

## 目 次

第1部 パルプの洗浄・精選 .....	1
第1章 緒 言 .....	1
第2章 洗浄工程 .....	3
1. 洗浄の目的 .....	3
2. 洗浄の原理 .....	4
2.1 洗浄の基本型 .....	4
(1) 置換洗浄 .....	4
(2) 希釈・脱水洗浄 .....	4
(3) プレス洗浄 .....	4
2.2 洗浄の効率 .....	5
(1) 洗浄水量に関するパラメータ .....	5
(2) 溶質除去に関するパラメータ .....	6
(3) 洗浄機の性能に関するパラメータ .....	6
2.3 黒液の洗浄特性 .....	9
2.4 フィルタ洗浄の操業因子 .....	10
2.5 デイフューザ洗浄の操業因子 .....	10
3. 洗浄装置 .....	11
3.1 フィルタ洗浄機 .....	11
(1) 真空フィルタ洗浄機 .....	11
(2) 加圧フィルタ洗浄 .....	13
(3) ドラムディスプレイサ (DD ウォッシュャ) .....	16
3.2 デイフューザ洗浄機 .....	17
(1) ハイヒート洗浄 .....	17
(2) 連続デイフューザ .....	18
(3) プレッシャデイフューザ .....	21
3.3 プレス洗浄機 .....	23
(1) スクリュープレス .....	24
(2) ツインロールプレス .....	24
(3) ウォッシュユプレス .....	26
3.4 ベルト洗浄機 .....	27
第3章 精選工程 .....	29
1. 精選の目的 .....	29
2. 粗選スクリーン .....	29
2.1 ヤンソンスクリーン .....	30
(1) 構造 .....	30
(2) 能力 .....	30
(3) 運転上の注意 .....	30
2.2 ノッタ .....	31

(1) Hi-Q ノッタ	31
(2) PR ノッタ	32
2.3 粗選リジェクト処理スクリーン	32
(1) MFC スクリーン	33
(2) ストッカ	33
(3) リジェクトソータ	34
3. 精選スクリーンの分類	35
4. スクリーン効率	35
5. 各種精選スクリーン	39
5.1 遠心力型ドラムスクリーン	39
5.2 遠心力型加圧スクリーン	39
(1) コーワンスクリーン	41
(2) ロットロムスクリーン	44
(3) PH/PS/PSD スクリーン	45
5.3 渦流クリーナ	48
(1) セントリクリーナ	50
(2) スーパークロン	53
(3) クリーンパック	54
6. 操業条件の影響	54
6.1 チャージ量の影響	54
6.2 濃度の影響	56
6.3 回転数の影響	57
6.4 プレート目孔の影響	57
(1) 高振動型スクリーンの場合	57
(2) 遠心力型スクリーンの場合	57
7. スクリーン・クリーナの組み合わせ	57
7.1 組合せ方式	58
(1) 多段方式	58
(2) 多重方式	58
(3) カスケード方式	59
7.2 スクリーンプレート	61
(1) Wave Plate (ウェーブプレート)	61
(2) Lehman Plate (レーマンプレート)	63
(3) Profile Plate (プロファイルプレート)	63
(4) Dimple Plate (ディンプルプレート)	63
8. 粕処理工程	66
第4章 脱水工程	67
1. 脱水・貯蔵の目的	67
2. 脱水装置	67
2.1 デッカー	67
2.2 吸引式フィルタ	67
2.3 バルプレスフィルタ	69
2.4 脱水効率と操業条件	70
(1) パルプの種類と脱水能力	70
(2) 温度の影響	70

(3) 回転数の影響	70
3. チェスト	71
3.1 チェストの目的	71
(1) 貯蔵（量的変動の吸収）	72
(2) 混合（質的変動の吸収）	72
3.2 チェストの形状	73
4. パルプの抄取り	75
4.1 ウェットマシン	76
4.2 カミールマシン	77
4.3 ダブルワイヤマシンシステム	77
5. 乾燥工程	78
5.1 パルプマシン方式	78
5.2 フラッシュドライヤ方式	78
第2部 パルプの漂白	83
第1章 はじめに	83
1. 漂白の歴史	83
2. 漂白の目的	84
3. 色および白色度	85
3.1 色	85
3.2 白色度	87
3.3 光学的増白	87
4. パルプ化法と漂白性	88
4.1 機械パルプ	88
4.2 化学パルプ	88
5. その他	89
5.1 酸化漂白剤の有効塩素含有率	89
5.2 酸化還元電位	89
5.3 漂白段の略号	90
5.4 色戻りの評価基準	90
第2章 酸素漂白	93
1. はじめに	93
2. 酸素漂白の化学	94
2.1 リグニンの反応	94
2.2 セルロースの反応	96
2.3 粘度低下防止剤	99
3. パルプ品質	100
4. 酸素漂白の操業因子	100
4.1 酸素の性質	100
4.2 パルプ濃度	100
4.3 反応時間と反応温度	101
4.4 アルカリ添加率	101

