



4) ワイパーはA型とB型の2種類がある。

- (1) A型はワイパーがワイパーリテーナーにフリーで挿入され、ローター回転による遠心力で面圧が決定されるものであり、標準装備形式である。
- (2) B型はワイパーがスプリング板に保持され、機械的に面圧調整ができる。高粘度物質、付着生成物質、固形物が発生する物質の処理あるいはエロージョン・コロージョン現象の可能性のある物質の処理等に適用される。

### 1. 蒸留装置としての機能

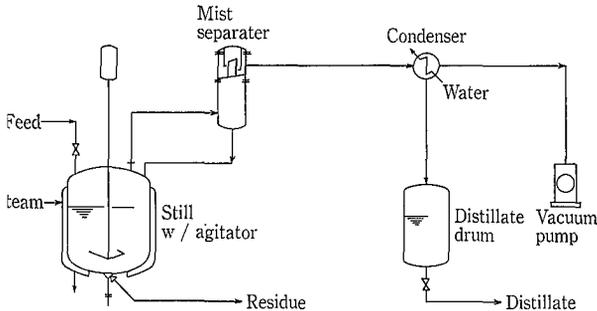
一般に蒸発と蒸留を分けて言い表されているが、蒸発は揮発成分を含む溶液を加熱して単一成分が気化することといい、蒸留は2成分または多成分系の原液においていずれの成分も蒸気圧を有して蒸発する場合をいう。

一方、蒸留に対しては、還流操作を伴わない蒸留を単蒸留または単蒸留といい、還流操作を伴う蒸留を精留という。また、単蒸留及び精留共に原料の供給形式によって回分式と連続式に分類される。

単蒸留の基本形として第2図に回分式単蒸留装置を第3図に連続式単蒸留装置を示す。

第2図の回分式単蒸留は微分蒸留であり、液が少しずつ順次に気化し、発生蒸気全ての平均組成は残液組成と平衡関係にならない。

第3図の連続式単蒸留は積分蒸留であり、発生した全蒸気の組成は残った液組成と平衡関係にある。



第2図 回分式単蒸留  
Fig. 2 Batch simple distillation

ワイブレンは蒸発、蒸留あるいは精留塔リポイラー等の用途に使用されているが、蒸留形態として見た場合第3図の連続式単蒸留に近いものである。

時には第2図のバッチ操作で蒸留されたものとワイブレンで蒸留した蒸気組成及び残液組成が異なるとの指摘を受けることもあるが、これは蒸留形態の差異によって生じる現象である。

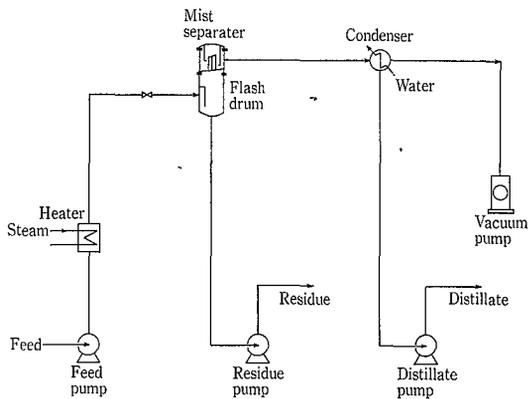
ワイブレンは加熱蒸発機構と共にコンデンサーを内蔵することができ、またローターにミストセパレーターを付属することができるので、第3図に示す予熱・加熱器、蒸発器、ミストセパレーター、コンデンサーを一体とした機能を果たすことが可能である。

