

6.3.3.2 液化反応設備

本設備は、石炭を高温・高圧の反応条件のもとで液化させる設備である。液化反応終了後は反応生成物を速やかに減圧・冷却し、その後につづく設備へ供給する。

(1) 原理

液体である石油と比較し、より高分子量でかつ水素含有量の少ない固体石炭を低分子量化することによって液化する。

熱分解、水素化分解、水素添加反応がほぼ同時に進行することによって液化する。実際には水素、触媒、水素化溶剤の存在化でこの反応を効率的に進行させている。

(2) プロセスの説明

本設備は液化反応塔を中心に、高圧スラリー供給ポンプ、水素圧縮機・循環ガス圧縮機、石炭スラリー予熱炉、気液分離器、熱交換器、ガス洗浄塔などから構成される。

本設備は石炭前処理設備から供給される約 10,000t/d の石炭スラリーを処理する。

石炭前処理設備から供給される石炭スラリーは高圧スラリー供給ポンプによって約 200kg/cm²G まで昇圧され、循環ガスと混合された後、スラリー熱交換器・スラリー予熱炉で約 400℃まで加熱され、液化反応塔に供給される。

反応塔出口温度は 465℃、出口圧力は 190 kg/cm²G に設定した。

循環ガスと石炭スラリーの割合は第 2 液化反応塔において 900Nm³/t に設定した。

液化反応塔において石炭は有機ガス、無機ガス、液化油、水および残渣となる。気泡塔である液化反応塔は、反応条件、流動条件、液化収率、製作条件、運転性などを総合的に考慮して 2 塔直列とした。

液化反応塔からの留出分は高温分離器、中温分離器、低温分離器、中間フラッシュドラムなどを経て熱回収されながら減圧・冷却される。

高圧スラリー供給ポンプから高温分離器までの高圧機器群は、機器製作条件などにより 2 系列で構成される（液化反応塔の総数は 4 塔となる）。

高温分離器では、その下部に循環ガスを吹き込むことによってコーキングを防止し、またその上部に中温分離器から回収される洗浄油を導入することによって固形物の同伴を防止する。

高温分離器の底部から流出する石炭灰、触媒、未溶解石炭を含む高温・高圧のスラリーはレットダウン弁を介して 2 段階で減圧される。

中温分離器の入口温度は塩化アンモニウム等の析出防止の点から約 200℃とし、その分離ガスは洗浄水で洗浄され、低温分離器に導入される。

低温分離器からの水素リッチガスは水洗塔にて洗浄され、一部をパージした後、水素濃度 99.8 vol%以上の高純度水素と混合され、循環ガスとして循環使用される。循環ガスの水素濃度は 89 vol%である。

酸性ガスを含む水素リッチガスとブリードガスは酸性ガス処理設備へ送られる。溶解ガスは燃料ガス回収設備へ送られる。

(3) プロセスフロー

設備のプロセスフローを図 6.3-3 に示す。

(4) 物質収支

設備に出入りする物質収支を表 6.3-10 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 6.3-11 に示す。

