

連続ろ過装置「KONTIRAD」の実証実験

Demonstration Test for Continuous Sand Filter [KONTIRAD]



(環)製品開発室
加 治 正 廣
Masahiro kaji
近 藤 展 生
Nobuo Kondo

ろ過装置は水処理の基本技術で古くより使われているが、現在でも多くの技術改良が行われており、改良技術の製品化も活発になされている。当社では省スペースで大容量処理が可能などの特長をもつ連続式ろ過装置 [KONTIRAD] の商品化を行うと共に、ろ過面積 3 m² のパイロットプラントを用いて、活性汚泥処理水、加圧浮上処理水、工業用水を対象に実証実験も行っている。本報では最近の実証実験結果を報告する。

Filtration has been applied to water treatment as a basic technology. Various improvements have been added until now and many improved systems are commercially available. A space-saving and continuous filtration unit, KONTIRAD, has been commercialized by Shinko Pantec. On the other hand, demonstration tests have been conducted with a pilot unit of 3 m² filtration area for respective effluents from activated sludge and pressurized flotation treatments, and industrial water. This paper describes recent results tested using the pilot unit.

Key Words :

砂	ろ	過	Sand Filtration				
水	平	流	Horizontal Flow				
移	動	床	Moving Bed				
連	続	ろ	過	Continuous Filtration			
活	性	汚	泥	処	理	水	Activated Sludge Effluent
加	圧	浮	上	処	理	水	Flotation Effluent
工	業	用	水	Industrial Water			

まえがき

ろ過装置は水処理の基本的な単位操作で、古くより使用されているが、現在でもろ材洗浄方法の改善や新ろ材の採用等を初めとして数多くの技術的な改良が加えられ、商品化されている。当社では移動床による連続ろ過が可能な画期的なろ過装置「KONTIRAD」の製造販売を行っている。このろ過装置は、ろ過、洗浄の切り替えがない連続ろ過機

能により、逆洗設備が不要で装置構成が非常にシンプルであるという特長を持っている。さらに、ろ層内の水の流れが従来の下向流や上向流ではなく水平方向のため、ろ過面積はろ層の高さで決まり、設置面積を同じくしたまま槽高を高くすることで、ろ過面積を大きくできる。このため設置面積当たりの処理量が非常に多くとれ省スペースであるという特長も持っている。

筆者らは本ろ過装置のパイロットプラントを用いて各種の廃水や用水に対しての実証実験を行っている。最近、活性汚泥処理水、加圧浮上処理水、工業用水（貯水池貯留水）に対する実験を実施したが、本報ではこれらより得られた処理性能、処理能力等の概要を報告する。

