

A種 除害施設等管理責任者資格認定講習

# 工場排水処理技術

---

テキスト P.33～62



横浜市 下水道河川局水質課

## IV-1. 流入原水の管理

### -2. 処理方式

### -3. 規制物質の排水処理技術

(Ⅲ. 油類含有排水の処理と維持管理)

### -4. 廃棄物の処理

- (1) 水量及び水質の把握
- (2) 排水の系統分離
- (3) 処理施設に流入させる前の排水処理対策

排水処理施設の適切な設計・管理を行うためには、水量・水質の把握が必要である。

生産工程で用いられる原材料や使用薬品の種類、使用水量、水量・水質の時間変動などの把握が必要である。

### 水量

- 排水量メーター
- 水道使用量
- 作業内容からの推測

### 水質

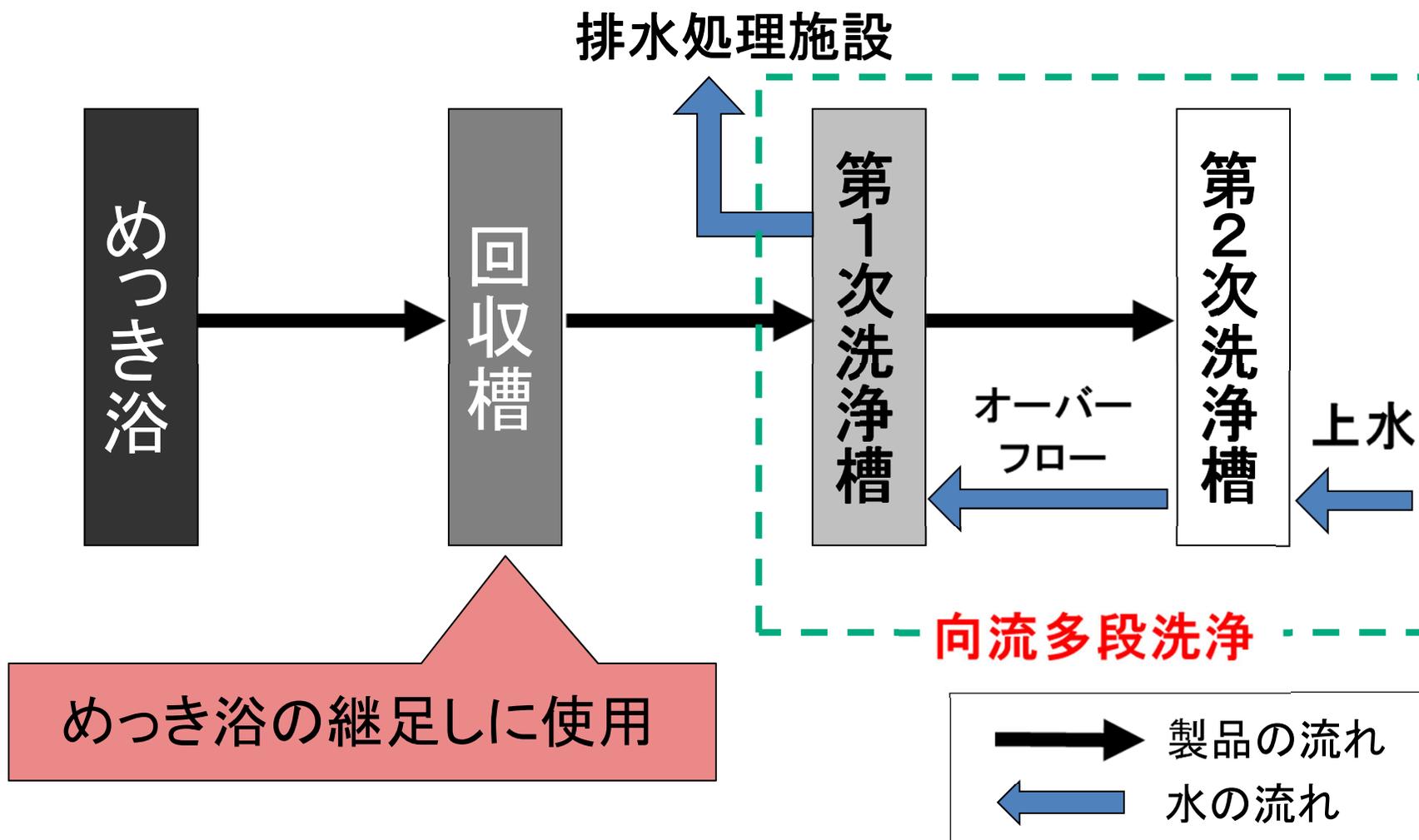
- 実測
- 薬品等の使用量、製品化率及び回収率からの推測

異質の排水を混合すると、排水処理が不完全になる場合や処理過程で有害物質を生成する場合がありますため、排水系統の分離が必要である。

系統分離の方法	例
下水排除基準を超えるおそれのない排水の分離	生活排水・雨水など
処理方法が異なる排水の系統分離	シアン(CN)と重金属 シアン(CN)と酸など
濃厚排水の分別	産廃処理など

排水処理施設を安定的に管理するため、処理施設に流入する前に対策を講じる必要がある。

対策	例
原材料・使用薬品の変更	シアン化合物を使用しない工程の検討など
生産設備の改良	回収槽の設置 向流多段洗浄の実施など
排水の平均化	原水槽、流量調整槽の設置など



- (1) 機械攪拌
- (2) 自動制御と手動制御
- (3) 連続式処理と回分式処理

**維持管理および運転しやすさ**を十分考慮して排水の処理方式を選定し、排水処理施設を設計する。

シアン反応槽、クロム還元槽、pH調整槽などの反応槽には、攪拌装置を設け、反応を十分に促進させなければならない。

- 攪拌羽(プロペラ)による攪拌……一般的
- 空気による攪拌
- 液の流動による攪拌

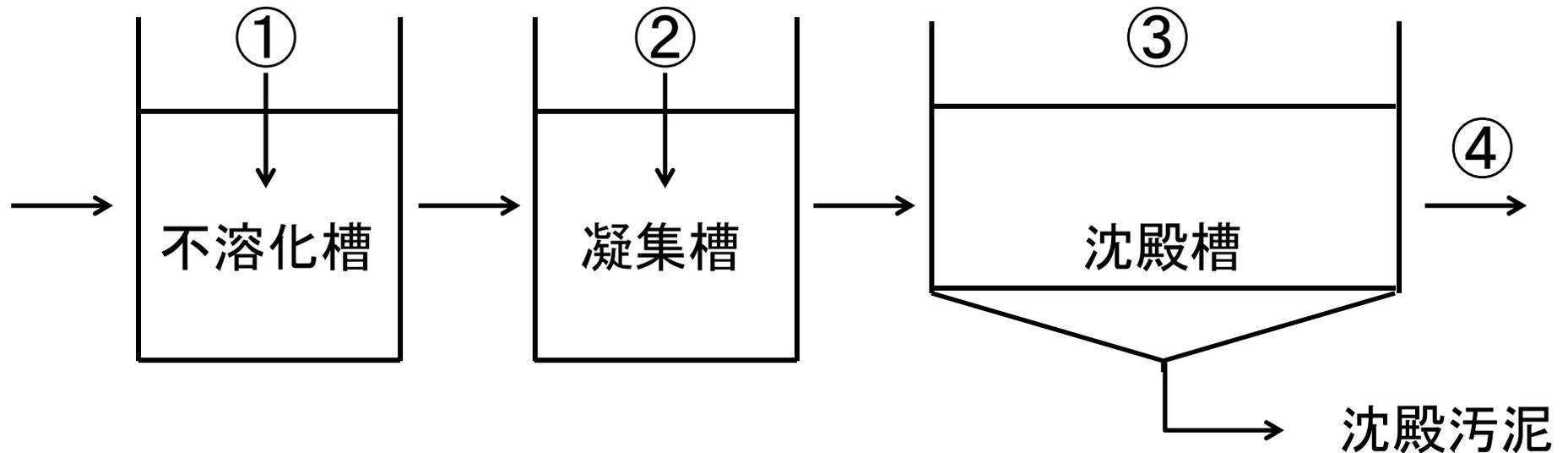


制御方式	概要
自動制御	水位計、pH計、ORP計などにより、自動で排水や薬品注入の操作を行う。
手動制御	排水や薬品注入の操作を手動で行う。

- 安定的な排水処理の観点から、自動制御が望ましい。
- 自動制御の場合でも、装置の故障に対応するため、薬品滴下用のポンプなど手動制御の準備も必要である。

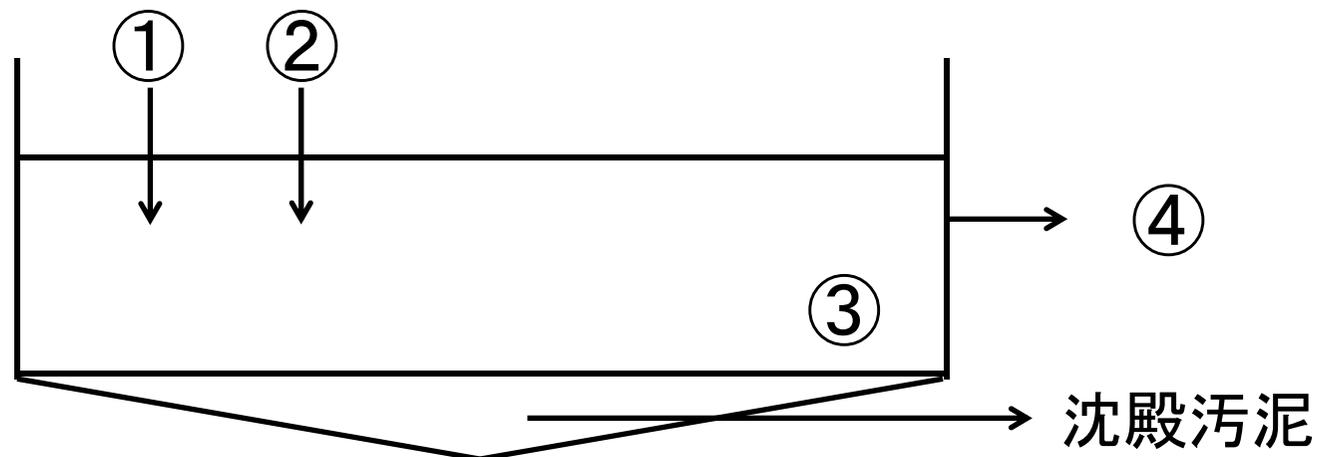
	連続処理	回分処理(バッチ式)
概要	排水を連続的に処理する。	一定の排水量を貯留して間欠的に処理する。
利点	人手がかからない。	水質を確認した上で排水できる。
欠点	水質を常に確認することは困難である。	大きな処理槽を設置する必要がある。

