

### 3. 2 公害防止政策の概要

#### 3. 2. 1 わが国の公害防止政策

##### A) 基本的な枠組み

わが国の公害防止政策においてその基本的役割を果たしているのは、公害対策基本法である。1967年の公布当時は『国民の健康を公害から保護すると共に、経済の健全な発展との調和を図りつつ生活環境を保全し』ていくというもので、調和条項であるとの非難を浴びたが、1970年の改正により『公害対策の総合的推進を図り、もって国民の健康を保護するとともに、生活環境を保全することを目的とする』ものへと変わった。このなかでは、公害を定義し（典型7公害）、公害対策にあたっての事業者・国・地方公共団体・住民の責務を挙げている。このうち事業者の責務としては、その事業活動に伴なって生ずる公害の防止のために必要な措置を構ずるという、汚染者負担の原則（PPP = Polluter-Pays-Principle）を掲げている。また、政府による適切な科学的判断の下での環境基準すなわち人の健康を保護し生活環境を保全するうえで維持されることが望ましい基準の制定、事業者の公害防止費用の一部または全部の負担責任、国による地方公共団体・事業者に対する助成措置などにも言及している。

公害対策基本法を柱としてわが国でとられている公害防止政策の内容は、表3-1のようにまとめることが出来る。おおまかに言うところのこうした対策は、基本的・総合的事項は国が設定するが、実際の実施や指導は国からの支援を受けつつ、国の施策に準じて、あるいは地方ごとの状況に応じて都道府県や市町村レベルが主体となって進められている。

表 3-1 わが国の公害防止政策の概要

対 策	目 的 ・ 内 容
目 標	人が健全な生活を営むために守られるべき環境の基準を定める。
計 画	公害対策が必要と思われる地域を対象に、事業者や地方公共団体などの公害防止に関する事業及び施策の推進を図るための計画を策定する。
規 制	公害の悪化・発生を防ぐため、公害の原因となる物質の排出・行為を制限する。
事 業	公共的性格の濃い環境保全事業を国が実施する。
監 視	環境基準の達成状況を把握し、今後の対策を方向付ける。
未然防止	環境に影響を及ぼす恐れのある事業を実施する際、その影響について調査・予測・評価し、対策を講じる。
技術開発	公害を発生させない、あるいは公害の原因物質を除去するための技術を開発する。
啓蒙・広報	人間と環境との関わりについての認識によって、国民一人一人の公害に対する問題意識を高める。
誘 導	経済的インセンティブによって、事業者や国民に公害防止のための行動をとりやすいよう促す。

## B) 目標

公害防止基本法において定めることとなっている環境基準は現在、大気汚染・騒音・水質汚濁・土壌汚染に係わるものがあり、常に科学的判断が加えられ、必要な改訂がなされなければならない、環境行政上の目標値である。

大気汚染に関わる環境基準は5物質（二酸化硫黄、一酸化炭素、浮遊粒子状物質、二酸化窒素、光化学オキシダント）について定められている（表3-2）。水質汚濁については人の健康の保護に関する基準（カドミウム、シアン、有機燐鉛、六価クロム、ヒ素、総水銀、アルキル水銀、PCBの健康項目）がすべての公共水域に、生活環境の保全に関する基準（pH、COD、浮遊物質、溶存酸素量、大腸菌数、湖沼はさらに全窒素、全燐、海域は浮遊物質は除きn-ヘキサン抽出物質を含む生活環境項目）が利用目的に応じた水域類型ごとに定められている（表3-3）。

表3-2

物質	環境上の条件	測定方法
二酸化硫黄	1時間値の1日平均値が0.04 ppm以下であり、かつ、1時間値が0.1 ppm以下であること。	溶液導電率法
一酸化炭素	1時間値の1日平均値が10 ppm以下であり、かつ、1時間値の8時間平均値が20 ppm以下であること。	非分散型赤外分析計を用いる方法
浮遊粒子状物質	1時間値の1日平均値が0.10 mg/m <sup>3</sup> 以下であり、かつ、1時間値が0.20 mg/m <sup>3</sup> 以下であること。	濾過捕集による重量濃度測定方法又はこの方法によって測定された重量濃度と直線的な関係を有する量が得られる光散乱法、圧電天びん法若しくはベータ線吸収法
二酸化窒素	1時間値の1日平均値が0.04 ppmから0.06 ppmまでのゾーン内又はそれ以下であること。	ザルツマン試薬を用いる吸光光度法
光化学オキシダント	1時間値が0.06 ppm以下であること。	中性ヨウ化カリウム溶液を用いる吸光光度法または電量法

### 備考

- 1 浮遊粒子状物質とは、大気中に浮遊する粒子状物質であって、その粒径が10ミクロン以下のものをいう。
- 2 二酸化窒素については、1時間の1日平均値が0.04 ppmから0.06 ppmまでのゾーン内にある地域にあつては、原則として、このゾーン内において、現状程度の水準を維持し、又はこれを大きく上回ることをなさないよう努めるものとする。
- 3 光化学オキシダントとは、オゾン、パーオキシアセチルナイトレートその他の光化学反応により生成される酸化性物質（中性ヨウ化カリウム溶液からヨウ素を遊離するものに限る、二酸化窒素を除く。）をいう。

出典：環境行政ハンドブック、ぎょうせい

表 3 - 3

(1) 健康項目

項目	カドミウム	シアン	有機燐	鉛	クロム (六価)	ヒ素	総水銀	アルキル 水銀	PCB
基準値	0.01mg/l 以下	検出され ないこと。	検出され ないこと。	0.1mg/l 以下	0.05mg/l 以下	0.05mg/l 以下	0.0005 mg/l以下	検出され ないこと。	検出され ないこと。

(2) 生活環境項目

ア 河川

項目 類型	利用目的の 適応性	基準値				
		水素イオン 濃度 (pH)	生物化学的 酸素要求量 (BOD)	浮遊物質 (SS)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌群数
AA	水道 1 級 自然環境保全 およびA以下の 欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	1mg/l 以下	25mg/l 以下	7.5mg/l 以上	50MPN /100ml 以下
A	水道 2 級 水産 1 級 水 およびB以下の 欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	2mg/l 以下	25mg/l 以下	7.5mg/l 以上	1,000MPN /100ml 以下
B	水道 3 級 水産 2 級 およびC以下の 欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	3 mg/l 以下	25mg/l 以下	5mg/l 以上	5,000MPN /100ml 以下
C	水産 3 級 工業用水 1 級 およびD以下の 欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	5mg/l 以下	50mg/l 以下	5mg/l 以上	-
D	工業用水 2 級 農業用水および Eの欄に掲げる もの	6.0以上 8.5以下	8mg/l 以下	100mg/l 以下	2mg/l 以上	-
E	工業用水 3 級 環境保全	6.0以上 8.5以下	10mg/l 以下	ごみ等の浮遊が認 められないこと	2mg/l 以上	-

イ 湖沼（天然湖沼及び貯水量1,000万立方メートル以上の人工湖）

(7)

項目 類型	利用目的の 適応性	基準値				
		水素イオン 濃度 (pH)	化学的 酸素要求量 (COD)	浮遊物質量 (SS)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌群数
AA	水道1級 水産1級 自然環境保全及 びA以下の欄に 掲げるもの	6.5以上 8.5以下	1mg/l 以下	1mg/l 以下	7.5mg/l 以上	50MPN /100ml 以下
A	水道2、3級 水産2級 水浴 及びB以下の欄 に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	3mg/l 以下	5mg/l 以下	7.5mg/l 以上	1,000MPN /100ml 以下
B	水産3級 工業用水1級 農業用水及びC の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	5mg/l 以下	15mg/l 以下	5mg/l 以上	-
C	工業用水2級 環境保全	6.0以上 8.5以下	8mg/l 以下	ごみ等の浮遊が認め られないこと	2mg/l 以上	-

(1)

項目 類型	利用目的の適応性	基準値	
		全窒素	全りん
I	自然環境保全及びII以下の欄に掲げるもの	0.1mg/l以下	0.005mg/l以下
II	水道1、2、3級（特殊なものを除く。） 水産1種 水浴及びIII以下の欄に掲げるもの	0.2mg/l以下	0.01mg/l以下
III	水道3級（特殊なもの）及びIV以下の欄に掲げるもの	0.4mg/l以下	0.03mg/l以下
IV	水産2種及びVの欄に掲げるもの	0.6mg/l以下	0.05mg/l以下
V	水産3種 工業用水 農業用水 環境保全	1mg/l以下	0.1mg/l以下

ウ 海域

項目 類型	利用目的の 適応性	基準値				
		水素イオン 濃度 (pH)	化学的 酸素要求量 (COD)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌群数	ルーヘキサン抽出物質 (油分等)
A	水産1級 水浴 自然環境保全 及びB以下の欄 に掲げるもの	7.8以上 8.3以下	2mg/l 以下	7.5mg/l 以上	1,000MPN /100ml 以下	検出されな いこと
B	水産2級 工業用水 及びCの欄に掲 げるもの	7.8以上 8.3以下	3mg/l 以下	5mg/l 以上	—	検出されな いこと
C	環境保全	7.0以上 8.3以下	8mg/l 以下	2mg/l 以上	—	—

出典：環境行政ハンドブック、ぎょうせい

C) 計画

公害の防止に関する計画として公害対策基本法に基づき「公害防止計画」が内閣総理大臣の策定指示により関係都道府県知事に作成され、内閣総理大臣により承認されている。計画の対象地域は、現に公害が著しいか、または人口・産業の急速な集中などにより公害が著しくなる恐れがあつて、総合的な施策を要する地域である。1970年から1977年までの間に全国の主要な工業都市・大都市地域のほとんどについて策定され、以降は計画期間が終了したものについて地域の実情に応じて見直し、現在39の地域で公害防止施策がしかれている。そのほか、自然環境の保全のための「保全計画」、自然公園における自然の保護とその有効利用のための「公園計画」、安定的な国土の利用を目指す「国土利用計画」などがある。

D) 規制

公害対策基本法に基づき、大気汚染防止法、水質汚濁防止法、騒音規制法などが制定されている。

こうした規制を定めるにあたり、実行可能で意味のある規制となりうるかどうかは、産業界との調整と国民経済に与える影響についての検討が鍵を握る。1974年にアメリカのマスキー法（大気洗浄改正法）のレベルの規制を2年間の猶予を設けて実施するとの報告が出された際、環境行政における環境保全と経済成長との調和論への後退との批判の声も上がったが、中央公害対策審議会が「規制に対応できる技術開発がいつ実現するかについての予測はたて難いながらも、不可能であると断定することも出来ない以上、一定の達成目標期間を設けて、当初目標値の達成のため技術開発を促進させることとした上で、技術開発の状況について逐次その評価を行うことにより、その達成を図るべきこと」を提言したことは注目に値する。かつての四日市公害のときにも、自治体が各工場へ立ち入り調査を行ったり、企業自らがシミュレーション研究をしたり、両者の調査・協議の中で適当とされた規制を課しつつ、大気汚染を克服していったのである。

さらに、生活環境や産業構造の変化に対応した規制を定めていくことも重要である。昨年制定されたいわゆるリサイクル法や廃棄物処理法の改正法は、増え続けるごみ問題の解決を狙ったものであるし、ハイテク産業から廃棄される化学物質による土壌汚染に対応するため、1994年をめぐりに土壌汚染規制法が準備に入ったところである。

公害対策基本法では地方公共団体に対し、その自然的・社会的条件から判断して地域に即した厳しい規制を定めることを認めているが、実際の実施についても地方公共団体に主体性がおかれている。

公害問題は地域固有の自然的・社会的条件に関わっているので、当該地域に応じた施策が必要となる。1969年に東京都公害防止条例が策定されたときは、規制基準が国の法律を上回っていたため国は法律違反として圧力をかけた例が見られた。今では地方公共団体並びに政令指定都市において地域に応じた施策がとれられており、定められている環境保全に関する主な条例は、公害防止条例、環境保全条例、自然環境保全条例、環境影響評価条例があり、制定している団体数は順に54、9、46、4（要綱は26）となっている（1990年10月現在）。市町村における条例は多数である。

さらに事業者に対し公害規制を課しているものに、公害防止協定がある。これは住民と事業者、地方公共団体と事業者、あるいはそれに住民が参加した形で、

その事業活動に伴って生じる恐れのある公害を未然に防止するために、事業者の果たすべき公害防止措置を両者の合意のもとに、当事者の自主性により決定するものである。1952年に2件結ばれたのが最初で、その後の有効協定数は1970年7月までに496件、1980年10月までに19,040件、1989年9月の時点では33,679件に上る。協定の結ばれるようになった当初公害を防止するための法律が整っておらず、その上地方公共団体が法律以上に厳しい条例を敷くことは容易ではなかったため、協定締結は重要な意味を持っていた。その後各種の法律が制定され、地方公共団体の条例では国の環境基準を上回る上乘せ基準を定めている場合もあるが、地域固有の生活・自然環境に対して適切な対策を立てることが出来る上、事業者にとってはその後のその地での操業に不可欠な地域との信頼関係を築くことが出来るという利点があるため、今もなお締結数は増加している。

規制そのものではないが、環境を悪化させるような行為に対して圧力をかける効果が見込まれる制度としては、地球環境問題を背景に持ち上がっている炭素税の徴収制度や、東京都が行おうとしている粗大ごみ回収の有料化などがある。

#### E) 事業

市民が快適で健全な生活を営めるよう、国や地方公共団体により下水道整備工場などの公害・災害発生源地域と一般市街地との間の緩衝緑地の整備、廃棄物処理施設整備事業、河川の水環境改善事業、港湾における汚泥しゅんせつ事業、海域浄化対策事業等が実施されている。また、これらの事業は、公害防止事業費事業者負担法に基づき、国あるいは地方公共団体が公害発生源にあたる事業者に対しその責任の程度に応じて費用を負担させている。

#### F) 監視・モニタリング

環境に関する各種指標の監視は、これまで述べてきたような基準や目標の達成状況の把握、今後の公害防止・環境保全のための対策の確立には不可欠である。

大気汚染の監視には、国設大気汚染測定所が全国主要地域15カ所に、国設環境大気測定所が既汚染地域以外の平野部地域8カ所が設置されている。このほか平成元年度から3年計画で酸性雨測定所が、自動車排ガスについては国設自動車



排出ガス測定所が4カ所に設置されている。大気汚染防止法では、都道府県知事は大気の汚染の状況を常時監視しなければならないとしており、ばい煙排出者に対してはばい煙の量またはばい煙濃度を測定・記録しておくことを義務づけている。

水質汚濁については水質汚濁防止法で、各事業所での排水の汚染状態の測定・記録を義務づけ、都道府県知事に対しては公共用水域の水質の汚濁の状況の常時監視、水質測定計画の作成、水質汚濁状況の公表などを義務づけている。

また、個々の企業での管理については「特定工場における公害防止組織の整備に関する法律」で特定工場に対し公害防止管理者の選任を義務づけている。ここでいう特定工場とは、製造業、電気・ガス供給業などに属していたり、ばい煙発生施設・汚水排出施設・粉じん発生施設・騒音発生施設・振動発生施設を設置していたりする工場を指す。公害防止管理者はこうした特定工場において公害防止のため、ばい煙発生施設や汚水排出施設などの使用の監視と維持管理、ばい煙・汚水の測定など技術的な業務を遂行する者のことで、通商産業大臣が行う国家試験で資格を取得するか、一定の要件を備えて資格認定講習を修了していなければならない。この制度は、企業の公害問題に対する社会的責任意識の転換を促してきたと言える。

#### G) 公害・環境破壊の未然防止－環境影響評価

人の健康を害したりかけがえのない自然を損なったりすると、元の状態に戻すことは甚だ困難であって、その対策には多額の費用を投じなければならず、あるいは完全な回復は不可能な場合も少なくない。環境破壊が不可逆的現象といわれる由縁である。従って、取り返しのつかない過ちを侵さぬよう公害・環境破壊の未然防止に務めるのは、環境問題の抜本的解決に欠かせないと同時に、持続的発展を遂げようとする人間の当然の責務である。

公害・環境破壊の未然防止とし重要性を認識されてきたのが、事業の実施以前にその事業が及ぼす可能性のある環境への影響を推測し、その対策を打ち出していくという、環境影響評価である。わが国の環境影響評価は1984年の閣議決定により、大規模で著しい環境影響を及ぼす恐れのあるもの、あるいは国が実施する道路・ダム・飛行場・埋立・工業団地などの面的な開発事業などを対象とし

ている。手続きは、環境庁長官からの基本的事項を基に出された事業の主務大臣の指針に沿い、事業者自らが関係市町村町・都道府県知事・関係住民らの意見を繁栄させつつ環境影響評価書を作成していくというものである。

わが国では2度、環境影響評価の法制化を断念したという苦い経験があるがそれを補完するような形で地方公共団体では条例（3県1政令指定都市）・要綱（26県3政令指定都市）が定められている（1991年12月現在）。そのうち川崎市や横浜市では、これまでの環境影響評価が”事業アセスメント”としてその本来の意図を失いがちであったのを鑑み、”計画アセスメント”の実行へと動きだしている。

この他、公有水面埋立法、国土利用計画法や行政指導などでも環境影響評価の実施を求めている。

## H) 技術開発

わが国のこれまでの環境対策において重要な役割を担ってきたのが、環境や人体への悪影響を回避するための技術開発であり、近年先進各国のみならず発展途上国からも地球環境保護の流れを受けて注目されている。

国で行っている調査研究は、公害防止技術の開発、監視測定技術の開発、環境汚染の影響の把握、汚染メカニズムの解明、自然環境の保全などの分野に渡っている。対応する科学技術分野が広範であり相互に密接に関連していることから、関係予算は環境庁が一括計上しておりその配分を通して研究体制の総合的調整を図っている。調査研究の実施は、国立環境研究所、資源環境技術総合研究所、各国立大学などでの技術的研究の他、国立水俣病研究センターなどでは医学的見地からの研究も進められている。また、地方公共団体の関係研究機関においても、調査・分析を行い地域固有の問題解決を図っている。

## I) 一般社会への啓蒙

環境問題を公害問題と認識されていた頃では、公害発生源である事業者、及び事業者の監督や住民の生活環境を保全する責任を負う行政側に問題解決の責任が向けられたが、環境問題が多様化し、以前の公害とは違って現代の都市生活に根付いていて被害・加害の境界が不鮮明であるような問題も発生するようになると、

国民に対し個々人の行動を改めていかねばならないという認識・自覚が求められるようになった。例えば一般家庭からの汚水は生活するうえでその発生を避けられないのだが、首都圏を背後に控える東京湾においては、産業排水の対策はかなりなされてきたが、生活排水は対策の進まぬまま量も増加し、産業排水より生活排水の方が海水の汚濁に寄与している状態である。

そのため国や地方公共団体では、テレビ・新聞・ポスター・パンフレットなどを通じた広報活動や付属研究機関での研究発表会の開催などで、一般市民へ情報を提供しているほか、自然に親しむための各種行事を催して市民の関心を高めている。また学校教育でも、環境保全の重要性や人の健康と環境との関わりなどを学習できるようカリキュラムが組まれている。

#### J) 環境保全・公害防止への誘導策

環境保全・公害防止に関してB) C) で触れたような目標や規制が定まっているものの、本当に肝心なことはそれらがいかに守られ達成されていくかということにほかならない。公害発生源となりうる事業所ではそのためにはある程度の資金投資を要されるのであるが、生産物に価値を移転することのないそうした公害防止施設への投資は、外部不経済の考えから十分な対応を期待することは難しい。従って環境保全・公害防止への誘導策がとられる必要がある。代表的な例は融資制度、税制優遇措置(表3-4)、そして共同事業化である。

##### a) 融資制度

融資制度は、企業が公害防止施設の設置や工場の適地への移転などにより公害を防止しようという場合、必要となる資金を公害防止事業団、中小企業金融公庫、国民金融公庫、中小企業事業団、日本開発銀行、北海道東北開発公庫、農業漁業金融公庫、金属鋳業事業団、沖縄振興開発金融公庫、都道府県を通じて、有利な条件で融資を受けることが出来るというものである。どこから融資を受けられるかは、公害防止対策の形態や企業の性格に依っている。公害防止事業団による融資事業は累計で、1965年の創設以来1974年までに1、894件(2、332億円)、1989年までに5、108件(7、597億円)となっており、更に増加するとみられている。

表 3 - 4

環境対策と助成措置

環境対策	大気汚染防止対策										汚水処理施設	騒音防止施設	振動防止施設	悪臭処理施設	産業廃棄物処理施設	工業用水道転換施設 (地盤沈下対策)	工業用水使用合理化施設	廃棄物の再生利用	工場立地(同利用建物) (公害移転共)	工場環境整備	公害防止事業費事業者負担金	公害防止技術の開発	
	硫酸酸化物	ばいじん	有害物質	特定物質処理施設	粉じん防止施設	緊急用燃料貯留施設	無公害工程転換	液化ガス受入施設	オゾン層保護対策設備	適合車取得促進													軽油脱硫設備
助成制度	中小企業金融公庫 (産業公害防止貸付)	○	○	○	○	○			○	○													
	国民金融公庫 (産業公害防止施設等整備資金貸付)	○	○	○	○	○			○	○													
	中小企業設備近代化資金	○	○	○	○	○																	
	中小企業事業団 公害防止事業団 (注1)	○	○	○	○	○	○			○	○										○		
	日本開発銀行 (環境対策枠等)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○												
	北海道東北開発公庫	○	○	○	○	○	○	○			○												
	沖縄振興開発金融公庫	○	○	○	○	○	○	○			○												
税制	特別償却率	18/100				18/100 (指定のみ)			18/100	30/100 又は 7/100 の額控除	30/100 又は 7/100 の額控除	18/100	18/100			18/100	15/100			14/100			
	耐用年数の短縮	○			○							○											
税制	固定資産税(減免)	非課税										非課税	1/2課税		1/3	非課税 (一部 1/6課税)	1/4課税					3年分 3/5課税 2/3課税	

(注1) 本年10月から「環境事業団」と名称変更する予定。

(注2) 自動車税1/2課税, 取得税1%軽減

出典: 産業公害 第28巻第5号、(社)産業公害防止協会

夏目健夫(前通商産業省立地公害局)

『公害防止対策のための金融措置・税制措置』

## b) 税制優遇措置

税制上の優遇措置は以下のような内容となっている。

### ◇特別償却制度

公害防止用施設、工業用水道などへの転換設備、廃棄物再生処理用設備について、その取得の際に、取得価額に一定の割合を乗じた相当額の特別償却を認めている。

### ◇公害防止施設の保有に対する課税の特例

各種公害防止施設の保有に対し、非課税あるいは税率軽減などの課税の特例措置が採られている。

### ◇耐用年数の短縮

ばい煙処理用施設及び汚水処理用施設の償却資産について、通常の耐用年数に比較して相当程度の耐用年数の短縮が認められている。

### ◇土地など事業資産の買い換えの特例税制

工場と住宅とが混在するような地域では、大気汚染、水質汚濁、騒音、振動、悪臭などが発生したときに人々の生活に深刻な影響を与え易い。そのためこのような工場が、公害の発生していない地域として定められている地域に移転するに伴い、土地・建物を譲渡したことで得た利益に対し、課税の軽減措置を講じて工場移転を促進していくものである。

### ◇低公害自動車の取得における税率の軽減

大気汚染防止のため、最新の規制適合車、電気自動車、メタノール自動車の購入・保有に対する税率が軽減されており、それらの普及・拡大を狙っている。

## c) 共同事業化

企業における公害防止のための設備の設置・管理・維持は、そのための新たな土地・費用・人材が必要となり、特に中小企業にとってはその負担は小さくない。そこで、個々の中小企業にとっての負担を軽減させるために、わが国の中小企業対策の一つである共同事業化がここでも活かされており、共同での公害防止装置の建設・所有・運転が行われている。共同事業化の実施については中小企業者の自主的努力に負っているが、前掲の融資制度では共同で使用する公害防止設

備に対する融資枠が設けられており、共同化に伴う工場移転に対する融資制度もあるなど、企業が公害防止の共同事業に取り組みやすい条件が整えられている。

実際の共同処理事業のほとんどは企業が独自に進めているが、行政による市街化開発にあたって、この共同事業化策が取り入れられた例が横浜市に見られる。横浜市では工場と住宅とが混在した地域での市街化開発のため、埋立地内の工業団地への工場移転を行った。その際、メッキ業や染色業など、工場排水を下水処理場へ流す前に下水道法の規定により特別な前処理が必要になる業種においては、業種毎に組合を組織させた。これは技術の向上や経営の多角化が進め易いだけでなく、共同の処理施設は公害防止事業団からの融資が個別施設よりも有利に受けられ、設備の設置・排水処理効率・管理にあたる職員の人件費などの面でもスケールメリットが働くためである。建設費用・維持管理費は企業負担を原則とするが、市が施設の建設を行い、施設の所有者となつて、市の下水道局が委託を受けて運転管理をしている。行政側にとってのメリットは、これまで排水処理の必要な工場の施設の維持管理を巡回・指導していたが、その監視業務を集中して行えるようになったため、効率よく綿密な指導が出来ることである。

なお、中小企業に対する技術指導に関しては、公害防止巡回技術指導事業が別途行われており、公害防止に関連する技術上の問題点の究明や製造行程の改善などについて、技術指導を図っている。

#### d) その他

リサイクルに関しては、これまでどちらかという市民レベルでの活動が活発であったが、行政サイドからの誘導策として厚生省が企業・地方公共団体・一般市民に対するリサイクル補助金制度を始めて好評を得ており、今後も大いに役立って行くと思われる。

また、経済的インセンティブに加えてノウハウの提供という意味で、昨年9月、通商産業省により発表された企業向けリサイクルマニュアルは注目される。これは昨年のリサイクル法施行をうけて、不経済・不効率と思われがちなりサイクルの正しい認識と、その促進を図るものである。

以上のような誘導策は、規制を課するという対策と補完関係をなしてきた。昨

年秋に新たに自動車からの窒素酸化物の総量規制が出されたときには、産業界や地方自治体の方から、省エネ自動車を導入しやすくするような融資や税制優遇措置を構じるよう要求が出されている。

## K) 補償

公害によって健康を害された場合、被害者は自らの落度があったわけではないので、加害者との交渉や訴訟によって損害賠償をうけるのは当然の権利である。しかし訴訟で健康障害の因果関係や加害者の故意・過失という違法性を証明することは難しく、資金的・時間的に犠牲を強いられることから、行政的に適切で迅速な救済措置を採ることが望ましい。

こうした措置は現在見るような法律が整う以前に、地方自治体で行われていた。四日市喘息・熊本水俣病・新潟水俣病・イタイイタイ病の際の県・市費による医療費や見舞金などの給付である。その後、公害対策基本法に基づいて「公害に係わる健康被害の救済に関する特別措置法」が1969年に制定されたが、救済措置が不十分であるとの批判があり、「公害健康被害補償法」が1973年より施行されることとなった。これは民事上の損害賠償責任を踏まえ、汚染物質の排出原因者の費用負担により、健康被害者に対する補償給付などを行うものである。対象となる疾病は、著しい大気汚染があると認められた地域に一定期間住んだことによる気管支喘息などの疾病と、環境汚染と特異的な関係がある水俣病・イタイイタイ病・慢性ひ素中毒症のような疾病の2種類がある。

前者の大気汚染による疾病については、大気中の硫黄酸化物濃度が以前に比べかなり低下し、必ずしも大気汚染と疾病と間に因果関係があるとは言い難いなど大気汚染の態様の変化を踏まえ、1988年、「公害健康被害の補償などに関する法律」と改正され、現在は新たな認定は行っていない。既認定者数は約97,000人(1991年12月)であり、療養費・損害補償費などの補償給付や、リハビリテーション・転地療養などの公害保険福祉事業などが実施されている。これらにかかる費用は、汚染者からの負荷量賦課金と自動車重量税とで8対2で賄われている(事務処理費は公費負担)。この賦課金及び自動車重量税は最近話題に取り上げられている環境税と性格の一致するものである。また、新規認定が無くなると同時に、新たに大気汚染の影響による健康被害を予防するための事業

が実施されることとなった。事業は、公害健康被害補償予防協会が行う調査研究・知識の普及・研修と、地方公共団体と公害防止事業団が行う健康診査・施設整備などがある。

後者の特異的な疾病については、患者の認定をめぐって今もなお問題が取り上げられているが、現在の認定数は約2000人である。原因物質と健康被害との関連が明らかであるため、原因物質を排出した事業者が補償給費に要する費用の全額を負担している。

この制度による救済は、世界的にみれば画期的であったが、認定されるのが厳しく、給付金が不十分であるなど、公害被害者にとっては決して満足行くものではなく、問題は多い。また、公害の原因企業に対し賠償責任を追及する住民運動が起こりにくくなり、一方企業としては予め定められた一定額の汚染負荷量賦課金を支払うことで、それ以上の責任追及を免れるとの批判もなされている。

#### L) 主な公害防止関連組織

これまで述べてきた公害防止政策を実施する上で、政府及び地方公共団体が様々な組織を作っている。政府の組織は以下の通りである。

##### a) 研究機関

###### ◇国立環境研究所（環境庁）

大気の汚染、水質の汚濁、騒音などが人の健康、生活環境及び自然環境に及ぼす影響の研究、監視測定方法の研究などを行うほか、環境に関する資料の収集、提供を行う。

###### ◇国立水俣病研究センター

水俣病に関する医学的な調査・研究を行う。

###### ◇資源環境技術総合研究所（通商産業省工業技術院）

資源・エネルギーの開発・有効利用、産業公害防止に関する研究などを行う。

##### b) 特殊法人

###### ◇公害防止事業団



生活環境の維持改善及び産業の健全な発展のために、大気汚染対策緑地・国立公園施設などの建物譲渡業務、工場移転要理の造成譲渡業務、産業公害防止施設の設置に対する融資業務などを行う。

