

## 第6章 工場概念設計

1. 2010-2011

## 第6章 工場の概念設計

### 6.1 概念設計の前提条件

石炭液化工場の F/S調査に必要な原料事情、製品マーケット事情、工場建設想定地点と周辺事情などは、第3章～第5章で包括的に述べられている。これらの報告をも踏まえ、概念設計の前提条件を以下に記述する。

#### 6.1.1 生産概要

NEDOL 法石炭直接液化法を用いて 5,000 dry t/dの石炭を液化し、90号無鉛ガソリン、0号ディーゼル軽油、-35号ディーゼル軽油を生産する。

#### 6.1.2 原料条件

##### 6.1.2.1 供給源と原料名称

液化用、水素製造用、自家発電用石炭は依蘭炭、液化触媒は西林硫化鉄を使用する。

	—供給源—	—原料名称—
(1) 石炭	黒龍江省依蘭県達連河鎮依蘭炭鉱	依蘭炭
(2) 液化触媒	黒龍江省伊春市西林区中国有色金属工業総公司	西林硫化鉄

##### 6.1.2.2 原料性状

###### (1) 石炭性状

- (a) 石炭性状を表6.1-1 に示す。
- (b) 液化用石炭の灰分は 10wt%以下とする。
- (c) 水素製造用石炭の灰分は 10wt%以下とし、液化用石炭と同性状とする。
- (d) 液化および水素製造用石炭の選炭は炭鉱側で実施される。
- (e) 自家発電用石炭はボタを使用する。

###### (2) 硫化鉄性状

- (a) 西林硫化鉄性状を表6.1-2 に示す。
- (b) 選鉱は鉱山側で実施される。

##### 6.1.2.3 原料輸送

石炭と西林硫化鉄の石炭液化工場への輸送計画は以下の通りである。

###### (1) 石炭の輸送

- (a) 石炭液化工場までの輸送は炭鉱側が実施する。
- (b) 液化および水素製造用石炭の輸送量は、消費量約6,840 dry t/d に対応する量で

ある。

- (c) 自家発電用石炭の輸送量は、消費量約5,860 dry t/d に対応する量である。
- (d) 輸送はトラック輸送とする。
- (e) 炭鉱とハルピン気化廠を結ぶ現石炭輸送道路を利用し、途中からは交差する新設の輸送道路（西林硫化鉄輸送と共通）を使用して石炭を輸送する。

## (2) 西林硫化鉄の輸送

- (a) 石炭液化工場までの輸送は鉱山側が実施する。
- (b) 輸送量は、触媒硫化鉄の消費量約220 dry t/d に対応する量である。
- (c) 西林鉱山から佳木斯までは公共鉄道を利用し貨車輸送とする。  
佳木斯から石炭液化工場へは公共道路を利用しトラック輸送とする。
- (d) 公共道路から石炭液化工場までの連絡道路 4kmは石炭液化工場が新設する。

### 6.1.2.4 石炭液化工場での貯蔵

- (1) 石炭の貯蔵量は、依蘭炭鉱に近接するため、貯蔵日数 1日分とする。
- (2) 西林硫化鉄の貯蔵量は、西林鉱山から遠いため、貯蔵日数 7日分とする。

## 6.1.3 製品条件

### 6.1.3.1 製品の種類と名称

- (1) ガソリンは、90号無鉛ガソリンとする。有鉛ガソリンは生産しない。
- (2) ディーゼル軽油は、0号ディーゼル軽油（製造期間：4～9月）と-35号ディーゼル軽油（製造期間：10～3月）とする。  
灯油は生産しない。
- (3) 副製品は、LPG、アンモニア、フェノール、硫黄を製造して外販する。  
回収副生ガスは、C<sub>3</sub>～C<sub>4</sub>分をLPGとした後、自家燃料分を確保し、余剰分は水素製造用原料とする。  
硫黄は、自家消費の助触媒に供給した後、余剰分は外販する。

### 6.1.3.2 製品性状

- (1) ガソリンの性状  
ガソリン性状を表6.1-3に示す。  
品質指標は中国SINOPEC 基準SH-0041-93とする。
- (2) ディーゼル軽油の性状  
ディーゼル軽油性状を表6.1-4に示す。  
品質指標は中国国家基準GB252-94の最新改訂稿とする。セタン価は40以上とする。

#### 6.1.3.3 貯蔵

- (1) ガソリンの貯蔵量は、10日分とする。
- (2) ディーゼル軽油の貯蔵量は、10日分とする。

#### 6.1.3.4 出荷

出荷は石炭液化工場での積み込み渡しとする。

#### 6.1.4 用地条件

##### 6.1.4.1 石炭液化工場建設想定地点の位置

黒龍江省依蘭県達連河鎮にあり、依蘭炭鉱まで直線で約 4km、ハルピン気化廠まで直線で約 1km、松花江まで直線で約 2.5km、公共高速道路まで直線で約 3km、公共変電所まで直線で約 3kmの位置にある。

##### 6.1.4.2 土地の状況

- (1) 平坦地である。未利用地で埋設物などの障害物もない。
- (2) 広さは、石炭液化工場の所要想定用地面積約 1km<sup>2</sup> を充分確保可能である。

#### 6.1.5 気象条件

- (1) 寒冷地であり、概ね、無霜期間は 4~10月、凍結発生期間は11~3 月である。
- (2) 風向は、平均して西南西の風である。

#### 6.1.6 用役条件

用役は、松花江からの原水を除き自製する。主な用役の供給は以下の通りである。

- (1) 電力
  - (a) 電力は、依蘭炭鉱の発電用石炭を使用し、自家発電する。
  - (b) 予備電源として公共変電所からの受電も可能とする。
- (2) 蒸気
  - (a) 高圧(45kg/cm<sup>2</sup>G)、中圧(15kg/cm<sup>2</sup>G) 蒸気は、自家発電設備のボイラーから抽気し、工場用に供給する。
  - (b) 低圧(5kg/cm<sup>2</sup>G)蒸気は、プラント内での回収蒸気を使用する。
- (3) 用水
  - (a) 冬季に松花江は結氷するため取水地点は水深が必要である。ハルピン気化廠の取水地点と同じ地点から原水を取水する。
  - (b) 取水地点から石炭液化工場までの取水パイプライン(距離約13km)は新設する。
  - (c) 原水を自家処理し、冷却水、純水、飲料水を供給する。

- (d) 石炭液化工場から松花江までの排水パイプライン（距離約 2.5km）は新設する。
- (4) 燃料ガス
  - (a) 燃料ガスは、プラント内での副生ガスを回収し供給する。
- (5) 窒素
  - (a) 窒素は、石炭ガス化水素製造設備内の酸素製造設備で併産する窒素を供給する。

#### 6.1.7 準拠法規および規格

日本の業界で適用の法規および規格に準拠する。

表6.1-1 石炭液化工場用石炭性状

	液化用依蘭炭		発電用依蘭炭 (ボタ)
	本F/S用	PSU 試験*1	
真比重		1.393	
全水分 [wt%]	15	11.6	5
工業分析 [wt%-dry]			
灰分	≤10	3.27	68.64
揮発分		45.59	
固定炭素	47~50	51.14	
全硫黄 [wt%-dry]	0.3~0.5	0.24	0.4
塩素 [ppm]		370	
ハートグローブ指数 [-]		51	
高位発熱量 [kcal/kg]	6,689	7,470	2,069 (低位)
元素分析 [wt%-daf]			
C	78	80.12	
H	5~6	5.86	
N	1.3	1.38	
O (diff)	14	12.42	
S (燃焼性)	0.3~0.5	0.22	
灰分組成 [wt%]			
SiO <sub>2</sub>	49.55	50.43	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27.62	27.98	
CaO	3.56	4.98	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.79	10.49	
MgO	1.12	1.10	
MnO		0.08	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.18	0.30	
TiO <sub>2</sub>	1.38	1.30	
K <sub>2</sub> O	0.16	0.17	
SO <sub>3</sub>	1.05	2.13	
Na <sub>2</sub> O	0.46	0.05	
灰融点 (酸化雰囲気) [°C]	1,450		
受入石炭粒度 [mm]	≤50		≤50

