生について検討し、対策をとる必要がある。
- (b) 運転条件により起こる排ガスの温度上昇対策が必要である。

3) ユテリティ設備

下記の対策をとることにより、ナイル川への放流水の水量、水質改善され、汚濁負荷が削減できる。

- (a) 冷却水ポンプ回りに漏れる油を集めるピットを設置する。
- (b) 廃水に混入する油の発生源を調べ、削減対策を検討する。
- (c) ナイル川からの取水量の削減、放流水の削減の検討が望まれる。

9.3 EL NASR CO. FOR STEEL PIPES AND FITTINGS (NSP)

9.3.1 工場調査

(1) 工場概要

- 1) 住所： Ain Helwan, Box 6, Helwan
- 2) 資本金： 90 百万エジプトポンド
- 3) 年間売上額： 172 百万エジプトポンド
- 4) 従業員数： 2,632 人
- 5) 主要製品： ・長軸溶接管 (0.5"–4") ・白ガス管 (0.5"–4")
・スパイラル管 (6"–60")
・継手 (0.5"–4")
・内外エポキシコーティング
- 6) 敷地 (建物) 面積： 570,000m²
・溶接管工場 97,987m²
・スパイラル管工場 91,034m²
・鍛造工場 80,875m²
- 7) 持株会社： Holding Company for Metallurgical Industries (HCMI)

(2) 環境の現況

Helwan 工業地帯に立地し、工場廃水は規制の緩い公共下水道へ放流されている。そのため放流水の水質管理はほとんど行われておらず、下記のような問題がある。

- ・廃水中の油が除去・回収されず、公共下水道へ排出されている。
- ・酸洗設備から排出される Flux を含む酸性廃水が、不完全の中和処理のまま、公共下水道へ放流されている。

(3) 工場廃水処理の現況

1) 用水源

- (a) Helwan 浄水場から送られてくる市水を工業用水として使用している。

使用量は 3,900m³/d である。

- (b) 工場の全工業用水の約 40% を循環再利用している。

- (c) 用水の 1 m³あたりの単価=0.6 エジプトポンド (LE)

用水代金 = 1 日 2,340 LE = 854,100 LE

2) 既設の廃水処理設備

主要な廃水系統は次の通り。

添付図 9.3-1 DWG NO. ST-CD-15-01

「SCHEMATIC DIAGRAM OF EXISTING WASTEWATER FLOW」参照。

- (a) 酸洗設備 (HCl 使用) からの酸性廃水は、消石灰による中和設備で中和した後、公共下水道へ放流される。
- (b) 冷却水はスケールピットで固形物を沈殿させ、オイルセパレーターで油分を浮上分離した後、冷却塔を通して循環再利用される。しかし、オイルセパレーターで分離した油を含むスキミング水は、そのまま公共下水道へ放流されている。
- (c) 生活廃水を含む鍛造工場の廃水は、簡易なピットを通して下水へ放流される。
- (d) 主工場から道路を隔てたスパイラル管工場、コーティング工場の廃水は、集水ピットを経て公共下水道へ放流される。この下水管には上流から軍関係工場の廃水が流れ込んでいる。

(4) 廃水の水量、水質

- 1) 工場内の 5ヶ所で、1 昼夜にわたり 6 時間ごとに廃水量を測定した。
- 2) 同上箇所で主要水質項目 (pH、電気伝導度、濁度、塩分濃度、水温) を現場計器で、 COD_{Mn} をパクテストで、1 昼夜にわたり 6 時間ごとに測定した。
- 3) また、上記以外の主要排水規制項目 16 項目 (COD_{Cr} を含む) について、1 昼夜にわたり 6 時間ごとに採水したコンポジットサンプルを用いて分析した。

分析結果は、添付表 9.3-1 Wastewater Qualities Analysis Data 参照。

9.3.2 概念設計

(1) デモンストレーションプラント (候補) の概念設計基準

工場廃水の中からデモンストレーションプラントで処理する廃水の候補として、次の廃水を選んだ。

- ・ 中和設備で中和された酸洗廃水と
- ・ オイルセパレーターでスキミングした含油廃水

この廃水の廃水量、水質および処理水質を表 9.3-1 に示す。

処理水の水質目標は、エジプト国の廃水放流基準 (Law No.48/82 Underground Reservoir & Nile Branches / Canals) とした。

表 9.3-1 処理対象廃水の水量および水質

項目	計画値			
	油水分離装置のスキミング水	酸洗廃水の中和処理水	処理水	廃水放流水質基準 Law48/82
廃水量 [m ³ /h]	Max. 30	Max. 70	100	—
廃水水質項目				—
pH [mg/l]	7-8	6.5-8	6.5-8.5	6-9
COD [mg/l]	194	200	30	30
BOD [mg/l]	90	100	20	20
浮遊物質 [mg/l]	174	200	20	30
油分 [mg/l]	6,985	5	1	5
Pb [mg/l]	0.03	<0.05	<0.05	—
Zn [mg/l]	Nil	27	<1	1
水温 [°C]	27.9	27	20-35	<35

(2) 処理システム

処理システムは次の処理装置で構成される。

添付図 9.3-2 DWG NO. ST-CD-15-03

[BLOCK FLOW DIAGRAM OF W.W.T. DEMONSTRATION PLANT]

添付図 9.3-3 DWG. NO. ST-CD-15-04

[CONCEPTUAL DESIGN FOR SCHEMATIC DIAGRAM OF WASTE WATER]

1) 前処理

(a) 油水分離装置

既設油水分離装置のスキミング水中の油を重力分離する。

(b) 調整槽

水量、水質の異なる廃水を調整槽に貯留し、空気攪拌を行って均質化を図る。

2) 一次処理：凝集沈殿装置

廃水中の浮遊物、微量油分を凝集剤添加によりフロック（凝集体）をつくり、沈殿分離する。凝集沈殿装置は、凝集槽—沈殿槽、薬注設備からなる。

3) 二次処理：活性汚泥装置（生物処理）

微生物を用いて廃水中の有機物を酸化分解し、除去する。活性汚泥装置は、ばっ気槽、沈殿槽、薬注装置、空気供給装置からなる。

4) 高度処理：砂ろ過装置

活性汚泥装置の沈殿槽をキャリーオーバーした細かいフロックを除去するろ過装置を設置する。ろ過装置はろ過機と逆洗装置（ポンプ、フロア、水槽）からなる。

5) 汚泥処理装置

凝集沈殿装置、活性汚泥装置、砂ろ過装置から発生するスラッジは、浮遊物の濃度が低く、量が

多いので、濃縮・脱水固形化する。汚泥処理装置は、シックナー（沈降濃縮装置）、遠心分離機、薬注設備からなる。

(3) 配置計画図

添付図 9.3-4 DWG NO. ST-CD-12-02

「PLOT PLAN FOR CONCEPTUAL DESIGN OF W.W.T. DEMONSTRATION PLANT」

参照。

所要面積は 40m x 40m (1,600m²) である。

(4) 概算建設費

廃水処理設備の概算建設費を表 9.3-2 に示す。

表 9.3-2 概算建設費

項目	日本調達費用 (千円)	現地支払い費用	
		エジプト通貨 (千 LE)	日本円 (千円)
1. 機材調達費			
(1)機械類	105,000		
(2)電気計装品	78,000		
(3)梱包・海上輸送費	24,000		
小計	207,000		
2. 現場工事費			
(1)土木工事		1,349	
(2)据付、配管、塗装工事		976	
(3)電気計装工事		719	
(4)試運転		7	
小計		3,051	103,740
3. 間接費			
(1)諸経費		763	25,940
(2)工事管理経費		294	10,000
合計		日本円として 346,680 千円	

注1：換算レート： 1 LE (エジプトポンド) = 34 円

注2：間接費諸経費は、現場工事費の 25%とした。

注3：日本人コンサルタントの人件費は含まない。

注4：関税、現地工事に係る税金は含んでいない。

(5) 廃水処理に係る改善案の提言

1) オイルセパレーターのシステム改善

[現状]

循環冷却水を処理するオイルセパレーターで浮上分離して油分を、スキミングパイプで除去しそのまま下水へ放流している。

[改善案]

- (a) 越流堰のレベルを調整し、偏りなく越流するようにすること。
- (b) オイルセパレーターのスキミングパイプのレベルは一定に調節し、偏りなくスキミングができるようにすること。
- (c) オイルセパレーターでは、浮上分離した油を定期的に、効果的にスキミングすること。現状は、スキミングされるのは水ばかりで、油分が少ない。
- (d) 廃油タンクを設けスキミングした油水を貯留静置する。浮上分離した油は回収し、燃料などに再利用する。下層に溜った廃水は再処理または下水へ放流する。

[期待される効果]

- (a) 公共下水へ放流される油量は大幅に削減される。従って、下水処理場では油分による悪影響がなくなる。
- (b) 回収した油を燃料の一部に利用できる。

2) ベルトオイルスキマーの設置

冷却廃水をオイルセパレーターに送る前のスケールピットで、大量の油膜が見られる。ピットが深いので、垂直式の自動ベルトオイルスキマーを設置し、連続的に油を除去することが望ましい。これによりオイルセパレーターへの油分負荷が軽減される。

3) 酸洗廃水中和装置

[現状]

適切な中和処理が行われているとはいえず、強酸性廃水が下水へ放流されていることがある。設備が老朽化しており、計器 (pH) メーターも正しく作動していない。

[改善案]

- (a) 中和装置の pH メーターの電極は、正常品と取替える。
- (b) 電極は、毎日洗浄し、週 1 回以上検量すること。
- (c) 中和が適正に行われているか (消石灰が適正に注入されているか) は、廃水の色で判断できるので、運転中は 1 時間に 1 回以上見回ること。
 - ・ 廃水 pH < 3 : ほとんど透明
 - ・ pH 3-8 : 深緑色 (2 価の鉄)
 - ・ pH > 8 : 茶色 (3 価の鉄)

[期待される効果]

適切な運転が行われ、常に放流基準を満足する中和廃水の放流が可能となる。

3) ルーチンワーク

[現状]

廃水の管理 (量、質、ユテリティなど) はほとんどされていない。

[改善案]

- (a) 流入廃水および処理水の外観 (色、透明度、臭い、浮遊物など) を定期的に監視し、

異常が発見されたら、直ちに対処する。

(b) 廃水溝などに堆積した汚泥、浮遊ごみなどは、定期的に除去すること。

(c) 廃水源における適正使用水量の把握、削減の可能性検討

[期待される効果]

放流水質の改善、廃水量の削減による放流汚濁負荷が削減される。

廃水管理意識の向上により、工場全体の環境改善が期待できる。

(6) プロセスなどに係る簡易な提言

廃水の汚濁負荷が軽減されるとともに、クーラントなどの消費量、コストの削減になる。

1) 油の廃水系への混入の防止

2) クーラントの消費量削減

クーラント油の循環使用システムの採用 (4"-8"ERW old line)

3) 酸洗液交換時の塩酸、フラックスの収集と業者への引き渡し

9.3.3 基本設計

(1) 概念設計との相違

概念設計に対してエジプト国側より、次の2点から現実的でない設計であるとの指摘があった。

(a) 処理対象廃水が、工場から排出されている廃水の半分程度である。

(b) 処理水質が現状とかけはなれた厳しいナイル川放流基準を採用している。

基本設計では、このエジプト国側の要望を入れて全廃水を対象とする廃水処理設備の基本設計を行うことにした (基本設計=Recommendable Wastewater Treating Plant)。

(2) 基本設計条件

基本設計条件は次の通り。

1) 対象廃水

下記の4廃水を集めて処理する。

(a) RW-1: ピットAの出口 (中和装置処理廃水+鍛造工場の生活廃水)

(b) RW-2: オイルセパレーターのスキミング水

(c) RW-3: ピットBの出口 (生活廃水を含む鍛造工場廃水)

(d) RW-4: 集水ピット出口 (スパイラル管工場、コーティング工場廃水)

2) 前提条件

(a) 既設の廃水処理設備は、最初の、あるいは改造後の設計通りにメンテナンス、あるいは修理されるものとする。

(b) 廃水処理設備の管理組織を確立し、責任ある管理者の下で常に、廃水処理装置が適正に運転

されるものとする。

(c) 定時巡回監視、定期的なメンテナンスが適正に行われること。

3) 処理対象の廃水量と水質

処理対象の廃水量、廃水水質を表 9.3-3 に示す。追加廃水調査の水質分析結果を、添付表 9.3-2(1/2)、(2/2) に示す。

なお、RW-3 の水質は調査時に廃水が流れていなかったため、RW-4 と同じものと仮定した。

4) 処理水の目標値

NSP 工場ではエジプト国の廃水放流基準 (Law93/62 Discharge to Sewer System) が適用されている。この基準では、例えば BOD<400mg/l、S S<500mg/l、油分<100mg/l など非常に緩やかなもので、上記の廃水で基準を越えるのは、RW-2 の油分だけである。そこで将来の規制強化を想定して、Law48/82 Non Potable Surface Water (Industrial) を適用するものとし、これを処理目標とする (添付表 9-1 参照)。

表 9.3-3 処理対象廃水の水量と水質

	RW-1	RW-2	RW-3	RW-4	処理水	Law48/82
流量 最大 [m ³ /h]	50	40	10	150	125	—
平均 [m ³ /h]	40	30	5	50	100	—
pH [—]	2—7	7—8	6.5—8	6.5—8	6.5—8	6—9
BOD [mg/L]	100	100	30	30	<30	60
COD [mg/L]	200	200	80	80	<80	100
S [mg/L]	250	200	50	50	10	60
油分 [mg/L]	5	1,000	5	5	2	10
TDS [mg/L]	5,800	400	390	390	—	2,000
水温 [°C]	25—35	25—35	25—35	25—35	20—35	35

[注]処理水量は No.1WWT と No.2WWT の合計

(3) 処理システム

1) 処理系統

スパイラル管工場・コーティング工場は公共道路を挟んで離れているため、専用の処理設備 (No.2W.W.T.) を設ける。ここで処理した廃水は既設の公共下水道へ放流する。ろ過装置の逆洗廃水だけを本廃水処理装置 (No.1W.W.T.) へ送り、他の廃水と合わせて処理する。

2) 処理設備

添付図 9.3-5 DWG NO. SP-BD-15-01

[PROCESS FLOW DIAGRAM FOR W.W.T. DEMONSTRATION PLANT(1/2)]

添付図 9.5-6 DWG. NO. SP=BD-15-02

[PROCESS FLOW DIAGRAM FOR W.W.T. DEMONSTRATION PLANT(2/2)]

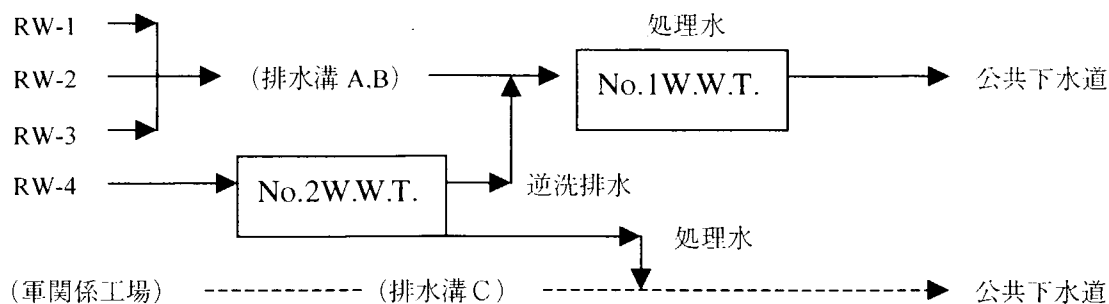


図 9.3-1 主廃水系統図

(a) 一次処理

(a-1)中和装置

- ・ RW-1 廃水（既設中和装置で適切に中和が行われない可能性があるため）に消石灰を添加して中和する。
- ・ 中和装置は中和槽と薬品注入設備からなる。

(a-2)油水分離装置

RW-2 廃水の油分を比重差で分離除去する重力式 API オイルセパレーターを設置する。除去した油は燃料などに再利用する。油水分離装置は、油水分離槽と油回収タンクなどからなる。

(a-3)砂ろ過装置

道路を挟んで離れたスパイラル管工場の RW-4 廃水に対して、廃水中の浮遊物、微量油分を除去する砂ろ過装置を設置、処理する。

- ・ ろ過水はそのまま下水へ放流し、洗浄廃水のみ NO.1W.W.T.へ送り処理する。
- ・ 砂ろ過装置は砂ろ過槽と逆洗装置、逆洗廃水を No.1W.W.T.へ送る水槽、ポンプからなる。

(a-4)調整槽

流量、水質の異なる上記の 3 廃水と RW-3 廃水を貯留し、空気で攪拌して水質の均等化を図る調整槽を設ける。

- ・ 調整槽は、他に空気供給装置（ブロア、散気管）を設ける。

(b) 二次処理（活性汚泥装置）

調整槽で流量・水質を調整した廃水中の有機物を、好気性の微生物を用いて酸化・分解し除去する活性汚泥装置を設置する。

- ・ 活性汚泥装置は、ばっ気槽と沈殿槽、薬注設備からなる。

(c) 高度処理（砂ろ過装置）

活性汚泥装置沈殿槽上澄水中の浮遊物を除去し、清澄な処理水を得る。

- ・ 複数の砂ろ過槽と逆洗装置（ポンプ、ブロア、水槽）からなる。

(d) 汚泥処理装置

・複数の砂ろ過槽と逆洗装置（ポンプ、ブロー、水槽）からなる。

(d) 汚泥処理装置

活性汚泥装置、砂ろ過装置で発生するスラッジは固形物濃度が薄いので、濃縮する沈降濃縮槽（シックナー）、固形減容化する遠心分離機を設ける。薬品を注入する薬注設備（貯槽、ポンプ）が必要である。

(4) 配置計画図

1) 建設予定地

添付図 9.3-7 SP-BD-12-00 「LOCATION OF WASTEWATER TREATMENT PLANT」

2) 配置図

(a) No.1W.W.T.

