

動はあるが、この調査では未洗の Assam炭の灰分が 4~6%であると考え、またこれらの石炭は非常に可洗性が良いという性質のものであって、灰分を容易に低下させることができるので選炭後の Assam炭の灰分を 2~3% (選炭歩留 90%) と想定することが1992年 1月第 3次調査団訪印時に合意された。Annex 3.2.2のFigure 4は JorhatのCFRI Coal Survey LaboratoryがテストしたAssam 60ft層の石炭についての試験であり洗炭の可能性を明白に示している。

湿式造粒したミドリングはインド側データでもかなり高灰分 (22-24%)でイナーチニット (40-48%)も多くまた燃料比 (2.3)も高い。サンプルを日本で分析した結果も同様で、灰分 21.0%、イナーチニット 41.3%もあるので溶解性は良くないと推察できる。

上記 5炭種の溶解性については後述するように、日本で行ったサンプル炭のオートクレーブ試験によっても確認されたが、以上の情報から判断しても、Assam炭が最も溶解率が高く、リグナイトと Samla炭がそれに次ぎ、Argada-Sirka炭と湿式造粒したミドリングは溶解率が低いと推察される。

## 2) 供給可能性から見た適性

調査の対象である SRC実証プラントの規模は500トン/日 (Dry Coal Basis)と決められているので、このプラントに供給するために必要な石炭の量は、年間操業日数を 330日とするとDry Coalで年間 165,000トンとなる。生産する原炭量では水分や歩留なども考えると年間20万トン~25万トンは必要となる。プラント寿命を20年とすると 1つの実証プラントに必要な石炭の量は400万トン~500万トンとなる。リグナイトの場合は水分が多いので年間35万トン、20年では700万トン必要となる。更に商業プラントの規模を 3,000トン/日と仮定すると、1プラントに必要な石炭の量は2,400万トン~3,000万トン、リグナイトでは 4,200万トンとなる。これらの数字を前提にして各炭種について供給可能性を考察する。

Argada-Sirka炭はインド側提示資料では埋蔵量 (Tentative)が 600百万トンと示されている。一方サンプル採取した Central Coalfields Ltd.のSirka CollieryのArgada層では可採埋蔵量が

1,456万トンと見積もられているが(1976年見積)、類似炭質の Sirka層・Argada'A'層を含めると、4,732万トンとなっており、1976年以降の生産量累計は約600万トンに達するので、これを差し引いて現在の可採埋蔵量は約4,100万トンと示されている。石炭の生産は露天掘りであり、年間生産目標は現在も1999/2000年度も60万トンである。供給計画も1999/2000年度まで年間60万トンの目標であり、主たる供給先は発電所である。SRC用原料ソースとして500トン/日実証プラントに対しては供給可能性ありと考えられるが、3,000トン/日商業プラントに対する量としては不十分であるので、周辺鉱区の調査が必要となる。

Neyveliリグナイトは炭層が1層からなり、全区域の確定埋蔵量は33億トン、可採埋蔵量は20億トンと示されている。サンプルを採取したMine-Iの現在の残存可採埋蔵量は164.04百万トンと見積もられており、拡張計画を含めると252.04百万トンとなる。またもう1つの生産箇所であるMine-IIは残存可採埋蔵量が383.70百万トンと見積もられている。生産は機械化された露天掘りでMine-Iの現在の生産計画は650万トン/年であるが、実績は700万トン/年を上回っている。第8次5ヶ年計画(案)ではNLCによるリグナイト生産は1989-90年の1124万トンから1994-95年の1750万トンに増加すると期待されている。リグナイトの供給先は山元の発電所が大部分であり、増産計画も発電所の拡張に沿うものである。外販は非常に少なく現在約40万トン/年である。SRC用原料ソースとしては商業プラントの場合でも十分な量を賦存しており、増産も比較的容易であろうと推察される。

Samla炭はインド側提示資料では埋蔵量(Tentative)が5億トンと示されている。一方サンプルを採取したEastern Coalfields Ltd.のPandaveswar CollieryのSamla層(R-II&III層)の確定埋蔵量は540万トンであるが、Pandaveswar Area全体のSamla層の確定埋蔵量は9,771万トンと見積もられている。石炭の生産は坑内掘が主力であり、このAreaの1988/89年度の年間生産実績は129.9万トンであり、例年よりは減産の実績である。Pandaveswar地区の全生産量の内Samla層からの生産は約55%(Aug.1990)を占めている。生産された石炭の供給先は、鉄道と発電所向けが70%を占めている。第8次5ヶ年計画によるとPandaveswar Areaからの石炭生産は減少することが示されているが、SRC用原料ソースとして500トン/日実証プラントに対しては供給

可能性ありと考えられる。しかし3,000トン/日商業規模の場合は、類似炭質の炭層を含めた検討が必要である。

Assamの Makum炭田の地質学上の全埋蔵量は235.66百万トンあり、その内123.66百万トンが確定埋蔵量である。Assam炭サンプルを採取した60ft層は全埋蔵量の84%を占める。しかし確定埋蔵量123.66百万トンの内73.3百万トンは採掘跡、炭柱、境界及び火災によって採掘ができない。60ft層についての確定埋蔵量は未採掘及び開発中のところで3,731万トンと見積もられている。地質学上の確定埋蔵量に対する実収率を坑内掘で50%と見積もると60ft層の実収炭量は1,865.5万トンとなる。露天掘で採掘できる場合は実収率90%になるので、実収炭量は増大する。石炭の生産は、露天掘りと坑内掘の両方で行われており、過去5年間の生産量は、80~100万トン/年のレベルで推移している。この内コークス配合用炭(Blendable Coal)として年間20~25万トンがDurgapur、Bokaro、Rourkela製鉄所へ供給されている。大半の石炭はAssam州内で鉄道・製紙・セメント・製茶用に供給される。第8次5ヶ年計画が現在策定されているが、それによると、生産低下と環境保護のため北東部炭田の生産計画は下方修正された。1990-91年度は61万トンの生産量を示し、1991-92年度及び1994-95年度の生産計画は夫々70万トン及び90万トンとなっている。SRC用原料ソースとして500トン/日実証プラントに対しては量的には供給可能性ありと見られるが、Assam炭が特殊な炭質であること、地域の燃料源としての必要度などを考慮すると、生産・需要計画の調整が必要であろう。商業規模の大型プラントになる場合は、近隣の炭田を含めた供給計画を検討する必要がある。

湿式造粒のミドリングはいまだ商業生産の段階に入っていない。現在2t/hと10t/hの試験プラントがあるのみである。しかしインドでは今後コークス用炭のミドリングの量が増大する傾向にあり、その対策として湿式造粒の商業化が計画されている。したがって、SRC用原料ソースとして、将来供給可能性が期待できるとしても、現在その具体的考察は困難である。

### 3) 輸送の難易性から見た適性

SRCプラントの設置場所は、ユーザーである製鉄所に設置する場合

と、原料石炭の生産地に設置する場合とが考えられる。今回の調査においてはすでにRourkela製鉄所が有力候補地として位置付けられており、また本プロジェクトを具体的に推進するには、炭鉄会社よりユーザーである鉄鋼公社(SAIL)の参加が是非必要であると判断し、その傘下のRourkela製鉄所にプラントを設置するとの前提にて輸送問題を考察する。

Argada-Sirka炭及び Samla炭の生産地は、 Bihar州およびWest Bengal州に広がる大炭田地帯に位置しておりSAIL傘下の製鉄所はほとんどこれら炭田の近傍にある。Rourkela製鉄所はこれらの炭田から鉄道距離にして約 300kmの範囲であり、現在すでに製鉄用及び燃料用の石炭が鉄道輸送されており、 SRCプラント向けArgada-Sirka炭及び Samla炭もこの輸送システムに乗せることができると推察できる。輸送コストは第 2次調査の覚書添付資料のとおり最新(1991年)の鉄道Tariffにより計算すると、Argada-Sirka炭では133.0 Rs/t、 Samla炭では137.0 Rs/tとなりほぼ同じ値である。

湿式造粒のミドリリングの場合、湿式造粒プラントの設置場所はコークス用炭の生産地である Bihar州の炭田地帯と考えられるので、そこからRourkela製鉄所までの輸送は通常の製鉄用及び燃料用の石炭と同様に鉄道輸送ができると考えられる。湿式造粒プラントの場所をPatherdih Washery (Jharia Coalfield, Bihar州)と仮定してRourkela製鉄所までの輸送コストは、163.6 Rs/tとなる。

Assam炭の場合は、 Assam州MargheritaからRourkela製鉄所までかなりの長距離輸送(約 1,700km)が必要である。 Assam炭はコークス配合炭としてRourkela製鉄所へ供給されており、現在すでに輸送実績がある。しかし輸送コストは高くなり、前記と同じように試算した数字は643.0 Rs/tとなる。

Neyveliリグナイトは木質褐炭であることから一般的に自然発火しやすい石炭であると考えなければならない。したがって特別の対策を講ずる必要があり、長距離輸送は好ましいものではない。また水分を50%以上含有することから原炭のままの輸送はコスト面から非常に不利である。リグナイトをSRC原料に供する場合は、 SRCプラントをNeyveliに設置して製品 SRCを輸送するほうが望ましいと考えられる。SRCの輸送コストも、石炭の輸送コストも同様に考えると、Rourkela

製鉄所までともに612.0 Rs/tとなる。

#### 4) 石炭価格について

インドの石炭の価格は、3.1.5に記載されているように中央政府によって山元石炭価格が決められている。Argada-Sirka炭と Samla炭とはグレード別に山元基準価格が決められている。湿式造粒ミドリングについては商業段階でないため価格は決められていない。Assam炭の価格は灰分含有量により基準価格に対しプレミアムまたはペナルティを課すシステムである。Neyveliリグナイトは内販及び外販の価格が各々決められている。

サンプルを採取した石炭の炭質に相当する山元基本価格を試算してみると、Argada-Sirka炭は B級の Slack炭が 367.00 Rs/tで、Samla炭は長炎炭 B級の Slack炭が 431.20 Rs/tとなる。

Assam炭はサンプル炭の灰分分析値が2.1%であったけれども、この項の(1)で述べたとおり灰分含有量はこの調査では4~6%と考えることにしたので平均灰分が5%に相当する山元石炭価格を計算すると647.0 Rs/tになる。また、本調査の技術・経済評価のケーススタディでは製鉄所立地で洗炭された Assam炭及び Samla炭の灰分レベルをそれぞれ2~3%と9%にして、Assam炭 1550 Rs/t、Samla炭950 Rs/tとすることに1992年1月第3次調査団訪印時に合意された。

Neyveliリグナイトは内販価格が227 Rs/t、外販の価格が275 Rs/tと定められている。

湿式造粒ミドリングを除いたこれらの4炭種について石炭価格及び山元からRourkela製鉄所までの輸送コストをまとめて Table 3.2.2に示す。

#### 5) 総括

SRC用原料として適する石炭を選定する第一の基準は、溶剤への溶解性が良く高い製品収率の得られる石炭である。その点からするとインド側が選定した5炭種は湿式造粒ミドリングを除きインド炭の中では比較的灰分が低くかつ溶解しやすい炭種が選ばれたと考えられるが、特に、Assam炭はSRCに最も適する石炭と考えられる。またNeyveliリグナイトも脱水処理がうまくできれば低灰分で溶解性の良い炭種である。そのほかの条件即ち供給可能性、輸送問題、価格などを考慮し

ても Assam炭が 5炭種の中では最も有利であろうと推察される。  
Neyveliリグナイトと Samla炭がその次にランクされるであろう。リグナイトは高水分のデメリットはあるが資源量からは最も有利である。  
Samla炭は製鉄所に近いという地理的有利さがありかつ非コークス用炭の中では比較的溶解しやすい石炭と考えられる。Argada-Sirka炭は灰分、イナー分が高く Samla炭よりは不利である。湿式造粒ミドリリングは最も高灰分、高イナー分であり他の 4炭種より不利であると推察される。SRCプラント概念設計の対象とする最終候補炭の決定は、上述の考察を考慮しオートクレーブ試験、コークス化試験の結果と合わせて行った。

### 3.2.2 SRCとともにコークス配合に使用する非粘結炭

当初インセプションレポート提出の段階では、コークス製造試験において SRC とともに配合使用する非粘結炭（置換炭）については、SRC用候補炭 5炭種のほかに、灰分、硫黄分、塩素分の少なく、かつ安価で大量に入手可能な非粘結炭を 2種類インド側にて選択し、それをサンプル採取して、日本での試験に使用する計画を提案した。しかしながら、1990年 9～10月の第 1次現地調査の時点でインド側は、今回の調査には時間的余裕がなく特定の非粘結炭を選定することは難しいとの判断であったので、協議の結果、SRC用 5炭種の中から 1炭種を選び、それをコークス試験に使用することを合意した。

今回の調査はコークス製造の配合用に非粘結炭を SRC とともに使用するのが目的である。この意味で Assam炭は除外する。また湿式造粒ミドリングは、そのソースが粘結炭であるから、これも対象外である。また、水分・酸素含有量の多いリグナイトはコークスにしたときの組織が粗であるため、全体のコークス強度を著しく悪くするので Neyveliリグナイトも不適である。したがって対象となる石炭は、Argada-Sirka炭と Samla炭である。両者を比較して灰分の少ないほうが好ましいため、最終的に Samla炭を置換炭として使用することとする。この選択は 1991年第 2次現地調査の時の協議の結果、調査団とインド側カウンターパートの間で再度合意された。

### 3.2.3 コークス製造試験に用いるコークス用炭

本調査においては、コークス用炭の炭種は現在Rourkela製鉄所のコークス炉で使用されている石炭の中から選ぶこととし、日本でのコークス製造試験に供するサンプルも同製鉄所から採取した。これらは、prime coking coal、medium coking coal及び輸入炭に大別される。

prime coking coalは、Bhojudih、Sudamdih、Chasnalaの各洗炭工場から供給される 3種の精炭である。各洗炭工場の原炭処理能力は、夫々同じく 200万トン/年である。1988-89年度にRourkela製鉄所にはBhojudih炭 317,564トン、Sudamdih炭 202,087トン、Chasnala炭74,284トンが供給された。これらは夫々全受入れ量の 16.2%、10.3%、3.8%を占めるものである。(Table 4.3.1参照)

medium coking coalは Kargali、Swang、Rajrappaの各洗炭工場から供給される 3種の精炭である。各洗炭工場の原炭処理能力は、夫々 272万トン/年、75万トン/年、300万トン/年である。1988-89年度にはRourkela製鉄所は Kargali炭 146,744トン、Swang炭 106,616トン、Rajrappa炭 260,457トンの供

給を受けた。これらは夫々全受入れ量の7.5%、5.4%、13.3%を占めるものである。

SAIL傘下のCentral Coal Supply Organizationがprime coking coal、medium coking coalの購入業務を所管し、石炭業者と購入契約を締結する。medium coking coalについては1991年8月からroyalty rateが増額したために、1991年9月にSAILとCCL/CILの間で石炭価格が見直され改訂された。改訂石炭価格は835.38 Rs/tであり、これはKargali、Swang、Rajrappaを含むCCLの各洗炭工場から供給されるmedium coking coalに適用される。prime coking coalについては、購入炭価の改訂がまだSAILとCILの間で合意されていないが、現在の炭価826.00 Rs/tに対して26.00 Rs/tの増額が予定されている。

輸入炭については、1988-89年にRourkela製鉄所は豪州の原料炭518,108トンの供給を受けた。これは全受入れ量の26.5%に相当する。外国炭の輸入はSAILのCommercial Directorateが所管しており、現在Rourkela製鉄所向けにはGoonyela炭、Curragh炭、Cook炭が輸入されており、同所着の購入価格は1991年8月～9月で2450.00 Rs/tとのことである。

各 coking coalの概要については Annex 3.2.3に示す。

また本調査の技術・経済評価のケーススタディにおいてコークス配合用に低揮発分のmedium coking coal (LVMCC)の配合を検討することが1992年1月第3次調査団訪印時に合意された。この場合このLVMCCは瀝青炭ランクの石炭で揮発分18～20%、灰分22～25%、反射率1.1で価格は洗炭されたprime coking coalと同じと想定することとした。



### 3.3 SRC製造試験

#### 3.3.1 試験の目的及び進め方

本試験の目的は、0.5t オートクレーブを使用して、5種類のインド炭の中から、SRC実証プラントの概念設計に用いる石炭及び液化反応条件を選定するとともに、この条件下における製品及び副製品収率等の基礎データを実験的に求めること、並びにコークス製造試験用 SRCを製造することにある。

このため、次に述べる段階を通して試験を進めることとした。

##### (1) TEST-1

5炭種から 2炭種を絞り込むために、溶剤としてテトラリンを用い、滞留時間、反応温度、触媒添加量の各反応条件を変化させ、溶解率の高い石炭を選定する。次いで、インド現地調査結果を加味して適正な 2炭種を選定する。

##### (2) TEST-2

TEST-1で絞り込まれた 2炭種について、テトラリン及びアントラセン油を溶剤として、滞留時間、初期圧力、反応温度、触媒添加量及び水素分圧の各液化反応条件を変化させ、特に製品収率に影響が大きい液化反応条件を炭種毎に 3条件を選定する。次いで、この 2炭種・3条件でコークス配合用 SRCを製造し、第 4章に述べる SRC配合コークス製造試験を行う。

これら、SRC製造試験及び SRC配合コークス製造試験結果に基づいて、上記 2炭種・3条件の中から、適正な 1炭種・1条件を選定する。

##### (3) TEST-3

TEST-2で選定された 1炭種・1条件で初期溶剤としてアントラセン油を用い、溶剤を繰り返し循環使用（循環回数：4回）し、循環溶剤を用いた場合の製品及び副製品収率などを求め、これを SRC実証プラント概念設計用の基礎データとする。

#### (4) コークス配合用 SRC製造試験

TEST-2で選定した 2炭種・3条件（6サンプル）及びTEST-3で行う 1炭種・1条件（1サンプル）でコークス配合用 SRCを製造する。

以下に上記の手順で行った SRC製造試験結果について報告する。

### 3.3.2 試料

ここでは SRC製造試験に用いた試料（石炭・溶剤・触媒）の調製方法及びその分析値について記載する。

#### (1) 石炭

インドから送付された 5炭種（各 200kg）のうち、湿式造粒ミドリング（0A炭）を除いた 4炭種については、Figure 3.3.1に示す調製法に従って、まず全量を風乾した後、最大粒径25mm以下に粉砕し、JIS M 8811に規定されている円錐四分法により、浮沈試験用サンプル（50kg）と SRC製造試験用サンプル（50kg）とを採取した。SRC製造試験用サンプルは更に、全量を最大粒径10mm以下に粉砕し、二分器を用い25kg×2に縮分した。この25kgは全量 100mesh以下に粉砕し、これを SRC製造試験用サンプルとした。

また、0A炭については、JIS M 8811規定のインクリメント縮分法により、SRC製造用サンプルを調製した。

このようにして調製した各種石炭の分析値を Table 3.3.1に、同石炭の浮沈試験結果を Table 3.3.2に示す。

なお、参考までに0A炭については、0A炭をベンゼンで洗浄し、付着している油分を取り除いた脱油0A炭について分析した結果も併記した。

#### (2) 溶剤

試験に供した溶剤は市販のテトラリン及び以下に述べる方法で調製したアントラセン油である。

クレオソート油とアントラセン油の50vol%:50vol%の混合溶剤をASTM D 1160の規定に準じて沸点 350℃でカットし、沸点 350℃以下の留分をアントラセン油として使用した。このアントラセン油の分析値を Table 3.3.3に示す。

### (3) 触媒

試験に供した触媒は、市販の硫化鉄(Ⅱ)を全量 200mesh以下に粉砕したものである。この触媒の分析値を Table 3.3.4に示す。

### 3.3.3 操作方法

Figure 3.3.2に SRC製造試験方法のフロー図を示す。

SRC製造試験は大別して、①オートクレーブ操作 (Figure 3.3.2の1~6項)、②濾過操作 (Figure 3.3.2の 7~10項)、③蒸留操作 (Figure 3.3.2の11~14項)の 3つに分けられる。以下、各操作内容について述べる。

#### (1) オートクレーブ操作

3.3.2項の方法により調製した石炭試料 (100mesh以下)を減圧乾燥器に容れ、60℃、2mmHgの減圧下、石炭が恒量になるまで (通常 1昼夜、褐炭の場合は 2昼夜) 乾燥する。この乾燥炭 50gと溶剤 (テトラリン又はアントラセン油) 100g及び触媒所定量 (添加量3%の場合、1.5g)を秤量し、Figure 3.3.3に示すオートクレーブに入れる。

次いで、オートクレーブ内を窒素ガス及び水素ガスでパージした後、水素ガスを用いて所定の圧力まで加圧し、攪拌しながら 3℃/minの昇温速度で所定温度まで加熱し、この温度で所定時間保持して反応を行わせる。

反応終了後、直ちに加熱を中止し、電気炉をオートクレーブから取り外し、攪拌しながら室温まで冷却する。

冷却後、ガスはトラップ及びガスメーターを通してガス量を測定し、ガス袋に抜き出す。ガス袋に採取したガスはガスクロマトグラフィーを用いてガス組成を定量する。

ガス抜き後、オートクレーブを解放して内容物をステンレスピーカーに抜き出し、秤量した後、この内容物を濾過操作用の試料に供する。

#### (2) 濾過操作

オートクレーブ操作で得られた内容物は水浴中で50℃まで加温し、直径9cmの濾紙をセットした濾過装置 (Figure 3.3.4参照)を用い濾過する。残渣は約 200mlの THF (テトラヒドロフラン)で洗浄後、75℃、

2mmHgの減圧下で約 3時間乾燥した後、その重量を測定する。次いで、この残渣はJIS M 8812の規定に従って灰分を測定する。

一方、濾液は秤量後、蒸留操作用試料とする。

### (3) 蒸留操作

濾液はJIS K 2425規定の方法（浮きばかり法）にしたがって比重（20/20℃）を測定後、ASTM D 1160の規定に基づく自動減圧蒸留装置（Figure 3.3.5参照）にml単位で測り込む。