\*1: PSU試験依蘭炭 (1998.9 NEDO/石炭液化PSU 研究センター報告)

表6.1-2 石炭液化用触媒の西林硫化鉄性状

		西林硫化鉄 *1
組成	[wt%]	
Fe		43.5
As		0.18
Cu		0.05
Pb		0.57
Mg		1.85
Zn		1.56
Ca		3.10
Na		0.23
Si		2.98
Al		1.18
C		2.18
H		0.17
N		0.09
S		25.7
その他		16.66
比表面積	[m <sup>2</sup> /g]	24.0
細孔容積	[ml/g]	0.057
平均粒径	[μm]	D <sub>50</sub> 0.53~0.97
受入硫化鉄全水分	[wt%]	13

\*1: 全水分を除くデータは、PSU試験西林硫化鉄(1998.9報告)



表6.1-3 ガソリン性状

	無鉛ガソリン90号	
	中国規格 SINOPEC基準SH-0041-93	
オクタン価 RON	≥	90
(RON+MON)/2	≥	85
蒸気圧 [kpa]		
9月～2月	≤	88
3月～8月	≤	74
蒸留性状 [°C]		
10% 留出点	≤	70
50% 留出点	≤	120
90% 留出点	≤	190
終点	≤	205
残留量 [vol%]	≤	2
硫黄分 [wt%]	≤	0.15
実在ガム [mg/100cc]	≤	5
銅板腐食 (50°C 3hr)	≤	1

表6.1-4 ディーゼル軽油性状

	ディーゼル軽油	
	中国規格	
	国家基準GB-252-94の最新改訂予定稿	
	0号	-35号
オクタン価	≥ 40	≥ 40
引火点 [°C]	≥ 55	≥ 45
蒸留性状 [°C]		
50% 留出点	≤ 300	≤ 300
90% 留出点	≤ 355	≤ 355
95% 留出点	≤ 365	≤ 365
10%残留炭素分 [wt%]	≤ 0.3	≤ 0.3
密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	実測	実測
硫黄分 [wt%]	≤ 0.2	≤ 0.2
銅板腐食(100°C 3hr)	≤ 1	≤ 1
凝固点 [°C]	≤ 0	≤ -35
目詰まり点 [°C]	≤ 8	≤ -29
動粘度 (20°C) [cst]	3.0~8.0	1.8~7.0
水分 [wt%]	痕跡	痕跡
灰分 [wt%]	≤ 0.01	≤ 0.01

## 6.2 基本プロセス

### 6.2.1 NEDOL 法石炭直接液化法

石炭の液化法は、図 6.2-1 に示すように、間接液化法、直接液化法及び乾留法の 3 種類の方法に分類される。

間接液化法とは、石炭をガス化し、そのガスを原料として高級炭化水素、アルコール、液体燃料等を合成する方法である。

直接液化法は、石炭を溶剤によってスラリー化し、水素及び触媒の存在下、高温高圧で石炭を液化し、液体製品を得るものである。

乾留法は、石炭を乾留することにより液体製品を得るものである。

NEDOL 法は、直接液化法に分類され、直接液化法の直接水添液化法、溶剤抽出液化法及びソルボリシス液化法のそれぞれの長所を取り入れて確立されたものである。

### 6.2.2 NEDOL 法開発の経緯

我が国は通商産業省工業技術院のサンシャイン計画において、1975 年以来、直接水添液化法、溶剤抽出液化法及びソルボリシス液化法について基礎的な研究を行ってきた。

新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)は、1984 年以降、サンシャイン計画の下、これらの三方法を統一し、NEDOL 法の概念を構築した。

NEDO は、1987 年より NEDOL 法の概念に基づいて建設された石炭処理量 1t/d のプロセスサポートユニット(PSU)の運転開始により、本格的な NEDOL 法による研究開発を開始した。

さらに、1988 年、石炭処理量 150t/d のパイロットプラント(PP)の設計に着手した。1991 年よりパイロットプラントの建設を開始し、1996 年 7 月に建設を完了した。その後パイロットプラントの運転を開始し、試運転を含め 7 回の運転を行い、1920 時間連続運転を達成する等多大な成果を収めた。

### 6.2.3 NEDOL 法のプロセス

NEDOL 法は、石炭前処理設備、液化反応設備、液化油蒸留設備及び溶剤水素化設備の主要 4 設備から構成される。図 6.2-2 に NEDOL 法の概略プロセスフローを示す。

石炭前処理設備では、石炭を粉碎乾燥し、その粉碎炭、鉄系微粉触媒及び溶剤水素化設備で製造された水素化溶剤とを混合し、スラリー化する。

液化反応設備では、石炭前処理設備で製造されたスラリーを昇圧し、水素を添加した後、スラリー予熱炉で 400°C 程度まで昇温する。昇温されたスラリーは水素と共に液化反応塔に送られ、約 1 時間の滞留時間で石炭は反応し、ガス、液状成分（軽質油成分及び重質油成分）、水、未反応固形分及び灰分が生成する。反応塔からの流出物は、高温気液分離器でガス状軽質油成分を含むガスと固形分を含む重質油成分とに分離され、ガスは軽質油成分が取り除かれた後、循環使用される。軽質油分は減圧された後、液化油蒸留設備に送られる。また、固形分を含む重質成分も減圧された後、液化油蒸留設備に送られる。

液化油蒸留設備では、高温気液分離器からの軽質油成分と重質油成分は、常圧蒸留塔で分離され、軽質油及び中質油が液化粗油製品として取り出される。固形分を含む重質分は減圧蒸留塔で灰分及び未反応固形分が除去され、溶剤水素化設備に送られる。灰分及び未溶解固形分は、残渣として取り出され、水素製造用原料等に利用される。

溶剤水素化設備では、減圧蒸留塔からの重質留分が水素と共に昇温・昇圧され、溶剤水素化反応塔に供給される。溶剤水素化反応塔は固定床の水素化反応塔であり、Ni-Mo 系の触媒が充填されている。ここでは、液化反応設備で要求される水素供与能を有した溶剤を製造するため、重質留分が水素化される。水素化された重質な溶剤は、循環溶剤として石炭前処理設備に循環されスラリー調製に使用される。

なお、上記 4 設備に石炭液化粗油のアップグレーディング設備を加えた 5 設備を本 F/S 調査の対象とする石炭液化工場のプロセスユニットとする。

#### 6.2.4 NEDOL 法の特徴

NEDOL 法は、長年に亘り開発されてきた日本独自の石炭直接液化法であり、以下のような特徴を有する。

##### (a) 穏和な石炭液化反応条件で高液化油収率

NEDOL 法では、高活性の鉄系微粉触媒を用いること、また石炭液化反応時に溶剤から石炭への水素の移行が容易に行われるような溶剤（水素供与性に富む溶剤）を用いることにより、比較的穏和な液化反応条件下で高い液化油収率が得られる。

表 6.2-1 に代表的な石炭液化反応条件と溶剤水素化反応条件を示す。

表 6.2-2 に代表的な液化反応収率を示す。

##### (b) 液化油中の軽質留分が多い

NEDOL 法では液化粗油中に占める軽質留分の割合が高く、付加価値の高い製品が得られる。

##### (c) 信頼性のある要素工程から構成

NEDOL 法では、石炭中の灰分や触媒などの固体分を液化粗油から分離する固液分離方式にターナル蒸留及び石油精製で実績のある減圧蒸留方式を採用しており、プロセスの安定性が高い。

##### (d) 広範囲の石炭に適用

NEDOL 法は、亜瀝青炭から石炭化度の低い瀝青炭までの広範囲の石炭について適用できることが確認されている。

表 6.2-1 NEDOL 法の代表的反応条件

石炭液化反応	
温度	450 [°C]
圧力	170 [kg/cm <sup>2</sup> G]
触媒種	鉄系
触媒量	3 [wt%]
スラリー濃度	40 [wt%]
スラリー滞留時間	60 [min.]
ガス/スラリー比	700 [m <sup>3</sup> /t]
リサイクルガス中の水素濃度	85 [vol%]
溶剤水素化反応	
温度	320 [°C]
圧力	110 [kg/cm <sup>2</sup> G]
触媒種	Ni-Mo 系
LHSV	1 [hr <sup>-1</sup> ]
ガス・溶剤比	500 [m <sup>3</sup> /t]
リサイクルガス中の水素濃度	90 [vol%]

