

# 国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of  
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.12

November 2001

## 渡良瀬貯水池における水質変化に関する考察

— 底泥と水柱間での物質収支特性 —

環境研究部 河川環境研究室  
天野邦彦・李 建華・鈴木宏幸・安田佳哉

Study on Water Quality Changes in Watarase Reservoir  
Mass Balance between Bottom Sediments and Water Column

River Environment Division  
Kunihiko AMANO, Jianhua LI, Hiroyuki SUZUKI and Yoshiya YASUDA

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management  
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan



## 渡良瀬貯水池における水質変化に関する考察

—底泥と水柱間での物質収支特性—

天野 邦彦 \*

李 建華 \*\*

鈴木 宏幸 \*\*\*

安田 佳哉 \*\*\*\*

### 概要

渡良瀬貯水池においては、7月から9月にかけての夏季制限水位時に水深が約3mに低下するが、これに伴い7月から8月上旬にかけて底泥からの回帰によると考えられる栄養塩濃度の上昇（特にリン）が認められる。このため、この期間中には外部からの流入負荷が無くても、底泥から回帰した栄養塩を利用して藻類の大量増殖が起こる。

本資料は、上記の渡良瀬貯水池における水質変化特性について検討するために、定期調査データの解析、懸濁物の沈降特性及び底泥からの栄養塩回帰に関する現地実験の結果についてとりまとめたものである。

検討結果からは、貯水池中の懸濁物は、藻類増殖に伴う新規生成物と底泥が巻き上げられたものが混合した状態であり、新規生成物の沈降速度は約0.6m/d、巻き上がった底泥は19m/dと大きな違いがあること、新規生成物の沈降速度を考慮して夏季の全リン濃度上昇を説明するには底泥からのリン回帰速度は85(mg/m<sup>2</sup>/d)程度に達する必要がある、これは静置溶出試験から得られた結果に比べて極めて高いものであることが判明した。

キーワード：富栄養化、植物プランクトン、底泥、貯水池、栄養塩

\* 環境研究部河川環境研究室 主任研究官

\*\* 旧土木研究所 環境部環境計画研究室 重点支援研究員

\*\*\* 環境研究部河川環境研究室 研究員

\*\*\*\* 環境研究部河川環境研究室 室長

## Study on Water Quality Changes in Watarase Reservoir

— Mass Balance between Bottom Sediments and Water Column —

Kunihiko AMANO \*

Jianhua LI \*\*

Hiroyuki SUZUKI \*\*\*

Yoshiya YASUDA \*\*\*\*

### Synopsis

Water depth of Watarase reservoir is drawn down to 3m from July to September. During this period, the increase of nutrient concentration (phosphorus, in particular) is found. Nutrient release from bottom sediments seems to be responsible for this increase. Algal blooms often occur using this nutrient.

This report summarizes the water quality change in the reservoir and results of field experiments on the sedimentation character of suspended materials and nutrient release from bottom sediments.

We found that suspended materials in water column are the mixture of newly produced suspended materials originated by algal growth and resuspended sediments. The average settling velocities are estimated as 0.6m/s and 19m/s for newly produced suspended materials and resuspended sediments, respectively. It is concluded that phosphorus release rate from the bottom sediments should be about 85(mg/m<sup>2</sup>/d) if we consider the settling rate of newly produced particulates. The release rate seems quite high comparing to the release rate in static conditions.

**Key Words** : Eutrophication, Phytoplankton, Bottom Sediments, Reservoir and Nutrient

\* River Environment Division

\*\* Environment Planning Division, PWRI

\*\*\* River Environment Division

\*\*\*\* River Environment Division

## 目次

はじめに	
1. 渡良瀬貯水池の概要	1
2. 渡良瀬貯水池における水質変化特性	3
2.1 渡良瀬貯水池水質の年間変化	3
2.1.1 水温	4
2.1.2 濁度	4
2.1.3 pH	4
2.1.4 溶存酸素	4
2.1.5 リン	5
2.1.6 窒素	6
2.1.7 クロロフィル a	6
2.1.8 考察	7
2.2 栄養塩に関する物質収支	26
2.2.1 リン	27
2.2.2 窒素	27
2.2.3 考察	28
2.3 貯水池運用と水質変化	42
2.3.1 貯水位運用に伴う水柱と底泥間の物質移動	42
2.3.2 まとめと考察	46
3. 懸濁物質の沈降特性	53
3.1 調査概要	53
3.2 調査結果	56
3.2.1 水質分析結果	56
3.2.2 沈降物及び浮泥分析結果	57
3.2.3 補集沈降物中の新生沈降物比	72
3.2.4 懸濁物の沈降速度	75
3.2.5 考察	76
4. 底泥からの栄養塩溶出特性	78
4.1 溶出量の現地測定	78
4.1.1 調査方法	78
4.1.2 調査結果	80
(1) 栄養塩濃度変化	80
(2) 溶出速度の算定及び考察	81
5. おわりに	97

## 表目次

表

1-1	渡良瀬貯水池緒元	1
2-1	渡良瀬貯水池周辺河川の年平均水質の遷移	3
2-2	渡良瀬貯水池の年平均水質の遷移	3
2-2-1	水質変化から推定される貯水池への累積沈降量	28
2-2-2	底泥観測結果および底泥中の全窒素と全リン比	29
2-3-1	収支計算期間	42
3-1-1	沈降物調査日程	55
3-1-2	分析方法	56
3-2-1 (1)	水質調査結果	58
3-2-1 (2)	水質調査結果	59
3-2-1 (3)	水質調査結果	60
3-2-1 (4)	水質調査結果	61
3-2-1 (5)	水質調査結果	62
3-2-1 (6)	水質調査結果	63
3-2-2 (1)	沈降物・浮泥調査結果	58
3-2-2 (2)	沈降物・浮泥調査結果	59
3-2-2 (3)	沈降物・浮泥調査結果	60
3-2-2 (4)	沈降物・浮泥調査結果	61
3-2-2 (5)	沈降物・浮泥調査結果	62
3-2-2 (6)	沈降物・浮泥調査結果	63
3-2-3	懸濁物、捕集沈降物、底泥の組成(含量)一覧	72
3-2-4	懸濁物及び捕集沈降物に占める新生懸濁物の 比( $\gamma$ )の変化	74
3-2-5	沈降速度計算一覧	75
4-1-1	調査日程一覧	80
4-1-2	PO <sub>4</sub> -Pの溶出速度算定結果一覧	91
4-1-3	NH <sub>4</sub> -Nの溶出速度算定結果一覧	91

卷末表

2-3-1 (1) 期間別物質変動量 (閉鎖環境: 春季)	-----	99
2-3-1 (2) 期間別物質変動量 (閉鎖環境: 夏季)	-----	100
2-3-1 (3) 期間別物質変動量 (閉鎖環境: 秋季)	-----	101
2-3-1 (4) 期間別物質変動量 (閉鎖環境: 冬季)	-----	102
2-3-1 (5) 期間別物質変動量 (開放環境: 春季)	-----	103
2-3-1 (6) 期間別物質変動量 (開放環境: 夏季)	-----	104
2-3-1 (7) 期間別物質変動量 (開放環境: 秋季)	-----	105
2-3-1 (8) 期間別物質変動量 (開放環境: 冬季)	-----	106
3-2-1 現場観測項目の調査結果 (1)	-----	119
3-2-1 現場観測項目の調査結果 (2)	-----	120
3-2-1 現場観測項目の調査結果 (3)	-----	121
3-2-1 現場観測項目の調査結果 (4)	-----	122
3-2-1 現場観測項目の調査結果 (5)	-----	123
3-2-1 現場観測項目の調査結果 (6)	-----	124
3-2-1 現場観測項目の調査結果 (7)	-----	125
3-2-1 現場観測項目の調査結果 (8)	-----	126
4-1-1 (1) 溶出実験結果 (No.1 号機)	-----	130
4-1-1 (2) 溶出実験結果 (No.1 号機)	-----	131
4-1-1 (3) 溶出実験結果 (No.2 号機)	-----	132
4-1-1 (4) 溶出実験結果 (No.2 号機)	-----	133
4-1-2 (1) 溶出実験結果 (No.1 号機)	-----	134
4-1-2 (2) 溶出実験結果 (No.1 号機)	-----	135
4-1-2 (3) 溶出実験結果 (No.2 号機)	-----	136
4-1-2 (4) 溶出実験結果 (No.2 号機)	-----	137
4-1-3 (1) 調査時の採取量とポンプ吸引速度 (1 号機)	-----	138
4-1-3 (2) 調査時の採取量とポンプ吸引速度 (1 号機)	-----	139
4-1-3 (3) 調査時の採取量とポンプ吸引速度 (2 号機)	-----	140
4-1-3 (4) 調査時の採取量とポンプ吸引速度 (2 号機)	-----	141
4-1-4 (1) 調査時の採取量とポンプ吸引速度 (1 号機)	-----	142
4-1-4 (2) 調査時の採取量とポンプ吸引速度 (1 号機)	-----	143
4-1-4 (3) 調査時の採取量とポンプ吸引速度 (2 号機)	-----	144
4-1-4 (4) 調査時の採取量とポンプ吸引速度 (2 号機)	-----	145
4-1-5 (1) 計器測定結果	-----	146
4-1-5 (2) 計器測定結果	-----	147
4-1-5 (3) 計器測定結果	-----	148

4-1-5 (4) 計器測定結果	-----	149
4-1-5 (5) 計器測定結果	-----	150
4-1-5 (6) 計器測定結果	-----	151
4-1-5 (7) 計器測定結果	-----	152
4-1-5 (8) 計器測定結果	-----	153
4-1-6 (1) 計器測定結果	-----	154
4-1-6 (2) 計器測定結果	-----	155
4-1-6 (3) 計器測定結果	-----	156
4-1-6 (4) 計器測定結果	-----	157
4-1-6 (5) 計器測定結果	-----	158
4-1-6 (6) 計器測定結果	-----	159
4-1-6 (7) 計器測定結果	-----	160
4-1-6 (8) 計器測定結果	-----	161
4-1-7 (1) DO 分析値と現地測定値の比較 (No.1 号機)	-----	162
4-1-7 (2) DO 分析値と現地測定値の比較 (No.2 号機)	-----	162
4-1-8 (1) DO 分析値と現地測定値の比較 (No.1 号機)	-----	163
4-1-8 (2) DO 分析値と現地測定値の比較 (No.2 号機)	-----	163
4-1-9 (1) 溶出速度計算結果 (6月、No.2 号機)	-----	164
4-1-9 (2) 溶出速度計算結果 (8月、No.1 号機)	-----	165
4-1-9 (3) 溶出速度計算結果 (8月、No.2 号機)	-----	166



図目次

図

1-1	利根川流域と渡良瀬貯水池位置図	-----	1
1-2	貯水池の容量曲線図	-----	2
1-3	貯水池利用水深図	-----	2
1-4	貯水池平面図	-----	2
2-1-1 (1)	南ブロック水温鉛直分布 ('96~'99)	-----	8
2-1-1 (2)	北ブロック水温鉛直分布 ('96~'99)	-----	9
2-1-1 (3)	谷中ブロック水温鉛直分布 ('96~'99)	-----	10
2-1-2 (1)	南ブロック濁度鉛直分布 ('96~'99)	-----	11
2-1-2 (2)	北ブロック濁度鉛直分布 ('96~'99)	-----	12
2-1-2 (3)	谷中ブロック濁度鉛直分布 ('96~'99)	-----	13
2-1-3 (1)	南ブロック pH 鉛直分布 ('97~'99)	-----	14
2-1-3 (2)	北ブロック pH 鉛直分布 ('96~'99)	-----	15
2-1-3 (3)	谷中ブロック pH 鉛直分布 ('97~'99)	-----	16
2-1-4 (1)	南ブロック DO 鉛直分布 ('96~'99)	-----	17
2-1-4 (2)	北ブロック DO 鉛直分布 ('96~'99)	-----	18
2-1-4 (3)	谷中ブロック DO 鉛直分布 ('96~'99)	-----	19
2-1-5 (1)	南ブロック DO 飽和度鉛直分布 ('96~'99)	-----	20
2-1-5 (2)	北ブロック DO 飽和度鉛直分布 ('96~'99)	-----	21
2-1-5 (3)	谷中ブロック DO 飽和度鉛直分布 ('96~'99)	-----	22
2-1-6	南ブロックにおける水位、T・P 及び PO <sub>4</sub> -P の 年間変動特性	-----	23
2-1-7	南ブロックにおける水位、T・N 及び無機窒素の 年間変動特性	-----	24
2-1-8	クロロフィル-a 濃度と水位変化との比較	-----	25
2-2-1 (1)	水量及び T・P 収支の経時変化 (平成 4 年、1992 年)	----	30
2-2-1 (2)	水量及び T・P 収支の経時変化 (平成 5 年、1993 年)	----	31
2-2-1 (3)	水量及び T・P 収支の経時変化 (平成 6 年、1994 年)	----	32
2-2-1 (4)	水量及び T・P 収支の経時変化 (平成 7 年、1995 年)	----	33
2-2-1 (5)	水量及び T・P 収支の経時変化 (平成 8 年、1996 年)	----	34
2-2-1 (6)	水量及び T・P 収支の経時変化 (平成 9 年、1997 年)	----	35
2-2-2 (1)	水量及び T・N 収支の経時変化 (平成 4 年、1992 年)	----	36
2-2-2 (2)	水量及び T・N 収支の経時変化 (平成 5 年、1993 年)	----	37
2-2-2 (3)	水量及び T・N 収支の経時変化 (平成 6 年、1994 年)	----	38

2-2-2 (4)	水量及びT・N収支の経時変化(平成7年、1995年) ……	39
2-2-2 (5)	水量及びT・N収支の経時変化(平成8年、1996年) ……	40
2-2-2 (6)	水量及びT・N収支の経時変化(平成9年、1997年) ……	41
2-3-1	物質収支検討期間 ……	43
2-3-2	全窒素の流入出量と遊水池内変化量の差分量の状況 …… (期間平均値)	49
2-3-3	全燐の流入出量と遊水池内変化量の差分量の状況 …… (期間平均値)	50
2-3-4	全窒素、全燐の物質収支概念図 ……	51
2-3-5	物質挙動フロー図 ……	52
2-3-6	遊水池内の挙動メカニズム概念図 ……	52
3-1-1	調査地点図 ……	54
3-1-2	セディメントトラップ(6連)の概略図及び トラップ形状 ……	54
3-2-1 (1)	水質変化図 ……	64
3-2-1 (2)	水質変化図 ……	65
3-2-1 (3)	水質変化図 ……	66
3-2-2 (1)	定期調査(南ブロック)と本調査地点との比較 ……	67
3-2-2 (2)	定期調査(南ブロック)と本調査地点との比較 ……	68
3-2-2 (3)	定期調査(南ブロック)と本調査地点との比較 ……	69
3-2-2 (4)	定期調査(南ブロック)と本調査地点との比較 ……	70
3-2-3	単位時間・単位面積当たりの沈降物量 ……	71
3-2-4	懸濁物と底泥表層でのFe含量とChl-a含量の関係 ……	73
3-2-5	セディメントトラップに捕集された新生沈降物と 巻き上げ由来の沈降物の単位時間・単位面積当たりの 沈降量変化 ……	74
3-2-6	水中懸濁物、捕集沈降物、底泥表層でのN/P比の変化 ……	76
3-2-7	捕集沈降物のN/P比(実測値と計算値の比較) ……	77
4-1-1	直列多槽式溶出測定装置概念図(木幡、1997) ……	79
4-1-2 (1)	リン関連濃度変化(平成11年6月、2号機) ……	82
4-1-2 (2)	窒素関連濃度変化(平成11年6月、2号機) ……	83
4-1-2 (3)	炭素関連濃度変化(平成11年6月、2号機) ……	84
4-1-3 (1)	リン関連濃度変化(平成11年8月、1号機) ……	85
4-1-3 (2)	窒素関連濃度変化(平成11年8月、1号機) ……	86
4-1-3 (3)	炭素関連濃度変化(平成11年8月、1号機) ……	87
4-1-4 (1)	リン関連濃度変化(平成11年8月、2号機) ……	88

4-1-4 (2)	窒素関連濃度変化（平成 11 年 8 月、2 号機）	-----	89
4-1-4 (3)	炭素関連濃度変化（平成 11 年 8 月、2 号機）	-----	90
4-1-5 (1)	検体槽中の DO 変化（平成 11 年 6 月、2 号機）	-----	92
4-1-5 (2)	検体槽中の DO 変化（平成 11 年 8 月、1 号機）	-----	92
4-1-5 (3)	検体槽中の DO 変化（平成 11 年 8 月、2 号機）	-----	92
4-1-6	冬季の T-P 変化の実測値と計算値の比較	-----	94
4-1-7	夏季の T-P 変化の実測値と計算値の比較	-----	94
4-1-8	年間を通しての懸濁物濃度とクロロフィル-a 濃度の 変動（平成 11 年）	-----	96

卷末図

2-3-1 (1)	低水位時の全窒素の物質収支 [春季, 夏季]	-----	107
2-3-1 (2)	低水位時の全窒素の物質収支 [秋季, 冬季]	-----	108
2-3-1 (3)	低水位時の全燐の物質収支 [春季, 夏季]	-----	109
2-3-1 (4)	低水位時の全燐の物質収支 [秋季, 冬季]	-----	110
2-3-1 (5)	高水位時の全窒素の物質収支 [春季, 夏季]	-----	111
2-3-1 (6)	高水位時の全窒素の物質収支 [秋季, 冬季]	-----	112
2-3-1 (7)	高水位時の全燐の物質収支 [春季, 夏季]	-----	113
2-3-1 (8)	高水位時の全燐の物質収支 [秋季, 冬季]	-----	114
2-3-1 (9)	水位下降時の全窒素の物質収支 [春季, 夏季, 冬季]	-----	115
2-3-1 (10)	水位下降時の全燐の物質収支 [春季, 夏季, 冬季]	-----	116
2-3-1 (11)	水位上昇時の全窒素の物質収支 [春季, 秋季, 冬季]	-----	117
2-3-1 (12)	水位上昇時の全燐の物質収支 [春季, 秋季, 冬季]	-----	118
4-1-1 (1)	溶存酸素消費速度 (平成 11 年 6 月、2 号機)	-----	167
4-1-1 (2)	溶存酸素消費速度 (平成 11 年 6 月、2 号機)	-----	168
4-1-1 (3)	溶存酸素消費速度 (平成 11 年 8 月、1 号機)	-----	169
4-1-1 (4)	溶存酸素消費速度 (平成 11 年 8 月、1 号機)	-----	170
4-1-1 (5)	溶存酸素消費速度 (平成 11 年 8 月、1 号機)	-----	171
4-1-1 (6)	溶存酸素消費速度 (平成 11 年 8 月、2 号機)	-----	172
4-1-1 (7)	溶存酸素消費速度 (平成 11 年 8 月、2 号機)	-----	173
4-1-1 (8)	溶存酸素消費速度 (平成 11 年 8 月、2 号機)	-----	174

## はじめに

本資料は、利根川水系渡良瀬川に建設された渡良瀬貯水池における水質変化について、既往資料の整理、現地実験結果の整理を行うことにより、その特性についてできる限り定量的に評価を行った結果をまとめたものである。

渡良瀬貯水池の水質に関連する事象の中でも、特に高栄養塩濃度の河川水を貯留することによる藻類の大量増殖が重要な関心事となっている。藻類の大量増殖は、水中の有機物量を増加させ、現場におけるレクリエーション活動への悪影響を及ぼす可能性があると共に下流において水道取水がなされていることから、好ましくない事象であり、その程度を軽減させる対策の確立が喫緊の課題となっている。

貯水池における藻類の大量増殖について考察するに際しては、まず藻類増殖を規定する水量及び水質変化について知る必要がある。渡良瀬貯水池は、周辺河川からの流入、放流が水門の運用により人為的に操作されているため、貯水池での水量・水質変化を正確に知ることができる。既往の水質調査結果から、貯水池水質変化には貯水池の運用が大きく影響していること、貯水池水質と底泥との間に密接な関係があることが分かってきている。このため、貯水池水質変化を貯水池外部（ここでは、周辺の河川）と貯水池内部（貯水池水と底泥）の影響の両面から調べ、水質変化特性を明らかにすることなしには藻類増殖についての理解が進まないと考えられる。

本資料は、以上の理由から外部との水及び栄養塩類のやりとりについて知るため、定量的な解析を既往資料を基に行うと共に、内部における変化について知るために執り行った現地及び室内における実験結果を中心に行った研究成果の中間的とりまとめとして位置づけられる。

藻類の大量増殖に伴う目下最大の問題として、貯水池水のカビ臭の問題がある。渡良瀬貯水池管理上の水質問題は、カビ臭問題に尽きると言っても過言ではない程深刻な問題と考えられる。本資料は、このカビ臭問題解決を目指して当研究室において現在進行中の研究の基礎的資料としても位置づけられる。

## 要 旨

### 2章 渡良瀬貯水池における水質変化特性

- ・ 渡良瀬貯水池は7月1日から9月30日までの間、制限水位を3mとしているため、夏期においても強固な水温成層が形成されることがなく、また、3つのブロック間の水温にも大きな差が無いことから、年間を通して大部分の水はよく混合していることがわかる。
- ・ 渡良瀬貯水池の水位は、満水位（水深約6.5m）付近での運用時期と、夏期制限水位（水深約3m）付近での運用時期に大きく2分される。濁度については、満水位時は10～15度程度と低く、夏期制限水位時は20を越えることもあり、水位低下時に底泥の巻き上げによる懸濁物濃度の上昇が認められる。濁度の変化から、水位低下をさせた場合に貯水池水質は底泥の影響を特に大きく受けていることが分かる。
- ・ 溶存酸素については、混合期である10月から3月中旬にかけては飽和している。4月下旬から6月中旬にかけて満水位で推移した場合には、底層において濃度低下が起こる。特に水温が低い2月頃から満水位のまま推移した年には（例えば1998年）、底層に低水温水が残留することから上記期間に成層が強くなり、低酸素水塊の発達が見られる。
- ・ 全リン濃度は、0.05～0.2(mg/l)のレベルで変動しており、鉛直方向の濃度差は少ない。河川からの取水（流入）時に河川水のリン濃度が貯水池内の濃度を上回る場合と、水位を低下させたときにリン濃度が上昇するという2通りの濃度上昇過程が存在することが分かった。リンについては、一般的に底層水が嫌気化することで底泥からの溶出量が増加するとされているが、本貯水池においては、底層における溶存酸素濃度が最も低下した1998年の6月においても顕著な溶出は見られず、むしろ夏期制限水位低下時に、底層水は低酸素化していないにもかかわらず貯水池水のリン濃度の上昇が見られることから、底層水が嫌気化しなくても水位低下時に底泥からの回帰が起こることが分かった。河川からのリン負荷については、流入時も河川リン濃度は貯水池リン濃度よりも低い場合もあり、このときは濃度の低下が起こり、河川リン濃度が貯水池濃度より高い場合でも、河川から供給されたリンのうち約7～8割は比較的速やかに沈降するため、藻類が利用できるリンの量は流入したリンの一部に過ぎないことが分かった。
- ・ 全窒素濃度は、1.0～3.0(mg/l)のレベルで変動しており、リン同様鉛直方向の濃度差は少ない。窒素については、河川における濃度が貯水池濃度に比べて高いことから、河川からの取水（流入）時に濃度が常に上昇する。リンに比べて水位低下時に顕著な濃度上昇が見られることはないが、夏期制限水位時にアンモニア濃度の上昇が見られることから、夏期にはアンモニア態窒素として回帰が起こっていると考えられるが、夏期には藻類の活動が活発なため、無機態濃度は低くなっている。これに対して、高水位時には、窒素

濃度が特に高い流入河川水の影響が4ヶ月以上継続し、無機態の窒素が主に硝酸の形で高濃度で存在している。

- 藻類量を表す指標のクロロフィル a 濃度は、年間を通して通常 50~200( $\mu\text{g/l}$ )の範囲で変動している。窒素濃度がリン濃度に比べて高いため、本貯水池の藻類増殖はリンによる制限を受けていると考えられる。リン濃度の上昇は、高リン濃度の河川水が流入した場合と、水位低下が起こったときに観測されているが、これらのリン濃度上昇に呼応してクロロフィル a 濃度は上昇しており、このため、藻類量を表す指標であるクロロフィル a 濃度は、ほぼリン濃度に連動して変動すると考えられる。ただし、夏期制限水位時には、窒素が欠乏し余剰のリン酸が貯水池水中に存在する場合もあり、この場合は、底泥から回帰すると考えられるアンモニア態窒素がクロロフィル a 量を規定している可能性が高い。
- 貯水池での物質収支の観点から見た場合、リン・窒素共に、例年満水位に水位を上昇させた時に流入する負荷量に比べて、制限水位に水位を下げる時に放流される量が少なく、年間を通してみた場合、貯水池運用により変動するが、リンで4~16tに相当する量が底泥に堆積していると考えられる。また、リンについては夏期制限水位時に濃度上昇が起こる年が多いが、夏期制限水位時の貯水池水量が  $12,200,000\text{m}^3$  であることから T-P で 1.22t 正味の回帰が起これば  $0.1\text{mg/l}$  の濃度上昇につながる。春先に水位を上昇するために河川からの取水を行う際には例年 5~10t 程度の新たな負荷が貯水池内に流入していることから、粒子態として沈降したリンの一部が回帰するだけで夏期のリン濃度上昇が起こりうるということが説明できる。
- 栄養塩は貯水池水柱からは主に懸濁態の形で底泥に沈降し、溶存態の形で溶出し水柱に回帰すると考えられるが、貯水池水の栄養塩濃度が低下する沈降時には、窒素とリンとの質量比(N/P比)が 15~40 であるのに対して、濃度が上昇する回帰時には4程度となっている。また、底泥中の N/P 比は 1.5~2.5 と沈降した際の比に比べて低くなっており、底泥中での脱窒による窒素の減少が著しいことが示唆される。物質収支計算からは沈降した窒素の80%以上が脱窒により気化していることが推定され、その意味からは水質改善に寄与している。

### 3章 懸濁物質の沈降特性

- 渡良瀬貯水池での水中懸濁物、セディメントトラップにより捕集された沈降物及び底泥表層の組成分析は、水中懸濁物、捕集沈降物、底泥表層の順に生物に重要な C, N, P 及び藻類量を示す Chl-a 含量が高いことを示す結果となり、底泥における有機物の分解が進んでいることが示された。
- 懸濁物について Chl-a 含量を指標として、貯水池内で藻類の活動により新規に生成されたものと巻き上げられた底泥とに分類した結果、平均して水深 0.5m の表層で懸濁物の80%、貯水池底から 0.5m 上の底層で61%が新規生産に由来するもので、残りは巻

き上げに由来するものと算定された。捕集沈降物では、表層で14%、底層で5%が新規生産由来のものと算定されたことから、新規生産由来と巻き上げ底泥の2種類に大きく分けて懸濁物を考えると、巻き上げられた懸濁物の沈降速度が新規生産由来の懸濁物のそれに比べて高いことが考えられる。トラップに捕集された単位面積・単位時間当たりの捕集量を水中濃度で除することで見かけの平均沈降速度を求めた結果、新規生産由来の懸濁物で0.63(m/d)、巻き上げ由来の懸濁物で19(m/d)と算定された。

#### 4章 底泥からの栄養塩溶出特性

- ・ 国立環境研究所の木幡博士が開発した直列多槽式溶出測定装置を用いることにより6月及び8月に底泥からの栄養塩溶出速度を測定した結果、 $\text{PO}_4\text{-P}$ の溶出速度として19~37( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ )という値が得られた。この値は、装置を設置することで槽内が嫌氣的になることから、嫌気条件での拡散による静置溶出の値と考えられる。
- ・ 水中のリンのほとんどが懸濁態の時期に、3章で算定された新規生産由来の懸濁物沈降速度を用いて、1次元解析により、リンの正味の沈降量を算定すると共に、底泥からのリン回帰量を変化させて実測値の変化と比較した結果、夏季のリン濃度上昇時の底泥からのリン回帰速度は85( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ )程度に達すると推定され、これは上記の嫌気状態における静置溶出の値よりも大きかった。このことから、本貯水池における底泥からのリン回帰には、底泥の巻き上げなど底泥への物理的攪乱が非常に大きな役割を果たしていることが示唆された。



## 1. 渡良瀬貯水池の概要

渡良瀬貯水池は、栃木県下都賀郡藤岡町、野木町、群馬県邑楽郡板倉町及び埼玉県北埼玉郡北川辺町において、利根川水系渡良瀬川に近接して建設された多目的貯水池で（図1-1）、平成2年より運用を開始し、現在に至っている。

貯水池諸元は、表1-1に示す通りである。7月1日から9月30日までは洪水期となっており、水深は約3mと特に浅くなる。貯水池の容量曲線図及び利用水深図を図1-2、1-3に示す。

本貯水池の特色として、貯水池と周辺河川との間での水のやりとりが水門操作により人為的にコントロールされているということが挙げられる。

また、貯水池は堤防により3つのブロックに区分されており、北から順に北ブロック、谷中ブロック、南ブロックと呼ばれている（図1-4）。それぞれのブロックは水路でつながっており、水の交換が可能で、3ブロックの水位は常にほぼ同じとなる。上に述べた水門は南ブロックに設置されており、周辺河川との水の出入りは、大出水により洪水が越流堤を越えて流入する場合を除き、通常全てこの水門を通して行われる。

表1-1 渡良瀬貯水池諸元

貯水池面積	約4.5km <sup>2</sup>
非洪水期満水位	Y.P+15.0m
洪水期制限水位	Y.P+11.5m (7/1~9/30)
最低水位	Y.P+8.5m
総貯水容量	26,400,000m <sup>3</sup>
治水容量	10,000,000m <sup>3</sup>
利水容量	12,200,000m <sup>3</sup>
(上：洪水期、 下：非洪水期)	26,400,000m <sup>3</sup>

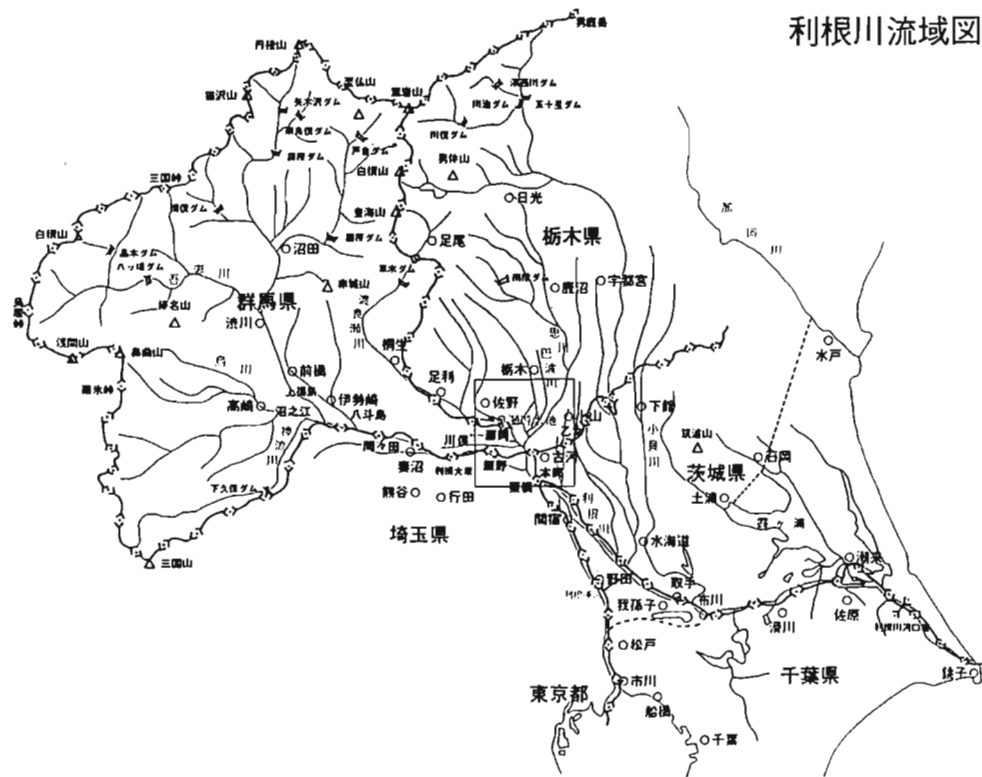


図1-1 利根川流域と渡良瀬貯水池位置図

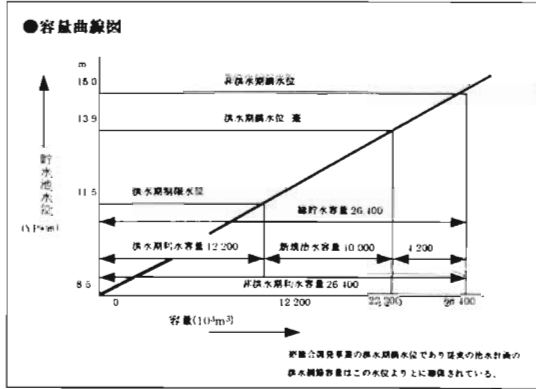


図 1 - 2 貯水池の容量曲線図

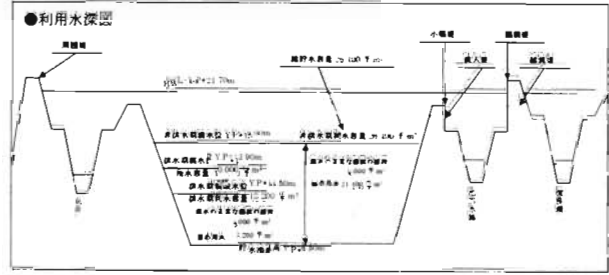


図 1 - 3 貯水池利用水深図

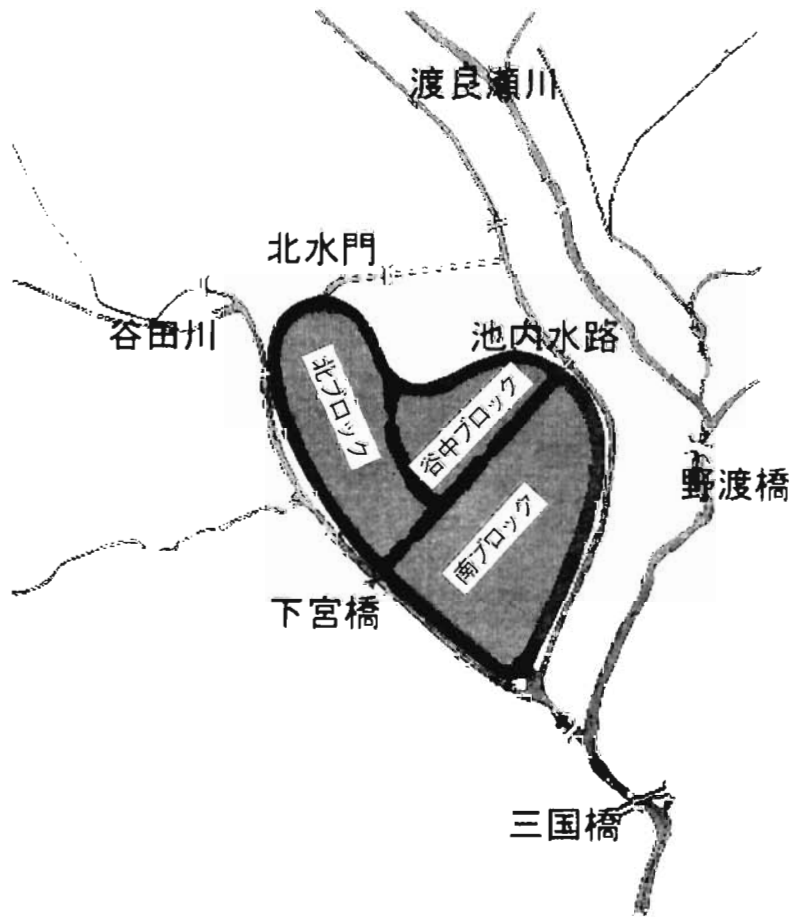


図 1 - 4 貯水池平面図

## 2. 渡良瀬貯水池における水質変化特性

渡良瀬貯水池の水質は、流入河川の栄養塩濃度が高いため（表2-1）、窒素、リン共に高濃度を示し、このため、藻類量の指標であるクロロフィル-a濃度も非常に高いものとなっている（表2-2）。本貯水池は周辺河川である渡良瀬川および谷田川から流入を受けるが、表2-1に見られるように、両河川とも特に窒素濃度が高い。リン濃度については、両河川とも高い濃度ではあるが、渡良瀬川の方が谷田川の3分の1程度のレベルである。このため、両河川水のN/P比は大きく異なる。また、谷田川については、貯水池の機場の直上流ですでにクロロフィル-a濃度が河川としてはかなり高いレベルにあり、貯水池に藻類そのものを大量に供給していると考えられる。

表2-1 渡良瀬貯水池周辺河川の年平均水質の遷移

		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	平均
渡良瀬川	クロロフィル-a( $\mu\text{g/l}$ )	14	13	14	12	16	10			13
	T-N( $\text{mg/l}$ )	3.08	3.00	3.04	3.06	2.87	3.72	3.22	2.94	3.12
	T-P( $\text{mg/l}$ )	0.115	0.132	0.138	0.127	0.131	0.127	0.152	0.120	0.130
	N/P	26.9	22.8	22.1	24.1	21.8	29.3	21.2	24.4	23.9
谷田川	クロロフィル-a( $\mu\text{g/l}$ )	35	41	46	79	35	74			52
	T-N( $\text{mg/l}$ )	4.72	5.03	4.88	5.24	3.95	5.00	4.76	4.16	4.72
	T-P( $\text{mg/l}$ )	0.273	0.413	0.352	0.547	0.410	0.653	0.555	0.430	0.454
	N/P	17.3	12.2	13.9	9.6	9.6	7.7	8.6	9.7	10.4

表2-2 渡良瀬貯水池の年平均水質の遷移（単位：mg/l）

		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	平均
クロロフィル-a( $\mu\text{g/l}$ )		56	80	86	111	102	92	52	79	82
T-N( $\text{mg/l}$ )		1.14	1.24	1.50	1.58	1.37	1.87	1.51	1.27	1.44
T-P( $\text{mg/l}$ )		0.073	0.095	0.065	0.103	0.112	0.137	0.072	0.085	0.093
N/P		15.6	13.1	23.1	15.3	12.2	13.6	21.0	15.0	15.5

### 2.1 渡良瀬貯水池水質の年間変化

本節では、渡良瀬貯水池水質の変化特性の概要について知るために、既往の定期水質調査結果データベースを用いて（1）水温（2）濁度（3）pH（4）溶存酸素（5）リン（6）窒素（7）クロロフィル-aに関して年間変動特性について調べる。水温から溶存酸素の4項目については、平成8年度から定期調査において鉛直分布が測定されているので、この結果を用いて鉛直分布の変化について見ることにする。リン、窒素、クロロフィル-aについては、経時変化を図化することでその変動特性について見ることにする。

ここで用いるデータは、利根川上流工事事務所により測定されたもので、平成4年1月から平成11年12月までの8年間に南、北、谷中の3ブロックで採水した標本について水質分析した結果である。鉛直方向には、平成7年度までは貯水池表層のみ、平成8年度からは表層及び底層の2点で採水されている。測定頻度は、ほぼ1週間に1度の割合で行われている。

### 2. 1. 1 水温

水温は、貯水池における生物の活動を大きく左右すると共に、鉛直方向の水温変化は鉛直方向の密度差の原因となる。鉛直方向の水温差が大きい場合は、鉛直方向の混合が抑制され、表層と底層との間での水の交換が減少することから、鉛直方向の水質変化に大きな影響を与える。

鉛直方向の水温差が大きくなることを成層化と呼ぶが、図2-1-1に示すように渡良瀬貯水池においては、年間を通して強固な成層は形成されない。ただし、例年4月頃から緩やかな成層は認められ、6月中旬にかけての期間中持続する。平成10年（1998年）の様に3月初旬頃から水位が高かった年では、上記期間中の成層は、3月下旬から4月にかけて水位を上昇させた年に比べて、成層形成が始まる際に低温の水が貯水池に大量に存在するため、底層水温が低く保たれて、4月中旬から6月中旬にかけての水温成層は例年より強いものとなっている。

通常、夏期に成層は最も強く形成されるが、本貯水池においては、夏期に水位を低下させて、水深が約3mと浅くなるため、風による混合と夜間の表面冷却による混合により成層の形成が進行しないものと考えられる。

渡良瀬貯水池は、図1-4に示されるように3つのブロックに区画が分かれているが、図2-1-1に示すように3ブロックとも水温変化の様子は類似で、ブロック毎の差はほとんど見られない。

### 2. 1. 2 濁度

濁度は水中に入った光の散乱の度合いを表す指標で、水中懸濁物の量に高い相関を示すものである。例年満水位（水深約6.5m）付近では濁度の値は10~15程度で推移している（図2-1-2）。これに対して水位を低下させている時期には濁度が高くなる傾向がある。特に平成9年（1997年）の2月~4月にかけて水位を低下させたときには濁度が60を越えるに至っているほか、平成8年（1996年）8月、平成11年（1999年）7月にも濁度が上昇している。水位低下時には、底泥が風により巻き上げられることで濁度の上昇が起こったと考えられる。特に平成9年（1997年）の高濁度水は水位が1m近くにまで下げられており、底泥の巻き上げによる影響が特に大きかったことが分かる。

### 2. 1. 3 pH

貯水池水のpHは、7~9.5の範囲で変化している（図2-1-3）。pHに影響を与える要因として植物性プランクトンによる光合成が挙げられる。光合成が盛んになると水中の炭酸を摂取するため、pHが上昇する。表層においてpHの値が9を越える時期の植物性プランクトンの活動は活発であったことが示唆される。

### 2. 1. 4 溶存酸素

溶存酸素濃度の変化は、貯水池の水温構造に大きく影響を受ける。水中の酸素飽和濃度は水温の関数で表すことができるが、水温が上がるにつれて飽和濃度は下がる。このため、冬期は溶存酸素濃度が高く、夏期には下がる。

溶存酸素は水面からの曝気により供給され、また植物性プランクトンの光合成によっても増加する。酸素消費については、底泥における微生物による有機物の分解に伴うものが主なものと考えられる他、水生動物による消費も考えられる。

溶存酸素濃度の年間変化を図2-1-4に、また酸素飽和濃度が水温により変化することから、水温を考慮した酸素飽和度について図2-1-5に示す。年間水温変化から、本貯水池では強い成層が形成されないことが分かっているが、溶存酸素濃度の分布にもこの水温構造が大きく影響しており、貯水池がほぼ完全に混合している10月中旬から3月中旬までの期間は全貯水池的にほぼ飽和濃度で推移する。4月下旬から6月中旬にかけて弱いながらも水温成層が形成される時期には、底泥による酸素消費が水面からの曝気による酸素供給を上回り、底層付近に低酸素水塊が形成される。平成10年(1998年)の様に3月初旬から水位が高い年は、成層が比較的強く形成され底層への酸素の供給が抑制されるため、底層水温が低いにも関わらず、4月下旬から6月中旬にかけて底層における酸素の欠乏は大きくなっている(図2-1-5)。

6月中旬から9月下旬までの低水位の状況では、底層において、表層に比べて酸素濃度が低下する時期もあるが、溶存酸素濃度が3mg/lを切るような低酸素水塊の発達は見られない。夏期には水温の上昇により底泥の温度も上昇し、微生物活動の活発化による酸素消費は増加していると考えられるが、水深が浅くなるために水面からの酸素供給により低酸素水塊の発達が抑制されていると考えられる。

貯水池表層においては、植物性プランクトンの光合成が活発になると溶存酸素濃度が過飽和となる。本貯水池表層においても、4月から10月にかけて、過飽和になる時期が多く見受けられる(図2-1-5)。

#### 2.1.5 リン

リン濃度については、全リン(T-P)およびオリトリン酸態リン( $\text{PO}_4\text{-P}$ )について測定されている。T-Pについては年間を通して通常0.05~0.2(mg/l)のレベルで変動している(図2-1-6)。平成9年(1997年)の1月下旬から4月上旬にかけてと平成11年(1999年)の3月の2回にT-Pが非常に高くなることがあったが、これらの現象が発生した際には貯水位が非常に低下しており(1997年は1m、1999年は2m程度)、水位が非常に低くなったために底泥が巻き上げられて、これほど高い値を示した特異な現象と考えられる。

リン濃度については、河川からの流入により上昇する場合と貯水位を下げたときに上昇する場合の2通りの上昇過程が存在すると見受けられる。このことについては、2.3節において後述する。

平成8年(1996年)4月より、表層に加えて底層においてもリン濃度の計測が行われているが、表層と底層の間での濃度差はT-P、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 共にあまり見られず、ほぼ同程度の濃度である(図2-1-6)。(図ではT-P、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 共1997年の1月下旬から4月上旬にかけて表層と底層の差が大きいように見えるが、これは、この期間中の $\text{PO}_4\text{-P}$ 観測が無かったが、図ではこの間のプロットを結んでいるため、差があるように見えるためである。19

99年3月に底層で T-P, PO<sub>4</sub>-P 共に表層に比べて非常に高い値を示しているのは、このとき水位が非常に下がり、底泥の巻き上げにより底層濃度が極めて高くなったためである。）

また年ごとに見た場合、T-P 濃度については特に大きな変化傾向は見受けられないが PO<sub>4</sub>-P 濃度については、平成4年（1992年）から平成7年（1995年）の変化に比べて、平成8年（1996年）以降に高濃度を示すことが多くなっている。PO<sub>4</sub>-P は植物性プランクトンが速やかに利用することが可能な形態であることから、平成8年（1996年）以降に高濃度を示すことが多くなったことについては、平成2年の運用以来リンが底泥に蓄積されて夏期のリンの溶出量が増加している可能性もあり、注目すべき現象である。

### 2. 1. 6 窒素

窒素濃度については、全窒素 (T-N)、アンモニア態窒素 (NH<sub>4</sub>-N)、亜硝酸態窒素 (NO<sub>2</sub>-N)、硝酸態窒素 (NO<sub>3</sub>-N) に関して測定が行われている。T-N については年間を通して通常 1.0～3.0(mg/l)のレベルで変動している（図2-1-7）。図には T-N と共に無機態要素の濃度についても同時に示している。緑の線が NO<sub>2</sub>-N 濃度で、青の線と緑の線との差分が NO<sub>3</sub>-N 濃度で、赤の線と青の線との差分が NH<sub>4</sub>-N で、赤の線は無機態窒素の合計を示している。

窒素濃度の変動に関してはかなり明確な特性が見られる。すなわち、河川からの流入により T-N が無機態窒素の上昇を伴って上昇し、その後植物性プランクトンによる摂取による無機態窒素の減少、植物性プランクトンの捕食、死滅などにより懸濁態の沈降として起こると考えられる T-N の減少が繰り返されている。無機態窒素の構成はそのほとんどが NO<sub>3</sub>-N で占められており、NH<sub>4</sub>-N と NO<sub>2</sub>-N 濃度は低いレベルにある。

窒素濃度についてもリン同様、水位低下時に濃度上昇あるいは濃度低下の停止が見られる。この際に特徴的なのは、無機態窒素のうちアンモニア態窒素 (NH<sub>4</sub>-N) の割合が高く、窒素濃度の上昇が底泥からのアンモニア態窒素 (NH<sub>4</sub>-N) の溶出による影響を受けたものであることが示される。

窒素についても、表層と底層との間の濃度差はほとんどなく、鉛直方向の成層は見られない。

### 2. 1. 7 クロロフィル a

クロロフィル a 濃度は、高い N, P 濃度を反映して高水準で推移している。値は年間を通して 50～200(μg/l)程度である。図2-1-8に示されるように、クロロフィル a 濃度の上昇は河川水の流入に伴う場合（緑印）と、水位が低下したときの栄養塩濃度の上昇に伴う場合（赤印）に分けられる。

河川水流入に伴うピークは、河川水により供給された栄養塩を植物性プランクトンが利用し増殖することで起こり、その後1ヶ月程度で流入前のレベルにまで減少するケースが多い。これは、植物性プランクトンが無機態の栄養塩を利用しつくした後、死滅や捕食により沈降する量が底泥から回帰する栄養塩を用いて増殖する植物性プランクトン量の増加を上回るために、ピーク形成後は減少に移行するものと考えられる。

夏期制限水位への移行のための水位低下に伴うクロロフィル a のピークは8月に見ら

れることが多い。夏期制限水位時のクロロフィルー a のピークは底泥からの栄養塩回帰量に規定されていると考えられるため、8月までは栄養塩回帰量が多いが、9月以降は減少し（特にリン）、このような結果となっていると思われる。

### 2. 1. 8 考察

定期水質調査結果の検討から、渡良瀬貯水池の水質変化についての概略が示された。本貯水池の大きな特徴は、水深の浅さに起因する混合型の貯水池であり、水温成層は4月から6月中旬にかけての満水位の時期に緩いものが形成されるだけである。

通常の貯水池では成層が強く形成される夏期に、水位が低下することで混合が進むという本貯水池の水温構造により、富栄養化が進んでいるにも関わらず、夏期の底層における溶存酸素の欠乏が顕著に見られない。

一般的には夏期の底層における貧酸素水塊の発達が生じた底泥からの栄養塩の溶出を促進するとされているが、本貯水池においては、平成8年（1996年）から平成11年（1999年）の間で最も底層での溶存酸素が低下した平成10年（1998年）の5月においては、窒素、リン共に濃度上昇は見られなかった（図2-1-4、2-1-6、2-1-7）。むしろ底泥からの栄養塩回帰による貯水池水の栄養塩濃度上昇は夏期の水位低下時に顕著に見られ、底層の溶存酸素が欠乏していなくても水位低下時に底泥からの栄養塩回帰が活発に起こっていると考えられる。この水位低下時の底泥からの栄養塩回帰に伴い、クロロフィルー a 濃度の上昇がおこることが多い（図2-1-8）ことから、本貯水池の植物性プランクトン増殖への底泥の寄与は、底層の溶存酸素濃度低下時にはなく水位低下時に大きいことが分かる。

クロロフィルー a 濃度の顕著な上昇により示される植物性プランクトンの大量増殖（ブルーム）は、河川水の流入があった後と水位低下時に起こることが示された。ただし、水位低下時については、水位が極端に浅くなると様相が異なる。例えば、平成9年（1997年）3月には水位が低下した。このとき、クロロフィルー a は水位低下に伴い一旦 200  $\mu\text{g/l}$  程度のピークを示した後、水位はさらに極端に低下し（水深 1m 程度）底泥が激しく巻き上げられ、このため全リン濃度は 0.3mg/l に達したが、クロロフィルー a 濃度は約 50  $\mu\text{g/l}$  にまで低下した（図2-1-6、2-1-8）。この例が示すように、水深が 1m 程度と極端に浅くなると、底泥の巻き上げによる栄養塩濃度の上昇（特にリン）が起こるものの、濁度の値も上昇していることから（図2-1-2）、光制限となり、植物性プランクトンの増殖は抑制されるものと考えられる。

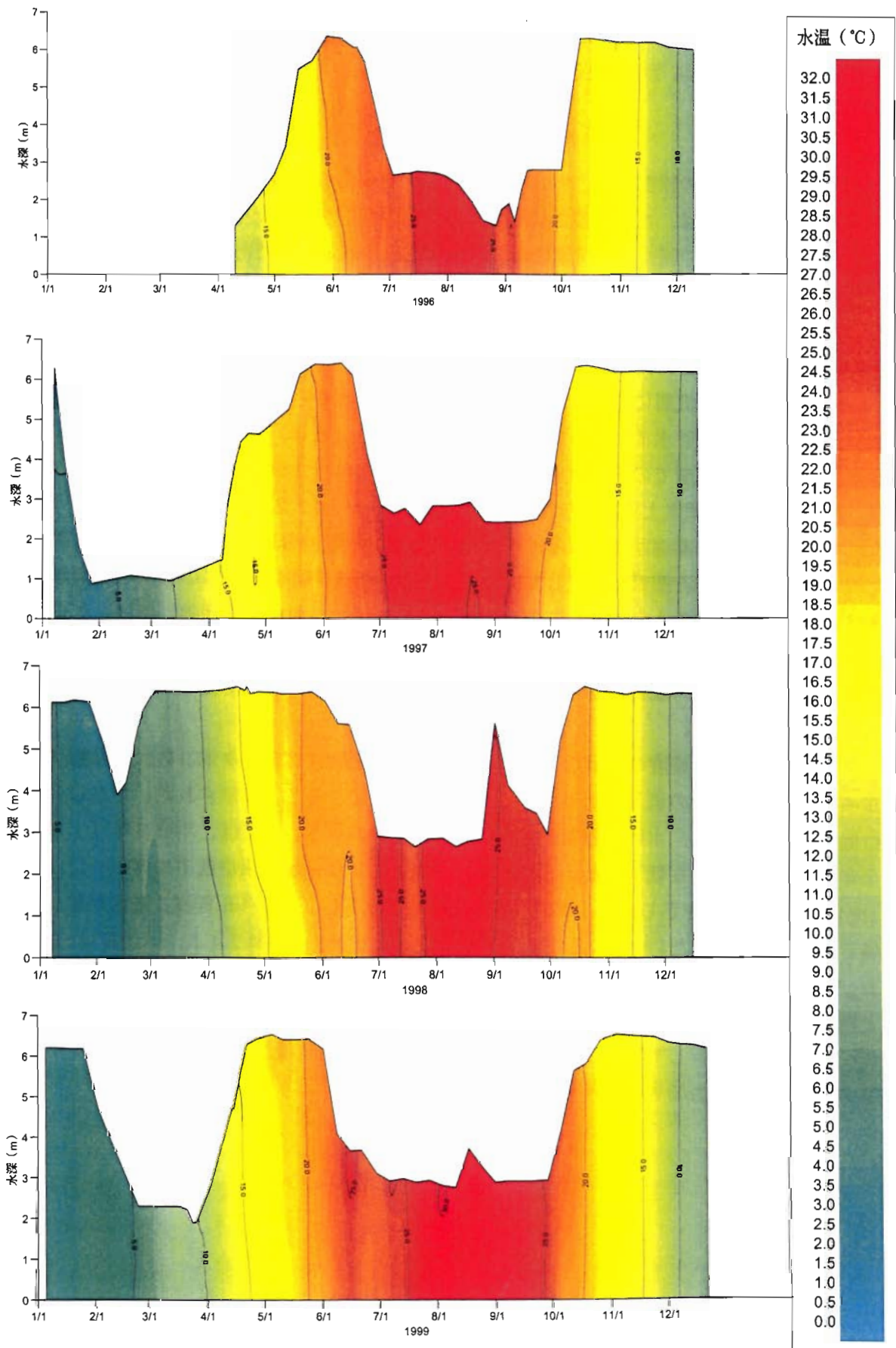


図 2 - 1 - 1 ( 1 ) 南ブロック水温鉛直分布 ( '96~'99 )



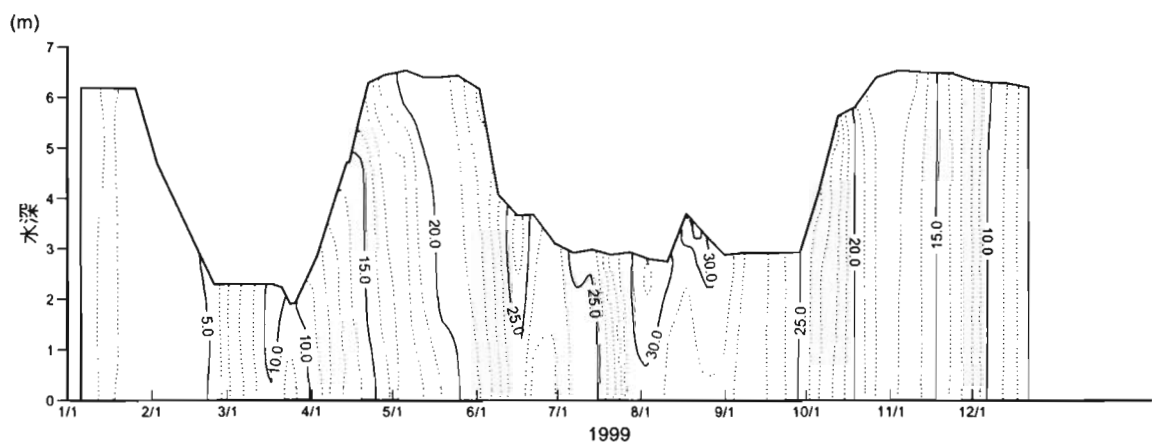
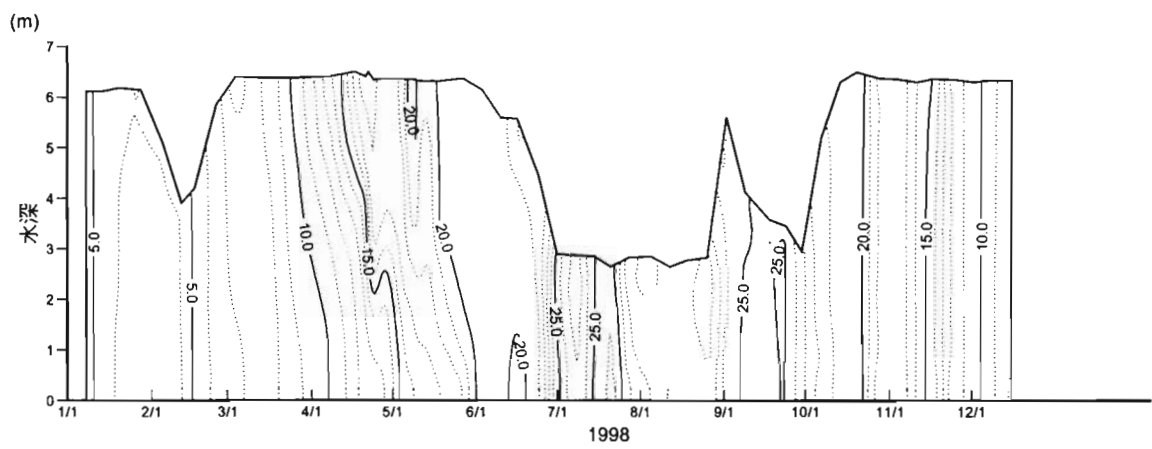
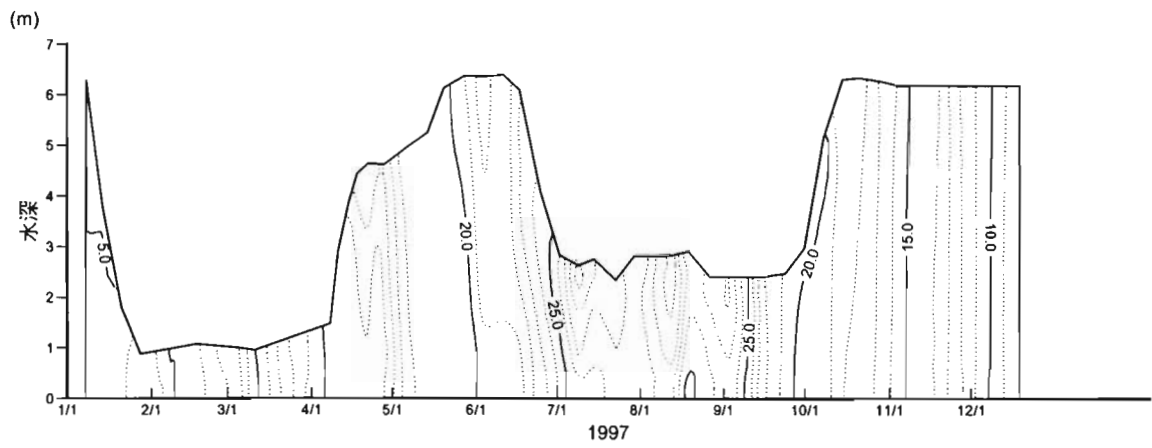
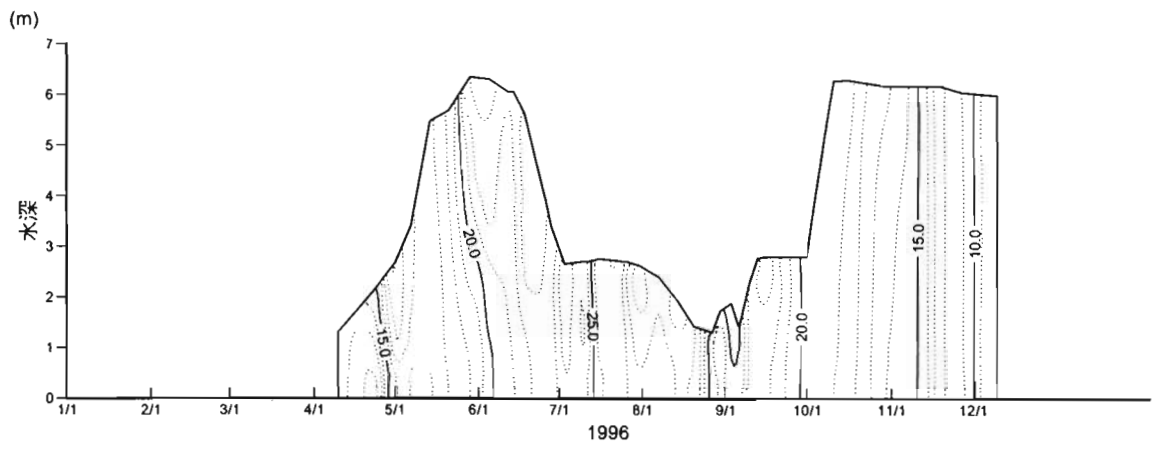


図 2 - 1 - 1 (2) 北ブロック水温鉛直分布 ('96~'99)

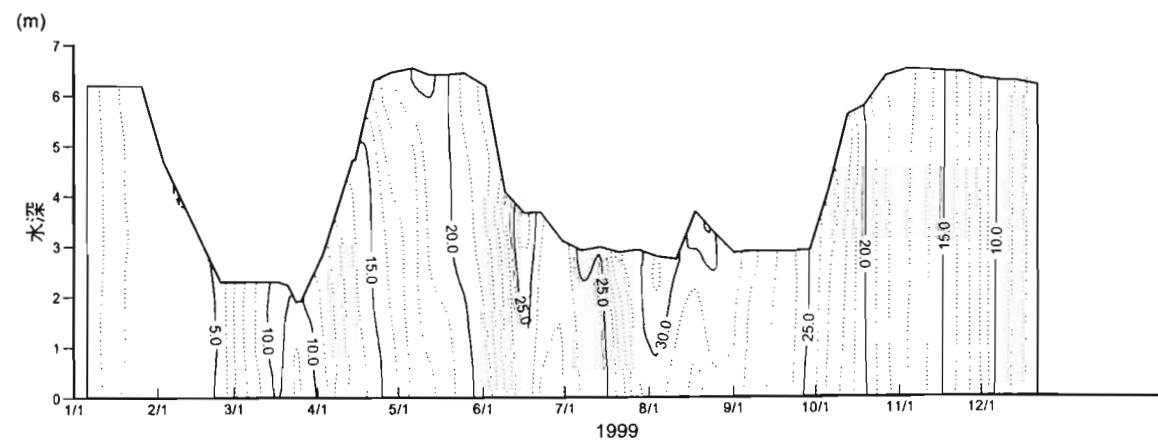
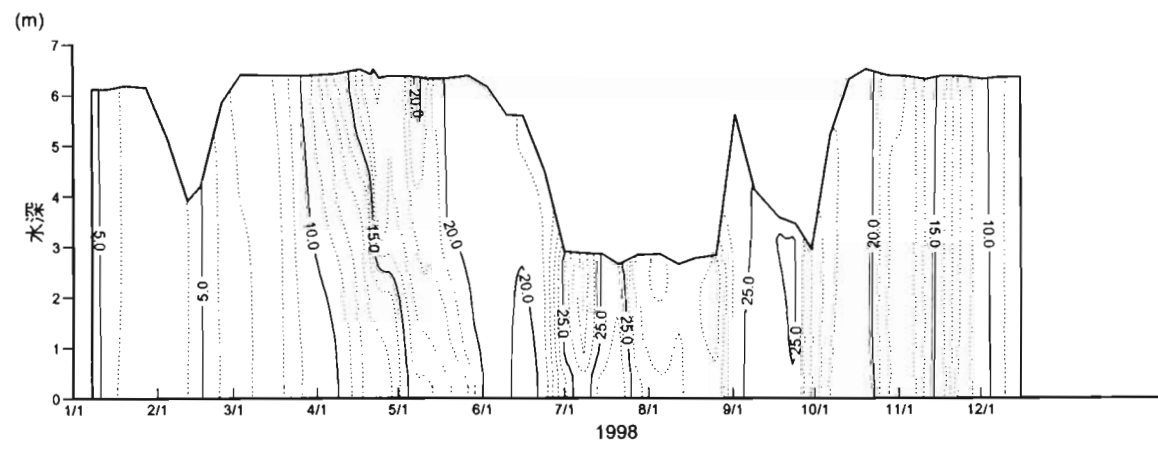
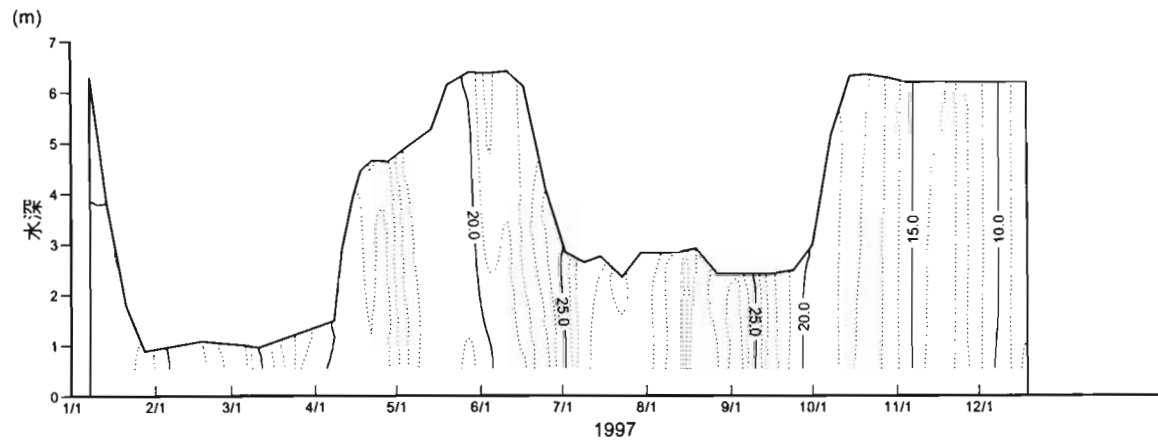
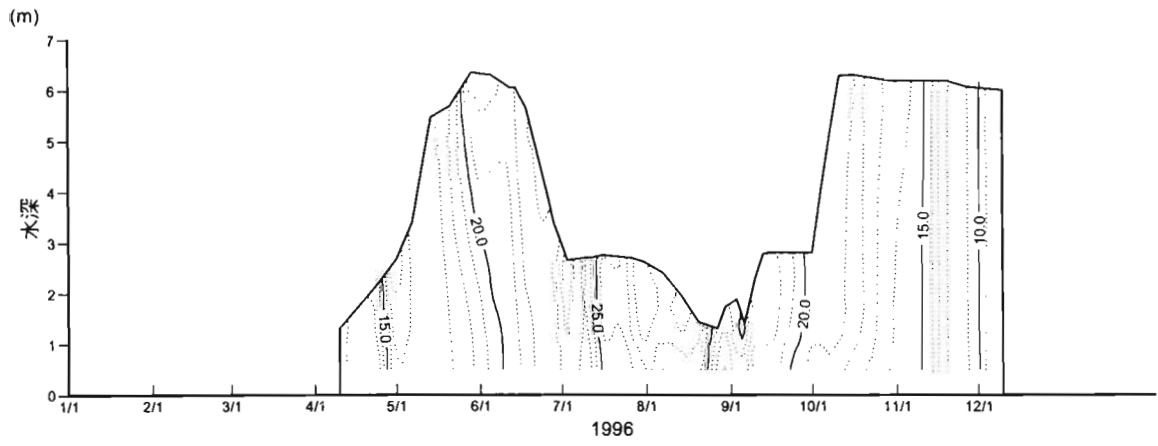


図 2 - 1 - 1 ( 3 ) 谷中ブロック水温鉛直分布 ('96~'99)

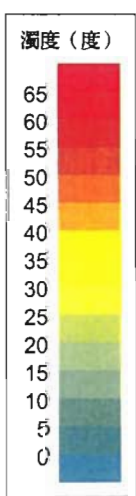
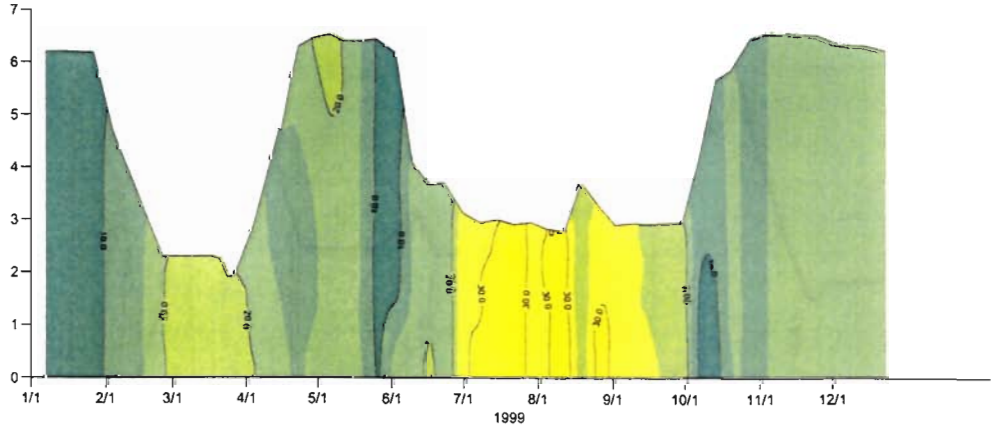
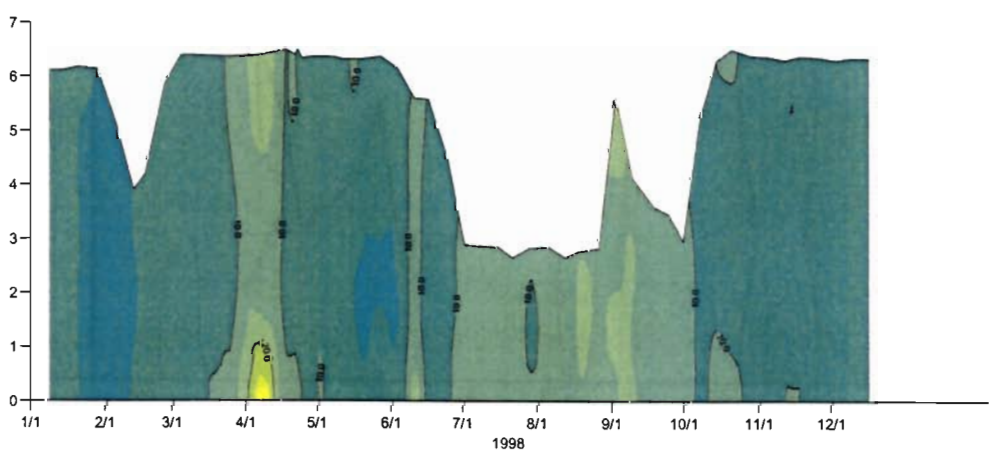
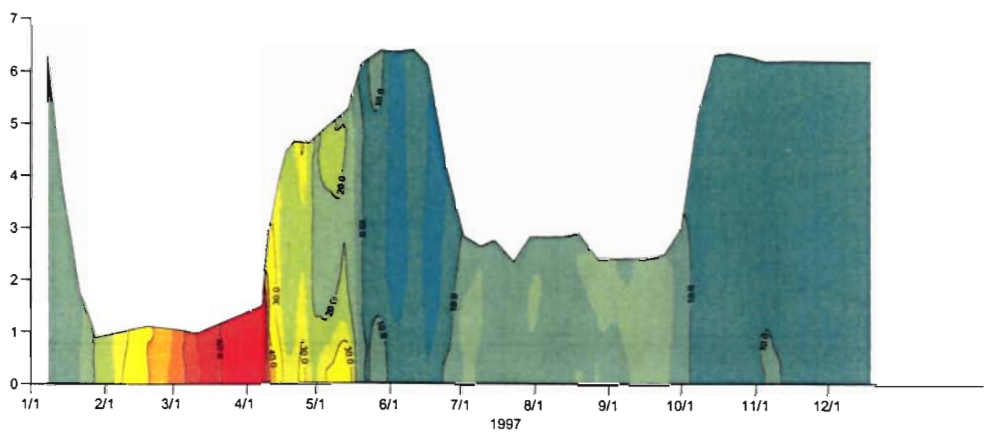
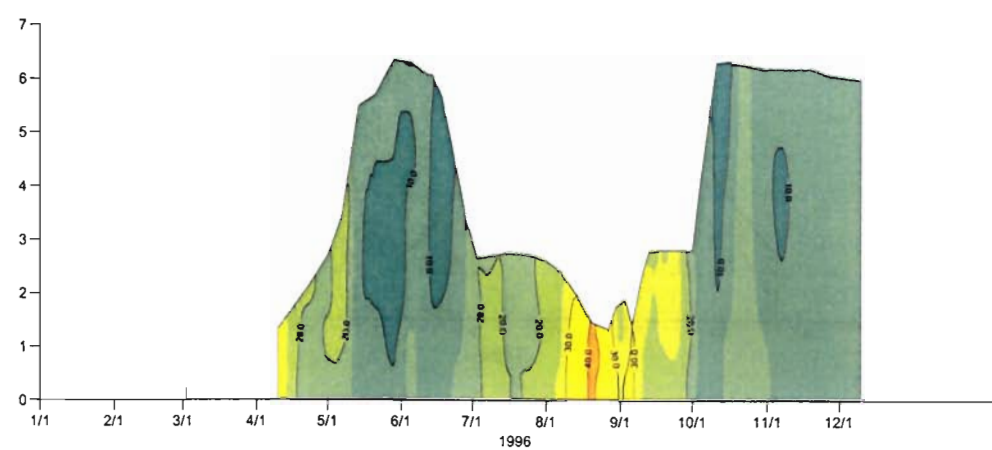


