

## 5. 結 論

S R C はインドの要求に最適の技術であり、インド側の S R C 製造技術に寄せる期待は大きい。本計画の実施に伴い期待される社会的便益は以下の通りである。

- ・国内資源の保護および未利用資源の有効利用
- ・S R C および石炭液化に関する技術移転
- ・代替技術の開発に伴う石炭輸入価格の低下
- ・粗鋼生産性の向上
- ・雇用機会の増大

外貨収支に関しては、3 ケースのプラント建設費（外貨部分60%）を想定して、検討を行った。各ケースの外貨収支を以下に示す。

- ・基本ケース（プラント建設費：500億円）： - 13.04百万ドル
- ・低価格ケース（プラント建設費：250億円）： +133.07百万ドル
- ・高価格ケース（プラント建設費：750億円）： -159.15百万ドル

また、輸入炭を使用する場合と S R C を使用する場合のコークス製造の原料費を比較することにより、本計画の収益性の検討を行った。S R C の導入は、いずれのプラント建設費を想定した場合においても、コークスの製造原価を上昇させる。各ケースの製造原価の上昇額を以下に示す。

- ・基本ケース： 870ルピー／トン（約54ドル／トン）
- ・低価格ケース： 250ルピー／トン（約16ドル／トン）
- ・高価格ケース： 1,490ルピー／トン（約93ドル／トン）

以上の分析結果から判断すると、S R C の収率の高い石炭が利用可能で、プラント建設費を安く押さえることが可能であれば、S R C のデモンストレーションプラント建設計画は、財務的・経済的に妥当な計画となり得る可能性もある。

しかし、本予備調査に用いた前提条件はインド側より提供された限られた情報、文献値等の一般データおよび多くの仮定に基づいているため、予備調査の結果

に基づき本計画の妥当性を論ずることは適切ではない。

以上を総合すると、以下に示す技術的な項目について十分な調査・検討を行い、その結果に基づく精度の高い前提条件を用いて経済性の検討を行う事が、SRCプロジェクトの妥当性を評価する上で必要であると判断される。

- ・ SRC 収率の高い石炭の選定（本調査ではインド側より提供された情報に基づき収率を40%としたが、日本および米国の実験では収率40%は最低のレベルである）
- ・ SRCプラントの最適運転条件の選定・確立
- ・ SRCプラントにおける物質収支・熱収支の検討
- ・ 最適な機器の選定
- ・ インド国産機器の適用の可能性の調査
- ・ コークス炉ガスよりの水素回収の最適方法・費用の検討
- ・ 高炉におけるSRCの最適配合比の検討

（今枝 良隆）

## Ⅶ. 本格調査における留意点



## VII. 本格調査における留意点

本予備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場合に留意すべき点には下記の項目がある。

1. 調査の主目的はインド炭を使用してのSRC製造の評価であるので、できるだけ数多くのインド炭を使用しての液化実験を実施すべきである。その際には、SRC製造の原料炭として、一般炭のみならず粘結炭および褐炭もその検討対象とすべきである。
2. 石炭の性状分析および液化実験は日本にて実施する事になるが、技術移転の観点から、その方法および使用機器に関してできるだけ詳細にインド側に伝えるとともに、実験に参加するインドからの研修生を受け入れるべきである。
3. 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られるが、二次液化試験の前にインドにて、一次試験の結果の検討と二次試験への候補炭の選定を共同で実施すべきである。
4. 石炭試料の採取とその取扱いは実験の精度を左右する一つの要点であるので、その方法は双方にて十分に検討し、慎重に行うべきである。
5. 本液化実験の結果を用いてインド炭を原料とするSRC製造プラントの実用化の評価を行うために、液化実験の方法および測定項目は、プラント設計のためのデータ取得も考慮して計画すべきである。この段階におけるプラント設計に必要なデータは、SRCへの転化率と水素消費量を含む物質収支および固液分離の容易さである。
6. SRCはコークス製造の際に強粘結炭の代替として使用され、また使用できなかった一般炭を一部配合する事も可能となる。したがって、SRC製造の効果을判断するためには、SRCを配合する場合と配合しない場合の石炭の

配合割合の変化の検討が重要である。その比較の対象となるコークス製造用原料炭の配合割合にはインドの製鉄所における実績値を用いるべきである。

7. SRC製造の経済的効果は、コークス製造の際の一般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等である。従って、デモンストレーションプラントの財務・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。

以上の点に留意して作成した実験計画案を参考資料4に取りまとめた。

## VIII. 參考資料





## 1. 对処方針案



## 対処方針案

(1) 本調査団は、調査の概要に関して印側と協議をする際に、本件調査を進めるための次の条件について説明を行なうものとする。

- ① 本調査が通常の J I C A 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、フェイズ I については、その調査内容をできる限り限定したものとする。
- ③ 調査団は、本年 1 月の鉱工業プロジェクト選定確認調査団派遣時以後印側における本件プロジェクトの位置付けに変化があるかどうかを確認する。具体的には、
  - (i) 印側における本件プロジェクトの今後の計画（特に、どの程度の輸入炭代替を見込んでいるのか）
  - (ii) 印側における右プロジェクトの経済政策上、資源有効利用上の意義
  - (iii) 印側の経済開発における本件のプライオリティーに関し、十分に聴取する。
- ④ Pre-F/S（フェイズ I）を実施し、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）の実施を検討することとする。すなわち、フェイズ I とフェイズ II を別案件扱いとする。
- ⑤ 調査団は、本件調査を行うことがその後の協力につき日本政府がいかなるコミットを行うことも意味しないことをインド側に対し明確にする。

(2) 上記の協議において、印側が日本側の提案する以上の条件に同意しない場合には、本調査団は、本件に協力してゆくことが困難である旨表明するものとする。

印側が上の条件に同意し、かつ(1)③に関し、印側に本件調査の意義に影響を及ぼすような変化がないと認められた場合には、本調査団は、フェイズIの調査の期間、項目と内容等に関し、概要程度(別添-1)を印側と協議できるものとする。

ただし、印側が原料調査、コークス製造調査等を印国内で実施してもらいたい旨表した場合には、印国内、日本どちらで実施するかに関し協議することとする。その場合、印側の受入態勢、予算措置等に関し、詳細な調査を実施しないと最終判断ができないので、印側の要望は議事録に載せることができるが、印国内で実施する場合に想定される調査用機材の供与の可能性については議事録に載せないこととする。

(3) 上記の協議において、本調査団は別添-1の「フェイズ分けの理由」に関する資料を使用できることとし、また、協議経過を議事録として別添-2のように取りまとめることができることとする。なお、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)

#### Reasons for taking step-wise procedure

1. It is anticipated that a huge amount of budget, roughly 10 times of an ordinary study budget, is required to conduct the feasibility study requested by the Government of India. Thus a special consideration is necessary for the study procedure to obtain the approval of the Government of Japan.

