特集・内外の回転円板法に関する現況

国内・国外における回転円板法の現状と展望

石 黒 政 儀*

1. はしがき

環境技術研究会が1975年9月に回転円板法第1回セミナーを開催したが、これは毎年1回続けられ79年5月までに5回を数え、多くの成果を得ることができた。このセミナーは更に発展して、1979年11月の第1回回転円板法研究シンポジウムとなり、その内容は特別講演と回転円板法に関する基礎研究、調査、応用、設計施工、維持管理など多くの報文が提出され、わが国における回転円板法の研究開発、普及発展の原動力ともなって来た。今回の第7回回転円板法研究シンポジウムまでに提出された報文は112編、特別講演24編となっている。回転円板法に関連する国内、国外の現状や動向については、筆者が毎年、本研究シンポジウム、環境技術誌その他で報告して来たので、その歴史的発展過程を知る事ができる。本文では第6回回転円板法研究シンポジウムで述べた時点の84年10月以降より、85年10月まで1年間の動向をとりまとめて報告する。但し、一部は環境技術85年7月号で述べた以前のものも含まれる。また84年に米国EPAが発表したDesign Information on Rotating Biological Contactors および Proceedings of Second International Conference on Fixed-Film Biological Processes. の中から主要部分を紹介し、将来の展望についても述べる。

2. 日本における回転円板法実用普及面の現状と動向

日本最初の回転円板法実装置は1968年に宮崎県で稼動開始したが、現在では欧米との技術提携によるもの7社、日本独自の開発による円板メーカー15社以上に達し、世界中で最も円板体の種類が多い国となり、処理原水の水量水質と、要求処理水質に応じた円板体を

選定できるようになった。この事は回転円板法を初めとする生物膜法全体の、今後の発展と普及のためにも慶ばしい事である。

1972年より85年10月31日まで、14年間の日本における回転円板法実稼動処理場数と処理水量を各年、各社ごとに集計したものが表1である。同表から判るように本法は76年から急増し始め、85年10月末日現在で2,301処理場、675,000 m^3/d 以上の下廃水を処理するようになった。この処理場数は世界中で回転円板法が最も多く稼動しているのは、日本であるという事実を示している。なお、この数値は筆者が日本の各メーカーにアンケート方式で毎年調査して来たものであるが、未回収のメーカーもあったので、実質はこれ以上の処理場と処理水量とになるはずである。表1は円板稼動処理場数の多いメーカー順に列記してあるが、これより各社、各年の実績をも知る事ができる。

表2は1985年10月末日現在の稼動実績値の表1を基礎資料として、各処理場の処理水量ごとに分類集計したものである。2,301処理場のうちで処理水量100 m^3/d 以下が1,347処理施設で全体の約59%を占めており、500 m^3/d 以上が161処理場で約3.5%である。その最大は約70,000 m^3/d を処理する大阪府三ヶ牧農業用水浄水場の回転円板直径5.0mを用いた農業用水硝化国際第1号である。日本での円板処理場は、米国フィラデルフィア市、ノースイースト下水終末処理場の190MGD、すなわち720,000 m^3/d 、円板体280軸に較べると、未だ一処理場の規模では比較にならないが、今後は日本における下水道普及率の向上につれて、全体の処理水量も増加するであろう。但し、日本における下水道建設は大都市は殆んど終了し、今後は中小都市、さらに農山漁村下水道へと移行してゆくので、100,000 m^3/d 以下が増加して行く事は明らかである。

表3は表1の稼動実績を用い、処理原水の種類別に分類して処理水量と処理場数の%を表示したものである。

* 宮崎大学工学部 教授
Masayoshi ISHIGURO

表 1 回転円板法の各社各年実績表

No	会 社 名	処 理 場 数 (各年12月31日現在)													受 注						
		1972	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85/10	計	処理水量 (m^3/d)	数	合 計	総処理水量 (m^3/d)	
1	日本オートローラマ タック・エンジニアリング バスフィッシュ・エンジニアリング 栗田工業 積水化学工業 電業社 新明和工業 テクノユニバース 東レ・エンジニアリング ユニチカ 神鋼ファウドラ 昭和エンジニアリング 関根産業 旭エンジニアリング 松下精工 新潟鉄工 極水プランニング 三機工業 中道機械 明電 伊奈製陶 日本電銅管 九州電気工 オールドガ 中山環境 その他の	1	10	11	8	26	33	37	52	53	36	23	40	33	17	380	324,737	9	389	327,567	
2					4	17	32	34	49	57	53	46	27	16	6	341	53,865		341	53,865	
3						7	13	13	22	40	45	44	53	30	22	289	33,514	12	301	34,563	
4					2	36	32	36	29	14	16	2	5	1	2	175	23,104	1	176	23,134	
5							10	15	5	8	16	30	37	19	12	152	18,381	2	154	19,836	
6						2	2	11	14	24	20	14	16	19	8	134	91,196	4	134	91,723	
7						2	6	18	21	19	23	16	10	9	2	126	11,750	2	128	11,829	
8			3	8	8		16	21	5	7						68	16,668		68	16,668	
9				2	15	7	4	15	1	3	4		5	3	3	63	8,875		63	8,875	
10							1	3	8	9	8	7	6	9	5	62	13,400		62	13,400	
11										5	6	12	8	8	12	3	54	7,834	2	56	8,384
12				1	1		2	1	2	4	5	5	2	8	10	44	7,890	1	45	8,140	
13												5	15	11	7	42	2,507		42	2,507	
14					3	12	15	6	1	3	3					40	9,741		40	9,741	
15					1	1	7	9	7	2	5	1	1	1	2	36	4,014		36	4,014	
16					1	1	5	7	8	5	2	2			2	33	17,401	1	34	19,151	
17													2	4	10	8	24	5,626	1	25	5,926
18								1	3	2	5	4	3	1		19	2,219		19	2,219	
19										1	1	2	2	3	4	5	17	2,526		17	2,526
20								2	1			1	2	2	2	11	495		11	495	
21									2	1				1	5	11	460		11	460	
22										1	2			1	1	7	960		7	960	
23											2	1	3		2	6	1,506		6	1,506	
24												1	2	2	1	5	465	1	6	503	
25																5	1,900		5	1,900	
26						10	25	19	25	12	8	13	19	7	27	14	159	14,080		159	14,080
各 年 合 計		4	21	35	36	156	219	232	248	258	264	244	249	218	121	2,301	675,114	36	2,337	683,972	
累 計		4	25	60	96	252	471	703	951	1,209	1,473	1,713	1,962	2,180	2,301	2,301	675,114	2,337	2,337	683,972	

表2 処理水量別処理場数 (1985年10月31日現在)

処理水量 (m^3/d)	1～99	100～299	300～499	500～999	1,000～2,999	3,000～4,999	5,000～9,999	10,000～19,999	20,000～29,999	30,000～49,999	50,000～69,999
処理場数	1,347	641	152	82	54	9	5	6	2	1	2
累 計	1,347	1,988	2,140	2,222	2,276	2,285	2,290	2,296	2,298	2,299	2,301
%	58.5	86.4	92.8	96.6	98.9	99.2	99.5	99.7	99.8	99.9	100.0

表3 処理水種別分類表 (1985年10月31日現在)