図 2 - 1 - 2 ( 1 ) 南ブロック濁度鉛直分布 ('96~'99)

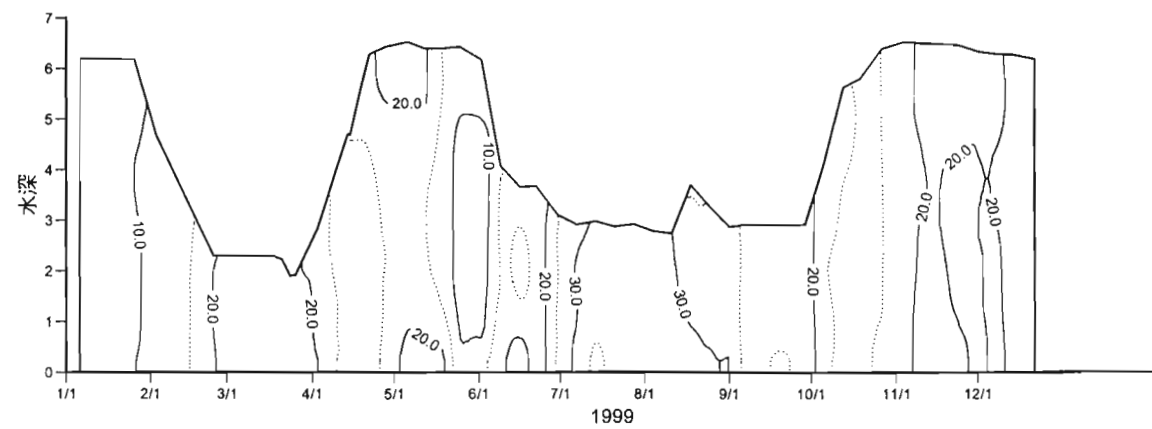
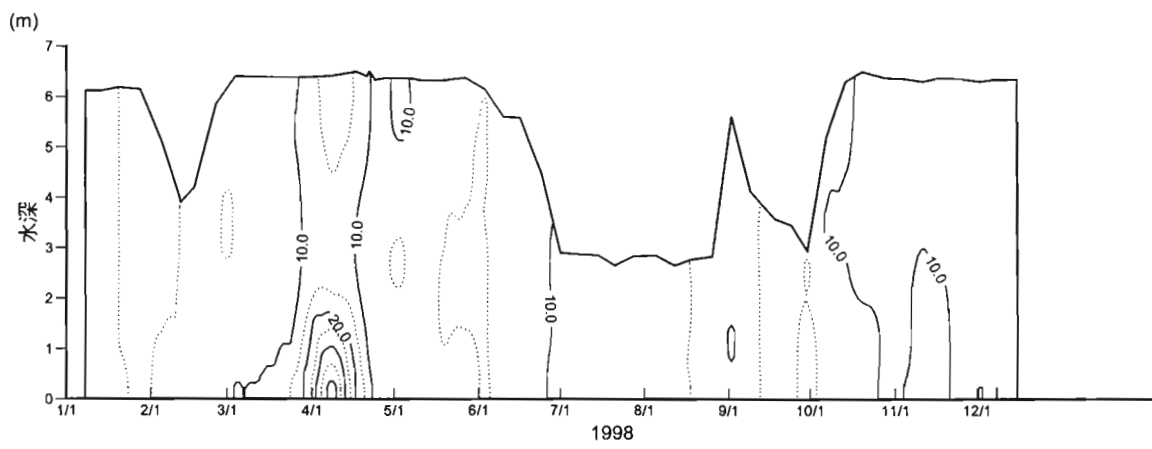
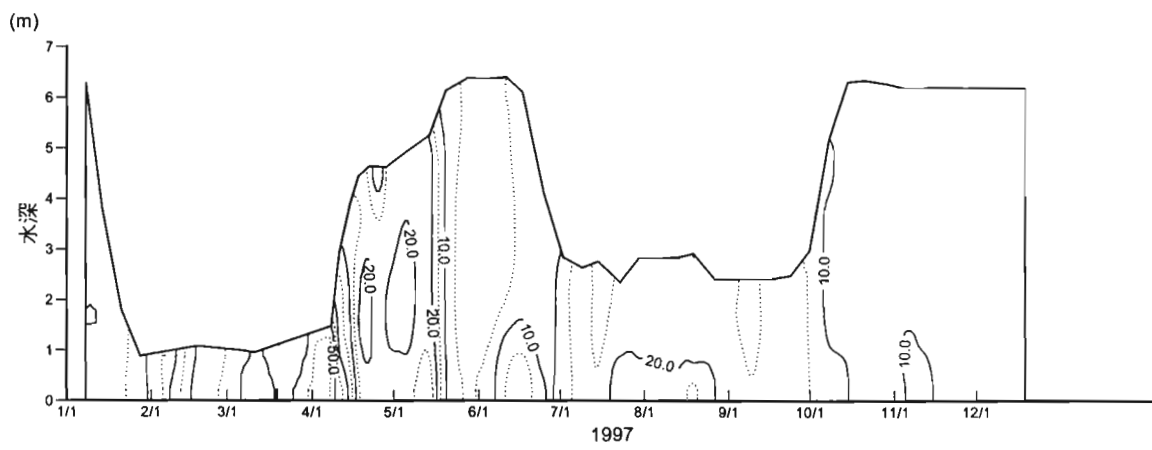
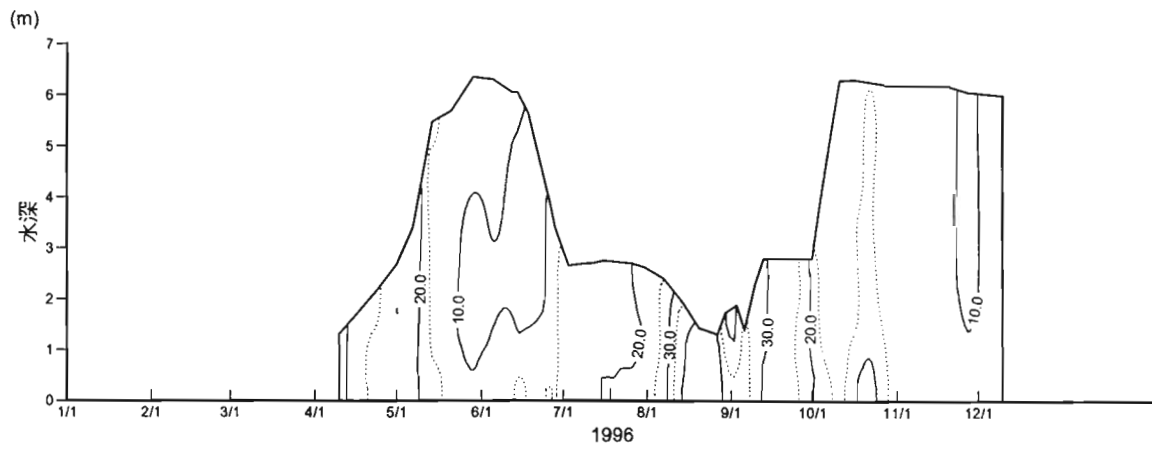


図 2 - 1 - 2 (2) 北ブロック濁度鉛直分布 ('96~'99)

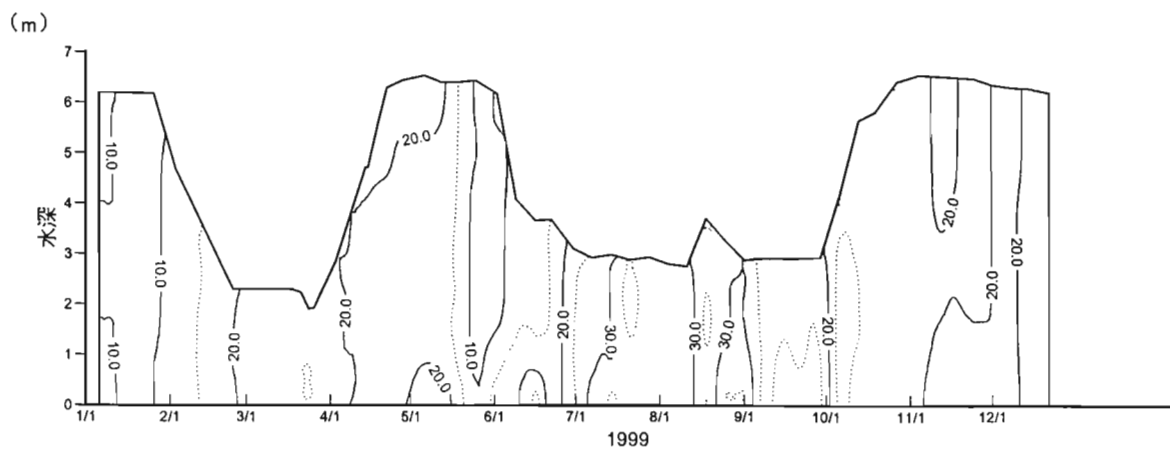
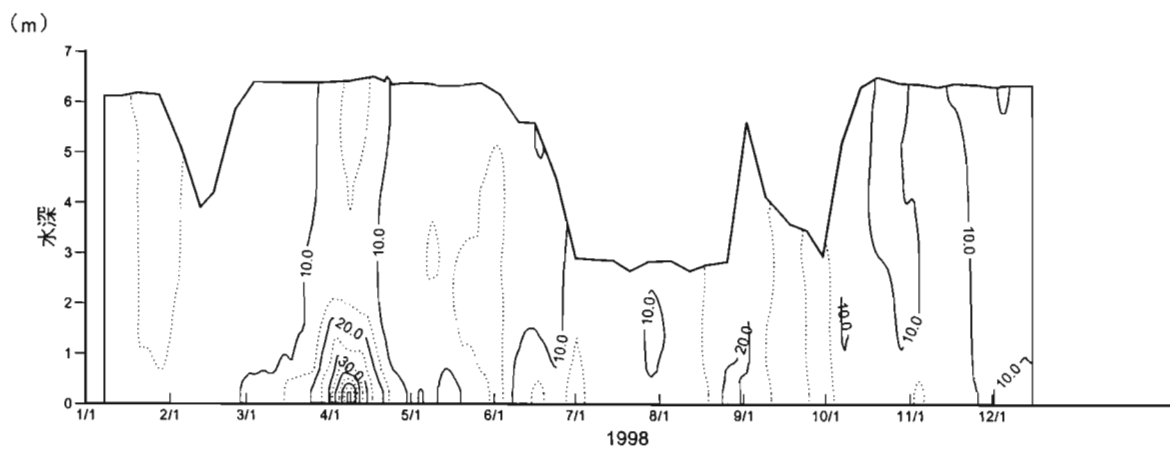
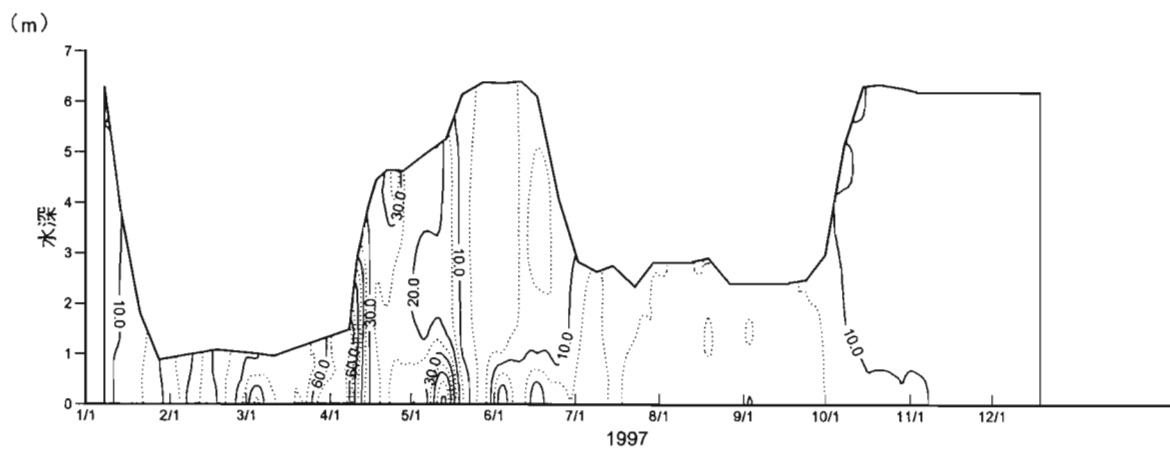
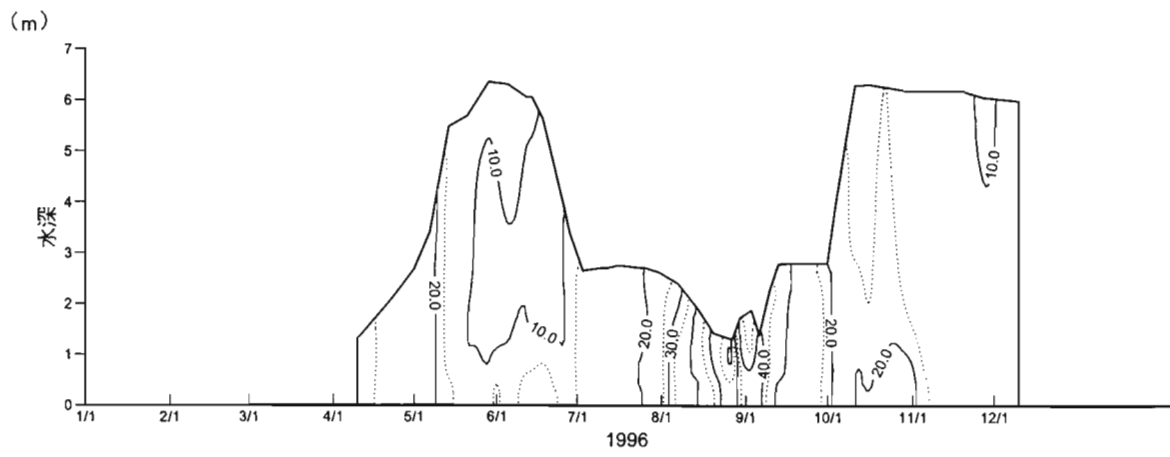


図 2 - 1 - 2 (3) 谷中ブロック濁度鉛直分布 ('96~'99)

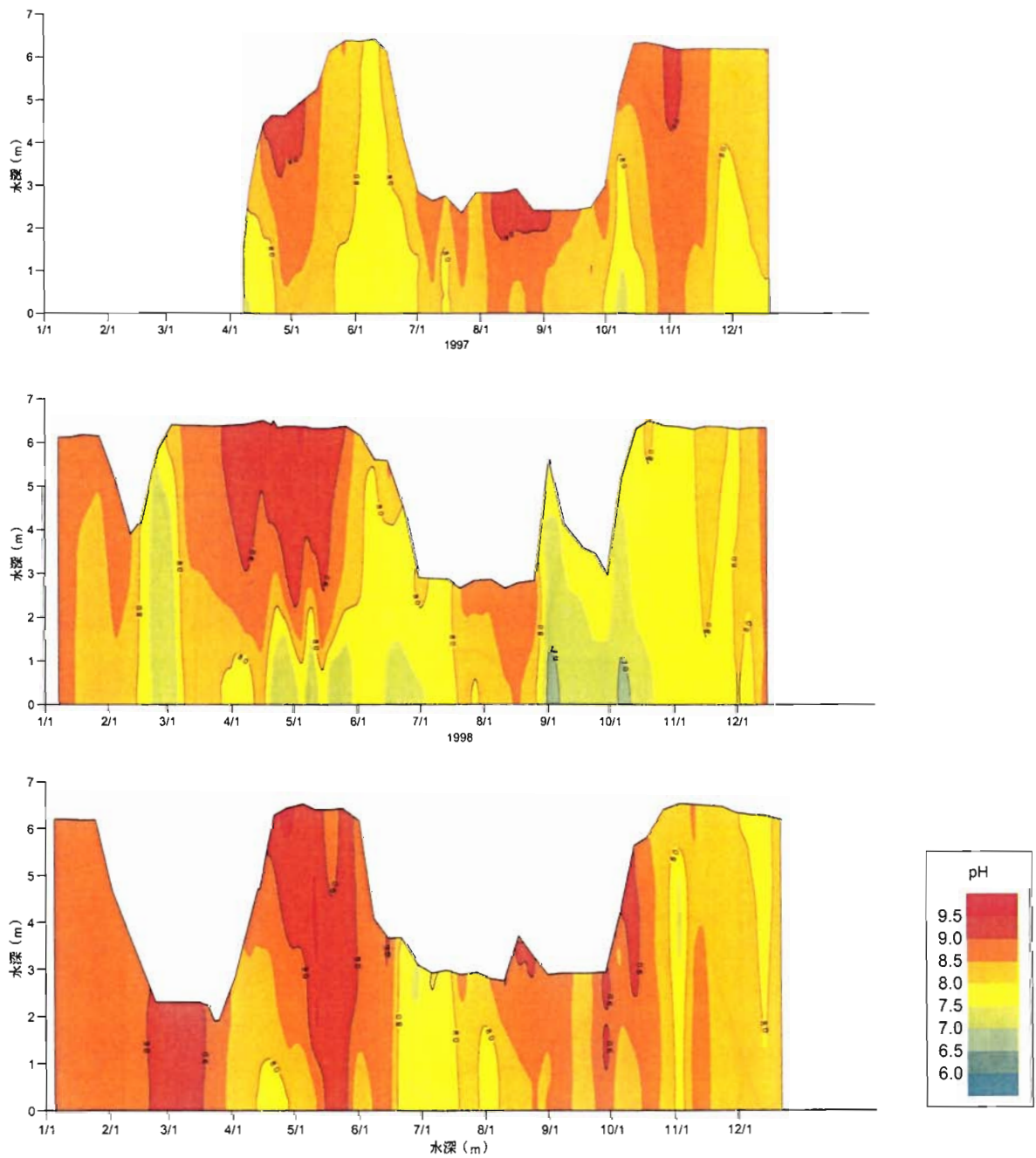


図 2 - 1 - 3 ( 1 ) 南ブロックpH鉛直分布 ('97~'99)

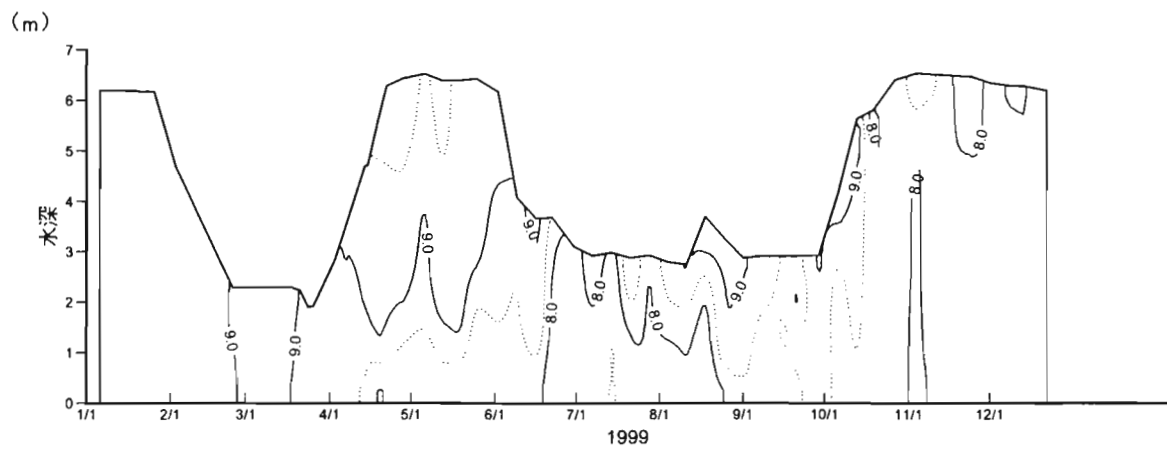
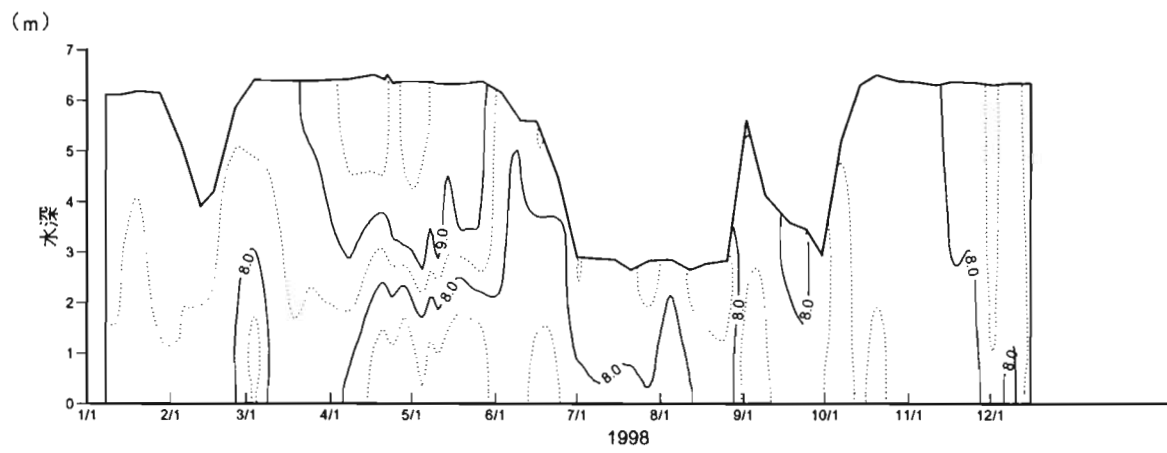
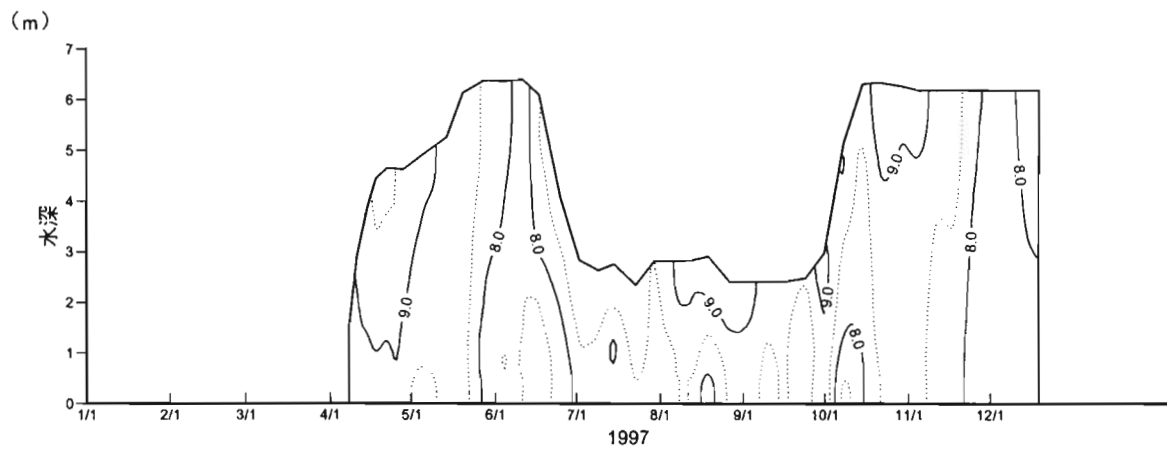


図 2 - 1 - 3 ( 2 ) 北ブロックpH鉛直分布 ('96~'99)

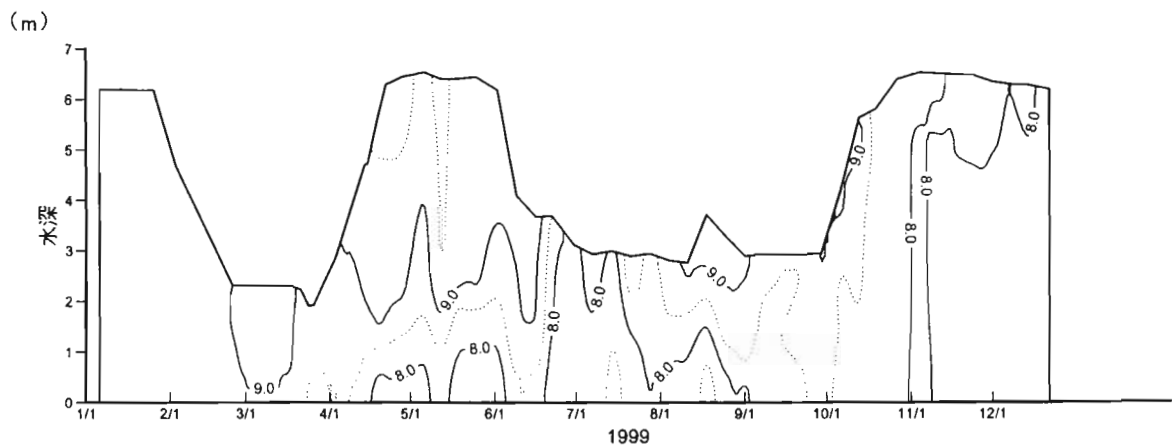
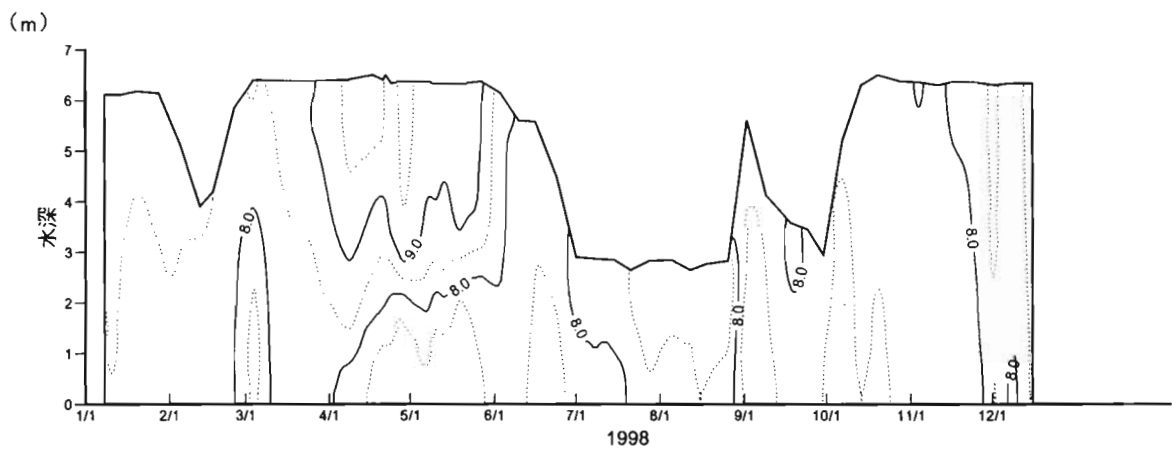
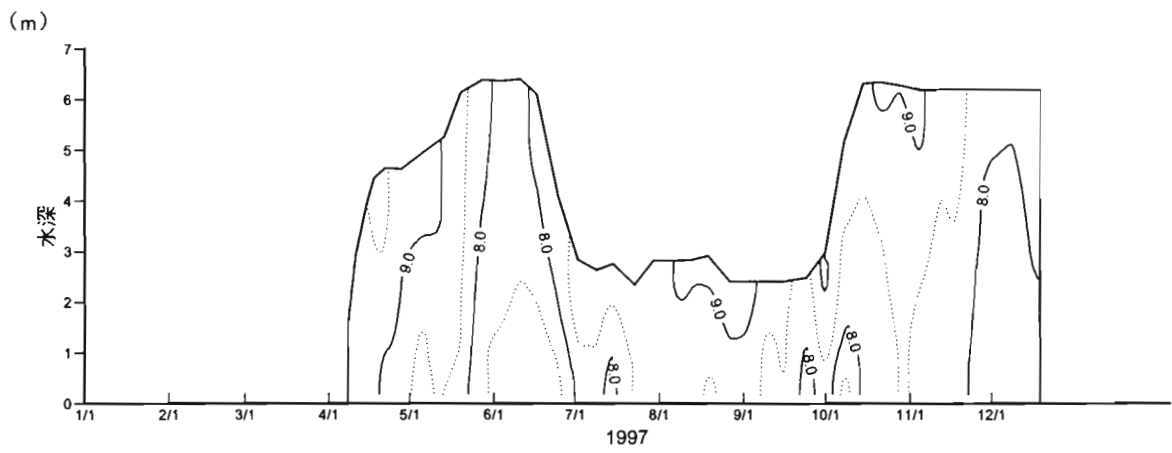


図 2 - 1 - 3 (3) 谷中ブロックpH鉛直分布 ('97~'99)



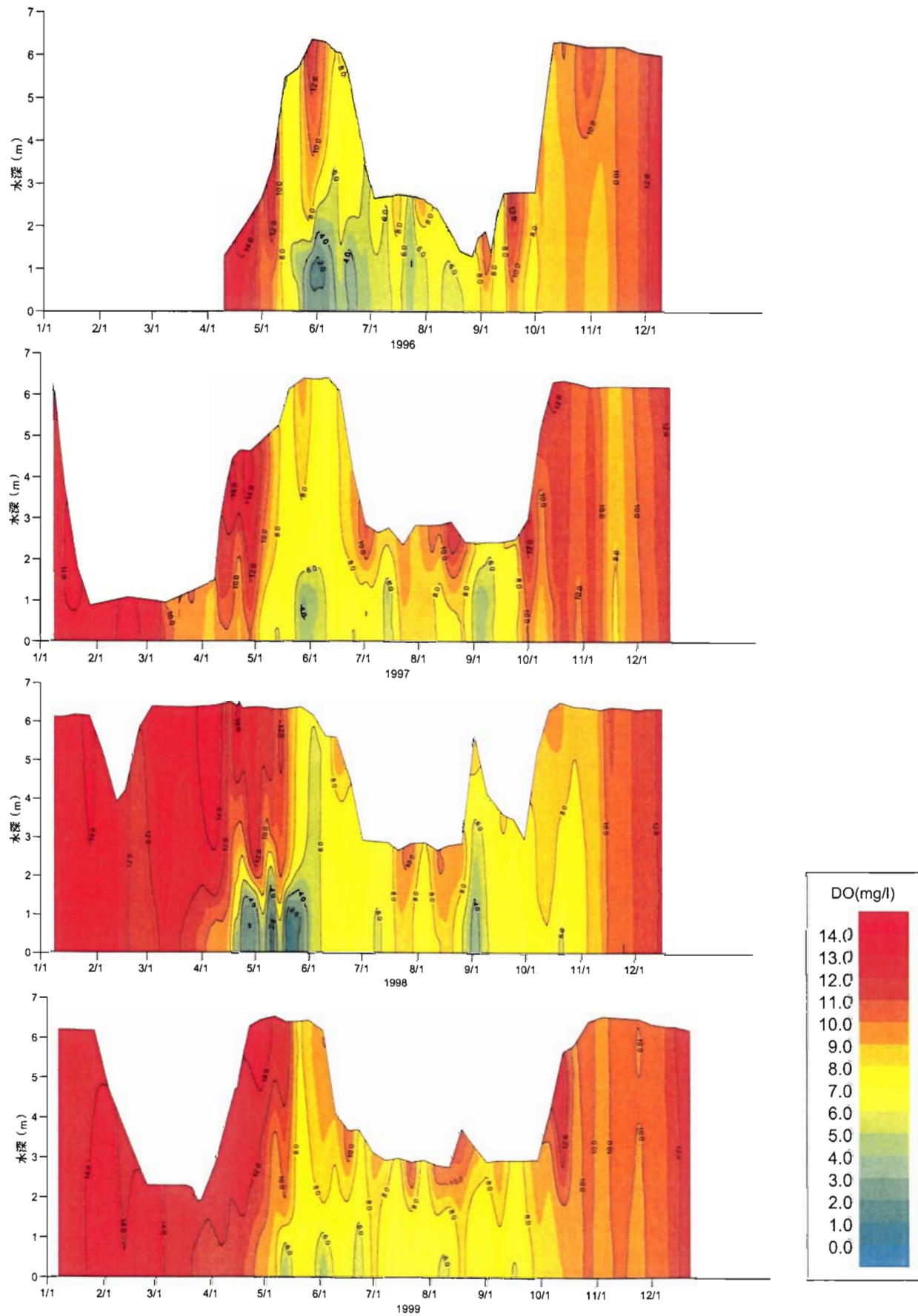


図 2 - 1 - 4 ( 1 ) 南ブロックDO鉛直分布 ('96~'99)

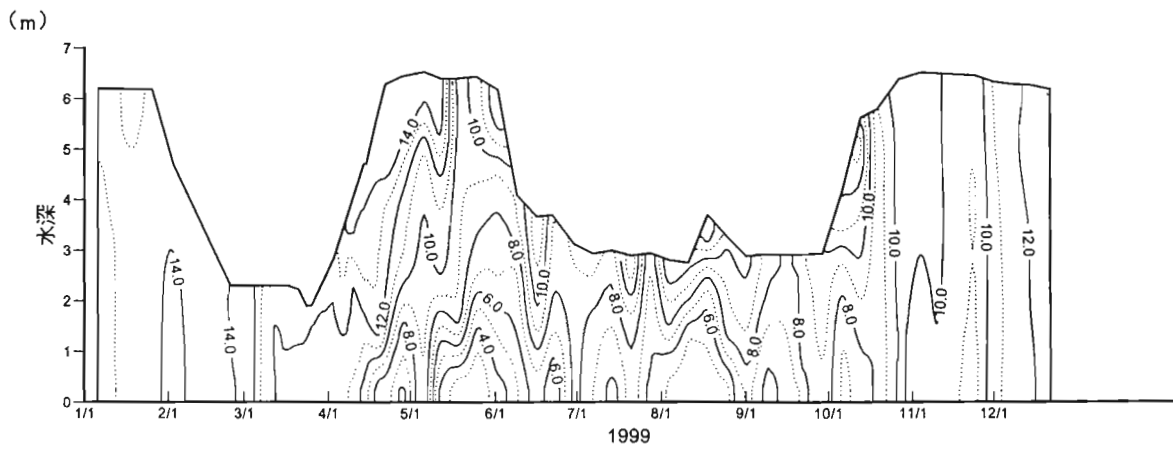
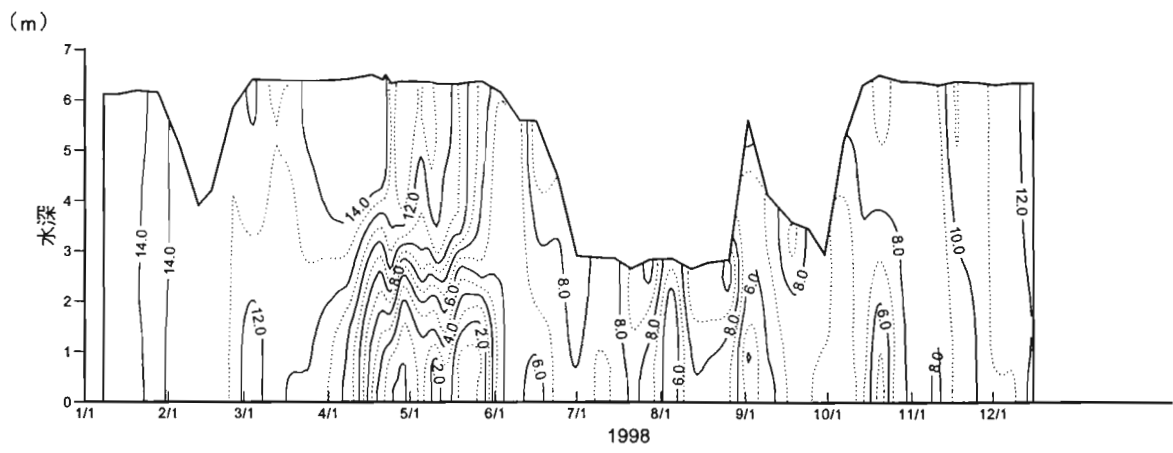
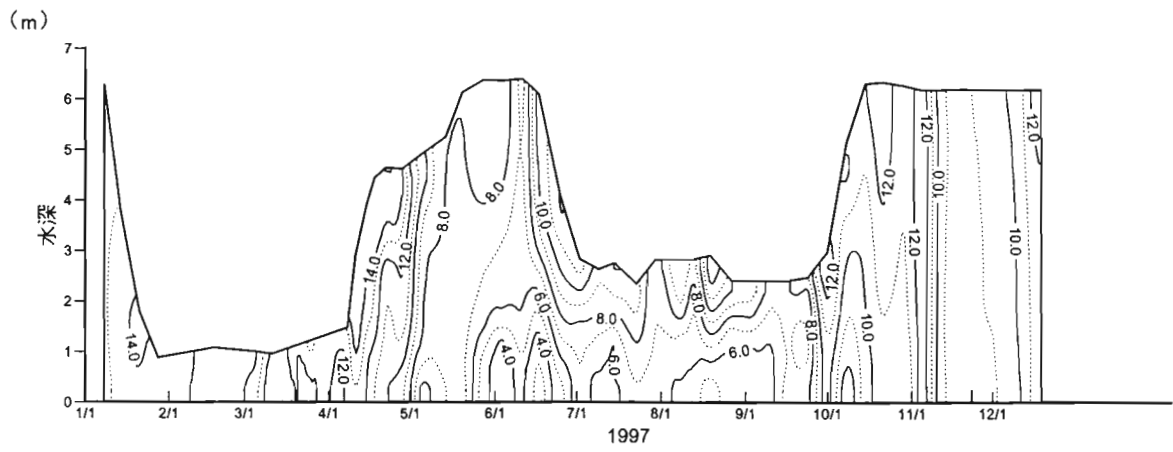
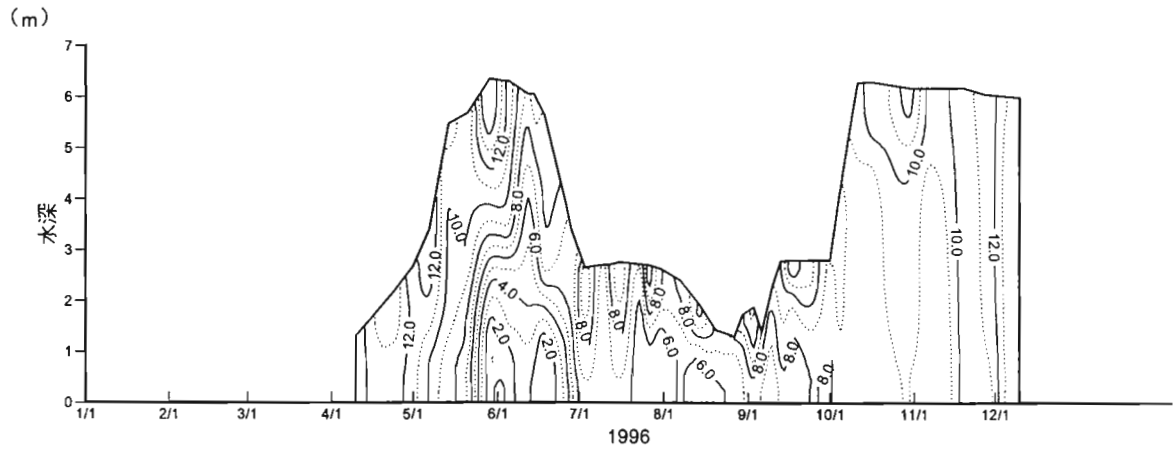


図 2 - 1 - 4 ( 2 ) 北ブロックDO鉛直分布 ('96~'99)

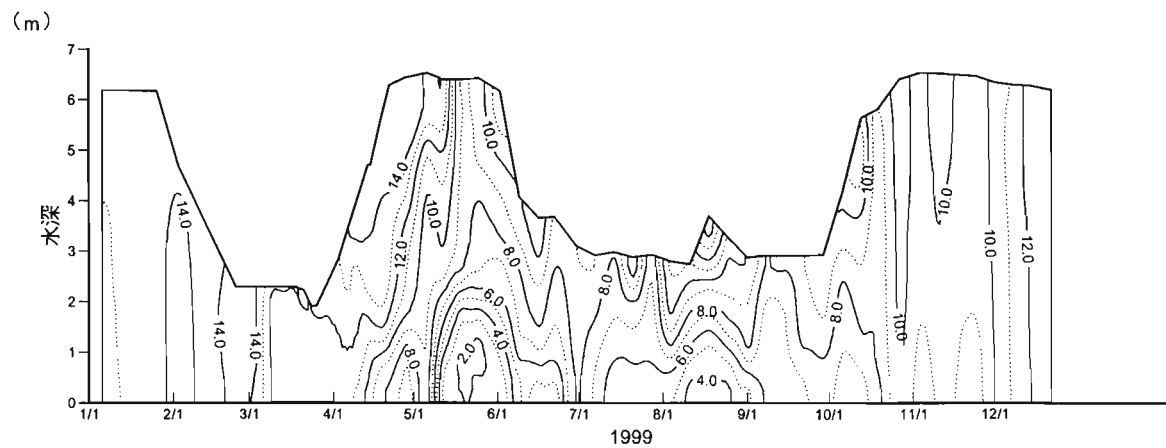
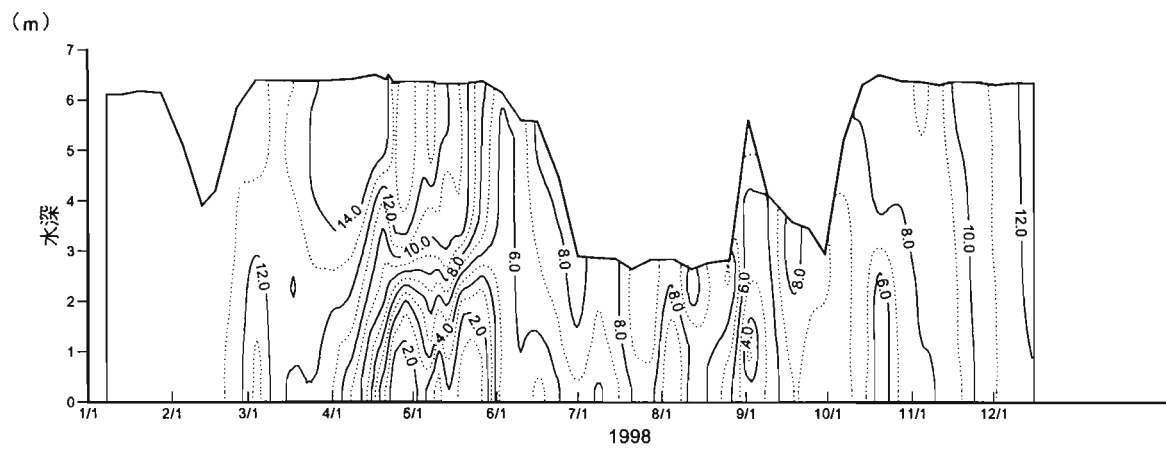
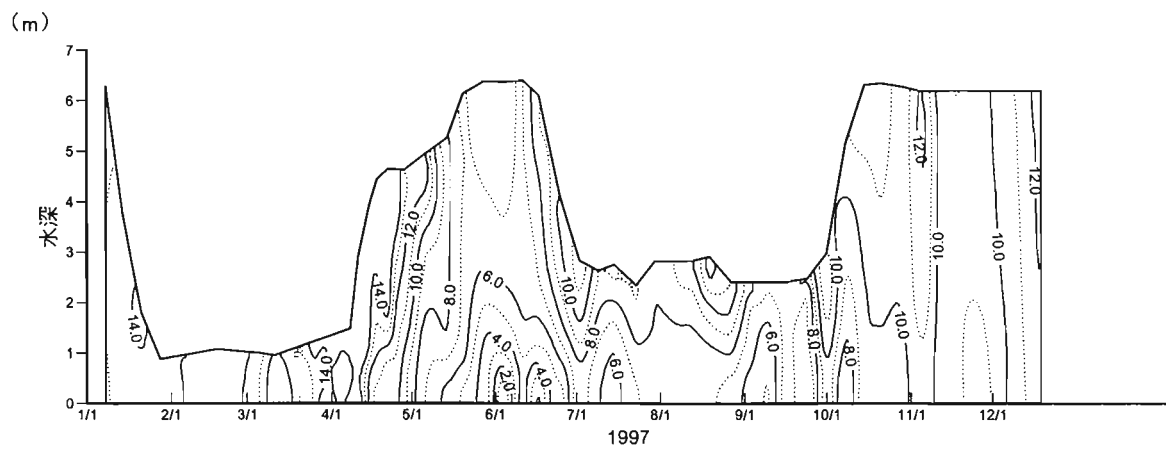
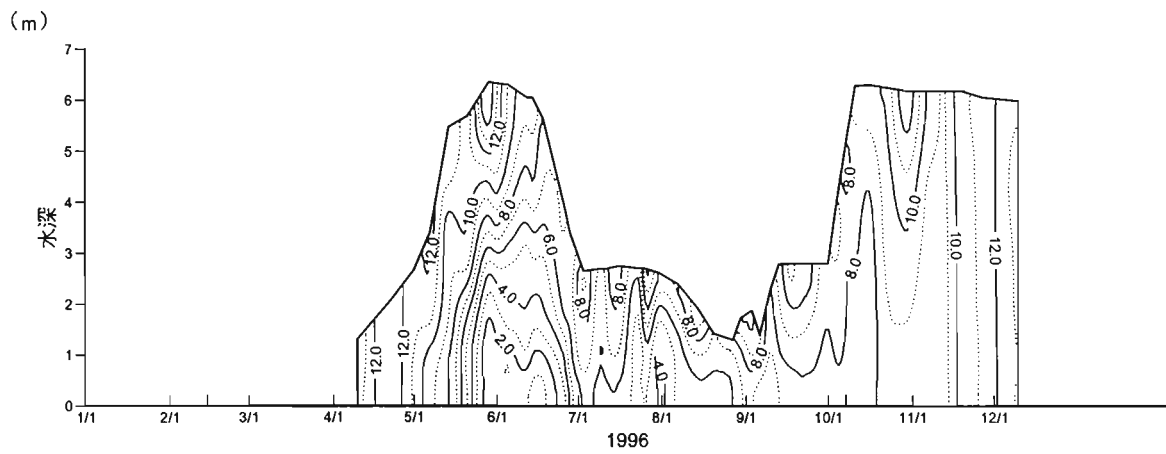


図 2 - 1 - 4 ( 3 ) 谷中ブロックDO鉛直分布 ('96~'99)

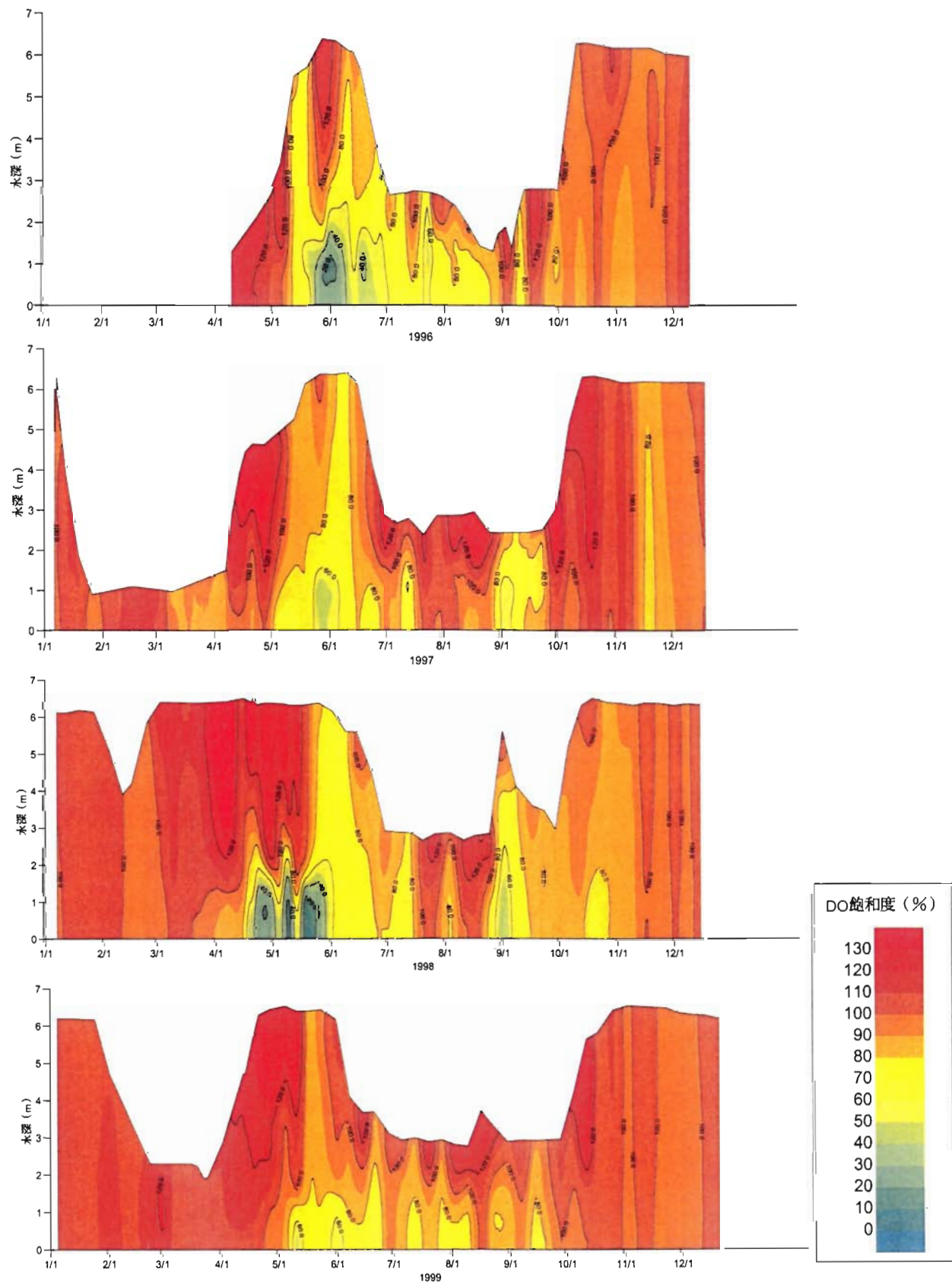


図 2 - 1 - 5 ( 1 ) 南ブロックDO飽和度鉛直分布 ('96~'99)

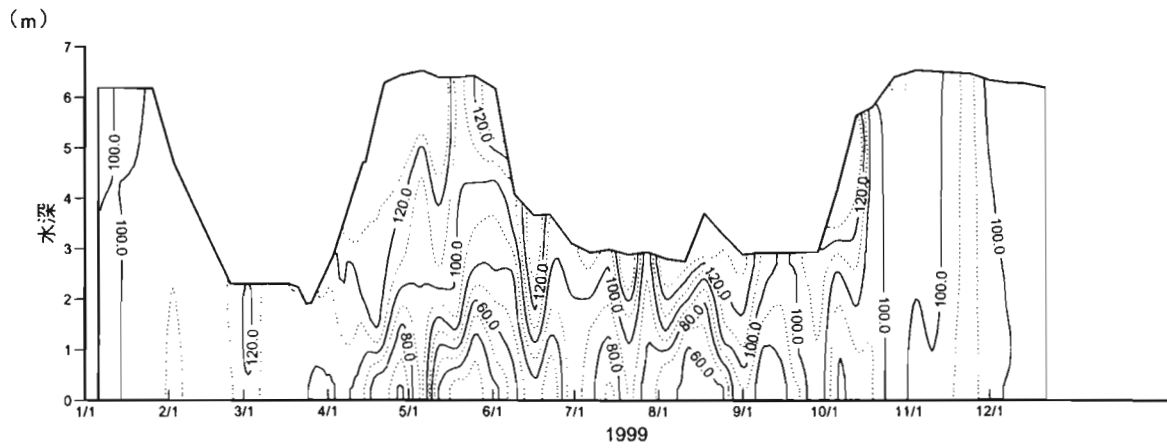
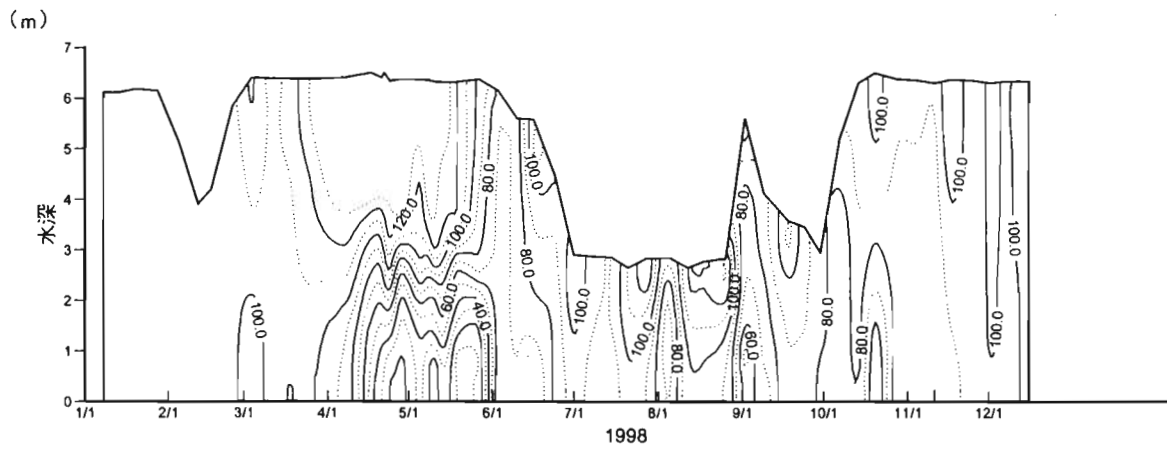
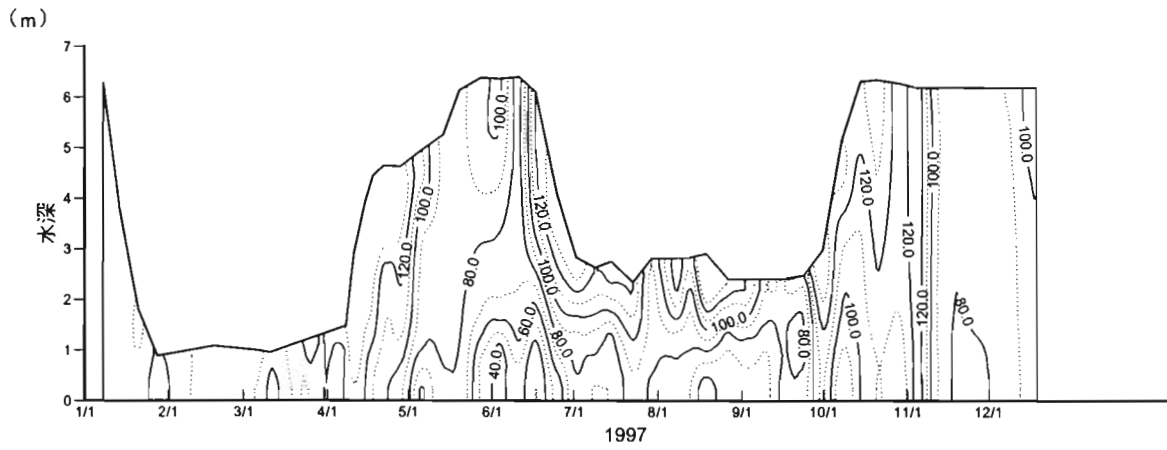
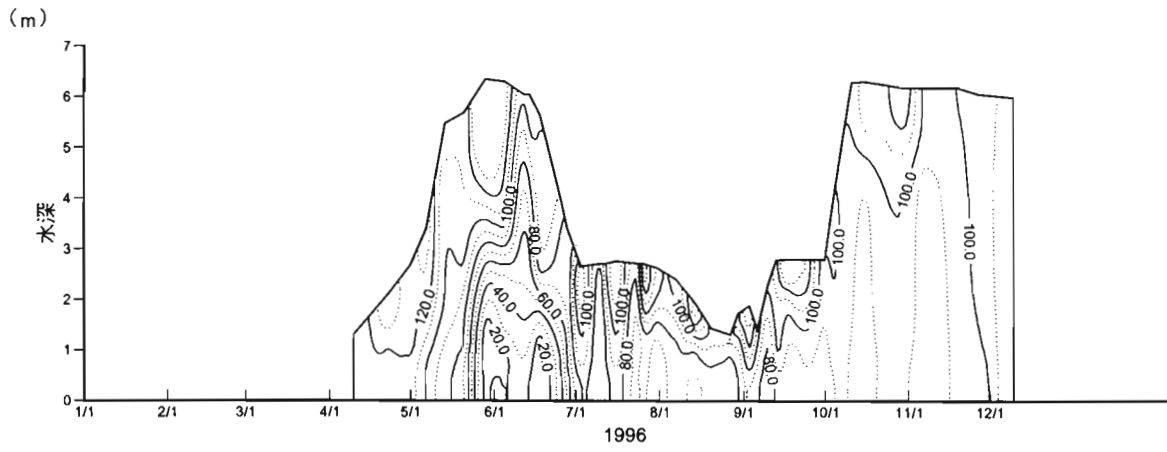


図 2 - 1 - 5 ( 2 ) 北ブロックDO飽和度鉛直分布 ('96~'99)

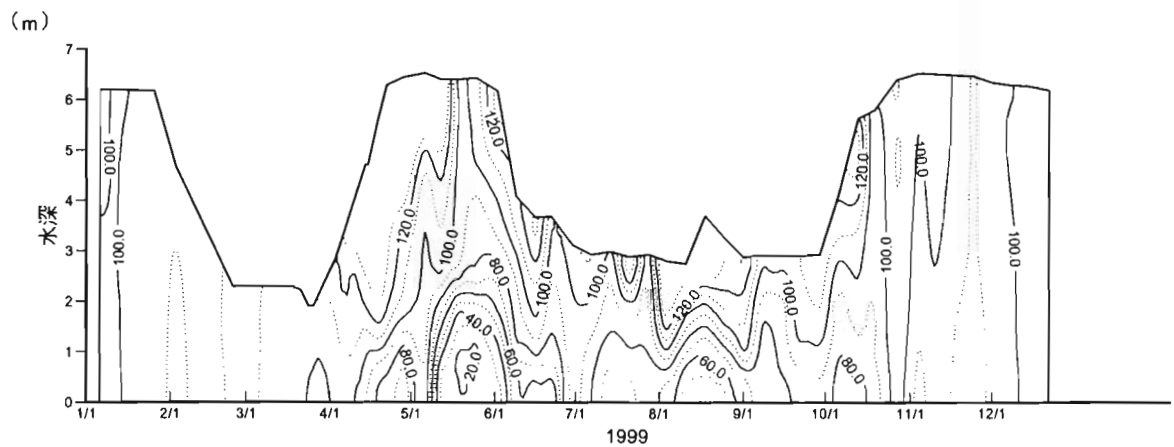
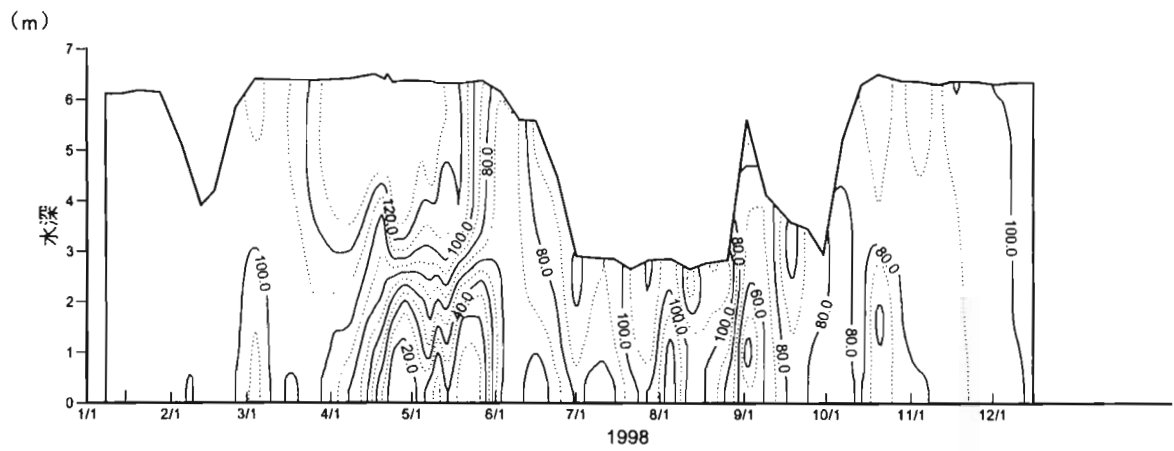
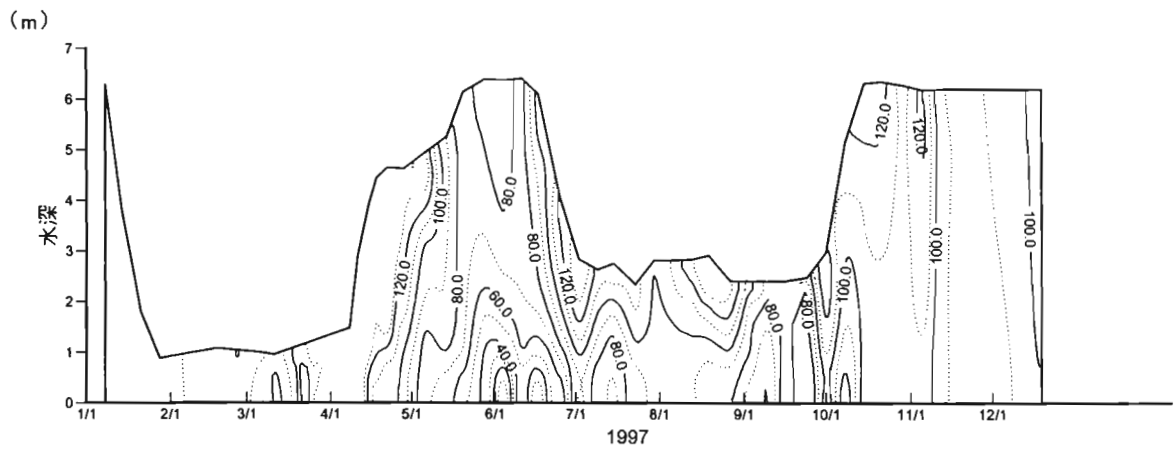
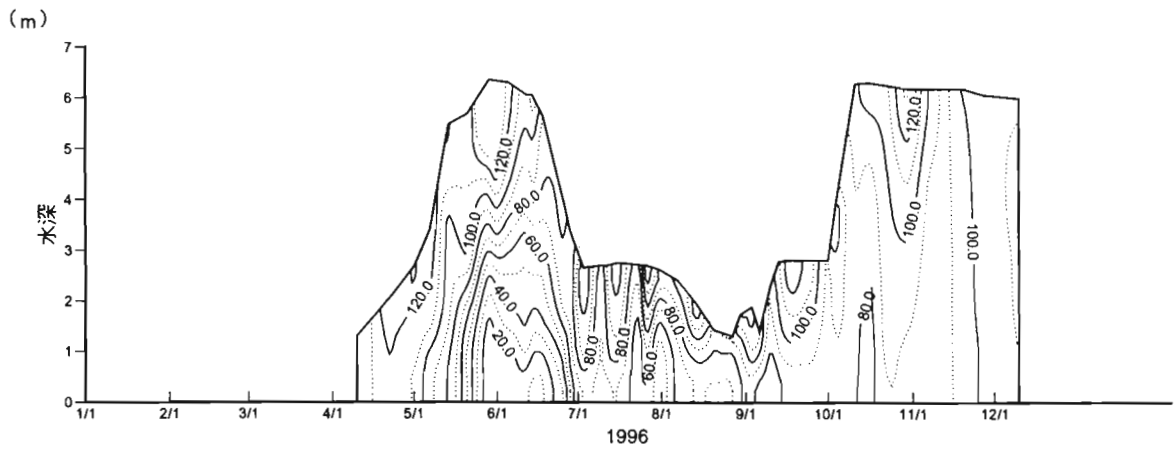


図 2 - 1 - 5 ( 3 ) 谷中ブロックDO飽和度鉛直分布 ('96~'99)

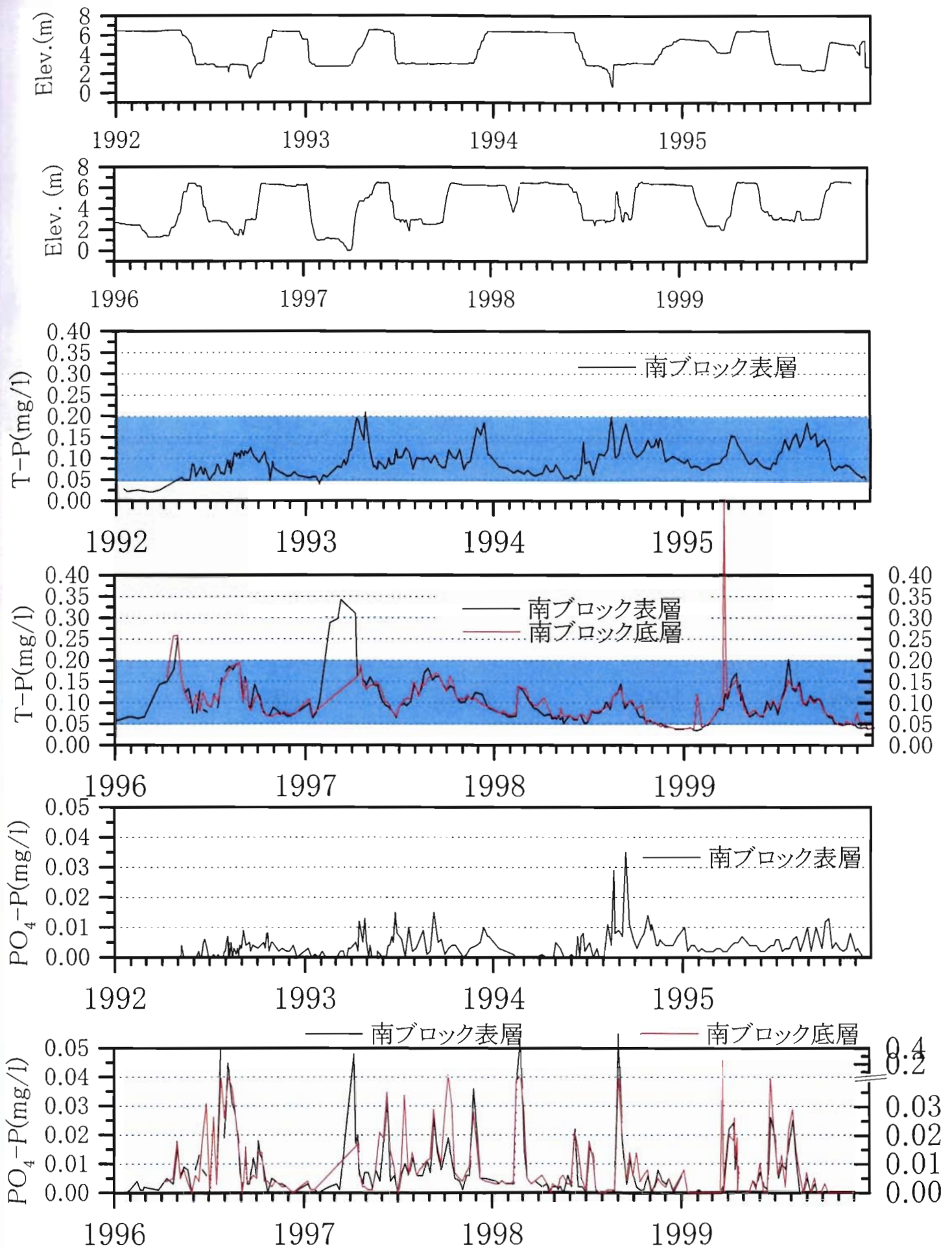


図 2-1-6 南ブロックにおける水位、T-P及びPO<sub>4</sub>-Pの年間変動特性

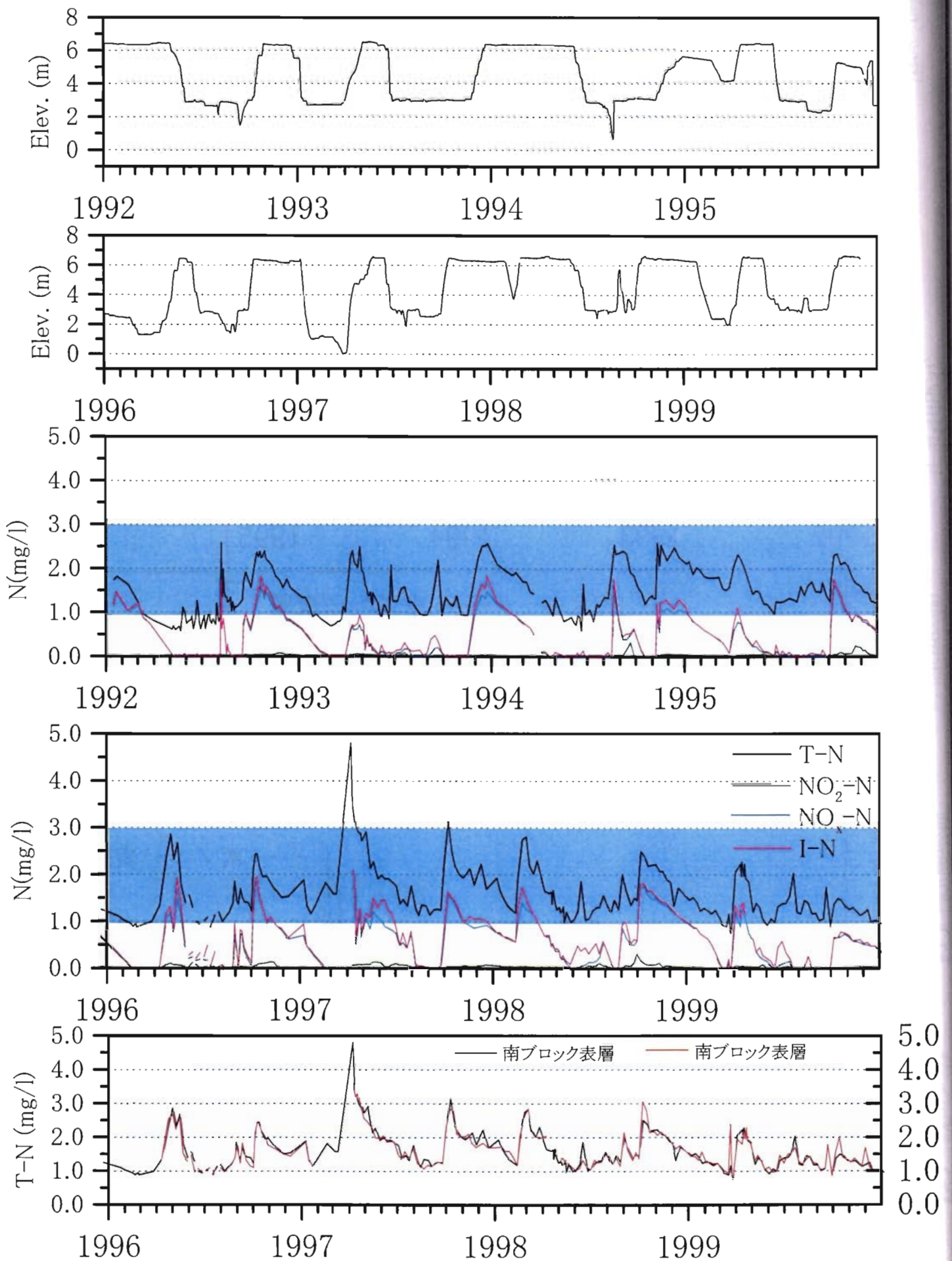


図 2-1-7 南ブロックにおける水位、T-N及び無機窒素の年間変動特性



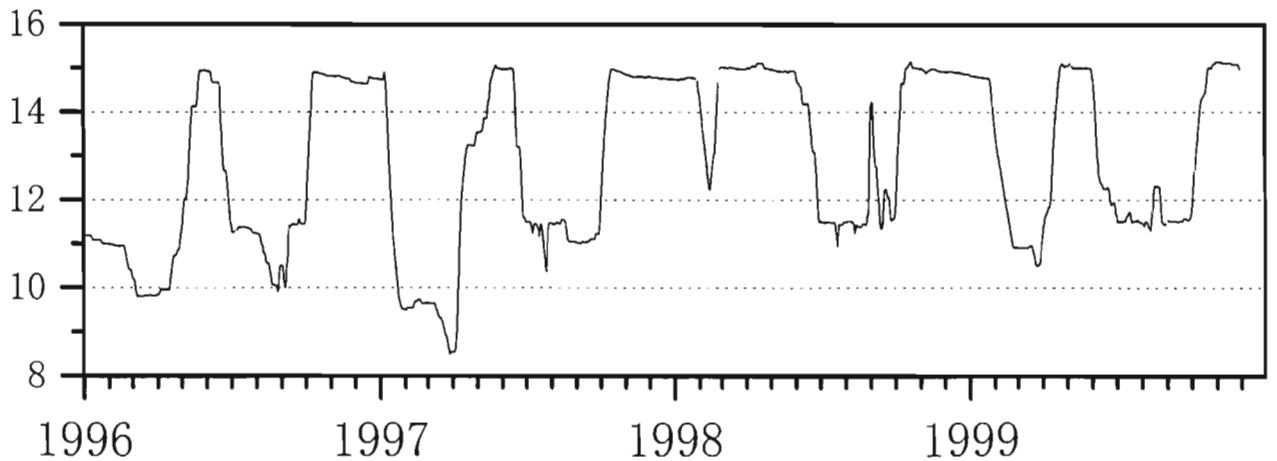
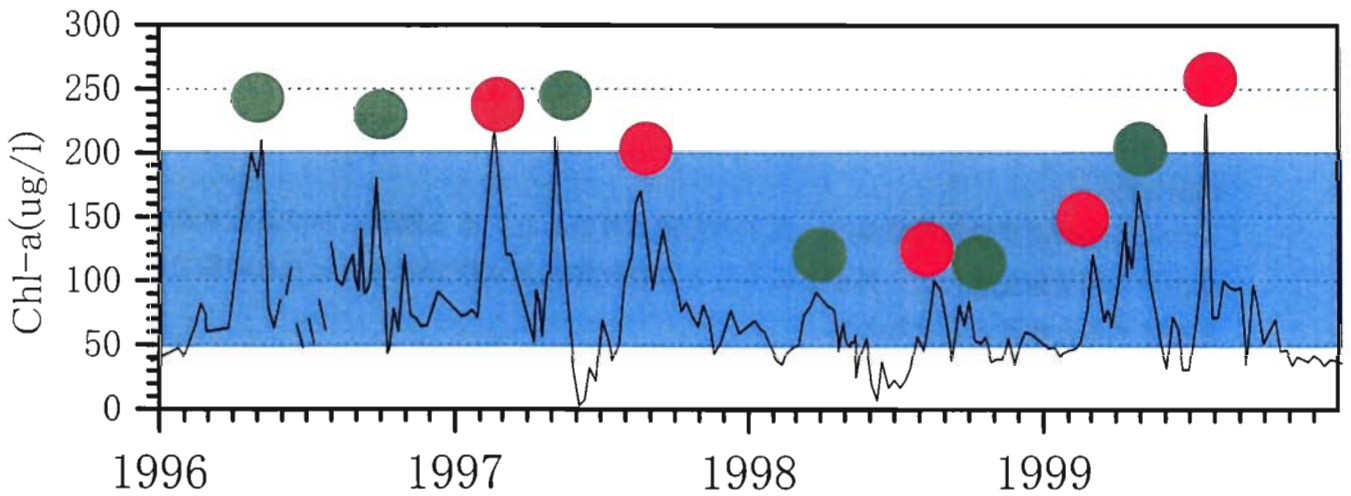
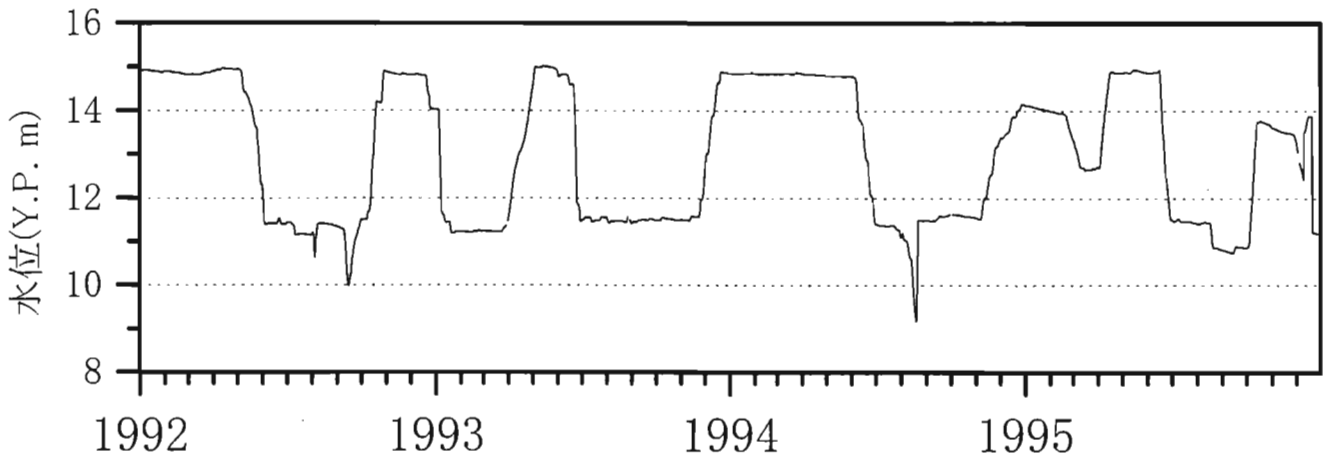
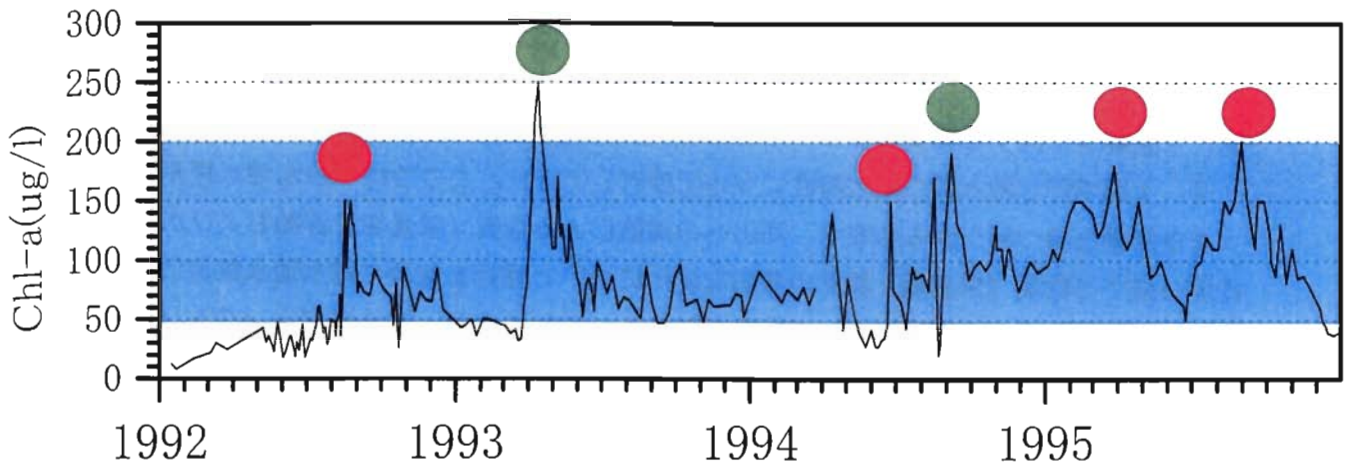