◇公害健康被害補償予防協会

大気汚染または水質汚濁の影響による健康被害者の補償に必要な費用を汚染原因者から徴収し、都道府県などに納付すると共に、大気汚染の影響による健康被害を予防するために必要な業務とそのための地方公共団体への助成を行う。

c) 審議会

◇中央公害対策審議会

内閣総理大臣、環境庁長官または関係大臣の諮問に応じ、公害対策に関する重要事項を調査審議し、これらの事項に関し、内閣総理大臣、環境庁長官または関係大臣に意見を述べる。

◇瀬戸内海環境保全審議会

環境庁長官または関係大臣の諮問に応じ、瀬戸内海の環境の保全に関する重要事項を調査審議し、これらの事項に関し、環境庁長官または関係大臣に意見を述べる。

◇公害健康被害補償不服審議会

公害健康被害に係わる認定または補償給付の支給に関する処分に不服がある者の審査請求の事件を取り扱う。

◇臨時水俣病認定審議会

環境庁長官の諮問に応じ、水俣病の認定に関する処分に際し意見を述べる。

d) 委員会

◇公害等調整委員会

公害に係わる紛争の迅速かつ適正な解決を図るとともに、鉱業、採石業または砂利採取業と一般公益等との調整を図る。

### 3. 2. 2 大気汚染・水質汚濁対策の体系

大気汚染対策については、大気汚染防止法、道路運送車両法、道路交通法、電気事業法、ガス事業法などが定められているが、ここでは特に中心的存在である大気汚染防止法について簡単に紹介する。

この法律の中で、あるいは関連する政令において、規制対象物質、汚染物質の総量規制基準を定めるべき地域などを規定している。ばい煙の排出基準、粉じん発生施設の管理基準、自動車排出ガスによる大気汚染の限度等を定めるのは総理府令、自動車排出ガスの許容限度を定めるのは環境庁長官、政令で指定されたばい煙の総量削減計画、総量規制基準を定めるのは都道府県知事である。知事はさらに、特に必要と判断された場合には環境庁長官に通知した上で、より厳しい排出基準を定めることが出来る。（表3-5）

こうして基準が定まると、事業者がそれらを遵守するよう指導・命令していくのは都道府県知事に任される。すなわち、事業者はばい煙・粉じんを発生させる施設を設置するときには知事に届け出なければならず、それが不適切な設備であれば知事は計画の変更を命令することが出来る。自動車排出ガスによる大気汚染が激しい場合には、知事は都道府県公安委員会や道路管理者等に交通規制を要請することが出来る、といった具合である。

水質汚濁対策については、水質汚濁防止法を柱として、特殊な水環境にある水域に対しては瀬戸内海環境保全特別措置法、湖沼水質保全特別措置法などがある。

水質汚濁防止法では政令で決められた有害物質・生活環境項目（カドミウム等）・指定項目（COD等）について、全国一律の排水基準がすべての公共用水域に対し総理府令が定めるものとしている（表3-6）。特別に指定された水域では内閣総理大臣が定める総量削減基本方針に基づき、都道府県知事は関係市町村町の意見を交えつつ総量削減計画を作成し、内閣総理大臣の承認を受けなければならない。また知事は、地域の状況と照らして条例によって上乘せ排水基準を定めることが出来る。

大気汚染対策と同様、これら基準遵守の指導・計画遂行の推進は知事の任務である。つまり、不適切な排水施設の設置計画の計画変更命令を出したり、排水基

表 3-5

工場及び事業場から排出される大気汚染物質に対する規制方式とその概要

物質名	発生の形態	規制対象施設	規制方式と規制概要	
ば	硫酸化合物 (SOx)	ボイラー、焙焼炉などにおける重油、鉱石などの燃焼	ボイラー等 ①一般排出基準 $k=3.0\sim 17.5$ ②特別排出基準 $k=1.17\sim 2.34$ (Kは、地域ごとに設定) ③季節による燃料使用基準 S分0.5~1.2%の範囲内で地域ごとに設定 ④総量規制基準 (工場等ごとに設定)	
	ばいじん	同上及び電気炉の使用	ボイラー、電気炉等 ①一般排出基準 $0.05\sim 0.50\text{g}/\text{Nm}^3$ ②特別排出基準 $0.03\sim 0.25\text{g}/\text{Nm}^3$ (施設の種類及び規模によって異なる。)	
い	有害物質	カドミウム (Cd) カドミウム化合物	物の燃焼、合成分解等の化学的処理	銅、亜鉛、鉛の精錬用の焙焼炉、転炉、溶解炉等 $1.0\text{mg}/\text{Nm}^3$
		塩素 (Cl <sub>2</sub> ) 塩化水素 (HCl)	同上	塩素化エチレン製造用の塩素急速冷却施設、化学製品製造用反応施設等 塩素 $30\text{mg}/\text{Nm}^3$ 塩化水素 $80\text{mg}/\text{Nm}^3$ (廃棄物焼却炉 $700\text{mg}/\text{Nm}^3$ )
	煙	弗素 (F) 弗化水素 (HF) 等	同上	アルミニウム精錬用電解炉ガラス製造用焼成炉等 $1.0\sim 20\text{mg}/\text{Nm}^3$ (施設の種類によって異なる。)
	鉛 (Pb) 鉛化合物	同上	銅、亜鉛、鉛の精錬用の焙焼炉、転炉、溶解炉等 $10\sim 30\text{mg}/\text{Nm}^3$ (施設の種類によって異なる。)	
	窒素化合物 (NOx)	同上	大規模のボイラ、金属加熱炉、石油加熱炉等 ①排出基準 $60\sim 950\text{ppm}$ (施設の種類及び規模によって異なる。) ②総量規制基準 (工場等ごとに設定)	
粉じん	一般粉じん (特定粉じんを除く粉じん)	鉱石、土砂等の破砕、選別、その他の機械的処理、堆積	コークス炉、堆積場、ふるい、ベルトコンベア等の一般粉じん発生施設 一般粉じん発生施設の構造、使用、管理の基準による規制 (集じん機、カバーフードの設置、散水機による散水など)	
	特定粉じん (石棉)	石棉の破砕、混合、その他の機械的処理	解綿機、混合機、切断機、研磨機等の特定粉じん発生施設 事業場の敷地境界における濃度が $10\text{本}/\text{l}$	

(備考) 1 特別排出基準は、汚染の著しい地域の新增施設について適用。  
2 ばいじん及び有害物質については、都道府県は条例で国の基準より厳しい上のせ基準を設定することができる。

出典：環境行政ハンドブック、ぎょうせい

表3-6

## 排水基準（濃度基準）

	水質項目	一律排水基準 (総理府令)
健康項目	カドミウム・化合物	0.1 mg/l
	シアン化合物	1 "
	有機リン化合物	1 "
	鉛・化合物	1 "
	六価クロム化合物	0.5 "
	ヒ素・化合物	0.5 "
	水銀・アルキル銀・化合物	0.005 "
	アルキル水銀化合物	検出されないこと
	PCB	0.003 mg/l
	トリクロロエチレン	0.3 mg/l
テトラクロロエチレン	0.1 mg/l	
生活環境項目	水素イオン濃度(PH)	5.8~8.6 (但し海域は5.0~9.0)
	BOD	160mg/l (日間平均120mg/l)
	COD	160 " ( " )
	SS	200 " ( " 150 )
	ノルマンヘキササン抽出物質 (鉱油)	5 "
	" (動植物油脂)	30 "
	フェノール類	5 "
	銅 含有量	3 "
	亜鉛 "	5 "
	溶解性鉄 "	10 "
	溶解性マンガン "	10 "
	クロム "	2 "
	フッ素 "	15 "
	大腸菌群数	日間平均3,000個/cm <sup>3</sup>
窒素含有量	120mg/l (日間平均60mg/l)	
磷含有量	16mg/l (日間平均8mg/l)	

(注) 窒素含有量及び磷含有量については、富栄養化するおそれのある湖沼及びこれに流入する公共用水域についてのみ適用される。

出典：環境行政ハンドブック、ぎょうせい

準の守られていない事業所に対し改善命令を出したりする権利を有している。

生活排水対策においてはさらに地方分権化されている。対策事業の実施は都道府県に責任がおかれ、生活排水処理施設の整備は市町村レベルで行うこととされている。生活排水の排出者に対する指導や助言も、市町村町から出される。

### 3. 2. 3 廃棄物対策の体系

我々が日々展開している日常生活、生産活動は必ずごみの発生を伴い、経済発展を遂げるとともに急増してきた。人々の生活に密着しているだけに、先進国・発展途上国を問わず緊急の課題と捉えられている。

わが国では「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」によって、一般廃棄物と産業廃棄物とに分類されている。産業廃棄物とは事業活動にともなって生じた廃棄物、一般廃棄物はそれ以外、すなわち各家庭からの生活系廃棄物とオフィスからの事業系廃棄物を指す。（放射性廃棄物は除く。）

一般廃棄物は、市町村が処理計画を定め、収集・運搬・処分しなければならない。収集した廃棄物のうち、27%はそのまま、73%は償却した後埋立処理されている。1988年の総排出量は13万t/日以上であった。

産業廃棄物の処理は、各事業所に処理責任があるが、都道府県知事の許可を得た産業廃棄物処理業者が行うこともある。（場合によっては市町村または都道府県も行う。）1987年のデータによると、約40%が再資源化されている。1985年の総排出量は85万t/日であり、そのうち36%は排水処理の後に残る汚泥であった。最終処分は埋立と海洋投棄の2方法があり、埋立による処分場は廃棄物の環境への影響の度合により3類型（有害な廃棄物用の遮断型、生活環境保全上の支障を及ぼす恐れのない廃棄物用の安定型、それら以外で生活環境保全のための措置を要する廃棄物用の管理型）に区分されている。それらの設置者と設置数は1981年のデータによれば事業者が296、処理業者が545、公共関与のものが93であった。

一般廃棄物・産業廃棄物ともに、都道府県知事または市町村長はそれら処理施設の管理者に運搬・収集・保管・処理等について報告を求めたり、立入検査を行ったりすることができ、都道府県知事は産業廃棄物の不法処理について、市町村

長は一般廃棄物の不法処理について、必要な対策を講じるよう命ずることができる。

## 4章 工業プロセスと環境対策方法





第4章 工業プロセスと環境対策方法

各業種における環境保全上の主要な留意項目

ここでは、鉄鋼業、セメント業、石油化学工業、肥料工業、紙・パルプ業、繊維・染色業及び金属加工業において、その事業活動により発生する不要物の処理、処分及び再利用の方法等について示す。表4-1に各業種において環境を保全する上で対策が必要となる項目を示す。

表4-1 各業種における環境保全上の主要な留意項目

排出物の種類 業種		全 体			大 気 質			水 質		廃 棄 物	
		大気	水質	廃棄物	一般項目	粉じん	有害物質	一般項目	有害物質	固体	液体
鉄鋼	製鉄	○	○	○	○	○	△	○	○	○	△
	製鋼	○	○	○	○	△	△	△	△	○	△
セメント		○	×	×	○	○	×	×	×	×	×
石油化学	エチレン	○	○	△	○	×	×	△	○	△	△
	樹脂類	○	△	△	△	×	○	△	×	△	△
	合成ゴム	△	△	△	△	×	×	△	×	△	△
肥料		○	△	○	△	×	○	△	×	○	×
紙・パ	製紙	○	○	△	○	×	×	○	×	△	△
	パルプ	○	○	○	○	×	○	○	×	○	△
繊維・染色	繊維	○	△	△	○	×	×	△	×	△	△
	加工	○	△	△	○	○	×	△	×	△	△
	染色	○	△	△	○	×	×	△	×	△	△
金・加	金属製品	○	○	△	○	×	×	○	×	△	△
	めっき	○	○	○	○	×	×	○	○	○	△

注) 表中の凡例の内容は以下のとおりである。

大 気 { 一般項目: SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、ばいじん

有害物質: Cd、Pb、F及びこれらの化合物、Cl<sub>2</sub>、HCl

水 質 { 一般項目: pH、BOD、COD、SS、nヘキサン、フェノール、Cu、Zn、Fe、Mn、Cr、F、大腸菌、窒素、リン

有害物質: Cd、CN、有機リン、Pb、Cr<sup>6+</sup>、As、Hg、7μgHg、PCB、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン

廃棄物 { 固 体: スラグ、ダスト、スラッジ等

液 体: 廃油、廃酸、廃アルカリ

○: 排出物が大量、または有害物質を含むため処理施設が特に必要。

△: 排出物の処理施設が必要。

×: 排出物は発生しても低濃度でかつ少量である。

1 鉄鋼業

1-1 環境問題の所在

鉄鋼の生産工程は多岐にわたっており、生産設備も大規模で、大量のエネルギーが使用されている。従って、そのままでは公害の発生に結びつく多種類の環境汚染物質、廃棄物、騒音が発生する。そのため、大気汚染、水質汚濁、廃棄物及び騒音等に対する広範囲な対策が必要となる。表4-1-1及び図4-1-1に主要な生産工程からの排出物を示し、以下に主要な工程について示す。

表4-1-1 主要な生産工程からの排出物

製造工程	排出設備	排 出 物 質												
		大 気					水 質					廃 棄 物		
		SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	ばいじん	粉じん	有害物質	SS	COD BOD	油分	酸 アルカリ	有害物質	固体	油分	酸 アルカリ
事前処理	原料ヤード				○		○							
	焼結炉	○	○	○	○									
	コークス炉	○	○	○	○		○	○			○			
銑鉄	高炉				○							○		
	洗浄施設			○			○					○		
製鋼	転炉			○	○		○					○		
	電気炉			○	○							○		
	洗浄施設				○		○		○			○		
造塊	鑄型		○		○									
分塊	均熱炉	○	○	○										
	圧延				○		○		○			○		
連続鑄造	鑄造装置				○		○		○			○		
熱間圧延	加熱炉	○	○	○										
	圧延				○		○	○	○			○		
冷間圧延	脱脂酸洗						○	○		○		○	○	
	圧延		○		○		○	○	○					○
	加熱炉	○	○	○								○		
表面処理	めっき						○	○	○			○		○

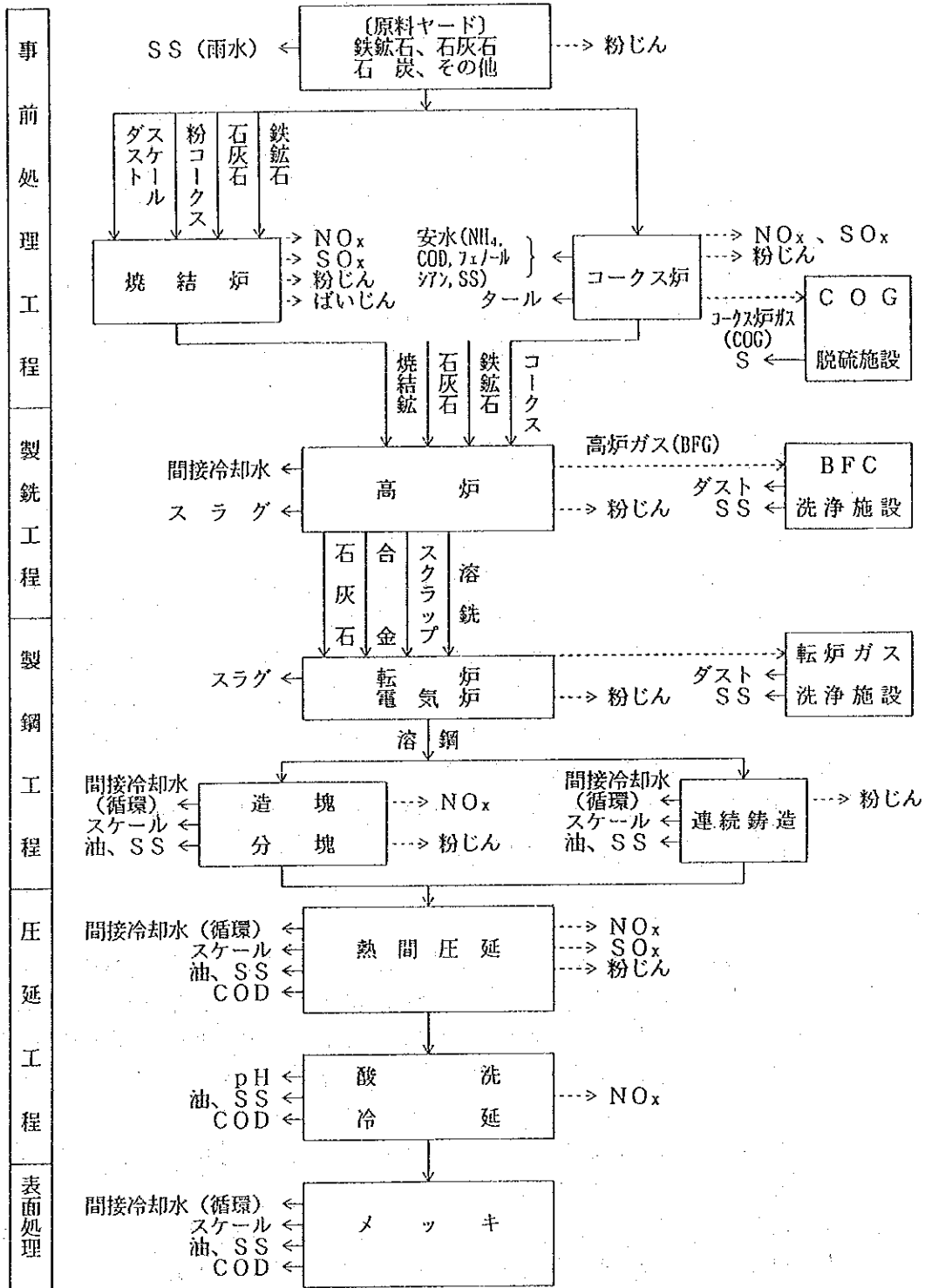


図4-1-1 一貫製鉄所の製造工程と排出物

### 1-1-1 事前処理工程

荷揚げされた鉄鉱石はいったん貯蔵した後、塊状の鉱石は破碎・ふるい分け設備において高炉に適した粒度に調整される。粉状の鉄鉱石はそのままでは高炉での使用が困難なため焼結炉で粉コークス、粉石灰等と混合した後焼き固める。焼結炉排ガスには鉄鉱石、コークスに由来する硫黄酸化物( $SO_x$ )やダスト等が含まれているので、それらの除去が必要である。本工程は発じんの多い工程であるため、各所に散水設備、集じん設備等を備える必要がある。

石炭はコークス炉で乾留してコークスにしてから使用するが、この際コークス炉ガス(COG)と、有機物等を高濃度に含む安水(アンモニア水)が発生する。コークス炉ガスは所内の燃料として使用されるが、この際、ガス中の硫化水素( $H_2S$ )が $SO_x$ となるため事前に脱硫することが望ましい。また、コークス炉体からは粉じん等が漏出する場合もある。

### 1-1-2 製鉄工程

焼結鉱、整粒鉱及びコークス等を高炉(溶鉱炉)に装入し、熱風を吹き込んで鉱石をコークスで還元し銑鉄を製造する。日本では高炉のコークス使用量を節約するため、重油の吹き込みが行われていた時代もあったが、石油危機により石油価格が高騰したため、重油の吹き込みは中止され、最近では微粉炭の吹き込みが行われている。高炉から発生するガス(高炉ガス)は、浄化された後所内の燃料として使用される。日本では高炉ガスの浄化はほとんどの場合湿式で行われ、水は循環使用されている。また、高炉からは銑鉄1トン当たり約300kgの高炉スラグが発生するが、日本では、その100%近くが高炉セメントの原料やコンクリート骨材として有効利用されている。

なお、ユーカリなどの成長の早い樹木の豊富な東南アジアやブラジルなどには、これらの樹木から製造した木炭を利用した木炭高炉が一部に存在する。

### 1-1-3 製鋼工程

銑鉄から炭素やケイ素及び硫黄等の不純物を取り除いて鋼にする工程であり、平炉、転炉及び電気炉による方法がある。日本では、平炉は1977年までに生産性の高い転炉に転換されている。転炉では溶銑に酸素を吹きつけて精錬するため、酸化鉄と一酸化炭素を含む高温のガスが発生する。このガス中の一酸化炭素を燃焼させてボイラーで熱を回収し、その後除じんする方式と、そのまま湿式集じんし、その後燃料ガスとして回収する方式とがある。集じん設備で回収される酸化鉄ダストの大半は製鉄原料として再利用され、湿式集じんを行った場合の集じん排水は浄化後、循環使用される。

また、転炉からは鋼1トン当たり約100~120kgの転炉スラグが発生するが、日本ではこのうちの約70%は路盤材等に利用され、残りは埋め立てられている。

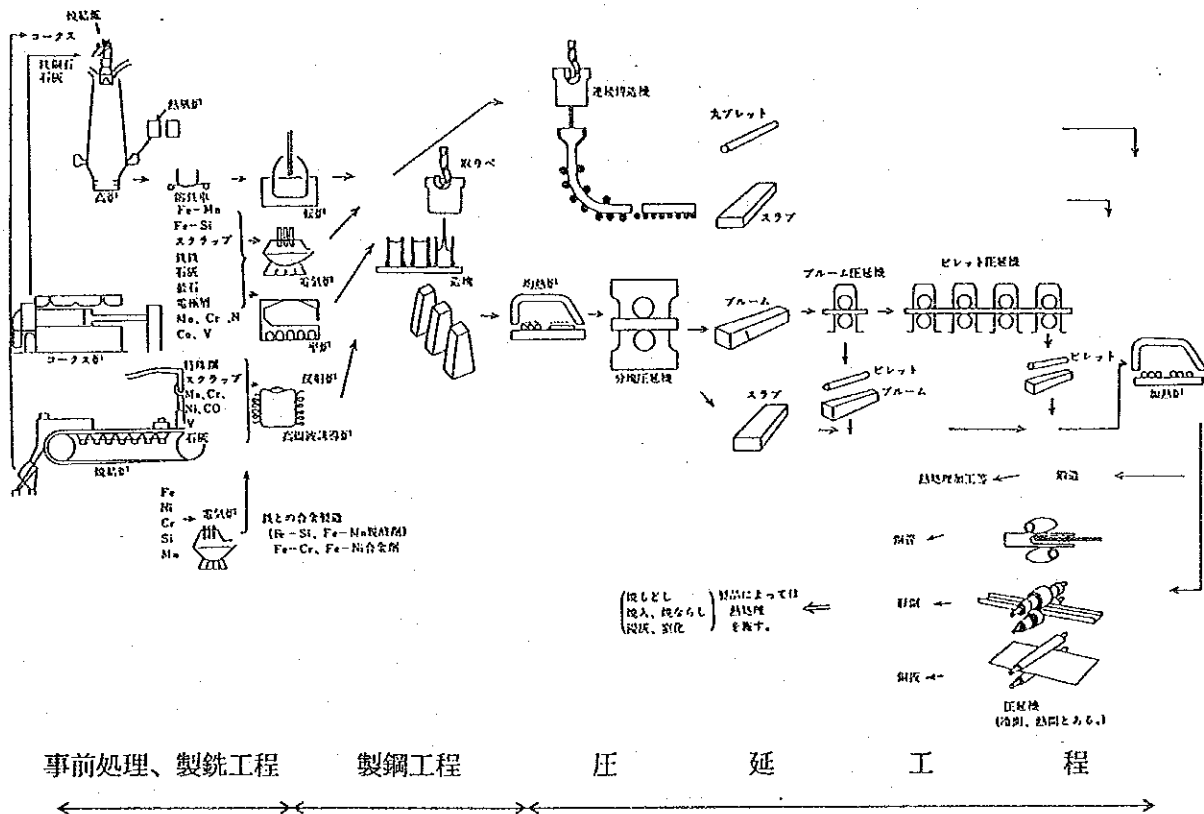
製鋼炉で作られた溶鋼は鋼塊に铸造され(造塊工程)、いったん冷却してから均熱炉で加熱し、分塊圧延機で所定の大さの鋼片に圧延する方法(分塊工程)と、これらの工程を省略して溶鋼から一気に鋼片を製造する連続铸造法とがある。後者は省エネルギーに大きな効果をもたらす。

### 1-1-4 圧延及び表面処理工程

鋼片は熱間圧延、冷間圧延、表面処理等を経て最終製品となる。熱間圧延に先立って、鋼片を加熱する必要がある、この時SO<sub>x</sub>、窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)、ばいじん等が発生する。また、冷間圧延で使用する圧延冷却水は循環使用される。これらの工程からは、酸洗排水、めっき排水、含油排水等の廃液とスケール、廃油、スラッジ等の廃棄物が発生する。

### 1-2 生産工程の概要

鉄鋼業は、鉄鉱石、原料炭、石灰石等を主原料として、高炉による鉄製造を出発点に、製鋼、分塊、圧延、酸洗、めっき等の工程を経て各種の鋼材を製造する。工場としては、これらの多種類の製品及び対応する工程の一部だけを受け持つものと、鉄鉄からの各種製品までを一貫して製造する一貫製鉄所とがある。一貫製鉄所は、各工程ごとに成り立つ工場の集合体ともいえる。図4-1-2に一貫製鉄所での生産工程の概要を示す。



- (1)事前処理工程—原料となる鉄鉱石、石炭、石灰石等の前処理工程。石炭はコークス化し、鉄鉱石は石灰石等を加えて焼結鉱とする。
- (2)製鉄工程—焼結鉱、整粒鉱、コークス等を高炉に投入し、熔融状態の鉄鉄を製造する。
- (3)製鋼工程—鉄鉄を入れた転炉内に酸素を吹き込み、鉄鉄から余分の炭素を取り除いて鋼（はがね）とし、これを鋳型あるいは連続鋳造機に鋳込んで半製品鋼塊（インゴット）または鋼片（スラブ、ブルーム）を製造する。
- (4)圧延工程—スラブ、ブルームを再加熱して圧延機にかけ、鋼板、鋼管、形鋼、棒鋼、線材等に形成する。一部は表面をスズ、亜鉛等で被覆する表面処理を行う

図4-1-2 一貫製鉄所での生産工程の概要

1-3 環境対策方法

1-3-1 大気汚染物質の排出源と処理方法

(1) 排出源

鉄鋼業はエネルギー多消費型産業であり、燃焼に伴って発生するSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>及びばいじん量が多い。また、鉄の原料として鉄鉱石、石炭等を多量に使用するため、粉じんの発生量も多い。

一貫製鉄所の各プロセスから発生する大気汚染物質を図4-1-3に示す。この中でSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>の主要な発生源は、事前処理工程（焼結炉、コークス炉）、製鋼工程（均熱炉）、熱間圧延工程と冷間圧延工程の加熱炉等であり、粉じん・ばいじんの主要な発生源は事前処理工程（焼結炉、コークス炉）、製鉄工程の高炉、製鋼工程（転炉、電気炉、分塊圧延、連続鋳造）及び圧延工程等である。なお、鋳物工場では、鋳型ばらし施設（シェークアウトマシン）、ショットブラスト、サンドブラスト及び鋳物砂処理施設等から珪砂、石炭微粉等の粉じんが発生する。

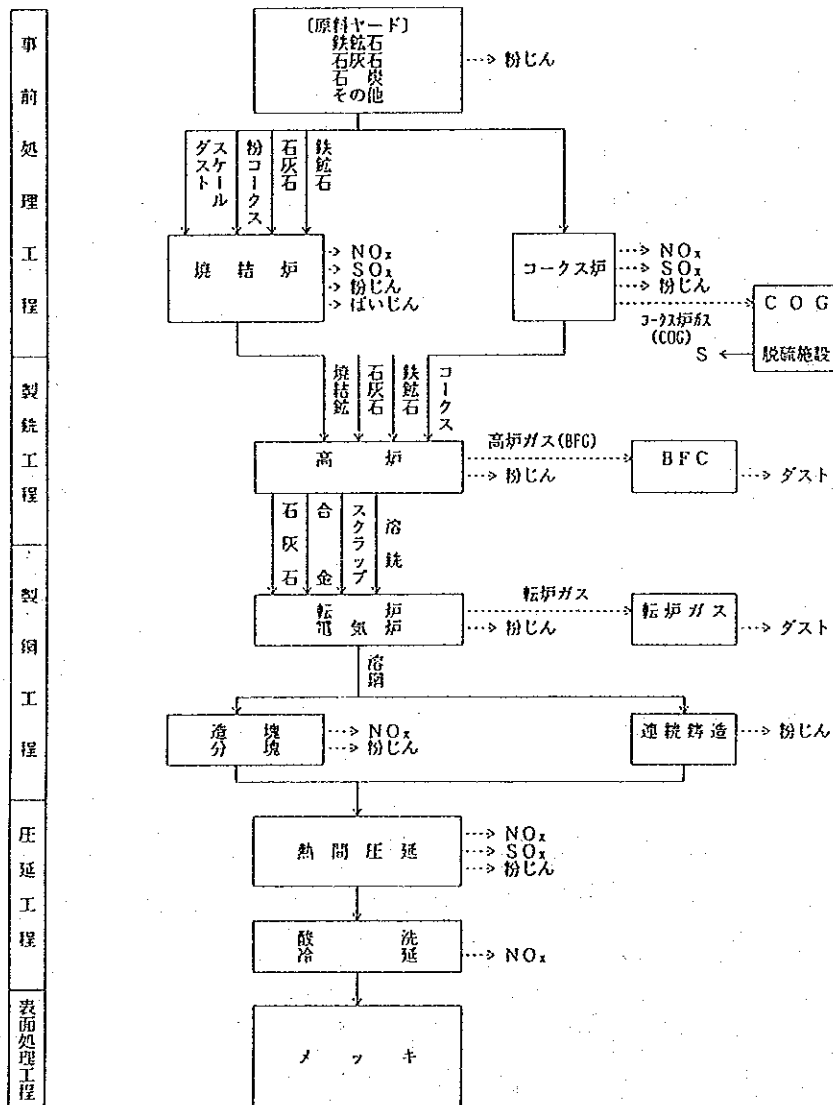


図4-1-3 一貫製鉄所の各プロセスから発生する大気汚染物質

(2) 処理方法

1) SO<sub>x</sub> の処理方法

SO<sub>x</sub> 発生量の低減方法については、どの発生源でも同じであるが、SO<sub>x</sub> は燃料中の硫黄分が燃焼することにより発生するため、次の3つの対応策が考えられる。

