

5.2.2 用水料金体系と超過料金

新鮮水の使用料金は約 0.4元/Tであるが、北京政府は各企業に対し幾つかの用水指標（レベル）を制定している。この用水指標（レベル）を超過した企業に対しては、次のような規定を適用し超過料金を徴収している。

①用水指標に対し超過量10%の場合

→超過した分については10倍の用水超過料金を支払う。

②用水指標に対し超過量20%の場合

→超過した分については20倍の用水超過料金を支払う。

③用水指標に対し超過量30%の場合

→超過した分については30倍の用水超過料金を支払う。

但し、当地区では現時点で用水超過となっていないため、用水超過料金は発生していない。

5.3 廃・排水関連

5.3.1 環境保護対策に関する助成措置

企業が環境保護を実行するための国の指針及び助成措置は次のようなものである。

①現有の旧式設備を改造し、その廃・排水を環境基準に満足させる場合には、国より所有資金の全額に対し補助が与えられる。

②新設備を設置する場合には、廃・排水の基準が守れるように環境設備を設置することが義務付けられる。

③プラントを建設したり、改造する場合には、『三同時』と提唱されるように設計・施工・使用の3段階において、全て環境基準を守るよう取り組みなければならないとされている。

5.3.2 適用される排出基準

燕山地区は表Ⅱ-35に示す北京市の排水規制が適用される。現在、燕山地区は3級に相当するが将来規制強化があり得る。このため、さらに水質を向上させることが必要となっている。

なお、燕山石油工公司は表Ⅱ-36のとおり石油精製・石油化学排水基準の最高許容排出濃度の適用をも受けている。

表 II - 35 北京市排水基準 (2 級、3 級標準)

(單位: mg/ℓ)

	2 級 標 準		3 級 標 準	
	既存設備	新規設備	既存設備	新規設備
P H	6.0 ~ 8.5	6.0 ~ 8.5	6.0 ~ 8.5	6.0 ~ 8.5
浮遊物	70	50	100	80
B O D	40	20	60	60
C O D	80	60	100	100
硫化物	0.3	0.2	1.0	0.5
揮發性 フェノール	0.5	0.2	1.0	0.5
石油類	5	4	10	8

表 II - 36 石油精製・石油化学排水基準

(最高許容排出濃度; mg/ℓ)

	石油精製	石油化学
浮遊物	200	100
B O D	100	60
C O D	200	200
硫化物	1.5	1.0
石油類	20	10
揮發性 フェノール	3.0	0.5
C N	0.5	0.5
P H	6 ~ 9	6 ~ 9

5.3.3 基準超過の場合の罰則（罰金等）

基準を超過した水質の種類毎に、又、基準値に対する超過倍数毎に罰金が決められており、その明細は次の通りである。

表Ⅱ－37 排水に対する罰金

（単位：元／T）

	濃 度 超 標 倍 数				
	5 倍以内	5 ～10倍	10～20倍	20～50倍	50倍以上
水銀、Cd、As、鉛及びその化合物、六価クロム化合物	0.20	0.30	0.45	0.90	2.00
硫化物、石油類、揮発性フェノール、CN、有機燐、銅、亜鉛、フッ素及びその化合物、ニトロベンゼン、アニリン	0.15	0.20	0.35	0.60	1.00
浮遊物、COD、BOD	0.06	0.10	0.15	0.20	0.30
PH値(6～9 の標準に対し1 高低する毎に)		0.12	0.18	0.24	0.30
病 原 体	0.08				

尚、1989年に於ける排水超過料金の実績は表Ⅱ－38のとおりである。

表Ⅱ－38 排水超過料金実績

（単位：万元／年）

工 場	超 過 料 金
石油精製工場	36.1
化学第一工場	20.6
化学第二工場	26.9
化学第三工場	29.5
ポリエステル工場	1.9
動力工場	3.8
排水処理場	75.0
合 計	193.7

第Ⅲ編 廃水処理、再生利用に関する技術・ システム及び前提

第Ⅲ編 廃水処理、再生利用に関する技術・システム及び前提

1. 廃水処理、再生利用に関する技術・システムの検討

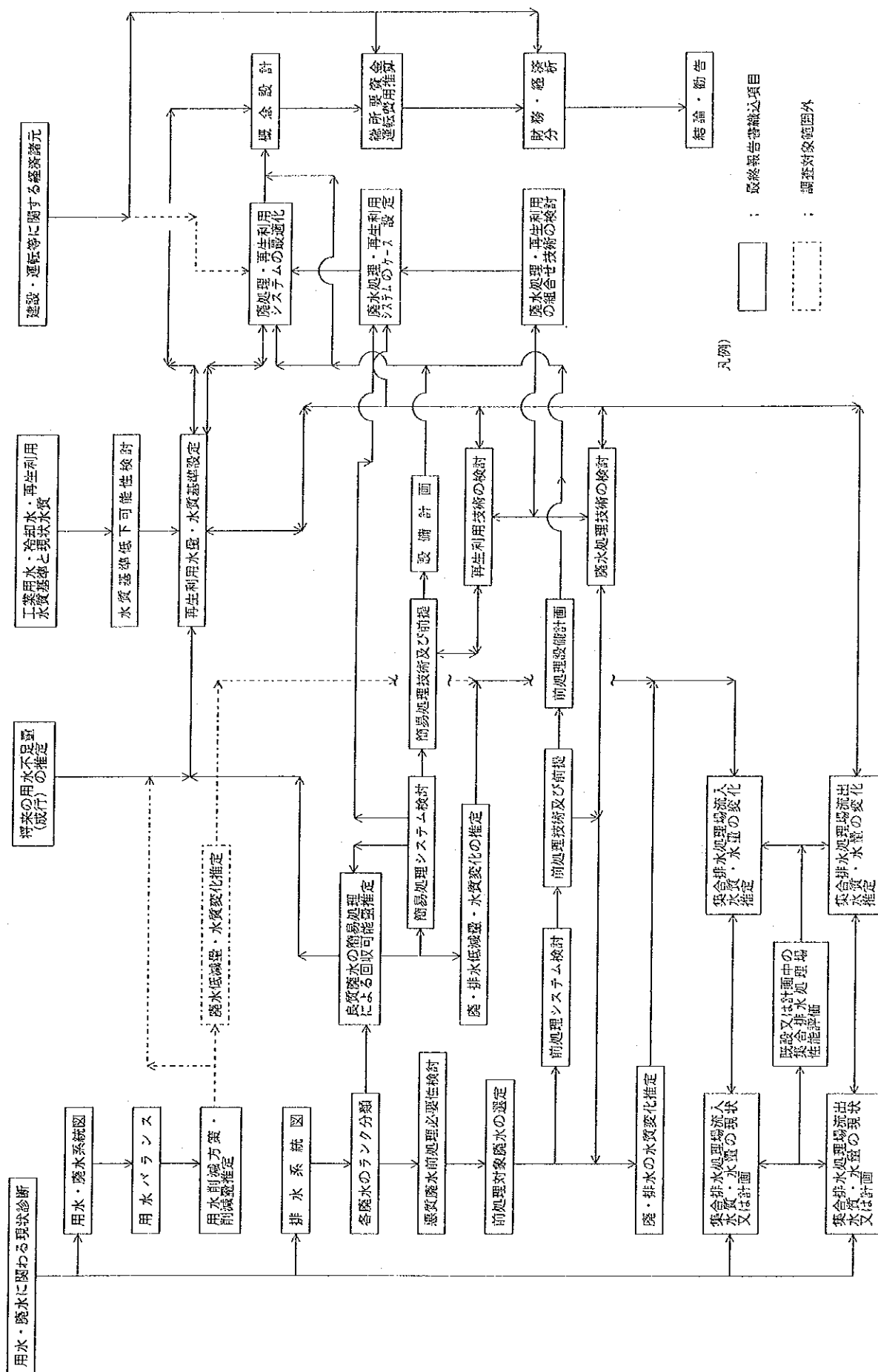
1.1 廃水処理、再生利用に関する技術・システムの検討方法

本調査に関する全体的及び概略の調査・解析・検討要素の相関を第Ⅰ編 図Ⅰ－１に示している。このうちの中核要素となる廃水処理、再生利用に関する技術・システムの検討については、以下の諸要素が密接な相関を有し、総合的な取進めが必要となる。

- ① 用水削減方策
- ② 良質廃水の簡易処理による回収対策
- ③ 悪質廃水の前処理対策
- ④ 集合排水処理の現状又は計画と各種対策後の変化予測
- ⑤ 集合排水処理場の流出水を対象とする再生利用システムの検討
- ⑥ 各種のケーススタディと最適化
- ⑦ 上記項目に関する技術・経済的評価

これら諸要素及びそのうちの主要検討項目、検討取進め方法をまとめて図Ⅲ－１に示す。

図三-1 廃水処理、再生利用に関する技術・システムの検討フローチャート



2. 対象地域の用水・廃水系統図

2.1 工場別用水・廃水系統の現状

2.1.1 工場別用水・廃水バランス

図Ⅲ－２に工場別用水・廃水系統図を示す。

本図より、工場別に用水・廃水バランスをとると、表Ⅲ－１のとおりとなる。

表Ⅲ－１ 工場別用水・廃水バランス

工 場	用 水 量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	処理廃水量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	処理廃水／用水 (%)	備 考
1. 合成ゴム	(地) 7,762	2,880	37.1	無処理放流有り
2. 石油精製	(表) 23,551 (地) 3,590 (計) 27,141	13,200	48.6	無処理放流有り
3. 化繊ファブ	(表) 1,459 (地) 2,232 (計) 3,691	0	0	無 処 理 放 流
4. 化学第一	(表) 42,688	7,200	16.9	無処理放流有り
5. 化学第二	(表) 13,126 (地) 3,154 (計) 16,280	10,320	63.4	無処理放流有り
6. 化学第三	(表) 4,661	2,880	61.8	無処理放流有り
7. ポリエステル	(表) 3,411	984	28.8	無処理放流有り
8. 動力	(表) 18,624	0	0	無処理放流
9. 研 究 所	(表) 2,256	0	0	無処理放流有り
10. その他生活水	(表) 48,312 (地) 11,856 (計) 60,168	17,016	28.3	その他生産地区 及び生活地区 無処理放流有り
合 計	(表) 158,088 (地) 28,594 (計) 186,682	54,480	29.2	

注) 1. (表) ; 表流水、(地) ; 地下水、(計) ; 用水合計

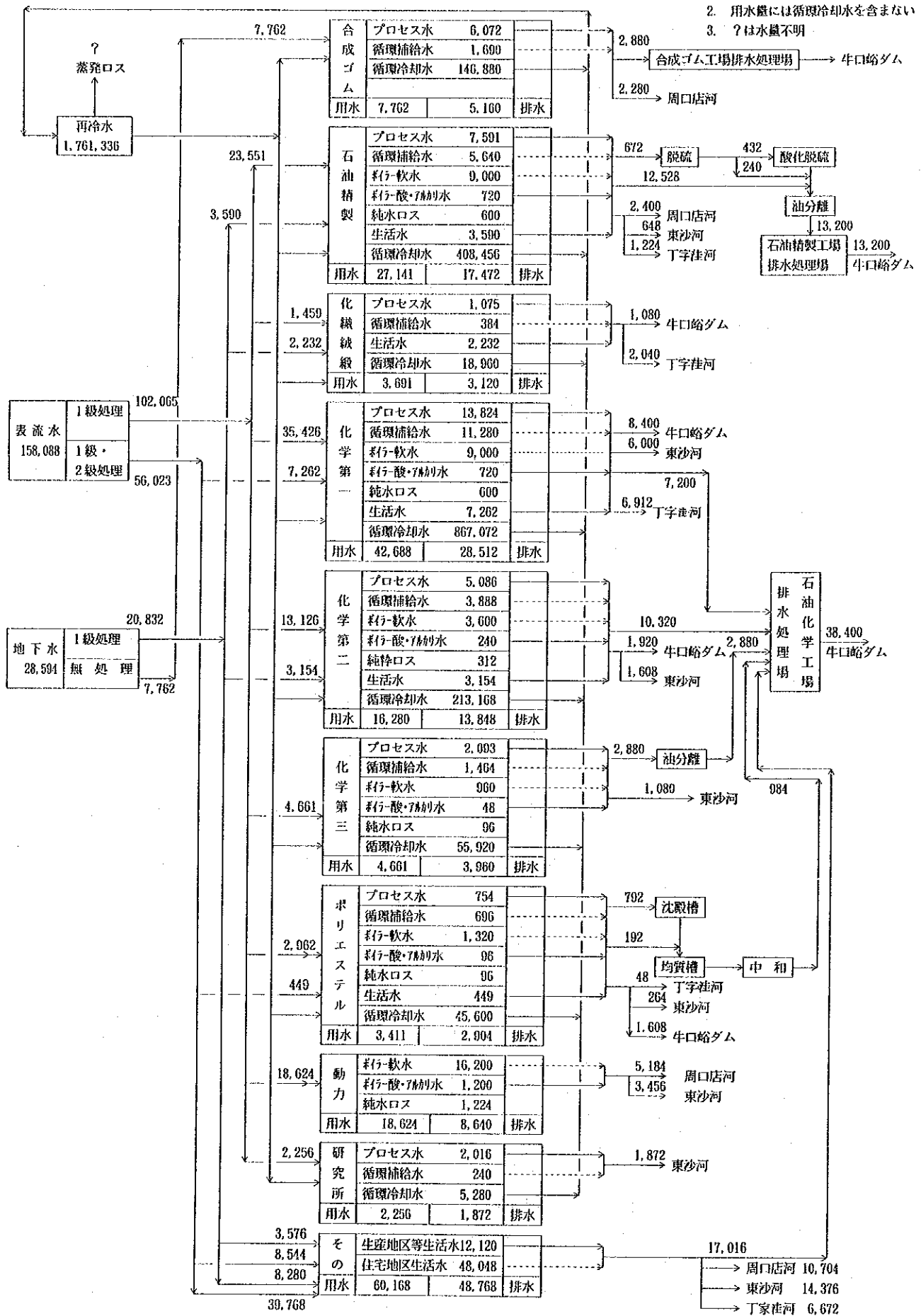
2. 用水量には循環冷却水を含まない。

図Ⅲ-2 燕山石油化学コンビナート工場別用水・廃水系統図

注) 1. 単位: m³/日

2. 用水量には循環冷却水を含まない

3. ?は水量不明



図Ⅲ－２及び表Ⅲ－１より、以下のことが判明する。

- 1) 燕山石油化学コンビナート全体の用水量に対し処理廃水量は30%以下である。
- 2) 当地区の廃水量合計は 134,256 m³/日であり、用水量合計の71.9%と低い値となっている。廃水量の把握が不十分なためであろう。
- 3) 当地区の無処理廃水量の合計は79,776 m³/日であり、処理廃水量の約 1.5倍となっている。更に、生産地区で最大の用水を使用している化学第一工場の処理廃水/用水は16.9%と非常に低い。これらの無処理廃水が良質廃水であれば再利用を、悪質廃水であれば廃水処理を検討すべきであり、何れにしろ廃水量・水質の測定が必要になるう。

2.1.2 工場別冷却水バランス

スチーム凝縮水及びプロセス水の回収は行っておらず、冷却水のみ循環使用（回収）している。各工場の冷却水バランスは表Ⅲ－２のとおりである。

表Ⅲ－２ 工場別冷却水バランス

工 場	循環水量 (m ³ /日)	補給水量 (m ³ /日)	回収率 (%)	備 考
1. 合成ゴム	146,880	1,690	98.9	回収率（R）は以下のとおりとした $R = \left(\frac{\text{循環水量}}{\text{循環水量} + \text{補給水量}} \right) \times 100$
2. 石油精製	408,456	5,640	98.6	
3. 化繊ファクト	18,960	384	98.0	
4. 化学第一	867,072	11,280	98.7	
5. 化学第二	213,168	3,888	98.2	
6. 化学第三	55,920	1,464	97.4	
7. ポリエステル	45,600	696	98.5	
8. 動 力	—	—	—	
9. 研 究 所	5,280	240	95.7	
合 計	1,761,336	25,282	98.6	

上表の結果より、特に問題となるものはない。

2.1.3 工場別用水回収率

冷却水バランスと同様に各工場の用水回収率を算出すると表Ⅲ－3のとおりとなる。

表Ⅲ－3 工場別用水回収率

工 場	用水総量 (m ³ /日)	循環水量 (m ³ /日)	回 収 率 (%)	備 考
1. 合成ゴム	154,642	146,880	95.0	回収率（R）は以下のとおりとした。 $R = \frac{\text{循環水量}}{\text{用水総量}} \times 100$
2. 石油精製	435,597	408,456	93.8	
3. 化纖ジュータン	22,651	18,960	83.7	
4. 化学第一	909,760	867,072	95.3	
5. 化学第二	229,448	213,168	92.9	
6. 化学第三	60,581	55,920	92.3	
7. ポリエステル	49,011	45,600	93.0	
8. 動 力	18,624	0	0	
9. 研 究 所	7,536	5,280	70.1	
合 計	1,887,850	1,761,336	93.3%	上記工場地区のみ
総 計	1,948,018	1,761,336	90.4%	その他用水を含む

注) 1. 用水総量には、循環冷却水量及び工場内生活水を含む。

2. 総計には生産地区等生活水（1～9の工場以外）及び住宅地区生活水を含む。

上表では化纖ジュータン工場、動力工場、研究所の回収率が低くなっているが、各々の性格上止むを得ないと思われる。その他については、回収率95%以上を目標に検討の余地があると思われる。

2.1.4 工場別用水使用内訳と節減効果

各工場の用水使用内訳及び用水に占める割合は表Ⅲ－４のとおりである。

表Ⅲ－４ 工場別用水使用内訳

(単位； $\text{m}^3/\text{日}$)

工 場	用 水 量	プロセス水	ボイラー水	循環補給水	生 活 水
1. 合成ゴム	7,762 (4.2%)	6,072 (78.2%)	—	1,690 (21.8%)	—
2. 石油精製	27,141 (14.5%)	7,591 (28.0%)	10,320 (38.0%)	5,640 (20.8%)	3,590 (13.2%)
3. 繊維ファクトリー	3,691 (2.0%)	1,075 (29.1%)	—	384 (10.4%)	2,232 (60.5%)
4. 化学第一	42,688 (22.9%)	13,824 (32.4%)	10,320 (24.2%)	11,280 (26.4%)	7,262 (17.0%)
5. 化学第二	16,280 (8.7%)	5,086 (31.2%)	4,152 (25.5%)	3,888 (23.9%)	3,154 (19.4%)
6. 化学第三	4,661 (2.5%)	2,093 (44.9%)	1,104 (23.7%)	1,464 (31.4%)	—
7. ポリエステル	3,411 (1.8%)	754 (22.1%)	1,512 (44.3%)	696 (20.4%)	449 (13.2%)
8. 動 力	18,624 (10.0%)	—	18,624 (100%)	—	—
9. 研 究 所	2,256 (1.2%)	2,016 (89.4%)	—	240 (10.6%)	—
合 計	126,514 (67.8%)	38,511 (30.4%)	46,032 (36.4%)	25,282 (20.0%)	16,687 (13.2%)
10 その他生活水	60,168 (32.2%)	—	—	—	60,168 (100%)
総 計	186,682 (100%)	38,511 (20.6%)	46,032 (24.7%)	25,282 (13.5%)	76,855 (41.2%)

注) 1. 用水量欄の百分率は総計用水量に対する各単位の比率を示す。

2. 各用水欄の百分率は各単位の用水量に対する比率を示す。

表Ⅲ－４より、以下のことが判明する。

(1) 燕山石油化学コンビナート全体の各用水比率順位は次のとおりである。

- ① 生活水 ; 41.2% (76,855 m³/日)
- ② ボイラー水 ; 24.7% (46,032 m³/日)
- ③ プロセス水 ; 20.6% (38,511 m³/日)
- ④ 循環補給水 ; 13.5% (25,282 m³/日)

従って用水節減効果の大きい生活水・ボイラー水・プロセス水の節約乃至は回収利用を検討する必要がある。

例えば生活水、ボイラー水、プロセス水の節減率を5%とすると各々3,840 m³/日、2,300 m³/日、1,930 m³/日の用水量削減となり、総計では8,070 m³/日になる。

(2) 燕山石油化学コンビナート各単位の用水の使用比率順位は次のとおりである。

- ① 住宅地区生活水 ; 25.7% (48,048 m³/日)
- ② 化学第一工場 ; 22.9% (42,688 m³/日)
- ③ 石油精製工場 ; 14.5% (27,141 m³/日)
- ④ 動力工場 ; 10.0% (18,624 m³/日)
- ⑤ 化学第二工場 ; 8.7% (16,280 m³/日)
- ⑥ その他生産地区等生活水 ; 6.5% (12,120 m³/日)
- ⑦ 合成ゴム工場 ; 4.2% (7,762 m³/日)
- ⑧ 化学第三工場 ; 2.5% (4,661 m³/日)
- ⑨ 化繊ジュータン工場 ; 2.0% (3,691 m³/日)
- ⑩ ポリエステル工場 ; 1.8% (3,411 m³/日)

従って、用水節減効果の大きい上位5単位で節約又は回収利用を検討する必要がある。

例えば上位5単位で節減率を5%とすると、各々2,400 m³/日、2,130 m³/日、1,360 m³/日、930 m³/日、810 m³/日の用水量削減となり、総計では7,630 m³/日になる。

2.2 地域総合用水・廃水系統の現状

2.2.1 地域総合用水・廃水バランス

図Ⅲ－3に総合用水・廃水系統図を示す。

用水・廃水対策の基本は、入口（用水）と出口（廃水及びロス）の数量バランスを把握することであるが、現状では用水量 186,682 m^3 /日に対し、数量不明の廃水・ロス量が52,426 m^3 /日と28.1%にも達している。そのためには以下の解明が必要となる。

(1) 循環冷却水ブローダウン水量

この水量を把握すれば補給水量との差が蒸発ロス量となる。

(2) スチーム凝縮水量

本来清浄排水であり、回収の有力候補であるがこの水量を把握すればスチームロス量も算出できる。

尚、スチームロス量は省エネルギー上も極力低減すべきであり、各所での洩れ及び末端のスチームトラップの洩れ等に細かい配慮が必要である。

(3) ゴム工場排水処理場への廃水量

第2次現地調査では測定していないが、第3次現地調査時受領資料によれば2,880 m^3 /日となっている。

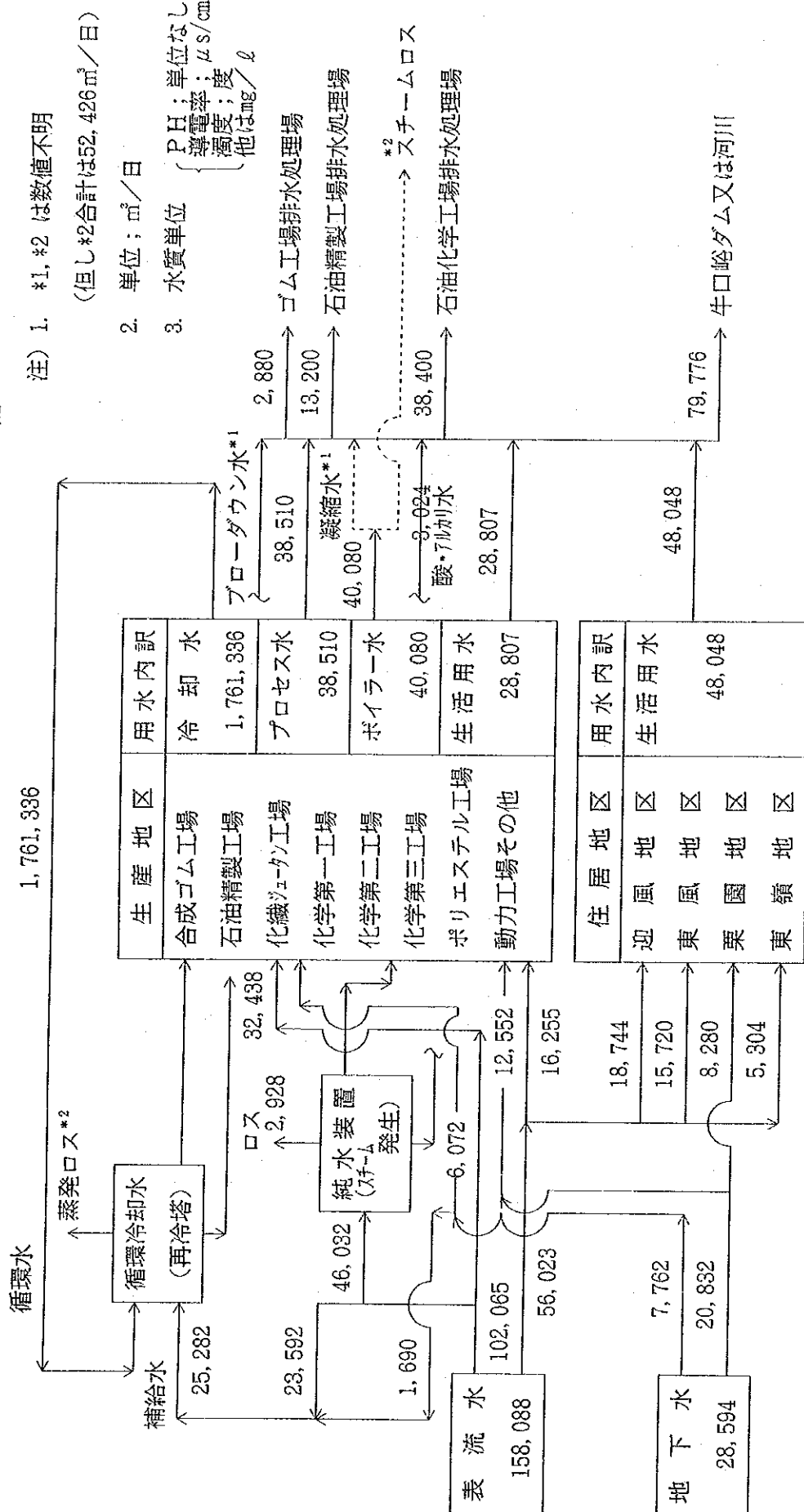
(4) 牛口峪ダム及び各河川への放出水量

第2次現地調査では測定していないが前述の資料によれば合計79,776 m^3 /日となっている。

また、前にも述べたとおり無処理放流のため本来は良質排水である可能性が高い、または、一部は悪質排水となっている可能性もあるので、水質面の把握が必要となる。

以上の解明により、用水・廃水対策の合理的検討が可能となる。

図III-3 燕山石油化学コンビナート総合用水・廃水系統図



用水	PH	濁度	COD _{Cr}	油分	導電率	全硬度	SS	Cl ⁻	TDS	全7カドミウム
地下水	6.7-8.4	1.3-9.5				208-525		9-190	236-779	
工業用水	6.5-8.5	<3	20	0.5				250		
冷却水	7.7-8.3	2-3	50	3	400-800	200-300	<5	15-50	200-500	100-150

2.2.2 用水の水質

表Ⅲ－５に第２次現地調査迄に提示された用途別要求水質基準と工業用水（地下水）現状水質の比較を示した。再生利用水水質基準の低下可能性の検討は4.1項で後述するが、本表より以下のことが判明する。

- (1) 工業用水の基準は基本的には、中国地面水環境質量標準（Ⅳ類；一般工業用水）に準拠している。
- (2) 冷却水（補給水）の水質を再生利用水質と同一としているが、工業用水の水質とは異なっている。特に Cl^- 、 SO_4^{2-} 、PH等の水質は厳しくなっているのは、工業用水を特別に処理しているためかどうか、理解に苦しむところである。
- (3) 工業用水（地下水）の現状水質と、工業用水・冷却水の水質基準を比較すると、濁度・PH・全硬度・ Cl^- ・TDS等で一部基準値を超過しているものも見受けられる。基準値超過時には１級処理をしているとのことであるが、分析頻度等から見て即座に対応可能かどうかは疑問である。
- (4) プロセス水（原料水・洗浄水）は工業用水の基準と同一である。
- (5) ボイラー水（純水）の水質は開示されなかった。

表Ⅲ-5 用途別要求水質基準と工業用水（地下水）現状の比較

水 質 項 目	工 業 用 水	冷 却 水 (再生利用水水質 と同一)	中国地面水環境 質量標準 (Ⅳ類)	プ ロ セ ス 水		生 活 用 水	工 業 用 水 (地下水) 現状
				原 料 水	洗 浄 水		
臭 気 (度)	無し			工業用水と同一	工業用水と同一	無し	
色 気 (度)	15>					15>	
濁 度 (度)	3>	2-3				3>	1.3-9.5
温 度 (°C)							
pH	6.5-8.5	7.7-8.3	6.5-8.5				
導電率 (μs/cm)		400-800				6.5-8.5	6.7-8.4
全硬度 (mg/ℓ)		200-300					
全アルカリ度 (mg/ℓ)		100-150				450	208-525
COD _{Cr} (mg/ℓ)	20	50	20				
油 分 (mg/ℓ)	0.5	3	0.5			15>	
S S (mg/ℓ)		5>				0.05	
全カチオン (mg/ℓ)			0.3				
鉄 (Fe) (mg/ℓ)	0.5	0.1	0.5				
亜鉛 (Zn) (mg/ℓ)	2.0		2.0			0.3	0-0.404
SiO ₂ (mg/ℓ)	5.0	4-5				1.0	
Cl ⁻ (mg/ℓ)	250	15-50	250			250	9-190
Na ⁺ (mg/ℓ)							
磷酸化合物 (mg/ℓ)	0.2		0.2				
TDS (mg/ℓ)		200-500				0.1>	
PO ₄ ³⁻ (mg/ℓ)						1,000	236-779
SO ₄ ²⁻ (mg/ℓ)	250	20-50	250			250	
Mn (mg/ℓ)			0.5				
Ca ⁺⁺ (mg/ℓ)		80>				100>	
DO (mg/ℓ)	3.0		3				
銅 (Cu) (mg/ℓ)	1.0	1.0	1.0				
NH ₃ -N (mg/ℓ)			0.2			1.0	
NO ₂ -N (mg/ℓ)	1.0	1.0	1.0			0.5	
NO ₃ -N (mg/ℓ)	20	20	20			0.1	
シアノ (CN) (mg/ℓ)	0.2	0.2	0.2			20	
水銀 (Hg) (mg/ℓ)	0.001	0.001	0.001			0.05	0-0.05
砒素 (As) (mg/ℓ)	0.1	0.1	0.1			0.001	0-0.001
						0.05	0-Tr

