

# インド溶剤精製炭生産計画 事前調査報告書

1990年 5 月

国際協力事業団

LIBRARY



JICA LIBRARY



1083836(5)

21385



# インド溶剤精製炭生産計画

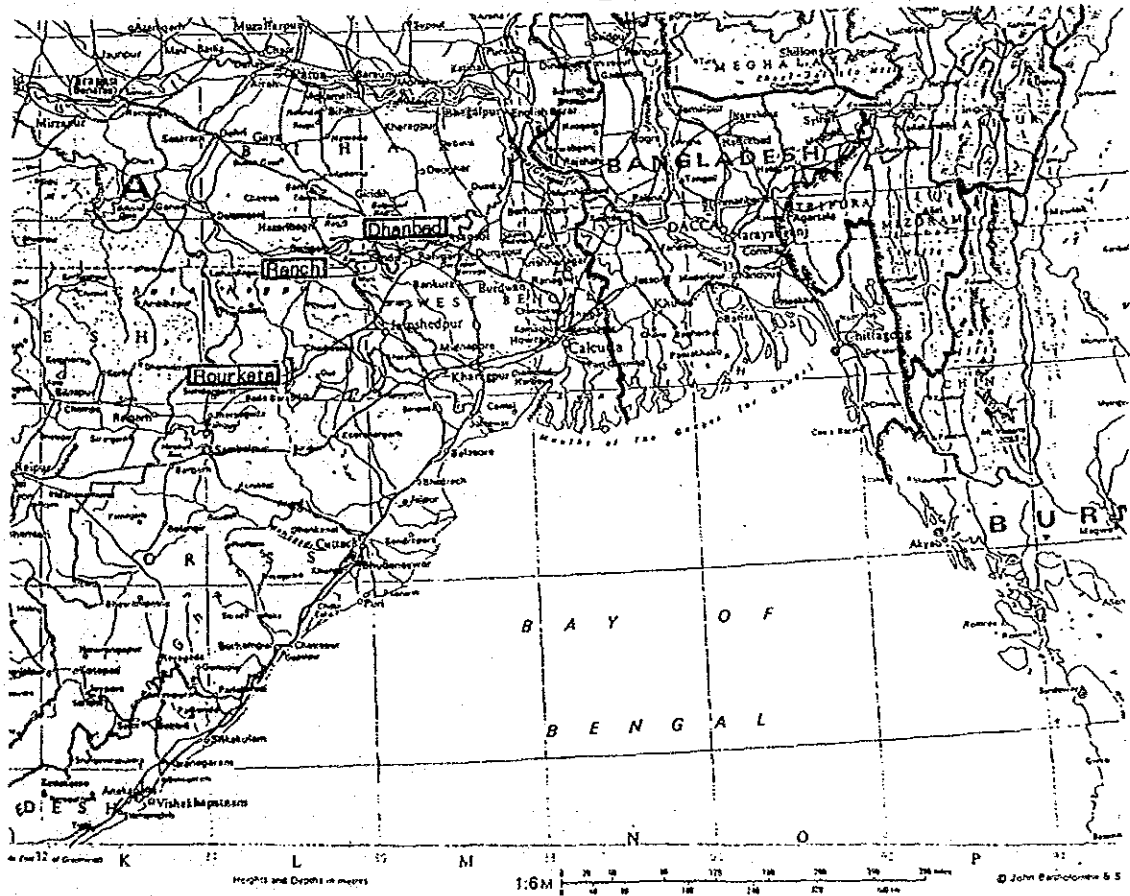
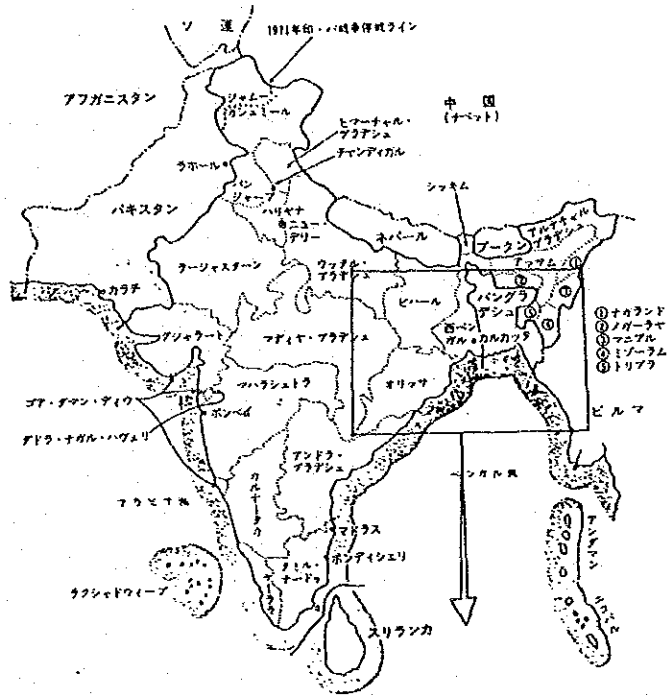
## 事前調査報告書

1990年5月

国際協力事業団



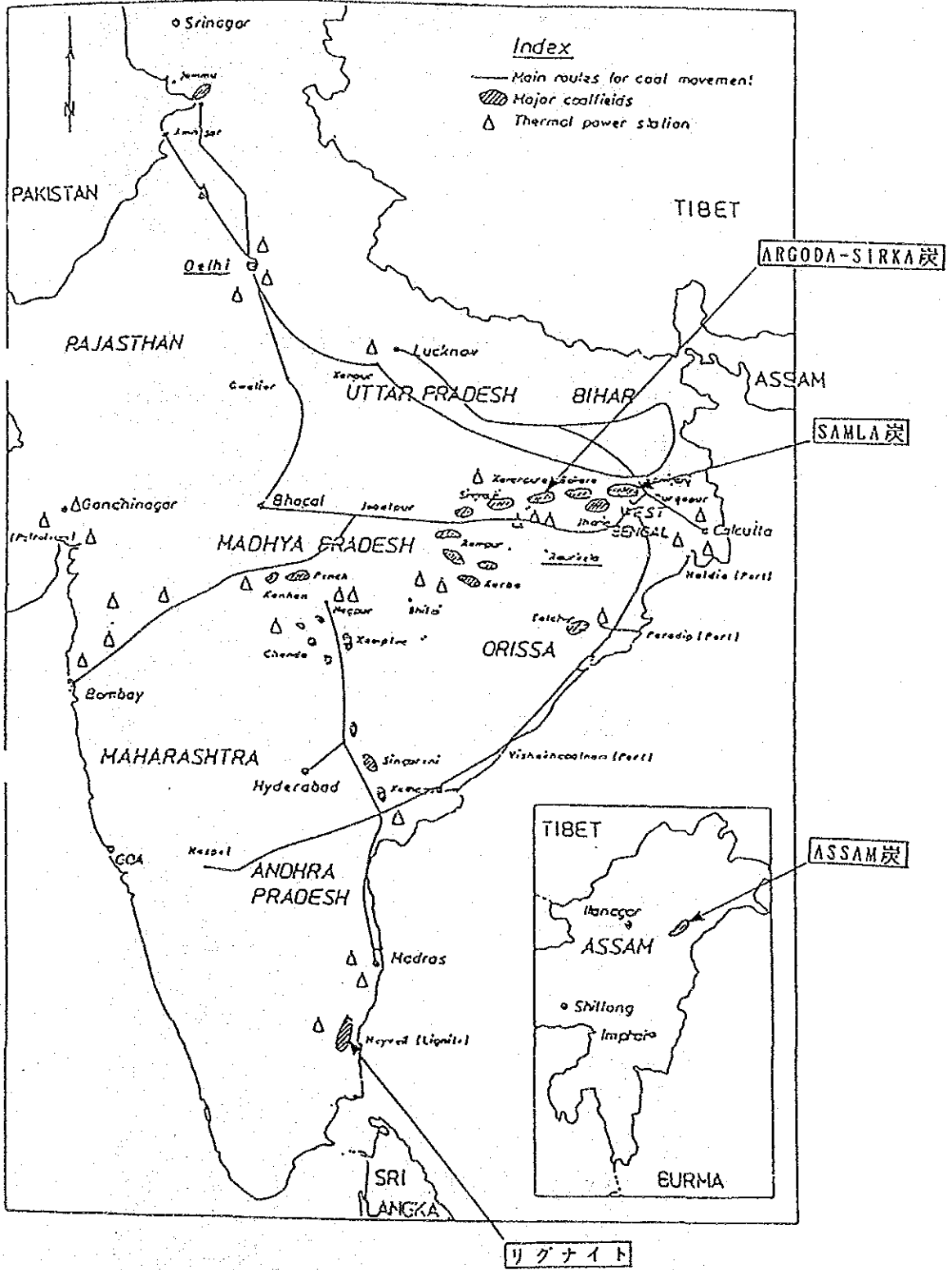
# インド全図



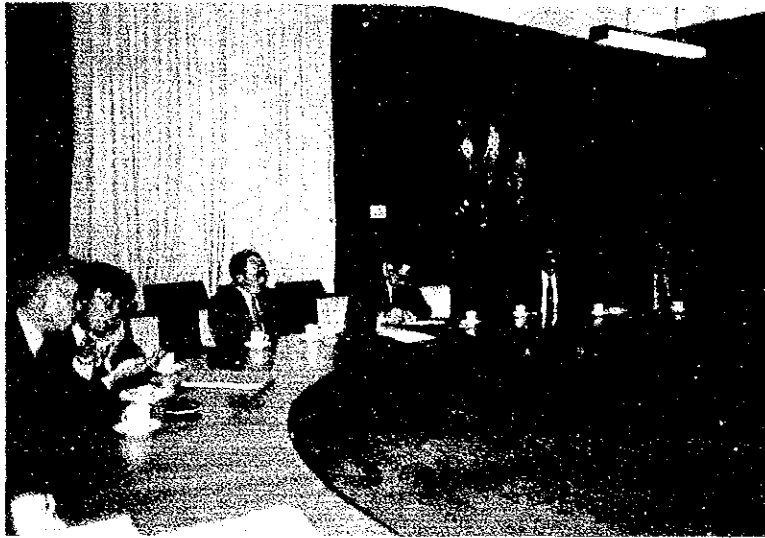




# インドの炭田分布







S / WおよびM / Mの署名にのぞむ日本側関係者



S / WおよびM / Mの署名にのぞむインド側関係者



署名後のS / WおよびM / Mの交換



# 目 次

I. 事前調査の概要（鈴木）	1
1. 調査要請の背景及び内容	4
2. 調査の目的	6
3. 調査団員の構成	6
4. 主要調査日程	7
5. 主要面談者	7
II. 協議交渉内容と結果（冨田）	9
1. 協議の内容	11
1-1 調査対象炭種	11
1-2 デモンストレーションプラントのサイト	11
1-3 デモンストレーションプラントの処理能力	11
1-4 ローカルコストの負担	11
1-5 研修員の受入れ	12
1-6 SRC製造実験の概要	12
1-7 公害防止基準	13
1-8 運営委員会の設置	13
1-9 調査内容	13
1-10 インド政府のアンダーテイキング	14
2. 協議の結果	14
III. 本格調査の概要	15
1. 本格調査の目的と範囲（鈴木・川田）	17
1-1 本格調査の目的	17
1-2 本格調査の範囲	17
2. 本格調査における実験計画案（山下・川田）	21
2-1 概 要	21
2-2 実験室試験の目的	21
2-3 石炭の選択	21
2-4 SRC製造試験	21
2-5 コークス製造試験	25

3. 本格調査における留意点 .....	27
3-1 産業政策的な観点からの留意点(石垣) .....	27
3-2 技術的な観点からの留意点(山下・川田) .....	28
3-3 その他の留意点 .....	29
IV. 参考資料 .....	31
1. 対処方針案 .....	33
2. S/W (Scope of Work) .....	57
3. M/M (Minutes of Meeting) .....	67
4. Outline of Laboratory Test(SRC Production Test) .....	75
5. SRC製造試験用インド炭の選定 .....	89
6. 主要入手資料リスト .....	97

## I. 事前調査の概要





## 要 旨

1. 本調査団は、本件S/Wの日本案について、インド側関係機関（大蔵省、鉄鋼鉱山省、ME CONなど）と協議を行ったが、先に派遣された予備調査団との合意事項が周知徹底されていたため、円滑に進行した。
2. その結果、S/Wについては若干の修正で合意に達し、さらにS/Wを補完するため、下記事項を含むM/Mを作成することでも合意した。
  - 1) 調査対象炭種
  - 2) デモンストレーションプラントのサイトと処理能力
  - 3) オートクレーブ試験とコークス試験の実施要領
  - 4) ローカルコストの負担
  - 5) 研修員の受入れ
  - 6) その他
3. 日本側としては、今後、本格調査へ向けて下記について留意することが望ましい。
  - 1) インド側への実施スケジュール、分担事項などの早期通報
  - 2) デモンストレーションプラントサイト代替地の予備調査
  - 3) ローカルコスト負担への配慮
  - 4) 合意した実施要領に沿ったオートクレーブテスト及びコークステストの実現へ向けての配慮

## I. 事前調査の概要

### 1. 調査要請の背景及び内容

- (1) インドは、約7億人の人口を抱えているが、国民一人当りの鉄鋼使用料は17kg/人・年程度で、途上国中最低である。粗鋼生産は1986年の実績が1187万トンであり、世界におけるシェアは、1.7%である。

2000年になると人口が10億人に増加すると予測され、一人当りの鉄鋼使用料も増加すると考えられるので、年間5000万トン以上の粗鋼生産が必要になると言われている。

この製鉄に必要なコークスをつくるための原料炭は、インド国内に90億トン(確定炭量)の埋蔵量があるが、原炭灰分が高く(20%~40%)、洗炭しても灰分を大幅に低下させることは困難である(洗炭後灰分18%~20%)。現在、洗炭後の原料炭から灰分25%~28%の高灰分コークスを製造している。

このため、インドの製鉄業において高炉の生産性向上及び大型化を計る際に、コークス中の灰分を低下させ、かつ、コークスの強度を向上させる対策が必要不可欠となっている。

- (2) 現在は、低灰分(10%以下)の原料炭を豪州、カナダなどから輸入して配合使用しており、その輸入量は、約300万トン(2億ドル/年)にも達している。インドの貿易バランスは、近年大幅な赤字続きであり、外貨保有高も十分ではないため、外貨のセーブがインドの大きな国策の一つであり、輸入炭量の節減も大きな課題となっている。