図 2-1-8 クロロフィル-a濃度と水位変化との比較

## 2. 2 栄養塩に関する物質収支

2. 1節で貯水池水質の変化特性について検討してきた。ここでは、貯水池水質変化に大きな影響を持つ河川からの取水、河川への補給による物質（栄養塩）移動および水柱と底泥の間での物質（栄養塩）移動の量的な変化について解析を進めて貯水池水質変化に与える上記物質移動の重要性について検討を加える。これにより、植物性プランクトン量を規定すると考えられる水中に存在する栄養塩濃度を決定する年間を通しての種々のフラックス量が明らかになり、貯水池水質変化に対する河川から（河川へ）の栄養塩負荷、底泥から（への）の栄養塩負荷が時期毎にどれほどの重要性を持つかということが明らかになる。

方法としては、定期水質調査結果及び貯水池管理日報を用いて、年間を通しての栄養塩の外部（河川）とのやりとり及び水柱と底泥間のやりとりとして求められる物質移動量を計算する。ここで解析対象とする諸量は、以下の通りである。

- ①貯水池内水量
- ②水門を通して貯水池に流入する全窒素および全リンの累積負荷量
- ③貯水池水柱に存在する全窒素・全リンの総量
- ④全窒素および全リンの推定累積沈降量

ここで、②の累積負荷量とは取水時に貯水池に流入する物質（平成4～8年は取水水量と下宮橋水質観測値の積、平成9年は取水水量と機場地点水質観測値の積として算出）を正とし、補給時に貯水池から放流される物質（補給水量と南ブロック水質観測値の積として算出）を負とした量の累計値で、各年の初期値を0として計算した。また、③の貯水池水柱に存在する総量は、各時点での貯水池内水量と南ブロック水質観測値との積として算出した。

さらに④の推定累積沈降量は、以下の方法で算出した。ある期間における貯水池水柱に存在する物質総量変化は、外部とのやりとり及び底泥と水柱間のやりとりとの和で表すことができる。すなわち、

$$S_2 = S_1 + S_{in} - S_{out} - S_f \quad (2.2.1)$$

ここで、 $S_2$ :ある期間の終了時点での水柱内総量、 $S_1$ :ある期間の開始時点での水柱内総量、 $S_{in}$ :外部（河川）からの流入量、 $S_{out}$ :外部（河川）への放流量、 $S_f$ :底泥への移動量（沈降を正、回帰を負と考える）

大気とのやりとり、降雨による負荷はここでは考えていないため、式2.2.1で物質収支を求めることができる。また、この式を変形することである期間中の正味の沈降量を求めることができる（式2.2.2）。ここで、底泥とのやりとりについては、底泥への沈降を正、底泥からの回帰を負と考えているので、底泥からの回帰が沈降を上回る場合は負の沈降量として求めることができる。

$$S_f = S_1 - S_2 + S_{in} - S_{out} \quad (2.2.2)$$

このある期間内の正味の沈降量の累計を求めたものが推定累積沈降量になっている。以

下に、平成4年から9年の6年間のデータに関して全リン(T-P)、全窒素(T-N)について算定した結果を示す。

### 2.2.1 リン

図2-2-1に平成4年(1992年)から9年(1997年)に関して貯水量、T-Pの総量、累積負荷量、推定累積沈降量の経時変化を示す。全リン量は貯水池内の水量に強く関連しているが、0.8~3.8t程度が水柱内に存在していることがわかる。

平成5年(1993年)の4月から7月にかけての変化を見るとわかりやすいが、T-Pの負荷量特性について見るために、同程度の流入および放流量がある場合を比較すると(4月から5月にかけての流入と、6月中旬から下旬の放流量は、約15,000,000m<sup>3</sup>とほぼ同程度である)、貯水池に流入する負荷量が貯水池から放流される量に比べて遙かに多いことが分かる(貯水池へのT-P負荷は10t以上と推定されるのに対して、放流量は2t程度に過ぎない)。負荷量と貯水池水柱内の全量を比較すると、この4月から5月までの間に約2.5tの上昇しか見られないため、負荷量の推定値である10tのうちの7~8割程度は、比較的速やかに沈降していると考えられる。放流の際には、流入した負荷量の相当量がすでに沈降した後の貯水池水を放流していることから、同程度の水量を放流したとしても、放流されるT-P量は、流入したT-P負荷量に比べると少ないものとなっていることが分かる。

T-P濃度変化の特徴として、水位低下時の濃度上昇が挙げられる。平成4年(1992年)から9年(1997年)のうち平成5年(1993年)以外は7月から9月にかけて、特に外部からの負荷量が無くても濃度の上昇が見られる。わかりやすい例として平成7年(1995年)の7月から8月初旬にかけてはT-P濃度が約0.11mg/lから0.16mg/lと上昇しているが、この期間中外部からの負荷は無く、外部との出入りは無視できる。この間、年累積沈降量は、約6tから5.5tと減少しており(全量は1.4tから2t程度に上昇)、約0.5tのT-Pが底泥から水柱へ回帰したことが示される。この期間の水量は12,200,000m<sup>3</sup>であることから、水量で除すと約0.04mg/lの上昇に相当し、観測されたT-P濃度の上昇に必要な回帰量が約0.5tであったことが示されている。平成7年(1995年)の夏期制限水位への水位低下以前で直近の流入は当年の4月に行われている。このとき流入したT-P負荷量は7t以上であり、年当初から累積した沈降量も濃度上昇が始まる6月中旬の段階で約7tとなっており、このうちの1割弱に当たる量が回帰するだけで、水量が減少しているためにT-P濃度の上昇は顕著なものになっていることがわかる(夏期制限水位時のT-P濃度の上昇は、水量が12,200,000m<sup>3</sup>であることから、底泥からのT-Pの正味の回帰が1.22tあれば0.1mg/lの濃度上昇につながる。)

### 2.2.2 窒素

図2-2-2に平成4年(1992年)から9年(1997年)に関して貯水量、T-Nの総量、累積負荷量、推定累積沈降量の経時変化を示す。全窒素量は貯水池内の水量に強く関連しているが、10~60t程度が水柱内に存在していることがわかる。

リン同様に 1993 年の 4 月から 7 月にかけての変化を見ると、4 月から 5 月にかけての流入時には、流入負荷量が約 110t あり、この期間中に水柱に存在する全 T-N 量は約 30t 増加していることから、差分の約 80t が底泥に沈降したと推定される。他の水位上昇時と比較しても、流入負荷量のうち約 4 割から 7 割程度は、リン同様に比較的速やかに沈降していると考えられる。

リンについては、水位低下時に底泥からの回帰に伴う濃度上昇が顕著に見られたが、窒素については、リンほど水位低下に伴う底泥からの回帰が明確に認められない。

### 2. 2. 3 考察

河川から流入した負荷量のうちリンについては、7～8 割程度、窒素については 4～7 割程度が比較的速やかに沈降することが示された。これは、リンと窒素の形態の違いに起因すると考えられる。すなわち、リンについては、河川の懸濁態（浮遊砂）に吸着するなどして、懸濁態で存在するものの比率が高く沈降速度が速いためと考えられる。窒素については、平均的に見て流入河川水の全窒素のうち 7 割以上が溶存態の無機態で存在しているため、リンに比べて速やかに沈降する割合が低くなっていると考えられる。

夏期の底泥からの回帰に関しては、リンについては、ほぼ毎年夏期制限水位時には回帰が起これり、T-P 濃度の明確な上昇が見られる。窒素については同様の減少が見られる年もあるが、リンに比べると明確な上昇は見られない。しかし、夏期の水位低下後、T-N 濃度減少の速度が低下あるいは、濃度が少し上昇し、この際にはアンモニア態窒素濃度の上昇が見られることから（後述）、窒素についても回帰が起これていると考えられる。

図 2-2-1、2-2-2 から本貯水池には毎年リン及び窒素が正味の量として沈降していることがわかる。流入河川水質、貯水池水質の変化から推定される沈降水量（沈降による貯水池水柱からの減少量として算出）を年ごとにまとめると表 2-2-1 の様になる。沈降したリン及び窒素の比については、変動を伴うものの貯水池懸濁物の N/P 比である約 14 に近いものと考えられる。沈降したもののうちリンについては、気化することは無いと考えられるので、累積沈降水量が底泥の増加として底泥に堆積していると考えられる。底泥の N/P 比は約 1.5～2.5 で年間を通してほぼ一定である（表 2-2-2）。このことは、最終的に堆積する窒素の量は多くてもリンの 2.5 倍程度に過ぎないことを示している。

表 2-2-1 水質変化から推定される貯水池への累積沈降水量（堆積量とは異なる）  
単位:t

	P 累積沈降水量	N 累積沈降水量	N/P 比
1992 年	3.7	85.1	23
1993 年	16.5	135.8	8.2
1994 年	4.6	76.5	16.6
1995 年	8.8	101.9	11.6
1996 年	16.8	164.3	9.8
1997 年	12.6	122.7	9.7

表 2-2-2 底泥観測結果および底泥中の全窒素と全リン比

観測年月	南ブロック				北ブロック				谷中ブロック			
	TN mg/kg	TP mg/kg	TN TP	年 平均	TN mg/kg	TP mg/kg	TN TP	年 平均	TN mg/kg	TP mg/kg	TN TP	年 平均
H4.3	1360	886	1.53	1.58	1060	586	1.81	1.97	1590	608	2.62	2.28
H4.8	1330	820	1.62		1580	740	2.14		1140	589	1.94	
H5.3	2070	964	2.15	1.65	1770	701	2.52	2.71	541	388	1.39	1.53
H5.8	1290	1110	1.16		3050	1050	2.90		857	517	1.66	
H6.3	1650	1380	1.20	1.31	1890	1120	1.69	1.53	894	439	2.04	2.16
H6.8	1280	899	1.42		1330	972	1.37		1280	559	2.29	
H7.2	1540	937	1.64	1.38	1050	580	1.81	1.76	1230	494	2.49	2.01
H7.8	903	811	1.11		1480	863	1.71		613	402	1.52	
H8.2	2170	1390	1.56	1.64	696	506	1.38	1.48	953	467	2.04	1.77
H8.9	1370	797	1.72		786	494	1.59		1050	701	1.50	
H9.9	1350	989	1.37	1.37	2230	865	2.58	2.58	1610	623	2.58	2.58

これに対して、窒素の沈降水量は表 2-2-1 に示されるようにリンに対して 8.2~23 倍の量が推定されている。この窒素の沈降と堆積との間の差分は、底泥における脱窒による消失で、窒素ガスとして大気へ放出されたと考えられる。

沈降する懸濁物の平均的な N/P 比は約 14 であるが、堆積している底泥の N/P 比は約 1.5~2.5 であり、なおかつリンの気化による減少が考えられないことを考えると、沈降した窒素の 80% 以上が脱窒により、気散したと考えられる。この値は、種々の湖沼において脱窒により失われる窒素の割合を整理した結果、0~62% の全窒素負荷が脱窒で失われるという評価 (Seitzinger, 1988) と比べてもかなり高い値である。渡良瀬貯水池の底泥表層は、特に水位低下時に直上水との混合が盛んに起こっていると考えられるが、このときに直上水の硝酸が底泥に供給されるか底泥間隙水中のアンモニアが硝化され、さらに混合後に再度沈降して底泥が嫌氣的になった状態で脱窒が起こるといった機構が予想される。

表 2-2-1 に見られる累積沈降水量の年変動は、主に流入水量の違いにより生起している。沈降水量が多い年は、流入水量が多く、このため流入負荷量が大きくなり、その分沈降水量も多くなっている。

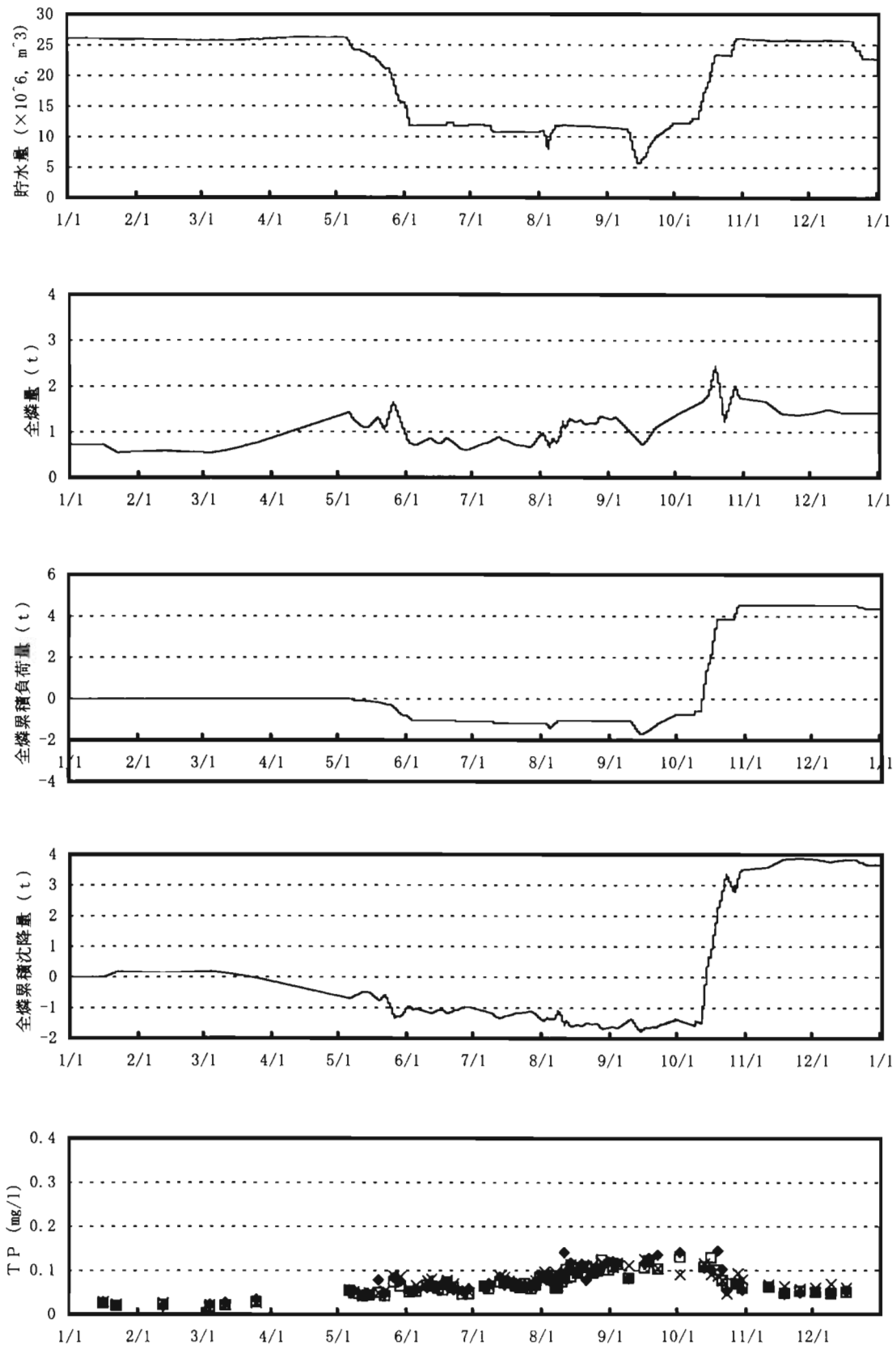


図 2-2-1(1) 水量及びT-P収支の経時変化 (平成4年、1992年)

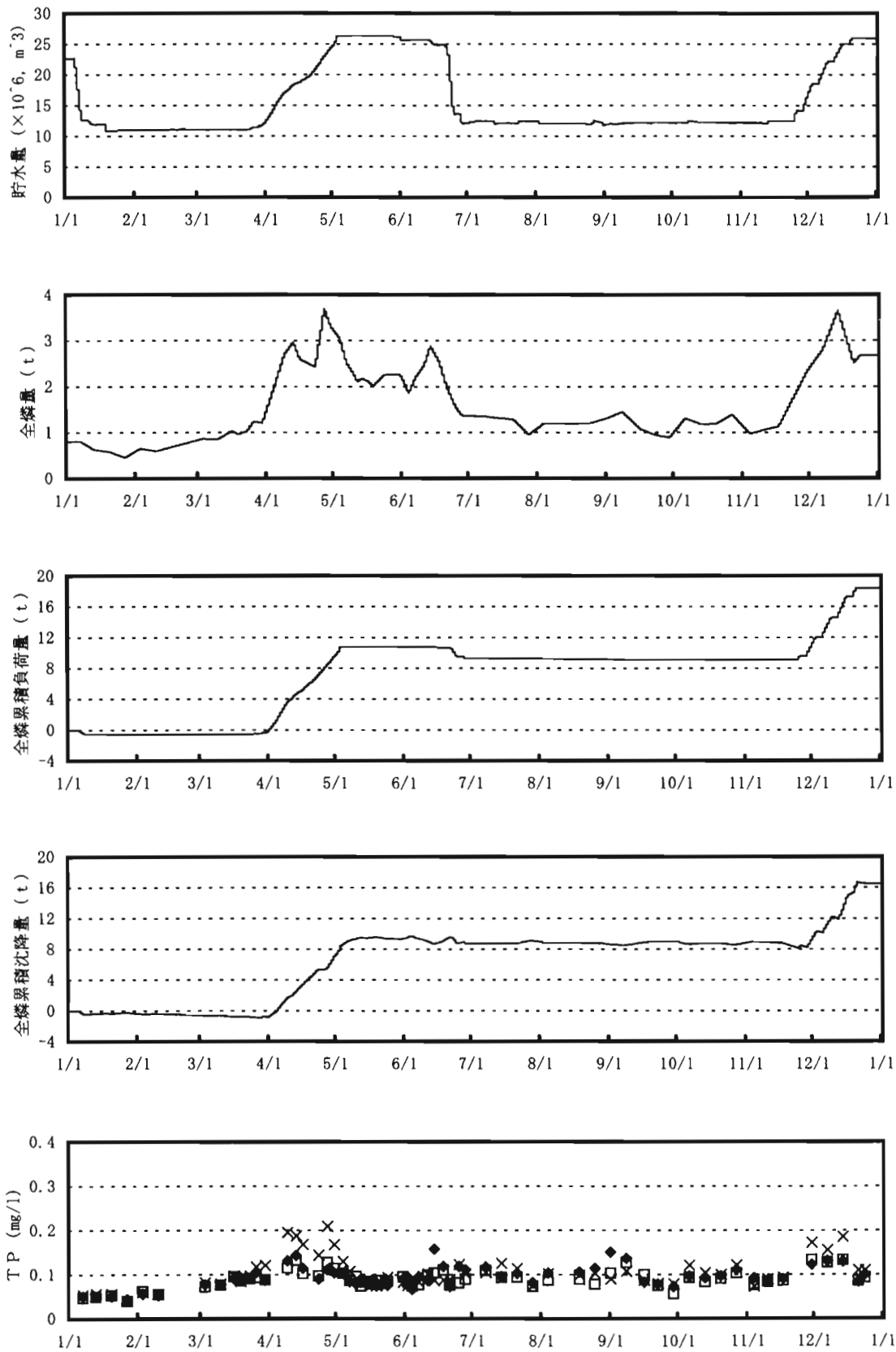


図 2-2-1(2) 水量及びT-Pの収支の経時変化 (平成5年、1993年)

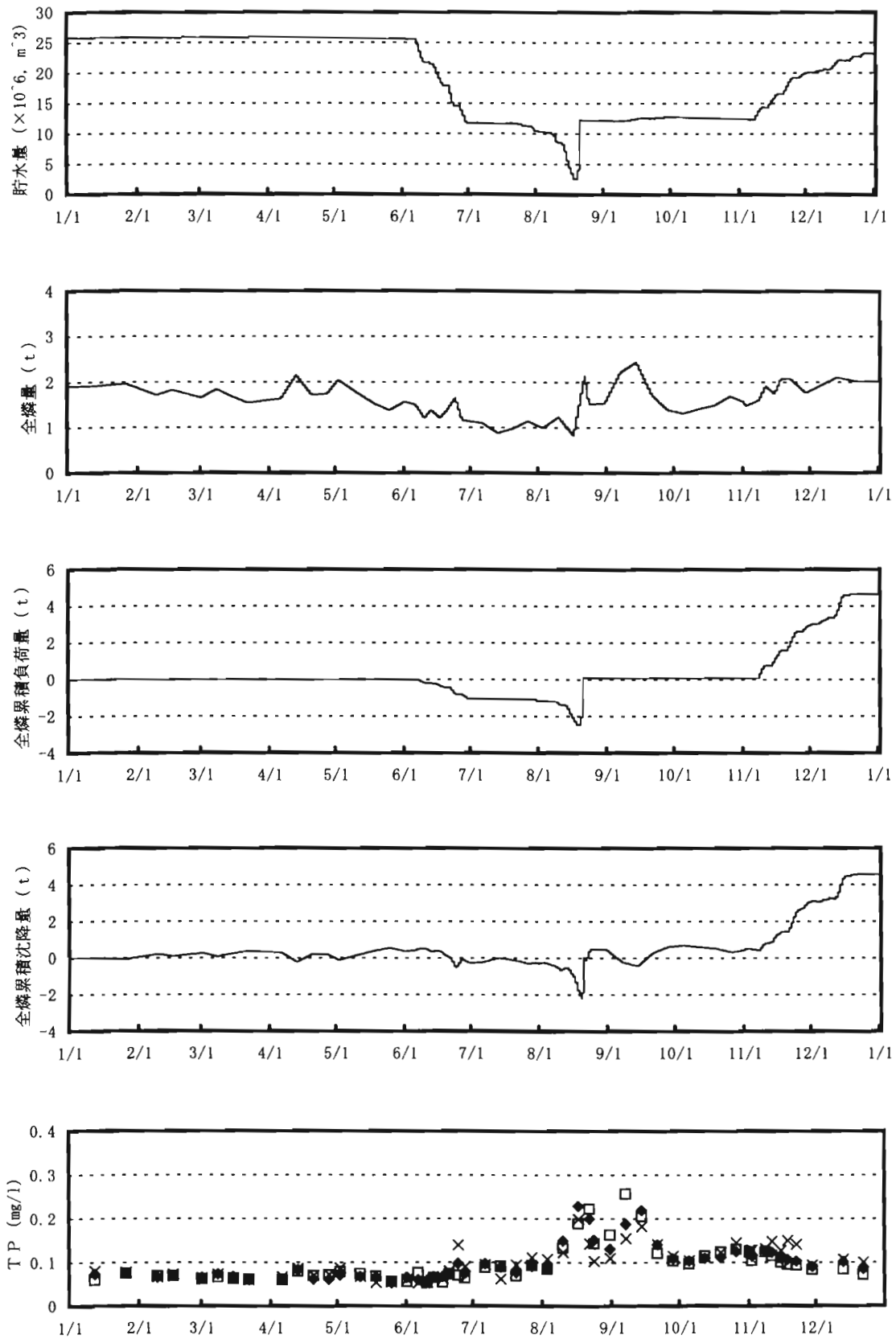


図 2-2-1(3) 水量及びT-Pの収支の経時変化 (平成6年、1994年)



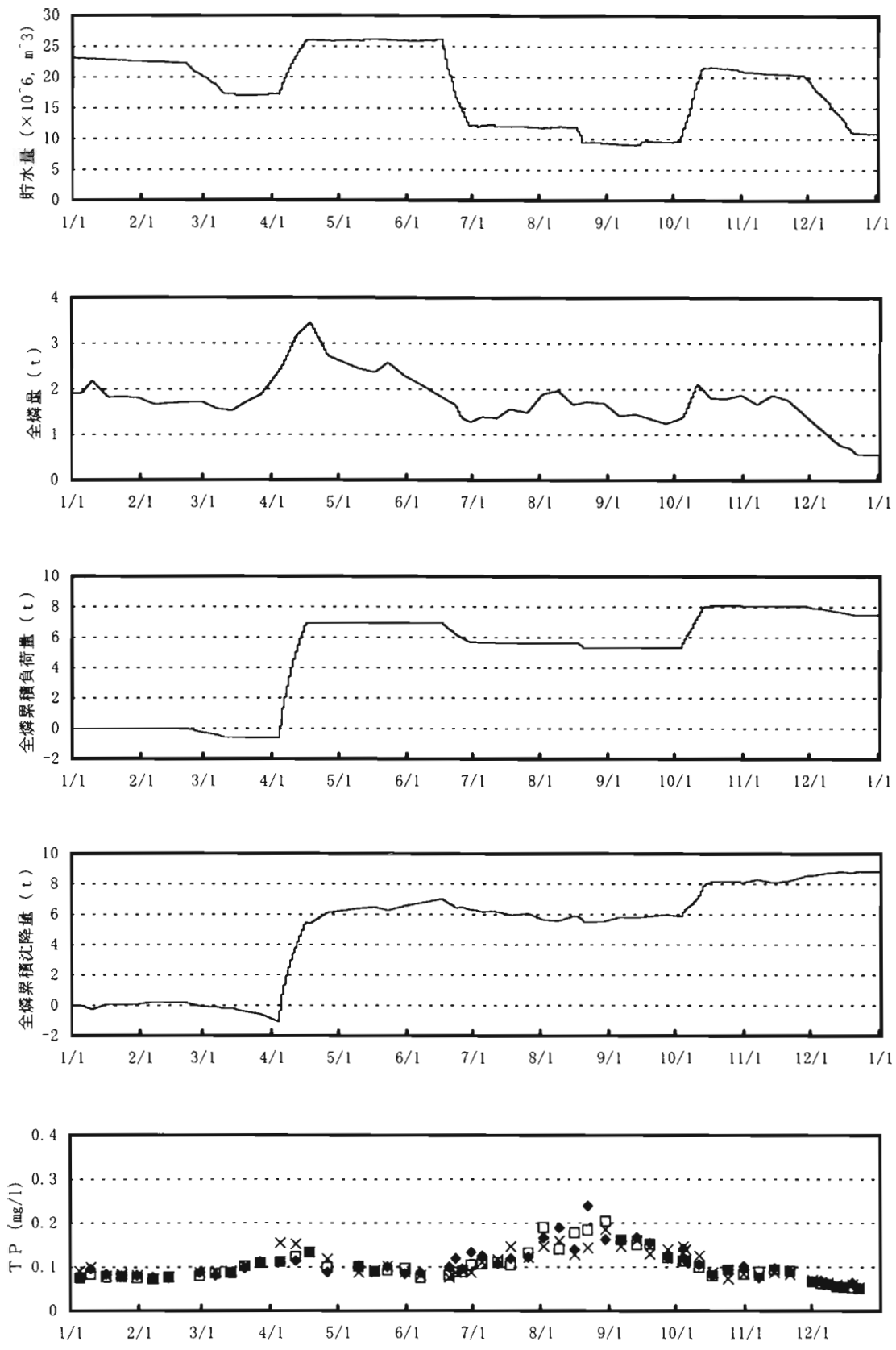


図 2-2-1(4) 水量及びT-Pの収支の経時変化 (平成7年、1995年)

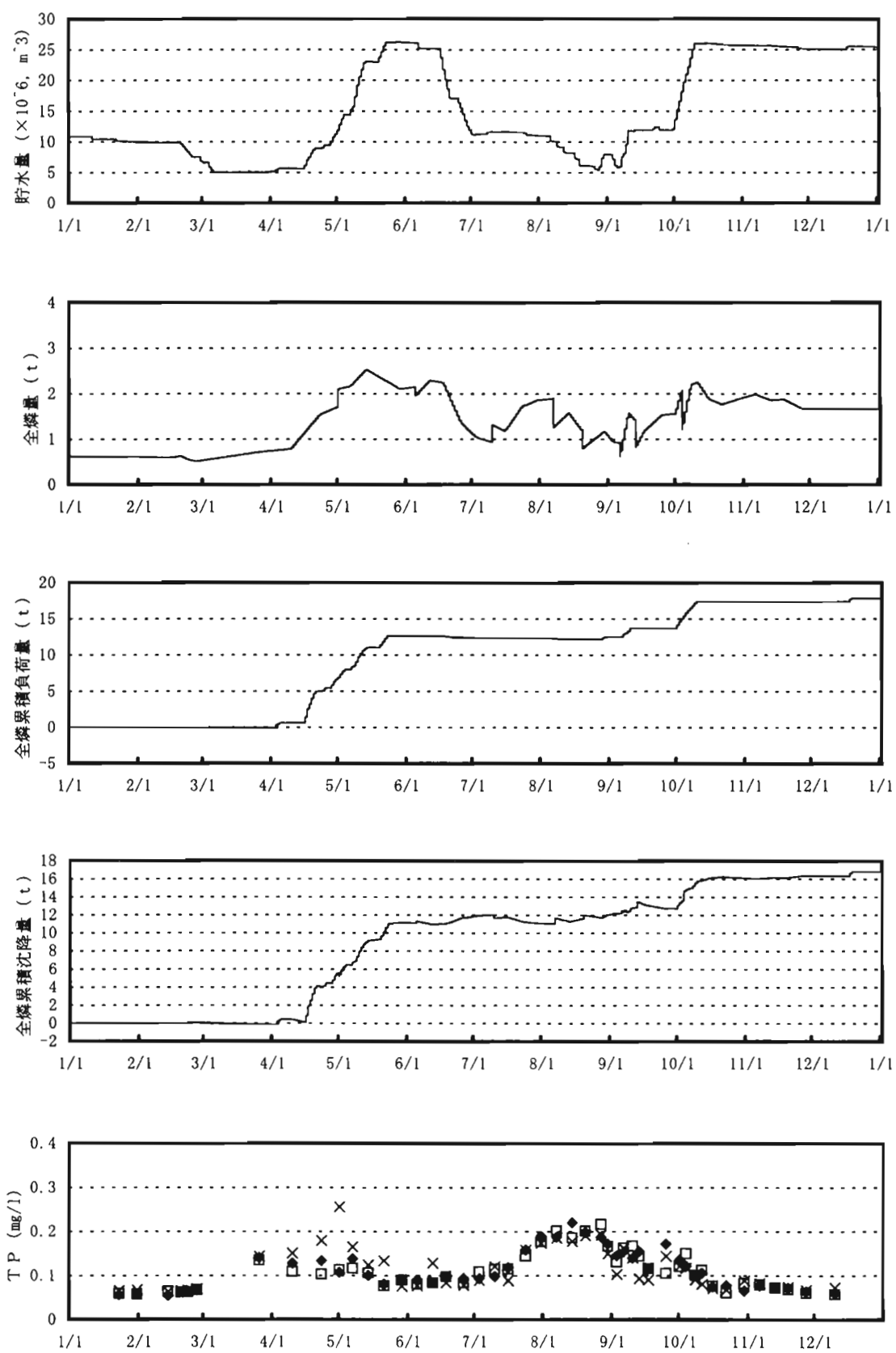


図 2-2-1(5) 水量及びT-Pの収支の経時変化 (平成8年、1996年)

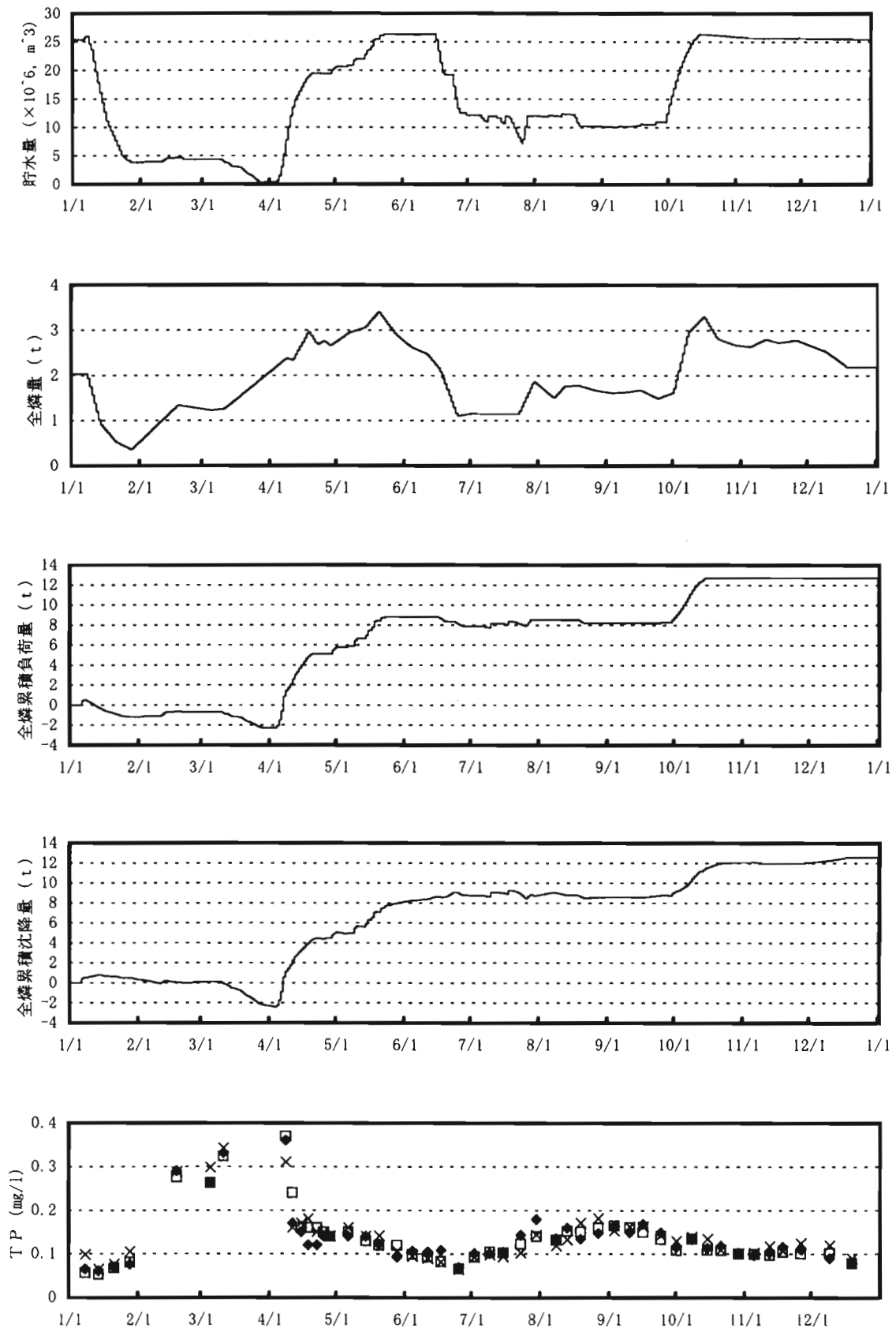


図 2-2-1(6) 水量及びT-Pの収支の経時変化 (平成9年、1997年)

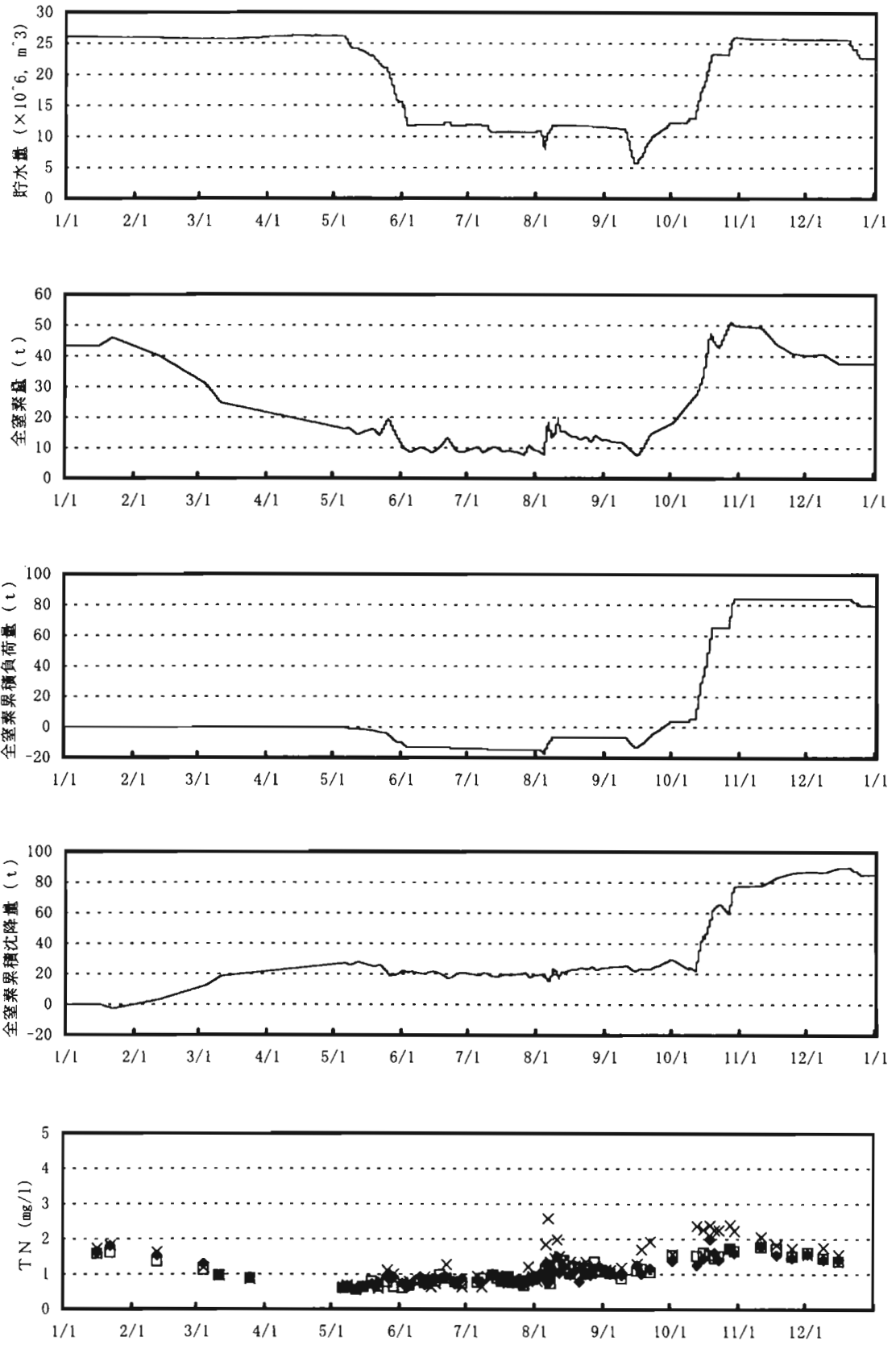


図 2-2-2(1) 水量及びT-N収支の経時変化 (平成4年、1992年)

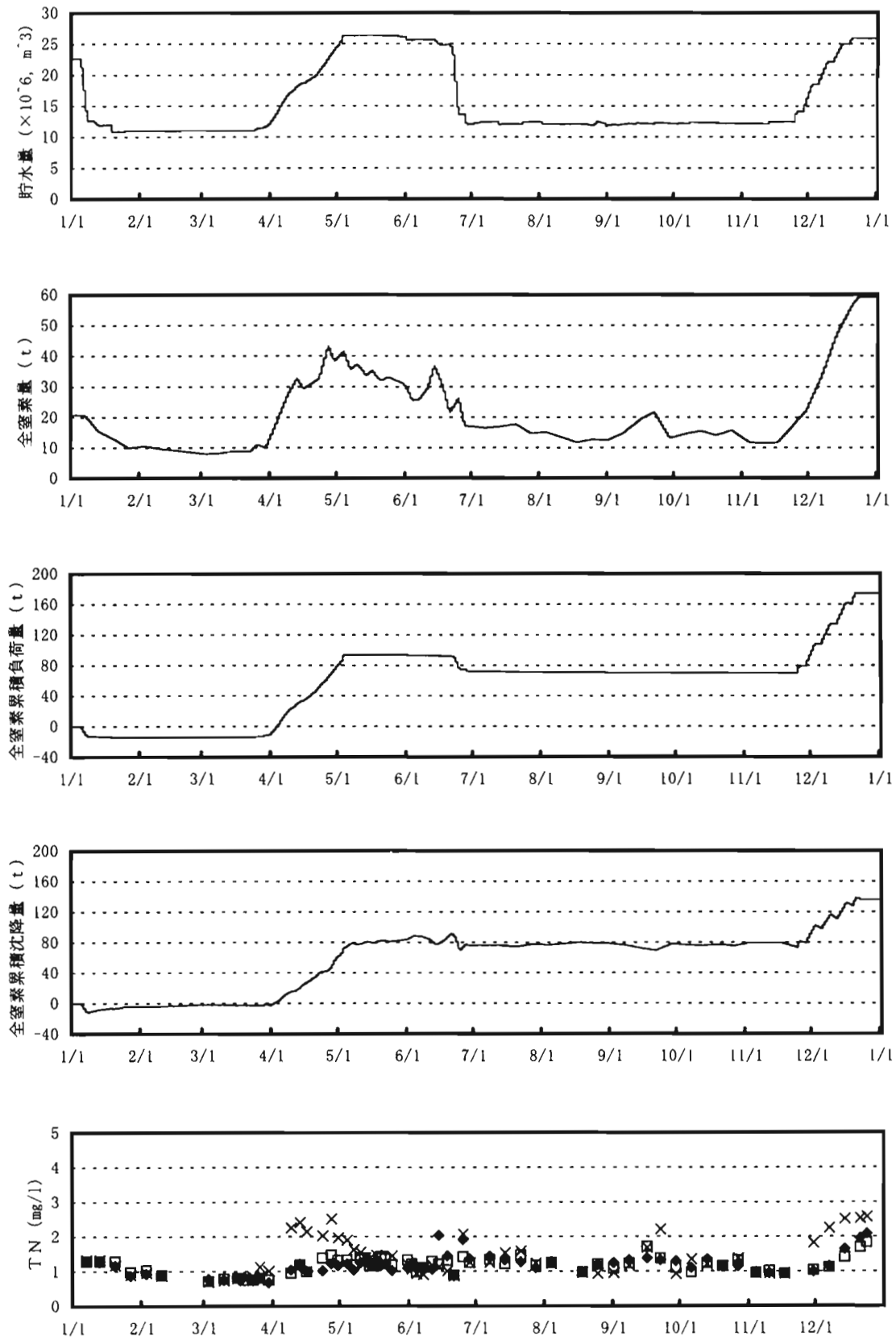


図 2-2-2(2) 水量及びT-Nの収支の経時変化 (平成5年、1993年)

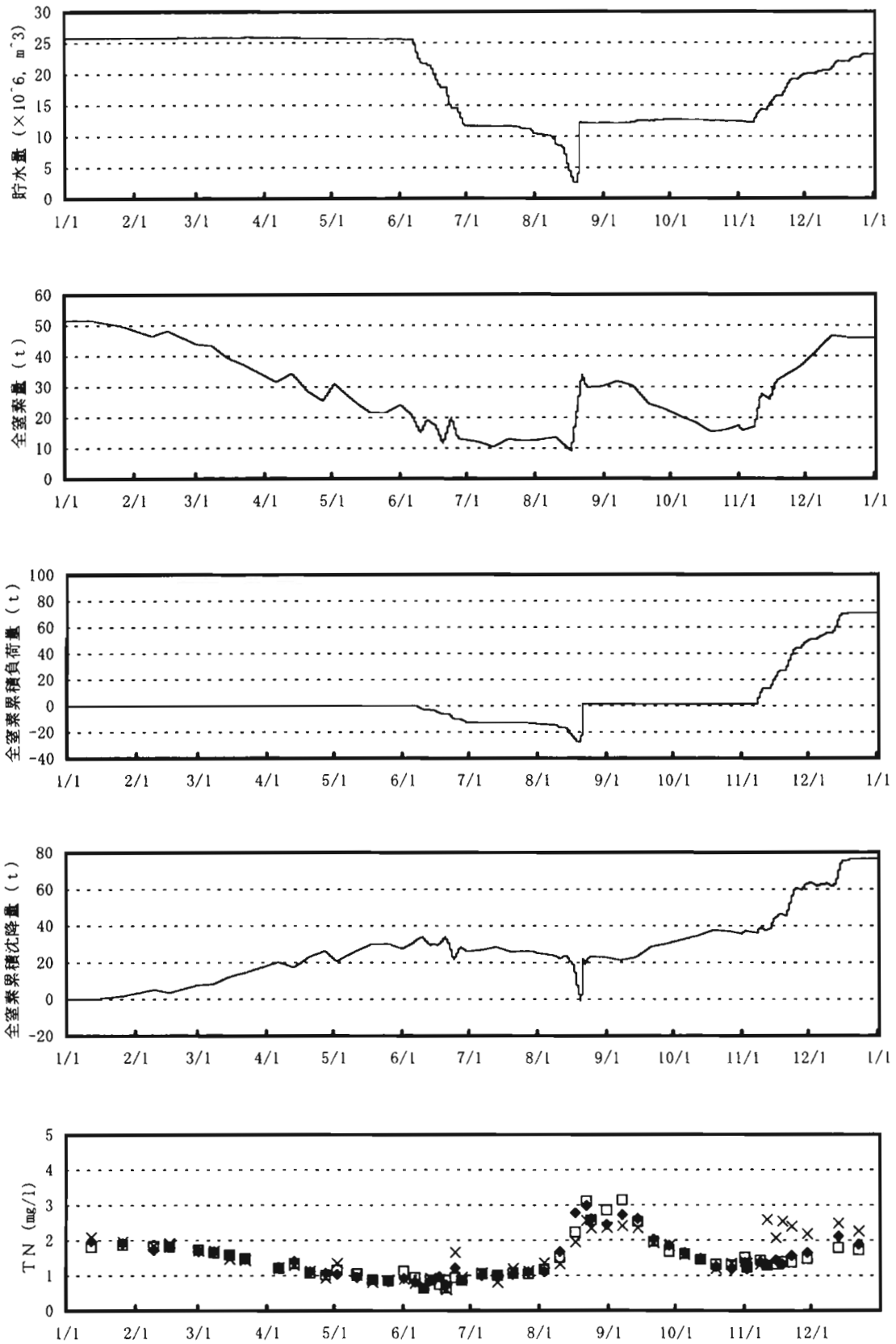


図 2-2-2(3) 水量及びT-Nの収支の経時変化 (平成6年、1994年)

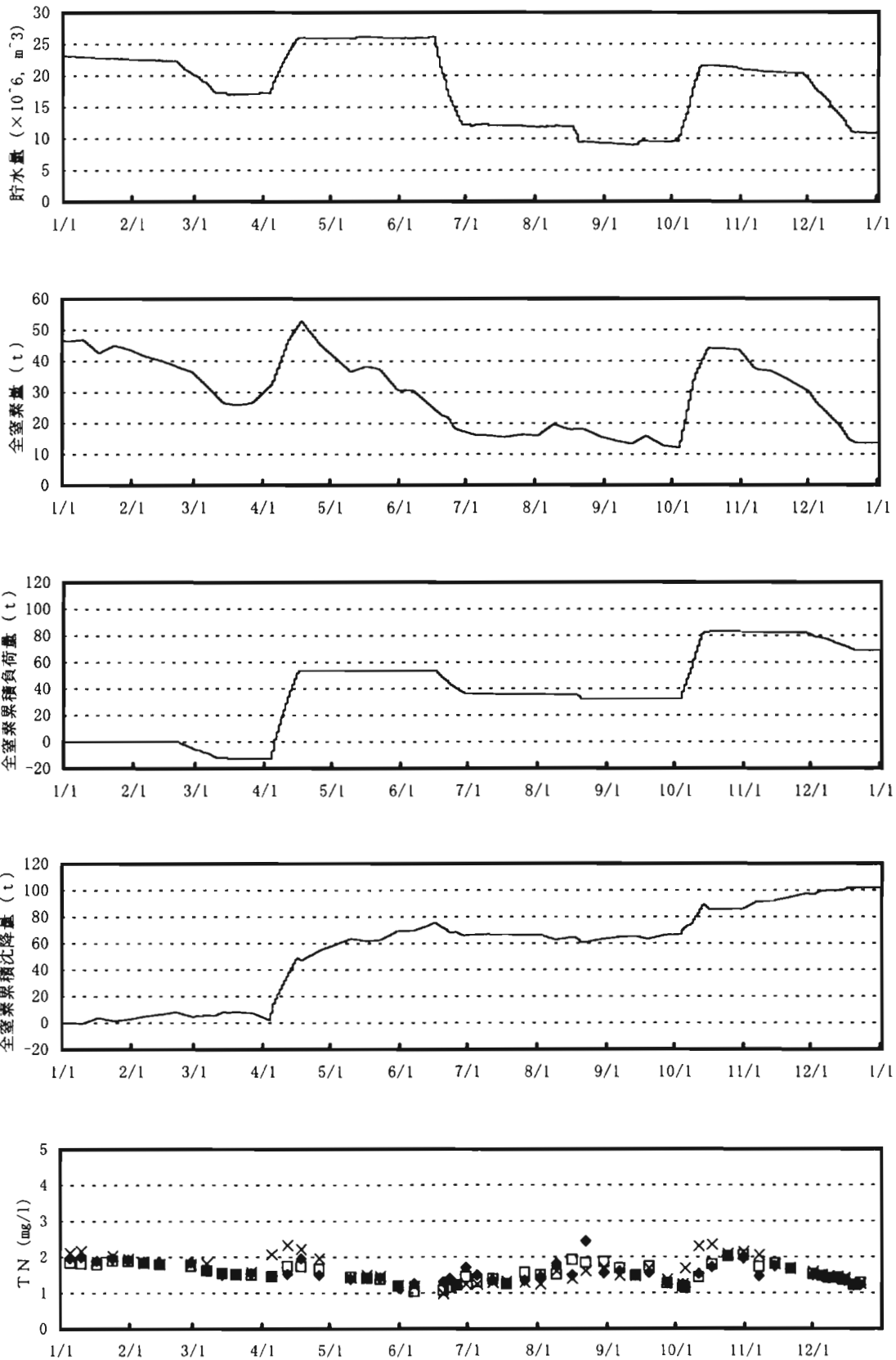


図 2-2-2(4) 水量及びT-Nの収支の経時変化 (平成7年、1995年)

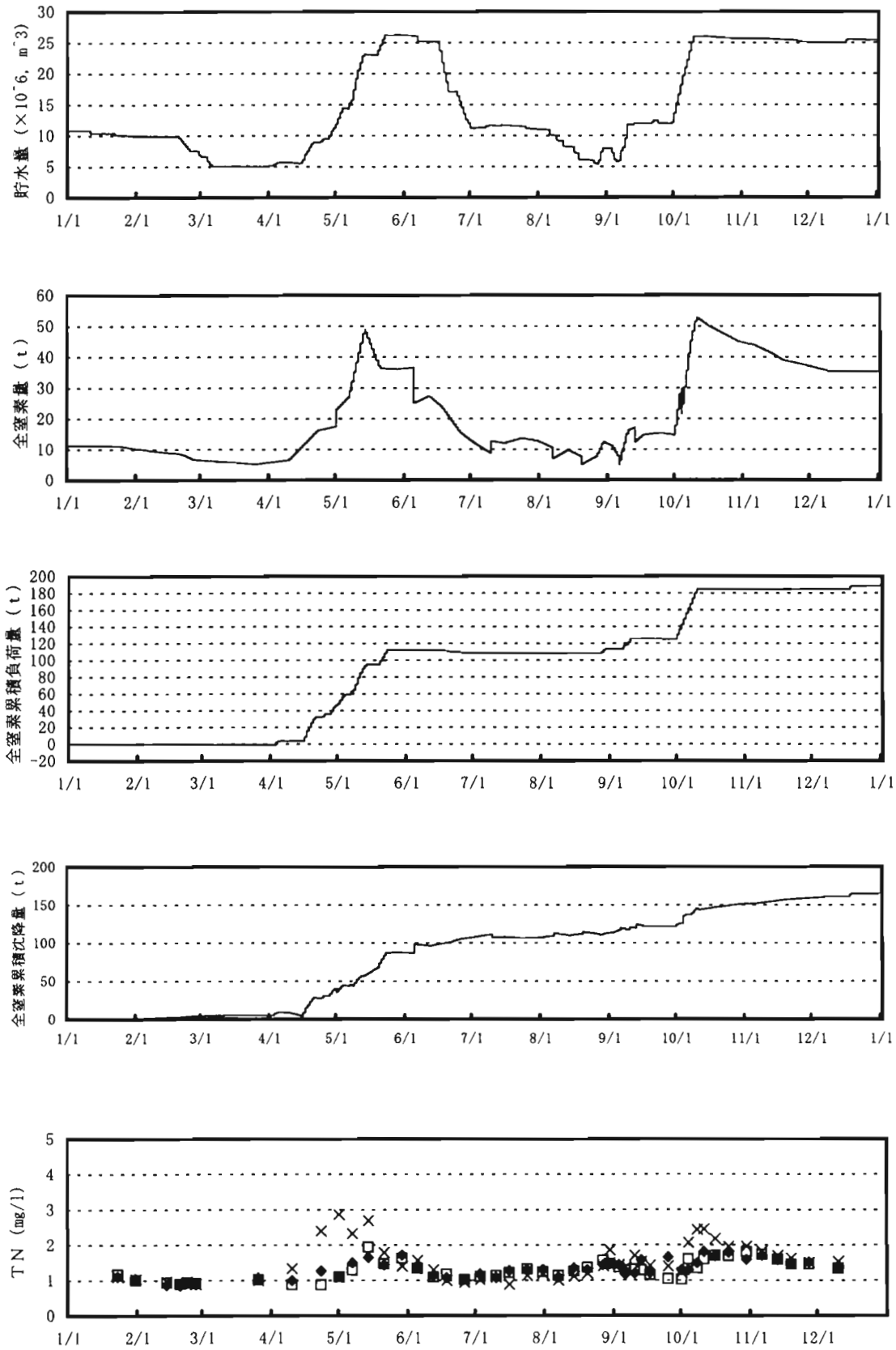


図 2-2-2(5) 水質及びT-Nの収支の経時変化 (平成8年、1996年)



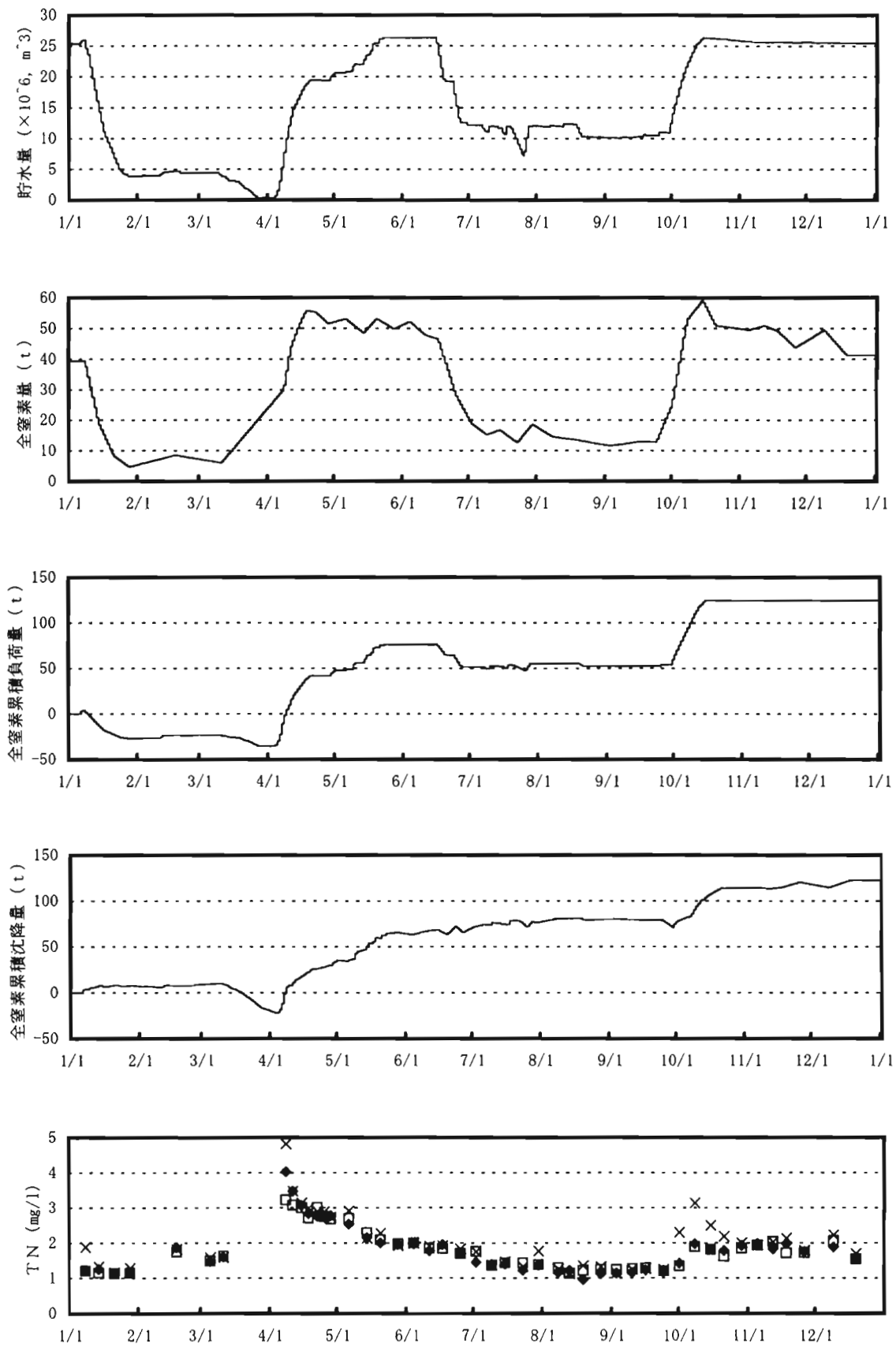


図 2-2-2(6) 水量及びT-Nの収支の経時変化 (平成9年、1997年)

## 2. 3 貯水池運用と水質変化

### 2. 3. 1 貯水池運用に伴う水柱と底泥間の物質移動

ここでは、貯水池運用に伴う物質移動について詳細に検討する。対象とした項目は全窒素および全リンである。

検討期間は、表2-3-1および図2-3-1に示す平成4年～9年の低水位時、高水位時、水位下降時、水位上昇時の各水位状況で設定した。なお、期間を選定するにあたり、低水位時、高水位時は出来る限り水門を通しての流入出の無い期間とした。また、季節的な特徴を検討することも考慮した。

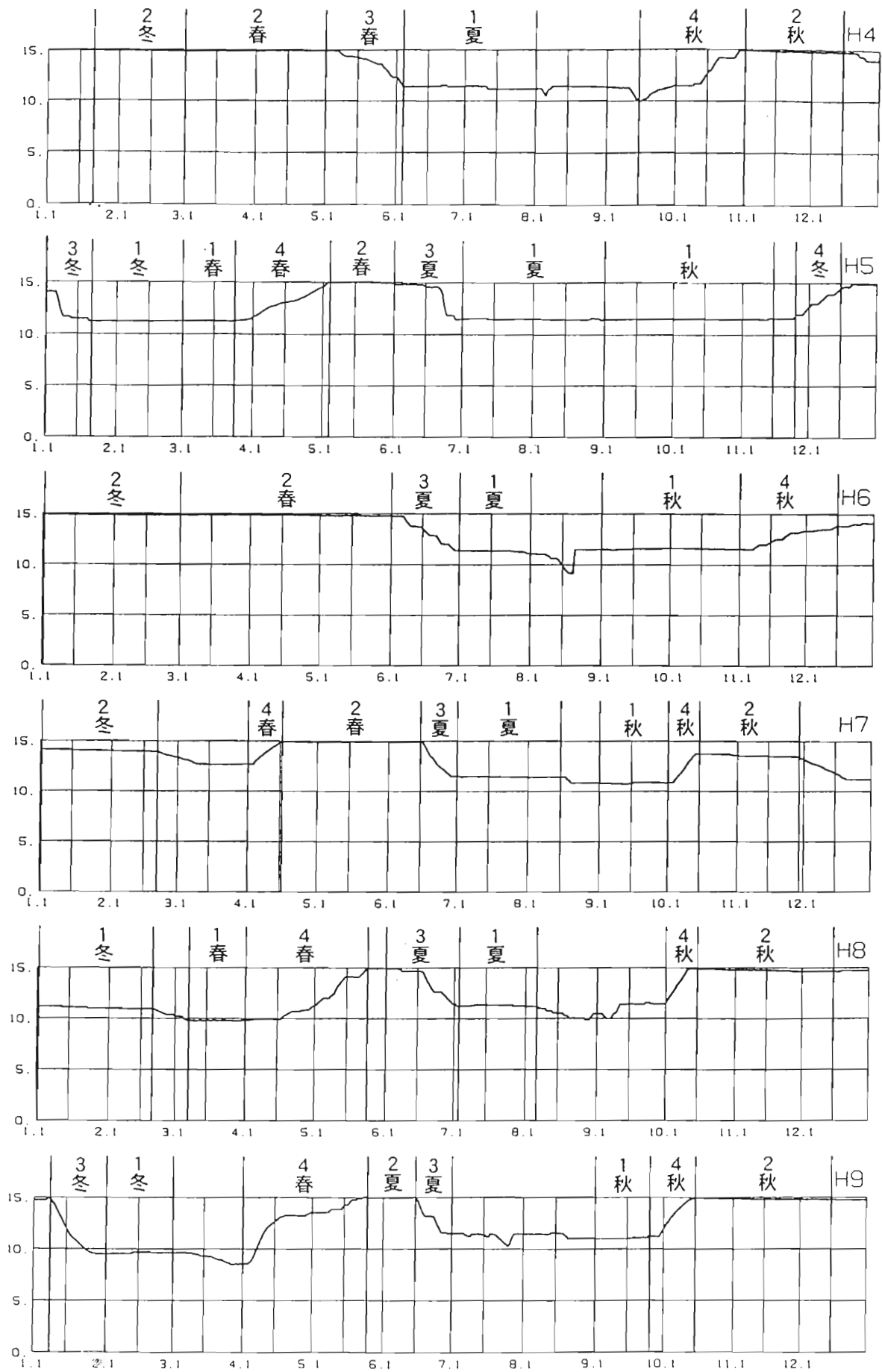
期間別物質変動量と収支概念図を巻末資料中の巻末表2-3-1および巻末図2-3-1に示す。以下、この巻末資料を基に物質収支特性について述べる。

表2-3-1 収支計算期間

	1. 低水位時	2. 高水位時	3. 水位下降時	4. 水位上昇時
春 期	H5.3/1-3/23(23日)	H4.3/1-4/30(61日)	H4.5/1-6/3(34日)	H5.3/24-5/4(42日)
	H8.3/7-3/31(25日)	H5.5/5-5/31(27日)		H7.4/1-4/16(16日)
		H6.3/1-5/31(92日)		H8.4/1-5/23(53日)
		H7.4/17-6/15(60日)		H9.4/1-5/24(54日)
夏 期	H4.6/4-7/31(58日)	H9.5/25-6/15(22日)	H5.6/1-6/30(30日)	
	H5.7/1-8/31(62日)		H6.6/1-6/30(30日)	
	H6.7/1-7/31(31日)		H7.6/16-6/30(15日)	
	H7.7/1-8/15(46日)		H8.6/1-7/2(32日)	
	H8.7/3-8/5(34日)		H9.6/16-6/30(15日)	
秋 期	H5.9/1-11/15(76日)	H4.11/1-12/15(45日)		H4.9/16-10/31(46日)
	H6.9/1-10/31(61日)	H7.10/16-11/28		H6.11/1-12/15(45日)
	H7.9/1-9/30(30日)	(44日)		H7.10/1-10/15(15日)
	H9.9/1-9/24(24日)	H8.10/16-12/15		H8.10/1-10/15(15日)
		H9.10/16-12/15		H9.9/25-10/15(21日)
	(H8,H9ともに61日)			
冬 期	H5.1/21-2/28(39日)	H4.1/21-2/29(40日)	H5.1/1-1/20(20日)	H5.11/25-12/15 (21日)
	H8.1/1-2/19(50日)	H6.1/1-2/28(59日)	H9.1/8-1/31(24日)	
	H9.2/1-2/28(28日)	H7.1/1-2/20(51日)		

なお、四季は気温の変化を考慮して次の様に区分した。

春期：3～5月、夏期：6～8月、秋期：9～11月、冬期：12月～翌年2月



図中の数字…1:低水位時, 2:高水位時, 3:水位下降時, 4:水位上昇時

図 2-3-1 物質収支検討期間

## (1) 低水位時の物質収支特性

### (窒素)

低水位時の貯水池水中の全窒素量の変化傾向は、大きく2期間に分類される。春期から夏期にかけては主に増加傾向を示し、秋期から冬期にかけては減少傾向を示す。春期から夏期の増加傾向を示した年の増加量は、1日当たり約0.03~0.04tである(巻末図2-3-1(1))。これは底泥からの溶出や巻き上げによるものと思われる。一方、春、夏期に反対の減少傾向が見られた年を見ると、夏期の平成5、8年では検討期間の直前に河川水の流入が見られる。水質および物質質量の変動特性で述べたように、河川水の流入により貯水池内の全窒素量が大きく増加し、底泥への沈降により時間をかけて減少し濃度が安定していく。各年とも、計算期間の約1ヶ月前まで水位上昇が起こっていたため、貯水池内の窒素濃度が低下しきっていない事が影響していたと思われる。

次に秋期から冬期を見ると(巻末図2-3-1(2))、平成9年の秋期では夏期と同様に1日当たり約0.08tの増加を示すが、その他の年では約0.01~0.21tの減少傾向を示す。その中でも、特に平成6年は0.21tの減少と大きな値となる。これには、設定期間直前に高濃度な河川水が流入しているため、その影響が表れていると考えられる。その他の減少傾向を示す平成5、7年では、前掲の水質濃度時系列に見られるように、期間開始時に濃度上昇しており、その後水位が上昇する直前まで緩やかに濃度低下している。

冬期は各年ともに減少傾向を示し、その量は1日当たり約0.04~0.06tとなる。この要因としては、物質質量の時系列変化図に見られる様に、直前の水位上昇が3ヶ月以上も前に終了しているにも係わらず全窒素濃度がまだ十分低下していない事が影響していると考えられる。

### (リン)

低水位時において全リンの貯水池水中存在量は、秋期を除いて増加傾向を示す(巻末図2-3-1(3)、(4))。増加量は、平成8年夏期が最大で1日当たり約0.03tであり、最小は平成6年夏期の0.0003tである。このような物質質量の増加は、底泥からの溶出や巻き上げ等によるものと思われ、この事が秋期以外の低水位時の特徴と推察される。秋期は、全窒素同様に期間開始時と終了時の気象条件等が影響していると考えられる。開始時は、気象条件や水温の影響を受けて底泥からの溶出や巻き上げ等が貯水池水質に影響し、終了時はその影響が弱まり、リン濃度が低下していく状態にあると推察される。

## (2) 高水位時の物質収支特性

### (窒素)

高水位時は全期間で減少傾向を示し(巻末図2-3-1(5)、(6))、減少量は1日当たり0.13~0.45tである。その中でも春期の平成5、7年の減少量が特に多く、それぞれ1日当たり約0.37tおよび0.45tとなる。同じく春期の平成4、6年の減少量は約半分の0.22~0.25tとなる。それぞれの設定期間で見られた違いを、物質質量の経時変化で見ると、前者

