# 第11章　試製実験

## 11.1　豆炭試製実験

### 11.1.1　試製試験の目的

豆炭試製の目的は現地調査時に採取したザンビア国産の原料、マンバの石炭スラリー、ナカンバラ砂糖公社のバガスとモラシス、及び現地産の消石灰を用いて、要望性状を満たす豆炭を実験的に試製し、その技術的、経済的可能性及び、より経済的な製造法を探究することである。

具体的には下記を行なう。

1)　マンバ石炭スラリーを、そのまま原料として用いることができるか。あるいは発煙発臭がはなはだしく、乾留処理を必要とするかの確認。

2)　乾留処理を必要とすることが確認された場合は、最適な乾留法とその条件の探究。

3)　バガスをそのまま豆炭に混合できるか、または、混合前に乾留処理を必要とするか。また豆炭の燃焼性を改善するために、バガスの炭の混入を必要とするか。その場合最適な乾留法とその条件及びバガス炭の最適混合率の探究。

4)　モラシスをバインダーとして豆炭を成型できるか、問題があればその解決法の探究。

5)　現地の消石灰は問題ないか、イオウの固定剤として使用できるかの検討。

6)　材料の問題を解決した上で、成型は問題ないか、必要な強度はでるかの検討。

7)　乾燥工程の問題検討。

8)　製品の燃焼試験その他一連の性能試験を行ない、問題があれば、個々の工程にもどり再検討を行ない、要望性状と経済性をともに満足する豆炭品質とその製造工程を発見し、パイロットプラントの概念設計に反映させることを究極の目的とする。

### 11.1.2 試製試験の成果と結論

稼動中のプラントの一部と実験設備を併用して、豆炭を実験的に製造し、前記試製試験の目的を達成した。

以下に結論を述べるが、各番号は、前記目的の番号と対応する。

1) マンバ石炭スラリーは、燃焼時の発煙とイオウ臭がはなはだしく、そのまま使用することはできず乾留処理を必要とする。

2) 一連の乾留実験と豆炭試製、豆炭の燃焼実験により、マンバ石炭スラリーの煙とイオウ分を除去し、しかも燃焼性も保つ乾留法と乾留条件を確認した。

3) バガスは長繊維でかつ発煙するので、そのままでは豆炭に混入し難い。また豆炭の燃焼性を改善するため、バガスの乾留炭を対乾留スラリー比10／90～15／85で配合するのが望ましいことが分った。そのためバガスの最適乾留方法及び条件を確認した。

4) モラシスをバインダーとして使用できることを確認した。その混合方法と豆炭中に残るモラシスの糖分が燃焼時に発煙することを防ぐ方法も確立した。

5) 現地の消石灰をイオウ固定剤及び、造型性向上に使用できることを確認した。

6) プレス式成型法で成型できることと、成型後の強度も充分であることを確認した。

7) 成型後の含水豆炭の乾燥は 110℃以上で熱風乾燥することで行なえることを確認した。

8) 上記のプロセスを経て、現地での要望性状を満たす製造方法を確立した。

### 11.1.3 マンバ石炭のスラリーの粘結性試験

業務指示書に従い、マンバ石炭スラリーの粘結性を試験した。

ルツボを炉中で赤熱し、これに乾燥したマンバスラリー粉炭を投入して乾留し、生成物の性質を調べた。その結果、

1) 石炭の融解は見られず、融着が認められた。即ちマンバ炭廃スラリーの風化炭は非粘結性である。

   融解してできたボタンは指頭で圧潰させることができる。また、わずかに膨張性を示している。

2) 加熱条件によっては融着を示さないこともあり、部分的に粉末のままの状態のものが得られる。

3) 従ってマンバ石炭スラリーは非粘結炭でありバインダーなしでは成形できない。

### 11－1－4 乾留テスト

#### (1) マンバ炭の発煙発臭テスト

マンバ炭スラリーを乾留せずにそのまま成型して燃焼実験を行なった。発煙、発臭著しく、乾留による脱煙、脱臭処理なしでは使用できないことを確認した後、次の乾留テストを行なった。

#### (2) マンバスラリー粉炭の流動乾留

内径 100㎜の炉を有する連続流動乾留装置によって乾留試験を行い、豆炭成型試験用の粉半成コークスを得、同時にパイロットプラントの概念設計のための参考資料を得た。

Figure 11 －1－1にベンチ実験装置の乾留炉を示す。原料粉炭はロータリーフィーダーによって炉頂部から炉に供給され、高温の流動層内に滞在して乾留され、生じた無煙の粉半成コークスはオーバーフロー管から排出され粉半成コークス受器に入る。乾留熱は空気による粉炭の部分燃焼によって供給される。熱損失を防ぐために炉は電熱によって加熱されている。発生した乾留ガスはサイクロンで粉末を分離された後、炉で燃焼し放出される。

実験結果をTable 11－1－1に示す。実験は 450～ 600℃で行い、連続流動乾留が

可能であることを示す。

観察結果及び結論は次の通りである。

1. 粉炭供給量3～10kg／hの乾留を行った。
2. 乾留ガスが室内に放出されると実験続行不能な程度の刺激性の煙となることが認められた。
3. 乾留の収率は乾留条件と微粉回収率によって75～90%の間にある。
4. 表に示した乾留条件で無煙の粉半成コークスが得られた。最適温度は 500℃近辺、接触時間は約10分である。
5. 得られた粉半成コークスは 600℃附近の赤熱状態で灰化でき、残留する灰は灰白色ないし薄い酸化鉄色である。
5. 結論として、豆炭原料として使用できる乾留粉炭を製造できることが確認され、概念設計に用いるデータを採取できた。

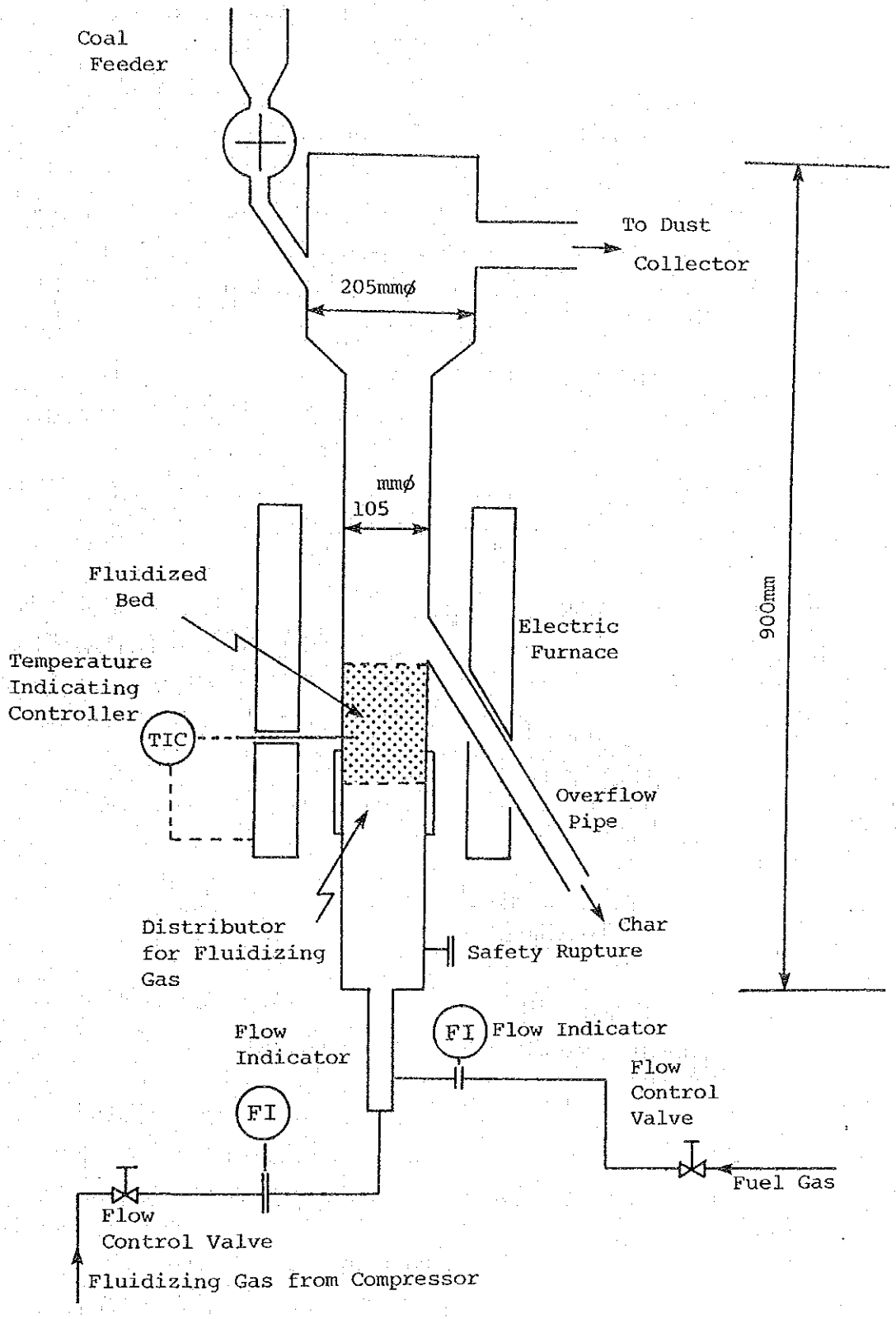



Figure 11-1-1 Structure of Carbonization Reactor

Table 11-1-1 Operating Condition and Results of Slurry Carbonization

| | Coal Feed Rate Kg/H | Fluidizing Gas Rate M3/H | Carbonization Temperature oC | Carbonizaton Time Min | Char Yield % | Proximate Analysis: Moisture % | Ash % | Volatile Matter % | Fixed Carbon % | Heating Value Kcal/Kg | Note |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4.0 | 3.0 | 450 | 16 | 80 | - | - | - | - | | Smoking |
| 2 | 3.8 | 2.2 | 510 | 15 | 64 | - | - | - | - | | Not smoking |
| 3 | 5.5 | 2.7 | 520 | 10 | 79 | 3.57 | 24.52 | 13.03 | 58.68 | 5464 | " |
| 4 | 6.0 | 2.2 | 530 | 7 | 79 | 3.57 | 24.52 | 13.03 | 58.68 | 5464 | " |
| 5 | 6.2 | 2.5 | 570 | 8 | 79 | 3.57 | 24.52 | 13.03 | 58.68 | 5464 | " |
| 6 | 7.5 | 2.7 | 570 | 7 | 70 | 3.70 | 25.52 | 12.77 | 58.01 | 5300 | " |
| 7 | 6.2 | 2.5 | 500 | 10 | 65 | 3.25 | 24.15 | 14.32 | 58.28 | - | " |
| 8 | 9.7 | 3.0 | 510 | 8 | 71 | 3.25 | 24.15 | 14.32 | 58.28 | - | " |
| 9 | 10.0 | 3.1 | 500 | 7 | 76 | 3.10 | 23.28 | 15.05 | 58.57 | - | " |
| 10 | 7.8 | 3.1 | 500 | 5 | 82 | 3.07 | 20.60 | 15.48 | 60.85 | 5739 | " |
| 11 | 8.3 | 3.4 | 500 | 6 | 85 | 2.65 | 19.93 | 15.85 | 61.57 | 5832 | " |
| 12 | 9.0 | 2.9 | 490 | 4 | 83 | 3.20 | 23.42 | 15.58 | 57.79 | 5568 | " |
| 13 | 9.0 | 3.0 | 490 | 5 | 81 | 3.20 | 23.42 | 15.58 | 57.79 | 5568 | " |
| 14 | 9.0 | 2.9 | 500 | 5 | 84 | | | | | | |
| 15 | 8.2 | 3.1 | 520 | 6 | 82 | 3.56 | 23.63 | 14.12 | 58.69 | 5572 | " |
| 16 | 8.2 | 3.1 | 520 | 6 | 85 | 3.21 | 24.55 | 14.36 | 57.88 | 5529 | " |
| 17 | 9.5 | 3.3 | 480 | 4 | 87 | 2.86 | 22.82 | 16.05 | 58.27 | 5738 | " |
| 18 | 9.4 | 3.3 | 480 | 4 | 86 | 2.94 | 23.15 | 15.92 | 57.99 | 5702 | " |
| 19 | 8.1 | 3.2 | 480 | 5 | 83 | 3.04 | 23.41 | 15.77 | 57.78 | 5724 | " |
| 20 | 8.0 | 3.2 | 480 | 5 | 87 | 3.12 | 22.88 | 15.95 | 58.05 | 5787 | " |
| 21 | 9.2 | 3.4 | 490 | 4 | 87 | 2.78 | 23.24 | 16.24 | 57.74 | 5812 | " |
| 22 | 9.0 | 3.4 | 490 | 4 | 86 | 2.84 | 22.15 | 16.00 | 59.01 | 5903 | " |
| 23 | 8.0 | 3.3 | 480 | 4 | 85 | 2.99 | 20.72 | 16.49 | 59.80 | 5936 | " |
| 24 | 7.9 | 3.3 | 480 | 4 | 84 | 3.15 | 20.34 | 16.14 | 60.37 | 5954 | " |
| 25 | 8.0 | 3.3 | 510 | 5 | 80 | 3.24 | 21.56 | 15.19 | 60.01 | 5820 | " |
| 26 | 8.1 | 3.3 | 510 | 5 | 82 | 3.03 | 22.15 | 15.14 | 59.68 | 5791 | " |
| 27 | 8.5 | 3.3 | 510 | 4 | 85 | 3.07 | 22.33 | 15.25 | 59.35 | 5883 | " |
| 28 | 8.8 | 3.3 | 510 | 4 | 85 | 2.89 | 22.47 | 15.43 | 59.21 | 5878 | " |
| 29 | 8.7 | 3.3 | 510 | 5 | 82 | 2.80 | 23.15 | 15.87 | 58.18 | 5829 | " |
| 30 | 8.7 | 3.3 | 510 | 4 | 87 | 2.80 | 23.15 | 15.87 | 58.18 | 5829 | " |

(2) バガスの乾燥、保管、乾留

(a) 乾　燥

バガスは生産時に約50%の水分を含む。雨季には野積中に水分を吸収して水分が更に増加すると考えられる。実工程では、乾留処理前に乾燥する必要があり、静置乾燥、通風乾燥、天日乾燥の実験を行ない、データを採取し、概念設計の資料とした。

静置乾燥では縦60×横65×厚み15㎜（58.5㎤）の直方体で上面が大気に解放され、側面及び下面はアルミ箔で覆われている容器に、容積58.5㎤、最初の重量14.1g（嵩比重0.24）のバガスを入れ、これを自然通気状態にある室内（室温は15～20℃）に放置し、重量を測定した。サンプル水分は降雨後を想定しているので比較的多い。

次に試験結果を示す。

水分28.5%では圧縮しても凝集が起らない。11.6%は気乾状態である。

Table 11－1－2　Static Drying of Bagasse

| Time | 0 Hr | 0.5 | 10 | 35 | 83 | 95 | 160 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sample Weight | 14.1g | 13.9 | 12.1 | 9.5 | 6.9 | 4.9 | 3.9 |
| Moisture Content | 75.1% | 74.8 | 71.0 | 63.1 | 49.2 | 28.5 | 11.6 |

この例からわかる様に静置自然乾燥の速度は著しく遅い。そこで28℃、風速1m／s、層厚み15㎜の条件で通風乾燥実験を行い、その結果をTable 11－1－3に示す。

Table 11－1－3　Drying of Bagasse by Forced Ventilation

| Time | 0 Hr | 0.5 | 1 | 2 | 4 | 10 | 13 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sample Weight | 2.50g | 2.10 | 1.85 | 1.55 | 1.25 | 0.65 | 0.5 |
| Moisture Content | 82 % | 79 | 76 | 71 | 64 | 31 | 10.0 |

通風乾燥では自然乾燥の場合に比し、乾燥時間は10分の1に短縮される。

少量サンプルによる太陽熱乾燥試験は誤差が大きくなるので、ザンビアから持帰ったドラム2本分のバガスを利用して試験した。

Table 11－1－4　Solar drying of Bagasse

| Sample | Weight | Test Area | Drying Time | Weight after Drying |
|---|---|---|---|---|
| №30 | 68kg | 8.1㎡ | 8 Hr | 28kg |
| №26 | 44 | 6.3 | 8 | 15.5 |

後者の場合の蒸発水量は0.56kg／㎡Hrであった。従って 340Kcal／㎡・Hrで、この場合 0.5～2ｍ／ｓの風があったことを考慮しても比較的高い能力を持っている。さらに1日かけて気乾状態にすると 200Kcal／㎡・Hrに近い数値になるのであろう。

バガス乾燥物の燃焼熱を 3,500Kcal／kgとすると50％水分の場合の乾燥に必要な熱量は熱風乾燥では 1,500～ 2,000Kcal／kgとなり、66％水分では 3,000～ 4,000Kcal／kgである。

パイロットプラントは水分10～20％まで乾燥することを前提とする。このため屋外天日乾燥用の場所を設け、しかも金網製の棚に湿バガスを広げ、ファン通風を行う予備乾燥棚と、気乾状態に近いバガスを熱風で強制乾燥する熱風通気乾燥器を併用する。

(b)　乾　留

乾留装置は石炭の流動乾留装置及び必要に応じ他の装置を用いて行なった。但しバガスは嵩高なので乾燥バガスを供給するためフィーダーが大きいこと、取出口も太くなることである。

Table 11－1－5に乾留結果を示した。

製品バガス炭はいずれも無煙のものが得られた。

Table 11-1-5 Test Carbonization Results of Bagasse

| | Bagasse Feed Rate Kg/H | Gas Rate m3/h | Carbonization Temperature oC | Carbonization Time* h | Char Yield % | Proximate Analysis: Moisture % | Ash % | Volatile Matter % | Fixed Carbon % | Heating Value KCal/Kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.96(10L/H) | 0.2 | 550 | 48 | 20 | 4.84 | 19.81 | 17.02 | 58.33 | 6010 |
| 2 | 0.53( 6L/H) | 0.1 | 550 | 24 | 22 | 5.61 | 16.32 | 18.48 | 59.59 | 6130 |
| 3 | 1.0 (12L/H) | 0.2 | 530 | 24 | 21 | 4.62 | 18.56 | 19.21 | 57.61 | 6050 |
| 4 | 1.0 (12L/H) | 0.2 | 500 | 20 | 22 | 4.70 | 17.36 | 20.10 | 57.84 | 5980 |
| 5 | 1.8 ( 1L/H) | 0.4 | 500 | 6 | 20 | 4.69 | 23.64 | 18.02 | 53.65 | 5339 |
| 6 | 1.8 ( 1L/H) | 0.4 | 500 | 6 | 23 | 5.30 | 21.48 | 18.57 | 54.65 | 5477 |
| 7 | 1.8 ( 1L/H) | 0.4 | 500 | 6 | 19 | 5.02 | 17.87 | 19.45 | 57.66 | 5791 |
| 8 | 1.8 ( 1L/H) | 0.4 | 500 | 6 | 20 | 5.74 | 20.73 | 18.86 | 54.67 | 5522 |
| 9 | 1.8 ( 1L/H) | 0.4 | 500 | 6 | 17 | 5.26 | 19.19 | 18.67 | 56.88 | 5726 |
| 10 | 1.8 ( 1L/H) | 0.4 | 500 | 6 | 22 | 4.92 | 17.38 | 20.73 | 56.97 | 5867 |
| 11 | 1.8 ( 1L/H) | 0.4 | 520 | 4 | 21 | 5.19 | 18.35 | 17.74 | 58.72 | 6055 |
| 12 | 1.8 ( 1L/H) | 0.4 | 510 | 4 | 21 | 5.17 | 19.06 | 18.26 | 57.51 | 5811 |