## 連続処理



- ① 不溶化槽でアルカリ剤を注入する。
- ② 凝集槽で高分子凝集剤を注入する。
- ③ 沈殿槽で生成したフロックを沈殿させる。
- ④ 上澄水を処理水として取り出し、沈殿汚泥は廃棄物として適正に処理する。

## 回分式



- ① 貯留していた原水を揚水し、アルカリ剤を注入してしばらく急速攪拌する。
- ② 高分子凝集剤を注入し、しばらく緩速攪拌する。
- ③ しばらく静置し、精製したフロックを沈殿させる。
- ④ 上澄水を処理水として取り出し、沈殿汚泥は廃棄物として適正に処理する。

- ・**酸・アルカリ排水の処理**
- ・**重金属類含有排水の処理**
- ・**六価クロム含有排水の処理**
- ・**シアン含有排水の処理**
- ・**ふっ素含有排水の処理**
- ・**イオン交換法**
- ・**揮発性有機化合物含有排水**
- ・**その他の項目の処理方法**
- ・**油類含有排水の処理（Ⅲ：P.26～29）**

pH: 水素イオン濃度を示す指数であり、排水の酸性・アルカリ性の度合いを表す。

- ・中性は7
- ・7より大きいとアルカリ性
- ・7より小さいと酸性
- ・pHの値が1違うと水素イオン濃度は10倍違う
- ・水質基準は5を超え9未満

酸性排水にはアルカリを、アルカリ性排水には酸を加えて中性にする。

- ・アルカリ剤：水酸化ナトリウム、水酸化カルシウムが一般的
- ・酸剤：硫酸、塩酸が一般的
- ・排水中に、他の規制対象物質（重金属類、シアン、ふっ素など）が含まれている場合は、中和処理以外の処理についても十分調べておく必要がある。

薬剤	利点	難点
水酸化ナトリウム (NaOH、苛性ソーダ)	<ul style="list-style-type: none"><li>・取り扱いやすい</li><li>・反応速度が速い</li><li>・汚泥量が比較的少ない</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・金属水酸化物の再溶解がある</li></ul>
水酸化カルシウム (Ca(OH) <sub>2</sub> 、消石灰)	<ul style="list-style-type: none"><li>・金属水酸化物の再溶解を防止できる</li><li>・汚泥の脱水性が良い</li><li>・ふっ素を除去できる</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・粉体のため、取り扱いがやや難しい</li><li>・反応に時間を要する</li><li>・汚泥量が多い</li></ul>

薬剤	利点	難点
硫酸、塩酸	<ul style="list-style-type: none"><li>・水に溶けやすい</li><li>・中和反応速度が速い</li><li>・液体のため、制御が容易</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・取り扱いが危険である (希釈時に強く発熱)</li></ul>
炭酸ガス	<ul style="list-style-type: none"><li>・ボンベに貯蔵されており、取り扱いが容易である</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・残量(ボンベ圧力)に注意が必要である</li></ul>

