

方法である。水洗便所污水と生活雑排水は共に既設単独処理浄化槽へ流入する。余剰汚泥はフロー1と同様に夾雑物除去槽へ移送する。流量調整機能を膜分離槽にもたせることによりフロー1に比べシンプルな構造となり、敷地面積が小さくできる可能性がある。処理フローと単位装置の構成を図2-2に示した。

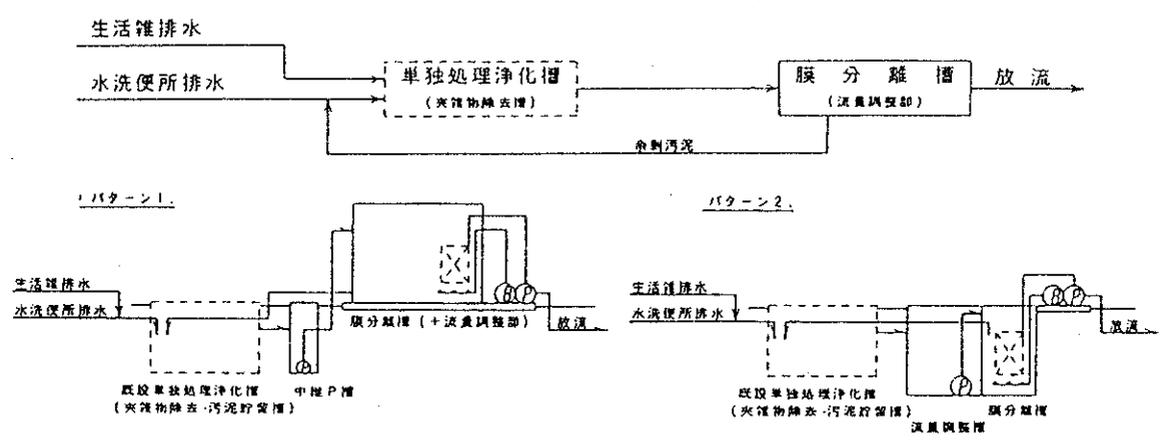


図2-2 フロー2と装置の構成

フロー3

フロー2 とほぼ同様であるが、流量調整機能を夾雑物除去槽と膜分離槽の両方にもたせているところが、フロー2 と異なるところである。流量調整能を既存単独処理浄化槽に持たせることにより、フロー2 に比べ、新設部分の敷地面積が小さくできる可能性がある。ただし、既存単独処理浄化槽の容量が小さい場合には、別に余剰汚泥貯留槽を他に設ける必要がある。処理フローと単位装置の構成を図2-3に示した。

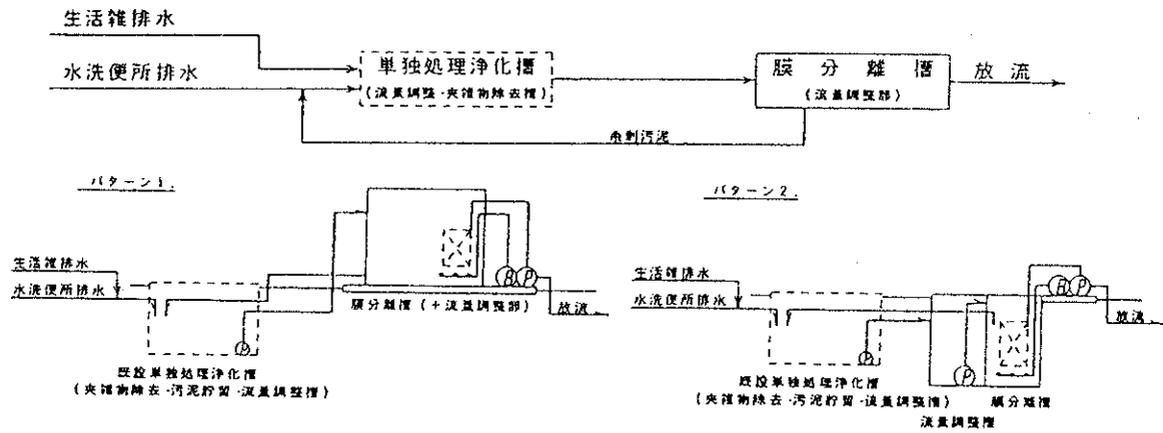


図2-3 フロー3と装置の構成

2.3.3 既存単独処理浄化槽の取り扱い

既存単独処理浄化槽の利用方法と改造内容

各フロー適用時における、既存単独処理浄化槽の利用方法と、必要な改造内容等の留意すべき事項について表2-1に示した。

表2-1 既存単独処理浄化槽の利用方法と、必要な改造内容等の留意すべき事項

適用フロー	既存浄化槽 処理方式	利用方法	適用上の留意点
フロー(1)	全処理方式	・尿水系排水に対する夾雑物除去槽 ・余剰汚泥貯留槽	改造は基本的に槽内作業無しで適用可 (1部機種および嵩上げタイプを除く)
フロー(2)	変形二階 平面酸化 長時間 (全ばっ気)	・尿水系排水および生活雑排水に対 する夾雑物除去槽 ・余剰汚泥貯留槽	平面酸化部撤去、流出部改造
	長時間 (分離ばっ気)		流入、流出部改造
	分離ばっ気		仕切り板改造、流出部改造
	分離 接触ばっ気		仕切り板改造(軽微)、流出部改造
フロー(3)	変形二階 平面酸化 長時間 (全ばっ気)	・尿水系排水および生活雑排水に対 する流量調整・夾雑物除去槽 ・余剰汚泥貯留槽	ろ材撤去、流出部改造
	長時間 (分離ばっ気)		平面酸化部撤去、流出部改造 要補強
	分離ばっ気		容量的に適用困難
	分離 接触ばっ気		流出部改造、流調部容量により要補強 仕切り板改造、貯留SS流出注意

フロー1は、既存単独処理浄化槽を、ほぼ槽内の改造なしで使用できるため、既存施設の処理方式に関係なく採用できる。ただし、既存単独処理浄化槽の埋設深や生活雑排水用管路の埋設深及び膜分離槽の設置位置により、中継ポンプ設備の設置が必要となる場合がある。

フロー2は、フロー1と異なり、既存単独処理浄化槽内にし尿に加えて、生活雑排水中の夾雑物を貯留するための改造が必要となる。変形二階タンクと平面酸化床を組み合わされたタイプでは、平面酸化部の撤去及び変形2階タンクの流出部を新設する単位装置へ水が流れるようにする改造を行う。また、分離ばっ気方式では、沈殿分離室（タンク）とばっ気室（タンク）間の隔壁底部に穴を開け両槽が夾雑物除去槽として使用できるように改造を行う。分離接触ばっ気方式では、隔壁部の改造以外に接触ばっ気室の接触材を取り除くことが必要となる。

フロー3は、既存単独処理浄化槽において流量調整能を持たせるため、水位の変動を考慮した改造が必要となる。水位が低下した場合には、外圧により槽が破損するおそれがあるためフロー2と同様な改造に加え補強が必要となる。また、流量調整部の容積を確保する必要があるため、夾雑物及び余剰汚泥の貯留部分が少なくなり、もともと容量が小さい既存施設には適用が難しい。この場合には、別に汚泥貯留槽を設けることにより適用が可能となる。

