黒液酸化装置アンケート調査結果

紙パルプ技術協会 環境改善技術委員会

Summarization of Responses to Questionnaire Sent to Member Companies and Others Concerning the Oxidation Apparatus of Kraft Black Liquor

J. TAPPI

はじめに

KP 臭気公害防止設備の一環として登場した濃黒液酸化の歴史は比較的新しい。

今回、当協会の環境改善技術委員会において、53年9月会員のKP希黒液及び濃黒液酸化装置に関するアンケート調査を実施したのでその結果をまとめた。

1. 調査対象

アンケート調査対象は環境改善技術委員会メンバー会社10社22工場、及びメンバー会社以外の1社1工場、合計11社23工場である。(希黒液酸化装置67基、濃黒液酸化装置31基)

アンケート調査結果の詳細は表10にまとめた。

2. 黒液酸化装置

希黒液及び濃黒液酸化装置の型式別・メーカー別基数は表1の通りである。

黒液酸化方式の新しい型式として、インライン酸化方式及び加圧酸化方式が採用されている。

酸化装置のレイアウトについては、希黒液酸化装置では並列配置が多く、直列配置が2工場ある。濃黒液酸化装置では2～3基の酸化装置を直列連結している例が4工場あり、並列配置が1工場ある。

現有酸化装置の運転開始時期は、希黒液酸化装置が

表1 黒液酸化装置の型式・メーカー別基数

希黒液酸化装置			濃黒液酸化装置			
型 式	メーカー	基数	型 式	メーカー	基数	
多 段 式 多 孔 板 式	自 社 製	18	エアノズル 吹込式	自 社 製	17	
	日立造船	9		三栄工業	4	
	I H I	9		北越エンジンヤリング	2	
	三菱重工	8		王子工営	1	
	大機工業	6	インライン 酸化方式	自 社 製	6	
	玉川機械金属	3				
	王子工営	2	加 圧 酸化方式	常盤製作所	1	
	北越エンジンヤリング	2				
	西沢工業	2				
	日立ルンド バーク	1				
汽車製造	1					
グ リ ッ ト 充 て ん 式	自 社 製	1				
	I H I	1				
	栗田工業	1				
粗表面下向 フィル ム 塔 式	日立造船	1				
インライン 酸化方式	自 社	2				
計		67			計	

昭和27年以降、濃黒液酸化装置が昭和45年以降である。

黒液酸化装置の黒液処理量は通常操業時で表2の通

りである。

3. 黒液酸化操業状況

3.1 黒液の種類

処理黒液の種類は KP-100% が大部分であるが、KP+CGP 黒液を処理している例が3工場ある。

3.2 黒液濃度

希黒液酸化装置入口の黒液濃度は12～18%の範囲にあり、16%前後が多い。希黒液酸化での黒液濃度上昇は0.5%位である。濃黒液酸化装置入口の黒液濃度は44～53%の範囲にあり、平均48%前後である。濃黒液酸化での黒液濃度上昇は0.6%程度である。

3.3 黒液比重

希黒液比重は希黒液酸化装置入口で1.03～1.115の範囲にあり、1.075以下及び1.105前後の2グループに分かれている。

3.4 黒液 pH

希黒液酸化装置入口の黒液 pH は 10.5～13.5 の範囲にあり、12～13が多い。濃黒液 pH は 濃黒液酸化装置入口で12～14程度である。黒液酸化途中での pH の変化は希黒液・濃黒液共に認められない。

3.5 黒液酸化温度

黒液酸化温度を酸化装置入口・出口の黒液温度で見ると表3の通りである。

希黒液酸化装置入口の希黒液温度は66～96℃の範囲にあるが、大部分が73℃以上である。希黒液酸化途中における黒液の温度低下は5～10℃程度が見られる。濃黒液酸化装置入口の黒液温度は87～110℃の範囲にあるが、酸化途中における黒液温度の低下が5～20℃見られる。しかしながら、すべての濃黒液酸化装置で出口の黒液温度は80℃以上となっている。

酸化装置入口及び出口の黒液温度と酸化効率の関係をプロットして図1、図2に示す。

3.6 黒液中の硫化ソーダ濃度

酸化装置入口・出口の硫化ソーダ濃度は表4の通りである。

表4より、希黒液酸化装置入口の黒液中の硫化ソーダ濃度は5g/l程度が多い。希黒液酸化によって黒液中の硫化ソーダは、多くの酸化装置で0～1.0g/lに減少している。濃黒液酸化装置供給の黒液中の硫化ソーダ濃度は0.5～17.5g/lとバラツキが大きいが、濃黒液酸化後は0～0.10g/lに減少している例が多い。

3.7 黒液酸化反応時間

表2 黒液処理量 (m³/h/基)

希 黒 液		濃 黒 液	
処 理 量	基 数	処 理 量	基 数
～ 50	12	20 ～ 30	4
50 ～ 100	18	30 ～ 40	5
100 ～ 150	20	40 ～ 50	2
150 ～ 200	7	50 ～ 60	8
200 ～ 250	6	60 ～ 70	7
250 ～ 300	1	70 ～ 80	1
300 ～ 350	1	80 ～ 90	3
(休 缶)	2	90 ～ 100	1

表3 酸化装置入口・出口の黒液温度 (数値は基数)

希 黒 液			濃 黒 液		
温 度 °C	入 口	出 口	温 度 °C	入 口	出 口
93 ～ 97	1		106～110	2	1
88 ～ 92	7		101～105	4	
83 ～ 87	14	2	96～100	6	1
78 ～ 82	25	12	91～ 95	8	3
73 ～ 78	11	21	86～ 90	7	8
68 ～ 72		7	81～ 85		10
63 ～ 67	1	13	78～ 80		3
～ 62		1			

希黒液酸化及び濃黒液酸化の反応時間は表5の通りである。

黒液酸化反応時間と酸化効率の関係を図3に示す。比較的短い反応時間（希黒液酸化で2～3分、濃黒液酸化で20分前後）でも高い酸化効率を得られている例が見られる。

3.8 酸化装置供給空気倍率 (理論倍率)

酸化装置供給空気倍率 (理論倍率) は表6の通りである。

表6から、黒液酸化装置供給空気の理論倍率は、希黒液酸化で10倍前後が多い。濃黒液酸化では6倍前後と10倍以上のグループに大別される。

3.9 酸化装置供給空気温度

酸化装置供給空気温度としては、大気又は室内温度

図 1 酸化装置入口黒液温度と酸化効率

図 2 酸化装置出口黒液温度と酸化効率

 表 4 黒液中の硫化ソーダ (Na_2S) 濃度 (数値は基数を示す)

Na_2S (g/l)	希 黒 液		濃 黒 液		Na_2S (g/l)	希 黒 液		濃 黒 液	
	入 口	出 口	入 口	出 口		入 口	出 口	入 口	出 口
8.05 ~	7		3		2.05 ~ 3.05	3	2		
7.05 ~ 8.05	3		1		1.55 ~ 2.05		3	3	
6.05 ~ 7.05	5		2		1.05 ~ 1.55	1	6	2	
5.05 ~ 6.05	13		1		0.55 ~ 1.05	3	18	2	6
4.05 ~ 5.05	18		3		0.05 ~ 0.55	1	16	5	10
3.05 ~ 4.05	4		3		0 ~ 0.05		14	1	8

* は直列配置の酸化装置における中間酸化装置入口のものである。

表 5 黒液酸化反応時間

希 黒 液		濃 黒 液	
反応時間 (分)	基 数	反応時間 (分)	基 数
24.1 ~	10	240 ~	3
21.1 ~ 24.0		210 ~ 240	3
18.1 ~ 21.0	5	180 ~ 210	3
15.1 ~ 18.0		150 ~ 180	2
12.1 ~ 15.0	6	120 ~ 150	4
9.1 ~ 12.0	2	90 ~ 120	1
6.1 ~ 9.0	5	60 ~ 90	5
3.1 ~ 6.0	8	30 ~ 60	4
~ 3.0	11	~ 30	4

表 6 空気倍率 (理論倍率)

希 黒 液		濃 黒 液	
理論空気倍率 (倍)	基 数	理論空気倍率 (倍)	基 数
~ 5	10	~ 2	2
5 ~ 10	19	2 ~ 4	2
10 ~ 15	6	4 ~ 6	9
15 ~ 20	2	6 ~ 8	3
20 ~ 25	1	8 ~ 10	
25 ~ 30	3	10 ~ 12	2
30 ~ 35	1	12 ~ 14	3
35 ~	7	14 ~	5

