

研 究 成 果

サブテーマ名：1-2-3 精密濾過、分離膜技術の研究開発 小テーマ名：1-2-3① 精密濾過、分離膜技術の開発、 1-2-3② 精密濾過、分離膜技術における膜透過流束の向上に関する研究、 1-2-3③ 精密濾過、分離膜技術の高性能化に関する研究
サブテーマリーダー：名古屋大学 向井康人 研究従事者：名古屋大学 入谷英司、向井康人、片桐誠之 日本ガイシ(株) 富田美穂、米川均、野口基治 (財)科学技術交流財団 Than Ohn
研究の概要、新規性及び目標 ①研究の概要 本研究では、ハイブリッド型リアクター及び難分解性物質の微生物処理による処理水を、さらに循環再利用可能な親水用水レベルまで高度処理する技術の開発を目的としている。本 WG の研究開発の特徴であるディスポーザーの導入は、廃水の負荷の著しい増大に繋がり、処理水中の有機物や微生物等の濃度は通常的生活廃水を処理した場合に比べ高くなることが予想される。そのため、このような負荷の高い処理水にも対応できる高度処理技術の開発が必要となる。 精密濾過による処理を行う場合、大腸菌等のバクテリア類や懸濁微粒子など膜細孔より大きな物質は膜面上で完全に捕捉することが可能であるが、有機性高分子物質は、膜細孔より小さく膜を透過してしまう可能性もあり、そのような物質に対しては、強力な高分子凝集剤の Polyaluminum chloride (PAC)による処理を施し、凝集・粗大化させることにより膜面上で捕捉することができる。膜面上で捕捉された物質は濾過ケーキを形成して濾過効率を著しく低下させるので、これを除去し、膜面を洗浄する必要がある。そこで本研究では、処理水の一部を用いた逆洗操作を導入し、これを周期的に繰り返し行うこととした。周期逆洗型精密濾過操作の最適化を図るためには、膜面上に堆積する生成ケーキの特性や膜閉塞機構を究明する必要がある。本研究では、実験的に求めた生成ケーキの特性や膜閉塞機構の結果に基づき、消費エネルギーの最小化と処理水質の向上の観点から、最適な濾過操作条件、逆洗条件などを決定する。次に、ラボ実験により得られた基礎データに基づき、実証試験を行うためのオンサイトマルチモード精密濾過システムを設計・製作する。オンサイト実験では、物理逆洗で除去しきれない不可逆的なファウリング物質による処理効率の低下に対して、物理・化学併用逆洗操作を導入するなど、膜閉塞防止策を検討する。以上より、実用化をめざした高性能な精密濾過処理技術の創製を図る。 ②研究の独自性・新規性 1. ディスポーザーの導入に伴う溶解性有機物、SS、大腸菌などの負荷の増大にも対応できる高速かつ省エネルギー型の親水用水製造技術をシステムとして構築した例は見当たらない。 2. 濾過特性の経時変化や供給原水の水質に応じて操作条件を全自動で制御し、最適な濾過操作法を決定する処理システムは他に見当たらない。 3. 物理・化学併用逆洗操作や前処理の凝集操作を本システムに導入することにより、長期間安定した処理能力や疫学的に安全な親水用水水質が得られる。 ③研究の目標（各フェーズ毎に数値目標等をあげ、具体的に） 高速かつ低消費エネルギーで親水用水の製造が可能な物理・化学併用逆洗型精密濾過システムを開発する。 <u>フェーズⅠでの目標</u> ・小型精密濾過システムを製作するとともに分離膜及び凝集剤を選定し、基礎データを蓄積する。 ・以下の目標値を達成するための最適な操作条件を究明する。 処理水質：親水用水水質（BOD<3mg/L, 濁度<1mg/L, 大腸菌群数：非検出） 処理速度：1m/d 以上 消費動力：0.15kWh/m ³ 以下 実験方法：ラボ実験 ・オンサイトマルチモード精密濾過装置の設計及び製作を行う。 <u>フェーズⅡでの目標</u> ・オンサイトマルチモード精密濾過システムを製作し、下水二次処理水の高度処理を行う。水質の変動や季節の変化に対応可能な処理方針を確立し、以下の目標値を達成するための最適な操作条件を究明する。 処理水質：親水用水水質（BOD<3mg/L, 濁度<1mg/L, 大腸菌群数：非検出） 処理速度：2m/d 以上 消費動力：0.15kWh/m ³ 以下 実験方法：オンサイト実験