4.5	パルプの洗浄と晒排液回収	102
5.	酸素漂白の設備	102
5.1	高濃度法酸素漂白設備	102
(1)	プレス・フラッフア	103
(2)	リアクタ	103
(3)	PSA 低純度酸素	103
(4)	安全・環境対策	105
5.2	中濃度法酸素漂白設備	105
(1)	ミキサ	105
(2)	リアクタ	106
(3)	洗浄	107
5.3	高濃度法と中濃度法との比較	107
(1)	設備費	107
(2)	反応条件とコスト	107
(3)	脱リグニン率	108
5.4	中濃度法 2 段酸素脱リグニン	108
6.	その他	109
6.1	修正クラフト蒸解パルプの酸素漂白	109
6.2	キレート剤と過酸化水素	111
6.3	Prenox プロセス	112
第 3 章	塩素化	115
1.	塩素化の意義	115
2.	塩素の性状と製法	115
2.1	塩素の性状	115
2.2	塩素と苛性ソーダの製造法	116
3.	塩素化の化学	117
3.1	塩素—水系の組成	117
3.2	塩素とリグニンの反応	119
3.3	塩素と炭水化物の反応	121
4.	塩素化の条件因子	122
4.1	塩素添加量	122
4.2	時間および温度	123
4.3	パルプ濃度および pH	126
5.	塩素化工程	127
5.1	塩素化工程の要点	127
5.2	混 合	128
5.3	制 御	130
5.4	二酸化塩素の添加	133
5.5	有効塩素の試験法	137
(1)	塩素水の有効塩素の分析法	138
(2)	残留塩素の分析法	138
第 4 章	アルカリ抽出	141
1.	アルカリ抽出の意義	141
2.	アルカリ抽出の化学	141

2.1 塩化リグニンの除去	142
2.2 セルロースの反応	142
3. アルカリ抽出の条件因子	144
3.1 苛性ソーダ添加量	144
3.2 温度, 時間およびパルプ濃度	146
4. アルカリ抽出の工程	147
4.1 濃厚苛性ソーダ原液の希釈調整	147
4.2 アルカリ抽出工程のフロー	147
5. 酸化剤によるアルカリ抽出の強化	149
第5章 次亜塩素酸塩漂白	153
1. 次亜塩素酸塩漂白の意義	153
2. 次亜塩素酸塩漂白の化学	154
2.1 次亜塩素酸塩の解離と分解	154
2.2 次亜塩素酸塩とリグニンの反応	155
2.3 次亜塩素酸塩と炭水化物との反応	155
2.4 次亜塩素酸塩試験法	157
(1) 次亜塩素酸塩漂白液の有効塩素	157
(2) 次亜塩素酸塩漂白液のアルカリ	158
(3) 残留有効塩素	158
3. 次亜塩素酸塩漂白の条件因子	158
3.1 pH	159
3.2 漂白剤添加量	160
3.3 温度	160
3.4 時間	161
3.5 パルプ濃度	162
3.6 排液のキャリーオーバー	162
4. 次亜塩素酸塩の製造	163
4.1 次亜塩素酸ナトリウムと次亜塩素酸カルシウム	163
4.2 次亜塩素酸塩生成の化学	163
4.3 次亜塩素酸塩漂白液製造工程	164
5. 次亜塩素酸塩漂白工程	166
5.1 プロセスフローとプロセス管理	166
5.2 高温次亜塩素酸塩漂白	167
5.3 アルカリ段への次亜塩素酸塩の添加	167
第6章 二酸化塩素漂白	169
1. 二酸化塩素漂白の意義	169
2. 二酸化塩素漂白の化学	170
2.1 二酸化塩素の性質	170
2.2 漂白における二酸化塩素の諸反応	170
2.3 二酸化塩素とリグニンの反応	171
2.4 二酸化塩素の試験法	172
(1) 二酸化塩素水の $\text{ClO}_2$ 濃度の測定	172
(2) $\text{ClO}_2$ と $\text{Cl}_2$ の混合液の分析	172
2.5 塩素酸塩反応液の試験法	173