と 65℃ 前後の空気温度に大別されるが、濃黒液酸化では 100℃ 以上の高温空気が使用されている例が若干ある。

3.10 酸化装置ブロー風圧

酸化装置ブロー風圧は表 7 の通りである。

3.11 黒液酸化効率

希黒液酸化効率及び濃黒液酸化効率の現状は表 8 の通りである。

$$\left[\text{ここで、黒液酸化効率 (\%)} = \frac{(\text{酸化前の Na}_2\text{S 濃度}) - (\text{酸化後の Na}_2\text{S 濃度})}{(\text{酸化前の Na}_2\text{S 濃度})} \right]$$

×100]

黒液酸化効率 95% 以上が得られている例が、希黒液酸化で 20 基、濃黒液酸化で 13 基ある。この中、酸化効率 100% が希黒液・濃黒液酸化装置でそれぞれ 6 基あることは注目に値する。

3.12 黒液酸化効率測定法

黒液酸化効率測定法については、ほとんどの工場が電位差滴定法を採用しているが、ラウスバイオレット法及び SCAN 法を採用している工場がそれぞれ 1 工場ある。

3.13 黒液酸化装置使用電力量

黒液酸化装置使用電力量 (kWh/黒液 m³) は表 9 の

図 3 黒液酸化反応時間と酸化効率

表 7 ブロー風圧

希 黒 液		濃 黒 液	
ブロー風圧 (mmAq)	基 数	ブロー風圧 (mmAq)	基 数
～ 300	8	～ 1,000	2
300 ～ 600	3	1,000 ～ 2,000	1
600 ～ 900	13	2,000 ～ 3,000	4
900 ～ 1,200	14	3,000 ～ 4,000	2
1,200 ～ 1,500	3	4,000 ～ 5,000	3
1,500 ～ 1,800	1	5,000 ～ 6,000	5
1,800 ～ 2,100		6,000 ～ 7,000	
2,100 ～ 2,400		7,000 ～ 8,000	4
2,400 ～	2	8,000 ～	6

表 8 黒液酸化効率

希 黒 液		濃 黒 液	
酸化効率 (%)	基 数	酸化効率 (%)	基 数
97 ～ 100	12	99 ～ 100	9
93 ～ 96	7	97 ～ 98	3
89 ～ 92	11	95 ～ 96	1
85 ～ 88	4	93 ～ 94	2
81 ～ 84	9	91 ～ 92	
77 ～ 80	4	89 ～ 90	1
73 ～ 76	1	87 ～ 88	5
～ 72	9	～ 86	6

通りである。

酸化装置使用電力量は少ない。希黒液酸化装置では0.25～0.50 kWh/黒液 m³ の例が多い。

3.14 酸化装置供給空気源

酸化装置供給空気源としては、清澄空気からウォッシャー排気に変更した工場が多い。その他エアストリップ排気、各タンク排気、真空ポンプピット排気等が酸化装置供給空気源となっている。

3.15 酸化装置排気処理方式

酸化装置の排気処理方式としては、希黒液酸化・濃黒液酸化共に回収ボイラーへ送り燃焼している例が多い。パークボイラー、スクラパー、キルン送り燃焼の例も一部ある。

表 9 酸化装置使用電力量

使用電力量	希 黒 液	濃 黒 液
kWh/黒液 m ³	基 数	基 数
0.25 ～ 0.50	25	4
0.50 ～ 0.75	10	3
0.75 ～ 1.00	5	3
1.00 ～ 1.25	6	3
1.25 ～ 1.50	8	3
1.50 ～ 1.75		4
1.75 ～ 2.00	1	1
2.00 ～	1	4

図 4 リバージョンと酸化効率

図 5 C/E 入口黒液中の硫化ソーダ濃度と C/E 入口及び出口ガス中の硫化水素濃度

3.16 白液硫化度

参考までに、今回の調査対象工場の白液硫化度は 20～30% の範囲にあり、25～26% 程度が平均的である。

4. リバージョン

今回の調査では、リバージョンは下記計算によった。希黒液酸化装置出口→濃黒液酸化装置入口間のリバージョン (R-1) は、

リバージョン (R-1) =

$$\frac{B - A}{\text{希黒液酸化装置出口黒液(合計)} (\text{m}^3/\text{h})}$$

但し、

A = 希黒液酸化装置出口の黒液(合計) (m^3/h)
 $\times$ 希黒液酸化装置出口の平均 Na_2S (g/l)

B = 濃黒液酸化装置入口の黒液(合計) (m^3/h)
 $\times$ 濃黒液酸化装置入口の平均 Na_2S (g/l)

濃黒液酸化装置出口→C/E 入口 (C/E がいない場合は回収ボイラー入口) 間のリバージョン (R-2) は、
 リバージョン (R-2) =

$$\frac{D - C}{\text{濃黒液酸化装置出口黒液(合計)} (\text{m}^3/\text{h})}$$

但し、

C = 濃黒液酸化装置出口の黒液(合計) (m^3/h)
 $\times$ 濃黒液酸化装置出口の平均 Na_2S (g/l)

D = C/E 入口濃黒液(合計) (m^3/h)
 $\times$ C/E 入口の平均 Na_2S (g/l)

上計算式で求められるリバージョンの値は、酸化装置出口の黒液中の硫化ソーダ濃度 (g/l) に対する戻りの硫化ソーダ濃度 (g/l) の大きさを表わすことにな

るが、アンケート調査結果ではリバージョン (R-1) の最大は 1.77、リバージョン (R-2) の最大は 1.0 である。

リバージョンと酸化効率との関係は図 4 に示す。

5. C/E 入口・出口ガス中の硫化水素濃度

C/E 入口黒液中の硫化ソーダ濃度と C/E 入口及び出口ガス中の硫化水素濃度をプロットして図 5 に示す。

C/E 出口ガス中の硫化水素濃度は C/E 入口より 1～5 ppm 程度アップする例が多いが、C/E 入口黒液中の硫化ソーダ濃度が 0.5 g/l 以下の場合、C/E 出口ガス中の硫化水素濃度は 3 ppm 以下が得られている。

6. 酸化装置の操業・保全・安全面について

6.1 酸化装置の洗浄頻度

希黒液酸化装置の洗浄頻度については 1 日 1 回のエアフラッシングから、6 カ月に 1 回の洗浄実施まで様々であるが、平均的には 2 カ月 1 回程度の洗浄頻度である。特別な例としては、インライン酸化方式においては酸化装置の洗浄は年 1 回でよいとのことである。

濃黒液酸化装置の洗浄頻度は 3 時間に 1 回の蒸気フラッシングから、45 日間に 1 回の洗浄まで様々であるが、総じて希黒液酸化装置に比較して洗浄頻度は高くなっている。インライン酸化方式では希黒液の場合と同じく濃黒液酸化装置の洗浄頻度は年 1 回とのことであり注目される。

6.2 問題点

希黒液酸化装置については多孔板目詰りが多く、掃除が大変であるとの指摘が非常に多い。その他酸化装

置ダクトの腐食，アウターケーシングの腐食，発泡，排気ガス臭気，白煙の処理難などの指摘もある。

濃黒液酸化装置の問題点としては，エアノズル詰りとスラッジ堆積の指摘が多く，発泡性（N材）についての指摘も多い。

6.3 酸化装置の評価

酸化装置の評価については，総合評価でAが24基，Bが56基，Cが12基で，Dは0基である。

（ここで，評価尺度としては，今後酸化装置を設置する場合，下記区分による。

- A：他のものに比べ優れているので，ちゅうちょなく採用する。
- B：他に適当なものがないので，やむを得ず採用する。
- C：色々と問題があるので，出来れば採用したくない。
- D：絶対採用したくない。）

7. 濃黒液酸化をやらない場合，その理由

濃黒液酸化をやらない場合のその理由としては，LORBが設置してあるからが6件，希黒液酸化のみで十分である，現状特に問題がないから等が4件である。

8. 特殊酸化装置について

8.1 加圧酸化方式

V工場の黒液加圧酸化方式については，詳細な内容が「紙パ技協誌，昭和51年2月号」，その他に報告されているので，本紙面では内容の紹介は省略する。V工場では濃黒液酸化に加圧酸化方式を採用して100%