(6) 機器リスト

設備の主要機器リストを表 6.3-12 に示す。

T 温度 °C
 P 圧力 Kg/cm²g

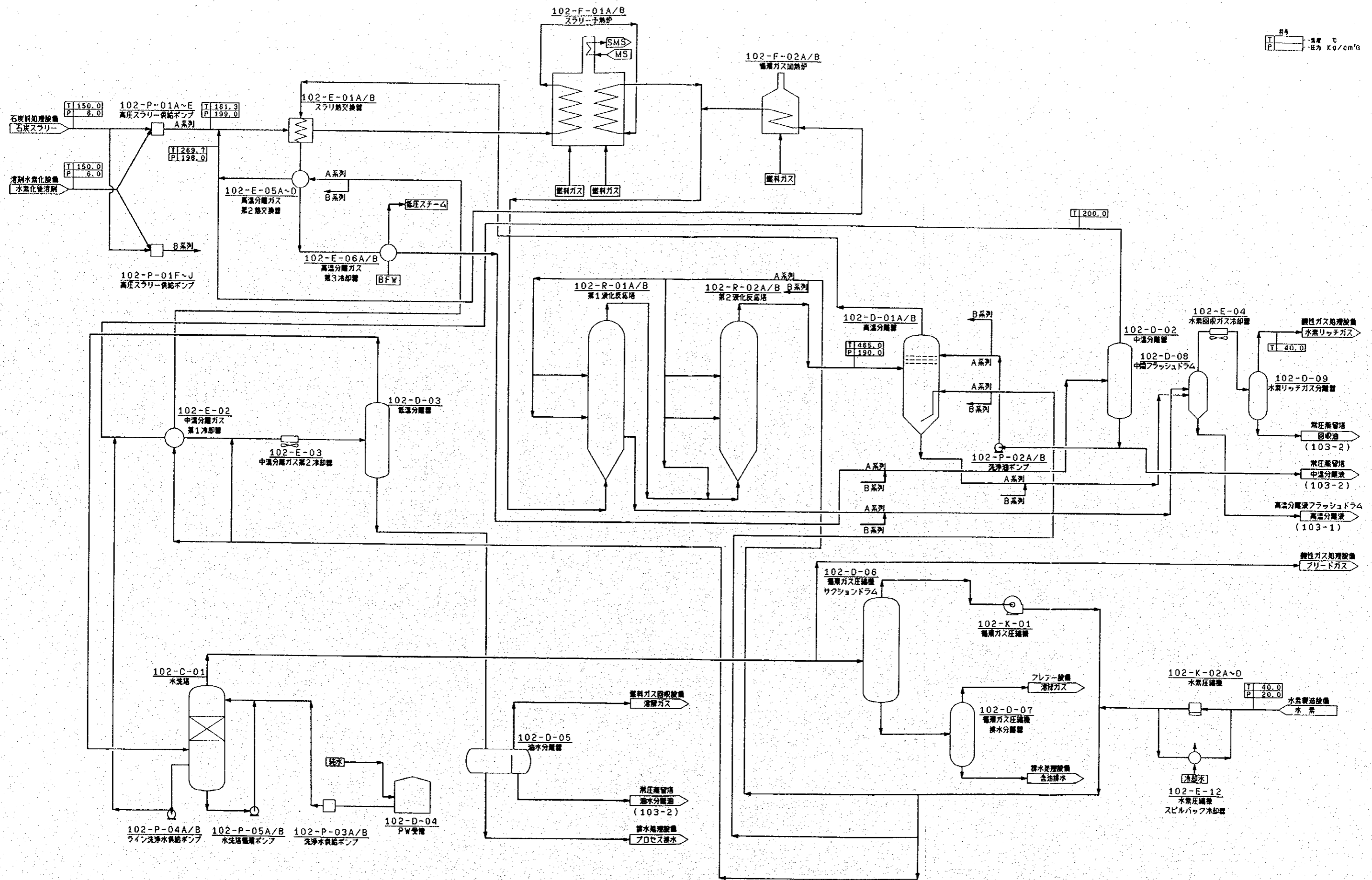


図6.3-3 液化反応設備プロセスフロー

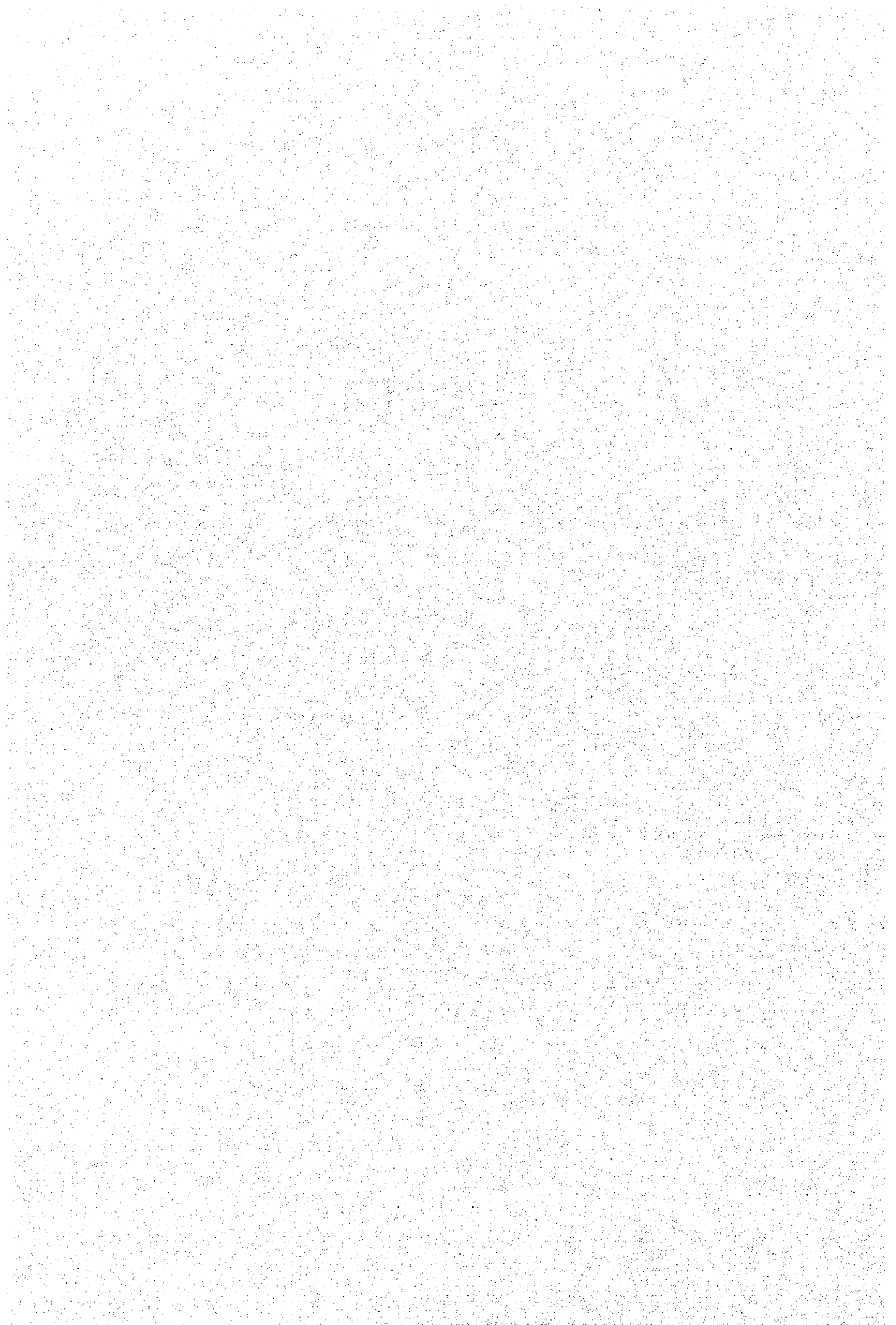


表 6.3-10 液化反応設備の物質収支表

名称	入 量				出 量									
	石炭 スラリー	補給水素	補給水		高温 分離液	中温 分離液	回収油	油水分離油	水素リッチ ガス	溶解ガス	ブリード ガス	プロセス 排水		
圧力 [kg/cm ² G]	6.0	20.0	0.0		0.6	0.6	28.0	0.6	28.0	5.0	187.2	5.0		
温度 [°C]	150	40	40		383	186	40	30	40	43	47	43		
流量		16,550			41	339	3		803	60	5,442			
H ₂					4	106	9	22	28	80	198	350		
H ₂ S					1	71	2	1	7	2	1	1,207		
NH ₃					2,813	144	42		2,858	5	229			
CO					21	308	20	20	170	233	682	2,048		
CO ₂					38	659	17	9	678	266	6,063	1		
C ₁					119	1,018	83	111	884	601	4,312	2		
C ₂					157	2,017	259	842	898	1,392	5,165	4		
C ₃					48	718	139	684	146	351	997	1		
n-C ₄					48	648	117	495	170	370	1,059	1		
i-C ₄					3,310	31,341	4,492	13,033	59	295	914			
C ₅ -220°C	9,799				46,933	103,300	18,980	3,455	1		1			
220-350°C	131,765				64,638	17,571	5,099	25						
350-538°C	66,668				6	2,129	83	12	31	32	65	42,853		
H ₂ O	2,083		23,500											
乾燥石炭	208,333													
硫化鉄	8,958													
硫黄	2,000													
固形分				61,042										
合計	429,606	16,550	23,500	179,219	160,369	29,345	18,709	6,733	3,687	25,128	46,467			

6.3-11 液化反応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 ⁶ kcal/h]	[Nm ³ /h]
	28,691	8.8	-27.7	1,754	51.2	25.6	500

注：マイナス符号は発生を意味する

表 6.3-12 (1/3) 液化反応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
102-R-01 A/B	第1 液化反応塔	2	4,000 Φ × 17,000 H
102-R-02 A/B	第2 液化反応塔	2	4,000 Φ × 17,000 H
102-C-01	水洗塔	1	2,000 Φ × 8,600 H
102-D-01 A/B	高温分離器	2	2,600 Φ × 7,500 H
102-D-02	中温分離器	1	2,800 Φ × 7,800 H
102-D-03	低温分離器	1	2,200 Φ × 7,000 H
102-D-04	PW受槽	1	2,000 Φ × 5,000 H
102-D-05	油水分離器	1	2,500 Φ × 6,000 H
102-D-06	循環ガス圧縮機サクシオン ドラム	1	1,500 Φ × 3,500 H
102-D-07	循環ガス圧縮機排水分離器	1	1,500 Φ × 3,500 H
102-D-08	中間フラッシュドラム	1	2,800 Φ × 7,500 H
102-D-09	水素リッチガス分離器	1	1,400 Φ × 4,400 H
102-D-10	フラッシング溶剤槽	1	4,000 Φ × 8,000 H
102-D-11 A/B	ブローダウン液槽	2	5,000 Φ × 5,000 H
102-D-12	ブローダウン地下受槽	1	2,100 Φ × 2,500 H

表 6.3-12 (2/3) 液化反応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
102-E-01 A/B	スラリー熱交換器	2	V-AES
102-E-02	中温分離ガス第1冷却器	1	H-BEU
102-E-03	中温分離ガス第2冷却器	1	空冷型
102-E-04	水素回収ガス冷却器	1	空冷型
102-E-05 A/B	高温分離ガス第2冷却器	2	H-BEU
102-E-06 A/B	高温分離ガス第3冷却器	2	H-BKU
102-E-07	フラッシング溶剤冷却器	1	二重管式
102-E-08	高圧フラッシング溶剤加熱器	1	BEU
102-E-09	フラッシング溶剤加熱器	1	BEU
102-E-10	ブローダウン液槽ベントコンデンサー	1	BEU
102-E-11 A/B	ブローダウン液冷却器	2	BFU
102-E-12	水素圧縮器システム冷却器	1	H-BEU
102-F-01 A/B	スラリー予熱炉	2	箱型
102-F-02 A/B	循環ガス加熱炉	2	円筒

表 6.3-12 (3/3) 液化反応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
102-K-01	循環ガス圧縮機	1	遠心式
102-K-02 A~D	水素圧縮機	3+1S	往復動
102-P-01 A~J	高圧スラリー供給ポンプ	8+2S	往復動
102-P-02 A/B	洗浄油ポンプ	1+1S	遠心式
102-P-03 A/B	洗浄水供給ポンプ	1+1S	往復動
102-P-04 A/B	ライン洗浄水供給ポンプ	1+1S	遠心式
102-P-05 A/B	水洗塔循環ポンプ	1+1S	遠心式
102-P-06 A/B	フラッシング溶剤ポンプ	1+1S	遠心式
102-P-07 A/B	高圧フラッシングポンプ	1+1S	往復動
102-P-08	緊急冷却ポンプ	1	往復動
102-P-09 A/B	ブローダウン地下受槽ポンプ	1+1S	遠心式
102-P-10 A/B	ブローダウン液ポンプ	1+1S	遠心式

6.3.3.3 液化油蒸留設備

本設備は、液化反応設備において生成する液化油、ガス、固形分などから液化ナフサ、常圧軽油、循環溶剤を回収すると共に、副生ガス、残渣を分離する設備である。

(1) 原理

蒸留の原理は、混合状態にある各種成分をその比揮発度の差を利用して分離することである。各種成分の種類と組成によって、またプロジェクトの条件によって操作条件が決められる。

(2) プロセスの説明

本設備は常圧蒸留塔と減圧蒸留塔を中心に構成される。

本設備は液化反応設備から供給される約 9,300t/d のガス、液化油、固形分などを蒸留操作によって、ガス、液化粗油（液化ナフサと常圧軽油の混合物）、循環溶剤、残渣に分離する設備である。

液化反応設備の変動に対応するため、またガスと液化油の効率的な分離・回収のために常圧蒸留塔を設置する。結果として、液化ナフサと常圧軽油が分離され、また還流槽にて油水が分離される。

固形分の分離と循環溶剤の効率的な分離・回収のために減圧蒸留塔を設置する。これは NEDOL 法の特徴でもある。

液化反応設備の油水分離器、中温分離器、水素リッチガス分離器および中間フラッシュドラムから供給されるガスを含む液化油は常圧蒸留塔に供給される。これらの常圧蒸留塔原料は十分な熱量と蒸気量を有しているため、原料予熱炉やリボイラは不要である。

蒸留効率の向上と、操作温度の低下のために、常圧蒸留塔底部に過熱スチームを吹き込む。

常圧蒸留塔塔頂からの蒸気は、常圧塔凝縮器で約 40℃に冷却され常圧塔還流槽に入る。常圧塔還流槽にて油水分離後、油分は一部が還流液として常圧蒸留塔に戻され、残りは液化ナフサとしてアップグレーディング設備へ供給される。

液化ナフサは 220℃以下の留分とした。

液化ナフサの回収率を高めるために、常圧塔還流槽からの蒸気はガス圧縮機にて昇圧され、凝縮液は常圧塔還流槽に戻し液化ナフサとして回収される。

未凝縮のガスは溶解ガスとして燃料ガス回収設備へ送られる。

常圧蒸留塔の中段からは常圧軽油がサイドカットとして拔出され、アップグレーディング設備へ供給される。常圧軽油はディーゼル軽油の原料となることから、その蒸留性状は 95vol% 留出温度を 365℃とした。常圧軽油の拔出し量は、溶剤水素化設備で必要とする循環溶剤を確保した後の残りの量(69t/h)となる。

常圧蒸留塔塔底液は循環溶剤として溶剤水素化設備へ供給される。

液化反応設備の中間フラッシュドラムから供給される残渣を含む高温分離液は、高温分離液フラッシュドラム、減圧フラッシュドラムにて減圧された後、一部は減圧塔加熱炉にて減圧蒸留操作に必要な熱量を与えられてから、減圧蒸留塔に供給される。

減圧蒸留塔は真空発生装置により塔頂で約 70mmHg abs の減圧に保たれ、中段からは循環溶剤がサイドカットとして抜出され、溶剤水素化設備へ供給される。

蒸留効率の向上と操作温度の低下のために、高温分離液フラッシュドラムと減圧蒸留塔底部に過熱スチームを吹き込む。

減圧蒸留塔のサイドカットの量は、減圧塔塔底液（液化残渣）が流動性を維持するために必要な溶剤量を除いた量となる。

減圧塔塔底液は液化残渣固化装置にて固化したあと、石炭ガス化水素製造設備へ送られる。

(3) プロセスフロー

設備のプロセスフローを図 6.3-4 に示す。

(4) 物質収支

設備に出入りする物質収支を表 6.3-13 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 6.3-14 に示す。