いずれの場合にも、新設の膜分離型合併処理浄化槽の場合と同様、非常時の対応策が必要である。

2.3.4 各フローの特徴

3種類の各フローの施工および管理上の優劣を表2-2に示した。

表2-2 各フローの施工上及び管理上の比較

項目	フロー(1)	フロー(2)	フロー(3)
既存浄化槽への適用度	○	○	△
適用時の自由度	△ (中継ポンプ設置…○)	○	◎
既存部分の改造度	◎	○	△
新設部分の所要スペース	△	○	◎
(膜分離槽の所要スペース・膜面積)	(◎)	(○)	(○)
清掃頻度	○	○	△
既存浄化槽の性能安定性	◎	○	△
膜運転の安定性	◎	○	○
イニシャルコスト	△	○	○
電気代	○ (中継ポンプ設置…△)	○	○

①既存単独処理浄化槽への適用度

フロー3は、既存単独処理浄化槽に流量調整機能の一部を持たせるため、既存単独処理浄化槽が容量の方式の場合には採用が困難である。同時に、単独処理浄化槽部分の水位が変化するため補強等、内部の改造も必要となる。これらのことから、適用できる範囲が狭くなるため、フロー3が他のフローと比べるとやや劣っている。

②適用時の自由度

フロー3は、既存単独処理浄化槽にも流量調整能を持たせるため、新設部分の容量が小さくできることから、既存の住宅においても設置できる場所を得やすく、その意味で適用時の自由度は高い。

③既存部分の改造度

フロー1は、既存単独処理浄化槽の改造をほとんど必要としない。

④新設部分の所要スペース、膜分離槽の所要スペース

フロー1は、流量調整槽および膜分離槽を新たに設置する必要があるため新設部分の全容量は大きくなるが、膜分離槽容量は3つのフローのうち最も小さい。また、流量調整槽と膜分離槽を離れた位置に設置することも有利な点である。つぎに、フロー3は、既存単独処理浄化槽にも流量調整能を持たせるので、新設部分の容量を小さくでき、所要スペースがフロー1よりも小さい。

⑤清掃頻度

フロー3は、既存単独処理浄化槽に流量調整能を持たせるので既存部分の余剰汚泥の貯留容量が最も小さくなると考えられる。このため別途、汚泥貯留槽を系外に設ける場合を除き、清掃頻度を上げる必要がある。

⑥既存浄化槽の性能安定性

フロー1は、生活雑排水が流入しないことから既存単独処理浄化槽の性能の安定性に関しては優れている。

⑦膜運転の安定性

フロー1は、流量調整槽を別途設置するので、膜分離槽に流入する汚水量の変動を小さくすることが可能であり、安定した膜分離性能が発揮できる。

⑧イニシャルコスト

フロー1は、新設部分が最も大きくなるためイニシャルコストは高くなると考えられる。

⑨電気代

各フローとも同程度であると考えられるが、中継ポンプ槽の設置が必要となる場合には、その分電気代が高くなる。

2.3.5 実装置での合併化

2.3.5.1 実証試験装置の概要

この方式は、前述のフロー3に合致するが、膜分離槽の余剰汚泥を既存施設に移送は行わず、適時引抜する運転を行っていた。

実証試験装置の概要を図2-4、及び表2-3に示す。

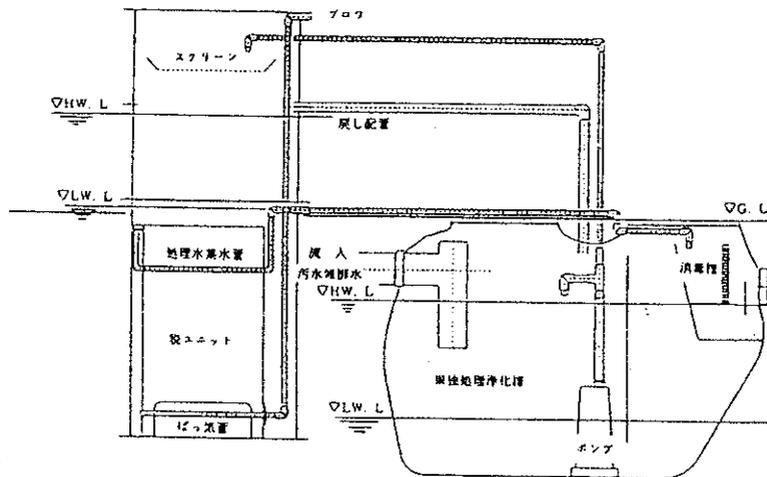


図2-4 実証試験装置

表2-3 実証試験装置の概要

一次処理装置の概要と利用状況	二次処理装置の概要 (各施設共通)
<p>Y宅 既存単独処理浄化槽の処理方式：全ばっ気 利用単位装置：ばっ気室 (約0.7m³) 処理対象人員：5人 実使用人員：大人4人、子供2人 (水道工事業：人の出入り多い) 水道使用量 (m³/日)：1.62</p>	<p>膜分離槽容量：0.81 m³ 膜面積：8 m² (10枚) 空気供給量：120L/min(16時間) 30L/min(8時間) MLSS：3,000~15,000mg/l 汚泥貯留槽：610L (運転開始150日後に設置)</p>
<p>E宅 既存単独処理浄化槽の処理方式：分離接触ばっ気 利用単位装置：沈殿分離室 (約0.75m³) 処理対象人員：5人 実使用人員：大人4人 水道使用量 (m³/日)：0.70</p>	<p>同上 ただし、汚泥貯留槽は設けていない</p>
<p>M宅 既存単独処理浄化槽の処理方式： 変形二階タンク+平面酸化 利用単位装置：消化室 (約1.7m³) 処理対象人員：7人 実使用人員：大人3人 (1人が糖尿病) 水道使用量 (m³/日)：0.60</p>	<p>膜分離槽容量：0.54 m³) 膜面積：5.6m²(7枚)) 空気供給量：120L/min(16時間) 30L/min(8時間) MLSS：3,000~15,000mg/l ただし、汚泥貯留槽は設けていない</p>

2.3.5.2 実証試験装置の水質

3施設の一次処理装置（既存単独処理浄化槽）流出水及び膜分離装置流出水の水質測定結果を表2-4～表2-6に示した。

表2-4 Y施設の水質

水質項目	運転日数(日)	S S (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)	大腸菌群数 (個/ml)
一次処理装置流出水	38	222	231	144	40.4	4.84	3.0×10^3
膜分離装置流出水		—	<3	13.6	15.9	0.68	ND
一次処理装置流出水	284	202	144	101	23.2	3.79	1.6×10^5
膜分離装置流出水		—	<3	8.0	6.3	1.50	ND

