

### 4.3 東京湾および流入河川の水量・水質の過去の再現

#### 4.3.1 東京湾とその流域圏の水環境の変遷

2.でも触れたとおり、東京湾流域圏においては、高度経済成長期以降、首都郊外の土地開発が活発に進められることにより、生物の生息生育環境が大きく変質してきた。水環境については、図- 4.3.1.1に示すとおり、東京湾の水質悪化が河川と同様に 1950 年代後半から顕著になり、1970 年頃にピークに達した。東京湾に対しては、流域からのインパクトに加えて、干潟の埋め立てを中心とする直接改変のインパクトも作用しているが、東京湾の水質改善には流域から発生する負荷量の削減の取り組みが不可欠である。

そこで流域からの汚濁負荷量の削減を目指して、1978 年には COD の総量規制制度が導入された。現在は、2009 年度を目標とする汚濁負荷量の総量の削減に関する基本的な事項を定める第 6 次の総量削減基本方針の検討が環境省により進められている<sup>1)</sup>。また公共用水域の水質環境基準を達成維持するための下水道整備を効果的に実施することを目的として、東京湾流域下水道整備総合計画が平成 24 年を目標年次として平成 9 年に策定されている<sup>2)</sup>。このような法的な規制や計画は水質改善に大きな役割を果たしてきたが、栄養塩である窒素、リンの流入による植物プランクトンの増殖による有機物の増加による赤潮や青潮の発生が定常化する状況が続いている。

このように、東京湾流域圏には、流域の自然システムに負担をかけながら都市的活動様式を拡大させていくという流域圏に関わる問題の構図が端的に現れており、自然と共生した流域圏の形成に向けた施策検討に最も適した対象の 1 つである。

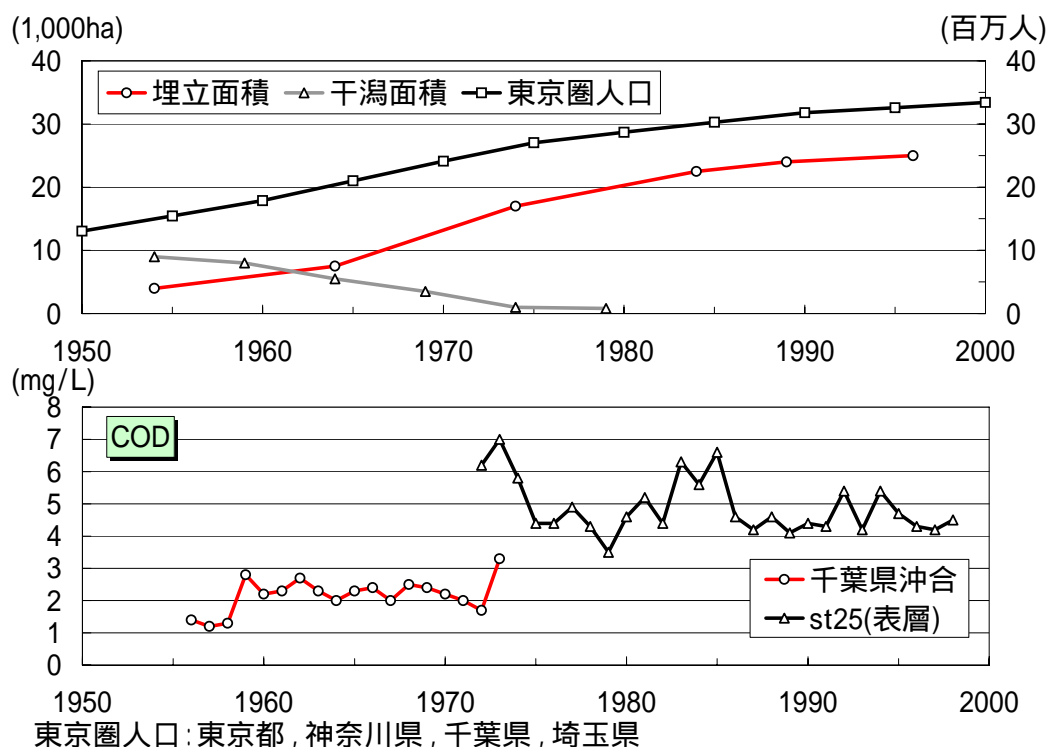


図- 4.3.1.1 東京湾流域の人口、干潟面積、埋立及び水質の経年変化<sup>3)</sup>

#### 4.3.2 過去再現の試みの意義

閉鎖性水域の水環境の変化は長期にわたることが一般的である。大局的な政策検討の方向性を検討する上で、水環境が良好であった時期から悪化に至るまでの変遷過程を再現することは重要であり、これまでも過去から現在までの水質再現の試みが行われている<sup>4)-7)</sup>。

これらの検討において、流域からの流入負荷量は 原単位法、 流入河川のL-Q式と流量、 平均流量と平均水質、 などの方法により算定される。これらの手法の問題点としては、面源負荷や合流式下水道越流水(CSO)のような雨天時汚濁負荷の流出形態を十分に考慮していないこと、全ての流入河川については評価していないこと、 の方法については、L-Q式を平水時の実測値に基づき作成されている場合は、降雨時の流入負荷を過小に評価されている可能性があること等が挙げられる。分布型の流域水物質循環モデルは上記の事項をある程度考慮でき、また、流域の土地利用形態や産業構造、人口分布の変化を考慮した流域から閉鎖性水域までの長期的な環境変遷を総合的に分析する上で有用である。

今後の政策検討に向けた方向性の議論を深める上で、大局的に水環境の変遷を理解することが必要であると考え、東京湾に適用した流域水物質循環モデルを用いた過去から現在までの東京湾と流入河川の水質再現を試みた。この結果をふまえ、水環境悪化の原因の理解に資する情報を得る。

#### 4.3.3 東京湾流入河川における過去再現

##### (1) 過去の再現計算のための設定条件

東京湾の水質に関して、有機汚濁の課題としては、1976年以降改善が見られず、環境基準を達成していないことがあげられる。

1950年 : 水質良好

1970年 : 水質汚濁著しい(ピーク)

1976年～現在 : ほぼ横這い

また、流入河川についても同様に1970年頃汚濁のピークがあり、その後改善傾向にある。そこで、1950年、1970年、1976年、現況(2001年)について、河川、海域の水質の関係を再現し、流域条件と水域の関係性を明らかにする。過去の再現計算を行う年度は東京湾の水質がまだ良好であった1950年、水質悪化が著しかった1970年および水質汚濁防止法制定後の1976年とし、各設定年度の年間計算を行う。

なお、過去再現計算時の条件設定に際しては、極力、再現年当時のデータ収集に努めたが、当時の知見がない条件については、近傍の年の情報がある項目についてはトレンドから求め、また、それらの知見も無く、水物質循環へ与える影響が大きくないと考えられる項目については現況と同じ値を設定した。

以下に、過去再現のための各設定年度の検討条件について整理する。

##### 1) 流域地形・地質・土壌分布

現況と過去において流域の状況(土地利用や汚濁負荷発生)の違いを比較することから、過去の流域地形については現況と同じとする。

また、地形と同様に、過去の地質、土壌分布、河川流路および流域分割についても現況と同じとする。

## 2) 土地利用

国土数値情報(S51)を現況と同様の方法でメッシュデータとして使用した。ただし、1950年頃は市街地の建坪率や舗装率が低かったと考えられることから、1976年のデータを用いて、市街地の土地利用パラメータを荒地地に変えて計算を行った。

## 3) 気象条件

### a) 降雨量、日照・気温等

現況と同様に、東京湾流域を気象庁アメダス4要素観測所によりティーセン分割を行い、アメダス観測所日データより各メッシュのデータを作成した。ただし、1950年については、東京、前橋、熊谷、宇都宮の4観測所のみの観測であるため、これらの観測所の測定値から、分割は変えず近傍の観測所との相関から推定した。

### b) 湿度

現況と同様に、東京湾流域を気象庁の地上気象観測所(气象台・測候所)によりティーセン分割を行い、測候所日データより各メッシュのデータを作成。ただし、1950年については東京の観測所のみの観測であるため、このデータを用いて推定した。

## 4) 人口

地域メッシュ統計(H12)より作成した現況のメッシュ人口に、国勢調査(調査年以外は線形補間)の現況との比率を乗じて算出している。

## 5) 上水道水源

### a) 取水位置

現況は、関東地建水利権一覧(1996)の水利権 5m<sup>3</sup>以上の堰を対象として設定している。過去再現においても大口取水堰の位置は現況と同じとする。ただし、1950年については、S40年水道統計の水源別割合を参考に、埼玉県、群馬県、茨城県、栃木県では大口の取水は行わず、すべて近傍からの地下水取水とした。

### b) 取水量

現況は、水道統計(2001)の県別一人あたり水道取水量から算出した、地下・地表別取水量原単位に人口を乗ずることで取水量を算出し、各メッシュより取水している。過去再現については、一人あたり使用量経年変化(水資源白書)から現況との比率を求め、県別一人あたり取水量を算出し、メッシュ人口を乗じて算定している。地下・地表別取水割合は現況と同じとするが、1950年の埼玉、群馬、茨城、栃木における取水は全量を地下水取水とする。

## 6) ダムの設定

1976 年のについては、現況と同様にダムの実績放流量を与えているが、1970 年と 1950 年についてはモデル上でのダム流入量をダム放流量として与える。

## 7) 処理形態別人口

### a) 下水処理人口

4)で算出した各メッシュの人口に下水道普及率を乗じることで算出する。下水道普及率は、下水道統計(H13)に記載されている処理場稼働開始年をもとに下水処理場の有無を決定し、現況の普及率との線形補完により推定する。

### b) その他の処理形態別人口

4)で算出した各メッシュの人口から下水処理人口を除いた人口に、処理形態別の人口割合を乗じて算出する。ここで、処理形態別の人口割合は、全国ベースの処理形態別人口割合の経年変化(世界水フォーラム資料 2003<sup>8)</sup>)をもとに設定した。

## 8) 下水処理場

### a) 下水処理場位置

処理場位置は下水道統計(H13)から決定した現況の処理場位置と同じとし、同じく下水道統計(H13)に記載されている処理場稼働開始年より処理場の有無を決定する。

### b) 処理水量

7)で算出した下水処理人口に、5)で算出した一人当たりの水道使用量を乗じて算出する。

### c) 処理水質

過去の下水処理場放流水質が不明なため、現況と同じ 2001 年の実測放流水質を使用した。

## 9) 家畜

飼養頭数について、農林業センサス(1950～)の県別牛豚頭数を市町村ごとに現況割合で割り振る。

## 10) 農業用水

### a) 取水位置

取水位置は合口化により多少変わるが、現況固定としても東京湾全体としてみると影響は少ないので変えない。なお、大口取水は現況と同様に、関東地建水利権一覧(1996)の水利権 5m<sup>3</sup>以上の堰を対象として設定する。

### b) 給水範囲

現況と同様に、かんがい用水地域現況図(1973)および利水現況図(1981)から設定する。

### c) 取水量

現況と同様に、田・畑面積に期別減水深をかけて算出し、水資源白書(2003)より地下水・地表水利用割合を設定する。

## 11) 工業用水

現況は、工業統計表(2001)をもとに算出した都県別の地下水取水、地表水取水を、工業統計メッシュ(2000)のメッシュ毎製造品出荷額にもとづき比例配分して算出している。過去再現においては、工業統計の出荷額について現況との比率を求め、そこから算出したメッシュ毎製造品出荷額と淡水使用量から算出する。なお、地下水取水、地上水取水比率は現況と同様に設定する。

## 12) 負荷量原単位

### a) 生活系

過去再現計算では流域別下水道整備総合計画調査指針と解説 昭和49年版(以下、「流総指針(1974)」と略記)を使用する(表-4.3.3.1)。

表-4.3.3.1 生活系負荷量原単位(g/人/日)

		BOD	COD	T-N	T-P
流総指針 (1999)	単独処理浄化槽	22.7	22.5	10.1	0.94
	合併処理浄化槽	2.9	5.4	6.05	0.91
	し尿処理場	21.8	19	6.95	1.03
	自家処理	20	17	2	0.4
	未処理	29	27	11	1.3
流総指針 (1974)	単独処理浄化槽	17.45	19.075	10.1	0.742
	合併処理浄化槽	2.2	4.4	6.05	0.679
	し尿処理場	16.8	16.8	6.95	0.799
	自家処理	15.5	15.5	2	0.4
	未処理	22	22	11	0.97

### b) 工業系

工業系の負荷量および水利用量については、2001年の原単位をベースとして、負荷量原単位を「企業物価指数によって補正した全国製造品出荷額」、「出荷額あたりの淡水使用量」の現況との比で補正する(表-4.3.3.2)。

負荷量原単位(設定年)(g/日/百万円) =

$$\text{負荷量原単位(2001)} \times \left\{ \frac{\text{全国淡水工業用水使用量(設定年)}}{\text{全国淡水工業用水使用量(2001)}} \right\} / \left\{ \frac{\text{全国製造品等出荷額(設定年)}}{\text{全国製造品等出荷額(2001)}} \right\}$$

なお、淡水使用量データが1963年までしか残っていないので、1950年当時の淡水使用量については、物価調整後の出荷額を用いて外挿する(図-4.3.3.1)。

また、1971年以降(排水規制後)のCOD、BODに関しては、排水規制がかかっている場合の原単位をベースに作成、1950、1971年より前に関しては原水水質を用いて作成した原単位をベースとし、T-N、T-Pに関しては、1971年以前は原水水質を用いて作成した原単位をベースとし、1972～1993年は原水水質を用いて作成した原単位にそれぞれ除去率

50%<sup>9)</sup>、70%<sup>10)</sup>を設定するものとし、1994年以降(窒素、リンの排水規制以後)は、排水規制がかかっている場合の原単位をベースに作成する。

表-4.3.3.2 工業統計および補正值一覧

	淡水使用量 (m3)	淡水使用量比	出荷額 (百万円)	企業物価指数	補正出荷額 (百万円)	出荷額比	出荷額あたり 淡水使用量比
2001	147,978,001	1	246,765,172	658	246,765,172	1	1
2000	151,964,513	1.027	258,000,311	664.2	255,591,997	1.036	0.991
1999	150,276,508	1.016	248,549,195	664.3	246,192,037	0.998	1.018
1998	151,166,447	1.022	258,782,312	687.5	247,678,198	1.004	1.018
1997	152,124,115	1.028	275,284,572	698.4	259,360,321	1.051	0.978
1996	148,943,353	1.007	265,470,031	688	253,894,303	1.029	0.979
1995	148,145,562	1.001	258,361,075	687.2	247,382,985	1.003	0.998
1994	147,550,167	0.997	251,683,203	693.7	238,730,788	0.967	1.031
1993	149,289,286	1.009	260,364,113	708.1	241,942,644	0.98	1.03
1992	150,696,042	1.018	275,059,020	729.3	248,167,880	1.006	1.012
1991	149,091,728	1.008	283,499,448	741.3	251,642,570	1.02	0.988
1990	146,763,307	0.992	269,058,361	745.4	237,510,600	0.962	1.031
1989	143,795,529	0.972	248,550,140	730.4	223,912,914	0.907	1.072
1988	139,525,392	0.943	227,199,411	712.1	209,938,509	0.851	1.108
1987	137,302,666	0.928	209,498,998	719.3	191,645,128	0.777	1.194
1986	136,290,012	0.921	210,342,207	747.3	185,206,975	0.751	1.226
1985	137,309,344	0.928	221,207,389	822.4	176,987,429	0.717	1.294
1984	136,884,426	0.925	210,207,068	831.5	166,345,461	0.674	1.372
1983	133,868,126	0.905	194,020,125	833.7	153,130,913	0.621	1.457
1982	133,913,578	0.905	189,813,883	852.7	146,473,009	0.594	1.524
1981	137,304,655	0.928	184,986,899	837.7	145,304,261	0.589	1.576
1980	138,927,021	0.939	174,993,024	826.1	139,384,348	0.565	1.662
1979	137,816,465	0.931	148,585,206	701.5	139,371,441	0.565	1.648
1978	132,994,138	0.899	132,679,481	653.8	133,531,812	0.541	1.662
1977	131,707,125	0.89	128,052,596	670.8	125,609,136	0.509	1.749
1976	127,862,787	0.864	118,891,253	658.3	118,837,072	0.482	1.793
1975	121,624,813	0.822	104,079,719	626.7	109,277,892	0.443	1.856
1974	120,040,024	0.811	105,025,338	608.7	113,531,579	0.46	1.763
1973	113,914,888	0.77	84,260,749	463.3	119,670,997	0.485	1.588
1972	101,457,557	0.686	66,563,528	400	109,497,004	0.444	1.545
1971	95,247,099	0.644	60,999,674	396.8	101,153,693	0.41	1.571
1970	85,041,878	0.575	57,737,182	399.9	95,001,415	0.385	1.494
1950	7,086,000	0.048	2,294,333	246.8	6,116,982	0.025	1.92