(6) 機器リスト

設備の主要機器リストを表 6.3-15 に示す。

符号
 T 温度 °C
 P 圧力 kg/cm²G

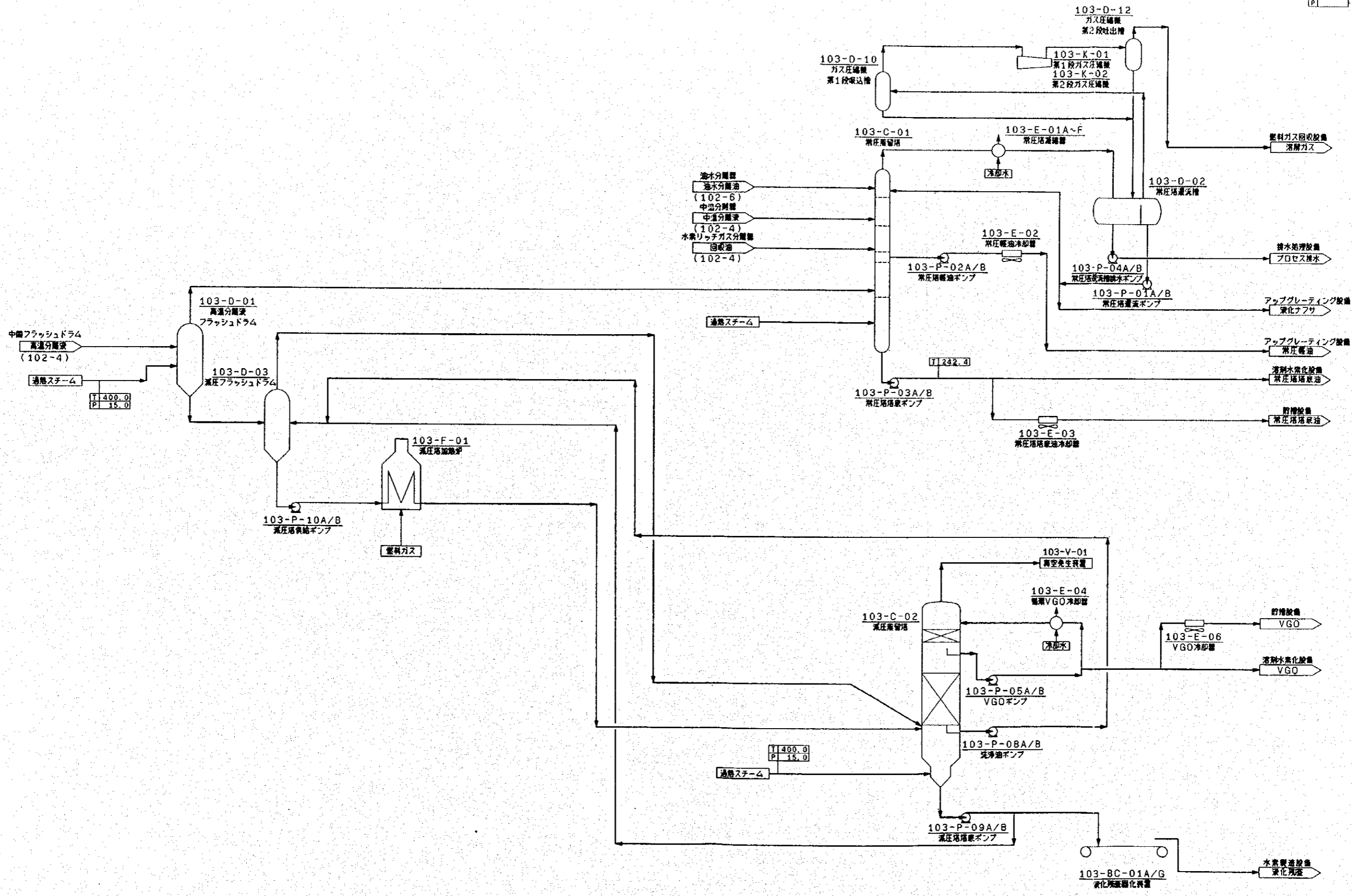


図 6.3-4 液化油蒸留設備プロセスフロー

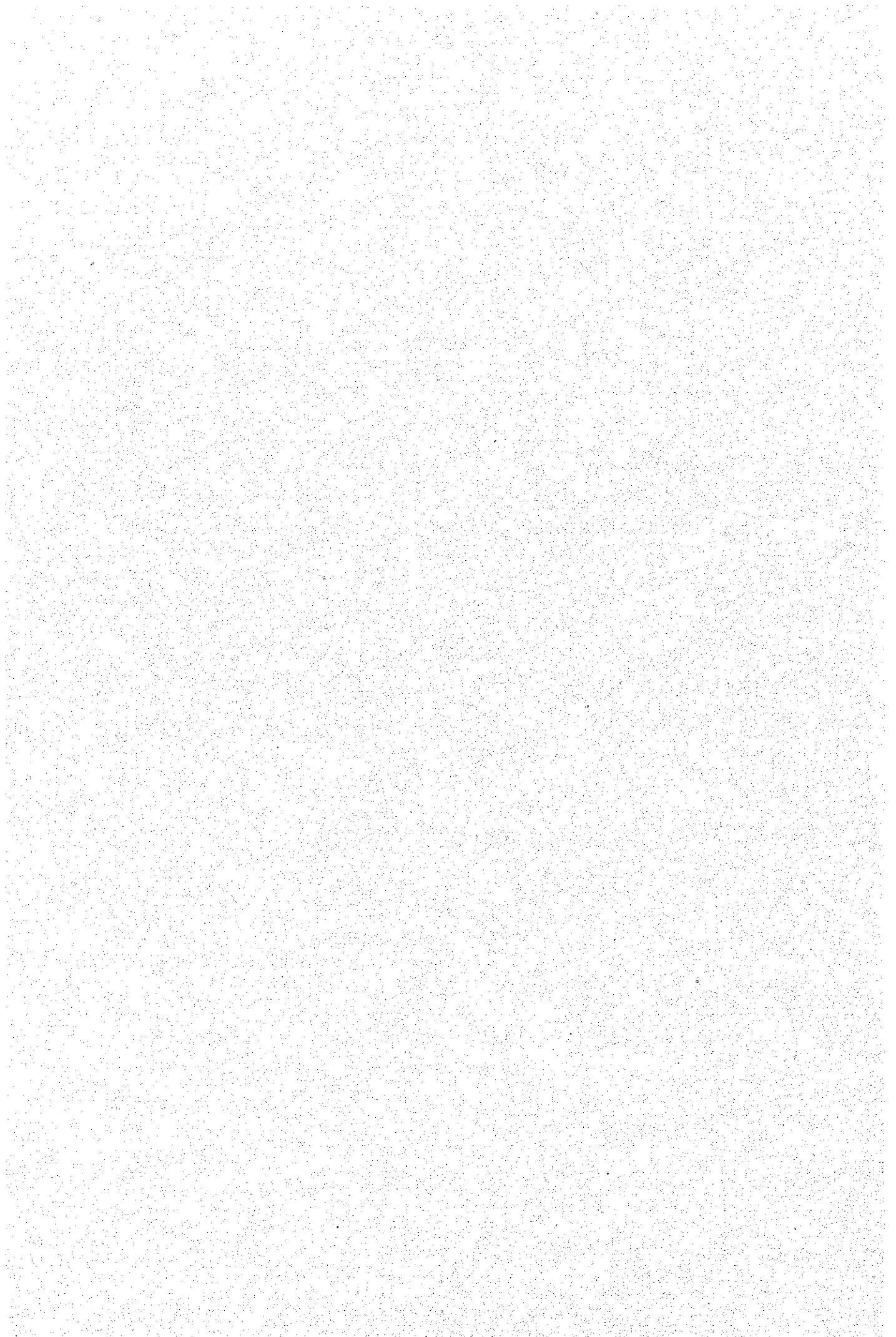


表 6.3-13 液化油蒸留設備の物質収支表

名称	入 量				出 量					
	蒸留設備 原料	過熱 スチーム	イニエクタ スチーム	溶解ガス	液化ナフサ	常圧軽油	循環溶剤	液化残渣	プロセス 排水	
圧力 [kg/cm ² G]		15.0	15.0	6.0	4.0	5.0	5.0		3.0	
温度 [°C]		400	200	40	40	70	237	60	40	
流量				383						
H2	383									
H2S	141			137	4					
NH3	75			73	2					
CO	2,999			2,964	5	11			19	
CO2	369			365	4					
C1	723			721	2					
C2	1,331			1,317	14					
C3	3,275			3,163	111	1				
n-C4	1,589			1,402	186					
i-C4	1,308			1,196	112					
C5-220°C	52,176			1,856	24,773	16,203	9,338		6	
220-350°C	172,668				16	47,922	124,661	62	7	
350-538°C	87,333					4,986	78,468	3,879	1	
H2O	2,230	9,685	5,000	100	13	17	125		16,660	
固形分	61,042							61,042		
合計 [kg/h]	387,642	9,685	5,000	13,677	25,242	69,140	212,592	64,983	16,693	

表 6.3-14 液化油蒸留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 ⁶ kcal/h]	[Nm ³ /h]
	2,467	14.7	-	2,980	-	8.64	500

