



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	21世紀に向けての生活排水処理技術の課題と展望
Author(s)	井上, 雄三; 河村, 清史; 西村, 和之 他
Description	第1回衛生工学シンポジウム (平成5年11月17日 (水) -18日 (木) 北海道大学学術交流会館) . 7 計画、展望 . 7-1
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 1, 250-257
Issue Date	1993-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7460
Type	departmental bulletin paper
File Information	1-7-1_p250-257.pdf



7 - 1

21世紀に向けての生活排水処理技術の課題と展望

井上雄三、河村清史、西村和之、田中 勝
眞柄泰基 (国立公衆衛生院)

1. はじめに

下水道をはじめし尿処理・浄化槽が公共水域の水質保全に果たしている役割は極めて大きい。しかし、これらを合わせた生活排水処理の普及率では、56%に達しているに過ぎない(1998年末で下水道普及率の約40%とし尿処理および浄化槽の処理率を加えた値)¹⁾。その結果、わが国の公共水域の水質は、ここ数年にわたってそれほど改善が見られない。それどころか都市近郊の中小河川、内海内湾、湖沼などの水質はむしろ悪化の傾向を示している²⁾。また、生活排水が全汚濁負荷量の50~77%³⁾を占めている水域も少なくない。生活排水の大部分は、下水道未整備地域や合併処理浄化槽未設置地域において未処理で流される生活雑排水(し尿以外の排水)である。生活水準の向上と生活様式の変化は、排出汚濁負荷量と排水量の増加を招くとともに、生活排水処理整備地域の増加率の遅れから現段階でもBOD汚濁が主要な水質悪化の原因となっている。一方、BOD汚濁が改善されてきている地域においては、水域の富栄養化が水道水源、親水域あるいは水産資源水域に対して多くの社会的損失をつくり出している。その結果、新たな高度浄水処理技術の開発を刺激し、雑用水道あるいは処理水による親水公園整備などの新しい水利用システムを作り出す結果となった。

このような状況の中、厳しくなる放流水質基準と相まって施設の信頼性が高く、維持管理がし易い等、技術およびコストパフォーマンスの高いものが要求されるようになり、これらが推進力となって生活排水処理技術は著しく前進した。本報告では生活排水処理技術の進歩と現状を概説し、併せて21世紀に向けての課題と展望を述べる。ここでは特に、昭和61年度よりヒューマンサイエンス基礎研究事業官民共同プロジェクトとして研究が進められた、「微生物利用による有害物質の分離技術等の開発」^{4,5)}からし尿処理における膜利用技術研究班の第2期研究・開発結果を基に、し尿処理技術開発から引き出された成果を紹介し、生活排水処理技術の課題と展望を述べることにする。

2. 生活排水処理施設の普及の背景と処理方式

表1 生活排水処理施設事業の種類

生活排水処理施設事業に関する現行制度は、表1のようにまとめられる。ここでは、輸送システム(し尿あるいは生活雑排水を居住空間から排除し、処理施設に運ぶ)を持っているか、あるいは直結しているかによって、個別処理施設地域と集合処理施設とに大別した。下水道は建設省、浄化槽、コミュニティプラント、雑排水処理施設、し尿処理施設は厚生省、農業集落排水は農林水産省が所管の範囲で事業を推進しており、それぞれ独自の役割を果たしている。図1は生活排水処理に関する普及率の推移を示したものである⁶⁾。下水道と浄化槽の普及率がほぼ同率で延びており、浄化槽が我国の水洗化に大きな寄与をしていることを示している。平成2年度においては水洗トイレ普及率は65.9%で、その内訳は下水道:38.7%、浄化槽:27.2%である(し尿の衛生処理率:98.5%)。これは、1960年代半ばになって生活水準の向上に伴い、都市を中心に快適な生

	名称	実施対象/区域	規模
個別 処理 施設	し尿単独浄化槽	し尿単独	5人以上
	合併処理浄化槽	(し尿+生活雑排水)/住居敷地内	" 51人以上では法制化
地域 集合 処理 施設	流域下水道	下水(し尿+生活雑排水+工場排水)/複数市町村区域	第一種:10万人以上 第二種:3~10万人
	公共下水道	下水(し尿+生活雑排水+工場排水)/都市区域	
	コミュニティプラント施設	(し尿+生活雑排水)/地域単位	101人以上
特別 環境 保全 公共 下水道	特別環境保全公共下水道	(し尿+生活雑排水)/主要農山村、自然公園区域内外域周辺	1千~1万人
	農業集落排水処理施設	(し尿+生活雑排水)/農業集落	1千人程度
	し尿処理施設	し尿単独/水洗トイレ未整備地区	
雑排水 処理 施設	雑排水処理施設	生活雑排水単独/合併処理施設未整備地区	100人以上