その後、窒素気流中、10mmHgの減圧下で、留出温度（T3）が常圧換算で450℃になるまで蒸留し、釜残を SRC、留出物を油として、それぞれ秤量する。

### 3.3.4 各収率の算出方法

液化生成物の各収率（daf coal base）は以下の式から算出した。

$$(1) \text{ 仕込み石炭量 (daf, g) } = \text{仕込み石炭量 (g)} - \text{仕込み石炭中の灰量 (g)} \\ - \text{仕込み石炭中の水量 (g)}$$

$$(2) \text{ 未反応石炭量 (daf, g) } = \text{残渣量 (g)} - \text{仕込み石炭中の灰量 (g)} \\ - \text{仕込み触媒量 (g)}$$

$$(3) \text{ 溶解率 (daf, wt\%) } = \frac{\text{仕込み石炭量 (daf, g)} - \text{未反応石炭量 (daf, g)}}{\text{仕込み石炭量 (daf, g)}} \times 100$$

$$(4) \text{ SRC収率 (daf, wt\%) } = \frac{\text{SRC収量 (g)}}{\text{仕込み石炭量 (daf, g)}} \times 100$$

$$(5) \text{ 油+水収率 (daf, wt\%) } = \frac{\text{回収 (油+水) 収量 (g)} + \text{ロス (g)}}{\text{仕込み石炭量 (daf, g)}} \times 100$$

$$(6) \text{ ガス収率 (daf, wt\%) } = \frac{\text{ガス収量 (g)}}{\text{仕込み石炭量 (daf, g)}} \times 100$$

$$(7) \text{ 水素消費量 (daf, wt\%) } = \frac{\text{仕込み水素量 (g)} - \text{回収水素量 (g)}}{\text{仕込み石炭量 (daf, g)}} \times 100$$

$$(8) \text{ 水収率 (daf, wt\%)} = \frac{\text{回収水量 (g)} - \text{仕込み石炭中の水量 (g)}}{\text{仕込み石炭量 (daf, g)}} \times 100$$

なお、水収率の算出に際しては、Figure 3.3.2の6項で得られるオートクレーブ内容物を全量、JIS K 2425の規定に従って水分を測定し、これを回収水量とした。

### 3.3.5 分析

本試験の分析項目を纏めてFigure 3.3.6に示す。図中、原料である石炭、触媒及び溶剤の分析結果は、すでに3.3.2項に示した。また、「反応」から「減圧蒸留」に至る各分析結果は各種収率算出の為に使用した。したがって、ここでは液化製品であるSRC、油、残渣の分析（製品分析）について、対象とした試料及び分析方法を記載する。

#### (1) 分析試料

製品分析に用いた試料は、以下に述べる条件で製造した22試料である。

①TEST-1：5種類のインド炭について、1条件（反応温度 430℃、初期圧力 100Kg/cm<sup>2</sup>G、滞留時間60分、触媒添加量3wt%、水素分圧 100%）で製造した 5試料。

②TEST-2：コークス配合用 SRCの製造条件で製造した 2炭種・3条件の 6試料。

③TEST-3：1炭種・1条件下で溶剤循環したとき、各循環回数（計 4回）で得られる 4試料。

④コークス配合用 SRC：コークス配合用 SRCとして製造した 7種類の SRC。

なお、これら製品分析用の試料は、1回のオートクレーブ運転では試料量が不足したため、同一条件下で数回以上の運転を行い、得られた試料を均一混合して調製した。

## (2) 分析方法

各種試料の分析方法を纏めて Table 3.3.5に示す。

### 3.3.6 TEST-1 : 5炭種から 2炭種の選定

#### (1) 試験条件

5種類のインド炭について、テトラリン溶剤を用いて初期圧力100 kg/cm<sup>2</sup>G、石炭/溶剤比率を 1/2として、Table 3.3.6に示す条件下で SRC製造試験を実施した。

#### (2) 滞留時間60分の試験結果

Figure 3.3.7に滞留時間60分を一定として、反応温度及び触媒添加量を変化させたときの各石炭の溶解率を示す。なお、Assam炭の場合、反応温度 380℃では反応後スラリー (coal solution)の粘度が高く、濾過不能であったため、溶解率などは算出できなかった。

このFigureから、次のことが分かる。

- 1) 各石炭とも、反応温度 410℃までは溶解率は急激に上昇するが、それ以上になると緩やかになる傾向がある。
- 2) 同一反応温度において、触媒を添加した場合は無添加の場合よりも、若干溶解率が高い傾向にあるが、顕著な差は認められない。
- 3) 石炭の溶解率は Assam炭 > Neyveli リグナイト > Samla炭 > Argada-Sirka炭 > OA炭の順に低くなる。

Figure 3.3.8~12に各石炭毎の溶解率、SRC収率、油+水収率、ガス収率及び水素消費量を示す。これらのFigureから、次のことが分かる。

- 1) OA炭、Argada-Sirka炭及び Assam炭、いずれの反応温度においても、SRC収率の方が油+水収率よりも高い。
- 2) Samla炭は反応温度 430℃で触媒を添加した場合を除いて、いずれの条件でも油+水収率の方が SRC収率よりも高い。
- 3) Neyveliリグナイトは、反応温度及び触媒添加の有無によって、油+水の収率と SRCの収率との関係が変化し、特に、反応温度 430℃では、触媒の有無によって油+水の収率と SRCの収率との関係が逆転

する。

- 4) ガスの収率は、0A炭、Argada-Sirka炭、 Assam炭及び Samla炭は、いずれの反応温度においても7%以下であるが、 Neyveliリグナイトのみ 8～15%と高い値を示す。
- 5) 水素消費量は、いずれの石炭においても 1～2%程度である。

### (3) 滞留時間90分の試験結果

Figure 3.3.13に滞留時間90分を一定として、反応温度及び触媒添加量を変化させたときの各石炭の溶解率を示す。滞留時間60分の場合と同様に、石炭の溶解率は、 Assam炭 > Neyveliリグナイト > Samla炭 > Argada-Sirka炭 > 0A炭の順に低くなるのが分かる。

Figure 3.3.14～18に、各石炭毎の溶解率、 SRC収率、油+水収率、ガス収率及び水素消費量を示す。これらのFigureから次のことが分かる。

- 1) 反応温度に対する各収率の変化は滞留時間60分の場合とほぼ同様の傾向を示す。
- 2) 溶解率、油+水収率及びガス収率は、滞留時間60分の場合よりも若干増加するが、 SRC収率は減少する。

### (4) 考察

TEST-1の結果から、 SRC製造用候補炭としては、溶解率及び SRC収率の高い Assam炭が適していると考えられる。このことを更に明確にするために、各石炭を同一条件下（反応温度 430℃、滞留時間60分、触媒添加量 3wt%）で液化したときに得られる各収率を乾炭ベースに換算し、その結果を Figure 3.3.19に示した。このFigureから、 Assam炭は未反応石炭及び石炭中の灰分からなるいわゆる残渣が少なく、これら残渣と同等以上の油収率があるので、溶剤が不足する心配はない。しかも、 SRC収率も高いため、 SRC製造用炭として適していることが分かる。

Neyveliリグナイト及び Samla炭は、 Assam炭と同様に、残渣よりも油収率が高く、残渣洗浄時に残渣に付着して系外に排出される油分を考慮しても循環溶剤が不足することはない、 SRCプロセスは十分成立する。更に詳しく、 Neyveliリグナイトと Samla炭を比較してみると、 Neyveliリグナイトは Samla炭よりも残渣が少なく、油収率が多い点で有利であるが、

反面ガス中の CO<sub>2</sub> 量及び水の収率が多いという不利な点もある。しかも、Neyveliリグナイトは原炭中の水分が多く、原炭の脱水及び廃水処理費用の増大は避けられず、この面でも Samla炭より不利である。

Argada-Sirka炭及び OA炭は、残渣よりも油の方が収率が低く、循環溶剤の一部が残渣の洗浄時に残渣に付着して系外に排出され、循環溶剤が不足して SRCプロセスが成立しない可能性が高く、SRC製造用炭としては好ましくない。

このように、SRC製造用炭に最も適している石炭は Assam炭であり、次いで Neyveliリグナイト及び Samla炭であることが分かる。また、Argada-Sirka炭及び OA炭は SRC製造用炭としては好ましくない。

TEST-1の目的は、5炭種から 2炭種を選定することにあるが、上述のように、SRC製造試験結果からでは 2炭種を選定することは困難である。そこで、インド現地調査によって得られた結果（第 3章 2項参照）、即ち、SRCプラント立地としては SAIL傘下の Rourkela製鉄所内が好ましいと考えられること、Samla炭は同製鉄所の近くに存在し、輸送に便利かつ安定供給ができると考えられること。一方、Neyveliリグナイトは遠距離にあるので輸送上の技術的困難さがあり、輸送コストが高いこと、インド側は Samla炭を SRC製造用炭の第 1候補に上げていることを考慮して、TEST-2に使用する 2炭種は Assam炭と Samla炭が適当であると判断した。

### 3.3.7 TEST-2：2炭種から 1炭種・1条件の選定

#### (1) 試験条件

Assam炭及び Samla炭の 2炭種について、テトラリン及びアントラセン油を溶剤として、反応温度 430℃、滞留時間60分、初期圧力100Kg/cm<sup>2</sup>G、触媒添加量3wt%、水素分圧100%を基準条件とし、Table 3.3.7に示す条件下で SRC製造試験を実施した。

#### (2) Samla炭の試験結果

##### 1) 反応温度の影響

Figure 3.3.20に溶剤としてテトラリン及びアントラセン油を用い、反応温度を360～450℃まで変化したときの各収率を示す。このFigureから、溶解率は溶剤の種類に関わらず、410℃以上の温度でほぼ一定



の値となることが分かる。また、SRC収率はテトラリンの場合、反応温度が高くなるにしたがって大きくなる傾向にあるが、アントラセン油の場合は反応温度 410°Cで最大となる。

このことから、Samla炭では反応温度 410°C以上が必要であると考えられる。

## 2) 初期圧力の影響

Figure 3.3.21に、初期圧力を 80, 100, 120Kg/cm<sup>2</sup>Gと変化したときの各収率を示す。溶解率は初期圧力の上昇に伴って若干増加する。また、SRC収率は初期圧力100Kg/cm<sup>2</sup>Gで最大となる。したがって、初期圧力は100Kg/cm<sup>2</sup>Gが適当である。

## 3) 滞留時間の影響

Figure 3.3.22に、滞留時間を 30~120分まで変化したときの各収率を示す。溶解率は滞留時間が長くなるにしたがって若干増加する。また、SRC収率はテトラリンの場合、滞留時間に関わらずほぼ一定の値を示すが、アントラセン油の場合、滞留時間60分まで増加し、その後ほぼ一定となる。したがって、滞留時間は60分が適当である。

## 4) 触媒添加量の影響

Figure 3.3.23に、触媒添加量を0, 3, 6wt%と変化したときの各収率を示す。溶解率は触媒添加量を増すにしたがって増加する。特に、アントラセン油の場合、テトラリンよりも溶解率の上昇傾向（傾き）が大きく、触媒の添加効果はアントラセン油を溶剤としたときの方が大きいことが分かる。また、SRC収率はテトラリンの場合、触媒添加量の増加とともに高くなるが、アントラセン油の場合、触媒添加量3wt%で最大となる。したがって、触媒添加量は3wt%が適当である。

## 5) 水素分圧の影響

Figure 3.3.24に、初期圧力100Kg/cm<sup>2</sup>Gを一定とし、水素分圧を70~100%まで変化したときの各収率を示す。なお、水素分圧の設定は水素ガスと窒素ガスを用い、次の手順で行った。即ち、水素分圧 70%の

場合、水素ガスを用いてオートクレーブ内を 70Kg/cm<sup>2</sup>Gまで加圧した後、更に、窒素ガスを用いオートクレーブ内が100Kg/cm<sup>2</sup>Gとなるまで加圧した。

溶解率は、水素分圧が高くなるにしたがって増加する。また、SRC収率はテトラリンの場合、水素分圧に関わらずほぼ一定の値を示すが、アントラセン油の場合、水素分圧90から100%にかけて増加する。したがって、水素分圧は100%が望ましい。

### (3) Assam炭の試験結果

#### 1) 反応温度の影響

Figure 3.3.25に、反応温度を 410、430、450℃と変化したときの各収率を示す。なお、反応温度 360及び 380℃でテトラリン及びアントラセン油を用いて Assam炭を溶解したが、これらの反応後スラリー (coal solution)は室温 (約25℃) で半固体状態であり濾過不能であった。このため、これらの各収率は算出できなかった。

Figureから溶解率は反応温度による影響は少なく 450℃で若干低下することが分かる。また、SRC収率はいずれの溶剤を用いた場合でも反応温度が高くなるにしたがって減少する。更に、油+水の収率はSRCの収率とは逆に、反応温度が高くなるにしたがって増加する。このことは、反応温度が高くなるほど coal solutionの粘度が低くなり、濾過操作が容易となることを示している。

したがって、Assam炭の場合、SRC収率のみから考えると反応温度は 410℃が適しているが、coal solutionの濾過性を考慮すると、430℃以上の反応温度が適していると思われる。

#### 2) 初期圧力の影響

Figure 3.3.26に、初期圧力を 80、100、120Kg/cm<sup>2</sup>Gと変化したときの各収率を示す。溶解率は初期圧力が高くなるにしたがって若干増加する。また、SRC収率はアントラセン油の場合、初期圧力の如何に関わらずほぼ一定の値を示すが、テトラリンの場合、初期圧力100Kg/cm<sup>2</sup>Gで最大となる。

したがって、初期圧力は100Kg/cm<sup>2</sup>Gが適当である。

### 3) 滞留時間の影響

Figure 3.3.27に、滞留時間を30から120分まで変化したときの各収率を示す。溶解率は滞留時間に関わらずほぼ一定である。SRC収率はアントラセン油の場合、滞留時間90分までは減少傾向にあり、その後ほぼ一定となる。また、テトラリンの場合、滞留時間60分から90分にかけて減少する傾向にある。

これらのことから、滞留時間としては60分が適当であると考えられる。

### 4) 触媒添加量の影響

Figure 3.3.28に、触媒添加量を0, 3, 6wt%と変化したときの各収率を示す。溶解率は触媒添加量に関わらずほぼ一定である。SRC収率はアントラセン油の場合、触媒添加量が増すにしたがって若干減少する傾向にある。テトラリンの場合、触媒添加量3wt%で最大となる。

したがって、触媒添加量は3wt%程度が適当であると考えられる。

### 5) 水素分圧の影響

Figure 3.3.29に、水素分圧を70から100%まで変化したときの各収率を示す。溶解率は水素分圧に関わらずほぼ一定である。SRC収率はアントラセン油の場合、水素分圧に関わらずほぼ一定である。また、テトラリンの場合、水素分圧が高くなるほど増加する傾向にある。

したがって、水素分圧は100%が望ましい。

## (4) 考察

以上の結果から、本試験の範囲内では Samla炭及び Assam炭とも、製品収率（特に SRC収率）に最も大きな影響を与える液化反応条件は、反応温度であることが分かる。したがって、コークス配合用 SRCの製造条件（2炭種・3条件）は、両石炭とも反応温度 410、430、450℃の3水準で、初期圧力100Kg/cm<sup>2</sup>G、滞留時間60分、触媒添加量3wt%、水素分圧100%が適していると判断した。

そこで、この2炭種・3条件でアントラセン油を溶剤として、6種類のSRC試料を各100g製造し、これらSRCをコークス製造試験に提供した。そ

の結果は第4章で詳細に報告するが、これら SRCをインド炭ベースの配合炭に添加してコークス強度に及ぼす SRCの添加効果を調べた結果いずれの SRCもコークス強度を向上させる効果があること、原料石炭の種類及び製造条件の異なる SRCを用いてもコークス強度に明かな差異は認められないことが分かった。即ち、コークス製造試験結果からでは、2炭種・3条件から1炭種・1条件への絞り込みはできないことが分かった。

そこで、以下 SRC製造試験結果を中心に2炭種・3条件から1炭種・1条件への絞り込みを行うこととした。

Figure 3.3.30に、アントラセン油を溶剤として、反応温度を410、430、450℃と変化したときの Samla炭と Assam炭の各収率を示す。主製品である SRCの収率は、両石炭とも反応温度が高くなるにしたがって低下する。また、同一反応温度では、Assam炭の方が Samla炭よりも溶解率、SRC収率、油+水収率が高い。更に、ガス収率及び水素消費量は両石炭とも同一反応温度ではほぼ同じ値を示す。これらのことから、高収率で SRCを得るには Samla炭よりも Assam炭の方が有利であることが分かる。

しかし、Assam炭は反応温度 380℃以下では室温における濾過が不能であった。したがって、これら2炭種・3条件で製造した coal solutionについてその濾過性を検討した。

Figure 3.3.31に、35℃で測定した coal solutionの粘度を示す。反応温度 410℃で製造した coal solutionの粘度は、Samla炭よりも Assam炭の方が高く、濾過性も Assam炭の方が悪いと思われる。また、430℃以上では coal solutionの粘度は Assam炭の方が低く、濾過性も良いと思われる。

更に、製造された SRCのコークス添加剤としての品質は、コークス製造試験結果から明らかなように、いずれの石炭及び製造条件でも良質である。

これら製品収率、濾過性及び SRCの品質の面から、1炭種・1条件を選定するならば、Assam炭の 430℃の条件が最も適していると考えられる。

なお、Samla炭の適正条件を選択するとすれば、SRC収率が高く、比較的濾過性の優れている点では 410℃の条件が好ましいが、循環溶済を確保する点からは 430℃の方が適当であると考えられる。

以上述べたように、TEST-3の条件としては、Assam炭を用い、反応温度 430℃、初期圧力100kg/cm<sup>2</sup>G、滞留時間60分、触媒添加量3wt%、水素分圧 100%が適当であると判断できる。

### 3.3.8 TEST-3：溶剤循環テスト

#### (1) 試験条件

Assam炭を用い、アントラセン油を初期溶剤として、石炭／溶剤比を1/2とし、反応温度 430℃、初期圧力100Kg/cm<sup>2</sup>G、滞留時間60分、触媒添加量3wt%、水素分圧100%の液化反応条件下で石炭を溶解し、得られる回収油（沸点約200～450℃留分）を再び溶剤として、上記と同じ液化反応条件下で石炭を溶解する操作を3回繰り返して溶剤循環テストを実施した。

即ち、溶剤循環回数1回目で用いた溶剤はアントラセン油、2回目で用いた溶剤は1回目で回収された油、3回目で用いた溶剤は2回目で回収された油、4回目で用いた溶剤は3回目で回収された油である。

#### (2) 結果

Figure 3.3.32に、初期溶剤としてアントラセン油を用い、溶剤を繰り返し循環使用したときの各収率を示す。本試験は各循環回数毎に数回以上のテストを実施したので、その平均値を図中の●印で、またバラツキ幅を棒線で示した。Figureから、溶解率とガス収率は循環回数に関わらずほぼ一定の値を示すことが分かる。また、SRC収率は循環回数3回目まで若干増加するがその後一定の値となる。更に、油＋水収率及び水素消費量は循環回数3回目まで若干減少し、その後一定の値となる。このように、循環回数4回目でいづれの収率もほぼ一定となることが分かる。このときの各収率を Table 3.3.8に示す。

### 3.3.9 製品分析

製品分析に供した試料とその製造条件を Table 3.3.9に示す。なお、各種試料の実験番号は製造条件が同じ場合には同一の番号を用い、分析用に製造した試料には実験番号の前に「A」を、コークス配合用に製造した試料には実験番号の前に「S」を付記した。

また、各種試料の分析方法は、既に、Table 3.3.5 に示したとおりである。

#### (1) 生成油の分析

分析結果を Table 3.3.10～11に示す。これらの Tableから、次のことがわ

かる。

- 1) 溶剤として、テトラリンとアントラセン油とを用いた場合を比較すると、石炭の種類によらず、テトラリンを用いた方が、水素含有量、発熱量が高く、比重、粘度、fa、及び蒸留性状の50%溜出温度が低い。これは、生成油の中に溶剤として用いたテトラリンが含まれているためである。
- 2) 溶剤の種類による差と比較して、石炭の種類による差は、ほとんど認められない。
- 3) 溶剤を循環した場合、循環回数が増すにしたがって、水素含有量が大きくなり、比重、faが小さくなることから、生成油の水素供与性が高くなったものと考えられる。

## (2) SRCの分析

分析結果をTable 3.3.12~13に示す。これらのTableから、次のことがわかる。

- 1) 石炭及び製造条件によらず、生成したSRCの性状には、ほとんど差は認められない。ただし、テトラリン溶剤を用いた場合、fa、トルエン不溶分及びヘキサン不溶分がアントラセン油を用いた場合よりも若干少なくなる。これは、SRCが水素化されてより脂肪族性に富む構造になったためと思われる。

## (3) 残渣の分析

分析結果をTable 3.3.14~15に示す。これらのTableから、次のことがわかる。

- 1) Assam炭、Neyveliリグナイトのように、溶解率の高い石炭では、残渣中に触媒及び石炭灰が多く含まれているため、これが元素分析値の硫黄分及び酸素分に大きな影響をおよぼしている。

#### (4) コークス製造用 SRCサンプルの分析

分析結果をTable 3.3.16に示す。この Tableから、次のことがわかる。

- 1) コークス製造用 SRC(Table 3.3.16)と分析用 SRC(Table 3.3.12~13)とを比較すると、同一製造条件下では、ほぼ同一の値が得られた。

#### (5) Coal Solution とFiltrateの分析

分析結果をTable 3.3.17 に示す。この Tableから、次のことがわかる。

- 1) 溶剤として、テトラリンを用いたほうが、アントラセン油を用いたよりも Coal Solution、Filtrateとも比重、粘度が小さい。これは溶剤の影響によるものである。
- 2) 石炭の種類及び製造条件による差は、溶剤の種類による差よりも顕著ではない。

### 3.3.10 総括

5種類のインド炭を用いて、SRC製造試験を実施し、次の成果を得た。

- (1) TEST-1の結果から、SRC製造用候補炭として最も適している石炭は、溶解率及び SRC収率の高い Assam炭であり、次いで Samla炭及び Neyveliリグナイトであることがわかった。又、Argada-Sirka炭及びOA炭は SRC製造用炭としては好ましくないことがわかった。TEST-1の目的は、5炭種から2炭種を選定することにあるが、上述のように、SRC製造試験結果からでは2炭種を選定することは困難であった。そこで、インド現地調査によって得られた結果(3.2参照)を加味し、TEST-2に使用する石炭は Assam炭と Samla炭が適当であると判断した。
- (2) TEST-2では、Assam炭と Samla炭を用い、種々の液化反応条件下で SRC製造試験を実施した。コークス配合用 SRCの製造条件としては、両石炭とも反応温度 410、430、450℃の3条件が適していることがわかった。これら2炭種・3条件で、6種類の SRCを製造し、コークス製造試験を

