

6.9 硝酸を利用したリン酸製造技術の可能性

6.9.1 石膏の発生

現行の湿式リン酸・リン酸肥料製造プロセスは、リン鉱石を硫酸で分解させるために大量の石膏が生成する。石膏の発生を抑制する手段としては、次の三つの方法が考えられる。

- ① 過リン酸石灰のように、生成した石膏を分離することなく製品中に混在させて、最終製品として販売してしまう方法。
- ② リン鉱石を分解するための硫酸の代替としてリン酸や硝酸を用いる方法。
- ③ 焼成リン肥・溶成リン肥のように酸を使用しない方法。

当然、②③のリン酸肥料製造方法は、硫酸を使用しないので石膏が発生することはない。

日本を始め世界の肥料消費が単肥から複合肥料へ、さらに生産の合理化、流通経費および施肥労力の節減などの理由から成分量の高い複合肥料が求められており、これに呼応して登場したのが高度化成肥料High analysis compound fertilizersである。

化成肥料とは、重過リン酸石灰・過リン酸石灰・重焼リン・溶成リン肥をリン源とする各種化成肥料で、肥料の3要素である窒素・リン酸・カリの合計成分が30%以上のものを高度化成、30%未満のものを普通化成とよぶ。また、二次要素・微量要素なども必要に応じて添加する。

高度化成肥料の種類はかなり多く、硫リン安系・塩リン安系・尿素リン安系・リン加安系・苦土リン安系・リン硝安系など主として窒素の形態によって区分されている。これら製品のうち、最も古くから生産され、量的に大きいものはスラリー式硫リン安系の製品であったが、最近ではリン安を原料としたものが増加しつつある。

現在、チュニジアでは、硫黄を輸入して硫酸を製造し、それを用いてリン鉱石を分解しているが、チュニジアで産出する天然ガスから水素を製造し、空気中の窒素と反応させてアンモニアを造り、これを酸化して硝酸を製造する。硝酸をリン鉱石分解用の酸として用いれば、石膏の生成はなく、高度化成肥料も同時に生産できる。硝酸カルシウムも窒素肥料として活用することができる。

アンモニアと硝酸は、高度化成肥料の原料として不可欠のものであり、リン酸アンモニウム系化成肥料として世界に広く流通している。

アンモニアの製造技術である空中窒素固定技術は、世界中で採用されている製法であり、アンモニアと硝酸の製造は、国産資源を活用するという観点からも検討に値する。

6.9.2 石膏を発生しないリン酸肥料の種類

日本のリン含有肥料は、表 6.9-1に示すように肥料の公定規格によって、肥料三大要素のうちリン成分だけを保証する単肥（リン酸質肥料）と、リン成分のほかに窒素成分・カリ成分、あるいはその両方を保証する複肥（複合肥料）とに分類され、さらに製法と製品形態の相違により各種の製品がある。

表 6.9-1日本のリン含有肥料の種類(公定規格)

種別と種類	保証主成分			
	TP ₂ O ₅	CP ₂ O ₅	SP ₂ O ₅	WP ₂ O ₅
リン酸質肥料				
過リン酸石灰			○	○
重過リン石灰			○	○
溶成リン肥		○		
焼成リン肥		○		
腐植酸リン肥		○		○
加工リン酸肥料		○		○
副産リン酸肥料		○		△
混合リン酸肥料		△		△
複合肥料				
化成肥料	△	△	△	△
成形複合肥料	△	△	△	△
吸着複合肥料				△
被覆複合肥料				△
副産複合肥料	△			
液状複合肥料	△	△	△	
配合肥料	△	△	△	
家庭園芸用複合肥料	△	△	△	

注) 種別と種類名は公定規格の用語をそのまま使用した。

TP₂O₅リン酸全量、CP₂O₅ク溶性リン酸、SP₂O₅可溶性リン酸、WP₂O₅水溶性リン酸

○：かならず保証を必要とする。△：上成分のどれか一つ以上を保証する。

植物の根は酸(たとえばムギネ酸)を出して、水に不溶性リン酸塩でも溶解させて吸収する性質があるため、水に溶けなくてもクエン酸のような有機酸に溶けさえすれば肥料効果があると言うことで、リン酸肥料成分として、ク溶性という表示で、水溶性リン酸に加算する。

表 6.9-1からもわかるように多種のリン酸系肥料のうち、リン鉱石を硫酸で分解させるが、石膏として分離しない過リン酸石灰のようなものから、リン酸や硝酸を用いて、リン鉱石を分解し、原理的に石膏が発生しないプロセス、蛇紋岩のような

マグネシウム成分を加えて、高温で焼成する製造法まで、世界には幾多のリン酸肥料製造プロセスが稼働している。

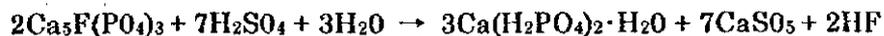
単肥であるリン酸質肥料の内、最も古くから、製造されてきた過リン酸石灰をはじめ、溶成リン肥・焼成リン肥は、石膏が発生しない製品である。重過リン酸石灰は、リン鉱石とリン酸液とを反応させる段階では、石膏は生成しないが、リン酸液を製造する過程で、硫酸が使用されることが多いので、この場合には石膏が発生する。しかし、リン酸液を製造する過程で、硫酸の代わりに、硝酸を使用すれば、石膏発生の問題は解決する。

世界のリン含有肥料は、含有成分の高濃度化と複合化とに向かい、湿式リン酸を使用するリン安・重過リン酸石灰・リン安系化成肥料のほかにリン鉱石の硝酸分解系化成肥料の生産が多くなっている。以下、石膏が発生しないリン酸肥料製造プロセスについて検討する。

(1) 過リン酸石灰 Single superphosphate

【別名】過石:Calcium superphosphate

リン鉱石を65～75%の硫酸で分解し、2週間ほど熟成すると、リン酸一カルシウムと無水石膏との混合物が過リン酸石灰(16～22% P₂O₅)として得られる。



生成する HFは、リン鉱石中のSiO₂と反応してSiF₄となり、15～20%が揮散し、残りは製品中に残留する。反応温度110～120℃である。

この方法によれば、生成した石膏は、分離できないので製品と共に販売されてしまうので、石膏処理の問題は生じない。

【性状】

主組成〔リン酸二水素カルシウム水和物3Ca(H₂PO₄)₂·H₂O (分子量:252.07)と石膏の混合物〕灰白色のポーラス状。リン酸一石灰および石膏を主成分とするが、少量の遊離リン酸、リン酸二石灰などを含有し、肥料取締法上水溶性および可溶性リン酸の含有量が保証されている。過リン酸石灰中の可溶性リン酸分は原料リン鉱により異なるが、現在日本では16～20%のものが最も多く、硫リン混酸またはリン酸を使用したものでは20～29%の含有率になっている。遊離リン酸を若干含むために微酸性(pH3前後)である。施肥に便利のように粒状化した粒状過リン酸石灰も製造されている。

過リン酸石灰の一部は、そのまま単肥として使用されるが、主として硫安・尿素・カリ塩などと配合され、複合肥料(化成肥料・配合肥料)の原料として使用される。またこれに蛇紋岩粉末・溶成リン肥が加えられ、または混合されて苦土過リン酸または溶過リンとして市販される。

【原料】リン鉱石・、硫酸・リン酸

【製法】

過リン酸石灰の製造プロセスは、次のようである。

- ① リン鉱石の粉碎
- ② リン鉱石粉末と硫酸との反応
- ③ 酸分解物の熟成・堆積

(2) 重過リン酸石灰 Concentrated superphosphate

【別名】 Double superphosphate : Triple superphosphate

重過リン酸石灰とは、五酸化リン P_2O_5 を30～50%程度含有するものの総称で、リン鉱石をリン酸(40～50% P_2O_5)で分解すると、重過リン酸石灰(44～46% P_2O_5)が得られる。

通常アメリカにおいては、 P_2O_5 約30%含有するものをDouble Superphosphate (DSP)、 P_2O_5 45%前後含有するものをTriple Superphosphate(TSP)と称している。Triple Superphosphateに使うリン酸液は製造工場により多少異なるが、 P_2O_5 25～50%程度のリン酸液を使用している。

過リン酸石灰の製造とはほぼ同様の製造工程であるが、硫酸のかわりにリン酸液だけを用いるか、あるいは硫酸とリン酸の混酸液が用いられている。

重過リン酸石灰は、単肥または高度配合化成肥料の原料として用いられている。

【性状】 $CaH_4(PO_4)_2 \cdot H_2O$ 分子量：252.07

リン酸一石灰を主成分とし、灰白色ないし暗褐色の粉状または粒状のもので、その成分は水溶性リン酸28～46%・可溶性リン酸30～48%・遊離酸0.5～1.5%・水分7～8%・石灰20～30%であり、最近では粒状化されたものが製造されている。

【原料】 リン鉱石・リン酸液・硫酸

【製法】

リン鉱石に硫酸を加え、生成する石膏を濾別してリン酸をつくり、これをリン鉱石粉に加えて反応させ、造粒する。なお可溶性リン酸30～37%のものは、リン酸・硫酸の混酸でリン鉱石を分解する。



リン酸と硫酸との混酸で分解すると、過リン酸石灰と重過リン酸石灰との混合物が得られ、品位は混合割合に応じて中間的なものとなる。日本では30% P_2O_5 以上の品位を重過リン酸石灰、30%未満の品位を過リン酸石灰とよぶ。

世界市場では46% P_2O_5 の品位が主流で、反応は温度が90℃程度と低いため、反応速度が遅く、4～6週間熟成させる。

当然、過リン酸石灰の製造プロセスからは、石膏は発生しない。重過リン酸石灰の工程からも石膏は、生成しないが、リン酸液を製造する過程で硫酸を使用すれば、当然石膏は発生する。

(3) 熔成リン肥 Fused(magnesium)phosphate

【別名】 熔成苦土リン肥

熔成リン肥は、リン鉱石に蛇紋岩($3\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$)またはカンラン岩などの原料鉱石を粒状または小塊状で混合し、電気炉(容量1,500~6,600kWh)を用いて1350~1500℃で加熱溶解した熔融物を流水で急冷水砕して約2mm以下のガラス状細砕品を得る。これを粉砕して水きり後、回転乾燥機で水分0.1%以下とし、ボールミルで粉砕して製品にする。大部分の工場が開放型電気炉を用いており、日本独特のリン酸質肥料であるが、海外でも一部で生産されている。製品品位は20% P_2O_5 前後でクエン酸可溶性(ク溶性)である。電炉法のほかに、重油を燃料とする平炉法がある。

リン鉱石と蛇紋岩の比が約7:5(P_2O_5 1モル $\text{CaO}+\text{MgO}$ 6~7モル・ SiO_2 2~3モル)と考えられている。

$\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3 + \text{MgO}\cdot x\text{SiO}_2\cdot y\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{CaO}\cdot \text{MgO}\cdot \text{P}_2\text{O}_5\cdot \text{SiO}_2\cdot \text{F})\text{非晶質} + \text{HF}$
ガラスのモル組成を $x\text{CaO}\cdot m\text{MgO}\cdot \text{P}_2\text{O}_5\cdot n\text{SiO}_2$ としたとき、 $m = 2(2\sim 4)$, $m/n = 1$ となるように原料を配合する。一般にク溶性リン酸約20%・アルカリ分40~50%・ク溶性苦土12%以上、このほかに可溶性ケイ酸・マンガン・ホウ素を含有するものもある。反応機構は、リン鉱石中のカルシウムの一部がマグネシウムと置換し、フッ素はフッ化カルシウムとして固定されているという説もある。いずれにしても、成分はク溶性のリン酸苦土石灰とケイ酸との共融物である。

【性状】

原料として P_2O_5 33%のフロリダリン鉱石を使用した場合の製品分析結果の事例を次に示す。

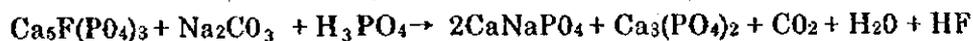
全リン酸 P_2O_5 22.19%・ク溶性リン酸 P_2O_5 21.95%・ MgO 18.62%・ CaO 31.23%・ SiO_2 22.12%・ Fe_2O_3 4.06%・ Al_2O_3 1.14%であってリン酸の99%が2%クエン酸に可溶であり、また $\text{MgO}\cdot \text{CaO}\cdot \text{SiO}_2$ のクエン酸に対する溶解率は、おおむね99%内外である。

熔成リン肥の特性はリン酸が過リン酸石灰のように水溶性ではなく、 $\text{MgO}\cdot \text{CaO}\cdot \text{SiO}_2$ の99%内外がク溶性である点である。ク溶性リン酸は、土壤中で固定されることが少なく、苦土・石灰・ケイ酸もまた可溶性であるため、熔成リン肥は酸性土壌や老朽水田に対して有効で土壌改良剂的に用いられている。またマンガン・ホウ系を含有させたものがあり、BM熔リンと称せられている。

リン酸肥料としての施用だけでなく、過リン酸石灰との混合による混合リン肥、または塩基性複合肥料の原料として使用されている。

(4) 焼成リン肥

日本で開発されたが、海外でも一部で生産されている。リン鉱石にソーダ灰とリン酸とを加え、重油と水蒸気を吹き込みながら、回転炉を用いて1300～1500℃で焼成する。



製品は四リン酸五カルシウム二ナトリウム $\text{Ca}_5\text{Na}_2(\text{PO}_4)_4$ で、レナニット CaNaPO_4 とリン酸三カルシウム $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ との固液体(2:1)に相当する。ク溶性なので、肥料用には水溶性リンを併有させた重焼リンなどに加工し、またフッ素残留量が0.1% F以下と低く家畜飼料添加剤にも使用することができる。

(5) (苦土)重焼リン (Magnesium)Multi-phosphate

焼成リン肥はク溶性リン酸であるため速効性ではないが、これに一部水溶性のリン酸をさらに添加すれば植物の初期生育に際して水溶性リン酸を吸収し、その後成長にしたがってク溶性リン酸を吸収するので、合理的なリン酸肥料となる。このことから焼成リン肥にリン酸液を作用させ重焼リンが製造され、焼成リン肥に苦土源として蛇紋岩粉末、その他の塩基性苦土含有物を使用しリン酸液を加えてリン酸苦土の形にした苦土重焼リンが製造される。また、焼成炭酸マンガングリン石粉末またはホウ酸塩肥料を前述の肥料製造の際に加えてマンガングリンまたはホウ素を含有する苦土重焼リンが製造される。

【製法】

リン酸液と硫酸の混酸で、リン鉱石を分解し、これに焼成リン肥・蛇紋岩・リン酸を加え造粒する。

(6) 高度化成肥料

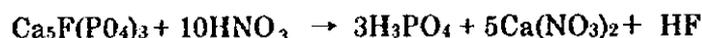
a) リン硝酸系化成肥料の製造

リン鉱石を硝酸で分解し、カリ塩を加えてアンモニア化して得られる化成肥料をリン硝酸系化成肥料と称する。

b) リン鉱石の硝酸分解

硝酸でリン鉱石を分解する化成肥料の製造法はヨーロッパでは、早くから研究されていた。日本では旭化成がナイロン製造の工程から大量の発生する廃硝酸を、リン酸肥料製造過程で用いる硫酸の代りに使用し、硝酸カルシウムとリン酸をからなる窒素・リン酸肥料を製造した。

リン鉱石を58～60%の硝酸で分解すると、次式により、リン酸と硝酸カルシウムが生成する。



硝酸カルシウムは、水溶性なので石膏のような沈殿を生成せず、リン酸液中に溶存している。これにアンモニアを加えると、次式の反応でリン酸はリン酸二カルシ

ウムとなるが、pH 1.5以上では、フッ素アパタイト $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$ に戻り、溶解性が低下する。



対策として、カルシウムを一部除去するか、リン酸を加えて、リン:カルシウムの比率を高める方法がある。

旭化成では、硫酸を加えてカルシウムを石膏の形で除去する図 6.9-1 に示す方法を採用しているが、過剰のリン酸を加えてリン酸二カルシウムとリン安を生成させる方法も実施されており、この方法によれば石膏は発生しない。

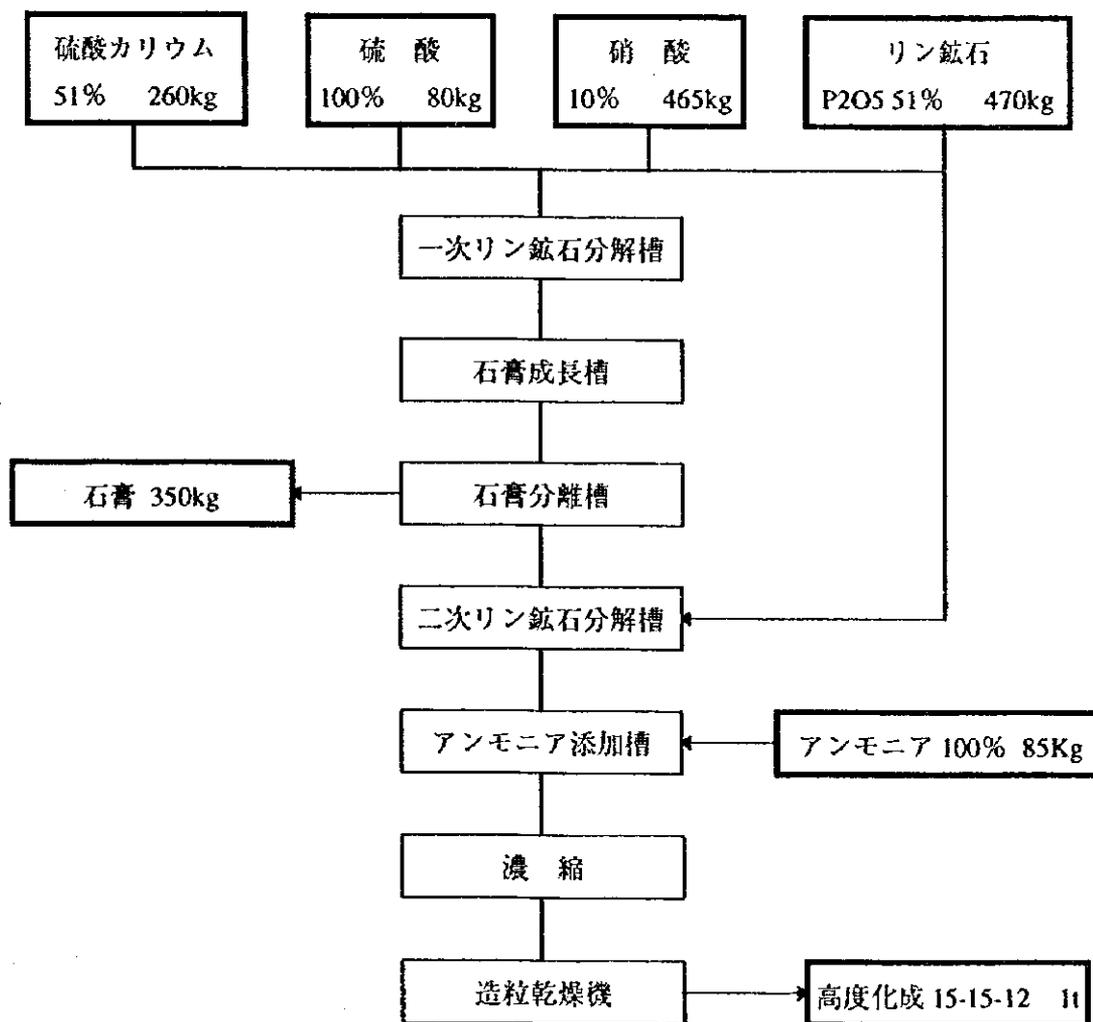


図 6.9-1 硝酸系化成肥料の製造工程（旭化成方式）

c) 高度化成肥料原料としてのリン酸液の製造

高度化成肥料を製造するためには、リン酸液を製造しなければならない。

湿式リン酸製造工程から発生する石膏の発生を抑制するための、リン酸液製造方法について検討する。

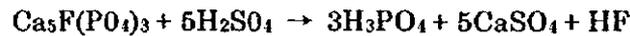
① 高純度リン酸

高純度リン酸の製法には、リン鉱石にコークス・ケイ石を加え電気炉で還元して、黄リンを製造し、黄リンを燃焼させて P_2O_5 を製造し、これを水と反応させてリン酸とする乾式法と、リン鉱石に硫酸を加えてリン酸と石膏に分解、石膏を濾別し、溶媒抽出法などにより、精製して、高純度リン酸液を得る湿式法がある。黄リンの製造は、エネルギー消費量が多く、黄リンは有毒物質なので、職業病になる危険性が高い。昔から、黄リンの職業病は、有名で恐れられている。

乾式法は硫酸を使用しないので、当然、石膏は生成しない。

純リン酸の市販品は75・85・89% H_3PO_4 が主流である。100% H_3PO_4 以上は縮合リン酸とよばれ105・116% H_3PO_4 酸が市販されている。

リン鉱石を硫酸で分解し、石膏を濾別して得られるリン酸を湿式リン酸とよぶ。



リン鉱石中のフッ素はHFとなるが、一部は鉱石中の不純物シリカと反応して SiF_4 となって飛散し、一部は H_2SiF_6 となってリン酸中に溶存している。

石膏 $CaSO_4 \cdot XH_2O$ をどの水和形態($X=0, 1/2, 2$)で、どの工程で除去するかによって、製造方式が分かれる。二水塩法などで製造されたままのリン酸(粗リン酸)の濃度は、25~31% P_2O_5 と低く、リン安・重過リン酸石灰など高品位の肥料の原料としては、40% P_2O_5 以上に濃縮する必要がある。

濃縮は、真空蒸発装置で水分を蒸発させる方式が一般的である。市販用の濃縮酸は、普通54% P_2O_5 濃度に高める。この濃度になると、縮合リン酸が一部生成する。理論上、オルトリン酸の100%は、72.4% P_2O_5 に相当するが、湿式リン酸には不純物が多いので、理論濃度以下の54~55% P_2O_5 で縮合反応が起きる。さらに69~72% P_2O_5 まで濃縮したスーパーリン酸(super phosphoric acid)は、ピロリン酸を10%前後含む。この濃縮には、液中燃焼装置が多く使用される。

濃縮過程では、おもに溶存金属不純物の濃度増加による粘度の増加、スラッジの発生がみられる。

日本の湿式リン酸の消費量は、過去10年間に激減したが、飼料用・洗剤用を除く精製リン酸用途は逆に増加し、機能材料化の傾向を裏付けている。

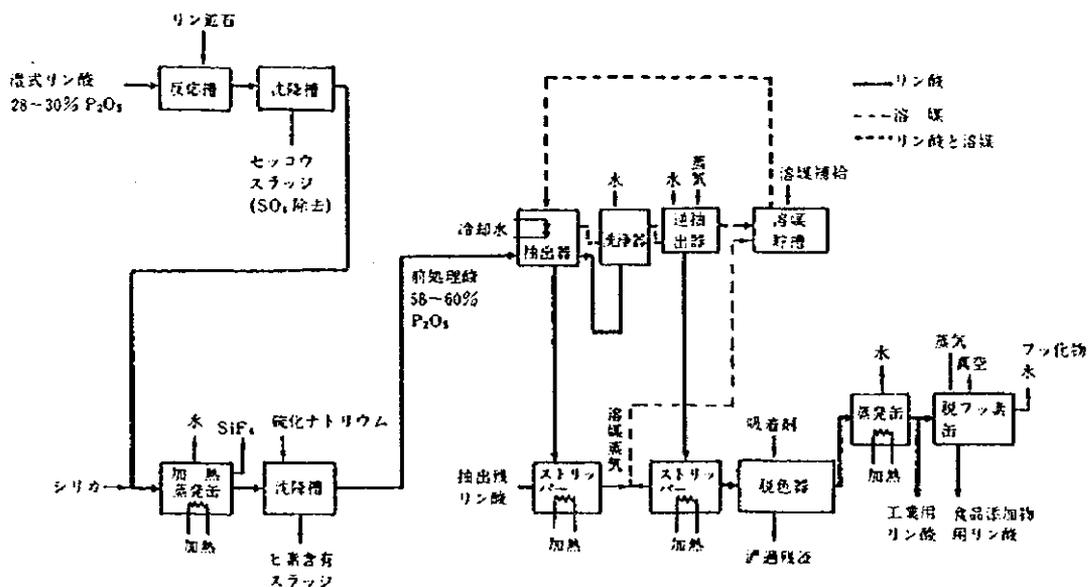
湿式リン酸は不純物が多く肥料原料には差し支えないが、飼料用や工業用には精製が必要である。

② 湿式リン酸精製法

リン鉱石を酸で分解して得られる湿式リン酸の精製法には、溶媒抽出法と溶媒沈殿法の2法がある。

1) 溶媒抽出法による高純度リン酸の製造

水と相溶性がなく、混合液を二相に分離することができる有機溶媒を用いて、湿式リン酸からリン酸を抽出する方法で、そのプロセスは前処理・抽出・濃縮・最終精製から構成される。代表例としてPrayonプロセスの工程を図6.9-2に示す。



Prayon法による湿式リン酸精製プロセス

J. J. McKetta, ed., "Encyclopedia of Chemical Processing and Design", Vol. 35, p. 464, Marcel Dekker (1990).

使用する溶媒により各種のプロセスが開発されているがPrayonプロセスでは、イソプロピルエーテルとリン酸トリブチルの混合溶媒が用いる。その他の溶媒を使うプロセスとして、ブチルアルコール・アミルアルコールを使う(プロセス開発会社はHoechst, Israeli Mining Industries, Azote et Produits Chimiques)、アミン(Monsanto)、リン酸トリブチル(Rhone-Poulenc)などがある。