- ①使用燃料・原料中の硫黄分が少ないものを使用する
- ②省エネルギーによる燃料の節減
- ③排ガスの脱硫

鉄鋼業においては、以下に示すような対策を取ることができる。

- ①焼結用鉄鉱石の低硫黄化
- ②燃料の低硫黄化（低硫黄分の重油への転換、石炭の低硫黄化  
LPG、LNG等クリーンガスの導入）
- ③省エネルギーによる燃料の節減  
(熱効率向上による省エネ、製鉄所で発生する可燃ガス回収率を  
上げて燃料油使用を削減)
- ③焼結炉排ガスの脱硫
- ④コークス炉ガスの脱硫

焼結炉排ガスの脱硫及びコークス炉ガスの脱硫方法の例を表4-1-2に示す。

表4-1-2 焼結炉排ガスの脱硫及びコークス炉ガスの脱硫方法の一例

脱 硫 方 法	型式	方 式	副 製 品
焼 結 炉 排 ガ ス の 脱 硫 (SO <sub>2</sub> の除去)	乾式	活 性 炭 法	硫 酸
	湿式	水酸化マグネシウム法	—
		ア ン モ ニ ア 法	硫 安
石 灰 石 こ う 法		石 こ う	
コークス炉ガスの脱硫 (H <sub>2</sub> S の除去)	湿式	F u m a x 法	硫 黄

2) NO<sub>x</sub> の処理方法

NO<sub>x</sub> はNOとNO<sub>2</sub> の総称であり、通常 Thermal NO<sub>x</sub> (空気中の窒素の酸化により発生する。)と Fuel NO<sub>x</sub> (燃料中の窒素の酸化により発生する。)に分類されるが、燃焼によって生成するNO<sub>x</sub> のうち90%以上がNOである。Thermal NO<sub>x</sub> 濃度は燃焼温度、滞留時間、空気比によって変化し、燃焼温度、滞留時間、空気比が低いほどNO<sub>x</sub> の生成が抑えられる。一方 Fuel NO<sub>x</sub> は発生機構の定説が得られていないが、燃料中の窒素分の12~50%程度がNO<sub>x</sub> に変化するといわれている。

NO<sub>x</sub> のこのような発生機構から、NO<sub>x</sub> の発生を抑制し排出を低減させるために以下に示す方法が一般的に取られる。

- ①N含有率の低い燃料を使用する
- ②燃焼域でのO<sub>2</sub> 濃度を低くする
- ③燃焼ガスの炉内滞留時間を短くする
- ④燃焼温度を低くする。特に局所的高温域を無くす
- ⑤排煙脱硝装置を設置する

したがって、最初は燃焼技術の改善により発生するNO<sub>x</sub>を抑制し、これが難しい場合には排煙脱硝装置の設置を行なう。

鉄鋼業においては、以下に示すような対策を取ることができる。

- ①燃料転換（一般に硫黄分の少ない燃料は窒素分も少ないのでSO<sub>x</sub>対策での良燃料への転換はFuel NO<sub>x</sub>の低減にも役立つ。）
- ②コークス炉ガスの脱窒（コークス炉ガスの脱硫でも窒素が同時に除去される。）
- ③燃焼改善（低空気比燃焼、多段燃焼、排ガス循環、水蒸気又は水添加、低NO<sub>x</sub>バーナの採用、製鉄所で発生する可燃ガスの回収率を上げて燃料油使用量の削減等。）
- ④排煙脱硝装置の設置（アンモニア接触還元法）

### 3) ばいじん・粉じんの処理方法

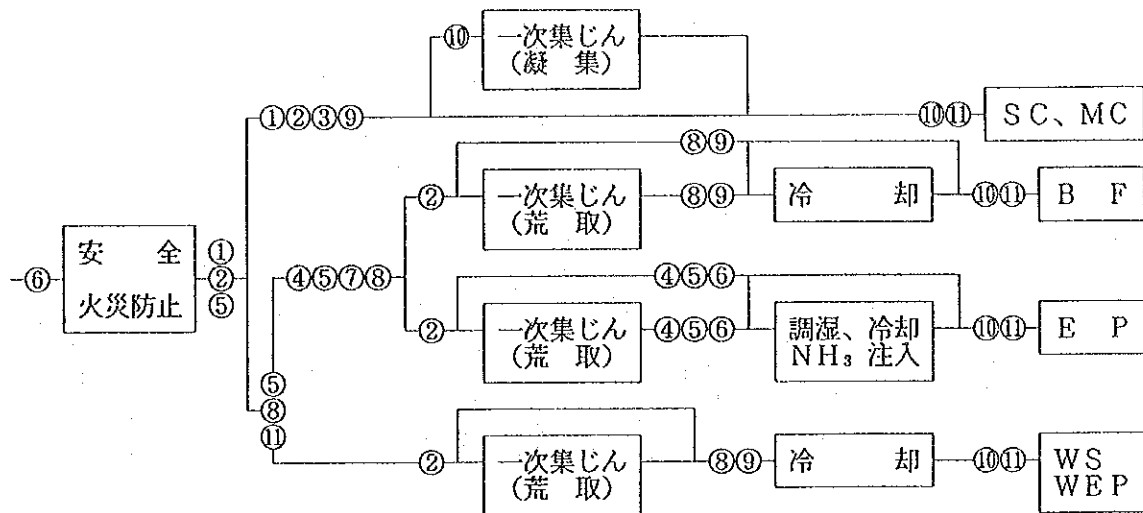
一貫製鉄所のばいじん・粉じんの主要な発生源は、焼結炉、高炉、コークス炉、製鋼工程及び圧延工程等である。

ばいじんは物の燃焼により発生する「すす及び微粒子」等で、除去方法としては、集じん装置を用いる方法が一般的である。

また、粉じんは「機械的処理及び風等により飛散した粒子」で（粉じんの発生施設としては貯炭場、コークス炉、破碎・磨砕機、分級機等がある。）、これらの対策としては貯炭場では散水等、その他の設備では発生箇所フードを取付け粉じんを吸引し、その後集じん装置で処理する方法が一般的である。

集じん装置は種類が多いため、選定に当たっては発生施設の稼働状態、排ガス及びばいじん・粉じんの性質と状態、あるいはその変動等を事前に十分調査し、それらをもとに装置の選定を行う。集じん装置の選定要領を図4-1-4に示す。





- ①粒径分布 ②ダスト温度 ③比重 ④電気抵抗 ⑤ばい煙の成分  
 ⑥安全、無公害 ⑦処理ガス量 ⑧露点 ⑨ガス温度 ⑩基本流速 ⑪集じん率  
 注) (SC:サイクロン、MC:マルチサイクロン、BF:バグフィルタ  
 EP:乾式電気集じん装置、WS:洗浄集じん装置、WEP:湿式電気集じん装置)

図4-1-4 集じん装置の選定要領

粉じん・ばいじん対策実施例を表4-1-4に示す。

表4-1-4 粉じん・ばいじん対策実施例

発生源	汚染物質	処 理 方 法
原料ヤード	粉じん	散水、薬液の散布、防じん壁
ベルトコンベア	粉じん	防じんカバー、散水
破碎機・磨砕機	粉じん	散水、局所的な防じんカバー、囲い形フードを設置し集じん処理
ふるい	粉じん	散水、防じんカバー、囲い形フードを設置し集じん処理、
焼 結 炉	ばいじん	集じん処理
転 炉	ばいじん	集じん処理
電 気 炉	ばいじん	集じん処理
コークス炉	粉じん	集じん処理
高 炉	粉じん	集じん処理

また、鋳物工場の鋳型ばらし施設及び鋳物砂処理施設での集じんは、施設別に集じん装置を設置して行うこともあるが、粉じん発生箇所にはフードを設け、ダクトによって集じん装置(バグフィルタ)に導き処理する場合が多い。図4-1-5に鋳型ばらし施設及び鋳物砂処理施設での集じん例を示す。

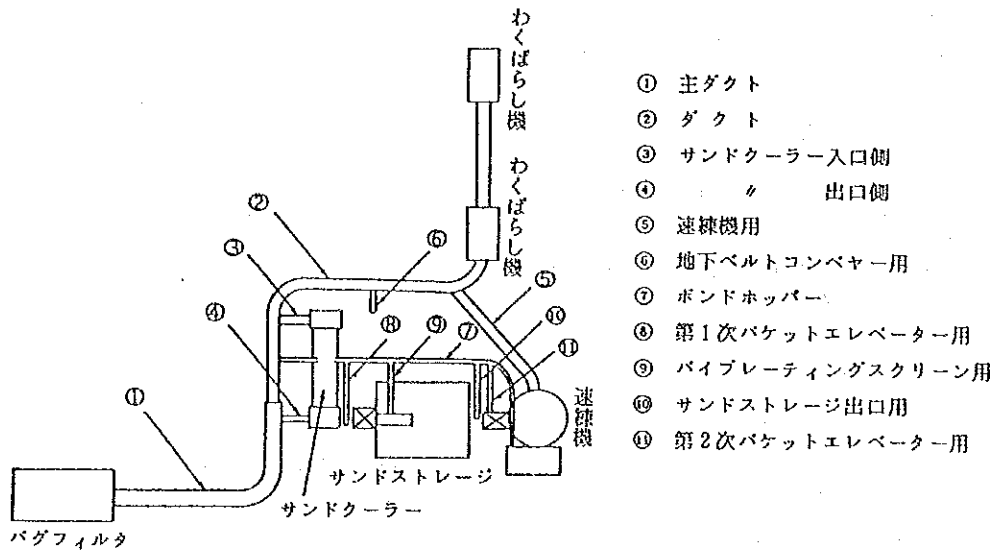


図4-1-5 鑄型ばらし施設及び鑄物砂処理施設での集じん例

### 1-3-2 水質汚濁物質の排出源と処理方法

#### (1) 排出源

鉄鋼の生産工程は原料から製品に至る間の加熱と冷却の繰り返しであり、その冷却はほとんどが冷却用水による水冷である。したがって、冷却水の使用量が圧倒的に多いのが鉄鋼業の水使用の特殊性であり、また、排水は酸洗及び圧延冷却等の工程排水、排ガス洗浄及び湿式集じん水等の汚濁した排水、炉体及びロール等の間接冷却用の汚濁していない排水が量的に多いのが特徴である。

鉄鋼業は大量の水を使用する用水型産業として知られているが、水は基本的には循環使用される。新しく補給される水は系外（蒸発飛散、循環に伴う水質の濃縮防止のためのブロー水、スラッジ含有水分等として循環系から外れる水、配管や水槽からの漏洩水、製品に付着する水）に逃げて行く分の補充として使用される。図4-1-6に一貫製鉄所から排出される水質汚濁物質を示し、表4-1-5に鉄鋼業の工程別排水の特徴を示し、表4-1-6に鉄鋼業の工程別排水量の例を示す。

表4-1-5 鉄鋼業の工程別排水の特徴

排 水	処理対象	汚 染 物 質	C O D 源
コークス消火集じん排水	SS	コークス粉、石炭粉	石炭粉
廃 安 水	COD	フェノール、アソニール、シアン及びコークス粉	フェノール、シアン
焼結炉集じん排水	SS	コークス粉、鉍石粉	無機塩
高炉集じん排水	SS	酸化鉄、コークス、鉍石粉	溶解鉄〔鉄(II)〕
転炉集じん排水	SS	酸化鉄	溶解鉄〔鉄(II)〕
連鑄直接冷却水	SS	酸化鉄、油分	溶解鉄〔鉄(II)〕、油分
分塊集じん排水	SS	酸化鉄、油分	溶解鉄〔鉄(II)〕、油分
熱延集じん排水	SS	酸化鉄、油分	溶解鉄〔鉄(II)〕、油分
冷延含油排水	油分 SS	鉍物油、牛油、パーム油、 植物油のエマルジョン	溶解鉄〔鉄(II)〕、油分
酸洗浄排水	酸	希硫酸又は希塩酸と溶解鉄	溶解鉄〔鉄(II)〕
アルカリ又は電解清浄排水	アルカリ	アルカリ酸ソーダ又はカ性ソーダ	溶解鉄〔鉄(II)〕、油分
メッキ排水	酸、塩類	硫酸亜鉛、硫酸スズ、リン酸塩 ニクロム酸塩	溶解鉄〔鉄(II)〕 無機塩類

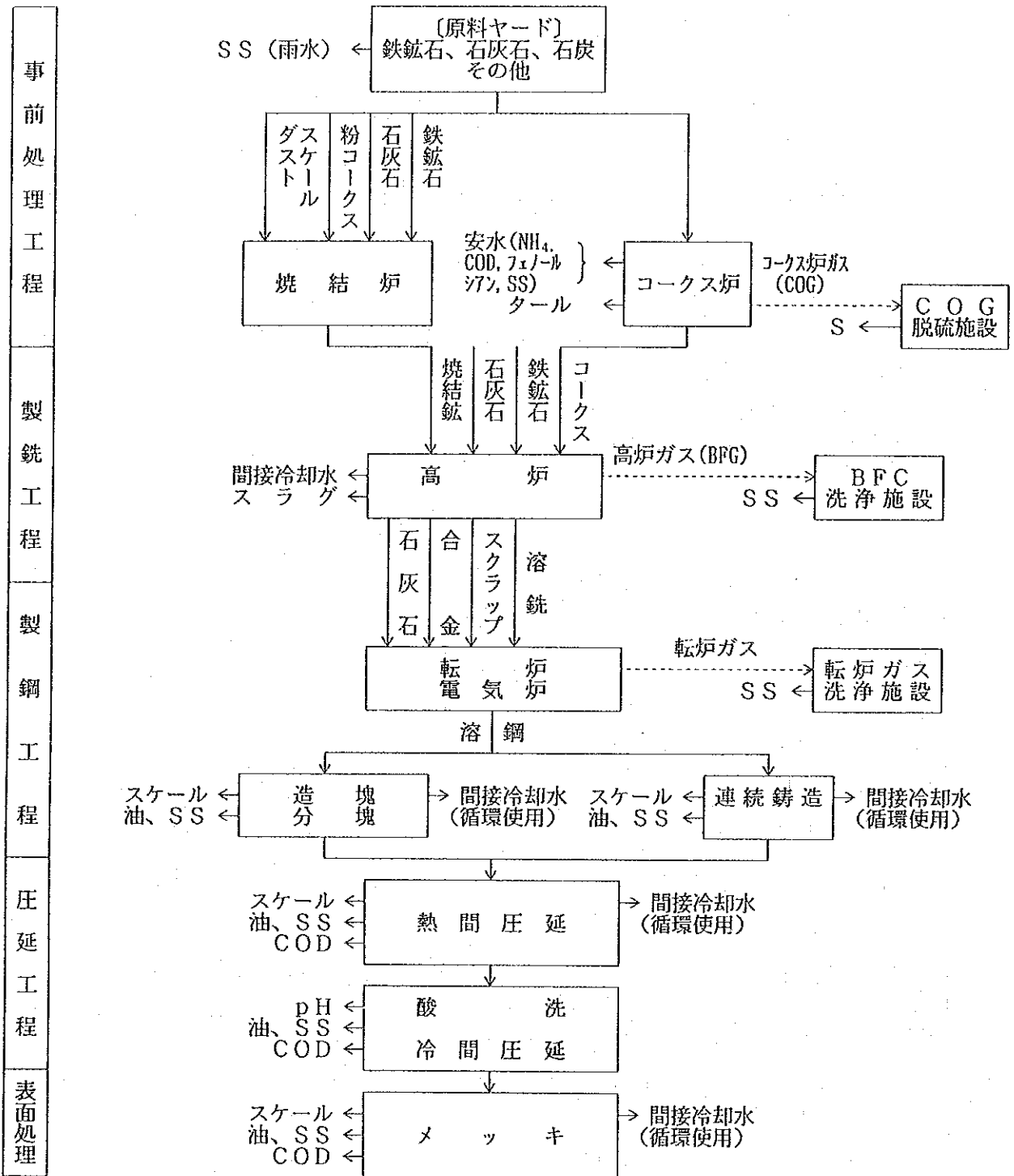


図 4-1-6 一貫製鉄所から排出される水質汚濁物質

表4-1-6 鉄鋼業の工程別排水量の例

(単位：m<sup>3</sup>/日)

排水発生源	排水量の範囲	データ数	排水量の平均
コークス消火集じん排水	8,240～ 24,000	2	16,000
廃安水	4,800～ 8,350	6	6,600
焼結炉集じん排水	9,030～ 16,100	3	13,700
高炉集じん排水	14,400～ 91,200	8	52,000
転炉集じん排水	18,000～ 72,000	7	47,000
連铸直接冷却水	37,000～ 484,000	5	219,000
分塊集じん排水	90,720～ 189,400	4	122,000
熱延集じん排水	200,000～ 573,000	5	378,000
冷延含油排水	4,000～ 10,000	5	6,900
酸洗アルカリ洗浄排水	1,730～ 8,510	11	6,000
メッキ排水	2,500～ 4,800	4	3,800

表4-1-7に鉄鋼業の排水発生源における排水の水質を示す。主要汚濁物質を項目に見た発生源はほぼ以下のとおりである。

- ①SS 熱間圧延工程から排出される酸化鉄粉や集じん機からのダストが主体
- ②油分 熱間圧延工程から排出される圧延油あるいは機械等からの漏洩油及び冷間圧延工程から排出される圧延油が主体
- ③pH 酸洗工程からの低pHの排水及び電解清浄工程からの高pHの排水が主体
- ④COD 酸洗工程排水、電解清浄工程排水、ガス液(安水)及び生活排水が主体
- ⑤BOD 生活排水及びガス液(安水)が主体

表4-1-7 排水発生源における排水の水質

業 種	製 品 名	排 水 発 生 源	排 水 の 質 ・ 量
高炉による製鉄業	高炉銑鉄	コークス炉	<ガス液> pH 9 ~ 9.5 BOD 3,000 ~ 4,000 COD 2,000 ~ 3,500 SS 50 ~ T N 800 ~ 1,000 T P 20 ~ 50 フェノール 1,000 ~ 5,000 珪酸塩 200 ~ 800 シン化物 約40 硫化物 200 ~ 400 遊離フェニール 3,000 ~ 7,000 液量は乾留炭の約10% <ガス洗浄水> pH 9 ~ 9.5 BOD 150 ~ 800 フェノール類 50 ~ 500 シン化物 0 ~ 300 遊離フェニール 500 ~ 2,000 排水量は乾留炭1t当たり 1.5 ~ 5m <sup>3</sup>
		高炉 (製鉄)	高炉ガス洗浄排水 pH 7 ~ 8 SS 500 ~ 3,000 排水量 (鉄1t当たり) 10 ~ 15 水温 40 ~ 50
高炉によらない製鉄業	電気炉銑、木炭高炉銑、小形高炉銑、再生炉銑等	集じん施設等	pH 4 ~ 8 BOD 50 ~ 100 COD 40 ~ 90 SS 500 ~ 3,000 T-N 5 ~ 15 T-P 20 ~ 50 排水量 200 ~ 1,000
製鋼及び圧延業	熱間、冷間圧延製品、特殊鋼、鋼管等	転炉 (製鋼)	転炉ガス洗浄排水 pH 3 ~ 6 SS 2,000 ~ 6,000 排水量 (インゴット1t当たり) 1 ~ 3 水温 40 ~ 60
		圧延施設 酸洗施設 集じん施設	pH 3 ~ 8 SS 500 ~ 1,000 排水量 100 ~ 1,500
製鋼を行わない鋼材製造業 (めっき鋼材を除く)	熱間、冷間圧延製品、伸管、伸鉄等	酸洗施設等	pH 3 ~ 4 SS 70 ~ 200 排水量 100 ~ 400
めっき鋼材製造業	ブリキ、亜鉛鉄板、亜鉛めっき鋼管、めっき鉄鋼線等	酸洗施設等	pH 3 ~ 4 SS 70 ~ 200 排水量 100 ~ 400

注) 水温: °C、pH: 水素イオン濃度指数、排水量: m<sup>3</sup>/日、その他の項目: mg/ℓ

(2) 処理方法

表4-1-8に鉄鋼業の工程別及び発生源別の排水の処理方法を示す。

表4-1-8 鉄鋼業の工程別及び発生源別の排水の処理方法

工 程	発 生 源	処 理 方 法				
		化 学 処 理 法	活 性 汚 泥 法	アモニア トリピン	凝 集 沈 殿 法	中 和 沈 殿 法
前処理工程	原料ヤード				○	
	コークス炉	○	○	○	○	
製鉄工程	高炉（ダスト排水）				○	
	冷 却 排 水				○	
製鋼工程	転炉（ガス洗浄排水）				○	
	連 続 鑄 造 排 水				○	
	分 塊 排 水				○	
	冷 却 排 水				○	
圧延工程	酸 洗 排 水				○	○
	集 じ ん 排 水				○	
	冷 却 排 水				○	
表面処理工程	冷 却 排 水				○	
	酸 洗 排 水				○	○

1-3-3 廃棄物の排出源と処理及び再利用方法

(1) 廃棄物の排出源と種類

鉄鋼業の廃棄物の排出源と種類を表4-1-9に示す。鉄鋼業における廃棄物の排出源は多様で、その種類は大別するとスラグ、ダスト、汚泥類、廃油、その他となる。これらの発生量を表4-1-10に示す。この中ではスラグ類が圧倒的な割合を占めている。

表4-1-9 鉄鋼業の廃棄物の排出源と種類

工 程	廃 棄 物	主 な 性 状
荷揚げ・原料ヤード	集じんダスト	主として鉄鉱石
破碎・ふるい分け	集じんダスト	主として鉄鉱石
コークス炉	集じんダスト	コークス
	タールスラッジ	タール+夾雑物
	余剰活性汚泥	有機汚泥+無機物
焼 結 炉	集じんダスト	焼結粉、各種原料粉
高 炉	高炉スラグ	CaO、SiO <sub>2</sub> 、Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 、MgO等
	高炉ダスト	酸化鉄+コークス+石灰分、一部ZnOあり
転 炉	転炉スラグ	CaO、SiO <sub>2</sub> 、FeO、MnO等
	転炉ダスト	酸化鉄
電 気 炉	電気炉スラグ	CaO、SiO <sub>2</sub> 、FeO、MnO
	電気炉ダスト	酸化鉄、ZnO
圧 延 設 備	集じんダスト	酸化鉄
	ミルスケール	酸化鉄+油分
	廃 油	油分+夾雑物
	廃酸・アルカリ	酸・アルカリ+金属塩、有機物
表 面 処 理	メッキスラッジ	各種金属酸化物、りん酸塩等
	廃 塗 料	金属酸化物+有機高分子化合物
水 処 理 設 備	中和スラッジ	金属水酸化物+カルシウム塩等
そ の 他	脱硫副生物、建設廃材、古ベルト、廃耐火物、緑化剪定くず、廃プラスチック、ウエス、古紙	

表4-1-10 鉄鋼業における廃棄物の発生状況の例

種 類	発 生 量 ( % )
高炉スラグ	60
転炉スラグ	22
電気炉スラグ	5
乾ダスト	7
湿ダスト	5
汚 泥	1
廃 油	0.1
油性スカム	0.1



高炉スラグは、銑鉄1 tにつき約 320kg発生しており最も量が多い。また、転炉スラグ及び電気炉スラグは粗鋼1 tにつき 120～130kg発生する。次いで発生量が多いのはダスト類で、粗鋼1 tあたりに換算するとほぼ 50 kg程度であり、主として酸化鉄系のものが多い。ダスト・スラッシュ類の発生工程を図4-1-7に示す。これらは、集じん処理や排水処理が進むほど増加する。製鉄所からは、このほかに廃油・廃酸類、使用済耐火物、古ベルト、廃プラスチック、可燃性ごみ等の廃棄物が発生する。

これらの発生物の溶出試験値（環境庁、1973年2月17日告示第13号の試験方法による）から判断すると（〔参考〕参照）、日本の場合には、いずれの発生物からも有害物質は発生していない。

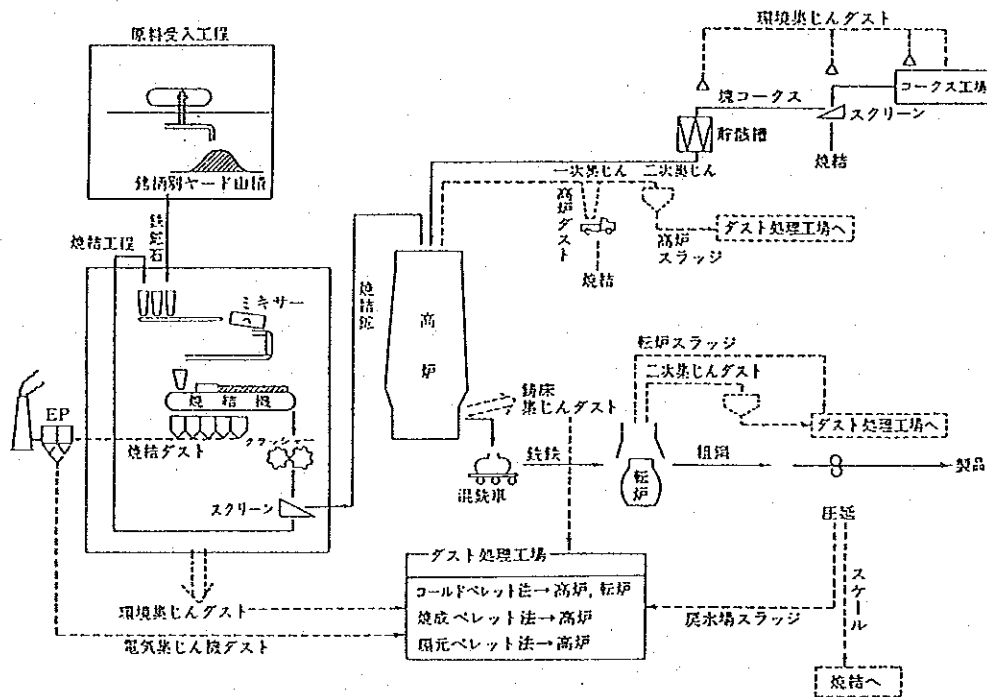


図4-1-7 ダスト・スラッシュ類の発生工程

## (2) 処理及び再利用方法

### 1) 高炉スラグ

高炉スラグは石灰及びシリカを主成分としており、その他にアルミナ、マグネシアなどを含有している。製鉄所の中では最も発生量が多いため、古くから再資源化への努力が払われてきた。

高炉スラグのうち水砕スラグ（熔融スラグにジェット水流を吹き付けて急冷し非晶質細砂状としたもの）に加工したものは、セメント及びコンクリート細骨材の優れた原料として利用できる。また、スラグを徐冷すると硬質緻密な結晶質となり、徐冷スラグは破碎・整粒されて大部分は道路路盤材、コンクリート骨材などに利用できるが、一部はケイ酸石灰肥料、土壤改良材などにも用いることができる。

### 2) 製鋼スラグ

転炉、電気炉などで発生するスラグを製鋼スラグと呼んでいる。製鋼スラグは高炉スラグに比べてシリカが少なく、鉄分が多い。

製鋼スラグは膨張・崩壊性を示す場合があるので、路盤材などに利用する場合は、6ヶ月程度エージングすることにより安定化する必要がある。製鋼スラグの膨張・崩壊の原因としては、遊離石灰の水和反応並びにダイカルシウムシリケートの変態が考えられる。

転炉スラグの主な用途は、港湾工事・土木用、再利用鉄源で高炉スラグと同様に肥料や土壌改良用にも用いることができる。また遊離石灰分を活用して排煙脱硫の脱硫剤としての利用も行うことができる。電気炉スラグ再利用の主な用途は道路路盤材、港湾工事・土木用である。

### 3) 含鉄ダスト

製鉄所において発生するダストは酸化鉄系のものが圧倒的に多く、その大部分は製鉄用原料として再利用できる。しかし微粉のダストをそのまま高炉に装入すると、炉内の通気を妨げるので何らかの前処理が必要である。

またダスト中の亜鉛は高炉に装入されると高炉の操業を阻害する場合があるので、ダストの脱亜鉛技術が必要となる。これらダストの前処理技術については、〔参考〕に示した。

### 4) その他のダスト及び汚泥

#### ① タールスラッジ

コークス炉から発生したコークス炉ガスを冷却すると、ガス相から液相が分離する。この液相を静置するとアンモニア、フェノールなどを含んだ液相（安水、ガス液等と呼ばれる。）とタールに分かれ、タールタンクの底に沈殿したスラッジはタールスラッジと呼ばれる。タールスラッジの処理方法としては、石炭と混合して再びコークス炉に戻される場合と、焼却炉の補助燃料として利用される場合がある。

#### ② 余剰活性汚泥

安水は蒸留塔でアンモニアを回収するが、通常多くの種類の有機物を含むため、活性汚泥処理槽でCOD成分を分解する必要がある。処理設備からは常時少量ずつ余剰の活性汚泥が引き抜かれるが、これは余剰汚泥と呼ばれる。

余剰汚泥は含有水分が80%以上あり、臭気もあるのでそのまま埋め立てることは困難である。現状ではコークス炉ヘリターンするか、脱水後焼却炉で焼却されている。

### 5) 廃油

製鉄所で発生する廃油には、圧延油のような希薄廃油と作動油、潤滑油のような濃厚廃油がある。

希薄廃油は通常は加圧浮上により油水分離し、浮上した油分は脱水後焼却炉の補助燃料として使用される。また、一部はpH調整などにより、更に脱水精製されて外販される場合もある。

濃厚廃油は加温などにより水と比重分離した後、焼却又はスラッジ分離後ボイラー用燃料として利用される。

### 6) 廃酸

熱間圧延された鋼板は酸化鉄の被膜に覆われているので、冷間圧延する前に酸化鉄を取り除く必要がある。このために硫酸または塩酸による酸洗が行われる。

酸洗設備から出てくる廃酸には、酸洗槽からの比較的高濃度のものと、リンスタックからの希薄廃酸がある。

高濃度の廃塩酸は焙焼設備で焙焼してガス状の塩酸を分離し、廃酸中の鉄分は酸化鉄として回収される。この酸化鉄は比較的純度が高いので、更に精製すると高級磁性材料として付加価値の高い製品となる。