行った結果、いずれの SRCを用いてもコークス強度に明らかな差異は認められなかった。

そこで、SRC製造試験結果を中心に 2炭種・3条件から 1炭種・1条件への絞り込みを行い、TEST-3の条件としては、Assam炭を用い、反応温度 430℃、初期圧力100Kg/cm<sup>2</sup>G、滞留時間60分、触媒添加量 3wt%、水素分圧100%が適当であると判断した。

- (3) TEST-3では、初期溶剤としてアントラセン油を用い、上記反応条件下で、溶剤を繰り返し循環使用して、各収率の変化を求め、循環回数 4回目でいずれの収率もほぼ一定となることを確認し、このときの各収率を算出した。
- (4) コークス配合用 SRCとして、アントラセン油を用い、TEST-3の初期条件で SRCを製造した。
- (5) TEST-1~3及びコークス配合用 SRC製造時に得られた各種製品の分析を実施した。

Annex 3.3.1にオートクレープテストの実施データ表をまとめて添付した。

Annex 3.3.2に SRC製造試験において使用したJapanese Industrial Standard (JIS)の一覧表を添付した。

### 3.3.11 プロセスについての追加の考察

日本では、鉄鋼業の発展と共にコークス用原料炭、特に、粘結性の高い石炭の不足が懸念された。この問題解決の有力な一つの方法としてバインダーを添加する方法があり、バインダーとしては次のものがあり、一部は実用化されている。

- (1) 石炭系ピッチ
- (2) 膨潤炭
- (3) 石油系ピッチ類
- (4) 溶剤抽出炭

三井石炭液化社は各種のバインダーについて研究を実施してきた。以下に上記各種バインダーについて述べる。



### (1) 石炭系ピッチ

コークス製造の際に生産される石炭系ピッチは古くからバインダーとして用いられている。特に最近はパーシャルブリケットにバインダーとして利用されているが、生産量が限定されてる上、石炭系ピッチは電極用としての重要な用途がある。よってコークス製造用バインダーとしての利用は一層限定されている。

### (2) 膨潤炭

日本の国立研究所で開発された膨潤炭は、石炭とタールとを混合加熱して製造するが、コークス用バインダーとしては石炭系ピッチと同等な性質を持っている。

しかし、この方法では石炭 1部に対してタールを 2部以上使用する為工業生産に見合うタールの量を確保することができない。現在は塗料用として僅かに製造されている程度である。

最近、新しい膨潤炭法が研究されている。それは石炭を予め水素化したアントラセン油と石炭とを加熱処理することによって、石炭の一次分解をより進めている。しかし水素化溶剤を循環使用すると、Coal Solutionの粘度は徐々に上昇し、連続運転が困難となり、実用化は難しい。

### (3) 石油系ピッチ

コールタールの代わりに芳香族性に富む石油系重質油を熱分解してバインダーピッチを製造する方法であるが、芳香族環数が少ないため粘結性の不足などの問題がある。

### (4) 溶剤抽出炭

これはドイツの Pott-Broche法を源とした方法である。熱分解した石炭からピッチ状物質を溶剤で抽出・分離する方法である。米国の Gulf Oilで開発した SRC-I法を始め類似法が沢山存在する。SRC法は工業的規模で利用可能な方法である。特徴は次の通りである。

## 1) 循環溶剤と反応条件

アントラセン油を使用して、石炭の一次分解のみを行わせるような温和な条件（水素分圧 50~100Kg/cm<sup>2</sup>、温度 400℃）下で液化する場合、循環溶剤中に逐次脂肪族化合物が濃縮され芳香族化合物が減少するため石炭の水素化反応率が低下する。その結果循環溶剤を繰り返し使用すると、HI・QS（ヘキサンに不溶で、キノリンに可溶な物質：純粋な SRC）が減少し、QI（キノリン不溶物：未反応成分）の量が増加する。更に、重質成分の重合により循環溶剤の粘度が上昇し固液分離が困難となる。溶剤の補給量を増加すれば、これらの問題をある程度防ぐことはできるが、その補給量は多大となり実用上困難となる。

水素化分解に必要な芳香族成分の量を維持し、高級脂肪族化合物の分解を促進するため、石炭溶解物の二次分解を進める必要がある。このためには反応温度・反応圧力を増加し、反応時間を増さなければならない。従来の経験からプラントの反応圧力は 150Kg/cm<sup>2</sup>、水素分圧は 90%以上、温度は 430℃、滞留時間は60分とする必要がある。

## 2) 製品 SRC中の灰分と未反応炭

次に SRCが灰分その他の夾雑物を含んだ場合のコークス化性に与える影響について述べる。日本の実験結果からコークス強度はHI・QS（SRC）の量にほぼ比例する。したがってHS（ヘキサンに可溶物：油分）は 10%以下、QI（キノリンに不溶物：未溶解成分）は 10%以下、灰分は5%以下が許容される限界である。この範囲を外れる場合はコークス強度は大幅に低下する。

Table 3.1.1 QUALITY PARAMETERS OF COAL FROM DIFFERENT COALFIELDS OF INDIA (1/2)

Coalfields	Seams	air dry basis			dry mineral matter free basis			Gray king (LTC) coke type		
		Moisture %	Ash %	Sulphur %	Phosphorus %	Volatile matter %	Calorific value (kcal/kg)		Carbon %	Hydrogen %
<b>(A) LOWER GONDWANA COALS</b>										
Damodar-Koel Valley										
1. Raniganj										
	(a) Raniganj Formation	2.5-3.5	15-20	0.5-0.7	0.01-0.15	39-44	8110-8450	83-85	5.3-5.8	E-G1
	Sambal-Jambad etc.	3.0-11.0	13-25	0.5-0.7	0.01-0.15	39-42	7610-8170	79-82	5.2-5.5	A-B
	(b) Barakar Formation	0.8-2.0	15-25	0.5-0.7	0.01-0.20	25-36	8440-8830	86-90	4.5-5.4	E-G
	Salanpur	0.8-2.0	25-35	0.5-0.8	0.01-0.18	25-35	8300-8800	87-90	4.5-5.2	B-D
	I-IX	3.0-8.0	26-36	0.4-0.9	0.01-0.36	37-43	7810-8060	81-84	4.8-5.7	A
2. Barjora										
3. Jharia										
	(a) Raniganj Formation	1.5-2.2	20-25	0.5-0.7	0.20-0.40	36-40	8440-8550	85-87	5.4-5.8	E-F
	(b) Barakar Formation	0.6-1.5	18-35	0.5-0.8	0.05-0.30	17-28	8550-8890	90-93	4.5-4.9	C-F
	IX-XVIII	0.6-2.0	15-25	0.5-0.7	0.05-0.30	22-35	8440-8890	87-91	4.6-5.4	G-G8
4. East Bokaro										
	Barakar Formation	0.8-2.4	15-27	0.5-0.9	0.05-0.40	28-36	8330-8670	85-90	4.5-5.4	D-G2
	Jarandih to Uchitdih	0.7-1.9	17-28	0.5-0.7	0.06-0.17	24-37	8440-8780	86-90	4.5-5.4	E-G4
	Kargari Top, Karo Bottom									
5. West Bokaro										
	Barakar Formation	4.2-4.7	15-22	0.5-0.7	0.10-0.35	34-37	8170-8370	84-86	4.9-5.1	C-D
	Kuju, Murpa, etc.	0.5-2.5	21-35	0.5-0.6	0.03-0.35	21-36	8440-8780	86-91	4.6-5.3	D-G3
	V-VIII									
6. Ramgarh (Block I, II, IV)										
	Barakar Formation	0.5-3.0	18-30	0.6-1.0	0.01-0.25	24-38	8220-8780	85-87	4.5-5.3	E-G
7. North Karanpura										
	Barakar Formation	0.5-3.0	20-35	0.5-1.0	0.06-0.34	30-40	8330-8780	85-91	4.9-5.3	E-G3
	(a) Chano-Rikba, Bedam-Isko, etc.	5-10	15-30	0.2-0.8	0.01-0.23	35-42	7400-8000	79-82	4.0-4.9	A-G
	(b) Bachra, Churi, Manki, Pinderkom, etc. I-VI									
8. South Karanpura										
	Barakar Formation	2.5-8.0	15-30	0.4-0.8	0.03-0.20	37-40	7800-8100	80-84	4.7-5.2	A-C
	Argada group, Sirka, Saunda, Nakaria, etc.									
9. Rutar										
	Karharbari Formation	6-10	8-14	0.3-0.5	0.005-0.01	35-40	7500-7700	80-81	4.2-4.5	A
10. Daltonganj										
	Karharbari Formation	3-4	13-18	0.4-0.7	0.005-0.01	9-13	8500-8560	89-93	3.5-4.0	A
	Giridih-Rajmahal Area									
1. Giridih										
	(a) Karharbari Formation	0.6-1.3	12-22	0.4-0.6	0.01-0.04	27-33	8725-8950	89-91	4.7-5.2	E-G6
	(b) Barakar Formation	0.7-1.3	20-34	0.3-0.4	0.02-0.16	27-33	8000-8850	88-90	4.6-5.1	D-E
	Upper and Lower Karharbari, Bhadua									
	Khandiha, Balibilli, etc.									
2. Deoghar										
	Barakar Formation	5-9	15-35	0.3-0.5	0.002-0.04	38-42	7300-7900	80-83	4.5-5.2	A
3. Rajmahal										
	Barakar Formation	8-10	20-45	0.3-0.7	0.005-0.01	38-40	7400-7800	78-81	4.0-5.2	A

Table 3.1.1 QUALITY PARAMETERS OF COAL FROM DIFFERENT COALFIELDS OF INDIA (2/2)

Coalfields	Seams	air dry basis			dry mineral matter free basis			Gray king (LTC) coke type		
		Moisture %	Ash %	Sulphur %	Phosphorus %	Calorific value (kcal/kg)	Carbon %		Hydrogen %	Volatiles matter %
4. Barjeeling Kharbari Formation Sone-Mahanadi Valley 1. Singrauli (a) Raniganj Formation (b) Barakar Formation	Jhingurda Tirra, Purnea, etc.	1-5	19-23	-	-	14-18	8450-8700	90-93	3.5-4.0	A
		8-9	25-35	0.4-0.6	0.01-0.04	40-42	7095-7300	76-78	4.5-4.8	A
		7-9	15-30	0.5-0.7	0.02-0.03	37-45	7640-7750	78-81	4.4-5.3	A
		5-9	15-30	0.4-0.6	0.001-0.009	34-40	7740-8465	79-84	4.8-5.2	A
		2-4	15-25	0.3-0.6	0.002-0.005	33-40	8220-8440	85-87	4.9-5.2	C-D
		5-7	12-20	0.3-0.4	0.005-0.016	36-38	7750-8100	80-83	4.8-5.2	A
		5-9	14-18	0.4-0.6	0.004-0.015	35-38	7680-8100	80-83	4.2-4.8	A
		6-9	15-35	0.5-0.8	0.005-0.016	32-41	7780-8170	81-84	4.2-5.3	A
		7-10	15-20	-	-	35-38	7300-7600	78-81	4.2-4.8	A
		6-9	15-35	0.5-0.7	-	32-40	7400-7800	78-84	4.3-5.1	A
2. Sohagpur (a) Rungta, Kotma, Jhagrakhand (b) Chureha-Rutkora, etc.	I-III, Kotma, etc.	6-8	15-40	0.5-0.7	0.003-0.04	35-45	7830-7940	79-82	4.9-5.3	A-B
		2-6	15-25	0.5-0.7	0.02-0.05	32-38	7650-8140	82-85	4.8-5.4	C-D
		2-5	18-24	0.6-1.0	0.05-0.06	32-38	8520-8710	86-89	5.1-5.5	D-F
		2-4	25-30	0.5-0.8	-	33-40	8500-8790	84-86	5.4-5.8	C
		2-4	20-25	-	-	33-35	8620-8730	87-89	5.3-5.4	C-D
		7-10	15-30	0.5-0.9	0.01-0.04	35-40	7250-7860	78-82	4.2-4.6	A
		8-11	15-25	0.4-0.8	0.01-0.05	38-45	7220-7750	76-80	4.3-5.1	A
		6-8	15-25	0.3-0.7	0.005-0.04	35-40	7300-7950	78-82	4.2-5.1	A
		5-8	15-30	0.4-0.8	0.01-0.05	35-42	7590-8000	78-83	4.5-5.4	A
		2-3	5-15	2.0-6.0	0.001-0.01	42-48	8000-8500	79-82	5.4-6.0	G-63
3. Chirimiri 4. Bistrampur 5. Korba 6. Lakhampur 7. Ib-River 8. Talcher Pench-Kanhan-Taka Valley 1. Daita West, Ravanwara, etc. 2. Damua, Rakhikole, etc. 3. Pathakera 4. Tandsi-Nonkharak Area Wardha Valley 1. Kamptee, Umrer, Pipla, etc. 2. Mairi, Ballarpur, Ghugus, Rajur, etc. Godavari Valley 1. Kothagudem, Tandur, Ramagundam, etc. 2. Gollet, Lingola, Belampalli (B) TERTIARY COALS Assam 1. Makum, etc. 2. Dilli, Jeypore, etc. Jammu & Kashmir 1. Kalakot, Jangalali, etc.	Pasang, Patpahari, etc. Jatraj, Ghordewa, etc. Ib, Rampur, Lajkura, etc. I-IV I-III II-III I-IV I-III II-V I-IV I-IV I-IV	4-16	8-20	0.4-8.0	0.01-0.02	45-50	7250-8000	75-79	5.5-6.3	A-B
		0.5-2	10-35	0.6-7.0	0.002-0.01	13-17	8380-8730	91-93	3.9-4.2	A

Ref. : Coal resources of India : Its formation, Distribution and Utilisation - Mukherjee et al., Fuel Science and Technology Vol.1, No.1, July '82

Table 3.1.2 PETROGRAPHIC CHARACTERISTICS OF SOME INDIAN COALS

coalfield	seam	Petrographic composition (visible mineral free basis vol%)			Average reflectance in oil (Ro %)
		Vitrinite	Exinite	Inertinite	
<b>LOWER GONDWANA COALS</b>					
<b>(A) Prime coking coals</b>					
Jharia	IX-XVIII	35-70	0-2.5	30-65	0.9-1.3
Giridih	Lower & Upper Karharbari	50-60	0-1	40-50	1.2-1.4
<b>(B) Medium coking coals</b>					
East Bokaro	Kargali	45-65	1-5	35-50	0.85-0.95
East Bokaro	Bermo, Karo	35-50	1-3.5	45-65	0.9-1.05
Raniganj	Laikdih, Chanch, etc.	45-65	3-7	30-50	0.85-0.95
West Bokaro	V, VI, VII	6-12	6-12	45-55	0.75-0.90
Rangarh	VI, VII, VIII	45-60	4-12	38-50	0.7-0.9
Jharia	Mahuda Group	65-85	2.5-10	10-30	0.75-0.85
Jharia	V-VIII	25-45	0-1	55-75	1.2-1.5
Pench Kanhan Valley	Main Seam	57-60	8-10	32-34	0.93-0.96
<b>(C) Semi coking coals</b>					
Raniganj	Dishergarh, Sanctoria	70-85	4-10	10-20	0.75-0.85
Raniganj	Ponitati, Hatnal, Koithi, Burradhemo	70-85	5-10	10-20	0.7-0.85
Sonhat (Churcha, Kutkona) V		40-60	5-10	30-50	0.65-0.75
<b>(D) Non-coking coals</b>					
South Karanpura	Argada, Sirka, Hathidari, etc.	50-70	3-10	25-40	0.6-0.8
Hutar	II	40-45	3-5	50-55	0.4-0.6
Rajmahal	Laimatia	20-25	2-3	75-80	0.45-0.5
Singrauli	Jhingurda	70-75	2-5	20-25	0.4-0.45
Singrauli	Turra, Purewa	40-50	5-12	40-50	0.45-0.5
Chirimiri	II, III	35-45	5-8	50-60	0.55-0.65
Bisrampur	Pasang, etc.	25-30	10-15	55-60	0.5-0.6
Sohagpur	Bottom Seam	50-55	7-10	35-40	0.55-0.65
Korba	Jatraj, Ghordewa, etc.	40-45	5-10	45-50	0.6-0.65
Umaria	I, II	35-45	5-10	45-55	0.5-0.55
Talcher	Bottom Seam (I)	40-45	5-10	45-50	0.5-0.55
Talcher	Jagannath (II)	60-65	5-10	25-30	0.5-0.55
Pench Kanhan Valley	III	45-55	8-12	35-45	0.5-0.6
Wardha Valley	Main Seam	25-35	15-20	50-55	0.55-0.6
Godavari Valley	King, Queen, Ross, Salarjung, etc.	35-45	5-15	40-60	0.55-0.6
<b>TERTIARY COALS</b>					
<b>Assam</b>					
Makum	60', 20' etc.	80-90	5-10	5-10	0.55-0.7
Jeypore	IV, V, VI	80-85	5-10	10-15	0.45-0.55
<b>Arunachal Pradesh</b>					
Namchik-Namphuk	III, IV, V	60-80	10-25	10-20	0.45-0.55
<b>Jammu-Kashmir</b>					
Kalalot, Jangalgali, etc.		85-90		10-15	1.75-1.85

Table 3.1.3 ESTIMATED LIFE OF INDIAN PRIME COKING COALS

	Unit : Reserves	million tons
	Life	years
	Consumption	NMt/Y
PROVED RESERVES		4504
MINABLE RESERVES		2700
CONSUMABLE RESERVES (FOR COKE MAKING)		1350
ESTIMATED LIFE OF RESERVES AT CURRENT CONSUMPTION RATE		63
RESERVES LIFE CONSIDERING GROWTH IN STEEL SECTOR @ 5%		30
CONSUMPTION PATTERN FOR COKE MAKING		
STEEL SECTOR		15
OTHERS		6.5

SOURCE : QUESTIONNAIRE ON SOLVENT REFINED COAL PRODUCTION PLAN IN INDIA  
JULY, 1989 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Table 3.1.4 SECTOR-WISE CONSUMPTION OF COAL IN 7TH FIVE YEAR PLAN PERIOD

Unit : million tons

INDEX : 1985-86 100

% : Total Raw Coal + Middlings 100

	1985-86 Actual			1986-87 Actual			1987-88 Actual			1988-89 Actual			1989-90 Actual		
	CONSUMPTION	INDEX	%	CONSUMPTION	INDEX	%	CONSUMPTION	INDEX	%	CONSUMPTION	INDEX	%	CONSUMPTION	INDEX	%
Power	75.11	100	47.7	81.89	109	49.7	93.69	125	53.0	102.01	136	55.0	113.00	150	57.2
Middlings	2.22	100	1.4	2.01	91	1.2	1.97	89	1.1	2.14	96	1.2	2.12	95	1.1
Total	77.33	100	49.1	83.90	108	50.9	95.66	124	54.1	104.15	135	56.2	115.12	149	58.3
Steel	24.52	100	15.6	23.39	95	14.2	23.60	96	13.3	20.18	82	10.9	23.92	98	12.1
Loco	9.10	100	5.8	7.87	86	4.8	7.22	79	4.1	6.35	70	3.4	5.73	63	2.9
Cement	7.90	100	5.0	8.54	108	5.2	8.25	104	4.7	9.55	121	5.2	8.74	111	4.4
Fertiliser	3.98	100	2.5	4.43	111	2.7	3.95	99	2.2	4.09	103	2.2	3.97	100	2.0
Middlings	-	-	-	-	-	-	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	3.98	100	2.5	4.43	111	2.7	4.10	103	2.3	4.09	103	2.2	3.97	100	2.0
Core Sector	120.61	100	76.7	126.12	105	76.6	136.71	113	77.3	142.18	118	76.7	155.96	129	78.7
Middlings	2.22	100	1.4	2.01	91	1.2	2.12	95	1.2	2.14	96	1.2	2.12	95	1.1
Total	122.83	100	78.1	128.13	104	77.8	138.83	113	78.5	144.32	117	77.9	157.48	128	79.8
Others	33.63	100	21.4	36.56	109	22.2	38.04	113	21.5	41.05	122	22.1	39.98	119	20.2
Middlings	0.89	100	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	34.52	100	21.9	36.56	106	22.2	38.04	110	21.5	41.05	119	22.1	39.98	116	20.2
Raw Coal	154.24	100	98.0	162.68	105	98.8	174.75	113	98.8	183.23	119	98.8	195.34	127	98.9
Middlings	3.11	100	2.0	2.01	65	1.2	2.12	68	1.2	2.14	69	1.2	2.12	68	1.1
Total	157.35	100	100.0	164.69	105	100.0	176.87	112	100.0	185.37	118	100.0	197.46	125	100.0

NOTE : The figures of imported coal not included

SOURCE : Report 1988-89, Department of Coal

Annual Plan 1990-91, Department of Coal

Eighth Five Year Plan 1990-95 and Annual Plan 1991-92, Department of Coal

Table 3.1.5 PROGRESS OF ELECTRICITY SUPPLY AND PATTERN OF CONSUMPTION (1/2)

A: INSTALLED PLANT CAPACITY

(Unit : thousand MW)

Year	Installed Plant Capacity					
	Utilities			Total	Non-Utilities	Grand Total
	Hydel	Thermal	Nuclear			
1	2	3	4	5	6	7
1970-71	6.4	7.9	0.4	14.7	1.6	16.3
1975-76	8.5	11.0	0.6	20.1	2.1	22.2
1976-77	9.0	11.8	0.6	21.5	2.3	23.8
1977-78	10.0	13.0	0.6	23.7	2.5	26.2
1978-79	10.8	15.2	0.6	26.7	2.6	29.3
1979-80	11.4	16.4	0.6	28.4	2.9	31.3
1980-81	11.8	17.6	0.9	30.2	3.1	33.3
1981-82	12.2	19.3	0.9	32.3	3.4	35.8
1982-83	13.1	21.4	0.9	35.4	3.9	39.2
1983-84	13.9	24.4	1.1	39.3	4.4	43.7
1984-85	14.5	27.0	1.1	42.6	5.1	47.7
1985-86	15.5	30.0	1.3	46.8	5.5	52.3
1986-87	16.2	31.8	1.3	49.3	6.1	55.4
1987-88*	17.3	35.6	1.3	54.2	6.6	60.8
1988-89**	17.8	39.7	1.6	59.1	7.2	66.3

B: ENERGY GENERATED (GROSS)

(Unit : billion kwh)

Year	Energy Generated (Gross)					
	Utilities			Total	Non-Utilities	Grand Total
	Hydel	Thermal	Nuclear			
1	2	3	4	5	6	7
1970-71	25.2	28.2	2.4	55.8	5.4	61.2
1975-76	33.3	43.3	2.6	79.2	6.7	85.9
1976-77	34.8	50.2	3.3	88.3	7.3	95.6
1977-78	38.0	51.1	2.3	91.4	7.6	98.9
1978-79	47.1	52.6	2.8	102.5	7.6	110.1
1979-80	45.5	56.3	2.9	104.6	8.2	112.8
1980-81	46.5	61.3	3.0	110.8	8.4	119.3
1981-82	49.6	69.5	3.0	122.1	9.0	131.1
1982-83	48.4	79.9	2.0	130.3	10.0	140.3
1983-84	50.0	86.7	3.5	140.2	10.8	151.0
1984-85	53.9	98.8	4.1	156.9	12.3	169.2
1985-86	51.0	114.4	5.0	170.4	13.0	183.4
1986-87	53.9	128.9	5.0	187.8	14.3	202.1
1987-88*	47.4	149.5	5.0	201.9	15.3 @	217.2
1988-89**	57.8	157.5	5.8	221.1	16.3 @	237.4

\* Provisional

\*\* Tentative

@ Quick estimate

Note: Figures may not add up to the total due to rounding off.