- ・ トータルシステムの構築を目指して、ハイブリッド型リアクター処理水の高度処理を行い、以下の目標値を達成するための最適な操作条件を確立する。
処理水質：親水用水水質 (BOD<3mg/L, 濁度<1mg/L, 大腸菌群数：非検出)
処理速度：2 m/d 以上
消費動力：0.15 kWh/m³以下
実験方法：オンサイト実験

研究の進め方及び進捗状況 (目標と対比して)

- ・ 小型精密濾過実験装置の設計・製作を行い、名古屋市植田下水処理場より採集した下水二次処理水を用いて周期逆洗型精密濾過操作の最適化を行った。(達成度：100%)
- ・ オンサイトマルチモード精密濾過装置の設計・製作を行い、名古屋市植田下水処理場に設置した。下水二次処理水を用いて物理・化学併用逆洗型精密濾過による高度処理を行い、長期間安定的に目標とする操作を継続できた。(達成度：100%)
- ・ ハイブリッドリアクターによる処理水を試水に用いた場合でも、目標水質並びに目標消費動力を安定的に達成した。(達成度：100%)

主な成果

具体的な成果内容：

- ・ 処理水質の分析結果から疫学的な安全性が確認された。この水質は親水用水としての基準を満たしている (BOD<3mg/L, 濁度<1mg/L, 大腸菌群数：非検出)。
- ・ 生成ケーキの特性及び膜閉塞機構のモデリングに基づく消費動力の解析法を提出した。この解析結果から周期逆洗型精密濾過における操作条件の最適化を行い、消費動力の最小化を図った。
- ・ 物理逆洗に薬品洗浄を組み合わせた物理・化学併用逆洗法を提案した。この手法により膜閉塞物質が効果的に除去され、清浄な膜に近い状態まで回復できることをオンサイトレベルで確認した。
- ・ 0.15 kWh/m³以下の消費動力で3 m/dの膜透過流束を達成し、その結果の長期間安定性を確認した。
- ・ 消費動力の最小化に有効な定速濾過と定圧濾過を組み合わせた操作条件制御法を提案した。これにより、膜面洗浄が必要になるまでの時間を延ばすことができ、省エネルギー的な処理が可能となる。
- ・ ケーキの剥離及び濾材細孔内の閉塞物質の除去促進により濾過効率の低下を防止することが可能な可動濾材部をもつ新規な濾過機を考案した。
- ・ ある定められた消費動力の条件下で最適な濾過操作を実行するため、ケーキの圧縮性を考慮した膜濾過運転方法決定装置ならびに膜濾過運転制御装置を考案した。
特許件数：7件 論文数：9件 口頭発表件数：16件 (国際学会：8件を含む)

研究成果に関する評価

1. 国内外における水準との対比
 実用レベルの長期間処理において、膜透過流束 3 m/d を得るために必要な最小消費動力は 0.1 kWh/m³ であるという結果を得た。これは、現在の国内下水道事業の水準である、膜透過流束 2m/d より高く、消費動力 0.2kWh/m³ よりかなり低い。

2. 実用化に向けた波及効果
 本研究で開発している精密濾過、分離膜技術は、高度処理施設導入の要請がある小規模下水処理場や水不足が深刻化する地域の下水処理場などで利用することができる。さらに、各種化学プロセス産業分野でも廃水の高度処理と循環再利用の重要性が認識されており、本システムの実用化が見込める。

残された課題と対応方針について
 事業化に向けて研究成果の対外的な発表を行うなどPRに努める。また、取得特許の活用について検討する。

	J S T 負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合計
	H11	H12	H13	H14	H15	H16	小 計	H11	H12	H13	H14	H15	H16	小計	
人件費	1485	8937	9046	8884	8976	3989	41,317	4328	17915	7636	3818	1818	1785	37,300	78,617
設備費	7664	15906	15850	356	263	0	40,039	0	500	500	500	500	0	2,000	42,039
その他研究費	3986	3556	5431	3314	1623	412	18,322	125	1972	2500	2800	2100	1500	10,997	29,319
旅費	67	246	767	323	339	25	1,767	0	0	0	200	200	350	750	2,517
その他	286	1854	1036	1041	955	656	5,828	0	0	0	0	0	0	0	5,828
小 計	13488	30499	32130	13918	12156	5,082	107,273	4328	17915	7636	3818	1818	1785	37,300	158,320

代表的な設備名と仕様 [既存 (事業開始前) の設備含む]
 J S T 負担による設備：小型精密濾過装置、光散乱粒径分布測定装置、オンサイトマルチモード精密濾過装置、ナノ濾過装置
 地域負担による設備：デッドエンド濾過装置、ダイナミック濾過装置、TOC測定装置