- (3) 一方、インド国内に豊富に存在する一般炭は、燃料としては利用されているものの現在必ずしも有効に利用されているとは言えない。

インド国政府としては、この一般炭をコークス製造への利用を計り、輸入炭への依存を減らし、合わせて、国内原料炭の延命も計りたいという考えを持っている。

- (4) SRC (Solvent Refined Coal) プロセスは、非コークス用炭(一般炭)をコークス化性を高めた低灰分の固体製品SRCに変換するプロセスである。このSRCは、通常のコークス配合炭に一般炭と共に添加剤として混合使用することができ、高強度の良質コークスを生産できる可能性があると言われている。インド国政府は、SRCプロセスを鉄鋼業におけるコークス製造用として導入すべく一貫製鉄所内へのSRCプロセス実証プラント建設プロジェクトの可能性を検討している。

- (5) 上記背景に基づき、インド国政府は、'86年1月本件(SRCプロセス実証プラント建設プロジェクトのF/S)を日本政府に対し、要請越した。しかしながら、我が国としては、原料炭市場が供給過剰傾向で、鉄鋼業部門での良質原料炭確保が可能であり、また、国内立地を前提としたSRC利用コークス生産は、現在の価格水準では経済性に難がある等の理由で、国内において事業化に至っておらず、本件に対する協力が困難であると回答した。これを受け、イン

ド政府も未だ事業化されていない技術であれば、本件を取り止める旨、日本側に伝え越した。

- (6) '88年11月、一度は本件の中止を決定したインド国政府は検討の結果再度、本件を日本政府に取り上げてもらうべく、その可能性を打診越した。

我が国としては、本件に対する印側の取り組み姿勢等が不明のため'89年1月JICA選定確認調査団をインドに派遣し、関連省庁等との協議を実施した。その結果、インド国政府としては、外貨節減及び資源の有効活用などの観点から、本プロジェクトを優良プロジェクトと位置付けており、技術的・経済的評価を早期に実施したい考えを持っていることが判明したため、調査団は段階的なF/Sを慎重に実施してゆくという条件を印側が受け入れるのであれば、協力が可能である旨述べた。

- (7) インド国政府は、上記協議に基づき、改めて'89年3月、SRCプロセス実証プラント建設の可能性の検討に備えるため、石炭の原料調査、SRC製造技術開発等を含むF/Sの実施を内容とした開発調査案件を日本政府に対し、要請越した。

- (8) 上記要請を受けて、日本政府は、本格プロジェクトの位置付け、必要性効果等をより詳細に明らかにし、また、インドにおける技術レベル等を確認し、さらに調査の概要に関する印側との協議及び関連情報収集のため、1989年7月15日から同年7月29日まで、JICA鉱工業計画調査部次長中村信を団長としたJICA予備調査団をインドに派遣し、予備調査を実施した。

その結果、調査団は、プロジェクトの調査の概要について、インド政府関係機関（鉄鋼・鉱山省他）と協議を行ない、以下の点に関し、合意を得た。

- 1) 本調査は通常のJICA案件に比べて、大規模案件となることが想定されるため、調査を段階的に実施し、各段階の終了時において、十分な評価を実施しながら進める。
- 2) 本調査をフェイズI、フェイズIIに分けるとともに、フェイズIをPre-F/S、フェイズIIをF/Sとして位置付ける。
- 3) フェイズIの調査項目の詳細については、事前調査団訪印時に再協議することとするが、主な調査項目案は、以下のような項目にする。

- ・背景、関連事項調査
- ・市場調査
- ・原料調査
- ・コークス製造調査
- ・環境影響調査
- ・プラント概要調査
- ・財務、経済調査

- 4) Pre-F/S（フェイズI）を実施した後、日本側で十分に高い評価を得、かつ、印側が再要請した場合のみ、F/S（フェイズII）の実施を検討する。すなわち、フェイズIとフェイズIIを別案件扱いとする。

- (9) 予備調査団の帰国報告('89年8月)及び予備調査報告書('89年9月)の内容に基づき、日本側関係機関は、十分に検討を重ねたものの、特にインドにおける本プロジェクトの経済政策上、資源有効利用上の意義(インド国内における原料炭の保存及び一般炭の有効活用、並びに輸入原料炭の価格抑制及び外貨節約効果等)に関しては、定性的な理解は得られたものの、定量的な理解までには至らなかった。しかしながら、Pre-F/Sを実施することにより、かなりの精度で、技術的・経済的評価が明らかにされることが確認されたことにより、フェイズIを実施することが決定された。
- (10) 上記経緯に基づき、本件事前調査は、調査手法(特に、液化実験法)及び実施細目(Scope of Work : S/W)に関する印側との協議並びにS/Wの署名のため、1990年1月28日から同年2月7日まで、JICA専門技術囑託富田堅二を団長として、実施したものである。

## 2. 調査の目的

- (1) 調査手法に関する協議
- (2) 実施細目(S/W)に関する協議
- (3) 関連情報の収集

## 3. 調査団員の構成

氏名	担当事項	所属
富田 堅二	団長・総括	国際協力事業団 専門技術囑託
鈴木 康次郎	調査企画	国際協力事業団 鉱工業計画調査部 工業調査課
石垣 宏毅	産業政策	通商産業省 資源エネルギー庁 石炭部 炭業課
山下 安正	SRC技術	通商産業省 工業技術院 公害資源研究所 石炭部
川田 邦雄	技術評価	テクノコンサルタンツ(株) 技術第一部

#### 4. 主要調査日程

月	日	曜	主要調査日程	宿泊地
1	28	日	・東京発、デリー着 (AI301)	デリー
1	29	月	・大使館、JICA事務所 (松井臨時代理大使、佐伯・西郷 両一等書記官、倉林所長へ対処方針など説明・打合せ) ・大蔵省 (ジョン経済局次長と面談)	〃
1	30	火	・鉄鋼鉱山省 (カッター鉄鋼局長と面談)	〃
1	31	水	・MECON (ヴェヌゴパール委員長以下本件調査運営委員会委員とS/W案、実験概要案などについて協議) ・団員打合せ (M/M案の作成)	〃
2	1	木	・MECON (ヴェヌゴパール委員長らとM/M案について協議) ・JICA事務所 (倉林所長へ経過報告)	〃
2	2	金	・JICA本部へ経過報告 ・MECON (S/W、M/Mの作成)	〃
2	3	土	・資料整理	〃
2	4	日	・資料整理	〃
2	5	月	・大蔵省 (S/W、M/Mへ署名交換) ・大使館、JICA事務所 (経過報告)	〃
2	6	火	・デリー発、バンコク着 (TG935)	バンコク
2	7	水	・バンコク発、東京着 (TG740)	

#### 5. 主要面談者

\*Department of Economic Affairs, Ministry of Finance

Mr. S. Joshi, Deputy Secretary

Mr. P. C. Rastogi, Under Secretary

\*Department of Steel, Ministry of Steel & Mines

Mr. Jagdish Khattar, Joint Secretary to Government (S/W, M/M へ署名)

Ms. R. Haldea, Director

\*Metallurgical & Engineering Consultants(India) Ltd.

(A Government of India Enterprise) (MECON)

Mr. P. C. Laha, Chairman-Cum-Managing Director

Mr. B. C. Mondal, Director(Engineering)

Mr. G. Venugopal, General Manager (M/Mへ署名)

Mr. T. C. Rajagopalan, Chief Engineer

Mr. A. K. Sarkar, Engineering Manager, Coal & Chemicals Division

Mr. C. P. Singh, Assistant Engineering Manager, Coal & Chemicals Division

Mr. P. K. Bhatia, Assistant Project Manager

\*Research & Development Centre for Iron & Steel(RDCIS), Steel Authority of India Ltd.

(SAIL)

Mr. R. P. Sharma, Principal Research Manager, Coal, Coke & Chemicals Division

\*Central Fuel Research Institute (CFRI), CSIR

Dr. R. Haque, Director

\*Council of Scientific & Industrial Research (CSIR)

Dr. D. Yogeswara Rao, Scientist, Technology Utilization Division

\*在インド日本国大使館

臨時代理大使 松井 啓

総務参事官 旭 英昭

一等書記官 佐伯 義文

” 西郷 正道

” 上田 衛門

\*JICAインド事務所

所 長 倉 林 太 郎

(鈴木康次郎)

## Ⅱ. 協議交渉内容と結果





## II. 協議交渉内容と結果

### 1. 協議の内容

本調査団は、日本側で作成した実施細則（S/W）案（参考資料1の別添-2）について、インド側が本件プロジェクトのために設立した運営委員会のヴェヌゴパル委員長以下、構成各委員と協議を行った。おもな協議事項は次のとおり。

#### 1-1. 調査対象炭種

- ・調査対象炭種として、インド側はさきに7炭種を日本側へ通報していた（参考資料5）が、今回の協議においては、下記の5炭種を提案してきた。
- ・日印双方は、協議の結果、これら5炭種を調査対象とすることで合意した。なお下記の配列はインド側の優先順位を示す。また各炭種についての工業分析値、元素分析値、微細組織成分構成比、推定埋蔵量などについての情報は別途、入手済である。

- (1) Samala (Ranigani), West Bengal
- (2) Argada-Sirka (South Karanpura), Bihar
- (3) Assam (Low Sulfur), Assam
- (4) Lignite (Neyveli, South Arcot), Tamil Nadu
- (5) Oil Agglomerated middlings from Lodna Washery, Bihar

#### 1-2. デモンストレーションプラントのサイト

- ・デモンストレーションプラントのサイトについて、日印双方は、ルールケラー製鉄所隣接地とすることで基本的に合意した。
- ・しかしながら、本格調査の進展に従って、最適な炭種、燃料バランスなどの条件が明確になり、ルールケラー以外の代替地がプラントサイトとして望ましいと判断された場合、インド側は当初、全面的なサイト調査を想定していたが、最終的には、必要な補足調査を実施することで対処したいとの日本側の説明を了承した。

#### 1-3. デモンストレーションプラントの処理能力

- ・デモンストレーションプラントの原炭処理能力について、インド側は、500~1,000t/日を提案したが、スケールアップなどの要因を考慮し、500t/日としたいとする日本側の提案を了承した。なお、日印双方とも、デモンストレーションプラントの適切な規模については、本格調査の進展に伴って明確にしてゆくことで了承している。

#### 1-4. ローカルコストの負担

- ・インド側は本件調査に必要な、石炭のサンプリング、採取したサンプルの収集、サンプルの梱包、国内輸送などの費用を日本側が負担するよう要請した。
- ・これに対し、調査団はこれらの、いわゆるローカルコストはインド側が負担することが技術

協力の原則であることを強調した上で、インドから日本までの石炭試料の空輸費は日本側が負担する旨、表明した。

- ・インド側は調査団の説明に応じて、ローカルコスト負担の原則に理解を示したが、冒頭の石炭試料に関する経費については、重ねて日本側が負担するよう要請した。
- ・調査団は上記のインド側要請を日本の関係当局へ伝えることに合意した。

#### 1-5. 研修員受入れ

- ・インド側は、本件調査に伴ない、日本で実施する試験・分析と報告書作成の段階で、インド側関係者を下記分野で参加させ、また研修させたい旨、要請した。

- (1) 実験室試験
- (2) 試験結果の評価とデモンストレーションプラントの概念設計
- (3) 技術-経済評価
- (4) 環境調査

- ・これに対し、調査団は、平成2年度においては、実験室試験の段階で、インド側から正式要請があれば、2名の研修員を3カ月間、受け入れることが可能である旨、説明した上で、上記のインド側要請を日本の関係当局へ伝えることに合意した。

#### 1-6. SRC製造実験の概要

- ・調査団は、本格調査の段階で実施することを予定している、SRC製造に関するオートクレーブテストとコークステストの概要について説明した（参考資料1の別添-1）。

- ・これに対し、インド側は全面的に賛意を表明したが、最終的に日印双方は上記概要に若干の修正を行い、さらに今後、本格調査の進展に伴なって、若干の変更がありうることを条件として、合意に達した（参考資料4）。

- ・おもな修正は下記のとおり。

- (1) SRCを使用するコークス試験では、配合炭に2種類の石炭を使用すること。
- (2) SRC製造試験に供する石炭試料の重量については、各炭種について50kgを200kgに修正し、粒度については、3~4cm以上と規定することは困難なので、削除し、採掘原炭のままの粒度分布とすること。
- (3) コークス製造試験に必要な石炭試料の重量については、各炭種について200kgを修正し、全体で1500kgとすること。
- (4) 石炭試料の梱包については、原案の水封を修正し、窒素封入または水封とすること。
- (5) コークス製造試験は、原案のコークス炉試験に加えて、さらに電気炉を用いる実験室規模でも実施すること。
- (6) コークスの分担項目に「CSR測定」を追加すること。
- (7) SRC配合コークスの分析項目にも「CSR測定」を追加すること。

### 1-7. 公害防止基準

- ・インド側は本件調査で検討する公害防止対策については、日本の公害防止基準を採用して欲しい旨、表明した。

### 1-8. 運営委員会の設置

- ・インド側は本件調査に関し、インド側で実施されるすべての活動をモニターし、調整するため、下記の構成員から組織される運営委員会を設立したので、S/Wに記載したい旨、表明した。

資 格	所 属	氏 名
委員会招集人	MECON	Mr. G. Venugopal
委 員	CFRI	Dr. R. Haque
委員代理	CFRI	Mr. B. B. Brahmachari
委 員	RDCIS	Dr. S. M. Aeron
委員代理	RDCIS	Mr. R. P. Sharma
委 員	MOSM	Mr. S. S. Saha

- ・これに対し、調査団は上記運営委員会に関する事項をS/Wに記載することに合意する旨、表明した。

### 1-9. 調査内容

- ・日本側が提案した“調査内容”について、インド側は下記の提案を除き、その他については、全面的に賛意を表明した。

(1) 原料調査における炭層、埋蔵量、炭質の調査は主要炭鉱について実施することとしたい。

- ・これに対し、調査団はインド側提案に同意し、S/W案を下記のとおり修正することで日印双方は合意した。

3. Raw Material Study  
3-1 Supply and demand of coal  
(2) to study seams, reserves and characteristics of coals in major coal mines