* Drying time & reaction time

### 11.1.5 豆炭の成型と乾燥

廃スラリー粉炭からの粉コークス、バガス炭、モラシス、消石灰を配合し、水を加えて混練し、豆炭成型機にかけた。

配合率は粉半成コークス 100～25部に対し、バガス炭25～0部で、モラシス約15～10部、消石灰3～0部とする。この範囲では成型、乾燥し豆炭とすることができた。乾燥温度は 110℃以上が必要であった。

成型試験はピストン型の試験機および回転成型機を使用して行った。

乾燥試験は熱風循環型乾燥機を使用した。いずれも特に致命的な問題点は認められなかった。バガス炭については木炭等と異なり、嵩高なので高率配合の場合には注意を必要とする。また成型機は回転式が適当である。

### 11.1.6 乾燥豆炭の無煙化処理

廃スラリーの乾留によって製造した無煙の粉コークスに10%のバガス炭、12%のモラシスを配合し成型、乾燥した豆炭は、着火開始時から若干の煙が発生し、15～20分間継続する。したがって無煙豆炭とは言い難いので豆炭は成型乾燥の後に、無煙化処理をする必要がある。発煙の原因は燃焼中にモラシス中の糖分が分解するためである。従って、もし成形後乾留の工程をとれば、糖分も乾留中に分解するので、このような発煙の問題はおこらない。しかし原料を成形前に乾留する方式の方が、エネルギー的、設備的また技術的にも良い結果が得られる。

試験の結果 270℃20分で無煙化できることがわかった。これは石炭の乾留温度に比べて 150～ 350℃程度低く、生炭ブリケットの乾留による無煙化より処理に要する時間および加熱装置、エネルギー消費量の点で有利になる。

煙となる成分が脱離すると豆炭の重量減少が認められる。

Table 11－1－6 Weight Loss due to De-Smoking

| | 重 | 量 |
|---|---|---|
| 乾　燥　豆　炭 | 52.1 | 100% |
| 270℃、15分　処　理 | 47.6 | 91 |
| 〃　乾燥状態製品 | 50.0 | 96 |

即ち処理によって10%近い重量減少が認められる。

### 11.1.7 製品豆炭の試験

豆炭が必要とする性能は次の様なものである。

1. 実用上、無煙、無臭であること。
2. 着火容易であること。
3. 良好な燃焼性能、すなわち適度の燃焼速度を持ち残さ炭素を残さないこと。
4. 適当な強度を有し、輸送、取扱に耐えること。
5. 吸湿、風化、自然発火等の恐れがなく、保存可能なこと。
6. 量産可能で経済的なこと。

ザンビア産原料を使用して試作した豆炭について、これら実用性能を試験、検討し、実用可能と判断した。

一連の試製実験の結果、下記原料重量比を標準組成として、上記要望に一応合格するものを製造できることを確認した。

| | |
|---|---|
| 乾留スラリー | 85～90 |
| 乾留バガス | 10～15 |
| モラシス | 10～13 |
| 消石灰 | 0～3 |

## 11.2 コンロ試製実験

### 11.2.1 粘土分析

コンロ試製に先だち、ザンビアより輸入した粘土について、試験分析した結果を次に示す。なお、化学分析、X線回析、粒度分布、耐火度の試験は愛知県常滑窯業技術センターに依頼して実施した。

(1) 化学分析

化学分析（wt %）

| | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | $TiO_2$ | CaO | MgO | $Na_2O$ | $K_2O$ | Ig.Loss |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Chamba Valley red Clay | | | | | | | | | |
| | 66.1 | 18.3 | 5.04 | 1.06 | 0.36 | 0.52 | 0.16 | 1.62 | 6.82 |
| Venter Plastic Clay | | | | | | | | | |
| | 55.9 | 22.8 | 8.35 | 1.06 | 0.18 | 0.62 | 0.31 | 1.38 | 9.38 |
| Venter Sandy Clay | | | | | | | | | |
| | 65.9 | 16.5 | 5.32 | 1.11 | 0.66 | 0.62 | 0.19 | 1.20 | 8.78 |
| Kasisi Sandy Clay | | | | | | | | | |
| | 75.0 | 14.5 | 2.88 | 1.45 | 0.11 | 0.22 | 0.05 | 0.42 | 5.40 |

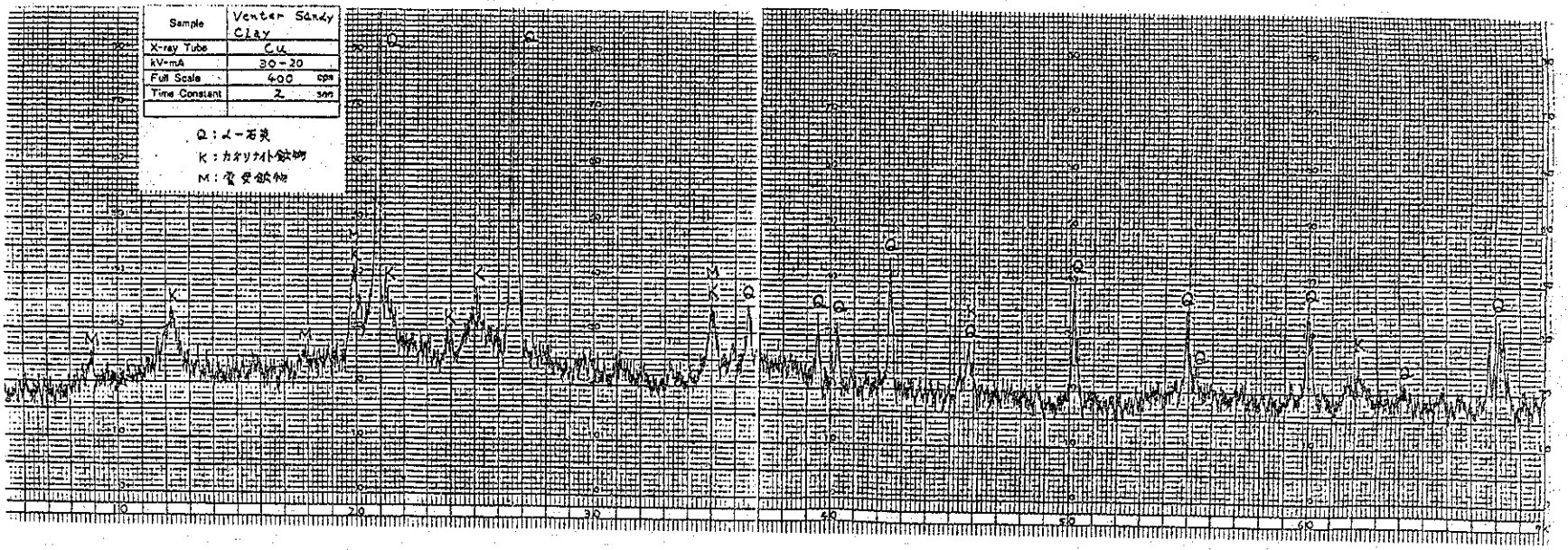
Kasisi Sandy Clay を除いて、いづれも代表的な赤粘土の成分と類似している。

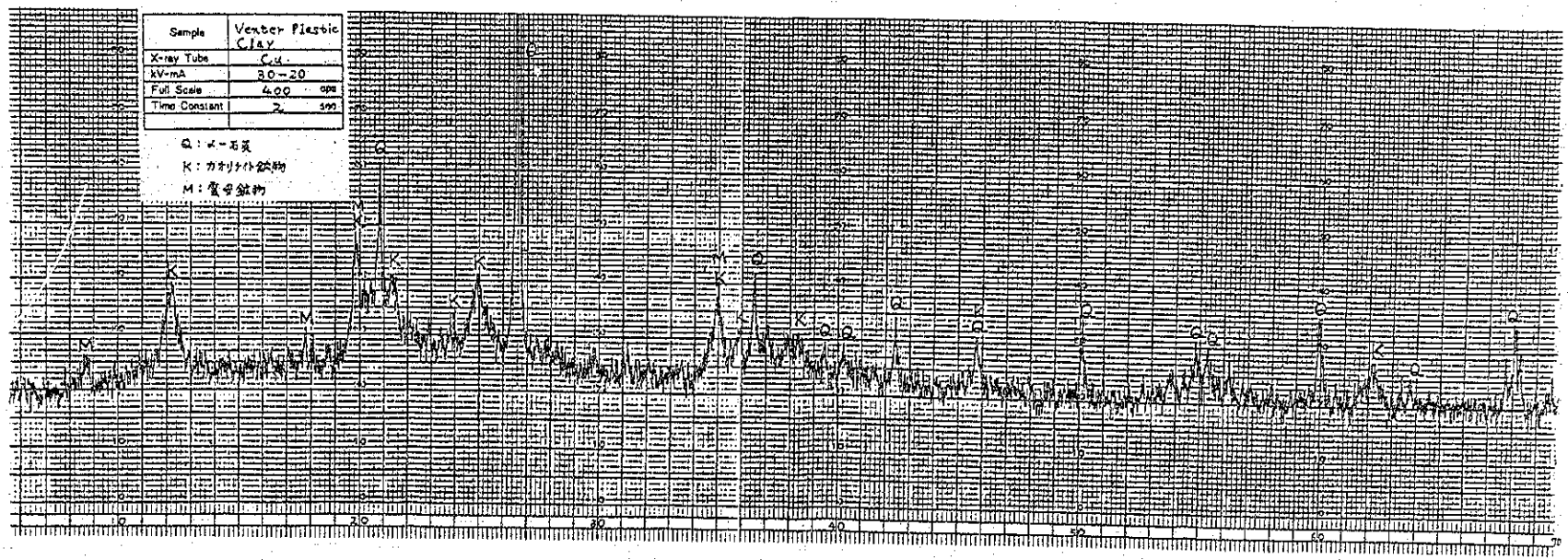
(2) X－線回析による鉱物検出

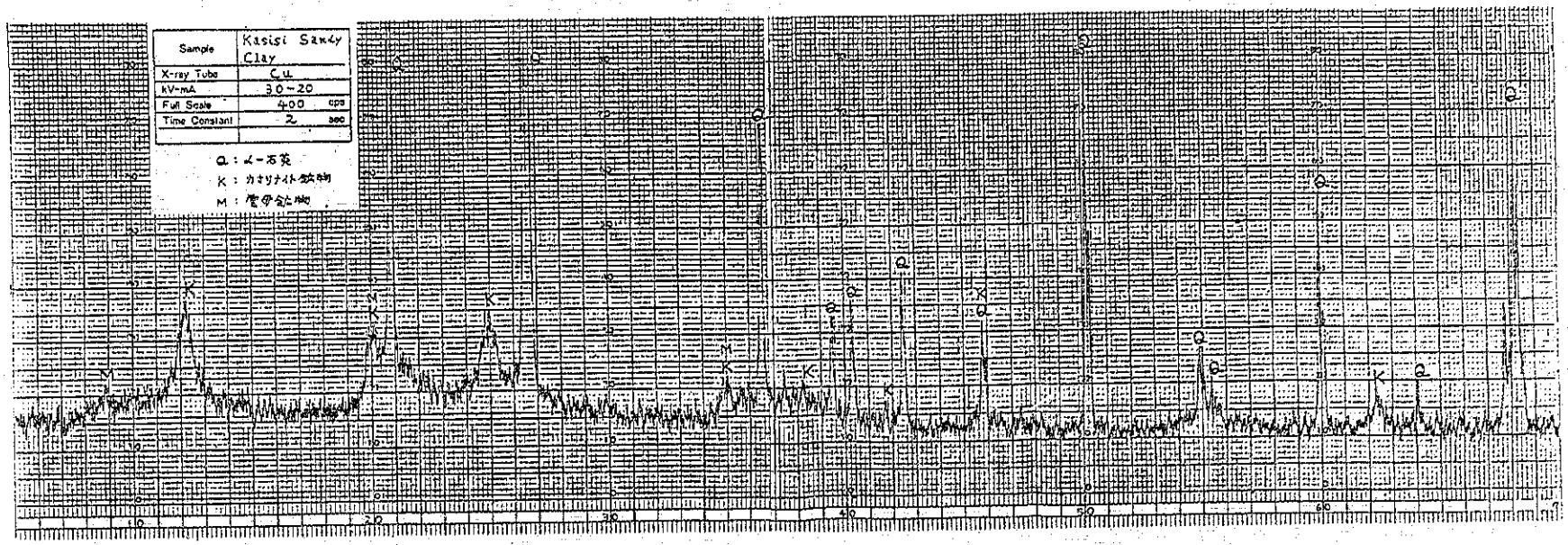
X－線回析による鉱物検出は次の通りである。

| Clay Sambles | Identified Minerals |
|---|---|
| Chamba Plastic Clay | α－Quartz, Kaolinite, Mica Group |
| Venter Plastic Clay | α－Quartz, Kaolinite, Mica |
| Venter Sandy Clay | α－Quartz, Kaolinite, Mica |
| Kasisi Sandy Clay | α－Quartz, Kaolinite, Mica |

いずれの粘土も、粘土鉱物はカオリナイトであるが、結晶度は弱い。雲母鉱物を検出したが、チャンバ粘土の場合は Sericite の状態で入っているように思われる。これはコンロ原料として望ましい組成である。他の粘土では肉眼でも雲母の存在がはっきり確認できる。


Sample
Venter Sandy Clay
X-ray Tube
Cu
kV-mA
30-20
Full Scale
400
cps
Time Constant
2
sec
Q：メノー石英
K：カオリナイト鉱物
M：雲母鉱物


Sample
Venter Plastic Clay
X-ray Tube
Cu
kV-mA
30-20
Full Scale
400
cps
Time Constant
2
sec
Q：メノー石英
K：カオリナイト鉱物
M：雲母鉱物


Sample
Kasisi Sandy Clay
X-ray Tube
Cu
kV-mA
30~20
Full Scale
400 cps
Time Constant
2 sec
Q：α－石英
K：カオリナイト鉱物
M：雲母鉱物

(3) 粘土の粒度分析

試験方法は篩分けとアンドレアセン、ピペット法によった。

篩分け試験

| Clay Sample | > 250μm | 250～44μm | <44μm |
|---|---|---|---|
| Chamba Plastic Clay | 1.8 | 19.8 | 78.4 |
| Venter Plastic Clay | 4.7 | 19.0 | 76.3 |
| Venter Sandy Clay | 4.9 | 27.4 | 67.7 |
| Kasisi Sandy Clay | 9.4 | 43.2 | 47.4 |

篩分けた44マイクロン以下の粒子を更にアンドレアセンピペット(Andreasen Pipette)法で粒度分析を行った。その粒度分布曲線図を次に示す。通常の粘土と較べて中間粒径が少く、曲線が殆んど水平に進んでいる。このことは粘力はよいが乾燥中の歪み、きれなどの原因になりやすい。

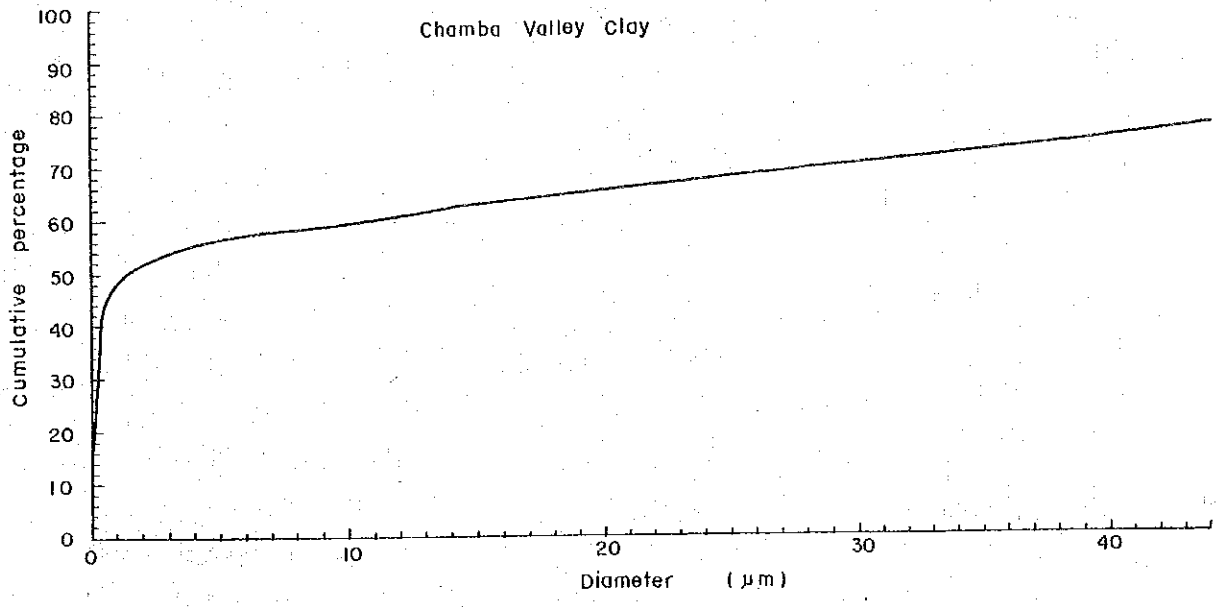



Figure II-2-1 Chamba Valley Clay Size Distribution

(4) 粘土の耐火度

粘土の耐火度測定結果は次のとおり

| Clay Sample | Refractoriness |
|---|---|
| Chamba Plastic Clay | SK 20 |
| Venter Plastic Clay | 30 |
| Venter Sandy Clay | 18 |
| Kasisi Sandy Clay | 28 |

試験方法： JIS M8512

ベンタープラスチック粘土の耐火度が、砂質粘土より高い結果が出たが、原因は不明、他の試験結果より判断してもっと低いように思われる。

11.2.2 粘土の焼成試験

原土を乾燥後粉砕し、水分30%を加えてテストピースを作り、乾燥収縮も併せて測定した。結果は次の通り、焼成温度 800℃

| 粘　　土 | 焼成前強度 | 乾燥収縮 | 焼成後全収縮 | 抗折強度(kg／cm²) |
|---|---|---|---|---|
| Chamba Plastic Clay | 良 | 7.02 | 7.1 | 42.60 |
| Venter Plastic Clay | 良 | 6.92 | 7.0 | 23.25 |
| Venter Sandy Clay | 良 | 6.90 | 6.95 | 26.10 |
| Kasisi Sandy Clay | 弱 | 6.45 | 6.6 | 17.19 |
| Neganega Clay | 良 | 6.45 | 6.54 | 21.34 |
| Venter P+S (50:50) | 良 | 6.70 | 6.80 | 26.72 |
| Venter+grog | 弱 | 4.95 | 5.0 | 21.70 |
| Kasisi+grog | 弱 | 5.65 | 5.7 | 8.59 |