Therefore the whole study is divided into several steps, and the result of each step shall be examined and evaluated before proceeding to the next step.

2. In case that the bench scale test is planned to follow just after the autoclave test, the critical equipment shall be designed and ordered prior to selection of coal to be tested or decision of experimental conditions. It will make the bench scale plant large and costly unnecessarily due to providing for every experimental conditions anticipated.

In contrast, if the plant is designed after the details of the bench scale test is decided based on the results of the autoclave test, the plant will be simple and economical but equipped the enough capability to achieve the test objectives completely. In this case, the period required for preparation of the final report is 5 years, only half a year longer than that of the former case.

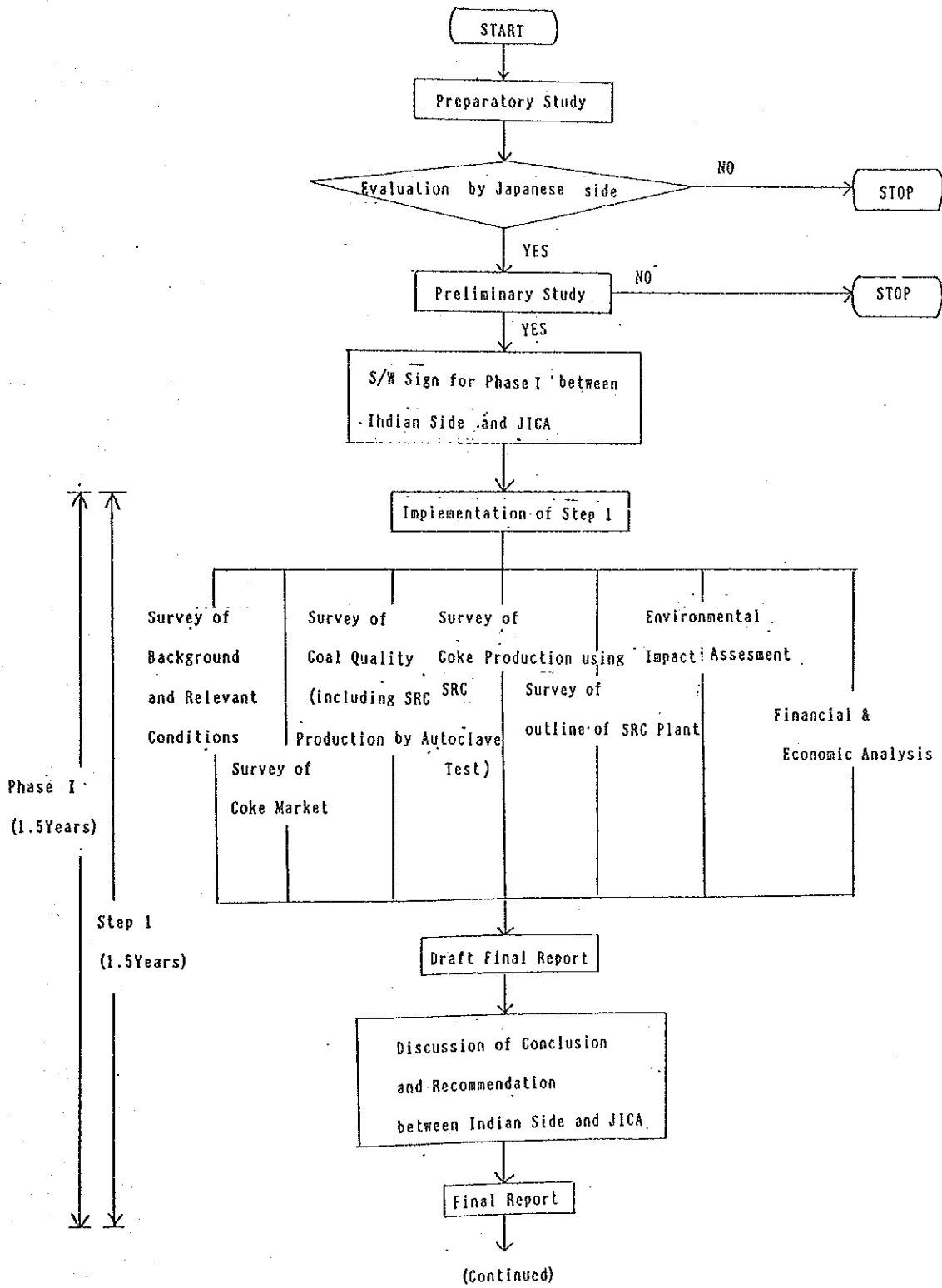
3. It is possible to evaluate the viability of the project with considerable accuracy when coal characteristics test, autoclave test and coking test are conducted and the results are evaluated combined with the data and know-how obtained through the pilot plant tests using 5 ton/day and 8 ton/day plants in Japan.