- ・なおS/W協議を通じ、インド側からは下記の発言があったが、いずれも日本側の提案どおりで了承した。

- (1) StudyとReviewが混在しているので、Studyに統一すること
- (2) 調査期間の短縮
- (3) 結論と勧告の明示

## 1-10. インド政府のアンダーテイキング

・インド側はインド政府のアンダーテイキング条項について、下記の点を除き、全面的に賛意を表明した。

(1) 運営委員会に関する項目の追加

(2) MECON 単独の経費負担で調査団に便宜供与する件を MECON and other concerned Indian organizations に修正すること。

・調査団は上記の追加及び修正に合意した。

## 2. 協議の結果

・日印双方は上記の協議結果に基づき、S/W案を修正し、さらにS/Wを補完するためM/Mを作成した。(参考資料2及び3)

・S/Wについては、調査団長と、鉄鋼鉦山省鉄鋼局カッター長と、また、M/Mについては、調査団長、カッター長、ヴェヌゴパール運営委員会招集人の3者間で、それぞれ署名交換を行った。

・なお、S/W及びM/Mの署名交換は、大蔵省会議室において、大蔵省経済局ジョシ次長同席の下で行われたが、下記のインド側の事情により、S/Wへの大蔵省担当官の署名は行われなかった。

「インド大蔵省は、今回より、S/W、R/D等、内容が技術的細部にわたり、実質的に同省が協議に参加しないものについては、各実施省庁に署名の許可を与えるのみとし、同省代表が直接署名を行うことは取りやめた。」

(富田 堅二)

### Ⅲ. 本格調査の概要



## 1. 本格調査の目的と範囲

日印双方の協議結果、合意・署名がなされた実施細則（S/W）に基づき（参考資料2）、本格調査の目的及び範囲を以下に説明する。

### 1-1 本格調査の目的

調査の目的は、溶剤精製炭（SRC）の製造試験およびそのSRCを用いたコークス製造試験を行い、技術的・財務的・経済的観点よりデモンストレーションプラント（実証プラント）設立の可能性を検討すると共にSRC開発計画を策定する事にある。

### 1-2 本格調査の範囲

上記の目的を達成するために、調査は以下の項目を網羅する。

#### (1) 背景調査

- 1) インドの社会的・経済的状況に関する調査
- 2) インドの国家開発計画およびエネルギー政策に関する調査
- 3) インドの石炭産業の現状および開発計画に関する調査
- 4) インドの製鉄業の現状および開発計画に関する調査
- 5) SRCプロジェクトに関するインド関係機関の調査
- 6) インドの関係法規に関する調査
- 7) インドの社会的・経済的発展におよぼすSRCプロジェクトの重要性に関する調査

#### (2) 市場調査（過去の傾向と将来予測）

- 1) 銑鉄の生産量に関する調査
- 2) コークスおよび副生物（コークス炉ガス、液体生成物）の生産量に関する調査
- 3) コークスの製造に使用される各種石炭の使用量に関する調査

#### (3) 原料調査

- 1) 石炭の需給
  - (a) 主要炭田の概要に関する調査
  - (b) 主要炭田の炭層、埋蔵量、炭質の特徴に関する調査
  - (c) 炭種別の需給関係に関する調査
  - (d) 炭田から消費地までの石炭の輸送システムと輸送コストに関する調査
  - (e) 炭種別の石炭価格に関する調査
- 2) SRCの製造試験に用いられる石炭の評価
  - (a) 石炭の分析結果と共に可採埋蔵量、輸送の容易さ等を基準にした、指定された石炭のS

RC製造原料としての適合性の検討

- 3) SRC製造試験
  - (a) 選択された石炭のサンプルの化学的・物理的性質の測定（工業分析・元素分析・組織分析等）
  - (b) オートクレーブを用いた試験による多様な条件下での選択された石炭の液化特性の検討並びにSRC製造特性に関する調査
- (4) SRCを用いたコークス製造試験
  - 1) 既設製鉄プラントにて使用されている原料炭の配合割合を用いたコークスの製造並びにそのコークス特性の把握
  - 2) SRCを配合したコークスの製造並びにそのコークス特性の把握
- (5) 公害防止調査
  - 1) 環境保全に係る法規に関する調査
  - 2) 実証プラントからの汚染物質の排出濃度の評価
  - 3) 実証プラントに設置されるべき公害防止システムに関する調査
- (6) SRCプラントの概要の調査
  - 1) SRCプラントの設計・建設にかかる法規・基準に関する調査
  - 2) 実証プラントの設計に要するSRCプラントの関連データ・情報の収集
  - 3) 建設予定地の各種条件を考慮にいたし、実証プラントの最適能力の決定
  - 4) 実証プラントのプロセス構成の検討
  - 5) 物質収支・熱収支の計算
  - 6) 用役の消費量の計算
  - 7) 建設予定地において利用可能な原料・用役・付帯設備に関する調査
  - 8) 機器リストの作成
  - 9) 実証プラントの概略配置計画の作成
  - 10) 実証プラントの設計・建設に係るコストデータに関する調査
  - 11) 実証プラントの建設計画および操業計画の作成
  - 12) 実証プラントの建設・運転・管理に要する組織と要員計画の作成
  - 13) 実証プラントの建設費の算出
- (7) 実証プラントの財務・経済分析
  - 1) 総所要資金の算出
  - 2) SRCの製造費の算出
  - 3) 既設製鉄プラントにおけるコークスの製造費の算出
  - 4) SRCに配合した場合のコークスの製造費の算出
  - 5) SRCを配合してコークスを製造する場合の収益性の評価



- 6) 外貨節約額の算出
- 7) 社会経済的観点からの実証プラントの評価
- (8) SRC開発計画の策定

#### 〈注 記〉

以下に、実施細目の項目において不明瞭と思われる箇所を説明する。

#### (3)の1)、(a)(b)石炭資源および特性の調査

ここではインドにおける石炭資源の量とその特徴、利用状況を明らかにする。具体的には、インド炭は灰分が多い上に強粘結炭の埋蔵量が少ない。従って、コークスを製造するためには低灰分の強粘結炭の輸入に頼らざるを得ない。これがインドにおいてSRC製造が必要とされる大きな理由であるが、この点を明らかにする。また、SRC製造に適した原料炭が存在するかを調査する。

(a)では、埋蔵量・生産量が多い炭田の名称・場所・操業会社・埋蔵量・生産量・消費量等を調査する。

(b)では、主として炭質とその埋蔵量を調査する。

(a)(b)共、データ・資料の収集とその解析による調査を予定している。

#### (3)の2)、SRCの製造試験に用いられる石炭の評価

SRC製造試験に使用するインド炭の炭種はすでに決定されているが、ここではそれらの炭種が選ばれた理由（炭質、使用可能量、輸送手段等）を確認する。

#### (5)の1)、環境保全に係る法規の調査

インド・日本双方の排出基準を調査し比較する。また、なぜインド側が日本の法規の適用を要望するのかを確認する。

#### (6) SRCプラントの概要の調査

ここでは、インドにおけるSRC製造に対する技術面からの解析を行い。さらに財務・経済評価用のデータを作成する。具体的には、SRC製造試験およびSRCコークス試験の結果を用いて、SRC製造実証プラントの概念設計（一部主要機器には基本設計程度の精度も必要）を行うと共にSRC生産量、原料・用役使用量と建設費を算出する。また、その実施計画を策定する。建設費の算出に際しては、建設予定地の各種条件を考慮の上、利用可能な水素源、用役、付帯設備やインドで調達可能な機器や資機材をできるだけ利用し、建設費の低減に努める。また、建設費は、合計金額だけではなく各費用項目ごとの内訳と外貨内貨の区別を示す。

なお、建設予定地としてはルールケラー製鉄所が有力である。しかしアッサム炭やリグナイトがSRC製造原料として最適であるとの結論がでた場合は、原料、製品の輸送コストを考慮するとそれらの炭田の近傍に、より適した建設場所が存在する可能性がある。よってサンプリング作業立会いの時に、アッサム炭とリグナイトの炭田の近傍の建設可能地も調査し、建設場

所の選定に必要なデータ（水素および用役の供給可能量、建設用地、輸送手段の有無）を収集しておくことが肝要である。そして、厳密な建設地の調査は中間報告書の説明のため訪印した際に行う。

(7) 実証プラントの財務・経済分析

SRC製造の経済的効果は、コークス製造の際の一般炭または中粘結炭による強粘結炭の代替に基づくコークス製造コストの低下、強粘結炭輸入の削減として現れる。したがって、実証プラントの財務・経済分析においては、本計画をコークス製造を含めたプロジェクトとして検討する事が必要となる。具体的には、財務的・経済的内部収益率の算出においては、SRCを配合する場合としない場合のコークス製造コストの差を投資金額と比較する事になる。

(8) SRC開発計画の策定

ここでは調査の結論を述べ、その結果を踏まえた勧告としてインドにおけるSRC開発計画を策定する。

（鈴木康次郎・川田邦雄）

## 2. 本格調査における実験計画案

### 2-1. 概要

オートクレーブを使用する実験室試験は、インド炭を原料とするSRC製造の可能性を評価する事を目的とし、選ばれたインド炭の液化特性を検討するために実施する。試験に使用するインド炭の炭種はインド側が選択するが、その選択の妥当性は日本側・インド側の両方で評価する。

さらに、製造したSRCのコークス化性の検討も行う。

この実験室試験の結論として、SRC製造に最適なインド炭および反応条件が決定される。また、デモンストレーションプラント（実証プラント）の設計に必要なデータも決定される。

### 2-2. 実験室試験の目的

試験の目的は以下の通りである。

- (1) 選ばれたインド炭の液化およびSRC製造に関する特性を検討する。
- (2) 製造された液化油およびSRCの物性を検討する。
- (3) 製造されたSRCのコークス化性を検討する。

### 2-3. 石炭の選択

SRC製造試験に用いられるインド炭の炭種はインド側が選択する。そして、その選択の妥当性を、JICA調査団とインド側の双方で、石炭の分析データとその他条件、例えば可採埋蔵量や輸送の容易さ等を検討し評価する。そのためにインド側は選択したインド炭に関する必要なデータと情報を準備する。

予算とスケジュールの制約により、SRC製造試験に用いる石炭は最高5炭種とする。

コークス製造試験においては、実証プラントの建設が予定されている製鉄所にて実際にコークス製造に使用されている同じ配合の粘結炭を使用する。また、SRCを配合してのコークス製造試験においては、2炭種の非粘結炭または低揮発性中粘結炭も使用する。

### 2-4. SRC製造試験

#### (1) サンプリング

SRC製造試験用には、選ばれた各炭種について200kgの石炭のサンプルを各炭田で採取する。

コークス製造試験用には、合計1,500kgの石炭のサンプルを製鉄所で採取する。

各炭種のサンプル量については、実際の配合比に応じて決める。

SRCの配合試験に用いる非粘結炭または低揮発性中粘結炭については、それぞれ50kgのサ

ンプルを準備する。

インド側は、サンプルの採取・包装・国内輸送・インドにおける通関手続きを責任を持って実施する。各炭田におけるサンプル採取においては、その方法を確認するためにJICA調査団の団員もインド側担当者に同行する。

JICA調査団は、日本へのサンプルの空輸に責任を持つ。

## (2) 石炭サンプルの取扱

サンプルの酸化を防止するために、サンプルを窒素封入または水封のうえ輸送に適した容器に詰める。

## (3) 石炭サンプルの分析

以下に示す分析により、石炭サンプルの特性を検討する。石炭の特性は通常、サンプルを採取する場所により変動する。したがって、新しいサンプルの特性は、異なった場所で採取された以前のデータと一致する可能性は少ない。よって、SRC製造試験に先だって、この作業は欠かすことが出来ない。

— 元素分析 (C、H、O、N、S)

— 工業分析

— 灰組成分析

— 組織分析

— 可選性試験

— 粉砕性試験

## (4) SRC製造試験

### 1) 実験条件

図Ⅲ-1にSRC製造試験の模式図を示す。サンプル炭のSRC生成特性を比較的温和な反応条件下で試験する。

試験は2段階に分けられるが、それぞれの実験条件を表Ⅲ-1に示す。試験-2は試験-1の結果により有望と思われる2炭種について行う。

### 2) 反応生成物の分離と分析

SRC生成の物質収支のデータを得ることは、SRC製造試験の主要な目標の一つである。そのデータより、反応条件とSRC収率の関係を知る事が出来る。さらに、SRC製造に最も適した炭種と最適な反応条件を決定できる。これらのデータは実証プラントの設計ベースを決定する際にも必要不可欠である。そのためには各留分すなわちガス、油分、SRC、残渣の生成量をできるだけ正確に測定する必要がある。