表 2 生活排水処理技術の変遷

		排水の名称						
		生活排水					下水	
対象排水		し尿	し尿	生活雑排水	し尿 生活雑排水	し尿 生活雑排水	し尿 生活雑排水	し尿, 工場排水 生活雑排水
施設名称		し尿処理施設	し尿単独浄化槽	雑排水単独処理	合併処理浄化槽	農業集落排水処理施設	コミュニティプラント処理	下水処理場
~1945	M33汚物掃除法 T10水槽便所取締規則 S25建築基準法:浄化槽の構造基準	大正便所、改良便所	水槽便所 汚物処理槽 基本型, 特殊型					標準散水ろ床法(1992) 散気式活性汚泥法
1950年代		嫌気性消化法 (散水ろ床法, 活性汚泥法) 化学処理						標準活性汚泥法の各種変法
1960年代	急速な工業化と公害の激発、公共用水域の汚濁激化	各種好気性消化法 焼却処理法 湿式酸化法	全酸化法等生物処理各種変法				長時間曝気 標準活性汚泥法 接触曝気	生物脱窒素機構の解明 硝化促進活性汚泥法の実用化
1970年代	廃掃法 旧浄化槽構造基準 水質汚濁防止法 流域下水道 下水道法に公共用水域の保全 COD総量規制	低希釈二段活性汚泥法 (標準脱窒素泥法) 高度処理法	腐敗タック方式 散水ろ床, 平面曝気 単純曝気 長時間曝気方式 分離/非分離曝気		散水ろ床 長時間曝気 循環水路曝気 標準活性汚泥法	長時間曝気 接触曝気 標準活性汚泥法	長時間曝気 標準活性汚泥法 接触曝気 オキシジェンデイツ	標準活性汚泥法 低希釈二段活性汚泥法 凝集剤添加活性汚泥法 高度処理法の採用
1980年代 1990年代	浄化槽法(新構造基準) 湖沼法:N, P総量規制 新廃掃法	膜分離高負荷脱窒素法 高度処理法	分離曝気 分離接触曝気 散水ろ床	長時間曝気 接触曝気 土壌浄化法 簡易沈殿方式	接触曝気 長時間曝気 標準活性汚泥法 回転板接触法 脱窒素プロセス, 脱リン等の高度処理プロセス	接触曝気 長時間曝気 標準活性汚泥法 回転板接触法 土壌浄化法	標準活性汚泥法 長時間曝気 オキシジェンデイツ 接触曝気 回転板接触法	標準活性汚泥法 脱窒素活性汚泥法 (循環脱窒素法) 高度処理プロセスの採用
除去機能		BOD, N, P: 10, 10, 1 mg/L 程度の処理気技術に到達	BOD除去率80% N, Pの除去は期待できない	N, Pの除去はそれほど期待できない	BOD20-60mg/L N, P除去のできる施設	BOD: 20-30 mg/L,	BOD 20-30 mg/L	BOD: 20 mg/L 以下 窒素、リン除去の試み

活環境を求めて高まった水洗トイレの要望が、下水道の普及率の増加を大幅に上回ったところに安価なFRP製浄化槽が開発されたために起こったものである⁷⁾。

しかし、初期のし尿浄化槽は構造上あるいは維持管理上浄化機能が定格通りに発揮されないものも見受けられ、技術的にも制度上も多くの見直しが必要とされた。これが、合併処理浄化槽の法制度化⁸⁾につながったが、1990年でも合併浄化槽普及率は浄化槽の中の6.5%に過ぎない⁹⁾。