2.3 用水需給予測と不足水量の推定

2.1項で述べた用水の回収率向上を織込まない成行ベースでは、将来のプラント新増設計画に必要な用水需要増加量は、Ⅱ編3.4項に記載した通り、燕山石油化学コンビナートにて、1,100T/H（26,400m³/日）と予測される。

内訳は表Ⅲ－6のとおりである。

表Ⅲ－6 用水需給予測及び不足水量

（単位；m³/日）

用 水	現 状	将 来	不 足 水 量
プロセス補給水	38,511	38,511	—
ボイラー補給水	46,032	46,032	—
循環補給水	25,282	47,602	22,320
生 活 水	76,855	80,935	4,080
用 水 合 計	186,682	213,082	26,400

不足水量約26,000m³/日に対し、当地区の循環補給水の使用量は約48,000m³/日に達するのでバランス上は問題ない。

2.4 工場内での水使用状況と廃水量の低減方策

2.4.1 用水の削減方策と削減量の推定

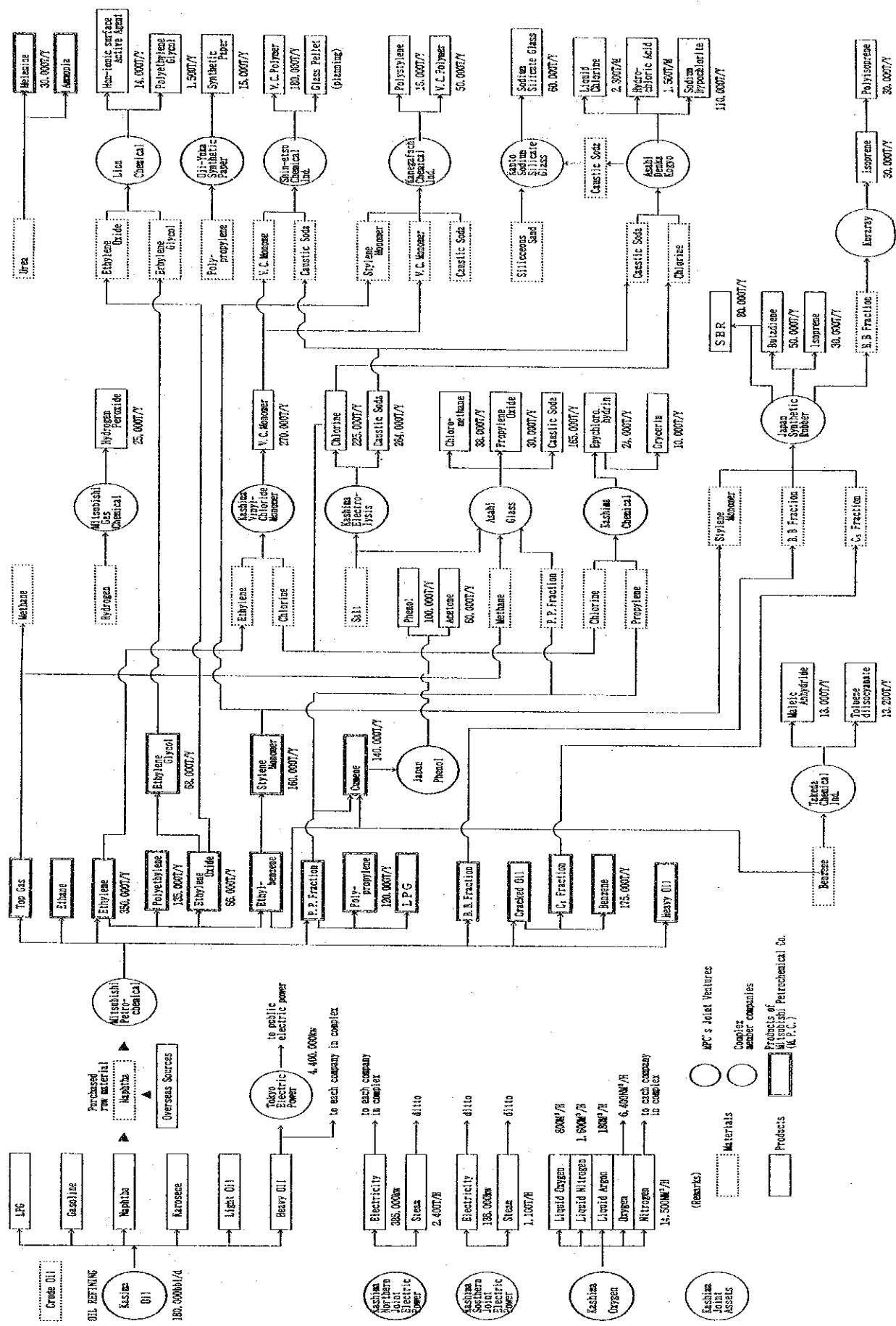
(1) 用水削減の効果

廃水処理・再生利用システムを検討する際に、用水使用量の削減が可能であれば、次のとおり非常に有効な方法となる。

- ① 用水量が低減すれば不足水量も低減し、廃水処理・再生利用システムの設備規模を小さくすることができ建設費の抑制が可能となる。尚、用水使用料金も当然低下させることができる。
- ② 用水量の低減は廃水量の低減を意味し、既設の集合排水処理場の設備に余裕を生じる。この余裕は排水処理場の汚染物除去率の向上、又は従来は無処理で放流していた排水の受け入れ処理が可能となるように好影響を与える。

例えば、日本の鹿島石油化学コンビナートは燕山石油化学コンビナートより規模（プラントの構成は図Ⅲ－4 参照）は大きいが、汚染排水を全量処理している集合排水処理場の流入水は約60,000 m³/日であり、燕山地区の工場排水量85,500 m³/日の約70%程度となっている。

図 III-4 鹿島石油化学コンビナートのプラント構成
(MATERIAL FLOW OF KASHIMA PETROCHEMICAL COMPLEX)



(2) 用水の削減方策

2.1.4 項で述べたとおり、用水の削減方策としては以下が検討対象となる。

- ① 用水の流量管理を徹底し、無駄な使用を無くすことによって節約をする。このためには、主要部分に流量計・バルブ等の設置が必要となる。
- ② 用水のロス（設備の不都合によるスチーム洩れ、水洩れ等）を小さくして節約をする。

以上の方式で、例えば5%でも用水が節約できれば当地区全体として約9,300 m³/日の削減となるが、日本の実例から見ても5%の節約は決して困難ではないと考えられる。

- ③ 本来良質水であるボイラー水（スチーム凝縮水）の回収を徹底する。当地区では循環冷却水の回収は良好であるが、ボイラー水及びプロセス水の回収がほとんど行われていない。ボイラー水の回収計画については検討中であり、非常に費用を要するとのことであるが、図Ⅲ-5に示すようなシステムを採用すれば可能であり、各種の設備を要する再生利用システムに比べ費用的には明らかに低廉となると思われるので、是非計画の実行をすべきであると考えます。

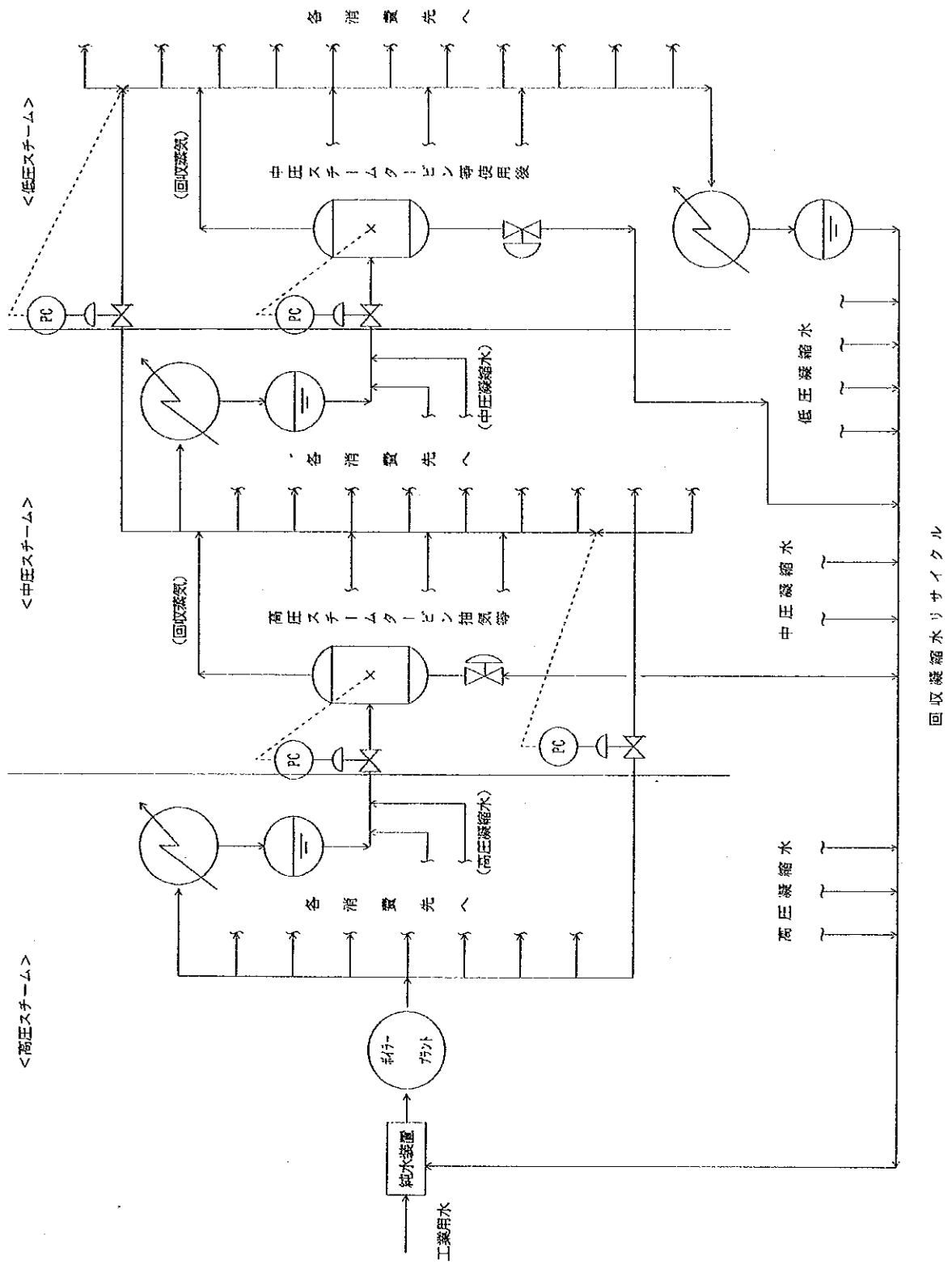
尚、日本の実例では約40%の回収が可能であり、この回収率が実現できれば当地区全体では約18,400 m³/日の用水削減となる。

- ④ プロセス水の用途に応じた回収を徹底する。当地区ではEOGプラントを除きプロセス水の回収は行われていないが、次のような方法が考えられる。

- ベンゼンプラント水添塔冷却水ブローダウン水の回収
- 樹脂プラント押出機冷却水の回収
- 各タンクシールポット水の循環使用
- EOタンクベントスクラバー水の回収
- エチレンプラント・デコーキング排水の回収
- ポンプ冷却水の回収
- 圧縮機冷却水の回収
- イオン交換塔逆洗水の回収
- その他

これらは、例として挙げたが、何れもプラント内部の問題であり今回の調査対象外であるため、定量的把握はしていない。

図III-5 スチーム凝縮水回収システム



但し、このようなキメの細かい回収の検討を当地区としても実施すべきであると考え。このためには、プラント内の各廃水の水質分析が必要になるが、何れにしる工夫をすればプロセス水の回収は可能であり、10%程度の回収により、当地区全体では 3,800 m³/日の用水削減が期待できる。

⑤ 良質廃水の簡易処理による回収を実施する。

この方策及び削減可能量については4.3項で後述する。

(3) 用水の削減量の推定

良質廃水の簡易処理による回収を除外すると、以下の削減量が期待できる。

- ① 用水全体の節約（5%）； 9,300 m³/日（5,100 m³/日）*
- ② ボイラー水の回収（40%）； 18,400 m³/日
- ③ プロセス水の回収（10%）； 3,800 m³/日

（合 計）； 27,300 m³/日

* 9,300 m³/日の内ボイラー水・プロセス水の5%節約を除外した水量であり、合計にはこの数値を採用した。

この数字は当地区の将来用水不足量（26,400 m³/日）を満足させ、実現できれば効果は大きい。

但し、これらの削減方策は何れもプロセス内部の問題であり、定量的検討のためには、各用水の詳細な使用状況と各廃水の排出ヶ所・水量・水質の把握及びプロセス面の検討が必要となる。

また、これらの検討は本質的には本調査の調査範囲外事項であるため、この削減量の推定は参考値に止め、今後の検討作業には織込まないこととする。然し乍ら、最終的な本調査結果と比較し、有力な代替案として中国側で検討を進めることを提言したい。

3. 廃水処理技術の検討

3.1 廃水処理に関する留意事項

(1) 発生源対策の必要性

化学工業に於ては、次に示す廃水を排出することは生産活動のために不可避である。

1) 定常時廃水

- プロセス内物質と直接的に接触する廃水
(洗浄水、原料水、スチームストリッピング凝縮水等)
- 循環冷却水中の汚濁物質蓄積防止のためのブローダウン水
- 純水製造時の汚濁物質除去のための廃水
- タンク・槽類等に徐々に蓄積する水分除去のための廃水
- 生活廃水
- その他

2) 非定常時廃水

- 触媒再生時等廃水
- プロセス内で蓄積される汚損物質の洗浄廃水
- 用水・廃水処理設備により除去された汚濁物質の洗浄廃水
- 雨 水
- その他

これら廃水を処理する場合に、基本前提となる項目は以下のとおりである。

① 水質汚濁物質特に有害物質の下流への拡散防止

発生源である廃水を少量・高濃度状態で処理し、他の廃水と合流後の多量・低濃度状態に於ける処理を避ける。

この方策が、結果的には廃・排水処理に要する経費（建設費・運転費用）を軽減することになる。

② 水質汚濁物質特に有害物質の事故・トラブル等による逸失防止

これら物質を含有する廃水系統の設備破損又は運転上のトラブルによる系統外への逸失は、公共水域及び地下水中への混入につながり水質汚濁による各種問題を生ずるため、未然に防止する必要がある。

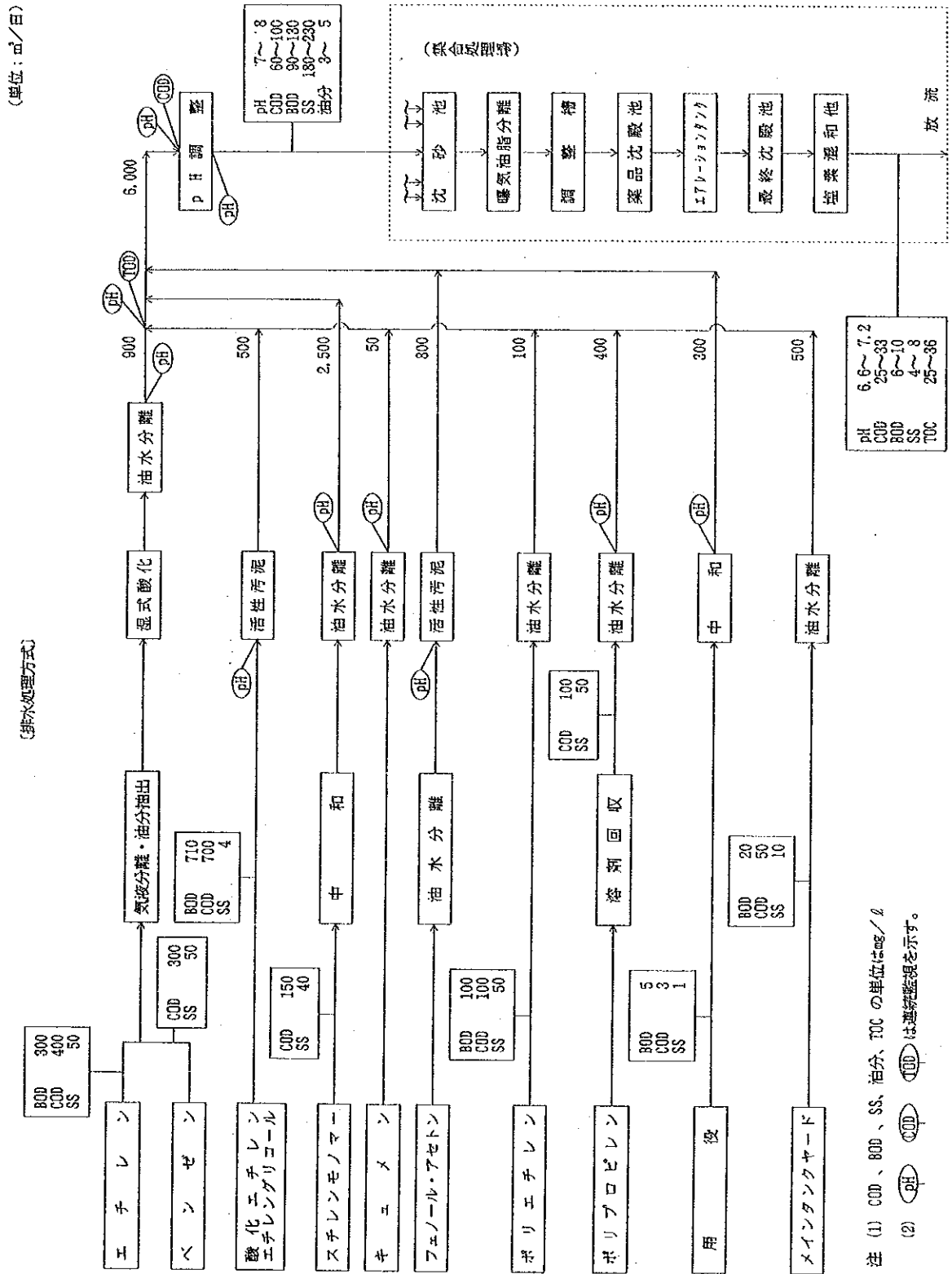
以上2項目を満足させるためには、極力発生源に近接した箇所で前処理をする
必要があり、廃水水質に対応して1次処理・2次処理（後述）をプラント毎に実
施することが必要である。

更に、現在水質汚濁物質特に有害物質を排出している廃水の上流、即ちプロセ
スの見直しによる真の意味での発生源対策を実施することが理想であるが、本調
査対象範囲外であることから中国側での検討を是非お願いしたい。

尚、一例として日本の石油化学工場に於ける排水処理の状況を図Ⅲ－6に示す。
同図のとおり各プラントでは最低限油水分離装置を有し、PH改善を要する場合に
は中和装置も設置している。

但し、当地区では既設の集合排水処理場を有し、比較的良好な処理が行われて
いるため後述の悪質廃水の前処理を実施すればよいと考える。

図III-6 石油化学工場排水処理の状況



注 (1) COD、BOD、SS、油分、TOC の単位はmg/l
(2) pH、COD、BOD は連続監視を示す。

(2) 廃・排水系統分離の必要性

前述の各種廃水中には、排出源の性格により清浄な廃水と汚染廃水があり、廃・排水系統を以下の2系統に分離して廃・排水処理設備の能力を縮小することが日本では行われており、合理的であると考えてるので中国側での検討を期待したい。

① 清浄廃・排水系統（一次排水）

- 冷却水ブローダウン水
- 非含油雨水
- その他

② 汚染廃・排水系統（二次排水）

- プロセス廃水
- 含油雨水
- 生活廃水
- その他

この系統分離の概要は、次のとおりである。

- 二次排水系統は地下埋設配管とし、汚染廃水は直接この系統に排出するとともに油分等汚染物質の多い地区を必要最小限度ブロック化して、含油雨水をこの系統に流入させ廃・排水処理実施後公共水域（河川等）へ放流する。
- 一次排水系統は、明渠とし、非含油雨水及びその他清浄廃水を直接公共水域へ放流する。

3.2 廃水処理技術の概要

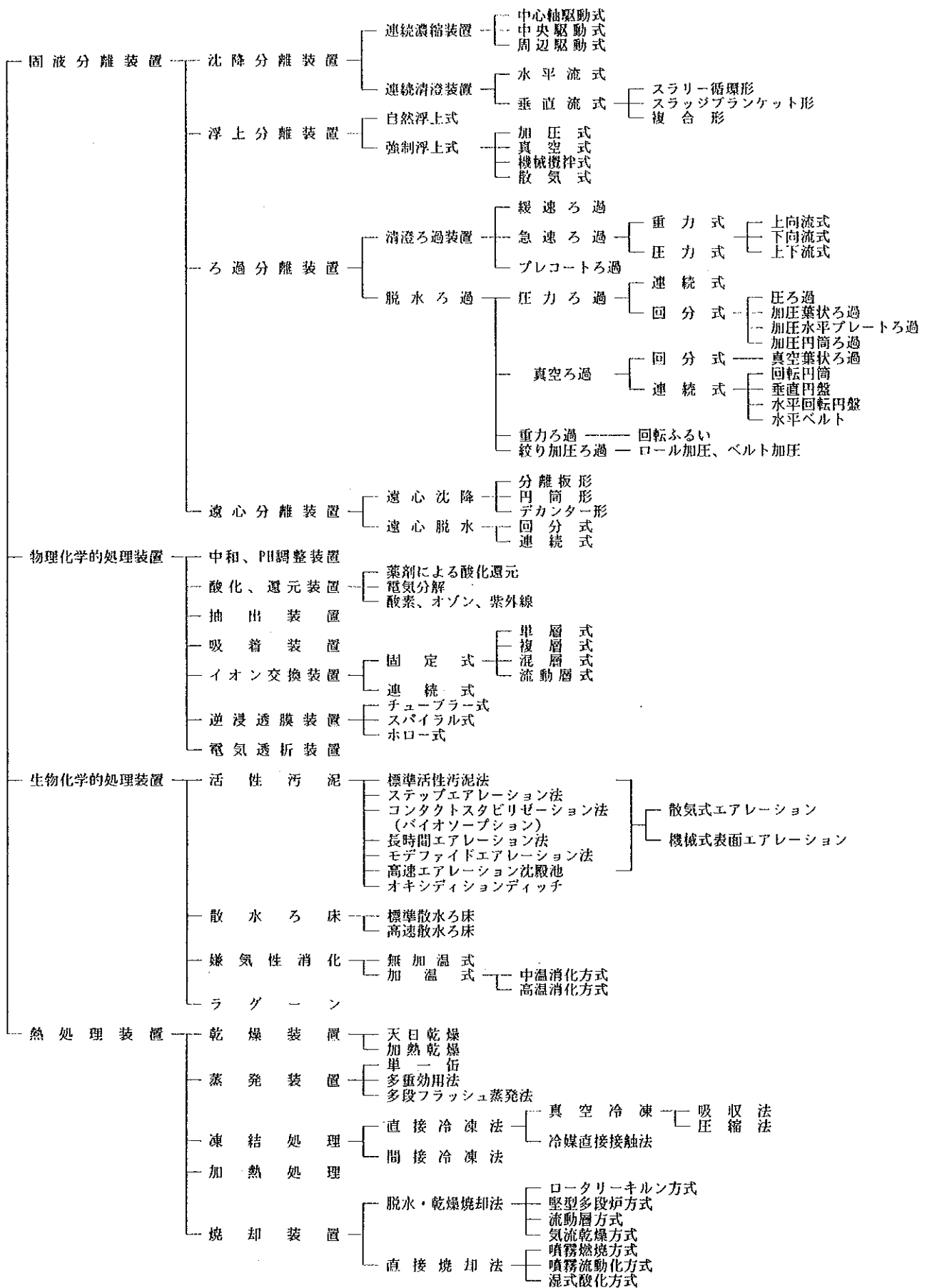
当地区に於ける廃水処理技術の検討に先立ち、技術の概要を述べる。

(1) 廃水処理装置の方式

処理装置の方式を大別すると以下の通りとなり、図Ⅲ－7に装置の形式と分類を示す。

- ① 固液分離装置
- ② 物理化学的処理装置
- ③ 生物化学的処理装置
- ④ 熱処理装置

図III-7 廃水処理装置の形式と分類



これらは現在使用されている廃水処理装置の方式をほとんど表わしている。

(2) 石油化学・化学工業の廃・排水の特性と処理システム

石油化学・化学工業の廃・排水は、炭化水素等の有機物を多く含みBOD、COD等が高いことに第1の特徴がある。また、酸・アルカリ製造及びその他の石油化学・化学工業でも酸・アルカリを取扱うケースが多いため、PH・塩分についても問題がある。その他にも、SS・油分・窒素化合物・フェノール・硫化物・重金属・臭気・色等の除去対策が必要になる。これらの汚染物質とそれに対応した一次処理、二次処理、高度処理の概要を表Ⅲ－7に示す。

(3) 石油化学・化学工業の廃水処理設備

一般に廃水処理技術と呼称されているものは、二次処理までであるが、石油化学・化学工業の廃水処理設備として普及している方式は以下のとおりである。

- ① スクリーン
- ② 油水分離（自然浮上）
- ③ 加圧浮上
- ④ 中和（中和沈殿を含む）
- ⑤ 凝集沈殿
- ⑥ ろ過（フィルター、砂、膜等）
- ⑦ 化学的酸化
- ⑧ 生物処理（活性汚泥、散水ろ床等）
- ⑨ 溶剤抽出

このうちのスクリーン、油水分離、加圧浮上、凝集沈殿、中和、活性汚泥については、その技術の概要と装置形状等をまとめて表Ⅲ－8に示す。

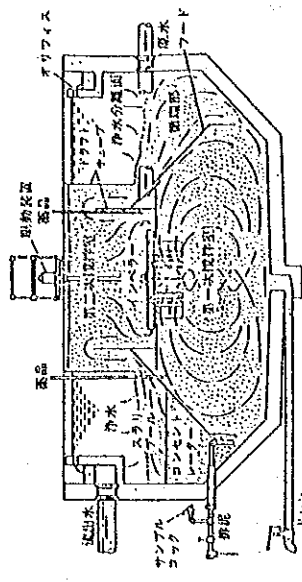
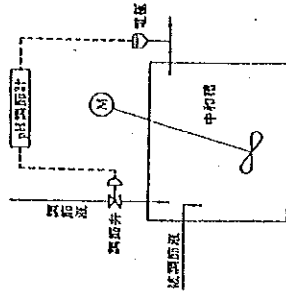
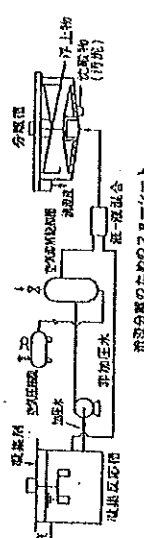
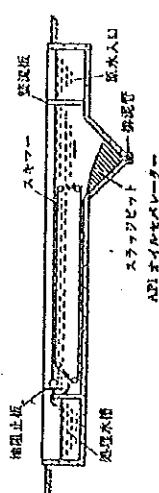
表Ⅲ-7 石油化学・化学工業の廃・排水の特性と処理システム

汚染値 廃・排水の種類		pH	SS	BOD	COD	油分	窒素化合物	フェノール	シアン	クロム	鉄	その他の重金属	塩素	硫化物	臭気	色
石油化学	石油精製		●	●	●	●●								●	●	
	酸・アルカリ・肥料	●●●●	●●	●	●										●	●●
	有機合成	●●●●	●	●●●●	●●●●	●	●●	●●				●		●	●●	●●
	塗料・顔料	●●	●	●	●●			●				●		●		●●●●
	ガス・コークス	●	●	●●●●	●●●●	●	●	●●	●						●●	●●●●
一次処理			スクリーニング 自然沈殿	自然沈殿 凝集沈殿 メタン発酵	自然沈殿 凝集沈殿 メタン発酵	自然浮上	活性汚泥 散水ろ床				スケールの 自然沈殿 凝集沈殿					
二次処理		中和	凝集沈殿 ろ過	活性汚泥 散水ろ床	活性汚泥 散水ろ床	凝集浮上 ろ過	生物学的 脱窒素	活性汚泥	塩素による 分解 活性汚泥	還元・沈 殿 分離	水酸化物 として沈 殿・分離 ろ過	水酸化物 または硫 化物とし て沈殿・ 分離 ろ過	カセイソ ーダ・チ オ硫酸ソ ーダによ る中和	活性汚泥 化学的酸 化	活性汚泥 化学的酸 化	凝集沈殿 酸化・還 元
高度な処理				活性炭吸着 生物処理 後の凝集 沈殿・ろ 過 逆浸透	活性炭吸着 塩素・オ ゾン酸化 逆浸透		逆浸透	活性炭吸着	電気透析	イオン交 換 電気透析	イオン交 換 電気透析	イオン交 換 電気透析	活性炭吸着	逆浸透	活性炭吸着	活性炭吸着 逆浸透

