KP 排水の活性汚泥-凝沈処理における現場管理

紀州製紙株式会社紀州工場 栗 原 淳

Operating Experience with Activated Sludge-Coagulating Sedimentation Process of Kraft Mill Effluents.

Kiyoshi Kurihara

Kishu Mill, Kishu Paper Co., Ltd.

はじめに

近年、紙パルプ産業の排水処理には活性汚泥と凝沈の組み合わせ処理法が多く採用されているように思う。このように普及した要因には、処理コストが安価であるということの他に、紙パ排水は有機性の汚濁物質を含む排水が主であること、これが生物的処理に適しているからであろう。

当工場が KP 排水に活性汚泥処理法を採用し、実運転に入ったのは昭和48年5月からで、過去3年余りの運転経験からようやく活性汚泥の正体をつかんだような気がしているところである。

運転管理上、まだ幾多の改善すべき問題を残しているが、ほぼ満足すべき処理結果を得ているので、ここに運転実績等を紹介し、今後の指針となれば幸いである。

1. 処理対象排水及び処理方法検討の経過

パルプ洗浄排水及び抄紙系排水は、46年当時からすでに加圧浮上処理を行っていたので、パルプ漂白工程の排水にしばって処理方法の検討を行なった。

当工場の漂白シーケンスは、C-E₁-H-D₁-E₂-D₂の6段であるが、特に汚濁量の多い前3段C、E₁、Hを処理対象水とした。

当時、C段の全排水を活性汚泥処理している実績はなく有効塩素の問題から果たして活性汚泥処理が適当かどうか、この点が最も懸念されるところであった。しかし、ラボテストにより E₁排水との組み合わせによって C 段残有効塩素が 150 ppm までは問題のない

ことがわかった。

当工場の適用される排水規制値は COD 規制であり、活性汚泥処理だけでは十分でないこと及び脱色ができないこと等で、凝集沈殿処理との組み合わせを検討した。その場合、活性汚泥処理の後に凝集沈殿処理を行なった方がよいのか、それともその逆がよいのか処理コストの面から検討した結果、活性汚泥の後に凝集沈殿処理を行なった方が凝集剤の使用量で約30%軽減されることがわかり、しかも同等以上の水質が得られた。よって、次のフローに決定した。

2. 処理設備の概要とフローシート

設備仕様を表1、フローシートを図1に示す。

2.1 処理水量

塩素系排水 (C, H)	450 t/h	計 550 t/h
E ₁ 排水	100 t/h	

2.2 原水の pH 調整

廃棄物の有効利用の面から苛性化ドレグスを塩素系排水 (pH 1.8~2.0) に添加し、pH 3~3.5 にコントロール (pH 4 以上になるとドレグスは溶解しない)。

その後、中和槽で消石灰を用いて pH 6 に2段コントロールしている。この対策により、中和用消石灰が節約できる。

2.3 活性汚泥の栄養源

BOD : N : P は 100 : 5 : 1 をめどにしているが、

原水中に N, P が含有しているのでこの分を加味して添加している。実際の添加量は 100:3:0.05 程度である。

2.4 中和槽及びばっ気槽の消泡

ばっ気槽で泡だちが激しく、中和槽で消泡剤を添加（3 ppm 程度）し、更にばっ気槽周囲に消泡水配管を設け消泡している。

3. 運転実績

今までの運転実績を表 2、表 3 に示す。

3.1 水 温

夏期になると原水水温が 40°C 近くにもなり、BOD 除去率は低下の傾向にある。この要因として次の 2 つが考えられる。

- ・水温上昇による菌体の衰退
- ・水温上昇による酸素溶解度の低下(DO の不足)