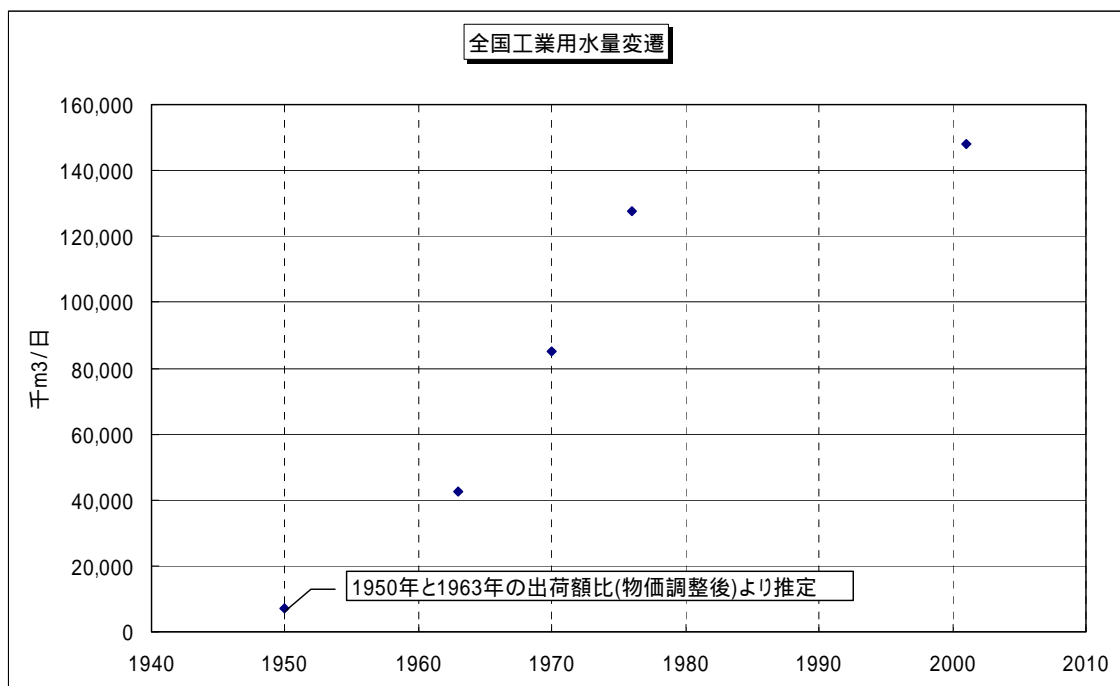


図- 4.3.3.1 工業用水淡水使用量の変遷

最後に、これらよりメッシュ負荷量を算出する。算定された工業系負荷原単位設定値は表- 4.3.3.3の通りとなる。

$$\text{メッシュ負荷量(設定年) (g/日)} = \text{COD 負荷量原単位(設定年)(g/日/百万円)} \times \text{メッシュ出荷額(設定年)(百万円)}$$

表- 4.3.3.3 工業系負荷量原単位(g/日/百万円)

	BOD	COD	T-N	T-P
2001	1.65	3.66	1.98	0.12
1976	2.96	6.57	35.05	0.95
1970	19.87	104.58	58.42	2.64
1950	25.54	134.40	75.07	3.40

c) 家畜

BOD は現況と同様に流総指針(1999)から、COD、T-N、T-P は東京湾流総(1997)を使用する(表- 4.3.3.4)。

表- 4.3.3.4 家畜負荷量原単位(g/頭/日)

項目	牛	豚	出典
BOD	64	20	流総指針(1999)
T-N	37.8	4	東京湾流総(1997)
T-P	5.6	2.5	
COD	53	13	

13) 東京湾計算条件

a) 入力データ

流域モデルによる流入量、流入負荷量の過去再現計算結果を用いた。

b) 境界条件

沿岸地形は東京湾における埋め立ての変遷データ<sup>11)</sup>をもとに、潮位は海上保安庁 HP<sup>12)</sup>の潮汐推算をもとにそれぞれ当時の条件を設定し、その他の条件については現況と同じ設定で計算を行った。なお、文献<sup>11)</sup>から当時干潟があったと考えられる沿岸域については干潟の浄化機能を現況と同様に無機態窒素の溶出速度に反映させている。図- 4.3.3.2に過去再現計算における沿岸地形を示す。

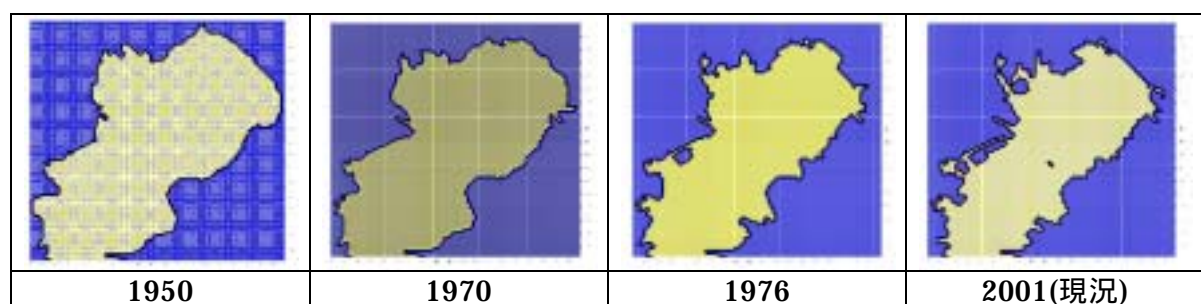


図- 4.3.3.2 過去再現計算における沿岸地形

## (2) 過去再現の計算と考察

### 1) 河川流量・水質の再現計算

はじめに、流域水物質モデルによる過去の河川水量および河川水質の再現性を調べるため、河川流量 10 地点、河川水質 4 地点について計算値と実測値の比較を行った(観測実績がない地点、項目を含む)。

表- 4.3.3.5 検証データ

河川流量	流量年表	流量年表	流量年表(栗橋のみ)
河川水質	水質年表(2001年版)	水質年表(1976、1970年版)	1950年観測データ

#### a) 河川流量再現性の検証

河川流量について1950年、1970年および1976年の再現計算結果の年間変動を図- 4.3.3.3に示す。観測値がある地点での検証を行ったところ、全体的に良好に再現できているが、1950年や1970年の利根川・栗橋地点は低水時の再現性が不十分である。この理由としては当時の雨量観測地点数が疎であり、利根川上流域の山間部は降雨量の少ない前橋地点のデータを用いているために、春の融雪期及び夏の出水後において流量の再現性があまり良好でないことが考えられる。このことは現象のモデリングの解像度向上とモニタリングデータの充実が不可分であることを示唆するものである。この他、1950年については1976年の土地利用データを用いて計算していることの影響も考えられる。1976年についてもその他の各河川の中流域地点についても、低水部の再現性がやや不十分である。



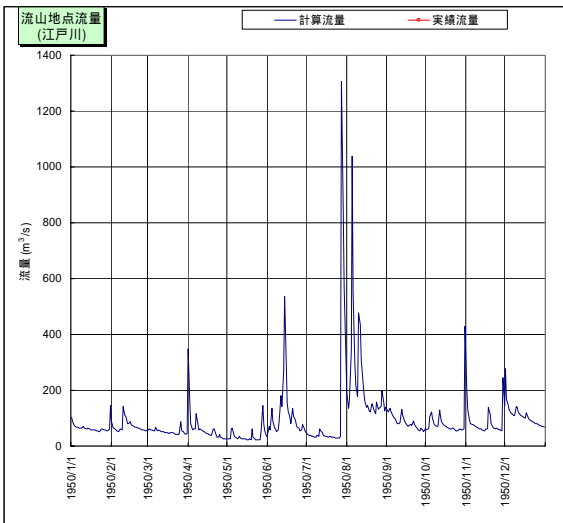
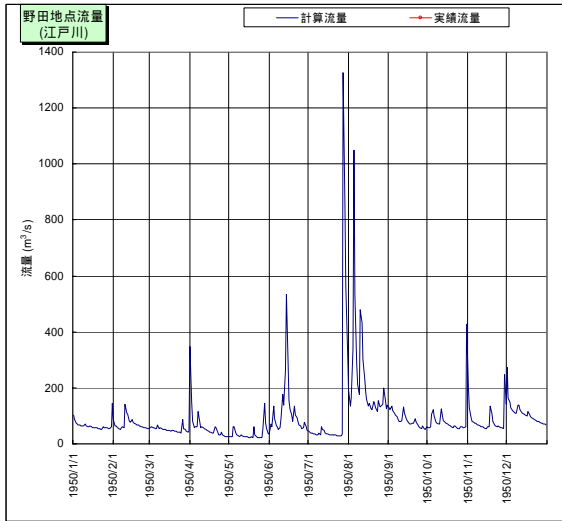
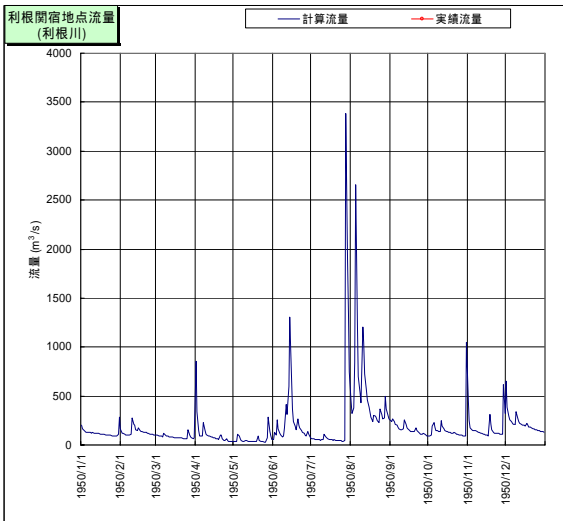
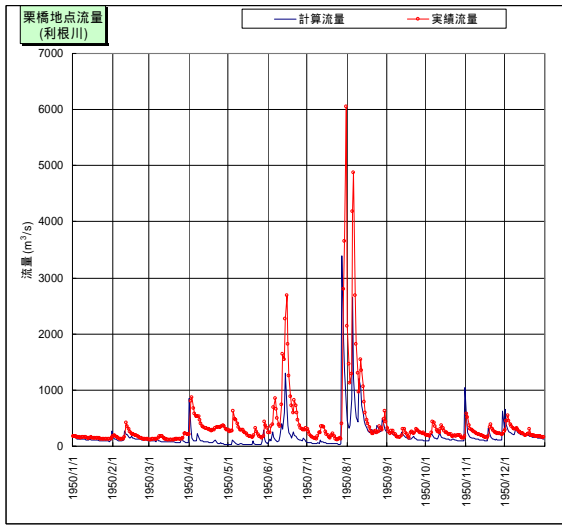
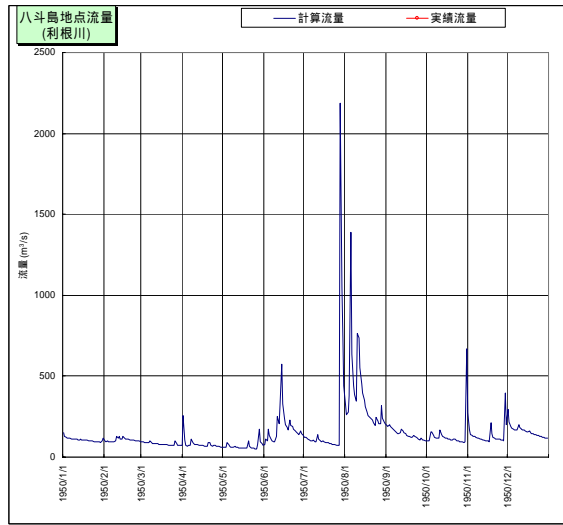


図- 4.3.3.3(1) 河川流量の過去再現 1950年

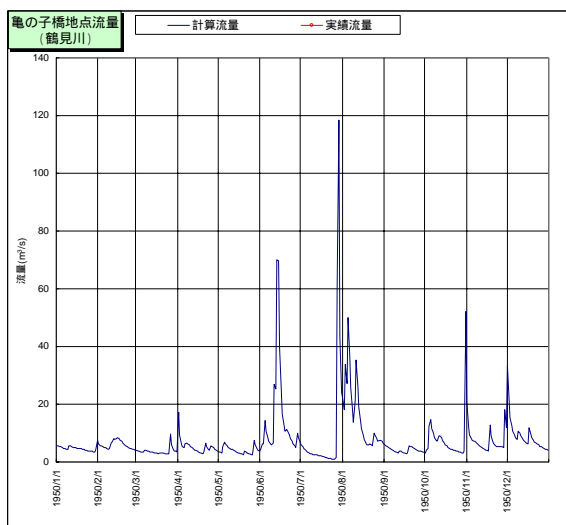
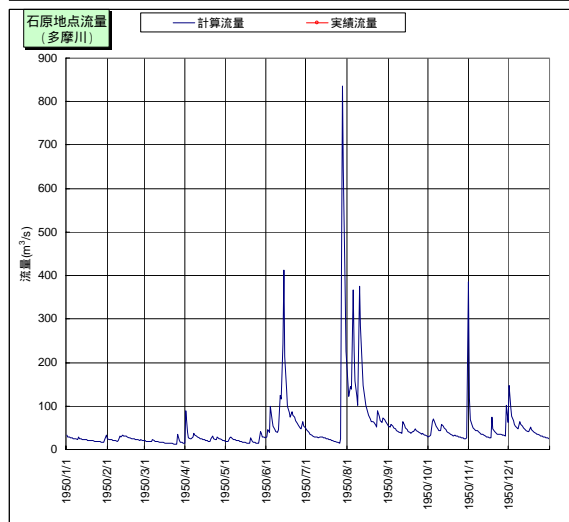
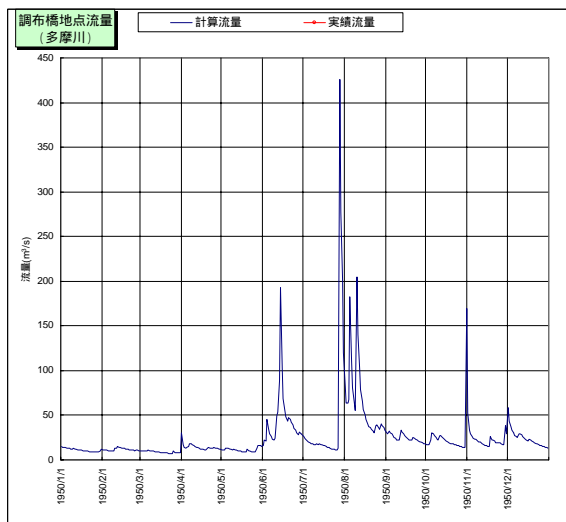
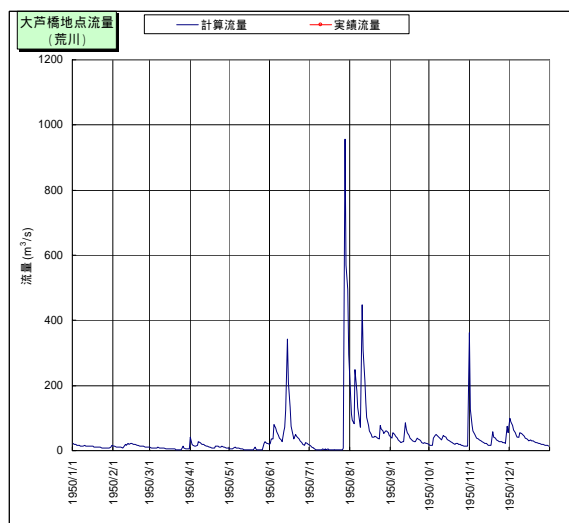
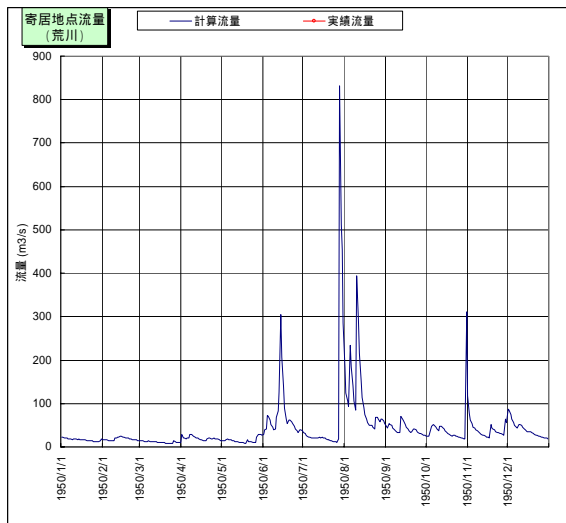