No.	種別	項目	処理水量 (m^3/d)	%	処理場数	%
1	上水道原水硝化		33,900	5.0	2	0.1
2	農業用原水硝化		69,768	10.3	1	0.0
3	生活廃水系		338,292	50.1	1,267	55.0
4	食品廃水系		50,665	7.5	375	16.4
5	工場廃水系		138,148	20.5	347	15.1
6	清掃事業系		40,055	6.0	266	11.6
7	畜産廃水系		4,246	0.6	42	1.8
計			675,114	100.0	2,301	100.0

る。表3のNo.1は福岡県中間市の上水道原水の既設浄水場処理として1981年、および84年に2処理場で計33,900 m^3/d を処理稼動させた上水道原水硝化国際第1号である。上水道原水の汚濁化に伴なうトリハロメタン対策とも合致して、この種の回転円板硝化施設が今後、増加するものと思われる。No.2は前述の農業用稲作原水処理場で、淀川原水の悪化により、特にアンモニア性窒素による稲作障害対策として硝化を主体とするものである。本処理場については、No.1の唐戸浄水場(中間市)と共に後述する。

No.3の生活廃水系は約340,000 m^3/d を1,267処理場で処理し、全処理場数の55%を占めている。この中で公共下水道、特定環境保全公共下水道(自然保護と農山漁村)、特定公共下水道、地域し尿処理施設などが現在まで20処理場で稼動し、目下計画建設中が15処理場ある。さらに農林省所管の農村総合整備モデル事業(モデル事業)、農村基盤総合整備事業(ミニ総バ)、農業集落排水事業(集排事業)などで12処理場稼動し、目下計画建設中が10処理場ある。また水産庁漁業集落排水処理施設として3処理場が稼動中であるが、その代表処理場として本シンポジウムで江頭敬二氏の「玄海町鐘崎下水処理場の維持・管理」と題する報告があるので、それを参照されたい。生活廃水系には、その他、住宅団地の合併処理施設、し尿浄化槽、中水道、生活雑排水処理施設など、すべてのものが含まれている。なお、生活排水系の中で最大は徳島市中央下水浄化センターの63,300 m^3/d 、円板体64軸であるが、これについても後述する。

No.4の食品廃水系は給食、製パン、洗米、水産加工、食肉加工、味噌醤油製造、酒造、缶詰、漬物その他からなり、処理水量約50,000 m^3/d を375処理場で処理し、全体の16%を占めている。No.5は工場廃水系で、約140,000 m^3/d を347処理場で行っており、その処理水量は生活廃水系に次いで2位であるが、あらゆる種類の工場廃水に適用されている。その最大はパルプ工場廃水の20,000 m^3/d である。No.6は清掃事業系で塵芥廃棄物埋立場浸出水と塵芥焼却場廃水の処理が主であるが、特に前者は高濃度のアンモニア性窒素を含むため、無処理放流により全国各地でトラブルを起していたが、1976年に回転円板法による硝化、脱窒の国際第一号処理場を宮崎市で稼動させた結果(第6回回転円板法研究シンポジウム論文集、田坂敬一郎、押川伸一:宮崎市塵芥処理場における回転円板浸出汚水処理場の概要と実績を参照)、厚生省の認可の下に266処理場で約40,000 m^3/d を処理しており、今後も益々増加するものと思われる。No.7の畜産廃水系は養豚廃水が主体となっている。表3の処理水種別分類表の処理場数を、1979年6月末現在の実績値と比較すれば、生活廃水系が345処理場で3.9倍増、食品廃水系が195処理場で1.9倍増、工場廃水系が207処理場で1.6倍、清掃事業系が73処理場で3.6倍、畜産廃水系が24ヶ所で1.8倍増、全処理場数が844で現在は2.7倍増の2,301処理場である。これらの数値よりNo.3の生活廃水系とNo.6の清掃事業系廃水が、他の廃水系に比べ、この6年間に最も多く建設された事が判る。

3. 回転円板法をめぐる諸動向

3.1 小規模下水道計画・設計指針（案）

1983年6月に小規模下水道計画指針（案）を建設省は発表したが、これは81年度の検討結果に基づくものであった。本書は小規模下水道設計指針策定調査委員会（斉藤健次郎委員長）が81年度より83年度までに建設省より調査委託を受けた結果を、84年10月に発表し、日本下水道協会より公開をされたものである¹⁾。日本の下水道が大都市から地方都市、農山漁村部へと整備建設が移行してゆき、既存の大都市型と異なった下水道の計画設計を行うための指針である。全8章よりなっており、それらは小規模下水道の概説、対象地域の特徴、基本計画、管路施設、ポンプ場施設、処現場施設Ⅰ（水処理施設）、処現場施設Ⅱ（污泥処理施設）、処現場施設Ⅲ（計装施設等）である。第6章処現場施設Ⅰの第3節反応施設では標準活性污泥法、長時間エアレーション法、オキシデーションディッチ法、エアレーション沈殿池法、回分式活性污泥法、エアレーション酸化池法、標準散水汙床法、回転生物接触法、接触エアレーション法、れき間エアレーション法が記載説明され、回転円板法の設計は「下水道施設設計指針と解説」に従って行う事が明記されている。

3.2 生活雑排水対策マニュアル

環境庁では生活雑排水対策調査検討委員会（須藤隆一委員長）を設置して、1981年度から83年度までの3年間に亘って、生活雑排水に係る現行制度および地方自治体における対策の実態を調査し、検討を行って来た。このマニュアルは同委員会での検討結果に基づいて地方公共団体での対策推進を図る時の参考としてまとめられている⁴³⁾。本マニュアルは第1章生活雑排水対策の必要性、第2章生活雑排水対策、第3章施設計画および参考資料として(1)ケーススタディー、(2)生活雑排水処理施設設置事例、(3)雑排水処理システムの費用検討からなっている。処理方式に関し生活雑排水合併共同処理システムとして標準活性污泥法、長時間曝気法、回転円板法および接触曝気法。雑排水専用共同処理システムとして長時間曝気部、回転円板法および接触曝気法。個別処理システムとして回転円板法、接触曝気法および土壌浸透法があげられ、それぞれの性能比較、処理システムの選定調査および選定が述べられている。施設計画として本指導指針運用上の留意点、計画諸元、管路施設、水処理施設（計画汚水量、ユニットプロセス設計条件）。さらに污泥処理施設、維持

管理からなっている。参考資料として(1)のケーススタディーは地域特性に応じた生活雑排水処理システムの選定時における経済性の評価検討、(2)生活雑排水処理施設の設置事例、(3)雑排水処理システムの費用検討として個別処理と共同処理システムが例示してある。この雑排水対策に関連しては83年11月の第5回回転円板法研究シンポジウムにて、須藤隆一氏より「生活雑排水処理における回転円板法」と題する特別講演で詳述されているので、それを参照されたい。