期間は開始時に全窒素に占める無機態窒素比率が 20%以下であったのに対し、後者期間は約 40%であった。この事より、平成 5、7 年は貯水池内で生産が活発になっており、窒素の減少（沈降と思われる）が急速に起きている事が推察される。その他の季節では、生産が不活性になる冬期（平成 4 年は特異年）で減少量は小さくなり、1 日当たり約 0.13~0.16 t となる。また、夏期から秋期は 1 日当たり概ね 0.20 t~0.25 t で減少する傾向にある。これらの結果は、水位上昇に伴って流入した大量の窒素が、基礎生産を介して沈降し、貯水池内で安定して物質循環出来る濃度まで、その量（濃度）を減少させていることを示していると思われる。

（リン）

全リンは、平成 4 年春期を除き全ての期間で減少傾向を示す（巻末図 2-3-1（7）、（8））。減少量は、全窒素でも見られた様に生産が活発化する平成 5、7 年の春期および夏期で大きくなり、1 日当たり約 0.03~0.04 t となる。生産が不活性となる冬期の減少量は小さくなり、1 日当たり約 0.004~0.005 t となる。これら各期間の中間に位置する秋期の減少量は、平成 8 年を除き 1 日当たり約 0.01~0.02 t となる。冬期以外で減少量が 0.01 t 未満の年（平成 6 年春期、平成 8 年秋期）は、水質の時系列変化が期間後半に安定（横這い状態）している。

（3） 水位下降時の物質収支特性

（窒素）

水位下降時は水門からの流出の影響等により、貯水池水中の物質量は減少する。しかし、減少量は流出量とは一致せず、各季節、各年で差分がプラス（+）傾向およびマイナス（-）傾向で生じており、季節間の関係は不明確である（巻末図 2-3-1（9））。この差分で（+）傾向とは、貯水池内の減少量が水門を通しての流出量よりも少ない状態であり、（-）傾向はその逆の傾向を示している。（+）傾向を示す期間は、濃度時系列変化図から、計算開始時に既に安定状態にあり、水位が下降するに従って底泥からの溶出や巻き上げ等の影響を受け、差分が（+）傾向になったものと考えられる。しかし、1 日当たり差分は 0.05 t~0.59 t と低水位時の値よりも大幅に大きくなっている。原因の一つは、補給（放流）時の流れにより、底泥が巻き上げられて、水中に回帰したことが考えられる。

これに対して（-）傾向を示す期間は、直前の水位上昇により流入してきた窒素が未だ安定していない状態であった事が影響していると考えられる。

（リン）

全リンも全窒素と同様の傾向を示し、各季節、各年で差分が（+）傾向および（-）傾向を示す（巻末図 2-3-1（10））。この差分が生じた要因も全窒素同様と思われる。直前の流入水の影響がある期間は、水門を通しての流出する量以上に貯水池内の物質

量が減少し、安定している期間ではその反対の傾向を示すと考えられる。

#### (4) 水位上昇時の物質収支特性

##### (窒素)

貯水池内に比べ高濃度な河川水が流入する水位上昇時は、貯水池内物質量が大幅に増加する。しかし、その増加量は流入量とは一致せず、各年で差が生じている。差分量は全ての年で(-)傾向であり、流入した物質が水中から減少している状態である(巻末図2-3-1(11))。1日当たり差分量を見ると0.85t~2.77tで減少しており、この値は他の水位状況期間で減少が見られた時の値に比べ非常に大きな値である。従って、水位上昇時は底泥への沈降等による物質の水中からの減少が多状態と言える。

##### (リン)

全リンも全窒素と同様の傾向を示し(巻末図2-3-1(12))、全ての年で流入物質の水中からの減少(1日当たり0.09t~0.40t)が見られる。特に、リンは窒素の様な脱窒素作用によるガス化といった現象は考えられないため、この減少量は主に沈降し底泥に蓄積されるものと思われる。計測差が無いと仮定すると、水位上昇時のリンは1日当たり約0.1t以上底泥へ沈降・堆積していることになる。

### 2.3.2 まとめと考察

水質変化特性および物質質量変化特性、物質収支特性の検討結果より、渡良瀬貯水池における水質特性を以下の様にまとめる事が出来る。

#### 【濃度変化】

渡良瀬貯水池の窒素は、水位上昇時に高濃度となるなど水位変化に応じた変化を示す。しかし、リンでは、窒素ほどの顕著な変化は見られず、反対に水位上昇時に低濃度化する年も観測されている。これは、水門を通して流入する河川水の濃度に起因しており、河川水の窒素は貯水池内に比べて常時高濃度であるが、リンに関しては低濃度を示す時期が存在しているためである。この様に、各物質で河川水影響の受け方が異なり、渡良瀬貯水池では窒素とリンが異なった変動を示す事が確認された。

次にクロロフィルa濃度では観測年によりピーク時は異なるが、春期から夏期の水温上昇する季節で高濃度を示す傾向にある。特に春期にピークが確認される特徴として、その年の初めは低水位であり、その状態から水位上昇した時に栄養塩が供給されるために植物プランクトンの増殖が活発化する傾向にあることが挙げられる。また、クロロフィルaの濃度レベルで見ると、各ブロックともに概ね同程度であるが、谷中ブロックが僅かに高い傾向を示す。このことから谷中ブロックの流通が、他ブロックに比べて悪い事が推察される。

### 【水位帯別物質質量変化】

図2-3-2、3に示す様に、各物質とも水位状況に伴う特徴が以下の様に見られた。なお、変化量の検討は各期間の平均値で実施した。

#### ①水位上昇時

水位上昇時は河川から大量に物質が流入するが、その流入量と貯水池内の増加量は一致せず、全窒素、全リンともに底泥への沈降により水中からの減少が見られた。減少量は、全窒素が1日当たり約1.65t、全リンが1日当たり約0.20tであった。

#### ②高水位時

高水位時は、河川から大量に物質が流入し、高濃度となった貯水池内の水質環境が、安定的な水質環境へと移行するため、全期間で物質量の減少が確認された。全窒素、全リンの減少量ともに、季節特徴が現れており、生産が活発化する春期で大きく、不活性になる冬期で小さくなった。また、秋期は春期と冬期の中間レベルとなった。

#### ③水位下降時

水位下降時は全窒素、全リンともに減少期と増加期の2期に分割される。減少は、直前の高水位の期間が短く、流入した河川水の影響が残り安定的な水質環境に達していない期間で見られた。反対に増加は、直前の高水位時に水質環境が安定状態に達しており、水位が低下するに従い底泥の巻き上げや溶出等の影響によるものと考えられた。

#### ④低水位時

低水位時は全窒素、全リンともに減少期と増加期の2期に分割される。そのうち減少期は各物質による違いが見られた。全窒素、全リンともに各年の秋期で物質量の減少が見られた。この要因として、気温低下など気象条件等の外的要因が影響し、底泥からの回帰量が期間初期に比べ後期で少なくなっていることが考えられる。

また、全窒素では秋期以外でも減少期が見られた。この要因として、直前の高水位から低水位に至る迄の期間が短く、流入した高濃度河川水の影響が考えられる。増加期は、底泥からの溶出や巻き上げが影響し、全窒素で1日当たり約0.04t、全リンで1日当たり約0.01tの物質量の増加が見られた。

以上より、検討された貯水池内の物質収支概念図を図2-3-4に示す。

### 【考察】

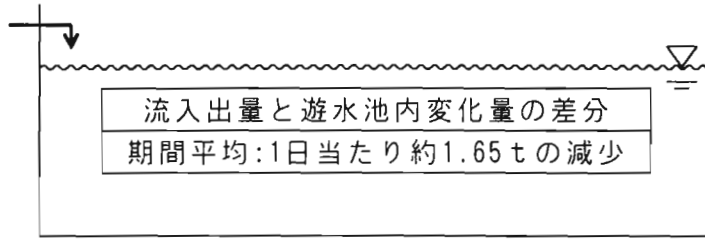
これ迄の物質収支の検討結果のうち、水門を通しての流入出が殆ど無い低・高水位時での物質増減量の窒素／リン比を見ると、低水位時（増加時）が約4:1、高水位時（減少時）が約15:1~40:1と大きく異なり。窒素とリンとでは貯水池内における挙動が異なっていることが分かる。定期水質調査結果より、底泥中の窒素／リン比は約1.5~2.5と水中での値に比べてかなり低い事が明らかにされており、低水位時の溶出や巻き上げによる回帰が起こる際（すなわち水中の物質増量増加時）の窒素／リン比が、約4:1と低くなっている原因と考えられる。

貯水池内は図2-3-5の物質挙動フローと図2-3-6の概念図の様な物質の挙動を示す。河川より大量に流入した物質は貯水池内で有機化し、デトライタスとして沈降し、比較的有機物の少ない底泥の上に浮泥状に堆積する。この堆積した浮泥層で有機物は分解され、これに伴って酸素も消費される事から、浮泥層底面付近では還元環境になる。この場合、嫌気性の脱窒素細菌により、還元環境下で脱窒素作用が起こり窒素が気化することで、底泥中の窒素／リン比に近づくものと思われる。

以上より、渡良瀬貯水池は大量の窒素を水中から気化させる作用を持ち（沈降した窒素の約80%以上）、ある意味では河川水の浄化に寄与している。しかし、堆積残留した窒素やリンにより底泥中の窒素、リン濃度が経年的に増加し、夏期の回帰量が増加する可能性が懸念される。



①水位上昇時

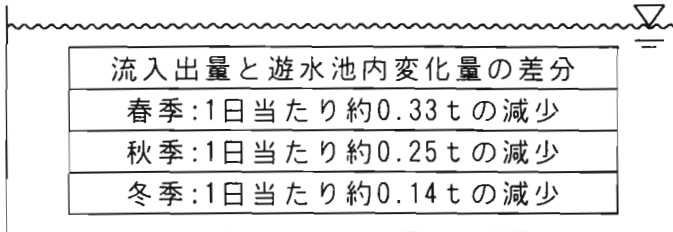


窒素量の変化

減少期

- ・ 季節的な特徴等無く、全期間概ね同レベル。

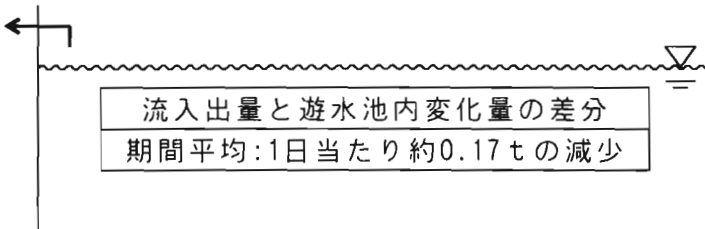
②高水位時



減少期

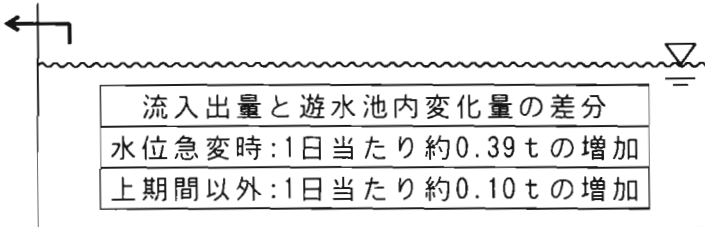
- 春季(活性期) → 大
- 秋季(準活性期) → 中
- 冬季(不活性期) → 小

③水位下降時



減少期

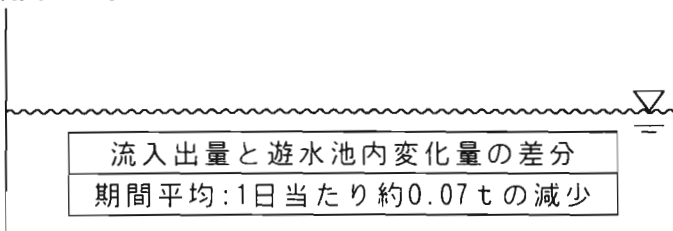
- ・ 直前の河川水流入の影響が残る時期 (H8夏季, H9夏季・冬季)



増加期

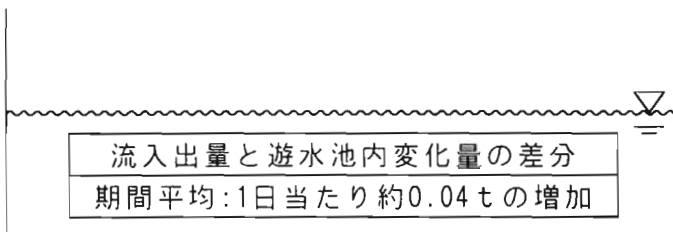
- ・ 水位変化が急激な時期 (H5夏季・冬季, H7夏季)
- ・ 上期間以外 (H4春季, H6夏季)

④低水位時



減少期

- ・ 直前の河川水流入の影響が残る時期 (H5夏季, H8夏季・冬季)
- ・ 各年の秋季

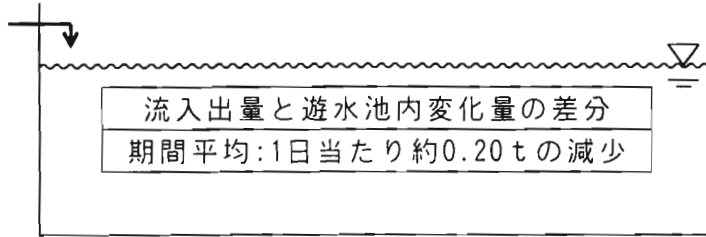


増加期

- ・ 直前の河川水流入の影響が無い時期 (H4夏季, H5春季, H6, 7夏季)

図 2-3-2 全窒素の流入出量と遊水池内変化量の差分量の状況(期間平均値)

①水位上昇時

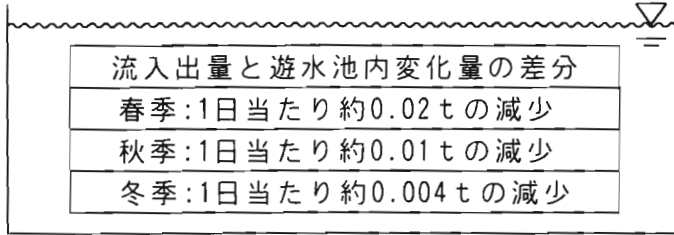


燐量の変化

減少期

- ・ 季節的な特徴等無く、全期間概ね同レベル。

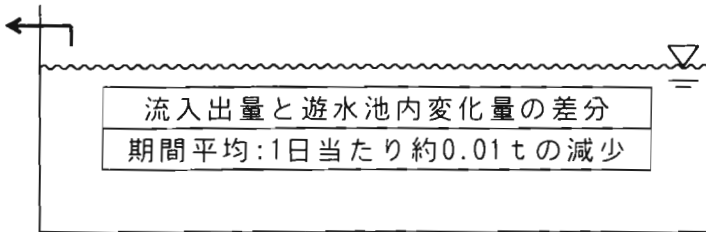
②高水位時



減少期

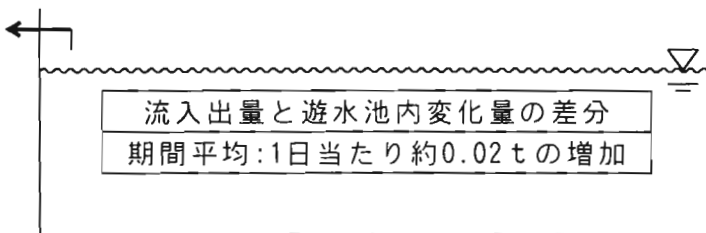
- 春季(活性期) → 大
- 秋季(準活性期) → 中
- 冬季(不活性期) → 小

③水位下降時



減少期

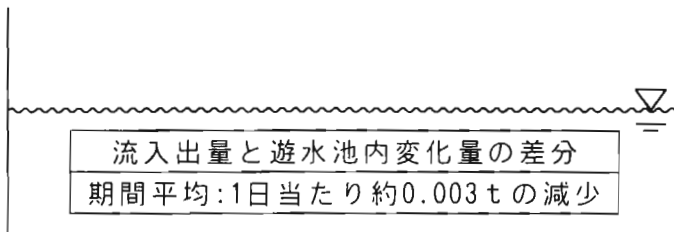
- ・ 直前の河川水流入の影響が残る時期 (H8夏季, H9夏季・冬季)



増加期

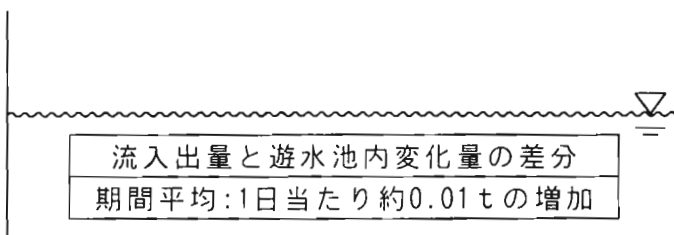
- ・ 上記期間以外

④低水位時



減少期

- ・ 各年の秋季



増加期

- ・ 秋季以外全期間

図 2-3-3 全燐の流入出量と遊水池内変化量の差分量の状況(期間平均値)

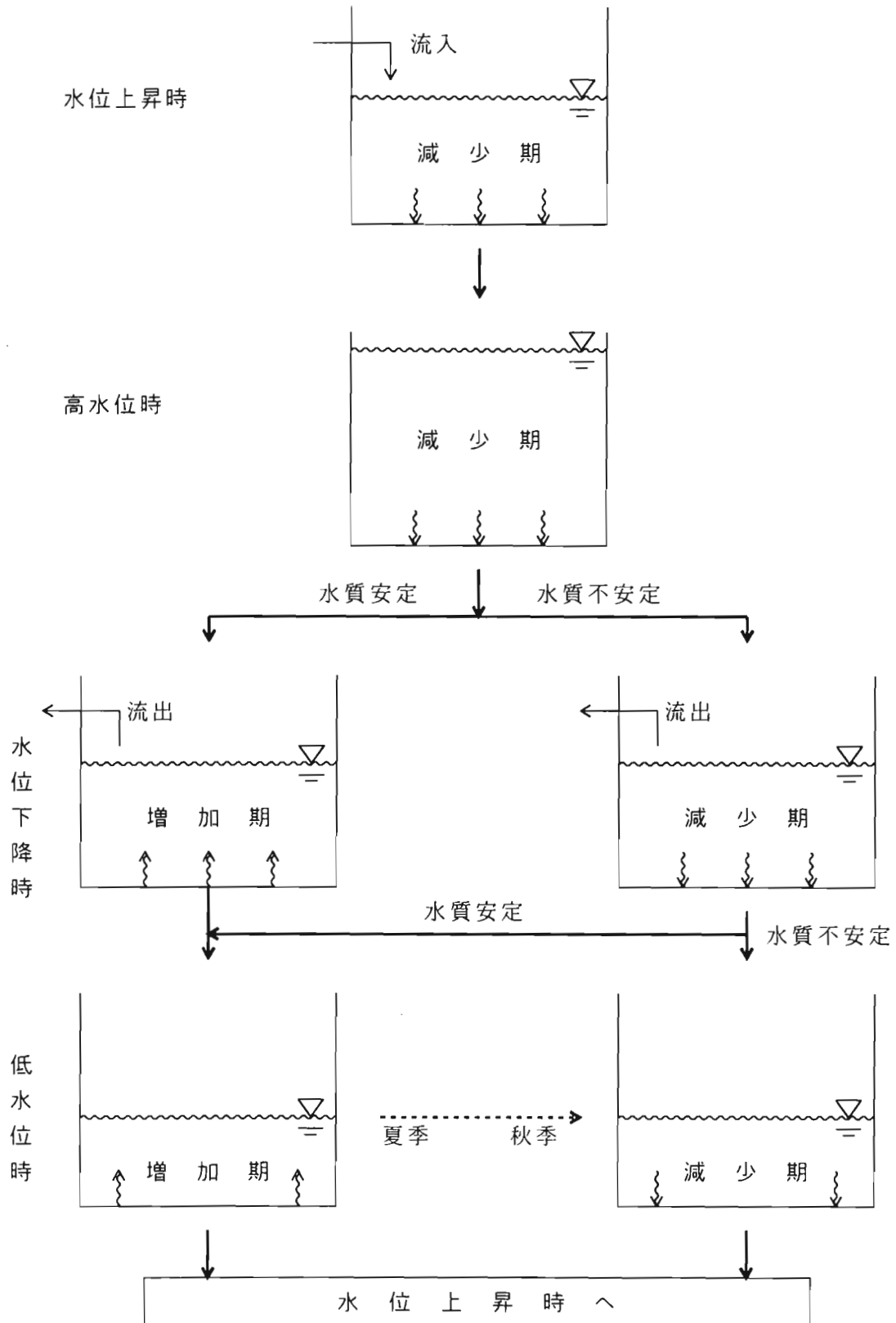


図 2-3-4 全窒素，全磷の物質収支概念図

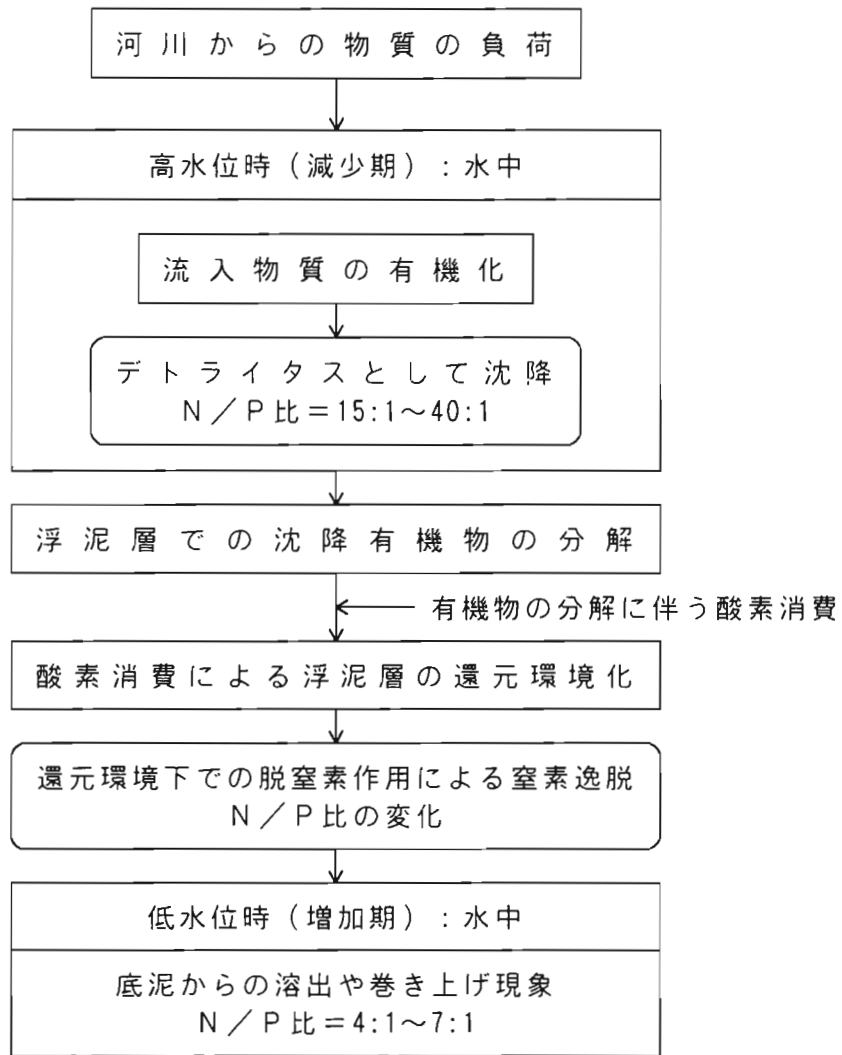


図 2-3-5 物質挙動フロー図

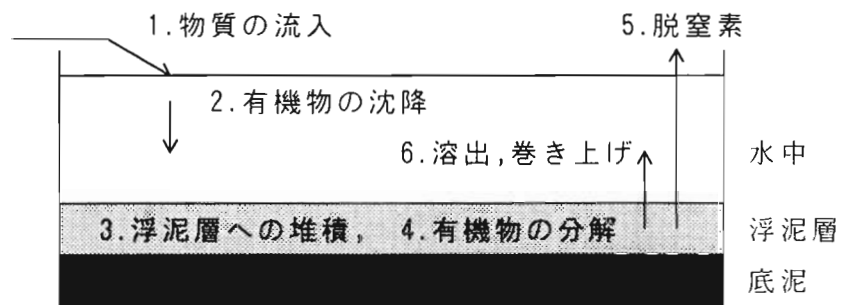


図 2-3-6 遊水池内の挙動メカニズム概念図

### 3. 懸濁物質の沈降特性

渡良瀬貯水池においては、前章で見た通り貯水池水質と底泥が密接に関連している。これは①懸濁物の沈降による栄養塩濃度、クロロフィル-a濃度の低下と、②底泥からの栄養塩回帰による栄養塩濃度、クロロフィル-a濃度の上昇という水質変化の方向として逆向きの2つの過程による影響が相殺された結果として、貯水池水質が変化しているため、環境変化に応じて、いずれかの量が大きくなることでこのような変化特性を示すと考えられる。

貯水池水質と底泥との相互作用について知るには上記の2方向の過程について把握する必要があるが、ここではまず、貯水池水から底泥への物質移動量を把握するため、セディメントトラップを設置して、懸濁物の沈降量の計測を行い、沈降物の組成および量的な特性変化と気象、水文、貯水池水質特性との関係について調査した。捕集された沈降物は、成分組成について解析を行うことで新規に生成された懸濁物と底泥から巻き上がった懸濁物とに分類することを試み、巻き上がり分を差し引いた正味の沈降量の評価を行った。

#### 3. 1 調査概要

現地での沈降物調査は、平成11年9月8日から11月18日まで行った。調査項目は、以下の通りである。

##### ① トラップによる沈降物調査及び分析

セディメントトラップを設置し、捕集された沈降物について、量及び組成分析を行った。

##### ② 浮泥の採取分析

セディメントトラップによる沈降物の捕集の際、同時に底泥表層に存在する流動性の高い部分（以下、浮泥）について、ポンプを用いて吸入採取し、組成分析を行った。

##### ③ 水質分析

上記調査時に貯水池水質について調査し、主に懸濁物の濃度及び組成を分析した。

#### 【調査位置】

調査地点は図3-1-1に示した調査地点において、図3-1-2に示すようなセディメントトラップを設置した。トラップの設置位置は、表層（水面-0.5m）、底層（底面+0.5m）の2層とした。

#### 【調査時期及び頻度】

表層（水面-0.5m）、底層（底面+0.5m）に設置するトラップ調査は、調査期間中に表3-1-1に示す日程で6回行った。トラップ設置時間は24時間としたが、第6回目の調査では、強風のため回収日が一日ずれたため、48時間設置となっている。

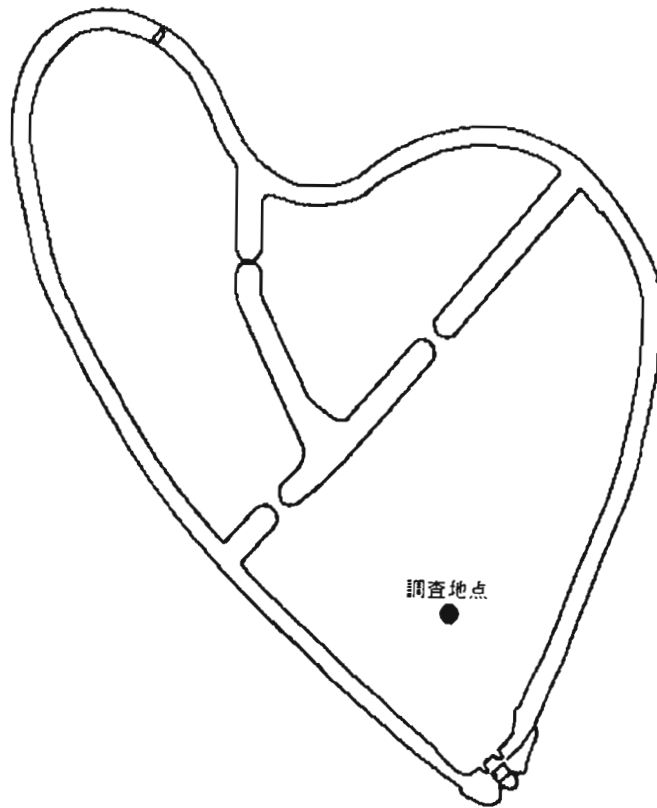


図3-1-1 調査地点図

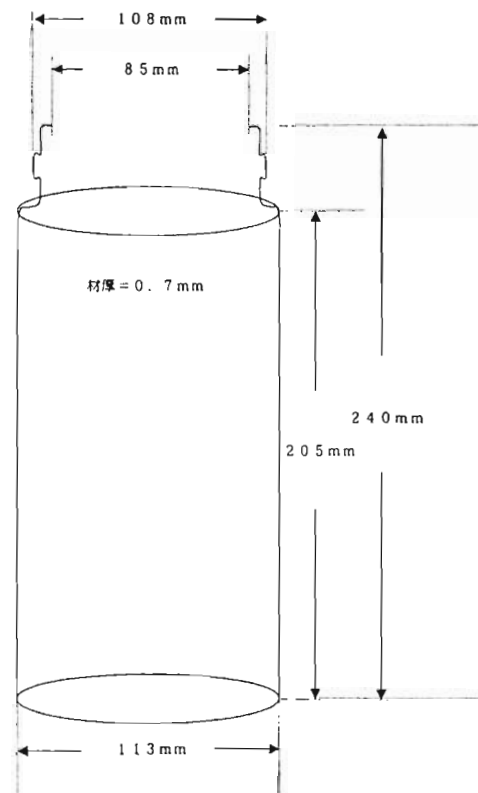
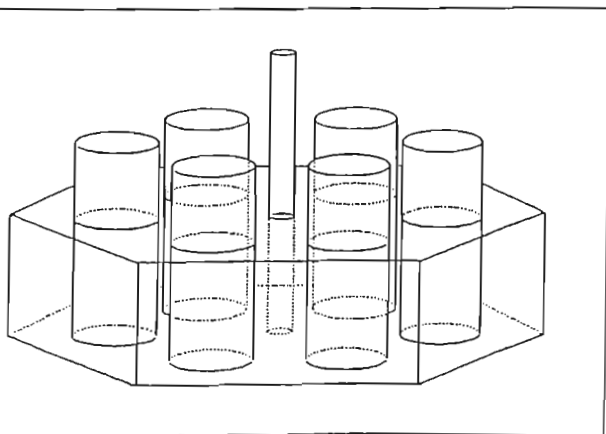


図3-1-2 セディメントトラップ（6連）の概略図及びトラップ形状

表3-1-1 沈降物調査日程

回数	設置日	回収日
第1回	1999年9月8日	1999年9月9日
第2回	1999年9月20日	1999年9月21日
第3回	1999年10月4日	1999年10月5日
第4回	1999年10月18日	1999年10月19日
第5回	1999年11月1日	1999年11月2日
第6回	1999年11月15日	1999年11月17日

なお、水質調査はトラップ設置前に、浮泥採取はトラップ回収後に実施した。

【調査方法】

① トラップによる沈降物調査及び分析

トラップによる沈降物調査は、次に示す手順によって従って実施した。

i)セディメントトラップの設置層水深における貯水池水を採水し、現地にて1 $\mu$ mのガラスフィルターにてろ過操作を行い、懸濁態成分を除去する(トラップ中の懸濁成分の初期値はゼロとみなす)。

ii)ろ過水をトラップ容器に充鎮し、蓋を閉じて、潜水土によりトラップ設置場所に速やかに設置する。その後、蓋を取り調査開始する。

iii)1昼夜(24時間)経過後、潜水土により蓋を閉じ、トラップを回収する。

iv)回収した試料は、低温に保ちながら速やかに実験室に持ち帰り、分析を行う。

v)実験室では、上澄み水を除去し、残りを1 $\mu$ mガラスフィルターでろ過し、懸濁物について下記の分析を行った。

SS, VSS, TOC, T-N, T-P, T-Fe, クロロフィル-a

② 浮泥の採取分析

トラップ回収後に、ポンプによる吸引で貯水池底から浮泥を採取し、①のv)同様のろ過操作を行った後、下記項目の分析を行った。

SS, VSS, TOC, T-N, T-P, T-Fe, クロロフィル-a

③ 水質調査

沈降物調査に際しては、同時に透明度を計測すると共に、計器観測により、水面下0.5m間隔で下記項目を計測した。

水温, DO, 濁度

同時に表層(水面-0.5m)、底層(底面+0.5m)の2水深について採水し、下記項目の分析を行った。試水はトラップ設置層と同じ層から採水したものである。

濁度, pH, DO, SS, VSS, TOC, DOC, T-N,  
T-P, D-T-P, PO<sub>4</sub>-P, クロロフィル-a, T-Fe

### 【分析方法】

上記の水質分析については、表3-1-2に示す方法で行った。

表3-1-2 分析方法

分析項目	分析方法	備考
①及び② (底質分析)		
SS	JIS K0102 14.1	GFC法 (ガラスフィルター法)
VSS	JIS K0102 14.5	600°C強熱法
TOC	土壤標準分析・測定法 15A	CHNコーダー法
T-N	土壤標準分析・測定法 15A	CHNコーダー法
T-P	底質調査法II.19	硝酸・過塩素酸分解法
T-Fe	底質調査法II.10	原子吸光法
クロロフィル-a	海洋観測指針 6.3.2(1999年)	アセトン抽出-吸光光度法
③水質分析		
PH	JIS K0102 12.1	ガラス電極法
DO	JIS K0102 32.1	ウインクラー-アジ化ナトリウム変法
SS	JIS K0102 14.1	GFC法 (ガラスフィルター法)
VSS	JIS K0102 14.5	600°C強熱法
TOC	JIS K0102 22.1	赤外線式 TOC 法
T-N	JIS K0102 45.4	Cu-Cd カラム還元法
T-P	JIS K0102 46.3	ペルオキシ二硫酸カリウム分解法
PO <sub>4</sub> -P	JIS K0102 46.1	アスコルビン酸還元モリブデン青吸光光度法
クロロフィル-a	海洋観測指針 6.3.2(1999年)	アセトン抽出-吸光光度法

## 3. 2 調査結果

### 3. 2. 1 水質分析結果

水質分析結果を表3-2-1と図3-2-1に示す。調査期間中、表面水温は28°Cから15°Cに低下している。表層と底層との水温差は最大2°C程度であった。9月～10月初旬までは、表層と底層で上記のような水温差が見られたが、10月中旬以降は上層と底層が完全に混合状態となり、水温差はほとんど見られなくなった (図3-2-1(1))。pHについては、水温差があった9月～10月初旬までは、表層での光合成が盛んな分表層でのpHが高い値を示していた (図3-2-1(1))。DOも水温分布に呼応しており、9月～10月初旬までは、表層部は10mg/L程度でほぼ飽和濃度に達していたのに対し、底層部は最低6mg/L程度であった。一方、水温の鉛直分布に差が見られなくなった10月中旬以降は、DOについても表層と底層での差が見られなくなっている (図3-2-1(1))。濁度は、水深の浅い9月時点では40度と比較的高い値を示しているが、制限水位が解除される10月からの水位上昇に伴い、20度程度まで低減した (図3-2-1(1))。SSは表層で8～14mg/L、底層で11～18mg/Lであり、底層で



若干高い傾向があった(図 3-2-1(1))。VSS は表層で 3~8mg/L、底層で 3~6mg/L であり、表層で高い傾向が見られ、有機物を多く含む懸濁物の割合が高いことが示唆されている(図 3-2-1(1))。

T-N は表層で 0.95~1.33mg/L、底層で 0.92~1.62mg/L であり、表層、底層で顕著な差は見られなかったが、10月1日から始まった取水(河川からの流入)により窒素濃度の高い河川水が底層に流入したと見られ、底層で高濃度を示した(図 3-2-1(2))。T-P の範囲は 0.052~0.109mg/L の範囲であり、表層と底層の差はほとんど見られないが、調査期間を通じて減少傾向にあった(図 3-2-1(2))。D-T-P は 0.012~0.037mg/L の範囲であり、第 1 回目(9/8)の調査を除けば、表層と底層にほとんど差は見られなかった(図 3-2-1(2))。PO<sub>4</sub>-P は第 1 回(9/8)、第 4 回(10/18)の調査では表層と底層とでほとんど差が見られないが、第 2 回(9/20)、第 3 回(10/4)の調査では下層部で高い値を示していた(図 3-2-1(2))。

TOC、DOC については、同様な挙動を示しており、第 3 回(10/4)の調査以外は表層、底層でほぼ同程度の値を示していた(図 3-2-1(3))。クロロフィル-a は第 1 回~第 3 回(9/8~10/4)にかけては表層部で 60μg/L 程度の値を示していたが、第 4 回(10/18)には 45μg/L まで低下した。また、10/4 は表層と底層で差が見られるものの、他の調査日は表層と底層で差が見られないのは、TOC の挙動と同じであった(図 3-2-1(3))。全鉄は表層が 0.1mg/L 以下、底層が 0.1~0.2mg/L 程度であり、底層部が高くなっていた(図 3-2-1(3))。

図 3-2-2 に利根川上流工事事務所による定期水質調査結果と、今回の調査における水質調査結果の比較を示す。両者の間には特に大きな差異は認められず、水質調査について妥当な結果であったことを示す結果となった。

### 3. 2. 2 沈降物及び浮泥分析結果

沈降物及び浮泥分析結果を表 3-2-2 に、表層部、底層部に設置したセディメントトラップに捕集された沈降物の単位時間当たり、単位面積当たりの量について図 3-2-3 にそれぞれ示す。

概して表層部よりも底層部に設置したトラップの方が沈降物が多い傾向が見られる。また、第 6 回目の調査においては、回収日が強風のため設置から 2 日後の回収となったものである。結果を見ると、単位時間当たりの沈降物量の値は第 1 回目とほぼ同じかそれ以上となっている。この時期は水深が深くなっている時期ではあるが、強風により底泥が巻き上がったことが伺える結果となっている。

水質分析のために採水したサンプルの懸濁物、セディメントトラップに捕集された沈降物、及び底泥表層の組成(含量)の測定結果一覧を表 3-2-3 に示す。水質分析サンプルの懸濁物の組成算定は、窒素、リン、炭素については、粒子態濃度を SS 濃度で除することにより懸濁物中の含量として求めた。ただし窒素については、本調査において T-N しか分析しなかったことから、図 3-2-3(2) に示した定期調査の結果を用いて粒子態濃度を推定した。すなわち、9 月には無機態窒素(硝酸、亜硝酸、アンモニア態窒素の合計で表される)がほとんど検出されていないことから、窒素の全てが粒子態とし、10 月以

表3-2-1(1) 水質調査結果

9月8日 採水

分析項目	表層	底層
pH	9.2	8.8
DO (mg/L)	10.4	8.0
濁度 (度)	39	36
SS (mg/L)	14	14
VSS (mg/L)	8	6
T-N (mg/L)	1.00	0.93
T-P (mg/L)	0.109	0.104
D-T-P (mg/L)	0.037	0.025
PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	0.006	0.006
TOC (mg/L)	6.7	6.4
DOC (mg/L)	3.4	3.5
クロロフィル (μg/L)	58.7	61.4
全鉄 (mg/L)	<0.1 (0.09)	0.1

参考値

沈降物等T-Nのケルダール法による値

	沈降物		浮泥
	表層	底層	
T-N (mg/g)	0.29	2.67	0.01

表3-2-2(1) 沈降物・浮泥調査結果

9月8日 設置 9月9日 回収

分析項目	沈降物		浮泥
	表層	底層	
垂下時間(hr)	24	24	—
トラップ内の総水量(L)	13.9	14.0	—
トラップ開口部の総面積(cm <sup>2</sup> )	326	329	—
SS	濃度 (mg/L)	76.0	223
	総量 (g)	1.06	3.11
	単位面積当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> )	32	95
	単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	32.43	94.59
VSS	濃度 (mg/L)	18.1	29.1
	含有量 (mg/g)	9.36	5.80
	堆積量 (mg)	9.89	18.1
	単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	304	549
T-N	単位面積・時間当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> /d)	303.58	548.64
	含有量 (mg/g)	1.92	1.33
	堆積量 (mg)	2.03	4.14
	単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	62.3	126
T-P	単位面積・時間当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> /d)	62.27	125.81
	含有量 (mg/g)	65.1	40.4
	堆積量 (mg)	68.8	126
	単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	2111	3822
TOC	単位面積・時間当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> /d)	2111.41	3821.56
	含有量 (mg/g)	1.01	0.301
	堆積量 (mg)	1.07	0.937
	単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	32.8	28.5
クロロフィル	単位面積・時間当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> /d)	32.76	28.47
	含有量 (mg/g)	14.1	55.0
	堆積量 (mg)	14.9	171
	単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	457	5203
全鉄	単位面積・時間当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> /d)	457.31	5202.61

含有量は乾泥当りの値 T-NはCHNコーダーによる値

表3-2-1(2) 水質調査結果

9月20日 採水

分析項目	表層	底層
pH	8.9	8.0
DO (mg/L)	9.5	6.6
濁度 (度)	43	41
SS (mg/L)	14	18
VSS (mg/L)	6	6
T-N (mg/L)	0.95	0.92
T-P (mg/L)	0.094	0.101
D-T-P (mg/L)	0.019	0.020
PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	0.006	0.012
TOC (mg/L)	6.4	5.9
DOC (mg/L)	3.5	3.4
クロロフィル (μg/L)	66.7	64.0
全鉄 (mg/L)	0.1	0.2

参考値

沈降物等T-Nのケルダール法による値

	沈降物		浮泥
	表層	底層	
T-N (mg/g)	12.3	7.57	3.78

表3-2-2(2) 沈降物・浮泥調査結果

9月20日 設置 9月21日 回収

分析項目	沈降物		浮泥	
	表層	底層		
垂下時間(hr)	24	24	—	
トラップ内の総水量(L)	13.9	13.9	—	
トラップ開口部の総面積(cm <sup>2</sup> )	326	329	—	
SS	上澄み液濃度 (mg/L)	11.0	13.0	980
	沈殿液濃度 (mg/L)	5400	21000	—
	総量 (g)	1.26	2.28	—
	単位面積当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> )	39	69	—
	単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	38.76	69.29	—
VSS	沈殿液濃度 (mg/L)	1000	3000	97
T-N	含有量 (mg/g)	8.01	5.51	3.71
	堆積量 (mg)	10.1	12.6	—
	単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	310	382	—
	単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	310.4	381.8	—
T-P	含有量 (mg/g)	4.00	1.60	1.11
	堆積量 (mg)	5.05	3.65	—
	単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	155	111	—
	単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	155.03	110.87	—
TOC	含有量 (mg/g)	53.3	39.4	27.6
	堆積量 (mg)	67.3	89.8	—
	単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	2066	2730	—
	単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	2065.7	2730	—
クロロフィル	含有量 (mg/g)	0.735	0.360	0.067
	堆積量 (mg)	0.929	0.821	—
	単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	28.5	24.9	—
	単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	28.49	24.95	—
全鉄	含有量 (mg/g)	34.2	39.1	37.2
	堆積量 (mg)	43.2	89.1	—
	単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	1325	2709	—
	単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	1325.5	2709	—

含有量は乾泥当りの値 T-NはCHNコーダーによる値

表3-2-1(3) 水質調査結果

10月4日 採水

分析項目	表層	底層
pH	8.8	7.8
DO (mg/L)	10.0	7.7
濁度 (度)	37	23
SS (mg/L)	14	11
VSS (mg/L)	6	3
T-N (mg/L)	1.21	1.62
T-P (mg/L)	0.080	0.080
D-T-P (mg/L)	0.016	0.016
PO4-P (mg/L)	0.005	0.012
TOC (mg/L)	6.1	3.4
DOC (mg/L)	3.0	2.1
クロロフィル ( $\mu\text{g/L}$ )	64.9	29.3
全鉄 (mg/L)	0.1	0.2

表3-2-2(3) 沈降物・浮泥調査結果

10月4日 設置 10月5日 回収

分析項目	沈降物		浮泥	
	表層	底層		
垂下時間(hr)	24	24	—	
トラップ内の総水量(L)	13.9	13.9	—	
トラップ開口部の総面積( $\text{cm}^2$ )	326	329	—	
SS	上澄み液濃度 (mg/L)	11	8	3400
	沈殿液濃度 (mg/L)	4500	8700	
	総量 (g)	0.73	1.69	—
	単位面積当り堆積量 ( $\text{g/m}^2$ )	22	51	—
	単位面積・時間当り堆積量 ( $\text{g/m}^2/\text{d}$ )	22.32	51.47	—
VSS	沈殿液濃度 (mg/L)	1000	1300	310
T-N	含有量 (mg/g)	11.0	6.25	2.63
	堆積量 (mg)	8.0	10.6	—
	単位面積当り堆積量 ( $\text{mg/m}^2$ )	246	322	—
	単位面積・時間当り堆積量 ( $\text{g/m}^2/\text{d}$ )	245.5	321.7	—
T-P	含有量 (mg/g)	2.42	2.14	1.00
	堆積量 (mg)	1.76	3.62	—
	単位面積当り堆積量 ( $\text{mg/m}^2$ )	54	110	—
	単位面積・時間当り堆積量 ( $\text{g/m}^2/\text{d}$ )	54.02	110.14	—
TOC	含有量 (mg/g)	69.9	47.1	21.8
	堆積量 (mg)	50.9	79.8	—
	単位面積当り堆積量 ( $\text{mg/m}^2$ )	1560	2424	—
	単位面積・時間当り堆積量 ( $\text{g/m}^2/\text{d}$ )	1560.2	2424	—
クロロフィル	含有量 (mg/g)	2.11	0.776	0.247
	堆積量 (mg)	1.53	1.31	—
	単位面積当り堆積量 ( $\text{mg/m}^2$ )	46.9	39.8	—
	単位面積・時間当り堆積量 ( $\text{g/m}^2/\text{d}$ )	46.93	39.82	—
全鉄	含有量 (mg/g)	64.0	51.7	36.3
	堆積量 (mg)	46.6	87.5	—
	単位面積当り堆積量 ( $\text{mg/m}^2$ )	1429	2661	—
	単位面積・時間当り堆積量 ( $\text{g/m}^2/\text{d}$ )	1428.5	2661	—

含有量は乾泥当りの値 T-NはCHNコーダーによる値

表3-2-1(4) 水質調査結果

10月18日 採水

分析項目	表層	底層
pH	8.8	8.4
DO (mg/L)	9.6	8.1
濁度 (度)	23	24
SS (mg/L)	8	11
VSS (mg/L)	3	3
T-N (mg/L)	1.33	1.26
T-P (mg/L)	0.056	0.052
D-T-P (mg/L)	0.013	0.012
PO4-P (mg/L)	<0.005 (0.001)	<0.005 (0.001)
TOC (mg/L)	4.3	3.7
DOC (mg/L)	2.3	2.2
クロロフィル ( $\mu$ g/L)	45.8	36.0
全鉄 (mg/L)	<0.1 (0.08)	0.1

表3-2-2(4) 沈降物・浮泥調査結果

10月18日 設置 10月19日 回収

分析項目	沈降物		浮泥	
	表層	底層		
垂下時間(hr)	24	24	—	
トラップ内の総水量(L)	13.9	13.9	—	
トラップ開口部の総面積(cm <sup>2</sup> )	326	329	—	
SS	上澄み液濃度 (mg/L)	9	8	6400
	沈殿液濃度 (mg/L)	12000	23000	
	総量 (g)	1.94	2.96	—
	単位面積当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> )	59	90	—
	単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	59.38	90.04	—
VSS	沈殿液濃度 (mg/L)	1700	2700	580
T-N	含有量 (mg/g)	5.70	4.47	2.44
	堆積量 (mg)	11.0	13.2	—
	単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	338	402	—
	単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	338.5	402.5	—
T-P	含有量 (mg/g)	1.15	1.07	1.16
	堆積量 (mg)	2.23	3.17	—
	単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	68	96	—
	単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	68.29	96.34	—
TOC	含有量 (mg/g)	39.7	32.8	19.6
	堆積量 (mg)	76.9	97.2	—
	単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	2357	2953	—
	単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	2357.4	2953	—
クロロフィル	含有量 (mg/g)	1.15	0.914	0.219
	堆積量 (mg)	2.22	2.70	—
	単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	68.1	82.1	—
	単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	68.10	82.07	—
全鉄	含有量 (mg/g)	38.4	33.8	38.7
	堆積量 (mg)	74.3	100.1	—
	単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	2280	3043	—
	単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	2280.2	3043	—

含有量は乾泥当りの値 T-NはCHNコーダーによる値

表3-2-1(5) 水質調査結果

11月1日 採水

分析項目	表層	底層
pH	8.6	8.6
DO (mg/L)	9.6	9.6
濁度 (度)	21	21
SS (mg/L)	9	8
VSS (mg/L)	3	3
T-N (mg/L)	1.28	1.27
T-P (mg/L)	0.046	0.047
D-T-P (mg/L)	0.011	0.009
PO4-P (mg/L)	<0.005 (0.001)	<0.005 (0.001)
TOC (mg/L)	4.0	3.7
DOC (mg/L)	2.1	2.1
クロロフィル ( $\mu$ g/L)	37.3	36.0
全鉄 (mg/L)	0.1	0.1

表3-2-2(5) 沈降物・浮泥調査結果

11月1日 設置 11月2日 回収

分析項目	沈降物		浮泥
	表層	底層	
垂下時間(hr)	24	24	—
トラップ内の総水量(L)	14.0	14.0	—
トラップ開口部の総面積(cm <sup>2</sup> )	326	329	—
SS 上澄み液濃度 (mg/L)	4	3	2300
沈殿液濃度 (mg/L)	5500	16000	
総量 (g)	1.18	2.12	—
単位面積当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> )	36	64	—
単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	36.27	64.48	—
VSS 沈殿液濃度 (mg/L)	800	2100	210
T-N 含有量 (mg/g)	6.11	5.20	2.25
堆積量 (mg)	7.2	11.0	—
単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	222	335	—
単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	221.5	333.6	—
T-P 含有量 (mg/g)	1.81	1.26	0.46
堆積量 (mg)	2.14	2.67	—
単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	66	81	—
単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	65.52	81.12	—
TOC 含有量 (mg/g)	43.6	40	20.0
堆積量 (mg)	51.6	84.9	—
単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	1581	2579	—
単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	1579.2	2568	—
クロロフィル 含有量 (mg/g)	0.76	0.403	0.044
堆積量 (mg)	0.89	0.85	—
単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	27.3	25.8	—
単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	27.12	25.68	—
全鉄 含有量 (mg/g)	33.1	33.7	27.3
堆積量 (mg)	39.1	71.5	—
単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	1201	2173	—
単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	1200.0	2172	—

含有量は乾泥当りの値 T-NはCHNコーダーによる値

表3-2-1(6) 水質調査結果

11月15日 採水

分析項目	表層	中層	底層
	0.5m	1/2水深	B+0.5m
pH	8.5	8.5	8.4
DO (mg/L)	10.1	9.9	10.0
濁度 (度)	22	18	23
SS (mg/L)	7	6	8
VSS (mg/L)	3	2	2
T-N (mg/L)	1.20	1.18	1.17
T-P (mg/L)	0.045	0.044	0.045
D-T-P (mg/L)	0.011	0.012	0.011
PO4-P (mg/L)	<0.005 (0.002)	<0.005 (0.001)	<0.005 (0.001)
TOC (mg/L)	4.1	3.9	4.1
DOC (mg/L)	2.5	2.4	2.3
クロロフィル ( $\mu$ g/L)	32.0	28.9	24.0
全鉄 (mg/L)	0.1	0.1	0.1

表3-2-2(6) 沈降物・浮泥調査結果

11月15日 設置      11月17日 回収

分析項目	沈降物		浮泥
	表層	底層	
垂下時間(hr)	48	48	—
トラップ内の総水量(L)	13.1	13.9	—
トラップ開口部の総面積(cm <sup>2</sup> )	326	329	—
SS 上澄み液濃度 (mg/L)	6	5	7100
沈殿液濃度 (mg/L)	33000	55000	
総量 (g)	3.91	8.70	—
単位面積当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> )	120	265	—
単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	59.91	132.28	—
VSS 沈殿液濃度 (mg/L)	3700	6100	650
T-N 含有量 (mg/g)	3.45	3.91	2.17
堆積量 (mg)	13.5	34.0	—
単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	413	1034	—
単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	206.6	516.0	—
T-P 含有量 (mg/g)	1.04	1.09	0.99
堆積量 (mg)	4.06	9.49	—
単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	125	288	—
単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	62.16	144.00	—
TOC 含有量 (mg/g)	30.9	32	18.6
堆積量 (mg)	120.7	278.5	—
単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	3702	8466	—
単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	1850.4	4224	—
クロロフィル 含有量 (mg/g)	0.111	0.090	0.012
堆積量 (mg)	0.43	0.78	—
単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	13.2	23.7	—
単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	6.58	11.83	—
全鉄 含有量 (mg/g)	34.0	40.2	35.5
堆積量 (mg)	132.8	349.9	—
単位面積当り堆積量 (mg/m <sup>2</sup> )	4074	10635	—
単位面積・時間当り堆積量 (g/m <sup>2</sup> /d)	2035.2	5304	—

含有量は乾泥当りの値

T-NはCHNコーダーによる値

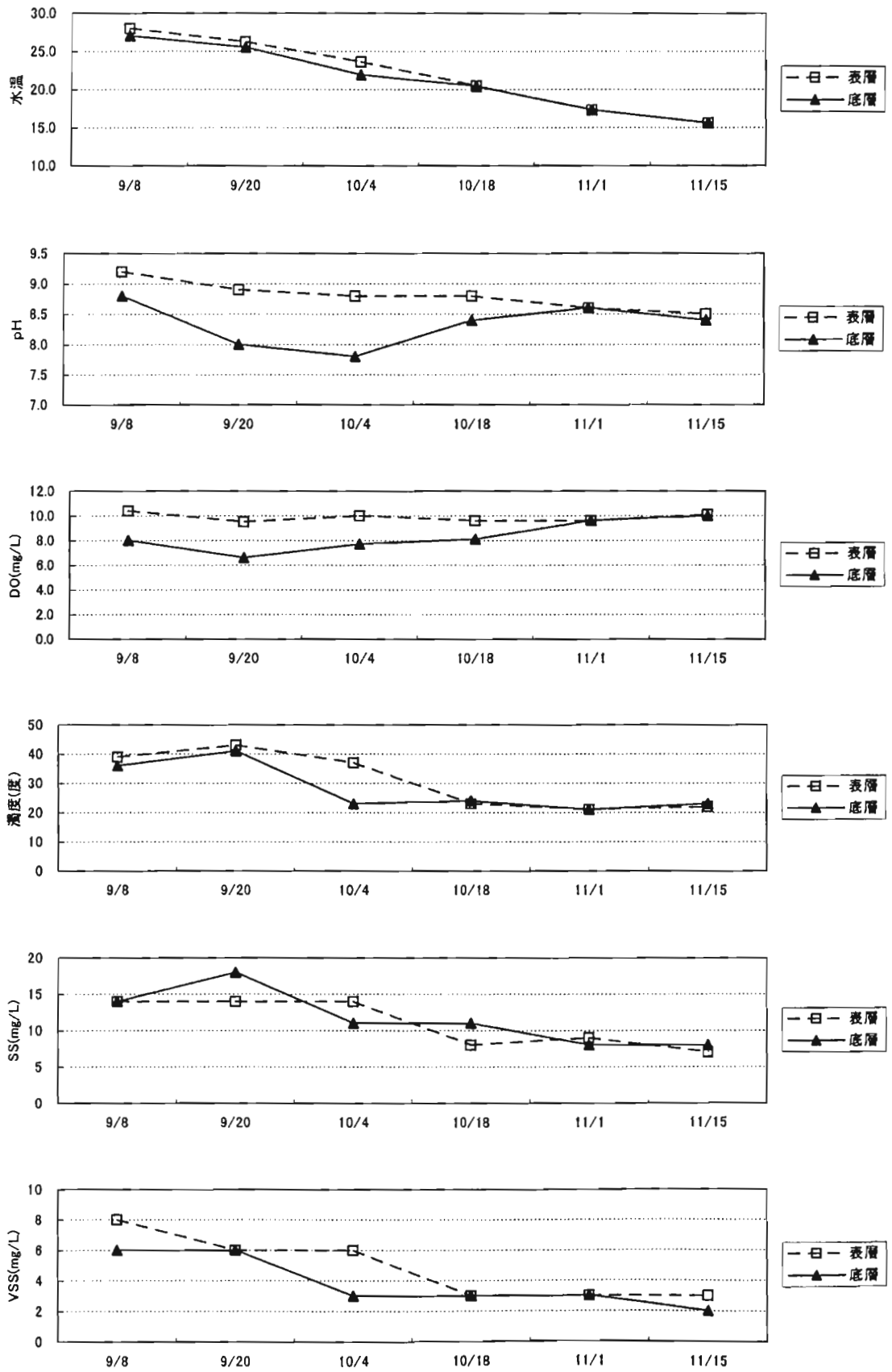


図3-2-1(1) 水質変化図



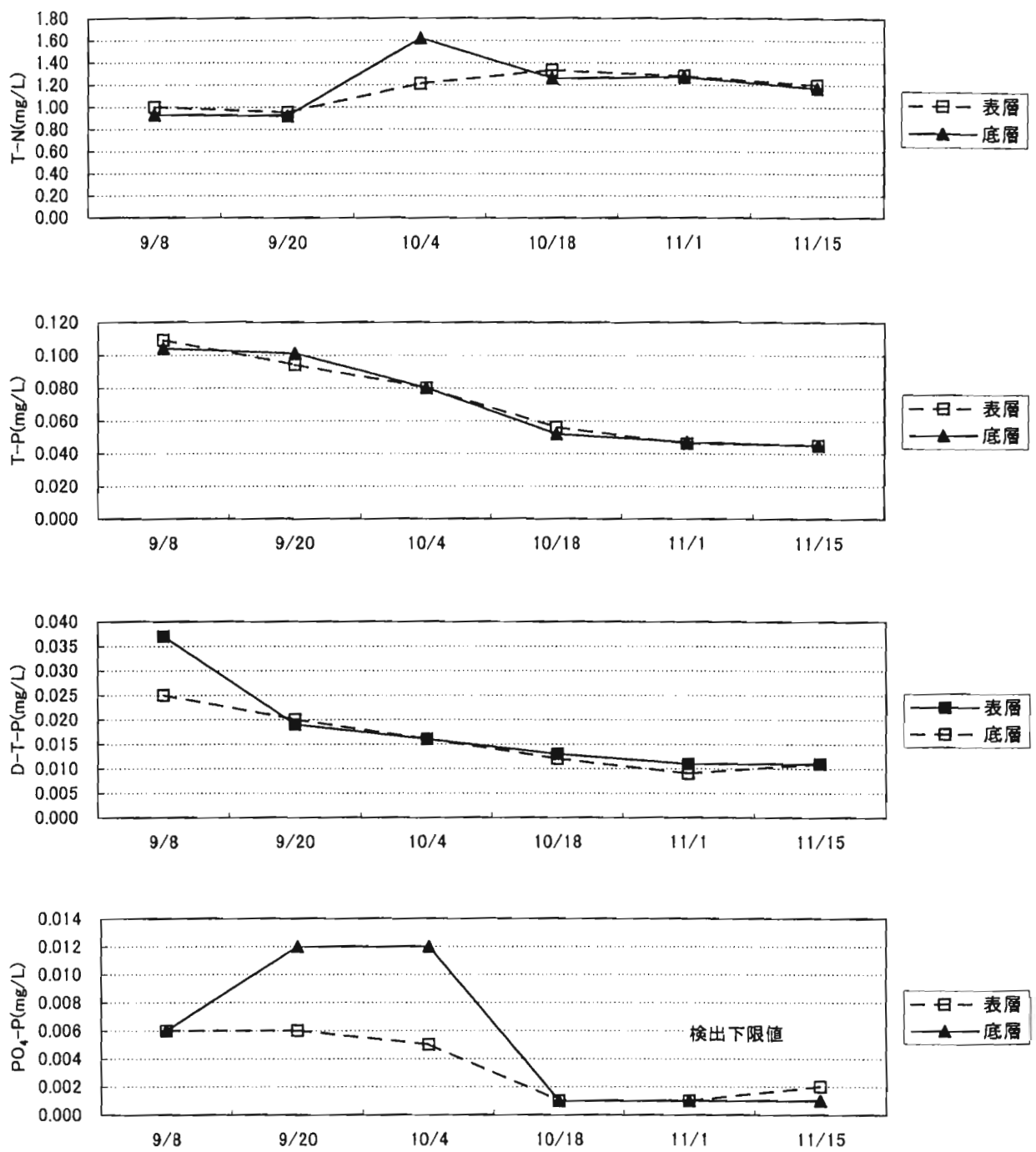


図3-2-1(2) 水質変化図

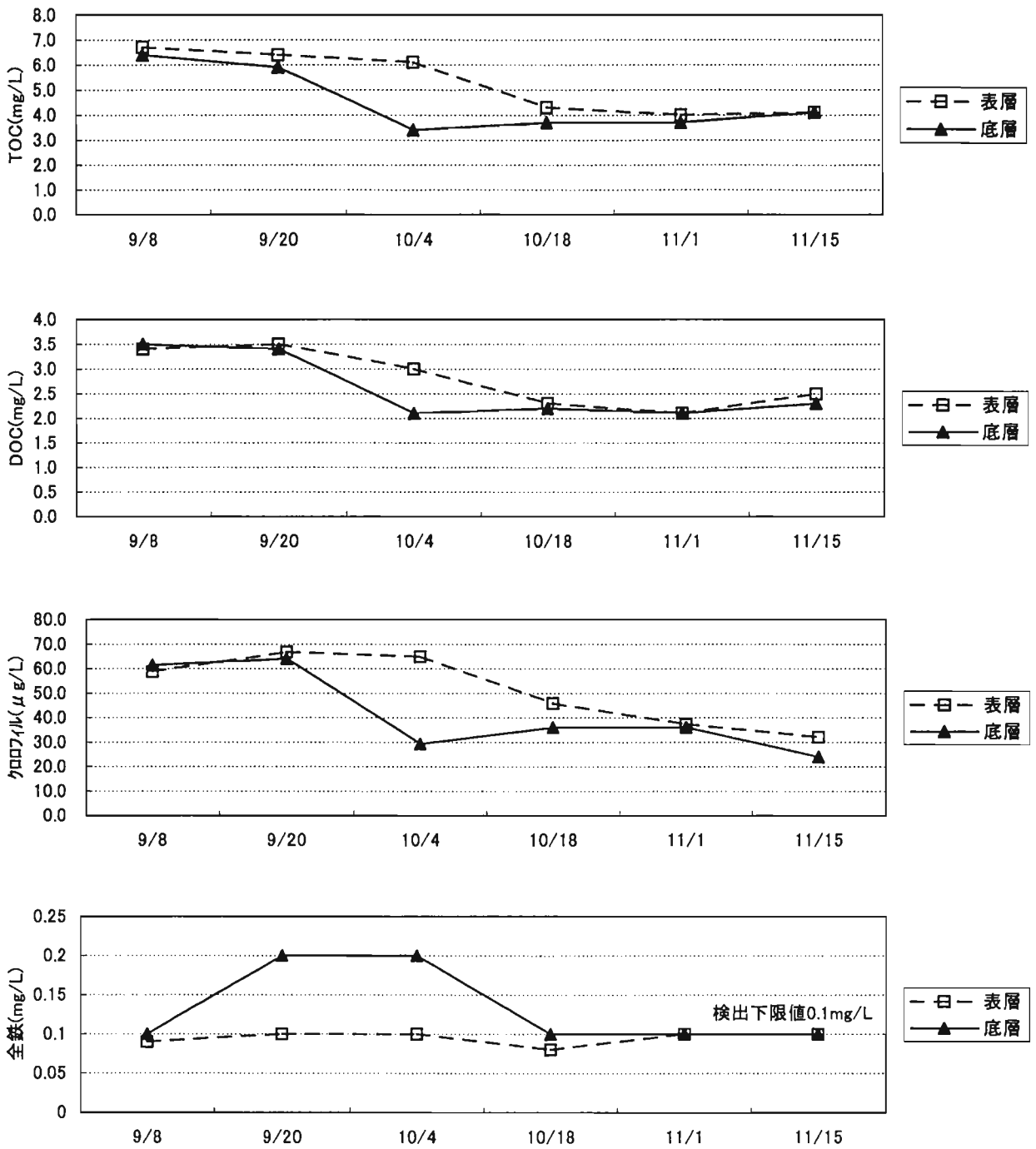


図3-2-1(3) 水質変化図

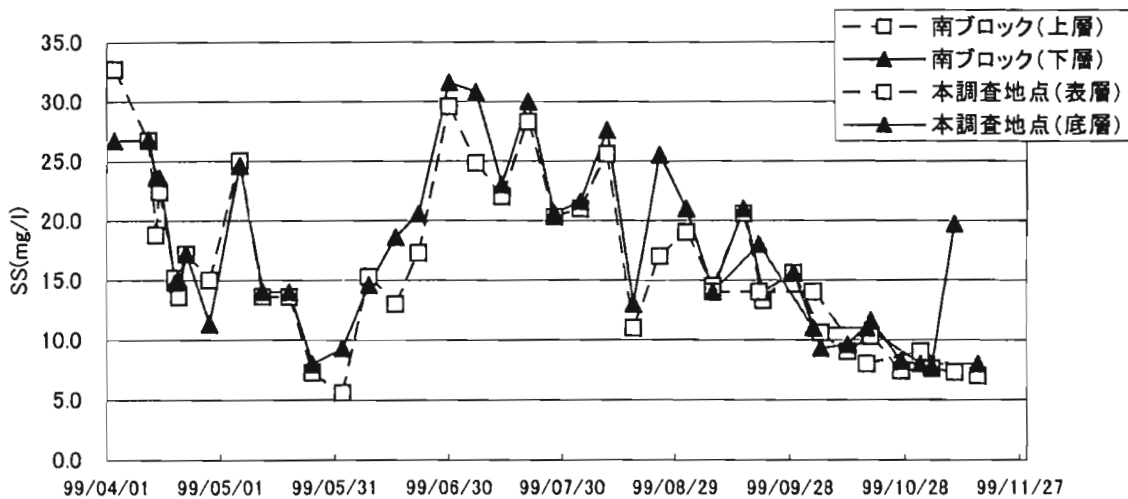
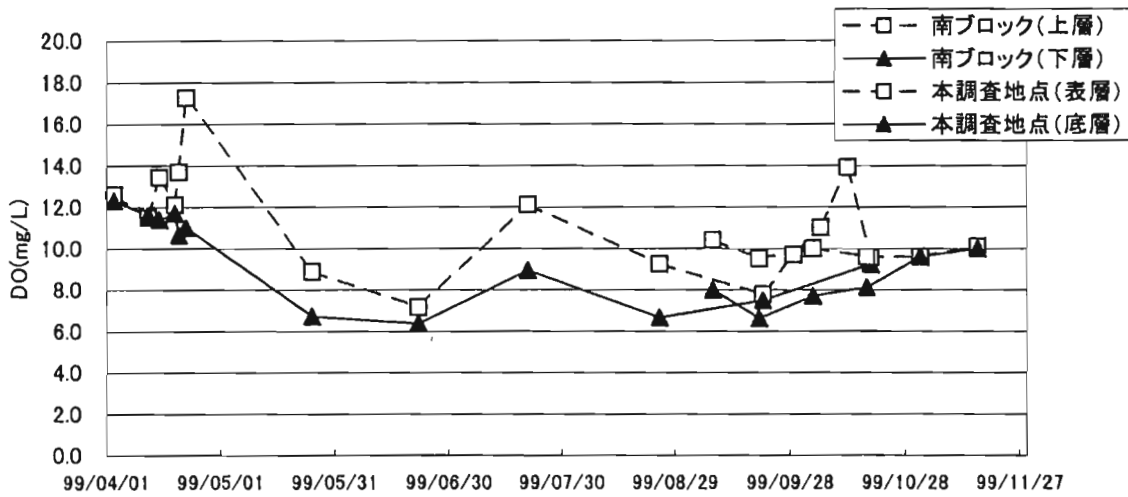
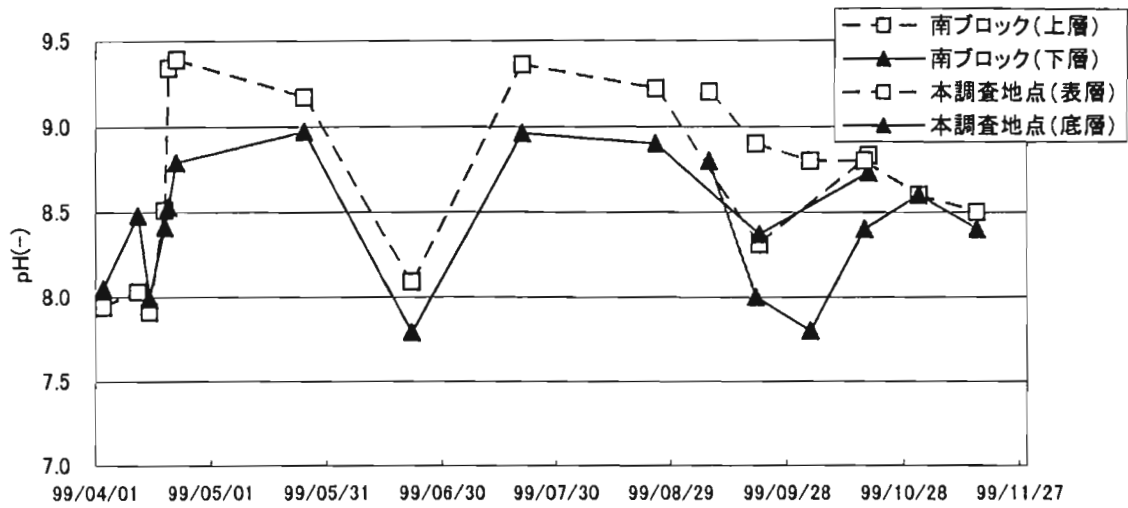


図3-2-2(1) 定期調査(南ブロック)と本調査地点との比較

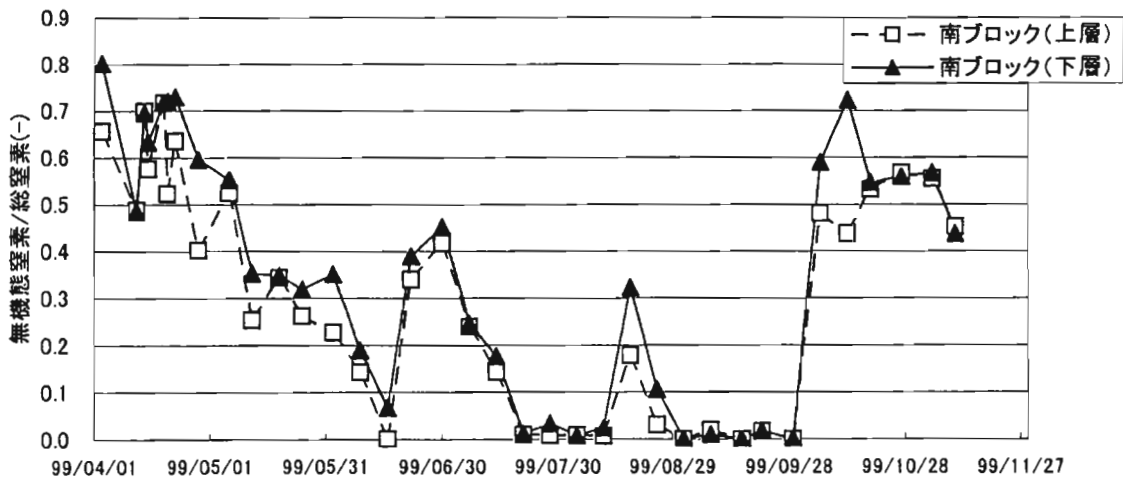
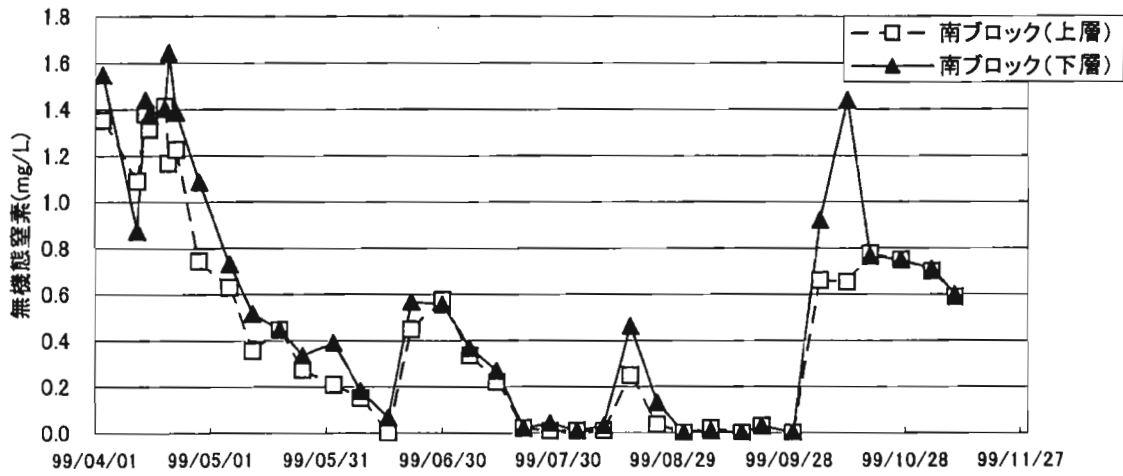
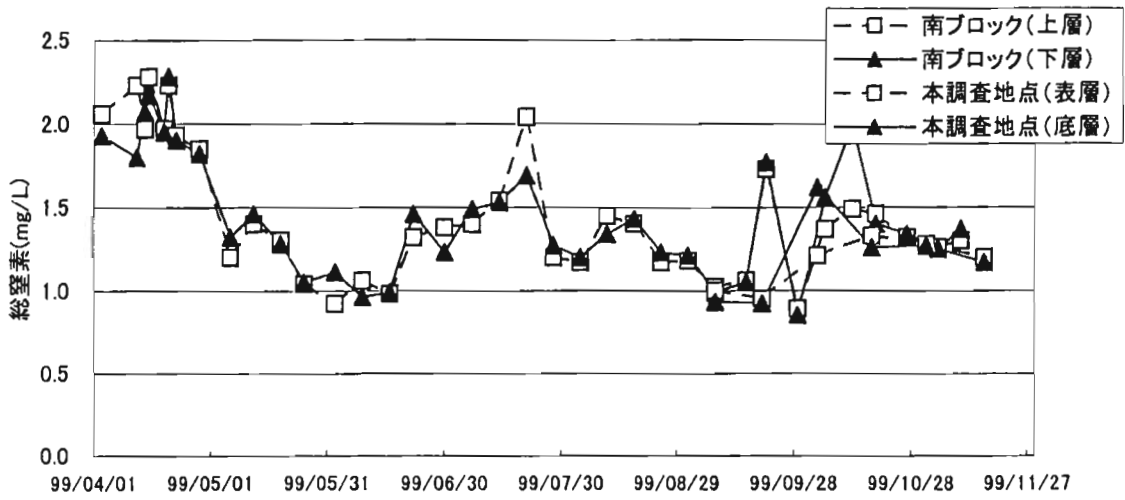