次項よりワイブレンを使ったシステム例を紹介する。

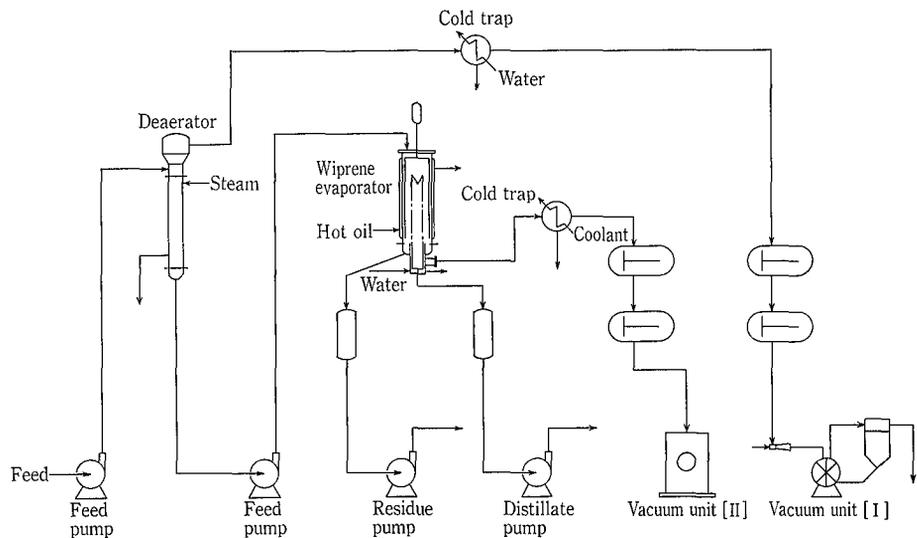
### 3. 高真空蒸留システム

脂肪酸系、医薬品あるいは液状ポリマーなど高分子量物質の蒸留では、沸点が高いこと及び熱変質の関係から高真空操作が必要になる。医薬品物質では沸点の関係もあるが、特に熱変質の問題より高真空、低温操作を必要とする場合が多い。

第4図に高真空蒸留のシステム例を示す。実施例の操作真空度は脂肪酸系で0.1~0.2 Torr (13~27 Pa)、医薬品、液状ポリマーで0.02~0.05 Torr (2.7~6.7 Pa) 等がある。



第3図 連続式単蒸留  
Fig. 3 Continuous simple distillation



第4図 高真空蒸留システム  
Fig. 4 High vacuum distillation system

### 3.1 ワイブレン形式

加熱蒸発面とコンデンサー冷却面を近接させた構造である高真空用を適用する。蒸発面と冷却面が近接しているので蒸発ペーパーの圧力損失を最小にして高真空を維持することができ、工業規模の処理が可能となる。

ワイブレンは第1図に示すように低真空用と高真空用があり、操作真空度 1.0 Torr (133 Pa) を境界として使い分けることにしている。しかし、低真空用内部コンデンサー型であってもペーパー流量と排気系の関係で 0.1 Torr (13 Pa) の操作が行われている例はある。

### 3.2 脱ガス処理

高真空操作を行うためにはワイブレン前段工程において、処理原液はできる限り脱ガス、低沸点成分の除去を行っておく必要がある。しかし前段工程の脱ガス条件は十分でない場合が多く、蒸留工程においてワイブレン上流側にも第4図のように脱ガス装置 (Deaerator) を設備することが一般的である。

注意すべき点は予熱・蒸留中に発生するノンコンガスであり、当社が実測した例では脂肪酸系物質の場合  $1.5 \text{ N}\cdot\text{m}^3/\text{liq}\cdot\text{m}^3$  であり、この3倍を超える物質もある。また可塑剤では 250% のガス容積 ( $2.5 \text{ N}\cdot\text{m}^3/\text{liq}\cdot\text{m}^3$ ) であるとの報告がある。

ここで、大気圧下でのガス容積  $1 \text{ N}\cdot\text{m}^3$  は真空 0.1 Torr (13 Pa) 下では  $7600 \text{ m}^3$  になり、0.02 Torr (2.7 Pa) ではこれの5倍になることを考えれば脱ガスの重要性が理解できる。また、低沸ガスが残留する液では薄膜形成が阻害されて伝熱性能に影響する可能性がある。

脱ガス装置は一般に蒸留真空度の10倍程度の低真空で操作し、液残存ガス及び予熱分解ガスをできるだけ除去する機能を果たす。

実施例の脱ガス器真空度は蒸留真空度 0.1 Torr (13 Pa) に対して 1 Torr (133 Pa)、0.02~0.05 Torr (2.7~6.7 Pa) に対して 0.1 Torr (13 Pa) であった。

### 3.3 高真空排気系

蒸留における発生ガス量、系内洩れ空気量を、圧力損失を許容内でスムーズに排出し、高真空を維持するためには、大容量の高真空排気装置と蒸留器内の十分な空間及び排気接続管が必要になる。

実施した1例 <操作真空度 0.02~0.05 Torr (2.7~6.7 Pa)> を挙げると次の仕様である。

脱ガス器用高真空排気装置：ルーツ式真空ポンプ2段+エアージェクター付水封式真空ポンプ

抽気量  $1500 \text{ m}^3/\text{h}$  at 0.1 Torr (13 Pa)

蒸留器用高真空排気装置：ルーツ式真空ポンプ2段+油回転真空ポンプ

抽気量  $7000 \text{ m}^3/\text{h}$  at 0.01 Torr (1.3 Pa)