(出所：NEDO 資料)

表 6.2-2 NEDOL 法の代表的収率(乾炭基準、wt%)

石炭液化収率	
生成ガス	22.9
生成水	11.0
軽質油	37.3
中質油	21.8
重質油	0.0
液化残渣	17.8
水素消費量	6.8
触媒消費量	4.0

(出所：NEDO 資料)

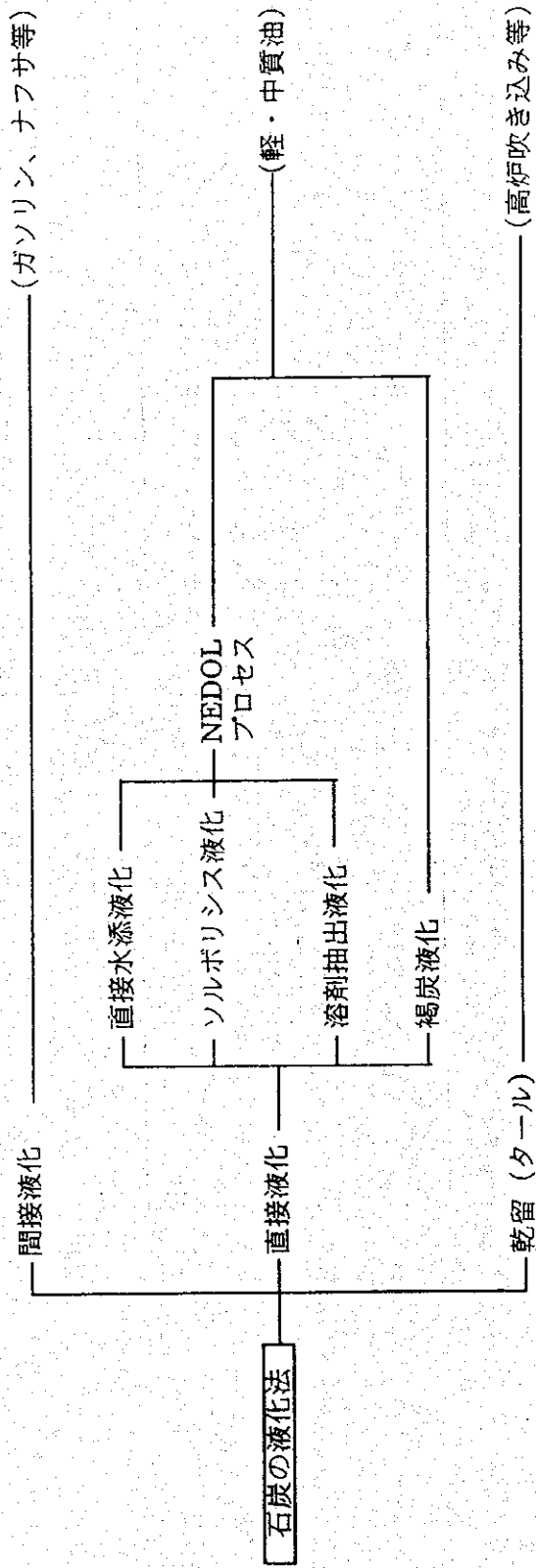


図6.2-1 石炭液化法の分類  
 (出所：コール・ノート 1997年版 P320)

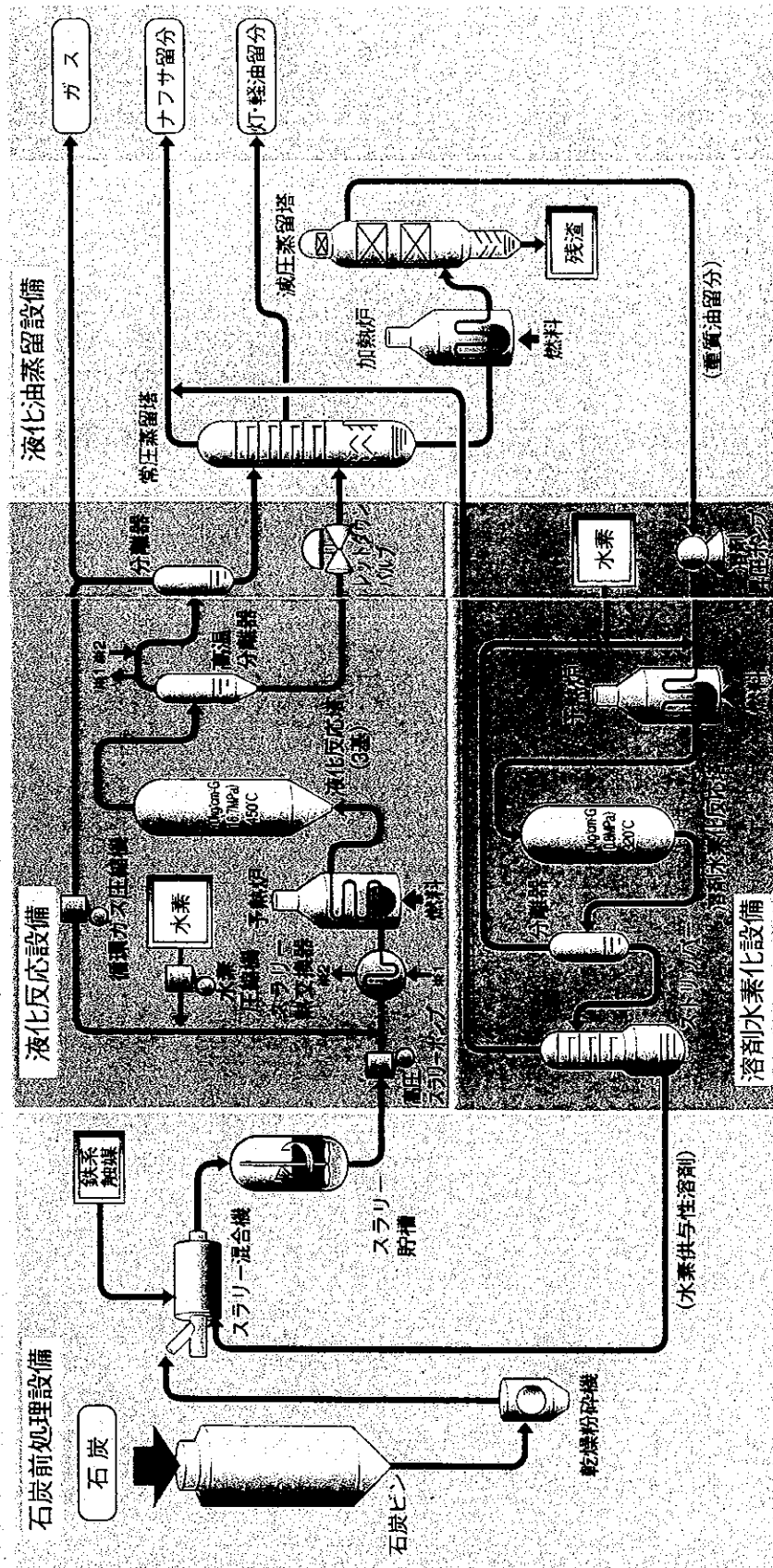


図 6.2-2 NEDOL 法の概略プロセスフロー (出所：日本コロールオイル株式会社資料)