(1) 塩素酸塩の定量 .....	173
(2) 食塩の定量 .....	174
(3) 硫酸の定量 .....	174
3. 二酸化塩素漂白の条件因子 .....	174
3.1 温度および時間 .....	174
3.2 パルプ濃度 .....	175
3.3 二酸化塩素添加量 .....	176
3.4 pH .....	177
3.5 ミキシング .....	179
3.6 二酸化塩素漂白での塩素の効果 .....	179
4. 二酸化塩素漂白工程 .....	180
4.1 プロセスフローとプロセス管理 .....	180
4.2 二酸化塩素漂白パルプの後処理 .....	181
5. 二酸化塩素の製造方法 .....	182
5.1 R2法, R2H法 .....	183
5.2 SVP/R3法, R3H法 .....	184
5.3 R8法/SVP-LITE法 .....	185
5.4 R2P法/SVP-HP法 .....	186
第7章 過酸化漂白 .....	189
1. 過酸化漂白の特徴 .....	189
2. 過酸化物の化学 .....	190
2.1 過酸化物の性質 .....	190
(1) 過酸化水素 .....	190
(2) 過酸 .....	192
2.2 過酸化物の分解 .....	192
2.3 漂白機構 .....	194
(1) 発色団の破壊反応 .....	194
(2) 発色団の生成反応 .....	199
2.4 過酸化水素の試験法 .....	199
3. 過酸化水素漂白の実際 .....	200
3.1 機械パルプの漂白 .....	200
(1) アルカリ添加量 .....	201
(2) 金属イオンの影響 .....	203
(3) 漂白後の処理 .....	204
(4) 漂白条件 .....	204
(5) 漂白薬液の調製 .....	210
(6) 過酢酸による漂白 .....	211
(7) パルプ性質への影響 .....	213
3.2 化学パルプの漂白 .....	213
(1) 過酸化水素脱リグニン .....	214
(2) 脱リグニン反応の影響因子 .....	215
(3) 活性化剤 .....	220
(4) 装置 .....	220
(5) アルカリ抽出段の強化 .....	221
(6) 高温過酸化水素 .....	222

(7) 酸性過酸化水素	224
(8) その他の過酸化物	226
第8章 還元漂白	227
1. 還元漂白の意義	227
2. ハイドロサルファイト漂白の化学	228
2.1 ハイドロサルファイトの性状および製法	228
2.2 Borol法	228
2.3 ハイドロサルファイトの反応	228
(1) 漂白反応	228
(2) 分解反応	229
2.4 ハイドロサルファイトの試験法	230
3. ハイドロサルファイト漂白の条件因子	230
3.1 pHおよびパルプ濃度	230
(1) pH	230
(2) パルプ濃度	231
3.2 添加量, 温度および時間	232
(1) 添加量	232
(2) 漂白温度	232
(3) 漂白時間	233
3.3 分解抑制剤	233
3.4 退色防止	234
3.5 総括	234
4. ハイドロサルファイト漂白の方式	234
4.1 漂白塔方式	235
4.2 チェスト漂白	235
4.3 リファイナ漂白	235
4.4 過酸化水素とヒドロサルファイトの組合せ漂白	237
5. その他の還元剤	238
5.1 亜硫酸塩(重亜硫酸塩)	238
5.2 水素化ホウ素ナトリウム	238
5.3 二酸化チオ尿素	239
(1) 性質	239
(2) 還元反応	239
(3) パルプ漂白	239
第9章 オゾン漂白	241
1. はじめに	241
1.1 漂白の歴史	241
1.2 オゾン漂白の実用化	244
1.3 現代のオゾン漂白	244
2. オゾンの性質	246
2.1 酸化力	246
2.2 オゾン製造法	247
2.3 オゾン濃度	249
2.4 安全性	250

2.5	毒 性	250
2.6	オゾン発生装置の保守	251
3.	オゾン漂白の操業条件	252
3.1	pH	252
3.2	洗 浄	254
3.3	温 度	255
3.4	パルプ濃度	256
4.	オゾンとパルプとの反応	258
4.1	オゾンとリグニンとの反応	258
4.2	オゾンとセルロースとの反応	261
4.3	添加物	262
5.	多段漂白シーケンス	263
5.1	オゾン漂白	263
5.2	アルカリ抽出	267
5.3	過酢酸漂白	267
6.	パルプ品質	267
6.1	パルプ強度	267
6.2	白色度	268
6.3	結束繊維	269
6.4	色戻り	269
6.5	スケールトラブル	271
7.	パイロットプラント	274
7.1	Scott 社 (高濃度, 広葉樹)	275
7.2	PAPRICAN (中濃度と高濃度, 針葉樹)	275
7.3	アールストローム社 (中濃度, 針葉樹)	275
7.4	カミヤ社 (中濃度, 針葉樹)	276
7.5	Ingersoll-Rand 社 (高濃度と中濃度との組み合わせ)	276
7.6	Austrian Pulp and Paper Research Institute (高濃度, 針葉樹)	277
7.7	Union Camp 社 (高濃度, 針葉樹)	277
8.	世界のオゾン漂白	278
9.	中濃度オゾン漂白の導入事例	281
9.1	設備の特徴	281
9.2	日本製紙勇払工場 (2000年 ZD-Eop-D)	283
9.3	丸住製紙大江工場 (2006年 ZD-Eop-DnD)	285
10.	高濃度オゾン漂白の導入事例	286
10.1	設備の特徴	286
10.2	Union Camp 社 Franklin 工場 (1992年 Z-Eo-D)	287
10.3	王子製紙日南工場 (2002年 Ze-E-P-D)	289
10.4	大王製紙三島工場 (2006年 Ze-D-D と Ze-P-D)	290
10.5	モンディ社スロバキア Ruzomberok 工場 (2004年 ZEO-DnD、2008年 ZEO-D-(PO)に改造)	292
10.6	ITC 社インド Bhadrachalam 工場 (2007年 Ze-DP)	293
10.7	王子製紙中国南通工場 (20012年 Ze-D-P)	294
11.	まとめ	294
11.1	オゾン漂白の特長	294
11.2	漂白シーケンス	295
11.3	ヘキセンウロン酸	296