この試験結果より、チャンバ粘土が抗折強度が一番強い。次にベンター砂質粘土が強い。チャンバ粘土は滑らかな肌合いと柔らかいレンガ色を呈した。ベンター粘土は褐鉄鉱（Limonite）の細かい粒子を無数に含んでおり、焼成後、この粒子を中心にして放射状の細かいひび破れを起こし、抗折強度を低下させた。

従って、ベンター粘土を主体にコンロを作ることは強度と、耐熱強度の点上の問題がある。これらの基礎的試験結果より配合試験を行った。

チャンバ粘土を主体とし、カシシ砂質粘土を加えた配合で外枠用とし、耐火物 Grog （耐火レンガの粗粉砕物）を加えて急熱急冷に耐える内枠用コンロの配合等地を決定するため。4種類の配合比でテストを行った。

| | Outer Structure | Inner Stove |
|---|---|---|
| | (1) | (1) |
| Chamba Clay | 70 | 50 |
| Kasisi Clay | 30 | 30 |
| Grog | | 20 |
| | | |
| | (2) | (2) |
| Venter Plastic Clay | 40 | 30 |
| Venter Sandy Clay | 40 | 20 |
| Kasisi Sandy Clay | 20 | 30 |
| Grog | | 20 |
| 成形水分 | 32 % | |
| 焼成温度 | 800 ℃ | |

焼成結果は次の通り

| 配合 | 抗析強度（kg／cm²） | 耐熱テスト 500℃ | 急熱急冷 300～20℃ |
|---|---|---|---|
| 1 | 42.6 | ひび破れなし | ひび破れなし |
| 2 | 32.2 | なし | なし |
| 3 | 26.7 | なし | なし |
| 4 | 21.3 | なし | なし |

試験結果より判るとうり、チャンバ粘土主体のものが抗析強度では最強を示している。また内枠用としても十分な強度を示している。当初粘土の性質のバラツキからくる製品の不安定を防ぐため、チャンバ粘土とベンター粘土を混ぜて使用することを試みたが、ベンター粘土に含まれる褐鉄鉱微粒の影響で焼成強度が弱まる欠点がはっきりした。このためそれぞれ、別個のコンロを試作することにした。

Chamba Clay よりコンロ試作配合比

| 粘　土 | 外枠用配合（%） | 内枠用配合（%） |
|---|---|---|
| Chamba Clay | 60 | 50 |
| Kasisi Clay | 30 | 30 |
| Grog | 10 | 20 |

Venter Clay よりコンロ試作配合比

| 粘　土 | 外枠用配合（%） | 内枠用配合（%） |
|---|---|---|
| Venter P. Clay | 40 | 30 |
| Venter S. Clay | 40 | 20 |
| Kasisi Clay | 20 | 30 |
| Grog | | 20 |

それぞれ、２組づつ４個のコンロと、内枠だけ各１ヶづつ成形、800℃で焼成した。仕上げに際して内枠を接着させたものとはめ込みだけのものを作り内部二次空気吸入機構の観察をし易いようにした。内外枠の配合は変えたが、焼成は同時に行なった。その結果、配合の違いは明白に表われた。内枠は、チャンバ粘土を使用したもの、ベンター粘土のもの、いずれも Grog を混ぜたので、焼成後のひび割れの発生もなく、強度も満足できるものであった。この焼成内枠を使用して、木炭焚きによる耐用試験をくり返えしたが、保温性よく割れもなく結果は良好であった。

外枠は、ベンター粘土と同砂質粘土カシシ粘土を配合したものは、上縁より底部に至る長いひび割れが生じた。粘土中の褐鉄鉱（ Limonite ）の細い粒子と、カシシ粘土に含まれる余剰砂分の可逆的（ Reversible ）熱膨張に基因していることは明らかである。チャンバ粘土、カシシ粘土、 Grog の配合で作った外枠も、前記のもの程ではないが、約１センチ程のひび割れが生じた。この割れは内外枠の焼成収縮のちがいによるものと、考えられる。

この試験結果から判ることは、小さな試験片では発生しなかったひび割れが、肉厚で大型のコンロの場合には、砂の膨張が累積的に拡大して、大きなひび割れを起したと考えられる。このため、ベンター粘土は単味でも、または砂質粘土と混ぜても、使用することは危険であり、不適である。また、カシシ粘土を配合することは、焼成収縮を調整するとともに、 Grog の使用量を減らせると考えたが、コンロに生ずるひび割れ防止のためむしろ使用を避けるべきである。

コンロの量産に際して、内外枠の配合を変えることは、作業を繁雑となる。製品の均一化と、歩留りの向上をはかるためにも、同一配合で生産するのが望ましい。この

ため、使用粘土はチャンバ粘土とし、耐熱性をもたせるため Grog だけを配合することであらためて、コンロ3個試作した。

コンロの配合

| | |
|---|---|
| チャンバ粘土 | 80%（ドライベース） |
| Grog | 20%（ドライベース） |
| 焼成温度 | 800℃ |
| 焼成時間 | 8時間 |

焼成結果は3個のコンロすべてひび割れもなく耐熱試験も満足できた。従ってこの配合を生産用とする。

コンロの焼成は 800℃程度の素焼きである。粘土中に含まれる砂はシリカ（ $SiO_2$ ）状で存在しており、この温度ではまだ反応して Silicate にはならない。そのため $SiO_2$ の熱膨張が 670℃～ 700℃で起り、冷却すると共に再びもとの体積に収縮するので、ひび割れを生ずる。他方、更に焼成温度を上げて、焼け締った緻密なコンロにすれば、矢張り急熱急冷にもろいコンロとなる。

通体 Grog といわれるのは、一度高温度で焼き安定した耐火物となった粘土、岩石類を粉砕したものである。これは、再度 800度程度に加熱しても殆んど変化しない。

この Grog をコンロ素地中に配合することで、その焼成品の強度、耐熱性を増し、コンロとしての機能を向上させることができる。

ザンビア国内にも、セメント工場、銅精練工場、肥料工場、製油所があり、使用済み耐火レンガが容易に入手できる。このレンガを粉砕して使用すればよい。この試作試験ではチャンバ粘土だけを取上げたが、ベンター粘土、ネガネガ粘土の場合でも Grog を混ぜることで、コンロ製造原料としての可能性は充分あることはそれが内枠用として有望な試験結果として表われている。

結論としては、実験の結果、外枠内枠ともに、下記条件で陶製コンロを製作できることを確認した。

コンロの配合

| | |
|---|---|
| チャンバ粘土 | 80%（ドライベース） |
| Grog | 20%（ドライベース） |
| 焼成温度 | 800℃ |
| 焼成時間 | 8時間 |

# 第12章　製造工程及び設備

## 12.1　豆炭の製造工程及び設備

原料および豆炭製造試験の結果により、工程を次の様に定めた。

### 12.1.1　全体工程

(1)　アウトライン

Figure 12－1－1に示す様に豆炭製造工程は原料受入、検査、貯蔵、乾燥および乾留、原料調合、豆炭成型、豆炭乾燥、脱煙、製品試験、貯蔵・袋詰・出荷から構成される。

貯蔵は主原料については複数のピットに仕分けして行われる。副原料のうち、液体品はタンク、袋詰品は倉庫に保管される。どれも検査、分析および倉出しが容易な配置、構造になっている。また防火および安全について留意している。

また貯蔵設備は主要機器、スペアパーツ、倉庫との間に充分な保安距離を設ける。

燃料炉は乾留ガス、脱煙炉排気、廃ダストを燃焼処理し乾燥用熱風を発生する。

(2)　物質収支

1,000 トン／年当りの所要原料量および中間原料収量を Figure 12－1－1に示した。

### 12.1.2　単位操作

(1)　原料受入

石炭及びバガス量は容積、平均水分で無水換算受入量を計算する。乾燥品を計量積算する事により、受入量を修正して把握する。石炭の灰分、粒度分布は受入時サンプルで測定する。モラシスは貯蔵タンクレベル、温度、比重によって受入量チェックを行う。消石灰は袋数を勘定し、水分、不溶分測定を行う。

(2)　石炭スラリー貯蔵、水分、乾燥

複数のピットに受入れ、静置し、水切の後、熱風乾燥機にかける。

ロット毎に灰分と粒度の分析を行い、調整する。

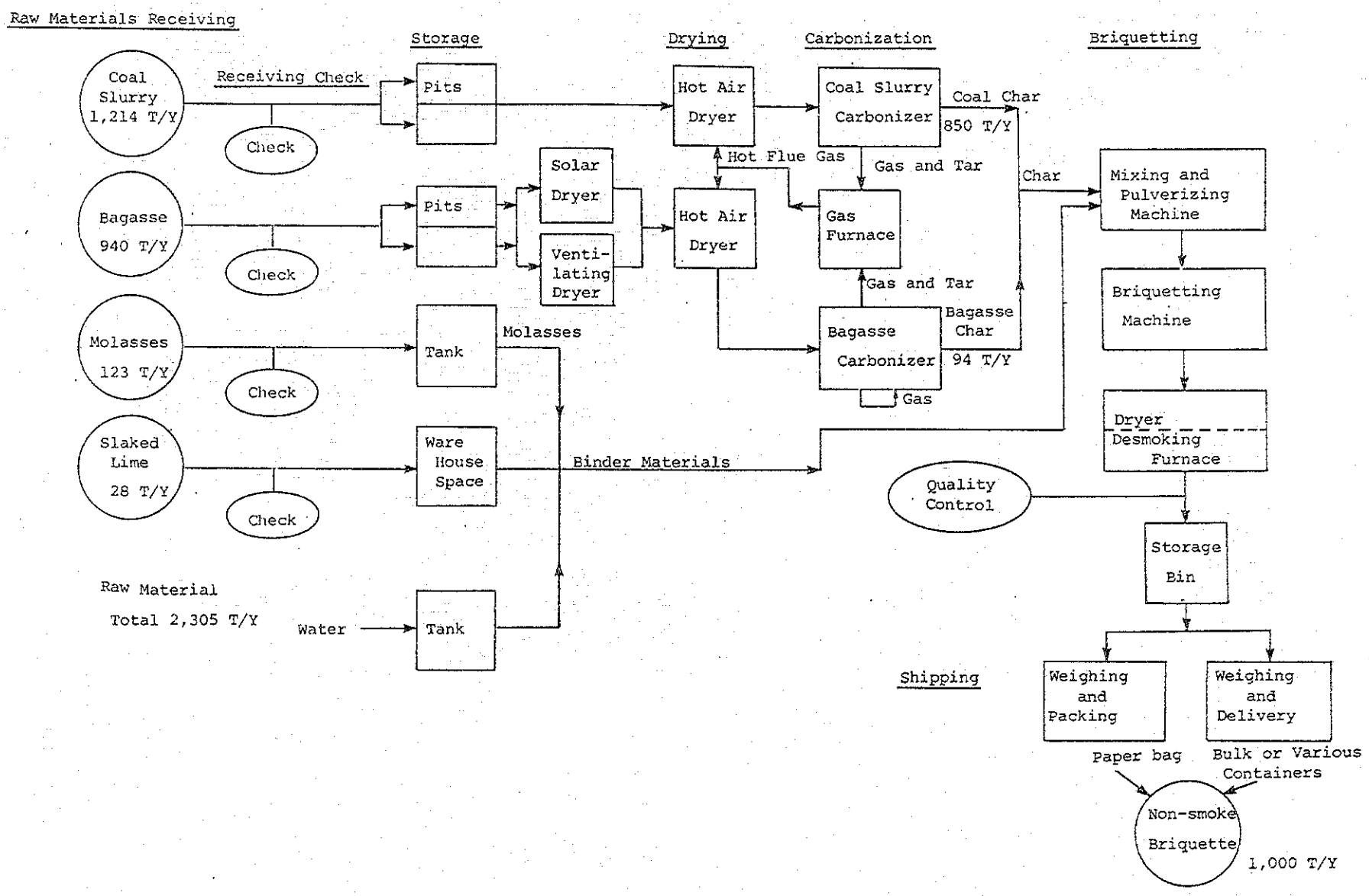



Figure 12-1-1 Flow Sheet of Non-Smoking Briquette Process

(3) バガス貯蔵、通気乾燥および天日乾燥

複数のピットに受入れ、通気乾燥および天日乾燥を行い、気乾水分10～20%程度まで乾燥する。水分量、水切れ状況によって、異なったピットに保管する。

(4) モラシス、消石灰貯蔵

モラシスは屋外タンクに貯蔵する。品質は水分、比重、粘度、色調によって判定し、調整する。

消石灰は袋詰物を受入れ、倉庫に保管する。品質測定は灼熱減量と不溶解残渣測定による。

(5) 石炭スラリー乾留

熱風乾燥した石炭スラリーは石炭ホッパーに入り、フィーダーによって流動乾留炉に供給される。乾留によって生成した粉半成コークスは、溢流管、サイクロンから取出され、冷却、計量の後混合粉砕装置に入る。乾留ガスは一部自燃し、残りは燃焼炉で燃焼して乾燥用熱源とする。粉半成コークスは坩堝で焼いて無煙を確認する。

(6) バガス熱風乾燥と乾留

気乾水分のバガスをさらに熱風乾燥し、次いで乾留炉に供給してバガス炭とする。操作は石炭スラリーの乾留と同様である。製品バガス炭は空気と接触しない様に冷却し、粉塵が発生しない程度に加湿する。

(7) 調合と混和

主原料である石炭の粉半成コースクとバガス炭、副原料であるモラシス、消石灰、及び水を秤量し調合、混和する。混和物の加圧成型性は成型試験機によって判断する。

(8) 成　　型

混和原料を成型機に投入し、成型する。外観（表面状態、欠損の有無、数）、1個当り重量、圧潰強度の抜取検査を行う。

(9) 豆炭乾燥

成型品を乾燥機に入れ、1～2時間 110℃以上で熱風乾燥する。

(10) 豆炭脱煙

乾燥終了した豆炭を引続き 250～ 270℃に加熱昇温して脱煙する。

脱煙後空冷により 100℃以下に冷却し貯蔵設備に送る。

(11) 製品試験

(a) 外観：割れ、欠けのある豆炭の割合は10wt%以下とする。10wt%を超えるロット（1トン単位）は目視選別する。

(b) 圧壊試験：試験機で50kg／cm²以上の耐圧があること。

(c) 着火試験：電気炉によって着火所要時間を測定する。

(d) 燃焼試験：電気炉中での燃焼所要時間を測定する。

(e) 保存試験：室内保管1か月で問題になる変化を生じないこと。

試験用サンプルは1トンについて5ケ抜取り検査する。

(12) 貯　蔵

製品は貯蔵ビンに入れて貯蔵する。貯蔵ビンは着火対策のための密閉可能な構造とし、工程管理及び出荷管理のための計量付とする。

(13) 袋　詰

測定の高級豆炭は計量袋詰機を使用して紙袋に充塡し、ミシン掛け装置で袋口を閉じる。

(14) 出　荷

出荷は袋詰出荷は、大口及び小口バラ出荷がある。紙袋詰出荷は高級マーケット向け及びマーケット開拓用で量は限定される。

### 12.1.3 公害対策、安全対策

(1) 公害対策

パイロットプラントであって、規模が小さいので、問題になるのは主にタールと粉塵、騒音である。

乾留炉の廃ガスはタールと少量の炭素性粉塵を含むので、燃焼炉で焼却の後放出する。

石炭スラリー乾燥機の排気はサイクロンまたはバグフィルターを通し、浄化して放出する。

成型工程では排気は総てフィルターを通して排出する。主要機器から漏れる粉塵は局所排気ダクトを設けて吸引し、同じくフィルターを通して大気に放出する。

なお作業者は防塵マスク着用とする。
ブロワー騒音対策としては空気取入口に消音装置を設置する。
排水池降槽を設け、防火用水を兼用する。

(2) 安全対策

(a) 防火対策：原料ピット及び主要機器周辺に給水栓を設置し、防火対策とする。
バガス乾燥区画も同等とする。工場内排水口末端にも同様に水回収ピットを設け、消火用に利用する。
洗眼蛇口、人体用シャワーを豆炭原料の調合、混和機付近に配置する。

(b) 事故対策
回転機器、ベルトには防護カバーを設ける。
通路、設備からの落下対策棚等を設ける。
主要機器類には爆発防止及び感電防止対策を施工する。
尚救護用酸素マスク、エアラインマスク、防焔服を備える。

## Table 12-1-1 Equipment List of Carbonization

(1) Equipment List of Slurry Carbonization

| | Equipment | Qt'y | Capacity or uses | Power (kw) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Power Screen | 1 | 1.5t/h | 1.5 |
| 2 | Disintegrator | 1 | 0.1 | 2.2 |
| 3 | Roll Crusher | 1 | 0.5 | 2.2 |
| 4 | Dryer | 1 | 1.5 | 0.75 |
| 5 | Cyclone | 1 | | 1.2 |
| 6 | Power Screen | 1 | 1.5 | 1.0 |
| 7 | Carbonizer | 1 | 1.5 | 1.35 |
| 8 | Cyclone | 2 | | 1.2 |
| 9 | Char Cooler | 1 | 1.2 | 1.5 |
| 10 | Blower | 3 | | 18.5 |
| 11 | Gas Furnace | 1 | | |
| 12 | Bag Filter | 1 | | 5.0 |
| 13 | Others | | | |
| | | | | 36.4kw |

(2) Equipment List of Bagasse Carbonization

| | Equipment | Qt'y | Capacity or uses | Power (kw) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Wet Bagasse Dryer | 1 | 0.7t/h | 5 |
| 2 | Power Screen | 1 | 0.7t/h | 1.5 |
| 3 | Bagasse Dryer | 1 | 0.7t/h | 1 |
| 4 | Bagasse Carbonizer | 1 | 0.7t/h | 2.65 |
| 5 | Cyclone | 2 | | 1.4 |
| 6 | Char Cooler | 1 | 250kg/h | 1.5 |
| 7 | Blower | 2 | | 12.0 |
| 8 | Others | | | 8.55 |
| | | | | 33.6 |
| | Carbonization Sub-Total | | | 70kw |