ガスは実験終了後オートクレーブを脱圧することにより容易に分離でき、その量はガスの排出ラインに設けたガスメーターにより測定する。

反応生成物スラリーからの残渣の分離には口過を用いる。しかし、スラリーの粘度が高く

口過が有効でない場合は、遠心分離を用いる。口過または遠心分離により分離された液体は、真空蒸留を用いてさらに油分とSRCに分ける。

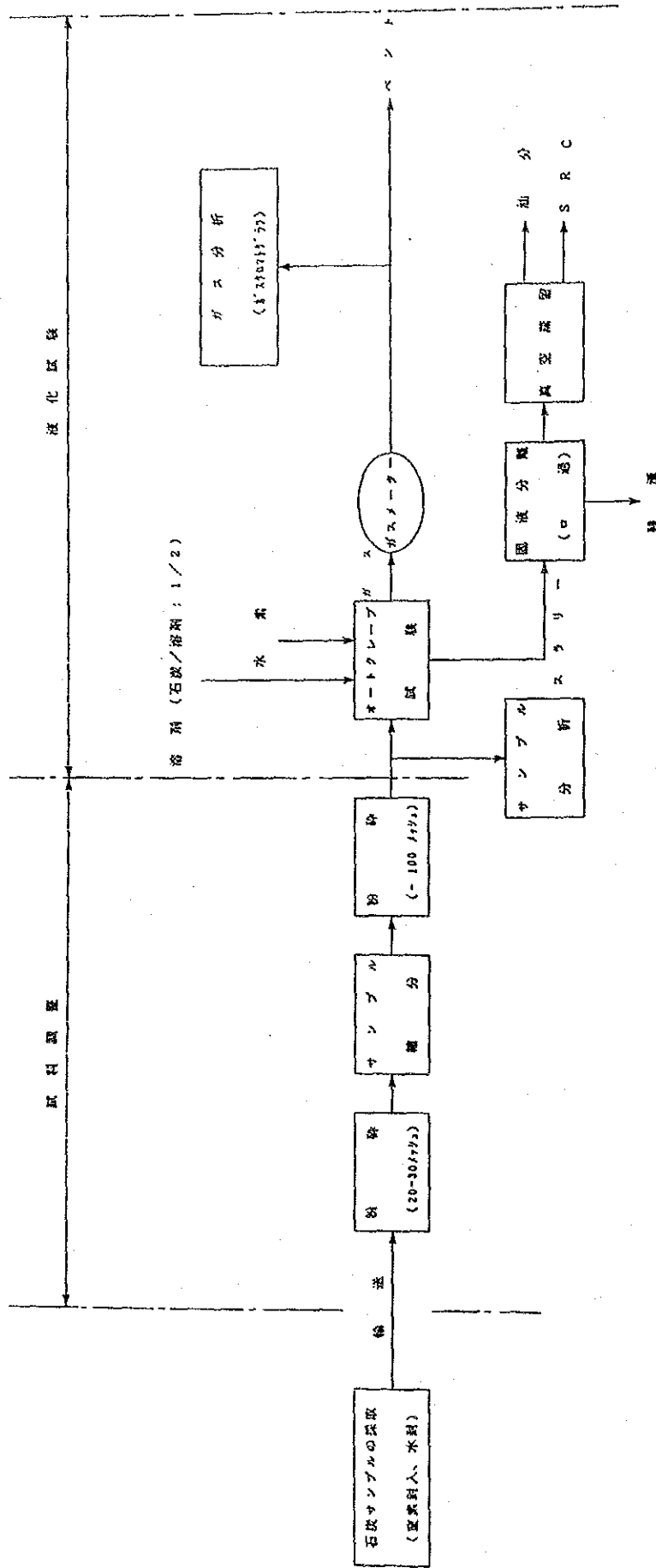
原料石炭と反応生成物の分析に用いられる分析項目を表Ⅲ-2に示す。

表Ⅲ-1 実験条件

	試験 - 1	試験 - 2
炭種数	5炭種	2炭種
溶剤	アントラセン油 テトラリン	アントラセン油 テトラリン
石炭/溶剤比	1:2	1:2
反応時間(分)	60, 90	30, 120
圧力(気圧)	100	80, 120
温度(°C)	380, 410, 430	360, 450
触媒添加量(%)	0, 3	6
水素分圧(%)	-	70, 80, 90
試験回数	5×2×2×3×2=120	2×2×10=40

表Ⅲ-2 原料炭および反応生成物の分析項目

分析項目	対象	分析装置
元素分析	石炭、SRC	-
工業分析	石炭、SRC	-
ガス分析	ガス	ガスクロマトグラフ
組織分析	溶剤、SRC	NMR
組織分析	溶剤、SRC	IR
分子量	SRC	-
軟化点	SRC	-
粘度	原料スリ-、反応生成物	-
発熱量	液化油	-
蒸留曲線	液化油	-



図川一1 SRC製造試験の様式図

### 3) SRC製造試験に要する期間

石炭試料調整	2週間
オートクレーブ試験	20週間
合計	22週間

注：上記のオートクレーブ試験の期間には、試験-1、試験-2および予備実験に必要な期間を含む。なお、予備実験は必要と判断される場合にのみ反応条件を細かく変えて実施する。

### 4) SRC製造試験に要する人員

3人×6月=18人月

## 2-5. コークス製造試験

SRCのコークス化性は、SRCを配合して製造したコークスのバインディング特性を調べることにより評価することが出来る。これは、SRCを配合して製造したコークスの特性を、製鉄所で用いられているのと同じ原料炭の配合により製造したコークスの特性と比較する事により行われる。この試験は、SRC製造試験において製造したSRCのうち、有望なSRCすなわち優れた石炭と適当な反応条件下で製造されたSRCのみについて実施する。

#### (1) 手順と試験項目

##### 1) 実際の石炭の配合を用いたコークス製造試験

###### a) 石炭の分析

コークスの製造試験に用いられた石炭の特性は以下の分析により調べる。

###### 分析項目

- 工業分析
- 元素分析
- 組織分析
- ボタン指数の測定
- 流動度の測定
- 膨張率の測定
- 反射率の測定

###### b) コークスの製造

製鉄所と同じ石炭の配合を用いて、コークス炉および実験室規模の電気炉にてコークスを製造する。

c) コークスの分析

製造したコークスの特性を以下の分析により調べる。

- CO<sub>2</sub>反応性試験
- ログ指数の測定
- マイカム強度の測定
- マイクロストレングスの測定
- コークス組織の測定
- 反応後強度 (CSR) の測定

2) SRCのバインダー試験 (SRCコークス試験)

a) SRC配合によるコークス製造

コークス製造用の原料炭の配合のうち強粘結炭の代替として、SRCと非粘結炭または低揮発性中粘結炭の組合せを使用し、実験室規模の電気炉にて少量のコークスを製造する。

b) SRCを配合したコークスの分析

SRCを配合して製造したコークスの特性を以下の分析により評価する。

- CO<sub>2</sub>反応性試験
- ログ指数の測定
- マイクロストレングスの測定
- コークス組織の測定
- 反応後強度 (CSR) の測定

(2) コークス製造試験に要する期間

実際の石炭の配合を用いたコークス製造試験	5週間
SRCコークス試験	4週間
合 計	9週間

(3) コークス製造試験に要する人員

2人×2月+1人×3月=7人月

(山下安正・川田邦雄)



### 3. 本格調査における留意点

#### 3-1. 産業政策的な観点からの留意点

- (1) 現在インドにおいて進行中の第7次5ヶ年開発計画においては、製鉄所の近代化が大きな課題とされており、各種研究開発及び新技術の導入が図られているところである。また、現在、新しい第8次5ヶ年開発計画の議論がなされており、これらの動向にも注視しながら調査を進めることが望ましい。
- (2) 近年大幅な赤字続きで、外貨準備高が十分でないインドにとって、継続的に高価な原料炭を輸入することは得策とは言えず、本件プロジェクトは、外貨流出防止、国内資源の有効活用等の観点から非常に期待が大きい。実証プラントの経済性分析等に際しては、詳細かつ正確な評価がなされるべきである。  
なお、今回のインド側との協議の結果では、ルールケラー製鉄所隣接地を実証プラントの候補地として調査を進めることで合意されたところであるが、SRC製造試験の結果並びに輸送システム等を考慮した場合、他のプラントサイトをその代替地として検討することも予想されるため、サンプリング等現地作業の際に、情報収集等必要な概略調査を実施しておくことが重要である。
- (3) 今回の協議過程でSRC製造試験の候補炭として褐炭及びミドリング (Oil Agglomerated Middlings) が挙げられたが、仮にこれらを利用できることになれば、国内資源の有効利用、雇用機会の拡大、産業の活性化等の観点から本件プロジェクトの重要性は飛躍的に増大するものと見込まれる。また、本調査団が提示した「実験計画の概要」について、インド側は全面的に賛意を表明するとともに、大きな期待を持っていることが明らかになった。今後の本格調査におけるSRC製造試験等にあたっては、今回の協議において合意された「実験計画の概要」に準拠した効率的な実施に努めるとともに、実験方法、実験結果等については、詳細にインド側へ説明し、技術移転に努めるべきである。
- (4) なお、運営委員会を設置する等、インド側の本件に対する取り組みは非常に積極的であり、詳細な調査方法、スケジュール、双方の分担等については、可能な限り早期に事前通告されることが望ましいと考えられる。また、今回の協議の過程でインド側は、サンプリング等の費用について適切な時期に適切な予算執行体制がとれない可能性があるため日本側にその費用負担を求めたところである。ローカルコストはインド側の負担が原則であるが、本件調査の円滑な実施を図るため、日本側が負担出来るよう配慮することも必要ではないかと思慮される。

(石垣宏毅)

### 3-2. 技術的な観点からの留意点

本事前調査において得られた知見から判断すると、本格調査を実施する際に技術的な観点から留意すべき項目には以下のものがある。

(1) 石炭のサンプリングを含む現地調査を円滑に実施するためには、インセプションレポートを現地調査が始まる少なくとも2週間前にはインド側に送付し、インド側にて必要な準備を整えてもらう必要がある。特に石炭サンプルの採取・梱包・国内輸送・通関・日本への航空輸送に関しては、詳細な方法・スケジュール等を前もってインド側に連絡し、インド側の手承を得るとともにインドにおける準備（各種許認可の取得、梱包容器・窒素ガスの用意等）を依頼しておく。また、サンプルの日本への輸入手続きを現地へ出発する前に完了しておくことが必要である。

(2) 実証プラントの建設場所としてはルールケラー製鉄所が最も有力である。しかしながらSRC製造試験の結果、SRC用原料炭としてアッサム炭またはリグナイトが最適であるとなった場合は、原料および製品の輸送を考慮するとルールケラー製鉄所よりも適した建設地が存在する可能性がある。すなわち、アッサム炭やリグナイトの産地の近傍でSRCプラントへの水素および用役を供給する事が可能な場所も実証プラント建設候補地となる。

したがって、これらの場所を予めインド側に選択してもらい、サンプリング作業に立会い時に候補地を調査し、建設場所の選定に必要なデータ（水素および用役の供給可能量、建設用地、輸送手段の有無）を収集しておく。そしてSRC製造試験の結果、最適原料炭が決まれば最適建設予定地も決まるので、その場所の詳細な現地調査はインテリムレポートの説明のため訪印した際に行う。

(3) Ⅲ章3節に示した「本格調査における実験計画案」は、今回の事前調査において日本・インドの双方が了承したものである。したがって、実験の詳細計画の作成においてはその内容が低下しないように留意すべきである。また、報告書には実験方法および分析方法を出来るだけ詳細に記述し、特に採用した分析方法・検査方法がインドで使用されている方法と異なる場合は、その相関関係を示す事が要求される。そして、実験が終了した時には、その結果を中間報告書（インテリムレポート）にまとめインド側に説明すると共に、実証プラントの設計ベースとなる炭種および反応条件と建設場所の選定結果についてはインド側の了承を取り付ける必要がある。

(4) SRC実証プラントの概念設計は、SRC製造試験やコークス製造試験の結果をベースとして行う事になる。しかしながらSRC製造プラントは未だ実用化されていないので、まず、その技術および設計上の問題点を明らかにする必要がある。そして、今回のバッチ式の液化実験のデータを使用しての設計の限界と精度を示すと共に、その精度を向上させるために必要となる流通式のパイロットプラントや実証プラントを用いる実験によって明らかにすべき項目を示す必要がある。これらは、インドにおけるSRCの開発における作業手順とその必要性を

示す最も具体的な情報となる。特に、液化反応塔・原料スラリー加熱炉・固液分離器等の主要機器の設計においてはその設計手法と設計に必要なデータを明らかにする事が要求される。

- (5) SRC実証プラントの建設費の算出に際しては、建設予定地の各種条件を考慮の上、利用可能な水素源、用役、付帯設備やインドで調達可能な機器や資機材をできるだけ利用し、建設費の低減に努める。また、建設費は合計金額だけではなく、各費用項目ごとの内訳と外貨・内貨の区別を示す。
- (6) 技術移転の観点より、できるだけ多くのインド側研修生を受け入れ、実験だけに留まらず調査のあらゆる作業を体験・研修してもらう事が要望される。
- (7) 公害防止調査においては、インドにおける環境保全に関する法規が整備途中であるため、日本とインドの環境保守法規の内容とその思想・仕組みを比較することが必要である。その上で、インド側から要望されている様に、汚染物質の排出基準には日本における規制値を用いて、SRC実証プラントに必要な公害防止システムを検討する。
- (8) SRC製造の経済的効果は、コークス製造の際の一般炭または中粘結炭による強粘結炭の代替に基づくコークス製造コストの低下、強粘結炭輸入の削減として現れる。したがって、実証プラントの財務・経済分析においては、本計画をコークス製造を含めたプロジェクトとして検討することが必要となる。よって、財務的・経済的内部収益率の算出においては、SRCを配合する場合としない場合のコークス製造コストの差を総投資額と比較する事になる。
- (9) SRC開発計画の策定においては、まずインドにおけるSRCプロセス実証プラント建設の可能性を、その必要性和インド炭の評価を含む技術面および経済性から評価する。そして、可能性ありとの結論がでた場合は、スケールアップ上の問題点の克服を含めたプロセスの開発とプロジェクト実現のための計画を作成する。

(山下安正・川田邦雄)

### 3-3. その他の留意点

- (1) 予備調査および事前調査を通じ、インド側から提供された情報・資料については、十分に活用し、重複して請求しないよう留意する必要がある。



#### IV. 参 考 资 料



## 1. 对 处 方 针 案





## 対処方針案

### (1) 炭種選定及び液化実験について

予備調査報告書で指摘されているように、液化実験は、炭種選定のための一次液化試験と選ばれた炭種に対する詳細な二次液化試験に分けて実施するのが理想的には望ましいが、これまで入手した情報によれば、印側は、独自に選定した候補炭について、二次液化試験から開始してもらうことを強く望んでいる。

調査団としては、印側の選定した候補炭を出来るだけ尊重することが本件調査を円滑に進める要因になりうると判断するため、もし候補炭の選定に関し、印側が十分な技術的データを提示できるならば、5～7炭種程度について、上記の二次液化試験から実施すると言うことで、印側と協議できることとしたい。

さらに、液化実験の方法（案）についても、別添-1を用いて、本格調査時に、多少の変更がありえることを前提とし、印側に説明できうるものとする。

### (2) サイトについて

予備調査の段階で、印側は、ルールケラー製鉄所を候補地の1つとして、選定していたが、調査団としては、円滑な調査のために、原則的に、デモンストレーションプラントのサイトとして、ルールケラー製鉄所の隣接地とすることで、印側に、確認を得ることとしたい。もし、印側が2ヶ所以上のサイトについて調査するよう要求した場合には、同調査団は選定された炭種の地理的要因との関係で、理想的なサイトに関する追加調査を含めることができることを説明し印側と協議できるものとする。