表 6.3-15 (1/3) 液化油蒸留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
103-B-01 A/B	フレーカ排気ブロワー	1+1S	遠心式
103-C-01	常圧蒸留塔	1	3,600/5,000 Φ × 25,000 H
103-C-02	減圧蒸留塔	1	4,000/8,000 Φ × 23,500 H
103-D-01	高温分離液フラッシュドラム	1	2,200 Φ × 5,000 H
103-D-02	常圧塔還流槽	1	3,800 Φ × 9,000 H
103-D-03	減圧フラッシュドラム	1	4,600 Φ × 6,000 H
103-D-05	フレーカ排気スクラバー	1	3,800 Φ × 5,000 H
103-D-06	フレーカ循環水槽	1	4,000W × 15,000L × 2,500 H
103-D-07	フラッシング油槽	1	3,400 Φ × 6,800 H
103-D-08	ブローダウン地下受槽	1	1,600 Φ × 3,000 H
103-D-09	ブローダウン地上受槽	1	3,600 Φ × 5,000 H
103-D-10	ガス圧縮機第1段吸込槽	1	1,300 Φ × 2,700 H
103-D-12	ガス圧縮機第2段吐出槽	1	1,300 Φ × 2,700 H
103-E-01 A~F	常圧塔凝縮器	6	H-BEU
103-E-02	常圧軽油冷却器	1	空冷型
103-E-03	常圧塔塔底油冷却器	1	空冷型
103-E-04	循環VGO冷却器	1	空冷型
103-E-06	VGO冷却器	1	空冷型

表 6.3-15 (2/3) 液化油蒸留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
103-E-08 A/B	フレイカー循環水冷却器	2	BEU
103-E-09	フラッシング油冷却器	1	BEU
103-E-10	フラッシング油第1加熱器	1	BEU
103-E-11	フラッシング油第2加熱器	1	BEU
103-E-12	ブローダウン地上受槽 ベントコンデンサー	1	BEM
103-E-13 A/B	ブローダウン液冷却器	2	BEU
103-E-14 A/B	始動用循環液冷却器	2	BEU
103-F-01	減圧塔加熱炉	1	直立円筒
103-F-02	常圧塔スチーム過熱炉	1	直立円筒
103-F-03	減圧塔スチーム過熱炉	1	直立円筒
103-F-04	常圧塔始動用加熱炉	1	直立円筒
103-K-01	第1段ガス圧縮機	1	遠心式
103-K-02	第2段ガス圧縮機	1	遠心式

表 6.3-15 (3/3) 液化油蒸留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
103-P-01 A/B	常圧塔還流ポンプ	1+1S	遠心式
103-P-02 A/B	常圧塔軽油ポンプ	1+1S	遠心式
103-P-03 A/B	常圧塔塔底ポンプ	1+1S	遠心式
103-P-04 A/B	常圧塔還流槽排水ポンプ	1+1S	遠心式
103-P-05 A/B	VGOポンプ	1+1S	遠心式
103-P-08 A/B	洗浄油ポンプ	1+1S	遠心式
103-P-09 A/B	減圧塔塔底ポンプ	1+1S	遠心式
103-P-10 A/B	減圧塔供給ポンプ	1+1S	遠心式
103-P-11 A/B	減圧塔ホットウェルポンプ	1+1S	遠心式
103-P-12 A/B	フレーカー循環水ポンプ	1+1S	遠心式
103-P-13 A/B	フラッシング油ポンプ	1+1S	遠心式
103-P-14 A/B	ブローダウン地下受槽ポンプ	1+1S	遠心式
103-P-15 A/B	ブローダウン地上受槽ポンプ	1+1S	遠心式
103-V-01	真空発生装置	1	スチームイジェクタ式
103-BC-01A/G	液化残渣固化装置	7	スチールベルト式
103-BC-02	液化残渣コンベア	1	ベルトコンベア

6.3.3.4 溶剤水素化設備

本設備は、液化油蒸留設備から回収される循環溶剤を水素化し、水素供与性溶剤にするための設備である。

(1) 原理

溶剤水素化の原理は、石炭液化反応で得られた液化油に水素を添加する水素化添加反応である。水素添加反応の過程で一部は水素化分解が伴うため、ガス、軽質油、水の生成が認められる。

(2) プロセスの説明

本設備は水素化反応塔を中心に、溶剤ポンプ、水素圧縮機・循環ガス圧縮機、気液分離器、ストリッパー、ガス洗浄塔などから構成される。

本設備は液化油蒸留設備で回収される約5,100t/dの循環溶剤を処理して5,000t/dの水素化溶剤を製造する。

液化油蒸留設備で回収される循環溶剤は、溶剤フィルターを通った後、助触媒としての硫黄が循環溶剤に対して0.1wt%の割合で添加され、溶剤昇圧ポンプによって約110kg/cm²Gまで昇圧される。その後、循環ガスと混合され、水素化予熱炉で約280-350℃まで加熱され、水素化反応塔に供給される。加熱温度は溶剤水素化触媒の活性低下に応じて徐々に上昇させる。

水素化反応塔において循環溶剤は溶剤水素化反応により水素供与性を附加される。

溶剤の芳香族性は0.11低下する ($\Delta fa=0.11$)。

副反応により有機ガス、無機ガス、水素化ナフサ、および水が若干生成する。

循環ガスと循環溶剤の割合は500Nm³/tに設定した。

水素化予熱炉と水素化反応塔は、流動条件、機器製作条件、運転性、触媒寿命などを考慮して3系列とした。水素化反応塔のLHSVは結果として0.57hr⁻¹となる (PSUによる液化試験では0.83hr⁻¹)

水素化反応塔からの留出分は高温分離器、中温分離器、低温分離器などを経て熱回収されながら減圧・冷却されストリッパーへ供給される。

ストリッパーの原料は十分な熱量と蒸気量を有しているため、原料予熱器やリボイラは不要である。

ストリッパー塔頂からの蒸気は、ストリッパー凝縮器で冷却されナフサ還流槽に入る。ナフサ還流槽にて油水分離後、油分は一部を還流液としてストリッパーに戻され、残りは水素化ナフサとしてアップグレーディング設備へ供給される。

水素化ナフサは220℃以下の留分とした。

蒸留効率の向上と、操作温度の低減のために、ストリッパー底部に加熱蒸気を吹き込む。

ストリッパー塔底液は水素化溶剤として石炭前処理設備へ供給され、石炭スラリーの調製に循環使用される。

低温分離器からの水素リッチガス（ブリードガス）は水洗塔にて洗浄され、一部をパージした後、水素濃度 99.8 vol%以上の高純度水素と混合され、循環ガスとして循環使用される。循環ガスの水素濃度は 98 vol%である。

ブリードガスは酸性ガス処理設備へ送られる。
オフガスは燃料ガス回収設備へ送られる。

(3) プロセスフロー

設備のプロセスフローを図 6.3-5 に示す。

(4) 物質収支

設備に出入りする物質収支を表 6.3-16 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 6.3-17 に示す。