3.3 大阪府三ヶ牧農業用水硝化処理場の供用開始

大阪府茨木市三ヶ牧浄水機場は淀川原水の汚濁による稲作の成育被害除去と農業生産環境の改善を図るため、84年度中に最大処理水量 $69,768 \text{ m}^3/\text{d}$ を円板直径5.0m、軸長8.5m、1軸3分割、円板表面積 $13,764 \text{ m}^2/\text{軸}$ 、円板表面平板、計12軸、円板水量負荷 $600 \text{ l}/\text{m}^2 \text{ d}$ 、ケルダール窒素負荷 $1.3 \text{ g}/\text{m}^2 \text{ d}$ 、円板周辺速度 $27 \text{ m}/\text{min}$ 、反応滞留時間20分の基本設計値で建設完了し、85年3月より稼動を開始した。本処理場は稲作対策が主体であるため、年間稼動期間は水稻植付後から刈取までである。その稼動実績等は改めて報告されるであろう。なお84年12月の第6回回転円板法研究シンポジウムにて、家根本欣治氏より「直径5.0mの円板体を用いた三ヶ牧農業用水浄化施設の概要」と題する特別講演があり、同処理場の見学会も行われた^{15) 101)}。

3.4 徳島市中央下水浄化センターの完成

日本の公共下水道終末処理場で、回転円板法を用いる最大規模の $63,300 \text{ m}^3/\text{d}$ を処理する徳島市中央下水浄化センターが、その第二期工事を85年3月末日に完了した。円板体直径3.6mで全円板軸数は4軸4段16系列の64軸である、第一期工事は処理下水水量、円板軸数とも全体の $\frac{1}{2}$ を80年9月に完了していたが、82年10月に徳島市で開催された第4回回転円板法研究シンポジウムで、兼間昇氏の「徳島市中央下水浄化センターにおける回転円板法の運転稼動状況」特別講演があり、同浄化センターの見学会も行われた。今回の第二期工事は83年より開始され、特に回転円板体の後部に移床式上向流連続砂浜過8池が設置され微細SSを除去している。本処理場については本号にて山城敏男氏より「徳島市中央下水浄化センターにおける回転円板法建設完成の経過と稼動実績」の報文にて詳述されているので、それを参照されたい。

3.5 福岡県中間市唐戸浄水場の回転円板法前処理

上水道原水の悪化による浄水施設対策として、特にアンモニア性窒素の除去を主たる目的とした回転円板

法処理施設の国際第一号は中間市西部浄水場で処理水量 $14,200\text{ m}^3/\text{d}$ を円板2軸2段、3系列6軸にて厚生省の認可を得て81年6月に稼動開始した。更に同市では遠賀川表流水を原水とする唐戸浄水場の $19,700\text{ m}^3/\text{d}$ の前処理として円板体4軸4段2系列、8軸を用いる施設が84年4月に完成し、供用を開始したが、年間70%以上の硝化率が得られている。なお新設された唐戸浄水場については、本号にて小林証明氏の「唐戸浄水場前処理としての回転円板生物処理」と題する報文があるので、それを参照されたし。

3.6 土木学会衛生工学講習会と回転円板処理場見学会

85年8月29日、30日に土木学会西部支部主催の衛生工学講習会が宮崎市で開催された。この講習会の主題は中小規模下水道の設計と建設であったためか、受講定員100名を大幅に越えて200名の受講者があり、特に下水道建設未着工町村からの受講者が多かった。講師は9名で後述の論文、報告一覧のNo.70)～No.76)であるが建設省下水道部中本至部長、農林水産省末松雄祐室長、通産省産業機械課井上邦夫課長補佐、厚生省環境整備課三本木徹補佐らによる、各省の下水排水処理建設と対策が述べられた。また筆者の「回転円板法による下水処理」⁷⁰⁾について「宮崎県佐土原町第4光ヶ丘団地、回転円板法地域し尿処理施設の概要と現状」⁷⁵⁾および「宮崎市木花終末処理場(回転円板法)の概要と現状」が報告された。講習会第2日目に見学会が行われたが、佐土原町第4光ヶ丘、地域し尿処理施設は厚生省認可回転円板法第1号であり処理水量 $1,000\text{ m}^3/\text{d}$ 、宮崎市木花処理場は回転円板法による公共下水道終末処理場として九州最初のものである。なお、この木花処理場については本号にて押川俊男氏の報文があるので、それを参照してもらいたい。

3.7 回転円板法の研究・開発・指導のための招聘訪韓

韓国科学技術庁の韓国科学技術高等研究所(Korea Advanced Institute of Science & Technology: KAIST)より「回転円板法による水処理技術の研究開発指導」の名目で筆者は招聘を受け、85年6月10日より25日まで訪韓した。KAISTの中の一部門である土木環境工学研究室および同大学院での回転円板法に関する講義、実験装置の作製、実験手順などを行ったが、殆どの方が回転円板法を余り知らなかった。この滞在中にソウル大学工学部土木工学科および環境保全研究所を3回訪問したが、同大では「回転

円板法の原理、応用、事例」の特別講義を行った。麗水市で開催された環境保全セミナーでの「回転円板法利用産業廃水処理」。大邱市嶺南大学工学部土木工学科、都市工学科、環境工学科の教官、院生を対象とした回転円板法の特別講義。蔚山市水道拡張計画に伴う前処理としての回転円板法硝化处理施設の提言、パルプ工場廃液処理。さらに、KAIST大学院での韓国土木学会、韓国水質汚濁研究協会共催による回転円板法特別講演での、熱心な聴講と質疑では本法が日本で2,200処理場も急速に普及した理由、食糧生産に係わる農業用水の硝化、上水道原水の硝化など多くの問題が出された。この訪韓については環境技術誌上の拙文を参照して戴きたい⁸⁴⁾。訪韓中に相談を受けたパルプ工場廃液 $5,200\text{ m}^3/\text{d}$ に対し、直径5.0mの円板体4軸を用いて処理すべく、目下建設進行中で86年4月には稼動を開始する予定である。韓国の下水道普及率は8%といわれ、目下稼動中の回転円板法は末だ2処理場にすぎないが、省エネルギーで維持管理容易という特長を生かしつつ、本法が研究、開発され普及して行く事を期待している。

3.8 国際水質汚濁研究協会第1回アジア会議

IAWPRCとJAWPRCとの共催によるFirst Asian Conference. Treatment, Disposal and Management of Human Wastes. が85年9月30日から10月4日東京都建築会館ホールで開かれた。この研究会議では85編の発表が行われたが、この中で回転円板法に関連するものが6編含まれていた⁸⁸⁾～⁹³⁾日本からは合田健氏が日本における家庭污水处理発展の概要と新しい理念と題し、1980年から83年まで日本の10,000人以下の合併処理施設数や下水処理場数などを処理方式別に分類し、その傾向などについて述べられた⁸⁹⁾。石黒らは回転円板法による塵芥埋立場の浸出水処理⁹²⁾。山本らは回転円板法の物質移動によるスケールアップの問題⁹³⁾を提示した。ノルウェー国のA.S. Eikumは北欧における腐敗槽処理の現状の中で、し尿腐敗槽流出水を都市下水と混合して回転円板法で処理すればCOD $80\text{ g}/\text{m}^3\text{ d}$ 、 14.5°C で85%COD除去率が得られると報告した⁸⁸⁾。台湾からは台中市逢甲大学(Taichung, Feng Chia University) P.S. Chung教授(張柏成)が台湾での回転円板法の性能と題して、円板直径80cm、2段にて実験し、 $10\text{ g}/\text{m}^3\text{ d}$ のBOD負荷でBODと $\text{NH}_4\text{-N}$ 90%除去可能で、反応時間は3時間で充分であると報告⁹⁰⁾、なおChung教授は西独スツットガルト工科大学に長年留学され、同