Table 3.1.5 PROGRESS OF ELECTRICITY SUPPLY AND PATTERN OF CONSUMPTION (2/2)

## C: PATTERN OF ELECTRICITY CONSUMPTION (UTILITIES ONLY)

(Unit : %)

Year	Domestic	Commercial	Industry	Railways/ Tramways (Traction)	Agriculture	Others
1	2	3	4	5	6	7
1970-71	8.8	5.9	67.6	3.2	10.2	4.3
1975-76	9.7	5.8	62.4	3.1	14.5	4.5
1976-77	9.5	6.2	62.5	3.3	14.4	4.1
1977-78	9.9	6.4	61.6	3.3	14.6	4.2
1978-79	9.8	5.6	61.8	2.8	15.6	4.4
1979-80	10.8	6.0	58.9	2.9	17.2	4.2
1980-81	11.2	5.7	58.4	2.7	17.6	4.4
1981-82	11.6	5.8	58.8	2.8	16.8	4.2
1982-83	12.7	6.1	55.4	2.8	18.6	4.4
1983-84	12.9	6.4	55.8	2.6	17.8	4.5
1984-85	13.6	6.1	55.2	2.5	18.4	4.2
1985-86	14.0	5.9	54.5	2.5	19.1	4.0
1986-87*	14.2	5.9	52.5	2.4	20.7	4.3
1987-88**	14.7	6.0	48.8	2.5	23.8	4.2

\* Provisional

\*\* Tentative

Table 3.1.6 SPECIFICATION OF COAL FOR SOME THERMAL POWER STATIONS

TPS	CAPACITY MW(e)	MOISTURE % (air-dried)	ASH %	VOLATILE MATTER %	CALORIFIC VALUE kcal/kg	ASH FUSION (MRA) °C	HARDGROVE GRINDABILITY INDEX
BONDEL	330	10	25	24	4600-5000	1450	48-55
CHANDRAPURA	660	6	40	19	4100	1310	-
OBRA	450	9-11	25-33	26-29	3800-4200	1450	59
PATRATU	620	12-13	27-30	33-43	4500-4700	1310	50
PATRATU (EXTENSION UNIT)		4-15	20-45	15-24	3600-5000	1200	45-50
INDRAPRASTHA	284	5.5-7.5	32-45	26-31	4500	1380	50

Source: Problems & Prospects of Coal Utilization in India, Paper  
Presented at the 37th Annual Meeting of IChE, New Delhi, Dec 1984  
Mazumdar, B.K., Chakraborty, M. & Mukherjee, D.K.

Table 3.1.7 COMPANYWISE UNDERGROUND AND OPENCAST PRODUCTION IN 7TH FIVE YEAR PLAN PERIOD

Unit : million tons  
INDEX : 1985-86 = 100  
% : All India = 100

	1985-86 Actual		1986-87 Actual		1987-88 Actual		1988-89 Actual		1989-90 Actual	
	PRODUCTION	INDEX %	PRODUCTION	INDEX %	PRODUCTION	INDEX %	PRODUCTION	INDEX %	PRODUCTION	INDEX %
ECL										
Underground	16.33	100 10.6	16.40	100 9.9	15.84	97 8.8	16.40	100 8.4	14.72	90 7.3
Opencast	7.70	100 5.0	9.22	120 5.6	12.15	158 6.8	13.73	178 7.1	9.74	126 4.8
Total	24.03	100 15.6	25.62	107 15.5	27.99	116 15.6	30.13	125 15.5	24.46	102 12.2
BCCL										
Underground	12.94	100 8.4	13.76	106 8.3	13.81	107 7.7	14.35	111 7.4	13.38	103 6.7
Opencast	8.14	100 5.3	10.25	126 6.2	11.30	139 6.3	11.95	147 6.1	13.24	163 6.6
Total	21.08	100 13.7	24.01	114 14.5	25.11	119 14.0	26.30	125 13.5	26.62	126 13.3
CCL										
Underground	4.72	100 3.1	4.27	90 2.6	4.17	88 2.3	4.61	98 2.4	4.75	101 2.4
Opencast	19.41	100 12.6	20.84	107 12.6	23.10	119 12.9	23.43	121 12.0	23.86	123 11.9
Total	24.13	100 15.6	25.11	104 15.1	27.27	113 15.2	28.04	116 14.4	28.61	119 14.2
NCL										
Underground	-	100 -	-	-	-	-	-	-	-	-
Opencast	11.61	100 7.5	13.60	117 8.2	16.50	142 9.2	19.63	169 10.1	23.27	200 11.6
Total	11.61	100 7.5	13.60	117 8.2	16.50	142 9.2	19.63	169 10.1	23.27	200 11.6
WCL										
Underground	10.43	100 6.8	10.35	99 6.2	10.09	97 5.6	10.11	97 5.2	9.94	95 4.9
Opencast	7.74	100 5.0	8.99	116 5.4	11.11	144 6.2	11.95	154 6.1	13.07	169 6.5
Total	18.17	100 11.8	19.34	106 11.7	21.20	117 11.8	22.06	121 11.3	23.01	127 11.5
SECL										
Underground	15.13	100 9.8	14.90	98 9.0	14.77	98 8.2	15.40	102 7.9	15.65	103 7.8
Opencast	19.12	100 12.4	21.25	111 12.8	25.18	132 14.0	29.01	152 14.9	36.13	189 18.0
Total	34.25	100 22.2	36.15	106 21.8	39.95	117 22.2	44.41	130 22.8	51.78	151 25.8
NEC										
Underground	0.40	100 0.3	0.40	100 0.2	0.36	90 0.2	0.40	100 0.2	0.35	88 0.2
Opencast	0.44	100 0.3	0.51	116 0.3	0.64	145 0.4	0.50	114 0.3	0.49	111 0.2
Total	0.84	100 0.5	0.91	108 0.5	1.00	119 0.6	0.90	107 0.5	0.84	100 0.4
TOTAL CIL										
Underground	59.95	100 38.9	60.08	100 36.2	59.04	98 32.9	61.27	102 31.5	58.79	98 29.3
Opencast	74.16	100 48.1	84.66	114 51.1	99.98	135 55.6	110.20	149 56.6	119.80	162 59.6
Total	134.11	100 87.0	144.74	108 87.3	159.02	119 88.5	171.47	128 88.1	178.59	133 88.9
SCCL										
Underground	13.24	100 8.6	-	-	12.56	95 7.0	13.91	105 7.1	12.03	91 6.0
Opencast	2.42	100 1.6	-	-	3.84	159 2.1	4.69	194 2.4	5.78	239 2.9
Total	15.66	100 10.2	16.58	106 10.0	16.40	105 9.1	18.60	119 9.6	17.81	114 8.9
CIL+SCCL										
Underground	73.19	100 47.5	-	-	71.60	98 39.8	75.18	103 38.6	70.82	97 35.3
Opencast	76.58	100 49.7	-	-	103.82	136 57.8	114.89	150 59.1	125.58	164 62.5
Total	149.77	100 97.1	161.32	108 97.3	175.42	117 97.6	190.07	127 97.7	196.40	131 97.8
TISCO/TISCO/DVC										
Underground	4.43	100 2.9	4.45	100 2.7	4.30	97 2.4	4.48	101 2.3	4.48	101 2.2
Total	154.20	100 100.0	165.77	108 100.0	179.72	117 100.0	194.55	126 100.0	200.88	130 100.0

SOURCE : OPERATIONAL STATISTICS Vol. II 1985-86 TO 1988-89, COAL INDIA LIMITED  
ANNUAL REPORT (1988-89), DEPARTMENT OF COAL  
ANNUAL PLAN 1990-91, DEPARTMENT OF COAL  
EIGHTH FIVE YEAR PLAN 1990-95 AND ANNUAL PLAN 1991-92, DEPARTMENT OF COAL

Table 3.1.8 GRADEWISE PRODUCTION IN CIL

(Unit : million tons)

Grade	1985-86	1986-87	1987-88	1988-89
S-I	0.232	0.202	0.279	0.256
Gr. A	0.205	0.157	-	-
S-II	1.317	1.291	0.831	0.515
W-I	2.387	2.303	2.822	2.737
W-II	13.516	13.531	13.839	15.917
W-III	3.224	3.746	3.899	4.007
W-IV	4.431	5.558	5.684	5.349
SLV	0.031	0.658	0.912	0.626
Med. (Met)	0.638	0.692	0.484	0.696
Total Coking (Steel & Washery Grade)	25.981	28.138	28.750	30.103
SC-I	0.136	0.182	0.465	0.327
SC-II	0.180	0.193	0.190	0.194
WG-II	0.249	0.327	0.245	0.053
WG-III	0.138	0.150	0.297	0.525
WG-IV	-	-	0.034	0.093
Gr. A	0.304	0.365	-	-
NLW-I	0.020	0.003	-	-
NLW-II	0.018	0.057	0.070	0.097
NLW-III	0.604	0.719	0.668	0.923
NLW-IV	3.579	4.956	5.710	6.002
Med. (Non Met.)	0.104	0.092	0.343	0.094
Other Coking & NLW	5.332	7.044	8.022	8.308
Grade A	3.217	2.904	2.857	3.029
Grade B	21.276	21.935	22.473	23.149
Grade C	25.173	24.963	29.297	32.636
Assam Coal	0.840	0.905	1.000	0.900
Superior Non-Coking	50.506	50.707	55.627	59.714
Grade D	17.206	18.643	20.214	23.162
Grade E & Below	35.085	40.204	46.411	50.185
Inferior Non-Coking	52.291	58.847	66.625	73.347
Total Non-Coking	102.797	109.554	122.252	133.061
Total Coal	134.110	144.736	159.024	171.472

SOURCE : OPERATIONAL STATISTICS Vol.II 1985-86~1988-89, COAL INDIA LIMITED

Table 3.1.9 DEMAND AND PRODUCTION DURING EIGHTH FIVE YEAR PLAN PERIOD

(Unit : million tons)

YEAR		1989-90	1990-91	1991-92	1992-93	1993-94	1994-95
		ACTUAL					
<b>SECTOR-WISE DEMAND</b>							
STEEL & COKE OVENS			27.20	27.70			33.50
SPONGE IRON			0.70	0.90			2.30
POWER (UTILITIES)			128.00	132.70			163.20
			( 3.00 )	( 2.91 )			( 4.50 )
POWER (CAPTIVE)			13.10	14.70			15.30
			( 1.20 )	( 2.10 )			( 2.10 )
RAILWAYS			5.80	4.70			3.10
CEMENT			11.50	12.70			16.00
FERTILISER			4.60	4.00			4.00
OTHERS			34.40	37.00			41.80
			( 0.10 )	( 0.23 )			( 0.95 )
TOTAL			225.30	234.40			279.20
			( 4.30 )	( 5.24 )			( 7.55 )
<b>COMPANY-WISE PRODUCTION</b>							
ECL	OC	9.74	11.38	10.85	12.36	14.27	17.05
	UG	14.72	14.82	16.15	17.11	18.78	20.95
	TOTAL	24.46	26.20	27.00	29.47	33.05	38.00
BCCL	OC	13.24	14.09	13.49	13.13	14.15	14.77
	UG	13.38	14.51	15.51	16.26	16.74	17.23
	TOTAL	26.62	28.60	29.00	29.39	30.89	32.00
CCL	OC	23.86	24.32	26.25	28.79	32.59	38.00
	UG	4.75	4.85	5.00	5.21	5.41	5.50
	TOTAL	28.61	29.17	31.25	34.00	38.00	43.50
NCL	OC	23.27	27.20	29.50	33.45	36.00	38.00
	UG						
	TOTAL	23.27	27.20	29.50	33.45	36.00	38.00
WCL	OC	13.07	13.80	14.30	15.00	15.50	16.30
	UG	9.94	10.10	10.20	10.50	11.00	11.50
	TOTAL	23.01	23.90	24.50	25.50	26.50	27.80
SECL	OC	36.13	38.83	41.14	44.12	46.47	47.46
	UG	15.65	16.50	17.11	17.88	18.53	19.34
	TOTAL	51.78	55.33	58.25	62.00	65.00	66.80
NEC	OC	0.49	0.24	0.30	0.30	0.35	0.44
	UG	0.35	0.37	0.40	0.45	0.45	0.46
	TOTAL	0.84	0.61	0.70	0.75	0.80	0.90
OVERALL CIL	OC	119.80	129.86	135.83	147.15	159.33	172.02
	UG	58.79	61.15	64.37	67.41	70.91	74.98
	TOTAL	178.59	191.01	200.20	214.56	230.24	247.00
SCCL	OC	5.78	6.40	7.75	8.47	10.17	12.26
	UG	12.03	13.10	15.65	16.03	16.83	18.05
	TOTAL	17.81	19.50	23.40	24.50	27.00	30.31
CIL + SCCL	OC	125.58	136.26	143.58	155.62	169.50	184.28
	UG	70.82	74.25	80.02	83.44	87.74	93.03
	TOTAL	196.40	210.51	223.60	239.06	257.24	277.31
OTHERS		4.48	4.50	4.80	4.90	5.00	5.10
TOTAL COAL		200.88	215.01	228.40	243.96	262.24	282.41
LIGNITE			11.00	12.32	13.30	15.30	17.50

NOTE : 1. The figures in bracket indicate washery middlings

2. Demand for coal does not cover imported coal

SOURCE : EIGHTH FIVE YEAR PLAN 1990-95 AND ANNUAL PLAN 1991-92, DEPARTMENT OF COAL

Table 3.1.10 MINING PROJECT (UNDER CONSTRUCTION Rs. 200 MILLION & ABOVE)

COMPANY	NAME	MINING METHOD	CAPACITY million tons	GRADE	DATE OF COMPLETION		CAPITAL	
					SANCTION	SCHEDULED	million rupee	Rs/t.
ECL	RAJMAHAL	OC	10.50	F	OCT' 88	MAR' 95	5627.0	536
	JHANJHRA	UG	3.50	C,D,E	DEC' 82	MAR' 94	1845.5	527
	SONEPUR-BAZARI	OC	3.00	C,D	JUL' 85	MAR' 91	1929.6	643
	SATGRAM	UG	1.20	B	MAY' 79	MAR' 88	263.6	220
	AMRITNAGAR	UG	1.14	D	SEP' 85	MAR' 94	654.5	574
	DHEMOMAIN	UG	1.42	B, SEMI-COKE II	MAR' 83	MAR' 90	737.6	519
	JAMBAD	UG	1.70	C,D	SEP' 89	MAR' 90	2105.5	1239
	KALIDASPUR	UG	0.96	NON-COKING	NOV' 87	MAR' 93	479.6	500
	SARPI	UG	0.90	D	SEP' 87	MAR' 95	530.5	589
	LAUDOHA	UG	0.68	NON-COKING	MAR' 88	MAR' 96	493.4	726
	KOTTADIH	OC+UG	2.48	B,D	JUN' 89	MAR' 98	2675.2	1079
BCCL	POOTKEE BULLIARY	UG	3.00	PRIME COKING STEEL II~W IV	DEC' 83	MAR' 94	1998.7	666
	BLOCK II	OC	2.50	PRIME COKING W III, W IV	JUN' 82	MAR' 87	1120.5	448
	BHALGORA	UG	1.20	PRIME COKING W II	OCT' 80	MAR' 85	462.1	385
	KATRAS	UG	0.90	PRIME COKING W IV	OCT' 79	MAR' 84	260.4	289
	NORTH ANLABAD	UG	0.72	PRIME COKING STEEL II	OCT' 80	MAR' 85	261.8	364
CCL	PIPARWAR	OC	6.50	G	SEP' 89	MAR' 96	5424.3	835
	NEW KALYANI	OC	2.25	F	AUG' 81	MAR' 90	243.8	108
	AMLO	OC	1.50	F	AUG' 81	MAR' 90	333.0	222
	K.D. HESALONG	OC	1.50	E	NOV' 88	MAR' 91	375.6	250
NCL	AMLOHRI	OC	4.00	POWER	JUN' 82	MAR' 90	3236.2	809
	KHADIA	OC	4.00	POWER	SEP' 85	MAR' 94	4000.0	1000
	DUDHICHUA	OC	5.00	POWER	FEB' 84	MAR' 94	2896.8	579
	KAKRI	OC	2.50	POWER	SEP' 89	MAR' 91	1378.0	551
	NIGAHJ	OC	4.20	POWER	NOV' 90	MAR' 94	4628.9	1102
SECL	BHARATPUR	OC	3.50	F	NOV' 83	MAR' 89	614.8	176
	DIPKA	OC	2.00	F	JUN' 85	MAR' 89	560.4	280
	BELPAHAR	OC	2.00	E	DEC' 82	MAR' 89	573.8	287
	CHURCHA WEST	OC	0.60	B	MAR' 85	MAR' 90	326.4	544
	AMLAI	OC	0.70	D	MAR' 84	MAR' 89	308.1	440
	BALGI	UG	0.60	B,D	SEP' 83	MAR' 89	280.0	467
	BANGWAR	UG	0.65	D	MAY' 85	MAR' 91	251.4	387
	DHANPIRI	OC	1.25	D	SEP' 79	MAR' 85	240.9	193
WCL	GHUGUS	OC	1.50	E	NOV' 83	MAR' 90	653.8	436
	TANDSI	UG	0.90	MEDIUM COKING W IV	SEP' 85	MAR' 95	515.8	573
	PADAMPUR	OC	1.25	E	MAR' 84	MAR' 92	507.4	406
	SAONER	UG	1.50	E	AUG' 83	MAR' 93	469.6	313
	SASTI	OC	1.00	E	SEP' 89	MAR' 91	251.5	252
	SILEWARE EXPN. PH. II	UG	1.00	E	MAR' 85	MAR' 92	380.6	381
	NILJAI	OC	1.90	E	APR' 87	MAR' 96	968.9	510
TOTAL	TOTAL	40	87.60			50865.5	581	
CIL	OPENCAST	22	63.15			36199.7	573	
	UNDERGROUND	18	24.45			14665.8	600	
	COKING	6	9.22			4619.3	501	
	SEMI+NON	1	1.42			737.6	519	
	NON-COKING	33	76.96			45508.6	591	

SOURCE : COAL ATLAS, AUGUST 1990, Central Mine Planning & Design Institute Limited.