(6) 機器リスト

設備の主要機器リストを表 6.3-18 に示す。

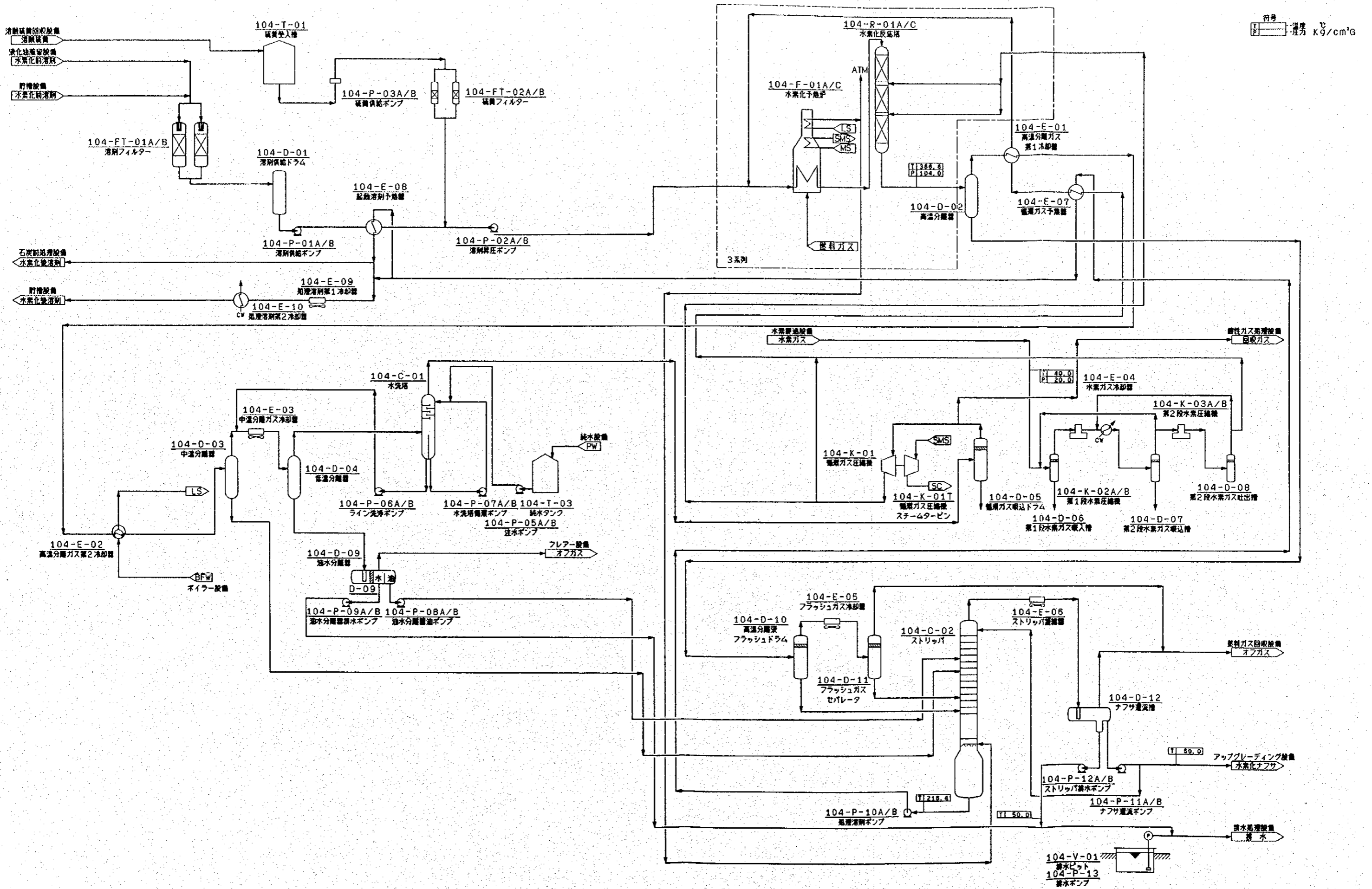


図 6.3-5 溶剤水素化設備プロセスフロー

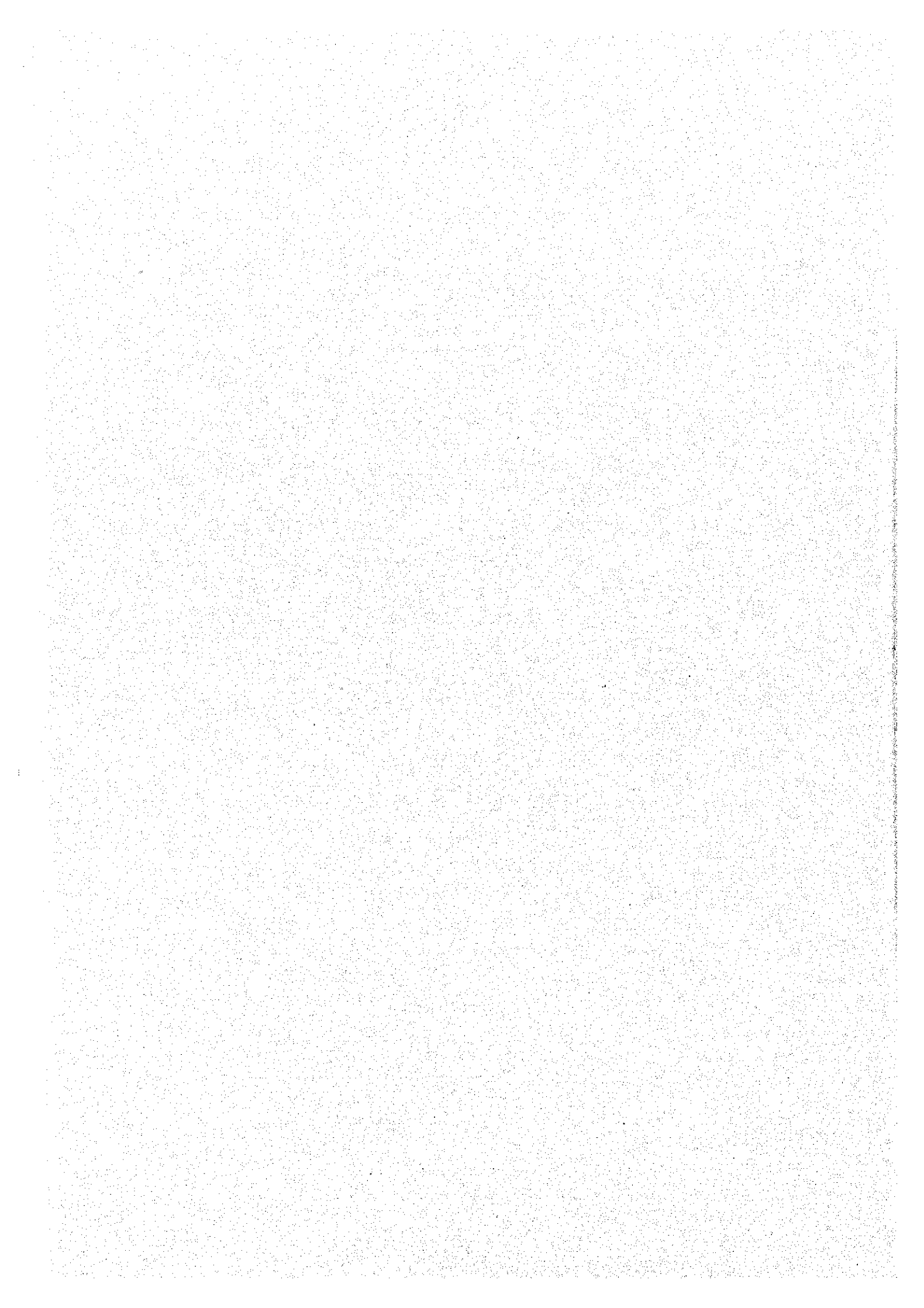


表 6.3-16 溶剤水素化設備の物質収支表

名称	入 量					出 量				
	循環回収 溶剤	硫黄	補給水素	過熱 スチーム	補給水	水素化 ナフサ	水素化 溶剤	フリード ガス	オフガス	プロセス 排水
圧力 [kg/cm ² G]	5.0	4.0	20.0	5.0	105.0	5.0	2.5	101.3	0.5	4.0
温度 [°C]	237	130	40	158	23	51	194	44	50	50
流量			6,384					3,464	331	
H2						2		392	138	
H2S								103	27	
NH3										
CO										
CO2										
C1								1,258	164	
C2								216	63	
C3						1		132	52	
n-C4						2		69	44	
i-C4						0				
C5-220°C	9,338					2,924	9,799	140	423	
220-350°C	124,661					1	131,765	1		
350-538°C	78,468						66,668			
H2O	125			13,345	15,146	2	208	42	125	29,117
硫黄		207								
合計 [kg/h]	212,592	207	6,384	13,345	15,146	2,932	208,440	5,817	1,367	29,117

表 6.3-17 溶剤水素化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 ⁶ kcal/h]	[Nm ³ /h]
	7,786	19.9	-24.7	1,004	40.0	22.9	500

注：マイナス符号は発生を意味する

表 6.3-18 (1/3) 溶剤水素化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
104-R-01A/C	水素化反応塔	3	4,000 Φ × 19,100 H
104-C-01	水洗塔	1	1,700 Φ × 8,500 H
104-C-02	ストリッパ	1	4,400 Φ × 19,200 H
104-D-01	溶剤供給ドラム	1	3,000 Φ × 9,200 H
104-D-02	高温分離器	1	3,400 Φ × 11,500 H
104-D-03	中温分離器	1	2,000 Φ × 6,000 H
104-D-04	低温分離器	1	1,800 Φ × 4,300 H
104-D-05	循環ガス吸込ドラム	1	1,300 Φ × 2,700 H
104-D-06	第1段水素ガス吸入槽	1	1,300 Φ × 2,700 H
104-D-08	第2段水素ガス吐出槽	1	1,200 Φ × 2,700 H
104-D-09	油水分離器	1	1,600 Φ × 4,600 H
104-D-10	高温分離液フラッシュドラム	1	3,000 Φ × 9,900 H
104-D-11	フラッシュガスセパレータ	1	800 Φ × 3,550 H
104-D-12	ナフサ還流槽	1	2,500 Φ × 7,800 H
104-E-01	高温分離ガス第1冷却器	1	H-BEU
104-E-02	高温分離ガス第2冷却器	1	H-BKU
104-E-03	中温分離ガス冷却器	1	空冷型
104-E-04	水素ガス冷却器	1	H-BEU
104-E-05	フラッシュガス冷却器	1	空冷型

表 6.3-18 (2/3) 溶剤水素化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
104-E-06	ストリッパ-凝縮器	1	空冷型
104-E-07	循環ガス予熱器	1	H-BEU
104-E-08	起動溶剤予熱器	1	H-BEU
104-E-09	処理溶剤第1冷却器	1	空冷型
104-E-10	処理溶剤第2冷却器	1	H-BEU
104-F-01A/C	水素化予熱炉	3	直立円筒
104-K-01	循環ガス圧縮機	1	遠心式
104-K-02A/B	第1段水素圧縮機	1+1S	往復動
104-K-03A/B	第2段水素圧縮機	1+1S	往復動
104-P-01A/B	溶剤供給ポンプ	1+1S	遠心式
104-P-02A/B	溶剤昇圧ポンプ	1+1S	遠心式
104-P-03A/B	硫黄供給ポンプ	1+1S	往復動
104-P-04A/B	薬液注入ポンプ	1+1S	往復動
104-P-05A/B	注水ポンプ	1+1S	往復動
104-P-06A/B	ライン洗浄ポンプ	1+1S	遠心式
104-P-07A/B	水洗塔循環ポンプ	1+1S	遠心式
104-P-08A/B	油水分離器油ポンプ	1+1S	遠心式
104-P-09A/B	油水分離器排水ポンプ	1+1S	遠心式

表 6.3-18 (3/3) 溶剤水素化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
104-P-10A/B	処理溶剤ポンプ	1+1S	遠心式
104-P-11A/B	ナフ還流ポンプ	1+1S	遠心式
104-P-12A/B	ストリップ-排水ポンプ	1+1S	遠心式
104-P-13	排水ポンプ	1	遠心式
104-FT-01A/B	溶剤フィルター	1+1S	
104-FT-02A/B	硫黄フィルター	1+1S	
104-T-01	硫黄受入槽	1	2,000 Φ × 5,000 H
104-T-02	清缶剤溶液槽	1	900 Φ × 1,500 H
104-T-03	純水タンク	1	2,000 Φ × 5,000 H
104-V-01	排水ピット	1	

