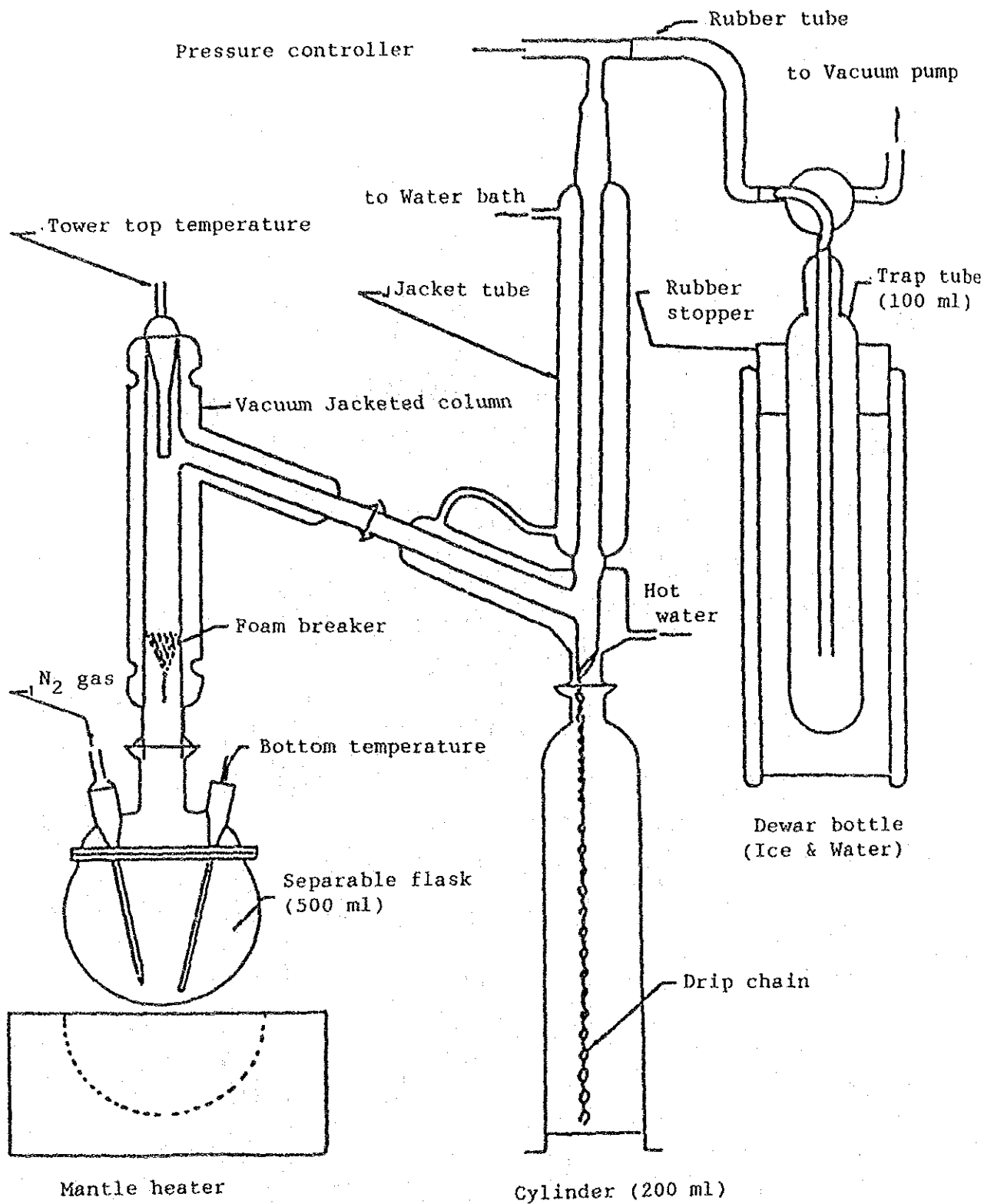


Filtering Flask

Trap

Figure 3.3.4 FILTERING APPARATUS



**Figure 3.3.5 FULLY AUTOMATIC VACUUM DISTILLATION APPARATUS**

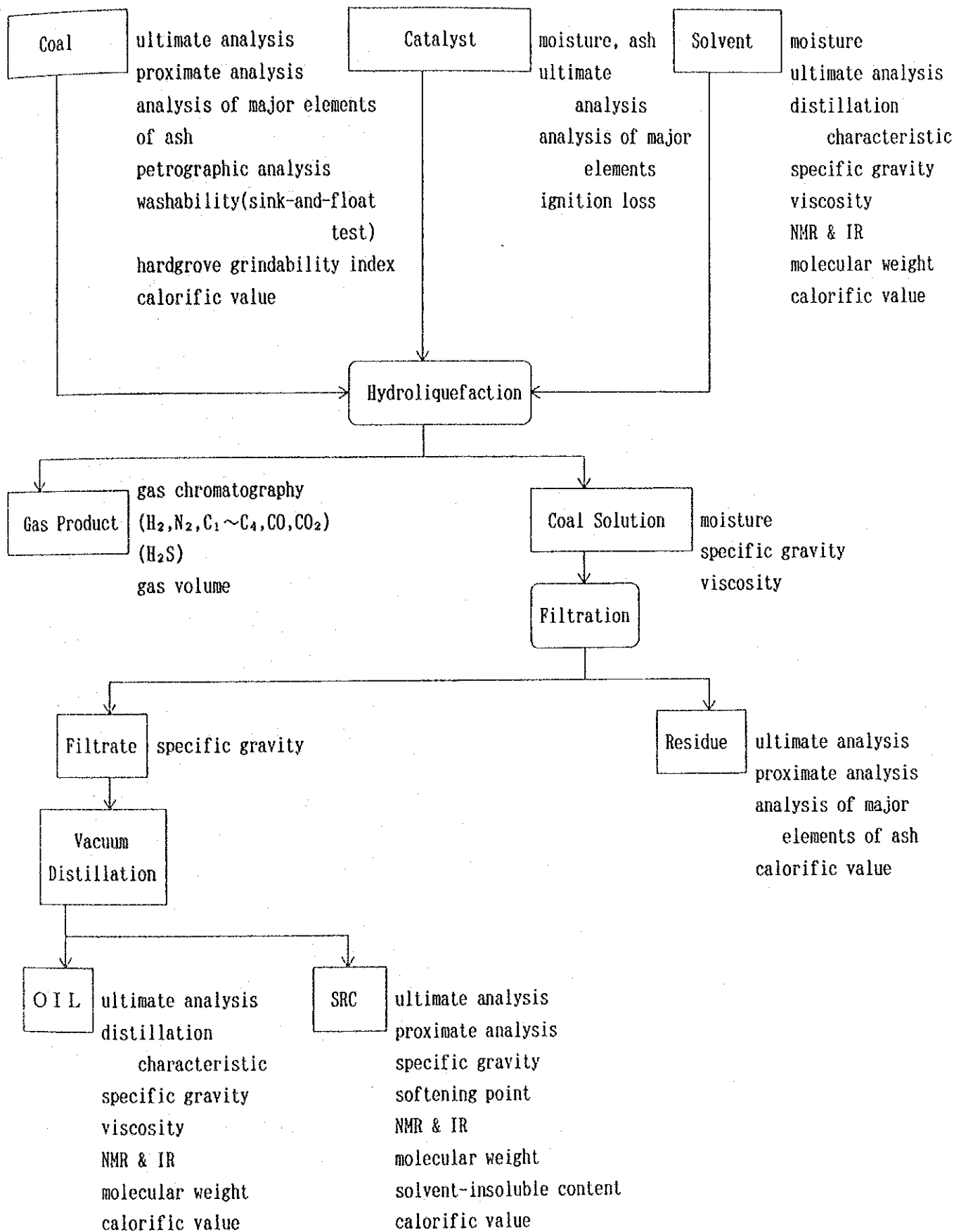
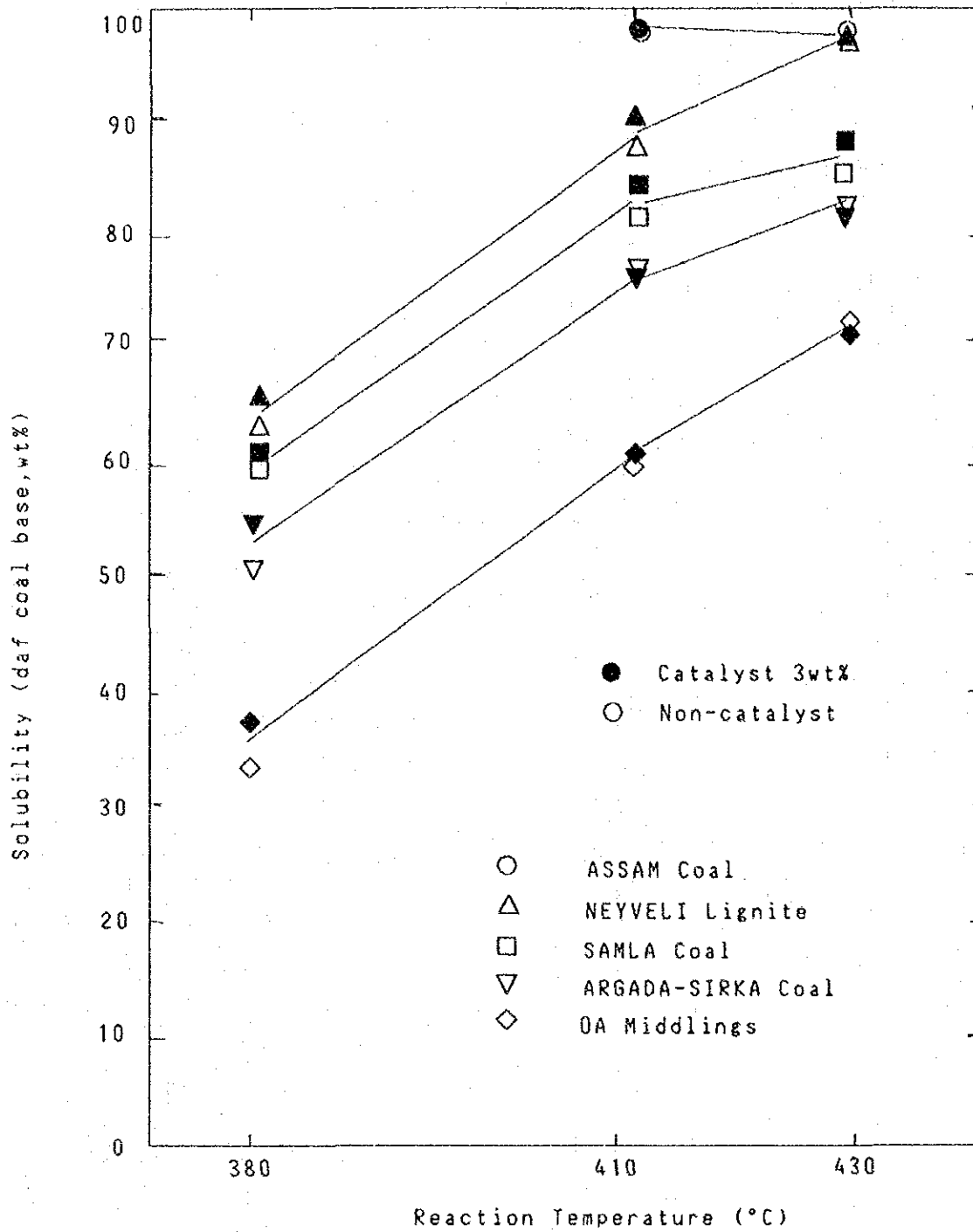


Figure 3.3.6 ITEMS OF ANALYSIS



**Figure 3.3.7 SOLUBILITY OF VARIOUS COALS**

(Condition: Tetralin-60min-100Kg/cm<sup>2</sup>G)

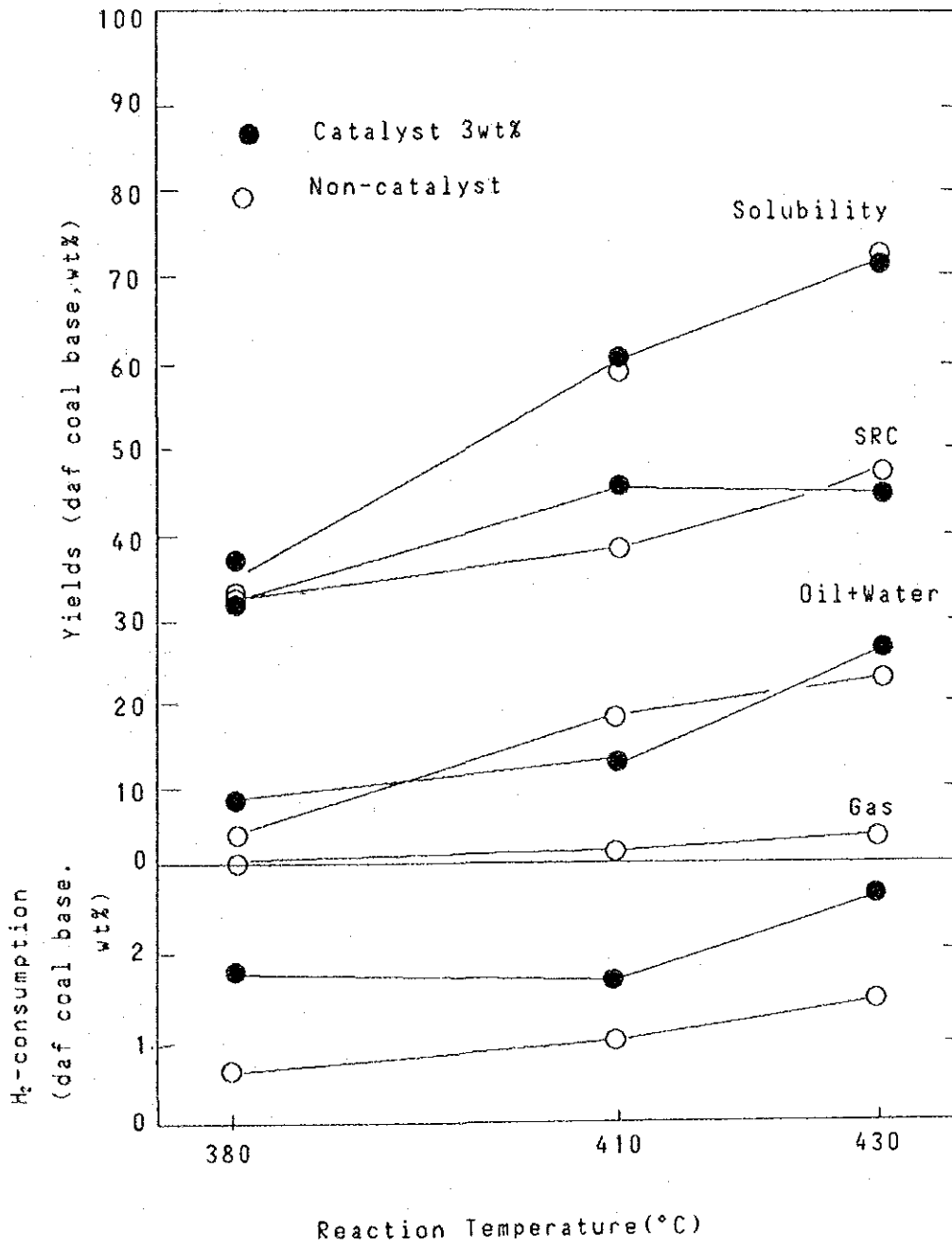


Figure 3.3.8 YIELDS OF OA MIDDLEINGS

(Condition: Tetralin-60min-100Kg/cm<sup>2</sup>G)

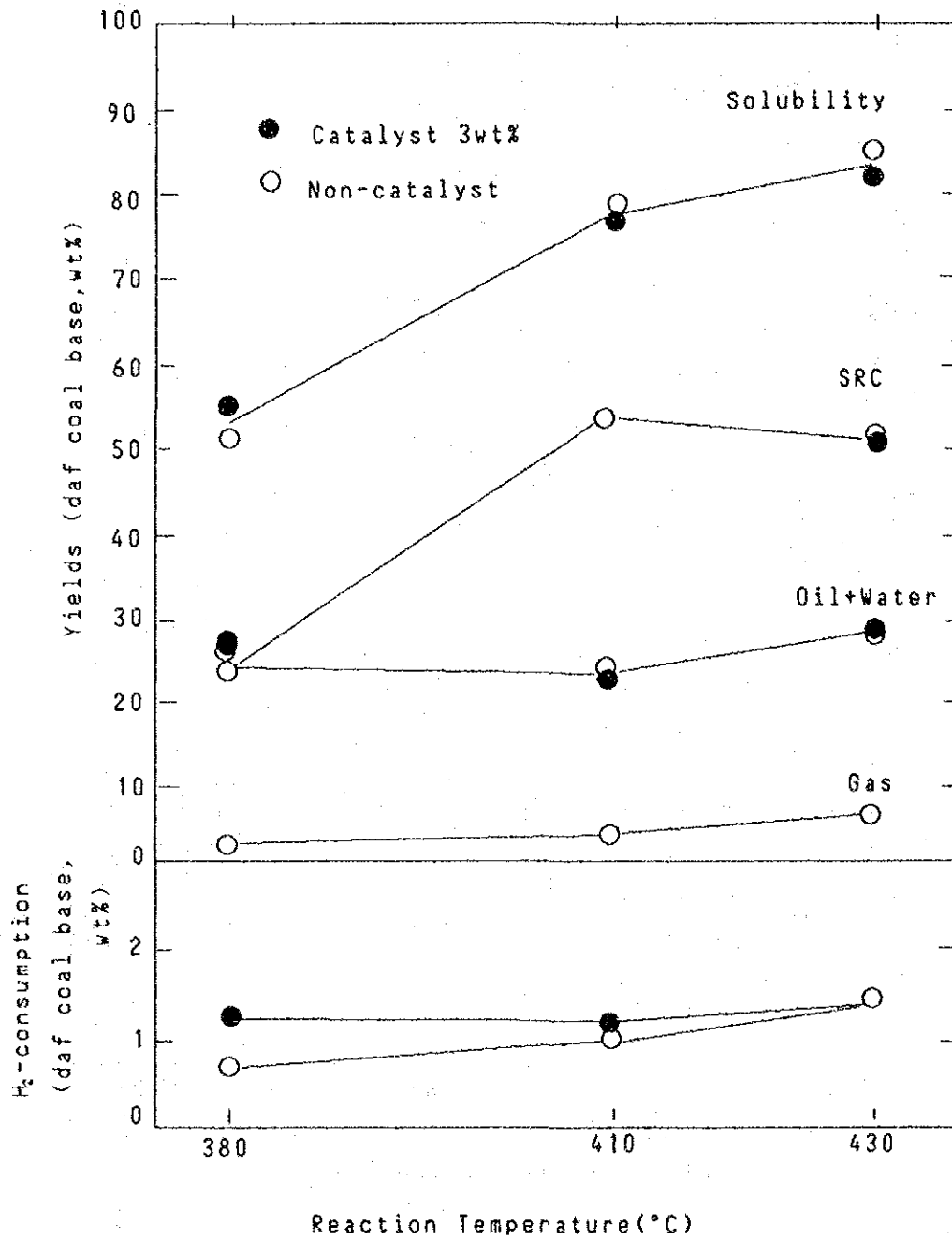


Figure 3.3.9 YIELDS OF ARGADA-SIRKA COAL

(Condition: Tetralin-60min-100Kg/cm<sup>2</sup>G)

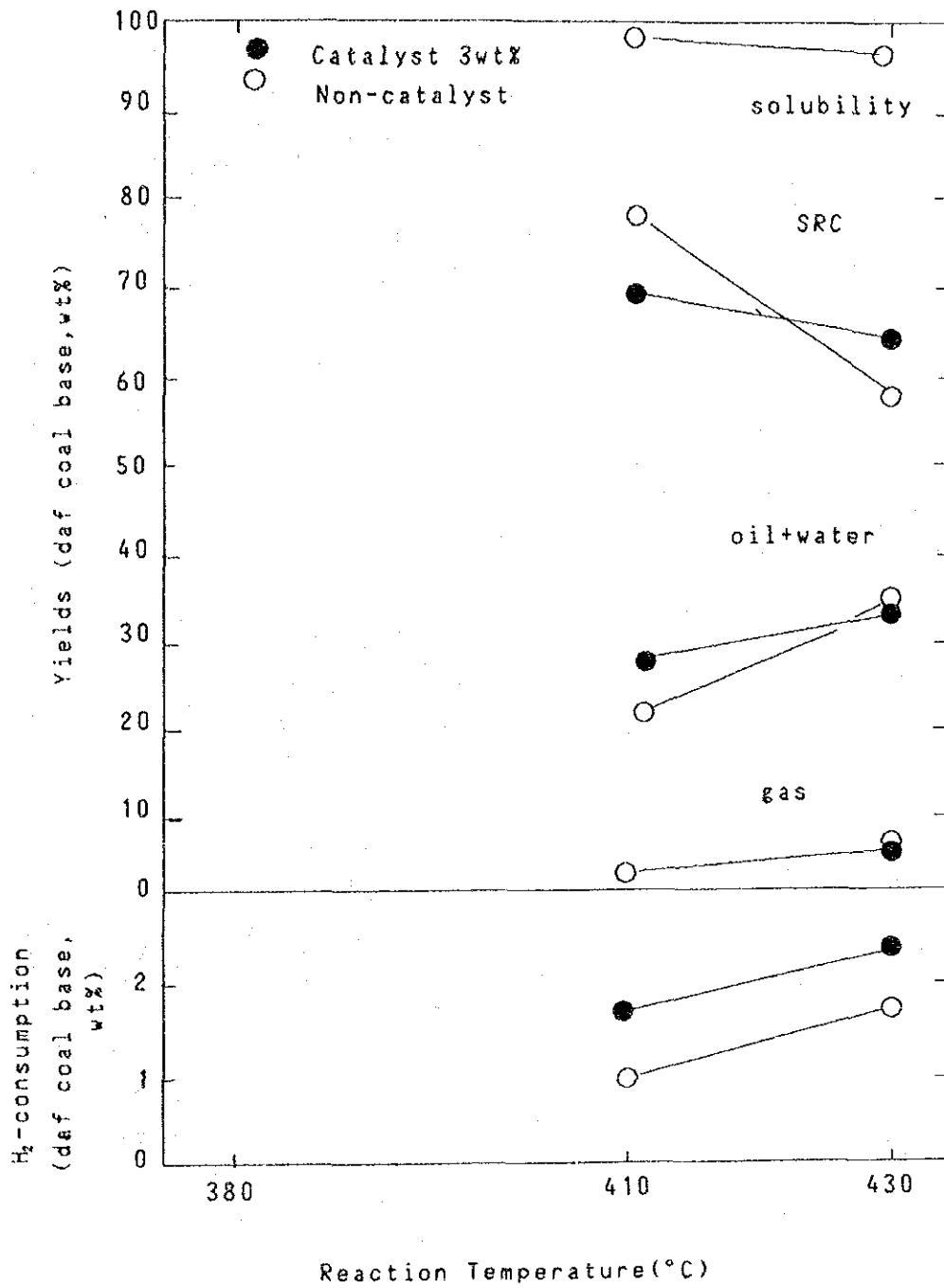


Figure 3.3.10 YIELDS OF ASSAM COAL

(Condition: Tetralin-60min-100Kg/cm<sup>2</sup>G)

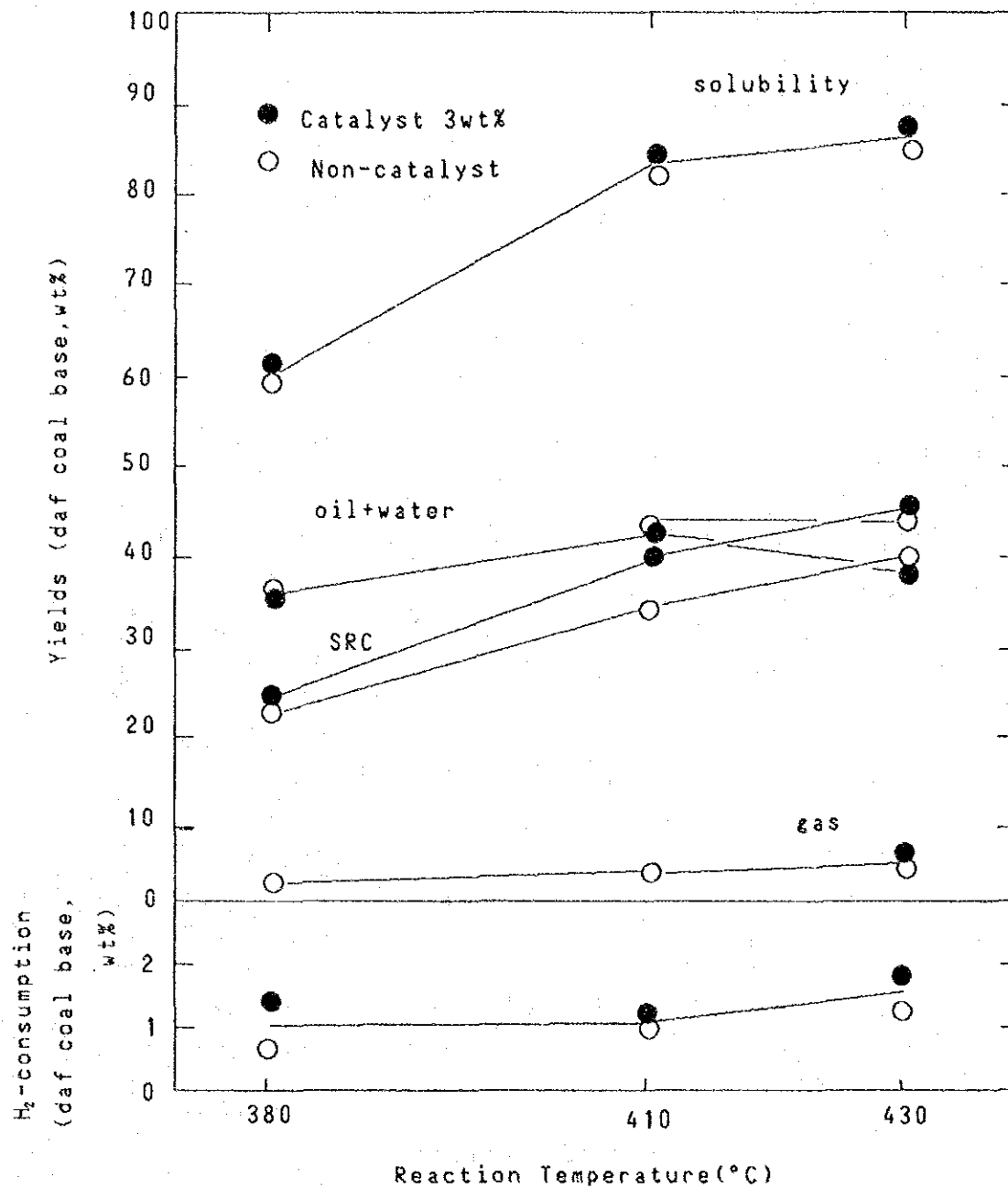


Figure 3.3.11 YIELDS OF SAMLA COAL

(Condition: Tetralin-60min-100Kg/cm<sup>2</sup>G)



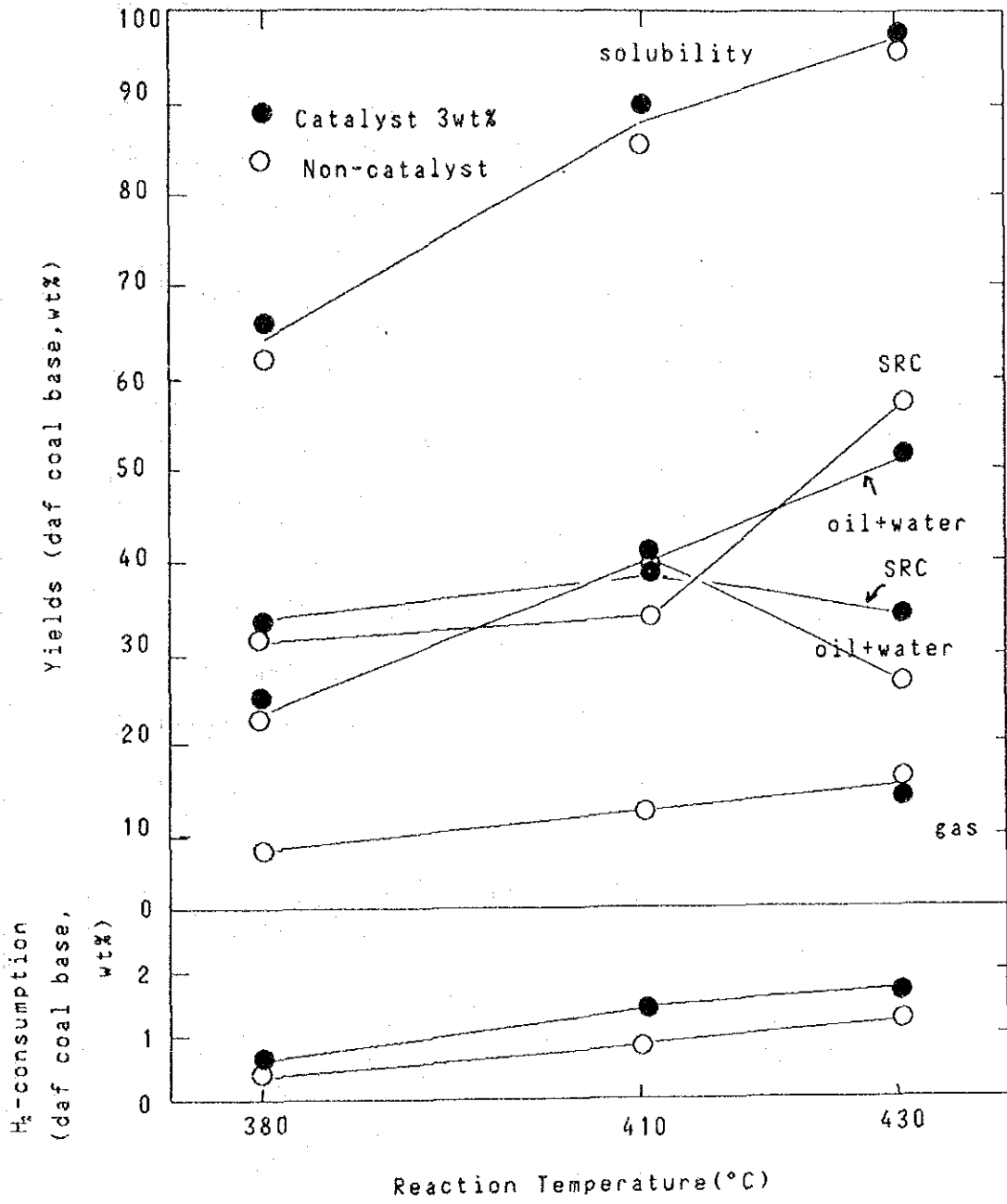
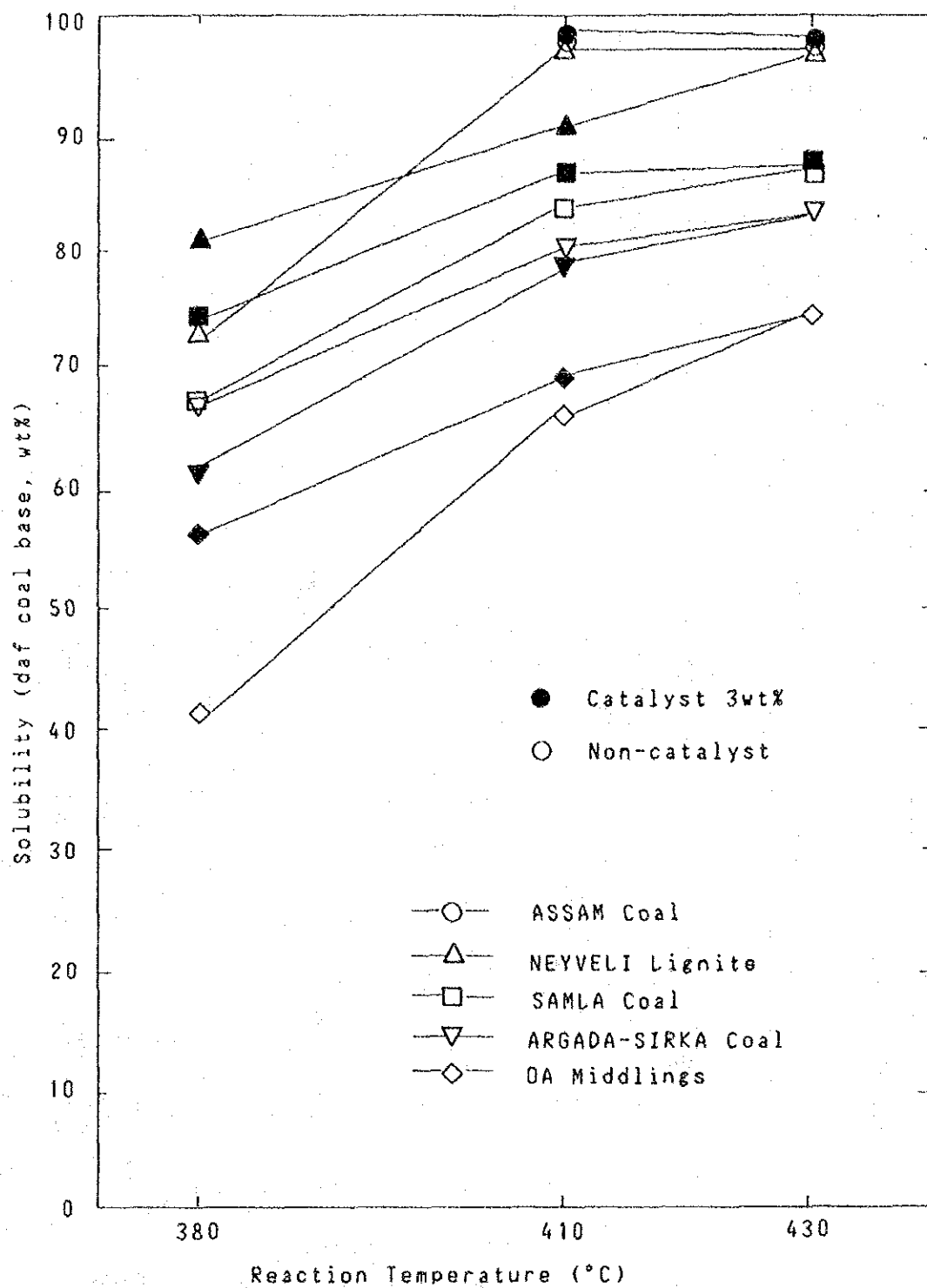