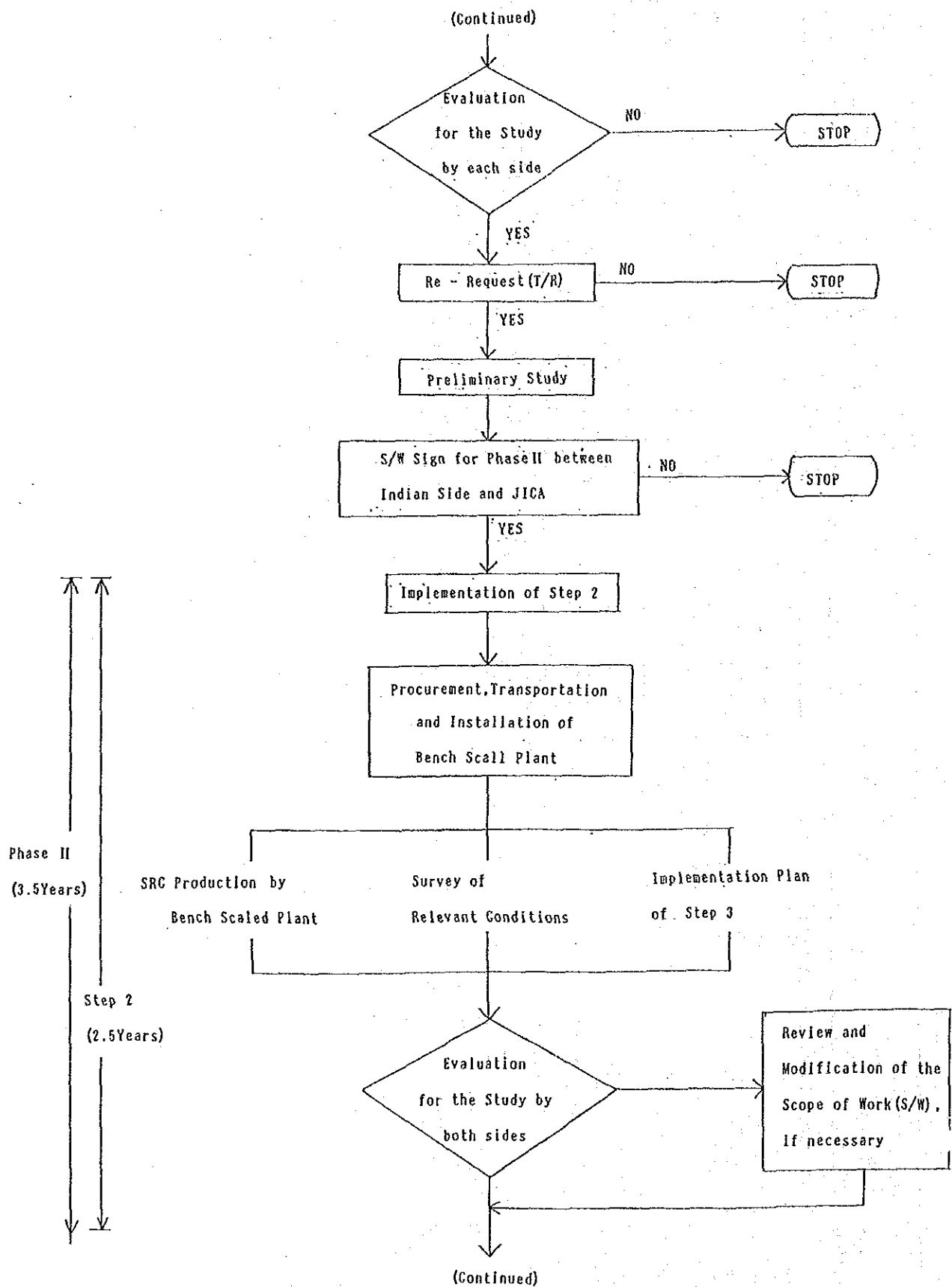
Because of the above reasons, it is necessary to take the step-wise procedure, namely 2 phases and 3 steps as shown in Figure 1, and the result of each step shall be examined carefully in order to go into the next step.

(△ < ○ < ● : Accuracy)

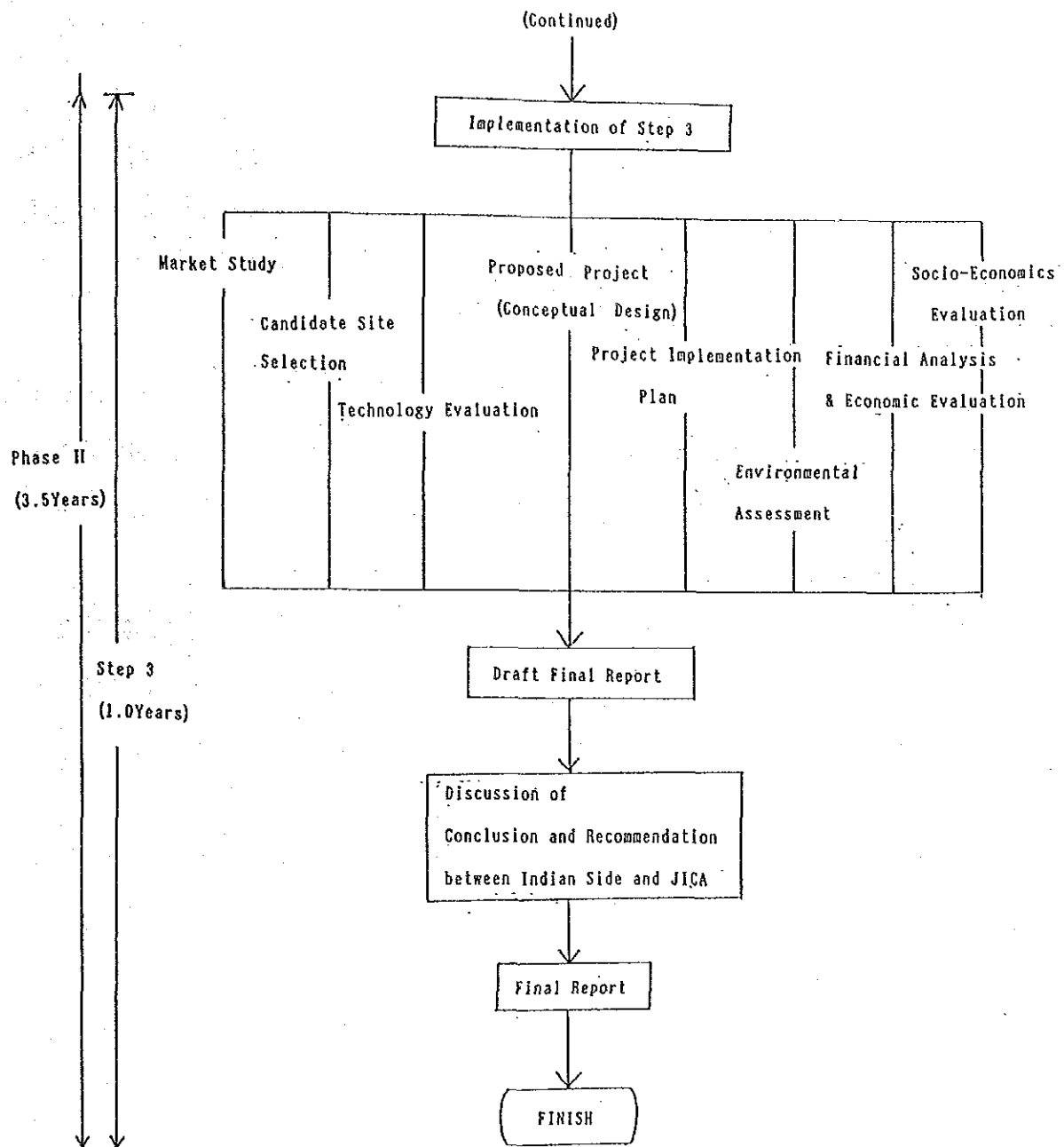
Items to be examined	Preparatory/ Preliminary	Phase I	Phase II	Method
Possibility of ash content reduction in coke by using SRC	△	○		Examination of coal characteristics Autoclave test Coking test
Possibility of improvement of coke strength by using SRC	△	○	○	
Effect of SRC production on foreign currency saving	△	○	○	Research on Literature Autoclave test Coking test Bench scale plant test, etc.
Effect of SRC production on utilization of domestic resources	△	○		Examination of coal characteristics Research on literature Field survey, etc.
Problems in SRC production technology at sale-up	△	○	○	Research on literature Bench scale plant test, etc.
Management and/or maintenance problems at the operation of demonstration plant	○	○		Field survey, etc.
Environmental problems from SRC plant	△	○		Research on literature Field survey, etc.