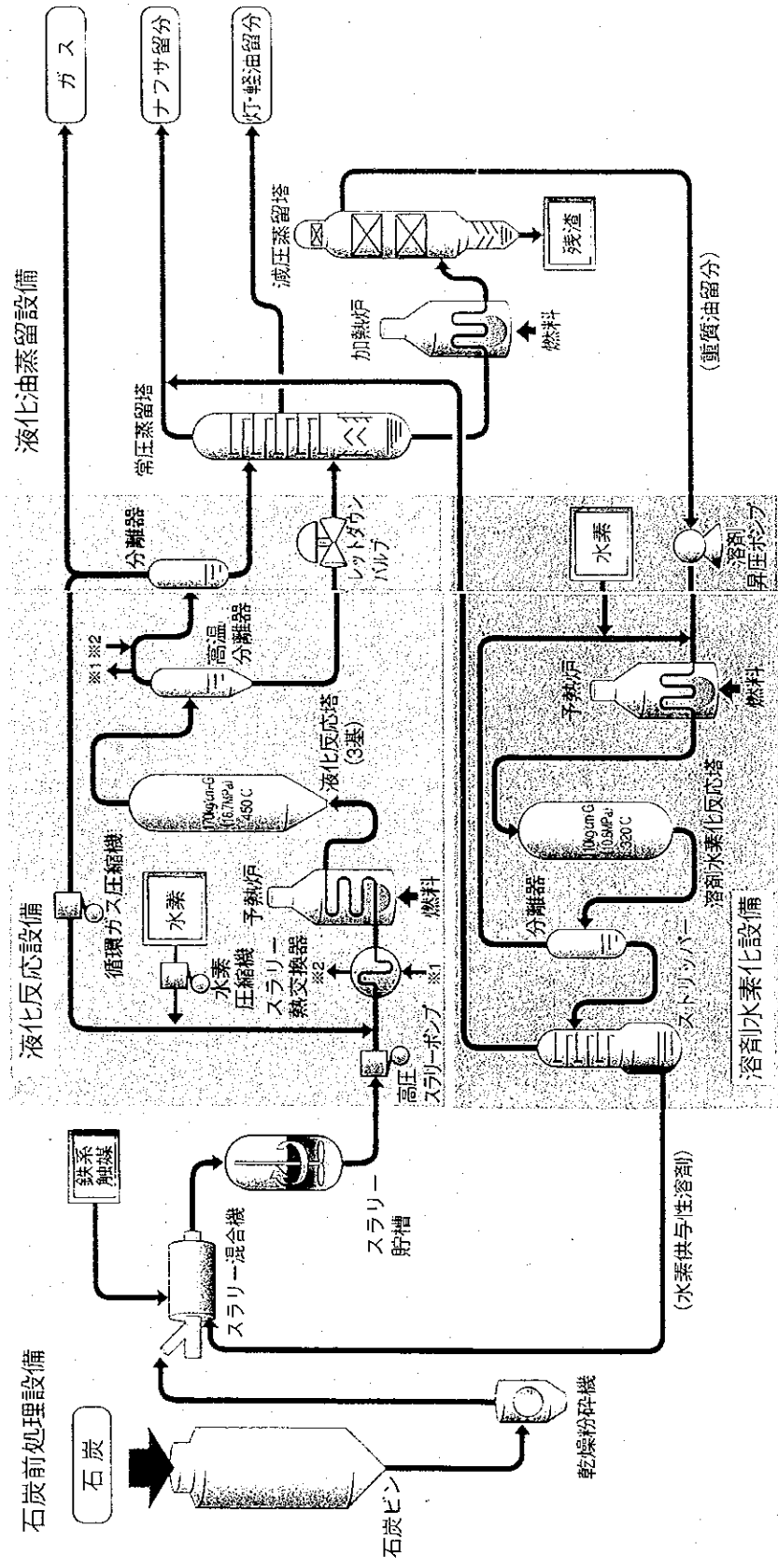
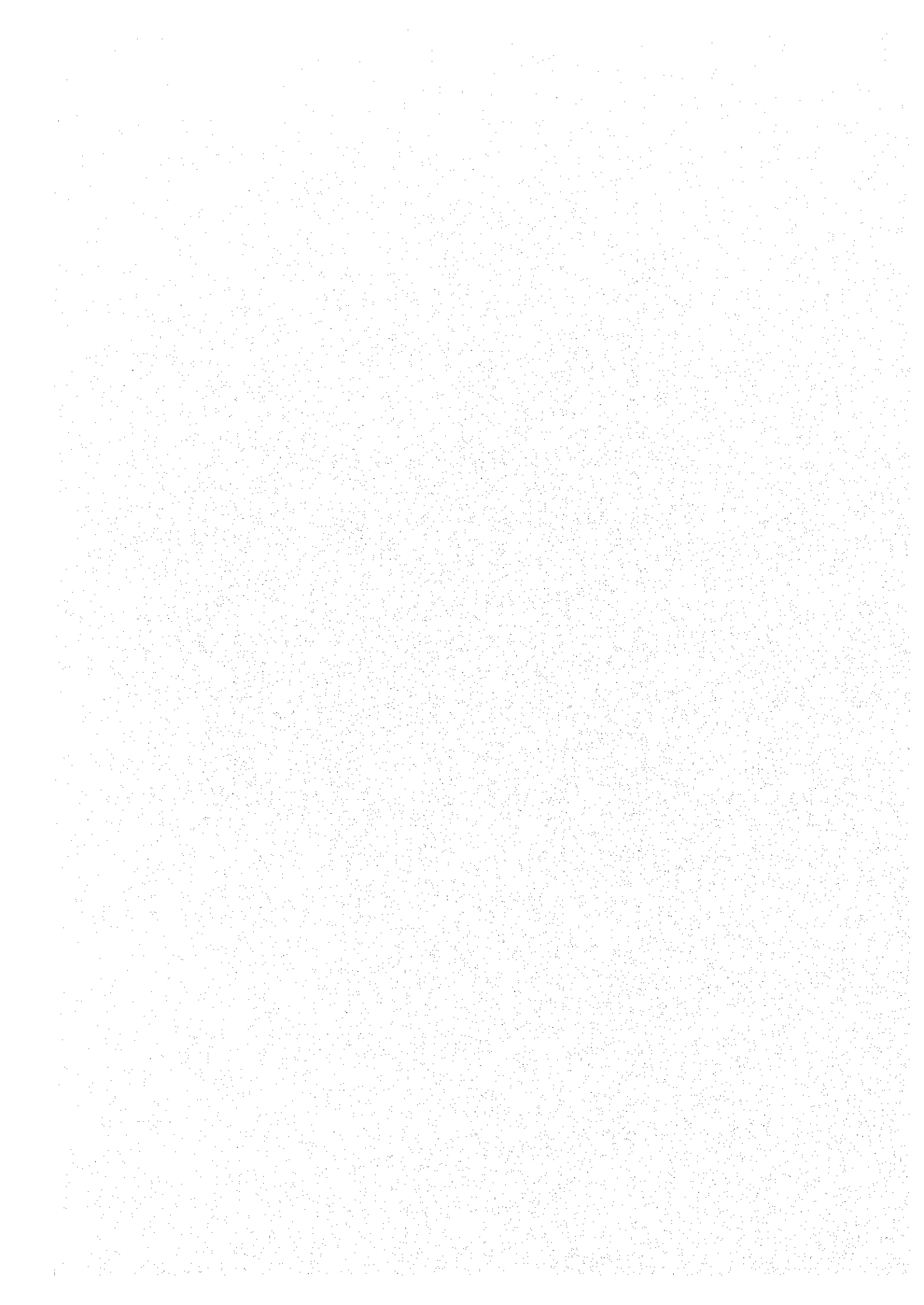


図 6.2-2 NEDOL 法の概略プロセスフロー (出所：日本コロールオイル株式会社資料)





## 6.3 プロセスユニットの概念設計

### 6.3.1 前提条件

本 F/S における石炭液化反応条件は、NEDOL 法の特徴と中国側の意向（特に、液化油収率を出来るだけ高くすること）を考慮して、1t/d PSU における依蘭炭液化試験条件のうちの「50wt%Max 条件」とする。

上記の液化反応主要条件、溶剤水素化反応主要条件をそれぞれ表 6.3-1、表 6.3-2 に示す。また、溶剤水素化触媒の性状を表 6.3-3 に示す。

一方、第 4 章に記載された液化油製品（市販可能なガソリンとディーゼル軽油）を生産するためのアップグレーディング反応主要条件は表 6.3-4 に示す通りとした。

表 6.3-1 液化反応主要条件

条 件	本 F/S 調査用	備考
反応温度[°C]	465	
反応圧力[kg/cm <sup>2</sup> G]	190	
ガス・スラリー比[Nm <sup>3</sup> /t]	900	
石炭スラリー濃度[wt%]	50	
石炭処理量[t/d 乾炭基準]	5,000	
液化触媒	西林硫化鉬	乾炭の 4.3wt%を添加
助触媒	硫黄	乾炭の 0.96wt%を添加