図- 4.3.3.3(2) 河川流量の過去再現 1950年

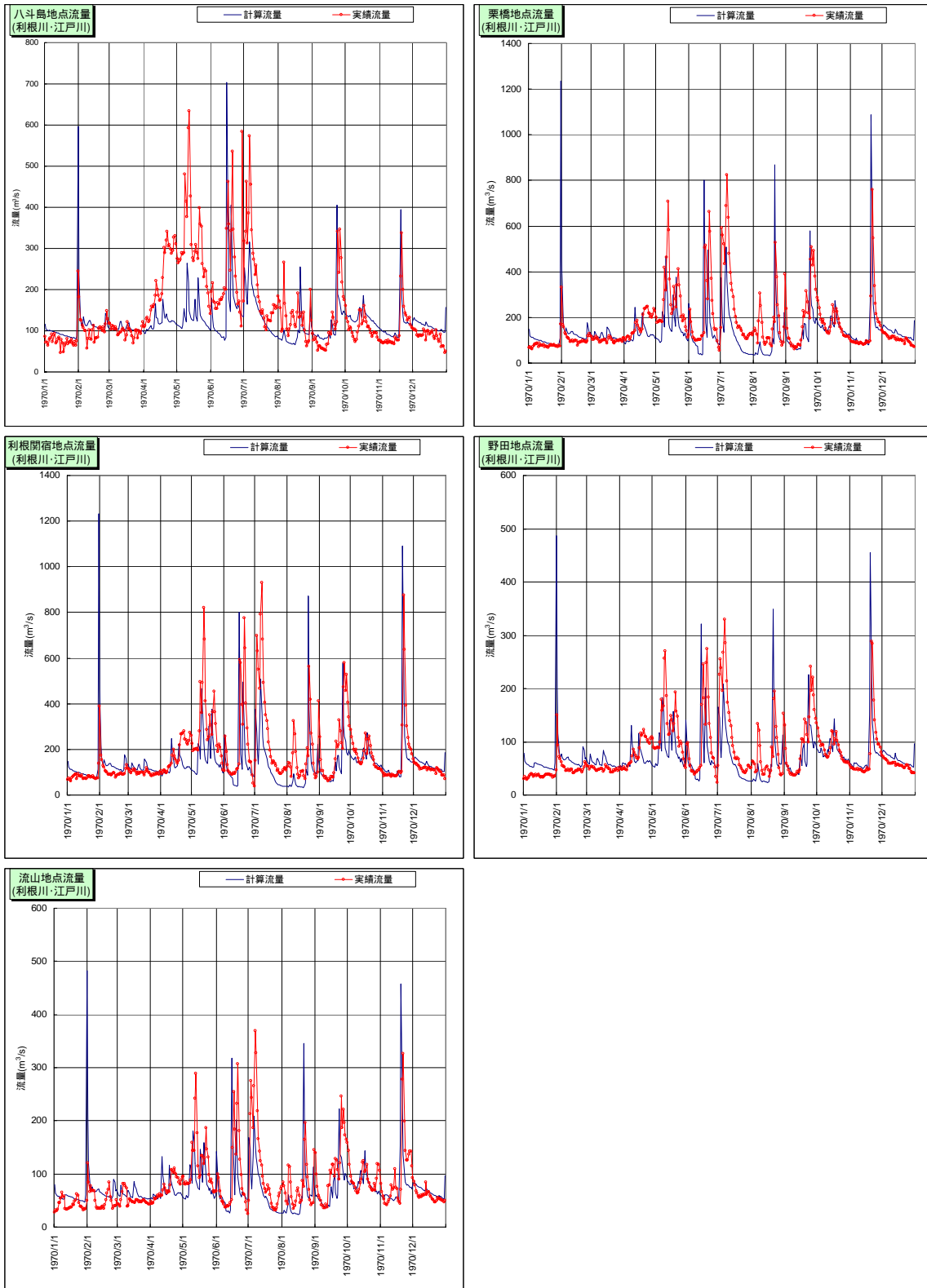


図- 4.3.3.3(3) 河川流量の過去再現 1970年

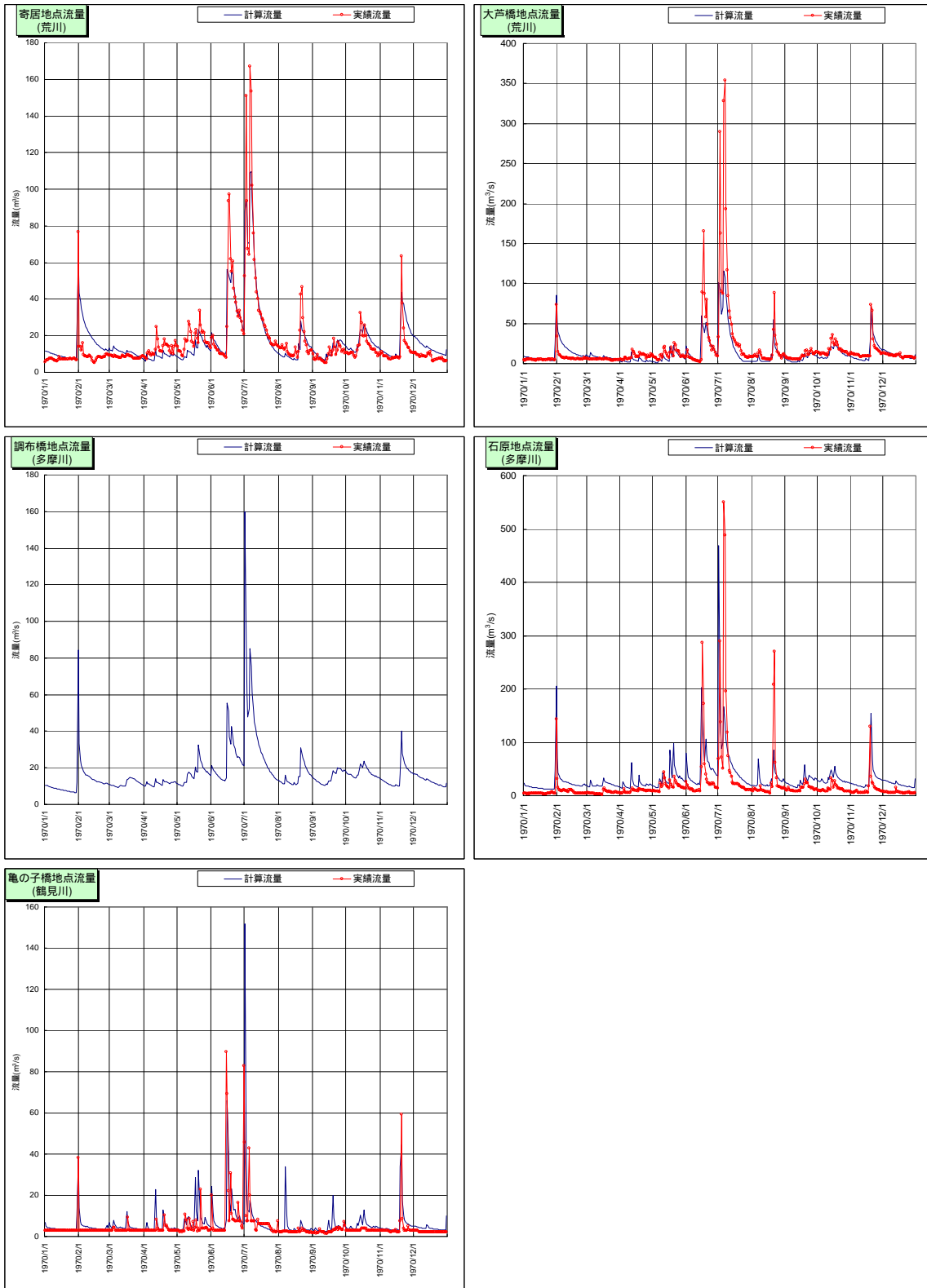


図- 4.3.3.3(4) 河川流量の過去再現 1970年

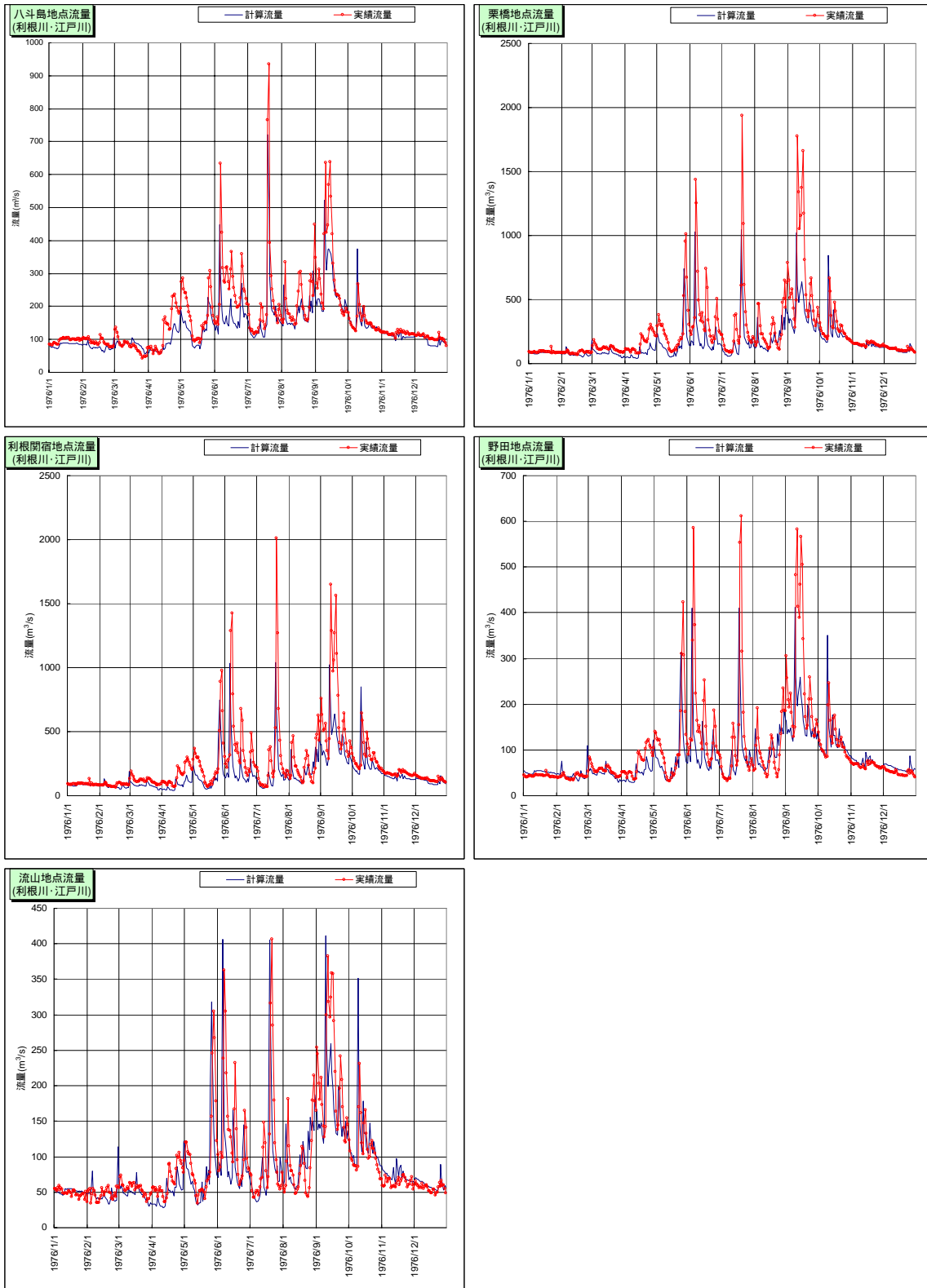


図- 4.3.3.3(5) 河川流量の過去再現 1976 年

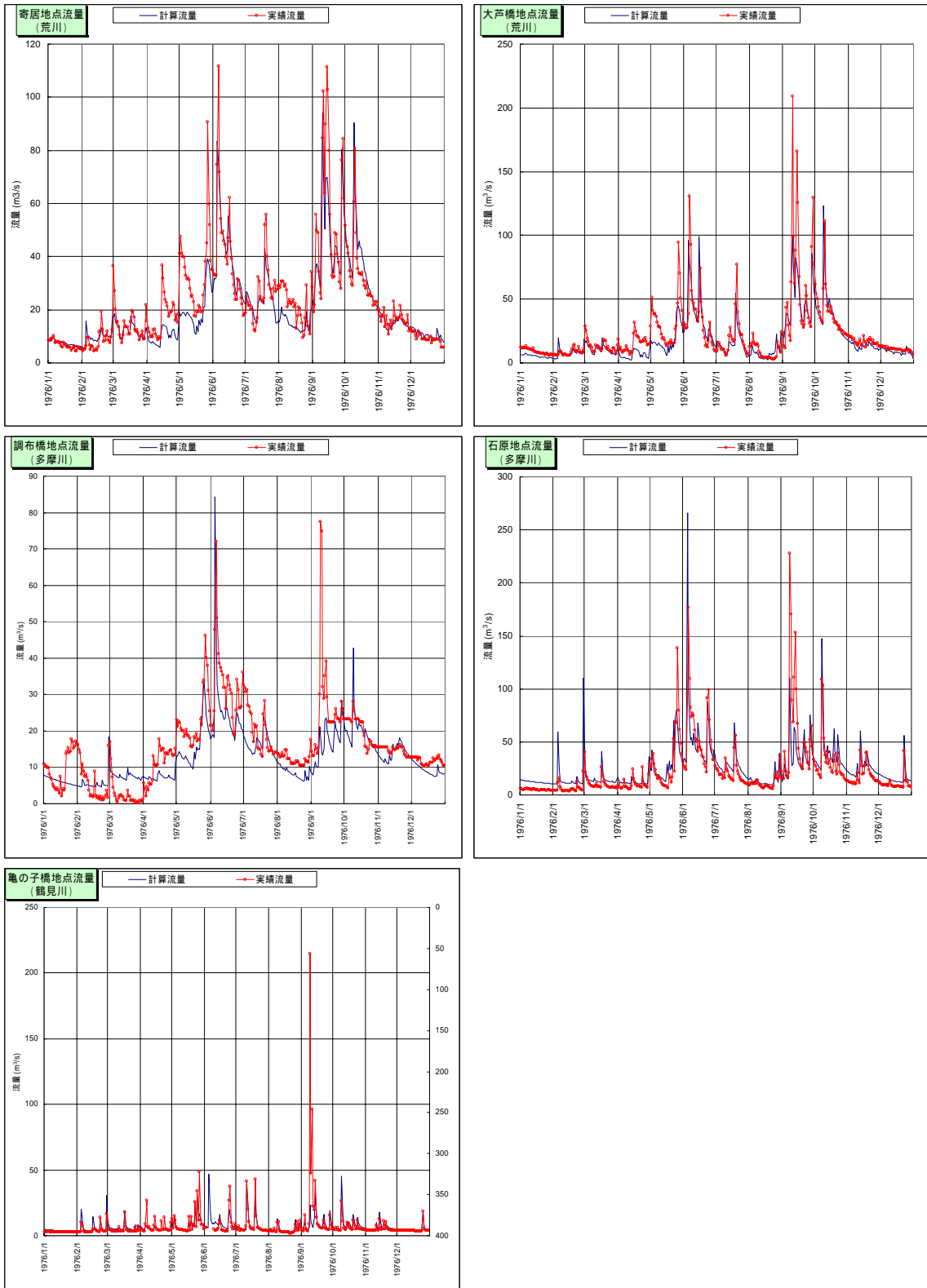


図- 4.3.3.3(6) 河川流量の過去再現 1976年

## b) 河川水質再現性の検証

次に 1950 年、1970 年、1976 年における河川水質の計算結果を示す。1970 年、1976 年においては実測値があるものについては重ね合わせて比較を行った。対象地点は現況再現と同一地点である。ただし、1970 年については中川八条(河口から 26.5km)については柿の木(同 29.9km)の実測値を、多摩川調布橋(河口から 59.4km)については日野橋(同 39.9km)の実測値を、鶴見川亀の子橋(同 13.9km)については大綱橋(9.0km)の実測値を代用した。調布橋と日野橋との間に約 20km もの距離があり、区間内に羽村堰という大規模な取水堰があること、また鶴見川大綱橋については感潮区間であることに留意する必要がある。また T-N の 1970 年、1976 年での実測値について観測していない場合は、I-N などの計測されている数値を代用している。

