

鈴木 雄二 ^{*1}湯川 幸郎 石郷岡 晋
^{*2}塚田 善也 ^{*3}瓜生 信彦 高田 熙

1 はじめに

生活雑排水による環境汚染は、住宅地や都市近郊の水路及び河川、湖沼の水質汚濁の大きな原因となっており、この対策の一つとして、一般家庭からの生活雑排水を処理することが求められている。このため、市販されている生活雑排水処理装置で性能調査を行ったが、沈殿槽方式、接触酸化方式では除去率に、土壌浄化方式は設置費、設置面積及び維持管理に問題があり、いずれの装置も広く普及させる諸条件を満足させるものではなかった。このような状況から、安価で設置面積が小さく、維持管理が容易で除去率が高いことを目標に、新しい処理装置の開発に向けて研究を重ねた。

装置の開発にあたっては、①装置の設置面積が1 m²程度であること。②設備費が安く4～5人用の装置で10万～12万程度であると同時に、維持管理費が1,000円/月程度で運転できること。③水量、水質の大きな変動があっても、1日のBOD、COD、SS負荷量の75～85%を除去できること。④装置の閉塞、発泡、悪臭の発生がなく、固形物の除去が容易で、汚泥の処理はほとんど必要としないこと。を製作の基準として、基礎研究をかさねてきた。¹⁾²⁾

本研究では、これまでの基礎研究の成果をもとに、処理方式として浸漬ろ床法、接触材には天然軽石を採用して、標準家庭(4～5人)を対象に製作した処理装置を個別住宅に設置し、装置の実用性能を調べた。

2 試験装置

この装置の大きな特徴は、エアリフトポンプを設置し流入調整を行っていることと、接触材に秋田県北部で多く産出する天然軽石を使用していることである。

装置の構造は図-1のとおりであるが、装置の材質はFRP製で、大きさは1,250mm×650mm、深さ900mmである。装置は固形物の除去を図る10mm目のステンレス製スクリーン、及び6mm目のプラスチックネット、流入水を調整し懸濁物質を沈殿分離する第1槽(調整槽)、接触材を充填し生物分解を行う第2槽(接触ばっ気槽)、処理水の剥離汚泥の分離を行う第3槽(沈殿槽)から構成されている。調整槽には接触ばっ気槽の負荷量の緩和を図るため、定量的に送水するエアリフトポンプを設置し、接触ばっ気槽には散気装置と逆洗装置を設置した。

スクリーンは維持管理しやすくするため取り外しが簡単にできるよう配慮し、また、過度の流入水量に対処するためオーバーフロー管を調整槽から沈殿槽に接続した。

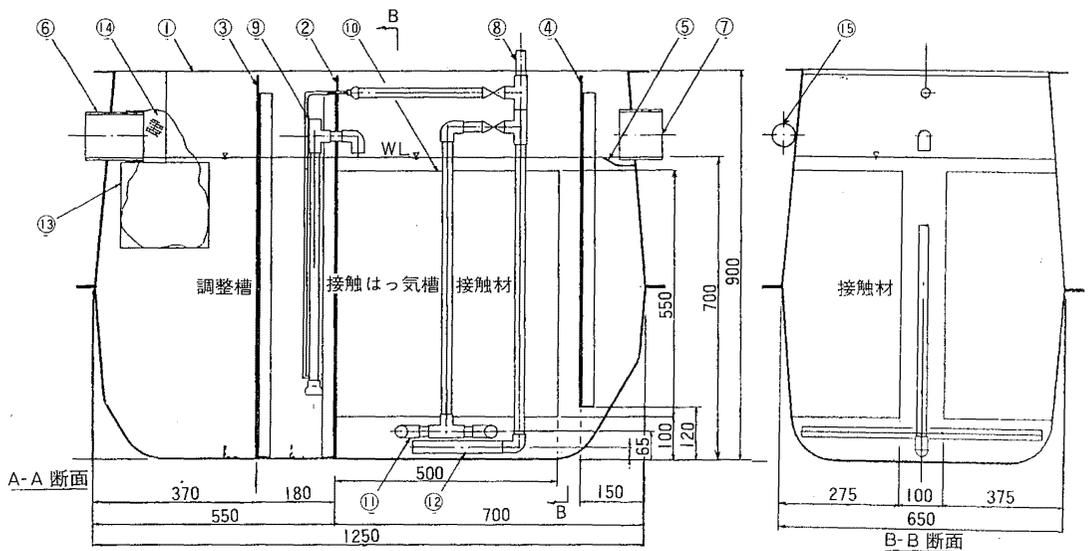
※1 現在、能代保健所

※2 現在、秋田県情報統計課

※3 現在、秋田県環境保全課

なお、装置の設計にあたり、流入水量は1,000 l /日、流入水質はBOD200mg/lを目安としており、有効容量は調整槽250 l、接触ばっ気槽250 l、沈殿槽30 l、接触材の空隙率は65%、充填率は68%とした。

品番	名称	規格	材質
1	本体	3 t	FRP
2	仕切板	3 t	FRP
3	調整槽バッフル	3 t	FRP
4	接触ばっ気槽バッフル	3 t	FRP
5	越流ボックス	3 t	FRP
6	流入管	100φ	FRP
7	流出管	100φ	FRP
8	送気管	vp13	
9	エアリフトポンプ	vp10	
10	接触材	秋田県北部産軽石	
11	逆洗装置	vp13	
12	散気装置	購入品	
13	スクリーン	10mm目	S T S 304
14	ネット	6 mm目	