# Flow Chart of the Study









(別添-2)

議事録(案)

1. 予備調査団は、7月15日から7月29日まで本件の背景、効果等の確認と「調査の概要」に関する協議のため、インドを訪問し、現地調査及びインド政府関係者との協議を実施した。
  2. 上記に関し、会議は(鉄鋼・鉱山省)において、7月 日インド側代表者 Mr. \_\_\_\_\_ 及び予備調査団 団長中村信(参加者別添)との間で実施され、予備調査団によって提案された「調査の概要」に関し、協議がなされた。
  3. 協議の結果、日本側は、本調査が通常の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たい旨提案し、インド側はこれを了承した。
  4. 上記に関し、日本側は、さらに本調査をフェイズI, 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として位置付けたい旨提案し、インド側はこれを了承した。
  5. インド側は、本調査に係る
    - (i) 印側における本プロジェクトの今後の計画
    - (ii) 印側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
    - (iii) 印側の経済開発における本件プライオリティーに関する最新の情報を日本側に提供した。
- ⑥ 日本側は、本年1月の調査団派遣以後、印側における本件プロジェクトの位置付けに変化があると認められるので本調査団の帰国報告に基づき日本政府がフェイズI実施の適否を判断することとしたい旨提案し、インド側はこれを了承

した。

または

⑥ 日印両国は、フェイズIの調査期間、項目、内容に関し協議を実施した。

なお、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、調査項目案としては、以下のような項目にすることで合意した。

- ・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

6. 日本側は、また、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、インド側が再要請した場合のみ、F/S（フェイズII）の実施を検討することとしたい旨提案し（すなわち、フェイズI,フェイズIIを別案件扱いとする）、インド側は、これを了承した。

7. 予備調査団は、大蔵省，鉄鋼・鉱山省，SAIL（デリー），MECON本社（ランチャー），CFRI（ダンバード）等の関係機関を訪問した他、製鉄所，セメント工場，火力発電所，化学工場，炭田等の現地視察も合わせて実施した。



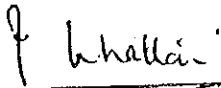
## 2 . M/M (Minutes of Meeting)



MINUTES OF MEETING  
FOR  
THE STUDY  
ON  
THE SOLVENT REFINED COAL DEVELOPMENT PROJECT  
IN  
INDIA

New Delhi, India

27th July, 1989



Jagdish Khattar  
Joint Secretary to the Govt. of India  
Ministry of Steel & Mines  
Department of Steel  
New Delhi.



Makoto Nakamura  
Leader of the  
Preparatory Study Team  
Japan International Cooperation  
Agency (JICA)

1. The Preparatory Study Team made a visit to India from 15th July to 28th July, 1989 to discuss with the relevant Indian authorities and to conduct a study on the background of the proposed project as well as to confirm the socio-economic effect expected to be attained by implementing the project.

2. In connection with the above project, a series of meetings were held between the Preparatory Study Team, headed by Mr. Makoto Nakamura and the concerned authorities of the Government of India on the outline of the study, proposed by Japanese Team.

3. As a result of the discussions, the Japanese side explained since the said project is considered to be of large scale in comparison with the usual projects implemented by Japan International Cooperation Agency (JICA) in the past, the Feasibility Study on the project should be conducted on a step-by-step basis and the results of each step shall be examined and evaluated thoroughly and carefully by the Japanese authorities concerned before proceeding to next step. The Indian side accepted this proposal.

4. Furthermore, Japanese side proposed that the project under consideration should be divided into Phase I and Phase II and the Phase I shall be positioned as Pre-Feasibility Study and Phase II be positioned as Feasibility Study. The Indian side accepted this proposal.

5. The Indian side provided up-to-date information and data on the following items :-

- (i) Future prospect on the implementing plan of the project.



- (ii) The socio-economic impact envisaged by setting up the project with particular explanation on the effective utilization of mineral resources in India.
- (iii) The priority given to the project in the context of the economic development.

6. Both Japanese and Indian sides discussed the duration of survey and the contents of the study to be covered in Phase I of the project.

Though the details of the contents of the study are to be formulated and decided by the Preliminary Study Team, the despatch of which will be decided by the Government of Japan depending upon the results of the study conducted by the Preparatory Study Team, both sides agreed in principle to cover the following major aspects in Phase I.

- (i) Placement and importance of the project in the socio-economic development.
- (ii) Survey of Coke Market
- (iii) Survey of Coal Quality (including SRC production by Autoclave test)
- (iv) Survey of Coke production using SRC
- (v) Survey of outline of SRC plants
- (vi) Environmental Impact Assessment
- (vii) Financial & Economic Analysis

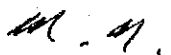
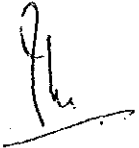
M. M.

7. Japanese side proposed that after the completion of Pre-Feasibility Study, namely Phase I, Japanese side will conduct an evaluation study

Ph

on Phase I in order to consider the implementation of Phase II. If the evaluation study produces convincing results for taking up Phase II of the project, a formal request in this regard is to be submitted by the Government of India to enable Japanese side to take up Phase II of the project. The Indian side accepted this proposal.