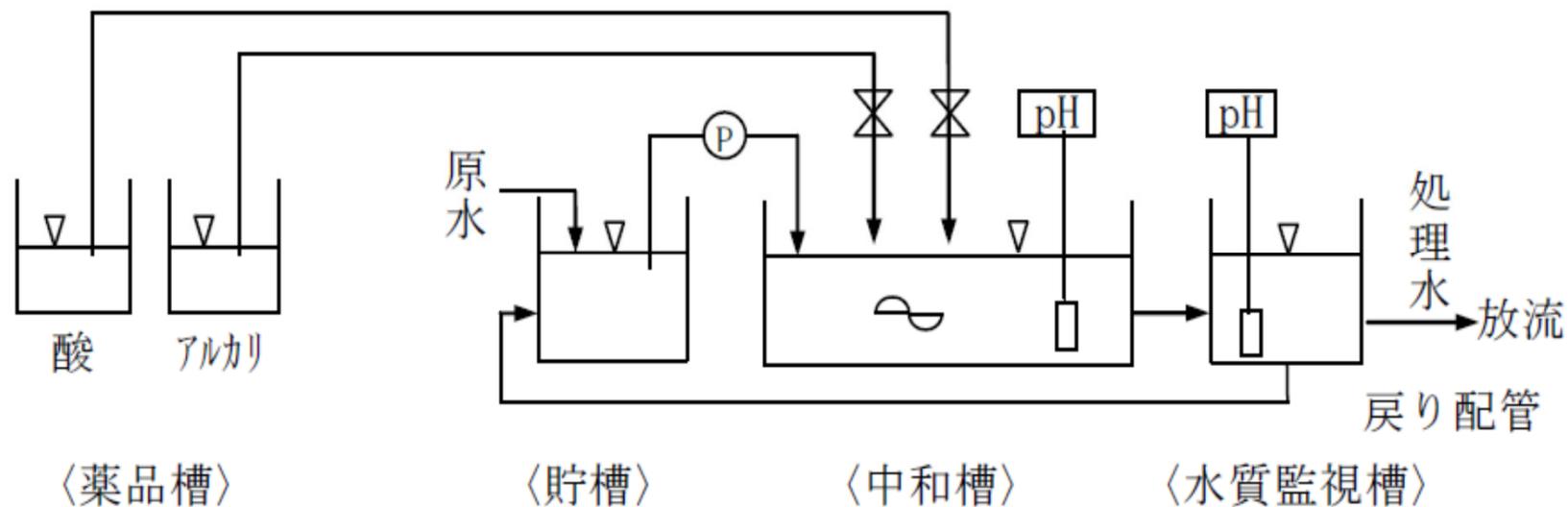


図-3

- ① 排水が貯槽にたまって水質が均一になる。
- ② 中和槽で中和処理が行われる。
- ③ 中和された排水が水質監視槽から放流される。

※基準を超える排水が水質監視槽に流入した場合、戻り配管で、貯槽に戻り、再度、中和処理が行われる。

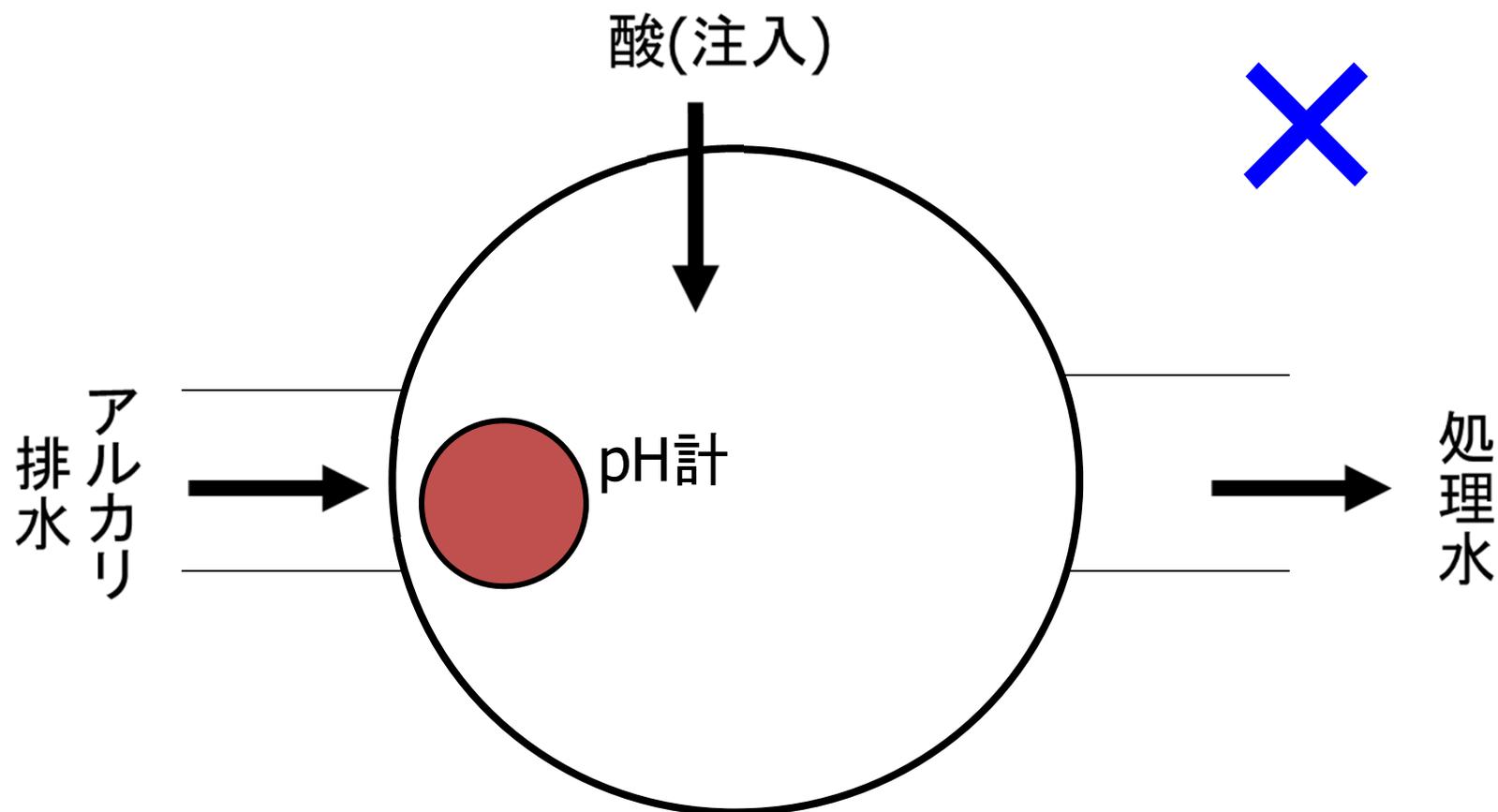


図-4

アルカリ排水の影響を大きく受けるため、過剰に酸が注入されてしまう。

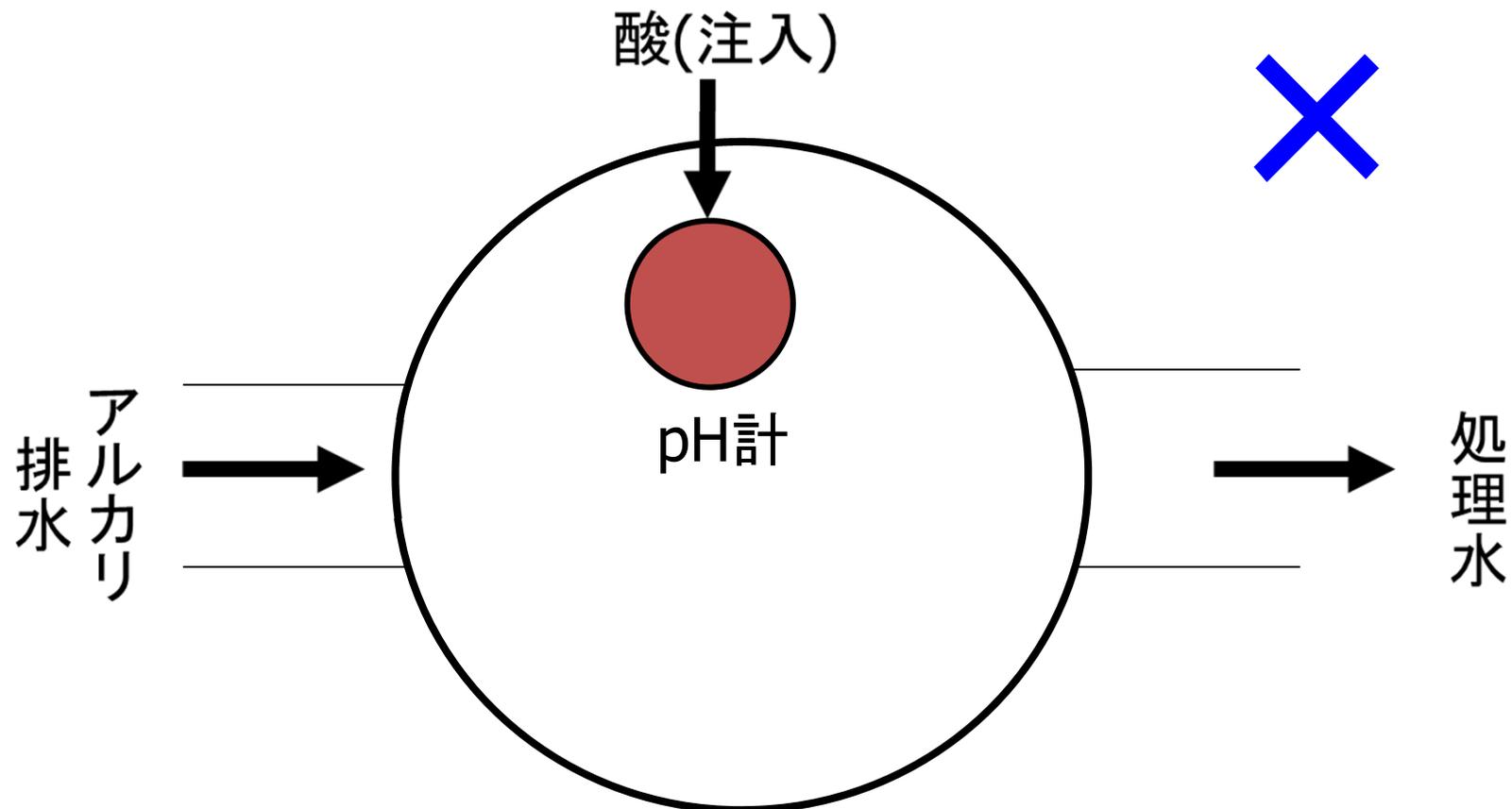


図-4

酸の影響を強く受けるため、酸の注入量が不足してしまう。

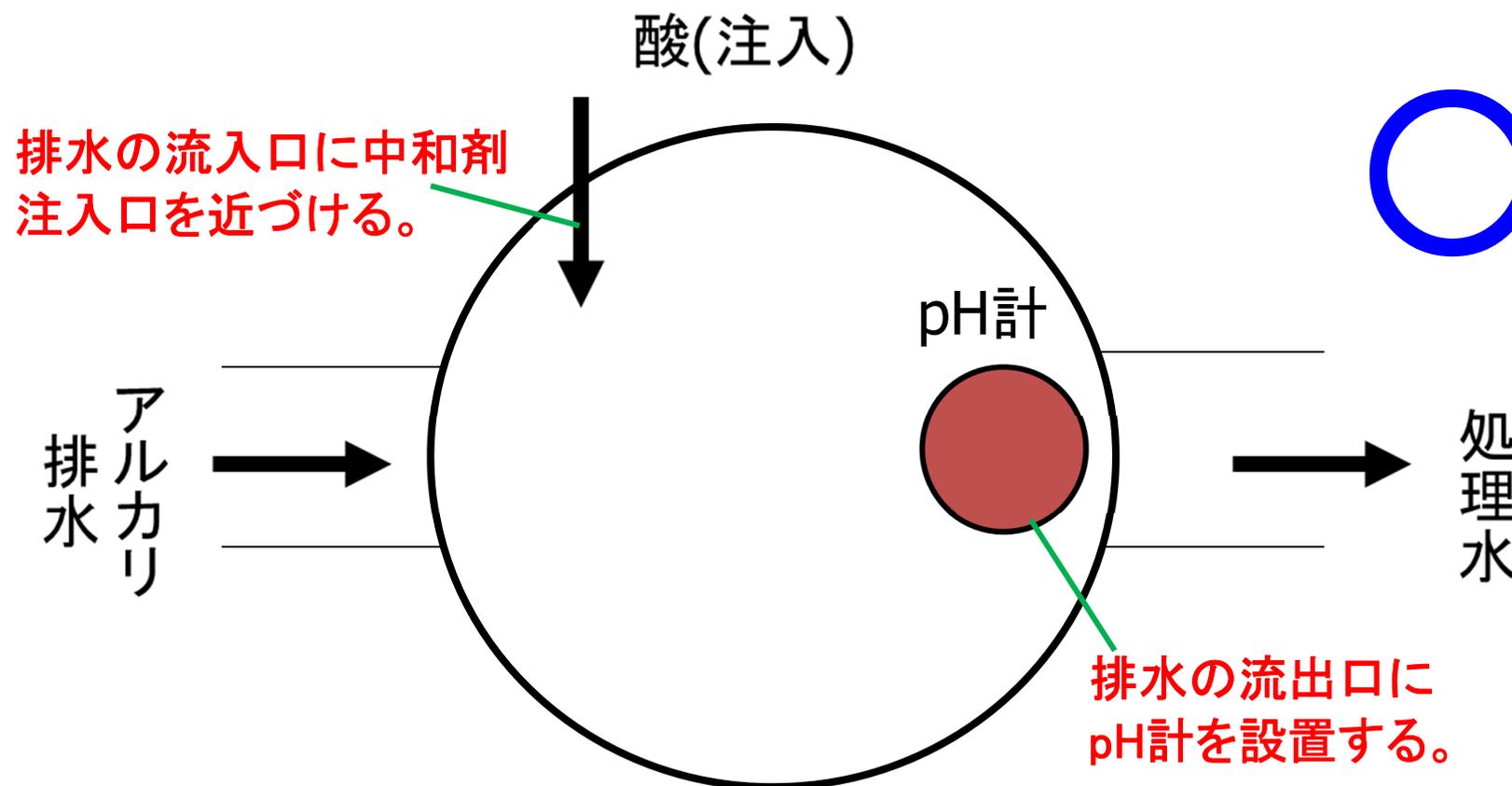


図-4

アルカリ排水と酸剤が十分に混合された状態のpHを測定することができる。

- ・酸・アルカリ排水の処理
- ・**重金属類含有排水の処理**
- ・六価クロム含有排水の処理
- ・シアン含有排水の処理
- ・ふっ素含有排水の処理
- ・イオン交換法
- ・揮発性有機化合物含有排水
- ・油類含有排水の処理（Ⅲ：P.26～29）