トーソーでは、リン鉱石を硫酸で分解して、生成するリン酸をブタノールで溶媒抽出して、高純度リン酸を製造していたが、リン酸の製造を中止したと聞くことを聞いている。この方法では、試薬級の高純度リン酸を低エネルギーで製造することができるということであったが、製造をやめた理由は不明である。

2) 溶媒沈殿法

溶媒抽出法が水と相溶性のない溶媒を用いるのに対し、水と任意の量で混合させることができる溶媒(たとえば、メタノール・エタノール・イソプロピルアルコール・アセトンなど)を用いる。この溶媒を湿式リン酸に加えると、リン酸中の不純物が不溶性の塩として析出してくる。これを分離し、溶媒を蒸留により除去する精製法を溶媒沈殿法とよぶ。現在、工業的に行われているのはこの改良法

(Budenheim法)で、湿式リン酸にイソプロピルアルコールを混合し、不純物をスラッジ状の沈殿として析出させ除去する。これを分離後、少量のリン酸塩飽和溶液(たとえば46%リン酸ナトリウム溶液)で洗浄する(飽和溶液のため2相に分離する)。次に、H型にした陽イオン交換樹脂に通し残留する不純物陽イオンを吸着除去し、蒸留により溶媒を回収、精製酸を得る。

7 特定有望品目のリサイクル可能性の検討

7.1 鉄

7.1.1 中間材、最終商品の需給と再利用可能量

(1) 中間材、最終商品の需給

テュニジア国の最近3年間の粗鋼、鉄鋼製品、スクラップの需給を表 7.1-1から表 7.1-3に示す。なお、粗鋼生産量、鉄鋼半製品（ピレット等）の輸入量、棒鋼・線材・鋼材等の国内生産量と輸出入量は5章に示した。これらをもとに、粗鋼の国内生産量と消費量、鉄鋼製品の国内生産量、スクラップ国内回収量の推移を図7.1-1に示した。

表 7.1-1 粗鋼の需給 (鉄鋼の中間材) (トン/年)

	1995	1996	1997
国内生産量	194,000	186,000	220,000
（うち電炉製鋼分	46,000	46,000	70,000
輸入量	34,000	73,700	113,200
輸出量	7,900	2,500	5,390
消費量	220,100	257,200	327,810

表 7.1-2 鉄鋼製品の需給 (鉄の最終製品) (トン/年)

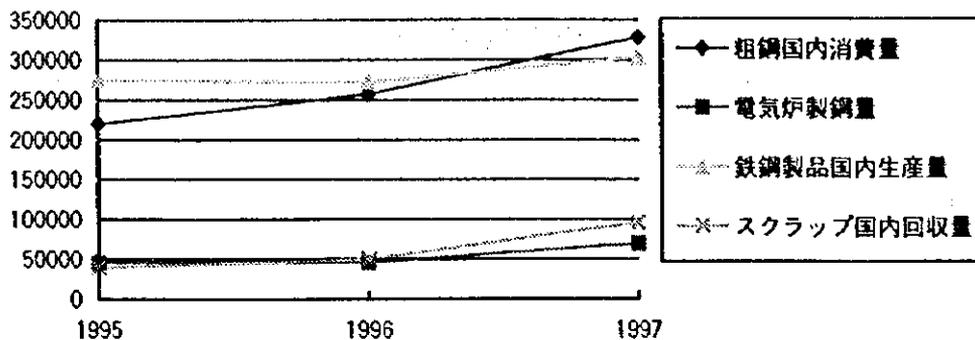
	1995	1996	1997
国内生産量	274,800	271,900	303,300
輸入量	581,600	474,200	497,400
輸出量	146,000	115,000	129,800
間接輸入量	130,000	120,000	137,000
需要量	840,400	751,100	807,900

表 7.1-3 スクラップの需給 (消費資源) (トン/年)

	1995	1996	1997
国内回収量	40,000	50,000	96,000
輸入量	800	900	1,300
輸出量	2,500	3,100	3,900
再利用量	45,500	47,800	93,400

(注) 国内回収量は老廃スクラップの発生が定常的でないため推定した。

また、国内回収量には自家発生スクラップは含まれていない。



図

7.1-1 粗鋼、鉄鋼製品、スクラップの需給動向 (トン/年)

過去10年間は粗鋼生産量、鉄鋼生産量とも大きな変動はなかったが、最近3年の動向では粗鋼の国内消費量が伸びている。これは1997年にエル・フーレーズ製鉄所の電気炉の容量が増強されたため、粗鋼生産が増加し、供給量が増えたことによる。

最近3年間の需給動向からはさらに、以下のことがいえる。

- ・粗鋼生産量が増加し、なおかつ半製品輸入量も増加している。
- ・電気炉の増強に伴ない、スクラップ消費も大幅に増加した。

(2) スクラップの排出可能量

第5章ではスクラップを自家発生スクラップ、加工スクラップ、老廃スクラップに分けて、それぞれの発生源、潜在的発生量を推定した。スクラップの潜在的発生量は合計226,600トン/年であると推定される。

表 7.1-4スクラップの推定潜在的発生量

種別	発生源、推定理由	トン/年
自家発生スクラップ	製鉄所	48,600
	鋳物メーカー	16,000
加工スクラップ	鉄鋼取扱量の7%	56,000
老廃スクラップ	総蓄積量の2%	106,000
合計		223,000

7.1.2 リサイクル業者及びエンド・ユーザーの設備能力の見通し

(1) リサイクル業者の設備能力

5章でも述べたように、鉄スクラップ回収業者の代表的なものとして、テュニス近郊の小規模業者組合があるが、設備能力は14,000トン/年程度と、老廃スクラップの潜在的発生量からみると小さい。今後老廃スクラップの発生が増加し、スクラップ市場が活況になれば、設備が増強されると期待される。現在は老廃スクラップの

回収はテュニスを中心に行われているが、将来的にはスファックスなど東南部地域にも回収体制を整備することが望ましい。

(2) エンド・ユーザーの設備能力

エンド・ユーザーとなる製鉄所・鋳物メーカーの現状の設備能力は表 7.1-5に示すように、スクラップ潜在的発生量222,600トン/年を大きく下回っている。約118,000トン/年の設備能力の増強が期待される。

表 7.1-5 エンド・ユーザーの設備能力

	トン/年
製鉄所	85,000
鋳物メーカー	20,000
合計	105,000

7.1.3 設備能力の不足見通しの検討

上述のように、スクラップの潜在的発生量に比べ、スクラップ回収業者、エンド・ユーザーともに受け入れ設備能力が不足している。逆に受け入れ側の設備能力が不足しているため、有効利用されず、発生量を抑制しているともいえる。事実、エル・フーレーズ製鉄所の電気の容量増強により、スクラップの利用量、回収量が増加した。リサイクルを十分に行うために不足している、具体的な設備とその能力は以下のとおりである。

設備の種類	電気炉および附帯する連続鋳造設備
不足能力(増強すべき能力)	スクラップ受入量として110,000トン/年 粗鋼生産量として95,000トン/年

電気炉を増強した場合、95,000トン/年の粗鋼が増産されることになり、それを加工する圧延設備などの設備容量も考慮する必要がある。圧延設備の能力を検討するための条件を粗鋼、鉄鋼製品の需給動向から抽出すると以下のとおりである。

- テュニジア国の鉄鋼製品の消費量は上下動はあっても全体的には増加傾向にある。
- 鉄鋼半製品(粗鋼ビレット)の輸入量が大きく増加している。この大半は圧延メーカーが購入している。
- 輸入粗鋼ビレットの圧延・鋳物での使用量は107,000トン/年(1997年)であった。
- 製品輸入も増加傾向にあり、棒鋼は130,700トン/年(1997年)であった。

現在輸入ビレットを使用している圧延メーカーは、国内でビレットがより安価に調達できれば、それを利用すると思われる。

7.1.4 リサイクル事業規模の想定

前項までに述べたことをまとめ、鉄リサイクル事業規模を想定するとつぎの通りである。

(1)	スクラップ受入量	110,000トン/年
(2)	粗鋼生産量	95,000トン/年
(3)	主要製鋼設備	交流電気炉:30ton/heat、連続鑄造機、 受電設備、酸素分離機、副原料設備、 工場建屋

今回はプレF/Sの段階であり、場所を特定しての検討は予定していないが、ユーティリティの需要などから以下のような条件を満足する必要がある。

- a. 原料スクラップが入手しやすく、製品の消費地に近い。
- b. 電力の供給が得やすい。
- c. 貿易港に近く、望ましくは岸壁を所有している。

貿易港に近い所を条件に入れたのは、国内スクラップが不足する時には、スクラップをスポットで輸入することを想定している。

7.1.5 事業性の評価

チュニジア国では鉄鋼製品の需要が増加する一方で、製造設備の能力が不足している傾向にある。特に粗鋼生産は1997年にエル・フーレーズ製鉄所の電気炉の能力が増強されたが、一方でピレットの輸入量も増加しており、国内需要を満たしきれていないことを示している。一方国内でのスクラップの潜在的発生量は226,600トン/年と十分に用途を開発する可能性がある。

リサイクルの事業規模の設定では10万トン/年級の電気炉の新設を想定した。電気炉としては小規模ではあるが、現在のチュニジア国のスクラップ発生量、需要を考慮した場合、適切な規模設定であり、同時に小規模ながらも事業として成り立つレベルであるといえる。

電気炉の能力増強に伴ない、鉄スクラップの国内回収量も増加したが、回収の第一次の窓口となるスクラップ回収業者の能力がほぼ飽和している状態である。今後もスクラップの需要が増大すると見込まれるため、スクラップ回収業者の能力拡大、新規参入などが期待される。しかし、国内からの回収を効率的に行うためには、スクラップの発生状況、地域条件などに応じて適切な設備能力を配備することが望まれる。国内2ヶ所あるいは3ヶ所に回収設備を設置した場合には、一つの設備能力は

30,000～50,000トン／年と想定される。回収したスクラップはシュレッダーで裁断し、非鉄金属、プラスチック等を分別した後に売却するが、さまざまな設備仕様があるため、詳細はプレF/Sにおいて検討する。

7.2 紙

7.2.1 中間材、最終商品需要及び消費資源量の推定

チュニジア国の最近3年間のパルプ、紙・板紙、故紙の需給を表 7.2-1～表 7.2-3に示す。なお、パルプ、紙・板紙および古紙の生産量、輸出入量、消費量は5章に示した。これらをもとに、パルプの国内生産量と消費量、紙・板紙製品の国内生産量、古紙の回収量の推移を図 7.2-1に示した。

表 7.2-1 パルプの需給（紙の中間材）（トン/年）

	1995	1996	1997
国内生産量	13,800	16,000	16,000
輸入量	54,700	44,600	50,400
輸出量	7,600	9,000	10,200
消費量	60,900	51,600	56,200

表 7.2-2 紙・板紙の需給（紙の最終商品）（トン/年）

	1995	1996	1997
国内生産量	86,000	82,500	86,000
輸入量	86,400	90,100	114,200
輸出量	19,800	15,300	21,700
消費量	152,600	157,300	178,500

表 7.2-3 古紙の需給（消費資源）（トン/年）

	1995	1996	1997
国内回収量	20,000	23,100	34,000
輸入量	13,000	11,900	5,800
輸出量	0	0	0
消費量	33,000	35,000	39,800

最近3年間の需給動向からは、紙・板紙の消費量が伸びているわりには、国内生産量は伸びていない。その分輸入量が急増している。

古紙の回収については、国内回収量は急速に伸びている反面、古紙の輸入量は減少している。

1997年の回収率、古紙の利用率は以下のとおりである。

回収率=19%=古紙の国内回収量（34,000トン）÷紙・板紙消費量（178,500トン）

古紙の利用率=46%=古紙の利用量(39,800トン)÷紙・板紙生産量(86,000トン)
 紙資源の自給率=24%=(国産パルプ+国内回収古紙×0.8)÷(紙・板紙の消費量)=
 (16,000+34,000×0.8)÷178,500

古紙回収率の19%はまだ低いといえる。

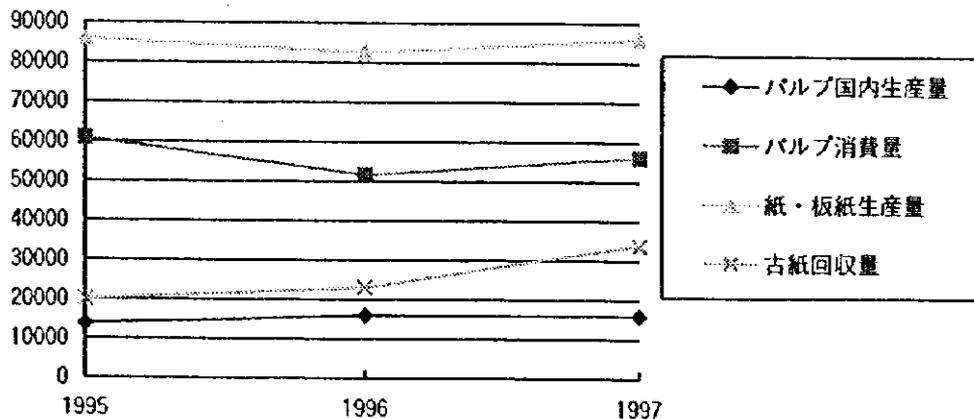


図 7.2-1パルプ、紙・板紙・古紙の需給動向

2000年には紙・板紙の消費量は200,000トン/年に達すると予測される。この消費量に対し、回収率を仮に50%（現在の回収率の約30%アップ）と想定した場合、回収量の増加分は60,000トン/年となる。

これらの古紙を全量、再生歩留まり80%で再生パルプにすると48,000トンの再生パルプが得られる。2000年におけるアルファパルプ国内生産量は1997年ベースと同様と仮定すると、紙資源自給率は48%となる。

7.2.2 リサイクル業者及びエンド・ユーザーの設備能力の見通し

現在、古紙回収はテュニスおよびスファックスの零細な小規模業者あるいはエンド・ユーザー自らが行なっている。エンドユーザーによる回収は、ようやくプレス機械を導入し、体制を整えたところである。

将来、現在の2倍以上の回収量になると、回収窓口として数個所の回収センターが必要になる。1個所で35,000トン/年前後の取扱量と想定して、3ヶ所程度が想定される。

エンド・ユーザー（製造メーカー）の設備能力の見通しを検討する基礎条件として、80,000トン/年の古紙パルプを全量用いて製紙を行う場合の種類の生産量を1997年の国内生産量、輸入量から予測し、表 7.2-4に示した。

表 7.2-4古紙パルプを利用した紙の生産量予測

	生産量 (ton/y)
印刷情報用紙	15,000
衛生用紙	15,000
包装用紙	20,000
段ボール他板紙	30,000
合計	80,000

上記の生産量は古紙パルプの利用量を割り振って想定したものであり、実際の生産工程ではヴァージンパルプを混合することになる。

段ボール・板紙の設備能力は現状の設備に少々の増強工事を行うことにより、補うことができると考えられる。

印刷情報用紙、衛生用紙、包装用紙のパルプ再生には、脱墨工程と晒し工程を持った新鋭の設備が必要になる。

これらのパルプを全量利用するためには、抄紙工程の設備能力も現状では不足している。

7.2.3 設備能力の不足見通しの検討

将来80,000トン/年の古紙パルプを生産すると想定した場合、段ボール他の板紙は従来どおりの設備で30,000トン/年を利用して生産可能である。しかし、残り50,000トン/年分の新規パルプ工場が必要になる。

一方、抄紙工場の能力は段ボール・板紙を除いて、現状では80,000トン/年前後で、約80%の稼働率で運転されていると予測される。従って、約20,000トン/年の設備能力の不足となる。

7.2.4 リサイクル事業規模の想定

5年後（2003年）のチュニジア国の紙の消費量、古紙回収量、古紙パルプの紙種毎の需給見通し、設備能力の見通しを表 7.2-5に示す。

古紙パルプ80,000トン/年を生産するためには、現在の設備に加えて、新規に50,000トン/年の能力を持つ古紙パルプ工場を新設、抄紙工程は、現在の能力にさらに30,000トン/年を増強する必要があると考えられる。

表 7.2-5 2003年の紙消費量・古紙回収量・古紙パルプの需給見通し

	トン/年
紙・板紙の消費量予測	200,000
古紙回収量予測	100,000
古紙パルプ量予測	80,000
内訳	
印刷情報用紙	15,000
衛生用紙	15,000
包装用紙	20,000
段ボール他板紙	30,000
設備能力	
新鋭古紙パルプ工場	50,000
抄紙工程能力アップ	30,000
リサイクル工場（古紙回収）	35,000 ×3個所

7.2.5 事業性の評価

現在のチュニジア国の紙生産量からみると、50,000トン/年の古紙パルプ再生はかなり大規模であるといえる。しかし、製紙の設備は一定程度の規模を確保しないと成り立たない。すなわち、規模により事業性が左右される業種である。設備規模の観点からは50,000トン/年のパルプ再生は小規模である。

事業性の可否は古紙パルプの輸入パルプに対する競争力、すなわち、価格にかかっている。

現在、輸入晒し化学パルプの価格は550～650 DT/tonであり、20%の関税が掛けられ、チュニジア国内では660～780 DT/tonをベースに輸送費、付加価値税が加算されて取引さされている。古紙パルプが競争力をもつために500 DT/tonを目標の価格設定とする必要がある。この価格で取引した場合の年間総売上は25,000,000 DT/yとなる。

詳細な検討はブレF/Sにて行うこととし、およその製造コストに占める費用の比率の予測は表 7.2-6のとおりである。

表 7.2-6 製造コストに占める費用の比率

項目	コスト構成比率 (%)
原料古紙	10 ～ 15
用役・化学薬品	30 ～ 35
人件費	15 ～ 20
設備償却	20 ～ 25
メンテナンス	5
一般管理費・利益	15

ここでは、一般管理費・利益を15%としているのは低めの設定である。研究・開発費などを一般管理費として確保する場合には、もう少し高めに設定する必要がある。設備償却は設備投資資金の融資条件の中でも最も好条件なものを想定して推定したものである。詳細な事業性評価については、調達する資金の融資条件を想定して、プレF/Sで検討する。

7.3 プラスチック

7.3.1 中間材、最終商品需要及び消費資源量の推定

チュニジア国の最近3年間のプラスチック原料樹脂およびプラスチック製品の輸出入量、消費量を表 7.3-1～表 7.3-2に示す。プラスチック原料樹脂の種類別の消費量を図 7.3-1に示す。なお、プラスチック原料樹脂の種類輸出入量、消費量は5章に示した。

表 7.3-1 プラスチック原料樹脂の需給 (トン/年)

	1995	1996	1997
輸入量	121,200	134,500	140,900
輸出量	2,100	1,200	3,000
消費量 (製品加工)	119,100	133,300	137,900

表 7.3-2 プラスチック製品の需給 (トン/年)

	1995	1996	1997
国内生産量	86,000	82,500	86,000
輸入量	86,400	90,100	114,200
輸出量	19,800	15,300	21,700
消費量	152,600	157,300	178,500

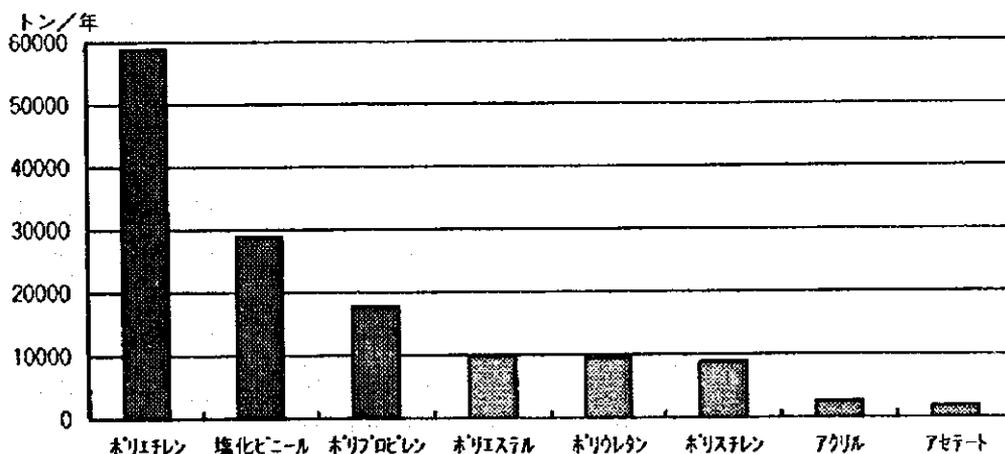


図 7.3-1 原料樹脂の種類別消費量 (1996年)

チュニジア国はプラスチック原料樹脂を生産しておらず、全て輸入している。すなわち、プラスチックは原料樹脂あるいは製品の形で全量が輸入されている。表 7.3-2

にあげたのはプラスチック容器や洗面台など、貿易統計上いわゆるプラスチック製品として分類、計上されたものである。これ以外に、家電製品、ビデオテープなどのプラスチック製品、自動車のプラスチック部品、輸入商品の梱包材として使われたプラスチックなど間接輸入分があり、これらは製品輸入量には含まれていない。プラスチックは素材として多岐にわたり使用されているため、その用途と全輸入量を推計するのは容易ではない。プラスチックの廃棄量は家庭系廃棄物として約130,000トン/年（PRONAGDESに掲載された1994年推定値）、産業廃棄物として50,000トン/年（調査団による1997年推定値、廃プラスチック発生量128,000トン/年のうち約60%がリサイクルされ、残り約40%が廃棄される）で、それぞれ調査年が異なるが、およそ180,000トン/年が廃棄されている。したがって、間接輸入分は少なくとも1,500トン以上はある計算になる。実際には耐久消費材としての蓄積分もあり、間接輸入分はもっと多いとみられる。特に近年、家電製品などプラスチックを使用した製品による間接輸入分が急増していると考えられる。

家庭系廃棄物に含まれる廃プラスチックとしては、ポリエチレン、塩化ビニールの袋、シートなどの包装材、飲料水用のPETボトルなどが排出されている。現在テュニジア国で流通している飲料用PETボトルは国産で、数社の飲料メーカーおよびPETボトルメーカーが製造している。PETボトルの原料となるPolyethylene Terephthalateの輸入量は1970トン（1997年）で、ポリエチレン全体の3.4%、原料樹脂総量の1.4%に相当する。

7.3.2 リサイクル業者及びエンド・ユーザーの設備能力の見通し

現在行われているプラスチックのリサイクルは、自社内部で再利用する自家リサイクルのみである。方法は以下の2種類ある。

- 1) プラスチック製品工場で、ある製品製造のために混合、準備した樹脂ペレットの使い余りや不良品を他の製品に再利用する方法
- 2) 梱包材として附帯してきたビニールひもなどをそのまま再利用する方法

1) は特殊な回収システムやリサイクル技術を必要としないので、現在よく行われている。2) はそのまま繰り返し利用する方法であるが、いつかは工場外に廃棄物として廃棄される。

しかし、工場外に出た産業廃棄物、あるいは家庭系廃棄物からのプラスチックリサイクルは少ししか行われていない。独立した回収業者は存在せず、廃プラスチックを原料として成形加工する工場が独自に収集している。すなわち、回収・再資源化を行うリサイクル業者はない。

廃プラスチックのエンドユーザーの利用方法としては以下の2つの可能性がある。現在テュニジア国ではマテリアルリサイクルは、小規模な工場ですべてに分別できてい

ない廃プラスチックを受け入れて成形加工するのみである。サーマルリサイクルは行われていない。したがって、エンドユーザーは小規模成形工場のみであるといえる。

1) マテリアルリサイクル

回収したプラスチックから再度プラスチックを再生するリサイクル方法。この方法は技術的に難しく、仮に再生するとすればプラスチック成分ごとにきちんと分別して収集する必要があるため、工場外に出た廃プラスチックや家庭系廃棄物から回収した廃プラスチックに適用することはむづかしい。混合した状態で、成形品を作ることは可能ではあるが、質、色が不揃いで、バケツ、袋など用途が限られる。

2) サーマルリサイクル

プラスチックをそのまま、あるいは油化して燃料として利用する方法。マテリアルリサイクルのように厳密に分別する必要はないが、そのまま燃料とする場合には、塩化ビニールを除外しなければならない。塩化ビニールを燃焼するとダイオキシンが発生する可能性があるからである。油化する方法は技術的には開発されているが、現在実証プラントが稼働している段階で、ランニングコストも高く、まだ普及していない。

7.3.3 設備能力の不足見通しの検討

1998年1月から容器包装の回収とリサイクルに関する法律が施行され、チュニジア国は本格的にプラスチック容器、包装材のリサイクルに取り組むこととなった。この容器包装回収計画はECO-LEF（LEFは包装の意）と呼ばれ、国家環境保護庁ANPEが中心となって、容器包装を製造・使用する業者にECO-LEFのロゴタイプの使用料を課し、それを財源として地方自治体の回収事業費用への補助、資源化（選別・梱包）業者への資源化費用への補助、再原料化業者への資源化費用への補助を行うシステムである。ECO-LEFシステムは第11章で説明する。ECO-LEFシステムでは、家庭ごみからのプラスチックの回収者は地方自治体が想定されている。容器包装回収を推進するため、ANPEはテュニス市内でプラスチックの分別回収のパイロット事業を計画しているが、チュニジア国にはプラスチックの資源化業者、再原料化業者が十分に存在せず、回収したプラスチックの再利用方法が確立されていないため、実行できないでいる。現在の小規模工場での成形加工への利用のみでは、全量を再利用することができないし、この方法による製品の需要は低質のためあまり大きくないと考えられる。また、地方自治体が分別回収を行う財源的、機材的余裕がなく、地方への普及もすすんでいない。