Figure 3.3.12 YIELDS OF NEYVELI LIGNITE

(Condition: Tetralin-60min-100Kg/cm<sup>2</sup>G)



**Figure 3.3.13 SOLUBILITY OF VARIOUS COALS**

(Condition: Tetralin-90min-100Kg/cm<sup>2</sup>G)

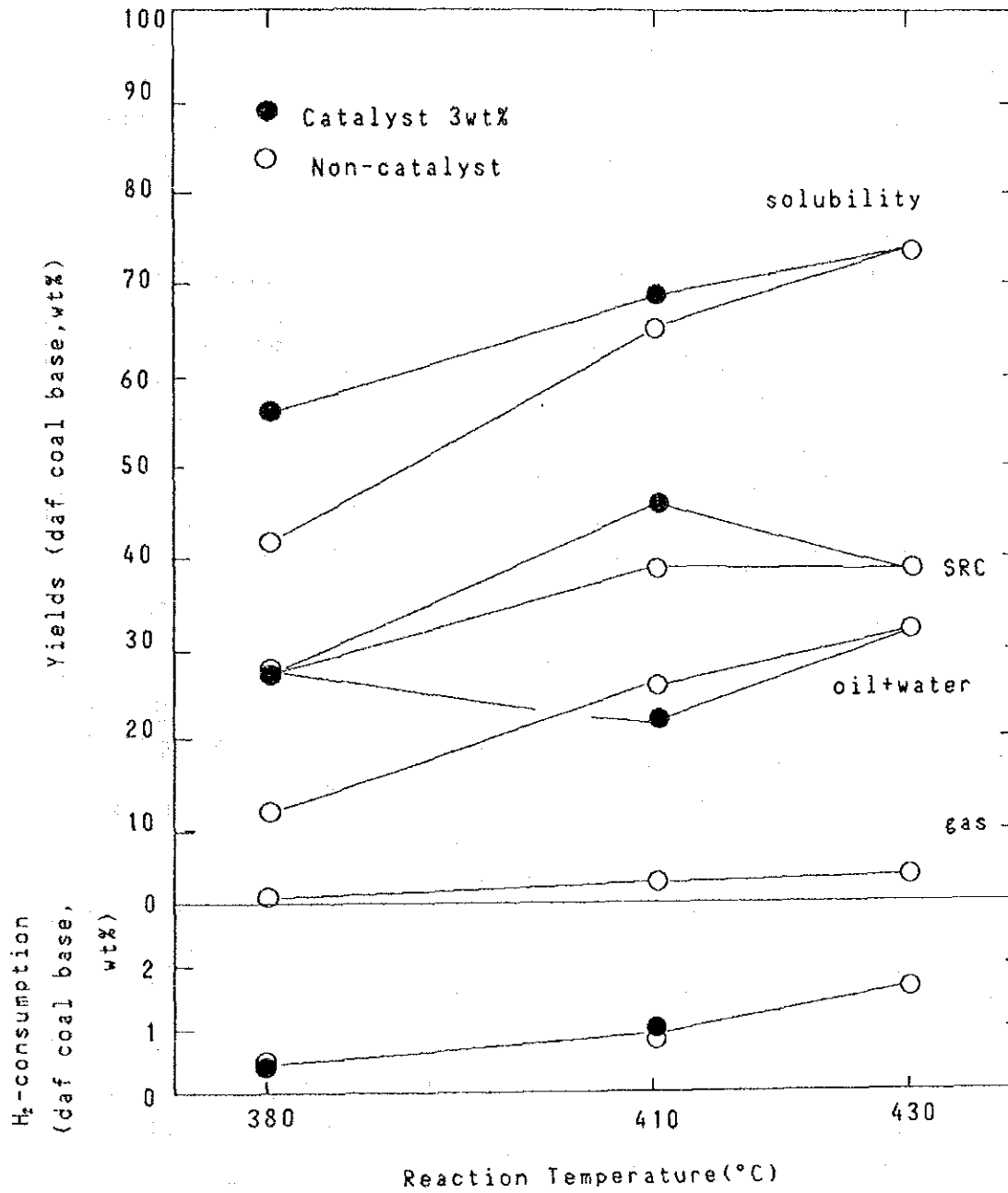


Figure 3.3.14 YIELDS OF OA MIDLINGS

(Condition: Tetralin-90min-100Kg/cm<sup>2</sup>G)

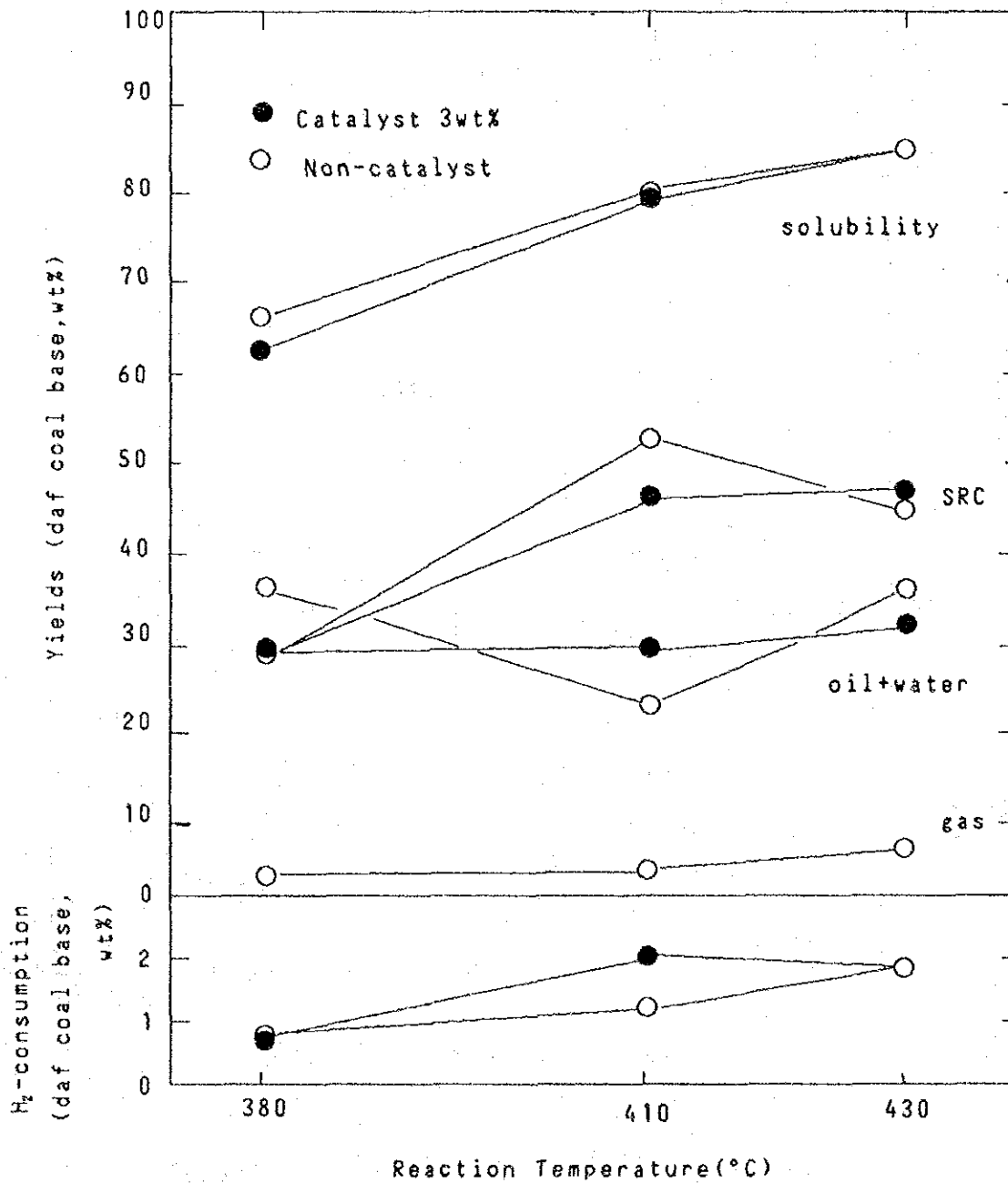


Figure 3.3.15 YIELDS OF ARGADA-SIRKA COAL

(Condition: Tetralin-90min-100Kg/cm<sup>2</sup>G)

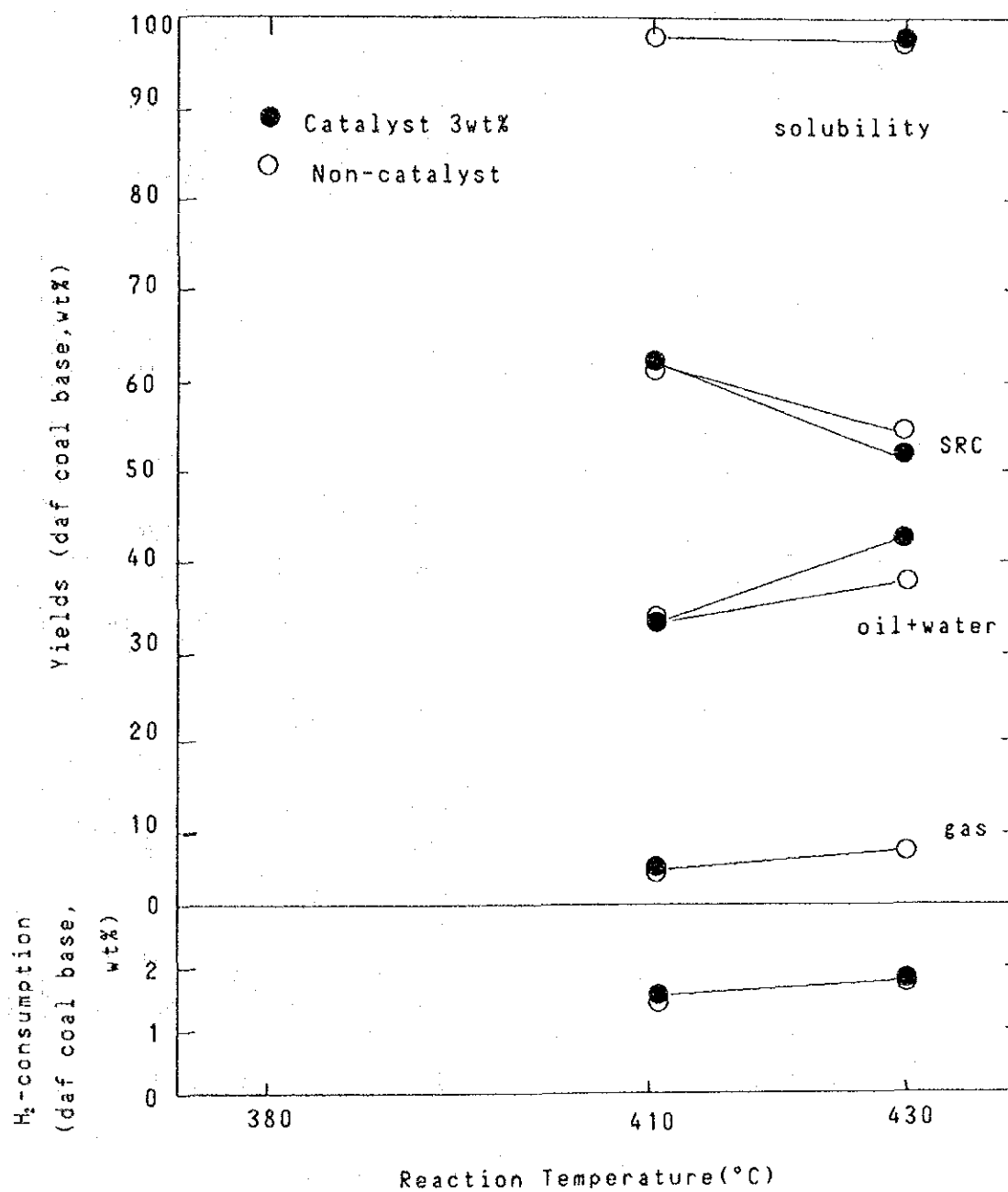


Figure 3.3.16 YIELDS OF ASSAM COAL

(Condition: Tetralin-90min-100Kg/cm<sup>2</sup>G)

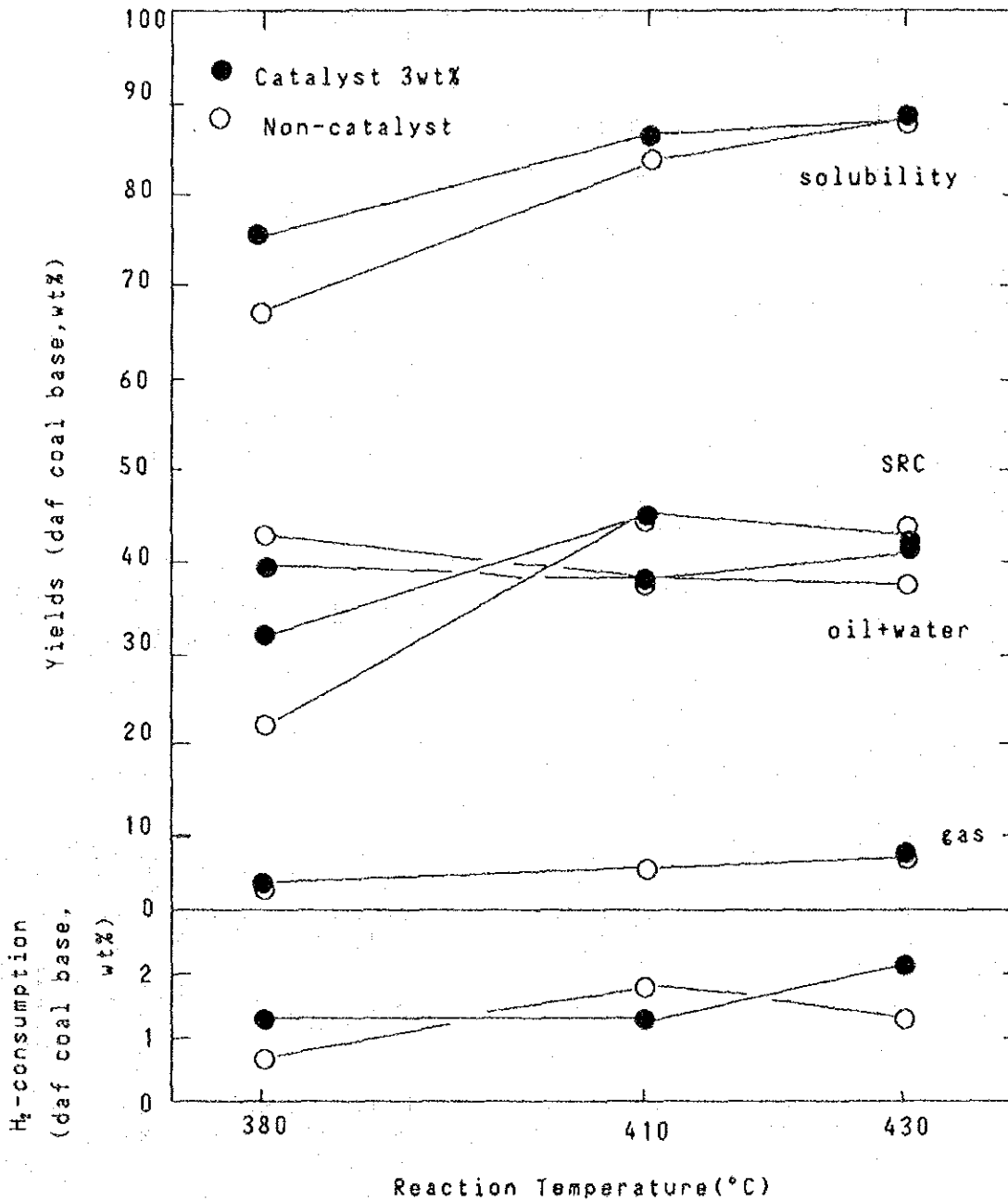


Figure 3.3.17 YIELDS OF SAMLA COAL

(Condition: Tetralin-90min-100Kg/cm<sup>2</sup>G)

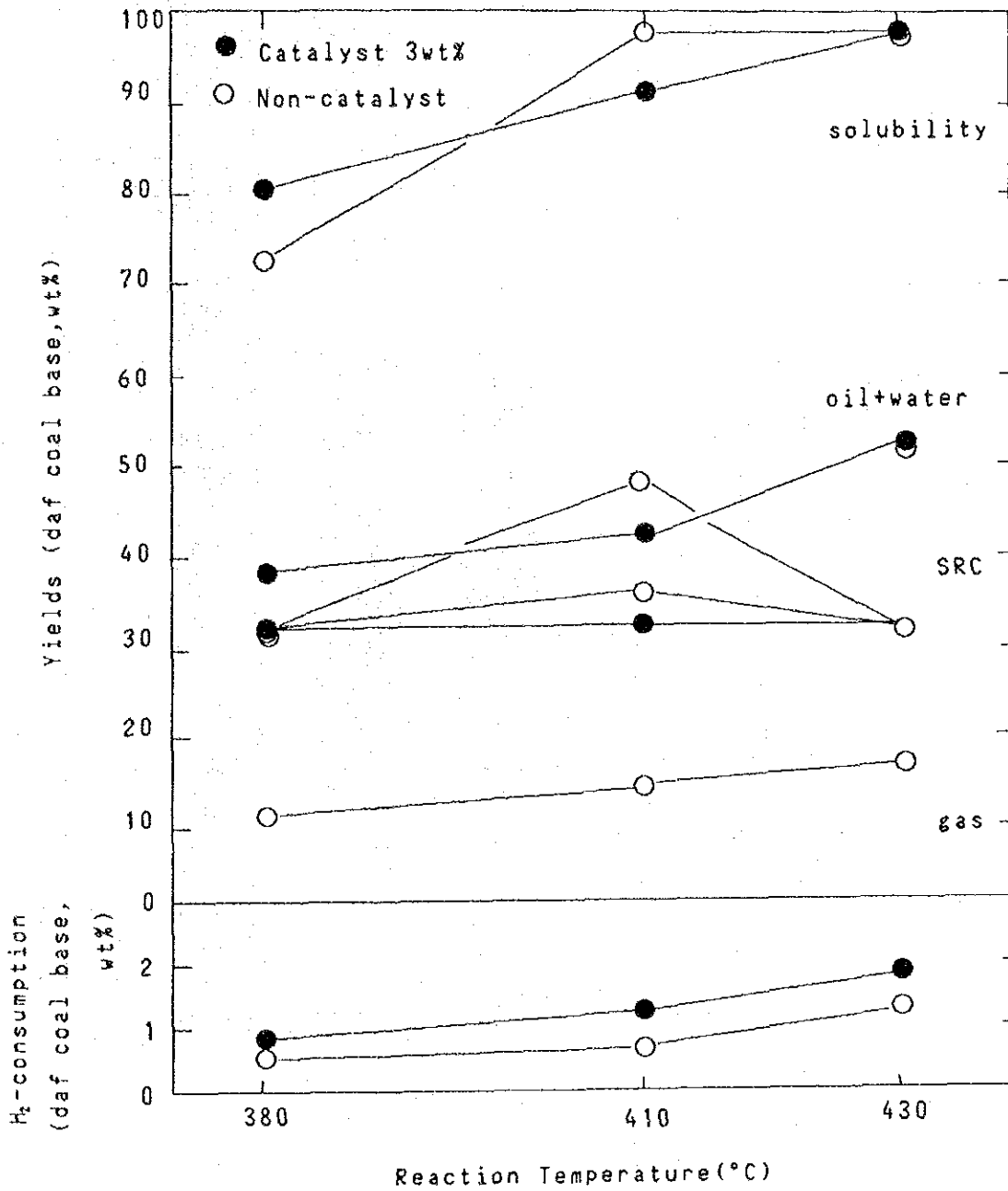
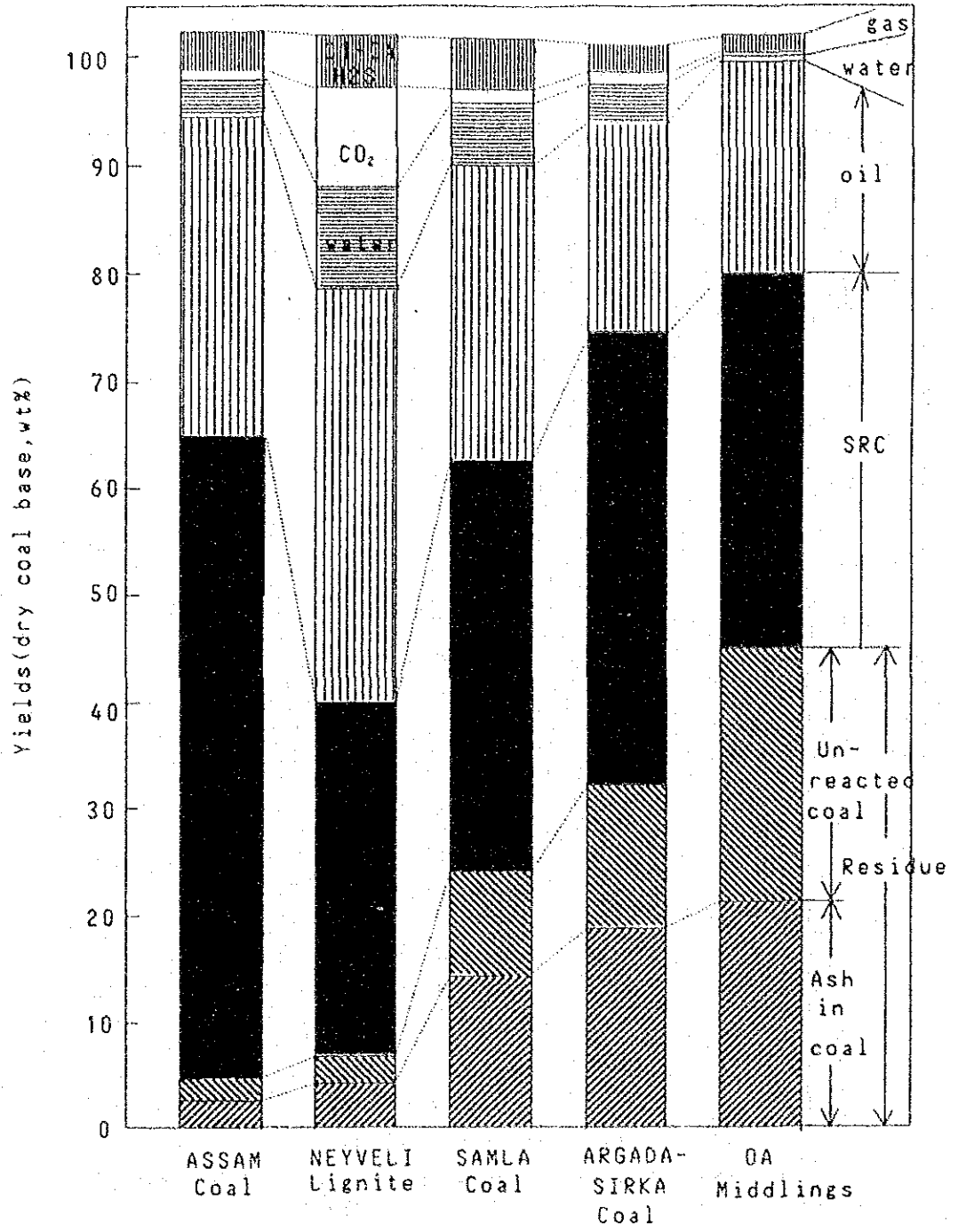


Figure 3.3.18 YIELDS OF NEYVELI LIGNITE

(Condition: Tetralin-90min-100Kg/cm<sup>2</sup>G)



**Figure 3.3.19 YIELDS OF VARIOUS COALS**

(Condition: Tetralin-430°C-60min-100Kg/cm<sup>2</sup>G)



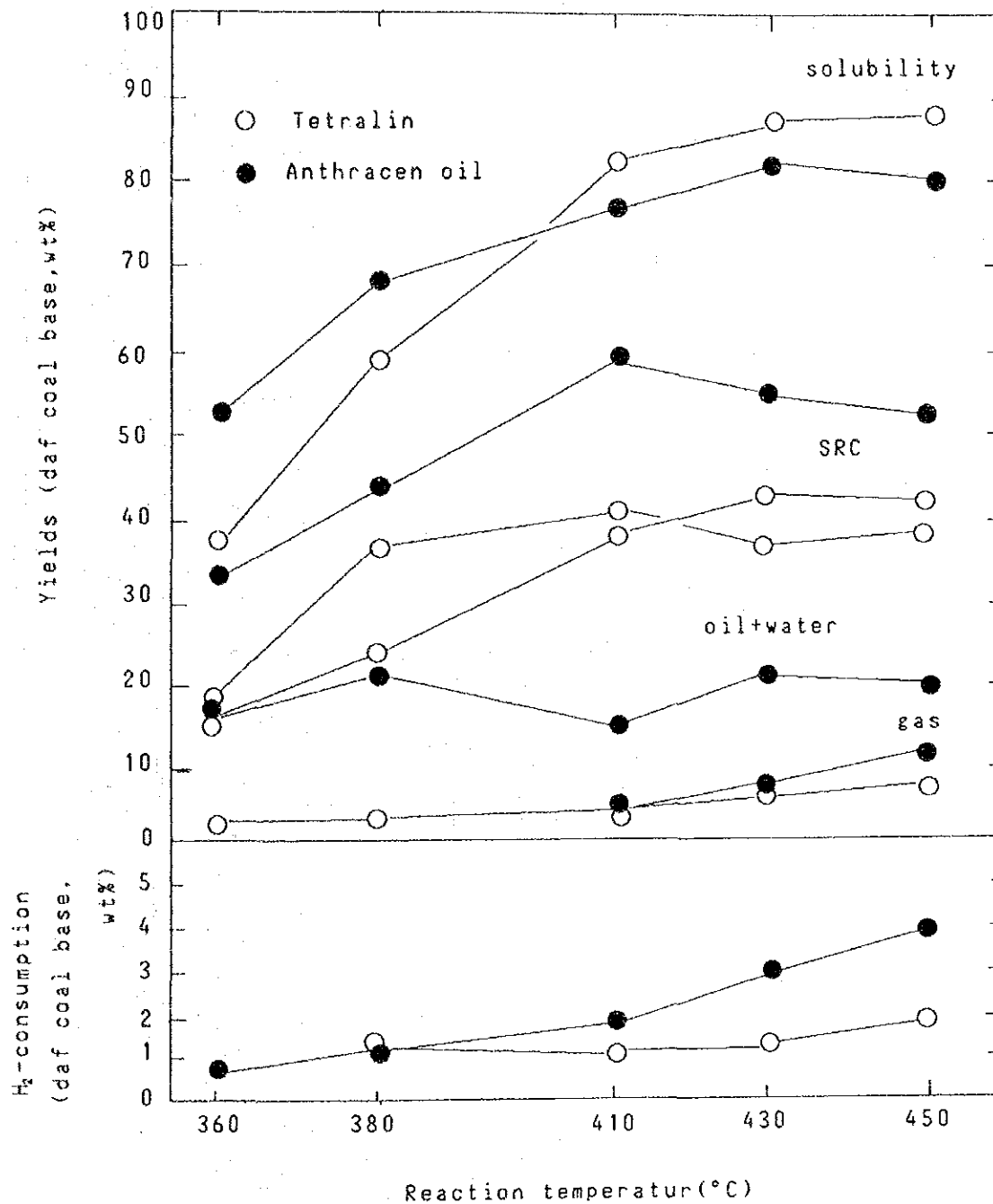


Figure 3.3.20 INFLUENCE OF REACTION TEMPERATURE (SAMLAL COAL)

(Condition: 60min-100Kg/cm<sup>2</sup>G-3wt%-100%)

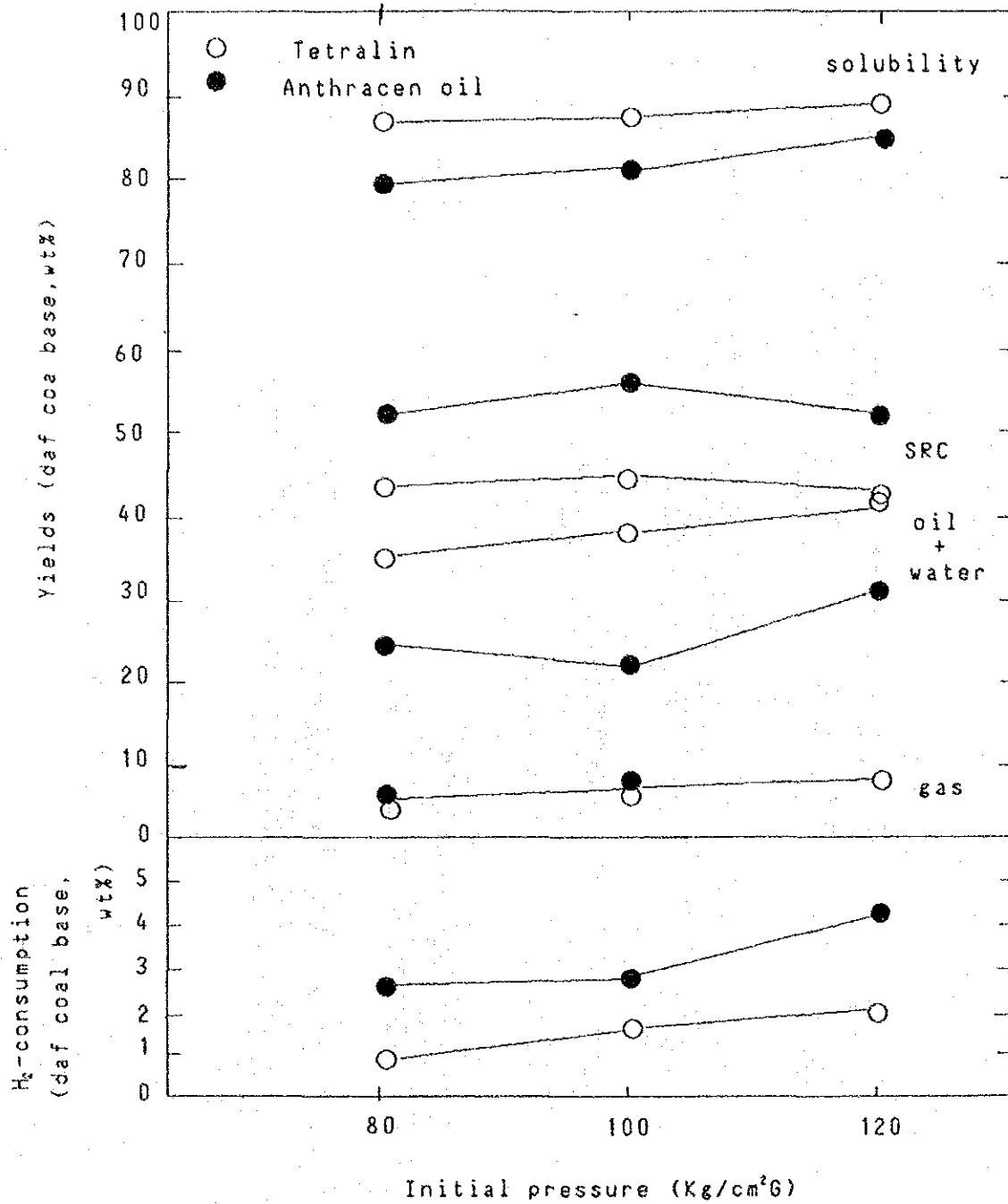


Figure 3.3.21 INFLUENCE OF INITIAL PRESSURE (SAMLAL COAL)