図一 1 処理装置の構造

3 試作装置の性能試験

3-1 調査方法

試験装置を昭和61年2月15日に標準家庭の個人住宅に設置し、昭和61年3月、5月、7月、及び11月の年間4回通日調査を行った。調査では、6時から24時まで1時間間隔で採水し、流入水及び処理水については、水量、水温、pH、BOD、COD、SS、T-N、T-Pの各項目、接触ばっ気槽内では、生物相とDOを測定した。

装置を設置した家庭の家族構成等の概要は表一1、排水システムの概要は図一2のとおりである。

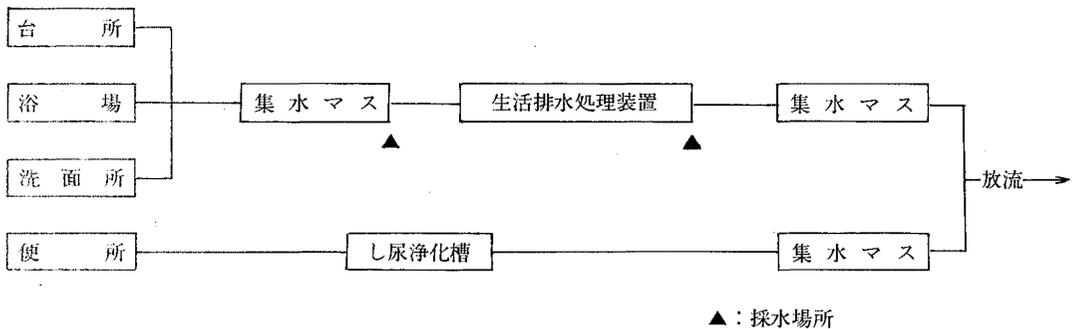
採水位置は、流入水を装置流入直前の集水マス、処理水を沈殿槽出口とした。また、処理水量については、処理水を集水マスから水中ポンプで全量採取し計測したが、流入水量は調整槽の水

位を測定し処理水量から補正して求めた。

pH、BOD、COD、SS、T-N、T-P、DOの各項目は「工場排水試験法」JIS K 0102により測定した。

表一 設置家庭の概要

設置場所	職業	居住員数		昼間外出員数
		大人	子供	
秋田市	公務員	2	2	3



図一 2 排水システムの概要

3-2 結果及び考察

3-2 (1) 流入水量及び水質の特性

各調査月の流入水量の概要とその経時変化は表一 2、及び図一 3 のとおりである。

流入水量は調査時期により、344~1,858 l/日と幅があるが、平均値では1,268 l/日となっている。これらを設計値と比較すれば、11月を除き各調査月とも設計水量を超えている。この家庭の使用水量は、水洗便所からの排水が含まれていないにもかかわらず、317 l/日人で秋田市内の団地^{3)~5)}で調査した値や文献値に比較し高い値となっている。流入水の日間変動は、最大値が236~562 l/時、最小値が0 l/時、日平均流入量に対する時間最大流入量の値、すなわちピーク率では、4.7~8.6倍と変動が大きい。流入水の経時変化をみると、各調査月とも朝~昼、夕、夜の3つピークを持っており、特に朝~昼のピークは顕著である。このピークは、調査家庭の生活パターンから、朝~昼は洗濯排水、夕と夜は入浴排水によるもので、この時間帯の水量は全体の52~86%をしめている。また、この時間帯には、短時間に多量の水量が調整槽に流入するため、エアリフトポンプでは処理できず、5月及び11月にはオーバーフロー管からの流出がみられた。

表-2 流入水量の概要

調査月	項目	流入水量 l/日	時間平均流 入水量l/時	時間最大流 入水量l/時	ピーク率	水量原単位 l/日
3		1159	50	236	4.7	290
5		1858	77	562	7.3	465
7		1319	55	344	6.3	330
11		734	31	265	8.6	180
平均		1268	53	236~562	4.7~8.6	317

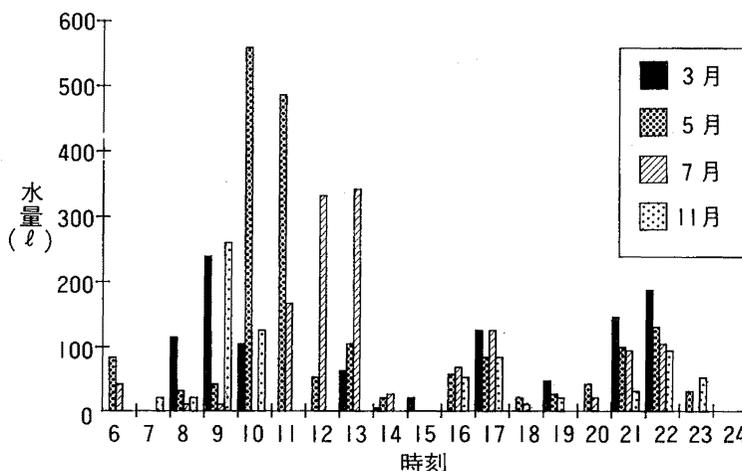


図-3 流入水質の経時変化

流入水質の概要は表-3のとおりである。

水温は、日間平均値で17~24℃と調査月の気候による変動があるものの、温水器等の使用により極度な水温の低下はみられなかった。

BODは、113~210mg/lで7月にはほぼ設計濃度であったものの、これを除くと57~75%で比較的低い濃度であった。しかし、時間変動は最大値が270~540mg/l、最小値が11~70mg/lと濃度の変動は大きい。