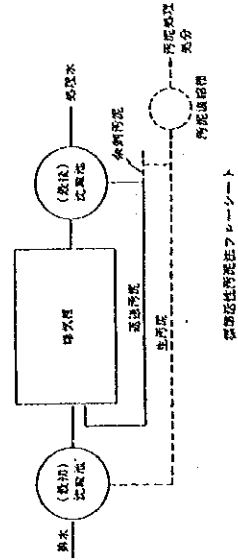
(注) ●●●●高濃度～●少量

表Ⅲ-8 石油化学・化学工業の主要廃水処理技術の概要

要素技術	主要除外成分	技術の概要
スクリーン	不溶粗大物	排水処理の前処理操作として、粗大な浮遊物を除去する。基本的タイプはバーススクリーンであるが、その他に回転ドラム形、振動ふるい形等各種のタイプがある。
油水分離	油	水より比重の小さい物質である油分を対象とする。代表的なものがAPIオイルセパレーターであり、自然放置しておけば浮いてくるような遊離油を浮上させ、かき取る方式である。
加圧浮上	油分、SS	高圧下で汚水に空気を溶解させ、槽に常圧でもどすと細かな空気泡となり、その表面に汚水中の油滴・浮遊物を付着させて浮上させ分離する。
凝集沈殿	油分、SS	汚水に電解質または有機凝集剤を添加することとで、浮遊物および溶解物の一部を凝集させ沈殿分離する。
中和	金属イオン、酸又はアルカリ性	金属イオンを水に不溶の金属水酸化物とする。また、酸性またはアルカリ性の汚水を中性化させる処理を総称して中和という。中和操作は後処理の効果を上げるのに重要な予備操作である。
活性汚泥	BOD、COD	汚水中で曝気を続けると、しだいに褐色状で凝集・沈殿性を持つフロックができる。このフロックを活性汚泥という。この汚泥を曝気槽流入汚水に加えて、曝気すると汚水は浄化される。その後、最終沈殿池に導いて汚泥を沈降させ、清澄な上澄液を放流する。沈降した汚泥は再び活性汚泥として利用する。



スクリーン・油水分離・凝集沈殿装置



中和装置の概略図

3.3 廃水水質による各廃水の分類

3.3.1 廃水の分類方法

(1) 廃水水質一覧表の作成

簡易分析を実施した73点につき、Ⅱ編4.1.3項で記述した方法により前述の表Ⅱ-26のとおり廃水水質一覧表を作成した。

(2) 廃水タイプ別分類

廃水処理・再生利用のための重要な三大水質因子は

- ① 有機物濃度
- ② 塩分濃度
- ③ 固形物濃度

である。これらについて、簡易分析項目との相関から COD_{Mn} 、導電率及びSSで代表させ、各濃度により以下のとおり分類する。

1) 有機物濃度

次のとおり3ランクに分類する。

- ① 高有機廃水； $COD_{Mn} \geq 500$ (mg/ℓ)
- ② 中有機廃水； $500 > COD_{Mn} \geq 50$
- ③ 低有機廃水； $50 > COD_{Mn}$

2) 塩分濃度

次のとおり3ランクに分類する。

- ① 高塩分廃水；導電率 $\geq 5,000$ ($\mu S/cm$)
- ② 中塩分廃水； $5,000 > \text{導電率} \geq 500$
- ③ 低塩分廃水； $500 > \text{導電率}$

3) 固形物濃度

次のとおり3ランクに分類する。

- ① 高固形物廃水； $SS \geq 100$ (mg/ℓ)
- ② 中固形物廃水； $100 > SS \geq 10$
- ③ 低固形物廃水； $10 > SS$

以上の分類基準を各廃水に適用して、表Ⅲ－９のとおり廃水タイプ別分類を作成した。

3.3.2 廃水タイプ別分類の活用方法

廃水タイプ別分類により、以下の検討が可能となる。

- (1) 悪質廃水の前処理必要性の検討
- (2) 良質廃水の再利用検討
- (3) 排水系統図を利用した良質廃水・悪質廃水の判定

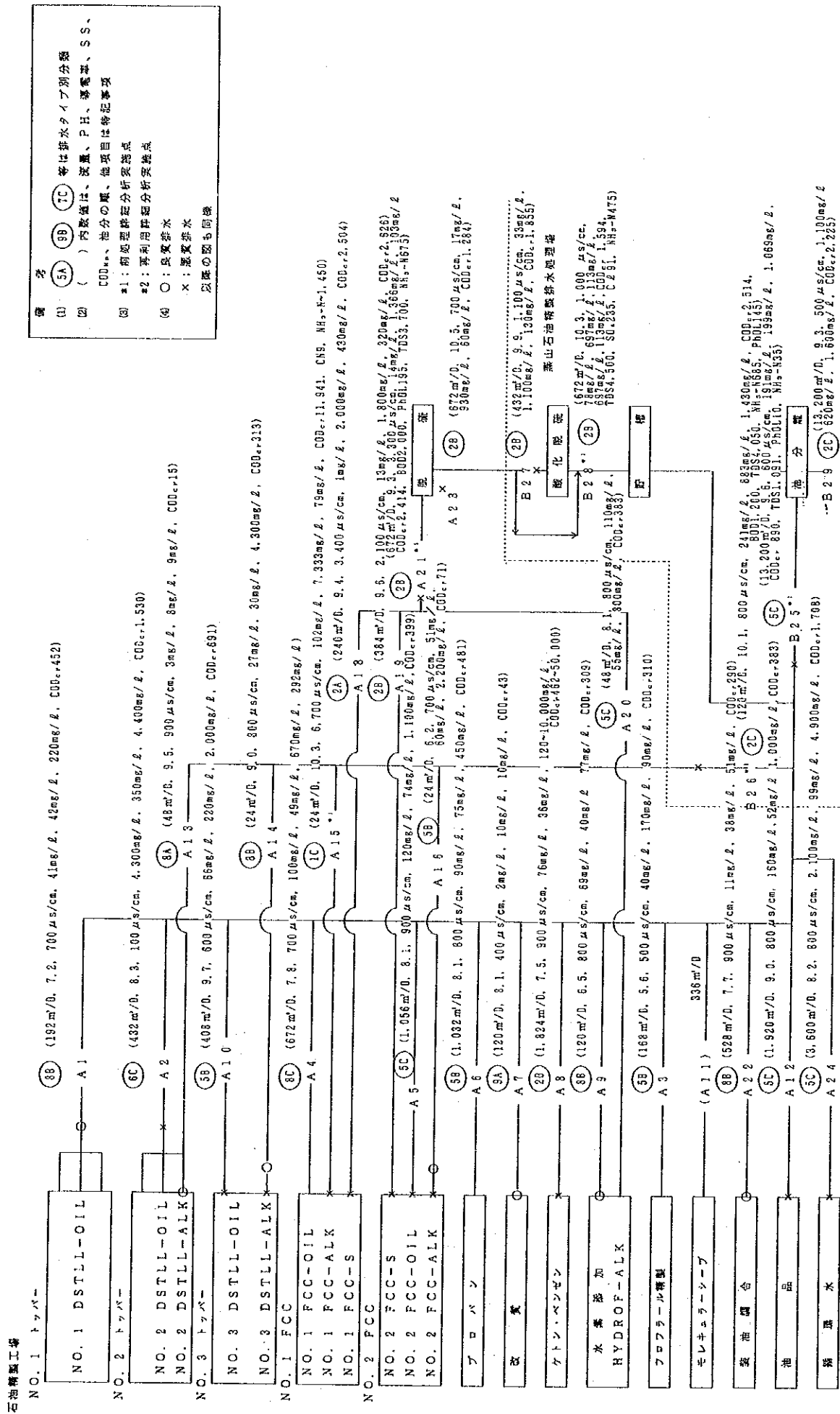
排水系統図に各廃水のタイプ別分類及び主要水質分析値を記入して地区別に図Ⅲ－８、Ⅲ－９を作成し、良質廃水・悪質廃水の判定資料とした。

具体的な検討方法については後述のとおりである。

表Ⅲ－9 廃水タイプ別分類（燕山）

SS 有機物・塩分	懸濁固形物質（SS；mg/ℓ）		
	A. 低固形物 10>SS	B. 中固形物 100>SS≥10	C. 高固形物 SS≥100
1. 高有機・高塩分		F59	A15* ¹ , D44
2. 高有機・中塩分	A18, C37* ¹ , C38, F63	A8, A19, A21* ¹ , A23, B27, B28* ¹ , F57, F58, F60* ¹ , G66	B26* ¹ , B29, G71
3. 高有機・低塩分	C36* ¹	G65, G67* ¹ , G68, G70	C42
4. 中有機・高塩分		F54	E48
5. 中有機・中塩分	F55	A3, A6, A10, A16, B30* ¹ , C34, C39 C75, G61* ¹ , G62* ¹ , G69	A5, A12, A20, A24, B25* ¹
6. 中有機・低塩分			A2, F56* ¹
7. 低有機・高塩分	D45		
8. 低有機・中塩分	A13, E50, E73, E74	A1, A9, A14, A22, B32* ² , C33, C40, D43* ¹ , D46, D47, E49, E51, G72* ² , G64	A4, C35, C41, E52
9. 低有機・低塩分	A7, C76	B31, E53* ¹	
備考	高有機 ; COD _{Mn} ≥500 (mg/ℓ) 高塩分 ; 導電率≥5,000 (μs/cm) 中有機 ; 500>COD _{Mn} ≥50 中塩分 ; 5,000>導電率≥500 低有機 ; 50>COD _{Mn} 低塩分 ; 500>導電率 注) サンプルポイントで簡易分析のみ実施→簡易分析値のみ、詳細分析も実施→平均値を採用 *1 前処理詳細分析、*2 再利用詳細分析		

図III-8(1) 石油精製工場地区排水系統



図Ⅲ－8(2) 石油精製工場地区排水系統

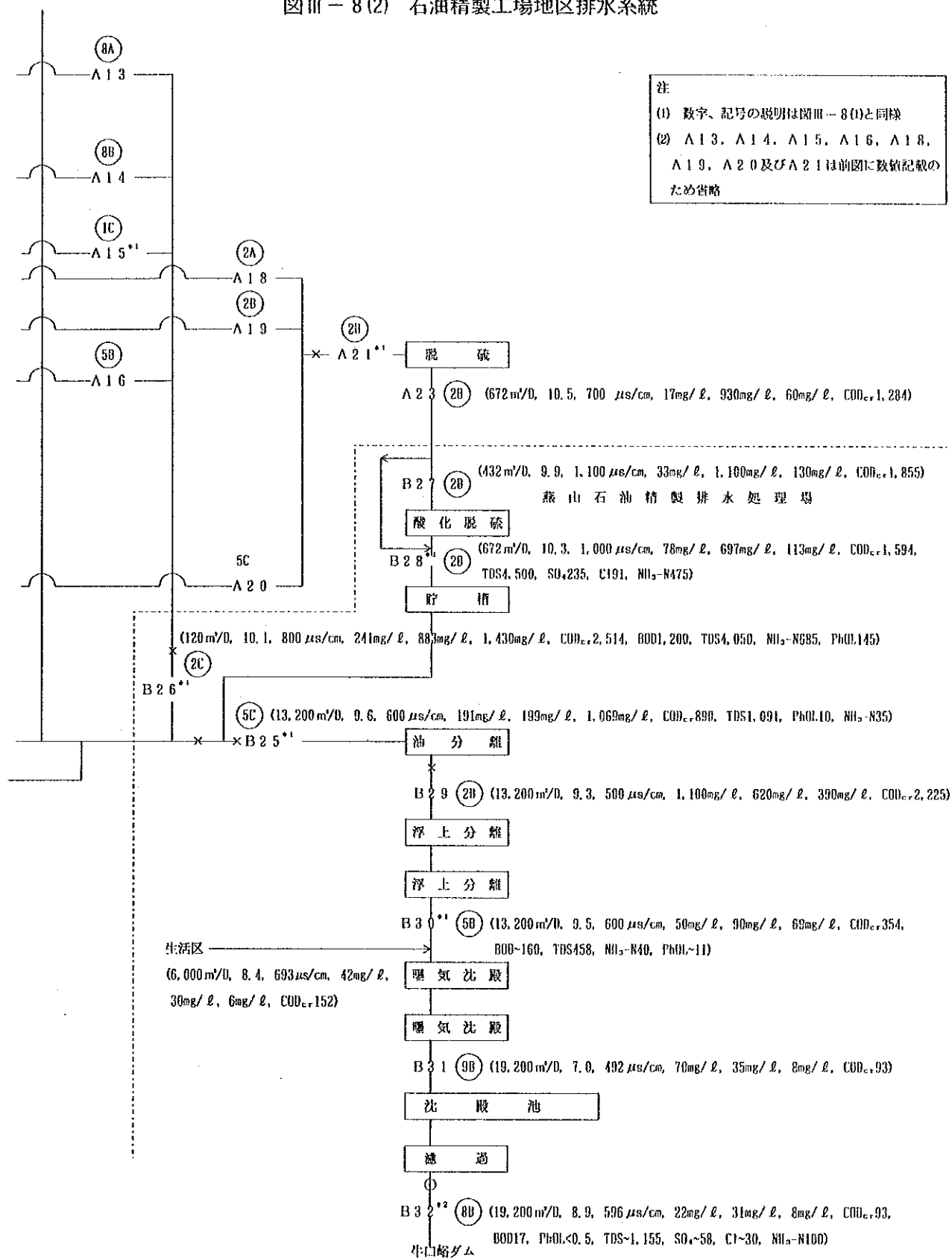
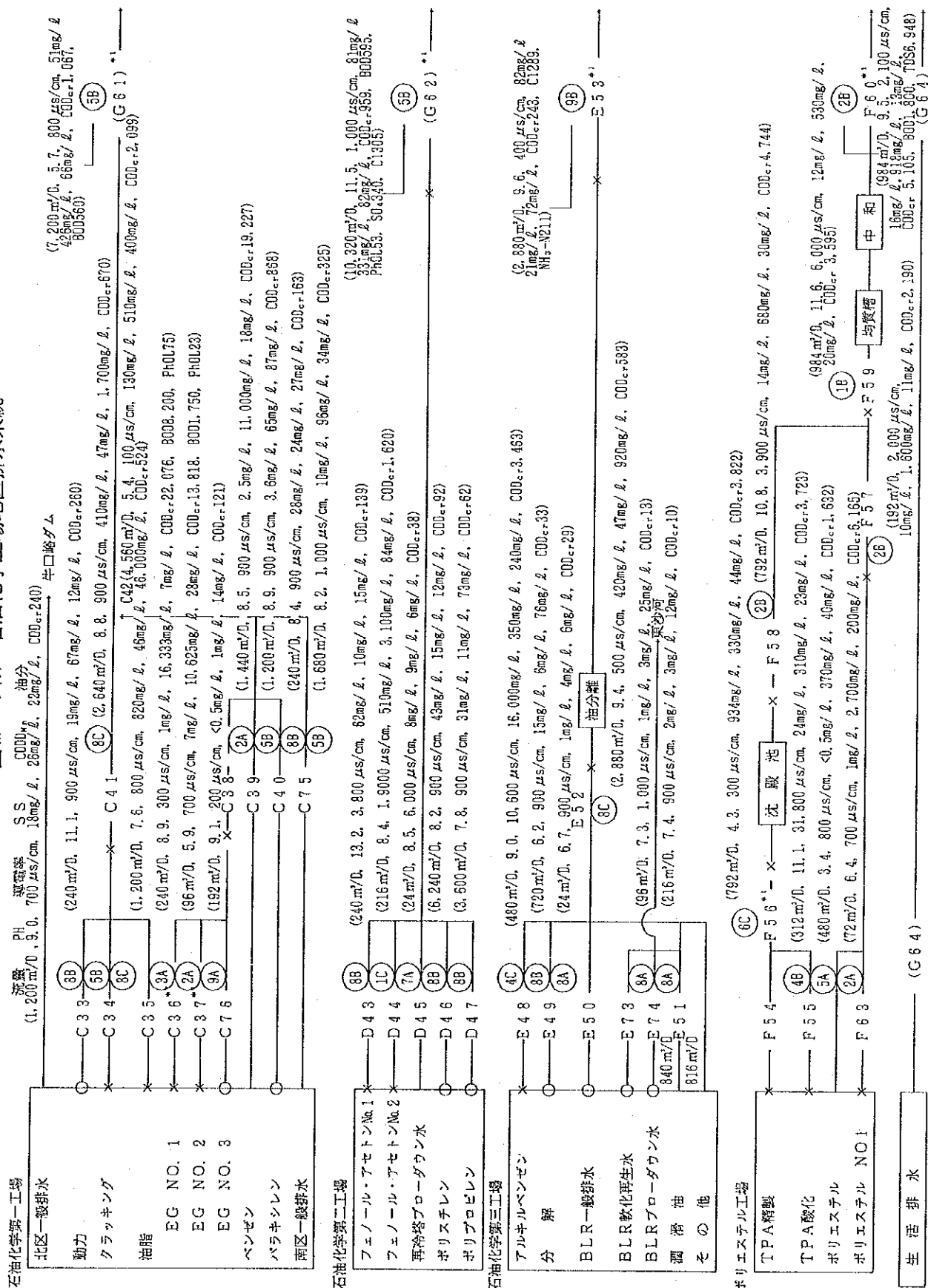
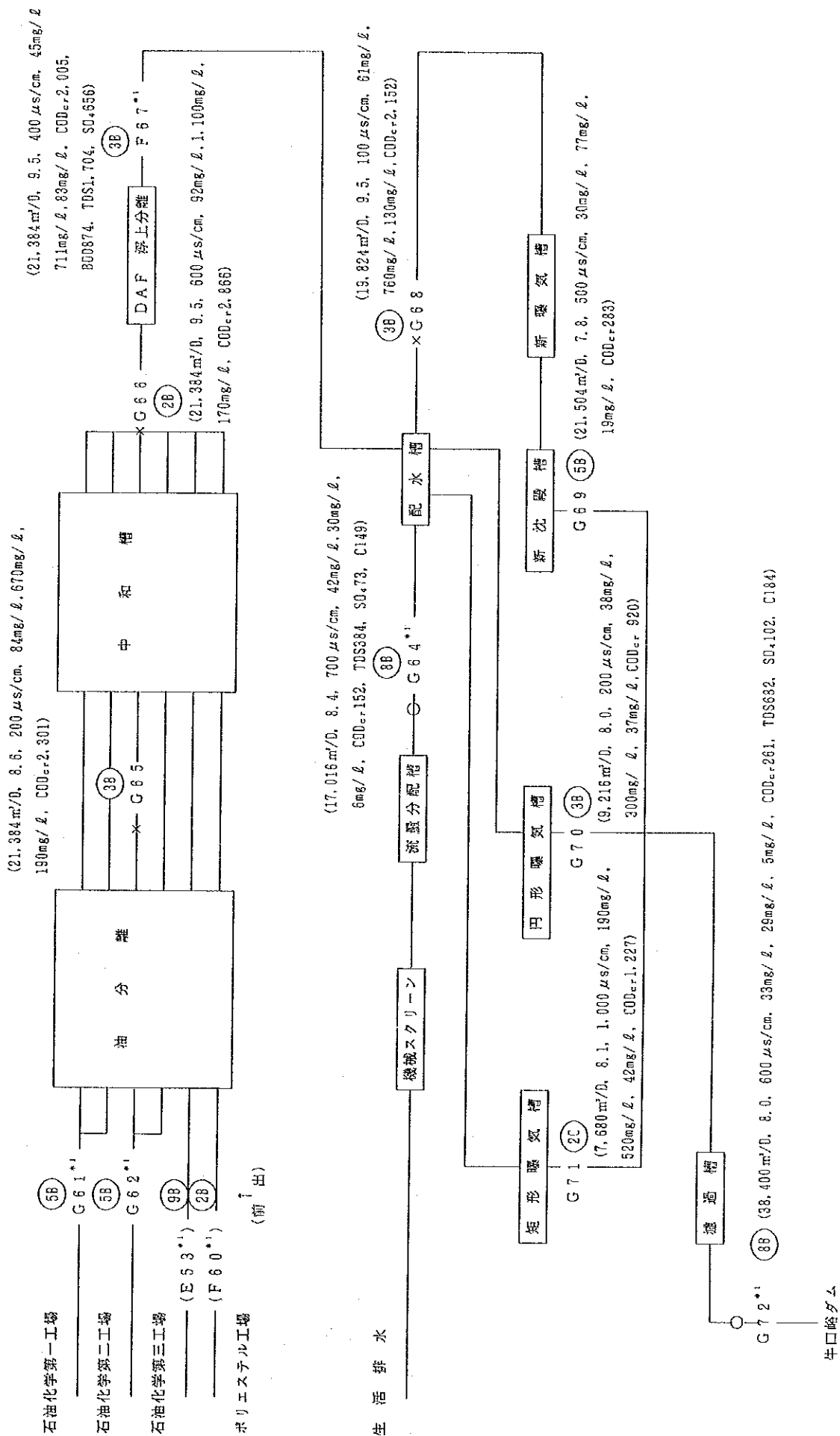


図 川 - 9 (1) 石油化学工場地区排水系統



図III-9(2) 石油化学工場地区排水系統



3.4 前処理が必要な廃水の選定

図Ⅲ－8及び図Ⅲ－9より前処理が必要と想定される廃水の選定を行なった。判定基準は、油分離・生物処理による集合排水処理を前提とし、以下の項目を目安にした。

- (1) 高有機廃水 ; $\text{COD}_{\text{Mn}} \geq 1,000\text{mg}/\ell$
- (2) 高塩分廃水 ; 導電率 $\geq 10,000 \mu\text{S}/\text{cm}$
- (3) 高固形物廃水 ; $\text{SS} \geq 500\text{mg}/\ell$
- (4) 高油分廃水 ; 油分 $\geq 1,000\text{mg}/\ell$
- (5) 高窒素廃水 ; $\text{NH}_3\text{-N} \geq 500\text{mg}/\ell$
- (6) 高水銀廃水 ; $\text{Hg} \geq 0.005\text{mg}/\ell$
- (7) PH ; $5 > \text{PH}$ 及び $\text{PH} > 10$

この基準により対象となる廃水は以下のとおりとなる。

但し、詳細については次項以降で再検討のこととする。

(1) 燕山石油精製工場

以下の18点の廃水が検討対象となる。

表Ⅲ－10 石油精製工場・前処理検討対象廃水内訳

(水量単位： $\text{m}^3/\text{日}$)

番号	廃水記号	ラッパ	問題となる水質項目及び数値	水 量
1	A 2	6C	SS 4,300、油分 4,400	432
2	A 5*	5C	油分 1,100	1,056
3	A 8*	2B	油分 120~10,000、 COD_{Cr} 462~50,000	1,824
4	A10*	5B	油分 2,000	408
5	A12*	5C	油分 1,000	1,920
6	A14*	8B	油分 4,300	24
7	A15*	1C	PH10.3、 COD_{Mn} 7.333、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 1.450、CN 9	24
8	A16*	5B	油分 2,200	24
9	A18*	2A	COD_{Mn} 2,000	240
10	A19*	2B	COD_{Mn} 1,800	384
11	A24*	5C	SS 2,100、油分 4,900	3,600
12	(A21)	2B	COD_{Mn} 1,366、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 675、フェノール 195	672
13	(A23)	2B	PH10.5	672
14	(B26)	2C	PH10.1、油分 1,430、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 685、フェノール 145	120
15	(B27)	2B	COD_{Mn} 1,100	432
16	(B28)	2B	PH10.3	672
17	(B25)	5C	油分 1,069	13,200
18	(B29)	2C	SS 1,100、油分 1,600	13,200

注) 1. *印は原廃水を示す。その他は合流排水である。

2. 12~18については、既設の処理（脱硫及び集合排水処理場）実施中であり、1~11を検討することとなる。

(2) 燕山石油化学工場

以下の22点の廃水が検討対象となる。

表Ⅲ－11 石油化学工場・前処理検討対象廃水内訳

(水量単位：m³/日)

番号	廃水記号	ラック	問題となる水質項目及び数値	水 量
1	C34*	5B	} PH 11.1	240
2	C35*	8C		1,200
3	C36*	3A	} COD _{Mn} 16,333 (7ℓ/ℓ 75)	240
4	C37*	2A		96
5	C41	8C	油分 1,700	2,640
6	D43*	8B	} PH 13.2	240
7	D44*	1C		216
8	E48*	4C	導電率 19,000, SS 510, COD _{Mn} 3,100	480
9	F54*	4B	導電率 10,600, SS 16,000, (COD _{Cr} 3,463)	312
10	F55*	5A	} PH 11.1、導電率 31,800, (COD _{Cr} 3,723)	480
11	F57	2B		192
12	F63*	2A	} PH 3.4 (COD _{Cr} 1,632)	72
13	C38	2A		1,440
14	(E52)	8C	COD _{Mn} 1,600	2,880
15	(F56)	6C	COD _{Mn} 2,700	792
16	(F58)	2B	COD _{Mn} 11,000	792
17	(F59)	1B	(油分 920)	984
18	(G62)	5B	PH 4.3、SS 934mg/ℓ	10,320
19	(E53)	9B	PH 10.8 (COD _{Cr} 4,744)	2,880
20	(G65)	3B	PH 11.6 (COD _{Cr} 3,595)	21,384
21	(G66)	2B	PH 11.5 (7ℓ/ℓ 53) (SO ₄ 340) (C ℓ 305)	21,384
22	(G68)	3B	(C ℓ 289)、(NH ₃ -N 211)	21,504

注) 1. *印は原廃水を示す。その他は合流廃水である。

2. 14～23については既設の処理（油分離、沈殿槽、均質槽、中和槽及び集合排水処理場）実施中であり、1～13を検討することとなる。

3. 表中 } で示した廃水はブロック化可能性がある。

(3) 燕山石油化学コンビナート全体

前述のとおり燕山地区全体では、24点の対象廃・排水がある。現状では集合排水処理場が機能しているので問題は少ないが、良質廃水の再利用に伴う残廃水の水質悪化への対応が必要である。又、前処理設備建設費を抑制するためには、水質悪化の原因となっている原廃水又は類似原廃水をブロック化した廃水（なるべく上流で発生源対策をする）を前処理し、設計流量を極小化することが必要である。何れにしろ当地区では前処理単独で検討するべきでなく、以下の要素を総合的に検討する必要がある。

- ① 良質廃水の簡易処理による再利用
- ② 良質廃水の再利用による水質悪化と既設集合排水処理場の問題点
- ③ 集合排水処理場流出水質向上のための前処理必要性
- ④ 集合排水処理場流出水を原水とする再生利用システムと①～③の相関性

3.5 前処理必要性の判定

前項に述べた悪質廃水の前処理必要性及び想定処理技術を検討する。

(1) 燕山石油精製工場

前処理検討対象の廃水は、廃水記号でA 2、A 5、A 8、A 10、A 12、A 14、A 15、A 16、A 18、A 19、A 24の11廃水であり、以下に前処理の必要性の判定結果及び想定処理技術を述べる。

1) No.1 トッパー含油廃水 (A 2) ; 432m³/日

特に問題となる水質項目はSS (4,300mg/ℓ)、油分 (4,400mg/ℓ) であるが、下流のB25のSS値は 191mg/ℓであり、石油精製工場排水処理場の流入水質基準 (< 200mg/ℓ) を満足しているため問題無い。尚、B25の油分値は、1,069mg/ℓで流入水質基準 (< 1,000mg/ℓ) を若干上廻っているが、最終的な当工場排水処理場流出水 (B32) の油分 (8mg/ℓ) は流出水質基準を満足しているため、前処理は不要と判定する。

2) No.2 F C C 含油廃水 (A 5) ; 1,056m³/日

特に問題となる水質項目は油分(1,100mg/ℓ) であるが、下流のB25及びB32の油分値より、A 2と同様に前処理は不要と判定する。

3) ケトン・ベンゼンプラント廃水 (A 8) ; 1,824m³/日

第2次現地調査時の測定、分析結果では良質廃水に分類可能であったが、中国側の連続分析結果では油分 (24~10,000mg/ℓ) COD_{Cr} (462~50,000mg/ℓ) と、非常に変動の激しい廃水である。この原因は運転状況の変動によるが、中国側より本廃水中の有用物質の回収検討の要請があった。但し、有用物質の組成分析は実施しておらず本調査対象範囲外であることより、油分離・回収の前処理のみを実施することとしたい。従って、回収される油分からの有用物質の回収は中国側で必要に応じ検討のこととする。

