

廃水処理と 固液分離装置設計法

工学博士 吉野善彌 著

目 次

第 1 章 水質汚濁の現状とその対策

第 2 章 水質汚濁防止プロセスと水処理技術

2.1 廃水処理プロセスの設定	27
2.1.1 浄化工程の設定基礎	27
2.1.2 スラッジ処理工程の設定基礎	28
2.1.3 水処理プロセスの設定基礎	30
2.2 水質汚濁因子と水処理技術	33
2.2.1 物理的手法	37
2.2.2 化学的手法	37
2.2.3 生物学的手法	38
2.3 高次浄化工程と水の再利用	41
2.4 スラッジ処理工程と固液分離装置	43

第 3 章 固液分離技術

3.1 固液分離現象	49
3.2 固液分離法の基礎	52
3.2.1 固液分離機構（単一粒子と流体との相対運動）	52
3.2.2 重力場における球形粒子の沈降運動	55
3.2.3 粒子群と流体との相対運動	61
(1) 均一球形粒子群の沈降速度	61
(2) 粘性抵抗に対する粒子濃度の影響	61

6 目 次

(3) 浮力に及ぼす粒子濃度の影響	62
(4) 相対速度と測定速度との関係	63
(5) 動水半径の適用	63
3.2.4 粒子層内における流動	64

第4章 沈 降 分 離

4.1 沈降分離操作とその適用	67
4.1.1 海水からのマグネシウム回収工程	68
(1) ハイドロトリータ	68
(2) 反応槽	69
(3) メーンシクナ	69
(4) 洗浄シクナ	69
4.1.2 高炉排ガス洗浄廃水の処理工程	70
4.2 沈降分離装置	72
4.2.1 回分沈降分離装置	73
4.2.2 連続沈降分離装置	73
(1) アレンコーンおよびカローコーン	73
(2) 連続シクナ	74
4.2.3 連続クラリファイヤ	75
4.3 懸濁液の沈降分離特性と沈降分離装置の設計法	78
4.3.1 沈降過程に懸濁粒子群の物性変動が起こらない場合	79
4.3.2 凝集沈降	89
(1) 完全に凝集させて均質凝集性懸濁液とした場合	89

(2) 不完全に凝集している場合	91
4.4 沈降槽内に起こる流動状態と沈降分離装置の設計法	92
4.4.1 沈降槽の型式と構造	93
4.4.2 給泥機構	94
4.4.3 懸濁液の密度流現象	94
4.5 懸濁液の沈澱濃縮現象と沈降分離装置の設計法	96
4.6 集泥楨の設計法	98

第5章 汙 過

5.1 水処理プロセスと汙過	109
5.2 汙過過程における粒子捕捉と汙過機構	114
5.3 脱水汙過	121
5.3.1 汙過抵抗と比抵抗	121
5.3.2 原水中の微粒子除去および濃縮による汙過特性の改善	123
5.3.3 汙過特性に及ぼす薬品添加効果	124
5.3.4 汙過助剤と汙過特性	124
5.3.5 連続脱水汙過	126
5.3.6 汙滓の脱水	128
5.3.7 汙滓のはく離	128
5.4 清澄汙過	129
5.4.1 清澄汙過とその方式	129
5.4.2 汙材に基づく清澄汙過	131
(1) 織布・金属網などを使用する清澄汙過方式	131

(2) 多孔状成型汙材を使用する清澄汙過方式	132
(3) 汙紙・汙膜などを使用する方式	133
5.4.3 汙過助剤に基づく清澄汙過	134
(1) 汙過助剤をプリコートする場合	134
5.4.4 粒状汙材層に基づく清澄汙過	136

第6章 汙材とその選定

6.1 汙材とその要件	150
6.1.1 素材的な事項	150
6.1.2 汙過特性からの事項	151
6.2 汙材とその選定	154
6.2.1 素材の選択	154
6.2.2 汙過特性・汙滓はく離などに関する試験	155
(1) 汙過機構の決定	155
(2) 汙過速度と汙液清澄度との関係	155
(3) 汙材の閉塞	156

第7章 汙過装置とその選定

7.1 汙過装置として具備すべき要件と型式	159
7.1.1 汙過機として具備すべき要件	159
(1) 適当な汙過原液の調整ならびに供給装置が具備されていること	159
(2) 適当な汙材の構成	160
(3) 処理目的ならびに条件に適合した分離面積	160

(4) 汙材の前後における汙過圧・背圧などの発生	160
(5) 分離された汙液と汙滓の排出	160
(6) その他	161
7.2 汙過装置の選定	167
7.2.1 汙過面積	168
(1) 型 式	169
(2) 回分式と連続式	169
(3) 汙過時間と汙滓はく離	169
7.2.2 汙過圧	170
7.2.3 汙滓の厚さ	170
7.2.4 その他	171
(1) 汙過原液濃度	171
(2) 原液温度と汙液の粘度	172
(3) 清澄汙過装置の研究開発	172