添付図 9.3-8 DWG No. SP-BD-12-01

「PLOT PLAN FOR NO.1 W.W.T. RECOMMENDATION PLANT」参照

所要面積は 58m x 55m (3,190m²)

なお、敷地内には計器室 (7m x 14m = 98m²) が含まれている。

(b) No.2W.W.T.

添付図 9.3-9 DWG No. SP-BD-12-02

「PLOT PLAN FOR NO.2 W.W.T. RECOMMENDATION PLANT」参照

所要面積は 25m x 16m (400m²)

(5) 主要機器、計器など

1) 主要機器概略図

本設備を構成する主要な機器について、概略外形図を作成した（別冊、設計図書参照）。

2) 機器、計器リスト

本設備に含まれる機器、計器を下記のリストに示す（別冊、設計図書参照）。

- ・ Equipment List SP-BD-L-01 (1/2) (2/2)
- ・ Instrument List SP-BD-L-02 (1/4) - (4/4)
- ・ Motor List SP-BD-60L- (1/3) - (3/3)

3) 運転管理室 (Control Room) 概略図

中央計器盤、電気室、ミニラボ、倉庫、運転員控室、トイレなどを設けた。

(6) 電気設備設計

1) 電気設備

運転管理室内電気室に受電盤、MCCを設け、最寄電気室から一次電源の供給を受け、廃水処理設備の動力、制御・信号、照明用に電力を供給する。

電源引き込み計画、動力配線計画（単線結線図）を作成した（別冊、設計図書参照）。

- ・ Configuration of Electrical & Instrumentation System
- ・ DWG No. SP-BD-60-001～003

Single Line Diagram 380V Motor Control Board

2) 計装設備

運転管理室内に中央制御盤を設け、廃水処理装置の自動制御、指示・記録・警報など集中管理を行う（一部は現場のみ）。調節弁の制御は空気圧縮機から供給される空気で行う。

(7) 建設工事工程（標準）

デモンストラーションプラント建設の標準工程を作成した（添付表 9-2 参照）。

「Overall Schedule for Implementation of Demonstration Plant (Preliminary)」

(8) 概算建設費

概算工事費の集計結果を表 9.3-4 に示す（詳細は、添付表 9.3-3 参照）。

「ESTIMATION COST FOR EL NASR CO. for STEEL PIPES and FITTINGS」

表 9.3-4 概算建設費

項目	円支払い分 [千円]	LE 支払い分 [千 LE]	合計
1. 直接費			
(1)資機材調達費	173,300	0	
(2)現場工事費	0	5,071	
小計	173,300	5,071	
2. 間接費 計	28,100	3,349	—
1 + 2 合計	201,400	8,420	
合計 [千円]	201,400	286,300	487,700
合計 [千 LE]	5,923	8,420	14,343

注： 換算レート 1LE=34 円

(9) 維持管理費

本設備の年間の維持管理費を表 9.3-5 に示す。詳細については、別冊、設計図書の下記資料を参照のこと。

- ・ Running Cost—EL NASR CO. FOR STEEL PIPES & FITTINGS
- ・ Power Consumption （動力消費量）

表 9.3-5 年間維持管理費

	消費量 [/h]	単 価 [LE/]	金 額	
			[LE/年]	[LE/m ³]
1. 薬品代	—	—	240,705	0.717
2. ろ 材	—	—	17,820	0.029
3. 電気代 [kw]	2,120	0.12	83,952	0.138
4. 水道代 [m ³]	50	0.7	11,550	0.019
5. 運転員人件費	—	—	160,000	0.262
6. 補修費、消耗品*	—	—	352,940	0.579
合 計			866,967	1.74

注) *印：プラントの建設費（4億円として）の3%

換算レート：1LE=34円

(10) その他

基本設計では次の資料を作成し、別冊設計図書に添付した。

- ・ 基本設計検討書
- ・ 基本設計計算書

(11) 特記事項

本基本設計図書は、将来の廃水処理設備設計の参考資料として有用である。しかし、設計に用いた設計条件等は十分とはいえないため、この概念設計、基本設計資料に基づいて設計、建設された設備であっても、調査団はその設備の性能を保証するものではない。

9.4 MANSOURA CO. FOR RESINS AND CHEMICALS

9.4.1 工場調査

(1) 工場概要

- 1) 住所： Sandoob, El Mansoura
- 2) 資本金： 21,095,559 エジプトポンド (LE)
- 3) 年間売上額； 15,689,222 エジプトポンド (LE)
- 4) 従業員： 350 人
- 5) 主要製品： 樹脂原料、加工製品
 - ・ホルムアルデヒド
 - ・フェノール樹脂、尿素樹脂
- 6) 主原料： メタノール、フェノール、尿素
- 7) 敷地（建設）面積： ——
- 8) 持株会社： Holding Company for Mining and Refractories (HCMR)

(2) 環境の現況

1) 大気汚染（労働環境）

老朽化した生産プロセス（30年以上前に住友ベークライト（株）の技術で建設された）から発生する有害ガスに対して、特別な対策がとられているようには思えず、作業環境は好ましくない。

2) 水質汚染

反応器からフェノール、ホルムアルデヒドといった有害物質を高濃度に含む廃水が排出されており、何ら処理されずに工場外（Mansoura Sewage）へ放流されている。

プラントのほとんどは間歇運転のため常時排出される廃水は少ないが、量が少なくても高濃度の廃液が廃水中に漏れていて、汚染廃水となっている。

(3) 工場廃水処理の現状

1) 用水源

- ・ Mansoura 市の水道を直接使用している。
- ・ 使用水量は1日約 500m³（通常は 300m³）である。

2) 廃水処理設備

冷却水の一部循環再利用が行われているが、その他には特別な廃水処理設備は設置されていない。廃水の系統図を下記に示す。

添付図 9.4-1 DWG NO. RC-CD-15-01

「SCHEMATIC DIAGRAM OF WASTEWATER FLOW」参照。

(3) 工場廃水調査

- 1) 工場の廃水量、水質調査を1999年9月14日、15日、TIMSの協力を得て実施した。
- 2) 工場の廃水5ヶ所で、1昼夜6時間ごと廃水量を測定した。
- 3) 同上箇所で主要水質項目（pH、電気伝導度、濁度、塩分濃度、水温）を現場計器で、COD_{Mn}をパックテストで、1昼夜6時間ごとに測定した。
- 4) また、上記以外の主要排水規制項目11項目（COD_{Cr}を含む）について、1昼夜6時間ごとに採水したコンポジットサンプルを用いて分析した。
分析結果は添付表9.4-1「Wastewater Qualities Analysis Data」参照。
- 5) Novolak Unit 出口では、廃水量はごくわずか（1.986m³/h）であるが、高濃度のフェノール25,650mg/l、ホルムアルデヒド246mg/lが検出された。

9.4.2 概念設計

(1) デモンストレーションプラント（候補）の設計基準

処理対象として次の廃水を選んだ。

- ・プロセス廃水
- ・衛生廃水

これらの廃水の廃水量、処理水質を表 9-4-1 に示す。

処理水の水質目標は、もっとも厳しいエジプト国の廃水放流基準（Law No. 48/82 Underground Reservoir & Nile Branches/Canals）とした。

表 9.4-1 処理対象廃水の水量と水質

項目	計画値		
	プロセス廃水 衛生廃水	処理水	廃水放流 水質基準 (Law 48/82)
廃水量 [m ³ /h]	Max. 30	30	—
廃水水質項目			—
p H [mg/l]	6-7	6-9	6-9
COD [mg/l]	2,400	30	30
BOD [mg/l]	1,300	20	20
S S [mg/l]	100	1	30
油分 [mg/l]	20	1	5
フェノール [mg/l]	400	0.005	0.005
水温 [°C]	35	30	<35

(2) 処理システム

処理システムの設計を行い下記の図を作成した。

添付図 9.4-2 DWG NO. RC-CD-15-03

「BLOCK FLOW DIAGRAM OF WASTEWATER TREATMENT」

添付図 9.4-3 DWG NO. RC-CD-15-04

「CONCEPTUAL DESIGN OF WASTEWATER TREATMENT」参照。

1) 一次処理

(a) 調整槽

プロセス廃水は廃水量、水質が異なる複数の廃水が混合されたものである。さらに、この廃水に衛生廃水が加わるので、これらの廃水をいったん調整槽に貯留し、均質化して一定量ずつ処理することで、処理の安定化を図る。

(b) 凝集沈殿装置

次の生物処理を行う前に、凝集剤を添加して浮遊物、微量油分などを沈殿分離する。

凝集沈殿装置は、凝集槽＋沈殿槽と薬注装置で構成される。

2) 二次処理（活性汚泥処理）

廃水中の有機物を好気性の微生物により酸化分解し、BOD/CODを除去する。

活性汚泥装置は、ばっ気槽＋沈殿槽と薬注装置、空気供給装置で構成される。

3) 高度処理

(a) 砂ろ過装置

活性汚泥処理の沈殿槽からキャリーオーバーする浮遊物を除去した後、活性炭吸着装置へ送ることで、活性炭の目詰まり、汚れを防ぐ。

砂ろ過装置は、砂ろ過槽とろ材の洗浄装置（ポンプ、ブロア、水槽）で構成される。

(b) 活性炭吸着装置

生物処理で、放流基準のBOD/CODは満足できるが、フェノールの基準が0.005mg/l以下が満足できない。そこで活性炭により吸着して放流基準値以下とする。

活性炭吸着装置は、活性炭吸着槽と吸着剤の洗浄装置（砂ろ過装置と兼用）からなる。活性炭の吸着能力が低下すると新品の活性炭と取り替える必要がある。

(c) 塩素滅菌

処理対象廃水に衛生廃水が含まれることから、放流前の処理水に塩素を加え殺菌する。

4) 汚泥処理装置

凝集沈殿装置、活性汚泥装置から汚泥（スラッジ）が発生する。固形物濃度が低いので、汚泥濃縮槽（シクナー）で濃縮後、遠心分離機で脱水固化化する。

5) 電気計装設備

(a) 運転管理室

廃水処理設備の運転管理を行う建家を設け、中央制御盤、電気室、ミニラボ、運転員控室、トイレなどを設ける。

(b) 電気設備

運転管理室内電気室に受電盤、MCC を設け、冷延設備電気室から一次電源の供給を受け、
 廃水処理設備の動力、制御・信号、照明用に電力を供給する。

(c) 計装設備

運転管理室内に中央制御盤を設け、廃水処理装置の自動制御、指示・記録・警報など集中
 管理を行う（一部は現場のみ）。調節弁の作動は空気圧縮機から供給される空気で行う。

(3) 配置計画図

廃水処理設備の配置計画図を下記に示す。

添付図 9.4-4 DWG NO. RC-CD-12-01

「PLOT PLAN FOR CONCEPTUAL DESIGN OF W.W.T. DEMONSTRATION
 PLANT」

所要面積は、31m x 55m (=1,705m²) である。

(4) 概算建設費

廃水処理設備の概算建設費を表 9.4-2 に示す。

表 9.4-2 概算建設費

項 目	日本調達費用 (千円)	現地支払い費用	
		エジプト通貨 (千 LE)	日本円 (千円)
1. 機材調達費			
(1) 機械類	93,000		
(2) 電気計装品	62,000		
(3) 梱包・海上輸送費	18,000		
小 計	173,000		
2. 現場工事費			
(1) 土木工事		1,796	
(2) 据付、配管、塗装工 事		417	
(3) 電気計装工事		660	
(4) 試運転		7	
小 計		2,880	98,000
3. 間接費			
(1) 諸経費		720	24,480
(2) 工事管理経費		294	10,000
合 計		日本円として 305,480 千円	

注1 換算レート： 1 LE (エジプトポンド) = 34 円

注2 間接費諸経費は、現場工事費の 25% とした。

注3 日本人コンサルタントの人件費は含まない。

注4 関税、現地工事に係る税金は含んでいない。

(5) 廃水処理に係る改善案の提言

1) 高濃度廃液の分離

[現状]

樹脂製造工程のデハイドレータから排出される廃水（廃液）中には、有害な高濃度のフェノール、ホルムアルデヒドが含まれているが、他の廃水で希釈放流されている。

[改善案]

この廃液は、他の廃水と分離し別途処理する。処理法としては、燃焼法が環境への影響とエネルギーの節約の点から望ましい処理方法である。

この処理方法は、まず溶剤（例えばトリクロロエチレン）を使ってフェノールを抽出し、回収する。フェノールを回収した後の廃液は、ボイラで燃焼する。以前、廃液の焼却炉があったが、腐食が著しくて破損、現在は無いとのことであった。

[期待される効果]

放流廃水の水質が大幅に改善される。

フェノールが回収できる。

2) ルーチンワーク

[現状]

廃水の管理がほとんど行われていないため、有機物、油分を含んだ廃水が公共下水へ放流されている。

[改善案]

下記の点に留意して日常の保守点検作業を励行すること。

(a) 定時巡回時に廃水の外観（色、透明度、臭い、浮遊物など）を観て回ること。

外観に異常があれば、直ちに必要な処置を講じること。

(b) 廃水溝は定期的に清掃し、堆積した汚泥、浮遊ごみなど取り除くこと。

(c) 適切な使用水量、蒸気量を把握し、無駄をなくし、量の削減を図る。

[期待される効果]

放流水質が改善され、公共下水への汚濁負荷量が削減される。

廃水管理意識の向上により、工場環境改善が進む。

(6) 生産プロセスにかかる簡易な改善案の提言

1) 樹脂生産設備は日本の30年前の技術で建てられたもので老朽化が著しく、環境保全対策以前に工場の近代化がなされるべき設備である。

2) 原料調合工程でフェノール、ホルムアルデヒドの有害ガスが発生しており、これらの有害ガスは排ガス洗浄装置を設けて処理することが望ましい。

9.4.3 基本設計

(1) 追加廃水調査

基本設計を進める過程で、TIMS の協力を得て工場廃水の追加調査を実施した（1999年11月18日）。水質の調査結果を表9.4-3に示す。

表 9.4.-3 対象廃水の水質分析結果

項目	単位	分析値
pH	[-]	8.18
電気伝導度	[μ S/cm]	1,260
BOD	[mg/l]	985
COD	[mg/l]	30,305
フェノール	[mg/l]	480
ホルムアルデヒド	[mg/l]	80
溶解性固形分 (TDS)	[mg/l]	1,580
水温	[$^{\circ}$ C]	56.6

- ・フェノールの濃度が著しく高く、廃水というよりは廃液と呼ぶべきであろう。
また、非常に高温の廃水である。

(2) 概念設計との相違点

基本設計では、下記の点を概念設計から変更した。

1) 最大処理水量：

40m³/hとした。(概念設計=最大 30m³/h)

