

土 木 研 究 所 資 料

低湿地浄化に関する調査

昭和62年3月

建設省土木研究所
下水道部水質研究室

「 Copyright ©(1987) by P.W.R. I .

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R. I .

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

低湿地浄化に関する調査

水質研究室 室長 中村 栄一
研究員 森田 弘昭

要 旨

湖沼の水質改善対策の中で、流入河川や湖沼における自然浄化機能の促進、湖沼特性条件の変更等も含めた幅広い環境入口側の水質浄化システムがクローズアップされている。低湿地浄化法もその一つで、汚濁した流入河川水を水生植物が繁茂した水際帯に導入し、栄養塩（NP）の除去を図ろうとするものであり本報告書は、当研究室が人工低湿地を用いて浄化実験を行った結果をとりまとめたものである。

キーワード：低湿地浄化法，湖沼水質保全，水生植物，栄養塩除去

は　じ　め　に

湖沼の水質保全を図るには、基本的な対策として流域からの排出負荷を発生源で削減することが最良である。しかし、流入負荷に占める面源負荷の割合が大きく発生源対策が困難な湖沼では、下水道整備後も全流入負荷量の削減量は湖水の目標水質の達成のためには、まだ十分でない可能性がある。このような流域では、流入河川対策によって河川水を浄化し、流入負荷量を削減することが期待される。

湖沼の水質保全を目的に流入河川対策を行なう場合の浄化対策項目は、環境基準項目のCODとプラクトン等の内部生産によってCODを生成する原因となるN・Pであり、浄化方式の具備すべき条件としては以下の4点が考えられる。

- (i) 治水上の障害がないこと。
- (ii) 維持管理が極めて簡便であること。
- (iii) エネルギーをほとんど必要としないこと。
- (iv) できるだけ周辺環境を保持すること。

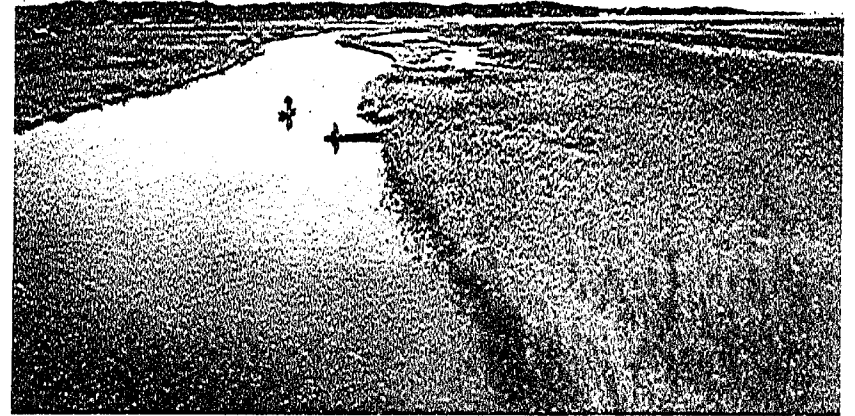
水の処理（浄化）で技術蓄積されている下水処理の現状を見ると、高濃度水ではBOD、SSを対象に1次および2次処理を行ない、COD、N・Pを対象に高度処理を行なっている。これらの技術に含まれる原理は、(i)沈殿、(ii)ろ過、(iii)生物酸化、(iv)化学物質による凝集、(v)特殊物質による吸着等がある。このうち凝集法の一部と吸着は大きな運転費用と維持管理の手間が要求されるため、河川管理者が行なう河川浄化方法としてはなじまない。そこで(i)～(iii)および(iv)の一部の浄化原理を単独ないし組合せることによって河川浄化対策として応用できる技術の確立が望まれることになる。このような観点のもとに本研究では、低湿地浄化をとりあげ、霞ヶ浦をフィールドとして検討を進めた。

本報告書は、57年度から61年度までの実験結果をとりまとめたものであり、同様の調査研究に取り組んでおられる諸機関の皆様の御参考になれば誠に幸いである。

昭和62年3月



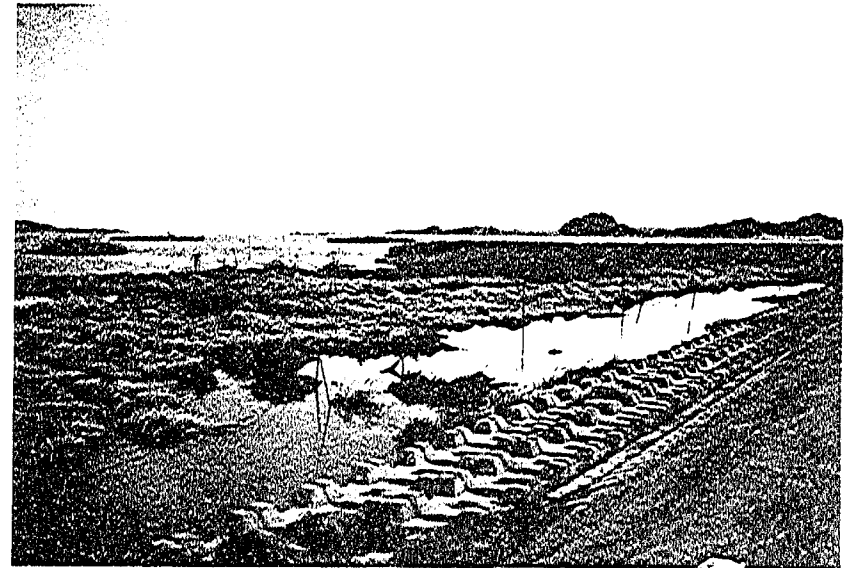
園部川流末部



恋瀬川流末部

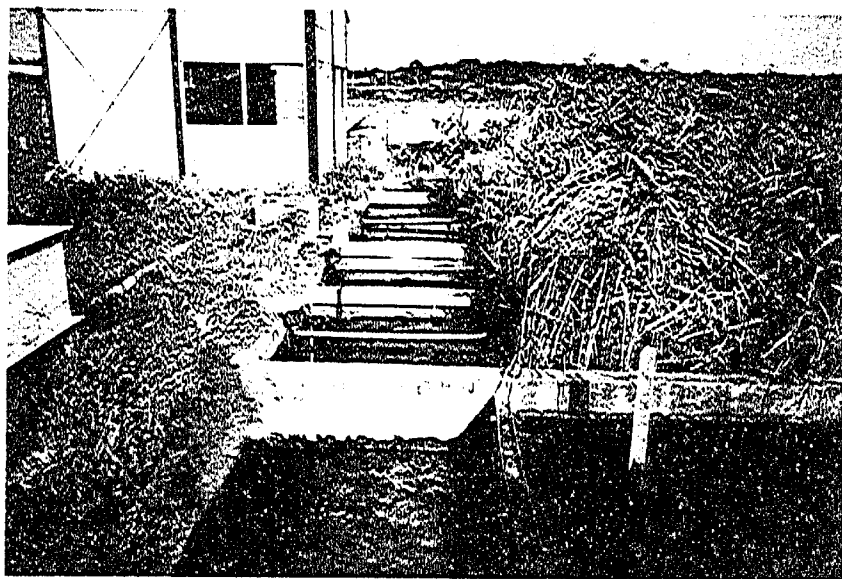


高 浜 入

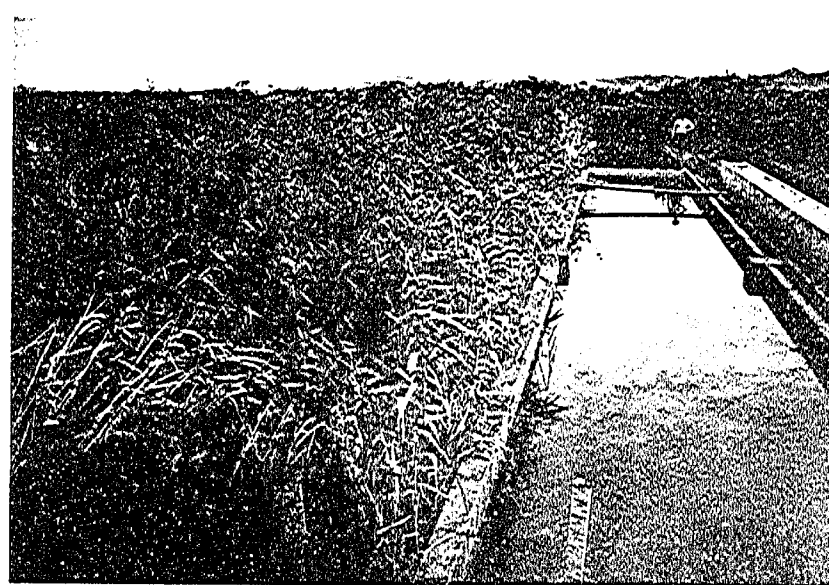


高 浜 入

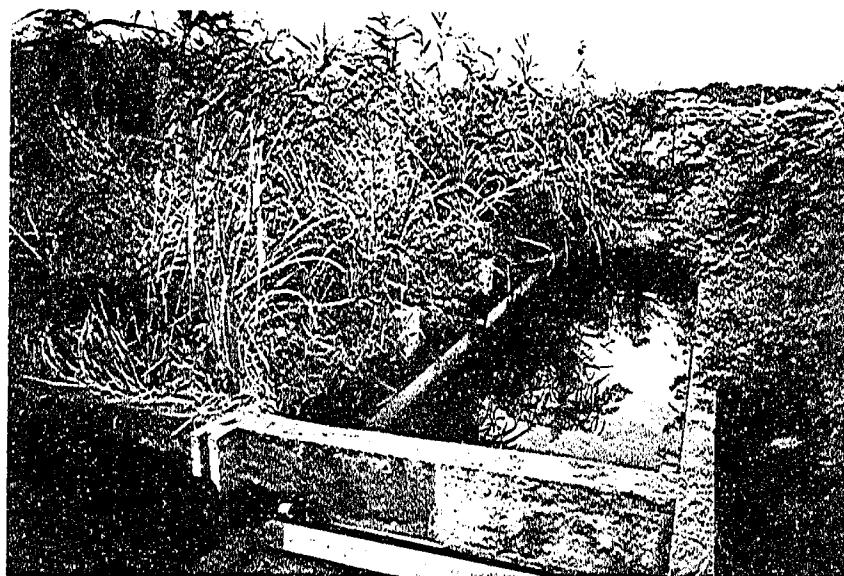
霞ヶ浦におけるアシ群落



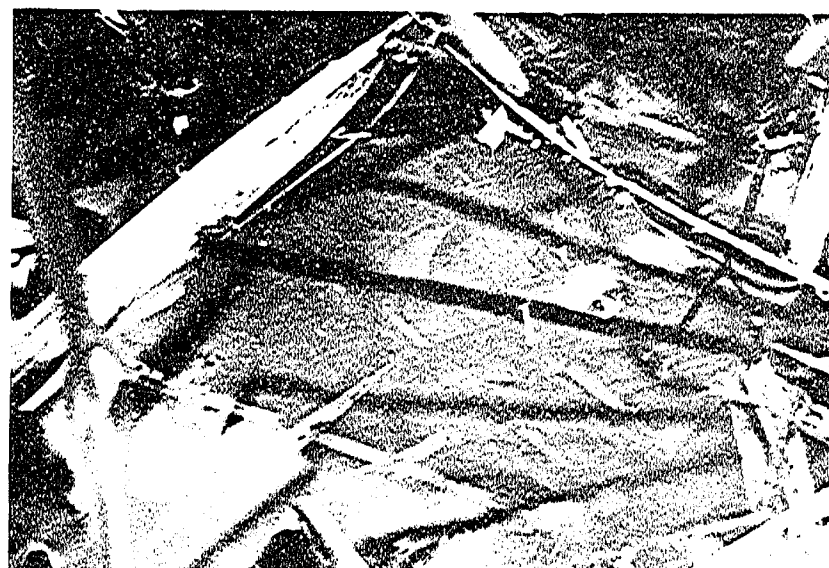
流入部



←アシ槽内→ ←コントロール槽→



流出部



アシ槽内

目 次

はじめに	
第一章 低湿地浄化法	1
1-1 低湿地浄化法とは	1
1-2 特 徴	2
1-3 浄化メカニズム	2
第二章 低湿地浄化法の事例紹介	4
第三章 浄化実験	12
3-1 実験施設の概要	12
3-2 実験概要	14
第四章 設計影響因子の検討	16
4-1 除去率と水面積負荷の関係	17
4-2 除去率と滞留時間の関係	20
4-3 除去率の季節変動	21
4-4 植物体による栄養塩（N、P）の吸収および回帰	23
4-5 底泥の影響	26
4-6 物質収支	31
4-7 有機物除去（BOD除去）	32
4-8 植 生	33
4-9 溶存酸素	38
4-10 微生物相	39
第五章 維持管理に関する検討	40
第六章 設 計	42
6-1 適用の基本条件	42
6-2 施設諸元の決定方法	42
6-3 費 用	43
資 料 編	47

第一章 概 要

1-1 低湿地導入法とは

湖沼の水質改善を図るには、流入汚濁負荷を発生源で削減するのが最も効果的であり、根本的な解決策といえる。立地規制や排水規制、下水道整備等の諸施策がこれにあたるが、当該湖沼に流入する汚濁負荷のうちこれらの施策によっても削減することが難しく面的負荷の割合が大きい場合には、流入河川水を直接浄化することが重要となる。河川水の直接浄化手法として、現在主に次のようなものが提案されている。

1) 流路内浄化施設

2) エアレーション

3) 沈殿池

4) 礫間接触法

1) は河道内にプラスチックや礫などの接触材を設置して、河川のもつ自浄能力を強化して利用しようとするものであるが、洪水時土砂による閉塞等の問題がある。

2) 著しい有機汚濁によってDOがほとんどない河川に適用される。エアレーションによってDOを補給し、水質改善を図ろうとするものであるが、その効果は不明である。

3) 河道の一部を拡幅したり、掘削したりして流速をおとし、粒子態の汚濁物質を除去する方法であるが、堆積した汚濁物質の処理や堤外に大きな沈殿地をつくることの難しさ等を考えるとあまり効果のある対策ではない。

4) は、多摩川の支流の一つである野川で実施されている方法で、河川敷に礫槽を建設し、河川水を強制的に導入することによって浄化を図ろうとすることみで、広い河川敷と豊富にあるレキを用い、現場の自然をうまく利用した方法といえる。

以上のように、改善策を検討すると、実効ある改善対策は、頻繁な維持管理はもとより、かなり大規模な施設が必要なようである。また、省資源、省エネルギーのためには、自然を上手に利用することを考えなければならない。

低湿地導入法は、沼沢地帯を流下する汚濁水が、自然の浄化能力によって清澄化されることを、積極的に流入河川水浄化手法に適用しようとするものである。

一般に湖岸帯には、かなり広大な水生植物が繁茂した低湿地帯が展開しており、自然の接触材、あるいは波浪、日照等の外力のプロテクターの機能を果している。低湿地帯に浸入した河川水は、急速に流速が低下し、粒子態の汚濁物質は沈殿除去される。溶解性の汚濁物質は、底泥内や水生植物の茎や根の表面に生息する微生物によって分解浄化される。そこで汚濁河川水を強制的に湖岸帯の低湿地に導くことによって、浄化を図ろうという発想が生まれた。低湿地の浄化能力を確実に利用するためには、河川水を低湿地に導く、流入設備、低湿地帯を湖水と分離するための分離設備、排水設備等が必要となるが建設費、維持管理費とも下水道等の施設と比べかなり安く、また建設期間も短かいことからかなり有望な対策である。図1-1に低湿地浄化法の概念図を示す。

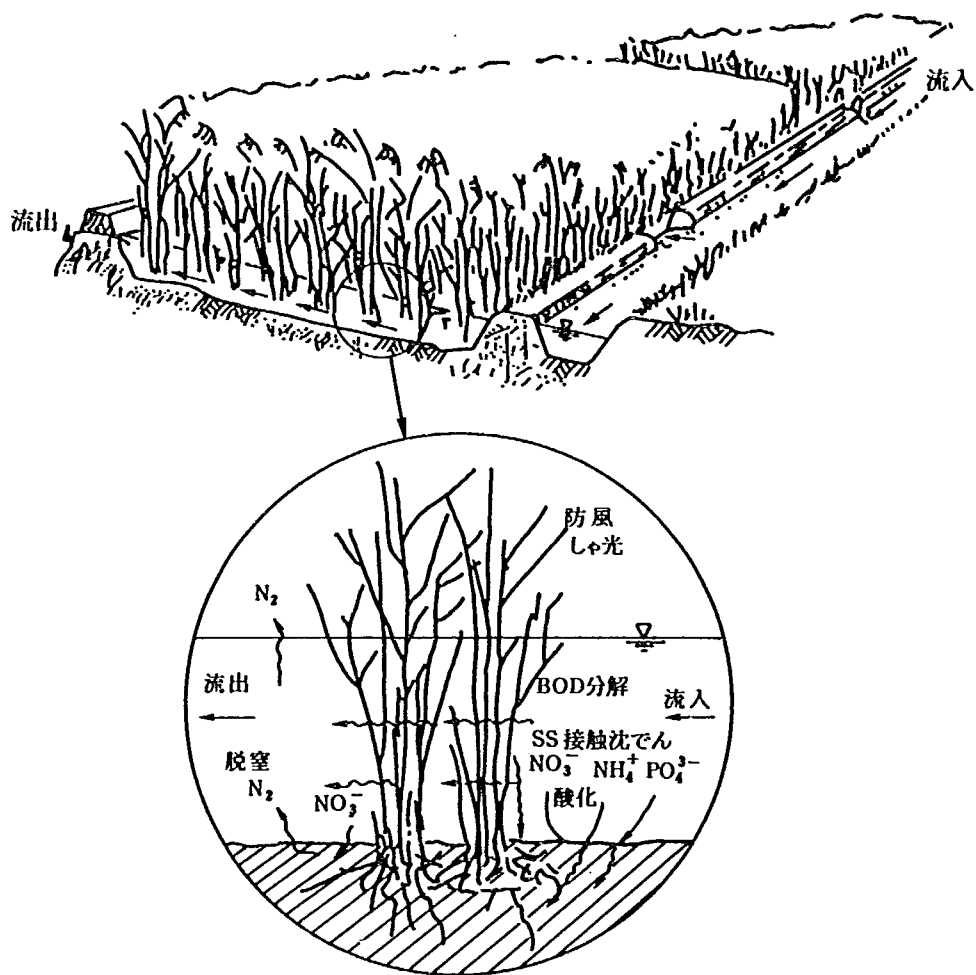


図 1 - 1 低湿地浄化法概念図

1-2 特 徴

本法の主な特徴は次の 4 点が挙げられる。

- (1) 維持管理に伴う操作がほとんどいらいため、人手、エネルギー費用を節約できる。
- (2) 下水管きょのような大規模な集水システムを必要としないので建設コストが低廉である。
- (3) 自然の生態系を利用するため周辺環境に影響を与えない。
- (4) 低湿地導入法は、自然、人工を問わず自然条件（植生、気象、地形）による適用上の制約がある。

1-3 汚濁物質除去のメカニズム

低湿地による汚濁物質の除去メカニズムは、沈殿・吸着等の物理化学的作用や、低湿地の生態系に関わる生物化学的作用を含む複雑なものと考えられるが、基本的には次の 3 点に要約される。

- (1) 粒子態栄養塩の沈殿・吸着およびリンの不活性化作用
- (2) 底質中に生息する脱窒菌による亜硝酸態窒素、硝酸態窒素の脱窒作用

(3) 流水、底質表面、水生植物の表面等に生息する従属栄養細菌による有機物の無機化作用
なお、低湿地に繁茂する水生植物は、直接河川水中の汚濁物質を吸収したり分解したりするわけではなく、浄化の環境をととのえるという点で、非常に重要なものであり、その機能は次のようなものがある。

- 1) 風を減衰させ、底泥の巻き上げを抑制する。
- 2) 日照を防げ、プランクトンの発生を制限する。
- 3) 水の流れを一様にする作用がある。
- 4) 付着性微生物の生息場所を提供する。

第二章 低湿地浄化法の事例紹介

低湿地の浄化能力は古くから知られており適用例もいくつか見られる。ここでは、比較的最近の研究・実施例のうち浄化成績が良好なものについて紹介する。なお、ここでとりあげた事例は第三章に引用する。

1) 茨城県八郷町

ここで利用されている低湿地は、アシ、ガマを中心とした水生植物が繁茂した谷あいのできる休耕田である。

このアシ原にミニ開発された住宅地区1（25戸）と住宅地区2（20戸）からの生活雑排水が11年間にわたって流入している。アシ原流出水は清澄であり下流の水田に実質的な被害は皆無である。

処理成績を表2-1に示す。

表2-1 処理成績（除去率％）

水面積負荷 ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$)	BOD	TOC	COD	SS	N	P	MBAS
0.04	92	80	74	84	71	57	85

※ 1時間毎の通日調査結果（7回の平均）

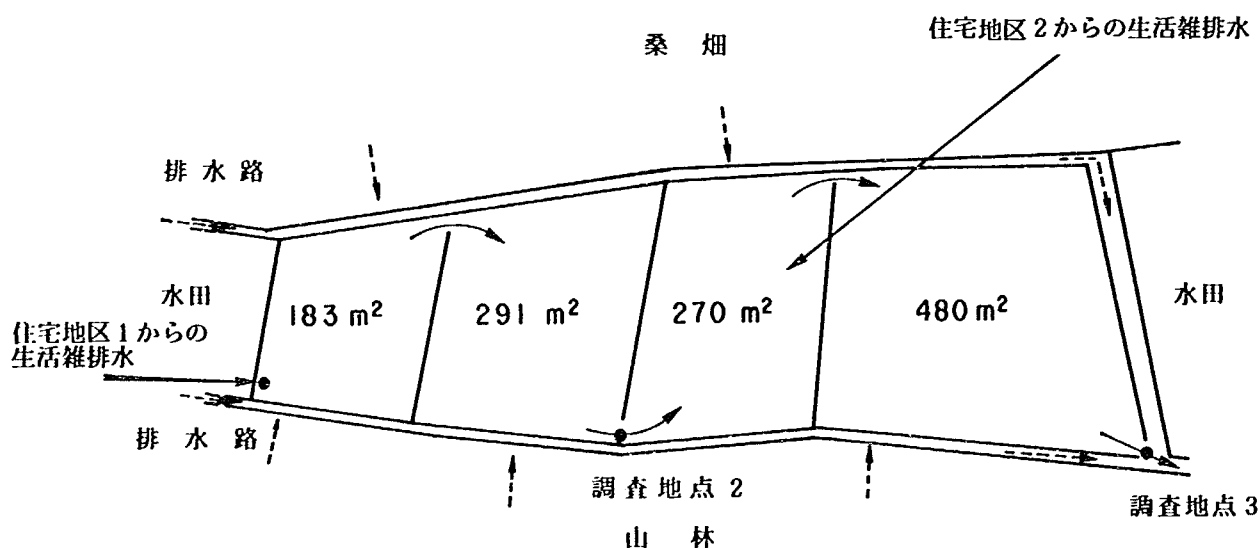


図2-1 低湿地の概要

2) オランダにおける下水処理適用例

ポルダーのキャンプ場（5,000人）の下水処理が、水生植物（ヨシの一種）を用いて行なわれた。詳細は不明であるが、滞留時間10日以上で次のような結果が報告されている。

除去率(%)

BOD	79.8
T-N	95
T-P	93
MPN	>98

3) 日本下水道事業団の実験例

ヨシが密生している幅3m×長さ120m×水深0.3mの灌漑水路に灌漑用水に肥料を添加したものを日量60m³負荷した。水路の容積は90m³、滞留日数は1.5日、水面積負荷は0.17(m³/m²・日)である。

表2-2・図2-2に処理成績を示す。

表2-2 処 理 成 績

項 目	夏 季			冬 季		
	流入	流出	除去率	流入	流出	除去率
水 温 (°C)	28	28	- %	11	11	- %
P H (-)	7.4	7.2	-	6.8	6.8	-
DO (mg/ℓ)	7.6	6.6	-	8.2	13.0	-
SS (〃)	88	27	69	35	16	52
BOD (〃)	9.4	7.9	16	2.4	3.4	-41
D-BOD(〃)	6.2	2.2	6.4	0.6	0.4	25
COD (〃)	14	14	5	10	10	5
D-COD(〃)	8.8	11	-22	7.0	8.0	-16
T-N (〃)	6.6	4.2	36	5.3	1.8	67
NH ₄ -N (〃)	2.1	1.9	9	0.3	0.2	45
NO ₃ -N (〃)	3.6	1.4	61	4.2	0.9	78
T-P (〃)	1.1	0.4	60	0.4	0.1	74
PO ₄ -P (〃)	0.8	0.2	73	0.3	0.02	91

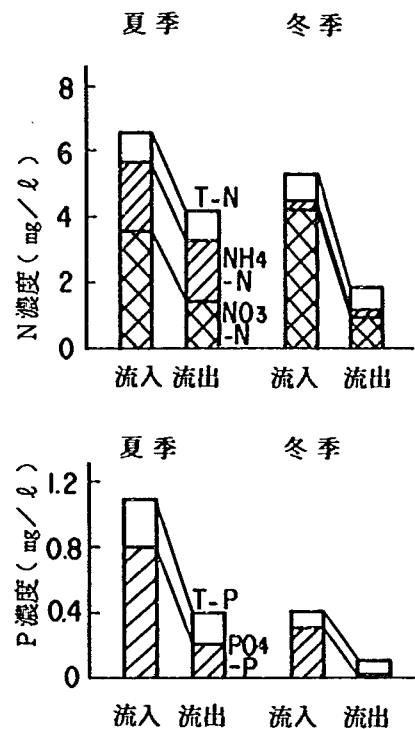


図2-2 処 理 成 績

(4) R.M. GERSBERGらの実験例(I)

カルフォルニアのSanteeにおいて、低湿地浄化法を都市下水の二次処理、高度処理に適用することを目的に水生植物(ガマとイグサ)を植栽した人工低湿地を用いて、一次処理水と二次処理水の浄化実験を行った。

(1) 実験施設

人工低湿地の規模

実験 A	長さ 71.0 m	幅 11.6 m	深さ 0.76 m
実験 B	65.0 m	11.3 m	0.60 m

(2) 実験条件

実験 A

一次処理水と二次処理水を 1 : 2 の比率でブレンドして実験に供した。

処理水量	一次処理水	0.06	$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$
	二次処理水	0.12	$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$
合 計		0.18	$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$

滞留時間 8 時間

実験 B

低湿地を二次処理施設として用いた。

処理水量 一次処理水 0.06 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$

滞留時間 1 日

(3) 実験結果

① 実験 A

実験は、1982 年 7 月から 1983 年 8 月まで行った。

実験 A の処理成績を表 2 - 3、図 2 - 3, 4 に示す。

表 2 - 3 処 理 成 績

	B O D	S S	T - N
処理前 (mg/ℓ)	49 ± 16	19 ± 9	21
処理後 (mg/ℓ)	3.2 ± 4.0	1.9 ± 2.3	4.3 ± 2.1
除去率 (%)	93 ± 8	88 ± 16	80 ± 10

② 実験 B

実験期間は、実験 A と同じである

実験 B の処理成績を表 2 - 4、図 2 - 5, 6 に示す。

表 2 - 4 処 理 成 績

	B O D	S S
処理前 (mg/ℓ)	148	50
処理後 (mg/ℓ)	33	10
除去率 (%)	78	80

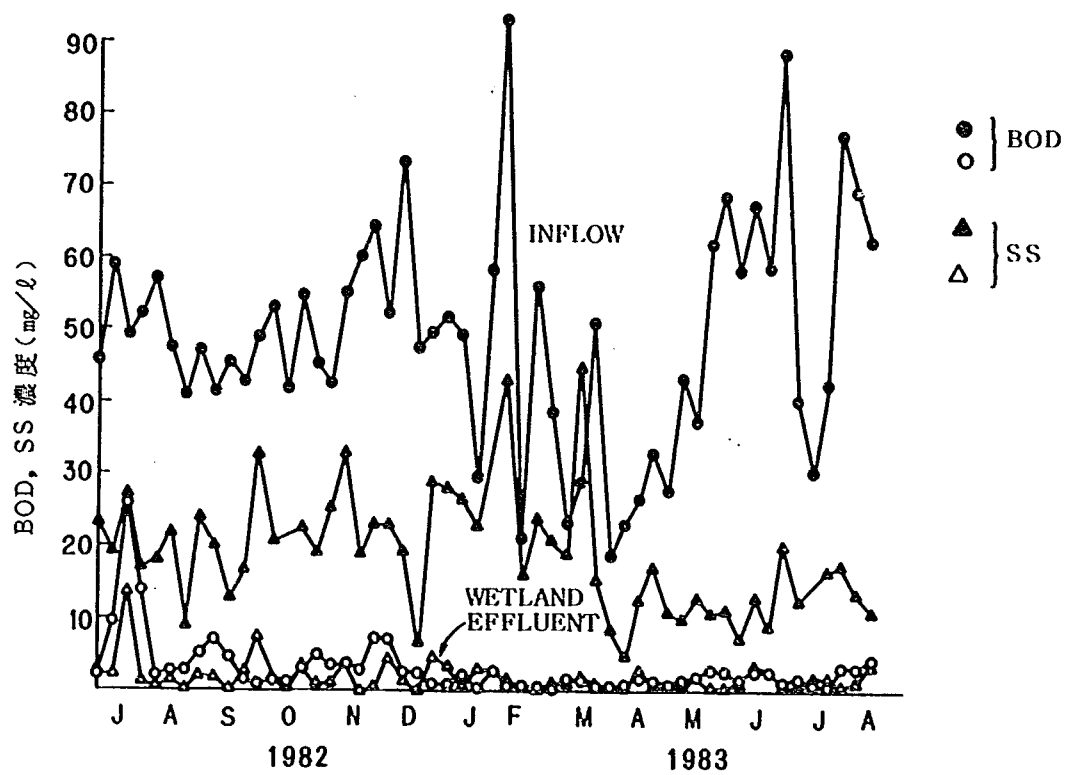


図 2 - 3 処理成績 (BOD, SS)

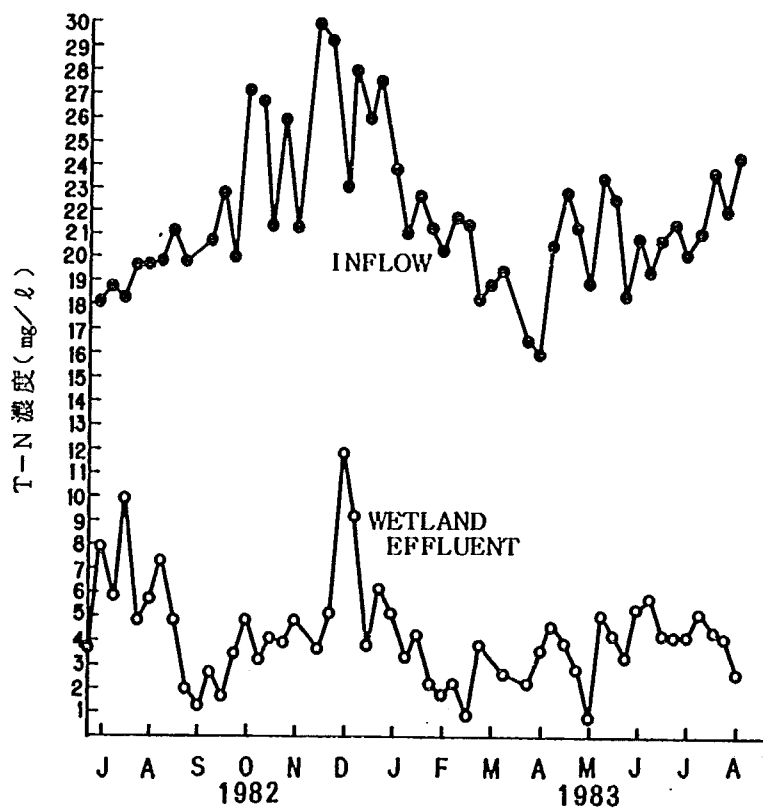


図 2 - 4 処理成績 (T-N)

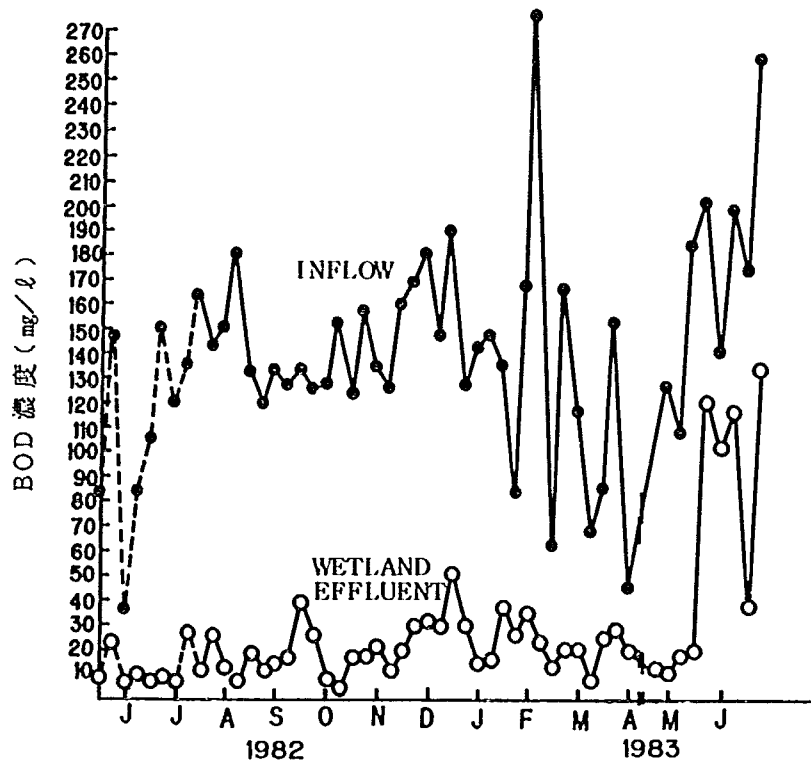


図 2-5 処理成績 (BOD)