### (3) デモンストレーションプラントの生産規模について

予備調査の段階まで、印側としては、1,000t/d規模のプラントを考えているが、これまで入手した情報によれば、日本が協力できるスケールアップ規模は、500t/d～750t/dが上限であることがわかった。については、調査団としては、デモンストレーションプラントの生産規模は、原則的に500t/dとすることとし、印側に確認することとしたい。しかしながら、理想的なデモンストレーションプラントの生産規模は、付帯設備（水素の供給量等）との関係もあり、本格調査の中で明らかにしてゆくことを印側に説明することとする。

### (4) 石炭のサンプリング、梱包、輸送について

選定された候補炭のサンプリングには、日本側本格調査団員も立ち会うものとするが、サンプリング、梱包、空港までの輸送並びに、輸出手続きについては、印側の責任で実施してもらうよ

う協議する。なお、インドから本邦への輸送については、日本側の責任とすることとしたい。

(5) カウンターパート研修について

本邦での液化実験時に、印側カウンターパートを少なくとも1～2名招へいし、実験に立ち会わせることとしたい。については正式通報後の印側からの要請となるが、研修が可能である旨伝えると共に、研修可能なカウンターパートを選定しておくように説明できるものとする。

(6) S/Wについて

すでに、Scope of the Study (案)については、1月10日の各省会議にて承認済であるが、S/W (案)を別添-2の通りとして印側と協議することとしたい。なお、undertakingについては、1986年3月に同国にて署名した、バンブール製鉄所近代化計画S/Wのundertakingをほぼそのまま利用している。

(7) 環境影響調査について

本格調査の中では、特に、プロジェクトの系外に出す汚染物質量をいかに基準値以下に低くおさえるかという観点から、公害防止装置の設置を検討するという事で印側に説明することとしたい。

(8) その他

上記の協議経過は議事録として取りまとめることとするが、S/W協議において、本質的かつ重大な事項が生じた場合は、本部に請訓するも、それ以外の場合は、調査団の判断に委ねることとする。

(別添-1)

**DRAFT**

**Outline of Laboratory Test**

**( SRC Production Test )**

**January, 1990**

**Japan International Cooperation Agency**

## 1. Purpose

The purpose of the laboratory test using an autoclave is to investigate liquefaction characteristics of the selected Indian coals in order to study the possibility of SRC production utilizing Indian coals as feedstocks. The varieties of Indian coal to be tested will be nominated by the Indian counterpart, and the appropriateness of the selection will be reviewed by the both parties.

Further, tests for examining coking properties of SRC produced will be carried out.

As a conclusion of the laboratory test, the most suitable Indian coal for feedstock of SRC production as well as an appropriate reaction condition will be decided. In addition, data required for design of a demonstration plant will be developed.

## 2. Objective of Laboratory Test

The objectives of the test are as follows:

- (1) to study the characteristics of the selected Indian coals with respect to liquefaction as well as SRC production
- (2) to study characteristics of oil and SRC produced
- (3) to study coking property of SRC produced

## 3. Selection of Coal

The varieties of Indian coal to be used for SRC production test will be nominated by the Indian counterpart. The both parties, the JICA study team and the Indian counterpart, will review the appropriateness of the selection by checking the analysis data of the coals as well as other factors such as amount of recoverable reserve and easiness of transportation. For this purpose, the

Indian counterpart will prepare necessary data and information on the nominated Indian coals.

The total number of the coal varieties to be used for SRC production test shall not exceed 5 (five) because of the limitation of the budget and schedule.

For coke production test, the same varieties of coking coal as well as non-coking coal being actually used for coke production at the steel plant where the demonstration plant is planned to be constructed will be used.

#### 4. SRC production Test

##### 4-1 Sampling

For SRC production test, 50 kg of coal sample, the particle size of which is larger than 3 - 4 cm in diameter, shall be collected for each variety of the selected coals at each coal mine.

In case of collection of coal samples for coke production test, 200 kg of coal sample for each variety will be collected at the steel plant.

The Indian counterpart will be responsible for sample collection, packing, in-land transportation and customs clearance in India. In sampling at each coal mine, some members of the JICA study team will associate with the Indian counterpart to observe the sampling procedure.

The JICA study team will be responsible for air-freight of the samples to Japan.

#### 4-2 Handling of Coal Sample

To prevent oxidation of the samples, particle size of the samples shall be larger than 3 - 4 cm in diameter and the samples shall be packed in a can suitable for transportation with water seal.

#### 4-3 Analysis of Sample Coal

The characteristics of coal samples shall be examined through the following analysis. The characteristics of coals may fluctuate by the sampling points. Previous data obtained at different sampling points may not have the same characteristics as those of new samples. Thus, prior to the SRC production test, this procedure is indispensable.

- Ultimate analysis ( C, H, O, N, S )
- Proximate analysis
- Analysis of ash composition
- Maceral analysis
- Measurement of washability
- Measurement of grindability

#### 4-4 SRC Production Test

##### (1) Experimental condition

Figure-1 shows a schematic flow diagram of SRC production test. The SRC forming characteristics of the sample coals will be tested under moderate reaction conditions.

The test is divided into two steps. The experimental conditions of the two tests are summarized in Table-1. Test-2 will be conducted for predominant 2 varieties to be selected through Test-1.

##### (2) Separation and analysis of reaction product

To obtain data on material balance of SRC formation is the major target of the SRC production test. Based on the data, the relation between SRC yield and reaction condition will be identified. In addition, most suitable coal variety for SRC production as well as the optimum reaction condition will be decided. These data are also indispensable to decide a design basis for the demonstration plant. For this purpose, production rate of each fraction, namely, gas, oil, SRC, residue, will be measured as accurate as possible.

The gas will be separated easily when the autoclave is depressurized at the end of the experiment, and its rate will be measured by a gas-meter installed at the gas discharge line.

For separation of the residue from the slurry of the reactor effluent, filtration will be applied. In case that filtration is not effective due to high viscosity of the slurry, centrifuge will be used. The liquid separated by filtration or centrifuge will be further separated into oil fraction and SRC by means of vacuum distillation.

Table-1 Experimental Condition

	Test-1	Test-2
Coal Variety	5 varieties	2 varieties
Solvent	Anthracene oil Tetralin	Anthracene oil Tetralin
Coal/Solvent Ratio	1 : 2	1 : 2
Reaction Time (min)	60, 90	30, 120
Pressure (atm)	100	80, 120
Temperature (C)	380, 410, 430	360, 450
Catalyst Addition (%)	0, 3	6
H <sub>2</sub> Partial Pressure (%)	-	70, 80, 90
No of Tests	5*2*2*3*2=120	2*2*10=40



The items of analysis to be applied for feedstock coals and reaction products are summarized in Table-2.

(3) Required period for SRC production test

Sample preparation	2 weeks
Autoclave test	20 weeks
	-----
Total	22 weeks

Note : The period for autoclave test includes the period for Test-1, Test-2 and supplement tests, which will be carried out changing the reaction condition more precisely, when it seems necessary.

(4) No of personnel required for SRC production test

3 persons \* 6 months = 18 man-month

Table-2 Analysis Item for Feedstock Coal and Reaction Product

Analysis item	Object	Analytical apparatus
Ultimate analysis	Coal, SRC	-
Proximate analysis	Coal, SRC	-
Gas analysis	Gas	Gas chromatograph
Structure analysis	Solvent, SRC	NMR
Structure analysis	Solvent, SRC	IR
Molecular weight	SRC	-
Softening point	SRC	-
Viscosity	Feed slurry, Reactor effluent	-
Calorific value	Oil	-
Distillation curve	Oil	-

## 5. Coke Production Test

The coking property of SRC will be examined by checking the binding characteristics of the coke produced with blending of SRC. For this purpose, the characteristics of the SRC blended coke will be compared with those of coke produced using the same blending of feed coals in the steel plant. This test will be applied only for the predominant SRC to be selected among the SRC produced during the SRC production test.

### 5-1 Procedure and Test Item

#### (1) Coke production test using actual coal blend

##### 1) Analysis of coal

The characteristics of coals to be used for coke production test are examined through the following analysis.

##### Analysis items

- Proximate analysis
- Ultimate analysis
- Maceral analysis
- Measurement of button index
- Measurement of fluidity
- Measurement of dilation
- Measurement of reflectance

##### 2) Coke production

Using the same coal blending being used in the steel plant, coke will be produced in a coke oven.

### 3) Analysis of coke

The characteristics of coke produced will be examined through the following analysis.

- Reactivity test using CO<sub>2</sub>
- Measurement of Roga index
- Micum strength test
- Microstrength test
- Observation of coke structure

### (2) Binder test of SRC

#### 1) Coke production with blending SRC

Small amount of coke will be produced in a laboratory-scale electric furnace with blending SRC and non-coking coal as a substitute of the prime coking coal in the coal blend.

#### 2) Analysis of SRC blended coke

The characteristics of coke produced with blending of SRC will be examined through the following analysis.

- Reactivity test using CO<sub>2</sub>
- Measurement of Roga index
- Microstrength test
- Observation of coke structure

5-2 Required Period for Coke Production Test

Coke production test using actual coal blend	5 weeks
Binding test of SRC	4 weeks
	-----
Total	9 weeks

5-3 No of Personnel required for Coke Production Test

2 persons \* 2 months + 1 person \* 3 months = 7 man-month

( 別添 - 2 )

**DRAFT**

SCOPE OF WORK  
FOR  
THE PRE-FEASIBILITY STUDY  
ON  
THE SOLVENT REFINED COAL  
DEVELOPMENT PROJECT  
IN  
INDIA  
AGREED UPON BETWEEN  
THE AUTHORITIES CONCERNED OF THE GOVERNMENT OF INDIA  
AND  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

NEW DELHI

FEBRUARY 5, 1990

---

MR. TAGDISH KHATTAR  
JOINT SECRETARY  
DEPARTMENT OF STEEL  
MINISTRY OF STEEL & MINES

---

DR. KENJI TOMITA  
LEADER OF THE PRELIMINARY  
STUDY TEAM  
JAPAN INTERNATIONAL  
COOPERATION AGENCY

---

MR. S. JOSHI  
DEPUTY SECRETARY  
DEPARTMENT OF ECONOMIC AFFAIRS  
MINISTRY OF FINANCE

## I. INTRODUCTION

In response to the request of the Government of India, the Government of Japan decided to implement a pre-feasibility study on the Solvent Refined Coal Development Project (hereinafter referred to as "the Study") in accordance with the laws and regulations in force in Japan.

Accordingly Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA"), the official agency responsible for the implementation of the technical cooperation programmes of the Government of Japan, will undertake the Study, in close cooperation with the authorities of the Government of India.

The present documents set forth the scope of work with regard to the Study.

## II. OBJECTIVE OF THE STUDY

The objectives of the Study are to conduct solvent refined coal (hereinafter referred to as the "SRC") production tests and coke production tests using SRC, and to examine the possibility of establishment of the demonstration plant from technical, financial and economic points of view, and to formulate the SRC development programme.

## III. SCOPE OF THE STUDY

In order to achieve the above objective, the Study will cover the following items:

### 1. Background Study

1-1 to study social and economic situation in India

1-2 to review the National Development Plan and Energy Policy in India

1-3 to review present situation and development plan of coal industry in India

1-4 to review present situation and development plan of steel industry in India

1-5 to study related organizations with SRC project in India

1-6 to review relevant laws and regulations in India

1-7 to study the importance of SRC project in the socio-economic development in India

## 2. Market Study (past trend and forecast)

2-1 to study production of pig iron

2-2 to study production of coke and by-products (coke oven gas, liquid products)

2-3 to study consumption of coal in each grade for coke production

## 3. Raw Material Study

3-1 Supply and demand of coal

(1) to review major coal mines

(2) to study seams, reserves and characteristics of coals in each coal mine

(3) to review supply and demand of coal in each grade

(4) to study transportation system of coal from coal mine to consuming place and transportation cost

(5) to review price of coal in each grade

3-2 Evaluation of coal for SRC production test

(1) to examine the suitability of the nominated coals as feedstocks for SRC production based on the analysis data as well as other factors such as recoverable reserve and easiness of transportation

3-3 SRC production test

(1) to measure chemical and physical properties of the samples of the selected coals (proximate analysis, ultimate analysis, maceral analysis, etc.)

(2) to study liquefaction characteristics of the selected coals at various conditions by autoclave test and to analyze the characteristics of SRC produced

## 4. Coke Production Test Using SRC

4-1 to produce coke by using the same blending ratio of feed coals being used in the existing steel plant and to study the characteristics of



coke produced

4-2 to produce coke by blending SRC and to study the characteristics of coke produced

#### 5. Pollution Control Study

5-1 to study laws and regulations for environmental protection

5-2 to evaluate the emission level of the pollutants from the demonstration plant

5-3 to study pollution control system for the demonstration plant

#### 6. Survey of Outline of SRC Plant

6- 1 to study codes and standards on SRC plant design and construction

6- 2 to collect related data and information on SRC plant to design the demonstration plant

6- 3 to determine optimum capacity of the demonstration plant taking the various conditions of the designated plant site into consideration

6- 4 to study process configuration

6- 5 to study material balance and heat balance

6- 6 to study consumption rate of utilities

6- 7 to study availability of feedstocks, utilities and auxiliary facilities at the designated plant site

6- 8 to prepare equipment list

6- 9 to prepare preliminary plot plan of the demonstration plant

6-10 to study cost data of design and construction of the demonstration plant

6-11 to prepare implementation programme for construction and operation of the demonstration plant

6-12 to propose organization and manpower plan for construction, operation and management of the demonstration plant

6-13 to estimate construction cost of the demonstration plant

#### 7. Financial and Economic Analysis of Demonstration Plant

7-1 to estimate total capital investment cost

- 7-2 to study production cost of SRC
- 7-3 to study coke production cost of the existing steel plant
- 7-4 to study coke production cost using SRC
- 7-5 to evaluate profitability of coke production using SRC
- 7-6 to evaluate foreign currency saving
- 7-7 to conduct socio-economic evaluation

#### 8. Formulation of the SRC development programme

#### IV. STUDY SCHEDULE

The whole works for the Study will be conducted in accordance with the tentative time schedule as shown in the Annex.