2) 処理水の水質目標：

エジプト国の廃水放流基準 Law 48/82 Non Potable Surface Water (Industrial) を処理目標とした。概念設計では、もっと厳しい基準 (Law 48/82 Underground Reservoir & Nile Branches / Canals) を適用した。

(3) 基本設計条件

基本設計条件は次の通り。

1) 対象廃水

- (a) プロセス廃水
- (b) 衛生廃水

2) 前提条件

- (a) 既設の廃水処理設備は、最初の、あるいは改造後の設計通りにメンテナンス、あるいは修理されるものとする。
- (b) 廃水処理設備の管理組織を確立し、責任ある管理者の下で常に、廃水処理装置が適正に運転されるものとする。

(c) 定時巡回監視、定期的なメンテナンスが適正に行われること。

3) 処理対象の廃水量と水質

処理対象の廃水量、廃水水質を表 9.4-4 に示す。

4) 処理水の目標値

MRC 工場では廃水は Mansoura Sewage へ放流しているため、Discharge to Sewer System 放流基準 (Law93/62) が適用される。これによれば、BOD 400mg/l 以下、TSS 500 mg/l 以下のように非常に緩い放流基準値である。しかし、その中で MRC 工場から排出されるフェノールについては、厳しい 0.005 mg/l 以下が規制されている。

本基本設計では、Law 48/82 Non Potable Surface Water (Industrial) を適用する。

表 9.4-4 処理対象廃水の水量と水質

項目	基本設計値		
	プロセス廃水 衛生廃水	処理水	ナイル川放流 水質基準 (Law 48/82)
廃水量 [m ³ /h]	Max. 40 Ave. 30	40 30	—
pH	6-7	6-9	6-9
COD [mg/l]	2,400	30	100
BOD [mg/l]	1,300	20	60
S S [mg/l]	100	1	60
油分 [mg/l]	20	1	10
フェノール [mg/l]	400	0.005	0.005
水温 [°C]	35	30	< 35

(4) 処理システム

概念設計と変わらないので、説明は省略する。

添付図 9.4-5 DWG NO. RC-BD-15-01

[PROCESS FLOW DIAGRAM OF W.W.T. DEMONSTRATION PLANT]

別冊、設計図書 DWG NO. RC-BD-16-01~03

[BASIC DESIGN OF WASTEWATER ENGINEERING FLOW DIAGRAM]

(5) 配置図

1) 建設予定地

添付図 9.4-6 DWG. NO. RC-BD-SK-01

[LOCATION OF RECOMMENDABLE W.W.T. PLANT]

2) 配置図

添付図 9.4-7 DWG NO. RC-BD-12-01

「BASIC DESIGN OF W.W.T. PLOT PLAN」

(6) 主要機器、計器など

1) 主要機器概略図

本設備を構成する主要な機器について、概略外形図を作成した（別冊、設計図書参照）。

2) 機器、計器リスト

本設備に含まれる機器、計器を下記のリストに示す（別冊、設計図書参照）。

(a) Equipment List RC-BD-L-01 (1/5) ~ (5/5)

(b) Instrument List SP-BD-L-02 (1/3) ~ (3/3)

(c) Motor List

3) 運転管理室 (Control Room) 概略図

(7) 電気設備計画

電源引き込み計画、動力配線計画（単線結線図）を作成した（別冊、設計図書参照）。

(a) Configuration of Electrical & Instrumentation System

(b) Single Line Diagram 380V Motor Control Board

DWG No. SP-BD-60-001-002

(8) 建設工事工程（標準）

デモンストレーションプラント建設の標準工程を作成した（添付表 9-2 参照）。

Overall Schedule for Implementation of Demonstration Plant (Preliminary)

(9) 概算建設費

概算工事費の集計結果を表 9.4-5 に示す。詳細については添付表 9.4-3 を参照のこと。

「ESTIMATION COST FOR MANSOURA CO. FOR RESINS & CHEMICALS」

表 9.4-5 概算建設費

項目	円支払い分 [千円]	LE 支払い分 [千 LE]	合計
1. 直接費			
(1) 資機材調達費	93,901	0	
(2) 現場工事費	0	2,484	
小計	93,901	2,484	
2. 間接費 計	23,500	1,704	—
1 + 2 合計	117,401	4,188	
合計 [千円]	117,401	142,400	259,801
合計 [千 LE]	3,453	4,188	7,641

(10) 維持管理費

本設備の年間の維持管理費を表 9.4-6 に示す。詳細については、別冊、設計図書の下記資料を参照のこと。

廃水 1 m³ 当たりの処理費が 5.36 エジプトポンドと高いが、その 2/3 は活性炭の費用である。

(a) Running Cost—MANSOURA CO. FOR RESINS & CHEMICALS

(b) Power Consumption (動力消費量)

表 9.4-6 年間維持管理費

	消費量 [/d]	単 価 [LE/]	金 額	
			[LE/年]	[LE/m ³]
1. 薬品代	—	—	50,763	0.214
2. ろ 材	—	—	863,359	3.634
3 . 電 気 代 [kw]	1,244	0.12	49,248	0.207
4. 水道代 [m ³]	5	0.528	871	0.004
5. 運転員人件費	—	—	40,000	0.168
6. 補修費、消耗品*	—	—	269,541	1.134
合 計			1,273,782	5.36

注) *印：プラントの建設費 (3 億円として) の 3 %

換算レート：1LE=34 円

(11) その他

基本設計において次の資料を作成し、別冊、設計図書に添付した。

- 1) 基本設計検討書
- 2) 基本設計計算書

(12) 特記事項

本基本設計図書は、将来の廃水処理設備設計の参考資料として有用である。しかし、設計に用いた設計条件等は十分とはいえないため、この概念設計、基本設計資料に基づいて設計、建設された設備であっても、調査団はその設備の性能を保証するものではない。

9.5 EGYPTIAN IRON AND STEEL CO.

9.5.1 工場調査

(1) 工場概要

工場は1954年に操業開始したエジプト最大の国営一貫製鉄所である。

- 1) 住所: El Tabbin Cairo Egypt
- 2) 資本金: 994,664 千エジプトポンド (LE)
- 3) 年間売上額: 1,089,600 千エジプトポンド (LE)
- 4) 従業員: 19,500 人
- 5) 主要製品: 各種鋼板、型钢類、
- 6) 主原料: 鉄鋼石、石灰石、ドロマオト、コールタール
- 7) 敷地 (建設) 面積: 6,485,900m² (3,900,000m²)
- 8) 持株会社: Holding Company for Metallurgical and Industrial (HCMI)

(2) 環境 (水質汚濁) の現況

工場廃水のほとんどは循環再使用している。現在、廃水に関する問題は次の2点である。

- 1) 鉄鉱石に比較的高濃度の亜鉛が含まれている。このため本来、鉄スケールを回収する廃水スラッジ中の亜鉛濃度が高く回収できない。
- 2) 酸洗設備から排出される廃硫酸の回収設備の処理能力が不足している。そのため廃酸を中和して構外の砂漠へ排出しているが、溶解性塩類の溶出が問題になっている。

(3) 工場廃水処理の現状

1) 用水源

ナイル川

2) 廃水処理設備

1997年以前は、工場で使用した廃水は何ら処理もせずそのままナイル川へ放流していた。その廃水量はおよそ60,000m³/日であった。

1994年に排水基準 Law No. 4 が制定されたこともあり、1997年に工場排水の循環再利用が実施された。大きく3つの廃水系統からなる。

添付図 9.5-1 DWG NO. IS-CD-15-01

「SCHEMATIC DIAGRAM OF EXISTING WASTEWATER FLOW」参照。

3) ラグーンとスラッジ処理

120,000m³の大きなラグーンがあり、下記廃水を受け入れ沈殿分離している。

- ・ 鍛造
- ・ シンタリングプラント廃水

・高炉のスクラバー洗浄水

ラグーンの上澄水は砂ろ過装置でろ過し、処理水は再利用される。沈殿分離したスラッジは高濃度の亜鉛を含むため、フィルタープレスで脱水した後、工場から約10km離れた東エジプト砂漠へ投棄している。

亜鉛濃度が高くなければ、スラッジ中のは鉄分を回収することができる。

4) 高炉スクラバー洗浄水の処理

スクラバー廃水は3基のクラリファイアで沈殿分離し、上澄水は循環再利用されている。沈殿したスラッジはラグーンへ排出し沈殿させているが、これが亜鉛濃度を高くしている原因になっているとのことである。現在、スラッジは直接砂漠へ送り投棄する計画を検討している。

5) 冷延工場の酸洗廃水の処理

酸洗廃水用の中和設備と廃硫酸を回収する廃酸回収設備がある。廃酸回収設備の能力不足のため、3シフト運転に対応できない。その場合は、廃硫酸は直接中和設備へ送くり、中和して砂漠へ放流している。

処理設備は旧式で、老朽化・腐食が激しく、廃水や廃液の漏洩が各所にみられる。

(4) 工場廃水調査

- 1) 工場の廃水量、水質調査を1999年9月13日、TIMSの協力を得て実施した。
- 2) 工場の廃水7ヶ所で、1昼夜6時間ごと廃水量を測定した。
- 3) 同上箇所で主要水質項目(pH、電気伝導度、濁度、塩分濃度、水温)を現場計器で、COD_{Mn}をバックテストで、1昼夜6時間ごとに測定した。
- 4) また、上記以外の主要排水規制項目14項目(COD_{Cr}を含む)について、1昼夜6時間ごとに採水したコンジットサンプルを用いて分析した。

分析結果は、添付表9.5-1「Wastewater Qualities Analysis Data」参照。

5) 廃水水質で特徴的なものは次の通り。

- (a) ラグーンから取り出した汚泥を処理するクラシファイア出口(クラリファイア入口)の亜鉛濃度が75mg/l、トリハロメタン(THM)の濃度が76.7mg/lあった。
- (b) ラグーンの上澄水をろ過器でろ過した処理水中の亜鉛濃度が136.7mg/lであった。
- (c) 酸洗廃水の中和設備では、入口のpHが2.52、処理水が11.16であった。処理水中の重金属では、鉛(Pb)、カドミウム(Cd)が基準値を超えて検出された。

9.5.2 概念設計

(1) 設計条件

1) 処理対象廃水

対象として冷延・酸洗設備から排出される酸性廃水を選んだ。現在、中和処理が不完全であるた

め、これを更新するものとする。

2) 廃水の水質

処理対象廃水の水質を表 9.5.-1 に示す。

処理水の水質目標は、エジプト国の廃水放流基準でもっとも厳しい (Law 48/82 Underground Reservoir & Nile Branches / Canals) を適用する。

表 9.5.-1 処理対象廃水の水量と水質

項目	計画値		
	酸洗設備からの酸性廃水	処理水	ナイル川放流水質基準 (Law 48/82)
廃水量 [m ³ /h]	Max. 150	150	—
pH	1-2	7-8	6-9
COD [mg/l]	200	25	30
BOD [mg/l]	—	—	20
S [mg/l]	50	20	30
油分 [mg/l]	<5	<5	5
水温 [℃]	45	45	<35

(2) 処理システム

処理システムの設計を行い、下記の図面を作成した。

・添付図 DWG NO. IS-CD-15-02

「BLOCK FLOW DIAGRAM OF W.W.T. DEMONSTRATION PLANT」

・添付図 DWG NO. IS-CD-15-03

「SCHEMATIC DIAGRAM OF W.W.T. DEMONSTRATION PLANT」

以下、フローに従い各処理装置について説明する。

1) 一次処理

(a) 中和装置

既設の中和タンクの廃水を既設ポンプで NO.1 中和槽へ送り、苛性ソーダまたは石灰を添加して 1 次中和する。次いで NO.2 中和槽に送り pH6-9 になるよう、さらに苛性ソーダまたは石灰を添加して 2 次中和を行う。中和装置は、NO.1 中和槽、NO.2 中和槽、アルカリ注入装置からなる。

(b) 酸化装置

中和した廃水を酸化槽に送り空気を吹き込んで酸化する。ここで、溶解していた鉄イオンは不溶性の水酸化鉄に酸化される。酸化装置は、酸化槽と空気供給装置からなる。

(c) 凝集沈殿装置

中和・酸化された水酸化物、石膏を含むスラリーに凝集剤を添加して凝集を促進し、沈殿分

離する。凝集沈殿装置は、凝集槽と沈殿槽、薬注装置からなる。

2) 高度処理：砂ろ過装置

凝集沈殿装置の沈殿槽の処理水に含まれる浮遊物を、さらに除去するために砂、アンスラサイト（無煙炭）からなるろ材の層を通して急速ろ過する。浮遊物で目詰りしたろ層は定期的に自動逆洗（空気、水）する。廃水は前に戻し再処理する。

ろ過装置は、複数のろ過槽と逆洗装置（ポンプ、ブロー、水槽）からなる。

3) 汚泥処理装置

凝集沈殿装置の沈殿槽で沈殿分離した汚泥は沈降濃縮槽（シックナー）濃縮した後、遠心分離機で減容・固化化する。脱水ケーキは砂漠へ投棄、ろ液は前に戻し再処理する。

汚泥処理装置は、沈降濃縮槽、遠心分離機と薬注装置からなる。

(3) 配置計画図

廃水処理設備の配置計画図を下記に示す。

添付図 9.5-4 DWG. NO. IS-CD-12-01

「PLOT PLAN FOR CONCEPTUAL DESIGN OF W.W.T. DEMONSTRATION PLANT」

所要面積は、20m x 30m（600m²）である。

(4) 概算建設費

廃水処理設備の概算建設費を表 9.5-2 に示す。

表 9.5-2 概算建設費

項目	日本調達費用 (千円)	現地支払い費用	
		エジプト通貨 (千 LE)	日本円 (千円)
1. 機材調達費			
(1) 機械類	83,000		
(2) 電気計装品	58,000		
(3) 梱包・海上輸送費	18,000		
小計	159,000		
2. 現場工事費			
(1) 土木工事		684	
(2) 据付、配管、塗装工事		697	
(3) 電気計装工事		7	
(4) 試運転			
小計		2,048	69,640
3. 間接費			
(1) 諸経費		512	17,410
(2) 工事管理経費		294	10,000
合計	日本円として 256,050 千円		

注1 換算レート： 1 LE（エジプトポンド）=34 円

注2 間接費諸経費は、現場工事費の25%とした。

注3 日本人コンサルタントの人件費は含まない。

注4 関税、現地工事に係る税金は含んでいない。

(5) 廃水処理に係る改善案の提言

1) 酸洗設備からの廃水

[現状]

酸性廃水中和設備、廃酸回収設備は、強酸性の廃水、廃液を扱う設備であり、いずれも老朽化、腐食が激しい上に、適切な保守管理が十分行われているとは思えない。また、制御機器、監視計器ともほとんど見当たらず、オペレーターの人数と経験・感に頼って運転されているようである。酸洗設備の廃硫酸を回収する設備は、処理能力不足とのことである。また、冷延設備そのものが運転を停止していることが多い。

[改善案]

(a) 設備

- ア. 老朽化、腐食の激しい機器、配管などの更新、修理の実施。
- イ. 監視計器の設置 (pH計、液面計、流量計、圧力計、温度計など)
- ウ. 廃酸回収設備の増強 (更新)

(b) ソフト面

- ア. 運転管理組織の確立
- イ. 運転マニュアルの作成と実施
- ウ. 適切なメンテナンス (予備品、消耗品の補充)
- エ. 適切な水、蒸気使用量の把握と無駄な使用量の削減
- オ. 設備周辺の清掃、整理・整頓
- カ. 安全教育

[期待される効果]

- ・処理する酸性廃水量の減少
- ・水量、蒸気量の削減=コスト削減
- ・廃水管理意識の向上と環境改善

2) その他の廃水について

ラプーンの上澄水の循環再利用設備、高炉の冷却水のクラリファイアなどの廃水処理設備があるが、基本的には上記同様な改善策を実施することが望まれる。

(6) 生産プロセスに係る改善案の提言

詳しくは10章参照。

下記の改善を行うことで、工場の稼働率が上がり生産量、品質の改善が可能となる。その結果、

生産性の向上、運転管理意識の向上が期待される。

1) 廃酸回収設備の処理能力増強

廃酸回収設備の能力不足のため冷述設備の連続運転ができないといわれており、廃酸回収設備の処理能力を増強することが急務である。

2) 酸洗槽のシール部の補修

酸洗設備の酸洗槽からの酸性ガスの揮散、廃液の漏洩がみられる。シール部分の改善が必要である。

3) 硫酸の間接加温の採用

酸洗浄効果を上げるため硫酸液の温度を70度以上になるように、蒸気を硫酸液に直接吹込み加温している。従って硫酸が希釈されるため、滞留時間は短縮され廃酸回収へ送る流量が増加し、廃酸回収設備の負荷が増大する。