の酸化効率を得，酸化装置設置の場所も狭いので済んでいるとのアンケート調査回答である。

8.2 インライン酸化方式

A工場並びにB工場では，希黒液酸化及び濃黒液酸化にインライン酸化方式が採用されている。詳細は表10に示す通りであり，酸化塔と酸化タンクの組合わせシステムで，このシステムの特徴は黒液ストレージタンク入口でスタチックミキサーで黒液中に空気を混合し，黒液貯蔵の間も黒液酸化を進めている。従って黒液酸化システム入口段階から最終段階まで黒液中の硫化ソーダは順次酸化されて，最終段では黒液中の硫化ソーダ濃度は0 g/l，酸化効率100%が得られている。インライン酸化システムは又，従来型式の黒液酸化装置に比べて前記のように保全性も優れ，安定高効率酸化が行えること，空気倍数が少なくて酸化装置の排気が少ない等のアンケート調査回答である。

9. まとめ

今回の調査結果により，黒液酸化効率100%あるいはそれに近い実績を上げている工場が多数あることが確認された。優れた酸化効率を得るのに，その影響因子が十分に解明されていない面が多いと思われるが，今後本調査を足がかりとして，更にこれらの問題点が検討，究明されれば幸いである。

最後に，本調査に快く協力して頂いた環技委メンバー会社，及びメンバー外の各社の担当者各位並びにいろいろ御教示をいただいた日本紙パルプ研究所の長沢・佐々木両氏に深く感謝致します。

（王子・野田貴之）

表 10 希黒液酸化装置調査結果一覧表(希-1)

1 会社名・工場名	A	"	B-1	"
2 設備番号	No. 1~No. 3 (並列)	No. 4	1E酸化タンク	1E No. 1, No. 2 酸化塔 (並列)
3 黒液品質(種類)	KP-L 60% N 40%	"	KP-100%(L)	同 左
4 KP生産量(UKP換算) (t/日)	400	"	650	"
5 白液硫化度 (%)	27~30	"	23	"
6 酸化装置 製作メーカー	玉川機械金属	王子工営	自 社	西沢工業
7 " 型 式	多段多孔板式(7段)	同左 (11段 2室)	インラインミキサー・タンク併用式	多段多孔板式
8 " 主要寸法 (mm)	ϕ H 2,500×4,383	ϕ H 5,820×6,175	ミキサー ϕ H 250×4,800×2 タンク ϕ H 5,500×11,000	ϕ H 2,250×4,500
9 " 本体主要材質	SS 41	SS 41	ミキサー SUS 304 タンク SS	SS
10 " 設置費 (百万円)	5 (3基)	32	13	
11 " 運転開始年月	30年, 33年(2基)	53年6月	52年3月	27年6月
12 黒液処理量 (m³/h)	65 (3基分)	145 [225]	135 [140]	同 左
13 酸化装置入口黒液濃度 (%)	15.8	18.0 [16]	18.0	同 左
14 " 温度 (°C)	80	80	85	同 左
15 " pH			12.5	同 左
16 " Na ₂ S (g/l)	7.0	7.0 [7.0]	3.0 [5]	1.0
17 " 比重 (D _{15/4})	1.07	1.08 [1.067]	1.11	同 左
18 酸化装置出口黒液濃度 (%)			18.0	18.5
19 " 温度 (°C)			85	80
20 " pH			12.5	同 左
21 " Na ₂ S (g/l)	0.7	[0.35]	1.0	0.1
22 黒液反応時間 (分)	20		50	1
23 酸化効率 (%)	90	推定 >90	67	90
24 酸化効率測定法	電位差滴定	同 左	同 左	同 左
25 ブロー風圧 (mmAq)	[750(2基) 1,000(1基)]	[950]	12,000	700
26 ブロー風量 (m³/分)	75 [75(2基) 92(1基)]	[350(2基)]	25	200
27 供給空気温度 (°C)	35	[20]	65	同 左
28 空気倍率 (倍)	69	能力[179]	11 [10]	86
29 理論空気倍率 (倍)	6.4	能力[18.2]	1.7 [1.5]	41
30 供給空気源	清澄空気	同 左	洗浄排気	同 左
31 酸化装置使用電力量 (kWh/m³ 黒液)	0.29	[0.93]	0.4	同 左
32 酸化装置排気処理方式	回収ボイラー	同 左	回収ボイラー	同 左
33 酸化塔洗浄頻度	1回/年	同 左	1回/年	1回/2ヵ月
34 問題点(操業・安全・保全)	目皿掃除が大変	特になし		洗浄頻度多し
35 総合評価	C	B	A	B

〔 〕 数値は設計値

B-1	"	B-2	"	C-1	"
2E 酸化タンク	2E 酸化塔	No. 1 酸化塔	No. 2 酸化塔	#1 KP-No. 1 酸化塔	#1 KP-No. 2 酸化塔
		直 列		直 列	
KP-100%(N)	KP-100%(N・L)	KP-100%(N・L)	KP-100%(N・L)	KP-100%(L)	"
"	"	550	"	250	"
"	"	26.5	"	21.5	"
自 社	自 社	自 社	自 社	汽車製造	石川島播磨
インラインミキサー・タンク併用式	多段多孔板式	同 左	同 左	多段多孔板式	TCA 式 (グリット充てん式)
ミキサー φ H 250×4,800×2 タンク φ H 6,500×8,300	φ H 4,100×5,080	φ H 3,800×3,050	φ H 3,240×3,500	φ H 2,400×4,000	φ H 1,200×12,350
ミキサー SUS 304 タンク SS	SS	SS	SS	SS 41	SS 00
13	6	13	6	1.8	3.8
52年 3 月	36年	37年 6 月	43年 8 月	35年	47年
105 [140]	240	190 [200]	190 [200]	98 [60]	93 [85]
16.0	18.0	17.5	17.5	16.0 [15]	16.7 [15.7]
85	80	85	80	76 [70]	66 [66]
12.5	12.5	13	13	13.1	
3.0	0.5	5.0	1.5	4.4 [6.0]	1.0 [1.2]
1.09	1.11	1.11	1.11	1.095	1.095
16.0	18.5	17.5	18.0	16.7 [15.7]	16.9 [16.2]
80	75	80	75	66 [63]	58
12.5	12.5	13	13		12.9
1.0	0.0	1.5	0.1	1.0 [1.2]	0.1 [0.5]
90	4	1~2	1~2		
67	100	70	93	78 [80]	90 [60]
同 左	同 左	同 左	同 左	同 左	同 左
12,000	700	760	760	[700]	[370]
25	370	260	250	85 [150]	145 [220]
65	60	45	45	39 [20]	46 [30]
14	89	87	83	52 [150]	94 [155]
2.2	85	10	32	9.0 [18.2]	62 [129]
洗浄排气	洗浄排气, エアーストリップ排气	洗浄排气	同 左	清澄空気	洗浄各タンク 排气
0.6	0.4	0.4	0.4	0.26 [0.43]	0.28 [0.30]
同 左	同 左	同 左	同 左	バークボイラー	同 左
1 回/年	1 回/2 カ月	1 回/6 カ月	1 回/6 カ月	2 回/月 エア通し	同 左
A	B	B	B	A	B

表 10 希黒液酸化装置調査結果一覧表 (希-2)