図3-2-2(2) 定期調査(南ブロック)と本調査地点との比較

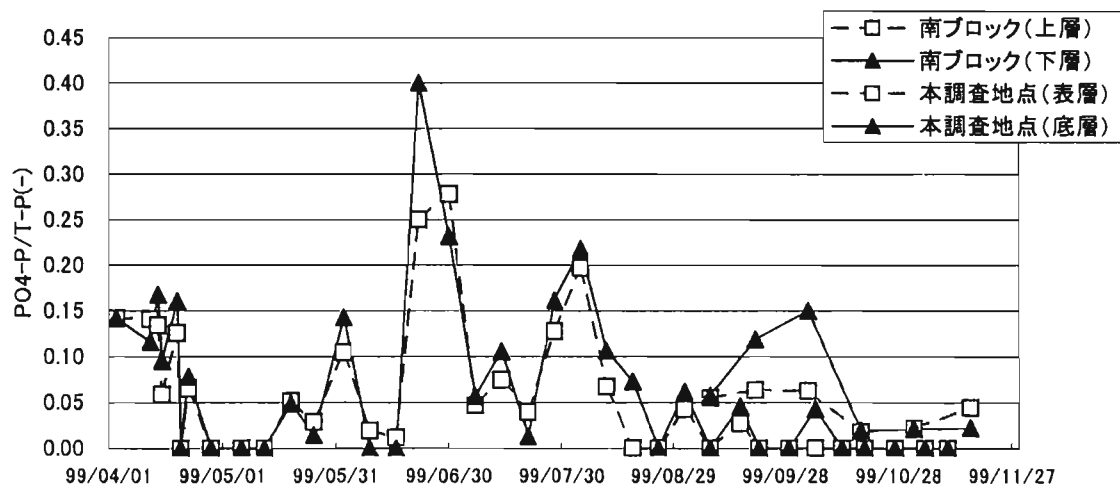
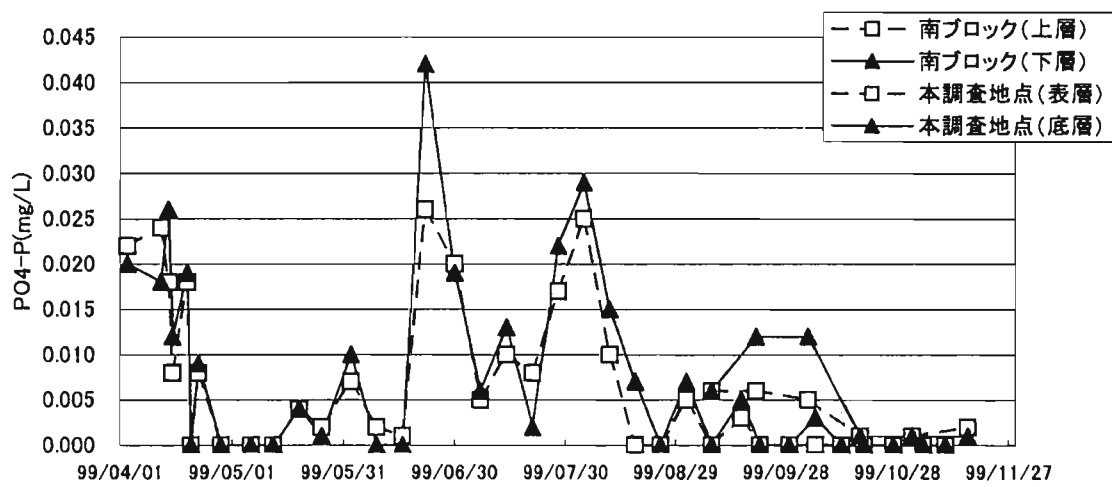
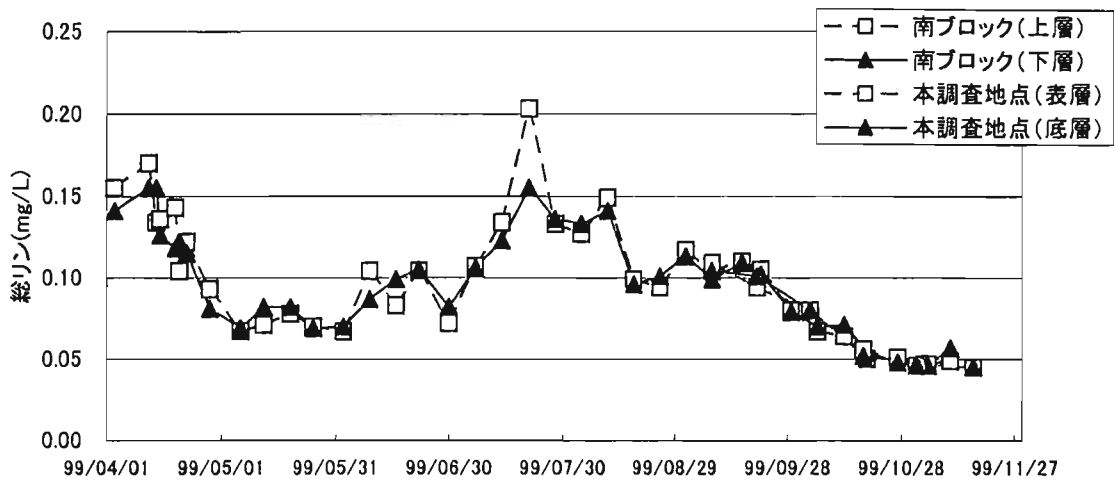


図3-2-2(3) 定期調査(南ブロック)と本調査地点との比較

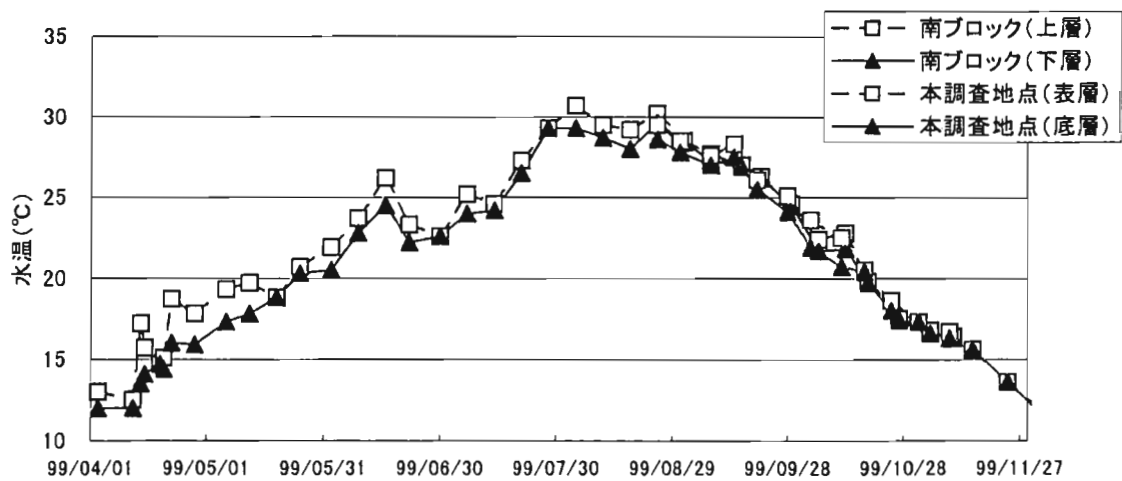
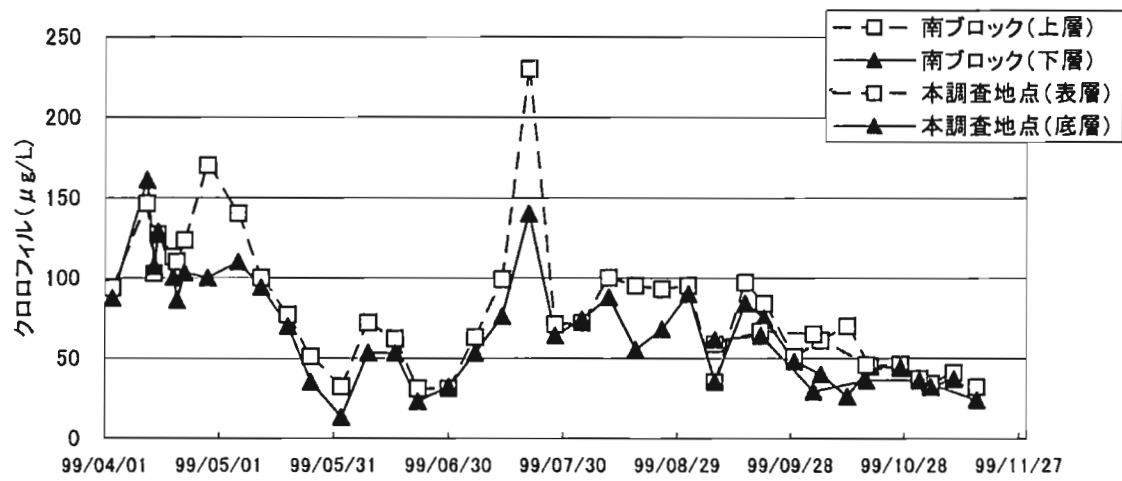
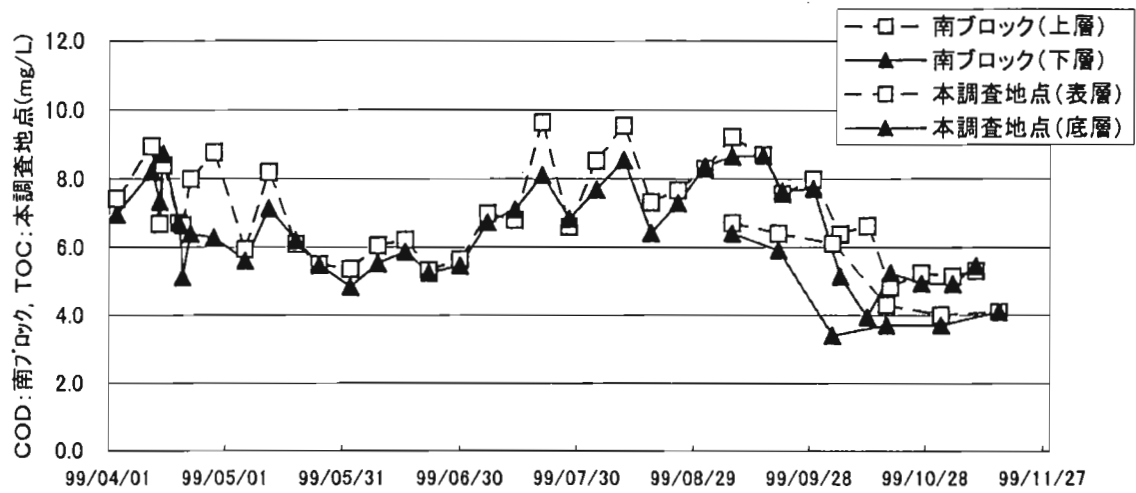


図3-2-2(4) 定期調査(南ブロック)と本調査地点との比較

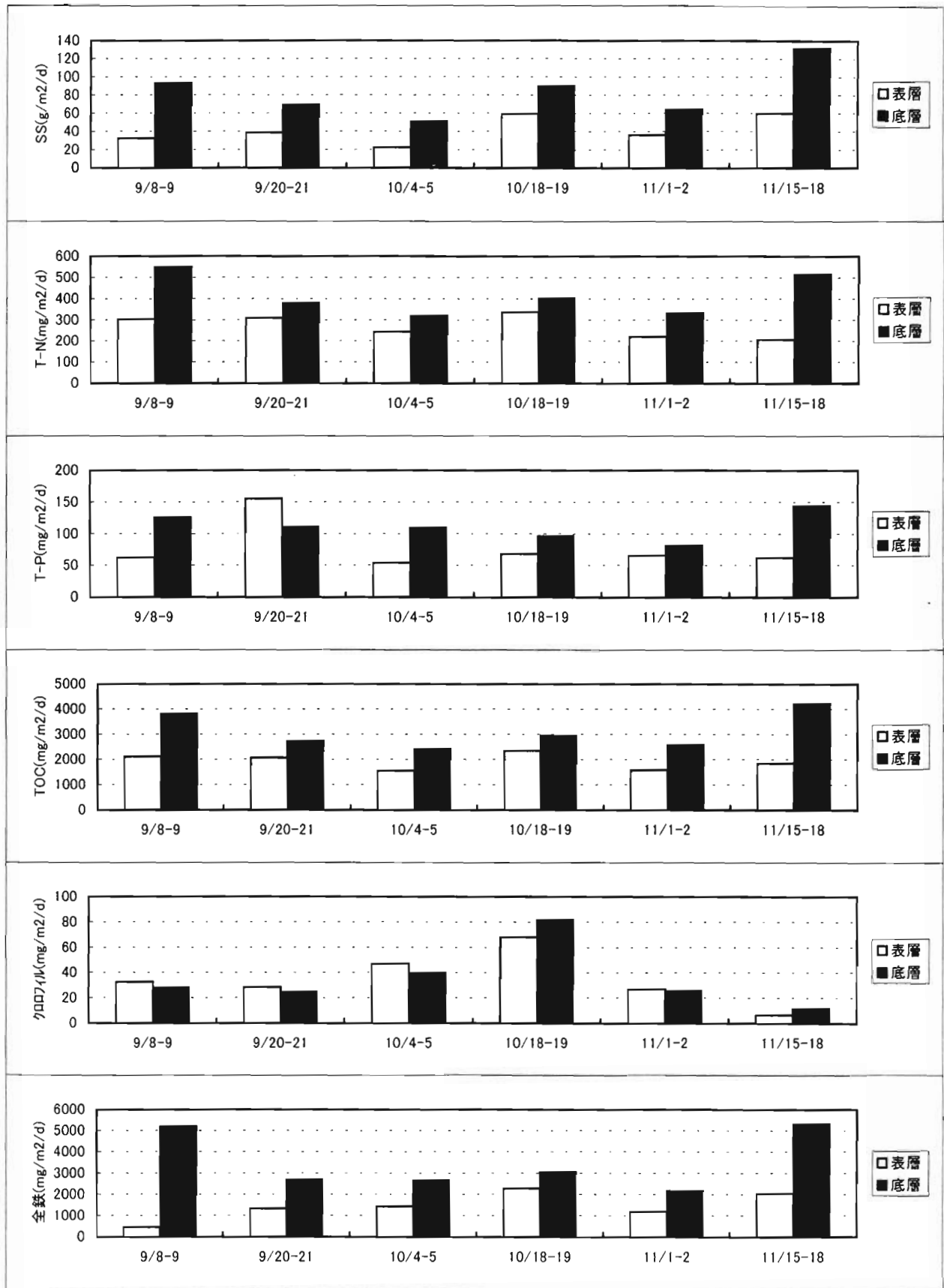


図3-2-3 単位時間・単位面積当たりの沈降水量

降については、表層でほぼ 50%、底層で 55%が無機態窒素であったと考えられるため、表層で 50%、底層で 45%が粒子態窒素の割合とし、この割合を T-N に乗することで粒子態窒素濃度とした。表 3-2-3 には生物生産に関連が強く重要な項目である窒素 (N)、リン (P)、炭素 (C)、クロロフィル-a (Chl-a) についての計測結果を示しているが、すべての項目で含有量が多い順に水中懸濁物、捕集沈降物、底泥表層となっている。また、表層での値が底層でのものより高くなっている。表層懸濁物は、底層懸濁物に比べて底泥の巻き上げの影響が少ないため、植物性プランクトンにより生産された新生懸濁物の組成に最も近いものと考えられ、このため、N, P, C, Chl-a すべての項目で最も高い値を示す結果となったと考えられる。

また、例えば窒素(N)について見ると水中懸濁物では表層において平均値が 70.4(mg/g)であるのに対し、捕集沈降物では表層のトラップに捕集されたものでも 7.27(mg/g)とおおよそ 1/10 になっている。この値は、むしろ底泥表層での含量の平均値 2.73(mg/g)に近いものとなっていた。水中懸濁物の含量と底泥表層での含量の比について見ると、概ね N では 1/25、P では 1/5、C では 1/10、クロロフィル-a では 1/25 となっている。水中懸濁物と表層底泥では組成の量のみならず組成比についても異なっていることが示された。

クロロフィル-a の含量は、水中懸濁物と底泥表層で約 25 倍の差があり、式(3.2.1)により捕集沈降物中の新生沈降物比を求めるための分離指標として適当であると言える。

表 3-2-3 懸濁物、捕集沈降物、底泥の組成 (含量) 一覧

			9月9日	9月21日	10月5日	10月19日	11月2日	11月17日	平均	標準偏差
N (mg/g)	水中懸濁物	表層	71.4	67.9	43.2	83.1	71.1	85.7	70.4	15.1
		底層	66.4	51.1	66.3	51.5	71.4	65.8	62.1	8.6
	捕集沈降物	表層	9.36	8.01	11.00	5.70	6.11	3.45	7.27	2.73
		底層	5.80	5.51	6.25	4.47	5.20	3.91	5.19	0.87
	底泥表層	浮泥	3.20	3.71	2.63	2.44	2.25	2.17	2.73	0.60
P (mg/g)	水中懸濁物	表層	5.14	5.36	4.57	5.38	3.89	4.86	4.87	0.57
		底層	5.64	4.50	5.82	3.64	4.75	4.25	4.77	0.84
	捕集沈降物	表層	1.92	4.00	2.42	1.15	1.81	1.04	2.06	1.08
		底層	1.33	1.60	2.14	1.07	1.26	1.09	1.42	0.40
	底泥表層	浮泥	0.95	1.11	1.00	1.16	0.46	0.99	0.94	0.25
C (mg/g)	水中懸濁物	表層	236	207	221	250	211	229	226	16.0
		底層	207	139	118	136	200	225	171	44.9
	捕集沈降物	表層	65.1	53.3	69.9	39.7	43.6	30.9	50.4	15.1
		底層	40.4	39.4	47.1	32.8	40.0	32.0	38.6	5.57
	底泥表層	浮泥	24.4	27.6	21.8	19.6	20.0	18.6	22.0	3.42
Chl-a (mg/g)	水中懸濁物	表層	4.19	4.76	4.64	5.73	4.14	4.57	4.67	0.57
		底層	4.39	3.56	2.66	3.27	4.50	3.00	3.56	0.74
	捕集沈降物	表層	1.01	0.74	2.11	1.15	0.76	0.11	0.98	0.66
		底層	0.30	0.36	0.78	0.91	0.40	0.09	0.47	0.31
	底泥表層	浮泥	0.51	0.07	0.25	0.22	0.04	0.01	0.18	0.18

### 3. 2. 3 捕集沈降物中の新生沈降物比

セディメントトラップに捕集された沈降物については、貯水池が浅いこともあり、一旦沈降した後、風等によって底泥から巻き上がったものと新規生産物とが同時に捕集されて



いる。このため、捕集された沈降物のうち巻き上がって再び沈降した成分を差し引かなければ正味の沈降量は把握できない。水柱から底泥への物質移動量（沈降量）を測定するためには、セディメントトラップに捕集された沈降物中の新生沈降物比を求める必要がある。沈降物中の新生沈降物の比（ $\gamma$ ）を求める方法として、式（3.2.1）に示すように捕集沈降物の乾燥重量の収支と分離指標物質の収支式から求める方法がある(Gasith, 1975)。本貯水池においては、頻繁に河川水との交換が行われないため、福島ら(1984)と同様に分離指標物質にクロロフィル-aを採用し、新生沈降物比を求めた。

$$\gamma = (C_d - C_m) / (C_s - C_m) \quad (3.2.1)$$

ここで、 $C_d$ は捕集沈降物、 $C_s$ は植物プランクトン、 $C_m$ は底泥のクロロフィル-a含量（単位：mg/g）である。

ここで、 $C_d$ 及び $C_m$ は計測値として求めることができるが、 $C_s$ については、直接測定していないため、推測する必要がある。福島ら(1984)は植物プランクトン中のチタン含量が底泥のそれに比べて数オーダー低いことと、クロロフィル-a含量は逆に底泥において植物プランクトンに比べて数オーダー低いことから、懸濁物及び底泥サンプルについてクロロフィル-a含量とチタン含量の関係をプロットしてチタン含量がゼロとなる切片でのクロロフィル-a含量を植物プランクトンの組成として求めている。この値は、優占種の違いによっても異なるため、場所及び季節によって若干の違いがある。

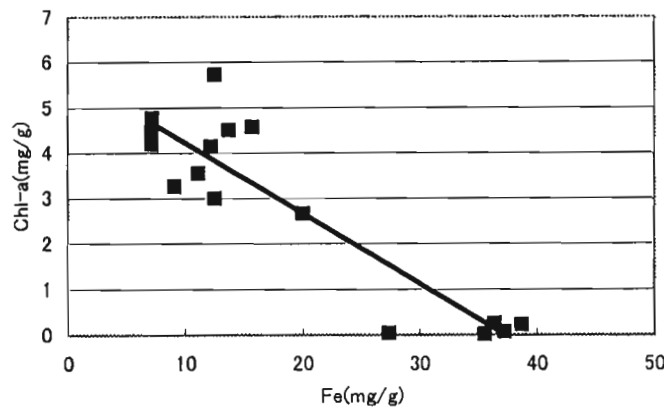


図 3-2-4 懸濁物と底泥表層での Fe 含量と Chl-a 含量の関係

今回の測定においては、チタンの測定は行わなかったため、浮泥での含量が高く、クロロフィル-aとチタンとの関係に似ると考えられる鉄を用いて、クロロフィル-aと全鉄との相関図（図3-2-4）を作成して、現地での植物プランクトンのクロロフィル-a含量を求めた。図中の回帰直線を外挿して求まるy切片は、5.77(mg/g)となり、この値を現地での植物プランクトンのクロロフィル-a含量の推測値とした。この値は、福島ら(1984)が求めた値（季節毎に 5.5~9.2(mg/g)）や高村ら(1981)により求められたアオコの組成（5.6mg/g）と比べても類似の値となっており、妥当な推測値と考えられる。 $C_m$ には期間中

に計測された底泥表層の平均値 0.18(mg/g)を用いることで、懸濁物中やセディメントトラップに捕集された沈降物中の新生沈降物の比をそれぞれ求めることが可能となる。

表 3-2-4 懸濁物及び捕集沈降物に占める新生懸濁物の比 ( $\gamma$ ) の変化

		9月9日	9月21日	10月5日	10月19日	11月2日	11月18日	平均
懸濁物	表層	0.70	0.82	0.79	0.99	0.72	0.79	0.80
	底層	0.74	0.61	0.44	0.55	0.78	0.52	0.61
捕集沈降物	表層	0.10	0.12	0.34	0.17	0.13	0.02	0.14
	底層	-0.04	0.05	0.10	0.13	0.06	0.01	0.05

表 3-2-4 に新生懸濁物の比  $\gamma$  値の変化を示す。懸濁物（湖水中）で表層平均が約 80%、底層平均が 60% となっており、底層で巻き上げの影響が大きいいため、 $\gamma$  の値が小さくなっている。セディメントトラップに捕集された沈降物について見ると、表層平均で 14%、底層平均では 5% となっている。湖水中の懸濁物に比べて捕集沈降物で  $\gamma$  が大幅に小さな数字となっているのは新生懸濁物の方が巻き上げられた底泥に比べて沈降速度が小さいため捕集される量が少ないためであると考えられる。9月9日の底層での捕集沈降物のクロロフィル-a 含量(0.30mg/g)が底泥表層での値(0.51mg/g)より小さく測定されたため、 $\gamma$  の値が負の値をとるといった矛盾が生じているが、このほかの値については、期間中大きな変動は見られなかった。

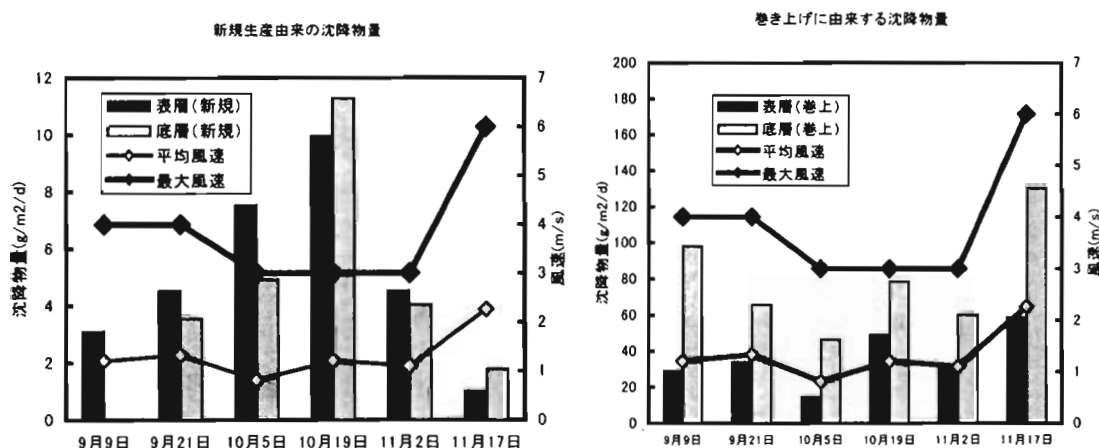


図 3-2-5 セディメントトラップに捕集された新生沈降物と巻き上げ由来の沈降物の単位時間・単位面積当たりの沈降量変化

以上求めた  $\gamma$  の値を用いて、セディメントトラップに捕集された沈降物量のうち、新生沈降物と巻き上げに起因する沈降物に分類して変化を調べた結果を図 3-2-5 に示す。図中には、沈降物測定中に、貯水池からの距離が約 7 km の近傍気象台（古河）において観測された平均風速と最大風速を同時に示している。巻き上げ由来の沈降物量は底層に設置したトラップで表層より多く捕集されており、巻き上げられた表層底泥の影響は底層

ほど大きかった。逆に新生沈降物量については表層での捕集量が大きい傾向が見られた。また、巻き上げ由来の沈降物量は風の強さと正の相関があることが確認できるのに対して新生沈降物の量には風との相関はむしろ負の傾向が見られた。

これは、風が強い日には巻き上げ量が増加するために、巻き上げ由来の捕集沈降物量が増加するとともに、新生懸濁物は水中の乱流強度が増すことで沈降しにくくなり、新生沈降物量は減少することによると考えられる。

### 3. 2. 4 懸濁物の沈降速度

懸濁物と捕集沈降物について $\gamma$ が求まり(表3-2-4)、懸濁物と捕集沈降物それぞれに占める新規生産物の量が算出できるので、新規生産物と巻き上げについてそれぞれ捕集沈降物量を懸濁物濃度で除することで見かけの沈降速度を推定することが可能になる。この見かけの沈降速度は現地の環境下で求められたもので、静水中で測定されたものではないため、風による影響等を受けて日々変動している。表3-2-5に新規生産物と巻き上げられた底泥の沈降速度の計算結果を示す。

表 3-2-5 沈降速度計算一覧

		9月9日	9月21日	10月5日	10月19日	11月2日	11月18日	平均
捕集沈殿物 (g/m <sup>2</sup> /d)	表層(新規)	3.11	4.54	7.53	9.96	4.54	1.03	5.12
	表層(巻上)	29.3	34.2	14.8	49.4	31.7	58.9	36.4
	底層(新規)	-3.67	3.56	4.93	11.3	4.04	1.79	3.66
	底層(巻上)	98.3	65.7	46.5	78.8	60.4	130	80.0
水中懸濁物 (mg/l)	表層(新規)	9.81	11.5	11.1	7.94	6.44	5.54	8.73
	表層(巻上)	4.19	2.47	2.88	0.06	2.56	1.46	2.27
	底層(新規)	10.3	11.0	4.81	6.05	6.23	4.15	7.10
	底層(巻上)	3.68	6.99	6.19	4.95	1.77	3.85	4.57
沈降速度 (m/d)	表層(新規)	0.32	0.39	0.68	1.26	0.70	0.19	0.59
	表層(巻上)	6.99	13.9	5.14	762	12.4	40.4	15.8
	底層(新規)	-0.36	0.32	1.02	1.86	0.65	0.43	0.66
	底層(巻上)	26.7	9.40	7.52	15.9	34.1	33.9	21.3

ここで、測定を行った6回の平均値を求めて、平均的な現地での見かけの沈降速度を求めたが、10月19日の表層の巻き上げ由来懸濁物の沈降速度については、表層の水中懸濁物中のクロロフィル-a濃度が非常に高かったため、巻き上げ由来として算定されるクロロフィル-a濃度が極めて低く見積もられた結果、沈降速度が不自然に高い値と算定されてしまうため、 $\gamma$ が負になった9月9日の底層での値と共にそれぞれの項目において平均値の計算対象とはしなかった。

貯水池において新規に生産された有機物由来の水中懸濁物の沈降速度は平均で0.63(m/d)、また一旦沈降した後巻き上げられた底泥の平均沈降速度は、19(m/d)と推定された。

今回の検討では、懸濁物を新規生産物と巻き上げ由来の2種類に分離した結果、それぞれの組成及び沈降速度に大きな差があることが示された。橘ら(1996)は新規生産物及び巻き

上げ懸濁物の沈降速度をそれぞれ 0.91, 22(m/d)と推定している。今回の検討では新規生産物の沈降速度がやや低めの 0.63(m/d), 巻き上げ底泥はほぼ同じ 19(m/d)と推定された。湖沼の特徴や発生する植物プランクトン組成によりこれらの値は異なることが予想されるが、オーダーとしてはほぼ同様の結果となっている。

### 3. 2. 5 考察

表 3-2-3 に示された結果を見ると、前にも述べたとおり、生物生産に関連が高い N, P, C, Chl-a の全項目とも、含有量が多い順に懸濁物、捕集沈降物、底泥表層となっている。この結果は、生物生産の盛んな貯水池表層で懸濁物中の生物由来の物質が多いことを反映していると考えられる。また、懸濁物、捕集沈降物両者とも表層での値が底層でのものより高くなっているのは、底層の方が巻き上がった底泥の影響を大きく受けているためと考えられる。

貯水池において藻類の増殖を規定する栄養塩と考えられる N, P の質量比について見ると、懸濁物で約 14、捕集沈降物で約 3.8、底泥表層で約 3 となっており、懸濁物と捕集沈降物及び底泥表層との間には大きな差が存在する (図 3-2-6)。植物性プランクトンの組成としてよく用いられる Redfield 比で N/P の質量比は約 7.2、高村ら(1981)による浮上したアオコの組成では 13.5 といった値が報告されており、懸濁物の N/P 比は、植物性プランクトンの組成に近く、N/P 比という観点からも新規生産由来の影響が大きいことが分かる。

これに対して、底泥では N/P 比が大幅に小さくなっていることから、新規生産による懸濁物は沈降し底泥上に堆積した後、底泥中での懸濁態 P と懸濁態 N の分解、回帰の過程に違いがあるため、組成が大きく変わっていると考えられる。特に N は脱窒により底泥から失われる(Horne, 1994)ことが知られており、底泥表層の N/P 比が低い理由と考えられる。

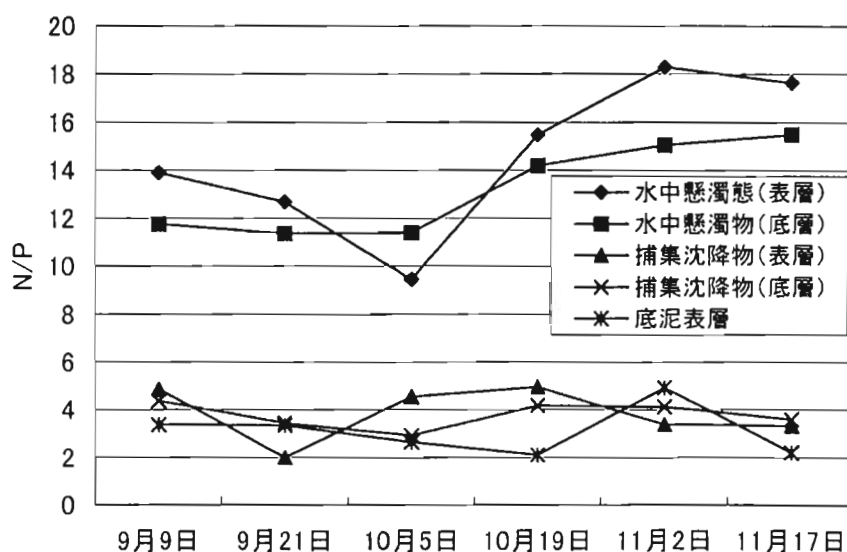


図 3-2-6 水中懸濁物、捕集沈降物、底泥表層での N/P 比の変化

捕集沈降物の N/P 比は底泥の値に近かったが、これは巻き上げられた底泥の方が新規生産由来の懸濁物に比べて沈降速度が大きい（表 3-2-5）、割合としては多く捕集されるため N/P 比が底泥のものに近くなったと説明できる。また、水中懸濁物の N/P 比が 10 月以降上昇しているのは、窒素濃度の高い河川水が流入し、植物性プランクトンがこれを摂取して懸濁態の N 濃度が高くなったためであると考えられる。

Richards et al. (1965) の算定による植物性プランクトン中の N 及び P の含量(N=63mg/g, P=8.7mg/g)を新規生産懸濁態の N, P 含量とし、また、底泥表層での N, P 含量の平均値(N=2.73mg/g, P=0.94mg/g)を巻き上げ由来懸濁物の N, P 含量として、捕集沈降物中の新規、巻き上げ由来それぞれの SS 量を表 3-2-4 の結果から算定することで計算上の N/P 比を求めることができる。この結果を捕集沈降物の N/P 比の実測値と比較したのが図 3-2-7 である。計算結果が実測値より若干大きくなっているが、変化傾向はよく再現している。表 3-2-4 の結果から捕集沈降物中の巻き上げ由来の割合が高いことが示されたが、N/P 比から見ても捕集沈降物への底泥の影響が強く反映されており、この結果が妥当であったことが示された。

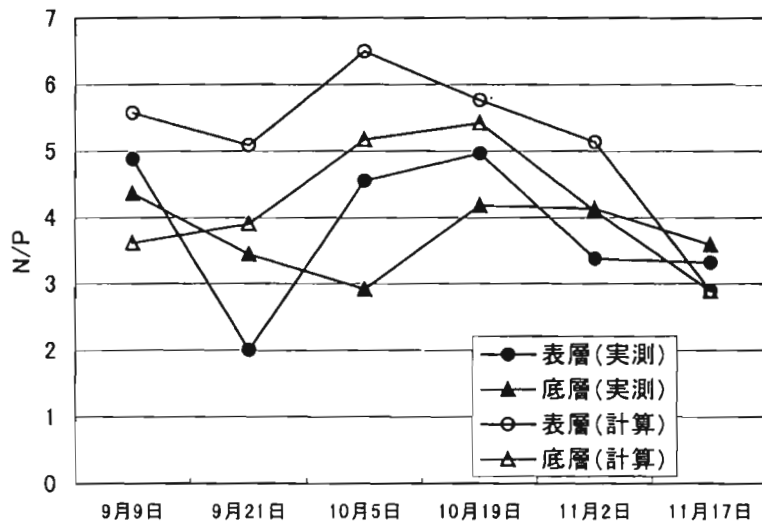


図 3-2-7 捕集沈降物の N/P 比 (実測値と計算値の比較)

渡良瀬貯水池における水中懸濁物については、表層で 20%、底層で 40%程度が一旦沈降した底泥が巻き上げられたもので占められていること、また、巻き上がった懸濁物は新規生産物に比べて沈降速度が速いことから、セディメントトラップに捕集される沈降量フラックスのうち表層で 86%、底層で 95%が巻き上がり由来のものと算定された。

また、懸濁物濃度と捕集量の関係から、平均的沈降速度として、新規生産物で 0.63(m/d)、巻き上げ由来の懸濁物で 19(m/d)と算出された。ただし、今回の観測結果から導かれたこれらの数字は、観測が秋期に集中していることから、今後年間を通しての観測を行い、年間変動についても把握する必要がある。

#### 4. 底泥からの栄養塩溶出特性

第3章においては、貯水池水から底泥への物質移動量を把握するために行った沈降物に関する調査について記述した。これに対して、本章では底泥から水柱への物質移動量を把握するために行った底泥からの溶出量調査について述べる。

底泥からの栄養塩溶出に関しては、底層水が嫌氣的になり還元的な状況の下で底泥からリンや窒素が溶出してくることが知られているが、これには鉄が酸化環境では非溶解性の水酸化鉄(Ⅲ)化合物となり、底泥表層に薄い酸化層を形成し底泥中から上昇してくるリンの溶出を阻害し、また無機態リンを吸着して蓄積していたものが、還元的環境では可溶性の水酸化鉄(Ⅱ)になることに関係していると考えられている(例えば西条、三田村、1995)。

しかし渡良瀬貯水池におけるリンの収支を見ると、2. 2. 1に述べたように例年7月から9月にかけての低水位時に底泥からのリン回帰が顕著に見られるものの、この期間中の貯水池底層は還元的(嫌氣的)環境にはなっていない(図2-1-4)。また、貯水池底層が最も嫌氣的になる5月下旬から6月上旬(図2-1-4)には貯水池内のリン濃度の上昇は見られず(図2-1-6)、底層の酸化還元条件とリンの回帰量との間には直接的な関係がないため、上記の仮説では本貯水池における底泥からの栄養塩溶出特性を説明することができない。

そこで本章では、本貯水池における底泥からの栄養塩溶出特性の解明を目指して現地での栄養塩溶出量測定結果について述べ、定量的評価も含めた検討を行うことにする。

##### 4. 1 溶出量の現地測定

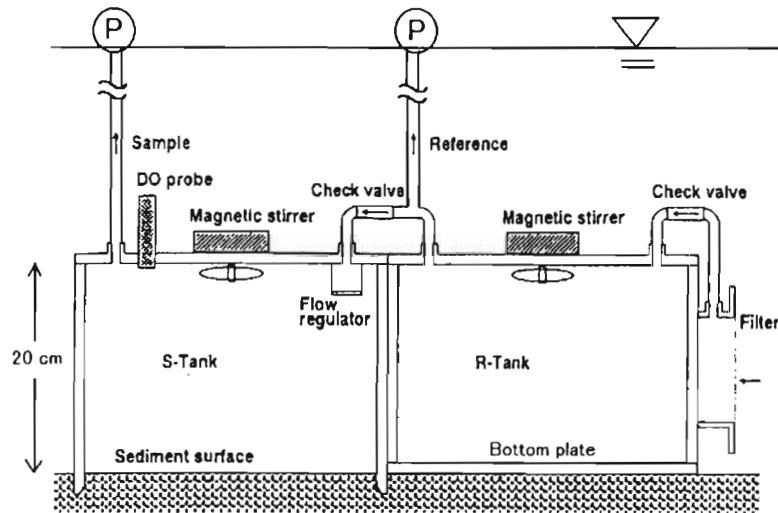
現地における溶出量測定方法は底泥に蓋をかぶせて行うチャンバー実験法がいくつか考案されている(日本海洋学会、1986)が、ここでは、木幡(1997)により開発された直列多槽式溶出測定装置を現地底泥上に設置することで現地における栄養塩の溶出速度を直接測定することを試みた。

##### 4. 1. 1 調査方法

平成11年6月及び8月の2回、木幡により開発された直列多槽式溶出測定装置を渡良瀬貯水池の水底に2台設置し、装置周辺の直上水、槽内の水質変化を測定し、底泥からの栄養塩溶出速度を算定した。図4-1-1に直列多槽式溶出測定装置の模式図を示す。

以下に木幡(1997)に従い、本装置の概略説明を行う。本装置は、チューブで連結された検体槽(図中 S-Tank)、対照槽(図中 R-tank)、ろ過槽の3つの部分からなっている。検体槽は通常のベルジャーと同じように底部が開いたアクリル製筒状容器で、内径29.6cm、厚さ1.2cm、高さ約20cm、内容積は約13.76lである。この容器は底泥上に被せて底泥からの溶出を測定する。検体槽には試料採水用のチューブが取り付けられていて地上で採水ができる。対照槽は検体槽と同様の容器であるが、底部は蓋で閉じられていて、底泥の影響を受けない。対照槽は検体槽と直接チューブで連結されると共に槽内水採取のためのチュ

ープが取り付けられている。ろ過槽は対照槽とチューブで連結されていて、外界の直上水をろ過しながら対照槽や検体槽に連続的に取り入れるためのフィルターをつけた開口部があり、対照槽とチューブで連結されている。また、本装置には検体槽、対照槽から試料を採取する際に槽間の逆流を防ぐため検体槽と対照槽の間と対照槽とろ過槽の間に逆止弁が設けられている。また各槽内水質を均一に保つため槽上部に攪拌子を有する。



図—4-1-1 直列多槽式溶出測定装置概念図（木幡、1997）

本装置による実験では、装置を現場に設置する際に生じた攪乱を受けた直上水を測定実験には使用しない。設置後、底泥環境が安定した後に検体槽に取り付けた採水用チューブから吸引することで外界の直上水をろ過槽、対照槽を経由して検体槽に導入する。十分な量の吸引を行えば、検体槽、対照槽とも外界の直上水とほぼ同様のものに置き換えることができる。この時を測定実験の初期状態とする。この後、数時間毎あるいは1日ごとに検体槽、対照槽の採水口から吸引により試料を採取し、その水質変化から底泥からの栄養塩、有機物などの溶出速度を測定する。

実際の実験では、装置設置後、攪乱された底泥を沈降させるために1日静置した後、検体槽より槽体積の数倍の水をポンプで排出することで、フィルターを通った直上水が検体槽及び対照槽両方を満たす様にした。対照槽は底面が密閉されているため、その水質は実験期間中、底泥の影響を受けない。これに対して、検体槽は、底泥と接触しているため、溶出の影響を受ける。このため、これら2槽の水質変化の差分が溶出量として算出できる。

時刻  $t_0$  に系を閉鎖して実験を開始し、時刻  $t_b$  に採水を行うまで続けた場合、実験期間  $t_f(s)$  における溶出速度  $f(mg/m^2/d)$  は、それぞれの時刻における検体槽の栄養塩濃度  $C_S(g/m^3)$  及び対照槽の濃度  $C_R(g/m^3)$  が直接測定されれば次式により求めることができる。

$$f = \frac{V_S \{ (C_S(t_b) - C_S(t_0)) - (C_R(t_b) - C_R(t_0)) \}}{A_S \cdot t_f} \quad (4.1.1)$$

$$t_f = t_b - t_0$$

ここで、 $V_S(m^3)$ 、 $A_S(m^2)$  は、それぞれ検体槽の体積、底面積を表し、また添字  $S$  は検体槽を、

Rは対照槽を表す。

しかし、本装置では対照槽から試料を採取するときには外界水を、検体槽から採水するときには対照槽からも水が流入することを考慮する必要がある。すなわち実際に測定された水質は、この希釈と試料吸引中の溶出の影響を受けている。このため、溶出速度 $f$ は測定された検体槽の濃度 $C_m$ と吸引速度 $Q(\text{m}^3/\text{s})$ を用いて、次式(木幡、1997)で求められる。

$$f = \frac{V_s \{F_s^{dil} (\overline{C_m} - C_R(t_b)) - (C_S(t_0) - C_R(t_0))\}}{A_s \{f_f + V_s (F_s^{dil} - 1) / Q\}} \quad (4.1.2)$$

$$F_s^{dil} \equiv \frac{V_m / V_s}{\{1 - \exp(-V_m / V_s)\}} \quad (4.1.3)$$

ここで、 $F_s^{dil}$ は試料採取量 $V_m$ と検体槽体積 $V_s$ とから定義される無次元値で、希釈率と呼ぶ。上式の誘導については巻末資料(4章分)に記載する。

第1回目の測定は平成11年6月22日より25日までの3日間、1日ごとに採水を行った。6月の実験では、水入れ換え後3日間実験を行ったが、溶存酸素の消費が激しく検体槽において1日で溶存酸素濃度がゼロになったため、8月の実験では水入れ換えを1日ごとに行った。また、入れ換える水の量についても6月には検体槽の入れ替えのために約30lしか吸引しなかったが、検体槽の溶存酸素濃度が周囲の底泥直上水での濃度に比べて低かったことから、8月の実験では入れ換え量を2倍以上に増加させた。表4-1-1に調査日程を示す。2回の調査とも1日目にダイバーにより測定装置を貯水池底泥上に設置し、一晩静置後に水上からポンプを用いて検体槽から水を吸入して装置内の水を入れ換えて実験を開始した。

表4-1-1 調査日程一覧

6月21日	6月22日	6月23日	6月24日	6月25日	6月28日
機器設置	水交換、実験開始	1日経過後採水	2日経過後採水	3日経過後採水、採水後、水交換	3日経過後採水、撤収
8月9日	8月10日	8月11日	8月12日	8月13日	
機器設置	水交換、実験開始	1日経過後採水、採水後、水交換	1日経過後採水、採水後、水交換	1日経過後採水、採水後、撤収	

採水に際しては、まず対照槽から水質分析に必要な水量を採取した後、検体槽から同様に採水を行った。採水の際に現地において透視度、外観、臭気、水温、pH、濁度、DO、ECを計測すると共に、試料を実験室に持ち帰り、全リン(T-P)、オルトリン酸態リン( $\text{PO}_4\text{-P}$ )、溶存態全リン(D-T-P)、全窒素(T-N)、アンモニア態窒素( $\text{NH}_4\text{-N}$ )、亜硝酸態窒素( $\text{NO}_2\text{-N}$ )、硝酸態窒素( $\text{NO}_3\text{-N}$ )、溶存態全窒素(D-T-N)、懸濁物濃度(SS)、溶存態有機炭素(DOC)及び全有機体炭素(TOC)について測定を行った。

#### 4. 1. 2 調査結果

##### (1) 栄養塩濃度変化



6月、8月の両調査とも、2台の直列多槽式溶出測定装置を用いて同一条件において観測を行った。6月の実験における水質測定結果を図4-1-2に示す。リン関連、窒素関連、炭素関連の項目について分けてプロットしている。6月の実験では、1号機の設置に問題があったことが分かったため、2号機の結果のみを表示している。図には、計算で求めた溶存態有機リン(D-O-P;=(D-T-P)-(PO<sub>4</sub>-P))、懸濁態リン(P-P;=(T-P)-(D-T-P))についての変化も合わせて表示している。リン関連の指標について見ると(図4-1-2(1))、PO<sub>4</sub>-P、D-T-Pが検体槽で連続的に濃度上昇していることが分かる。D-T-PのほとんどはPO<sub>4</sub>-Pで占められており、溶出したリンの形態はPO<sub>4</sub>-Pであると考えられる。また、P-Pの変化を見ると検体槽で高い傾向が見られるものの、変化の方向は一定でなく、採水時の状況により変化が生じたものと考えられる。リンに関しては、槽外、対照槽とも実験期間中の変化は少なく、理想的な実験条件となっていたことが示された。

窒素については両槽および槽外それぞれにおいてT-Nとしては大きな変化は見られなかった。対照槽において、NO<sub>2</sub>-N及びNO<sub>3</sub>-N濃度の上昇が見られるが、NH<sub>4</sub>-Nに比べて濃度の絶対値が低く、顕著な変化とは考えられない(図4-1-2(2))。また、有機炭素については、大きな変化は見られなかった(図4-1-2(3))。

前述したように8月の実験では、1日の実験毎に槽内の水を入れ換えて実験を行った。6月の実験同様にリンに関しては検体槽においてPO<sub>4</sub>-P濃度の上昇に伴うD-T-P、T-P濃度の上昇が1号機(図4-1-3(1))、2号機(図4-1-4(1))共に観測された。窒素に関しては、NH<sub>4</sub>-N濃度の上昇が2号機の検体槽で見受けられた(図4-1-4(2))。1号機では実験開始時の検体槽におけるNH<sub>4</sub>-Nが高かったため、2号機ほど顕著な濃度上昇は見られなかった(図4-1-3(2))。また槽外のNO<sub>3</sub>-N濃度が最終日の8月13日に大幅に上昇しており、この影響で対照槽の測定値も上昇している他(図4-1-3(2)、図4-1-4(2))、対照槽において1号機、2号機共にNO<sub>2</sub>-N濃度の上昇が見られた点が特徴的であった(図4-1-3(2)、図4-1-4(2))。有機炭素濃度については、6月同様大きな変化は見られなかった(図4-1-3(3)、図4-1-4(3))。

実験において測定された栄養塩濃度等の結果一覧を6月の実験については巻末表4-1-1に、8月の実験については巻末表4-1-2にそれぞれ示した。また、溶出速度の計算に必要な採水時の吸引速度等の一覧を6月の実験については巻末表4-1-3に、8月の実験については巻末表4-1-4に示した。さらに参考資料として実験期間中に現地で計測された水温、pH、濁度、溶存酸素濃度(DO)、電気伝導度(EC)の貯水池鉛直分布測定結果を巻末表4-1-5及び4-1-6に示すと共に、現地において機器計測で求めたDOと実験室において分析したDOの比較を巻末表4-1-7及び4-1-8に示した。

## (2) 溶出速度の算定及び考察

式(4.1.2)を用いることで、リン及び窒素の溶出速度を求めることが出来る。検体槽における水質濃度変化から、リンについてはPO<sub>4</sub>-P、窒素についてはNH<sub>4</sub>-Nが溶出に関与していると考えた。算定された溶出速度の推定値一覧を表4-1-2(PO<sub>4</sub>-P)及び表4-1-3(NH<sub>4</sub>-N)

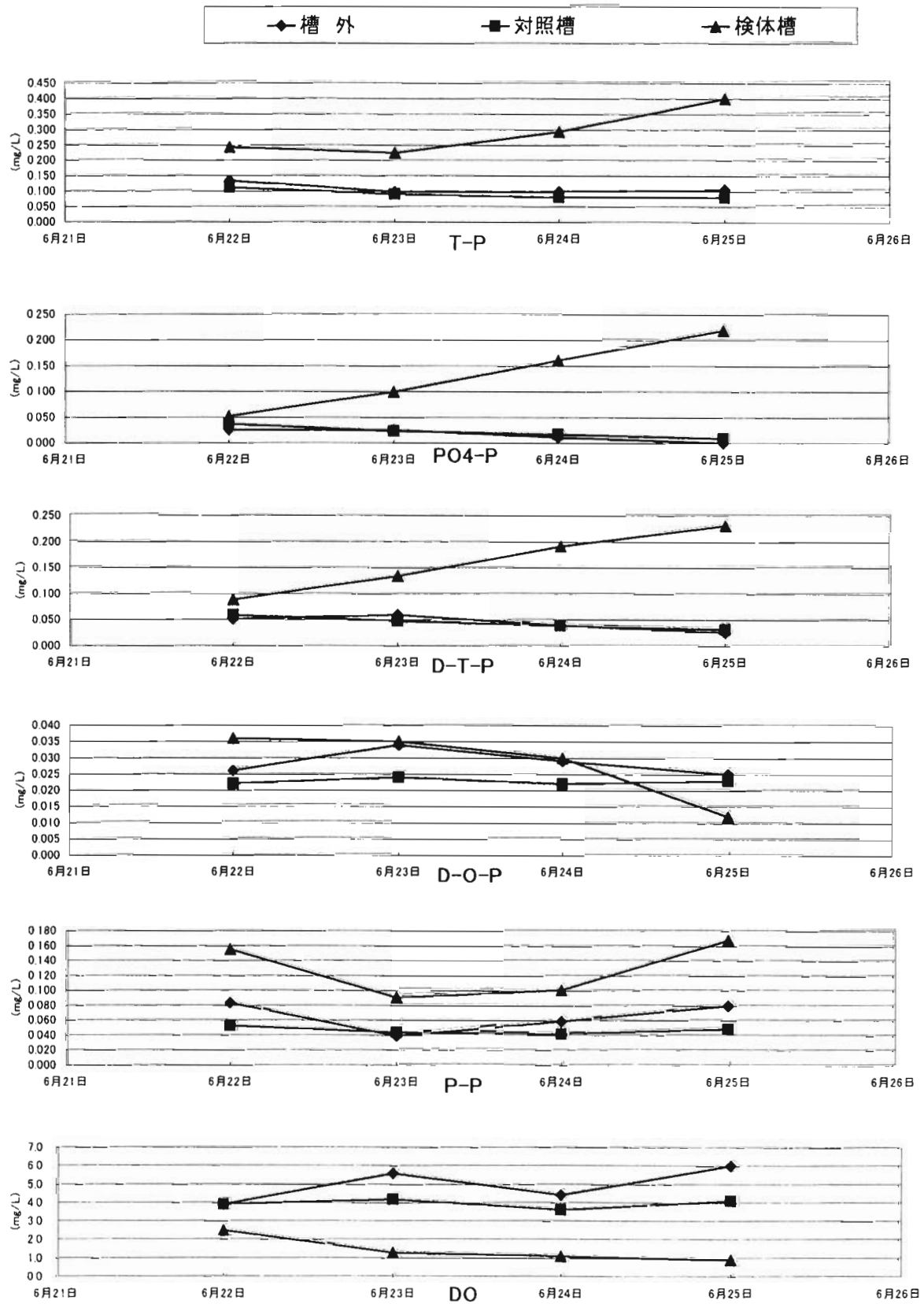


図 4-1-2 (1) リン関連濃度変化(平成11年6月、2号機)

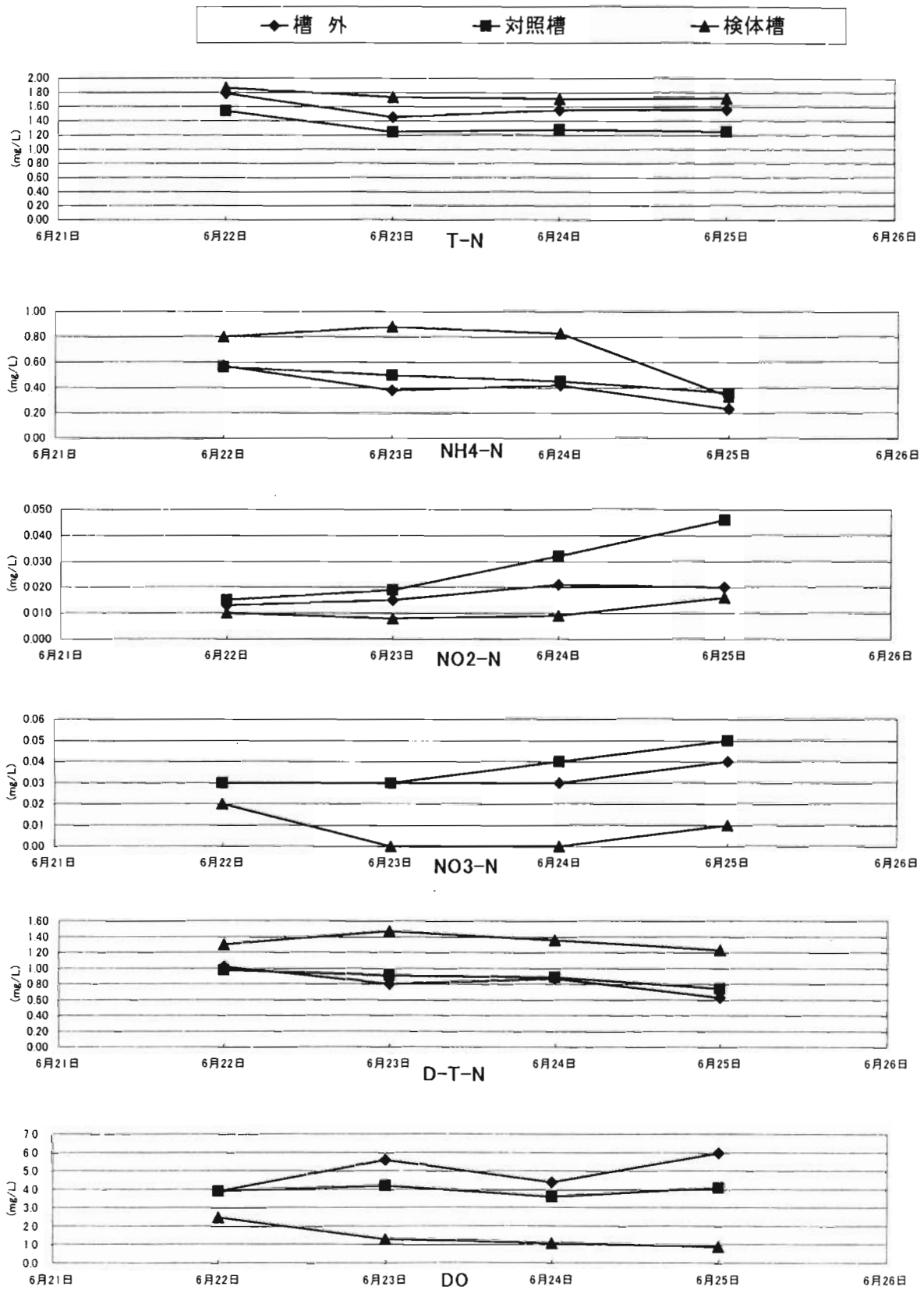


図 4-1-2 (2) 窒素関連濃度変化(平成11年6月、2号機)

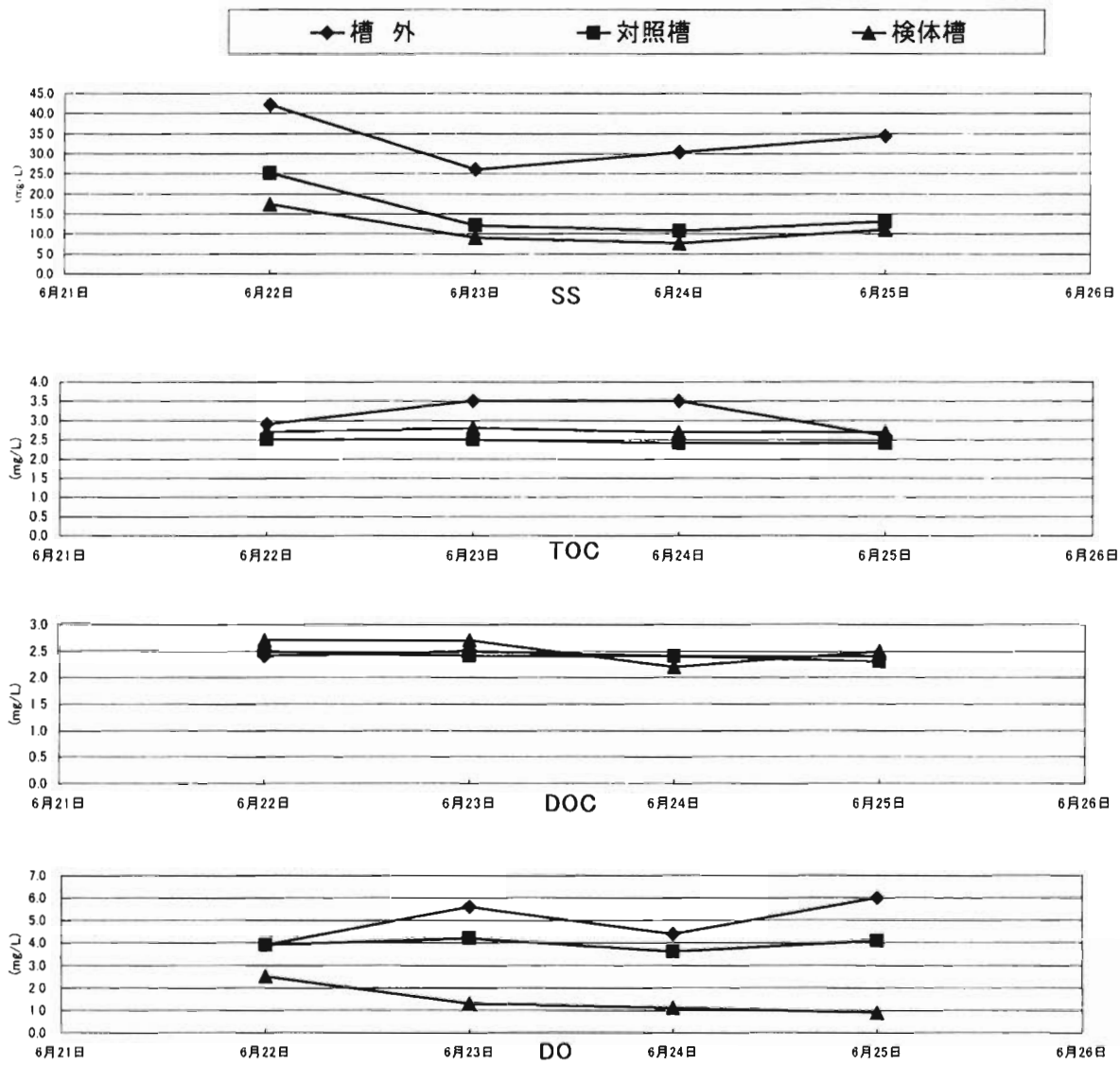


図 4-1-2 (3) 炭素関連濃度変化(平成11年6月、2号機)

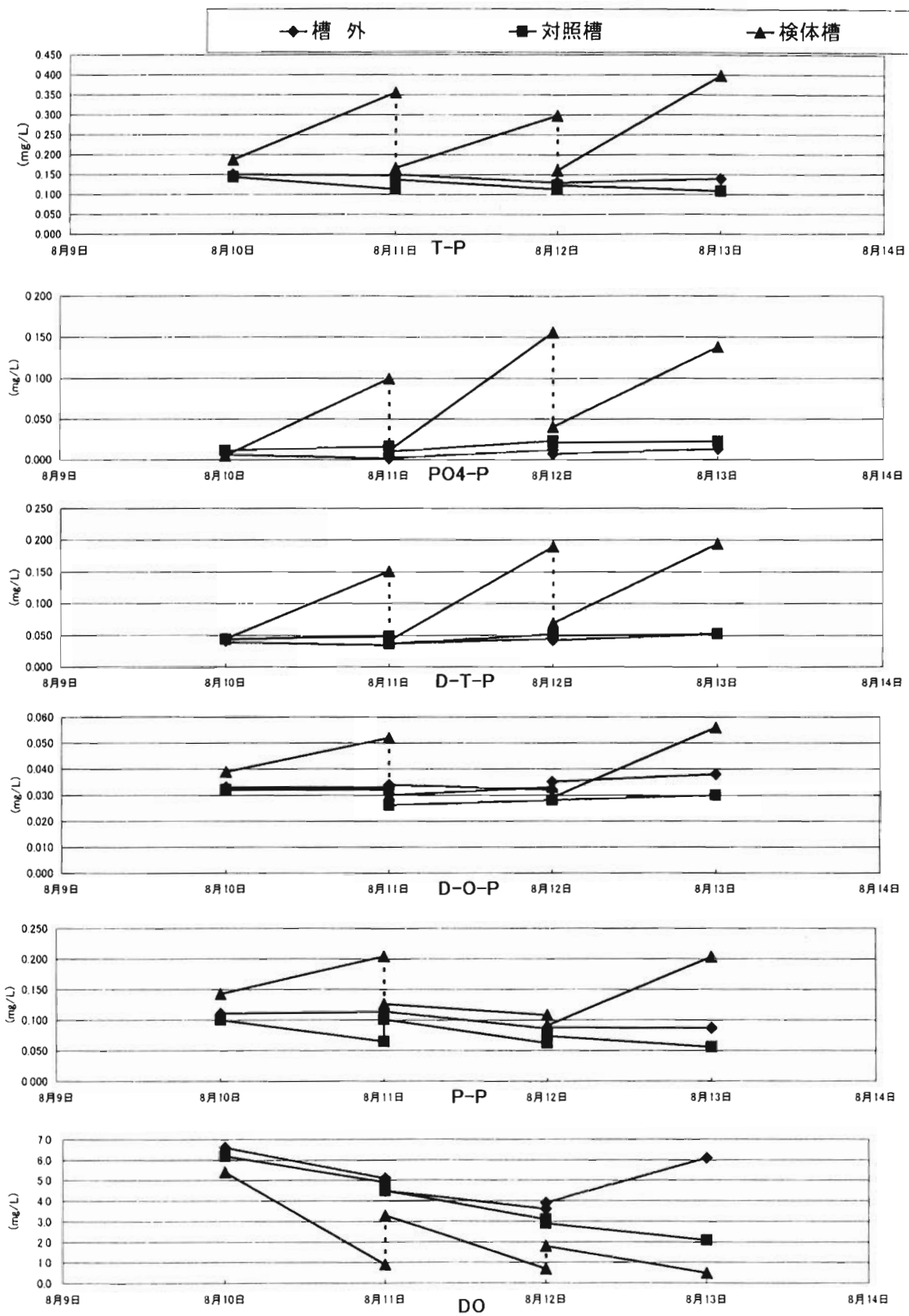


図 4-1-3 (1) リン関連濃度変化(平成11年8月、1号機)

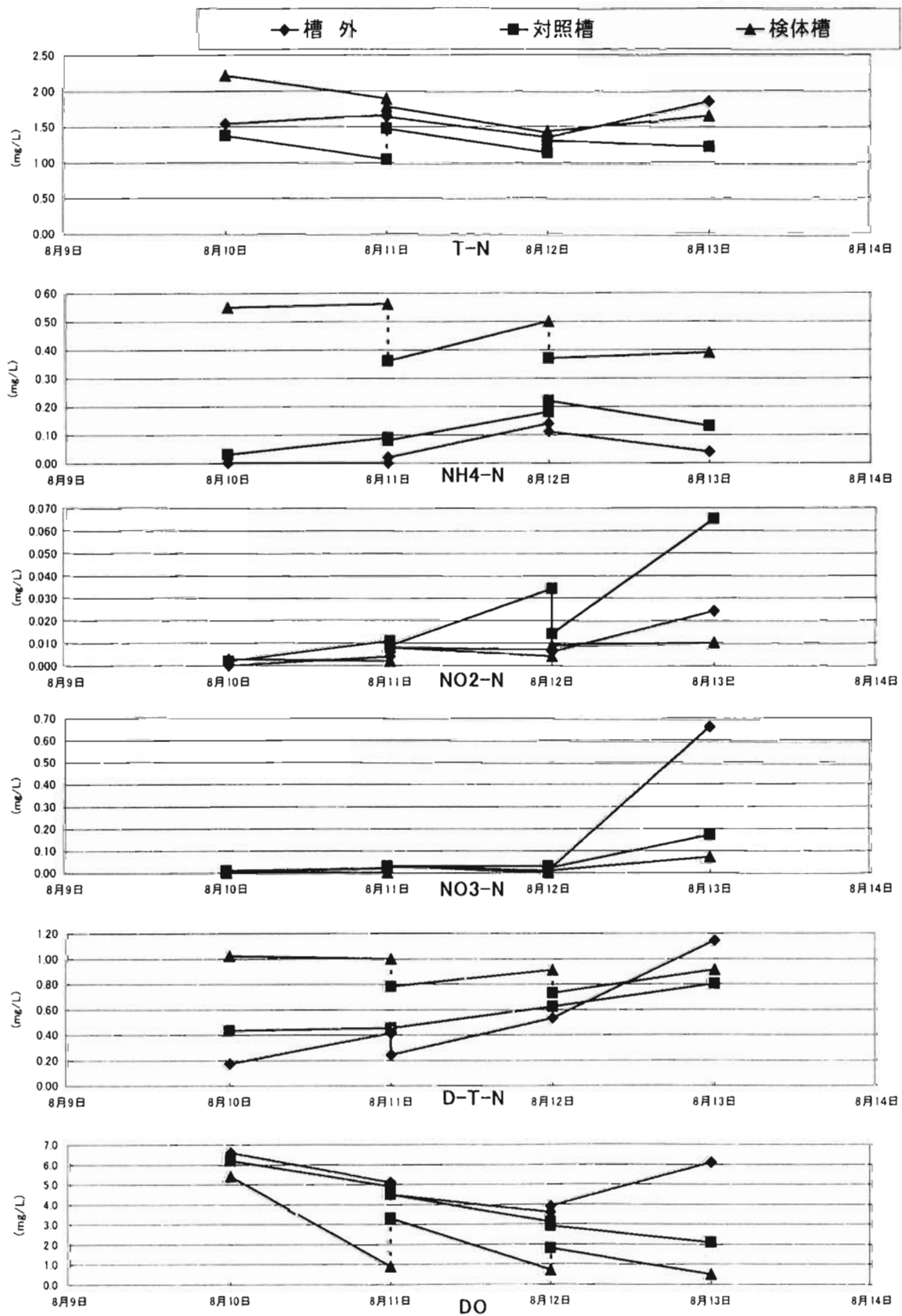


図 4-1-3 (2) 窒素関連濃度変化(平成11年8月、1号機)

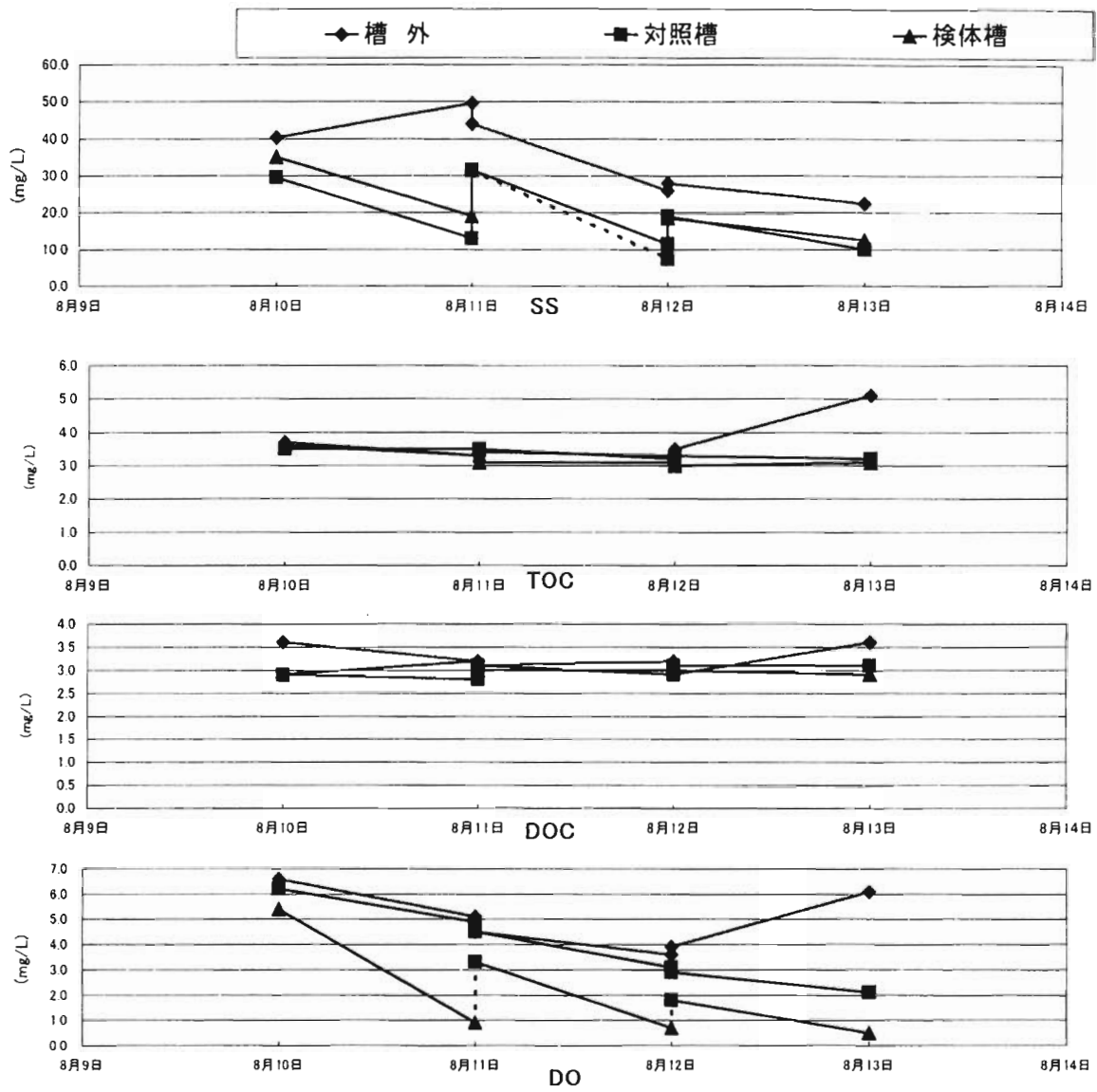


図 4-1-3 (3) 炭素関連濃度変化(平成11年8月、1号機)