間接加熱方式に替えることが望ましい。

4) 設備周辺の清掃、整理・整頓の励行

9.5.3 基本設計 (Original)

(1) 工場調査と追加水質測定

代表3工場の1つに選定されたので、概念設計を展開し基本設計を実施した。

基本設計を進めるにあたり、再度、処理対象廃水が排出される酸洗設備、中和廃水処理設備および廃酸回収設備の現地調査を実施した。

1) 追加水質分析

酸性廃水と廃硫酸を採水し、追加水質分析を実施した。水質分析の結果を表9.5-3に示す。

表 9.5-3 処理対象廃水の水質分析結果

項目	酸性廃水 Acid Wash Water	廃硫酸 Waste Acid
pH [-]	3.05	1.04
電気伝導度 [mS/cm]	3.55	100
水温 [℃]	36	56.6
濁度 [度]	6.5	260
塩分 [%]	0.	4
Fe ²⁺ [mg/l]	520	61,514
Fe ³⁺ [mg/l]	660	660
全鉄 [mg/l]	712	62,174
FeSO ₄ [mg/l]	1,232	160,000
溶解性固形分 [mg/l]	(3,242 ?)	4,240
酸度 (as H ₂ SO ₄) [%]	0.24	17

2) 工場調査

酸洗設備からの酸性廃水を中和する処理設備、および廃硫酸を回収する設備について現地調査を実施した。

- (a) 酸性廃水 (Acid Wash Water) は口径 12" (300mm) の FRP パイプの中を自然流下して 30 m³ の地下タンクに溜められる。ここに石灰ミルクを添加し、攪拌・中和した後、ポンプで 12"FRP パイプ (一部ステンレス製パイプ) を使って近郊の砂漠へ圧送、投棄している。
- (b) 石灰の消費量は、廃水 1,000m³ に対して約 700kg である。
- (c) 一方、廃硫酸 (Waste Acid) は上記の酸性廃水管と平行して布設されている口径 10" (250mm) の FRP パイプの中を自然流下して 7 m³ の FRP タンク (予備タンクあり) に溜められる。
- (d) このタンクからポンプで廃酸回収設備へ送られ、処理される。
- (e) 廃酸回収設備は 2 系列の処理設備があり、廃水中の鉄分は青白色の硫酸第一鉄の結晶として回収、50kg 袋詰めにして肥料の原料として販売されている。硫酸第一鉄の生産量は 1 日 20 - 25 トンの設計であるが、現状は約 10 トン/日である。
- (f) この現地調査において、次の新たな情報を得た。

前回の調査で「緊急時 (Emergency) を除いて中和廃水処理装置へ流入しないといわれていた廃酸は、流入廃水管の切り替えバルブの操作で酸性廃水に混合される。酸洗設備が 1 日 3 シフト連続で運転されると、廃酸回収設備の処理能力が不足し廃酸の処理ができなくなるため、余剰の廃酸は中和設備へ送って対処している。」ということが判明した。

(2) 基本設計条件の変更

概算設計では廃酸が混入することはないが、「緊急時だけ」ということなので、酸の負荷 (H₂SO₄ 量) として処理の対象に考えない、すなわち、廃酸の流入があっても酸性廃水の酸の負荷量以内であるとみなし設計していた。

しかし、現状では酸洗設備を 1 日 3 シフト連続して運転すると、廃酸を中和設備へ送り処理しなければならない。この現状に対応できる条件で設計する必要があると考え、基本設計では概念設計の条件を変更し、量は少ないが非常に高濃度の廃酸が毎日一定量流入することで、基本設計を行った。表 9.5-4 に基本設計条件を示し、概念設計条件と比較する。

表 9.5-4 基本設計条件

項目	基本設計		概念設計	
	酸性廃水	廃酸	酸性廃水	廃酸
流量 [m ³ /h]	Max. 170 Av. 150	1.67 (40m ³ /d)	Max. 150	Emergency 0
PH [—]	1-2	—	(1.3)	—
H ₂ SO ₄ [mg/l]	2,500	120,000	(1,170)	0
FeSO ₄ [mg/l]	3,500	170,000	—	0
SS [mg/l]	100	—	50	—

(3) 基本設計条件

基本設計条件は次の通り。

1) 対象廃水

- (a) ARWW：酸性廃水 (Acid Rinsing Wash Water)
- (b) SSA：廃硫酸 (Spent Sulfuric Acid)

2) 前提条件

- (a) 既設の廃水処理設備は、最初の、あるいは改造後の設計通りにメンテナンス、あるいは修理され、計画通りの性能を発揮できるものとする。
- (b) 廃水処理設備の管理組織を確立し、責任ある管理者の下で常に、廃水処理装置が適正に運転されるものとする。
- (c) 定時巡回監視、定期的なメンテナンスが適正に行われること。
- (d) 既設の廃水管、廃水タンク (30m³ x 2基)、廃水送水ポンプ (200m³/h x 3台) が利用できるものとする。

3) 処理対象の廃水量と水質

処理対象の廃水量、廃水水質を前記表 9.5-4 の通り。

また、基本設計の参考に追加調査を実施した廃水水質調査の結果を添付表 9.5-2(1/2)、(2/2) に示す。

4) 処理水の目標値

EIS 工場はエジプト国の廃水放流基準 (Law 48/82 Underground Reservoir & Nile Branches /Canals) が適用される。

しかし、この放流基準の規制項目として溶解性固形分 (TDS) 800mg/l という厳しい基準が規定されている。日本の場合は、塩分濃度の高い海に囲まれていることもあり、TDS については規制はない。

処理対象である酸性廃水には高濃度の硫酸イオンが含まれており、中和処理では TDS の値はほとんど変わらない。従って、強酸、強アルカリ性の廃水を中和しなければならない工場においては、どこの工場でも TDS の規制を満足することは難しく、問題になるはずである。この規制を満足するためには、大量の淡水で希釈するか、TDS を除くために非常に高価な逆浸透装置、イオン交換膜、蒸発缶などの設置が必要になる。

ここでは、前記の Law48/82 の放流基準を処理目標にするが、TDS は対象外として設計する。

(4) 廃水処理システム

基本設計を進める途中で、代表 3 工場の中からデモンストラーションプラントを建設する工場として EIS 工場が内定し、処理対象廃水として冷延の酸洗設備からの酸性廃水を処理することで内定した。この廃水の処理では「中和処理」が主体であり、工場廃水処理で有用な有機物 (BOD や COD) を除去するために適用される生物処理を行う必要がないため、処理システムは比較的単

純である。

概念設計では「Emergency 排出」であった廃酸が、基本設計では常時流入するということになり、処理廃水の硫酸濃度が非常に高くなった。そのため中和の過程で生成する大量の石膏（ CaSO_4 ）を回収するシステムを採用することにした。

以下フローに従い、処理システムについて説明する。

添付図 9.5-5 DWG. NO. IS-BD-15-01

「PROCESS FLOW DIADRAM OF W.W.T. DEMONSTRATION PLANT」参照。

1) 調整槽

流量、水質が大きく異なる酸性廃水と廃酸を合わせて処理するため調整槽を設けて、貯留・攪拌し均質化を行い、一定量ずつ処理し、処理の安定化を図る。調整槽には、散気装置（散気管、ブロー）を設ける。

2) 一次中和槽、沈殿槽

廃水に石灰を添加して pH3 - 4 付近に調整すると石膏（ CaSO_4 ）が生成するので、これを沈殿分離する。大量の石灰を消費するため、石灰注入装置（貯槽、石灰乳調整槽、注入ポンプなど）を設置する。

3) 二次中和槽、沈殿槽

一次中和処理水に、さらに石灰、凝集剤を添加して空気を吹き込んで中和・酸化した後、沈殿分離する。石灰は上記の石灰注入装置から供給される。

4) 砂ろ過装置

二次中和処理水に含まれる浮遊物（SS）をさらに除去し、処理水を酸洗設備の水洗水として再利用する。浮遊物で目詰りしたろ材は、空気と水で定期的に洗浄する。

5) 石膏回収設備

一次中和沈殿槽で分離した石膏を遠心分離器で脱水固形化し、副産物として利用する。ろ液は前に戻し再処理する。

6) 汚泥処理設備

二次中和沈殿槽、砂ろ過装置で発生したスラッジは、沈降濃縮槽（シックナー）で濃縮した後、遠心分離器で脱水し減容・固形化する。この汚泥ケーキは構外へ投棄する。ろ液は調整槽に戻し再処理する。

7) 付帯設備

(a) 運転管理室

廃水処理設備の運転管理を行う建家を設け、中央制御盤、電気室、ミニラボ、運転員控室、トイレなどを設ける。

(b) 電気設備

運転管理室内電気室に受電盤、MCC を設け、冷延設備電気室から一次電源の供給を受け、廃水処理設備の動力、制御・信号、照明用に電力を供給する。

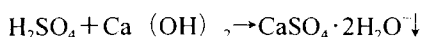
(c) 計装設備

運転管理室内に中央制御盤を設け、廃水処理装置の自動制御、指示・記録・警報など集中管理を行う（一部は現場のみ）。調節弁の作動は空気圧縮機から供給される空気で行う。

(5) 物質収支

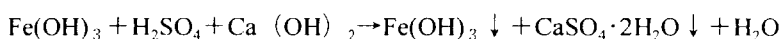
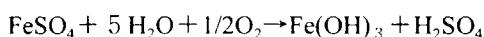
この処理システムでは廃水の硫酸濃度が高いことが原因で、中和処理のために大量の石灰を使用し、その結果、大量の石膏、大量の汚泥が生成する。化学反応式は次の通り。

1) 一次中和（石膏の生成）



処理水中には約 2,000mg/l の石膏が飽和溶解している。

2) 二次中和（水酸化鉄の生成）



二次中和処理水中の石膏濃度も約 2,000mg/l である。

この計算から求めた設計条件 [Case 1 (Base Case)] での石膏、汚泥の生成量を表 9.5-5 に示す。また、酸性廃水の硫酸濃度が EIS 工場のいう Max.濃度するとき (Case 2)、および廃酸が流入しないとき (Case 3) についてスラッジの生成量を求めた (表 9.5-6 参照)。

添付の下記バランスシートを参照のこと。

添付図 9.5-6 Case 1 CHEMICAL REACTION and WATER BALANCE

添付図 9.5-7 Case 2 CHEMICAL REACTION and WATER BALANCE

添付図 9.5-8 Case 3 CHEMICAL REACTION and WATER BALANCE

表 9.5-5 石膏、汚泥生成量

	生成量	
	Kg/h (dry)	Kg/d (dry)
1.一次中和・石膏	706	16,945
2.二次中和汚泥	1,531	36,735
1) 石膏	935	22,441
2) 水酸化鉄	580	13,929
3) その他	15	364
合計 (1 + 2)	2,237	53,680

注) 固形物濃度 (想定): 一次中和・石膏 = 約 600kg/m³

二次中和汚泥 = 約 200kg/m³

表 9.5-6 石膏・汚泥発生量ケーススタディ

	酸性廃水		廃酸		汚泥発生量 [kg/h]		
	流量[m ³ /h]	濃度[kg/m ³]	流量[m ³ /h]	濃度[kg/m ³]	石膏	二次汚泥	合計
ケース 1	150	2.5	1.67	120	706	1,530	2,236
ケース 2	150	12	1.67	120	3,207	1,530	4,737
ケース 3	150	2.5	0	120	358	979	1,337

(6) 配置計画図

1) 建設予定地

添付図 9.5-6 「LOCATION OF CONSTRUCTION SITE FOR W.W.T. DEMONSTRATION PLANT」 参照。

(a) 暫定場所

EIS 工場担当者が予定しているデモンストレーションプラント建設予定地の現地視察を実施した。当初の予定地は冷延・酸洗設備に近い北側の空地である。西側に高圧ケーブルが埋設されているが、面積的には十分の広さがある。現在は、工場内には少ない緑地で数本の高木があり、散水設備も設けられていて草花が生えている。

(b) 最終決定場所

上記予定地については工場トップの承認が得られず、急遽、冷延工場東側の広大なスクラップ置き場が示され、現地調査の結果、調査団もこれを了承した。

(c) 廃水処理設備配置図

添付図 9.5-7 DWG, NO. IS-BD-12-01

「PLOT PLAN FOR W.W.T. DEMONSTRATION PLANT」 参照。

所要面積は、50m x 70m (3,500m²) である。

(7) 主要機器、計器

1) 概略図

主要機器類の外形図を作成した (別冊、設計図書参照)。

2) 機器リスト、計器リストなど

次のリストを作成した (別冊、設計図書参照)。

(a) EQUIPMENT LIST

(b) INSTRUMENT LIST

(c) MOTOR LIST

(8) 概算建設費

廃水処理設備の概算建設費の集計を表 9.5-6 に示す。

詳細は添付表 9.5-3 「Demo-Plant in EGYPTIAN IRON & STEEL CO;

表 9.5-7 概算建設費

項目	建設費			費用分担	
	円支払い分 [千円]	LE支払い分 [千LE]	合計	日本側 [千円]	エジプト側 [千円]
1. 直接費					
(1) 資機材調達費	235,000 (9,000) 0	0 0 6,560		244,000	0
(2) 現場工事費		(1,130)		223,000	38,400
小計	244,000	7,690		467,000	38,400
2. 間接費 計	39,500 (500)	4,366 (108)	—		
小計	40,000	4,474		122,400	69,800
1+2 合計	284,000	12,164		589,400	108,200
合計 [千円]	284,000	413,600	697,600	589,400	108,200
合計 [千LE]	8,353	12,164	20,517	17,335	3,182

注：() 内はバッテリーリミット外費用、換算レートは1LE=34円

(9) 年間維持管理費

本設備の年間維持管理費を表9.5-8に示す。詳細については、別冊、設計図書の下記の表を参照のこと。

- 1) Running Cost—Egyptian Iron and Steel Co.
- 2) Power Consumption (動力消費量)

表 9.5-8 年間維持管理費

	消費量 [/d]	単 価 [LE/]	金 額	
			[LE/年]	[LE/m ³]
1. 薬品代	—	—	2,554,934	1.890
2. ろ 材	—	—	5,400	0.005
3. 電気代 [kw]	6,159	0.12	243,914	0.181
4. 水道代 [m ³]	120	0.528	20,909	0.016
5. 補修費、消耗品*	—	—	570,000	0.423
6. 運転員人件費	—	—	160,000	0.120
合計			3,545,516	2.635

注) *印：プラントの建設費 (6.5億円として) の3%、換算レート：1LE=34円

9.5.4 基本設計 (Modified Case)

(1) 基本設計 (Modified Case) の実施

デモンストレーションプラントの建設は中止になったが、EIS 工場において「廃酸回収設備の改善を前提とした廃水処理設備の基本設計 (Modified)」を実施することになった。

(2) 工場廃水調査

1) 目的

基本設計 (Original) で示した設計条件に対して、EIS 工場から工場の分析した硫酸濃度に比べ低すぎるとの指摘もあり、基本設計 (Modified) の設計条件を設定するために現状の廃水量、廃水水質調査を実施した。

2) 調査の実施

(a) 平成 12 年 2 月 8 日 (火) から 10 日 (木) : 計画説明、事前調査

(b) 平成 12 年 2 月 12 日 (土) から 17 日 (木) : 本調査

3) 対象廃水源

この調査で新たに酸洗廃水 (Acid Rinsing Water) の他に、2 本の廃水管が布設されている地下トレンチに漏洩した強酸性の廃水 (Leakage Water) があることが判明し、調査対象に加えた。あわせて酸洗設備への給水についても調査した。

4) 流量測定結果

調査結果を表 9.5-9 に示す。なお、短期間の運転停止では、給水、蒸気の供給を停止しないので、いずれの廃水も排出されている。

表 9.5-9 廃水量調査結果 [m³/h]