リンスタックからの廃酸は希薄な酸と鉄塩が主体で、石灰あるいは水酸化ナトリウムで中和し、空気により2価の鉄を3価に酸化した後、pHを上げて水酸化鉄を沈殿させる方法が一般的である。沈殿したスラッジは鉄原料として再利用することができる。

#### 7) 廃耐火物

廃耐火物は高炉、転炉、加熱炉の炉体、取鍋などの補修の際に発生する。これらの廃耐火物は、金属鉄を除去した後耐火物の原料として再利用されるか、又は埋め立てられる。

[参考]

1. 発生物の溶出試験値（環境庁、1973年2月17日告示第13号の試験方法による）と、日本における判定基準の例

表4-1-11 代表的な発生物の溶出試験値と判定基準の例

(単位: mg/ℓ)

	Cd	Zn	Pb	As	T-Hg	Cr <sup>6+</sup>
高炉スラッグ	<0.05	<0.02	<0.02	<0.004	<0.0002	<0.02
転炉スラッグ	<0.01	<0.02	<0.02	<0.01	<0.005	<0.02
高炉スラッジ	<0.01	<0.5	<0.1	<0.01	<0.0002	0
高炉鑄床ダスト	<0.005	<0.01	<0.02	<0.004	<0.0002	0
焼結電気集じん	<0.01	<0.05	<0.02	<0.01	<0.0002	0
焼結環境ダスト	<0.01	<0.05	<0.02	<0.01	<0.0002	0
転炉換気ダスト	<0.01	<0.05	<0.5	<0.004	<0.0002	<0.04
転炉シックナースラッジ	<0.01	<0.01	<0.02	<0.004	<0.0002	0
熱間圧延戻水スラッジ	<0.01	<0.01	<0.02	<0.0004	<0.002	0
冷延・中和スラッジ	<0.005	<0.02	<0.02	<0.004	<0.0002	0
判定基準	0.3	1	3	1.5	0.005	1.5

## 2. 含鉄ダストの前処理法

### ①焼結法（焼結原料として焼結炉に装入する方法。）

焼結は比較的粗粒鉱石の団鉱法である。したがって、集じんダストのような極微粒の鉱石類を多量に使用するのは限度があるため、ペレタイジングなどにより団粒化した後に焼結する方法などがとられる。

焼結鉱は製造過程で成分や強度などが管理されているため、高炉の操業を安定化するのに役立っている。このため高炉に装入される原料鉱石のうち、焼結鉱の占める割合は50～80数%と非常に高く、原料予備処理工程の中でも重要な役割を果たしている。

## ②ミニペレット—焼結法

ミニペレット—焼結法は高炉ダスト、焼結ダスト、転炉ダスト等各種の微粉ダストを混合し、ディスクペレタイザでペレットに成形する方法である。ディスクペレタイザは直径3～6mの傾斜した回転円盤で、適当な水分を含んだダストを供給すると、ダストは円盤上で回転しながら直径2～6mmのペレットに成長する。

ミニペレットの圧縮強度は1個当たり0.5kg程度であり、このままでは直接高炉に装入することはできないが、他の原料とともに混合して焼結することにより高炉の原料として利用される。

## ③酸化ペレット法

酸化ペレットは生のペレット、いわゆるグリーンペレットをロータリーキルンで焼成したものである。酸化ペレットの粒径は8mm以上あり、焼成により圧縮強度も高くなっているため、このまま高炉に装入することが可能である。

## ④還元ペレット法

鉄鉱石中には微量の亜鉛が含まれている。亜鉛は鉄に比べて蒸気圧が低いため、高炉内で高温に加熱されると揮発して高炉ダスト中に濃縮される。このため高炉ダストを、そのまま製鉄原料として繰り返し使用していると、ダスト中に酸化亜鉛などが蓄積し、ついには高炉炉壁の低温部分で凝縮して、高炉操業に支障をきたすことがある。

還元ペレット法は、高炉ダストなどの含鉄ダストにコークス粉などの還元剤を加え、ペレットまたはブリケット状にして焼成する方法である。亜鉛はキルン中で揮発するので、ペレットの亜鉛濃度は下がる。酸化鉄の還元も行われるので高炉用原料として使用した場合、高炉における還元剤の使用量を減らすことができる。揮発した亜鉛は酸化亜鉛として捕集され、亜鉛製錬用原料として利用される。

電気炉ダストは原料の種類にもよるが、20%以上の亜鉛を含んでいるので、回収された酸化亜鉛を販売することにより、処理コストを回収することも可能である。

## ⑤コールドペレット法

本法はその名の示すとおり加熱工程なしにペレットの強度を上げることができる。加熱工程がないためエネルギー消費量が少なく、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>などの大気汚染物質の排出もない。

ダストはバインダのセメントと混合され、ディスクペレタイザでペレット化される。ペレットは数日間熟成され、この間に圧潰強度が100kg以上となり高炉に装入可能な強度となる。ペレットの平均粒径は1.4mm程度である。本法は、次に述べる湿式サイクロン方式による亜鉛分離法と組み合わせて用いられることが多い。

## ⑥湿式サイクロン法

ダスト中の亜鉛は大半が20μm以下の微粒部分に偏在している。亜鉛濃度の高いダストをスラリー状で湿式サイクロンにかけると、微粒部分はオーバーフロー側へ、粗粒部分はアンダーフロー側へ分級されるので、結果的に亜鉛の分離が行われる。

湿式サイクロンはガス用のサイクロンと異なり直径3インチと小さく、これを数基ないし数十基並列に並べて使用する。高炉ダストを粒径15μmを中心として分級した場合、60～80%の効率で亜鉛を分離することができる。

## 2 セメント工業

### 2-1 環境問題の所在

セメント工業における製造工程は、原料調合・焼成・仕上げの3工程が主で、これらの工程では原料ミル、キルン、ベルトコンベア、粉砕機、分級機、乾燥機及び送風機等の使用に伴い、粉じん、大気汚染物質等が発生するためその対策が必要となる。なお、セメント工業からは排水及び廃棄物の発生はほとんどないが、あっても濃度は低く、かつ量も少ない。表4-2-1及び図4-2-1に主要な工程からの排出物を示す。

表4-2-1 主要な生産工程からの排出物

排出施設	排出物												
	大気					水質					廃棄物		
	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	いじん	粉じん	有害物質	SS	COD BOD	N類 P類	酸 7/カ	有害物質	固体	油分	酸 7/カ
原料置場				○									
原料粉砕機				○									
スラリフィルタ													
コンベアー				○									
原料乾燥機	○		○										
セパレータ				○									
粉砕機				○									
袋詰機				○									

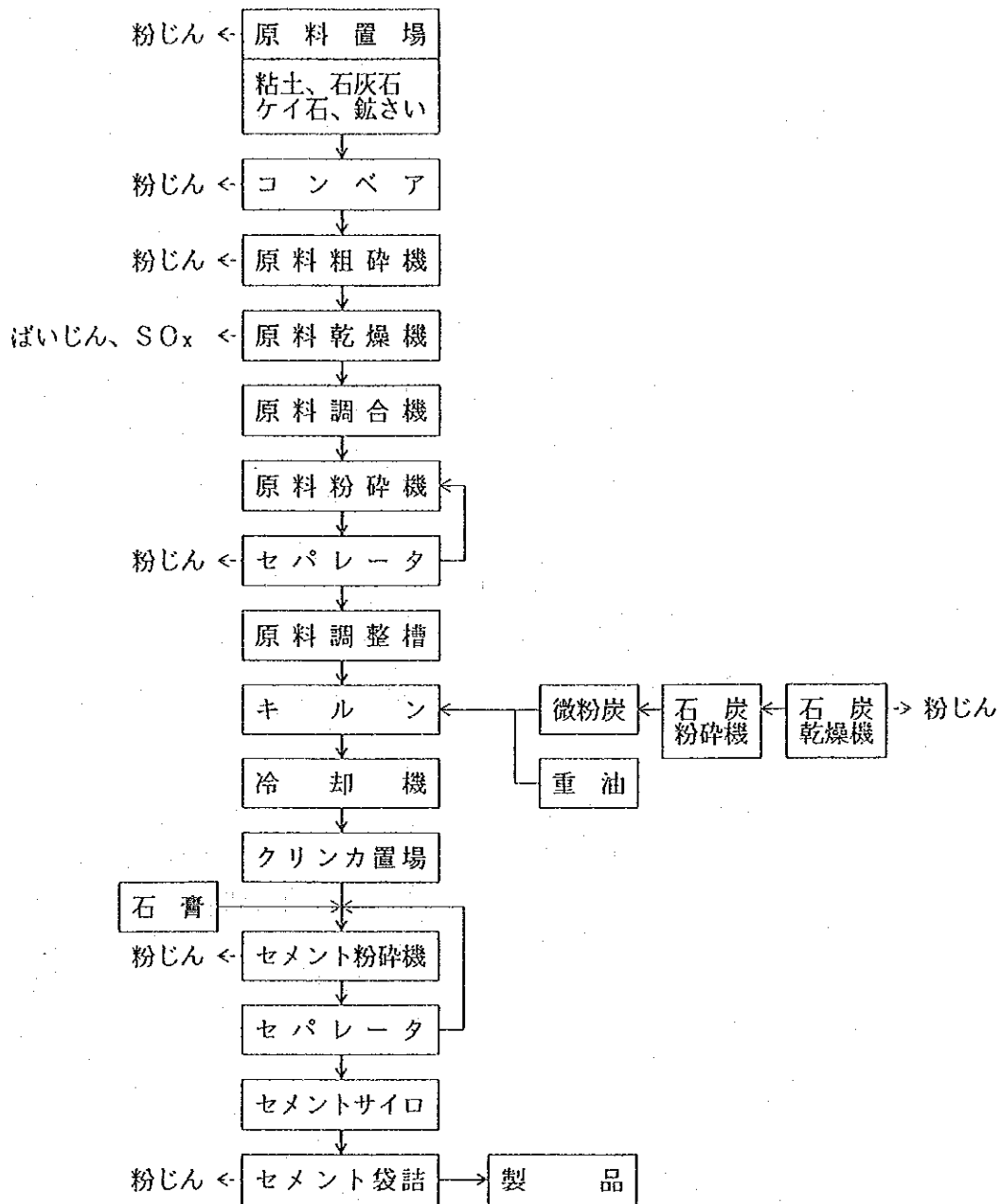


図4-2-1 セメントの製造工程と排出物

## 2-2 生産工程の概要

セメントは、表4-2-2に示すように、大きくはポルトランドセメント、混合セメントに分けられ、最も多量に生産されているのはポルトランドセメントである。

セメントの製造工程は、原料調合・焼成・仕上げの3工程からなっており、焼成工程を除けば粉碎や分級の操作が大部分である。以下に最も多量に生産されているポルトランドセメントについて示す。

表4-2-2 セメントの分類

種	類	生産比率 (%)	種	類	生産比率 (%)
ポルトランドセメント	普通	82.6	混合セメント	高炉	10.0
	早強	2.2		シリカ	0.1
	中庸熟	0.3		フライッシュ	1.8
	耐硫酸塩	2.8		規格外	0.2

セメントは石灰石、ケイ石、粘土及び鉱さい等の原料を調合粉碎した後、キルンで1430～1450℃に焼成してクリンカ（半製品）とし、さらにこのクリンカに石膏を3～5%添加して再び粉碎することによって得られる。

セメント製造法には湿式法と乾式法があるが、現在は乾式法がほとんどである。乾式法はドライヤ等で乾燥した原料を調合粉碎し、造粒機でペレットにした後焼成するレボルキルン方式と、サスペンションプレヒータ（SP）で原料をあらかじめ仮焼きしてから、キルンで焼成するSP方式、及びプレヒータ下部に気流炉を設けて、原料の仮焼きをさらに強化したNSP方式（ニューサスペンションプレヒータ）等がある。図4-2-2にセメントの製造工程（NSP方式）を示す。

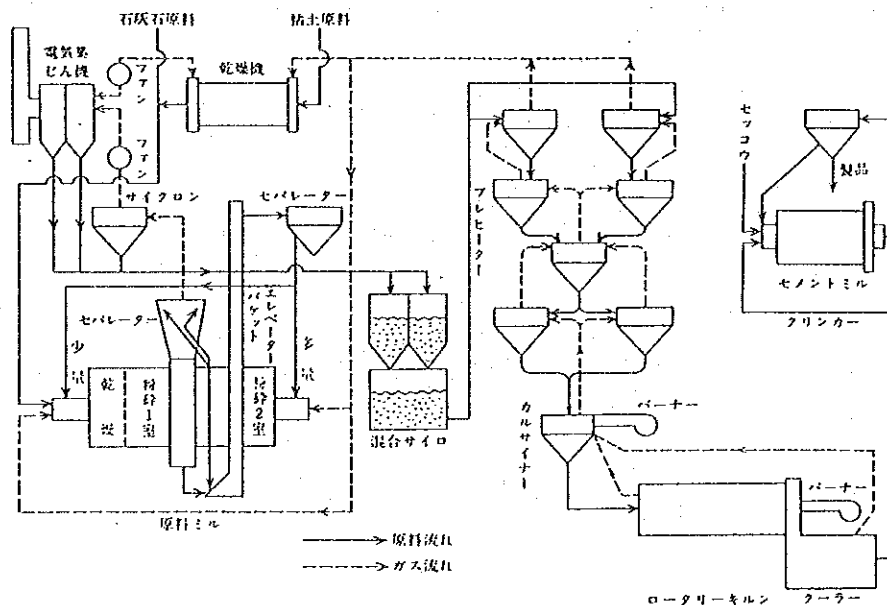


図4-2-2 セメントの製造工程（NSP方式）

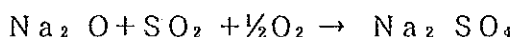
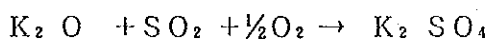
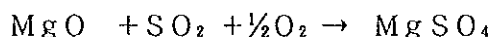
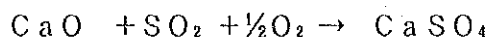


## 2-3 環境対策方法

### 2-3-1 大気汚染物質排出源と処理方法

#### (1) 排出源

セメントの製造において発生する大気汚染物質は粉じんとばいじんである。燃料として使用する石炭あるいは重油から発生する $SO_x$ は、全量が排ガスとして排出されるわけではなく、大部分は以下に示す反応を起こしクリンカを構成する物質となる。



クリンカに取り込まれる硫黄分は、キルンの型式によって異なり、ショートキルンで50～90%、ロングキルンで60～90%、レポール及びSP(NSP)キルンで70～100%であり、セメントキルンの脱硫効率是一般に高い。

セメントの焼成は、図4-2-3に示すように、700～900℃で石灰質原料が分解する脱炭酸反応(吸熱反応)と1200～1450℃でクリンカ化合物が生成する反応(一部吸熱反応)とに大別されるが、燃焼ガス温度はこれよりも高く、焼成帯で1600～1800℃となる。しかし、NSPキルンにおいては仮焼炉での燃焼温度が低く、また、燃焼炉の熱負荷も低減されているので $NO_x$ 濃度は低い。 $NO_x$ の発生はもっぱら燃焼管理によって制御する。

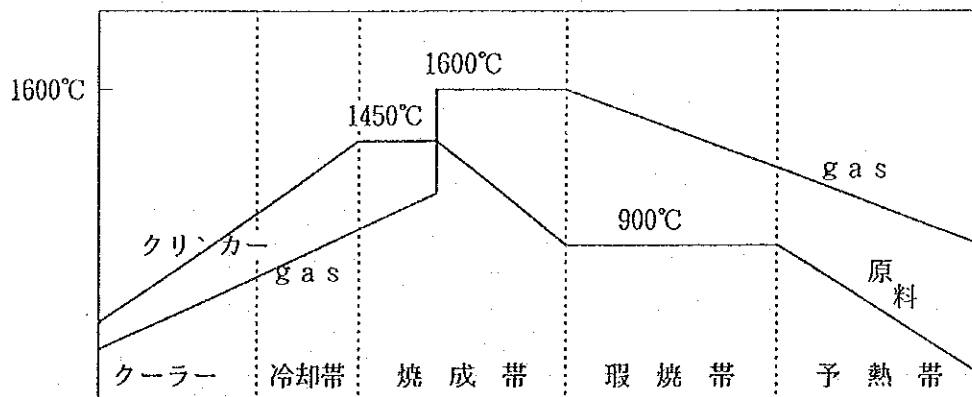


図4-2-3 モデル化した窯及びクーラー内の原料及びガス温度

セメント工場に設置されている原料(石灰石等)たい積場、燃料(石炭等)たい積場、中間製品たい積場、ベルトコンベア、破碎機及び摩砕機等は、いずれも粉じん発生施設であり対策が必要である。また、セメントサイロ、セメントホッパー、自動包装施設、ふるい分け施設及びバッチャープラント(原材料受入貯蔵設備、計量設備、練混設備、その他の付帯設備等の集合プラント)からの粉じん対策も必要である。NSP法によるセメント製造工程から発生する大気汚染物質を図4-2-4に示す。

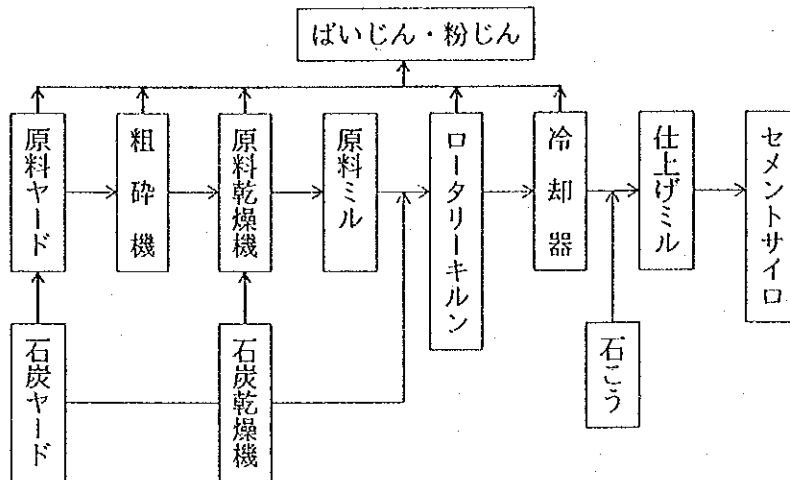


図4-2-4 NSP法によるセメント製造工程から発生する大気汚染物質

(2) 処理方法

セメント工場では粉じん・ばいじん対策が必要であり、以下にその方法を示す。

粉じんは機械的な操作及び風によって発生するため、屋外のたい積場では散水施設、防じんカバー等を設置する。製造工程から発生する粉じんは囲い形フード等を設置し、その後集じん装置で処理する。セメント工場で用いられている主な施設別集じん装置を表4-2-3に示す。

表4-2-3 セメント工場における集じん装置

種類	適当粒径	圧力損失	集じん率	主な適用設備
	μm	mmAq	%	
電気集じん機(ジェット)	0.05~20	10~20	80~99.9	ベルト、フライ、クーラ排気
マルチクロン	2~100	50~100	85~95	クーラ排気、フライ
スタークロン	7~100	150以下	85~95	ベルト、フライ
サイクロン	3~100	50~150	70~90	石炭フライ
洗浄式	—	—	—	フライ
ベンチュリースクラバ	0.1~100	50~200	80~90	フライ
バグフィルター	0.1~20	300~800	90~99	粉砕機、輸送機、包装機

クリンクーラ、ロータリキルン及び乾燥機等から発生する粉じん・ばいじんの処理は以下に示す方法で行う。

- ①空気をクリンクーラに導き、ロータリキルンから出てきた半製品を冷却するために使用し、その一部は集じん機に送り、粉じん・ばいじんを除去する。
- ②クリンクーラを出た加熱空気は、ロータリキルンで石炭燃焼用空気として使用する。ここで発生する排ガスは、集じん機等で粗粒子を除去した後NSPに送り、原料粉の予熱用空気として使用する。
- ③NSPを出た排ガスは粘土、副原料、石灰石等を乾燥させる乾燥機へ送り込み、その後集じん機へ導き、ばいじんを除去する。

## 2-3-2 水質汚染物質の排出源と処理方法

### (1) 排出源

生産量の大部分を占めるポルトランドセメントの製造方法は、ほとんどの場合が乾式であるため、製造工程における水の使用はほとんど無く、排水は発生しない。

まれに発生した場合も、主としてpHとSSの管理で十分である。

## 2-3-3 廃棄物の排出源と処理及び再利用方法

### (1) 排出源

セメント工業では、各工程から出てくる製品以外の物質は全て元の工程に戻され、最終的には製品のセメント中に含まれるため、廃棄物は発生しない。

### 3 石油化学

#### 3-1 環境問題の所在

石油化学工業は、製品の種類、製法が多く極めて複雑であるが、基本的には化学反応（重合、酸化、水和、塩素化、水素化、アルキル化、脱水素等）プロセスを経て製品を製造する産業であり、化学反応装置を中心に、加熱装置、熱交換装置、圧縮装置、洗浄装置、分離装置、粉碎装置、吸収装置、精製装置、回収装置等で構成される装置産業である。これらの装置、工程等からは公害の発生に結びつく環境汚染物質、廃棄物、騒音等が発生する。そのため、大気汚染、水質汚濁、廃棄物及び騒音等に対する広範囲な対策が必要となる。

ここでは、エチレン、ポリエチレン、塩化ビニル及び合成ゴムの製造について示す。表4-3-1及び図4-3-1に主要な工程からの排出物を示す。

表4-3-1 主要な生産工程からの排出物

製品名	排出設備	排出物												
		大気					水質					廃棄物		
		SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	臭い	粉じん	有害物質	SS	COD BOD	油分	酸 アルカリ	有害物質	固体	油分	酸 アルカリ
エチレン	ボイラー	○	○	○										
	分解炉	○		○										
	蒸留塔							○	○		○			
	洗浄塔							○	○	○	○			
	脱水塔											○		
ポリエチレン	洗浄機						○	○			○			
	ろ過機									○			○	
	ボイラー	○	○	○										
	ホッパ				○									
塩ビ	分離装置							○			○	○		
	サイクロン				○							○		
合成ゴム(SBR)	洗浄装置							○		○				
	ボイラー	○	○	○										
	サージタンク							○		○				
	凝固槽							○						
	ろ過器							○						

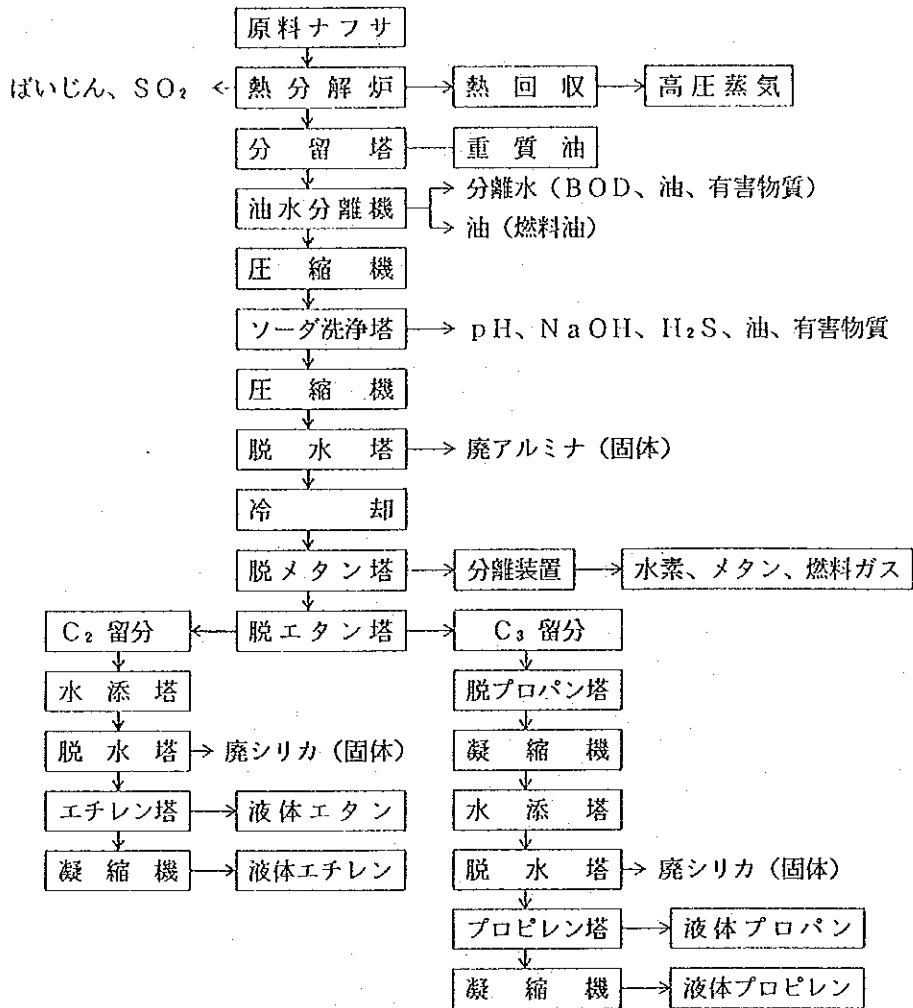


図4-3-1(1) エチレン製造工程と工程からの排出物

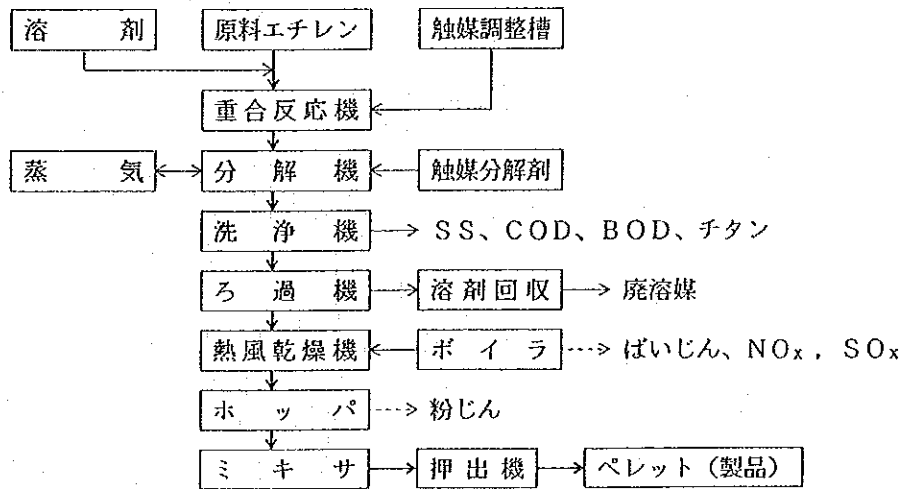


図4-3-1(2) ポリエチレン製造工程 (チグラ法) と工程からの排出物

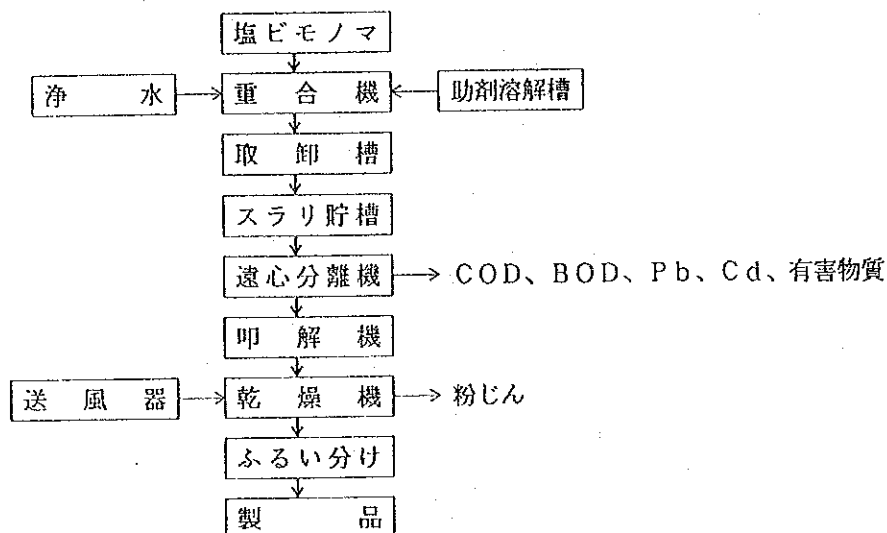


図4-3-1(3) 塩化ビニル樹脂製造工程と工程からの排出物

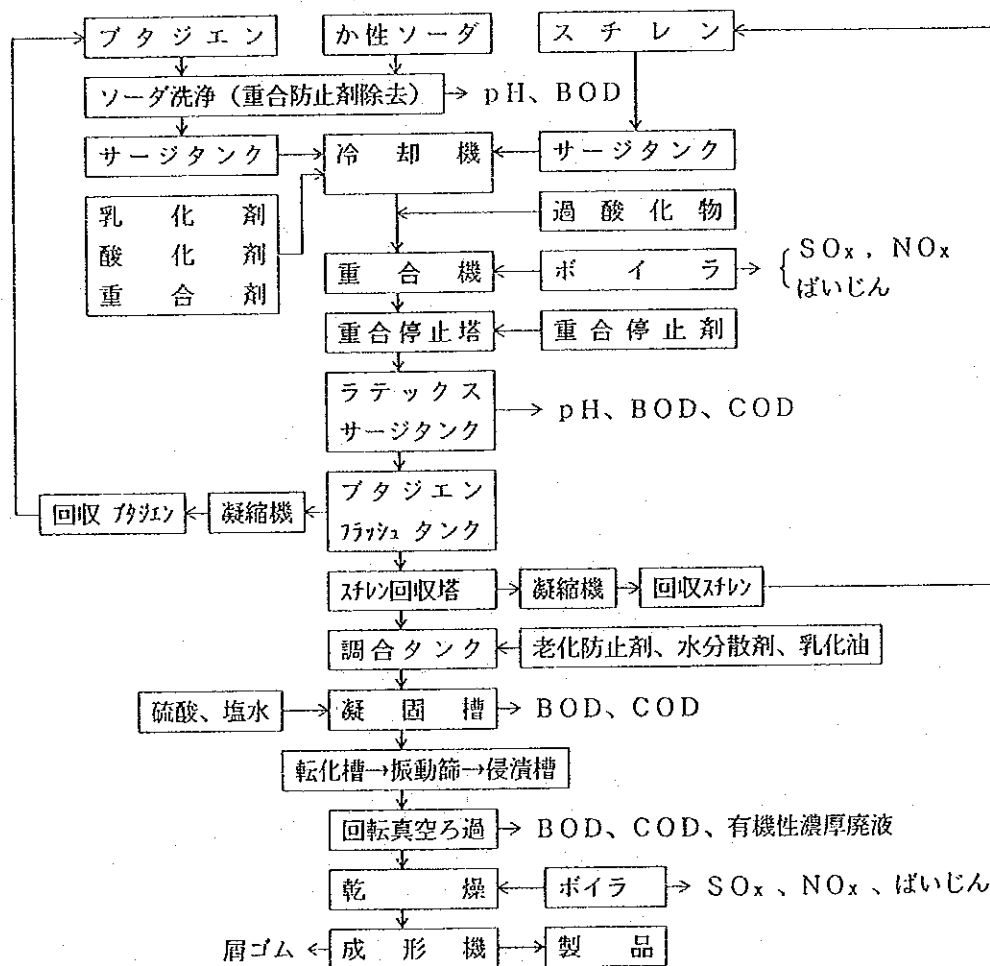


図4-3-1(4) 合成ゴム (SBR) 製造工程と工程からの排出物

### 3-2 生産工程の概要

石油化学製品の大部分は、エチレン、プロピレン、ブチレン、ブタジエンなどの低級オレフィン類、BTX（ベンゼン、トルエン、キシレン）などの低級芳香族炭化水素、および合成ガス（水素、一酸化炭素）の三つの基礎原料から製造されている。

