

第3章 有機合成工程の化学物質排出量等管理マニュアル

第3章 有機合成工程の化学物質排出量等管理マニュアル

1. はじめに

有機合成は、反応の種類が多く、しかも一つの反応を取り上げても、反応の前後に多くの単位操作の組み合わせから成る前処理工程、分離・精製工程等がある。しかも、反応形態も多い。(参照：参考資料1-1：有機合成モデルフローシート、参考資料1-2：反応工程と単位操作、参考資料1-3：気相水素還元反応フローシート、参考資料1-4：酸化反応フローシート)

ここでは、個々の指定化学物質等の取扱いの面からではなく、より汎用性のある単位操作による指定化学物質等管理について記した。すなわち、反応工程及び、分離、精製工程の単位操作の中からは蒸留とろ過を対象とした。また、有機合成反応全体にわたって記述するのではなく、ポイントと思われる事項について事例を示した。

本マニュアルは、「化学物質管理指針」(平成12年3月30日環・通告1)を概説した第I節第1章「化学物質排出量等管理マニュアルについて」の内、有機合成の上記工程に固有な第2項から第6項までについて記述し、事業者が事業所の有機合成工程における指定化学物質等の適正な管理および使用の合理化を図るためのマニュアルを策定する際のガイドラインとすることを目的とする。

2. 管理計画の策定

2.1 現状確認

管理・改善計画策定にあたっては、現状の確認、評価と見直しを行い、それに基づき必要ならば、現状の管理計画の修正、改善を行う。

そのためには、まずチェックリストにより現状を確認し、関係者共通の認識のもとに、管理ポイントと次の行動課題を明確化することが重要である。

既存の有機合成工場においては、既に安全設備・公害対策設備が設置され、それらの日常管理及び定期管理が実施されている。ここでは、指定化学物質等の排出防止の観点にしばって現状確認を行う。

現状確認のためのチェックリストの例
管理体制について

No	項 目	チェック結果
1	指定化学物質等の取り扱い責任者は指名されているか（職務・責任・権限）	
2	指定化学物質等の取り扱い者は指名されているか（職務・責任・権限）	
3	作業要領は工程ごとに作成されているか	
4	教育・訓練は実施されているか（実施結果・記録）	
5	広報担当者は指名されているか（職務・権限・責任）	
6	対外窓口は明確になっているか	
7	対外窓口は公開されているか	

指定化学物質等について

No	項 目	チェック結果
1	取り扱っている指定化学物質等は、すべてリストアップされているか	
2	上記の指定化学物質等は関係者全員に周知されているか	
3	上記の指定化学物質等のMSDSは用意してあるか	
4	上記の指定化学物質等の必要な物性値は、わかっているか	
5	上記の指定化学物質等の排出箇所は、すべてリストアップされているか	
6	上記の排出箇所からの排出物の性状、量、組成のデータはあるか	
7	上記の排出物の組成分析の担当者、分析頻度は定まっているか	
8	上記の排出箇所が属する工程の物質収支はできているか	
9	反応器等の安全弁が作動したときの指定化学物質等の処理の対策はできているか	
10	管理すべき地域範囲（バッテリーリミット）は関係者全員が承知しているか	

（注）No4：必要な物性値とは、融点（又は凝固点）、沸点、引火点、水への溶解度（又は溶解性）、他の溶媒への溶解性、比重、粘度等である。蒸留では、温度—蒸気圧曲線が必要。

2. 2 資料の整備

① 基礎データシートの作成

排気処理設備、排水処理設備、廃棄物処理設備を含む全工程のプロセスフローシート（P & ID：パイピング・アンド・インスツルメンテーションダイアグラム が望ましい）に、排気、排水、廃棄物がプラント外に出る全箇所を記入する。次いで、その箇所のそれぞれについて、指定化学物質等を含むか否かをチェックし、指定化学物質等を含む箇所については、基礎データ（管理値、実測値）シートに示すようなリストを作成する。

このリストは関係者全員が、いつでも見られるようにしておかなければならない。

基礎データ（管理値・実測値）シートの例

指定化学物質等		A	B	C
指定化学物質等名		ニトロベンゼン	アニリン	
排出箇所	性状			
1	無色	原料貯槽排気		
2	無色		反応器排気	
3	無色	脱水塔排気	←	
4	無色	回収塔排気	←	
常温での状態		液体	液体	
沸点	℃	211	184	
融点	℃	8.7	-6	
水への溶解度	g/100g		3.5	
【管理値】				
排出箇所	流量 (kg/h)	濃度 (mg/m ³ 又はppm)		
		A	B	C
1				
2				
3				
4				
【実測値】				
		年 月 日 時 分		
排出箇所	流量 (kg/h)	濃度 (mg/m ³ 又はppm)		
		A	B	C
1				
2				
3				
4				

(注1) 指定化学物質等を含む排出箇所すべてを、1, 2, 3, …と列記する。

(注2) 斜体は記入例である。

(注3) 管理値と対照するように、実測値を記入できるようにしている。

② 管理値等の記入

上記のリストに次の項目を記入する。

- ・ 排気、排水、廃棄物の分類を排出箇所と一緒に記入する。
- ・ 性状（色、にごり、臭気など）
- ・ 正常運転時の管理値（流量、各指定化学物質等の濃度）

③ 排出量の管理値

指定化学物質を気体や液体、固体で排出する場合には、予め定めた箇所で測定したデータに基づいて管理値を定める。

- ・ 気体の場合・・・濃度
- ・ 液体、固体の場合・・・液体又は固体の発生量×濃度

この管理値は、作業環境、環境対策から見て、妥当な数字でなければならない。また、つねにより低い数字にするように努めなければならない。

④ 環境濃度

環境濃度についても管理値（例えばX mg/m³ 以下）を明確にしておく。環境濃度測定のための日時、場所を明確にしておく。

⑤ 異常時、事故時の処置法

異常あるいは事故があった場合の処置法及び連絡法を、あらかじめ決めておく。フローチャートを書くことなどにより、わかりやすくしておく。

2. 3 管理計画の策定

現状把握後速やかに管理状況を見直し、より適切な管理と改善を図るため、管理計画を策定する。

2. 3. 1 管理計画策定の手順

管理計画策定の手順のイメージをフローチャートの形で次ページに示す。

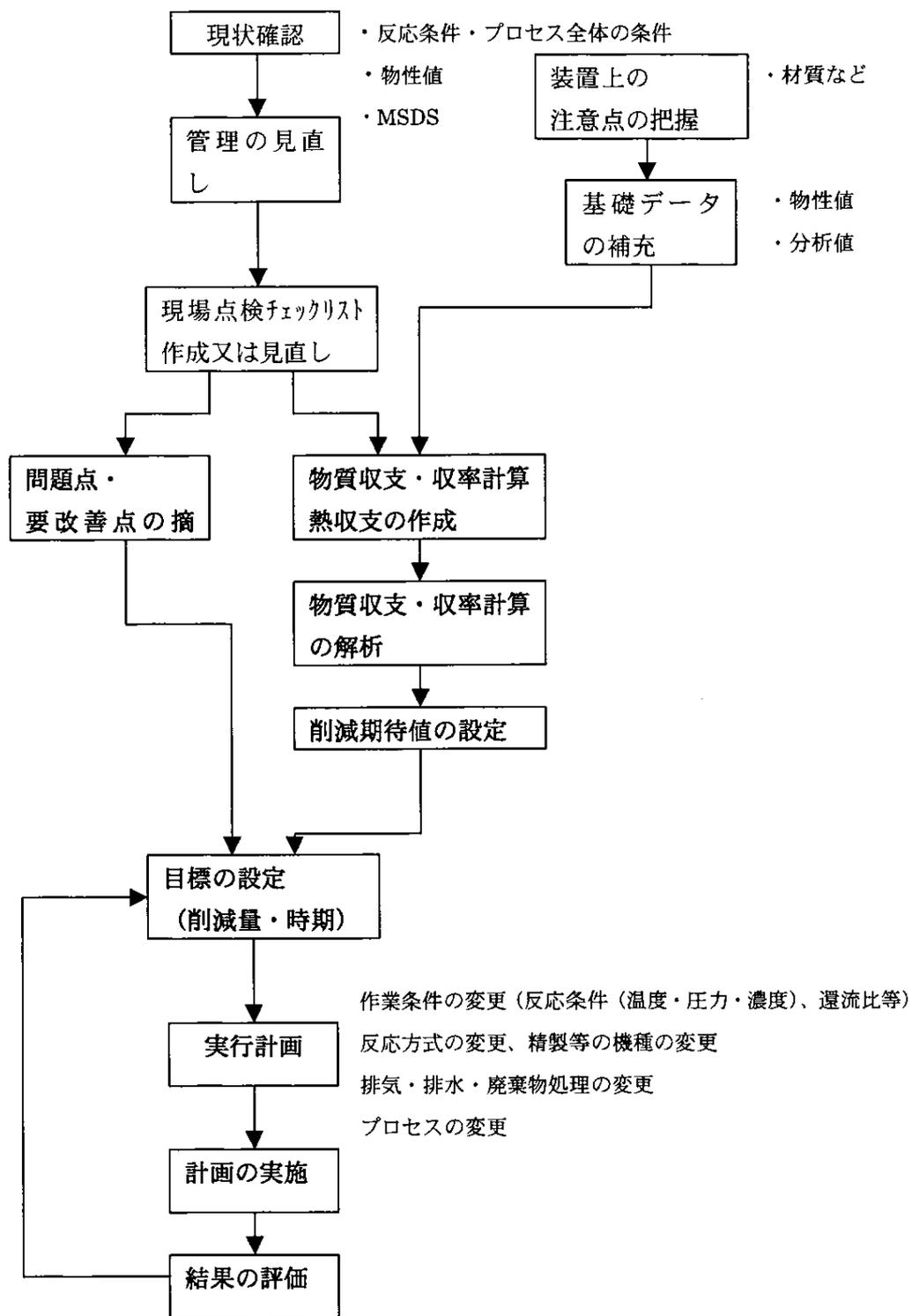
2. 3. 2 管理計画策定手順の説明

① 現状確認（反応条件・反応データの把握、物性値の把握）

資料の整備の項で記述した現状の確認を、迅速かつ的確に行う。反応原料や反応生成物の物性も、できるだけ集めておく。蒸留に関しては、温度—蒸気圧曲線、高沸物の濃度—粘度曲線がなければ、測定・採取することが望ましい。（参考資料（3）（4））