(Condition: 430°C-60min-3wt%-100%)

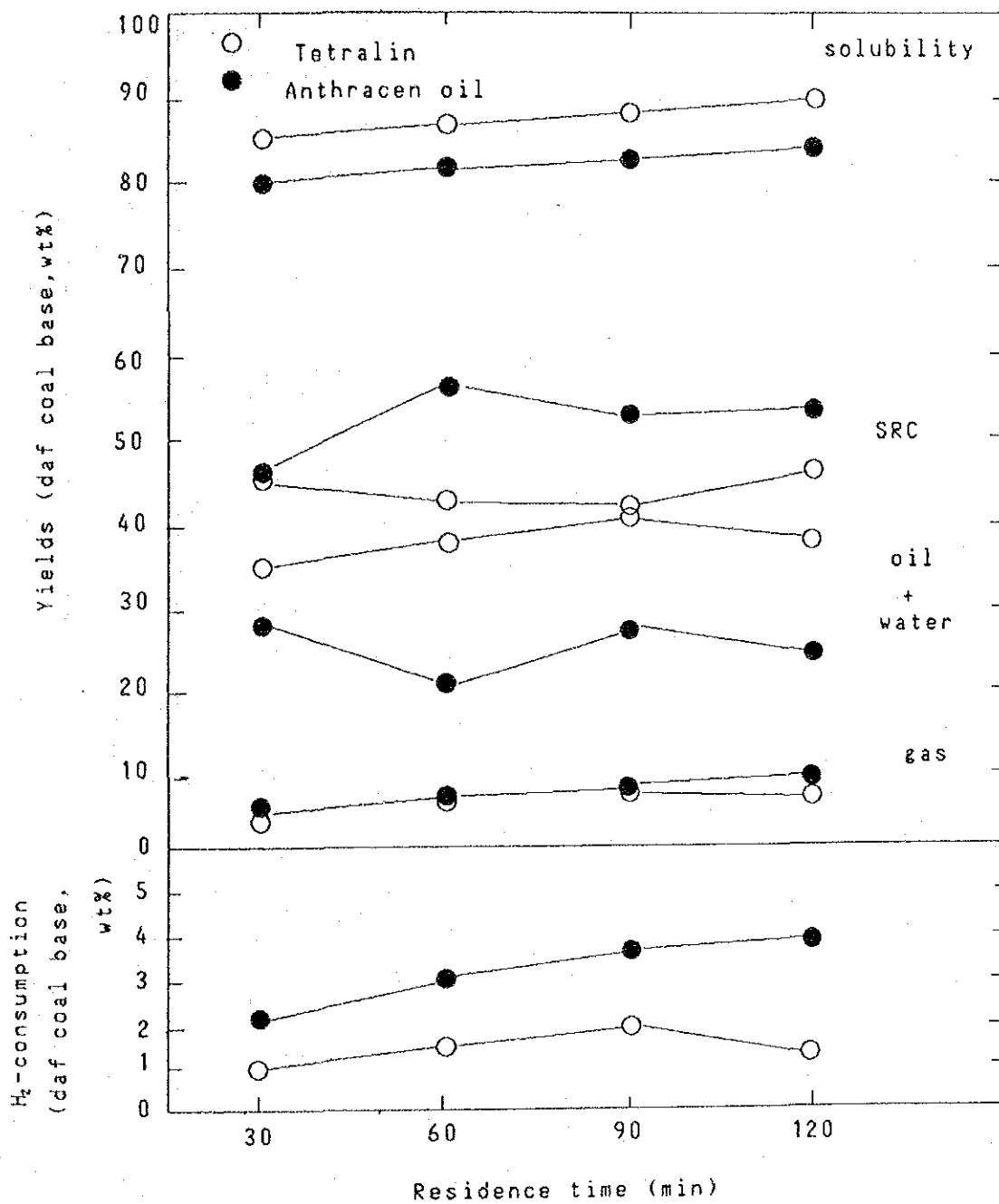


Figure 3.3.22 INFLUENCE OF RESIDENCE TIME (SAMLA COAL)

(Condition: 430°C-100Kg/cm<sup>2</sup>G-3wt%-100%)

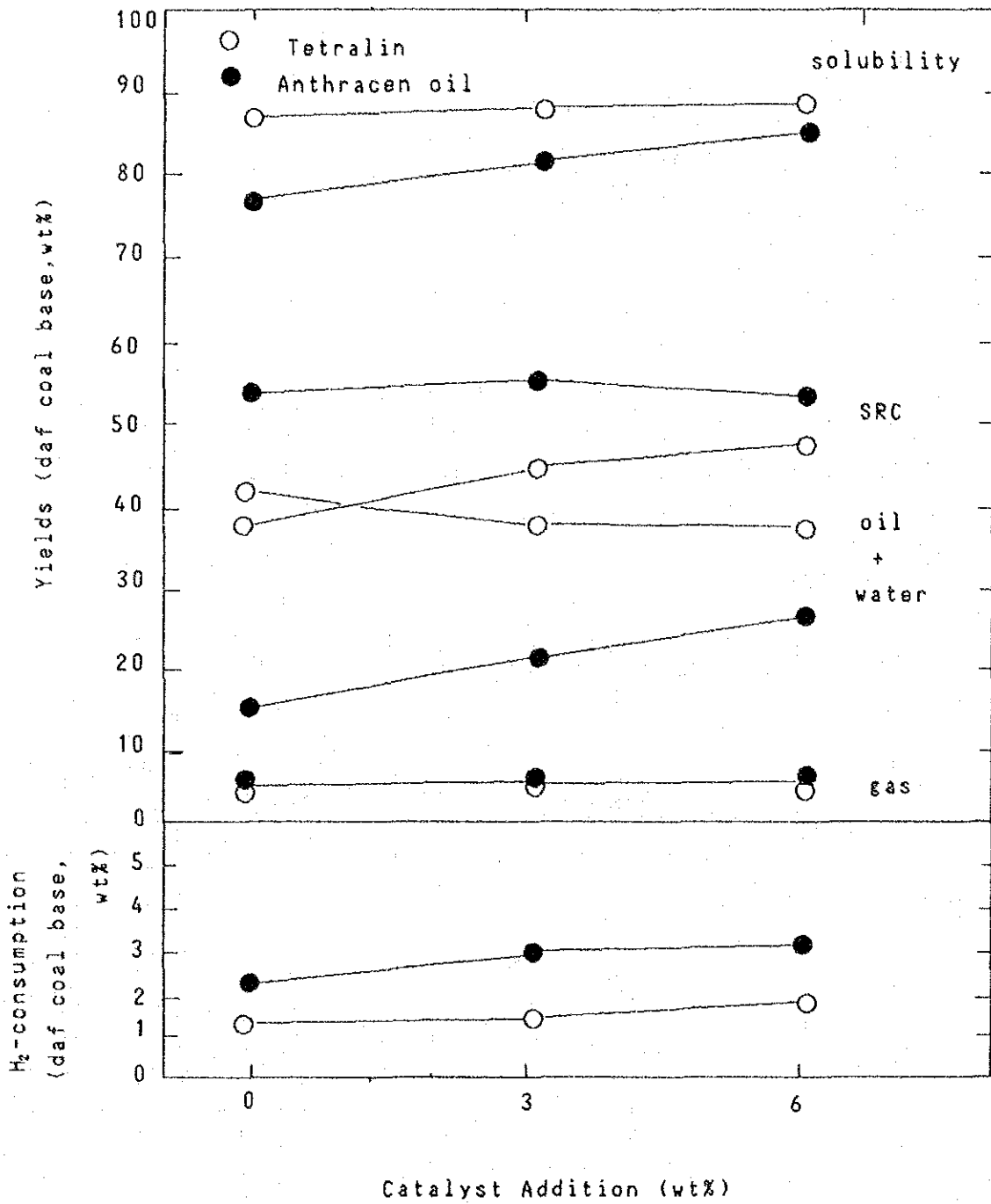


Figure 3.3.23 INFLUENCE OF CATALYST ADDITION (SAMLA COAL)

(Condition: 430°C-60min-100Kg/cm<sup>2</sup>G-100%)

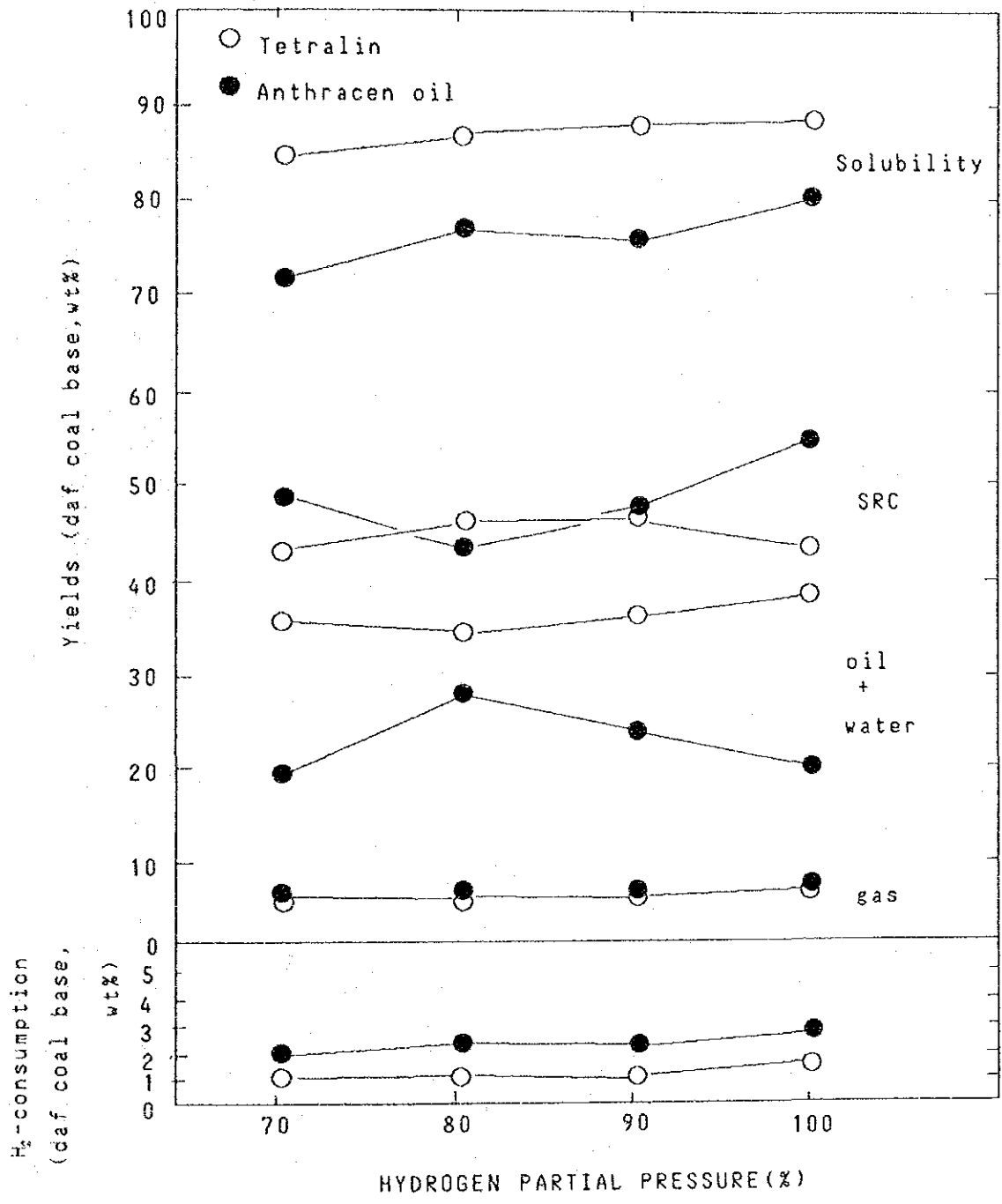


Figure 3.3.24 INFLUENCE OF HYDROGEN PARTIAL PRESSURE (SAMLA COAL)

(Condition: 430°C-60min-100Kg/cm<sup>2</sup>G-3wt%)

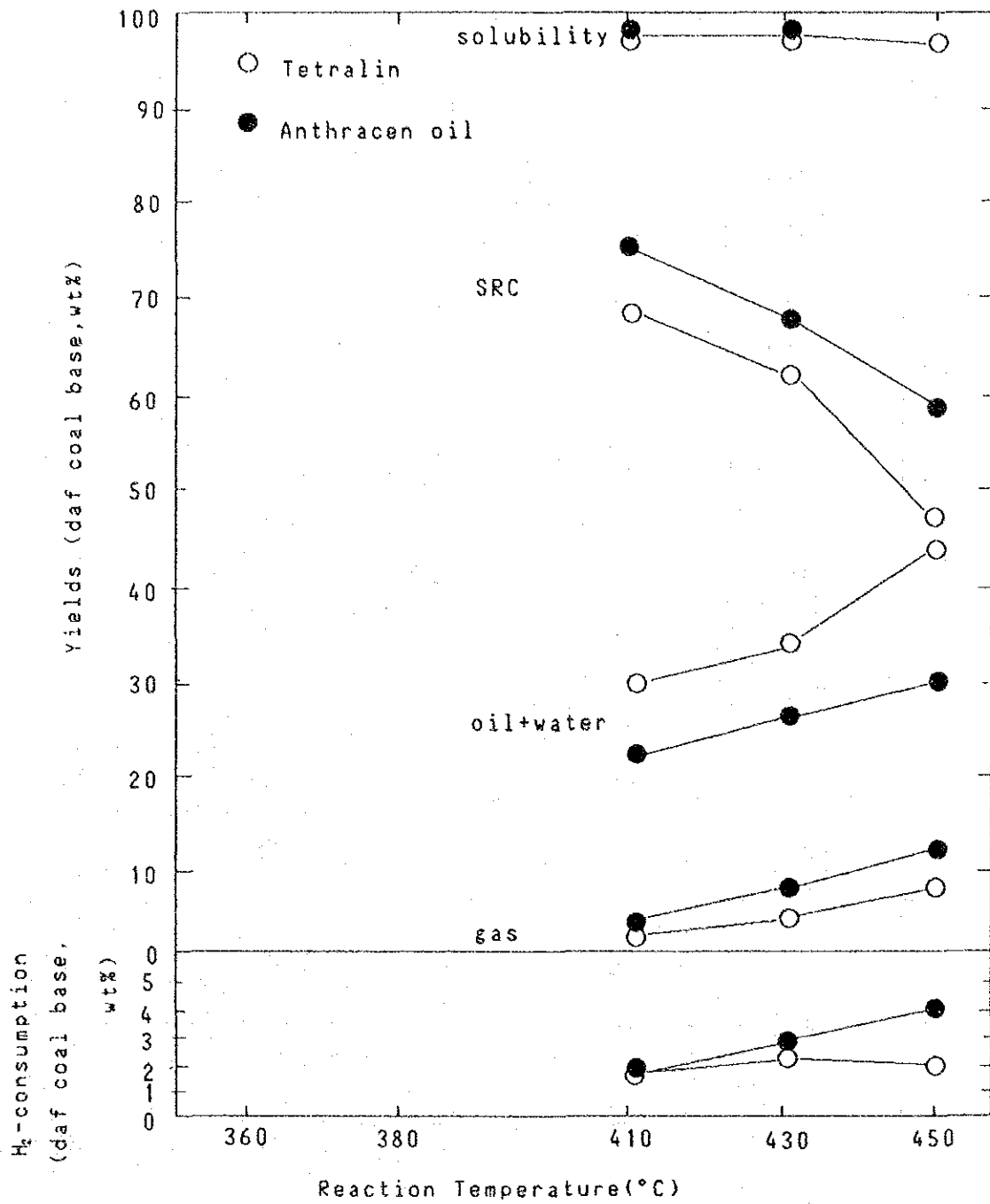


Figure 3.3.25 INFLUENCE OF REACTION TEMPERATURE (ASSAM COAL)

(Condition: 60min-100Kg/cm<sup>2</sup>G-3wt%-100%)

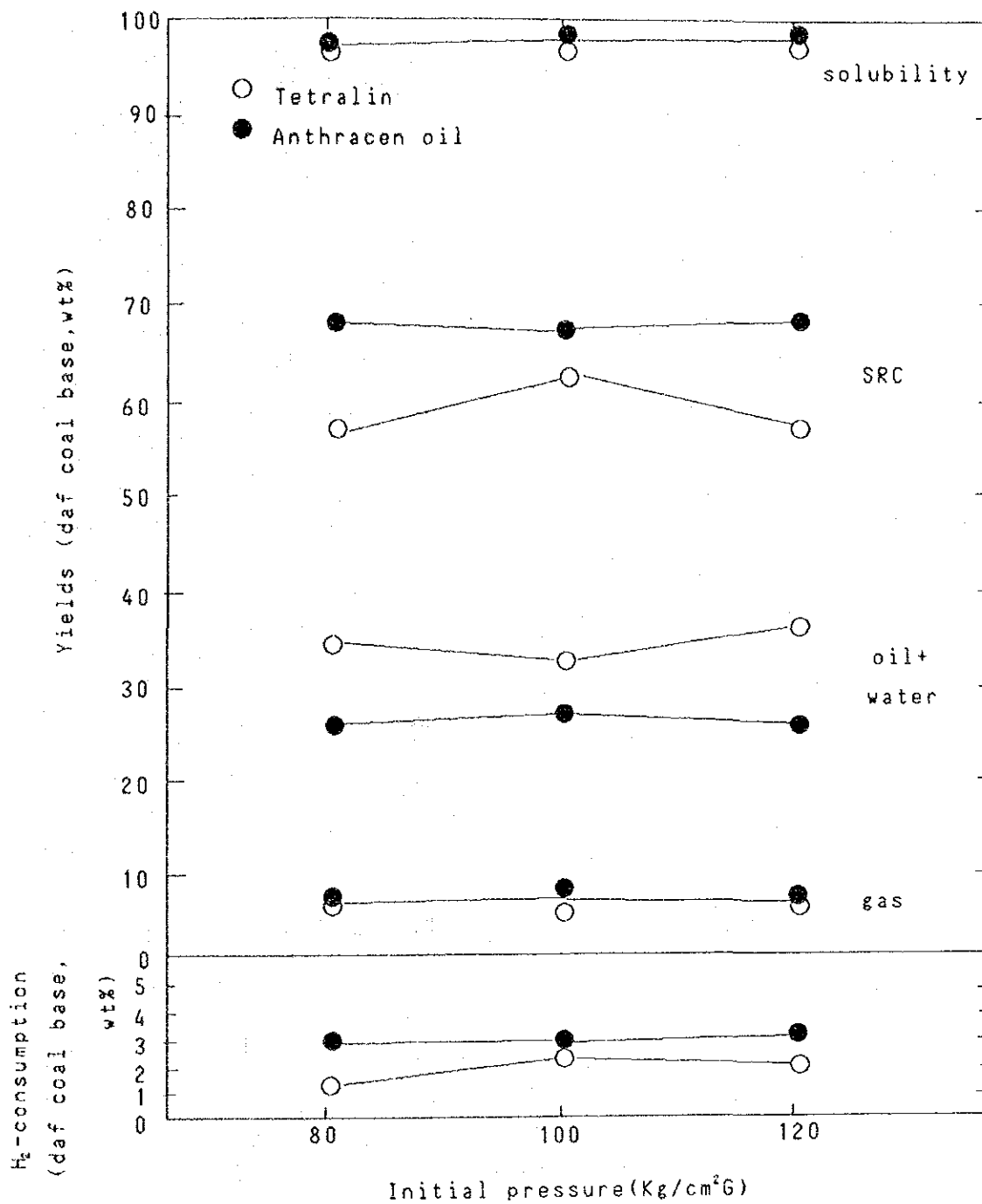


Figure 3.3.26 INFLUENCE OF INITIAL PRESSURE (ASSAM COAL)

(Condition: 430°C-60min-3wt%-100%)

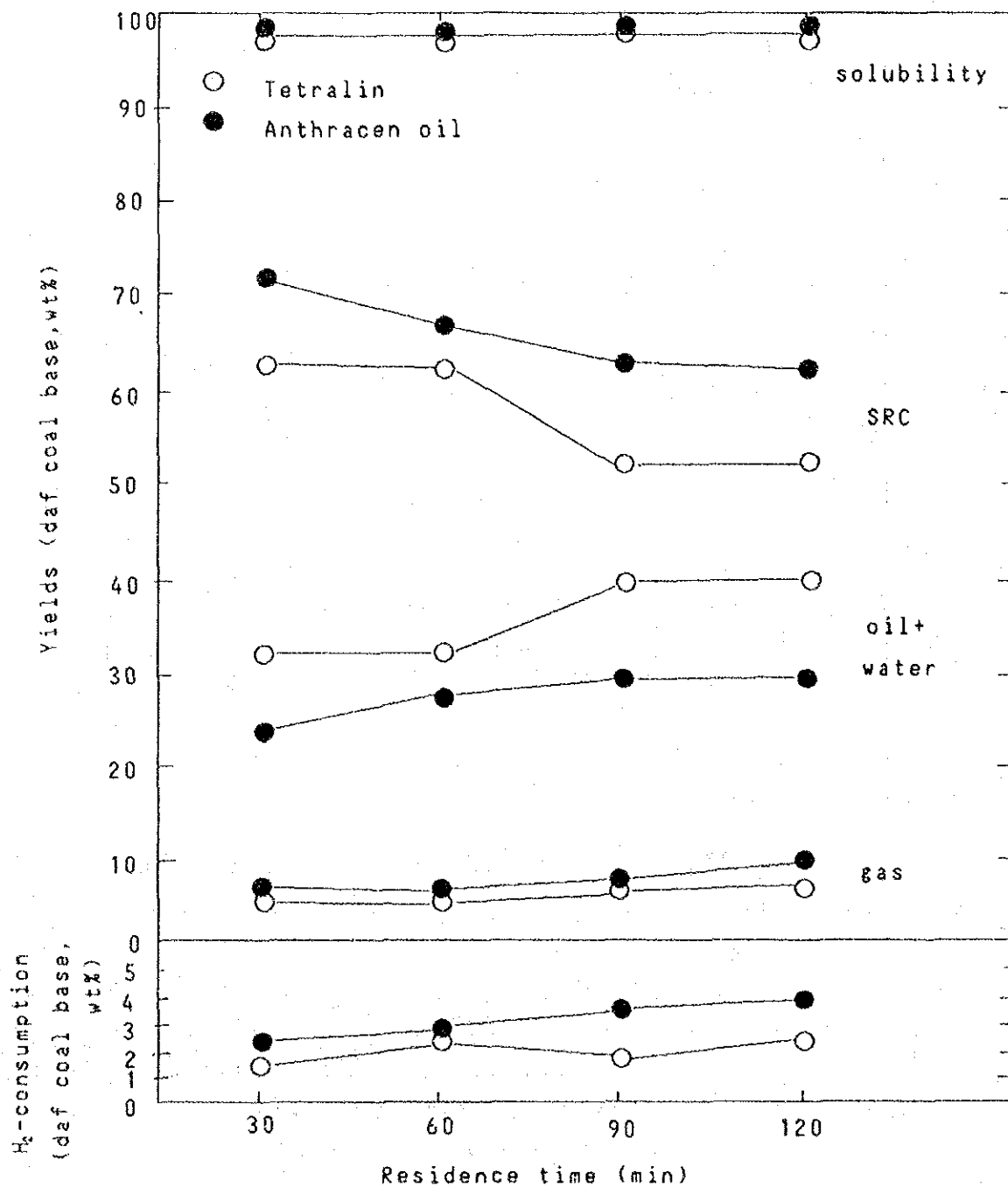


Figure 3.3.27 INFLUENCE OF RESIDENCE TIME (ASSAM COAL)

(Condition: 430°C-100Kg/cm<sup>2</sup>G-3wt%-100%)



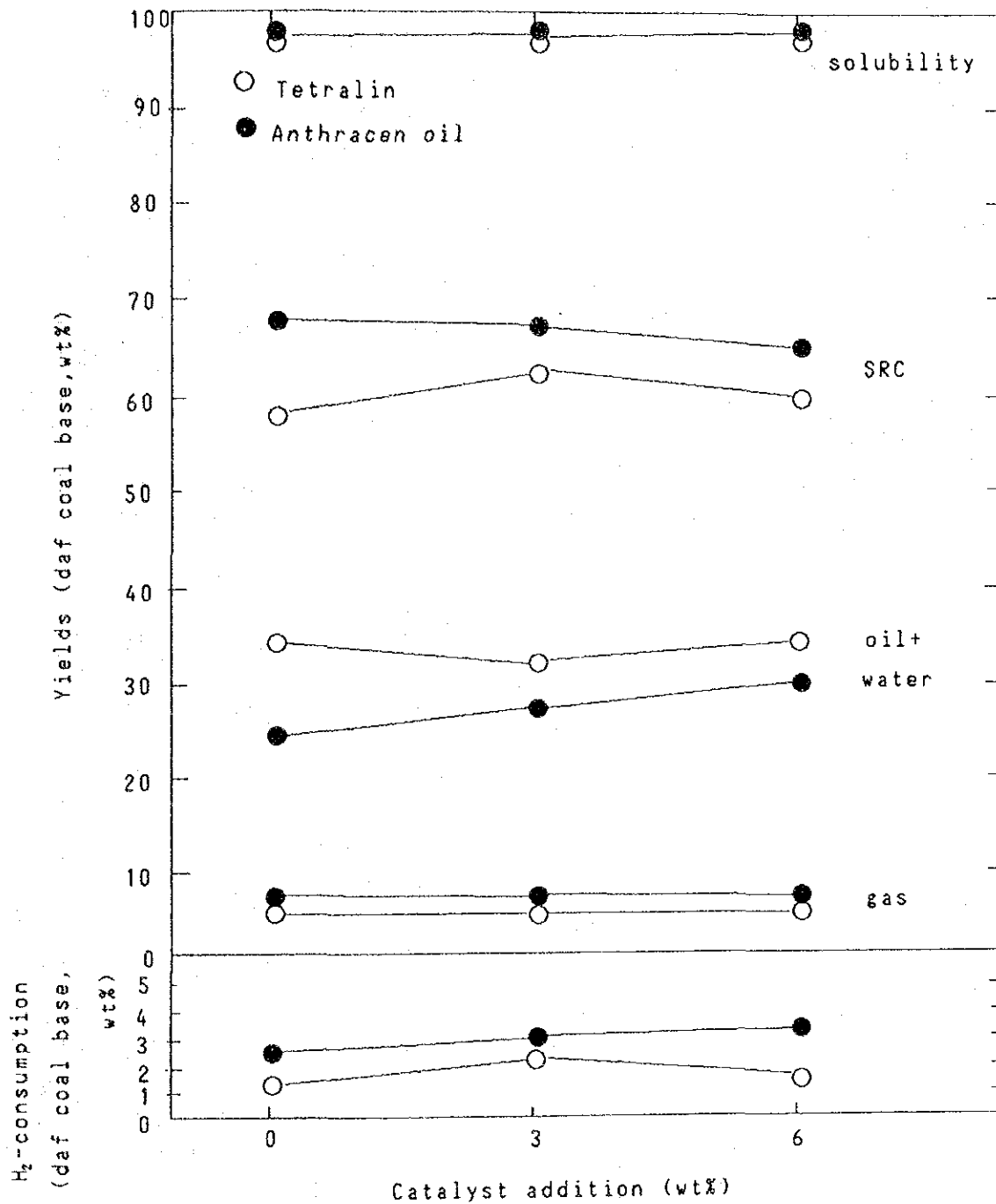


Figure 3.3.28 INFLUENCE OF CATALYST ADDITION (ASSAM COAL)

(Condition: 430°C-60min-100Kg/cm<sup>2</sup>G-100%)

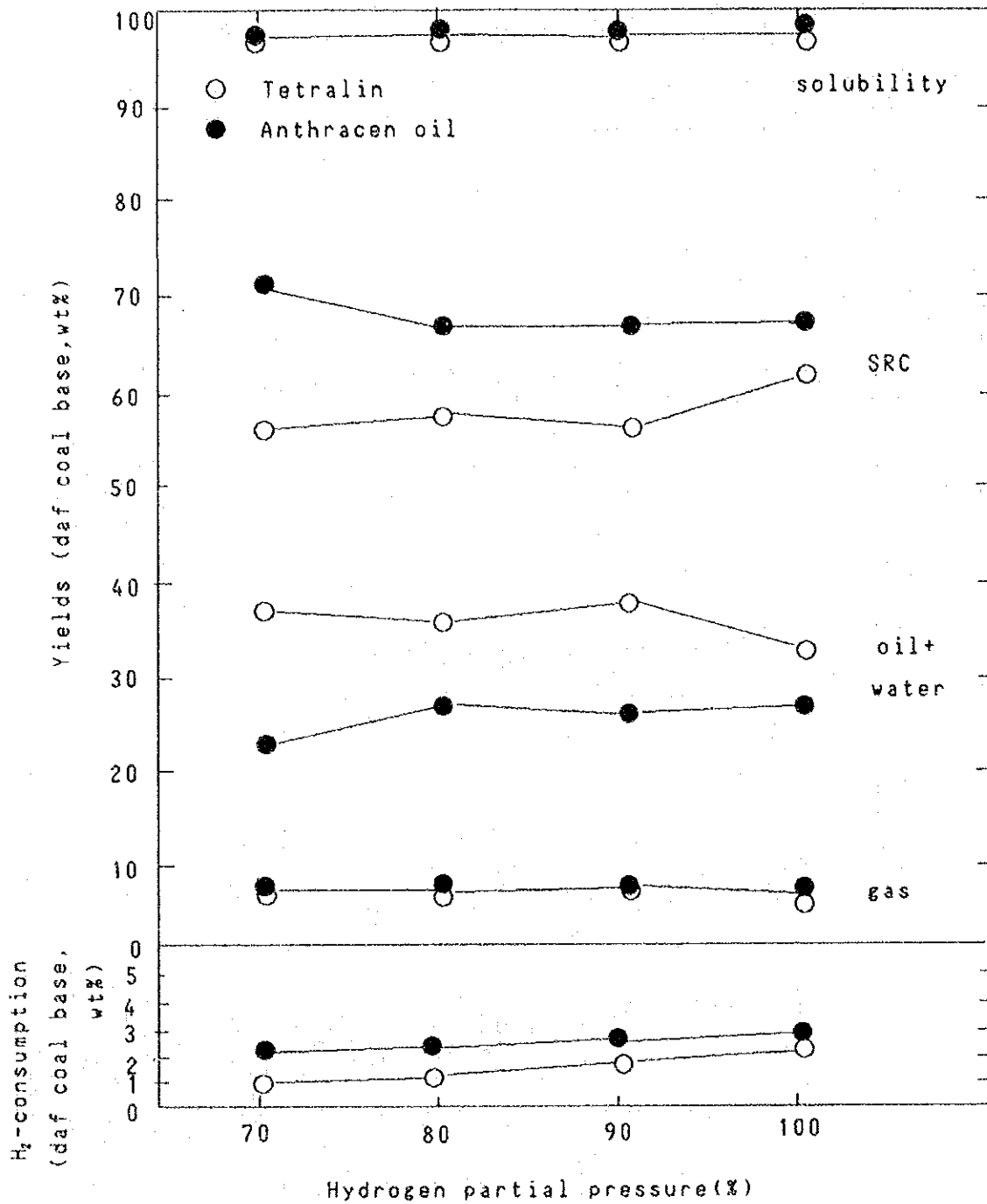


Figure 3.3.29 INFLUENCE OF HYDROGEN PARTIAL PRESSURE (ASSAM COAL)