同様に、プラスチックの資源化業者、再原料化業者が不足していることから、産業廃棄物としての廃プラスチックの回収、再利用もほとんど行われていない。

以上述べたように、プラスチックの再利用技術が十分に確立されていないこと、すなわち再生原料を利用する技術および再生原料で製造した製品の市場が確立されていないことが、プラスチックの回収が進まない原因となっている。

7.3.4 リサイクル事業規模の想定

現在の廃プラスチックの処分量は約180,000トン/年で、その発生源は以下の通りである。産業廃棄物として発生する128,000トンのうち約78,000トンはリサイクルされている。

表 7.3-3 廃プラスチックの発生量・処分量

	発生量 (トン/年)	処分量 (トン/年)	出典
家庭系廃棄物	130,000	130,000	1994年PRONAGDES
産業廃棄物	128,000	50,000	1997年調査団推定値

注：発生量は廃棄物として発生する量、処分量は埋立処分場で処分される量を示す。

産業廃棄物としてはすでに約60%がリサイクルされていることになり、今後は油化などの技術が導入されない限り、リサイクル率の向上はむづかしい。むしろ、現在そのままリサイクルされている部分が、プラスチック製品の供給過剰、低価格化などにより廃棄され、かえってリサイクル率が低下することが懸念される。

家庭系廃棄物では、容器包装リサイクルを推進するため、プラスチックの再資源化工場を整備する必要がある。現在ECO-LEFではプラスチックの回収を当面23,400トン（/年）と計画している。回収対象はPETボトル、PET以外のポリエチレンボトル、塩ビボトルである。このうち、PETボトルは原材料輸入量からみて、もっとも多くても約2,000トン（/年）であり、残り21,000トン（/年）あまりはPET以外のポリエチレンボトル、塩ビボトルの回収分ということになる。

23,400トン（/年）は家庭系廃棄物中の廃プラスチック量130,000トン/年の約18%に相当する。ボトル以外にも包装材としてポリエチレンシート、塩ビ袋、スチロールトレイなどがあるが、分別収集しやすいのはボトルである。理由は、市民が理解しやすく回収活動への協力が他の形状のものに比べ、得られやすいからである。

ECO-LEF計画では、回収したプラスチックを受け入れて再原料化、すなわち再度プラスチック製品の原料とするマテリアルリサイクルを想定している。設備規模は、当面25,000トン/年を想定するのが適当であると考えられる。

7.3.5 事業性の評価

プラスチックをマテリアルリサイクルするためには、PET、ポリエチレンなど種類ごとに厳密に分別する必要がある。この分別は発生時点、すなわちごみの排出者である市民が行うことがもっとも効率的である。さらに分別を高めるため回収後の分別作業も必要であるが、市民からの排出時点での分別が決定的であるといえる。

この分別の程度により、再生されるプラスチックの質が決まる。すなわち、その再生プラスチックの価格の決定要因となるため、プラスチックリサイクル事業の成否は分別の程度に依存するといえる。

しかし、プラスチックを厳密に分別することは非常に困難である。第一に市民の分別への協力が不可欠であるが、製品も必ずしも単一成分とは限らず、複合材料もあるため、分別には限界がある。多量に流通している単一のボトル、例えばあるブランドの飲料水PETボトルのみを回収すれば、単一の成分を高めることは可能ではあるが、量的に限界がある。このため再生プラスチックには混合物が含まれることになり、その価格、質とも当然、新品の原料樹脂より劣る。この低質・低価格の再生プラスチックをどのような用途に利用するか、プラスチックリサイクル事業の成否は依存しており、その用途を開発することが今後の課題といえる。

容器包装のリサイクルは、市中からいかに効率的に分別回収するかが、リサイクル事業成否の鍵となる。このためシステム整備に果たす自治体の役割、市民の協力が大きく、そのシステムを通じて回収されるプラスチックの分別がどの程度行われるのか、という見込みがあってはじめて事業性を評価できるものである。

したがって、本節では単純にプラスチックリサイクル事業の成否を論ずることはできない。プラスチックのリサイクルは先進諸国でも困難な課題であり、市民の消費生活から発生する分が多いことから、自治体の役割が必要とされる。同時に、プラスチック包装により利益を受けた製造・流通業者が責任を果たすべきであると指摘されている。この意味では、製造・流通業者からECO-LEFのロゴタイプの使用料を徴収し、自治体、資源業者、再商品化業者などリサイクル側に立つものの支援に使うECO-LEFシステムの意義は大きい。このシステムがうまく機能し、プラスチックの資源業者（選別・梱包）、再商品化業者（再原料化）が育成されることを期待する。

7.4 アルミニウム

テュニジアにおけるアルミ製品の市場はまだ日本の3~400分の1と極めて小さいが、全量輸入に頼らねばならぬアルミニウムは高価な金属でもあり、また原鉱石から新地金を製造する場合に比較し、再生地金の製造に必要とするエネルギーは僅か2.8%ですむ点からも、可能な限り回収・再利用するのが得策と考えられる。現在既にアルミニウムの2次、3次加工工場から発生するスクラップについては非常に良くリサイクルされている。また市中から発生する製品の老廃スクラップについては、まだアルミ製品の市場が小さいため小規模ではあるが再生地金生産業者と、スクラップ収集業者が、再生地金を生産しており、リサイクルは経済性のある事業として定着している。ただ、設備や規模の点で、また再生地金生産の過程で発生するドロスの処理・処分などの点で改善の余地があり、拡大して行く市場と共に成長が期待される地金再生事業はその将来に備え、これらの問題点への対応の検討が必要と考えられる。

日本におけるリサイクルの現状については、先述のとおりアルミニウムの年間消費量は約400万t、国内蓄積量は約6,000万tといわれており、1995年におけるスクラップ発生量は160万t、その約77% 123万tが回収された。(地金消費量の約31%)

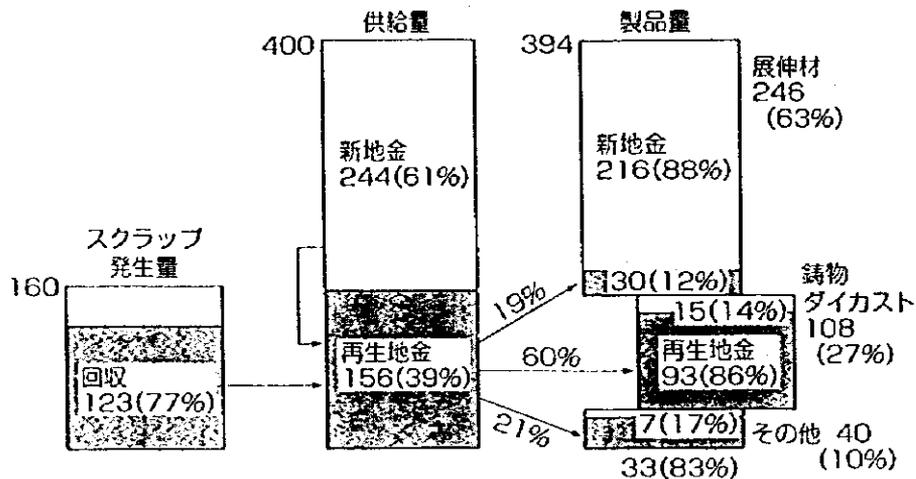


図 7.4-1 日本におけるアルミニウム資源の流れ (1995年) (単位: 万トン)

(出典 平成9年度資源循環型リサイクルに関する調査研究報告書、平成10年3月
(社) 日本機械工業連合会、(社) 軽金属協会)

注目すべき点はこの400万トンのメタル供給量の内、新地金は246万トンで残り156万トン即ち約40%が再生地金である。そして160万トンのスクラップが発生したと推定され、その内123万トン（約77%）が回収・再利用された。またここでわかる様に国内での回収量では需要を満たせず、スクラップや再生地金も輸入されている。（1996年再生地金73万tスクラップ約15万tが輸入されている）

日本におけるスクラップの発生量推移と予測を図 7.4-2に示す。

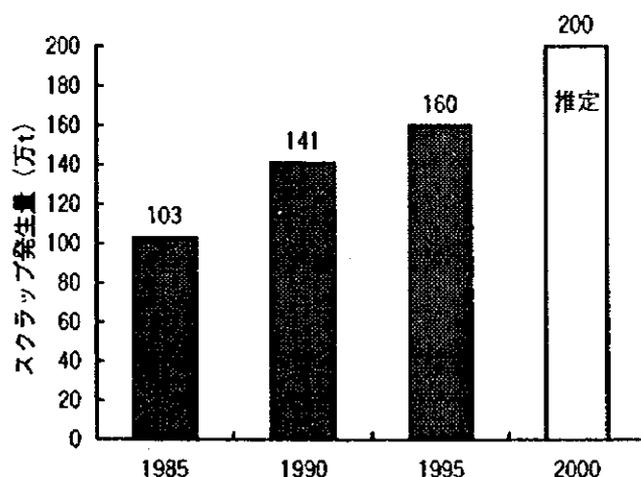


図 7.4-2日本におけるスクラップ発生量の推移と予測

チュニジアにおける年間アルミニウムの消費量が約1万t余り、市場に出された製品がまだ新しく、市場でのメタルの蓄積量が少ない等の点を考慮回収すると、現在の推定回収・再利用量2,500tはかなり良い線を行っていると考えられる。しかし将来は資源を持たぬ日本と同じ様な道を辿ることになると考えられ、今後更にリサイクルを効率良く推進するために必要な検討事項について、日本における技術の紹介を含め以下に記す。

7.4.1 今後のアルミニウムスクラップ発生・回収量の推定

主要アルミ製品の生産量、過去十数年、数十年間の国内市場への供給量、各製品の推定寿命からスクラップ発生量を推定し、推定回収率から、再生地金生産の原料となるアルミニウムスクラップの量の推定が必用となる。

a) 建材

窓のサッシ（押し出し型材の90%がサッシ）日本での推定寿命25～30年

b) 鋳物

製品の種類と量の把握

c) ダイカスト

製品の種類と生産量の把握。日本での熱交換器推定寿命9年。

d) 自動車部品（ラジエーター、ピストン、エンジンプロック等ダイカスト製部品、
鋳物製部品、板材）

廃車台数と1台当たりのアルミ部品原単位からスクラップの発生量が推定される。1995年日本における自動車1台当たりアルミ使用量は66 kg。（1,500～1,800 ccクラス、重量1.1tを標準としたとき）乗用車平均耐用年数9年。

e) 電線

電力会社の送・配電線の更新がスクラップの発生となる。

f) 家庭器物

寿命は使う人のメンタリティーや生活態度で異なる。

g) 飲料缶

缶飲料の年産量がスクラップの発生量となる。

h) 印刷版

年間需要量がスクラップ発生量となる。

7.4.2 スクラップの回収業者から再生地金生産業者への流通機構の整備

現在多くの零細回収業者が、再生地金生産業者に小ロットのスクラップを持ち込んでいる模様であるが、収集業者と再生地金生産業者の間に問屋を置き、問屋はスクラップの種類による仕分けをし、或る程度纏まった量で再生地金生産業者に渡す方が効率が良く、双方にとってメリットがあると考えられる。現在零細回収業者がスクラップ置き場の片隅で小さな坩堝炉によりスクラップを溶解し固めている例が見られるが、このように造られたものは真の再生地金ではなく、品位も悪くまた組成も不明で、日本ではベースメタルと呼ばれ、再生地金生産業者が原料として再溶解して使用するものである。これも色々な点で非効率である一例である。将来の参考のために日本におけるアルミ屑の流通機構図を添付する（図 7.4-3）

7.4.3 溶解炉の改善

現在使用されている溶解炉では箔や機械加工屑などは原料として使用出来ず、輸出に廻されている（現在使用されているタイプの炉では、溶解する前に燃えてしまう）。操業規模の問題もあり新たな設備投資が必要になることから、溶解炉の更新は容易ではないが、将来は前炉を持った、箔や機械加工屑などが利用可能な炉の設置が望まれる。

前炉を持つ溶解炉の断面構造を以下に記す。この前炉に箔や機械加工屑などを投入することにより、燃焼（酸化）を防ぎながらの溶解が可能となる。

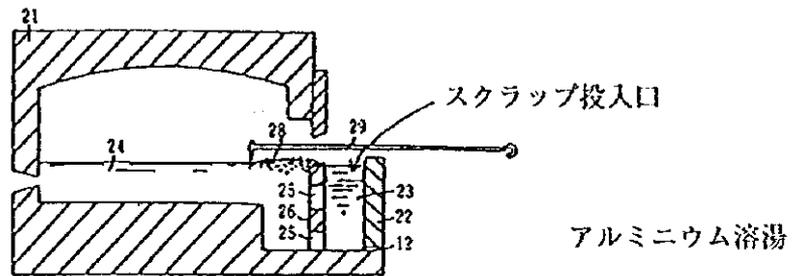


図 7.4-4 反射炉断面図

7.4.4 ドロスの有効利用

再生地金生産のためにスクラップを溶解すると、約20%がドロス（溶解したアルミの表面に浮く滓で時々掻き出す必要がある）となる。これには約60～70%のアルミニウムを含み通常はこれを回収している。チュニジアにおいては現在これは利用されず、工場敷地の隅に野積みされている。発生量がまだ少ないとはいえ、アルミを70%も含むものを廃棄するのは惜しい。或る業者は輸出の引き合いがあったが実現しなかったと言っていたが、炉から出した後の取り扱いにも問題があり（現在の様な扱いでは含まれているアルミ分が燃えてしまい損失となる）、現在野積みされているドロスは有効には利用出来ぬと考えられる。ドロスからのアルミの回収には設備投資が必要となるが、人力のみでもかなり回収が可能であり、その実施が望まれる。

ドロスの発生量と一般的な処理方法によるアルミの回収量の関係は次の様になる。即ち100tのスクラップを溶解すると約20tのドロスが発生する。炉から掻き出したドロスは、アルミの酸化が進まぬ様に急速に冷却するか、MRM(Metal Reclaiming Machine) によりアルミメタルを搾り取る（灰搾り）。此れにより約10tのメタルが回収され、10tの灰が残る。この灰にはまだ30～50%のアルミニウムメタルが残留しているため、この灰を粉砕し篩分け後更に約4tのメタルが回収される。この灰の処理は通常下請けの業者の手により行われる。最後残る残灰はメタル分は数%しかないが、不純物として窒素化合物や重金属を含むため埋立の際には土壌や地下水、また周辺的环境汚染に対する注意を要する。

残灰中の窒化アルミは水分と反応してアンモニアを発生し悪臭による公害を発生させる恐れがあるので、その最終処分（埋立）の際十分な配慮が必用である。この

残灰は鉄鋼生産における造滓材として利用可能であるが、メタル含有量が或る程度以上（20～50%）必要である。

図 7.4-5に日本特許から見たMRM（一次灰搾り機）の概念図を示す。

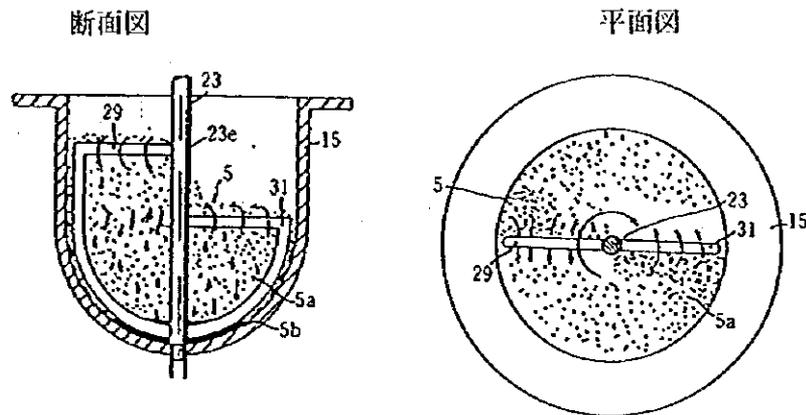


図 7.4-5 MRM（一次灰搾り機）の概念図

鋳物製の鉄の桶にドロスを入れ、羽で攪拌することにより、アルミニウム溶湯が桶底部の孔から流出し回収される。残った灰（一番搾り灰）は灰処理工場に廻す。

このドロスからのメタルの回収作業における技術的要点は、ドロスを熱いまま空気に置かず、溶解炉から掻き出したら直ちにメタル回収作業を行うことにある。

日本におけるドロスの処理工程を図 7.4-6に示す。

7.4.5 押出型材表面の表面処理（酸化皮膜処理、電着塗装）工程における有価物の回収・再利用について

現在1社が年間2～2,500tの型材を生産しており、現在の操業規模はまだ小さいが、将来的には工程廃棄物からの有価物質の回収・再利用技術を検討する時期が来ると考えられる。検討の参考のため、図 7.4-7に日本における典型的な酸化皮膜表面処理工程のフローシートを示す。

(1) 水酸化アルミニウム及び苛性ソーダの回収

表面処理の最初の工程で表面を苛性ソーダでエッチングするが、この時表面のアルミが苛性ソーダに溶解する。この溶液に水酸化アルミニウムの種（結晶）を加え条件を整えると、水酸化アルミニウムの結晶が析出して来る。これを濾過分離したものは、副生水酸化アルミニウムとして排水処理用に製紙会社その他に販売出来る。

また水酸化アルミニウムと濾過分離された苛性ソーダは、次のエッチング剤として再利用される。

(2) 酸の回収

陽極酸化で使用された酸（硫酸その他）は透析膜処理により回収され、再度利用可能となる。

(3) 塗料の回収

電解着色槽或いは電着塗装槽の塗料は、逆浸透装置により濃縮・回収され再度利用可能となる。

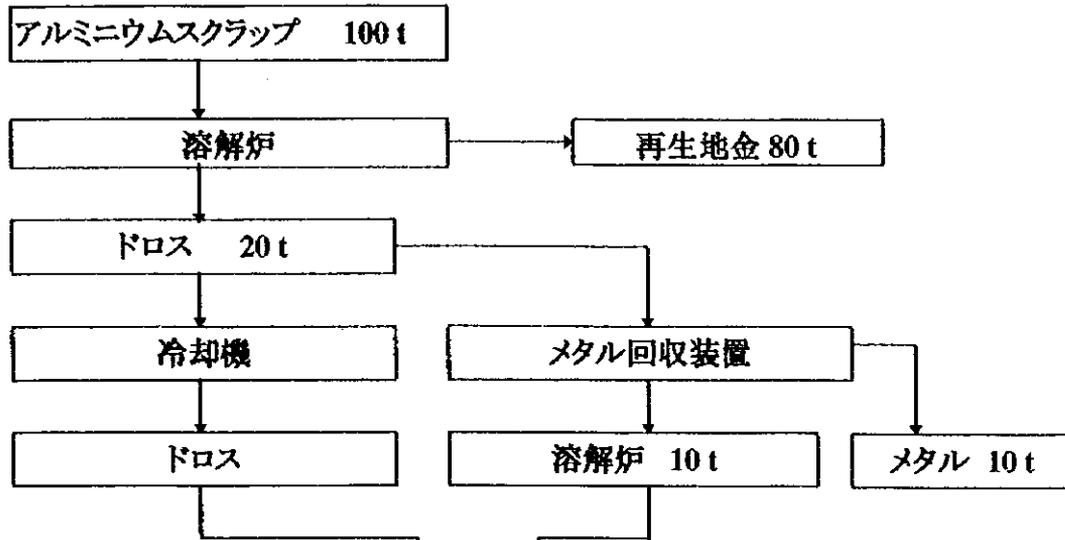
以上のプロセスは環境対策と同時にコスト削減にもつながるが、回収設備はかなりの設備投資額となるため、ある程度以上の規模でないと引き合わないが、将来検討する価値が出て来ると考えられる。

7.4.6 スクラップ及び再生地金の輸出についての政府の政策の再検討

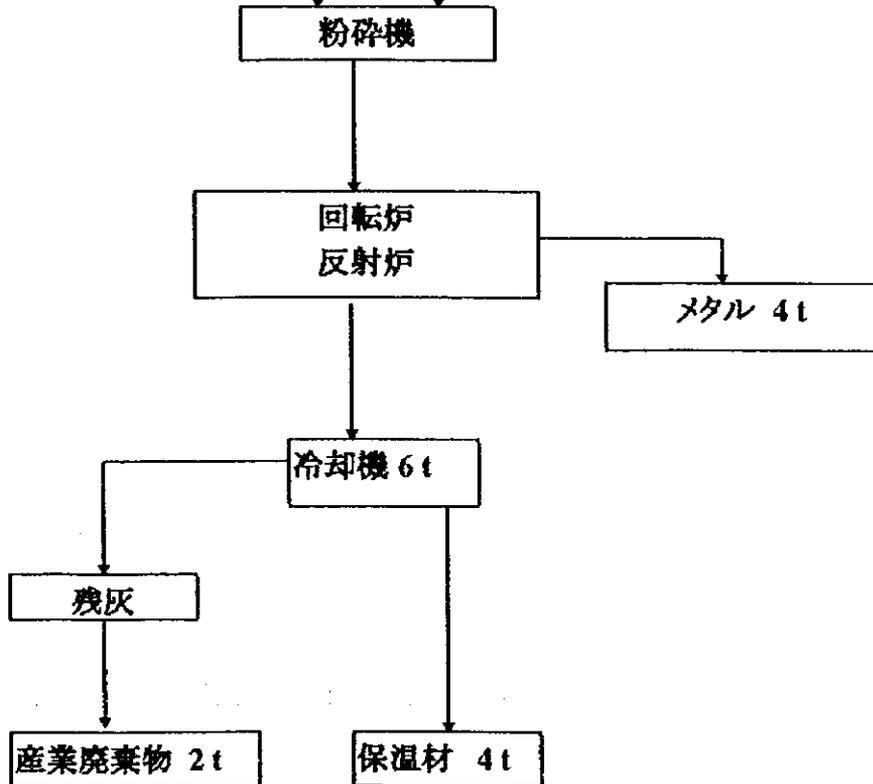
第5章でも言及したが、再生地金メーカーやスクラップ業者がより大きな利益を求めて輸出志向にあるため、スクラップや再生地金を使用している加工メーカーにとって原材料の確保が難しいという問題がある。資源の国内蓄積を促す誘導策、あるいはより付加価値を高めた後に輸出するという誘導策が必要である。

