海外調査団報告

米国・回転円板法水処理技術調査団報告

石 黒 政 儀*

1. は し が き

米国オハイオ州キングスアイランドにて開催された「固定生物膜汚水処理法に関する第1回国際会議」(First International Conference on Fixed-Film Biological Processes)に出席し、アメリカ合衆国の回転円板法に関する本調査団が環境技術研究会主催で企画されたのは、1981年10月13、14日に開かれた第3回回転円板法研究シンポジウムでの回転円板水処理部会総会であった。環境技術研究会が主催した回転円板法調査団は、1978年6月スウェーデン国ストックホルム市開催のIAWPR第9回国際会議出席と欧州各国の円板法調査を行なった「欧州回転円板法水処理技術調査団」¹⁾および1980年6月カナダ国トロント市開催のIAWPR第10回国際会議出席と北米の調査を行なった「北米回転円板法水処理技術調査団」²⁾について今回は3回目である。本調査団の調査期間は4月19日～5月2日の14日間であり、FFBPの第1回国際会議は4月20日～23日で、特別講演3編と13部門で75編の論文報告、論文採択9ヶ国であったが、回転円板法に関するものが約50編あり、各国での活発な研究を知ることができた。この国際会議の詳細な内容などについては稿を改めて本誌に報告する予定である。本国際会議終了後、150万人処理のフィラデルフィア・ノースイースト下水処理場、オーランド下水高度処理場など、米国の主要回転円板処理関係の8ヶ所を訪問調査したが、その調査順に本文では紹介する。

2.1 Upper Mill Creek Regional Waste water Treatment Facilities (Gano Road, Westchester, OHIO)

シンシナティ市より東北40kmにあり、1981年10月稼

動開始で処理下水量は4MGD(15,140 m^3/d)、流入(流出)水質はBOD:200(<15),SS:400(<20), $\text{NH}_3\text{-N}$:25(<1.5)mg/lである。円板体は7軸7段4系列で28軸を用い、その配置とフローを図-1に示す。図中の記号Sは円板体のStandard media(標準型)の円板間隔20mm・直径3.6m・全円板面積100,000 ft^2 (9,290 $\text{m}^2/\text{軸}$)、DはHighdensity media(高密度型)の円板間隔13mm・全円板面積150,000 ft^2 (13,935 $\text{m}^2/\text{軸}$)を示す。各系列とも1～3段が標準型・4～7段が高密度型円板体を使用している。また図中の点線は仕切板を示し1,2段と3,4段は1槽内に円板体2軸を入れ、前段での高負荷を緩和し5段以下は1槽1軸となっている。写真1に円板群と終沈を示す。本処理場の建設費は7百万\$ (約17.5億円)であり、各円板軸の設置モーターは5.0HP、運転時動力は2.8HPである。使用円板体はクロー社のエンバイロディスクである。

2.2 Columbus Wastewater Treatment Plant

図-1 円板体配置とフローシート

* 宮崎大学工学部土木工学科 教授 工博
Masayoshi ISHIGURO

写真 1

(806 Jackson Street, Columbus, INDIANA, 47201)

1977年6月稼動開始³⁾、2次処理と硝化をすべて円板法で行ない処理水量は12.5MGD (47,300 m³/d)である。従前は活性汚泥法のBio-sorption Processで処理していたが、処理人口と工場汚水増加でインディアナ州の水質基準 (BOD, SS:20, NH₃-N:2.0, P:1.0 mg/l) に添えなくなり、活性汚泥法を撤去して円板法となった。⁴⁾ 円板体はオートロール社のバイオサーフ直径3.6 m、軸長7.5 m、円板面積 9,290 m²/軸、機械駆動式の8軸8段10系列、合計80軸を用いている。その外観を写真2に示す。円板接触槽は8軸8段が1槽内に収められ、各段は円板回転方向を1軸ごと逆回転させ、仕切り板は取りつけてなく平底である。運転開始以来5年間の処理結果は設計当初の州水質基準値以下が得られている。

本処理場は現在、計画設計流量に達していないので、EPAが1980年5月より2系列を用いて各種のテストを行なっている、すなわち ①円板有機物負荷と水量負荷での設計法の比較評価、②平均水量に対し最大1.5、最小0.7の範囲で流量変動への対応性、③円板直径3.0 m以下の装置と本装置との同時運転によるスケールアップ問題の解明、④円板法の律速ファクターの究明、⑤DO律速時の対応として槽内DO増加対策、円板体浸漬率の低減効果などである。このプロジェクトはインディアナ州立大学と共同で行ない、本年10月に完了して報告される。⁵⁾

写真 2

2. 3 Clow Corporation (Florence, KENTUCKY 41042, P. O. Box 68)