1950 年の各地点の河川水質の年間変動を図- 4.3.3.4に、1970 年については図- 4.3.3.5に、1970 年については図- 4.3.3.6に示す。例えば 1976 年の荒川笹目橋地点の COD 値については、1976 年 6、7 月に実測と異なる傾向を示す部分がみられた。またその他の水質については、現況再現と同様に過去再現についてもモデル計算によって河川水質の時間変化特性を概ね再現できている。実測データが得られた他の地点、年次においても概ね同様の結果が得られた。これらのことから、過去から現在までの東京湾における水環境の変遷の理解に資する情報を得られるものと考えられる。

また検証地点のうち代表的な 6 地点について LQ 式を図-4.3.3.7、図-4.3.3.8 に計算値および実測値について示した(1970 年、1976 年)。現況と同様に低水部で計算値と実測値で乖離が見られる地点もあるが、ほぼ同一の LQ 式である地点もある。

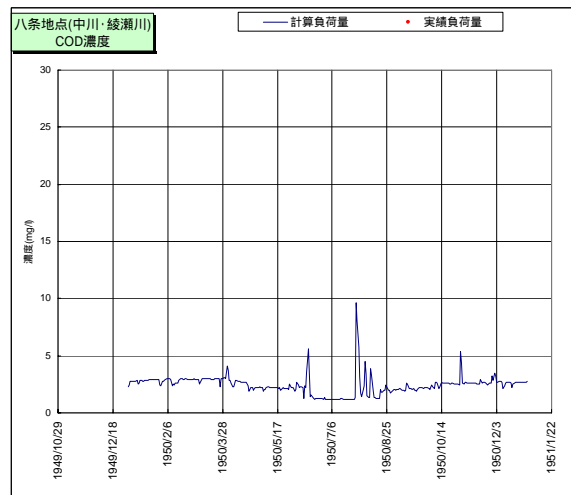
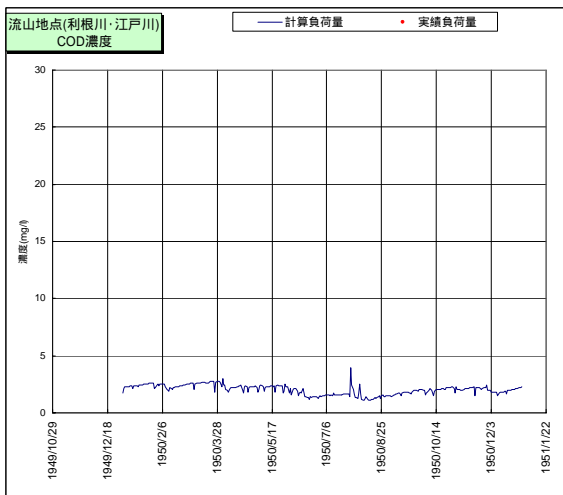
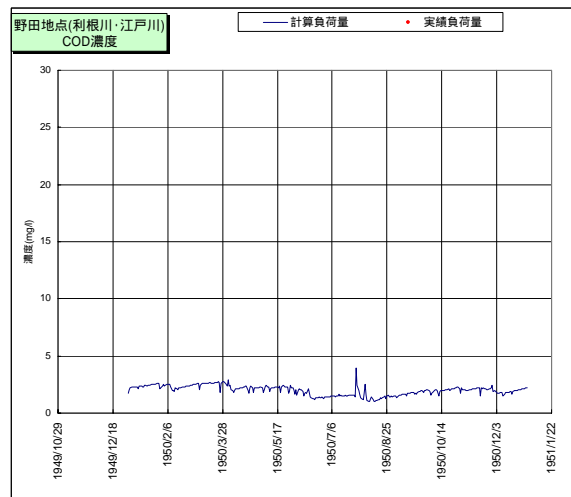
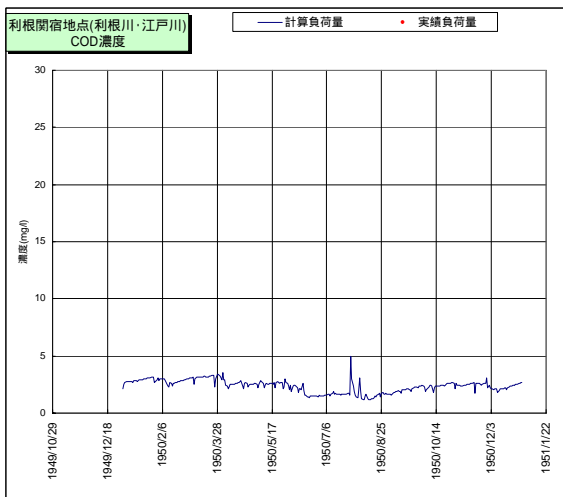
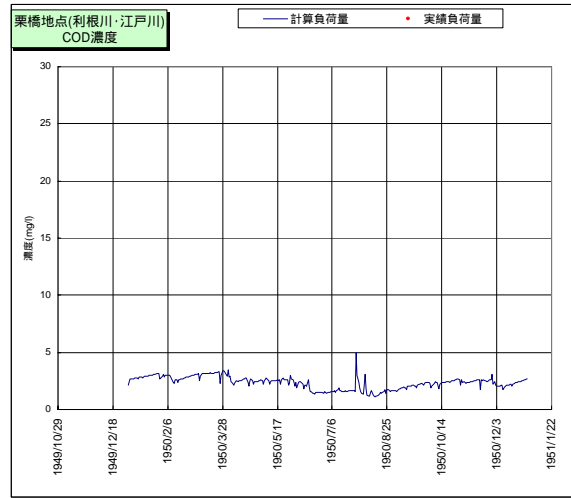
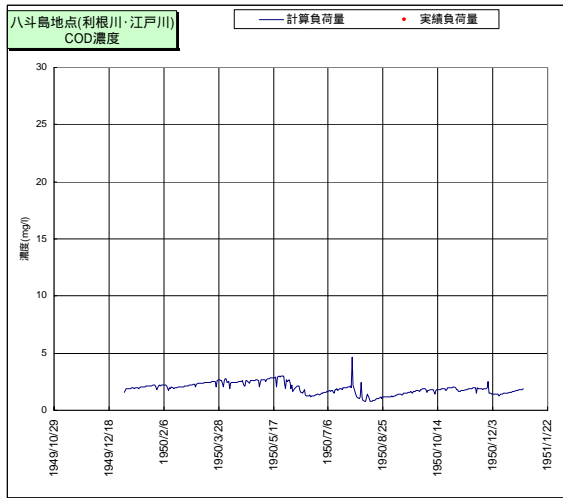


図- 4.3.3.4 (1) 水質(COD)の再現結果 (1950年)



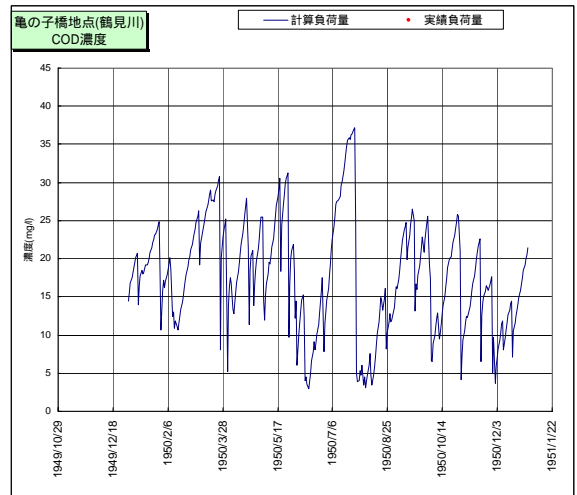
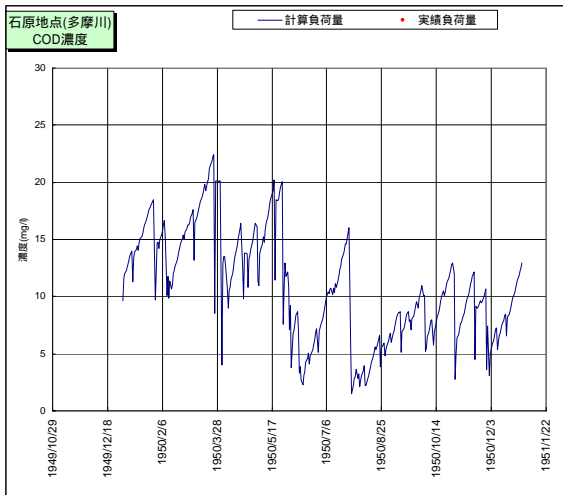
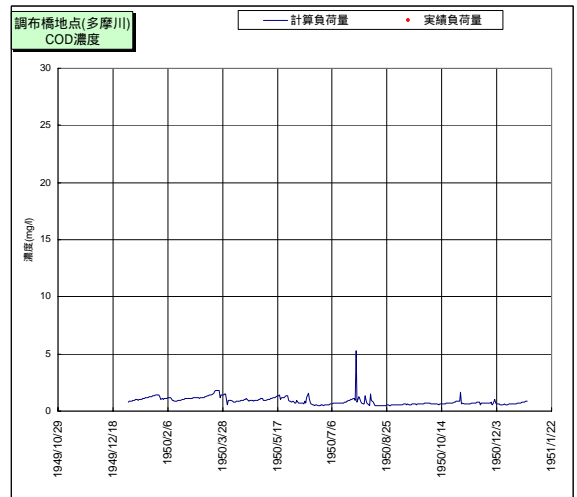
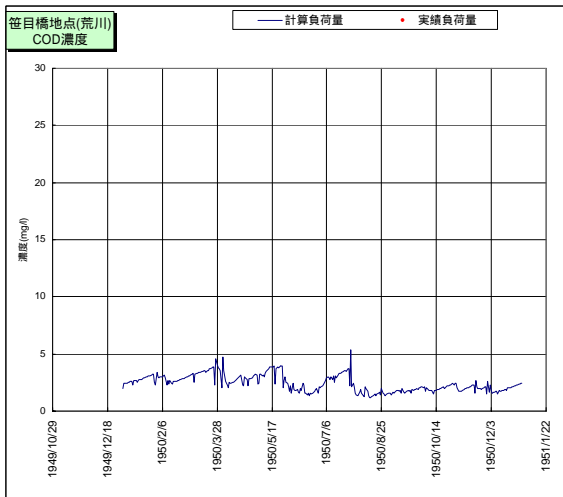
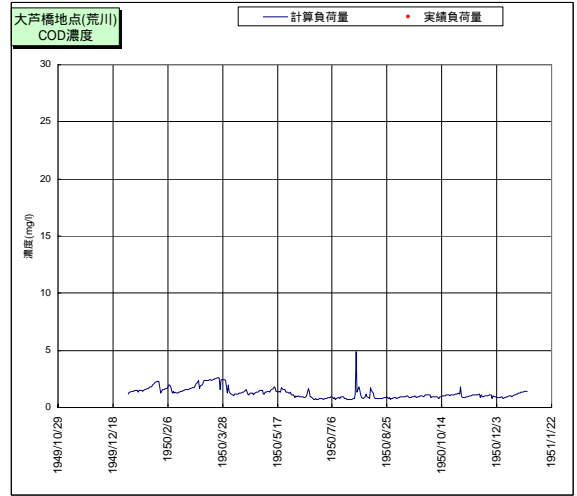
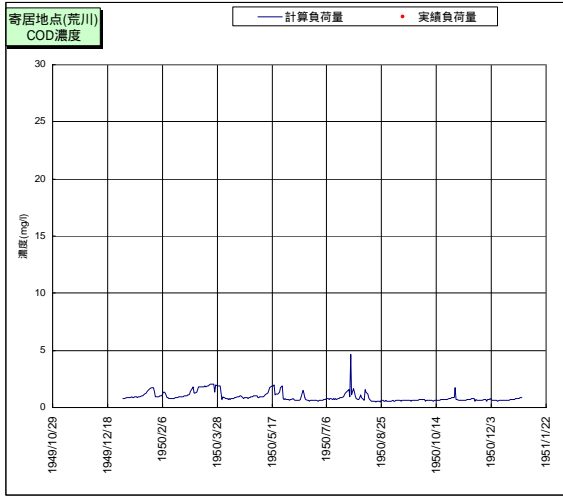


図- 4.3.3.4(2) 水質(COD)の再現結果 (1950年)