反応条件は、生産開始前の小試験或いはパイロット試験又はベンチスケール試験で得られたデータから決まることが多い。現状の管理にも、改善計画のためにも、反応条件を変えたら反応成績はどのようになるかは知っておかねばならない。反応生成物は分析によってわかるので、その反応データが、どのような分析法によって得られたかも知っておくのが良い。

有機合成 指定化学物質等管理計画策定フローチャート



② 現場点検チェックリストの作成又は見直し

現状確認ののち、現場点検チェックリストの作成又は見直しを行う。

③ 物質収支

特に有機合成では、反応によって物質の化学変化を起こさせるのであるから、その合成反

応の前後の物質収支を、確実に解析し把握しなければならない。即ち、有機合成で第一に重要なことは物質収支と収率の把握である。

正反応、副反応をすべて挙げて、化学反応式から物質収支を計算し、分析からの実績値と比較する。物質不減であるから、反応前と反応後の重量は一致するか、誤差があって一致しなくても近くなければならない。誤差が小さい場合には、ロスとして計上する。差が大きい場合には、計算、計量、分析を再チェックする。

単位は、連続反応の場合は単位時間当たりの重量(例えば、kg/Hr)、回分反応の場合は1バッチ当りの重量(例えば、kg/バッチ)である。

なお、反応原料と生成物の他、例えば溶媒を使用している場合は、溶媒の物質収支もとらなければならない。

④ 反応収率

反応原料と反応生成物について、上記の物質収支と同じやり方で、反応収率を求める。反応収率は反応成績を表すものである。主原料から理論的に得られるべき目的物の量に対し、実際に得られた目的物の比によって表す(%/th. th.: theory)。

副生物の数又は量が多い場合には、モルを単位として算出すると反応の解析がしやすい。

(注) 転化率：原料が副生物も含めて、どれだけ転化したかの%

選択率：転化した原料のうち、目的物にどれだけ転化したかの%

⑤ 物質収支・熱収支・収率計算の解析

収支に不合理なところはないか十分解析をする。小試験での反応条件や反応成績と比較して違いすぎることはないかをチェックし、違いが大きい場合には、その原因を検討する。

⑥ 問題点・要改善点の抽出

上記までのことを総括して、問題点を整理・集約し、何をどのくらい改善したいのかを明確にする。現場点検で発見した不具合な箇所を解決していない項目も包含させる。

⑦ 目標の設定

⑤の削減期待値と、その時点での達成可能な削減量の両者を勘案して、何をどれだけ、いつまでに削減するかを目標を設定する。

⑧ 実行計画策定、計画の実施、結果の評価、目標の設定

PDCA (プラン・ドゥ・チェック・アクションのサイクル) を廻していく。

3. 管理対策の実施

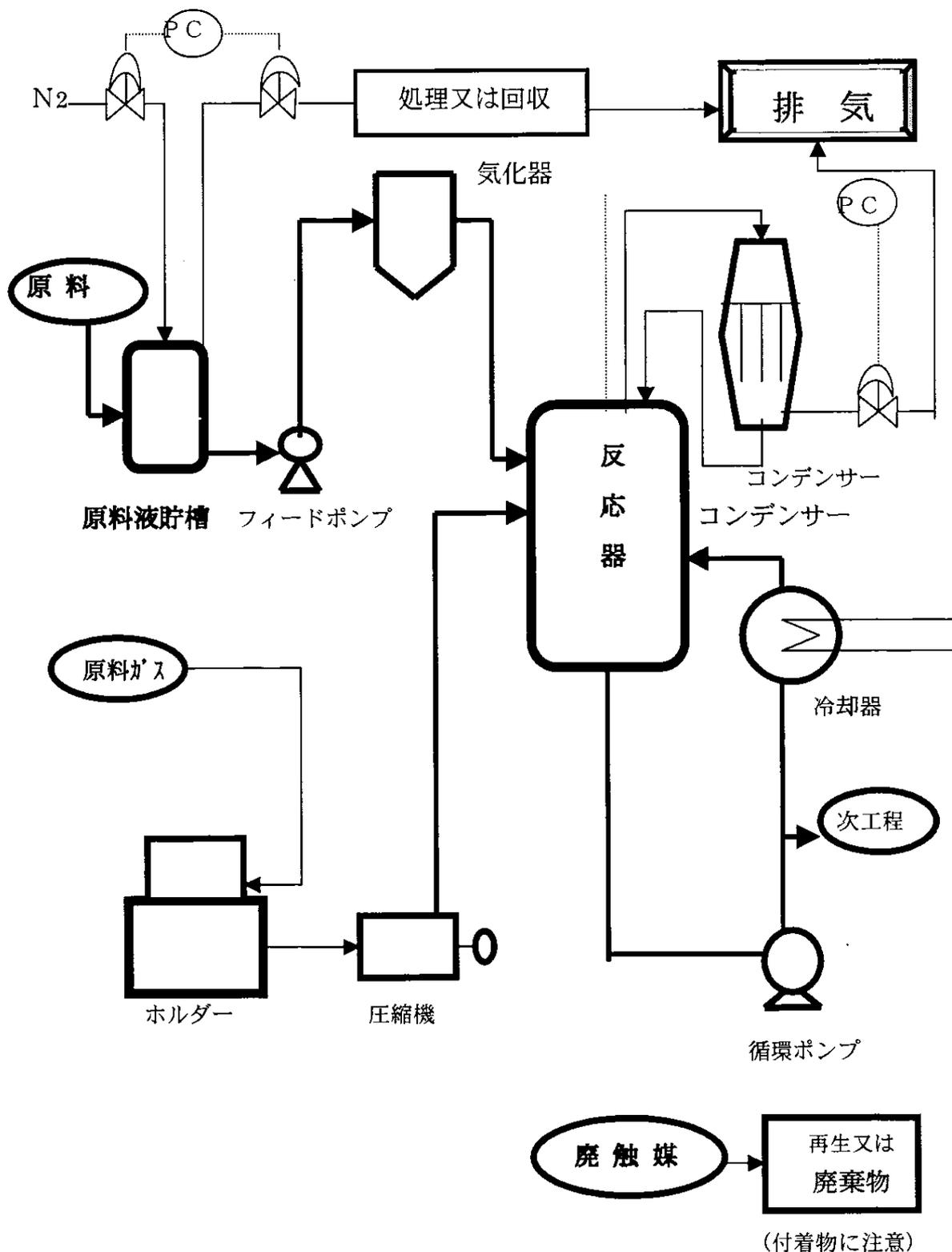
事業者による指定化学物質等の管理の活動において、国が定めた化学物質管理指針で言う「管理対策の実施」と「化学物質の使用の合理化対策」とは密接に関連していることから、両者を厳密に区分して取り扱うことは煩雑さを増し、理解の促進の支障となるおそれがある。この観点から、本マニュアルでは、両者の内容を包括する形で、「管理対策の実施」として化学物質管理に必要な事項を紹介する。

管理対策の実施は、有機合成の全般に関する事項は反応工程と併せて、全般及び反応工程、蒸留工程、ろ過工程の順に記述した。管理ポイントを明確にするため、反応、蒸留、

ろ過3工程の構成図の中に、指定化学物質等を環境に排出する可能性の高い箇所を管理ポイントとして示した。

3. 1 全般及び反応工程

3. 1. 1 反応工程構成図



3. 1. 2 現場点検チェックリストの例

排出箇所 1：原料貯槽排気 2：反応器排気 3：脱水塔排水

点検者：〇〇××		日時	日時	日時	日時
排気の性状（色、量、臭気）はOKか？	1				
	2				
局排のダクトのダンパー開度は適切か？	1				
	2				
局排のファンの運転は正常か？					
局排処理設備の運転はOKか？					
排水の状態（色、量、臭気）はOKか？	3				
排水溝に油滴や油の粒はないか？					
排水溝に着色はないか？					
排水溝の油切りに油は溜まっていないか？					
防液堤の油切りに油は溜まっていないか？					
最終総合排水の色、量、臭気はOKか？					
配管・弁類・機器からの漏れはないか？					
ポンプカシールやグランドからの漏れはないか？					
ドラム缶からの漏れはないか？					
廃触媒、廃吸着剤の処理は適切か？					
廃触媒、廃吸着剤に指定化学物質等が付着、吸着していないか？					
現場設置の圧力計で反応器の圧力は正常か？					
その他特記事項					
異常がある場合					
原因は何か？					
どんな対策をしたか？					
対策の結果は？					
その他特記事項					

3. 1. 3 現場点検の全般的注意事項

日常管理では、常に現場をよく見て、味覚以外の五感を働かして管理すること。施設・機械の点検だけでなく、とくに排気、臭気、排水溝に注意する。

これらの点検のための現場パトロールは、毎日、時間を決めて行うのは勿論、常に注意が必要である。

- ① ポンプ、ブロワ、圧縮機などの回転機器に異常音などの異常はないか。→ 異常音があればできるだけ早く修理する。
- ② ポンプのメカニカルシールやグランドパッキンから流体の漏れはないか。→ 漏れがあれば、漏れ防止の対策をとる。
- ③ その他の機器に異常や流体の漏れはないか。→ 異常や漏れがあれば早く対策をとる。
- ④ 機器からの排気箇所に着色や臭気はないか。現場に臭気はないか。排水溝に異物や油の塊又は粒はないか。
- ⑤ 配管やフランジ、バルブのグランドなどから流体の漏れはないか。
- ⑥ 計装機器、電気機器に異常はないか。特に圧力計、圧力計器の検出端に閉塞などの異常はないかを点検する。
- ⑦ やむを得ずドラム缶に指定化学物質等や溶液を入れて置いている場合、ドラム缶の穴あきや破れで指定化学物質等やその溶液が地面に漏れていないか。漏れていると、土壌への浸透の原因になる。ドラム缶の厚みは薄く、中に入れた指定化学物質等と材質的に合わない場合もあり、破れる危険がある。→ できるだけ早く処分するが、やむを得ずある程度の期間置く場合には、コンクリート舗装のように不浸透性の場所に置き、かつ雨水等が入らないようにする。
- ⑧ 回分式反応、回分蒸留のように温度の上げ下げがある場合は、温度が上がったときにフランジのボルトの伸びによりフランジ漏れが生じることがあるので、特に注意し、必要ならば増し締めを行う。
- ⑨ 熱交換器等の冷却水は、冷却塔で冷却して循環使用することが多い。熱交換器等の伝熱管に破れや穴が生じた場合、プロセス側の流体が冷却水の中に漏れてくるので、冷却塔ピットの冷却水の観察をしていると漏れが早期に発見できる。