4) No.3 トッパー含油廃水 (A 10) ; 408m³/日

特に問題となる水質項目は油分(2,000mg/ℓ) であるが、A 5と同様に前処理は不要と判定する。

5) 油タンク廃水 (A 12) ; 1,920m³/日

特に問題となる水質項目は油分(1,000mg/ℓ) であるがA 5、A 10と同様に前処理は不要と判定する。

6) No.3 トッパールカリ性廃水 (A14) ; 24m³/日

特に問題となる水質項目は油分(4,300mg/ℓ)であり、下流のB25の油分(1,069mg/ℓ)にも問題が残るが、最終的な当工場排水処理場流出水(B32)中の油分(8mg/ℓ)は水質基準を満足しているため、前処理は不要と判定する。

7) No.1 F C Cアルカリ性廃水 (A15) ; 24m³/日

特に問題となる水質項目はPH(9.1-10.3)、CODcr(11,941mg/ℓ)、NH₃-N(1,450mg/ℓ)、CN(9mg/ℓ)である。下流のB26のPH(9.8-10.1)、CODcr(2,514mg/ℓ)、NH₃-N(685mg/ℓ)、CN(<0.1mg/ℓ)を見てもPH、CODcr、NH₃-Nに問題がある。但し、当工場の脱硫工程にはPH調整・脱シアン塔・脱硫塔・脱アンモニア塔の設備を有し、設備的に余裕があるのでA15廃水をA21廃水系統に切替えることで対応可能と考える。

8) No.2 F C Cアルカリ性廃水 (A16) ; 24m³/日

特に問題となる水質項目は油分(2,200mg/ℓ)であるが、A14と同様に前処理は不要と判定する。

9) No.1 F C C含イオウ廃水 (A18) ; 240m³/日

特に問題となる水質項目はCODcr(2,504mg/ℓ)であり、下流のA21のCODcr(2,414mg/ℓ)にも問題がある。

また、更に下流のA23のCODcr(1,284mg/ℓ)及びB25のCODcr(890mg/ℓ)にもやや問題が残るものの、最終的な当工場排水処理場流出水(B32)のCODcr(66mg/ℓ)は流出水質基準を満足しているため、前処理は不要と考える。

10) No.2 F C C含イオウ廃水 (A19) ; 384m³/日

特に問題となる水質項目はCODcr(2,626mg/ℓ)であり、下流のA21のCODcr(2,414mg/ℓ)にも問題がある。但し、A18と同様B32のCODcr(66mg/ℓ)は流出水質基準を満足しているため、前処理は不要と考える。

11) 循環水ブローダウン水 (A24) ; 3,600m³/日

特に問題となる水質項目はSS(2,100mg/ℓ)、油分(4,900mg/ℓ)であるが、下流のB25のSS値及び油分値はA2と同様の理由で特に問題はなく、前処理は不要と考える。

以上のとおり、結論として当工場の悪質排水についてはA8の油分離と、A15の

廃水系統切替による前処理が必要であると判定する。

(2) 燕山石油化学工場

前処理検討対象の廃水は、廃水記号でC34、C35、C36、C37、C41、D43、D44、E48、F54、F55、F57、F63、C38の13廃水であり、以下に前処理の必要性の判定結果及び想定処理技術を述べる。

1) 石油化学第一工場 エチレンプラント廃水 (C34) ; 240 m³/日

特に問題となる水質項目はPH (11.1) であるが、下流のC41及びG61のPH値は各々 8.8と 5.7～ 8.4であることから前処理は不要と判定する。

2) 石油化学第一工場 油タンク廃水 (C35) ; 1,200 m³/日

特に問題となる水質項目はSS (820mg/ℓ)、油分 (46,000mg/ℓ) であるが、下流のC41及びG61のSS値は各々 410mg/ℓと51mg/ℓ、油分値は各々 1,700mg/ℓと66mg/ℓであることから前処理は不要と判定する。

3) 石油化学第一工場 EGプラントNo.1 廃水 (C36) ; 240 m³/日

特に問題となる水質項目はCOD_{Cr} (22,076mg/ℓ) とフェノール (75mg/ℓ) であり、下流のC38のCOD_{Cr} (19,227mg/ℓ)、フェノール (不明) 及びG61のCOD_{Cr} (1,067mg/ℓ)、フェノール (2mg/ℓ) を見るとCOD_{Cr} に問題があるため、前処理が必要と判定する。

4) 石油化学第一工場 EGプラントNo.2 廃水 (C37) ; 96 m³/日

特に問題となる水質項目はCOD_{Cr} (13,818mg/ℓ) であり、C36と同様下流のC38及びG61にも問題があるため前処理が必要と判定する。尚、前処理はC36及びC37合流廃水を対象とする。また想定処理技術はCOD処理として湿式酸化方式とする。

5) 石油化学第一工場 クラッキング等廃水 (C41) ; 2,640 m³/日

特に問題となる水質項目は油分 (1,700mg/ℓ) であるが、下流のG61の油分 (66mg/ℓ) より見て前処理は不要と判定する。

6) 石油化学第二工場 フェノール・アセトンプラントNo.1 廃水 (D43) ; 240 m³/日

特に問題となる水質項目はPH (13.2) であり、下流のG62のPH (7.3～11.5) にも問題がある。但し、更に下流のG65のPH (8.6) 及び当工場排水処理場に中和槽が設置されていることから前処理は不要と判定する。

7) 石油化学第二工場 フェノール・アセトンプラントNo.2 廃水(D44);216m³/日

特に問題となる水質項目は導電率(19,000 μ S/cm)、SS(510mg/ ℓ)、CODcr(1,620mg/ ℓ)であり、下流のG62の導電率(1,000 μ S/cm)、SS(81mg/ ℓ)、CODcr(959mg/ ℓ)を見るとCODcrにやや問題が残るものの前処理は不要と判定する。

8) 石油化学第三工場 アルキルベンゼンプラント廃水(E48); 480m³/日

特に問題となる水質項目は導電率(10,600 μ S/cm)、SS(16,000mg/ ℓ)、CODcr(3,463mg/ ℓ)であり、下流のE52の導電率(500 μ S/cm)、SS(420mg/ ℓ)、CODcr(583mg/ ℓ)を見てもSSに問題が残る。但し、更に下流のE53のSS(82mg/ ℓ)には問題が無いため前処理は不要と判定する。

9) ポリエステル工場 テレフタル酸プラント精製工程廃水(F54); 312m³/日

実測値で問題となる項目はPH(11.1)、導電率(31,800 μ S/cm)、CODcr(3,723mg/ ℓ)であるが、II編の図II-10に示したように非定常的にPH(9~13)、CODcr(4,000~47,000mg/ ℓ)、テレフタル酸(2,000~30,000mg/ ℓ)となる。実測値ベースで下流のF56、F58、F59、F60のPH、導電率、CODcrは表III-12のとおりであり特にCODcrが問題である。非定常時には更にテレフタル酸も問題となるため前処理が必要と判定する。

表III-12 F54下流の問題水質変化

	F56	F58	F59	F60	排水処理場流入水基準
PH	4.3-5.5	10.8	11.8	9.5	6-9
導電率	300	3,900	6,000	2,100	— μ S/cm
CODcr	3,822	4,744	3,595	5,105	< 800mg/ ℓ

10) ポリエステル工場 テレフタル酸プラント酸化工程廃水(F55); 480m³/日

実測値で問題となる項目はPH(3.4)、CODcr(1,632mg/ ℓ)であるが、F54と同様非定常的にPH(3~9)、CODcr(6,300~20,000mg/ ℓ)、テレフタル酸(2,000~8,000mg/ ℓ)となる。実測値ベース及び非定常時にはF54と同様CODcrとテレフタル酸が問題となるため、前処理が必要と判定する。

11) ポリエステル工場 ポリエステルプラント廃水 (F57) ; 192m³/日

特に問題となる項目は、COD_{Cr} (2,190mg/ℓ) であり、F54、F55と同様に前処理が必要と判定する。

尚、前処理はF54、F55及びF57合流廃水 (F59) を対象とする。また、想定処理技術はCOD_{Cr} 及びテレフタル酸の処理として湿式酸化方式とする。

12) ポリエステル工場 No.1 廃水 (F63) ; 72m³/日

特に問題となる項目はCOD_{Cr} (6,165mg/ℓ) であるが、下流の合流廃水 (F59) で前処理を実施するのでF63での前処理は不要と判定する。

13) 石油化学第一工場 EGプラント廃水 (C38) ; 1,440m³/日

特に問題となる項目は、COD_{Cr} (19,227mg/ℓ) であるが、上流のC36・C37廃水を前処理するためC38での前処理は不要と判定する。

尚、前処理設備計画については第IV編で後述する。

3.6 前処理対象廃水と適用技術

3.5項に前述したとおり、当地区では石油精製工場ケトン・ベンゼンプラント廃水（A8）、石油化学第一工場EGプラント廃水（C36、C37）、ポリエステル工場テレフタル酸プラント廃水（F54、F55）及びポリエステル工場ポリエステルプラント廃水（F57）の6廃水が対象となるが、設備合理化のため、プラント又は工場毎に合流した後の排水を前処理実施する。（3系列の設備となる）

前処理対象廃水別に適用技術とその選定理由を述べる。

(1) 石油精製工場ケトン・ベンゼンプラント廃水（A8）

この廃水は油分（120～10,000mg/ℓ）、COD_{Cr}（462～50,000mg/ℓ）と非常に変動の激しい廃水である。この変動はケトン・ベンゼン等有機物の漏出によるものと考えられるので、油分離方式を選定する。

尚、油分離方式ではAPI式に比較して分離効率の高いTPI式を採用する。

(2) 石油化学第一工場EGプラント廃水（C36、C37）

この廃水はCOD_{Mn}（COD_{Cr}）濃度が高く、フェノールも含有している高濃度有機廃水であるが、C36、C37合計のCOD_{Mn}、COD_{Cr}、BOD、フェノール濃度は表Ⅲ-13のとおりとなる。

表Ⅲ-13 C36・C37合計の主要水質

	水 量 (m ³ /D)	COD _{Mn} (mg/ℓ)	COD _{Cr} (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)	フェノール (mg/ℓ)
C 36	240	16,333	22,076	8,200	75
C 37	96	10,625	13,818	1,750	23
合 計	336	14,702	19,717	6,357	60
流入基準	—	—	800	—	50

この結果より、 $BOD/COD_{cr}=0.322$ となり、生物処理が困難であることが予想される。

一方、処理方策としては以下の3方策が考えられる。

- ① 希釈法（高濃度のため）による活性汚泥
- ② 湿式酸化（高温・高圧下で空気酸化）
- ③ 廃液燃焼

このうち、①については、BOD除去が主体となるため COD_{cr} の除去が不十分となること、及び設置面積が大きくなることより適当でない。

③については、 $336\text{m}^3/\text{日}$ 廃水の蒸発潜熱を外部から供給する必要がある（ $1.97 \times 10^8 \text{ Kcal}/\text{日}$ ）ため、ランニングコストが大きくなることにより適当でない。

従って、湿式酸化方式を選定した。

(3) ポリエステル工場廃水（F54、F55、F57）

この廃水は、定常時には導電率（ $800 \sim 31,800 \mu\text{S}/\text{mm}$ ）、 COD_{cr} （ $1,632 \sim 3,723 \text{ mg}/\ell$ ）がやや高い程度であるが、非定常時にはF54、F55の廃水の COD_{cr} が $6,000 \sim 47,000 \text{ mg}/\ell$ 、テレフタル酸 $2,500 \sim 8,000 \text{ mg}/\ell$ となり、PHの変動も大きくなる。

定常時のF54、F55の合流点（F56）に於ける $BOD/COD_{cr}=0.1$ であり、非定常時には生物処理で難分解性のテレフタル酸が排出されることを合わせ考えると、湿式酸化方式が適当であると判定する。

尚、非定常時の水質変動が大きいため、原水貯槽を設けることにより負荷調整をする必要がある。

また、原水の水量・水質、前処理実施後の想定水質、石油化学排水処理場流入基準及び前処理設備の想定等をまとめた石油化学工場前処理方策の検討を表Ⅲ-14に示す。

表Ⅲ-14 石油化学工場前処理方策の検討

番号	廃水記号	ランク	水量	問題となる水質 (mg/l)		前処理設備設置後の水質 (mg/l)		処理を必要とする項目	前処理設備の想定
				PH	SS mg/cm	SS mg/cm	COD _{cr} mg/cm		
1	EGプラント排水 (1) C86	3A	240m ³ /日 Max 360m ³ /日	6.4 ~8.9	1	16.333 (COD _{cr} 22.076)	300 (COD _{cr} 850)	6~9 200 COD _{cr} 800	処理方法としては、 ① 希釈法による活性汚泥 (鼓気曝気) ② 湿式酸化 ③ 炭酸水素ナトリウム (ランニング コスト大) 従って、湿式酸化法が有利
	(2) C87	2A	96m ³ /日	5.9 ~8.6	7	10.625 (COD _{cr} 13.818)	300 (COD _{cr} 850)	7~10 200 COD _{cr} 800	高濃度有機物とCODの 除去
2	ポリエステル工場 排水 (1) F54	4B	312m ³ /日	11.1	31.800	24	310 (COD _{cr} 3.723)	7.0 50 (COD _{cr} 300)	非常時の水質変動に伴う PH、COD、負荷量を一時行 し、負荷変動をした上で湿 式酸化法で処理をする。
	設計条件 ① 通常 ② 非常時1~2回 /月×3日/回 ③ 非常時4回/年 ×3日/回		Max 360m ³ /日 Max 150m ³ /回 ×2回/月 Max 360m ³ /回 ×4回/年	>9 9~13 9~13		COD _{cr} Max 6,000 Max 9,000 Max 47,000	COD _{cr} (800) (800) (800)	7.0 7.0 7.0	TA max 2,500 TA max 3,000 TA max 30,000
	(2) F55	5A	480m ³ /日	3.4	800	<0.5	370 (COD _{cr} 1,632)	7.0 50 (COD _{cr} 300)	PH調整、高濃度有機 排水の除去
	設計条件 ① 通常 ② 非常時1~2回 /月×3日/回 ③ 非常時4回/年 ×3日/回		Max 720m ³ /日 Max 90m ³ /回× 2回/月 Max 210m ³ /回 ×4回/年	3.5 ~4.5 <3、>9 <3、>9		COD _{cr} (6,300) Max 20,000 Max 20,000	COD _{cr} (800) (800) (800)	7.0 7.0 7.0	TA max 2,500 TA max 8,000 TA max 8,000
	(3) F57	2B	182m ³ /日		2,000	10	1,600 (COD _{cr} 2,190)	7.0 50 (COD _{cr} 300)	

3.7 総合排水処理技術の検討

3.7.1 排出基準

中国では環境保護のため排水の排出基準を国家標準として規定している。

そこで、北京市排出基準、石油精製排水処理、石油化学排水処理場の排出基準値と今回調査により得られた、両排水処理場からの排水水分析値を表Ⅲ-15に示す。表に示したとおり、石油化学排水処理場で、BOD、COD_{Cr}値が基準値より上廻っていた。

表Ⅲ-15排水処理場排水状況

		北 京 市 排出基準 (2級) *1	北 京 市 排出基準 (3級) *1	排出基準	石 油 精 製 排水処理場 現状分析結果 ('90. Mar.)	基準判定	排出基準	石 油 精 製 排水処理場 現状分析結果 ('90. Mar.)	基準判定
pH		6.0-8.5	6.0-8.5	6-9	8.9-8.0		6-9	8.0-7.1	
SS	mg/l	70/30	100/80	200	13		100	33	
BOD	mg/l	40/20	60/60	100	17		60	63	(超過)
COD _{Cr}	mg/l	80/60	100/100	200	66		200	261	(超過)
硫化物	mg/l	0.3/0.2	1.0/0.5	1.5			1.0		
SO ₄	mg/l				58			102	
揮発性ノール	mg/l	0.5/0.2	1.0/0.5	3.0	<0.5		0.5	<0.5	
石油類	mg/l	5/2	10/8	20	8		10	5	
CN	mg/l	0.4/0.2	0.5/0.5	0.5	0.03		0.5	<0.01	
色 度	deg.	50/50	80/80		30			22	
水温	℃	35	35		26			14	
総リン	mg/l	0.5/0.3	0.5/0.3		<0.1			<0.1	
PO ₄	mg/l								
ホルムアルデヒド	mg/l	1.0/0.5	2.0/1.5						
ニトロ化合物類	mg/l	1.0/0.5	3/1						
アニリン類	mg/l	0.5/0.4	1.5/1.0						
塩化ベンゼン	mg/l	0.1/0.05	0.2/0.1						
ベンゼン系物	mg/l	3.0/2.5	3.0/2.5						
F	mg/l	3/2	8/4		<1.0			<1.0	
TDS	mg/l	900/800	1200/1000		1155			682	
NH ₃ -N	mg/l				100			21	
Cl	mg/l				30			84	
Hg	mg/l	0.005/0.002	0.01/0.002		<0.001			<0.001	
As	mg/l	0.2/0.1	0.2/0.1		<0.02			<0.02	
Pb	mg/l	0.2/0.1	0.5/0.1		<0.1			<0.1	
Cr (VI)	mg/l	0.3/0.2	0.5/0.2		<0.025			<0.025	
Cd	mg/l	0.03/0.02	0.05/0.02		<0.01			<0.01	
Cr (Ⅲ)	mg/l	1.5/1.0	2.0/1.0						
Cu	mg/l	0.5/0.5	1.0/1.0		<0.05			<0.05	
Ni	mg/l	0.5/0.5	1.0/0.5		<0.025			<0.025	
Zn	mg/l	3.0/3.0	5.0/3.0		0.04			0.06	

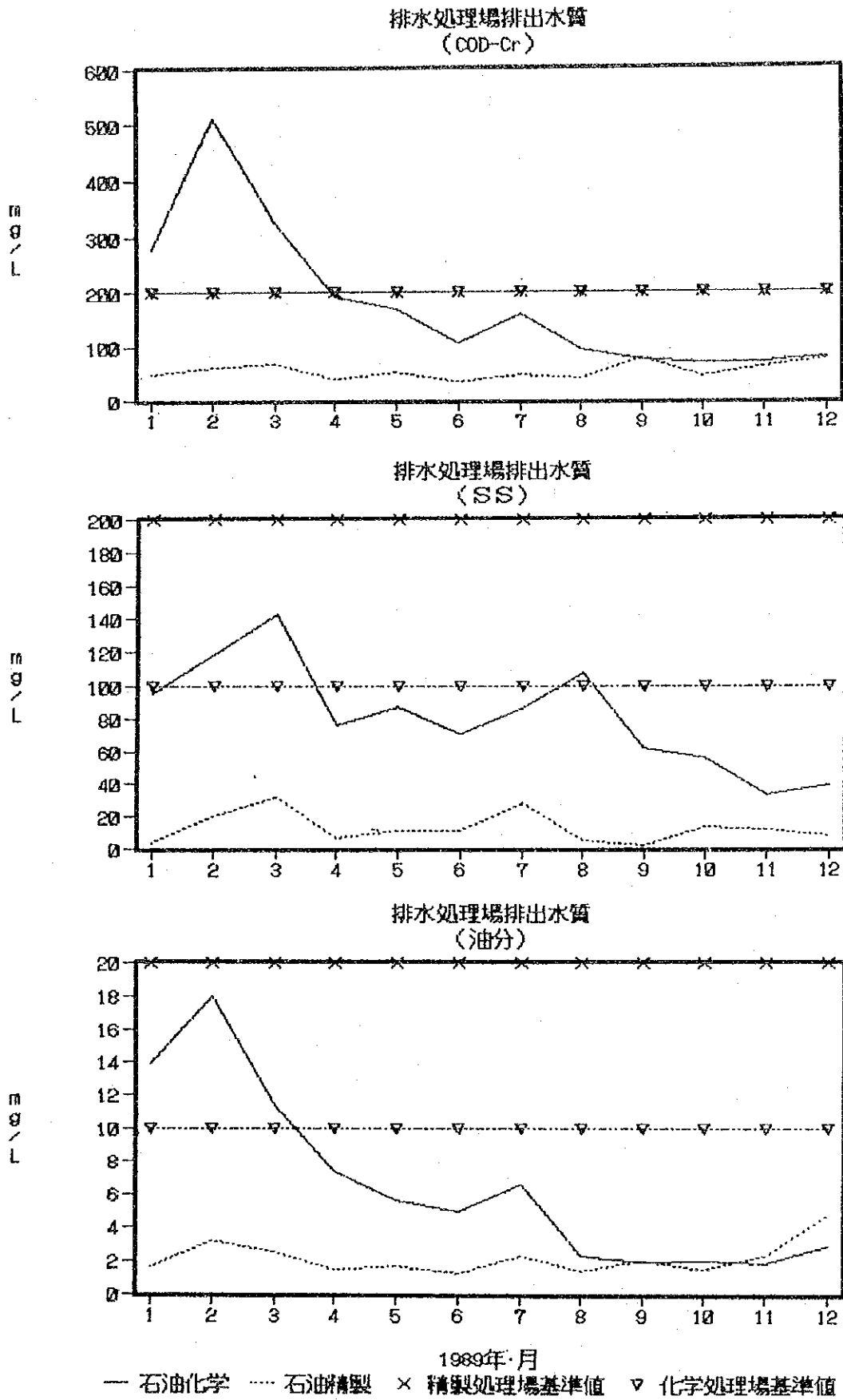
*1 現有/新規設備

3.7.2 排出状況

1989年1月～12月迄の両排水処理場からの排水水質の推移を図Ⅲ-10に示すが、石油精製排水処理場からの排水水質は基準値内である。

一方、石油化学排水処理場からの排水水は1月、2月、3月で基準値を上廻ることが多かった。

図Ⅲ-10 排水処理場排水質 (1989年)



3.7.3 排水処理場流入基準と流出基準

(1) 石油精製工場排水処理場

流入基準・流出基準と現状の比較を表Ⅲ-16に示す。

表Ⅲ-16 石油精製工場排水処理場流入・流出水質基準

(単位；PH(-)、色度(deg)、水温(℃)、その他(mg/ℓ))

水質項目	流 入 水 質		流 出 水 質	
	現 状	基 準	現 状	基 準*1
PH	9.5-9.6	6-9	8-8.9	6-9/6-8.5
SS	191	<200	13	200/70
BOD	230	—	17	100/40
COD _{cr}	890	<450	66	200/80
硫化物	—	<15	—	1.5/0.3
硫酸塩	<1.0	—	58	—
揮発フェノール	10	<50	<0.5	3.0/0.5
石油類	1,069	<1,000	8	20/5
CN	<0.1	—	0.03	0.5/0.4
色度	—	—	30	—/50
水温	28	—	26	—/35
総リン	—	—	—	—/0.5
PO ₄ ³⁻	—	—	<0.1	—
F	<1.0	—	<1.0	—/3
TDS	1,091	—	1,155	—/900
NH ₃ -N	35	—	100	—/—
Cl	121	—	30	—/—
Hg	0.0017	—	<0.001	—/0.005
As	0.02	—	<0.02	—/0.2
Pb	<1.0	—	<0.1	—/0.1
Cr ⁶⁺	<0.25	—	<0.025	—/0.3
Cd	<0.1	—	<0.01	—/0.03
サンプリングポイント	(B-25)		(B-32)	

注) *1. 流出水質基準；石油精製排出基準／北京市排出基準（2級；既設）

1) 流入水質基準と現状値の問題点

PH、COD_{cr}、石油類が流入基準を超過している。

また、硫酸塩は分析時には低かったが、流出水質の現状を見ると超過している時期があると思われる。

2) 流出水質基準と現状値の問題点

石油精製排出基準に対しては硫化物を除き満足しているが、北京市排出基準（2級；既設）に対しては、PH、硫化物、石油類、TDSが超過している。

(2) 石油化学工場排水処理場

流入基準・流出基準と現状の比較を表Ⅲ-17に示す。

表Ⅲ-17 石油化学工場排水処理場流入・流出水基準

(単位 ; PH(-) 、色度(deg) 、水温 (°C) 、その他(mg/ℓ))

水質項目	流入水質		流出水質	
	現 状	基 準	現 状	基 準*1
PH	5.7-8.4/7.3-11.5/9.1 9.6/6.9-9.5	6-9	7.1-8.0	6-9/6-8.5
SS	51/81/82/16	<200	33	100/70
BOD	560/595/63/1,800	—	63	60/40
COD _{cr}	1,067/959/243/5,105	<800	261	200/80
硫化物	—	<10	—	1.0/0.3
硫酸塩	<1.0/340/29/59	—	102	—/—
揮発フェノール	2/53/3/<0.5	<50	<0.5	0.5/0.5
石油類	66/82/72/13	<200	5	10/5
CN	<0.1	—	<0.01	0.5/0.4
色度	—	—	22	—/50
水温	26/15/17/27	—	14	—/35
総リン	—	—	—	—/0.5
PO ₄	—	—	<0.1	—
F	<1.0/17/<1.0/<1.0	—	<1.0	—/3
TDS	279/2201/1522/6948	—	682	—/900
NH ₃ -N	0.3/3/211/<0.1	—	21	—/—
Cl	30/305/289/37	—	84	—/—
Hg	<0.001/<0.001/0.0015 /0.0032	—	<0.001	—/0.005
As	<0.02	—	<0.02	—/0.2
Pb	<1.0	—	<0.1	—/0.1
Cr ⁶⁺	<0.25	—	<0.025	—/0.3
Cd	<0.1	—	<0.01	—/0.03
サンプリングポイント	G61/G62/E53/F60		G72	

注) *1. 流出水質基準 ; 石油化工排出基準 / 北京市排出基準 (2級 ; 既設)

1) 流入水質基準と現状値の問題点

① 石油化学第一工場 (G61)

PH、COD_{cr}が基準値を超過している。

② 石油化学第二工場 (G62)

PH、COD_{cr}、揮発フェノールが基準値を超過している。

③ 石油化学第三工場 (F53)

PHが基準値を超過している。またNH₃-Nも問題となる。

④ ポリエステル工場 (F-60)

PH、COD_{cr}が基準値を超過している。またTDSも問題となる。

2) 流出水質基準と現状値の問題点

石油化工排出基準に対してはBOD、COD_{cr}が基準値を超過している。

北京市排出基準 (2級 ; 既設) に対しても同様に、BOD、COD_{cr}が基準値を超過している。

3.7.4 総合排水処理施設の性能と問題点

(1) 石油精製工場排水処理場

1) 現状

石油精製工場の排水処理は悪質廃水を脱硫・酸化脱硫により前処理した後一般排水と合流させ、油分離・生物処理を行って牛口峪ダムへ放流している。

悪質廃水は、含アルカリ廃水、含硫黄廃水であり、これらを脱シアン塔、脱硫塔、脱アンモニア塔にて前処理を行う施設となっているが、現在、脱硫塔のみ運転を行っている。然しながら、排水処理場の排出口においてシアン $0.02\sim 0.05\text{mg}/\ell$ となり問題はない。

前処理された悪質排水は一般排水と合流されて排水処理場へ流入するのであるが、流入排水の水質は、排水処理場の受入基準に於てPH、SS、油については下廻っているが、 COD_{cr} は基準値 $450\text{mg}/\ell$ 以下を $890\text{mg}/\ell$ とオーバーしている。流量は設計値 $1,825\text{m}^3/\text{H}$ に対し実際値 $497\text{m}^3/\text{H}$ と、余裕のある施設となっている。以下に排水処理場の各設備の現状を述べる。

① 油分離・加圧浮上

排水処理場においては先ず、API式油分離槽にて平均 $1,069\text{mg}/\ell$ の油分が $390\text{mg}/\ell$ 迄除去されている。油分離槽の後処理として、二段の加圧浮上分離槽が設備されており更に油分、SS分などが除去される。油分離槽と加圧浮上槽とにより、SS $191\text{mg}/\ell \rightarrow 50\text{mg}/\ell$ (除去率74%)、油 $1,069\text{mg}/\ell \rightarrow 69\text{mg}/\ell$ (除去率94%)、 COD_{cr} $892\text{mg}/\ell \rightarrow 166\text{mg}/\ell$ (除去率81%) とほぼ良好な処理がなされ、次の生物処理に送られる。

② 生物処理

生物処理は、二段の円型の曝気沈殿池が設置されている。この曝気沈殿池にて、 COD_{cr} $354\text{mg}/\ell \rightarrow 160\text{mg}/\ell$ (除去率55%)、BOD $166\text{mg}/\ell \rightarrow$ 砂濾過出口 $17\text{mg}/\ell$ (除去率90%)、油 $69\text{mg}/\ell \rightarrow 14\text{mg}/\ell$ (除去率80%) と除去されているが、SSは殆んど除去されていない。この曝気沈殿池は、沈殿池の中央に表面攪拌の曝気槽を設置したもので、沈殿污泥は水流により自動的に曝気槽へ返送されている。

③ 砂汚過

生物処理された排水は、最終処理として砂汚過槽にてSS分が $83\text{mg}/\ell \rightarrow 13\text{mg}/\ell$ （除去率84%）のとおり除去される。

排水処理場全体としては、悪質廃水を前処理し、油分離、加圧浮上などにより油分を除去した後、生物処理にてBOD、CODを除去するプロセスは適切であると考えられ、水質的にもSS $191\text{mg}/\ell \rightarrow 13\text{mg}/\ell$ （除去率78%）、 COD_{Mn} $199\text{mg}/\ell \rightarrow 32\text{mg}/\ell$ （除去率84%）、油 $1,069\text{mg}/\ell \rightarrow 8\text{mg}/\ell$ （除去率99%）、 COD_{Cr} $890\text{mg}/\ell \rightarrow 66\text{mg}/\ell$ （除去率93%）、BOD $230\text{mg}/\ell \rightarrow 17\text{mg}/\ell$ （除去率93%）と処理されている。又、重金属類についても問題になるものは検出されていない。即ち、石油精製排水処理場の排出基準より見た場合、現状の分析結果は全て基準を下廻っている。