表 6.3-2 溶剤水素化反応主要条件

条 件	本 F/S 調査用	備考
原料油	常圧塔塔底油 減圧塔回収油	
生成物	水素化溶剤	
触媒	CH0401	
反応温度[°C]	280-355	
反応圧力[kg/cm <sup>2</sup> G]	100	
LHSV[hr <sup>-1</sup> ]	0.57*	
ガス/Oil [Nm <sup>3</sup> /t]	500	

\* PSU による依蘭炭液化試験では 0.83hr<sup>-1</sup>であったが触媒寿命を考慮して 0.57hr<sup>-1</sup>とした。

表 6.3-3 溶剤水素化触媒の性状

項 目			改良型水素化触媒 CH0401
組 成	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	[wt%]	Balance
	MoO <sub>3</sub>	[wt%]	15.4
	NiO	[wt%]	3.0
	Na <sub>2</sub> O	[wt%]	0.07
	SO <sub>4</sub>	[wt%]	1.1
比表面積		[m <sup>2</sup> /g]	180
細孔容積		[ml/g]	0.643

表 6.3-4 アップグレーディング反応主要条件

設備名称	条件項目	本 F/S 調査用	備 考
粗油 一次水素化設備	原料油	液化粗油	溶剤水素化ナフサを 含めて原料油とする  生成油の窒素含有量 は 100ppm 以下
	生成物	一次水素化油	
	触媒	Ni-W/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
	反応温度[°C]	340	
	反応圧力[kg/cm <sup>2</sup> G]	80	
	LHSV [hr <sup>-1</sup> ]	0.4	
	水素/Oil [Nm <sup>3</sup> /kl]	1,000	
ナフサ留分 二次水素化設備	原料油	一次水素化ナフサ	生成油の窒素含有量 は 1ppm 以下
	生成物	二次水素化ナフサ	
	触媒	Ni-W/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
	反応温度[°C]	300	
	反応圧力[kg/cm <sup>2</sup> G]	50	
	LHSV [hr <sup>-1</sup> ]	1.0	
	水素/Oil [Nm <sup>3</sup> /kl]	700	
ナフサ留分 接触改質設備	原料油	二次水素化ナフサ	生成油のオクタン価 は 90 以上
	生成物	ガソリン	
	触媒	Pt/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
	反応温度[°C]	500	
	反応圧力[kg/cm <sup>2</sup> G]	10	
	LHSV [hr <sup>-1</sup> ]	1.0	
	水素/Oil [Nm <sup>3</sup> /kl]	500	
灯軽油留分 二次水素化設備	原料油	一次水素化灯軽油	生成油のセタン価 は 35 以上、窒素含 有量は 10ppm 以下
	生成物	ディーゼル軽油	
	触媒	Ni-W/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
	反応温度[°C]	340	
	反応圧力[kg/cm <sup>2</sup> G]	120	
	LHSV [hr <sup>-1</sup> ]	0.4	
	水素/Oil [Nm <sup>3</sup> /kl]	1,000	

### 6.3.2 プロセスフローと収率

#### 6.3.2.1 プロセスフロー

NEDOL 法の特徴と本 F/S の条件（プロジェクト、建設サイト、用役など）を考慮し、石炭液化プラントのブロックフローとプロセスユニットのプロセスフローを作成した。

図 6.3-1 に液化プラントのブロックフローを示す。

原料石炭は石炭受入貯蔵払出設備で受入・貯蔵され、5,000 t/d(乾炭基準)が石炭前処理設備に、水素製造に 1,836 t/d(乾炭基準)が石炭ガス化炉にそれぞれ供給される。

硫化鉄触媒は硫化鉄受入貯蔵払出設備で受入・貯蔵され、乾炭の 4.3 wt%が石炭前処理設備に供給される。

石炭前処理設備において、原料石炭は粉碎・乾燥され、溶剤水素化設備から供給される水素化溶剤により 50 wt%濃度の石炭スラリーに調製され、液化反応設備に供給される。スラリー調製時に硫化鉄触媒と硫黄回収設備からの硫黄（助触媒）が添加される。

液化反応設備において、石炭は液化すると共に、有機ガス・無機ガス・水を副生する。反応に必要な水素は、水素製造設備と水素回収設備から供給される。液化油と液化残渣の混合物は液化油蒸留設備に供給される。溶解ガスは燃料ガス回収設備に、水素リッチガスとブリードガスは酸性ガス処理設備にそれぞれ供給される。

液化油蒸留設備において、液化油と液化残渣の混合物は溶解ガス、液化ナフサ、常圧軽油、循環溶剤、液化残渣に分離される。溶解ガスは燃料ガス回収設備へ、液化ナフサと常圧軽油は粗油一次水素化設備へ、循環溶剤は溶剤水素化設備へ、液化残渣は水素製造設備へそれぞれ供給される。

溶剤水素化設備において、循環溶剤は水素供与性を高めた水素化溶剤になると共に、水素化ナフサ、有機ガス・無機ガス・水を副生する。反応に必要な水素は、水素製造設備と水素回収設備から供給される。水素化溶剤は石炭前処理設備に供給され、石炭スラリーの調製に使用される。水素化ナフサは粗油一次水素化設備に供給される。オフガスは燃料回収設備に、ブリードガスは酸性ガス処理設備にそれぞれ供給される。

粗油一次水素化設備において、水素化ナフサ、液化ナフサ、常圧軽油は安定性向上のために水素化され、さらに一次水素化ナフサと一次水素化灯軽油に分離される。反応に必要な水素は、水素製造設備と水素回収設備から供給される。一次水素化ナフサはナフサ留分二次水素化設備に、一次水素化灯軽油は灯軽油留分二次水素化設備にそれぞれ供給される。オフガスは燃料ガス回収設備に供給される。

ナフサ留分二次水素化設備において、一次水素化ナフサは水素化により窒素・硫黄が除去され、ナフサ留分接触改質設備に供給される。反応に必要な水素は、水素製造設備と水素回収設備から供給される。水素リッチガスは水素回収設備に、オフガスは燃料ガス回収設備にそれぞれ供給される。

ナフサ留分接触改質設備において、二次水素化ナフサは接触改質ガソリンに改質される。水素リッチガスは水素回収設備に、オフガスは燃料ガス回収設備にそれぞれ供給される。接触改質ガソリンは、燃料ガス回収設備と灯軽油留分二次水素化設備から回収される軽質ナフサとブレンドされ、ガソリンとして出荷される。

灯軽油留分二次水素化設備において、一次水素化灯軽油は水素化により窒素・硫黄が除去され、さらにセタン価向上剤を添加され、ディーゼル軽油として出荷される。反応に必要な水素は、水素製造設備と水素回収設備から供給される。オフガスは燃料ガス回収設備に供給される。

酸性ガス処理設備において、液化反応設備と溶剤水素化設備から供給される水素リッチガスとブリードガスは酸性ガスが除去される。酸性ガスを除去された精製ブリードガスは水素回収設備に供給される。酸性ガスは硫黄回収設備に供給され、そこで硫黄が回収される。

水素回収設備において、酸性ガス処理設備からの精製ブリードガス、ナフサ留分二次水素化設備からの水素リッチガス、およびナフサ留分接触改質設備からの水素リッチガスは水素を回収される。回収された水素は水素製造設備からの水素と共に、水素を使用する各設備に供給される。水素回収設備からのオフガスは燃料ガス回収設備に供給される。

燃料ガス回収設備において、各設備からの溶解ガス・オフガスは燃料ガスが回収されると共に、LPGと軽質ナフサが回収される。燃料ガスは石炭液化プラント内の自家燃料として消費され、残りは水素原料として水素製造に供給される。

水素製造設備において、石炭と液化残渣は石炭ガス化炉を用い、燃料ガスは水蒸気改質炉を用いて改質ガスとなる。改質ガスはさらにCO転化、酸性ガス処理、水素回収を経て高純度水素となり、各設備に供給される。