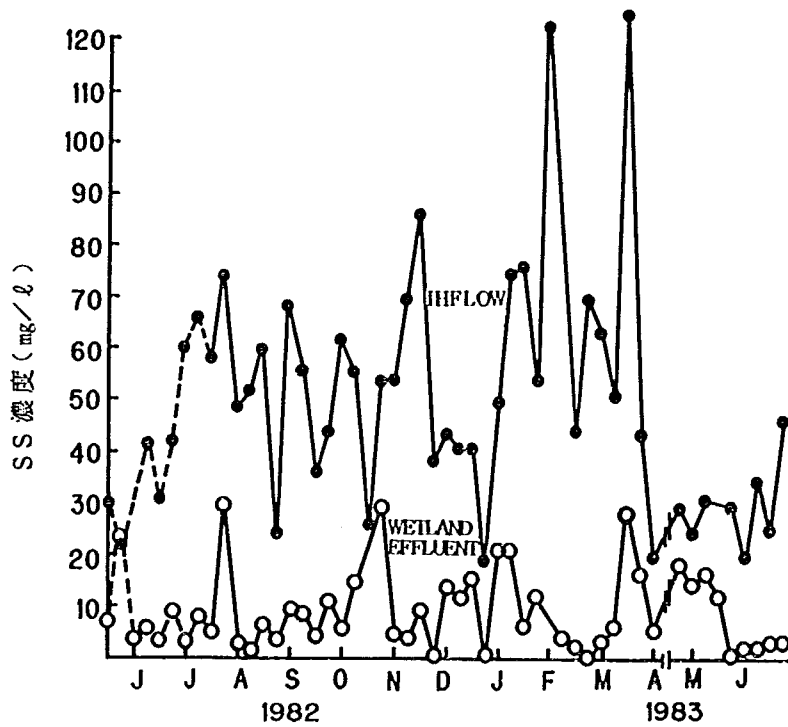


図 2-6 処理成績 (SS)

5) R.M. GERSBERGらの実験例(Ⅱ)

人工低湿地にイグサ、アシ、ガマを植栽し、それぞれの浄化効果を検討した。

(1) 実験施設

長さ 18.5m×幅 3.5 m×深さ 0.76mの人工低湿地 4 池

(2) 実験条件

水生植物（イグサ、アシ、ガマ）を植栽した池 3 つと何も植えないコントロール池の合計 4 池にそれぞれ同じ水量の都市下水を供給した。

処理水量 $0.047 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{日}$

滞留時間 6 日

(3) 実験結果

- 水生植物による差がいくぶん認められるが、処理成績はおおむね良好であった。
- 水生植物は、季節によって成長、枯死というライフサイクルを繰り返すが処理成績に季節変化はなかった。
- アシ池は、コントロール池の 3 倍の脱窒能を有している。
- ガマは、アンモニアに弱いがアシ、イグサは、流入水程度 ($24.7 \text{ mg} / \ell$) には、充分に耐える。
- 表 2-5, 6, 図 2-7, 8 に処理成績を示す。

表 2-5 処理成績 (BOD)

	イグサ	ア シ	ガ マ	コントロール
処理前 (mg / ℓ)	118.3 ± 45.4			
処理後 (mg / ℓ)	5.3 ± 5.2	22.3 ± 16.6	30.4 ± 21.7	36.4 ± 18.9
除去率 (%)	96	81	74	69

表 2-6 処理成績 (SS)

	イグサ	ア シ	ガ マ	コントロール
処理前 (mg / ℓ)	58.1 ± 7.7			
処理後 (mg / ℓ)	3.7 ± 4.1	7.9 ± 7.9	5.5 ± 5.8	5.6 ± 5.9
除去率 (%)	94	86	91	90

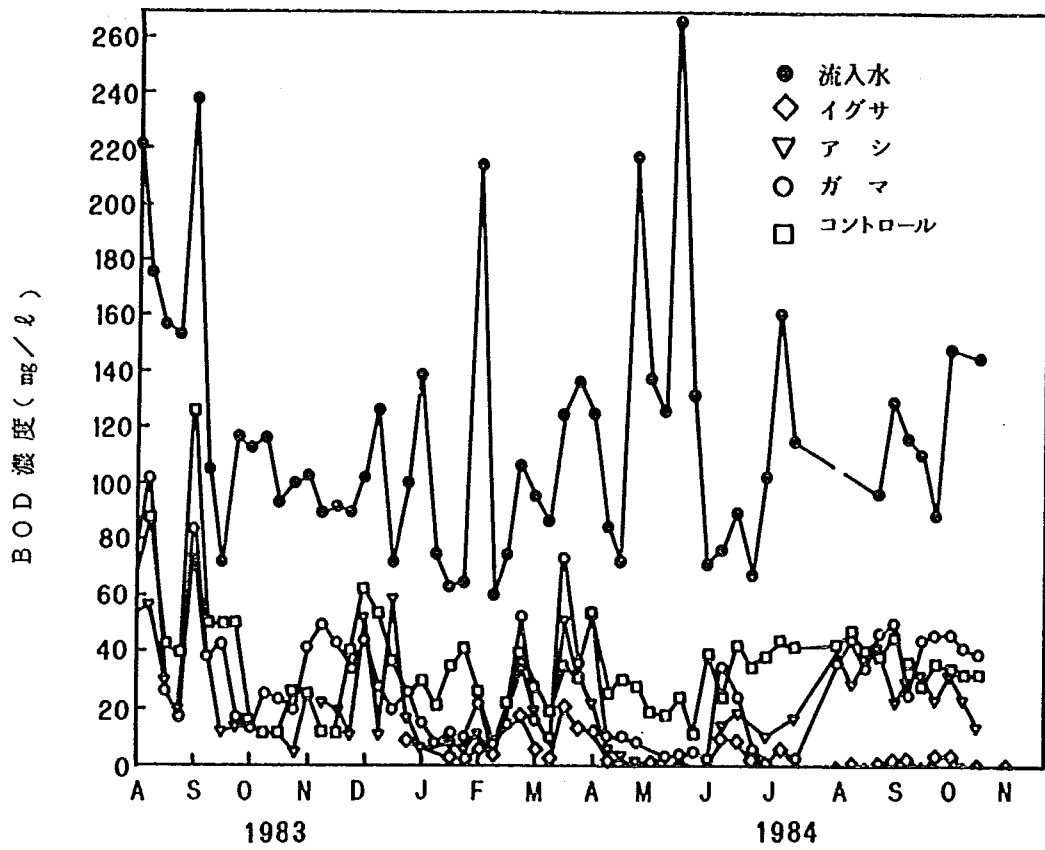


図2-7 処理成績 (BOD)

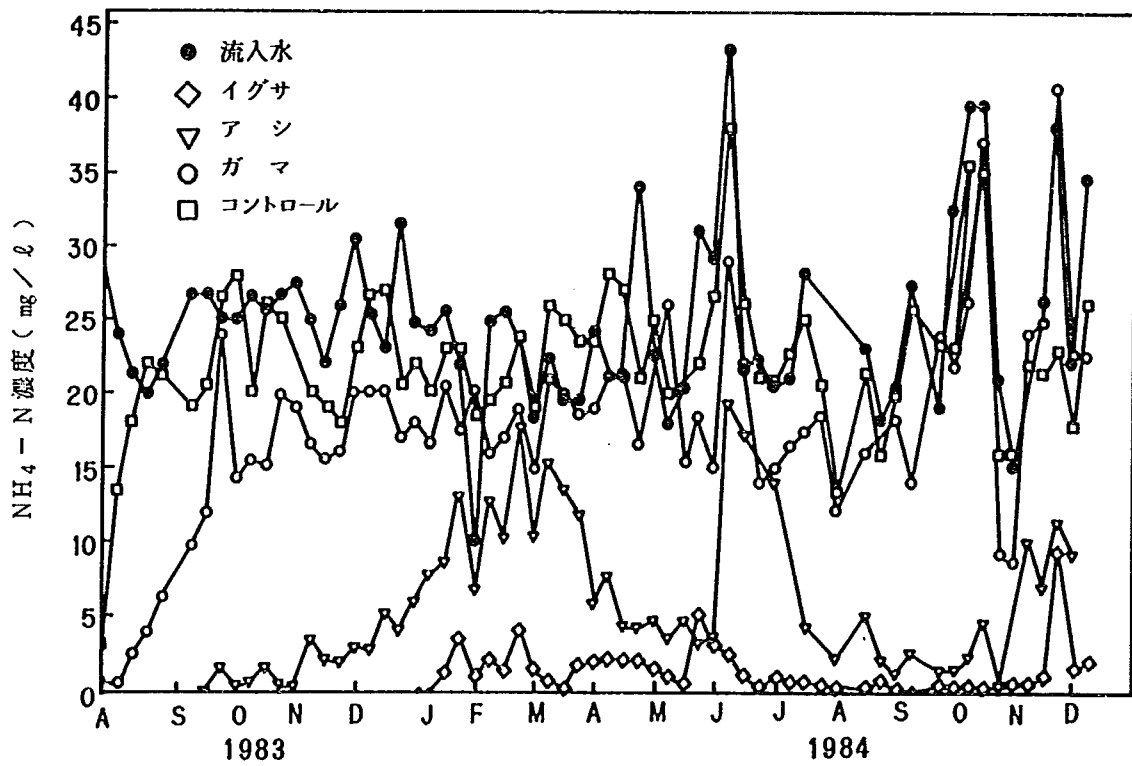


図2-8 処理成績 (アンモニア)

6) 安田らの調査

夏季の水田の浄化作用を検討するために、通日調査を行った。調査の概要は下記のとおりである。

時 期 昭和57年9月5日 AM 7:00 ~ 9月6日 AM 6:00

場 所 北九州市内金剛川流域

水田の面積 2190 m²

水深 4.6 cm

流量 69.6 m³/日

水面積負荷 0.03 m³/m²・日

滞留時間 34時間

表2-7 処 理 成 績

項 目	流入水(mg/ℓ)	流出水(mg/ℓ)	除 去 率
T-N	0.54	0.13	76%
T-P	0.101	0.020	80%
TOC	9.6	5.8	40%
COD	5.3	3.9	26%
BOD	4.8	0.5	90%
SS	6	<1	83%以上

引 用 文 献

- 1) 細見正明, アシ原による生活雑排水の処理 水処理生物学会 昭和62年度 講演集
- 2) 環境技術 vol 7, No 9 (1978) P.917
- 3) 香林仁司, 植生酸化池での処理対策 第23回下水道研究発表会講演集
- 4) R.M. GERSBERG, et al
WASTEWATER TREATMENT BY ARTIFICIAL WETLANDS Wat. Sci. Tech
vol 17, pp. 443-450, 1985
- 5) R.M. GERSBERG, et al
ROLE OF AQUATIC PLANTS IN WASTEWATER TREATMENT BY
ARTIFICIAL WETLANDS, Water Research vol 20, No 3 pp 363-368 1986.
- 6) 安田和彦 水田による家庭汚水の浄化 第17回水質汚濁学会講演集

第三章 浄 化 実 験

3-1 実験施設の概要

前述した様な背景に鑑み、低湿地を利用した水質浄化の実施の可能性をさぐる為昭和56年度より、霞ヶ浦の山王川河口付近に試験低湿地を設置し実験を行ってきた。試験低湿地には、付近の土壌を搬入し現地付近のアシを植栽した。

実験施設の仕様並びに概略図と施設図は表3-1及び図3-2,3に示したとおりである。アシを植栽したアシ槽は、仕切板により3系列に分離されている。

実験に供した原水は、山王川から水中ポンプで揚水し分配槽に受け所定の流量に調整した後、各系列の実験槽へ流入させている。アシ槽は、水深が浅いため偏流を生じやすくその対策として流入、流出とも全幅越流堰によっている。

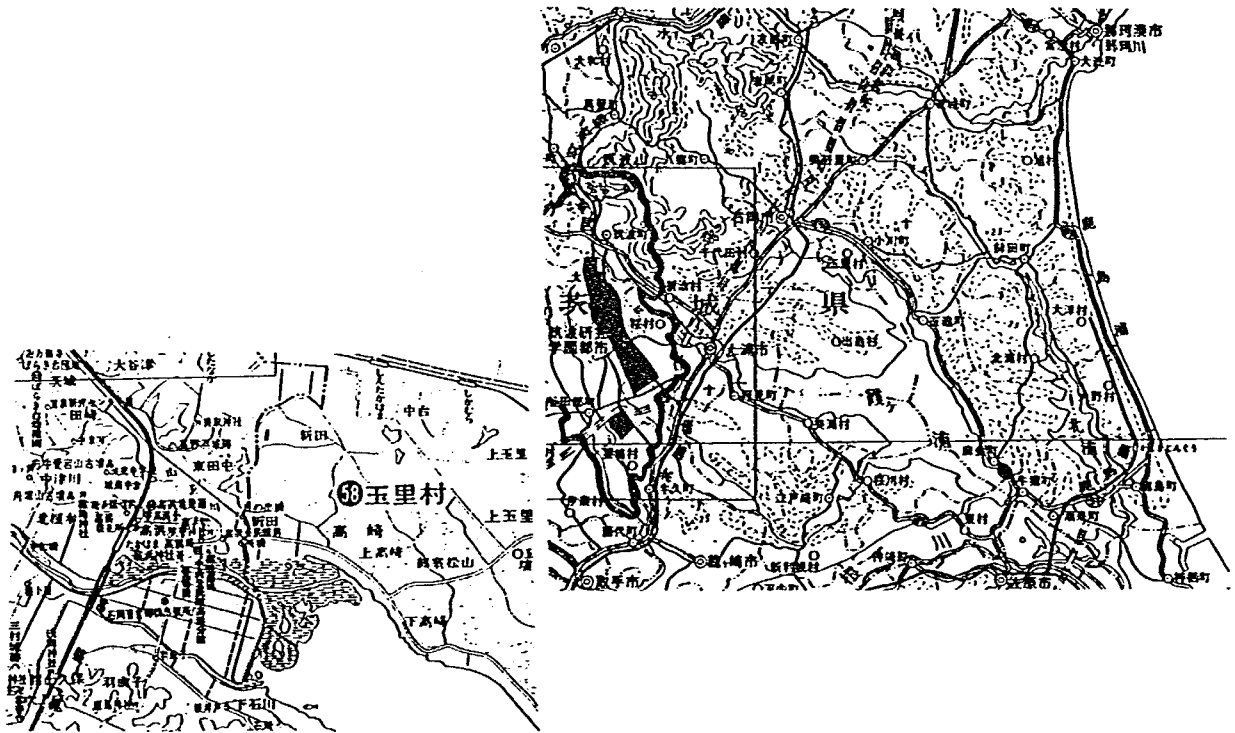


図3-1 実験施設設置場所

表3-1 各実験槽の仕様

		アシ槽-①	アシ槽-②	アシ槽-③
形 状	幅	4.0 m	2.0 m	2.0 m
	長さ	31.2 m	31.2 m	31.2 m
	深さ	1.0 m	1.0 m	1.0 m
水 面 積		124.8 m ²	62.4 m ²	62.4 m ²
土 壌 厚		0.6 m	0.6 m	0.6 m

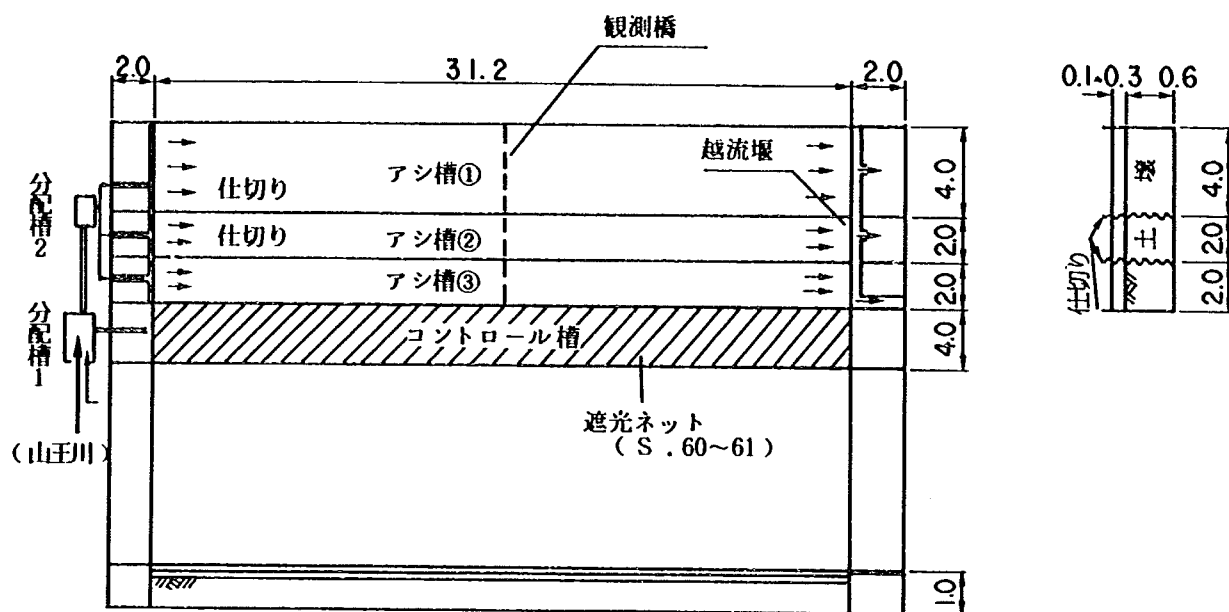


図3-2 実験施設図

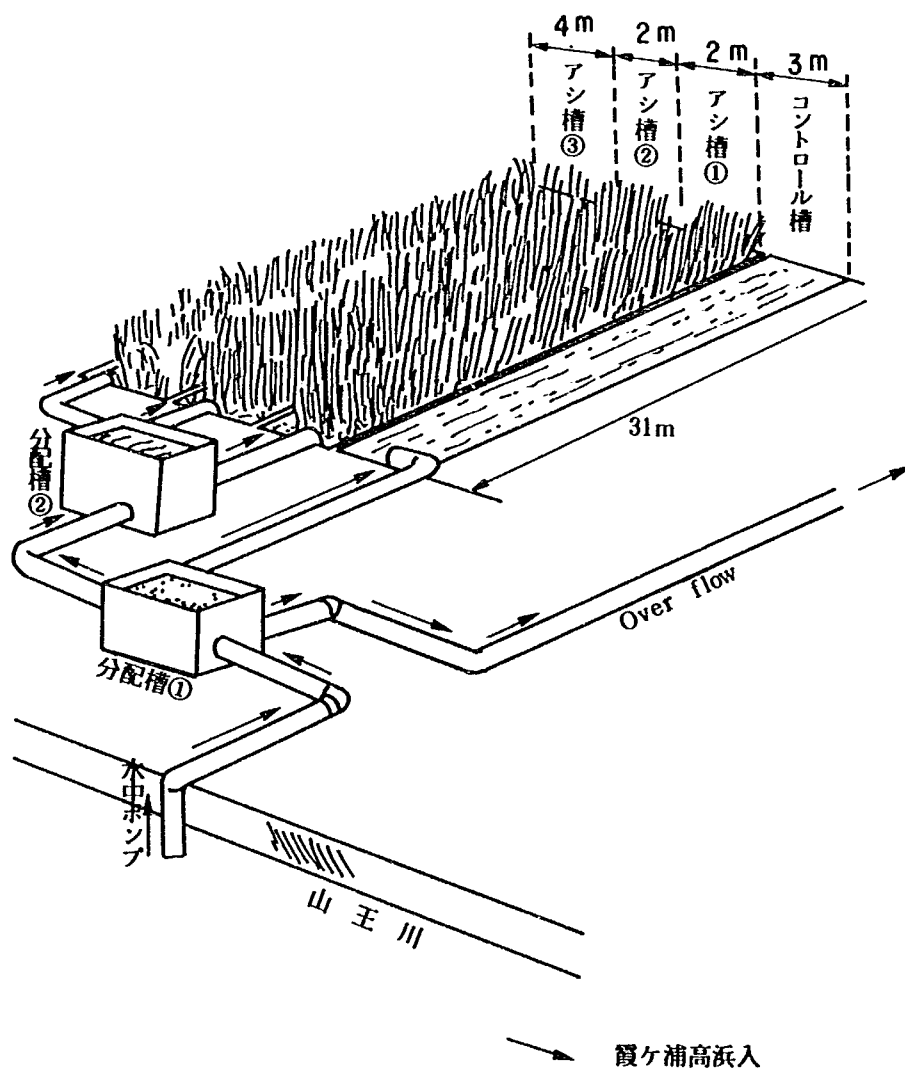


図3-3 実験施設概略図

3-2 実験概要

低湿地を利用した浄化実験の過去5ケ年（昭和57年度から昭和61年度）の実験条件の総括を表3-2に示す。

実験条件は、最適条件の把握を主目的とすることから多くの条件が考えられたが施設設計上の最も基本的な条件となる水深と滞留時間を主に設定を行った。水深条件は10cm～20cm、滞留時間は0.53時間～24時間の範囲で行った。滞留時間については、植生変化等の影響を考慮するためにトレーサーによる実滞留時間の把握も行った。

その他に、低湿地内での浄化機能を把握するために、次のような調査もあわせて実施した。

- ・DOの消費量調査
- ・底質調査・底泥溶出試験
- ・物質収支調査
- ・アシの枯死回帰実験
- ・風の影響調査
- ・植生観察

実験結果については、第四章で詳述するものとしここでは年度別実験結果の概要を整理し、表3-3に示した。

表3-2 過去5ケ年の実験条件

水面積負荷	水 深 (cm)			滞 留 時 間 (hr)							
	10	20	30	0.53	1	1.6	2	4	8	16	24
0.05 m ³ /m ² ・日											
0.0	○ ₅₈										○ ₅₈
0.15 ~ 0.2	○ ₅₈									○ ₅₈	
0.3	○ ₅₈	○ ₅₉							○ ₅₈	○ ₅₉	
0.6	○ ₅₇	○ ₆₀ ○ ₅₉						○ ₅₇	○ ₆₀ ○ ₅₉		
1.2	○ ₅₇	○ ₅₉					○ ₅₇	○ ₅₉			
2.4											
3.0		○ ₆₁				○ ₆₁					
4.8		○ ₆₀			○ ₆₀						
9.0		○ ₆₁		○ ₆₁							

注) 滞留時間1hrにおいては、ステップ注入の実験を行っている。(S60)

表内の数値は実験年度

表 3 - 3 年度別実験結果の特徴

年度	調 査 目 的	実 験 条 件	実 験 結 果 の 特 徴
56年度	アシ原での浄化実験開始 (予備実験・安定期間)	・ 滞留時間 2 ~ 4 hr ・ 水 深 10 ~ 30 cm	・ 馴養実験 (11月 ~ 3月) ・ アシ槽にアオミドロ等の藻類発生
57年度	適正な滞留時間の把握 (滞留時間の比較的短い条件)	・ 滞留時間 2 ~ 4 hr ・ 水 深 10 cm	・ 滞留時間の長い方で T-N の除去率は良い ・ 5 ~ 7 月で若干除去率が高い ・ T-P での除去率は滞留時間の長い方で高いが大差はない
58年度	適正な滞留時間の把握 (滞留時間の比較的長い条件)	・ 滞留時間 8 ~ 24 hr ・ 水 深 10 cm	・ T-N 除去は 33 ~ 43%, Ta が 8 hr の条件で良い ・ 脱窒 (NO ₃ -N の減少) は, Ta の長い方で効果大 ・ NH ₄ -N は Ta が長い程除去効果が低い。←底泥からの溶出? (Ta : 滞留時間)
59年度	最適条件の把握 (滞留時間, 水深)	・ 滞留時間 4 ~ 16 hr ・ 水 深 20 cm	(Ta=16hr) (Ta=4hr) ↑ ↑ ・ T-N 除去は 15 ~ 25%, T-P 除去は 9 ~ 19% ・ COD 除去は水深 10 cm の条件と比較し除去率は 10% 増 ・ さらに, 水面積負荷を増大しても, 除去負荷量は増大する可能性あり
60年度	最適条件の把握 (・ 浄化効果の限界 ・ 効果促進手法の検討)	・ 滞留時間 1 ~ 8 hr ・ 水 深 20 cm ・ ステップ注入 (アシ③)	・ T-N 除去は 16 ~ 21%, T-P 除去は -0.5 ~ 4.4 % ・ 滞留時間を短くしても (Ta=1hr), 除去率はあまり下がらない
61年度	最適条件の把握 (・ 浄化効果の限界 ・ 他河川への適用検討)	・ 滞留時間 原水 山王川 0.53 ~ 16 hr 恋瀬川 8 hr ・ 水 深 10 cm	・ 山王川を原水とした場合の T-N 除去は 0.8 ~ 7.1 %, T-P 除去は -10.7 ~ 18.3 % ・ 恋瀬川を原水とした場合の T-N 除去は 8.2 %, T-P 除去は 0.8 % ・ アシ槽内の雑草化

第四章 設計影響因子の検討

これまでの実験結果を以下に示すような項目について整理し、低湿地導入法設計の基礎資料としてとりまとめた。

- (1) 除去率と水面積負荷の関係
- (2) 除去率と滞留時間の関係
- (3) 除去率の変動特性
- (4) 植物体による栄養塩（N、P）の吸収および回帰
- (5) 底泥の影響
- (6) 物質収支
- (7) 有機物除去（BOD）
- (8) 植 生
- (9) 溶存酸素
- (10) 微生物相

4-1 除去率と水面積負荷の関係

低湿地浄化の浄化効果（T-N，T-P除去率）は，水面積負荷で表現することができる。

低湿地に浸入した汚濁物質は，粒子態のものについては，水生植物体に接触したり，底質に吸着したりして徐々に水中から除去される。また溶存態のものについては，水生植物体や底質に吸着したり，底質中に生息する微生物によって除去される。

以上のように低湿地の浄化機能は汚濁物質の底質に対する接触の程度に支配されることが推定され，水面積負荷と汚濁物質除去率は何らかの関係が存在するものと思われる。

図4-1にT-N除去率と水面積負荷の関係を示す。また，図4-2にT-Pについて示す。図中の片かっちは，第二章の事例に対応している。T-Nについては，80%，T-Pについては70%程度が，低湿地浄化法の浄化限界と思われる。図4-3,4に水面積負荷と除去負荷量の関係を示す。T-Pについては，水面積負荷が3 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ を越えると急激に浄化効率が低下した。

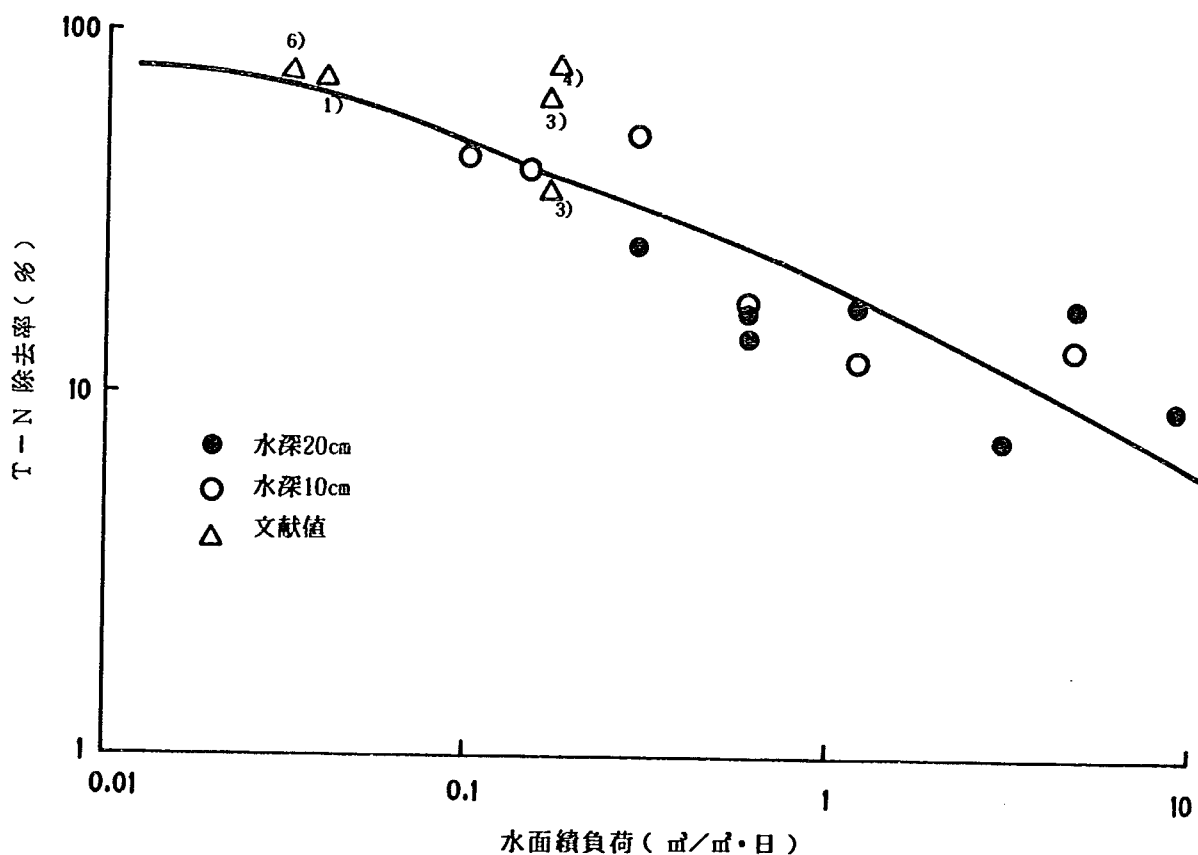


図4-1 除去率と水面積負荷の関係 (T-N)

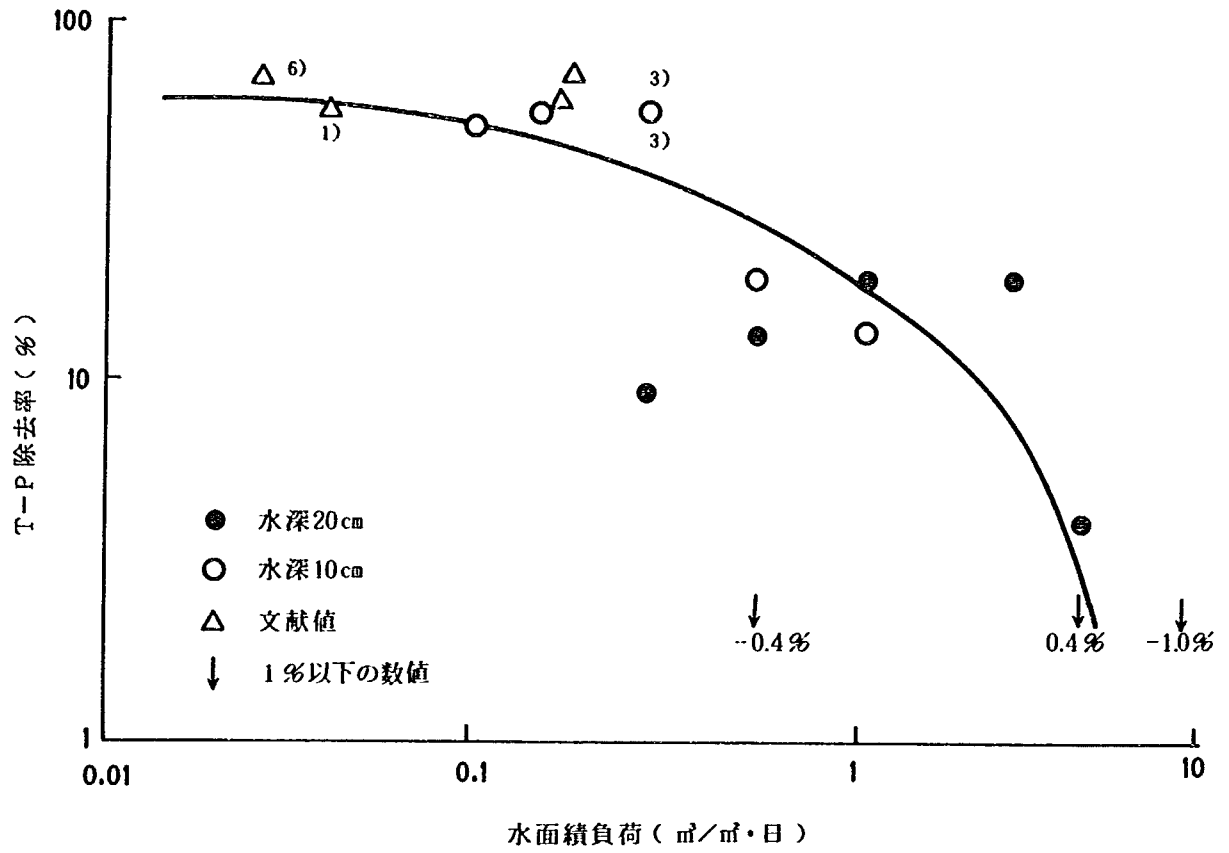


図 4-2 除去率と水面積負荷の関係 (T-P)

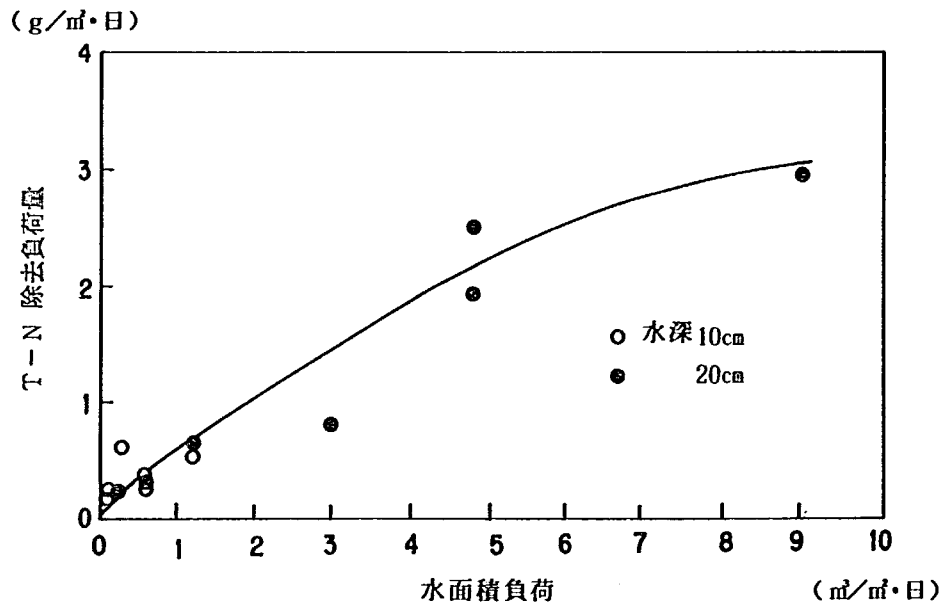


図 4-3 水面積負荷と除去負荷量の関係 (T-N)