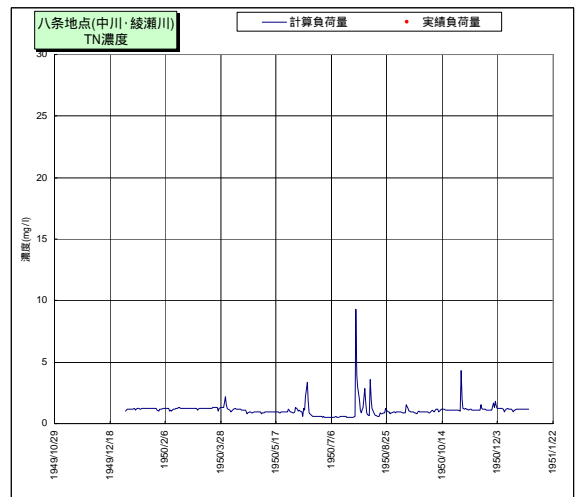
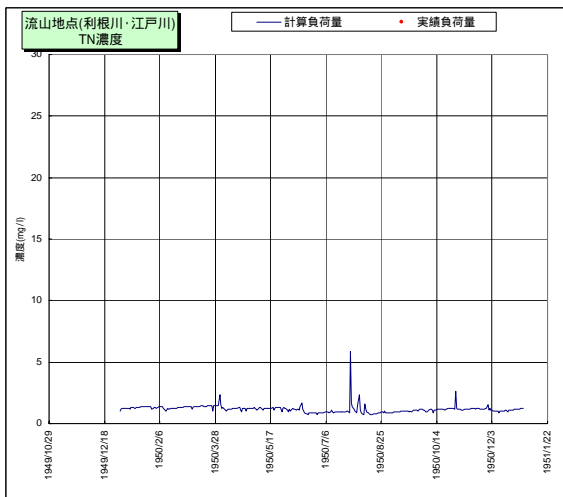
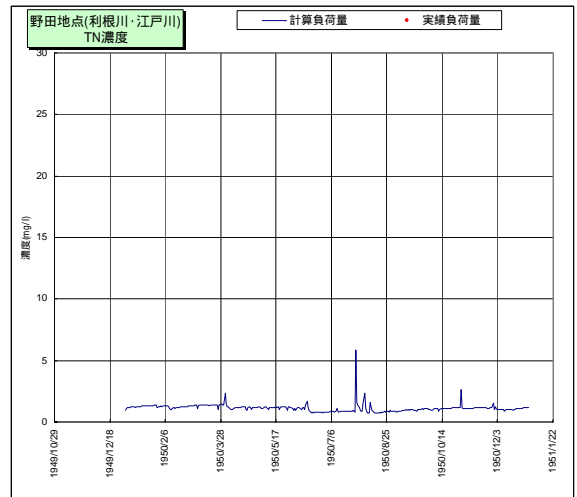
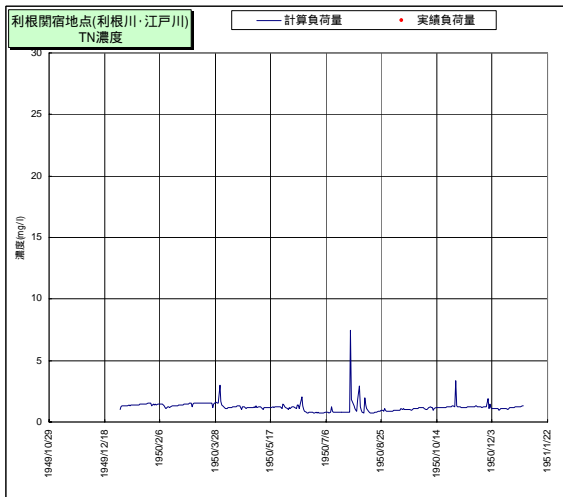
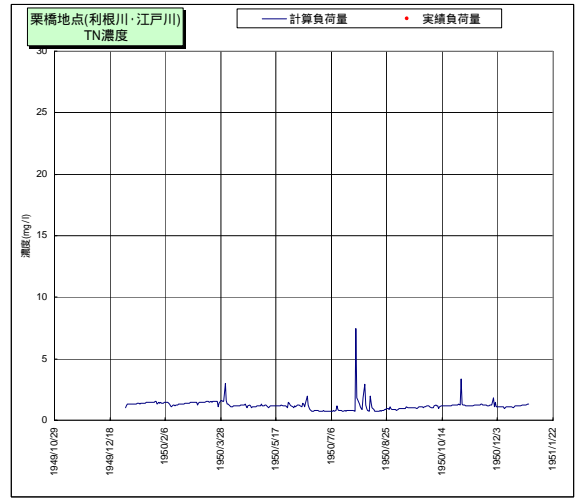
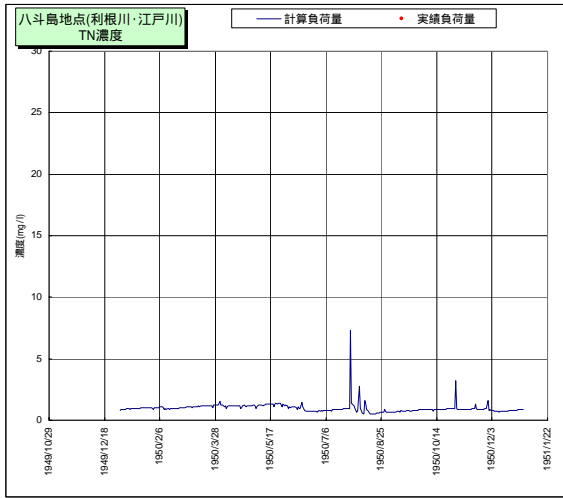


図- 4.3.3.4(3) 水質(TN)の再現結果 (1950年)

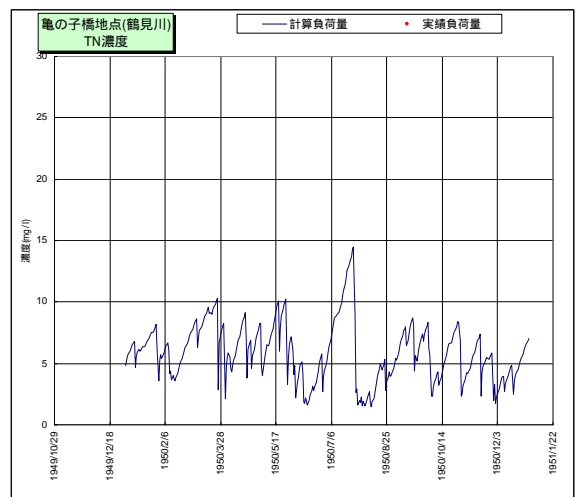
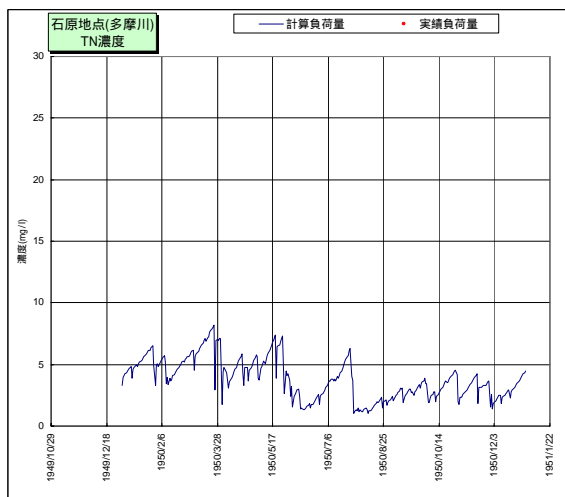
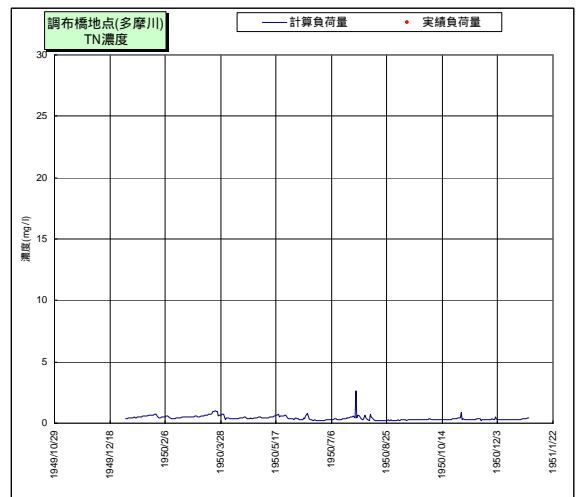
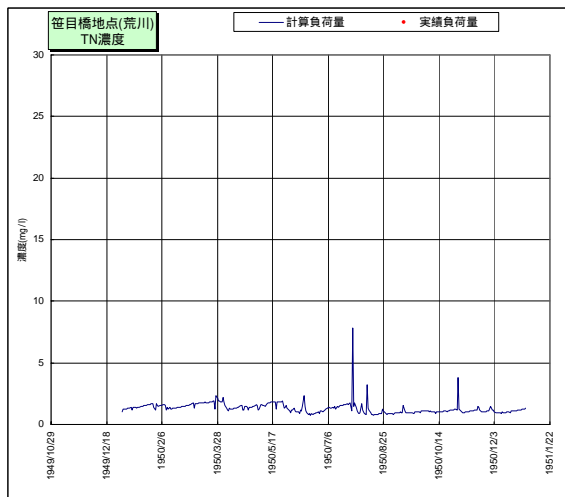
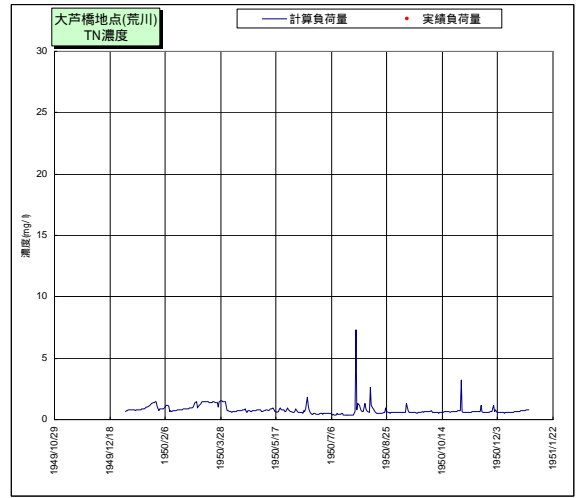
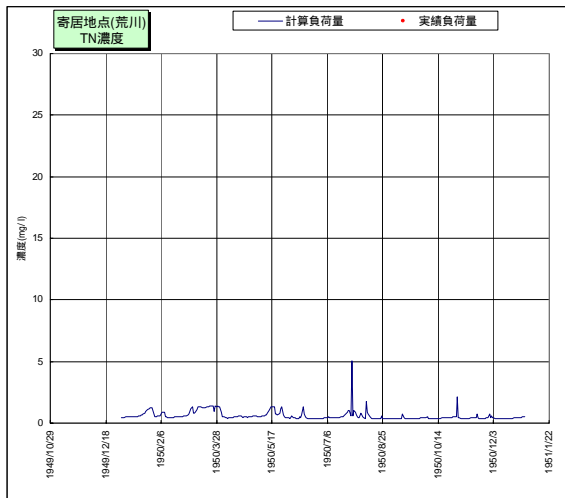


図- 4.3.3.4 (4) 水質(TN)の再現結果 (1950年)

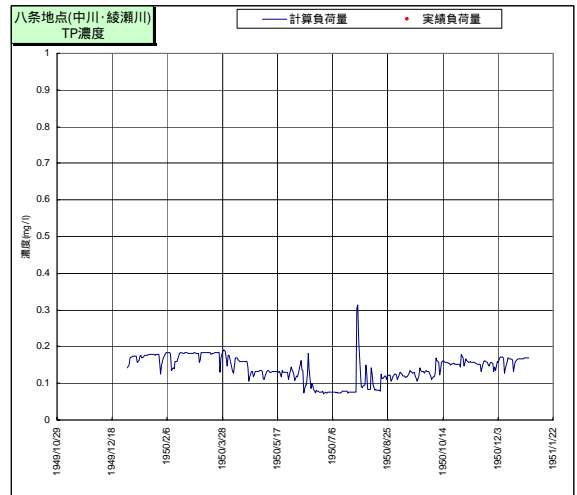
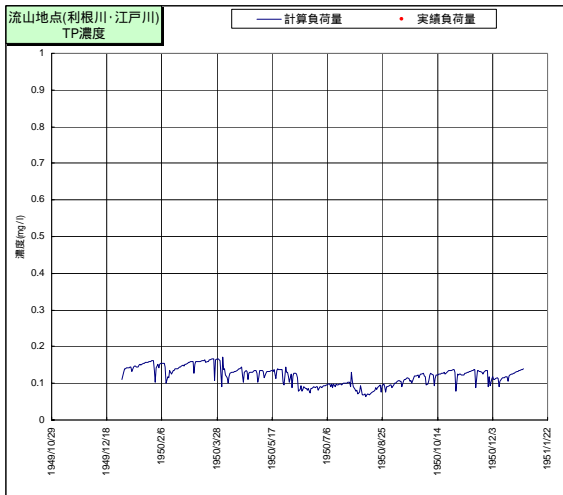
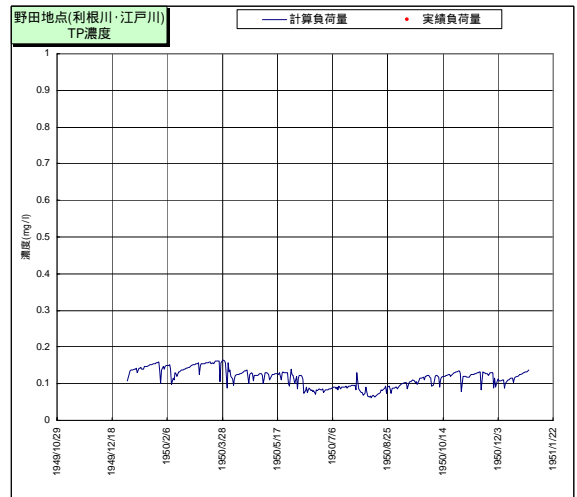
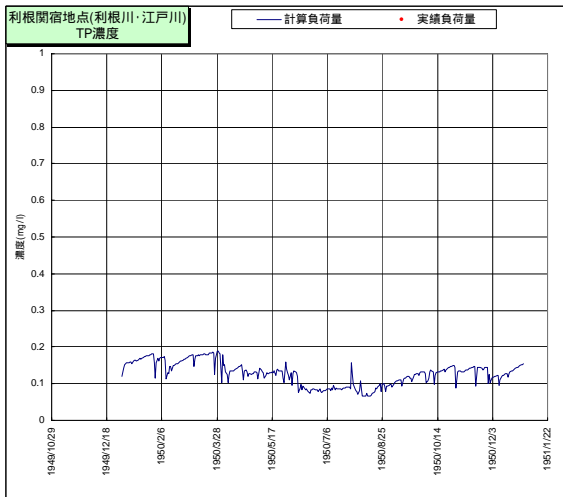
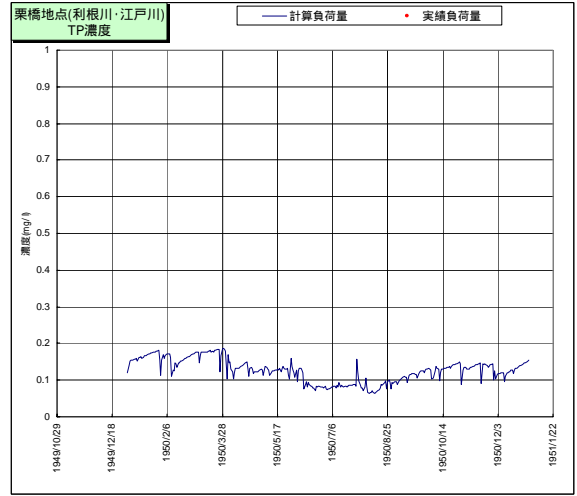
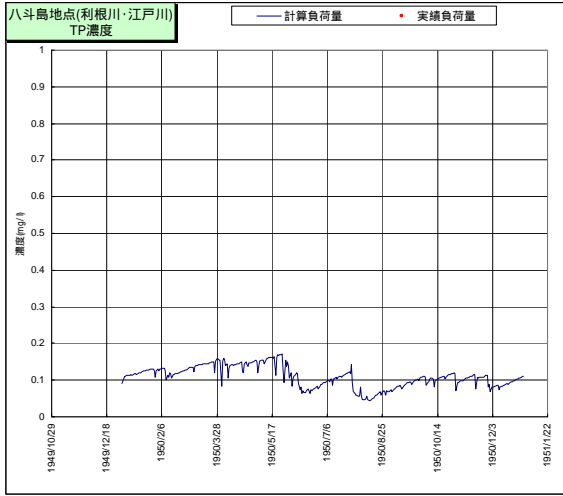


図- 4.3.3.4(5) 水質(TP)の再現結果 (1950年)