これらを主体に現場点検を行う。現場点検は前ページの例のようなチェックリストによって行うと良い。頻度は少なくとも、勤務時間内に1回以上行う。

管理ポイント

- ・排気、排水、廃棄物それぞれの処理のフローシートを作成しておく。
- ・排気の色や臭気、排水溝の異物や油に特に注意。五感を使う。
- ・回転機器の音、メカニカルシール・グランドパッキンからの漏れに注意。
- ・正規の機器ではない例えばドラム缶に、一時的に指定化学物質等やその溶液を入れる場合には、漏れて土壌に浸透することがないように特に注意する。
- ・冷却塔ピットの冷却水を観察していると、熱交換器の伝熱管等の破れが発生した場合に早期に発見することができる。

3. 1. 4 集合処理と発生源管理

排水、排気をまとめて集合処理する場合の管理は、法令を遵守して行うのは当然であるが、それだけでなく、個別発生源の管理が不可欠である。

排水については、集合処理の段階で異常を発見しても、対応が間に合わず外部に排出してしまうおそれや、それを防ぐために運転を停止する事態に陥ることもあり得る。個別発生源で早く対応すれば、そういう事態を未然に防ぐことが可能である。

排気については、局所排気設備（局排）と排気処理設備の組み合わせになるが、局排の個別排気ダクトには、ダンパーを付け、開度を調節しておくことが重要である。これによって、局排のファンに近いダクトはよく吸引するが遠い所は吸引せず局排が機能しないということを防ぐことができる。

管理ポイント

- ・排水管理は個別発生源の異常等の早期発見により確実に管理する。
- ・局排の各ダクトのダンパーの開度は、運転開始時に時間をかけて調整し、各ダクトからできるだけ均等にファンに吸引するようにする。

3. 1. 5 原料貯蔵関係注意事項

① 液体原料貯槽

固定屋根式液体貯槽で注意すべき点は、揮発性液体の場合、液の注入時に静電気が発生してそれが火源となり、火災・爆発の危険があることである。その対策としては、静電気が逃げるようアースポンドを付けたり、タンク上部をイナートガスでシールする方法などがある。この場合、シール流量が過大であると、揮発性液体のベーパーが外部に排出することが起こる。

イナートガスによるシールとは別に、次のような蒸発によるタンクからの損失（排出）があることにも留意する必要がある。

呼吸による損失：タンク上部空間の温度変化や貯蔵している液体の温度変化による損失
受入による損失：液体の受け入れ時に、タンク上部の空間のベーパーと空気が放出されることによる損失

払出による損失：タンク上部の空間が増加し、この部分に入り込む空気に対し新たにベーパーが発生することによる損失

浮き屋根式貯槽の場合には、呼吸による損失、受入による損失は殆どない。払出による損失は浮き屋根の下降により側板に付着した貯留液の蒸発により損失があることに留意する。

経済産業省・産業環境管理協会共編「有害大気汚染物質対策の経済性評価報告書」（参考資料4（1））によれば、500kLのベンゼンタンクの年間蒸発損失量の計算値は、固定屋根式貯槽―円錐屋根の場合 5.9kL、固定屋根付き浮き屋根貯槽の場合 0.3kLである。

② 粉粒体の貯蔵

粉粒体の貯蔵でも、粉塵爆発の防止のため、窒素などイナートガスで上部空間をシール

することがある。昇華性固体でなければペーパーとして排出するおそれはないが、イナー
トガスの流量が過大であると、多くの粉体が排気に同伴して排出されることがあるので注
意を要する。

③ その他原料関係

取扱量が少ない原料等は、紙袋の荷姿で入荷することがあるが、必ず室内冷暗所で、湿
気が来ない所に保管すること。万一漏れても土地に浸透しない舗装した場所に保管する。
貯蔵、保管には、貯槽、貯蔵、保管場所ごとに責任者を定める。

管理ポイント

- ・ 受入損失、払出損失を少なくするには、できるだけ貯槽の液面が変動しないように
する。
- ・ 液体原料をローリー又はタンク車から原料貯槽に受け入れるときは、液面上昇に
よりペーパーが排出される。それを防ぐためには、原料貯槽の排気管からローリー又
はタンク車に配管し（一部フレキシブルホース）、貯槽からの排気をローリー又はタ
ンク車に戻すとよい。受け入れ液量と同じ体積の排気がローリー又はタンク車に戻
り、排気の放出が少ない。

3. 1. 6 反応関係注意事項

① 反応条件

すべての反応は、圧力と温度が最重要な条件である。通常、計装によってあらかじめ設
定条件にコントロールされているが、反応条件については常に注意が必要である。反応器
の圧力、温度は計器を二種類付けて、いわゆるデュアルチェックをすると良い。

② 反応状況

反応圧力、温度が見かけ上正常であっても、原料の組成、反応液の組成、反応液の濃度、
気相を含む反応の場合の上部空間の気体組成、等々の条件の違いから、反応に異常や不具合
が発生することがある。異常又は不具合を早期に発見して、対策をとり復旧に努めることが、
大きなトラブルを未然に防ぐことに通じ、指定化学物質等の排出を防ぐことになる。

反応の異常又は不具合を早く知るためには、

- ・ 反応生成液等の分析、その他、反応の状況又は条件を的確に知ることができる分析（例
えば気体反応でのパージガス組成）を適当な頻度で行い、かつ責任者がその結果から状
況を判断し、必要な処置がとれるようにしておくこと。

そのためには、分析箇所、分析項目、頻度、サンプリング及び分析方法、分析担当者、結
果の連絡ルート等をあらかじめ、ルール化し徹底しておく。

- ・ 分析の他に、反応液の色・透明度が正常時と違うことから異常がわかる場合もあり、こ
の場合には、通常から、色や透明度を現場パトロールの点検項目にしておくことよい。

③ 反応器からのイナートガス

反応でガスが発生する、危険防止のためにイナートガスをパージする、あるいは原料のガ
ス中に含まれるイナートガスが反応器内で蓄積するのでそれをパージする、などの理由で

反応器からの排気ガスが多いことがある。

それと同時に、反応温度が高いことが多いので、反応の原料や溶媒である指定化学物質等が、排気に含まれ又は同伴して多量に排出されることがある。このような場合には、必ず、冷却・凝集のための凝縮器、洗浄塔、吸着塔などの回収又は除去設備をつくり、作業管理を徹底することが必要である。

管理ポイント

- ・ 反応は圧力と温度が重要条件である。
- ・ 反応生成物の分析で反応の状況を的確に知る。反応液の色、透明度で判断できることもある。この場合には、通常から、色や透明度を現場パトロールの点検項目にしておくといよい。
- ・ 反応器の排気には、凝縮器、洗浄塔、吸着塔のような回収又は除去設備をつくる。

3. 1. 7 設備の管理

あらかじめ、工場全体の年間保全計画、或いは二、三年間の保全計画をつくり、それに基づいて実施するのが良い。特に連続運転工場は、法規該当機器の内部点検時期に合わせて、定期修理（定修）を行うのが通例である。バッチ運転工場は、運転の間の適当な時期に、各機器を順次、適当な間隔で点検するように計画する。

特に、洗浄塔、排気プロワなど、指定化学物質等の排出に関係する機器は、頻度多く点検する。

ガラスライニング(GL)反応器の点検は、ガラスが破損しないよう注意。補修が必要なときは、GLメーカーに相談する。

指定化学物質等を扱う場合、貯槽であっても長時間の間に、意外に異物が蓄積することがある。例えば硫酸貯槽など。

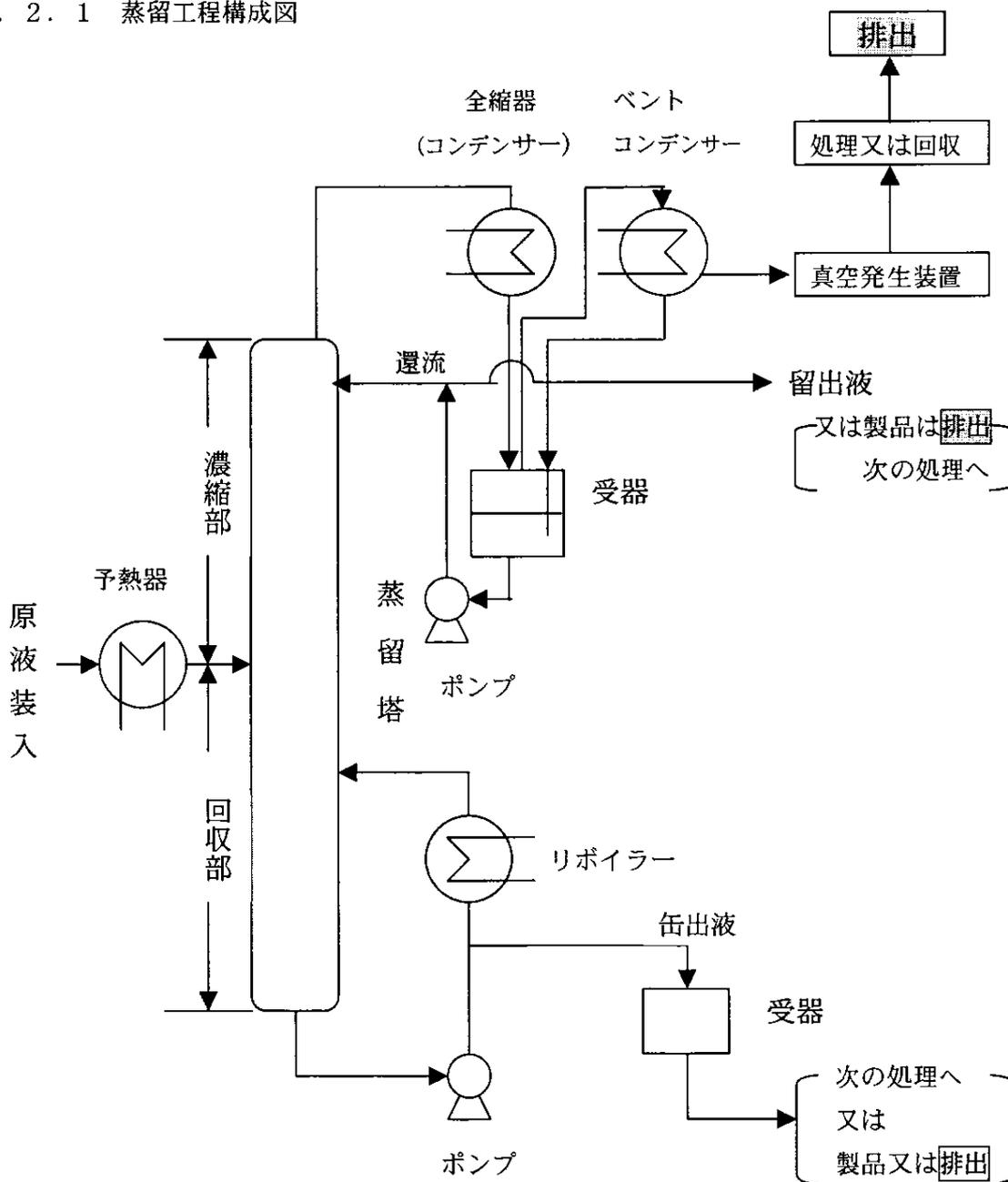
定期修理をはじめ、指定化学物質等を取り扱う機器の点検整備をする場合には、点検整備計画の立案のときに、点検整備に際して発生する排気、排水、廃棄物の処理方法を点検整備計画の中に織り込まなければならない。