1 会社名・工場名	C-2	D-1	D-2	D-3
2 設備番号	≠2 KP-No. 1, No. 2 酸化塔 直列	1系No. 1, No. 2 酸化塔 (並列)	2系希黒液酸化塔	4系 No. 1, No. 2 酸化塔 (並列)
3 黒液品質(種類)	KP-100%(L)	KP-100%(L)	同 左	同 左
4 KP生産量(UKP換算)(t/日)	415	1系 Stop 2系 間欠運転	140	320
5 白液硫化度(%)	24.2	23	同 左	同 左
6 酸化装置 製作メーカー	石川島播磨+自社	三菱重工	同 左	自 社
7 " 型 式	多段多孔板式	多段多孔板式	同 左	同 左
8 " 主要寸法(mm)	φ H 基 3,000×3,200×2	φ H 基 2,300×4,715×2	φ H 4,100×6,100	φ H 基 4,100×4,715×2
9 " 本体主要材質	SS 00	SS	SS	SS
10 " 設置費(百万円)	20		10	7×2
11 " 運転開始年月	44年(47年増設)	35年6月	42年3月	49年11月
12 黒液処理量(m³/h)	145 [150]	40	80	80(2基分)
13 酸化装置入口黒液濃度(%)	18.0 [16.5]	14.5	14.5	14.5
14 " 温度(°C)	81 [80]	80	80	80
15 " pH	12.7	12.7	12.8	12.5
16 " Na ₂ S(g/l)	6.5 [9.0]	9.0	9.9	9.0
17 " 比重(D _{15/4})	1.105	1.03	1.03	1.03
18 酸化装置出口黒液濃度(%)	18.9	15.0	15.0	15.0
19 " 温度(°C)	75	76	78	78
20 " pH	12.5	12.7	12.8	12.5
21 " Na ₂ S(g/l)	2.0 [0.9]	0	0	0
22 黒液反応時間(分)		9	14	14
23 酸化効率(%)	70	100	100	100
24 酸化効率測定法	電位差滴定	同 左	同 左	同 左
25 ブロー風圧(mmAg)	#1 1,380 [1,500] #2 1,570 [1,500]	350	250	250
26 ブロー風量(m³/分)	#1 120 [200] #2 160 [340]	53	106	106
27 供給空気温度(°C)	63	20	70	70
28 空気倍率(倍)	116 [216]	80	80	80
29 理論空気倍率(倍)	14.9 [6.9]	6.5	6.5	6.5
30 供給空気源	同 左	清澄空気	洗浄排気	洗浄排気
31 酸化装置使用電力量(kWh/m³黒液)	1.26 [1.21]	0.72 1基 1.02 1基	0.86	0.92
32 酸化装置排気処理方式	回収ボイラー	大 気	回収ボイラー	同 左
33 酸化塔洗浄頻度	1回/日 エア通し 1回/6カ月 ジェット洗浄	1回/2カ月	1回/2カ月	1回/2カ月
34 問題点(操業・安全・保全)	多孔板目詰り多し	特になし	同 左	
35 総合評価	C	B	B	B

〔 〕 数値は設計値

E No. 1 酸化塔	F No. 1	“ No. 2	G No. 1	“ No. 2	“ No. 3
	(No. 1~No. 2 並列)		(No. 1~No. 3 並列)		
KP-100(L)	KP-100%(N・L)	“	KP-100%(N・L)	“	“
460	650	“	430	“	“
30	29	“	28	“	“
自 社	日立造船	自 社 製	三菱重工	同 左	自 社
多段多孔板式 (7段)	多段多孔板式 (9段)	同 左	多段多孔板式	同 左	同 左
φ H 3,700×6,000	φ H 2,250×4,806	φ H 4,100×4,810	φ H 2,320×4,350	φ H 2,500×4,500	φ H 4,100×3,580
SS	SS	SS	SS	SS	SS
	4	8	6.5	7	16.4
46年7月	37年	47年	32年	32年	49年
170	(180) 75	155	47		118
14.5	18.5	同 左	18.5		18.5
96	(96) 90	同 左	82~85	(休	82~85
12.5	12.5	同 左	10.5	止	10.5
7.5	6.0	同 左	8.0		8.0
1.06	1.11	同 左	1.10		1.10
16.0	19.0	同 左	18.9	(中	18.9
73	72.5	同 左	77~80		77~80
	12.5	同 左	10.5		10.5
1.5	2.4	同 左	1.3		1.3
10	5	9	8		8
80	60	60	83.4		同 左
	電位差滴定	同 左			
1,300	(900)	(800)	1,000 (1,000)		1,000 (1,000) 1,000 (1,000)
300	85 (120)	170 (370)	44 (70)		224 (180) (180)
15	70	70	50		50
106	68	66	56		114
	8.4	8.1	5.1		10.5
清澄空気	洗浄排気	同 左	洗浄排気		洗浄排気
4.5	0.39	0.39	0.61		1.0
回収ボイラー	回収ボイラー	同 左	回収ボイラー		回収ボイラー
0	0	0	0		0
特になし			ブロー故障多し 洗浄しにくい		同 左
B	B	B	C		C

表 10 希黒液酸化装置調査結果一覧表（希-3）

1 会社名・工場名	H No. 1~No. 3	I No. 3	" No. 4	" No. 5
2 設備番号	(並列)		(No. 3~5 並列)	
3 黒液品質(種類)	KP-100%(N・L)	KP-100%(L)	KP-100%(L)	"
4 KP生産量(UKP換算) (t/日)	400	550	550	"
5 白液硫化度 (%)	22.5	23.5	23.5	"
6 酸化装置 製作メーカー	No. 1 日立造船 No. 2, 3 大機工業	栗田工業	自 社	王子工営
7 " 型 式	多段多孔板式	グリット充てん式	グリット充てん式	多段多孔板式
8 " 主 要 寸 法 (mm)	—	W L H 2,850×3,600×10,000	W L H 3,820×3,820×10,260	φ H 4,500×7,400
9 " 本体主要材質	SS	SS	SS	SS
10 " 設 置 費 (百万円)	—	—	10	20
11 " 運転開始年月	No. 1 27年11月 No. 2 32年 No. 3 36年	—	48年	50年 6 月
12 黒液処理量 (m³/h)	145 3基分 [160]	50 [60]	50 [60]	120 [120]
13 酸化装置入口黒液濃度 (%)	16 [16]	16.5 [17.5]	16.5 [17.5]	同 左
14 " 温度 (°C)	75~80 [80]	82~86 [83]	82~86 [83]	同 左
15 " pH	13 [13]	13.5	13.5	同 左
16 " Na ₂ S (g/l)	5.5 [8.2]	5.4 [6.5]	5.4 [6.5]	5.9 [6.5]
17 " 比重 (D _{15/4})	1.10	1.07	1.07	同 左
18 酸化装置出口黒液濃度 (%)	16.5 [17]	16.5	16.5	同 左
19 " 温度 (°C)	70 [80]	72.5	72.5	同 左
20 " pH	—	13.5	13.5	同 左
21 " Na ₂ S (g/l)	0.5 [1.4]	0.5 [1.3以下]	0.9 [1.3以下]	0.25 [0.65以下]
22 黒液反応時間 (分)	13 [13]	1	1	10
23 酸化効率 (%)	90以上	91 [80以上]	83 [80以上]	96 [90以上]
24 酸化効率測定法	ラウスバイオレット	電位差滴定	同 左	同 左
25 ブロワー風圧 (mmAq)	[1,000]	100 [100]	100 [100]	960 [960]
26 ブロワー風量 (m³/分)	No. 1, 3 [86] No. 2 [75]	100 [100]	170 [100]	580 [500]
27 供給空気温度 (°C)	50	70 [70]	70 [70]	70 [70]
28 空気倍率 (倍)	[100]	120 [100]	200 [60]	290 [250]
29 理論空気倍率 (倍)	—	16 [11]	28 [11]	36 [28]
30 供給空気源	洗浄排気	洗浄排気	洗浄排気	同 左
31 酸化装置使用電力量 (kWh/m³ 黒液)	—	0.44	0.44	1.24
32 酸化装置排気処理方式	回収ボイラー	回収ボイラー	回収ボイラー	同 左
33 酸化塔洗浄頻度	1回/2 カ月	1回/月	1回/月	1回/月
34 問題点(操業・安全・保全)	多孔板目詰り	アウターケーシング腐食	アウターケーシング腐食	パンチングメタル目詰り
35 総合評価	C	B	B	B