Table 3.1.11 WORLD COAL PRODUCTION BY REGION WITH THEIR WORLD SHARES (%) (1/2)

	Production (million tons)										World Share (%)									
	1973	1978	1987	1988	1989	1973	1978	1987	1988	1989	1973	1978	1987	1988	1989					
United States	530.1	576.8	762.3	783.5	804.8	24.1	22.6	23.2	23.2	23.5	24.1	22.6	23.2	23.2	23.5					
Canada	12.3	17.1	32.7	38.6	38.7	0.6	0.7	1.0	1.1	1.1	0.6	0.7	1.0	1.1	1.1					
North America Total	542.4	593.9	795.0	822.1	843.5	24.7	23.3	24.2	24.4	24.6	24.7	23.3	24.2	24.4	24.6					
Brazil	2.4	4.6	6.9	7.3	8.4	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2					
Columbia	3.0	4.0	13.5	15.3	18.9	0.1	0.2	0.4	0.5	0.6	0.1	0.2	0.4	0.5	0.6					
Mexico	4.3	6.8	6.2	5.6	5.7	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2					
Others	1.9	1.7	2.1	3.3	4.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1					
Central and South America Total	11.6	17.1	28.7	31.5	37.0	0.5	0.7	0.9	0.9	1.1	0.5	0.7	0.9	0.9	1.1					
Soviet Union	461.2	501.5	516.1	526.4	518.0	21.0	19.7	15.7	15.6	15.1	21.0	19.7	15.7	15.6	15.1					
Czechoslovakia	27.8	29.2	25.6	25.5	25.3	1.3	1.1	0.8	0.8	0.7	1.3	1.1	0.8	0.8	0.7					
Poland	156.6	192.6	193.0	193.0	177.0	7.1	7.6	5.9	5.7	5.2	7.1	7.6	5.9	5.7	5.2					
Others	12.3	11.2	12.1	11.9	11.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.3	0.6	0.4	0.4	0.4	0.3					
East Europe Total	196.7	233.0	230.7	230.4	213.9	8.9	9.1	7.0	6.8	6.2	8.9	9.1	7.0	6.8	6.2					
West Germany	103.7	90.1	82.4	79.3	77.5	4.7	3.5	2.5	2.4	2.3	4.7	3.5	2.5	2.4	2.3					
United Kingdom	132.0	123.6	104.4	103.8	101.0	6.0	4.8	3.2	3.1	2.9	6.0	4.8	3.2	3.1	2.9					
France	26.4	21.2	14.7	12.9	12.3	1.2	0.8	0.4	0.4	0.4	1.2	0.8	0.4	0.4	0.4					
Spain	10.0	11.4	14.1	14.3	14.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4					
Others	17.4	13.6	9.5	7.3	7.3	0.8	0.5	0.3	0.2	0.2	0.8	0.5	0.3	0.2	0.2					
West Europe Total	289.5	259.9	225.1	217.6	212.6	13.2	10.2	6.8	6.5	6.2	13.2	10.2	6.8	6.5	6.2					
Japan	25.1	18.7	13.1	11.2	10.2	1.1	0.7	0.4	0.3	0.3	1.1	0.7	0.4	0.3	0.3					
China	417.0	593.0	890.8	940.5	980.0	19.0	23.2	27.1	27.9	28.6	19.0	23.2	27.1	27.9	28.6					
India	77.9	101.5	179.7	188.3	194.0	3.5	4.0	5.5	5.6	5.7	3.5	4.0	5.5	5.6	5.7					
DPR Korea	30.0	35.0	39.5	40.0	39.5	1.4	1.4	1.2	1.2	1.2	1.4	1.4	1.2	1.2	1.2					
Rep. of Korea	13.6	18.1	24.3	24.3	22.0	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6					
Others	8.9	12.1	15.6	17.4	16.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5					
Asia Total	572.5	778.4	1,163.0	1,221.7	1,262.2	26.0	30.5	35.4	36.2	36.8	26.0	30.5	35.4	36.2	36.8					
South Africa	62.4	90.4	172.8	178.2	180.0	2.8	3.5	5.3	5.3	5.3	2.8	3.5	5.3	5.3	5.3					
Zimbabwe	2.8	2.5	4.1	4.4	5.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1					
Others	2.5	2.3	2.2	2.3	3.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1					
Africa Total	67.7	95.2	179.1	184.9	188.6	3.1	3.7	5.4	5.5	5.5	3.1	3.7	5.4	5.5	5.5					
Australia	55.5	69.9	147.7	134.6	147.8	2.5	2.7	4.5	4.0	4.3	2.5	2.7	4.5	4.0	4.3					
New Zealand	2.3	2.0	2.3	2.2	2.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1					
Oceania Total	57.8	72.0	150.0	136.8	150.0	2.6	2.8	4.6	4.1	4.4	2.6	2.8	4.6	4.1	4.4					
World Total	2,199.4	2,550.9	3,287.7	3,371.4	3,425.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0					

Source : Coal Information 1990 (IEA/OECD)

Note : 1. Data for Hard Coal (anthracite, bituminous)

2. Estimated figures for 1989

3. Totals may not accord exactly since fractions are rounded off.

Table 3.1.11 WORLD TRADING FOR COAL (2/2)

(Unit: million tons)

	Amount Imported			Amount Exported		
	1978	1987	1988	1978	1987	1988
Canada	14.3	14.3	17.5	14.0	26.7	31.7
United States	2.7	1.6	1.9	36.9	72.2	86.1
North America Total	16.9	15.9	19.4	50.9	98.9	117.8
Brazil	3.5	9.7	9.3	-	-	-
Columbia	-	-	-	0.2	9.7	10.8
Other Central South American Countries	1.5	1.8	2.0	-	0.1	0.9
Central and South American Total	5.1	11.5	11.3	0.2	9.8	11.7
Belgium	7.0	9.1	11.1	0.2	1.0	1.0
Denmark	6.1	12.1	10.3	-	0.1	0.1
France	23.4	13.3	12.1	0.4	0.8	1.5
West Germany	6.9	8.3	7.5	18.8	6.3	5.0
Italy	12.5	21.3	19.8	-	-	-
Holland	5.0	12.2	13.8	0.5	1.7	1.8
Spain	3.4	8.9	8.8	-	-	-
Turkey	0.5	3.7	4.5	-	-	-
United Kingdom	2.4	9.8	12.0	2.3	2.3	1.7
Other West European Countries	11.1	22.5	27.0	0.2	0.5	0.8
West Europe Total	78.3	121.7	126.9	22.4	12.7	11.9
Czechoslovakia	5.6	4.2	4.7	3.8	2.0	1.9
Poland	1.1	1.1	1.1	40.1	30.2	32.3
Other East European Countries	21.4	26.4	25.2	0.3	0.7	0.5
East Europe Total	28.1	31.7	31.0	44.2	32.9	34.7
Soviet Union	9.9	9.6	11.9	27.0	35.5	39.4
Japan	52.9	90.9	101.2	-	-	-
China	2.4	1.9	2.2	3.1	13.5	16.3
Hong Kong	-	8.0	9.3	-	-	-
India	-	-	-	0.5	-	-
Korea	2.4	20.6	23.6	-	-	-
Taiwan	1.4	14.0	17.5	-	-	-
Other Asian Countries	1.2	4.5	4.5	1.5	1.9	2.1
Asia Total	60.4	139.9	158.3	5.1	15.4	18.4
Egypt	0.9	1.3	1.3	-	-	-
South Africa	-	-	-	15.3	42.3	42.6
Zimbabwe	-	-	0.1	0.2	0.1	0.1
Other African and Middle Eastern Countries	0.4	5.9	6.0	0.1	0.1	-
Africa, Middle East Total	1.3	7.2	7.4	15.6	42.5	42.6
Australia	-	-	-	36.6	95.7	102.2
New Zealand	-	-	-	-	0.3	0.4
Oceania Total	-	-	-	36.6	96.0	102.6
World Total	199.8	342.3	366.2	202.0	343.6	379.1

- Notes : 1. Based on ([Coal Information 1990] IEA/OECD etc.)  
2. Data is for Hard Coal (anthracite, bituminous)  
3. Totals may not accord exactly as fractions are rounded off.



Table 3.1.12 FORECASTS FOR COAL TRADING OF OECD COUNTRIES

(Unit : conversion to 1 million tons of coal)

Country	Amount of Imports						Amount of Exports											
	1988		1989		2000		1988		1989		2000							
	Metal- Surgica/ Coal	Thermal Coal	Total	Metal- Surgica/ Coal	Thermal Coal	Total	Metal- Surgica/ Coal	Thermal Coal	Total	Metal- Surgica/ Coal	Thermal Coal	Total						
Canada	5.89	10.54	16.43	6.57	2.86	9.43	6.57	5.57	12.14	24.70	3.69	28.39	23.29	5.43	28.71	23.29	8.00	31.29
United States	-	1.83	1.83	-	1.86	1.86	-	1.79	1.79	56.93	28.79	85.70	55.71	30.71	86.43	69.43	41.43	110.86
North America Total	5.89	12.37	18.26	6.57	4.71	11.29	6.57	7.36	13.93	81.63	32.47	114.09	79.00	36.14	115.14	92.71	49.43	142.14
Australia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53.71	40.61	94.33	60.71	58.29	119.00	67.79	73.71	141.50
Japan	73.37	25.34	98.70	78.76	27.67	106.43	92.29	32.43	124.71	-	-	-	-	-	-	-	-	-
New Zealand	-	-	-	-	0.06	0.06	-	0.06	0.06	0.40	-	0.40	0.61	-	0.61	0.61	-	0.61
Oceania Total	73.37	25.34	98.70	78.76	27.73	106.49	92.29	32.49	124.77	54.11	40.61	94.73	61.33	58.29	119.61	68.40	73.71	142.11
Belgium	6.84	3.36	10.19	7.29	6.14	13.43	7.43	6.29	13.71	0.03	0.69	0.71	-	-	-	-	-	-
Denmark	-	8.84	8.84	-	11.77	11.77	-	12.61	12.61	-	-	0.09	-	-	0.07	-	-	0.07
France	8.50	3.44	11.94	7.14	7.14	14.29	7.14	9.00	16.14	-	1.37	1.37	-	0.14	0.14	-	0.14	0.14
West Germany	0.60	6.34	6.94	0.57	9.31	9.89	0.57	13.79	14.36	3.59	1.51	5.10	1.54	1.43	2.97	1.54	1.43	2.97
Italy	9.63	9.57	19.20	10.00	20.00	30.00	10.00	28.57	38.57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Holland	4.00	9.74	13.74	4.71	14.14	18.86	5.29	17.86	23.14	0.01	1.76	1.77	-	1.29	1.29	-	0.71	0.71
Spain	3.74	4.47	8.21	3.57	5.14	8.71	9.71	11.57	21.29	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Turkey	3.10	1.10	4.20	5.49	6.85	12.34	11.37	15.29	26.66	-	-	-	-	-	-	-	-	-
United Kingdom	7.59	4.20	11.77	10.14	5.43	15.57	10.86	5.86	16.71	-	1.59	1.59	-	-	-	-	-	-
Other European Countries	4.49	16.21	20.67	11.82	15.72	27.51	13.39	18.57	31.98	-	-	0.46	-	-	0.24	-	-	0.30
OECD Europe Total	48.49	67.27	115.70	60.73	101.64	162.37	75.76	139.41	215.17	3.63	7.53	11.16	1.54	3.17	4.71	1.54	2.64	4.19
OECD Total	127.74	104.99	232.66	146.06	134.09	280.14	174.61	179.25	353.87	139.37	80.61	219.97	141.87	97.60	239.47	162.66	125.79	288.44

Source : Coal Information 1990 (IEA/OECD)

Notes : 1. 1988 Figures are for recorded performance.

2. Slight discrepancies may arise due to rounding off of fractions.

3. Other European Countries means Austria, Finland Greece, Iceland, Ireland, Luxembourg, Norway, Portugal, Sweden and Switzerland.

Table 3.1.13 TRANSPORT OF COAL AND COAL PRODUCTS

(Unit : million tons)

			1985-86	1986-87	1987-88	1988-89 (Apr.-Dec.)
Rail	CIL	External	85.77	89.95	94.78	72.12
		Internal	4.57	4.73	4.93	3.66
		Total	90.34	94.68	99.71	75.78
	SCCL		10.30	10.54	11.55	8.81
	TISCO/IISCO		3.14	3.45	3.64	2.95
	Others		7.90	9.45	12.95	10.93
	Total		111.68	118.12	127.85	98.47
	Road	CIL	External	23.50	24.37	26.20
Internal			13.48	13.02	13.32	9.45
Total			36.98	37.39	39.52	28.31
SCCL			2.94	3.26	2.65	2.21
TISCO/IISCO/DVC			N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Total CIL+SCCL			39.92	40.65	42.17	30.52
Belt	CIL		4.86	5.63	5.76	6.44
	SCCL		0.42	0.77	0.45	0.34
	Total CIL+SCCL		5.28	6.40	6.21	6.78 *
Ropeway	CIL		3.90	4.03	4.30	N.A.
	SCCL		-	-	-	-
	Total CIL+SCCL		3.90	4.03	4.30	-
MGR	CIL		8.66	9.50	15.06	14.87
	SCCL		2.13	2.08	1.97	1.82
	Total CIL+SCCL		10.79	11.58	17.03	16.69

\* Includes Ropeway

SOURCE : REPORT 1988-89, DEPARTMENT OF COAL

**Table 3.1.14 MODE-WISE COAL MOVEMENT OF CIL AND SCCL**

YEAR	COMPANY		RAIL	ROAD	MGR	OTHERS	TOTAL
1989-90 ACTUAL	CIL	million tons	107.72	26.01	26.77	10.73	171.23
		%	62.9	15.2	15.6	6.3	100.0
	SCCL	million tons	9.66	3.43	4.22	0.42	17.73
		%	54.5	19.3	23.8	2.4	100.0
	CIL+SCCL	million tons	117.38	29.44	30.99	11.15	188.96
		%	62.1	15.6	16.4	5.9	100.0
1990-91	CIL	million tons	114.49	24.63	31.56	15.42	186.10
		%	61.5	13.2	17.0	8.3	100.0
	SCCL	million tons	13.43	2.56	5.50	1.40	22.89
		%	58.7	11.2	24.0	6.1	100.0
	CIL+SCCL	million tons	127.92	27.19	37.06	16.82	208.99
		%	61.2	13.0	17.7	8.0	100.0
1991-92	CIL	million tons	118.44	26.14	32.72	17.15	194.45
		%	60.9	13.4	16.8	8.8	100.0
	SCCL	million tons	13.21	4.29	4.10	1.80	23.40
		%	56.5	18.3	17.5	7.7	100.0
	CIL+SCCL	million tons	131.65	30.43	36.82	18.95	217.85
		%	60.4	14.0	16.9	8.7	100.0
1994-95	CIL	million tons	136.17	31.87	46.63	24.18	238.85
		%	57.0	13.3	19.5	10.1	100.0
	SCCL	million tons	18.03	5.27	5.01	2.00	30.31
		%	59.5	17.4	16.5	6.6	100.0
	CIL+SCCL	million tons	154.20	37.14	51.64	26.18	269.16
		%	57.3	13.8	19.2	9.7	100.0

NOTE : INCLUDING DOUBLE MOVEMENT OF WASHED COAL AND MIDDINGS  
BUT EXCLUDING IMPORTED COAL AND REHANDLED COAL

SOURCE : EIGHTH FIVE YEAR PLAN 1990-95 AND ANNUAL PLAN 1991-92, DEPARTMENT OF COAL

**Table 3.1.15 COALFIELDS-WISE, MODE-WISE COAL MOVEMENT**

(Unit : million tons)

COALFIELD	RAIL	ROAD	MGR	OTHER	TOTAL
MAKUM	0.73	0.22			0.95
RANIGANJ	17.72	3.72			21.44
MUGMA-SALANPUR	4.00	0.92			4.92
RAJMAHAL			2.85		2.85
JHARIA	16.37	5.53			21.90
(MIDDLINGS)	1.40			0.50	1.90
GIRIDIH	0.68	0.08			0.76
EAST BOKARO	3.44	0.63	0.16	0.93	5.16
(MIDDLINGS)	0.60	0.20		0.15	0.95
WEST BOKARO	0.70	0.69			1.39
RAMGARH	1.03				1.03
(MIDDLINGS)	0.41	0.03			0.44
SOUTH KARANPURA	5.33	2.15			7.48
(MIDDLINGS)	0.60				0.60
NORTH KARANPURA	8.77	0.65			9.42
SINGRAULI	7.69	0.30	15.28	2.29	25.56
CENTRAL INDIA	12.50	2.49		0.50	15.49
KORBA	3.51	0.84	10.00	4.84	19.19
TALCHER	4.60	0.62	2.40	1.72	9.34
IB VALLEY	9.07	0.12			9.19
WARDHA VALLEY	8.26	2.93		1.78	12.97
PATHARKHERA		1.21		1.48	2.69
UMRER	1.48				1.48
KAMPTEE-SILEWARA		0.70	0.87	1.23	2.80
PENCH-KANHAN	2.42	0.60			3.02
(MIDDLINGS)	0.14				0.14
					0.00
TOTAL CIL	108.30	24.40	31.56	14.77	179.03
(MIDDLINGS)	3.15	0.23	0.00	0.65	4.03
DOUBLE MOVEMENT	3.04				3.04
TOTAL MOVEMENT REQUIRED	114.49	24.63	31.56	15.42	186.10

SOURCE : ANNUAL PLAN 1990-91, DEPARTMENT OF COAL

Table 3.1.16 COAL PRICE INCLUSIVE OF ALL ELEMENTS

Unit : Rs/t  
Index : Basic Price 100

GRADE	Price										Index											
	1% TAX	5% TAX	12% TAX	8% TAX	15% TAX	8% TAX	7% TAX	8% TAX	7% TAX	8% TAX	12% TAX	CCL	WCL	SECL	4% TAX	4% TAX	4% TAX	4% TAX	12% TAX	12% TAX		
	ECL		BCCL		BCCL		BCCL		ECL		CCL		WCL		SECL		SECL		WCL			
	Sales within West Bengal		Sales within West Bengal		Sales within West Bengal		Sales within Bihar		Sales within Bihar		Sales within Bihar		Sales within M.Pradesh		Sales within M.Pradesh		Sales within M.Pradesh		Sales within U.Pradesh			
LONGFLAME A	427.00	611.76	642.04	678.38	653.35	701.75	680.74	468.13	455.16	468.81	474.76	625.86	431.73	418.76	432.41	438.36	432.41	418.76	432.41	438.36	416.61	403.20
NON-COKING B	392.00	562.27	590.10	623.50	600.43	644.91	552.61	381.55	369.77	382.12	386.36	447.78	310.10	299.76	310.55	312.73	310.55	299.76	310.55	312.73	339.67	327.94
COAL C	346.00	496.21	520.78	550.26	530.88	570.20	447.78	310.10	299.76	310.55	312.73	447.78	310.10	299.76	310.55	312.73	310.55	299.76	310.55	312.73	339.67	327.94
OTHER THAN LONGFLAME A	402.00	576.41	604.94	639.18	615.55	661.15	610.65	616.36	616.99	622.76	616.99	641.54	442.13	429.16	442.81	448.76	442.81	429.16	442.81	448.76	481.85	468.61
LONGFLAME B	367.00	526.92	553.00	584.30	562.63	604.31	558.22	563.44	564.56	569.84	564.56	586.66	405.73	392.76	406.41	412.36	406.41	392.76	406.41	412.36	442.65	429.16
NON-COKING C	321.00	460.86	483.88	511.06	491.95	528.39	488.24	492.80	494.53	499.15	494.53	513.41	355.55	343.77	356.12	360.36	356.12	343.77	356.12	360.36	388.61	375.16
COAL D	255.00	366.33	384.46	406.22	390.79	419.74	388.09	391.72	394.32	398.00	394.32	408.58	284.10	273.76	284.55	286.73	284.55	273.76	284.55	286.73	311.67	299.94
OTHER THAN LONGFLAME C	203.00	290.38	305.39	322.67	310.13	333.10	310.19	313.09	316.42	319.38	316.42	327.04	230.02	219.68	230.47	232.65	230.47	219.68	230.47	232.65	253.43	241.70
COAL E	163.00	234.42	246.03	259.35	243.65	268.14	248.35	250.67	254.46	256.86	254.46	262.30	184.21	176.02	184.47	183.56	184.47	176.02	184.47	183.56	204.09	192.57
OTHER THAN LONGFLAME D	117.00	169.38	177.76	187.82	180.10	193.44	179.44	181.12	185.57	187.30	185.57	190.18	136.37	128.18	136.63	135.72	136.63	128.18	136.63	135.72	152.57	141.09
COOKING SG I	654.00	986.68	997.92	995.85	1005.16	1038.07	986.68	997.92	995.85	1005.16	1038.07	826.90	834.62	834.07	841.86	868.73	834.07	841.86	868.73	834.07	841.86	868.73
COAL SG II	546.00	826.90	834.62	834.07	841.86	868.73	826.90	834.62	834.07	841.86	868.73	717.54	724.25	724.71	731.48	754.26	724.71	731.48	754.26	724.71	731.48	754.26
OTHER THAN COOKING SG II	393.00	597.17	602.75	604.34	609.98	628.26	597.17	602.75	604.34	609.98	628.26	462.35	466.67	469.52	473.90	487.14	469.52	473.90	487.14	469.52	473.90	487.14
COAL SG III	283.00	431.32	435.35	438.41	442.51	454.66	431.32	435.35	438.41	442.51	454.66	351.17	355.19	359.21	363.23	367.25	359.21	363.23	367.25	359.21	363.23	367.25
OTHER THAN COOKING SG III	473.00	717.54	724.25	724.71	731.48	754.26	717.54	724.25	724.71	731.48	754.26	516.75	516.75	516.75	516.75	516.75	516.75	516.75	516.75	516.75	516.75	516.75
COAL SG IV	393.00	516.75	516.75	516.75	516.75	516.75	516.75	516.75	516.75	516.75	516.75	434.23	434.23	434.23	434.23	434.23	434.23	434.23	434.23	434.23	434.23	434.23
OTHER THAN COOKING SG IV	516.75	434.23	434.23	434.23	434.23	434.23	434.23	434.23	434.23	434.23	434.23	516.75	516.75	516.75	516.75	516.75	516.75	516.75	516.75	516.75	516.75	516.75
LONGFLAME A	143.3	150.4	158.9	153.0	164.3	159.4	143.3	150.4	158.9	153.0	164.3	159.4	109.6	106.6	109.8	111.2	109.8	106.6	109.8	111.2	120.4	116.5
COAL B	143.4	150.5	159.1	153.2	164.5	159.7	143.4	150.5	159.1	153.2	164.5	159.7	110.1	106.8	110.3	111.8	110.3	106.8	110.3	111.8	120.4	116.5
OTHER THAN LONGFLAME B	143.5	150.6	159.1	154.0	165.4	159.9	143.5	150.6	159.1	154.0	165.4	159.9	110.8	107.1	110.9	111.7	110.9	107.1	110.9	111.7	120.4	116.5
COAL C	143.4	150.5	159.0	153.1	164.5	159.6	143.4	150.5	159.0	153.1	164.5	159.6	110.0	106.8	110.2	111.6	110.2	106.8	110.2	111.6	119.9	117.1
OTHER THAN LONGFLAME C	143.6	150.7	159.2	153.3	164.7	159.9	143.6	150.7	159.2	153.3	164.7	159.9	110.6	107.0	110.7	112.4	110.7	107.0	110.7	112.4	120.6	117.6
COAL D	143.7	150.8	159.3	153.3	164.6	159.9	143.7	150.8	159.3	153.3	164.6	159.9	111.4	107.4	111.6	112.4	111.6	107.4	111.6	112.4	122.2	119.1
OTHER THAN LONGFLAME D	143.8	150.9	159.5	153.2	164.5	159.9	143.8	150.9	159.5	153.2	164.5	159.9	113.3	108.2	113.5	114.6	113.5	108.2	113.5	114.6	124.8	119.1
COAL E	144.8	151.9	160.5	153.9	165.3	160.5	144.8	151.9	160.5	153.9	165.3	160.5	116.6	109.6	116.9	116.0	116.9	109.6	116.9	116.0	130.4	117.6
OTHER THAN LONGFLAME E	151.2	152.6	153.7	153.7	158.7	158.7	151.2	152.6	153.7	153.7	158.7	158.7	110.3	109.6	109.6	110.3	110.3	109.6	109.6	110.3	110.7	110.7
COAL SG I	151.4	152.9	152.8	154.2	159.5	159.5	151.4	152.9	152.8	154.2	159.5	159.5	109.2	109.4	109.4	110.7	109.4	109.4	109.4	110.7	110.7	110.7
OTHER THAN COOKING SG I	151.7	153.1	153.2	154.6	159.5	159.5	151.7	153.1	153.2	154.6	159.5	159.5	110.3	110.3	110.3	110.3	110.3	110.3	110.3	110.3	110.3	110.3
COAL SG II	152.0	153.4	153.8	155.2	159.9	159.9	152.0	153.4	153.8	155.2	159.9	159.9	109.2	109.4	109.4	110.7	109.4	109.4	109.4	110.7	110.7	110.7
OTHER THAN COOKING SG II	152.6	154.0	155.0	156.4	160.8	160.8	152.6	154.0	155.0	156.4	160.8	160.8	109.2	109.4	109.4	110.7	109.4	109.4	109.4	110.7	110.7	110.7
COAL SG III	152.4	153.8	154.9	156.4	160.7	160.7	152.4	153.8	154.9	156.4	160.7	160.7	109.2	109.4	109.4	110.7	109.4	109.4	109.4	110.7	110.7	110.7
OTHER THAN COOKING SG III	152.4	153.8	154.9	156.4	160.7	160.7	152.4	153.8	154.9	156.4	160.7	160.7	109.2	109.4	109.4	110.7	109.4	109.4	109.4	110.7	110.7	110.7
COAL SG IV	152.4	153.8	154.9	156.4	160.7	160.7	152.4	153.8	154.9	156.4	160.7	160.7	109.2	109.4	109.4	110.7	109.4	109.4	109.4	110.7	110.7	110.7
OTHER THAN COOKING SG IV	152.4	153.8	154.9	156.4	160.7	160.7	152.4	153.8	154.9	156.4	160.7	160.7	109.2	109.4	109.4	110.7	109.4	109.4	109.4	110.7	110.7	110.7