1. 「KONTIRAD」の概要

1.1 基本原理の概要

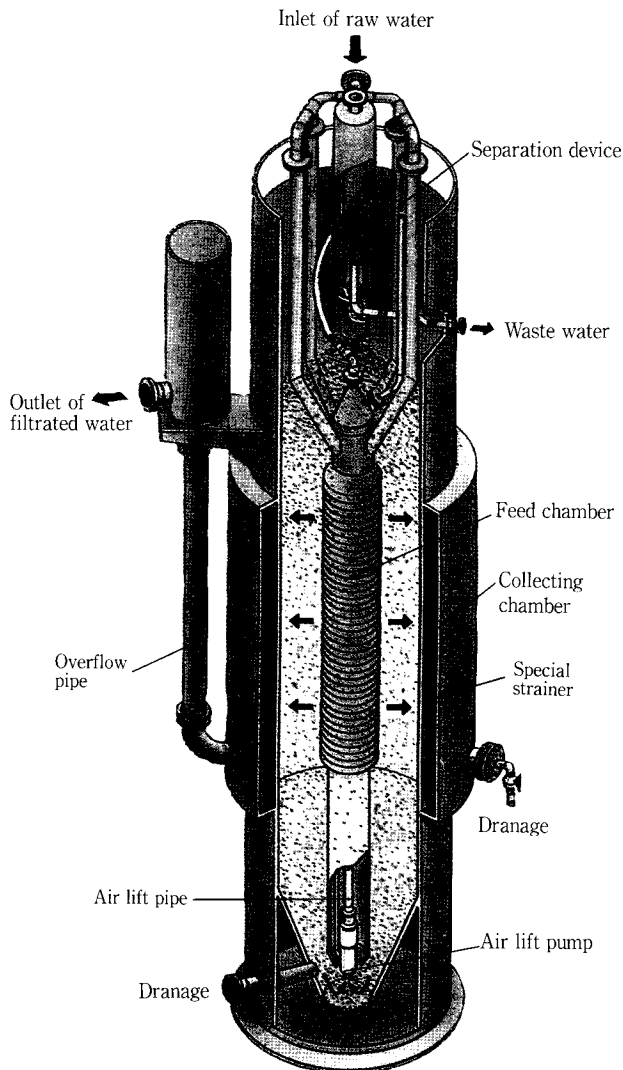
「KONTIRAD」はろ過と洗浄が同時並行的に行える連続ろ過装置である。

ろ過工程では、原水はろ過槽上部の原水流入管を通じてろ過槽中央部のフィードチャンバーに供給される。供給された原水はここでろ層に均等に分配され、円周方向に向かって水平に放射状に流れる。このようなろ過方式は原理的にSSの抑留深度が適度に大きく、ろ層全体を有効に利用でき¹⁾、結果とし

て大きなSS捕捉量を確保することができる。こうしてろ過された原水は特殊なストレーナを経て外周部に設置された集水室に集められ、水位調整用のオーバーフロー管を通り、処理水として流出する。

一方、洗浄は次の工程でろ過と並行して行われる。清澄なろ材はろ層内を上部から下部に連続的に移動するが、ろ過の継続により大量のSSを捕捉したろ材はろ層下部に設置されたエアリフトポンプによりエアリフト管内を上昇する。この上昇時にエアと水による強力なかく拌力でろ材に付着したSSが剥離され、その後ろ過装置上部に設置された分離器でろ材とSSが分離され、清澄となったろ材はろ層上部に環流する。

ろ材と分離されたSSは洗浄排水として連続的に分離器より系外に流出する。一般的に排水量は原水量の2%である。



第1図 「KONTIRAD」の概要
Fig. 1 Outline of "KONTIRAD"

本ろ過装置の概要を第1図に示す。なお、基本原理及び次項の特長に関する詳細については既報²⁾を参照願いたい。

1.2 特長

「KONTIRAD」は次のような特長を持っている。

- 1) 連続ろ過方式
- 2) 省スペース、大容量処理が可能
- 3) 高濃度SS含有廃水の処理が可能（ろ層内の流れが水平方向）
- 4) ろ過・逆洗操作の切り替えが無く装置が簡単で設備費が安価
- 5) 安定した処理水質
- 6) 運転操作が簡単で維持管理が容易
- 7) 洗浄排水量は原水量の2%であり回収率が高い

2. 実験装置及び方法

2.1 実験装置

実験装置の概略仕様を第1表に示す。表に示すように、今回の実験装置はろ過面積3m²、ろ過槽外径1.7m、ろ過槽高さ5mのパイロットプラントを用いた。このパイロットプラントは標準化された実装置のうちの最小規模のものである。

第1表 パイロットプラントの仕様
Table 1 Specification of Pilot plant

Item	Specification
Standard flow rate (Max.)	15 (30) m ³ /hr
Standard horizontal LV (Max.)	5 (10) m/hr
Normal head loss (Max.)	1 (1.5) m
Height of filter tank	5 m
O.D. of filter tank	1.7 mφ
Total filter area	3 m ²
Flow rate of waste water (Max.)	1 (1.5) m ³ /hr
Operating weight	6.5 tons
Total compressed air volume	4.5 Nm ³ /hr
Required electricity	1.5 kWh

第2表 ろ材の仕様
Table 2 Specification of sand

Elapsed time [Days]	Effective size [mm]	60 % passed size [mm]	Uniformity coe. [-]	Min. size (<0.42 mm) [%]	Washing turbidity [degree]	Remark
0	0.58	0.88	1.52	0.11	3.9	At start
97	0.58	0.88	1.52	0.09	—	
219	0.58	0.88	1.40	0.00	8.1	End of experiment

2.2 使用原水

本ろ過装置は幅広い水処理分野に適用可能であるが、今回は次の3種類の原水を使用した。

1) 活性汚泥処理水

製紙工場から排出される廃水の活性汚泥二次処理水である。

2) 加圧浮上処理水

製紙工場からの抄紙工程より排出される廃水（白水）の加圧浮上処理水で、繊維状のSSが大半を占める。

3) 工業用水

製紙工場で使用される工程水用として貯水池に貯留されている工業用水である。

2.3 使用ろ材

ろ材は砂を使用した。使用した砂の仕様を第2表に示す。ろ砂の有効径は0.58mm、均等係数は1.52であり、活性汚泥処理水、加圧浮上処理水、工業用水すべてに使用した。