これらの各種基礎原料のうちで最も重要なものはエチレンで、日本ではナフサ分解を主としている。図4-3-2にナフサ分解を主とする、日本の石油化学工業の原料から製品への流れを示す。

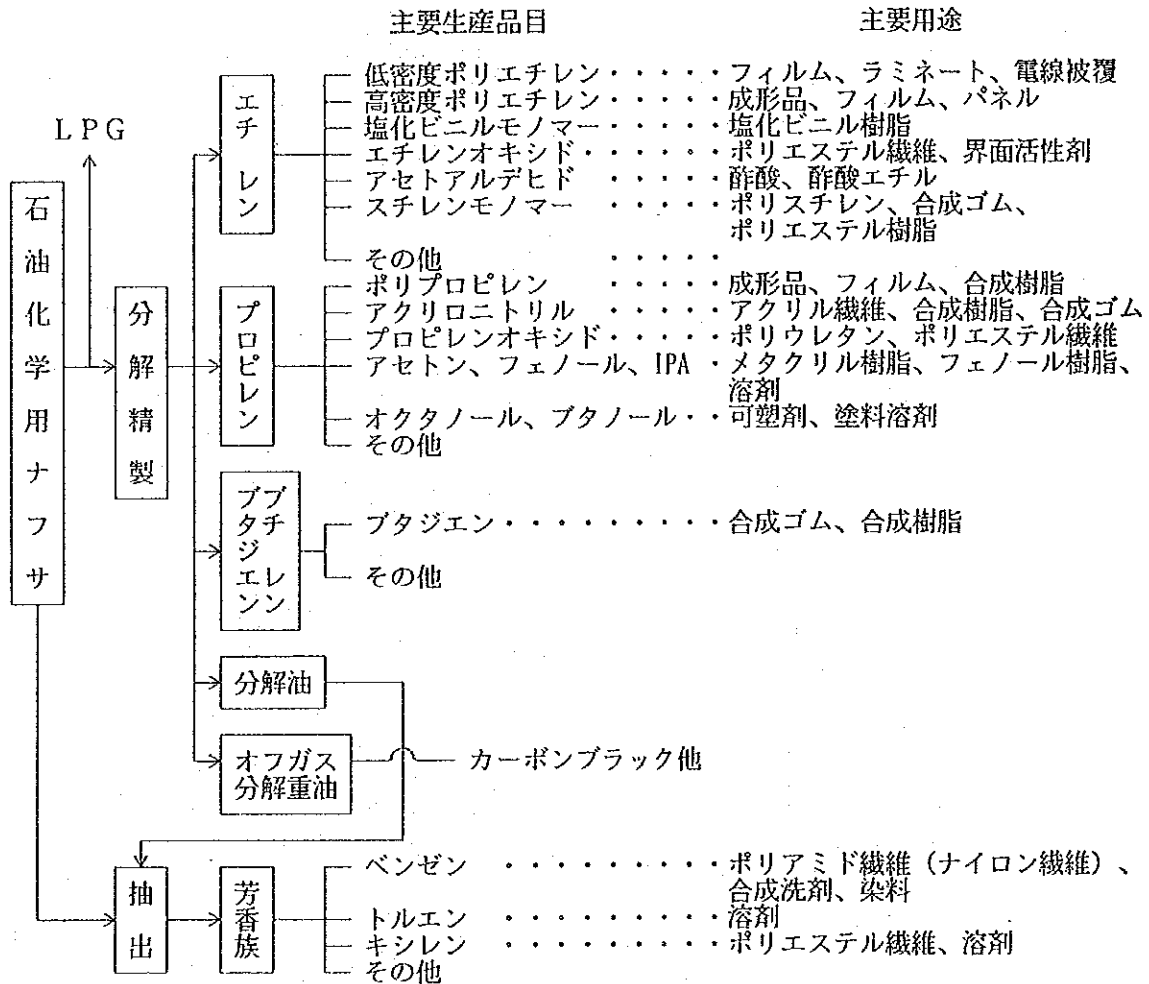


図4-3-2 石油化学の原料から製品への流れ

図4-3-2に示すように、ナフサ分解エチレンを原料とする石油化学工業においては、その製品は複雑・多岐にわたるため、ここでは基礎原料であるエチレンの製造及びエチレンを原料とする、ポリエチレン、塩化ビニル樹脂、合成ゴム（SBR：スチレン・ブタジエン・ラバー）等の製造について、そのプロセスフローダイヤグラムを図4-3-3に示す。

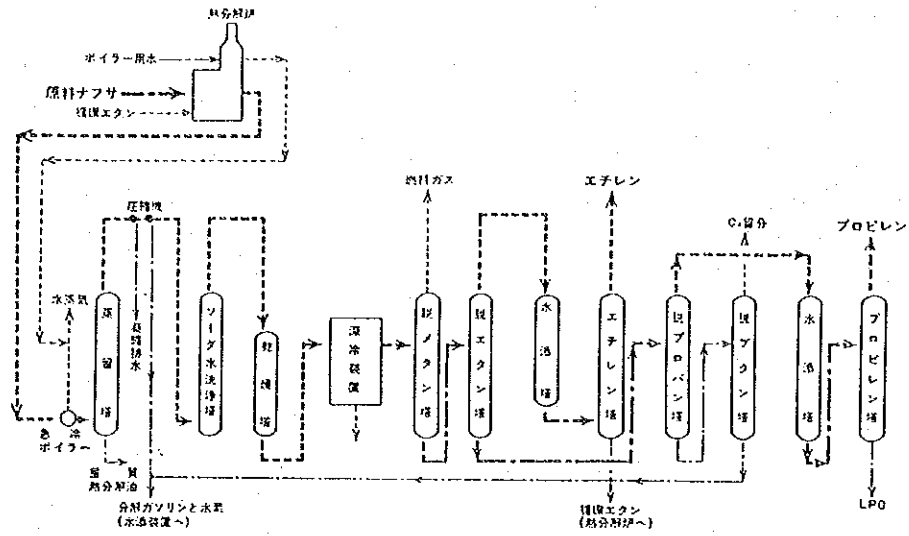


図4-3-3(1) エチレン製造工程

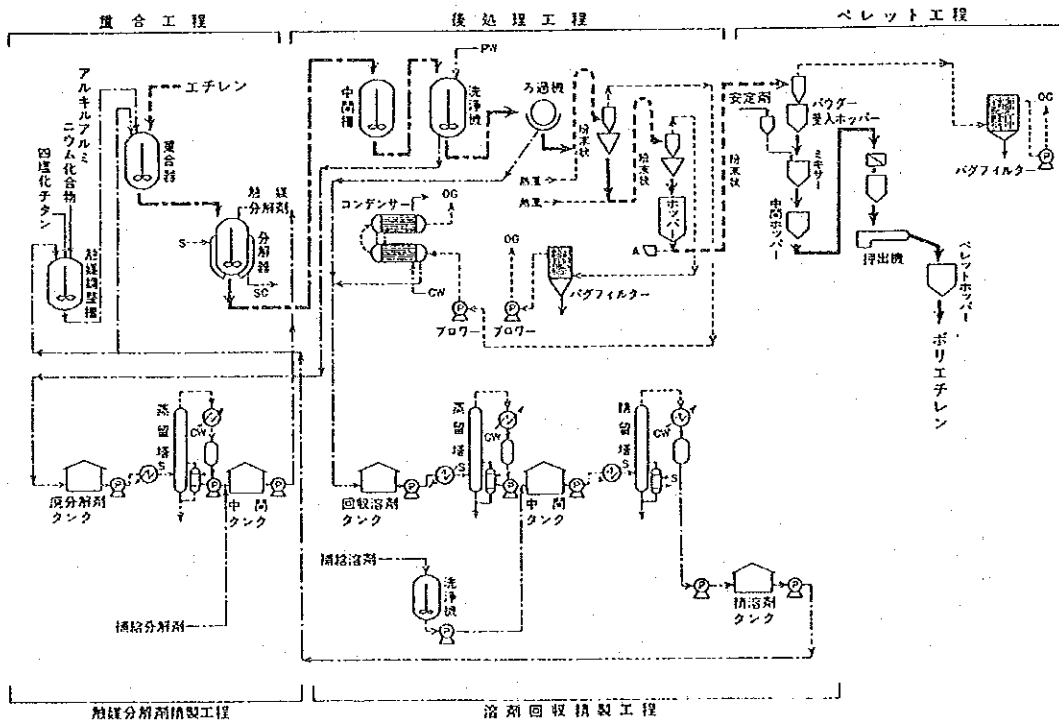


図4-3-3(2) ポリエチレン製造工程



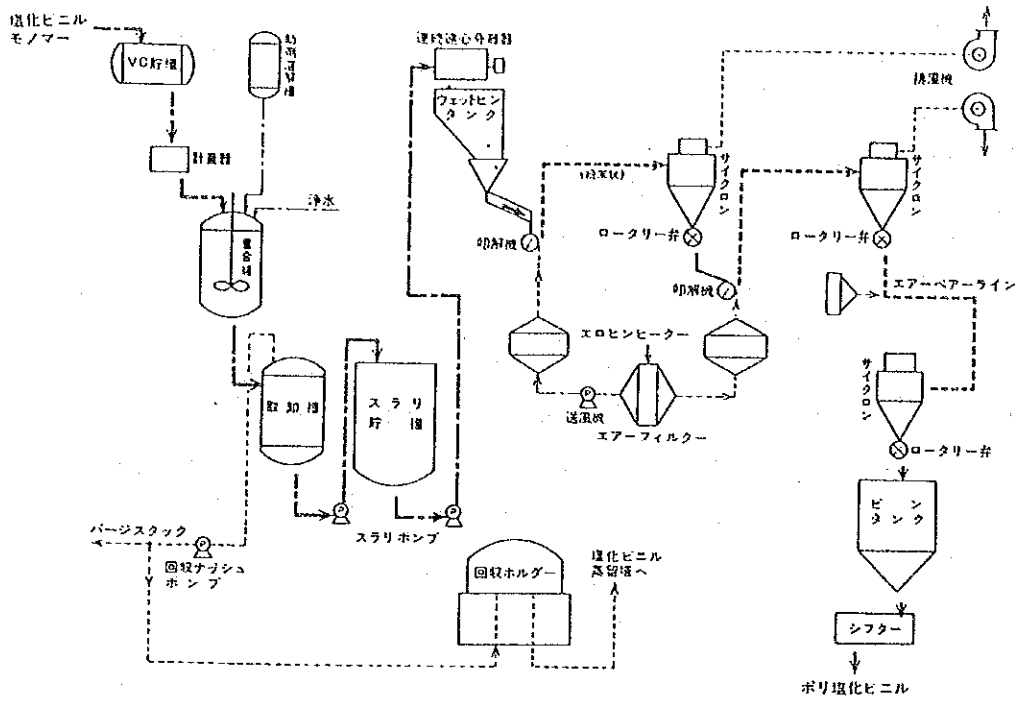


図4-3-3(3) 塩化ビニル樹脂製造工程

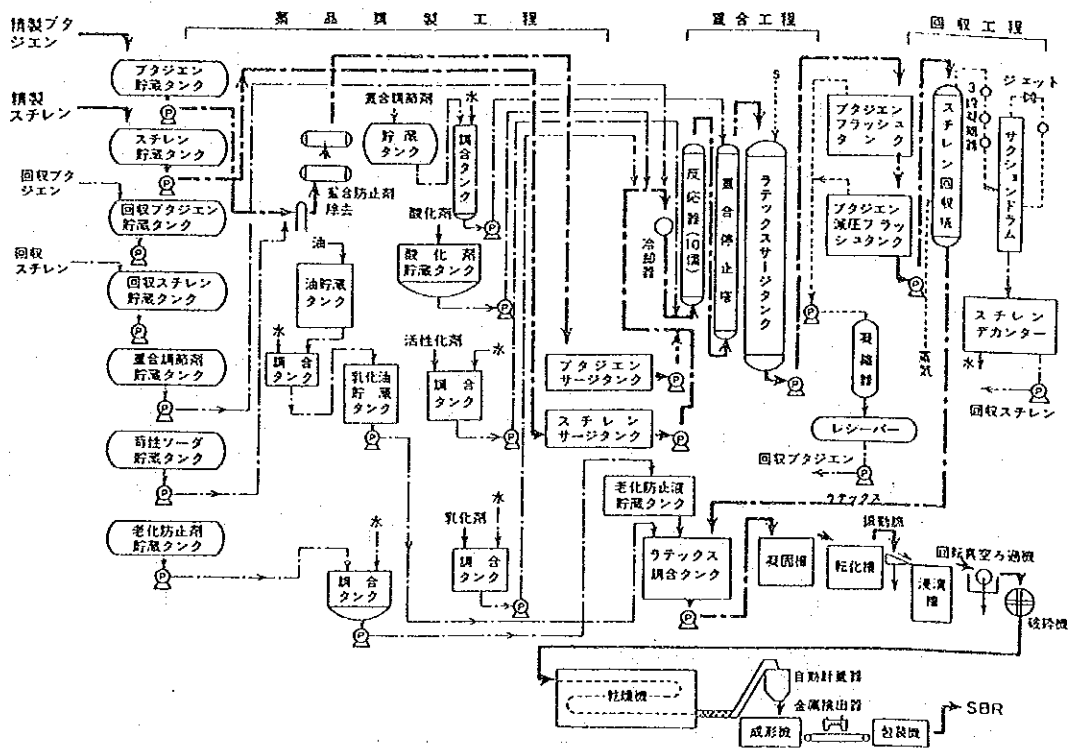


図4-3-3(4) 合成ゴム (SBR) 製造工程

### 3-3 環境対策方法

#### 3-3-1 大気汚染物質の排出源と処理方法

##### (1) 排出源

石油化学工業における大気汚染物質発生源は、原料を熱分解するための加熱炉及び電気エネルギーを得るためのボイラから発生する $SO_x$ 、 $NO_x$ 、ばいじん及び製造工程で造粒・分級する際に発生する粉じん等がある。また、塩化ビニルモノマ製造工程では、塩素、塩化水素等が排ガス中に含まれるので対策を要する。

石油化学製品の製造工程で一般的に使用される加熱炉は、原料（流体）を鋼鉄製の管内で流動させ、管外から加熱する管式加熱型のものが多い。エチレン製造で使用される特殊高温加熱炉は、出口温度が $800\sim 850^{\circ}C$ 、炉内温度が $1,000^{\circ}C$ 以上にもなるものもあるため、特異な型式のものが多い。代表的な炉の構造を図4-3-4に示す。このうち、(a)の型式のものが主にエチレン製造のフナサ分解炉として用いられており、(b)~(d)までのものは合成ガスの改良炉として、(e)、(f)は小型のナフサ分解炉として用いられている。

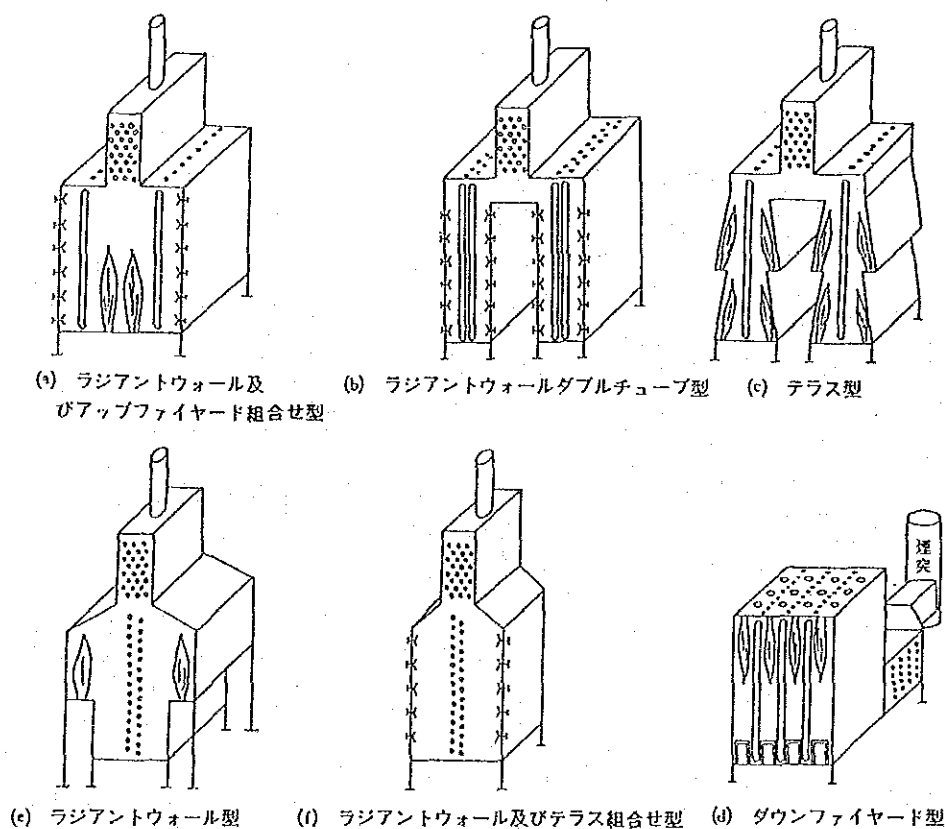


図4-3-4 特殊高温加熱炉の種類

合成された樹脂の粉碎では粗粉碎工程では粗砕カッタ、微粉碎工程では回転ミル、遠心ロールミル、インパクトミル等が使用されている。

## (2) 処理方法

加熱炉で使用される燃料としては、ガスの占める割合が高く、他のばい煙発生施設と比較しても高く、特に、エチレン、プロピレン製造工場に設置されている加熱炉は、ほとんどがガス燃焼である。加熱炉から排出されるばいじん及び $SO_x$ の量は、使用する燃料によって左右され、ガス燃焼を行っている加熱炉では、排出されるばいじん濃度及び $SO_x$ 濃度は比較的低い。しかし、重油専焼の加熱炉では、ばいじん対策としての集じん装置の設置が、また、 $SO_x$ 対策としての排煙脱硫装置の設置等が必要となる場合がある。

一方、 $NO_x$ については、加熱炉はボイラより燃焼室負荷が小さく、また、空気予熱を行っていないものが多いので、ボイラに比べて排出される $NO_x$ 濃度は低い。しかし、エチレン分解炉などの特殊高温加熱炉では、他の加熱炉に比べて $NO_x$ 濃度が高く、低 $NO_x$ バーナ等による対策が必要である。

ボイラから発生する大気汚染物質( $SO_x$ 、 $NO_x$ 、ばいじん)に対する処理方法は、他産業と同様であり、以下に示す方法で処理する。

① $SO_x$ については、

燃料転換、排煙脱硫

② $NO_x$ については、

燃焼管理

③ばいじんについては、

電気集じん装置等の集じん機を設置

造粒・分級する際に発生する粉じんは、局所的な防じんカバー、囲い形フードを設置し集じん処理を行なう他、施設を建屋内に設置する。

塩化ビニルモノマの製造工程では、中間原料である二塩化エチレン(EDC)を生成する際に用いられる冷却施設からの排ガス中に、未反応の $Cl_2$ (塩素)、 $HCl$ (塩化水素)等が含まれるため、分離器で粗製EDCを気液分離した後、充てん塔、スプレ塔等でアルカリ処理を行う。

### 3-3-2 水質汚染物質の排出源と処理方法

#### (1) 排出源

石油化学工業は、概して用水使用量が多く、扱う物質も多種多様なので工場からの排水は極力その量を減らすことが大切で、その具体策としては一般的に、

- ①汚染度の高い排水と一般排水の系統を分離する
- ②冷却水をできるだけ循環使用する
- ③大量の汚染排水を生ずるプロセスは再検討し、排水の少ない方法に変更し、できるだけクロードシステム化を考える
- ④冷却器、凝縮器を空冷式に変える
- ⑤汚染度の高い排水は蒸発濃縮、湿式酸化、化学処理等の個別処理を考える

等の対策が必要である。

石油化学工業では非常に多くの種類のプロセスから多種類の製品が製造されているので、複雑な組成の排水が排出される。また、これらのプロセス中では物質は密閉された空間を移動しながらそれぞれの処理が行われるため、気体成分の発生も多い。気体成分のうち回収されて再利用できる成分以外は、燃焼空気に混ぜて無害化するか、吸収剤に吸収させて処理する。

石油化学工業における製品製造のプロセスは各製品ごとに異なるため、ここではエチレン製造工程からの排水水質を表4-3-2に示し、表4-3-3には石油化学工業製品の製造プロセス別の排水量及び排水水質を示す。

表4-3-2 エチレン製造工程からの排水水質

エチレン製造工程	凝縮排水	アルカリ含有排水
排水量 (m <sup>3</sup> /日)	3,750	100
pH	8	13~14
B O D (mg/l)	300	10,000
C O D (mg/l)	400	15,000
SS (mg/l)	50	100
油分 (mg/l)	30	30
有害物質及び溶解物質 (mg/l)	フェノール 20	Na <sub>2</sub> S 8%, NaSH 3%, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 3%

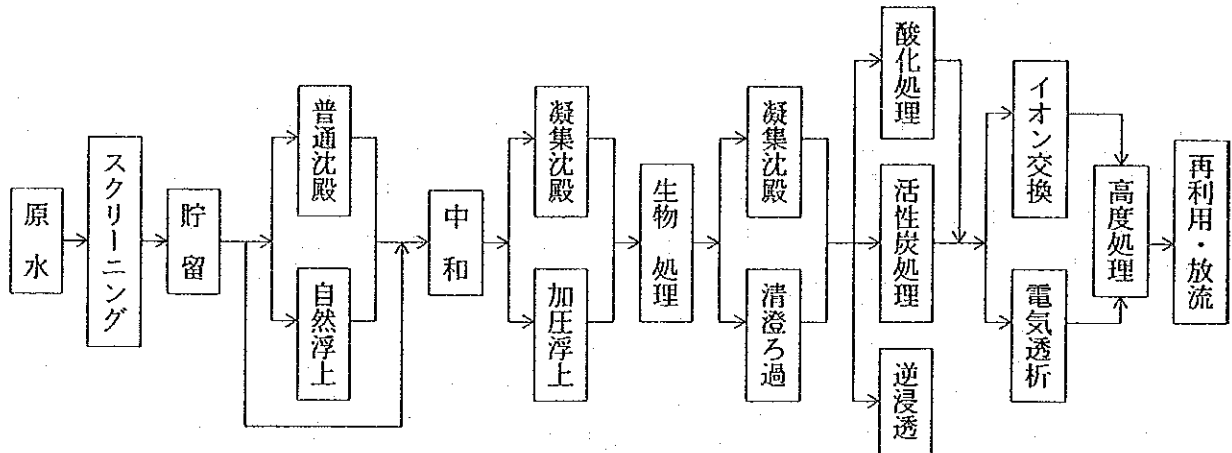
表4-3-3 石油化学工業製品の製造プロセス別の排水量及び排水水質

品名	日平均排水量 (m <sup>3</sup> /日)	製品1t当りの排水量 (m <sup>3</sup> /t)	排水水質 (mg/l)		
			BOD	COD	SS
エチレン	3,800	2.8	300	400	50
アンモニア	920	1.0	100	50	50
メタノール	60	0.2	1,500	1,500	10
塩化ビニルモノマー	750	1.8		1,000	100
塩化ビニルポリマー	750	3.7		70	1,000
高圧ポリエチレン	1,400	7.3	100	100	50
中低圧ポリエチレン	900	4.4		60	1,150
スチレンモノマー	250	0.6		150	40
ポリスチレン	750	3.7		700	40
エチレンオキシド	1,750	10.6	710	700	4
エチレングリコール	1,750	12.8	710	700	4
アセトアルデヒド	480	1.8	1,200	800	100
酢酸	40	0.2		1,000	100
酢酸ビニルモノマー	100	0.4		400	50
エタノール	1,000	7.3	150	50	3
ABS樹脂	1,000	7.3	2,000	2,000	1,500
ポリプロピレン	6,000	27.4		100	50
プロピレンオキシド	7,500	54.8		300	50
アクリロニトリル	1,000	4.9		1,350	50
合成ゴム (SBR)	5,000	18.3	260	100	60
ポリブタジエン	800	5.6	150	130	20
メチルメタアクリレート	12,000	79.6		90	5
オクタノール	500	4.6	2,800	1,400	40
アクリロニトリルスチレン	200	7.3		700	30
イソブレン	500	7.3		400	120
ポリイソブレン	1,000	14.6		300	50
テレフタル酸	220	2.7	7,000	3,700	290
無水フタル酸	60	0.7		2,920	100
ノルマルパラフィン	2,100	6.1		200	100
アルキルベンゼン	180	2.6	426	225	30
BTX	500	0.4		300	50
ブタジエン	90	0.2		200	10
ジメチルテレフタル酸	1,440	5.3		300	30

(2) 処理方法

石油化学工業は概して用水使用量が多く扱う物質も多種多様であるが、各工程から排出される酸・アルカリは中和処理、重金属等の無機成分は凝集沈殿、油分は油水分離処理、そして最も量の多い有機物は活性汚泥処理を行うのが通常である。

図4-3-5に石油化学工業における有機排水処理法のフローシートを一例として示す。



一 次 処 理			二 次 処 理			三 次 処 理 ( 高 度 処 理 )			
ごみ、ズ 糸等の除 去	水質・量 の均化に よる安定 化	土砂等の 除去(沈 殿)遊離 油の除去 (浮上)	pH調 整	コロイド 性物質(微 粒子)の 除去、乳 化油の 除去	溶解性 有機物(特 にBOD)の 除去(コロ イド及び 油を含む) 、生物に よるN、 Pの除去	微細固形 物、濁度 の除去(活 性汚泥の 流出した 汚泥によ るBODの 低下)リ ン除去	微量有機 物の除去 (活性炭 吸着)機 色、有機 物、塩類 (逆浸透)	イオン 交換(無機 塩類)の 除去	

図4-3-5 石油化学工業における有機排水処理法のフローシート

### 3-3-3 廃棄物の排出源と処理及び再利用方法

#### (1) 廃棄物の排出源とその種類

石油化学工業の製品は非常に多岐にわたっているため、発生する廃棄物の種類は多いが、他産業に比較して廃棄物の極めて少ない産業といえる。その理由としては、

- ①取り扱う原料のナフサをはじめとして、中間体、製品はガス状、液状のものが多く、廃棄物となるものが少ない
- ②他の化学工業に比べて無機原料の使用が少ない
- ③副生物を有効利用し、また回収使用ができる
- ④製品のほとんどは他産業へ供給できる

等が考えられる。

日本の例では、表4-3-4に示すように汚泥の発生量が一番多く、廃アルカリ、廃酸、廃油と続いている。この4種で全体の85%を占めている。

表4-3- 石油化学工業における産業廃棄物の発生量の割合  
(単位：%)

産業廃棄物名	石油化学工業
廃油	14 <sup>*1</sup>
廃ゴム	5
廃プラスチック	4
廃酸	16
廃アルカリ	20
汚泥	35 <sup>*2</sup>
使用済み触媒	0.3
回収ばいじん	0.3
金属屑	0.6
その他	5
計	100

\*1 廃油+廃溶剤+廃液 \*2 有機汚泥+無機汚泥

#### (2) 処理及び再利用方法

##### 1) 汚泥

表4-3-4に示した汚泥の大部分は、活性汚泥処理において発生する余剰汚泥である。この有機汚泥の処理方法としては、以下に示す方法があるが、日本の場合はほとんどが埋め立て処理である。

- ①脱水・乾燥後埋め立て。
- ②焼却後、灰として埋め立て。
- ③乾燥後、肥料として有効利用。

## 2) 廃酸、廃アルカリ

石油化学工場から排出される廃酸、廃アルカリは種々の不純物を含み、COD値も高く、単にSSを除いただけでは放流できないものが多い。したがって中和後スチームストリッピング等を行い、放流されるのが一般的である。

再利用の方法としては、

- ①比較的清浄なものはSS等を除去した後そのまま酸、アルカリとして利用する。
- ②炭化水素洗浄に用いた硫酸は一度焼却し、SO<sub>2</sub>とした後、硫酸に再生する。
- ③アルカリは焼却処理し、炭酸ソーダとして回収する。
- ④エチレンプラントのナフサ分解ガスは、その後の工程で硫黄分を嫌うため、アルカリ洗浄を行う。このためNa<sub>2</sub>S、NaSHを含む廃アルカリがかなり多量に排出されるが、これはパルプ製造の蒸解液として利用できるため、近隣にパルプ製造工場のある場合には、油分等の不純物を除去した後、この廃アルカリ液をパルプ工場へ輸送し、再利用する方法がある。