*38日目は3月に測定し、284日目は、11月に測定した

表2-5 E施設の水質

水質項目	運転日数(日)	S S (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)	大腸菌群数 (個/ml)
一次処理装置流出水	35	340	378	246	68.2	8.17	4.3×10^3
膜分離装置流出水		—	<3	8.8	8.5	1.12	ND
一次処理装置流出水	281	250	205	102	37.2	4.51	7.1×10^4
膜分離装置流出水		—	6	9.4	4.1	0.12	ND

*35日目は3月に測定し、281日目は11月に測定した

表2-6 M施設の水質

水質項目	運転日数(日)	S S (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)	大腸菌群数 (個/ml)
一次処理装置流出水	96	329	353	174	47.2	9.86	5.2×10^5
膜分離装置流出水		—	<3	15.4	10.6	0.08	1.7×10^2
一次処理装置流出水	298	143	180	114	56.4	4.63	4.1×10^4
膜分離装置流出水		—	14	19.1	33.5	1.53	85

*96日目は6月に測定し、298日目は1月に測定した

膜分離装置流出水 BOD は、Y施設では 3mg/l 以下、E施設では最大で 6mg/l であり、目標処理水質の 10mg/l より低かった。また、当装置は窒素除去型ではないが T-N についても 4.1mg/l～15.6mg/l と低く、良好な水質が得られた。さらに、消毒前においても大腸菌群数は、検出されなかった。

一方、M施設における運転開始約3ヶ月後の膜分離装置流出水では、BOD などの水質が良好であったにも係わらず、大腸菌群数が検出された。この原因としては、膜分離装置集水管部分からのもれ

が考えられた。運転開始約 10 ヶ月後の膜分離装置流出水 BOD は 14mg/l となり、他の水質項目についても 3 ヶ月前よりも高値となった。この時の膜分離槽内の状況は、MLSS 濃度が 13,000mg/l 程度であり、散気の状態も良好で DO も数 mg/l 検出されていた。M宅に住む男性の 1 人が糖尿病の患者であることや膜分離槽底部に腐敗物が蓄積した等が原因として考えられたが、現在のところ確認できていない。

2.3.5.3 実証試験装置の発生活泥量

使用開始からの Y 宅、E 宅及び M 宅における膜分離装置内の MLSS 濃度の変化を図 2-5 から図 2-7 に示す。

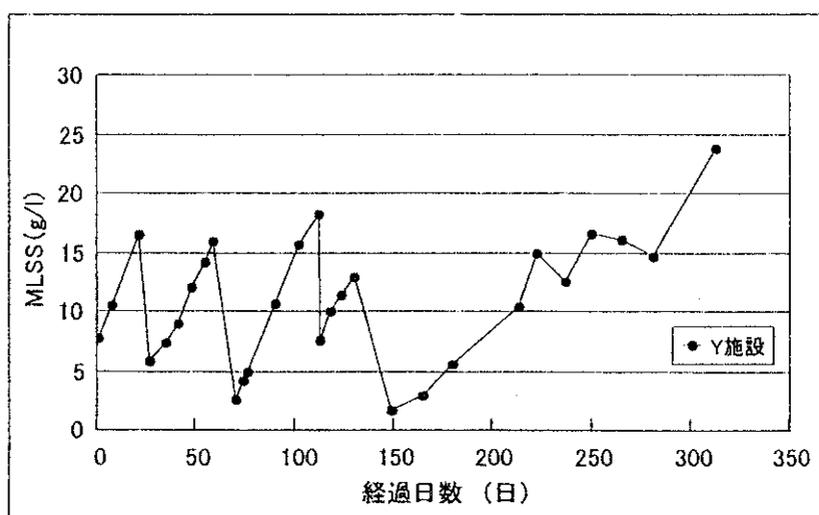


図2-5 Y施設におけるMLSS濃度の変化

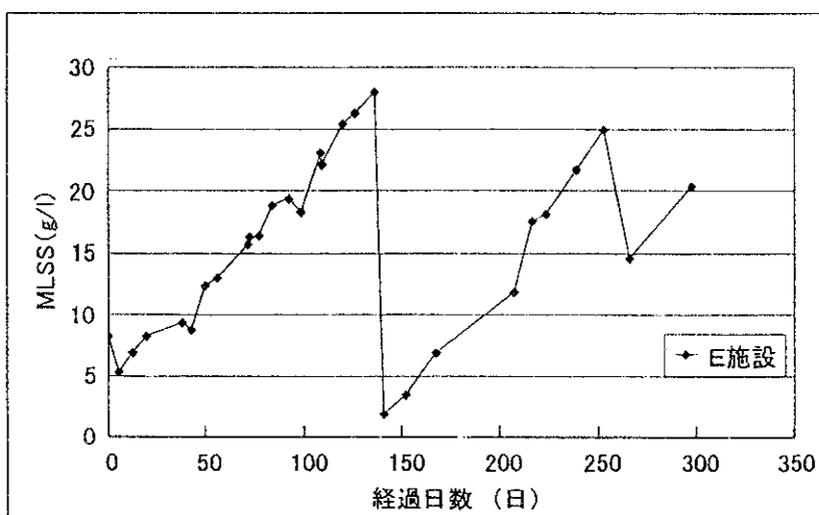


図2-6 E施設におけるMLSS濃度の変化

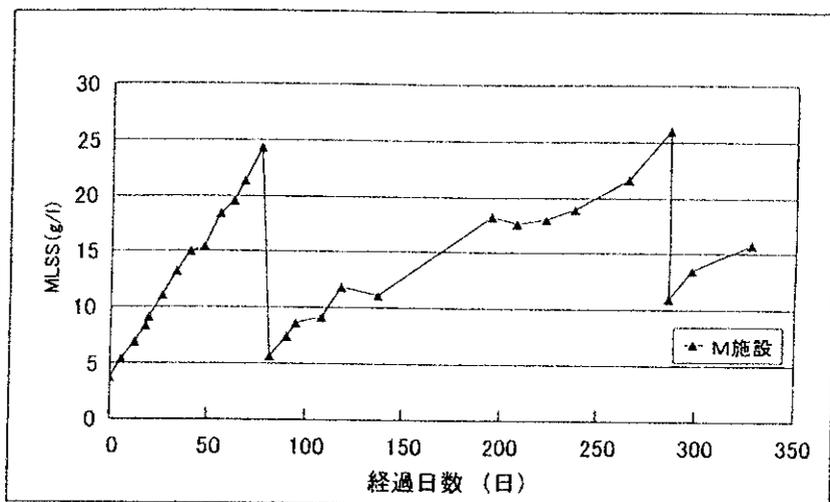


図2-7 M施設におけるMLSS濃度の変化

Y宅の場合、MLSSの増加速度が非常に速く、1ヶ月程度でMLSS濃度が15,000 mg/lを超えた。このため、1ヶ月に1回の程度の割合で膜分離槽の余剰汚泥の引き抜きを行い、新たに汚泥貯留槽を設置して150日目以降、保守点検時毎に膜分離槽から余剰汚泥を汚泥貯留槽へ移送した。この措置により膜分離槽のMLSS増加速度が減少し、清掃を実施することなく約6ヶ月間運転することができた。なお、運転開始から240日目くらいに膜分離槽のレベルスイッチの故障が原因となり、活性汚泥が既設単独処理浄化槽へ流出し、MLSS濃度が減少した。