## Table 12-1-2 Equipment List of Briquetting

| | Equipment | Qt'y | Capacity or uses | Power (kw) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Blender | 1 | 1.5t/h | 15 |
| 2 | Pulverizer | 1 | 2.0 | 37 |
| 3 | Power Screen | 1 | 2.0 | 0.75 |
| 4 | Circular Blender | 1 | 2.0 | 15.0 |
| 5 | W type Kneader | 1 | 2.0 | 5.5 |
| 6 | Binder Mixer | 1 | 2.0 | 1.5 |
| 7 | Fret Mill | 1 | 2.0 | 33 |
| 8 | Vertical Kneader | 1 | 2.0 | 37 |
| 9 | Briquetting Machine | 1 | 1.5 | 30 |
| 10 | Belt Conveyer | 4 | | |
| 11 | Bucket Conveyer | 5 | | |
| 12 | Dust Collector | | | 82.25 |
| 13 | Others | | | |
| 14 | Dryer | 2 | | 400 |
| | Briquetting Sub-Total | | | 657kw |
| | Total | | | 727kw |

## 12.2　コンロ製造工程及び設備

コンロの製造工程は、既に9.6「コンロの原料と製法」の項で工程図を示した。この章では、陶製コンロ製造部門に関し、概念設計を行ない、作業と機器類を定める。

### 12.2.1　原料の精製

コンロの試製試験の結果決定した最善の配合に基き、必要な粘土をプラントサイトに搬入貯蔵する。粘土は、少なくとも半年分の使用量を確保し、野積みで風雨にさらす。

プロジェクトスキームで決めた生産量、年間4000個の生産を基に、原料の必要量を次のとおり算出する。

4000個×10kg＝40,000kg＝40トン／年（内訳　粘土32トン、Grog 8 トン、ドライベース）

40トンの製品を作るには、次のとおり、原料の目減りを考慮する。

| | |
|---|---|
| 生原土に含まれる水分 | 25.0% |
| 野天貯蔵間の目減り | 0.5 |
| 製造工程中のロス | 2.0 |
| 製品の歩留を90%とすると製品ロス | 10.0 |
| 計 | 37.5% |

従って40トンのコンロを製造するために、

粘　土

$$\frac{32}{(100-37.5)} \times 100 = 51.2\text{トン}$$

Grog　　8.0

合　計　　59.2トン　すなわち、60トン

原料を準備する。粘土の精製には、次の機械類を使用する。

(1) レンガ粉砕機

中古耐火レンガを人手にてハンマーで4つ割位までに破砕し、インペラーブレーカーに投入して粉砕する。粉砕物は、ブレーカー出口のバケットコンベヤーにて、上部に設置した回転篩にかけ、20メッシュ以下のものをとり、篩に止ったものは再度ブレーカーにもどす。

(2) 原料供給機

十分な戸外でさらした原土とグロッグを、配合率に基いて3つのポッパーにそれぞれ投入する。原土をポッパー下部の開孔より Scrape Blade を取りつけたコンベヤーで引出す。この際、底部の開孔口の開き加減により、配合割合を調節する。また供給量も毎時 800kgから2トン位までの幅で調節できる。

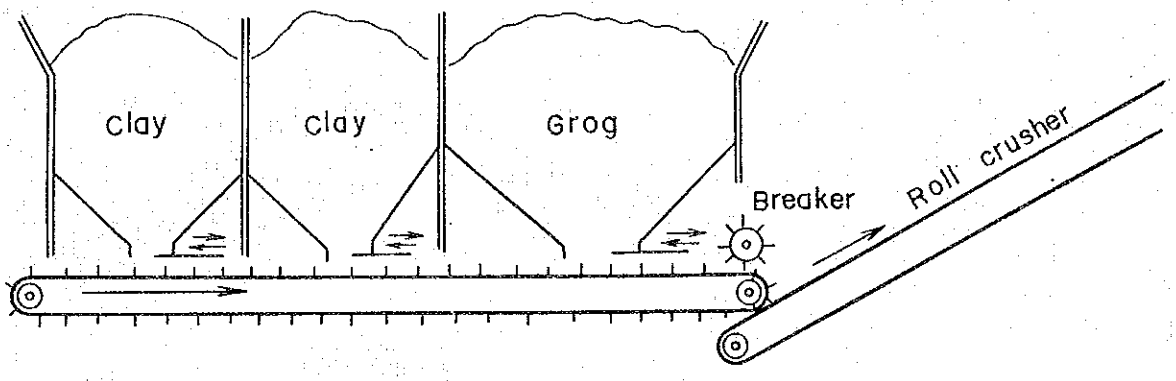



Figure 12－2－1　Box Feeder

(3) ロールクラッシャー

原料供給機より出た粗配合原料は、コンベヤーによりロールクラッシャーに投入される。ローラーは、3から5㎜程度の間隔を保って、共に内側へ向けて回転する。乾いた粘土と湿ったものが混ざりあった原料は、この間げきを通過する際、押しつぶされて均一に混合しやすくなる。また小石などの異物は粉砕されて微粒となり、粘土の中にまぜられる。含水量の差が大きい場合は、2、3回クラッシャー処理を繰り返す。

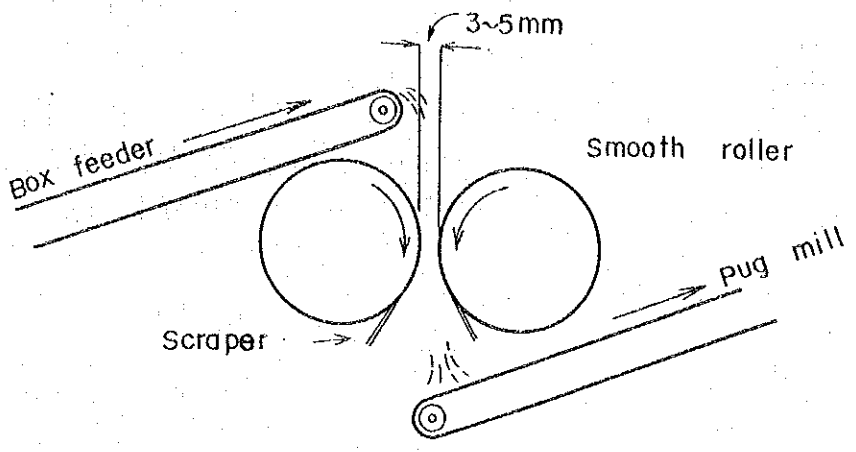



Figure 12－2－2 Roll Crusher

(4) 横軸土練機（Double shaft pug mill）

粗配合のまま押しつぶされた粘土チップは、この機械で更に水を加え、希望含水量に調節し、均質な配合粘土とする。横型2軸式を用いる。5から8cm間隔に切り刃をとりつけた2本の平行軸が、いづれも内側に回転し、粘土を細かく切りきざむようにして、排出口に向けて押出す。この間に必要水分を加え、既定水分に調整し、均質なねり土に仕上げる。ねり土のきざみと押し出し速度は、切り刃の取付け角度で調節する。

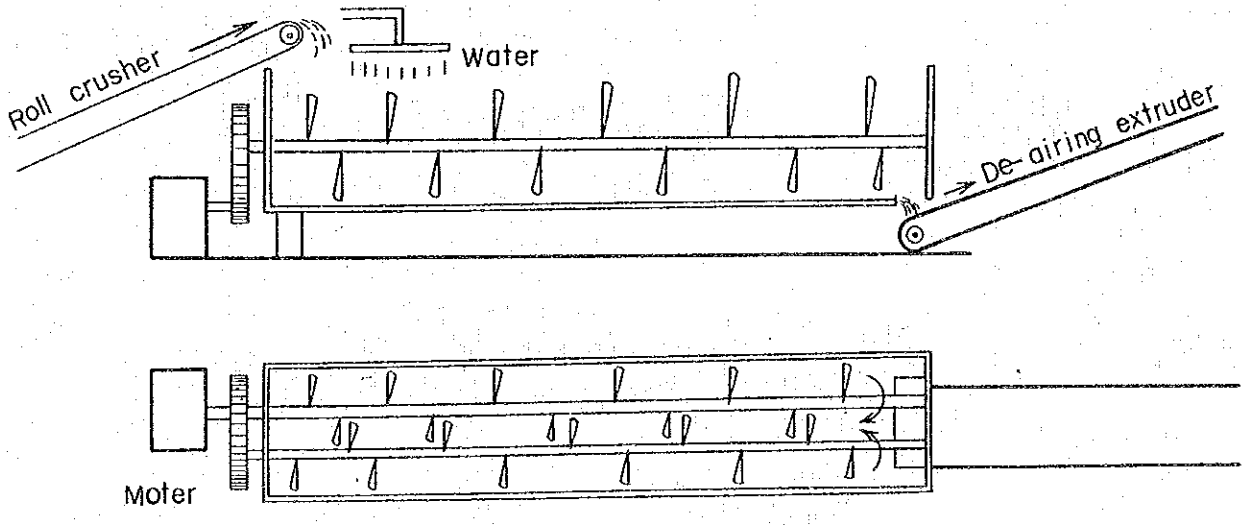



Figure 12－2－3 Double Shaft Pug mill

(5) 真空押し出し機 (De-airing Extruder)

前工程までで粘土はほぼ均質となるが、まだ微細な気泡を含んでいる。これを除くため、粘土を真空室を通過させ含有気泡を除去し、密度の高い粘土とする。この処理で、配合粘土は粘力を増し、成形しやすくなり、乾燥中の切れなどを防ぐことができる。真空度は 720㎜Hg位まで高める必要がある。

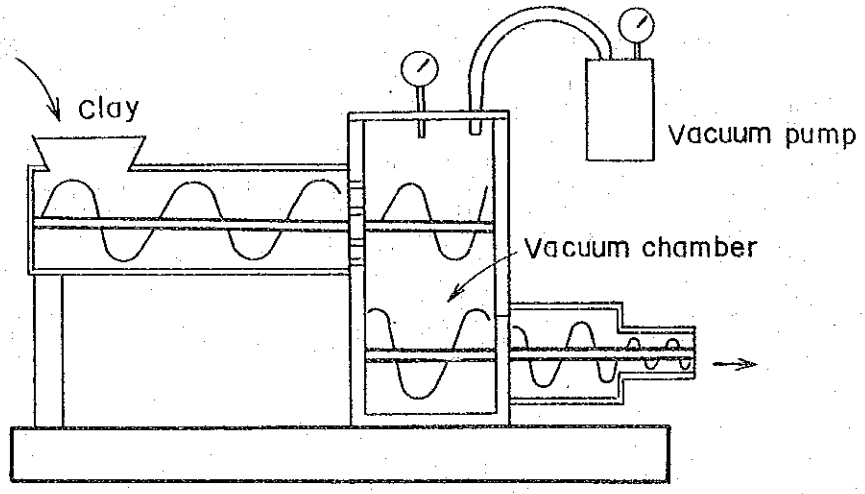



Figure 12－2－4　De-airing Extruder

12.2.2　コンロの成形

コンロの成形には機械ロクロを使用する。一般に、成形する製品のサイズにより、配合粘土の含水率を変える。コンロ成形の場合、32から33%の水分を含んだ、むしろ柔い粘土を使用する。一般陶磁器と比べて、大型で肉厚であるため、石膏型の中で粘土ののびや、動きを容易にするためである。またロクロの回転数も遅い方がよい、目安として、カップの場合 500 r.p.m、皿の場合 400 r.p.m程度であるが、コンロの場合 300 r.p.m位の方が成形しやすいし、乾燥切れも少ない。

成形に先だって、石膏型に合わせて、製品の厚み、寸法などを正確に保つよう、こてを固定しなければならない。また成形中、水を使用するが、この水分量も製品の不良率に影響する。従って、これらの手加減を作業者が習得するまで、3か月程度の時間が必要となる。

### 12.2.3 仕上げ作業

ロクロ成形後の生コンロは、数時間、室内で自然乾燥すると、半乾きとなる、この段階で、一次空気の取入れ口の切出しを行う。同時に、外枠と内枠を接着すると共に、内枠の支えなども取つけて、コンロ内部の燃焼室を補強する。

### 12.2.4 コンロの焼成

焼成は乾燥製品の窯詰めから始まる。まず電気窯内底部に耐火棚板（ Refractory Shelve Sizes 310㎜× 320㎜×15㎜）10枚を敷く、この板上にコンロを２列×５個計10個を並べ、その間げきに高さ32㎝の耐火支柱を立て、二段目の棚を構築する。三段目も同様にして、夫々の段に10個ずつ合計コンロを30個詰める。この際、生コンロの乾燥切れ、きづ、かけ、仕上不良などの有無を検査して、良品だけを詰めることは勿論である。

焼成は、予熱、昇温、ねらし、の３工程で行う。窯への電気スイッチを入れてから最初の１時間、約 200℃の温度になるまで、窯のふたを20㎝程開けたままで予熱する。これは、自然乾燥で、除去できなかった素地中の水分を蒸発させ、窯の外に排出するためである。この工程は、時間と温度だけに頼らず、直接観察して水蒸気がぬけたことを確認することが大切である。この確認を終えたら直にふたを密閉し、電流を増加して昇温してゆく、約７時間後位いに所定温度 800℃に達したら、引きつづき電流をコントロールしてその温度に約２時間保ちねらしを行う。その後冷却して製品を取出す。製品は軽くたたき、その音でひび割れの有無を判断し、次で目視により欠陥品を除去する。

### 12.2.5 石膏型の製造

石膏型は次の３行程を経て作る。

(1) 原型の削り出し

粘土の乾燥焼成収縮を見込んで実寸法型図面を作図する。ザンビア粘土の場合、乾燥収縮 6.5%、焼成収縮 1.5%である。原型は通常焼石膏を使用し、円形のものはすべてロクロを使用し殆んど手作業で削り出す。原型は外枠用と内枠用の両方を作る。

(2) ケース型の製作

成形用作業型を数多く作るため、原型を基にケース型を作る。ケース型もやはり焼石膏を用いて作るが、ケース型の使用目的から、強度の強いものが必要である。このため、混合水の量を減じたり、セメントを数パーセント混ぜたりする。近年、ケース用の硬石膏も売られているが、当初はザンビア産焼石膏を使用し、混水量を減らすことで強度を増加させることとする。ケース型が完成したら、乾く前に表面にニスを塗布して摩耗を防ぎ、型離れを良くする。ケース型は2個に分割して作り、石膏スラリを流し込んで硬化したものを、取出し易いようにする。

(3) 成形用作業型

ケース型表面に、加里石けんなどの離型剤を塗布して、ケース型を組立てる。その枠内へ石膏スラリーを流し込み、一定時間保持するとスラリーは硬化して石膏型となる。通常石膏 100に対し水70の割合で混合する。水と混合後20分位で硬化し、その際32から36℃の発熱を伴い、同時にわずかに膨張しケース型より容易に分離する。成形用石膏型を十分乾燥してからロクロ成形に使用する。

12.2.6 コンロ製造設備

コンロ製造工場として最小限 720平方メートルの建物が必要であり、レイアウトを別図の如く示す。

図中 Ageing Roomは精製粘土をねかす暗室で、少なくとも1週間分の成形用粘土を貯蔵する広さが必要である。 Laboratory は原料の品質管理と新製品開発などの試験研究を行う。

次にコンロ生産に必要機材のリストを述べる。

| 1. Machines and Equipment | namber | Power KW |
|---|---|---|
| 1) Impeller breaker | 1 | 5.5 |
| 2) Box Feeder 3 Chambers 2 tons each | 1 | 9.0 |
| 3) Roll Crusher | 1 | 15.0 |
| 4) Double shaft pug mill | 1 | 7.0 |
| 5) De-airing Extruder | 1 | 11.5 |
| 6) Semi-Automatic Jiggering Machine | 3 | 3.0 |
| 7) Electric Kiln 35KW Rectangular | 2 | 60.0 |
| 8) Belt Conveyer 7 meter | 8 | 6.0 |
| 9) Electric turn table for mould | 2 | 1.5 |
| 10) Vacuum mixer 〃 | 1 | 1.5 |
| | | 120.0 KW |

2. Other sub-materials and Tools

粘土処理用

Shovels, Pushing Cart, Weight Balance, Spanner for forming, Vise, Files, Hammer, Machine Tools for mould making, Knife, Cutter, Pitcher, Tug, Compasses, Ruler Balance, Graduated Cylinder, Plaster of Paris Container

焼 成 用

Refractory Shelves, Kiln Repairing Materials

一 般 用

Water Suply System, Electric Power

以上が主たる機械類、道具類であるが、更に成形コンロの仕上げ作業のために、ゲージとか刃物類の小道具を自家製造しなければならない。動力パワーの総計は 120KW となり、通常の陶器工場より多いのは、焼成に電力を使用するこめである。

原料製造室は時々床洗いする必要があるので室内排水溝を設置する。

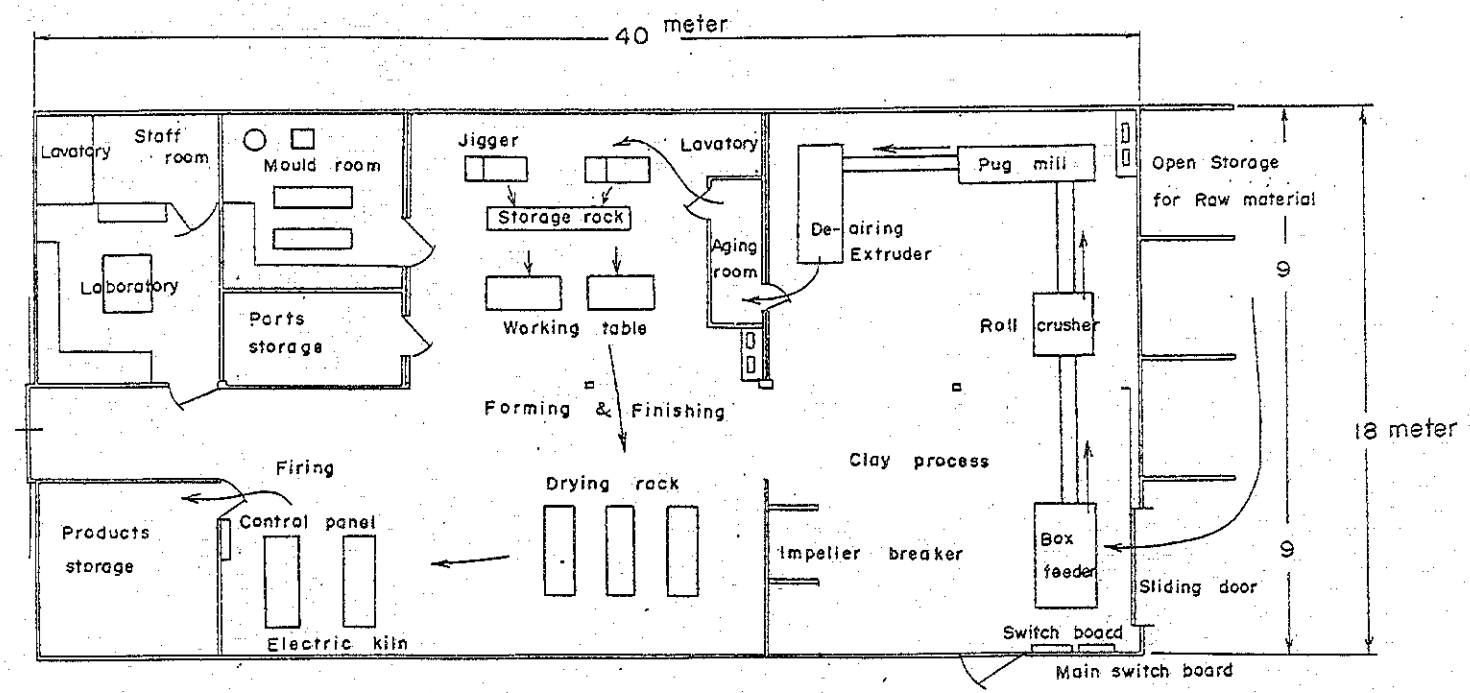
製品の出荷に際しては、2こ組合せて細紐でしばる位の簡単な梱包とする。

### 12.2.7 人員配置

生産量、作業内容、作業時間を検討し、テクニシャン級の人員2名で全操作を行なうこととする。

Layout of workshop for clay stove production

Total floor area 720 squ. meters



## 12.3 附帯設備

本プロジェクトには、附帯作業と言うべきものはあまりない。発電、蒸気製造、浄水等をプラント自体で実施する必要はない。

附帯作業で最も重要なものの一つは車輌の運行と維持で、車輌を使用可能な状態に保つ必要がある。しかし、このために特に設備を設けず、空地をとっておくだけとする。パイロットプラント側の能力に余る整備作業は NCSR 本部の整備工場、または市内のガレージに委託する。