Table 3.1.17 COAL PRICE AND COST OF PRODUCTION IN CIL

	(Unit : Rs/t)	
	Cost of Production	Average Pit-head Price
1974-75	58.82	44.73
1978-79	95.09	62.23
1979-80	110.04	101.18
1980-81	123.12	128.02
1984-85	190.63	183.00
1985-86	213.63	210.00
1986-87	221.54	210.00
1987-88	236.07	219.00
1988-89	248.15	219.00

NOTE : Average pit-head price has been revised to  
249 Rs/t with effect from 1.1.1989.  
SOURCE : REPORT 1988-89, DEPARTMENT OF COAL

Table 3.1.18 FOB PRICE OF METALLURGICAL COAL

EXPORTER IMPORTER	(Unit : US\$/t)					
	AUSTRALIA			U.S.A.		
	JAPAN	EEC	AVERAGE	JAPAN	EEC	AVERAGE
1980	48.81	45.48	48.40	63.32	56.70	60.12
1981	54.47	52.44	54.25	64.44	62.13	63.27
1982	57.05	54.82	57.65	66.58	67.17	67.31
1983	55.76	46.64	54.34	62.89	59.79	61.17
1984	50.25	43.76	49.09	59.01	56.96	57.78
1985	45.96	41.30	44.78	56.52	55.36	55.63
1986	44.82	40.89	44.38	54.59	51.75	52.70
1987	40.18	37.96	40.00	51.31	48.27	48.98
1988	40.04	37.65	40.31	47.76	48.53	48.69
1989	44.10	43.72	44.77	48.31	50.01	49.91

SOURCE : COAL INFORMATION 1990, IEA/OECD

Table 3.1.19 CIF PRICE OF METALLURGICAL COAL

IMPORTER EXPORTER	(Unit : US\$/t)						
	JAPAN AUSTRALIA	CANADA	U.S.A.	S.AFRICA	U.S.S.R.	CHINA	AVERAGE
1980	59.59	62.16	81.27	53.14	58.10	55.81	66.40
1981	65.54	64.59	83.06	63.70	64.32	64.95	71.06
1982	68.22	70.77	83.96	67.17	71.02	68.64	74.42
1983	63.36	70.16	78.82	57.88	59.98	56.10	67.76
1984	59.04	69.53	70.94	50.98	52.25	52.16	63.09
1985	54.36	67.51	68.67	49.62	54.69	51.17	59.77
1986	52.82	66.65	64.71	46.99	52.73	47.22	57.42
1987	48.27	65.43	64.05	43.35	48.63	43.31	53.97
1988	48.30	67.36	60.34	42.55	50.13	46.05	55.05
1989	52.58	69.73	63.34	47.68	54.65	52.08	58.39
IMPORTER EXPORTER	EEC AUSTRALIA	U.S.A.	S.AFRICA	POLAND	CANADA	U.S.S.R.	AVERAGE
1980	62.01	68.80	67.53	63.90	75.57	59.03	66.82
1981	73.83	77.32	72.09	72.95	76.26	64.54	75.94
1982	72.05	75.99	73.28	75.13	80.48	73.41	75.32
1983	60.70	67.13	56.04	61.63	69.12	82.97	64.53
1984	57.57	62.29	46.00	70.00	60.80	47.09	61.05
1985	58.84	62.64	43.08	60.81	62.43	42.28	60.64
1986	56.24	59.46	38.51	60.54	56.44	50.37	57.99
1987	52.90	56.85	35.54	54.74	54.24	54.39	55.25
1988	53.14	57.28	44.17	54.77	52.84	50.69	55.63
1989	54.17	58.44	37.38	56.76	57.21	53.64	57.20

SOURCE : COAL INFORMATION 1990, IEA/OECD

**MAP OF INDIA SHOWING  
COAL AND LIGNITE FIELDS  
WITH SUBSIDIARIES OF C.I.L.**

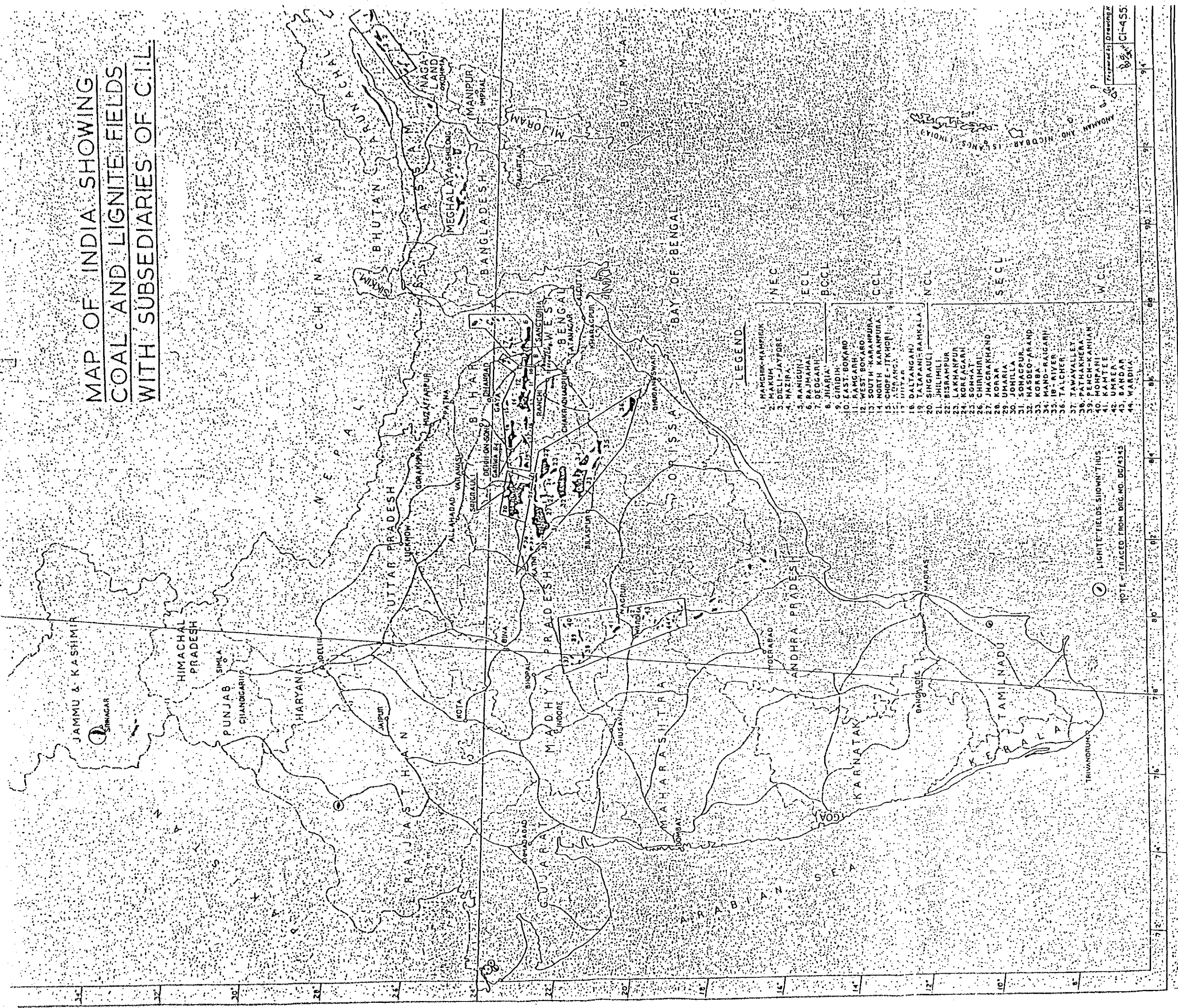


Figure 3.1.1 MAP OF INDIA SHOWING COAL AND LIGNITE FIELDS WITH SUBSIDIARIES OF C.I.L.





Table 3.2.1 CHARACTERISTICS AND RESERVES OF CANDIDATE COALS FOR TRIAL SRC PRODUCTION

No.	Items	*SMLA Coal (Raniganj) West Bengal	ASSAM Coal High sulphur Assam	*ASSAM Coal Low sulphur Assam	*ARGADA-SIRKA Coal (South Karapura) Bihar	*Lignite (South Arcot. Neyveli, T.Nadu)	TALCHER Coal (Bottom) Orissa	*Oil Agglomerated Middlings from LODNA
1	Proximate Analysis Ash content, % Moisture, % (air dry basis) Volatile matter, % Fixed carbon, % Fuel ratio (fixed carbon/volatile matter)	12 - 15 7 - 10 31 - 33 By diff. 1.5	5 - 7 1.5 - 2 44 - 45 By diff. 1.1	8.2 2.8 38.7 50.3 1.3	15 - 22 3 - 5 28 - 32 By diff. 1.8	4 - 6 15 - 20 40 - 42 By diff. 0.9	10 - 15 7 - 8 35 - 37 44 - 47 1.3	35 - 40 (note 2) 1.0 19 - 22 By diff. 2.3
2	Ultimate Analysis (dry mineral matter free basis) Carbon, % Hydrogen, % Nitrogen, % Sulphur, % Oxygen, %	79 - 82 5.2 - 5.4 2.2 - 2.4 0.4 - 0.5 11 - 12	79 - 80 5.5 - 5.8 1.3 - 1.5 6 - 7 6 - 7	81.82 5.84 1.01 2.4 10.07	82 - 84 4.9 - 5.2 1.7 - 1.8 0.5 - 0.7 9 - 10	70 - 72 4.7 - 4.8 0.6 - 0.7 0.9 - 1.2 22 - 23	N.A. N.A. N.A. N.A. N.A.	85.5 - 86.0 5 - 5.2 1.8 - 2.0 0.6 - 0.8 6 - 7
3	Petrographic Composition (mineral matter free basis) Vitrinite, % Exinite, % Inertinite, % Average reflectance of vitrinite	80 - 85 3 - 4 10 - 12 0.63	85 - 90 5 - 10 3 - 5 N.A.	87.9 2.8 4.5 0.63	44 - 50 19 - 21 28 - 32 0.63	80 - 90 (note 3) 5 1 - 5 < 0.4	35 - 40 8 - 10 45 - 50 < 0.5	40 - 50 2 - 3 40 - 48 1.0
4	Tentative Reserves (million tonnes)	500	100	(note 1)	600	3300		(note 4)

Notes: 1. This coals are being supplied to steel plants as a blendable coal for coke making. Present supply to steel plants is around 225 Mt/y.

2. The ash can be initially reduced to around 22 - 24% from these middlings by oil agglomeration using anthracene oil as bridge.

3. Huminite

4. Huge quantities of middlings are generated from various coal washeries in India. Steady supply can be ensured.

5. \* marked coals were selected as candidate coals for SRC production test.

Table 3.2.2 COAL PRICE FOR SRC PLANT AT ROURKELA STEEL PLANT (ESTIMATE) (1/2)

(Rs / t)

NAME OF COAL GRADE/LOCATION	PRODUCT	BASIC PRICE (A)	ROYALTY, CESSSES			SUB TOTAL (C)=(A)+(B)	SALES TAX (D)	TOTAL (E)=(C)+(D)	RAILWAY FREIGHT (F)	OVERALL PRICE (E)+(F)	REMARKS
SANLA COAL			ROYALTY*5	ROYALTY*5	ROYALTY*5		SALES TAX 4%*5			* 1 see Note 1	
LONG FLAME GRADE "B" *1	STEAM	438.90 *4 399 x 1.1	RURAL EXP. CESS 35% 438.9x35%	PRIMARY EDPD CESS 5% 438.9x5%	ARRESTING CESSSES 3.50	625.86	25.03 625.86x4%	650.89	from ASANSOL 298 km	* 2 see Note 2	
	SLACK *2	431.20 *4 392 x 1.1	150.92 431.2x35%	21.56 431.2x5%	1,000.40 3.50	615.08	24.60 615.08x4%	639.68	137.00*14	* 3 see Note 3	
W. BENGAL STATE	ROM (-250mm)	433.40 *3 (389+5)x1.1	151.69 433.4x35%	21.67 433.4x5%	1,000.40 3.50	618.16	24.72 618.16x4%	642.88		* 4 see Note 4	
	WASHED COAL								950.00*11	* 5 see Note 5	
ARGADA -SIRKA COAL			ROYALTY*7	CESSSES*7			SALES TAX 8%*8 C. S. T. 4%		from BARKAKANA	* 6 see Note 6	
	STEAM	374.00				444.00	53.28 444.00x12%	497.28	282 km	* 7 see Note 7	
GRADE "B" *6	SLACK	367.00				437.00	52.44 437.00x12%	489.44	133.00*14	* 8 see Note 8	
BIHAR STATE	ROM (-250mm)	364.00				434.00	52.08 434.00x12%	486.08		* 9 see Note 9	
ASSAM COAL *9			ROYALTY*12	CESS*12	LAND CESS*12		SALES TAX 4%*12		from MARGHERITA	*10 see Note 10	
	RAW COAL	647.00 *10 460+(22-5)x1.1	3.50	100.00		757.00	30.28 757.00x4%	787.28	643.00*14 +10.00*15	*11 see Note 11	
	WASHED COAL								1550.00*11	*12 see Note 12	
NEVELI LIGNITE		275.00 *13							from NEVELI 1701 km	*13 see Note 13	
TAMIL NADU STATE									612.00*14	*14 see Note 14	
										*15 see Note 15	

Table 3.2.2 COAL PRICE FOR SRC PLANT AT ROURKELA STEEL PLANT (2/2)

- Note 1. Refer to Annex 3.1.2 (8/22) Note 1 and (11/22) Ash + Moisture = 23.3% UHV = 5680 kcal/kg
- Note 2. Slack coal shall be applied to non-coking coal for coke production with SRC.
- Note 3. Refer to Annex 3.1.2 (8/22). Notes 6-(ii)
- Note 4. Refer to Annex 3.1.2 (10/22) Notes 20
- Note 5. Figures of royalty, cesses and sales tax were given by ECL.
- Note 6. Refer to Annex 3.1.2 (15/22)  
Ash + Moisture = 21.3 UHV = 5960 kcal/kg
- Note 7. Royalty was to be increased and cesses were to be eliminated in Bihar and Orissa States from August, 1991. Rate of royalty is not decided yet, but is proposed to be increased at 70.00 Rs/t.
- Note 8. Refer to Annex 3.1.2 (16/22)
- Note 9. It was decided at the meeting during 2nd on site survey that ash content of Assam coal should be 4-6% (average 5%) for the feed material of SRC plant because sample coal having 2.1% ash is not considered to be representative coal.
- Note 10. Refer to Annex 3.1.2 (5/22) No. 4 and Annex 3.1.2 (9/22) Note 9-(ii)
- Note 11. Washed coal price for Samla and Assam coal was set up by CFRI at the meeting held on February 20-22, 1992 at Ranchi. This price shall be considered for techno-economics evaluation.
- |                   | Ash  | Washed Coal Yield | Rs/t (at RSP) |
|-------------------|------|-------------------|---------------|
| Washed Samla coal | 9%   | 70%               | 950.00        |
| Washed Assam coal | 2-3% | 90%               | 1550.00       |
- Note 12. The figures of Royalty, Cess, Land Cess and Sales Tax in case of Assam coal were given by CMPDIL during 2nd on site survey, 1991.
- Note 13. Price of Neyveli Lignite were given by NLC during 1st on site survey in September to October, 1990.
- Note 14. Revised railway freights were given by MECON during 2nd on site survey in 1991 due to 10% increase of 1990's tariff.
- Note 15. Refer to Annex 3.1.2 (9/22) 10-(ii). It is assumed in Assam case, that a distance is not more than 10 kms and loading charge is 10.00 Rs/t.

Table 3.3.1 ANALYTICAL DATA FOR COAL (1/2)

Analytical Item	SAMLA Coal	ASSAM Coal	ARGADA-SIRKA Coal	NEVELI Lignite	OA Middlings	Deoiled OA Coal	Analysis Method
Moisture	20.4	16.6	11.5	56.4	1.7	--	JIS M 8811
(AS received)	10.9	14.5	8.4	46.3	0.0	--	
Proximate Analysis	10.7	2.4	3.4	18.8	1.7	1.0	JIS M 8812
(Equilibrium)	12.6	2.1	17.9	3.5	21.0	26.4	
Moisture	33.6	41.9	33.6	41.6	32.2	20.8	
Basis)	43.1	53.6	45.1	36.1	45.1	51.8	
Calorific Value (daf basis) (kcal/kg)	7870	8380	7940	6610	8930	8400	JIS M 8814
Ultimate Analysis	80.6	83.5	82.8	71.1	86.5	86.2	JIS M 8813
(daf basis)	5.1	5.8	5.4	5.0	6.5	4.9	
Carbon	11.4	7.9	9.4	22.3	4.2	6.2	
Hydrogen	2.4	1.2	1.5	0.7	1.4	1.9	
Oxygen	0.5	1.6	0.9	0.9	1.4	0.8	
Nitrogen							
Sulphur							
Grindability (HGI)	48	47	44	141	--	--	JIS M 8801
Petrographic	72.8	91.4	50.1	92.5	--	41.2	JIS M 8816
Analysis	5.5	3.7	8.3	1.9	--	0.9	
Vitrinite (%)	13.6	3.3	30.6	2.9	--	41.3	
Exinite (%)	8.1	1.6	11.0	2.7	--	16.6	
Inertinite (%)							
Minerals (%)							
Mean Maximum Reflectance (Ro) (%)	0.63	0.72	0.78	0.42	--	1.18	JIS M 8816

Table 3.3.1 ANALYTICAL DATA FOR COAL (2/2)

Analytical Item	SAMLA		ASSAM		ARGADA-SIRKA		NEYVELI		OA		Analysis Method
	Coal	Coal	Coal	Coal	Coal	Lignite	Middlings	Middlings	Middlings		
Size Analysis (wt%)	JIS M 8801										
(As received)											
+50 (mm)	10.1	1.7	3.1								
50-40	10.8	5.5	12.9								
40-30	6.1	2.9	10.0								
30-25	11.2	5.3	15.4								
25-20	6.7	3.6	5.0							0.6	
20-15	4.6	3.2	7.2								
15-10	11.8	6.8	10.9								
10-5	10.0	7.7	13.1								
5-3	9.6	10.3	5.6								
3-2	4.8	14.2	3.1								
2-1	5.6	13.5	4.3								
1-0.5	3.6	10.3	3.3								
-0.5	5.1	15.0	6.1								
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
Coal Ash Analysis	JIS M 8815										
(moisture free basis)											
SiO <sub>2</sub>	61.4	40.6	51.0	24.0	58.3						
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.77	21.93	33.66	19.33	28.07						
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.63	20.34	7.54	11.28	6.55						
CaO	2.34	3.66	1.64	17.01	0.97						
MgO	1.36	2.16	0.83	4.36	0.74						
Na <sub>2</sub> O	0.37	2.95	0.12	0.67	0.12						
K <sub>2</sub> O	1.87	0.78	1.19	0.19	1.34						
SO <sub>3</sub>	0.79	4.15	0.42	20.20	0.26						
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.87	0.16	1.23	0.05	0.76						
TiO <sub>2</sub>	1.27	0.87	1.90	1.20	2.08						

Table 3.3.2 RESULT OF SINK-AND-FLOAT TEST (1/4)

Name of Sample : SAMLA Coal  
 Particle Size : -25mm  
 S.G. Liquid used Tetrachloroethylene + Gasoline

k	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
Specific Gravity	Weight (%)	Ash (%)	$\Sigma W_n - 1 + W_n / 2$	W · A	$\Sigma W \cdot A$	$\Sigma W$	$\Sigma WA / \Sigma W$	Total W · A - $\Sigma W \cdot A$	100 - $\Sigma W$	h/i
-1.30	29.8	2.5	14.9	75.1	75.1	29.8	2.5	1032.8	70.2	14.7
1.30~1.35	34.3	9.0	47.0	308.0	383.1	64.1	6.0	724.8	35.9	20.2
1.35~1.40	12.0	13.8	70.1	166.0	549.1	76.1	7.2	558.8	23.9	23.4
1.40~1.50	19.3	18.9	85.8	364.2	913.3	95.4	9.6	194.6	4.6	42.3
1.50~1.60	1.5	27.3	96.2	40.9	954.2	96.9	9.8	153.7	3.1	49.6
+1.60	3.1	49.6	98.4	153.7	1107.9	100.0	11.1	0.0	0.0	0.0
+297 $\mu$ m	98.1									
-297 $\mu$ m	1.9	16.9								
※ f, g Float Curve    ※ b, c Characteristic Curve ※ i, j Sink Curve    ※ f, k Specific Gravity Curve										