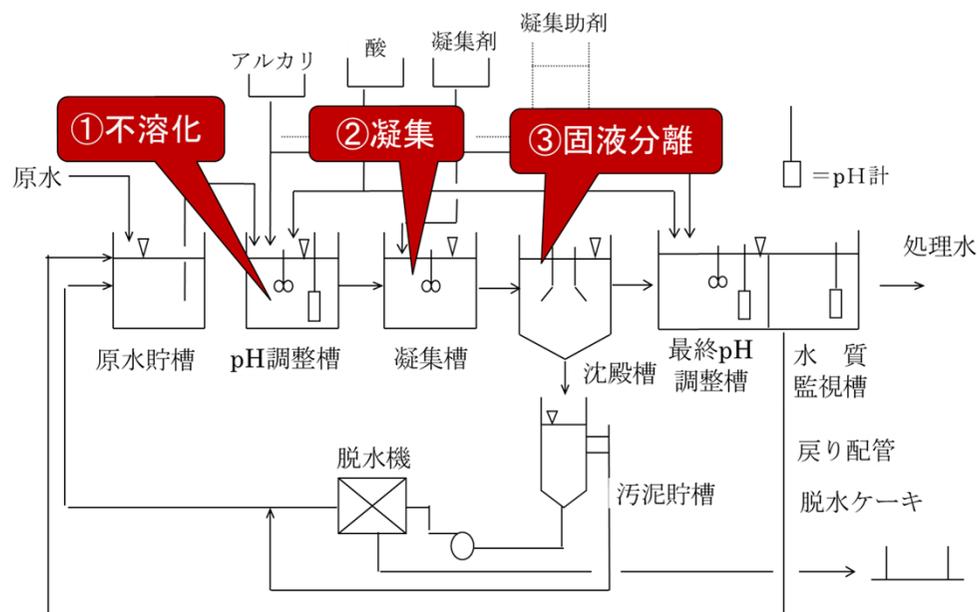
## (2) 重金属類含有排水

凝集沈殿法: 排水にアルカリを加え、水中に溶けている重金属類を汚泥(不溶性水酸化物)として除去する方法

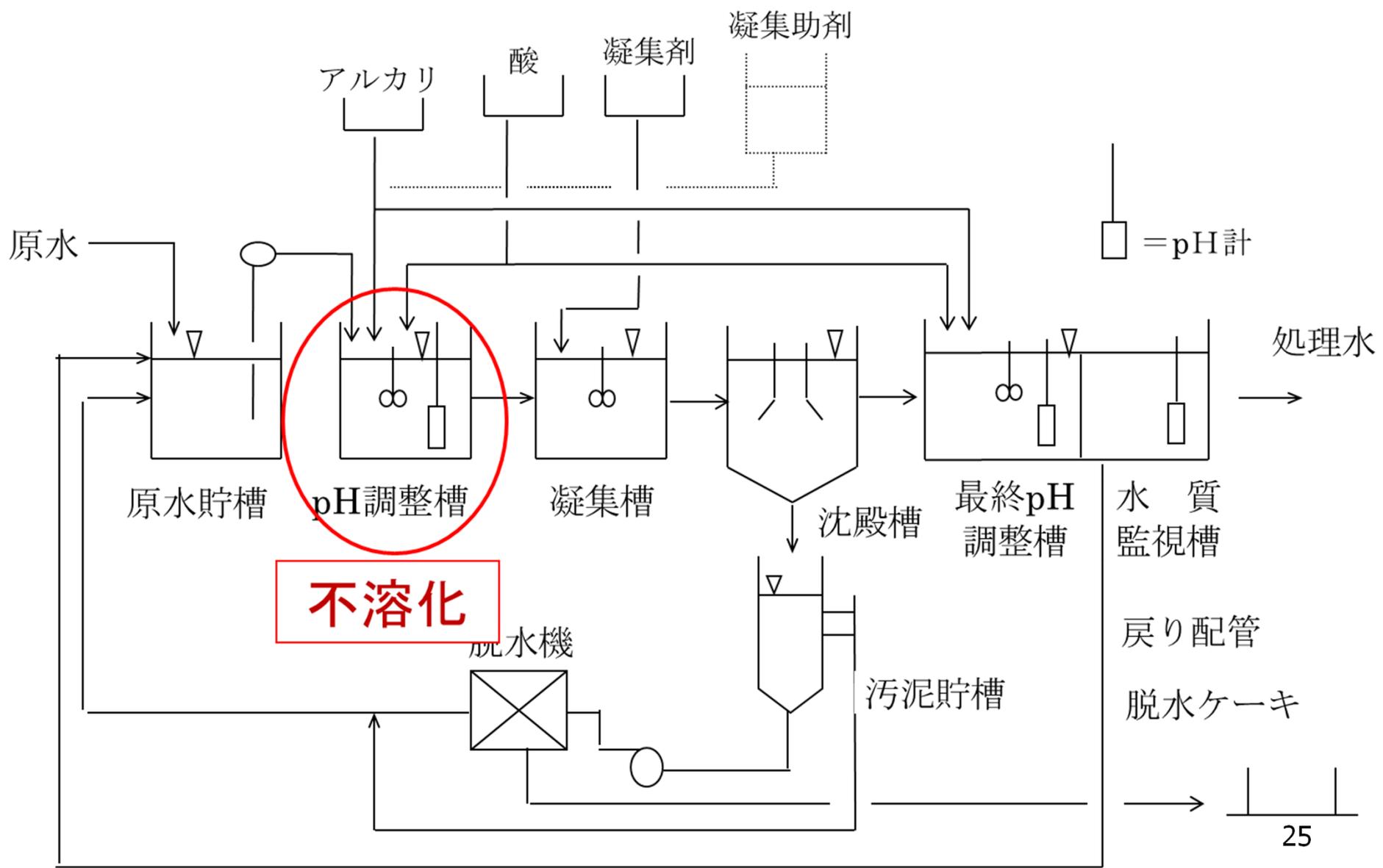
### 【一般的な処理フロー】

排水 → 不溶化 → 凝集 → 固液分離 → 清澄な上澄水

※清澄な上澄水はpHが高いので、pH調整後に下水道へ放流する。

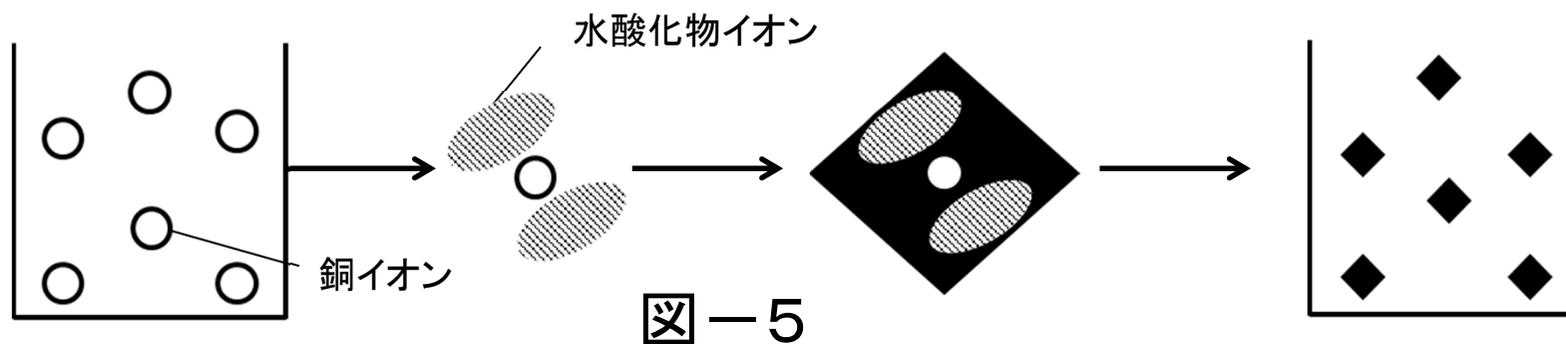


## (2) 重金属類含有排水



## 不溶化: アルカリ剤を加え、不溶性水酸化物を生成

ポイント	詳細
アルカリ剤	水酸化ナトリウムと水酸化カルシウムが一般的である。 (特徴: P.42の表-3を参照)
処理に適したpH域	重金属により異なる。



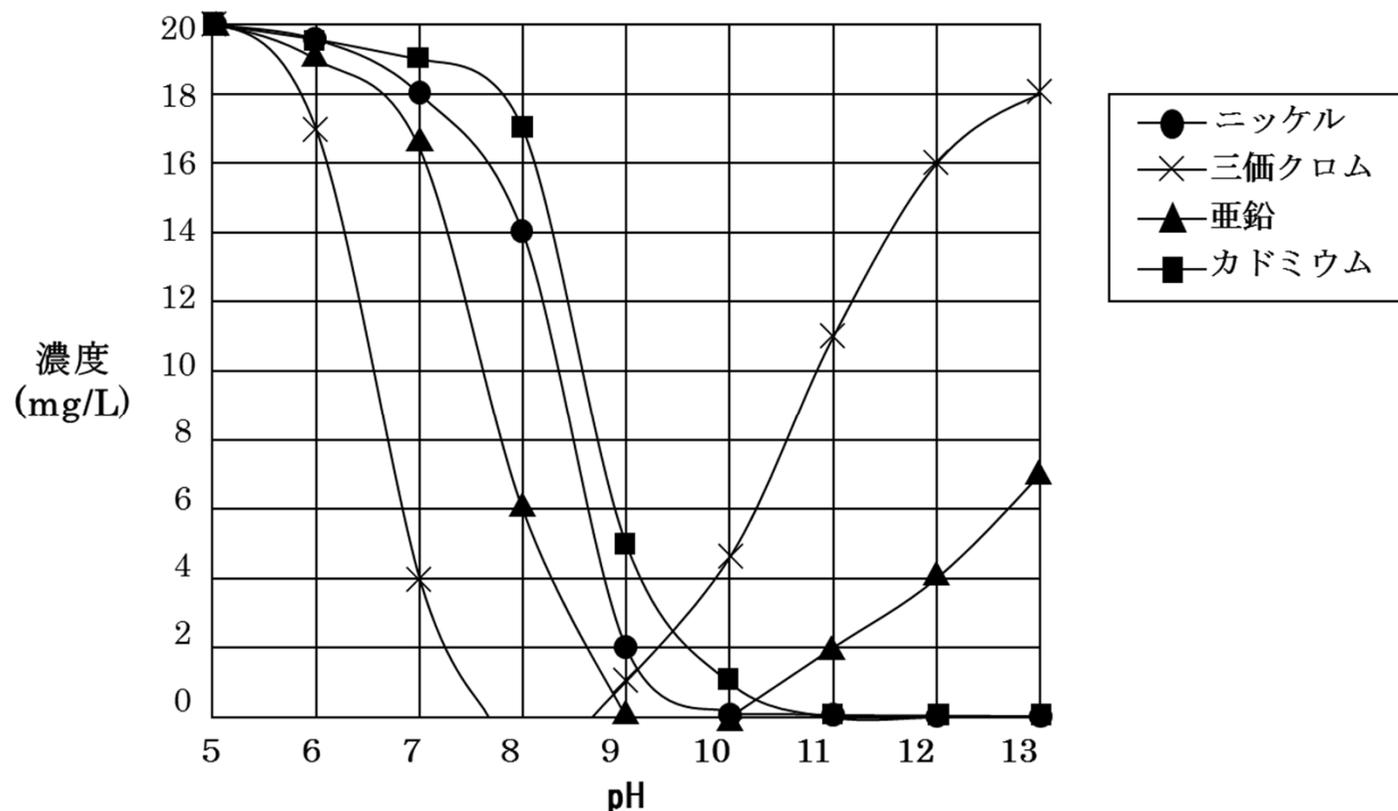


図-6

- 重金属によって、処理に適したpH域が異なる。
- ニッケルはpH10程度、カドミウムはpH11程度で不溶化する。
- 亜鉛と三価クロムはpHを上げすぎると再溶解してしまう。 27

