

第 II 部 計画の進捗状況

1 これまでの経過

閉鎖性の高い水域である池田湖は、湖域での社会・経済活動の伸展に伴い汚濁物質の流入が増大し、昭和 56 年には淡水赤潮の発生など水質の悪化がみられた。このため、県では、昭和 58 年 3 月に池田湖の水質環境保全のための基本計画として、「第 1 期池田湖水質環境管理計画（計画期間：昭和 58 年度～平成 2 年度）」を策定した。その後、第 1 期計画を発展的に継承するものとして、平成 3 年 8 月に「第 2 期池田湖水質環境管理計画（計画期間：平成 3 年度～12 年度）」を、平成 13 年 3 月に「第 3 期池田湖水質環境管理計画（計画期間：平成 13 年度～22 年度）」を策定した。平成 23 年 3 月に「第 4 期池田湖水質環境管理計画（計画期間：平成 23 年度～令和 2 年度）」を策定し、底層水質改善策の検討や普及啓発の拡充など、総合的な水質環境保全対策を講じてきた。

第 1 期～第 4 期計画では、水質汚濁の代表的指標である COD の他に、植物プランクトンの増殖などによる水質汚濁を抑制する観点から全窒素（T-N）及び全りん（T-P）について「水質環境保全目標」を定めた。また、水質環境保全目標を維持・達成するために、池田湖が持っている受容能力の範囲内に汚濁負荷量を抑制する必要があることから「許容汚濁負荷量」を定めた。

これらの目標を維持・達成し、池田湖の水質を良好な状態で管理するため、水質環境保全として、

- (1) 畑かん注水，工場・事業場，生活排水，農畜産業等の汚濁発生源対策
- (2) 生活排水のパンフレットの配布やイベントや研修会等の普及啓発
- (3) 適正な土地・水面利用の促進や環境影響評価等の推進などの土地・水面利用対策など，多岐にわたる対策を進めている。

対策の推進体制にあたっては、庁内に「地域水質環境管理計画推進本部」（昭和 58 年 6 月）を設置し、関係部局が連携を取って全庁的に取り組んでいる。また、県と関係市で構成する「池田湖水質環境保全対策協議会」（昭和 57 年 6 月）を設置し、池田湖の水質環境保全対策について協議するとともに、関係団体、事業者及び住民が連携を図りながら、水質保全意識の普及・啓発に努めている。

●水質環境保全目標

閉鎖性水域という特性等を考慮して、水質汚濁の代表的指標であるCODの他に、赤潮などの植物プランクトンの増殖などによる水質汚濁を抑制する観点からT-N及びT-Pについて水質環境保全目標を定めた。

備考：水質環境保全目標の評価方法
 COD：各基準点における全層平均の年間75%値注)
 T-N, T-P：各基準点における表層の年間平均値

項目	水質環境保全目標
化学的酸素要求量 (COD)	3 mg/L 以下
全窒素 (T-N)	0.2 mg/L 以下
全りん (T-P)	0.01 mg/L 以下

●許容汚濁負荷量

水質環境保全目標を維持・達成するための目安として許容汚濁負荷量を定めた。

注) 75%値
 年間の調査結果のうち、濃度が低い方から並べて75%番目の値をいう。年間6回の調査の場合は、濃度が低い方から5番目の値となる。

項目	許容汚濁負荷量
化学的酸素要求量 (COD)	419 kg/日
全窒素 (T-N)	135 kg/日
全りん (T-P)	18.8 kg/日

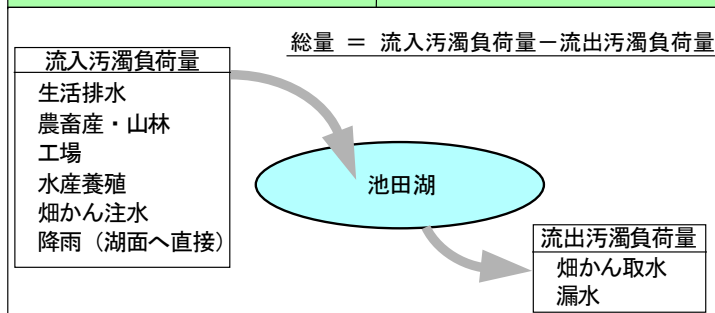


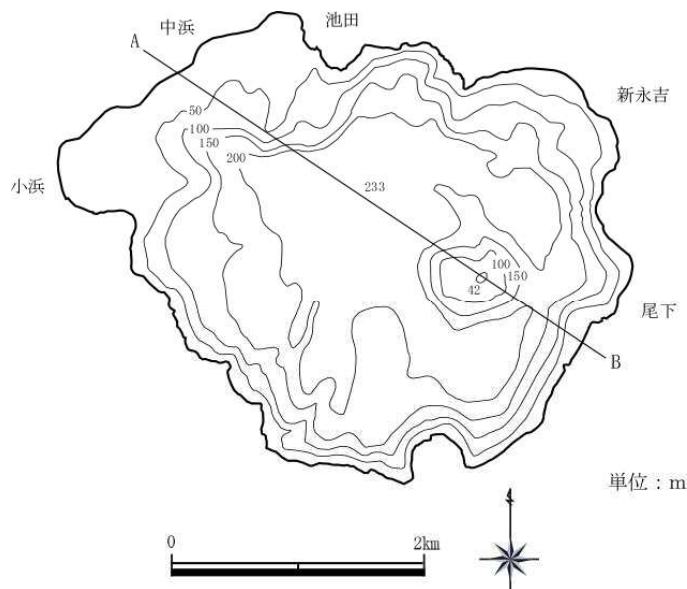
図 II-1 水質環境保全目標と許容汚濁負荷量

2 池田湖及び流入・流出河川の概要

(1) 池田湖の概況

池田湖は、約 6,400 年前の火山活動によってできたカルデラ湖の一つで長径 4km のやや楕円形をした九州最大の湖で、東シナ海へ注ぐ新川水系の一部として河川法（昭和 39 年 7 月 10 日法律 167 号）の指定が行われている。