(Condition: 430°C-60min-100Kg/cm<sup>2</sup>G-3wt%)

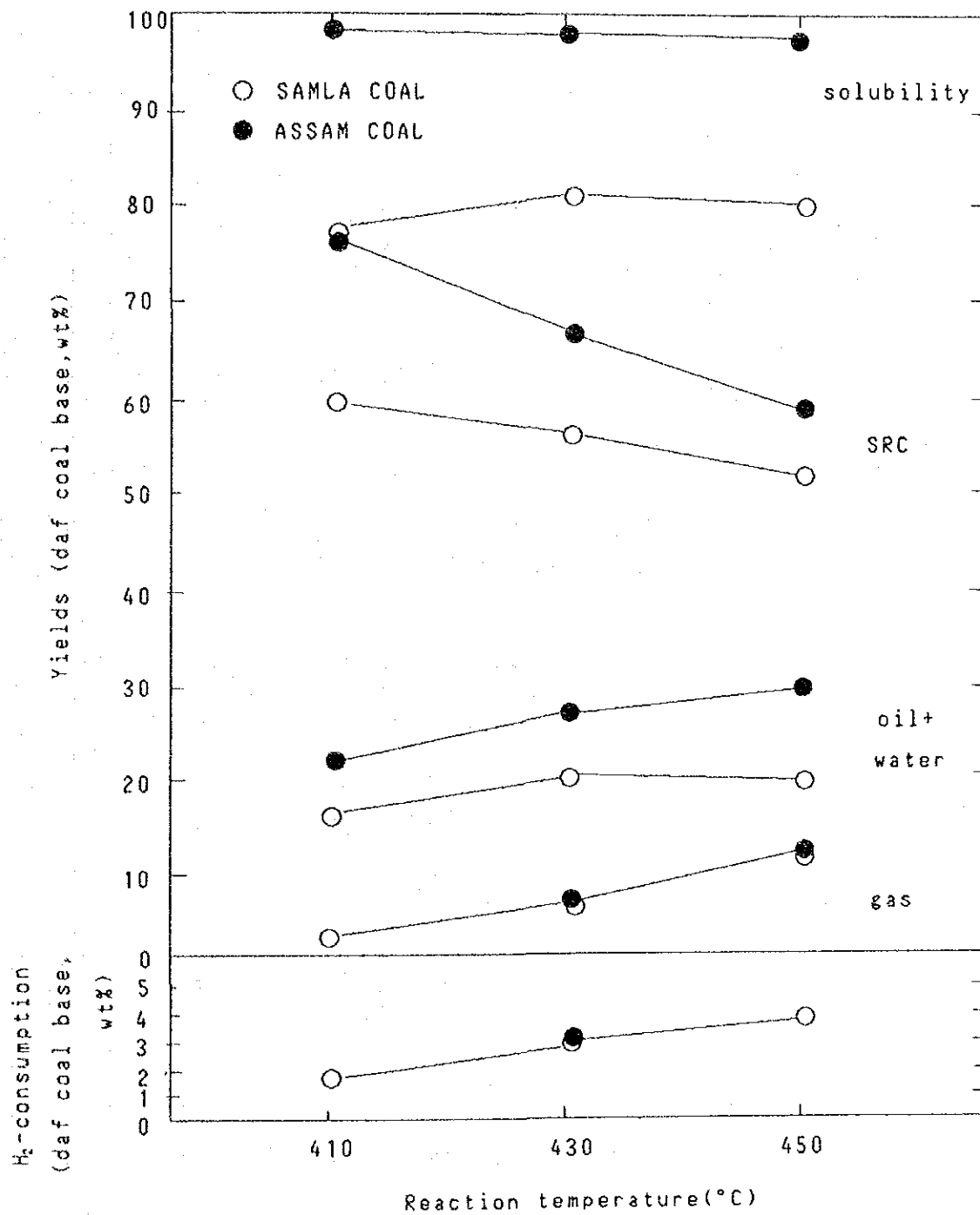
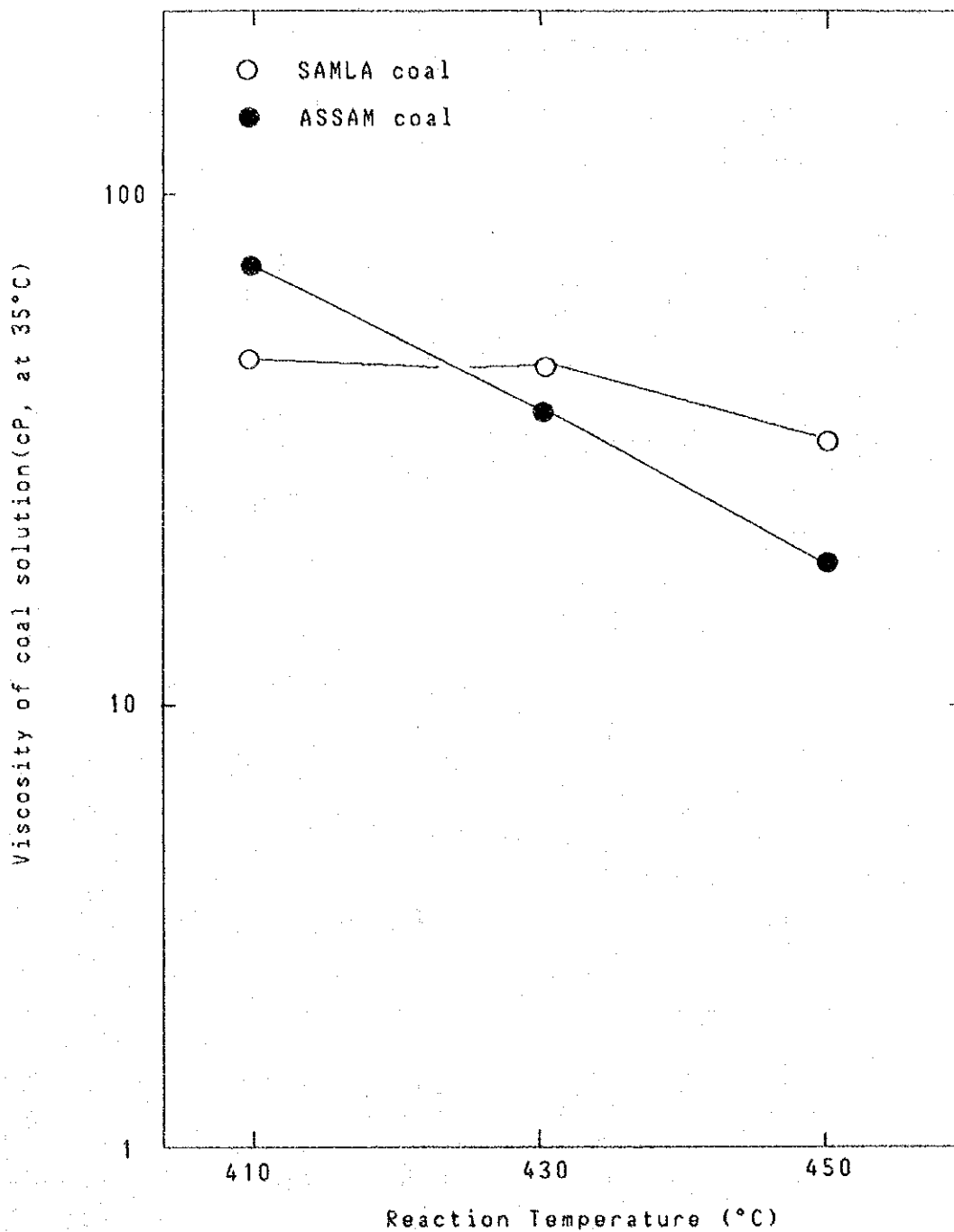


Figure 3.3.30 YIELDS OF SAMLA AND ASSAM COAL

(Condition: Anthracene oil-60min-100Kg/cm<sup>2</sup>G-3wt%-100%)



**Figure 3.3.31 RELATION BETWEEN REACTION TEMPERATURE AND VISCOSITY OF COAL SOLUTION**

(Condition: Anthracen oil-60min-100Kg/cm<sup>2</sup>G-3wt%-100%)

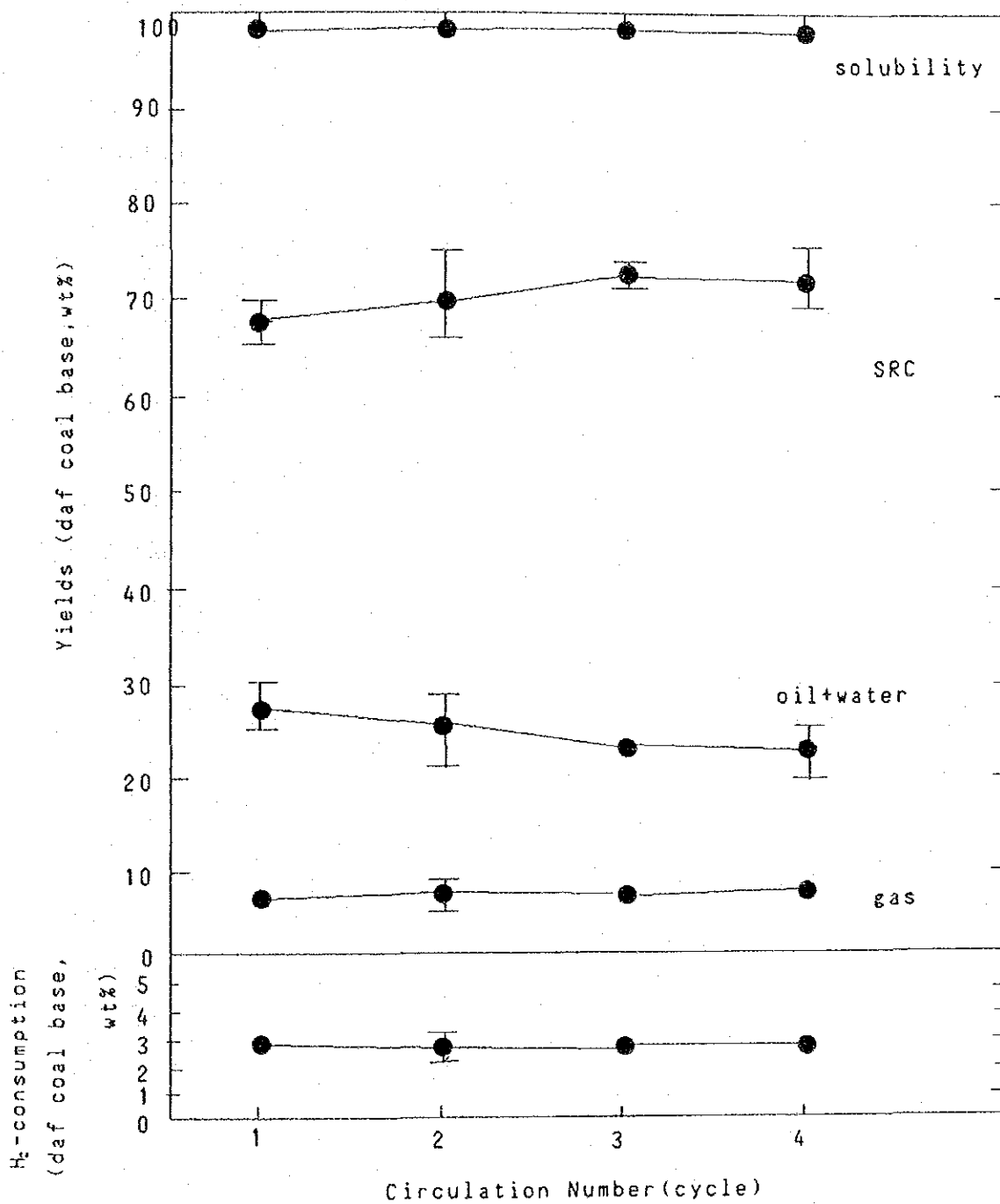


Figure 3.3.32 RELATION BETWEEN CIRCULATION NUMBER OF SOLVENT AND YIELDS OF ASSAM COAL

(Condition: 430°C-60min-100Kg/cm<sup>2</sup>G-3wt%-100%)



## 第4章 SRCを用いたコークス製造試験





## 第4章 SRCを用いたコークス製造試験

### 4.1 調査の目的及び範囲

インド国の SRC使用予定製鉄所において使用されているコークス用原料炭に対し SRCを配合使用した場合の効果をコークス製造試験により次の項目について調査した。

- (I) SRC使用によるコークス強度の向上効果 ( SRCの粘結性補填材としての性能評価) 及び SRC原料石炭の選定
- (II) 強粘結炭の代替としてSRCとともに非粘結炭の配合の可能性 (コークス強度は現状レベルに維持)

本章では以下の項目にしたがって述べる。

- (1) コークス製造試験方法 (評価方法)
- (2) SRC使用予定製鉄所におけるコークス製造状況調査 (現状のコークス品質)
- (3) SRC使用によるコークス強度向上効果の調査と SRC原料石炭の選定のためのコークス製造試験 ( SRC配合コークス製造試験 (1))
- (4) 強粘結炭の代替として SRCとともに非粘結炭の配合の可能性を調査するためのコークス製造試験 ( SRC配合コークス製造試験 (2))

## 4.2 コークス製造試験方法

### 4.2.1 コークス強度の評価方法

#### (1) コークス強度の評価の方針

コークス製造試験用の SRC量が少ないため、コークス製造試験は500g乾留試験炉を用いて実施した。

実炉コークスの強度との関係が既に確立されているSCO(Simulated Coke Oven)のコークス強度に500g乾留炉試験コークスの強度を換算し、実炉での効果を予測できる。

その手順は次のとおりである。

ロガドラム強度 (500g乾留炉ベース)

↓換算式 1

ロガドラム強度 (SCOベース)

↓換算式 2

$DI_{15}^{\circ}$  (SCOベース)

↓換算式 3

$DI_{15}^{\circ}$  (実炉ベース)

↓換算式 4

$M_{10}$  (実炉ベース)

#### (2) コークス製造試験による換算式の検討

500g乾留炉とSCO間のロガドラム強度の換算式 1とSCOでのロガドラム強度と  $DI_{15}^{\circ}$  の換算式 2を求めるため、コークス製造試験を500g乾留炉とSCOで実施した。

コークス製造試験はSRC使用予定製鉄所の原料炭を用いて行った。更に、コークス強度の範囲を広くとるため、新日本製鐵(株)の3つの製鉄所の装入炭についても乾留試験を行った。

## 1) コークス製造試験

乾留試験に用いた配合炭の配合割合を Table 4.2.1 に示す。  
imported coalの配合割合を30、25、20wt%と変えた3種類の配合炭について試験した。その性状を Table 4.2.2 に示す。

SCOで得られたコークスの試験結果を Table 4.2.3 に示す。500g乾留炉で得られたコークスの試験結果を Table 4.2.4 に示す。

## 2) コークス強度指数間の関係 (換算式)

500g乾留炉コークスのログドラム強度と SCOコークスのログドラム強度の関係を Figure 4.2.1 に示す。SCOのコークスのログドラム強度と  $DI_{15}^g$  (150回転15mm指数) の関係を Figure 4.2.2 に示す。これらから次の換算式 1、2 が得られた。

### 換算式 1

$$\begin{aligned} & \text{ログドラム強度 (SCO)} \\ & = 0.665 \times \text{ログドラム強度 (500g乾留炉)} + 33.7 \end{aligned}$$

### 換算式 2

$$DI_{15}^g (\text{SCO}) = 0.936 \times \text{ログドラム強度 (SCO)} + 0.4$$

換算式 3 と換算式 4 は既に確立されている下式を用いる。

### 換算式 3

$$DI_{15}^g (\text{実炉}) = 0.881 \times DI_{15}^g (\text{SCO}) + 11.9$$

### 換算式 4

$$M_{10} (\text{実炉}) = -0.43 \times DI_{15}^g (\text{実炉}) + 42.5$$

## 4.2.2 試験方法

### (1) 乾留炉試験方法

#### 1) 500g乾留炉試験

装入石炭量	500g
石炭嵩密度	0.72g/cm <sup>3</sup>
加熱パターン	石炭容器外壁の温度を 3°C/minで昇温
乾留時間	石炭層中心の温度が 950°Cに到達後 1時間保持してから排出

#### 2) SCO乾留試験

炭化室寸法	425W×410H×620L (mm)
加熱壁材質	炭化珪素質煉瓦
加熱パターン	石炭の昇温パターンが実炉と同等になるように加熱温度を制御

### (2) コークス強度試験方法

#### 1) ロガドラム強度試験 (コークスの強度試験)

試験機	ロガ指数測定用強度試験機 (JIS M 8801)
供試粒度	10~20mm
供試量	50g
回転数	3,000回転 (50rpm×60min)
強度指数	+ 6mmの重量 %

#### 2) ドラム強度 (DI) 試験

JIS K 2151による。

3) マイカム強度試験

ISO R556による。

4) CSR (Coke Strength after Reaction with CO<sub>2</sub>)

新日鐵(株)法による。

5) CRI (Coke Reactivity Index)

新日鐵(株)による。

(3) その他の石炭及びコークス試験方法

1) 工業分析

JIS M 8812による。

2) 元素分析

JIS M 8813による。

3) 石炭の性状試験

JIS M 8801による。

4) コークスの性状試験

JIS K 2151による。

(4) 本コークス製造試験に用いた JISのリスト

K2151-1977 コークス類の試験方法

M8801-1979 石炭類の試験方法

M8812-1984 石炭類及びコークス類の工業分析方法

M8813-1988 石炭類及びコークス類の元素分析方法

### 4.3 インドにおけるコークス製造状況

#### 4.3.1 SRC使用予定製鉄所におけるコークス製造状況

今回、SRC使用の対象として考えられているRourkela製鉄所はSAIL (Steel Authority of India Ltd.) 傘下の5製鉄所の一つで規模的には4番目に位置付けられている。

##### (1) 原料炭概要

コークス炉用の原料炭は prime coking coal、medium coking coal及び imported coalからなり、prime coking coalが6銘柄、medium coking coalが6銘柄使用されている。

インドでは、コークス品質を確保するため、輸入炭を20~30%配合している。

Table 4.3.1に参考資料として1988年4月から1989年3月までの1年間の受入炭の状況を示す。

##### (2) 設備概要

###### 1) 選炭プラント

10台/時間の割合で石炭貨車を荷下ろしする2基のチップラーがある。

石炭ヤードには約70,000トンの石炭を貯蔵できる。選炭プラントは粗鋼100万トン工場の選炭プラントと粗鋼80万トン工場の選炭プラントがあり、各プラントには2系統の粉砕装置がある。各系列には1基のダブルロールクラッシャーと2基のハンマーミルがある。

100万トン工場の選炭プラントには1基のダブルロールクラッシャーと1基のハンマーミルが予備として備えている。また同プラントには9基の配合バンカーがあり、7基が配合用に使用され、2基がサービスバンカーとして予備用に準備されている。

80万トン工場の選炭プラントには同時に稼働できる2基のサービスバンカーがある。

## 2) コークス炉

現在稼働しているコークス炉は 4 炉団で、No. 1 炉団、No. 2 炉団は各 70 門、No. 4 炉団、No. 5 炉団は各 80 門であり、炉容は L 13,590 mm × H 4,500 mm × W 400 mm でアンダージェット複式炉である。

Table 4.3.2 にコークス炉の建設時期、再稼働時期を、Table 4.3.3 にコークス炉の仕様を示す。

## (3) 生産状況

1989 年 4 月から 1990 年 3 月までの 1 年間の生産状況を、Table 4.3.4、Table 4.3.5、Table 4.3.6 及び Table 4.3.7 に示す。

## (4) コークス品質概要

### 1) Rourkela 製鉄所コークス品質 (日報データ = Rourkela 製鉄所分析値)

Rourkela 製鉄所の高炉用コークスの品質基準を調査するため、操業日報より 5 日間のコークス品質の動きを調べた。(Table 4.3.8)

### 2) Rourkela 製鉄所コークス品質 (日本での分析値)

第 1 回の現地調査において、調査団立会いにより採取した Rourkela 製鉄所コークス試料を日本 (新日本製鉄株式会社) で試験した試験結果を Table 4.3.9 に示す。

### 3) SRC 添加効果判定のためのコークス品質目標値

Table 4.3.8 の Rourkela 製鉄所日報データ及び Table 4.3.9 の Rourkela 製鉄所試料コークスの分析結果から SRC 添加効果判定のためのコークス品質は Table 4.3.10 上欄に示す値を目標値とすることにした。この目標値は 1991 年 9 月第 2 回現地調査のときにインド側カウンターパートからの提案により同 Table 下欄のとおり訂正した。

#### 4.3.2 SRC使用予定製鉄所の原料炭とコークスの調査

##### (1) 原料炭

インドにて現地調査の際、入手した石炭は日本で分析した。その石炭の性状を Table 4.3.11 に示す。

インドの原料炭は灰分が高く、流動性は低くはないが、その割に膨張性が低いのが特徴的である。

##### (2) コークス

Rourkela製鉄所製造コークスの試験結果を Table 4.3.12 に示す。また、Table 4.3.12 には参考として新日本製鉄(株)の3つの製鉄所製造コークスの試験結果も併記した。

Rourkela製鉄所製造コークスは、新日本製鉄(株)製造コークスに比べ灰分が2倍強と高い。

DI (30回転) 及び  $M_{40}$  は新日本製鉄(株)製造コークスに比べ若干低い程度であるが、DI (150回転) 及び  $M_{10}$  は大幅に悪い。即ち、コークスの体積破壊に対する強度よりも表面破壊に対する強度が不足している。したがって、SRCの使用による粘結性の補填がコークス強度改善に有効であると予想される。

CSRも新日本製鉄(株)製造コークスに比べて低い。CRIは高くはなく、CSRが低いのは摩耗強度が低いためと考えられる。

コークス粒度は比較的大きい。ただし、コークス試料のサンプリングポイントが不明であるので新日本製鉄(株)製造コークスの粒度とは直接比較はできない。

4.2.1(2)で述べたSCO乾留試験結果をみても、インドの配合炭のコークスは上記と同様の特徴がある。この場合、輸入炭の配合割合を増加し粘結性を向上させることによりDIが向上しており、SRCの使用によりコークス強度の向上が期待できるといえる。

ただし、これら3種類の配合炭の膨張性は新日本製鉄(株)の3ヶ所の装入炭と比較してそれ程低くはなく(流動性は逆に高い)、コークス強度レベルが低いことに対しては灰分が高いことの影響も考えられる。

コークス粒度はインドの配合炭のコークスの方が新日本製鉄(株)のコークスに比べて大きい。



ただし、この粒度はコークス炉ワーク～カッター付近での粒度に相当する値である。コークス試験の結果ではインドの配合炭のコークスは衝撃による細粒化が大きいので高炉装入時のコークス粒度は必ずしも大きくはないと予測される。

#### 4.4 SRC配合コークス製造試験 (I)

##### 4.4.1 目的

4.1に記した 2つの目的のうち (I)項に示すとおり、SRC添加によるコークス強度向上効果を調査し、SRC粘結性補填材としての性能評価を行い、SRCを製造する原料炭を選定することを目的とした。

##### 4.4.2 試験方法

SRCの試料としては 0.5 tオートクレーブで製造された次の 6種類を用いた。

記号	原料石炭	SRC製造
		反応温度
A1	Samla	410°C
A2	Samla	430°C
A3	Samla	450°C
B1	Assam	410°C
B2	Assam	430°C
B3	Assam	450°C

ベースとする配合炭は、SRCをインドで使用する場合を想定した次の 2種類を用いた。一つは、輸入炭をゼロとしインド炭のみの配合で下記の配合炭である。(インドVと称す。)

	Bhojudih	Sudamdih	Chasnala	Kargali	Swang	Rajrappa
インドV	30	20	10	20	10	10

もう一つは、非粘結炭配合の予備検討として、Table 4.2.1のインドIII (Imported Coal 20%) を 90%とし、これに非粘結炭を 10%の配合炭とした。即ち、インドIII 90%+非粘結炭 10%をインドIVとする。

500 g 乾留炉によりコークス製造試験を行い、コークスのロガドラム強度で評価した。また、SRCの配合による粘結性の変化を調査した。

#### 4.4.3 試験結果

試験結果をFigure 4.4.1とFigure 4.4.2に示す。この結果から本試験目的に対し夫々次のことが考察される。

SRC添加によるコークス強度向上効果についてはFigure 4.4.2からインド配合炭に対し、SRCの添加により、コークス強度が向上することが確認された。

SRCの粘結性補填材としての性能評価についてはFigure 4.4.1から SRC添加による流動性及び膨張性の向上効果がみられた。

SRCを製造する原料石炭の選定については今回の試験の結果からは SRCの種類による添加効果の差は明確には認められなかった。参考までにFigure 4.4.3に示したのは 1977-82年に日本で行われたテストの結果で 4種類の異なる石炭から製造し

た 4種類の SRCを使用したときのコークス強度  $DI_{16}^0$ である。

このFigureからみても SRC添加効果について異なる石炭から造った SRCの種類により顕著な差があるとは認められないことがわかる。

## 4.5 SRC配合コークス製造試験 (2)

### 4.5.1 目的

強粘結炭の代替として SRCとともに非粘結炭の配合の可能性の調査を目的とした。

### 4.5.2 試験方法

乾留試験に用いた配合炭の配合割合を Table 4.5.1に示す。

Rourkela製鉄所の現状の石炭配合割合から、prime coking coal 30%、medium coking coal 40%、imported coal 30%の配合をベース配合 (A-1)とした。

このベース配合のうち強粘結炭代替の目的で imported coalを削減し、これをインドの非粘結炭と SRCとに置換えるテストを行った (Aシリーズ)。非粘結炭としては Samla炭を用いた。

さらに、imported coalの削減量を増加する可能性を検討するため、imported coalを非粘結炭でなくmedium coking coalに全量置換え、SRCを添加するテストも行った (Bシリーズ)。

SRCは、Assam炭を原料として 0.5 tオートクレーブを用いて製造されたものを用いた。

乾留試験は500g乾留炉を用いて行った。その内、A1 (ベース配合) とA5 (Samla炭 10%、SRC 5%) の2配合についてはSC0でも乾留試験を行った。

### 4.5.3 試験結果

単味炭性状を Table 4.5.2に示す。前節のインド炭からの SRCのコークス強度向上効果調査の際使用したもの (Table 4.3.11参照) と比較すると、imported coalは若干石炭化度が高い。

配合炭性状を Table 4.5.3に、500g乾留コークスの性状をTable 4.5.4に、SC0乾留コークスの性状を Table 4.5.5に示す。

imported coalを Samla炭と SRCとに置換える、Aシリーズの試験結果を Figure 4.5.1に示す。このFigureから、SRCと Samla炭をほぼ 1:2の比率で使用すれば、imported coalと置換えできるといえる。また、今回はテストしていないが、SRCを 10%使用すれば、imported coalを全量 (30%)置換えできる可能性もあると推察される。

この結果は、1977-82年に日本で研究開発したときに SRC添加による非粘結炭使用の可能性について検討した際の、低石炭化度非粘結炭についての結果とほぼ同様である。低石炭化度非粘結炭を乾留して得られるコークス組織は、光学的等方性組織が大部分であるが、これを SRCと乾留すると、乾留過程での相互作用により、光学的異方性組織が増加し、コークスの強度が改善され、反応性が低下することが以前の研究で判明している。

また、Bシリーズの試験結果から、imported coalを30%全量 medium coking coalに置換えた場合、SRCを6%添加することによりほぼ現状コークス並の強度が得られる可能性がある（Table 4.5.4参照）。しかしmedium coking coalを使用するのでコークス中の灰分が増大し、非粘結炭を使用する場合と比較すると、コストの点では不利と考えられるが、imported coalの削減効果は大きい。

SCO乾留試験において、A1（ベース）とA5（Samla炭10%、SRC5%）はほぼ同一のコークス強度を示した（Table 4.5.5参照）。この結果は500g乾留試験の結果と一致している。SRCの添加効果はコークスの摩耗強度の改善にあるので、この効果は500g乾留試験でも評価できることが証明されたといえる。したがって、500g乾留試験で従来のコークス強度を維持できるか否か判断して大きな誤りはないと考えられる。

またベース配合(A1)で得られた SCOコークス強度( $DI_{15}^0=73.9$ )を4.2.1、(2)の2)に示す換算式3及び4により換算すると  $M_{10} \approx 9.3$  となり、Table 4.3.10に示す目標強度 ( $M_{10} \leq 10.0$ ) に十分達する強度であることがわかる。したがって、500g乾留炉コークスの中でベース配合と同等またはそれ以上のロガドラム強度を示すコークスは目標強度に達していると推定できる。

インドの prime coking coalを SRCと非粘結炭で置換するテストは実施していないが、石炭の分析データ及び imported coal置換テストと比較検討して、prime coking coalの置換可能性は imported coalの場合と同様であろうと判断できる。ただし、この場合 imported coalの削減効果である外貨節減とコークスコストの低下は期待できない。

#### 4.6 コークス配合に関する追加の検討

JICA調査団は、第3次訪印（1992年1月）の際、インド側よりコークス配合に関する追加の検討を行う事を要請された。

JICAは、基準配合として以前に合意したRourkela配合にしたがって、すべての技術・経済計算を行った。インド側は、さらに次の2ケースについての検討をJICAに要請した。

Case-I : インド側は、B2およびB3の配合のコークステスト結果、すなわち輸入炭を使用しないでより多くのmedium coking coalを使用した配合で、コークス強度がSRCの添加と共に向上する事に着目した。それによりインド側は、もう2種類の配合すなわちB5とB6について調査することをJICAに要請した。それらの組成を次に示す。

	< C2 >	< C1 >
Bhojudih	5 %	15 %
Sudamdih	0	10 %
Chasnala	5 %	5 %
Kargali	20 %	10 %
Swang	20 %	10 %
Rajrappa	32.5%	27 %
High Volatile (Assam)	5 %	10 %
Imported	7.5 %	8 %
SRC	5 %	5 %

(注：これ以後はB5とB6をそれぞれC2とC1と読み替え、これらをCシリーズの配合と称することとする。)

Case-II : インド側は、私企業によるhot metal industryの要求を考慮すると、基準配合は将来変遷するであろうとの考えを示した。将来 hot metal industryに対しては低揮発分のmedium coking coal (LVMC炭) [瀝青炭ランク、揮発分：18-20%、灰分：22-25%、反射率：1.1] が輸入炭との混合で使用されることになろう。hot metal製造用のコークスの品質要求を考慮すると、輸入炭とLVMC炭の比率は約50:50と推定される。JICAによるB2とB3配合の調査から、インド側はSRCの添加により

インド産の coking coalのみの配合により多くのmedium coking coalを適応させられると了解した。このことを考慮して、インド側は SRCとLVMC炭を 1:4の比率で加えることによりかなりのパーセンテージの輸入炭を減ずることができるものと考えた。代表的配合を以下に示す。

石炭の名称	基本ケースI	基本ケースII	SRC 配合		
			(P1)	(P2)	(P3)
輸入炭	60 %	50 %	39%	30%	25%
LVMC炭 (精炭)	40 %	50 %	58%	65%	70%
SRC	0 %	0 %	3%	5%	5%

(注：これらの配合を Pシリーズの配合と称することとする。)

調査団は、帰国後上記コークス配合について検討した。しかしながら試験結果や石炭分析値など技術的裏づけデータがないため、現段階では、正確な技術的判断をすることはできない。したがって、一応の見解を述べるとすれば、次のとおりである。

#### Case-I (1) C1配合の場合

A5配合をベースとして、輸入炭をmedium coking coalに7%振替え、かつ Samla炭を全量 (10%) Assam炭に振り替えた配合になっている。Assam炭は、Samla炭よりかなり粘結性がよいので、A5並みのコークス強度が維持できる可能性はあると考えられる。

#### Case-I (2) C2配合の場合

B3配合をベースとして prime coking coalを減らし、輸入炭と Assam炭を加えたような配合になっている。

Assam炭はかなり粘結性があるので、B3配合並のコークス強度が維持できる可能性はあると考えられる。

#### Case-II 低揮発分medium coking coal (LVMC炭) 使用の場合

LVMC炭の分析値が不明の為、明確な考察は不可能である。もし基本ケース IまたはIIが成立するならば、A1とB3配合のコークス強度がほぼ同一であることから考えて、SRC配合 (P1、P2、P3) の 3とおりの配合の場合も

成立する可能性はあるであろう。

以上についての財務・経済分析は、第 8 章において行われる。



Table 4.2.1 BLENDING RATIO (% d) OF COAL CHARGES FOR CARBONIZATION TESTS

Coal Blend	Prime coking coal			Medium coking coal			Imported coal
	Bhojudih	Sudamdih	Chasnala	Kargali	Swang	Rajrappa	
India I	20	14	6	15	7.5	7.5	30
India II	22.5	15.8	6.7	15	7.5	7.5	25
India III	25	17.5	7.5	15	7.5	7.5	20