## 3) 廃油・廃溶剤・廃液

石油化学工業から発生する廃油、廃溶剤、廃液としてはプラントからの廃溶剤、蒸留残、機械の潤滑油系廃油、オイルセパレーター集油が主なものである。廃油等の処理方法としては焼却が主であり、助燃材として利用される場合が多い。有効利用としては再生および熱回収がある。潤滑油系廃油は、他の廃油に比べて再生率が高い。

水分の多い廃液の燃焼には噴射燃焼法を用いる。ノズルから液体を噴射し、助燃バーナーを用いることにより、95%以上の含水率のものでも完全に処理できる。日本では、アクリロニトリルプラントの廃液処理等に利用されている。

塩化ビニルプラントやクロロプレンプラントからの、有機塩素化合物を含む廃液の処理には液中燃焼法が用いられ、この方法では塩酸が回収できる。

## 4) 廃プラスチック

石油化学工業から出る産業廃棄物としての廃プラスチック類は格外品、成型屑、製造工程での副生物が主である。

石油化学工場から排出される廃プラスチックは、一般廃棄物中のプラスチックと異なり、各種のプラスチック類の混合物ではなく、また汚れ、異物等の管理も行いやすいため、熱可塑性の樹脂は再利用がよく行われている。熱硬化性樹脂は再生しにくいので、ほとんど焼却等の処分されている。

## 5) 使用済み触媒

石油化学工業から排出される使用済み触媒は、プロセスおよび製品が多様なことを反映して、表4-3-5に示すように他の業種に比べ種類が非常に多い。使用済み触媒には、貴金属、モリブデン、コバルト、ニッケル等有価な金属を含んでいるものが多く、回収されているものもあるが、一部の貴金属を含む触媒を除き、触媒組成の秘密保持上、回収が経済的に有利でないこと、処理技術がないことなどの理由から埋め立て処理される場合が多い。



表4-3-5 石油化学工業より発生する使用済み触媒量

項目 触媒の種類	発生割合 (%)	触媒の用途	有効利用先
Al(OH) <sub>3</sub>	23	アルル化反応	水処理凝集剤 耐火剤
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3	分離精製、硫黄回収	
Al-Ti	15	重合反応	Bi, Mo金属
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub>	14	接触分解	
Bi-Mo	3	アクリロトリル等製造	
Cr-SiO <sub>2</sub>	0.7	脱水素、水素製造	} Cr合金, Cr金属
Cr-Fe	10		
Cu	1	塩化ビニルモノマー製造 アルコール・脂肪酸製造	} Cu原料
Cu-Cr	0.6		
Cu-Ni	0.3	水素、メタノール製造	Cu, Zn金属
Cu-Zn	0.02		
Li	0.1		
Mn	1	} 有機酸合成	} Mn, Co金属
Mn-Co	2		
Mo	0.6	アクリロリン製造	Co金属
Mo-Co	1	脱硫、水添	
Mo-Ni	0.4		
Ni	4	} 水添、水素製造	} Ni金属
Ni-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.9		
Ni-Cr	0.7		
PO <sub>4</sub>	3	アルル化反応	リン酸肥料
Pt	0.2	異性化反応、接触改質	} Pt, Pd, Ag金属
Pd-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1		
Pd-Cu	0.7	酸化	
Ag	0.6	酸化	
Sb-Fe	1	アクリロトリル製造	Sb金属
V-Al	0.4	水添	W, Ni金属
W-Ni	0.7		
Zn	0.5		
Zn-Al	9		

#### 4 化学肥料工業

##### 4-1 環境問題の所在

化学肥料工業において最も重要な原料は硫酸、アンモニア、リン鉱石、カリウム塩等である。製造工程は、製造する肥料の種類によって若干異なり、粉碎、混合、反応、分離、洗浄、造粒等の工程が主である。環境汚染物質については、原料である鉱石から肥料成分を分離した後の泥が多量に発生し、また、ほとんどの工程が粉体を取り扱うので粉体処理が必要であるが、水質汚染物質はほとんど排出しない。なお、製造工程からは肥料特有の臭気が発生する。表4-4-1及び図4-4-1に主要な工程からの排出物を示す。

表4-4-1 主要な生産工程からの排出物

排出設備	排出物												
	大気					水質					廃棄物		
	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	ばいじん	粉じん	有害物質	SS	COD BOD	N類 P類	酸 アルカリ	有害物質	固体	油分	酸 アルカリ
粉碎器				○									
ボイラ	○	○	○										
ろ過機											○		
化成器					○								
洗浄装置					○	○			○		○		
遠心分離機						○		○	○		○		
乾燥・造粒				○									

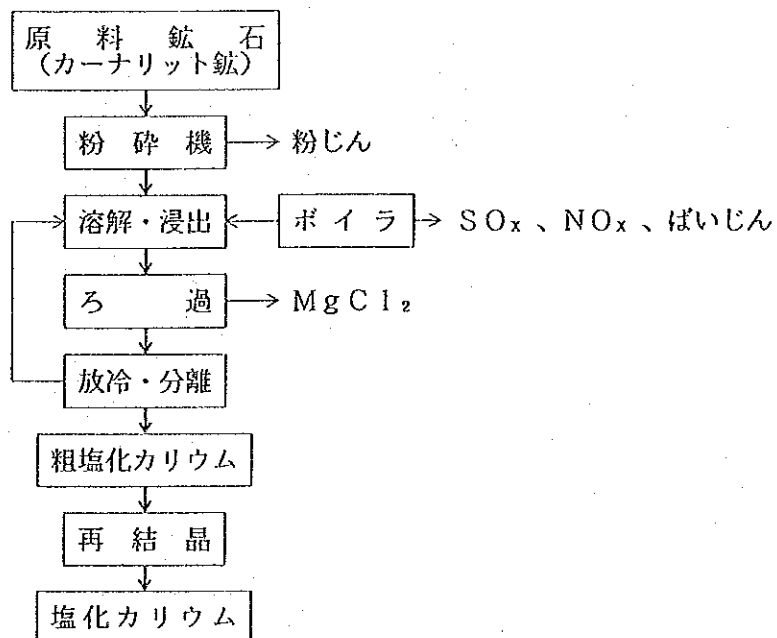


図4-4-1(1) 塩化カリウムの製造工程と排出物

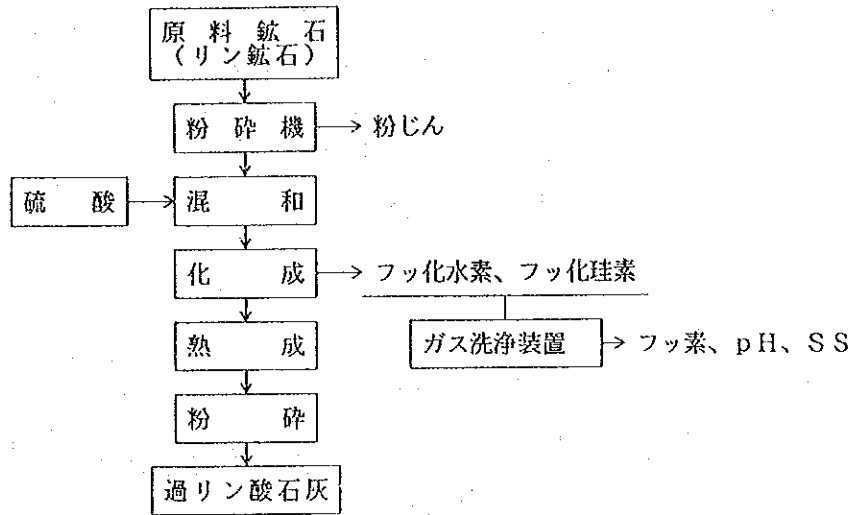


図4-4-1(2) 過リン酸石灰の製造工程と排出物

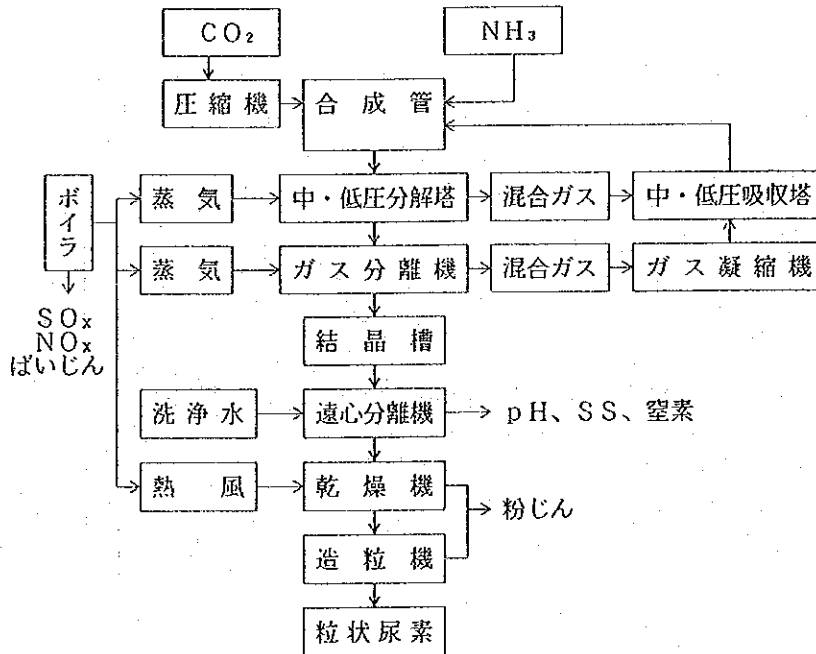


図4-4-1(3) 尿素の製造工程と排出物

#### 4-2 生産工程の概要

肥料は表4-4-2に示すように、無機質肥料と有機質肥料とに大別される。このうち無機質肥料は、化学肥料として化学工場で化学的操作によって多量に製造され、肥料の大部分を占める。ほかに有機質肥料として大豆かす、油かす、魚かす等がある。図4-4-2に化学肥料の原料と製造の経路を示し、以下に代表的な化学肥料の製造工程を示す。

表4-4-2 肥料の分類

無機質肥料	単成分肥料	硫酸、尿素、塩安、石灰窒素、過リン酸石灰、硫リン安、硫酸カリウム、塩化カリウム
	配合肥料	単成分肥料2種類以上を混合した肥料、ただし、種類によっては組合せの禁止されるものがある。
	化成肥料	第1要素の成分が化合状態で含まれる化学肥料 硫加リン安、塩加リン安、加リン硝安等
有機質肥料	大豆かす、油かす、魚かす等	

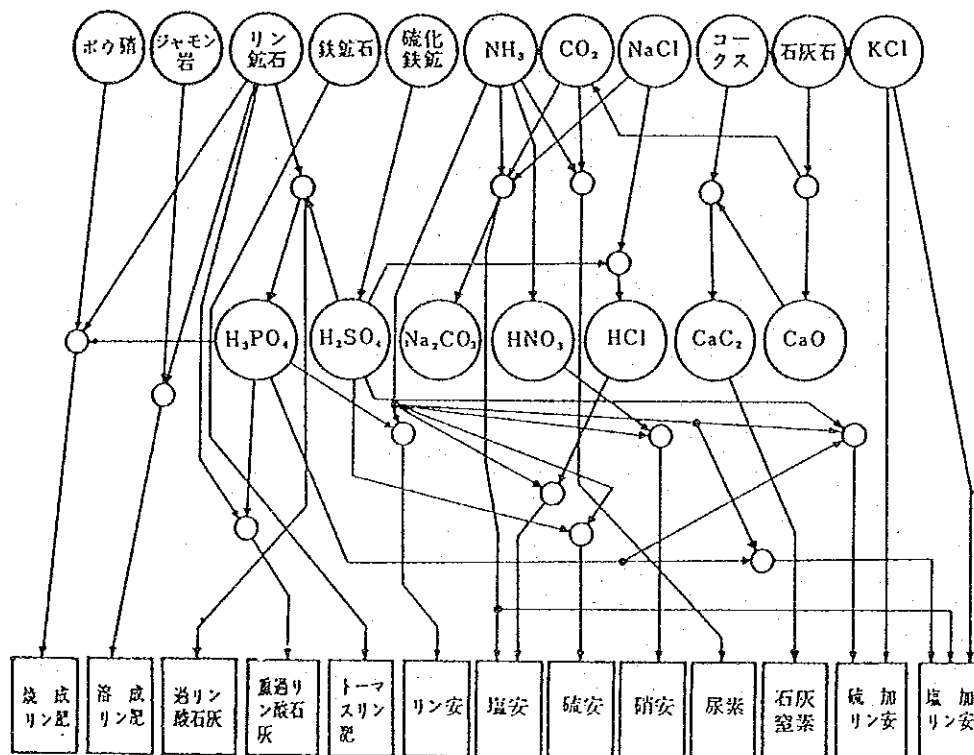


図4-4-2 化学肥料の原料から製品への流れ

### 1) 塩化カリウム

カーナリット ( $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) から浸出した母液を80~90°Cに加熱し、粉碎したカーナリットを入れて煮沸浸出する。沈殿物を分離し、2~3日放冷すると少量の食塩を含んだ塩化カリウムが析出するので、これを再溶解、結晶精製すると純度が80%以上のものが得られる。 $MgCl_2$ が主な不要物として発生する。図4-4-3(1)に塩化カリウムの製造の流れを示す。

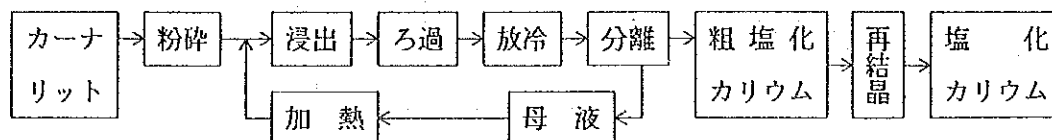


図4-4-3(1) 塩化カリウムの製造の流れ

### 2) 過リン酸石灰

リン鉱石を粉碎し、さらに60~100メッシュに細粉化した後、等量の硫酸と混合すると発泡しながら反応して固化し、過リン酸石灰となる。製造方法はDens式(コンペアー式むろ)が代表的である。この方法では、リン鉱粉と硫酸をミキサーで混合し、スラリー化してDensに流す。ここで、数分から数十分間滞留する間に反応して多孔質に固化する。Dens出口にてカッターで粗砕化して中間製品とする。中間製品はただちに造粒、乾燥されたり、数日間熟成して未造粒~造粒品で出荷される。

製造時の反応性や肥料品位は原料リン鉱石の質に依存し、製造時にはフッ化水素(HF)が発生し、リン鉱石中の $SiO_2$ 分と反応して $SiF_4$ としてリン鉱石中のフッ素の15~20%が揮散する。 $SiF_4$ ガスは水に吸収されて、 $H_2SiF_6$ 溶液とゲル状シリカとして除去される。図4-4-3(2)に過リン酸石灰の製造の流れを示す。

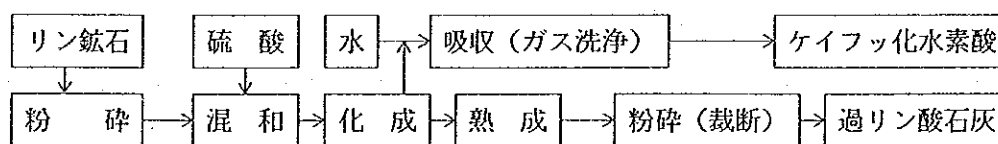


図4-4-3(2) 過リン酸石灰の製造の流れ

### 3) 尿素

尿素製造のプロセスは、合成、分離、回収及び仕上げの各工程からなる。原料であるアンモニアは液状で、二酸化炭素はガス状で合成圧力に昇圧されて合成管に導入され、尿素が合成される。合成管出口液は、尿素のほか過剰のアンモニア、未反応カルバミン酸アンモニウム(カーバメイト)及び水を含むので、これらを分離し、生成水以外の未反応物は回収して合成管に循環される。未反応物を分離したあとの合成液は、65~75wt%の尿素を含む水溶液であり、仕上げ工程で製品の用途に応じた精製が行われる。尿素製造では分離、回収条件の組合せによりプロセスに差異が生じる。図4-4-3(3)に尿素製造の流れを示す。

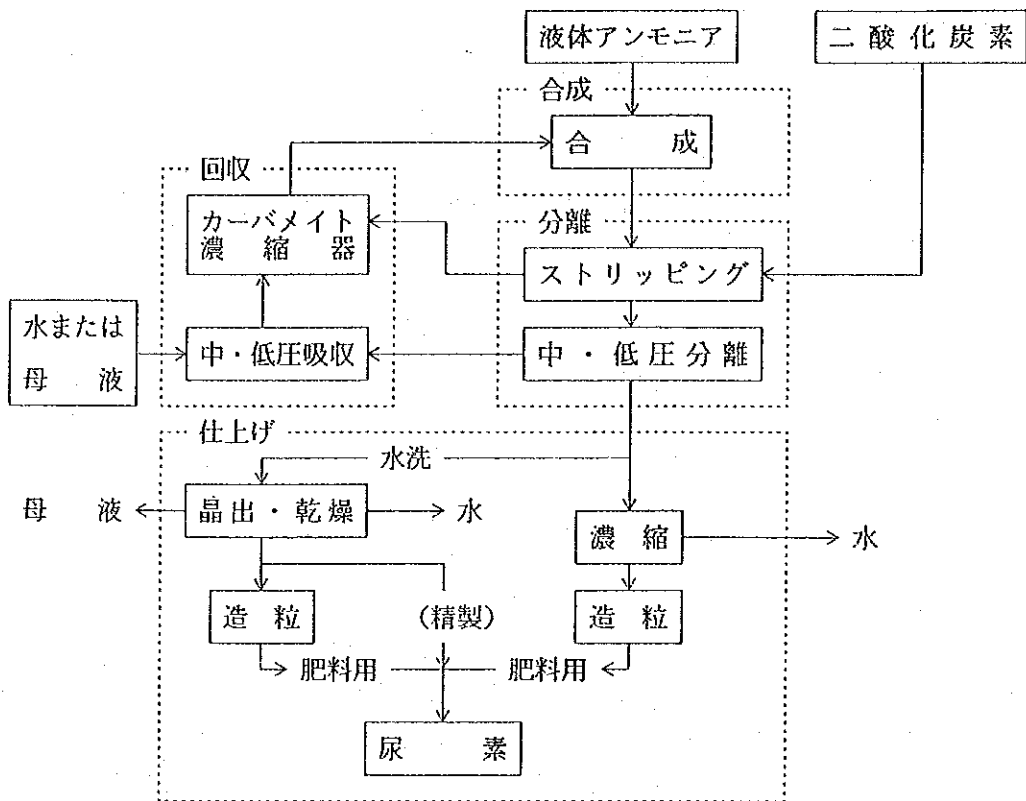


図4-4-3(3) 尿素製造の流れ

#### 4) 高度化成肥料（リン硝安系）

リン鉱石に硫酸カリウムと少量の硫酸を含む硝酸を加えると、りん鉱石は過剰の硝酸によって分解され、りん酸及び硝酸カルシウムが生成するが、硝酸カルシウムに共存する硫酸および硫酸カルシウムの硫酸塩が作用して石こうの結晶が沈殿する。石こうを分離した後の分解液には、なお、かなりの硝酸が含まれているので、この混合溶液に、さらにリン鉱石を加えて完全に分解した後、pHを調整しながらアンモニアを加える。できたスラリーは濃縮して含有水分を調整した後、造粒、乾燥、冷却し、最後に固結防止剤を粒状物表面に付着させて製品とする。図4-4-3(4)にリン硝安系肥料製造の流れを示す。

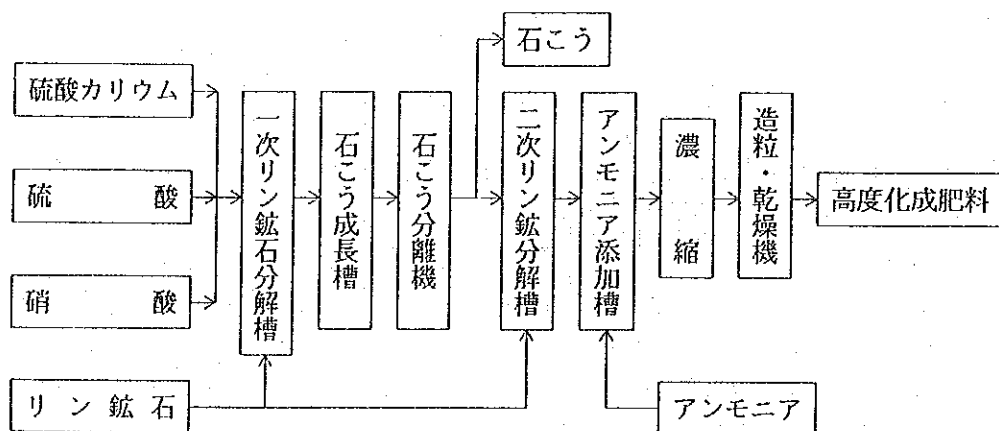


図4-4-3(4) リン硝安系肥料製造の流れ

### 4-3 環境対策方法

#### 4-3-1 大気汚染物質排出源と処理方法

##### (1) 排出源

肥料工業における大気汚染物質発生源は、蒸気及び乾燥空気を得るためのボイラ（ $SO_x$ 、 $NO_x$ 、ばいじん）と、各種の工程での粉碎機、造粒・分級機（粉じん）等がある。表4-4-3に肥料工業におけるボイラからの大気汚染物質発生源を示す。

表4-4-3 肥料工業における大気汚染物質発生源

製造品名	ボイラ使用施設
塩化カリウム	乾燥器、抽出器
過リン酸石灰	乾燥器
尿素	分離塔、回収塔、乾燥器
高度化成肥料	分解・分離塔、乾燥器

また、リン鉱石を原料とする化学肥料の製造工場では、使用する反応施設、濃縮施設、焼成炉及び溶解炉等から、フッ素化合物を含む排ガスが排出されるためその処理が必要である。表4-4-4にリン鉱石を原料とする化学肥料を示す。

表4-4-4 リン鉱石を原料とする化学肥料

リン	黄リン
リン酸	
リン酸質肥料	重過リン酸石灰、過リン酸石灰、焼成リン肥、溶成リン肥
複合肥料	リン硝安カリ

##### (2) 処理方法

ボイラから発生する大気汚染物質（ $SO_x$ 、 $NO_x$ 、ばいじん）の処理方法は、他の発生源と同様であり、以下に示す方法で処理する。

① $SO_x$ については、

燃料転換、排煙脱硫

② $NO_x$ については、

燃焼管理

③ばいじんについては、

電気集じん装置等の集じん装置の設置

一方、粉碎機、造粒・分級機等から発生する粉じんは、局所的な防じんカバー、囲い形フード等を設置し、バクフィルタまたはサイクロンによって処理され、加工用に戻される。

有害ガスの発生施設としては、過リン酸石灰製造における反応炉があり、反応施設から発生する排ガス中にはフッ素化合物が含まれており、その大部分は4フッ化ケイ素（ $SiF_4$ ）である。排ガスはスプレ塔で水洗処理され、ケイ酸とケイフッ化水素酸となる。

一般的には、ケイ酸を懸濁したケイフッ化水素酸溶液をスプレ用洗浄液として循環使用し、洗浄液の一部はその後ソーダ塩で処理してケイフッ化ソーダ ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ) として回収している。図4-4-4に排ガス洗浄装置を示し、表4-4-5に有害ガスの発生施設と処理装置を示す。

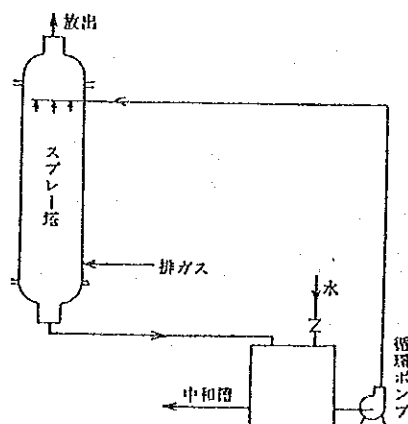


図4-4-4 排ガス洗浄装置

表4-4-5 有害ガスの発生施設と処理装置

肥料の種類	発生施設	排出有害ガス	処理装置
黄リン	電気炉	ダスト(フッ素化合物)	電気集じん機
リン酸	分解反応槽 濃縮施設	ケイフッ化水素 フッ化水素	洗浄塔 洗浄塔
重過リン酸石灰	反応施設	4フッ化ケイ素	スプレ塔
溶成リン肥	電気炉	フッ素化合物	集じん・洗浄塔
焼成リン肥	焼成炉	フッ化水素	集じん・洗浄塔
リン硝安カリ	反応施設 濃縮施設	フッ素化合物 ケイフッ化水素、フッ化水素	スプレ塔 アルカリ洗浄



#### 4-3-2 水質汚染物質の排出源と処理方法

##### (1) 排出源

化学肥料工業は、粉碎、混合、反応、分離、洗浄、造粒等の工程の組合せからなり、排水の発生源はこれらの工程からの排出物の洗浄によるものが大部分である。また、化学肥料工業は比較的用水使用量が多く、窒素、リンを主原料とすることによる窒素、リンの負荷が高いのが特徴である。表4-4-6に化学肥料工業からの排水の例を示す。

表4-4-6 化学肥料工業からの排水の例

製品名	排出施設	排水の質・量	
アンモニア系肥料 石灰窒素 リン酸質肥料 配合肥料	反応装置 ガス洗浄装置	pH 1~4 BOD 800~1200 mg/l COD 1000~1500 mg/l SS 50~350 mg/l	T-N 250~350 mg/l T-P 220~280 mg/l 水量 100~1000 m <sup>3</sup> /日

##### (2) 処理方法

化学肥料工業は比較的用水使用量が多いものの、排水が発生する工程はガス洗浄工程が中心で、処理方法は中和処理のほか、SSは凝集沈殿、BOD、COD、T-N、T-P等は活性汚泥処理が中心となる。図4-4-5に化学肥料工業における排水処理法のフローシートを一例として示す。

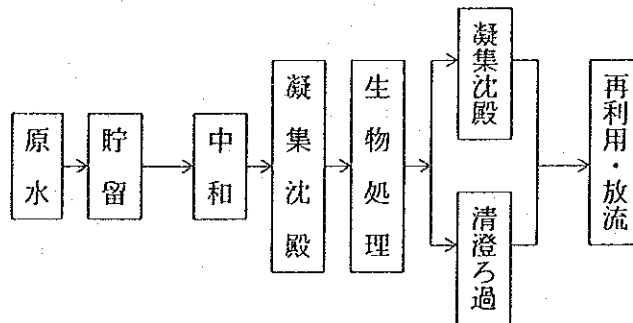


図4-4-5 化学肥料工業における排水処理法のフローシート

#### 4-3-3 廃棄物の排出源と処理及び再利用方法

化学肥料製造工業から発生する主な廃棄物は、リン及びカリ鉱石から肥料成分を取り出した残りの土である。この土には、有害な重金属は含まれていないが、多量に発生するので十分な容積の捨場を確保する必要がある。

5 紙・パルプ工業

5-1 環境問題の所在

紙・パルプ工場では、前処理工程（原木→鋸断→バーカー→チッパー→チップ破碎機）で原木をチップとした後、連続蒸解、洗浄精選、連続漂白等の工程を経てパルプを製造し、その後製品紙を製造する工程を経て製品化する。最も生産量が多いクラフトパルプ製造においては、原料としてチップを用いることが多い。

紙・パルプ工場からは、蒸解工程等で熱源として使用するボイラからの大気汚染物質、各工程における洗浄水使用に伴う水質汚濁物質、臭気物質、各機器の稼働に伴う騒音の発生等に対する対策が必要となる。表4-5-1及び図4-5-1に主要な工程からの排出物を示す。

表4-5-1 主要な生産工程からの排出物

排出施設	排 出 物 質												
	大 気					水 質					廃 棄 物		
	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	いじん	粉じん	有害物質	SS	COD BOD	N類 P類	酸 アルカリ	有害物質	固体	油分	酸 アルカリ
調木工程				○		○	○				○		
鋸 切				○		○					○		
バーカー				○		○	○				○		
チッパー				○		○					○		
蒸解工程	○	○	○			○	○		○	○	○		
ボイラ	○	○	○										
洗 浄						○	○		○	○	○		
精選工程						○	○				○		
漂白工程						○	○		○	○	○		
塩素塔					○					○			
洗 浄						○	○		○	○	○		
アルカリ塔													
洗 浄						○	○		○	○	○		
ハイポ塔										○			
洗 浄						○	○		○	○	○		
調成工程											○		
抄紙工程						○	○				○		
石灰焼成				○							○		
黒液回収	○	○	○										