その他附帯設備としては、守衛所、事務所、オフィス、トイレ、電気室、塀、門、照明設備一式、空調及び換気設備一式、衛生設備、消化栓設備等である。

工場敷地内配置図を Figure 12－3－1に示す。

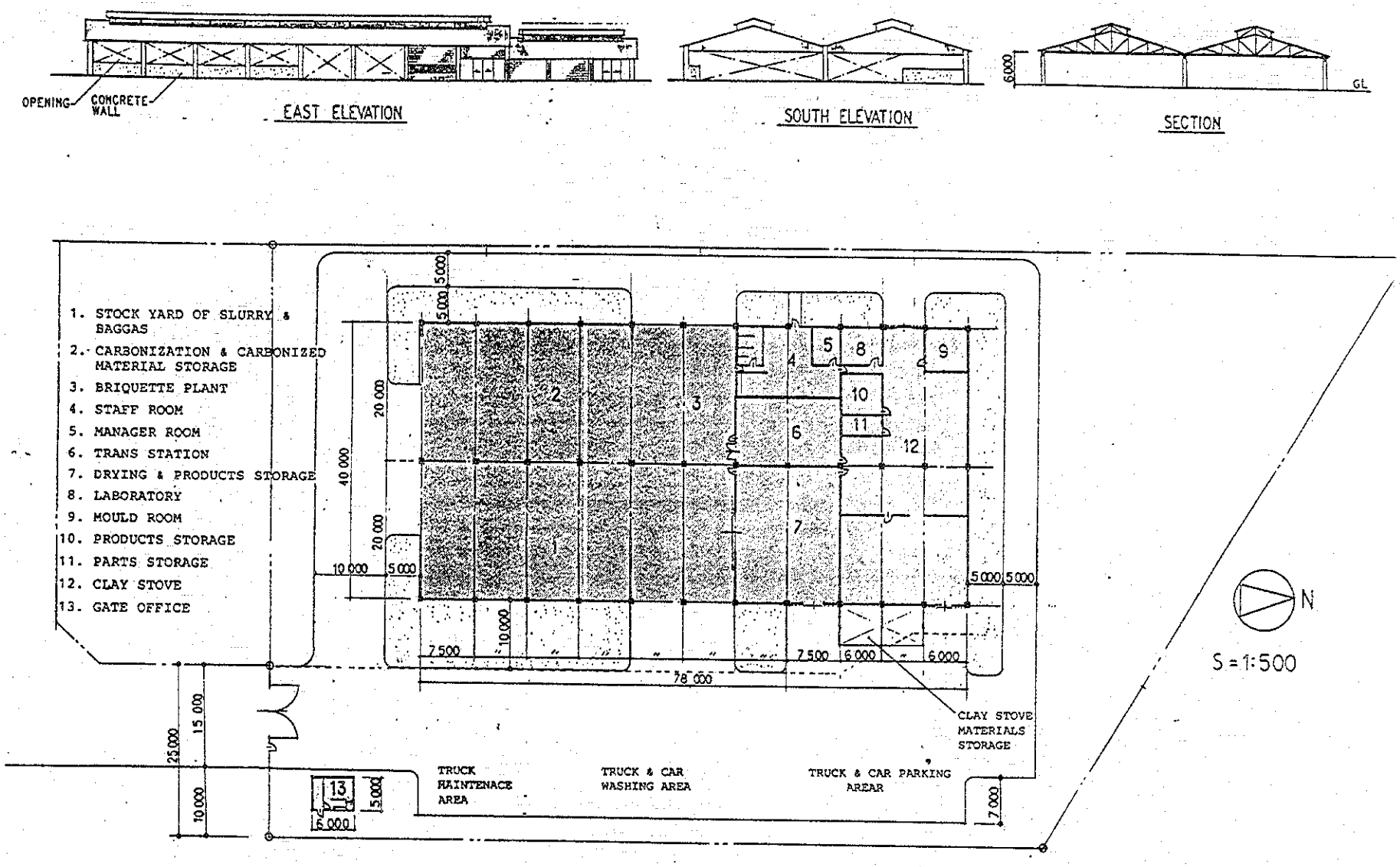



Figure 12-3-1 Plot Plan

ZAMBIA COAL BRIQUETTES FACTORY PROJECT
(PRELIMINARY)

# 第13章　建設工事

## 13.1　現地建設事情

当国では、主要輸出産物である銅の素材価格の下落に依る外貨事情の悪化に伴い、大規模なプラント工場建設は行われない様に見受けられた。

ルサカ周辺でわずかに眼を引いたのは、Grest Eest Road 脇で建設されているハウジングコンプレックスと市中心部で建設中の高層事務所ビル程度であり、その事務所ビルも後述するように建設資材不足に依り、何回も工事が中断しているとのことである。

豆炭製造工場と類似した工場は、当国には存在しないが、マンバ炭鉱、ナカンバラ砂糖工場、カフェ肥料工場及びネガネガレンガ工場を視察した結果、工場運営及び使用されている機器、動力、燃料については、おおよそ次の通りであり、豆炭工場計画には、これ等の現地事情を考慮しつつ、可能な範囲での改善案を盛り込む必要がある。

1) 工場の管理運営は、主としてザンビア人の手で行われているが――第3国人（特にヨーロッパ人）の指導を受けている工場も見受けられた。
2) エンジニヤ、テクニシャンは現地人が殆んどだが、高度な技術を必要とする部分はヨーロッパ人が雇用されている。
3) 設置されている機械類は、かなり古く10～15年程度使用されている様に見受けられたが、総て稼動中である（肥料工場は、部分的にリハビリ中。）
4) スペアパーツの入手が難しく、一度故障すると、再稼動までに時間がかかる。
5) 電力量は充分にあるが、送電系統のメンテナンスが悪く、停電することがある。
6) 燃料油は輸入に頼っており、一年の内数日、手に入らなくなる。
7) 工場労働者の量を確保することは簡単であるが、技術的レベルは高いとは言えない。

次に本プロジェクトの建設を実施出来得る能力を有する施工業者は、ルサカ周辺で数社見受けられた。但し本プロジェクトは、後述する様に、製造設備の供給据付の工事比率が土建工事比率より高く、又豆炭製造工場と言う、当国で初めてのプロジェクトのため、据付及び試運転調整、製造設備と土建工事との調整等を考えると、外国業者の下請として、現地コントラクターを採用する方が得策と考える。

以下は主な現地業者のリストである。

- Lewis Constraction Co. Ltd.
- Minestone Limited

・ Lendor and Burton Co. Ltd.
・ Allied Contractors Limited
・ Copperbelt Civil Engineering Co. Ltd.

## 13.2 現地調達可能資機材

建設主要資機材の内、現地調達可能な資機材は、レンガ（又はコンクリート・ブロック）造の住宅に使用される材料程度が入手可能である。他の資機材はその殆んどが国内生産されておらず、輸入に頼っている為、少量の調達は可能としてもプロジェクト単位での調達は、かなり難しいと思える。

調達可能な材料としては、

(1) セメント
(2) 砂利及び砂
(3) スレート（ Asbestos Cement Sheet ）
(4) レンガ及びコンクリートブロック
(5) 同上類似品

のみである。

つまり、鉄筋、鉄骨、鋼製建具等のみならず型枠材としての木板すら調達は難しく、照明器具、衛生器具、ペンキ、ガラス、配管材料、配線材料、空調機器等は、輸入材として、建設コストを計上せざるを得ない。

## 13.3 建設基準

工場建設に適用される当国の関連法規（設計基準）は、 Government Printing Center より発行されている次の基準がある。

(1) CAP 475 Town & Country Planning
(2) CAP 480 Local Goverment
(3) CAP 514 Factory
(4) CAP 535 Public health

但し、これ等の基準を解読してみると、具体的には British standard に依ることとなっており、基本設計及び詳細設計時には主として British standard を適用して行けば問題はない。（ National Housing Authority 及び Lusaka Urban Disrtict Council の Public Healthにても確認済み。）

設計図面は Public Health、Lusaka Urban District Council にて、着工前承認を

受ける必要がある。但し Design Calculation Sheetsの提出までは、必要としない。

パイロットプラントの概略設計に必要な、設計基準としては、 Public Health of Lusaka及び NHAより次の様な推薦を受けた。

(1) Soil bearing capacity shall be 100 KN/m²
(2) Wind pressure shall be 30 m/SEC
(3) Concrete compressive strength shall be 200 kg/cm²
(4) Reinforcing bar yield strength shall be of 250 N/mm² (ROUND BAR) and 410 N/mm² (Deformed bar)
(5) No earthquake shall be considered
(6) Imposed load on floor shall be of more than 0.25 KN/m²
(7) Top height of chimny shall be of 10ft above the plant building top
(8) The plant building shall have an adequate ventilation system

プラント機器（電気品についても）の基準に特に規程は無く、輸入先の基準に依っている。但し、本プラント実施の際は、プラント内の全機器の適用記述は統一する必要があるだろう。

## 13.4 工場建設計画

### 13.4.1 設備計画概要

セクション12.1及び12.2で示された豆炭及びコンロの製造設備を、機能的な工場として完成させる為の概要は次の通りとなる。

・建設場所　ルサカのナムヌンガ地区
・敷地面積　約12,000m²
・建設延床面積　約 3,150m²（平屋）
・建設概要
　a. 豆炭工場
　　・原料倉庫（約２週間分）
　　・豆炭製造工場
　　・乾燥工場及び製品倉庫
　b. コンロ工場
　　・製造工場
　　・製品倉庫
　c. 共通施設
　　・電気室

・事務所、便所
・守衛所

d. 外構工事
1式（植栽は除く）

e. 生産設備
Clause 12 に依る

f. 建築設備
・照明設備（屋外灯共）
・空調換気施設
・衛生設備
・消化栓設備

g. その他
・洗車スペース
・駐車スペース
・カーメンテナンス・スペース

### 13.4.2 概略設計方針

工事建屋は出来得るかぎり、現地で入手可能な材料を使用し、工法的にも現地人の手で工事が進められる建物として概略設計を行った。（添附図参照）その主な仕様は次のとおりである。

| | |
|---|---|
| ・基　　礎 | ：鉄筋コンクリート独立基礎 |
| ・　柱 | ：鉄筋コンクリート |
| ・屋根トラス | ：鉄骨造 |
| ・原料置場の壁 | ：鉄筋コンクリート |
| ・その他の壁 | ：レンガ又はコンクリート・ブロック |
| ・屋　根　材 | ：アスベスト・セメントシート（波型） |
| ・　床 | ：コンクリートコテ仕上 |
| ・道　　路 | ：コンクリート舗装 |
| ・フェンス | ：レンガ又はコンクリート・ブロック |
| ・照　　度 | ：・工場部分　200～ 300 lx |
| | ・事務所等　300～ 500 lx |
| | ・倉　庫　100～ 200 lx |
| | ・屋　外　10～ 20 lx |

・冷　暖　房　：・事務所及びラボラトリーのみ
・換　　気　：・原則として自然換気（部分的に強制換気）

現場工事事務所、材料置場、建設機械等はサイト内に設置する。材料置場の位置は工事進行とともに若干移動する必要がある。

### 13.4.3 概略水道光熱

工事稼動に必要な水、電気の使用量は概ね次の通りと考えられる。

・電　　力　：総設備容量　950Kw
（生産設備　850Kw、建築設備　100Kw）
需要率（同時使用率　70%）
運転時間：8時間／日、300日／年
年間使用電力量：約 1,600,000Kwh

・　水　：（工業用及び生活水合せて）
日当り使用量　約10㎥
年間使用量　約 3,000㎥

## 13.5 概略工事公定及び発注形態

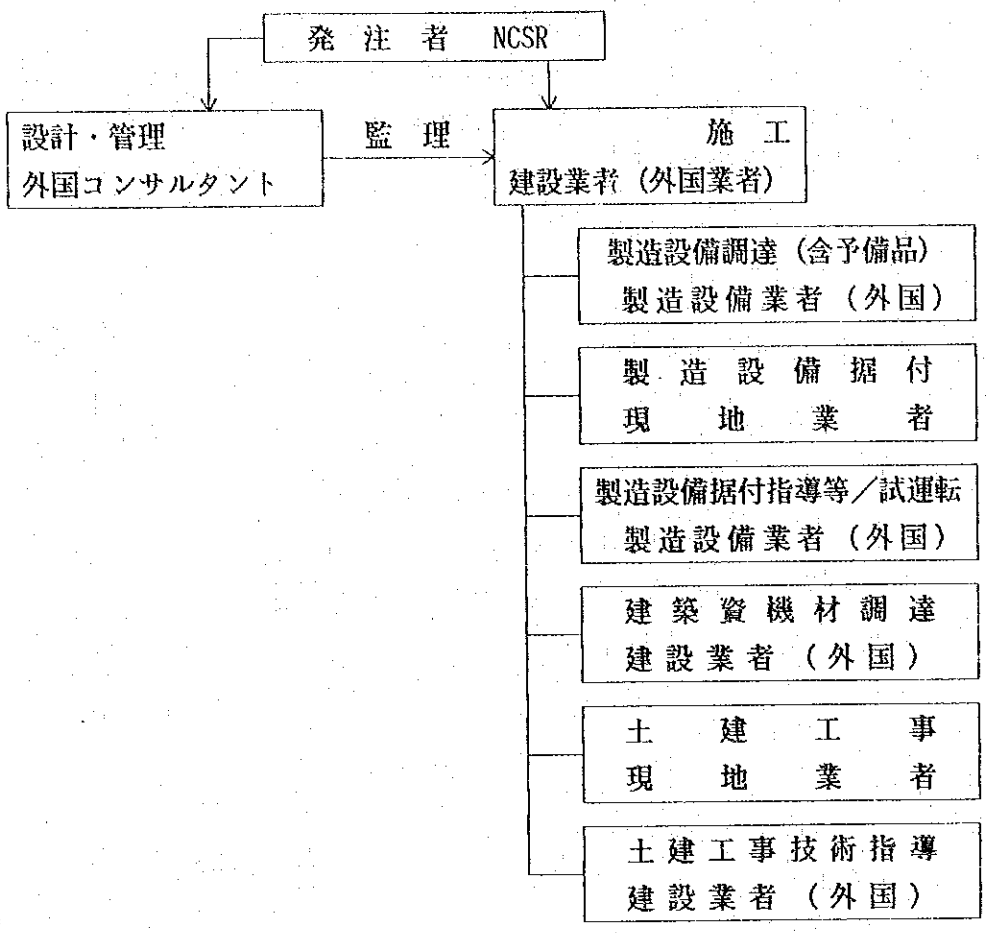
### 13.5.1 概略工事工程

本プロジェクトの建設工程は概略次頁の通りと想定される。

### 13.5.2 実行組織

本プロジェクトの実行組織は、製造設備の調達、据付指導、試運転調整、建築資材の調達等、本プロジェクトの特殊性を考慮すると、外国業者を主契約者とした次のような形態が実現性が高い。

工程と実行組織は次のことを前提とした。すなわち、資金調達後 NCSR は入札によりコンサルタント会社を入札にて選定、現地の調査、ベイシックデザイン、入札書類の作成等を行なわせる。次いでテンダーによりコントラクターを選定する。コントラクターは土建会社、プラントメーカーまたは商社でも良い。




### 13.5.3 資機材搬入ルート

輸入資機材は隣国タンザニア、ダルエスサラーム港よりルサカまで陸送する。このルートによる輸送は、必ずしも能率的ではないが、特に支障はない。

## 13.6 建設コスト

現地調査により収集した現地資材と労賃に関する情報と、調査団の調査による資機材、プラントコスト等から積算した。ベース時期は1986年３月である。結果を Table 13－６－１に示す。

NCSR はプロジェクトの所要資金を調達した上で入札により、外国コンサルタントを選定し、コンサルタントは、現地調査、設計及び、入札図書の作成を行う。

建設業者の選定はコンサルタントの作成した入札図書を基に行われ、選定後、NCSR との工事契約が行われる。

建設業者は、土建工事業者、プラント工事業者（ Manufacturer ）、又は商社となる場合が考えられるが、いずれにしろ、その組織は、前述の通りとするのが、本プロジェクトを完成に導く方法と考える。

Table 13-6-1 Construction Costs (Estimate)