〔 〕 数値は設計値

J No. 1	" No. 2	K No. 1~No. 3	" No. 4	" No. 5~No. 6 (No. 1~8 並列)	" No. 7
(No. 1~2 並列)					
KP-100% (L・N ユーカリ)	"	KP 90%(L・N) CGP 5%(L)	"	"	"
580	"	680	200	200	180
24.5	"	28	"	"	"
北越 エンジニアリング	同 左	自 社	同 左	大機工業	同 左
多段多孔板式	同 左	多段多孔板式	同 左	同 左	同 左
φ H 2,600×3,500	φ H 3,000×5,200	φ H 3,400×3,100	φ H 3,400×3,050	同 左	φ H 3,900×3,050
シェル SS プレート SUS 304	同 左	SS	同 左	同 左	同 左
46年12月	—(53年10月) 更新予定)	87 (3基)	17	—	—
		49年	47年	40年	34年
120 [117]	[214]	340 [360] (3基分) (3基分)	100 [120]	200 [240] (2基) (2基分)	90 [100]
15 [15]	[15]	12~13 [12~13]	同 左	同 左	同 左
78~85 [78]	[83]	70~75	同 左	同 左	同 左
12	[12.2]	12.5 [12以上]	同 左	同 左	同 左
3.1 [6]	[3.5]	4.9 [6.5]	同 左	同 左	同 左
1.06 [1.05]	[1.06]				
15.6	[15.8]	12.6~13.7	同 左	同 左	12.4~13.4
73	[73]	65	同 左	同 左	67
12	[12]	12.5	同 左	同 左	同 左
0.05	[0.1]	0.15 [0.2]	0.75 [1.0以下]	0.8 [1.0以下]	0.8
2	[2]	35	40	40	30
95~99	[95以上]	95以上 [90以上]	85 [80以上]	83.6 [80以上]	83.7 [80以上]
同 左	同 左	同 左	同 左	同 左	同 左
1,200 [1,200]	[1,500]	1,000 [1,200]	800 [1,000]	同 左	700 [850]
140 [335]	[333]	280 [300]	230 [250]	同 左	200 [250]
32 [25]	[32]	18	同 左	同 左	同 左
70 [172]	[93]	148 [150]	138 [125]	同 左	130 [150]
15	[15]	5	5	5	5
洗浄排気	同 左	清澄空気	同 左	同 左	同 左
1.23 [1.26]	[0.76]	0.44	1.4	0.7	1.44
回収ボイラー	同 左	大気放出	同 左	同 左	同 左
1 回/月		1 回/年	1 回/年	1 回/年	1 回/年
発泡, フォームキ ラー寿命短		特になし	同 左	同 左	同 左
B	B	A	A	A	A

表 10 希黒液酸化装置調査結果一覧表（希-4）

1 会社名・工場名	K No. 8	L No. 1	" No. 2	" No. 3
2 設備番号				
3 黒液品質(種類)	"	KP-100%(N・L)	KP (N・L) CGP	KP-100% (ユーカリ)
4 KP 生産量 (UKP 換算) (t/日)	180	(予備缶)	545	545
5 白液硫化度 (%)	"		23	23
6 酸化装置 製作メーカー	自社製	三菱重工	同 左	同 左
7 " 型 式	同 左	多段多孔板式 (7段)	同 左	同 左
8 " 主要寸法 (mm)	ϕ H 3,400×3,050	ϕ H 2,700×5,000	ϕ H 4,000×5,500	ϕ H 3,000×4,500
9 " 本体主要材質	同 左	SS	SS	SS
10 " 設置費 (百万円)	—	15	16	28
11 " 運転開始年月	44年	41年	45年	47年
12 黒液処理量 (m ³ /h)	同 左	[70]	115 [130]	140 [140]
13 酸化装置入口黒液濃度 (%)	同 左		14~15	15~16
14 " 温度 (°C)	同 左	予	70~80	78~84
15 " pH	同 左			12~13
16 " Na ₂ S (g/l)	同 左	備 [5]	3~5 [5]	3~5 [5]
17 " 比重 (D _{15.4})			1.087	1.093
18 酸化装置出口黒液濃度 (%)	同 左	缶 [16]	15~16 [15]	16~17 [15]
19 " 温度 (°C)	同 左	[58]	60~70 [58]	68~74 [58]
20 " pH	同 左			11~12
21 " Na ₂ S (g/l)	同 左	[0.25以下]	Tr [0.25以下]	Tr [0.25以下]
22 黒液反応時間 (分)	同 左	1.7	2.3~2.5 [2.1]	1.1 [1.1]
23 酸化効率 (%)	同 左	[95以上]	99以上 [95以上]	95以上 [95以上]
24 酸化効率測定法	電位差滴定	同 左	同 左	同 左
25 ブロー風圧 (mmAq)	600 [1,000]	[1,000]	950 [1,000]	1,050 [1,300]
26 ブロー風量 (m ³ /分)	200 [250]	[133]	[258]	[217]
27 供給空気温度 (°C)	同 左	[25]	10~30 [25]	10~30 [25]
28 空気倍率 (倍)	同 左	[105]	135 [119]	93 [93]
29 理論空気倍率 (倍)	5	[67]	86 [76]	59 [59]
30 供給空気源	同 左	[清澄空気]	清澄空気	清澄空気
31 酸化装置使用電力量 (kWh/m ³ 黒液)	1.44	[0.59]	0.49 [0.55]	0.60 [0.51]
32 酸化装置排気処理方式	同 左	大気放出	同 左	大気放出
33 酸化塔洗浄頻度	1回/年		3回/月	3回/月
34 問題点 (操業・安全・保全)	同 左			
35 総合評価	A	B	B	B

〔 〕 数値は設計値

M No. 1 (No. 1~2 並列)	" No. 2	N No. 1	O 1 V/E	" 2 V/E	P No. 1, No. 2 (並列)
NP-100%(N・L)	"	KP-100%(L)	KP-100%(N)	KP-100%(L)	KP-100%(N)
297	"	318	141	585	315
24.3	"	23	25.0	25.0	20~25
日立造船	同 左	日立造船	日立ルンドパーク	I H I	同 左
多段多孔板式 (4段)	同 左	同左 (7段)	多段多孔板式	同 左	同 左
φ H 1,590×3,050	φ H 2,250×3,080	φ H 2,500×3,088		φ H 2,600×3,000	φ H 3,000×4,000
SS	SS	SS	SS	SS	シエル SS 目板 SUS 304
8	10	8			
31年	36年	40年	37年	46年	50年 8月
42	51	95 [65]	88	280 [340]	100 [135]
15~15.5	同 左	18 [16.5]	13.3	15 [17.1]	13~14 [13.2]
79~80	同 左	90~93 [75]		73 [80]	80~82 [80]
11.4	同 左	12.3	12以上 [12以上]	12以上 [12以上]	12.5 [12~13]
5.8	同 左	3.4	8.1	8.1 [13]	5.8 [11以下]
1.115	同 左	1.107 [1.099]			1.06 [1.05]
17.0~17.3	同 左	19 [16.5]		15	13.0~14.0 [13.2]
70~72	同 左	76		67	64~67 [50]
11.3	同 左	12.3			12.5 [12~13]
3.2	同 左	0.58	0.14	0.10 [0.91]	0.03 [0.55以下]
5		5			2.35 [0.7~0.8]
45	45	83 [80]	98 [93]	98 [93以上]	99 [95]
同 左	同 左	SCAN法	電位差滴定法	同 左	同 左
610 [600]	730 [850]	1,100 [900]		[1,800]	[1,600]
[60]	[70]	92 [92]	[217]	300 [360]	160 [510]
室内空気	室内空気	大気(屋外) [20]		60	64~67 [65]
76	73	58		64 [63.5]	96
9.5	9.3	12.3		5.8 [3.6]	
真空 P ビット排気	室内空気	清澄空気 VE真空P排気	清澄空気	同 左	清澄空気 ベントガス
0.32	0.32	0.6	0.8	1.4 [1.5]	1.4
大気放出	同 左	ボイラー	回収ボイラー	同 左	回収ボイラー
1回/3カ月	1回/3カ月	1回/4カ月	エアフラッシング 1回/直 1回/3カ月	エアフラッシング 1回/日 1回/10日	1回/日
目詰り掃除時間大	同 左	特になし			酸化塔入口ダクト腐 食, 目詰り多し
B	B	B	B	B	B

表 10 希黒液酸化装置調査結果一覧表 (希-5)