図7.4.5日本におけるドロス処理工程

アルミニウム地金再生工場

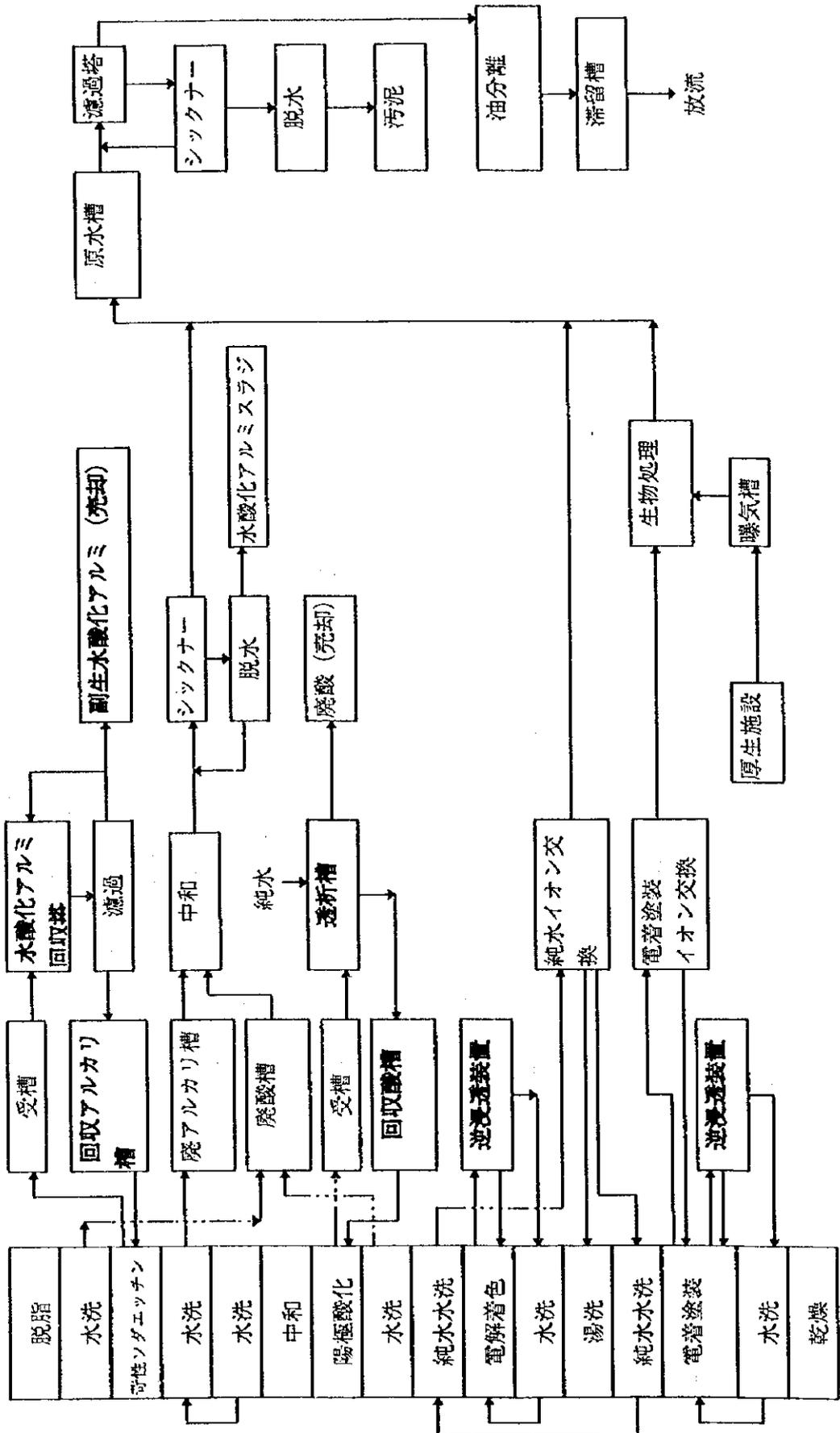


灰処理工場

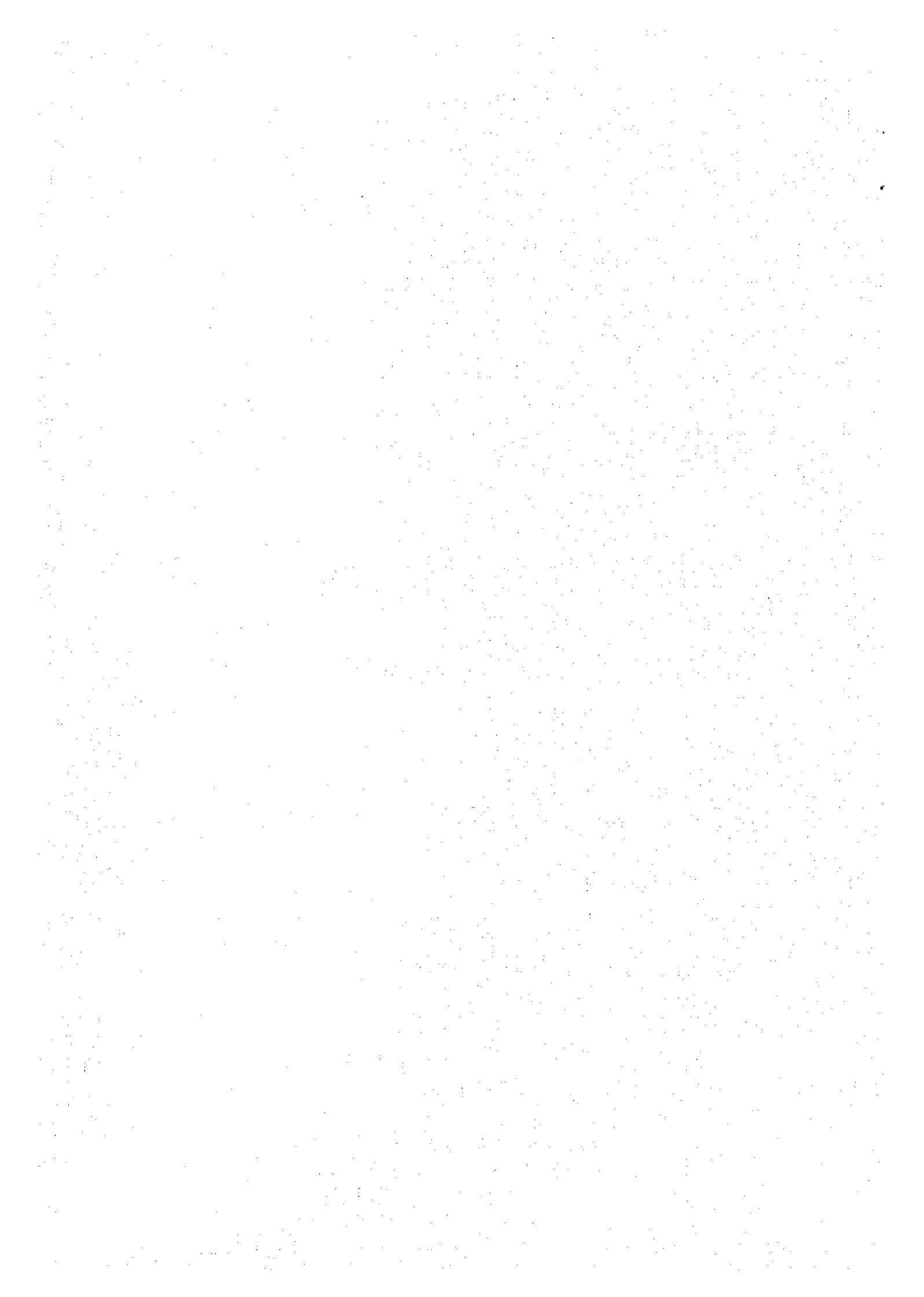


出典 アルミニウムドロスの処理とリサイクルに関する調査研究報告書
平成8年3月 社団法人 軽金属協会)

図7.4.6 アルミニウム酸化皮膜表面処理工程からの酸・アルカリ・アルミニウム、塗料の回収工程フローシート



C. プレF/S編



8 プレF/Sの対象と目的

8.1 プレF/Sの対象の選定

第7章ではリサイクルの有望品目として、鉄、紙、プラスチック、アルミニウムを取上げ、そのチュニジア国におけるリサイクル設備能力の見通しと不足の予測、事業規模の想定、事業性の予備評価を行った。

また、この4品目を有望とした段階で、チュニジア国側のステアリングコミティに対し選定の経緯を説明し、プレF/S対象とする品目への絞り込みを協議した。協議では、産業振興と環境保護の2つの観点から検討を加えた。

その結果、第一に鉄がプレF/Sの対象として選定された。理由は以下の3点である。

- ① 製鉄は基幹産業であり、製鉄業を拡大することは経済効果が大きい。
- ② 鉄スクラップが有効利用されていない一方で、ビレットを輸入しているアンバランスを改善すべきである。
- ③ 現在は関税により国内の鉄製品価格が高く設定されているが、EUとのパートナーシップ協定により2008年までに関税を撤廃、貿易を自由化するため、これまでに製鉄業の基盤を固める必要がある。

現在、チュニジア国の製鉄所は国営のエル・フーレーズ製鉄所1社のみであるが、今後民間投資により事業が興される可能性も含め検討することとした。

第二に、紙もプレF/Sの対象とすべき重要品目であるという提案がなされた。理由は、

- ① 近年紙の消費量が飛躍的に高まっているが、世界諸国の消費量からみて、今後も消費量が増大すると予測される。これらが古紙になって排出される。
- ② 現在チュニジア国には脱墨工程を備えた再生パルプ工場がなく、古紙は段ボールに再生加工されている。その工場の設備能力が将来的に不足すると考えられる。
- ③ 紙はオフィスや家庭で消費された後、廃棄物として廃棄されるため、古紙を回収し、有効利用するシステムが廃棄物処理の観点からも必要である。

紙は、鉄とは廃棄物としての排出形態が異なり、公的な支援を含めて回収事業を充実させることが必要であるとの認識を踏まえ、紙も、第二のプレF/S対象として選定した。

アルミニウムは、流通量が少ないこと、現在すでにリサイクルがかなり行われていることを踏まえ、事業の新規参入はむつかしいとの判断から、対象品目とはしなかった。

プラスチックは、現在チュニジア国でも懸案の課題である。今年から包装廃棄物法が施行され、現在環境保護庁を中心にリサイクル対策が進められている。これ

ら、家庭から廃棄されるプラスチックについては、回収ルートの整備、市民の協力、種類ごとの分別など、リサイクルを事業として成立させるためには、市場的経済活動以外の要素が多く関与している。この点については行政的、公的な体制が必要とされる。このため、ブレF/Sの対象品目とはしなかった。

8.2 ブレF/Sの目的

本ブレF/Sでは、鉄と紙を対象にチュニジア国でリサイクル事業を興す場合の事業性を評価するため、以下のステップで評価をすすめた。

- ① 原料調達の見込みやコストに関する情報収集と想定
- ② 上記を踏まえ、適切なリサイクル設備のタイプ・規模の設定
- ③ 想定したリサイクル設備の建設条件、建設コスト、ランニングコストの試算
- ④ リサイクル設備建設、運転にかかる融資条件、優遇措置の検討
- ⑤ キャッシュフロー、投下資本の回収年次の試算
- ⑥ 事業の内部収益性の試算と評価
- ⑦ 総合的な事業性の評価

これらの評価に際しては、市場経済で成り立つリサイクル事業を想定し、民間投資による事業もありえるという前提に立った。

一方、環境保護の観点からもリサイクル事業の意義を考慮した。すなわち、資源の有効利用と廃棄物対策における役割も考慮することとした。国内の資源の有効利用は、輸入を減らし、貿易収支の改善にも効果があることから、本ブレF/Sでは環境的・経済的評価を総合的に判断することとした。

9 鉄のリサイクルの推進

9.1 鉄のリサイクルの現状と課題

9.1.1 鉄の生産と消費

鉄鋼の生産量・輸出入量と国内消費量の概要を表 9.1-1に示す。ここに示す消費量は国内生産量と輸入量の合計から輸出量を差し引いたもので、輸入量には機械、自動車等の間接輸入を含む。

表 9.1-1 鉄鋼の生産量・輸出入量と国内消費量

(単位：ton/年)

	1995	1996	1997
鉄鉄生産量	156,000	145,000	160,000
鋼材生産量	277,000	272,000	303,000
鋼材輸入量	582,000	474,000	497,000
製品・間接輸入量	130,000	120,000	137,000
鋼材・加工品輸出品	146,000	115,000	130,000
国内消費量	783,000	698,000	751,000

鉄鋼製品の種類ごとの生産量は表 9.1-2のとおりである。ただし、板材を冷間圧延してダクト、灌漑用鉄管を生産する場合は鋼材の加工であって、生産そのものでないため、本表には含まれていない。

表 9.1-2 鉄鋼製品の生産量 (種類別)

(単位：ton/年)

年度	1995	1996	1997
棒鋼類	213,200	213,800	236,100
線材類	19,100	22,700	22,000
形鋼類	28,500	19,200	29,000
鋳物類	10,000	12,000	12,000
鋳鋼類	4,000	4,200	4,200
合計	274,800	271,900	303,300

これらの鉄鋼製品の原材料となった国産粗鋼と輸入ピレットのそれぞれの推定量は表 9.1-3に示すとおりである。国内粗鋼からの生産量はほぼ一定で推移している

が、一方、輸入ピレットからの生産量は近年急速に増加しており、この増加傾向は今後も続くものと見込まれる。

表 9.1-3 国産粗鋼と輸入ピレットの消費量

(単位：ton/年)

年度	1995	1996	1997
国産粗鋼	250,000	204,300	200,900
輸入ピレット他	24,800	67,600	102,400
合計	274,800	271,900	303,300

鉄鋼製品の消費量の内訳を表 9.1-4に示す。特に消費量の多い建設資材の由来を、原材料別の生産量、製品輸入量および製品輸出量別に表 9.1-5に示した。

表 9.1-4 鉄鋼製品の消費量の内訳

(単位：ton/年)

年度	1995	1996	1997
建設資材類（丸棒、型钢等）	518,900	479,900	497,100
板材	155,900	112,200	133,400
パイプ類他	32,000	32,600	35,200
鋳物類	14,000	16,200	16,200
間接輸出入等の調整	62,200	57,100	69,100
合計	781,000	698,000	751,000

表 9.1-5 建設資材の由来

(単位：ton/年)

年度	1995	1996	1997
国産粗鋼から	239,900	193,200	188,700
輸入ピレットから	20,900	62,500	98,400
製品輸入	290,800	232,100	222,200
製品輸出	32,700	7,900	12,200
計	518,900	479,900	497,100

テュニジア国の鉄鋼製品の消費動向として以下の点を読み取れる。

- ・総消費量は過去10年間大きな変動はない。輸入機械、自動車等の間接輸入を除いて、概ね700,000ton/年である。

- ・建設資材の消費が高く、総消費の70%を占める。鉄筋建築の普及と建設ラッシュのため、この傾向は今後も続く予測される。建設業界の見通しでは、建物を始めとした社会基盤の整備は21世紀になっても続くと言われている。

9.1.2 鉄のマテリアルフロー

鉄のマテリアルフローを図 9.1-1に示した。

エル・フーレーズ製鉄所のマテリアルフローを図 9.1-2に示した。

9.1.3 鉄鋼業

チュニジア国の鉄鋼業は製鉄所、圧延メーカー、鋳物工場から構成されている。その構成の概略を表 9.1-6に示す。

表 9.1-6 テュニジア国の鉄鋼業

製鉄所	エル・フーレーズ製鉄所	国営
圧延メーカー	2社	民間企業
鋳物業	大手2社を含む合計6社	民間企業

エル・フーレーズ製鉄所は1960年に設立され、現在に至るまでチュニジア国唯一の製鉄所である。工業省傘下の国営企業である。高炉、転炉、電気炉、連続鋳造機を備え、棒鋼、線材、鉄骨材などを生産している。年間の生産量は約25万トン（1997年）である。

圧延メーカーは現在2社あり、それぞれ輸入ピレットを加熱・圧延して棒鋼、線材を生産している。圧延設備の能力はそれぞれ約2万ton/年である。

鋳物メーカーは良質スクラップを主たる原料とし、輸入ピレットを15%程度入れている。

9.1.4 鉄のマーケットの現状

現在粗鋼の国内生産は上述のエル・フーレーズ製鉄所が一手に行っている。ただし、同製鉄所の生産のみでは国内需要がまかないきれないため、同製鉄所自身もピレットを輸入して棒鋼・線材の圧延に加えている。

一方、民間の圧延メーカーは輸入ピレットを自ら買い付けて棒鋼等に加工している。

テュニジア国 鉄鋼マテリアルバランス

図 9.1-1

(単位：千トン/年)

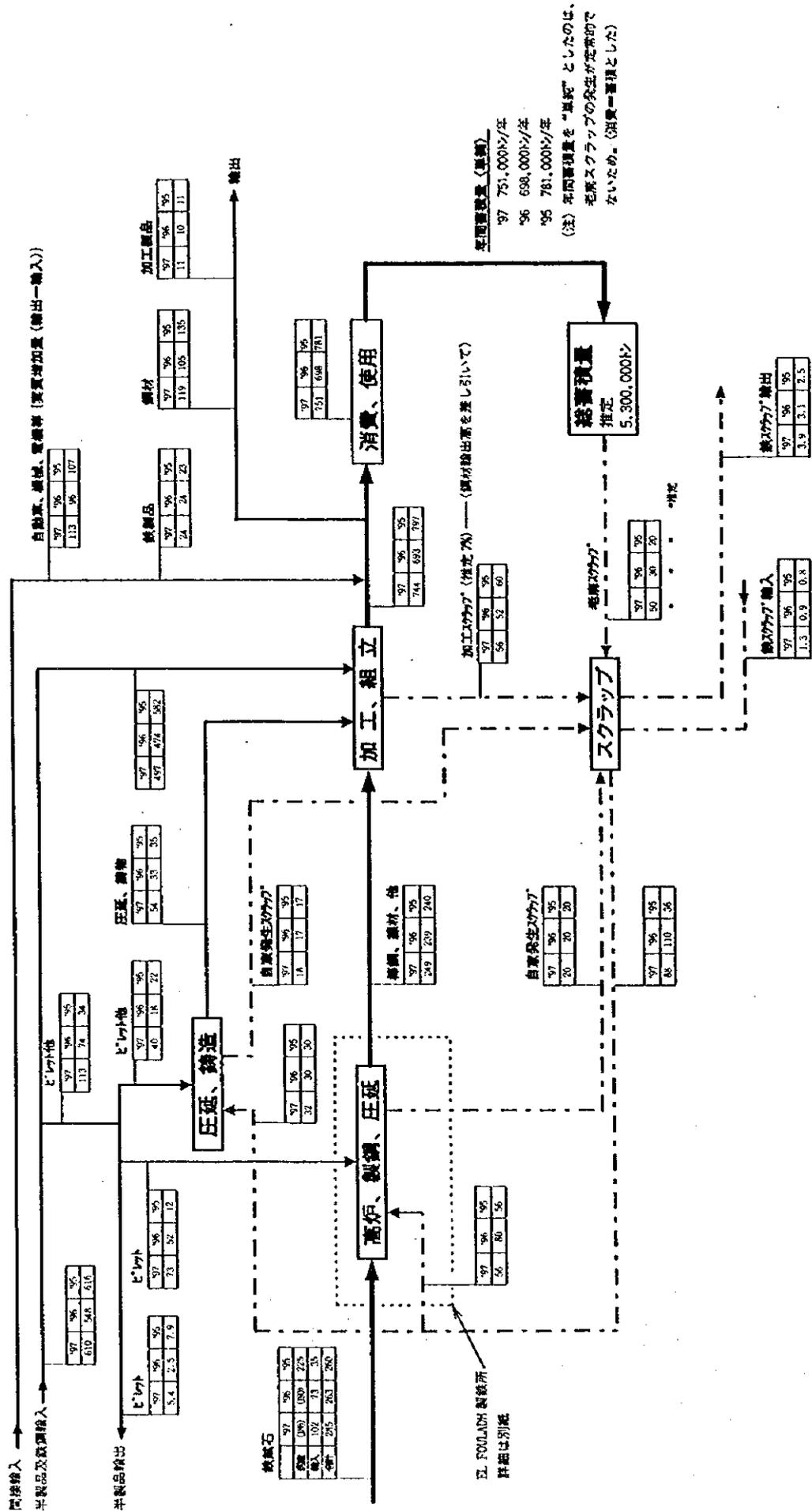
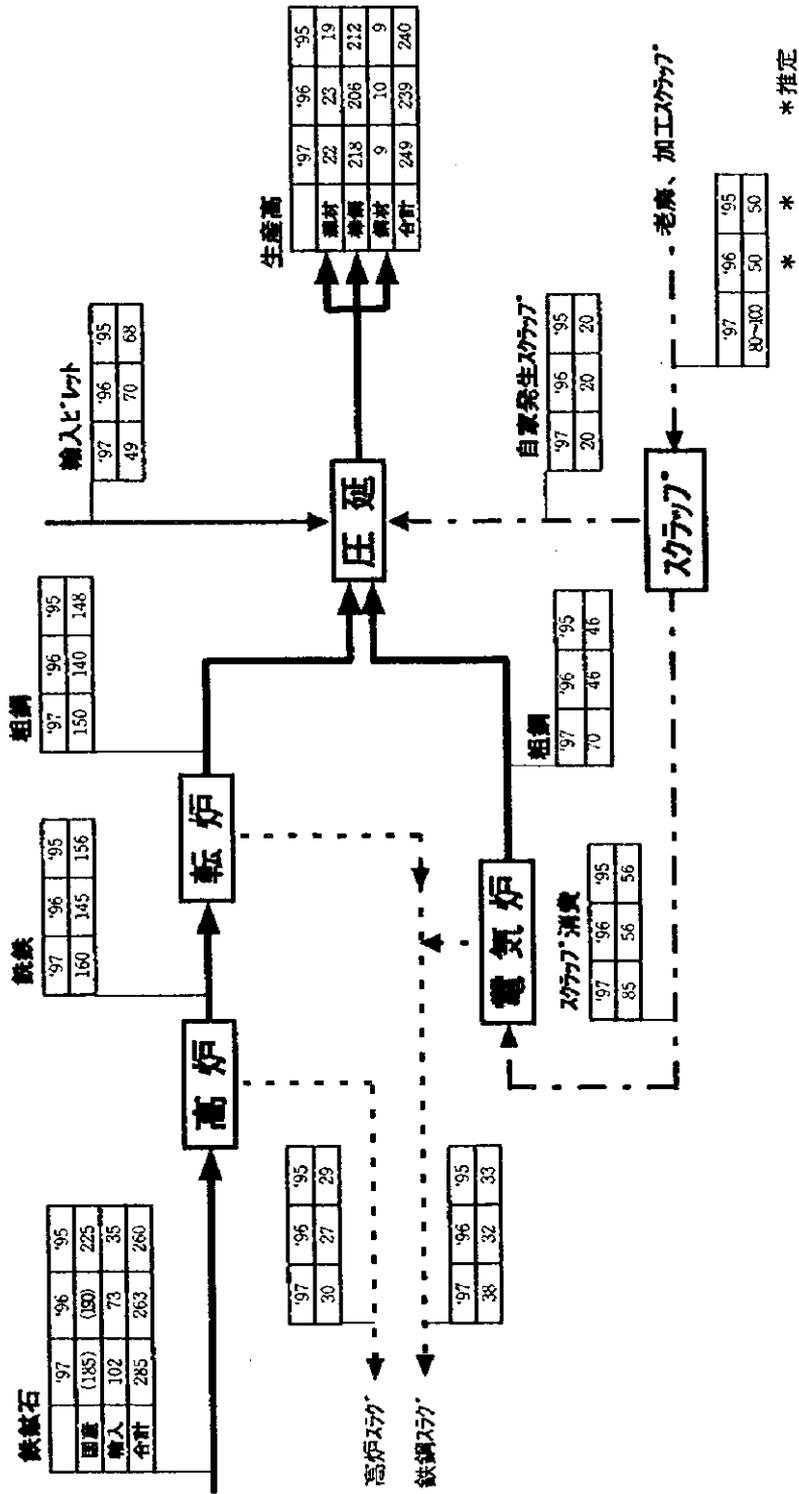


図 9.1-2 EL FOULADH 製鉄所マテリアルバランス

(単位：千トン/年)



現在粗鋼ピレットには36%の輸入関税がかけられているため、国内での販売価格は500~580TD/tonとなっている。ちなみに、関税・付加価値税を含まないピレットの価格は270TD/ton前後である。

現状ではエル・フーレーズ製鉄所における粗鋼の国内生産コストが高くつくため、自国産業保護の観点から粗鋼ピレットの輸入関税が高く設定されている。この結果、出来上がった鉄鋼製品の価格も高く設定されている。一方、海外の鉄鋼製品についても輸入関税がかけられているため、国内での競争力は一応確保されている。しかし、2008年までにはEUとのパートナーシップ協定に基づき関税が撤廃されるため、生産コストの削減による競争力の確保努力が求められると考えられる。

輸入ピレットを用いている圧延メーカーは、現状では高関税のため非常に高い価格でピレットを調達しなければならず、その結果生産コスト高になっているが、その一方で、国内販売価格をエル・フーレーズ製鉄所の製品と同じ価格に設定できるため、国内販売量を順調に伸ばしている。また、現在は国内の鉄製建設資材の需要が非常に高いため、棒鋼・線材の売れ行きは非常に好調である。将来的には上述のように輸入関税の引き下げ・撤廃があるため、生産コストのダウン、販売価格の引き下げによる市場競争が激化すると予想される。

9.1.5 鉄スクラップ業者の現状

現在、鉄スクラップ回収事業を行っている業者の形態としては以下の2種類がある。

(1) 小規模の独立したスクラップ回収業者

(2) 鋳物業者が材料調達のために行うスクラップ回収

(1)は、独立して鉄スクラップ回収事業を営んでいる小規模の業者が、テュニス近郊に集まっている地域があり、市中から持ち込まれた廃家電や廃自動車を解体、選別して、プレスした後、エル・フーレーズ製鉄所に売却している。取扱い量は約90,000ton/年である。小規模業者が自然に集合した形である。家内工業的で手作業で解体しているため、作業効率が低い。

(2)は鋳物業者が良質のスクラップを求めて、特定のスクラップ排出者と契約し、排出量の蓄積に応じて回収しているものである。鋳物業者が集めるスクラップ量は約16,000ton/年である。これらは全量各業者の鋳物工場で利用されている。

9.1.6 鉄リサイクルの課題

チュニジアの鉄の自給率は、非常に低く30%程度である。チュニジア国の鉄の鉄スクラップの潜在的な発生量は、国内全体で約226,600ton/年（1997年）と推定される。一方でこれを再利用するための電気炉の容量は製鉄所・鋳物メーカー合せて105,000ton/年程度であり、貴重な国内資源である鉄スクラップが毎年100千トン以上も有効に利用されていない。

今後、有効に活用されていない鉄スクラップを再生化し、自給率を高めることが大きな課題である。そのためには、電気炉を生産能力を増加させることが必要である。ただし2008年の貿易自由化に向けて、国際競争力を付けることが必要である。

9.2 鉄再生工場（電炉工場）の開発計画

9.2.1 電炉工場の開発可能性

鉄スクラップの発生量は合計223,000ton/年（1997年推定）と推定される。その発生由来による内訳は表 9.2-1のとおりである。

表 9.2-1 スクラップの発生由来別内訳

(単位：ton/年)	
自家発生スクラップ	65,000
加工スクラップ	55,000
老廃スクラップ	103,000
合計	223,000

このうち、現在の受け入れ先であるエル・フーレーズ製鉄所および鋳物工場での受け入れ量は表 9.2-2のとおりである。

表 9.2-2 受入先に入るスクラップの量

(単位：ton/年)	
製鉄所に入るスクラップ	80,000
鋳物工場に入るスクラップ	16,000
合計	96,000

差し引き127,000ton/年のスクラップは適切な受入先に入らず、有効利用されていない可能性がある。この量は、国内消費量751,000ton/年（1997年）の約17%に相当する量である。ピレットの輸入量は102,000ton/年であり、ほぼスクラップ発生量にみあう量となっている。