大学で回転円板法の研究にて博士号取得後、帰国された。中歴市中央大学 (Chung Li, Central University) O.T.Ouyang 教授 (歐陽嶸暉) は台湾における都市下水の生物処理施設の特性と題し、回転円板法、散水汙床法、オキシデーションディッチの実動 3 処理場の処理性能を追跡調査して、原水 BOD が $110 \sim 150 \text{ mg/l}$ 、円板直径 3.75 m の円板 4 段で、HRT が $0.7 \sim 1.8$ 時間、BOD 負荷 $7.3 \sim 19.8 \text{ g/m}^2 \text{ d}$ で除去率 $83 \sim 89\%$ が得られており、3 者の中で回転円板法が最も処理効率が良いと報告された⁹¹⁾。なお台湾では現在、約 30ヶ所で回転円板法が稼働しているとの事である。このように台湾の各大学で、回転円板法の研究が行われ初めた事は、アジア全体から見ても非常に喜ばしい事である。

3.9 中国における回転円板法の現況

中華人民共和国では日本の下水道設計指針に相当する「室外排水工程设计規定」があり、その増補改訂が行われた。約 100 名の改訂委員会委員により 1985 年 9 月に回転円板法「生物転盤法」が正式にとり入れられた。この規定中の生物転盤法は同済大学環境工程系の邓培德教授が担当し、拙著生物膜法第 4 章回転円板法を参考にしたとの連絡があった。また邓教授の研究室では 81 年より筆者との文通により、回転円板法の研究を行っており、空気駆動式円板体：「気働式生物転盤法」の直径 3.0 m を製作して実験継続中である。さらに淮陰市都市下水 $4,000 \text{ m}^3/\text{d}$ に対して円板面積 $1,500 \text{ m}^2/\text{軸}$ の円板体、4 軸 4 段 8 系列、計 32 軸を用いる処理場が目下建設中である (同済大学邓教授からの私信による)。

4. 米国における回転円板法に関する調査、研究報告

4.1 Second International Conference on Fixed-Film Biological Processes.

この第 2 回国際会議については、第 6 回回転円板研究シンポジウム¹⁴⁾、環境技術誌⁶⁶⁾でその一部を紹介したが、本国際会議での提出論文は 84 編 (日本より 6 編) で、回転円板法に関するものが 54 編を占めて、15 session からなっている¹¹⁾。その中の Session 8 は Report from EPA on Columbus RBC Research Project で次の 5 部からなる、(1) Columbus RBC Research Project Utility Manager's Viewpoint. (2) The Columbus RBC Research Project : Experimental, Objectives, Design,

Plant Modifications and Operation. (3) The Columbus, Indiana RBC Research Project : Sampling, Monitoring and Laboratory Support. (4) Preliminary Evaluation of Microbiology of the Columbus RBC Facility. (5) Comparison of RBC Treatment Performance between the Conventional (Hydraulic) and An Alternative (Organic) flow Configuration. この Columbus 処理場は 1977 年に 8 軸 8 段 10 系列、計 80 軸の円板体で $47,300 \text{ m}^2/\text{d}$ の下水を処理するため建設されたが、流入下水量が計画値に達せず、その 2 系列 16 軸を用いて、EPA、コロンバス市、インディアナ大学が共同研究を行ったものである。設計水質は流入 BOD、SS : $140 \sim 180$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$: $15 \sim 20$ 、流出 BOD、SS : 10 以下、 $\text{NH}_3\text{-N}$: 3 (夏期) $\sim$ 5 (冬期) mg/l である。本調査研究で用いられた 2 系列は、水量負荷系列として 8 軸 8 段直列で全段が等水量負荷を受ける。有機物負荷系列は 8 軸 4 段とし第 1 段が 4 軸平列、第 2 段 2 軸平列、3 段と 4 段は各 1 軸とし、第 1 段は各軸 25% 第 2 段は各軸 50% づつの全水量負荷となり、3 段までは各軸の有機物負荷が均等に近くなっている。ここで重視されたのは負荷変動および水量負荷と有機物負荷の性能比較である。結論と要点は、(1) 水量増減による処理水 BOD 濃度は、計画水量の 2 倍まで上げて 10 mg/l 以下が得られる。(2) BOD は最初の 1 時間で 10 mg/l 、2 時間で 5 mg/l の濃度が得られ短時間高浄化処理法である。(3) 水量負荷と有機物負荷の相違 : 有機物負荷は全段に亘って均等値負荷がかけられ、生物膜厚も薄く必要酸素量も少なくて済み、水量負荷よりも有利である。特に第 1 段では EPA 指針の最大有機物負荷量を越すことがなく、更に高い負荷がかけられ、有機物負荷量で設計する方が多くの利点を有する、と結論づけている。

4.2 Design Information on Rotating Biological Contactors

EPA が 1979 年より 5 年の歳月をかけ、米国内の下水処理稼働実施施設を追跡調査した結果を 1984 年 6 月に発刊 (全 175 頁)、84 年 9 月には本報告の要約 Summary of Design Information on Rotating Biological Contactors (全 47 頁) および RBC's Checklist for a Trouble-Free Facility. を発刊した。ここでは、これらの中から計画設計に関する重要項目を列記する^{(2)~(4)}。

(1) 回転円板法設計上、最も注意すべき点は第 1 段円

の能力低下, 悪臭発生など運転管理上の問題をひき起す。

- (2) (1)の負荷以内であれば生物膜厚は2.5mm以上にならない。設計時に最大生物膜厚での軸支持力, 過剰生物膜剥離能力性, 安全性をも充分調査しておくこと。
- (3) 過剰生物膜除去法として空気, 水吹付け, 薬品添加, 回転数変化, 逆回転などを考慮しておくこと。
- (4) 特別条件以外では高密度円板体を第1段に使用せず, 適切な設計値で後段に使用し円板体形状も考慮せよ。
- (5) 処理効率を効果的にするため, 最初沈殿池または細目スクリーンを円板体前部に設置すること。
- (6) 原水中に高濃度の硫化水素が混入しているとトラブル発生原因となるので, 適切な前処理装置を考慮せよ。
- (7) 定期的の高負荷がある場合は, 一般に補助曝気装置を設置しておくこと。
- (8) 平均流量に対して2.5倍以下の場合は設計に平均値を用いてよいが, それ以上の流量がある場合は流量調整槽を設置すること。
- (9) 運転中の適切な対応策として, 次の1つ又は2つ以上を具備すべきである。①円板体の1段, 2段目の回転速度を可変とする。②複数の処理系列とする。③全円板間(各段数間)に取り除き可能な間仕切を取り付け, 仕切り板を固着しないこと。④各段または全段を通じて逆流処理可能としておくこと。⑤確実な制御を行うため, 流入分配の変更可能, 各段への分注方式(ステップ注入)を考慮する。⑥各段に補助曝気または空気駆動式円板体を用い空気混入を考える。⑦最終沈殿池流出水の循環使用, などである。
- (10) 円板体の雨雪風や日光防除のためのカバー設計では, 通気孔を有し, 円板体や機械装置への接近, 取り替えベアリングの湿気防除などが容易に行えるスペースを有し, 耐久性のあるカバー材質を用いること。
- (11) 円板体を建屋内に設置する場合には, ①一般換気に加えて円板法での必要酸素消費量の換気, ②湿度制御③中心軸や円板体メディアの移設とり替え, ④必要ならば加温装置, などを考慮しておくこと。
- (12) 停電などによる円板体運転停止時対策として, 円板洗浄装置や槽内水の排除設備を考慮しておくこと。
- (13) 最終沈殿池の代替としてスクリーン, ストレーナ