Table 3.3.2 RESULT OF SINK-AND-FLOAT TEST (2/4)

Name of Sample: ASSAM Coal  
 Particle Size: -25mm

S.G. Liquid used Tetrachloroethylene + Gasoline

k	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
Specific Gravity	Weight (%)	Ash (%)	$\Sigma W_n - 1 + W_n / 2$	W · A	$\Sigma W \cdot A$	$\Sigma W$	$\Sigma WA / \Sigma W$	Total W · A - $\Sigma W \cdot A$	100 - $\Sigma W$	h/i
-1.30	96.7	1.3	48.4	122.8	122.8	96.7	1.3	97.4	3.3	29.6
1.30~1.35	0.8	8.0	97.1	6.4	129.2	97.5	1.3	90.9	2.5	36.4
1.35~1.40	0.7	12.9	97.9	9.0	138.3	98.2	1.4	81.9	1.8	45.5
1.40~1.50	0.4	18.0	98.4	7.2	145.5	98.6	1.5	74.7	1.4	53.3
1.50~1.60	0.2	29.0	98.7	5.8	151.3	98.8	1.5	68.9	1.2	57.4
+1.60	1.2	57.4	99.4	68.9	220.2	100.0	2.2	0.0	0.0	0.0
+297 $\mu$ m	90.7									
-297 $\mu$ m	9.3	4.3								
※ f, g Float Curve    ※ b, c Characteristic Curve ※ i, j Sink Curve    ※ f, k Specific Gravity Curve										

Table 3.3.2 RESULT OF SINK-AND-FLOAT TEST (3/4)

Name of Sample: ARGADA-SIRKA Coal  
 Particle Size: -25mm  
 S.G. Liquid used Tetrachloroethylene + Gasoline

k	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
Specific Gravity	Weight (%)	Ash (%)	$\Sigma W_n - 1 + W_n / 2$	W · A	$\Sigma W \cdot A$	$\Sigma W$	$\Sigma WA / \Sigma W$	Total W · A - $\Sigma W \cdot A$	100 - $\Sigma W$	h/i
-1.30	12.2	2.3	6.1	27.8	27.8	12.2	2.3	1836.3	87.8	20.9
1.30~1.35	23.4	7.6	23.9	178.8	206.6	35.6	5.8	1857.5	64.4	25.7
1.35~1.40	12.5	12.7	41.9	158.9	365.5	48.1	7.6	1948.6	51.9	28.9
1.40~1.50	25.6	18.9	60.9	483.8	849.3	73.7	11.5	1014.8	26.3	38.6
1.50~1.60	12.4	29.0	79.9	359.0	1208.3	86.1	14.0	655.8	13.9	47.2
+1.60	13.9	47.2	93.1	655.8	1864.1	100.0	18.5	0.0	0.0	0.0
+297 $\mu m$	94.6									
-297 $\mu m$	5.4	21.9								
※ f, g Float Curve      ※ b, c Characteristic Curve ※ i, j Sink Curve      ※ f, k Specific Gravity Curve										



Table 3.3.2 RESULT OF SINK-AND-FLOAT TEST (4/4)

Name of Sample: NEYVEL-LIGNITE  
 Particle Size: -25mm S.G. Liquid used Tetrachloroethylene + Gasoline

k	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
Specific Gravity	Weight (%)	Ash (%)	$\Sigma W_{n-1} + W_n/2$	W · A	$\Sigma W \cdot A$	$\Sigma W$	$\Sigma WA / \Sigma W$	Total W · A - $\Sigma W \cdot A$	100 - $\Sigma W$	h/i
-1.30	44.0	2.7	22.0	120.1	120.1	44.0	2.7	261.9	56.0	4.7
1.30~1.35	22.3	3.0	55.2	66.0	186.1	66.3	2.8	195.9	33.7	5.8
1.35~1.40	11.1	3.1	71.8	34.1	220.2	77.4	2.8	161.8	22.6	7.2
1.40~1.50	21.1	3.6	88.0	77.0	297.2	98.5	3.0	84.8	1.5	56.5
1.50~1.60	0.2	17.7	98.6	3.5	300.8	98.7	3.0	81.2	1.3	62.5
+1.60	1.3	62.5	99.4	81.2	382.0	100.0	3.8	0.0	0.0	0.0
+297μm	86.0									
-297μm	14.0	5.1								
※ f, g Float Curve										
※ i, j Sink Curve										
※ b, c Characteristic Curve										
※ f, k Specific Gravity Curve										

Table 3.3.3 ANALYTICAL DATA FOR ANTHRACENE OIL

Analytical Item	Value	Method
Moisture (%)	0.0	JIS K 2425
Ultimate Analysis (%)		
Carbon	91.0	JIS M 8813
Hydrogen	6.5	
Oxygen	1.1	
Nitrogen	0.7	
Sulphur	0.4	
Specific Gravity (20/20°C)	1.068	JIS K 2425
Caking index(at 35°C)	6.1	Brookfield Viscometer
fa (NMR)	0.90	Brown-Ladner method <sup>1)</sup>
fa (IR)	0.89	Brown method <sup>2)</sup>
Molecular weight	180	Vapor pressure Osmometer
Gross calorific value(kcal/kg)	9400	JIS M 8814
Distillation characteristics (recovered temperature)		
IBP	198.0°C	ASTM D 1160
5vol%	226.0°C	
10vol%	233.0°C	
20vol%	243.0°C	
30vol%	250.0°C	
50vol%	274.0°C	
70vol%	308.0°C	
90vol%	333.0°C	
EP	356.0°C	

1) J.K. Brown, W.R. Ladner, Fuel, Vol. 39.87 (1960)

2) J.K. Brown, J. Chem. Soc., 744 (1955)

Table 3.3.4 ANALYTICAL DATA FOR CATALYST

Analytical Item	Value	Analytical Method
Moisture (%)	0	JIS M 8811
Ultimate C	< 0.05	JIS M 8813
Analysis H	< 0.01	
(%) N	< 0.01	
Si	0.03	JIS M 8815
Al	0.03	
Fe	68.33	
Ca	< 0.01	
Mg	0.09	
Na	< 0.01	
K	< 0.01	
S	26.53	
P	0.01	
Ti	< 0.01	
Ignition loss (%)	2.36	JIS M 8812

Table 3.3.5 ANALYTICAL METHODS

Analytical Item	Samples						Method
	Oil	SRC	Residue	SRC* Sample	Coal Solu.	Filtrate	
1. Ultimate Analysis	○	○	○	○			JIS M 8813
2. Proximate Analysis (Moisture only)		○	○	○			JIS K 2425
3. Calorific Value	○	○	○	○	○		JIS M 8812
4. Analysis of Major Elements of Ash							JIS M 8814
5. fa (NMR)	○	○					JIS M 8815
6. fa (IR)	○	○					Brown-Ladner method #1
7. Molecular Weight	○	○					Brown method #2
8. Softening Point		○					Vapor Pressure Osmometer
9. Solvent-Insoluble Content		○			○		JIS K 2425
10. Specific Gravity	○	○					JIS K 2425
11. Distillation Characteristic	○						ASTM D 1160
12. Viscosity	○						Brookfield Viscometer

1) J. K. Brown, W. R. Ladner, Fuel, Vol. 39, 87 (1960)

2) J. K. Brown, J. Chem. Soc., 744 (1955)

\* SRC sample for coke production test

Table 3.3.6 TEST-1 CONDITIONS

(Tetralin Solvent, Initial Pressure 100Kg/cm<sup>2</sup>G, Coal-Solvent Ratio=1/2)

Conditions			SAMLA	ASSAM	ARGADA-	NEYVELI	OA
Residence Time	Reaction Temperature	Amount of Catalyst Added (wt%)	Coal	Coal	SIRKA Coal	Lignite	Middlings
(minutes)	(°C)						
60	380	0	○	○	○	○	○
60	380	3	○	○	○	○	○
60	410	0	○	○	○	○	○
60	410	3	○	○	○	○	○
60	430	0	○	○	○	○	○
60	430	3	○	○	○	○	○
90	380	0	○	○	○	○	○
90	380	3	○	○	○	○	○
90	410	0	○	○	○	○	○
90	410	3	○	○	○	○	○
90	430	0	○	○	○	○	○
90	430	3	○	○	○	○	○

Table 3.3.7 TEST-2 CONDITIONS

(Coal-Solvent Ratio=1/2)

Residence Time (minutes)	Conditions				SAMLA Coal		ASSAM Coal	
	Initial Pressure (Kg/cm <sup>2</sup> G)	Reaction Temperature (°C)	Amount of Catalyst Added(wt%)	Hydrogen Partial Pressure (%)	Tetralin	Anthracene Oil	Tetralin	Anthracene Oil
30	100	430	3	100	○	○	○	○
120	100	430	3	100	○	○	○	○
60	80	430	3	100	○	○	○	○
60	120	430	3	100	○	○	○	○
60	100	360	3	100	○	○	○	○
60	100	450	3	100	○	○	○	○
60	100	430	6	100	○	○	○	○
60	100	430	3	70	○	○	○	○
60	100	430	3	80	○	○	○	○
60	100	430	3	90	○	○	○	○
60	100	380	3	100	*	○	*	○
60	100	410	3	100	*	○	*	○
60	100	430	0	100	*	○	*	○
60	100	430	3	100	*	○	*	○
90	100	430	3	100	*	○	*	○

N.B.) \* Tests marked with asterick were completed in the TEST-1.

Table 3.3.8 YIELDS (AVERAGE VALUES) OF ASSAM COAL AFTER  
FOUR RECIRCULATIONS OF SOLVENT

Product		Yield (daf coal base, wt%)
Gas	C <sub>1</sub>	2.7
	C <sub>2</sub>	1.5
	C <sub>3</sub>	1.0
	C <sub>4</sub>	0.4
	CO	0.5
	CO <sub>2</sub>	1.3
	H <sub>2</sub> S	0.3
Sub-total		7.7
Water		2.9
Oil		19.9
SRC		71.3
Unreacted Coal		0.8
Total		
Hydrogen Consumption		-2.6
Grand Total		100.0

Table 3.3.9 SAMPLES FOR ANALYSIS AND PRODUCTION CONDITIONS (1/2)

Experimental Number	Coal	Solvent	Reaction Temperature	Residence Time	Initial Pressure	Catalyst Addition	H <sub>2</sub> -Partial Pressure
A 1 1 0 6	ASSAM coal	Tetralin	430°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%
A 1 2 0 6	SAMLA coal	Tetralin	430°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%
A 1 3 0 6	NEVELI lignite	Tetralin	430°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%
A 1 4 0 6	ARGADA-SIRKA coal	Tetralin	430°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%
A 1 5 0 6	O. A. middlings	Tetralin	430°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%
A 2 1 2 2	ASSAM coal	Anthracene Oil	410°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%
A 2 1 2 4	ASSAM coal	Anthracene Oil	430°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%
A 2 1 1 6	ASSAM coal	Anthracene Oil	450°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%
A 2 2 2 2	SAMLA coal	Anthracene Oil	410°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%
A 2 2 2 4	SAMLA coal	Anthracene Oil	430°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%
A 2 2 1 6	SAMLA coal	Anthracene Oil	450°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%
A 3 1 0 1	ASSAM coal	Anthracene Oil	430°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%
A 3 1 0 7	ASSAM coal	Recycle Oil I	430°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%
A 3 1 2 3	ASSAM coal	Recycle Oil II	430°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%
A 3 1 3 1	ASSAM coal	Recycle Oil III	430°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%



Table 3.3.9 SAMPLES FOR ANALYSIS AND PRODUCTION CONDITIONS (2/2)

Experimental Number	Coal	Solvent	Reaction Temperature	Residence Time	Initial Pressure	Catalyst Addition	H <sub>2</sub> -Partial Pressure
S R C	S 2 1 2 2	ASSAM coal	410°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%
	S 2 1 2 4	ASSAM coal	430°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%
	S 2 1 1 6	ASSAM coal	450°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%
S A M	S 2 2 2 2	SANLA coal	410°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%
	S 2 2 2 4	SANLA coal	430°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%
	S 2 2 1 6	SANLA coal	450°C	60min	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%
S 3 1 0 1	ASSAM coal	Anthracene Oil	430°C	60min.	100Kg/cm <sup>2</sup> G	3wt%	100%

Table 3.3.10 ANALYSIS OF PRODUCED OIL (1)

O I L Exper. NO.	Test Condition		Ultimate Analysis (daf; wt%)						Proximate Analysis (dry; wt%)			Calorif. Value (dry base) (kcal/kg)	Specific Gravity (at 20°C)	Viscosity (cP)
	Coal	Solvent Temp.	C	H	N	S	O	Ash	V.M.	F.C.				
A 1 1 0 6	ASSAM	Tetralin 430°C	90.2	8.0	0.1	0.1	0.6	--	--	--	9990	0.973	4.4	
A 1 2 0 6	SAMLA	Tetralin 430°C	89.4	8.6	0.2	0.0	1.8	--	--	--	9970	0.975	4.3	
A 1 3 0 6	LIGNITE	Tetralin 430°C	89.8	8.6	0.1	0.1	0.4	--	--	--	9900	0.981	4.6	
A 1 4 0 6	ARGADA	Tetralin 430°C	88.7	8.5	0.1	0.0	2.7	--	--	--	10020	0.973	4.5	
A 1 5 0 6	O. A. midd.	Tetralin 430°C	90.3	9.2	0.1	0.1	0.3	--	--	--	10100	0.961	5.0	
A 2 1 2 2	ASSAM	Anth. Oil 410°C	91.3	7.2	0.7	0.4	0.4	--	--	--	9480	1.058	8.0	
A 2 1 2 4	ASSAM	Anth. Oil 430°C	90.3	7.1	0.7	0.4	1.5	--	--	--	9500	1.051	7.9	
A 2 1 1 6	ASSAM	Anth. Oil 450°C	90.3	6.9	0.7	0.3	1.8	--	--	--	9500	1.032	8.0	
A 2 2 2 2	SAMLA	Anth. Oil 410°C	90.5	6.3	0.7	0.4	2.1	--	--	--	9450	1.060	7.5	
A 2 2 2 4	SAMLA	Anth. Oil 430°C	91.0	7.1	0.7	0.3	0.9	--	--	--	9470	1.057	8.0	
A 2 2 1 6	SAMLA	Anth. Oil 450°C	91.2	7.0	0.8	0.3	0.8	--	--	--	9470	1.056	8.5	
A 3 1 0 1	ASSAM	Anth. Oil 430°C	91.1	7.1	0.7	0.4	0.7	--	--	--	9430	1.051	7.9	
A 3 1 0 7	ASSAM	Recycle I 430°C	90.3	7.4	0.6	0.3	1.4	--	--	--	9520	1.046	7.7	
A 3 1 2 3	ASSAM	Recycle II 430°C	90.0	7.6	0.6	0.3	1.5	--	--	--	9520	1.038	8.0	
A 3 1 3 1	ASSAM	Recycle III 430°C	89.2	7.7	0.5	0.3	2.3	--	--	--	9530	1.038	8.0	

Table 3.3.11 ANALYSIS OF PRODUCED OIL (2)

O I L Exper. NO.	Test Condition		f a		Molecular Weight	Distillation Characteristics (recovered temperature: °C)									
	Coal	Solvent Temp.	<sup>1</sup> H-NMR	I R		IBP	5vol%	10vol%	20vol%	30vol%	50vol%	70vol%	80vol%	EP(°C /vol%)	
A 1 1 0 6	ASSAM	Tetralin 430°C	0.63	0.54	220	193	203	204	205	206	207	212	245	450 /86.0	
A 1 2 0 6	SAMLA	Tetralin 430°C	0.65	0.57	220	197	204	205	205	206	207	209	215	450 /89.0	
A 1 3 0 6	LIGNITE	Tetralin 430°C	0.67	0.59	210	190	202	202	204	205	207	211	229	451 /89.5	
A 1 4 0 6	ARGADA	Tetralin 430°C	0.63	0.54	220	195	203	204	205	205	206	208	212	451 /89.4	
A 1 5 0 6	O. A. midd.	Tetralin 430°C	0.59	0.53	230	188	202	203	204	204	204	206	211	450 /88.0	
A 2 1 2 2	ASSAM	Anth. Oil 410°C	0.84	0.82	180	207	230	236	250	265	309	353	--	450 /76.0	
A 2 1 2 4	ASSAM	Anth. Oil 430°C	0.82	0.80	180	186	225	233	247	260	299	337	437	450 /80.0	
A 2 1 1 6	ASSAM	Anth. Oil 450°C	0.83	0.81	180	176	218	224	240	256	302	351	--	450 /76.5	
A 2 2 2 2	SAMLA	Anth. Oil 410°C	0.86	0.84	170	193	224	231	243	257	295	332	370	450 /83.9	
A 2 2 2 4	SAMLA	Anth. Oil 430°C	0.85	0.84	170	190	221	223	241	254	288	327	345	450 /87.2	
A 2 2 1 6	SAMLA	Anth. Oil 450°C	0.84	0.84	170	181	221	227	239	251	290	327	352	450 /86.1	
A 3 1 0 1	ASSAM	Anth. OIL 430°C	0.82	0.81	180	186	225	233	247	260	299	337	437	450 /80.0	
A 3 1 0 7	ASSAM	Recycle I 430°C	0.78	0.75	180	188	222	230	245	264	304	344	429	450 /80.5	
A 3 1 2 3	ASSAM	Recycle II 430°C	0.76	0.72	180	184	219	228	244	263	308	349	438	450 /80.5	
A 3 1 3 1	ASSAM	Recycle III 430°C	0.73	0.69	180	186	219	228	244	264	308	348	422	450 /81.0	

Table 3.3.12 ANALYSIS OF SRC (1)

S.R.C Exper. NO.	Test Condition		Ultimate Analysis (daf :wt%)						Proximate Analysis (dry.wt%)				Calorif. Value (dry base) (kcal/kg)	Specific Gravity (at 20°C)	Softening Point (°C)
	Coal	Solvent Temp.	C	H	N	S	O	Ash	Y.M.	F.C.					
A 1 1 0 6	ASSAM	Tetralin 430°C	87.9	6.3	1.3	0.7	3.8	--	38.3	61.7	8930	1.217	169		
A 1 2 0 6	SANLA	Tetralin 430°C	87.4	6.3	2.6	0.2	3.5	--	37.9	62.1	8890	1.217	178		
A 1 3 0 6	LIGNITE	Tetralin 430°C	86.2	6.4	1.0	0.4	6.0	--	43.8	56.2	8770	1.208	145		
A 1 4 0 6	ARGADA	Tetralin 430°C	88.5	6.3	1.8	0.3	3.1	--	40.0	60.0	8820	1.220	171		
A 1 5 0 6	O.A.midd.	Tetralin 430°C	89.5	6.6	1.6	1.2	1.1	--	39.2	60.8	9230	1.204	163		
A 2 1 2 2	ASSAM	Anth. Oil 410°C	87.9	6.2	1.5	0.8	3.6	--	37.2	62.8	8730	1.239	231		
A 2 1 2 4	ASSAM	Anth. Oil 430°C	88.5	5.6	1.6	0.7	3.6	--	31.0	69.0	8780	1.250	207		
A 2 1 1 6	ASSAM	Anth. Oil 450°C	89.9	5.2	1.7	0.6	2.6	--	30.9	69.1	8820	1.267	171		
A 2 2 2 2	SANLA	Anth. Oil 410°C	87.3	5.5	2.9	0.2	4.1	--	35.9	64.1	8670	1.255	231		
A 2 2 2 4	SANLA	Anth. Oil 430°C	88.4	5.5	3.0	0.2	2.9	--	29.3	70.7	8720	1.262	225		
A 2 2 1 6	SANLA	Anth. Oil 450°C	89.4	5.1	3.0	0.2	2.3	--	28.6	71.4	8770	1.274	208		
A 3 1 0 1	ASSAM	Anth. Oil 430°C	88.5	5.7	1.6	0.7	3.5	--	32.7	67.3	8810	1.250	200		
A 3 1 0 7	ASSAM	Recycle I 430°C	88.0	5.9	1.6	0.7	3.8	--	27.3	72.7	8830	1.240	198		
A 3 1 2 3	ASSAM	Recycle II 430°C	87.9	5.9	1.6	0.7	3.9	--	35.0	65.0	8840	1.236	191		
A 3 1 3 1	ASSAM	Recycle III 430°C	88.4	6.1	1.6	0.7	3.2	--	35.2	64.8	8830	1.235	192		

Table 3.3.13 ANALYSIS OF SRC (2)

SRC Exper. NO.	Test Condition		f a			Molecular Weight	Solvent-Insoluble Content(wt%)		
	Coal	Solvent Temp.	H-NMR	I R	HI		TI	Q I	
A 1 1 0 6	ASSAM	Tetralin 430°C	0.71	0.75	560	87.5	16.1	<0.1	
A 1 2 0 6	SAMLA	Tetralin 430°C	0.72	0.75	450	95.1	22.7	0.1	
A 1 3 0 6	LIGNITE	Tetralin 430°C	0.70	0.71	410	86.2	11.6	0.1	
A 1 4 0 6	ARGADA	Tetralin 430°C	0.72	0.75	440	88.9	17.9	0.1	
A 1 5 0 6	O. A. midd.	Tetralin 430°C	0.70	0.75	520	84.3	17.5	<0.1	
A 2 1 2 2	ASSAM	Anth. Oil 410°C	0.71	0.74	730	96.5	40.9	0.1	
A 2 1 2 4	ASSAM	Anth. Oil 430°C	0.75	0.78	590	96.0	37.9	0.1	
A 2 1 1 6	ASSAM	Anth. Oil 450°C	0.83	0.84	490	93.8	35.7	0.1	
A 2 2 2 2	SAMLA	Anth. Oil 410°C	0.74	0.78	600	97.9	55.2	0.1	
A 2 2 2 4	SAMLA	Anth. Oil 430°C	0.78	0.81	510	96.8	49.6	0.1	
A 2 2 1 6	SAMLA	Anth. Oil 450°C	0.82	0.85	470	96.3	44.9	0.1	
A 3 1 0 1	ASSAM	Anth. Oil 430°C	0.75	0.79	700	95.7	37.0	<0.1	
A 3 1 0 7	ASSAM	Recycle I 430°C	0.74	0.77	640	89.5	31.8	<0.1	
A 3 1 2 3	ASSAM	Recycle II 430°C	0.75	0.76	620	89.8	30.4	0.1	
A 3 1 3 1	ASSAM	Recycle III 430°C	0.73	0.76	590	91.0	30.5	0.1	