1 会社名・工場名	Q	R	S	T
2 設備番号		No. 1, No. 2 (並列)	T N L	No. 1, No. 2
3 黒液品質(種類)	KP-100%(L・N)	KP-100%(L・N)	KP-100%(L・N)	KP-100%(L・N)
4 KP生産量(UKP換算)(t/日)	L 250 N 60	300	670	430
5 白液硫化度(%)	25	20	28	23~25
6 酸化装置 製作メーカー	I H I	自 社 製	日立造船	I H I
7 " 型 式	多段多孔板式	多段多孔板式	粗表面下向フィル ム塔式	多段多孔板式
8 " 主 要 寸 法 (mm)	ϕ H 2,400×3,988	ϕ H 2,500×4,380	W L H 5,000×6,800×14,300	ϕ H 基 2,600×7,000×2
9 " 本体主要材質	SS	SS	SS	SS-00
10 " 設 置 費 (百万円)	30			42.2
11 " 運転開始年月	49年7月	40年4月	45年4月	43年10月
12 黒液処理量 (m³/h)	170 [210]	60	310 [235]	200 [250]
13 酸化装置入口黒液濃度 (%)	14~15 [14~15]	15~16	15 [15~17]	14~16 [15~17]
14 " 温度 (°C)	83 [75]	82	89 [85~90]	85~90 [87~88]
15 " pH	13	12.5	13以上	12~13
16 " Na ₂ S (g/l)	5~7 [5]	4.5	8.1	4~6 [15]
17 " 比重 (D _{15/4})	1.06~1.07[1.06]	1.06	1.07 (at 85°C)	1.07
18 酸化装置出口黒液濃度 (%)	14~15	15~16	15.8	15~16
19 " 温度 (°C)	76	72~75	83	70~75
20 " pH			13以上	12~13
21 " Na ₂ S (g/l)	0.25~0.7	0.9以下	1.2	0.5~0.6
22 黒液反応時間 (分)	3.2	20	5	5 [4]
23 酸化効率 (%)	90	80以上	85 [85以上]	85~90 [80]
24 酸化効率測定法	電位差滴定	同 左	同 左	同 左
25 ブロワー風圧 (mmAq)	1,400 [1,800]	200~250	90 [100]	1,100 [1,200]
26 ブロワー風量 (m³/分)	330 [400]	83	500 [500]	350 [500]
27 供給空気温度 (°C)	80	20	20 [20]	大気 [240]
28 空気倍率 (倍)	110	83	97	210
29 理論空気倍率 (倍)		13	10	25~28 [11.7]
30 供給空気源	洗浄排気	清澄空気		清澄空気
31 酸化装置使用電力量 (kWh/m³ 黒液)	2	0.44	0.29 [0.39]	1.25 [1.52]
32 酸化装置排気処理方式	回収ボイラー	大気放出	大気放出	スクラバー
33 酸化塔洗浄頻度	1回/2カ月	1回/2カ月	な し	1回/2カ月
34 問題点(操業・安全・保全)	目孔詰り多く、目孔を大にした		排気ガス臭気・白煙の処理困難	
35 総合評価	B	B	B	B

〔 〕 数値は設計値

U No. 1~No. 3 (並列)	V No. 1	" No. 2 (No. 1~3 並列)	" No. 3	W No. 1 (No. 1~No. 2 並列)	" No. 2	" No. 3
KP-80% (L・N) ACGP-20%	KP-100%(N)	"	"	KP-100% (L・N)	"	"
850	600	"	"	660	"	"
28	29	"	"	24.3	"	"
日立造船	大機工業	日立造船	I H I	自 社 製	同 左	同 左
多段多孔板式	多段多孔板式	"	"	多段多孔板式	同 左	同 左
2,400W×3,500L ×5,400H 2,400×4,500H ×2基	φ H 2,250×3,075	φ H 2,700×3,084	φ H 2,500×3,100	φ H 2,700×3,050	同 左	同 左
SS	SS	同 左	同 左	SS	同 左	同 左
—	28.6	38.0	34.4	—	—	—
35年 4 月	29年 5 月	39年 8 月	45年 5 月	35年	43年	39年
200 (52) (3 基分)	[36]	100 [63]	175 [123]	140 [69]	80 [84]	70 [80]
16~18 [56]	[18]	15.5~16 [15.3]	同 左	15~15.5	同 左	16~17
85 [105]	停 [83]	80~85 [85]	同 左	85~86	同 左	86~89
—		—	—	—	—	—
2.20	止	4~5	同 左	4.5	同 左	4.3
1.07 [1.26]	[1.08]	1.07 [1.066]	同 左	1.09	同 左	1.10
16~18	中	16~16.5 [16]	同左 [17.65]	16~17 [17]	同左 [14]	18~19 [14.75]
80		70~75 [78]	同左 [65]	77~78 [70]	同左 [70]	75
—		—	—	—	—	—
0.02		1.5~2.0	同 左	0.85	1.2	0.16
—		—	—	—	—	—
99.1	[80以上]	63.5 [80以上]	同 左	82	73	96
電位差滴定		電位差滴定	同 左	—	—	—
[800 1基 1,200 2基]	[750]	[900]	—	[1,000]	[1,000]	[1,000]
317 [200 1基 150 2基]	[75]	160 [150]	—	70 [125]	同左 [125]	105 [125]
20 [20]	[20]	20 [20]	—	30	同 左	20
95 [400]		—	—	30	53	90
24		—	—	5	8.5	15
清澄空気	[大気]	大 気	—	空気+濃黒酸化 排ガス	同 左	清澄空気
0.8 [4.3]		0.50	0.56	0.43	0.46	0.67
大気放出	大気放出	石灰キルン	石灰キルン	大気放出	同 左	同 左
3 回/年		—	—	1 回/8 H	同 左	同 左
特になし		—	—	特になし	同 左	同 左
B		B	B	A	A	A

表 11 濃黒液酸化装置調査結果一覧表（濃-1）

1 会社名・工場名	A	B-1	"	"
2 設備番号	濃黒液酸化装置	No. 1 酸化タンク	No. 2 酸化タンク	No. 3, No. 4 酸化タンク
3 黒液品質(種類)	KP-L 60% N 40%	KP-100% (N・L)	直 列	
4 KP生産量 (UKP換算) (t/日)	400	650	"	"
5 白液硫化度 (%)	27~30	23	"	"
6 酸化装置 製作メーカー	自 社	自 社	同 左	同 左
7 " 型 式	インライン 酸化方式	インラインミキサー, タンク併用式	同 左	同 左
8 " 主要寸法 (mm)	インライン部 φ 1 本 250×3,372×4	ミキサー φ H 250×4,800×2 タンク φ H 4,500×6,500	ミキサー φ H 250×4,800×2 タンク φ H 5,500×6,500	ミキサー φ H 250×4,800×2 タンク φ H 6,500×7,600×2
9 " 本体主要材質	SUS 304	ミキサー SUS 304 タンク SS	同 左	同 左
10 " 設置費 (百万円)	13	30		
11 " 運転開始年月	52年 2 月	52年 3 月	同 左	同 左
12 黒液処理量 (m³/h)	56 [95]	65~72	同 左	同 左
13 酸化装置入口黒液濃度 (%)	47 [47]	49~50		
14 " 温度 (°C)	90 [90]	95	90	87
15 " pH		—	—	—
16 " Na ₂ S (g/l)	5.0 [5.0]	3.0	0.6	0.27
17 " 比重 (D _{15/4})	1.24 [1.25]	1.32	1.32	1.32
18 酸化装置出口黒液濃度 (%)				49~50
19 " 温度 (°C)		90	87	85
20 " pH		—	—	—
21 " Na ₂ S (g/l)	0.1 [0.1]	0.6	0.27	0.0
22 黒液反応時間 (分)		45	70	225
23 酸化効率 (%)	98 [98]	80	55	100
24 酸化効率測定法	電位差滴定	同 左	同 左	同 左
25 ブロワー風圧 (mmAq)	1.5kg/cm²G [7]	12,000	同 左	同 左
26 ブロワー風量 (m³/分)	コンプレッサー [22.8 35 2基]	25	20	10
27 供給空気温度 (°C)	60~70 [60~70]	60~70	同 左	同 左
28 空気倍率 (倍)	35 能力[29]	21	17	9
29 理論空気倍率 (倍)	4.5 能力[3.7]	5	20	22
30 供給空気源	清澄空気	清澄空気	同 左	同 左
31 酸化装置使用電力量 (kWh/m³黒液)	2.7 [2.63]	1.3	0.9	0.4
32 酸化装置排気処理方式	回収ボイラー	回収ボイラー	同 左	同 左
33 濃黒液ストレージ時間 (h)				0.5~0.7
34 酸化塔洗浄頻度	運転後 9 カ月なし	1 回/年	1 回 年	1 回 年
35 問題点 (操業・安全・保全)				
36 総合評価	B	A	A	A