板の有機物負荷量であり, 次の値以上のBOD負荷をかけてはならない。すなわち $30 \sim 40 \text{ g} \cdot \text{BOD}_5 / \text{m}^2 \cdot \text{d}$ または $13 \sim 20 \text{ g} \cdot \text{BOD}_5 / \text{m}^2 \cdot \text{d}$, これ以上の負荷では生物膜厚が大となり, 処理施設全体一などの固液分離装置との組合せを考慮すること。

5. 研究開発の現状と動向

1984年10月より85年10月までに発表された回転円板法に関する論文, 報告等は, 末尾に一覧として年月順に掲載した通りである。しかし, これらは筆者の手許にある報文情報のみでも100編に達している。

下水道協会誌の小規模下水道特集: 日本下水道建設事業が今後は小規模下水道を主体とするための特集号で, 回転円板法の事例報告として田沢湖特定環境保全公共下水道($2,400 \text{ m}^3 / \text{d}$)⁶⁾。新潟県湯之谷村下水道施設の特環自然保護大湯処理区・大湯浄化センター($1,350 \text{ m}^3 / \text{d}$), 4段2系列8軸の円板処理施設⁷⁾。および長野県茅野市白樺湖の特環自然保護公共下水道の一期計画($4,000 \text{ m}^3 / \text{d}$) 4段2系列(全体計画は $8,000 \text{ m}^3 / \text{d}$ で4系列)が81年3月供用開始してからの維持管理, 今後の課題などが報告されている⁸⁾。公害と対策が臨時増刊として小規模排水処理ガイドを組み, 通産省の小規模分散型排水処理システムの解説⁹⁾。下水道事業団の小規模排水処理など設計上の課題¹⁰⁾。について回転円板処理の事例として熊本県宮原町宮原浄化センター(特環農村)での80年に下水水量 $200 \text{ m}^3 / \text{d}$ で供用開始し, 当初円板体1軸から毎年1軸ずつ流入量増加と共に増設し, 4軸4段1系殊 $1,200 \text{ m}^3 / \text{d}$ の現在までに至る経過などが詳述してある¹¹⁾。群馬県榛名町沼ノ原浄化センター特環自然($1,000 \text{ m}^3 / \text{d}$)円板4軸の81年完成以来の反省点の報告がなされている¹²⁾。資料として各種小規模排水処理法が円板法を含め15種類に分けて解説されている¹³⁾。

第6回回転円板法研究シンポジウム: 84年12月6, 7日に大阪市で開催し, 特別講演4編と10編の研究発表が行われ, 第2日は茨木市三ヶ牧農業用水浄水場の見学会を行った^{14)~27)}。特別講演として筆者の「回転円板法の現状と展望」は83年9月より84年10月までの日本における実用普及面の現状と動向, 円板法をめぐる諸動向, 研究開発の現状と動向などについて述べた¹⁴⁾。大阪府農林部耕地課根本欣治氏の「直径5.0 mの円板体を用いた三ヶ牧農業用水浄化施設の概要」¹⁵⁾は本事業の概要, 農業用水質浄化の考え方, 浄水機場フローシート, 回転円板装置の設計諸元などを詳述さ

れ、低濃度原水の大水量処理という世界最初の間転円板処理施設の建設は極めて貴重な講演であり、その翌日の現地見学会でも活発な質疑応答が行われた。建設省下水道部下水道企画課建設専門官松井大悟氏の「スクリーン法による下水固液分離の技術評価」¹⁶⁾は最初沈殿池や最終沈殿池と同程度の処理水質が得られ、維持管理容易、十分な耐久性を持ち経済的である事を条件として、スクリーン法の技術評価が行われ、その制度と評価結果を述べられた。最初沈殿池の代替スクリーンとして7社、最終沈殿池の代替として5社が認可され、それぞれの特長と構造の説明があったが、間転円板法と認可スクリーンを併用する事によって、処理場敷地面積の縮小と処理水質の向上が行われる。建設省下水道部長中本至氏の「最近の中小規模下水道対策と間転円板法」¹⁷⁾⁶⁶⁾は日本の下水道事業の概要、小規模下水道計画指針と設計指針、日本の下水処理方式別の処理場数を年度別に表示され、間転円板法の評価についても詳述された。加藤は間転円板での酸素供給と処理能力に関して物質移動現象から硝化作用でのDO供給を論じ¹⁸⁾、増田らは硝化部脱窒の浄化機構について報告し¹⁹⁾⁸⁵⁾川畑らは間転円板法を嫌気性メタン消化を利用して低濃度下水への実験報告をした²⁰⁾。金子らは浄水場の前処理として円板を用いた硝化について中間市実装置、玉川浄水場実験の結果を使い硝化計算式を提示²¹⁾、竹口らは嫌気性メタン発酵の間転円板を、みかん缶詰工場濃厚廃水へ適用した実験結果を報告²²⁾、山田は大阪府にて、淀川表流水を原水とした上水原水の硝化実験を詳細に報告し、間転円板法が極めて有効との結論を得た²³⁾、大塚らは最終沈殿池の代替スクリーンとしてマイクロストレーナーを用いた実験結果として、沈殿池を上回る成績が得られる事を報告²⁴⁾、浅井らは近年注目されているステーラーマチック間転曝気法による養豚場廃水(BOD約4,000mg/ℓ)処理結果が極めて良好であると報告²⁵⁾、西島は寒冷地事例として、最低月平均気温-11.6℃、流入水温4.3℃の上湧別町においても設計放流水BODの60mg/ℓが得られる事を報告²⁶⁾、田坂らは硝化、脱窒円板処理場の国際第一号である、宮崎市塵芥埋立場浸出処理の過去4年間の実績数値を示し、設計条件以下の処理水質が安定して得られていると報告した²⁷⁾。

土木学会西部支部研究発表会：宮崎大学、鹿児島高専より硝化部脱窒の都市下水での研究、硝化反応速度と酸素浸入深さ、水質変化と生物相、固液分離、メタン発酵の都市下水および焼酎廃液処理への応用など9

編が発表されている^{32)~40)}。

第19回水質汚濁学会講演会と生物膜技術研究討論会：金子らの間転円板での生物膜の増殖収率、自己酸化係数および生物膜と同時に槽内浮遊微生物の評価⁴⁴⁾、大川らは難分解性成分とNH₃-N濃度の高い石油コンビナート工場廃水に対して生物相、BOD除去、硝化および脱窒を検討し、本法の適用性が高い事を確認した⁴⁵⁾。同学会の生物膜法研究委員会主催による「生物膜法の処理機能をめぐる諸問題」が開催され、合田は生物膜法の生活系汚水処理への最近の進出普及ぶりを実績値より紹介して、浄化槽、下水道終末処理場、農村集落排水処理場などでの各処理方式の特性傾向を述べた⁴⁶⁾、渡辺は溶解性物質と懸濁粒子の挙動をBio-film Kineticsの適用で解析し、処理水の白濁化に対しても円板上の微細突起が物質移動を促進し、イムホフ槽併用で固液分離性が高い事などを報告⁴⁷⁾、稲森らは生物膜法での微生物学的特徴を述べ微小動物の役割を解説し、今後の課題として微小動物の異常増殖、嫌気好気性の共存、生物膜強制剥離、嫌気生物膜生物相などを述べた⁴⁸⁾。