これについては原水のクーリング対策があるが、さして問題にするほどのこともないで行っていない。

3.2 SV, MLSS

SV 20~30%, SV 1 30~45 と低く、活性汚泥処理の問題点の 1 つに挙げられているバルキングといったことも経験したことがない。

SV が低い理由として、原水の中和用に苛性化ドレグスを添加している関係で若干のドレグス不溶解

表 1 設 備 仕 様

原 水 槽	2,440 φ×2,600 H 有効実績 12 m ³
中 和 槽	4,900 W×5,900 L×3,600 H 有効水深 3,100 D, 有効容積 75 m ³
ば っ 気 槽	19,000 W×3,800 L×4,545 H 有効水深 4,000 D, 有効容積 2,888 m ³ 表面ばっ気機 55 kW×2 基
沈 殿 槽	20,000 W×39,000 L×2,900 H 有効水深 2,000 D, 有効容積 1,560 m ³
高速凝集沈殿槽	29,000 φ×5,500 H 有効水深 5,000 D, 有効容積 3,300 m ³
濃 縮 槽	16,000 φ×5,500 H 有効水深 4,500 D, 有効容積 890 m ³

分が入っているためと考えられる。汚泥の沈降性がよい沈殿槽におけるキャリーオーバーがない反面、ばっ気槽において汚泥が沈降しやすくなる。BOD 負荷（汚泥負荷）をもう少し下げて運転したいが、この沈降の問題から MLSS を現状よりアップすることはむずかしく、6,000~7,000 ppm の範囲で運転している。

図 1 排水処理設備（活性汚泥＋凝集沈殿）

表 2 水 質 実 績

	活 性 汚 泥		凝 集 沈 殿 処 理 水
	原 水	処 理 水	
水 温 (°C)	30 ~ 40	—	—
pH	6.0 ~ 6.5	6.9 ~ 7.2	6.5 ~ 7.0
COD _{Mn} (mg/l)	320 ~ 400	190 ~ 230	70 ~ 90
BOD ₅ (mg/l)	200 ~ 250	20 ~ 35	—
色 度	1,000 ~ 1,400	900 ~ 1,200	220 ~ 300
S S	140 ~ 200	120 ~ 160	25 ~ 40
COD 除去率 (%)	—	40 ~ 44	55 ~ 65
BOD 除去率 (%)	—	85 ~ 93	—

注 1. 色度は塩化白金酸コバルト法による。

2. 凝集沈殿における硫酸バンド添加量 900~1,000 ppm.

4. 長期休転時の汚泥管理

工場修理日、休日など、操業停止時の汚泥管理はどめんどうなものはない。無負荷状態でばっ気を続行すると、次第に自己（微生物）の体構成物質を消化ようになる。いわゆる自己消化におちいる。かといって、好気性菌であるだけに長時間酸素を断つことはできない。もし、ばっ気機を長時間停止しておく、汚泥は沈積し、酸素欠乏のため嫌気状態になって腐敗し失活状態になる。

従って、工場定修等においても排水流入時の状態を維持してやる必要がある。つまり、排水に含まれる有機物の組成に準じて他から BOD 源を求め供給してやる必要がある。しかし、実際、他から BOD 源を求め通常操業時のように排水処理を運転するとなると経済性の面から、また、作業性の面から困難である。

当工場では、定修時等の長期停止時には次のように汚泥の維持管理を行ない。今まで大きな支障もなく今日に至っている。

- (1) 工場停止数日前から余剰汚泥の引き抜きを停止し、汚泥の絶対量を増す (MLSS 10,000 ppm をめどにしている)。
- (2) 原水流入が停止したら返送汚泥を停止し、処理水を次のように循環してばっ気槽中の汚泥をできるだ

表 3 活性汚泥の状況

水 温 (°C)	28 ~ 38
BOD 容積負荷 (kg/m ³ , 日)	0.9 ~ 1.1
BOD 汚泥負荷 (kg/MLSS-kg, 日)	0.13 ~ 0.18
DO (ppm)	1 ~ 3
O ₂ Rr B/A (ppm/h)	80~150/10~30
SV (%)	20 ~ 30
SV 1 (cc/g)	30 ~ 45
MLSS (ppm)	6,000 ~ 7,000
MLVSS (ppm)	4,800 ~ 5,400