#### 6.3.2.2 液化収率

PSUによる依蘭炭液化試験の結果と液化反応シミュレータを用いて、本F/Sの概念設計に用いる液化収率（液化反応塔出口における）を計算した。

表6.3-5にシミュレータによる計算結果とPSUによる液化試験結果を示す。

#### 6.3.2.3 製品収率

石炭液化プラントの製品であるガソリン、ディーゼル軽油の収率を表6.3-6に示す。

液化粗油のアップグレーディングの過程で液化粗油中に溶解している軽質ガス成分が除かれる他、各反応工程で軽質ガスが生成するため液収率は減るが、液化反応設備、液化油蒸留設備、溶剤水素化設備、水素回収設備などで副生するガスに伴うナフサ留分を軽質ナフサとして回収してブレンドするので、粗油に対する製品収率の合計は93wt%である。

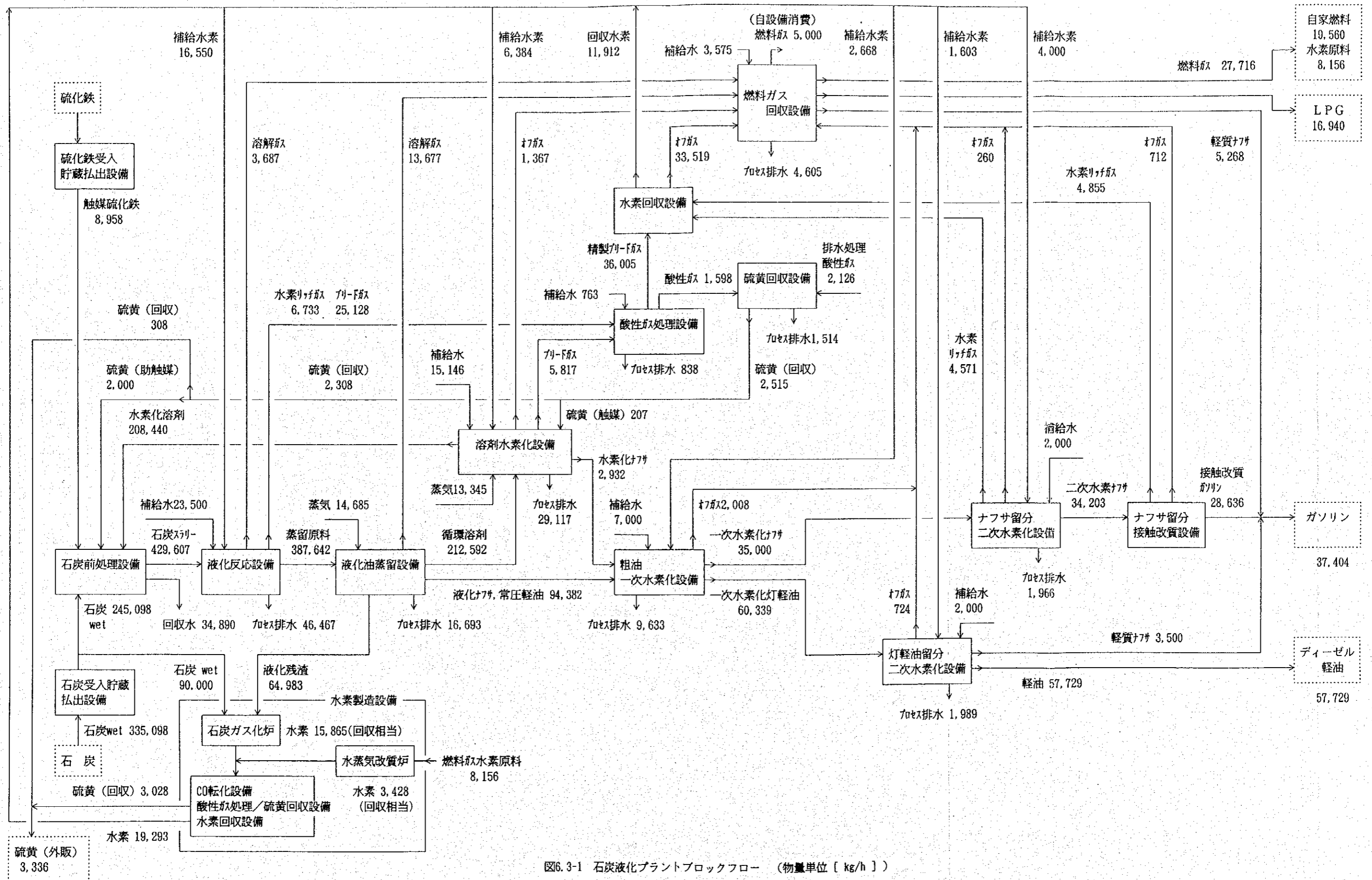


図6.3-1 石炭液化プラントブロックフロー (物量単位 [ kg/h ])

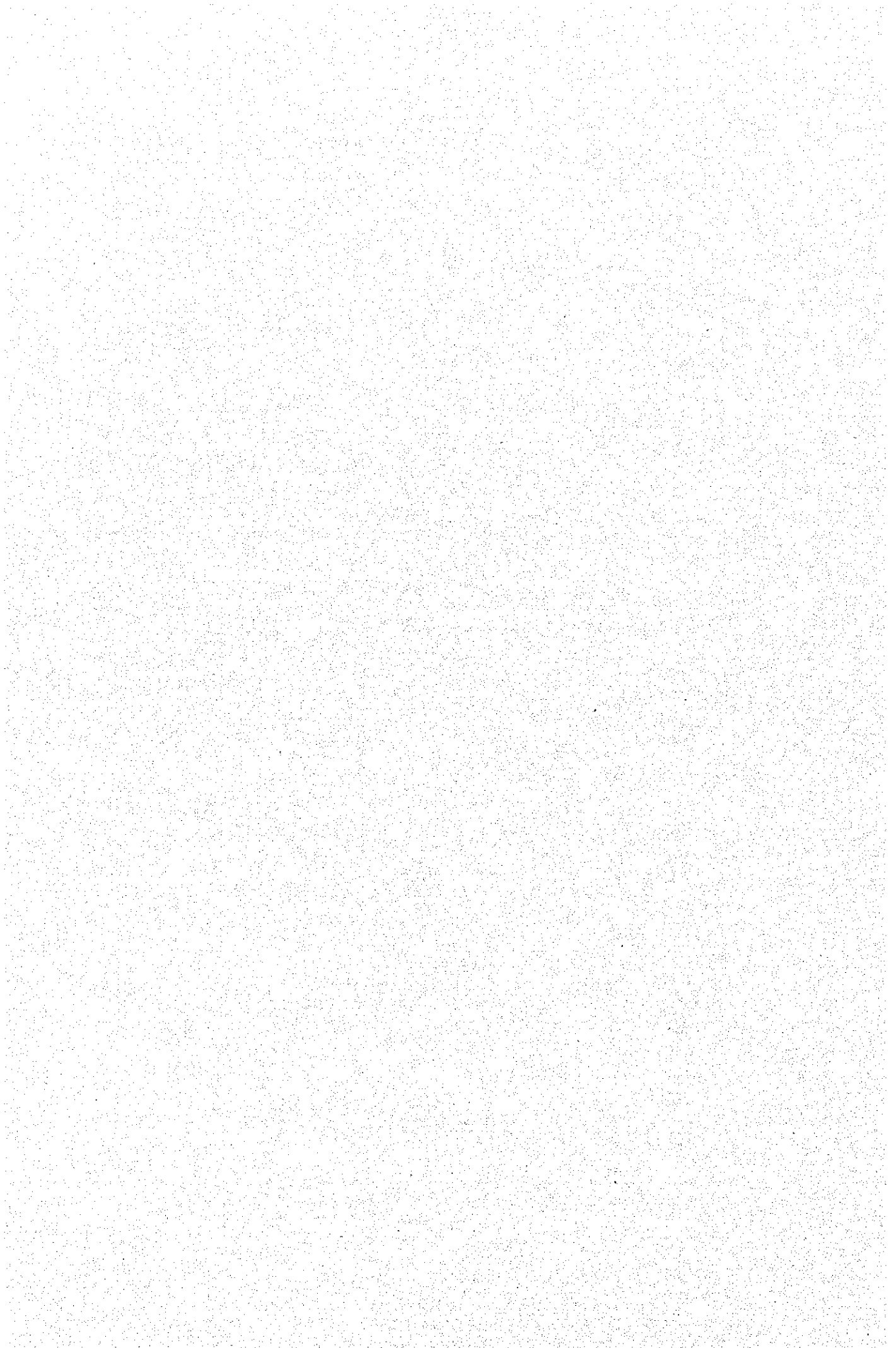




表 6.3-5 液化収率の計算結果（液化反応塔出口における）と PSU による液化試験結果

生成物	5,000t/d F/S 計算結果 [wt%-daf 石炭基準]	1t/d PSU 液化試験結果 [wt%-daf 石炭基準]
IOM	1.00	0.65
PAAO	14.60	15.33
O1 (= C4-220C)	26.47	29.47
O2 (=220-350C)	21.82	17.67
O3 (=350-538C)	11.02	13.44
Oil (= C4-538C)	59.31	60.58
OG (= C1-C3)	13.64	15.15
COx	5.12	3.64
H2O	10.47	7.86
NH3+H2S	1.12	1.97
Total	105.26	105.19
H2	-5.26	-5.19