2.4 実験方法

1) 活性汚泥処理水

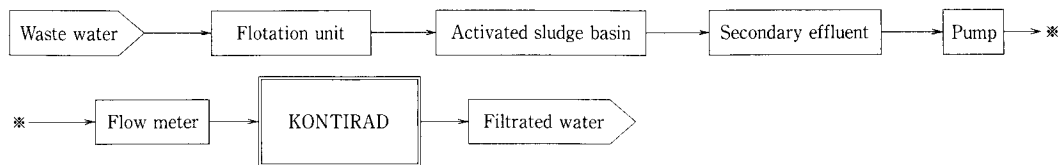
ブロックフローを第2図に示す。活性汚泥処理の沈殿池から流出する二次処理水を水中ポンプで取水、直接ろ過装置に供給し、凝集剤は添加せず無薬注で処理を行った。原水量はろ過装置入口に設置した流量計で測定し、洗浄排水量はタンクに受け計量した。

2) 加圧浮上処理水

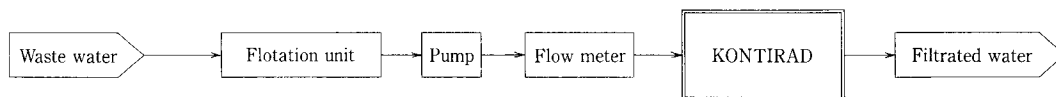
ブロックフローを第3図に示す。抄紙廃水を加圧浮上処理した処理水を直接水中ポンプでろ過装置に送水した。原水量、洗浄排水量は前述と同様の方法で測定した。この場合も無薬注で処理を行った。

3) 工業用水

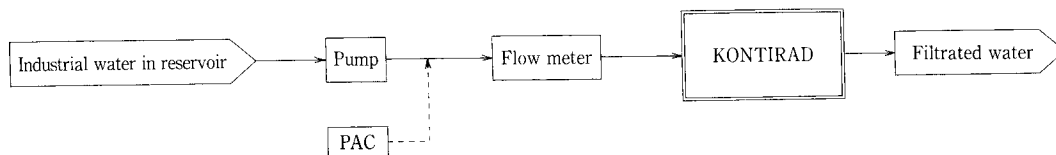
工業用水の場合のブロックフローを第4図に示す。工場内の貯水池に貯留された工業用水を水中ポンプで直接ろ過装置に供給した。なお、本貯水池には工場内で一度使用された比較的清澄な廃水（前処理後）



第2図 活性汚泥処理水のブロックフロー
Fig. 2 Block flow for activated sludge effluent



第3図 加圧浮上処理水のブロックフロー
Fig. 3 Block flow for flotation effluent



第4図 工業用水のブロックフロー
Fig. 4 Block flow for industrial water

の一部も流入している。原水量、洗浄排水量の測定は前述と同様である。ここで、実験に当たっては無薬注の場合と PAC 注入率を 5~30 mg/L の間で変化した場合の 2 ケースについて実施した。

2.5 分析項目

分析項目は活性汚泥処理水、加圧浮上処理水については SS を、工業用水については濁度とし、それぞれ JIS K 0102 及び JIS K 0101 に準じて測定した。

3. 実証実験結果

3.1 活性汚泥処理水

活性汚泥処理水に対しては通水量を 15, 25, 30, 35 m³/hr (ろ過速度は 5.0, 8.3, 10.0, 11.7 m/hr) と変化させて実験を行った。実験結果を第 3 表及び第 5 図に示す。

1) 原水水質

第 3 表に示すように、原水 SS は 10~26 mg/L (各設定通水量毎の平均 SS は 14, 18, 16, 18 mg/L) の間にあり、通常の活性汚泥処理と同程度で比較的安定していた。

2) 処理水質

各通水量毎の処理水平均 SS は 4.5~8.1 mg/L と

すべて 10 mg/L 以下と良好な処理状態を維持していた。特に、通水量 15 m³/hr (ろ過速度は 5 m/hr) では第 3 表に示すように最大で 5 mg/L、最小で 4 mg/L と低濃度で、変動もなく非常に良好な処理状態になっていた。ただ、通水量が大きくなると第 5 図にも示すように処理水 SS も若干づつではあるが増加する傾向にあった。第 5 図には平均除去率も示している。除去率は 25 m³/hr までは 60% 以上になっている。30 m³/hr 以上になると 55%~52% とわずかに低下していた。