11.4	キレート処理	296
11.5	中濃度と高濃度オゾン漂白	296
11.6	製紙用クラフトパルプ	297
11.7	溶解クラフトパルプ	298
11.8	溶解サルファイトパルプ	298
11.9	パルプ工場のフレキシビリティ	298
12.	おわりに	298
第10章	漂白に関する最近の動向	303
1.	漂白をとりまく環境問題	303
1.1	ダイオキシン問題	303
1.2	ダイオキシンの化学構造と生成機構	306
1.3	AOX	307
1.4	クラスタールール	307
1.5	クロロホルム問題	309
(1)	クロロホルム発生量	309
(2)	クロロホルム発生機構	312
(3)	クロロホルム発生対策	313
1.6	一酸化炭素問題	314
1.7	その他	316
2.	新規技術	316
2.1	ECFとTCFについて	316
2.2	酸処理	318
2.3	バイオブリーチング	322
(1)	キシラナーゼ前処理	322
(2)	リグニン分解菌および酵素	325
2.4	クローズド化の展開と問題	326
(1)	ミニマム・インパクト・ミル	326
(2)	排水クローズド化の技術の現状	326
(3)	クローズド化の問題	328
第11章	製紙用パルプ漂白法概括	333
1.	化学パルプ漂白の概念	333
2.	サルファイトパルプの漂白	334
3.	クラフトパルプの漂白	335
3.1	KPの漂白性	335
3.2	KP漂白法の変遷	335
3.3	KP漂白方式の概観	336
3.4	KP漂白における環境問題	338
4.	メカニカルパルプおよびケミメカニカルパルプ漂白の概念	339
4.1	過酸化水素漂白の特徴	339
4.2	次亜塩素酸塩漂白の特徴	340
4.3	ヒドロサルファイト漂白の特徴	340
4.4	メカニカルパルプの漂白	340
5.	古紙パルプの漂白	341
5.1	新聞DIPの漂白	341

5.2	高白色度新聞 DIP	341
5.3	上質系 DIP	342
第 12 章	漂白工程の設備	343
1.	漂白装置	343
1.1	バッチ式漂白装置	343
1.2	連続式漂白装置	343
(1)	タワードラム洗浄漂白装置	344
(2)	ディフューザ漂白装置	345
(3)	置換漂白装置	346
(4)	中濃度加圧型漂白装置および高濃度漂白装置	348
2.	漂白単体機器	354
2.1	パルプの移送	354
(1)	低濃度パルプの移送	354
(2)	中濃度パルプの移送 (流動化中濃度パルプポンプによる移送)	355
(3)	中高濃度パルプの移送	356
(4)	中高濃度パルプのポンプ以外による移送	360
2.2	ミキサ	360
(1)	低濃度ミキサ	360
(2)	中濃度ミキサ	361
(3)	高濃度ミキサ	368
2.3	漂白タワー	368
(1)	バッチ式	369
(2)	連続式	369
2.4	洗浄機	373
(1)	ロータリードラムフィルタウォッシャ	374
(2)	ディフューザウォッシャ	379
3.	漂白設備の材質	381
3.1	耐食材料の概要	381
3.2	各漂白段における設備材質	384
(1)	酸素漂白系統	386
(2)	オゾン漂白系統	386
(3)	塩素処理系統	386
(4)	アルカリ系統	388
(5)	次亜塩素酸塩系統	388
(6)	二酸化塩素系統	388
(7)	過酸化水素系統	389
(8)	ハイドロサルファイト系統	390
(9)	漂白装置の付帯的設備および事項	390
3.3	電気化学防食による防食対策	390