2) 問題点

然しながら、廃・排水処理全体の系統を見直し、且つ、排水再利用の見地よりみると、次の問題点がある。

① $\text{NH}_3 - \text{N}$

排出処理場の出口B32の $\text{NH}_3 - \text{N}$ は、 $100\text{mg}/\ell$ と高い値を示している。これは再利用又は環境基準よりみても好ましい数字ではなく、更にはBODの除去が更に進んだ場合、CODを上げる結果も予想される。 $\text{NH}_3 - \text{N}$ の発生源としては、No.1 FCCのアルカリ廃水と考えられる。（ $\text{NH}_3 - \text{N}$ $1,450\text{mg}/\ell$ ）。この系統のラインを切換え、悪質廃水と共に脱アンモニア塔へ送水することにより改善されるものとする。

② 曝気沈殿槽

曝気沈殿槽の問題点として、次の事項が挙げられる。

- 表面曝気の水滴飛散が原因となる蒸発潜熱による水温の低下（ $30^\circ\text{C} \rightarrow 27^\circ\text{C}$ ）
- 複数の曝気沈殿槽への平均した排水の分配が困難
- 返送汚泥量の調節が不可能のため負荷変動に対し調整が困難

等の問題点があると考えられるが、現在近傍に沈殿槽を建設中の事であり今後の改善が期待される。

③ 砂り過槽

砂り過槽の流入口にてSS 83mg/ℓ、油14mg/ℓの数値が示されている。砂り過槽の目詰り防止には、できる限りこの負荷を下げる事が望ましい。前記沈殿槽の増設がこれに役立つものと考えられるが、油分離槽、加圧浮上槽の運転管理の適正化なども改善に役立つものとする。

④ 希薄廃水の再利用化

各工場の廃水には、水質の汚濁濃度が希薄で簡易な処理で再利用可能な廃水が存在する。これらは、他の汚濁濃度の高い他の廃水と共に排水処理場にて生物処理を行う必要はない。これらを別系統にて簡易な処理にて再利用を図れば、排水処理場の負荷の軽減に役立つ。

尚、本排水処理場には、生活地区排水(250m³/H)が新たに受入れられる予定である。

(2) 石油化学工場排水処理場

1) 現 状

① 流入系統

石油化学第三工場、ポリエステル工場は前処理後、他の石油化学工場排水と一緒に排水処理場にて、油分離、中和、加圧浮上処理を行い、生活排水と合流し、生物処理を行った後牛口峪ダムへ放流している。

石油化学第三工場の高濃度廃水の前処理としては、油分離槽が設置されており、油分 920mg/ℓが72mg/ℓ迄(除去率92%)除去されている。

ポリエステル工場の前処理として、テレフタル酸廃水を沈殿槽で、SS 934mg/ℓ→16mg/ℓ(除去率98%)へ除去し、ポリエステルプラント廃水と合流の上均質槽、中和槽にて、PH 11.6→9.5と処理され石油化学排水処理場へ送られている。

排水処理場の受入れ基準と対比すると、油分、SSは受入れ基準より下廻っているが、COD_{cr}は受入れ基準値 800mg/ℓ以下に対し、石油化学第一工場排水(G61)は 1,067mg/ℓ、石油化学第二工場排水(G62)は、959

mg/ℓ、ポリエステル工場排水（G60）は 5,105mg/ℓ とオーバーし特にポリエステル工場排水の汚濁濃度が高い。各工場の排水の加重平均値においても COD_{cr} は 2,301 mg/ℓ となり、受入基準を上廻り何らかの前処理設備を必要とする。流量については、各工場の総排水量は、856m³/H と設計値 900m³/H を下廻っているが、各工場別でみると、石油化学第一工場が 353 m³/H、石油化学第二工場が 329m³/H と設計値の 350m³/H、300m³/H を若干上廻っている。

② 排水処理場設備

石油化学排水処理場においては、各工場よりの排水を A P I 式油分離槽で油分除去後、中和し、加圧浮上槽で油分、COD などを除去する設計となっている。然しながら A P I 式油分離槽は油 71mg/ℓ → 190mg/ℓ、COD_{cr} は 1,040 mg/ℓ → 2,301mg/ℓ と除去されていない。また加圧浮上槽は、油 170mg/ℓ → 83mg/ℓ（除去率 51%）、COD_{cr} 2,866mg/ℓ → 2,005mg/ℓ（除去率 30%）と除去はされているものの効果的に運転されているとは考えにくい。但し、今回の調査は短期的なものであるので長期的なデータより判断すべきと考える。

加圧浮上槽で処理された排水は生活排水と合流の上、生物処理されている。生物処理は、本処理場において大きく分けて二種類の方法がとられている。第一は、石油精製排水処理場の場合と同様に高速曝気沈殿であり、この高速曝気沈殿は、矩形と円形の二種類が使われている。第二の方法は、矩形の曝気槽と別に円形の沈殿槽を設けたもので、高速曝気沈殿が返送汚泥を水流により自動循環するのに較べ返送汚泥をポンプで強制的に返送しているものである。性能的にこの二種類の曝気槽を比較してみると、

流入水質（G68）	COD _{cr} 2,152mg/ℓ	SS 61mg/ℓ
	出口 COD _{cr}	出口 SS
	mg/ℓ 除去率	mg/ℓ
高速曝気沈殿		
矩形（G71）	1227 43%	190
円形（G70）	920 57%	38
曝気沈殿分離型（G69）	283 87%	30

と明かに新しく設置された曝気槽、沈殿槽分離型の方が好結果が得られている。特に矩形の高速曝気沈殿は COD_{Cr} の除去率が悪くSSの流出も多い。又水温についても分離型、円形高速曝気沈殿が $17^{\circ}C \rightarrow 14^{\circ}C$ に対し、矩形高速曝気沈殿が $17^{\circ}C \rightarrow 9^{\circ}C$ と極端な水温低下が見られ、生物処理の微生物活動も効果的に行われていないのではないかと推察できる。

この高速曝気沈殿については、石油精製排水処理場で述べた様に次の事が挙げられる。

- 表面曝気の水滴飛散による水温低下、特に矩形の高速曝気沈殿が著しい。
- 各曝気槽への排水の分配が困難、特に方式の異なる曝気槽への分配は操作を難しくしている。
- 返送汚泥量の調節が不可能な為、負荷変動のあった場合調節ができないので上記の分配と合わせて運転を難しくしている。

生物処理の後処理として砂り過が設置されている。方式の異なる生物処理・流出水の加重平均SSが $47mg/\ell$ を砂り過により $33mg/\ell$ （除去率30%）迄除去しているが効果的な除去とは言えない。

排水処理場の最終処理水をみると、BODが排水基準 $60mg/\ell$ に対し、 $63mg/\ell$ 、 COD_{Cr} が基準値 $200mg/\ell$ に対し $261mg/\ell$ とオーバーしているが、他の水質は重金属類も含めて、基準値以下である。

2) 問題点

排水処理系統、排水処理設備の全体のシステムとしては、工場よりの高濃度廃水を前処理し、排水処理場へ送り油分離などの物理化学処理を行った後生活排水を混合して、生物処理を行ない、BOD、CODを低下せしめる本システムは適正なものと判断できる。然しながら再利用を含めて全体を見直すと、次の問題点がある。

① COD値の前処理による低減

放流水質の改善対策として、各工場の排水の中、高濃度排水を前処理し、排水処理場への負荷を低減することが挙げられる。

② 高速曝気沈殿槽

高速曝気沈殿槽と新曝気槽、新沈殿槽の両者が混在しており、それぞれ特

長を有しているものの負荷の変動に対する運転管理が難しい。石油精製排水処理場の場合と同様に、沈殿槽を増設することが、もう一つの解決方法と考える。

③ 油分離槽

今回の実測値では油分の除去が行われていない。これにより結論をだすのは難しいが、運転管理を適正に行うことにより、油分の約50%の除去は期待し得るものとする。

④ 砂汚過槽

砂汚過の逆洗頻度、砂材の入れ替え頻度に、砂汚過に掛かるSS負荷が影響する。油分離槽の性能向上、高速曝気沈殿槽の適正化などが、砂汚過の改善に役立つものとする。

⑤ 希薄排水の再利用化

各工場の廃水には、水質の汚濁濃度が低く、簡易な処理にて再利用できるものが数多くある。これらは排水処理場で生物処理を行う必要はないのであり、系統から分離し簡易な処理にて再利用を計れば排水処理場の負荷の軽減に役立つ。

4. 再生利用技術の検討

4.1 再生利用水の水質基準の低下可能性

4.1.1 再生利用水水質の決定方法

再生利用水は、循環冷却水の補給水として計画されているが、水質の決定に当たっては以下に留意する必要がある。

- (1) 可能な限り低品質とすること。（再生利用システムの低廉化）
- (2) 特に問題ない限り、現状の工業用水水質以上とはしないこと。
- (3) 設備・運転・衛生上の観点（腐食・汚れ等配慮必要）から上限値を検討すること。

このうち(3)については、定量的に基準値を設定することは容易でない。運転（水質）条件変更による確認テスト・薬剤注入量のテスト等により検討する必要があるので、短期間で結論を出すことが不可能であることによる。従って今後の検討は主として(2)の観点から行うこととした。

4.1.2 再生利用水の水質基準の低下可能性

2.2.2 項の表Ⅲ－5 に工業用水・冷却水の水質基準、中国地面水環境標準（Ⅳ類；一般工業用水）、工業用水（地下水）現状値と再生利用水の水質基準を対比して示している。

再生利用水の水質基準の設定（低下可能性）については、

- (1) 用途が冷却用水であること。
- (2) 冷却用水は、本質的に工業用水を薬剤注入（耐腐食、汚れ防止）程度の処理で使用しており、工業用水水質程度でよいこと。
- (3) 工業用水は、中国地面水環境質量標準（Ⅳ類；一般工業用水）程度でよいこと。
- (4) 工業用水（地下水）現状水質で特に問題となっていないと見られること。

を考慮して、以下のとおりとする。

- ① 工業用水・冷却水・再生利用水の各水質基準、中国地面水環境質量標準及び工業用水（地下水）現状のうち、各水質項目毎に上限値を採用する。
- ② 水質項目については、再生利用水水質基準記載項目のみとする。

この前提により作成した再生利用水の水質基準と、燕山地区で提示された再生利用水の水質基準（原基準）の対比を表Ⅲ－18に示す。

尚、第3次現地調査の結果、最終的に同表の新基準(2)で今後の検討を取進めることとした。

表Ⅲ-18 再生利用水の水質基準の設定値と原基準の対比

水質項目	基 準	設 定 値	原 基 準	新 基 準 (2)	新 基 準 (1)
1. 濁 度 (度)		9.5	2-3	5	5
2. P H		6.5-8.5	7.7-8.3	6.5-8.5	6.5-8.5
3. 導電率 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)		800	400-800	600	400
4. 全硬度 (mg/ℓ)		525	200-300	250	200
5. 全カルシウム (mg/ℓ)		150	100-150	150	100
6. COD_{Cr} (mg/ℓ)		50	50	50	50
7. 油 分 (mg/ℓ)		3	3	3	3
8. S S (mg/ℓ)		5	< 5	5	5
9. 鉄 (Fe) (mg/ℓ)		0.5	0.1	0.1	0.1
10. SiO_2 (mg/ℓ)		5	4-5	4-5	4-5
11. Cl^- (mg/ℓ)		250	15-50	100	50
12. TDS (mg/ℓ)		780	200-500	600	200
13. SO_4^{2-} (mg/ℓ)		250	20-50	100	50
14. Ca^{2+} (mg/ℓ)		80	< 80	< 80	< 80
15. 銅 (Cu) (mg/ℓ)		1.0	1.0	< 1	< 1
16. $\text{NO}_2 - \text{N}$ (mg/ℓ)		1.0	1.0	1	1
17. $\text{NO}_3 - \text{N}$ (mg/ℓ)		20	20	20	20
18. シアン(CN) (mg/ℓ)		0.2	0.2	0.2	0.2
19. 水銀 (Hg) (mg/ℓ)		0.001	0.001	0.001	0.001
20. 砒素 (As) (mg/ℓ)		0.1	0.1	0.1	0.1
21. $\text{NH}_3 - \text{N}$ (mg/ℓ)		—	—	10	10
22. 細菌総数 (個/ ml)		—	—	5,000	5,000
23. 残留塩素 (mg/ℓ)		—	—	0.5	0.5
24. 水 温 (mg/ℓ)		—	—	25-28	25-28

4.2 再生利用技術の概要

用水再利用及び再生利用のための施設概要を表Ⅲ－19に示す。

表Ⅲ－19の中で再生利用システムに該当するものは、凝集沈殿、活性炭吸着、イオン交換、オゾン処理、電気透析、逆浸透圧等である。

石油化学工業、化学工業廃水を最終的に再生利用する際に水質上の問題となる項目は次のとおりである。

① COD、BOD濃度が高い。

主として水中に溶解している炭化水素等の有機物に起因している。

この除去のためには、油水分離、活性汚泥、湿式酸化、凝集沈殿、活性炭吸着、限外ろ過等の適用が必要となる。

② 全蒸発残留分（TDS）濃度が高い。

用水の循環使用過程で、用水原水中に含まれていた塩分が濃縮すること、プロセス内で酸、アルカリの中和反応による塩類の生成があること等に起因している。この除去のためには、イオン交換、電気透析、逆浸透圧等の適用が必要となる。

尚、活性炭処理、イオン交換、電気透析、逆浸透圧、限外ろ過についてはその技術の概要と装置形状等を表Ⅲ－20に示す。

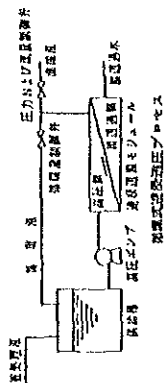
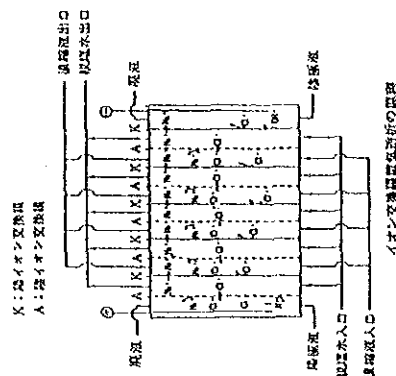
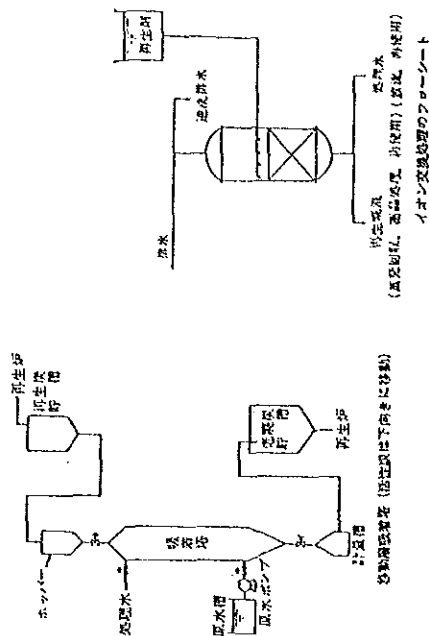
表Ⅲ-19 用水利用及び再生利用のための設備概要

処理設備	原 理	処理する主な対象	備 考
冷 却 塔 類	水と空気を接触させ、水の蒸発潜熱によって冷却する。	温 度	① 夏と冬では外気温が異なるため、冷却能力が異なる。 ② 外気湿球温度以下には下げ難い（通常外気湿球温度+5℃まで）。 ③ 間接冷却用水が主であり、汚濁量の大きい水は前処理を要す。 ④ 運転コストは安い。 ⑤ 騒音問題、スケール、スライム、防食剤、ブロー排水の問題がある。
冷 水 池 類 放 冷 池 類	同 上	温 度	① 冷却塔に比較して冷却効率が低い。敷地を要す。 ② 臭気、有毒物などを含む場合は環境問題を起こすこともある。 ③ 運転コストは極めて安い。 ④ 外気湿球温度までしか冷却できない。 ⑤ 沈殿池、貯水池、調整池、噴水池などを兼ねることができる。
冷 凍 機 塔 冷 水 塔	① 沸点の低い媒体の蒸発潜熱によって冷却する。 ② 水の蒸発潜熱によって冷却する。	温 度	① 運転コスト（特にエネルギーコスト）が高い。 ② 騒音問題がある。 ③ 鉄分、塩類などの除去問題がある。 ④ エネルギー効率のよい冷凍機技術開発の必要がある。
調 整 槽	水 だ め	水量調整、 貯 水	① 水質、水量によって建設方法が異なる。 ② 運転コストは極めて安い。 ③ 技術的に容易に扱える。
濾 過 スクリーン マイクロストレーナー など	金属網、砂等によって、水中の固形物を除去する。	S S	① 運転コストは安い。 ② 設備建設コストが安い。 ③ 技術的に容易に扱える。
油 水 分 離 コアレッサー など	油と水の界面現象を応用して分離する。	B O D、C O D 油 分	① 石油精製業で最も普及している。
固液分離装置	固体と水を物理化学的性質を利用し分ける。	B O D、C O D S S、スライム	① 石炭業で最も普及している。
浮上分離装置	粒子表面の物理化学的性質を利用して浮上分離させることであり、廃水中の油分、繊維質などの分離に適する。	油 分	① 食品、石油、化学、鉄鋼などで普及している。 ② 処理洗浄用水で普及している。
中和、薬注装置	pH調節、殺菌などを行う。	細 菌 類 pH	① 全業種で使用されている。 ② 運転コストは原水質によって大きく異なる。
軟 化 装 置	水中の硬度を薬品によって下げる。	硬度、塩類	① 食品、繊維、染色業で普及している。 ② 通常沈殿池、濾過器、イオン交換器などを組み合わせて用いる。 ③ スケール、スライム防止の効果がある。
活性汚泥装置	微生物により有機物を浄化する。	B O D、C O D	① 夏と冬では水温が違うため、処理能力に差がある。 ② 微生物をあつかっているため、殺菌作用のある原水は好ましくない。
凝集沈殿装置	水中に凝集剤を添加して微細懸濁物の粒子を大きくし、凝集した粒子（フロック）を沈殿分離する。	S S、B O D C O D 無機物	① 石炭、硫酸ばん土、高分子凝集剤などを使用する場合が多い。 ② 薬品注入槽、フロック形成槽、沈殿池などから成る。 ③ 水中の懸濁物の質と量によって操作が大幅に異なる。
脱 気 装 置	水中の気体を除去する。	C O ₂ 、D O	① 金属腐食防止効果がある。
活性炭吸着装置	活性炭の表面における吸着現象を利用して水中の不純物を除去する。	B O D、C O D 油分、K ₂ O、色、ABS 遊離塩素	① 低分子性の有機物質を除去できる。 ② 活性炭が高価であるので、高濃度汚濁水は前処理をする。 ③ 通常、活性炭再生炉を併設する。
イオン交換装置	水中のイオンを吸着して除去する。	塩 類	① イオン交換樹脂の再生に薬品を使う。 ② 高濃度の汚濁水は前処理を要す。 ③ 小型でもメリットがある。
オゾン処理装置	オゾンで酸化分解する。	C O D、B O D 細菌類、色、におい、ABS	① スラッジ発生量が少ないか、あるいはほとんどない。 ② エネルギーを多量消費する。
電気透析装置	正負イオンを電気で分離し、脱塩、濃縮を行う。	塩 類	① 電気エネルギーを消費する。 ② 逆に塩類濃縮にも使用している。
逆浸透圧装置	膜を通して塩類を除去する。	塩類、有機物 細菌類	① 膜が高価 ② 前処理に注意すること。

注) 他に光学処理、電解処理、磁気処理、塩素処理、蒸留、冷凍法などがある。

表Ⅲ-20 再生利用技術の概要

要素技術	主要除外成分	技術の概要
活性炭処理	溶存有機物	活性炭の原料には、木炭、ヤシガラ炭、石炭等が使用されており、形状として粒状と粉末がある。活性炭は、比表面積が大きいので吸着性に優れている。活性炭処理は生物学的あるいは物理・化学的な方法で分離できない微量溶存有機物を目的とする。為、適用する場合は、二次処理程度の前処理が必要である。尚、運転実績として石油精製工場廃水処理例として、 $000 \sim 250 \sim 450 \text{mg/l} \sim 37 \text{mg/l}$ がある。
イオン交換	金属イオン	陽イオンおよび陰イオン交換樹脂の層に、廃水を通過させることでイオン化した物質を除去する。通常イオン交換の対象となる原水はイオン濃度 $1,000 \text{mg/l}$ 以下。イオン交換樹脂は再生して繰り返し利用する為、再生廃液の処理を考慮する必要がある。尚、飼養水処理例として、 $00 \sim 200 \text{mg/l} \sim 0.4 \text{mg/l}$ がある。
電気透析	金属イオン・塩分	陽イオンまたは陰イオンの一方だけを選択的に通す膜を交互に多数配列し、その両端に直流電圧を加えると陽イオンと陰イオンが各々の膜を通過して移動し、脱塩水と濃縮液で一つおきのセル内に生成する。電気透析は主として塩分除去に使用され、水溶性電解質でないコロイドや有機物などは除去できない。また、適用原水濃度は $1,000 \sim 4,000 \text{mg/l}$ であり、処理水は $300 \sim 400 \text{mg/l}$ が限界である。
逆浸透圧	塩分	ある種の水溶液を、その溶質は透過させないが、溶媒（水）だけを透過させることのできる半透膜を介して水と接触すると、水は溶液側へ移動する。このようにに溶媒（水）が膜を透過することを浸透といい、膜を通してイオンあるいは溶質が移動することを透析という。この水の移動する方向を逆にするため、溶液側に圧力をかけて溶質濃度を上げる方法が逆浸透圧である。逆浸透圧法における適用原水濃度は $2,000 \sim 10,000 \text{mg/l}$ である。尚、透過膜の一種である中空繊維膜を利用して NaCl $5,000 \text{mg/l} \sim 2 \text{mg/l}$ の実例がある。
限外ろ過	B O D	膜の細孔を利用して、その孔よりも大きな分子やコロイド粒子をろ過する。膜を透過する水量は加えた圧力で決まり浸透圧は関与しない。



4.3 良質廃水の簡易処理後回収可能性検討

図Ⅲ－8及びⅢ－9と再生利用水質基準を比較し、簡易処理後回収の可能性がある廃水及びその量を以下のとおりとした。但し、詳細については次項以降で再検討のこととする。

(1) 燕山石油精製工場

以下のとおり、7点の廃水で総計 950 m³/日の回収可能性がある。

表Ⅲ－21 石油精製工場・回収可能廃水内訳

(水量単位：m³/日)

番号	廃水記号	ラック	簡易処理内容	原水量	処理後水量
1	A 1	8B	固形物・有機物・油分離、 フローダウ (5~10%)	192	172.8
2	A 13	8A	油分離・pH調整、フローダウ (同上)	48	43.2
3	A 14	8B		24	21.6
4	A 16	5B	固形物・有機物・油分離、 フローダウ (同上)	24	21.6
5	A 7	9A	(固形物・油分離)、フローダウ (同上)	120	108
6	A 9	8B		120	108
7	A 22	8B	固形物・有機物・油分離、 フローダウ (同上)	528	475.2
8	(B 32)	(8B)	(固形物・油分離、有機物・塩分除去)	(19,200)	(－)
総計水量				1,056	950

注) 1. 表中に } で示した廃水は、ブロック化可能性がある。

2. B 32は石油精製工場排水処理場の流出水であり、1～7の廃水全量を包含している。またこの排水の再利用は真の意味での再生利用システムを検討する必要がある。

3. 処理後水量は原水量の90%とした。(ブローダウ10%)

(2) 燕山石油化学工場

以下のとおり10点の廃水で総計約26,600 m^3 /日の回収可能性がある。

表Ⅲ-22 石油化学工場・回収可能廃水内訳

(水量単位： m^3 /日)

番号	廃水記号	タンク	簡易処理内容	原水量	処理後水量
1	C33	8B	固形物・有機物・油分離、 フローダウン (5~10%)	1,200	1,080
2	C76	9A	有機物・油分離、フローダウン (同上)	192	172.8
3	C40	8B	固形物・有機物・油分離、 フローダウン (同上)	240	216
4	D46	8B	固形物・有機物・油分離、 フローダウン (同上)	6,240	5,616
5	D47	8B	固形物・有機物・油分離、 フローダウン (同上)	3,600	3,240
6	E49	8B	固形物・油分離、フローダウン (同上)	720	648
7	E50	8A	油分離、フローダウン (同上)	24	21.6
8	E73	8A	油分離、フローダウン (同上)	96	86.4
9	E74	8A	油分離、フローダウン (同上)	216	194.4
10	G64	8B	固形物・有機物・油分離、 フローダウン (同上)	17,016	15,314.1
11	(G72)	(8B)	(固形物・油分離、有機物、塩分除去)	(38,400)	(-)
総計水量				29,544	26,590

注) 1. 表中に } で示した廃水は、ブロック化可能性がある。

2. G72は石油化学工場排水処理場の流出水であり1~10の廃水のほとんどを包含している。またこの排水の再利用は真の意味での再生利用システムを検討する必要がある。

3. 処理後水量は原水量の90%とした。(ブローダウン10%)

(3) 燕山石油化学コンビナート全体

前述のとおり、燕山地区全体では、17点の廃水が簡易処理により再利用の可能性がある、全体水量では約27,540 m^3 /日と非常に大きくなる。特に、石油化学工場では26,600 m^3 /日の回収可能性がある。

従って、燕山石油化学コンビナートの重点検討課題は、次のとおりである。

- ① 簡易処理による水質向上の程度
- ② 再利用水に対する水質要求レベルと用途
(洗浄水等は同一プラントで循環使用しても特に問題はないと思われる)
- ③ 良質廃水を再利用した場合に、残る廃水水質の悪化及び廃水量低下に伴う廃水処理システムの検討
- ④ 石油精製工場及び石油化学工場排水処理場流出水を対象とする再生利用システムの検討

4.4 良質廃水の簡易処理による回収方策と回収可能量

(1) 燕山石油精製工場

表Ⅲ-21に記載した回収検討対象廃水の主要水質と、4.1.2項で定めた再生利用水水質基準を比較し、処理方法の想定及び簡易処理による回収可否判定を取纏めて表Ⅲ-23に示した。

表Ⅲ-23より以下の結論を得る。

- ① 個別回収方策による回収可能量を $626\text{ m}^3/\text{日}$ とする。

この回収水は冷却水補給水として使用可能である。

尚、循環冷却水のブローダウン水(清浄排水)は廃水処理系統に流入しないものとするが、簡易処理システムの洗浄水等を原水の10%水量とし、この水量は廃水処理系統に流入するものとした。

- ② 石油精製工場排水処理場流出水($19,200\text{ m}^3/\text{日}$)については、再生利用システムとして別途検討する。

表Ⅲ-23 良質廃水の簡易処理による個別回収方策（燕山石油精製工場）

凡例) ○ ; 回収量として織込む △ ; 別途検討 × ; 回収量として織込まない () 内数値は処理後を示す。														
番号	記号	ランク	水温 (℃)	pH (-)	導電率 (μS/cm)	SS (mg/ℓ)	油分 (mg/ℓ)	CODer (mg/ℓ)	COO _{has} (mg/ℓ)	TOC (mg/ℓ)	原水量 (m ³ /日)	処理後水量 (m ³ /日)	処 理 方 法 の 想 定	簡易処理による回収可否判定
1	A 1	8 B	37	7.2	700	41	220	452	42	30	192	—	○SS・油分・有機物・塩分除去 (油分離・砂ろ過・活性炭塔)	×小量・処理システム複雑
2	A13	8 A	15	9.5 (6.5-8.5)	900	3	9 (<u><3</u>)	15	8	5	48	43.2	○pH改善、塩分・油分除去 (pH調整・砂ろ過)	○pH調整・砂ろ過 (塩分除去不要)
3	A14	8 B	14	9.0	800	27	4,300	313	30	11	24	—	○pH改善、SS・油分・有機物除去 (pH調整・油分離・砂ろ過・ 活性炭塔)	×小量・処理システム複雑
4	A16	5 B	12	6.2	700	51	2,200	71	60	13	24	—	○pH改善、SS・油分・有機物除去 (pH調整・油分離・砂ろ過・ 活性炭塔)	×小量・処理システム複雑
5	A 7	9 A	13	8.1	400	2	10 (<u><3</u>)	43	10	6	120	108	○油分除去 (砂ろ過)	○砂ろ過
6	A 9	8 B	16	6.5	800	69	77	309	40	13	120	108	○SS・油分・有機物・塩分除去 (凝集沈降・砂ろ過・活性炭塔)	×小量・処理システム複雑
7	A22	8 B	22	7.7	900	11 (<u><5</u>)	51 (<u><3</u>)	290 (<u><50</u>)	38	31	528	475	○塩分・SS・油分・有機物除去 (凝集沈降・砂ろ過・ 活性炭塔)	○凝集沈降・砂ろ過・ 活性炭塔 (塩分除去不要)
8	(B32)	(8 B)	26	8.9	596	22	8	93	31	20	(19,200)	—	○pH改善、SS・油分・有機物除去 (活性炭・砂ろ過・活性炭塔) (一部はR0設備)	△再生利用処理システムとして別 途検討(石油精製工場排水処理 場流出水)
再生利用水質 基準(冷却水補給水)			25-28	6.5-8.5	600	5	3	50						
合	計		25-28	6.5-8.5	400-900	<5	<3	<50			696	626.2		冷却水補給水として使用 (逆洗・ブローダウン量計10%)
処 理 対 象 項 目														