その最深部は中央部から少し北に寄った場所にあり、最大水深 233m はわが国で 4 番目であり、また湖底が海面下 167m の深さは田沢湖について 2 番目である。最深部から南東へ 1km のところには、中央火口丘があり水面下 42m にまでせりあがっている。湖岸地域は主に北西部で平地となっているほかは、急崖に囲まれており、湖底は湖心に向かって急に深く落ち込み、中央火口丘以外ではなべ底のように平らで広いカルデラ湖の特徴を有している。



池田湖の諸元

面積	10.95 km ²
周囲	15.0 km
海拔高度	66 m
最大水深	233 m
平均水深	125.5 m
容積	14.7 億 m ³
流域面積	12.34 km ²

※流域面積を除き国土地理院昭和 47 年測定 of 地図に基づく。

図 11-2 池田湖の等深図

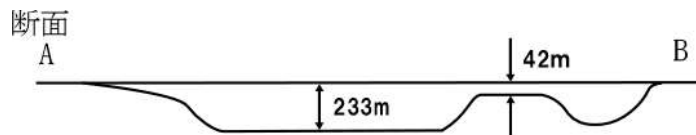


図 11-3 池田湖の断面図

表 II-1 池田湖の水深別累積面積，容積表

水深 (m)	累積面積 (ha)	累積容積 (億 m ³)
0 ~ 10	6.63 × 10 ⁵	1.06
10 ~ 20	1.06 × 10 ⁶	2.07
20 ~ 30	1.51 × 10 ⁶	3.04
30 ~ 40	1.89 × 10 ⁶	3.96
40 ~ 50	2.24 × 10 ⁶	4.85
50 ~ 60	2.62 × 10 ⁶	5.70
60 ~ 70	2.97 × 10 ⁶	6.52
70 ~ 80	3.29 × 10 ⁶	7.30
80 ~ 90	3.54 × 10 ⁶	8.05
90 ~ 100	3.84 × 10 ⁶	8.78
100 ~ 110	4.11 × 10 ⁶	9.47
110 ~ 120	4.40 × 10 ⁶	10.1
120 ~ 130	4.72 × 10 ⁶	10.8
130 ~ 140	5.05 × 10 ⁶	11.4
140 ~ 150	5.47 × 10 ⁶	12.0
150 ~ 160	5.97 × 10 ⁶	12.5
160 ~ 170	6.48 × 10 ⁶	13.0
170 ~ 180	6.93 × 10 ⁶	13.4
180 ~ 190	7.34 × 10 ⁶	13.8
190 ~ 200	7.85 × 10 ⁶	14.1
200 ~ 210	8.84 × 10 ⁶	14.4
210 ~ 220	9.47 × 10 ⁶	14.6
220 ~ 230	1.01 × 10 ⁷	14.7
230 ~ 233	1.09 × 10 ⁷	14.7

(注) 1 累積面積はある水深以下の湖底の面積を示す。

2 累積容積はある水深以下の全容積を示す。

(2) 流入・流出河川の概要

池田湖に流入する河川には、指宿市指宿地域の田神川、大谷川、新永吉川、指宿市山川地域の第1、第2尾下川の5河川があり、いずれも延長2km未満の小河川である。また、流出河川は指宿市開聞地域を南へ流下する新川（流路延長5.5km、流域面積19.7km²）^注があるが、池田湖の水位が海拔64.4m以上になった場合に流出する。

注) 流域面積19.7km²は、新川の流域面積から池田湖の流域面積を引いた値である。

表 II-2 流入河川の概況

河川名	平水時	渇水時	川幅	流路延長
田神川	0.097 m ³ /sec	0.047 m ³ /sec	10 m	2 km
新永吉川	0.058 m ³ /sec	0.051 m ³ /sec	6 m	1 km
第1尾下川	0.026 m ³ /sec	0.011 m ³ /sec	2 m	1 km
第2尾下川	0.049 m ³ /sec	0.039 m ³ /sec	2 m	1 km

備考：大谷川は通常、流水はない。

資料：鹿児島大学水産学部紀要第7巻

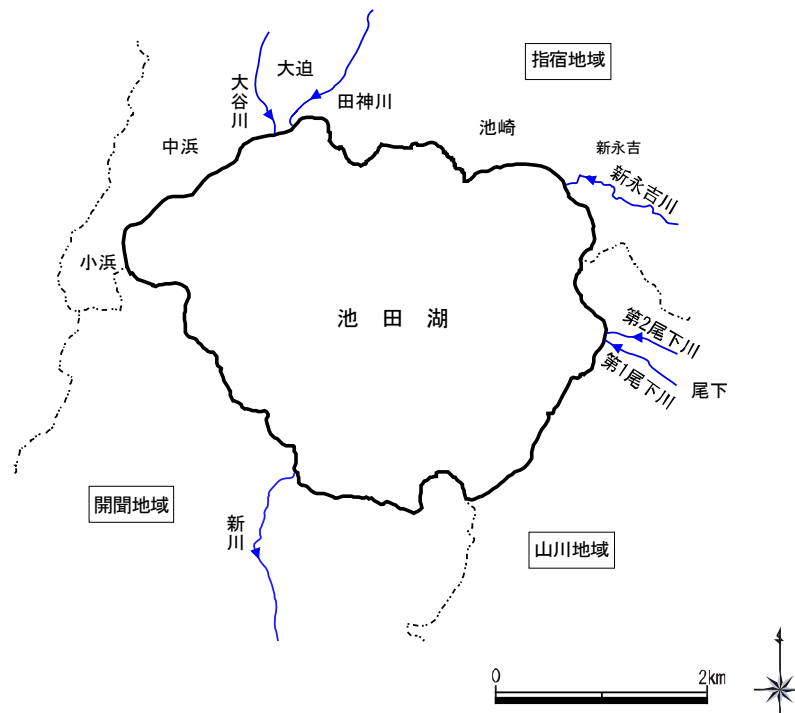


図 II-4 池田湖流域の河川

3 水質等状況

化学的酸素要求量 (COD) , 全窒素 (T-N) , 全りん (T-P) についての現況水質 (令和元年度) と赤潮の発生状況等を以下に示す。

(1) 化学的酸素要求量 (COD)