一方、ろ過槽内の損失水頭は通水量 30 m³/hr 迄は標準の損失水頭である 1 m 以下となっていたが、35 m³/hr になると 1.2~1.4 m と許容限界の 1.5 m に近づき、本パイロットプラントでの処理限界に達した。

これらより、20 mg/L 前後の SS を含有する活性汚泥処理水の場合は通水量 35 m³/hr (ろ過速度で 11.3 m/hr) が処理限界であり、良好な処理状態を維持するためには通水量を 30 m³/hr (ろ過速度で 10 m/hr) 以下にする必要があるといえる。

3) 洗浄排水

洗浄排水量は 1.5 m³/hr に設定したが、洗浄排水

第3表 活性汚泥処理水の水質

Table 3 Water quality for activated sludge effluent

Flow rate (m ³ /hr)	15			25			30			35		
	Max.	Min.	Ave.	Max.	Min.	Ave.	Max.	Min.	Ave.	Max.	Min.	Ave.
SS in raw water (mg/L)	16	10	14	26	11	18	19	12	16	25	11	18
SS in filtrated water (mg/L)	5	4	4.5	10	3	6.1	11	6	7.3	12	5	8.1
Removal ratio (%)	71.4	50.4	65.5	86.4	43.6	66.9	67.0	43.0	55	58.7	38.9	52.4
Average of SS in waste water (mg/L)	188	79	112	248	72	143	186	140	163	398	105	228

中の平均 SS は第3表に示すように112~228 mg/L であり、通水量が増加するほど高くなる傾向を示していた。排水中の濃度が高くなったのは通水量を増加させたのに対し、洗浄排水量を固定していたことによると考えられる。

3.2 加圧浮上処理水

加圧浮上処理水に対しては通水量を10, 15, 20, 26 m³/hr (ろ過速度は3.3, 5.0, 6.7, 8.7 m/hr) として実験を行った。実験結果を第4表及び第6図に示す。

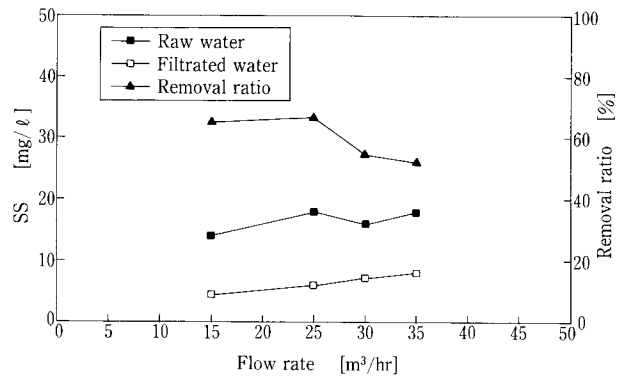
1) 原水水質

原水 SS は第4表に示すように、平均的には10~15 mg/L の範囲にあるが、実験期間中の最大は53 mg/L、最小は2 mg/L と変動幅は大きなものとなっている。第7図には原水水質の経時変化を示している。原水 SS の大半は20 mg/L 以下と低い値であるが、30 mg/L 以上と急激に高くなる場合も見られる。

2) 処理水質

各通水量毎の処理水平均 SS は4.0, 2.6, 2.7, 5.1 mg/L と通水量によらず良好な状態を維持している。さらに、第4表及び第7図に示すように実験期間中の最大値が9 mg/L、最小値は1 mg/L と原水の大きな変動に対しても安定した水質が得られている。通水量によらず良好で、安定な処理水質が得られるのは実験対象の原水が白水の加圧浮上処理水であり、含まれる SS の大半がバルブに起因する繊維状物質のみで、他の SS 成分はほとんど含まれないためと考えられる。これは加圧浮上処理が良好なときの処理水 SS、すなわち本実験での原水 SS が10 mg/L 以下となっていることよりも推察される。

除去率については通水量との明確な関係は見られず、53.9~70.5%となっている。また、実験期間中の除去率は大きく変動しているが、これは原水水質の変動が大きいものに対して処理水質が安定していたことによる。



第5図 平均水質と除去率 (活性汚泥処理水)
Fig. 5 Average water quality and removal ratio (Activated sludge effluent)