(2) 燕山石油化学工場

燕山石油精製工場と同様に、良質廃水の簡易処理による回収方策を表Ⅲ-24に示した。

表Ⅲ-24より以下の結論を得る。

- ① 個別回収方策による回収可能量を $10,800\text{ m}^3/\text{日}$ とする。

この回収水は冷却水補給水として使用可能である。

尚、循環冷却水のブローダウン水（清浄排水）は廃水処理系統に流入しないものとするが、簡易処理システムの洗浄水等を原水の10%水量とし、この水量は廃水処理系統に流入するものとした。

- ② 石油化学工場排水処理場流出水（ $38,400\text{ m}^3/\text{日}$ ）については、再生利用システムとして別途検討する。

表Ⅲ-24 良質廃水の簡易処理による個別回収方策（燕山石油化学工場）

凡例) ○ : 回収量として織込む
△ : 別添検計
× : 回収量として織込まない
() 内数値は処理後を示す。

番号	記号	ランク	水温 (°C)	pH (-)	導電率 ($\mu S/cm$)	SS (mg/l)	油分 (mg/l)	COOcr (mg/l)	COO _{Mn} (mg/l)	TOC (mg/l)	原水 量 (m^3/d)	処理後水量 (m^3/d)	処理方法の想定	簡易処理による回収可否判定
1	C38	8 B	80	9.0 (6.5-8.5)	700	18 (<5)	22 (<3)	240 (<50)	26	6	1,200	1,080	○pH改善、SS・油分・有機物・塩分除去 (pH調整・砂ろ過・活性炭塔)	○pH調整・砂ろ過・活性炭塔 (塩分除去不要)
2	C76	9 A	68	9.1	200	<0.5	14	121	1	180	192	—	○pH改善、油分・有機物除去 (pH調整・砂ろ過・活性炭塔)	×小量・処理システム複雑
3	C40	8 B	19	8.4	900	28	27	163	24	11	240	—	○塩分・SS・油分・有機物除去 (凝集沈殿・砂ろ過・活性炭塔)	×小量・処理システム複雑
4	D46	8 B	10	8.2	900	43 (<5)	12 (<3)	92 (<50)	15	16	6,240	5,616	○塩分・SS・油分・有機物除去 (凝集加圧浮上・砂ろ過・活性炭塔)	○凝集加圧浮上・砂ろ過・活性炭塔 (塩分除去不要)
5	D47	8 B	31	7.8	900	31 (<5)	73 (<3)	62 (<50)	11	7	3,600	3,240	○塩分・SS・油分・有機物除去 (凝集加圧浮上・砂ろ過・活性炭塔)	
6	E49	8 B	16	6.2 (6.5-8.5)	900	15 (<5)	76 (<3)	33	8	37	720	648	○pH改善、塩分・SS・油分除去 (凝集加圧浮上・砂ろ過)	○凝集加圧浮上・砂ろ過 (塩分除去不要)
7	E50	8 A	11	6.7	900	1	8 (<3)	29	4	3	24	21.6	○塩分・油分除去 (砂ろ過)	○砂ろ過 (塩分除去不要)
8	E73	8 B	7	7.3	1,000	1	25	13	3	10	96	—	○塩分・油分除去 (油吸着塔・イオン交換塔)	×小量・処理システム複雑
9	E74	8 B	20	7.4	900	2	12 (<3)	10	3	3	216	194.4	○塩分・油分除去 (油吸着塔)	○油吸着塔 (塩分除去不要)
10	G64	8 B	10	8.4	693	42	6	152	30	15	17,016	—	○SS・油分・有機物・塩分除去 (凝集沈殿・砂ろ過・活性炭塔)	×生活排水のため水量・水質不安定
11	(G72)	(8 B)	14	8.0	600	33	5	261	29	28	(38,400)	—	○SS・油分・有機物除去 (接触酸化・砂ろ過・活性炭塔) (→R設備(一部分))	△再生利用処理システムとして別添検計 (石油化学工場排水処理場流出水)
再生利用水質基準 (冷却水補給水)			25-28	6.5-8.5	600	5	3	50						冷却水補給水として使用 (逆洗・フローダウン量計10%)
合 計			25-28	6.5-8.5	700-900	<5	<3	<50			12,000	10,800		
処 理 対 象 項 目														

(3) 燕山地区総合

燕山地区総合の良質廃水の簡易処理による回収可能量は、以下に示すとおり約
11,400 m^3 /日と見込まれる。

○燕山石油精製工場； 626 m^3 /日

○燕山石油化学工場； 10,800 m^3 /日

(合 計)； 11,426 m^3 /日

この値は、当地区の将来用水不足量 (26,400 m^3 /日) の約43%となるが、まだ不足するため更に再生利用システムが必要となる。従って、当地区の再生利用システムの検討内容は概略以下のとおりとなる。

① 良質廃水の簡易処理による回収を織込む場合

○回 収 量 ; 11,426 m^3 /日

○両排水処理場流出水の再生利用量； 14,974 m^3 /日

② 良質廃水の簡易処理による回収を織込まない場合

○回 収 量 ; 0 m^3 /日

○両排水処理場流出水の再生利用量； 26,400 m^3 /日

5 廃水処理・再生利用の組合せ技術の検討

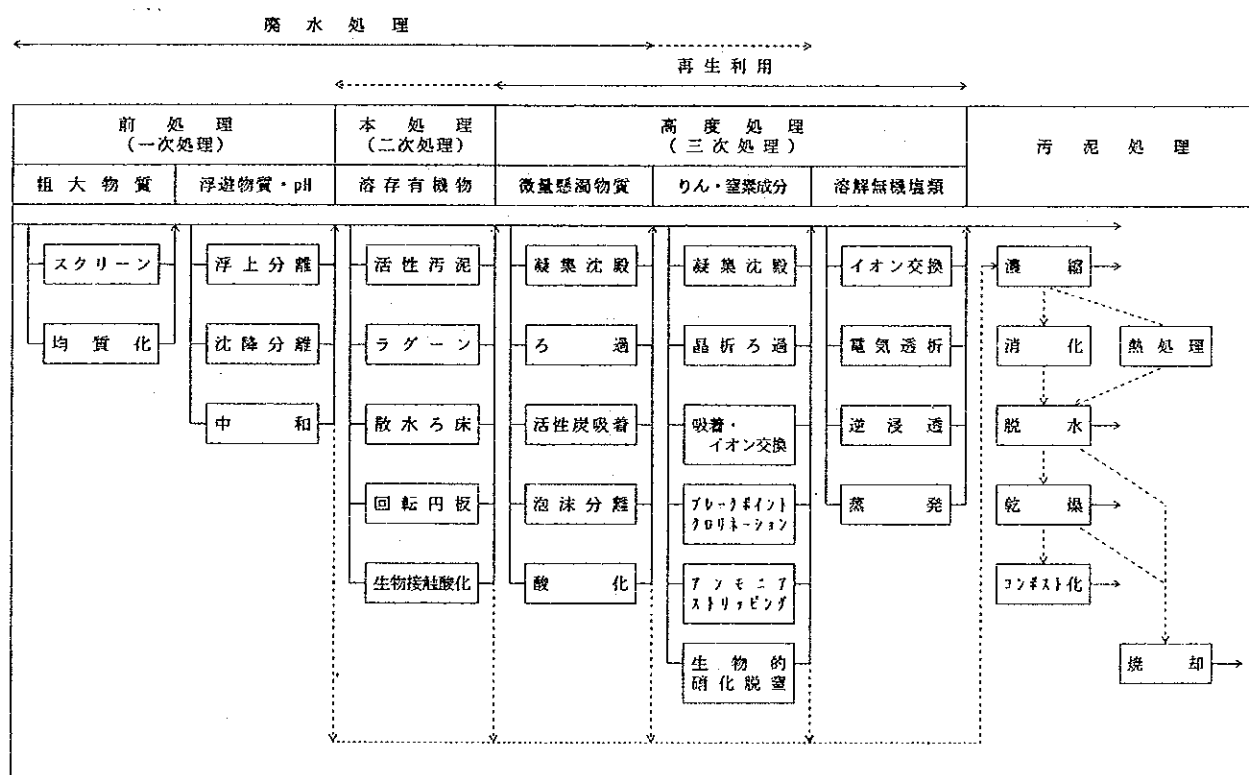
5.1 廃水処理システムと再生利用システム技術の概要

廃水処理システムと再生利用システムは、水質汚濁物質の除去技術という意味で同一延長線上にあるが、廃水処理システムは種々の排水排出基準を満足させることが目的であるのに対し、再生利用システムは廃水を用水水質基準を満足させる迄改善し回収利用することが目的であり、一般的には廃水処理システムに対し高度な処理となる。

両システムと要素技術の相関を図Ⅲ-11に示す。

同図より見られるとおり廃水処理は1次処理・2次処理が中心であり、再生利用は3次処理が中心である。

図Ⅲ-11 廃水処理システムと再生利用システムの相関



5.2 廃水処理システムと再生利用システムの組合せ技術

当地区に於て想定される廃水処理と再生利用システムの組合せ及び技術は以下のとおりとなる。

(1) 石油精製工場廃・排水系統

1) 各処理の位置的相関

当工場では悪質廃水の前処理はA15廃水のA21廃水系統へのライン切替とA8廃水の油分離を除き実施しないが、良質廃水の簡易処理による回収は3廃水箇所にて検討対象となり、廃水処理システムと再生利用システムの位置的相関は図Ⅲ-12のとおりとなるが、各処理技術の現状及び想定を2)～4)に示す。

2) 悪質廃水の前処理技術；検討対象

- ① A8廃水；油水分離
- ② A15廃水；A21廃水系統へライン切替

3) 良質廃水の簡易処理技術；検討対象

- ① A13廃水；PH調整・砂ろ過（PH改善、油分除去）
- ② A7廃水；砂ろ過（油分除去）
- ⑤ A22廃水；凝集加圧浮上・砂ろ過・活性炭（SS、油分、有機物除去）

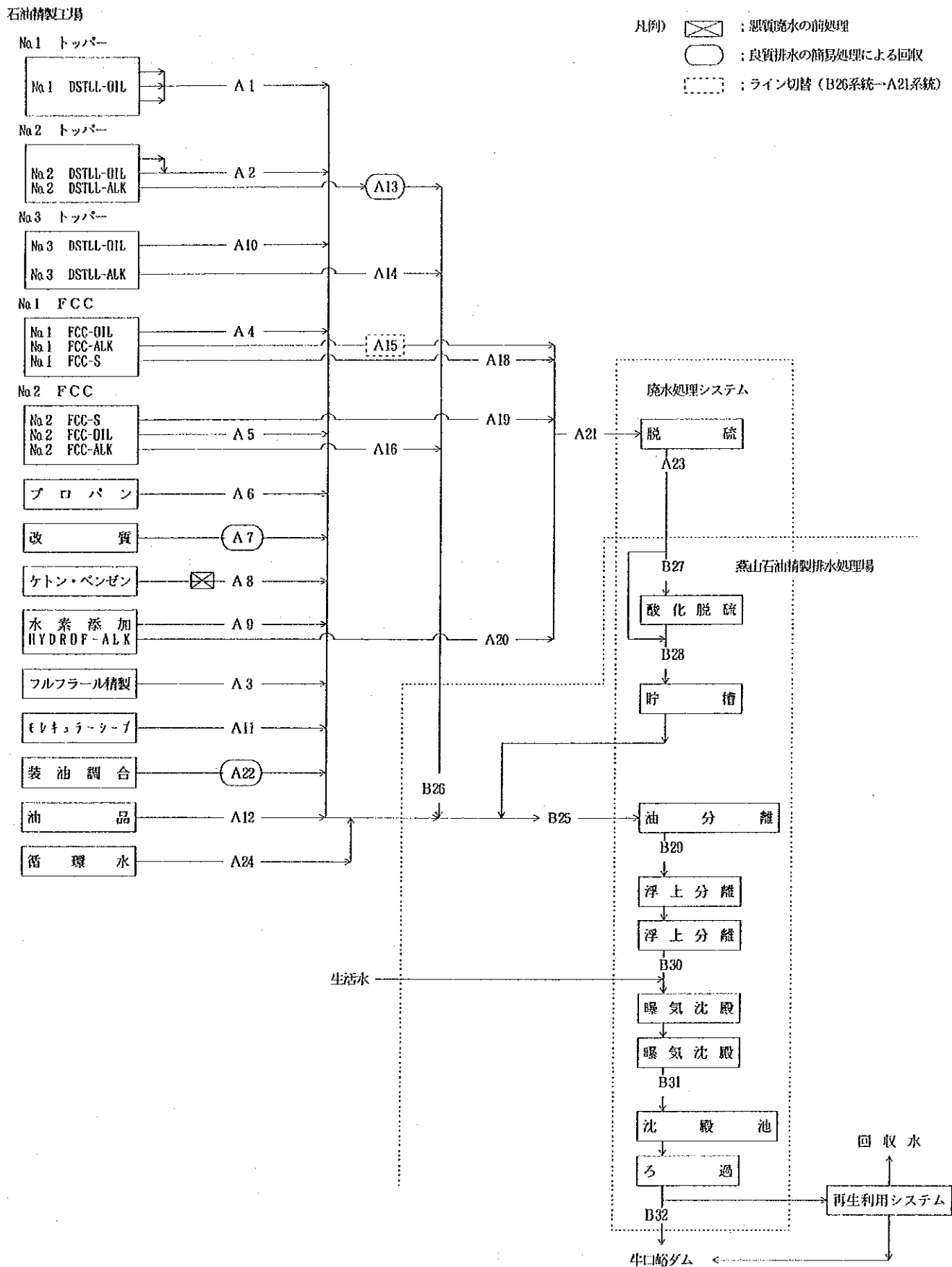
4) 廃水処理技術；既設

- ① A21廃水；脱硫
- ② B27廃水；酸化脱硫
- ③ B25廃水；油水分離
- ④ B29廃水；浮上分離（2段）
- ⑤ B30廃水；活性汚泥（2段）
- ⑥ B31廃水；沈殿池＋ろ過

5) 再生利用システム；検討対象

尚、5)については前処理・簡易処理による水質変化の推定結果等より、6章で後述する。

図III-12 燕山石油精製工場廃水処理・再生利用システムの位置的相関



(2) 石油化学工場廃・排水系統

1) 各処理の位置的相関

当系統ではEGプラントとポリエステル工場の悪質廃水を前処理し、良質廃水の簡易処理による回収も6廃水で検討対象となる。

廃水処理システムと再生利用システムの位置的相関は図Ⅲ-13のとおりとなるが、各処理技術の現状及び想定を2)～5)に示す。

2) 悪質廃水の前処理技術；検討対象

- ① C36廃水
 - ② C37廃水
 - ③ F54廃水
 - ④ F55廃水
 - F57廃水
- ；貯槽・湿式酸化(COD_{cr}除去)
- ；貯槽・湿式酸化(COD_{cr}、テレフタル酸除去)

3) 良質廃水の簡易処理技術；検討対象

- ① C33廃水 ; PH調整・砂ろ過・活性炭(PH改善、SS・油分・有機物除去)
- ② D46廃水
- ③ D47廃水
- ④ E49廃水 ; 凝集加圧浮上・砂ろ過(PH改善、SS・油分除去)
- ⑤ E50廃水 ; 砂ろ過(油分除去)
- ⑥ E74廃水 ; 油吸着(油分除去)

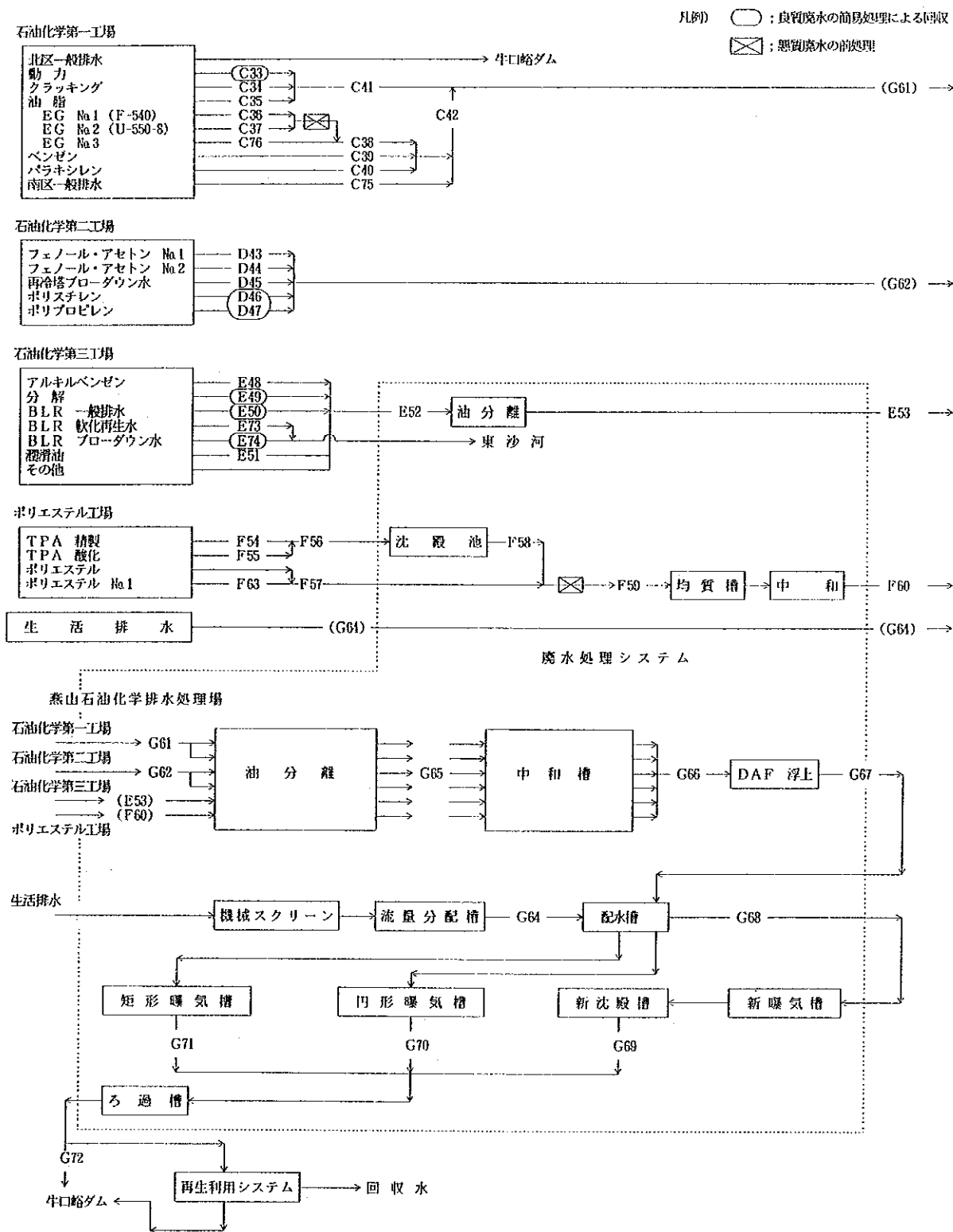
4) 廃水処理技術；既設

- ① E52廃水 ; 油水分離
 - ② F56廃水 ; 沈殿槽
 - ③ F59廃水 ; 均質槽・中和
 - ④ G61廃水
 - ⑤ G62廃水
 - ⑥ E53廃水
 - ⑦ F60廃水
- ；油水分離・中和・加圧浮上分離
- ⑧ 生活廃水 ; 機械スクリーン
 - ⑨ G64廃水
 - ⑩ G67廃水
- ；活性汚泥(3系列)＋ろ過

5) 再生利用システム；検討対象

尚、5)については前処理・簡易処理による水質変化の推定結果より、6章で後述する。

図III-13 燕山石油化学工場廃水処理・再生利用システムの位置的相関



6. 廃水処理・再生利用システムの前提

6.1 廃水処理システム前提

6.1.1 集合排水処理場流入水量の算出

集合排水処理場流入水量は、簡易処理・再生利用システムの影響により変化する。

(1) 水量の算出前提

1) 回収水量

① 石油精製工場（簡易処理回収＋再生利用水）； 7,200 m^3 /日

② 石油化学工場（簡易処理回収＋再生利用水）； 19,200 m^3 /日

（計） ； 26,400 m^3 /日

2) ケースの設定

簡易処理回収の有無により以下の2ケースを設定する。

表Ⅲ－25 廃水処理・再生利用システムのケース

（単位； m^3 /日）

用水 ケース	簡 易 処 理 回 収 水			再 生 利 用 水			用水合計
	石油精製	石油化学	計	石油精製	石油化学	計	
ケース1	626	10,800	11,426	6,574	8,400	14,974	26,400
ケース2	0	0	0	7,200	19,200	26,400	26,400

3) 集合排水処理場への流入水

① 前処理水

前処理は、ライン切替（A15廃水）、油分離（A8廃水）、湿式酸化（C35・C36廃水及びF59廃水）のため水量変化は無いものとする。

② 簡易処理回収水、再生利用水

全量を冷却水補給水とするが、使用中のブローダウン水は清浄廃水のため、廃・排水処理系統外へ放流のこととする。

③ 簡易処理洗浄水等

簡易処理原水（良質廃水）の10%が洗浄水等として流入することとした。

④ その他一般廃水

現状と同一とする。但し、石油精製排水処理場には生活地区排水(6,000 m^3 ／日)が、新たに流入することとした。

4) 再生利用システム

再生利用水質の新基準(2)によれば、導電率(600 $\mu\text{S}/\text{cm}$)、TDS(600 mg/ℓ)が厳しくなっているため、両排水処理場流出水の再生利用処理は逆浸透膜方式が必要であり、以下の前提を設定した。

① 回収水

処理原水の75%とする。

② 濃縮水

処理原水の25%とし、河川へ放流することとした。

(2) 水量の算出結果

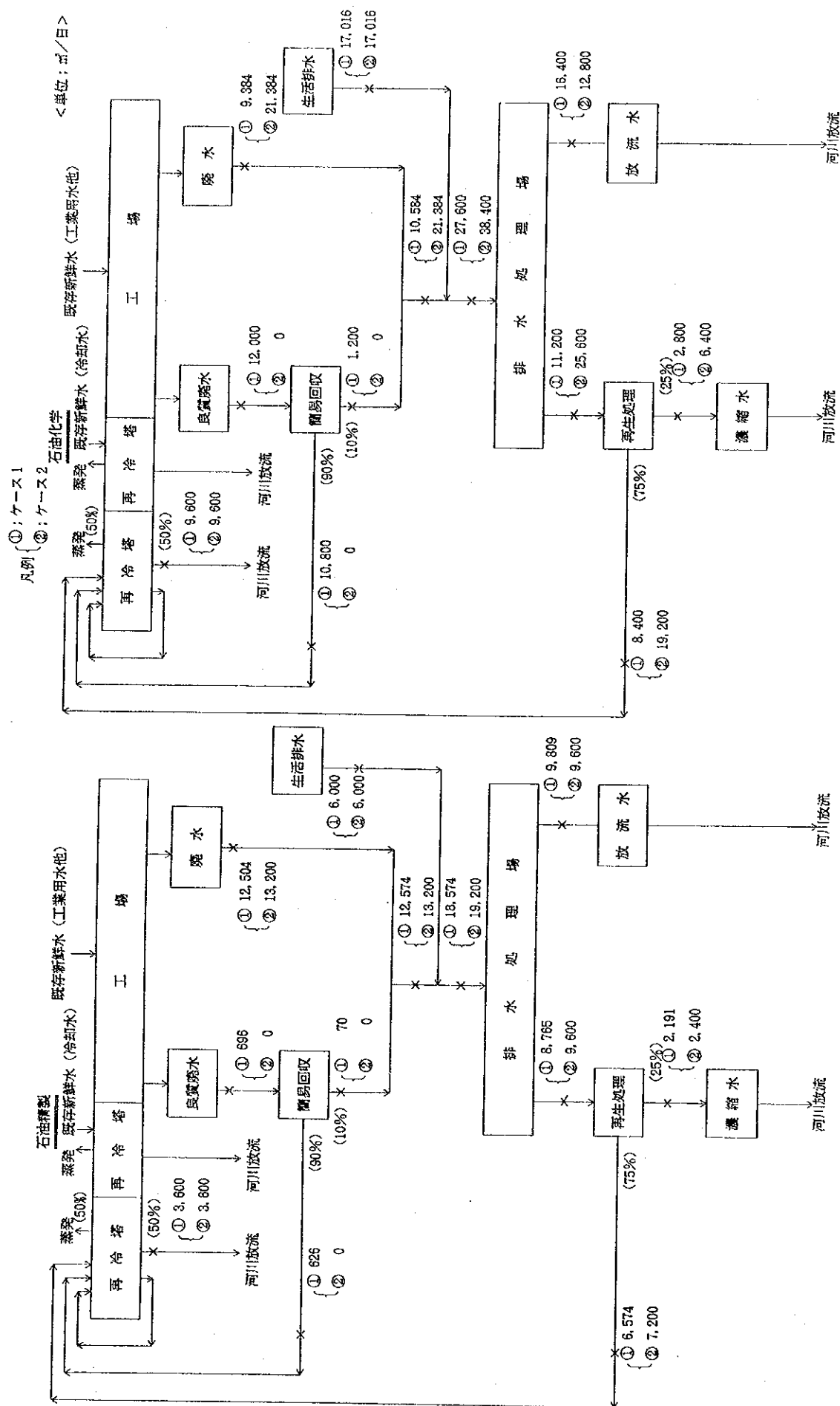
廃水処理・再生利用関連の水量バランスの計算結果を図Ⅲ-14に示す。

各ケースに対応した流入水量は表Ⅲ-26のとおりとなる。

表Ⅲ-26 各排水処理場への流入水量
(単位； m^3 ／日)

ケース	石油精製工場	石油化学工場	合計
ケース1	18,574	27,600	46,174
ケース2	19,200	38,400	57,600

図III-14 廃水処理・再生利用関連の水量バランス



6.1.2 集合排水処理場流入水質変化の推定

(1) 算出前提

悪質廃水の前処理、良質廃水の簡易処理による回収及び再生利用処理の影響により、集合排水処理場の流入水質は変化する。

この変化の推定を次の手順にて実施した。

1) 前処理後の水質変化

水質変化内容は、前処理により対象汚濁物質（油分、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 COD_{Mn} or COD_{Cr} ）が廃・排水処理系統外に除去されるものとした。

○対象廃水

① 石油精製工場系統：2 廃水（A 8、A15）

○変化内容

	油分 (mg/ℓ)	$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/ℓ)
A 8	120 → 50	—
A15	—	1,450 → 1,015

② 石油化学工場系統：5 廃水（C36、C37、F54、F55、F57）

○変化内容

	COD_{Mn} (mg/ℓ)	COD_{Cr} (mg/ℓ)
C36	16,333 → 300	22,076 → 850
C37	10,625 → 300	13,818 → 850
F54	310 → 50	3,723 → 300
F55	370 → 50	1,632 → 300
F57	1,600 → 50	2,190 → 300

2) 簡易処理・回収後の水質変化

水質変化内容は以下の前提による。

① 前処理実施後に簡易処理・回収をするものとする。

② 水質変化内容は、PH改善、その他汚濁物質は回収水に含まれる負荷量が廃・排水処理系統外に持出されるものとする。

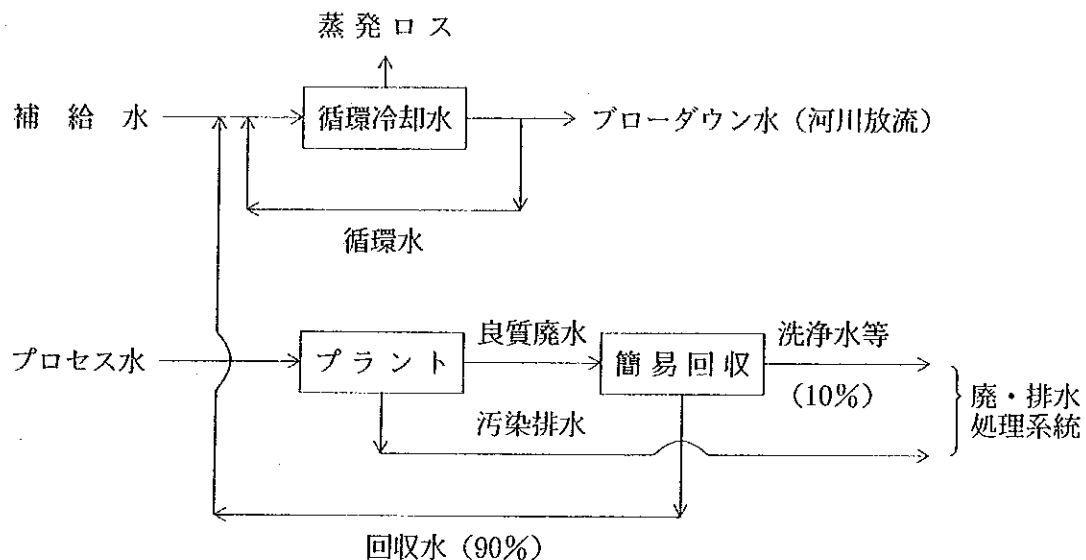
③ 回収水量は処理水の90%とし、残りの10%は除去汚濁物質の洗浄及びブローダウン水として廃・排水処理系統へ流入する。