ア 水質環境保全目標の達成状況

(7) 令和元年度の達成状況

令和元年度の基準点 1~3 の全層平均の年間 75% 値 (以下「全層 75% 値」) は、基準点 1 が 1.7 mg/L, 基準点 2 が 1.7 mg/L, 基準点 3 が 1.6 mg/L であり、全基準点が水質環境保全目標 (3mg/L 以下) を達成していた。

(イ) 全層 75% 値の推移

第 4 期計画を策定した平成 23 年度以降の、基準点 1~3 の全層 75% 値の推移 (図 II-5) をみると、顕著な濃度変化はみられず 1.5~1.8mg/L の範囲で推移し、いずれの年度も全基準点が水質環境保全目標を達成していた。

(ウ) 各層別 75% 値の推移

池田湖の湖心である基準点 2 の各層別の 75% 値の推移を図 II-5 に示す。

昭和 55 年度以降、表層 (0.5m) は 2.0~4.0mg/L の範囲で大きく変動していたが、第 4 期計画を策定した平成 23 年度以降は 1.9~2.7mg/L でおおむね横ばいで推移している。また、中層 (30m) は昭和 55 年度以降 1.5mg/L 前後で横ばいで推移しており、第 4 期計画を策定した平成 23 年度以降は 1.3~1.8mg/L で横ばいで推移している。下層 (100m) は昭和 55 年度以降 1.0mg/L 前後で横ばいで推移しており、第 4 期計画を策定した平成 23 年度以降は 1.0~1.3mg/L で横ばいで推移している。一方、底層 (200m) は平成 3 年度まで 1.0mg/L 未満の低い値で推移していたが、平成 4~11 年度にかけて大幅な濃度上昇がみられ、平成 11 年度以降 2.0mg/L 前後で横ばいで推移している。平成 18, 19 年度には濃度低下がみられ、平成 19 年度は 1.3mg/L となった。この濃度低下は、平成 18 年 2 月の表層から下層に及ぶ湖水循環の影響によるものと考えられる。しかし、その後、底層の無酸素状態が継続したため、底泥中の COD 成分の溶出により、底層水の濃度が再上昇したが、平成 23 年 2 月に、25 年ぶりとなる全層循環^{*}が確認されて以降は、1.0~1.5mg/L で横ばいで推移している。