廃水	平均値	最小-最大	最大値
1. Rinsing Water	16.9	9.8-21.5	32.0*
2. Spent Sulfuric Acid	2.0	1.1-5.6	
3. Leakage Water	5.0	3-10	

注：(1)測定は電磁流量計による。

(2) 1 は 13 回試料の平均値、2 と 3 は 6 回試料の平均値である。

(3) *印は連続記録の記録紙上に記録された流量である。

5) 水質測定結果

中和処理設備で処理する酸性廃水の水質分析結果を表 9.5-10 に、廃酸の分析結果を表 9.5-11 に示す。

表 9.5-10 酸性廃水の水質分析結果

項目	Rinsing Water		Leakage Water	
	平均	最小-最大	平均	最小-最大
H ₂ SO ₄ [mg/l] [%]	3,300 0.33	1,000-7,600 0.1-0.76	43,600 4.63	22,700-66,100 2.27-6.61
FeSO ₄ [mg/l] [%]	4,100 0.41	500-10,700 0.05-1.07	31,700 3.17	8,700-61,200 0.87-6.12
T-Fe [mg/l]	681	169-1,350	26,158	3,102-55,800
Fe ²⁺ [mg/l]	501	111-923	22,203	2,078-45,833
Fe ³⁺ [mg/l]	180	38-595	3,955	1,024-13,300
溶解性固形分[mg/l]	2,940	720-7,725	-	-
pH [-]	1.17	0.65-1.53	2.20	1.00-3.75
水温 [°C]	45.0	37.9-49.3	27.9	23.8-32.2

表 9.5-11 廃酸の水質

項目	平均	最小-最大	備考
H ₂ SO ₄ [%]	16.41	11.81-20.09	
FeSO ₄ [%]	17.94	14.31-22.17	
T-Fe [mg/l]	16.07	5,380-32,600	
Fe ²⁺ [mg/l]	14,886	4,294-31,455	
Fe ³⁺ [mg/l]	1,185	1,042-1,708	
pH [-]	0.55	0.11-1.00	
水温 [°C]	65.0	43.0-85.0	

(3) 中和・凝集実験

TIMS において、酸性廃水 (Rinsing Water) を用いて、中和・凝集沈殿実験を行い、基本設計の参考にした。

1) 実験の目的

- (a) 中和に要する CaO のおおよその添加量 (中和曲線の作成)
- (b) 残留 Fe²⁺ と pH の関係
- (c) 一段分離、二段分離 (石膏回収) の効果比較
- (d) エアレーション効果
- (e) 凝集剤の種類と添加量
- (f) 実験を通じ TIMS に対して技術移転を図る。

2) 中和

- (a) pH 3 - 4 付近に変曲点がある。

CaO の添加量 = 約 3 g-CaO/L-廃水

- (b) Fe²⁺ が完全に不溶化する pH 9 にするに必要な石灰の量

約 6 g-CaO/L-廃水

3) 二段分離効果

pH 3 - 4 付近で汚泥の沈殿分離を行う（石膏回収）を行うことにより、pH 9 付近での二段目の沈殿分離効果が改善されるか実験したが、一段分離との差はみられなかった。そのためシステムが複雑になる二段分離（石膏回収）は採用しない。

(a) pH 3 - 4 で汚泥を除いた残り液を pH 9 にして中和・沈殿分離すると、汚泥の沈降速度は遅くなる。

(b) pH 3 - 4 で沈殿分離した汚泥（石膏主体）は鉄分 (Fe^{2+}) を多く含み暗緑色で、乾燥すると表面から酸化されて茶色に変色すると思われる。

(c) pH 3 - 4 で汚泥を除いた残り液を pH 9 にして中和・沈殿分離すると、汚泥の量がむしろ増えた。これは固形物濃度が小さくなり、生成した汚泥の密度が小さくなったことを意味する。

4) エアレーション効果

pH 8 では残留 Fe^{2+} が検出され、pH 9 付近にしてエアレーションすることで、酸化が確実に行われた。

5) 高分子凝集剤の効果

エアレーションを行った後のスラリーに高分子凝集剤（カイロ市内で入手）を添加して、その効果を調べた。

(a) 高分子凝集剤の効果は抜群で、スラリーは凝集してフロック状になり沈降性が増した。

(b) カチオン系よりもアニオン系の凝集剤の効果が優れていた。

(c) 添加量は 0.05mg/L の添加量で十分な効果があることが確認できた。

(4) 設計条件

1) 前提条件

(a) 廃酸回収設備が改善されること。

(b) 何らかの都合で廃酸が回収設備で処理できなくなった場合でも、計画する中和設備に関係なく単独で処理・処分されるものとする。

2) 処理対象廃水

(a) 酸洗廃水 (Acid Rinsing Water)

(b) 漏洩酸性廃水 (Leakage Water)

3) 廃水量と水質

設計に用いる廃水量と廃水の水質は表 9.5-12 の通り。

4) 処理水質目標

Law 48/82 Underground Reservoir & Nile Branches /Canals を適用する。ただし、溶解性固形分 (TDS) は対象外とする。

Rinsing Water の水質分析結果では COD (134mg/l)、油分 (18.1mg/l)、Pb (0.12mg/l) が放流基準を越えているが、中和・酸化、凝集沈殿処理により、これらは放流基準以下になる。

表 9.5-12 設計廃水量と廃水水質

項 目		流量最大	濃度最大
流 量 [m ³ /h]		90	40
水 質	H ₂ SO ₄ [mg/l]	4,300	9,500
	[kg/h]	380	380
	FeSO ₄ [mg/l]	4,300	9,500
	[kg/h]	380	380

5) 石膏の回収

下記の理由により、基本設計 (Original) で計画した石膏 (Gypsum) の回収は行わない。

- (a) 廃酸を処理対象外にしたため、石膏 (Gypsum) の生成量が少ない。
- (b) 硫酸鉄 (FeSO₄) が含まれるので品質が劣り、着色、変色の可能性が大きい。
- (c) 石膏回収設備はシステムが複雑になる。
- (d) 建設費、維持管理費が高い。
- (e) デモンストラーションプラントではない。

(5) 建設予定地

添付図 9.5-8 「LOCATION OF WASTEWATER TREATMENT PLANT」 参照。

1) 集水設備地区 (A 地区)

既設の廃水管が布設されている地下トレンチに隣接して、コンクリート製の集水ピット (Receiving Pit) を設置し、ポンプで処理設備へ送る。

2) 処理設備地区 (B 地区)

廃水処理設備は冷延設備の東側スクラップ置き場の一角に設置する。廃水の受け入れ、処理水の放流には、スクラップ置き場の南側、東側を走るパイプラックが利用可能である。

(6) 処理システム設計

処理システム設計を行い、下記の図面を作成した。

添付図 9.5-9 DWG NO. EIS-BD-15-01 (Modified)

「PROCESS FLOW DIAGRAM OF WASTEWATER TREATMENT PLANT」

別冊設計図書 DWG NO. EIS-BD-01-06 (Modified)

「ENGINEERING FLOW DIAGRAM FOR W.W.T. PLANT」

DWG NO. EIS-BD-01-06 (Modified) 参照

1) 調整槽

集水設備地区で廃水を集水ピットに集め送水ポンプで調整槽へ送る。

ここで貯留し、槽底から空気を吹き込み攪拌・均質化を行い、一定量ずつ一次中和槽へ送ることとで処理の安定化を図る。

2) 一次中和槽

槽入口でアルカリ（石灰）を添加し pH 3 - 4 に上げる。ここで石膏（ CaSO_4 ）が析出しやすいように、最終沈殿池の汚泥の一部を種汚泥として槽入口へ返送する。

3) 石灰注入設備

現在使用している石灰は、粒径が一定せず直径数 cm の塊が含まれていることから、クラッシャーで粉碎した後、タワーミルで石灰乳液を調合する。石灰乳の注入は、詰まりを防止するため循環ラインを設ける。

4) 二次中和・酸化槽

槽入口で石灰を注入して pH 8 - 8.5 に中和し、槽底から空気を吹き込み、攪拌・酸化する。これにより廃水中の硫酸、溶解鉄は、すべて不溶性の石膏（ CaSO_4 ）、硫酸鉄（ FeSO_4 ）、水酸化鉄（ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ）スラリーとなって析出する。

5) 凝集沈殿装置

前述のスラリーは沈降性がよくないので、高分子凝集剤（Polymer）を添加し、凝集槽で凝集を促進する。このスラリーを最終沈殿池で沈殿分離する。沈殿池の処理水は水槽に受け、ポンプにより既設パイプラック上に新設する配管でラグーンへ排出する。

6) 汚泥処理装置

最終沈殿池で沈殿した汚泥（sludge）は、シックナーで濃縮した後、遠心分離機で脱水し減容・固形化する。脱水ケーキは、トラックで搬出が容易なようにホッパーに蓄えておく。それぞれの分離液は、一次中和槽の入口へ戻し再処理する。

7) 付帯設備

(a) 運転管理室

廃水処理設備の運転管理を行う建家を設け、中央制御盤、電気室、ミニラボ、運転員控室、トイレなどを設ける。

(b) 電気設備

運転管理室内電気室に受電盤、MCC を設け、冷延設備電気室から一次電源の供給を受け、廃水処理設備の動力、制御・信号、照明用に電力を供給する。

(c) 計装設備

運転管理室内に中央制御盤を設け、廃水処理装置の自動制御、指示・記録・警報など集中管理を行う（一部は現場のみ）。調節弁の作動は空気圧縮機から供給される空気で行う。

(7) 配置図

運転・保守管理などを考慮して廃水処理設備の配置図を作成した。

添付図 9.5-10 DWG. NO. EIS-BD-12-01

「PLOT PLAN FOR WASTEWATER TREATMENT PLANT」参照。

敷地の所要面積は、38m x 48m (1,824m²) である。

(8) 機器、計器

1) 主要機器

主要機器の概略図を作成した(別冊、設計図書参照)。

2) リスト類(別冊、設計図書参照)

(a) EQUIPMENT LIST

(b) INSTRUMENT LIST

(c) MOTOR LIST

(9) 電気設備設計など

既設電気室からの主電源の引き込み計画図、単線結線図を作成した(別冊、設計図書)。

1) CONFIGURATION OF ELECTRICAL INSTRUMENTATION SYSTEM (Modified)

2) SINGLE LINE DIAGRAM 380 V MOTOR CONTROL BOARD

3) 運転管理室 (CONTROL ROOM)

運転員が常駐し、中央計器盤、電気室、ミニラボ、トイレ、倉庫、運転員控室などを備えた運転管理室の外形図を作成した(別冊、設計図書参照)。

DWG NO 00-Bd-56-01 「WASTEWATER CONTROL ROOM」

(10) 概算建設費

概算建設費の集計表を表 9.5-13 に示す。詳細は、添付表 9.5-4 「EGYPTIAN IRON & STEEL CO. (EIS) 積算内訳」参照。

表 9.5-13 概算建設費

	日本円支払い分 [千円]	エジプト LE 支払い分 [千 LE]	合計 [千 LE]
1. 直接費			
(1) 資材調達費	209,270	0	6,155
(2) 現地工事費	0	5,906	5,906
小計	209,270	5,906	12,061
2. 間接費	29,500	3,058	4,158
1 + 2 合計	238,770	8,964	15,991
1 + 2 円換算合計 [円]	235,000	304,900	
		543,670	

注： 換算レートは 1 LE=34 円で計算。

現地工事は日系コントラクターで施工されるものとする。

(11) 年間維持管理費

廃水処理設備に要する年間の維持管理費を表 9.5-14 に示す。

詳細については、別冊設計図書の下記の表を参照のこと。

(a) Running Cost—Egyptian Iron and Steel Co.

(b) Power Consumption (動力消費量)

表 9.5-14 年間維持管理費

	消費量 [/d]	単 価 [LE/]	金 額	
			[LE/年]	[LE/m ³]
1. 薬品代	—	—	942,821	1.323
2 . 電 気 代 [kw]	2,761	0.12	109,323	0.153
3. 水道代 [m ³]	200	0.528	34,848	0.049
4. 補修費、消耗品*	—	—	454,320	0.637
5. 運転員人件費	—	—	160,000	0.220
合 計			1,701,311	2.382

注) *印：プラントの建設費 (5.15 億円として) の3%、

換算レート：1 LE=34 円

(12) その他

基本設計 (Modified) において、下記の資料を作成し、別冊、設計図書に添付した。

- 1) 基本設計検討書
- 2) 基本設計計算書

(13) 特記事項

本基本設計図書は、将来の廃水処理設備設計の参考資料として有用である。しかし、設計に用いた設計条件等は十分とはいえないため、この概念設計、基本設計資料に基づいて設計、建設された設備であっても、調査団はその設備の性能を保証するものではない。

10.0 EIS 酸洗設備及び廃酸回収設備の 現状調査結果と改善への提言

10.0 EIS 酸洗設備及び廃酸回収設備の現状調査結果と改善への提言

本章は EIS(Egyptian Iron and Steel Co.)の酸洗設備とそれに付帯する酸回収設備の現状とその改善案の提言である。

内容的には、

- (1) 酸洗設備の操業管理面、及び設備面での現状分析
- (2) 既設廃酸回収設備の操業管理面、及び設備面での現状分析
- (3) 廃酸濃度面からの現状分析
- (4) EIS が保有する廃酸回収設備の改造計画書についてのコメント (ANNEX-1)
- (5) 既設プラント(酸洗設備、及び廃酸回収設備)の操業・設備の改善策の提言 (ANNEX-1)

この中には、

- (6) 既設酸洗設備の間接加熱化 (ANNEX-2)
- (7) ブライン方式廃酸回収設備 (ANNEX-3)

の提案も含め記述する。

10.1 工場調査結果：

EIS の酸洗設備は硫酸仕様の旧式の装置であり、現状、設備面の諸問題のみならず、操業管理面での稚拙さに起因する製品品質の劣化、低操業度、酸・廃水処理上の問題を抱えている。

また、Products Quality 面では International Standard からほど遠い水準である。

本来、適切に Scale Off された銅板表面は美しい銀白色を呈しているものであり、それが International Standard であるが、EIS の現酸洗銅板は表面全体が黒っぽくくすんでおり、冷延母材としても、酸洗外販材としても劣位である。

一方、EIS 全体的に設備の機能を保持・向上させる為の maintenance activity の感覚が希薄であり、poor maintenance に起因する問題があらゆる処で散見される。これが設備の陳腐化と相まって機能劣化を加速させている。

抜本的な近代化の観点からは Pickling Line そのものの全面的な変更(塩酸仕様等)が必要であるが、ここではまず、既設 Line の現状分析と、簡易に採用可能な改善案につき記述する。

注) 現在の向上廃水の全溶解物 (TDS)の放流基準から、塩酸を含む廃液を中和して放流することは出来ない。

10.1.1 酸洗設備(Rinsing Unit を含む)に関する現状分析

酸洗設備に関する現状の操業管理 (Soft) 面及び設備機構 (Hard) 面での主要な問題点は以下に示すとおりである。

また、これらに対する改善策を ANNEX-I に示す。

- (1) 操業管理面の現況；
 - (a) 酸液の濃度管理の問題

1 回/Shift の頻度で#1 槽～#4 槽内の酸液採取・分析を行っているが、mother liquor の補給が batch 操業であり、且つ送酸量速の制御がないため、定常的な安定酸濃度になっていない。

また、補給作業が槽内の酸レベルに関わらず行われる為、補給後一時的に初洗槽(#1 槽)からの over flow 量が増加する。

(b). 酸液の温度管理の問題

酸洗槽に温度計の設置がなく、本管の蒸気圧力を目途にした加温操業になっている。(経験的な山勘運転)

(c). 酸洗作業

通板速度計が設置されておらず、速度制御は山勘操業となっている。酸液の濃度・温度管理と併せ、3大基本 parameter control が定量的におこなわれておらず、酸洗後の Strip 表面の性状は不芳であり、その結果、最終冷延後の鋼板の表面に scale defect をもたらす事が多い。また、再酸洗作業の頻度も多く、生産性低下のみならず、塗油 Coil からの酸液内への油分の混入を招いている。(EIS 社はリンス後ただ値に塗油する。その後被酸洗材の検査を行い不良品は塗油の状態再度酸洗している)