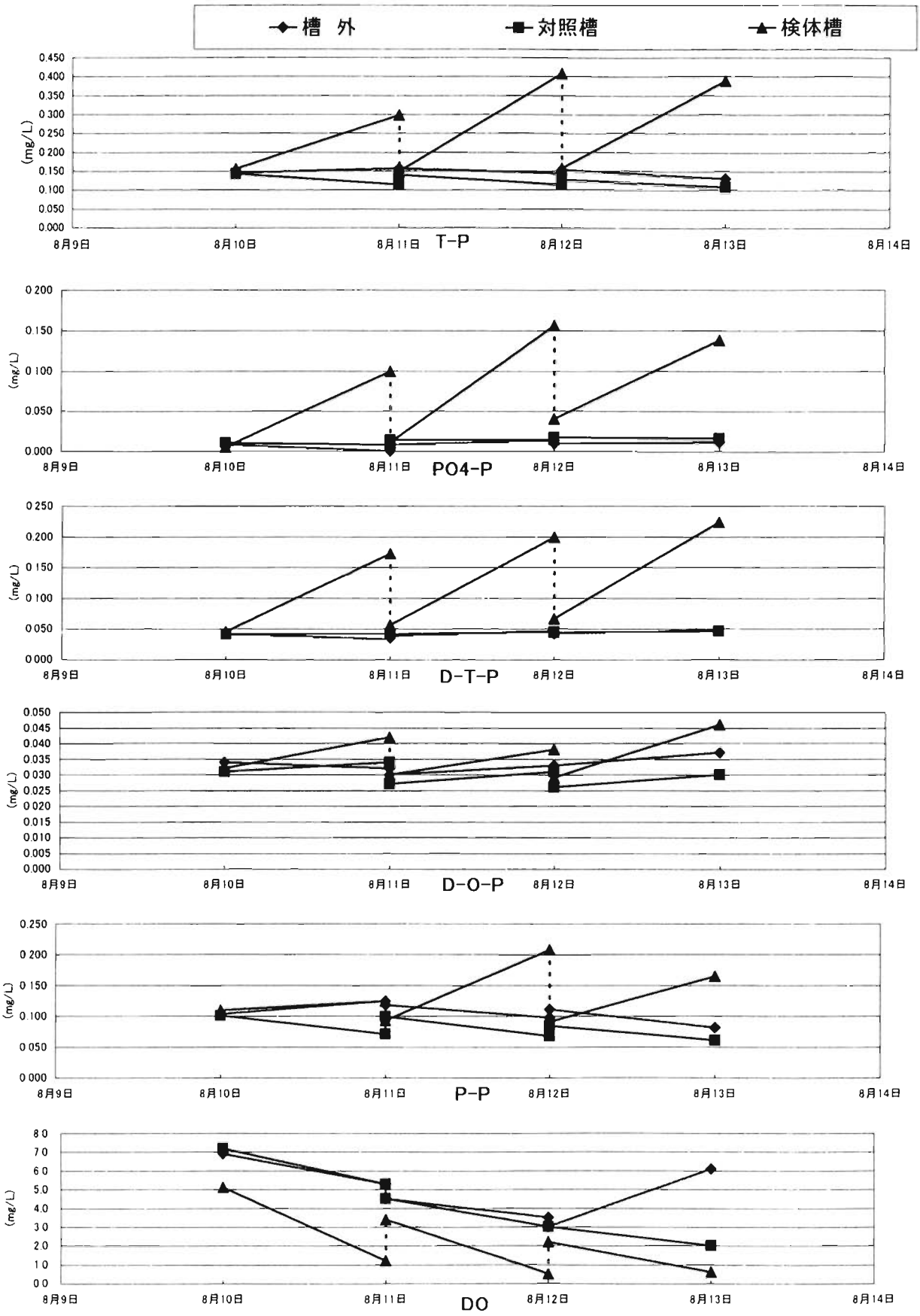


図 4-1-4 (1) リン関連濃度変化(平成11年8月、2号機)



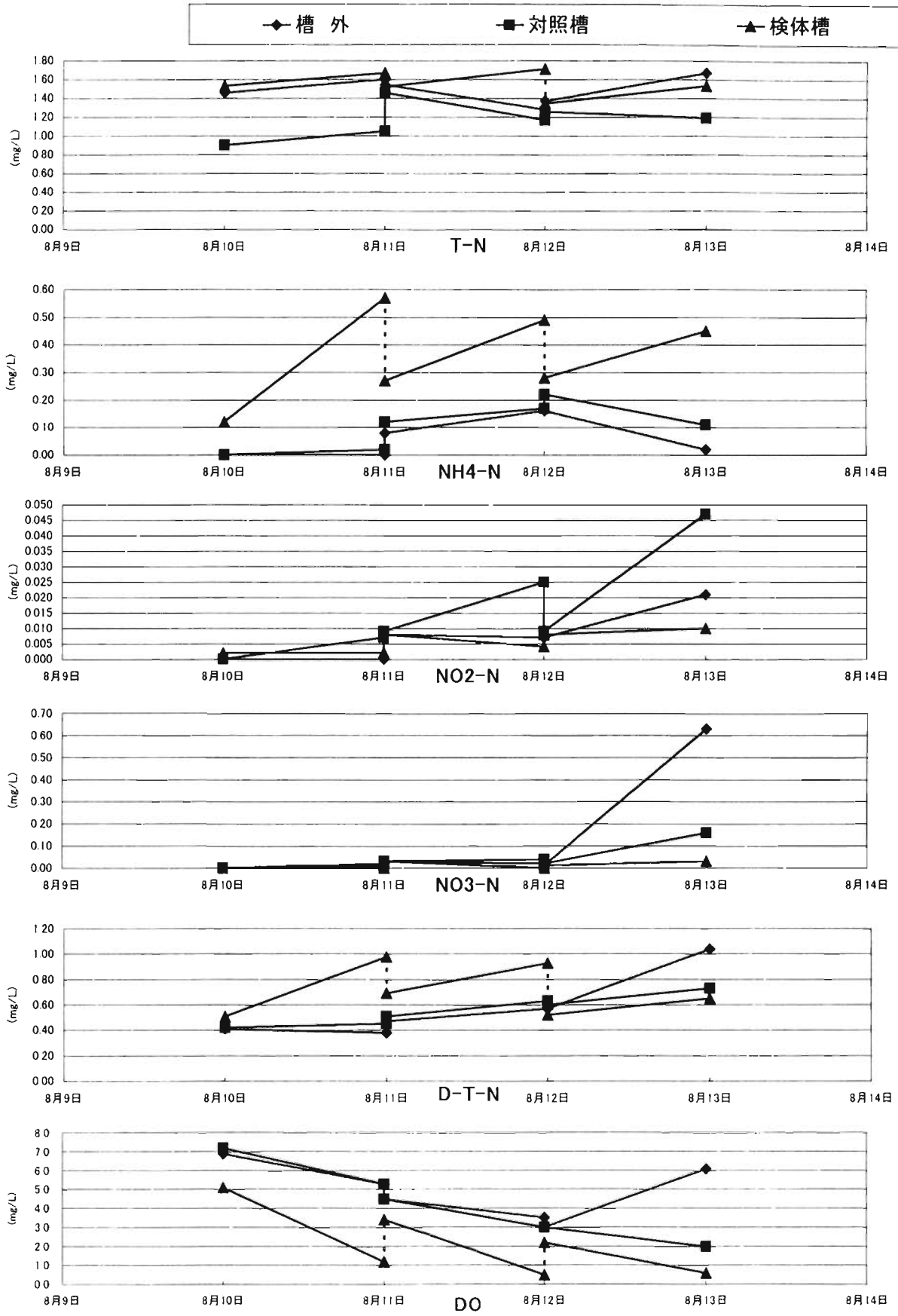


図 4-1-4 (2) 窒素関連濃度変化(平成11年8月、2号機)

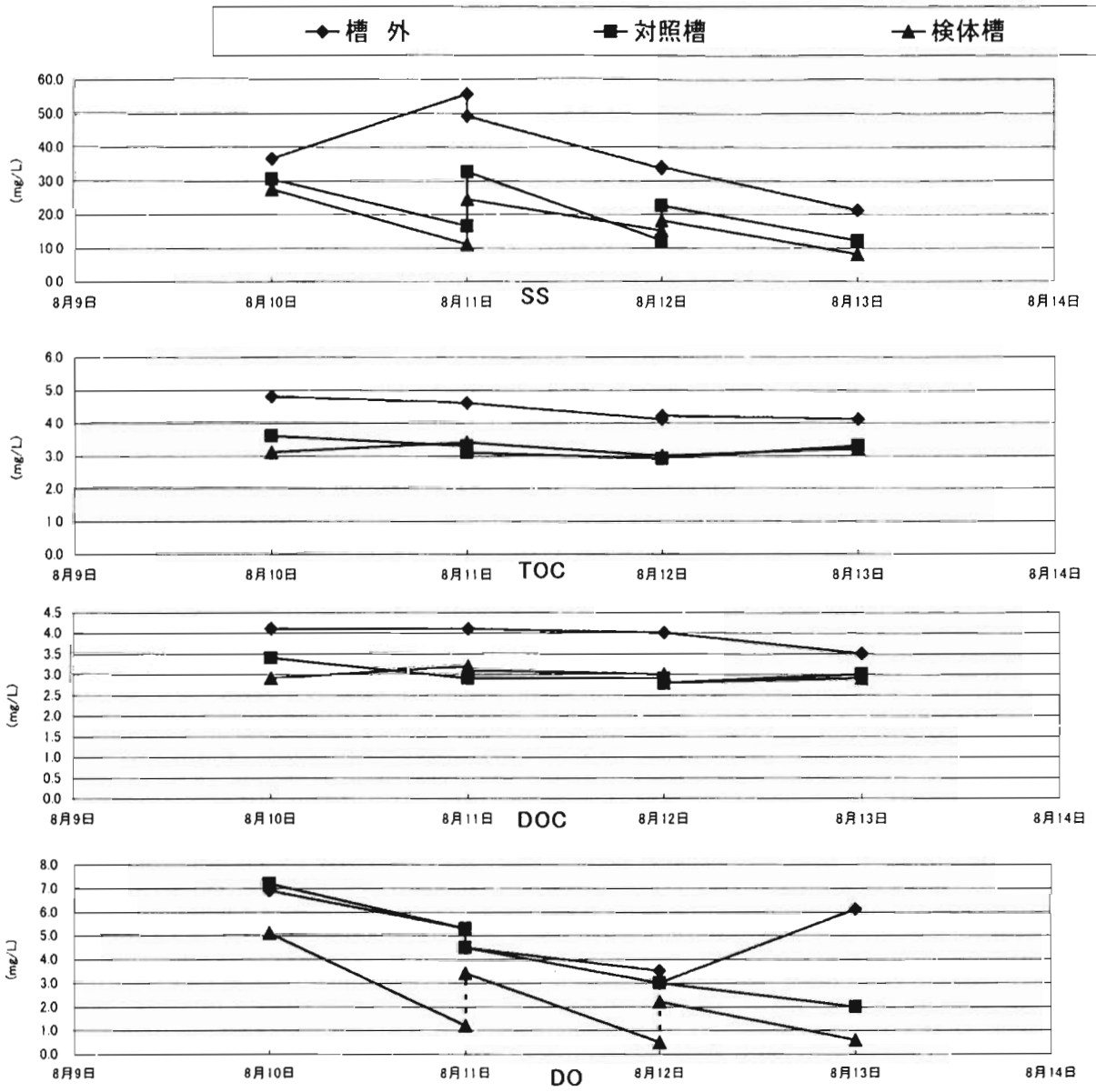


図 4-1-4 (3) 炭素関連濃度変化(平成11年8月、2号機)

に示す。なお、NH<sub>4</sub>-N については6月の実験においては溶出が認められなかったため、8月の実験結果のみを対象に計算を行った。

表 4-1-2 PO<sub>4</sub>-P の溶出速度算定結果一覧

単位(mg/m <sup>2</sup> /d)	平均	最大	最小
6月	18.6	20.4	15.6
8月1号機	26.8	33.6	22.4
8月2号機	36.6	38.2	35.0

表 4-1-3 NH<sub>4</sub>-N の溶出速度算定結果一覧

単位(mg/m <sup>2</sup> /d)	平均	最大	最小
8月1号機	19.7	32.4	6.23
8月2号機	85.9	130.9	53.6

PO<sub>4</sub>-P については、安定した実験結果が得られたことから、機差も少なかったが(表 4-1-2)、NH<sub>4</sub>-N については、同様の実験を行った2台の装置間の機差及びそれぞれの装置において3回行った実験の間での差が大きく、ここで求めた NH<sub>4</sub>-N に関する溶出速度の算定結果の取り扱いには慎重に行う必要がある(溶出速度の算定経過について巻末表 4-1-9 に示す)。

検体槽において6月の実験中に5分間隔で、8月の実験では1分間隔で測定した DO 変化を図 4-1-5 に示す。この図から分かるように、底泥の酸素消費速度は速く、検体槽内は実験開始から比較的すぐに嫌気的環境になっていたことが分かる。底泥の酸素消費速度は8月の実験で 135(mg/m<sup>2</sup>/h)と算定された。酸素消費速度の算定方法については、巻末資料(4章分)及び巻末図 4-1-1 に記述する。

表 4-1-2 に示した PO<sub>4</sub>-P の溶出速度は、実験条件から現地において底層水が嫌気的環境となった時の底泥への攪乱がない静置溶出による溶出速度であると考えられる。このため実験環境が好気的であれば、この溶出速度は、はるかに少なくなっていたと考えられる。利根川上流工事事務所による室内実験の結果からは同一条件で採取された試料を用いた溶出速度は、好気的条件下で溶出実験を行った場合、嫌気的条件下での実験に比べて 1/10 程度に減少することが認められている。

夏季の現地貯水池の底層環境は嫌気的ではないので、底泥への攪乱がなければ PO<sub>4</sub>-P の溶出速度は、室内実験の結果を現地に適応可能だとすれば、表 4-1-2 に得られた溶出速度の 1/10 程度すなわち 1.9~3.2(mg/m<sup>2</sup>/d)と考えられる。ただし、この値は底泥への攪乱が無い場合の推定値であり、実際の現場では夏季には水位が低下しており底泥への攪乱は強くなっていると考えられるため、実際の溶出速度(回帰速度)は違ったものになると考えられる。

現場における T-P 濃度の変化は河川との間に水のやりとりがなければ、底泥からの溶出による増加と懸濁態の沈降による減少が相殺された結果と考えられるため、以下に貯水池を単純化したモデルを用いて現場における T-P 濃度変化と3章で求められた懸濁態の沈降速度をもとに溶出速度を逆算して、上記の溶出実験から得られた値と比較することにする。

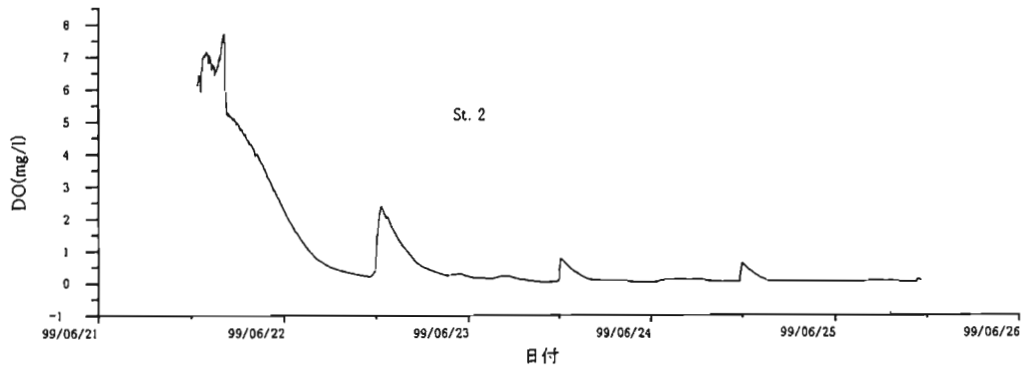


図 4-1-5 (1) 検体槽中の DO 変化 (平成 11 年 6 月、2 号機)

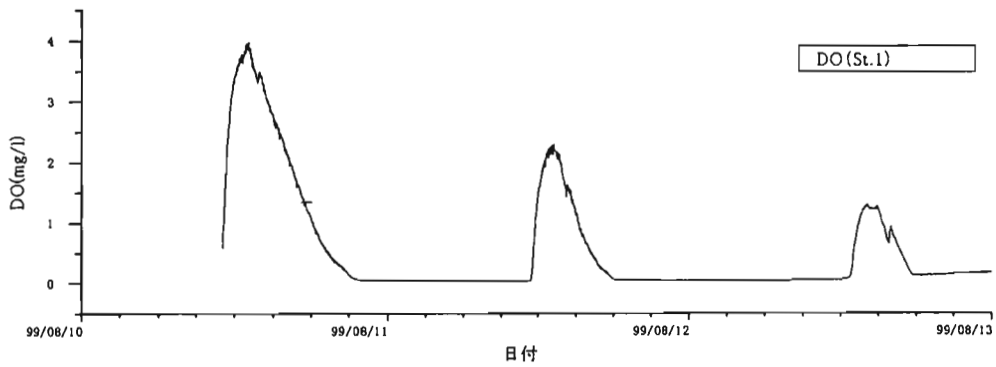


図 4-1-5 (2) 検体槽中の DO 変化 (平成 11 年 8 月、1 号機)

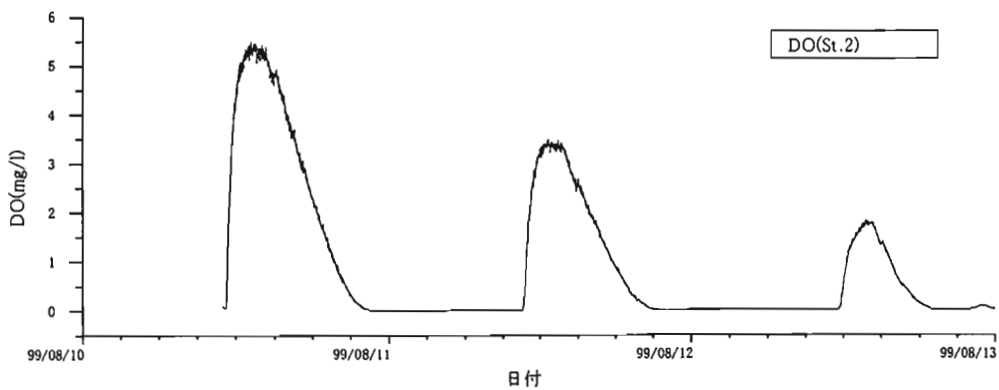


図 4-1-5 (3) 検体槽中の DO 変化 (平成 11 年 8 月、2 号機)

沈降物の測定を行った平成11年の秋期から冬期において、貯水池への河川水の流入がなくなり水質的に変化が緩慢になった11月下旬から、逆に放流が始まった平成12年の1月中旬にかけては、栄養塩類（特にリン）に関して外部との物質のやりとりがほとんどなく、貯水池水質変化は貯水池水及び底泥との間での変化に支配されると考えられる。

リンについては、この期間中溶存態リンが検出限界以下のレベルであり、T-P濃度は懸濁態のリン濃度にほぼ等しいと考えられる。期間中河川との水のやりとりが無い場合、この間に観測されたT-P濃度の減少は懸濁物の沈降と溶存態として底泥から回帰したリンを植物プランクトンが摂取して新規に生産される懸濁態リンとの差に起因するものと考えられる。ここでは、貯水池を一つよく混ざった水塊と仮定して物質収支式を立て、今回の現地観測から得られた新生懸濁物沈降速度の値により、上記の期間における本貯水池における水質変化が説明しうるかについて考察する。本貯水池の水質特性は強い成層が形成されず、混合が進んだものであり、完全混合型のモデルでも一次的な検討としては有効である。

水中に存在するPについては、上記期間中、懸濁態がほとんどであることから、T-Pの値は懸濁態濃度に等しいとすると、貯水池水柱に存在するリン濃度の変化は、次式で与えられる。

$$V \frac{dC}{dt} = R \cdot A - C \cdot w \cdot A \quad (4.1.4)$$

ここで、 $V(\text{m}^3)$ :貯水池容量、 $C(\text{g}/\text{m}^3)$ :リン濃度、 $R(\text{g}/\text{m}^2/\text{d})$ :底泥からの平均リン溶出量、 $A(\text{m}^2)$ :貯水池底面積、 $w(\text{m}/\text{d})$ :懸濁態リン平均沈降速度

上の式は、 $V, R, A$ , 及び  $w$  が一定であれば解析的に解くことができる。平成11年11月24日から平成12年1月12日にかけては貯水池水量の変化がほとんどなかったため、 $V$  及び  $A$  については一定と見なすことができる。ここでは、計算の簡単化のために平均回帰量、沈降速度も一定という仮定をおいて式(4.1.4)を解く。変数分離法によって式(4.1.4)は次式のように変形される。

$$\frac{dC}{R - C \cdot w} = \frac{A}{V} dt \quad (4.1.5)$$

この両辺を積分することで、この解は初期濃度を  $C_0$  として式(4.1.6)で表される。

$$C = \frac{R + (C_0 \cdot w - R) \cdot \exp(-w \cdot t/h)}{w} \quad (4.1.6)$$

ここで  $h(\text{m})=V/A$ :平均水深である。

平成11年11月24日を初期値として、 $w$  については、今回の現地観測から推定された新生懸濁物の沈降速度  $0.62(\text{m}/\text{d})$  を、 $h$  については、計算対象期間の水深  $6.5(\text{m})$  を代入し、 $R$  については  $0, 20, 25, 30(\text{mg}/\text{m}^2/\text{d})$  の4通りの値を代入して計算した。これらの計算値と実測されたT-Pの変化を比較したのが図4-1-6である。

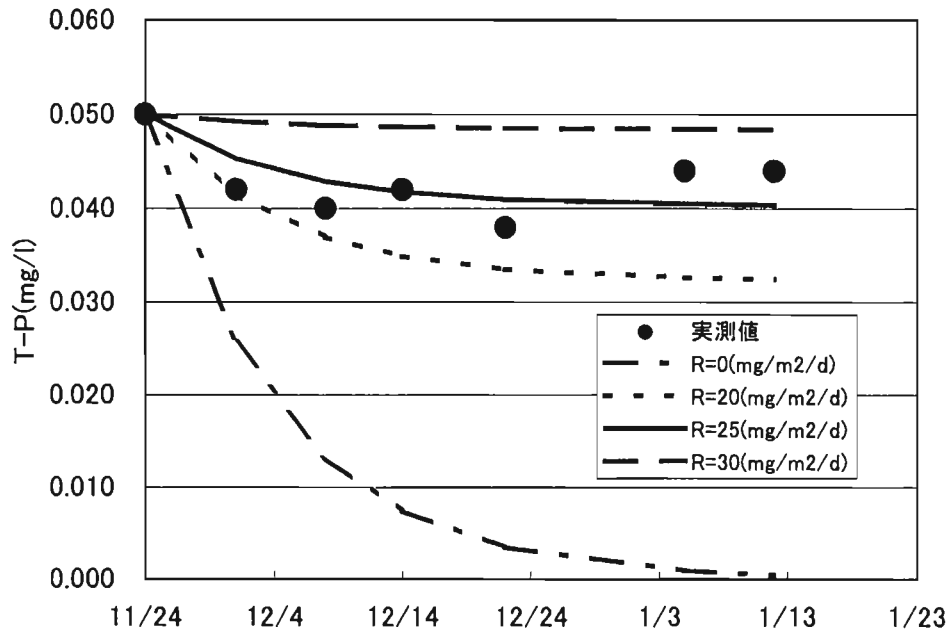


図 4-1-6 冬季の T-P 変化の実測値と計算値の比較

この図から新規生産物の沈降速度が 3 章での検討から得られた  $0.62(\text{m}/\text{d})$  を用いると  $25(\text{mg}/\text{m}^2/\text{d})$  程度の回帰が起こらない限り実測値の変化を説明し得ないことが分かる。計算対象とした期間が冬期で微生物の活性が余り高くなく底層環境が好氣的であったことを考えると、底泥からのリン回帰速度として  $25(\text{mg}/\text{m}^2/\text{d})$  という値は、現地における攪乱を受けた底泥からの溶出速度と考えるべきであると思われる。

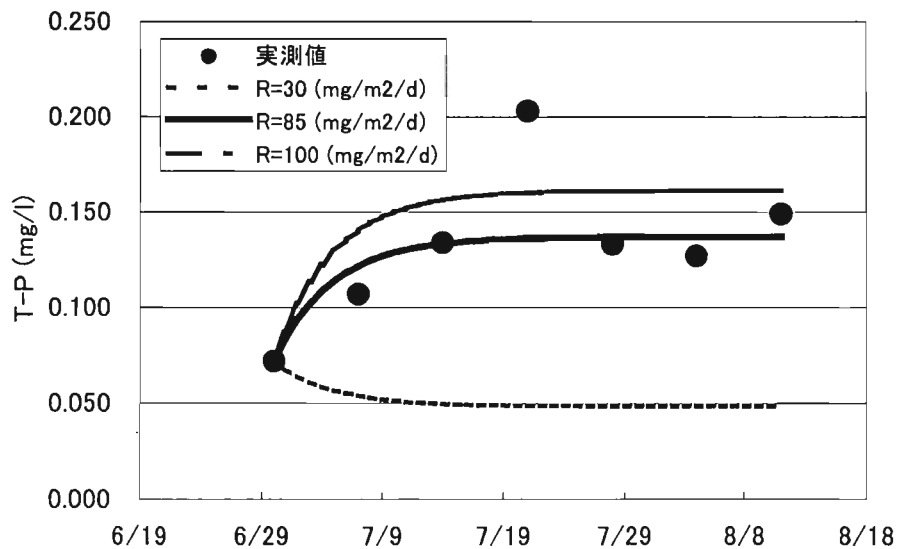


図 4-1-7 夏季の T-P 変化の実測値と計算値の比較

また、平成 11 年は 6 月初旬に放流による水位の低下が始まっている。水位低下は 6 月の終わりに完了し、8 月中旬まで水深は 3m に維持されていた。平成 11 年 6 月 30 日から 8 月 4 日の間には貯水池と河川との間の水のやりとりはほとんどなく、この間の貯水池 T-P

濃度は 0.07 から 0.13(mg/l)に上昇していた。上記と同様の計算を行った結果、新規生産物の沈降速度 0.62(m/d)を仮定すると夏季の水位低下時に貯水池 T-P 濃度が上昇する期間における底泥からのリン回帰量は約 85(mg/m<sup>2</sup>/d)程度なければならないことが示された(図 4-1-7)。

R については、平成 11 年 6 月の現地試験で求められた嫌気的環境における静置溶出による値として 18.6(mg/m<sup>2</sup>/d)、同 8 月に求められた値が 31.7(mg/m<sup>2</sup>/d)という推定値があるが、好気的環境での静置溶出は上記の様にさらにこれらの 1/10 程度と推定されて 1.9~3.2(mg/m<sup>2</sup>/d)と推定される。現地の T-P 濃度の変化から逆算した R は 85(mg/m<sup>2</sup>/d)であり、好気的環境における静置溶出速度の推定値 1.9~3.2(mg/m<sup>2</sup>/d)の 30 ないし 40 倍の値を示す結果となった。

Søndergaard ら(1992)は、デンマークにおける富栄養化した湖沼における巻き上げに伴う底泥からのリンの負荷は 60~70(mg/m<sup>2</sup>/d)で、これは攪乱を受けない底泥からの 20~30 倍の量であるという研究結果を示している。今回の検討で求められた夏季のリン回帰速度 85(mg/m<sup>2</sup>/d)は彼らの求めた巻き上げに伴う底泥からのリン回帰速度と近い値であり、また攪乱を受けない場合の 30~40 倍であるという推定も彼らが求めた比と類似の結果となった。ここでの考察から、現場における底泥からのリン負荷量は、静置溶出の形ではなく、巻き上げなどの物理的攪乱に大きく左右されている可能性が示された。

現地における水中懸濁物(SS)の定期調査結果について、式(3.2.1)を用いて新規生産物と巻き上げ由来の成分に分離して貯水位変動と比較した結果を、クロロフィル-a 濃度の変化と共に図 4-1-8 に示す。水位低下時に巻き上げ由来の懸濁物が増える傾向を示しており、特に 6 月下旬から 7 月初旬にかけて巻き上がりが激しく、この期間はクロロフィル-a 濃度が下がっている。この期間中、底泥から供給されたと考えられる水柱栄養塩濃度は PO<sub>4</sub>-P で 0.01~0.02(mg/l)、NH<sub>4</sub>-N で 0.2~0.4(mg/l)と高い値を示しており(図 2-1-6, 2-1-7)、巻き上げによる栄養塩供給と濁りが上昇することによる植物プランクトン成長に対する光制限の複雑な影響を示唆するものであった。6 月下旬から 7 月初旬にかけては水位低下に伴い底泥の巻き上げが盛んに起こり、これにより水柱に溶存態の栄養塩が大量に供給されると考えられる。一旦クロロフィル-a 濃度は下がるものの、この栄養塩は植物プランクトンに摂取されて夏季のクロロフィル-a 濃度の最大値の原因となると考えられる。

この期間中に見られた急激な栄養塩濃度の上昇は Hamilton and Mitchell(1997)により指摘されている間欠的という巻き上げに伴うリン供給の特徴を示すものと思われる。このため、6 月下旬から 7 月初旬にかけての水柱における無機溶存態栄養塩濃度(特に PO<sub>4</sub>-P と NH<sub>4</sub>-N)は、底泥への物理的攪乱により引き起こされたものと考えられるのが妥当と考えられる。

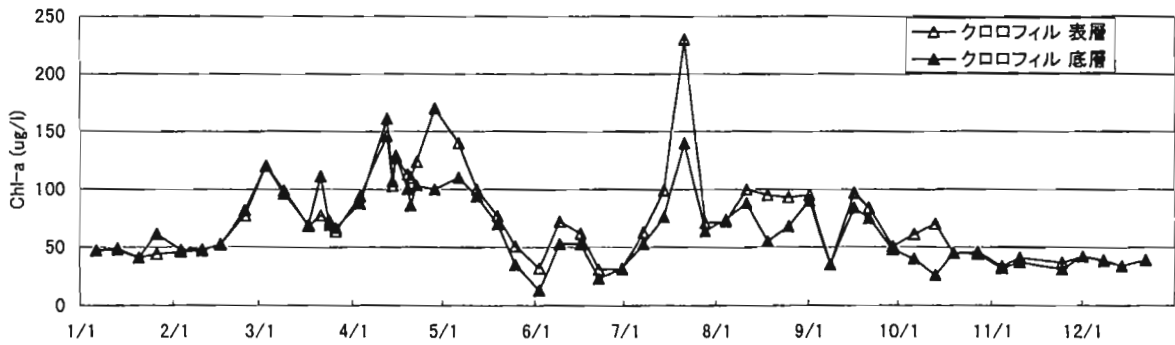
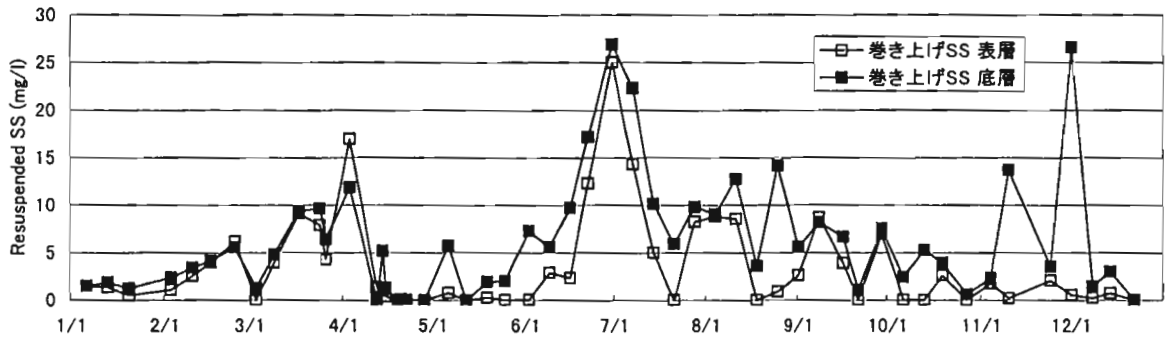
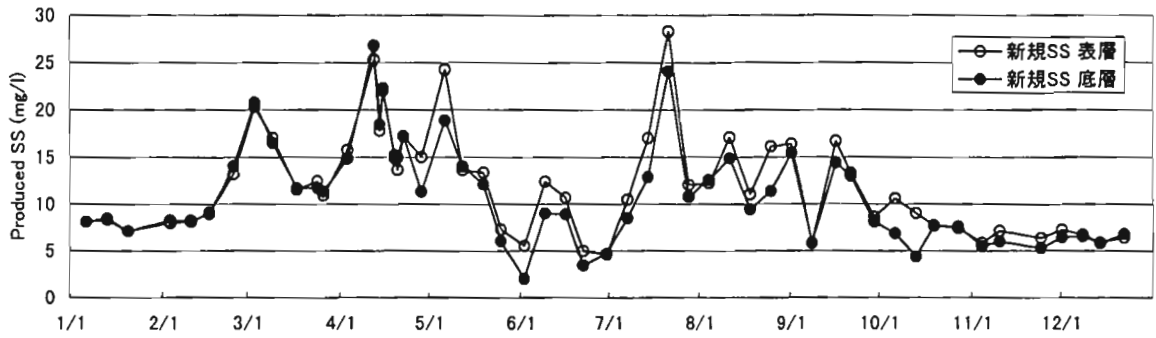
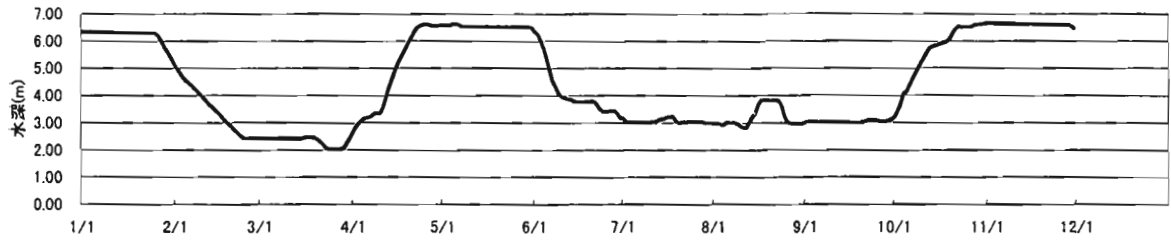


図 4-1-8 年間を通しての懸濁物濃度とクロロフィル-a濃度の変動(平成11年)



## おわりに

本資料では、渡良瀬貯水池における水位変化に伴う水質変化について、河川との物質のやりとりと貯水池水と底泥との物質のやりとりに着目し解析を行った。その結果、貯水池水と底泥との物質（栄養塩）移動には水位と水温が大きく影響することが判明した。水位は、底泥への物理的攪乱の強度を規定するために重要であり、水温は底泥や水柱での生物活性を規定するため重要であると考えられる。

本貯水池では、夏季の水位低下時に底泥への物理的攪乱が栄養塩の回帰を促進し、これは嫌気的環境での静置溶出量を上回ると考えられる結果が得られた。本貯水池のような浅く栄養塩濃度の高い閉鎖性水域では、底泥の巻き上げに伴う栄養塩の回帰について詳しく調査する必要があると考えられる。

今後、現地底泥のコアサンプルを用いて巻き上げに伴う栄養塩回帰がどのように起こるかについて調べた室内実験結果を反映した数値解析モデルを開発する予定である。さらにこの数値モデルの流動や水質変化の計算結果に関しては、現地観測結果を用いて検証を行う予定である。

以下に、本資料作成に並行して発表した研究資料の一覧を示す。

- 天野邦彦、李建華、木幡邦男、鈴木宏幸、安田佳哉、2000、浅い貯水池における底泥からの栄養塩溶出の評価、第55回年次学術講演会講演概要集・第7部
- 李建華、天野邦彦、鈴木宏幸、安田佳哉、2000、リンの溶出に及ぼす巻き上げの影響に関する実験的解析、日本水環境学会年会講演集、第34回、p.492
- 天野邦彦、李建華、鈴木宏幸、安田佳哉、2001、浅い貯水池における懸濁物組成とその水質への影響、水工学論文集、第45巻、pp. 1189-1194
- Amano, K., Y. Yasuda, J. Li and H. Suzuki, 2001, Nutrient flux between bottom sediments and water column in an eutrophicated shallow reservoir, 9th International conference on the conservation and management of lakes -Lake Biwa '2001
- Amano, K., J. Li and Y. Yasuda, 2001, Estimation of phosphorus flux between bottom sediments and the water column in a shallow reservoir, Aquatic Ecosystem Health & Management, 投稿中
- Li, J., K. Amano and Y. Yasuda, 2001, An experimental study of sediment resuspension effects on phosphorus release from sediment into the water column, Aquatic Ecosystem Health & Management, 投稿中

## 参考文献

- 福島武彦, 相崎守弘, 村岡浩爾, 1984, 浅い湖における沈殿量の測定方法とその起源, 国立公害研究所研究報告, 第51号, pp. 73-87.
- Gasith, A., 1975, Tripton sedimentation in eutrophic lake, *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 19, pp. 116-122.
- Hamilton, D. P. and Mitchell, S. F., 1997, Wave-induced shear stresses, plant nutrients and chlorophyll in seven shallow lakes, *Freshwater Biology*, 38, pp. 159-168.
- Horne, A. J., and Goldman, C. R., 1994, *Limnology*, McGraw-Hill.
- 木幡邦男, 福島路生, 高村典子, 松重一夫, 今井章雄, 竹下俊二, 田中秀之, 中山恵, 1997, 直列多槽式溶出測定装置による霞ヶ浦隔離水塊実験における底泥からの栄養塩溶出測定, 霞ヶ浦臨湖実験施設研究発表会講演報告集, 11, pp. 17-21.
- 日本海洋学会, 1986, 沿岸環境調査マニュアル, 底質・生物編, 恒星社厚生閣
- Richards, F. A., J. D. Cline, W.W. Broenkow and L. P. Atkinson, 1965, Some consequences of the decomposition of organic matter in Lake Nitinat, An Anoxic Fjord, *Limnol. Oceanogr.*, 10 (Supplement), R185-R201.
- 西条八束, 三田村緒左武, 1995, 新編 湖沼調査法, 講談社
- Seitzinger, S. P., 1988, Denitrification in freshwater and coastal marine ecosystems: Ecological and geological significance, *Limnol. Oceanogr.* 33, pp. 702-724.
- Søndergaard, M., Kristensen, P., and Jeppesen, E., 1992, Phosphorus release from resuspended sediment in the shallow and wind exposed Lake Arresø, Denmark, *Hydrobiologia*, 228, pp. 91-99.
- 高村義親, 野村和輝, 萩原富司, 平松昭, 矢木修身, 須藤隆一, 1981, 霞ヶ浦に発生するアオコと *Microcystis aeruginosa* の化学的組成, 国立公害研究所研究報告 第25号, pp. 31-46.
- 橘治国, 井上隆信, 1996, 浅い湖沼における沈降物量の評価, 陸水学会誌, 57巻2号, pp.163-171.

卷 末 資 料



卷末表2-3-1(1) 期間別物質變動量 (閉鎖環境：春季)

(單位：水量 $10^6$  t、TN、TP量 t)

年	項目	低水位時				高水位時			
		水量	TN量	TP量	TN/TP	水量	TN量	TP量	TN/TP
H 4	開始時					25.70	32.41	0.54	60.02
	終了時					26.22	17.03	1.34	12.71
	平均量					25.97	22.27	0.88	25.31
	流入量					0.00	0.00	0.00	-
	流出量					-0.01	-0.01	0.00	-
	差分量					0.53	-15.37	0.80	-
H 5	開始時	11.04	8.13	0.83	9.80	26.32	40.25	2.94	13.69
	終了時	11.01	9.10	1.06	8.58	26.13	30.34	2.22	13.67
	平均量	11.03	8.40	0.92	9.13	26.30	34.03	2.25	15.12
	流入量	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-
	流出量	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-
	差分量	-0.03	0.97	0.23	4.22	-0.19	-9.91	-0.72	13.76
H 6	開始時					25.81	43.99	1.66	26.5
	終了時					25.60	23.95	1.55	15.45
	平均量					25.75	31.46	1.70	18.51
	流入量					0.00	0.00	0.00	-
	流出量					0.00	0.00	0.00	-
	差分量					-0.21	-20.04	-0.11	182.18
H 7	開始時					25.98	51.52	3.40	15.17
	終了時					26.13	25.26	1.85	13.63
	平均量					25.97	37.62	2.48	15.17
	流入量					0.00	0.00	0.00	-
	流出量					0.00	0.00	0.00	-
	差分量					0.15	-26.26	-1.54	17.01
H 8	開始時	4.96	6.19	0.57	10.86				
	終了時	5.08	5.67	0.74	7.66				
	平均量	5.03	5.63	0.66	8.53				
	流入量	0.00	0.00	0.00	-				
	流出量	0.00	0.00	0.00	-				
	差分量	0.12	-0.52	0.17	-				
H 9	開始時								
	終了時								
	平均量								
	流入量								
	流出量								
	差分量								

卷末表2-3-1(2) 期間別物質變動量 (閉鎖環境：夏季)

(單位：水量 $10^6$  t、TN, TP量 t)

年	項目	低水位時				高水位時			
		水量	TN量	TP量	TN/TP	水量	TN量	TP量	TN/TP
H 4	開始時	11.73	9.19	0.73	12.62				
	終了時	10.68	9.26	0.92	10.12				
	平均量	11.44	9.51	0.75	12.68				
	流入量	0.00	0.00	0.00	-				
	流出量	-1.88	-1.72	-0.13	13.08				
	差分量	0.82	1.79	0.32	5.63				
H 5	開始時	12.07	16.96	1.36	12.47				
	終了時	11.73	12.48	1.30	9.18				
	平均量	12.18	14.79	1.22	12.12				
	流入量	0.01	0.03	0.00	-				
	流出量	-1.65	-1.93	-0.17	11.35				
	差分量	1.30	-2.58	0.11	-				
H 6	開始時	11.73	12.65	1.13	11.20				
	終了時	10.51	12.64	1.04	12.15				
	平均量	11.55	12.07	1.02	11.83				
	流入量	0.00	0.00	0.00	-				
	流出量	-0.93	-1.14	-0.10	11.26				
	差分量	-0.30	1.13	0.01	95.58				
H 7	開始時	12.23	17.13	1.29	13.26				
	終了時	11.90	18.07	1.68	10.78				
	平均量	12.03	16.74	1.61	10.40				
	流入量	<0.005	<0.005	<0.005	6.00				
	流出量	-0.62	-0.78	-0.07	11.58				
	差分量	0.30	1.72	0.45	3.81				
H 8	開始時	11.16	11.98	1.05	11.40				
	終了時	10.93	11.00	1.89	5.83				
	平均量	11.37	12.12	1.46	8.30				
	流入量	0.00	0.00	0.00	-				
	流出量	-0.31	-0.35	-0.05	7.12				
	差分量	0.08	-0.62	0.89	-				
H 9	開始時					26.40	51.18	3.12	16.40
	終了時					26.30	46.81	2.22	21.09
	平均量					26.30	49.82	2.65	18.80
	流入量					0.00	0.00	0.00	-
	流出量					-0.32	-0.66	-0.04	16.50
	差分量					0.22	-3.71	-0.86	4.31

卷末表2-3-1(3) 期間別物質變動量 (閉鎖環境：秋季)

(單位：水量 $10^6$  t、TN, TP量 t)

年	項目	低水位時				高水位時			
		水量	TN量	TP量	TN/TP	水量	TN量	TP量	TN/TP
H 4	開始時					25.98	49.82	1.73	28.80
	終了時					25.64	37.80	1.42	26.67
	平均量					25.73	43.65	1.65	29.10
	流入量					0.00	0.00	0.00	-
	流出量					-0.03	-0.06	<-0.005	28.18
	差分量					-0.31	-11.96	-0.31	38.52
H 5	開始時	11.73	12.47	1.30	9.59				
	終了時	12.46	11.62	1.11	10.47				
	平均量	12.18	14.89	1.16	12.84				
	流入量	0.00	0.00	0.00	-				
	流出量	0.00	0.00	0.00	-				
	差分量	0.73	-0.85	-0.19	4.47				
H 6	開始時	12.20	30.29	1.60	18.93				
	終了時	12.44	17.35	1.57	11.05				
	平均量	12.49	22.64	1.69	13.51				
	流入量	0.00	0.00	0.00	-				
	流出量	0.00	0.00	0.00	-				
	差分量	0.24	-12.94	-0.03	431.33				
H 7	開始時	9.30	15.31	1.62	9.45	21.53	42.09	1.88	22.39
	終了時	9.45	12.36	1.30	9.51	20.39	31.30	1.43	21.89
	平均量	9.34	14.08	1.39	10.13	20.93	39.05	1.76	22.19
	流入量	0.00	0.00	0.00	-	0.19	0.83	0.06	13.83
	流出量	0.00	0.00	0.00	-	-0.45	-0.95	-0.04	23.75
	差分量	0.15	-2.95	-0.32	9.25	-0.88	-10.67	-0.47	22.70
H 8	開始時					25.98	50.50	1.91	26.41
	終了時					24.99	35.33	1.67	21.20
	平均量					25.47	41.29	1.80	22.94
	流入量					0.00	0.00	0.00	-
	流出量					-0.18	-0.27	-0.01	22.16
	差分量					-0.81	-14.90	-0.23	64.78
H 9	開始時	10.17	11.86	1.63	7.28	26.30	58.21	3.26	17.87
	終了時	10.51	13.85	1.50	9.23	25.50	44.06	2.30	19.13
	平均量	10.28	12.41	1.61	7.71	25.77	48.92	2.71	18.05
	流入量	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-
	流出量	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-
	差分量	0.34	1.99	-0.13	-	-0.80	-14.14	-0.95	14.82

卷末表2-3-1(4) 期間別物質變動量 (閉鎖環境：冬季)

(單位：水量 $10^6$ t、TN, TP量t)

年	項目	低水位時				高水位時			
		水量	TN量	TP量	TN/TP	水量	TN量	TP量	TN/TP
H 4	開始時					26.13	43.30	0.72	60.14
	終了時					25.74	32.43	0.54	60.06
	平均量					25.96	41.28	0.61	67.67
	流入量					0.00	0.00	0.00	-
	流出量					-0.01	-0.01	0.00	-
	差分量					-0.38	-10.86	-0.18	60.33
H 5	開始時	11.01	10.31	0.58	17.78				
	終了時	11.08	8.14	0.83	9.81				
	平均量	11.01	9.32	0.68	13.71				
	流入量	0.00	0.00	0.00	-				
	流出量	0.00	0.00	0.00	-				
	差分量	0.07	-2.17	0.25	-				
H 6	開始時					25.85	51.64	1.91	27.04
	終了時					25.81	44.01	1.66	26.51
	平均量					25.82	48.89	1.85	26.43
	流入量					0.00	0.00	0.00	-
	流出量					0.00	0.00	0.00	-
	差分量					-0.04	-7.63	-0.25	30.52
H 7	開始時					23.12	46.49	1.90	24.47
	終了時					22.30	38.37	1.71	22.44
	平均量					22.69	43.34	1.83	23.68
	流入量					0.00	0.00	0.00	-
	流出量					0.00	0.00	0.00	-
	差分量					-0.82	-8.12	-0.19	42.74
H 8	開始時	10.87	11.29	0.62	18.21				
	終了時	9.83	8.63	0.62	13.92				
	平均量	10.23	10.47	0.61	17.16				
	流入量	0.00	0.00	0.00	-				
	流出量	-0.60	-0.66	-0.04	16.5				
	差分量	-0.44	-2.00	0.04	-				
H 9	開始時	3.82	5.32	0.52	10.23				
	終了時	4.38	7.22	1.26	5.73				
	平均量	4.26	7.27	1.07	6.79				
	流入量	0.86	4.20	0.58	7.24				
	流出量	-0.29	-0.52	-0.08	6.50				
	差分量	-0.01	-1.78	0.24	-				



卷末表2-3-1(5) 期間別物質變動量 (開放環境：春季)

(單位：水量 $10^6$  t、TN、TP量 t)

年	項目	水位下降時				水位上昇時			
		水量	TN量	TP量	TN/TP	水量	TN量	TP量	TN/TP
H 4	開始時	26.24	17.02	1.34	12.72				
	終了時	11.73	9.21	0.73	12.63				
	平均量	21.74	15.27	1.22	12.52				
	流入量	0.00	0.00	0.00	-				
	流出量	-15.87	-13.09	-1.04	12.54				
	差分量	1.35	5.28	0.44	12.13				
H 5	開始時					11.01	9.13	1.07	8.53
	終了時					26.36	40.33	2.95	13.67
	平均量					17.81	27.11	2.42	11.20
	流入量					16.12	108.07	11.39	9.49
	流出量					0.00	0.00	0.00	-
	差分量					-3.77	-76.87	-9.51	8.08
H 6	開始時								
	終了時								
	平均量								
	流入量								
	流出量								
	差分量								
H 7	開始時					17.28	29.67	2.18	13.61
	終了時					25.98	51.48	3.39	15.19
	平均量					21.26	39.92	2.82	14.16
	流入量					11.11	66.07	7.55	8.75
	流出量					0.00	0.00	0.00	-
	差分量					-2.41	-44.26	-6.34	6.98
H 8	開始時					5.08	5.68	0.74	7.68
	終了時					26.15	36.25	2.26	16.05
	平均量					12.43	21.65	1.65	13.12
	流入量					24.59	112.62	12.68	8.88
	流出量					0.00	0.00	0.00	-
	差分量					-3.53	-82.05	-11.16	7.35
H 9	開始時					0.35	23.60	2.07	11.40
	終了時					26.40	51.20	3.12	16.41
	平均量					17.52	47.47	2.78	17.07
	流入量					27.25	112.03	11.11	10.08
	流出量					0.00	0.00	0.00	-
	差分量					-1.2	-84.43	-10.06	8.39

卷末表2-3-1(6) 期間別物質變動量 (開放環境：夏季)

(單位：水量 $10^6$  t、TN, TP量 t)

年	項目	水位下降時				水位上昇時			
		水量	TN量	TP量	TN/TP	水量	TN量	TP量	TN/TP
H 4	開始時								
	終了時								
	平均量								
	流入量								
	流出量								
	差分量								
H 5	開始時	26.13	30.29	2.22	13.64				
	終了時	12.07	16.96	1.36	12.47				
	平均量	22.45	26.61	2.10	12.67				
	流入量	0.00	0.00	0.00	—				
	流出量	-14.31	-21.44	-1.50	14.29				
	差分量	0.25	8.11	0.64	12.67				
H 6	開始時	25.60	23.97	1.55	15.46				
	終了時	11.73	12.66	1.13	11.20				
	平均量	19.85	17.30	1.36	12.72				
	流入量	0.00	0.00	0.00	—				
	流出量	-13.44	-12.75	-1.05	12.11				
	差分量	-0.43	1.44	0.63	2.27				
H 7	開始時	26.13	25.24	1.85	13.63				
	終了時	12.23	17.14	1.29	13.28				
	平均量	18.06	20.86	1.57	13.29				
	流入量	0.00	0.00	0.00	—				
	流出量	-15.20	-16.96	-1.24	13.64				
	差分量	1.30	8.86	0.68	12.99				
H 8	開始時	26.13	36.27	2.12	17.11				
	終了時	11.16	12.01	1.05	11.40				
	平均量	21.06	23.29	1.88	12.39				
	流入量	0.00	0.00	0.00	—				
	流出量	-15.31	-15.31	-1.27	12.06				
	差分量	0.34	-8.95	-0.20	44.75				
H 9	開始時	26.29	46.80	2.22	21.06				
	終了時	12.16	20.91	1.15	18.21				
	平均量	17.87	31.24	2.14	14.60				
	流入量	0.00	0.00	0.00	—				
	流出量	-13.22	-24.55	-0.96	25.50				
	差分量	-0.92	-1.34	-0.11	12.08				

卷末表2-3-1(7) 期間別物質變動量 (開放環境：秋季)

(單位：水量 $10^6$  t、TN, TP量 t)

年	項目	水位下降時				水位上昇時			
		水量	TN量	TP量	TN/TP	水量	TN量	TP量	TN/TP
H 4	開始時					5.78	7.65	0.73	10.44
	終了時					25.98	49.82	1.73	28.79
	平均量					15.54	28.09	1.49	18.85
	流入量					21.52	96.99	6.21	15.61
	流出量					0.00	0.00	0.00	—
	差分量					-1.32	-54.83	-5.22	10.51
H 5	開始時								
	終了時								
	平均量								
	流入量								
	流出量								
	差分量								
H 6	開始時					12.44	17.36	1.57	11.06
	終了時					21.99	46.45	2.07	22.43
	平均量					17.24	32.64	1.86	17.55
	流入量					12.04	67.45	4.40	15.33
	流出量					0.00	0.00	0.00	—
	差分量					-2.49	-38.35	-3.90	9.84
H 7	開始時					9.45	12.35	1.31	9.47
	終了時					21.53	42.03	1.88	22.36
	平均量					15.07	25.73	1.71	15.05
	流入量					13.58	50.05	2.71	18.46
	流出量					0.00	0.00	0.00	—
	差分量					-1.49	-20.38	-2.14	9.54
H 8	開始時					12.07	14.67	1.56	9.40
	終了時					25.98	50.52	1.92	26.31
	平均量					21.62	39.00	1.94	20.10
	流入量					16.14	59.53	3.73	15.96
	流出量					0.00	0.00	0.00	—
	差分量					-2.23	-23.68	-3.37	6.93
H 9	開始時					10.51	13.92	1.50	9.28
	終了時					26.30	58.26	3.26	17.87
	平均量					18.30	39.09	2.38	16.42
	流入量					19.92	72.13	4.53	15.92
	流出量					0.00	0.00	0.00	—
	差分量					-4.13	-27.79	-2.77	10.03

卷末表2-3-1(8) 期間別物質變動量 (開放環境：冬季)

(單位：水量 $10^6$  t、TN, TP量 t)

年	項目	水位下降時				水位上昇時			
		水量	TN量	TP量	TN/TP	水量	TN量	TP量	TN/TP
H 4	開始時								
	終了時								
	平均量								
	流入量								
	流出量								
	差分量								
H 5	開始時	22.66	20.75	0.81	25.62	12.45	17.78	1.83	9.72
	終了時	10.84	12.66	0.57	22.21	24.20	49.21	3.40	14.47
	平均量	15.24	17.46	0.70	24.94	18.70	31.39	2.73	11.50
	流入量	0.00	0.00	0.00	-	13.64	82.83	7.32	11.32
	流出量	-11.06	-14.57	-0.59	24.69	0.00	0.00	0.00	-
	差分量	-0.76	6.48	0.35	18.51	-1.89	-51.40	-5.75	8.94
H 6	開始時								
	終了時								
	平均量								
	流入量								
	流出量								
	差分量								
H 7	開始時								
	終了時								
	平均量								
	流入量								
	流出量								
	差分量								
H 8	開始時								
	終了時								
	平均量								
	流入量								
	流出量								
	差分量								
H 9	開始時	25.96	39.32	2.03	19.36				
	終了時	3.82	5.31	0.52	10.21				
	平均量	10.71	14.65	0.81	18.09				
	流入量	0.00	0.00	0.00	-				
	流出量	-22.05	-30.77	-1.70	18.10				
	差分量	-0.09	-3.24	0.19	-				

○春季(平成5年,平成8年)

平成5年[3月1日~3月23日:23日間]

総流出量: 0.00t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 8.13t	平均全窒素量: 8.4t
終了時: 9.10t	平均硝酸窒素量: 0.5t
遊水池内: 0.97t増	生物態比率: 61%
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = 0.97t	
1日当たり差分量: 0.04t/日	

平成8年[3月7日~3月31日:25日間]

総流出量: 0.00t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 6.19t	平均全窒素量: 5.6t
終了時: 5.67t	平均硝酸窒素量: 0.4t
遊水池内: 0.52t減	生物態比率: 62%
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -0.52t	
1日当たり差分量: -0.02t/日	

○夏季(平成4~8年)

平成4年[6月4日~7月31日:58日間]

総流出量: 1.72t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 9.19t	平均全窒素量: 9.5t
終了時: 9.26t	平均硝酸窒素量: 0.4t
遊水池内: 0.07t増	生物態比率: 40%
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = 1.79t	
1日当たり差分量: 0.03t/日	

平成5年[7月1日~8月31日:62日間]

総流出量: 1.93t ←      ✓ 総流入量: 0.03t

開始時: 16.96t	平均全窒素量: 14.8t
終了時: 12.48t	平均硝酸窒素量: 1.0t
遊水池内: 4.48t減	生物態比率: 62%
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -2.58t	
1日当たり差分量: -0.04t/日	

平成6年[7月1日~7月31日:31日間]

総流出量: 1.14t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 12.65t	平均全窒素量: 12.1t
終了時: 12.64t	平均硝酸窒素量: 0.8t
遊水池内: 0.01t減	生物態比率: 61%
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = 1.13t	
1日当たり差分量: 0.04t/日	

平成7年[7月1日~8月15日:46日間]

総流出量: 0.78t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 17.13t	平均全窒素量: 16.7t
終了時: 18.07t	平均硝酸窒素量: 1.4t
遊水池内: 0.94t増	生物態比率: 81%
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = 1.72t	
1日当たり差分量: 0.04t/日	

平成8年[7月3日~8月5日:34日間]

総流出量: 0.35t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 11.98t	平均全窒素量: 12.1t
終了時: 11.00t	平均硝酸窒素量: 1.2t
遊水池内: 0.98t減	生物態比率: 93%
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -0.63t	
1日当たり差分量: -0.02t/日	

巻末図2-3-1(1) 低水位時の全窒素の物質収支[春季,夏季]

○秋 季 (平成5～7年, 平成9年)

平成5年 [9月1日～11月15日:76日間]

総流出量: 0.00t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時:12.47t	平均全窒素量:14.9t
終了時:11.62t	平均加07iwa量:0.8t
遊水池内:0.85t減	生物態比率:54%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量=-0.85t	
1日当たり差分量:-0.01t/日	

平成6年 [9月1日～10月31日:61日間]

総流出量: 0.00t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時:30.29t	平均全窒素量:22.6t
終了時:17.35t	平均加07iwa量:1.5t
遊水池内:12.94t減	生物態比率:65%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量=-12.94t	
1日当たり差分量:-0.21t/日	

平成7年 [9月1日～9月30日:30日間]

総流出量: 0.00t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時:15.31t	平均全窒素量:14.1t
終了時:12.36t	平均加07iwa量:1.5t
遊水池内:2.95t減	生物態比率:99%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量=-2.95t	
1日当たり差分量:-0.10t/日	

平成9年 [9月1日～9月24日:24日間]

総流出量: 0.00t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時:11.86t	平均全窒素量:12.4t
終了時:13.85t	平均加07iwa量:1.2t
遊水池内:1.99t増	生物態比率:91%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量=1.99t	
1日当たり差分量:0.08t/日	

○冬 季 (平成5年, 平成8～9年)

平成5年 [1月21日～2月28日:40日間]

総流出量: 0.00t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時:10.31t	平均全窒素量:9.3t
終了時:8.14t	平均加07iwa量:0.5t
遊水池内:2.17t減	生物態比率:54%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量=-2.17t	
1日当たり差分量:-0.05t/日	

平成8年 [1月1日～2月19日:50日間]

総流出量: 0.66t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時:11.29t	平均全窒素量:10.5t
終了時:8.63t	平均加07iwa量:0.5t
遊水池内:2.66t減	生物態比率:45%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量=-2.00t	
1日当たり差分量:-0.04t/日	

平成9年 [2月1日～2月28日:28日間]

総流出量: 0.52t ←      ✓ 総流入量: 4.20t

開始時:5.32t	平均全窒素量:7.3t
終了時:7.22t	平均加07iwa量:0.8t
遊水池内:1.90t増	生物態比率:101%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量=-1.78t	
1日当たり差分量:-0.06t/日	

巻末図2-3-1(2) 低水位時の全窒素の物質収支[秋季, 冬季]

○春季(平成5年,平成8年)

平成5年[3月1日~3月23日:23日間]  
 総流出量: 0.00t ← ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 0.83t	平均全磷量 : 0.9t
終了時: 1.06t	平均加07ilka量: 0.5t
遊水池内: 0.23t増	生態比率 : 38%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量 = 0.23t	
1日当たり差分量: 0.01t/日	

平成8年[3月7日~3月31日:25日間]  
 総流出量: 0.00t ← ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 0.57t	平均全磷量 : 0.7t
終了時: 0.74t	平均加07ilka量: 0.4t
遊水池内: 0.17t増	生態比率 : 36%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量 = 0.17t	
1日当たり差分量: 0.01t/日	

○夏季(平成4~8年)

平成4年[6月4日~7月31日:58日間]  
 総流出量: 0.13t ← ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 0.73t	平均全磷量 : 0.7t
終了時: 0.92t	平均加07ilka量: 0.4t
遊水池内: 0.19t増	生態比率 : 35%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量 = 0.32t	
1日当たり差分量: 0.01t/日	

平成5年[7月1日~8月31日:62日間]  
 総流出量: 0.17t ← ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 1.36t	平均全磷量 : 1.2t
終了時: 1.30t	平均加07ilka量: 1.0t
遊水池内: 0.06t減	生態比率 : 52%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量 = 0.11t	
1日当たり差分量: 0.002t/日	

平成6年[7月1日~7月31日:31日間]  
 総流出量: 0.10t ← ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 1.13t	平均全磷量 : 1.0t
終了時: 1.04t	平均加07ilka量: 0.8t
遊水池内: 0.09t減	生態比率 : 50%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量 = 0.01t	
1日当たり差分量: 0.0003t/日	

平成7年[7月1日~8月15日:46日間]  
 総流出量: 0.07t ← ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 1.29t	平均全磷量 : 1.6t
終了時: 1.68t	平均加07ilka量: 1.4t
遊水池内: 0.39t増	生態比率 : 59%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量 = 0.46t	
1日当たり差分量: 0.01t/日	

平成8年[7月3日~8月5日:34日間]  
 総流出量: 0.05t ← ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 1.05t	平均全磷量 : 1.7t
終了時: 1.89t	平均加07ilka量: 1.2t
遊水池内: 0.84t増	生態比率 : 48%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量 = 0.89t	
1日当たり差分量: 0.03t/日	

巻末図2-3-1(3) 低水位時の全磷の物質収支[春季,夏季]

○秋 季 (平成5～7年, 平成9年)

平成5年 [9月1日～11月15日: 76日間]  
 総流出量: 0.00t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 1.30t	平均全磷量 : 1.2t
終了時: 1.11t	平均加07i/a量: 0.8t
遊水池内: 0.19t減	生態比率 : 48%
-----	
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -0.19t	
1日当たり差分量 : -0.003t/日	

平成6年 [9月1日～10月31日: 61日間]  
 総流出量: 0.00t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 1.60t	平均全磷量 : 1.7t
終了時: 1.57t	平均加07i/a量: 1.5t
遊水池内: 0.03t減	生態比率 : 59%
-----	
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -0.03t	
1日当たり差分量 : -0.0005t/日	

平成7年 [9月1日～9月30日: 30日間]  
 総流出量: 0.00t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 1.62t	平均全磷量 : 1.4t
終了時: 1.30t	平均加07i/a量: 1.5t
遊水池内: 0.32t減	生態比率 : 69%
-----	
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -0.32t	
1日当たり差分量 : -0.01t/日	

平成9年 [9月1日～9月24日: 24日間]  
 総流出量: 0.00t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 1.63t	平均全磷量 : 1.6t
終了時: 1.50t	平均加07i/a量: 1.2t
遊水池内: 0.13t減	生態比率 : 48%
-----	
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -0.13t	
1日当たり差分量 : -0.01t/日	

○冬 季 (平成5年, 平成8～9年)

平成5年 [1月21日～2月28日: 39日間]  
 総流出量: 0.00t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 0.58t	平均全磷量 : 0.7t
終了時: 0.83t	平均加07i/a量: 0.5t
遊水池内: 0.25t増	生態比率 : 51%
-----	
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = 0.25t	
1日当たり差分量 : 0.01t/日	

平成8年 [1月1日～2月19日: 50日間]  
 総流出量: 0.04t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 0.62t	平均全磷量 : 0.6t
終了時: 0.62t	平均加07i/a量: 0.5t
遊水池内: 0.00t	生態比率 : 52%
-----	
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = 0.04t	
1日当たり差分量 : 0.001t/日	

平成9年 [2月1日～2月28日: 28日間]  
 総流出量: 0.08t ←      ✓ 総流入量: 0.58t

開始時: 0.52t	平均全磷量 : 1.1t
終了時: 1.26t	平均加07i/a量: 0.8t
遊水池内: 0.74t増	生態比率 : 47%
-----	
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = 0.24t	
1日当たり差分量 : 0.01t/日	

巻末図2-3-1(4) 低水位時の全磷の物質収支[秋季, 冬季]



○春季（平成4～7年）

平成4年 [3月1日～4月30日：61日間]  
 総流出量：0.01t ←      ✓ 総流入量：0.00t

開始時:32.41t	平均全窒素量 :22.3t
終了時:17.03t	平均硝酸イオン量: 0.7t
遊水池内:15.38t減	生物態比率 : 32%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量=-15.37t	
1日当たり差分量: -0.25t/日	

平成5年 [5月5日～5月31日：27日間]  
 総流出量：0.00t ←      ✓ 総流入量：0.00t

開始時:40.25t	平均全窒素量 :34.0t
終了時:30.34t	平均硝酸イオン量: 2.9t
遊水池内: 9.91t減	生物態比率 : 82%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量=-9.91t	
1日当たり差分量: -0.37t/日	

平成6年 [3月1日～5月31日：92日間]  
 総流出量：0.00t ←      ✓ 総流入量：0.00t

開始時:43.99t	平均全窒素量 :31.5t
終了時:23.95t	平均硝酸イオン量: 1.9t
遊水池内:20.04t減	生物態比率 : 57%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量=-20.04t	
1日当たり差分量: -0.22t/日	

平成7年 [4月17日～6月15日：59日間]  
 総流出量：0.00t ←      ✓ 総流入量：0.00t

開始時:51.25t	平均全窒素量 :37.6t
終了時:25.26t	平均硝酸イオン量: 2.6t
遊水池内:26.26t減	生物態比率 : 65%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量=-26.26t	
1日当たり差分量: -0.45t/日	

○夏季（平成9年）

平成9年 [5月25日～6月14日：22日間]  
 総流出量：0.66t ←      ✓ 総流入量：0.00t

開始時:51.18t	平均全窒素量 :49.8t
終了時:46.81t	平均硝酸イオン量: 0.4t
遊水池内: 4.37t減	生物態比率 : 7%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量=-3.71t	
1日当たり差分量: -0.19t/日	

巻末図2-3-1(5) 高水位時の全窒素の物質収支[春季，夏季]

○秋季（平成4年，平成7～9年）

平成4年 [11月1日～12月15日：45日間]  
 総流出量：0.06t ←      ✓ 総流入量：0.00t

開始時:49.82t	平均全窒素量 :43.7t
終了時:37.80t	平均加硝化量 :1.5t
遊水池内:12.02t減	生物態比率 : 33%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量=-11.96t	
1日当たり差分量: -0.27t/日	

平成7年 [10月16日～11月28日：44日間]  
 総流出量：0.95t ←      ✓ 総流入量：0.83t

開始時:42.09t	平均全窒素量 :39.1t
終了時:31.30t	平均加硝化量 :2.1t
遊水池内:10.79t減	生物態比率 : 51%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量=-10.67t	
1日当たり差分量: -0.24t/日	

平成8年 [10月16日～12月15日：61日間]  
 総流出量：0.27t ←      ✓ 総流入量：0.00t

開始時:50.50t	平均全窒素量 :41.3t
終了時:35.33t	平均加硝化量 :1.8t
遊水池内:15.17t減	生物態比率 : 42%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量=-14.90t	
1日当たり差分量: -0.25t/日	

平成9年 [10月16日～12月15日：61日間]  
 総流出量：0.00t ←      ✓ 総流入量：0.00t

開始時:58.21t	平均全窒素量 :48.9t
終了時:44.06t	平均加硝化量 :1.5t
遊水池内:14.15t減	生物態比率 : 30%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量=-14.15t	
1日当たり差分量: -0.23t/日	

○冬季（平成4年，平成6～7年）

平成4年 [1月21日～2月29日：40日間]  
 総流出量：0.01t ←      ✓ 総流入量：0.00t

開始時:43.30t	平均全窒素量 :41.3t
終了時:32.43t	平均加硝化量 :0.3t
遊水池内:10.87t減	生物態比率 : 8%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量=-10.86t	
1日当たり差分量: -0.27t/日	

平成6年 [1月1日～2月28日：59日間]  
 総流出量：0.00t ←      ✓ 総流入量：0.00t

開始時:51.64t	平均全窒素量 :48.9t
終了時:44.01t	平均加硝化量 :1.9t
遊水池内:7.63t減	生物態比率 : 38%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量=-7.63t	
1日当たり差分量: -0.13t/日	

平成7年 [1月1日～2月20日：51日間]  
 総流出量：0.00t ←      ✓ 総流入量：0.00t

開始時:46.49t	平均全窒素量 :43.3t
終了時:38.37t	平均加硝化量 :2.7t
遊水池内:8.12t減	生物態比率 : 60%
-----	
差分:流入出量+遊水池内変化量=-8.12t	
1日当たり差分量: -0.16t/日	

巻末図2-3-1(6) 高水位時の全窒素の物質収支[秋季，冬季]

○春季 (平成4～7年)

平成4年 [3月1日～4月30日:61日間]

総流出量: 0.00t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 0.54t	平均全燐量 : 0.9t
終了時: 1.34t	平均カドフィラ量: 0.7t
遊水池内: 0.80t増	生物態比率 : 55%
-----	
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = 0.80t	
1日当たり差分量: 0.01t/日	

平成5年 [5月5日～5月31日:27日間]

総流出量: 0.00t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 2.94t	平均全燐量 : 2.3t
終了時: 2.22t	平均カドフィラ量: 2.9t
遊水池内: 0.72t減	生物態比率 : 85%
-----	
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -0.72t	
1日当たり差分量: -0.03t/日	

平成6年 [3月1日～5月31日:92日間]

総流出量: 0.00t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 1.66t	平均全燐量 : 1.7t
終了時: 1.55t	平均カドフィラ量: 1.9t
遊水池内: 0.11t減	生物態比率 : 73%
-----	
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -0.11t	
1日当たり差分量: -0.001t/日	

平成7年 [4月17日～6月15日:59日間]

総流出量: 0.00t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 3.40t	平均全燐量 : 2.5t
終了時: 1.85t	平均カドフィラ量: 2.6t
遊水池内: 1.55t減	生物態比率 : 68%
-----	
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -1.55t	
1日当たり差分量: -0.03t/日	

○夏季 (平成9年)

平成9年 [5月25日～6月14日:22日間]

総流出量: 0.04t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 3.12t	平均全燐量 : 2.7t
終了時: 2.22t	平均カドフィラ量: 0.4t
遊水池内: 0.90t減	生物態比率 : 9%
-----	
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -0.86t	
1日当たり差分量: -0.04t/日	

巻末図2-3-1(7) 高水位時の全燐の物質収支[春季, 夏季]

○秋季 (平成4年, 平成7~9年)

平成4年 [11月1日~12月15日: 45日間]

総流出量: 0.00t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 1.73t	平均全燐量 : 1.5t
終了時: 1.42t	平均加07i/a量: 1.5t
遊水池内: 0.31t減	生物態比率 : 67%
差分: 流入出量+遊水池内変化量=-0.31t	
1日当たり差分量: -0.01t/日	

平成7年 [10月16日~11月28日: 44日間]

総流出量: 0.04t ←      ✓ 総流入量: 0.06t

開始時: 1.88t	平均全燐量 : 1.8t
終了時: 1.43t	平均加07i/a量: 2.1t
遊水池内: 0.45t減	生物態比率 : 78%
差分: 流入出量+遊水池内変化量=-0.47t	
1日当たり差分量: -0.01t/日	

平成8年 [10月16日~12月15日: 61日間]

総流出量: 0.01t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 1.91t	平均全燐量 : 1.8t
終了時: 1.67t	平均加07i/a量: 1.8t
遊水池内: 0.24t減	生物態比率 : 65%
差分: 流入出量+遊水池内変化量=-0.23t	
1日当たり差分量: -0.004t/日	

平成9年 [10月16日~12月15日: 61日間]

総流出量: 0.00t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 3.26t	平均全燐量 : 2.7t
終了時: 4.06t	平均加07i/a量: 1.5t
遊水池内: 0.96t減	生物態比率 : 37%
差分: 流入出量+遊水池内変化量=-0.96t	
1日当たり差分量: -0.02s/日	

○冬季 (平成4年, 平成6~7年)

平成4年 [1月21日~2月29日: 40日間]

総流出量: 0.01t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 0.72t	平均全燐量 : 0.6t
終了時: 0.54t	平均加07i/a量: 0.3t
遊水池内: 0.18t減	生物態比率 : 38%
差分: 流入出量+遊水池内変化量=-0.18t	
1日当たり差分量: -0.005t/日	

平成6年 [1月1日~2月28日: 59日間]