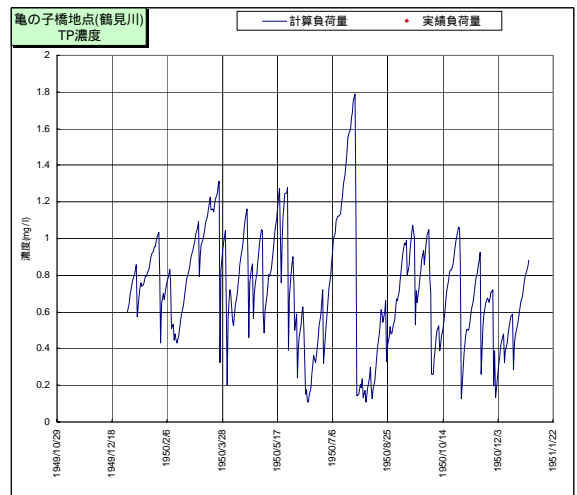
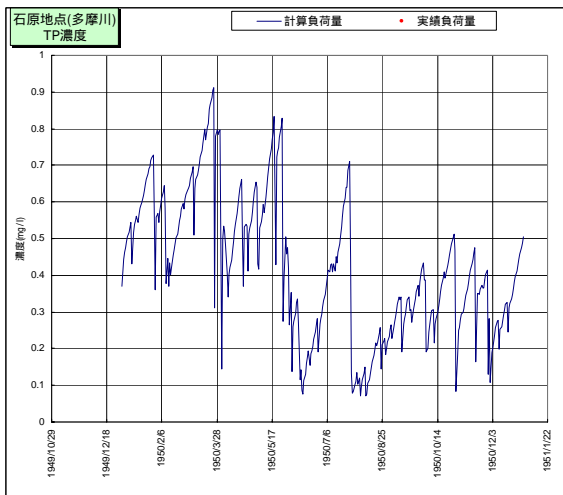
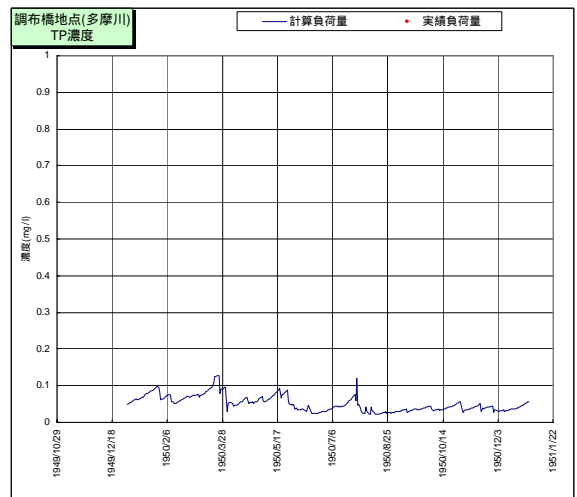
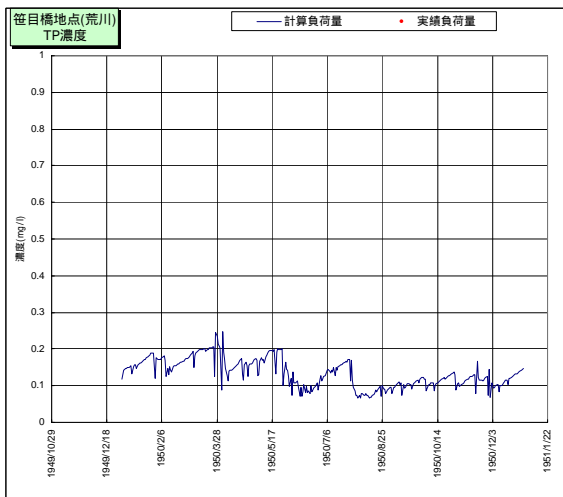
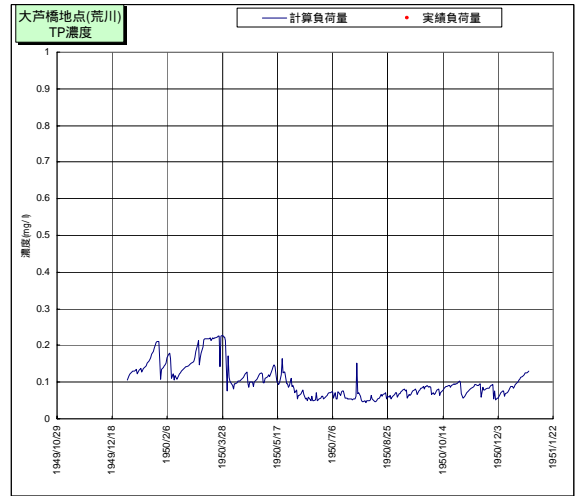
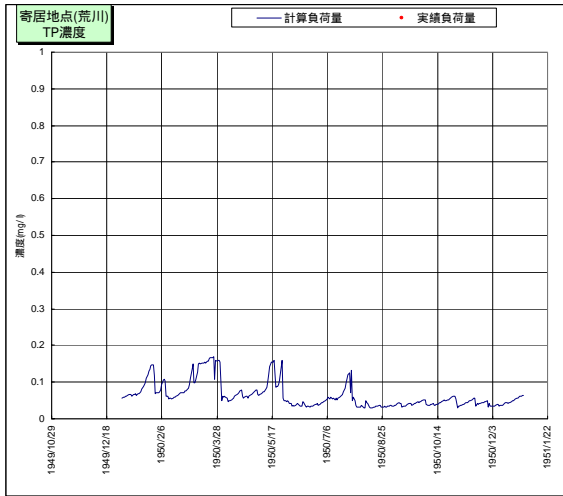


図- 4.3.3.4 (6) 水質(TP)の再現結果 (1950年)

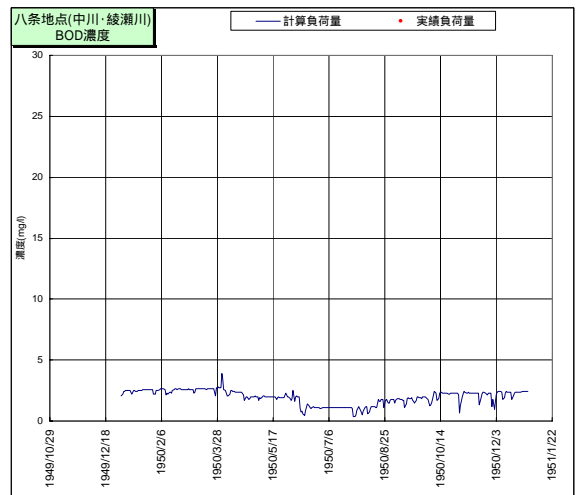
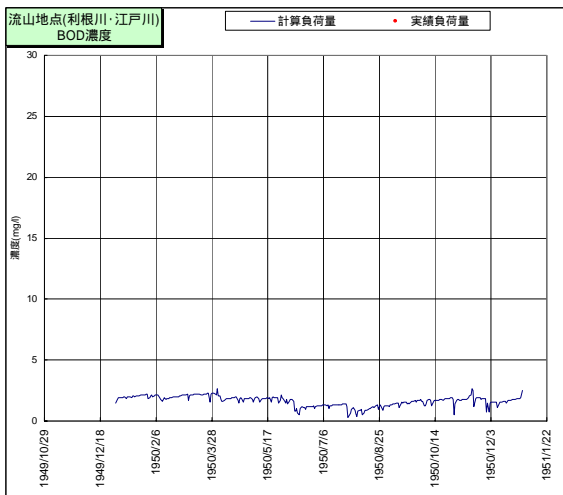
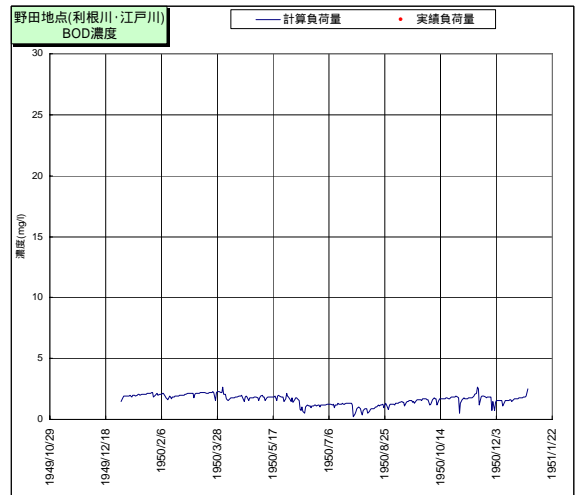
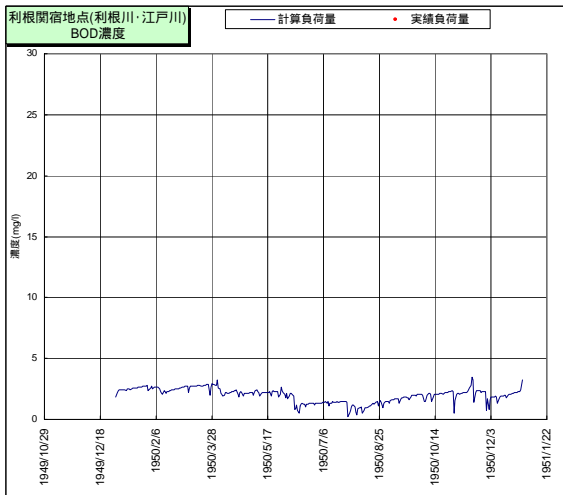
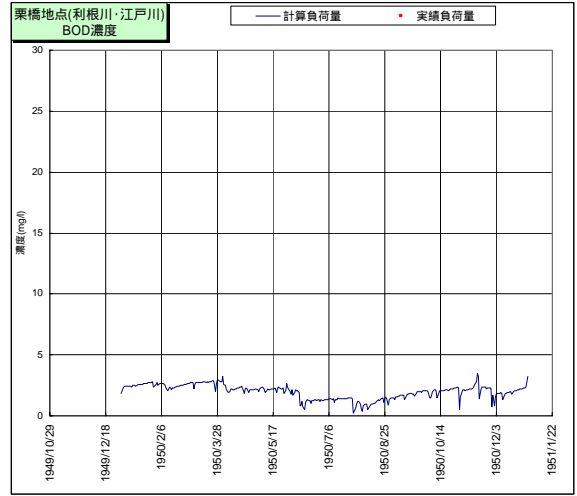
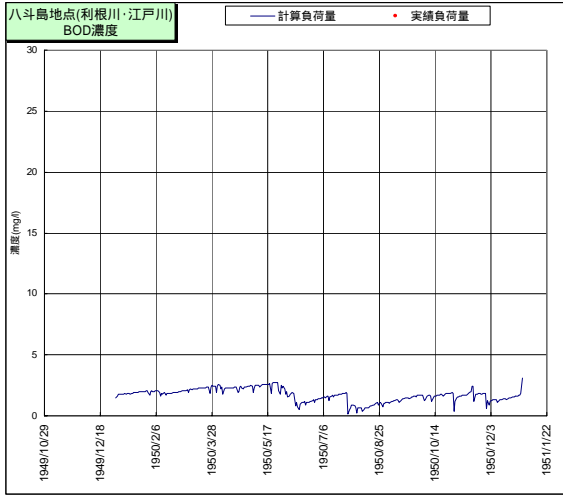


図- 4.3.3.4(7) 水質(BOD)の再現結果 (1950年)

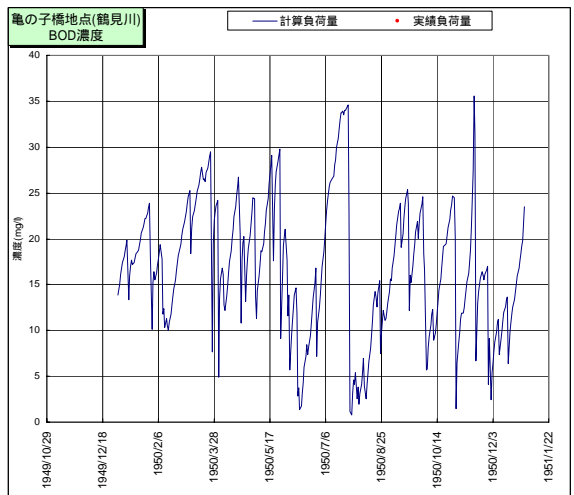
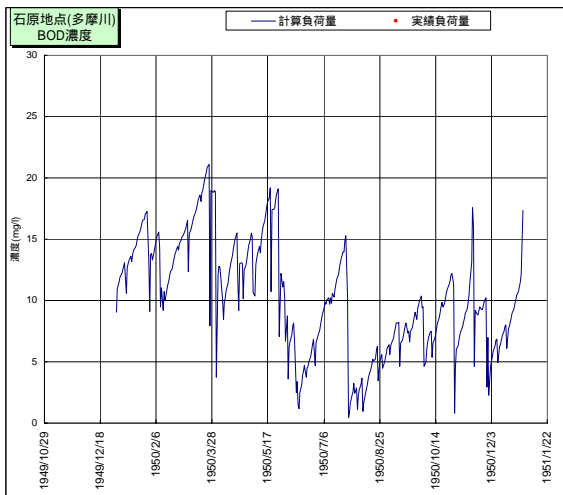
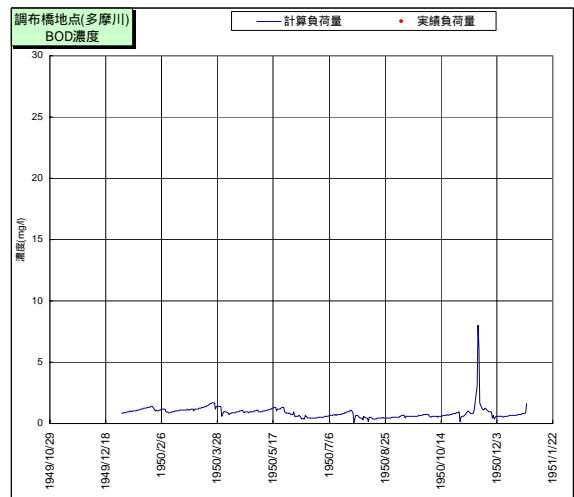
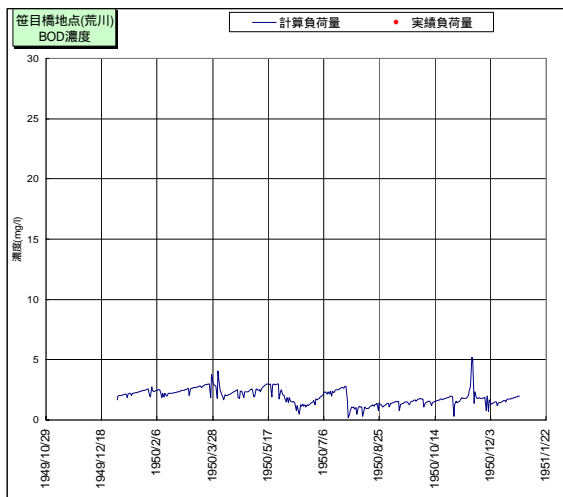
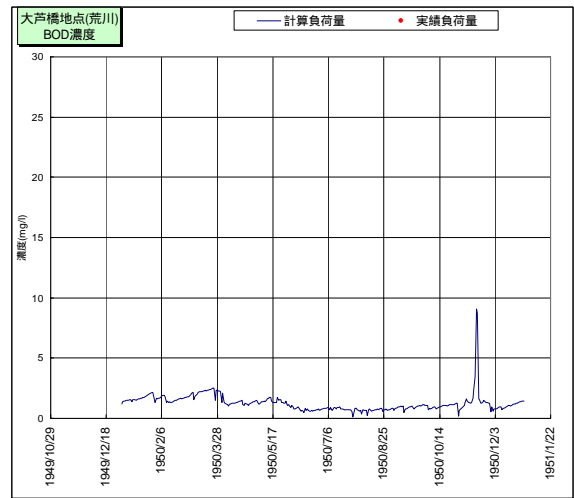
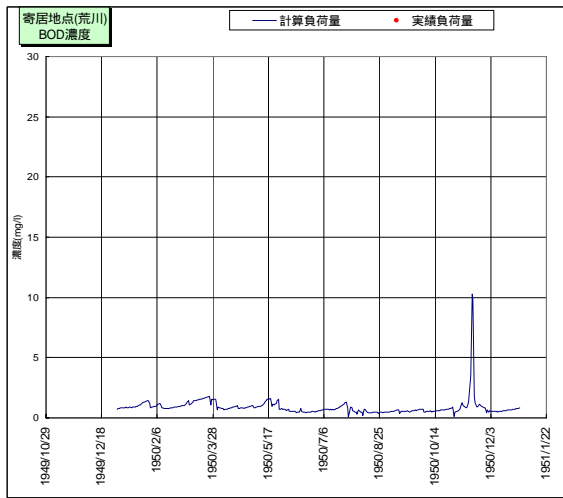


図- 4.3.3.4(8) 水質(BOD)の再現結果 (1950年)