^{*}底層の溶存酸素量 (DO) が表層と概ね一致したときを全層循環と定義する。

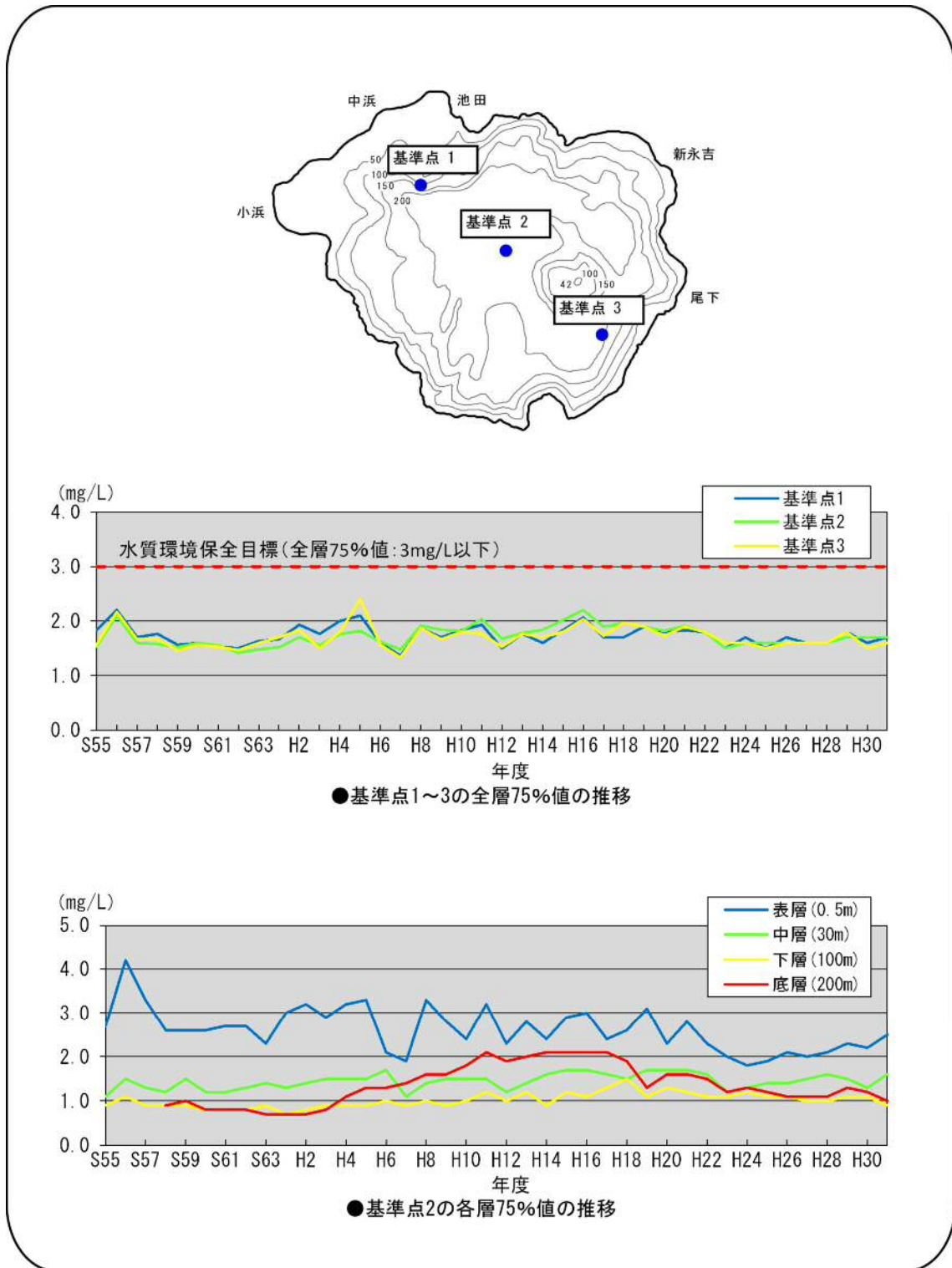


図 II-5 化学的酸素要求量 (COD) の状況

(2) 全窒素 (T-N)

ア 水質環境保全目標の達成状況

(7) 令和元年度の達成状況

令和元年度の基準点 1～3 の表層の年間平均値（以下「表層年平均値」）は、基準点 1 が 0.15 mg/L、基準点 2 が 0.17 mg/L、基準点 3 が 0.15 mg/L であり、全基準点が水質環境保全目標（0.2mg/L 以下）を達成している。

(イ) 表層年平均値の推移

第 4 期計画を策定した平成 23 年度以降の、基準点 1～3 の表層年平均値の推移（図 II-6）をみると、平成 26 年度を除き、水質環境保全目標を達成している。

表層については、南薩畑地かんがい事業に係る南九州市颯娃地域内にある全窒素 (T-N) 濃度が高い河川からの池田湖への注水（以下「畑かん注水」）による影響が大きいと考えられる。

(ウ) 各層別平均値の推移

池田湖の湖心である基準点 2 の各層別の年平均値の推移を図 II-6 に示す。

昭和 55 年度以降、表層（0.5m）や中層（30m）は畑かん注水の影響を受けて、昭和 61～63 年度と平成 10～12 年度に濃度上昇がみられた。上昇後は緩やかな濃度低下を示し、令和元年度は表層が 0.17mg/L、中層が 0.19mg/L となっている。下層（100m）は平成元年度までの緩やかな濃度上昇から平成 2～11 年度は濃度低下に転じた。その後、平成 12～18 年度に濃度の再上昇がみられ、平成 18 年度は 0.30mg/L となったが、平成 19～22 年度に濃度低下がみられたが、平成 23 年度以降は 0.2mg/L を超過しており、令和元年度は 0.22mg/L となっている。底層（200m）は昭和 58～平成 2 年度まで 0.30mg/L 前後で横ばいで推移していたが、平成 3 年度以降は底泥からの窒素成分の溶出による濃度上昇がみられ、平成 14～16 年度は 0.50mg/L を超過した。その後、平成 17～19 年度に 0.20mg/L まで低下した。下層と底層における近年の濃度低下は、平成 18 年 2 月の表層から下層に及ぶ湖水循環の影響によるものと考えられる。しかし、その後、底層の無酸素状態が継続したため、底泥中の窒素成分の溶出により、底層水の濃度が再上昇し、平成 25 年度は 0.37mg/L となっている。その後は減少し、令和元年度は 0.26mg/L となっている。