E宅の場合、約130日間でMLSS濃度が5,400から28,000 mg/lに上昇したので、運転開始から140日経過後に清掃を行った。また、Y宅と同様に、膜分離槽のレベルスイッチの故障により260日をすぎた頃にもMLSS濃度が減少している。

M宅の場合には、約80日間でMLSSが3,000から24,000 mg/lに上昇したので、運転開始から90日経過前に清掃を行った。清掃後、MLSSの増加量が清掃前に比べ減少しているが、清掃直後に、M宅の女性の一人が病院に入院したため、トイレトペーパー使用量が大きく減少し、固形物の負荷が低下したことが一因と考えられた。

3施設の結果から、膜分離槽のみで余剰汚泥を長期間貯留するのは困難であり、保守点検時に既設単独処理浄化槽へ移送する必要があると考えられた。特に、Y宅の場合、MLSSの増加速度が速く、既設単独処理浄化槽(全ばっ気型)の容量も小さいため、別途汚泥貯留槽を設ける必要があった。また、汚泥の移送が1ヶ月に1回程度必要な施設があったことから、汚泥移送の自動化、保守点検回数の増加等の対応が必要と考えられた。さらに使用されていたレベルスイッチの故障が、2施設で生じた。今後は、装置で使用する機器類についても検討を加え改善してゆくことが必要と考えられた。

2.4 まとめ

- (1)既設単独処理浄化槽を膜分離型合併処理浄化槽へ改造する手法として、3種類の処理フロー及び単位装置の構成を検討した。また、施工時に必要な改造内容等、改造する場合に留意すべき事項などを明らかとした。
- (2)既設単独処理浄化槽を膜分離型合併処理浄化槽へ改造した3施設の結果では、放流水質については、ほぼ良好な水質が得られた。ただし、膜分離槽のみで余剰汚泥を長期間貯留するのは困難であり、保守点検時に既設単独処理浄化槽へ移送する必要があると考えられた。特に、既設単独処理浄化槽(全ばっ気型)の容量も小さい施設では、MLSSの増加速度が速く、別途汚泥貯留槽を設ける必要があった。また、汚泥の移送が1ヶ月に1回程度必要な施設があったことから、汚泥移送の自動化、保守点検回数の増加等の対応が必要と考えられた。さらに、レベルスイッチ等の機器類についても検討を加え改善してゆくことが必要と考えられた。

第3章 メッシュろ過による汚泥濃縮に関する研究

3.1 はじめに

メッシュろ過と重力濃縮を組み合わせた方法により、回分操作で活性汚泥を濃縮できることをこれまでの研究において報告している。目開き $100\mu\text{m}$ 程度のメッシュで活性汚泥は分離・濃縮でき、必ずしも凝集剤を必要としないことに加えて、簡易な操作が特徴といえる。

本法では、汚泥の濃縮倍率が高くなるに従ってメッシュ表面に蓄積する汚泥量が増加し、ろ過速度は著しく低下すること、また、汚泥の脱水は困難であるなど制約もある。しかしながら、脱離水にはほとんど SS を含まず、直接放流できる程度の水質が得られた。

これまでの結果から、次の点に着目するとメッシュろ過法による汚泥濃縮技術をより広い範囲に適用できるものと考えられる。

- (1) 初期のろ過速度は著しく高い。
- (2) ろ過水の水質は砂ろ過法に比べても良好である。
- (3) 回分式ろ過操作を行えば、メッシュが閉塞しても常に洗浄が容易である。

これら特徴を利用する一つの方法として、回分式活性汚泥処理とメッシュろ過を組み合わせ、高濃度活性汚泥による処理の可能性について検討を行った。回分式活性汚泥法では、汚泥の沈降性、汚泥海面の把握、処理水からスカムの排除などの課題があるが、メッシュろ過法により回避できる可能性が考えられる。

本年度は、メッシュろ過を組み込んだ回分式活性汚泥法におけるろ過分離特性、排水の処理特性について基礎的な検討を行った。

3.2 実験方法

3.2.1 実験装置

実験装置は従来のメッシュろ過法の実験に用いた装置を改造した。概要は図3-1に示すように、反応槽（直径 19cm 、高さ 70cm 、有効容量 12L ）下部にメッシュで作成した平膜状のろ過モジュールを取り付け、水位差を利用して活性汚泥を分離する構造とした。ろ過分離材には目開き $100\mu\text{m}$ ナイロンメッシュを用い、有効膜面積 126cm^2 ($9\text{cm}\times 7\text{cm}$) とした。なお、有効膜面積は従来の汚泥濃縮実験に用いた面積の約 $1/8$ である。メッシュろ過モジュールの直下に散気管を配置し、ばっ気時にメッシュ表面が洗浄されるようにした。

3.2.2 実験条件

学内生活排水処理施設の返送汚泥を植種汚泥とし、MLSS の初期濃度は約 $2,800\sim 3,000\text{mg/L}$ の

範囲とした。スキムミルクを主とした人工汚水の調整し、生活排水レベルの水質として装置に供給した(表3-1)。曝気は連続曝気または間欠曝気とし、それぞれの運転サイクルを図3-2に示す。なお、無曝気時にも槽内の攪拌のため3分間ごとに5秒間膜曝気を行った。

反応終了後、汚泥を沈殿させることなくすぐろ過を開始した。ろ過開始後3分間程度はろ過水に高濃度のSSが含まれるため、このろ過水は反応槽に返送した。その後6Lをろ過水を処理水とし、この6Lの処理水がろ過される時間をろ過時間とした。ろ過終了後、10分程度ばっ気してメッシュに付着した汚泥を除去した。MLSS測定のために採取した以外は汚泥の引抜きは行わなかった。実験条件を表3-2に示す。

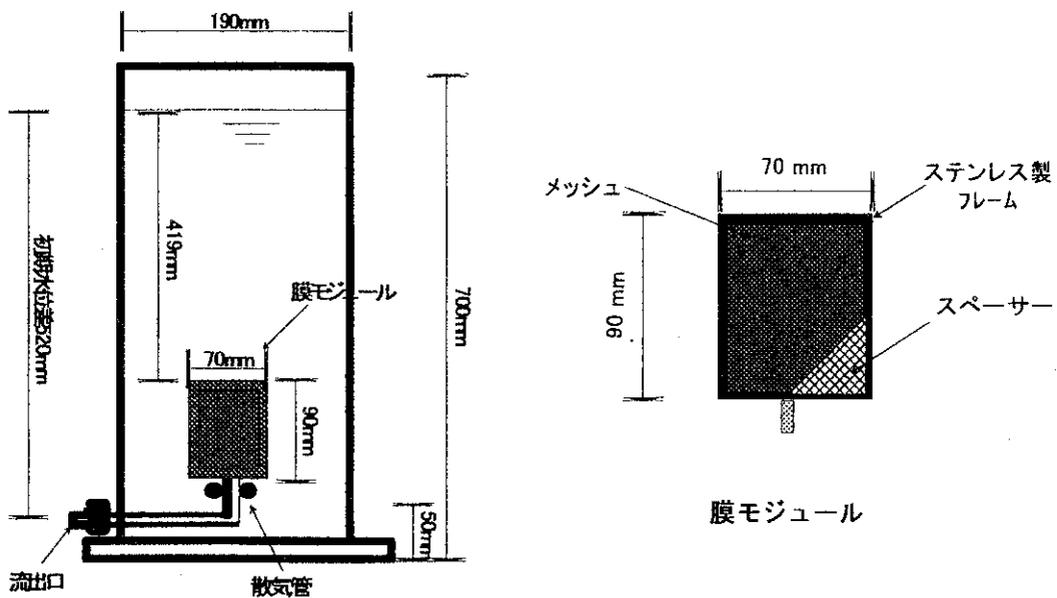


図3-1 実験装置の概要

表3-1 人工汚水の組成と水質(mg/L)