#### V. REPORTS

JICA will prepare and submit the following reports written in English to the Government of India :

- |                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| 1. Inception report                   | 20 copies |
| 2. Progress report                    | 20 copies |
| 3. Interim report                     | 20 copies |
| 4. Draft final report and its summary | 20 copies |
| 5. Final report and its summary       | 30 copies |
- (within two (2) months after the receipt of comments on Draft final report by Indian side)

#### VI. UNDERTAKING OF THE GOVERNMENT OF INDIA

- 1. To facilitate the smooth implementation of the Study, the Government of India shall take the following necessary measures:
  - 1-1 To secure the safety of the Japanese study team (hereinafter referred to as "Team")
  - 1-2 To permit the members of the Team to enter, leave and sojourn in India, for the duration of their assignment therein, exempt them from consular fees and meet alien registration requirements

- 1-3 To exempt the members of the Team from taxes, duties and other charges on equipment, machinery and other materials brought into and out of India for the implementation of the Study
  - 1-4 To exempt the members of the Team from income tax and other charges of any kinds imposed on or in connection with any emoluments or allowances paid to the members of the Team for their services in connection with the implementation of the Study
  - 1-5 To provide the necessary facilities to the Team for the remittance as well as utilization of the funds introduced into India from Japan in connection with the implementation of the Study
  - 1-6 To secure permission as allowed legally, for entry into private properties or restricted areas for the conduct of the Study
  - 1-7 To secure permission to take all data and documents (including maps, photographs) related to the Study out of India to Japan by the Team
  - 1-8 To provide medical services as needed and its expenses will be chargeable on members of the Team
2. The Government of India shall bear claims, if any arises against the members of the Team resulting from, occurring in the course of, or otherwise connected with the discharge of their duties in implementation of the Study, except when such claims arise from gross negligence or willful misconduct on the part of Japanese members of the Team.
  3. Metallurgical & Engineering Consultants (India) Ltd., (hereinafter referred to as "MECON") shall act as the counterpart agency to the Team and also coordinating body in relation with other governmental and non-governmental organizations concerned for the smooth implementation of the Study.
  4. MECON shall, at its own expense, provide the Team with the followings, in cooperation with other relevant organizations:
    - 4-1 Available data and information related to the Study

4-2 Counterpart personnel

4-3 Suitable office space with necessary equipment in India

4-4 Credentials or identification cards

4-5 To arrange the vehicles necessary for the implementation of the Study

#### VII. UNDERTAKING OF JICA

For the implementation of the Study, JICA shall take the following measures:

1. To dispatch, at its own expense, the Team to India
2. To pursue technology transfer to the Indian counterpart personnel in the course of the Study

#### VIII. CONSULTATION

JICA and MECON will consult with each other in respect of any matter that may arise from or in connection with the Study.

ANNEX

TENTATIVE SCHEDULE OF THE STUDY

Work in Japan Work in India

Year	1990												1991					1992	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Project Month	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.
Calendar Month																			
Preparatory Work in Japan																			
Work in India																			
Presentation of Inception Report																			
Presentation of Progress Report																			
Work in Japan (Laboratory Test etc.)																			
Presentation of Interim Report																			
Work in Japan																			
Presentation of Draft Final Report																			
Work in Japan																			
Submission of Final Report																			



## 2. S / W (Scope of Work)

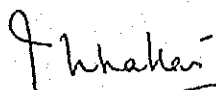




SCOPE OF WORK  
FOR  
THE PRE-FEASIBILITY STUDY  
ON  
THE SOLVENT REFINED COAL  
DEVELOPMENT PROJECT  
IN  
INDIA  
AGREED UPON BETWEEN  
THE AUTHORITIES CONCERNED OF THE GOVERNMENT OF INDIA  
AND  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

NEW DELHI

FEBRUARY 5, 1990



MR. JAGDISH KHATTAR  
JOINT SECRETARY  
DEPARTMENT OF STEEL  
MINISTRY OF STEEL & MINES  
GOVERNMENT OF INDIA



DR. KENJI TOMITA  
LEADER OF THE PRELIMINARY  
STUDY TEAM  
JAPAN INTERNATIONAL  
COOPERATION AGENCY

## I. INTRODUCTION

In response to the request of the Government of India, the Government of Japan decided to implement a pre-feasibility study on the Solvent Refined Coal Development Project (hereinafter referred to as "the Study") in accordance with the laws and regulations in force in Japan.

Accordingly Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA"), the official agency responsible for the implementation of the technical cooperation programmes of the Government of Japan, will undertake the Study, in close cooperation with the authorities of the Government of India.

The present documents set forth the scope of work with regard to the Study.

## II. OBJECTIVE OF THE STUDY

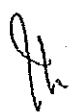
The objectives of the Study are to conduct solvent refined coal (hereinafter referred to as the "SRC") production tests and coke production tests using SRC, and to examine the possibility of establishment of the demonstration plant from technical, financial and economic points of view, and to formulate the SRC development programme.

## III. SCOPE OF THE STUDY

In order to achieve the above objective, the Study will cover the following items :

### I. Background Study

- 1-1 to study social and economic situation in India
- 1-2 to review the National Development Plan and Energy Policy in India
- 1-3 to review present situation and development plan of coal industry in India
- 1-4 to review present situation and development plan of steel industry in India
- 1-5 to study related organizations with SRC project in India
- 1-6 to review relevant laws and regulations in India
- 1-7 to study the importance of SRC project in the socio-economic development in India

  
\_\_\_\_\_

2. Market Study (past trend and forecast)
  - 2-1 to study production of pig iron
  - 2-2 to study production of coke and by-products (coke oven gas, liquid products)
  - 2-3 to study consumption of coal in each grade for coke production
3. Raw Material Study
  - 3-1 Supply and demand of coal
    - (1) to review major coal mines
    - (2) to study seams, reserves and characteristics of coals in major coal mines
    - (3) to review supply and demand of coal in each grade
    - (4) to study transportation system of coal from coal mine to consuming place and transportation cost
    - (5) to review price of coal in each grade
  - 3-2 Evaluation of coal for SRC production test
    - (1) to examine the suitability of the nominated coals as feedstocks for SRC production based on the analysis data as well as other factors such as recoverable reserve and easiness of transportation
  - 3-3 SRC production test
    - (1) to measure chemical and physical properties of the samples of the selected coals (proximate analysis, ultimate analysis, maceral analysis, etc.)
    - (2) to study liquefaction characteristics of the selected coals at various conditions by autoclave test and to analyze the characteristics of SRC produced
4. Coke Production Test Using SRC
  - 4-1 to produce coke by using the same blending ratio of feed coals being used in the existing steel plant and to study the characteristics of coke produced
  - 4-2 to produce coke by blending SRC and to study the characteristics of coke produced
5. Pollution Control Study
  - 5-1 to study laws and regulations for environmental protection
  - 5-2 to evaluate the emission level of the pollutants from the demonstration plant
  - 5-3 to study pollution control system for the demonstration plant
6. Survey of Outline of SRC Plant
  - 6-1 to study codes and standards on SRC plant design and construction
  - 6-2 to collect related data and information on SRC plant to design the demonstration plant

Jh

3

(11/3)

- 6-3 to determine optimum capacity of the demonstration plant taking the various conditions of the designated plant site into consideration
- 6-4 to study process configuration
- 6-5 to study material balance and heat balance
- 6-6 to study consumption rate of utilities
- 6-7 to study availability of feedstocks, utilities and auxiliary facilities at the designated plant site
- 6-8 to prepare equipment list
- 6-9 to prepare preliminary plot plan of the demonstration plant
- 6-10 to study cost data of design and construction of the demonstration plant
- 6-11 to prepare implementation programme for construction and operation of the demonstration plant
- 6-12 to propose organization and manpower plan for construction, operation and management of the demonstration plant
- 6-13 to estimate construction cost of the demonstration plant

7. Financial and Economic Analysis of Demonstration Plant

- 7-1 to estimate total capital investment cost
- 7-2 to study production cost of SRC
- 7-3 to study coke production cost of the existing steel plant
- 7-4 to study coke production cost using SRC
- 7-5 to evaluate profitability of coke production using SRC
- 7-6 to evaluate foreign currency saving
- 7-7 to conduct socio-economic evaluation

8. Formulation of the SRC development programme

IV. STUDY SCHEDULE

The whole works for the Study will be conducted in accordance with the tentative time schedule as shown in the Annex.

V. REPORTS

JICA will prepare and submit the following reports written in English to the Government of India :


- |                     |           |
|---------------------|-----------|
| 1. Inception report | 20 copies |
| 2. Progress report  | 20 copies |




- |                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| 3. Interim report                     | 20 copies |
| 4. Draft final report and its summary | 20 copies |
| 5. Final report and its summary       | 30 copies |
- (within two (2) months after the receipt of comments on Draft final report by Indian side)

#### VI. UNDERTAKING OF THE GOVERNMENT OF INDIA

1. To facilitate the smooth implementation of the Study, the Government of India shall take the following necessary measures :
  - 1-1 To secure the safety of the Japanese study team (hereinafter referred to as "Team")
  - 1-2 To permit the members of the Team to enter, leave and sojourn in India, for the duration of their assignment therein, exempt them from consular fees and meet alien registration requirements
  - 1-3 To exempt the members of the Team from taxes, duties and other charges on equipment, machinery and other materials brought into and out of India for the implementation of the Study
  - 1-4 To exempt the members of the Team from income tax and other charges of any kinds imposed on or in connection with any emoluments or allowances paid to the members of the Team for their services in connection with the implementation of the Study
  - 1-5 To provide the necessary facilities to the Team for the remittance as well as utilization of the funds introduced into India from Japan in connection with the implementation of the Study
  - 1-6 To secure permission as allowed legally, for entry into private properties or restricted areas for the conduct of the Study
  - 1-7 To secure permission to take all data and documents (including maps, photographs) related to the Study out of India to Japan by the Team
  - 1-8 To provide medical services as needed and its expenses will be chargeable on members of the Team
  
2. The Government of India shall bear claims, if any, arises against the members of the Team resulting from, occurring in the course of, or otherwise connected with the discharge of their duties in implementation of the Study, except when such claims arise from gross negligence or willful misconduct on the part of Japanese members of the Team.





3. A 'Steering Committee' formed by Government of India shall monitor and co-ordinate all activities to be carried out by Indian side. The 'Steering Committee' consists of experts from the following organisations :

Metallurgical & Engineering Consultants (India) Limited (MECON) : Convenor

Central Fuel Research Institute (CFRI) of Council of Scientific & Industrial Research : Member

Research & Development Centre for Iron and Steel (RDCIS) of the Steel Authority of India Limited : Member

Department of Steel, Ministry of Steel & Mines : Member

4. Metallurgical & Engineering Consultants (India) Limited, (hereinafter referred to as "MECON") shall act as the counterpart agency to the Team and also coordinating body in relation with other governmental and non-governmental organizations concerned for the smooth implementation of the Study.

5. MECON and other concerned Indian organisations shall, at their own expenses, provide the Team with the following :

5-1 Available data and information related to the Study

5-2 Counterpart personnel

5-3 Suitable office space with necessary equipment in India

5-4 Credentials or identification cards

5-5 To arrange the vehicles necessary for the implementation of the Study

#### VII. UNDERTAKING OF JICA

For the implementation of the Study, JICA shall take the following measures :

1. To despatch, at its own expense, the Team to India
2. To pursue technology transfer to the Indian counterpart personnel in the course of the Study

#### VIII. CONSULTATION

JICA and MECON will consult with each other in respect of any matter that may arise from or in connection with the Study.





6



ANNEX

TENTATIVE SCHEDULE OF THE STUDY

 Work in Japan
  Work in India

Year	1990												1991					1992		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Project Month	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	
Calendar Month																				
Preparatory Work in Japan																				
Work in India																				
Presentation of Inception Report																				
Presentation of Progress Report																				
Work in Japan (Laboratory Test etc.)																				
Presentation of Interim Report																				
Work in Japan																				
Presentation of Draft Final Report																				
Work in Japan																				
Submission of Final Report																				

123

*[Handwritten signature]*





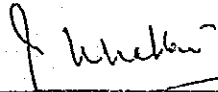
3. M/M (Minutes of Meeting)



MINUTES OF MEETING  
ON  
DISCUSSIONS OF SCOPE OF WORK  
FOR  
THE PRE-FEASIBILITY STUDY  
ON  
THE SOLVENT REFINED COAL  
DEVELOPMENT PROJECT  
IN  
INDIA

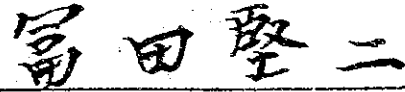
NEW DELHI

FEBRUARY 5, 1990



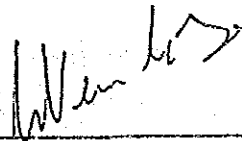
---

MR. JAGDISH KHATTAR  
JOINT SECRETARY  
DEPARTMENT OF STEEL  
MINISTRY OF STEEL & MINES



---

DR. KENJI TOMITA  
LEADER OF THE PRELIMINARY  
STUDY TEAM  
JAPAN INTERNATIONAL  
COOPERATION AGENCY



---

MR. G. VENUGOPAL  
CONVENOR  
STEERING COMMITTEE for  
SOLVENT REFINED COAL  
DEVELOPMENT PROJECT

1. The Preliminary Study Team made a visit to India from January 28th to February 6th, 1990 to discuss the Scope of Work, drafted by the Team in consultation with the relevant Indian authorities.
2. In connection with the above, a series of meetings was held between the Preliminary Study Team, headed by Dr. Kenji Tomita and the concerned authorities of the Government of India (List of participants enclosed as Annexure) from January 29th to February 2nd, 1990, to finalize the Scope of Work.
3. This Minutes of Meeting complements the Scope of Work, agreed and signed by both sides, and is intended for the smooth conduct of the Study.
4. Indian side proposed the following five (5) varieties of coal to be used for the SRC production test :

- (1) SAMLA (Raniganj), West Bengal
- (2) ARGADA-SIRKA (South Karanpura), Bihar
- (3) ASSAM (Low Sulfur), Assam
- (4) LIGNITE (Neyveli, South Arcot), Tamil Nadu
- (5) Oil Agglomerated middlings from LODNA Washery, Bihar


As a result of the discussions, both Japanese and Indian sides agreed to the above proposal.

