回転円板法によるクラフトパルプ工場廃水処理

Rotating Biological Disc Treatment of Kraft Mill Effluents

by E. G-H. Lee, and J. C. Mueller, Div. of Applied Biology,
B. C. Research, Vancouver, Wate and Pollution Control,
May. 1975 pp. 25~29

石 黒 政 儀*
西 留 清**

1. 概 論

回転円板法はパルプや製紙工場廃水の新処理方式であり、操作や装置が簡単で処理効果も高く確実である。これらの実証のため容量 7 l, 滞留時間 2~16 時間, 流量負荷 $0.26 \sim 0.033 \text{ gal/ft}^2/\text{day}$ ($10.6 \sim 1.35 \text{ l/m}^2/\text{day}$) で漂白クラフトパルプ工場廃水 ($\text{BOD} = 165 \sim 185 \text{ mg/l}$) に回転円板実験装置を用いた。全滞留時間 BOD 除去率は 90% 以上で 20 mg/l 以下, SS は 30 mg/l 以下, 魚類死滅の毒性はわずか 2 時間の滞留時間で除去され, $4.6 \times 10^{-4} \text{ lb BOD/ft}^2/\text{day}$ ($2.24 \text{ g/m}^2/\text{day}$) 以上の負荷で等処理水質を得た。回転円板法は維持管理をほとんど必要とせず, 円板上生物膜は短期間で形成され, 発泡の問題や汚泥流出の問題も起こらないことが確認された。

2. 序 論

パルプや製紙工場廃水処理は SS, BOD, 毒性の除去を目的とし, ほとんどの工場で一次処理を必要とし, さらに生物酸化処理としての二次処理が行なわれ, 一般に安定化池, 曝気酸化池, 散水ろ床法, 活性汚泥法などが用いられている¹⁾。

安定化池は酸素が静止水面からのみ輸送され, 滞留時間は 30 日と長く, 廃水中の有機物は多量の細菌栄養源として使われ, 暖気候地帯では BOD が 90% 以上除去できる最も簡単なシステムである。

曝気酸化池は 3~5 日の曝気を要し, 最終沈殿池の返送汚泥を必要とせず, 栄養と酸素供給のバランス, 最終沈殿池の状態, そして酸化池滞留時間に関係なく BOD が 50~90% 除去され, カナダで最も一般的に用いられている廃水処理法である。

散水ろ床法は標準式と処理水返送循環式があり, ろ材上に廃水を散水し, ろ材表面に活性微生物が付着形成されて有機物除去を行なうが, 負荷が高いと BOD 除去が困難となるため, パルプや製紙工場廃水の前処理装置として用いられている。

活性汚泥法は返送汚泥, 反応槽中での高活性微生物保持, 添加栄養物そして pH 調整を必要とする。本法は簡単なプラントで BOD 除去率は高いが, 寒冷地では温度の影響を受やすく, 建設費や維持管理費も高く, 流量変動による高 BOD 負荷や毒性処理に適成できないためカナダのパルプや製紙工場廃水処理には用いられていない。また汚泥沈降性の悪い漂白クラフトパルプ工場廃水は活性汚泥の成長を阻害し, 汚泥を流出させることは注目すべきことであり, さらに本法では熟練した管理者を必要とする。もしも活性汚泥法や簡単な曝気酸化池で BOD と毒物除去が併用実用化されればパルプや製紙産業界にとって主要な関心事となるであろう。

回転円板法は維持管理が簡単, そして効果的な生物処理法で, この種の廃液処理に近年発展したものであり, ヨーロッパや米国の都市下水処理に大いに成功し, 盛んに実用されており, さまざまな名称で呼ばれている。