この他の主要項目の濃度では、CODが65~108mg/l、平均95mg/l、SSが48~202mg/l、平均106mg/l、T-Nが2.7~14mg/l、平均8.0mg/l、T-Pが0.6~11mg/l、平均4.1mg/lとなっており、各項目とも7月は濃度が高く、11月には低い傾向がみられ、特にT-N、T-Pは調査時期による差は大きい。

流入負荷量の概要は表-4のとおりである。流入BOD量は83~278g/日と幅があり、5月、7月は高い値となっている。また、平均値では197g/日と設計条件に近いものであったが、時間変動は、ピーク率で8.9~13.2倍で5月、11月は特に大きく、一時的に高い負荷が処理装置にかか

っていることがわかる。流入BOD負荷の経時変化は図-4のとおりであり、この変動パターンは、COD、SSの項目でもみられ、流入水量の変動パターンに類似している。

各項目の1日1人当たりの発生負荷量（原単位）は、BOD49g/日人、COD29g/日人、SS33g/日人、T-N2.7g/日人、T-P1.3g/日人で、秋田市内の団地で調査した原単位に比較すると、し尿の流入がないため、T-Nは極度に低いが他の項目はほぼ一致している。

また、流入水の生物処理の栄養源であるBOD、T-N、T-Pの比率は、調査時期により変動があるものの全体では、100：5：2.5と一般的に生物処理に必要とされる100：5：1の条件を満たしている。

表-3 流入水質の概要

項目 \ 調査月		3	5	7	11	平均
水温(°C)	min~max	—	12~32	20~30	12~27	21
	Ave		21	24	17	
pH	min~max	—	5.3~6.6	5.8~7.1	6.4~7.7	6.4
	Ave		6.2	6.4	6.7	
BOD (mg/l)	min~max	11~540	25~270	24~370	70~310	159
	Ave	143	150	210	113	
COD (mg/l)	min~max	6~1100	9~200	17~180	41~160	95
	Ave	83	105	108	65	
SS (mg/l)	min~max	8~400	11~250	10~360	17~280	106
	Ave	79	75	202	48	
T-N (mg/l)	min~max	0.75~44	<0.5~9.3	1.4~28	1.2~20	8.6
	Ave	14	5.3	12	2.7	
T-P (mg/l)	min~max	<0.10~13	0.12~26	0.14~27	0.32~4.3	4.1
	Ave	1.6	2.0	11	0.63	

注) 平均値は、水温、pHを除き加重平均

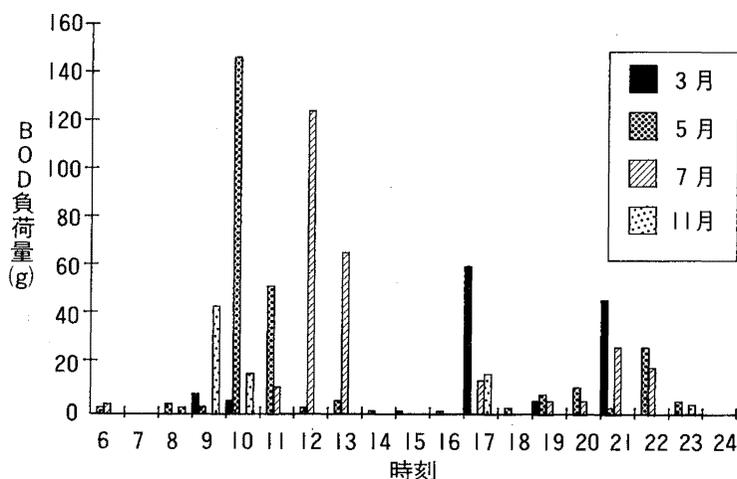


図-4 流入BOD負荷の経時変化

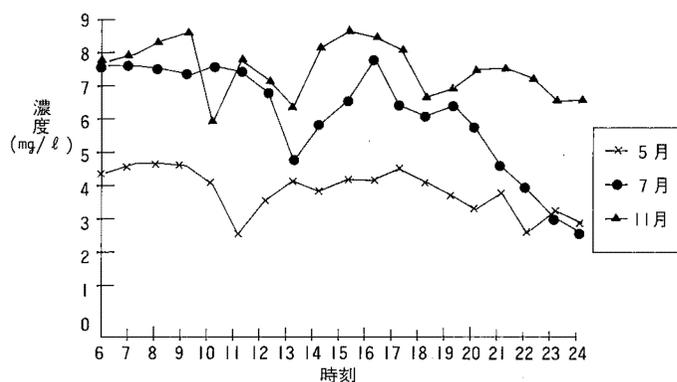
表一 4 主要項目の流入負荷量の概要

	BOD	COD	SS	T-N	T-P
流入負荷量(g/日) (平均)	8.3~278 (197)	48~194 (117)	35~266 (131)	2.0~16.1 (10.8)	0.5~14.5 (5.1)
時間平均流入負荷量(g/時)	4.3~11.5	2.0~8.1	1.5~11	0.1~0.7	0.1~0.6
時間最大流入負荷量(g/時)	45~146	24~107	16~122	1.1~10.4	0.3~9.3
ピーク率	8.9~13.2	8.6~13.2	10.9~15.5	11.0~14.8	3.0~15.5
発生負荷量(g/日、人)	49	29	33	2.7	1.3