### 4. 濃縮システム

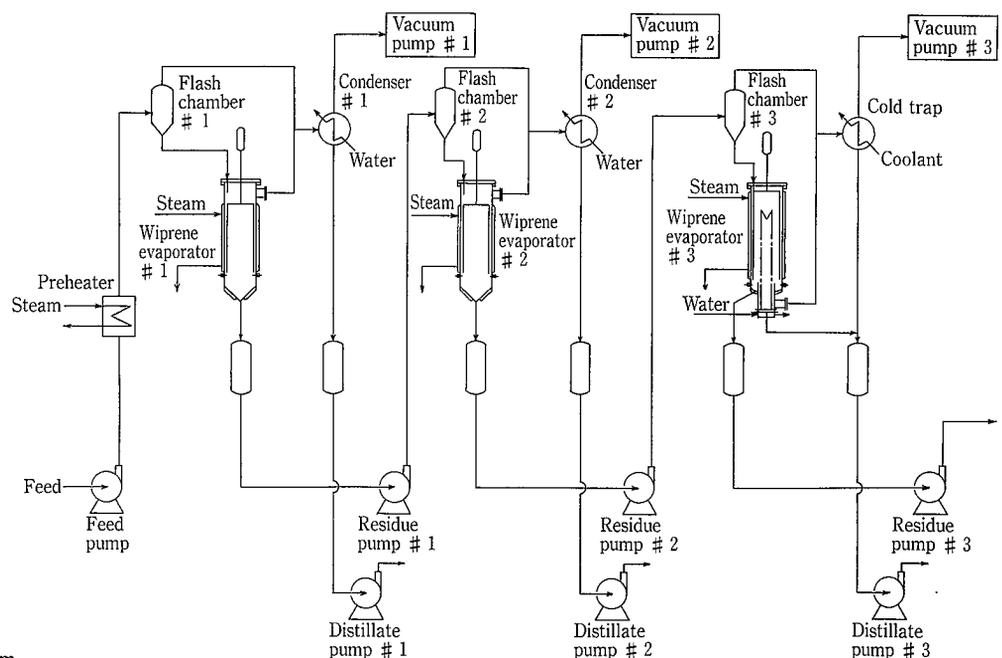
単蒸留では低沸組成リッチの留出分と無機物あるいは高沸組成リッチの濃縮残留液に分離される。処理目的としては濃縮残留液が製品あるいは目的物となる場合、留出液が製品あるいは目的物となる場合、両者とも有効目的物となる場合など種々あるが、ここでは濃縮用途について紹介する。第5図に3段濃縮のシステム例を示す。

実施例は低分子量ポリマー中の溶剤含量 80 WT% を 100 ppm 以下に濃縮することが処理目的であるが、蒸発分離された溶剤も回収再利用される。原料中に含まれる溶剤の蒸発率は 99.99% である。