5. Both Japanese and Indian sides agreed that the Rourkela Steel Plant could be the designated site for the demonstration plant for the purpose of the Study.
6. Both Japanese and Indian sides agreed that the capacity of the demonstration plant should be 500 ton/day - feed coal basis.

  
\_\_\_\_\_ 2  



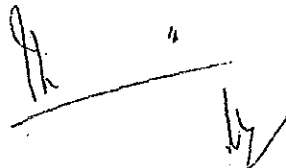

- 7-1 Japanese side explained that coal sampling, collection, packing, in-land transportation and customs clearance in India including the expenses, should be the responsibility of Indian side.
- 7-2 Japanese side explained that air-freight of the coal samples to Japan would be borne by Japanese side.
- 7-3 Indian side understood the above in principle. However, Indian side requested that all expenses for coal sampling, collection, packing, in-land transportation might also be borne by Japanese side.
- 7-4 Japanese side agreed to convey the Indian request to the authorities concerned of the Japanese Government
- 8-1 Indian side requested Japanese side to associate and train Indian personnel in Japan during laboratory testing and preparation of the report for the following activities :
- (1) Laboratory testing
  - (2) Evaluation of test results and conceptual design of the demonstration plant
  - (3) Techno-economic evaluation
  - (4) Environmental studies
- 8-2 Japanese side explained that the training of counterpart personnel (2 persons x 3 months) in Japan during the fiscal year 1990-91 would be possible after receiving an official request in Form A-2-3 from Indian side. According to the tentative schedule of the Study of S/W, the counterparts will be accepted during the Laboratory Test.

  
3

(113)

- 8-3 Japanese side agreed to convey the Indian request to the authorities concerned of the Japanese Government.
9. Japanese side explained about 'The Outline of Laboratory Test (SRC Production Test),' drafted by the Preliminary Study Team. As a result of the discussions, both sides reached mutual understanding on the outline of laboratory test, even though minor modifications might be necessary in the course of the implementation of the Study.
10. Indian side explained that Japanese standards for pollution control should be followed for the Study. This is due to the fact that Indian standards are becoming more and more stringent.
11. Indian side informed about the Steering Committee which consists of the following experts:

- |     |  |                  |
|-----|--|------------------|
| (1) | Mr. G. Venugopal<br>General Manager (C&C)<br>MECON   | Convenor         |
| (2) | Dr. R. Haque<br>Director<br>CFRI   | Member           |
|     | OR   |                  |
|     | Mr B.B. Brahmachari<br>Scientist E-1<br>CFRI   | Alternate Member |
| (3) | Dr S.M. Aeron<br>Deputy General Manager<br>RDCIS, SAIL   | Member           |
|     | OR   |                  |
|     | Mr R.P. Sharma,<br>Principal Research Manager<br>& Incharge Coal & Coke Division,<br>RDCIS, SAIL | Alternate Member |
| (4) | Mr. S.S. Saha<br>Industrial Advisor<br>Department of Steel<br>Ministry of Steel & Mines          | Member           |





LIST OF PARTICIPANTS

I. JAPANESE DELEGATION  
STUDY TEAM

1. Dr Kenji Tomita  
(Team Leader)  
Special Technical Adviser  
JICA
2. Mr. Yasujiro Suzuki  
(Co-ordinator)  
Industrial Survey Division  
JICA
3. Mr. Hiroki Ishigaki  
(Industrial Policy)  
Coal Industry Division,  
Coal Department, Agency  
of Natural Resources & Engery,  
Ministry of International Trade & Industry (MITI)
4. Mr. Yasumasa Yamashita,  
(SRC Technology)  
Fundamental Research Laboratory,  
Coal & Carbon Department,  
National Research Institute for  
Pollution and Resources, MITI
5. Mr Kuniō Kawada  
(Plant Technology & Economic Evaluation)  
Techno Consultants, Inc.

EMBASSY

6. Mr Yoshihumi Saeki,  
First Secretary,  
Embassy of Japan.

JICA INDIA OFFICE

7. Mr Taro Kurabayashi,  
Resident Representative

II. INDIAN DELEGATION

MINISTRY OF STEEL & MINES

1. Mr. Jagdish Khattar,  
Joint Secretary,  
Department of Steel, Participated  
on
2. Mrs R. Haldea,  
Director  
Department of Steel 30.1.1990

*[Handwritten signature]*

*(114)*

MINISTRY OF FINANCE

3. Mr. S. Joshi,  
Deputy Secretary,  
Department of Economic Affairs
4. Mr. P.C. Rastogi,  
Under Secretary,  
Department of Economic Affairs

Participated

on

29.1.1990

MECON



5. Mr. G. Venugopal, General Manager
6. Mr. T.C. Rajagopalan, Chief Engineer
7. Mr. A.K. Sarkar, Engineering Manager
8. Mr. C.P. Singh, Asstt. Engineering Manager.
9. Mr R.K. Bhatia, Asstt. Project Manager

CSIR/CFRI

10. Dr. R. Haque, Director, CFRI
11. Dr. D. Yogeswara Rao, Scientist, CSIR (Hqrs)

RDCIS, SAIL

12. Mr. R.P. Sharma, Principal Research Manager

  
\_\_\_\_\_  
2 





#### 4. Outline of Laboratory Test (SRC Production Test)



Outline of Laboratory Test

( SRC Production Test )

February, 1990

Japan International Cooperation Agency



### 1. Purpose

The purpose of the laboratory test using an autoclave is to investigate liquefaction characteristics of the selected Indian coals in order to study the possibility of SRC production utilizing Indian coals as feedstocks. The varieties of Indian coal to be tested will be nominated by the Indian side and the appropriateness of the selection will be reviewed by the both parties.

Further, tests for examining coking properties of SRC produced will be carried out.

As a conclusion of the laboratory test, the most suitable Indian coal for feedstock of SRC production as well as an appropriate reaction condition will be decided. In addition, data required for design of a demonstration plant will be developed.

### 2. Objective of Laboratory Test

The objectives of the test are as follows:

- (1) to study the characteristics of the selected Indian coals with respect to liquefaction as well as SRC production
- (2) to study characteristics of oil and SRC produced
- (3) to study coking property of SRC produced

### 3. Selection of Coal

The varieties of Indian coal to be used for SRC production test will be nominated by the Indian side. The both parties, the JICA study team and the Indian side will review the appropriateness of the selection by checking the analysis data of the coals as well as other factors such as amount of recoverable reserve and easiness of transportation. For this purpose, the

Indian side will prepare necessary data and information on the nominated Indian coals.

The total number of the coal varieties to be used for SRC production test shall not exceed 5 (five) because of the limitation of the budget and schedule.

For coke production test, the same varieties of coking coal being actually used for coke production at the steel plant where the demonstration plant is planned to be constructed will be used.

Two varieties of non-coking coals/low volatile medium coking coal will also be used for coke production test with SRC.

#### 4. SRC production Test

##### 4-1 Sampling

For SRC production test, 200 kg of coal sample shall be collected for each variety of the selected coals at each coal mine.

In case of collection of coal samples for coke production test, total quantity of 1,500 kg of coal samples will be collected at the steel plant. The sample quantity for each variety will be decided based on the actual blending ratio.

For blending test with SRC, 50 Kg of coal sample shall be prepared for each variety of non-coking coals/low volatile medium coking coal.

The Indian side will be responsible for sample collection, packing, in-land transportation and customs clearance in India. In sampling at each coal mine, some members of the JICA study team will associate with the Indian side to observe the sampling procedure.

The JICA study team will be responsible for air-freight of the samples to Japan.

#### 4-2 Handling of Coal Sample

To prevent oxidation of the samples, the samples shall be packed in a can suitable for transportation with nitrogen seal or water seal.

#### 4-3 Analysis of Sample Coal

The characteristics of coal samples shall be examined through the following analysis. The characteristics of coals may fluctuate by the sampling points. Previous data obtained at different sampling points may not have the same characteristics as those of new samples. Thus, prior to the SRC production test, this procedure is indispensable.

- Ultimate analysis ( C, H, O, N, S )
- Proximate analysis
- Analysis of ash composition
- Maceral analysis
- Measurement of washability
- Measurement of grindability

by

WS

#### 4-4 SRC Production Test

##### (1) Experimental condition

Figure-1 shows a schematic flow diagram of SRC production test. The SRC forming characteristics of the sample coals will be tested under moderate reaction conditions.

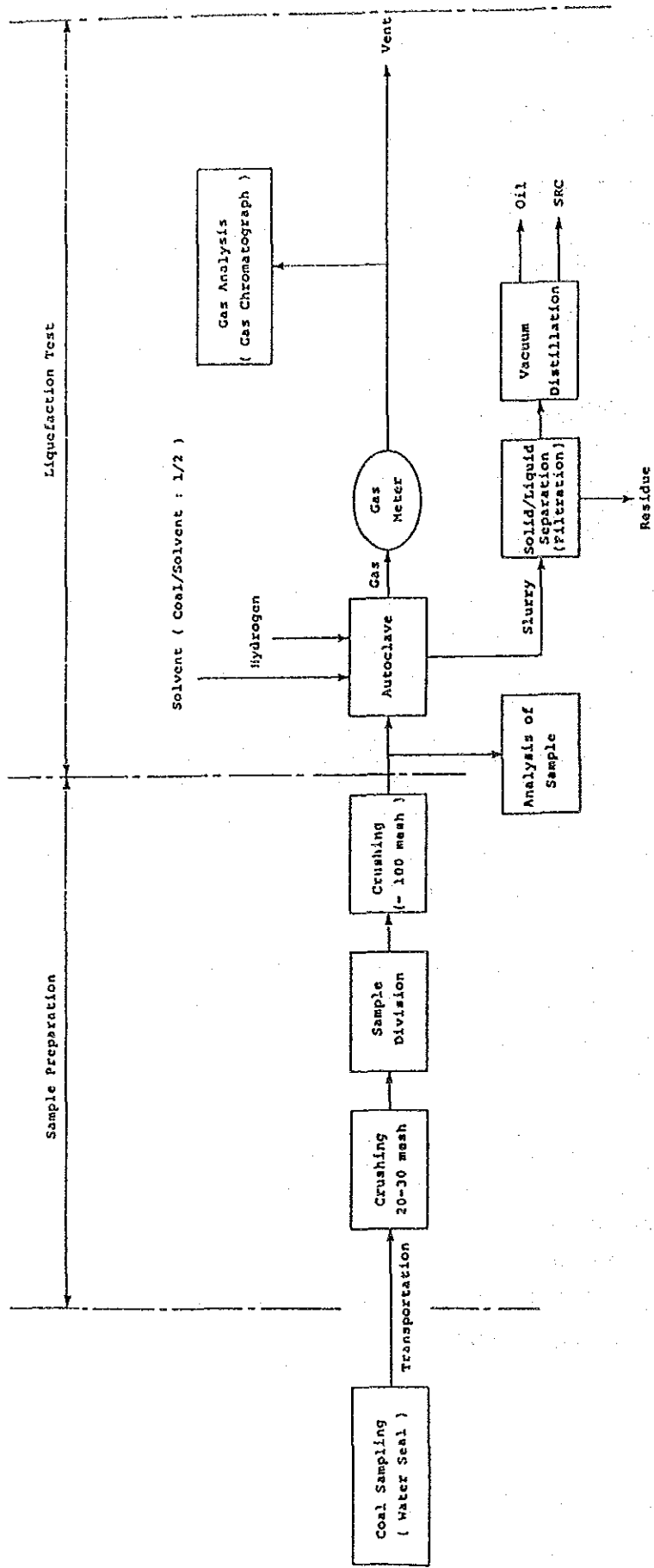
The test is divided into two steps. The experimental conditions of the two tests are summarized in Table-1. Test-2 will be conducted for predominant 2 varieties to be selected through Test-1.

##### (2) Separation and analysis of reaction product

To obtain data on material balance of SRC formation is the major target of the SRC production test. Based on the data, the relation between SRC yield and reaction condition will be identified. In addition, most suitable coal variety for SRC production as well as the optimum reaction condition will be decided. These data are also indispensable to decide a design basis for the demonstration plant. For this purpose, production rate of each fraction, namely, gas, oil, SRC, residue, will be measured as accurate as possible.

The gas will be separated easily when the autoclave is depressurized at the end of the experiment, and its rate will be measured by a gas-meter installed at the gas discharge line.

For separation of the residue from the slurry of the reactor effluent, filtration will be applied. In case that filtration is not effective due to high viscosity of the slurry, centrifuge will be used. The liquid separated by filtration or centrifuge will be further separated into oil fraction and SRC by means of vacuum distillation.



W

Figure - 1 Schematic Flow Diagram of SRC Production Test



62

Table-1 Experimental Condition

	Test-1	Test-2
Coal Variety	5 varieties	2 varieties
Solvent	Anthracene oil Tetralin	Anthracene oil Tetralin
Coal/Solvent Ratio	1 : 2	1 : 2
Reaction Time (min)	60, 90	30, 120
Pressure (atm)	100	80, 120
Temperature (C)	380, 410, 430	350, 450
Catalyst Addition (%)	0, 3	6
H2 Partial Pressure (%)	-	70, 80, 90
No. of Tests	5*2*2*3*2=120	2*2*10=40

6

65

The items of analysis to be applied for feedstock coals and reaction products are summarized in Table-2.

(3) Required period for SRC production test

Sample preparation	2 weeks
Autoclave test	20 weeks
	-----
Total	22 weeks

Note : The period for autoclave test includes the period for Test-1, Test-2 and supplement tests, which will be carried out changing the reaction condition more precisely, when it seems necessary.

(4) No of personnel required for SRC production test

3 persons \* 6 months = 18 man-month

W

15

Table-2 Analysis Item for Feedstock Coal and Reaction Product

Analysis item	Object	Analytical apparatus
Ultimate analysis	Coal, SRC	-
Proximate analysis	Coal, SRC	-
Gas analysis	Gas	Gas chromatograph
Structure analysis	Solvent, SRC	NMR
Structure analysis	Solvent, SRC	IR
Molecular weight	SRC	-
Softening point	SRC	-
Viscosity	Feed slurry, Reactor effluent	-
Calorific value	Oil	-
Distillation curve	Oil	-

(16)

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten mark]*

## 5. Coke Production Test

The coking property of SRC will be examined by checking the binding characteristics of the coke produced with blending of SRC. For this purpose, the characteristics of the SRC blended coke will be compared with those of coke produced using the same blending of feed coals in the steel plant. This test will be applied only for the predominant SRC to be selected among the SRC produced during the SRC production test.