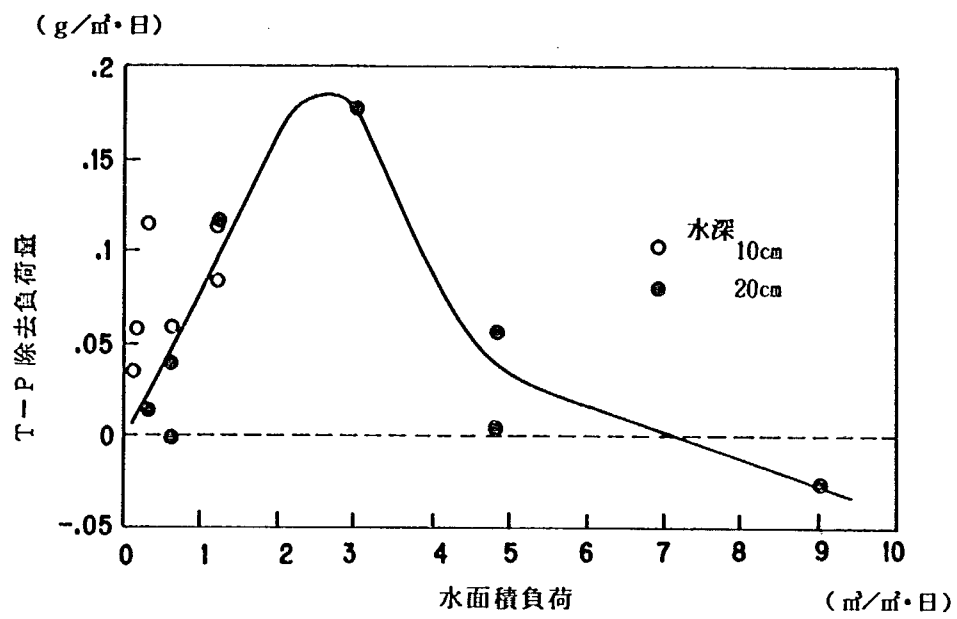


図4-4 水面積負荷と除去負荷量の関係 (T-P)

4-2 除去率と滞留時間の関係

除去率と滞留時間の間には、正の相関がある

実滞留時間と除去率の関係を図4-5, 6に示した。一般に水処理施設では、滞留時間が増加すると除去率も向上し本施設でも同様の結果が得られている。

特徴を整理すると以下の様になる。

- ① 文献値を含めて、全データを見ると除去率と滞留時間の間には正の相関が見られる。
- ② 本実験の滞留時間の範囲内では、水深10cmの条件の時、T-N、T-Pとも、5時間程度で除去率（T-N；50%，T-P；60%）が頭打ちになった。

水深20cmの条件では、滞留時間1時間を越えると除去率（T-N；T-P 20%）は、ほぼ一定となった。

- ③ 本実験の範囲では、水深を深くすることは、浄化効果にマイナスの影響を与える。

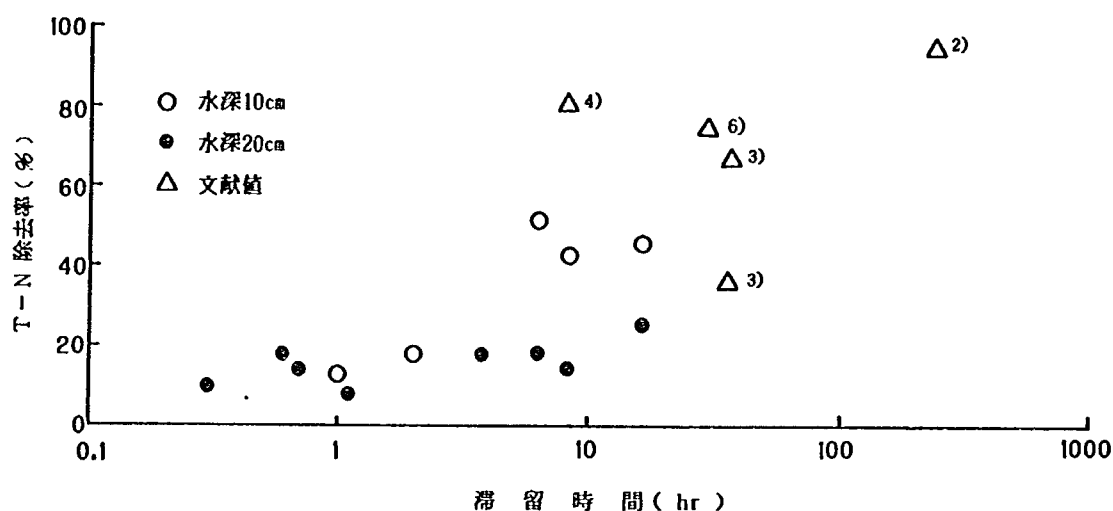


図4-5 除去率と滞留時間の関係（T-N）

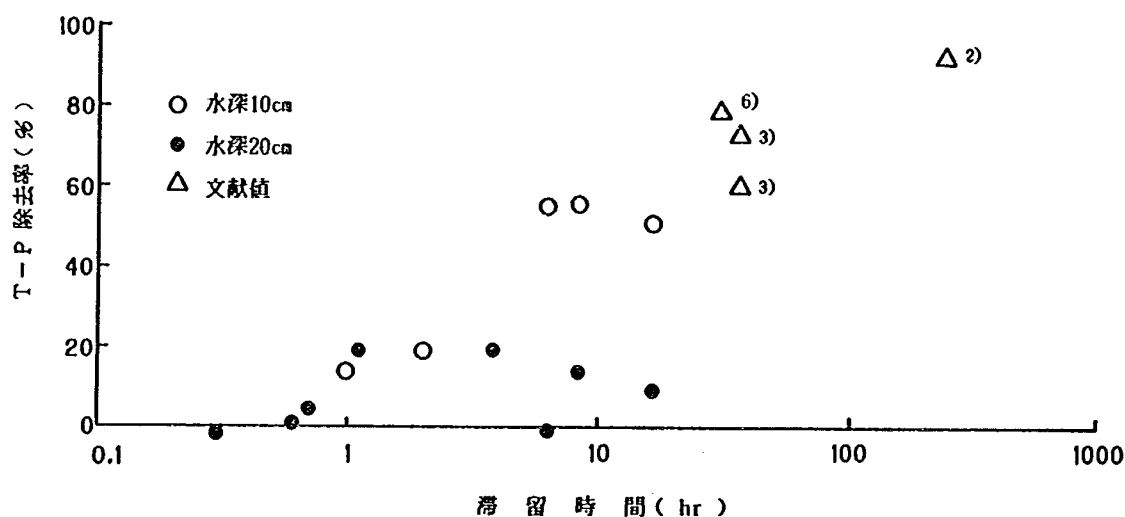


図4-6 除去率と滞留時間の関係（T-P）

4-3 除去率の変動特性

(1) 季節の影響

低湿地導入による浄化法は、水生植物帯を利用するものであり、その浄化効果は季節変化に大きく左右されることが推定されるが、調査結果からは明瞭な傾向は認められなかった。項目別の除去率の経月変化を巻末資料に示す。

(2) 流入水質の影響

低湿地浄化法は、河川水、一次処理水、二次処理水、人工基質等の処理に用いられておりそれぞれ良好な結果を得ていることから適切な負荷量の範囲内であれば原水の栄養塩濃度、有機物濃度の違いによる浄化能力の変動は少ないものと思われる。

本調査でも異なる河川から試験低湿地に河川水を導入し原水水質変動に伴う浄化能力の変化を検討した。

実験は、昭和61年度に山王川のとなりにある恋瀬川の河川水を試験低湿地に導入して行った。実験期間中の山王川と恋瀬川の水質の違いを図4-7に示した。恋瀬川を原水とした場合のT-N, T-P除去率は、図4-8に△印で示した。

恋瀬川の水質は窒素・リンとも山王川の水質に較べて低く、組成についてみると、窒素の場合、恋瀬川が山王川に較べ、溶存性有機窒素の割合が大きく、アンモニア性窒素の割合が小さい。

浄化効果は、オーダー的に山王川とほぼ同じであり、実験結果の他河川への適用の可能性がうかがえる。

図4-9に、山王川のT-Nの流入濃度と除去率の関係を示した。流入濃度は、1.5～6 (mg/ℓ) の範囲で変化しており、除去率は、水深10cmの条件で0～80 (%) 20cmの条件で0～50 (%) の範囲で変化しているが、流入濃度の違いによる除去率の違いに顕著な傾向はみとめられない。

水深10cmの条件では、滞留時間の違いによる除去率の差異がみとめられ、滞留時間が3時間以下の条件では0～30%, 3時間以上の条件では30～80%である。

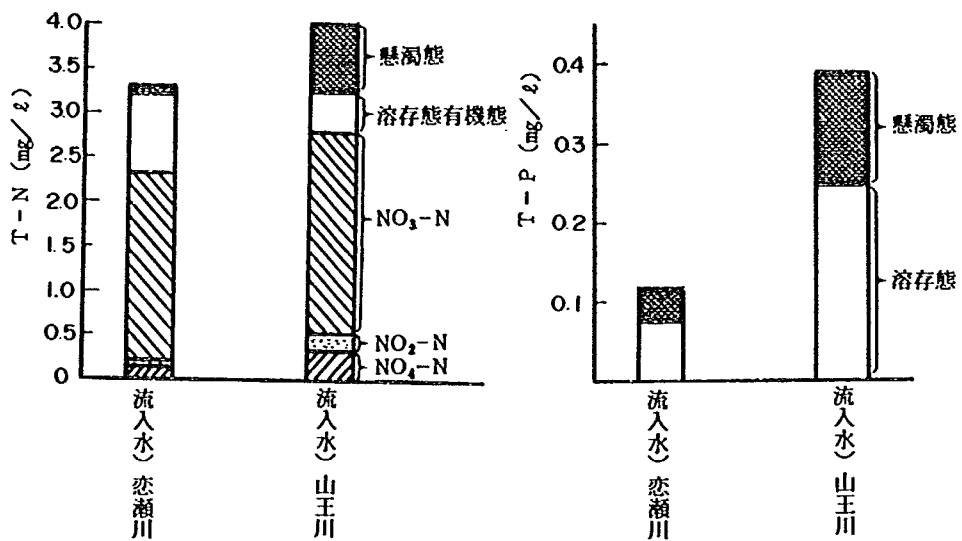


図4-7 山王川と恋瀬川の水質の違い

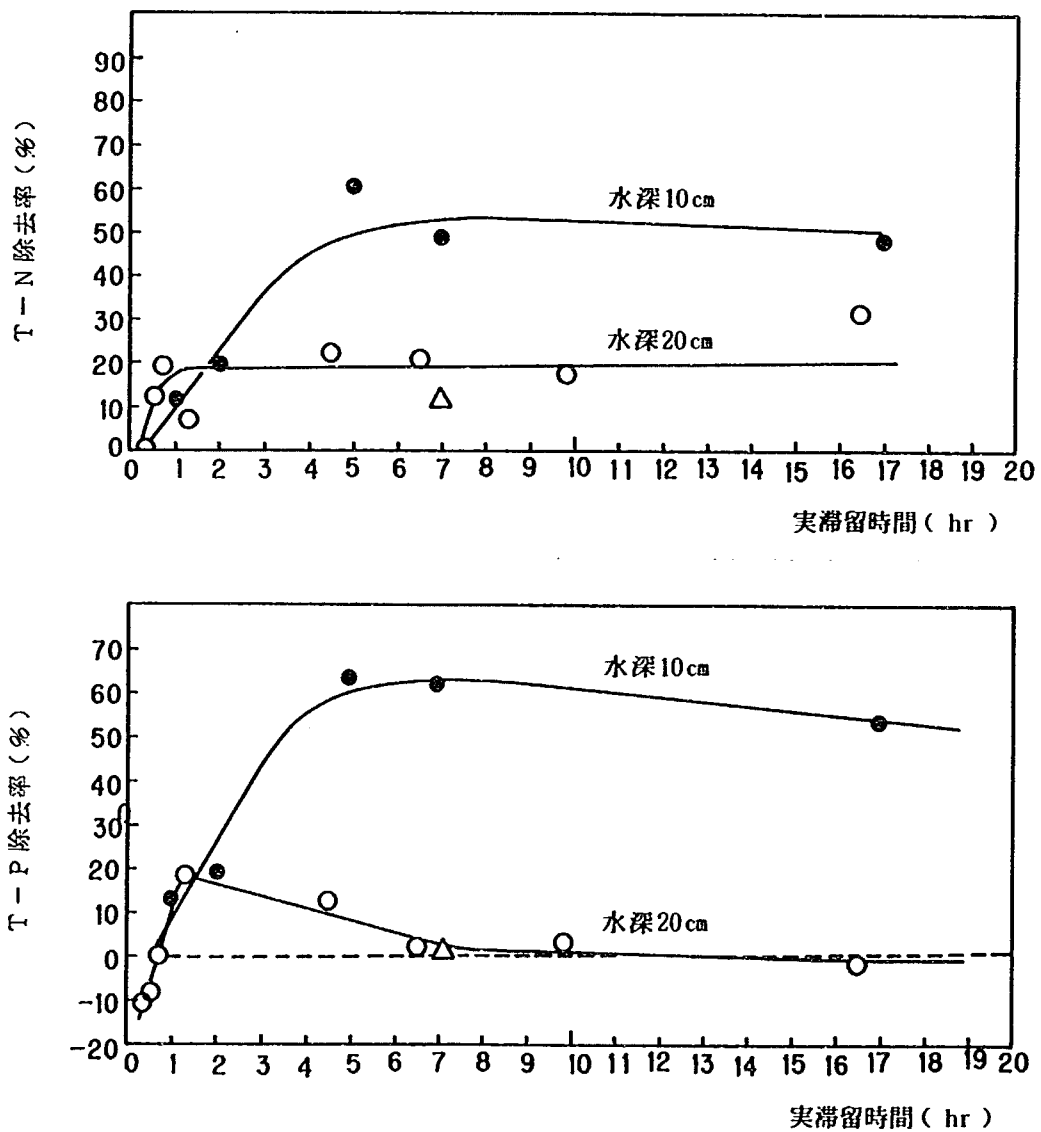


図4-8 実滞留時間と除去率(夏季5月~9月のデータの平均)

注1) 図中△印が恋瀬川原水, 他は山王川原水
 注2) 恋瀬川導水実験(S 61.7~10まで)

4-4 植物体による栄養塩 (N,P) の吸収および回帰

(1) アシによる N,P の吸収量

アシの生育期間を4~10月の半年とし、1㎡当りのアシの本数を200本とするとアシによるN,Pの吸収量は以下のとおりである。

N : 500 (mg/㎡・日)

P : 50 (mg/㎡・日)

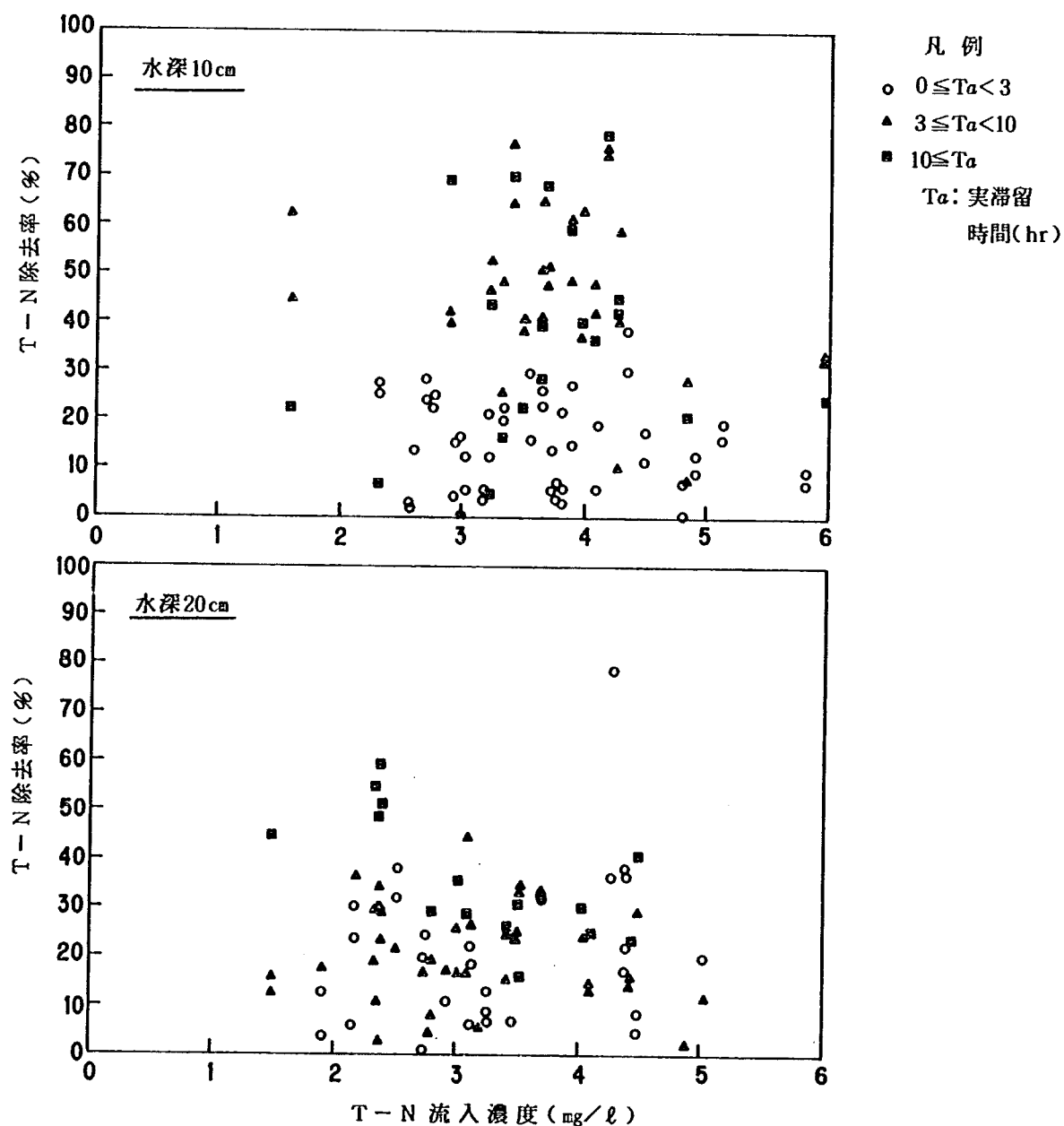


図4-9 流入濃度と除去率の関係 (T-N)

昭和60年度調査結果より実験槽内のアシの成分は表4-1に示したとおりである。また、実験槽内のアシの生育密度は植生観察の結果より1㎡当り約200本であった。

アシの生育期間を4月～10月の約半年とすると、アシによるN,Pの吸収量は以下のとおりとなる。

$$N ; 200 (\text{本}/\text{㎡}) \times 80 (\text{g}/\text{本}) \times 0.3 \times 20 (\text{mg}/\text{g-乾}) \div 183 (\text{日}) = 524 (\text{mg}/\text{㎡} \cdot \text{日})$$

$$P ; 200 (\text{本}/\text{㎡}) \times 80 (\text{g}/\text{本}) \times 0.3 \times 2 (\text{mg}/\text{g-乾}) \div 183 (\text{日}) = 52.4 (\text{mg}/\text{㎡} \cdot \text{日})$$

(注) 上式中0.3は乾重比(1-含水率)である

アシによるN,Pの吸収は、土壌間隙水中のN,Pを吸収しているものであり、直接流水中からN,Pを除去しているものではないが、低湿地帯全体のマスバランスから考えれば、アシを系外に除去することは、浄化と考えることができる。

表4-1 アシの成分

アシ1本当りの平均湿重	80 (g)
アシ1本当りの平均長さ	150 (cm)
含水率	70 (%)
N含有量	20 (mg/g-乾)
P含有量	2 (mg/g-乾)

(2) 枯死したアシからのN,Pの回帰

1㎡当り200のアシが枯死し水面下に倒伏した場合のN,Pの水中への回帰量は次のとおりである。

$$N : 500 (\text{mg}/\text{㎡} \cdot \text{日})$$

$$P : 50 (\text{mg}/\text{㎡} \cdot \text{日})$$

枯死したアシのN,Pが水中に回帰する量を調べる為に、昭和60年度にアシの枯死回帰実験を行った。実験結果は図4-10に示したとおりである。尚、実験に供したアシの本数は、各条件(アシ+泥、アシのみ)とも9本ずつで行った。

① アシ+泥の条件でのD-TNの溶出についてみると、0～7日目までの溶出が7～14日目までの溶出に比較して大きいことから、初期の溶出が大きいことがわかる。また、アシのみの条件の溶出でみると、0～7日目に比べ、7～14日目の溶出が大きい。以上の結果を考慮してアシからの溶出速度を算出すると表4-2のようになる。

アシからの溶出速度は底泥からの溶出速度に比較して約3～4倍大きいことがわかる。また、泥があることにより溶出が促進される傾向が認められる。

表4-2 アシからの溶出速度(アシ9本当り)

条 件	期 間	溶 出 速 度 (mg/㎡・日)		
		アシ+泥	泥 *1)	ア シ
アシ+泥	0～7	30	6	24
アシのみ	7～14	—	—	18

*1) 泥からの溶出速度は20℃、好気の条件

② D-TPのアシからの溶出の特徴は次のとおりであった。

i) アシのみの条件；初期7日目までわずかに減少し、その後増加する。

ii) アシ + 泥；約3週間減少傾向

これらのことから、アシからのリンの溶出については、ある程度までは、底質に吸着されている可能性がある。

底質による吸着のないアシのみの条件で溶出速度を算出すると、以下の様になる。

$$\begin{aligned}
 \text{D-TPの溶出速度} &= \frac{C - C_0}{\text{区間日数}} \times H \times 10 \\
 (\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{日}) & \quad (7 \sim 14 \text{日目}) \\
 &= \frac{0.52 - 0.35}{7} \times 10 \times 10 \\
 &= 2.4 (\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{日})
 \end{aligned}
 \quad \left\{ \begin{array}{l} C_0 : \text{初期の水質 (mg}/\ell) \\ C : \text{終期の水質 (mg}/\ell) \\ H : \text{水深 (cm)} \end{array} \right.$$

植生観察の結果より、実験槽内の m^2 当りのアシの本数は約200本であった。アシが枯死・倒伏し、水面下に水没した場合のN,Pの水中への回帰量を推定すると以下の様になる。

$$N : 24 (\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{日} \cdot 9 \text{本}) \div 9 (\text{本}) \times 200 (\text{本}) = 533 (\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{日})$$

$$P : 2.4 (\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{日} \cdot 9 \text{本}) \div 9 (\text{本}) \times 200 (\text{本}) = 53.3 (\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{日})$$

この回帰量は、半年間にアシの吸収するN,P量とはほぼ同じである。

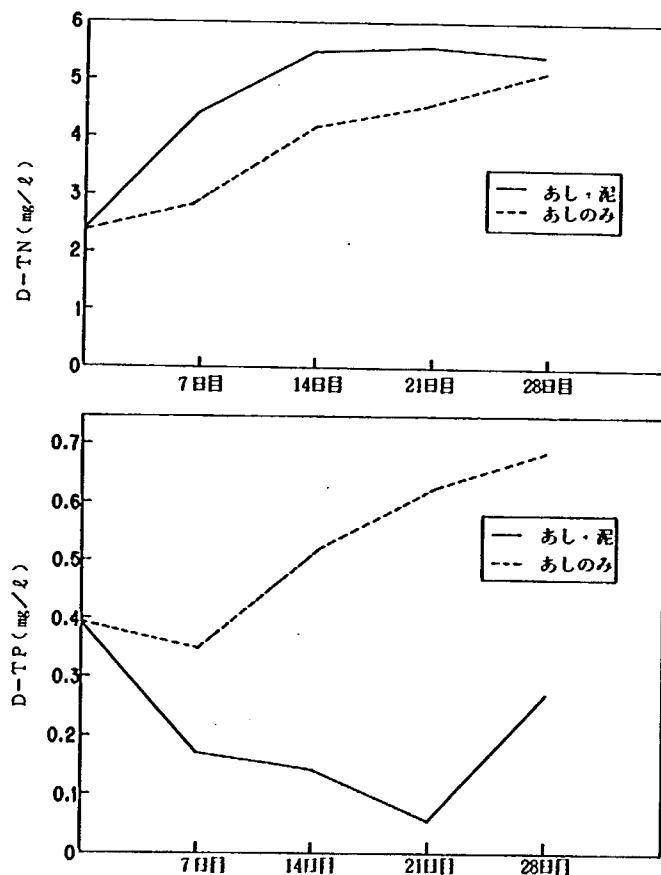


図4-10 アシの枯死回帰実験

4-5 底泥の影響

低湿地の底質は、粒子態栄養塩の沈殿や、水生植物の枯死、倒伏により、徐々に悪化し、水中に栄養塩を放出してくるものと思われ、底質の状況、溶出量等を把握することが重要である。

(1) 底泥の性状

アシ槽内の底泥の性状は、表4-3に示したとおりである。

表4-3 アシ槽内の底泥の性状

(mg/g-乾)

	入 口	中 間	出 口
C	72	105	140
N	6.6	5.7	9.6
P	3.6	1.7	2.3

注) S.58~S.60 の平均値

炭素は、入口から出口にかけて増加する傾向があり、出口では140 (mg/g-乾) と、入口の約2倍の濃度となっている。

窒素は、5.7~9.6 (mg/g-乾) の間にあり、出口の濃度が高い。

リンは、1.7~3.6 (mg/g-乾) の間にあり、入口の濃度が高い。

(2) 底泥からの溶出

試験低湿地内のアシ槽の溶出速度を表4-4に示し、アシ槽の流出負荷量と比較した結果を表4-5に示した。

表4-4 底泥からの溶出速度

(単位: mg/m²・日)

		好 気			嫌 気		
		COD	T-N	T-P	COD	T-N	T-P
アシ槽	流入部	60	9	0.5	70	14	13
	中間部	15	5	0	30	7	2.5
	流出部	15	5	0.25	45	25	4.5

昭和60年度調査 水温20℃の場合

表4-5 アシ槽からの流出負荷と溶出負荷

	水面積負荷 (m ³ /m ² ・日)	流出負荷 (g/m ² ・日)	溶出負荷 (g/m ² ・日)
COD	0.1~4.8	0.7 ~ 26.4	0.015 ~ 0.070
T-N		0.4 ~ 12.7	0.005 ~ 0.025
T-P		0.03 ~ 1.8	0 ~ 0.013

特徴を整理すると以下のとおりである。

- ① 溶出は、嫌気条件のT-Nを除けばアシ槽の流入部で大きく、中間部以降の溶出速度の約2倍である。
- ② 好気条件と嫌気条件の比較では、嫌気条件の方が大きくCOD、T-Nで好気条件の2～5倍、T-Pで10～30倍である。
- ③ 底泥からの溶出量は、流出負荷量の約1～10%前後であり、比較的小さいが、滞留時間が長く、水面積負荷の小さい条件では無視できない値である。

水温と溶出速度の関係を昭和60年度の底泥溶出試験結果よりプロットしたものを図4-11に示した。溶出速度は水温の上昇とともに増大する傾向が認められ、図4-12に示した霞ヶ浦の調査結果とはほぼ類似した結果であった。

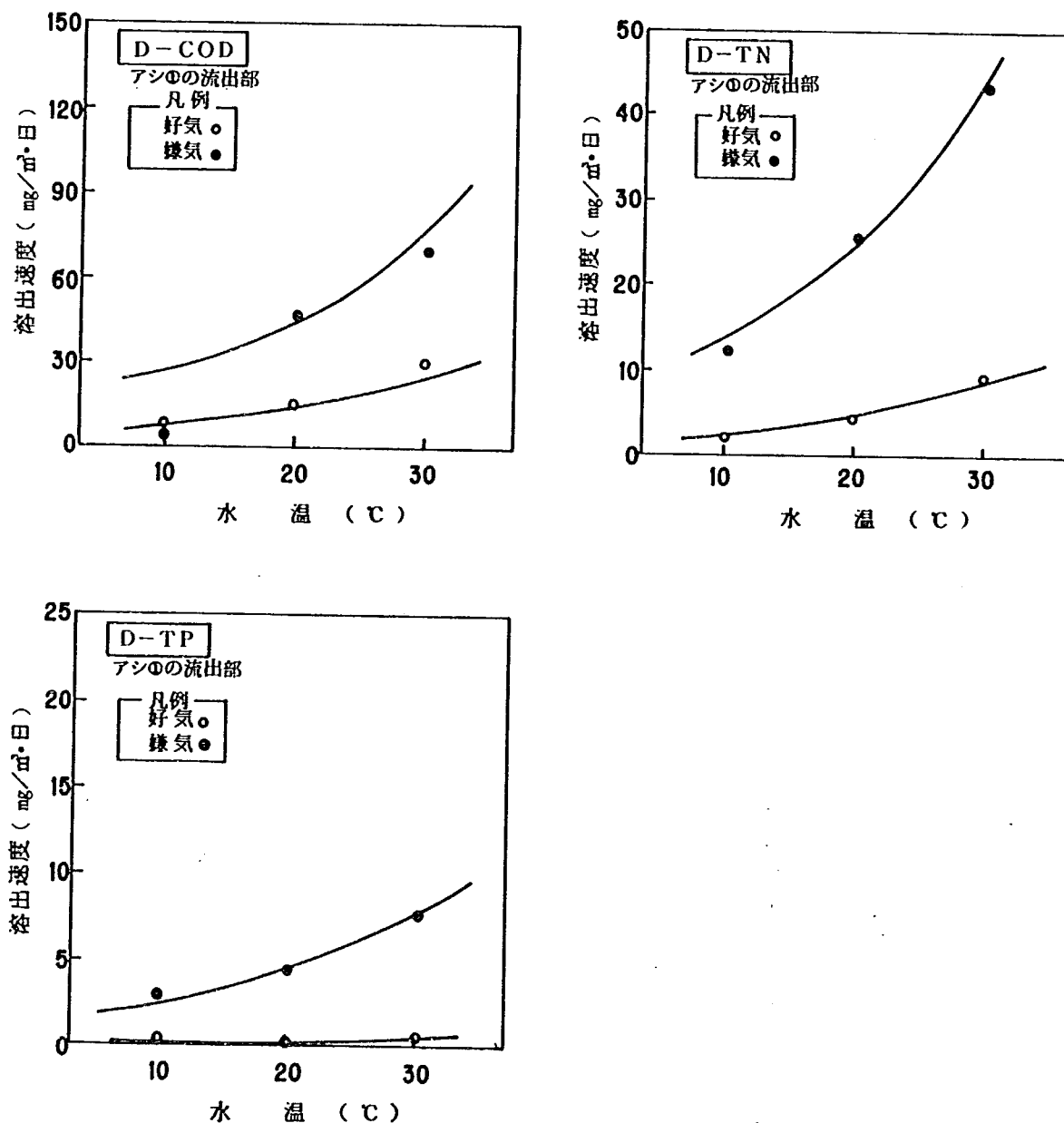
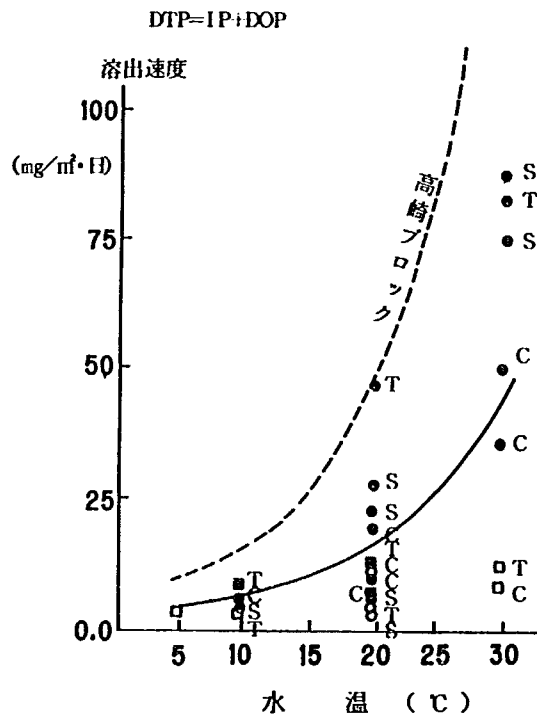
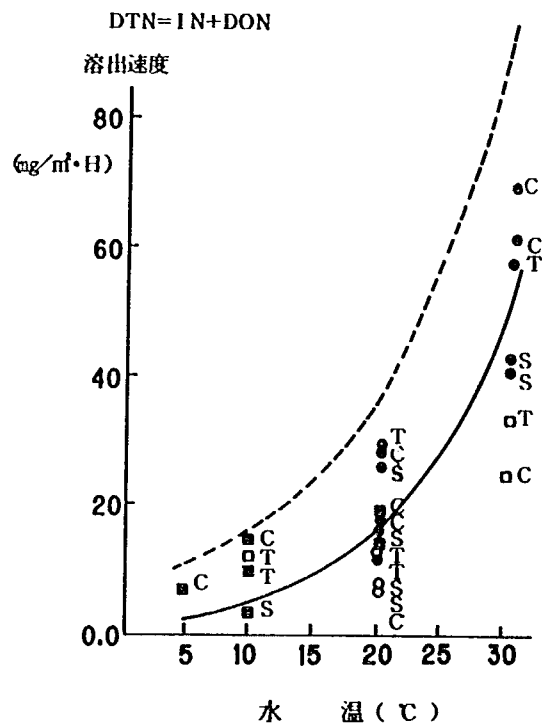
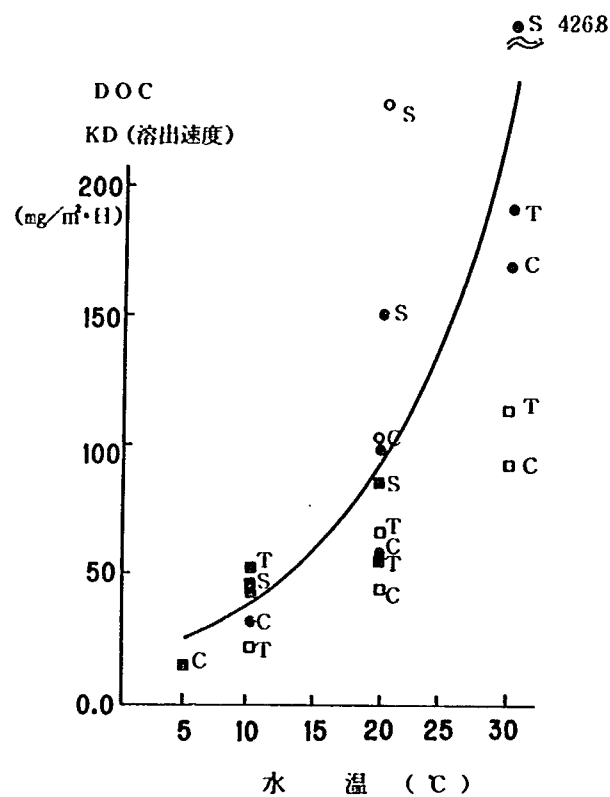