Table 3.3.14 ANALYSIS OF RESIDUE (1)

RESIDUE Exper. NO.	Test Condition		Ultimate Analysis (daf; wt%)						Proximate Analysis (dry; wt%)			Calorif. Value (dry base) (kcal/kg)
	Coal	Solvent Temp.	C	H	N	S	O	Ash	V.M.	F.C.		
A 1 1 0 6	ASSAM	Tetralin 430°C	64.5	4.1	1.5	17.9	12.0	74.8	10.0	15.2	2440	
A 1 2 0 6	SAMLA	Tetralin 430°C	80.6	4.6	2.3	4.6	7.9	61.9	11.7	26.4	3020	
A 1 3 0 6	LIGNITE	Tetralin 430°C	73.5	5.6	1.1	11.0	8.8	81.0	19.0	<0.1	1980	
A 1 4 0 6	ARGADA	Tetralin 430°C	75.5	4.7	1.5	3.7	14.6	61.5	13.1	25.4	2820	
A 1 5 0 6	O. A. midd.	Tetralin 430°C	85.0	4.9	1.8	2.7	5.6	51.8	13.7	34.5	3900	
A 2 1 2 2	ASSAM	Anth. Oil 410°C	33.9	3.4	0.8	21.8	40.1	85.1	8.4	6.5	1540	
A 2 1 2 4	ASSAM	Anth. Oil 430°C	40.2	3.6	1.2	21.2	33.8	83.8	7.7	8.5	1790	
A 2 1 1 6	ASSAM	Anth. Oil 450°C	69.6	4.0	1.5	18.8	6.1	72.0	10.0	18.0	2860	
A 2 2 2 2	SAMLA	Anth. Oil 410°C	84.1	4.6	2.7	3.4	5.2	50.3	14.2	35.5	3980	
A 2 2 2 4	SAMLA	Anth. Oil 430°C	84.4	4.6	2.6	3.7	4.7	52.5	12.9	34.6	3840	
A 2 2 1 6	SAMLA	Anth. Oil 450°C	85.4	4.4	2.6	3.7	3.9	52.3	10.6	37.1	3890	
A 3 1 0 1	ASSAM	Anth. Oil 430°C	26.3	4.2	0.9	23.2	45.4	85.8	8.7	5.5	1580	
A 3 1 0 7	ASSAM	Recycle I 430°C	38.2	4.4	1.0	21.7	34.7	85.6	7.5	6.9	1680	
A 3 1 2 3	ASSAM	Recycle II 430°C	33.0	3.8	0.9	21.8	40.5	86.6	7.3	6.1	1580	
A 3 1 3 1	ASSAM	Recycle III 430°C	35.1	4.0	0.8	21.9	38.2	86.6	7.4	6.0	1320	

Table 3.3.15 ANALYSIS OF RESIDUE (2)

RESIDUE Exper. NO.	Test Condition		Analysis of Major Elements of Ash (%)												
	Coal	Solvent Temp.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO		
A 1 1 0 6	ASSAM	Tetralin 430°C	18.3	9.98	63.05	1.58	1.03	1.30	0.40	2.28	0.09	0.34	0.22		
A 1 2 0 6	SAMLA	Tetralin 430°C	51.2	19.46	20.18	2.04	1.10	0.35	1.51	0.85	0.69	0.99	0.07		
A 1 3 0 6	LIGNITE	Tetralin 430°C	13.9	12.17	46.56	9.70	2.13	0.34	0.13	12.67	0.06	0.76	0.15		
A 1 4 0 6	ARGADA	Tetralin 430°C	44.1	28.73	17.79	1.57	0.79	0.12	1.08	0.60	1.02	1.63	0.05		
A 1 5 0 6	O. A. midd.	Tetralin 430°C	50.6	25.01	18.03	0.91	0.71	0.14	1.18	0.24	0.67	1.86	0.08		
A 2 1 2 2	ASSAM	Anth. Oil 410°C	17.9	9.93	64.06	1.61	0.94	1.21	0.38	1.91	0.10	0.28	0.18		
A 2 1 2 4	ASSAM	Anth. Oil 430°C	17.9	9.91	63.29	1.65	0.93	1.22	0.37	2.14	0.09	0.32	0.21		
A 2 1 1 6	ASSAM	Anth. Oil 450°C	17.8	9.60	64.95	1.44	0.92	1.17	0.37	2.55	0.09	0.36	0.23		
A 2 2 2 2	SAMLA	Anth. Oil 410°C	51.8	19.48	20.24	2.05	1.08	0.30	1.53	0.72	0.69	0.94	0.07		
A 2 2 2 4	SAMLA	Anth. Oil 430°C	51.4	19.65	20.51	2.03	1.14	0.29	1.51	0.66	0.69	0.96	0.07		
A 2 2 1 6	SAMLA	Anth. Oil 450°C	51.5	19.70	20.52	1.96	1.17	0.29	1.52	0.70	0.69	1.01	0.05		
A 3 1 0 1	ASSAM	Anth. Oil 430°C	18.7	10.15	62.19	1.56	0.98	1.31	0.33	3.00	0.10	0.32	0.25		
A 3 1 0 7	ASSAM	Recycle I 430°C	18.6	9.88	61.91	1.56	1.08	1.33	0.36	2.48	0.09	0.33	0.24		
A 3 1 2 3	ASSAM	Recycle II 430°C	17.8	10.02	64.74	1.54	1.04	1.20	0.38	2.50	0.09	0.30	0.24		
A 3 1 3 1	ASSAM	Recycle III 430°C	17.7	9.47	64.87	1.52	0.99	1.13	0.35	2.38	0.09	0.30	0.22		

Table 3.3.16 ANALYSIS OF SRC FOR COKE PRODUCTION TEST

SRC Sample Exper. NO.	Test Condition		Ultimate Analysis (daf; wt%)						Proximate Analysis (dry; wt%)				Calorif. Value (dry base) (kcal/kg)
	Coal	Solvent Temp.	C	H	N	S	O	Ash	V.M.	F.C.			
S 2 1 2 2	ASSAM	Anth. Oil 410°C	87.1	6.4	1.5	0.9	4.1	--	37.3	62.7	8750		
S 2 1 2 4	ASSAM	Anth. Oil 430°C	87.9	5.8	1.6	0.8	3.9	--	32.9	67.1	8800		
S 2 1 1 6	ASSAM	Anth. Oil 450°C	89.6	5.4	1.7	0.6	2.7	--	28.5	71.5	8800		
S 2 2 2 2	SAMLA	Anth. Oil 410°C	86.8	5.9	2.9	0.3	4.1	--	32.3	67.7	8640		
S 2 2 2 4	SAMLA	Anth. Oil 430°C	87.9	5.5	3.1	0.2	3.3	--	28.5	71.5	8690		
S 2 2 1 6	SAMLA	Anth. Oil 450°C	89.3	5.2	3.2	0.2	2.1	--	26.7	73.3	8670		
S 3 1 0 1	ASSAM	Anth. Oil 430°C	87.6	5.5	1.6	0.7	4.6	--	32.3	67.7	8740		

SRC Sample Exper. NO.	Test Condition		Specific Gravity (at 20°C)	Softening Point (°C)	Solvent-Insoluble Content (wt%)		
	Coal	Solvent Temp.			H I	T I	Q I
S 2 1 2 2	ASSAM	Anth. Oil 410°C	1.225	227	96.5	36.5	0.1
S 2 1 2 4	ASSAM	Anth. Oil 430°C	1.240	208	92.7	34.6	0.1
S 2 1 1 6	ASSAM	Anth. Oil 450°C	1.262	193	96.1	39.0	0.1
S 2 2 2 2	SAMLA	Anth. Oil 410°C	1.234	245	98.3	50.2	0.1
S 2 2 2 4	SAMLA	Anth. Oil 430°C	1.257	224	98.5	50.4	0.1
S 2 2 1 6	SAMLA	Anth. Oil 450°C	1.264	209	98.2	41.4	0.2
S 3 1 0 1	ASSAM	Anth. Oil 430°C	1.250	210	95.3	35.0	0.2



Table 3.3.17 ANALYSIS OF COAL SOLUTION AND FILTRATE

Coal Sol. Filtrate Exper. NO.	Test Condition		Coal Solution			Filtrate	
	Coal	Solvent Temp.	Moisture(wt%)	Sp.Gr. (20°C)	Vis. (cP)	Sp.Gr. (20°C)	Vis. (cP)
A 1 1 0 6	ASSAM	Tetralin 430°C	1.3	1.027	11.1	1.014	8.0
A 1 2 0 6	SAMLA	Tetralin 430°C	2.3	1.054	14.2	1.003	6.5
A 1 3 0 6	LIGNITE	Tetralin 430°C	3.5	1.014	11.0	1.000	6.9
A 1 4 0 6	ARGADA	Tetralin 430°C	1.5	1.067	18.3	1.002	5.9
A 1 5 0 6	O. A. midd.	Tetralin 430°C	0.5	1.015	8.5	0.985	5.1
A 2 1 2 2	ASSAM	Anth. Oil 410°C	1.1	1.105	72.9	1.111	109.0
A 2 1 2 4	ASSAM	Anth. Oil 430°C	1.1	1.099	38.8	1.095	42.5
A 2 1 1 6	ASSAM	Anth. Oil 450°C	1.3	1.089	18.5	1.090	20.0
A 2 2 2 2	SAMLA	Anth. Oil 410°C	1.9	1.138	51.4	1.096	43.4
A 2 2 2 4	SAMLA	Anth. Oil 430°C	2.1	1.136	45.5	1.091	27.8
A 2 2 1 6	SAMLA	Anth. Oil 450°C	2.3	1.131	32.5	1.088	21.1
A 3 1 0 1	ASSAM	Anth. Oil 430°C	1.2	1.099	38.8	1.095	42.5
A 3 1 0 7	ASSAM	Recycle I 430°C	1.1	1.092	34.9	1.089	43.9
A 3 1 2 3	ASSAM	Recycle II 430°C	1.1	1.082	35.0	1.082	42.1
A 3 1 3 1	ASSAM	Recycle III 430°C	1.2	1.077	36.0	1.076	44.5

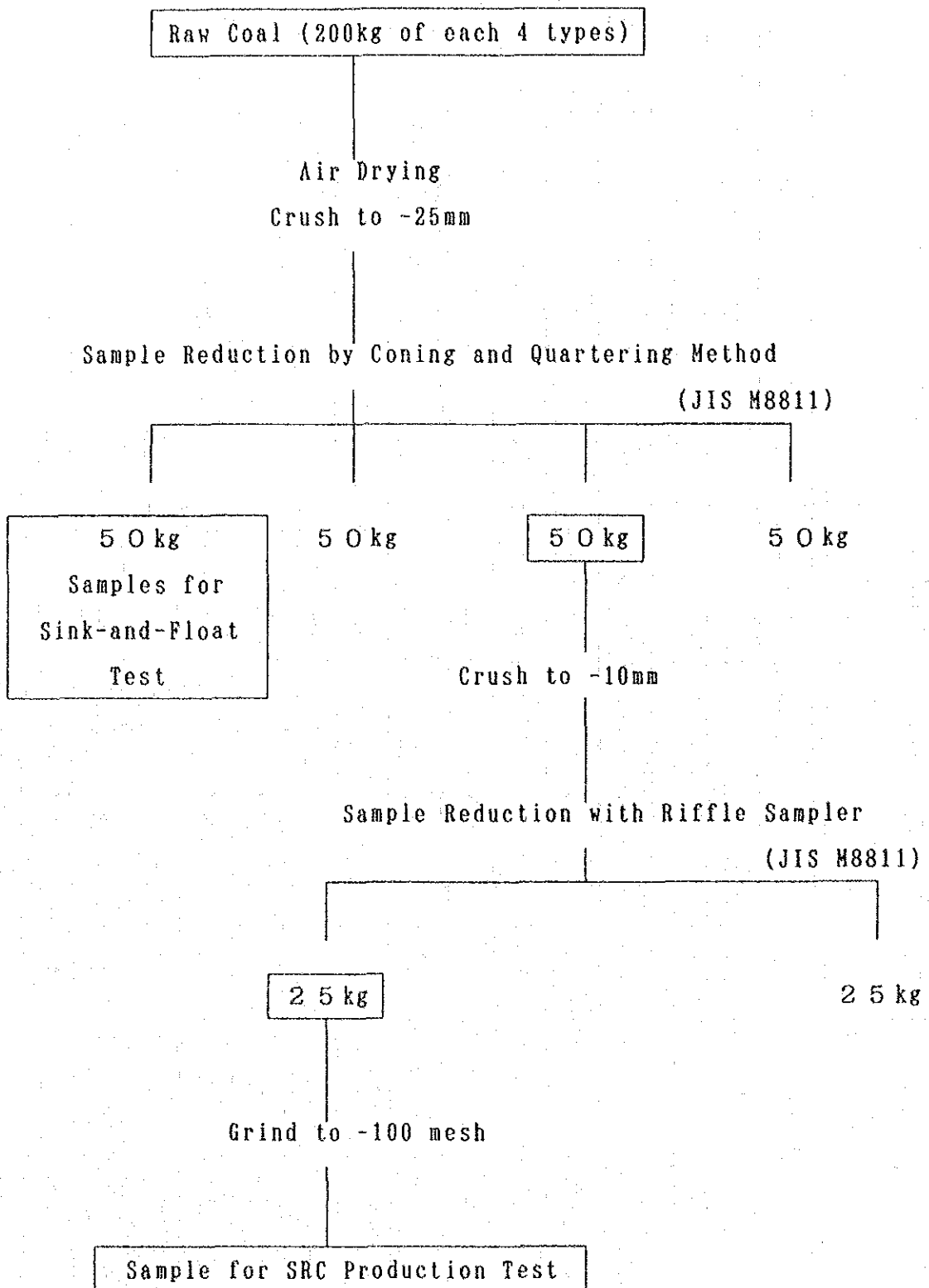


Figure 3.3.1 SAMPLE REDUCTION METHOD FOR COAL SAMPLES

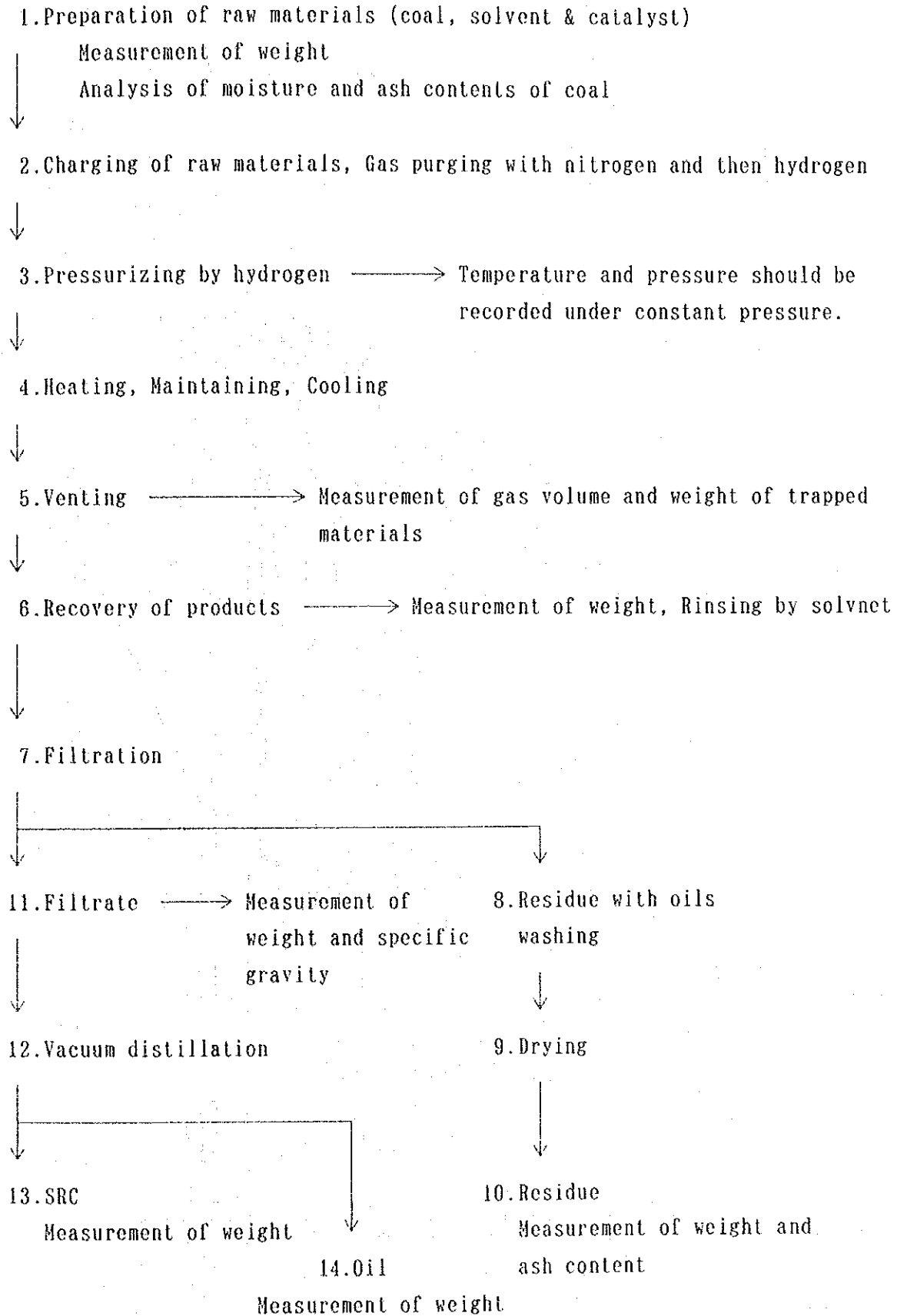


Figure 3.3.2 FLOW DIAGRAM OF SRC PRODUCTION TEST

No.	Name
1	Agitator
2	Autoclave
3	Motor with agitator
4	Cooling Water
5	Valve (inlet)
6	Valve (outlet)
7	Pressure gauge
8	Safety valve
9	Thermo couple
10	Electric furnace

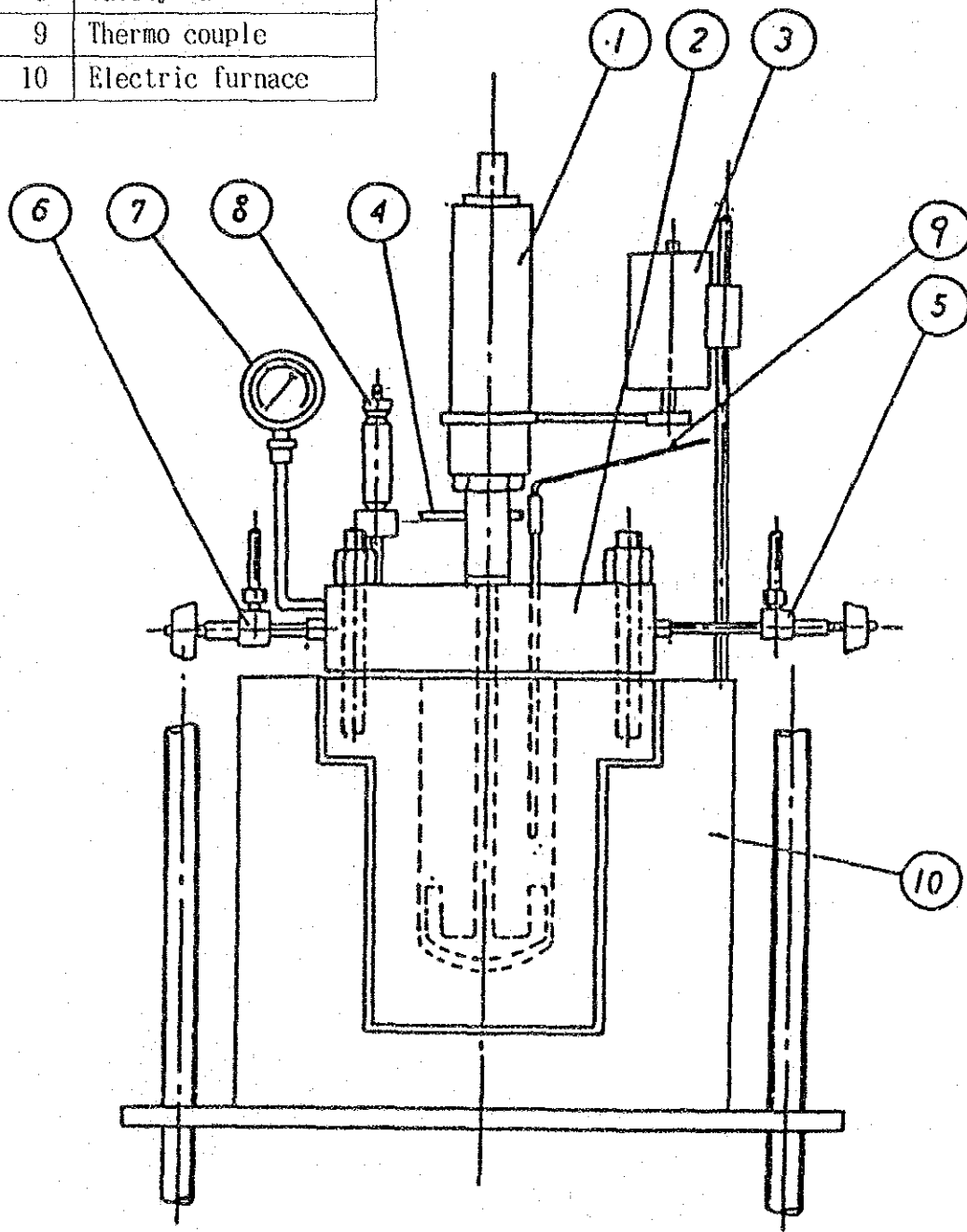


Figure 3.3.3 AUTOCLAVE APPARATUS