3-2 (2) ばっ気槽の状態

ばっ気槽内のDOの経時変化は図一5のとおりである。DOは、流入負荷量の極度に高い時間帯に一時的に低下しているが、2.7~8.9mg/lで、各調査期間とも十分好気的な状態を維持している。

ばっ気槽の接触ろ材に付着している生物膜には、7月では、スフェロチルス属 (*Sphaerotilus*)、フィロジナ属 (*Philodina*)が優占しており、他にゾーグレア属 (*Zooglea*)、ネマトーダ属 (*Nematoda*)がみられ、生物膜は良好な状態を示していた。しかし、11月では、ベギアトア属 (*Beggiatoa*)、スフェロチルス属 (*Sphaerotilus*)、スピロストムム属 (*Spirostomum*)、パラメシウム (*Paramecium*)が優占し生物膜の状態は良好とはいえない。9月~10月にかけて、スクリーンネットが破損するトラブルがあり、SSや固形物が調整槽に流入し、堆積して、負荷量が大きくなり生物膜は悪化した。このため、調整槽の汚泥を抜き取り維持管理につとめ、11月は生物膜の回復期間にあたっていると考えられる。



図一5 DOの経時変化

3-2 (3) 処理水の性状及び除去特性

処理水質の概要は表-5、BOD、COD、SS、T-N、T-Pの各項目の処理効果は図-6~図-10のとおりである。

水温は、日間値で15~22℃で、11月が最も低い値となっている。11月の調査当日の気温は、2~11℃、平均値で7℃となっているが、水温は、流入水が多い時間帯に一時的に低下するものの、最低値で12℃と気温による影響はみられず、常時10℃以上を保っている。

BODの日間値は、22~52mg/lで平均値が36mg/lとなっており、5月は他の月と比べて高目となっている。時間最大値をみると、5月、11月には110mg/lと高濃度値もみられるが、これは一時的なもので、この他はほぼ安定した値となっている。この高濃度値は、流入水量の多い時間帯にみられ、原因は、洗濯排水や入浴排水が多量に流入したため、エアリフトポンプでは処理できず、調整槽のオーバーフロー管から沈殿槽へ直接流入したことによるものである。特に5月、11月には、調査時に調整槽からのオーバーフローが確認されている。

表-6 処理水質の概要

項目 \ 調査月		3	5	7	11	平均
水温(℃)	min~max	—	14~26	20~27	12~22	19
	Ave		19	22	15	
pH	min~max	—	5.8~6.6	6.4~7.2	6.9~7.6	6.6
	Ave		5.8	6.9	7.2	
BOD (mg/l)	min~max	9.5~50	17~110	3.2~59	4.8~110	36
	Ave	26	52	22	33	
COD (mg/l)	min~max	15~25	24~50	6.9~26	12~50	23
	Ave	19	32	12	23	
SS (mg/l)	min~max	7~37	5~50	1~32	3~61	17
	Ave	21	19	11	19	
T-N (mg/l)	min~max	1.9~6.3	2.3~7.3	1.3~5.3	3.1~10	4.4
	Ave	3.8	4.8	3.3	6.1	
T-P (mg/l)	min~max	0.12~0.4	0.45~2.8	0.41~1.5	0.57~0.97	0.96
	Ave	0.22	1.5	0.85	0.76	

注) 平均値は、水温、pHを除き加重平均

CODの日間値は12~32mg/l、平均値で23mg/l、SSは11~21mg/l、平均値で17mg/lとなっている。時間最大値は、COD25~50mg/l、SS32~61mg/lでBODの変動パターンと同様、5月及び11月にはオーバーフロー水の影響と考えられる高い値がみられるが、これを除けばほぼ安定した値となっている。

T-Nの日間値は3.3~6.1mg/l、平均値で4.4mg/l、T-Pは0.22~1.5mg/l、平均値で0.96mg/lと比較的安定したパターンとなっている。また、T-N、T-Pは低濃度で流入する時間帯では流入水よりも処理水の濃度が高い逆転現象がみられるが、流入水がT-N9.3~44mg/l、T-P4.3~27mg/lと高濃度で流入した場合でも、これらの負荷を押さえて、T-Nは3.0mg/l以下、T-Pは10mg/l以下となっている。