図4-11 水温と溶出速度の関係



- 凡例
- 夏期嫌気・還元
 - 夏期好気
 - 冬期嫌気
 - 冬期好気
 - T 高崎沖
 - S 湖岸
 - C 湖心

出典；「湖沼の総合的水管理技術の開発に関する研究報告書」S.59.3
建設省 土木研究所
(財)国土開発技術研究センター

図4-12 水温と溶出速度の関係（他の調査例）

底泥からの溶出速度は、水温の他に底泥濃度にも大きく左右されることがから、図4-13に底泥濃度と溶出速度の関係をプロットした。ここで用いた底泥濃度は、昭和58年、59年、60年の実測結果の平均値であり表4-6に示したとおりである。又、溶出速度は表4-4に示した水温20℃の場合の値である。

表4-6 底 泥 濃 度

(mg/g-乾)

		炭 素	K - N	T - P
アシ①	入 口	103	8.55	2.62
	中 間	149	7.15	1.44
	出 口	135	9.11	2.26
アシ②	入 口	39	4.74	3.83
	中 間	149	6.65	2.08
	出 口	173	9.13	2.11
アシ③	入 口	73	6.36	4.31
	中 間	16	3.26	1.69
	出 口	112	10.60	2.59

(注) 炭素は昭和60年のみ実測

図4-13より底泥濃度と溶出速度の関係は比例関係にあるとみられ、底泥濃度の増加に対して、D-TN、D-TPの溶出速度は増加傾向にあり、D-CODの溶出速度は減少傾向がみられた。

以上の結果を基に、アシ原の底泥溶出モデルを作成すると表4-7の様になる。

表4-7 底泥溶出モデル

	DO条件	底 泥 溶 出 モ デ ル
D-TN	好 気	$E = (1.1r - 2.9) \times 1.06^{(T-20)}$
	嫌 気	$E = (6.7r - 40.4) \times 1.06^{(T-20)}$
D-TP	好 気	$E = (0.14r - 0.14) \times 1.06^{(T-20)}$
	嫌 気	$E = (5.3r - 4.8) \times 1.06^{(T-20)}$
D-COD	好 気	$E = (-1.2r + 184) \times 1.06^{(T-20)}$
	嫌 気	$E = (-0.8r + 152) \times 1.06^{(T-20)}$

E: 溶出速度 (mg/m²・日)

r: 底泥濃度 (mg/g-乾)

T: 水 温 (℃)

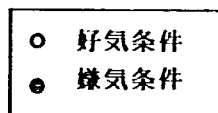
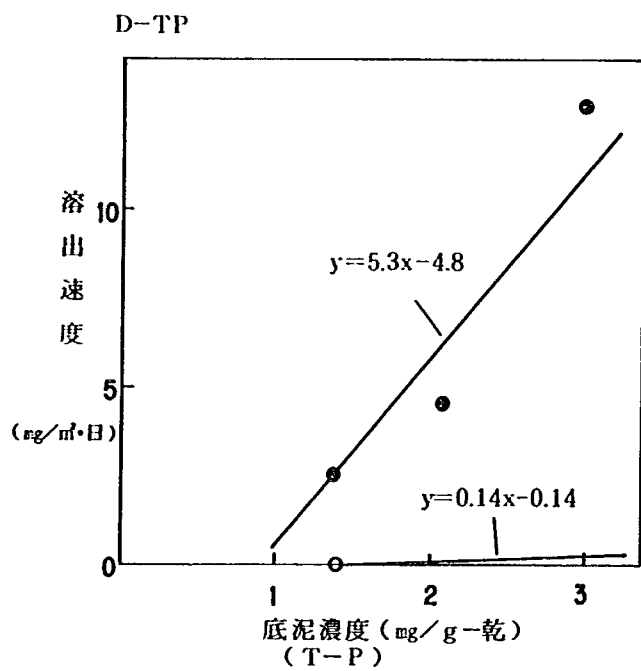
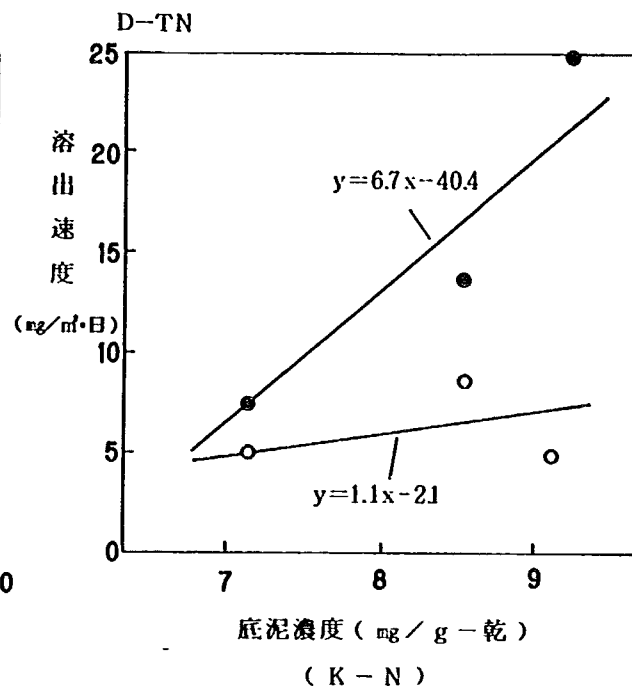
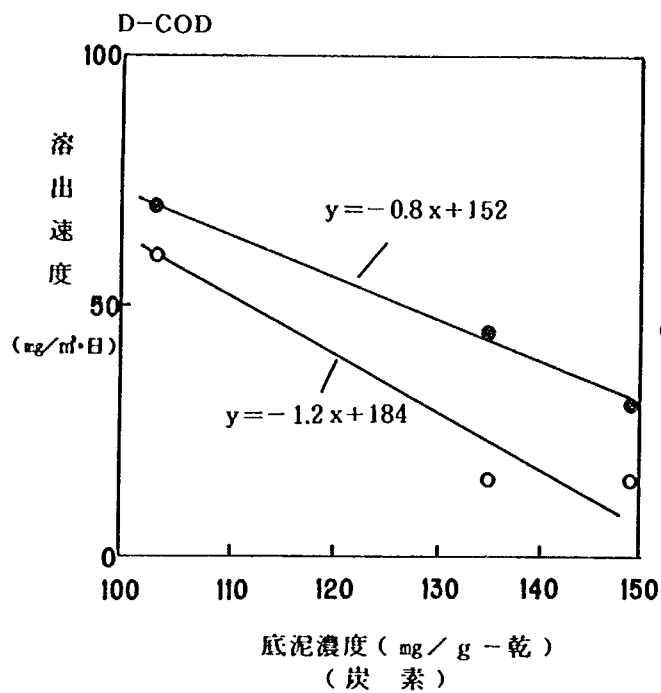


図4-13 底泥濃度と溶出速度の関係

4-6 物質収支

昭和60年度に、アシ原浄化施設による浄化機構を探るための、物質収支調査（48時間調査）を行った。調査結果を図4-14に示す。尚、底泥からの溶出量については、溶出実験結果をもとに算出した。

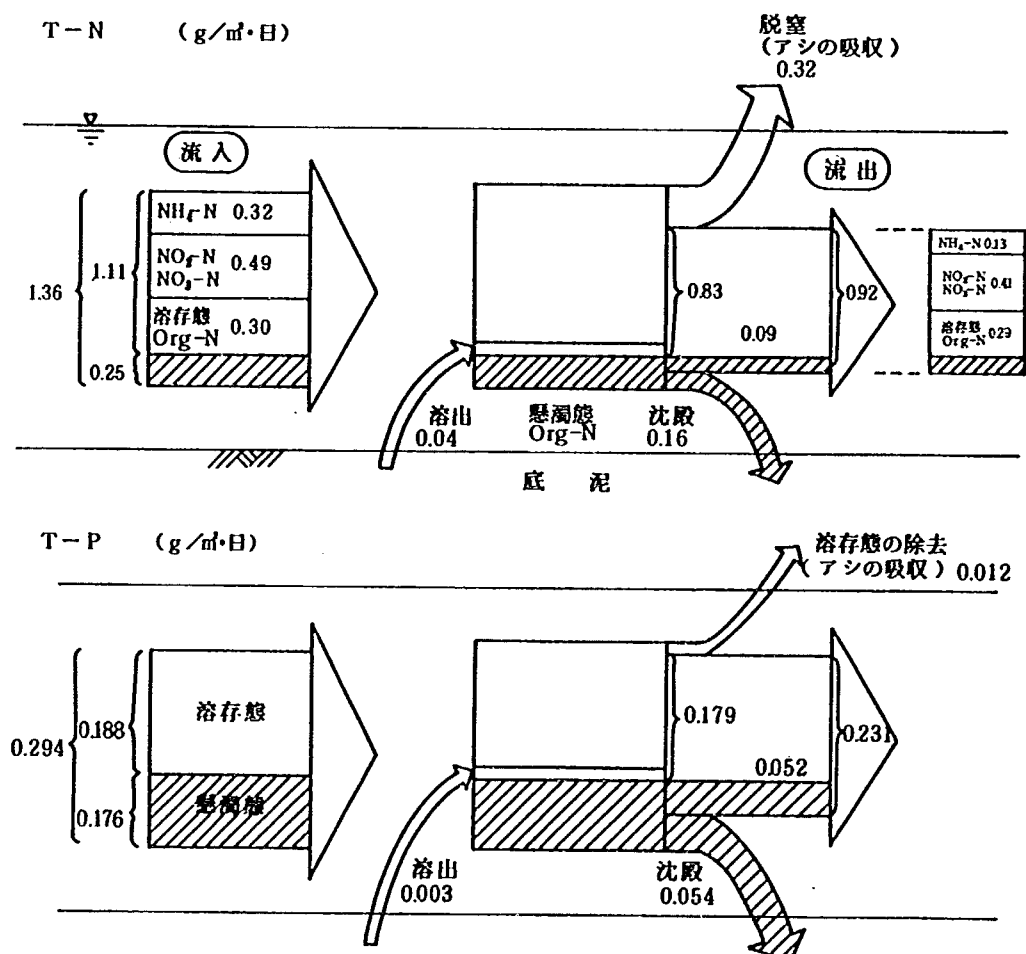
特徴を述べると以下の様になる。

<T-N>

- ① 溶出量は、流入負荷量の約3%で小さい。
- ② 沈殿は、流入負荷量の約10%である。
- ③ 脱窒及びアシの吸収は、流入負荷量の約20%である。
- ④ $\text{NH}_4\text{-N}$ の減少が大きく、流入水質の約1/3となり、硝化がよく起っている。

<T-P>

- ① 溶出量は、流入負荷量の約1%と、T-Nと同様小さい。
- ② 除去に関する項は、粒子態の沈殿がほとんどで、流入負荷量の約20%を占め、溶存態の除去は約4%である。



※実験条件

(昭和60年8月20日～23日調査)

- ・水深 20 (cm)
- ・滞留時間 8 (時間)
- ・水面積負荷 $0.6 (\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日})$
- ・流入水質
 - (T-N $2.26 (\text{mg}/\ell)$)
 - (T-P $0.49 (\text{mg}/\ell)$)

図4-14 アシ槽内の物質収支

4-7 有機物除去 (BOD)

本調査では、低湿地浄化法を汚濁河川水の栄養塩 (N.P) 除去手法として考えているが、他事例からも明らかなように有機物 (BOD) 除去手法としても適用可能である。

アシの有機物除去効果を検討するために、昭和60年度と昭和61年度にBODの測定を行った。調査結果を図4-15に示し、滞留時間と除去率の関係を図4-16に示した。

特徴を整理すると以下の様になる。

- ① 除去率と滞留時間には、正の相関が見られる。
- ② 流入水のBODの濃度は約4～6 (mg/ℓ) で、溶存態のBODが約半分を占める。
- ③ 粒子態のBODの除去効果が大きいことから、アシ原による接触沈殿効果が大きいことがわかる。
- ④ CODについても栄養塩と同様の調査解析を実施したがBODの半以下の除去率であった。

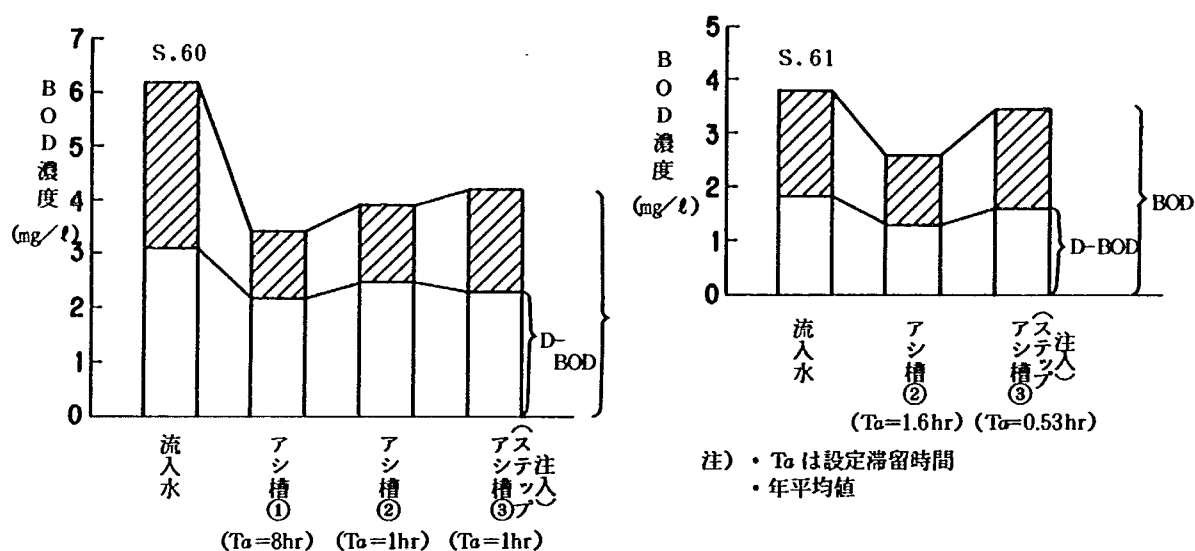


図4-15 BODの浄化効果

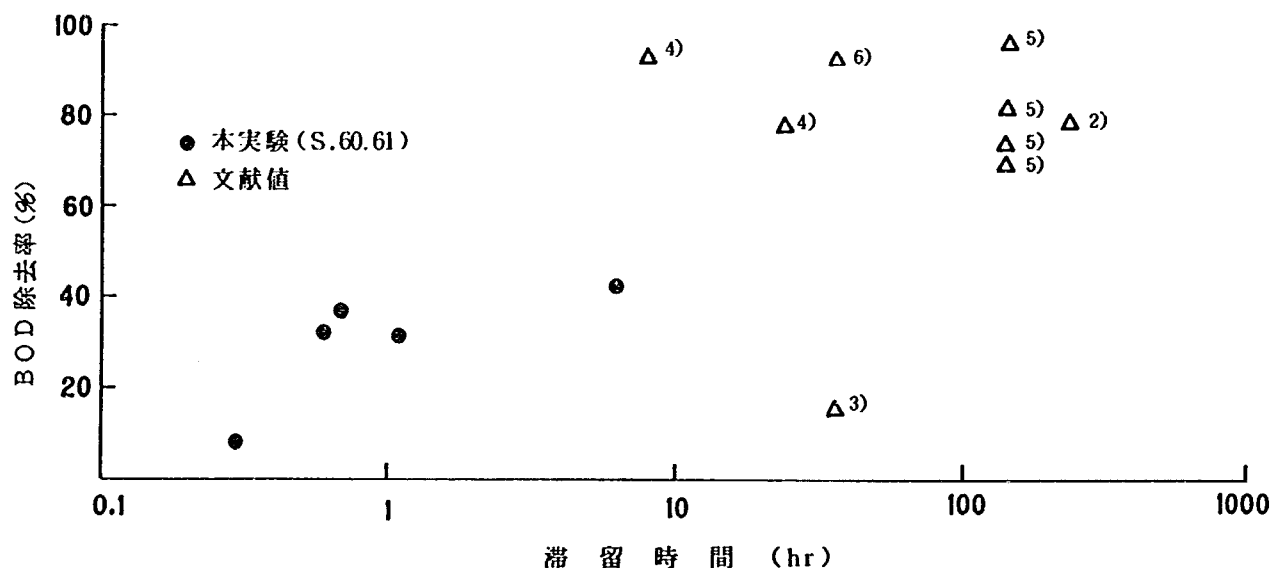


図4-16 BOD除去率と滞留時間の関係

4-8 植 生

低湿地に植栽する水生生物は、自然状況に適合したものとするが、防風効果、遮光効果、整流効果、接触効果等を考えると、抽水性の構造の強固な水生生物が適当と考えられる。

(1) 繁殖状況

実験槽内には、アシを主体として、タデ・フトイ・マコモ等の植物が密生しており、アシに次いでタデが多い。

図4-17に昭和58年度のアシ槽②のアシの草丈の最大と最小を示した。他の槽、他の年度もほぼ同様な傾向にあり、6月頃から全高（3 m）のアシが出現し、11月中旬までその状態が続いている。12月になるとほとんどのアシは枯死し、倒伏する。

昭和60年度に、アシの太さ（直径）と1日当りの伸びの関係（図4-18）並びにアシの湿重と全長の関係（図4-19）を調べた。アシの太さ、1日当りの伸びは時期・天候によっても違うと考えられるが、7月頃のアシ密生期では、太さが約0.5（cm）、1日当りの伸びが約7（cm/日）であった。また、実験槽内のアシの平均長さは約153cm、湿重は約80gであった。

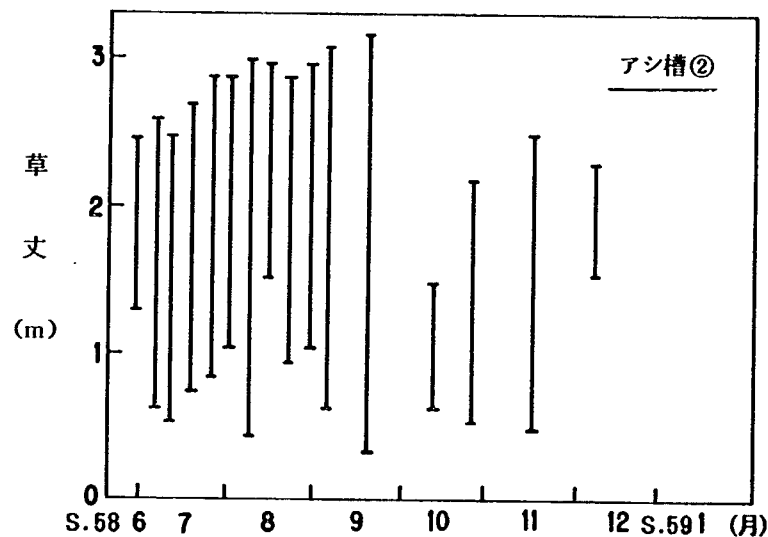


図4-17 アシの草丈の変化

実験槽内の㎡当りのアシの本数の経年変化を図4-20に示した。昭和57年度は㎡当り約60本であったアシが年々増加する傾向がみられ、昭和60年度には、㎡当り約350本と約6倍近くになっている。これは、アシの本数の観測地点が観測上の理由で、実験槽の端にあり（図4-21）端に比べてアシの本数の少ない内部の状況が加味されていない為と考えられる。槽全体に均一にアシが生育していたと考えられる昭和58、59年度をベースとすると、実験槽内のアシの本数は㎡当り約200本前後と考えられる。

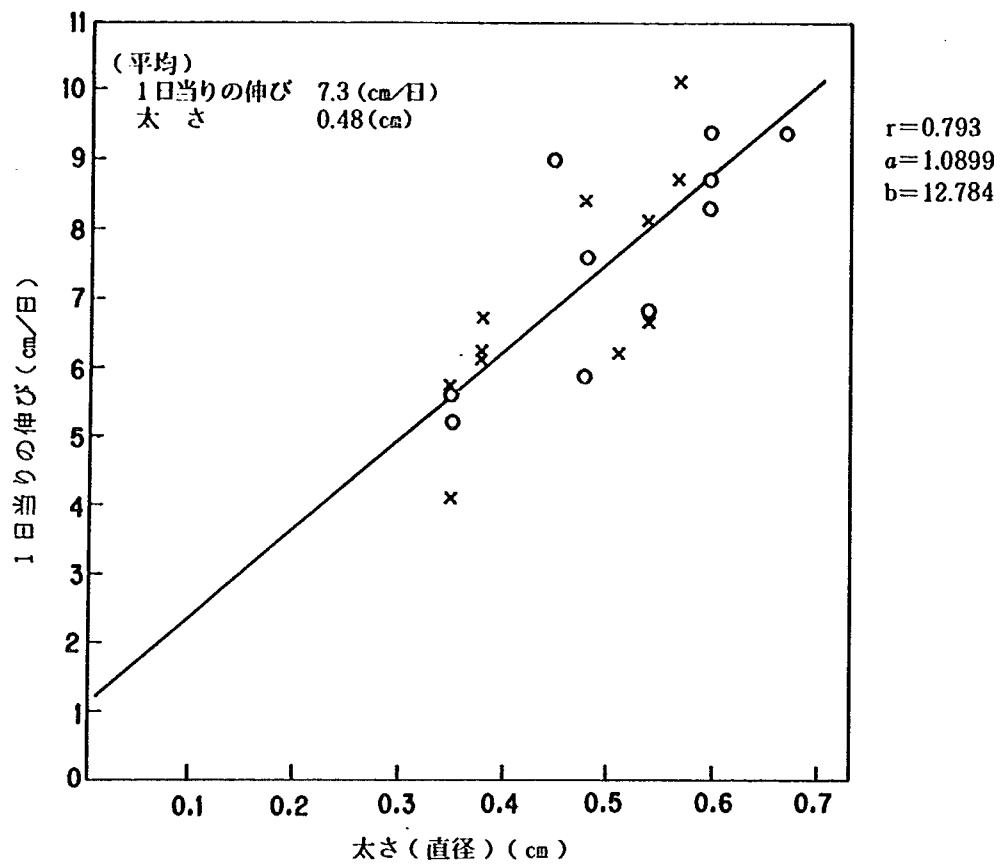


図4-18 あしの太さと1日当りの伸びの関係

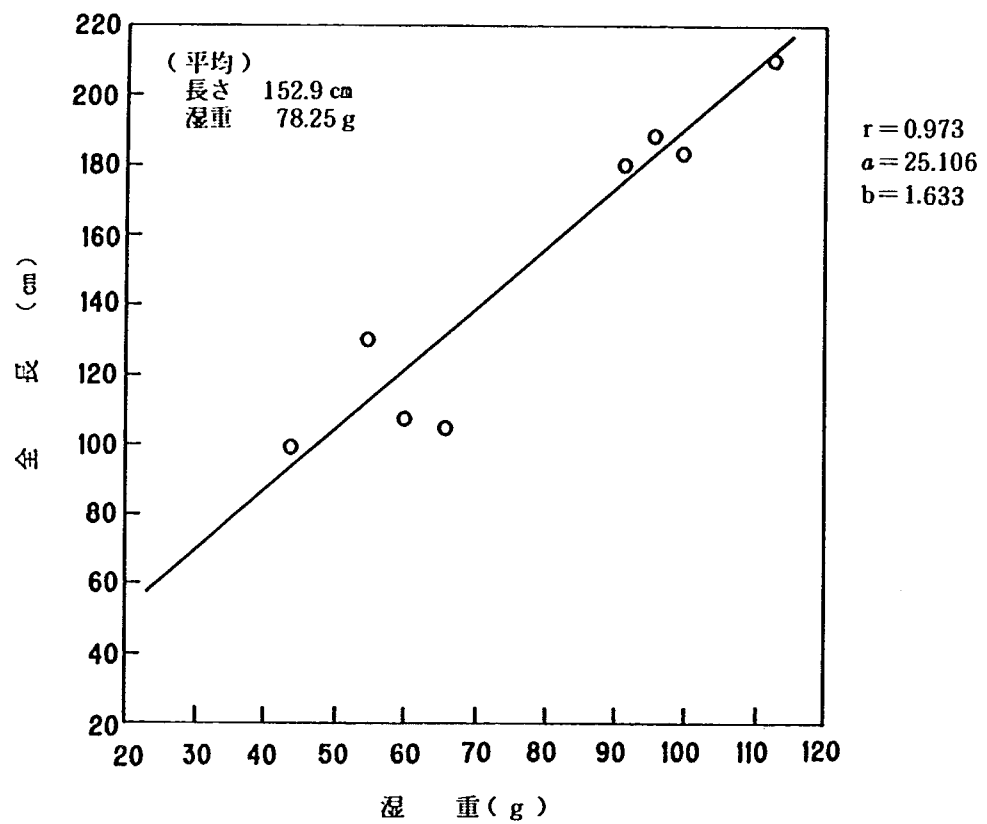


図4-19 あしの湿重と全長の関係

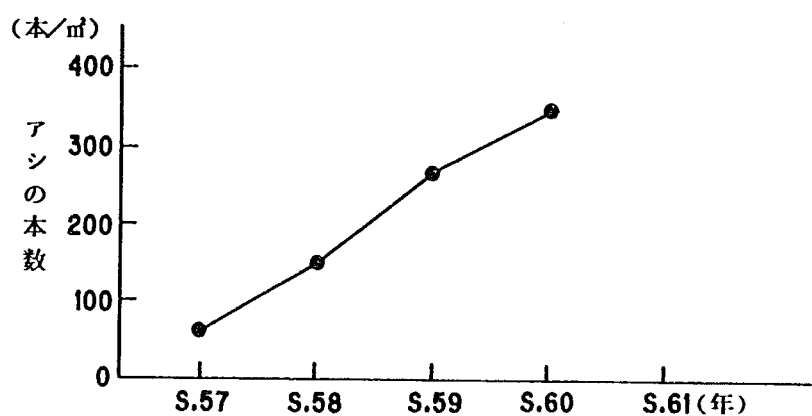


図 4-20 m^2 当りのアシの本数

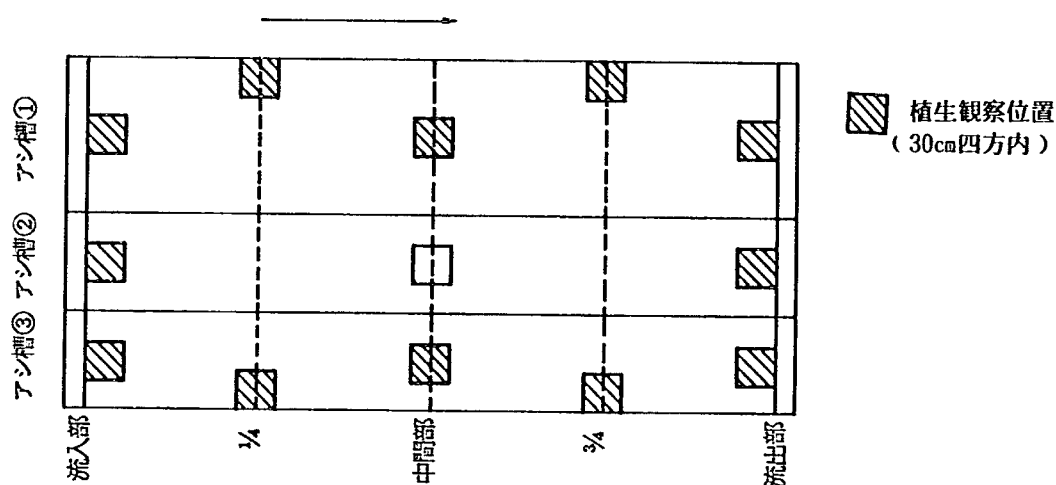


図 4-21 植生観察位置図

(2) 遮光効果

アシは、生育期には高さ 2～3 m に達し大型の葉を有し光を遮りプランクトンの発生を抑える効果がある。

低湿地浄化施設内外の照度の実測結果を表 4-8 に示した。

槽外の照度が 50,000～100,000 (lux) であるのに対し、槽内の照度は 160～380 (lux) で、遮光率は 99% 以上である。

図 4-22 に、同程度の滞留時間のアシ槽と光の当るコントロール槽のクロロフィル a 濃度を比較した。流入水の 7.0 ($\mu\text{g}/\ell$) に対して、アシ槽は 4.7 ($\mu\text{g}/\ell$) と減少しているのに、コントロール槽は 16.5 ($\mu\text{g}/\ell$) とかなり増大していることから、アシが植生していることにより、光を遮り、プランクトンの発生を抑えていることがわかる。これは、後述のプランクトン定量結果 (表 3-11) から裏づけられる。

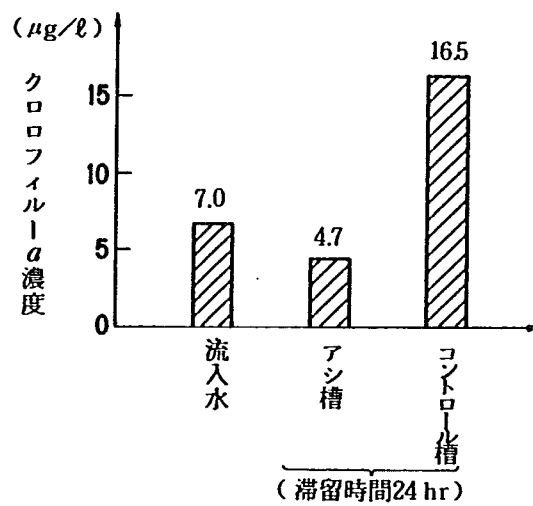
なお、光を遮ぎらないコントロール槽においては、夏から秋にかけてアオウキクサが一面をおおい、美的にも好しくなかった。

表 4 - 8 照度の測定結果

	あ し 槽	
	1 回 目	2 回 目
槽内照度 (<i>lux</i>)	380	160
槽外照度 (<i>lux</i>)	54,000	103,400
遮 光 率 (%)	99.3	99.8
平均遮光率 (%)	99.6	

第 1 回目 S.60. 7. 14

第 2 回目 S.60. 11. 5 測定



(S.59 年度調査の年平均値)

図 4 - 22 遮 光 効 果

(3) 防風効果

低湿地内の植生は、風の影響を弱め底泥の巻き上げ防止することによって、低湿地内の浄化機能を維持する。

アシ原の防風効果を確認するための調査を、昭和60年10月8日に実施した。アシ槽内の中間（アシ槽②の中間）で風速を測定した結果を図 4 - 23に示し、そのときの S S の処理状況と定期調査との比較を表 4 - 9 に示した。

アシ槽内の風速についてみると、水面直上ではほとんど 0 に近い。

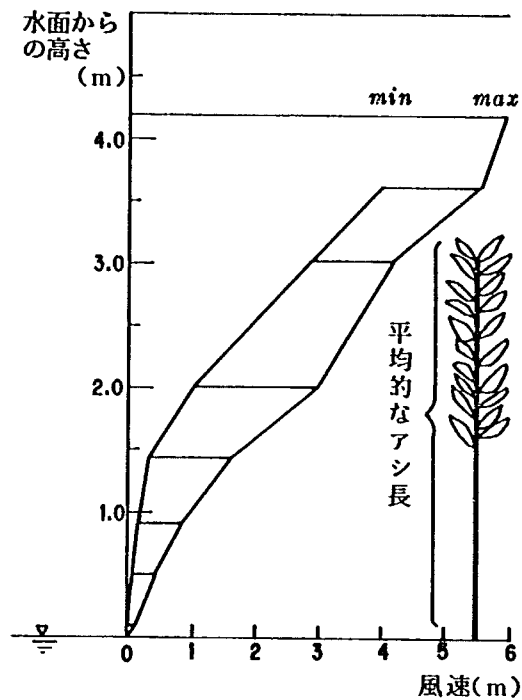


図4-23 風速状況

強風日当日のSSの処理状況は、あし槽で73%、コントロール槽で31%とあし槽では、処理効果に影響が見られないのに対し、コントロール槽では55%（定期調査）→31%（強風日）に処理効果が低下している。

定期調査のデータによればアシ槽のSSの除去率は72%、コントロール槽では55%である。この時コントロール槽では、遮光ネットを水面上に展開させてあり風の影響を受けないようになっている。つまり、この時点でアシ槽とコントロール槽のSSの除去効率の違いは、アシ体の整流効果、接触沈殿効果によるものと思われる。

以上の結果より、風が強い場合においても、アシが植生していることにより、アシ群落は風の影響を弱め、底泥の巻き上げを防止することがわかる。

表4-9 SSの処理状況

		分配槽	あし①出口	コントロール出口	遮光ネットを取りはずし、 風の影響を受けた場合
風の影響調査(10/8)		9.6	2.2(73%)	6.6(31%)	
定期調査 (S. 60年度)	7/23	5.6	3.8	2.4	遮光ネットにより風の 影響を防止した場合
	8/20	24.0	3.8	6.0	
	9/17	7.8	2.4	3.4	
	10/1	4.2	1.5	2.8	
	平均	10.4	2.9(72%)	4.7(55%)	

注1) ()は除去率(%)

注2) 単位(mg/ℓ)