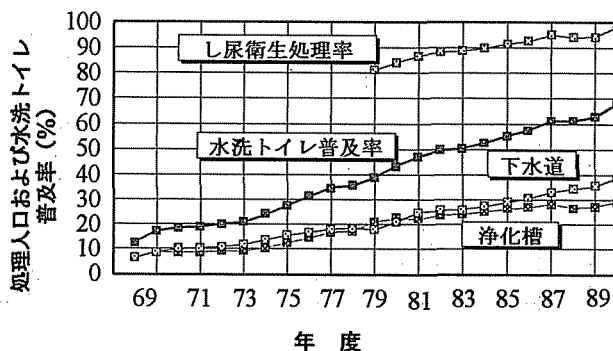


図1 処理人口および水洗化率の経年変化

3. 生活排水処理技術の変遷とその要因

表2に各処理施設のプロセス開発あるいは導入の推移とその要因を示す。表は基本的には、次の4期に分けて示されている。即ち、(1)戦前(～1945)～1950年代半ば：衛生学的安全の確保、(2)1950年代半ば～1960年代：浄化槽、し尿処理、下水道によるし尿の衛生処理の確保、水洗化および公共水域の有機汚濁の削減、(3)1970年代：水洗化率の拡大および公共水域の有機汚濁の削減、(4)1980年代～現在：閉鎖水域におけるリン、窒素および有機汚濁の削減、水洗化率の一層の拡大の4期である。これらは、1、2期における消化器系伝染病の消長¹⁰⁾、3期における閉鎖水域、中小都市周辺の小河川の汚濁、4期における閉鎖水域における富栄養化、河川水の繰り返し利用システムにおける難分解性有機物質とTOX問題に対応している。したがって、生活排水処理の観点からは2期がし尿の衛生処理、3期がBOD除去プロセス、4期がN、P除去および難分解性有機物質の除去プロセス問題として捉えることができる。以上の処理技術と処理性能をまとめると、表2最下段のようになる。

4. 膜分離を用いたし尿処理技術

(1) し尿処理技術の推移

いままで生活排水処理技術の変遷に関して概要を述べてきたが、ここで公衆衛生院と民間および大学で1996以来共同研究を行っている「し尿処理における膜利用技術」に関する研究成果(第2期分)^{4,5,6)}を基に、し尿処理技術の推移について考察する。なお、第1期分については眞柄によって詳細な報告^{11,12)}がなされている。

し尿処理を上述の区分で分けると、1期：衛生処理とは異なるが農地還元や海洋処分による都市からの速やかな排除(衛生環境の確保)、2期：日本独自のし尿処理システムの構築と嫌気性消化法、好気性消化法、化学処理法などの1次処理と散水ろ床や活性汚泥法等の2次処理によるBOD除去と寄生虫とその卵、病原性微生物の死滅化、3期：好気性消化法の発展等による効率的な一次処理と悪臭などの2次公害の防止、4期：生物学的脱窒素処理法(標準脱窒素法および高負荷脱窒素処理法)の開発と高度処理法による窒素、リンおよび色度等難分解性有機物の除去、沈殿池を持たない膜分離法の実用化、となる。

4期になり、し尿処理技術(有機物と窒素の同時除去-高負荷処理-低希釈処理-高度処理)が膜分離技術の導入によってほぼ完成し、最も進んだ生活排水処

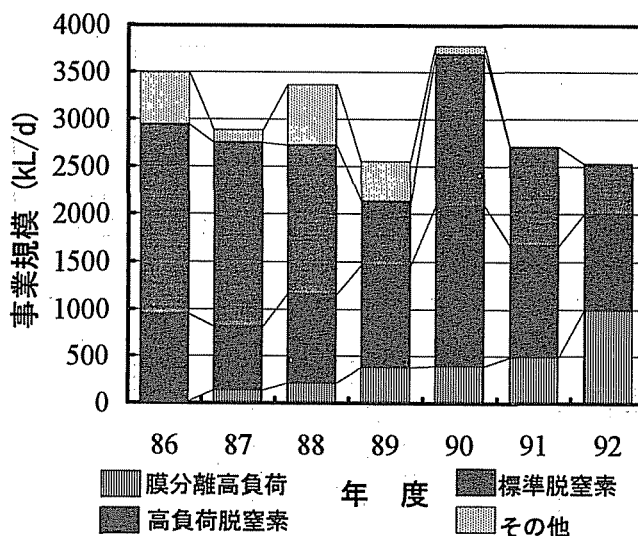


図2 し尿処理施設事業規模の推移

理技術として評価されている^{13,14)}。膜分離プロセスの導入は、従来沈澱池の管理上越流水面を観察する必要があったものが、全くその必要性がなくなり、ここにし尿処理施設は密閉型にすることができた。また、液体側からは膜を透過できないサイズの粒子は余剰汚泥として引き抜く以外には全く隔離された施設にすることが可能となった。このことは衛生学上極めて重要な展開といえる。