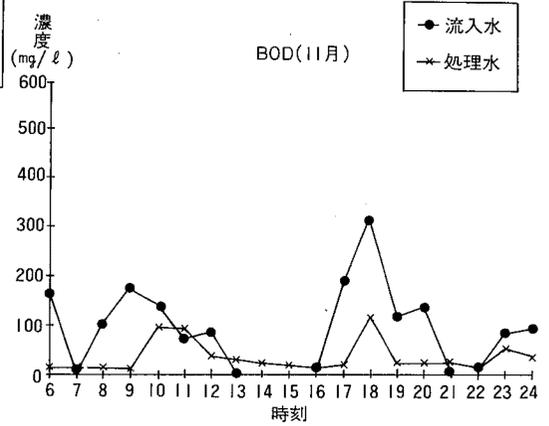
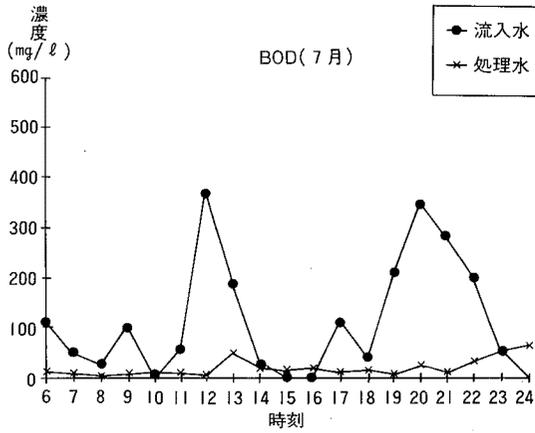
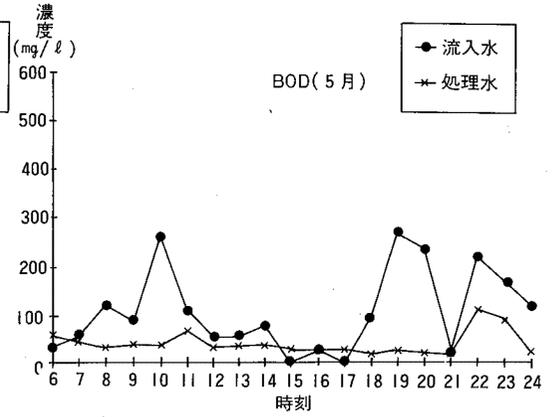
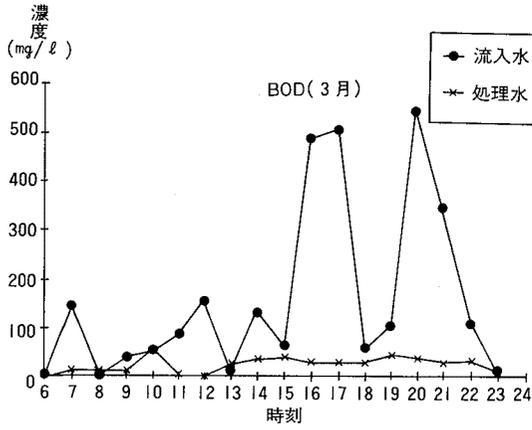
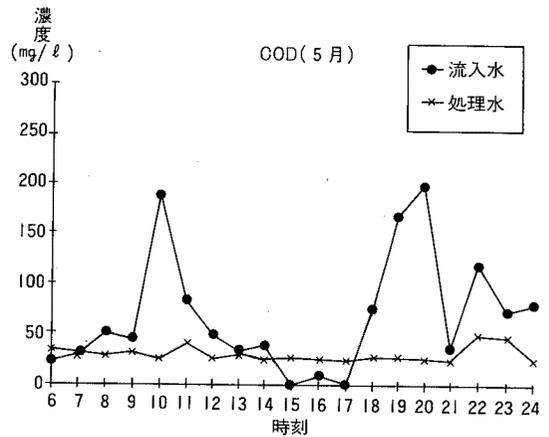
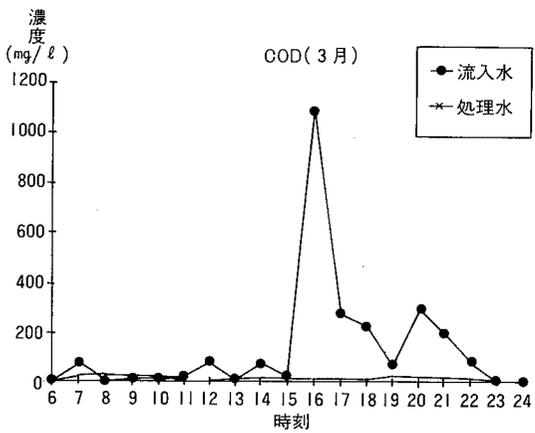