IOM : Insoluble Organic Material

PAAO: Pre-Asphaltene, Asphaltene and Oil

表 6.3-6 液化工場の製品収率

	ガソリン	ディーゼル軽油	合計
生産量[t/d]	897.7	1385.5	2283.2
液化粗油に対する収率[wt%]	36.5	56.2	92.7
石炭に対する収率[wt% on daf-coal]	19.9	30.8	50.7
石炭に対する収率[wt% on dry-coal]	18.0	27.7	45.7

原料石炭供給量 daf-coal 4,500 t/d

dry-coal 5,000 t/d

液化粗油 = 液化ナフサ + 常圧軽油 + 水素化ナフサ + 軽質ナフサ

(副生ガスから回収)

### 6.3.3 概念設計

#### 6.3.3.1 石炭前処理設備

本設備は、依蘭炭鉱から受入れる石炭を粉碎・乾燥し、さらに触媒および循環溶剤を加えて所定の石炭スラリーを調製する設備である。

##### (1) 原理

粉碎の原理は外部から破壊力を加えて新しい破面を作り、多くの碎製物を分離生成させることである。外力として圧縮、衝撃、摩擦、せん断、引張、曲げ、振りなどを用いることが出来るが、一般には圧縮、衝撃、摩擦、せん断の4種の力が用いられる。

乾燥の原理は石炭中に含まれる付着水分と固有水分に外部から熱を加え、その水分を蒸発させることである。

##### (2) プロセスの説明

本設備は石炭の受入れ、石炭の粉碎・乾燥、石炭スラリーの調製およびそれらの周辺機器から構成される。

本設備は乾炭基準で5,000t/dの石炭を粉碎・乾燥し、液化触媒を添加したうえで濃度50wt%の石炭スラリーを調製する。

依蘭炭鉱から受入れた粒径50mm以下の石炭は、原炭供給ホッパー、原炭供給機を経て粉碎機に送られる。粉碎機には熱風発生炉から送られる約300℃の高温ガスが供給され、粉碎機で石炭の粉碎・乾燥が同時に行われる。高温ガスは原料石炭の酸化防止のため、燃焼排ガスを用いる。

粉碎機において石炭は32メッシュパス100%、250メッシュパス50%以上に粉碎され、水分は15wt%から1wt%に減少される。

粉碎・乾燥された石炭は粉碎炭ビンに気流輸送され、粉碎炭捕集機で捕集された後、スラリー混合機に送られ、そこで触媒と循環溶剤が加えられ石炭スラリーが調製される。

硫化鉄(触媒として)と硫黄(助触媒として)は乾燥石炭に対してそれぞれ4.3wt%、0.96wt%添加される。水素化溶剤は、石炭液化反応設備に供給される石炭スラリーが乾燥石炭基準で50wt%になるように加えられる。