(2) 膜分離し尿処理施設の運転特性と処理性能

し尿処理に膜分離が実用化されたのは1986年であり、既に7年が経過しようとしている。この間、図2に示したように膜分離高負荷方式は着実に事業件数を延ばしており、1992年度末における総事業件数は45件、2,573kL/dに及んでいる。このような伸びを示すのは、上述の理由によるものであることは疑い。

そこで、ここでは稼働中の膜分離し尿処理施設の運転実績を示し、本方式の特徴を述べ

表3 膜分離プロセスの操作条件

メーカー名	微生物濃度 (g/L)	分画分子量	モジュール形状	操作圧力 (kPa)	膜面流速 (m/s)	Flux (m ³ /d)	洗浄回数 (回/月)
A	20	*	T	245	2.5	1.3	0.5
B	12	20,000	T	196	2.0	1.5	1回/3ヶ月
C	15-20	20,000	T	245-294	2.0-2.3	1.2	0-0.5
D	15	*	T	294	2.5	1.0	2.0
E	15	20,000	T	382	2.9	1.2	0.5
F	15	20,000	T	176	3.1	1.2	0.5
G	17-21.5	20,000	T	365-402	2.0-2.7	1.27-1.43	2.0
	17-24	*	F	245-333	1.9-2.4	1.0-2.3	1-7.5
H	15	*	F	196	2.0	2.1	1回/6ヶ月

*: 分画分子量が不明 T: チューブラ型, F: 平板型

る。表3は膜分離プロセスの操作条件を表4は除去性能をまとめたものである。使用されている限外ろ過膜は、チューブ型が多いが、最近では平膜型も使われている。分画分子量は20,000程度であるが、もっと大きな限外ろ過膜が使われはじめています。運転条件は恐らく投入し尿の質(浄化槽汚泥の混入割合)、希釈倍率

によって異なるものと思われるが、2倍程度の幅で違っている。しかし、フラックスや洗浄回数の違いが操作条件によるものであるかどうかは、もう少し運転実績件数が増えた上で調査をして見なければ判断できない。現段階ではこれらの違いは、維持管理費用や運転管理の容易さ等には若干の違いがでてくるものと思われる。水質的な違いは、投入し尿の質の違いによるもので、伊東市クリーンセンターのようにほとんど浄化槽汚泥のものもある。浄化槽汚泥の多少は生物処理水のCODに影響を与えるが、希釈倍率の違いも影響する。膜分離プロセスとその他の汚泥分離プロセスとの大きな違いは、処理水のSS濃度である。膜分離し尿処理施設の場合、凝集プロセスの後にも分離膜が利用されているのが一般的である。

(3) 外ろ過膜の物質阻止性

雑用水道の利用や排水処理水を利用した親水公園等の整備は、従来以上に水系感染性微生物による健康リスクに対する関心を高めている¹⁵⁾。膜分離技術の排水処理への応用は途についたばかりであるが、上述のように膜ろ過はその機能として膜目サイズ以上の粒径物質の透過阻止がある。図3はウイルス代替微生物のファージを用いた限外ろ過膜の阻止特性を示したものである。これから得られる結論は、(1)限外ろ過膜のファージ阻止性は、サイズ数十ナノメートルの coliphage T1 と Qβ では、膜の排除分子量が数十万程度であれば、完全である。(2)排除分子量がそれ以上であってもケーキ層を形成すればほぼ完全に阻止可能である(図はろ過条件①膜