8. The Preparatory Study Team made visits to Ministry of Finance, Ministry of Steel & Mines, Ministry of Energy, Metallurgical & Engineering Consultants (India) Limited (MECON), Central Fuel Research Institute (CFRI), Steel Authority of India Limited (SAIL) and other concerned authorities. Besides, the Team also visited Rourkela Steel Plant, Fertilizer Plant, Coal Mines and Coal Washery, for the purpose of exchanging information.



### 3 . Questionnaire



QUESTIONNAIRE  
ON  
SOLVENT REFINED COAL  
PRODUCTION PLAN  
IN  
INDIA

JULY, 1989

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

## 1. Steel Industry

### 1.1 Organization of Related Governmental Offices

Ministry of Steel and Mines

MECON

CSIR

CFRI

### 1.2 Current Status of Steel Industry

#### 1.2.1 Steel Plant

Name, Place, Completion, Name Plate Capacity,

Actual Production Rate

#### 1.2.2 Past Trend of Demand/Supply Balance of Steel Products

#### 1.2.3 Forecast of Demand/Supply Balance of Steel Products

### 1.3 Production of Pig Iron

#### 1.3.1 Production Rate of Pig Iron by Steel Plants

#### 1.3.2 Energy Unit Consumption Rate by Steel Plants

Coal, Oil, Gas

#### 1.3.3 Consumption Rate of Coal

	Use	Consumption (ton/y)	Unit Price(Rs/ton)
Domestic Coal	Coking Coal		
	Steam Coal		
Imported Coal	Coking Coal		
	Steam Coal		

## 2. Coal Industry

### 2.1 Organization of Related Governmental Offices

### 2.2 Coal Mine

Name of Coalfield, Place, Characteristics of Coal,  
Recoverable Reserves

### 2.3 Production Rate of Coal by Coal Mines

Coking Coal, Steam Coal

### 2.4 Transportation of Coal

Major Transportation System from Coal Mines to Consuming  
Place, Unit Transportation Cost by Rail and Truck

### 2.5 Consumption of Coal by Sectors

### 2.6 Import of Coal

Coal Grade, Imported from, CIF Price

### 2.7 Price of Coal

Production Cost

Price of Coal by Grades

### 3. Use of Coal in Steel Industry

#### 3.1 Characteristics of Coal

##### 3.1.1 Coking Coal

(1) Source

(2) Proximate Analysis

    Volatile Matter, Fixed Carbon, Ash, Moisture,  
    Heating Value

(3) Ultimate Analysis

    Carbon, Hydrogen, Nitrogen, Sulfur, Ash, Oxygen

(4) Coking Properties

(5) Degree of Coalification

(6) Reflectance

(7) Maceral Analysis

##### 3.1.2 Steam Coal

(1) Source

(2) Proximate Analysis

    Volatile Matter, Fixed Carbon, Ash, Moisture,  
    Heating Value

#### 3.2 Coke Production

##### 3.2.1 Coke Production Rate

##### 3.2.2 Required Property for Coke

    Contents of Ash and Sulfur, Coking Property

##### 3.2.3 Blending of Feedstock Coals

    Blended Coals, Blending Ratio



#### 4. Current Status of Research and Development Work on SRC Production in India

##### 4.1 Research Laboratories concerned

##### 4.2 Outline of R/D Work

###### 4.2.1 Outline of Following Research Items in the past five years

Research Theme, No of Researchers concerned, Experimental Apparatus applied, etc

###### (1) Beneficiation

Removal of ash from run-of-mine coal

###### (2) Coal Liquefaction (except for SRC)

###### (3) Coke Production

Blending theory, Briquetting and formed coke

###### 4.2.2 Outline of Research Activities on SRC

###### (1) Research Theme, No of Researchers, Experimental Apparatus

###### (2) Usage of SRC

###### 1) Substitution of Coking Coal

Blending ratio of SRC

###### 2) Production of Low Ash Coke

###### (3) Characteristics of Feedstock Coals

###### (4) Solvent used

###### (5) Reaction Condition

Pressure, Temperature, Solvent Ratio

Hydrogen Consumption

###### (6) SRC produced by Autoclave Test, Bench-scale Test

###### 1) Yield of SRC

2) Proximate Analysis

Volatile Matter, Fixed Carbon, Ash, Heating Value

3) Ultimate Analysis

Carbon, Hydrogen, Nitrogen, Sulfur, Ash, Oxygen

4) Softening Point

5) Structure Analysis

4.2.3 Production of Coke using SRC

(1) Characteristics of Blended Coals

(2) Blending Ratio of Coals and SRC

(3) Caking Properties of Briquette

(4) Coke produced

1) Yield of Coke

2) Characteristics of Coke

Coke Strength, Contents of Ash and Sulfur

4.3 Experimental Apparatus and Analytical Instruments in possession

## 5. Pollution Control

### 5.1 Air Pollution Control

#### 5.1.1 Air Pollution Control Law

- (1) Regulated Substances and Emission Level
- (2) Facilities and their Capacities to be regulated
- (3) Achievement in Environmental and Emission Level
- (4) Monitoring System

#### 5.1.2 Air Pollutant

- (1) Regulated Substances to be continuously monitored
- (2) Measuring Method and Apparatus in Continuous Monitoring System

#### 5.1.3 Emission Inventory

- (1) Listed Items for Fixed Sources
- (2) Listed Items for Moving Sources

#### 5.1.4 Meteorological Data

- (1) Existence of Continuous Measuring Network or Station
- (2) Measuring Items
- (3) Measuring Instruments used
- (4) Availability of Published Data

### 5.2 Water Pollution Control

#### 5.2.1 Water Pollution Control Law

- (1) Regulated Items and Discharge Standard
- (2) Facilities and their Capacities to be regulated

#### 5.2.2 Pollution of River Water

- (1) Data on River Water Waste
- (2) Data on River Water Survey
- (3) Listed Items on Emission Inventory

### 5.3 Noise Regulation Law

#### 5.4 Others

General data and information of candidate plant sites and surrounding areas

##### (1) Social Conditions

- Population
- Usage of land and river
- Industrial development situation
- Land and river transportation

##### (2) Natural Conditions

- Meteorological data such as temperature, humidity, precipitation, wind velocity etc.
- Topograph
- Flora and fauna

##### (3) Major Sources of Pollution

- Air pollution
- Water pollution

##### (4) Local Regulations on Air and Water Pollution

## 6. Financial and Economic Analysis

Following data and information will be used for the preliminary evaluation of the project from financial and economic viewpoint.