6.3.3.5 液化粗油アップグレーディング設備

本設備は液化工程から供給されるナフサ留分から軽油留分までの炭化水素混合物から構成される液化粗油を原料とし、高温・高圧の水素雰囲気下でアップグレーディングすることにより、液化工場の製品であるガソリン、ディーゼル軽油を製造する設備である。アップグレーディング設備の中でガソリンの製造については水素化処理の他に接触改質設備により、炭化水素組成を改良することによりオクタン価を向上させて製品とする。

(1) 原理

液化粗油のアップグレーディングは液化粗油の炭化水素骨格に含まれる硫黄分、窒素分、酸素分等のヘテロ原子が触媒存在下、高温、高圧での水素化処理により除去できることに基づいて実施される。この原理は石油精製で極く一般的に使用されている方法であり、基本プロセスフローとしては確立されたプロセスである。すなわちこれらのヘテロ原子は水素化により硫化水素、アンモニア、水、フェノール等として除去される。同時に炭化水素の水素化分解反応、水素添加反応による炭化水素の組成改善が進行する。

ただし、液化粗油はこれらヘテロ原子の中で窒素、酸素含有量が石油に比べて著しく多く含まれているので石油精製における同一留分の水素化処理（主として脱硫を目的として実施されている）よりも圧力、温度的に厳しい反応条件が求められる。

石炭液化が実用化されていない状況では石油精製と同じ原理とはいえ、液化油のアップグレーディングはまだ研究開発段階の技術である。日本では日本コールオイル（株）での150t/d石炭液化パイロットプラントからの液化粗油を用いた大規模アップグレーディング設備の実証試験が計画されている。

ガソリンの製造（オクタン価向上）のための接触改質方法も石油精製で一般的に使用されているプロセスであり、白金系の触媒存在下、高温・高圧水素雰囲気の中で、炭化水素の脱水素、異性化、環化（芳香族化）等の反応が進みオクタン価90以上の製品が得られる。

液化粗油中の灯軽油留分からは水素化処理によりディーゼル軽油を製造するが、水素化処理だけではセタン価が低く製品規格を満足できないため、セタン価向上剤を加えて製品とする。

(2) プロセスの説明

アップグレーディング設備は以下の4つの反応設備から構成される。

- ・原料油の一次水素化設備
- ・一次水素化ナフサ留分の二次水素化設備
- ・二次水素化ナフサ留分の接触改質設備

・一次水素化灯軽油留分の二次水素化設備

液化工程からの液化粗油全体の安定性向上のため一次水素化処理設備で水素化し、ナフサ留分と灯軽油留分に分離する。次いでナフサ留分は二次水素化により油中の窒素、硫黄分を除去し、接触改質設備によりオクタン価を向上させ製品ガソリンとする。灯軽油留分についても二次水素化により窒素分、硫黄分を除去し、セタン価向上剤を加えてディーゼル軽油を製造する。

以下に各設備の詳細を記す。

(a) 一次水素化設備

本設備はアップグレーディングの原料である液化粗油受け入れタンク、原料油供給ポンプ、水素圧縮機、水素化反応塔、気液分離槽、分離塔、冷却器等から構成される。

原料油はポンプにより所定の圧力まで昇圧され、圧縮水素ガス（補給水素と循環水素との混合ガス）と混合された後、反応液熱交換器、加熱炉により所定の温度まで昇温されて水素化反応塔の上部に供給される。

水素化反応塔にはNi-W系触媒が充填されており、触媒上で原料油中のヘテロ原子が除去されると同時に、炭化水素の水素化分解、水素添加反応により改質が進む。この反応では水素ガスが消費されると同時に大量の発熱を伴うので触媒層の中間に循環水素ガスの一部を注入することにより冷却し、反応塔全体としての温度上昇を調整している。

水素化反応塔からの生成物は原料油との熱交換、高温分離槽、冷却器、低温分離槽などにより熱回収、減圧、冷却されると同時に軽質ガスや水分等の分離が行われる。

低温分離槽からの水素リッチガスは循環水素ガスとして水素化反応塔に循環される。循環ガス中には軽質炭化水素ガスが含まれ、水素濃度が低下し過ぎる場合にはその一部をパージする。

水素化反応塔で生成した硫化水素、アンモニア、フェノール等の大部分は高温分離槽からのガス相に含まれるが、洗浄水に溶解し、低温分離槽からの分離水とともに排水として除去される。

高温分離槽および低温分離槽の油分は混合後一次水素化油分離塔に供給される。

水素化油分離塔は多段の蒸留塔であり、塔頂からナフサ留分、塔底から灯軽油留分が抜

き出され、熱回収後中間製品としてそれぞれのタンクに貯蔵される。

(b) ナフサ留分二次水素化設備

一次水素化ナフサ留分は窒素分を含む上にオクタン価が低いので、そのままでは製品ガソリンとして使用できず、接触改質が必要である。二次水素化設備は接触改質用の原料油として窒素分、硫黄分を 1 ppm 以下まで低減させるための設備である。窒素分、硫黄分は接触改質設備の触媒活性を著しく低下させるため除去されていなければならない。

本設備は基本的には一次水素化設備とほぼ同じ機器、フローにより構成される。反応圧力、温度が一次水素化より少しマイルドであり、水素消費量も少ない。

生成油中の窒素、硫黄分をほぼ完全に無くするために循環水素ガスは使用されず、高純度のメークアップ水素ガスのみが使用される。分離槽からの水素リッチガスは水素純度が高く、水素回収設備を経て再度補給水素の一部として使用される。

反応塔出口油は熱回収、減圧、冷却後、ストリッパーにより副生する軽質炭化水素ガスが分離され中間製品タンクに貯蔵される。

(c) ナフサ留分接触改質設備

二次水素化ナフサ留分のオクタン価を高め、製品ガソリンを製造する設備である。

本設備は原料油供給ポンプ、水素圧縮機、接触改質反応塔、加熱炉、触媒再生塔、気液分離槽、スタビライザー（蒸留塔）、冷却器等から構成される。

脱窒素、脱硫された二次水素化ナフサはポンプにより所定の圧力まで昇圧され、循環水素ガスと混合後、熱交換器、加熱炉により反応温度まで昇温され接触改質反応塔に供給される。

接触改質反応塔には白金系触媒が充填されており、ナフサ留分は昇温により気相状態で反応が進む。油中のパラフィン系やナフテン系炭化水素の脱水素、異性化、芳香族化によりオクタン価 90 以上のガソリンが生成する。

この反応は吸熱反応であり反応中に温度が低下するので、反応塔は 4 段に分割され、第 1、第 2、第 3 段反応塔の出口ガスは加熱炉で再昇温され後段の反応塔に供給される。反応塔、加熱炉が 4 基ずつ必要であるが、それぞれ一体化された構造である。また、反応の進行により触媒上にカーボンが析出し触媒活性が低下するが、反応塔の隣に触媒再生塔が設置されており触媒は連続的に再生され活性が一定に維持される。

第 4 段反応塔からの生成物は熱交換器、気液分離槽、冷却器等で熱回収、減圧、冷却された後、スタビライザー（蒸留塔）により軽質炭化水素の除去、蒸気圧の調整が行われる。

接触改質では脱水素、芳香族化により水素が生成するので分離槽からの水素リッチガスは反応塔の水素分圧の維持に必要な循環量を除き、余剰分は付帯設備である水素回収設備に送られる。

接触改質油（リフォーマート）は製品ガソリンとしての規格を満足させるため酸化防止剤等の添加剤を加え製品タンクに貯蔵される。

(d) 灯軽油留分二次水素化設備

一次水素化設備で生成する灯軽油留分の残留窒素分の除去、セタン価の向上のために二次水素化を行う設備である。

本設備は原料油が灯軽油留分であることを除けば一次水素化設備とほぼ同一の反応条件で実施されるため、設備、フローもほぼ同じである。

生成油はストリッパー（蒸留塔）により軽質留分を除去することにより引火点が調整される。軽質留分はガソリン基材とする。

この段階で生成油のセタン価は 35 程度であるのでセタン価向上剤により本 F/S の目標値である 40 まで向上させる。さらに酸化防止剤等の添加剤が加えられ製品ディーゼル軽油タンクに貯蔵される。