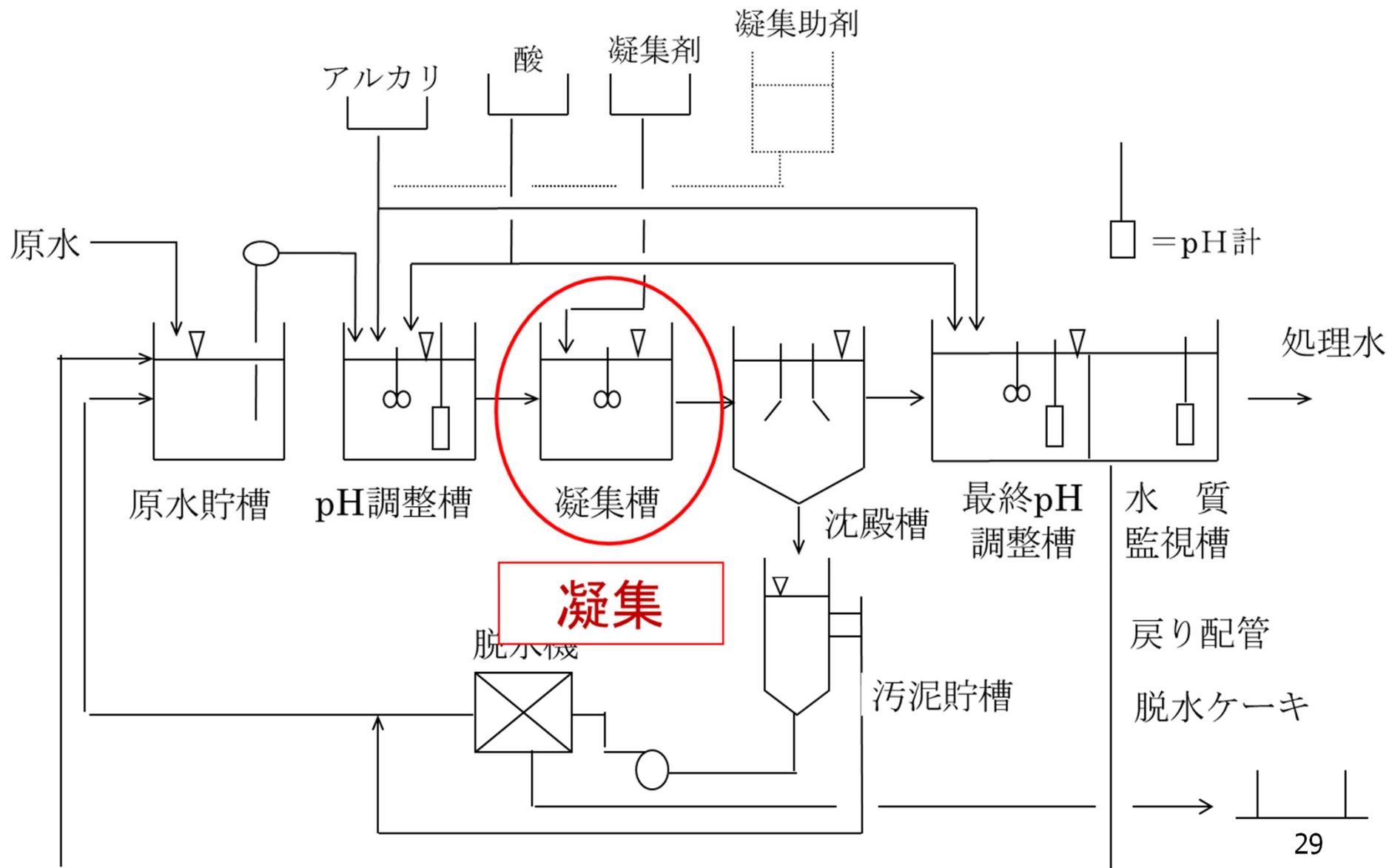
金属濃度 \ p H	p H									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Cd <sup>2+</sup> <0.1mg/L									□	□
Cu <sup>2+</sup> <1.0mg/L							□	□	□	□
Cr <sup>3+</sup> <2.0mg/L						□	□	□	□	□
Ni <sup>2+</sup> <1.0mg/L							□	□	□	□
Zn <sup>2+</sup> <1.0mg/L							□	□	□	□
Mn <sup>2+</sup> <1.0mg/L								□	□	□
Fe <sup>2+</sup> <3.0mg/L								□	□	□
Fe <sup>3+</sup> <0.1mg/L								□	□	□
Pb <sup>2+</sup> <0.1mg/L								□	□	□

□ 水酸化ナトリウムを用いた場合  
 ▨ 水酸化カルシウムを用いた場合

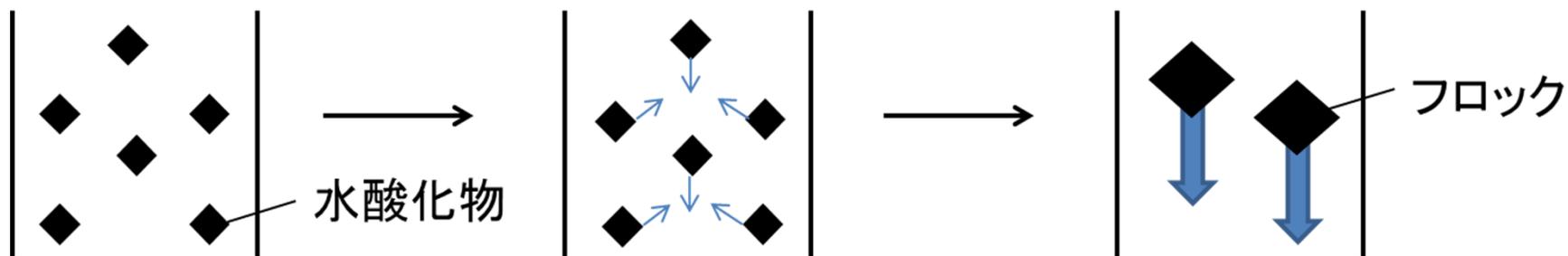
図-8

排水に複数の金属が含まれる場合は、ビーカー試験などにより、適正なpHの確認を行い、排水処理施設のpHを設定する。

## (2) 重金属類含有排水



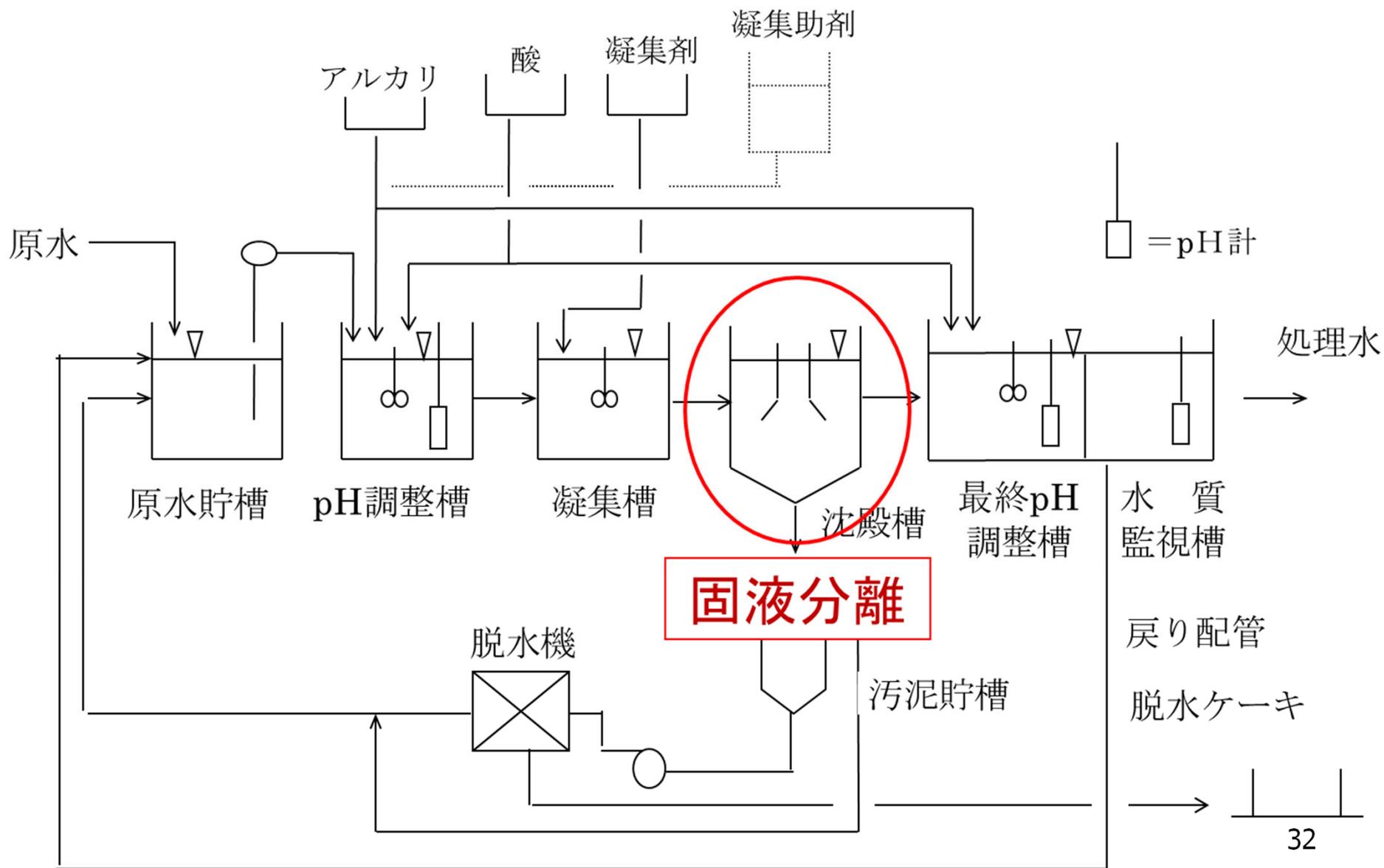
凝集：有機高分子凝集剤（ポリマー）を加え、不溶化した金属水酸化物粒子を粗粒化してフロックを生成