3. 回転円板法

回転円板法の概略を図-1 に, フロシートを図-2 に示

図-1 回転円板法概略図

* 宮崎大学工学部教授工博

** 宮崎大学大学院修士課程

図-2 回転円板法フローシート

す。一連の等間隔円板群は反応槽上部の軸に固定され、下部は廃水に、上部は大気にさらされ、微生物膜に吸着した廃水が大気中で酸化され、廃水は円板面に平行に流れる。低回転する円板群は反応槽中の廃水を攪拌し、円板に付着した廃水は大気中で円形パターンとなる。このように汚水と円板の接触は汚水付着面間の動きでなく、円板の回転であり、生物膜は汚水に対し直角に作用するため、基質と酸素を生物膜内へ良好に輸送する。一般的処理には3～4段の円板群が用いられ、汚水に接触して成育する微生物群が大量であるため本装置は非常に安定性がある。微生物群は溶液内外に貯えられるので生長、成育のほとんどの量がショックロードの緩衝作用となる。円板表面成育の生物乾燥重量は $18\text{g}/\text{ft}^2$ ($194\text{g}/\text{m}^2$)である²⁾。3年間のパイロットプラント運転後、Borchardは回転円板法の長所を次のように述べている。①低F/M比のためショックロードに強い。②都市下水では滞留時間21分と短いため槽容量はきわめて小さくすむ。③動力は円板をゆっくり回転させるのみであり、活性汚泥プロセスの数分の1である。④幾何学的構造のため短絡流が事実上防止できる。⑤円板上汚泥は羽毛状の成育をなし円板の静かな回転運動で定着部から剥離するので汚泥性状の制御となる。⑥本汚泥は活性汚泥よりも高密度、高脱水性を有するため最終沈殿池で急速に沈殿する。⑦BODは段数が増すにつれて低下し、処理水は放流水質基準以下となる。微生物は運転開始後連続的に増殖し、有機物は円板微生物群に吸着されるため流出SSは微少である。⑧発泡の問題はない。汚水が発泡性基質であっても発泡させるほどの円板回転によるせん断や乱流ではない。⑨管理者の熟練、SVI、MLSSの調整、そして返送汚泥も必要としない。以上のことから回転円板法はパルプや製紙工場廃水処理の多問題解決に最適であることがわかった。回転円板処理法評価の

図-4 円板枚数とBOD除去率の関係

ためパイロットプラントを用いた実験をB. C. Researchでおこなった。

4. 実験装置と方法

実験装置は容量7l、反応槽3段、円板枚数33枚/段、全段99枚、材質粗面プラスチック、直径8in (20.3cm)、厚さ $\frac{1}{8}$ in (3.2mm)、表面積 0.722ft^2 /枚 (0.067m^2 /枚)、全表面積 71.5ft^2 (6.64m^2)、回転速度10rpmである。

工場廃水水質：B. C. 漂白クラストパルプ工場廃水はBOD $165\sim 185\text{mg}/\text{l}$ であり、栄養源の比はBOD : N : P = 100 : 5 : 1とし、 4°C に保存した。

処理原水：微生物膜は3日間のバッチを行なった後、滞留時間16, 8, 4, 2時間に依りて形成させた。各実験は $20 \pm 2^\circ\text{C}$ で7～10日以上行なった。

水質分析：水質分析方法はStandard Methodsで行なった²⁾。

5. 結果

BOD 除去

図-3 滞留時間と流量負荷を関数としたBOD除去率

図-3に示す滞留時間と流量負荷を関数としたBOD除去率は各滞留時間とも90%以上で各処理水質は $20\text{mg}/\text{l}$ 以下、平均 $12\sim 16\text{mg}/\text{l}$ であり、滞留時間2時間すなわち水量負荷 $0.26\text{gal}/\text{ft}^2/\text{day}$ ($10.6\text{l}/\text{m}^2/\text{day}$)の高負荷でもBOD除去率は高い。図-4に示す円板枚数を関数と

図-5 BOD負荷と除去の関係

表1 毒物除去

EFFLUENT SAMPLES	(A)	(B)	MST*
Untreated*	6	0	2
Treated	4	16	∞
Treated	4	8	∞
Treated	5	4	∞
Treated	8	2	∞

*MST for the untreated effluent was measured throughout the experimental period. No loss of toxicity was found in the effluent due to storage.

(A) - No. of samples tested.

(B) - Retention time of effluent in RBD unit (hr) . .