現在のままでは、受入先がなく、鉄資源をむざむざ酸化させて廃棄するか、スクラップの状態でも輸出するしか方法がない。輸出産業とするためにはまとまった量を取扱う必要があるが、年間発生量が127,000tonでは輸出産業としては規模が小さく、定常的に成り立つ事業とは考えにくい。

現在チュニジア国で生産された粗鋼は価格が高く、国際競争力がないといえる。基礎素材である鉄の価格が高いことにより、鉄鋼製品も国際競争力を削られる原因となっている。

したがって、これらのスクラップを有効利用できる施設の整備、すなわち電気炉によるスクラップからの製鋼、鋳造を行うことを提案する。より安価な鉄を国内向

けに供給し、自国製品の国際競争力増強を計る必要がある。また、国内で鉄スクラップ再利用事業を興せば、雇用の増加にも寄与する。

9.2.2 電炉工場の規模と数

チュニジア国では現在、鉄素材そのものの需要が高いため、粗鋼ピレットを輸入している。この需要に応えるため、鉄スクラップの有効利用として汎用性のある粗鋼ピレットの生産を推奨する。規模は、現在余剰となっている鉄スクラップ量127,000ton/年およびピレットの輸入量102,000ton/年を考慮して、100,000 ton/年の生産設備とする。このケースでは、国内全体から鉄スクラップを回収することを前提としており、再生工場の設置数は1ヶ所とする。

また、この再生工程の前段階として鉄スクラップの回収を行う必要があるが、これについては次節9.3で論じる。

9.2.3 電炉工場の設備計画

(1) 製品化計画

棒鋼（丸棒）の需要が高く、その原料である粗鋼ピレットおよび製品輸入が増加している状況である。

再生工場の製品は第一段階として、輸入ピレットの代替となるものであり、棒鋼（丸棒）の原料としてチュニジア国内の既設圧延工場に供給される。

第二段階として、棒鋼製品輸入に対応し、一部ピレット輸出、棒鋼の製品輸出を目標にする。

将来的には、棒鋼の圧延工場を設置し一貫製造を視野に入れるとするが、当面は“ピレット”を再生工場の製品とする。従って、“ブルーム”や“スラブ”は製品の対象としない。

(2) 工場規模

計画を操業開始から10年までと、それ以降の二段階に区分し、それぞれの段階で、再生工場の生産規模を以下のとおりとする。

第一段階：操業開始から10年間 100,000 ton/year

第二段階：11年目以降 200,000 ton/year

(3) 生産プロセスフロー

スクラップを再利用するためには、溶融する必要がある。スクラップの溶融炉としては、電気炉、反射炉等が実用化されている。操業に小回りがきくこと、比較的建設費が安いところから、電気炉が多く採用されている。

電気炉は電熱を利用して鋼を造る炉である。電弧熱により酸化精錬するアーク式と誘導電流による抵抗熱で精錬する高周波誘導式の二方式がある。

高周波誘導炉は炉容積が普通1ton内外と小さく、比較的高級な特殊鋼の製造に使用されている。

熔融炉選定の条件を挙げると、以下の通りである。

- a) 運転操作性に優れ、少ない要員で運転可能
- b) 繰り返し運転になるが、運転の再現性が高い
- c) 付帯設備を含め、総合的な建設費が低い
- d) エネルギー効率が高く、製造原価が低い
- e) 高温下の運転であり、補修は必要。補修が容易である。
- f) スケールメリットの効果が発揮出来る

これらの条件を満足できる熔融炉としては、1950年以降、世界的に採用され、改良を重ねられたアーク式電気炉が最適であると考えられる。アーク式電気炉を備えた再利用設備のプロセスフローを図 9.2-1 “BLOCK FLOW DIAGRAM” に示す。

(4) 設備計画

第一段階の設備計画（初期投資）の設備内容について以下に記述する。

a) 電気炉設備

電気炉は高い生産性と原単位の低減を目標とし、さらに、安全で且つ環境に配慮した設備とする。設備仕様を表 9.2-3に示す。

表 9.2-3 電気炉設備の仕様

① 電気炉	1基	20 ton/ 1 heat交流アーク式 正味運転時間：7,000hrs Tap-to-Tap Time：70 min 直径：3.3m 変圧器容量：14 MVA
② 電力供給設備	1式	高圧スイッチギア（33KV、 変圧器
③ 電気設備	1式	低圧スイッチギア、動力盤
④ 制御システム	1式	プログラムロジック制御（PLC） 電極制御システム 制御&モニタリングシステム（VDU） コミュニケーションシステム コントロールパネル、デスク&ボックス 無停電電源設備
e) 付属設備	1式	Oxy-gasバナー、炭素注入システム 温度測定&サンプリング装置 電気炉冷却システム

b) 連続鋳造設備

連続鋳造機本体は初期投資で第二段階の200,000 ton/yearに対応するものとする。
操作性、作業性、品質管理を考慮した設備とする。主な設備構成、設備内容を以下に示す。

表 9.2-4 連続鋳造設備の仕様

①連続鋳造機	1式	ストランド数：4 strands ビレット寸法：100 [□] mm～130 [□] mm ビレット長さ：6m
②電気設備	1式	低圧スイッチギア、動力盤
③制御システム	1式	プログラムロジック制御 (PLC) 電極制御システム、 制御&モニタリングシステム (VDU) コントロールパネル、デスク&ボックス 無停電電源設備
④付属設備	1式	ディチャージローラーテーブル、 クーリングベッド、冷却システム、 圧縮空気・酸素・燃料ガス・窒素システム

c) マテリアルハンドリング設備

Fe-Alloy, Lime等の副資材、添加材の受入、貯蔵、供給の設備である。
主な設備構成、設備内容を表 9.2-5に示す。

表 9.2-5 マテリアルハンドリング設備の仕様

① 貯槽類	生石灰	1基	100 m ³
	Fe-Mn	1基	20 m ³
	Si-Mn	1基	20 m ³
	Fe-Si	1基	20 m ³
	予備	1基	20 m ³
② 受入装置	地下ホッパー	1式	
	バケットコンベヤー	1式	ベルト
	シャトルコンベヤー	1式	ベルト
③ 供給装置	秤量システム	1式	
	バケットコンベヤー	1式	ベルト
	シャトルコンベヤー	1式	ベルト
	電気炉サージビン	1式	
	取鍋サージビン	1式	
④ 電気設備		1式	動力盤
⑤ 制御システム		1式	プログラムロジック制御 (PLC)

d) 熔銑ハンドリング設備

電気炉から連続鑄造機へ熔銑を移送する設備である。

表 9.2-6 熔銑ハンドリング設備の仕様

① 取鍋	5基	取鍋プレヒート、ドライングの加熱場所あり。
② その他		取鍋の解体、ライニングの場所を設ける。

e) スクラップヤード設備

スクラップを電気炉へ供給する設備である。

表 9.2-7 スクラップヤード設備の仕様

① スクラップバケット	3基	
② スクラップ移送車	1基	
③ トラックシステム	1式	
④ 秤量システム	1式	ロードセルタイプ
⑤ 電気設備	1式	動力盤
⑥ 制御システム	1式	プログラムロジック制御 (PLC)、 コントロールデスク、パネル

f) クレーン設備

表 9.2-8 クレーン設備の仕様

① スクラップヤードクレーン	1式	15 ton	電動電磁グラブ
② バケットチャージクレーン	1式	25/10/3 ton	
③ 鑄造機用クレーン	1式	40/10 ton	
④ ピレットクレーン	1式	10/5 ton	
⑤ メンテナンスクレーン	1式	3 ton	

g) 集塵設備

表 9.2-9 集塵設備の仕様

① バッグフィルター	1式	バッグ数：1152 バッグ長：5,800m バッグ径：160m 残留煤塵量：10mg/Nm ³
② 吸引ファン	2基	425,000Nm ³ /Hr×450kw
③ ダストハンドリング	1式	ダストサイロ (30m ³)、コンベヤ ー類
④ 電気設備	1式	動力盤
⑤ 制御システム	1式	プログラムロジック制御 (PLC) コ ントロールボード。

h) 圧縮空気設備

表 9.2-10 圧縮空気設備の仕様

圧縮機	3基	使用量： 平均： ピーク：	EAF 15Nm ³ /Hr CCM 110Nm ³ /Hr EAF 20Nm ³ /Hr CCM 800Nm ³ /Hr DCO 1,800Nm ³ /Hr
オイルセパレーター	1式		
ドライヤー	1式		
エアータンク	1式		

i) 酸素発生設備

表 9.2-11 酸素発生設備の仕様

① 空気圧縮機	1基		
② 空気予冷システム	1式		
③ モレキュラーシーブユニット	1式		
④ 空気分離サイクル	1式		
⑤ 酸素圧縮機	2基		レシプロタイプ
⑥ 酸素貯槽	1式	酸素使用量： 平均： ピーク：	EAF 600Nm ³ /Hr CCM 10Nm ³ /Hr EAF 970Nm ³ /Hr CCM 74Nm ³ /Hr
⑦ 液体酸素貯槽	1式		
⑧ 液体酸素蒸発器	1式		
⑨ 窒素圧縮機	1式	窒素使用量： 平均： ピーク：	レシプロタイプ EAF 15Nm ³ /Hr、 EAF 30Nm ³ /Hr

j) 用水処理設備

表 9.2-12 用水処理設備の仕様

① クーリングタワー	2基		
② プレート熱交換器	1基		
③ 砂濾過器	1式		堅型加圧式
④ 逆洗ブロワー	1基		
⑤ 添加剤注入装置	1式		
⑥ 動力盤、制御盤	各1式		
⑦ エマージェンシー水タンク	1基		
⑧ スラッジシクナー	1基		

k) 受変電設備

表 9.2-13 受変電設備の仕様

① 高圧スイッチギア	1式	変圧器、ブレーカー、ブッシング等
② 保護、制御系統	1式	
③ 中圧変電設備	1式	
④ その他必要機器類	1式	

(5) 原材料調達計画

鉄再生工場が必要となるものは、原料としてスクラップ、副原料として生石灰 (CaO)、フェロアロイ類 (Fe-Si、Si-Mnなど)、製造過程で消耗するカーボン電極、耐火レンガ等である。

a) スクラップの調達

第一段階では、スクラップは国内調達を優先し、不足する場合はマグレブ諸国から輸入し、充当する。第二段階 (10年後以降) では、製品の一部輸出を目標にして能力を増強するため、地理的要因からみて、ヨーロッパ市場からのスクラップの輸入を想定する。

b) 副原料、カーボン電極、耐火材

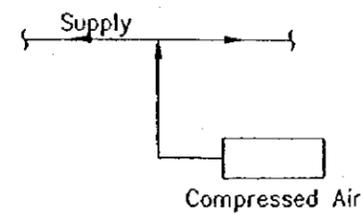
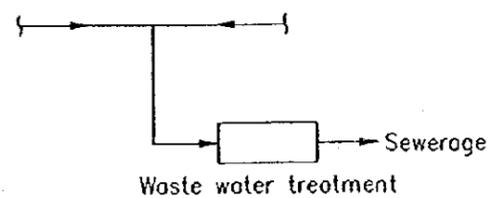
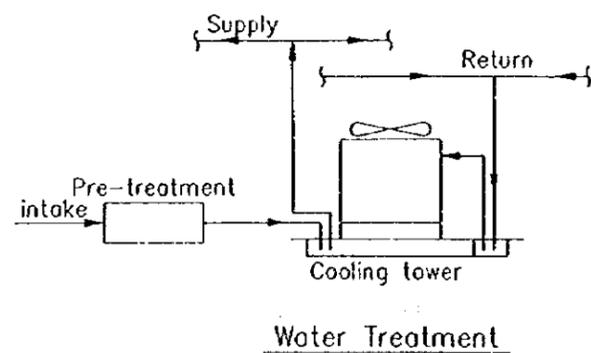
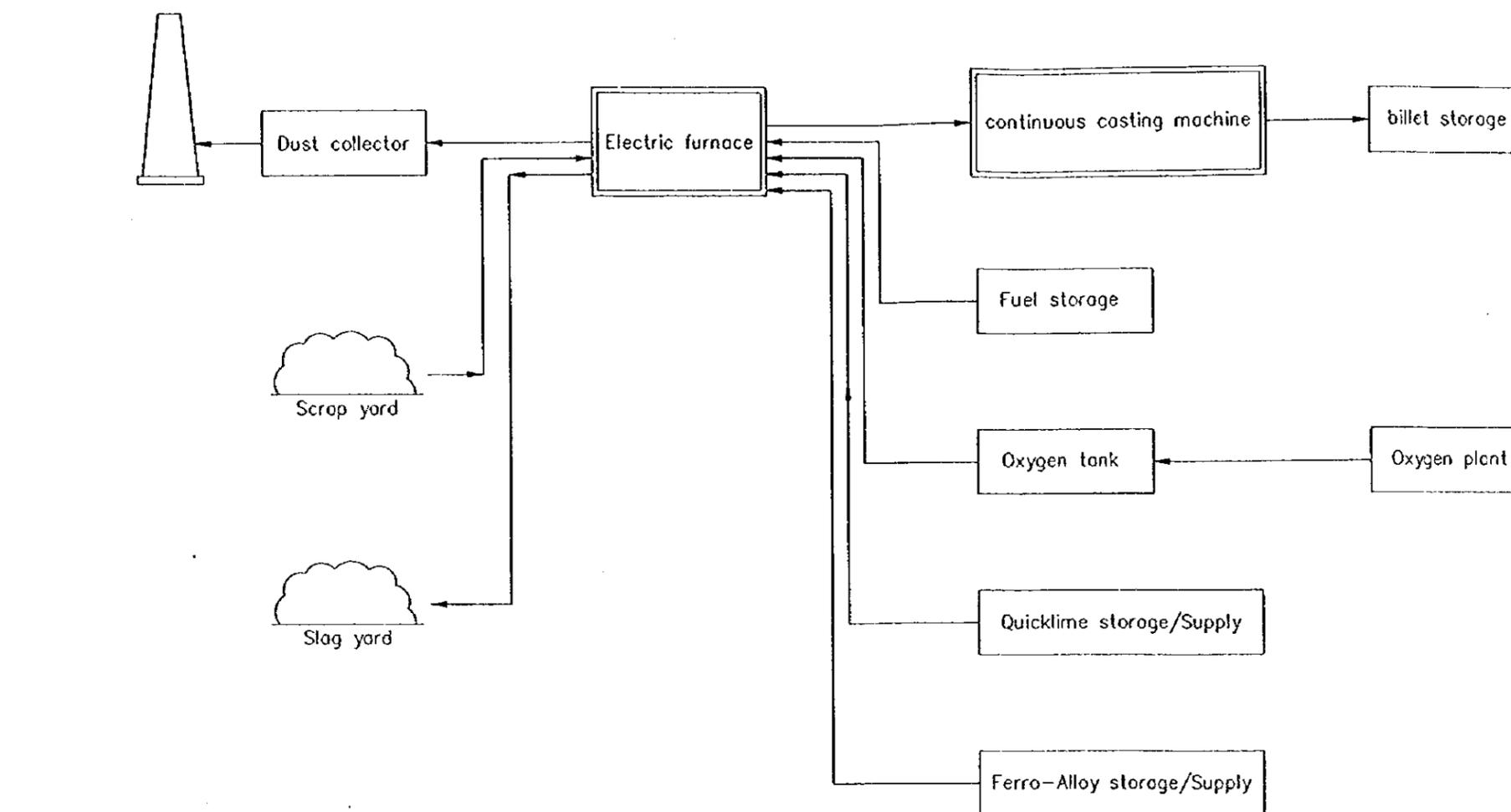
生石灰 (CaO)、消耗品の耐火材はテュニジア国内のものを使用する。

フェロアロイ類 (Fe-Si、Si-Mnなど)、消耗品のカーボン電極は輸入品を使用する。

c) 原料スクラップ、副原料の使用量および価格

表 9.2-14 原料スクラップ、副原料の使用量および価格

		原単位 Kg/ton- billet	単価 US\$/Kg	価格 US\$/ton- billet
a)原料				
ー 操業開始時の使用量	国内スクラップ	1,176	0.066	77.616
ー 10年後の使用量	国内スクラップ	1,176	0.066	77.616
	輸入スクラップ	1,176	0.125	147.000
b)副原料				
	生石灰	35.0	0.105	3.68
	フェロアロイ類	8.0	0.770	6.16
	カーボン電極	4.5	2.3	10.35
	耐火材	25.0	0.85	21.25



INDUSTRIAL WASTE RECYCLING PROJECT
 STEEL-MAKING PLANT
 BLOCK FLOW DIAGRAM

DATE: 25 -- AUG. -- 1998 SCALE: NONE

(6) ユーティリティ計画

電力、燃料、用水、酸素、窒素、圧縮空気等のユーティリティ計画は以下のとおりである。排水は簡単な前処理を行ない、ONASの公共下水道本管に放流する。

a) 電力

電力は買電とし、STEGから供給を受ける。90,000Vで受電し、工場内で所定の電圧に変電する。引込み工事負担金はSTEGの基準で支払う。

チュニジア国の工業用電力のシステムボルテージは以下のとおりである。

表 9.2-15 工業用電力のシステムボルテージ

項目	電圧 (V)	受電量 (KVA)
工場用中電圧	30,000	2,000~5,000
工場用高電圧	90,000	5,000以上

b) 燃料

燃料は天然ガスとし、電力同様STEGから、中圧 (20bar) で供給を受ける。引込み工事負担金はSTEGの基準で支払う。

チュニジア国の燃料供給システムは以下のとおりである。

表 9.2-16 燃料供給システム

項目	供給量 (thermie/hr)	供給圧力 (bar)
低圧	50~8,000	4
中圧	1,000~20,000	20
高圧	20,000~500,000	76

c) 用水

農業省管轄のBarrage de Bir Mchergaを水源とする農業用水路から取水するものとする。硬度が高いため、前処理により硬度を下げてから循環使用する。

表 9.2-17 農業用水の水質

項目	単位	水質
pH		7.8~8.5
伝導度	μS/cm	3787~3807
全硬度	mg/l	2900~2948
ナトリウム(Na)	mg/l	760~780
カリウム (K)	mg/l	7.2~7.4
カルシウム(Ca)	mg/l	224~232
塩素 (Cl)	mg/l	1136~1207
硫酸根(SO ₄)	mg/l	661~685

d) 酸素、窒素

酸素、窒素は深冷分離法による発生設備を鉄再生工場内に設置し、空気から分離発生させる。

e) 圧縮空気

制御機器、バルブ、作業用の空気は空気圧縮設備を設けて供給する。

f) 排水

排水は中和、沈殿の前処理を行ない、ONASの公共下水道本管に放流する。

g) ユーティリティ使用量および価格

表 9.2-18 ユーティリティ使用量および価格

	原単位 unit/ton-billet	単価 US\$/unit	価格 US\$/ton-billet
電力	691.2 Kwh	0.041 /Kwh	28.339
燃料	7.86 Nm ³	0.117	0.920
工業用水	2.8 m ³	0.658 / m ³	1.84
酸素、窒素、圧縮空気	電力で評価		
排水	2.24 m ³	0.835 / m ³	1.87
合計			32.969

(7) 鉄再生工場建設計画

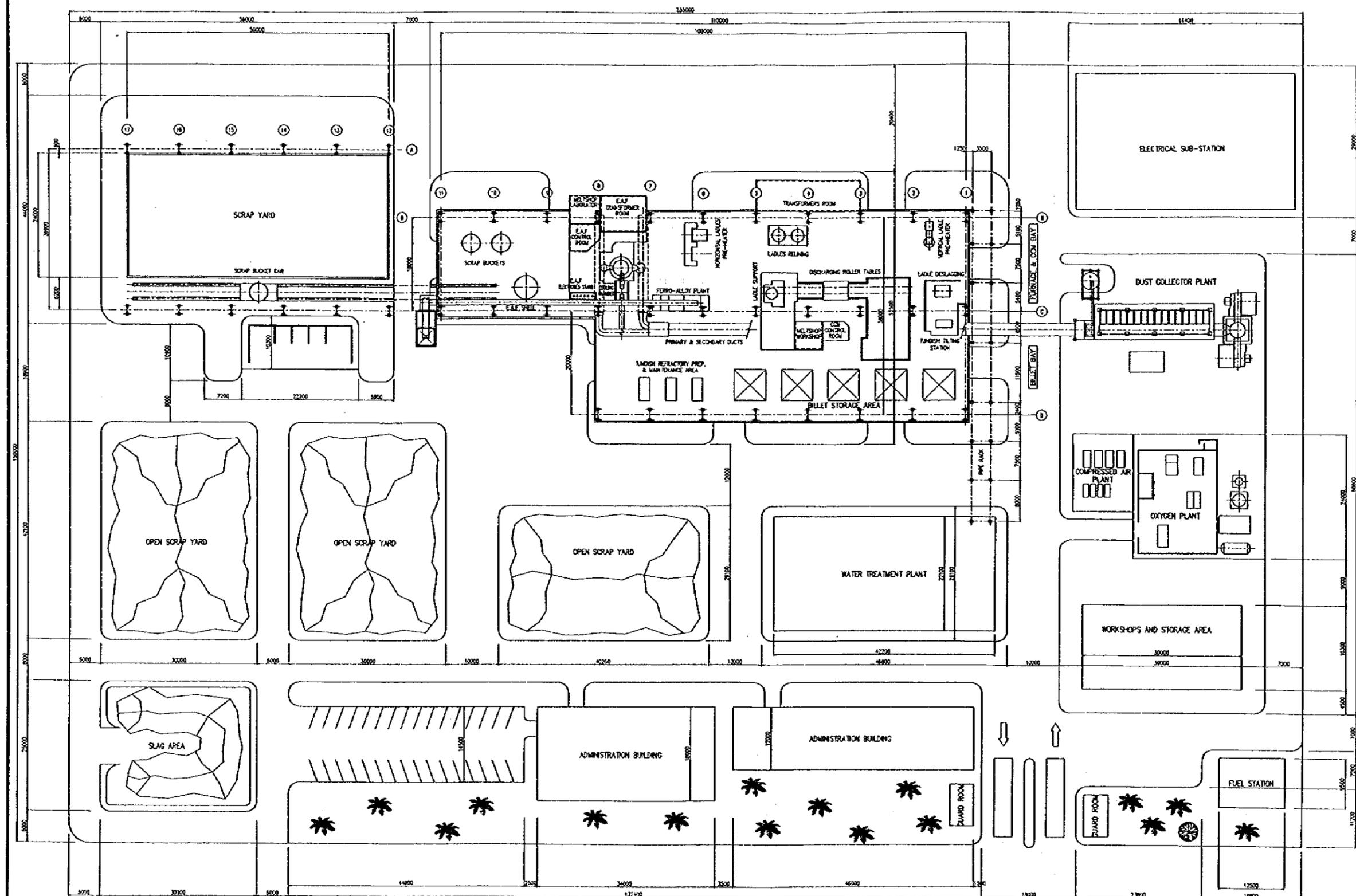
a) 工場立地および工場敷地面積

工場建設予定地は現在特定しないが、次の条件満たす必要がある。

- ① 工場は物流を考慮し、十分な道路に接し、幹線道路の近くに立地する。
- ② 将来的に、原料、製品の輸入、輸出を考慮し港湾に近い所が望ましい。
- ③ 電気を大量に消費する工場であることから、発電所近くに立地する。
- ④ テュニジア国の水事情は決して良いとは言えない。用水幹線近くに立地する。
- ⑤ 原料スクラップ、副原料の生石灰の入手し易い所が望ましいが、必ずしもこだわることではない。