図－9



## (2) 重金属類含有排水

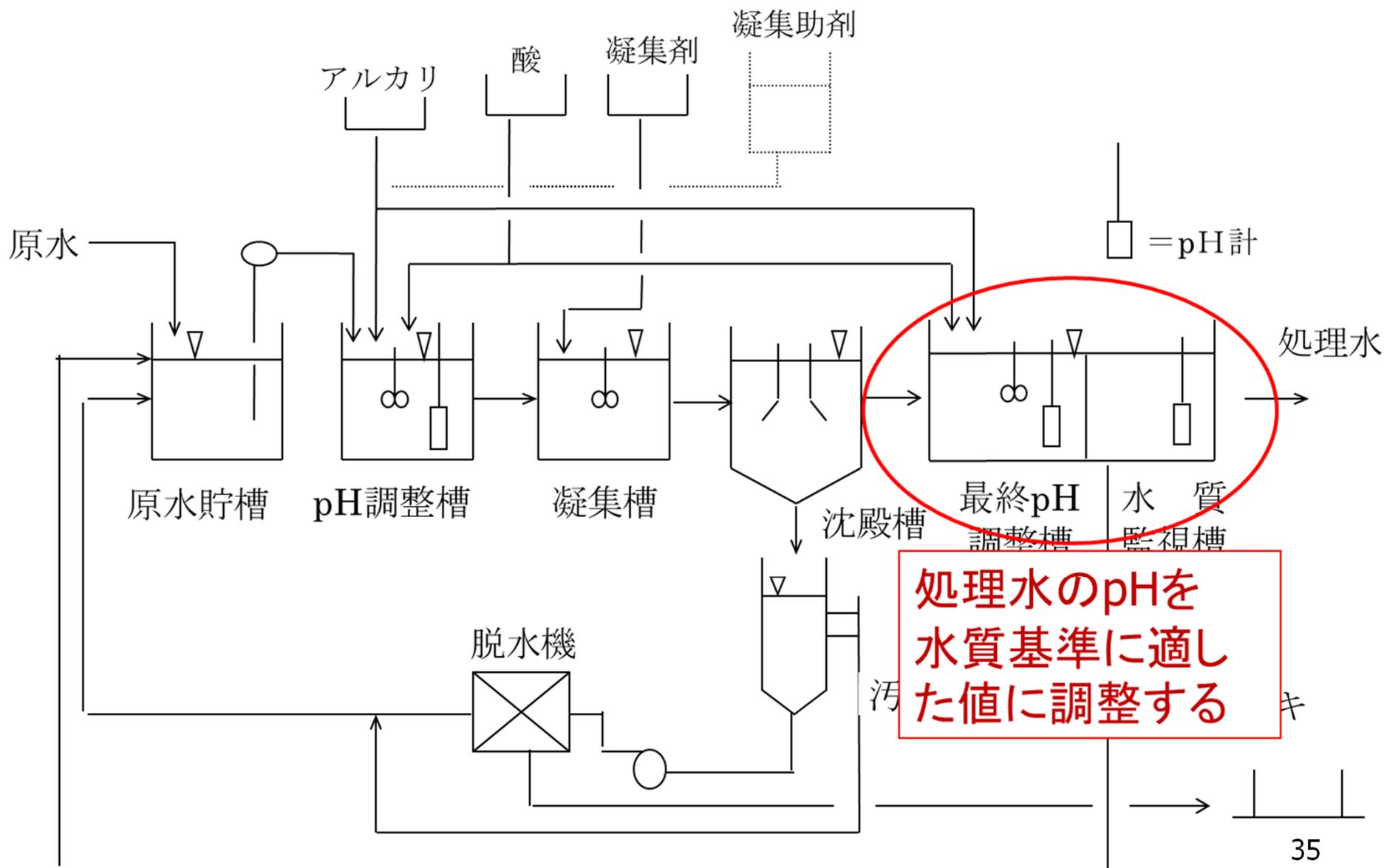


固液分離：凝集工程後の排水をフロックと処理水に分離し、フロックを除去

分離方法	概要
沈殿	排水を静置しフロックを重力により沈降させ、清澄な上澄水を得る方法である。
全量ろ過	不溶化・凝集処理後の排水の全量を、フィルタープレス等でろ過する方法である。



## (2) 重金属類含有排水



- ・酸・アルカリ排水の処理
- ・重金属類含有排水の処理
- ・六価クロム含有排水の処理
- ・シアン含有排水の処理
- ・ふっ素含有排水の処理
- ・イオン交換法
- ・揮発性有機化合物含有排水
- ・油類含有排水の処理（Ⅲ：P.26～29）

六価クロム ( $\text{Cr}^{6+}$ ) は凝集沈殿法で処理できない。

① **還元法** (還元剤を加え、 $\text{Cr}^{6+}$ を $\text{Cr}^{3+}$ にし、凝集沈殿)

<条件> pH:2.5~3、ORP:250mV以下

<還元剤> 重亜硫酸ナトリウム等

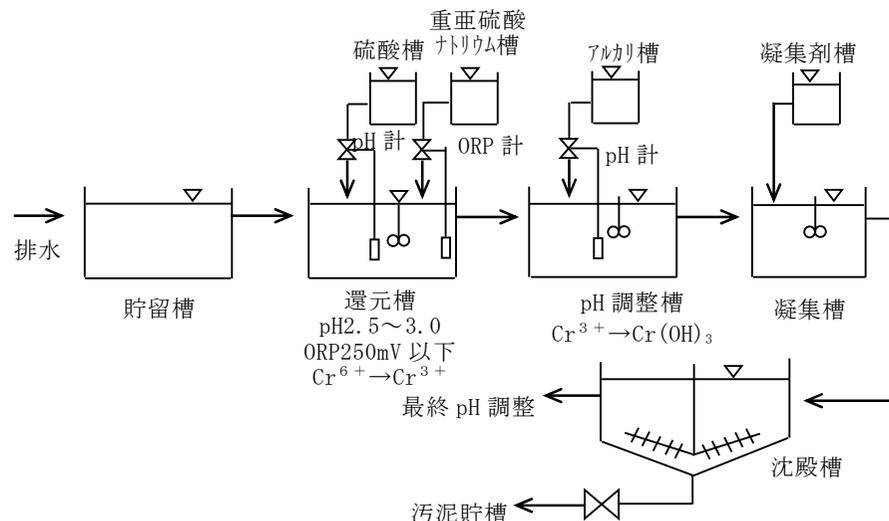
② **イオン交換法**

陰イオン交換樹脂にて除去する。

濃度が低く、水量が多い場合に有効である。

# ① 還元法 (還元剤を加え、 $\text{Cr}^{6+}$ を $\text{Cr}^{3+}$ にし、凝集沈殿)

図-12



- ・pHが低すぎると還元反応が完了してもORPは250mV以下を示さず、還元剤が過剰に添加され有害な亜硫酸ガスを発生する。
- ・pHが高すぎると、ORPは250mV以下を示し、還元反応が不完全な状態で薬品注入が止まる。十分な還元剤を加えても反応はほとんど進まず、未反応の重亜硫酸ナトリウムが金属水酸化物の凝集を阻害する。
- ・還元後のクロム系排水に酸化後のシアン系排水が混入する場合、シアン系排水に酸化剤が含まれているとクロムが再酸化されるため、注意する。

### ① アルカリ塩素法（二段階反応）

塩素系酸化剤で炭酸ガスと窒素に酸化分解する。

<一次> pH:10~11、ORP:300~350mV

<二次> pH: 7 ~ 8、ORP:650mV以上

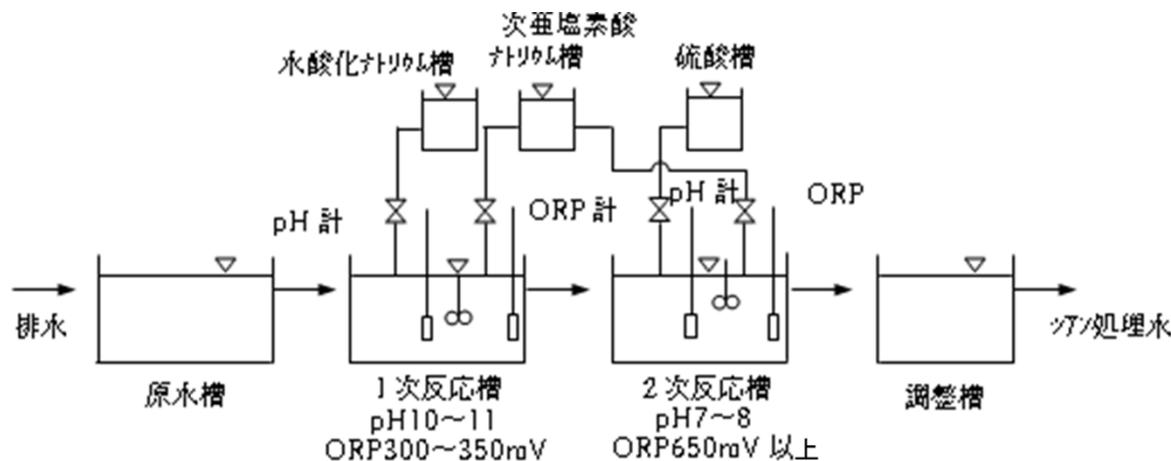
② イオン交換法 :低濃度に適している。

③ 電気分解法 :高濃度に適している。

④ 不溶性錯体法 :紺青法(鉄錯体)