(1) プロセスフロー

プロセスフロー図を図 6.3-6 に示す。

(4) 物質収支

設備に出入りする物質収支を表 6.3-19(1/4)～(4/4) に示す。

(5) エネルギー収支と用役要求。

設備に必要なエネルギーと用役の要求を表 6.3-20 に示す。

(6) 機器リスト

設備の主要機器リストを表 6.3-21(1/4)～(4/4) に示す。

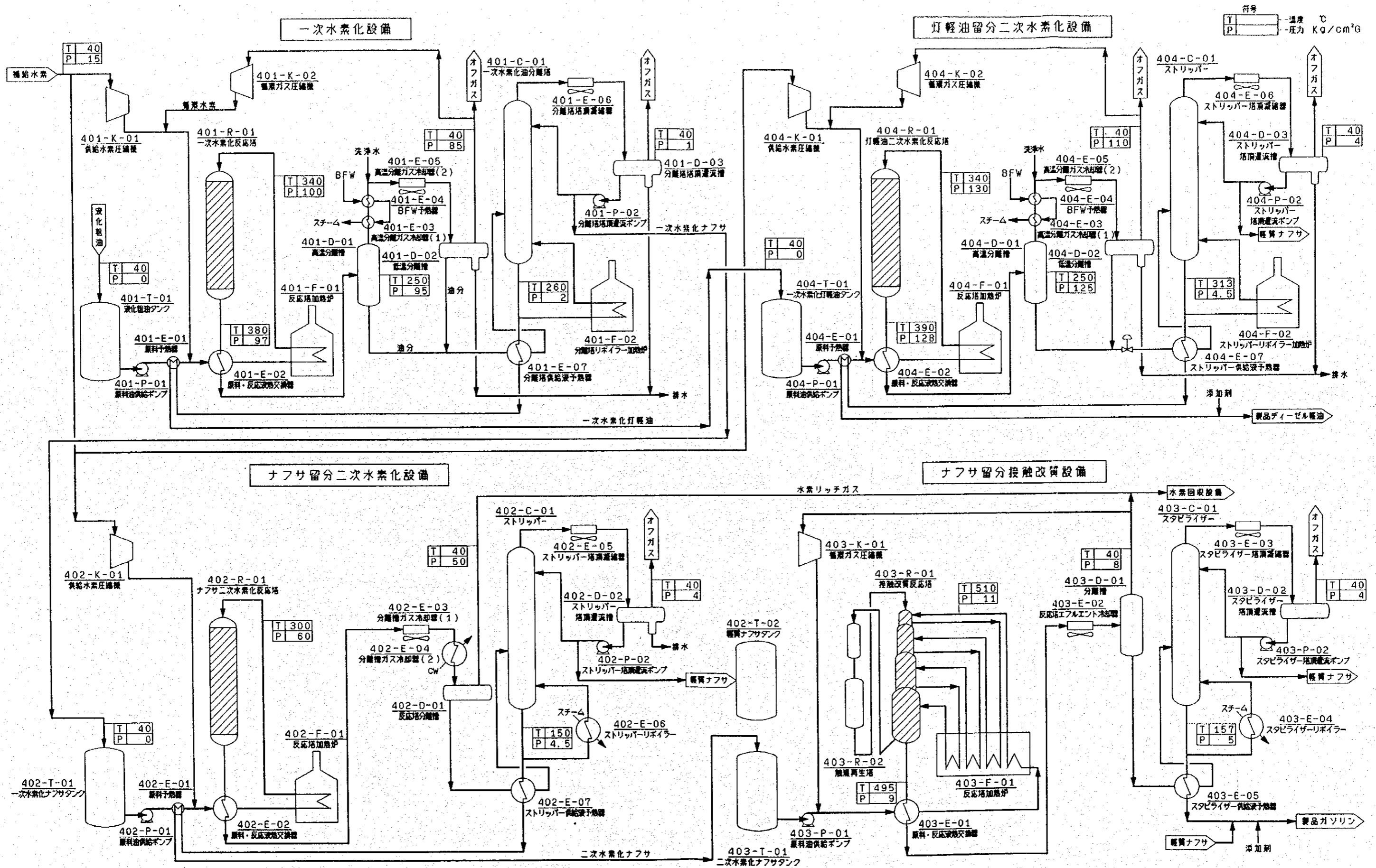


図6.3-6 液化粗油アップグレーディング設備プロセスフロー

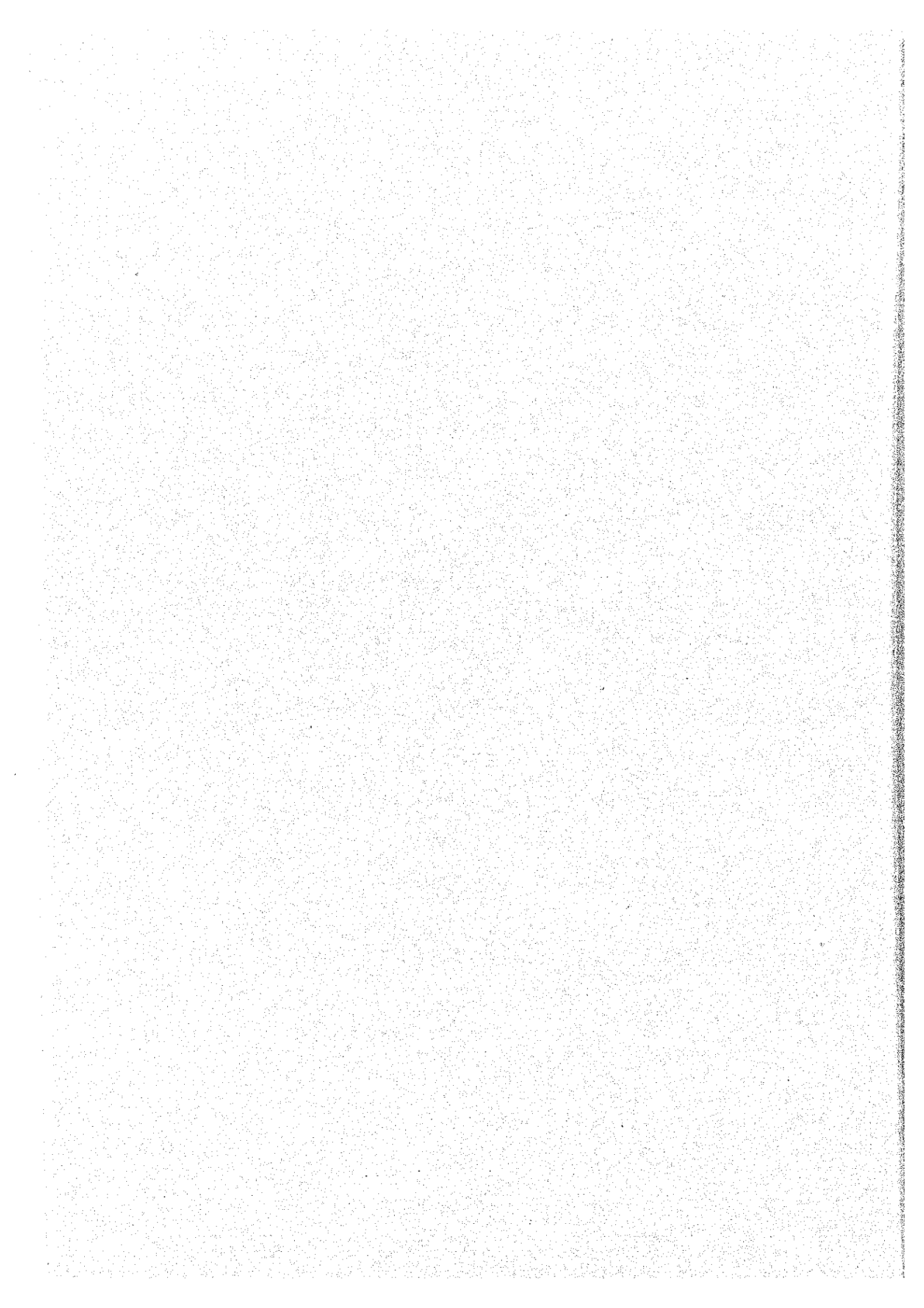


表 6.3-19 (1/4) 一次水素化設備の物質収支表

名称	入 量			出 量					合 計
	液化粗油	補給水素	補給水	合計	一次水素 化ナフサ	一次水素 化灯軽油	オフガス	プロセス 排水	
圧力 [kg/cm ² G]	0	15	100		2	2	2	10	
温度 [°C]	40	40	25		40	50	40	40	
流量	0	2,668		2,668	0		117		118
H ₂ S	5			5	2		6	32	40
NH ₃	2			2	14		74	383	472
CO	16			16			16		16
CO ₂	4			4			4		4
C ₁	2			2	5		194		199
C ₂	14			14	14		144		159
C ₃	112			112	60		198		258
N-C ₄	189			189	108		111		219
i-C ₄	113			113	55		76		131
C ₅ ~140°C	17,302			17,302	17,806	1	921		18,727
140~200°C	10,868			10,868	16,672	8,240	57		24,969
200~260°C	37,820			37,820	240	30,971	0		31,211
260~350°C	25,848			25,848	0	16,614			16,614
350°C以上	4,986			4,986	0	4,514			4,514
H ₂ O	32		7,000	7,032	23	0	90	9,217	9,331
合計 [kg/h]	97,313	2,668	7,000	106,980	35,000	60,339	2,008	9,633	106,980
備 考			廃熱ボイラ 用水は含 まず		ナフサ留 分二次水 素化原料	灯軽油留 分二次水 素化原料	燃料ガス 回収設備 へ	排水処理 設備へ	

表 6.3-19 (2/4) ナフサ留分二次水素化設備の物質収支表

名称	入 量				出 量						合 計
	一次水素 化ナフサ	補給水素	補給水	合 計	二次水素 化ナフサ	軽質ナフ サ	オフガス	水素リツ チガス	プロセス 排水	合 計	
圧力 [kg/cm ² G]	0	15	60		4	4	4	40	10		
温度 [°C]	40	40	25		50	40	40	60	40		
流量	0	4,000		4,000	1		24	3,517		3,542	
H ₂	2			2			2			2	
H ₂ S	14			14			14			14	
CO				0						0	
CO ₂				0						0	
C ₁	5			5	0		2	5		6	
C ₂	14			14	3		5	41		49	
C ₃	60			60	43		25	113		182	
N-C ₄	108			108	95		21	58		178	
i-C ₄	55			55	41		12	36		90	
C ₅ ~140°C	17,806			17,806	19,876		152	727		20,948	
140~200°C	16,672			16,672	13,872			24		13,895	
200~260°C	240			240	70					70	
260~350°C											
350°C以上											
H ₂ O	23		2,000	2,023	4		4	50	1,966	2,023	
合計 [kg/h]	35,000	4,000	2,000	41,000	34,003	200	260	4,571	1,966	41,000	
備 考					接触改質 原料	ガソリン にブレンド	燃料ガス 回収設備へ	水素回収 設備へ	排水処理 設備へ		