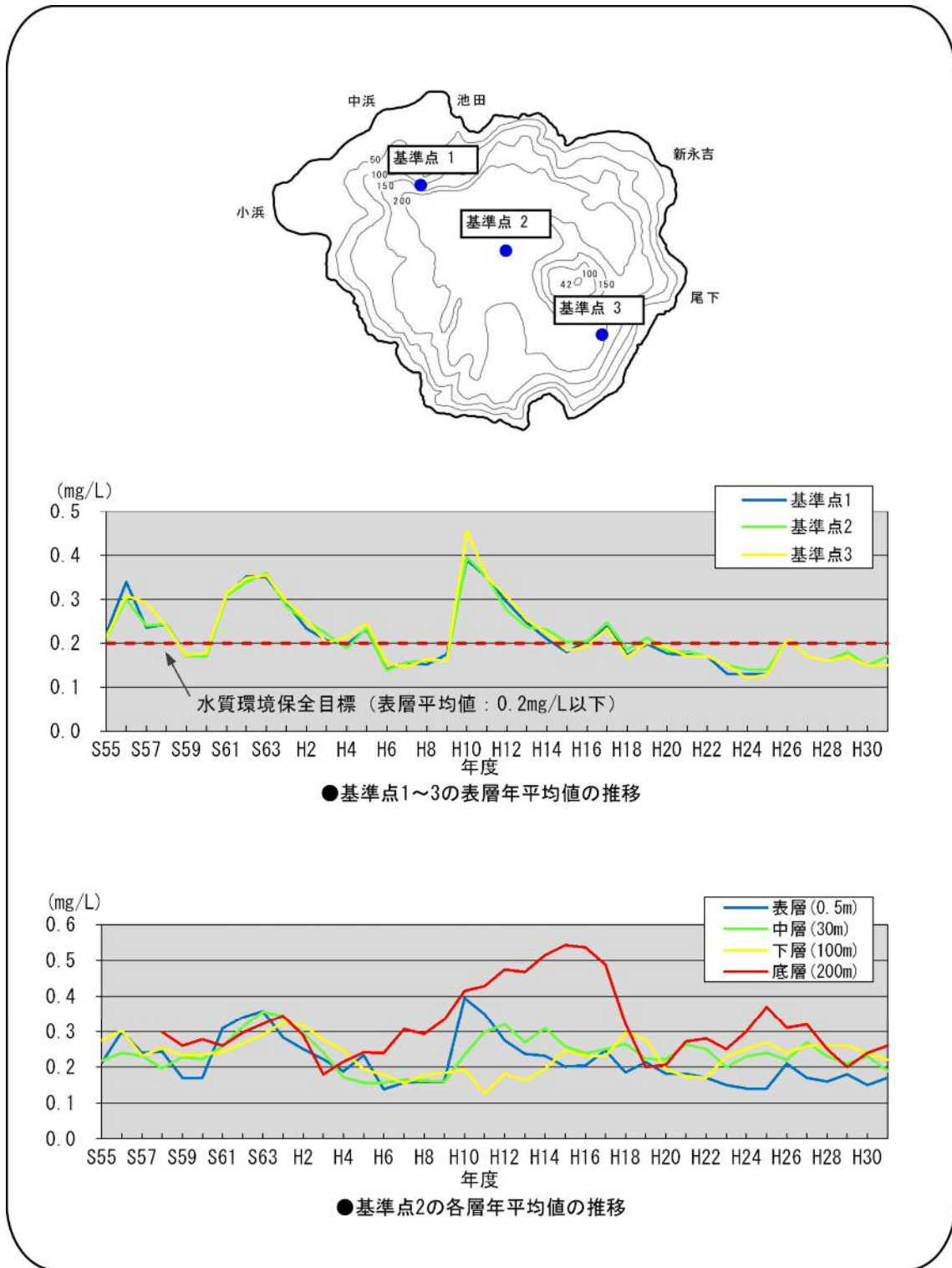


図 II-6 全窒素 (T-N) の状況

(3) 全りん (T-P)

ア 水質環境保全目標の達成状況

(7) 令和元年度の達成状況

令和元年度の基準点 1～3 の表層の年間平均値（以下「表層年平均値」）は、基準点 1～3 とも 0.004mg/L であり、全基準点が水質環境保全目標（0.01mg/L 以下）を達成している。

(イ) 表層年平均値の推移

第 4 期計画を策定した平成 23 年度以降の基準点 1～3 の表層年平均値の推移(図 II-7) をみると、顕著な濃度変化はみられず、0.003～0.005mg/L の範囲で推移し、全基準点が水質環境保全目標を達成している。

(ウ) 各層別平均値の推移

池田湖の湖心である基準点 2 の各層別の年平均値の推移を図 II-7 に示す。

昭和 55 年度以降、表層（0.5m）、中層（30m）及び下層（100m）は概ね 0.005mg/L 以下で横ばいで推移している。一方、底層（200m）は平成 3 年度までおおむね 0.005mg/L 以下で横ばいで推移していたが、平成 4 年度以降顕著な濃度上昇がみられ、平成 14～17 年度は 0.060mg/L を超過し、平成 18 年度に急激に 0.006mg/L まで濃度が低下した。この濃度低下は、平成 18 年 2 月の表層から下層に及ぶ湖水循環の影響によるものと考えられる。その後、底層の無酸素状態が継続したため、底泥中のりん成分の溶出により、底層水の濃度が再上昇し、平成 22 年度は 0.037mg/L となったが、平成 23 年 2 月に発生した全層循環により、平成 23 年度は 0.005mg/L まで濃度が低下しており、その後は 0.005mg/L 前後で推移している。