第 8 章 汙過助剤とその選定

8.1 汙過操作の合理化法	174
8.1.1 汙過原液の汙過特性の改善	174
(1) 温度の影響	174
(2) 原液濃度の調整	174
(3) 粒子の粒度調整	175
(4) pH 調整および汙過助剤の添加方式	175
8.1.2 汙過工程の改善	176

(1) 汙過方式の選択	176
(2) 汙過機の選択ならびに設計	176
(3) 汙材の選択と汙過助剤のプリコート方式	176
8.2 汙過助剤の使用目的と限界	176
8.3 汙過助剤の種類と選択	177
8.4 汙過設備計画	189

第9章 遠 心 分 離

9.1 遠心分離の基礎的事項	196
9.1.1 遠心効果	196
9.1.2 回転液体による圧力	197
9.1.3 遠心力場における粒子の運動	200
9.2 遠心分離機	202
9.2.1 遠心分離機の分類	202
9.2.2 ボール型遠心沈降機	203
(1) 垂直軸型遠心沈降機	203
(2) 水平軸型遠心沈降機	206
9.2.3 バスケット型遠心汙過機	207
(1) 垂直軸型遠心汙過機	207
(2) 水平軸型遠心汙過機	207
9.3 遠心沈降分離	208
9.4 遠心汙過・脱水	213

第10章 スラッジの処理技術と固液分離装置

10.1 スラッジの濃縮・脱水	218
10.2 スラッジ処理工程における凝集剤ならびに助剤などの添加	219
10.2.1 凝集剤の添加効果	219
10.2.2 脱水圧力の影響	222
10.2.3 凝集剤添加の功罪	222
10.3 難汙過性スラッジの連続汉過	223

第11章 凝集剤と凝集沈澱

11.1 懸濁液の凝集現象と凝集効果	227
11.2 凝集剤の添加効果とその指標	228
11.2.1 添加効果の指標	228
11.3 凝集沈澱法	229
11.4 凝 集 剤	232
11.4.1 凝集剤の種類とその適用	232
11.4.2 凝集機作	233
11.4.3 凝集効果	239
(1) 温度および粒子濃度の影響	239
11.5 凝集沈澱装置	239
11.5.1 凝集沈澱装置の概要	239
(1) 混 合	240
(2) 凝集の促進（凝集部の設計）	241

(3) 分 離	243
(4) スラッジの濃縮と排泥	243
11.5.2 凝集沈澱装置の選定要件	244
11.5.3 凝集沈澱装置の適用	244
(1) 上水道	244
(2) 工業用水	245
(3) 排水処理	245
(4) 都市下水	246
11.5.4 凝集沈澱装置の問題点	246
(1) 凝集試験	246
(2) フロックの性状	246
(3) 原水の密度変動	246
(4) スラッジ処理	246
11.6 浄水処理プロセスと固液分離	247
11.6.1 沈澱池	247
(1) 水平流式沈澱池	247
(2) 上向流式沈澱池（高速凝集沈澱池）	249
(3) 傾斜板沈澱	249
11.6.2 汚泥の処分	250
11.6.3 水平流式と上向流式沈澱装置の比較のための問題点	251

第12章 浮上分離とフローテーション

12.1 浮上分離速度	255
-------------------	-----

12.1.1	浮上分離とフローテーション	255
12.1.2	浮上分離槽の設計法	256
12.2	浮上分離装置	259
12.2.1	API オイルセパレータ	259
12.2.2	PPI オイルセパレータ	260
12.2.3	CPI オイルセパレータ	261
12.3	浮上操作：フローテーション	262
12.3.1	フローテーションとその基礎	262
(1)	粒子群の濡れ	262
(2)	気泡の付着	263
(3)	気泡の安定性	264
(4)	気泡の付着した粒子群の浮力	264
12.3.2	浮上剤	265
(1)	起泡剤	265
(2)	捕集剤	266
(3)	凝集剤	266
12.3.3	浮上装置	267
(1)	気泡接触型浮上装置	267
(2)	気泡析出型浮上装置	267
	はしがき	3
	目 次	5
	付 録	269
	索 引	276

81.1771
186

廃水処理と固液分離装置設計法

工学博士 吉野善彌 著



産報

亡き母に捧ぐ

は し が き

近年、大気汚染や水質汚濁などに基づく諸種の公害問題が、日を逐うようにして深刻化し、国内における自然界・生活環境の保全ひいてはプロセス工業の展望や工場立地などは、必ずしも楽観の許されない状況となってきた。

法制上からも、諸種の工場から汚濁水を放流する場合には、“最高の技術をもって浄化し、安全性を確認することなどが義務づけられる”ようになり、“それぞれの製造過程で副生する汚染因子の処理技術（一般には公害防止技術と呼ばれている）”などは、生産プロセスにおける主製品の生産性向上や生産管理などとともに、“自然界・生活環境の保全、生態系の汚染防止ひいては水資源や原料資源などの回収・再利用”という見地からも、工学だけでなく農林・水産学や医学などの広分野にわたる観点からも重視されるようになってきた。