- ・ 工場全体の年間又は長期保全計画をつくる。
- ・ 指定化学物質等の排出に関係する機器は、頻度多く点検する。
- ・ 機器の点検整備計画立案のときには、点検整備に際して発生する排気、排水、廃棄物の処理方法を織り込まなければならない。

3. 2 蒸留工程

蒸留工程の標準的な構成図を示す。指定化学物質等を分離・精製する蒸留塔を中心にコンデンサー、リボイラー、予熱器等の伝熱操作部、ポンプ類から成る回転機器操作それに受器、タンク類から構成される。

3. 2. 1 蒸留工程構成図



- (注)
- 1) 塗りつぶし部分は、蒸留構成上必須機器。但し、リボイラー全縮器は塔に内蔵することもある。
 - 2) 凝縮液の強制還流はポンプ有。自然還流はポンプなし。
 - 3) リボイラーの強制循環はポンプ有。自然循環（サーモサイフォン）はポンプなし。
 - 4) 排出箇所が管理ポイント。

3. 2. 2 現場点検チェックリストの例

	日時	日時	日時	日時
配管フランジ、バルブグランドからの漏れはないか？				
回転機器のシールの漏れ、その他の異常はないか？				
真空発生装置は正常に運転しているか？				
真空発生装置からの排気は、所定の処理がなされているか？				
留出液又は留出水の量、色は正常か？				
缶出液の量、粘度等は正常か？				
凝縮器のプロセス側の出口温度は正常か？				
凝縮器の冷却水（冷媒）側の出口温度は正常か？				
その他特記事項				
異常がある場合				
原因は何か？				
どんな対策をしたか？				
対策の結果は？				
その他特記事項				

3. 2. 3 蒸留工程注意事項

① バッチ蒸留

バッチ蒸留では、塔内の温度を見ながら、例えば、溶剤回収、低沸カット、製品蒸留、高沸排出のように順次、受器を切り替えながら分離を行うことが多い。

バッチ蒸留で特に注意すべき点は、連続蒸留と違って、装置の状況が不連続に変わる点である。1バッチを終わってから次のバッチを始めるまでの間、或いは蒸留条件を変える間に装置の不具合が起こることがある。例えば、計器のセンサーの検出端の閉塞による計器の不調や蒸留塔内部での閉塞などの不具合である。塔内部での閉塞は、充填塔でのバッチ蒸留で、凝固点が高いものが温度低下により固化したり、経時変化によって変質して固化したりすることによる場合が多い。塔内部での閉塞があると、次回バッチでボトム液を炊き上げるときに、ベーパーが塔内を上昇せず、ボトム部分にベーパーが蓄積し、圧力が異常に上昇して危険である。上記のことを早期に発見するには、

- ・塔のボトムとトップの差圧が異常に大きくないかをチェックする。
- ・ボトム加熱時間に対するボトムやその他塔内の圧力と温度のデータをとって異常の有無をチェックすることが必要である。

管理ポイント

- ・バッチの間隔が空く場合など、装置の状況が不連続に変わることがあり、特に塔の閉塞に注意する。塔の閉塞を知らずに蒸留を始めると、塔底圧力の異常上昇を惹き起こす。
- ・塔底と塔頂の差圧、塔内の圧力と温度のデータをとり異常の有無をチェックする。

② 真空蒸留

真空下で蒸留を行うことにより、沸点を下げる即ち常圧に於けるよりも低い温度で蒸留ができる。したがって、高温の熱源や高圧の水蒸気が不要になるため、真空蒸留を採用することが多い。

真空蒸留を行うためには、真空発生装置が必要である。その主なものは、スチームエジェクターと真空ポンプである。以前は設備費が安いスチームエジェクターが多く使われたが、プロセス流体を使用する大量の排水が出るなどから、最近は真空ポンプが多く使用されている。

有機合成反応で水が生成したり、溶媒として水を使用することも多く、この場合には、塔頂から水蒸気が留出し凝縮器で凝縮して、留出水となる。有機物が含まれることが多いので適当な処理が必要であるが、通常作業時にも処理が正常であるかを、簡単な分析や排水の色の観察などでチェックすることが必要である。

真空発生装置にスチームエジェクターを使用していると、排水が発生する。循環使用しても、一部はパージが必要で、適正な処理をしてから排出しなければならない。

後述する水蒸気蒸留では、塔内に水蒸気を吹き込むので、それが塔頂から留出し凝縮で凝縮して排水になる。水蒸気は有機物などの分圧を下げ蒸発しやすくするために行うので、

有機物が一緒に留出凝縮して排水に混入することが多い。

高沸カッタの場合、高沸分が廃棄物となることが多い。

管理ポイント

- ・ 留出物の沸点が下がるので、凝縮器で十分低い温度に冷却する。
- ・ 真空漏れなどで、空気などの漏れこみが多いと、未凝縮ペーパーが排気に逃げる。
- ・ 留出液又は留出水の色に注意する。着色は指定化学物質等の混入、色の変化は異常による組成の変化のおそれがある。

③ 溶媒回収蒸留

有機合成反応では、反応の溶媒として有機溶媒を使うことが多い。また、未反応原料の回収、反応生成物の回収、あるいは排水処理などに有機溶媒を抽出剤として使うことも多い。これらの有機溶媒は、炭化水素などで低沸点のものが殆どである。これらはVOC (Volatile Organic Compound、揮発性有機化合物)と称せられ、主なものとしては、ベンゼン、トルエン、キシレン、スチレンなどがあり、殆どが指定化学物質等である。

溶剤回収蒸留では、これらの低沸点溶媒を留出物とすることが多く、指定化学物質等の管理としては、真空など蒸留系の排気、低沸点留出物がポイントになる。

管理ポイント

- ・ 蒸留系の排気及び低沸点留出物の管理がポイントである。

④ 水蒸気蒸留

水蒸気蒸留は、沸点が高く熱分解しやすい物質中の、不揮発性不純物を除去するために用いられることが多い。この場合、水蒸気は熱源としての役割と目的成分（不揮発性不純物）の分圧を下げ、沸点を低くする役割を兼ねる。

水蒸気蒸留では蒸留塔に水蒸気を直接吹き込むので、目的成分（不揮発性不純物）が水に溶けにくい場合に用いられる。・・・例：アニリンー水

蒸留塔に吹き込んだ水蒸気は目的成分と共に留出し、凝縮液を比重差により分液する。吹き込んだ水蒸気は、わずかに溶解する有機物を含む排水になり得るので、管理に注意を要する。

管理ポイント

- ・ 排液が有機物を含む場合が多いので排液の管理に注意する。

3. 2. 4 設備の管理

連続蒸留の場合には、工場全体の定期修理（定修）の時に、定期点検を行う。

蒸留工程として特に点検管理すべきポイントは次の通りである。

① リボイラー

- ・リボイラーは、多管式であることが多い。強制循環、自然循環のいずれであっても、管束に塔からリボイラーに液が流入し、リボイラーのシェル側から加熱源で加熱されて、塔内で再蒸発するための熱量が与えられる。液はリボイラーで熱量を与えられ、塔に戻ってからその熱量に見合う分だけ蒸発する。塔に戻る前に蒸発することを防ぐために、リボイラー出口と塔の間の配管に制限オリフィスを入れるなどの対策が必要である。
- ・塔からリボイラーの管束に液が流入する時は、管の入り口で渦流が起こる。この渦流は、管の磨耗による腐食（エロージョン）の原因となる。液の流速が大きいときは、エロージョンの危険性が大きい。液が塔に戻る前に蒸発すると、流速が過度に早くなり、リボイラー管束出口などにエロージョンが発生する。
- ・以上のような懸念があるので、定修のときにはリボイラーの両サイドを外して、管束各管内側の液入口、液出口をよく観察し、必要ならば管厚測定を行う。
- ・上記の点検でエロージョンが見られる場合には、制限オリフィスの点検、取替え（孔径変更を含む）など防止対策をとると共に、各管入口、出口に適切な材質のプロテクターを付ける等の対策を行う。
- ・リボイラー管束の各管内外にスケールが付着していないかよく観察し付着物は掃除する。

② 蒸留塔

- ・塔内部に腐食やスケールがないか、よく点検する。蒸留塔内部では急激な蒸発が起こり、流速が急に増えている部分があるので、腐食についてよく点検する。
- ・底部（ボトム）はリボイラーから大流量の液が戻ってくるので、液が衝突する側の壁はエロージョンの懸念があり、注意して点検する。

③ 凝縮器

- ・留出ペーパーを凝縮するには、縦型又は横型の多管式凝縮器（チューブラー・コンデンサー）を使うことが多い。冷媒には水（冷却塔との循環水）を使うことが多い。冷却水は下から上に流すが、上部の空間の空気抜きが不十分であると、高温の留出ペーパーが上部から入ってきたとき、その熱で冷却水が急激に蒸発（フラッシュ）して、管束の管外側からエロージョンを起こすおそれがあるので、定修時に点検が必要である。
- ・冷却水の水質によっては、管外側が腐食することがあるので、定修時に点検が必要である。泥状物が付着していると、腐食が要注意である。