総流出量: 0.00t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 1.91t	平均全燐量 : 1.8t
終了時: 1.66t	平均加07i/a量: 1.9t
遊水池内: 0.25t減	生物態比率 : 69%
差分: 流入出量+遊水池内変化量=-0.25t	
1日当たり差分量: -0.004t/日	

平成7年 [1月1日~2月20日: 51日間]

総流出量: 0.00t ←      ✓ 総流入量: 0.00t

開始時: 1.90t	平均全燐量 : 1.8t
終了時: 1.71t	平均加07i/a量: 2.7t
遊水池内: 0.19t減	生物態比率 : 98%
差分: 流入出量+遊水池内変化量=-0.19t	
1日当たり差分量: -0.004t/日	

巻末図2-3-1(8) 高水位時の全燐の物質収支[秋季, 冬季]

○春季 (平成4年)

平成4年 [5月1日~6月3日:34日間]  
 総流出量: 13.09t ←  
 総流入量: 0.00t

開始時: 17.02t	平均全窒素量: 15.3t
終了時: 9.21t	平均加07il量: 0.7t
遊水池内: 7.81t減	生物態比率: 46%
-----	
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = 5.28t	
1日当たり差分量: 0.16t/日	

○夏季 (平成5~9年)

平成5年 [6月1日~6月30日:30日間]  
 総流出量: 21.44t ←  
 総流入量: 0.00t

開始時: 30.29t	平均全窒素量: 26.6t
終了時: 16.96t	平均加07il量: 1.8t
遊水池内: 13.33t減	生物態比率: 66%
-----	
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = 8.11t	
1日当たり差分量: 0.27t/日	

平成6年 [6月1日~6月30日:30日間]  
 総流出量: 12.75t ←  
 総流入量: 0.00t

開始時: 23.97t	平均全窒素量: 17.3t
終了時: 12.66t	平均加07il量: 0.9t
遊水池内: 11.31t減	生物態比率: 50%
-----	
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = 1.44t	
1日当たり差分量: 0.05t/日	

平成7年 [6月16日~6月30日:15日間]  
 総流出量: 16.96t ←  
 総流入量: 0.00t

開始時: 25.24t	平均全窒素量: 20.9t
終了時: 17.14t	平均加07il量: 1.3t
遊水池内: 8.10t減	生物態比率: 60%
-----	
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = 8.86t	
1日当たり差分量: 0.59t/日	

平成8年 [6月1日~7月2日:32日間]  
 総流出量: 15.31t ←  
 総流入量: 0.00t

開始時: 36.27t	平均全窒素量: 23.3t
終了時: 12.01t	平均加07il量: 1.3t
遊水池内: 24.26t減	生物態比率: 54%
-----	
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -8.95t	
1日当たり差分量: -0.29t/日	

平成9年 [6月16日~6月30日:15日間]  
 総流出量: 24.55t ←  
 総流入量: 0.00t

開始時: 46.80t	平均全窒素量: 33.6t
終了時: 20.91t	平均加07il量: 0.5t
遊水池内: 24.26t減	生物態比率: 15%
-----	
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -1.34t	
1日当たり差分量: -0.09/日	

○冬季 (平成5年, 平成9年)

平成5年 [1月1日~1月20日:20日間]  
 総流出量: 14.57t ←  
 総流入量: 0.00t

開始時: 20.75t	平均全窒素量: 17.5t
終了時: 12.66t	平均加07il量: 0.6t
遊水池内: 8.09t減	生物態比率: 32%
-----	
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = 6.48t	
1日当たり差分量: 0.32t/日	

平成9年 [1月8日~1月31日:24日間]  
 総流出量: 30.77t ←  
 総流入量: 0.00t

開始時: 39.32t	平均全窒素量: 14.7t
終了時: 5.31t	平均加07il量: 0.8t
遊水池内: 34.01t減	生物態比率: 51%
-----	
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -3.24t	
1日当たり差分量: -0.14t/日	

巻末図2-3-1(9) 水位下降時の全窒素の物質収支[春季, 夏季, 冬季]

○春季（平成4年）

平成4年 [5月1日～6月3日：34日間]  
 総流出量：1.04t ←      ✓ 総流入量：0.00t

開始時：1.34t	平均全燐量：1.2t
終了時：0.73t	平均加P7i/a量：0.7t
遊水池内：0.61t減	生物態比率：40%
-----	
差分：流入出量+遊水池内変化量 = 0.43t	
1日当たり差分量：0.01t/日	

○夏季（平成5～9年）

平成5年 [6月1日～6月30日：30日間]  
 総流出量：1.50t ←      ✓ 総流入量：0.00t

開始時：2.22t	平均全燐量：2.1t
終了時：1.36t	平均加P7i/a量：1.8t
遊水池内：0.86t減	生物態比率：58%
-----	
差分：流入出量+遊水池内変化量 = 0.64t	
1日当たり差分量：0.02t/日	

平成6年 [6月1日～6月30日：30日間]  
 総流出量：1.05t ←      ✓ 総流入量：0.00t

開始時：1.55t	平均全燐量：1.4t
終了時：1.13t	平均加P7i/a量：0.9t
遊水池内：0.41t減	生物態比率：44%
-----	
差分：流入出量+遊水池内変化量 = 0.64t	
1日当たり差分量：0.02t/日	

平成7年 [6月16日～6月30日：15日間]  
 総流出量：1.24t ←      ✓ 総流入量：0.00t

開始時：1.85t	平均全燐量：1.6t
終了時：1.29t	平均加P7i/a量：1.3t
遊水池内：0.56t減	生物態比率：55%
-----	
差分：流入出量+遊水池内変化量 = 0.68t	
1日当たり差分量：0.05t/日	

平成8年 [6月1日～7月2日：32日間]  
 総流出量：1.27t ←      ✓ 総流入量：0.00t

開始時：2.12t	平均全燐量：1.9t
終了時：1.05t	平均加P7i/a量：1.3t
遊水池内：1.07t減	生物態比率：46%
-----	
差分：流入出量+遊水池内変化量 = -0.20t	
1日当たり差分量：-0.01t/日	

平成9年 [6月16日～6月30日：15日間]  
 総流出量：0.96t ←      ✓ 総流入量：0.00t

開始時：2.22t	平均全燐量：1.5t
終了時：1.15t	平均加P7i/a量：0.5t
遊水池内：1.07t減	生物態比率：24%
-----	
差分：流入出量+遊水池内変化量 = -0.11t	
1日当たり差分量：-0.01/日	

○冬季（平成5年，平成9年）

平成5年 [1月1日～1月20日：20日間]  
 総流出量：14.57t ←      ✓ 総流入量：0.00t

開始時：20.75t	平均全燐量：0.7t
終了時：12.66t	平均加P7i/a量：0.6t
遊水池内：8.09t減	生物態比率：54%
-----	
差分：流入出量+遊水池内変化量 = 6.48t	
1日当たり差分量：0.32t/日	

平成9年 [1月8日～1月31日：24日間]  
 総流出量：30.77t ←      ✓ 総流入量：0.00t

開始時：39.32t	平均全燐量：0.8t
終了時：5.31t	平均加P7i/a量：0.8t
遊水池内：34.01t減	生物態比率：63%
-----	
差分：流入出量+遊水池内変化量 = -3.24t	
1日当たり差分量：-0.14t/日	

巻末図2-3-1(10) 水位下降時の全燐の物質収支[春季，夏季，冬季]

○春季 (平成5年, 平成7~9年)

平成5年 [3月24日~5月4日: 42日間]  
 総流出量: 0.00t ←    ✓ 総流入量: 108.07t

開始時: 9.13t	平均全窒素量: 27.1t
終了時: 40.33t	平均加硝化量: 2.2t
遊水池内: 31.20t増	生物態比率: 78%
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -76.87t	
1日当たり差分量: -1.83t/日	

平成7年 [4月1日~4月16日: 16日間]  
 総流出量: 0.00t ←    ✓ 総流入量: 66.07t

開始時: 29.67t	平均全窒素量: 39.9t
終了時: 51.48t	平均加硝化量: 2.7t
遊水池内: 21.81t増	生物態比率: 64%
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -44.26t	
1日当たり差分量: -2.77t/日	

平成8年 [4月1日~5月23日: 53日間]  
 総流出量: 0.00t ←    ✓ 総流入量: 112.62t

開始時: 5.68t	平均全窒素量: 21.6t
終了時: 36.25t	平均加硝化量: 1.5t
遊水池内: 30.57t増	生物態比率: 65%
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -82.05t	
1日当たり差分量: -1.55t/日	

平成9年 [4月1日~5月24日: 54日間]  
 総流出量: 0.00t ←    ✓ 総流入量: 112.03t

開始時: 23.60t	平均全窒素量: 47.5t
終了時: 51.20t	平均加硝化量: 1.9t
遊水池内: 27.60t増	生物態比率: 39%
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -84.43t	
1日当たり差分量: -1.56t/日	

○秋季 (平成4年, 平成6~9年)

平成4年 [9月16日~10月31日: 46日間]  
 総流出量: 0.00t ←    ✓ 総流入量: 96.99t

開始時: 7.65t	平均全窒素量: 28.1t
終了時: 49.82t	平均加硝化量: 1.3t
遊水池内: 42.17t増	生物態比率: 44%
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -54.82t	
1日当たり差分量: -1.19t/日	

平成6年 [11月1日~12月15日: 45日間]  
 総流出量: 0.00t ←    ✓ 総流入量: 67.45t

開始時: 17.36t	平均全窒素量: 32.6t
終了時: 46.45t	平均加硝化量: 1.6t
遊水池内: 29.09t増	生物態比率: 49%
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -38.36t	
1日当たり差分量: -0.85t/日	

平成7年 [10月1日~10月15日: 15日間]  
 総流出量: 0.00t ←    ✓ 総流入量: 50.05t

開始時: 12.35t	平均全窒素量: 25.7t
終了時: 42.03t	平均加硝化量: 1.6t
遊水池内: 29.68t増	生物態比率: 58%
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -20.37t	
1日当たり差分量: -1.36t/日	

平成8年 [10月1日~10月15日: 15日間]  
 総流出量: 0.00t ←    ✓ 総流入量: 59.53t

開始時: 14.67t	平均全窒素量: 39.0t
終了時: 50.52t	平均加硝化量: 1.8t
遊水池内: 35.85t増	生物態比率: 44%
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -23.68t	
1日当たり差分量: -1.58t/日	

○冬季 (平成5年)

平成9年 [9月25日~10月15日: 21日間]  
 総流出量: 0.00t ←    ✓ 総流入量: 72.13t

開始時: 13.92t	平均全窒素量: 39.1t
終了時: 58.26t	平均加硝化量: 1.6t
遊水池内: 44.34t増	生物態比率: 38%
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -27.79t	
1日当たり差分量: -1.32t/日	

平成5年 [11月25日~12月15日: 21日間]  
 総流出量: 0.00t ←    ✓ 総流入量: 82.83t

開始時: 17.78t	平均全窒素量: 31.4t
終了時: 49.21t	平均加硝化量: 1.3t
遊水池内: 31.43t増	生物態比率: 38%
差分: 流入出量+遊水池内変化量 = -51.40t	
1日当たり差分量: -2.45t/日	

巻末図2-3-1(11) 水位上昇時の全窒素の物質収支[春季, 秋季, 冬季]

○春季 (平成5年, 平成7~9年)

平成5年 [3月24日~5月4日: 42日間]

総流出量: 0.00t ← 総流入量: 11.39t

開始時: 1.07t	平均全燐量: 2.4t
終了時: 2.95t	平均加07i/a量: 2.2t
遊水池内: 1.88t増	生物態比率: 60%
差分: 流入出量+遊水池内変化量=-9.51t	
1日当たり差分量: -0.23t/日	

平成7年 [4月1日~4月16日: 16日間]

総流出量: 0.00t ← 総流入量: 7.55t

開始時: 2.18t	平均全燐量: 2.8t
終了時: 3.39t	平均加07i/a量: 2.7t
遊水池内: 1.21t増	生物態比率: 63%
差分: 流入出量+遊水池内変化量=-6.34t	
1日当たり差分量: -0.40t/日	

平成8年 [4月1日~5月23日: 53日間]

総流出量: 0.00t ← 総流入量: 12.68t

開始時: 0.74t	平均全燐量: 1.6t
終了時: 2.26t	平均加07i/a量: 1.5t
遊水池内: 1.52t増	生物態比率: 58%
差分: 流入出量+遊水池内変化量=-11.16t	
1日当たり差分量: -0.21t/日	

平成9年 [4月1日~5月24日: 54日間]

総流出量: 0.00t ← 総流入量: 11.11t

開始時: 2.07t	平均全燐量: 2.8t
終了時: 3.12t	平均加07i/a量: 1.9t
遊水池内: 1.05t増	生物態比率: 46%
差分: 流入出量+遊水池内変化量=-10.06t	
1日当たり差分量: -0.19t/日	

○秋季 (平成4年, 平成6~9年)

平成4年 [9月16日~10月31日: 46日間]

総流出量: 0.00t ← 総流入量: 6.21t

開始時: 0.73t	平均全燐量: 1.5t
終了時: 1.73t	平均加07i/a量: 1.3t
遊水池内: 1.00t増	生物態比率: 56%
差分: 流入出量+遊水池内変化量=-5.21t	
1日当たり差分量: -0.11t/日	

平成6年 [11月1日~12月15日: 45日間]

総流出量: 0.00t ← 総流入量: 4.40t

開始時: 1.57t	平均全燐量: 1.9t
終了時: 2.07t	平均加07i/a量: 1.6t
遊水池内: 0.50t増	生物態比率: 58%
差分: 流入出量+遊水池内変化量=-3.90t	
1日当たり差分量: -0.09t/日	

平成7年 [10月1日~10月15日: 15日間]

総流出量: 0.00t ← 総流入量: 2.71t

開始時: 1.31t	平均全燐量: 1.7t
終了時: 1.88t	平均加07i/a量: 1.6t
遊水池内: 0.57t増	生物態比率: 60%
差分: 流入出量+遊水池内変化量=-2.14t	
1日当たり差分量: -0.14t/日	

平成8年 [10月1日~10月15日: 15日間]

総流出量: 0.00t ← 総流入量: 3.73t

開始時: 1.56t	平均全燐量: 1.9t
終了時: 1.92t	平均加07i/a量: 1.8t
遊水池内: 0.36t増	生物態比率: 60%
差分: 流入出量+遊水池内変化量=-3.37t	
1日当たり差分量: -0.22t/日	

○冬季 (平成5年)

平成9年 [9月25日~10月15日: 21日間]

総流出量: 0.00t ← 総流入量: 4.53t

開始時: 1.50t	平均全燐量: 2.4t
終了時: 3.26t	平均加07i/a量: 1.6t
遊水池内: 1.76t増	生物態比率: 43%
差分: 流入出量+遊水池内変化量=-2.77t	
1日当たり差分量: -0.13t/日	

平成5年 [11月25日~12月15日: 21日間]

総流出量: 0.00t ← 総流入量: 7.32t

開始時: 1.83t	平均全燐量: 2.7t
終了時: 3.40t	平均加07i/a量: 1.3t
遊水池内: 1.57t増	生物態比率: 30%
差分: 流入出量+遊水池内変化量=-5.75t	
1日当たり差分量: -0.27t/日	

巻末図2-3-1(12) 水位上昇時の全燐の物質収支 [春季, 秋季, 冬季]



調査日	H. 11. 8. 25								
調査時間	9:35								
天候	晴れ								
気温(°C)	30.6								
水深(m)	3.15								
透明度(m)	0.30								
項目	水温	DO			濁度			pH	EC
		補正前	補正後	分析値	補正前	補正後	分析値		
水深(m)	(°C)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(度)	(度)	(度)	(-)	(μg/cm)
0m	29.5	8.88	9.16		19.8	42.9			
0.5m	29.5	9.14	9.40		20.3	43.9		9.17	244
1.0m	29.2	7.40	7.80		23.3	50.3			
1.5m	29.0	6.55	7.01		23.3	50.3			
2.0m	28.9	6.25	6.74		13.2	28.8			
2.5m	28.7	5.86	6.38		27.3	58.9			
3.0m									
3.5m									
4.0m									
4.5m									
5.0m									
5.5m									
6.0m									
6.5m									
7.0m									
B-0.5m	28.6	5.74	6.27		28.4	61.2		8.92	233

調査日	H. 11. 8. 31								
調査時間	9:45								
天候	晴れ								
気温(°C)	28.4								
水深(m)	2.65								
透明度(m)	0.70								
項目	水温	DO			濁度			pH	EC
		補正前	補正後	分析値	補正前	補正後	分析値		
水深(m)	(°C)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(度)	(度)	(度)	(-)	(μg/cm)
0m	29.0	9.94	10.13		20.3	43.9			
0.5m	28.5	9.88	10.08		22.6	48.8		9.47	228
1.0m	28.1	7.90	8.26		20.0	43.3			
1.5m	28.0	6.28	6.77		22.6	48.8			
2.0m	27.8	5.12	5.70		29.8	64.2			
2.5m									
3.0m									
3.5m									
4.0m									
4.5m									
5.0m									
5.5m									
6.0m									
6.5m									
7.0m									
B-0.5m	27.8	5.05	5.63		33.1	71.3		8.63	235

調査日	H. 11. 9. 8								
調査時間	9:45								
天候	曇り								
気温(°C)	31.5								
水深(m)	2.70								
透明度(m)	0.90								
項目	水温	DO			濁度			pH	EC
		補正前	補正後	分析値	補正前	補正後	分析値		
水深(m)	(°C)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(度)	(度)	(度)	(-)	( $\mu$ g/cm)
0 m	28.0	10.05	10.24		16.6	36.0			
0.5m	27.6	10.07	10.25	10.4	17.7	38.4	39	-/9.2	235
1.0m	27.3	9.13	9.39		17.8	38.6			
1.5m	27.1	8.05	8.40		18.2	39.4			
2.0m	27.0	7.69	8.06		18.2	39.4			
2.5m									
3.0m									
3.5m									
4.0m									
4.5m									
5.0m									
5.5m									
6.0m									
6.5m									
7.0m									
B-0.5m	27.0	7.15	7.57	8.8	19.4	42.0	36	-/8.8	233

注) pHは機械値/分析値

調査日	H. 11. 9. 14								
調査時間	9:53								
天候	晴れ								
気温(°C)	29.2								
水深(m)	2.70								
透明度(m)	0.85								
項目	水温	DO			濁度			pH	EC
		補正前	補正後	分析値	補正前	補正後	分析値		
水深(m)	(°C)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(度)	(度)	(度)	(-)	( $\mu$ g/cm)
0 m	28.6	9.21	9.46		15.6	33.9			
0.5m	28.3	9.18	9.44		16.7	36.2		9.24	224
1.0m	28.0	8.20	8.53		16.2	35.2			
1.5m	27.8	6.80	7.24		15.6	33.9			
2.0m	27.6	5.90	6.42		15.6	33.9			
2.5m	27.5	5.30	5.86		18.4	39.9			
3.0m									
3.5m									
4.0m									
4.5m									
5.0m									
5.5m									
6.0m									
6.5m									
7.0m									
B-0.5m	27.5	5.58	6.12		15.4	33.5		8.95	226

調査日	H. 11. 9. 20(室内分析有り)								
調査時間	10:06								
天候	曇り								
気温(°C)	28.4								
水深(m)	2.70								
透明度(m)	0.90								
項目 水深(m)	水温 (°C)	DO			濁度			pH (-)	EC (μg/cm)
		補正前 (mg/L)	補正後 (mg/L)	分析値 (mg/L)	補正前 (度)	補正後 (度)	分析値 (度)		
0 m	26.2	8.94	9.21		17.9	38.8			
0.5m	26.1	8.86	9.14	9.5	18.0	39.0	43	8.82/8.9	237
1.0m	25.8	8.14	8.48		17.9	38.8			
1.5m	25.6	7.24	7.65		17.1	37.1			
2.0m	25.6	6.65	7.11		17.1	37.1			
2.5m	25.5	5.44	5.99		20.0	43.3			
3.0m									
3.5m									
4.0m									
4.5m									
5.0m									
5.5m									
6.0m									
6.5m									
7.0m									
B-0.5m	25.5	6.16	6.66	6.6	18.4	39.9	41	8.20/8.0	239

注) pHは機械値/分析値

調査日	H. 11. 9. 28								
調査時間	10:10								
天候	晴れ								
気温(°C)	24.8								
水深(m)	2.70								
透明度(m)	0.90								
項目 水深(m)	水温 (°C)	DO			濁度			pH (-)	EC (μg/cm)
		補正前 (mg/L)	補正後 (mg/L)	分析値 (mg/L)	補正前 (度)	補正後 (度)	分析値 (度)		
0 m	25.2	10.00	10.19		15.4	33.5			
0.5m	25.1	10.05	10.24		15.8	34.3		8.83	240
1.0m	24.4	9.68	9.90		16.2	35.2			
1.5m	24.3	8.88	9.16		16.0	34.7			
2.0m	24.2	8.61	8.91		16.9	36.7			
2.5m	24.1	8.44	8.75		17.9	38.8			
3.0m									
3.5m									
4.0m									
4.5m									
5.0m									
5.5m									
6.0m									
6.5m									
7.0m									
B-0.5m	24.1	8.50	8.81		17.4	37.7		8.70	235

調査日	H. 11. 10. 4(室内分析有り)								
調査時間	10:30								
天候	曇り								
気温(°C)	22.9								
水深(m)	3.50								
透明度(m)	1.00								
項目 水深(m)	水温 (°C)	DO			濁度			pH (-)	EC (μg/cm)
		補正前 (mg/L)	補正後 (mg/L)	分析値 (mg/L)	補正前 (度)	補正後 (度)	分析値 (度)		
0 m	23.6	9.68	9.90		14.3	31.1			
0.5m	23.6	9.69	9.90	10.0	15.8	34.3	37	8.78/8.8	255
1.0m	23.3	9.30	9.55		14.7	32.0			
1.5m	23.1	8.60	8.90		13.8	30.0			
2.0m	22.8	7.94	8.29		12.2	26.6			
2.5m	22.5	7.72	8.09		10.8	23.6			
3.0m	21.9	7.52	7.91		10.9	23.8			
3.5m									
4.0m									
4.5m									
5.0m									
5.5m									
6.0m									
6.5m									
7.0m									
B-0.5m	21.9	7.52	7.91	7.7	10.9	23.8	23	8.68/7.8	240

注) pHは機械値/分析値

調査日	H. 11. 10. 12								
調査時間	10:03								
天候	晴れ								
気温(°C)	23.5								
水深(m)	5.20								
透明度(m)	1.10								
項目 水深(m)	水温 (°C)	DO			濁度			pH (-)	EC (μg/cm)
		補正前 (mg/L)	補正後 (mg/L)	分析値 (mg/L)	補正前 (度)	補正後 (度)	分析値 (度)		
0 m	22.9	12.67	12.65		10.5	23.0			
0.5m	22.5	13.50	13.41		16.9	36.7		9.00	233
1.0m	21.8	12.77	12.74		14.0	30.5			
1.5m	21.7	12.13	12.15		11.9	26.0			
2.0m	21.6	11.42	11.50		10.9	23.8			
2.5m	21.5	10.38	10.54		10.5	23.0			
3.0m	21.2	9.20	9.45		9.2	20.2			
3.5m	21.1	8.68	8.98		9.9	21.7			
4.0m	20.9	8.35	8.67		10.3	22.6			
4.5m	20.8	9.55	9.78		9.2	20.2			
5.0m	20.6	9.00	9.27		10.3	22.6			
5.5m									
6.0m									
6.5m									
7.0m									
B-0.5m	20.7	9.73	9.94		8.4	18.5		8.84	228

巻末表3-2-1

現場観測項目の調査結果 (5)

調査日		H. 11. 10. 18 (室内分析あり)							
調査時間		10:40							
天候		晴れ							
気温(°C)		13.8							
水深(m)		5.60							
透明度(m)		1.10							
項目	水温	DO			濁度			pH	EC
		補正前	補正後	分析値	補正前	補正後	分析値		
水深(m)	(°C)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(度)	(度)	(度)	(-)	(μg/cm)
0 m	20.5	9.23	9.48		10.5	23.0			
0.5m	20.5	9.22	9.47	9.6	10.5	23.0	23	8.78/8.8	231
1.0m	20.5	9.08	9.34		10.5	23.0			
1.5m	20.5	9.05	9.32		10.3	22.6			
2.0m	20.5	8.80	9.09		10.2	22.3			
2.5m	20.5	8.76	9.05		10.2	22.3			
3.0m	20.5	8.57	8.87		10.2	22.3			
3.5m	20.5	8.42	8.74		9.9	21.7			
4.0m	20.5	8.20	8.53		9.9	21.7			
4.5m	20.4	8.03	8.38		10.2	22.3			
5.0m	20.4	8.92	9.20		10.8	23.6			
5.5m	20.4	7.91	8.27		10.8	23.6			
6.0m									
6.5m									
7.0m									
B-0.5m	20.4	8.92	9.20	8.1	10.8	23.6	24	8.62/8.4	234

注) pHは機値/分析値

調査日		H. 11. 10. 25							
調査時間		10:20							
天候		晴れ							
気温(°C)		14.0							
水深(m)		6.20							
透明度(m)		1.10							
項目	水温	DO			濁度			pH	EC
		補正前	補正後	分析値	補正前	補正後	分析値		
水深(m)	(°C)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(度)	(度)	(度)	(-)	(μg/cm)
0 m	18.9	11.27	11.36		10.2	22.3			
0.5m	18.6	11.61	11.67		12.2	26.6		9.04	233
1.0m	18.4	11.76	11.81		13.6	29.6			
1.5m	18.3	11.44	11.52		12.5	27.3			
2.0m	18.2	11.28	11.37		12.0	26.2			
2.5m	18.1	11.00	11.11		12.0	26.2			
3.0m	18.1	10.66	10.80		11.7	25.5			
3.5m	18.1	10.57	10.71		11.2	24.5			
4.0m	18.1	10.51	10.66		11.2	24.5			
4.5m	18.1	10.50	10.65		11.2	24.5			
5.0m	18.0	10.48	10.63		11.2	24.5			
5.5m	18.0	10.48	10.63		11.5	25.1			
6.0m	18.0	10.47	10.62		11.9	26.0			
6.5m									
7.0m									
B-0.5m	18.0	10.48	10.63		11.5	25.1		8.96	233

巻末表3-2-1

現場観測項目の調査結果 (6)

調査日	H. 11. 11. 1(室内分析あり)								
調査時間	10:43								
天候	雨								
気温(°C)	15.5								
水深(m)	6.30								
透明度(m)	1.30								
項目	水温	DO			濁度			pH	EC
		補正前	補正後	分析値	補正前	補正後	分析値		
水深(m)	(°C)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(度)	(度)	(度)	(-)	(μg/cm)
0 m	17.3	9.30	9.55		8.9	19.6			
0.5m	17.3	9.29	9.54	9.6	8.9	19.6	21	8.19/8.6	227
1.0m	17.3	9.27	9.52		8.9	19.6			
1.5m	17.3	9.27	9.52		8.9	19.6			
2.0m	17.3	9.27	9.52		8.9	19.6			
2.5m	17.3	9.27	9.52		8.8	19.3			
3.0m	17.3	9.25	9.50		8.8	19.3			
3.5m	17.3	9.24	9.49		8.8	19.3			
4.0m	17.3	9.24	9.49		8.8	19.3			
4.5m	17.3	9.24	9.49		8.8	19.3			
5.0m	17.3	9.24	9.49		8.8	19.3			
5.5m	17.3	9.23	9.48		8.8	19.3			
6.0m	17.3	9.20	9.45		8.8	19.3			
6.5m									
7.0m									
B-0.5m	17.3	9.21	9.46	9.6	8.8	19.3	21	8.22/8.6	233

注) pHは機械値/分析値

調査日	H. 11. 11. 9								
調査時間	10:07								
天候	快晴								
気温(°C)	17.4								
水深(m)	6.30								
透明度(m)	1.20								
項目	水温	DO			濁度			pH	EC
		補正前	補正後	分析値	補正前	補正後	分析値		
水深(m)	(°C)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(度)	(度)	(度)	(-)	(μg/cm)
0 m	16.7	12.26	12.27		13.2	28.8			
0.5m	16.7	12.38	12.38		13.6	29.6		8.51	225
1.0m	16.6	11.96	11.99		14.0	30.5			
1.5m	16.5	11.67	11.73		11.9	26.0			
2.0m	16.5	11.22	11.31		11.1	24.3			
2.5m	16.4	10.91	11.03		10.6	23.2			
3.0m	16.4	10.84	10.96		10.5	23.0			
3.5m	16.3	10.83	10.95		10.5	23.0			
4.0m	16.3	10.82	10.94		10.5	23.0			
4.5m	16.3	10.62	10.76		10.8	23.6			
5.0m	16.3	10.41	10.57		11.1	24.3			
5.5m	16.3	10.39	10.55		11.1	24.3			
6.0m	16.3	10.23	10.40		12.0	26.2			
6.5m									
7.0m									
B-0.5m	16.3	10.36	10.52		11.7	25.5		8.28	226

調査日		H. 11. 11. 15(室内分析あり)							
調査時間		10:15							
天候		くもり							
気温(°C)		13.5							
水深(m)		6.30							
透明度(m)		1.20							
項目	水温	DO			濁度			pH	EC
		補正前	補正後	分析値	補正前	補正後	分析値		
水深(m)	(°C)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(度)	(度)	(度)	(-)	(μg/cm)
0m	15.6	9.19	10.31		9.9	21.7			
0.5m	15.6	9.35	10.49	10.1	10.0	21.9	22	8.05/8.5	227
1.0m	15.6	9.20	10.32		10.0	21.9			
1.5m	15.7	9.15	10.26		10.0	21.9			
2.0m	15.7	9.18	10.30		10.0	21.9			
2.5m	15.7	8.94	10.03		9.9	21.7			
3.0m	15.6	9.10	10.21	9.9	9.9	21.7	18	8.18/8.5	227
3.5m	15.6	9.00	10.09		9.9	21.7			
4.0m	15.6	8.79	9.86		9.9	21.7			
4.5m	15.6	9.02	10.12		9.9	21.7			
5.0m	15.6	8.36	9.38		10.5	23.0			
5.5m	15.6	8.26	9.26		10.6	23.2			
6.0m	15.6	7.62	8.55		11.7	25.5			
6.5m									
7.0m									
B-0.5m	15.6	8.22	9.22	10.0	11.2	24.5	23	8.12/8.4	227

注) pHは機械値/分析値

調査日		H. 11. 11. 24							
調査時間		11:45							
天候		雨							
気温(°C)		11.5							
水深(m)		6.30							
透明度(m)		1.20							
項目	水温	DO			濁度			pH	EC
		補正前	補正後	分析値	補正前	補正後	分析値		
水深(m)	(°C)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(度)	(度)	(度)	(-)	(μg/cm)
0m	13.5	9.83	10.03		9.2	20.2			
0.5m	13.6	9.85	10.05		9.2	20.2		8.2	265
1.0m	13.6	9.83	10.03		9.2	20.2			
1.5m	13.6	9.80	10.01		9.2	20.2			
2.0m	13.6	9.78	9.99		9.2	20.2			
2.5m	13.6	9.73	9.94		9.2	20.2			
3.0m	13.6	9.72	9.93		9.2	20.2			
3.5m	13.6	9.70	9.91		9.2	20.2			
4.0m	13.6	9.69	9.90		9.2	20.2			
4.5m	13.6	9.51	9.74		9.2	20.2			
5.0m	13.6	9.48	9.71		9.6	21.1			
5.5m	13.6	9.48	9.71		9.7	21.3			
6.0m	13.6	9.48	9.71		10.2	22.3			
6.5m									
7.0m									
B-0.5m	13.6	9.48	9.71		10.2	22.3		8.27	232

巻末表3-2-1

現場観測項目の調査結果 (8)

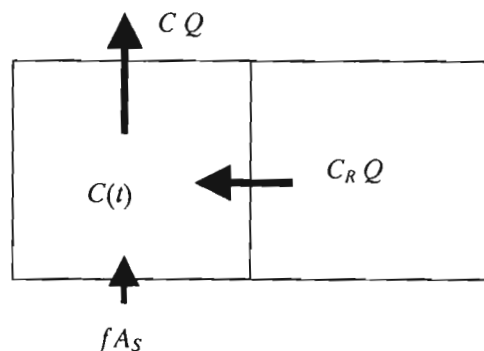
調査日	H. 11. 11. 30								
調査時間	10:38								
天候	晴								
気温(°C)	9.6								
水深(m)	6.20								
透明度(m)	1.20								
項目	水温	DO			濁度			pH	EC
		補正前	補正後	分析値	補正前	補正後	分析値		
水深(m)	(°C)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(度)	(度)	(度)	(-)	( $\mu$ g/cm)
0 m	12.3	10.81	10.94		9.6	21.1			
0.5m	12.3	10.83	10.95		11.1	24.3		8.23	229
1.0m	12.3	10.60	10.74		10.3	22.6			
1.5m	12.2	10.50	10.65		10.2	22.3			
2.0m	12.2	10.44	10.59		10.0	21.9			
2.5m	12.2	10.28	10.45		9.7	21.3			
3.0m	12.2	10.28	10.45		9.7	21.3			
3.5m	12.2	10.18	10.36		9.7	21.3			
4.0m	12.2	10.18	10.36		9.7	21.3			
4.5m	12.2	10.15	10.33		9.9	21.7			
5.0m	12.2	10.15	10.33		10.0	21.9			
5.5m	12.2	10.13	10.31		10.0	21.9			
6.0m	12.2	10.13	10.31		10.0	21.9			
6.5m									
7.0m									
B-0.5m	12.2	10.13	10.31		10.0	21.9		8.26	232



巻末資料（4章分）

（溶出速度計算式の誘導方法）

溶出量の計算は以下のようにして行った。



採水中も溶出は起こっていることから、測定槽での採水中の物質収支から以下の式が成り立つ。

$$V_S \frac{dC}{dt} = C_R \cdot Q - C \cdot Q + fA_S$$

ここで、 $f(\text{mg}/\text{m}^2/\text{d})$ :溶出速度、 $V_S(\text{m}^3)$ :検体槽体積、 $A_S(\text{m}^2)$ :検体槽底面積、 $C(\text{mg}/\text{m}^3)$ :検体槽内の栄養塩濃度、 $C_R(\text{mg}/\text{m}^3)$ :対照槽内の栄養塩濃度、 $Q(\text{m}^3/\text{d})$ :吸引速度

この微分方程式は変数分離法により解くことができ、以下のようになる。

$$\int_{C_0}^C \frac{dC}{C_R - C + \frac{f}{Q} A_S} = \int_0^t \frac{Q}{V_S} dt$$

ここで  $C_0$  は採水開始時の測定槽での濃度である。

両辺を積分すると、

$$\ln \frac{C_R - C_0 + \frac{f}{Q} A_S}{C_R - C + \frac{f}{Q} A_S} = \frac{Qt}{V_S}$$

よって

$$\frac{C_R - C_0 + \frac{f}{Q} A_S}{C_R - C + \frac{f}{Q} A_S} = \exp\left(\frac{Qt}{V_S}\right)$$

$$C_R - C + \frac{f}{Q} A_S = \left( C_R - C_0 + \frac{f}{Q} A_S \right) \cdot \exp\left(\frac{Qt}{V_S}\right)$$

従って採水時の測定槽の濃度変化は以下の式で表される。

$$C(t) = C_R + \frac{f}{Q} A_S - \left( C_R - C_0 + \frac{f}{Q} A_S \right) \cdot \exp\left(\frac{Qt}{V_S}\right)$$

採水した水の測定濃度は、採水した水の平均値として測定されることになる。これは数式的には次の関係として成り立つ。

$$\begin{aligned} \bar{C} \cdot t &= \int_0^t C(t) dt \\ &= \int_0^t \left[ C_R + \frac{f}{Q} A_S - \left( C_R - C_0 + \frac{f}{Q} A_S \right) \exp\left(-\frac{Q \cdot t}{V_S}\right) \right] dt \\ &= C_R \cdot t + \frac{f}{Q} A_S \cdot t - \left( C_R - C_0 + \frac{f}{Q} A_S \right) \cdot \frac{V_S}{Q} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{Q \cdot t}{V_S}\right) \right\} \end{aligned}$$

ここで用いた積分公式を参考に記述すると以下の通りである。

$$\begin{aligned} &\int_0^t \exp(at) dt \\ &= \frac{1}{a} [\exp(at)] \\ &= \frac{1}{a} (\exp(at) - 1) \end{aligned}$$

さらに採水に要した時間と採水量の関係から、採水速度が一定であれば上の式は以下のようによまとめられる。すなわち  $V_m = Q \cdot t$

$$\bar{C} = C_R + \frac{f}{Q} A_S - \left( C_R - C_0 + \frac{f}{Q} A_S \right) \frac{V_S}{V_m} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{V_m}{V_S}\right) \right\}$$

ここで希釈率  $F_S^{dil}$  (次式で定義される無次元値) を用いると上式は以下のようなになる。

$$\bar{C} = C_R + \frac{f}{Q} A_S - \left( C_R - C_0 + \frac{f}{Q} A_S \right) \frac{1}{F_S^{dil}}$$

この式を展開すると測定槽における採水開始時の濃度  $C_0$  を採水した試料の濃度で表すことが出来る。

$$C_0 = C_R + \frac{f}{Q} A_S + F_S^{dil} \left( \bar{C} - C_R - \frac{f}{Q} A_S \right)$$

溶出実験の際、ある時刻  $t_0$  に系を閉鎖し時刻  $t_b$  (実験期間  $t_i(s)$  経過後) に採水を開始したとすると、もし時刻  $t_b$  における検体槽の栄養塩濃度  $C_S$  と対照槽の栄養塩濃度  $C_R$  が直接測定さ

れば次式で溶出速度は求めることができる。

$$f = \frac{V_S \{ (C_S(t_b) - C_S(t_0)) - (C_R(t_b) - C_R(t_0)) \}}{A_S \cdot t_f}$$

採水開始時の濃度  $C_0$  が上式の  $C_S(t_b)$  に相当し、また  $C_R(t_b)$  は希釈による変化が小さいと考えて採水試料濃度で表されるとして上の2式を結合すると以下のように溶出速度を求めることができる。

$$f = \frac{V_S \left\{ \left( C_R + \frac{f}{Q} A_S + F_S^{dil} \left( \bar{C} - C_R - \frac{f}{Q} A_S \right) - C_S(t_0) \right) - (C_R(t_b) - C_R(t_0)) \right\}}{A_S \cdot t_f}$$

$$A_S \cdot t_f \cdot f = V_S \cdot \frac{f}{Q} A_S + V_S \cdot F_S^{dil} \left( \bar{C} - C_R - \frac{f}{Q} A_S \right) - V_S \cdot C_S(t_0) + V_S \cdot C_R(t_0)$$

この式を整理すると以下ようになる。

$$f = \frac{V_S \{ F_S^{dil} (\bar{C} - C_R) - (C_S(t_0) - C_R(t_0)) \}}{A_S (t_f + V_S (F_S^{dil} - 1) / Q)}$$

(底泥表面の酸素消費速度の計算方法)

酸素消費が底泥表層を通してのみ行われると考えると、検体槽内の溶存酸素濃度の変化は以下の式で表される。

$$V_S \frac{dC}{dt} = -R_C \cdot A_S$$

ここで、 $V_S(\text{m}^3)$ : 検体槽体積、 $A_S(\text{m}^2)$ : 検体槽底面積、 $C(\text{mg}/\text{m}^3)$ : 検体槽内の溶存酸素濃度、 $R_C(\text{mg}/\text{m}^2/\text{h})$ : 底泥表層での酸素消費速度

この式は、初期条件  $t=0$  での溶存酸素濃度を  $C_0$  とすれば、解析的に解けて次式で表される。

$$\int_{C_0}^C dC = -\frac{R_C \cdot A_S}{V_S} \int_0^t dt$$

$$C = C_0 - \frac{R_C \cdot A_S}{V_S} t$$

実験中に計測された検体槽での溶存酸素濃度変化は貧酸素状態になるまでほぼ線形に減少することが示されているので、この濃度変化勾配を最小2乗法を用いることで求めて、この値から底泥表層での酸素消費速度を求めた。

卷末表 4-1-1(1) 溶出実験結果 (No. 1 号機)

採水日	水入れ換え直後						第1回目					
	6月22日			6月23日			6月24日			6月25日		
	槽外 曇	対照槽 雨	検体槽 雨	槽外 曇	対照槽 曇	検体槽 曇	槽外 曇	対照槽 曇	検体槽 曇	槽外 雨	対照槽 雨	検体槽 雨
天候	15:25	15:39	15:51	12:40	12:51	13:03	12:14	12:26	12:37	13:21	13:32	13:44
採水開始時刻	15:38	15:50	16:01	12:51	13:03	13:13	12:25	12:36	12:48	13:31	13:42	13:55
採水終了時刻	19.5	20.6	20.5	15.5	30.0	44.0	10.5	21.0	29.5	16.0	22.0	32.0
透視度	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色透	淡黄緑色濁	淡黄緑色透	淡黄緑色透	淡黄緑色濁	淡黄緑色透	淡黄緑色透
外観	微力比臭	微力比臭	微力比臭	微力比臭	微力比臭	微力比臭	微力比臭	微力比臭	微力比臭	微力比臭	微力比臭	微力比臭
臭気	22.2	22.2	22.2	23.4	23.7	23.5	23.3	23.3	23.3	23.1	23.1	23.0
水温	7.40	7.35	7.14	7.51	7.50	7.36	7.50	7.43	7.32	7.75	7.54	7.28
pH	31.1	32.2	31.4	43.5	22.3	17.1	49.0	25.0	16.9	35.5	24.0	17.8
濁度	4.3	3.9	2.9	4.4	3.9	1.3	3.6	3.1	1.0	5.9	4.5	1.8
DO	0.24	0.25	0.27	0.25	0.25	0.26	0.25	0.24	0.25	0.24	0.24	0.24
EC	0.071	0.118	0.218	0.119	0.103	0.161	0.119	0.092	0.176	0.093	0.085	0.167
T-P	0.027	0.033	0.026	0.030	0.036	0.081	0.031	0.016	0.089	0.007	0.009	0.059
PO <sub>4</sub> -P	0.023	0.022	0.037	0.026	0.027	0.027	0.024	0.024	0.023	0.023	0.023	0.021
D-O-P (計算)	0.021	0.063	0.155	0.063	0.040	0.053	0.064	0.052	0.064	0.063	0.053	0.087
P-P (計算)	0.050	0.055	0.063	0.056	0.063	0.108	0.055	0.040	0.112	0.030	0.032	0.080
D-T-P	1.52	1.61	2.32	1.82	1.49	1.72	1.75	1.49	1.69	1.41	1.29	1.53
T-N	0.49	0.59	1.18	0.52	0.59	0.83	0.48	0.50	0.71	0.24	0.31	0.65
NH <sub>4</sub> -N	0.014	0.014	0.013	0.016	0.019	0.013	0.021	0.031	0.010	0.020	0.033	0.024
NO <sub>2</sub> -N	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01	0.03	0.04	0.00	0.03	0.05	0.03
NO <sub>3</sub> -N	0.89	1.03	1.65	1.00	1.04	1.28	0.89	0.96	0.99	0.67	0.69	1.08
D-T-N	26.6	27.3	27.6	41.6	17.6	12.6	46.6	20.6	18.3	34.3	19.3	14.6
SS	2.6	2.2	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.2	2.4	3.3	2.4	2.3
DOC	2.9	2.3	2.7	2.7	2.5	2.4	2.8	2.3	2.8	3.7	2.5	2.6
TOC												

卷末表 4-1-1(2) 溶出実験結果 (No.1 号機)

採水日		水入れ換え直後						放置後 (3日後)					
調査項目		6月25日			6月28日			6月25日			6月28日		
天候	単位	槽外	槽内	検体槽	槽外	槽内	検体槽	槽外	槽内	検体槽	槽外	槽内	検体槽
採水開始時刻	時:分	16:41	16:52	17:02	12:46	12:57	13:09	12:46	12:57	13:09	12:46	12:57	13:09
採水終了時刻	時:分	16:52	17:02	17:12	12:57	13:08	13:19	12:57	13:08	13:19	12:57	13:08	13:19
現地透視度	cm	15.0	23.0	29.0	19.0	34.5	50.0	19.0	34.5	50.0	19.0	34.5	50.0
観測結果		淡黄緑色濁	淡黄緑色透	淡黄緑色透	淡黄緑色濁	淡黄緑色透	淡黄緑色透	淡黄緑色濁	淡黄緑色透	淡黄緑色透	淡黄緑色濁	淡黄緑色透	淡黄緑色透
臭気		微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭
水温	°C	23.0	23.0	22.9	22.9	23.1	22.9	22.9	23.1	22.9	22.9	23.1	22.9
PH		7.87	7.74	7.36	7.34	7.26	7.19	7.34	7.26	7.19	7.34	7.26	7.19
濁度	度	39.3	27.2	21.3	36.7	24.5	17.5	36.7	24.5	17.5	36.7	24.5	17.5
DO	mg/l	5.8	5.4	2.9	4.0	3.0	1.0	4.0	3.0	1.0	4.0	3.0	1.0
EC	mS/m	0.24	0.24	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
T-P	mg/l	0.073	0.088	0.125	0.094	0.084	0.163	0.094	0.084	0.163	0.094	0.084	0.163
分		0.008	0.010	0.031	0.007	0.019	0.082	0.007	0.019	0.082	0.007	0.019	0.082
D-O-P (計算)	mg/l	0.031	0.028	0.031	0.028	0.020	0.021	0.028	0.020	0.021	0.028	0.020	0.021
P-P (計算)	mg/l	0.034	0.050	0.063	0.059	0.045	0.060	0.059	0.045	0.060	0.059	0.045	0.060
D-T-P	mg/l	0.039	0.038	0.062	0.035	0.039	0.103	0.035	0.039	0.103	0.035	0.039	0.103
T-N	mg/l	1.39	1.32	1.50	1.50	1.30	1.47	1.50	1.30	1.47	1.50	1.30	1.47
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	0.26	0.29	0.62	0.54	0.44	1.00	0.54	0.44	1.00	0.54	0.44	1.00
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	0.020	0.027	0.019	0.010	0.031	0.005	0.010	0.031	0.005	0.010	0.031	0.005
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0.04	0.04	0.03	0.05	0.14	0.03	0.05	0.14	0.03	0.05	0.14	0.03
D-T-N	mg/l	0.73	0.77	1.09	0.87	0.92	1.10	0.87	0.92	1.10	0.87	0.92	1.10
SS	mg/l	26.3	19.6	14.6	29.3	14.3	9.3	29.3	14.3	9.3	29.3	14.3	9.3
DOC	mg/l	2.4	2.3	2.4	3.5	2.3	2.4	3.5	2.3	2.4	3.5	2.3	2.4
TOC	mg/l	2.8	2.5	2.6	3.9	2.3	2.5	3.9	2.3	2.5	3.9	2.3	2.5

卷末表 4-1-1(3) 溶出実験結果 (No.2号機)

調査項目	単位	水入れ換え直後						第1回目											
		6月22日			6月23日			6月24日			6月25日								
		槽外 曇	対照槽 曇	検体槽 曇	槽外 曇/晴	対照槽 曇/晴	検体槽 曇/晴	槽外 曇	対照槽 曇	検体槽 曇	槽外 曇	対照槽 曇	検体槽 曇						
天候																			
採水開始時刻	時:分	12:50	13:47	13:18	11:36	11:48	12:03	11:21	11:35	11:47	11:00	11:16	11:28						
採水終了時刻	時:分	13:00	13:58	13:27	11:48	11:58	12:14	11:34	11:45	11:58	11:10	11:26	11:38						
透視度	cm	17.5	22.0	34.5	22.5	37.0	50<	16.0	28.5	50<	17.0	25.0	35.0						
外観		淡黄緑色濁	淡黄緑色透	淡黄緑色透	淡黄緑色透	淡黄緑色透	淡黄緑色透	淡黄緑色濁	淡黄緑色透	淡黄緑色透	淡黄緑色濁	淡黄緑色透	淡黄緑色透						
臭気		無臭	無臭	無臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭						
水温	°C	22.7	22.3	22.4	23.3	23.4	23.2	23.1	23.0	23.0	22.9	22.8	22.7						
pH		7.42	7.40	7.21	7.64	7.45	7.27	7.45	7.42	7.30	7.75	7.35	7.18						
濁度	度	36.1	28.4	19.4	31.0	19.5	13.7	34.8	18.9	12.0	32.6	20.5	13.5						
DO	mg/l	3.9	3.9	2.5	5.6	4.2	1.3	4.4	3.6	1.1	6.0	4.1	0.9						
EC	mS/m	0.23	0.23	0.26	0.24	0.24	0.28	0.24	0.24	0.27	0.24	0.24	0.28						
T-P	mg/l	0.134	0.112	0.243	0.098	0.091	0.225	0.099	0.081	0.292	0.105	0.081	0.399						
PO <sub>4</sub> -P	mg/l	0.025	0.037	0.052	0.025	0.023	0.099	0.011	0.017	0.161	0.000	0.009	0.219						
D-O-P (計算)	mg/l	0.026	0.022	0.036	0.034	0.024	0.035	0.029	0.022	0.030	0.025	0.023	0.012						
P-P (計算)	mg/l	0.083	0.053	0.155	0.039	0.044	0.091	0.059	0.042	0.101	0.080	0.049	0.168						
D-T-P	mg/l	0.051	0.059	0.088	0.059	0.047	0.134	0.040	0.039	0.191	0.025	0.032	0.231						
T-N	mg/l	1.78	1.54	1.86	1.45	1.24	1.73	1.55	1.28	1.71	1.56	1.25	1.72						
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	0.57	0.56	0.80	0.38	0.50	0.88	0.42	0.45	0.83	0.23	0.36	0.33						
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	0.013	0.015	0.010	0.015	0.019	0.008	0.021	0.032	0.009	0.020	0.046	0.016						
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.00	0.03	0.04	0.00	0.04	0.05	0.01						
D-T-N	mg/l	1.02	0.98	1.30	0.80	0.91	1.47	0.87	0.89	1.36	0.63	0.74	1.23						
SS	mg/l	42.0	25.0	17.3	26.0	12.0	9.0	30.3	10.6	7.6	34.3	13.0	11.0						
DOC	mg/l	2.4	2.5	2.7	2.5	2.4	2.7	2.4	2.4	2.2	2.4	2.3	2.5						
TOC	mg/l	2.9	2.5	2.7	3.5	2.5	2.8	3.5	2.4	2.7	2.6	2.4	2.7						

卷末表 4-1-1(4) 溶出実験結果 (No.2号機)

採水日	第2回目					
	水入れ換え直後			放置後(3日後)		
	6月25日		6月28日		6月28日	
調査項目	単位	槽外 雨	検体槽 雨	槽外 曇	対照槽 曇	検体槽 曇
現地	時:分	15:08	15:21	15:32	11:28	11:51
地	時:分	15:17	15:31	15:42	11:39	11:51
透視度	cm	17.0	25.0	36.0	22.0	50<
外観		淡黄緑色濁	淡黄緑色透	淡黄緑色透	淡黄緑色透	淡黄緑色透
臭気		微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭
結果	°C	23.0	23.0	22.8	23.0	23.1
結	pH	7.88	7.72	7.25	7.36	7.10
果	濁度	32.0	22.3	17.5	31.3	12.4
	DO	5.9	5.3	2.1	4.6	2.1
	EC	0.24	0.24	0.29	0.25	0.25
	T-P	0.064	0.082	0.290	0.091	0.054
分	P O <sub>4</sub> -P	0.009	0.010	0.091	0.013	0.032
	D-O-P (計算)	0.021	0.023	0.040	0.024	0.019
	P-P (計算)	0.034	0.049	0.159	0.054	0.003
析	D-T-P	0.030	0.033	0.131	0.037	0.051
	T-N	1.46	1.20	1.87	1.36	0.99
	NH <sub>4</sub> -N	0.24	0.28	0.76	0.49	0.11
結	NO <sub>2</sub> -N	0.018	0.030	0.014	0.018	0.003
	NO <sub>3</sub> -N	0.04	0.04	0.02	0.05	0.34
果	D-T-N	0.65	0.69	1.32	0.85	0.80
	SS	30.0	14.3	12.3	25.0	6.0
	DOC	2.4	2.2	2.8	2.4	2.3
	TOC	2.6	2.4	3.0	3.0	2.5

卷末表 4-1-2(1)溶出実験結果 (No.1号機)

調査項目	採水日	第1回目										第2回目									
		水入れ換え直後					放置後					水入れ換え直後					放置後				
		槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽		
天候		曇	雨	雨	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	曇	曇	曇			
採水開始時刻	時：分	13:13	13:27	13:46	11:05	11:17	11:27	13:46	14:06	14:17	12:05	12:19	12:30	12:05	12:19	12:30	12:05	12:19	12:30		
採水終了時刻	時：分	13:22	13:57	13:56	11:15	11:19	11:37	13:56	14:16	14:26	12:16	12:30	12:40	13:56	14:16	14:26	12:16	12:30	12:40		
透視度	cm	9.0	12.0	12.0	11.0	25.0	24.0	12.0	13.0	13.0	15.5	29.5	32.5	12.0	13.0	13.0	15.5	29.5	32.5		
現地外観		淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁		
臭気		微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭		
水温	°C	28.8	28.7	28.6	29.7	29.7	29.7	28.6	30.4	30.1	29.8	29.6	29.6	30.4	30.1	30.0	29.8	29.6	29.6		
結果		8.21	8.14	7.35	7.75	7.76	7.25	7.69	7.68	7.31	7.53	7.39	7.30	7.69	7.68	7.31	7.53	7.39	7.30		
濁度	度	45.0	39.8	39.5	52.2	21.6	22.2	48.5	40.5	37.0	34.7	21.3	20.0	48.5	40.5	37.0	34.7	21.3	20.0		
DO	mg/l	6.6	6.2	5.4	5.1	4.9	0.9	4.5	4.5	3.3	3.6	3.1	0.7	4.5	4.5	3.3	3.6	3.1	0.7		
EC	mS/m	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25	0.29	0.28	0.31	0.27	0.26	0.26	0.28	0.28	0.31	0.27	0.26	0.26	0.28		
T-P	mg/l	0.150	0.143	0.187	0.147	0.113	0.355	0.150	0.137	0.167	0.130	0.113	0.297	0.150	0.137	0.167	0.130	0.113	0.297		
分		0.006	0.011	0.005	0.001	0.016	0.099	0.002	0.010	0.011	0.012	0.023	0.156	0.002	0.010	0.011	0.012	0.023	0.156		
D-O-P (計算)	mg/l	0.033	0.032	0.039	0.033	0.032	0.052	0.034	0.026	0.030	0.032	0.028	0.033	0.034	0.026	0.030	0.032	0.028	0.033		
P-P (計算)	mg/l	0.111	0.100	0.143	0.113	0.065	0.204	0.114	0.101	0.126	0.086	0.062	0.108	0.114	0.101	0.126	0.086	0.062	0.108		
D-T-P	mg/l	0.039	0.043	0.044	0.034	0.048	0.151	0.036	0.036	0.041	0.044	0.051	0.189	0.036	0.036	0.041	0.044	0.051	0.189		
T-N	mg/l	1.54	1.37	2.21	1.66	1.04	1.89	1.64	1.47	1.78	1.34	1.13	1.41	1.64	1.47	1.78	1.34	1.13	1.41		
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	0.00	0.03	0.55	0.00	0.09	0.56	0.02	0.08	0.36	0.14	0.18	0.50	0.02	0.08	0.36	0.14	0.18	0.50		
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	0.000	0.002	0.003	0.004	0.011	0.002	0.008	0.009	0.008	0.007	0.034	0.004	0.008	0.009	0.008	0.007	0.034	0.004		
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00	0.03	0.03	0.03	0.01	0.03	0.00	0.03	0.03	0.03	0.01	0.03	0.00		
D-T-N	mg/l	0.17	0.43	1.02	0.41	0.45	1.00	0.24	0.45	0.78	0.53	0.62	0.91	0.24	0.45	0.78	0.53	0.62	0.91		
SS	mg/l	40.3	29.5	35.0	49.5	13.0	19.0	44.0	31.5	31.5	26.0	11.5	7.5	44.0	31.5	31.5	26.0	11.5	7.5		
DOC	mg/l	3.6	2.9	2.9	3.2	2.8	3.2	3.1	3.1	3.0	3.2	2.9	3.0	3.1	3.1	3.0	3.2	2.9	3.0		
TOC	mg/l	3.7	3.5	3.6	3.3	3.5	3.3	3.4	3.5	3.1	3.3	3.2	3.1	3.4	3.5	3.1	3.3	3.2	3.1		



卷末表 4-1-2(2) 溶出実験結果 (No. 1 号機)

採水日		水入れ換え直後				第 3 回目				放置後			
		槽外	槽内	検体槽	槽外	槽外	槽内	検体槽	槽外	槽内	検体槽	槽外	槽内
天候		晴	晴	晴	晴	晴	晴	曇	曇	曇	曇	曇	曇
採水開始時刻	時:分	15:28	15:39	15:49	15:49	15:49	15:49	14:04	14:16	14:26	14:26	14:26	14:26
採水終了時刻	時:分	15:38	15:49	15:59	15:59	15:59	15:59	14:13	14:26	14:36	14:36	14:36	14:36
透視度	cm	17.5	20.0	19.5	19.5	19.5	19.5	20.5	31.7	34.8	34.8	34.8	34.8
外観		淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色透	淡黄緑色透	淡黄緑色透	淡黄緑色透	淡黄緑色透	淡黄緑色透
臭気		微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	微力臭	弱下水臭	弱下水臭	弱下水臭	弱下水臭	弱下水臭	弱下水臭
水温	°C	29.8	29.5	29.4	29.4	29.4	29.4	29.6	29.7	29.7	29.7	29.7	29.7
pH		7.61	7.49	7.36	7.36	7.36	7.36	7.52	7.39	7.32	7.32	7.32	7.32
濁度	度	35.7	31.0	28.0	28.0	28.0	28.0	29.7	21.2	18.9	18.9	18.9	18.9
DO	mg/l	3.9	2.9	1.8	1.8	1.8	1.8	6.1	2.1	0.5	0.5	0.5	0.5
EC	ms/m	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.29	0.26	0.28	0.28	0.28	0.28
T-P	mg/l	0.130	0.123	0.160	0.160	0.160	0.160	0.138	0.108	0.397	0.397	0.397	0.397
PO <sub>4</sub> -P	mg/l	0.007	0.021	0.040	0.040	0.040	0.040	0.013	0.022	0.138	0.138	0.138	0.138
D-O-P (計算)	mg/l	0.035	0.028	0.029	0.029	0.029	0.029	0.038	0.030	0.056	0.056	0.056	0.056
P-P (計算)	mg/l	0.088	0.074	0.091	0.091	0.091	0.091	0.087	0.056	0.203	0.203	0.203	0.203
D-T-P	mg/l	0.042	0.049	0.069	0.069	0.069	0.069	0.051	0.052	0.194	0.194	0.194	0.194
T-N	mg/l	1.34	1.30	1.43	1.43	1.43	1.43	1.84	1.21	1.64	1.64	1.64	1.64
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	0.11	0.22	0.37	0.37	0.37	0.37	0.04	0.13	0.39	0.39	0.39	0.39
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	0.006	0.014	0.009	0.009	0.009	0.009	0.024	0.065	0.010	0.010	0.010	0.010
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.66	0.17	0.07	0.07	0.07	0.07
D-T-N	mg/l	0.53	0.62	0.73	0.73	0.73	0.73	1.14	0.80	0.91	0.91	0.91	0.91
SS	mg/l	28.0	19.0	18.5	18.5	18.5	18.5	22.5	10.0	12.5	12.5	12.5	12.5
DOC	mg/l	2.9	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0	3.6	3.1	2.9	2.9	2.9	2.9
TOC	mg/l	3.5	3.3	3.0	3.0	3.0	3.0	5.1	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1

卷末表 4-1-2(3) 溶出実験結果 (No. 2号機)

採水日	第1回目						第2回目					
	水入れ換え直後			放置後			水入れ換え直後			放置後		
	槽外 曇/晴	対照槽 曇/晴	換体槽 曇/晴	槽外 曇	対照槽 曇	換体槽 曇	槽外 曇	対照槽 曇	換体槽 曇	槽外 曇	対照槽 曇	換体槽 曇
天候	14:21	14:44	14:57	10:08	10:23	10:37	14:33	14:43	14:54	11:11	11:24	11:35
採水開始時刻	14:31	14:54	15:06	10:17	10:34	10:39	14:43	14:53	15:04	11:20	11:26	11:37
採水終了時刻	10.0	13.0	15.0	10.0	26.0	34.0	9.0	12.0	13.0	15.5	28.0	39.0
透視度	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁
外観	微力比臭	微力比臭	微力比臭	微力比臭	微力比臭	微力比臭	微力比臭	微力比臭	微力比臭	微力比臭	微力比臭	微力比臭
臭気	28.8	28.9	29.0	29.9	30.0	29.9	30.0	30.0	29.9	29.8	29.9	29.9
水温	8.18	8.13	7.73	7.76	7.76	7.33	7.62	7.41	7.35	7.60	7.49	7.32
pH	44.1	40.9	36.8	53.8	23.1	20.5	53.9	42.3	36.2	40.4	22.9	18.5
濁度	6.9	7.2	5.1	5.3	5.3	1.2	4.5	4.5	3.4	3.5	3.0	0.5
DO	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25	0.27	0.29	0.32	0.33	0.26	0.26	0.28
EC	0.145	0.142	0.155	0.157	0.113	0.297	0.156	0.140	0.149	0.144	0.113	0.407
T-P	0.008	0.010	0.013	0.000	0.008	0.130	0.008	0.014	0.026	0.013	0.014	0.161
PO <sub>4</sub> -P	0.034	0.031	0.032	0.032	0.034	0.042	0.030	0.027	0.030	0.033	0.031	0.038
D-O-P (計算)	0.103	0.101	0.110	0.125	0.071	0.125	0.118	0.099	0.093	0.098	0.068	0.208
P-P (計算)	0.042	0.041	0.045	0.032	0.042	0.172	0.038	0.041	0.056	0.046	0.045	0.199
D-T-P	1.46	0.90	1.53	1.60	1.05	1.67	1.54	1.46	1.52	1.28	1.17	1.71
T-N	0.000	0.000	0.12	0.00	0.02	0.57	0.08	0.12	0.27	0.16	0.17	0.49
NH <sub>4</sub> -N	0.000	0.000	0.002	0.000	0.007	0.002	0.008	0.009	0.008	0.007	0.025	0.004
NO <sub>2</sub> -N	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.00
NO <sub>3</sub> -N	0.41	0.42	0.51	0.38	0.45	0.98	0.47	0.51	0.69	0.57	0.63	0.93
D-T-N	36.5	30.5	27.5	55.5	16.5	11.0	49.0	32.5	24.5	33.5	12.0	15.0
SS	4.1	3.4	2.9	4.1	2.9	3.2	4.1	2.9	3.1	4.0	2.9	3.0
DOC	4.8	3.6	3.1	4.6	3.3	3.4	4.6	3.1	3.4	4.1	2.9	3.0
TOC												

卷末表 4-1-2(4) 溶出実験結果 (No.2 号機)

採水日		水入れ換え直後						放置後		
		8月12日			8月13日			8月13日		
調査項目	単位	槽外 曇	対照槽 曇	検体槽 曇	槽外 曇	対照槽 曇	検体槽 曇	槽外 曇	対照槽 曇	検体槽 曇
天候										
採水開始時刻	時：分	14:27	14:45	14:57	13:40	13:15	13:26	13:40	13:15	13:26
採水終了時刻	時：分	14:29	14:57	15:07	13:13	13:25	13:36	13:13	13:25	13:36
現地透視度	cm	16.5	19.0	20.5	21.5	28.0	38.0	21.5	28.0	38.0
観外観		淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色濁	淡黄緑色透	淡黄緑色透	淡黄緑色透	淡黄緑色透	淡黄緑色透	淡黄緑色透
臭気		微力ビ臭	微力ビ臭	微下水臭	微力ビ臭	弱力ビ臭	弱下水臭	微力ビ臭	弱力ビ臭	弱下水臭
水温	°C	29.9	29.9	29.9	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
pH		7.48	7.56	7.44	7.54	7.40	7.31	7.54	7.40	7.31
濁度	度	38.1	33.4	27.7	28.1	23.1	18.0	28.1	23.1	18.0
DO	mg/l	3.0	3.0	2.2	6.1	2.0	0.6	6.1	2.0	0.6
EC	mS/m	0.27	0.27	0.27	0.29	0.26	0.27	0.29	0.26	0.27
T-P	mg/l	0.153	0.127	0.157	0.129	0.107	0.388	0.129	0.107	0.388
PO <sub>4</sub> -P	mg/l	0.009	0.017	0.037	0.011	0.016	0.177	0.011	0.016	0.177
D-O-P (計算)	mg/l	0.033	0.026	0.029	0.037	0.030	0.046	0.037	0.030	0.046
P-P (計算)	mg/l	0.111	0.084	0.091	0.081	0.061	0.165	0.081	0.061	0.165
D-T-P	mg/l	0.042	0.043	0.066	0.048	0.046	0.223	0.048	0.046	0.223
T-N	mg/l	1.37	1.26	1.34	1.67	1.19	1.53	1.67	1.19	1.53
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	0.16	0.22	0.28	0.02	0.11	0.45	0.02	0.11	0.45
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	0.007	0.009	0.008	0.021	0.047	0.010	0.021	0.047	0.010
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0.01	0.02	0.01	0.63	0.16	0.03	0.63	0.16	0.03
D-T-N	mg/l	0.57	0.60	0.52	1.04	0.73	0.65	1.04	0.73	0.65
SS	mg/l	34.0	22.5	18.0	21.0	12.0	8.0	21.0	12.0	8.0
DOC	mg/l	4.0	2.8	2.8	3.5	3.0	2.9	3.5	3.0	2.9
TOC	mg/l	4.2	2.9	3.0	4.1	3.3	3.2	4.1	3.3	3.2

巻末表 4-1-3(1) 調査時の採取量とポンプ吸引速度 (1号機)

調査項目	単位	第 1 回 目															
		水入れ換え直後				放 置 後 (1日後)				放 置 後 (2日後)				放 置 後 (3日後)			
		6月22日				6月23日				6月24日				6月25日			
前処理 (約1L)	時:分:秒	15:28:32	15:39:06	15:50:30	12:40:50	12:51:30	13:02:30	12:14:45	12:26:15	12:37:30	13:21:00	13:32:37	13:44:53				
終了時刻	時:分:秒	15:30:45	15:41:47	15:52:45	12:43:20	12:54:14	13:05:05	12:17:02	12:28:30	12:40:03	13:23:15	13:34:51	13:47:10				
所要時間	秒	133	161	135	150	164	155	137	135	153	135	134	137				
計器測定 (約1L)	時:分:秒	15:30:45	15:41:47	15:52:45	12:43:20	12:54:14	13:05:05	12:17:02	12:28:30	12:40:03	13:23:15	13:34:51	13:47:10				
終了時刻	時:分:秒	15:32:55	15:43:55	15:55:04	12:45:28	12:56:29	13:07:21	12:19:33	12:31:02	12:42:34	13:25:15	13:36:52	13:49:15				
所要時間	秒	130	128	139	128	135	136	151	152	151	120	121	125				
試料採取 (約2L)	時:分:秒	15:32:55	15:43:55	15:55:04	12:45:28	12:56:29	13:07:21	12:19:33	12:31:02	12:42:34	13:25:15	13:36:52	13:49:15				
終了時刻	時:分:秒	15:37:55	15:49:32	16:00:43	12:50:50	13:02:02	13:12:51	12:25:14	12:36:37	12:48:23	13:30:19	13:42:00	13:54:29				
所要時間	秒	300	317	339	322	333	330	341	335	349	304	308	314				
吸引速度	秒/500mL	60	60	60	64	64	64	62	62	62	58	58	58				
ポンプ回転数	RPM	230	230	230	229	229	229	230	230	230	230	230	230				
前処理	L	1.11	1.34	1.13	1.17	1.28	1.21	1.10	1.09	1.23	1.16	1.16	1.18				
計器測定	L	1.08	1.07	1.16	1.00	1.05	1.06	1.22	1.23	1.22	1.03	1.04	1.08				
試料採取	L	2.50	2.64	2.83	2.52	2.60	2.58	2.75	2.70	2.81	2.62	2.66	2.71				
計	L	4.69	5.05	5.11	4.69	4.94	4.85	5.07	5.02	5.27	4.82	4.85	4.97				
入替え		R水抜き	S水抜き														
開始時刻	時:分:秒	14:37:00	14:37:00														
終了時刻	時:分:秒	15:27:00	15:37:00														
所要時間	秒	3000	3000														
吸引速度	秒/L	120	120														
入替量	L	25.00	25.00														

卷末表 4-1-3(2) 調査時の採取量とポンプ吸引速度 (1号機)

採水日		第 2 回 目						
		水入れ換え直後			放 置 後 (3日後)			
		6月25日		6月28日		6月28日		
調査項目	単位	槽 外	対照槽	検体槽	槽 外	対照槽	検体槽	
調 査 時 の 吸 引 量	前処理 (約1L)	時 : 分 : 秒	14:41:50	16:52:30	17:02:30	12:46:00	12:57:15	13:09:00
	終了時刻	時 : 分 : 秒	14:44:01	16:54:36	17:04:47	12:48:22	12:59:36	13:11:30
	所要時間	秒	131	126	137	144	141	150
	計器測定 (約1L)	時 : 分 : 秒	14:44:01	16:54:36	17:04:47	12:48:22	12:59:36	13:11:30
	終了時刻	時 : 分 : 秒	14:46:06	16:56:45	17:06:50	12:50:39	13:01:45	13:13:41
	所要時間	秒	125	129	123	137	129	131
	試料採取 (約2L)	時 : 分 : 秒	14:46:06	16:56:45	17:06:50	12:50:39	13:01:45	13:13:41
	終了時刻	時 : 分 : 秒	14:51:10	17:01:39	17:11:50	12:56:02	13:07:10	13:19:00
	所要時間	秒	304	294	300	323	325	319
	吸引速度	秒/500mL	58	58	58	64	64	64
入 替 量	ポンプ回転数	R P M	230	230	230	230	230	230
	前処理	L	1.13	1.09	1.18	1.13	1.10	1.17
	計器測定	L	1.08	1.11	1.06	1.07	1.01	1.02
	試料採取	L	2.62	2.53	2.59	2.52	2.54	2.49
	計	L	4.83	4.73	4.83	4.72	4.65	4.69
入 替 量	入替え		R水抜き	S水抜き				
	開始時刻	時 : 分 : 秒	13:58:30	13:58:30				
	終了時刻	時 : 分 : 秒	14:28:30	14:58:30				
	所要時間	秒	1800	3600				
	吸引速度	秒/L	116	112				
入替量	L	15.52	32.14					

卷末表 4-1-3(3) 調査時の採取量とポンプ吸引速度 (2号機)

調査項目		第 1 回 目																
		水入れ換え直後				放 置 後 (1日後)				放 置 後 (2日後)				放 置 後 (3日後)				
		6月22日			6月23日			6月24日			6月25日			6月25日				
調 査 時 の 吸 引 量	前処理 (約1L)	開始時刻	時:分:秒	槽外	検体槽	対照槽	槽外	検体槽	対照槽	槽外	検体槽	対照槽	槽外	検体槽	対照槽	槽外	検体槽	
		終了時刻	時:分:秒	12:50:26	13:18:00	11:47:45	11:36:30	12:03:20	11:47:45	11:23:30	11:35:25	11:47:40	11:00:00	11:16:20	11:28:28	11:02:40	11:18:36	11:30:36
		所要時間	秒	74	154	140	154	148	142	159	137	133	160	136	128			
	計器測定 (約1L)	開始時刻	時:分:秒	12:51:04	13:20:34	13:50:05	11:39:04	12:05:42	12:05:42	11:26:09	11:37:42	11:49:53	11:02:40	11:18:36	11:30:36			
		終了時刻	時:分:秒	12:53:53	13:22:28	13:52:18	11:41:08	12:07:52	12:07:52	11:28:22	11:39:45	11:52:21	11:04:40	11:20:40	11:32:30			
		所要時間	秒	169	114	133	124	130	123	133	123	148	120	124	114			
	試料採取 (約2L)	開始時刻	時:分:秒	12:53:53	13:22:28	13:52:18	11:41:08	12:07:57	12:07:57	11:28:22	11:39:45	11:52:21	11:04:40	11:20:40	11:32:30			
		終了時刻	時:分:秒	12:59:25	13:27:47	13:57:38	11:46:33	12:13:16	12:13:16	11:34:02	11:45:22	11:57:59	11:09:32	11:25:41	11:37:31			
		所要時間	秒	332	319	320	325	319	323	340	337	338	292	301	301			
	吸引速度		秒/500mL	60	60	60	64	62	62	64	64	64	60	60	60			
入 替 量	ポンプ回転数		230	230	230	228	229	229	230	230	230	230	230	230				
	前処理	L	0.62	1.28	1.17	1.20	1.19	1.15	1.24	1.07	1.04	1.33	1.13	1.07				
	計器測定	L	1.41	0.95	1.11	0.97	1.06	1.05	1.04	0.96	1.16	1.00	1.03	0.95				
	試料採取	L	2.77	2.66	2.67	2.54	2.60	2.57	2.66	2.63	2.64	2.43	2.51	2.51				
	計	L	4.79	4.89	4.94	4.71	4.85	4.77	4.77	4.94	4.66	4.84	4.77	4.68	4.53			
入 替 量	入替え		R水抜き	S水抜き														
	開始時刻	時:分:秒	11:20:00	11:56:00														
	終了時刻	時:分:秒	11:50:00	12:41:00														
	所要時間	秒	1800	2700														
吸引速度	秒/L	60	120															
入替量	L	30.00	22.50															