図-6 BODの除去効果



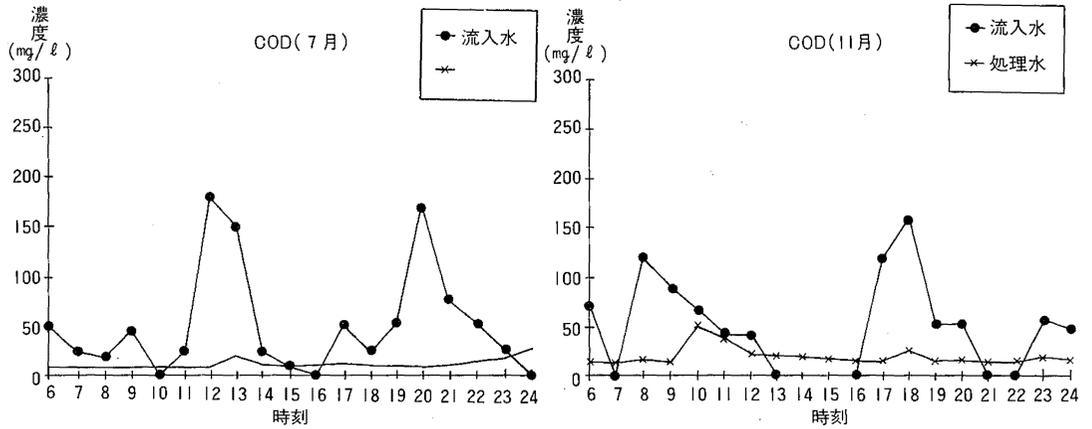


図-7 CODの除去効果

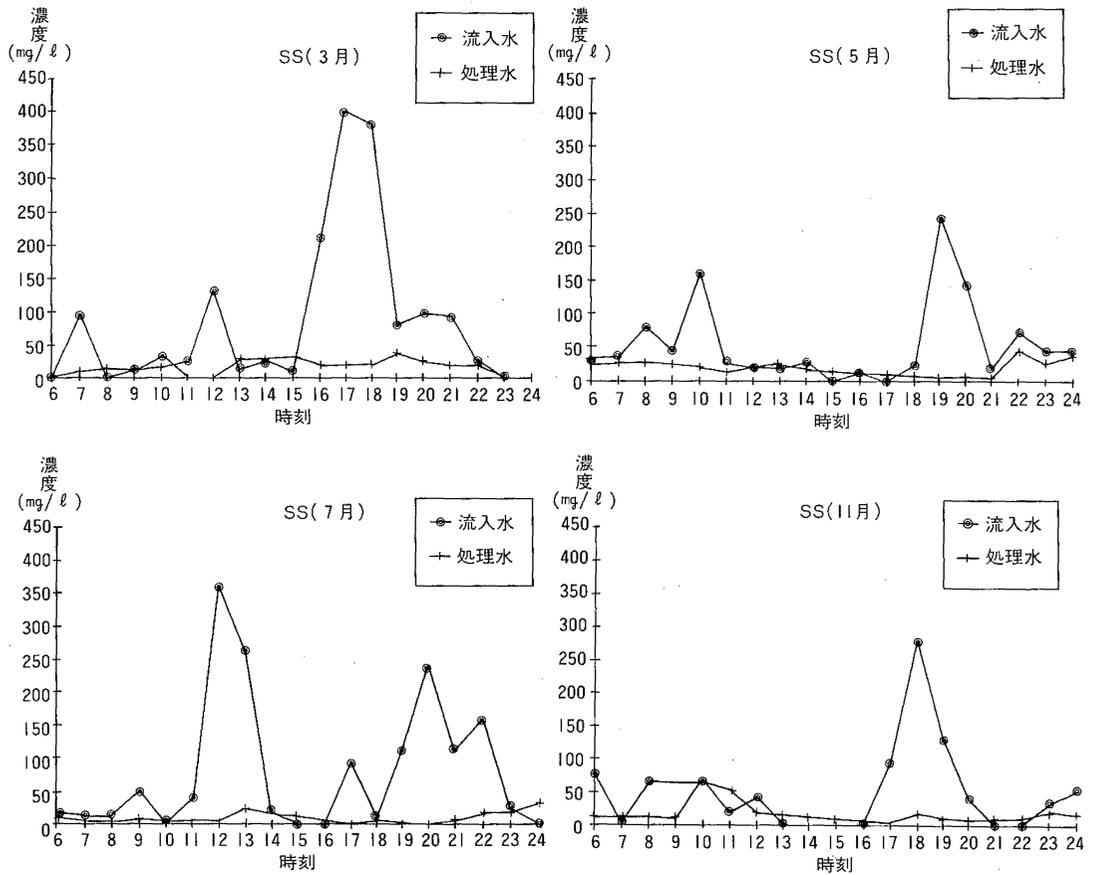


図-8 SSの除去効果

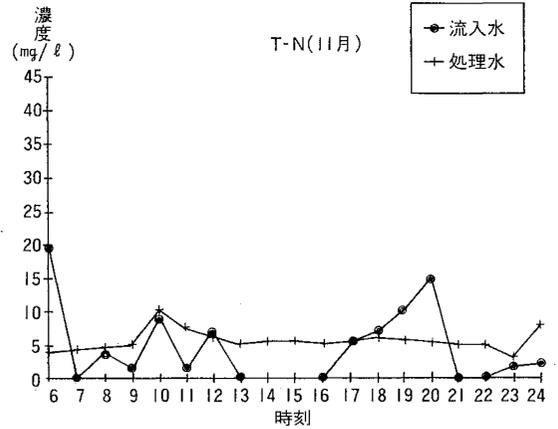
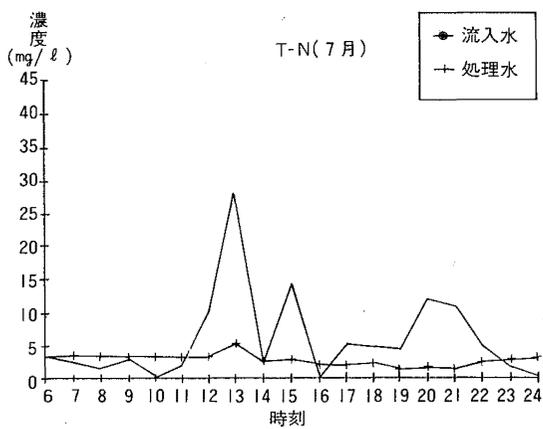
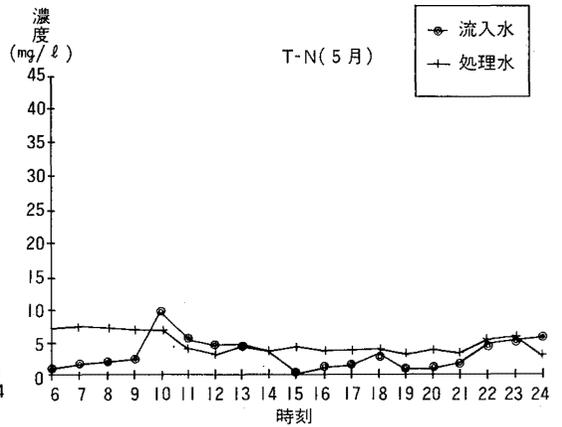
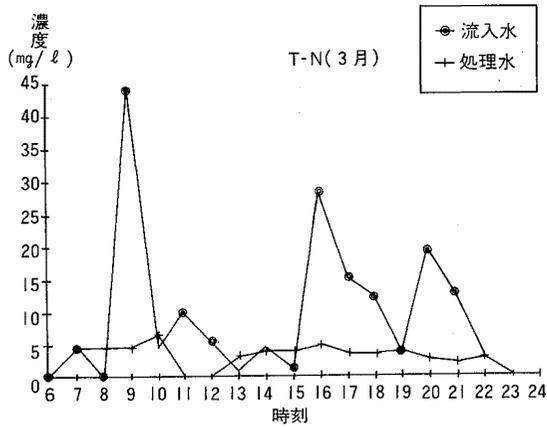
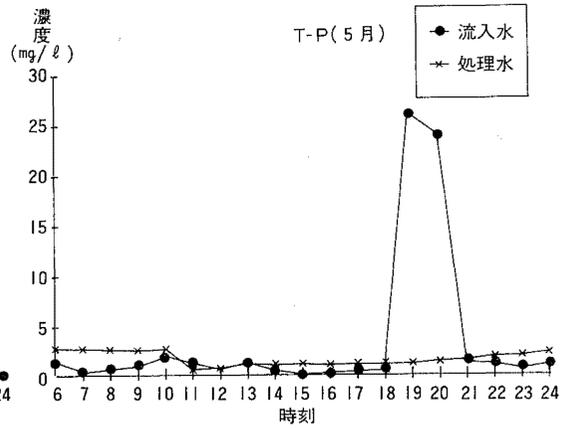
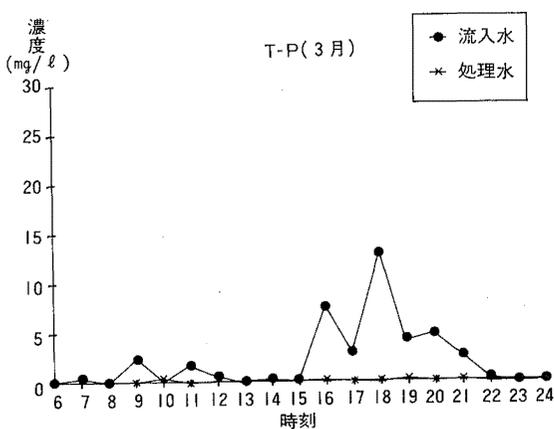


図-9 T-Nの除去効果



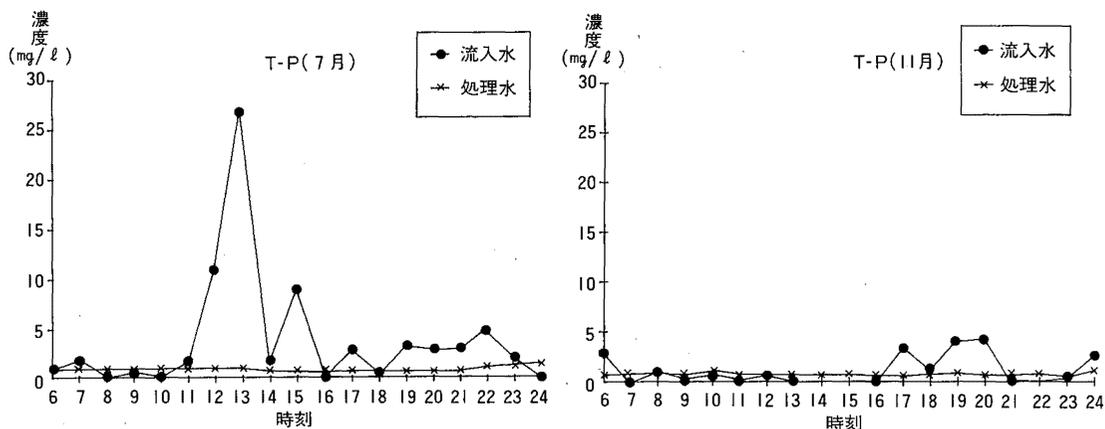


図-10 T-Pの除去効果

日間除去率は表-7のとおりである。

表-7 日間除去率

項目 月	BOD		COD		SS		T-N		T-P	
	流入g	除去率								
	流出g	%								
3	149.7		86.8		83.1		15.16		1.64	
	26.7	82.2	19.4	77.6	21.8	73.8	3.86	74.5	0.23	86.0
5	277.8		194.3		138.9		9.81		3.79	
	96.3	65.3	60.0	69.1	35.3	74.6	8.93	9.0	2.83	25.3
7	277.0		142.1		266.4		16.12		14.57	
	30.4	89.0	16.6	88.3	15.2	94.2	4.50	72.1	1.15	92.1
11	83.0		47.7		35.4		1.99		0.46	
	23.7	71.4	16.0	66.4	13.8	61.0	4.33	—	0.54	—
合計	787.5		470.9		523.8		43.08		20.46	
	177.1	77.5	112.0	76.2	86.1	83.5	21.62	49.8	4.75	76.8