注 1. O₂Rr A : 基質無添加酸素吸収速度

O₂Rr B : 基質添加酸素吸収速度

け沈殿槽に移す。

- (3) 沈殿槽に汚泥を移し終われば、返送汚泥用ポンプを利用し、次のようにして沈殿槽内で汚泥を滴落としによりばっ気する。

この場合、スクレーパーを運転して置けば沈殿槽底泥を満遍なくばっ気することができる。しかし、この対策によっても特に夏期には数日すると汚泥の一部が嫌気性となり、泡の発生が著しくなってスカムが浮いたような状態になる。この場合、適宜消泡剤を注入し抑える。また、毎日、通常運転時の尿素量の20分の1程度を栄養剤として投与している。

以上のような沈殿槽において汚泥管理するようにしたのは次の理由からである。

当初、ばっ気槽で2台のばっ気機を交互に断続運転し、過ばっ気になるのを避けてきたが、前述したように汚泥の沈降性がよいために、ばっ気槽底部に汚泥が沈み嫌気性になる。また、一度沈んだ汚泥は、再ばっ気しても浮かないためである。

このようにして、冬期ではあったが約1カ月間運転した実績がある。この時は途中2回にかけて各3日間ばっ気槽に汚泥を返し、それぞれ通常BOD負荷量の10分の1程度の黒液を投入したがその効果はあやしい。

原水流入時には一度に全量処理せずに、 O_2Rr （酸素吸収速度）を測定しながら順次負荷量をアップさせ6日間で全量処理とした。その結果、スタートしてから2日間のBOD除去率は低かったが、これは長期停止中汚泥の活性度が低下したというより、むしろ長期停止によるばっ気槽の水溫低下（14～15℃まで低下）による方が大きいものと考えており、正常にもどすのに6日間を要することもなかったかも知れない。

1週間程度の休転は何回も経験しているが、途中基質（黒液）を投与せずとも十分活性度を維持することができ、2日目からは全量処理しているが問題はない。

(4) 長期停止後の負荷量アップの指標

汚泥の活性度をみる指標としてBOD除去率より判断するのが最も好ましいが、BOD測定には5日間要し、この場合実際的ではない。これに変わるものとして、 O_2Rr レベルの測定により汚泥の状態がいち早く察知できるので記述する。

まず、ばっ気槽汚泥について O_2Rr を測定する。この値を(A)とする。次に、(A)を測定した汚泥に生

排水（基質）を加え同様に測定する。この値を(B)として(B/A)比を求め、これより活性度を判定して負荷量アップの基準にしている。通常、運転時の経験から、(A)が40 ppm/h以下であり(Aが高いことはBOD負荷が高いことを意味する)、且つ、B/Aが1.5倍以上であれば汚泥に問題ないとしてBOD負荷をアップする（水量の増量を行なう）。(B/A)が低い時は(A)が非常に高い値（BOD負荷が高い）と低い時であって、基質を加えても O_2Rr が上昇しない2ケースが考えられる。

(A)が高く(B/A)が低い(1.5以下)の場合は、BOD負荷量が高いので減らすようなアクションをとらなければならない。最悪の状態は(A)が低く、基質を加えても O_2Rr が上昇しないケースである。この場合、汚泥が不活性化している状態（菌体が死滅）であることを意味するので、このようにならない前に手を打つ必要がある。

以上のように、 O_2Rr は長期停止後のBOD負荷アップの指標になるばかりでなく、日常の運転管理においても汚泥の異常を迅速に察知できるので重要な管理ポイントにしているが、計装化できないのでこれに代わる指標として酸化還元電位等で管理できないものか、読者諸氏のご意見を承りたいところである。

5. その他

塩素系排水は E_1 排水と混合することによって有効塩素は消費され弊害はないと述べたが、操業スタート時には工程が不安定になりやすく、塩素の過剰添加から排水中の有効塩素が多くなり残塩素がばっ気槽に入るおそれがあるので、チオ硫酸ソーダ等の添加設備を完備しておくにこしたことはない。

長期休転後は前述したように、一挙に全量処理することは好ましくない、この間、一部未処理で排出されることになるので処理設備の計画段階で対策を検討しておく必要がある。

当工場の場合は、この未処理水を加圧浮上処理装置に導入し処理している。活性汚泥装置をバイパスして直接凝集沈殿処理を試みたが、泡の発生が著しくこの泡にフロクが付着しスカム状になって処理できる状態ではなかった。このことから、凝集沈殿を活性汚泥処理の前にもってくることは好ましくない。