管理ポイント

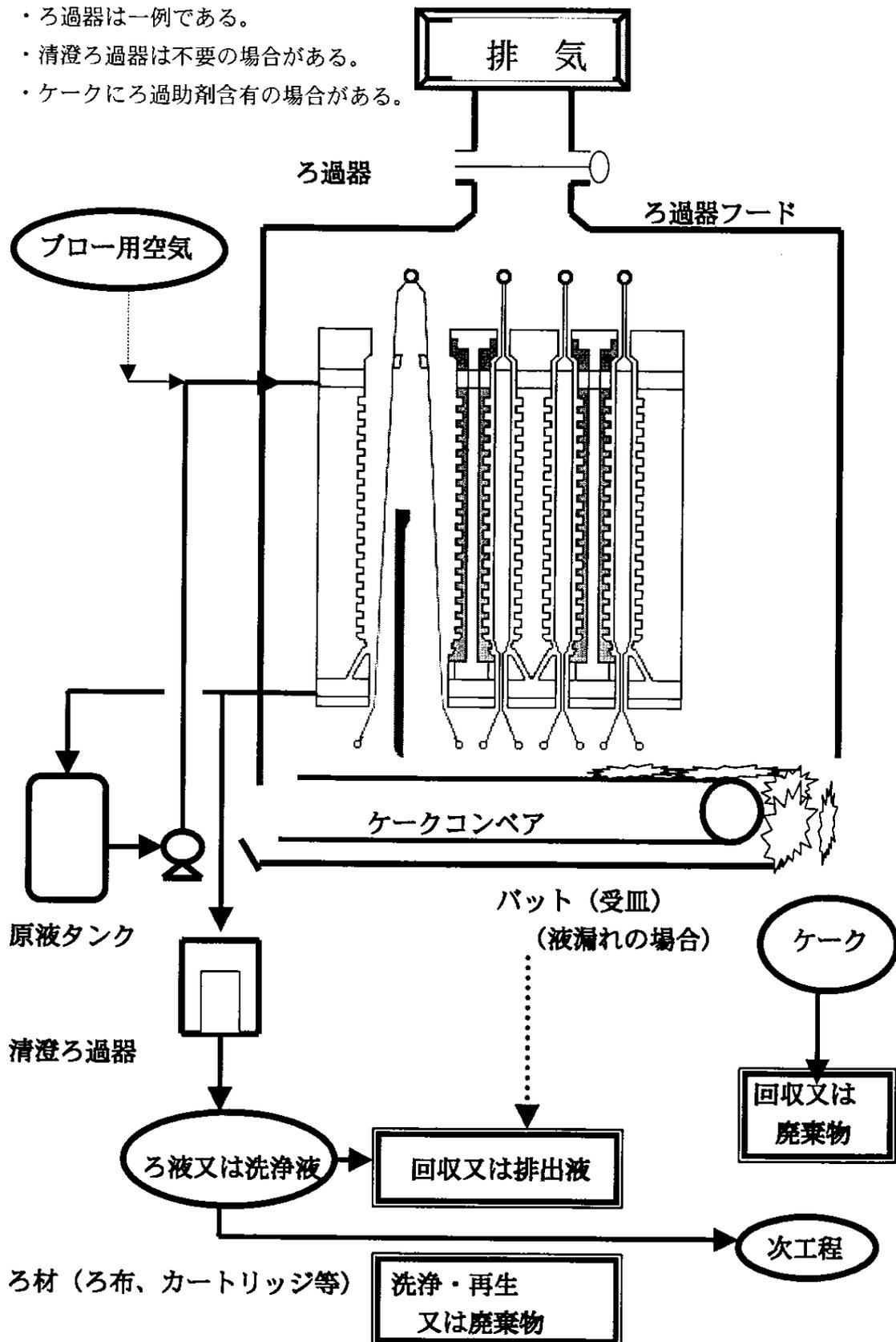
- ・リボイラー、凝縮器のような熱交の伝熱管内側入口・出口にエロージョンがないかをチェックする。
- ・リボイラー、凝縮器のような熱交の伝熱管内外にスケール付着がないかをチェックする。
- ・リボイラー廻りの配管に制限オリフィスがあれば、点検する。
- ・蒸留塔内部に腐食やスケールがないかチェックする。
- ・凝縮器の伝熱管外に、冷却水フラッシュによるエロージョンがないかをチェックする。

3.3 ろ過工程

ろ過には、種々の形式がある（参照：添付資料2，3）。ろ過工程の標準的な構成図を示す。

3.3.1 ろ過工程構成図

- ・ろ過器は一例である。
- ・清澄ろ過器は不要の場合がある。
- ・ケーキにろ過助剤含有の場合がある。



3. 3. 2 現場点検チェックリストの例

	日時	日時	日時	日時
配管フランジ、バルブグランドからの漏れはないか？				
回転機器にシールの漏れ、その他の異常はないか？				
真空発生装置は正常に運転しているか？（注）				
真空発生装置からの排気は所定の処理がなされているか？（注）				
ろ液に固形分の混入はなく、ろ液は清澄か？				
ろ過器やろ布からの漏れはないか？				
ろ過圧は正常か？				
ケーキの取り出し時、周囲への飛散はないか？				
ケーキの重量、含液率、組成は正常か？				
使用後のろ布、カートリッジの処理は適当か？				
使用後のろ布、カートリッジに指定化学物質等が付着していないか？				
その他特記事項				
異常がある場合				
原因は何か？				
どんな対策をしたか？				
対策の結果は？				
その他特記事項				

（注）真空ろ過の場合

3. 3. 3 ろ過工程注意事項

① 連続ろ過時

ろ液に固形分の混入はないか、サイトグラス等から確認する。

最大の要注意箇所は、ろ布からの液及びペーパー漏れである。ろ布はろ枠やフランジに挟んで締め付けていることが多い。ろ布とろ枠の間、ろ布自体から液又は液が蒸発したペーパーの漏れがないか、チェックする。

(注1) 漏れ防止対策としては、ろ布の周囲に合成樹脂やゴム糊のようなものを塗ってろ布の繊維の毛管現象による漏れを防ぐ方法がある。この場合、内容液や固形分に混入して品質劣化のトラブルを起こすことがないかテストが必要である。

(注2) 円筒形ろ過器の口径が大きいフランジの漏れ防止には、Oリングが有効なことが多い。

ろ過圧即ちろ過器への原液装入の入口の圧力は、ろ過が円滑に進行しているかを知るために重要な点検項目である。ろ布の目詰まりやケーキの付け過ぎなどによりろ過が順調に行われていないと、ろ過圧が正常値より上がり、原液がろ過器の外部に漏れ出す原因になる。原液の装入ポンプが渦巻ポンプなどの非容積式ポンプであれば、ポンプ仕様の締め切り圧力までしか上がらないが、ギヤポンプや往復動ポンプのような容積式ポンプであるところ過圧が異常に上昇し、ろ過器から外部に原液が吹き出すことがある。

(注) 容積式ポンプの場合、吐出圧力の異常上昇を防ぐため、安全弁(戻し弁)が付いているが、その設定が高過ぎたり、作動が不十分なことがあるので注意する。

管理ポイント

- ・ろ液に固形分の混入がないことを確認する。
- ・ろ布からの液・ペーパーの漏れがないことを確認し、漏れがあればその対策を行う。
- ・ろ過圧が高すぎると漏れの原因になるので、ろ過圧のチェックをする。

② 廃棄物の重量等のチェック

ろ過は固体と液体を分離する操作であり、どちらかを廃棄物として排出することが多い。ケーキの場合、水洗等による置換が不十分で、ケーキ中に指定化学物質等が正常値より多く含まれていれば、見かけ上正常であっても、指定化学物質等の排出量が増えることになるので、重量、含水率、組成のチェックが必要である。また、ろ布、カートリッジなどのろ材を廃棄するとき、指定化学物質等が完全に除去されているかのチェックも必要である。

管理ポイント

- ・廃棄物となるケーキの重量、含液率、組成をチェックする。
- ・ろ布、カートリッジ等の廃棄の際、指定化学物質等が完全に除去されているかチェックする。

③ ろ過後のケーキ排出

ケーキの排出が自動か、手動か、で大きな相違がある。ケーキ排出が自動で密閉化されていれば排出が異常なく行われていることを確認すればよい。手動であると、取り出しのときケーキがオープンになるので、周囲への飛散、ベーパーの発生に注意が必要である。ケーキがオープンになったとき、ベーパーが外部に飛散しないよう、フードを付けて局所排気（局排）をし、排気は洗浄塔に導く。フードはケーキ取り出し作業の邪魔にならないよう工夫が必要である。

ケーキの含液率をチェックする。含液率が高いと液が流出することがある。含液率はろ過でかなりよく圧搾している場合でも70%程度あり、通常75~80%程度である。正常時の含液率が何%であるかは、測定により知っておく必要がある。作業に慣れれば、目視で正常か異常かは判断できる。

原液が水スラリーではなく、有機液体のスラリーの場合には、排出の前に水洗して、有機液体をできるだけ除いておく必要がある。ケーキ排出時に、水洗が正常に行われているかどうかをチェックすること。

管理ポイント

- ・ケーキの排出が手動の場合、周囲への飛散、ベーパーの発生に注意する。ベーパー発生対策として、フードを付けて局所排気し、排気は洗浄塔等に導く。
- ・ケーキの含液率が高すぎないかに注意する。
- ・ケーキ中の有機液体を水洗などで置換する。

④ ケーキ排出後等のろ過器組み立て

ろ枠を外してケーキを取り出す場合には、再び組み立てて復旧し、次のろ過に備えることになる。ろ布、ガスケット等を点検して、取替えが必要ならば新しいものと取り替える。ケーキ排出の度毎にろ枠を外さなくても、ろ過器内の掃除のため外すときも同様である。

組み立て後、必ず、空気圧、窒素圧、又は水圧で圧力テストをすること。組み立てや締め付けが悪いと、上記のように液漏れが起こる。圧力テストはまず、圧力を所定より低めにかけて、漏れがないことを目視や音で確認してから、所定の圧力まで上げて保圧試験をする。漏れた空気、窒素、水が人体に当たると危険な場合があり、十分注意のこと。漏れがある場合は、石鹸水などで漏れ箇所を突き止める。

組み立ての時、ろ枠など取り外した部分のガスケット面に、固体が付着していると、液漏れの原因となる。圧力テストで漏れを検出したら、もう一度解体して、不具合箇所を整備し組み立て直さなければならない。

管理ポイント

- ・ろ布、ガスケットを点検し、必要なら取り替える。
- ・組み立て後、圧力テストをする。

3. 3. 4 設備の管理

ろ過器は種類が多く、それぞれに特有な設備管理の方法があるので、それについては、使用しているろ過器の取扱い説明書、メーカーの指示などに従う。ここでは、一般的事項のみ述べる。