### 6.1 General Information

- Seventh national five year development plan
- Balance of payments statistics
- Export and import statistics
- Foreign currency reserve statistics
- Economic indicators such as GDP, GNP and GDP/GNP per capita
- Consumer/wholesale price index statistics
- Population growth
- Income level
- Unemployment level
- Variations of exchange rate (Rs/US\$)

### 6.2 Data and Information on Coal and Coke Producers

- Maps of major coal fields
- Maps of major coke plants
- Profiles of major coal fields
- Profiles of major coke plants

### 6.3 Statistical Data on Coal in each grade and Coke for the

past five years, concerning

- Domestic production volume
- Import volume by country
- Consumption volume
- Price of domestic coal

- CIF price of imported coal
- Customs duty rate on imported coal
- Price structures of domestic and imported coal
- Price or production cost of coke
- Future production plans of coal and coke (if any)
- Demand forecast of coal and coke (if any)

#### 6.4 Data and Information on Coal Transportation

- Maps of road and railway
- Loading and unloading methods and equipment  
at coal fields, railway stations and coal consumers
- Major transportation system from coal fields to consumers  
(e.g. truck only, mainly railway or truck-railway-truck)
- Transportation cost by rail and by truck (Rs/ton-km)
- Problems in transportation of coal (if any)

#### 6.5 Taxation System

- Customs duty on imported equipment and materials for this  
Project
- Corporate income tax applied to this project (tax rate,  
depreciation, tax holiday etc.)
- Incentives to this project (if any)

#### 6.6 Labor Cost (Rs/year)

- Director
- Manager
- Foreman
- Operator
- Truck driver

- Unskilled labor

#### 6.7 Utility Price in case of purchase

- Electricity (Rs/kWh)
- Water (Rs/ton)
- High, medium and low pressure steam (Rs/ton)

#### 6.8 Others

- Price of land (Rs/m<sup>2</sup>)
- Insurance cost (% of plant construction cost or % of book value)
- Price of gas oil (Rs/ton or Rs/l)
- Local loan conditions for long-term and short-term (interest rate, repayment, grace period etc.)

Questionnaire to Factories to be visited by JICA Survey Team

1. Outline of the Factory

- (1) Name of Factory
- (2) Address
- (3) Current Paid-up Capital
- (4) Major Shareholders
- (5) Annual Turnover
- (6) No of Employees
- (7) Scope of Activities

2. Major Facilities

- (1) Name of Facility
- (2) Completion
- (3) Name Plate Capacity
- (4) Actual Production Rate
- (5) Annual Operation Days
- (6) Annual Maintenance Period
- (7) Problems in the Existing Facility, if any.



### 3. SRC Related Technologies

Explanation of system and equipment now being used

#### (1) Coal Handling

- 1) Coal Storage
- 2) Transportation

#### (2) Coal Pretreatment

##### 1) Beneficiation at Coal Mines

Performance of deashing

##### 2) Crushing

Crusher, Particle Size, Dust Collection System

#### (3) Coke Production

##### 1) Capacity

Existing Capacity and Future Plan

##### 2) Pretreatment

Blending theory, Preheated Coal Charging,

Partial Briquetting, Crushing combined with Screening  
of Coal

##### 3) Tar Treatment

BTX and Phenol Recovery, Waste Water Treatment

##### 4) Treatment of Coke Oven Gas

Purification of H<sub>2</sub> and CO Gas, CO Shift,  
Desulfurization

#### (4) High Pressure Equipment (Reference for H<sub>2</sub> Production)

##### 1) Hydrogen Production

Partial Oxidation, Steam Reforming

##### 2) Gas Purification System

#### 4. Pollution Control System applied in Steel Plants

##### (1) Coal Yard and Coal Transportation System

- 1) Countermeasures for Dust Scattering from Coal Piles
- 2) Countermeasures for Dust Scattering from Coal Handling System
- 3) Treatment of Suspended Solid in the Waste Water from Coal Piles

##### (2) Coke Oven

- 1) Reduction of Emission Level of NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub>
- 2) Dust Collection from Coke Oven
- 3) Waste Water Treatment  
Reduction of Ammonia, Phenol, Sulfides, Cyanides,  
Suspended Solid
- 4) Reduction of Sulfur Content in Coke Oven Gas

##### (3) Sintering Furnace

- 1) Reduction of Emission Level of NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> and Dust  
Installation of flue gas desulfurization, denitration  
units, cyclone and scrubber.
- 2) Waste Water Treatment from Wet Type Dust Collector
- 3) Total Dust Collection System for Sintering Furnace

##### (4) Blast Furnace

- 1) Dust Collection for Blast Furnace Gas  
Installation of venturi scrubber or electric  
precipitator and waste water treatment from the above  
equipment.
- 2) Countermeasures for Dust and Hume Removal
- 3) Treatment of Slug from Blast Furnace

## 4. 実験計画案



## 実験計画案

### 1. 目的

インド炭を原料としたSRC製造プロセスの可能性を検討するために、オートクレーブ実験により、できるだけ多数のインド炭のサンプルを使用してその液化特性を調査する。また、得られたSRCのコークス化特性に関するデータの取得を図る。

### 2. 調査内容

インド炭の液化特性（反応条件とSRC収率）をオートクレーブ実験により検討し、温和な条件でSRC収率の高い石炭を見いだすと共に、物質収支、SRC留分の構造解析、コークス化性を検討する。

#### 2-1 液化特性

##### (1) 調査実施項目

##### (a) 第一段階

数あるインド炭の中からSRC製造に適した石炭を4種類に絞るためのスクリーニングテストを行う。

##### ① 実験炭種の数と銘柄の決定

非粘結炭については、石炭化度で分けし、それらの中で灰分、揮発分、イナート成分の多寡でそれぞれを代表し得る石炭を選ぶ。

炭素含量(%)：85～80(3炭種)、80～75(6炭種)、75以下(6炭種)  
粘結炭については、イオウ含有量が多い等の理由でコークス製造に不適な石炭を選定する(5炭種)。

##### ② サンプルング法

炭鉱の切り羽縦方向切削採取後、3～4cm粒径以上の塊を縮分して約20kgとしそれを日本に輸送する。輸送に際しては窒素封入した袋に詰め(塩化

ビニル、ポリエチレンなど少し厚手の袋または瓶に置換法で窒素封入する) 外側を缶で保護する。尚、最初の2~3のサンプリングには日本側も立ち会い、以後インド側に任せる。