4-9 溶存酸素

アシ原浄化施設内の溶存酸素の消費量は、水面積負荷が小さいほど、また水深が深いほど、大きい。

図4-24に水面積負荷と溶存酸素の消費率の関係を示した。特徴を整理すると以下の様になる。

同じ水面積負荷で水深10cmと20cmを比較すると、水深20cmの方が約2倍ほど、溶存酸素の消費量が多い。また、水面積負荷が小さいほど、溶存酸素の消費量が多い。

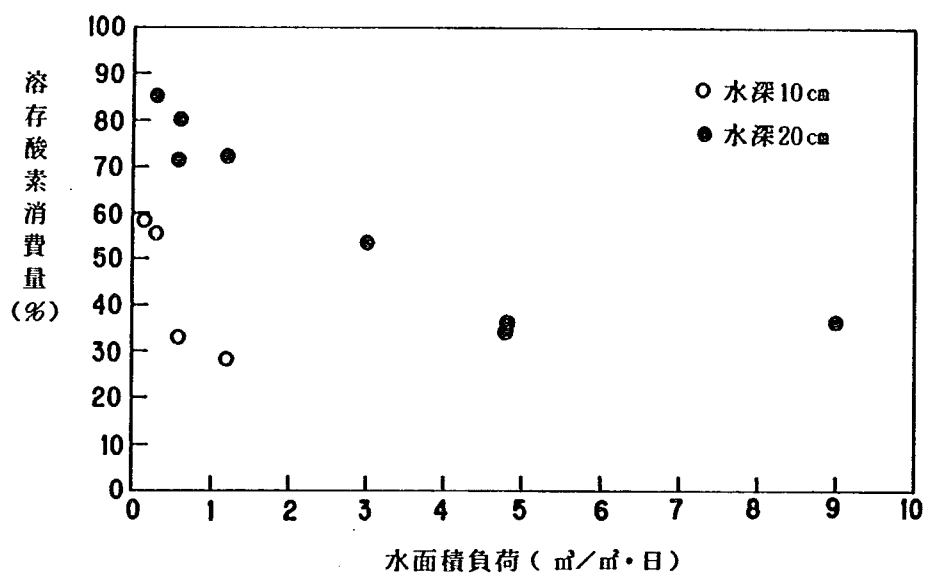


図4-24 水面積負荷と溶存酸素の消費量

4-10 微生物相

試験低湿地内の動物プランクトン及び底生生物の調査を昭和58年の8月に実施した。

特徴を整理すると以下の様である。

- ① 植物プランクトン相は、珪藻を中心とした構成からなり、優先種は、ニッチャ（珪藻）、モナス（小型鞭毛藻）である。
- ② 植物プランクトンの総細胞数は、コントロール槽の方が、アシ槽よりも一ケタ多い。
- ③ 動物プランクトン相は、アシ槽に、輪虫、甲殻数などが1ℓ当り数百個程度みられた。
- ④ 底生生物は、ミズムシ、エラミミズがほとんどであった。

表4-10 プランクトン定量結果

(S. 58. 8. 22 採取)

出現種	サンプル	あし 槽 ①			あし 槽 ②			あし 槽 ③			コントロール槽		
		入	中	出	入	中	出	入	中	出	入	中	出
植 物 プ ラ ン ク ト ン	(珪藻類)												
	Nitzschia sp.	12	8	26	12	14	6	32	22	2	20	480	430
	Cymbella sp.	2		2					2				
	Melosiya sp.	2				2		4				30	
	Navicula sp.	2	6	8	2	2	2	4	12	2	4	70	
	Diatoma sp.	2											
	Synedra sp.	2		8	26		2	8	6		2	36	36
	Gomphonema sp.	6	4		16	8	4	8	20			72	78
	Achnonthes sp.	2	2		4	2	14	14	18		8	1550	400
	Eunotia sp.		2									24	
	Frusturia sp.		2										
	Fragilaria sp.				6								
	Cocconeis sp.								2				18
	Cyclotella sp.						2					18	18
	Melosira sp.												
	Tabellaria sp.										48	30	
	(緑藻類)												
	Anlistrodesom sp.			2									
	Cosmarium sp.							2					
	Senedesmus sp.							2		2		18	
動 物 プ ラ ン ク ト ン	合 計：個/㎖.	30	24	46	66	28	30	74	82	6	37	1370	1010
	槽 平 均	33			41			54			805		
	(ワムシ類)												
	Lecane sp.				2								
	Brachicnus sp.												
	(甲殻類)												
	Copeacla			4		2	4						
	(原生動物)												
	Euglypha				4	2							
	合 計：個/㎖	0	0	4	6	4	4	0	0	0	0	0	0
	槽 平 均	1			5			0			0		

注) すべて10倍濃縮サンプルを検鏡

第五章 維持管理に関する検討

低湿地の浄化機能を維持するためには、何らかの管理が必要であり本調査でも、処理実験と同時に、低湿地の経年的な変化も追跡し、維持管理のための基礎資料を収集した。その結果、気づいた点をいくつか述べると以下のようなになる。

- (1) 本実験は、アシの刈り取りは一切行なわなかったが、5ヶ年の実験期間内では、低湿地が閉塞するようなことはなかった。
- (2) 第二章の事例(1)は、低湿地を11年間にわたって生活排水処理に用いているが、何ら管理を行っていないにもかかわらず、問題はおきていない。
- (3) 以上から過大な負荷をかけなければ、低湿地は長期間その機能を維持するものと思われる。

しかし、低湿地を大規模に処理施設として利用する場合には、表5-1のようなことを検討する必要がある。

表5-1 維持管理の内容

施設	項 目	維 持 管 理 内 容	今 後 の 課 題
取水施設	・ブローワー ・（ファブリダムの場合） ・起 伏 ・ゴ ミ ・取水口 ・堆積泥 ・水量・水質	・定期点検（オイルのチェック等） ・転倒後の起伏 ・オイルフェンスのゴミの除去（定期） ・除じん網のゴミの除去（定期） ・堆積泥の除去 ・定期調査及び自動観測	・転倒頻度 ・ゴミの種類・量のチェック ・〃 ・泥の堆積状態のチェック ・監視記録方法の確立
浄化施設	・流量分配 ・ゴ ミ ・観察道（あぜ道） ・害 虫 ・生育状況 ・水量・水質 ・枯死後のアシ	・流量分配状況の観察と補修 ・流入・流出水路及びアシ槽内のゴミの除去 ・水没後の補修と除草 ・発生した場合は駆除 ・定期観察 ・定期調査及び自動観測	・ゴミの種類と量のチェック ・補修方法と除草回数 ・アシの害虫と駆除方法 ・雑草化の対策 ・監視記録方法の確立 ・処分法の確立
安全施設等	・警報設備 ・更新作業	・ダム転倒時の警報 ・施設内アシの更新作業	・施設の耐用年数と更新方法の確立

(4) 周辺環境への影響

今回検討を行った低湿地導入による浄化施設は、自然のアシ原を利用したものであり、鳥類・魚類等の生息環境へ与える影響は少ないと考えられるが、取水施設付近については、取水堰による水の滞留部ができ、ゴミ、臭気等の問題が発生する可能性がある。従って、浄化施設設置検討を行う場合はゴミ調査や堆積泥調査等を行うことが望ましい。

また、魚道の設置や舟付き場の設置等の検討や、周辺住民の憩いの場として利用できる様な釣場の設置、公園化の検討などを行うべきであろう。

(5) 低湿地へのアクセス方法の配慮

低湿地浄化施設の日常的な維持管理や突発的な事故に対処する際に低湿地へのアクセス方法について充分考慮する。低湿地はその名のとおり軟質の泥地であり水生生物が縦横に繁殖しているために作業環境としては劣悪である。低湿地内の歩道、舟付き場等の設置が必要である。

第六章 低湿地浄化法適用の基本的考え方

これまでの検討により、低湿地導入による浄化施設の浄化効果は概ね確認できたと思う。更に、詳細については、今後検討を行う必要があると考えられるが、得られた知見をもとに低湿地浄化法を実際に適用する際の基本的考え方について整理を行った。

6-1 適用上の基本条件

低湿地浄化法は、自然を高度に利用する処理方法であり、適用にあたっては、次の3点が基本条件となる。

- (1) 対象流入河川流入部に自然低湿地が存在するか、人工的に低湿地を造成できること。
- (2) 低湿地帯の植生が主に抽水植物で構成されていること。
- (3) 簡易な取水施設で河川水を導入できること。

6-2 施設諸元の決定方法

低湿地浄化施設は、大きくわけて、次の4つにわけられる。

- (1) 取水施設
- (2) 導水施設
- (3) 集水施設
- (4) 湖水分離施設

このうちの(1)は、処理水量によって自動的に決定されるが、(2)、(3)、(4)は、当該施設の面積によって変動するものであり、面積は施設に期待される浄化能力によって決定される。

低湿地浄化法は、対象河川の晴天時全水量を処理するものとする。削減負荷量は、除去率と河川水量と水質の積で求められるが

$$\text{削減負荷量} = \text{除去率} \times \text{河川水量} \times \text{河川水質}$$

L E Q C

河川水量と河川水質は、既に与えられているものであり、削減負荷量は、除去率によって決定される。低湿地における汚濁物質の除去率は、第四章で述べたように水面積負荷や滞留時間によって表わすことができ、この数値から施設の必要面積と水深が決定される。なお、滞留時間は、同一面積でも水深を深くすることによって長くとることができるが本調査結果では水深を深くすることはあまり効果的でない。以上をまとめて、浄化施設の規模を決定するフローを図6-1に示す。

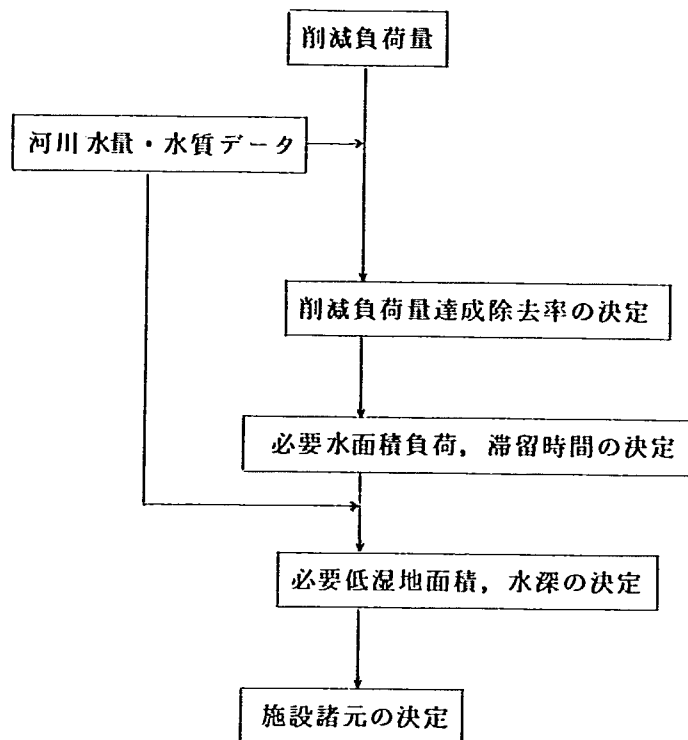


図 6-1 施設諸元決定フロー

6-3 費用

低湿地浄化法は、他の処理施設に比べると、かなり安価に建設できるものと思われるが、概略の試算例を示す。

(1) 文献(4)の試算例

ケース I

対象水	二次処理水	
対象水量	3785 m^3 /日	
施設面積	2 ha	
水面積負荷	0.19 m^3 / $\text{m}^2 \cdot \text{日}$	
建設費 (土地代を含まず)	7,000 万円	1.8 万円/ m^3
維持管理費	2 万円/日	5.3 円/ m^3

ケースⅡ

対 象 水	一次処理水	
対 象 水 量	3785 m ³ /日	
施 設 面 積	6.4 ha	
水面積負荷	0.19 m ³ /m ² ・日	
建 設 費 (土地代を含まず)	23,000 万円	6 万円/m ²
維持管理費	2 万円/日	5.3 円/m ²

(2) 簡易な施設の試算例

図6-2のような施設を想定し、概略の建設費用を算定したものを図6-3に示す。
取水施設は、ラバーダムとし、導入施設、集水施設は、U字型コンクリート溝、湖水との分離施設は鋼製矢板壁を仮定している。

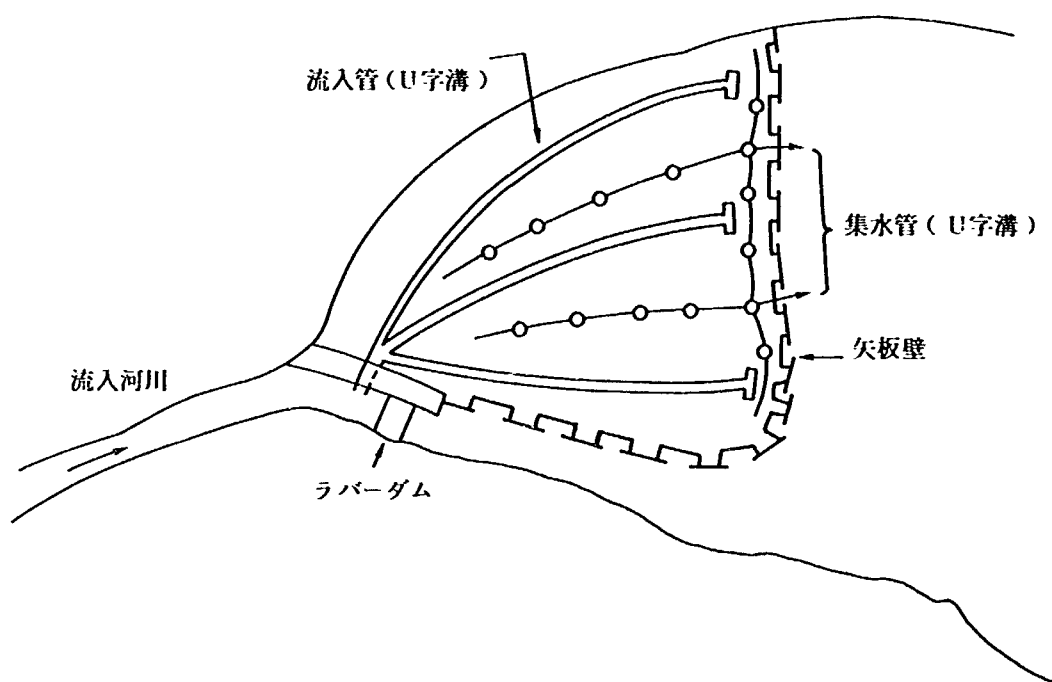


図6-2 施設レイアウト

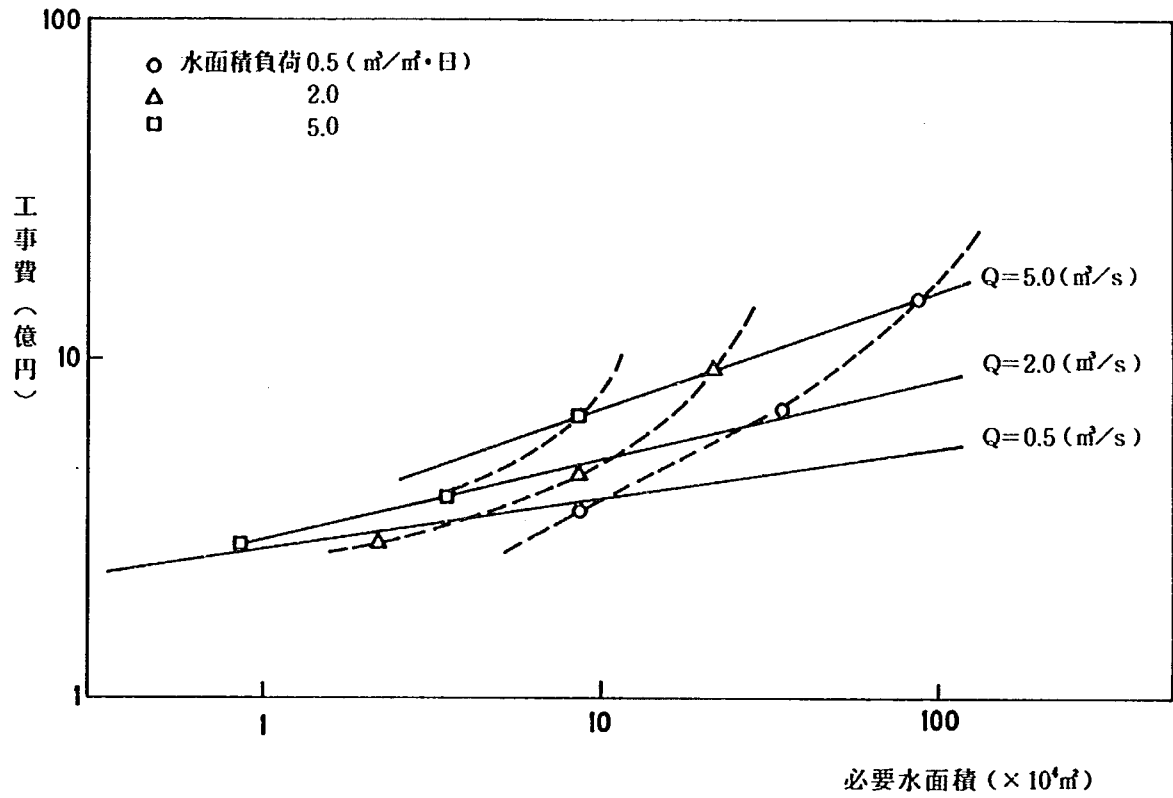
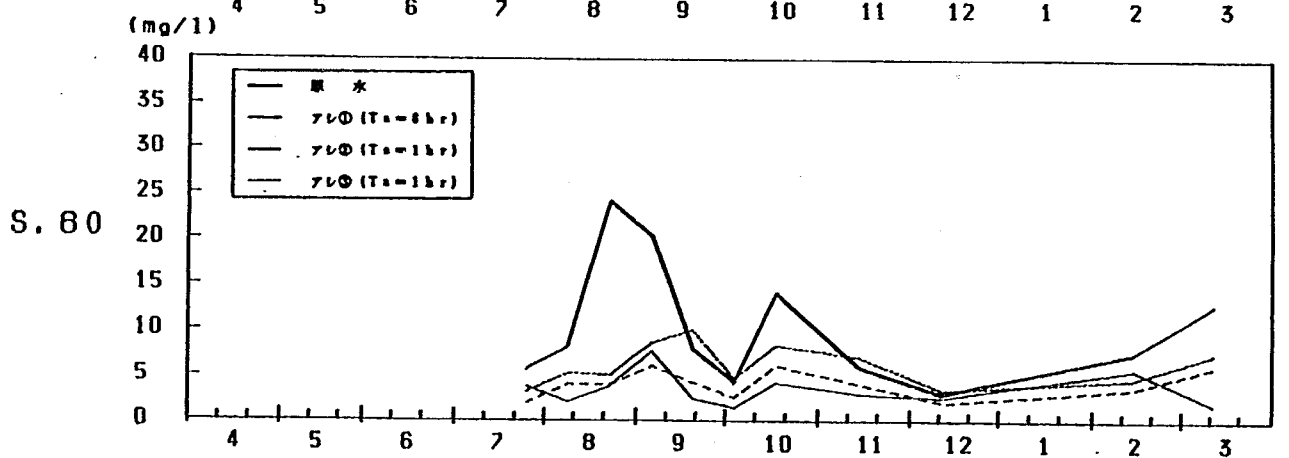
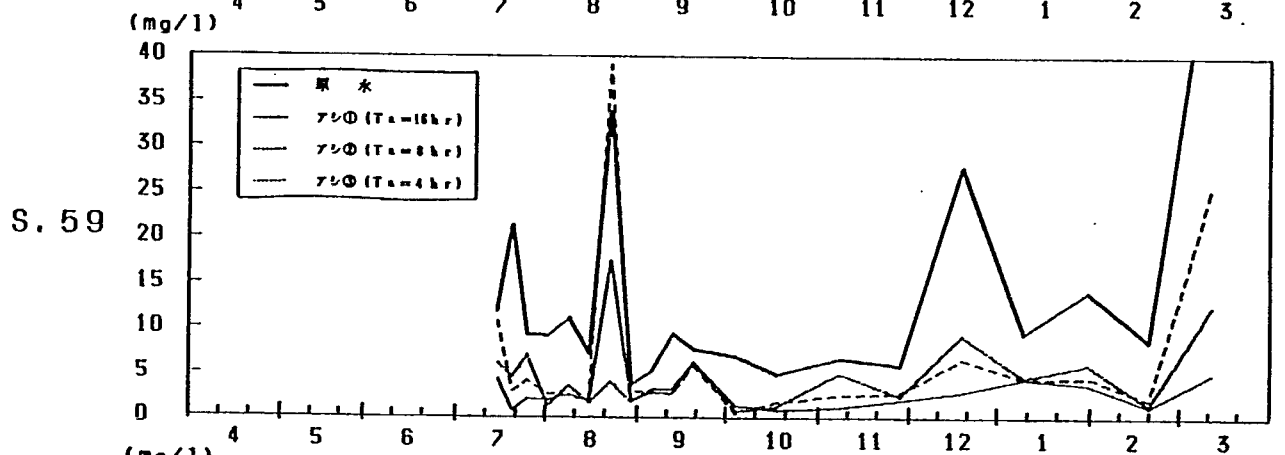
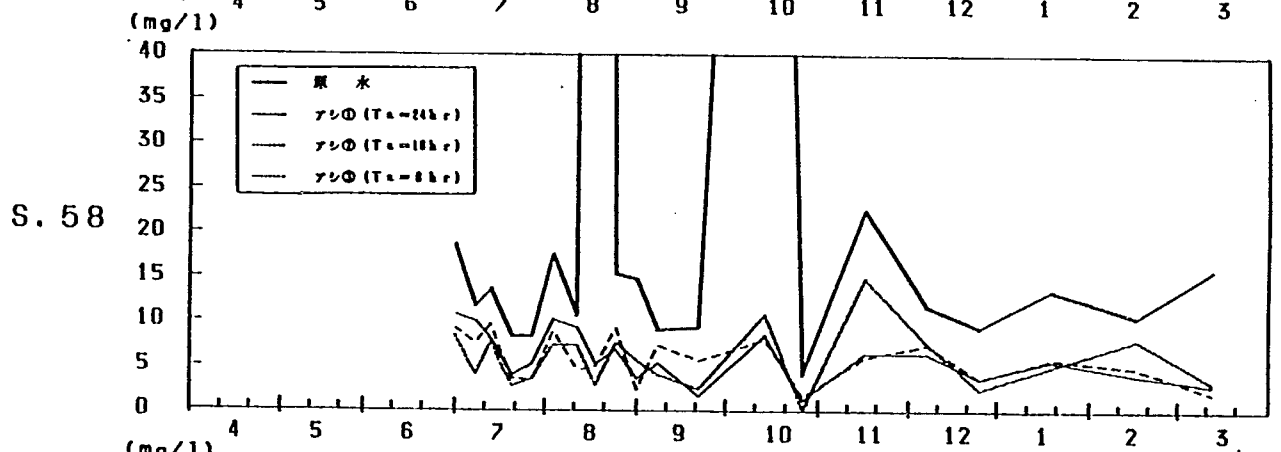
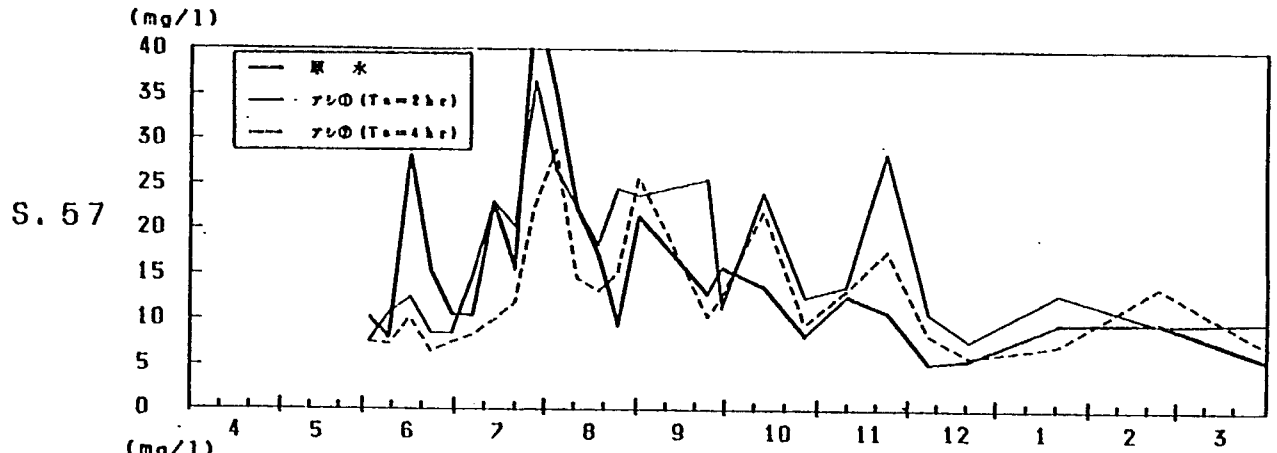


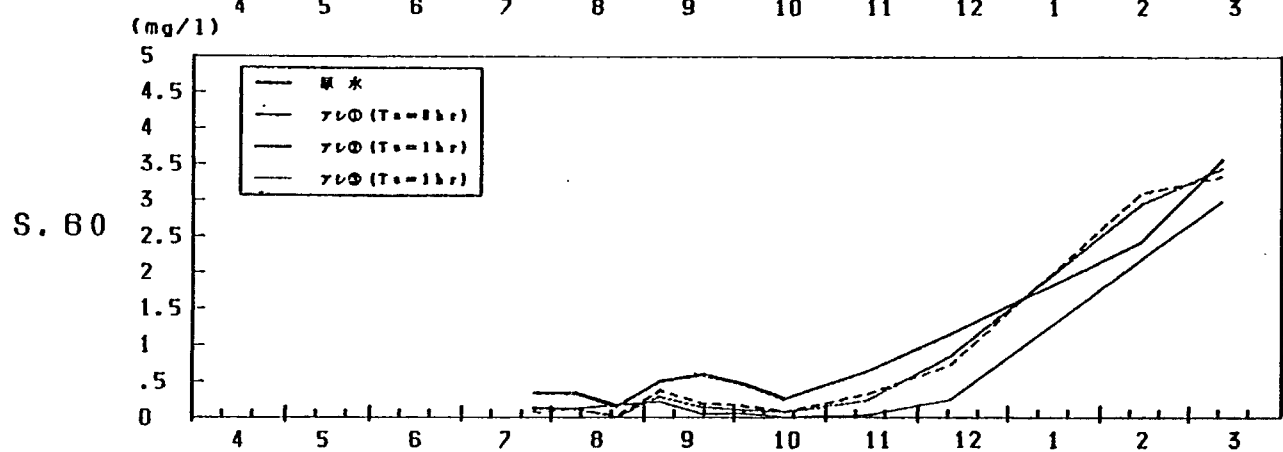
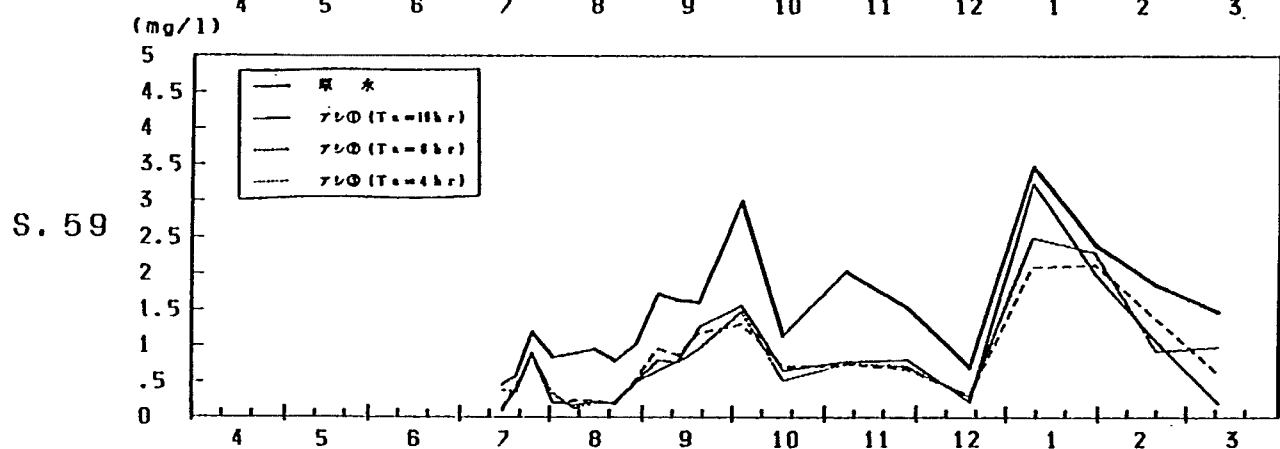
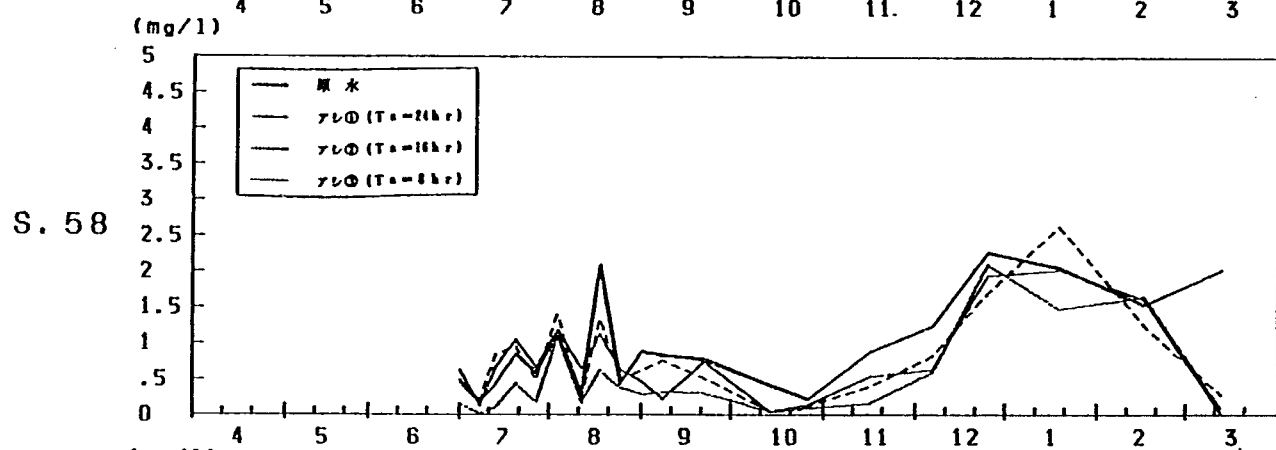
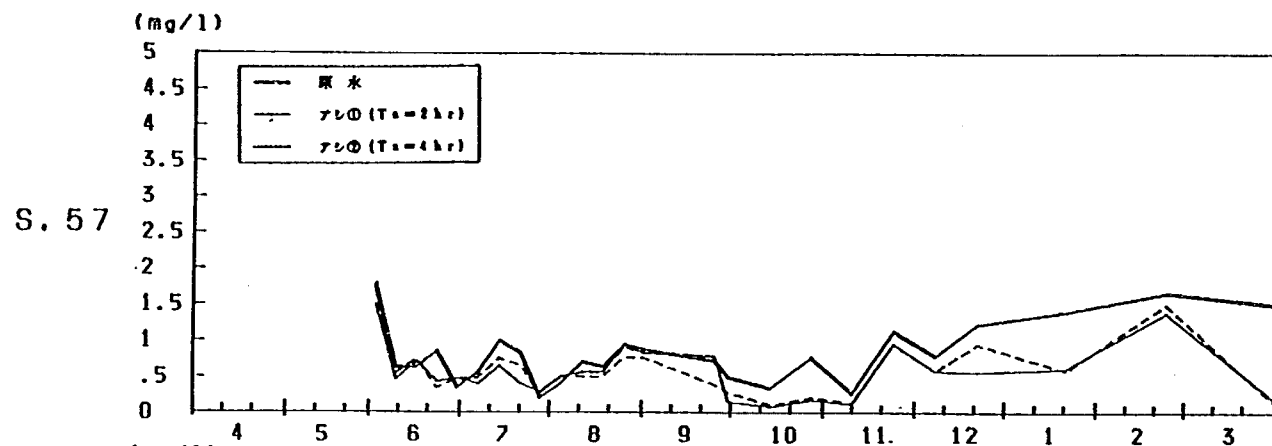
図 6 - 3 必要水面積と概算工事費の関係