表4 膜分離高負荷し尿施設の処理性能

施設名	上天草	関町	伊東市	峽南	
除渣し尿	pH	8.1	7.2	6.3	7.6
	BOD (mg/L)	5,500	6,600	4,700	4,700
	COD (mg/L)	2,200	3,680	3,307	5,300
	SS (mg/L)	3,980	8,390	8,345	6,700
	T-N (mg/L)	2,370	2,300	683	2,500
	T-P (mg/L)	-	216	56	220
	Cl (mg/L)	-	1,560	259	1,900
生物処理水	pH	7.3	6.6	7.2	7.1
	BOD (mg/L)	1<	7.2	13.7	2.6
	COD (mg/L)	124	226	53.8	330
	SS (mg/L)	1<	ND	10.1	2<
	T-N (mg/L)	21	47	5.1	29
	T-P (mg/L)	73	90	13.3	-
	Cl (mg/L)	-	1,440	329	1,400
凝集処理水	pH	6.3	5.7	6.8	4.6
	BOD (mg/L)	1<	4.7	-	1<
	COD (mg/L)	62	112	18.4	67
	SS (mg/L)	1<	ND	ND	2<
	T-N (mg/L)	12	37	-	13
	T-P (mg/L)	0.6	0.5	0.4	0.1<
	Cl (mg/L)	-	2,580	311	2,000

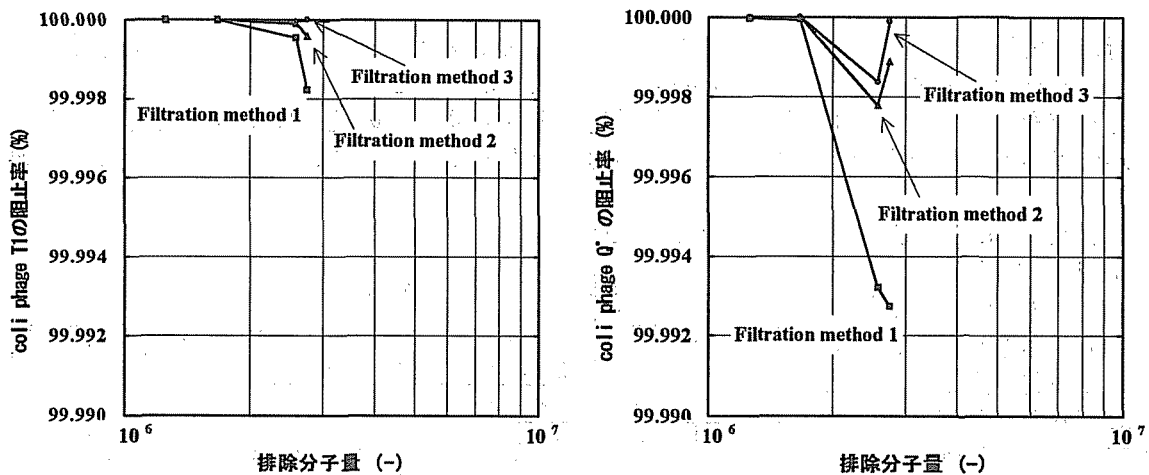


図3 限外ろ過膜の排除分子量と coliphage および Qβ 阻止率との関係^{15, 16)}

ろ過(フェージ懸濁液のみ)、②混合ろ過(フェージ混合活性汚泥)、③ケーキ層ろ過(活性汚泥液をろ過後、フェージ懸濁液をろ過))。一方、活性汚泥はウイルスを吸着する^{17, 18)}ことが知られており、固液分離と適切な汚泥処理が生活排水処理水の感染性ウイルスに関する健康リスクの低減化に寄与していることは確かであろう。しかし、西村は健康リスク(発病率)を 10^{-5} 程度にとると、生活排水の十分な浄化と懸濁物質の十分な除去およびその後十分な塩素殺菌が必要となるとしている¹⁶⁾。限外ろ過膜を導入することによる健康リスクの低減化が極めて大きいことが納得できるであろう。