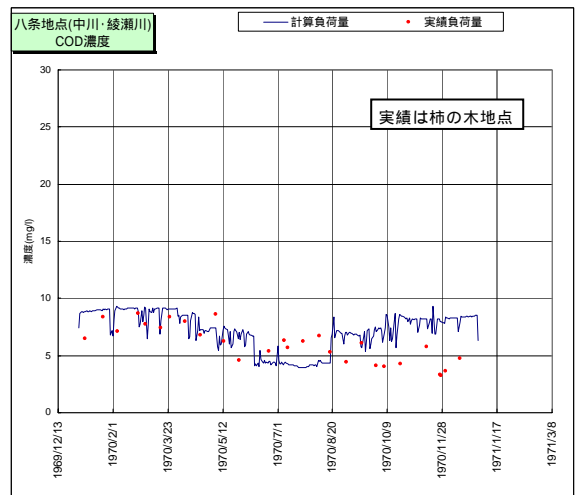
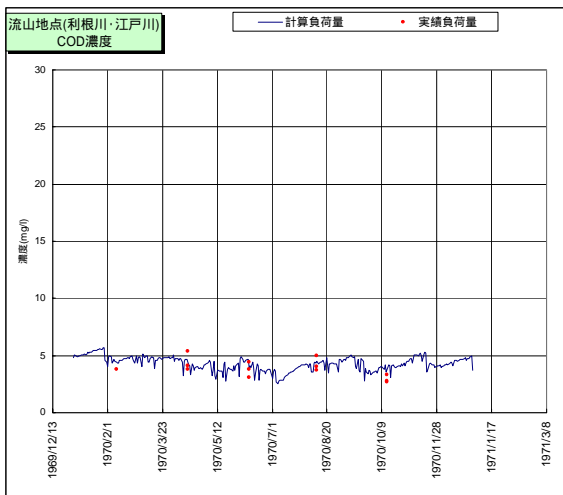
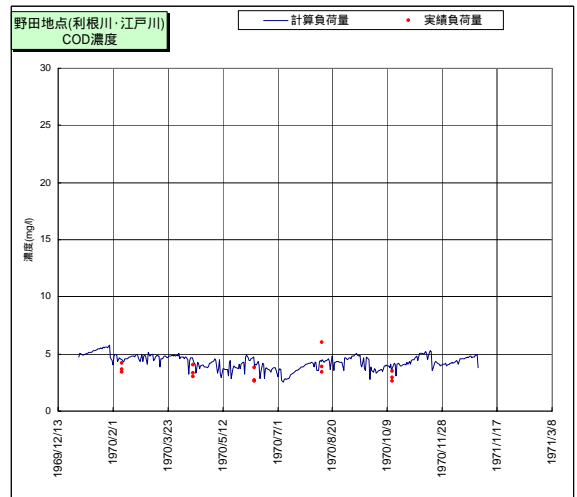
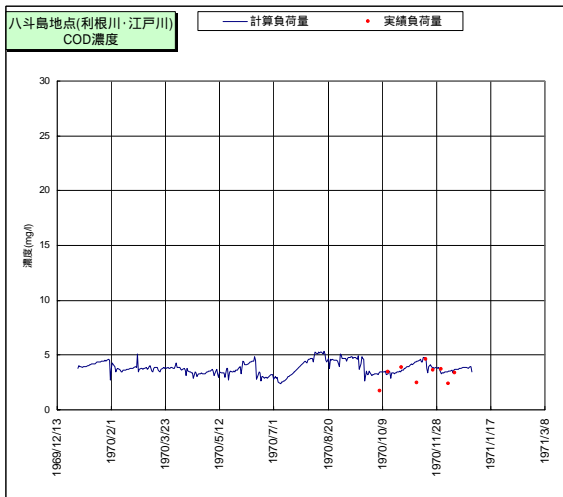
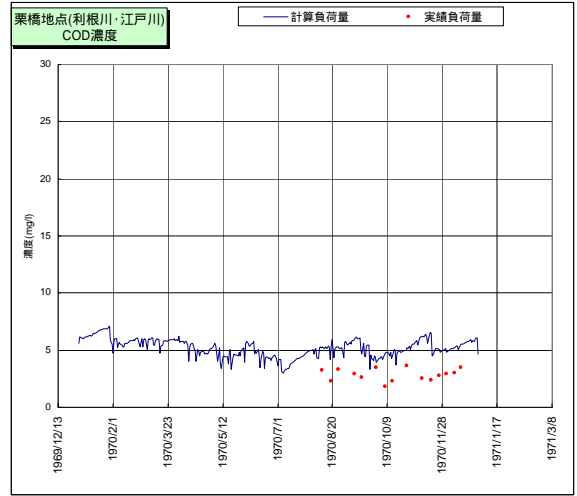
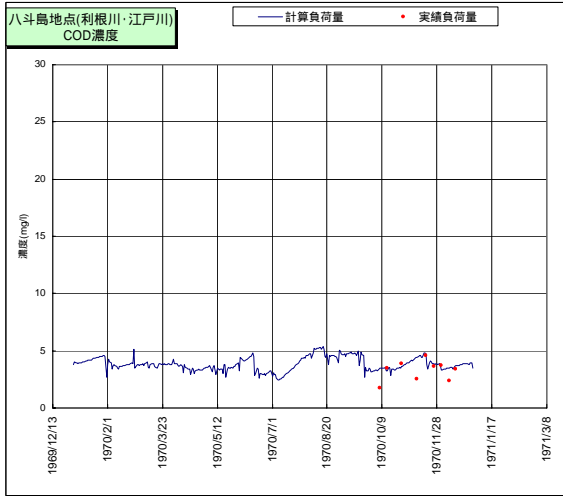


図- 4.3.3.5 (1) 水質(COD)の再現結果 (1970年)



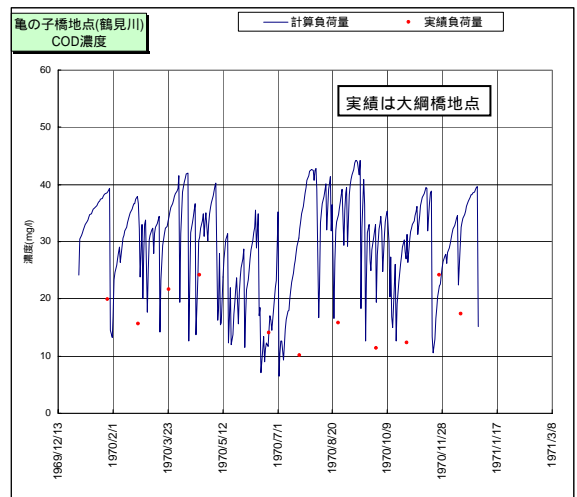
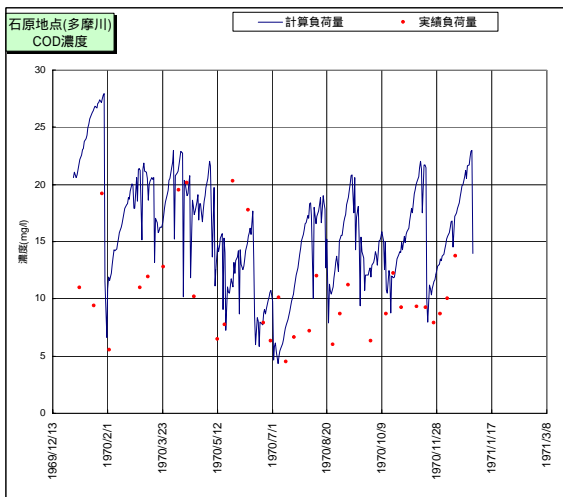
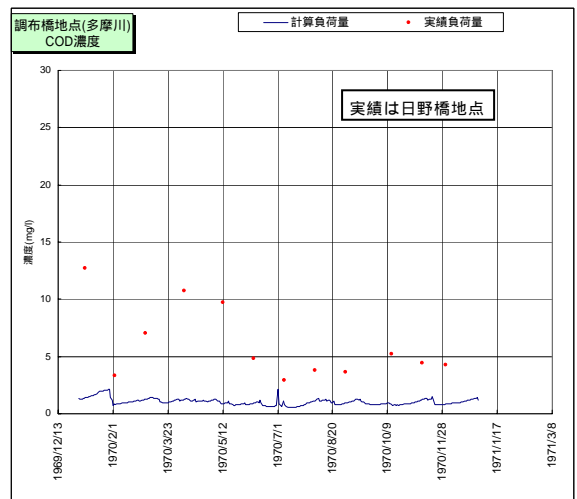
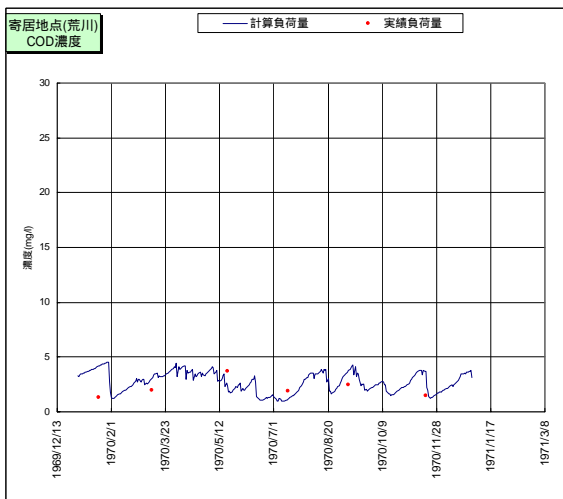
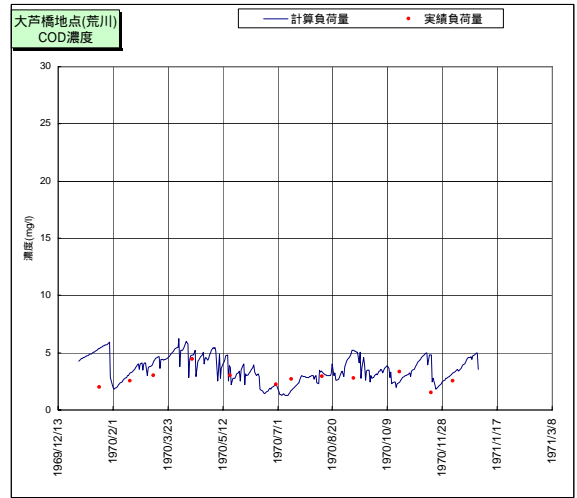
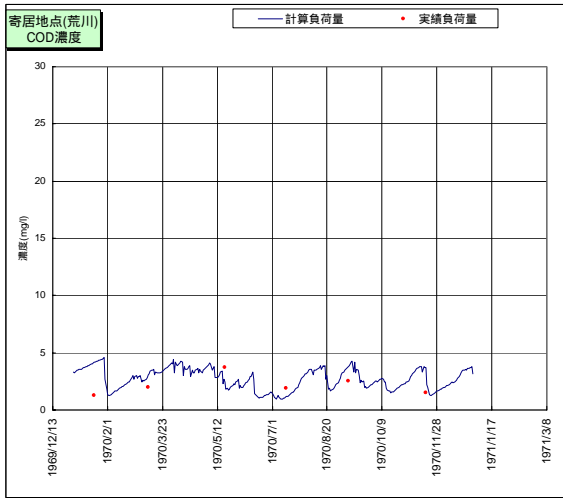


図- 4.3.3.5(2) 水質(COD)の再現結果 (1970年)

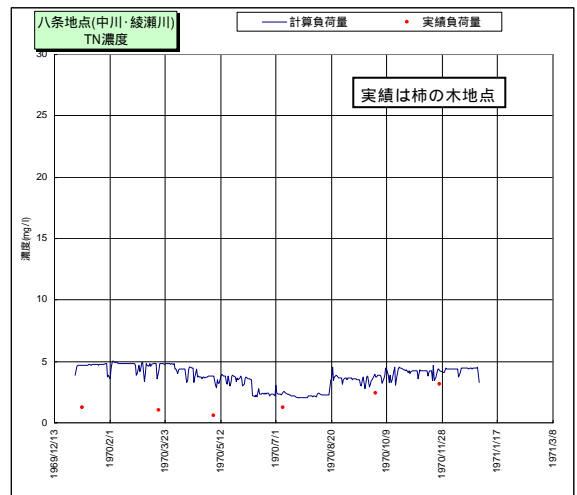
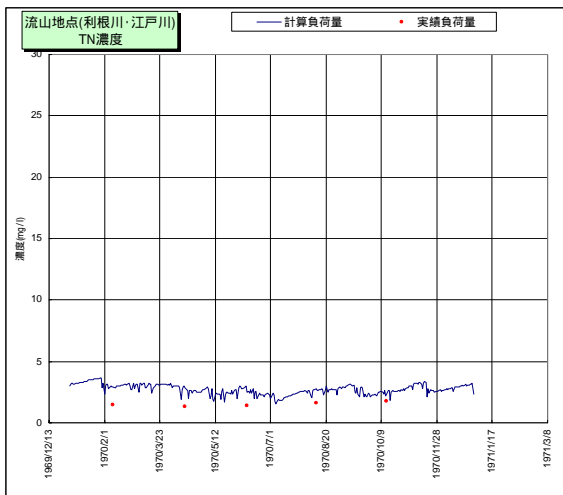
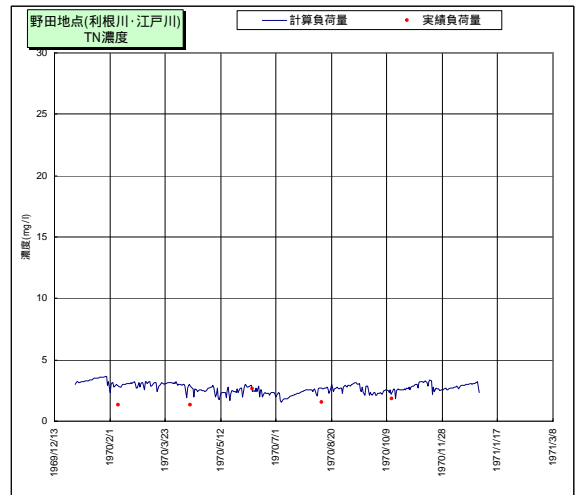
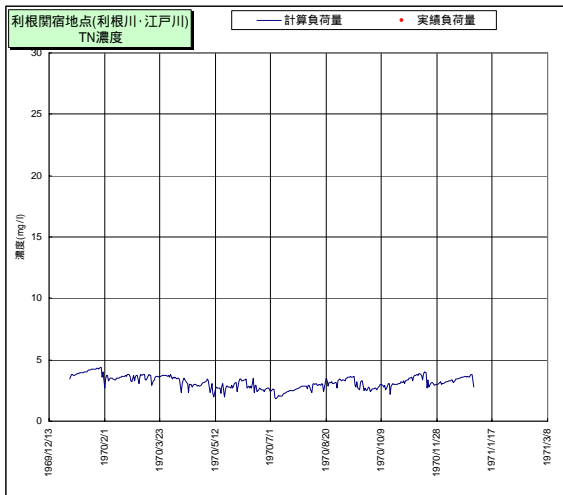
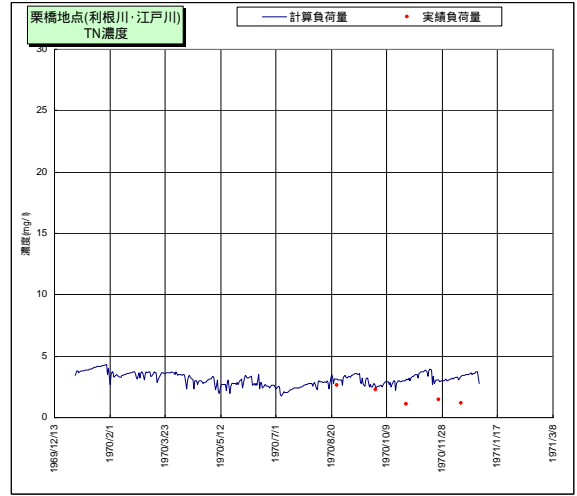
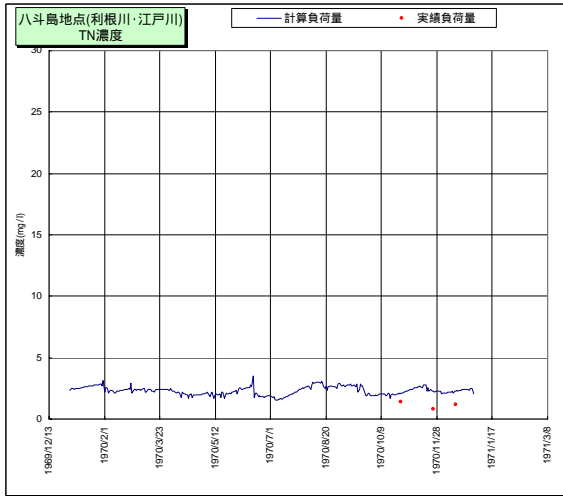