Table 4.2.2 PROPERTIES OF COAL CHARGES FOR CARBONIZATION TEST

Product Quality	Proximate Analysis (% , d)		TS (% , d)	FSI	Fluidity				Dilatation									
	Ash	VM			Softening Temperature (°C)	Max. Fluidity Temperature (°C)	Solidification Temperature (°C)	Log Maximum Fluidity	Softening Temperature (°C)	Temperature of Maximum Contraction (°C)	Temperature of Maximum Dilatation (°C)	Contraction (%)	Total Dilatation (%)					
Coal Blend																		
India I	18.6	24.8	0.56	5	394	441	481	3.25	347	438	475	24	31	55				
India II	19.8	24.6	0.57	5	407	452	486	3.05	376	437	471	20	28	48				
India III	19.3	24.3	0.57	5	406	457	487	2.93	392	438	470	22	17	39				

Table 4.2.3 TEST RESULTS OF SCO CARBONIZED COKE

Product Quality	Proximate Analysis(%d)		TS (%d)	Size Distribution (%)						Mean Size (mm)	Drum Strength		Roga-drum Strength	CRI	CSR	True Specific Gravity	Apparent Specific Gravity	Porosity (%)	JIS Reactivity (%AG)	MSI	
	Ash	VH		125~100	100~75	75~50	50~38	38~25	<25mm		DI 1/2	DI 3/8									
Coal Blend																					
India I	23.7	0.4	0.5	15.4	37.1	35.4	7.7	1.1	3.3	76.1	74.0	91.0	78.0	24.6	41.4	2.04	1.12	45.1	10.5	47.4	
India II	24.5	0.4	0.5	21.4	43.1	23.3	7.7	1.1	3.4	80.5	72.9	91.8	75.2	25.0	40.8	2.03	0.96	52.7	13.5	47.8	
India III	25.1	0.5	0.5	17.3	36.6	33.0	7.7	0.8	4.6	76.3	70.5	89.4	77.1	24.1	41.2	2.03	0.98	51.7	13.2	46.9	
Yakata	11.4	1.0	0.6	2.3	21.2	47.9	17.2	5.9	5.5	61.2	83.9	95.0	87.7	28.7	57.0	1.97	1.01	48.9	18.0	46.7	
Nagoya	11.5	1.1	0.5	2.6	19.5	46.8	18.0	7.0	6.1	60.1	82.6	93.8	89.4	28.6	60.6	1.97	1.01	48.9	16.5	44.8	
Kimitsu	11.6	0.9	0.5	1.0	15.1	51.6	19.3	7.8	5.2	58.2	83.2	94.2	87.8	30.3	54.2	1.97	1.02	48.3	14.8	46.3	

Table 4.2.4 TEST RESULTS OF 500g CARBONIZATION OVEN COKE

Coal Blend	Product Quality	Roga-drum Strength	True Specific Gravity	Apparent Specific Gravity	Porosity (%)	JIS Reactivity (%AG)	MSI
	India I	65.6	2.04	0.87	57.4	28.2	43.6
	India II	63.6	2.03	0.88	57.1	29.2	43.2
	India III	76.7	2.04	1.08	47.1	28.0	44.4
	Yawata	83.2	1.96	0.97	50.3	33.5	42.3
	Nagoya	81.3	1.96	0.94	52.2	34.0	39.6
	Kimitsu	81.8	1.95	0.94	51.9	34.2	41.1

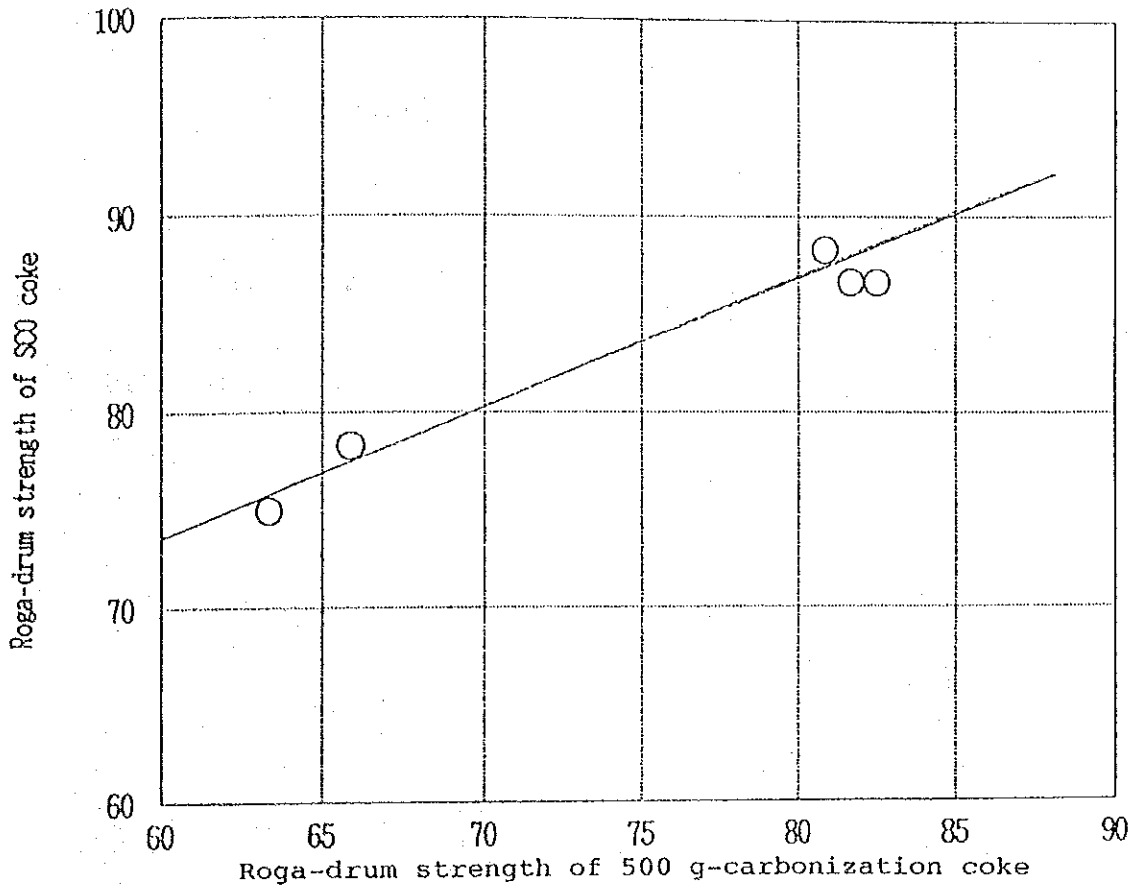


Figure 4.2.1 RELATIONSHIP BETWEEN ROGA-DRUM STRENGTH OF SCO COKE AND THAT OF 500 G-CARBONIZATION COKE

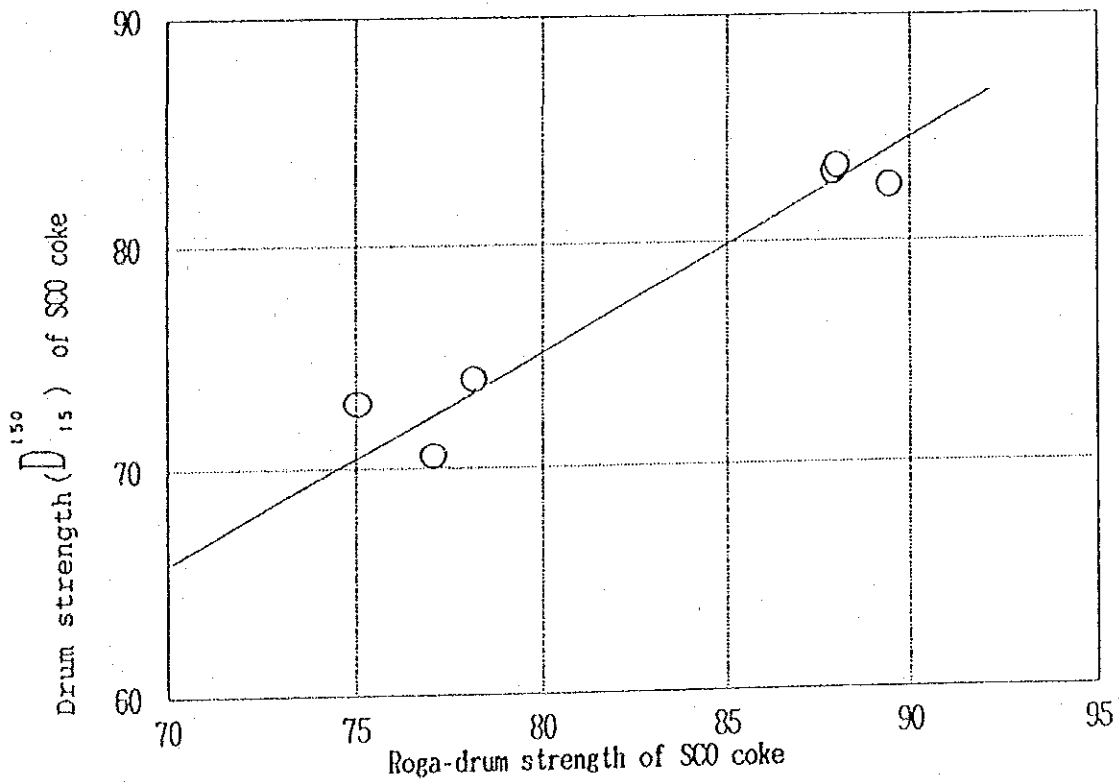


Figure 4.2.2 RELATIONSHIP BETWEEN DRUM STRENGTH AND ROGA-DRUM STRENGTH OF SCO COKE

Table 4.3.1 COKING COAL USED AT ROURKELA STEEL PLANT

(Apr., 1988 - Mar., 1989)

Coal Variety		Amount Used (t)
Prime Coking Coal	Dugda Coal	31,485
	Bhojudih Coal	317,564
	Chasnala Coal	74,284
	Sudamdih Coal	202,087
	Patherdih Coal	24,137
	Moonidih Coal	101,699
	Sub-total	751,256
Medium Coking Coal	Kargali Coal	146,744
	Kathara Coal	40,435
	Swang Coal	106,616
	Gidi Coal	130,685
	Nandan Coal	3,074
	Rajrappa Coal	260,457
	Sub-total	688,011
Imported Coal (Australia)		518,108
Total		1,957,375

Table 4.3.2 SCHEDULE FOR CONSTRUCTION AND OPERATION OF COKE OVENS AT ROURKELA STEEL PLANT

Battery No.	Date of Commissioning	Capital Repair	Rebuilding	Capital Repair
I A (35 ovens)	22.3.'60 Otto	1.12.'72~19.4.'74	6.4.'77~16.4.'78 MECON	30.4.'83~7.3.'84
I B (35 ovens)	5.4.'60 Otto	'73~'75	2.4.'82~30.1.'85 MECON	-
II A (35 ovens)	3.12.'58 Otto	-	16.4.'74~18.8.'76 MECON	11.'85~5.'87
II B (35 ovens)	5.1.'59 Otto	'73~'78	18.4.'79~26.1.'82 MECON	-
IVA (40 ovens)	30.12.'66 Otto	'76~'77	15.4.'81~28.1.'87 RSP thro HSCl	-
IVB (40 ovens)	5.2.'69 Otto	'77~'78	15.4.'84~18.3.'88 RSP thro HSCl	-
VA (40 ovens)	28.9.'74 Otto	5.'77~12.'78	-	-
VB (40 ovens)	26.12.'83 Otto	1.'90~12.'90	-	-

Note: Battery No.3 (70 ovens) is under rebuilding.

Table 4.3.3 SPECIFICATIONS OF COKE OVENS IN ROURKELA STEEL PLANT

Battery No.	No. of subbatteries per battery	No. of ovens per battery	Oven dimension
I	2	35 x 2	13,590 x 4,500 x 400mm
II	2	35 x 2	13,590 x 4,500 x 400mm
IV	2	40 x 2	13,590 x 4,500 x 400mm
V	2	40 x 2	13,590 x 4,500 x 400mm

Table 4.3.4 AMOUNT OF COAL CHARGES OF ROURKELA STEEL PLANT COKE OVENS

(Apr., 1989 - Mar., 1990)

	Amount (t)	Share of Total
Prime Coking Coal	707,940	38.0%
Medium Coking Coal	647,120	34.7%
High Volatile Coal	24,450	1.3%
Imported Coal	483,480	26.0%
Total	1,862,990	100.0%

Table 4.3.5 PROPERTIES OF COAL CHARGES OF ROURKELA STEEL PLANT COKE OVENS

(Apr., 1989 - Mar., 1990)

Moisture	6.46 wt %
Ash Content (dry)	17.01 wt %
Volatile Matter (dry)	25.05 wt %



Table 4.3.6 COKE YIELD OF ROURKELA STEEL PLANT

(Apr., 1989 - Mar., 1990)

		Amount per Oven	Yield per Coal Charge (%)
Coal Charge (dry basis)		16.75 t/oven	—
Coke Yield	Total Yield	12.72 t/oven	75.9%
	Hard Coke	10.60 t/oven	63.3%
	Nut Coke	0.76 t/oven	4.5%
	Breeze Coke	1.36 t/oven	8.2%

Table 4.3.7 PROPERTIES OF ROURKELA STEEL PLANT COKE

(Apr., 1989 - Mar., 1990)

Moisture	5.5 wt %
Ash Content	22.7 wt %
Volatile Matter	0.8 wt %
M <sub>40</sub>	80.6 %
M <sub>10</sub>	11.2 %

Table 4.3.8 VARIATION OF COKE QUALITY (FROM DAILY REPORTS OF RSP)

Date of Production	Coke Ash Content (w t %)			M <sub>40</sub> (%)	M <sub>10</sub> (%)
	Max.	Min.	Avg.		
'90.9.17	22.8	20.9	22.1	80.6	10.6
18	22.6	21.0	22.0	80.8	10.8
19	22.9	22.3	22.6	80.8	11.6
20	22.6	21.4	22.3	78.6	13.0
21	25.3	22.6	24.1	80.4	11.6
Average	—	—	22.6	80.1	11.5

Table 4.3.9 ANALYTICAL DATA OF ROURKELA STEEL PLANT COKE (TEST IN JAPAN)

(SAMPLES COLLECTION: September, 1990)

Samples	Ash Content (wt%) (dry base)	Volatile Matter (wt%) (dry base)	Total Sulphur (wt%) (dry base)	M <sub>40</sub> (%)	M <sub>10</sub> (%)
Rourkela coke	24.6	1.0	0.6	80.2	11.6

Table 4.3.10 COKE QUALITY TARGETS TO DETERMINE PERFORMANCE  
OF SRC ADDITION

Coke Quality	Ash Content (wt%) (dry base)	Volatile Matter (wt%) (dry base)	M <sub>40</sub> (%)	M <sub>10</sub> (%)	CSR (%)	CRI (%)
Target Values Determined in September, 1990	≤23.0	≤1.0	≥80.0	≤11.5	-	-
Target Values Revised in September, 1991	22.5±0.5	≤0.9	≥83.0	≤10.0	50~55	25~30

Table 4.3.11 PROPERTIES OF SINGLE COALS

Brand Name	Proximate Analysis (% d)		TS (% d)	Ultimate Analysis (% daf)					FSI	Fluidity				Dilatation					
	Ash	VM		C	H	N	S	O		Softening Temperature (°C)	Max. Fluidity Temperature (°C)	Solidification Temperature (°C)	Log Maximum Fluidity	Softening Temperature (°C)	Temperature of Maximum Contraction (°C)	Temperature of Maximum Dilatation (°C)	Contraction (%)	Dilatation (%)	Total Dilatation (%)
Bhojudih	22.6	21.7	0.54	85.6	5.1	1.9	0.6	6.8	3	415	463	490	2.26	398	442	467	18	8	26
Sudamdih	22.6	21.7	0.53	86.6	5.1	1.9	0.6	5.8	3	412	453	482	2.48	348	445	465	20	-2	18
Chasnala	20.5	23.2	0.52	86.8	5.3	2.0	0.6	5.3	4	420	462	488	1.69	365	442	467	26	8	34
Kargali	23.3	23.9	0.55	84.9	5.3	1.8	0.6	7.4	2	416	451	482	2.39	357	437	450	22	-14	8
Swang	20.1	27.2	0.60	84.1	5.4	1.9	0.6	8.0	3.5	405	448	471	2.39	385	434	447	20	-8	12
Rajrappa	23.1	28.7	0.60	82.7	5.6	1.7	0.7	9.3	2.5	400	449	471	2.86	393	437	450	21	-18	3
Imported coal	8.6	28.3	0.62	86.2	5.4	2.2	0.7	5.5	9	402	451	494	3.20	371	412	505	25	242	267
Argada-Sirka	17.9	32.9	0.70	79.4	5.5	1.5	0.8	12.8	1	387				392	480	-	30	-30	0
Samla	14.0	34.6	0.48	78.5	5.5	2.4	0.5	13.1	1	(Coal briquetting not possible)				315	480	-	14	-14	0
Assam	2.2	41.6	1.67	81.9	5.9	1.2	1.7	9.3	8	397	448	470	2.30	338	420	449	30	59	89
Newveli	3.9	51.2	1.21	69.0	5.0	0.6	0.9	24.5	0	(Coal briquetting not possible)				315	480	-	12	-12	0
O/A Middlings	21.3	33.6	1.17	86.1	6.5	1.6	1.5	4.3	1	368				334	419	-	10	-10	0

Table 4.3.12 TEST RESULTS OF ACTUAL OVEN COKE

Proximate Analysis(%d)	TS (%d)	Size Distribution (%)						Mean Size (mm)	Drum Strength	Micum Strength		CRI	CSR	True Specific Gravity	Apparent Specific Gravity	Porosity (%)	JIS Reactivity (%AG)	MSI
		125~100	100~75	75~50	50~38	38~25	<25mm			M <sub>40</sub> (%)	M <sub>10</sub> (%)							
		5.5	27.6	41.7	23.0	1.0	1.2											
Ash	VM	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
24.6	1.0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
India (RSP)																		
24.6	1.0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
11.5	1.1	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Yawata																		
11.5	1.1	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
11.6	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Nagoya																		
11.6	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
11.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Kimitsu																		
11.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

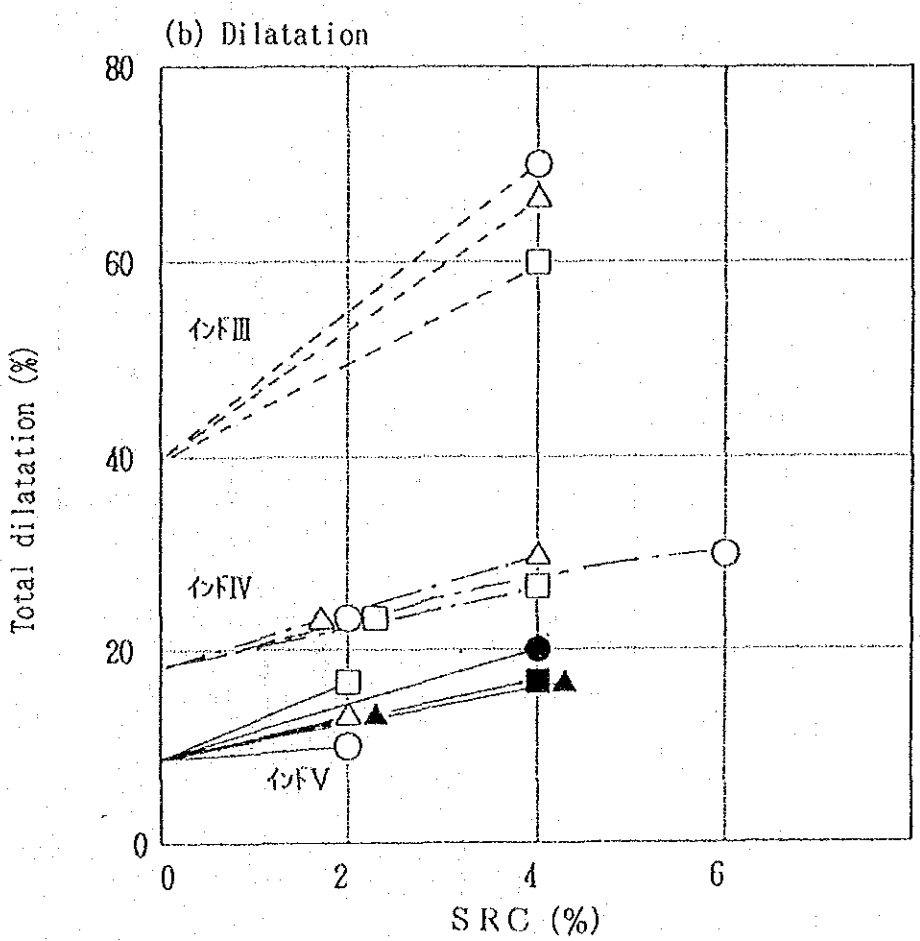
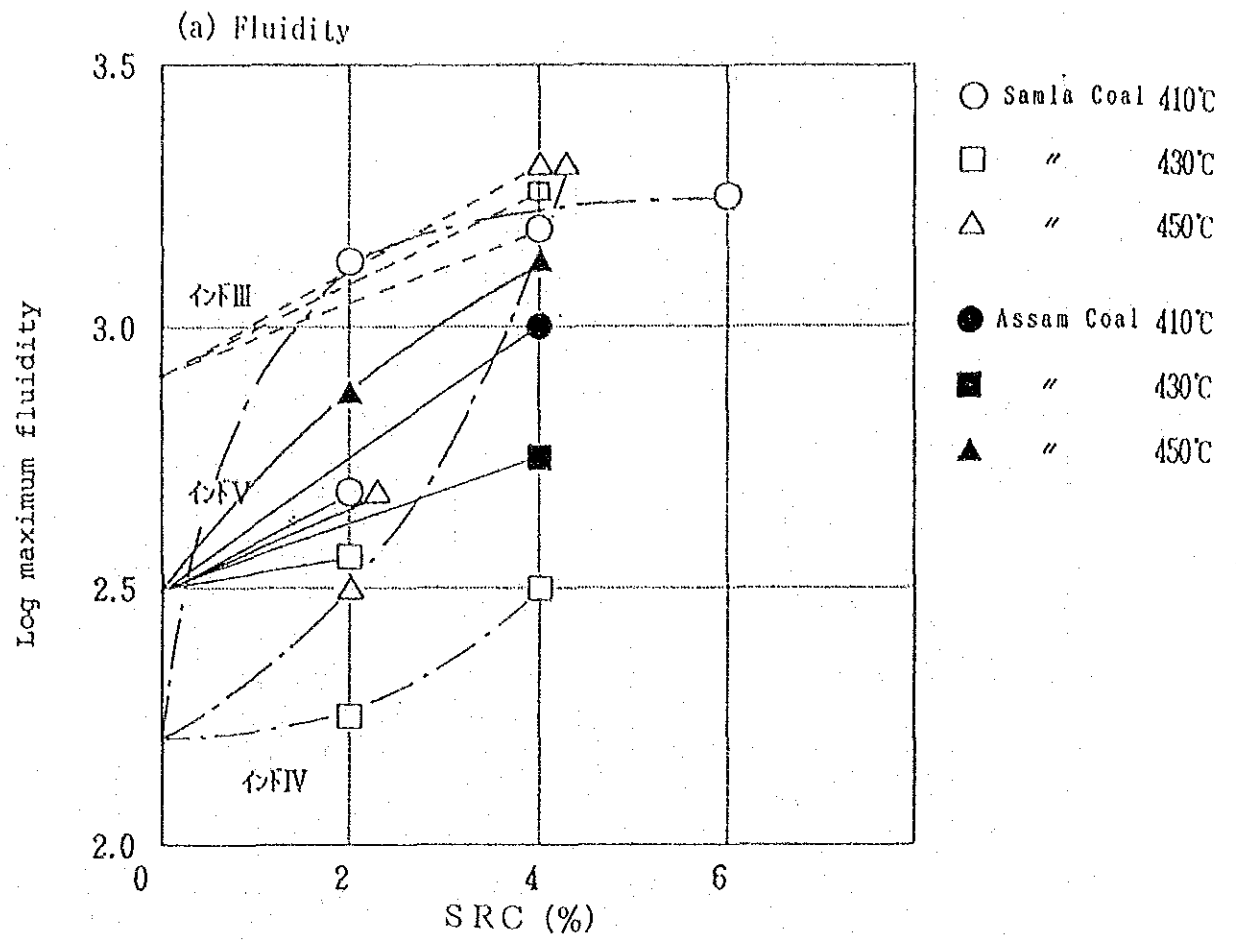


Figure 4.4.1. EFFECT OF SRC ADDITION ON CAKING PROPERTIES

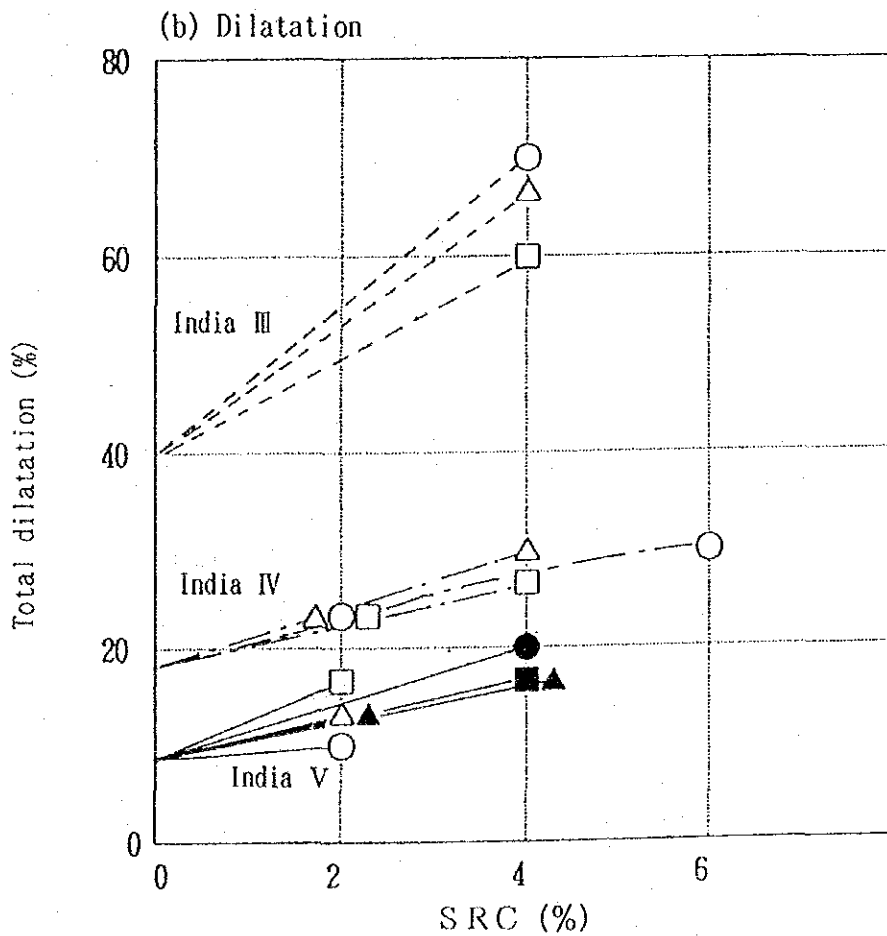
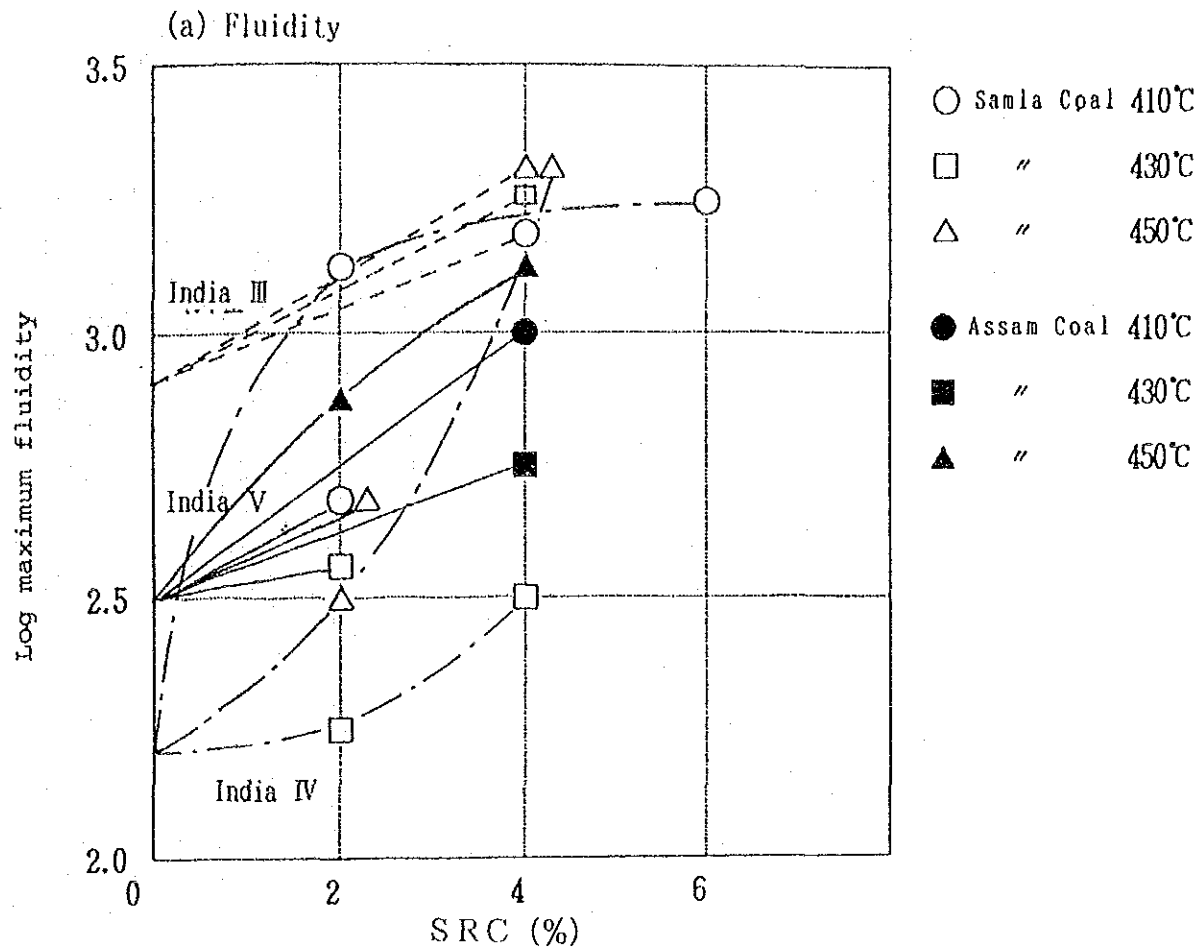