As of March, 1986

| | Details<br>Type of work | Machinery and material expenses<br>Foreign currency FOB(¥1000) | Machinery and material expenses<br>Local currency (Kwacha) | Machinery weight<br>Ton | Local construction expenses<br>Foreign currency FOB(¥1000) | Local construction expenses<br>Local currency (Kwacha) | $M^3$ | Transport expenses<br>Foreign currency (¥1000) | TOTAL<br>Foreign currency (¥1000) | TOTAL<br>Local currency (Kwacha) | NOTES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Construction Work | 1 Coal briquettes process equipment | 423,000 | - | 185 | Include in 9 | 65,000 | 490 | 41,700 | 464,700 | 65,000 | |
| | 2 Carbonization equipment | 245,000 | - | 60 | do | 54,000 | 120 | 10,200 | 255,200 | 54,000 | |
| | 3 Clay stoves process equipment | 34,000 | - | 20 | do | 32,400 | 50 | 4,300 | 38,300 | 32,400 | |
| | 4 Electrical facility | 105,000 | - | 20 | do | 54,000 | 50 | 4,300 | 109,300 | 54,000 | |
| | 5 Supplemental equipment/ miscellaneous material | 26,000 | - | 15 | do | 10,000 | 40 | 3,400 | 29,400 | 10,000 | |
| | 6 Spare parts | 24,000 | - | 5 | - | - | 40 | 3,400 | 27,400 | - | |
| | 7 Civil & building works | 128,000 | 2,590,000 | 200 | Include in 11 | 1,950,000 | 500 | 30,000 | 158,000 | 4,540,000 | Half of the imported materials are from neighbouring nations |
| | 8 Transport system | 32,400 | - | 45 | - | - | 260 | 21,600 | 54,000 | - | |
| | 9 S.V. for test-operation Adjustment/Installation | - | - | - | 90,000 | - | - | - | 90,000 | - | |
| | 10 Temporary work expenses | 20,000 | 510,000 | 10 | Include in 11 | 400,000 | 50 | 4,300 | 24,300 | 910,000 | Includes expenses for electricity, water, sewage |
| | 11 Overhead | - | - | - | 84,400 | 650,000 | - | - | 84,400 | 650,000 | Includes local expenses |
| | Total construction cost | 1,037,400 | 3,100,000 | 560 | 174,400 | 3,215,400 | 1,600 | 123,200 | 1,335,000 | 6,315,400 | |
| Engineering | 12 Field survey, design, Preparation of Tender documents | 75,900 | | | | | | | 75,900 | | |
| | 13 S.V. dispatch expenses | 96,000 | | | | | | | 96,000 | | |
| | Total engineering costs | 171,900 | | | | | | | 171,900 | | |
| | TOTAL | 1,209,300 | 3,100,000 | 560 | 174,400 | 3,215,400 | 1,600 | 123,200 | 1,506,900 | 6,315,400 | |

# 第14章　総所要資金

## 14.1　概　論

本章では、プラントを操業するまでに必要な総所要資金を、以下の費用の合計と定義し、構成項目毎に説明を加える。

・プラント建設費
・操業前費用
・初期運転資金
・建中金利

## 14.2　主要前提条件

総所要資金の算出は、以下の前提条件に基づいて行うものとする。

### 14.2.1　価格の基準

1986年３月現在の価格を、計算の基準とする。

外貨ポーションに関しては、日本の物価事情を考慮し、固定価格とする。即ち、日本における機械類の卸売物価指数及び輸出物価指数は、Table 14－２－１に示す様に1980年以降ほとんど上昇していないため、日本で機器類を調達すると仮定している本調査では、インフレ率をゼロに設定する。

Table 14－2－1 Price Index

| | Domestic Wholesale Price Index | Export Price Index |
|---|---|---|
| 1980 | 100.0 | 100.0 |
| 1981 | 101.4 | 101.2 |
| 1982 | 101.9 | 105.1 |
| 1983 | 101.2 | 98.8 |
| 1984 | 101.3 | 99.4 |
| 1985 | 100.5 | 98.0 |
| Average (1980－84) | 101.1 | 100.4 |

Source : Price Indexes Annual, Bank of Japan

内貨ポーションは、 NCSR との協議に基づき、インフレ率をゼロとする。

### 14.2.2 資金源

内貨ポーションは、 NCSR の自己資金、または、高等教育省等の政府機関からの援助金により支払われるものとする。外貨ポーションは、適切な条件の長期借入金により充当される。本スタディーでは、財務評価のために、年利３％の長期借入金を想定する。（第16－２節参照）

## 14.3 総所得資金の要約

上記の資金源を想定した場合の、総所要資金の要約をTable 14－３－１に示す。

Table 14－3－1 Total Capital Requirement

| Items | Foreign Currency (Million Yen) | Local Curreny (1000 Kwachas) |
|---|---|---|
| Plant Construction Cost | 1506.9 | 6315.4 |
| 1. Land Aquisition | 0.0 | 0.0 |
| 2. Machinery & Equipment | 889.4 | 0.0 |
| 3. Material for Building | 148.0 | 0.0 |
| 4. Transportation & Insurance | 123.2 | 0.0 |
| 5. Engineering | 171.9 | 0.0 |
| 6. Civil & Building | 84.4 | 6100.0 |
| 7. Erection | 0.0 | 215.4 |
| 8. Supervision | 75.0 | 0.0 |
| 9. Commissioning | 15.0 | 0.0 |
| Per-operation Expense | 0.0 | 9.4 |
| Initial Working Capital | 0.0 | 5.0 |
| Interst during Construction | 15.9 | 0.0 |
| Total | 1522.8 | 6329.8 |

## 14.4 プラント建設費

プラント建設費は、以下の項目からなる。

(1) 土地代：

本プロジェクトに必要なナムヌンガの用地は、NCSR が既に手配したジョージタウン南側用地と交換できるので、本プロジェクト実施のための新たな出費は不要である。

(2) 機器代：

Table 14－4－1に豆炭、陶製コンロ及び付帯設備のための機器及びスペアパーツのコストを示す。機器の価格は、全ての機器が日本で調達されるとの仮定に基づいて算出した。

Table 14－4－1　Summary of Machinery & Equipment Expense

(Unit : Million Yen)

| Type of Equipment | Machinery & Equipment Expense * |
|---|---|
| 1. Coal Briquettes Process | 423.0 |
| 2. Carbonization Process | 245.0 |
| 3. Clay Stove Process | 34.0 |
| 4. Electrical Facility | 105.0 |
| 5. Transport System (Trucks) | 32.4 |
| 6. Supplemental Equipment | 26.0 |
| 7. Spare Parts (for 1 year) | 24.0 |
| Total | 889.4 |

* FOB Japan

(3) 建設資材：

輸入によりまかなわれる建設資材費を、本項に計上する。

(4) 海上輸送及び保険代：

機器及び資材を日本よりタンザニアのダルエスサラーム経由で、ルサカのプラントサイトまで輸送する際の輸送費及び保険代金を計上する。

(5) エンジニアリング費：

ボーリング調査、測量等設計に必要な調査費用及び、プラントの設計費用を計上する。

(6) 土木工事費：

整地、基礎工事等に必要な費用。

(7) プラント据付費：

プラントの据付、組立等のための人件費及び、資機材等の費用を含む。

(8) 監督費：

プラント建設のための、スーパーバイザーの人件費として、外国人技術者の人件費 7,500万円（30人・月）を見込む。

(9) コミッショニングフィー：

コミッショニングフィーとは、コントラクターがプラント建設を終了し、発注者にプラントを引き渡たす際に行なう、各機器の立ち上がり及び、性能保障運転に係わる費用である。本調査では、コントラクターより派遣される運転指導員の人件費 1,500万円（6人・月）を見込む。

## 14.5 操業前費用

プラント操業開始前には、種々の費用が必要である。本調査では試運転（1か月、50%稼動）に必要な、以下の費用を見込む。

・プラント運転要員の人件費： 5,000K（6人・月）

・原料及び用役費： 4,410K

## 14.6 初期運転費用

プラントの運転開始時には、プラントの操業をスムーズに行なうために、種々の費用が必要である。通常この費用には、スペアパーツ、原材料の購入費などが挙げられるが、本プロジェクトでは、スペアパーツはプラント建設費に含まれており、原材料の入手も容易であるため、人件費の1か月分の現金 5,000Kを、初期運転資金として準備するものとする。

## 14.7 建中金利

プラントの建設期間中の金利は、プラント建設資金の支払いスケジュールに基づき、算出される。本調査では、財務分析の実施を目的に、プラント建設費は契約3か月後に20%、9か月後に30%、完成時（15か月後）に50%が支払われるものとする。プラント建設期間中の所要資金の投資スケジュールを、Table 14－7－1に示す。

Table 14－7－1 Expenditure Schedule of Total Capital Requirement

| | 1st time | | 2nd time | | 3rd time | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Foreign * | Local ** | Foreign * | Local ** | Foreign * | Local ** | Foreign * | Local ** |
| Plant Construction Cost | 301.4 | 1263.1 | 452.1 | 1894.6 | 753.5 | 3157.7 | 1506.9 | 6315.4 |
| Pre-operation Expense | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 9.4 | 0.0 | 9.4 |
| Initial Working Capital | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.0 | 0.0 | 5.0 |
| Interst during Construction | 0.0 | 0.0 | 4.5 | 0.0 | 11.4 | 0.0 | 15.9 | 0.0 |
| Total | 301.4 | 1263.1 | 456.6 | 1894.6 | 764.8 | 3172.1 | 1522.8 | 6329.4 |

* Million Yen

** Thousand Kwachas

## 第15章　運転費用

### 15.1　概　要

本章では、豆炭と陶製コンロの生産に必要となる費用をまとめる。運転費用は変動費と固定費から成り、変動費には原材料費（石炭スラリー、バガス、モラシス、消石灰、粘土、石膏等）及び用役費（電気、水）が含まれる。固定費はプラントの稼動率に依存しない費用であり、直接人件費、修繕費、保険料および雑費が、含まれるものとする。

### 15.2　変動費

豆炭及び陶製コンロの生産に必要な変動費を、Table 15－2－1にまとめる。原材料及び用役の年間消費量及び年間経費の算出にあたっては、豆炭 1,000トン及び陶製コンロ 4,000個を生産するものとする。また、石炭スラリー、バガス等の原料は、トラックで輸送されるものとして、価格（輸送費）を計算する。

Table 15 －2－1　Summary of Variable Operating Expenses

(Unit : Kwachas/year)

| | Coal Briquette | Clay Stove |
|---|---|---|
| Coal Slurry | 49,171 | — |
| Bagasse | 18,266 | — |
| Molasses | 6,143 | — |
| Slaked Lime | 12,337 | — |
| Clay | — | 1,562 |
| Grog | — | 4 |
| Plaster | — | 400 |
| Electricity | 19,086 | 3,875 |
| Water | 855 | 285 |
| Total | 105,858 | 6,126 |

### 15.2.1 石炭スラリー

本計画では、マンバ炭鉱の石炭スラリーを主原料として利用する。このスラリーは、未利用のままポンドに放置されており、マンバ炭鉱より無償で供給される。それゆえ、プラントサイトでの石炭スラリーの価格は、輸送コストに等しい。豆炭 1,000トンを製造するのに必要な石炭スラリーの量及び輸送費はそれぞれ、 1,214トン、49,171Kである。

### 15.2.2 バガス

ナカンバラ製糖工場で野積みされている余剰バガスが、無料で供給される計画である。プラントサイトでのバガスの価格は、石炭スラリー同様、輸送コストのみにより決定される。豆炭 1,000トンを製造するのに必要なバガスの量は 940トンであり、ナカンバラからプラントサイトまでの輸送コストは、第6章で述べた様に18,266Kである。

### 15.2.3 モラシス

豆炭の粘結剤として利用されるモラシスは、ナカンバラ砂糖公社より供給される。現在ナカンバラ砂糖公社は、40K／トンでモラシスを販売しており、本プロジェクトにおいても、同一価格で購入可能である。プラントサイトでのモラシスの価格は、上記の価格に輸送コストを加えることにより算出される。

以下にモラシスのコストをまとめる。

－原 料 単 価： 40K／トン
－年 間 消 費 量： 123トン
－年 間 購 入 費： 4,920K
－年 間 輸 送 費： 1,223K
－年 間 経 費： 6,143K

### 15.2.4 消 石 灰

豆炭のイオウ除去剤として用いられる消石灰は、ルサカ市内で、11K／25kgの価格で入手可能である。豆炭 1,000トンを生産するのに必要な石灰の量は、28トンであり、その輸送に必要な経費は、16.8Kである。従って消石灰に係わる年間の原料費は

12,337Kとなる。

### 15.2.5 粘 土

本計画で陶製コンロの主原料として用いる粘土は、ルサカ市内で充分な量が入手可能である。プラントサイトでの粘土の価格は、原価の30K／トンに輸送費の 0.5K／トンを加えた30.5K／トンである。 4,000個の陶製コンロを製造するのに必要な粘土の量は、51.2トンである。

### 15.2.6 耐火レンガ砕（ Grog ）

陶製コンロの副原料として用いる耐火レンガは、セメント工場、製油所、その他工場から、炉の改修時に極めて安価に入手できる。従って、耐火レンガ砕のコストは輸送費のみとし、輸送費は粘土と等しい 0.5K／トンとする。 4,000個のコンロを製造するのに必要な耐火レンガ砕は、 8 トンである。

### 15.2.7 石 膏

陶製コンロの石膏型を作るのに用いられる粉末石膏は、ルサカ市内で、 2,500K／トンで入手可能である。 4,000個の陶製コンロを生産するのに必要な石膏の量は、160kgである。

### 15.2.8 電 気

電気は、ザンビア電気供給公社（ ZESCO) より、0.0287K／Kwh の価格で供給される。 1,000トンの豆炭を生産するのに必要な電力量は、665,000 Kwh 、 4,000個の陶製コンロを生産するのに必要な電力量は、135,000 Kwh である。

### 15.2.9 水

1,000トンの豆炭、及び、 4,000個の陶製コンロを生産するのに必要な水の量は、それぞれ、 2,250トン、 750トンである。工業用水の単価は、使用量に応じて、以下に示す様に変化する。

・ 36トン未満　　：　11K／月

・ 36～ 135.9トン／月：0.34K／トン
・ 136～ 235.9トン／月：0.36K／トン
・ 236～ 335.9トン／月：0.38K／トン
・ 336～ 435.9トン／月：0.40K／トン
・ 436トン以上　　：0.42K／トン

## 15.3 固定費

設備の減価償却、及び、借入金利を除いた固定費を、以下にまとめる。

### 15.3.1 直接人件費

直接人件費の要約を以下に示す。プラントの操業に必要な人員の数は、第12章に示した製造工程に基づき、決定した。労務単価は、ザンビアの区分でテクニシャンと呼ばれる比較的教育程度の高い人材を雇用するものとし、10,000K／人・年とした。また、チーフエンジニアの人件費は20,000K／人・年であるが、操業時間が 1,000時間／年と少ないことを考慮し、本プロジェクトの負担を50%とした。

| | |
|---|---|
| ・チーフエンジニア | 1名 (10,000K／年) |
| ・豆炭製造要員 | 3名 (30,000K／年) |
| ・コンロ製造要員 | 2名 (20,000K／年) |
| 合　計 | 6名 (60,000K／年) |

### 15.3.2 補修費

プラントの保守、修理に必要な費用は、人件費とスペアパーツ代に大別される。本調査では上記作業は、プラントの運転要員が中心となって行い、必要に応じて NCSR の専門工が行うものとする。それゆえ人件費はゼロとし、スペアパーツ代として 1,000,000K／年（プラントコストの 1.5%に相当）を見込む。

### 15.3.3 保険料

年間の保険料として、プラント代金の0.25%（ 157,000K）を見込む。

### 15.3.4 雑　費

本調査における雑費には、以下の費用が含まれるものとする。

・間接人件費

・事務所経費

・その他経費

年間の雑費は、 NCSR との協議に基づき、10,000Kとした。

## 15.4 運転費用の要約

豆炭 1,000トン、及び、陶製コンロ 4,000個を生産する際に必要な年間運転費用を、Table 15－4－1にまとめる。

Table 15－4－1 Summary of Operating Expenses

| | (Unit : Kwachas) |
|---|---|
| Variable Operating Expenses | 111,984 |
| ・ Coal Slurry | 49,171 |
| ・ Bagasse | 18,266 |
| ・ Molasses | 6,143 |
| ・ Slaked Lime | 12,337 |
| ・ Clay | 1,562 |
| ・ Grog | 4 |
| ・ Plaster | 400 |
| ・ Electricity | 22,961 |
| ・ Water | 1,140 |
| Fixed Operating Expenses | 1,227,000 |
| ・Direct Labor | 60,000 |
| ・Maintenance | 1,000,000 |
| ・Insurance | 157,000 |
| ・Miscellaneouse | 10,000 |
| Total Operating Expenses | 1,338,984 |

# 第16章　財務分析

## 16.1　財務分析手法

本財務分析では、まず通常の工業投資プロジェクトに用いられる財務分析手法により、本プロジェクトの財務評価を行う。すなわち、総所要資金、製品の製造コストなどの費用と販売収入を基に、以下の財務諸表を作成し、内部収益率（IRR：Internal Rate of Return）を算出し、財務評価を行う。（ケース1）

・製造原価表
・損益計算書
・資金繰表
・貸借対照表
・現金流入表

上記の手法で財務分析を行い、その結果がインフィージブルになった場合には、総所要資金から建設費と建中金利を除外して、再度財務分析を行う。（ケース2）

建設費と建中金利を除外しても、インフィージブルになった場合は、設備費としての性格の強いスペアーパーツ費用と保険料を除外して財務分析を行う。（ケース3）

それでも、プラント運営が不可能であることが判明した場合は、商品として使用可能な豆炭とコンロを生産でき、かつ研究目的にもかなう、ベンチスケールプラントの設計、コスト積算、運転費用等を検討する。（ケース4）

## 16.2　財務分析の主要前提条件

本計画の財務分析を行うのに必要な主要前提条件を以下にまとめる。

(1)　プロジェクトの期間

建設期間：15か月

運転期間：10年

(2)　価格の基準

財務分析で用いる建設費、製造コスト、製品価格については、1986年3月固定価格とし、エスカレーションは見込んでいない。計算は全て現地通貨で行い、外貨分の費用は、以下の換算レートを用いて、現地通貨（Kwacha）に換算する。

・ＵＳ＄　1＝6.76 Kwachas
・Kwacha　1＝26.6円

(3) 生産能力

・豆　　炭　：1000トン／年

・陶製コンロ：4000個／年

(4) 稼動率

・初年度　：　50%

・２年度　：　70%

・３年以降：　100%

(5) 販売計画

上記の運転計画に基づき、生産される豆炭および陶製コンロは全量、以下の価格で販売されるものとする。

・豆　　炭　：　200 Kwachas／トン

・陶製コンロ：8 Kwachas／個

(6) 資金計画

本プロジェクトの総所要資金は、第14章“総所要資金”で述べられた如く調達される。本財務分析も同章に準ずるが、その条件及び、操業開始後資金不足が発生した場合に導入される短期借入金条件を以下に示す。

(a) 総所要資金の調達方法

・内貨部分：NCSR の自己資金または、高等教育省等の政府機関からの援助金

・外貨部分：長期借入金

(b) 長期借入金条件

・金利：３% p.a.

・返済：20回／10年、元本定額返済

・返済免除期間：操業開始後５年間

・建中金利は、借入金元本に繰り入れるものとする。

(c) 短期借入金

・金利：26% p.a.