〔 〕 数値は設計値

B-2	"	"	C-1	C-2	D-1
No. 1 酸化塔	酸化タンク	No. 2 酸化塔	No. 1 KP-No. 3 酸化塔	No. 2 KP-No. 3 酸化塔	1系濃黒酸化塔
	直 列				
KP-100% (N・L)	"	"	KP-100% (L)	KP-100% (L)	KP-100% (N)
550	"	"	250	415	160
26.5	"	"	21.5	24.2	21~25
自 社	同 左	同 左	自 社	自 社	自 社
エアノズル吹込式	インラインミキサー, タンク併用式	エアノズル吹込式	エアノズル吹込式	同 左	エアノズル吹込式
ϕ H 8,000×6,000	ミキサー ϕ H 250×4,800×2 タンク ϕ H 7,000×6,000	ϕ H 3,000×16,000	ϕ H 8,500×8,456	ϕ H 8,710×12,150	ϕ H 2,400×3,300
SS	ミキサー SUS 304 タンク SS	SS	SS 41	同 左	SS
11	16	14	8.5	62	9.6
48年4月	53年3月	45年11月	48年	51年	49年7月
58~62	同 左	同 左	28 [27]	50 [57.1]	26
49~50			43.5 [46.1]	45.4 [46.0]	45.0
100	95	90	105 [108]	98 [95以上]	99
—	—	—	13.2	13.0	13.2
2.0	0.1	0.0	1.62 [3.6]	6.6 [4.0]	1.0~2.0
1.32	同 左	同 左	1.275	1.290	1.2
		49~50	44.0	47.2	45.2
95	90	85	85 [95]	88	80
—	—	—	12.9	12.7	13.2
0.1	0.0	0.0	0.05 [0.5]	0.07 [0.4]	0
180	140	80	430 [500]	240	23
95	100	100	97 [86]	99	100
同 左	同 左	同 左	同 左	同 左	同 左
5,000	12,000	5,000	6,000 [8,000]	5,000 [1 kg/cm ²]	500
23	12	21	17 [20]	75 [47.2]	13
60~70	同 左	同 左	42 [40]	104 [100]	20
22	12	21	36 [44]	89 [49.6]	30
7	80	—	13.5 [14.3]	7.9 [8.0]	11
清澄空気	同 左	同 左	清澄空気	同 左	清澄空気
0.5	0.7	0.5	1.4 [1.4]	2.7 [2.3]	1.7
回収ボイラー	同 左	同 左	バークボイラー	回収ボイラー	大気放出
		0.1		5	5~8
1回/年	1回/年	1回/年	1回/3日 蒸気通し	な し	特になし
B	A	B	A	A	B

表 11 濃黒液酸化装置調査結果一覧表 (濃-2)

1 会社名・工場名	D-2	D-3	E	F
2 設備番号	2系濃黒酸化塔	4 KP 濃黒液酸化塔	No. 1 濃黒液酸化装置	No. 1 └──直
3 黒液品質(種類)	"	KP-100%(L)	KP-100%(L)	KP-100%(N・L)
4 KP生産量(UKP換算)(t/日)	"	320	460	650
5 白液硫化度(%)	"	21.0~25.0	30	29
6 酸化装置製作メーカー	自 社	自 社	三栄工業	自 社
7 " 型 式	エアノズル吹込式	同 左	エアノズル吹込式	エアノズル吹込式
8 " 主 要 寸 法 (mm)	ϕ H 1,600×2,630	ϕ H 2,400×3,300	ϕ H 7,600×7,500	ϕ H 5,650×6,700
9 " 本体主要材質	SS	SS	SS	SS
10 " 設 置 費 (百万円)	6.8	9	38	3.6
11 " 運転開始年月	48年9月	49年11月	49年3月	46年
12 黒液処理量(m ³ /h)	21	38.5 [38.5]	50 [60]	31
13 酸化装置入口黒液濃度(%)	45.0	50~55 [50]	44.5 [47.7]	47
14 " 温度(°C)	99	105 [120]	95 [90]	95
15 " pH	13.7	13.3	12.2	12.5
16 " Na ₂ S(g/l)		1.5 [2]	5~7 [6]	11.2
17 " 比重(D _{15/4})	1.2	1.36 [1.35]	1.20 [1.22]	1.30
18 酸化装置出口黒液濃度(%)	45.2	50~55 [50]	45.5	
19 " 温度(°C)	80	95 [97]	80	
20 " pH	13.2	13.3		
21 " Na ₂ S(g/l)	0	0 [0.2]	0.3~0.7	
22 黒液反応時間(分)	11	17.5 [17.5]	150	290
23 酸化効率(%)	100	100 [90]	90~96	
24 酸化効率測定法	電位差滴定	同 左		
25 ブロワー風圧(mmAq)	500	8,000 [8,000]	3,600 [3,600]	6,000
26 ブロワー風量 $\frac{m^3}{分}$ (m ³ /分)	6	16.7 [16.7]	80 [80]	20
27 供給空気温度(°C)	20	60 [20]	120 [120]	大 気
28 空気 $\frac{1}{倍}$ 率(倍)	15	18 [18]	96 [60]	
29 理論空気倍率(倍)	5.3	13.3 [13.3]		
30 供給空気源	同 左	清澄空気	同 左	清澄空気
31 酸化装置使用電力量(kWh/m ³ 黒液)	1.5	1.0	1.1 [0.9]	
32 酸化装置排気処理方式	同 左	大気放出	回収ボイラー	
33 濃黒液ストレージ時間(h)	5~8	11~16		
34 酸化塔洗浄頻度		1回/1週間	0	ノズル蒸気洗浄 1回/3H
35 問題点(操業・安全・保全)	特になし	スラッジ堆積	特になし	
36 総合評価	B	A	B	B

〔 〕 数値は設計値

" No. 2 列——	G No. 1 ——直	" No. 2 列——	H No. 1, No. 2 (並列)	I No. 1, No. 2 (並列)	J No. 1, No. 2 ——直列——
"	KP-100% (N・L)	"	KP-100% (N・L)	KP-100% (L)	KP-100% (N・L, ユーカリ)
"	430	"	400	550	580
"	28	"	22.5	23.5	24.5
同 左	自 社	同 左	自 社	自 社	北越 エンジニアリング
同 左	エアノズル吹込式	同 左	エアノズル吹込式	同 左	エアノズル吹込式 ストレージタンク併用
同 左	ϕ H 4,100×4,810	ϕ H 3,600×7,615	ϕ H 4,000×6,010	W L H 3,580×10,800×3,000	ϕ H 5,000×5,200 (2基)
SS	SS	SS	SS	SS	ノズル SUS 304 シエル SS
18.3	3.3	3.4	—	10	—
52年	48年	48年	47年7月	49年6月	47年12月
	54	54	36 (40)	70 (80)	62 (70)
	48		52 (50)	49 (48)	50 (50)
	95		100 (100)	90~100 (90)	107 (107)
	13.5		13 (13)	13.5~14 (13.5)	13.5 (13.5)
	4.3		4.0 (6)	2.0 (2.0)	0.77 (1.0)
	1.30		1.32	1.324	1.27 (1.27)
47.0		48	52.5 (53)	49 (48)	50 (50)
90		90	85 (100)	90	107 (107)
12.5		13.5	—	13.5~14	13.5 (13.5)
0.28			0.5	0.25 (0.2)	0.09 (0.15)
290	60	79	200 (120)	43 (40)	170 (150)
97.5		85.2	87.5	87.5 (90以上)	88 (85)
			ラウスバイオレット	電位差滴定	同 左
6,000	6,000	6,000	(500)	1,400~2,000 (2,000)	4,000 (5,000)
20	20	20	(18)	80 (160)	28 (28)
大 気	20	20	30 (大気)	130~140 (140)	25 (25)
77	22	22	60	70 (120)	54 (48)
5.1	3.8	3.8	—	25 (44)	1.4 (1)
同 左	清澄空気	同 左	清澄空気	同 左	清澄空気
1.68	0.58	0.58		2.75	1.2 (1.1)
回収ボイラー	回収ボイラー	同 左	回収ボイラー	大気放出	回収ボイラー
1				4.3	6
同 左	0	0	1回/直 フラッシュ	1回/月	1回/3ヵ月
			ノズル詰り	ノズル詰り スラッジたい積	N時の発泡
B	B	B	B	C	B

表 11 濃黒液酸化装置調査結果一覧表 (濃-3)