成分	添加量	水質項目	濃度
スキムミルク	333	BOD	200
		COD	190
NH_4Cl	120	T-N	50
K_2HPO_4	13.4	T-P	5.7
NaHCO_3	583	アルカリ度	350 (度)

表3-2 実験条件

Run	曝気量 (L/min)	曝気、無曝気 サイクル(hr)	HRT
1	8	連続曝気	24
2	8	1.0:1.0	24
3	8	連続曝気	24
4	8	1.5:0.5	24

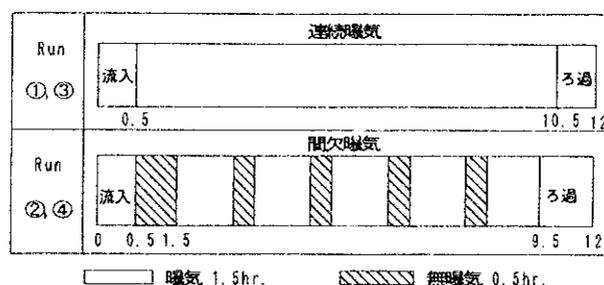


図3-2 1サイクルの運転条件

3.3 結果と考察

3.3.1 ろ過分離特性

回分式ろ過操作におけるろ液の流出量及びSSの経時変化について、Run 3及びRun 4における例を図3-3と図3-4に示す。ろ過開始直後には高濃度のSSが流出したが、1分間で流出SSは急激に低下し、3分程度でSSの流出は認められなくなった。この時点でのろ液の流出量は1L程度であった。メッシュ表面に活性汚泥層が短時間で付着蓄積しており、この汚泥層によって固液分離が確実に進めることが示された。回分式ろ過操作では、ろ過開始直後に高濃度のSSが流出することは避けられないため、初期流出水(1L程度)を反応槽に返送する必要がある。そうすることにより、ほとんどSSを含まない処理水が得られることが示された。

流出水量の経時変化をみると、流出速度は時間とともに低減しているが、これはメッシュ表面への蓄積汚泥量が増加したこと、さらにろ過の進行にともなって水位差が減少したことの2つが同時に影響しているためといえる。Run 3においては、ろ過開始直後から20分を過ぎるとろ過速度の低下が顕著となったが、この期間に3.5L程度が流出していた。Run 4では、60分までは比較的安定したろ過速度が維持され、それまでに約4.8Lが流出したが、その後は急激なろ過速度の低下が認められた。このようなろ過特性の差については後で触れることとする。

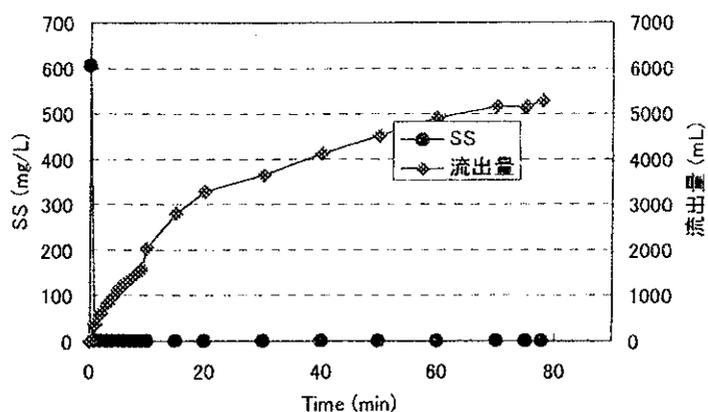


図3-3 SSと流出量の経時変化(Run 3)

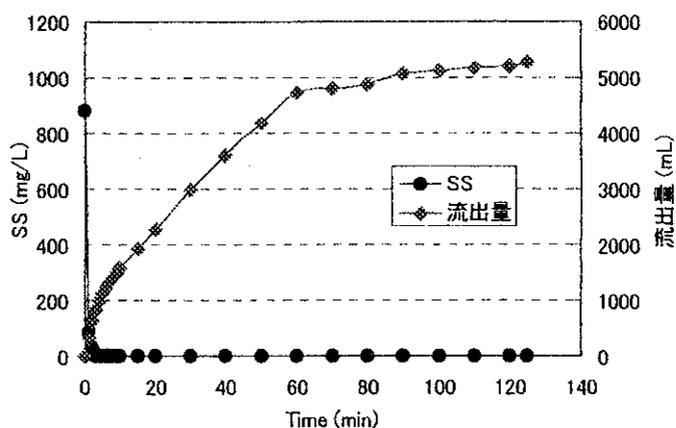


図3-4 SSと流出量の経時変化(Run 4)

ろ過におけるフラックスの経時変化を図3-5、図3-6に示す。ろ過開始1分後のフラックスは約40 m/dであったが、5分程度で急速に低下した。しかしながら、ろ過終了時でもRun 3では4.7 m/d、Run 4では3.7 m/dのフラックスが得られた。ろ過継続時間における平均フラックスは、Run 3、Run 4においてそれぞれ8.8 m/d、5.5 m/dであり、MF膜を用いた膜分離活性汚泥法におけるフラックスの10~20倍程度であった。したがって、同じ膜面積を用いるとすれば、回分式活性汚泥法を1日2サイクルで操作することは可能といえる。

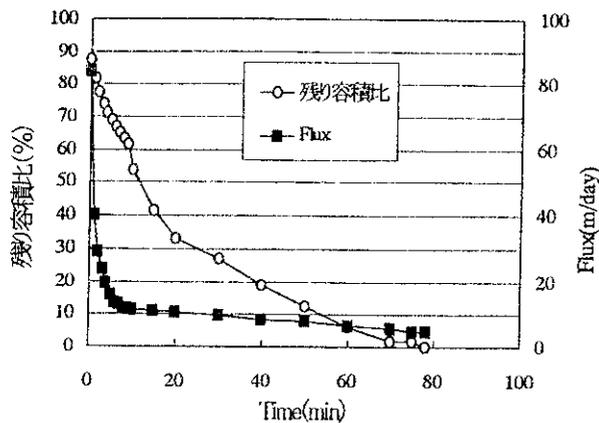


図3-5 フラックスの経時変化(Run 3)