5. 課題と展望

(1) 小型合併処理浄化槽の処理性能の向上

冒頭に述べたように生活排水の処理人口普及率は、1988段階で56%に過ぎない。現在でも恐らく60%を少し越えた程度であろう。残りは、未処理のまま生活環境小河川に流されている。図4は1991年度末における人口別下水道普及率を示したものである¹⁹⁾。人口100万人以上の大都市以外の普及率は60%未満で、人口5万未満の地方市町村は10%に満たない状態である(ただし、これはBODベースの数値で、窒素やリンとなるとこの数値の半分程度であろう)。このうち人口5万人未満の規模別人口は、表4のようになる。人口8千~2万人が一番多く、38.7%を占めている。このことは、今後整備される生活排水処理事業がほとんど小規模施設、特に合併処理浄化槽の規模になることを示している。表3に示したように小規模施設の場合、BOD除去率は70~90%程度であるが、窒素、リンの除去率は単独処理浄化槽:12, 25%, 合併処理浄化槽:27, 37%と現状では除去率が極めて低く²⁰⁾、何らかの技術的対策が必要となる。技術的には表3に示すような窒素、リンの除去技術が開発されているので、既設浄化槽においても何らかの改良技術の検討が必要となる。特に窒素に関してはリン除去に比べて経済的にも十分可能であり、多くの生物脱窒素プロセスが開発されており、条件に応じて選択できるであろう。しかし、循環法では窒素除去率に上限が生じ、今後好気性脱窒^{21, 22)}等新しいプロセス開発が必要となる。また、完全混合反応槽の場合ではあるが、硝化・脱窒素反応のコントロール技術としてファジー制御等の制御方法²³⁾も生活排水処理技術に応用され、より信頼のお

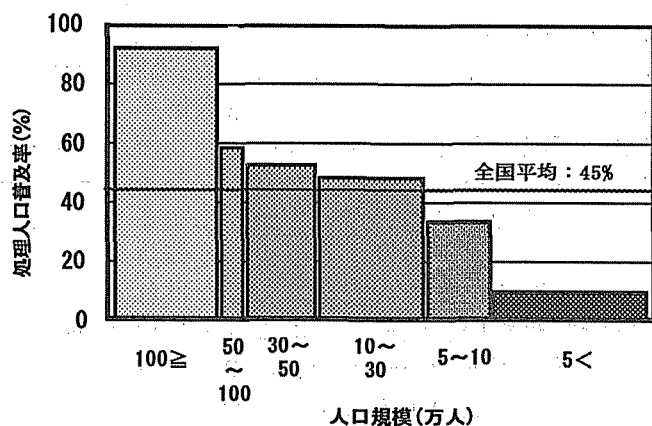


図4 人口規模別下水道普及率

表5 5万人未満の市町村の人口規模別割合

人口規模(千人)	40-50	35-40	30-35	20-30	8-20	5-8	1-5	1未満
人口割合(%)	14.9	8.9	6.7	16.5	38.7	9.9	4.3	0.1

るであろう。しかし、循環法では窒素除去率に上限が生じ、今後好気性脱窒^{21, 22)}等新しいプロセス開発が必要となる。また、完全混合反応槽の場合ではあるが、硝化・脱窒素反応のコントロール技術としてファジー制御等の制御方法²³⁾も生活排水処理技術に応用され、より信頼のお

ける脱窒素処理技術の発展が望まれている。一方、水域によっては難分解性有機物の除去のために高度処理施設の導入が必要などところもある。

(2) 衛生学的に安全な処理水

ウイルス性疾病のリスク低減化

我国における水利用の増加は、一過型の水利用システムからカスケード型利用システムへの変化を余儀なくしてきたが、雑用水道、親水公園への利用等新たな水利用システムが導入されてきている。

比較的大きな規模の生活排水処理施設からの処理水は、生活環境から比較的離れた地域外に放流されることになるが、小規模施設からの処理水は、小河川等の生活圏内に放流されるケースが多くなる。現在、生活圏内小河川は未処理あるいは不十分な処理のまま放流されているために、汚濁が激しくレクリエーションエリアとしての機能を失った状態となっている。しかし、現在の生活排水の処理状況が改善され、都市小河川がかつてのレクリエーションエリアとしての機能を再び取り戻すことを地域住民は切望しているし、これこそ真の意味での親水環境といえる。21世紀には生活空間をこのような潤いのある環境にすることが重要である。