表 6.3-19 (3/4) ナフサ留分接触改質設備の物質収支表

名称	入 量			出 量					合計
	二次水素 化ナフサ			製品ガス リン	軽質ナフ サ	オフガス	水素リッ チガス		
圧力 [kg/cm ² C]	0			4	4	4	9		
温度 [°C]	40			40	40	40	40		
流量 H ₂	1		1			2	800	802	
H ₂ S								0	
NH ₃								0	
CO								0	
CO ₂								0	
C ₁	0		0		0	9	395	404	
C ₂	3		3	0	3	68	748	819	
C ₃	43		43	12	33	235	919	1,199	
N-C ₄	95		95	199	78	170	430	877	
i-C ₄	41		41	81	48	140	353	623	
C ₅ ~140°C	19,876		19,876	16,358	235	89	1,177	17,858	
140~200°C	13,872		13,872	11,093	2	0	30	11,125	
200~260°C	70		70	293			0	293	
260~350°C								0	
350°C以上								0	
H ₂ O	4		4				4	4	
								0	
								0	
合計 [kg/h]	34,003	0	34,003	28,036	400	712	4,855	34,003	
備 考					ガンリン にブレン ド	燃料ガス 回収設備 へ	水素回収 設備へ		

表 6.3-19 (4/4) 灯軽油留分二次水素化設備の物質収支表

名称	入 量			出 量					合 計
	一次水素 化灯軽油	補給水素	補給水	製品ダイ ゼル軽油	軽質ナフ サ	オフガス	プロセス 排水	合 計	
圧力 [kg/cm ² G]	0	15	110	4	4	4	10		
温度 [°C]	40	40	25	60	40	40	40		
流量		1,603			0	107		107	
H ₂								0	
NH ₃								0	
CO								0	
CO ₂								0	
C ₁					1	60		60	
C ₂					5	116		121	
C ₃					22	159		181	
N-C ₄					48	103		151	
i-C ₄					23	67		91	
C ₅ ~140°C	1			81	1,056	88		1,225	
140~200°C	8,240			7,879	2,211	13		10,103	
200~260°C	30,971			30,176	134	0		30,309	
260~350°C	16,614			15,614				15,614	
350°C以上	4,514			3,980				3,980	
H ₂ O	0		2,000	0	1	10	1,989	2,000	
								0	
								0	
合計 [kg/h]	60,339	1,603	2,000	57,729	3,500	724	1,989	63,942	
備 考			廃熱ボイ ラー用は 含まず		ガソリン にブレ ンド	燃料ガス 回収設備 へ	排水処理 設備へ		

表 6.3-20 アップグレード設備に必要なエネルギーと用役の要求

種類 設備名	電力	15k 蒸気	5k 蒸気	冷却水	純 水	燃 料	空 気
	[kW]	[t/h]	[t/h]	[t/h]	[t/h]	[10 ⁶ kcal/h]	[Nm ³ /h]
一次水素化設備	5,380	0	-4.5	30	13.5	22.4	50
ナフサ留分二次水素化設備	4,390	1.3	2.0	135	0	4.7	50
ナフサ留分接触改質設備	1,000	3.0	2.0	45	0	10.3	50
灯油留分二次水素化設備	3,530	0	-3.5	30	7.5	3.6	50
U/G 合計	14,300	4.3	-4.0	240	21.0	41.0	200

表6.3-21 (1/4) 一次水素化設備の機器リスト

機器番号	機器名称	基数	型式・概略仕様	
401-R-01	一次水素化反応塔	2	固定床	3,000Φ × 19,000H
401-C-01	一次水素化油分離塔	1	パルフトレイ	2,450Φ × 20,000H 20段
401-D-01	高温分離槽	1	縦型円筒	2,500Φ × 8,500H
401-D-02	低温分離槽	1	横型円筒	2,300Φ × 7,000L (7'×1,000Φ × 1,600H)
401-D-03	分離塔塔頂還流槽	1	横型円筒	2,100Φ × 7,000L (7'×700Φ × 1,400H)
401-E-01	原料予熱器	1	H-BEU	
401-E-02	原料・反応液熱交換器	1	H-BEU	
401-E-03	高温分離ガス冷却器 (1)	1	H-BKU	
401-E-04	BFW予熱器	1	H-BEU	
401-E-05	高温分離ガス冷却器 (2)	1	空冷型	
401-E-06	分離塔塔頂凝縮器	1	空冷型	
401-E-07	分離塔供給液予熱器	1	H-BEU	
401-P-01	原料油供給ポンプ	1+1S	遠心式	
401-P-02	分離塔塔頂還流ポンプ	1	遠心式	
401-K-01	供給水素圧縮機	1+1S	往復動式	
401-K-02	循環ガス圧縮機	1+1S	遠心式	
401-F-01	反応塔加熱炉	1	直立円筒型	
401-F-02	分離塔リボイラー加熱炉	1	直立円筒型	
401-T-01	液化粗油タンク	1	コーンルーフ型	17,400Φ × 14,600 H 3000 kl

表6.3-21 (2/4) ナフサ留分二次水素化設備の機器リスト

	機器名称	基数	型式・概略仕様	
402-R-01	ナフサ二次水素化反応塔	2	固定床	2,000Φ × 16,000H
402-C-01	ストリッパー	1	バルブトレイ	800Φ × 10,700 H 12段
402-D-01	反応塔分離槽	1	横型円筒	2,200Φ × 6,000 L (7'-71,200Φ × 1,500H)
402-D-02	ストリッパー塔頂還流槽	1	縦型円筒	1,000Φ × 1,500H
402-E-01	原料予熱器	1	H-BEU	
402-E-02	原料・反応液熱交換器	1	H-BEU	
402-E-03	分離槽ガス冷却器 (1)	1	空冷型	
402-E-04	分離槽ガス冷却器 (2)	1	H-BEU	
402-E-05	ストリッパー塔頂凝縮器	1	H-BEU	
402-E-06	ストリッパーリボイラー	1	H-BKU	
402-E-07	ストリッパー供給液予熱器	1	H-BKU	
402-P-01	原料油供給ポンプ	1+1S	遠心式	
402-P-02	ストリッパー塔頂還流ポンプ	1	遠心式	
402-K-01	供給水素圧縮機	1+1S	往復動式	
402-F-01	反応塔加熱炉	1	直立円筒型	
402-T-01	一次水素化ナフサタンク	1	コーンルフ型	11,600Φ × 10,700 H 1,000 kl
402-T-02	軽質ナフサタンク	1	横型円筒	2,500Φ × 4,000 H 20 kl

表6.3-21 (3/4) ナフサ留分接触改質設備の機器リスト

機器番号	機器名称	基数	型式・概略仕様
403-R-01	接触改質反応塔 1段	1	連続再生式 1,400Φ × 3,900 H
	接触改質反応塔 2段		1,700Φ × 4,200 H
	接触改質反応塔 3段		1,900Φ × 4,700 H
	接触改質反応塔 4段		2,200Φ × 5,500 H
403-R-02	触媒再生塔	1	燃焼炉 1,800Φ × 3,900 H
403-C-01	スタビライザー	1	ハルブトレイ 1,200Φ × 8,000 H 8段
403-D-01	分離槽	1	縦型円筒 2,000Φ × 6,500 H
403-D-02	スタビライザー塔頂還流槽	1	縦型円筒 1,200Φ × 3,000 H
403-E-01	原料・反応液熱交換器	1	V-BEU
403-E-02	反応塔コールド冷却器	1	空冷型
403-E-03	スタビライザー塔頂凝縮器	1	H-BKU
403-E-04	スタビライザーリボイラー	1	H-BKU
403-E-05	スタビライザー供給液予熱器	1	H-BEU
403-P-01	原料油供給ポンプ	1+1S	遠心式
403-P-02	スタビライザー塔頂還流ポンプ	1	遠心式
403-K-01	循環ガス圧縮機	1+1S	遠心式
403-F-01	反応塔加熱炉	1	箱形
403-T-01	二次水素化ナフサタンク	1	コーンルーフ型 11,600Φ × 10,700 H 1,000 kl

表6.3-21 (4/4) 灯軽油留分二次水素化設備の機器リスト

機器番号	機器名称	基数	型式・概略仕様
404-R-01	灯軽油二次水素化反応塔	2	固定床 2,400Φ × 18,000H
404-C-01	ストリッパー	1	パルトレイ 1,500Φ × 11,500 H 14段
404-D-01	高温分離槽	1	縦型円筒 2,300Φ × 7,500H
404-D-02	低温分離槽	1	横型円筒 1,700Φ × 4,500 L (7'-71,000Φ × 1,100H)
404-D-03	ストリッパー塔頂還流槽	1	横型円筒 1,600Φ × 5,500 L (7'-7600Φ × 8,00 H)
404-E-01	原料予熱器	1	H-BEU
404-E-02	原料・反応液熱交換器	1	H-BEU
404-E-03	高温分離ガス冷却器 (1)	1	H-BKU
404-E-04	BFW予熱器	1	H-BEU
404-E-05	高温分離ガス冷却器 (2)	1	空冷型
404-E-06	ストリッパー塔頂凝縮器	1	空冷型
404-E-07	ストリッパー供給液予熱器	1	H-BEU
404-P-01	原料油供給ポンプ	1+1S	遠心式
404-P-02	ストリッパー塔頂還流ポンプ	1	遠心式
404-K-01	供給水素圧縮機	1+1S	往復動式
404-K-02	循環ガス圧縮機	1+1S	遠心式
404-F-01	反応塔加熱炉	1	直立円筒型
404-F-02	ストリッパーリボイラー加熱炉	1	直立円筒型
404-T-01	一次水素化灯軽油タンク	1	コンルフ型 13,600Φ × 12,200 H 1,500 kl