一方、ろ過槽内の損失水頭は15 m³/hr までは原水 SS が50 mg/L 以上と大きく変動しても0.4 m 以下と安定していた。20 m³/hr 以上の場合は0.6~1.4 m と急上昇し、原水 SS が短時間で急激に高くなると、さらにこれを上回り許容範囲の1.5 m を超え処理限界に達した。

これらのことより、加圧浮上処理水を処理対象とする場合の本パイロットプラントでの処理限界は15 m³/hr といえる。処理限界が活性汚泥処理水の場合よりも低下するのは SS の形状や性状 (繊維状でかつ凝集しやすい) に起因すると考えられる。

3) 洗浄排水

洗浄排水量は1~1.5 m³/hr に設定したが、洗浄排水中の平均 SS は118~165 mg/L で通水量との明確な関係は見られなかった。各設定毎のデータは第4表に併せて示している。

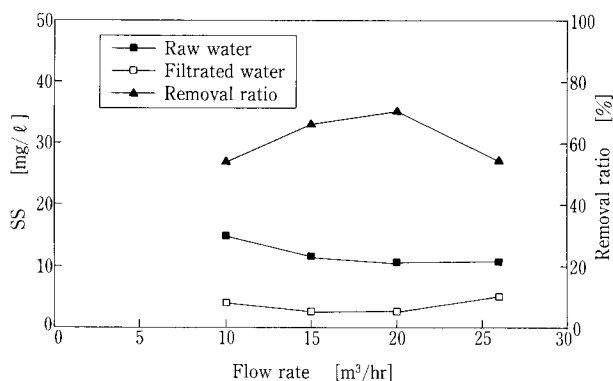
3.3 工業用水

1) 原水水質

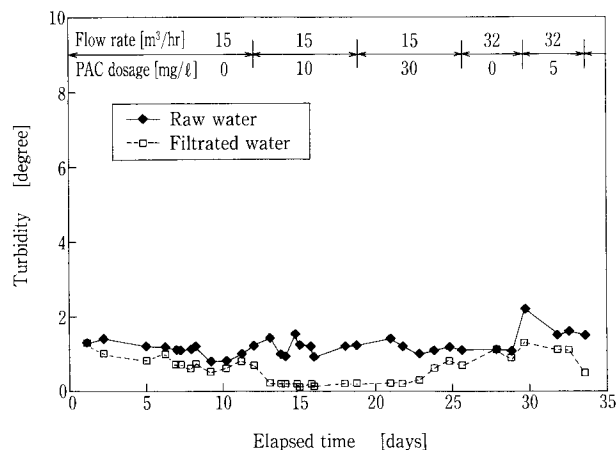
原水濁度の経時変化を第8図に示す。原水濁度は最大で2.2度、最小で0.8度であり、平均は1.2度と変動も少なく非常に低濁度であった。これは実験を冬季に行ったため、藻類等の発生がなく、原水の汚濁

第4表 加圧浮上処理水の水質
Table 4 Water quality for flotation effluent

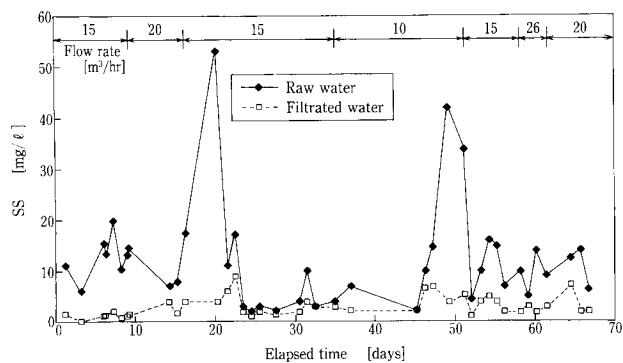
Flow rate (m ³ /hr)	10			15			20			26		
	Max.	Min.	Ave.	Max.	Min.	Ave.	Max.	Min.	Ave.	Max.	Min.	Ave.
SS in raw water (mg/L)	42	2	14.8	53	2	11.5	17	7	10.5	13	9	10.8
SS in filtrated water (mg/L)	7	1	4.0	9	1	2.6	4	2	2.7	7	3	5.1
Removal ratio (%)	90.5	4.3	53.9	96.7	0.0	66.4	85.7	42.9	70.5	66.7	42.4	54.5
Average of SS in waste water (mg/L)	379	41	165	271	24	119	153	71	118	181	118	150