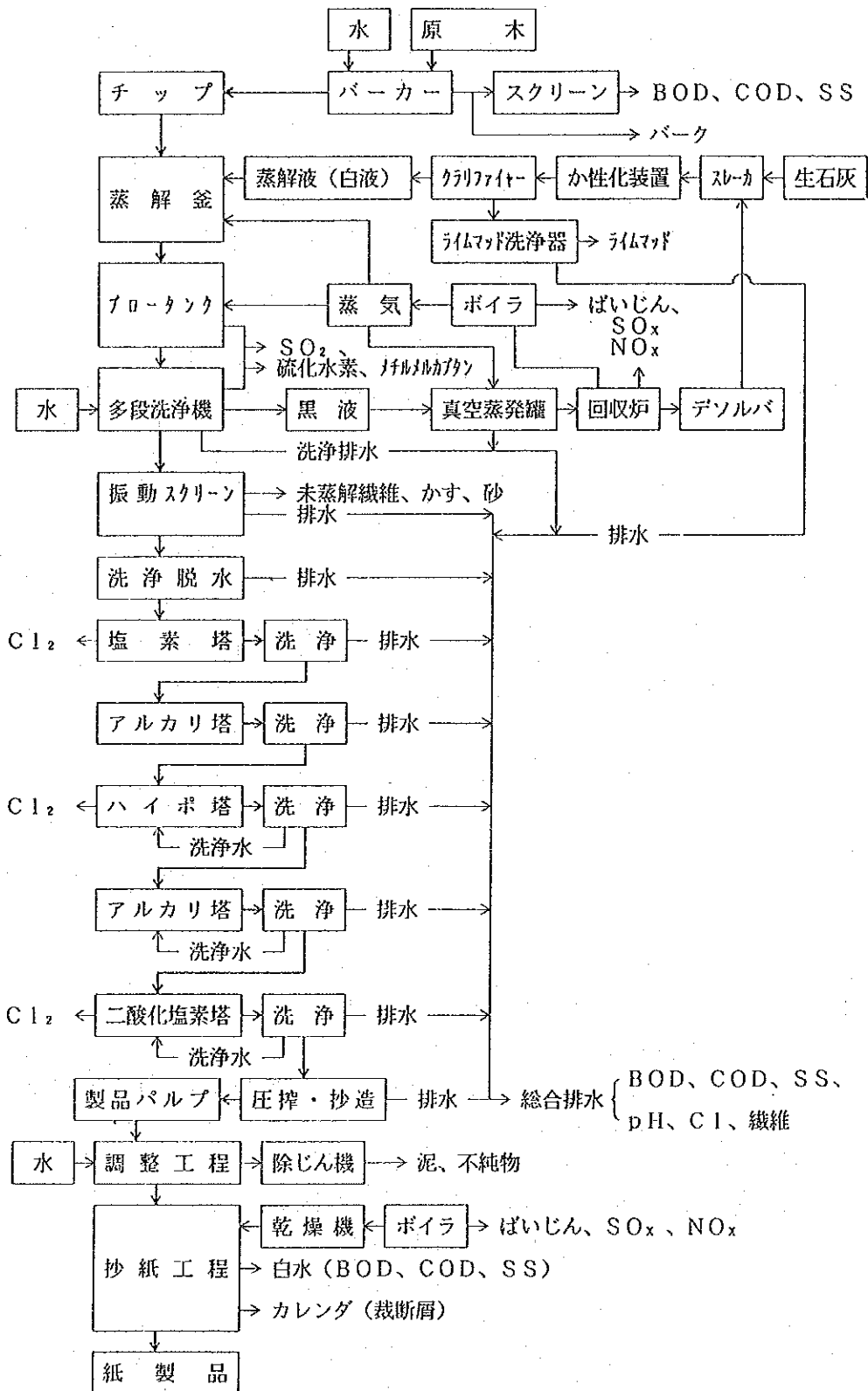


図4-5-1 紙・パルプ工業の工程と排出物

## 5-2 生産工程の概要

パルプは植物体から分離採取した繊維で、紙やセルロース誘導体などの原料に供されるものの総称であり、パルプ製造の原料としては広葉樹が約6割を占め、針葉樹では主として赤松、広葉樹としては、ブナが最も多く、カバ、シナノキ、その他も用いられている。

パルプは、表4-5-2に示すように大きくは8種類に分けられ、このうち製紙用が7種類で、最も多量に生産されているのはクラフトパルプである。

紙・パルプ工業ではパルプの製造だけを行う工場と、製紙までを一貫して行う工場とがあり、以下にクラフトパルプ製造工程及び製紙工程を示す。

表4-5-2 パルプの分類と生産量及び生産比率

種	類	生産量 (t)	生産比率 (%)												
溶	解	パ	ル	プ	189,361	1.7									
製紙パルプ	砕	木	パ	ル	プ (G P)	710,396	6.5								
	亜	硫	酸	パ	ル	プ (S P)	30,832	0.3							
	ク	ラ	フ	ト	パ	ル	プ (K P)	8,394,344	76.4						
	セ	ミ	ク	ラ	フ	ト	パ	ル	プ (S C P)	174,727	1.6				
	ケ	ミ	グ	ラ	ン	ド	パ	ル	プ (C G P)	169,638	1.5				
	リ	フ	ア	イ	ナ	ー	グ	ラ	ン	ド	パ	ル	プ (R G P)	328,764	3.0
	サ	ー	モ	メ	カ	ニ	カ	ル		969,599	8.8				
	そ	の	他							19,345	0.2				
合	計								10,987,006	100.0					

### (1) クラフトパルプ製造工程

クラフトパルプは、以下に示す工程を経て製造される。

- ①調木工程：原木の剝皮、チップ化を行う
- ②蒸解工程：水酸化ナトリウムと硫化ナトリウムの混液で、最高温度170℃前後で2～3時間蒸解する
- ③洗浄工程：リグニン、樹脂、有機酸及び残留蒸解液等をパルプから除去する
- ④漂白工程：未晒パルプ中に含まれる着色成分の脱色、除去を行う
- ⑤製品化：乾燥、成形を行い、原料パルプとする

この方法は以下に示すような特徴から重要なパルプ製造法になっている。

- ①廃液からの薬品の回収方法が完成している
- ②原料に対する適応性が大きく、針葉樹、広葉樹のほとんど全てに適用でき、パルプの品質も良好である
- ③蒸解時間が短く、連続、大量生産に適した装置が開発された
- ④多段漂白技術が開発された

図4-5-2～3に最も生産量の多いクラフトパルプの製造工程と薬品回収工程を示す。

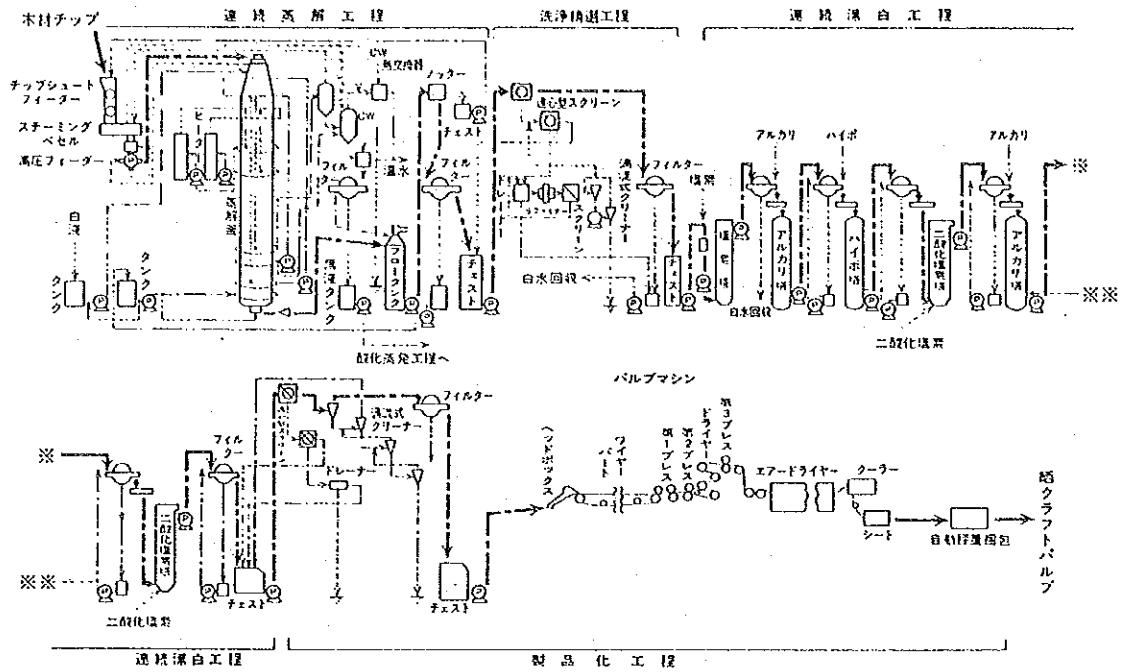


図4-5-2 晒クラフトパルプの製造工程

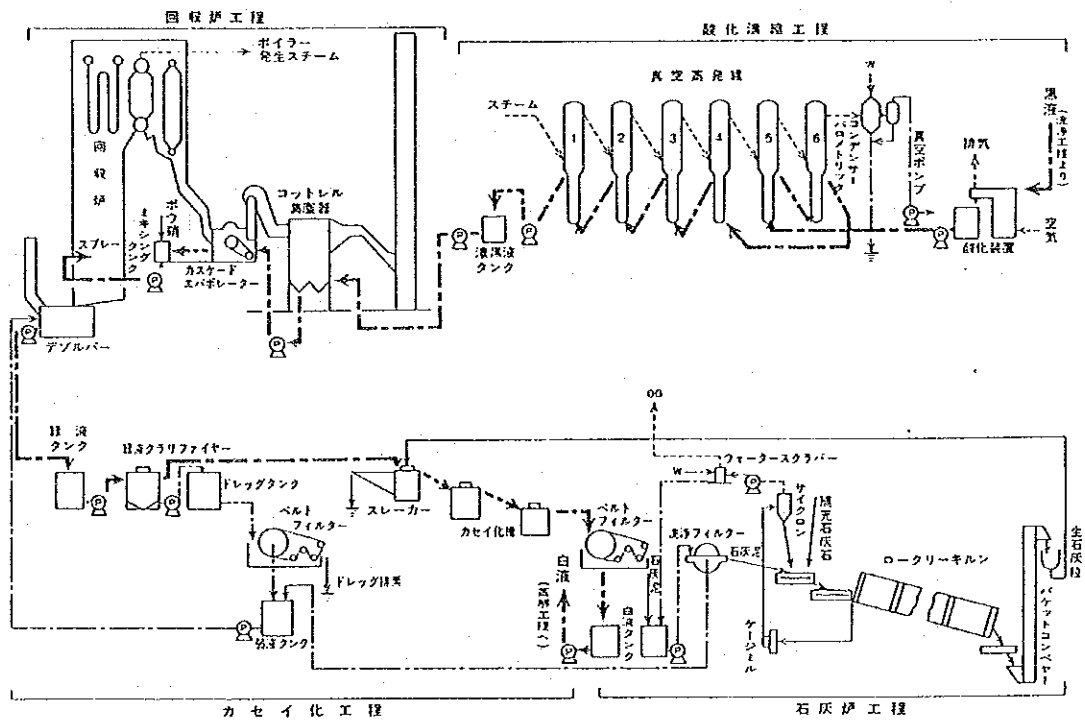


図4-5-3 晒クラフトパルプの製造における薬品回収工程

(2) 製紙工程

パルプを原料として製品紙を製造する製紙工程は、以下に示す工程から成る。

- ①調成工程：パルプの解離や叩解、パルプ、填料及び薬品類の配合等を行う
- ②抄紙工程：製品紙の形に製造し、脱水、乾燥等を行う
- ③仕上工程：製品の種類により、平板紙か巻取り紙として仕上げる

図4-5-4に上質紙の製造工程を示す。

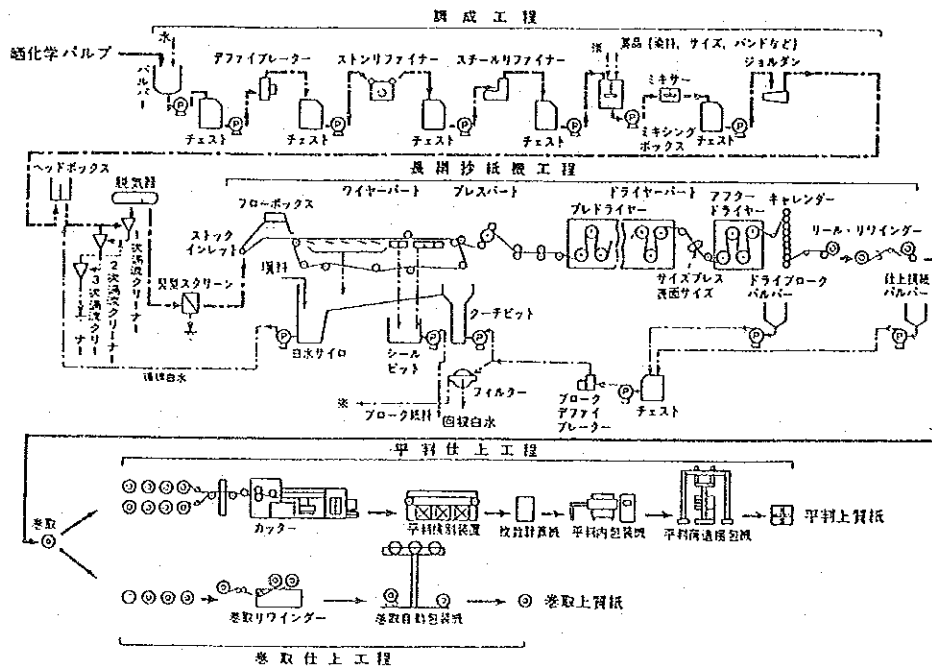


図4-5-4 上質紙の製造工程

5-3 環境対策方法

5-3-1 大気汚染物質の排出源と処理方法

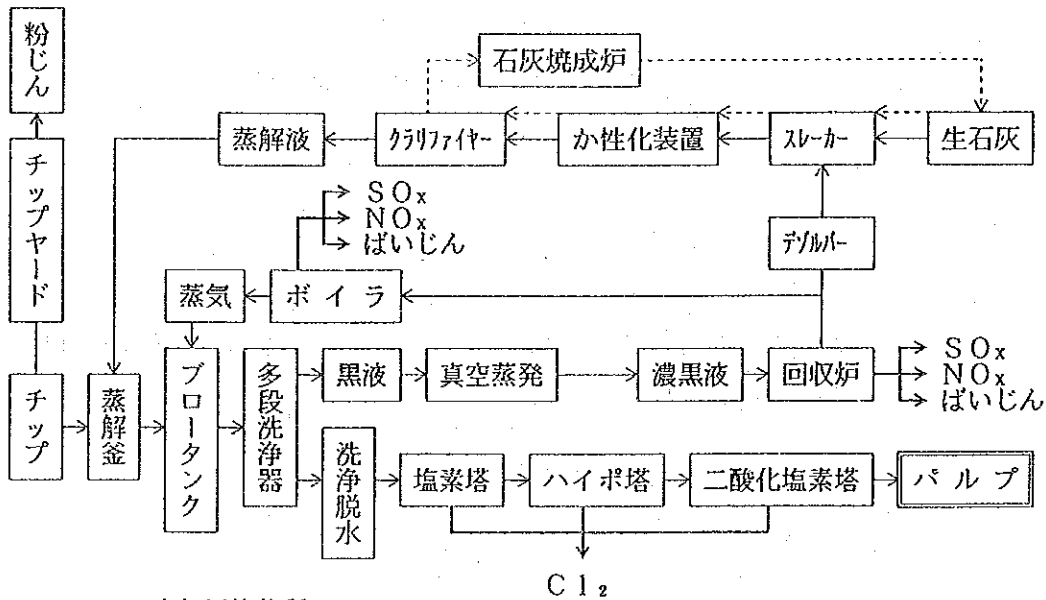
(1) 排出源

パルプ工業では、SO<sub>x</sub> 発生源として重油ボイラ、黒液回収ボイラ等種々あるが、重油ボイラを除けばSO<sub>x</sub> 発生量の特に大きい施設はない。

NO<sub>x</sub> 発生源としては、SO<sub>x</sub> の発生源と同様に重油ボイラ、黒液回収ボイラがあり、特に重油ボイラからの発生量が多い。

ばいじんの発生源としては重油ボイラ、黒液回収ボイラ、石灰焼成炉があり、また、粉じんの発生源としては、原料である木材チップの集積場がある。

パルプ工業では、この他に有害物質の塩素が塩素塔、ハイポ塔、二酸化塩素塔等から発生する。クラフトパルプ法によるパルプ製造工程から発生する大気汚染物質を図4-5-5に示す。



一：大気汚染物質

図4-5-5 クラフトパルプ法によるパルプ製造工程から発生する大気汚染物質

(2) 処理方法

①SO<sub>x</sub> の処理方法

重油ボイラから排出されるSO<sub>x</sub> の低減方法は、どの発生源でもほぼ同じで、燃料転換、排煙脱硫等の方法で処理される。表4-5-3に紙・パルプ工場によく使用される水酸化ナトリウムによる吸収式の排煙脱硫方法を示す。この方法で副成される亜硫酸ナトリウムはパルプ化薬品として再利用される。

表4-5-3 排煙脱硫方法

発 生 源	型	方 式	副 製 品
重油ボイラ、黒液回収ボイラ	湿式	水酸化ナトリウム法	亜硫酸ナトリウム

一方、黒液の成分はパルプの蒸解方法によってかなり異なるが、黒液の固形物中には2～3%の硫黄が含まれている。この硫黄は燃焼過程で黒液中のナトリウムと反応して硫酸ナトリウムの形で捕集されるため、排出されるSO<sub>x</sub>は微量である。表4-5-4にクラフトパルプ製造における黒液の分析値の一例を示す。

表4-5-4 クラフトパルプ黒液の分析値の一例

項目	黒液の種類	製紙パルプ黒液	溶解パルプ黒液
比重(15℃)		1.238	1.289
固形物(%)		45.5	46.0
無機分(NaOHとして)%		34.1	33.2
有機分(%)		69.9	66.8
発熱量(kcal/kg)		3,460	3,500

#### ②NO<sub>x</sub>の処理方法

重油ボイラから排出されるNO<sub>x</sub>の低減方法は、どの業種でもほぼ同じで、燃焼管理による方法が主体である。

#### ③ばいじん・粉じんの処理方法

パルプの原料となるチップは、処理されるまでヤード内に保存される。チップは風による飛散性は低いが、防風壁、散水施設等を設置して粉じんの発生を防止する。

ばいじんは重油ボイラ、黒液回収ボイラ及び石灰焼成炉等から発生するが、集じん装置を設置し除じんを行なう。集じん装置の例を表4-5-5に示す。

表4-5-5 集じん装置の例

発生源	方式
重油ボイラ	電気集じん機
黒液回収ボイラ	スクラバ
石灰焼成炉	電気集じん機

#### ④有害物質

有害物質の塩素は塩素搭、ハイボ搭及び二酸化塩素搭等から発生する。塩素の処理方法の一例を表4-5-6に示す。なお、有機塩素化合物廃液を燃焼させる黒液回収ボイラでは、燃焼過程でスチームを噴射し高温分解させ塩化水素として回収している。

表4-5-6 塩素の処理方法の一例

発生源	汚染物質	方式
塩素搭	塩素	湿式ガス洗浄装置
ハイボ搭		
二酸化塩素搭		



### 5-3-2 水質汚染物質の排出源と処理方法

#### (1) 排出源

紙・パルプ工業では製造するパルプの種類により製造工程が異なり、そのために排水の質も若干異なるが、排水処理施設の構成に大きな違いはない。排水は基本的には洗浄排水が主で、各工程からの排水は一部は各工程で処理されるが、その後は総合処理施設で処理されることが多い。

一例として生産量の大部分を占めるクラフトパルプ製造工程及び製紙工程における排水処理のフローを図4-5-6に示す。

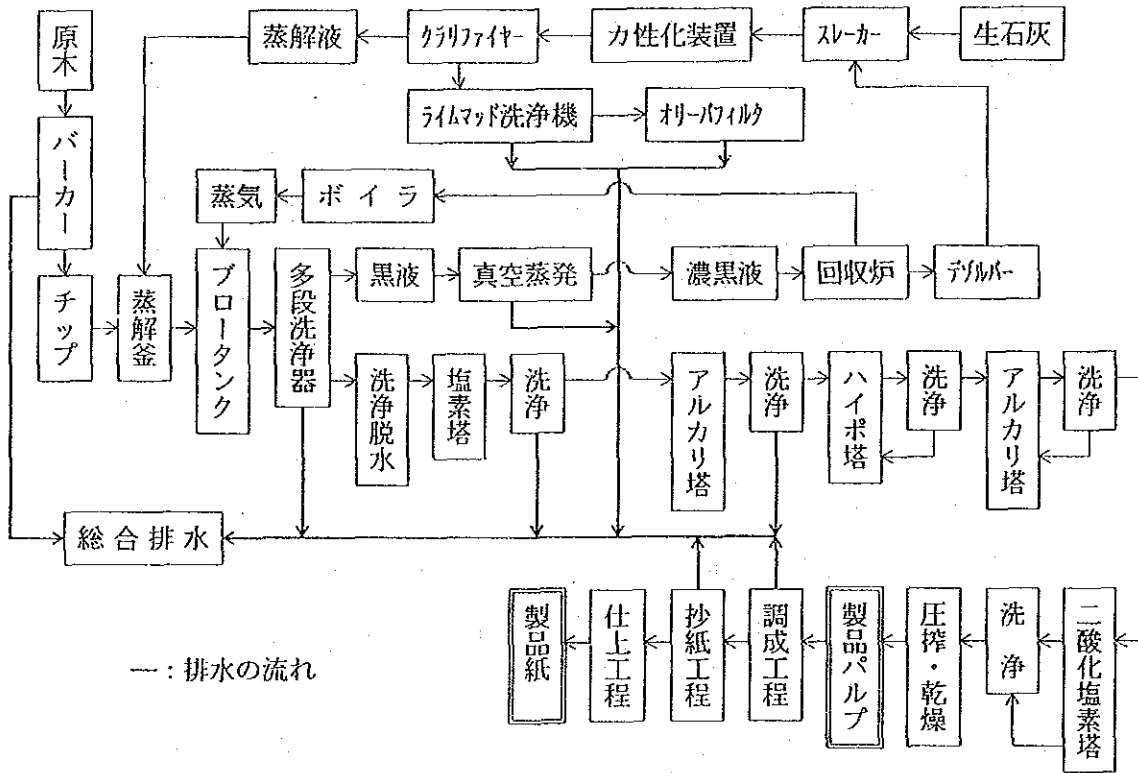


図4-5-6 クラフトパルプ製造及び製紙工程と排水系統

#### (2) 処理方法

紙・パルプ製造工程から系外に出る排水を分類すると、以下のようになる。

- ① 調木排水 (樹皮、木粉等が主体でSS、BOD、COD、着色成分)
- ② 蒸解・洗浄排水 (リグニン、ヘミセルロース等が主体で高pH、BOD、COD、着色成分、KP法では薬液回収工程からの多硫化メチル、樹脂石けん等の有毒物質を含む)
- ③ 回収・製薬排水 (酢酸、メタノール等が主体でBOD)
- ④ 洗浄・精選排水 (微細繊維、結束繊維片等が主体でSS、BOD、COD、着色成分)
- ⑤ 漂白排水 (塩素化リグニン、還元糖、有機酸等が主体でSS、BOD、COD、着色成分)
- ⑥ 調成排水 (BOD、COD、白水)
- ⑦ 抄造・抄紙排水 (微細繊維、填料等が主体でSS)

これらの排水の汚濁成分としては、以下に示すものが挙げられる。

- ①腐敗性有機物（ヘミセルロース等、BOD）
- ②還元性物質（リグニン化合物、亜硫酸塩等、COD）
- ③浮遊物質（微細繊維、無機系てん料）
- ④色度（リグニン化合物、染料等）

これらの成分をできるだけ除去することが排水処理の目標となり、その方法としては基本的には、以下の4項目に絞られる。

- ①pH調整（酸性、アルカリ性排水の中和）
- ②固液の分離（SSの除去）
- ③腐敗性有機物、還元性物質の酸化（BOD、CODの減少）
- ④有毒物質除去

この基本的な目的を達成するために種々のプロセスや単位操作が用いられ、その方法としては、大別すると物理的方法、化学的方法及び生物学的方法があり、この3つの方法を組合せによって処理される。表4-5-7に処理方法、処理設備、処理効果を示し、図4-5-7に排水処理フローシートを示す。

表4-5-7 紙パルプ排水の処理方法、処理設備、処理効果

処理方法		処理設備	効果	
物理的処理	ろ過	スクリーン、フィルタ	SS減少、原料回収	
	沈殿	単純	単純沈殿槽、スラッジ排除設備	SS減少
		凝集	凝集沈殿槽、薬剤添加設備、スラッジ排除設備	SS減少、色度向上、
	浮上	浮上分離槽、薬剤投入設備、その他付帯設備	SS捕集	
化学的処理	中和	中和槽、	pH調整	
	ばっ気	ばっ気槽、空気圧縮機	脱臭、BOD改善	
	濃縮燃焼	真空蒸発缶、廃液燃焼炉	BOD、COD大幅減少	
生物学的処理	酵母発酵	酵母発酵設備	BOD減少	
	活性汚泥	ばっ気槽、沈殿槽、栄養剤供給設備、その他付帯設備	BOD減少	
	散水ろ床	散水ろ床、散水ポンプ	BOD減少	

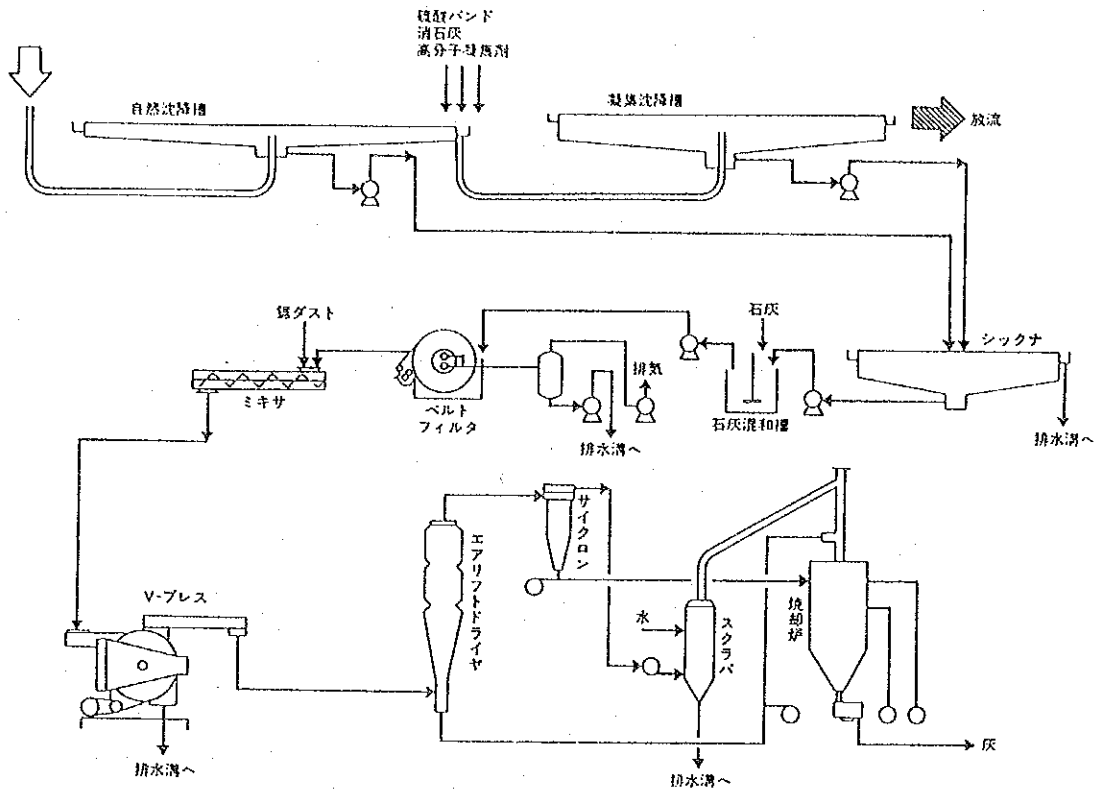


図4-5-7 排水処理フローシートの一例

5-3-3 廃棄物の発生源と処理及び再利用方法

(1) 廃棄物の発生源とその種類

パルプ工業からは、以下に示すような廃棄物が発生する。

- ① 主原料である木材を調整する工程から発生する樹皮（バーク）及び木片、おがくず類
- ② 精選工程や調成工程から出るパルプ粕（汚泥）
- ③ 排水処理の工程で発生する汚泥
- ④ クラフトパルプ（KP）工場の薬品回収工程から発生するドレック、グリッド

図4-5-8にクラフトパルプ工場における廃棄物発生の経路を示す。

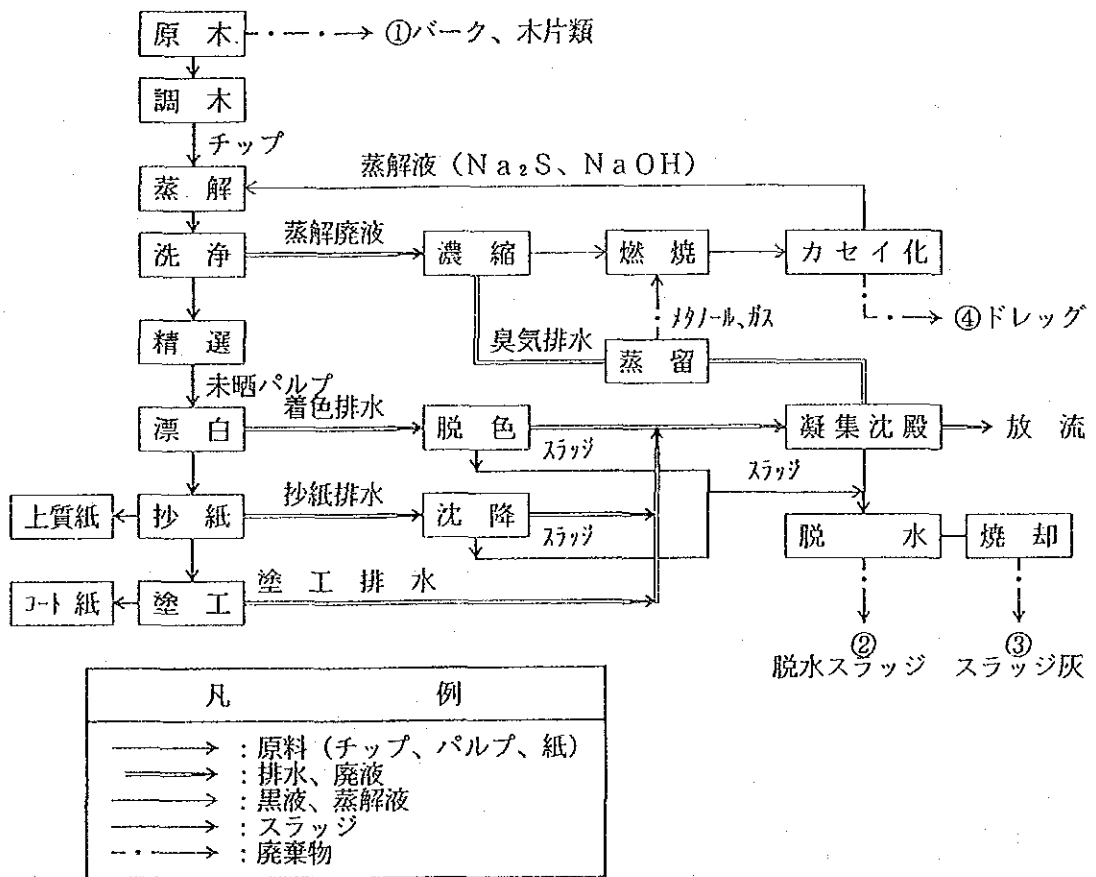


図4-5-8 クラフトパルプ工場における廃棄物の発生経路

パルプ工業からの廃棄物の発生量、性状、処理・処分状況は、表4-5-8に示すとおりで、バークが最も多く、次いで有機系汚泥（パルプ粕を含む）が多い。また、廃棄物発生原単位の一例を〔参考〕に示す。