① ろ材

ろ紙、ろ布、不織布、焼結金属及びセラミックや繊維のカートリッジなどがある。ろ材のうち特にろ布の種類は多い。実際の原液でテストして最適なものを選定する。チェックポイントとしては、
・ろ液清澄度 ・ろ液の品質への影響 ・ろ過速度
・目詰まりの程度 ・ケーキ剥離性 ・耐薬品性 ・寿命

取替えが必要なので、適正量の予備を持っておく。使用済のろ布やカートリッジは廃棄物になるので、その処置に注意する。特に、化学物質が付着していないかチェックする。

② ろ過助剤

ろ過には二つの異なるメカニズムがあり、ろ材ろ過とケーキろ過である。ろ材ろ過で形成されたケーキによって、定常的なろ過即ちケーキろ過が行われる。

原液濃度が薄いときや、粒子径が非常に小さくてろ過が困難な場合には、ろ過助剤を使うと、ケーキが形成され、或いはケーキの多孔性が増加して、ろ液の清澄度がよくなって定常的なケーキろ過に進む。ろ過助剤をろ液中に適量装入するのをボディーフィードと言い、ろ材表面にあらかじめコーティングしておくことをプリコートと言う。ろ過助剤を使用すると流動抵抗が大きくなり、ろ過速度が減少する。従って、ろ過助剤を使用するときは、助剤の種類、粒度、使用量を、原液のろ過特性に合わせて最適に選定しなければならない。ろ過助剤の材質としては、けいそう土（シリカ）、パーライト（ガラス片状珪酸塩）が多く使われる。

ろ過助剤を使うときの問題点は、ろ過助剤がケーキと一緒に排出されることである。即ち廃棄物が増加することである。ケーキを回収したい場合には、ろ過助剤との分離が難しいので、ろ過助剤は使用しにくい。

（参照：参考資料2 反応、蒸留、ろ過の分類）

（参照：参考資料3 ろ過器の種類）

4. 管理改善・使用の合理化の事例

「技術は日進月歩する」ものであり、常に改善に努めることは、現状をよく把握することにもなり、指定化学物質等管理の上からも必要となることである。

4. 1 改善事例

反応、蒸留、ろ過の3工程の改善の事例を次表に示す。

指定化学物質等	工程	排出場所	改善内容	備考
管理の改善				
液体全般	全般	ポンプシャフト	グランドパッキングからオシールへの変更	漏れ防止
全般	全般	排水	冷却塔パージ水量の適正化、清缶剤の適正化。	
揮発性液体	全般	排気	貯槽の温度を下げる。	
同上	全般	排気 パージガス	シール用付トガスの流量を必要最小限に下げる。	流量計の設置
液体・固体	全般	敷地	ドラム缶置場のコンクリート舗装による土壌への浸透防止	製品以外のものをドラム缶に入れるのは不適切。緊急避難にすぎない。
気体、 揮発性液体	全般	排気	局所排気設備の設置。貯槽や機器から発生し処理しにくい排気や、ポンプのオシールなど液が漏れてパージが出やすい箇所にフードを設けてファンにより局所排気し、洗浄塔又は吸着塔で処理する。	処理方法（洗浄塔、吸着塔、燃焼等）を検討する。
液体、固体	全般	廃棄物、 排水	焼却炉の設置。（塩素系化合物等は、燃焼により酸性ガスが発生する他、有毒ガスが発生するおそれがあり、燃焼温度を上げるなどが必要。）	メーカーとよく打ち合わせる。
揮発性液体	反応	排気	ローリ等から原料貯槽に受け入れる時、排気管をローリ上部空間に戻す配管をする。	体積の増加がなく、排気が出ない。

(次ページに続く)

指定化学物質等	工程	排出場所	改善内容	備考
ろ過助剤の減少又は変更	ろ過	廃棄物	ろ過助剤はケーキと一緒に廃棄物になることが多い。量を減らせば廃棄物の減少になる。	
ケーキそのもの及び含有する液	ろ過	排水、廃棄物	取り出し頻度を減らしケーキとしての叩を減らす。ケーキの叩を減らすと、床面洗浄排水も減る。ケーキ含有液による叩も減る。 ① ケーキ厚み増、ケーキ付着の均一化による現ろ過器のろ面利用。 ② 機器の能力増（ろ枠、ろ葉の増など）	
使用の合理化				
揮発性液体	全般	排気	排気ガス吸着塔の設置（活性炭、シリカゲル又はゼオライト）	
揮発性液体	反応蒸留	排水	冷却水によるノックアウトコンデンサーのような直接冷却凝縮を、間接冷却に変える。	
同上	同上	同上	凝縮器の強化 ① 冷却水温度を下げる。 ② 伝熱面積増	冷却温度を下げるため、パッカーシチラを付設する方法もある。
副生物	反応	廃棄物	副生物の有効利用を検討する。	
触媒、吸着剤付着物	反応	同上	触媒、吸着剤は指定化学物質等を、吸着・吸蔵している。廃棄前の洗浄による回収強化により、指定化学物質等の排出を減らす。	
原料・副生物	反応	排水、廃棄物	反応溶媒の変更。沸点がより高い溶媒に変更して反応温度を上げることにより、反応速度、反応収率を上げ、副生物を減らす。	例：モノクロベンゼン→ジクロベンゼン 試験が必要。
揮発性液体	全般	排気	抽出溶媒の変更。沸点が高い溶媒に変更して、蒸気圧が低いことによる排気への溶媒バックの叩を減らす。	例：ベンゼン→トルエン

(次ページに続く)

指定化学物質等	工程	排出場所	改善内容	備考
揮発性液体	蒸留	排気	蒸留塔真空ポンプ等からの排気の系内への回収	真空系では凝縮しにくいので、圧力が高い反応工程等に戻し、その排気から系外に出す。
同上	蒸留	同上	空気が系内に入ると危険であるなどの理由で上記ができないときは、ボイラの燃焼空気に混ぜるという方法もある。	ボイラとの関係で、前処理が必要な場合あり、ボイラ-メカ-と打合せ必要。
液体・固体	蒸留	排水、廃棄物	還流比を増やして分離を良くし、排出物を減らす。	熱量消費は増える。
揮発性液体	蒸留	排水	インジェクターを真空ポンプに替える。	
ケーキ、ろ過助剤が含有する液	ろ過	排水、廃棄物	ケーキやろ過助剤に含まれる液（通常ケーキの含液率は75%程度）はケーキやろ過助剤をそのまま廃棄すればOKになる。十分洗浄して溶液として回収する。 シャワーリングなどでリサイクルし、バブルリング又はろ過器本体回転で攪拌して洗浄する。	水洗又は溶媒洗浄
ケーキ・ペーパー・ろ液	ろ過	廃棄物	ろ過器の機種変更 密閉構造・ケーキ自動排出のろ過器に変更することにより、ケーキ飛散、ベーパー排出、ろ液のロスを減らす。	

4. 2 改善事例の概要

① 排気・排水・廃棄物処理の改良

現在の処理設備を更に強化することによる、排出物を減らすための改善である。

例えば、未凝縮ペーパーの排気へのロスを減らすため、反応バージガス凝縮器を強化する（伝熱面積の増加、台数の増加）。

除去設備としては、各所の排気をブロワで集めて、活性炭処理設備あるいはPSA法（Pressure Swing Adsorption）を利用したガス回収設備（吸着剤としてシリカゲル又はゼオライト使用）を通す方法がある。

（注）PSA法を利用したガス回収設備については、参考資料4（1）を参照されたい。

排気を外部に出すことができず、適当な回収・処理方法がない場合には燃焼させることになる。各種の排ガス処理装置、排ガス処理システムが各社から市販されている。

ボイラーがある場合には、適切な安全対策をとった上で、燃焼空気に混ぜて燃焼させることも一つの方法である。この場合、前処理が必要なことがあり、事前にボイラーメーカーに相談すべきである。

② 反応条件の変更と削減目標の設定

圧力・・・気液反応で気体の拡散が律速の場合には、圧力を上げると反応速度が上がる。

機器の耐圧や気体の圧縮機の能力など付帯条件を勘案すること。

温度・・・反応温度を上げれば、反応速度は上がるが、副反応はどうなるか、温度を上げると重合物が増えないか、などを勘案して検討する。

濃度・・・溶媒反応の場合、生成物の濃度を下げれば収率が上がることが多いが、生産能力が下がる、溶媒回収のエネルギーロスが大きくなる、などの不利な点がある。これらを勘案して検討する。

その他の条件を含め、反応条件の変更により、収率向上など物質収支上の改良ができる目途がついたならば、それに基づいて削減目標を設定する。達成可能と思われるより、やや、高めに設定すると良い。

③ 反応方式・反応器の変更と削減目標の設定

反応方式の変更や反応器の変更は、大きな設備投資を要することが多いので、十分な試験と検討、特に費用対効果の計算が必要である。しかし、比較的設備費が少なく大きな効果を上げることもあり、技術的にいろいろな角度から検討することが必要である。

④ 副生物の利用

②、③によって副生物を減らすことができればよいが、それができない場合には次善の策として副産物をそのまま、又は別の製品の原料として利用できないかを検討する。広く他の分門にも要請して協力してもらうのがよい。

⑤ 試験と検討を前提とした反応自体の変更

- ・ リスクが大きいので、十分な試験と検討が必要。
- ・ 例えば、溶媒類を沸点が高いものに変更する。反応溶媒は反応成績や副生物などの問題があり、相当な試験が必要である。しかし、思わぬ改良を見つけることもあり、可能性があれば積極的に追及するとよい。
- ・ 反応の原料転換、プロセス転換→ 反応転化率の向上→ 未反応原料の減少
→ 反応選択率の向上→ 低沸又は高沸副生物の減少

反応だけでなく、プロセス全体が変わる場合もある。総合的に可能性(Feasibility)を検討すること。

⑥ 抽出溶媒の変更

抽出溶媒を沸点が高いものに変更すると、溶媒回収蒸留で凝縮がしやすくなり、この溶媒の外部への排出が減る。抽出溶媒の場合も事前の試験は必要だが、反応溶媒より変更しやすい。

⑦ 蒸留塔真空ポンプ等からの排気の系内への回収

真空系では凝縮しにくい低沸物を、反応系などの常圧以上の系に戻し、凝縮しやすくして回収する。但し、真空漏れの空気が反応系に入ると反応に影響するような場合には、これはできない。また、窒素などイナートガスで系内に入るが変化しないガスは、必ずどこかからは系外に排出しなければならない、それに同伴する指定化学物質等をできるだけ少なくしなければならない。