資 料 編



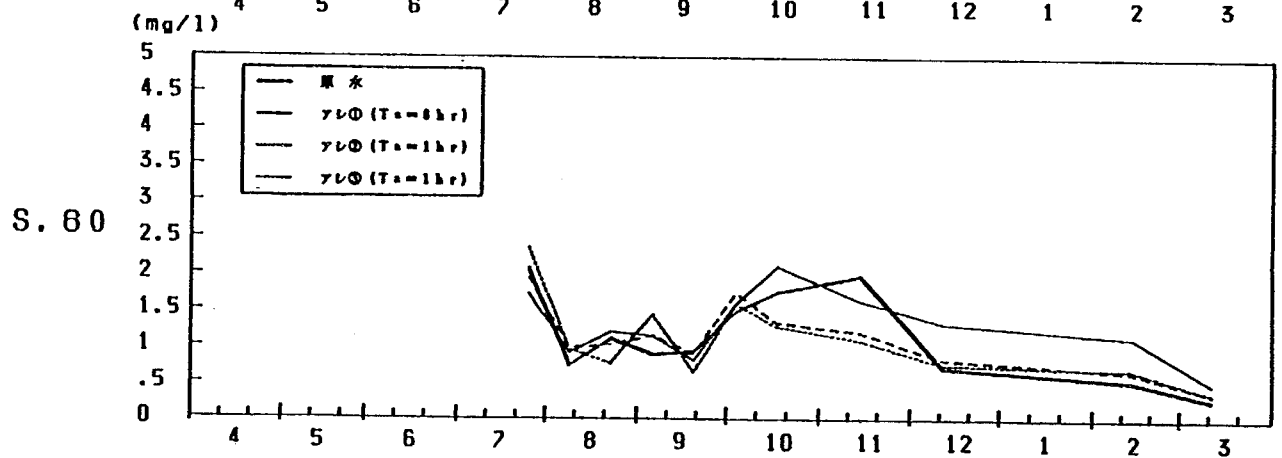
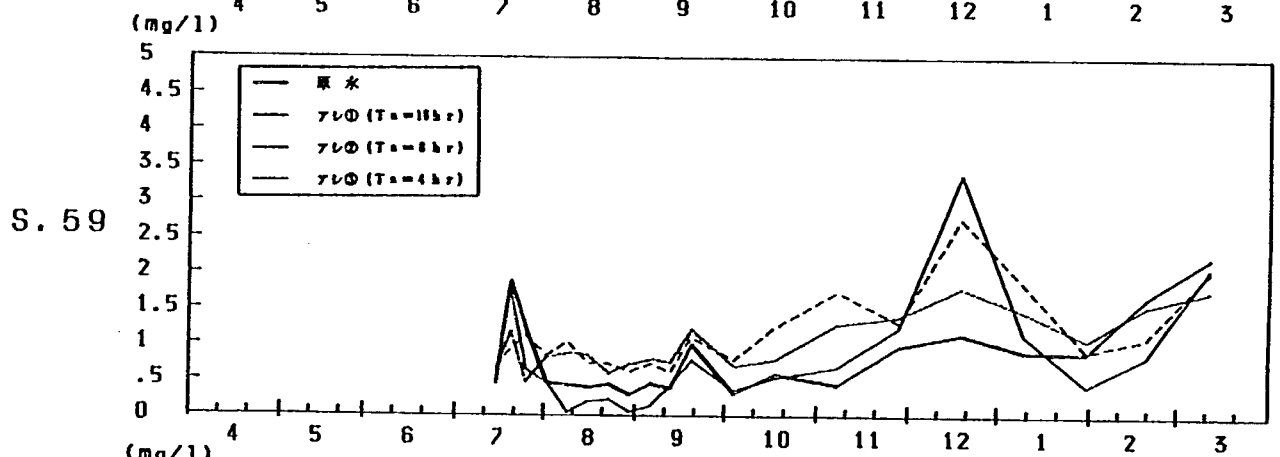
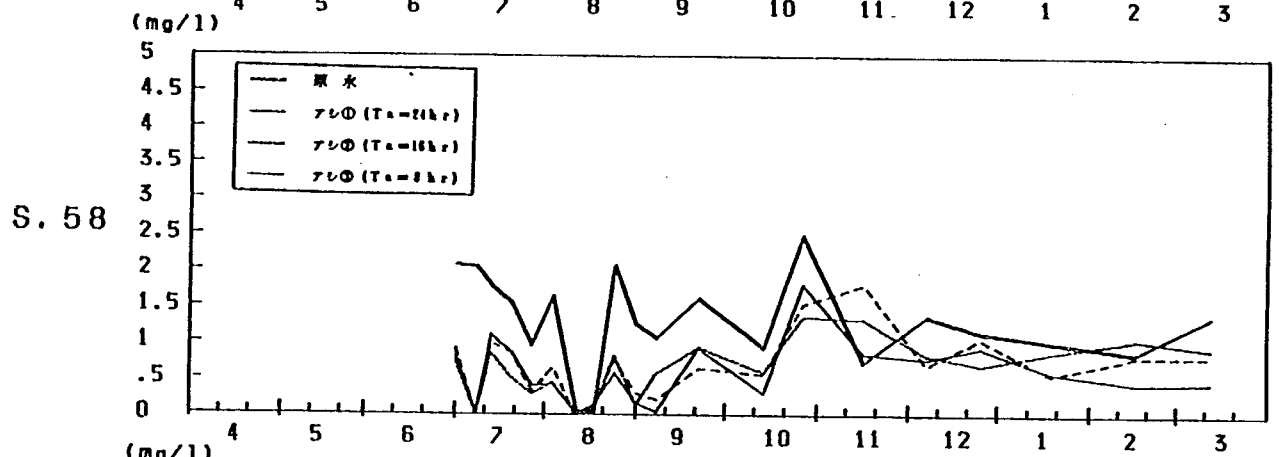
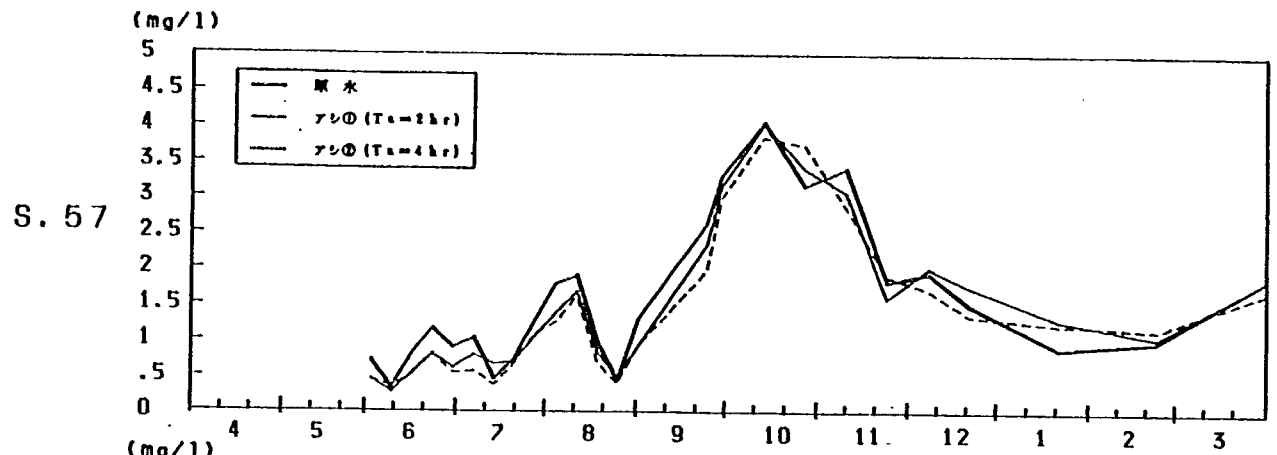
水質の経月変化

NH4



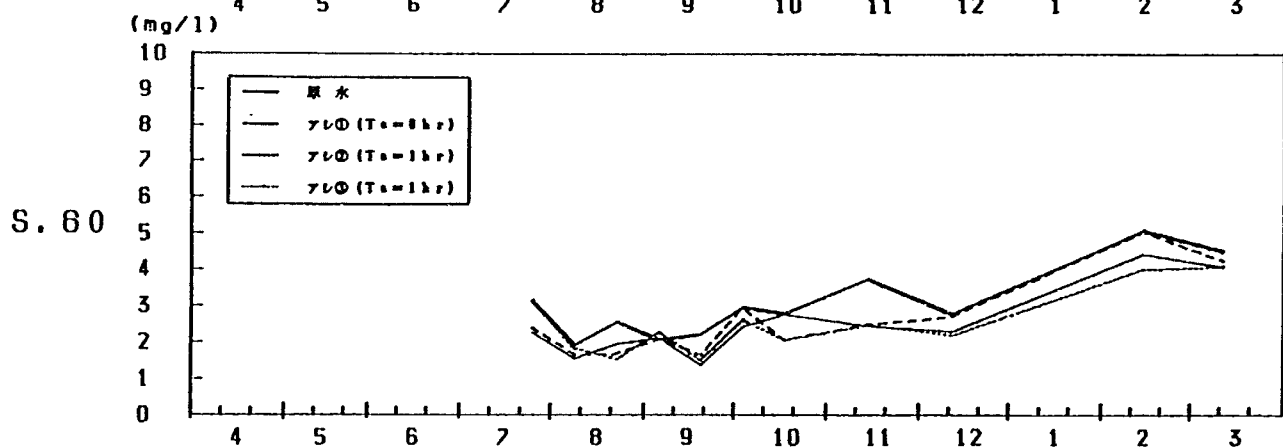
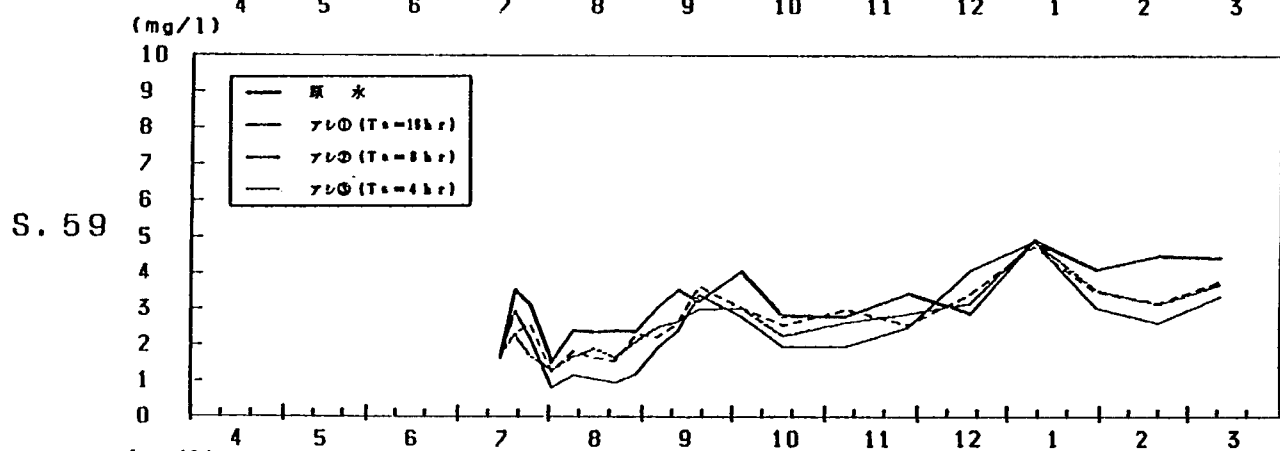
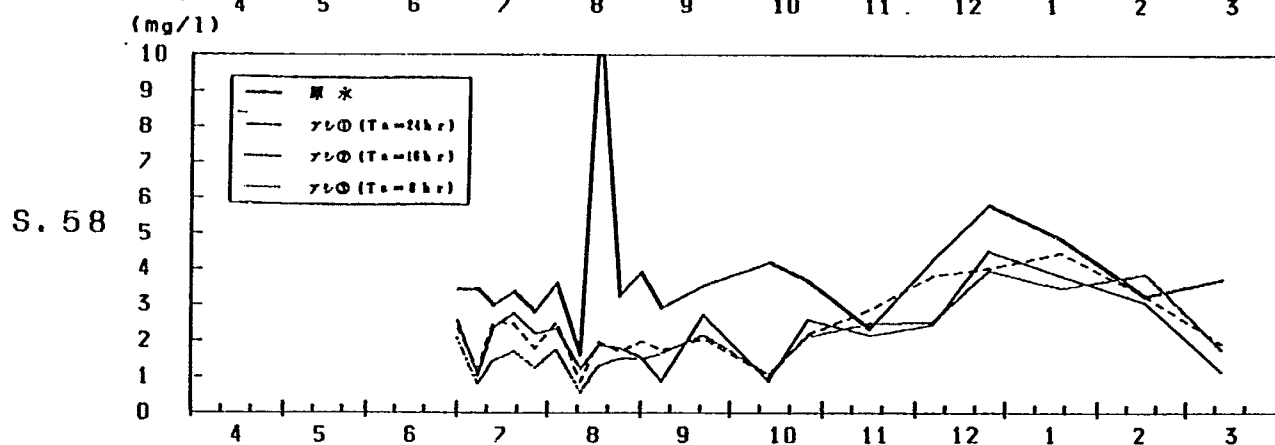
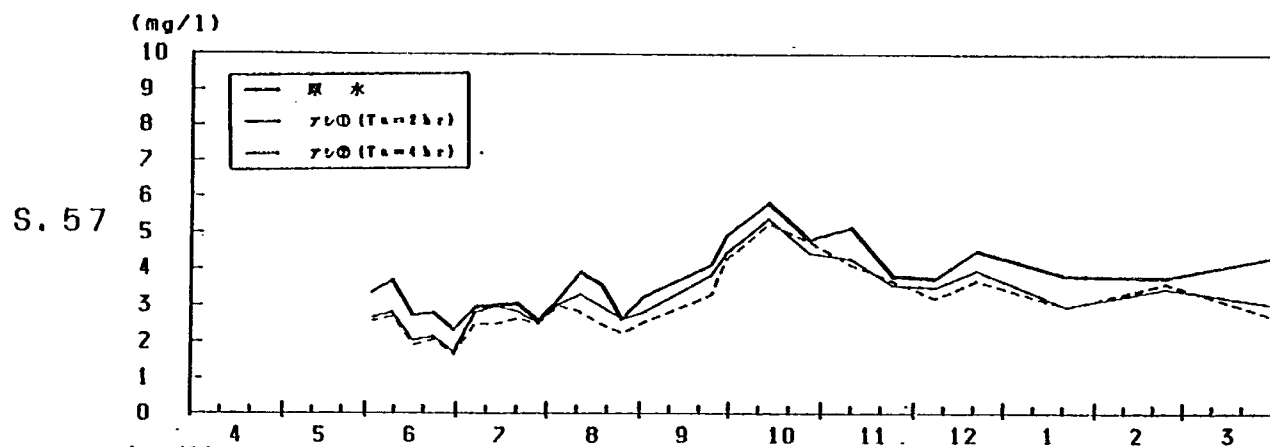
水質の経月変化

N03



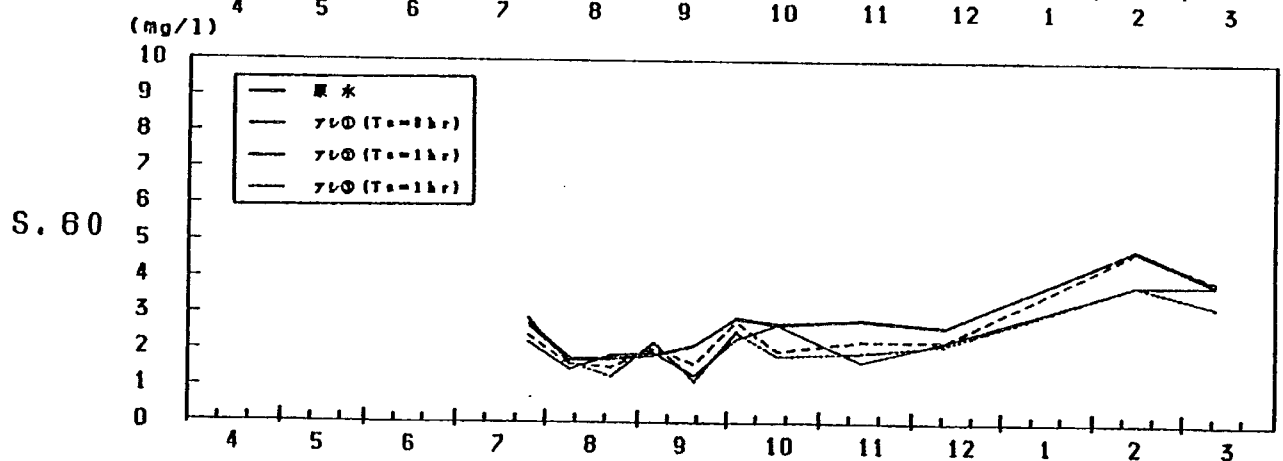
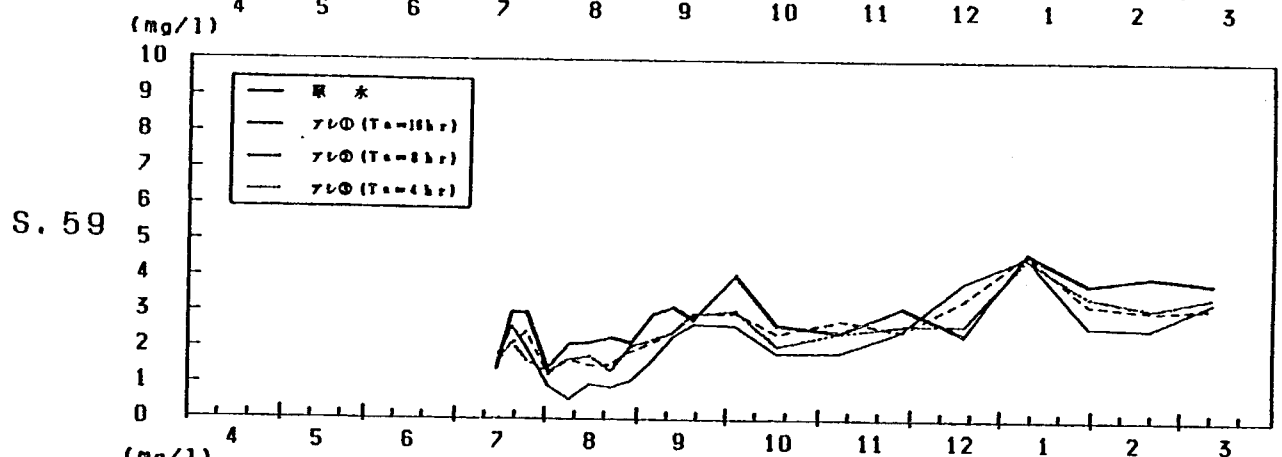
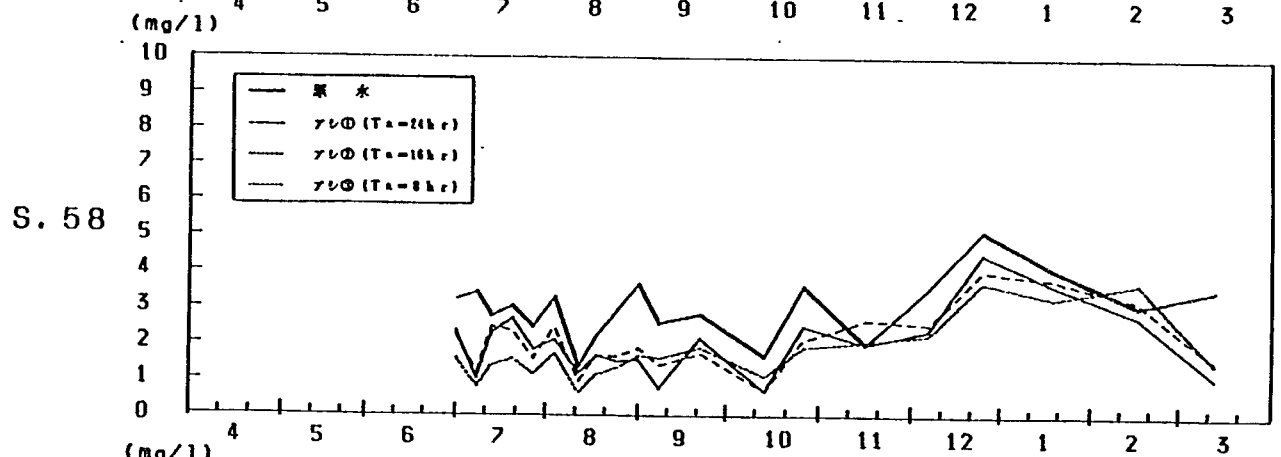
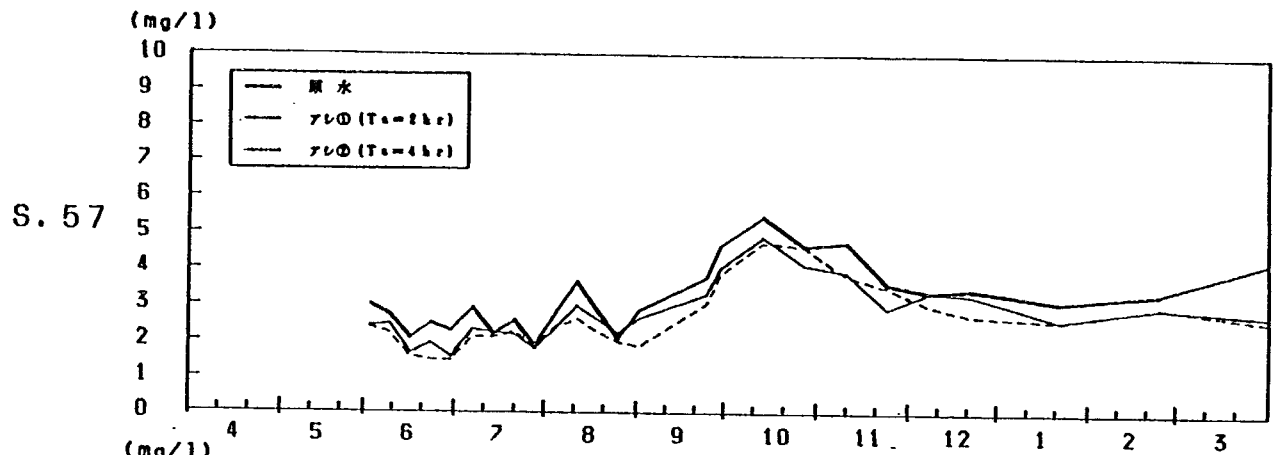
水質の経月変化

T-N



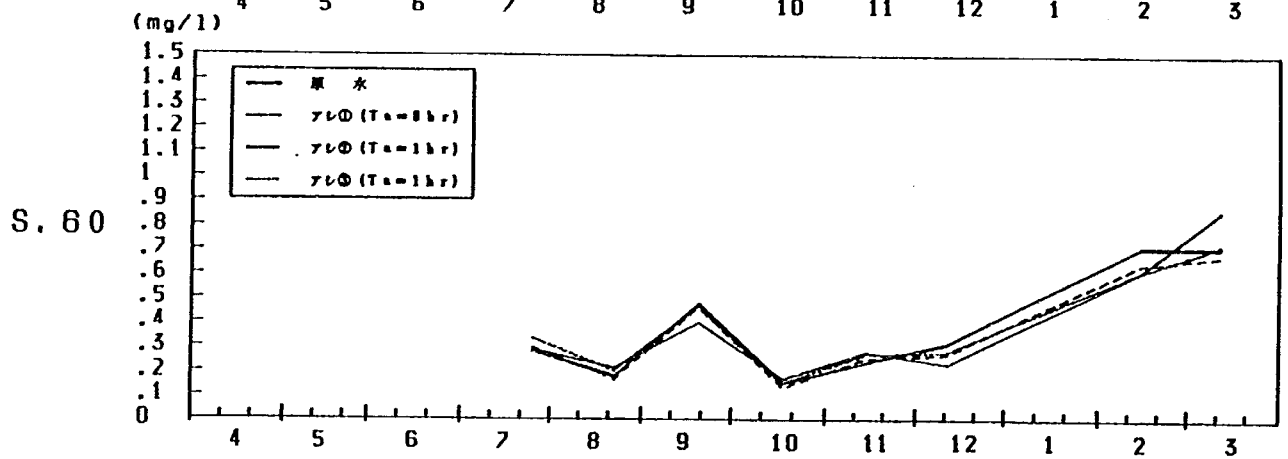
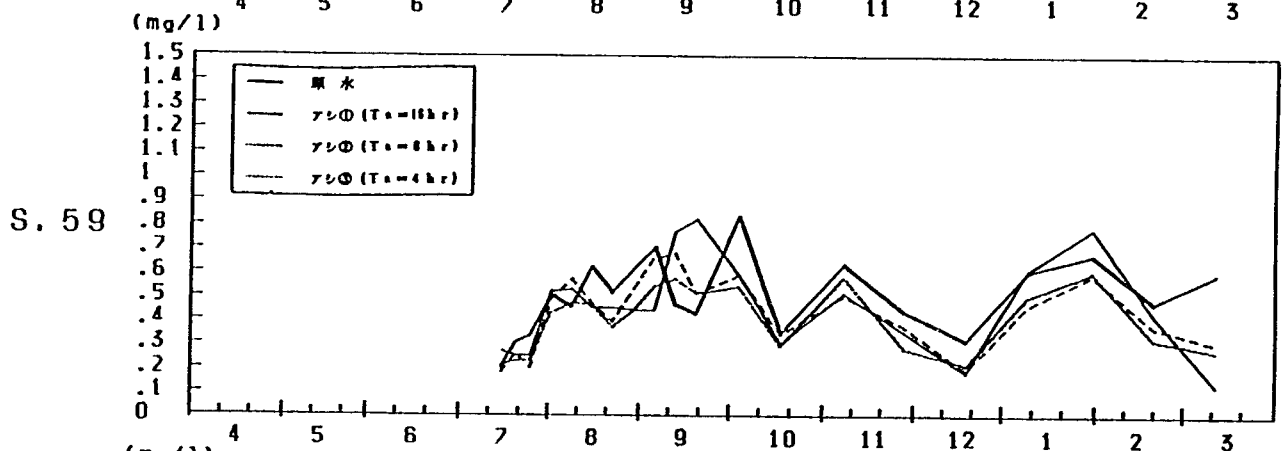
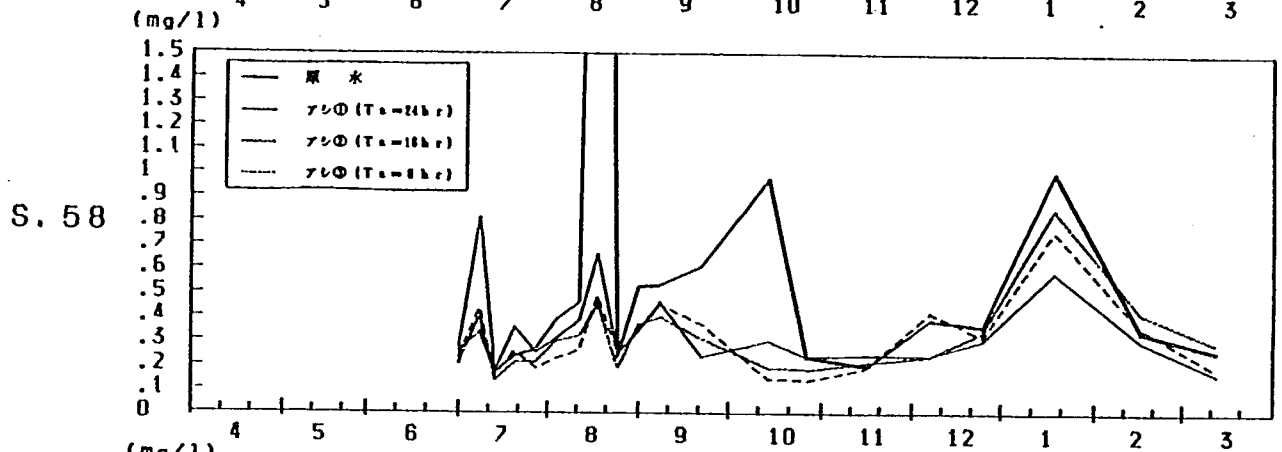
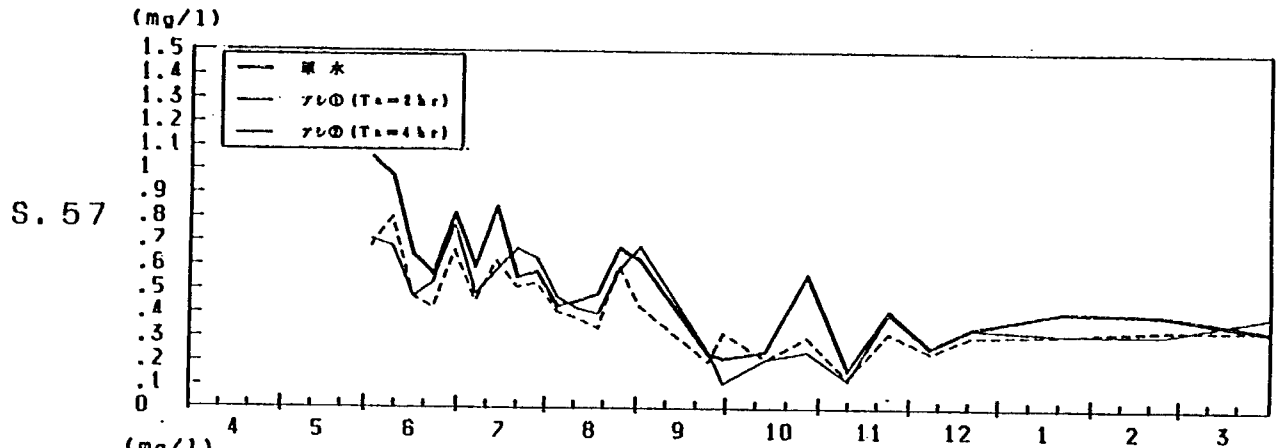
水質の経月変化

DTN



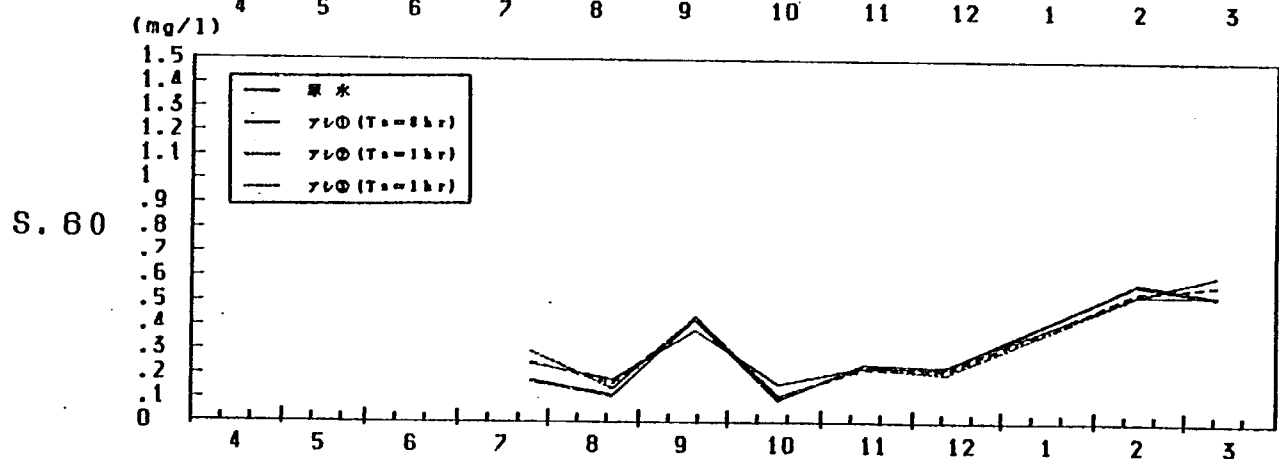
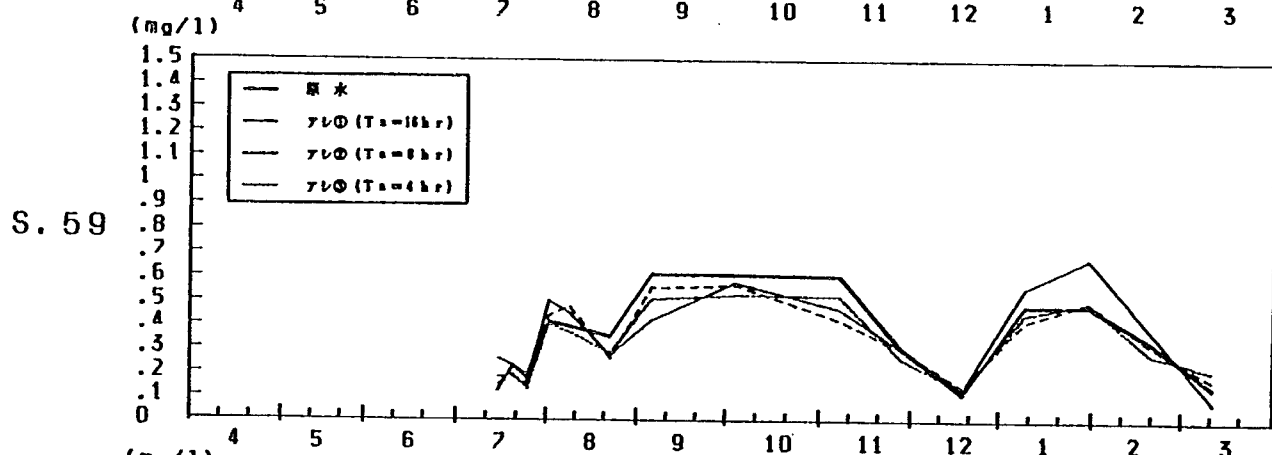
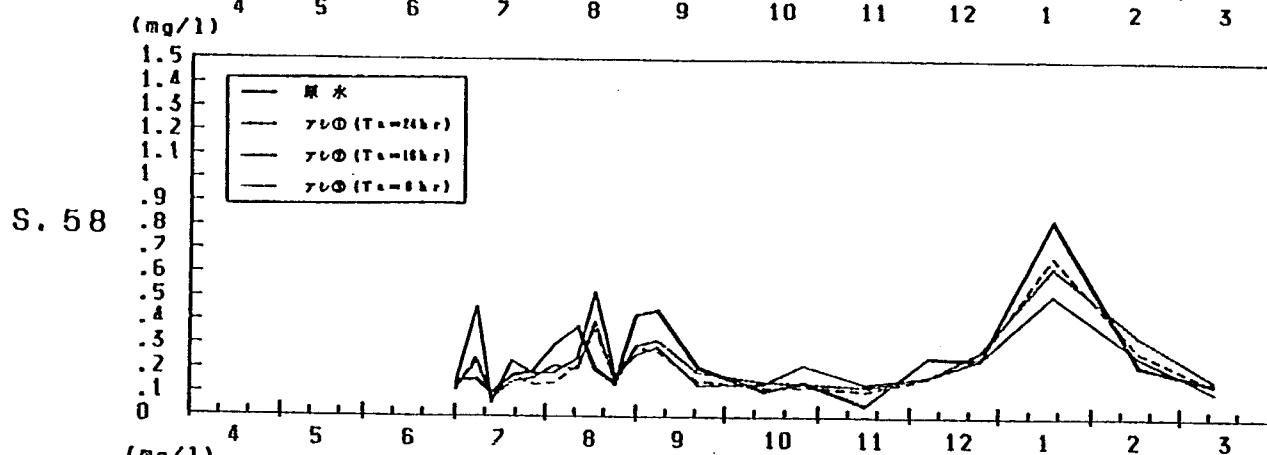
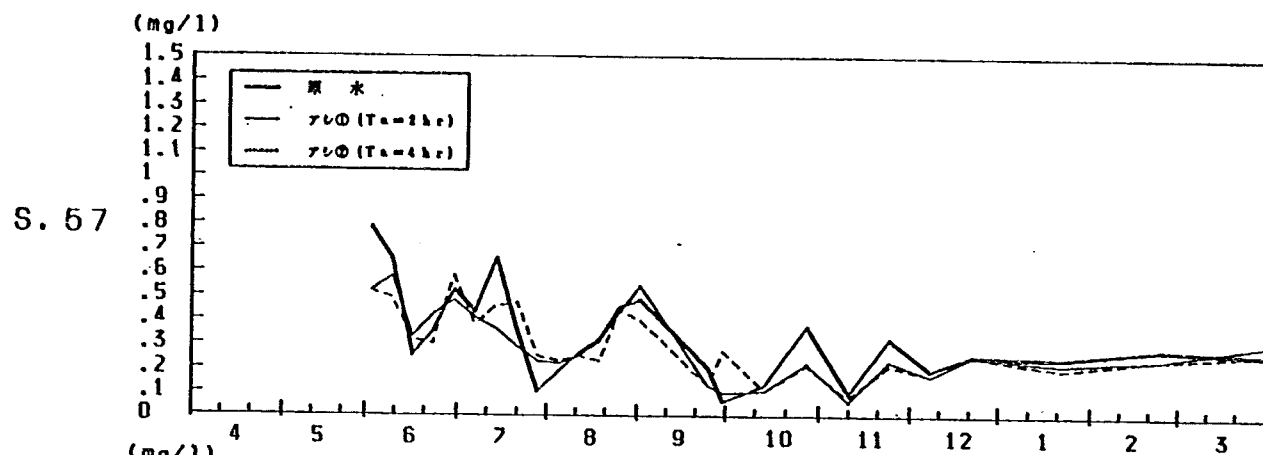
水質の経月変化