気流輸送に用いられた輸送用空気は洗浄塔で洗浄された後、循環使用される。石炭から分離された水分は水蒸気として輸送用空気に同伴し、洗浄塔で凝縮されて回収される。

スラリー受槽、スラリー貯槽などから発生する微量のガスはスクラバーで洗浄された後、フレア設備に送られる。

本設備の主要機器群は、その機器中、最大能力で制約になると思われる粉碎機(乾炭基準で120t/h)を基準に2系列とした。

スラリー貯槽は安定運転を考慮して30分の滞留時間を持たせた。

(3) プロセスフロー

設備のプロセスフローを図 6.3-2 に示す。

(4) 物質収支

設備に出入りする物質収支を表 6.3-7 に示す。

(5) エネルギーと用役の要求

設備に必要なエネルギーと用役の要求を表 6.3-8 に示す。

(6) 機器リスト

設備の主要機器リストを表 6.3-9 に示す。

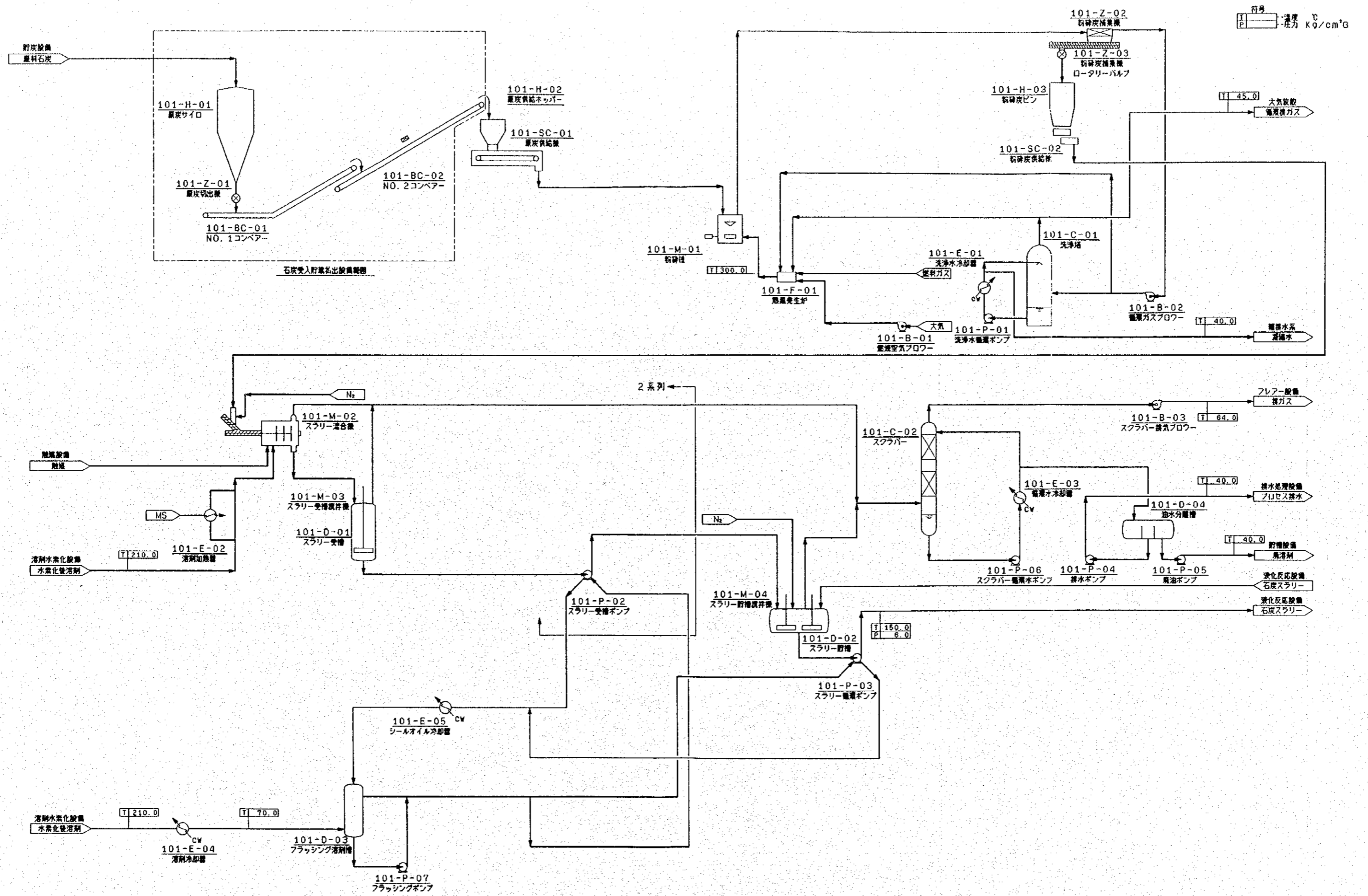


図6.3-2 石灰前処理設備プロセスフロー

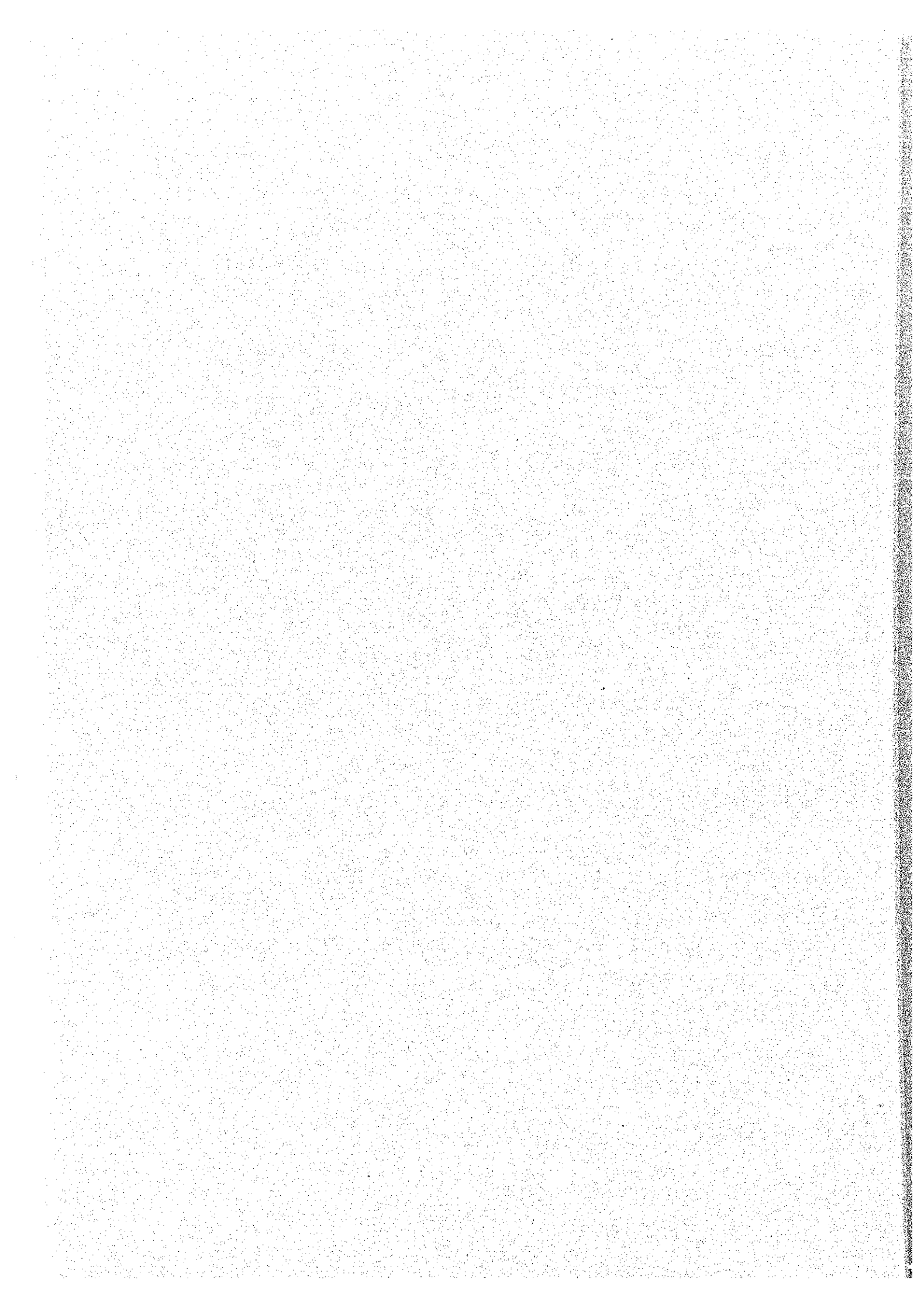


表 6.3-7 石炭前処理設備の物質収支表

名称	入量			出量	
	原料石炭	水素化 溶剤	触媒 助触媒	石炭 スラリー	回収水
圧力 [kg/cm <sup>2</sup> G]		3.0	0.0	6.0	2.0
温度 [°C]		194	40	150	40
流量					
H2					
H2S					
NH3					
CO					
CO2					
C1					
C2					
C3					
n-C4					
i-C4					
C5-220°C		9,799		9,799	
220-350°C		131,765		131,765	
350-538°C		66,668		66,668	
H2O	36,765	208		2,083	34,890
乾燥石炭	208,333			208,333	
硫化鉄			8,958	8,958	
硫黄			2,000	2,000	
合計 [kg/h]	245,098	208,440	10,958	429,606	34,890

表 6.3-8 石炭前処理設備に必要なエネルギーと用役の要求表

種類	電力	15k 蒸気	5k 蒸気	冷却水	純水	燃料	計装空気
単位	[kW]	[t/h]	[t/h]	[t/h]	[t/h]	[10 <sup>6</sup> kcal/h]	[Nm <sup>3</sup> /h]
	7,500	-	-	3,300	-	31.0	500

表 6.3-9 (1/3) 石炭前処理設備の主要機器リスト

機器番号	機器名称	基数	型式・概略仕様
101-B-01 A/B	燃焼空気ブロワー	2	ターボ
101-B-02 A/B	循環ガスブロワー	2	ターボ
101-B-03 A/B	スクラバー排気ブロワー	1+1S	ルーツ
101-C-01 A/B	洗浄塔	2	7,400 Φ × 11,000 H
101-C-02	スクラバー	1	3,000 Φ × 16,450 H
101-D-01 A/B	スラリー受槽	2	4,900 Φ × 5,000 H
101-D-02	スラリー貯槽	1	4,000 Φ × 21,000 L
101-D-03	フラッシング溶剤槽	1	900 Φ × 1,400 H
101-D-04	油水分離槽	1	1,500 Φ × 4,000 H
101-E-01 A/B	洗浄水冷却器	2	BEU
101-E-02 A/B	溶剤加熱器	2	BEU
101-E-03	循環水冷却器	1	BEU
101-E-04	溶剤冷却器	1	二重管式
101-E-05	シールオイル冷却器	1	二重管式

注) 基数欄の S は予備基数を表わす。



表 6.3-9 (2/3) 石炭前処理設備の主要機器リスト

機器番号	機器名称	基数	型式・概略仕様
101-F-01 A/B	熱風発生炉	2	燃焼式
101-H-02 A/B	原炭供給ホッパー	2	ホッパー
101-H-03 A/B	粉碎炭ビン	2	ホッパー
101-M-01 A/B	粉碎機	2	乾式
101-M-02 A/B	スラリー混合機	2	スクリー式
101-M-03 A/B	スラリー受槽攪拌機	2	パドル型
101-M-04	スラリー貯槽攪拌機	1	パドル型
101-P-01 A/D	洗浄水循環ポンプ	2+2S	遠心式
101-P-02 A/D	スラリー受槽ポンプ	2+2S	遠心式
101-P-03 A/B	スラリー循環ポンプ	1+1S	遠心式
101-P-04 A/B	排水ポンプ	1+1S	遠心式
101-P-05 A/B	廃油ポンプ	1+1S	遠心式
101-P-06 A/B	スクラバー循環水ポンプ	1+1S	遠心式
101-P-07 A/B	フラッシングポンプ	1+1S	遠心式

表 6.3-9 (3/3) 石炭前処理設備の主要機器リスト

機器番号	機器名称	基数	型式・概略仕様
101-SC-01 A/B	原炭供給機	2	ベルトスケール
101-SC-02 A/B	粉碎炭供給機	2	テーブルフィーダー
101-Z-02 A/B	粉碎炭捕集機	2	バグフィルター
101-Z-03 A/B	粉碎炭捕集機ロータリーバルブ	2	ロータリーバルブ