(d). Line 停止時 の処置の問題

調査時蒸気圧低下等による pickling Line 停止の頻発が見られたが、その場合に於いて、Rinse 槽内への洗浄水、乾燥槽の Purge Air, Dryer 温風等を停止するという基本的な作業がなく、energy の浪費となっている。(車を車庫に駐車中にエンジン切らないのと同じ事)

また、各槽とも片側の蒸気バルブを開放にしており、これによる廃酸のオーバーフローが発生している。

(e). #4 槽～#1 槽間の酸液カスケードの狂い

各槽の酸濃度の現状が設計値とのずれを見せており、酸洗効率の低下を窺わせる状況。(a)～(c)の管理面での要因と、後述する設備面での要因が複合していると考えられる。

Spent Acid の量が計画値 $5\text{m}_3/\text{Hr}$ に対し、現状 $10\text{m}_3/\text{Hr}$ 以上になっており、酸洗槽内の酸濃度低下も一要因であると推定される。

酸液カスケードの設計値と現状値

槽 No.	現状値(%)		設計値(%)	
	H ₂ SO ₄	FeSO ₄	H ₂ SO ₄	FeSO ₄
# 4	18 - 19	10	21 - 23	9 - 10
# 3	16 - 19	11	18 - 20	11 - 12
# 2	14 - 19	13	15 - 17	13 - 14
# 1	11 - 17	14.2	8 - 12	15 - 20

(f). Side Water の管理

Side water は酸洗槽カバーのシール、カバー内面からの酸ドレインの洗浄用であるが、その使用量が多く、中和水量の増加となっている。こまめな調整が必要。

(2). 設備機構面の現況；

(a). 酸液加熱方式の問題；→諸悪の根元

酸洗槽への生蒸気の直接吹き込み方式であり、酸濃度低下、Spent Acid 量増大、及び薄酸化による酸回収効率の低下→酸回収過不可によるバイパス中和処理→中和処理の過負荷→廃水汚染へ、作業環境の劣化、等々の重要問題を誘引している。

間接加熱方式への転換が重要かつ緊急な課題。→後述参照

(b). Over Flow 管/蒸気吹込管の配置・構造の問題

Over Flow 管と、蒸気吹込管の位置が近い為、蒸気吹き込み時に発生する酸 turbulence により、濃酸の Over Flow を助長している。

また、Over Flow 管に流量調整バルブが設置されておらず、特に銅板の振動による酸液の波動により Over Flow を招いている。

(c). Wringer Roll 機能の問題

#4 酸洗槽出側に濃酸 Carry Over を防止する為の Wringer Roll(絞り Roll)が設置されているが、その maintenance の不備もあり機能が不十分である。具体的には、Roll 軸支持部の位置調整が機能しておらず、上下 Roll が板幅方向に均等に接触しておらず絞り効果が確保出来ていない。従って、隣接する洗浄槽(Rinse Tank)中に板に付着した濃酸が持ち込まれ、洗浄水の酸度の上昇→廃水中和装置の処理負荷の増大を招いている。

Wringer Roll の2段化・Roll Gap 調整機構の改善に加え、Air Blow 装置を追設する事により、Carry Over Acid を大幅に低減する事が可能性である。

(d). 蒸気吹き込み管の Maintenance の問題

酸洗槽内への蒸気吹き込み管で、特に液面近傍に於いて腐食穴あきがあり、蒸気の漏洩ロスが大きい。Maintenance の強化が必要。

(e). Dryer 出側 Air Blow 量過大

Dryer の出側に Air Blow 装置が設置されているが、放出量が過大である。銅板の乾燥状況を見ながら、Nozzle Slit の幅を縮小する事により動力を低減する事が出来る。

(f). 主蒸気配管の問題

主蒸気配管に Drain Trap が設置されておらず、Drain 抜きの為 2 inch の配管から大量の蒸気を放散しており、蒸気圧低下、大 Energy loss を招いている。

Drain Trap を設置すべし。また、大量蒸気を放散し放すなど感覚麻痺も甚だしい。

本来、工場管理者はこの様な事態を指導すべきである。

また、蒸気配管に保温が施工されていない箇所が目立つ(または、従来あった保温が脱落し、No maintenance のまま放置しているのか)。これは energy loss であると同時に、蒸気圧低下の要因となる。

また、硫酸を直接加熱中に蒸気の圧力が突然低下し、加熱が中断、硫酸の温度が下がる事態を目撃している。何故蒸気の圧力が低下するのか工場として調べていない。

10.1.2. 既設廃酸回収設備に関する現状分析

廃酸回収設備に関する現状の操業管理 (Soft) 面及び設備機構 (Hard) 面での主要な問題点は以下に示すとおりである。

また、これらに対する改善策及び EIS の廃酸回収設備改造計画に対するコメントを ANNEX-1 に示す。

(1). 操業管理面での現況；

(a) Acid Recovery System の低操業度・低稼働率

供給蒸気圧不足の要因、設備 Maintenance の要因等と推定されるが、工場調査期間中全 Line が正常に稼働している事は見られなかった。この場合 Spent Acid は廃水中和設備にバイパスされ、中和処理の負荷増加・酸回収量の減少を招いている。また、中和能力を越えた場合、不完全中和→廃水汚染となる可能性も孕んでいる。

(b). 反応効率低下

反応缶(#20~#31)の温度が設計値まで下がっていない(設計値=10℃)為、FeSO₄ の晶析が遅くなり、廃酸の処理が充分に出来ていない状況。

原因は廃酸の温度が高い事、次に FeSO₄ の濃度が当初設計値の 20%を下回っている事も晶析効果を悪化させている。

(c). Mother Liquor Make Up の問題

Recovered Acid と New Acid(98%)の混合は#30 の反応缶で実施しているが、流量のコントロールが不均一である。

また、スタート時、反応缶に水を補給して水位を保持する様な作業が見られた。

(酸濃度を下げる為好ましくない)

(d). Steam Ejector の操業管理の問題

実操業では Steam Ejector による蒸気量と圧力の管理が実施されていない為、硫酸鉄濃度と晶析温度のアンマッチングが発生している。(蒸発潜熱による冷却温度低下不足が廃酸回収能力を低下させている)

また、蒸気供給不足も見られる。

(e). 冷却水の温度上昇

冬季にも関わらず操業スタート準備中の水温が 29℃と高く水冷効率が低い。

(f). Condenser 冷却廃水に Fe^{2+} が流出し、約 50ppm となっている。PH も一時的に低下する。

(2). 設備機構での現況；

後者に関する主要な問題点は以下の通り。

(a). Maintenance 不足による効率低下の問題

- ・コンデンサーチューブ内スケールによる熱交換効率の低下。
- ・廃酸回収システムのシール不十分で、これにより真空度を得る為時間を要し廃酸回収率が低下している。
- ・スチームエジェクターの性能低下が発生している。
- ・反応缶のシール不足が発生している為、水位のバランスを取るため処理能力が低下している。
- ・廃酸給液ポンプのグランド部から廃酸が洩れ、硫酸回収効率を低下させている。

(b). Instrumentation の欠落の問題

反応缶、硫酸鉄スラリータンク等の圧力計・温度計・真空度計が無い為、システム全体のバランスを取るのに時間を要している。

(c) 廃硫酸回収装置

廃硫酸回収装置は、水分を蒸発させるため、低圧高温で運転する蒸発部と、硫酸鉄の晶析のため低温で運転する晶析部よりなる。よって装置の性質上運転は長く継続すべきで、現状のように Step-up と Shut-down の頻度が多い運転方法は回収装置の性能を発揮せず、回収すべき硫酸や硫酸鉄を廃水としている。

中和剤としての生石灰の使用量も増え、経済面でのロスも大きい。

10.1.3 廃酸濃度による現状分析

(1). 2/14. 14:00 H_2SO_4 :20mg/l, FeSO_4 : 6 mg/l

水洗水に H_2SO_4 , FeSO_4 が存在する事は最終工程で銅板表面に腐食成分を残すことに

なり、この様な事は日本では考えられない。循環水から新水に変更する事が望ましい。

- (2) 水洗後の H_2SO_4 : 0.1~0.76% / 0.328%(平均), FeSO_4 : 0.03~0.34% / 0.165%(平均)

薄酸 (中和する必要がある酸) の濃度が H_2SO_4 , FeSO_4 共高い。

日本では、 H_2SO_4 : 0.1%以下, FeSO_4 : 0.01%以下で管理している。

これは水洗水量が少ないのが原因と思われる。

水洗が不十分であるため、銅板の表面に酸が残り、腐食を助長している事が考えられる。

本来、100~150 m^3/Hr の水洗水量が必要であると推定される。

- (3) Waste Acid は、 H_2SO_4 : 11.81~20.09% / 16.4%(平均), FeSO_4 : 1.35~13.27% / 7.44%(平均)。

廃酸中の H_2SO_4 濃度が高く、 FeSO_4 が低い。

しかも濃度のバラツキが大きいため酸洗が安定していない事(銅板の品質が不安定)、酸洗効率が良くない(新酸消費量増)等となっている。

このことは廃酸量のバラツキにも関係している。廃酸量 1.7~24.6 m^3/Hr と大きなバラツキが出ている。

[考えられる原因]

- (a) 生蒸気の直接吹き込み加熱のため、濃度管理ができない。(ドレン量)

- (b) Mother Solution の補給がバッチであること。

酸洗槽の液面不明等により、余剰に補給することになり、新酸補給後廃酸量が多くなり、 H_2SO_4 濃度が上がり、 FeSO_4 濃度が下がる。

→硫酸回収設備は過負荷となり、中和処理の方にまわすことになる。

- (c) FeSO_4 濃度が計画に対して非常に低くなっている。

これは新酸の原単位を悪化させていることと一致する。

今後更新を計画している硫酸回収設備に於ける設備能力に直接影響する。

FeSO_4 濃度が低く、廃酸量が多いことは、計画中の設備能力では7水塩 3.6T/Hr の回収はできないことになる。

- (4) Leakage Water

No.1~No.4 槽の洩れ液、 H_2SO_4 : 2.27~6.61% / 4.36%(平均), FeSO_4 : 0.56~4.31% / 2.27%(平均)。

Side Water により希釈されているので、濃度・量共にバラツキがあるのは仕方がないが、 H_2SO_4 ・ FeSO_4 共に濃度が高いので、これを中和しているのは無駄。

新酸原単位を向上させるため、硫酸回収設備に回収すべきである。

- (5) 回収硫酸 (Mother Solution)

H₂SO₄: 25.44%, FeSO₄: 2.59%. ← ほぼ計画値。

従って、酸洗槽の液位と、回収硫酸の補給を自動化（補給ポンプのインバーター化）を行えば酸洗槽内の H₂SO₄、FeSO₄ の濃度管理が安定し、成品品質安定する。

また、廃酸のバラツキも少なくなり、廃酸回収設備も現状計画中の設備より縮小することが出来ると思われる。

現状廃酸量：18m³/Hr（平均 15m³/Hr）

↓

見直し廃酸量：12m³/Hr（ドレン量:6m³/Hr + 回収酸:6m³/Hr）

これにより約 30%設備能力低減ができる。

ANNEX - 1

廃酸調査結果

1. 廃酸量実測及び濃度分析結果

Date : Feb. 14 - 16, 2000

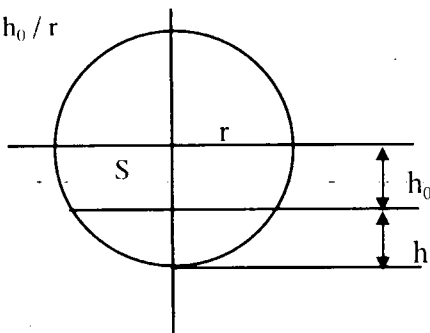
(日) 時	h (mm)	断面積 ($\times 10^{-2}m^2$)	流速 ($\times 10^{-2}m/s$)	流量 (m^3/Hr)	H ₂ SO ₄ (%)	FeSO ₄ (%)	備考
(2/14)							
13:20	145	5.2	2.6	4.4			ave. 4.2 m ³ /Hr
13:36	140	4.9	2.1	3.7			
14:05	140	4.9	2.1	3.7			
14:50	150	5.5	3.3	6.6			
16:35	135	4.7	1.0	1.7			
17:33	145	5.2	2.6	4.5			
(2/15)							
13:40	155	5.7	3.5	7.2			ave. 7.5 m ³ /Hr
14:10	147	5.4	2.7	5.2			
14:20	165	6.3	5.0	11.3			
14:30	155	5.7	3.5	7.2			
15:00	150	5.5	3.3	6.6	19.0	6.22	
(2/16)							
9:07	135	4.7	1.0	1.7	15.44	13.27	ave. 11.8 m ³ /Hr
9:33	143	5.0	2.1	3.8			
10:00	153	5.7	3.3	6.8			
10:20	192	7.7	8.0	*22.2			
10:25	200	8.0	8.5	*24.6			

*廃酸量異常(新酸補給による over flow?)

流速：電磁流量計

弓形断面積： $S = r^2 (\cos^{-1}x - 2 \cdot (1-x)^{1/2})$

$x = h_0 / r$



2. EIS が保有する廃酸回収設備改造計画に対するコメント

EIS における既存の廃酸回収設備の問題点については EIS 自身も認識しており、ドイツのプラントメーカーに依頼し、廃酸回収設備改造計画を提案（1998）させている。なお、この計画はドイツの復興金融公庫 KfW (Kreditanstalt Für Wiederaufbau) に融資の許可申請を行っている。

計画内容の詳細については EIS の希望により公表できないが、この計画に対し以下にコメントする。

(1) 設計仕様が不明確

定量的な設計仕様に関する記述が不十分であり、技術的な妥当性を評価するに至らない。

(2) Material Balance の記述がない。

廃酸に対する新酸の使用量。 } 最低限これらの項目は
廃酸に対する回収酸の回収量 } 保証条件・検収条件に含めるべき。

(3) 廃酸量・濃度の変動幅の吸収能力が不明確

変動幅を明確にしておく事が必要。

(本方式は Direct Heating 方式のため変動大と思われる)

(4) コンデンサー廃水に $H_2SO_4 \cdot FeSO_4$ が流出する危険性が大きい。

従って、PH コントロール (by NaOH) 後、 $Fe(OH)_3$ により赤水となるため、SS を除去する必要がある。(濾過器が必要である)

(5) Steam Jet (D1~D4) に結晶が付着し、真空能力が低下しやすい。

この結晶を除去するのに時間を要す。

(日本でも過去に苦勞した)

(6) スタート時、真空度と液濃度が安定しないため、バランスを維持するのに熟練と時間を要する。(熟練者が必要となる)

EIS の様に、酸洗ラインの操業度が不安定な所での真空蒸発冷却法は不適切と言える。

(7) 蒸気圧力の変動は、真空度の低下につながり、能力低下の原因となり易い回収方法である。

(8) 設備フローが複雑なため、トラブル時に原因追究に時間を要す。

(廃酸回収設備は出来るだけシンプルな構造にし、メンテナンス性を良くする事が重要である。)

3. 既設プラントの操業・設備の改善策

3.1 Pickling Line 操業・設備

- (1) Case - 1：外部熱交換方式による間接加熱化
 - (a) System Flow：ANNEX - 2 参照
 - (b) 効果
 - (i) 各酸洗槽の濃度管理強化
 - (ii) 鋼板品質の安定化とクレームの減少
 - (iii) 再酸洗作業の低減
 - (iv) 新酸消費原単位の低減；40 new acid kg/steel t→15 new acid kg/steel t
 - (v) 廃酸量の低減；約 8 m³/Hr
 - (vi) 廃酸量の均一化；廃酸回収設備の縮小
(→既設 2 ラインの整備での対応の可能性も有り)
 - (c) 設置の為の Line Stop = 1 Day
- (2) Case - 2：小径チューブ型熱交換器の投入による間接加熱化
 - (a) System Flow：ANNEX - 2 参照
 - (b) 効果：同上
 - (c) 設置の為の Line Stop = 10 Days
 - (d) 熱交換器への鋼板接触による破損の危険性あり。
- (3) 各酸洗槽への温度計設置
この温度計で温度の管理基準を作成し、蒸気バルブのコントロールを実施する。
- (4) No.1 槽と No.4 槽への液位計の設置
No.1 槽の液位が一定に保つ様に Mother Solution の補給作業を行う。
- (5) Mother Solution 補給ポンプのインバーター化
No.1 槽～No.4 槽の液位を一定に保持する様にインバーターで補給量をコントロールする。