### ① アルカリ塩素法 (二段階反応)

図-13



- ・一次反応はpH10~11、二次反応はpH7~8で反応が早く進行する。
- ・一次反応では、pHが低いと反応が遅れ有毒な塩化シアンガスが発生し、pHが高いと酸化反応が終了しても300mV以上まで上がらないことがある。
- ・排水中に有機物が多いと酸化剤の消費量が増える。
- ・シアンが鉄やニッケルなどの金属イオンとシアノ錯体(金属イオンとシアン化物イオンの結合が強力な状態)を形成すると、アルカリ塩素法では分解困難である。

### ①沈殿除去

カルシウム塩を添加し、不溶性のふっ化カルシウム (CaF<sub>2</sub>)を生成させて沈殿除去

- ・カルシウム塩は消石灰や塩化カルシウムが一般的
- ・沈降性が悪いため、硫酸アルミニウム等を添加する。
- ・ふっ素濃度が100mg/L以上の場合、二段処理を行う。

### ②吸着処理

低濃度・ほうふっ化物(BF)排水の場合に適している。

### ③陰イオン交換樹脂

## (6) イオン交換法

イオン交換樹脂を詰めたカートリッジなどに排水を通し、排水中の重金属等を除去。

### 利点

重金属除去率高く、処理水質が非常に良好

### 難点

濃度が高いと再生頻度が高くなる→処理コスト増

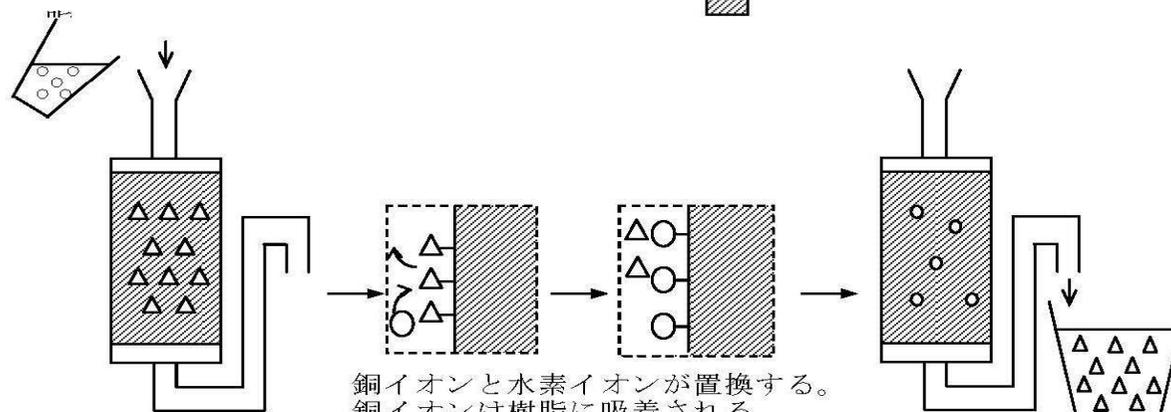
陽イオンのイオン交換法による処理 (例: 銅イオン)

○ = 銅イオン

△ = 水素イオン



= イオン交換樹脂



銅イオンと水素イオンが置換する。  
銅イオンは樹脂に吸着される。  
水素イオンは樹脂から遊離する。

図-15

VOC : トリクロロエチレン等11物質 (表-8)

**曝気法** : 排ガス中にVOCが含まれるため活性炭等で回収

※定期的な活性炭の再生または交換が必要

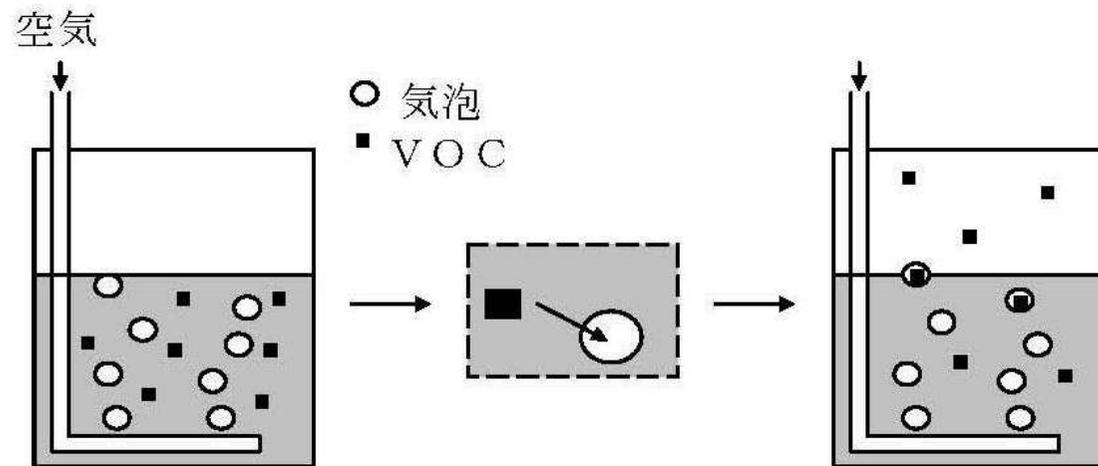


図-17 曝気法の原理

**活性炭吸着法**: 活性炭を充填した層に排水を通し、水中に溶解しているVOCを活性炭に吸着

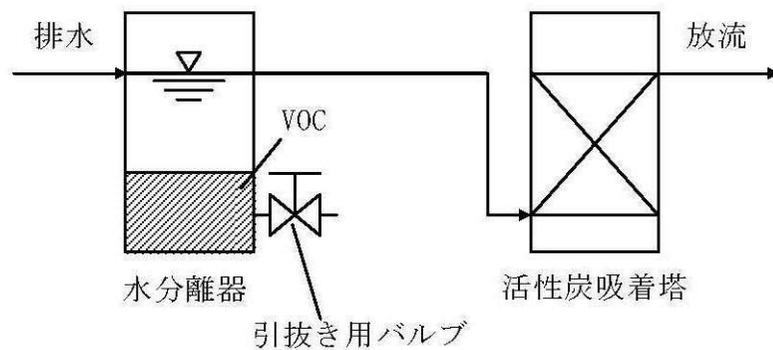
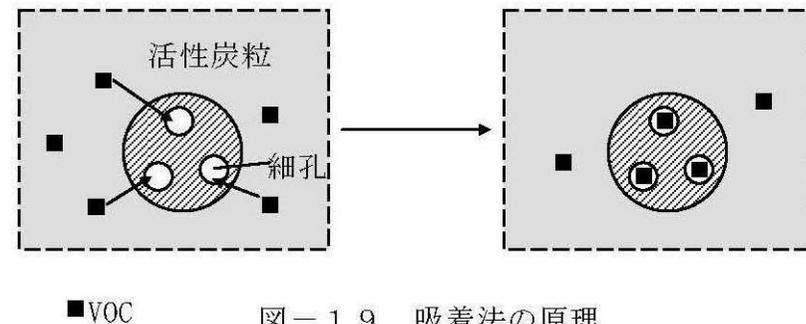


図-18 吸着法の一例



固液分離で除去しきれなかった懸濁物質を、さらに除去して清澄な水を得ること

### ・ろ布によるろ過

※ろ布の破損・目詰まりがないことの確認

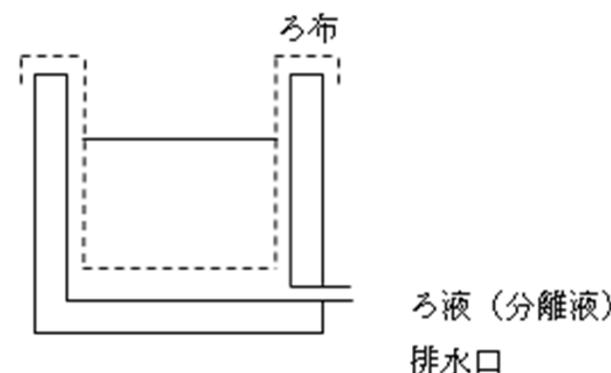


図-22 ろ布ろ過槽の構造

### ・急速ろ過塔

アンササイトなどのろ材を充填したろ過塔

ろ材で捕捉した物質を除去するため、定期的な逆洗浄が必要

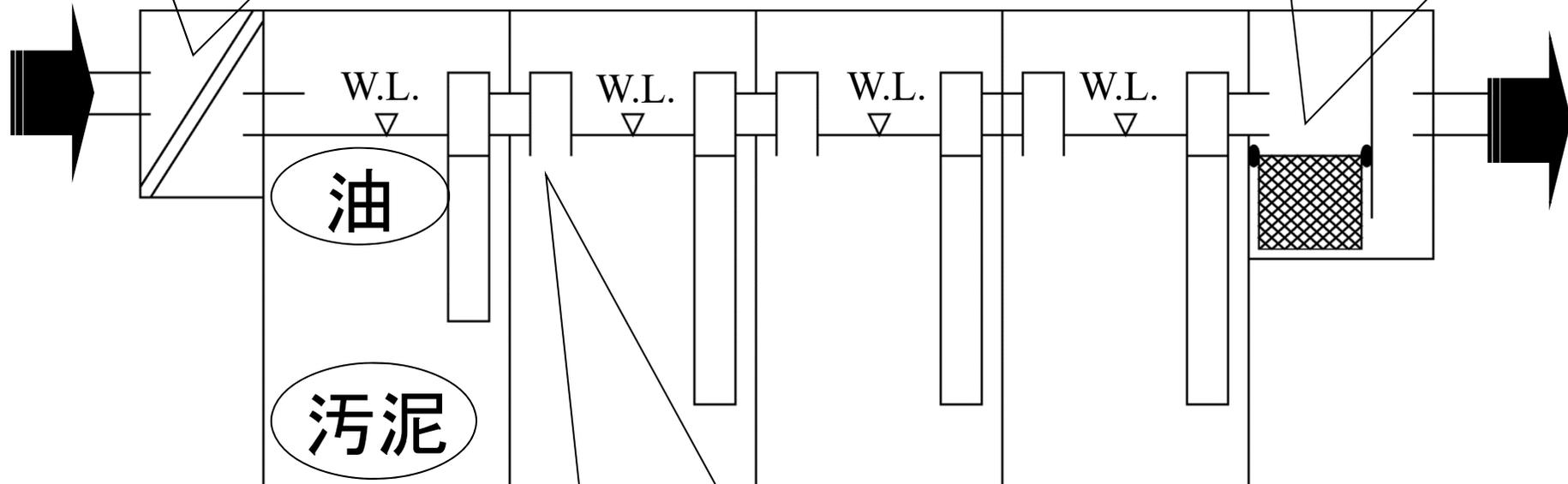
※逆洗水は原水槽に戻すこと

- ・酸・アルカリ排水の処理
- ・重金属類含有排水の処理
- ・六価クロム含有排水の処理
- ・シアン含有排水の処理
- ・ふっ素含有排水の処理
- ・イオン交換法
- ・揮発性有機化合物含有排水
- ・油類含有排水の処理（Ⅲ：P.26～29）