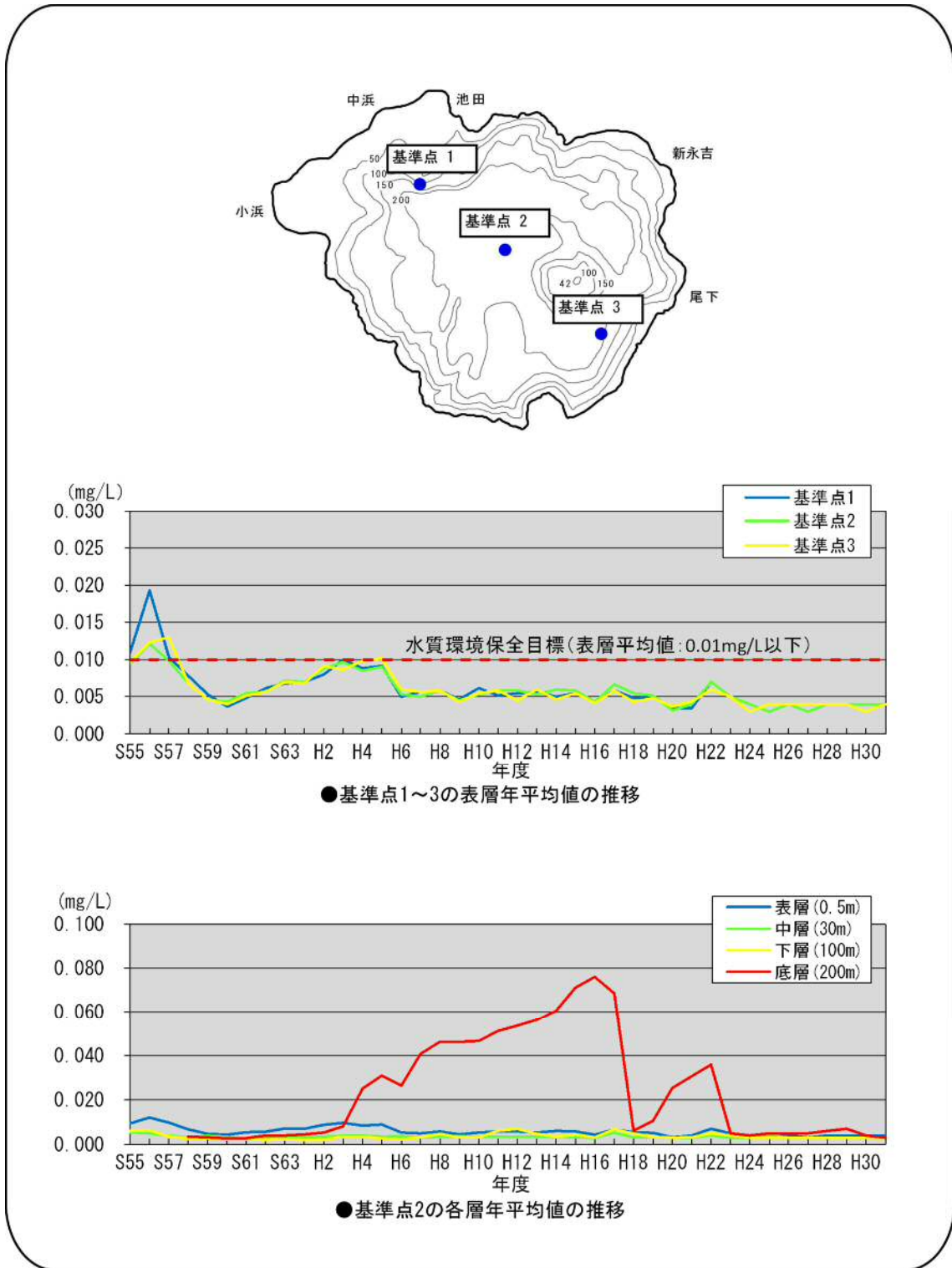


図 II-7 全りん (T-P) の状況

(4) 赤潮発生状況

図 II-8 に示す「赤潮確認日と全窒素 (T-N) ・全りん (T-P) 表層濃度^{注)}」の推移をみると、第 4 期計画期間中の平成 23 年度以降、赤潮は確認されなかった。これまでの傾向として、赤潮確認日及びその前後では、全窒素、全りんともに水質環境保全目標を超過する高い値がみられている。平成 10～11 年度は、全窒素は水質環境保全目標を超過したが、全りんは下回っており、赤潮は確認されなかったことから、赤潮は全窒素、全りんとも水質環境保全目標を超過した場合に発生しやすいことが考えられる。

現況の表層の全りん濃度は水質環境保全目標を十分下回っていることから、赤潮は発生しにくい状況にあると考えられるが、底層の無酸素状態が継続した場合、底層水の全りん及び全窒素の濃度は急激に再上昇するため、表層から底層に及ぶ湖水循環の発現による赤潮の発生が懸念される。

注) 植物プランクトンの増殖を促進する物質としては、鉄やマンガンなどの微量元素や、ビタミン B1, B12, ビチオンなどの水溶性ビタミン類などもあるが、ここではその基本的な物質であると考えられる窒素とりんを取り上げ、赤潮確認日と対比した。

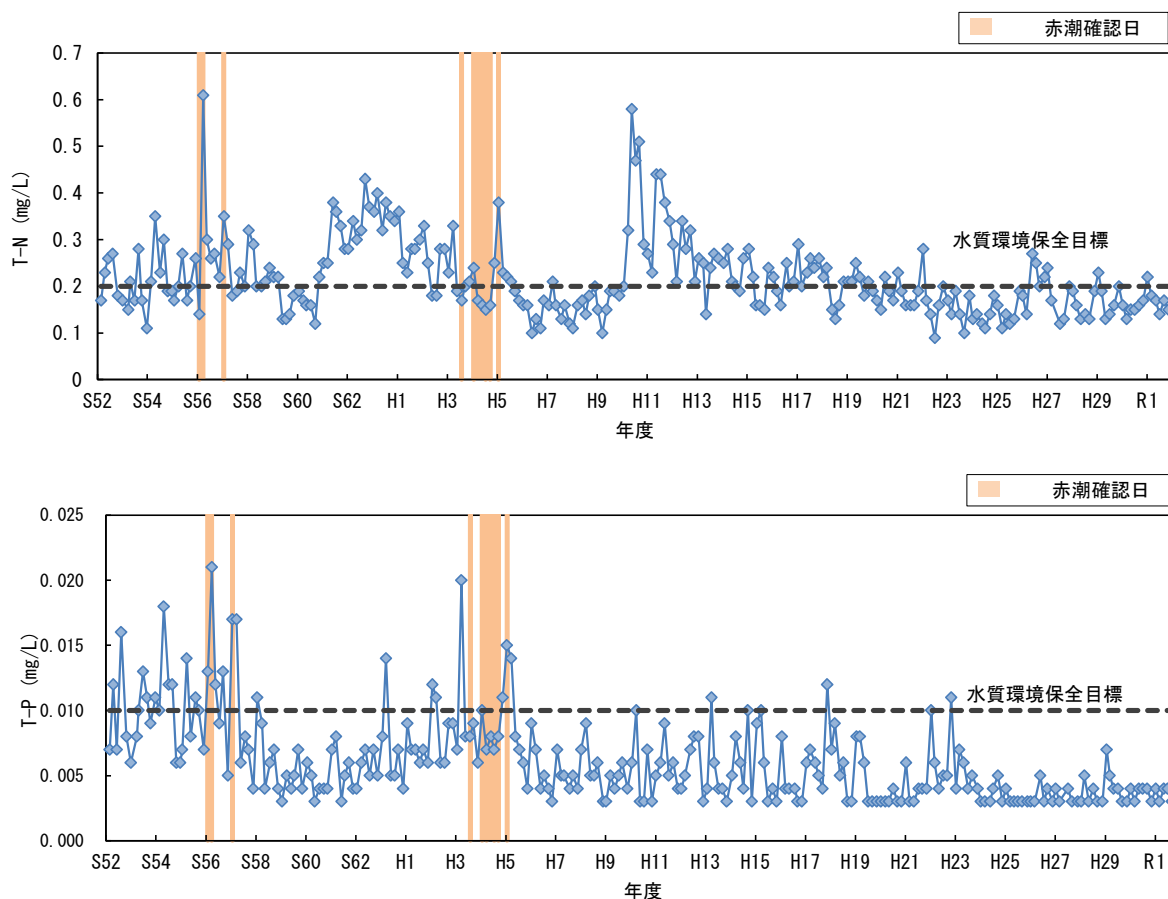


図 II-8 赤潮確認日と全窒素 (T-N) ・全りん (T-P) 表層濃度

※全窒素 (T-N) , 全りん (T-P) は基準点 2 の表層濃度である。

4 汚濁負荷量の状況

表 II-3 に、令和元年度の汚濁負荷量の状況を示す。

(1) COD

令和元年度の汚濁負荷量の総量は、平成 20 年度に比べて 68 kg/日削減され 59 kg/日となっており、許容汚濁負荷量 (419 kg/日) を 360 kg/日下回っている。