Figure 4.4.1 EFFECT OF SRC ADDITION ON CAKING PROPERTIES

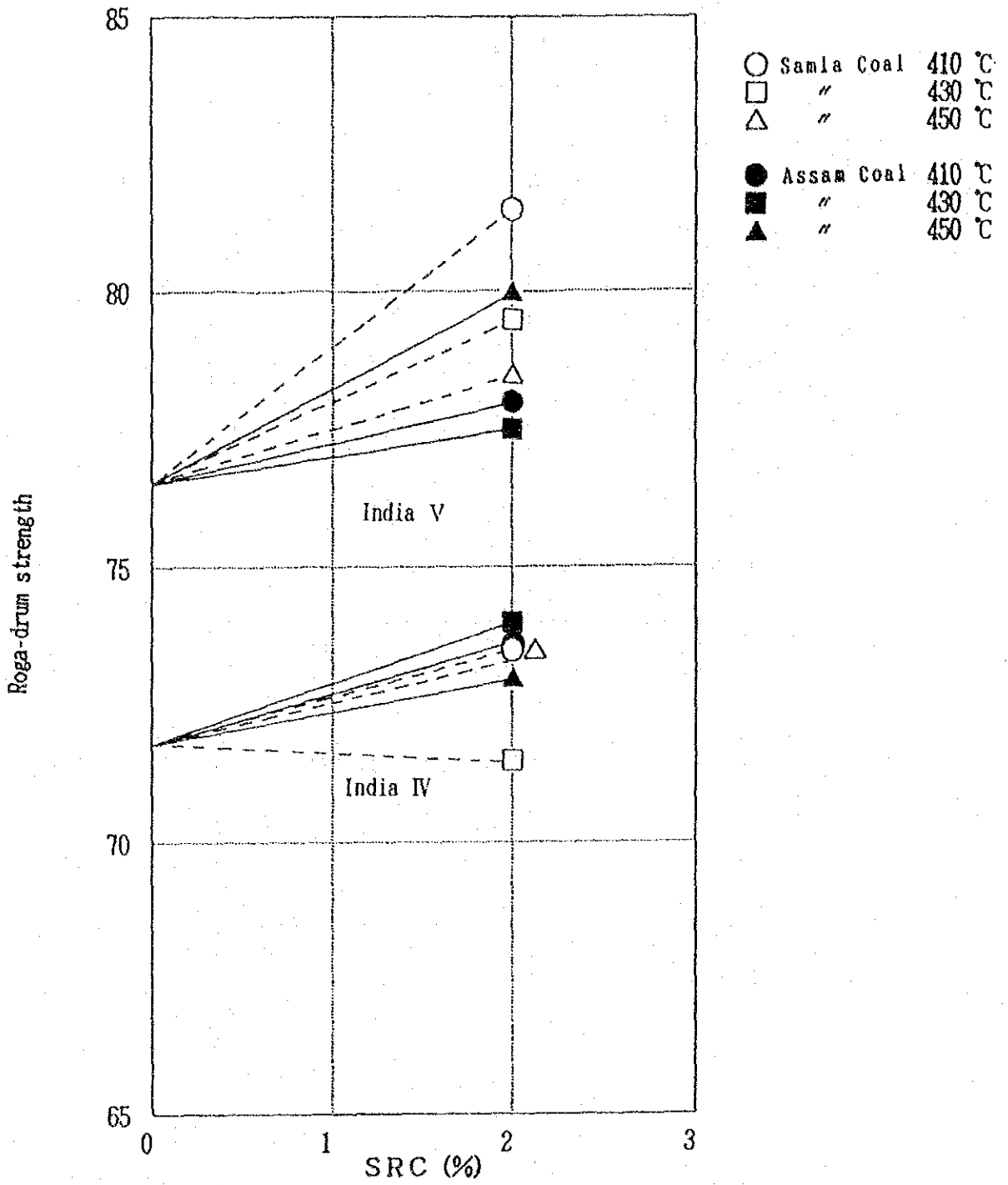


Figure 4.4.2 EFFECT OF SRC ADDITION ON ROGA-DRUM STRENGTH



Table 4.5.1 BLENDING RATIO (%) OF COAL BLEND USED IN THE CARBONIZATION TEST

Brand Name	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	B1	B2	B3
Bhojudih	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	14.55	14.1
Sudamdih	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.70	9.4
Chasnala	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.85	4.7
Kargali	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	20.0	19.40	18.8
Swang	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	20.0	19.40	18.8
Rajrappa	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	30.0	29.10	28.2
Imported Coal	30.0	22.5	20.0	17.5	15.0	12.5	10.0	7.5				
Samla	5.0	5.0	5.0	10.0	10.0	10.0	15.0	15.0	22.5			
SRC	2.5	2.5	5.0	2.5	5.0	7.5	5.0	7.5	7.5		3.00	6.0

Table 4.5.2 PROPERTIES OF SINGLE COALS

Brand Name	Proximate Analysis (% d)		TS (% d)	Fluidity				Dilatation					Ro (%)	TI (%)		
	Ash	VM		Softening Temperature (°C)	Max. Fluidity Temperature (°C)	Solidification Temperature (°C)	Log. Max. Fluidity	Softening Temperature (°C)	Temperature of Max. Contraction (°C)	Temperature of Max. Dilatation (°C)	Contraction (%)	Dilatation (%)			Total Dilatation (%)	
			420	463	495	2.07	388	452	470	21	-7	14	1.32	44.1		
Bhojudih	24.00	20.3	0.50	420	463	495	2.07	388	452	470	21	-7	14	1.32	44.1	
Sudamdih	24.20	21.7	0.56	481	449	488	3.08	370	438	448	25	-17	8	1.20	47.9	
Chasnala	17.80	24.8	0.51	400	441	479	2.64	383	442	463	23	-3	20	1.16	50.9	
Kargali	19.50	24.4	0.60	414	452	491	2.62	373	439	448	25	-19	6	1.15	49.9	
Swang	21.80	22.3	0.55	395	446	481	3.30	373	435	471	23	23	46	1.19	51.3	
Bajrappa	20.90	29.5	0.71	394	429	465	3.29	370	438	448	25	-17	8	0.85	48.7	
Imported Coal	9.10	23.8	0.57	413	458	483	2.61	392	440	480	25	78	103	1.19	41.1	
Samla	13.80	34.6	0.45	(Coal Briquetting Not Possible)					365	480	-	16	-16	0	0.56	27.5

Table 4.5.3 PROPERTIES OF COAL BLEND FOR 500g CARBONIZATION TEST

No.	Proximate Analysis (% d)		TS (% d)	Fluidity				Dilatation					
	Ash	VM		Softening Temperature (°C)	Max. Fluidity Temperature (°C)	Solidification Temperature (°C)	Log. Max. Fluidity	Softening Temperature (°C)	Temperature of Max. Contraction (°C)	Temperature of Max. Dilatation (°C)	Contraction (%)	Dilatation (%)	Total Dilatation (%)
A1	18.0	24.2	0.59	411	458	493	2.85	388	439	455	24	16	40
A2	17.8	25.7	0.59	384	439	478	3.35	355	427	464	25	10	35
A3	17.7	25.6	0.59	394	447	492	3.53	364	426	463	25	8	33
A4	18.3	25.7	0.58	406	453	494	2.95	370	436	457	24	-8	16
A5	18.0	26.6	0.58	397	446	490	3.37	365	428	453	23	-6	17
A6	18.0	27.0	0.57	363	429	478	3.94	343	423	456	22	-1	21
A7	18.4	26.7	0.57	396	446	488	3.24	366	435	453	24	-15	9
A8	18.2	27.2	0.59	377	430	478	3.62	347	426	451	23	-15	8
A9	18.7	28.0	0.59	374	428	470	3.56	363	436	436	25	-25	0
B1	21.6	24.5	0.60	397	441	476	2.83	385	443	459	25	-11	14
B2	20.9	25.3	0.61	403	450	486	3.41	343	425	456	23	-4	19
B3	20.4	25.7	0.62	370	435	480	4.70	364	430	454	22	-4	18

Table 4.5.4 RESULTS OF 500g CARBONIZATION TEST

No.	Proximate Analysis		TS (%, d)	Roga-Drum Strength	True Specific Gravity	Apparent Specific Gravity	Porosity (%)	JIS Reactivity (%, AG)	MSI
	Ash	VM							
A1	23.2	0.7	0.4	70.9	2.01	1.03	48.7	18	25.6
A2	23.2	0.6	0.4	72.8	2.02	1.07	47.0	20	25.4
A3	23.3	0.8	0.5	75.5	2.02	1.13	44.1	21	25.3
A4	23.4	0.7	0.4	65.6	2.02	1.00	50.4	25	26.9
A5	23.8	0.5	0.4	71.3	2.05	1.10	46.4	26	25.9
A6	23.5	0.8	0.5	72.8	2.02	1.14	43.6	24	24.6
A7	24.2	0.6	0.4	65.3	2.02	1.01	49.8	31	25.9
A8	23.7	0.6	0.5	71.7	2.01	1.08	46.2	27	25.4
A9	24.8	0.7	0.4	63.8	2.02	1.05	48.3	35	27.0
B1	27.9	0.5	0.4	67.6	2.05	1.05	48.9	21	26.9
B2	26.5	0.7	0.5	68.8	2.04	1.08	47.2	17	25.9
B3	26.4	0.7	0.5	70.2	2.05	1.04	49.0	15	25.4

Table 4.5.5 RESULTS OF SOC TEST

	Proximate Analysis		TS (%, d)	Size Distribution (%)					Mean Size (mm)	Drum Strength DI <sub>78</sub> DI <sub>15</sub>	CRI	CSR		
	Ash	VM		125~100	100~75	75~50	50~38	38~25					<25mm	
A1	23.4	0.7	0.5	4.0	23.4	36.9	23.1	4.4	8.2	60.6	91.0	73.9	23.7	38.8
A5	23.2	0.6	0.5	12.3	21.3	39.5	15.4	4.5	7.0	66.2	91.1	73.0	25.3	40.9

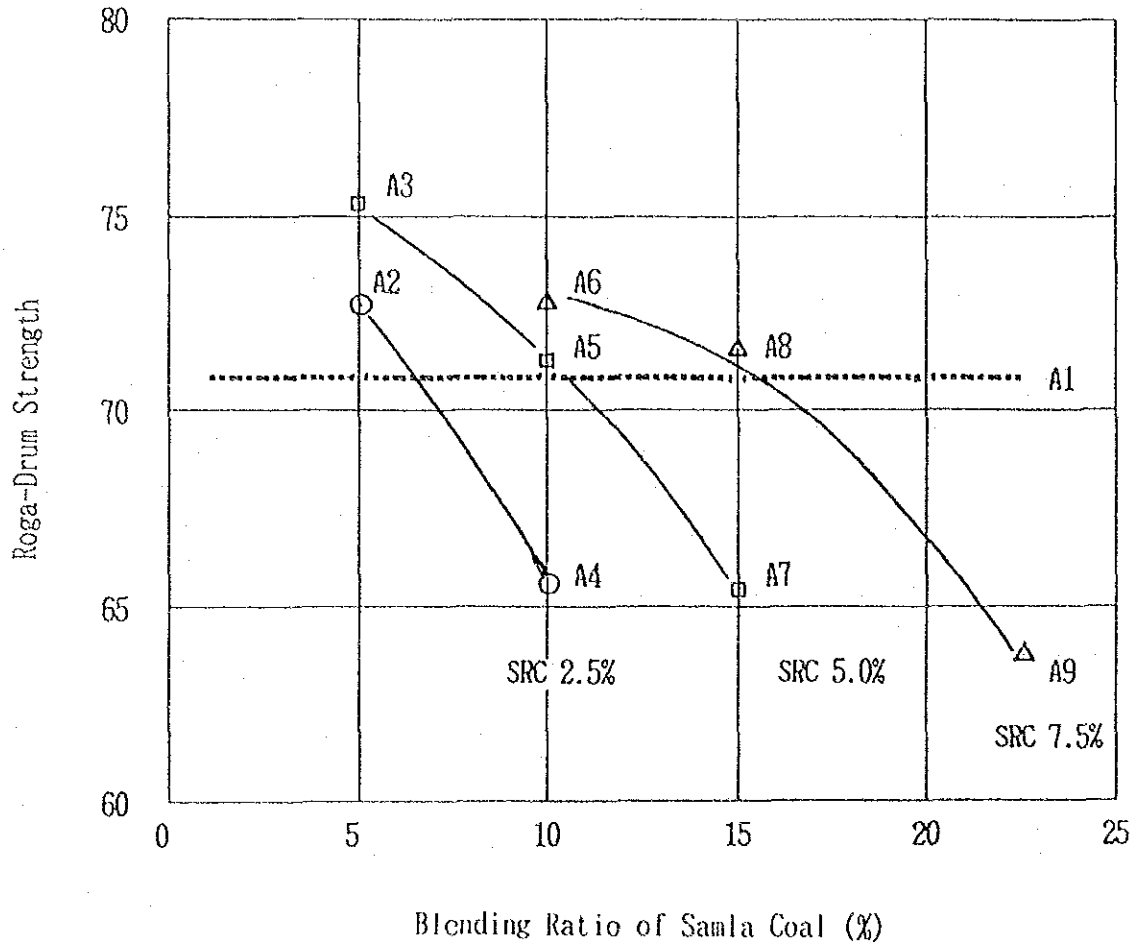


Figure 4.5.1 ROGA-DRUM STRENGTH OF COKE PRODUCED WITH BLENDING SAMLA COAL AND SRC

## 第 5 章 公害防止調査





## 第5章 公害防止調査

### 5.1 環境保全に係わる法規について

#### 5.1.1 インドの環境保護政策の歴史

インドでは既に19世紀後半に公害防止法が制定されているが、違反に対する罰則規定が甘く、ほとんど実効があがらなかった。

今世紀半ばに到り、Factories Act, 1948やIndustries (Development and Regulation) Act, 1951、の認可条件に、環境汚染防止の観点から工場立地を制限する条項が組み入れられたが、これらもまた十分に機能したとはいえない。

1970年代前半まではこの国の環境問題の中心は森林破壊、土壌流失及び砂漠化であり、工業化がもたらす公害は大都市においてようやく認識され始めたにすぎない。

したがって、この頃までは工業経営者にとって環境汚染はまだ深刻な問題としてとらえられていなかった。

一方同じ頃、先進工業国においては1960年代の急速な工業化に伴って公害が深刻化し、法による規制が強化され始めたが、1972年 Stockholmで開催された国連人間環境会議で環境保護問題は全世界的に認知されることとなった。

同じく1972年に ILOも初めて環境保護に強い関心を表明している。

インドの Factories Actは作業環境基準においては、ILOの基準に十分に合致し、先進国に比しても遜色のないものであった。

それにもかかわらずインドで工業化に伴う公害の問題への取り組みが遅れたのは、前述のごとくその頃までは工業化がいまだ成熟していなかったからである。

インドの環境保護法体系の根幹をなすものは、前記の Stockholm宣言を受けて1976年に成立した改正憲法である。

即ち第 48A条Protection and improvement of environment and safeguarding of forests and wild life - The State shall endeavour to protect and improve the environment and to safeguard the forests and the wild life of the country. が新たに挿入され、また第 51A条Fundamental duties- It shall be the duty of every citizen of Indiaに(g)項”to protect and improve the natural environment including forest, lakes, rivers and wild life, and to have compassion for living creatures”が追加されたのである。

これより先、第 4次 5ヶ年経済開発計画 (1969-1974)は詳しく環境問題にふれ、

環境と調和した開発計画を提唱している。

その頃まで環境行政はばらばらに中央政府及び各州の官庁で行われていたが、これを調整するためDepartment of Science and Technologyの中にNational Committee on Environment Planning and Coordination (NCEPC)が設立された。このNCEPCの業務は、1980年に設立されたDepartment of Environment (DOE)に引き継がれた。現在ではDOEはMinistry of Environment and Forestsに所属している。

現在インドで施行されている環境保護法の主なものはThe Water (Prevention and Control of Pollution) Act, 1974、The Air (Prevention and Control of Pollution) Act, 1981、及びThe Environment (Protection) Act, 1986、の3つである。

### 5.1.2 インドの現行法及び諸措置の概要

ここでは前記の主要な3つの法と諸措置の概要を述べる。

#### (1) The Water (Prevention and Control of Pollution) Act, 1974

本法は日本の水質汚濁防止法に相当する。

本法は、

- 1) Central Governmentと各Stateに夫々Board for the Prevention and Control of Water Pollutionを設立し、この国のWater pollution問題を効率的に処理するのに必要な権限を付与し、
- 2) 違反に対する罰則を規定し
- 3) 夫々Water testing laboratoryを設置し、Water pollutionの状況の把握と基準の設定に資する。

ことを目的とするものである。

Central Boardは国全体のWater pollution問題を取り扱う機関であり、政策立案及び実施に関しCentral Governmentに勧告を行い、State Boardを指導し、State Board間の問題の調整を行うなどの機能を有すると共に、Union TerritoriesにおいてはState Boardと同じ機能を持つ。

各 State Boardはその Stateにおいて上記の Central Boardと同様の機能を持つと共に、工場への立入検査、違反の告発、設備改善命令などの実行機関でもある。

なお、土壤汚染もこの法の対象となっている。

## (2) The Air (Prevention and Control of Pollution) Act, 1981

本法は日本の大気汚染防止法に相当する。

本法は前出の The Water Act, 1974、の7年後に成立したがその基本思想、構成は The Water Act, 1974、のそれとほぼ同じである。Central及び State Board for the Prevention and Control of Water Pollutionがこの Air Act, 1981、の業務の執行を委任された。

ただし、本法で主な大気汚染源として20の業種を特定し、

- 1) その工場の操業には State Boardの事前承認が必要であり、操業に当たってはその承認の条件を順守する。
- 2) その工場は State Boardから課された基準を超える量の汚染物質を排出せず、また官憲の立入検査に協力する。

ことを義務づけているのが Water Act, 1974、と比べて目新しい。

また本法には自動車の排気ガスの規制も含まれる。

更に現在では騒音規制も本法に含まれる。

## (3) The Environment (Protection) Act, 1986

本法は日本の公害対策基本法に相当する。

それまでの Water Act, 1974、Air Act, 1981、はその目的が限定されたものであり、インド政府としては環境保護政策を総合的に実施してゆくために包括的な法を必要としたのが本法制定の動機である。

更に本法によって環境保護における Central Governmentの権限が強化されている。

即ち、Central Governmentは環境保護のために国としての諸規則、基準を制定でき、更に工場の閉鎖、操業の停止、あるいは規制を行い、また、電力、用水などの供給停止、あるいは制限を命じることが可能となったのである。

そのほか違反に対する罰則も著しく厳しいものに修正された。

なお、本法は有害物質の取扱いの安全規制をも含む。

本法に基づく政令としては、Environment(Protection)Rules、1986、Hazardous Waste(Management and Handling)Rules、1989、Manufacture、Storage and Import of Hazadous Chemicals Rule、1989、などがある。

なお、Environment(Protection)Rule、1986に基づき国の基準 Minimum National Standards (MINAS)が制定されている。各 Stateの環境基準及び排出基準を MINASよりも厳しくすることは認められるが、緩和することは許されない。しかし現実には MINASよりも厳しい基準を採用している Stateはないようである。

MINASの具体的な数値については 5.3で述べることとする。

#### (4) その他の措置

上記の 3法の他に公害防止投資奨励制度と工業立地に関する環境及び安全面からの指針について述べることとする。

##### 1) 公害防止投資奨励制度

インド政府による公害防止投資への奨励制度には次のようなものがある。

- (a) 公害防止設備に対する償却率の割り増し
- (b) 公害防止設備に対する投資控除率の割り増し
- (c) 大都市地域から地方へ工場を移転する場合の譲渡所得に対する税の免除
- (d) 排水処理設備の措置者に対する用水使用税の減免

上記の諸制度は十分に手厚いものである。

## 2) 環境及び安全面からの工業立地指針

1985年 Ministry of Environment and Forestsは環境保護及び安全面からの工業立地指針を発表した。

本指針で特定された20業種に属する企業家が政府のIndustrial Licenseを取得するには、環境（公害及び安全）対策に関し State及びCentral Governmentの承認を、また、Central Government/International Agenciesの支持を必要とするprojectではCentral Governmentの Department of Environmentの承認を得ることが必要とされる。

更に特別な立地の場合は、企業家は環境アセスメント報告と環境管理計画の提出を要求される。

本指針は新規工場立地を既存の大都市周辺の過密工業地帯あるいは環境に敏感な地域から排除することを目的としており、極めて広汎かつ具体的な工業立地基準を示している。

その要求するところは極めて峻厳であり国土の狭隘な日本では到底対応できないであろう。

## (5) 日本とインドの環境法の整備状況の比較

日本とインドという互いに異なる法体系の国の環境に関する法の比較を行うことは決して容易ではない。しかし我々の検討したところでは両国の環境法はその精神、目的を同じうするものと理解されるが、法の整備状況で若干差があるように思われる。

以下に我々の気づいた所を具体的に示す。

- 1) インドではいまだ“公害の集積”に関する観念が乏しいようである。したがって排出の濃度規制はあるが総量規制は行われていない。
- 2) インドでは公害に係わる被害補償に関する法が整備されていないように思われる。
- 3) インドでは公害に係わる紛争処理に関する法が整備されていないように思われる。

- 4) インドでは特定工場における公害防止組織の整備に関する法がまだ整備されていないように思われる。

### 5.1.3 環境保護の問題点

前項で述べたとおりインドでは既に環境保護の法体系ができあがっているが、現実にその法が順守され環境が改善されつつあるかとなると若干疑問がある。

それにはいろいろな理由があると思うが、その主要なものを以下に述べたい。

#### (1) 公害防止のための社会資本、産業資本の不足

例えば、大都市周辺の水質汚濁の原因の 90%は生活排水に基づくという説がある。

しかし爆発的な大都市の人口増加に対処できるほど、その上・下水道及び排水処理設備の増強にむけられる政府及び自治体の予算は潤沢ではない。

現実に住宅の建設すらも需要の充足にはほど遠いのである。一方老朽化した中小の工場には公害防止設備を新たに設置する資本も工場のスペースすらも乏しく、さりとて地方へ移転する余力もないという。

大工場といえども十分な公害防止対策を実施できる資本が不足しているようである。

#### (2) 公害防止技術の未発達

まず環境測定のための計測技術がこの国では未発達である。

この分野の技術は現在も外国への依存度が高い。

公害防止技術はまだ国内市場が大きくなっていないことも影響して未発達である。

自動車の排気ガスによる大気汚染がなかなか改善されず、また石炭火力発電所で排煙脱硫が行われていないというような事実はその有力な例証である。

#### (3) 経済基盤の脆弱性

上記のほかにインドの経済基盤の脆弱性も無視できない。

例えばこの国では停電事故はまれではない。その都度工場の安定運転が阻害されれば、汚染物質の排出量の増加は必然的であろう。

また、工場ないし家庭で使用する水、石炭の品質は年々悪化しているという説がある。

もしこれが事実とすれば公害防止設備の負担は増すばかりである。

以上のような理由からある程度の基準違反が発生したとしても社会的にこれを容認せざるを得ないのが実状であろう。

しかし、インドは広大な国である。今もなおインドの大半の地域では環境の悪化を認め難い。大都市における過密な人口と多数の工場から生じる局所的な複合汚染と、大河の汚染、更に北部の鉱山、炭坑地帯の汚染がこの国の公害問題の中心である。

## 5.2 実証プラントからの汚染物質の排出濃度の評価

SRC実証プラントから発生する汚染物質は原料石炭、触媒及び燃料を源とする。これら原料石炭、触媒、燃料の使用量と汚染に係る成分につき順を追って述べる。

### 5.2.1 原料石炭、触媒、及び燃料

#### (1) 原料石炭の供給量と汚染源物質

原料石炭の使用量は500t/d (dryベース) とされているので dissolver への供給量は21,476kg/hとなる。

その構成は以下のとおりである。

乾燥石炭	20,833kg/h (97.0%)
水分	643kg/h (3.0%)

汚染源となる物質の分析値を Table 5.2.1に示す。

#### (2) 触媒

液化反応の触媒のpromotorとして 208kg/h (feed coalの1.0%) の elemental sulfurが使用される。この内、回収sulfurが55kg/hあるので fresh feedは 153kg/hである。このsulfurの形態が液化反応でどのように変化するかははっきりしないが、燃焼すれば容易に SO<sub>2</sub> を生成するものと考えられる。

#### (3) 燃料

SRC実証プラントでは、燃料として COG、 middle & heavy distillate ( SRC plantの副産物)、石炭及び C重油を使用する。この内 C重油は start upの時にしか使用しないのでここでは対象から除外する。そのほかの燃料の硫黄含有率は以下のとおりである。

middle & heavy distillate	: combustible sulfur	1.2 wt%
燃料用石炭(SAMLA, wet)	: combustible sulfur	0.33wt%



COG

: hydrogen sulfide

0.22mol%

## 5.2.2 汚染物質の生成量

### (1) 液化反応による汚染物質の生成

液化反応で生成するガス状汚染物質( $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{NH}_3$ )の量は以下のとおりである。

$\text{H}_2\text{S}$  : 0.3% of feed coal (d.a.f.) 59kg/h

$\text{NH}_3$  : 0.1% of feed coal (d.a.f.) 20kg/h

上記の数字をみると、原料石炭に含まれる S及び Nのごく一部が  $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{NH}_3$  に転換するにすぎない。その大半は SRC、liquid products及び filter cake中に残るがその形態は定かでない。

一方、phenolsの生成量は 9.8kg/hであり排水中に移行する。

### (2) 燃料からの汚染物質の生成量

燃料からの汚染物質のうち $\text{SO}_2$ の生成量の計算値を stack毎に Table 5.2.2(1)に示す。

heater及びboilerはすべてインド国内で調達されるものとする。

その排ガス中の  $\text{NO}_x$ 濃度の期待値をTable 5.5.2(2)に示す。

S.P.M.についてはboiler(BF1000)からのみ発生するものとする。

又COに関しては基準に比べて無視し得る濃度であるとする。

### (3) 灰の生成量

上記燃料から生成する灰のほとんどはSAMLA coal (ash約11%、wet base)に起因する。灰の totalは約 950kg/hと推定される。

### 5.3 実証プラントに設置されるべき公害防止システムについて

5.2において実証プラントから発生する汚染物質の量を示した。

5.3においてはこれらの汚染物質を処理するための設備の設計基準とこれによってデザインされた公害防止システムについて述べる。

#### 5.3.1 SRC実証プラントの公害防止設備の設計基準

ここでは SRC実証プラントの公害防止設備に適用すべき設計基準に関するJICA調査団とインド側との折衝の経緯と、両者の合意内容、及びこれに基づきJICA調査団が帰国後決定した設計基準について述べる。

##### (1) JICA調査団とインド側の折衝の経緯と合意内容

JICA調査団は先ず MECON本社を訪問し、次の二つの原則、即ち、

- 1) インド側の要請に答えて汚染物質の排出基準は日本の国家基準を適用する。
- 2) 建設費の低減を計るため、既存の公害防止設備をできるだけ利用し、あるいは共同投資を行う。

を説明し、了解を得た。

また、本プロジェクトでは環境アセスメント(environmental impact assessment)を行わないことを MECONは了解した。

次いで二度にわたりRourkelaのR.S.P.を訪問し、工場見学と折衝を行ったが、この間 Neyveliへの訪問や各地での情報、資料、文献の収集を行った。これらをベースに MECON本社で最終的な折衝が行われ、その合意内容は

1990年10月19、20日付けのMinutes of Meetingに要約されている。

このMinutes of Meetingの背景について以下に説明する。

- 1) R. S. P. の要請に基づき、SRC実証プラントはいずれの candidate plant siteにおいても独自の公害防止設備を建設し、ほかのunitと共用しないことを設計の基本方針とすることにした。
- 2) SRC実証プラントのIndustrial Licenseはこのプロジェクトの性格からしてCentral Governmentの所管事項となる公算が大きいと MECON は指摘した。  
したがってその環境対策はState standardでなくNational standardに合致しなくてはならない。しかし幸いに両者はその内容において同一水準にある。
- 3) インドでは各工業毎に排出基準が決められている。当然のことながらインドにはいまだ SRCというカテゴリーがないので、汚染物質の性格が似ているコークス炉のカテゴリーに SRC実証プラントを入れることに合意した。
- 4) 排水については、インドの国家基準の方が日本の国家基準よりも厳しいことが調査の結果判明したので、インドの国家基準を採用することにした。  
一方大気排出については、日本の国家基準の方が厳しいのでこれを採用することとした。
- 5) 更に MECONの要請を容れて新たに作業環境面の配慮を行うこととした。  
これにはIndian Factories Act、the Second Schedule及び Interplant Standards on Pollution Control of SAIL (IPSS)の基準を適用する。

ただし、常にインドの国家基準と日本の国家基準を慎重に比較し、より厳しい方の基準を採用することが原則である。

## (2) JICA調査団が帰国後決定した設計基準

JICA調査団は帰国後プラント設計の専門家の意見を容れて実証プラントの公害防止に関する設計基準を決定した。以下にその決定した基準を示すとともに根拠についても説明する。

## 1) 排水の水質基準

R. S. P. では排水は河川に放流されるので、河川放流の排水水質基準を採用する。Table 5.3.1に、決定した基準と、参考として両国の基準を併記する。

以下にこの決定について説明を付け加える。

- (a) 両国の基準の中で最も差が大きかつ重要な点はBOD<sub>5</sub>である。
- (b) インドの基準に無機塩の項目が多いのはこの国の川の流路が長く、塩害の懸念があるためかと思われる。
- (c) Item no. 35~40はインドに規定がなく、またRourkela周辺で問題になる要因がないと思われるので今回の基準から除外した。
- (d) 決定した基準が達成されるためには、SRCの原料石炭及びR. S. P. から受け入れる用水の成分について予め知っておく必要がある。幸い原料炭中の重金属含量を日本で分析した結果(Annex 5.3.1)とR. S. P. の原水水質の分析data (Annex 5.3.2)を見る限り、懸念すべき材料はないと思われる。

現実にはR. S. P. の排水水質試験のdataを見てもアンモニア性窒素を除く無機物質については全く言及されておらず、問題ないと考える。

## 2) 大気排出

### (a) 大気環境基準の比較

Table 5.3.2にインドと日本の大気環境基準値を示す。

SRC実証プラントのsiteは industrial and mixed use area に所属する。このareaのMINASと日本の国家環境基準を比べると、S. P. M. の値が後者において、より厳しいことが判る。

(b) 排出基準

以下にSO<sub>2</sub>、煤塵、Noxの排出基準と有害物質及び悪臭物質の処理について述べる。

a) SO<sub>2</sub>

日本におけるSO<sub>2</sub>の一般排出基準はSO<sub>2</sub>の排出量と煙突の高さの関係を次式で規定している。

$$q = K \times 10^{-3} H_e^2$$

この式において

q : 排出されるSO<sub>2</sub>の量(Nm<sup>3</sup>/h)

K : 地域毎に16のランクに分けて規定した常数

(K = 3.0~17.5)

H<sub>e</sub> : 実効煙突高さ(m)

一方インドでは煙突の高さは火力発電所以外のプラントに対しては基準がない。

ただし、Central Boardの下記指針がある。

- a. 煙突高さを最低 30mとする。
- b. プラントからSO<sub>2</sub>を排出する場合は、その煙突の最低の高さを次式で算出する。

$$H = 14(Q)^{0.3}$$

この式において

H : 煙突高さ(m)

Q : SO<sub>2</sub>排出量(Kg/h)

もし上式で算出されたHが30mを越える時はその高いH値を使用する。

前記の日本の計算式を採用するにはK値の選択の任意性が大きな障害となる。

対照的にインドの指針は極めて明快である。

更に極めて大まかな試算によればインドの指針は日本の基準の中でも厳しい方の範疇に入る。

したがって、SRC実証プラントではインドの上記指針を採用する。

b) 煤塵(dust and soot, or S.P.M.)