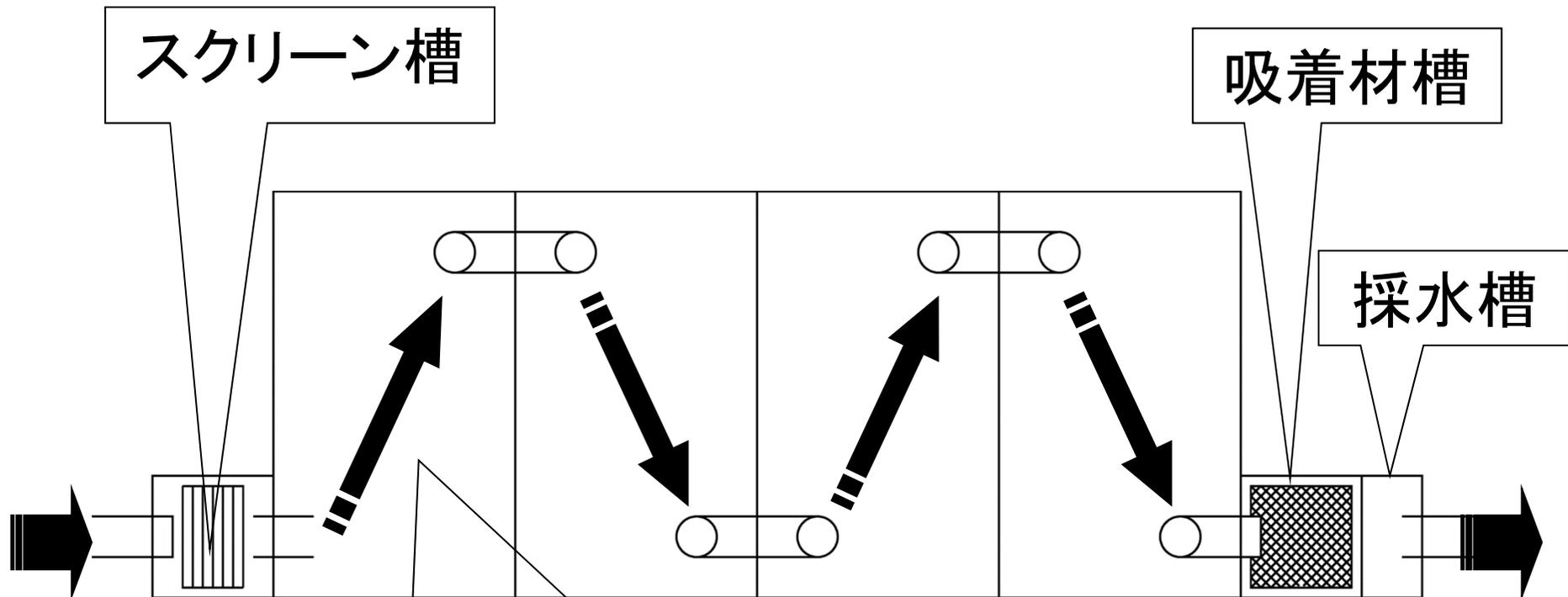
- **重力式浮上分離法（油水分離槽）**  
→簡便だが単独で基準（5mg/L）以下までの処理は困難
- **吸着法**  
→油分を吸着しやすいマット等を使用
- **加圧浮上分離法（乳化状油の処理可能）**  
→フロック生成後、微細気泡を付着し浮上させて回収
- **凝集沈殿法（乳化状油の処理可能）**  
→凝集剤を添加し、凝集沈殿させ油分を除去

スクリーン槽:  
ゴミや落葉を除去

吸着材槽:分離除去でき  
なかった油を除去



分離油の再分散を防ぐ  
ため、落差をつけない



浮上分離する時間を十分に取るため、  
水の流れは対角線

## 4 廃棄物の処理

### (1) 汚泥処理

- ・脱水することで減量化でき、処分費用の節約になる。
- ・汚泥を脱水前に濃縮すると脱水機の運転効率が上がる。

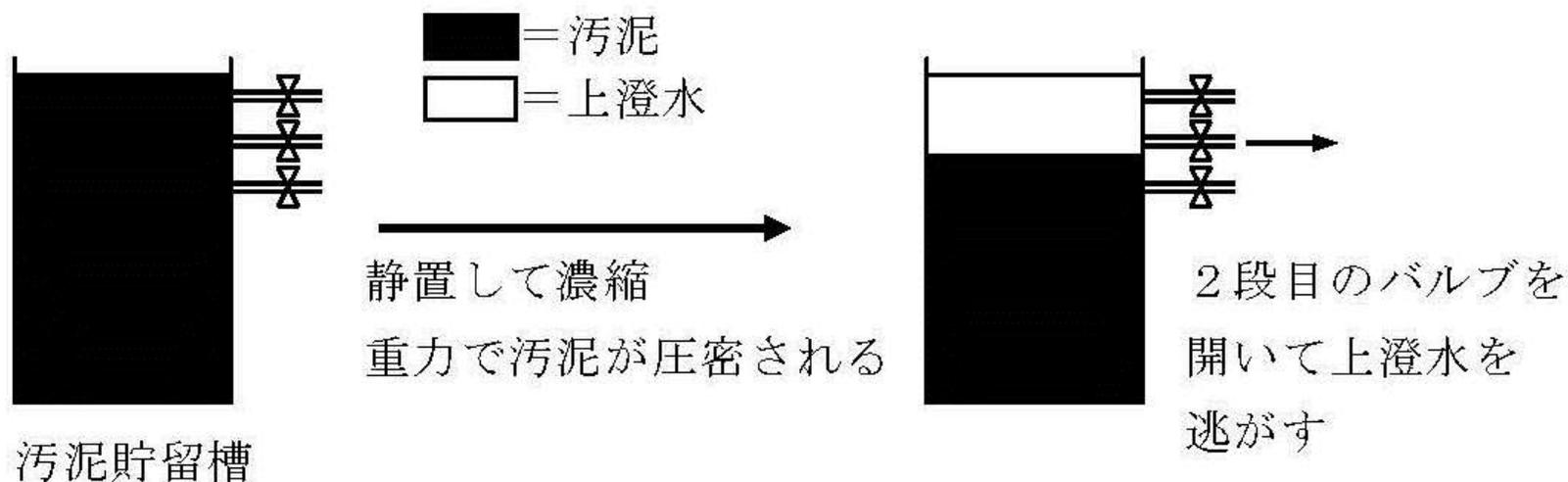


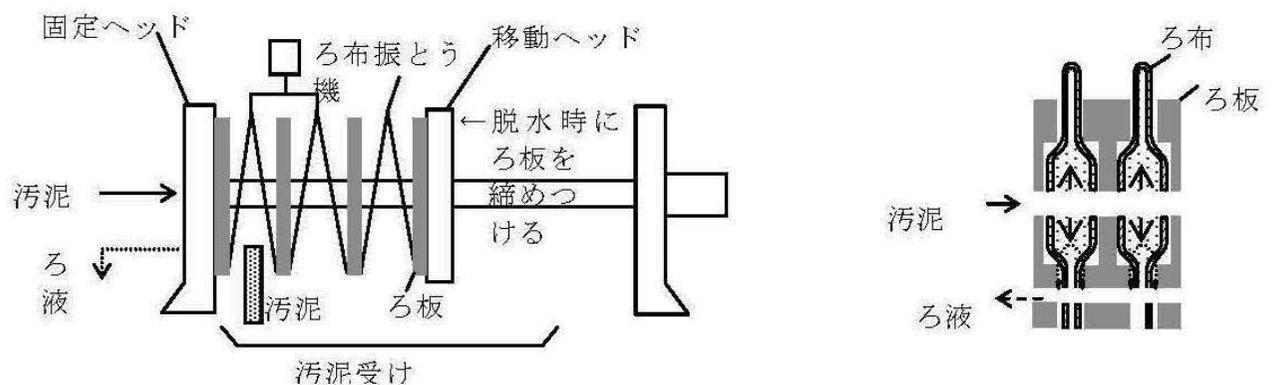
図-23

## 4 廃棄物の処理

### (2) 汚泥の脱水

真空脱水機、加圧ろ過脱水機、遠心分離機などがあり、機構が簡単で故障の少ないフィルタープレスが広く使用されている。

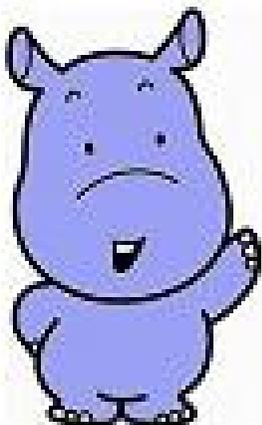
\* 脱水ケーキは産業廃棄物であり、処理委託する場合は、委託業者に**産業廃棄物管理票(マニフェスト)**を交付する必要がある。(P.32)



全体概略図

図一24

脱水時の内部の様子



排水に含まれる規制物質に  
応じた排水処理施設を設計し  
適切に処理することで、  
下水道への排水の基準を  
遵守してください。