生活排水については、高度処理型合併処理浄化槽の設置が促進されたことや、観光客数の見直しが、畑かん注水については注水量の減少が主な要因となり平成 20 年度と比較し汚濁負荷量が減少している。

水産養殖については湖面養殖が増加したこと、農畜産・山林については、見直しによる林野面積の増加に伴い汚濁負荷量が増加している。

(2) 全窒素 (T-N)

令和元年度の汚濁負荷量の総量は、平成 20 年度に比べて 114kg/日削減され 41kg/日となっており、許容汚濁負荷量 (135kg/日) を 94kg/日下回っている。

畑かん注水については注水量の減少が主な要因となり平成 20 年度と比較し大幅に汚濁負荷量が減少している。その他の人為的汚濁源についても COD と同様の要因により増減している。

(3) 全りん (T-P)

令和元年度の汚濁負荷量の総量は、流出する負荷量が減少したことから、平成 20 年度に比べて 0.4kg/日増加し 2.3kg/日となっているものの、許容汚濁負荷量 (18.8kg/日) を 16.5kg/日下回っている。

流出負荷量は、湖水循環により底層の全りん濃度が低下したことが要因となり減少している。人為的汚濁源については、COD や全窒素と同様の要因により増減している。

表 II-3 汚濁負荷量の状況

(単位 : kg/日)

区分	COD					T-N					T-P						
	昭和55年度	平成元年度	平成10年度	平成20年度	令和元年度	昭和55年度	平成元年度	平成10年度	平成20年度	令和元年度	昭和55年度	平成元年度	平成10年度	平成20年度	令和元年度		
流入	人為的汚濁源	生活排水	71	78	54	43	10	14	14	15	9	4	3.4	1.2	1.1	1.3	0.6
		農畜産・山林	65	47	38	41	51	31	18	21	22	23	1.4	0.9	1.0	1.3	1.3
		工場	97	27	13	0	0	7	8	1	0	0	3.2	1.6	0.7	0.0	0.0
		水産養殖	233	110	68	0	5	69	31	20	0	2	19.0	9.2	5.9	0.0	0.5
		畑かん注水	-	5	65	38	4	-	89	322	112	13	-	0.3	1.6	0.9	0.1
	降雨	115	85	102	136	90	43	31	21	28	19	0.7	0.5	0.1	0.1	0.1	
	小計	581	352	340	259	160	164	191	400	171	60	27.7	13.7	10.4	3.6	2.6	
流出	湖外流出	39	68	130	132	101	21	25	31	16	19	0.5	0.4	3.1	1.7	0.3	
総量		542	284	210	127	59	143	166	369	155	41	27.2	13.3	7.3	1.9	2.3	
許容汚濁負荷量		419					135					18.8					
許容汚濁負荷量超過		123	0	0	0	0	8	31	234	20	0	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	
総量-許容汚濁負荷量		123	-135	-209	-292	-360	8	31	234	20	-94	8.4	-5.5	-11.5	-16.9	-16.5	

備考 : 網掛は総量が許容汚濁負荷量を超過していることを示す。
 : 湖外排出とは、畑かん取水と池田湖漏水の合計である。
 : 四捨五入の関係で小計が合わない場合がある。

5 湖水循環の状況等

(1) 第 4 期計画期間中の湖水循環の状況

基準点 2 における溶存酸素量 (DO) , 全窒素 (T-N) 及び全りん (T-P) の第 4 期計画推進以降の各層の推移を図 II-9～図 II-11 に示す。

DO についてみると、表層 (0.5m) は約 7～10mg/L、中層 (30m) は約 4～9mg/L の範囲で季節変動がみられている。下層 (100m) 及び底層 (200m) は、季節変動はみられない。下層では平成 24 年 2 月、平成 26 年 2 月、平成 30 年 2 月に、底層では、平成 24 年 2 月、平成 30 年 2 月に濃度上昇がみられた。平成 24 年 2 月、平成 30 年 2 月では、表層、中層、下層までほぼ同程度の濃度となっていることから湖水循環が発生したと考えられる。湖水循環後は、徐々に濃度が低下しながら推移する傾向がみられた。

全窒素及び全りんについてみると、表層、中層、下層では、多少の濃度変動はみられるものの、大きな変動は確認されなかった。底層では、無酸素状態による底泥からの窒素・りんの影響を受けて、濃度の高い状態が続いていたが、湖水循環により底層水の無酸素状態が解消され、全りんについては水質環境保全目標を概ね満足する範囲で推移する傾向がみられ、特に平成 30 年 2 月以降は、表層、中層、下層とほぼ同じ濃度で推移している。