第36回全国水道研究発表会：河相は大阪府水道部で330,000m³/dの北部浄水施設計画に対し、淀川原水悪化に伴う浄水前処理として、昭和57年度より間転円板法とハニコム法の実験を行っているが、ここでは主にNH₃-Nの硝化特性が述べられ、結論として硝化、BOD、界面活性剤、マンガン、一般細菌、大腸菌、かび臭物質の除去に極めて有効である⁵⁵⁾。なおこの実験結果は水道協会誌に20頁に亘り詳細報告されている⁸²⁾。浜口らは同じく、上水原水中のアンモニア性窒素の除去として間転円筒槽を用いた実験結果を報告している⁵⁶⁾。

第22回下水道研究発表会：田辺らは「間転円板付活性汚泥法における下水の窒素リンの同時除去」の第3報を報告し⁵⁷⁾、この実験は福岡市で昭和56年度より開始され、嫌気脱窒槽、間転板付活性汚泥槽の循環方式をとり、活性汚泥法では難しい硝化を間転円板法で安定して継続でき注目されているが、BOD、窒素、リンが同時に効率よく除去されている。東京都の奥野らは「ハイブリッド生物処理法による窒素リンの同時除去」と題して嫌気槽、脱窒槽、間転円板付活性汚泥槽と循環方式で福岡市の方法と類似しているが、1年間の実験結果を報告し、BOD90%、窒素60%、全リン70%の除去率を得、硝化の促進とリン除去の運転方法が相反するというA₂O法の矛盾点解決法として期

待される⁵⁸⁾。山口らは回転円板法と接触ろ床法を用い、基質除去能力を報告⁵⁹⁾、島村らは回転円板処理水のマイクロストレーナーによる固液分離の実験を報告⁶⁰⁾、若山らは回転円板法と畜場廃水の除害施設として稼働させ、原水BOD1,000mg/ℓ前後が90%除去できると報告した⁶¹⁾。

土木学会第40回年次講演会：西留らは円板付着生物の活性度と基質除去速度を検討し、有機物濃度が高いと膜表面近傍では他栄養性細菌、深部では硝化菌活性度が高く、他栄養性細菌が優占種となり、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が高く有機物が少ないと硝化菌の量と活性度は高くなると報告⁷⁷⁾、高松らは都市下水にメタン発酵回転円板法を適用し、35℃の水温HRT3時間でTOC90%、20℃HRT9時間で80%除去率が得られ、更に無加温処理の実験を継続中と報告⁷⁸⁾、増田らは都市下水を用い硝化脱窒同時反応による窒素除去率と硝化脱窒同時反応に及ぼす気相酸素分圧、円板回転速度の影響について報告⁷⁹⁾、黒田らはメタン菌の付着量が材質によってどのように異なるかを実験検討し、炭素板(多孔質で孔径小)、セラミックスの順に付着量が多いと報告⁸⁰⁾。

西口は汚水中のリン除去法として回転円板の材質に鉄板を用い90%以上の除去率を得ている⁵³⁾、これは鉄イオンとリン酸イオンが結合して難溶性のリン酸鉄を形成し、沈殿除去される為と報告している。回転円板法の既設各処理場の概要と運転実績が各誌に掲載されている、すなわち田沢湖町⁶⁾、湯之谷村⁷⁾、白樺湖⁸⁾、宮之原町¹¹⁾、榛名市¹²⁾、三ヶ牧¹⁵⁾⁸⁷⁾、中間市²¹⁾⁸¹⁾、上湧別町²⁶⁾、萩の台²⁷⁾、日本テレビ³⁰⁾、山形市³¹⁾、弥彦村⁴¹⁾、桐生市⁴²⁾、長野県⁵¹⁾、徳島市⁵³⁾、阪神畜産⁶⁹⁾、佐土原町⁷⁵⁾、宮崎市⁷⁶⁾などで今後の参考に供される。下水道協会誌が下水の嫌気性処理特集号を85年8月号に組んだが、これには須藤氏がメタン発酵法の概説を述べ⁶⁷⁾、筆者が回転円板法による下水の嫌気性処理として脱窒とメタン発酵を述べている⁶⁸⁾。

6. あとがき

本文では最近1年間における回転円板法の現状と展望について述べたが、日本における回転円板法の稼働処理場数は1985年10月末日現在で2,301ヶ所以上となり、世界中で最も処理場数の多い国となった。今後は中小都市下水道、農山漁村下水道、上水道原水硝化、農業用水硝化、各種産業廃水処理などに増々普及発展して行く事を期待したい。本文で紹介した米国E

PAの回転円板法調査設計指針の中で、回転円板第1段目BOD面積負荷限界値： $30 \sim 40 \text{ g} \cdot \text{BOD} / \text{m}^2 \cdot \text{d}$ は極めて重要な意義を持っている。すなわち回転円板法設計手法の合理化、簡略化、円板軸数の減少、運転稼働時の耐久安全性などであり、さらに尿尿浄化槽構造基準に決められている $5 \text{ g} \cdot \text{BOD} / \text{m}^2 \cdot \text{d}$ の再検討であろう。本法によるBOD除去、硝化、脱窒については多くの実施設を建設稼働させて来たが、本法の有する多くの特長を生かしつつ、他の処理法との併用法も大いに研究開発させるべきである。

最後に本文執筆に当たって、回転円板法納入実績調査に、快く御協力戴いた回転円板法水処理各社、特に環境技術研究会回転円板法水処理部会の会員諸氏に対し部会長として感謝致します。

回転円板法に関する論文・報告等一覧

(1984年10月～1985年10月)

- 1) 小規模下水道計画・設計指針(案)、小規模下水道の設計指針策定に関する調査報告書、日本下水道協会1984年10月刊。
- 2) 松下征雄：処理処分に関する民間との共同研究について、月刊下水道、Vol. 7 No.13. 1984年10月、PP56～60。
- 3) 中小企業庁、中小企業公害防止エネルギー利用改善事例：みかん缶詰排水のメタン発酵法処理、産業公害Vol.20, No.11, 1984. 11, PP60～64。
- 4) 茅原一之、片桐守雄、浅井信宏、関実、辻村征紀、鈴木基之：家庭排水処理システムの選定における人口密度と最適規模、用水と廃水、Vol.26, No.11, 1984. 11, PP10～16。
- 5) 藤本修：スクリーン法による下水の固液分離法の開発について、月刊下水道、Vol. 7, No.14, 1984. 11. PP62～74。
- 6) 太田聡：田沢湖町における下水道、小規模下水道特集、下水道協会誌、Vol.21, No.247, 1984. 12. PP87～90。
- 7) 星翼：湯之谷村における下水道、同上、PP91～97。
- 8) 河西保明：茅野市(白樺湖)における下水道、同上、PP98～101。
- 9) 桜井孝：小規模分散型排水処理システムの開発、定住圏用排水処理機械システム開発から、公害と対策、1984年12月号臨時増刊号、PP27～32。
- 10) 菊池正直：小規模排水処理、汚泥処理施設の設計上の課題、同上、PP33～35。
- 11) 江崎悟、甲斐貴裕：回転円板式排水処理の実例一熊本県宮原町における事例一、同上、PP58～65。
- 12) 木暮勉：回転円板式排水処理と特環下水道一群馬県榛名市の事例一、同上、PP66～69。
- 13) 下水道事業団技術開発部：各種小規模排水処理法の解説、同上、PP89～101。
- 14) 石黒政儀：回転円板法の現状と展望、第6回回転円板法研究シンポジウム論文集、環境技術研究会、1984. 12. 6. PP1～10。