このような状況になると、地域住民は生活小河川の流水との接触の機会が飛躍的に増え、日常的になってくるものと思われる。

以上のような状況は、先に述べたように従来以上に水系感染性微生物による健康リスクにたいする配慮が必要になってくるであろう。

表6および表7はそれぞれ下水道系および浄化槽放流水に見いだされた腸管系ウイルスであ

表6 下水道系における腸管系ウイルス²⁴⁾

国名	ウイルス濃度		
	下水	活性汚泥処理水	塩素殺菌処理水
Australia	150-10,750 IU/L	100-12,850 IU/L	0-7,150 IU/L
Brazil	0-8,000 PFU/L		
Britain	580-9,140 PFU/L	0-60 PFU/L	0-27 PFU/L
Canada	0-1,000 VIU/L		
France	37-440 MPN CU/L	0.12-9.6 MPN CU/L	
India	1,050-11,575 PFU/L		
	93-1,675 PFU/L		
Israel	5-11,184 PFU/L	5-60 PFU/L	300-1,000 PFU/L
	500-80,000 PFU/L		0 PFU/L
	6,000-492,000 PFU/L		
	220-3,180 PFU/L		
	240-4,110 PFU/L		
South Africa	0-100,000 TCID50/L	100-4,000 TCID50/L	0 TCID50/L
USA			
Ada	60-200 PFU/L		
Arizona		1.58-74.75 PFU/L	
Asutin	250-1,500 PFU/L		
Cincinnati	0-1,450 VU/L	0.8-36 PFU/L	
Florida	10-<182 PFU/L		
	6.2-2,250 PFU/L	0-5,222 PFU/L	0.8-2.1 PFU/L
Hawaii	27-19,000 PFU/L		0-750 PFU/L
	67-820 PFU/L		
Kerrville	5.6-910 PFU/L		
San Antonio	64-576 PFU/L		

表7 浄化槽放流水の腸管系ウイルス²⁴⁾

国名	ウイルス濃度
Denmark	1,800 TCID50/L
Norfolk Island	200,000 Particles/L

る²⁴⁾。下水中には腸管系ウイルスが高濃度に存在しており、ウイルス系疾病が起こる危険性が高い。この腸管系ウイルスは活性汚泥処理プロセスによってかなりの部分が活性汚泥に吸着さ

れ、ウイルス感染価が低減されることが報告されている18)が、それでも 10^3 個オーダーで生存している。驚くべきことには塩素殺菌処理を経ても 10^3 個のオーダーで生存している。浄化槽放流水においては 10^6 個のオーダーの値が報告されている。このように感染価を持った腸管系ウイルスが殺菌処理を行っても放流水中に存在することは、上述の健康リスクを増加させるものであり、何らかの技術的対策が必要になる。限外ろ過膜の生活排水への導入は、ウイルスの処理水への移行阻止という局面からも、特に殺菌処理プロセスの信頼性に問題の残る合併処理浄化槽など小規模施設や家庭向け合併浄化槽に対して必要となってくるであろう。

(3) 膜分離高度処理法の開発

限外ろ過膜を生物処理法に導入することによって、生物の脱窒素能力を大きく増大させることが可能となり、さらにはCOD、リンを高度に削減できる処理装置が可能となったが、現段階では浄化槽に用いるには、コストなどいくつかの問題点を克服しなければならない。表8に膜分離生物処理法の特徴を示す。長所のいくつかは従来の生物処理法の欠点を完全に克服できるものである。既に合併処理浄化槽の実施設に対して膜分離プロセスが導入され、実績を挙げつつある²⁵⁾。これらの施設では高度処理設備を付けずにBOD、COD、T-N: 10 mg/L以下の処理水質が得られることが報告されている。

表8 膜分離生物処理法の特徴

長 所	短 所	短所に対する対策
<ul style="list-style-type: none"> ・微生物の高濃度保持(20-30g/L) ・反応槽のコンパクト化 (完全混合型反応槽による制御性の拡大) ・バルキングフリー固液分離 ・SRT制御性拡大 ・脱窒素反応のためのDO制御性の拡大 ・汚泥発生量の減少 ・凝集剤添加によるリン除去 ・ウイルス等健康リスクの削減 ・遺伝子操作微生物の利用 	<ul style="list-style-type: none"> ・操作性が煩雑 2m程度の膜面流速維持、膜洗浄 ・維持管理費が割高 膜面流速維持のための動力費、洗浄薬品代 ・膜装置が高価 	<ul style="list-style-type: none"> →自動洗浄技術、汚れ、目詰まりに強い膜開発 →省エネ膜面流速維持技術の開発、 低圧ろ過技術の開発 →市場開発により低コスト化