表2 滞留時間と処理水 SS

# of Samples	Retention time (hr)	S/S in treated effluent (mg/l)
5	16	14
9	8	28
4	4	30
6	2	33

図-6 滞留時間と各段 DO の関係

6. 結論

回転円板法による都市下水処理実績^{4) 5)}と同じく本研究の結果は本法が簡単、確実、効果的であり、BODや毒物を1つの処理法により除去でき、そして運転問題や多額の維持管理費を必要とするパルプや製紙工場废水处理に適していることを明らかにした。回転円板法はBODと毒物が完全に除去でき、生物膜も容易に形成され、滞留時間が短か

したBOD除去率は16と8時間で初段(円板33枚)BOD除去率90%、4時間で80%、2時間で72%とほとんど除去され、2段と3段は滞留時間2、4時間で有効となる。図-5はBOD負荷と除去の関係であり、除去率90%で直線($K=0.9$)となり、滞留時間2時間でも過負荷とならず、滞留時間をもっと短かくでき、 4.6×10^{-4} lb BOD/ft²/day (2.24g/m²/day)以上の負荷でも等処理水質が得られることを示している。

毒物の除去

クラフトパルプ工場废水の毒物除去はBOD除去と同時に起こり、MST 2時間の原水は各滞留時間とも処理水で96時間以上となり、酸化すなわち生物酸化により完全に除去された(表1)。

DO

流入水DOは16、8、4時間の滞留時間で6 mg/l以上と高く(図-6)、2時間では初段流入3.3 mg/lと低くても初段流出5.5 mg/l、2、3段流出7.5 mg/l以上となった。

処理水 SS

原水SSは平均30~50 mg/lで、処理水SSは14~33 mg/lとなり(表2)、滞留時間2時間で33 mg/l、16時間で14 mg/lとなるのは処理流量に比例して汚泥が円板から剥離するためである。回転円板法は微生物酸化による余剰汚泥を滞留時間が長いほど非常に少なくしているといえる。

総合観察

2カ月以上にわたり運転された実験中に何らのトラブルもなく、維持管理も必要とせず、生物膜は容易に形成され、汚水濃度に応じて3段目より1段目が厚く、また発泡、不快な臭気もなかった。

いため槽容量もきわめて小さく、設置面積も小さくなり、維持管理をほとんど必要としない。円板厚 $\frac{1}{16}$ in (1.6 mm)の新型回転円板は短軸でも大円板表面積で、標準型は1軸25ft (7.6m)、直径12ft (3.66m)で100,000ft² (9,290m²)の表面積で消費電力4~5 Kw/hr, 7($\frac{1}{2}$)馬力のモーターで運転される。回転円板法の建設費は10~20百万ガロン/day (38,000~76,000m³/day)の槽容量を含め、6~10セント/ガロン/day (4,740~7,890円/m³/day), 10mgd (38,000m³/day)で600,000~1,000,000ドル(1.8~3億円)である。回転円板法は簡単、確実、効果的废水处理が可能、小設置面積、低維持管理費のため、パルプや製紙工場废水处理に今後大きく寄与するであろうし、実装置実績も高く評価されつつある。

参考文献

- 1) Gehm, H. W. and Gove, G. W. Kraft mill waste treatment in the United States — a status report. NCASI Tech. Bull. No. 221 (1968).
- 2) Borchardt, J. A. Biological waste treatment using rotating discs. Biotech. and Bioeng. Symp., No. 2, 131—140 (1971).
- 3) Standard Methods of for Examination of Water and Wastewater, 13th Edition, Am. Public Health Assoc., New York, (1971).
- 4) Antonie, R. S. The bio-disc process: new technology for the treatment of biodegradable industrial wastewater. Chem. Eng. Symp. Series, Water, 67, (107): 585—588 (1970).
- 5) Antonie, R. L. Application of the biodisc process to treatment of domestic waste water. Presented at the 43rd Annual Conference of the Water Pollution Control Federation, Boston, Mass., Oct. 4—5 (1970). Autotrol Corp. Milwaukee, Wisconsin.