### 5-1 Procedure and Test Item

#### (1) Coke production test using actual coal blend

##### 1) Analysis of coal

The characteristics of coals to be used for coke production test are examined through the following analysis.

##### Analysis items

- Proximate analysis
- Ultimate analysis
- Maceral analysis
- Measurement of button index
- Measurement of fluidity
- Measurement of dilatation
- Measurement of reflectance

##### 2) Coke production

Using the same coal blending being used in the steel plant, coke will be produced in a coke oven and a laboratory - scale electric furnace.

### 3) Analysis of coke

The characteristics of coke produced will be examined through the following analysis.

- Reactivity test using CO<sub>2</sub>
  - Measurement of Roga index
  - Micum strength test
  - Microstrength test
  - Observation of coke structure
  - Measurement of CSR
- (2) Binder test of SRC

#### 1) Coke production with blending SRC

Small amount of coke will be produced in a laboratory-scale electric furnace with blending SRC and non-coking coal as a substitute of the prime coking coal in the coal blend.

#### 2) Analysis of SRC blended coke

The characteristics of coke produced with blending of SRC will be examined through the following analysis.

- Reactivity test using CO<sub>2</sub>
- Measurement of Roga index
- Microstrength test
- Observation of coke structure
- Measurement of CSR

5-2 Required Period for Coke Production Test

Coke production test using actual coal blend	5 weeks
Blending test with SRC	4 weeks
	-----
Total	9 weeks

5-3 No of Personnel required for Coke Production Test

2 persons \* 2 months + 1 person \* 3 months = 7 man-month



## 5. SRC製造試験用インド炭の選定





## S R C 製造試験用インド炭の選定

### 1. インド側の選定結果

事前調査団の出発に先立ち、インド側より S R C 製造試験に用いられるインド炭の候補として、表-1 に示す 7 炭種が示された。

その選定の理由は以下の通りである。

- 1) 一般的に、高揮発性歴青炭からリグナイトに分類される石炭は、S R C プロセスにおいて、溶剤に容易に溶解する。
- 2) 石炭中の灰分と不活性分は溶剤に溶解しない。したがって、これらの成分が少ない石炭は、S R C プロセスから分離除去されるべき不溶解成分が少ないため、S R C 製造原料として有利である。
- 3) 候補炭の選定に際しては、各石炭の使用可能量も考慮した。
- 4) アッサム炭に関しては、硫黄含有量の多いもの (6 - 7 %) と少ないもの (2.4 %) の二種を選定した。これらの石炭は、揮発分が多く、灰分が少ないという利点を有している。しかしながら、硫黄含有量が多いために製鉄所では大量に利用されていない。もし、S R C プロセスにより、硫黄分が除去できるならば、製鉄用としての用途が広がる。

5) SAMLA炭、ARGODA-SIRKA炭、リグナイトおよびTALCHER炭は、低灰分および中・高揮発性の石炭である。よって、上記の1)および2)で述べた理由により、SRC製造原料に適している。

6) インド各地の選炭工場では、貴重な粘結炭を含有する中間産物(ミドリング)が大量に生産されている。インドでは、湿式造粒技術を利用して、このミドリングを精製する試みが続けられてきた。湿式造粒されたミドリングは灰分が22-24%に低下するので、SRC製造原料として可能性がある判断される。現在、この湿式造粒されたミドリングは、製鉄所においてスチーム発生用燃料として使用されている。もし、これがSRC製造原料として利用できるならば、インドの貴重な粘結炭を節約することができる。

## 2. インド側選定結果に対する日本側の評価

### (1) 選定されたインド炭の評価

1) SAMLA炭は燃料比を除くデータから考えると、比較的溶解しやすくSRC製造に適していると判断される。しかしながら、ASSAM炭に比べて燃料比が大きく、水素/炭素(H/C)値も小さいので水素消費量が多くなる可能性が大きい。また、炭素の割合から見ると燃料比1.5は高すぎる様に思われ、他の分析例を検討する必要がある。

2) ASSAM炭は、燃料比、H/C値、イナーチニット含有量から判断すると非常に溶解しやすいと考えられ、SRC製造に適している。

高硫黄炭と低硫黄炭とでは、高硫黄炭の方が燃料比が小さく、H/C値が大きく、触媒効果のあるパイライト含有量が多い可能性が大きいので、低硫黄炭よりも溶解しやすいと思われる。しかし、硫黄分が多いと排ガス処理設備の強化が必要と

なる事および製品SRC中の硫黄含有量が多くなる可能性がある事に留意する必要がある。また、パイライト硫黄含有量のデータをチェックする必要がある。

3) ARGODA-SIRKA炭は、燃料比が大きく、イナーチニット含有量が多く、灰分も比較的多いことから溶解性が低いと考えられる。

4) リグナイトは比較的溶解しやすいと思われる。しかしながら、一般的に水分含有量が多いので、脱水方法の検討が必要である。また、硬度の高いリグナイトもあるので、ハードグロブ指数をチェックする必要がある。

5) TALCHER炭は、デモンストレーションプラントの建設が予定されているルーラー製鉄所に近く、低輸送費という利点を有すると思われる。しかしながら、不溶解成分であるイナーチニット含有量が極めて高く、SRC原料としては不適切と考えられる。

6) 湿式造粒処理をしたミドリングは、処理後も灰分がかなり高く、イナーチニットもあまり除去できていないと思われる。したがって、灰分とイナーチニットの含有量が非常に高いうえに燃料比も大きい事から、溶解性が低いと考えられる。

以上の事から、各炭種の優先順位は次のようになる。

1. ASSAM High Sulfur炭
2. ASSAM Low Sulfur炭
3. SAMLA炭
4. リグナイト
5. TALCHER炭
6. ARGODA-SILKA炭
7. Oil Agglomerated Middlings

(2) 表-1 についての疑問および要望

- 1) ASSAM低硫黄炭を除き、工業分析・元素分析・組織分析の各数値が範囲で示されている。評価の参考にするため、単一の代表的分析値も必要である。
- 2) ASSAM低硫黄炭の元素分析値の合計が、無水無鉱物質ベースであるにもかかわらず100%以上である。また、組織成分の合計は100%以下である。
- 3) TALCHER炭の元素分析値が表示されていない。
- 4) ミドリリングの平均反射率7.0は、炭素含有率からみて高すぎるように思われる。
- 5) 各炭種の埋蔵量は推定値(tentative)が示されているが、可採埋蔵量、生産規模に関する情報と輸送手段に関する情報が必要である。これに加えて、SRCプロジェクトに対する供給可能量の情報(将来予測も含む)も必要である。
- 6) 提供データの分析方法(例えば規格名)を教えてください。

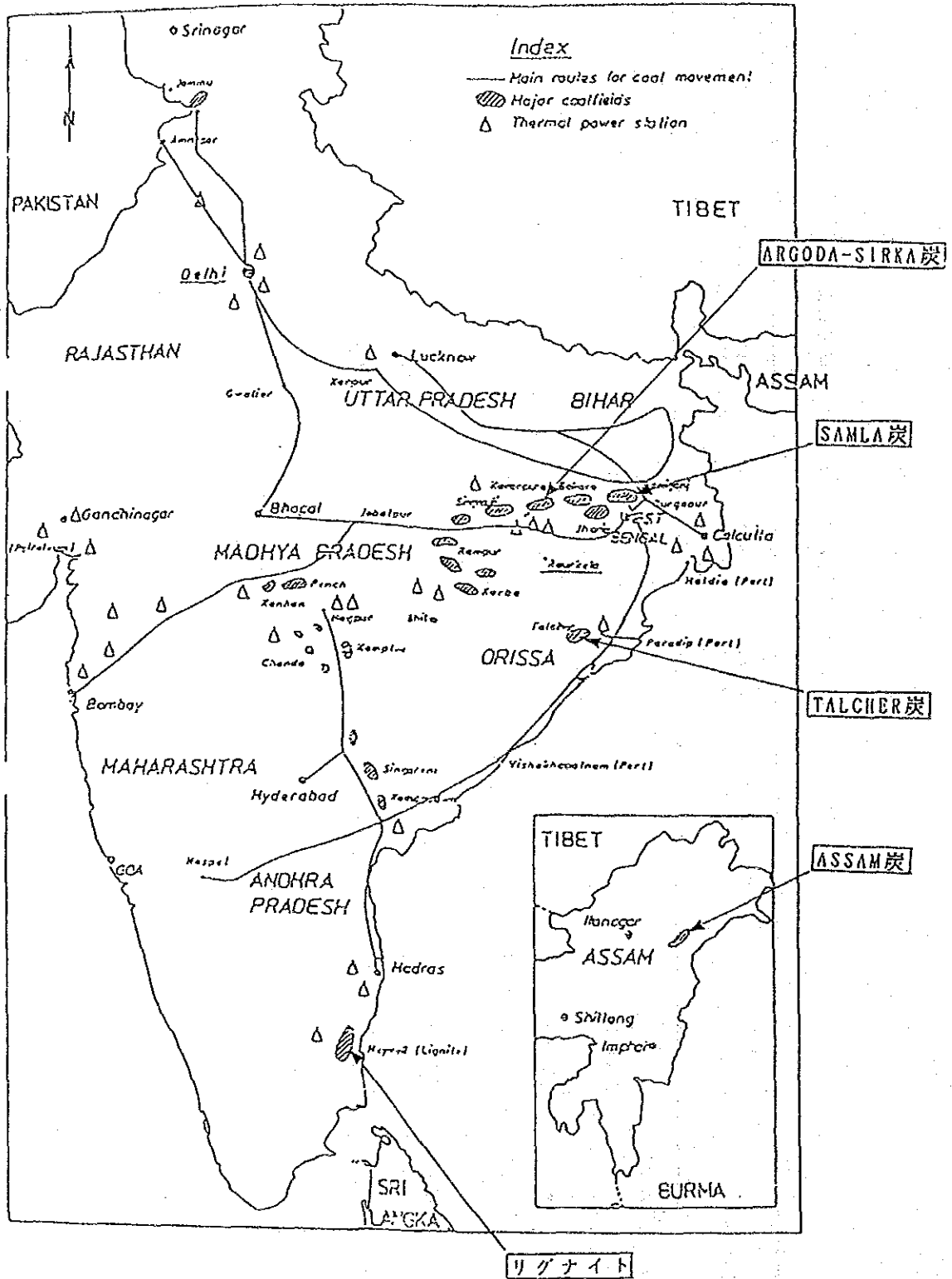
表-1 S.R.C製造試験用補炭の物性および埋蔵量

番号	項目	SAMLA炭 (Raniganj) West Bengal	ASSAM炭 (高硫黄) Assam	ASSAM炭 (低硫黄) Assam	ARGODA-SIRKA炭 (South Xaram- pura) Bihar	リグナイト (South Arcot, Nayvelli, T. Naidu)	TALCHER炭 (Bottom) Orissa	Oil Agglomerated middlings from LODHA
1	工業分析 灰分、% (空気乾燥ベース) 水分、% (空気乾燥ベース) 揮発分、% 固定炭素、% 燃料比 (固定炭素/揮発分)	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. 1.6	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	元素分析 (無水・無鉱物質ベース) 炭素、% 水素、% 窒素、% 硫黄、% 酸素、%	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	微細組織成分 (無鉱物質ベース) ピトリニット、% エクトニニット、% イナニニット、% ピトリニットの平均反射率	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	推定埋蔵量、百万トン	500	100	(note 1)	600	3300	46	(note 4)

注記：

1. この石炭は、コークス製造用配合炭として製鉄所へ供給中。現在の供給量は、約 225,000 トン/年である。
2. この灰分量は、アントラセン油をバインダーとして使用した湿式造粒法により、22 - 24 % にまで低減できる。
3. ヒュミナイト
4. インド各地の選炭工場では、大量の中間産物が生産されており、安定した供給が可能である。

# インドの炭田分布



## 6. 主要入手資料リスト





主要入手資料リスト

1. 収集資料目録

- (1) 436 (Part I /Sec 1)                      1964年  
Methods for Sampling of Coal and Coke  
Part I Sampling of Coal  
Section 1 Manual Sampling  
(Revised) Fifth Reprint 1981 Dec. (Incorporating Amend-  
ment No.1)
- (2) 436 (Part I /Sec 2)                      1976年  
Methods for Sampling of Coal and Coke  
Part I Sampling of Coal  
Section 2 Mechanical Sampling
- (3) 436 (Part II)                              1965年  
Methods for Sampling of Coal and Coke  
Part II Sampling of Coke  
(Revised) Third Reprint 1976 May.
- (4) 437    1979年  
Size Analysis of Coal and Coke for Marketing  
(Third Revision)

- (5) 1350 (Part I)                      1984年  
Methods of Test for Coal and Coke  
Part I Proximate Analysis  
(Second Revision)
- (6) 1350 (Part II)                      1970年  
Methods of Test for Coal and Coke  
Part II Determination of Calorific Value  
(First Revision)
- (7) 1350 (Part III)                      1969年  
Methods of Test for Coal and Coke  
Part III Determination of Sulphur  
(First Revision)
- (8) 1350 (Part IV/Sec 1)                      1974年  
Methods of Test for Coal and Coke  
Part IV Ultimate Analysis  
Section 1 Determination of Carbon and Hydro-  
gen  
(First Revision)
- (9) 1350 (Part IV/Sec 2)                      1975年  
Methods of Test for Coal and Coke  
Part IV Ultimate Analysis  
Section 2 Determination of Nitrogen  
(First Revision)

- (10) 1350 (Part V) 1979年  
Methods of Test for Coal and Coke  
Part V Special Impurities  
(First Revision)
- (11) 1353 1959年  
Methods of Test for Coal Carbonization-Caking Index, Swelling  
Properties and Gray-Ring Assay(L.T.) Coke Type  
Reprinted 1965 Aug.
- (12) 1354 1964年  
Methods of Test for Coke-Special Tests  
(Revised) Second Reprint 1975 July (Incorporating  
Amendment No.1)
- (13) 1355 1984年  
Methods of Determination of the Chemical Composition of Ash  
of Coal and Coke  
(First Revision)
- (14) 4023 1966年  
Methods for the Determination of Reactivity of Coke  
(First Reprint 1980 Jan.)





JICA