⑧ 蒸留塔真空ポンプ等からの排気をボイラー用燃焼空気に回収

空気が系内に入ると危険であるなどの理由で、前項で対応できないときは、ボイラーの燃焼空気に混ぜるといった方法もある。ボイラーとの関係で前処理が必要な場合があるので、ボイラーメーカーと打ち合わせが必要である。

⑨ ろ過ケーキ等が含有する液の回収

ろ過ケーキやろ過助剤に含まれる液（通常のろ過ケーキの含液率は75%程度）は、ろ過ケーキ等をそのまま廃棄すればロスになる。水で洗浄できるならば、シャワーリングなどでろ布からリスラリーし、窒素バブリングで攪拌して洗浄するよう設備を改造する方法もある。ろ過器自体を軸の廻りに回転させて洗浄するろ過器もある。

⑩ ろ過ケーキが廃棄物の場合のケーキ量の削減

ケーキの発生源から削減できないか、反応工程などの前の工程から検討する。又、ケーキ自体は減らなくても、ケーキの含液率を下げることで排出物の量を減らせないか検討する。圧搾の強化、空気ブローの強化、ろ過器の機種変更などの方法がある。

【例】 固形分（100%）が、Xトン/月 発生するとする。含液率を現在の80%から75%に下げることができれば、ケーキ排出量は4 Xトン/月から3 X トン/月に減る。即ち X トン/月(固形分発生と同じ量)が減る。またケーキ洗浄をしていないか、していても不十分な場合には、Xトン/月中に含まれるろ液分が回収できる。

⑪ ろ過助剤の減量又は変更

ろ過助剤が廃棄物になっている場合に、助剤を減らす、又はやめることができないか、或いはろ過助剤を変えて量を減らすことができないかを検討する。

⑫ ろ過器の機種の変更

処理量によるが、ケーキの自動排出、ろ過器の密閉化が望ましい。ケーキの自動排出を目的としたものは、以前から自動フィルタープレスがあったが、遠心力でケーキを振り落とすリーフフィルターや掻き取り羽根でケーキを掻き落とす自動ヌッチェ型ろ過器も使われている。

ろ過の場合には、設計計算だけで機器を選定することは難しい。必ず実液試験をしなければならない。例として次のような手順が考えられる。

現在の状況を把握し、できるだけ数値として整理する。→ 問題点を摘出する。→ 機種変更後の目標を設定する。できるだけ項目毎に数値で表す。→ 機器のカタログ等で候補機種を複数ピックアップする。→ メーカーと接触する。メーカーのデータシートに、こちらのデータや条件を記入する。→ メーカーに実液を送る。→ 小規模テストで可能性があるデータが得られたら設備費を計算し、採算性をチェック、検討する。→ テスト機借用又はメーカーでの立会い試験で、長時間の試験を行う。

(注) メーカーは、それぞれ独自の小規模テストのレシピを持っている。最初は少量の実液試料でテストができる。それにより可能性があると判断した場合に、量を多くした長時間テストに入る。

4. 3 改善スケジュールの例

局所排気設備（局排）設置スケジュールの例

	第一期	第二期	第三期	第四期
(1) 排気箇所の決定 ・排気分析 ・排気箇所の決定	↔			
(2) 処理方式の決定 ・調査・検討・試験 ・決定	↔			
(3) 設計 ・排気配管 ・処理設備 ・排風機		↔		
(4) 設備費・運転費算出		↔		
(4.) コスト計算		↔		
(6) 投資決定			◆	
(7) 機器購入			↔	
(8) 設置工事				↔
(9) 試運転				↔

(注1) 1期は4～6ヶ月

(注2) 処理方式は、洗浄塔、吸着塔、燃焼等

(注3) 試運転後、結果の評価と次の対策の検討を行う

ろ過器の機種変更計画スケジュールの例

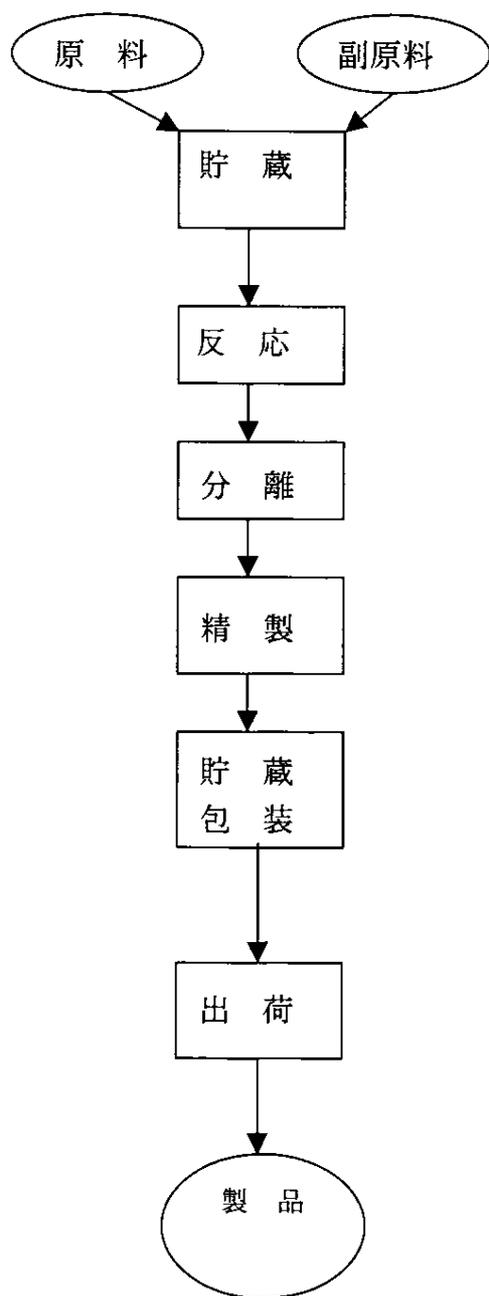
	第一期	第二期	第三期	第四期
(1) 目標設定 ・現状を数値で把握 ・問題点の摘出 ・改善の目標設定	←→			
(2) 候補機種の選定 ・カタログ等資料収集 ・一次選定 ・メーカーと接触 ・二次選定	←→			
(3) 実液試験 ・メーカーのデータシートに記入 ・少量試料を送る ・メーカーで実液試験		←→		
(4) 設備費・採算性 ・設備費算出 ・ケーススタディー		←→		
(4.) 確認試験 ・大型試験機試験			←→	
(6) 実機設置工事			←→	
(7) 試運転				←→

(注1) 1期は3～6ヶ月

(注2) 試運転後、結果の評価と次の対策の検討を行う

参考資料

参考資料 1-1 有機合成モデルフローシート



単位操作

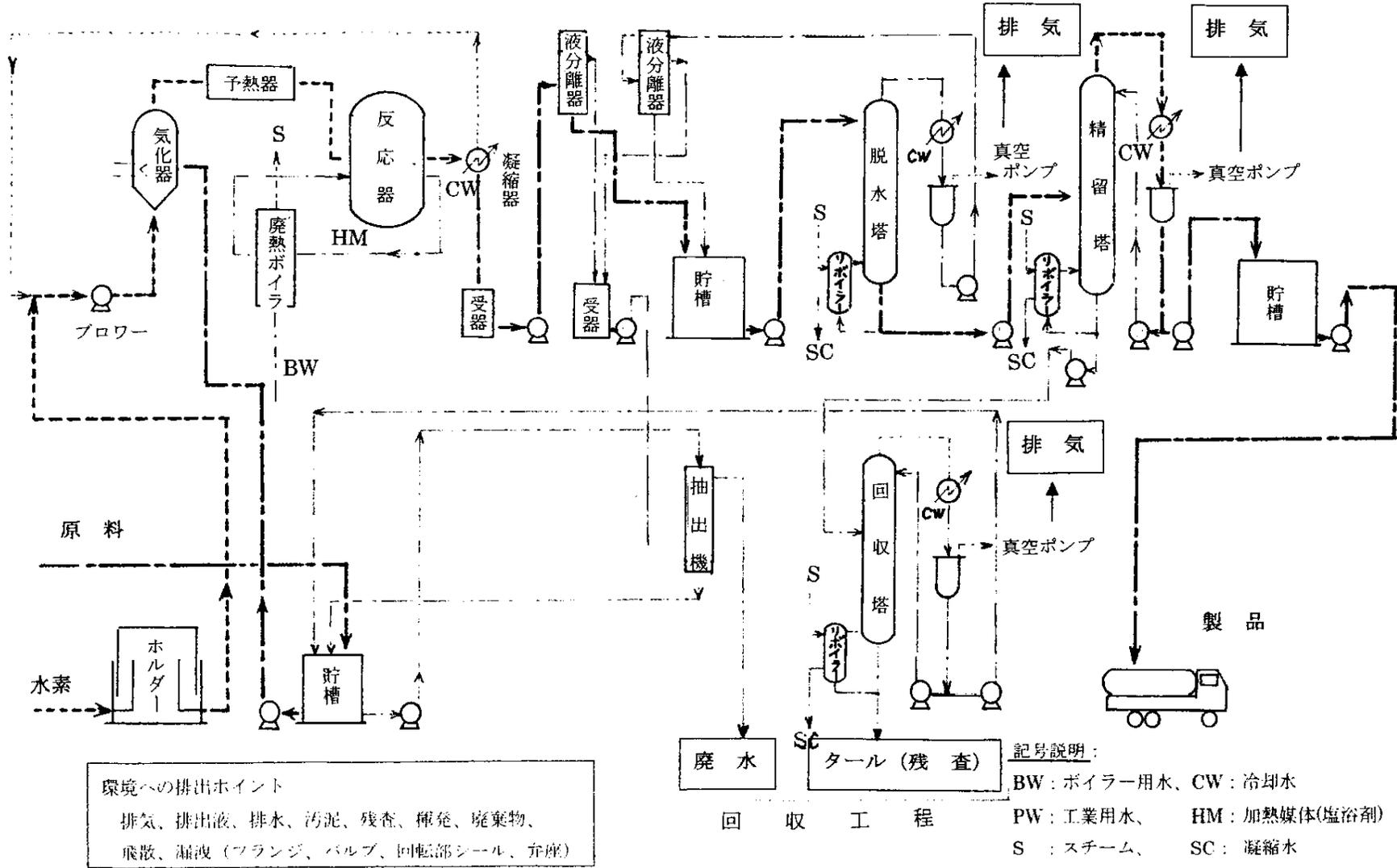
蒸発(気化)、晶析(晶出)、吸収、抽出、吸着、洗浄、濾過、沈降分離、遠心分離、深冷分離、脱水、中和、混合、攪拌、粉碎、圧縮、造粒、伝熱 乾燥、調湿 蒸留(精留)