・返済：翌年全額返済

(7) 減価償却

減価償却方法は、下記の通りとする。

| | 償却方法 | 残存価値（%） |
|---|---|---|
| 機器及び機械類 | 30%定率 | — |
| 建屋及び土木 | 20年定額 | 0 |
| 操業前費用 | 20年定額 | 0 |
| 建中金利 | 償却不可 | — |

(8) 税　金

本プロジェクトは、ナショナルプロジェクトであり、税金は全て免除されるものとする。

(9) 運転資金

運転資金とは、プラントの操業を続けるのに必要な資金である。本調査では、以下に示す流動資産から、流動負債を差し引いた額と定義する。

(a) 流動資産

・現　　金：直接人件費の１か月分を、現金で保有する。

・売掛金　：売上金の受取り猶余期間を１か月と想定し、売上げ収入の１か月分を計上する。

・原料在庫：粘土を除く原材料費の２週間分と、６か月分の粘土を計上する。

・製品在庫：運転費用の２週間分に相当する金額を計上する。

(b) 流動負債

・買掛金　：原材料費及び用役費の支払猶余期間を１か月分とし、これら費用の１か月分を計上する。

## 16.3 運転費用

第15章で詳述された本プロジェクトの運転費用は、操業率に応じて変動する。財務分析前提条件に示した操業率における運転費用を、Table 16－３－１に示す。固定費の豆炭製造及びコンロ製造への配分は、以下の条件に基づき算出した。

・直接人件費は、運転要員の数に応じて配分する。チーフの人件費は豆炭の負担とする。

・修繕費と保険代は、豆炭プラントとコンロプラントの建設費の比率を考慮し、

95：5の比率に配分する。

・雑費は、直接人件費同様、運転要員の数に応じて配分する。

Table 16－3－1 Summary of Operating Expenses

(Unit : Thousand Kwachas)

| Year | 1 | 2 | 3－10 |
|---|---|---|---|
| 《Coal Briquettes》 | | | |
| Variable Operating Expenses | 66.87 | 82.46 | 105.87 |
| Coal Slurry | 33.09 | 39.52 | 49.17 |
| Bagasse | 14.08 | 15.76 | 18.27 |
| Molasses | 3.62 | 4.63 | 6.14 |
| Slaked Lime | 6.16 | 8.62 | 12.34 |
| Electricity | 9.54 | 13.36 | 19.09 |
| Water | 0.38 | 0.57 | 0.86 |
| Fixed Operating Expenses | 1,145.82 | 1,145.82 | 1,145.82 |
| Direct Labor | 40.00 | 40.00 | 40.00 |
| Maintenance | 950.00 | 950.00 | 950.00 |
| Insurance | 149.15 | 149.15 | 149.15 |
| Miscellaneouse | 6.67 | 6.67 | 6.67 |
| Total Operating Expenses | 1,212.69 | 1,228.28 | 1,251.69 |
| 《Clay Stoves》 | | | |
| Variable Operating Expenses | 3.05 | 4.27 | 6.12 |
| Clay | 0.78 | 1.09 | 1.56 |
| Grog | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Plaster | 0.20 | 0.28 | 0.40 |
| Electricity | 1.94 | 2.71 | 3.87 |
| Water | 0.13 | 0.19 | 0.29 |
| Fixed Operating Expenses | 81.18 | 81.18 | 81.18 |
| Direct Labor | 20.00 | 20.00 | 20.00 |
| Maintenance | 50.00 | 50.00 | 50.00 |
| Insurance | 7.85 | 7.85 | 7.85 |
| Miscellaneouse | 3.33 | 3.33 | 3.33 |
| Total Operating Expenses | 84.24 | 85.46 | 87.31 |

## 16.4 総所要資金を全て含めた場合の財務分析（ケース1）

### 16.4.1 総所要資金

(1) 総所要資金の内訳

第14章で詳述した本プロジェクトの総所要資金は、財務分析の実施を目的として、Table 16－4－1に示す様にまとめられる。

Table 16－4－1 Total Capital Requirement

(Unit : Thousand Kwachas)

| | |
|---|---|
| Plant Construction Cost | |
| ・Machinery & Equipment | 48,128.9 |
| ・Building & Structure | 14,836.8 |
| Pre-operation Expense | 9.4 |
| Initial Working Capital | 5.0 |
| Interst during Construction | 597.7 |
| Total | 63,577.9 |

(2) 総所要資金の出費スケジュール

上述の総所要資金は、建設期間中において、Table 16－4－2に示されるように出費される。

Table 16－4－2 Expenditure Schedule of Total Capital Requirement

(Unit : Thousand Kwachas)

| | 1st year | | 2st year | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Foreign | Local | Foreign | Local | Foreign | Local |
| Plant Construction Cost | 11330.1 | 1263.1 | 45320.3 | 5052.3 | 56650.4 | 6315.4 |
| Pre-operation Expense | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 9.4 | 0.0 | 9.4 |
| Initial Working Capotal | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.0 | 0.0 | 5.0 |
| Interst during Construction | 0.0 | 0.0 | 597.7 | 0.0 | 597.7 | 0.0 |
| Total | 11330.1 | 1263.1 | 45918.0 | 5066.7 | 57248.1 | 6329.8 |
| | 12593.2 | | 50984.7 | | 63577.9 | |

### 16.4.2 財務分析結果

プラント建設費、建中金利等、全ての投資コストを考慮した場合の財務分析結果を、以下の財務諸表にまとめる。

・損益計算書　　(Table 16－4－3)
・資金繰表　　(Table 16－4－4)
・現金流入表　　(Table 16－4－5)

本ケースの場合、極めて低利で有利な長期借入金を想定しているにもかかわらず、操業期間のいずれの年度においても資金不足を生じ、この資金不足を補うために導入される短期借入金の金利が、プロジェクトの資金繰りをより圧迫している。資金不足を解消する手段として、操業期間中に発生する資金不足を何らかの援助金で補塡するとしても、その総額は 5,500万K余にのぼり、その様に多額の援助をザンビア政府に期待することは困難であろう。また、操業終了後に残存する長期借入金残金（約 2,862万K）の返済のための、資金調達も大きな問題である。

一方、製品価格を変更することも、プロジェクトの採算性を改善する一手段であるが、プロジェクト終了時に残存する長期借入金残金を完済するためには、製品価格を約40倍に上げる必要がある。しかし、その様な価格設定は非現実的である。

更に、キャッシュフロー分析においては、Table 16－4－5に示した様に、全ての年度においてマイナスキャッシュフローとなり、IRR の算出は不可能である。

以上の観点から、本ケースにおけるプロジェクトの採算性は極めて悪く、企業として成り立ち得ないと結論づけられる。それゆえ、本調査では第16－1節で述べた様に、建設費と建中金利を除外した場合における、本計画の財務評価を次節で行う。

# Table 16-4-3 Profit and Loss Statement (Case-1)

(Unit:'000 Kyachas)

| Project Year | -2 | -1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sales Revenue | | | | | | | | | | | | | |
| Coal Briquettes | -- | -- | 100.00 | 140.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 1,840.00 |
| Clay Stoves | -- | -- | 16.00 | 22.40 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 294.40 |
| Total | -- | -- | 116.00 | 162.40 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 2,134.40 |
| Costs & Expenses | | | | | | | | | | | | | |
| *Variable Operating Expenses | | | | | | | | | | | | | |
| Coal Sturry | -- | -- | 33.09 | 39.52 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 465.97 |
| Bagasse | -- | -- | 14.08 | 15.76 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 175.97 |
| Molasses | -- | -- | 3.62 | 4.63 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 57.39 |
| Slaked Lime | -- | -- | 6.16 | 8.62 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 113.48 |
| Clay | -- | -- | 0.78 | 1.09 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 14.37 |
| Grog | -- | -- | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 |
| Gypsum | -- | -- | 0.20 | 0.28 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 3.68 |
| Electricity | -- | -- | 11.48 | 16.07 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 211.23 |
| Water | -- | -- | 0.51 | 0.76 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 10.39 |
| Sub-total | -- | -- | 69.92 | 86.73 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 1,052.52 |
| *Fixed Operating Expenses | | | | | | | | | | | | | |
| Direct Labor | -- | -- | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 600.00 |
| Maintenance | -- | -- | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 10,000.00 |
| Insurance | -- | -- | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 1,570.00 |
| Miscellaneoüse | -- | -- | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 100.00 |
| Sub-total | -- | -- | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 12,270.00 |
| Total | -- | -- | 1,296.92 | 1,313.73 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,338.98 | 13,322.52 |
| Depreciation | -- | -- | 15,181.23 | 10,849.63 | 7,817.51 | 5,695.02 | 4,209.28 | 3,169.27 | 2,441.26 | 1,931.65 | 1,574.92 | 1,325.21 | 54,194.98 |
| Interest on Long-term Loan | -- | -- | 1,717.43 | 1,717.43 | 1,717.43 | 1,717.43 | 1,717.43 | 1,674.50 | 1,502.75 | 1,331.01 | 1,159.27 | 987.52 | 15,242.23 |
| Interest on Short-term Loan | -- | -- | 0.00 | 755.95 | 1,699.32 | 2,876.92 | 4,359.27 | 6,227.02 | 10,057.68 | 14,839.65 | 20,820.28 | 28,311.22 | 89,947.31 |
| Profit before Tax | -- | -- | -18,079.59 | -14,474.34 | -12,341.25 | -11,396.36 | -11,392.97 | -12,177.77 | -15,108.67 | -19,209.29 | -24,661.45 | -31,730.94 | -170,572.63 |
| Income Tax | -- | -- | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Profit after Tax | -- | -- | -18,079.59 | -14,474.34 | -12,341.25 | -11,396.36 | -11,392.97 | -12,177.77 | -15,108.67 | -19,209.29 | -24,661.45 | -31,730.94 | -170,572.63 |

***

# Table 16-4-4 Fund Flow Table (Case-1)

(Unit:'000 Kyachas)

| Project Year | -2 | -1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sources of Fund | | | | | | | | | | | | | |
| Profit after Tax | 0.00 | 0.00 | -18,079.59 | -14,474.34 | -12,341.25 | -11,396.36 | -11,392.97 | -12,177.77 | -15,108.67 | -19,209.29 | -24,661.45 | -31,730.94 | -170,572.63 |
| Depreciation | 0.00 | 0.00 | 15,181.23 | 10,849.63 | 7,817.51 | 5,695.02 | 4,209.28 | 3,169.27 | 2,441.26 | 1,931.65 | 1,574.92 | 1,325.21 | 54,194.98 |
| Equity | 1,263.10 | 5,066.71 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6,329.81 |
| Long-term Loan | 11,330.10 | 45,917.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 57,247.80 |
| Short-term Loan | 0.00 | 0.00 | 2,907.49 | 6,535.86 | 11,065.07 | 16,766.41 | 23,950.09 | 38,683.38 | 57,075.57 | 80,078.00 | 108,889.31 | 145,001.55 | 490,952.73 |
| Increase in Account Payable | 0.00 | 0.00 | 5.83 | 1.40 | 2.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -9.33 | 0.00 |
| Sub-total | 12,593.20 | 50,984.41 | 14.96 | 2,912.54 | 6,543.44 | 11,065.07 | 16,766.41 | 29,674.87 | 44,408.16 | 62,800.35 | 85,802.78 | 114,586.49 | 438,152.69 |
| Applications of Fund | | | | | | | | | | | | | |
| Plant Construction | 12,593.20 | 50,372.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 62,965.80 |
| Pre-operation Expense | 0.00 | 9.41 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.41 |
| Initial Working Capital | 0.00 | 5.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.00 |
| Interest during Construction | 0.00 | 597.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 597.40 |
| Increase in Account Recievable | 0.00 | 0.00 | 9.67 | 3.87 | 5.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -19.33 | 0.00 |
| Increase in Inventory | | | | | | | | | | | | | |
| Raw Materials | 0.00 | 0.00 | 2.38 | 0.49 | 0.73 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -3.60 | 0.00 |
| Products | 0.00 | 0.00 | 2.91 | 0.70 | 1.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -4.67 | 0.00 |
| Repayment on Long-term Loan | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5,724.78 | 5,724.78 | 5,724.78 | 5,724.78 | 5,724.78 | 28,623.90 |
| Repayment on Short-term Loan | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2,907.49 | 6,535.86 | 11,065.07 | 16,766.41 | 23,950.09 | 38,683.38 | 57,075.57 | 80,078.00 | 108,889.31 | 345,951.18 |
| Sub-total | 12,593.20 | 50,984.41 | 14.96 | 2,912.54 | 6,543.44 | 11,065.07 | 16,766.41 | 29,674.87 | 44,408.16 | 62,800.35 | 85,802.78 | 114,586.49 | 438,152.69 |
| Surplus Funds | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Accumlated Surplus Funds | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

***

# Table 16-4-5 Cash Flow Table (case-1)

(Unit:'000 Kwachas)

| Project Year | -2 | -1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cash Inflow | | | | | | | | | | | | | |
| *Sales Revenue | | | | | | | | | | | | | |
| Coal Briquettes | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 140.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 1,840.00 |
| Clay Stoves | 0.00 | 0.00 | 16.00 | 22.40 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 294.40 |
| Total Cash Inflow | 0.00 | 0.00 | 116.00 | 162.40 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 2,134.40 |
| Cash Outflow | | | | | | | | | | | | | |
| *Investment | 12,593.20 | 50,387.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 62,980.21 |
| *Variable Opreating Expenses | | | | | | | | | | | | | |
| Coal Slurry | 0.00 | 0.00 | 33.09 | 39.52 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 465.97 |
| Bagasse | 0.00 | 0.00 | 14.08 | 15.76 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 175.97 |
| Molasses | 0.00 | 0.00 | 3.62 | 4.63 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 57.39 |
| Slaked Lime | 0.00 | 0.00 | 6.16 | 8.62 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 113.48 |
| Clay | 0.00 | 0.00 | 0.78 | 1.09 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 14.37 |
| Grog | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 |
| Gypsum | 0.00 | 0.00 | 0.20 | 0.28 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 3.68 |
| Electricity | 0.00 | 0.00 | 11.48 | 16.07 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 211.23 |
| Water | 0.00 | 0.00 | 0.51 | 0.76 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 10.39 |
| Sub-total | 0.00 | 0.00 | 69.92 | 86.73 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 1,052.52 |
| *Fixed Operating Expenses | | | | | | | | | | | | | |
| Direct Labor | 0.00 | 0.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 600.00 |
| Maintenance | 0.00 | 0.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 10,000.00 |
| Insurance | 0.00 | 0.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 1,570.00 |
| Miscellaneouse | 0.00 | 0.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 100.00 |
| Sub-Total | 0.00 | 0.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 12,270.00 |
| *Working Capital Increase | 0.00 | 0.00 | 9.13 | 3.65 | 5.48 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -18.26 | 0.00 |
| Total Cash Outflow | 12,593.20 | 50,387.01 | 1,306.06 | 1,317.39 | 1,344.46 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,320.72 | 76,302.73 |
| Net Cash Flow | -12,593.20 | -50,387.01 | -1,190.06 | -1,154.99 | -1,112.46 | -1,106.98 | -1,106.98 | -1,106.98 | -1,106.98 | -1,106.98 | -1,106.98 | -1,088.72 | -74,168.33 |
| Cumlative Cash Flow | -12,593.20 | -62,980.21 | -64,170.27 | -65,325.25 | -66,437.71 | -67,544.69 | -68,651.68 | -69,758.66 | -70,865.64 | -71,972.62 | -73,079.61 | -74,168.33 | -- |

***

## 16.5 プラント建設費と建中金利をゼロと仮定した場合の財務分析（ケース2）

### 16.5.1 総所要資金

プラント建設費と建中金利をゼロと仮定した場合の総所要資金は、操業前費用（9,410K）と初期運転資金（5,000K）の合計の14,410Kとなる。

### 16.5.2 財務分析結果

本ケースにおける財務分析結果を以下の財務諸表にまとめる。

- 製造原価計算書　(Table 16－5－1)
- 損益計算書　(Table 16－5－2)
- 資金繰表　(Table 16－5－3)
- 現金流入表　(Table 16－5－4)

本プロジェクトの採算性は、Table 16－5－2及び Table 16 －5－3からも明らかな様に、たとえプラント建設費と建中金利を除外しても、極めて不良である。即ち、各年の運転費用が製品の販売収入を上回り、各年のキャッシュフローも全てマイナスキャッシュフローとなっている。製造原価の内訳は Table 16 －5－1に示す様に、固定費の占める割合が異常に高い。とりわけ、プラントの修繕費と保険料は、年間の販売収入の約5倍となり、販売収入を大幅に上回る。すなわち、以上の修繕費と保険代を除外した運転費用は、販売収入を下回っている。換言すれば、外部によるプラント修繕費と保険代の負担がなければ、プラントの運営は不可能である。

## Table 16-5-1 Production Cost Accounting Table (Case-2)

(Unit:'000 Kwachas)

| Project Year | -2 | -1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| << Coal Briquettes >> | | | | | | | | | | | | | |
| Production Volume (tons/year) | -- | -- | 500 | 700 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 9,200 |
| Variable Operating Expenses | | | | | | | | | | | | | |
| Coal Slurry | -- | -- | 33.09 | 39.52 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 465.97 |
| Bagasse | -- | -- | 14.08 | 15.76 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 175.97 |
| Molasses | -- | -- | 3.62 | 4.63 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 57.39 |
| Slaked Lime | -- | -- | 6.16 | 8.62 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 113.48 |
| Electricity | -- | -- | 9.54 | 13.36 | 19.09 | 19.09 | 19.09 | 19.09 | 19.09 | 19.09 | 19.09 | 19.09 | 175.59 |
| Water | -- | -- | 0.38 | 0.57 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 7.79 |
| Sub-total | -- | -- | 66.87 | 82.46 | 105.86 | 105.86 | 105.86 | 105.86 | 105.86 | 105.86 | 105.86 | 105.86 | 996.19 |
| Fixed Operating Expenses | | | | | | | | | | | | | |
| Direct Labor | -- | -- | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 400.00 |
| Maintenance | -- | -- | 950.00 | 950.00 | 950.00 | 950.00 | 950.00 | 950.00 | 950.00 | 950.00 | 950.00 | 950.00 | 9,500.00 |
| Insurance | -- | -- | 149.15 | 149.15 | 149.15 | 149.15 | 149.15 | 149.15 | 149.15 | 149.15 | 149.15 | 149.15 | 1,491.50 |
| Miscellaneouse | -- | -- | 6.67 | 6.67 | 6.67 | 6.67 | 6.67 | 6.67 | 6.67 | 6.67 | 6.67 | 6.67 | 66.67 |
| Sub-total | -- | -- | 1,145.82 | 1,145.82 | 1,145.82 | 1,145.82 | 1,145.82 | 1,145.82 | 1,145.82 | 1,145.82 | 1,145.82 | 1,145.82 | 11,458.17 |
| Depreciation | -- | -- | 0.68 | 0.68 | 0.68 | 0.68 | 0.68 | 0.68 | 0.68 | 0.68 | 0.68 | 0.68 | 6.84 |
| Interest on Long-term Loan | -- | -- | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Interest on Short-term Loan | -- | -- | 0.00 | 293.94 | 655.65 | 1,100.90 | 1,660.56 | 2,365.72 | 3,254.24 | 4,373.76 | 5,784.37 | 7,561.73 | 27,050.87 |
| Total Production Cost | -- | -- | 1,213.37 | 1,522.90 | 1,908.01 | 2,353.26 | 2,912.91 | 3,618.08 | 4,506.60 | 5,626.12 | 7,036.73 | 8,814.09 | 39,512.07 |
| Unit Production Cost (K/ton) | -- | -- | 2,426.75 | 2,175.57 | 1,908.01 | 2,353.26 | 2,912.91 | 3,618.08 | 4,506.60 | 5,626.12 | 7,036.73 | 8,814.09 | -- |
| << Clay Stoves >> | | | | | | | | | | | | | |
| Production Volume (pieces/year) | -- | -- | 2,000 | 2,800 | 4,000 | 4,000 | 4,000 | 4,000 | 4,000 | 4,000 | 4,000 | 4,000 | 36,800 |
| Variable Operating Expenses | | | | | | | | | | | | | |
| Clay | -- | -- | 0.78 | 1.09 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 14.37 |
| Grog | -- | -- | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 |
| Gypsum | -- | -- | 0.20 | 0.28 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 3.68 |
| Electricity | -- | -- | 1.94 | 2.71 | 3.87 | 3.87 | 3.87 | 3.87 | 3.87 | 3.87 | 3.87 | 3.87 | 35.65 |
| Water | -- | -- | 0.13 | 0.19 | 0.29 | 0.29 | 0.29 | 0.29 | 0.29 | 0.29 | 0.29 | 0.29 | 2.60 |
| Sub-total | -- | -- | 3.05 | 4.28 | 6.13 | 6.13 | 6.13 | 6.13 | 6.13 | 6.13 | 6.13 | 6.13 | 56.33 |
| Fixed Operating Expenses | | | | | | | | | | | | | |
| Direct Labor | -- | -- | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 200.00 |
| Maintenance | -- | -- | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 500.00 |
| Insurance | -- | -- | 7.85 | 7.85 | 7.85 | 7.85 | 7.85 | 7.85 | 7.85 | 7.85 | 7.85 | 7.85 | 78.50 |
| Miscellaneouse | -- | -- | 3.33 | 3.33 | 3.33 | 3.33 | 3.33 | 3.33 | 3.33 | 3.33 | 3.33 | 3.33 | 33.33 |
| Sub-total | -- | -- | 81.18 | 81.18 | 81.18 | 81.18 | 81.18 | 81.18 | 81.18 | 81.18 | 81.18 | 81.18 | 811.83 |
| Depreciation | -- | -- | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.36 |
| Interest on Long-term Loan | -- | -- | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Interest on Short-term Loan | -- | -- | 0.00 | 15.47 | 34.51 | 57.94 | 87.40 | 124.51 | 171.28 | 230.20 | 304.44 | 397.99 | 1,423.73 |
| Total Production Cost | -- | -- | 84.27 | 100.97 | 121.85 | 145.29 | 174.74 | 211.86 | 258.62 | 317.54 | 391.78 | 485.33 | 2,292.25 |
| Unit Production Cost (K/piece) | -- | -- | 42.13 | 36.06 | 30.46 | 36.32 | 43.69 | 52.96 | 64.66 | 79.39 | 97.95 | 121.33 | -- |