- ④ 回収水は冷却水補給水として使用されるが、使用中のブローダウン水は清浄排水なので廃・排水処理系統外へ放流する。

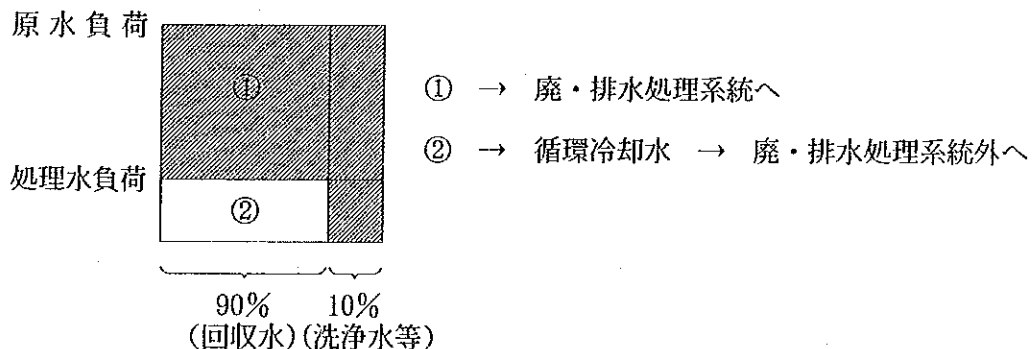
以上の内容を概念的に図Ⅲ－15に示す。

図Ⅲ－15 良質廃水の簡易処理による回収の概念

(1) フロー



(2) 汚濁負荷行先



対象廃水

- ① 石油精製工場系統：3 廃水（A13、A 7、A22）
 ② 石油化学工場系統：6 廃水（C33、D46、D47、E49、E50、E74）

変化内容

- ① 回収水量（集合排水処理場流入水量低下）

- 石油精製工場系統： 626m³/日
- 石油化学工場系統： 10,800m³/日

② 回収水質

回収水合計の水質をSS < 5 mg/ℓ、COD_{cr} < 50mg/ℓ、油分 < 3 mg/ℓとした。

(2) 流入水量・水質変化の算出結果

1) 石油精製工場排水処理場

前述の各種前提により算出した各ケースの流入水量・水質変化の概要を表Ⅲ-27に示し、算出結果の詳細は表Ⅲ-28のとおりである。

表Ⅲ-27 流入水量・水質変化の概要

() 内は汚濁負荷量 ; kg/日

水量・水質 ケース	水 量 (m ³ /日)	導電率 (μS/cm)	SS (mg/ℓ)	COM _{Mn} (mg/ℓ)	COD _{cr} (mg/ℓ)	油 分 (mg/ℓ)
現 状	19,200	631	145 (2,784)	146 (2,803)	660 (12,672)	737 (14,150)
ケ ー ス 1	18,573	632	149 (2,777)	151 (2,802)	680 (12,633)	755 (14,016)
ケ ー ス 2	19,200	631	145 (2,780)	146 (2,809)	660 (12,665)	737 (14,146)

(注) 導電率の算出は流量で加重平均しており、正確な数値ではない(参考値)

表Ⅲ-28 集合排水処理場流入水量・水質変化の算出結果
(石油精製排水処理場)

FLW m ³ /D	P H	CONDUCT'Y μS/cm	W. TEMP °C	S. SOLID mg/L	kg/D	COD-Mn mg/L	kg/D	COD-Cr mg/L	kg/D	EXTR. OIL mg/L	kg/D	NH ₃ -N mg/L	kg/D	Cl mg/L	kg/D	TDS mg/L	kg/D
B25 現状	9.6	603	28	191	1869	199	890	890	1059	1869	35	121	1091	121	1091	1091	1091
生活排水 追加	6.9	693	10	42	6	30	152	152	730	6	12	49	384	49	384	384	384
合流点		631	22	145	737	146	660	660	3	737	28	99	870	99	870	870	870
前処理設備																	
A15 現状		6700	28	102	79	7333	11941	11941	1059	79	1450	1015					
処理後									50								
A08 現状	7.5	900	31	76	120	36	462	462	1059	120	34	121	1091	121	1091	1091	1091
処理後									730		27	99	870	99	870	870	870
前処理後		603	28	191	1059	199	890	890	1059	1059	34	121	1091	121	1091	1091	1091
合流点		631	22	145	730	146	660	660	3	730	27	99	870	99	870	870	870
再生水質	6.5-8.5	600	25-28	5	3	11	50	50	3	3	10	100	600	100	600	600	600
回収処理設備																	
A13 現状	9.5	900	15	3	9	8	15	15	9	9							
A07 現状	8.1	400	13	2	10	10	43	43	10	10							
A22 現状	7.7	900	22	11	51	38	290	290	51	51							
対象水量	8.0 *	814	20	9	25	31	228	228	25	25							
回収水		600	20	5	3	11	50	50	3	3							
設備排水		2738	20	44	222	210	1834	1834	222	222							
回収 現状		603	28	201	1112	208	932	932	1112	1112	36	127	1145	127	1145	1145	1145
処理後		632	22	149	755	151	680	680	755	755	28	102	899	102	899	899	899
合流点																	
処理場流入水質																	
CASE 1		632	22	149	755	151	680	680	755	755	28	102	899	102	899	899	899
CASE 2		631	22	145	737	146	660	660	737	737	28	99	870	99	870	870	870

* 計算により算出したpH値
値は、B25現状値(COD-Cr)との比例で算出

2) 石油化学排水処理場

前述の各種前提により算出した各ケースの流入水量及び水質変化の概要を表Ⅲ-29に示し、算出結果の詳細は表Ⅲ-30のとおりである。

表Ⅲ-29 流入水量・水質変化の概要

() 内は汚濁負荷量；kg/日

水量・水質 ^{*1} ケース	水 量 (m ³ /日)	導電率 ^{*2} (μ S/cm)	S S (mg/ℓ)	COD _{Mn} (mg/ℓ)	COD _{Cr} (mg/ℓ)	油 分 (mg/ℓ)
現 状	38,400	807	57 (2,189)	266 (10,210)	674 (25,894)	43 (1,651)
ケ ー ス 1	27,600	887	77 (2,119)	181 (4,993)	629 (17,365)	59 (1,619)
ケ ー ス 2	38,400	807	57 (2,173)	134 (5,146)	466 (17,905)	43 (1,651)

(注) 1. 水量・水質は生活地区排水を加算した合流点(2)の数値である。

2. 導電率の算出は流量で加重平均しており、正確な数値ではない。(参考値)

表Ⅲ-30 集合排水処理場流入水量・水質変化の算出結果

(石油化学排水処理場)																			
		FLOW m3/D	P H	CONDUCTIVITY μS/cm	W.TEMP ℃	S.SOLID mg/L	kg/D	COD-Mn mg/L	kg/D	COD-Cr mg/L	kg/D	EXTR.OIL mg/L	kg/D	NH3-N mg/L	kg/D	Cl mg/L	TDS mg/L		
																	kg/D		
前処理設備	C36	現状	240	8.9	300	56	1	16333	3920	22076	5288	7		0.1		3	114		
	-->G61	処理後						300	72	850	204								
	C37	現状	96	5.9	700	19	7	10625	1020	13818	1327	28		0.1		5	170		
	-->G61	処理後						300	29	850	82								
	C36+C37	処理後	336	8.7 *	414	45	3	300	101	850	286	13		0.1		4	130		
	F54	現状	312	11.1	31800	47	24	310	97	3723	1162	23							
	-->F60	処理後						50	16	300	94								
	F55	現状	480	3.4	800	39	<0.5	370	178	1632	783	40							
	-->F60	処理後						50	24	300	144								
	F57	現状	192	6.9	2000	12	10	1600		2190		11							
	-->F60	処理後						50	10	300	58								
F54+F55+F57処理後		792		13497	45	12	62		373		36								
合計		1128																	
処理場水質変化																			
G61	現状	7200	5.7	793	26	51	737	5309	1067	7684	66		0.3		30	279			
処理後							65	470	187	1345									
F60	現状	984	9.5	2109	27	16	918	903	5105	5023	13		0.1		37	6948			
処理後							689	678	3428	3373									
G62	現状	10320	11.5	1005	15	81	331		959		82		3		305	2201			
F53	現状	2880	9.6	353	17	82	21		243		72		211		289	1522			
G64	現状	17016	8.4	693	10	42	30		152		6		12		49	384			
前処理設備																			
合流点(1) (G61+F60 処理後 +G62+E53)		21384	11.2 *	897	19	68	453	9694	1090	23308	72		30		198	1681			
							216	4629	716	15317									
合流点(2) (G61+F60 処理後 G62+E53+G64)		38400	10.9 *	807	15	57	266	10210	674	25894	43		22		132	1106			
							134	5146	466	17905									
再生水質			6.5-8.5	600	25-28	5	21		50		3		10		100	600			
回収処理設備																			
C33	現状	1200	9.0	700	30	18	26		240		22								
D46	現状	6240	8.2	900	10	43	15		92		12								
D47	現状	3600	7.8	900	31	31	11		82		73								
E49	現状	720	6.2	900	16	15	6		33		76								
E50	現状	24	6.7	900	11	1	4		29		6								
E74	現状	216	7.4	900	20	2	3		10		12								
対象水量		12000		880	19	34	14		93		18								
回収量		10800		600	19	5	14		50		3								
設備排水		1200		3400	19	299	14		477		131								
処理場流入水質																			
CASE 1	合流点(1)	10584		1200	20	133	1404	423	4477	1396	14777	143	1512	61	641	400	4232	3396	35843
	合流点(2)	27600		887	14	77	2119	181	4993	629	17385	59	1819	31	845	184	5066	1539	42477
CASE 2	合流点(1)	21384		897	20	68	1458	216	4629	716	15317	72	1545	30	641	198	4232	1681	35843
	合流点(2)	38400		807	15	57	2173	134	5146	466	17905	43	1651	22	845	132	5066	1106	42477

* 計算により算出したpH値

** C36, C37, C76, C39, C40, C75, C41の合計負荷量より算出
値は、合流点(1)現状値(COD-Cr)との比例で算出

6.1.3 集合排水処理場流出水量・水質変化の推定

各集合排水処理場への流入水量・水質は、6.1.1及び6.1.2項のとおり2ケースが考えられる。これら流入水量・水質に対応して、各排水処理場の流出水量・水質を以下のとおり推定した。

(1) 石油精製工場排水処理場

1) 水質検討前提

既設の当排水処理場は、油分離・生物処理方式であり、処理後の2次処理水の水質を各水質項目ごとに検討した。

① 導電率、 Cl^- 、TDS；除去率を0とする。

② SS；既設処理場の実績値を基準とし、流入水量・SS量に比例するものとする。

実績流入水量	13,200 $\text{m}^3/\text{日}$
流入SS量	191 mg/ℓ
流出SS量	13 mg/ℓ

③ COD_{cr} ；既設処理場の実績値を基準とし、次式にて算出する。

$$\ell_n L_2 = m \times \ell_n (L_1 / L_{01}) + \ell_n L_{02}$$

実績値	流入水量 (Q_1)	13,200 $\text{m}^3/\text{日}$
	流入 COD_{cr} (L_{01})	890 mg/ℓ
	流出 COD_{cr} (L_1)	66 mg/ℓ
	滞留時間比 (m)	$m = Q_1 / Q_2$

但し、計算結果に5%の余裕率を見込む。

④ 油分；SSと同様に実績値を基準とし、流入水量・油分量に比例するものとした。

実績流入水量	13,200 $\text{m}^3/\text{日}$
流入油分量	1,069 mg/ℓ
流出油分量	8 mg/ℓ

⑤ $\text{NH}_3\text{-N}$ ；生物処理による除去率を15%とする。

2) 流出水量・水質の推定結果

石油精製排水処理場の流出水量・水質の推定結果及び各種排水基準を、対比して表Ⅲ-31に示す。

表Ⅲ－31 石油精製排水処理場の流出水量・水質

ケース	水 量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	導電率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	SS (mg/ℓ)	COD _{cr} (mg/ℓ)	油 分 (mg/ℓ)	Cl ⁻ (mg/ℓ)	TDS (mg/ℓ)	NH ₃ -N (mg/ℓ)
現 状	13,200	600	191	890	1,069	121	1,091	35
	13,200	600	13	66	8	30	1,155	100
ケース 1	18,574	632	149	680	755	102	899	28
	18,574	632	14	<u>112</u>	<u>8</u>	102	899	22
ケース 2	19,200	631	145	660	737	99	870	28
	19,200	631	15	<u>116</u>	<u>8</u>	99	870	25
石油精製排水基準			200	200	20			
北京市標準（3級・既設）			100	<u>100</u>	10		1,200	
北京市標準（2級・既設）			70	<u>80</u>	<u>5</u>		900	

（注）上段は流入条件、下段は流出条件を示す。

上表の結果より、両ケースともCOD_{cr}は北京市2級・3級標準を超過し、油分は北京市2級標準を超過することが予測される。

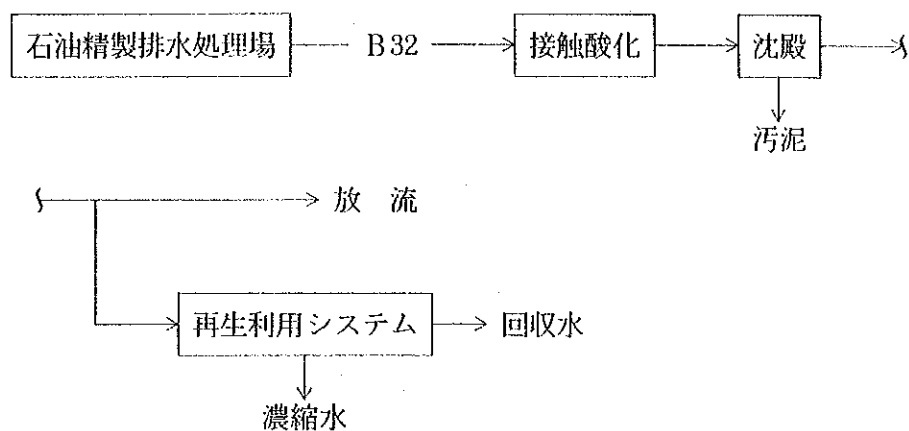
3) 排水処理場流出水の追加処理術検討

前述のとおりCOD_{cr}・油分に問題があるため追加処理が必要である。この方法としては、以下の2方法が考えられる。

- ① 既存活性汚泥処理施設の増強・改善
- ② 後処理として接触酸化方式の採用

このうち、前者については既存排水処理場の長期間にわたる性能確認運転等を必要とし、本調査検討対象外である。そのため、後者の採用を前提に今後の検討を取進めることとした。

システムは、次葉のとおりである。



尚、接触酸化・沈殿処理後の流出水の水質予測結果を表Ⅲ-32に示す。

表Ⅲ-32 追加処理後の流出水の水質予測

ケース	水 量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	導電率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	SS (mg/ℓ)	COD _{cr} (mg/ℓ)	油 分 (mg/ℓ)	Cl^- (mg/ℓ)	TDS (mg/ℓ)	$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/ℓ)
ケース 1	18,574	632	14	112	8	102	899	22
	19,574	632	14	70	5	102	899	20
ケース 2	19,200	631	15	116	8	99	870	25
	19,200	631	15	70	5	99	870	20

(注) 上段は流入条件 (既存排水処理場流出水)、下段は流出条件 (追加処理流出水) を示す。

(2) 石油化学工場排水処理場

1) 水質検討前提

既設の当排水処理場は、油分離・生物処理方式であり、処理後の2次処理水の水質を各水質項目ごとに検討した。

① 導電率、 Cl^- 、TDS ; 除去率を0とする。

② SS ; 既設処理場の実績値を基準とし、流入水量・SS量に比例するものとする。

実績	流入水量	38,400 $\text{m}^3/\text{日}$
	流入SS量	57 mg/ℓ
	流出SS量	33 mg/ℓ

③ COD_{cr} ; 既設処理場の実績値を基準とし、次式にて算出する。

$$\ell_n L_2 = m \times \ell_n (L_1 / L_{01}) + \ell_n L_{02}$$

実績値	流入水量 (Q_1)	38,400 m^3 /日
	流入 COD_{cr} (L_{01})	674mg/ ℓ
	流出 COD_{cr} (L_1)	261mg/ ℓ
	滞留時間比 (m)	$m = Q_1 / Q_2$

但し、計算結果に5%の余裕率を見込む。

④ 油分 ; SS と同様に実績値を基準とし、流入水量・油分量に比例するものとした。

実績	流入水量	38,400 m^3 /日
	流入油分量	43mg/ ℓ
	流出油分量	5 mg/ ℓ

⑤ NH_3-N ; 生物処理による除去率を15%とする。

2) 流出水量・水質の推定結果

石油化学排水処理場の流出水量・水質の推定結果及び各種排水基準を、対比して表Ⅲ-33に示す。

表Ⅲ－33 石油化学排水処理場の流出水量・水質

ケース	水 量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	導電率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	SS (mg/ℓ)	COD _{cr} (mg/ℓ)	油 分 (mg/ℓ)	C ℓ^- (mg/ℓ)	TDS (mg/ℓ)	NH ₃ -N (mg/ℓ)
現 状	38,400	807	57	674	43			
	38,400	600	33	261	5	84	682	21
ケース 1	27,600	887	77	629	59	184	1,539	31
	27,600	887	32	<u>176</u>	5	184	<u>1,539</u>	27
ケース 2	38,400	807	57	466	43	132	1,106	22
	38,400	807	33	<u>189</u>	5	132	<u>1,106</u>	19
石油化学排水基準			100	200	10			
北京市標準（3級・既設）			100	<u>100</u>	10		<u>1,200</u>	
北京市標準（2級・既設）			70	<u>80</u>	5		<u>900</u>	

注) 1. 上段は流入条件、下段は流出条件を示す。

2. 流入条件は生活地区排水を含む合流点(2)の数値である。

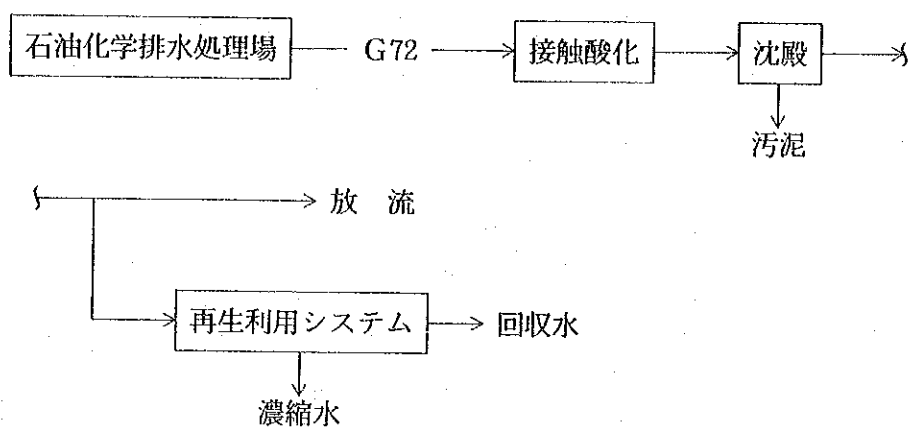
上表の結果より、ケース 1 では COD_{cr}、TDS が北京市 2 級・3 級標準を超過し、ケース 2 では COD_{cr} が北京市 2 級・3 級標準を超過し、TDS は北京市 2 級標準を超過することが予測される。

但し、TDS については現状の流出水質が 682mg/ℓ であることより、特に問題とはならないと判定する。

3) 排水処理場流出水の追加処理技術検討

前述のとおり、COD_{cr} に問題があるため追加処理が必要であるが、石油精製排水処理場と同様に接触酸化方式の採用を前提に、今後の検討を取進めることとした。

システムは以下のとおりである。



尚、接触酸化・沈殿処理後の流出水の水質予測結果を表Ⅲ－34に示す。

表Ⅲ－34 追加処理後の流出水の水質予測

ケース	水 量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	導電率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	SS (mg/ℓ)	COD_{Cr} (mg/ℓ)	油 分 (mg/ℓ)	Cl^- (mg/ℓ)	TDS (mg/ℓ)	$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/ℓ)
ケース 1	27,600	887	32	176	5	184	1,539	27
	27,600	887	32	75	3	184	1,539	25
ケース 2	38,400	807	33	189	5	132	1,106	19
	38,400	807	33	80	3	132	1,106	17

(注) 上段は流入条件 (既存排水処理場流出水)、下段は流出条件 (追加処理流出水) を示す。

6.2 再生利用システム前提

6.2.1 再生利用水量の設定

6.1項で述べた2ケースにつき、当地区に於ける不足水量、簡易処理・回収量、再生利用水量、排水処理場流出水量を整理し表Ⅲ-35のとおり設定する。

表Ⅲ-35 再生利用水量の設定

(単位: $\text{m}^3/\text{日}$)

ケース及び水量内訳	石油精製工場	石油化学工場	合 計
ケース1 (簡易処理・回収)			
① 不足水量	7,200	19,200	26,400
② 簡易処理・回収量	626	10,800	11,426
③ 排水処理場流出水量	18,574	27,600	46,174
④ 再生利用量	6,574	8,400	14,974
ケース2 (再生利用のみ)			
① 不足水量	7,200	19,200	26,400
② 簡易処理・回収量	0	0	0
③ 排水処理場流出水量	19,200	38,400	57,600
④ 再生利用量	7,200	19,200	26,400

6.2.2 再生利用水質基準と再生利用システムの想定

(1) 再生利用水質の設定

1) 主要水質項目の選定

4.1.2項で前述のとおり、再生利用水質基準は24項目の水質項目を想定している。但し、これらは大別すると酸性度 (PH、全アルカリ度)、有機物 (COD_{cr})、油分、固形物 (SS、濁度等)、塩分 (導電率、 Cl^- 、TDS、 SO_4^{2-} 等) 及び $\text{NH}_3\text{-N}$ 等に分類されるため、再生利用システムの想定に際し、以下を主要水質項目として選定した。

- | | | |
|----------------------------|---|----------------|
| ① 導電率 | } | ; 塩分の代表的な水質項目 |
| ② Cl^- | | |
| ③ TDS | | |
| ④ SS | | ; 固形物の代表的な水質項目 |
| ⑤ COD_{cr} | | ; 有機物の代表的な水質項目 |

⑥ 油分

⑦ $\text{NH}_3\text{-N}$

尚、PH改善は当然実施する必要があるが、これら水質項目を基準値以内になるよう処理すれば、他の水質項目も基準値内になることが経験的に明らかとなっている。

2) 再生利用水の処理条件

原水（追加処理後の流出水）の水質と処理水（再生利用水）の水質を表Ⅲ－36のとおり設定する。

表Ⅲ－36 再生利用原水・処理水の水質

条 件 項 目	原 水（追加処理流出水）				処 理 水
	ケ ー ス 1		ケ ー ス 2		再生利用水質
	石油精製	石油化学	石油精製	石油化学	基 準 (2)
1. PH (－)	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5
2. 導電率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	<u>632</u>	<u>887</u>	<u>631</u>	<u>807</u>	600
3. SS (mg/ℓ)	<u>14</u>	<u>32</u>	<u>15</u>	<u>33</u>	5
4. COD_{cr} (mg/ℓ)	<u>70</u>	<u>75</u>	<u>70</u>	<u>80</u>	50
5. 油 分 (mg/ℓ)	<u>5</u>	3	<u>5</u>	3	3
6. Cl^- (mg/ℓ)	<u>102</u>	<u>184</u>	99	<u>132</u>	100
7. TDS (mg/ℓ)	<u>899</u>	<u>1,539</u>	<u>870</u>	<u>1,106</u>	600
8. $\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/ℓ)	<u>20</u>	<u>25</u>	<u>20</u>	<u>17</u>	10
流 出 水 量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	18,574	27,600	19,200	38,400	—
再生利用水量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	6,574	8,400	7,200	19,200	14,974-26,400

注) — ; 基準値超過

(2) 再生利用システムの想定

1) 除去・改善すべき汚濁物質

表Ⅲ－36より両排水処理場流出水について、表Ⅲ－37に示す汚濁物質を（ ）内のとおり除去・改善する必要がある。

表Ⅲ-37 除去・改善すべき汚濁物質

汚 濁 物 質	石油精製工場	石油化学工場
1. 導電率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	○ (631~632→600)	○ (807~887 →600)
2. S S (mg/ℓ)	○ (14~15 →5)	○ (32~33 →5)
3. COD_{cr} (mg/ℓ)	○ (70 →50)	○ (75~80 →50)
4. 油 分 (mg/ℓ)	○ (5 →3)	—
5. Cl^- (mg/ℓ)	○ (99~102 →100)	○ (132~184 →100)
6. TDS (mg/ℓ)	○ (870~899 →600)	○ (1,106~1,539 →600)
7. NH_3-N (mg/ℓ)	○ (20 →10)	○ (17~25 →10)

2) 再生利用システムの想定

ケース1及びケース2で各排水処理場追加処理流出水の問題水質項目に変化はないため、各排水処理場ごとに想定される技術内容を述べる。

① 石油精製工場排水処理場追加処理流出水

活性汚泥処理・ろ過・接触酸化・沈殿処理を実施した後の問題水質項目は、前述のとおり導電率、SS、 COD_{cr} 、油分、 Cl^- 、TDS、 NH_3-N の7項目である。

従って、次の処理システムが必要となる。

- 凝集沈殿・砂ろ過；SS、 COD_{cr} 、油分の除去及び逆浸透の前処理
- 逆浸透膜（精密ろ過付）；導電率、SS、 COD_{cr} 、油分、 Cl^- 、TDS、 NH_3-N の除去

② 石油化学工場排水処理場追加処理流出水

活性汚泥処理・ろ過・接触酸化・沈殿処理を実施した後の問題水質項目は、前述のとおり導電率、SS、 COD_{cr} 、 Cl^- 、TDS、 NH_3-N の6項目である。

従って、次の処理システムが必要となる。

- 凝集沈殿・砂ろ過；SS、 COD_{cr} の除去及び逆浸透の前処理
- 逆浸透膜（精密ろ過付）；導電率、SS、 COD_{cr} 、 Cl^- 、TDS、 NH_3-N の除去

以上の結果より、両排水処理場の再生利用システムは同一の内容となる。

尚、両排水処理場追加処理流出水中の汚濁物質とその除去技術を表Ⅲ-38に示す。

表Ⅲ－38 両排水処理場追加処理流出水中の汚濁物質と除去技術

除去技術	導電率	COD _{cr}	油 分	SS	Cl ⁻	TDS	NH ₃ -N
中和				△			
ろ過			○	○			
固液分離				○			
凝集沈殿		○	○	○			○
油水分離			○				
浮上分離			○	○			
活性汚泥		○	○	○			△
湿式酸化		○	○				
活性炭		○	○	○	○		
イオン交換	○				○	○	○
逆浸透膜	○	○	○	○	○	○	○
電気透析	○				○	○	

6.3 廃水処理・再生利用システムのケース設定

当地区では、石油精製工場1廃水（A 8）及び石油化学工場5廃水（C 36、C 37、F 54、F 55、F 57）の前処理を実施し、両排水処理場流出水の追加処理を実施した上で、以下の2ケースで再生利用システムを検討する。

ケース1：簡易処理・回収及び再生利用（再生利用水量：14,974 m^3 /日）

ケース2：再生利用（再生利用水量：26,400 m^3 /日）

6.3.1 廃水処理・再生利用システムのケース及び水量設定

これ迄に述べた事項を総合して、最終的に2ケースとし水量の設定を含めて図Ⅲ-16～図Ⅲ-17に示す。

(单位: m^3/m)