敷地面積は第一段階、第二段階を考慮して、35,000 m²とする。

敷地面積の詳細は図 9.2-2 “PLOT PLAN” に示した



INDUSTRIAL WASTE RECYCLING PROJECT
 STEEL-MAKING PLANT
 PLOT PLAN
 DATE: 25 - AUG - 1998 SCALE: 1/250

b) 土木、基礎工事

土木工事として、敷地面積の20%を植栽と芝生により緑地工事を行う。

また、20,000 m²をアスファルト舗装と砂利引舗装により構内道路、スクラップヤードとする。舗装道路には側溝を設け、雨水対策を施す。

敷地の外周にはフェンスを設置し、安全対策を施す。

機械基礎、工場棟の基礎には杭打ち工事を行う。杭は300φ×10,000mmLとし、550本程度打設する。

c) 建築工事

第一段階（初期投資）で施工する建物の建築面積、概略仕様は以下の通りである。

表 9.2-19建物の建築面積と仕様の概略

名称	寸法 (m)	建築面積(m ²)	階層	概略仕様
Main Plant Building	38(18)×100	3200	1 F	鉄骨造(S造)
Scrap Yard Building	31×50	1550	〃	〃
Air/O ₂ Plant Building	20×20	400	〃	RC+レンガ
Workshop & Storage	20×30	600	〃	〃
Dust Collector Shelter	10×50	500	〃	鉄骨造(S造)
Administration-1	12×45	540	〃	RC+レンガ
Administration-2	20×35	700	〃	RC+レンガ
Guard House	5×10×2棟	100	〃	RC+レンガ

d) 機器据付、配管/電気工事および試運転

設備計画で述べた機械類、機器類、電気機器類の現地据付工事を行ない、引続き、電気配線工事、配管工事を詳細設計に基づき施工する。

建築工事、機械据付工事の工程調整を十分に行ない、納期短縮に努めると同時に、本設のクレーン類を早期に設置し、機器機械の据付工事に利用する。

据付、配管、配線工事終了後、所定のテストを行ない、検査合格を以って、“Mechanical Completion”（引き渡し）となる。引続き、試運転を開始する。

試運転は顧客側運転員により行なわれ、請負者は指導員を立会させる。また、試運転に必要な原料スクラップ、副原料、ユーティリティ等は顧客側で準備され、無償にて支給されるものとし、設備投資額には含まない。（別途予算化する必要あり）

e) 建設スケジュール

建設スケジュールは契約発効後、24ヶ月とする。

建設工程の詳細は図 9.2-3 “PROJECT SCHEDULE” に示した。

(8) 設備投資額

a) 設備投資の範囲

本プロジェクトには、以下のものが含まれる。

- ① 土地の購入
- ② 電気炉設備、連続鋳造設備、マテリアルハンドリング設備、Liquid Handling Equipment、スクラップヤード設備、クレーン設備、集塵設備、圧縮空気設備、酸素発生設備、用水処理設備、受変電設備等の機器、材料の購入および現地据付、配管/配線工事
- ③ 現地土木/基礎工事
- ④ 工場、スクラップヤード、倉庫、管理棟、運転員控え所等の建築工事
- ⑤ 電力、燃料、用水、排水等のユーティリティの引込み工事負担金
- ⑥ 顧客運転員の訓練（現地にて、試運転前に行う）
- ⑦ 機器、機械類の据付指導および試運転指導のスーパーバイザーの受入
- ⑧ 各種車両、備品の購入

b) コスト算出基準

以下の基準に基づき、コストを算出した。

- ①コストはすべてUS\$で表示する。通貨の換算には次のレートを用いた。

1 US\$ = 120円、 1 US\$ = 1.14 DT、 1 US\$ = 1.4947 SFr

- ②工場建設に関する契約の発効は2,000年1月を想定し、工事完了を2,001年とした。

- ③鉄再生工場建設に必要な機器、機械、材料等の輸入品に対する関税は、税制上の優遇措置により、免税されるものとする。

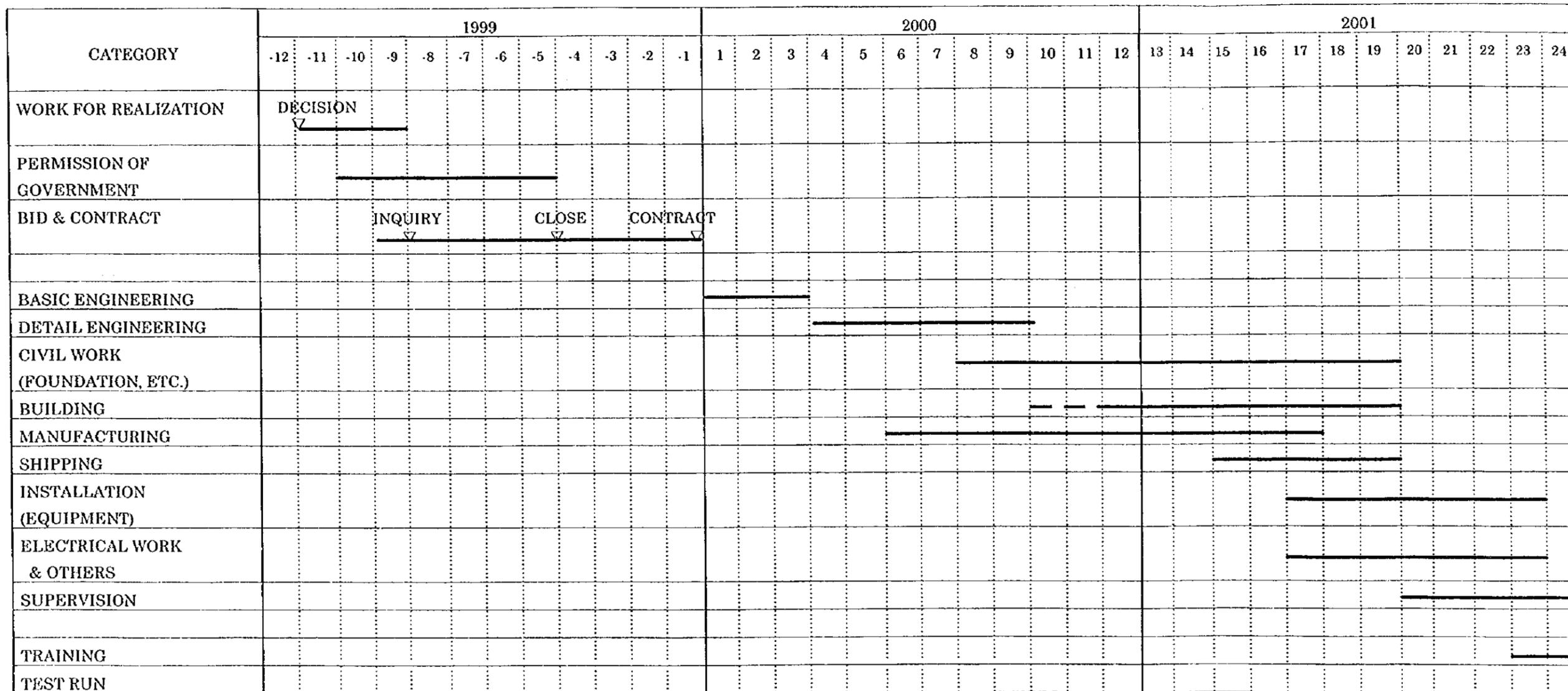
- ④第二段階の設備投資額は現時点のコストから推算する。大幅な価格上昇のある場合修正する必要がある。

c) 設備投資額

第一段階（初期投資）の設備投資は以下の通りである。付加価値税18%を含んだベースで表示する。尚、土地取得には付加価値税は不要。

PROJECT SCHEDULE FOR STEEL-MAKING PLANT

August 25 '98



MECHANICAL COMPLETION

表 9.2-20 第一段階（初期投資）の設備投資額

単位: US\$

	Off shore Portion(US\$)	On Shore Portion(US\$)	Total (US\$)
Land	0	1,610,000	1,610,000
Civil & Building	0	4,880,000	4,880,000
Machinery & Equipment	22,390,000	0	22,390,000
Freight & Insurance	1,880,000	0	1,880,000
Import Charges	940,000	0	940,000
Construction Works	0	9,090,000	9,090,000
Engineering Fee/Expense	4,950,000	0	4,950,000
Supervisory Fee	990,000	0	990,000
Vehicles & Others	1,100,000	0	1,100,000
Miscellaneous	100,000	150,000	250,000
Total	32,350,000	15,730,000	48,080,000

第二段階の設備投資は運転開始10年後を想定し、能力を100,000 Ton/yから200,000Ton/yに増強するものである。推定投資額は以下のとおりである。付加価値税18%を含んだベースで表示する。

表 9.2-21 第二段階の設備投資額

単位: US\$

	Off shore Portion(US\$)	On Shore Portion(US\$)	Total (US\$)
Land	0	0	0
Civil & Building	0	970,000	970,000
Machinery & Equipment	10,100,000	0	10,100,000
Freight & Insurance	850,000	0	850,000
Import Charges	430,000	0	430,000
Construction Works	0	4,020,000	4,020,000
Engineering Fee/Expense	1,480,000	0	1,480,000
Supervisory Fee	0	0	0
Vehicles & Others	550,000	0	550,000
Miscellaneous	0	0	0
Total	13,410,000	4,990,000	18,400,000

d) 年間補修費

年間補修費

5 US\$/ton-billet

(9) 体制および要員

鉄再生工場の操業は電気炉、連続鋳造機が中心となり、原料スクラップを1,600℃以上の高温で溶解し、成分調整を行った後、所定の寸法のピレットを連続的に製造するものである。

熱管理、設備管理、品質管理、操業管理等の視点から連続操業が経済的であり、4直3交替の体制を組むものとする。

電気炉、連続鋳造設備とも耐火物の補修、電気系統の修理、駆動機械の修理、熱損傷部の交換等のため、定期修理が必要である。

以上の鉄再生工場の特徴を考慮して、体制、要員を以下のとおりとする。

a) 体制

体制は図 9.2-4の組織図に示した。

b) 要員

管理部門、生産部門の要員は以下のとおりである。

表 9.2-22 管理部門、生産部門の要員数

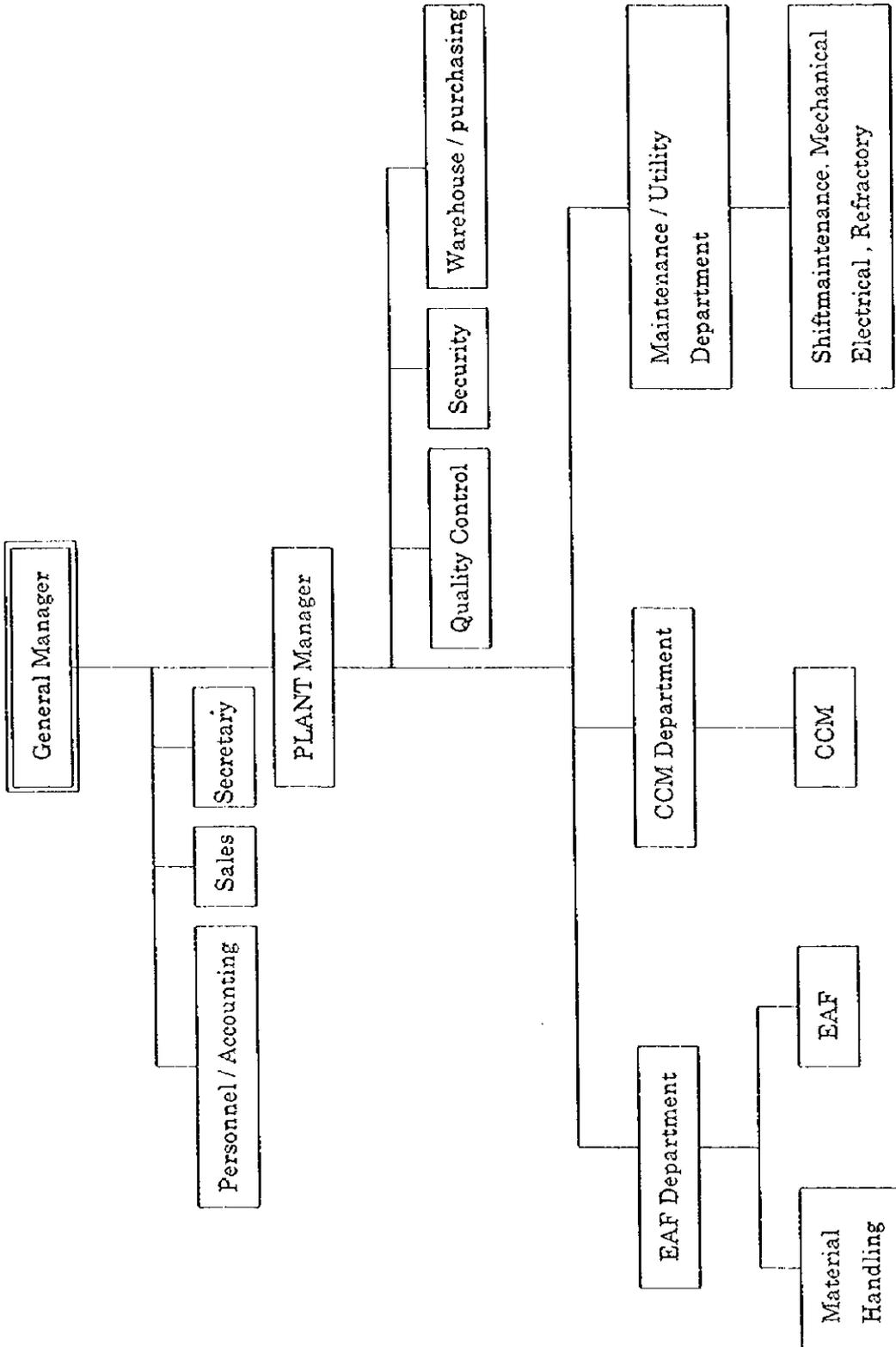
	persons
General Manager	1
Secretary	2
Personnel/Accounting	8
Sales	2
Plant Manager	1
Quality Control	8
Security	10
Warehouse/Purchasing	6
EAF Department	
Material Handling	24
EAF	32
CCM Department	
CCM	32
Maintenance/Utility	
Shift maintenance, mechanical, electrical, refractory	44
Total	170

10年後、第二段階の能力増強した場合、管理部門5名、生産部門40名を増員する。

生産部門の要員訓練は2ヶ月間を予定し、始めの1.5ヶ月はほぼ据付完了した設備を使いながら行う。残りの0.5ヶ月間は試運転期間にhot runの中で行なわれる。
訓練指導はsupervisorがinstructorとなって行なうものとする。

ORGANIZATION FOR STEEL-MAKING PLANT

August 25 '98



9.3 鉄スクラップ・シュレッダー工場の整備計画

9.3.1 鉄スクラップマーケットの拡大

1997年の鉄スクラップの発生量は223,000ton/年であった。このうち、自家発生スクラップは製鉄所および鋳物工場でリサイクルされた。加工スクラップは棒鋼・線材圧延の際に発生したもので、これらも鋳物工場でリサイクルされた。

老廃スクラップは廃自動車、廃家電、機械類の廃棄、建物や構築物取り壊しの際発生する鉄骨などである。これらは市中から回収業者に持ち込まれ、あるいは回収業者が自ら回収に出向いているものである。これらは上述の自家発生スクラップや加工スクラップと異なり、特定の契約関係なしに流通するものである。

テュニジア国の鉄の蓄積量は5,300,000～7,000,000tonと推定される。最近では建材として棒材などが多用されているため、今後国内の鉄蓄積量は大幅に増加すると予測される。これらが一定の寿命を経て老廃スクラップとなるので、今後老廃スクラップの排出量は増大する。また、自動車台数も近年急激に増加しており、これらが廃棄された場合にも老廃スクラップが発生する。

スクラップ発生量が増加する一方で、回収業者の受け入れ能力はあまり増大していないため、今後の鉄スクラップ回収業への参入の機会は十分にあるといえる。

表 9.3-1 スクラップの由来別発生量 (1997年)

(単位：ton/年)	
自家発生スクラップ	65,000
加工スクラップ	55,000
老廃スクラップ	103,000
合計	223,000

9.3.2 鉄スクラップ回収システム

自家発生スクラップおよび加工スクラップは、既存の回収ルートにより有効利用されている。一方、老廃スクラップは現在回収ルートがあるものの、受け入れ量も少なく、安定していない。市中から鉄スクラップを効率よく回収するためには、シュレッダー、磁選機やプレス機を備えて一定量に対応できる設備が必要となる。これらの設備により鉄スクラップおよび非鉄を分別し、それぞれ有効に利用できるシステムを整備する必要がある。

また、食品缶詰、飲料缶など家庭系ごみに含まれる鉄スクラップも重要な回収対象である。これらは、発生源で分別することがもっとも効率的であり、市民の協力を得ながら、清掃主体である市町村が分別収集する必要がある。これらの回収物の売却益との兼ね合いに分別収集の成否がかかっているため、市町村が自ら分別収集

を行うより、コンセッションなどにより民間の空缶回収業者を活用する方が、事業に対する制約が少なく、成功しやすいと考えられる。

9.3.3 鉄スクラップ・シュレッダー工場の配置

老廃スクラップには様々な不純物が付着している。電炉工場で鉄スクラップを利用するには、歩留まり率を低下させる不純物や製品品質に影響する金属（例えば銅）を除去することが必要である。現在は、スクラップ業者がマニュアル作業でスクラップの解体と異物の除去を行っている。これは非常に非効率であることから、シュレッダー装置で機械的に破碎し、異物を除去することが望ましいであろう。

鉄スクラップは、国際マーケット商品であり、高い価格にすることはできない。しかしシュレッダー装置自体は、決して安価なものではないことから、経済的に成り立つためには、少なくとも30千トン～50千トンのまとまった規模が必要である。チュニジアには、2～3箇所の工場の立地で十分であろう。

老廃スクラップは、人口の集積したところで発生するので、工場の立地は発生源に近いところに立地することが必要となろう。

9.3.4 設備計画

設備計画の基本条件は以下のとおりとする。

年間処理量：	原料ベース	50,000 ton
	製品ベース	35,000 ton
運転時間：	8 Hrs/Day	
年間運転日数：	300日	

(1) 処理リサイクルシステム

スクラップを製鋼原料に適合したものとする多くの技術が実用化されている。

スクラップ寸法の調整、非鉄金属類の分別、プラスチック類の除去を目的として、各種の処理リサイクルシステムが構築されている。

ここでは、老廃スクラップを主な対象として、シュレッダーと磁気選別を中心とした処理リサイクルシステムを計画する。詳細は図 9.3-1 “Mechanical Flow Diagram” に示した。

(2) 設備構成

主要設備構成はつぎのとおりである。

表 9.3-2 スクラップリサイクルシステムの設備構成

スクラップローダー	1基	作動半径：最高15m、自立タイプ
プレシュレダー	1基	
シュレダーユニット	1基	能力：11.5～24 ton/hr (In-charge base) 供給口：1,680w×700h mm 電動機：560 Kw
フィーディングローラー	1基	電動機：7.5Kw×2台
油圧ユニット	1式	高圧ポンプ：140 Kg/cm ² ×15 Kw オイルタンク、配管類
No1磁気分離機	1基	Excitation-Magnetic Drum type 3.7Kw
No2磁気分離機	1基	Excitation-Magnetic Drum type 3.7Kw
No1振動コンベヤー	1基	Self Standing type 3.7Kw×2台
No2振動コンベヤー	1基	Self Standing type 2.2Kw×2台
フィードコンベヤー	6基	No1、No2非鉄コンベヤー、ダストコンベヤー、No1、No2磁性物コンベヤー、フィードエプロンコンベヤー
ダストコレクター	1式	450 m ³ /min×55 Kw

(3) 原材料調達、製品販売計画

スクラップシュレダー工場の原料は老廃スクラップ (Capital scrap) が主体となる。安価なスクラップを加工することにより、適切な製鋼原料を生産する。調達先はテュニジア国内の回収業者が主体となる。

一方、製品は鉄スクラップであり、国内の製鋼所に供給することを基本とする。品質的には国際市場のスクラップに匹敵するものが期待でき、輸出も可能となる。

ここでは、製品スクラップの価格を国際価格の80%として事業性評価を行う。

表 9.3-3 スクラップの調達価格と販売価格

	価格	備考
原料スクラップ	25 US\$/ton	運賃業者持ち
製品スクラップ	90 US\$/ton	運賃生産者持ち

(4) ユーティリティー使用量および価格

必要なユーティリティーは以下のとおりである。

表 9.3-4 ユーティリティー使用量および価格

	原単位 unit/ton-product	単価 US\$/unit	価格 US\$/ton-product
電力	55 Kwh	0.062 /Kwh	3.410
工業用水	0.1 m ³	0.658 / m ³	0.065
排水	0.1m ³	0.835 / m ³	0.084
合計			3.559

(5) 消耗品および補修費

a) 消耗品

処理するスクラップの種類により異なるが、標準的な消耗品費用は以下のとおりである。

表 9.3-5 消耗品の費用

シュレッダー本体のハンマー、ライナー、受刃等	7.65 US\$/ton-product
コンベヤー用ベルト、パネ、作動油等	0.96 US\$/ton-product
合計	8.61US\$/ton-product

b) 補修費

Plant全体の年間補修費は“Machinery & Equipment、Construction WorksおよびVehicles & Others”の3%、“Civil & Building”の1%とする。

(6) スクラップリサイクル工場建設計画

a) 工場立地および工場敷地面積

工場建設予定地は現在特定しないが、次の条件を満たす必要がある。

- ① 工場は物流を考慮し、十分な道路に接し、幹線道路の近くに立地する。
- ② 将来的に、輸出を考慮し港湾に近い所が望ましい。
- ③ 電気の供給を受け易い所が望ましい。

敷地面積は10,000 m²とする。

敷地面積の詳細は図 9.3-2 “PLOT PLAN” に示した。

b) 土木、基礎工事

土木工事として、8,000 m²をアスファルト舗装と砂利引舗装により構内道路、原料/製品スクラップヤードとする。舗装道路には側溝を設け、雨水対策を施す。

敷地の外周にはフェンスを設置し、安全対策を施す。

機械基礎、工場棟の基礎には杭打ち工事を行う。杭は300φ×10,000mmLとし、100本程度打設する。

c) 建築工事

操作室、電気室を備え、防音、防塵の工場棟、管理棟および守衛棟の建築工事を行う。

建物の建築面積、概略仕様は以下のとおりである。

表 9.3-6 建物の建築面積と仕様の概略

名称	寸法 (m)	建築面積(m ²)	階層	概略仕様
Plant Building	21(9)×25 10×20	545	1 F	鉄骨造(S造)
Administration Building	10×20	200	〃	RC+レンガ
Guard House	5×5	25	〃	RC+レンガ

d) 機器据付、配管/電気工事および試運転

設備計画で述べた機械類、機器類、電気機器類の現地据付工事を行ない、引続き、電気配線工事、配管工事を詳細設計に基づき施工する。

据付、配管、配線工事終了後、所定のテストを行ない、検査合格を以って“Mechanical Completion”となる。引続き、試運転を開始する。

試運転は顧客側運転員により行なわれ、請負者は指導員を立会させる。また、試運転に必要な原料スクラップ、副原料、ユーティリティ等は顧客側で準備され、無償にて支給されるものとし、設備投資額には含まない。(別途予算化する必要あり)

e) 建設スケジュール

建設スケジュールは契約発効後、14ヶ月とする。

(7) 設備投資額

a) 設備投資の範囲

本プロジェクトには、以下のものが含まれる。

- ① 土地の購入
- ② シュレッター、磁気分離機、クレーン類、集塵設備、受変電設備等の機器、材料の購入および現地据付、配管/配線工事
- ③ 土木/基礎工事
- ④ 工場棟、管理棟、守衛棟等の建築工事
- ⑤ 電力、用水、排水等のユーティリティの引込み工事負担金
- ⑥ 顧客運転員の訓練（現地にて、試運転前に行う）
- ⑦ 機器、機械類の据付指導および試運転指導のスーパーバイザーの受入
- ⑧ 各種車両、備品の購入

b) コスト算出基準

以下の基準に基づき、コストを算出した。

コストはすべてUS\$で表示する。通貨の換算には次のレートを用いた。

1 US\$ = 120円、 1 US\$ = 1.14 DT

1 US\$ = 1.4947 SFr

工場建設に関する契約の発効は2000年1月を想定し工事完了を2001年2月とした。
スクラップリサイクル工場建設に必要な機器、機械、材料等の輸入品に対する関税は、税制上の優遇措置により、免税されるものとする。

c) 設備投資額

設備投資額は以下のとおりである。付加価値税18%を含んだベースで表示する。
尚、土地取得には付加価値税は不要。

表 9.3-7 設備投資額

	Unit: US\$		
	Off shore Portion(US\$)	On Shore Portion(US\$)	Total (US\$)
Land	0	461,000	461,000
Civil & Building	0	796,000	796,000
Machinery & Equipment	3,912,000	0	3,912,000
Freight & Insurance	578,000	0	578,000
Import Charges	200,000	0	200,000
Construction Works	0	838,000	838,000
Engineering Fee/Expense	516,000	0	516,000
Supervisory Fee	169,000	0	169,000
Vehicles & Others	413,000	0	413,000
Miscellaneous	26,000	55,000	81,000
Total	5,814,000	2,150,000	7,964,000

(8) 鉄リサイクル工場の要員

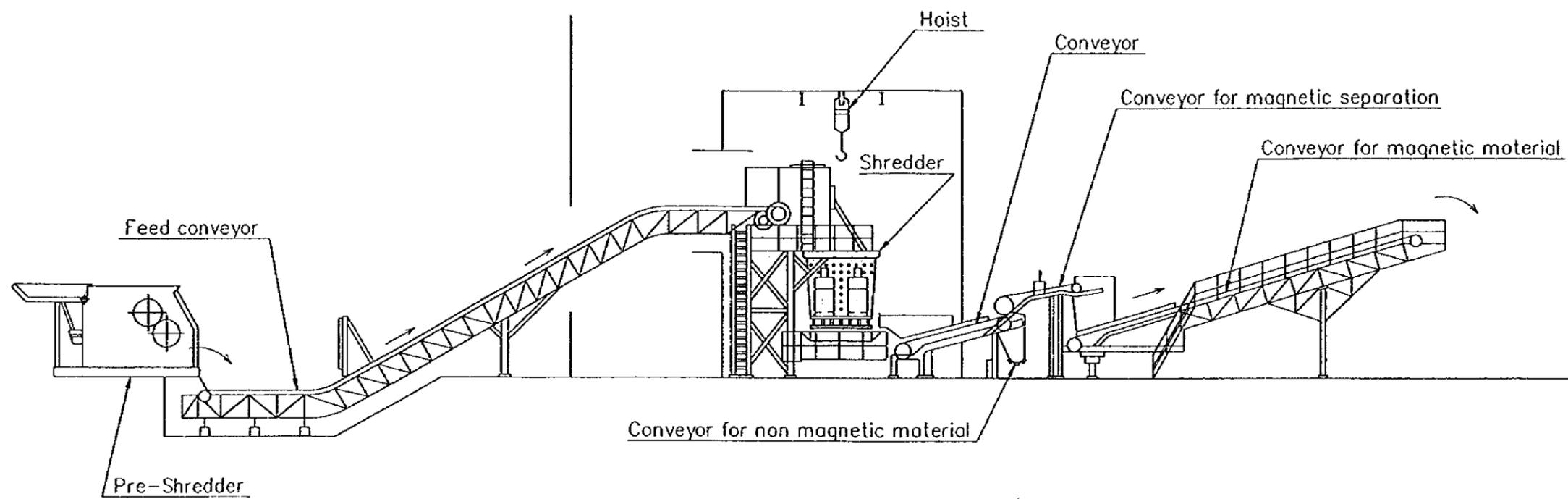
運転は日間のみとし、1 shift体制で運営する。要員計画は以下のとおりとする。