T-P



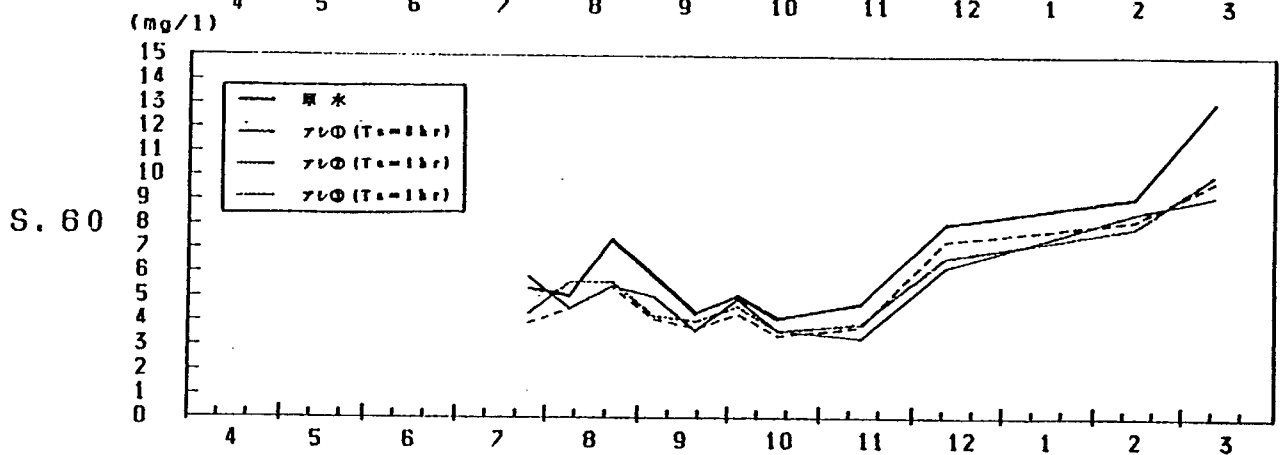
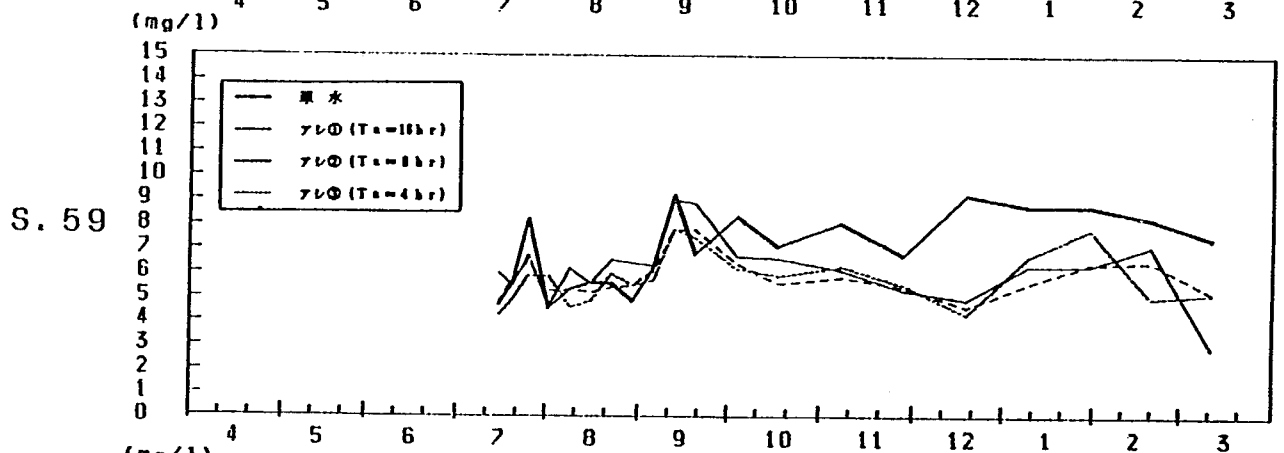
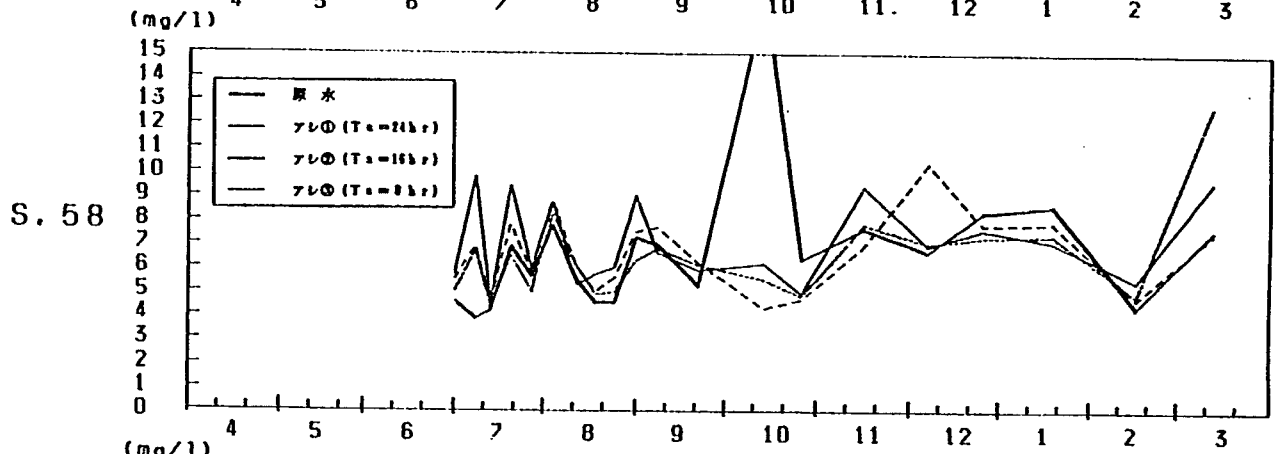
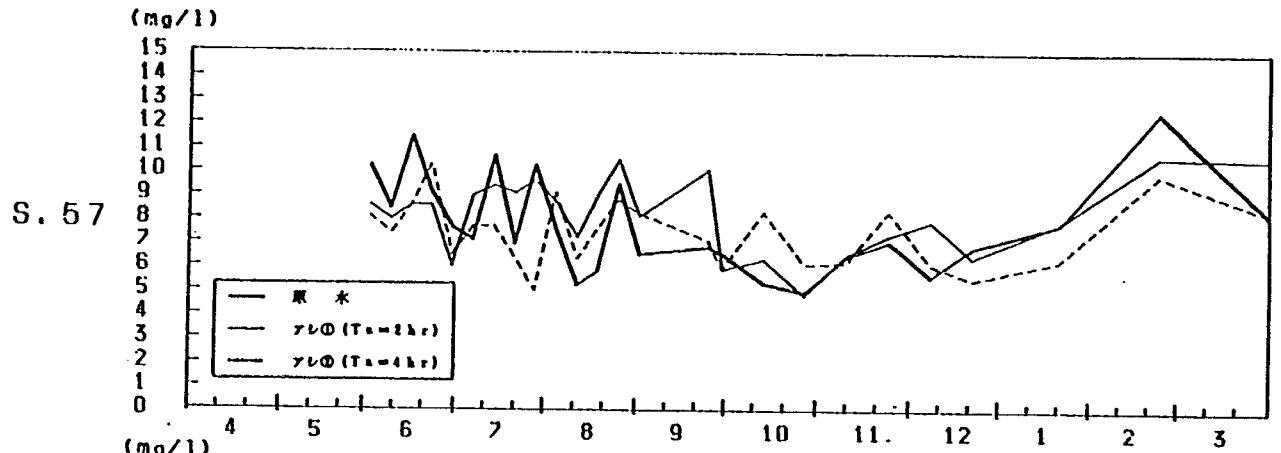
水質の経月変化

DTP



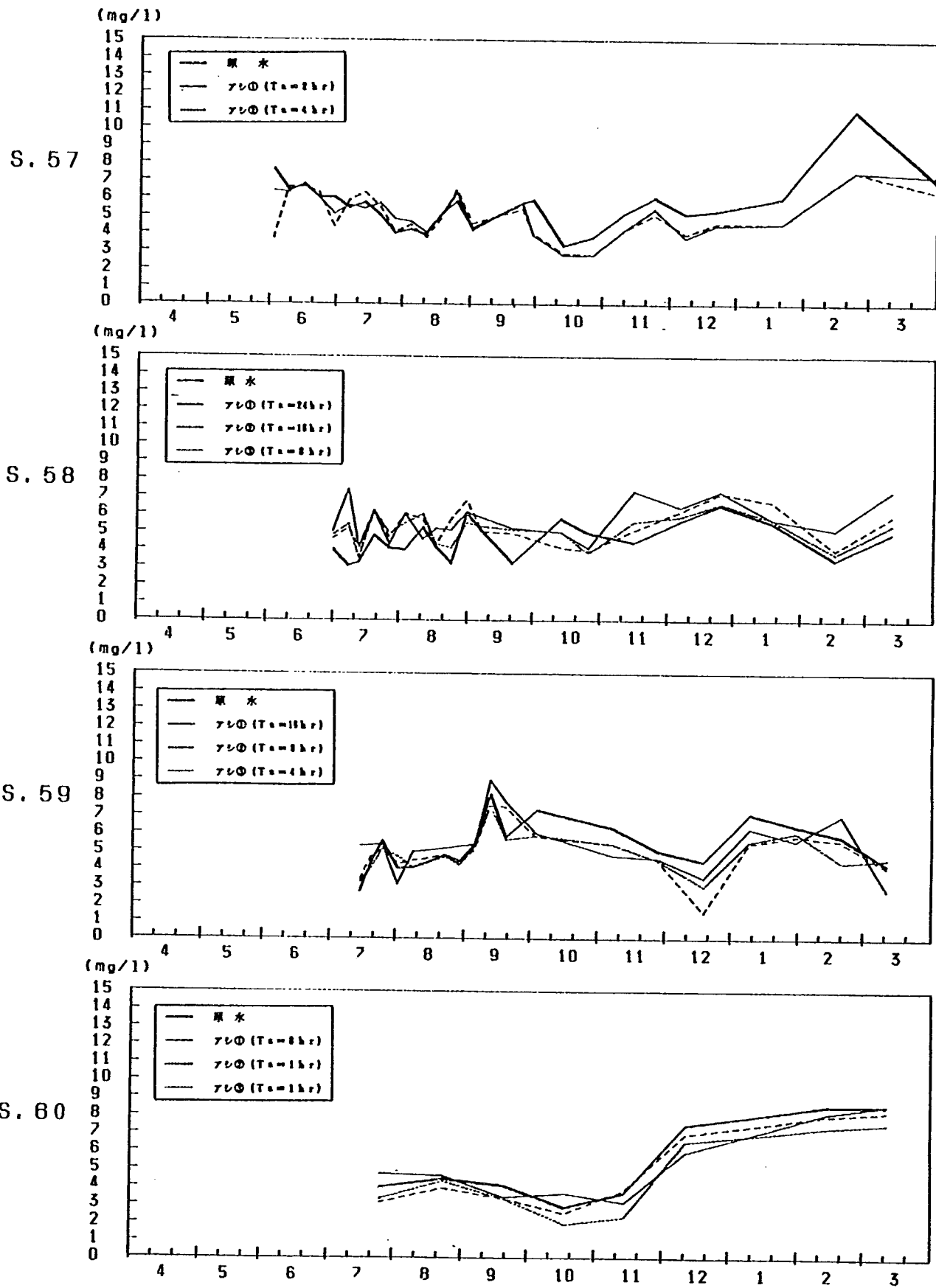
水質の経月変化

COD

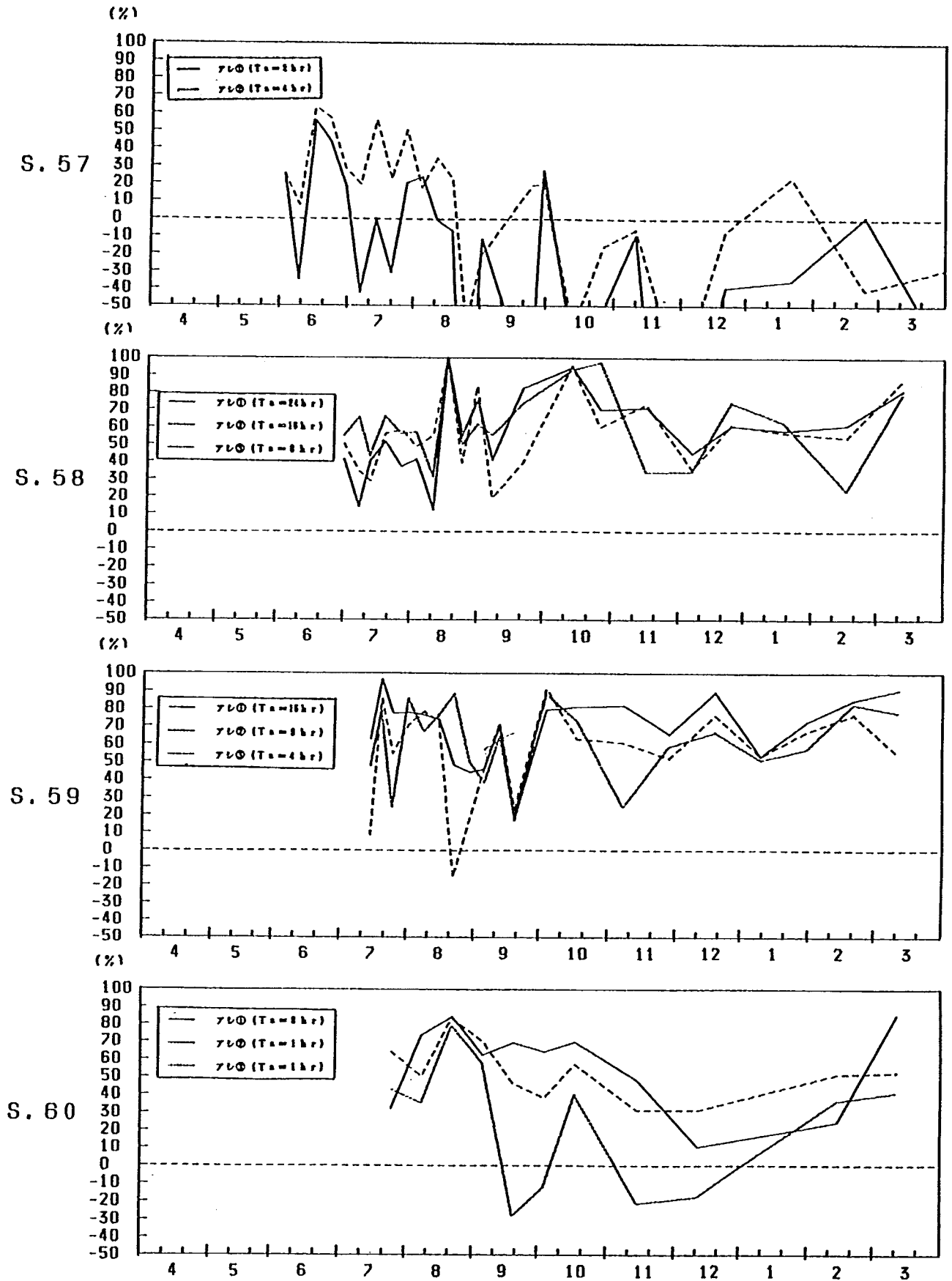


水質の経月変化

DC00

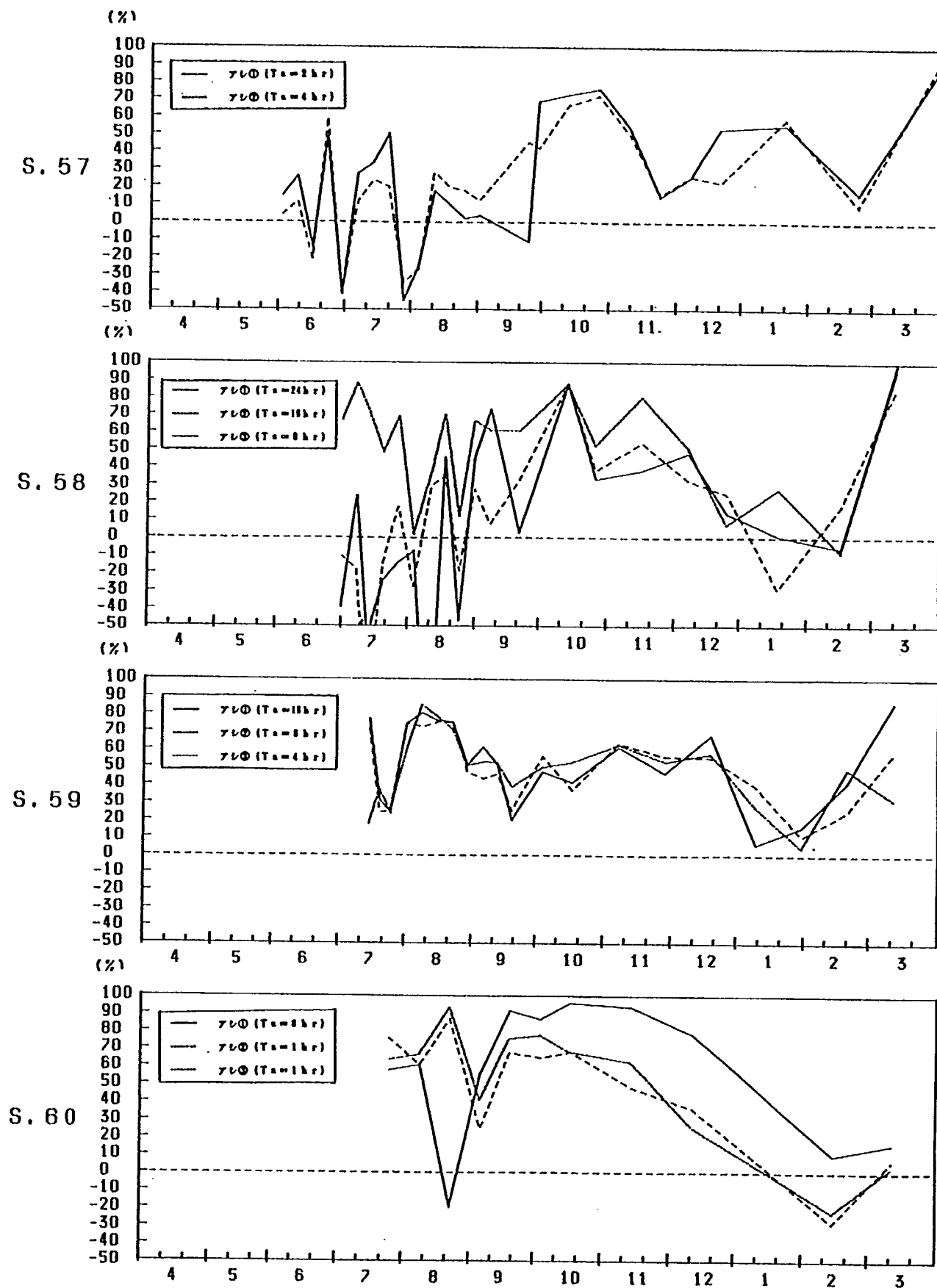


水質の経月変化

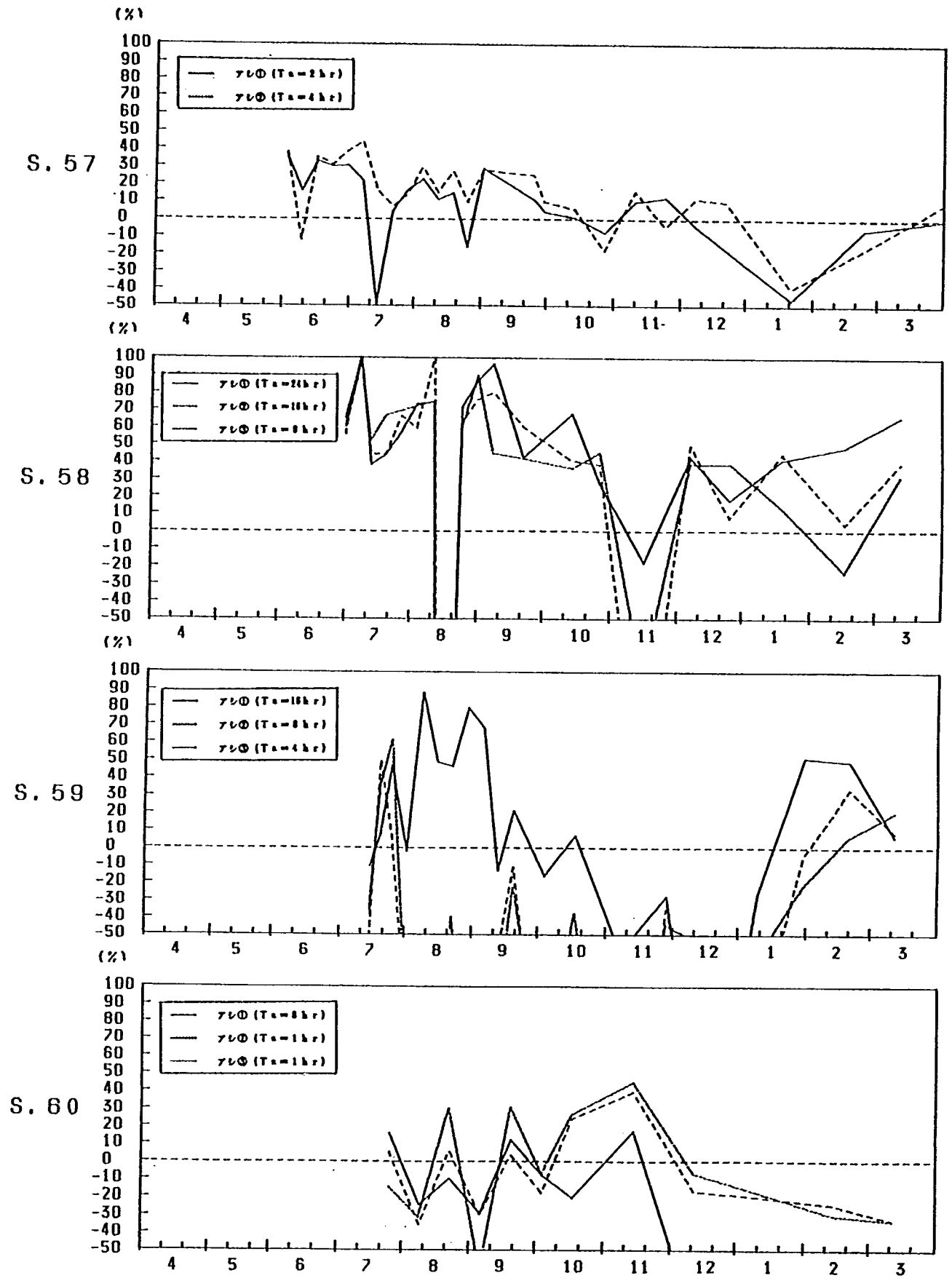


除去率の経月変化

NH4

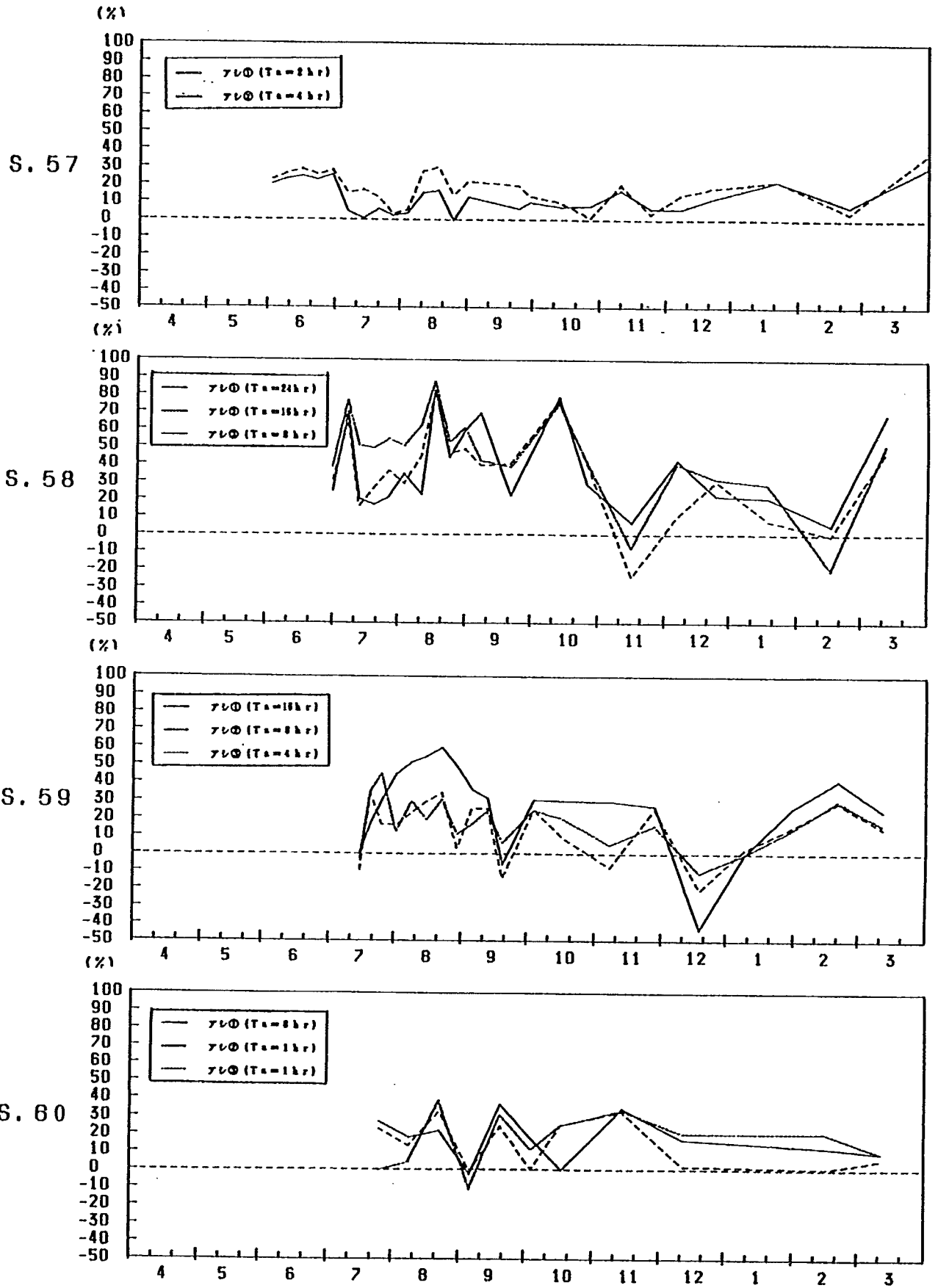


除去率の経月変化



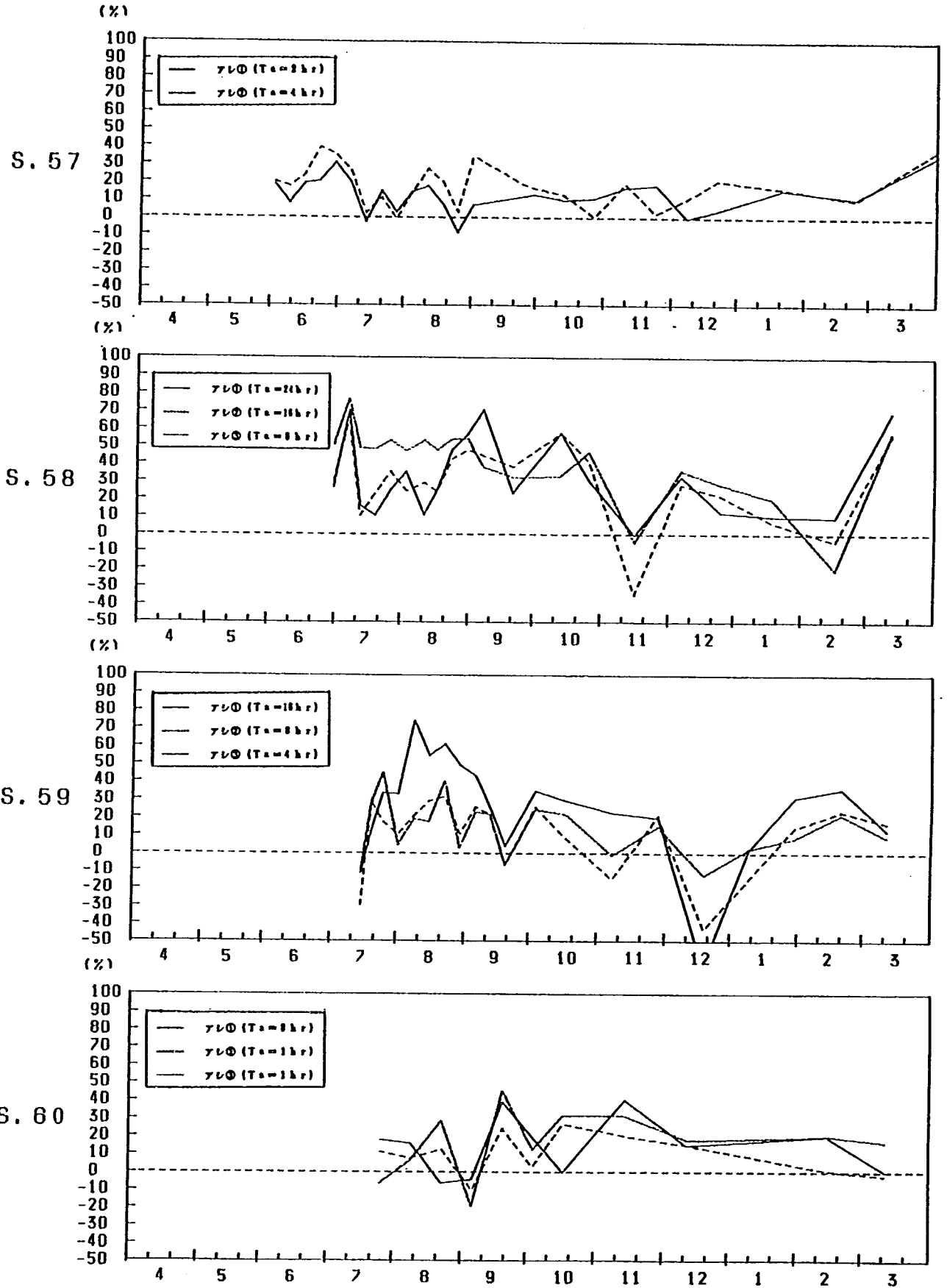
除去率の経月変化

T-N



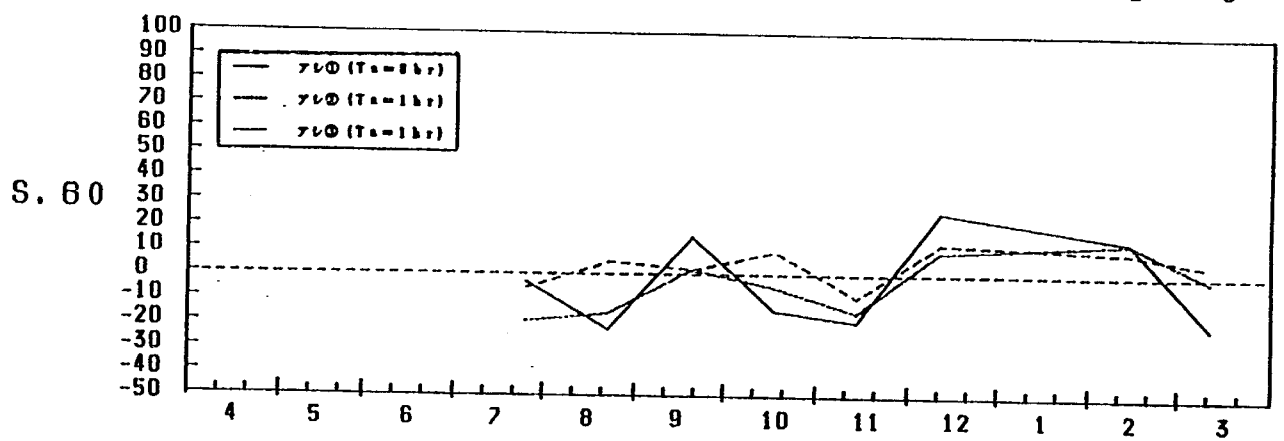
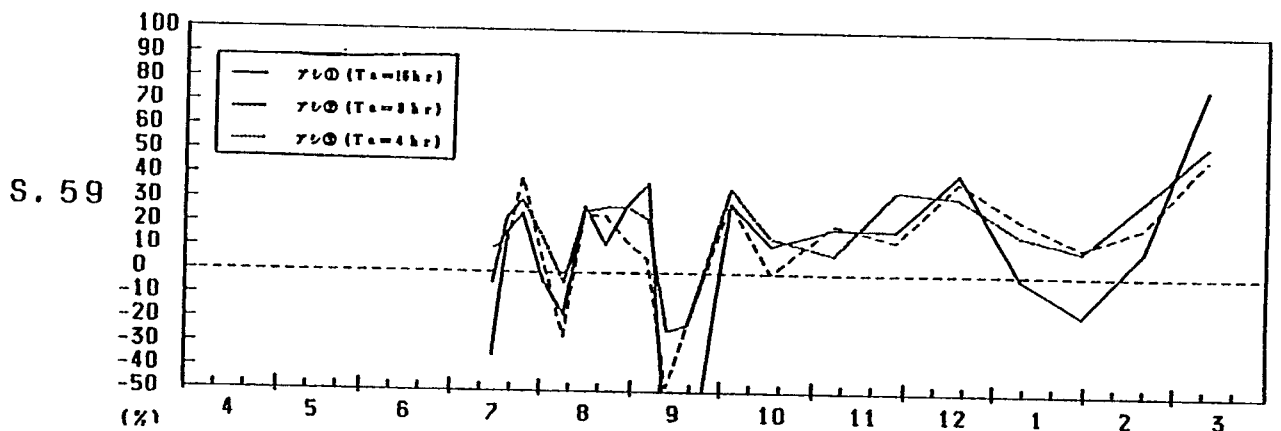
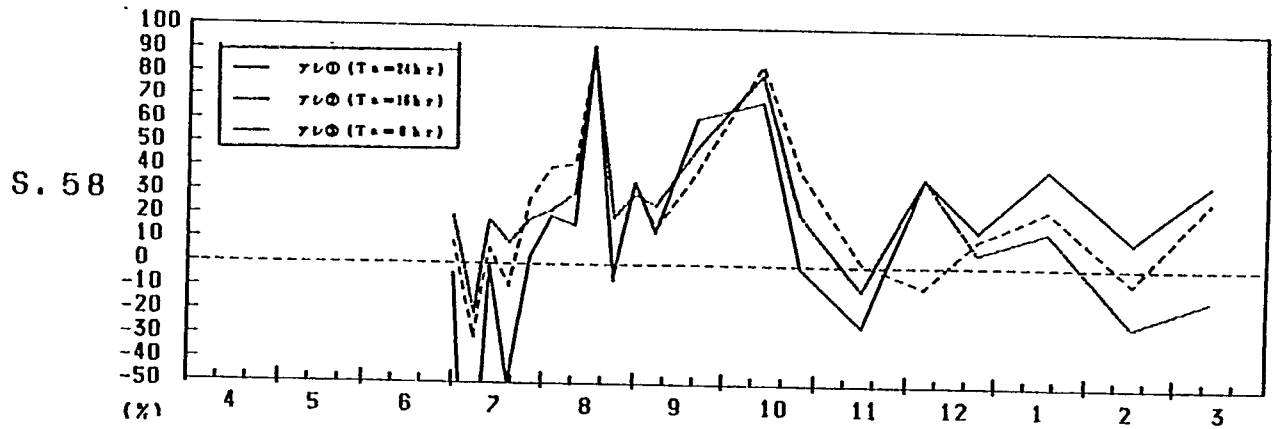
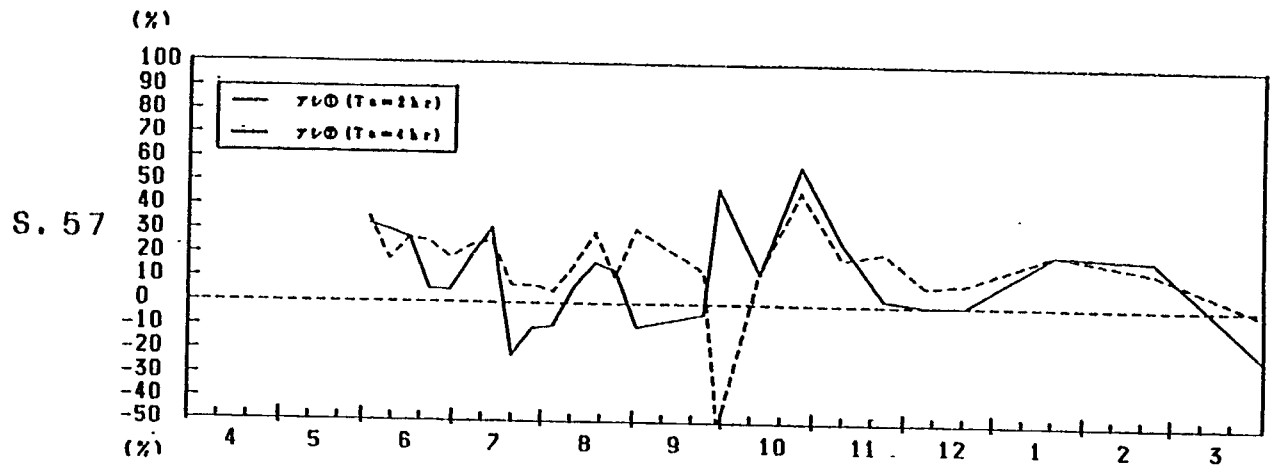
除去率の経月変化