日本における煤塵の排出基準の内 SRC実証プラントに関係すると考えられるものを Table 5.3.3に示す。

一方インドでは先に述べた SO<sub>2</sub>の場合と同じく Central Boardの指針ではS.P.M.と煙突の最低の高さの関係を次式で規定している。

$$H = 74(Q)^{0.27}$$

この式において

H : 煙突の高さ(m)

Q : 排出S.P.M.の量(t/h)

SRC実証プラントの中でプロセスヒーターはガスあるいは middle & heavy distillate及び重油を使用するので、排煙中の煤塵濃度は小さく、処置を必要としない。

ただボイラーの燃料に石炭を使用するときは除塵装置を設ける必要があるかもしれない。(日本の石炭と較べて、インド炭の灰分は著しく高い。)

c) Nox

インドでは工場からの NO<sub>x</sub>排出が規制されているのは硝酸工場だけである。それも稀硝酸トン当り NO<sub>x</sub> 3Kgという規定である。

一方日本における NO<sub>x</sub>の排出基準の内 SRC実証プラントに関係すると考えられるものを Table 5.3.4に示す。

日本においても小規模なボイラーあるいはプロセスヒー

ターに脱硝装置を設けることは行われていない。

d) 有害物質及び悪臭物質

日本で規制される悪臭物質の内 SRC実証プラントのプロセスから発生するものは、アンモニアと硫化水素である。

この二つの物質の処理には日本のコークス炉工場で行われているプロセスを適用することで十分である。

e) 上記方針 (a)、b)、c)) の修正

第2次JICA missionが September '91にRanchiの MECON Officeを訪問したおりcounter partから (a)(b)(c)の排出基準について大きな変更の依頼を受けた。

その要旨は以下のとおりである。

a. インドでプラントを新增設するときは、大気環境基準 (Table 5.3.2) を順守することを所管官庁から要求される。新設プラントからの大気放出量は計算可能であるが、既設プラントからの放出の結果、現状の環境がどうなっているのかを知るには、長期間の測定が必要である。そのための時間と費用は無視できない。

b. そこで MECONは官庁の指導に従っていかなる地点でも次の formulaを満足するように stackの高さを算出している。

$$\Sigma C/Co < 1$$

ここでCoは環境基準最大許容濃度、Cは新增設プラントからの排出に基因する大気濃度である。

本プロジェクトではCco/Coco値が無視し得るほど小さいと考えられるので次式が適用される。

$$C_{SO_2}/120 + C_{NO_x}/120 + C_{S.P.M.}/500 < 1$$

(Cのunitは  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )

c. 上記の大気拡散の計算に当ってはIndian Standard - Guidelines for micrometeorological techniques

in air pollution studies (December 1978)を使用する。

(注：上記のインドの拡散計算法は本質的に日本で行われている計算法と同じである。ただし、条件設定が両国で異なっておりかつ、インドではcase studyの数が多い。)

JICA missionはMECONの要請を受け入れ、この計算法にしたがってstackの高さを決定することを約束した。我々の計算法は以下のとおりである。

対象とするstack ..... 5基  
effective chimney height .... Bosanquet's equation  
SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> dispersion ..... Pasquill's equation  
S.P.M. dispersion ..... Chamberlain's equation

設定条件は後出5.3.2(4)に記載のとおりである。

### 3) 固体廃棄物

SRC実証プラントから発生する固体廃棄物の処理法は以下のとおりである。

- (a) SRC filter cake : R.S.P.のボイラーの燃料に使用される。  
灰は従来どおり搬出される。
- (b) boilerからの灰 : これも (a)と同じように搬出される。
- (c) 活性汚泥残渣 : 無害であり、かつ発生量が小さい。微粉炭に混ぜてボイラーの燃料とする。

### 4) 騒音

インドにおける騒音の環境基準を Table 5.3.5に示す。

ただし、Table 5.3.5は工場の境界線における騒音水準を示すものとは解されない。

一方日本においては特定工場 (SRC実証プラントはこのカテゴリーに入る。)の境界線における騒音放出水準が規定されている。



Table 5.3.6にこれを示す。

Table 5.3.5と Table 5.3.6を直接比較することには無理があるが、日本の方が規制が厳しいように思われる。

しかし、SRC実証プラントが例えばR.S.P.工場内に設置されれば、騒音水準はR.S.P.の境界線で測定されるべきものであり、また騒音の排出源はSRC実証プラントだけではない。

したがって、SRC実証プラントの騒音排出基準を決めることは実質的に困難である。

#### 5) 作業環境基準

作業環境についてIPSS（1989年8月）が採用している基準をTable 5.3.7及び Table 5.3.8に示す。

Factories Act, the Second Schedule - Permissible Levels of Certain Chemical Substances in Work Environmentは100を越える化学物質を指定しているがSRC実証プラントでは、炭塵とSRC揮発分に対策を講じることとする。

そのほかの有害物質についてはSRC実証プラントがopen typeであるため、高濃度に達することはないと判断される。

いずれにせよ上記の二つの基準はAmerican Conference of Governmental Hygienist (ACGIH)のThreshold Limit Values and Biological Exposure Indicesに準拠したものと解され、日本の基準と同レベルにある。

したがって、SRC実証プラントが日本の設計慣習に従って行われる限り、インドの基準に抵触することはない。

そのほかMECONから要請された作業環境の衛生、安全に関する配慮は当然設計に当って採用される。

### 5.3.2 SRC実証プラントの公害防止システム

5.2に汚染物質の生成量を示した。

ここでは汚染物質の処理方法を述べる。

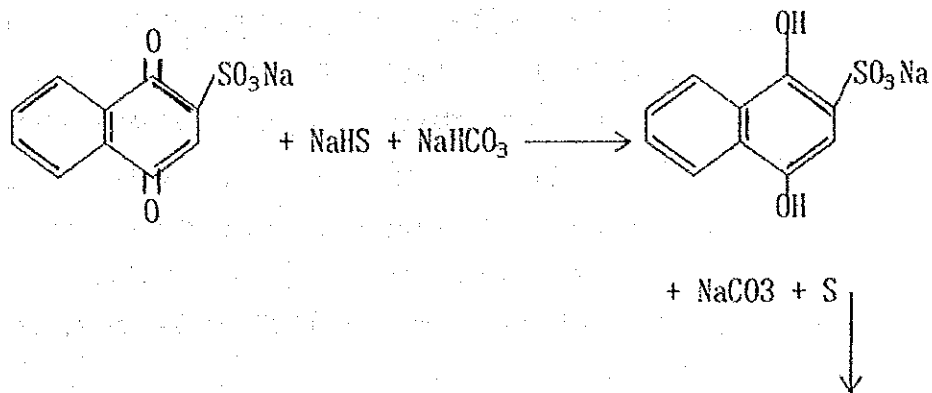
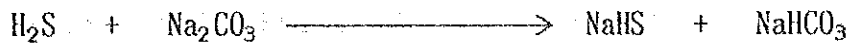
## (1) H<sub>2</sub>Sの処理

液化反応で生成した H<sub>2</sub>Sはその大半が 2nd high pressure separator 出口の crude H<sub>2</sub> rich gas中に含まれ、少量が low pressure separator off gas中に含まれる。

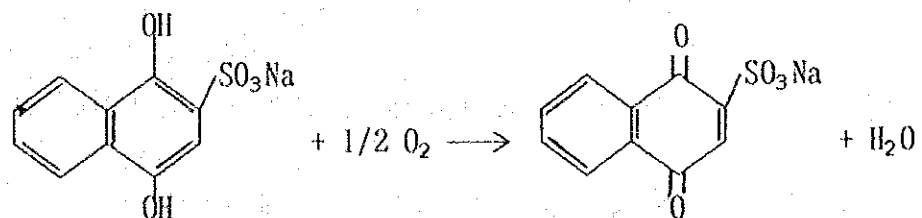
前者はDEA absorberで捕集され、DEA regeneratorで stripされる。後者はacid gas absorber (Benfield process)で捕集され、acid gas stripperで stripされる。このほか、sour waterのH<sub>2</sub>S stripperの塔頂からごく少量の H<sub>2</sub>Sが出てくる。上記の stripされた H<sub>2</sub>S gasはすべて TAKAHAX processで処理され、elemental sulfurとしてほとんど完全に (99%以上) 回収される。

TAKAHAX processの原理は以下のとおりである。

### 1) H<sub>2</sub>Sの吸収と酸化



### 2) 触媒の酸化 (再生)



## (2) NH<sub>3</sub>の処理

液化反応で生成したアンモニアの大半は 2nd high pressure separator OVHD gas中に含まれる。この gasはwater wash towerで洗浄され、アンモニアはsour water中へ移行する。

## (3) Suspended Particulate Matter(S.P.M.)の処理

boiler(BF1000) flue gasには多量のS.P.M.が含まれるので、電気集塵機を設置する。これによってS.P.M.のstackからの排出濃度を0.15g/Nm<sup>3</sup>に下げる。

## (4) Stackの高さの決定

SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>及びS.P.M.はprocess heater及びboilerの stackから大気中に放出される。

5.3.1(2)2)eで述べた方針に基づきかつ十分な安全係数をとって Table 5.3.9に示す stackの高さを決定した。この数値を用いて下記のごとく検討を行った。

SRC demonstration plantでは、(1)式を満足する大気汚染が許容される。

$$\frac{C_{SO_2}}{120} + \frac{C_{NO_x}}{120} + \frac{C_{SPM}}{500} < 1 \quad (1)$$

このプロジェクトにおいて、大気汚染の源である SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>とSPMを発生する炉及び stackと気象条件は次のごとくである。

Item No.		BA101	BA201	BA401	BA1901	BF1000
Service		Coal Heater	Dissolver Heater	Fractionator Heater	Hot Oil Heater	Boiler
Location						
X axis	(m)	315	215	175	0	70
Y axis	(m)	1485	1485	1450	1540	1550
Stack Hight	(m)	40	60	60	50	80
Stack Diameter	(m)	0.70	1.42	1.29	1.01	2.18
Flue Gas Temperature(°C)		80	180	250	250	180
Flue Gas Generation (Nm <sup>3</sup> /s)		1.493	6.637	4.070	2.506	18.549
SO <sub>2</sub> Concentration (V%)		0.0296	0.0527	0.0540	0.0543	0.0287
NOX Concentration (V%)		0.0070	0.0250	0.0250	0.0250	0.0750
SPM Concentration (g/Nm <sup>3</sup> )		0.0	0.0	0.0	0.0	0.15
Ambient Temperature (°C)		15	15	15	15	15
Atms. Temp. Gradient(°C/m)		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Stability Class		A	A	A	A	
N						0.200
C y						0.12
C z						0.12
Wind Direction		West	West	West	West	West
Wind Velocity	(m/s)					
Case - 1		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Case - 2		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Case - 3		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Case - 4		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0

計算結果の一例として、Bosanquet's equationとPasquill's equationによって計算されたWind Velocity 3.0m/sの時のSO<sub>2</sub>の地上1.5mにおける濃度等高線(Contour Map)は Figure 5.3.1に示すごとくである。

各風速における各pollutantの地上最大濃度とその位置は次のごとく算出された。

Wind Velocity (m/s)	1.0	1.5	2.0	3.0
Max. SO <sub>2</sub> Concentration				
3 minutes figure (Vppm)	0.0429	0.0535	0.0608	0.0661
8 hours figure (Vppm)	0.00563	0.00702	0.00798	0.00868
8 hours figure (micro g/Nm <sup>3</sup> )	16.1	20.1	22.8	24.8
Location at Max. Conc. (m)	840	750	660	600
Max. NO <sub>x</sub> Concentration				
3 minutes figure (Vppm)	0.0386	0.0478	0.0559	0.0627
8 hours figure (Vppm)	0.00507	0.00628	0.00734	0.00823
8 hours figure (micro g/Nm <sup>3</sup> )	7.1	8.8	10.3	11.6
Location at Max. conc. (m)	900	750	690	600
Max. SPM Concentration				
3 minutes figure (mg/Nm <sup>3</sup> )	0.0000	0.0004	0.0018	0.0040
8 hours figure (mg/Nm <sup>3</sup> )	0.0000	0.0001	0.0002	0.0005
8 hours figure (micro g/Nm <sup>3</sup> )	0.0	0.1	0.2	0.5
Location at Max. Conc. (m)	3000	3000	3000	2760
SPM Concentration at Max. SO <sub>2</sub> &NO <sub>x</sub>				
Location (m)	840	750	660	600
3 minute figure (mg/Nm <sup>3</sup> )	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8 hours figure (mg/Nm <sup>3</sup> )	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8 hours figure (micro g/Nm <sup>3</sup> )	0.0	0.0	0.0	0.0

以上のMaximum Pollutant's Concentrationのデータを (1)式に代入すると、

$$\frac{C_{SO_2}}{120} + \frac{C_{NO_x}}{120} + \frac{C_{SPM}}{500} = \frac{24.8}{120} + \frac{11.6}{120} + \frac{0.00}{500} = 0.3 < 1$$

となって、MECON方式の基準を満足することが証明された。

#### (5) 排水の処理

排水の内、process waste waterとplant oily waterは処理を要する。process waste waterは主として2nd high pressure separator、water wash tower及び2nd low pressure separatorで分離されるsour waterである。

これらの process waste waterを集め、 steam strippingを行い、  $H_2S$  と  $NH_3$  を順次 stripする。 stripされた  $H_2S$  は TAKAHAX装置へ送られ、また stripされた  $NH_3$  は flare stackで燃やされる。

上記の stripped process wasted waterと plant oily waterは cooling water blow down(CWBD)の添加で濃度調整された後 dissolved air floatation unitに入りここで残存する oilと suspended solidを除去され、次いで活性汚染泥装置に送られる。

Table 5.3.10に活性汚染泥装置のmaterial balanceを示す。

Table 5.3.10に示す最終排水の組成は設計基準を十分に満足するものである。

#### (6) 固体廃棄物の生成量

SRC実証プラントから排出される固体廃棄物は次のとおりである。

- 1) boiler及びheaterから発生する灰 (約950kg/h)
- 2) 活性汚泥cake (約50kg/h) (wet)
- 3) SRC filter cake(1,806kg/h) (sulfur content 10.4%, そのうち約 94% は catalyst promotorに由来する。)

上記の内1)の灰の埋立については問題ないと考える。2)の活性汚泥cakeは石炭に混ぜてboilerで燃やされる。3)はR. S. P.のboiler plantで燃料として使用してもらうこととするが、catalyst promotorとしてのsulfurがその中に含まれることに注意を要する。

#### (7) 騒音

SRC実証プラントから発生する騒音の等高線地図はFigure 5.3.2に示されるとおりである。

この等高線図は正規の運転を行っているときのプラントの中の騒音発生源 176台の機器の騒音をコンピューターで解析して作ったものである。

battery limitでの騒音レベル及びプラント内の騒音レベルは満足すべきものである。

(8) その他の作業環境

SRC実証プラント内の作業環境に関しては次の措置がとられる。

- 1) coal dust…coal handlingはなるべく closed systemで行うこととし、またcoal yardではwater sprinklerを設置し、coal dustの飛散を防止する。
- 2) SRC fume…SRC固化装置はなるべくclosed systemとし、fanで排気する。

Table 5.2.1 ANALYSIS OF RAW MATERIAL COAL (ASSAM COAL)  
AS THE ORIGIN OF POLLUTANTS

(1) Elemental Analysis of Assam Coal as the Origin of Pollutants

	Dry basis	d.a.f. basis
ash (%)	5.0	-
nitrogen (%)	1.1	1.2
total sulfur (%)	1.6	1.7
combustible sulfur (%)	1.5	1.6
Cl (mg/kg)	370	370

(2) Classification of Sulfur (Dry Basis)

Item	Content
sulfur as sulphate (%)	0.0
sulfur as pyrite (%)	0.2
organic sulfur (%)	1.4



Table 5.2.2 (1) QUANTITIES OF GENERATED SO<sub>2</sub> FROM EACH STACK  
CALCULATED FROM SULFUR CONTENT OF FUELS

Item No.	Service	Fuel Consumption		Quantity of SO <sub>2</sub> (kg/h)
		Names of Fuel	Quantity(kg/h)	
BA101	coal heater	COG	750(Nm <sup>3</sup> /h)	4.7
BA201	dissolver heater	byproduct distillate	1,510	36.2
BA401	fractionator heater	byproduct distillate	940	22.6
BA1901	hot oil heater	byproduct distillate	580	13.9
BF1000	boiler	coal (SAMLA)	8,300	54.8

Table 5.2.2 (2) EXPECTED NO<sub>x</sub> CONCENTRATION IN THE FLUE GAS

(unit:ppm)

Item No.	Service	Expected NO <sub>x</sub> Concentration
BA101	coal heater	70
BA202	dissolver heater	250
BA401	fractionator heater	250
BA1901	hot oil heater	250
BF1000	boiler	750

Table 5.3.1 STANDARDS FOR EFFLUENTS DISCHARGED INTO INLAND SURFACE WATER FROM SRC DEMONSTRATION PLANT - TOLERABLE LIMITS (1/3)

(generally expressed in mg/l)

No	Item	Standards to be applied to SRC demonstration plant	Reference		
			Indian national standards*		Japanese national standards
			general	coke ovens	
1	color and odour	note 1	note 1		
2	suspended solids (S.S.)	100	100	100	(daily avg. 150) 200
3	particle size of S.S.	shall pass 850 $\mu$ IS sieve	shall pass 850 $\mu$ IS sieve		
4	dissolved solids (inorg.)	2,100	2,100		
5	PH	5.5~9.0	5.5~9.0	5.5~9.0	5.8~8.6
6	temperature °C	note 2	note 2		
7	oil and grease	10	10	10	35 in total
8	total residual chlorine	1.0	1.0		
9	ammoniacal nitrogen (as N)	50	50	50	
10	total Kjeldahl nitrogen (as N)	100	100		(daily avg. 60) 120
11	free ammonia (as NH <sub>3</sub> )	5.0	5.0		
12	BOD <sub>5</sub>	30	30	30	(daily avg. 120) 160
13	COD	250	250		220~270 (for coke ovens)
14	As	0.2	0.2		0.5
15	Hg	0.005	0.01		0.005

Table 5.3.1 STANDARDS FOR EFFLUENTS DISCHARGED INTO INLAND SURFACE WATER FROM SRC DEMONSTRATION PLANT - TOLERABLE LIMITS (2/3)

(generally expressed in mg/l)

No	Item	Standards to be applied to SRC demonstration plant	Reference		
			Indian national standards*		Japanese national standards
			general	coke ovens	
16	Pb	0.1	0.1		1
17	Cd	0.1	2.0		0.1
18	Cr <sup>+6</sup>	0.1	0.1		0.5
19	total Cr	2.0	2.0		2
20	Cu	3.0	3.0		3
21	Zn	5.0	5.0		5
22	Se	0.05	0.05		
23	Ni	3.0	3.0		
24	B	2.0	2.0		
25	cyanide (as CN)	0.2	0.2	0.2	1
26	chloride (as Cl)	1,000	1,000		
27	fluoride (as F)	2.0	2.0		15
28	dissolved phosphates (as P)	5.0	5.0		(daily avg.8) 16
29	sulfate (as SO <sub>4</sub> )	1,000	1,000		
30	sulfide (as S)	2.0	2.0		
31	pesticides	absent	absent		
32	phenolic compds. (as C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH)	5	1.0	5	5
33	α-emitters (μc/ml)	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-7</sup>		
34	β-emitters (μc/ml)	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-6</sup>		
35	dissolved F	-			10
36	dissolved Mn	-			10

Table 5.3.1 STANDARDS FOR EFFLUENTS DISCHARGED INTO INLAND SURFACE WATER FROM SRC DEMONSTRATION PLANT - TOLERABLE LIMITS (3/3)

(generally expressed in mg/l)

No	Item	Standards to be applied to SRC demonstration plant	Reference		
			Indian national standards*		Japanese national standards
			general	coke ovens	
37	No. of coliform groups (/ml)	-			(daily avg.) 3.000
38	org. phosphorus	-			1
39	alkyl hg compds.	-			not detectable
40	PCB	-			0.003

Note 1 All efforts should be made to remove colour and unpleasant odour as far as practicable.

Note 2 Shall not exceed 40°C in any section of the stream within 15 meters downstream from the effluent outlet.

remark:\* Indian national standards is the synonym of MINAS. Notification of Ministry of Environment & Forests, Government of India, Schedule II, Sept. 12, 1988 and IS2490 Part VII (1981) for effluents from coke ovens.

Table 5.3.2 NATIONAL STANDARDS OF AMBIENT AIR QUALITIES  
IN INDIA AND JAPAN

(unit:ppm, Figures in parentheses show values in  $\mu\text{g}/\text{M}^3$ .)

Nation	India**			Japan
Area	industrial & mixed use	residential & rural	sensitive	
S.P.M.***	0.50 (500)	0.20 (200)	0.10 (100)	daily 0.10 hourly 0.20
SO <sub>2</sub>	0.04 (120)	0.03 (80)	0.01 (30)	daily 0.04 hourly 0.1
CO	4 (5,000)	2 (2,000)	0.9 (1,000)	daily 10 hourly 20
NOx	0.06 (120)	0.04 (80)	0.02 (30)	daily 0.04~0.06
Photochemical oxidants	-	-	-	hourly 0.06

Remarks:\* Figures in parentheses are the formal values in MINNAS.

\*\* The above limits should not be exceeded in 95% of the time.

\*\*\* S.P.M. means suspended particulate matters.

Table 5.3.3 JAPANESE NATIONAL GENERAL EMISSION STANDARDS FOR SOOT AND DUST\*1

Type of Facility	Type of Fuel	Volume of Flue Gas (10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup> /h)	General Emission Standard (mg/Nm <sup>3</sup> )	*2 On (%)
Boiler	Gas	Less than 4	100	5
	Liquid or liquid-gas mixture	Less than 1	300	4
		1~4	250	
		4~20	150	
Coal	Less than 4	300	6	
	4~20	200		
Process heaters for the production of coal tar products, etc.		Less than 4	150	6
		More than 4	100	

Remarks:

\*1 abstracted data which are deemed to be useful in the designing of SRC Demonstration Plant.

\*2 specified oxygen concentration in flue gas to be used in the following equation.

$$C = \frac{21 - O_n}{21 - O_s} \times C_s$$

where

C : soot and dust emission concentration

C<sub>s</sub>: actually observed soot and dust emission concentration

O<sub>s</sub>: actual oxygen concentration in flue gas

Table 5.3.4 JAPANESE NATIONAL EMISSION STANDARDS FOR NO<sub>x</sub>\*<sup>1</sup>

Type of Facility	Type of Fuel	Volume of Flue Gas (10 <sup>4</sup> Nm <sup>3</sup> /h)	General Emission Standard * <sup>2</sup> (mg/Nm <sup>3</sup> )	On (%)
Boiler	Gas	Less than 1	150	5
		1~4	130	
	Solid fuel (including coal)	Less than 4 4~70	350 250	6
Process heaters for the production of coal tar products, etc.	Liquid	Less than 1	180	4
		1~50	150	
Process heaters for the production of coal tar products, etc.		0.5~1	150	6
		1~4	130	

Remarks:

\*1 abstracted data which are deemed to be useful in the designing of SRC Demonstration Plant.

\*2 to be applied to newly built facilities.

Table 5.3.5 AMBIENT AIR QUALITY STANDARDS IN RESPECT OF NOISE  
IN INDIA (1989)

Category of Area  Area Code	Noise Limits in dB(A)	
	Day Time	Night Time
(A) Industrial area	75	70
(B) Commercial area	65	55
(C) Residential area	55	45
(D) Silence Zone	50	40

Note-1 Day time is reckoned in between 6 a.m., and 9 p.m.

Note-2 Night time is reckoned in between 9 p.m., and 6 a.m.

Note-3 Silence zone is defined as areas upto 100 meters around such premises as hospitals, educational institutions and courts. The Silence zones are to be declared by the Competent Authority.  
Use of vehicular horns, loudspeakers and bursting of crackers shall be banned in these zones.

Note-4 Mixed categories of areas should be declared as one of the four above mentioned categories by the Competent Authority and the corresponding standards shall apply.



Table 5.3.6 REGULATORY STANDARDS FOR NOISE EMITTED FROM SPECIFIED FACTORIES (SUMMARY) IN JAPAN (AMENDED IN 1986)

Time Area	Daytime	Morning Evening	Nighttime	Applicable Areas
I	45dB(A)- 50dB(A)	40dB(A)- 45dB(A)	40dB(A)- 45dB(A)	Areas where maintenance of quiet is particularly needed to preserve a good living environment.
II	50dB(A)- 60dB(A)	45dB(A)- 50dB(A)	40dB(A)- 50dB(A)	Areas where quiet is needed for as they are used for residential purposes.
III	60dB(A)- 65dB(A)	55dB(A)- 65dB(A)	50dB(A)- 55dB(A)	Areas used for commercial and industrial as well as residential purposes where there is a need to preserve the living environment of local residents.
IV	65dB(A)- 70dB(A)	60dB(A)- 70dB(A)	55dB(A)- 65dB(A)	Areas mainly serving industrial purposes which are in need of measures to prevent the living environment of local residents from deteriorating.

Note: Noise level shall be measured at the boundary line of the specified factory.

Table 5.3.7 THRESHOLD LIMIT VALUE (TLV) FOR 8 HOURS WORKING BY IPSS  
 \*((TIME WEIGHED AVERAGE CONCENTRATION (T.W.A.))

Item	TLV/8 hours	T.W.A.* (mg/Nm <sup>3</sup> )	T.W.A.* (ppm)
S.P.M. (<10 $\mu$ )		5	
S.P.M. (total)		10	
SO <sub>2</sub>		13.6	5
NOx		6	3

Table 5.3.8 PERMISSIBLE EXPOSURE IN AREAS OF CONTINUOUS NOISE  
BY IPSS

Total time exposure (Continuous or a No. of short exposures per day)	Sound pressure levels
Hours	dB(A)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1 1/2	102
1	105
3/4	107
1/2	110
1/4	115

Other recommendations:

100 impulses per day for 140 dB(A)

1,000 impulses per day for 120 dB(A)

Table 5.3.9 HEIGHT OF STACKS

No.	Service	Quantity of SO <sub>2</sub> (kg/h)	NOx Concentration in flue gas (ppm)	S.P.M. Concentration in flue gas (g/Nm <sup>3</sup> )	Designed stack height (m)
BA101	coal heater	4.7	70	0.0	40
BA201	dissolver heater	36.2	250	0.0	60
BA401	fractionator heater	22.6	250	0.0	60
BA1901	hot oil heater	13.9	250	0.0	50
BF1000	boiler	54.8	750	0.15	80

Table 5.3.10 MATERIAL BALANCE OF WASTE WATER AT ACTIVATED SLUDGE TREATMENT

Stream Component	Stripped sour water (total)	CWBD	Treated plant oily water	Total feed to AS	AS treated water	Additional CWBD	Finally dis- charged water
H <sub>2</sub> O (kg/h)	1,915	4,600	200	6,715	6,715	45,400	52,115
Phenols (mg/l)	5,000	-	-	1,450	5	-	1
NH <sub>3</sub> (mg/l)	50	-	-	15	5	-	1
H <sub>2</sub> S (mg/l)	5	-	-	2	-	-	-
BOD <sub>5</sub> (mg/l)	5,000	-	700	1,500	25	-	3
COD (mg/l)	10,000	-	3,500	3,000	230	-	30
S.S. (mg/l)	-	-	70	-	30	-	4

Remarks: 1. Contaminations by CWBD itself are disregarded.

2. Sludge cake production is estimated to be about 50kg/h (wet base).



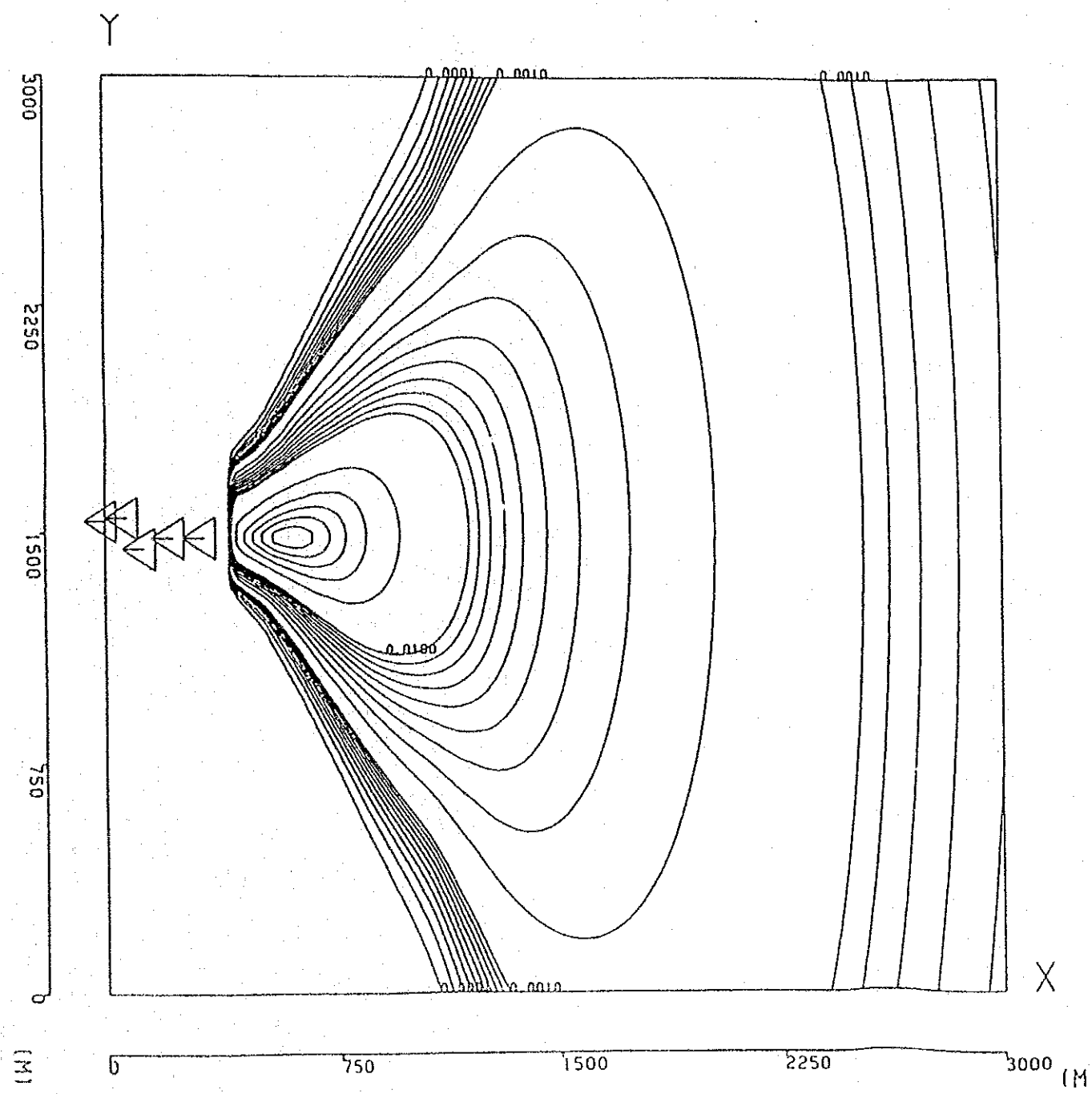
INPUT DATA

ITEM NO: BA-101.-201.-401.-1901.BF-1000

METEOROLOGICAL DATA T1 = 15.000 (.C) AMBIENT TEMPERATURE.  
 U = 3.000 (M/SEC) MEAN WIND SPEED.  
 THEATA = 0.0 (DEGREE) MEAN WIND DIRECTION.  
 DTHDZ = 0.010 (.C/M) GRADIENT OF POTENTIAL ATMOSPHERIC TEMPERATURE.