表 9.3-8 鉄リサイクル工場の要員数

	persons
General Manager	1
Secretary/Personnel/Accounting/Sales	3
Operator on Site	3
Operator off Site	3
Maintenance/Utility/Security	2
Total	12

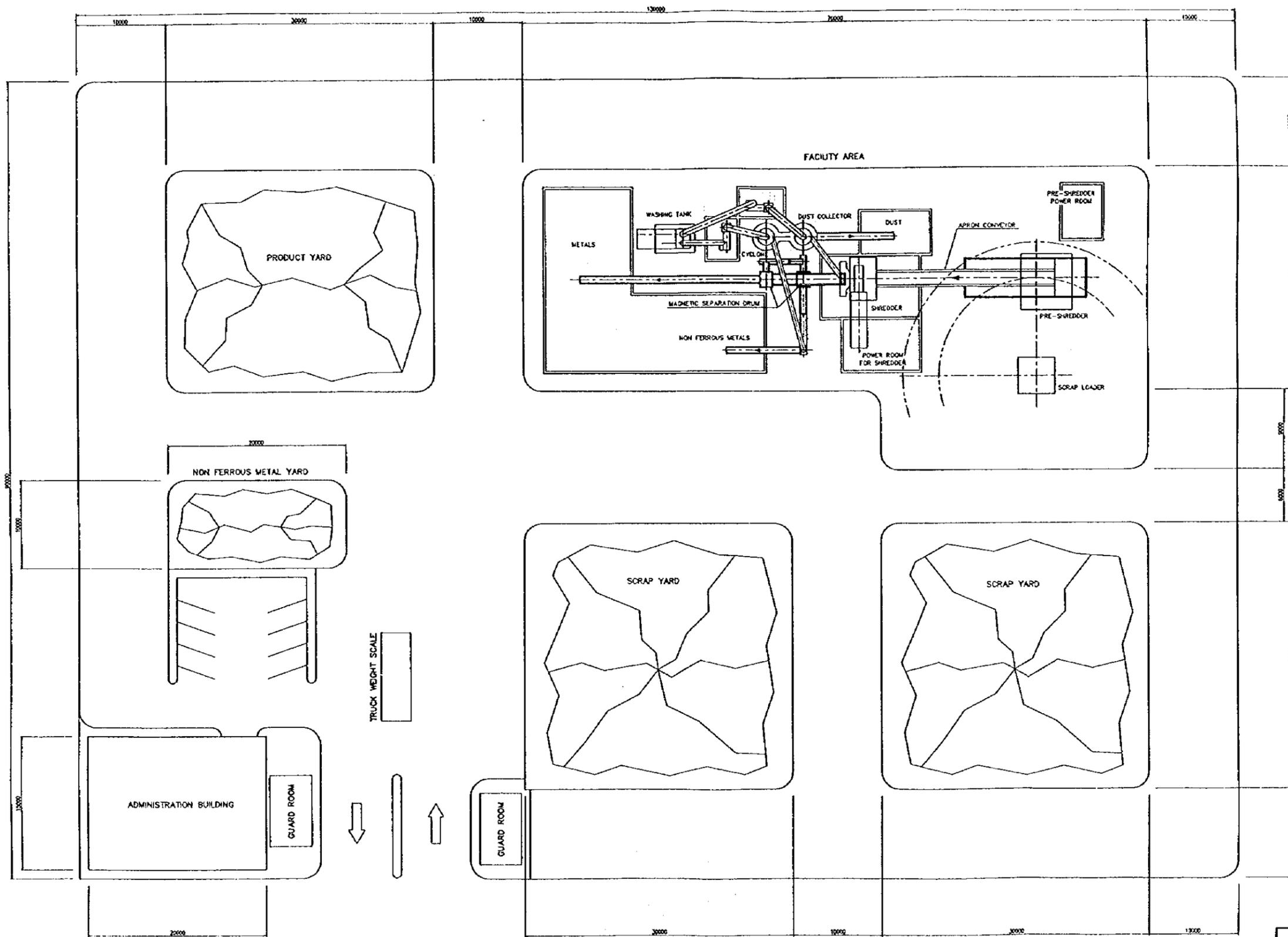
運転要員訓練は半月間を予定し、ほぼ据付完了した設備を使いながら行う。

訓練指導はsupervisorがinstructorとなっで行なうものとする。

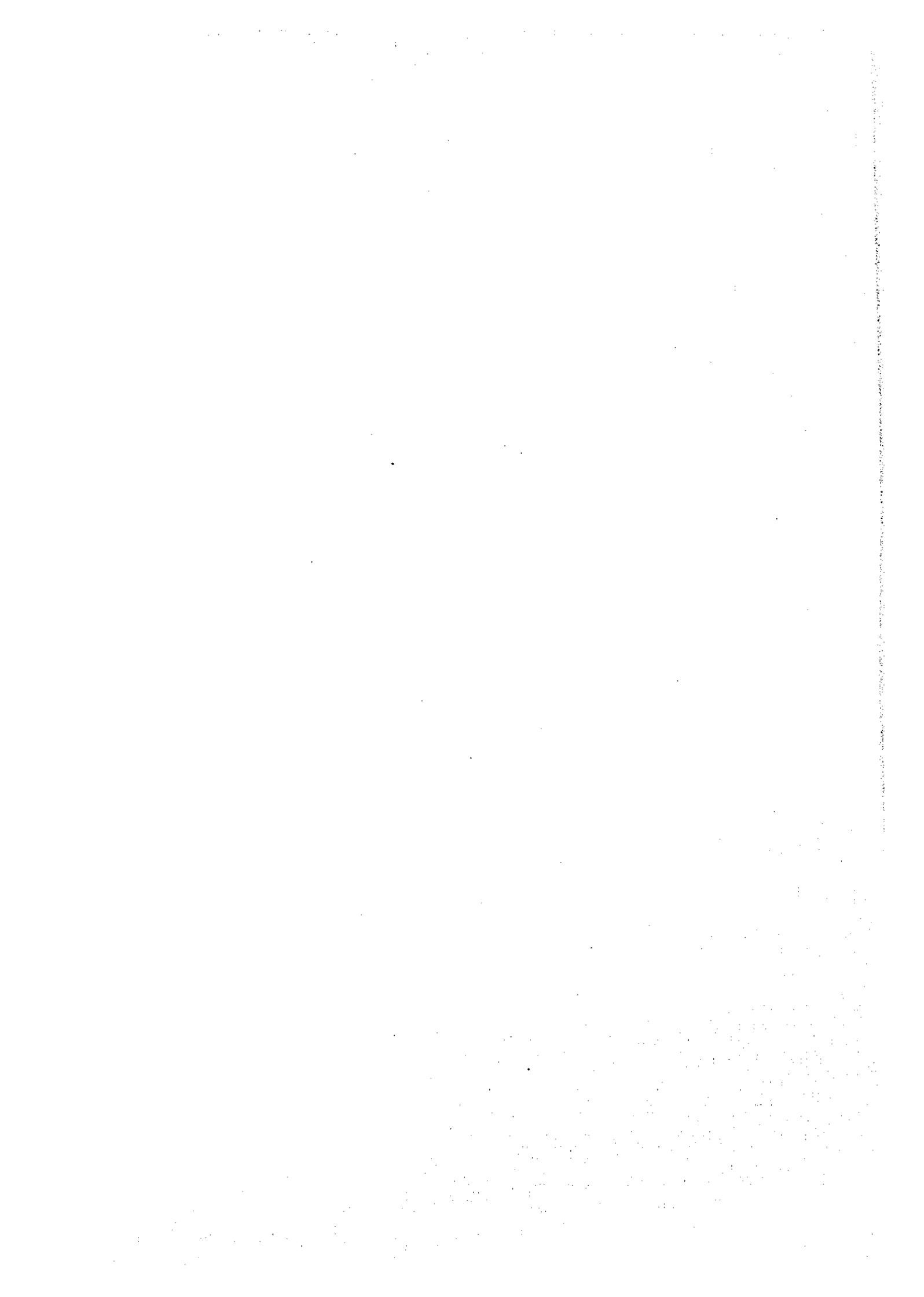


INDUSTRIAL WASTE RECYCLING PROJECT
SCRAP RECYCLING PLANT
MECHANICAL FLOW DIAGRAM

DATE: 25 - AUG. - 1998 SCALE: NONE



INDUSTRIAL WASTE RECYCLING PROJECT
 SCRAP RECYCLING PLANT
 PLOT PLAN
 DATE: 25 - AUG - 1988 SCALE: 1/150



9.4 電炉工場開発事業の実施可能性の評価

ここでは、10万トン/年の電炉工場の開発の事業性について検討する。また比較検討する意味で20万トン/年の規模に拡張したケース、7万トン/年の小さい規模のケースも検討しておく。

9.4.1 前提条件

(1) 評価の方法

鉄の再生事業の対象範囲は、鉄スクラップの受入から電炉での溶解後のピレットの生産工程までとする。

事業性の評価には、主にIRRや資本回収年数、ROIなど指標を利用することにする。分析のために必要な損益やキャッシュフローの計算結果は、設定するパラメーターによって大きく変わった結果になる。

そのパラメーターの設定は、現実妥当性がなければならないのは言うまでもない。本検討では、パラメーターの数値の設定は、プレF Sの過程で得られたテュニジア国の実際の情報をもちいるようにしている。しかし実際の事業は、不確実に満ちており、理想的な事業展開ができないことの方がむしろ多いであろう。したがって理想的に展開しなかった場合の事業リスクを十分に考慮することも必要である。またこの事業リスクを回避するための政府の経済的なインセンティブも考慮することが必要である。

本評価では、先ず一切の思惑を排除して、通常の条件で事業を実施しようとしたときのケースを基本ケースとして設定する。この基本ケースを軸にして、幾つかの比較ケースを設定した上で、本事業の事業性の評価を試みることにしたい。

(2) 一般的前提条件

キャッシュフローを算定するに当たり、次のような一般的な条件を設定する。

- a. キャッシュフローは操業開始後20年間までとし、この間の全ての設定価格（単価）は現行価格で推移するものとした。
- b. フローの会計年度は1月～12月とした。
- c. 操業時期は会社設立より3年後とした。従って、この間の生産、売上げ計上はない。
- d. 建設期間中の偶発債務に備えて予備費（コンテンジェンシー）を計上したが、その金額は、設備費、建設費、インフラ整備費（自己負担分のみ）の見積金額の5%とした。
- e. 法人税、付加価値税は、次のように設定するが、この優遇措置についてはケースとして別途設定する。

法人税	： 10%（環境保全産業として認定）
付加価値税	： 18%（製品出荷価格に対して）
- f. フロー中の単位はUS\$にて計算した。

ただし、チュニジャン・ディナール (DT) とUS\$との交換レートは
US\$1.00=1.14DT とした。

g. 総資本利益率 (ROI)、自己資本利益率 (ROE) の算定期間は会社設立時より
23年間とした。即ち、2000年より2023年までとした。

(3) ビレットの生産規模ケース

基本のケースとして、ビレットの生産規模を年間10万トン (プランA) とするが、
参考として年間20万トン規模の場合 (プランB) も検討する。

(4) 生産稼働

定期修理等も考慮した述べ運転時間として以下を設定する。

7,000時間/年

583時間/月

(5) 人員計画・人件費内訳

表 9.4-1 10万トン規模での人員計画・人件費 (プランA)

部門	人員	年俸	年俸ドル換算
管理・事務部門	20名	5,500 DT/年	US\$ 4,825/年
生産部門 (1直3交代制)	150名	3,600 DT/年	US\$ 3,158/年
合計	170名		

表 9.4-2 20万トン規模での人員計画・人件費 (プランB)

部門	人員	年俸	年俸ドル換算
管理・事務部門	25名	5,500 DT/年	US\$ 4,825/年
生産部門 (1直3交代制)	190名	3,600 DT/年	US\$ 3,158/年
合計	215名		

(6) ユーティリティーコスト

電気料金	US\$0.041/KWH
水 (上水道) 価格	US\$0.658/M ³
ガス料金 (天然)	US\$0.117/NM ³
排水処理費用	US\$0.835/M ³

(7) 製造原価の算出

a) スクラップ価格 (チュニジア国内価格)

US\$ 77.66/トン (国内のスクラップ価格75DT/tonより約18%高い額を想定)

b) 月間のビレット生産量

プランA

100,000トン・ビレット／年 ÷ 12ヶ月 = 8,333トン・ビレット／月

プランB

200,000トン・ビレット／年 ÷ 12ヶ月 = 16,666トン・ビレット／月

c) 人件費の算出

プランA

管理部門： 20名 × US\$4,825／年 ÷ 12ヶ月 = US\$8,042／月

生産部門： 150名 × US\$3,158／年 ÷ 12ヶ月 = US\$39,475／月

よって、月額人件費の総額はUS\$47,517となる。

これを「トン・ビレット」に換算すると、

US\$47,517／月 ÷ 8,333トン・ビレット／月 = US\$5.70／トン・ビレットとなる。

プランB

管理部門： 25名 × US\$4,825／年 ÷ 12ヶ月 = US\$10,052／月

生産部門： 190名 × US\$3,158／年 ÷ 12ヶ月 = US\$50,001／月

よって、月額人件費の総額はUS\$60,053／月となる。

これを「トン・ビレット」に換算すると、

US\$60,053／月 ÷ 16,666トン・ビレット／月 = US\$3.60／トン・ビレットとなる。

d) 製造副材料費

US\$41.44／トン・ビレット

e) ユーティリティコスト

US\$32.97／トン・ビレット

f) 補修費

年間補修費： US\$5.00／トン・ビレット

g) 不動産投資総額

プランA

工場用地： US\$43.86／M² × 30,000M² = US\$1,315,800

工場建屋： US\$438.60／M² × 8,500M² = US\$3,760,000

プランB

工場用地： US\$1,315,800

工場建屋： US\$4,730,000

h) 設備投資総額

プランA： US\$48,080,000

プランB： US\$66,480,000

i) 販売価格

販売価格は、国際価格のUS\$235/トン・ビレット（付加価値税は別）を基本のケースとする。

9.4.2 資金計画

(1) 自己資本、並びに借入金率

投資額に対する自己資金の比率を15%と想定する。この自己資金は、株式として保有される。

表 9.4-3 資金計画

	プランA	プランB
自己資本率	15%	15%
自己資金総額の想定額	US\$7,212,000	US\$9,972,000
借入金率	85%	85%
借入金総額の想定額	US\$40,868,000	56,508,000

借入金は、チュニジア国の開発銀行から調達することを想定する。借入金利は実勢の8.5%を想定した。借入期間は、20年間とし、3年間の据置期間を設定する。

(2) プランAの支出計画

a) 初期投資金額の内訳

表 9.4-4 10万トン施設の資金支出計画

		支払い時期		
		2000年	2001年	2002年
工場用地	US\$1,610,000	100%		
建屋	US\$4,880,000	40%	60%	
生産設備	US\$22,390,000	50%	25%	25%
海上輸送費、保険料	US\$1,880,000	50%	25%	25%
輸入諸手続	US\$940,000	50%	25%	25%
建設、据付	US\$9,900,000		50%	50%
設計諸経費	US\$4,950,000	50%	25%	25%
監督費	US\$990,000		50%	50%
陸上諸経費	US\$1,100,000		50%	50%
他諸経費	US\$250,000		50%	50%
投資合計金額	US\$48,080,000			

b) 運転資金

運転開始後の長期資金の返済を内部留保金と利益から行う場合に、資金不足が発生することが想定されるが、その不足は短期の回転資金を借入れることにより補充する。この金利は、長期金利より0.5%高い、9%を想定する。

c) 操業後の支出金額の内訳

材料費(スクラップ)	US\$77.616トン・スクラップ
副材料費	US\$41.44トン・ピレット
ユティリティ費	US\$32.97トン・ピレット
固定経費(給与等)	US\$5.70トン・ピレット
長期支払金利	固定金利8.5%/年
短期支払金利	9.0%/年
原価償却	定額、期間15年間
法人税	利益の10%
付加価値税	出荷額の18%

(3) プランBの支出計画

a) 初期投資金額の内訳

表 9.4-5 20万トン施設の資金支出計画

		支払い時期		
		2000年	2001年	2002年
工場用地	US\$1,610,000	100%		
建屋	US\$5,850,000	40%	60%	
生産設備	US\$32,490,000	50%	25%	25%
海上輸送費、保険料	US\$2,730,000	50%	25%	25%
輸入諸手続	US\$1,370,000	50%	25%	25%
建設、据付	US\$13,920,000		50%	50%
設計諸経費	US\$6,430,000	50%	25%	25%
監督費	US\$990,000		50%	50%
陸上諸経費	US\$1,650,000		50%	50%
他諸経費	US\$250,000		50%	50%
投資合計金額	US\$66,480,000			

b) 運転資金及び操業後の支出金額内訳

プランAに同じ

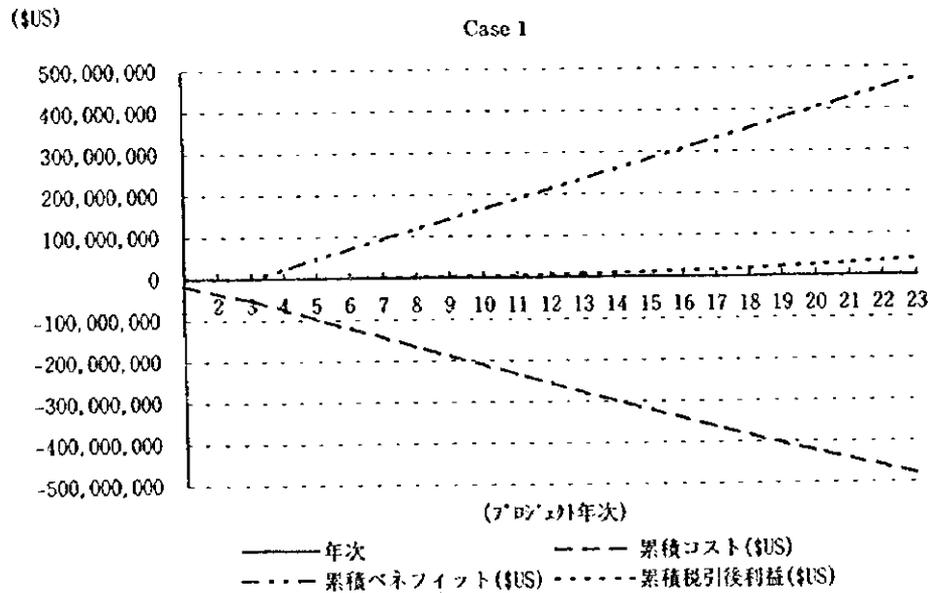
9.4.3 財務分析

(1) キャッシュフロー

本事業の実現可能性を検討するためのキャッシュフローの算定に当たり次のケースを設定する。

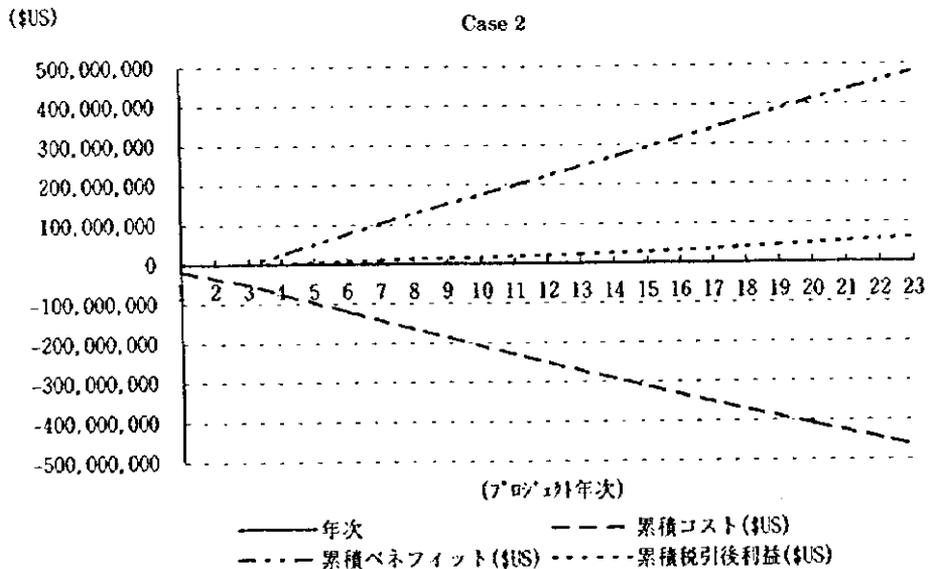
a) プランA (10万トンケース)

Case1 基本ケース、ピレットUS\$235/ton、スクラップUS\$77/ton
稼働率100%、優遇措置の無いケース

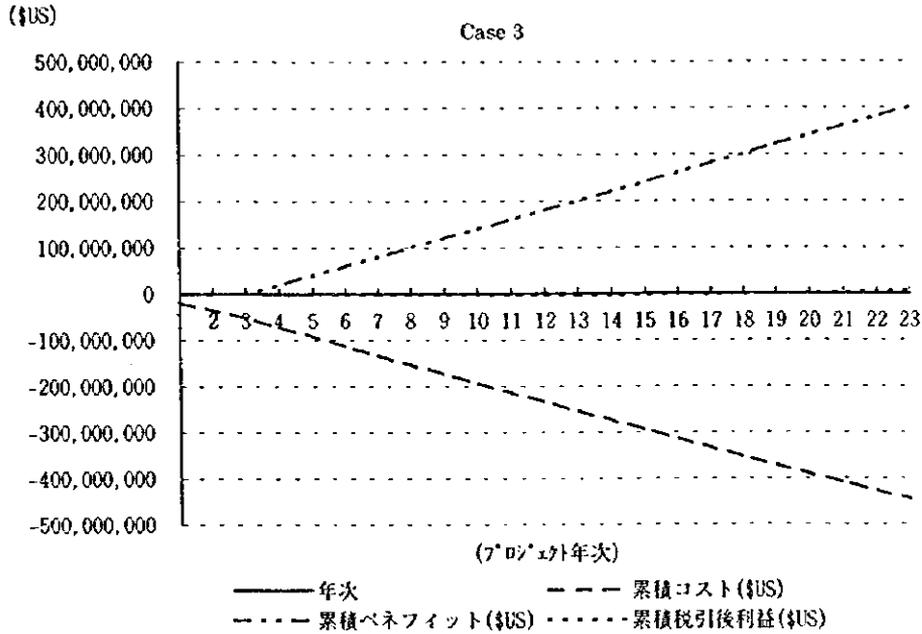


Case 2 付加価値税及び法人税の5年間の免除ケース

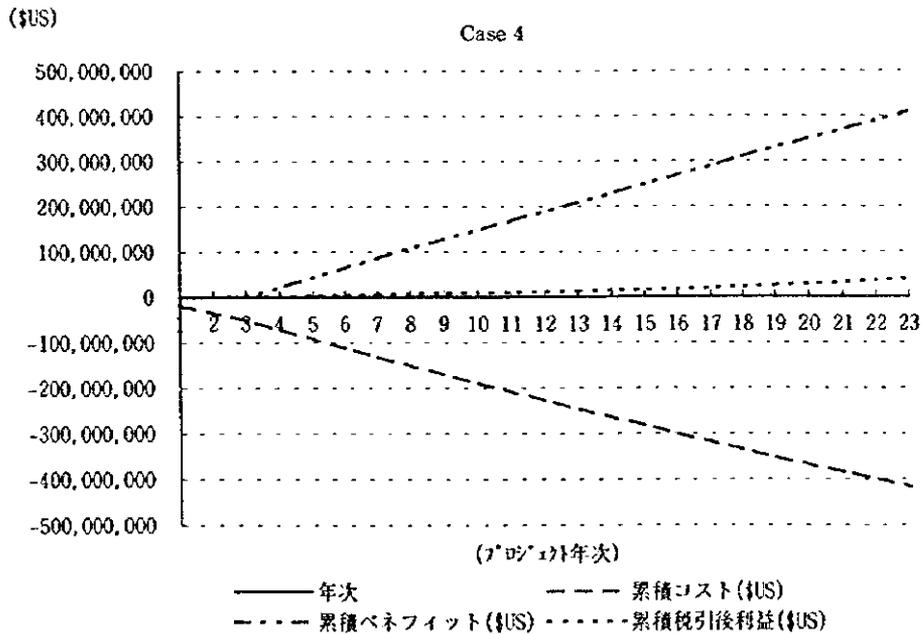
インセンティブ・コードに従って付加価値税率18%の内、生産費用に係る付加価値税を除いた分の免除、法人税10%を5年間の免除を受けるケース