石油化学

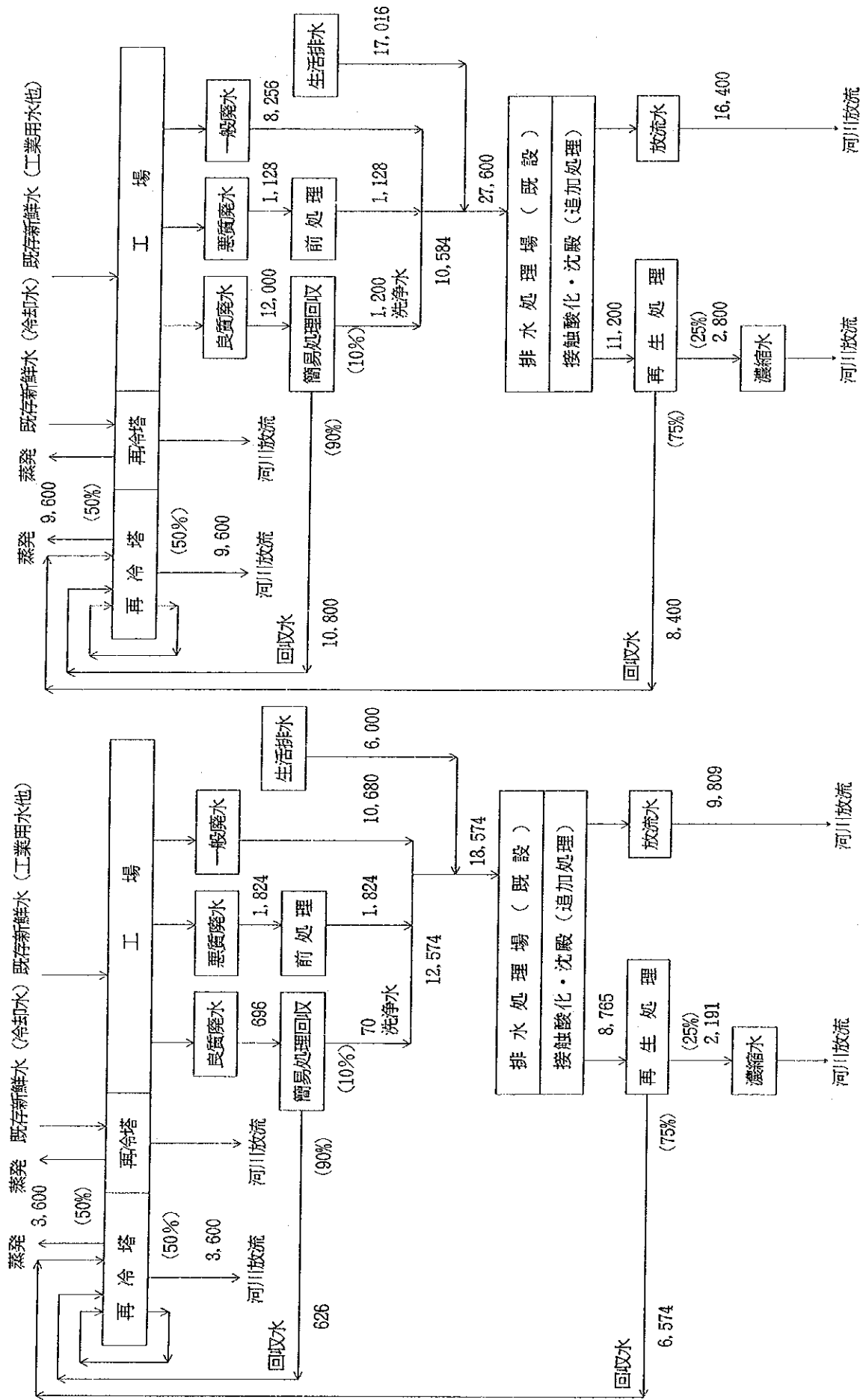
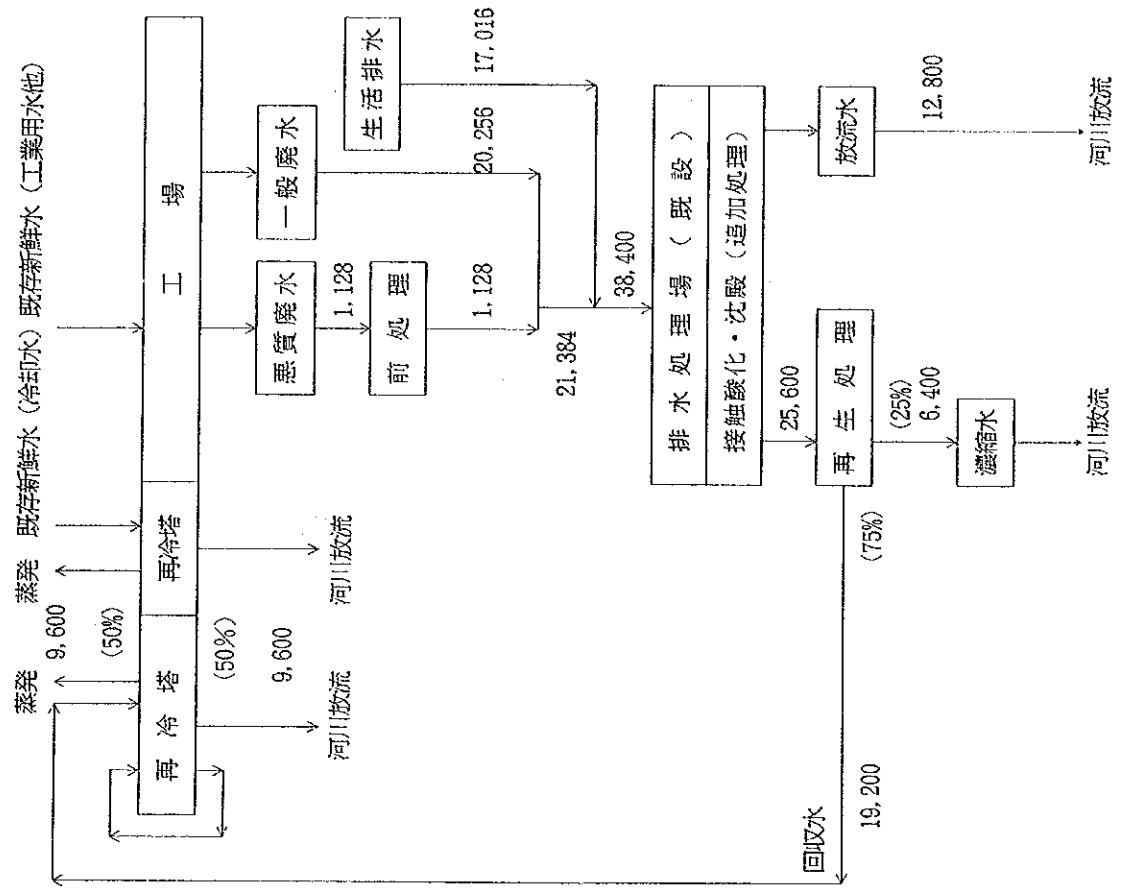
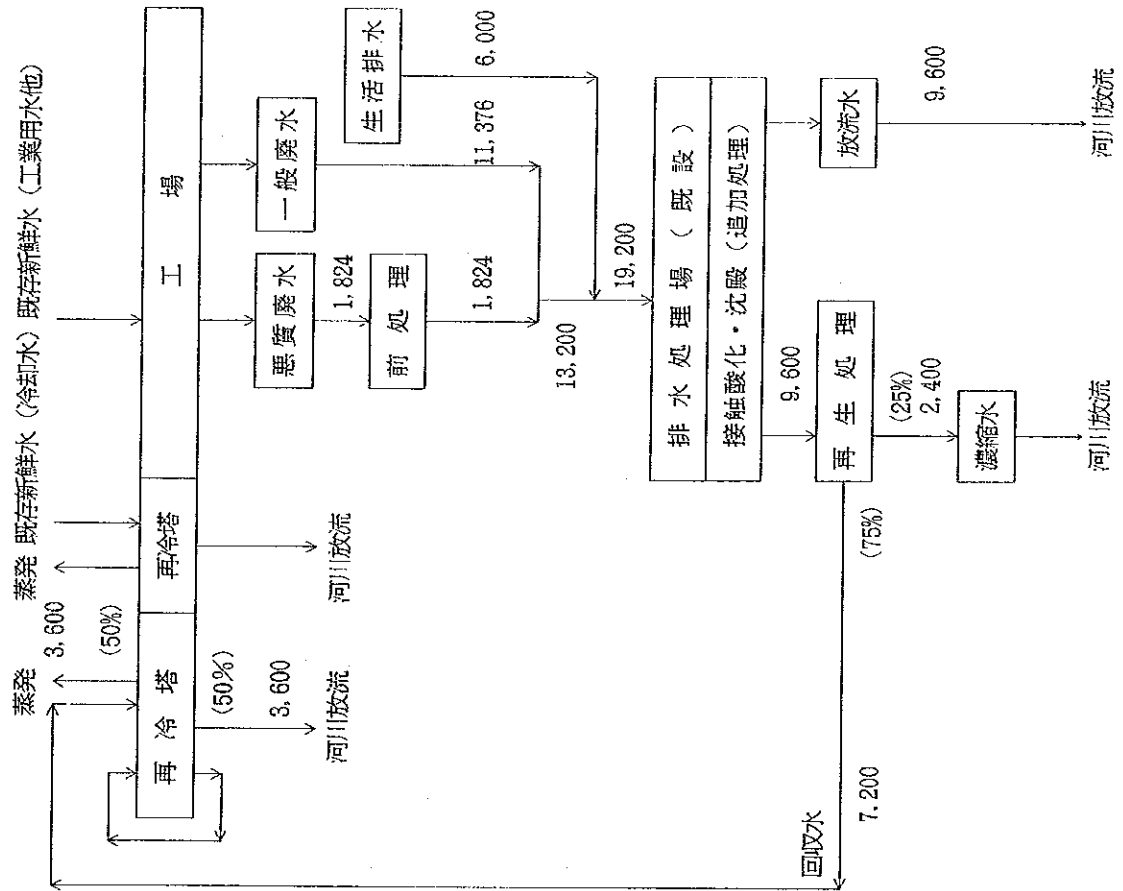


図 III-17 廃水処理・再生利用システム (ケース 2)

石油精製

石油化学

(単位: m³/日)



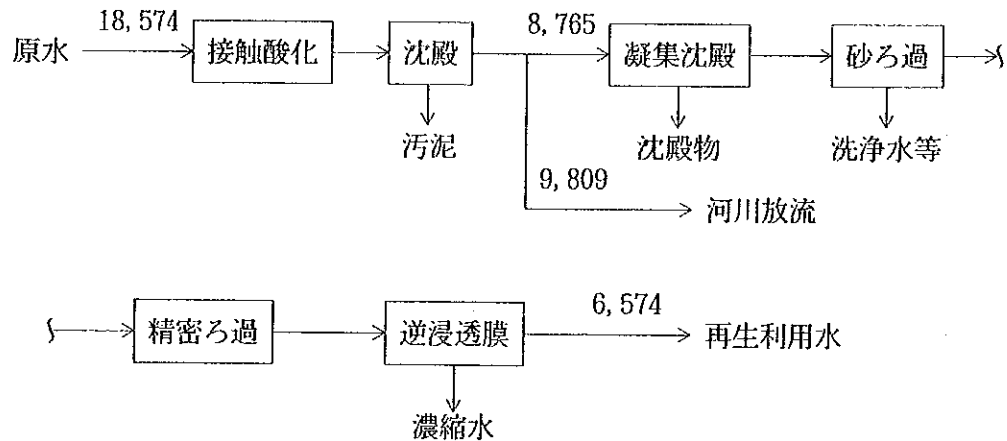
6.3.2 再生利用システムのケース設定

再生利用システム等の構成をケース1及びケース2で以下のとおり設定する。尚、悪質廃水の前処理は両ケース共通で実施する。

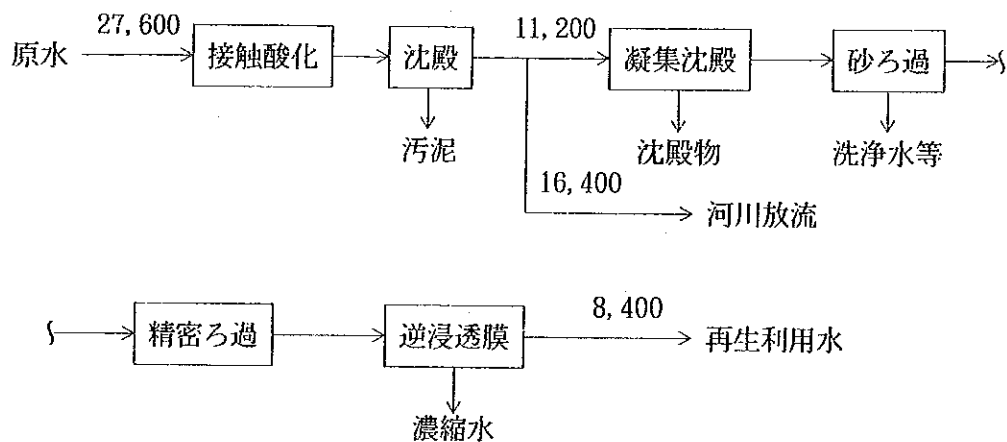
(1) ケース1

1) 石油精製排水処理場（追加処理及び再生利用）

（単位； $\text{m}^3/\text{日}$ ）



2) 石油化学排水処理場（追加処理及び再生利用）



3) 石油精製工場良質廃水の簡易処理・回収；626

- ① A13廃水；PH調整・砂ろ過（43）
- ② A7廃水；砂ろ過（108）
- ③ A22廃水；凝集加圧浮上・砂ろ過・活性炭（475）

4) 石油化学工場良質廃水の簡易処理・回収；10,800

- ① C33廃水；PH調整・砂ろ過・活性炭（1,080）
- ② D46・D47廃水；凝集加圧浮上・砂ろ過・活性炭（8,856）

③ E49廃水；凝集加圧浮上・砂ろ過（648）

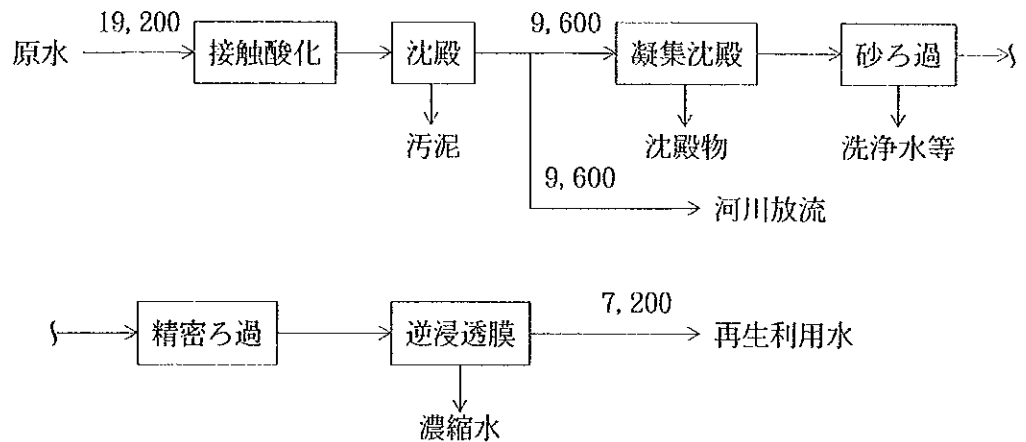
④ E50廃水；砂ろ過（22）

⑤ E74廃水；油吸着（194）

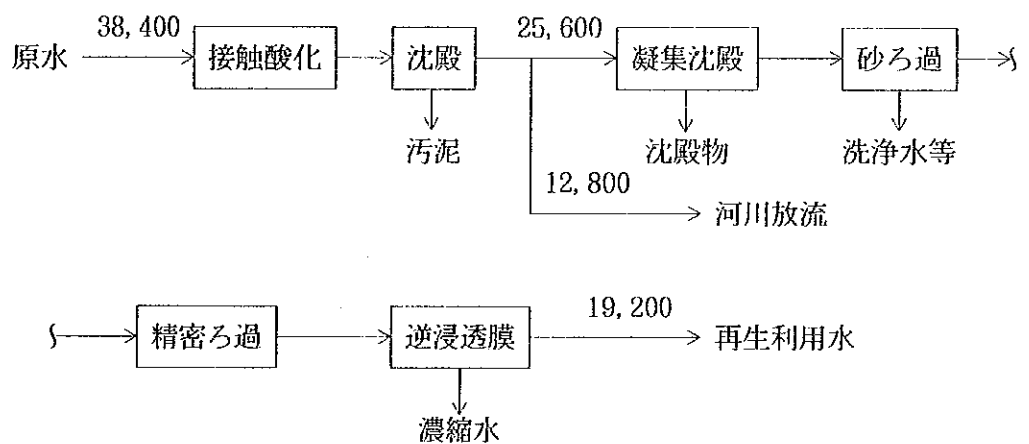
(2) ケース 2

1) 石油精製排水処理場（追加処理及び再生利用）

（単位； $\text{m}^3/\text{日}$ ）



2) 石油化学排水処理場（追加処理及び再生利用）



第IV編 設備計画

第IV編 設備計画

本編では、以下の廃水処理・再生利用計画に関する各種処理設備について、システム技術及び前提、設備フローシート、主要設備配置図、主要機器リストから構成される設備計画を策定した。

- (1) 前処理設備
- (2) 集合排水処理場追加処理設備
- (3) 簡易処理・回収設備
- (4) 再生利用システム設備

1. 前処理設備

1.1 システム技術及び前提

燕山地区の前処理設備は、A15廃水のA21廃水系統へのライン切替を含むと合計4設備になる。これらのシステム技術及び前提を取纏めて表IV-1に示す。尚、前処理設備はケース1、ケース2共通に必要な設備である。

1.2 前処理設備フローシート

(1) 燕山石油精製地区

当地区の前処理箇所は2箇所であるが、A15はライン切り替えのためフローシートでの表示はせず、A8のフローシートをまとめた。

- 1) 対象箇所 ; A8
 システム ; 油分離
 フローシート; 図IV-1

(2) 燕山石油化学地区

当地区の前処理箇所は2箇所であり、処理システムは同一である。

- 1) 対象箇所 ; C36、37合流水
 ; F54、55、57合流水
 システム ; 湿式酸化
 フローシート; 図IV-2

1.3 前処理設備配置図

配置図は、図IV－3と図IV－4に油分離と湿式酸化処理をまとめた。

1.4 前処理設備の主要機器リスト

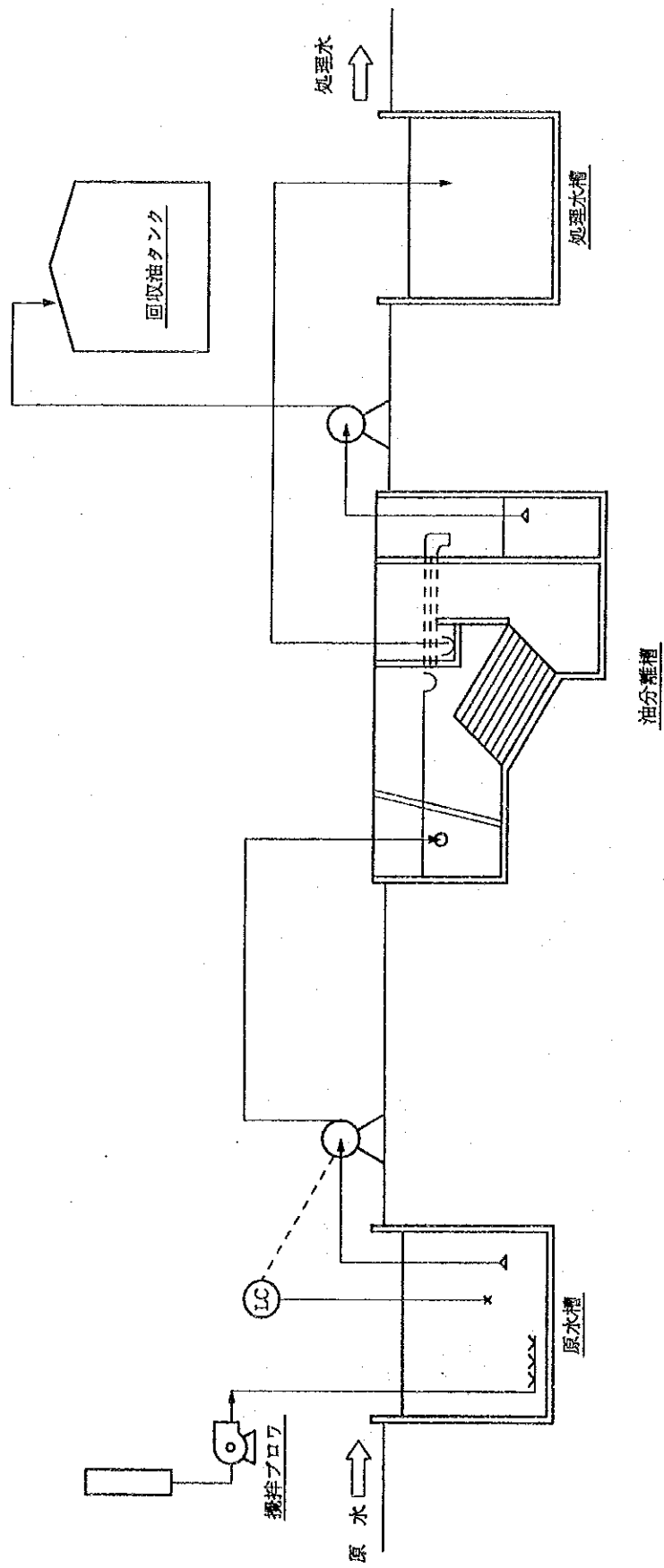
前処理設備の主要機器として表IV－2に石油精製地区（A 8）、石油化学地区（C 36/37、F 54/55/57）の合計3設備をまとめた。

表IV-1 前処理システム 技術及び前提

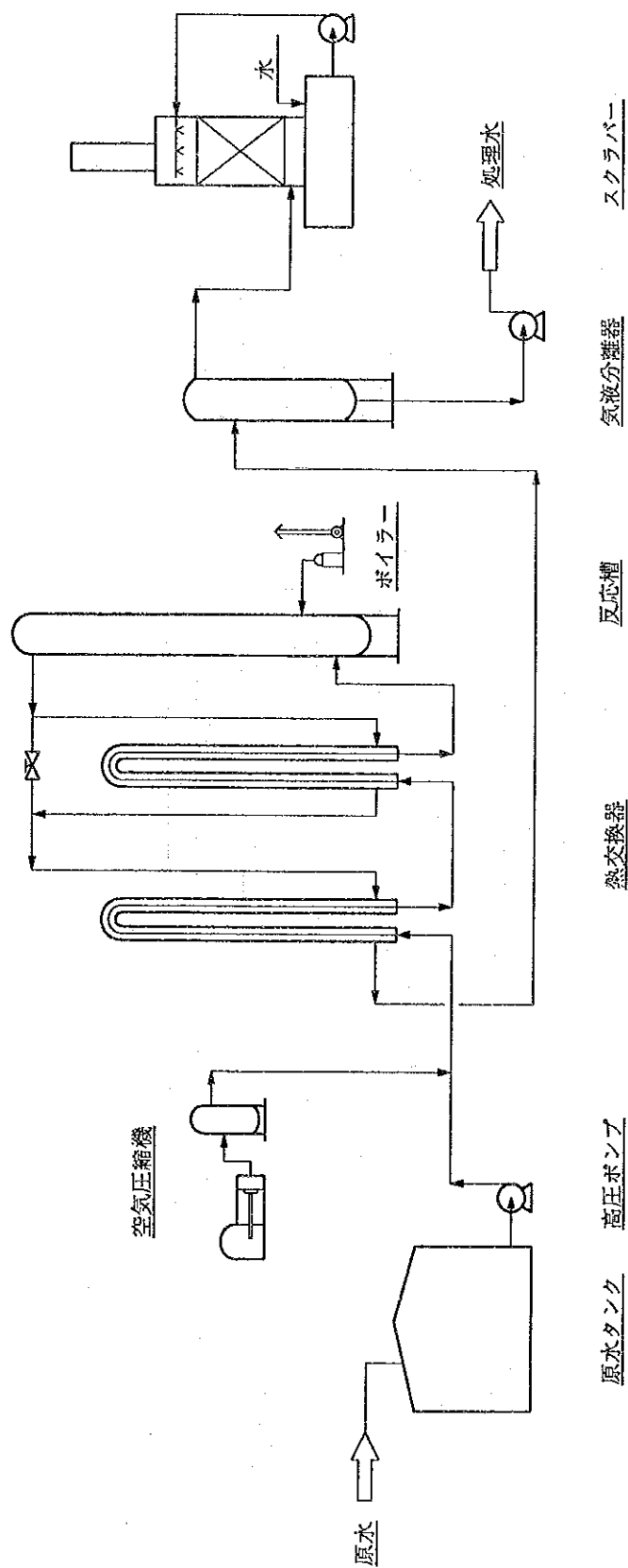
上段原水/下段処理水

区分	廃水記号	処理システム構成	水 量 ・ 水 質											
			水量 ($\text{m}^3/\text{日}$)	水温 ($^{\circ}\text{C}$)	PH (-)	導電率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	SS (mg/L)	油分 (mg/L)	COD_{Cr} (mg/L)	COD_{Mn} (mg/L)	BOD (mg/L)	フェノール (mg/L)	フマル酸 (mg/L)	$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L)
石 油 精 製	A 8	油分離	1,824 1,824	31	7.5	900	76	120-10,000 50	462-50,000					
	A15	A21廃水系統へ ライン切替	24 24	28		6,700	102	79	11,941	7,333				1.450 1.015
石 油 化 学	C38・37	湿式酸化	456 456						20,337 850	15,131 300	6,357	64 < 50		
	F54・55・57 (F59)	湿式酸化	1,272 1,272						5,161 300	1,242 50			2,505 125	

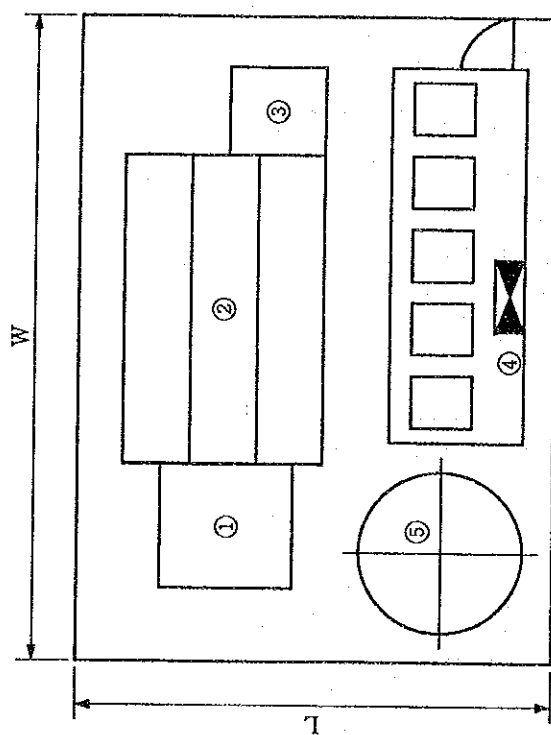
図IV-1 油分離フロー (A8)



図IV-2 湿式酸化フロー (C36/37、F54/55/57)



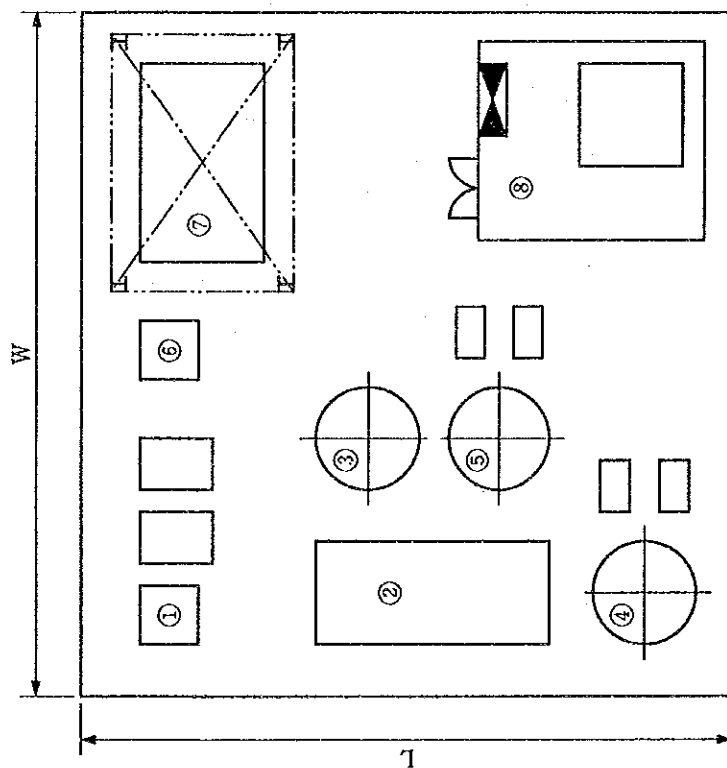
图IV-3 油分離配置图 (A8)



	W	L
A08	13,000	9,000

①	原水槽
②	油分離槽
③	処理水槽
④	機械室
⑤	回収油槽

図IV-4 湿式酸化配置図 (C36/37、F54/55/57)



	W	L
C36+C37 含流水	27,000	25,000
F54/55/57	35,000	40,000

①	原水槽
②	熱交換器
③	反応器
④	気液分離器
⑤	スクラパー
⑥	中和槽
⑦	空気圧縮機
⑧	ボイラー室

表IV-2 前処理設備主要機器リスト

機 器 番 号	機 器 名 称		数 量
-A08- 油分離			
	原水槽	19 m3 コンクリート	1
	油分離槽	コンクリート	1
	処理水槽	6.3 m3	1
	回収油槽	40 m3 FRP	1
	タンク		1 式
	ブロー		1 式
	ポンプ		1 式
-C36/37- 湿式酸化			
	原水槽	4.9 m3 コンクリート	1
	熱交換器	450 m2	1
	反応器	19 m3	1
	気液分離器	18 m2	1
	スクラバー	8 m3	1
	中和槽	4.9 m3 コンクリート	1
	空気圧縮機	1350 Nm3/H	1
	ボイラー	5 T/H	1
	ポンプ		1 式
-F54/55/57- 湿式酸化			
	原水槽	13.0 m3 コンクリート	1
	熱交換器	2510 m2	1
	反応器	53 m3	1
	気液分離器	53 m2	1
	脱臭塔	11 m3	1
	中和槽	13.0 m3 コンクリート	1
	空気圧縮機	1500 Nm3/H	1
	ボイラー	12 T/H	1
	ポンプ		1 式