BODの日間除去率は65~89%で、5月と11月には低い傾向にある。5月、11月の流入水の特徴は、5月では、日間の流入負荷量及び流入負荷量の時間変動が大きく、11月では、日間の流入負荷は少ないが、流入負荷量の時間変動は大きくなっている。また、時間当たりの流出量から、一時的に多量の流出がみられ、これらが高負荷流入時に対応することから、除去率の低下はばつ気槽への過負荷によるものと考えられる。また、除去率にはオーバーフロー時の流出も加算されており、これも原因の一つと考えられる。

COD、SSの日間除去率は、COD66~88%、SS61~94%で、BODと同じ傾向がみられる。BOD、COD、SSの除去率は、調査時期によりばらつきがあるものの、全体では、BO

D78%、COD76%、SS84%といずれも75%以上の高い値となっている。

T-N、T-Pの除去率は、T-N 9~75%、T-P 25~92%と非常にばらつきが大きく、全体では、T-N 50%、T-P 76%となっている。流入負荷の変動が大きくオーバーフローがみられた5月及び11月には、BOD同様に除去率は低下しており、特に11月には流出量が流入量より大きく、逆転現象が起こっている。11月は、ばっ気槽の生物膜が悪化した後の回復期にあたり、生物膜の剝離、流出がこの原因となっていると考えられる。

3-2 (4) 維持管理等について

処理装置の維持管理は、調査の趣旨から、巡回時1回/月の割合でスクリーンの清掃程度にとどめたが、装置からの悪臭及び衛生害虫の発生はなかった。

スクリーンは、6mm目プラスチックネット、10mm目ステンレスネットの2種類あるが、実際に機能しているのはプラスチックネットで、これから除去される固形物残渣は、平均2~3 l/月であった。ステンレスネットは、プラスチックネットの保護的な役割をはたしていたが、9月にはプラスチックネットが破損し、固形物残渣は調整槽へ流入して堆積し、水質の悪化、汚泥の異常発生の原因となった。また、冬期間には流入した油脂分がネットに付着し固化するため、閉塞をまねき破損の原因となりやすい。このため、ネットの材質に検討を加え、耐久性について改良を加える必要があると考えられる。

エアリフトポンプは、9月に汚泥や油脂分の付着により閉塞がみられた。これはスクリーンの破損時期にあたり、SSや固形物が多量に流入したためと考えられる。また、エアリフトポンプは、スクリーンと同様、冬期間には油脂分の付着固化に留意しなければならない。

ばっ気槽の生物膜は、10月~11月にかけて、スクリーンのトラブルから異常に発生し、槽から生物膜の剝離及び流出がみられた。この期間の生物相には、ベギアトア属(*Beggiatoa*)が優占しており、過負荷状態と考えられるため、調整槽を清掃し、底部に堆積している残渣、汚泥を約40 l引き抜いている。しかし、通常の運転時では、汚泥の処理は必要ではなく、試験期間を通じてばっ気槽の逆洗は行っていない。

装置の製作費用は、試作段階では、本体製作費70万円、内部製作費17万円と高額なものになっている。これは装置が1基だけの発注となったことにより、製作費が極端に高くなったもので、ある程度の量産(100基単位)ができれば、製作費用は低下し、工事費を含め12~13万円程度の費用で設置が可能になると考えられる。

装置の維持管理費は、発生する汚泥等の処分をセンター敷地内で行い、装置への薬剤散分等もないため、試験期間中のプロアーの電力費用だけの15円/日となり、他の装置と比較して安い維持管理費となった。⁷⁾しかし、一般家庭では、通常時に発生するスクリーン残渣は家庭でゴミ収集に出すなど処理できるものの、装置の清掃、汚泥の汲み取りを行う場合は、業者に依頼しなければならないがならず、この他に汲み取り料金を見込まなければならない。

4 ま と め

試作装置の性能試験では、流入水量が多く、水質の変動が激しいなど厳しい運転条件であったが、次のような結果が得られた。

(1) 一般家庭で問題となるBOD、COD、SSについては、除去率がBOD78%、COD76%、SS84%と各項目で75%以上の高い値が得られ、また、安定した除去効果も期待でき、ほぼ満足するものであった。

(2) T-N、T-Pでは、T-N50%、T-P76%の除去率が得られたが、調査月によりばらつきがあり、11月には流入量と流出量の逆転がみられたが、これらはいずれも低濃度流入時であり、高濃度時には安定した高い除去効果が得られた。

(3) 秋田での使用は、冬期間の気温による影響を考慮する必要があるが、厳冬期でのデータはないものの、この試験の範囲からは、気温による処理効果への影響はみられなかった。

(4) 装置の維持管理は、通常スクリーン残渣の除去程度の簡易な管理で、発泡や悪臭、衛生害虫の発生もなく運転でき、維持管理費は、電気代等の安価な負担で済む。しかし、定期的な管理が必要で、スクリーンの破損、エアリフトポンプの目詰まりの発生に留意しなければならない。

(5) 装置の実用化にあたっては、まだスクリーン、エアリフトポンプ等の一部を改良する余地がある。

参 考 文 献

- 1 秋田県環境技術センター年報12号
- 2 湯川幸郎他：生活雑排水の浄化に関する研究 秋田県環境技術センター年報13号
- 3 湯川幸郎他：生活雑排水の汚濁負荷量調査について 秋田県環境技術センター年報11号
- 4 厚生省環境整備課：生活排水処理施設構造指針
- 5 須藤隆一：生活雑排水からの負荷とその処理対策 用水と廃水 23 (4) 7 (1982)
- 6 秋田地方气象台：秋田県気象月報
- 7 環境庁：昭和57年度生活雑排水対策調査