Autotrol 社につぐ米国第2の円板メーカーであり、1968年西独 Schüller-Stengelin 社と技術提携した Environmental Control Co.が70年 Enviroidisc Co. 77年にClow Enviroidisc Co が Clow Co.となった。同社が73年に開発した円板体が商品名 Enviroidisc であり、79年に日本の神鋼ファウドラ社が技術提携を行なっている。当社の円板体は材質ポリエチレン黒色、板面凹凸の扇状板を熔接着なしで積層セルを造り、直径76cm (30in) の中心軸より外周へ直角に取り付けたラジアルアームとサポートの枠内に組み入れ、円板直径3.6 mと2.4 mの2種類があり、前者が8等分、後者が4等分の着脱可能方式である。円板間隔は標準タイプが20mm、高密度タイプが13mm、直径3.6 mで軸長3.5~8.0 m、円板全面積 3,220~9,290 m²の8種類、直径2.4 mで軸長1.5~6.0 m・表面積1,500~6,000 m²の6種類、計14種類を製作しており、高密度タイプは標準タイプの50%面積増となる。直径3.6 mの円板で自重11.0 ton~4.5 ton、設計重量40.0~14.5 ton・動力5.5~1.5 kw、直径2.4 mで自重3.2~1.0 ton 設計重量が18.1~3.5 ton・動力1.5~0.4 kwとなっている。なお処理水量210~15 m³/dに対応するパッケージ円板装置も製造している。パッケージ以外の円板体製作能力は年間300軸であり、現在までの実績は建設中を含め56処理場・703軸・947,000 m³/dである。フィラデルフィア市ノースイースト下水処理場、150万人処理に用いられる円板体は当社の Enviroidisc である。

2. 4 Edgewater Sewage Treatment Plant. (520 River Rd., Edgewater, NJ., 07020)

ハドソン河を隔てるニューヨーク市の西対岸にあり、人口4万人の都市下水を沈殿池6池のみで放流していたが、1971年ニュージャージー州の放流水質規制により2次処理を要求された。処理場敷地が狭く既設初沈上に円板体を設置した。いわゆる初沈利用円板法が

1973年5月より稼動している。1池上に円板体4軸を並べ直径3.6mのオートロール社 Biosurf が前段3軸に標準型、後段1軸が高密度型を使用している。沈殿池内の上半部に円板体、下半部を沈殿池とし、その水平境界に凝似底を設けている。EPAの2次処理放流水質基準は月平均流出BOD・SSが $30\text{mg}/\ell$ 以下、(85%除去)、週平均流出が $45\text{mg}/\ell$ 以下となっており、この水質を充分満足する結果が得られている。さらに昨年から高負荷のテストが行なわれており、現在水量負荷として $7.0\text{MGD}/ft^2$ ($287\text{ }\ell/\text{m}^2\text{d}$)をかけてEPAが結果をまとめているが、現在では充分上記の処理水質が得られている。本処理場の総流入下水量は $8,360\sim 12,870\text{ m}^3/\text{d}$ 、 $\text{BOD}_5(\text{T})$ は $92\sim 144\text{mg}/\ell$ と報告されている。

2.5 Philadelphia Northeast Water Pollution Control Plant.

(3,900 Richmond St., Philadelphia, PENNSYLVANIA)

デラウェア河添いのフィラデルフィア市内東北部にあり、BOD負荷で21%の産業廃水を含め処理人口150万人、 $720,000\text{ m}^3/\text{d}$ をModified Aeration Systemで処理し、処理水質BODは約 $60\text{mg}/\ell$ で放流していた。1972年連邦政府の水質汚濁防止法(PL 72-500)により処理水質改善を要求され、74年より既設曝気槽を利用する各種処理法の比較テスト結果

図-2 円板体配列平面図

から、77年に曝気槽上に空気駆動式円板体 (Aerosurf) を併置する、いわゆる回転円板活性汚泥併用法を建設稼動させた。既設活性汚泥法の曝気槽は長さ125mが20池あり、その10%の2池にオートロール社のAerosurf直径3.6m22軸を設置し、 $75,700\text{ m}^3/\text{d}$ を処理し、80年6月まで3年間の処理運転実績を検討の結果、全処理水を本法で行なうことが決定された。但し、Aerosurfは活性汚泥曝気槽内の渦流速と補助空気では必ずしも正確な回転が得られず、回転速度の不正確さ、およびエアカップの破損を生じる等の理由から、クロー社の軸直結モーター使用の、機械駆動式Envirodiscを採用することに決定した。^{6) 7) 8)}