卷末表 4-1-3(4) 調査時の採取量とポンプ吸引速度 (2号機)

採水日		第 2 回 目					
		水入れ換え直後			放 置 後 (3日後)		
調 査 項 目		6月25日			6月28日		
前処理 (約1L)	単 位	槽 外	対照槽	検体槽	槽 外	対照槽	検体槽
開始時刻	時 : 分 : 秒	15:08:00	15:21:20	15:32:00	11:28:08	11:40:00	11:51:00
終了時刻	時 : 分 : 秒	15:10:20	15:23:28	15:34:15	11:30:53	11:42:38	11:53:39
所要時間	秒	140	128	135	165	158	159
計器測定 (約1L)	時 : 分 : 秒	15:10:20	15:23:28	15:34:15	11:30:53	11:42:38	11:53:39
終了時刻	時 : 分 : 秒	15:12:30	15:25:35	15:36:30	11:33:05	11:44:45	11:55:46
所要時間	秒	130	127	135	132	127	127
試料採取 (約2L)	時 : 分 : 秒	15:12:30	15:25:35	15:36:30	11:33:05	11:44:45	11:55:46
終了時刻	時 : 分 : 秒	15:17:27	15:30:32	15:41:39	11:38:30	11:50:09	12:01:10
所要時間	秒	297	297	309	325	324	324
吸引速度	秒/500mL	57	57	57	64	64	64
ポンプ回転数	R P M	230	230	230	230	230	230
前処理	L	1.23	1.12	1.18	1.29	1.23	1.24
計器測定	L	1.14	1.11	1.18	1.03	0.99	0.99
試料採取	L	2.61	2.61	2.71	2.54	2.53	2.53
計	L	4.97	4.84	5.08	4.86	4.76	4.77
入替え		R水抜き	S水抜き				
開始時刻	時 : 分 : 秒	11:59:00	11:59:00				
終了時刻	時 : 分 : 秒	12:38:12	13:01:00				
所要時間	秒	2352	3720				
吸引速度	秒/L	114	118				
入替量	L	20.63	31.53				

巻末表 4-1-4(1) 調査時の採取量とポンプ吸引速度 (1号機)

調査項目	採水日	第1回目						第2回目																			
		水入れ換え直後			放置後			水入れ換え直後			放置後																
		8月10日						8月11日						8月12日													
調査項目	槽外	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽										
前処理 (約1L)	開始時刻	13:13:00	13:27:20	13:46:10	11:05:43	11:17:27	11:27:49	13:46:58	14:06:43	14:17:22	12:05:49	12:19:55	12:30:48	終了時刻	13:15:10	13:29:18	13:48:16	11:07:48	11:19:38	11:29:54	13:49:00	14:08:46	14:19:18	12:08:03	12:22:23	12:32:55	
所要時間		130	118	126	125	131	125	122	123	116	134	148	127	計器測定 (約1L)	開始時刻	13:15:10	13:29:18	13:48:16	11:07:48	11:19:38	11:29:54	13:49:00	14:08:46	14:19:18	12:08:03	12:22:23	12:32:55
所要時間		114	114	120	122	117	116	122	118	116	115	119	115	試料採取 (約2L)	開始時刻	13:17:04	13:31:12	13:50:16	11:09:50	11:21:35	11:31:50	13:51:02	14:10:44	14:21:14	12:09:58	12:24:22	12:34:50
所要時間		276	282	299	289	288	284	268	276	271	307	298	305	吸引速度	秒/500mL	59	59	60	60	60	61	61	62	62	62	62	62
吸引速度	ポンプ回転数	155	155	155	150	150	150	150	150	150	150	150	150	前処理	RPM	1.10	1.07	1.07	1.04	1.09	1.04	1.00	1.01	0.95	1.08	1.19	1.02
吸引量	計器測定	L	0.97	0.97	1.02	0.98	0.97	1.00	0.97	0.97	0.93	0.96	0.93	計器測定	L	2.34	2.39	2.53	2.41	2.40	2.37	2.20	2.26	2.22	2.48	2.40	2.46
吸引量	試料採取	L	4.41	4.36	4.62	4.47	4.47	4.47	4.38	4.24	4.12	4.56	4.41	計	L												
入替え	開始時刻			11:07:10										入替え	時:分:秒												
入替え	終了時刻			13:07:50										入替え	時:分:秒												
入替え	所要時間			7224										入替え	秒												
入替え	吸引速度			118										入替え	秒/L												
入替え	入替量			61.22										入替え	L												



巻末表 4-1-4(2) 調査時の採取量とポンプ吸引速度 (1号機)

調査項目	採水日			水入れ換え直後			第3回目			放置後		
	8月12日			8月13日			8月13日			8月13日		
	開始時刻	終了時刻	所要時間	開始時刻	終了時刻	所要時間	開始時刻	終了時刻	所要時間	開始時刻	終了時刻	所要時間
前処理 (約1L)	時:分:秒	時:分:秒	秒	時:分:秒	時:分:秒	秒	時:分:秒	時:分:秒	秒	時:分:秒	時:分:秒	秒
計器測定 (約1L)	15:28:51	15:30:54	123	15:39:43	15:41:46	123	15:51:32	15:53:26	129	14:04:30	14:06:39	128
計器測定 (約2L)	15:30:54	15:33:53	179	15:41:46	15:43:43	117	15:51:32	15:53:26	121	14:06:39	14:08:40	118
試料採取 (約2L)	15:33:53	15:37:46	233	15:43:43	15:48:37	294	15:53:26	15:58:23	292	14:08:40	14:13:32	295
吸引速度	秒/500mL			62	62	61	62	61	61	61	61	61
吸引量	RPM			150	150	150	150	150	150	150	150	150
前処理	L			0.99	0.99	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.05	1.07
計器測定	L			1.44	0.94	0.92	0.92	0.99	0.99	0.99	0.97	1.05
試料採取	L			1.88	2.37	2.40	2.40	2.39	2.39	2.42	2.42	2.45
計	L			4.31	4.31	4.38	4.38	4.44	4.44	4.43	4.43	4.57
入替え												
開始時刻	時:分:秒						12:41:00					
終了時刻	時:分:秒						14:58:00					
所要時間	秒						8220					
吸引速度	秒/L						124					
入替量	L						66.29					

巻末表 4-1-4(3) 調査時の採取量とポンプ吸引速度 (2号機)

調査項目	採水日	単位	第1回目						第2回目					
			水入れ換え直後			放置後			水入れ換え直後			放置後		
			8月10日	8月11日	8月12日	8月10日	8月11日	8月12日	8月10日	8月11日	8月12日	8月10日	8月11日	8月12日
調査時の 吸引量	前処理 (約1L)	時:分:秒	14:21:49	14:44:20	14:57:04	10:08:10	10:23:06	10:37:30	14:33:10	14:43:29	14:54:27	11:11:20	11:24:02	11:35:56
	終了時刻	時:分:秒	14:23:45	14:46:40	14:59:13	10:10:22	10:25:40	10:39:30	14:35:41	14:45:31	14:56:31	11:13:22	11:26:10	11:38:00
調査時の 吸引量	所要時間	秒	116	140	129	132	154	120	151	122	124	122	128	124
	計器測定 (約1L)	時:分:秒	14:23:45	14:46:40	14:59:13	10:10:22	10:25:40	10:39:30	14:35:41	14:45:31	14:56:31	11:13:22	11:26:10	11:38:00
調査時の 吸引量	終了時刻	時:分:秒	14:25:46	14:48:48	15:01:04	10:12:15	10:28:02	10:41:31	14:37:31	14:47:22	14:58:30	11:15:12	11:28:14	11:39:59
	所要時間	秒	121	128	111	113	142	121	110	111	119	110	124	119
調査時の 吸引量	計器測定 (約2L)	時:分:秒	14:25:46	14:48:48	15:01:04	10:12:15	10:28:02	10:41:31	14:37:31	14:47:22	14:58:30	11:15:12	11:28:14	11:39:59
	終了時刻	時:分:秒	14:30:32	14:53:30	15:05:50	10:16:46	10:32:48	10:46:16	14:42:04	14:52:01	15:03:09	11:19:54	11:33:41	11:44:49
調査時の 吸引量	所要時間	秒	286	282	286	271	286	285	273	279	279	282	327	290
	吸引速度	秒/500mL	60	60	60	61	61	61	60	60	60	60	60	60
調査時の 吸引量	必要回転数	RPM	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	前処理	L	0.97	1.17	1.08	1.08	1.26	0.98	1.26	1.02	1.03	1.02	1.07	1.03
調査時の 吸引量	計器測定	L	1.01	1.07	0.93	0.93	1.16	0.99	0.92	0.93	0.99	0.92	1.03	0.99
	計器測定	L	2.38	2.35	2.38	2.22	2.34	2.34	2.28	2.33	2.33	2.35	2.73	2.42
調査時の 吸引量	計器測定	L	4.36	4.58	4.38	4.23	4.77	4.31	4.45	4.27	4.35	4.28	4.83	4.44
	計	L												
調査時の 吸引量	入替え	時:分:秒			11:16:40						10:48:00			
	終了時刻	時:分:秒			14:10:30						14:03:00			
調査時の 吸引量	所要時間	秒			10410						11700			
	吸引速度	秒/L			120						120			
調査時の 吸引量	入替え	L			86.75						97.50			
		L												

卷末表 4-1-4(4) 調査時の採取量とポンプ吸引速度 (2号機)

採水日		水入れ換え直後				放置後				
		8月12日				8月13日				
調査項目	単位	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽
調査時の 前処理 (約1L)	開始時刻	14:27:51	14:45:54	14:57:47	13:04:28	13:15:48	13:26:29			
	終了時刻	14:29:52	14:48:15	14:59:54	13:06:32	13:17:58	13:28:32			
	所要時間	121	141	127	124	130	123			
調査時の 計器測定 (約1L)	開始時刻	14:29:52	14:48:15	14:59:54	13:06:32	13:17:58	13:28:32			
	終了時刻	14:31:57	14:50:30	15:01:43	13:08:30	13:19:59	13:30:29			
	所要時間	125	135	109	118	121	117			
調査時の 試料採取 (約2L)	開始時刻	14:31:57	14:50:30	15:01:43	13:08:30	13:19:59	13:30:29			
	終了時刻	14:36:53	14:55:17	15:06:25	13:13:15	13:24:43	13:35:22			
	所要時間	296	287	282	285	284	293			
吸引速度	秒/500mL	60	60	60	61	61	61			
	RPM	150	150	150	150	150	150			
	°/°回転数	1.01	1.18	1.06	1.02	1.07	1.01			
吸引量	前処理	L	1.04	0.91	0.97	0.99	0.96			
	計器測定	L	2.47	2.39	2.35	2.34	2.40			
	試料採取	L	4.52	4.69	4.32	4.32	4.39			
入替え	計									
	開始時刻	時:分:秒			11:48:05					
	終了時刻	時:分:秒			14:25:00					
入替量	所要時間	秒			9415.02					
	吸引速度	秒/L			124					
	入替量	L			75.93					

卷末表 4-1-5(1) 計器測定結果

調査地点		No.1号機付近						
採水日		6月22日						
採水開始時刻	時：分	14:55						
採水終了時刻	時：分	15:05						
全水深	m	4.25						
		水温(°C)	pH	濁度(度)	DO(mg/l)	EC(mS/m)		
調査深度	0.1	m	23.0	7.92	19.0	7.6	0.24	
	0.5	m	23.2	7.85	19.2	7.6	0.24	
	1.0	m	23.2	7.90	19.1	7.6	0.24	
	1.5	m	23.2	7.93	19.1	7.5	0.24	
	2.0	m	23.2	8.04	19.2	7.5	0.24	
	2.5	m	23.2	8.07	19.2	7.5	0.24	
	3.0	m	23.2	8.06	21.9	5.6	0.24	
	3.5	m	22.6	7.63	21.6	4.9	0.24	
	4.0	m	22.1	7.57	30.9	3.8	0.25	
	4.5	m						
	5.0	m						
	5.5	m						
	6.0	m						
底上1.0	3.25m	22.3	7.73	20.6	5.1	0.24		
備考								

卷末表 4-1-5(2) 計器測定結果

調査地点			No.1号機付近					
採水日			6月23日					
採水開始時刻	時：分		12:28					
採水終了時刻	時：分		12:37					
全水深	m		4.20					
			水温(°C)	pH	濁度(度)	DO(mg/l)	EC(mS/m)	
調査深度	0.1	m	25.0	8.75	19.9	9.9	0.24	0.229
	0.5	m	24.8	8.58	20.4	9.9	0.24	0.228
	1.0	m	23.7	7.94	22.1	7.5	0.24	0.230
	1.5	m	23.2	7.84	22.0	6.7	0.24	0.231
	2.0	m	23.0	7.80	21.6	6.3	0.24	0.232
	2.5	m	22.8	7.81	20.7	6.1	0.24	0.232
	3.0	m	22.7	7.83	19.9	6.0	0.24	0.232
	3.5	m	22.6	7.83	21.9	5.8	0.24	0.233
	4.0	m	22.5	7.67	38.2	4.2	0.24	0.235
	4.5	m						
	5.0	m						
	5.5	m						
	6.0	m						
底上1.0	3.20m	22.6	7.84	19.5	5.9	0.24	0.233	
備考								

卷末表 4-1-5(3) 計器測定結果

調査地点			No.1号機付近					
採水日			6月24日					
採水開始時刻	時：分		12:57					
採水終了時刻	時：分		13:04					
全水深	m		3.90					
			水温(°C)	pH	濁度(度)	DO(mg/l)	EC(mS/m)	
調査深度	0.1	m	24.2	9.01	25.3	10.5	0.24	0.227
	0.5	m	24.1	8.53	24.2	9.9	0.24	0.228
	1.0	m	23.7	8.08	22.3	7.5	0.24	0.230
	1.5	m	23.3	7.97	21.9	6.8	0.24	0.231
	2.0	m	23.1	7.87	21.4	6.2	0.24	0.231
	2.5	m	23.0	7.77	21.0	5.6	0.24	0.232
	3.0	m	22.7	7.64	22.3	4.7	0.24	0.233
	3.5	m	22.5	7.56	32.2	3.9	0.24	0.234
	4.0	m						
	4.5	m						
	5.0	m						
	5.5	m						
	6.0	m						
底上1.0	2.90m	22.8	7.66	21.8	4.9	0.24	0.233	
備考								

卷末表 4-1-5(4) 計器測定結果

調査地点		No.1号機付近						
採水日		6月25日						
採水開始時刻	時:分	14:01						
採水終了時刻	時:分	14:10						
全水深	m	3.90						
		水温(°C)	pH	濁度(度)	DO(mg/l)	EC(mS/m)		
調査深度	0.1	m	23.1	8.11	23.6	6.6	0.24	0.234
	0.5	m	23.2	7.78	23.4	6.6	0.24	0.233
	1.0	m	23.2	7.89	23.3	6.5	0.24	0.233
	1.5	m	23.2	7.94	24.2	6.3	0.24	0.234
	2.0	m	23.2	7.92	25.7	6.0	0.24	0.233
	2.5	m	23.2	7.91	27.4	5.9	0.24	0.233
	3.0	m	23.2	7.92	28.0	5.9	0.24	0.233
	3.5	m	23.2	7.93	28.0	5.9	0.24	0.233
	4.0	m						
	4.5	m						
	5.0	m						
	5.5	m						
	6.0	m						
底上1.0	2.90m	23.2	7.91	27.8	5.9	0.24	0.233	
備考								

卷末表 4-1-5(5) 計器測定結果

調査地点			No.2号機付近				
採水日			6月22日				
採水開始時刻	時：分		12:10				
採水終了時刻	時：分		12:18				
全水深	m		3.99				
			水温(°C)	pH	濁度(度)	DO(mg/l)	EC(mS/m)
調査深度	0.1	m	23.6	8.14	18.6	6.8	0.23
	0.5	m	23.4	7.91	18.4	6.8	0.23
	1.0	m	23.3	7.96	18.4	6.8	0.23
	1.5	m	23.3	8.01	18.5	6.7	0.23
	2.0	m	23.2	7.95	17.6	6.1	0.23
	2.5	m	23.0	7.97	18.0	6.2	0.23
	3.0	m	23.0	7.95	17.7	6.1	0.23
	3.5	m	22.8	7.82	21.0	5.4	0.23
	4.0	m					
	4.5	m					
	5.0	m					
	5.5	m					
	6.0	m					
底上1.0	2.99m	22.9	7.91	17.7	6.1	0.23	
備考							



卷末表 4-1-5(6) 計器測定結果

調査地点			No.2号機付近					
採水日			6月23日					
採水開始時刻	時：分		11:25					
採水終了時刻	時：分		11:34					
全水深	m		3.80					
			水温(°C)	pH	濁度(度)	DO(mg/l)	EC(mS/m)	
調査深度	0.1	m	24.4	8.46	19.0	9.4	0.24	0.228
	0.5	m	24.4	8.60	24.0	9.9	0.24	0.228
	1.0	m	23.9	8.10	22.0	7.7	0.24	0.230
	1.5	m	23.2	7.87	22.3	6.7	0.24	0.231
	2.0	m	23.0	7.84	21.8	6.3	0.20	0.231
	2.5	m	22.9	7.83	21.2	6.1	0.24	0.232
	3.0	m	22.7	7.81	20.3	6.0	0.24	0.232
	3.5	m	22.6	7.81	22.4	5.8	0.24	0.232
	4.0	m						
	4.5	m						
	5.0	m						
	5.5	m						
	6.0	m						
底上1.0	2.80m	22.7	7.81	21.0	6.0	0.24	0.232	
備考								

卷末表 4-1-5(7) 計器測定結果

調査地点			No.2号機付近					
採水日			6月24日					
採水開始時刻	時:分	11:09						
採水終了時刻	時:分	11:17						
全水深	m	3.50						
		水温(°C)	pH	濁度(度)	DO(mg/l)	EC(mS/m)		
調査深度	0.1	m	23.9	8.53	22.2	8.6	0.24	0.229
	0.5	m	23.8	8.22	22.4	8.1	0.24	0.229
	1.0	m	23.2	7.80	21.5	6.9	0.24	0.231
	1.5	m	23.1	7.76	21.1	6.3	0.24	0.231
	2.0	m	22.9	7.77	21.4	6.0	0.24	0.231
	2.5	m	22.8	7.65	22.0	5.1	0.24	0.232
	3.0	m	22.4	7.55	24.0	4.4	0.24	0.233
	3.5	m						
	4.0	m						
	4.5	m						
	5.0	m						
	5.5	m						
	6.0	m						
底上1.0	2.50m	22.6	7.59	22.5	4.7	0.24	0.233	
備考								

卷末表 4-1-5(8) 計器測定結果

調査地点			No. 2号機付近					
採水日			6月25日					
採水開始時刻	時：分	12:12						
採水終了時刻	時：分	12:21						
全水深	m	3.58						
			水温(°C)	pH	濁度(度)	DO(mg/l)	EC(mS/m)	
調査深度	0.1	m	23.2	8.05	22.4	6.9	0.24	0.235
	0.5	m	23.3	7.94	22.4	6.7	0.24	0.235
	1.0	m	23.3	7.96	22.3	6.6	0.24	0.235
	1.5	m	23.3	7.97	22.1	6.4	0.24	0.234
	2.0	m	23.2	7.98	22.4	6.4	0.24	0.234
	2.5	m	23.2	7.95	22.7	6.3	0.24	0.234
	3.0	m	23.2	7.92	24.0	6.1	0.24	0.234
	3.5	m	23.2	7.90	25.0	6.0	0.24	0.234
	4.0	m						
	4.5	m						
	5.0	m						
	5.5	m						
	6.0	m						
底上1.0	2.58m	23.2	7.94	23.0	6.3	0.24	0.234	
備考								

卷末表 4-1-6(1) 計器測定結果

調 査 地 点			No.1号機付近					
採 水 日			8月10日					
採水開始時刻	時：分		11:32					
採水終了時刻	時：分		11:42					
全 水 深	m		3.38					
			水温(°C)	pH	濁度(度)	DO(mg/l)	EC(mS/m)	
調 査 深 度	0.1	m	29.2	8.16	37.0	7.3	0.25	0.249
	0.5	m	29.2	8.04	37.2	7.3	0.25	0.249
	1.0	m	29.2	8.06	37.1	7.2	0.26	0.251
	1.5	m	29.2	8.19	37.2	7.1	0.26	0.252
	2.0	m	29.2	8.23	37.2	7.1	0.26	0.253
	2.5	m	29.2	8.23	38.1	7.1	0.26	0.255
	3.0	m	29.2	8.20	39.9	6.7	0.26	0.256
	3.5	m						
	4.0	m						
	4.5	m						
	5.0	m						
	5.5	m						
	6.0	m						
底上1.0	2.38m	29.2	8.23	37.9	5.1	0.26	0.255	
備考								

卷末表 4-1-6(2) 計器測定結果

調査地点			No.1号機付近					
採水日			8月11日					
採水開始時刻	時：分	13:32						
採水終了時刻	時：分	13:44						
全水深	m	3.38						
			水温(°C)	pH	濁度(度)	DO(mg/l)	EC(mS/m)	
調査深度	0.1	m	32.7	9.00	33.0	13.7	0.38	0.309
	0.5	m	32.6	8.98	33.7	13.7	0.37	0.306
	1.0	m	30.5	8.86	36.6	12.3	0.37	0.306
	1.5	m	29.3	8.70	34.5	8.2	0.35	0.295
	2.0	m	29.2	8.25	31.5	7.4	0.34	0.289
	2.5	m	28.7	7.79	38.1	5.3	0.33	0.280
	3.0	m	28.6	7.69	40.3	4.9	0.32	0.277
	3.5	m						
	4.0	m						
	4.5	m						
	5.0	m						
	5.5	m						
	6.0	m						
底上1.0	2.38m	28.9	8.00	31.8	6.1	0.33	0.285	
備考								

卷末表 4-1-6(3) 計器測定結果

調査地点			No.1号機付近					
採水日			8月12日					
採水開始時刻		時：分	13:04					
採水終了時刻		時：分	13:12					
全水深		m	3.30					
			水温(°C)	pH	濁度(度)	DO(mg/l)	EC(mS/m)	
調査 深 度	0.1	m	31.2	9.25	31.4	12.3	0.26	0.256
	0.5	m	31.2	8.83	31.3	12.3	0.26	0.255
	1.0	m	30.7	8.86	31.2	11.6	0.26	0.254
	1.5	m	29.8	8.54	30.1	8.6	0.26	0.256
	2.0	m	29.4	8.43	28.0	7.3	0.26	0.257
	2.5	m	28.8	7.75	28.3	4.9	0.26	0.259
	3.0	m	28.6	7.60	29.9	3.7	0.27	0.262
	3.5	m						
	4.0	m						
	4.5	m						
	5.0	m						
	5.5	m						
	6.0	m						
	底上1.0	2.30m	29.2	8.34	27.4	6.8	0.26	0.258
備考								

卷末表 4-1-6(4) 計器測定結果

調査地点			No.1号機付近					
採水日			8月13日					
採水開始時刻	時:分	14:37						
採水終了時刻	時:分	14:45						
全水深	m	3.38						
			水温(°C)	pH	濁度(度)	DO(mg/l)	EC(mS/m)	
調査深度	0.1	m	31.8	9.29	29.5	12.5	0.25	0.246
	0.5	m	31.6	8.97	30.0	12.5	0.25	0.246
	1.0	m	30.8	8.69	30.1	10.7	0.25	0.247
	1.5	m	30.2	8.68	29.0	9.1	0.25	0.249
	2.0	m	29.7	8.38	26.4	7.3	0.26	0.253
	2.5	m	29.4	8.01	24.2	7.6	0.27	0.265
	3.0	m	29.1	7.63	24.7	6.9	0.28	0.275
	3.5	m						
	4.0	m						
	4.5	m						
	5.0	m						
	5.5	m						
	6.0	m						
底上1.0	2.38m	29.5	8.14	24.7	7.5	0.26	0.258	
備考								

卷末表 4-1-6(5) 計器測定結果

調査地点			No.2号機付近					
採水日			8月10日					
採水開始時刻	時:分	11:50						
採水終了時刻	時:分	11:58						
全水深	m	3.32						
			水温(°C)	pH	濁度(度)	DO(mg/l)	EC(mS/m)	
調査深度	0.1	m	29.1	8.21	37.3	7.1	0.26	0.254
	0.5	m	29.2	8.10	37.3	7.1	0.26	0.254
	1.0	m	29.2	8.06	37.5	7.0	0.26	0.255
	1.5	m	29.2	8.17	37.5	7.1	0.26	0.256
	2.0	m	29.2	8.20	37.6	7.0	0.26	0.257
	2.5	m	29.2	8.22	37.9	7.0	0.26	0.258
	3.0	m	29.2	8.23	38.5	6.9	0.26	0.258
	3.5	m						
	4.0	m						
	4.5	m						
	5.0	m						
	5.5	m						
	6.0	m						
底上1.0	2.32m	29.2	8.21	37.9	7.0	0.26	0.257	
備考								



卷末表 4-1-6(6) 計器測定結果

調査地点		No.2号機付近						
採水日		8月11日						
採水開始時刻	時：分	15:14						
採水終了時刻	時：分	15:22						
全水深	m	3.28						
		水温(°C)	pH	濁度(度)	DO(mg/l)	EC(mS/m)		
調査深度	0.1	m	31.9	9.01	32.2	13.7	0.33	0.293
	0.5	m	31.8	9.00	32.4	13.7	0.33	0.294
	1.0	m	31.4	8.95	32.6	12.9	0.33	0.296
	1.5	m	29.5	8.34	31.0	7.9	0.33	0.302
	2.0	m	29.0	7.95	32.5	5.9	0.34	0.304
	2.5	m	28.7	7.72	36.5	4.9	0.34	0.306
	3.0	m	28.6	7.60	45.6	4.1	0.34	0.308
	3.5	m						
	4.0	m						
	4.5	m						
	5.0	m						
	5.5	m						
6.0	m							
底上1.0	2.28m	28.9	7.86	34.5	5.5	0.34	0.306	
備考								

卷末表 4-1-6(7) 計器測定結果

調 査 地 点			No. 2 号機付近					
採 水 日			8月12日					
採水開始時刻	時 : 分		15:10					
採水終了時刻	時 : 分		15:19					
全 水 深	m		3.24					
			水温(°C)	p H	濁度(度)	D O (mg/l)	E C (mS/m)	
調 査 深 度	0.1	m	31.2	9.26	31.1	12.5	0.25	0.250
	0.5	m	31.1	8.87	31.5	12.7	0.26	0.250
	1.0	m	30.6	8.76	31.6	11.2	0.26	0.251
	1.5	m	29.7	8.30	30.1	7.2	0.26	0.255
	2.0	m	29.3	8.06	29.4	5.9	0.26	0.255
	2.5	m	28.7	7.67	29.6	4.3	0.27	0.260
	3.0	m	28.6	7.61	31.0	3.8	0.27	0.261
	3.5	m						
	4.0	m						
	4.5	m						
	5.0	m						
	5.5	m						
	6.0	m						
底上1.0	2.24m		29.0	7.80	28.7	5.1	0.26	0.258
備考								

卷末表 4-1-6(8) 計器測定結果

調 査 地 点		No.2号機付近						
採 水 日		8月13日						
採水開始時刻	時：分	13:38						
採水終了時刻	時：分	13:46						
全 水 深	m	3.32						
		水温(°C)	pH	濁度(度)	DO(mg/l)	EC(mS/m)		
調 査 深 度	0.1	m	31.3	9.22	30.8	11.9	0.25	0.247
	0.5	m	31.3	9.04	31.1	11.9	0.25	0.247
	1.0	m	30.2	8.54	29.6	9.1	0.25	0.247
	1.5	m	29.8	8.36	27.5	7.4	0.26	0.255
	2.0	m	29.4	8.04	24.5	6.6	0.26	0.255
	2.5	m	29.1	7.61	23.5	6.7	0.28	0.270
	3.0	m	29.0	7.53	24.6	6.4	0.29	0.282
	3.5	m						
	4.0	m						
	4.5	m						
	5.0	m						
	5.5	m						
	6.0	m						
底上1.0	2.32m	29.3	7.84	23.9	6.7	0.27	0.265	
備考								

巻末表 4-1-7(1) D O分析値と現地測定値の比較 (No.1号機)

採水日	第 1 回 目						第 2 回 目												
	水入れ換え直後			放置後(1日後)			放置後(2日後)			放置後(3日後)			水入れ換え直後			放置後(3日後)			
	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	
調査項目	4.3	3.9	2.9	4.4	3.9	1.3	3.6	3.1	1.0	5.9	4.5	1.8	5.8	5.4	2.9	4.0	3.0	1.0	
計器測定	4.19	3.61	2.45	3.68	3.47	0.73	3.70	2.80	0.40	6.17	4.73	1.53	6.61	6.08	2.69	4.11	2.94	1.00	
持ち帰り分析値																			

巻末表 4-1-7(2) D O分析値と現地測定値の比較 (No.2号機)

採水日	第 1 回 目						第 2 回 目												
	水入れ換え直後			放置後(1日後)			放置後(2日後)			放置後(3日後)			水入れ換え直後			放置後(3日後)			
	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	
調査項目	3.9	3.9	2.5	5.6	4.2	1.3	4.4	3.6	1.1	6.0	4.1	0.9	5.9	5.3	2.1	4.6	2.1	1.0	
計器測定	4.72	4.16	2.56	5.54	3.81	0.52	4.39	3.27	0.43	6.75	3.78	0.42	6.73	5.98	1.92	4.22	1.51	0.49	
持ち帰り分析値																			

巻末表 4-1-8(1) DO分析値と現地測定値の比較 (No.1号機)

採水日	第1回目						第2回目						第3回目					
	水入れ換え直後			放置後			水入れ換え直後			放置後			水入れ換え直後			放置後		
	8月10日			8月11日			8月11日			8月12日			8月12日			8月13日		
調査項目	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽
計器測定	6.6	6.2	5.4	5.1	4.9	4.9	4.5	4.5	3.3	3.3	3.6	3.1	0.7	3.9	2.9	1.8	6.1	2.1
持ち帰り分析値	7.24	6.55	4.82	5.38	5.22	0.91	4.69	4.72	3.32	3.47	3.05	0.36	3.98	2.93	1.61	6.18	1.81	0.47

巻末表 4-1-8(2) DO分析値と現地測定値の比較 (No.2号機)

採水日	第1回目						第2回目						第3回目					
	水入れ換え直後			放置後			水入れ換え直後			放置後			水入れ換え直後			放置後		
	8月10日			8月11日			8月11日			8月12日			8月12日			8月13日		
調査項目	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽	槽外	対照槽	検体槽
計器測定	6.9	7.2	5.1	5.3	5.3	1.2	4.5	4.5	3.4	3.5	3.0	0.5	3.0	3.0	2.2	6.1	2.0	0.6
持ち帰り分析値	7.04	6.49	5.77	5.33	5.42	1.12	4.79	5.05	3.69	3.29	3.07	0.61	3.06	3.00	1.96	6.11	1.74	0.36

卷末表 4-1-9(1) 溶出速度計算結果 (6月、№2号機)

採水日		6月23日	6月24日	6月25日
調査項目		検体槽	検体槽	検体槽
調査時の吸引量	前処理 (約1L)	開始時刻 時:分:秒 12:03:20	11:47:40	11:28:28
		終了時刻 時:分:秒 12:05:42	11:49:53	11:30:36
	計器測定 (約1L)	所要時間 秒 142	133	128
		開始時刻 時:分:秒 12:07:52	11:49:53	11:30:36
		終了時刻 時:分:秒 12:07:52	11:52:21	11:32:30
	計器測定 (約2L)	所要時間 秒 130	148	114
		開始時刻 時:分:秒 12:07:57	11:52:21	11:32:30
		終了時刻 時:分:秒 12:13:16	11:57:59	11:37:31
	所要時間	319	338	301
	吸引速度	秒/500mL 62	64	60
	ポンプ回転数	R P M 229	230	230
	吸引量	L 1.15	1.04	1.07
	計器測定	L 1.05	1.16	0.95
	試料採取	L 2.57	2.64	2.51
	計	L 4.77	4.84	4.53

Vs(m3)	0.014	Fs	1.183	1.186	1.173	平均
As(m2)	0.069	tf	82776	82833	86370	
	T-P	f(mg/m <sup>2</sup> /d)	5.727	24.153	32.331	20.737
	PO <sub>4</sub> -P	f	15.581	19.694	20.422	18.565
	D-O-P (計算)	f	-0.205	-0.314	-4.169	-1.563
	P-P (計算)	f	-9.648	4.773	16.079	3.735
	D-T-P	f	15.376	19.380	16.263	17.003
	T-P確認		5.727	24.153	32.331	20.737
単純法						
	T-P	f(mg/m <sup>2</sup> /d)	0.626	16.063	21.407	12.699
	PO <sub>4</sub> -P	f	12.734	14.186	13.205	13.375
	D-O-P (計算)	f	-0.626	-0.626	-3.801	-1.684
	P-P (計算)	f	-11.482	2.503	12.004	1.009
	D-T-P	f	12.108	13.560	9.403	11.690
	T-P確認		0.626	16.063	21.407	12.699

	6月22日	6月23日	6月24日	6月25日
T-P	対照槽 0.112	0.091	0.081	0.081
	検体槽 0.243	0.225	0.292	0.399
PO <sub>4</sub> -P	対照槽 0.037	0.023	0.017	0.009
	検体槽 0.052	0.099	0.161	0.219
D-O-P (計算)	対照槽 0.022	0.024	0.022	0.023
	検体槽 0.036	0.035	0.030	0.012
P-P (計算)	対照槽 0.053	0.044	0.042	0.049
	検体槽 0.155	0.091	0.101	0.168
D-T-P	対照槽 0.059	0.047	0.039	0.032
	検体槽 0.088	0.134	0.191	0.231

	6月23日	6月24日	6月25日
T-P	C <sub>m</sub> -CR (tb) 0.134	0.211	0.318
	C <sub>s</sub> -CR (t0) 0.131	0.134	0.211
PO <sub>4</sub> -P	C <sub>m</sub> -CR (tb) 0.076	0.144	0.210
	C <sub>s</sub> -CR (t0) 0.015	0.076	0.144
D-O-P (計算)	C <sub>m</sub> -CR (tb) 0.011	0.008	(0.011)
	C <sub>s</sub> -CR (t0) 0.014	0.011	0.008
P-P (計算)	C <sub>m</sub> -CR (tb) 0.047	0.059	0.119
	C <sub>s</sub> -CR (t0) 0.102	0.047	0.059
D-T-P	C <sub>m</sub> -CR (tb) 0.087	0.152	0.199
	C <sub>s</sub> -CR (t0) 0.029	0.087	0.152

調査項目	採水日		単位	8月11日		8月12日		8月13日	
	開始時刻	終了時刻		検体槽	検体槽	検体槽	検体槽		
前処理 (約1L)	11:27:49	11:29:54	時:分:秒	11:27:49	12:30:48	14:26:25	検体槽		
終了時刻	11:29:54	12:32:55	時:分:秒	125	127	130			
所要時間	11:29:54	12:32:55	時:分:秒	116	115	128			
計器測定 (約1L)	11:31:50	12:34:50	時:分:秒	11:31:50	12:34:50	14:30:43			
終了時刻	11:31:50	12:39:55	時:分:秒	284	305	299			
所要時間	11:31:50	12:39:55	時:分:秒	60	62	61			
試料採取 (約2L)			秒/500mL	150	150	150			
吸引速度			RPM	1.04	1.02	1.07			
ポンプ回転数			L	0.97	0.93	1.05			
前処理			L	2.37	2.46	2.45			
計器測定			L	4.38	4.41	4.57			
試料採取			L						
計									
Ys(m3)	0.014	Fs		1.167	1.169	1.175			
As(m2)	0.069	tf		79171	79204	82767	平均		
T-P		f	(mg/m <sup>2</sup> /d)	51.874	40.229	62.949	51.684		
PO <sub>4</sub> -P		f		22.379	33.575	24.404	26.786		
D-O-P (計算)		f		3.556	0.401	6.148	3.368		
P-P (計算)		f		25.940	6.253	32.398	21.530		
D-T-P		f		25.934	33.976	30.551	30.154		
T-P確認				51.874	40.229	62.949	51.684		
算術法									
T-P		f	(mg/m <sup>2</sup> /d)	43.216	33.598	52.612	43.142		
PO <sub>4</sub> -P		f		19.425	28.799	20.252	22.825		
D-O-P (計算)		f		2.837	0.218	5.219	2.758		
P-P (計算)		f		20.953	4.582	27.141	17.559		
D-T-P		f		22.263	29.017	25.471	25.583		
T-P確認				43.216	33.598	52.612	43.142		

調査項目	第1回目		第2回目		第3回目	
	8月10日	8月11日	8月11日	8月12日	8月12日	8月13日
T-P	対照槽	0.143	0.113	0.137	0.123	0.108
	検体槽	0.187	0.355	0.167	0.297	0.397
PO <sub>4</sub> -P	対照槽	0.011	0.016	0.010	0.023	0.022
	検体槽	0.005	0.099	0.011	0.156	0.138
D-O-P (計)	対照槽	0.032	0.032	0.026	0.028	0.030
	検体槽	0.039	0.052	0.030	0.033	0.056
P-P (計算)	対照槽	0.100	0.066	0.101	0.062	0.074
	検体槽	0.143	0.204	0.126	0.108	0.203
D-T-P	対照槽	0.043	0.048	0.036	0.051	0.052
	検体槽	0.044	0.151	0.041	0.189	0.194

調査項目	8月11日		8月12日		8月13日	
T-P	Cm-CR (tb)	0.242	0.184	0.289	0.289	0.289
	Cs-CR (to)	0.044	0.030	0.037	0.037	0.037
PO <sub>4</sub> -P	Cm-CR (tb)	0.083	0.133	0.116	0.116	0.116
	Cs-CR (to)	(0.006)	0.001	0.019	0.019	0.019
D-O-P (計)	Cm-CR (tb)	0.020	0.005	0.026	0.026	0.026
	Cs-CR (to)	0.007	0.004	0.001	0.001	0.001
P-P (計算)	Cm-CR (tb)	0.139	0.046	0.147	0.147	0.147
	Cs-CR (to)	0.043	0.025	0.017	0.017	0.017
D-T-P	Cm-CR (tb)	0.103	0.138	0.142	0.142	0.142
	Cs-CR (to)	0.001	0.005	0.020	0.020	0.020

酸素消費速度係数

0.0102  
 0.0105  
 0.0138  
 0.0105  
 0.01125  
 2.25 (mg/m<sup>2</sup>/min)

mean  
 k

調査項目	採水日		単位	放置後		放置後	
	8月11日	8月12日		8月12日	8月13日		
前処理 (約1L)	開始時刻	10:37:30	検体槽	11:35:56	13:26:29	検体槽	
	終了時刻	10:39:30		11:38:00	13:28:32		
	所要時間	120		124	123		
計器測定 (約1L)	開始時刻	10:39:30	秒	11:38:00	13:28:32		
	終了時刻	10:41:31		11:39:59	13:30:29		
	所要時間	121		119	117		
試料採取 (約2L)	開始時刻	10:41:31	秒	11:39:59	13:30:29		
	終了時刻	10:46:16		11:44:49	13:35:22		
	所要時間	285		290	293		
吸引速度		61	秒/500mL	60	61		
	*77回巻数	150	R.P.M	150	150		
吸引量	前処理	0.98	L	1.03	1.01		
	計器測定	0.99	L	0.99	0.96		
量	試料採取	2.34	L	2.42	2.40		
	計	4.31	L	4.44	4.37		

Vs (m3)	0.014	Fs	1.165	1.170	1.167	平均
As (m2)	0.069	lf	68431	72031	79219	65.149
T-P		f (mg/m2/d)	50.633	80.051	64.764	65.149
PO <sub>4</sub> -P		f	34.985	38.233	36.496	36.571
D-O-P		f	2.092	1.240	3.407	2.246
P-P (計算)		f	13.556	40.577	24.861	26.331
D-T-P		f	37.077	39.473	39.902	38.818
T-P精算		f	50.633	80.051	64.764	65.149
算術法						
T-P		f (mg/m2/d)	43.180	68.371	54.751	55.434
PO <sub>4</sub> -P		f	30.050	32.386	30.756	31.064
D-O-P (計算)		f	1.768	0.960	2.836	1.854
P-P (計算)		f	11.363	35.025	21.159	22.516
D-T-P		f	31.817	33.346	33.592	32.918
T-P精算		f	43.180	68.371	54.751	55.434

項目	第1回目		第2回目		第3回目	
	8月10日	8月11日	8月11日	8月12日	8月12日	8月13日
T-P	対照槽 0.142	0.113	0.140	0.113	0.127	0.107
PO <sub>4</sub> -P	検体槽 0.155	0.297	0.149	0.407	0.157	0.388
D-O-P	対照槽 0.010	0.008	0.014	0.014	0.017	0.016
P-P (計算)	検体槽 0.013	0.130	0.026	0.161	0.037	0.177
D-T-P	対照槽 0.031	0.034	0.027	0.031	0.026	0.030
PO <sub>4</sub> -P	検体槽 0.032	0.042	0.030	0.038	0.029	0.046
D-O-P	対照槽 0.101	0.071	0.099	0.068	0.084	0.061
P-P (計算)	検体槽 0.110	0.125	0.093	0.208	0.091	0.165
D-T-P	対照槽 0.041	0.042	0.041	0.045	0.043	0.046
PO <sub>4</sub> -P	検体槽 0.045	0.172	0.056	0.199	0.066	0.223

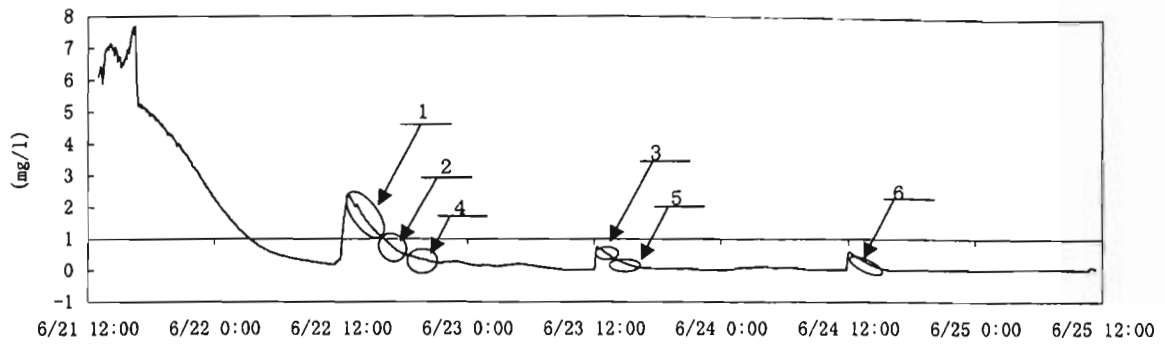
項目	8月11日		8月12日		8月13日	
	T-P	Cu-CR (tb) 0.184	0.294	0.281	0.281	0.281
PO <sub>4</sub> -P	Cs-CR (t0) 0.122	0.147	0.030	0.030	0.030	0.030
D-O-P	Cu-CR (tb) 0.003	0.012	0.161	0.161	0.161	0.161
P-P (計算)	Cs-CR (t0) 0.008	0.007	0.020	0.020	0.020	0.020
D-T-P	Cu-CR (tb) 0.001	0.003	0.016	0.016	0.016	0.016
PO <sub>4</sub> -P	Cs-CR (t0) 0.054	0.054	0.003	0.003	0.003	0.003
D-O-P	Cu-CR (tb) 0.009	0.009	0.140	0.140	0.140	0.140
P-P (計算)	Cs-CR (t0) 0.130	0.154	0.007	0.007	0.007	0.007
D-T-P	Cu-CR (tb) 0.004	0.015	0.177	0.177	0.177	0.177
PO <sub>4</sub> -P	Cs-CR (t0) 0.004	0.015	0.023	0.023	0.023	0.023



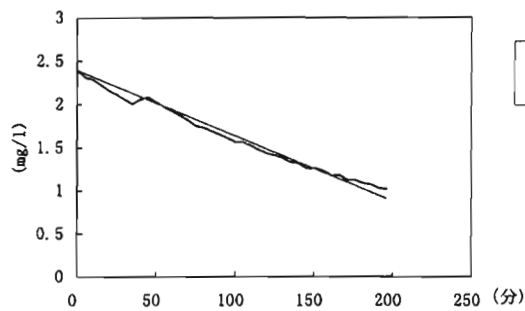
巻末図 4-1-1 (1) 溶存酸素消費速度 (平成11年6月、2号機)

全体図

資料全



1. DO=1以上  
(全体図中1の位置)



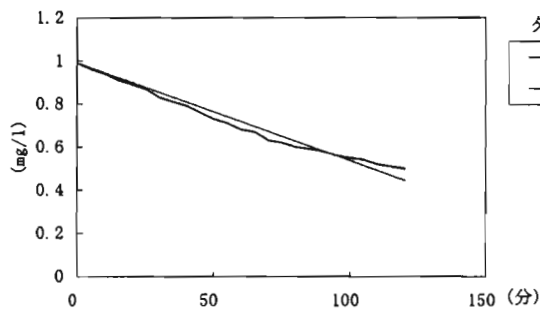
6月22日 12:42分~15時58分  
値: 2.39~1.02

$$y = -0.0076x + 2.39$$

$$R^2 = 0.9801$$

2. DO=0.5 < x < 1.0

2-1 (全体図中2の位置)



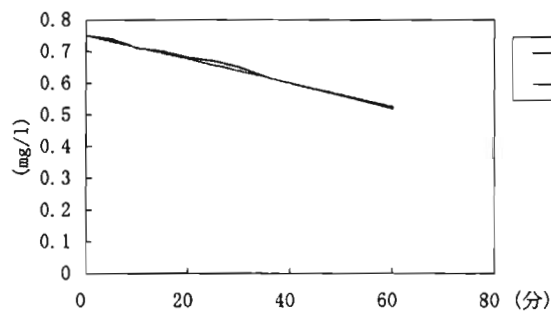
タイトル

6月22日 16:03~18:03  
値: 0.99~0.5

$$y = -0.0045x + 0.99$$

$$R^2 = 0.9717$$

2-2 (全体図中3の位置)

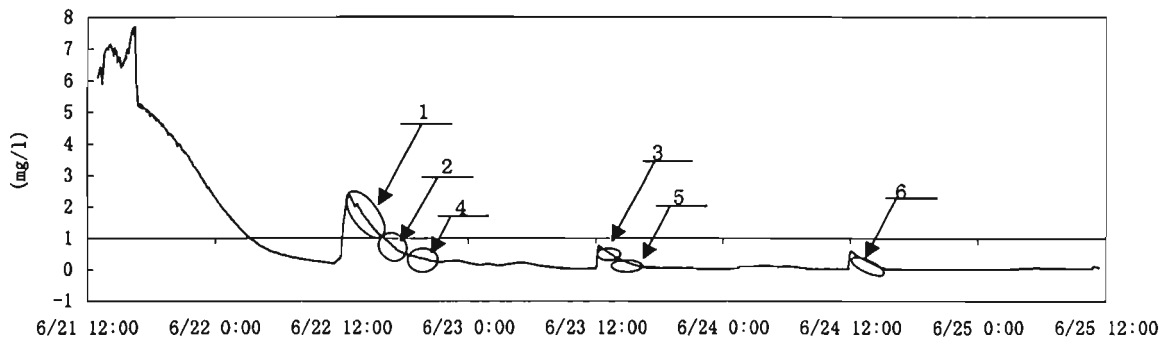


6月23日 12:14~13:14  
値: 0.75~0.52

$$y = -0.0037x + 0.75$$

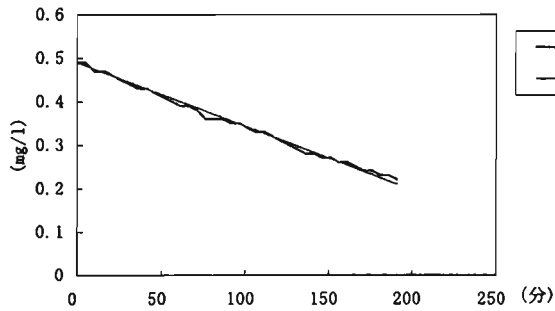
$$R^2 = 0.9923$$

全体図



3.  $DO = x < 0.5$

3-1 (全体図中4の位置)

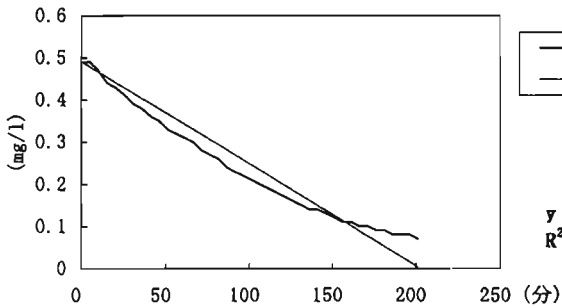


6月22日 18:08~21:19  
値: 0.49~0.22

$$y = -0.0015x + 0.49$$

$$R^2 = 0.9936$$

3-2 (全体図中5の位置)

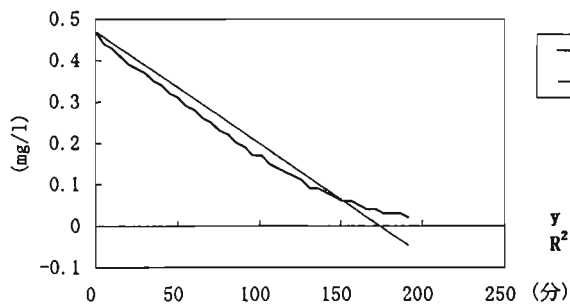


6月23日 13:19~16:40  
値: 0.49~0.07

$$y = -0.0024x + 0.49$$

$$R^2 = 0.9417$$

3-3 (全体図中6の位置)

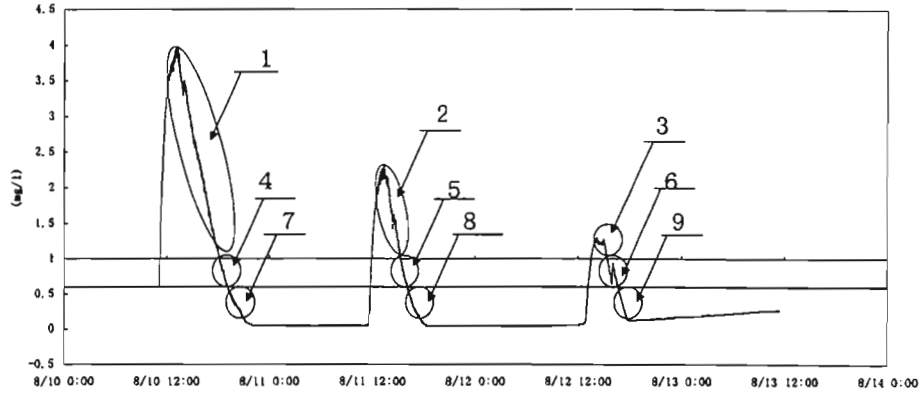


6月24日 12:31~15:42  
値: 0.47~0.02

$$y = -0.0027x + 0.47$$

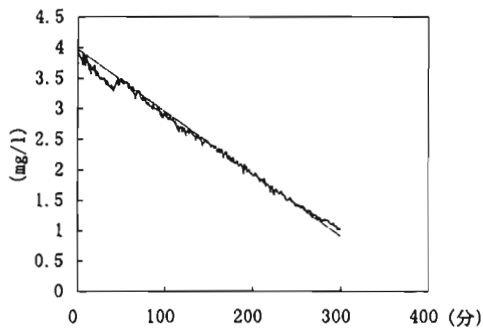
$$R^2 = 0.9529$$

卷末図 4-1-1 (3) 溶存酸素消費速度 (平成11年8月、1号機)  
全体図



1. DO=1以上

1-1 (全体図中1の位置)



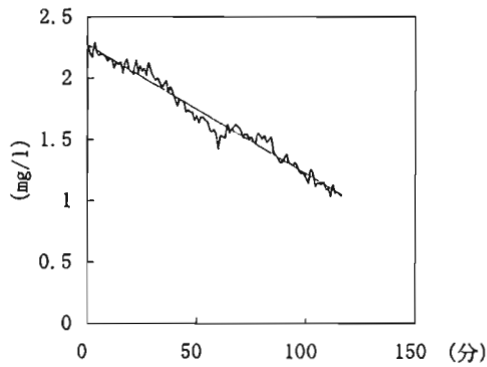
— DO — 線形 (DO)

8月10日13:09~18:08  
値: 3.97~1.02

$$y = -0.0102x + 3.97$$

$$R^2 = 0.9881$$

1-2 (全体図中2の位置)



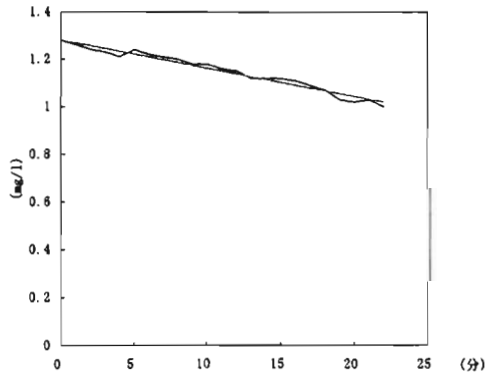
— DO — 線形 (DO)

8月11日13:17~15:13  
値: 2.27~1.04

$$y = -0.0105x + 2.27$$

$$R^2 = 0.9729$$

1-3 (全体図中3の位置)



— DO — 線形 (DO)

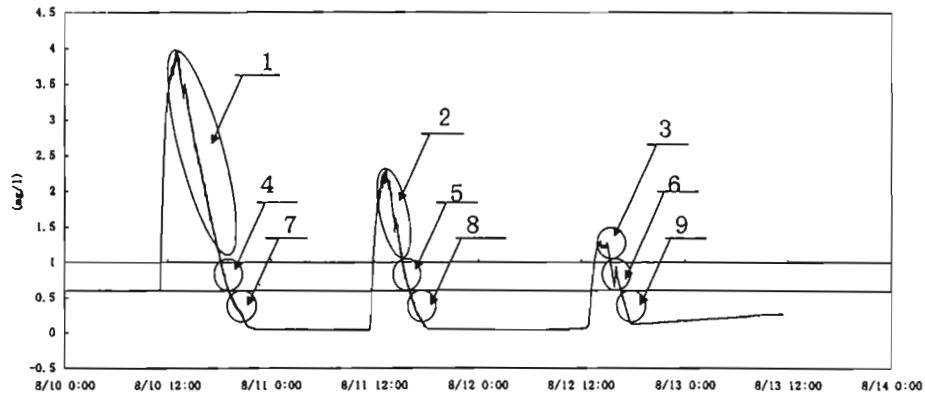
8月12日14:56~15:18  
値: 1.28~1.0

$$y = -0.0118x + 1.28$$

$$R^2 = 0.9643$$

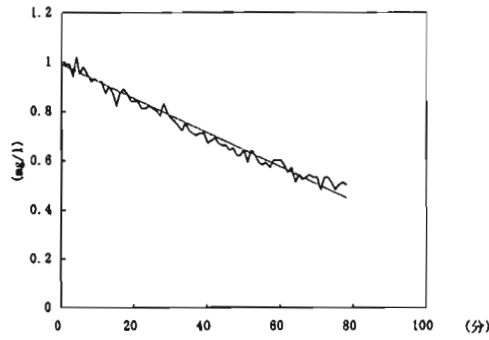
卷末図 4-1-1 (4) 溶存酸素消費速度 (平成11年8月、1号機)

全体図

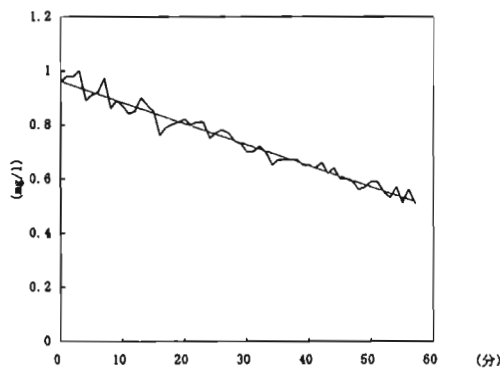


2.  $DO=0.5 < x < 1.0$

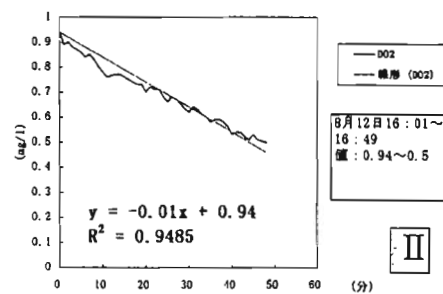
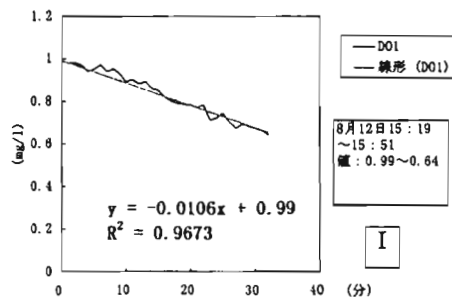
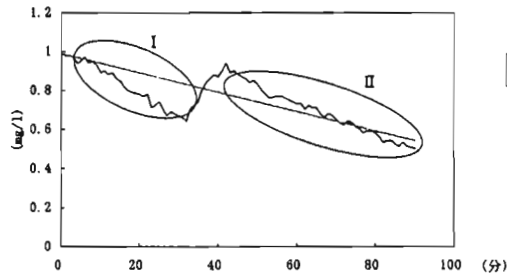
2-1 (全体図中4の位置)



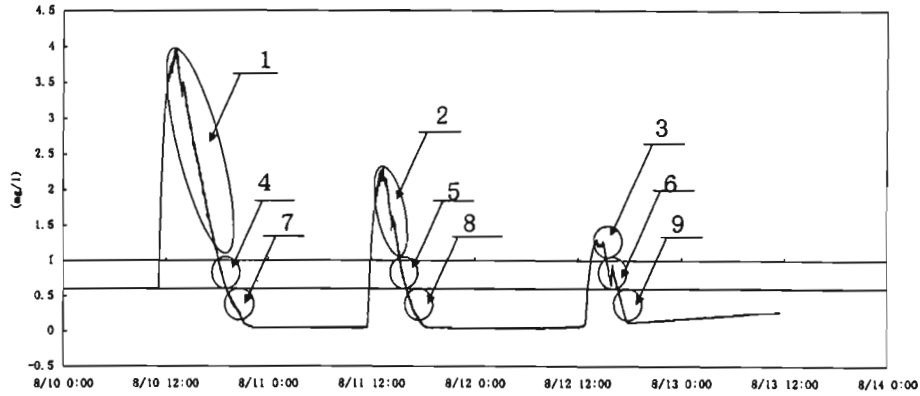
2-2 (全体図中5の位置)



2-3 (全体図中6の位置)

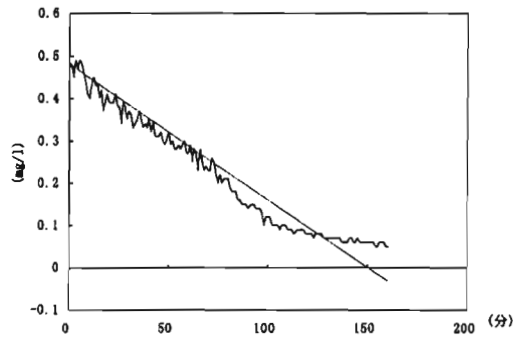


卷末図 4-1-1 (5) 溶存酸素消費速度 (平成11年8月、1号機)  
全体図



3.  $DO=x < 0.5$

3-1 (全体図中7の位置)



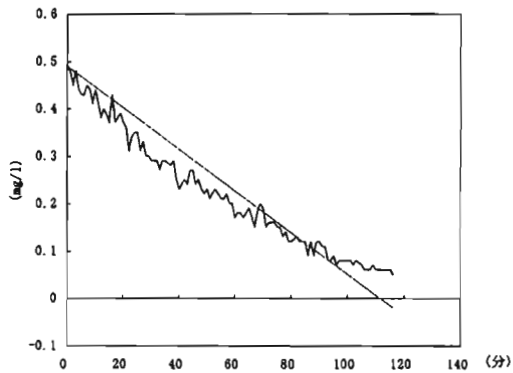
— DO — 線形 (DO)

8月10日 19:28~22:08  
値: 0.48~0.05

$$y = -0.0032x + 0.48$$

$$R^2 = 0.9384$$

3-2 (全体図中8の位置)



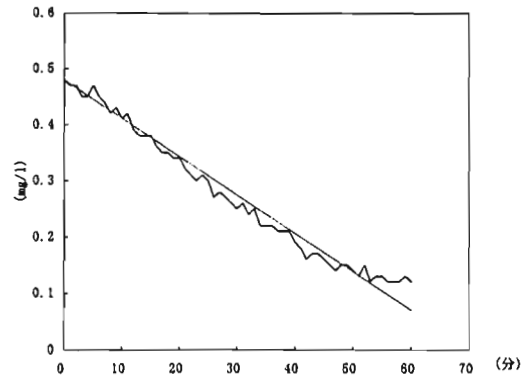
— DO — 線形 (DO)

8月11日 16:19~18:15  
値: 0.49~0.05

$$y = -0.0044x + 0.49$$

$$R^2 = 0.8963$$

3-3 (全体図中9の位置)



— DO — 線形 (DO)

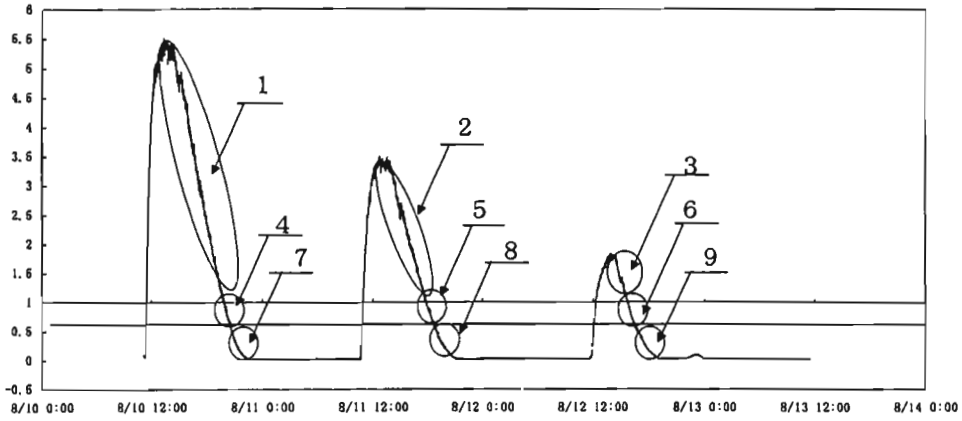
8月12日 16:50~17:50  
値: 0.48~0.12

$$y = -0.0068x + 0.48$$

$$R^2 = 0.9748$$

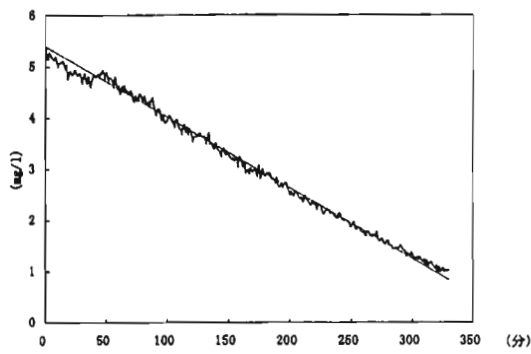
卷末図 4-1-1 (6) 溶存酸素消費速度 (平成11年8月、2号機)

全体図

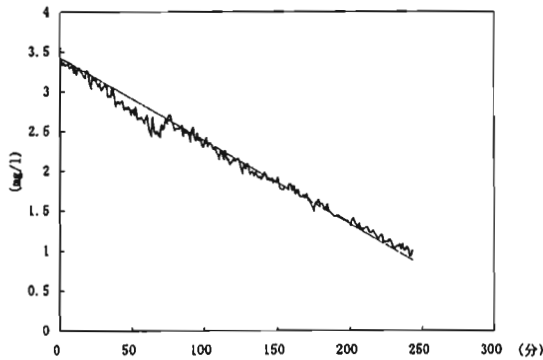


1. DO=1以上

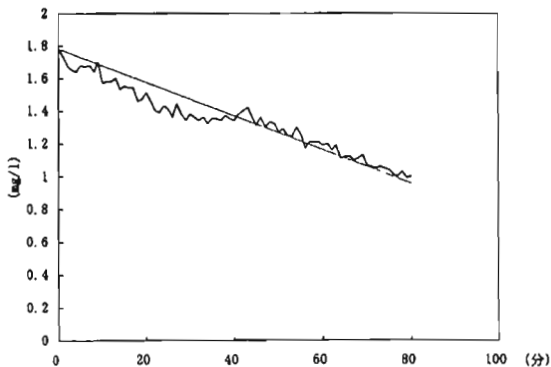
1-1 (全体図中1の位置)



1-2 (全体図中2の位置)

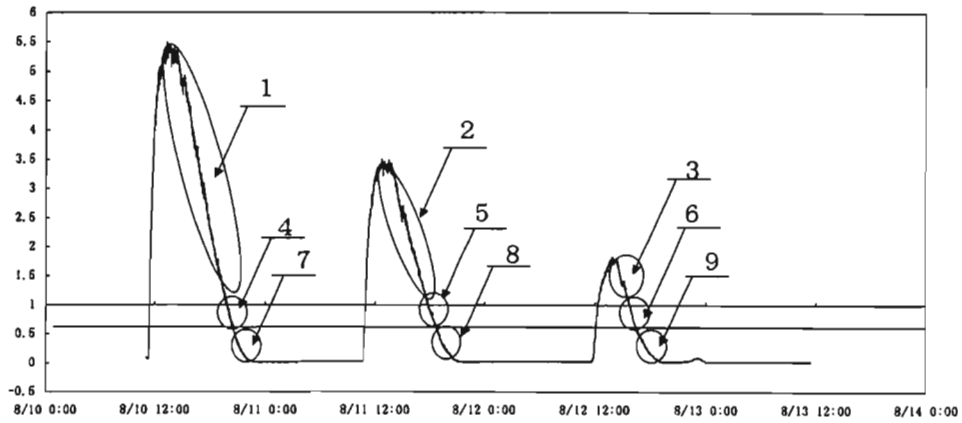


1-3 (全体図中3の位置)



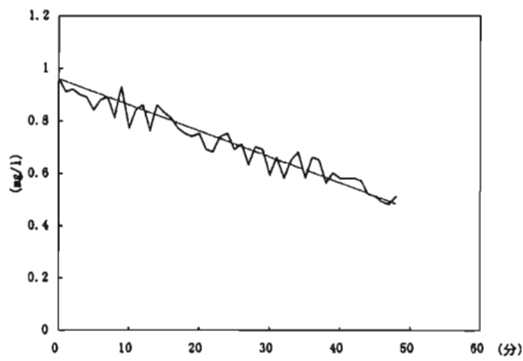
卷末図 4-1-1 (7) 溶存酸素消費速度 (平成11年8月、2号機)

全体図



2.  $DO=0.5 < x < 1.0$

2-1 (全体図中4の位置)



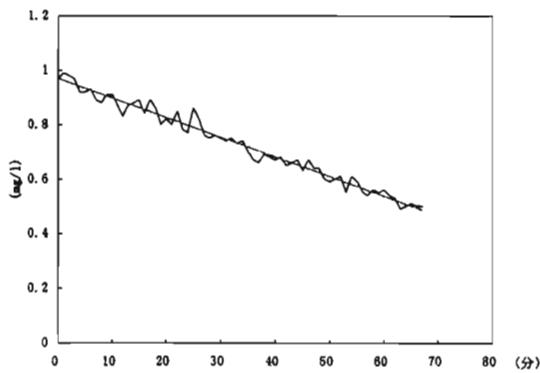
— DO — 線形 (DO)

8月10日 19:52~20:40  
値: 0.96~0.51

$$y = -0.0099x + 0.96$$

$$R^2 = 0.9091$$

2-2 (全体図中5の位置)



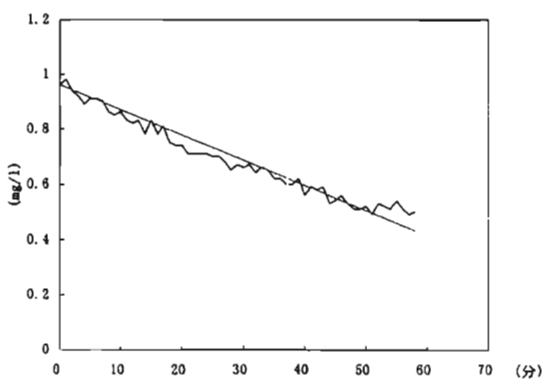
— DO — 線形 (DO)

8月11日 17:51~18:58  
値: 0.97~0.5

$$y = -0.0072x + 0.97$$

$$R^2 = 0.9748$$

2-3 (全体図中6の位置)



— DO — 線形 (DO)

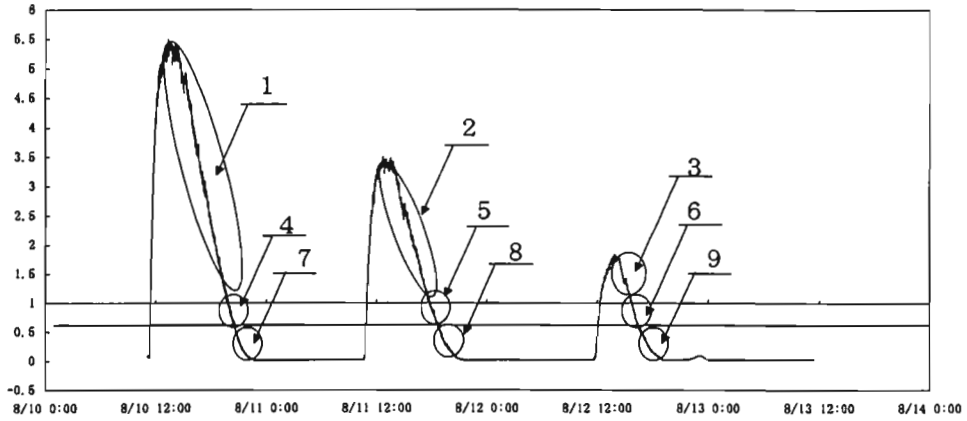
8月12日 15:48~16:46  
値: 0.96~0.5

$$y = -0.0091x + 0.96$$

$$R^2 = 0.9497$$

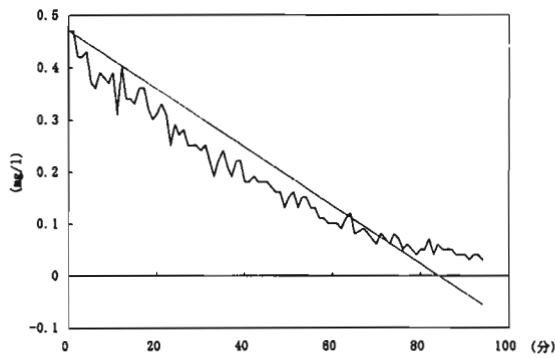
卷末図 4-1-1 (8) 溶存酸素消費速度 (平成11年8月、2号機)

全体図



3.  $DO=x < 0.5$

3-1 (全体図中7の位置)



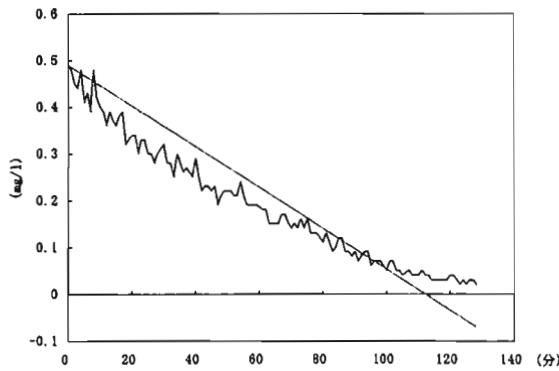
—DO —線形 (DO)

8月10日 20:45~22:19  
値: 0.47~0.03

$$y = -0.0056x + 0.47$$

$$R^2 = 0.8492$$

3-2 (全体図中8の位置)



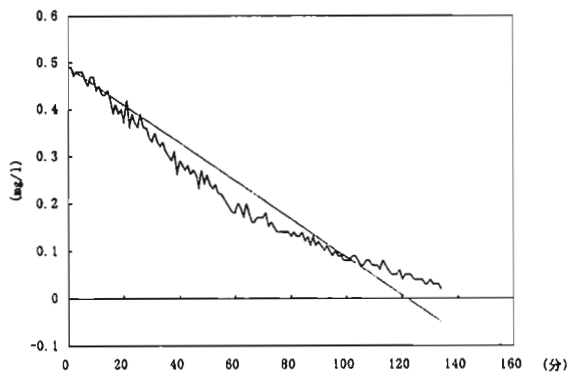
—DO —線形 (DO)

8月11日 18:59~21:07  
値: 0.49~0.02

$$y = -0.0044x + 0.49$$

$$R^2 = 0.8479$$

3-3 (全体図中9の位置)



—DO —線形 (DO)

8月12日 16:47~19:01  
値: 0.49~0.02

$$y = -0.004x + 0.49$$

$$R^2 = 0.927$$





.....

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

No. 12                  November 2001.

編集・発行 © 国土技術政策総合研究所

.....

本資料の転載・複写の問い合わせは

研究評価・推進課 0298-64-2675

〒 305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地