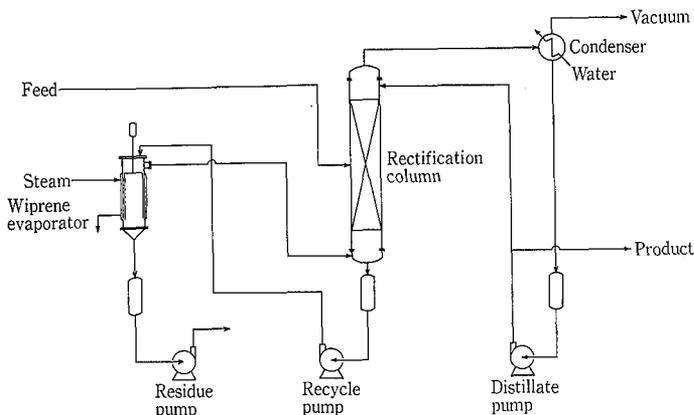
#### 4.1 ワイブレン操作条件

##### 4.1.1 濃縮度 (溶剤蒸発率), 操作圧力

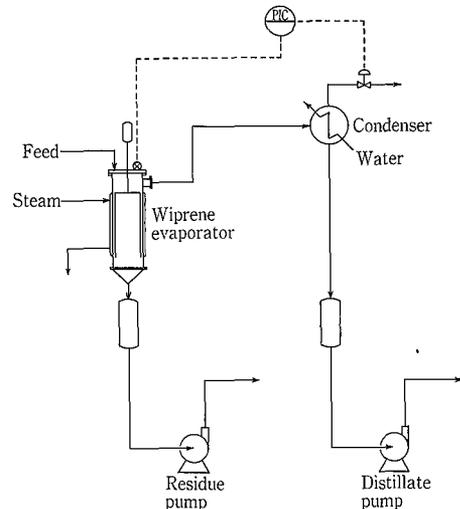
- 1) #1 ワイブレン：ポリマー濃度 IN 20 WT% → OUT 95 WT% (溶剤蒸発率 93.8%)  
操作圧力 100 Torr ( $1.33 \times 10^4$  Pa)
- 2) #2 ワイブレン：ポリマー濃度 IN 95 WT% → OUT 99.7 WT% (溶剤蒸発率 94.0%)  
操作圧力 10 Torr ( $1.33 \times 10^3$  Pa)
- 3) #3 ワイブレン：ポリマー濃度 IN 99.7 WT% → OUT 99.99 WT% (溶剤蒸発率 96.7%)  
操作圧力 1 Torr ( $1.33 \times 10^2$  Pa)



第5図 濃縮システム  
Fig. 5 Concentration system



第6図 精留システム  
Fig. 6 Rectification system



第7図 加圧運転システム  
Fig. 7 Pressure distillation system

#### 4. 1. 2 加熱温度

ポリマー熱変質の関係で加熱温度が限定される。

#### 4. 1. 3 沸点上昇

ポリマー濃度が高くなるにつれて沸点は上昇し、高沸ポリマーの共沸が無視できなくなる。

#### 4. 2 ワイブレン形式

1) #1 ワイブレン：低真空用外部コンデンサー型、A型ワイパー付

処理液は溶剤組成が多く、ポリマーの熱変質は起り難いので、ワイパーはA型を選定している。

2) #2 ワイブレン：低真空用外部コンデンサー型、B型ワイパー付

処理液の溶剤組成が少なくなるとポリマー熱変質が生じ易くなり、付着滞留分の経時的重合が問題となるのでワイパーはB型を選定している。

3) #3 ワイブレン：低真空用内部コンデンサー型、B型ワイパー付

内部コンデンサー型選定理由は高真空操作と脱揮効率向上にある。

#### 4. 3 フラッシュタンク

ワイブレンの上流側にはそれぞれフラッシュタンクを設けている。過熱原液がワイブレンにフィードされると、ワイブレンフィード部でフラッシュが起り原液の飛散が生じる。フラッシュ発生は濃縮液側に対しては原液がショートパスして未濃縮の原因となり、留分側に対しては蒸発ペーパーへ原液が飛散してエントレの原因となる。フラッシュタンクは過熱原液をワイブレン操作圧力に対して飽和液とするものであり、脱揮用途では特に注意する必要がある。

#### 4. 4 濃縮液保温

ワイブレン加熱部で所定の濃度に濃縮されたとしても、その下流側の液排出部で温度降下があると蒸発ペーパーの再凝縮が起って濃縮未達成となる場合がある。このような場合には濃縮液排出配管で液封を行い、その部分の保温を十分に行うことが効果的である。

#### 4. 5 高沸物の共沸

高沸点成分も蒸気圧を有しており、気液の平衡関係で蒸発する。比揮発度が大で低沸点成分の多い領域における蒸留では高沸点成分蒸発が無視できるとしても、濃縮度が上

がり低沸点成分が少なくなると高沸点成分の蒸発組成が顕著となり無視できなくなる。

低沸点成分の回収で純度が問題になる場合には回収率の関係から真空度、操作温度の選定に注意が必要であり、精留装置を付設することも必要になる。

#### 4. 6 真空排気装置

実施例では#1及び#2は油回転真空ポンプ、#3はルーツ真空ポンプ1段+油回転真空ポンプとし、個別に真空度制御を行っている。

各処理段の真空度は各濃縮度、ペーパー凝縮回収の目的、熱変質の制限、ユーティリティー設備条件などから決定されている。相互干渉のないように各処理段毎独立の真空排気装置を配備することが一般である。

### 5. 精留システム

第6図にワイブレンを精留塔用リボイラーとして使用したシステム例を示す。

処理物質に熱影響を及ぼさないというワイブレンの特長を活かしたものである。ワイブレンは低真空用外部コンデンサー型が適用される。

### 6. 加圧運転システム

第7図に加圧運転システム例を示す。

濃縮液の融点あるいは流動点が高く、蒸発成分の蒸発温度の関係で加圧運転とする必要がある場合、また、前後のプロセスの関係上、加圧下で操作せざるを得ない場合に採用される。