## Table 16-5-2 Profit and Loss Statement (Case-2)

(Unit:'000 Kwachas)

| Project Year | -2 | -1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sales Revenue | | | | | | | | | | | | | |
| Coal Briquettes | -- | -- | 100.00 | 140.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 1,840.00 |
| Clay Stoves | -- | -- | 16.00 | 22.40 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 294.40 |
| Total | -- | -- | 116.00 | 162.40 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 2,134.40 |
| Costs & Expenses | | | | | | | | | | | | | |
| *Variable Operating Expenses | | | | | | | | | | | | | |
| Coal Slurry | -- | -- | 33.09 | 39.52 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 465.97 |
| Bagasse | -- | -- | 14.08 | 15.76 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 175.97 |
| Molasses | -- | -- | 3.62 | 4.63 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 57.39 |
| Slaked Lime | -- | -- | 6.16 | 8.62 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 113.48 |
| Clay | -- | -- | 0.78 | 1.09 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 14.37 |
| Grog | -- | -- | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 |
| Gypsum | -- | -- | 0.20 | 0.28 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 3.68 |
| Electricity | -- | -- | 11.48 | 16.07 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 211.23 |
| Water | -- | -- | 0.51 | 0.76 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 10.39 |
| Sub-total | -- | -- | 69.92 | 86.73 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 1,052.52 |
| *Fixed Operating Expenses | | | | | | | | | | | | | |
| Direct Labor | -- | -- | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 600.00 |
| Maintenance | -- | -- | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 10,000.00 |
| Insurance | -- | -- | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 1,570.00 |
| Miscellaneouse | -- | -- | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 100.00 |
| Sub-total | -- | -- | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 12,270.00 |
| Total | -- | -- | 1,296.92 | 1,313.73 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,338.98 | 13,322.52 |
| Depreciation | -- | -- | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 7.21 |
| Interest on Long-term Loan | -- | -- | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Interest on Short-term Loan | -- | -- | 0.00 | 309.41 | 690.16 | 1,158.84 | 1,747.95 | 2,490.24 | 3,425.51 | 4,603.96 | 6,088.81 | 7,959.71 | 28,474.60 |
| Profit before Tax | -- | -- | -1,181.64 | -1,461.47 | -1,797.86 | -2,266.54 | -2,855.66 | -3,597.94 | -4,533.22 | -5,711.67 | -7,196.51 | -9,067.42 | -39,669.92 |
| Income Tax | -- | -- | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Profit after Tax | -- | -- | -1,181.64 | -1,461.47 | -1,797.86 | -2,266.54 | -2,855.66 | -3,597.94 | -4,533.22 | -5,711.67 | -7,196.51 | -9,067.42 | -39,669.92 |

***

# Table 16-5-3 Fund Flow Table (Case-2)

(Unit:'000 Kwachas)

| Project Year | -2 | -1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sources of Fund | | | | | | | | | | | | | |
| Profit after Tax | 0.00 | 0.00 | -1,181.64 | -1,461.47 | -1,797.86 | -2,266.54 | -2,855.66 | -3,597.94 | -4,533.22 | -5,711.67 | -7,196.51 | -9,067.42 | -39,669.92 |
| Depreciation | 0.00 | 0.00 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 7.21 |
| Equity | 0.00 | 14.41 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 14.41 |
| Long-term Loan | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Short-term Loan | 0.00 | 0.00 | 1,190.06 | 2,654.46 | 4,457.08 | 6,722.90 | 9,577.83 | 13,175.05 | 17,707.55 | 23,418.49 | 30,614.28 | 39,662.72 | 149,180.41 |
| Increase in Account Payable | 0.00 | 0.00 | 5.83 | 1.40 | 2.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -9.33 | 0.00 |
| Sub-total | 0.00 | 14.41 | 14.96 | 1,195.11 | 2,662.04 | 4,457.08 | 6,722.90 | 9,577.83 | 13,175.05 | 17,707.55 | 23,418.49 | 30,586.69 | 109,532.11 |
| Applications of Fund | | | | | | | | | | | | | |
| Plant Construction | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pre-operation Expense | 0.00 | 9.41 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.41 |
| Initial Working Capital | 0.00 | 5.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.00 |
| Interest during Construction | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Increase in Account Recievable | 0.00 | 0.00 | 9.67 | 3.87 | 5.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -19.33 | 0.00 |
| Increase in Inventory | | | | | | | | | | | | | |
| Raw Materials | 0.00 | 0.00 | 2.38 | 0.49 | 0.73 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -3.60 | 0.00 |
| Products | 0.00 | 0.00 | 2.91 | 0.70 | 1.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -4.67 | 0.00 |
| Repayment on Long-term Loan | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Repayment on Short-term Loan | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1,190.06 | 2,654.46 | 4,457.08 | 6,722.90 | 9,577.83 | 13,175.05 | 17,707.55 | 23,418.49 | 30,614.28 | 109,517.70 |
| Sub-total | 0.00 | 14.41 | 14.96 | 1,195.11 | 2,662.04 | 4,457.08 | 6,722.90 | 9,577.83 | 13,175.05 | 17,707.55 | 23,418.49 | 30,586.69 | 109,532.11 |
| Surplus Funds | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Accumlated Surplus Funds | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

***

# Table 16-5-4 Cash Flow Table (Case-2)

(Unit:'000 Kwachas)

| Project Year | -2 | -1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cash Inflow | | | | | | | | | | | | | |
| *Sales Revenue | | | | | | | | | | | | | |
| Coal Briquettes | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 140.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 1,840.00 |
| Clay Stoves | 0.00 | 0.00 | 16.00 | 22.40 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 32.00 | 294.40 |
| Total Cash Inflow | 0.00 | 0.00 | 116.00 | 162.40 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 232.00 | 2,134.40 |
| Cash Outflow | | | | | | | | | | | | | |
| *Investment | 0.00 | 14.41 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 14.41 |
| *Variable Opreating Expenses | | | | | | | | | | | | | |
| Coal Slurry | 0.00 | 0.00 | 33.09 | 39.52 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 49.17 | 465.97 |
| Bagasse | 0.00 | 0.00 | 14.08 | 15.76 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 18.27 | 175.97 |
| Molasses | 0.00 | 0.00 | 3.62 | 4.63 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 6.14 | 57.39 |
| Slaked Lime | 0.00 | 0.00 | 6.16 | 8.62 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 12.34 | 113.48 |
| Clay | 0.00 | 0.00 | 0.78 | 1.09 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 1.56 | 14.37 |
| Grog | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 |
| Gypsum | 0.00 | 0.00 | 0.20 | 0.28 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 3.68 |
| Electricity | 0.00 | 0.00 | 11.48 | 16.07 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 22.96 | 211.23 |
| Water | 0.00 | 0.00 | 0.51 | 0.76 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 10.39 |
| Sub-total | 0.00 | 0.00 | 69.92 | 86.73 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 111.98 | 1,052.52 |
| *Fixed Operating Expenses | | | | | | | | | | | | | |
| Direct Labor | 0.00 | 0.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 600.00 |
| Maintenance | 0.00 | 0.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 1,000.00 | 10,000.00 |
| Insurance | 0.00 | 0.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 157.00 | 1,570.00 |
| Miscellaneouse | 0.00 | 0.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 100.00 |
| Sub-Total | 0.00 | 0.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 1,227.00 | 12,270.00 |
| *Working Capital Increase | 0.00 | 0.00 | 9.13 | 3.65 | 5.48 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -18.26 | 0.00 |
| Total Cash Outflow | 0.00 | 14.41 | 1,306.06 | 1,317.39 | 1,344.46 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,338.98 | 1,320.72 | 13,336.93 |
| Net Cash Flow | 0.00 | -14.41 | -1,190.06 | -1,154.99 | -1,112.46 | -1,106.98 | -1,106.98 | -1,106.98 | -1,106.98 | -1,106.98 | -1,106.98 | -1,088.72 | -11,202.53 |
| Cumlative Cash Flow | 0.00 | -14.41 | -1,204.47 | -2,359.45 | -3,471.91 | -4,578.89 | -5,685.88 | -6,792.86 | -7,899.84 | -9,006.82 | -10,113.81 | -11,202.53 | -- |

***

## 16.6 プラント建設費と建中金利をゼロと仮定し、更にメンテナンス保険料を援助する場合の財務分析（ケース3）

本節では、プラント建設費と建中金利をゼロと仮定し、なおかつ、本プロジェクトに対し、メンテナンスと保険料が援助される場合のプロジェクトの採算性を評価する。

### 16.6.1 援助金の導入

前節で述べた様に、本プロジェクトをフィージブルなものにするためにはプラント建設費はもとよりプラント修繕費（スペアパーツ）と保険代金の外部による負担があることが前提となる。

操業期間を通して必要となるスペアパーツの代金と保険代は、それぞれ、1,000万K及び157万Kである。

### 16.6.2 財務諸表

本ケースにおける財務分析結果を以下の財務諸表にまとめ、章末に添付する。

- 製造原価計算書　(Table 16－6－1)
- 損益計算書　(Table 16－6－2)
- 資金繰表　(Table 16－6－3)
- 貸借対照表　(Table 16－6－4)
- 現金流入表　(Table 16－6－5)

各財務諸表に対する考察を以下に加える。

#### (1) 製造原価計算書

本調査では、運転費用に金利と減価償却費を加算した費用を製造原価と定義している。豆炭及び陶製コンロの平均製造原価はそれぞれ、162K／トン及び7.9K／個であり、先に設定した販売価格（豆炭：200K／トン、コンロ8.0K／個）での出荷が可能である。

#### (2) 損益計算書／資金繰表

操業開始直後は、生産量を低く設定しているため、販売収入が固定費をカバーでき

ず、資金不足が発生するが、操業率の上昇に伴い資金不足は解消する。操業期間全体を通して見ると、採算性は良好であり、総利益は約35万Kである。ザンビアの市中銀行の金利は、26%／年と高率であるので、早急にフル操業を達成することが望ましい。

(3) 貸借対照表

本調査では、プラント建設費をゼロとしているので、プラントの薄価は便宜上ゼロ評価している。操業終了後、残存する現金（配当の原資）は、 362,980Kである。

### 16.6.3 財務的内部収益率（ FIRR ）

(1) 内部収益率の計算方法

本ケーススタディーにおいては、プラント建設費と建中金利をゼロ（プラントが無償供与される）との仮定に基づき、財務分析を行っている。それゆえ、総所要資金からプラント建設費と建中金利を除外した費用を総投資額と定義し、次式を用いて内部収益率を算出する。

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{(CFE)_i}{(1+R)^{i-1}} + \frac{S+W}{(1+R)^{n-1}} = 0$$

ここで、CFE （ Cash Flow Element）は各年度のキャッシュ・フローを示し、CFE は下記の要素から成る。

(CFE) = (−) Investment
(+) Seles Revenue
(−) Operating Cost

尚、式中の各記号は下記を表わす。

R : Rate of return.
i : i-th year on the project including construction period.
n : Years from initial cash outlay to the end of the project.
W : Working capital plus non-depreciable investment.
S : Salvage value.

(2) 内部収益率計算結果

以上の前提条件に基づき算出された FIRR は、現金流入表（Table 16－6－5）に示す様に、55.6%である。

16.6.4 その他の財務指標

前節の内部収益分析において、本ケースにおけるプロジェクトの収益性が良好であることが確認された。そこで本節では以下の財務指標を計算することにより、本プロジェクトの収益性を別の視点から検討する。

(1) 財務指標の計算方法

本調査で用いる財務指標は、以下の式により算出される。

(a) Profit Breakeven Point

$$= \frac{f}{(r_o - v_o)}$$

$f$ : Fixed Operating Costs + Depreciation

$r_o$ : Sales Revenue at full capacity

$v_o$ : Variable Operating Costs at full capacity

(b) Profit Ratio to Sales

= Profit / Sales Revenue

(c) Cost Benefit Ratio

= Production Cost / Sales Revenue

(d) Current Ratio

= Current Assets / Current Liability

(2) 財務指標の計算結果

前述の式に基づき算出された、財務指標を、Table 16－6－6に示す。

(a) Profit Breakeven Point ( BEP)

本指標は、製造コストに等しい販売収入を得るためのプラント操業率を示す指標である。即ち、算出された BEP 0.58 は、操業率58%で製造コストをカバ

ーするだけの収入が期待できることを意味する。

(b) Profit Ratio to Sales （P／S）

本指標は、企業の収益性を示す一指標であるが、業種により大きく異なる。即ち、付加価値の高い製品を製造する企業においては本指標は高く、逆に、加工度の低い製品を製造する企業においては低い。それゆえ、日本の豆炭メーカーの指標と本プロジェクトの指標を比較することにより、価格設定の妥当性等の検討が可能である。本プロジェクトの指標は10年間の平均で0.14であり、これは日本の指標（0.1～0.05）と比較して良好な水準にある。それゆえ、本計画の価格設定は無理のない水準にあるといえる。

(c) Cost Benefit Ratio（C／B）

本指標もまた、企業の収益性を示す指標である。算出された C／B 0.86は、本プロジェクトの収益性が良好であることを示す。

(d) Current Ratio （C／R）

本指標は、流動負債の支払い能力を示す指標で、一般に 2.0以上が好ましいとされる。本プロジェクトの場合、利益金の処分を考慮していないので、4年目以降の C／R は非常に高くなっている。換言すれば、4年目以降は、プロジェクトによる利益を研究費等として利用できる。

Table 16－6－6 Financial Indicators

| | BEP | P／S | C／B | C／R |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.58 | － 0.21 | 1.21 | 0.51 |
| 2 | 0.58 | － 0.02 | 1.02 | 0.53 |
| 3 | 0.58 | 0.17 | 0.83 | 2.21 |
| 4 | 0.58 | 0.21 | 0.79 | 8.13 |
| 5 | 0.58 | 0.21 | 0.79 | 13.49 |
| 6 | 0.58 | 0.21 | 0.79 | 18.85 |
| 7 | 0.58 | 0.21 | 0.79 | 24.21 |
| 8 | 0.58 | 0.21 | 0.79 | 29.57 |
| 9 | 0.58 | 0.21 | 0.79 | 34.93 |
| 10 | 0.58 | 0.21 | 0.79 | 39.29 |
| Average | 0.58 | 0.14 | 0.86 | 17.17 |

### 16.6.5 感度分析

上述の財務分析を基本ケースとし、設定条件が基本ケースに対し変化した場合に、その変化がプロジェクトの採算性に与える影響を調査する。本スタディーでは、プラント建設費と建中金利をゼロとしているため、IRR をもってプロジェクトの採算性を評価することは無意味である。従って、本感度分析では、プロジェクトの採算性を代表する指標として、総利益を用いる。

(1) 変動要素（パラメーター）の設定

下記の条件変化及び変動値を設定した。

(a) 豆炭及び陶製コンロの販売価格

基本ケースの価格、豆炭 200K／トン、陶製コンロ 8 K／トンに対し、－10％～＋20％の変動。

(b) 変動費（原材料費＋用役費）

基本ケースに対し±10％の変動。

(c) 運転費用

基本ケースに対し±10％の変動。

(d) 生産量

基本ケースの豆炭 1,000トン／年、陶製コンロ 4,000個／年に対し、－20％～＋80％の変動。

(2) 感度分析結果

感度分析結果を、Table 16－6－7にまとめる。

Table 16－6－7 Summary of Sensitivity Analysis

| Parameter | Total Profit (1000K) |
|---|---|
| (a) Sales Price | |
| ・－10% | 81.14 |
| ・Base Case | 354.37 |
| ・＋10% | 579.59 |
| ・＋20% | 798.49 |
| (b) Raw Material＋Utility | |
| ・－10% | 467.20 |
| ・Base Case | 354.37 |
| ・＋10% | 232.13 |
| (c) Operating Expense | |
| ・－10% | 543.33 |
| ・Base Case | 354.37 |
| ・＋10% | 127.35 |
| (d) Production Volume | |
| ・－20% | 89.05 |
| ・－10% | 234.30 |
| ・Base Case | 354.37 |
| ・＋10% | 468.16 |
| ・＋30% | 692.93 |
| ・＋50% | 912.14 |
| ・＋80% | 1239.77 |