DTN



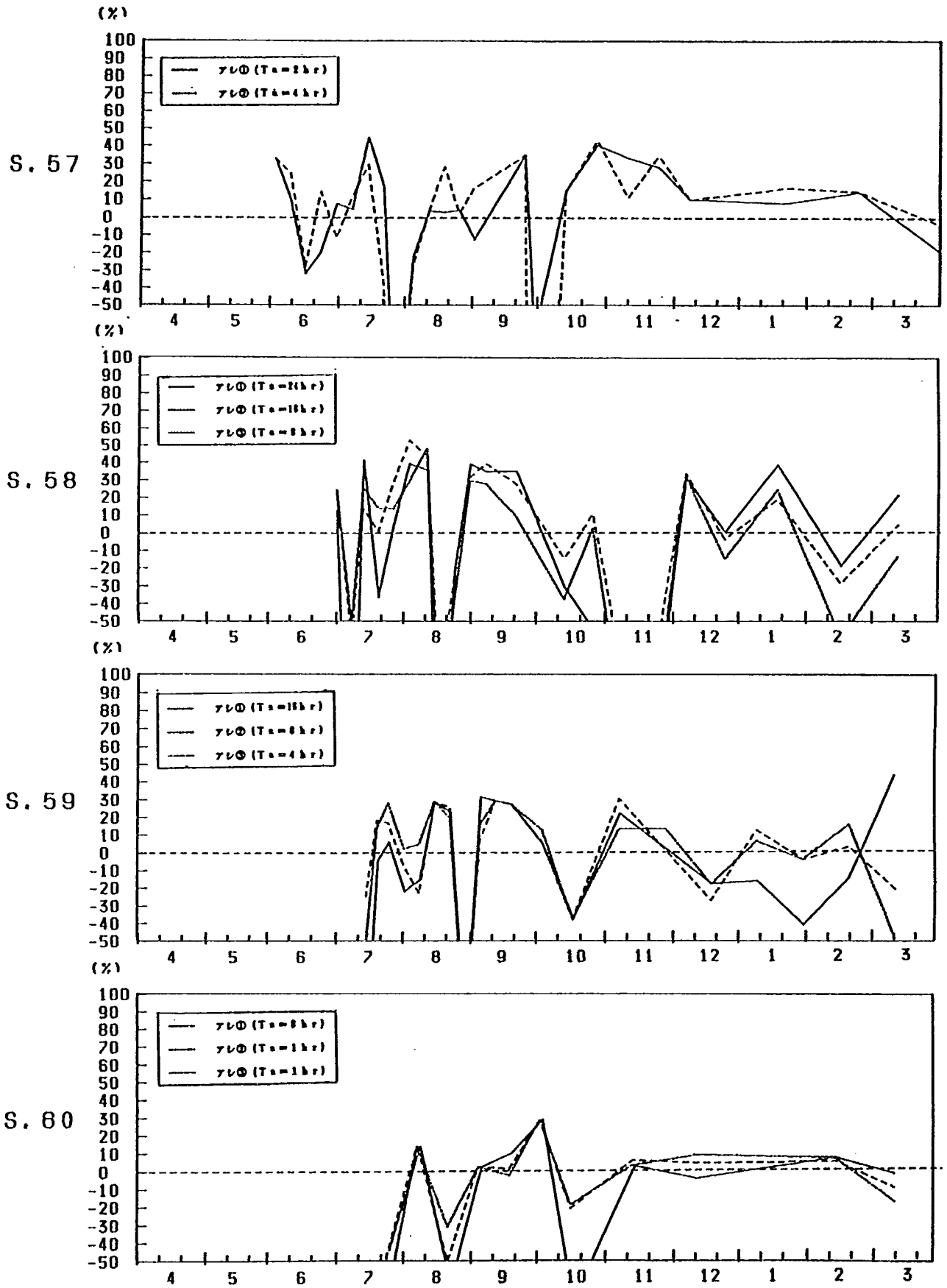
除去率の経月変化

T-P



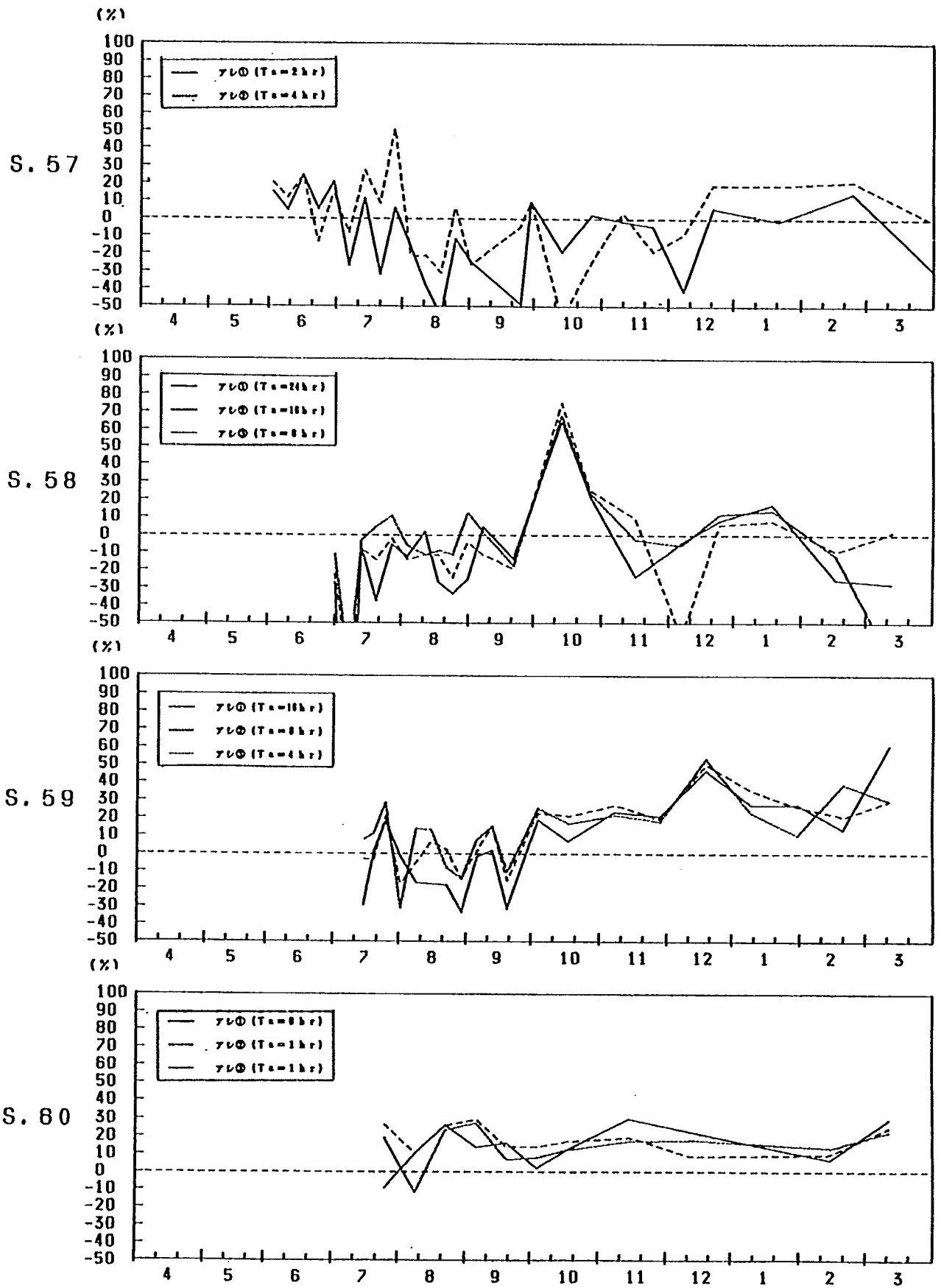
除去率の経月変化

DTP



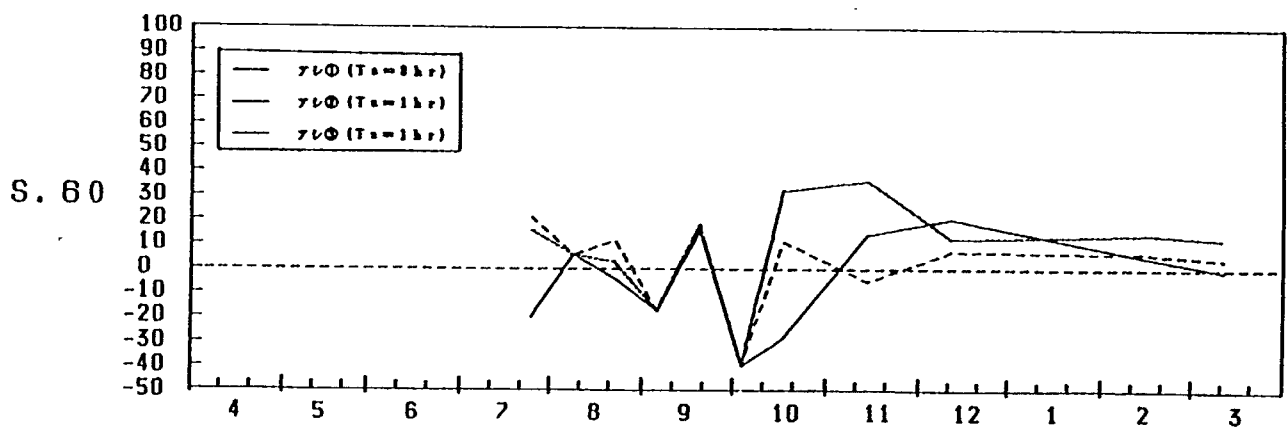
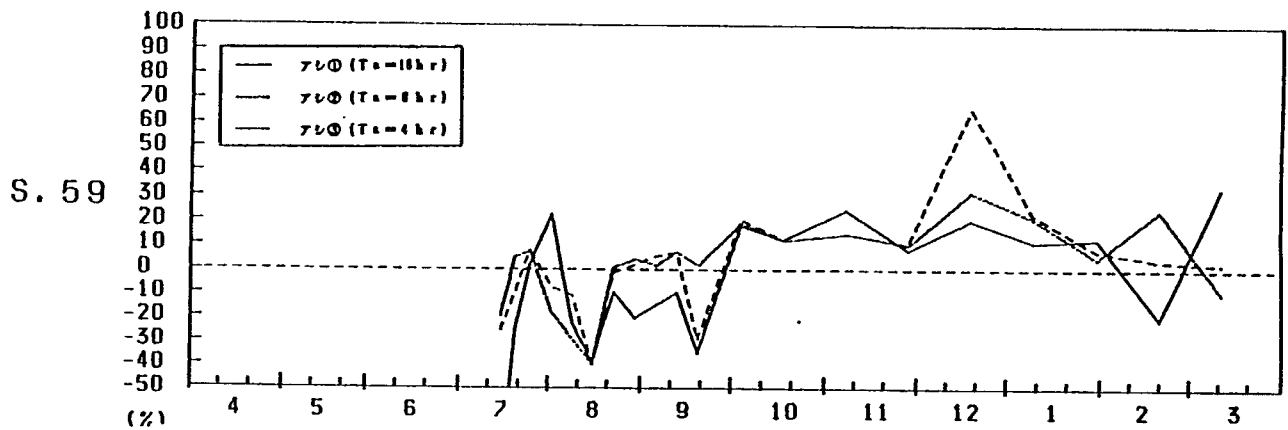
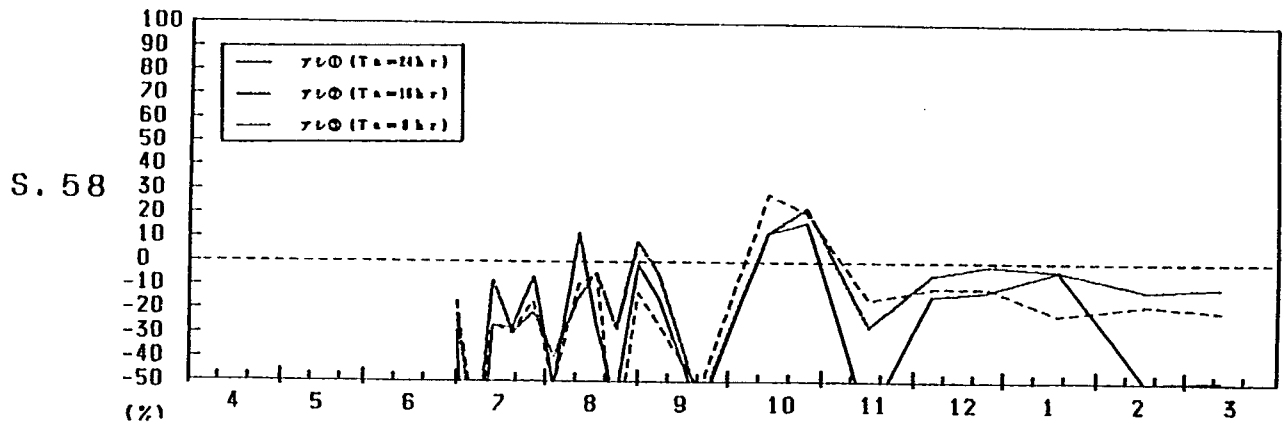
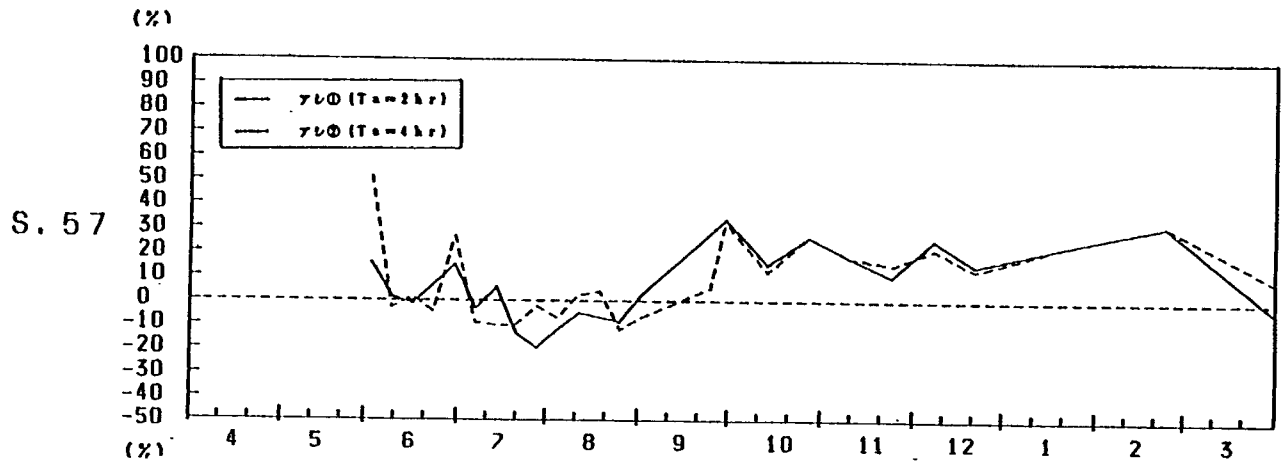
除去率の経月変化

COD



除去率の経月変化

DC00



除去率の経月変化

アシ原の浄化効果のとりまとめ

NH4-N

調査年度	調査地点	設定時間 (hr)	実滞留時間 (hr)	水深 (cm)	流量 (l/min)	水面積負荷 (m ² /m ² /day)	原水水質 (mg/l)	処理水質 (mg/l)	除去量 (mg/l)	除去率 (%)	除去負荷量 (g/m ² /day)	面積負荷量 (g/m ² /day)	テ-9数
S.61	79-2	1.6	1.1	20	130.0	3.0	0.61	0.33	0.28	45.6	0.834	1.830	14
	79-3	0.53	0.3	20	390.0	9.0	0.61	0.39	0.22	36.6	2.007	5.490	14
S.60	79-1	8.0	6.3	20	52.0	0.6	0.94	0.57	0.37	39.4	0.221	0.562	11
	79-2	1.0	0.7	20	208.0	4.8	0.94	0.78	0.16	17.2	0.773	4.493	11
	79-3	1.0	0.6	20	208.0	4.8	0.94	0.76	0.18	19.1	0.859	4.493	11
S.59	79-1	16.0	16.5	20	26.0	0.3	1.45	0.80	0.66	45.1	0.197	0.435	20
	79-2	8.0	8.1	20	26.0	0.6	1.45	0.79	0.66	45.5	0.396	0.871	20
	79-3	4.0	3.8	20	52.0	1.2	1.45	0.80	0.65	44.8	0.780	1.741	20
S.58	79-1	24.0	16.7	10	8.7	0.1	0.97	0.75	0.22	22.5	0.022	0.097	20
	79-2	16.0	8.3	10	6.5	0.15	0.97	0.78	0.19	19.9	0.029	0.146	20
	79-3	8.0	6.3	10	13.0	0.3	0.97	0.50	0.47	48.3	0.141	0.292	20
S.57	79-1	2.0	1.0	10	104.0	1.2	0.82	0.57	0.24	29.8	0.293	0.982	25
	79-2	4.0	2.0	10	52.0	0.6	0.82	0.59	0.22	27.4	0.134	0.491	25

NO3-N

調査年度	調査地点	設定時間 (hr)	実滞留時間 (hr)	水深 (cm)	流量 (l/min)	水面積負荷 (m ² /m ² /day)	原水水質 (mg/l)	処理水質 (mg/l)	除去量 (mg/l)	除去率 (%)	除去負荷量 (g/m ² /day)	面積負荷量 (g/m ² /day)	テ-9数
S.61	79-2	1.6	1.1	20	130.0	3.0	1.84	1.94	-0.10	-5.6	-0.309	5.523	14
	79-3	0.53	0.3	20	390.0	9.0	1.84	1.74	0.10	5.6	0.927	16.569	14
S.60	79-1	8.0	6.3	20	52.0	0.6	1.12	1.28	-0.15	-13.7	-0.092	0.673	11
	79-2	1.0	0.7	20	208.0	4.8	1.12	1.10	0.02	2.0	0.110	5.386	11
	79-3	1.0	0.6	20	208.0	4.8	1.12	1.08	0.04	3.9	0.211	5.386	11
S.59	79-1	16.0	16.5	20	26.0	0.3	0.82	0.80	0.02	3.0	0.007	0.247	20
	79-2	8.0	8.1	20	26.0	0.6	0.82	1.15	-0.33	-39.7	-0.196	0.493	20
	79-3	4.0	3.8	20	52.0	1.2	0.82	1.04	-0.22	-26.4	-0.260	0.986	20
S.58	79-1	24.0	16.7	10	8.7	0.1	1.37	0.58	0.78	57.4	0.078	0.137	20
	79-2	16.0	8.3	10	6.5	0.15	1.37	0.68	0.68	50.2	0.103	0.205	20
	79-3	8.0	6.3	10	13.0	0.3	1.37	0.65	0.71	52.2	0.214	0.410	20
S.57	79-1	2.0	1.0	10	104.0	1.2	1.57	1.47	0.09	6.1	0.114	1.880	25
	79-2	4.0	2.0	10	52.0	0.6	1.57	1.39	0.18	11.3	0.106	0.940	25

アシ原の浄化効果のとりまとめ

T-N

調査年度	調査地点	設定時間 (hr)	実滞留時間 (hr)	水深 (cm)	流量 (l/min)	水面積負荷 (m ² /m ² /day)	原水水質 (mg/l)	処理水質 (mg/l)	除去量 (mg/l)	除去率 (%)	除去負荷量 (g/m ² /day)	面積負荷量 (g/m ² /day)	テ-9数
S.61	79-2	1.6	1.1	20	130.0	3.0	3.55	3.29	0.26	7.4	0.783	10.650	14
	79-3	0.53	0.3	20	390.0	9.0	3.55	3.22	0.33	9.3	2.961	31.950	14
S.60	79-1	8.0	6.3	20	52.0	0.6	3.04	2.52	0.52	17.1	0.313	1.823	11
	79-2	1.0	0.7	20	208.0	4.8	3.04	2.64	0.40	13.3	1.939	14.587	11
	79-3	1.0	0.6	20	208.0	4.8	3.04	2.52	0.52	17.2	2.506	14.587	11
S.59	79-1	16.0	16.5	20	26.0	0.3	3.14	2.35	0.79	25.2	0.237	0.943	20
	79-2	8.0	8.1	20	26.0	0.6	3.14	2.69	0.46	14.6	0.275	1.886	20
	79-3	4.0	3.8	20	52.0	1.2	3.14	2.60	0.55	17.4	0.658	3.773	20
S.58	79-1	24.0	16.7	10	8.7	0.1	4.04	2.20	1.84	45.5	0.184	0.404	20
	79-2	16.0	8.3	10	6.5	0.15	4.04	2.34	1.70	42.2	0.256	0.606	20
	79-3	8.0	6.3	10	13.0	0.3	4.04	1.96	2.08	51.5	0.624	1.212	20
S.57	79-1	2.0	1.0	10	104.0	1.2	3.66	3.21	0.45	12.2	0.536	4.386	25
	79-2	4.0	2.0	10	52.0	0.6	3.66	3.03	0.63	17.2	0.378	2.193	25

T-P

調査年度	調査地点	設定時間 (hr)	実滞留時間 (hr)	水深 (cm)	流量 (l/min)	水面積負荷 (m ² /m ² /day)	原水水質 (mg/l)	処理水質 (mg/l)	除去量 (mg/l)	除去率 (%)	除去負荷量 (g/m ² /day)	面積負荷量 (g/m ² /day)	テ-9数
S.61	79-2	1.6	1.1	20	130.0	3.0	0.304	0.245	0.059	19.4	0.177	0.912	14
	79-3	0.53	0.3	20	390.0	9.0	0.304	0.307	-0.003	-1.0	-0.027	2.736	14
S.60	79-1	8.0	6.3	20	52.0	0.6	0.276	0.277	-0.001	-0.4	-0.001	0.166	11
	79-2	1.0	0.7	20	208.0	4.8	0.276	0.265	0.011	4.0	0.053	1.325	11
	79-3	1.0	0.6	20	208.0	4.8	0.276	0.275	0.001	0.4	0.005	1.325	11
S.59	79-1	16.0	16.5	20	26.0	0.3	0.499	0.453	0.046	9.2	0.014	0.150	20
	79-2	8.0	8.1	20	26.0	0.6	0.499	0.432	0.067	13.4	0.040	0.299	20
	79-3	4.0	3.8	20	52.0	1.2	0.499	0.403	0.096	19.2	0.115	0.599	20
S.58	79-1	24.0	16.7	10	8.7	0.1	0.695	0.344	0.351	50.5	0.035	0.069	20
	79-2	16.0	8.3	10	6.5	0.15	0.695	0.310	0.385	55.4	0.058	0.104	20
	79-3	8.0	6.3	10	13.0	0.3	0.695	0.312	0.383	55.1	0.115	0.209	20
S.57	79-1	2.0	1.0	10	104.0	1.2	0.511	0.441	0.070	13.7	0.084	0.613	25
	79-2	4.0	2.0	10	52.0	0.6	0.511	0.413	0.098	19.2	0.059	0.307	25

アシ原の浄化効果のとりまとめ

COD

調査年度	調査地点	設定時間 (hr)	実滞留時間 (hr)	水深 (cm)	流量 (l/min)	水面積負荷 (m ² /m ² /day)	原水水質 (mg/l)	処理水質 (mg/l)	除去量 (mg/l)	除去率 (%)	除去負荷量 (g/m ² /day)	面積負荷量 (g/m ² /day)	テ-9数
S.61	79-2	1.6	1.1	20	130.0	3.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.000	0.000	14
	79-3	0.53	0.3	20	390.0	9.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.000	0.000	14
S.60	79-1	8.0	6.3	20	52.0	0.6	6.51	5.46	1.05	16.2	0.632	3.905	11
	79-2	1.0	0.7	20	208.0	4.8	6.51	5.31	1.20	18.4	5.760	31.243	11
	79-3	1.0	0.6	20	208.0	4.8	6.51	5.49	1.02	15.6	4.886	31.243	11
S.59	79-1	16.0	16.5	20	26.0	0.3	6.92	6.20	0.72	10.5	0.217	2.076	20
	79-2	8.0	8.1	20	26.0	0.6	6.92	5.85	1.08	15.5	0.645	4.152	20
	79-3	4.0	3.8	20	52.0	1.2	6.92	5.79	1.13	16.3	1.356	8.304	20
S.58	79-1	24.0	16.7	10	8.7	0.1	7.24	6.83	0.42	5.7	0.042	0.724	20
	79-2	16.0	8.3	10	6.5	0.15	7.24	6.57	0.67	9.3	0.101	1.086	20
	79-3	8.0	6.3	10	13.0	0.3	7.24	6.41	0.83	11.5	0.249	2.172	20
S.57	79-1	2.0	1.0	10	104.0	1.2	7.75	8.19	-0.44	-5.7	-0.533	9.298	25
	79-2	4.0	2.0	10	52.0	0.6	7.75	7.42	0.33	4.2	0.197	4.649	25

SS

調査年度	調査地点	設定時間 (hr)	実滞留時間 (hr)	水深 (cm)	流量 (l/min)	水面積負荷 (m ² /m ² /day)	原水水質 (mg/l)	処理水質 (mg/l)	除去量 (mg/l)	除去率 (%)	除去負荷量 (g/m ² /day)	面積負荷量 (g/m ² /day)	テ-9数
S.61	79-2	1.6	1.1	20	130.0	3.0	13.04	5.79	7.24	55.6	21.729	39.108	14
	79-3	0.53	0.3	20	390.0	9.0	13.04	17.18	-4.14	-31.8	-37.287	117.324	14
S.60	79-1	8.0	6.3	20	52.0	0.6	10.22	3.50	6.72	65.7	4.031	6.131	11
	79-2	1.0	0.7	20	208.0	4.8	10.22	4.04	6.18	60.5	29.674	49.046	11
	79-3	1.0	0.6	20	208.0	4.8	10.22	6.14	4.08	39.9	19.594	49.046	11
S.59	79-1	16.0	16.5	20	26.0	0.3	13.39	3.40	9.99	74.6	2.996	4.015	20
	79-2	8.0	8.1	20	26.0	0.6	13.39	6.45	6.94	51.8	4.161	8.031	20
	79-3	4.0	3.8	20	52.0	1.2	13.39	4.31	9.08	67.8	10.896	16.062	20
S.58	79-1	24.0	16.7	10	8.7	0.1	54.49	5.92	48.57	89.1	4.857	5.449	20
	79-2	16.0	8.3	10	6.5	0.15	54.49	5.78	48.71	89.4	7.306	8.173	20
	79-3	8.0	6.3	10	13.0	0.3	54.49	5.77	48.72	89.4	14.615	16.346	20
S.57	79-1	2.0	1.0	10	104.0	1.2	15.24	17.02	-1.78	-11.7	-2.131	18.288	25
	79-2	4.0	2.0	10	52.0	0.6	15.24	12.75	2.49	16.4	1.495	9.144	25

アシ原の浄化効果のとりまとめ

D O

調査年度	調査地点	設定時間 (hr)	実滞留時間 (hr)	水深 (cm)	流量 (l/min)	水面積負荷 (m ² /m/day)	原水水質 (mg/l)	処理水質 (mg/l)	消費量 (mg/l)	消費率 (%)	消費負荷量 (g/m ² /day)	面積負荷量 (g/m ² /day)	テ-9数
S.61	79-2	1.6	1.1	20	130.0	3.0	9.04	4.19	4.85	53.7	14.550	27.108	14
	79-3	0.53	0.3	20	390.0	9.0	9.04	5.73	3.31	36.6	29.763	81.324	14
S.60	79-1	8.0	6.3	20	52.0	0.6	8.22	2.35	5.87	71.5	3.524	4.931	11
	79-2	1.0	0.7	20	208.0	4.8	8.22	5.25	2.97	36.2	14.270	39.446	11
	79-3	1.0	0.6	20	208.0	4.8	8.22	5.36	2.86	34.8	13.742	39.446	11
S.59	79-1	16.0	16.5	20	26.0	0.3	6.64	0.99	5.66	85.2	1.698	1.994	20
	79-2	8.0	8.1	20	26.0	0.6	6.64	1.33	5.32	80.1	3.192	3.987	20
	79-3	4.0	3.8	20	52.0	1.2	6.64	1.86	4.78	72.0	5.742	7.974	20
S.58	79-1	24.0	16.7	10	8.7	0.1	6.41	2.67	3.75	58.4	0.375	0.641	20
	79-2	16.0	8.3	10	6.5	0.15	6.41	2.68	3.74	58.3	0.560	0.962	20
	79-3	8.0	6.3	10	13.0	0.3	6.41	2.85	3.57	55.6	1.070	1.923	20
S.57	79-1	2.0	1.0	10	104.0	1.2	6.19	4.43	1.76	28.4	2.107	7.426	25
	79-2	4.0	2.0	10	52.0	0.6	6.19	4.14	2.04	33.0	1.226	3.713	25

低湿地浄化に関する調査

ISSN 0386-5878
土研資料 第 2480 号
昭和 62 年 3 年

中村栄一・森田弘昭

キーワード：低湿地浄化法，湖沼水質保全，水生植物，栄養塩除去

要 旨

湖沼の水質改善対策の中で，流入河川や湖沼における自然浄化機能の促進，湖沼特性条件の変更等も含めた幅広い環境入口側の水質浄化システムがクローズアップされている。低湿地浄化法もその一つで，汚濁した流入河川水を水生植物が繁茂した水際帯に導入し，栄養塩（NP）の除去を図ろうとするものであり本報告書は，当研究室が人工低湿地を用いて浄化実験を行った結果をとりまとめたものである。

郵便はがき

40円切手
をはいて
下さい。

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

下水道部水質研究室

御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究資料 第 2480 号 部

低湿地浄化に関する調査

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名 ㊦