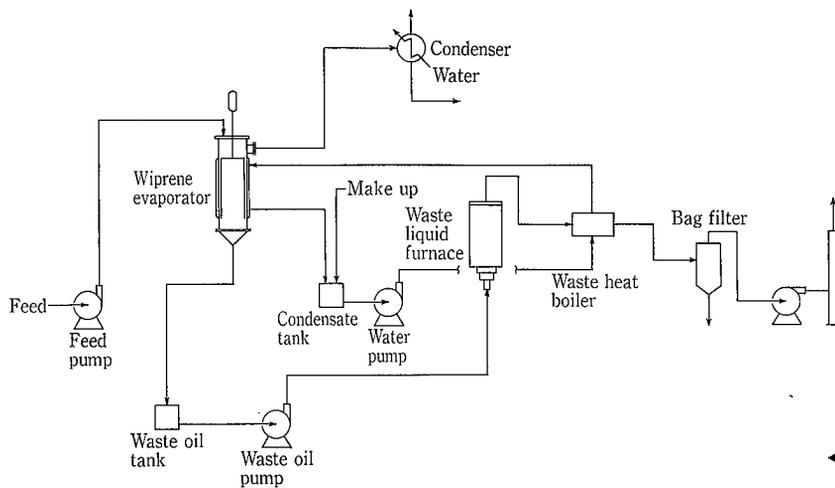
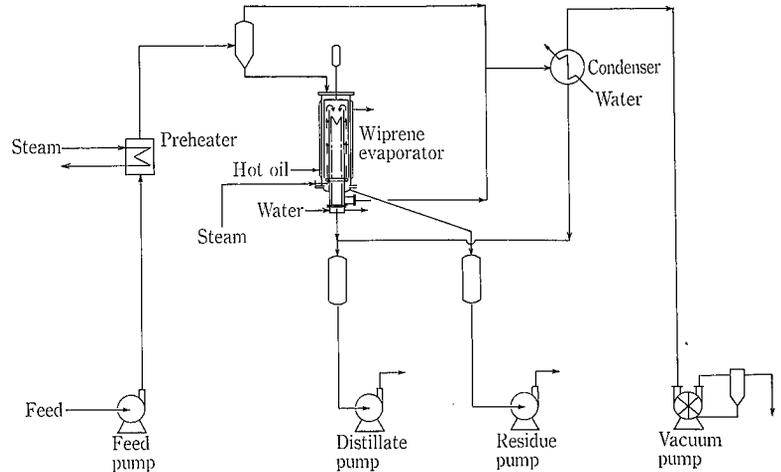
### 7. 脱臭システム

食品、化成品関係では脱臭が重要な工程となる場合がある。第8図にスチームストリップングによる脱臭システム例を示す。

臭気成分の除去にはいろいろな方式があるが、単に通常の真空蒸留では目的を達成できず、処理液とスチームとの向流接触が非常に有効に作用する場合がある。

ワイブレンはワイパー作用により処理液を加熱面に均一な液膜を形成するとともに液膜は攪拌されており、本体内にスチーム排出口を兼ねた内筒を挿入する構造として、効率の良い向流接触機能を発揮できる。

第8図 脱臭システム  
Fig. 8 Deodorizing system



第9図 廃油濃縮システム  
Fig. 9 Concentration system of waste oil

## 8. 廃油処理システム

第9図に廃油の処理システム例を示す。

廃油原液は水分を 97 WT% 含んでおり、ワイプレンにより水分を蒸発分離し、凝縮水は放流する。一方脱水された濃縮オイルは廃液熱分解装置の燃料として燃焼され、この燃焼熱を利用した廃熱ボイラーで発生するスチームはワイプレンの加熱源として使用される。本例は遺棄できない廃油の省エネ処理システムである。

### む す び

ワイプレンの基本的な用途例を紹介したが、簡単な装置、システムであってもいろいろな応用分野、用途があ

り、多方面にご使用いただいている。目的とする性能を満足する為にはワイプレンの単体機能を理解の上で機種選定することは当然必要であるが、周辺のエンジニアリングに十分配慮することが重要であると痛感する。

姉妹機である EXEVA (高粘度液用薄膜蒸留装置) と共に新分野、新用途に向い、エンジニアリングサービスを充実させ、皆様のご要望にお応えしていきたいと考えている。

### 〔参考文献〕

- 1) 編集者 平田光穂, 頼実正弘: 蒸留工学ハンドブック, (1966), 朝倉書店
- 2) 著者 河東準, 岡田功: 新版 蒸留の理論と計算, 工学図書