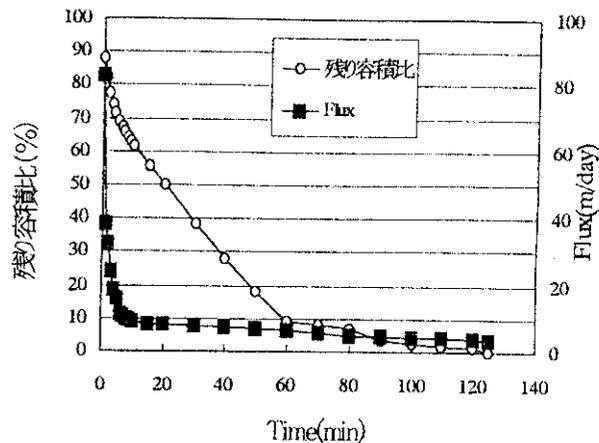


図3-6 フラックスの経時変化(Run 4)

回分式ろ過操作においては、初期流出水を反応槽に返送する必要があるため、初期流出水を反応槽に返送してから6 L (混合液体積の1/2) のろ過水が得られるまでの時間をろ過時間とした。ろ過時間の経時変化を図3-7に示す。好気条件で処理を行ったRun 3におけるろ過時間は60-80分であり、比較的短時間にろ過分離が行えた。一方、間欠ばっ気を行ったRun 4では120-140分と長くなった。

実験期間中は、MLSS測定のために汚泥を採取した以外は汚泥の引き抜きを行っていない。この期間中のRun 3及びRun 4におけるMLSSの変化を図3-8に示す。いずれの条件でも験期間中のMLSSは約3,000mg/Lから5,000mg/L以上まで増加した。全期間を通じて SV_{30} の変動は小さく、その平均値はRun 3で33%、Run 4で41%であった。

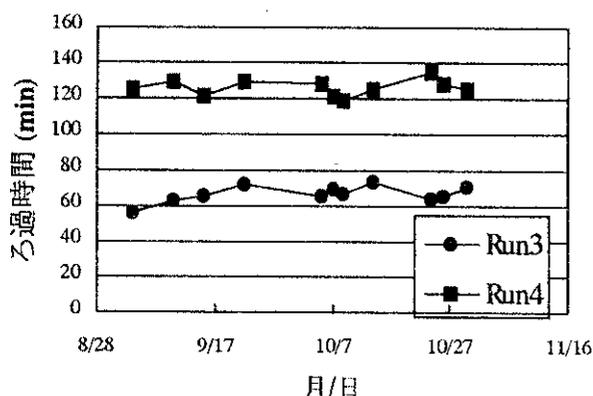


図3-7 ろ過時間の経時変化

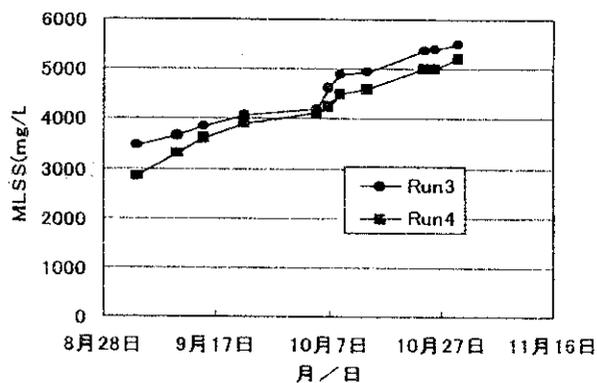


図3-8 MLSSの経時変化

このようなMLSSの濃度範囲にあっても、ろ過時間は安定していることが示された。一方、間

欠ばっ気条件ではろ過時間が長くなる傾向が示されており、処理条件によって汚泥のろ過分離特性が影響を受けることも示唆された。しかしながら、通常の回分式活性汚泥法における沈殿・上澄水の排出に要する時間に比べても、同程度か短時間でろ過を行える可能性が示された。

実験期間を通じてメッシュの閉塞は認められなかった。ここでは、ろ過分離操作は回分操作で行われており、ろ過時間以外はメッシュ下部からばっ気しているためメッシュ表面が常に洗浄される状態にある。また、ばっ気状態下では汚泥の一部がメッシュ内部に侵入することが考えられるが、メッシュモジュールの流出口をモジュール下部に設けているため、この汚泥はろ過開始時に速やかに流出したものと考えられる。

3.3.2 汚濁物質の除去特性

Run 3, Run 4 における処理水（ろ過水 6 L）の水質を表 3-3 にまとめて示す。既に述べたように SS は検出されなかったことから、BOD、COD ともに安定して低い値を維持しており、少なくとも砂ろ過処理と同程度以上の処理水質が得られた。

いずれの Run でも硝化はほぼ完全に進んでいるが、N-BOD はほとんど検出されておらず、メッシュろ過によっても硝化菌の流出が阻止されていることが示された。間欠ばっ気条件の Run 4 における T-N 除去率は約 80%であったが、連続ばっ気条件の Run 3 においても約 65%の T-N 除去率が得られた。汚泥の増加量を考慮しても、Run 3 では脱窒が同時に進行したものと考えられる。

表3-3 処理水の平均水質と変動

	3		4	
	平均	最大-最小	平均	最大-最小
SS	< 1		< 1	
COD	5.3	4.5-6.2	3.6	3.3-3.9
BOD	5.1	4.5-5.7	3.1	2.5-3.5
N-BOD	1.0	0.9-1.2	0.7	0.7-0.8
T-N	18	17.3-19.8	9.67	8.05-11.83
NH ₃ -N	0.28	0.02-0.80	0.06	0.01-0.12
NO ₃ -N	17.1	16.6-18.9	5.99	4.33-8.25
NO ₂ -N	0.31	0.10-0.40	1.77	1.15-2.20
T-P	4.46	4.10-5.01	2.89	1.91-0.53

単位：mg/L

3.4 まとめ

汚泥濃縮法として従来から検討を行ってきた回分式メッシュろ過法の特徴を利用する一つの方法として、回分式活性汚泥法と組み合わせた処理システムについて検討を行った結果、このシステム

によっても安定した処理が可能であることが示された。ここで検討した条件において、処理水量に対するろ過面積は $1\text{m}^2/\text{m}^3/\text{d}$ に相当している。また、処理水質も高度処理に相当するレベルの水質が得られることが示された。

本システムは基礎的な検討を始めたばかりであり、実排水に適用する場合には多くの課題が考えられる。ろ過圧力、メッシュ素材と面積、ろ過モジュールの構造と設置方法、夾雑物やコロイド物質の影響、ろ過操作方法など多くの因子がある。

活性汚泥のろ過分離特性に及ぼす因子をさらに検討することにより、汚泥濃縮法についてもより適切な操作条件の検討が可能と考えられる。

第4章 超音波膜処理による小型水処理装置の開発

4.1 はじめに

今年度までに膜を用いた小型水処理分離プロセスへの超音波の利用を検討してきた。この結果、超音波照射は効果的に膜ファウリングを抑制し、また、薬品等の二次的汚染を引き起こす洗浄剤を利用しなくても、効率よく膜再生が可能であることを見いだしてきた。それをまとめると次の図4-1のように、a) 超音波による濾過処理効率の促進と b) 高効率膜再生の二つに主に分けられる。そこで今年度は、超音波の特性評価に重点を置き、実際に浴槽内での超音波共振周波数や超音波強度を実測し、これに対応させて濾過特性を評価した。また、これまでは平膜タイプのUF膜を用いてきたが、今回、浸漬吸引タイプの中空糸MF膜についても検討を行った。