Case 3 基本ケースで稼働率85%のケース
平均稼働率を85%にした場合のケース

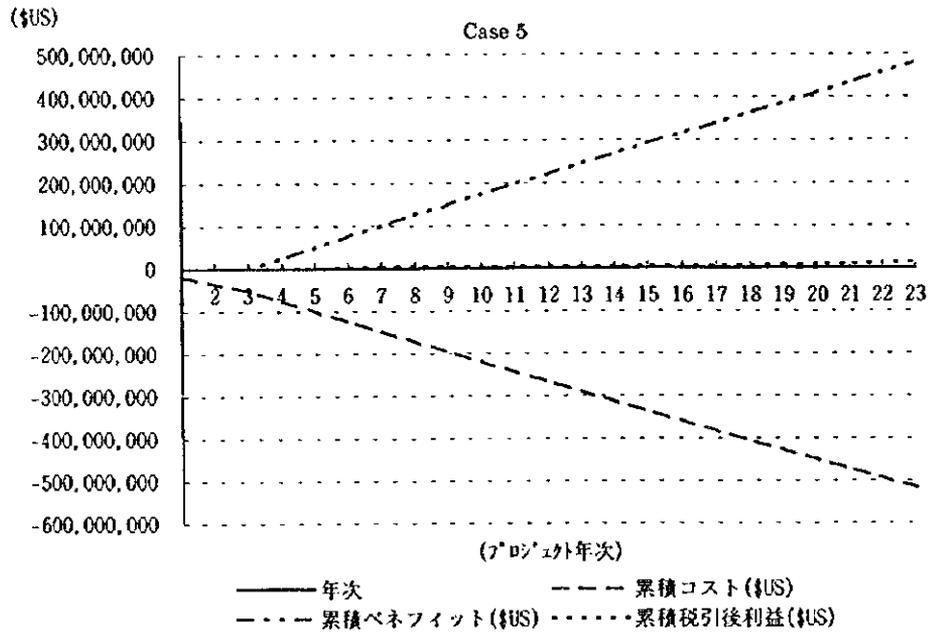


Case 4 第2のケースで稼働率85%のケース
税の優遇措置を受けた場合に仮に稼働率が85%になった場合



Case5 Case2に輸入スクラップを利用したケース

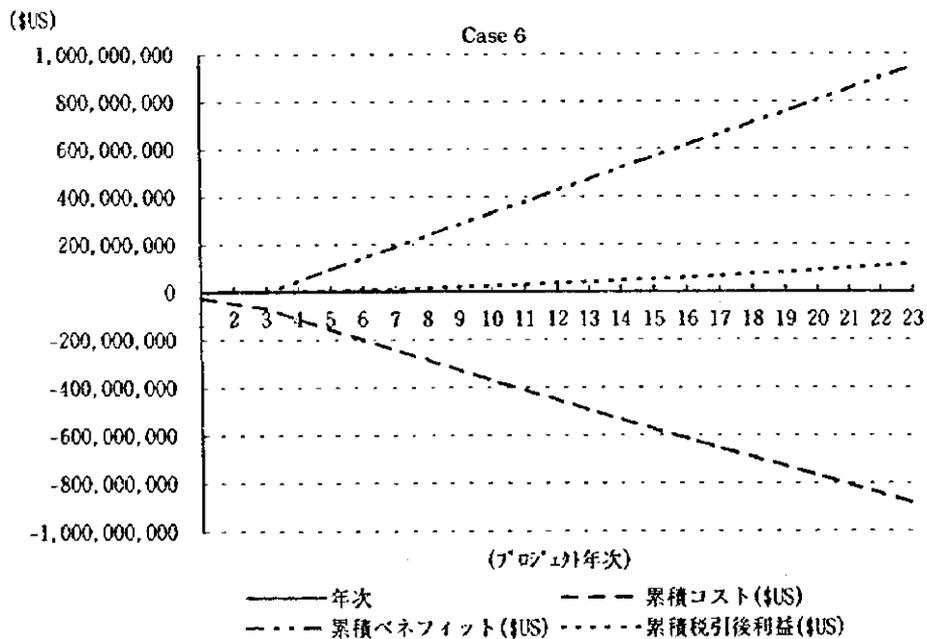
国内のスクラップではなく、スクラップを海外から輸入し、原料購入費が15%アップ(90US\$/t)したケース。条件はCase 1と同じにしたケース



b) Bケース (20万トンケース)

Case6 生産規模を20万トンの施設にしたケース

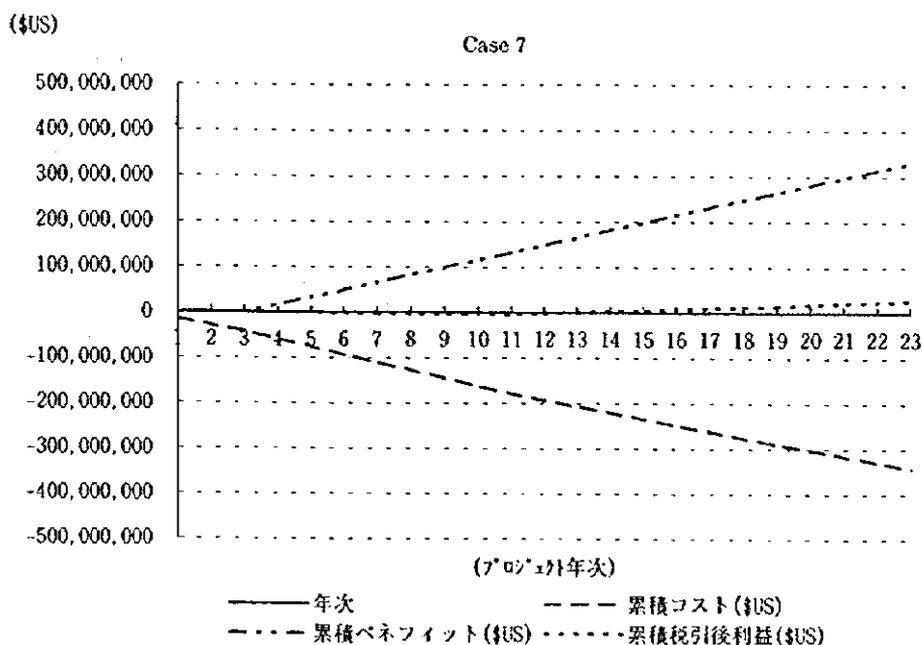
ケース設定の条件は、Case1の条件と同じ。スクラップの50%は輸入するものとして設定する。



c) C ケース (7 万トンケース)

Case7 生産規模7万トンの施設の場合の基本ケース

生産規模を7万トンクラスにした場合で、条件はCase1と同じにした場合のケース



(2) 収益性評価の前提

一般的に事業の収益性の評価の指針として、次の評価項目がある。

- ① 税引後利益黒字転換年
- ② 投下資本回収年
- ③ 総資本利益率 (総資本収益率) ROI (Return on Investment)
- ④ 自己資本利益率 (自己資本収益率) ROE (Return on Equity)
- ⑤ 内部収益率 (以下の式から求める r)

$$p = \sum_{t=1}^n \frac{a_t}{(1+r)^t} = 0$$

n : 算定期間 (2000年から2023年) : 23年間

a_t : t 期のネットキャッシュフロー (NCF)

p : 正味現在価値 (N.P.V.)

r : 内部収益率

NCF FOR ROI = [営業収入 - (支出合計 - 借入金利 - 借入金返済金額)] - 法人税

$$\text{NCF FOR ROE} = (\text{営業収入} + \text{借入金}) - (\text{総支出} + \text{法人税})$$

(3) 事業収益性の評価

本事業の基本ケース (Case1) での収益性をみると、初年度より税引前利益は黒字となる。しかし長期借入金の返済のための資金不足が生じる。借入金を全額返済するまでに18年かかる。内部収益率は、7.36%と金利より低い結果にしかない。したがって収益性の低い事業と評価される。ただしこのCase1では、現在のインセンティブ・コードによる付加価値税及び法人税の優遇措置を考慮していない。

Case2の税の優遇措置が5年間受けられるとすると、収益環境は、大幅に変化する。ほぼ毎年、長期借入金を返済できるばかりではなく、内部留保も可能である。内部収益率は、9.05%、自己資本利益率は、35.9%である。収益を全て返済に当てるとすると、長期借入金は、13年で返済が可能である。この5年間の優遇税制によりもたらされる収益効果は、Case1に比べて、約11ミリオンUS\$の収入増、施設投資総額の約30%を回収できることになる。この様な条件でも、生産条件は変わらない事を前提にしているの、事業採算性の非常に高いプロジェクトであると楽観することはできないが、魅力的な事業となる。

Case3は、予定する稼働率が得られず、85%稼働に留まった場合には、10年間は収益は赤字である。減価償却の終わる15年以降にも借入金は残り、20年後も大きな負債が残る。

Case4の稼働率85%で、税の優遇措置を受けられるとすると、初年度より営業利益を計上できる。ただし借入金の返済に17年かかり、内部収益率は6.8%と低い。

Case5は、スクラップを全量輸入し、購入費が88\$/tと国内で調達するより15%アップしたとすると15年間の事業収益を得ることは出来ない。このことは調達のための輸送コストにより購入費がアップする輸入スクラップを利用するより国内スクラップを利用した方が良いことが分かる。

Case6の生産規模20万トンのBプランは、プランAよりはより魅力的な事業案になる。20万トンの施設の生産1当たりの施設建設投資額は、10万トンの単位当たり施設建設コストの30%少なくて済む。営業開始より営業利益を確保できる。内部収益率も11.0%と高い。ただし、20万トンの生産能力は、現在のチュニジアの鋼材マーケットの規模からすると大きく、余剰の10万トンは輸出を考えなければならず、事業上の不確実性が大きくなる。

Case7は、仮に電炉の規模を7万トンレベルで建設した場合の事業性の検討であるが、15年後から収益は黒字になる。しかし20年間に投資資金を回収することはできない。このように規模の小さい電炉の投資の事業性は非常に低いことが分かる。

表 9.4-6 財務分析結果

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6	Case7
単位当たり 建設コスト (millionUS \$/ton)	480	480	480	480	480	332	564
ピレットt当 たり平均生 産単価 (US\$/ton)	215	207	232	215	232	204	227
黒字開始年	初年度	初年度	10年目	初年度	初年度	初年度	初年度
IRR	7.36%	9.05%	5.39%	6.80%	5.67%	11.34%	3.83%
ROE	25.89%	35.09%	17.64%	29.10%	23.83%	37.67%	25.89%
資本回収年	18年	13年	20年以上	18年	20年以上	11年	20年以上

9.4.4 電炉開発事業の可能性評価

(1) 事業の採算性の評価

電気炉による鉄スクラップの再生事業は、世界的な粗鋼製品の設備能力の過剰な状況においては、非常にリスクの大きい厳しい事業であることは疑いない。現在のテュニジアの製鉄業は、高関税に守られて成り立っているが、2008年のEUとのパートナーシップ協定による自由貿易体制に移行に備えて、それに耐えうる競争力を獲得する必要がある。

本ブレフ/Sでは、この自由貿易体制に移行していることを前提に、事業の採算性が成り立つかどうかを検討した。様々なコスト条件については、テュニジアの現状を十分に反映したものである。また設備建設コストについても世界のマーケット・プライスを考慮している。原料の購入費や製品（ピレット）の販売コストも世界的なマーケット・プライスを考慮している。コストに係る条件設定は、非常に現実的である。

ただし、先進国並みの生産性を達成できる体制、技術力を有していることを前提としている。この現在の国営工場では、従業員一人当たり年間の粗鋼生産量は100Tなのに対し（圧延工程もあるので単純には比較できないが）、本事業では、400T/人である。

この高い生産性が得られることを前提として、本事業を実施するとした場合の事業採算性は、Case 1で示したようにIRRが7.36%と、正直なところ非常に低いと言わざるを得ない。これは現在のグローバルマーケットでのマーケット・プライスが、規模の大きな施設や、減価償却の終わった施設の稼働が多いこともあり、相対的に低い生産コストが反映されているためである。このようなマーケット・プライスの状況で、設備投資額の大半を借入金でまかなった新設の電気炉による生産コストは、

不利にならざるを得ない。その意味でこの粗鋼のマーケットに、電炉を新設して進出することは、非常にリスクであることは明らかである。

しかし非常に厳しい状況ではあるが、十分な生産性と稼働率を維持できれば、採算性を確保できる事業であることも明らかである。この事業をグローバルなマーケットに耐えうるまで政策的に育てることが重要であろう。例えば新投資法（インセンティブ・コード）におけるリサイクル産業としての法人税や付加価値税の免除措置を受けることが可能であれば、十分に事業採算性を確保することが可能になろう。本ケースでは、付加価値税と法人税の5年間の優遇措置で検討したが、その優遇措置を更に数年間、延長するならばより可能性は出てくる。

電炉事業も設備投資に関しては規模の経済の影響を非常に受けることも明らかである。少なくとも事業採算性を確保するためには、施設規模として10万トン/年以上が望まれることは明らかである。これより小さな施設規模では、事業採算性を確保することは非常に難しくなる。

(2) 事業面運営上の可能性

事業に必要な電力や水の国内供給能力は、立地条件によって異なるが、十分に供給を受けられる用地の確保が可能である。まだ原料の調達に関しても問題はない。また用地確保上の問題もほとんどない。したがって工場の運営面での実施可能性は十分にあると評価される。

生産性に関しては、企業努力により十分に達成可能であろう。投資する民間の企業にとって、国営企業とは異なり、生産性を上げることが、投資のリターンを獲得する唯一の方法である。すなわち高い生産性を維持できないかぎり企業を存続させることは出来ない。このためその生産性を獲得するため企業努力がなされるであろう。またそのような生産性を高めることは、近年の民間企業の成長の成果をみるとチュニジアの民間企業でも十分に可能であると評価できる。

(3) スクラップの輸出の可能性と電炉の導入

鉄スクラップを電炉でピレットにしないで、鉄スクラップのまま輸出するケースも考えられる。老廃スクラップのプレス品の国内の販売価格は、 $75\text{DT}/\text{t} = 65\text{US}\$/\text{t}$ である。このプレス品は、国際マーケットでは、低グレード品であり、現状の相場では、関税抜きのC.I.Fで $80\text{US}\$$ のオーダーであろう。チュニジアより他国に輸出する場合には、F.O.B価格では、 $55\text{-}60\text{US}\$/\text{t}$ になろう。これでは $60\text{-}70\text{DT}/\text{t}$ であり、国内で販売した方が良く、輸出はそれほど良いビジネスではない。

輸出により利益が上がるようにするためには、スクラップ業者での生産性を高めることが必要である。カッターやプレスなどの施設整備が必要である。特に問題は、老廃スクラップの不純物除去を十分に行われないと、品質的な問題が生じることである。この除去は、シュレッダー施設を導入しないかぎり、マニュアル作業になる

ので、その生産性を高めることは難しい。シュレッダーを導入して輸出するこの可能性については、9.5で述べる。

生産性の高い電炉を整備することが可能であるならば、スクラップの販売としては、スクラップの輸送及び保険料抜きの輸入価格のレベルより高い価格で販売することが可能だろう。

(4) 社会的な評価

この鉄の再生事業は、あくまでもグローバル市場に耐えられる生産性が確保されることを前提としている。この前提を成り立たせるために、チュニジアの電炉事業の生産性を高める努力が必要である。この生産性を高めることは、近年のチュニジア国の民間の活躍を見るならば十分に可能であると言える。ただし、設備の運転管理に関する技術導入を図ることが重要である。

もしこの生産性の高い事業を展開できれば、他の国営企業に対して良い刺激になるであろう。

安いビレットを製品化できることは、チュニジア国内の鉄製品の競争力を高める効果をもたらす。また安い価格で鉄製品が供給されることにより、鉄製品を利用する消費者は、それにより生じる余裕資金を他の消費に回すことが可能になる。

また電炉産業は、スクラップ業者及び回収業者の産業の活性化をもたらし、新たに雇用を創造する。また国民経済面での国民所得の増大にも寄与する。付加価値額として12ミリオンUS\$の効果をもたらし、雇用としては約1300人の雇用機会を作ることになる。さらにビレットの輸入の削減により外貨支出を25ミリオンUS\$を節約することが可能になる。

表 9.4-7 新規の電炉事業による経済効果

	電炉事業	スクラップ・ホールセーラー	スクラップ回収業	合計
売上げ規模 (10 ³ US\$)	25,000	9,059	3,529	37,588
付加価値額 (10 ³ US\$)	6,250	4,076	2,118	12,444
雇用人数 (人)	313	466	508	1,287

9.5 鉄スクラップ・シュレッダー工場の実施可能性の評価

9.5.1 前提条件

本鉄スクラップの回収事業では、5万トンのスクラップの処理のためのシュレッダーを導入した場合の事業性を検討してみる。

(1) 一般的前提条件

- a. キャッシュフローは操業開始後20年間までとし、この間の全ての設定価格（単価）は現行価格で推移するものとした。
- b. フローの会計年度は1月～12月とした。
- c. 操業時期は会社設立より3年後とした。従って、この間の生産、売上げ計上はない。
- d. 建設期間中の偶発債務に備えて予備費（コンテンツェンシー）を計上したが、その金額は、設備費、建設費、インフラ整備費（自己負担分のみ）の見積金額の5%とした。
- e. 法人税、付加価値税は会社設立より次のとおりとした。
法人税 : 10%（環境保全産業として認定）
付加価値税 : 18%（製品出荷価格に対して）
- f. フロー中の単位はUS\$にて計算した。
 チュニジャン・ディナール（DT）とUS\$との交換レートはUS\$1.00=1.14DT とした。
- g. 総資本利益率（ROI）、自己資本利益率（ROE）の算定期間は会社設立時より23年間とした。即ち、2000年より2023年までとした。

(2) スクラップの生産規模の前提条件

年間処理量： 原料ベース： 50,000トン／年
 製品ベース： 35,000トン／年

シュレッダーで処理しなければならない不純物の付着の多いスクラップが現在、直ぐに50,000トン集まるとは想定し難いが、今後の廃車の増加などを考慮して、そのようなスクラップが増加することを前提として検討する。

(3) 生産稼働時間

2,400時間／年
8時間／日
年間運転日数：300日

(4) 人員計画・人件費内訳

表 9.5-1 人員計画及び人件費

部門	人員	年俸	年俸ドル換算
管理・事務部門	4名	5,500 DT/年	US\$ 4,825/年
生産部門 (1直3交代制)	8名	3,600 DT/年	US\$ 3,158/年
合計	12名		

(5) ユーティリティコスト

電気料金	US\$0.041/KWH
水 (上水道) 価格	US\$0.658/M ³
ガス料金 (天然)	US\$0.117/NM ³
排水処理費用	US\$0.835/M ³

(6) 製造原価の算出

a) スクラップ (老廃スクラップ) 価格 (テュニジア国内価格)

US\$ 25.50/トンとする。通常のスクラップより不純物15%多いものとして設定した。処理するスクラップの30%はダストになるが、スクラップとしての販売時に鉄のロスが無いものと仮定する。15%ロスのスクラップの購入時に30US\$/tを想定するが、それより更に15%ロスの多い低質のスクラップとすると、購入時に価格は、25US\$ レベルが妥当といえる。

b) 月間スクラップ生産量

$$50,000 \text{ トン} \cdot \text{スクラップ} / \text{年} \div 12 \text{ ヶ月} = 4,167 \text{ トン} \cdot \text{スクラップ} / \text{月}$$

c) 人件費の算出

$$\text{管理部門: } 4 \text{ 名} \times \text{US\$}4,825 / \text{年} \div 12 \text{ ヶ月} = \text{US\$}1,608 / \text{月}$$

$$\text{生産部門: } 8 \text{ 名} \times \text{US\$}3,158 / \text{年} \div 12 \text{ ヶ月} = \text{US\$}2,105 / \text{月}$$

よって、月額人件費の総額はUS\$3,713となる。

これを「トン・スクラップ」に換算すると、

$$\text{US\$}3,713 / \text{月} \div 2,917 \text{ トン} \cdot \text{シュレッダー} / \text{月}$$

$$= \text{US\$}1.27 / \text{トン} \cdot \text{シュレッダー} \text{ となる。}$$

d) 製造副材料費

$$\text{US\$}8.61 / \text{トン} \cdot \text{シュレッダー}$$

e) ユーティリティコスト

$$\text{US\$}3.56 / \text{トン} \cdot \text{シュレッダー}$$

f) 補修費

$$\text{年間補修費: } \text{US\$}3.80 / \text{トン} \cdot \text{シュレッダー}$$

g) 不動産投資総額

工場用地 : US\$461,000

工場建屋 : US\$769,000

h) 設備投資総額

US\$6,707,000

i) 販売計画

販売価格 : US\$90.00トン/年

年間販売額 : 35,000トン/年 × US\$90/トン/年 = US\$3,150,000/年

販売価格90US\$は、15%ロスのスクラップの販売価格が77US\$とすると、ロス
の無いシュレッダー・スクラップは90US\$に相当する。

9.5.2 資金計画

(1) 自己資本、並びに借入金率

表 9.5-2 資金計画

自己資本率	15%
自己資金総額の想定額	US\$1,194,600
借入金率	85%
借入金総額の想定額	US\$6,769,400

借入金は、例えばテュニジア開発銀行等から調達できるものと想定する。借入期
間は、18年間、金利は年8.5%とした。なお、返済条件は3年間の据置期間とする。

(2) 支出計画

a) 初期投資金額の内分

表 9.5-3 シュレッダー施設の資金支出計画

		支払い時期		
		2000年	2001年	2002年
工場用地	US\$461,000	100%		
建屋	US\$796,000	40%	60%	
生産設備	US\$3,912,000	50%	25%	25%
海上輸送費、保険料	US\$578,000	50%	25%	25%
輸入諸手続	US\$200,000	50%	25%	25%
建設、据付	US\$838,000		50%	50%
設計諸経費	US\$516,000	50%	25%	25%
監督費	US\$169,000		50%	50%
陸上諸経費	US\$413,000		50%	50%
他諸経費	US\$81,000		50%	50%
投資合計金額	US\$7,964,000			

b) 採業後の支出金額の内訳

採業後の支出に係る条件は次のとおりである。

材料費(スクラップ)	US\$25.50トン・スクラップ
製造費	US\$15.97トン・スクラップ
固定経費 (給与等)	US\$1.27トン・スクラップ
支払金利	固定金利8.5%/年
原価償却	定額、期間15年間
法人税	利益の10%とする
付加価値税	出荷額の18%とする。

9.5.3 財務分析

キャッシュフローの計算は、次の4つのケースについて行った。

- Case1 原料スクラップ25.5 US\$/ton、製品スクラップ90 US\$/ton、税制上の優遇を行わないケース
- Case2 法人税及び付加価値税の5年間の優遇税制を受けるケース
- Case3 スクラップ買入価格を30US\$、製品販売価格85US\$のケース税制優遇のあるケース
- Case4 Case2と同じ条件で、スクラップ30,000しか購入量できなかったケース

それぞれの算定結果は、以下のとおりである。

Case1の何の税制上の優遇措置を受けなくとも、初年度より利益を計上できる。内部収益率も12.13%と高い。

Case2の税制上の優遇措置を得られるのであれば、更に収益性が高くなる。IRRは、14.25%になる。

Case3のスクラップ購入費の負担が20%アップし、一方、販売価格が5%下がったケースでは、条件を厳しくみたケースであるが、初年度より事業収益をあげることは可能である。ただしIRRは9.13%に下がる。

Case4は、稼働率が60%の状態のケースであるが、事業収益を上げることはできるが、借入金返済に18年間かかる。

財務分析で用いる諸指標は、9.4.3と同じである。各ケースの計算結果は、表 9.5-4 である。

本プロジェクトは、不純物の多いスクラップが5万トン発生しているとし、シュレッダー処理により不純物を除去し、製品スクラップをより高く売れるとの条件では、事業採算性が得られると言える。Case2に示すように特に付加価値税や法人税の免税措置は、大きな効果をもたらす。

表 9.5-4 財務分析結果

	Case1	Case2	Case3	Case4
黒字開始年	初年度	初年度	初年度	初年度
IRR	12.36%	14.25%	9.13%	7.93%
ROE	40.81%	46.77%	34.54%	31.60%
資本回収年	8年	6年	12年	18年

9.5.4 鉄再生事業の可能性評価

キャッシュフローの計算結果からは、鉄スクラップの50,000トン規模のシュレッダー事業の可能性は十分にあると言える。しかし原料スクラップ量の確保と現在の人件費の相対的に安い人件費の問題がある。

現在では、まだ人件費が安いので、マニュアルでのスクラップの解体作業でも、現在の販売価格レベルで供給することが可能であろう。マニュアルの解体作業による年間の生産量は300～400トンと推定されるが、それより生産量を上げるのは、かなり難しい。人件費が上がった場合には、マニュアル解体作業では、市場価格で鉄スクラップ供給するのが難しくなるので、鉄スクラップのシュレッダー事業は大きな有利性が生じよう。

原料スクラップの量の確保が当面、一番の制約要因になる。現在の老廃スクラップは、50,000t程度であり、そのほとんどをシュレッダー処理することを想定すること難しい。

以上の要因により、当面は、シュレッダー事業の事業性を確保することは、非常に難しいと判断される。このシュレッダー事業が成立する条件は、現在のスクラップ業者のマニュアルによる解体作業による生産コストがスクラップ1t当たり60ドルから70ドルでは難しくなる人件費水準になった場合である。基本的には現在の人件費水準の2倍になるとシュレッダー施設により生産性を高める必然性が高まろう。

なおシュレッダー事業を展開すると、現在のスクラップ業の淘汰が必要になり、主にスクラップの回収業者と、スクラップを選別、破碎、プレス処理業者との役割分担が必要になろう。