- 15) 家根本欣治：直径5.0mの円板体を用いた三ヶ牧農業用水浄化施設の概要，同上，PP11～15.
- 16) 松井大悟：スクリーン法による下水固液分離の技術評価，同上，PP16～25.
- 17) 中本 至：最近の中小規模下水道対策と回転円板法，同上，PP26～32.
- 18) 加藤善盛：回転円板法の酸素供給と処理能力，同上，PP33～38.
- 19) 増田純雄，渡辺義公，石黒政儀：回転円板法における硝化部脱窒の浄化機構に関する基礎的研究，同上，PP39～43.
- 20) 川畑正二，高松一久，石黒政儀：回転円板法による都市下水のメタン発酵処理に関する研究，同上，PP44～47.
- 21) 金子欣司，大嶋 良，中畑繁夫，牧野伸明：回転円板法による浄水効果と運転実施例，同上，PP48～51.
- 22) 竹口克也，中 光久，団 泰司：回転円板法による嫌気性へのアプローチ，同上，PP52～54.
- 23) 山田正嗣：回転円板法による上水原水の浄化実験，同上，PP55～59.
- 24) 大塚有喜男，村上和章：回転円板処理水のスクリーン法による処理，同上，PP60～63.
- 25) 浅井敏文 伊藤 勲：ステアラーマチックによる養豚場汚水処理について（2），同上，PP64～67.
- 26) 西島正記：寒冷地における回転円板法使用の事例報告（その2），同上，PP68～70.
- 27) 田坂敬一郎，押川伸一：宮崎市界処理場における回転円板浸出汚水処理の概要と実績，同上，PP71～74.
- 28) 門松 武，松浦茂樹：水質と水資源政策，用水と廃水，Vol.27, No. 1. 1985. 1. PP13～22.
- 29) 山村尊房：水道水質問題と水質保全，同上，PP23～27.
- 30) 稲森悠平：日本テレビ北本館排水再利用施設，同上，PP80～83.
- 31) 武田憲一：山形市流通センター処理場の概要，下水道協会誌，Vol.22, No.248. 1985. 1. PP110～118.
- 32) 杉田淳一郎，宮川幸子，渡辺義公，増田純雄：硝化脱窒同時反応による都市下水処理に関する研究，土木学会西部支部研究発表会講演集，1985. 2. PP198～199.
- 33) 西留 清，森山克美，中久俊俊郎：シュミレーションによる生物膜内の硝化反応速度と酸素浸入深さの検討，同上，PP222～223.
- 34) 西留 清，森山克美，外村雅生：回転円板法における水質変化と付着生物相に関する一考案，同上，PP224～225.
- 35) 西留 清，森山克美，中島昭美：回転円板法における固液分離について，同上，PP226～227.
- 36) 斉藤幸男，久寿木康二，男鹿剛彦，渡辺義公：回転円板法の物質移動および固液分離特性，同上，PP228～229.
- 37) 石黒政儀，渡辺義公，増田純雄，平島充治：回転円板法によるメタン発酵過程の基礎的研究，同上，PP230～231.
- 38) 川畑正二，高松一久，増田純雄，石黒政儀：回転円板法による都市下水のメタン発酵処理に関する研究（2），同上，PP232～233.
- 39) 高松一久，川畑正二，増田純雄，石黒政儀：回転円板法による都市下水のメタン発酵処理に関する研究（3），同上，PP234～235.
- 40) 増井順一，ガミニデイサイナヤケ，渡辺義公，増田純雄：焼酎廃液のメタン発酵に関する研究，同上，PP236～237.
- 41) 渡辺富衛：弥彦村弥彦終末処理場の概要，下水道協会誌，Vol.22, No.250. 1985. 3. PP115～119.
- 42) 辻 幸男，大下紀男，大野栄一：埋立地浸出汚水の高高度処理，PPM, Vol.16, No. 3. 1985. 3. PP22～29.
- 43) 環境庁水質保全局水質規制課：生活雑排水対策マニュアル，1985. 3月刊.
- 44) 金 応鶴，松尾友矩，山本和夫：回転円板法における生物膜の増殖特性，日本水質汚濁研究協会，第19回水質汚濁学会講演集，1985. 3. PP19～20.
- 45) 大川芳郎，佐藤通彦，飯塚道明，高木敏夫：回転円板法による工場排水の処理，同上，PP21～22.
- 46) 合田 健：生物膜技術研究討論会を開催するにあたって，同上，生物膜技術討論会，PP271～272.
- 47) 渡辺義公：回転円板法の処理機能，同上，PP273～275.
- 48) 稲森悠平，須藤隆一：生物膜法の微生物学的課題，同上，PP276～278.
- 49) 須恵 務：農村型汚水処理施設の技術開発，用水と廃水，Vol.27, No. 4. 1985. 4. PP16～21.
- 50) 高木兵治：農村集落における畜舎排水の処理，用水と廃水，同上，PP29～36.
- 51) 山浦源太郎，松井優美，中沢雄平：長野県における農村集落排水処理対策，同上，PP22～28.
- 52) 小川 浩：湖水の回転円板による生物学的処理，PPM, Vol.16, No. 4. 1985. 4. PP14～20.
- 53) 西口 猛：農村地域における下水の高高度リン除去の新方法—生物膜方式に鉄屑材を使用した高率脱リン法—環境技術，Vol.14, No. 6. 1985. 6. PP8～10.
- 54) 酒井 洋：徳島市中央浄化センターの完成，水処理技術，Vol.26, No. 5. 1985. 5. PP37～40.
- 55) 河相則夫：生物処理実験におけるアンモニア性窒素の硝化特性，日本水道協会第36回全国水道研究発表会講演集，1985. 5. PP142～144.
- 56) 浜口利男，大田 等，高橋正純：生物処理による上水原水中のアンモニア性窒素の除去，同上，PP145～147.
- 57) 田辺雄一，山本泰寛，佐藤悦朗：回転円板付活性汚泥法における下水の窒素・リンの同時除去について，日本下水道協会第22回下水道研究発表会講演集，1985. 6. PP325～327.
- 58) 奥野長晴，古畑義正，安藤純雄：ハイブリッド生物処理法による窒素・リンの同時除去，同上，PP268～270.
- 59) 山口孝一，石川宗孝，中西 弘：固着性微生物による基質除去能力について，同上，PP280～282.
- 60) 島村益雄，渡辺和男：超微細スクリーンによる生物処理水の固液分離，同上，PP316～318.
- 61) 若山正憲，伊藤 享，森山 清：と畜場除害施設の初期運転について，同上，PP389～391.
- 62) 洞沢 勇：生物膜法による下水，生活排水の処理，PPM, 1985. 6. Vol.16, No. 6. PP16～23.
- 63) 中本 至：最近の中小規模下水道対策と回転円板法，環境技術，Vol.14, No. 6. 1985. 6. PP2～7.
- 64) 田井慎吾，松重一夫，土井賢二郎，横内正彦，伊藤睦雄：風力エネルギーによる排水処理システム，京都大学環境衛生工学研究会第7回シンポジウム講演論文集，1985. 7. PP289～294.
- 65) 田井慎吾，松重一夫，三浦光通，片野 明，伊藤睦雄：