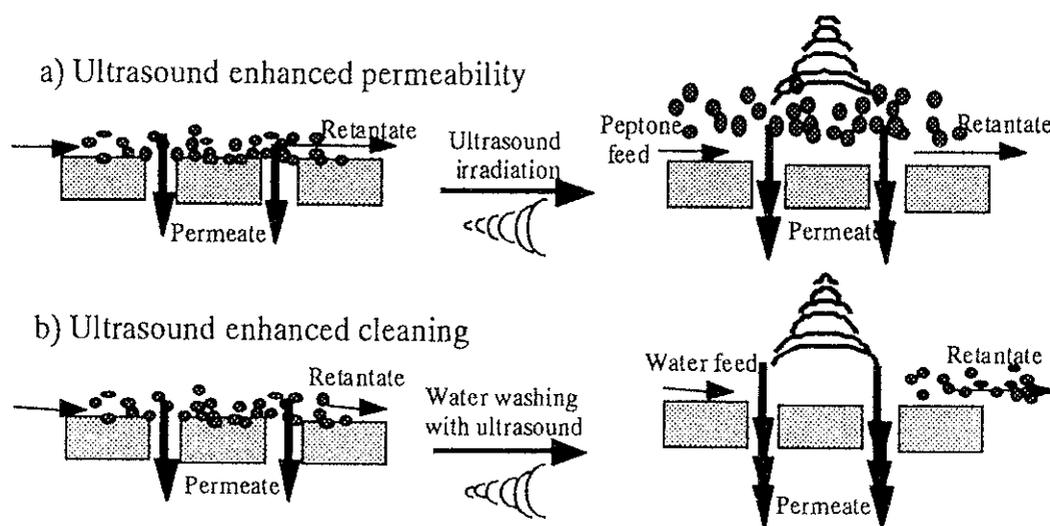


図4-1 Schematic illustration of ultrasound effect for membrane water treatment.

4.2 実験方法

限外濾過(UF)膜処理での超音波効果を調べるために利用したクロスフロー濾過実験の装置図を図4-2に示す。ステンレス製の濾過セル(ミリポアーミニタンS)内に $8 \times 12 \text{cm}^2$ のUF膜(ポリスルホン(PS)膜(ミリポアー、PTGC0-MS10))をセットし、この濾過フォルダーを水浴槽($30 \times 24 \times 16 \text{cm}^3$)内に浸し実験を行った。濾過条件は送液ポンプを用い流量 325 mL/min でペプトン溶液を濾過セルに送り操作圧 30 kPa で行った。これにより膜を透過した溶液量を測定し体積流束 ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{s}$)を計算した。

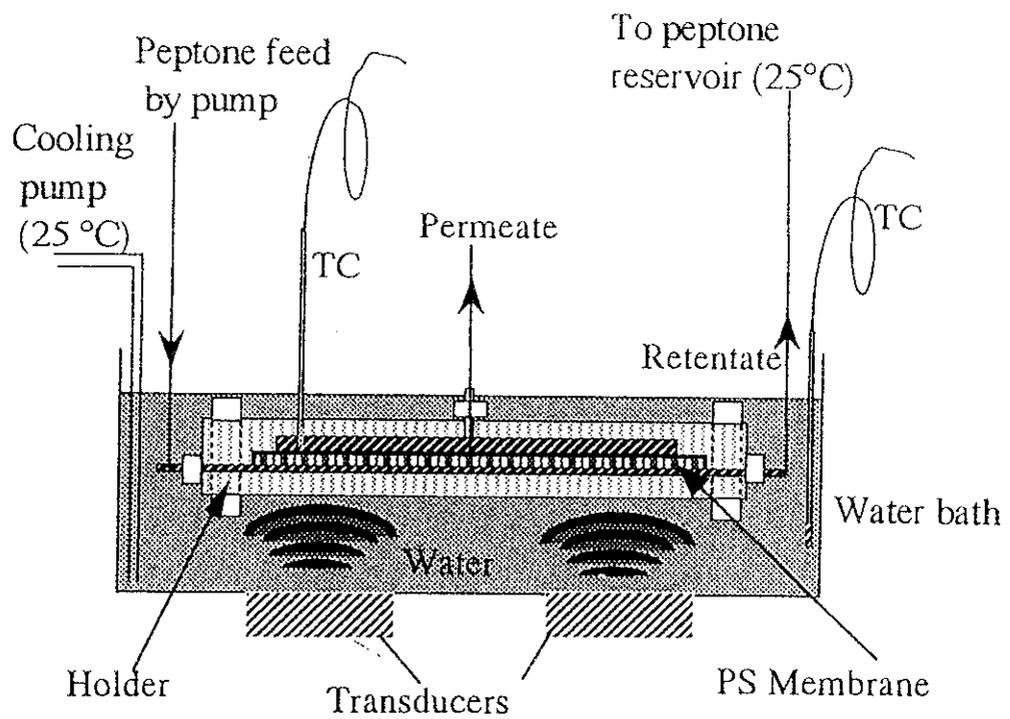


图4—2 Schematic illustration of ultrasound effect on UF membrane system by cross-flow filtration. TC was thermocouple probe for thermometer. As filtration was carried out, the water bath temperature was kept being constant at 25°C.