### ③ 石炭試料の取扱い

採取後縮分し試料のばらつきをできるだけ防ぐ。また酸化を防止するためサンプルは3~4 cm以上の塊とし、窒素封入する。

### ④ 試料炭の性状分析

採取した石炭の性状を以下の分析により明らかにする(石炭は採取場所により性状が異なるので、この分析は欠かすことが出来ない)。

元素分析(CHONS)、工業分析、発熱量、組織分析、反射率、灰分析、可洗性、粉碎テスト

### ⑤ 炭種選定のための一次液化試験

液化実験のフローを図A-1に示す。SRC製造を目的に比較的温和な条件での液化特性を見る。溶剤は無水添溶剤の代表としてアントラセンオイル、水添溶剤の代表としてテトラリンを用いる。2種類の溶剤を用いることにより、循環溶剤の場合もある程度推定できる。

オートクレーブ(500ml)による液化実験の反応条件を以下に記す。

- ・ 溶剤(2種類) : アントラセンオイル、テトラリン
- ・ 溶剤比(石炭/溶剤) : 1/2
- ・ 反応時間 : 60分
- ・ 圧力(初圧) : 80気圧
- ・ 反応温度 : 410℃
- ・ 実験回数 : 2×20(炭種) = 40(回)

### 反応生成物の解析

一次液化試験では、主として水素消費量、SRC収率を検討する。残渣の固液分離の方法は研究目的に応じ溶剤分別、蒸留、遠心分離が使い分けられている。本件の場合にはプラント設計のためのデータ取得を目的の一つとしているため、実プラントに用いられる公算が大きい遠心分離にて固液分離に関するデータを採取する。

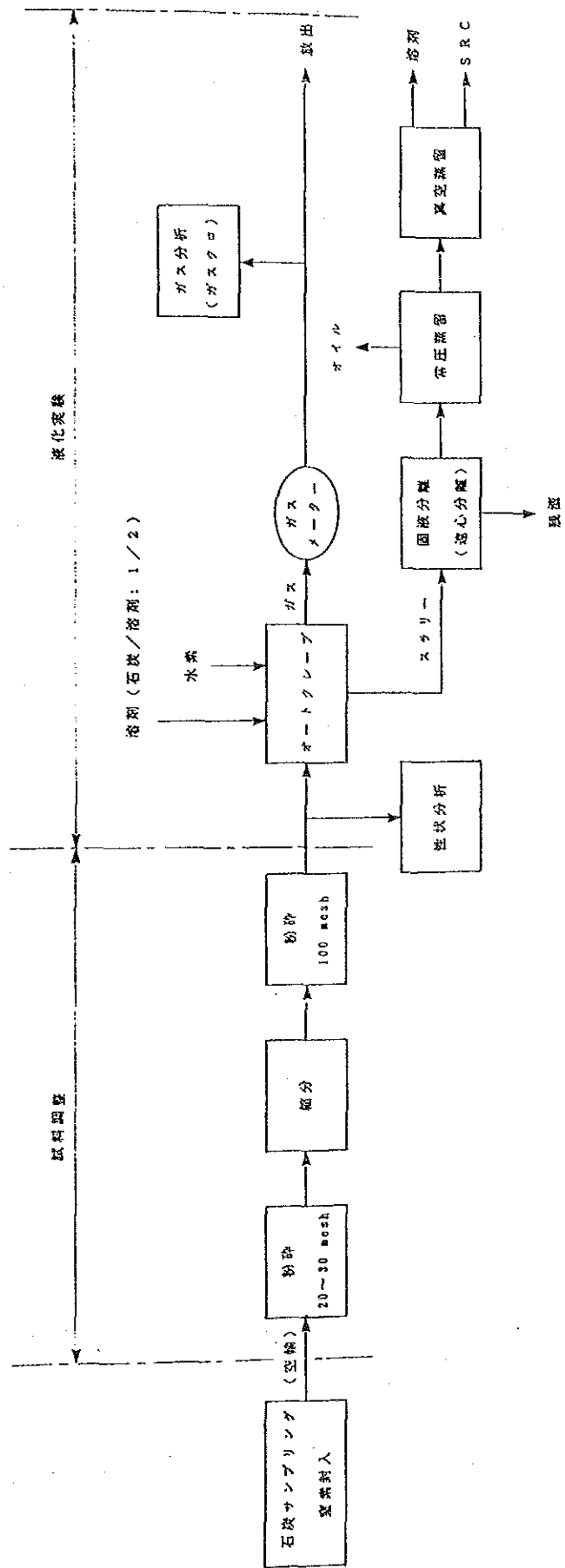


図 A-1 Phase-I 液化実験フロー図

生成物の解析は以下の分析により行う。

ガス、オイル、SRC、残渣各留分の定量（遠心分離、蒸留）

ガスの分析

⑥ SRC用原料炭として詳細検討する石炭の決定

SRC収率が高く、固液分離が容易、かつ水素消費量の少ない石炭を4種類選ぶ。

(b) 中間報告、サンプリング

上記の一次試験で得られた結果をインド側に説明し、二次試験の対象とする石炭の銘柄4種を日本/インド双方の合意のもとに決定する。二次試験の対象となる4種の石炭サンプル（各50kg）を採取する。また、コークス製造試験に用いる石炭（原料炭8種、一般炭2種、各100kg）のサンプリングも併せて行う。サンプリングの方法は、上記の一次試験の場合と同様とする。

(c) 第二段階

選定された4炭種について詳細な液化実験を行い、SRC生成の最適条件を見いだすと共に、得られたSRCのバインダー特性を検討する。

① 種々の液化条件での検討

- ・ 溶剤 : アントラセンオイル、テトラリン、（水添溶剤）
- ・ 反応時間 : 30分、90分
- ・ 圧力（初圧） : 60気圧、100気圧
- ・ 反応温度 : 390℃、430℃
- ・ 実験回数 : 24 × 4（炭種） = 96（回）

② 反応生成物の解析

SRCの収率と反応条件との関係を明らかにし、最適炭種とその最適液化条件を見いだす。また、SRCの構造解析によりコークス化性との関連を検討する。副生物のガス、オイル、残渣量の測定および構造解析により副生物の価値を明らかにする。ガス分析は、ガス中の水素、炭化水素、硫化水素などの濃度を測定し、実プラントにおける循環水素精製プロセス選定のための基礎データとする。反応生成物の分析内容を表A-1に示す。