6. おわりに

生活排水の処理技術に関して、歴史的に技術の推移を見た。その中で浄化槽およびし尿処理の果たしてきた役割を考察した。また、し尿処理技術の発展で、特に近年の膜分離高負荷脱窒素処理技術について、その機能、特徴を考察した。その結果、膜分離プロセスが21世紀における生活排水処理技術として、特に浄化槽等の小規模処理技術として大きな展望を持っていることを示した。

参考文献

- 1) 中西：生活排水処理の課題と展望、都市清掃，43，No.174，pp.21-26(1989)
- 2) 度環境白書（平成3年度）
- 3) 柳下：水質環境保全としての富栄養化防止と窒素・リン規制、資源環境対策，29，No.8，pp.718-727(1993)
- 4) 眞柄：微生物利用による有害物質の除去時術等の開発、ヒューマンサイエンス基礎研究事業 官民共同プロジェクト研究報告、第1分野、平成元年度，pp.414-426(1990)
- 5) 眞柄：微生物利用による有害物質の除去時術等の開発、ヒューマンサイエンス基礎研究事業 官民共同プロジェクト研究報告、第1分野、平成2年度，pp.448-463(1991)
- 6) 眞柄：微生物利用による有害物質の除去時術等の開発、ヒューマンサイエンス基礎研究事業 官民共同プロジェクト研究報告、第1分野、平成3年度，pp.404-419(1992)
- 7) 武藤：浄化槽の課題と展望、都市清掃，40，No.156，pp.19-25(1987)
- 8) 松本：浄化槽及びし尿処理施設における高度処理の現状と今後、水環境学会誌，81，No.8，pp.545-549(1993)
- 9) 石渡：生活排水対策としての合併処理浄化槽の普及、都市清掃，41，No.166，pp.441-447(1988)

- 10) 眞柄：し尿・排水処理における新技術、都市清掃，40，No.156，pp.26-34(1987)
- 11) 眞柄、田中、伊藤：膜分離技術を利用したし尿処理術の課題と展望、京都大学環境衛生工学研究会第11回シンポジウム講演論文集，p.1-16(1989)
- 12) Y. Magara, and M. Itoh: The effect of operational factors on solid/liquid separation by ultramembrane filtration in a biological denitrification system for collected human excrete treatment plant, *Wat. Sci. Technol.*, 23, pp.1583-1590 (1990)
- 13) 桜井：し尿処理技術の現状と今後の動向、都市清掃，41，No.166(1988)
- 14) 辻：最近の水処理技術の動向について、都市清掃，40，No.157，pp.171-176(1987)
- 15) 金子：下水処理水活用の衛生学的課題—主としてウイルスの側面より—、下水道協会誌，24No.279，pp.45-53(1987)
- 16) 西村、河村、針生、眞柄：活性汚泥共存下における大腸菌ファージの限外ろ過による阻止性，第27回日本水環境学会年会講演集，pp.230-231(1993)
- 17) 西村、河村、眞柄：活性汚泥懸濁液の限外ろ過におけるファージ阻止性、水環境学会誌投稿
- 18) 丘依枢：ウイルスと水処理(V)，水質汚濁研究，4(3)，pp.175-180(1981)
- 19) 金台東、本田、白神、矢野、海野：活性汚泥混合液中のウイルス感染価の低減について、水環境学会誌，16(5)，pp.339-345(1993)
- 20) 中小市町村の下水道普及にあたっての技術課題(その1)/座談会，月刊下水道，16(6)，p.52(1992)
- 21) Robertson, L.A., Niel, E. W. J., Torremans, R.A.M. and Kuenen, J.G.: Simultaneous Nitrification and Denitrification in Aerobic Chemostat Cultures of *Thiosphaera pantotropha*. *Appl. Microbiol.*, 54, No.11, pp.2812-2818(1988)
- 22) 宗宮：好気性脱窒菌の検索と反応器の開発、H5年度膜処理研究計画第3班研究会議資料(1993.9)
- 23) 青井、岡庭、萩原、元村：高負荷単一槽硝化脱窒法へのファージ制御の適用，28th衛生工学研究討論会論文集，pp.171-179(1992)
- 24) 金子訳：上下水のウイルスと消毒、国際シンポジウム講演集、水中微生物研究会(1993)
- 25) 清水、山田、和泉、師：膜分離を組み込んだ高濃度活性汚泥法による高度処理、資源環境対策，29，No.8，pp.47-52(1993)