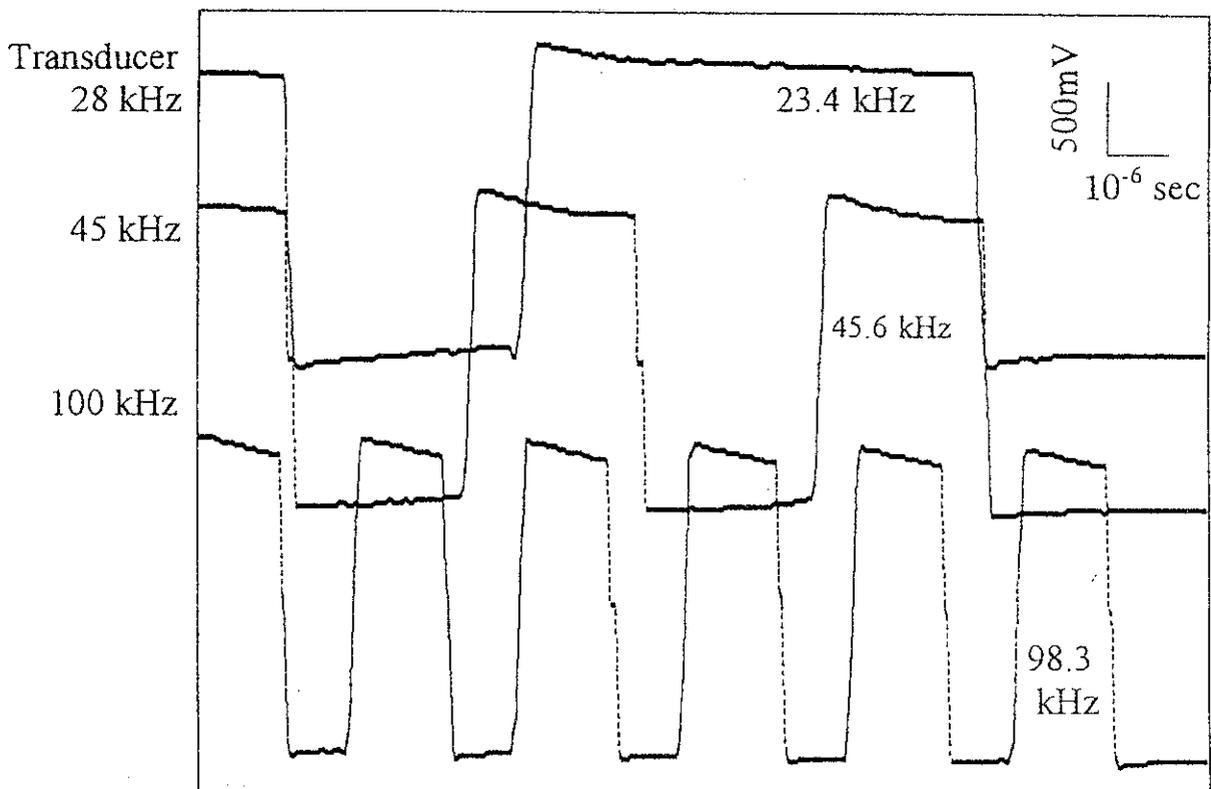


图4—3 Ultrasound profiles transduced with different frequency. The measurements were taken place using pulse receiver.

濾過フォルダーを浸した水浴槽の底には、共振周波数 28、45、100kHz の 3 種類を発振できる超音波振動子（本多電子）を張り付けそれぞれの共振周波数の超音波を濾過フォルダーに照射できるようにした。発振器は、W115（本多電子）を用い、発振出力を変えたときに同じ放射強度になるようにして濾過実験を PS UF 平膜で行った。またこの際に、伝播してくる超音波の音圧振動をパルスレシーバー（日本パナメトリクス model 5058）で計測した。その結果を図 4-3 に示す。これにより実際に周期的に音圧が水浴槽を伝わっていることが確かめられた。この図より発振周波数を 28、45、100kHz に設定した場合に、その音圧周期を見積もったところそれぞれの出力周波数で 23.3、45.6、98.3kHz となり、若干のずれが 28kHz の場合にあることが判明した。これより明らかなように、約 23kHz の音圧波が 1 回移動する間に、約 98kHz の波が 3 回くることになる。

図 4-2 に示す水浴槽内や濾過フォルダーには、熱電対が装着されており、超音波による膜が装着されている部分に存在する水(10 ml)の発熱量 ($W = J/sec$) が測定できるようになっている。図 4-4 に 28、45、100kHz 用の振動子からの 3 種類の出力を発振させたときに観測された水浴槽内の温度変化 (T) の結果を示している。その勾配 (dT/dt) から発熱量 P は次式で見積もることができる^{1,2)}。

$$P = \frac{dT}{dt} c_p M$$

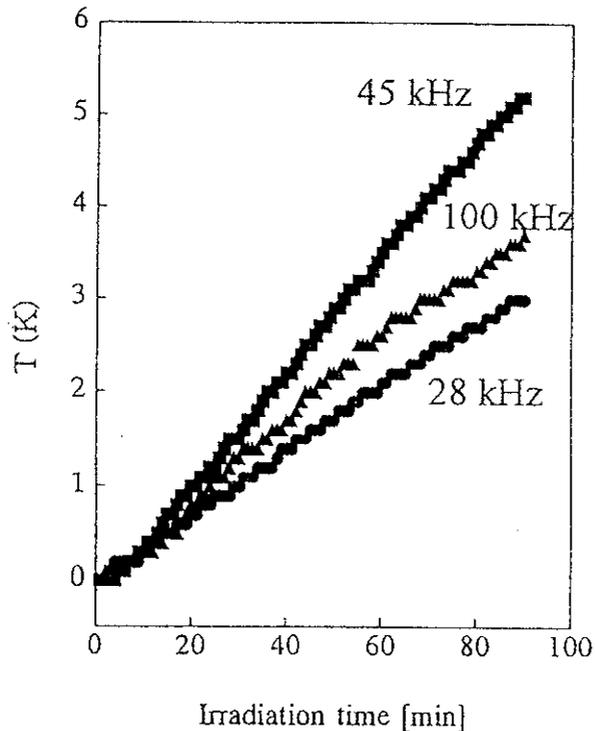


図4-4 Temperature change ΔT of water-bath by irradiating ultrasound with each frequency.

ここで c_p は 25°C での水の比熱 (J/kgK)、 M は、セル室内の水の重量 (3.1kg) である。濾過実験を行う際には、温度上昇のファクターをなくすために図 4-2 の水浴槽内の水はポンプで外部に取り出し、25°C に冷却した後に、浴槽内に戻す操作を行った。試料溶液槽も同じ温度に保ち実験を行った。

さらに中空系タイプの浸漬吸引型の MF 膜について牛乳 (固形分 3.7%) を用いた超音波濾過実験も検討した。

4.3 結果と考察

4.3.1 周波数と超音波強度依存性

濾過実験には、表 4-1 の条件で超音波を照射した。この場合、超音波振動子からの超音波出力 (W/cm^2) は、28、45、100kHz でそれぞれ、0.58、1.04、0.74 (W/cm^2) となった。ここで超音波振動子の表面積は 25 cm^2 である。従って、実際の水浴槽の発熱量は 14.5、26、18.5 W となる。この超音波強度で、濾過開始直後から連続して超音波を照射した際の 1wt% ペプトン水溶液の体積流束の経時変化を図 4-5 に示す。超音波を照射しない場合には、濾過初期では約 $6 \times 10^{-4} (\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ s})$ となる体積流束値は、濾過時間の増加とともに徐々に低下し、約 20 分後には、 $5 \times 10^{-4} (\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ s})$ になった。100 kHz の超音波を照射した場合においても、超音波を照射しない結果とほぼ同じ様な傾向となり、この周波数では超音波の効果はみられなかった。これに対して、28 kHz では、逆に体積流束は増加し約 6.7×10^{-4} となった。また、45kHz でも超音波照射により体積流束が、超音波未照射に比べて増加し超音波効果がみられた。

表 4-1 Parameters for US filtration processes of PS membrane

	k	C_w (wt%)
28kHz	8.1×10^{-4}	10
45kHz	4.4×10^{-4}	10
100kHz	3.2×10^{-4}	13
without US	2.6×10^{-4}	17

このような超音波照射により体積流束の促進効果が最も大きかった 28kHz について、振動子からの出力を変えて濾過を行った (図 4-6)。この場合のフォルダー外の水浴槽の温度変化から超音波強度を評価した結果、3、17、33W であり、この時の体積流束の経時変化は超音波強度が高いほど高くなった。