- 富栄養化湖水の生物学的浄化, 同上, PP301~306.
- 66) 石黒政儀: 回転円板法の現況と展望, 環境技術, Vol.14. No.7. 1985. 7. PP66~73.
- 67) 須藤隆一: 下水の嫌気性処理, 下水道協会誌, Vol.22. No.255. 1985. 8. PP2~11.
- 68) 石黒政儀: 嫌気性回転円板法による下水処理, 同上, PP44~52.
- 69) 稲森悠平: 阪神畜産達坂養豚場排水処理施設, 用水と廃水, Vol.27. No.8. 1985. 8. PP60~63.
- 70) 石黒政儀: 回転円板法による下水処理, 土木学会西部支部衛生工学講習会テキスト, 1985. 8. PP1~22.
- 71) 中本 至: 中小規模下水道の現状とすすめ方, 同上, PP23~34.
- 72) 末松雄祐: 農村集落排水施設の現状とすすめ方, 同上, PP35~60.
- 73) 三本木徹: コミュニティプラントの現状とすすめ方, 同上, PP61~68.
- 74) 井上邦夫: 小規模分散型排水処理システムとその進め方, 同上, PP69~76.
- 75) 山口 実: 宮崎県佐土原町第4光ヶ丘団地, 地域し尿処理施設の概要と現状, 同上, PP103~114.
- 76) 押川俊男: 宮崎市木花終末処理場の概要と現状, 同上, PP115~130.
- 77) 西留 清, 森山克美, 渡辺義公, 石黒政儀: 回転円板付着生物膜における基質除去速度に関する一考察, 土木学会第40回年次講演会講演概要集, 第2部, 1985. 9. PP957~958.
- 78) 石黒政儀, 増田純雄, 高松一久, 川畑正二: 回転円板法による都市下水のメタン発酵処理に関する実験的研究, 同上, PP959~960.
- 79) 増田純雄, 渡辺義公, 石黒政儀: 都市下水を用いた回転円板法による硝化脱窒同時反応に関する研究, 同上, PP961~962.
- 80) 黒田正和, 湯沢 思, 榊原 豊: 嫌気性生物(メタン菌)固着膜基材と菌体固着量の検討, 同上, PP987~988.
- 81) 福岡県中間市水道局: 前処理としての生物処理に係る報告書(回転円板法中間報告), 1985. 9.
- 82) 浜野 守, 藤好紘一郎, 佐藤壮夫, 河相則夫: 大阪府における生物処理実験, 水道協会雑誌, 第54巻, 第9号, (第612号), 1985. 9. PP12~31.
- 83) 松井三郎: 生物処理技術の革新の歴史と今後の流域下水道, 月刊下水道, Vol.8. No.10. 1985. 9. PP66~73.
- 84) 石黒政儀: 韓国科学技術庁の招聘訪韓によせて, 環境技術, Vol.14. No.9. 1985. 9. PP31~32.
- 85) 増田純雄, 渡辺義公, 石黒政儀: 回転円板法における硝化脱窒の浄化機構に関する基礎的研究, 環境技術, Vol.14. No.9. 1985. 9. PP21~25.
- 86) 岡田正光, 須藤隆一, 石崎勝久: 回転円板法による有機物除去に及ぼす負荷変動の影響, 水質汚濁研究, Vol.8. No.9. 1985. 9. PP60~67.
- 87) 藤田敏雄, 小野可尋, 細川一夫, 佐々木中: 回転円板法による三ヶ牧浄水機場の設計要点, 農業土木学会京都支部研究発表会講演集, 1985. 10.
- 88) A. S. Eikum and B. Paulsrud (NORWAY): Treatment of Septage-Scandinavian Practice. Preprint of IAWPRC's, First Asian Conference. Treatment, Disposal and Management of Human Wastes. October 1~3, 1985. TOKYO, JAPAN, PP62~69.
- 89) T. Goda: General Review and New Concepts on the Development of Human Wastewater Treatment in Japan. do. PP151~159.
- 90) P. S. Chung (TAIWAN): The Performance of the Rotating Disc System under the Tropical Condition in Taiwan. do. PP183~190.
- 91) C. F. Ouyang and T. J. Wan (TAIWAN): The Characteristics of Community Wastewater Biological Treatment Process in Taiwan. do. PP307~314.
- 92) M. Ishiguro, Y. Watanabe and S. Masuda: Treatment of Sanitary Landfill Leachate by Rotating Biological Contactors. do. PP423~424.
- 93) K. Yamamoto and T. Matsuo: Mass Transfer Scale-up in Rotating Biological Contactors. do. PP425~426.
- 94) 村山勝男: 産業における水処理技術の実際と今後の課題, 公害と対策, Vol.21. No.11. 1985. 10. PP23~29.
- 95) 増山 博: 農業系排水処理技術の実際と今後の課題, 同上, PP30~35.
- 96) 羽野 忠, 国分修三, 大野, 丸徳, 高木: 付着生物膜における好気脱窒の解析, 化学工学協会第19回秋季大会研究発表講演要旨集, 1985. 10. PP84.
- 97) 平田 彰, 保坂幸尚, 中台 聡: 生物膜法の処理特性の評価, 同上, PP85.
- 98) 須藤隆一: 生物処理の管理 (No.53~66), 水, 1984. 11~1985. 12. Vol.26. No.11~Vol.27. No.15.
- 99) 石黒政儀: 回転円板法のすべて (No.1~No.8), 水, 1985. 5~12. Vol.27. No.6~No.15.
- 100) 中間市水道局: 中間市水道50年史, 水道産業新聞社, 1985年10月刊. PP191~235.
- 101) 神安土地改良区: 一世紀のあゆみ, 神安土地改良区100年記念誌. 1985年9月刊. PP34~56.

参 考 文 献

- (1) Proceedings of Second International Conference on Fixed-Film Biological Processes. July 10~12. 1984. Arlington, Virginia USA.
- (2) Rotating Biological Contactors, Checklist for A Trouble-Free Facility: for Planning, Design and Construction of Rotating Biological Contactor Treatment Facilities. May 1984. U.S.EPA.
- (3) Design Information on Rotating Biological Contactors: R.C.Brenner, J.A.Heidman, E.J.Opatken and A.C.Petrasek, Municipal Environmental Research Laboratory, U.S. EPA. June 1984. EPA-600 / 2-84-106.
- (4) Summary of Design Information on Rotating Biological Contactors: J. A. Heidman, R. C. Brenner and W. G. Gilbert, Office of water Program Operations. U.S. EPA. September 1984. EPA-430 / 9-84-008.