1 会社名・工場名	K	"	"	M
2 設備番号	No. 1	No. 2	No. 3	
	(No. 1~No. 3 並列)			
3 黒液品質(種類)	KP 95%(L・N) CGP 5%(L)	"	KP 95%(L・N) CGP 5%(L)	KP-100%(N・L)
4 KP 生産量 (UKP 換算) (t/日)		"	580	297
5 白液硫化度 (%)	28.0	"	28.0	24.3
6 酸化装置 製作メーカー	自 社	自 社	自 社	王子工営
7 " 型 式	エアノズル吹込式	エアノズル吹込式	エアノズル吹込式	横型円筒 エアノズル吹込式
8 " 主 要 寸 法 (mm)	ϕ H 3,884×4,649	W L H 2,500×2,200×5,000		ϕ L 2,800×10,800 (53m ²)
9 " 本体主要材質	SS	SS	SS	SS
10 " 設 置 費 (百万円)	20	10	20	50
11 " 運転開始年月	49年	48年	50年	49年
12 黒 液 処 理 量 (m ³ /h)	80 [90]	45 [45]	80 [90]	28 [35]
13 酸化装置入口黒液濃度 (%)	45 [45]	同 左	45 [45]	47~47.5
14 " 温 度 (°C)	90 [90]	同 左	90 [90]	107
15 " pH	12 [12.5]	同 左	12.5 [12]	12.8
16 " Na ₂ S (g/l)	0.5 [1~3]	同 左	0.5 [1~3]	7.9
17 " 比 重 (D _{15/4})				1.310
18 酸化装置出口黒液濃度 (%)	45 [45]	同 左	45 [45]	47.5~48.0
19 " 温 度 (°C)	80 [85]	85 [85]	83 [85]	85~88
20 " pH	12.5 [12]	同 左	12.5 [12]	12.7
21 " Na ₂ S (g/l)	0.1 [~0.2]	同 左	0.1 [~0.2]	0.8
22 黒液反応時間 (分)	45 [40]	20 [20]	35 [30]	80 [90]
23 酸 化 効 率 (%)	80	80	80	90 [95]
24 酸化効率測定法	電位差滴定	同 左	同 左	電位差滴定
25 ブロワー風圧 (mmAq)	8,000 [8,000]	同 左	8,000 [8,000]	2,500 [5,000]
26 ブロワー風量 (m ³ /分)	70 [75]	40 [45]	80 [90]	[40]
27 供給空気温度 (°C)	60 [60]	同 左	60 [60]	室内空気
28 空 気 倍 率 (倍)	53 [67]	54 [60]	60 [60]	60 [69]
29 理論空気倍率 (倍)	5 [4~6]	同 左	5 [4~6]	7.9 [9.3]
30 供 給 空 気 源	室内空気	同 左	室内空気	室内空気
31 酸化装置使用電力量 (kWh/m ³ 黒液)				0.92 [1.2]
32 酸化装置排気処理方式	回収ボイラー	同 左	回収ボイラー	大気放出
33 濃黒液ストレージ時間 (h)				2~3
34 酸化塔洗浄頻度	1 回/1 カ月	1 回/1 カ月	1 回/1 カ月	1 回/45 日
35 問題点 (操業・安全・保全)	発泡性多少あり	同 左	発泡性多少あり	
36 総 合 評 価	A	A	A	A

〔 〕 数値は設計値

S	U	V	W		
KP-100%(L・N)	KP-90%(N・L) ACGP-10%	KP-100%(N)	KP-100%(L・N)		
670	850	600	660		
28.0	28	29	24.3		
三栄工業	三栄工業	常盤製作所	三栄工業		
エアノズル吹込式	エアノズル吹込式	加圧酸化方式	エアノズル吹込式		
ϕ H 11,600×9,145	同 左	ϕ H 2,400×9,000	ϕ H 7,000×7,800		
SS ノズル SUS 304	同 左	SUS 316 L	SS 41		
80		182.13	66		
49年4月	50年8月	50年5月	51年6月		
80 (150)	100 (150)	70 (70)	45 (60)		
50 (50)	53 (50)	50 (50)	45~46 (45.5)		
105	105 (105)	95 (90~125)	90~95 (90~95)		
13以上	—				
6.74	13.3 (8.0)	8~10 (20)	3.6~5.1 (7)		
1.27 (at 105°C)	1.28 (1.26)	1.28 (1.29)	1.28		
53.5	55	50.8 (50)	46~47		
85	84 (85)	100 (100)	83~86		
13以上	—				
0.9	0.8 (0.4)	Tr (0.3以下)	0~0.07		
100	150 (132)		144		
86.7 (95以上)	94 (95)	約 100	98~100		
同 左	同 左	同 左	同 左		
2,400 (4,000)	3,000 (4,000)	62,000 (70,000)	2,400 (4,200)		
244 (240)	200 (240)	30~40 (26.5)	60Nm ³ (80Nm ³)		
118 (110~130)	55 (120)	20 (20)	120		
183	120 (96)	1.1 (1.5)	80		
11.5	5.3 (7.0)		13		
	清澄空気	大 気	清澄空気		
1.67 (3.38)	1.9 (2.2)	3.8	1.5		
同 左	同 左	回収ボイラー	希黒液酸化塔		
2	1	4	2.2		
1回/日(ノズル、蒸気 フラッシュ)	2回/月	2回/月	1回/6ヵ月		
沈殿物発生しやすい、 ノズル詰り多し	沈殿発生 ノズル詰り		特に問題なし		
C	B	A	A		

黒液酸化装置調査結果（付表）

会社名・工場名	A	B-1	B-2	C-1	C-2	D-1	D-2
濃黒液酸化装置の有無	有	有	有	有	有	有	有
C/E入口 Na ₂ S (g/l)	Tr ~0.2	0.05以下	0.0	—	0.24	0.5	同 左
C/E入口ガス H ₂ S (ppm)	—	0.0	0.0	—	—	0	〃
C/E出口ガス H ₂ S (ppm)	Tr ~0.2	0.05~0.25	0.01~0.03	5~20	5~20	0	〃
〃 O ₂ (%)	4	3~5	3~5	6~8	6~8	5	〃
〃 CO ₂ (%)	15	14~15	14~15	—	—	14	〃
リバージョーン (1)	0.63	0.8	0.6	0.39	0.46	0.41	〃
〃 (2)	0	0.05	0	—	0.18	0.2	〃
エバコンデン セート中の TRS (as S) (g/UKPt)							
備考	O ₂ , CO ₂ % は C/E 入口 測定値						

会社名・工場名	L-1	L-2	M	N	O-1	O-2	O-3
濃黒液酸化装置の有無	無		有	無	無		
C/E入口 Na ₂ S (g/l)	0.4~0.9	同 左	0.85	1.4	0.26	0.22	
C/E入口ガス H ₂ S (ppm)	Tr	Tr	—	0.79	0	0	0.02
C/E出口ガス H ₂ S (ppm)	5~60	10~70	13~20		1.2	1.5	0.02
〃 O ₂ (%)	3~5	同 左	7~8	5.6	9.5	9.8	6.0
〃 CO ₂ (%)	14~17	〃	11	13.6			
リバージョーン (1)	0.26	0.14	0.26		0.12	0.12	
〃 (2)	—	—	0.05	—	—	—	—
エバコンデン セート中の TRS (as S) (g/UKPt)	281		404	14			
備考			O ₂ , CO ₂ % は煙突入口 測定値	C/E なし 数値は RB 出口測定値			

D-3	E	F	G-1	G-2	H	I	J	K
有	有	有	有	有	有	有	有	有
同 左	0.3	0.28	1.10	同 左	4~5	0.25	0.05	0.1
〃		1.6	12	0.4	0		0.1	1 以下
〃	0.5~5	8	16	3.4	0~20		5.1	4
〃	6~8	3.5	9.3	6.5		4~7	5	5~7
〃		14	9.9	13.1		14~15		13~14
—		1.53		0.08		0.18	0.15	0.08
—	0	0		0.46		1		
		66		191		655	1	54
C/E 入口ガス H ₂ S はエコ出口測定値 C/E 出口ガス数値は E/P 出口測定値								

P	Q	R	S	T	U	V	W	
無	無	無	有	無	有	有	有	
0.3	2~2.5		1.82	2.5~3.0			0~0.07	
	Tr	1~5	Tr	—	Tr	3.6	—	
	18	30~70	60	—	50~80	7.6	Tr ~0.53	
4.6	5~6	4.0	4	3~5	1~3		6.3	
14.4	11~12	14.9	13	—	15~18		13.4	
0.27	1.77		0.54	0.19			0.53	
—	—	—	0	—			0	
	557	5	1	324	254		451	
C/E なし O ₂ , CO ₂ は RB 出口測 定値					能力不足と 考朽化で現 在希黒液酸 化は休転中			