6. まとめ

- (1) 処理状況を適確に把握するために機器の運転状況をチェックすることは勿論のこと、水量、DO、 O_2Rr などの計測及び水質分析は不可欠であるが、そ

- れほどシビヤなものではなく1日1回ぐらいで十分である。
- (2) 晒系排水の活性汚泥一凝沈処理は期待した成果を収め得たが、しかし、発泡問題は意外と重大で消泡剤が要ることもさることながら、機械ばっ気の場合は泡だちが激しくなると攪拌効果が低下し、汚泥の沈降につながる危険もあるので注意を要する。
- (3) 凝沈一活性汚泥処理のフローは、凝沈単独処理が可能かどうかを十分に確認して決定する必要がある。
- (4) 生物処理は中性付近で運転されるにもかかわらず腐食性が非常に激しく、消泡配管やレーキの材質を検討する必要がある。凝沈処理においても pH 6 付近の運転であるが、レーキメカニズムは2～3年で腐食し取り替えた経験がある。ポンプ関係も少なくとも SCS 1 ぐらいにはしたいものと思う。
- (5) 冬期休転中はばっ気槽の水温が低下し、スタート時には立ち上がりを遅らせる結果になるので蒸気等による加温対策も必要であろう。
- (6) 最もやさしい長期停止時の運転管理については一般テキストに書いてあるような処置はとうていとれるものでなく、これまでの経験から2日ぐらいの立ち上がりをみれば、1カ月程度は基質補給なしで維持できるのではないと思われるが、スタートアップ時のために凝沈や、浮上処理装置の能力は十分見込んで対処する必要がある。

新刊紹介 和漢紙 文献類聚 古代・中世編

編者 関 義城、発行所 思文閣、定価 13,000 円 B5判 356 頁

本書は昭和48年5月、関さんが自費出版された「江戸時代編」の姉妹篇である。

引用文献…日本の文献…古事記・日本書紀・万葉集・源氏物語・土佐日記・落窪物語・枕草子・大鏡・増鏡・保元物語・平治物語・平家物語・十六夜日記・徒然草・太平記・法然上人行状絵図・正倉院文書その他合計 257。中国の文献…計 40

茫大な文献から紙に関係ある事項を抜翠されたもので、多彩な種類の紙が生まれ、どのように使われたかをたどっている。昔は紙は極めて貴重品であり、この紙を公家や武家等が大切に取扱った頃の姿が要領を得た引用文によって明示されている。我々紙の同好の士は勿論、歴史学・国文学・支那文学研究の人々にもよい参考文献にちがいない。引用文献が極めて正確であるから考古学・歴史学、並に一般文学に於ても考証には最も好適の資料である。尚表見返しには彩画職人部類（安永3年出版、橘珉江の作）より抜翠せる本邦紙すきの美人図会（説明付）、裏見返しには中国の紙すき図絵（フランス国立図書館所蔵、18世紀後期、画家不明）より抜翠せる中国の紙すき図会が記載されている。

内容の一例

〔日本書紀〕 二十一 推古天皇卷

推古天皇十八年の春三月に、高麗の王、僧曇徴・法定を貢上る。曇徴は五経を知れり。且能く彩色及び紙墨を作り、并て硯磴造る。蓋し硯磴を造ること、是の時に始るか。（原文は漢文にて紹介）

この記事が我国で最も古い製紙の記録である。

〔義経記〕 四 腰越の中状の事

貴殿（因幡守大江広元）広大の御慈悲を仰ぎ、便宜を窺ひ、上聞に達せしめ、秘計をめぐらし、過誤なき旨に、宥ぜられ、放免に預らは、積善の余慶家門に及び、榮華を長く子孫に伝え、よって年来の愁眉を開き、一期の安寧を得んことを書紙につくさず。

〔太平記〕 卷二 俊基被誅事

俊基堂紙を取り出し、頸のまはり押し拭ひ其紙を推し開いて辞世の頌を書き給う。