図-2(1)は本処理場曝気槽部の平面図であり、既設曝気槽が1～5まで20池、目下増設中が6,7の8池ある。No.5の2池にAerosurfが稼動しているが、No.1,2の8池に80軸のEnvirodiscが稼動している。4池を1系列として図-2(2)に示すように、円板40軸かわなり、1段目で 10MGD 、11段目で 5MGD 、21段目で5、31段目で 4MGD を段階的に注入する。分注方式を採用し、全長500m、40軸からなっている。1系列の接触滞留時間は10時間で 24MGD ($90,840\text{ m}^3/\text{d}$)を処理し、放流水のBODは $15\text{mg}/\ell$ 以下である。円板体は直径3.6m、軸長8.03m、全円板面積は $100,000\text{ ft}^2$ ($9,290\text{ m}^2$)、中心軸平行流である。合計280軸が完成するのは1984年1月の予定で、円板体の価格は2,600万\$ (約65億円)である。写真3曝気槽上部に設置され稼動中の円板群を示す。

2.6 Alexandria Water Pollution Control Plant. (835 South Payne Street, Alexandria, VIRGINIA, 22, 314)

1977年5月稼動開始し、処理水量は 54MGD (204,

写真3

図-3 オーランド下水高度処理場、断面図

390 m³/d), 処理人口22万人の合流式下水道である, オートロール社のBiosurf 4軸4段14系列, 計56軸を用い, 設計水量負荷は154 l/m²d, BOD19.3 g/m²d, 流入BODは125 mg/l (100~160), 流出BODは22mg/l (10~30)で中間沈殿池を経て活性炭吸着, 2次沈殿池, 砂ろ過, 滅菌, 放流となり, 放流BODは12mg/l以下である. なお円板上の生物膜厚は1段が6 mm, 2段4 mm, 3段2.5 mm, 4段が1.5 mmと報告されている.⁹⁾

2.7 Orlando Advanced Wastewater Treatment Plant (Iron Bridge Regional Water Pollution Control Facility, PO Box 1418, Oviedo, FLORIDA, 32765)

1981年9月稼動開始した米国最初の回転円板下水高度処理場である. フロリダ州の中部で468 km²の排水区域内に約50の小規模処理場を統合し, 処理水量は24 MGD (90,840 m³/d), 設計水質はBOD: 230, COD: 425, SS: 250, TKN: 30, NH₃-N: 25, TP: 10mg/l, PH: 7.0であり, フロリダ州の旧水質基準はBOD: 15, SS: 15, TN: 7, TP: 7であるが, 新水質基準はBOD: 5, SS: 5, TN: 3, TP: 1, DO: 4以上である.

本処理場の断面フローを図-3に示す. 沈砂池, 初沈流過後, BOD除去と硝化円板体が9段, 19系列, 計

171軸, オートロール社の空気駆動式 Aerosurfを用いる. 前3段まで標準型, 4~9段は高密度円板体からなり, 1~4段でBOD除去し水量負荷は114.1 l/m²d, 5~9段で硝化を行ない水量負荷は65.2 l/m²dとなっている. 1~9段の円板接触槽は槽底が平底で流入1~3段, 4~5, 6~7, 8~9段で仕切られ, 前段での負荷を減ずる対策がとられている. 滞留接触時間は5.6時間で, 円板体は1.5rpmで直径3.6 mが回転している, 滞留時間3.06時間の中間沈殿池6池で汚泥除去と脱リンを行ない, メタノール添加後, 全水没回転円板脱窒槽で脱窒を行なう, 円板7段7軸6系列で合計42軸, 1軸の円板面積は9,579 m²で滞留時間は1.7時間である. 本脱窒槽の特色は槽の上部を密閉型とせず, 水面上に黒球(直径3インチ)185,000個が浮かべてあり, 日光の遮断と藻類の発生を防ぎ, 全水面積の8%は空隙があり, N₂ガスを大気中に放出できる. このような黒球の使用で建設後の維持管理は非常に容易となる. その外観を写真5に示す. 円板体の回転方向は1~6段が逆流方向, 最後段のみが順流方向で, 各段の仕切り板は底部と頂部が交互に空けてある. なお設計水量負荷は5.5 gpd/ft² (223.9 l/m²d)である.