表4-5-8 廃棄物の発生量、性状、処理・処分状況

種類	発生割合	性状	処理・処分上の問題点	処理状況の一例
バーク (樹皮)	58%	水分 50% 脱水容易	処理・処分とも比較的容易 土壌改良剤、建材等に利用開発中	焼却 45% 埋め立て 50% 利用 5%
土場屑 (木片、木屑、おがくず)	8%	水分 40%	処理・処分とも比較的容易。棒炭材料等に利用開発中	現在は大半が投棄、埋め立て、焼却
有機系スラッジ (無機質を5～10%含むもの)	29%	水分 97% 98% 脱水困難	脱水不良、排水処理の強化により、スラッジ量が増加。スラッジの無機質分が増加傾向。排水処理上の最大の問題点	焼却 30% 利用 5%
無機系スラッジ (ドレグ等)	6%	水分 15% 50%	脱水処理	投棄、埋め立て、 利用困難
合計	100%			

(2) 処理及び再利用方法

パルプ工業における廃棄物の処理は以下に示す方法で行う。

- ① 原木を調製する工程から出るバークは、スクリーンで分離した後、バークプレスで脱水し、おがくずやチップダストとともにボイラで焼却するのが一般的な方法である。バークはたい肥等に再利用ができる。
- ② パルプ化工程及び抄紙工程から発生する微細繊維は排水中に浮遊しているので、沈降または上浮法によって分離する。この排水処理によって発生した汚泥は水分を97～99%含み、脱水しても75～85%である。埋め立てか焼却をするが、含水量が多いため大きな問題点である。
- ③ パルプの精選工程から出るパルプ粕は、脱水したのち焼却するか、一部を生産工程へ戻して回収する。

紙パルプ工場から発生する各種廃棄物のうち、比較的性状の類似したものをまとめた基本的な処理フローシートを図4-5-9に示す。また汚泥について、その特徴を表4-5-9に示し、有効利用については、我が国の例を表4-5-10に示す。

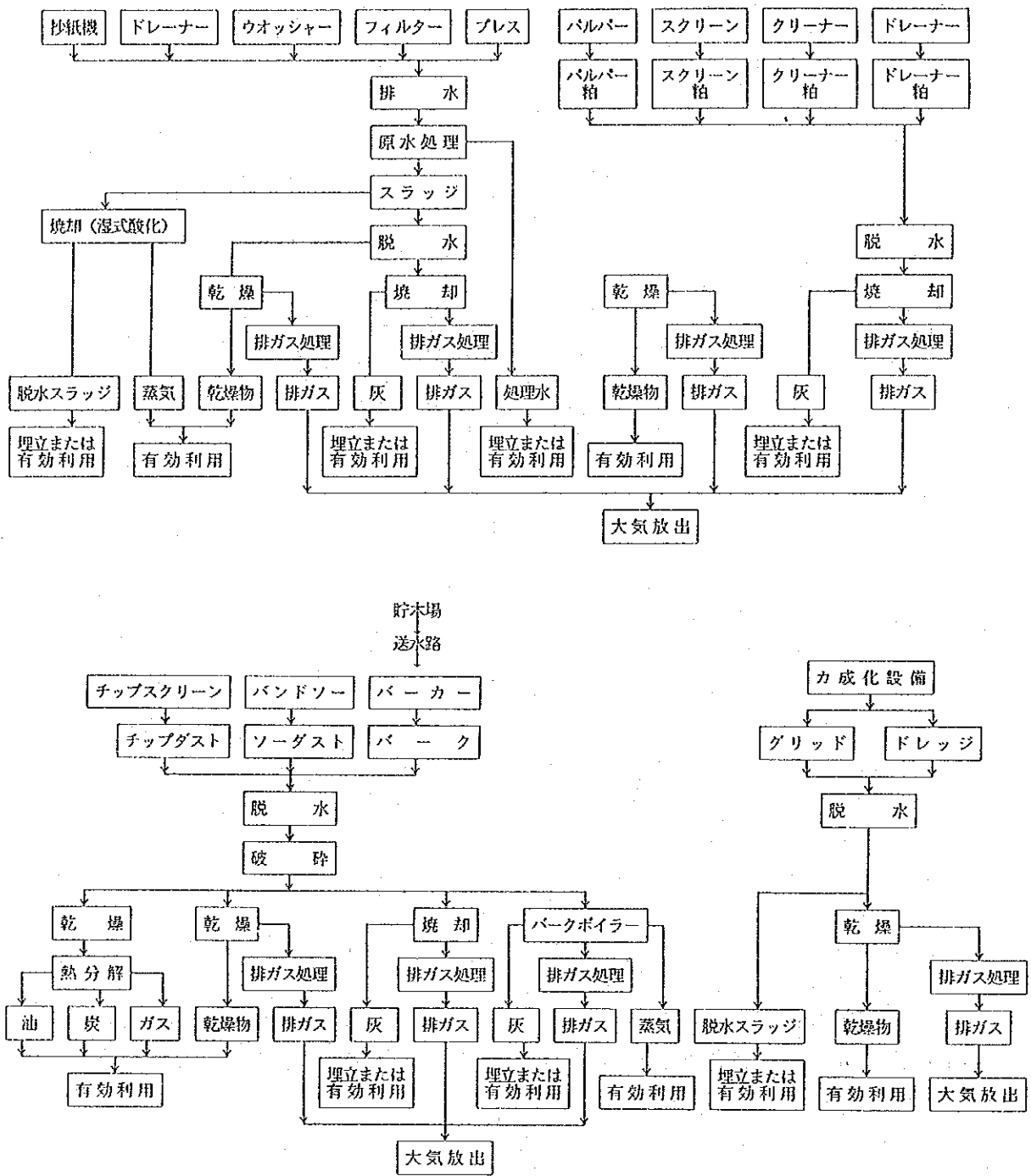


図4-5-9 紙パルプ工場における廃棄物処理の基本フロー

表4-5-9 紙パルプ工業で発生する汚泥とその特徴

汚泥の種類	発生工程	主成分
木質汚泥	調木沈殿池等	木屑、バーク
古紙粕	古紙処理	セルロース
パルプ粕	パルプ、紙	セルロース
KP回収汚泥	カセイ化、キルン	石灰等
排水処理汚泥	排水処理	微細繊維、リグニン
排煙脱硫汚泥	排煙脱硫	せっこう等
塗工粕	コーター	クレー、カオリン等
用水汚泥	浄水処理	粘土

表4-5-10 廃棄物の有効利用用途とその比率

有効利用用途	比率
セメント等の窯業原料	30
たい肥原料、土壌改良剤	15
製鉄用保温材、鎮静剤	10
燃料またはその原料	9
埋め立て、整地用	8
製紙原料	6
建材(ボード等)原料	5
その他	17

[参考] 廃棄物発生原単位の一例

区分	種類	原単位 (kg/l)	摘 要	
パ ル プ 別	G P	8	クリーナー粕が主で、通常GPトン当たり8~10kg	
	R G P	21	クリーナー粕及びチップウォッシャー排水からのものが主。	
	C G P S C P	6	クリーナー粕が主体。廃液の濃縮燃焼によりCODの90%除去するものとした。工程排水は一貫工場製造工程で総合処理するものとして、そのスラッジ量は含めていない。	
	U S P	21	クリーナー粕が主。廃液の濃縮燃焼によりCODの88%以上除去するものとし、工程排水は新聞用紙一貫製造工程で総合処理するものとして、そのスラッジ量は含めていない。	
	D S P	86	排水のCODは120ppmを目標とし、蒸解廃液漂白排水のCODは、95%以上除去することとした。なお、石灰を廃液の中和、排水の凝集沈殿に使用し、この石灰を再生利用するものとした。スクリーン、クリーナー粕、焼却残渣等。	
	B K P	43	排水のCODは120ppm、SSは65ppmを目標とした。	
紙 別	古紙パルプ	137	脱墨のフローテータ、クラリファイヤーからのものが大部分。	
	新聞用紙	29	クリーナー粕、プレスパート排水等からのものが大部分。	
	クラフト紙	11	クリーナー粕、クラリファイヤー沈降SSが主である。	
	上質紙	19	排水水質はCOD 63ppm 凝集沈殿によるスラッジが主である。	
	コート紙	6	排水水質はCOD 120ppm、SS 80ppm。	
	薄葉紙	19	排水はクラリファイヤーで単純沈殿させるものとして、排水水質は、COD 40ppm、SS 40ppm。	
	ティッシュペーパー	5	排水水質は、COD 25ppm、SS 25ppm。	
	段ボール原紙	ライナー	80	排水水質は、COD 110ppm、SS 80ppm。パルプ30%、古紙70%を使用した例である。
		中しん	81	排水水質は、COD 110ppm、SS 80ppm。パルプ30%、古紙100%を使用した例である。スクリーン、クリーナー粕、クラリスラッジが主。
	白板紙	27	排水水質は、COD 80ppm、SS 40ppm。表原料は購入パルプ、表下原料は脱墨精選パルプ、中裏原料だけを古紙処理設備を備えたものとした。	
一貫製造	新聞用紙	調木	267	原料はN、L丸太とし、N材は湿式パーカー、L材は乾式パーカーで剥皮するものとしたときのパークが主である。
		その他	33.4	原料はRGP40%、CGP40%、SP20%の場合とした。ただし、排水処理施設からのスラッジ等は含まない。
	上質紙	62	購入チップからの一貫工場の例。COD 120ppm、SS 80ppmを目標とした。	
	段ボール原紙	69	木材チップを原料として、ライナー、中しんを並抄している工場の例で、廃棄物の約50%はチップダストである。	

注) USP: 未晒亜硫酸パルプ、DSP: 溶解用亜硫酸パルプ、BKP: 晒クラフトパルプ



## 6 繊維・染色業

### 6-1 環境問題の所在

#### 6-1-1 繊維工業

##### (1) 紡績

紡績の工程は用いる原料によって異なるが、基本的には表4-6-1に示すように原料工程、開織工程、製条工程、精製条工程、前紡工程、精紡工程、糸仕上工程等から成る。

これらの各工程からは、用いる原料によって発生する汚染物質は異なるがBOD、COD、SS、廃酸、廃アルカリ、油脂、石けん、洗剤、セリシン、グリース、羊毛土、たんぱく質、臭気、原料繊維質粉じん及び原料繊維質廃棄物等が発生する。また、一部の工程では熱源として蒸気を使用するため、蒸気発生用ボイラからはばいじん、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>が発生する。

##### (2) 編織

織物製造では、主として工程排水、一部の工程で熱源として使用する蒸気発生用ボイラからのばいじん、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>及び織機からの騒音等に対する対策が必要である。

工程排水の主要な汚染物質は用いる原料によって異なるがBOD、COD、SS、油分、固形物等である。

#### 6-1-2 染色

繊維の染色においては、漂白、脱塩、染色、乾燥等の各工程で水蒸気を必要とし、蒸気発生用のボイラーを使用する。ボイラーからの排ガス、水処理施設から発生したスラッジの焼却排ガスには、ばいじん、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>等が含まれる。また、漂白、染色、乾燥の工程では臭気成分が発生する。

繊維の染色においては、また、水質汚染が最も重要な問題であり、表4-6-1に工程別原因物質と水質汚染物質を示す。

表4-6-1 工程別原因物質と水質汚染物質

工 程	単 位 工 程 例	原 因 物 質	水 質 汚 染 物 質
前処理	ウインズ下晒、ネオ下晒 バルキー出し	繊維くず、繊維に付着していた汚れ、油、界面活性剤、漂白剤、助剤	pH, BOD, COD, SS
染 色	浸染	未染色染料、染色助剤、染料分解物	pH, BOD, COD, SS
	捺染	未染色染料、捺染糊、染色助剤	着色、重金属
後処理	柔軟処理、ソーピング、 色留処理	界面活性剤、各種加工剤	pH, BOD, COD, SS

繊維染色から発生する廃棄物は、水処理に伴って発生するスラッジが主で、以下に示す成分が含まれ、そのままでは廃棄することができない。

- ①繊維原料から除去される物質
- ②製布工程で使用されるのり剤、油剤等
- ③処理中に脱落する繊維くず
- ④染色加工各工程に投入される薬助剤、染料、加工剤の残余物等

表4-6-2に主要な工程からの排出物を示す。

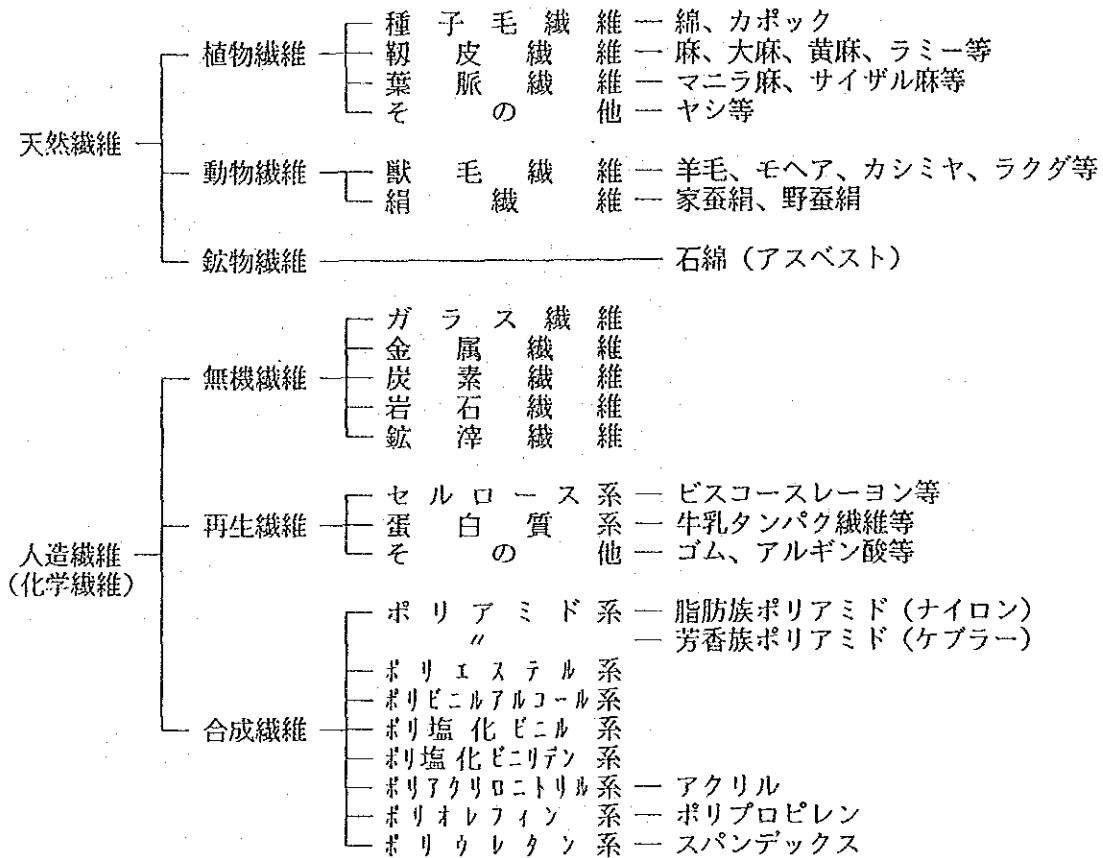
表4-6-2 主要な工程からの排出物

製品名	排出設備	排 出 物 質												
		大 気 質					水 質					廃 棄 物		
		SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	ばいじん	粉じん	有害物質	SS	COD BOD	油分	酸 7/7/7	有害物質	固体	油分	酸 7/7/7
紡績	原料工程						○	○	○	○		○		
	開織工程				○		○	○	○			○		
	製条工程				○		○					○		
	精製条工程				○		○					○		
	前紡工程				○		○					○		
	精紡工程				○		○					○		
	糸仕上工程						○	○	○	○		○		
	ボイラー	○	○	○										
編織	前処理						○	○	○	○		○		
	中間処理				○		○	○	○	○		○		
	ボイラー	○	○	○										
染色	前処理						○	○		○		○		
	浸染						○	○		○	○	○		
	捺染						○	○		○	○	○		
	後処理						○	○		○		○		
	ボイラー	○	○	○										

6-2 生産工程の概要

繊維は表4-6-3に示すように、大きくは、天然繊維と人造繊維（化学繊維）に分けられ、繊維工業の製造工程は使用する原料によって異なる。

表4-6-3 繊維の分類



繊維工業においては、天然繊維を原料とする繊維工業と合成繊維工業では糸を製造する工程が以下に示すように異なる。

天然繊維を原料とする繊維工業では、原料から短繊維（数十cm以下）の適当な連続配列集合体を加ねんし、用途に供しうる糸を製造する（紡績）。

合成繊維工業では、紡糸（熔融、乾式、湿式）、延伸、熱処理の3工程により用途に供しうる糸を製造する。

両者とも、この糸を原料として、所定の性能を有する布の製造（編織）を一貫して行う場合と、糸の供給のみを行う場合とがある。また、これらの製品に対する染色は、紡績後の糸に行う場合と、編織後の布に行う場合とがある。

繊維工業における製造工程は、これらの工程の組合せからなり、その形態は複雑である。

6-2-1 繊維工業の製造工程

(1) 紡績

繊維原料から糸を製造する工程を紡績といい、表4-6-4に紡績の基本工程を示し、図4-6-1に一例として麻糸の製造工程を示す。

表4-6-4 紡績の基本工程

基本区分	主工程	操 作 内 容
原料調整	原料工程	繊維質分離、選別・仕分け、給湿、切断、漂白、精練、軟化、洗淨乾燥、給油等
	開織工程	開織、不純物除去、混織等
整 条	製条工程	スライバ（棒ひも状の無限に長い繊維の集合体）の製造
	精製条工程	微小不純物及び短繊維を強制的に除去し、繊維の配列度を向上させる。主として天然繊維のうち特に必要なものに限られる。
	前紡工程	練 条
粗 紡		主としてドラフティング
糸 製 造	精紡工程	加ねん巻取り
	糸仕上工程	巻取り、引きそろえ、毛羽焼、より止め、シルケット加工、かせ取り

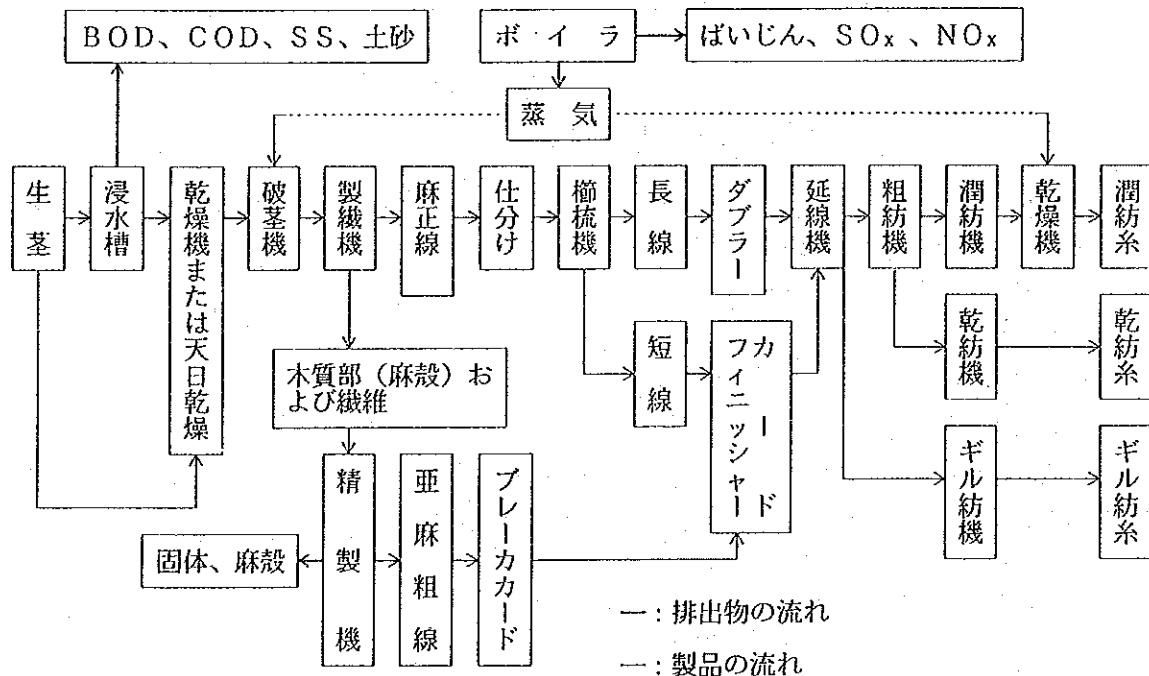


図4-6-1 麻糸の製造工程

## (2) 編織

紡績により製造された糸を原料として、所定の性能をもつ布を製造することを編織という。使用する糸は、長い繊維によって構成されるフィラメント糸（長繊維）と比較的短い繊維によって構成される紡績糸に区別され、天然繊維、再生繊維、合成繊維のそれぞれが単独で使用される場合と、それぞれの欠点を補い、特徴を生かすために混紡、交ねん、交織、交編が行われ、複合繊維として使用される場合がある。編織の方法は原料の種類により異なるが、基本的には図4-6-2に示す方法で行われる。

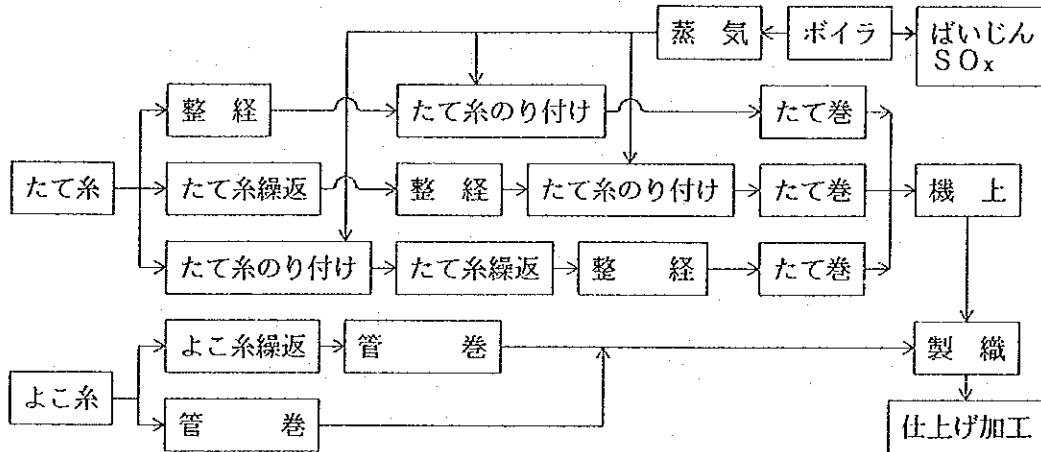


図4-6-2 織物製造の基本方式

### 6-2-2 繊維の染色

繊維工業では、木綿、麻、絹、羊毛、化学繊維、合成繊維等多種類の素材を扱うため、これらの素材に対応する染料、助剤、媒染剤、均染剤等の種類も多く、また、仕上げ剤、加工剤の種類も多い。これらの薬品を使用する工程は分業が進み、単一の作業を行う専門工場もあるが、多くは多種類の作業を行う。以下に加工工程の内容を示し、図4-6-3に原料別の染色工程と発生する汚濁成分を示す。

①のり抜き：主に綿織物で使われるのりを、染色加工の障害とならないよう取り除く工程。

のり抜き剤としては、酸、アルカリ、酵素、酸化剤などが用いられる。

②精練：活性剤やカセイソーダ、炭酸ナトリウム等の無機精練剤により、繊維に付着した不純物を除去する。

（洗絨）：毛織物の精練。

③漂白：繊維に含まれる色素を、酸化、または還元によって分解除去し繊維を白くする工程で、亜塩素酸漂白、塩素漂白、過酸化水素漂白等の酸化漂白と、ヒドロサルファイト等による還元漂白がある。

（脱塩処理）：亜塩素酸漂白等塩素系の漂白を行った場合、繊維が塩変しないように、繊維に付着した塩素を取り除く工程。脱塩剤としては、過酸化水素、チオ硫酸ソーダ等が使われる。

（蛍光増白）：青色系の蛍光を発する染料で処理することによって、漂白加工で、繊維品の白度を増す工程。

④浸染：繊維製品を染液に浸して行う染色で、可染物の形態によって、バラ毛染め、トップ染め、糸染め、布染めがある。また、染法によって、直接染法、媒染

染法、還元染法、発色染法、分散染法、反応染法がある。それぞれの染法の概要と主に使われる使用薬品を上表に示す。

⑤捺染：印捺操作を主体とする模様染めで、直接捺染法、抜染法、防染法等がある。染料は、浸染と特に異なるものではない。糊剤としては、天然糊剤（でんぶん、ふのり等）、加工糊剤（セルロース誘導体、でんぶん誘導体、加工でんぶん、アルギン酸等）、合成樹脂のり剤（ポリビニルアルコール等）、エマルジョン等が使われる。

⑥仕上加工

蛍光増白：青色系の蛍光を発する染料で処理することによって、繊維品を一層白くするために用いる。

柔軟加工：柔軟剤（界面活性剤）により、繊維品を柔軟にする。

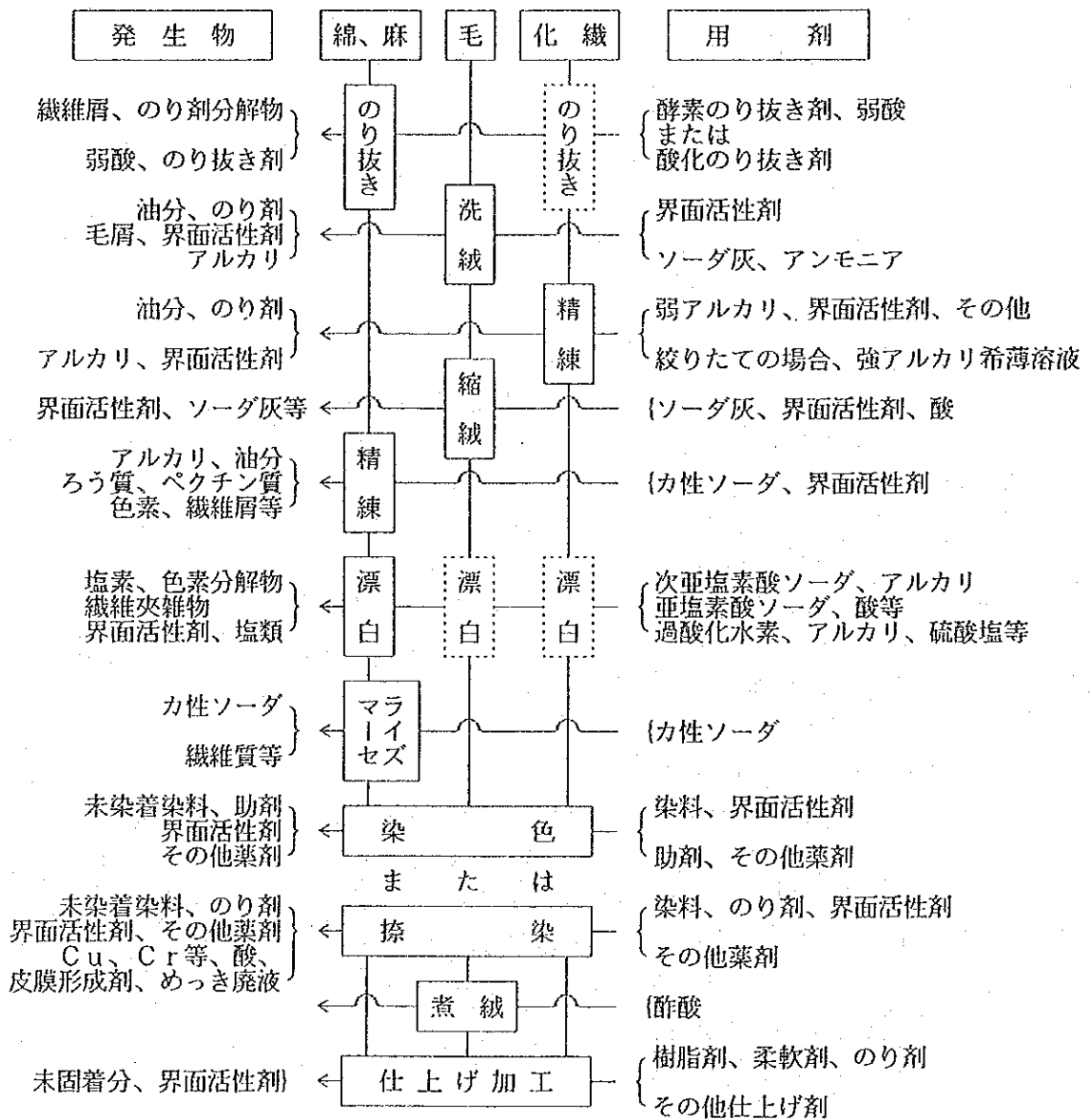


図4-6-3 原料別の染色工程と発生する汚濁成分