共通単位操作・共通設備

加熱、冷凍、高圧装置、真空装置、輸送、集塵、排水処理、排ガス処理、廃棄物処理、

参考資料 1-2 反応工程と単位操作

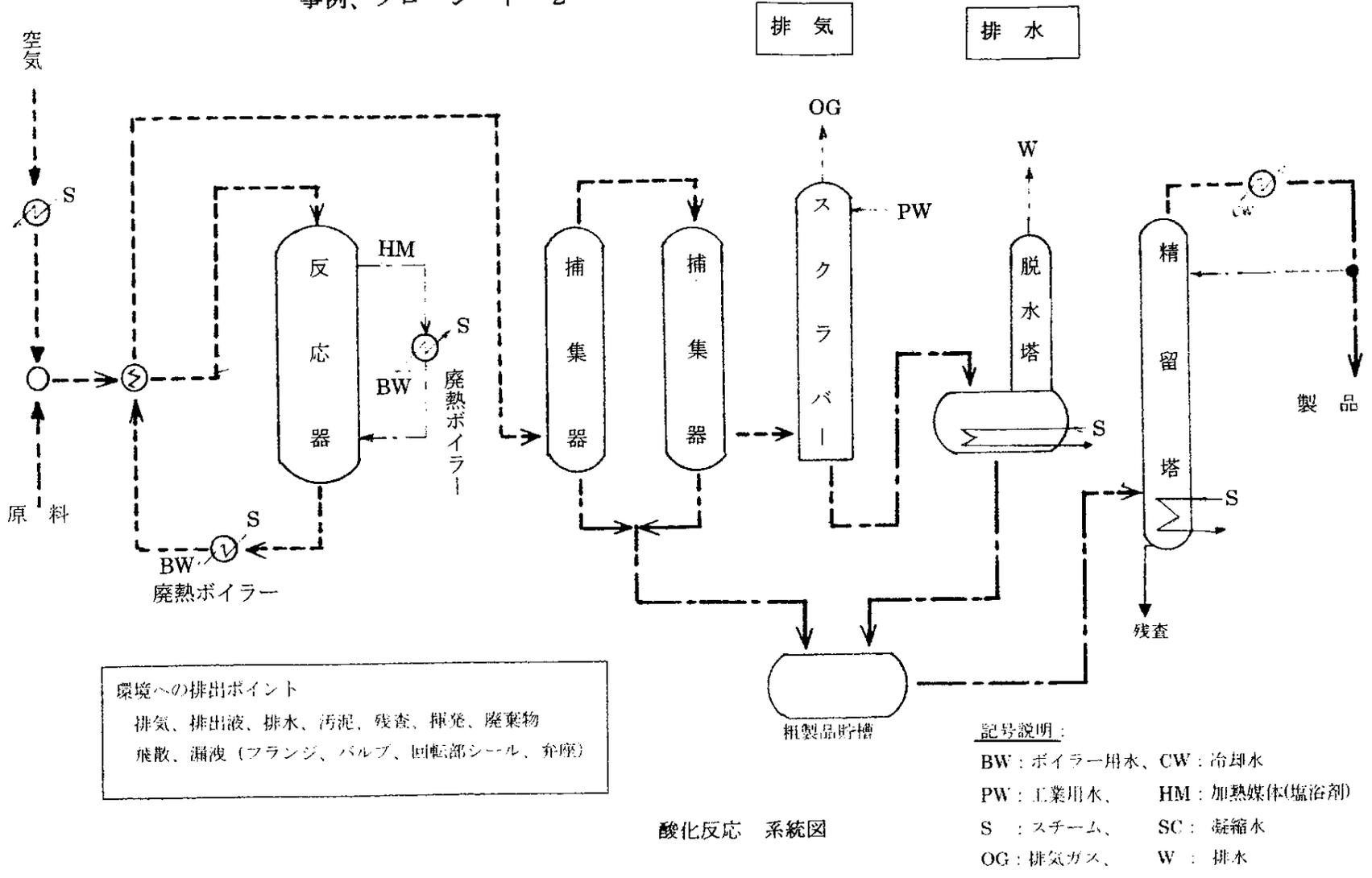
反応工程名	化学物質反応例	単位操作
酸化	ベンゼン → 無水マレイン酸	反応、洗浄、脱水、精留、伝熱
還元	ニトロベンゼン → アニリン	蒸発、反応、脱水、精留、濾過
水素化	ベンゼン+水素 → シクロヘキサン	反応、脱ガス、蒸留、伝熱
脱水素	エタン → エチレン	分解、蒸留、圧縮、洗浄、 深冷分離
脱水	プロピレン+アンモニア+酸素 → アクリロニトリル+青酸+水	反応、吸収、蒸留、脱水
水和	エチレンオキシド → エチレングリコール	反応、蒸留、脱水、
付加（塩素化）	ベンゼン+塩素 → モノクロルベンゼン	反応、中和、蒸留、ガス洗浄 吸収
重合	オレフィン → ポリオレフィン	圧縮、反応、攪拌、分離、 造粒
イソシアネート 化	芳香族アミン+ホスゲン → イソシアネート	反応、攪拌、蒸発、蒸留
分解	ナフサ → オレフィン類	分解、蒸留、圧縮、洗浄、 深冷分離、
ハロゲン化	エチレン → 塩化ビニールモノマー	反応、蒸留、吸収、中和
ニトロ化	ベンゼン → ニトロベンゼン	反応、晶析、分離、蒸留
スルホン化	ベンゼン → ベンゼンスルホン酸	反応、分離、洗浄
アミノ化	エチレン+アンモニア → エチルアミン類	反応、蒸留、吸収
エステル化	エタノール+酢酸 → 酢酸エチルエステル	反応、攪拌、蒸発、蒸留
加水分解	プロピレン+水（硫酸） → イソプロパノール	吸収、反応、中和、蒸留
アルキル化	ベンゼン+プロピレン → キュメン	反応、脱ガス、蒸留、乾燥 分離
転位	無水フタル酸 → テレフタル酸	反応、中和、晶析、転位、 乾燥
異性化	混合キシレン → p-キシレン	脱水、晶出、深冷分離、反応 精留、
レドックス	アクロレイン+イソプロパノール → アリルアルコール+アセトン	反応、蒸留、



気相水素還元反応 系統図

環境への排出ポイント
 排気、排出液、排水、汚泥、残渣、揮発、廃棄物、
 飛散、漏洩（フランジ、バルブ、回転部シール、弁座）

事例、フローシート 2



酸化反応 系統図

参考資料 2 反応、蒸留、ろ過の分類

1. 反応の分類

反応形式による分類・・・管型反応装置、槽型反応装置、燃焼型反応装置

取り扱い物質の状態による分類・・・(1) 気相、液相、固相

(2) 均一相、不均一相

反応層による分類・・・流動層、移動層、固定相 (いずれも、○○床とも言う)

操作による分類・・・連続式、回分式

反応圧力による分類・・・常圧反応、加圧反応

反応熱による分類・・・発熱反応、吸熱反応

反応器の材質による分類・・・ガラスライニング(GL)反応器、カーボンスチール(SB材)反応器、ステンレススチール(SUS)反応器、その他の材質

2. 蒸留の分類

作業方法による分類・・・連続、バッチ (回分)

型式による分類・・・棚段塔 (泡鐘塔、多孔板塔等)、充填塔

作業条件による分類・・・加圧蒸留、常圧蒸留、真空蒸留

目的による分類・・・成分分離、原料回収、溶剤回収、製品精製

(成分分離は更に分けると、低沸カット、高沸カットとなる。)

蒸留の方式による分類・・・単蒸留、平衡蒸留、水蒸気蒸留、共沸蒸留、抽出蒸留

自分の作業対象である蒸留が、上記の(1)～(5)それぞれのどれに該当するかを把握しておく必要がある。

3. ろ過の分類

作業の方式による分類・・・a. 連続ろ過、ケーキ蓄積後ろ過をやめてケーキ排出

b. 全自動

作業の目的による分類・・・a. ろ液回収、ケーキ廃棄

b. ケーキ回収、ろ液廃棄

c. ろ液・ケーキ共に回収

ろ過器のろ過圧力による分類・・・

a. 重力式 b. 真空式 c. 加圧式 d. 圧搾式

ろ過器の形式による分類・・・a. ろ過器をオープンすることがある b. 完全密閉

処理の目的による分類・・・a. 清澄ろ過 b. 精密ろ過 c. 限外ろ過 d. 除菌ろ過

参考資料3 ろ過器の種類

- 重力式
 - 連続式・・・ロータリースクリーン
 - 回分式・・・砂ろ過器、ヌッチェフィルター
- 真空式
 - 連続式・・・円筒多室型・・・ドラムフィルター
円筒単室型・・・ヤングフィルター
垂直円盤型・・・ディスクフィルター
水平回転円盤型・水平ディスクフィルター
水平走行型・・・水平ベルトフィルター
 - 回分式・・・ヌッチェフィルター、リーフフィルター
- 加圧式
 - 連続式・・・加圧型プレコートフィルター、
加圧型スクレーパーディスチャージフィルター
 - 回分式・・・フィルタープレス、シュナイダーフィルター、
自動ヌッチェ型フィルター
- 圧搾式
 - 連続式・・・ベルトプレス、スクリュープレス
 - 回分式・・・チューブプレス、マルスプレス
- その他 カートリッジ型・・・焼結金属、焼結金網、繊維、膜

参考資料4 参考にした資料

全般

- (1) 経済産業省、(社)産業環境管理協会：有害大気汚染物質対策の経済性評価報告書
(2004年2月)
 - 121 ページ～ タンクの蒸発損失
 - 127 ページ～ 固定屋根式貯槽から固定屋根付き浮き屋根貯槽に改造する
場合の仕様見直しと改造費用
 - 132 ページ～ PSA 法
 - 202 ページ～ マイクロガスタービン(MGT)

反応関係

- (2) 大塚英二著：現代化学工学：反応システム上・下 丸善刊(1974)

蒸留関係

- (3) 化学工学会編：化学工学の進歩 37 蒸留工学—基礎と応用一、槇書店刊(2003)
- (4) 化学工学会編：化学工学物性定数 Vol.1-23 丸善、化学工業社(1980-2002)

ろ過関係

- (5) 化学工学協会(現化学工学会)編：化学装置便覧(改定二版) 丸善刊(1989)
- (6) 白戸紋平監修、杉本泰治著：ろ過のメカニズム 地人書館刊(1978)