脱窒槽流出水は混和池でバンド添加後, 自動逆洗砂ろ過(6池)を経て塩素滅菌槽(接触時間41分)にて

写真4 BOD除去、硝化円板群

滅菌され、3池の再曝気槽（エアレーター3基）で6 mg/ℓ以上のDOで放流される。各点での水質値は図-3中に示す通りである。

2.8 Union Sanitary District, Alverado Treatment Plant (5072 Benson Road, Union City, CALIFORNIA, CALIFORNIA, 94587)

サンフランシスコ湾の東南部に位置し、Newark, Fremont, Union の3市の旧下水処理場を統合したもので、1981年9月稼動開始、処理水量は20 MGD (75,700 m³/d), オートロール社の Aerosurf 10軸10段8系列、計80軸を使用し、すべて建屋内に収めてある。円板体は流入側から3段、3段、2段、2段を各々1池として仕切り板で分割している。処理水は約30km離れたサンフランシスコ湾、オークランド空港沖に直径2.5 mのパイプで放流している。Aerosurfのaircupは深さ6インチを1～6段、4インチを7～10段に使用、回転数は1.6 rpmであり、屋内稼動状況を写真6に示す。本処理場の使用電力は800 KWHであるが、現在300 KWHのメタンガス発電を行なっている。さらに本年度中には700 KWHのガス発電が可能となり、約90%の電力を自給できる。流入水質は、BOD、SSが250 mg/ℓ、流出水はBOD、SSとも15mg/ℓ以下となっている。NH₃-Nは大陸内部の河川、湖沼に放流する場合に規制があり、本処理場は海中放流のため規制なく、硝化まで考慮していない。

1990年までに処理水量は114,000 m³/dに拡張予定であり、米国西岸で本処理場は回転円板法としては最大のものである。¹⁰⁾

写真5

写真6

3. あとがき

今回の米国回転円板法水処理技術調査団に対して、種々御便宜を図って載いたオートロール社、およびクロー社と神鋼ファウダー社に感謝すると共に、訪問調査した8ヶ所とも、各処理場の場長自ら説明、論議下さった好意に対し誌上を借りて御礼申し上げます。

本文が今後、わが国の下水処理技術に対し参考になれば幸甚である。

参 考 文 献

- 1) 石黒政儀：欧州における回転円板法の現状，環境技術，第7巻9.11号，1978年9.11月，P P 22～28，PP 9～15.
- 2) 石黒政儀：北米における回転円板法の現状，第2回回転円板法研究シンポジウム論文集，環境技術研究会，1980年10月13.14日，P P 13～21.
- 3) 石黒政儀：米国における回転円板法の現状，環境技術，第7巻，第4号，P P 40～46，1978年4月
- 4) O.Hao and G.H. Hendricks：Rotating Biological Reactor Remove Nutrients, Water & Sewage Works. Vol.122, No.10, Oct 1975, PP 70～73, No.11 Nov. 1975, P P 48～50.
- 5) E.J. OPatken：EPA Research Program for RBC, First National Symposium on RBC Technology, Feb. 1980. Proceeding P P 27～30.
- 6) 石黒政儀：回転円板法の現状と展望，環境技術，第10巻，第12号，1981. 12. P P 37～46.
- 7) 石黒政儀：回転円板法の下水道への応用，水，第24巻第9号，通巻329号，1982年夏季増刊号，P P 12～17
- 8) C, F, Guarino et al：Operating Experience Surfact, 51st Annual WPCF Conference, Oct. 2, 1978, Uprating Activated - Sludge Plants Using Rotary Biological Contactors, Annual Conference of the Institute of Water Pollution Control, Paper No 8, 1979. 9, P P 1～15, and water Pollution Control, Vol. 79, No 2, June 1980, P P 255～271.
- 9) J. E. Alleman, J. A. Veil and J. T. Canaday：Scanning Electron Microscope evaluation of Rotating Biological Contactor Biofilm, Water Research, Vol. 16, No 5, May 1982. P P 543～550.
- 10) 岩井重久，楠本正康，石黒政儀共著：生物膜法，第4章回転円板法，産業用水調査会，1980年11月刊.

次 号 目 次 (10月号) (一部変更することもあります)

〔論 説〕

大規模海面埋立ごみ最終処分場計画に伴う諸問題

.....大阪湾広域臨海環境整備センター 藤 原 正 弘

〔国際情報〕

(第1回) 国際固定生物膜汚水処理会議に出席して

—米国オハイオ州にて開催—宮崎大学教授 石 黒 政 儀

〔行政情報〕

.....編 集 部

〔報 文〕

シャフト形曝気槽における酸素移動シミュレーション

.....(株)日立製作所 日立研究所 松 崎 晴 美

蛍光X線分析による環境水中のリンの定量.....姫路工業大学 安 積 敬 嗣

〔研究報告〕

近江八幡市の第一プラントの運転と維持管理費の削減について

.....近江八幡市生活環境部部长 川 端 正 喜

〔技術解説〕

ばい煙の公害対策に資する計算法知見補遺 (1)

.....元・神鋼ファウドラ(株)顧問 鈴 木 茂

〔特 集〕 環境アセスメントの最近の諸問題

1) 各地方公共団体における環境影響評価制度の特質と比較

.....山村法律事務所所長 山 村 恒 年

2) 各地方自治体におけるアセスメント実施状況

3) 社会的合意形成面からみた EIS 初期プロセスの課題

.....(株)フジミック環境総合研究所所長 青 山 貞 一

4) 環境アセスメント公聴会の現状と考察.....川崎市環境保全局長 松 本 秀 雄

5) 環境アセスメント報告書作成見積について

.....新日本気象海洋(株)常務取締役 田 畑 日出男