STACK DATA

NO	NAME	EFFLUENT	HO(M)	HE(M)	D(M)	TE(.C)	VG(M/S)	QV1(NM3/S)	CONC(X)	X0(M)	Y0(M)
1	BA101		40.0	45.8	0.700	80.0	5.018	1.493	0.029590	315.0	1485.0
2	BA201		60.0	95.7	1.420	180.0	6.956	6.637	0.052740	215.0	1485.0
3	BA401		60.0	93.4	1.290	250.0	5.967	4.070	0.054030	125.0	1450.0
4	BA1901		50.0	72.8	1.010	250.0	5.994	2.506	0.054320	0.0	1540.0
5	BF1000		80.0	147.8	2.180	180.0	6.957	15.644	0.028710	70.0	1550.0



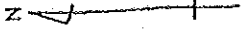
OUTPUT DATA

CHAX = 0.661139E-01 (PPM)  
 MAXIMUM CONCENTRATION AT THE POINT X = 600.0M, Y = 1500.0M

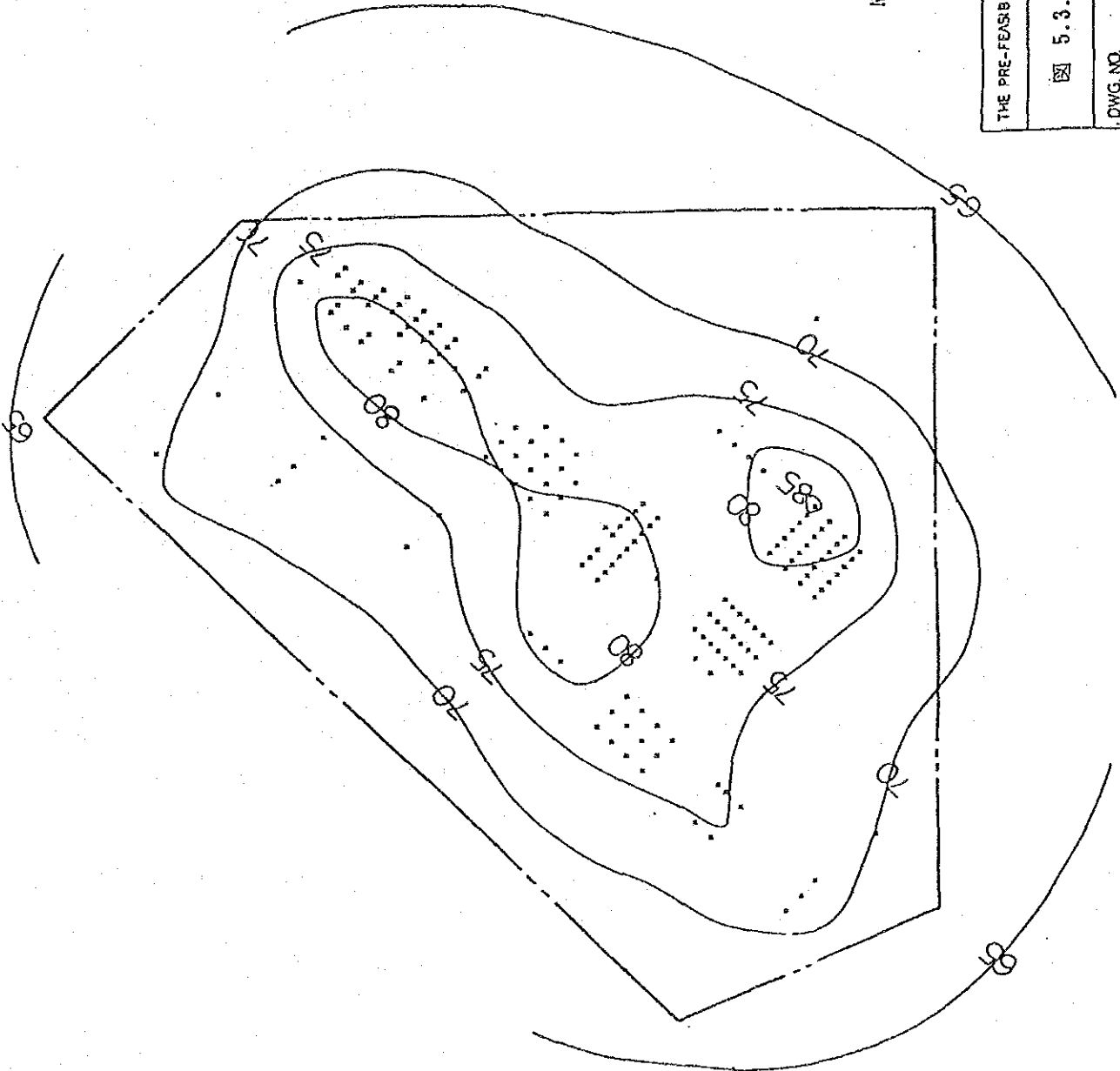
THE PRE-FEASIBILITY STUDY ON THE SRC DEVELOPMENT IN INDIA	
Figure 5.3.1	
SULFUREDIOXIDE CONCENTRATION CONTOUR MAP	
DWG. NO.	JICA







Note:  
..... Noise source  
Unit ..... dB A



THE PRE-FEASIBILITY STUDY ON THE SRC DEVELOPMENT IN INDIA	
5.3.2	NOISE LEVEL CONTOUR MAP
DWG. NO.	JICA



## 第6章 炭種選定と実証プラント建設予定地選定



## 第6章 炭種選定と実証プラント建設予定地選定

### 6.1 炭種選定

本調査においては、2つの炭種の選定を行う必要がある。

1つは SRC原料石炭の選定である。これは SRC用候補炭として挙げられている 5炭種からプラント設計用の対象炭として 1炭種選定することである。ほかの 1つはコークス製造において SRCとともに配合する非粘結炭の選定である。

以下にその選定の方法、手順、結論についてまとめる。

#### 6.1.1 SRC原料石炭

SRC原料石炭の選定には、3.2の項で示したように、オートクレーブ試験による製品収率評価及びコークス製造試験による SRCの性能評価の 2要因に、ほかの要因として実証プラント建設地条件、経済条件、実証プラントの運営主体の能力等を加味して、検討することが必要である。

なお、石炭の資源量に関しては 3.2の項で記述したとおりインド側が 5炭種とも埋蔵量を考慮して候補炭として選定したものであり、また、現地調査で入手した資料からも 500t/d実証プラントのライフに必要な量は存在すると判断した。

5炭種から 1炭種 1反応条件を選定するためのオートクレーブテストは 3.3の項で述べたとおり TEST-1、TEST-2、の 2ステップで実施した。

以下に順を追って記述する。

##### (1) 5炭種から 2炭種の選定

TEST-1が 5炭種から 2炭種の選定用である。3.3.6に詳述したとおり、テトラリンを溶剤に使用した TEST-1の条件下では、Assam炭が最も溶解率が高く、Neyveliリグナイト、Samla炭がそれに次ぐが、その両者の優劣はつけにくい。Argada-Sirka炭と O/Aミドリングは灰分及び未溶解石炭分が多く、したがって生成油収率が低いことから、実操業において循環溶剤が不足してプロセスが成立しないと考えられるので、選定対象から除外する。TEST-1の試験結果からは、Assam炭が最も優れ、第一候補として挙げられる。したがってあとの 1炭種の選定は Neyveliリグナイトと Samla炭の比較になる。この両炭種の場合、問題になるのは SRCプラントの立地で

ある。調査団としては 6.2の項で述べるとおり本 SRC計画の推進は炭鉄会社ではなくSAILが行うべきであると判断し実証プラント建設地はRourkela製鉄所が妥当と考える。リグナイトは水分 50%を含み、自然発火しやすい性質のもので、輸送上の困難性が考えられ、産地が同製鉄所から約 1,700 km離れており輸送コスト高になることは避けられない。Samla炭は同製鉄所に近い炭田に存在し輸送面で有利である。インド側が第一候補に挙げたのも炭質のほかにその理由があるからと考えられる。したがって、この観点からリグナイトよりも Samla炭を選ぶほうが妥当であると判断し、TEST-2に供する石炭は Assam炭と Samla炭にすることにした。

## (2) 2炭種から 1炭種の選定

TEST-2では Samla炭と Assam炭の 2炭種について、オートクレーブにより溶剤にテトラリンとアントラセンを使用して両炭種それぞれの溶解性、生成物収率及び最適反応条件を比較した。更にこの試験条件の内、製品収率に影響の大きい反応温度条件を 3水準選び、2炭種 3条件即ち 6種類の SRC試料を作り、この SRCを使用したコークス製造試験を実施して、コークス製造面からみた SRCの性能評価を行った。これらの結果から最適な SRCの原料石炭の炭種及び反応条件を選定することとした。

結果は、3.3.7に詳述したとおり、製品収率の面で Assam炭が Samla炭よりも優位であることが判明した。一方 4.4.3に詳述したとおり SRC配合コークス製造試験を実施した結果は、原料石炭の種類及び反応条件による SRCの性能には明確な差があるとは認められなかった。

したがって SRC製造面からみて製品収率の高い Assam炭が有利である。しかし Samla炭はインド東部の主要炭田の中にあり、製鉄所に近いので供給面で有利なことから Samla炭で採算がとれるのであれば Samla炭をこの Pre-F/Sの基本ケースの石炭に選ぶことは妥当であると考えられる。そのため Assam炭と Samla炭について予備的なコークス製造コスト試算を行ってみた。Table 6.1.1に Assam炭、Table 6.1.2に Samla炭を使用して SRCを製造する場合のコスト計算、Table 6.1.3にRourkela製鉄所での現在のコークス生産コストと Assam炭及び Samla炭の SRCを製造してコークスを生産する場合のコスト計算を示す。SRCプラント設備費を Assamの場合は 255百万米ドル、Samlaの場合は 307百万米ドルと見積もった。コークス生産の配合比として SRC5%の場合で非粘結炭の配合比を 10%として計算した。その結果、Assam炭 SRCの場合が現在のコークス生産コストに近いが、Samla炭 SRCの場合にはコークス生産コストは現在のコークスコス

トより極めて高い。このことから、Samla炭 SRCで採算のとれる見込みは通常の考え方ではないと判断される。

以上総合して今回の Pre-F/Sの対象炭としては Assam炭を基本ケースとして選ぶのが最も妥当であるとの結論に達した。なお基本ケースのほかに第二候補の Samla炭を利用した場合のケースも参考として補足することとする。

なお、調査団は第 3次訪印の際、インド側から SRC原料として Assam炭と Samla炭を 50:50の比で混合した場合についての検討を要請された。混合炭についての試験は実施していないがこのケースについては推定にて試算を行うこととする。

#### 6.1.2 コークス配合用非粘結炭

3.2.2に記述したとおり今回の調査においては、SRC用に選定された 5炭種の中からコークス配合用非粘結炭を選ぶこととなり、Samla炭をその対象とした。その理由を再度記すと、Assam炭は粘結性のある石炭で、既にBlendable coalとして製鉄コークス用に使用されているので除外する。Neyveliリグナイトは褐炭の性質上コークス原料には適してない。O/Aミドリングはコークス用炭の水洗ミドリングを造粒脱灰したものであるが、まだ高灰分であり不適である。したがって対象となるのは Samla炭とArgada-Sirka炭となり、その両者を比べると灰分の低い Samla炭が有利と判断したためである。しかし Samla炭は本来 SRC原料として選ばれた石炭であるため比較的揮発分が多く石炭化度が低い。インドのコークス配合炭は 4.3.2に記述したとおり、日本で使用されている装入炭より流動性の高いことが判明した。流動性の高いインドの配合炭に流動性の高い SRCを添加するとき、同時に配合する非粘結炭が Samla炭に類する石炭化度の低すぎる石炭では顕著な効果が出ない。したがって今後コークス配合用として適する非粘結炭の選定が必要と考えられる。

## 6.2 SRC実証プラントのサイト選定

SRC実証プラントのサイトとしては、事前調査団により、Rourkela（ルールケラー）製鉄所を第一候補として、そのほかのサイトとして SRC用原料炭立地の可能性を調査することが決められている。原料炭立地については、その必然性があまり高くないので、立地の可能性のみを調査した。以下にその調査結果を述べる。

### 6.2.1 Rourkela製鉄所のサイト条件

#### (1) 位置

Rourkelaはインド東部Orissa州にある製鉄所を中心とする町で、カルカッタの西約 350kmに位置する。（鉄道距離で 415km）

サイト候補地はこの町にあるRourkela製鉄所の敷地内にある。

付近はおおむね平地で、所々に丘陵が見られる。近くにBrahmani川の支流である Sankh川が流れており、工業用水はここから取水している。

Figure 6.2.1、Figure 6.2.2に製鉄所及び周辺部の地図を示す。Rourkela製鉄所は高炉 4基を有する一貫製鉄所で、熔銑約 130万トン/年を基に各種鉄鋼製品を生産している。操業開始は1959年である。

また、コークス炉 5炉団とその副産物精製設備を有し、各種タール製品やベンゾール製品等を製造している。ほかに肥料プラントと火力発電所があり、肥料プラントではCAN (Calcium Ammonium Nitrate)を製造し、火力発電所は約 130MWの電力を発電し、工場内の電力需要の約 90%を賄っている。

SRC実証プラントに関連するコークス炉関連設備については、詳細を次節に述べる。また、実証プラントの候補サイト及び利用可能な工場設備については第7章で述べる。

#### (2) 高炉、コークス炉及びコークス副産物生産設備の操業の現状

##### 1) 概況

Rourkela製鉄所の 1989-90年における生産は熔銑が 1,261,011トン、コークス (dry)が 1,318,503トン、コークス炉ガス 476,556,000m<sup>3</sup>、粗タールが 51,504トン、粗ベンゾールが 5,527kl、硫安が 12,030ト



ンであった。

Figure 6.2.3に 1989-90年におけるコークス及びコークス副産物（一次副産物及び二次副産物）の生産フローを示した。

1989-90年の生産計画（Corporate Plan upto 2000 AD, May 1987）と生産実績を比較すると、熔銑生産実績は計画の 93.4%、コークス用炭の消費実績は計画の 82.7%、高炉用コークスの消費実績は計画の 90.3%といずれも実績が計画を下回っている。

Table 6.2.1にRourkela製鉄所の 1989-90年の熔銑、コークス及びコークス副産物の生産計画と実績の比較を示した。

1990-91年における生産は熔銑が 1,326,000トン、コークス（dry）が 1,218,802トン、粗タールは46,263トン、粗ベンゾールが 4,763kl、硫安が 11,060トンであった。

Figure 6.2.4に 1990-91年におけるコークス及びコークス副産物（一次副産物及び二次副産物）の生産フローを示した。

## 2) 高炉の操業

Table 6.2.2に 1989-90年におけるRourkela製鉄所の高炉操業実績を示した。それによると、Rourkela製鉄所の高炉は第Ⅰ高炉が1959年1月に操業を開始してから、第Ⅱ高炉が1960年1月に、第Ⅲ高炉が1962年1月に、第Ⅳ高炉が1967年7月に操業を開始した。

1989-90年における高炉の有効容積は第Ⅰ高炉、第Ⅱ高炉、第Ⅲ高炉がそれぞれ 1,139m<sup>3</sup>、第Ⅳ高炉が 1,658m<sup>3</sup>で、4基合計で 5,075m<sup>3</sup>となっている。

1989-90年における高炉生産能力は第Ⅰ高炉、第Ⅱ高炉、第Ⅲ高炉がそれぞれ1,000t/d、第Ⅳ高炉が1,500t/dで、4基合計で4,500t/dと示されているが、実際の生産の平均は一日 3,660トンであり、最高の時は 5,152トンであった。

1989-90年における熔銑生産は、第Ⅰ高炉が 339,491トン、第Ⅱ高炉が 335,601トン、第Ⅲ高炉が 327,405トン、第Ⅳ高炉が 258,514トンで、4基合計で 1,261,011トンとなっている。1990-91年における熔銑生産は合計 1,326,000トンであった。

1989-90年に生産された熔銑はS.M.S. (Steel Melting Shop)に全生

産量の 93.4%に相当する1,178,345トンが送られ、残り 82,666トンが P.C.M. (Pig Casting Machine)に送られた。

1989-90年におけるコークス比 (コークスkg/熔銑 t) は第I高炉が 733、第II高炉が 727、第III高炉が 710、第IV高炉が 733で、4基平均で 725であった。

### 3) コークス炉の操業

Rourkela製鉄所のコークス炉は 5炉団があり、3炉団 (第I炉団70門、第II炉団70門、第III炉団70門) が 1MMt.Unit (粗鋼 100万トン設備) に対応して建設され、2炉団 (第IV炉団80門、第V炉団80門) が 0.8MMt.Unit (粗鋼80万トン設備) に対応して建設された。

各炉団は次の Tableに示すようにそれぞれ(a)(b)の Sub-Batteryで構成されている。

Rourkela製鉄所のコークス炉

項 目	第I炉団	第II炉団	第III炉団	第IV炉団	第V炉団	合 計
Commissioned	(a) 22.3.60	3.12.58	7.11.62	30.12.66	21.9.74	
	(b) 5.4.60	5.1.59	21.11.62	6.2.69	27.12.83	
Oven Installed	(a) 35	35	35	40	40	
	(b) 35	35	35	40	40	
	(a+b) 70	70	70	80	80	370
<b>1989-90年操業実績</b>						
Oven Operated	68	56	-	80	39	243
Ovens Pushed (Nos.)	28,950	22,622	-	34,562	17,492	103,626
Coking Times (h-min)	20-35	21-41	-	20-17	19-32	20-33

出所: Annual Statistics 1989-90, Rourkela Steel Plant.

1989-90年には第III炉団(a)(b)第V炉団 (b)が修理中であり合計



が 36.9%、Imported Coalが 30.9%、M.C.C.が 31.8%、H.V. Coalが 0.4%であった。

1989-90年のRourkela製鉄所のコークス (dry)生産量は dryベースで Hard Cokeが 1,098,314トン、Nut が78,710トン、Mixed Cokeが 141,479トン、合計 1,318,503トンであった。1989-90年のRourkela製鉄所のコークス (dry)収率は Hard Cokeが63.26%、Nut Cokeが 4.54%、Mixed Cokeが 8.15%、合計コークス (dry)収率は75.95%であった。

1990-91年のRourkela製鉄所のコークス (dry)生産量は dryベースで Hard Cokeが 1,015,263トン、Nut Cokeが67,502トン、Mixed Cokeが 136,037トン、合計 1,218,802トンであった。1990-91年のRourkela製鉄所のコークス (dry)収率は Hard Cokeが63.21%、Nut Cokeが 4.20%、Mixed Cokeが 8.47%、合計コークス (dry)収率は 75.88%であった。

#### 4) コークス副産物生産設備の操業

Rourkelaのコークス副産物生産設備としては、粗タール蒸留設備、粗ベンゾール精製・蒸留設備及び硫安生産設備が稼働している。

コークス副産物は一次副産物と二次副産物に大別される。一次副産物はコークス炉ガス、粗タール、粗ベンゾール及び硫安である。二次副産物は粗タールの処理製品であるタール製品及び粗ベンゾールを精製処理したベンゾール製品である。Table 6.2.4にRourkela製鉄所のコークス副産物生産実績を示した。

粗タール蒸留設備の蒸留能力は300t/d ( 100,000 t/y) ベンゾール精製設備能力は 50t/d ( 16,670t/y) である。1989-90年の粗タールの蒸留量は52,530トン、粗ベンゾールの精製量は 5,462トン ( 6,305kl)だったので、粗タール蒸留設備の稼働率は 51.5%、粗ベンゾール精製設備の稼働率は 32.8%と極めて低い稼働率であった。

Rourkela製鉄所の 1989-90年におけるコークス一次副産物の生産はコークス炉ガスが476,556,000Nm<sup>3</sup>、粗タールが51,504トン、粗ベンゾールが 5,527kl ( 4,786トン)、硫安が12,030トンであった。

タール製品の生産は粗タール52,530トンが蒸留され、Extra Hard

Pitch 25,600トン、Coal Tar Heavy Oil 9,722トン、Wash Oil 5,444トン、Crude Naphthalene Oil 3,391トン、Light Oil 171トン、Ammonia Liquor 1,537トン、Crude Carbolie Oil 1,557トンなど Tar Processed Productsが合計51,102トン生産された。

Crude Naphthalene Oilは処理されて Pressed Naphthalene Oil 1,058トン、Hot Pressed Naphthalene 2,027トンが分離・生産された。

Crude Carbolie Acidは処理されて Sodium Phenolate 1,469トンが得られたが、Sodium Phenolateは更に処理されて Pure Phenol 64トン、Neutral Oil 1,166トン、M.P. Cresol/Cresylic Acid 127トンが分離・生産された。

ベンゾール製品は粗ベンゾールの加圧水素添加によって Raffinate 5,342klを生産し、この Raffinateに在庫 Raffinateを加えた 5,362klが精留され各種製品が生産された。1989-90年のベンゾール製品の合計生産量は 4,991klで内訳はベンゾールが 3,011kl、トルエンが 1,088kl、ソルベント・ナフサが 381kl、Fore-runings 449kl、工業用ベンゾールが62klとなっている。

1990-91年におけるコークス一次副産物の生産は粗タールが46,263トン、粗ベンゾールが 4,763kl、硫安が 110,060トンであった。

タール製品及びベンゾール製品の 1990-91年における製品別生産実績を Figure 6.2.4に示した。

### (3) 高炉、コークス炉及びコークス副産物生産設備の将来操業計画

#### 1) 概況

Rourkela製鉄所における 1994-95年（近代化完了後）、1999-2000年の熔銑、コークス及び副産物の生産計画を Figure 6.2.5及び Figure 6.2.6に示す。1994-95年のRourkela製鉄所の生産計画は熔銑が 2,000,000トン、高炉用コークスが 1,490,000トン、粗タールが 85,700トン、粗ベンゾールが11,200トン、硫安が20,200トン、コークス炉ガス 616,700,000m<sup>3</sup>となっている。

1999-2000年のRourkela製鉄所の生産計画は熔銑が 3,180,000トン、高炉用コークスが 2,093,000トン、粗タールが94,700トン、粗ベンゾ

ールが15,000トン、硫安が26,900トン、コークス炉ガス 822,000,000 m<sup>3</sup>となっている。

## 2) 高炉の操業

Rourkela製鉄所における高炉生産能力は 1994-95年が204万トン/年、1999-2000年が327.1万トン/年と計画されている。

この生産能力増加は 1994-95年は高炉生産性の向上、1999-2000年は高炉 1基の増設と高炉生産性の向上の諸計画による。

Rourkela製鉄所の高炉生産性(Hot Metal t/d/Blast Furnace Volume)は 1989-90年実績が 0.703(t/d/m<sup>3</sup>)であったが、改善目標値は 1994-95年が 1.130(t/d/m<sup>3</sup>)、1999-2000年が 1.300(t/d/m<sup>3</sup>)である。高炉の有効容積は 1989-90年の 5,075m<sup>3</sup>から 1999-2000年に 7,075m<sup>3</sup>に増加する計画である。

Rourkela製鉄所のコークス比(高炉用コークス kg/熔銑 ton)は 1989-90年実績が 725.4であったが、改善目標値は1995年が 700、1999-2000年が 600である。熔銑生産計画量は 1995年が 200万トン、1999-2000年が 318万 トンであるから、高炉用コークスの消費量は 1994-95年が 140万トン、1999-2000年が 190.8万トンと予測されている。

## 3) コークス炉の操業

Rourkela製鉄所で現在修理中のコークス炉団はすべて 1994-95年までに修理が完成すると考えられるので 1994-95年の稼働炉団数は 5、門数は 370と予測される。

1999-2000年までに新炉団 1基の建設が計画されているので、1999-2000年の稼働炉団数は 6、門数は 450と予測される。

コークス生産量は1995年が 176.8万トン、1999-2000年が 227.2万トンと予測され、その内、高炉用コークスの生産は 1994-95年が 149万トン、1999-2000年が 209.3万トンと予測されている。

高炉用コークス(dry)の装入炭(dry) 1トン当りの収量は 1989-90年が 677.9kg、1990-91年が 674.1kg、1999-2000年の予測は 700kg

となっている。

#### 4) コークス副産物生産設備の操業

Rourkela製鉄所のコークス一次副産物の1994-95年及び1999-2000年の生産計画量並びに装入炭に対する収率は次のとおりである。

製 品	1994-95年		1999-2000年	
	生 産 量	収 率	生 産 量	収 率
粗タール	85,700 t	3.80 %	94,700 t	3.17 %
粗ベンゾール	11,200 t	0.50 %	15,000 t	0.50 %
硫 安	20,200 t	0.90 %	26,900 t	0.90 %
コークス炉ガス	616,700,000Nm <sup>3</sup>	273.3 Nm <sup>3</sup> /t	822,000,000Nm <sup>3</sup>	274.9 Nm <sup>3</sup> /t

出所：Corporate Plan upto 2000 AD (May 1987)

Rourkela製鉄所のコークス副産物処理設備の現有能力は次に示すように1994-95年及び1999-2000年の生産計画による処理量に十分対応することができる。

製 品 処 理	処 理 能 力	生産計画による処理量		
		1990年現在 t/y	1994-95年 t/y	1999-2000年 t/y
粗タール	蒸 留	100,000	85,700	94,700
粗ベンゾール	加圧水素添加	16,670	11,200	15,000

出所：Rourkela製鉄所情報およびCorporate Plan upto 2000 AD  
(May 1987)

Rourkela製鉄所のコークス二次副産物の1995年及び1999-2000年における生産予測はCorporate Plan upto 2000 AD (May 1987)によれば次のとおりである。

(単位：トン)

製 品	1995年	1999-2000年
H.P. Naphthalene	2,520	3,360
Pitch	33,230	44,360
Tar Oils	21,350	28,520
Sodium Phenolate	370	500
Benzene	6,720	9,030
Toluene	1,120	1,500
Solvents	450	600

上記のコークス二次副産物の生産予測に加えて、Hard Pitch、Fuel Tar、Special Tar、Wash Oil、Heavy Oil、C. Carbolic Oil、Crude Naphthalene、Ammonia Liquor、Light Solvent Naphtha、Heavy Solvent Naphtha及び Fore-Runningsの生産を予測した。



Figure 6.2.5に1995年のこれら製品の生産予測を、Figure 6.2.6に1999-2000年のこれら製品の生産予測を示した。

## 6.2.2 Neyveli (ネイベリ) のサイト条件

### (1) 位置

Neyveliはインド南部Tamil Nadu州にあり、Madras (マドラス) の南南西約 180kmに位置する。(道路距離で 197km)

サイト候補地はここでリグナイトの採掘と発電等の事業を行っている Neyveli Lignite会社の敷地内にある。

Figure 6.2.7にNeyveli Lignite会社及び周辺部の地図を示す。

### (2) Neyveli Lignite会社の概要

Neyveli Lignite会社 (NLC)は1956年11月に設立され、リグナイト炭層の上に約300km<sup>2</sup>の敷地を所有している。採炭中の炭坑は 2カ所で、オープンカット方式で出炭量は第 1鉱区 6.5百万トン/年、第 2鉱区 4.7百万トン/年、合計11.2百万トン/年である。

主たるリグナイトの利用先は敷地内での火力発電で、発電量は第 1発電所 600MW、第 2発電所 630MW、合計 1,230MWである。そのほかに能力 152,000トン/年の尿素プラントと、能力 436,000トン/年の外販用コークスプラント(Briquetting & Carbonisation Plant)がある。

尿素プラントは当初リグナイトの直接ガス化による合成ガス法が採用されたが、その後、技術上の問題が解決できず、1979年に原料をリグナイトから石油系ナフサに転換した。

外販用コークスプラントの製品は、当初目的とした家庭用木炭代替を含めて、電気冶金、電気化学、セメント、紙工場の燃料として広く用いられている。プロセスは低温乾留法で、副産物として、カルボン酸、オルソクレゾール、パラクレゾール、キシレノール、フェノール等が生産されている。

研究開発活動のためCentre for Applied Research & Development (CARD)が設置されている。

現在建設中の増設計画は次のとおりである。

1. 鉱区 2の増設 4.7百万トン/年より10.5百万トン/年
2. 第 2発電所の増設 630MWより 1,470MW
3. 送電設備

### (3) プラント候補地の位置

NLCはサイト候補地として、その敷地内の Briquetting & Carbonisation Plantの隣接地に 1,700m x 1,700m (2,890,000m<sup>2</sup>)の平坦地を提示した。そこは鉱山残土で埋め立てたほとんど平坦な土地で、ほかの生産施設と隣接しているためアプローチはよい。位置、面積ともサイトとして適していると考えられる。

### (4) 利用可能な設備及び用役

#### 1) 電力

敷地内にリグナイト使用の大型火力発電所 (600 MW/630 MW)が 2ヶ所稼働しているので、電力の安定供給には問題ないと考えられる。

#### 2) 蒸気

発電所のボイラーから肥料工場及びヨークス工場に圧力 20Kg/cm<sup>2</sup>Gのプロセス蒸気が供給されているので、これが利用できると思われる。

#### 3) 工業用水

リグナイト鉱山から汲み上げられる地下水が豊富にあり、水質はよい。現在、約 50,000GPM(660t/h)の水が余剰で、周辺の農地の灌漑用水として供給されている。

#### 4) 水素

尿素プラントは現在石油系ナフサに転換しており、能力的にも水素

の供給は期待できない。水素ガス及び水素含有ガスの供給は別途設備を設置しない限り期待できないと考えられる。

5) 燃料ガス

供給は期待できない。

6) 燃料油 (石油系)

マドラスに大型の精油所 (Madras Refineries Limited) が操業している。ここから供給を受けることになる。

場合によっては Briquetting & Carbonisation Plant の低温乾留ターンの利用が考えられる。

(5) 原料炭の受入

リグナイトは炭坑より発電所及びコークスプラントまではベルトコンベアーで運ばれている。ベルトコンベアーを延長することにより受け入れ可能である。

(6) 製品SRCの積出

製品 SRC は Rourkela 又はその周辺の製鉄所まで輸送することになる。引き込み線を利用して直接鉄道輸送するのが適当と思われる。輸送距離はマドラスまで約 200km、Roukela まで約 1,700km である。

(7) 労働事情

NLC の従業員数は

Total	24,000
Engineer/Manager	3,000
Middle Class	7,500
Non-skilled	13,500

NLC は労働者の高度なトレーニングを実施しており、上質の労働力が安定して確保できると思われる。

(8) 建設工事及び装置のメンテナンス

NLCの機械設備と人材が活用できると考えられるので問題はない。

(9) アプローチ

1) 道路

Madrasとはハイウェイ NO 45で結ばれている。距離は 197kmあり、資機材の搬入には問題ない。

2) 鉄道

鉄道引き込み線がある。最寄りの駅は 6km離れたところにある。Madrasまでは狭軌（メートルゲージ）である。製品 SRCの輸送に使用する。

6.2.3 Margherita（マルガリータ）のサイト条件

(1) 位置

Margheritaはインド北東部 Assam州の北東端に位置し、CIL直轄の North Eastern Coalfields Divisionが置かれている。Assam炭の属する Makum炭田がこの付近に分布している。

サイト候補地は North Eastern Coalfields Divisionの敷地内で、出炭量の多い鉱区である Ledo Collieryの付近で、2ヶ所同Divisionより提示された。

Figure 6.2.8に Assam州東部の地図を示す。Figure 6.2.9にサイト候補地の地図を示す。

(2) North Eastern Coalfields Divisionの概要

同Divisionは低灰分、低水分、高揮発分の石炭を年間約 800,000トンのペースで生産しており、この内 30%は製鉄用として使用されている。従業員数は約 5,500人である。

### (3) プラント候補地の位置

同Divisionはプラント候補地として敷地内に2ヶ所提示した。

#### 1) SITE-1

幹線道路(Highway 38)と鉄道に面して、川側の敷地。鉱山の残土で造成された土地で、隣接する小川から 15mの高さに嵩上げされている。約20戸の家屋が不法に占拠している。

#### 2) SITE-2

SITE-1と同様、幹線道路(Highway 38)と鉄道に面して、SITE-1の斜め向かいの山側に位置する。丘に囲まれた比較的平坦な丘陵地である。敷地内及び周辺部には家屋や農地はない。

North Eastern Coalfields Divisionは、住民の居住地から離れているという理由で、SITE-2を推奨した。

### 6.2.4 実証プラントサイトの選択

上記のとおり実証プラントの立地条件としてはRourkela、Neyveli及びMargheritaともスペース的、アクセス的に問題が無い。しかし、今回の調査の結論としては下記の理由によりRourkelaをサイトとして選択した。

- (1) 実証プラントの段階では、必ずしも採算性が良好で利益を十分にあげられるプロジェクトにすることは考え難い。即ち、実証プラントで十分な利益をあげて SRCを製造し、外販するケースは考え難い。このことは少なくとも実証プラントの段階ではサプライヤーでなくユーザーであるSAILがイニシアチブをとる必要がある。
- (2) Rourkela製鉄所では水素源としての COGが入手可能であり、また SRCの生産に附随して生産される溜出油の処理ができる。
- (3) 生産された SRCを最も有効に生かすためにはコークス生産と一体であることが望ましい。

- (4) SRC製造に関する技術者が製鉄所に多く、また補修用の機械工場も製鉄所に附随している。

Table 6.1.1 PRODUCTION COST OF SRC BASED ON ASSAM COAL

Inputs	Unit		Per SRC	
	Unit	Cost Rs/Unit	Consumption Unit/Unit	Cost Rs/Unit
Raw Material				
- Feedstock Coal (Purchase)	ton	1440.3	1.63	2348.4
- Coke Oven Gas	ton	1681.9	0.93	1569.1
Utilities				
- Fuel Coal	ton	776.7	0.59	455.6
- Electricity	kWh	1.0	95.4	95.4
- Steam(57Kg/cm <sup>2</sup> G)	ton	251.3	0.71	177.7
- Make-up Water	m <sup>3</sup>	0.8	13.9	11.1
- Nitrogen	Nm <sup>3</sup>	0.7	37.4	26.2
- Catalyst(Iron Ore)	ton	918.1	0.05	41.7
- Catalyst (Sulfur)	ton	3500.0	0.01	38.1
- Chem.(Filter Aid)	ton	6427.5	0.02	105.9
- Chemicals, etc.	ton	-	-	9.8
(1) Variable Cost	-	-	-	4878.7
Operating Labor	M-Y	57230		68.4
Overhead	Ope. Labor x 50%			34.2
Maintenance(Materials)	E&M, CIF x 1.5%			719.1
(Labor)	M-Y	57256		27.0
Administration (Supplies)	Admi. Staff x 100%			11.6
(Staff)	M-Y	60327.3		11.6
Tax & Insurance	Book Value x 0.5%			151.4
(2) Direct Fixed Cost	-	-	-	1023.3
Credits				
- Return Gas	ton	1618.0	0.95	1531.3
- Light Distillate	ton	4015.8	0.05	212.4
- Middle Distillate	ton	3795.4	0.008	32.1
- Residue	ton	135.4	0.127	17.2
(3) Total Credits	-	-	-	1793.0
(4) Production Cost = (1)+(2)-(3)				4109.0
(5) Depreciation & Interest (D & I)	20 years. 6% interest			4600.8
(6) Total Production Cost inc. D&I				8709.8

Price : Aug., 1991

COG Price : 0.96 Rs/Nm<sup>3</sup> x 1752 Nm<sup>3</sup>/t = 1681.92 Rs/t

Plant Cost: US\$ 255 million in 1991

Exchange Rate : 25.71 Rs/US\$

SRC yield/coal(dry) = 67.92%