表A-1 原料・反応生成物の解析

分析機器	分析対象	測定物性	備考
元素分析装置	石炭、SRC	元素組成	石炭、SRC全てについて行う
工業分析装置	石炭、SRC	性状分析	- 同上 -
ガスクロマトグラフ	ガス	生成ガス組成	全ての実験について測定
NMR	溶剤、SRC	構造解析 (fa など)	第2段階での有望な石炭からの生成物について行う
IR (赤外分光光度計)	溶剤、SRC	構造解析 (官能基変化)	- 同上 -
分子重量測定装置	SRC	分子重量	- 同上 -
軟化点測定装置	SRC	軟化点	- 同上 -
粘度計	原料スラリー、液化生成物	粘度	- 同上 -
発熱量測定装置	SRC	発熱量	- 同上 -

## (2) 実験期間

オートクレーブ実験および生成物の留分測定以外の実験は全て外注するものとする、液化実験に必要な期間は以下のとおりとなる。

・ 資料調製		2 週間
・ オートクレーブ実験および各留分の分離定量・ガス分析		
第一段階:	$40 \text{回} \div 2 \text{回/日} \div 5 \text{日/週} =$	4 週間
第二段階:	$96 \text{回} \div 2 \text{回/日} \div 5 \text{日/週} =$	10 週間
予備実験:	$48 \text{回} \div 2 \text{回/日} \div 5 \text{日/週} =$	5 週間
(反応条件の追加; 温度や触媒添加など)		
合 計 :		19 週間

(3) 要員: 3名 × 6ヵ月 = 18人・月

## (4) 分析外注費

分析する試料と内容は検討しながら決定する(全ての試料を分析する訳ではない)。分析費用は概略以下のとおりである。

・ 元素分析 (C H N O S)	25,000円 × 100 =	2,500,000円
・ 工業分析	10,000 × 80 =	800,000
・ 発熱量	5,000 × 80 =	400,000
・ 灰組成分析 (8成分)	64,000 × 20 =	1,280,000
・ 粉碎性試験	15,000 × 20 =	300,000
・ 組織分析	50,000 × 20 =	1,000,000
・ 反射率	20,000 × 20 =	400,000
・ NMR、IR、粘度、軟化点等	30,000 × 100 =	3,000,000
分析費用合計		9,680,000円

## (5) 購入物品

オートクレーブ実験および生成物の測定に必要な機器の種類と概略の金額は以下のとおりである。

・粉砕機	100万円
・オートクレーブ (500ml)	300
・ガスメーター	50
・常圧蒸留装置	100
・減圧蒸留装置	100
・ガスクロマトグラフ	400
・真空ポンプ	30
・遠心分離機	50
・消耗品	500

---

合 計 1,630万円

## 2-2 コークス試験

製鉄所において製造されているコークスとSRCを配合したコークスを、実験室規模で比較しながらSRCのバインダー特性を検討する。

### (1) 試験項目

#### ① 高炉用原料炭コークス試験

- ・インドにおいて実際にコークス原料として使われている石炭（原料炭8種、一般炭2種）につき以下の分析を行う。

工業分析、元素分析、組織分析、ポタン指数、流動度、全膨張率

- ・インドで実際のコークス製造に使用されている3種の配合割合によりコークス製造を行う。
- ・製造したコークスにつき以下の分析を行う。

CO<sub>2</sub>反応性、ドラム強度、CSR、気孔率、コークス組織、  
マイクロストレングス、ログ指数

#### ② SRCのバインダー試験

- ・上記コークスの製造に使用した強粘結炭を、SRCと一般炭に代替してコークスを製造する。

- ・ S R C を配合して製造したコークスにつき以下の分析を行う  
 ログ指数、配合によるコークス組織、マイクロストレングス、気孔率

(2) 試験期間

- ①原料炭コークス試験 5週間
- ②S R C 試験 (試料数20) 4週間

(3) 要員: 1名 × 3ヵ月 = 3人・月

(4) 分析外注費

分析に要する費用は概略以下のとおりである。

①原料炭コークス試験

・ 元素分析	6 × 25,000円 =	150,000円
・ 工業分析	6 × 10,000 =	60,000
・ 組織分析	6 × 50,000 =	300,000
・ ボタン指数	6 × 5,000 =	30,000
・ C O <sub>2</sub> 反応性	20 × 33,000 =	660,000
・ その他		2,000,000

(流動度、全膨張率、ドラム強度、CSR、気孔率等)

---

合 計 3,200,000円

②S R C 試験

試料数を20、試験項目を4件として必要な費用は 2,000,000円

2 - 3 総費用

以上より、試験に必要な機器および分析に要する費用は、

$$968 + 1,630 + 320 + 200 = 3,118 \text{万円}$$

となる。上記以外に、人件費および石炭サンプルの輸送費が必要である。インドから東京までの航空運賃は40万円/トン程度である。

## 5. 主要入手資料リスト



主要入手資料リスト

(1) 「Report 1988-89」

インドの石炭産業の概況

Ministry of India, DEPARTMENT OF COAL発行

(2) 「CENTRAL COALFIELDS LIMITED RAJARAPPA AREA」

ラジャラッパ炭鉱および選炭プラントの概要

ラジャラッパ炭鉱にて入手

(3) 「FIFTEENTH ANNUAL REPORT 1987-88 METALLURGICAL & ENGINEERING  
CONSULTANTS(INDIA) LIMITED」

メコン社の年次報告書

メコン本社（ランチャー）にて入手

(4) 「MECON」

メコン社の会社概要

メコン本社（ランチャー）にて入手

(5) 質問状に対するメコンよりの回答書

メコン本社（ランチャー）にて入手

(6) SRCプロジェクトに関する基礎資料

メコン本社（ランチャー）にて入手

(7) 「PROPOSAL FOR PUTTING UP IN INDIA A SEMI-COMMERCIAL EXPERIMENTAL  
PLANT FOR SOLVENT REFINING OF COAL」

メコンが作成したSRCプロジェクトに関するF/Sレポート(インド政府  
向けのプロポーザル)

メコン本社(ランチャー)にて入手

(8)「ANNUAL REPORT 1987-88」

中央燃料研究所(CENTRAL FUEL RESEARCH INSTITUTE:CFRI)の年次報告書

CFRI(ダンバード)にて入手

(9)「Central Fuel Research Institute, Dhanbard, Bihar」

CFRIの概要

CFRI(ダンバード)にて入手

(10)「Fuel Science and Technology, Volume 7, Number 4, October 1988」

CFRI発行の論文紙

CFRI(ダンバード)にて入手





JICA