- (6) ライン休止(1 Hr 以上)時は、蒸気の主弁を閉とする。
- (7) No.1 槽のオーバーフロー管への調整弁の設置
ライン休止時：全閉。
操業時 ：FeSO₄の濃度でオーバーフロー量をコントロールする。
- (8) 蒸気吹き込み管の取り替え(蒸気吹き出し部分)
蒸気配管の保温も実施の事
- (9) リンガーロール前へのエアブロー設置
No.4 槽からの濃酸の Carry over の低減。
効果；・硫酸原単位の向上
 ・銅板品質の向上
 ・洗浄水の酸濃度の低減
- (10) 酸洗槽の酸濃度管理の強化
No. 4 槽組成；H₂SO₄；21 ~ 23%、FeSO₄；9 ~ 10%を Keep する事。
分析頻度 ；No. 4 槽液分析頻度を 1 回 / shift → 2 回 / shift に強化
- (11) No.1 槽への蒸気吹き込み位置変更(現 system 前提)
Over Flow 管より離れた位置へ移設。
→ Over Flow 量の抑制、及び温度の高い酸の流出抑制。
- (12) Dryer 後の Air Blow Nozzle の幅変更
Nozzle 間隔；7 mm → 2 mm
→ エア消費量の削減（省電力）
- (13) ライン停止時の作業管理強化
(a) リンス水の停止
(b) エアブローの停止
(c) ドライヤーファンの停止
(d) ドライヤー蒸気弁の停止
- (14) 主蒸気配管へのドレントラップ設置(2B)
常時生蒸気放散による大量の蒸気ロスを防止

い伝熱係数を得ることができる。)

- (6) Maintenance が容易で、長期安定運転が可能。
- (7) 廃水中に $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4$ が流出する危険性がない。(間接冷却のため) 従って、PH コントロールをする必要がない。

3.3 各 Case の比較評価

◎：Best, ○：Better, △：Base

項 目		Case - A	Case - B	Case - C	Case - D
酸洗 ライン	銅板品質	◎	△	△	◎
	廃酸量	◎	△	△	◎
	廃酸濃度バラツキ	◎	△	△	◎
	新酸原単位	◎	△	△	◎
	Maintenance 性	○	◎	◎	○
	Running Cost	○	○	○	○
	設備 Cost	△	○	○	△
硫酸 回収 設備	処理方式	蒸発冷却	蒸発冷却	蒸発冷却	蒸発冷却+ ブライン冷却
	処理可否	可	否	否	可
	品質（7水塩）	○	○	○	○
	Maintenance 性	○	○	○	◎
	Running Cost	○	○	○	○
	設備 Cost	◎	○	△	○
記 事		間接熱交の採用により品質安定、廃酸量低減、既設有効活用。	直接加熱方式は今後の競争に勝てない。廃酸バラツキ大、全量処理不可。	同左	間接熱交の採用により品質安定、廃酸量低減。将来の恒久対策としては Best。
総合 評価	評 価	◎	○	△	◎
	優先度	2	3	4	1

ANNEX - 2

間接熱交換器の検討

1. 熱交換量、及び蒸気使用量

酸 洗 槽	熱交換量(Kcal/Hr)	蒸気使用量(Kg/Hr)	備 考
1	1,636,520	3,600	銅板負荷 Count
2	511,520	1,200	
3	511,520	1,200	
4	961,820	2,100	回収酸負荷 Count

蒸気：4 kg/cm² G 飽和

2. 槽内埋め込み方式

(1) 装置概要

酸 洗 槽	熱交換 Tube	伝熱面積(m ²)x 必要基数
1	PFA(Teflon)-6/8" Tube	165 x 15
2	〃	52 x 13
3	〃	52 x 13
4	〃	98 x 14

(2) 概算機器 Cost (機器費用のみ) : \ 70,000,000 日本円

3. 外部循環方式

(1) 装置概要

酸 洗 槽	熱交換 Tube(伝熱面積 m ²)	循環 Pump(m ³ /Hr x KW x 台数)
1	Carbide- 34.2	96 x 19 x 2
2	〃 -11.6	66 x 15 x 1
3	〃 -11.6	66 x 15 x 1
4	〃 -21.3	120 x 22 x 1

(2) 概算機器 Cost (機器費用のみ) : \ 55,000,000 日本円

- ・ Carbide 間接加熱器 ; 4 基
- ・ 循環 Pump ; 5 台

・その他 ;一式

4. 設備 Flow : ANNEX - 3.2 参照

5. 必要 Maintenance

(1) 熱交換器ブロック整備 ; 1回 / 2年

・整備 Cost ; 250,000\ / 回

・部品 Cost ; 200,000\ / 回

(2) 熱交換器ブロック取替 ; 1回 / 4年

・整備 Cost ; 1,000,000\ / 回

・部品 Cost ; 700,000\ / 回

(3) 熱交換器駆漏れ Check

Pump の吐出圧力を常時監視して、圧力低下で液漏れ警報する。

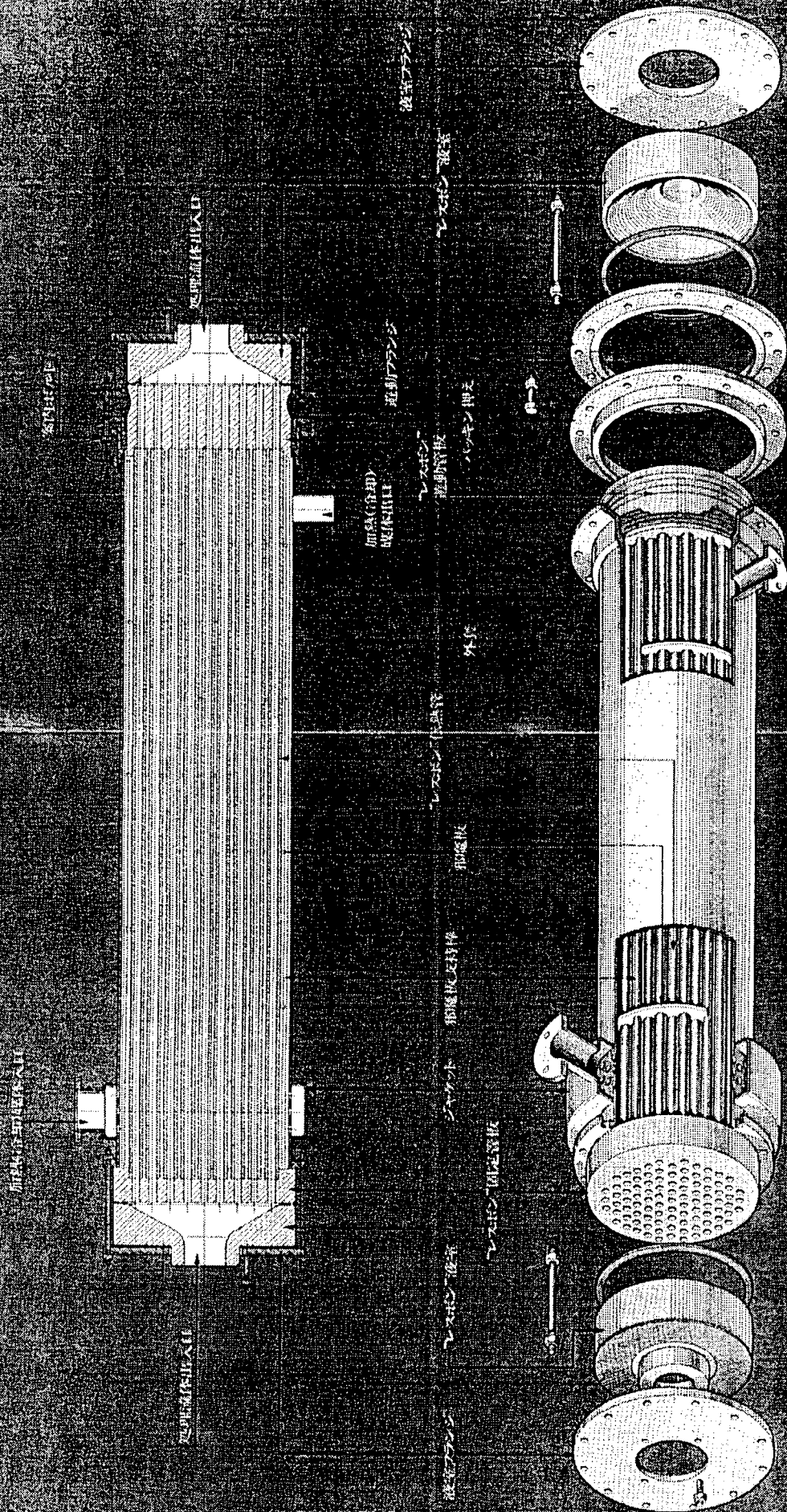
6. 間接加熱装置の比較

恒久対策として、「外部熱交換方式」と「槽内埋め込み方式」があり、その評価は下記の通りである。

設備 Cost、工事施工性、Maintenance 性等を考慮すると、「外部熱交換方式」を推薦する。

[評価]

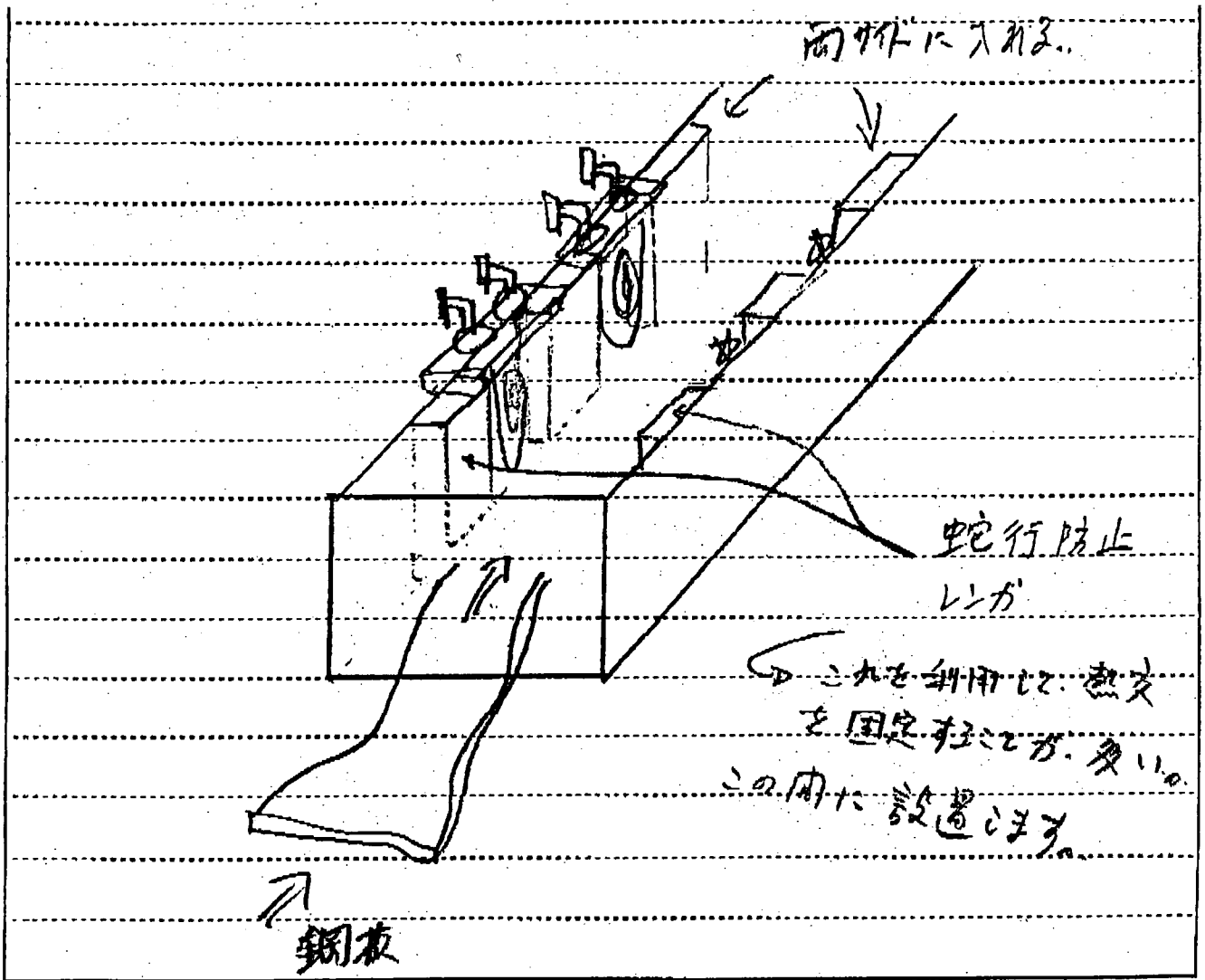
項 目	外部熱交換方式	槽内埋め込み方式	備 考
設備 Cost	US \$ 500,000 ◎	US \$ 640,000 △	部品費 (US \$ 1.0= ¥110)
Maintenance	Check が容易で、かつ部品交換作業も容易 ◎	銅板の蛇行により熱交器を破損させる可能性がある。 Maintenance 作業性が悪い △	
設置工事	Line Stop = 1 Day ◎	Line Stop = 10 Days △	
液温の均一性	液を常時循環する為、温度バラツキが少ない。 ◎	槽中央部にて液温が若干低くなる。 △	
液漏れ Check	外部熱交の為、目視点検が可能。また、Pump 圧力での Check が可能。 ◎	槽内に設置されている為、損傷状況の目視点検が困難。 △	
Running Cost	Pump 動力が必要 △	同左が不要 ◎	
総合評価	Running Cost 以外はいずれも優位 ◎	Running Cost のみ優位 △	S 社：外部熱交方式を採用



2095508-B

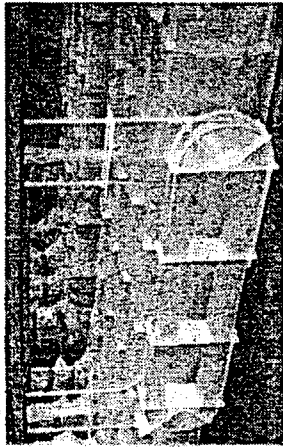
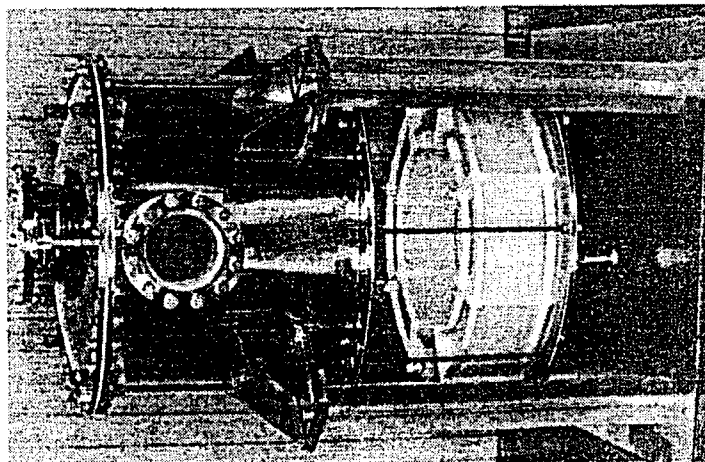
硫酸酸洗槽 間接加熱器

槽内埋物込込式 代表的な取付図

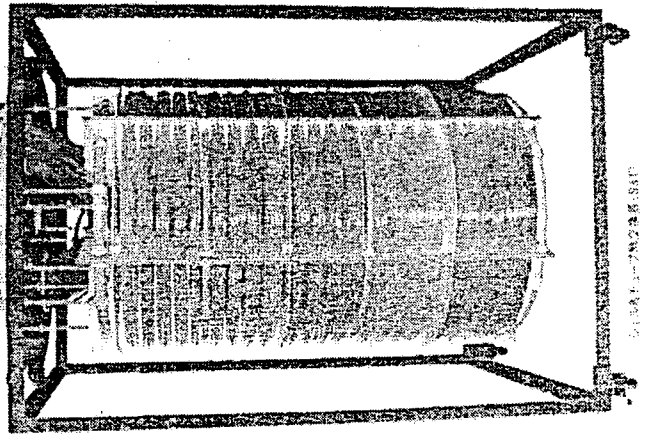


40 HEAT EXCHANGER (Shell & Tube Types, Panel type, Coil type) テフロン製熱交換器 (シェル&チューブ型・パネル型・コイル型)

この熱交換器は、テフロン製熱交換器は、テフロン樹脂の耐熱性、耐酸性、耐塩性を充分
 活かし、堅牢で耐圧力、耐腐蝕性に優れた熱交換器として、各種工業用、家庭用、船舶
 用の加熱用、冷却用、蒸気発生用等に、また広く工業分野において、高性能な熱交換器として採用され
 ています。シェル&チューブ型、コイル型、パネル型、大型機から小型機まで製造されて
 います。各種の用途に、お求めのタイプ、仕様、容量の熱交換器が揃っています。