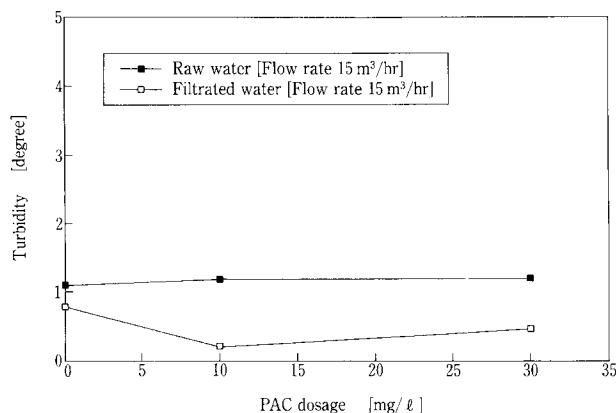
第6図 平均水質と除去率 (加圧浮上処理水)
Fig. 6 Average water quality and removal ratio (Flotation effluent)



第8図 原水と処理水質の経時変化 (工業用水)
Fig. 8 Change with time elapsed for raw and filtrated water (Industrial water)



第7図 原水と処理水質の経時変化 (加圧浮上処理水)
Fig. 7 Change with time elapsed for raw and filtrated water (Flotation effluent)



第9図 PAC注入率と濁度の関係
Fig. 9 Relationship between PAC dosage and turbidity (Industrial water)

が少なかったためである。

2) 処理水質

第8図に処理水濁度の経時変化を併記している。処理水濁度は原水濁度が非常に低いにも関わらず、通水量15 m³/hr (ろ過速度は5 m/hr)、無薬注の場合で0.3度程度除去されている。PACを10 mg/L注入した場合の処理水濁度は0.2度と原水に比べ1度低下、除去率にして80%以上除去されていた。

第9図にはPAC注入率と原水、処理水質の関係を示しているが、前述したように通水量15 m³/hrの場合は適切なPACの注入を行えば非常に効果的であることがわかる。なお、ろ過槽内の損失水頭は通水量15 m³/hrの場合は常時0.4 m前後で安定していた。32 m³/hrの場合は1.4 m前後で安定していたが、許容限界近くとなった。洗浄排水の濁度は1度から70度の間で変化していた。

これらにより、原水濁度が低い本実験範囲では、良好な処理水質を保つには通水量を15 m³/hr、すなわちろ過速度を5 m/hr程度に、また適切なPAC注入量を確保する必要があると考えられる。

3.4 ろ材状況

ろ材として砂を使用した。連続使用97日後及び219日後の砂の粒径分布を第2表に併せて示す。表に示すように、ろ砂の有効径、均等係数等は一定に維持され変化しておらず、エアリフトの激しい混合を利用した洗浄によるろ砂の細分化は起こっていない。洗浄濁度に関しては219日後も8.1度と水道基準の30度以下に保持されており、ろ材は良好な状態を維持していた。

ただ、0.4 mm以下の非常に微細なものは少なくなる傾向にあった。新砂の完全な分級は実際上困難であることから、ごく一部の0.4 mm以下の微細な砂は運転開始当初に流出する可能性があるといえる。なお、本パイロットプラントで使用可能な砂は粒径0.7 mm以上、2 mm以下であり、流出した砂は仕

様の範囲外のものであった。

むすび

以上、連続ろ過装置「KONTIRAD」のパイロットプラントによる実証実験のまとめを行い、活性汚泥処理水、加圧浮上処理水、工業用水についてそれぞれ処理性能、処理能力の概要を報告したが、本報告が読者諸氏に役立てば幸いである。

ろ過技術は水処理の基本技術であり、廃水処理の高度化や処理水の再利用等で今後も重要な技術であり続けると考えられる。省スペース、大容量処理、低コストを具現化した、本連続ろ過装置が多方面の水処理分野のニーズに応えられると信じている。

最後に、本実証実験を実施するに当たり、種々のご尽力・ご協力を頂いた愛媛製紙(株)のご関係者に深謝いたします。

【参考文献】

- 1) 藤田賢二編著：急速濾過・生物濾過・膜濾過，(1994)，技報堂出版
- 2) 加治ら：神鋼パンテック技報，Vol. 40, No. 2 (1997) P. 41

連絡先

加 治 正 廣 環境装置事業部
 製品開発室
 担当課長
TEL 078-992-6532
FAX 078-992-6503
E-mail m.kaji@ pantec. co.jp

近 藤 展 生 環境装置事業部
 製品開発室
TEL 078-992-6532
FAX 078-992-6503
E-mail n.kondo@ pantec. co.jp