上記の視点において本書は企画されたもので、著者はまず“「廃水」を「水資源」ならびに「地球資源」の混合系”と定義すべきであるとし、“水質汚濁防止プロセスの設定法ならびにその総合工学的評価”について述べたのち、“それぞれの廃水処理プロセスにおいて不可欠な構成要素である主要な固液分離技術の設定ならびに装置設計法”などに重点を置いて解説した。

したがって本書が、それぞれの分野の関連研究者・技術者だけでなく実際の廃水処理についてせつかく苦勞されておられる現場技術者の方々の解析基礎の一助ともなり得るように、実際の設計例題などを設けるとともに、これに必要なデータを取得するための水処理試験法に至るまで、詳細な解説を試みた。

何らかの形で、本書が水質汚濁防止技術の進展ならびに装置の具体的設計ひいては研究開発の一助ともなり得れば幸いである。

本書の上梓にあたり、20数年前に著者がはじめて“固液分離法などに関する

4 は し が き

御教示”をいただいた前・東京工業大学学長（現在・国立公害研究所長）大山義年先生ならびに終始遅筆な著者に力を添えて下さった(株)産報の小川豊顕出版部長や藤林明氏に深謝の意を表するとともに、私事にわたるが本書の上梓を心から待ち望みながら昨年5月に身罷^{みまか}った老母の霊前に捧ぐるものである。

昭和49年3月7日

著者識す。

目 次

第 1 章 水質汚濁の現状とその対策

第 2 章 水質汚濁防止プロセスと水処理技術

2.1 廃水処理プロセスの設定	27
2.1.1 浄化工程の設定基礎	27
2.1.2 スラッジ処理工程の設定基礎	28
2.1.3 水処理プロセスの設定基礎	30
2.2 水質汚濁因子と水処理技術	33
2.2.1 物理的手法	37
2.2.2 化学的手法	37
2.2.3 生物学的手法	38
2.3 高次浄化工程と水の再利用	41
2.4 スラッジ処理工程と固液分離装置	43

第 3 章 固液分離技術

3.1 固液分離現象	49
3.2 固液分離法の基礎	52
3.2.1 固液分離機構（単一粒子と流体との相対運動）	52
3.2.2 重力場における球形粒子の沈降運動	55
3.2.3 粒子群と流体との相対運動	61
(1) 均一球形粒子群の沈降速度	61
(2) 粘性抵抗に対する粒子濃度の影響	61

6 目 次

(3) 浮力に及ぼす粒子濃度の影響	62
(4) 相対速度と測定速度との関係	63
(5) 動水半径の適用	63
3.2.4 粒子層内における流動	64

第4章 沈 降 分 離

4.1 沈降分離操作とその適用	67
4.1.1 海水からのマグネシウム回収工程	68
(1) ハイドロトリータ	68
(2) 反応槽	69
(3) メーンシクナ	69
(4) 洗浄シクナ	69
4.1.2 高炉排ガス洗浄廃水の処理工程	70
4.2 沈降分離装置	72
4.2.1 回分沈降分離装置	73
4.2.2 連続沈降分離装置	73
(1) アレンコーンおよびカローコーン	73
(2) 連続シクナ	74
4.2.3 連続クラリファイヤ	75
4.3 懸濁液の沈降分離特性と沈降分離装置の設計法	78
4.3.1 沈降過程中に懸濁粒子群の物性変動が起こらない場合	79
4.3.2 凝集沈降	89
(1) 完全に凝集させて均質凝集性懸濁液とした場合	89

(2) 不完全に凝集している場合	91
4.4 沈降槽内に起こる流動状態と沈降分離装置の設計法	92
4.4.1 沈降槽の型式と構造	93
4.4.2 給泥機構	94
4.4.3 懸濁液の密度流現象	94
4.5 懸濁液の沈澱濃縮現象と沈降分離装置の設計法	96
4.6 集泥楨の設計法	98

第5章 汙 過

5.1 水処理プロセスと汙過	109
5.2 汙過過程における粒子捕捉と汙過機構	114
5.3 脱水汙過	121
5.3.1 汙過抵抗と比抵抗	121
5.3.2 原水中の微粒子除去および濃縮による汙過特性の改善	123
5.3.3 汙過特性に及ぼす薬品添加効果	124
5.3.4 汙過助剤と汙過特性	124
5.3.5 連続脱水汙過	126
5.3.6 汙滓の脱水	128
5.3.7 汙滓のはく離	128
5.4 清澄汙過	129
5.4.1 清澄汙過とその方式	129
5.4.2 汙材に基づく清澄汙過	131
(1) 織布・金属網などを使用する清澄汙過方式	131