大型シェル&チューブ型熱交換器 (400A-10000Aタイプ)

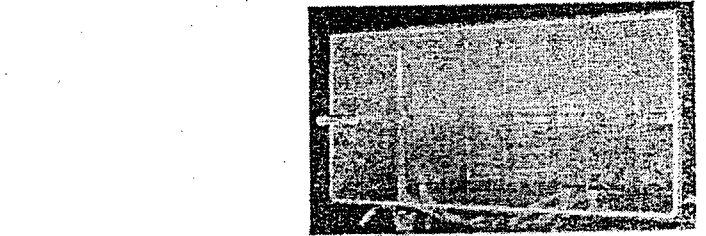
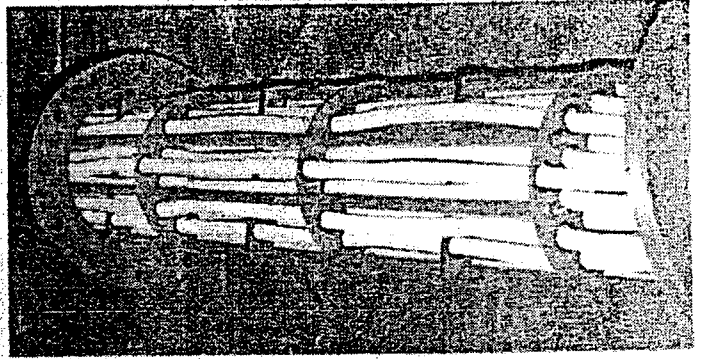


大型コイル型熱交換器 (500A)

These Teflon Heat Exchangers fabricated by KCI's unique technique are immune with the aging, oxidation,
 high pressure resistance, corrosion against low acid and alkaline fluid completely by suspended state of
 Teflon particles, non-soluble, high resistance, non-sticking. Furthermore, they are immune to heating &
 cooling of corrosive fluid, chemicals of high grade purity and high speed water are also in consideration
 of chemical property of agents in many various fields. Types are available in Shell & Tube, Coil and Panel
 types and capacities to meet various uses and various sizes of industrial systems. Range 1 T to 1000 T.



槽内埋め込み方式



廃酸回収設備の検討（ブライン方式）

1. 目的及び能力

本装置は、廃硫酸（ H_2SO_4 : 17.0 wt%, FeSO_4 : 14.7 wt%）約 22,510 kg/Hr を受け入れ、これを連続処理して、硫酸鉄 7 水塩約 3,600 kg/Hr (W.B.) を晶出分離すると共に、回収硫酸（ H_2SO_4 : 22.0 wt%, FeSO_4 : 7.7 wt%）約 18,910 kg/Hr を回収するものである。

2. 本装置の概要

- (1) 本装置は、Field Survey 結果により得た Data の廃硫酸を連続的に受け入れ、これをブライン（初温-15℃）により約 5℃まで間接冷却して硫酸鉄 7 水塩（ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ）を晶出させる。
- (2) 次にこの析出スラリーを抜き出し遠心分離器に供給し固液分離し、回収硫酸を回収する。
- (3) 冷凍機はフレオン(R-22)を冷媒とした水冷式チラーユニット型を使用し、またブラインはナイブライン約 50 wt%水溶液を使用する。

3. 本装置の特長

本装置は、最新の方式を採用し、構造・材質共に慎重な考慮をもって設計され、運転・装置。保全に最も容易なる事が特長である。

又、本装置は、常圧操作のため、真空冷却晶析方式に比較し、真空トラブルによる能力低下がないことも大きな特長である。

- (1) 晶析機は Field Survey 結果により得た Data の廃硫酸を連続的に受け入れ、これを間接冷却するため、急速高性能の堅型晶析器を採用する。
- (2) 晶析器の伝熱面内壁は攪拌羽根により常に掻き取りを行っているため、伝熱面に結晶・スケール等の付着がなく、長期安定運転が得られる。
- (3) 晶析器本体外套は、冷媒が高速で回転しながら流れる構造となっており、非常に高い伝熱係数を得ることができる。
- (4) 晶析器内は常時均一な攪拌を行い、缶内の液濃度の均一化（過飽和領域の偏在防止）を計り、常時均一な結晶を得る事ができる。

- (5) 晶析器本体内壁及び攪拌器は鏡面仕上げのステンレス鋼板製とし、腐食および結晶・スケール等の付着に対し十分な配慮がなされている。
- (6) 本装置は100基以上の実績を有する。

4. 運転操業に必要な諸元（設計値）

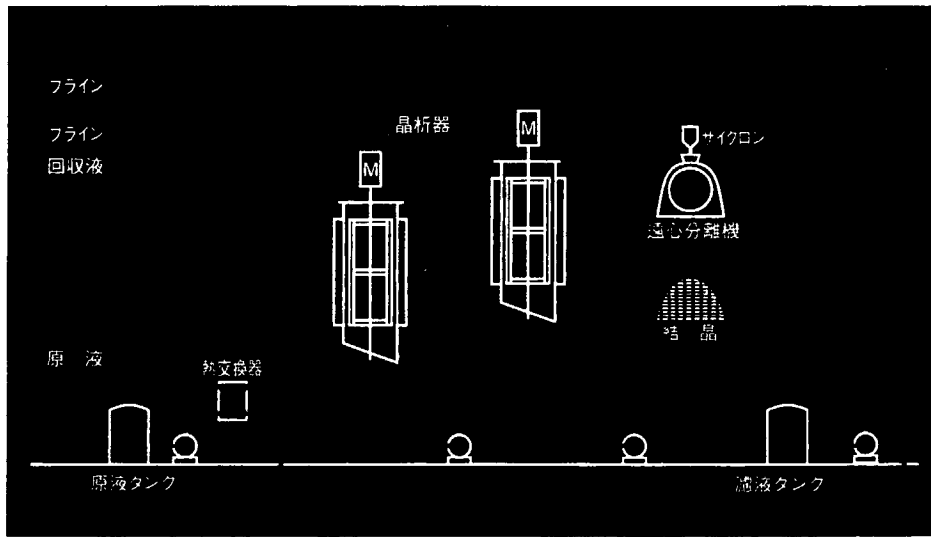
本装置の操業に必要な諸元は下記の通りであります。

4-1	設 計 条 件																	
	4-1-1	廃 硫 酸																
		<table border="1"> <tr> <td>供 給 量</td> <td>約 22,510 kg/H</td> </tr> <tr> <td>濃 度</td> <td>H₂SO₄ 約 17.0 Wt%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FeSO₄ 約 14.7 wt%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>H₂O Baℓ.</td> </tr> <tr> <td>比 重</td> <td>約 1.280</td> </tr> <tr> <td>温 度</td> <td>約 80 °C</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	供 給 量	約 22,510 kg/H	濃 度	H ₂ SO ₄ 約 17.0 Wt%		FeSO ₄ 約 14.7 wt%		H ₂ O Baℓ.	比 重	約 1.280	温 度	約 80 °C				
供 給 量	約 22,510 kg/H																	
濃 度	H ₂ SO ₄ 約 17.0 Wt%																	
	FeSO ₄ 約 14.7 wt%																	
	H ₂ O Baℓ.																	
比 重	約 1.280																	
温 度	約 80 °C																	
	4-1-2	析 出 結 晶 FeSO ₄ · 7H ₂ O																
		<table border="1"> <tr> <td>晶 析 量 (W. B)</td> <td>約 3,600 kg/H</td> </tr> <tr> <td>含 液 率</td> <td>約 7 wt%</td> </tr> <tr> <td>晶 析 温 度</td> <td>約 5 °C</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	晶 析 量 (W. B)	約 3,600 kg/H	含 液 率	約 7 wt%	晶 析 温 度	約 5 °C										
晶 析 量 (W. B)	約 3,600 kg/H																	
含 液 率	約 7 wt%																	
晶 析 温 度	約 5 °C																	
	4-1-3	回 収 硫 酸																
		<table border="1"> <tr> <td>供 給 量</td> <td>約 18,910 kg/H</td> </tr> <tr> <td>濃 度</td> <td>H₂SO₄ 約 20.0 Wt%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FeSO₄ 約 7.7 wt%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>H₂O Baℓ.</td> </tr> <tr> <td>比 重</td> <td>約 1.243</td> </tr> <tr> <td>温 度</td> <td>約 60 °C</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	供 給 量	約 18,910 kg/H	濃 度	H ₂ SO ₄ 約 20.0 Wt%		FeSO ₄ 約 7.7 wt%		H ₂ O Baℓ.	比 重	約 1.243	温 度	約 60 °C				
供 給 量	約 18,910 kg/H																	
濃 度	H ₂ SO ₄ 約 20.0 Wt%																	
	FeSO ₄ 約 7.7 wt%																	
	H ₂ O Baℓ.																	
比 重	約 1.243																	
温 度	約 60 °C																	

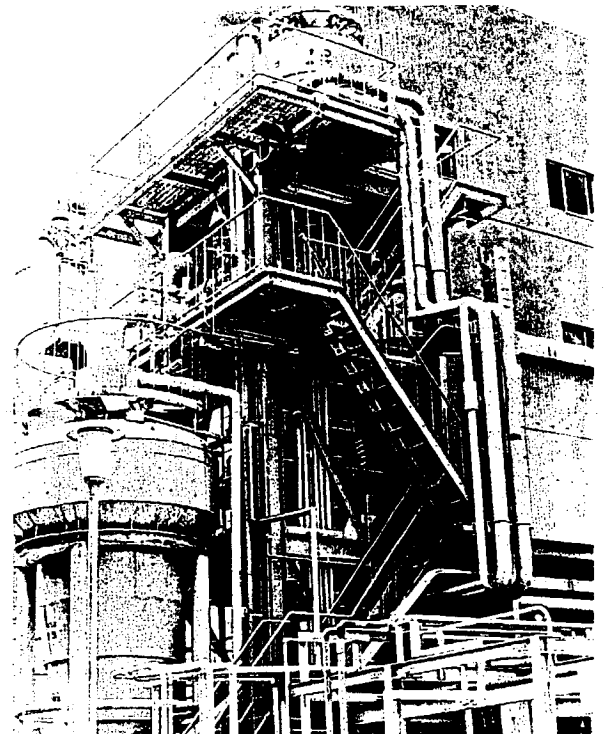
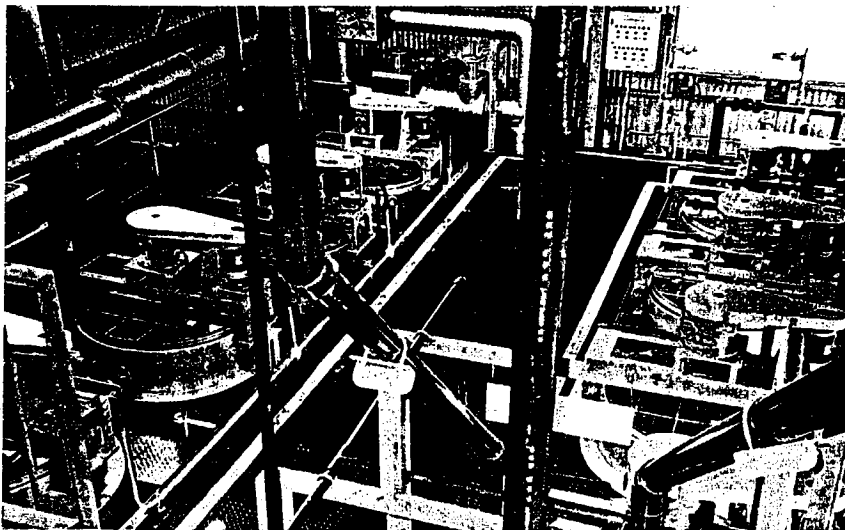
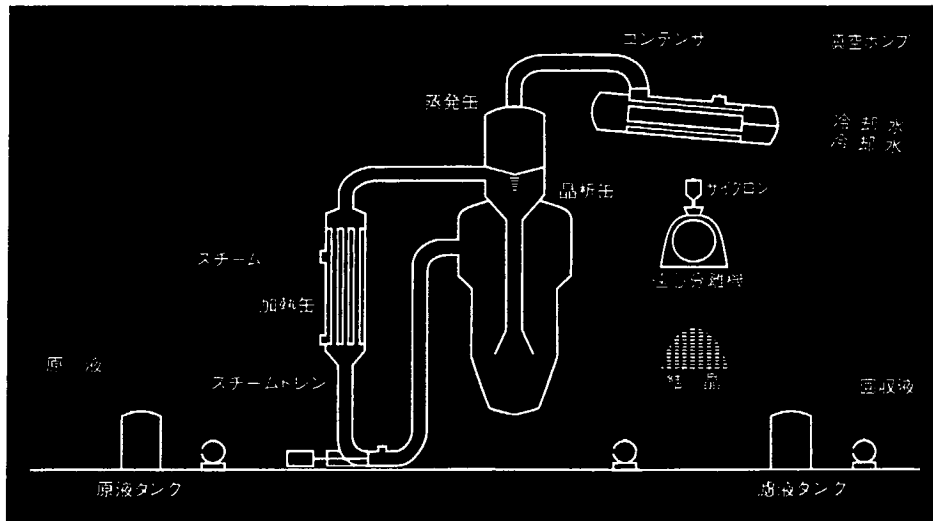
4-2	運 転 原 単 位		
	4-2-1	工 水 (3.0kg/ cm ² G. 30°C)	約 1.2 m ³ /H
	4-2-2	冷 却 水 (3.0kg/ cm ² G. 32°C→37°C)	約 200 m ³ /H
	4-2-3	電 力 (AC 380 V, 50 Hz, 3 φ)	約 670 KWH
		設 備 電 力	約 890 KW

6. 参考説明図及び写真

◎ブライン冷却法・ジャケット型



◎蒸発晶析法・分級層型・密閉方式 (Kristal-Oslo型)



7. ブライン冷却法の概要

7.1 設計仕様

(1) 廃酸量	;	18m ³ /Hr	
(2) 組成	;	H ₂ SO ₄	; 15 - 18%
		Fe ²⁺	; 70wt%(FeSO ₄ ; 14.7%)
		温度	; 80℃
(3) Utility	;	蒸気	; 4 kg/cm ²
		工業用水	; ditto
		循環水	; ditto

7.2 目的及び能力

廃硫酸(H₂SO₄; 17%, FeSO₄; 14.7%) 約 22,510 kg/Hr を連続処理して、硫酸鉄 7 水塩約 3,600kg/Hr を晶析分離すると共に、回収硫酸(H₂SO₄; 20%, FeSO₄; 7.7%)を約 18,910kg/Hr を回収する。

7.3 装置の概要

廃硫酸を連続的に受け入れ、これをブライン（初温-15℃）により約 15℃まで間接冷却して硫酸鉄 7 水塩（FeSO₄ · 7 H₂O）を晶出させる。

次に k の析出スラリーを抜き出し、遠心分離器に供給し、固液分離し回収硫酸を回収する。冷却器はフロン(R-22)を冷媒とした水冷式低温チラーユニット型を使用し、ブラインはナイブライン約 50%水溶液を使用する。

7.4 設備費概算(日本円)

(1).晶析工程設備	;	216,000,000
(2)Pump 類 (9 台)	;	7,200,000
(3)その他	;	72,000,000
計	;	295,200,000

7.5 Recommendable Plant Manufacturer

(1)Company Name	;	Daido Chemical Engineering Co.
(2)Adress	;	post code 530-0053 3-3 Suehirocho Kitaku Osaka-shi Japan Daido-Parkside Building 9F. Phone: 06-6312-6621 Fax : 06-6312-6626
(3)Window person	;	Mr. Hideo Kawasaki General Manager Sales Dept.