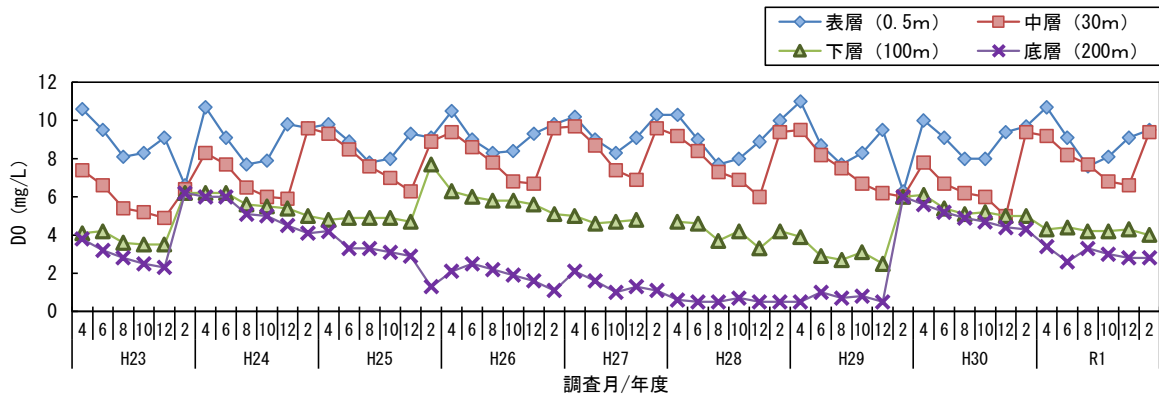


図 II-9 基準点 2 の D0 の推移

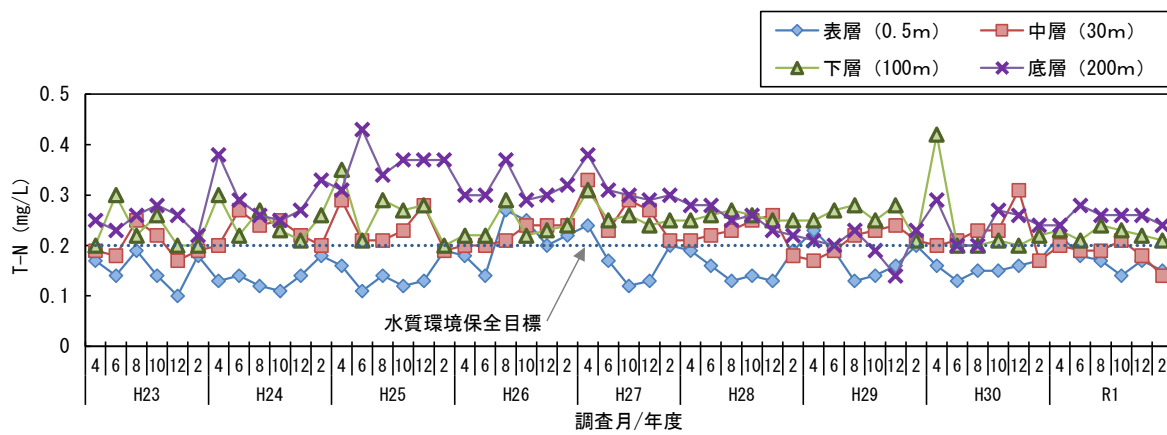


図 II-10 基準点 2 の全窒素 (T-N) の推移

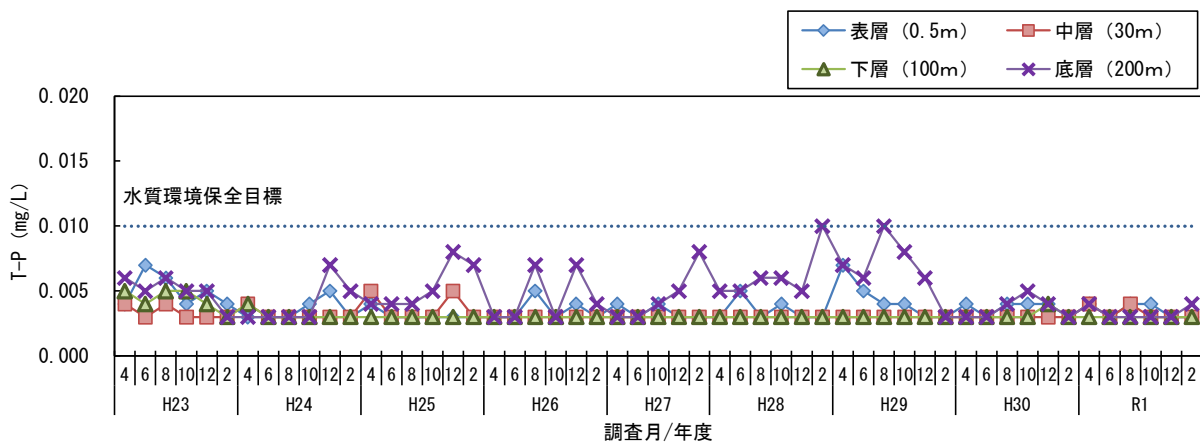


図 II-11 基準点 2 の全りん (T-P) の推移

(2) 底層水質の状況

平成 2 年度以降の底層（200m）における無酸素状態の継続に伴い、底層の COD、全窒素（T-N）、全りん（T-P）の濃度は、平成 4 年度以降上昇し、第 3 期計画期間中の平成 16 年度には、全窒素は水質環境保全目標値の約 2.5 倍、全りんは目標値の約 6 倍の濃度にまで上昇したが、平成 18 年 2 月に発生した、表層（0.5m）から下層（100m）に及ぶ湖水循環の影響を受けて全窒素及び全りんの濃度は大幅に低下した。

その後、底層の無酸素状態が継続したため、その濃度は平成 22 年度まで再上昇したが、平成 23 年 2 月に発生した表層から底層に及ぶ湖水循環で湖水が均一化したことから、その濃度は低下し、平成 23 年度以降はおおむね横ばいで推移している。

底層の濃度上昇は、無酸素状態により底泥から COD 成分、窒素、りんが溶出し、底層水に急速に蓄積されたためと考えられている。気候変動等の影響を受け、湖水循環が起きにくい状況となり、底層の無酸素状態が継続する場合、底泥に COD 成分、窒素、りんが蓄積し、湖水循環の発現により底層に蓄積された窒素、りんが表層に供給され赤潮が発生しやすい状況に転ずる可能性がある。また、湖水循環のない状態がさらに継続すると、底層の無酸素状態が上層域に拡大することによる生態系への影響が危惧される。