図- 4.3.3.5 (3) 水質(TN)の再現結果 (1970年)

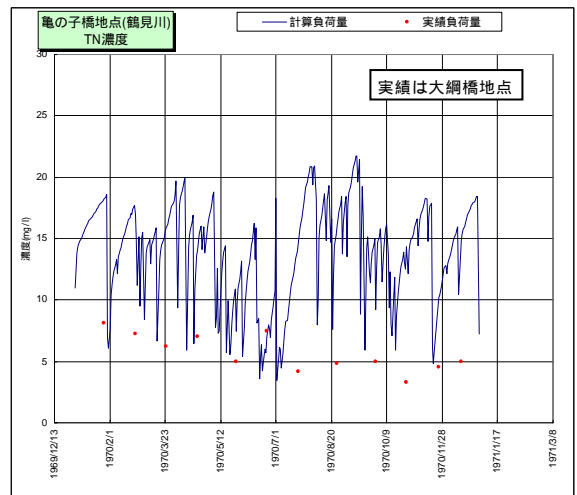
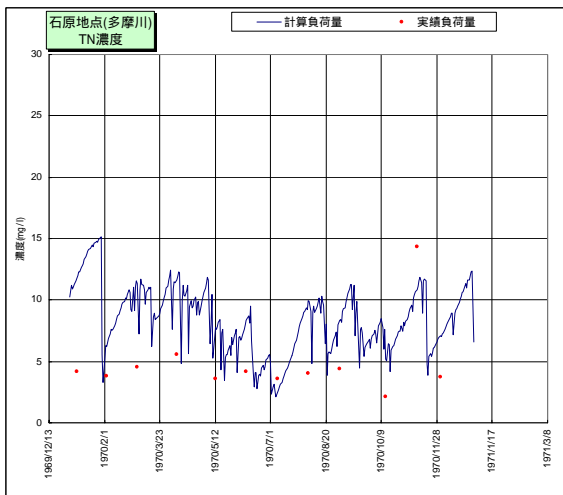
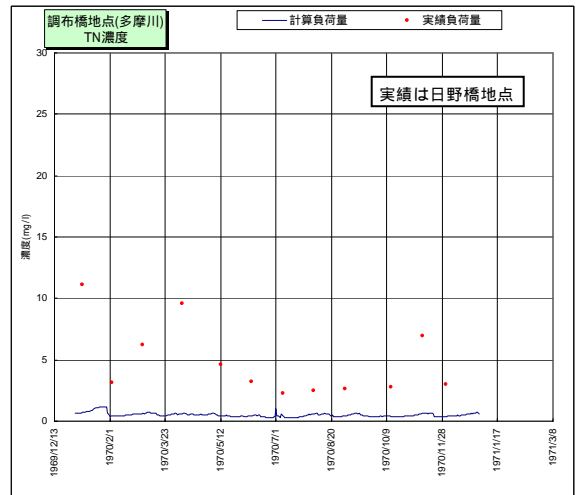
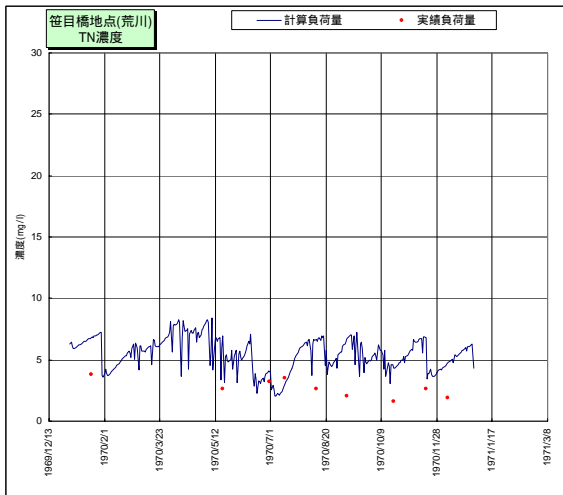
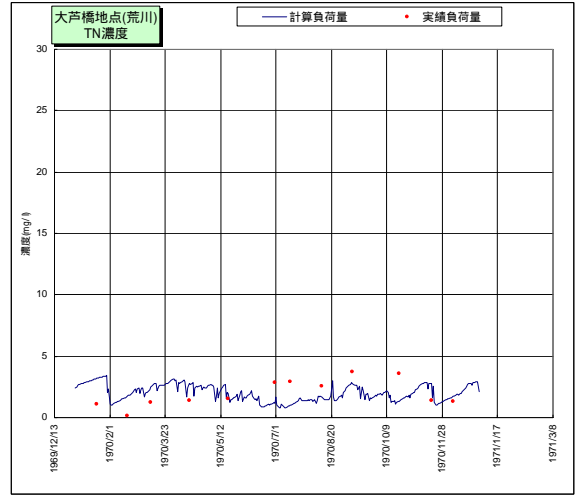
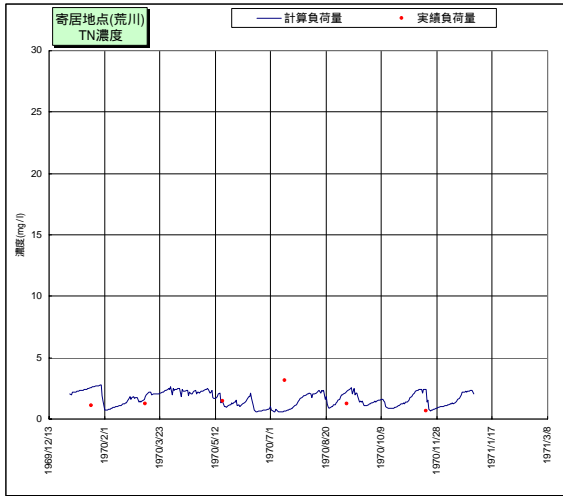


図- 4.3.3.5(4) 水質(TN)の再現結果 (1970年)

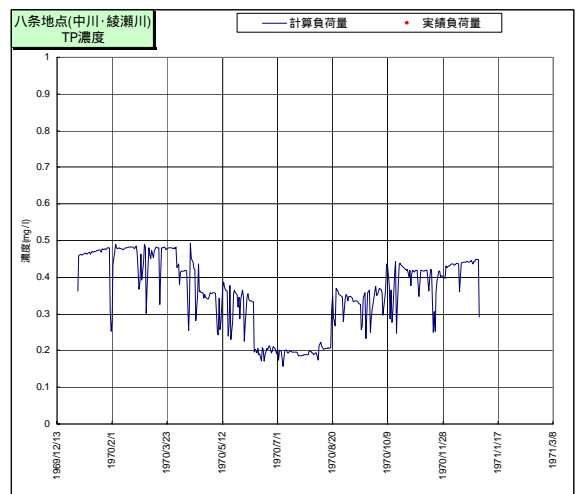
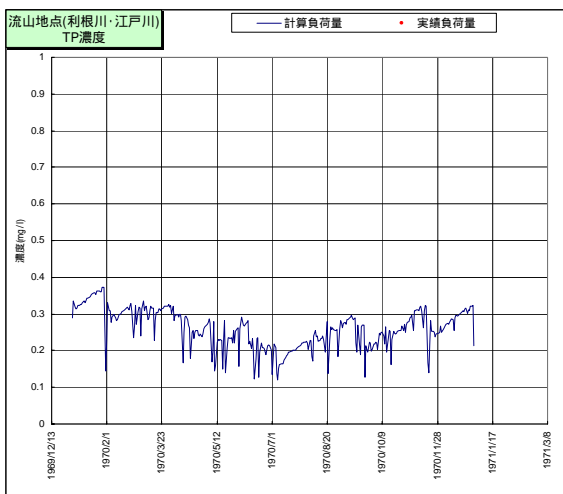
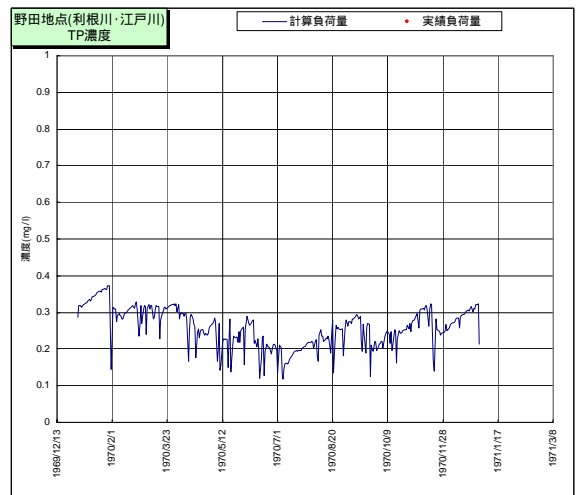
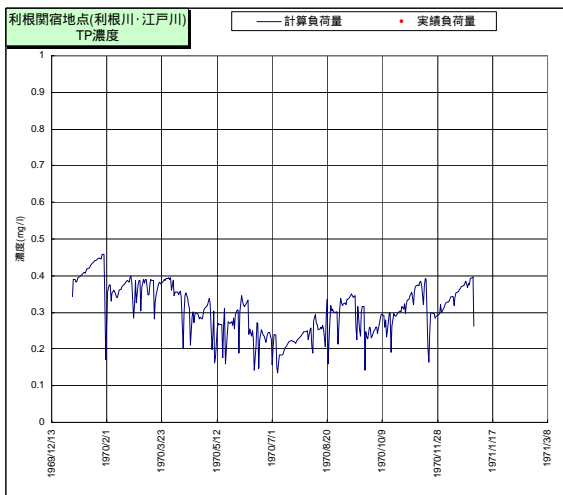
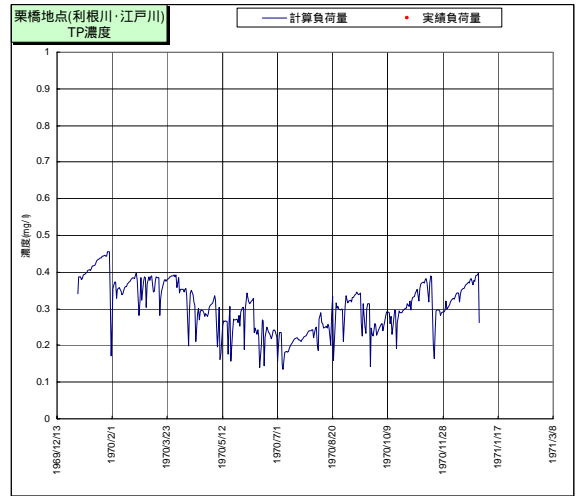
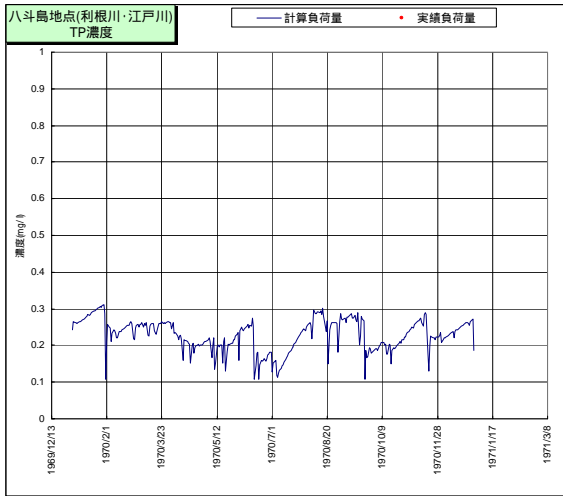


図- 4.3.3.5 (5) 水質(TP)の再現結果 (1970年)

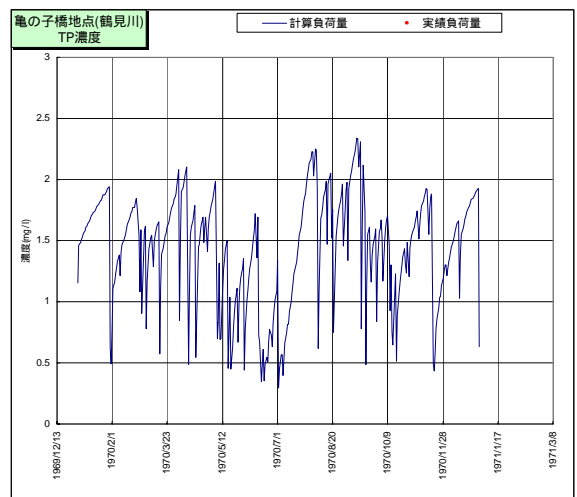
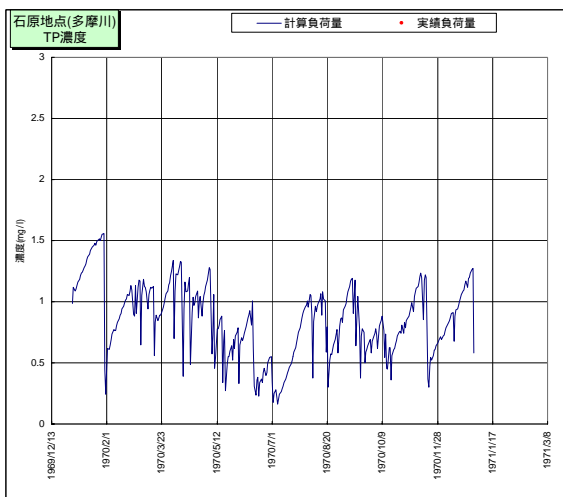
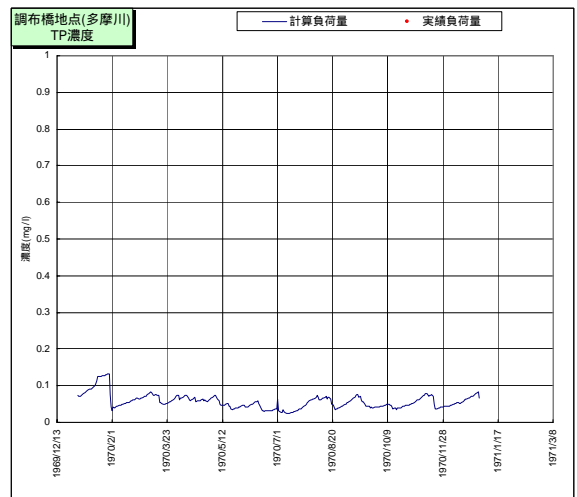
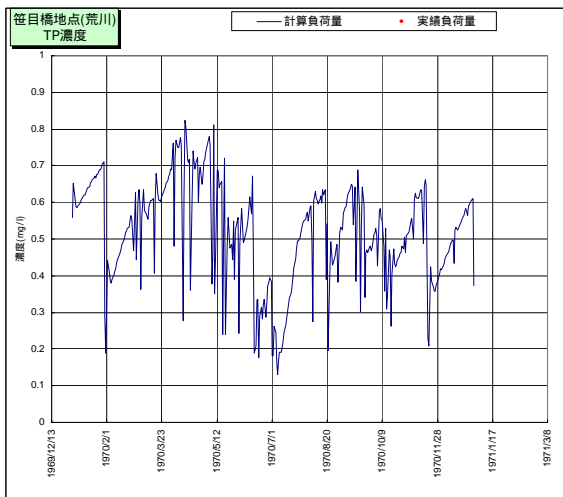
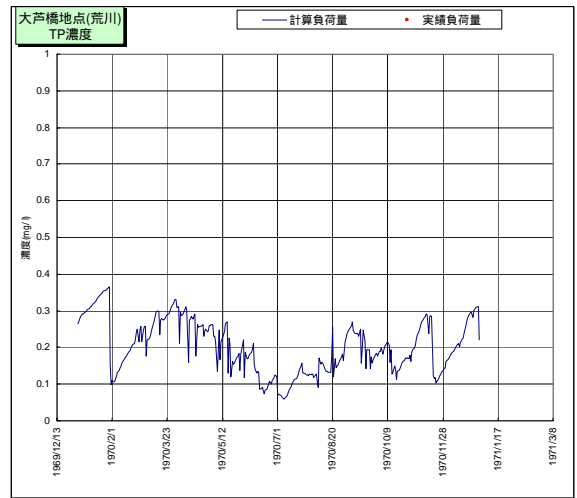
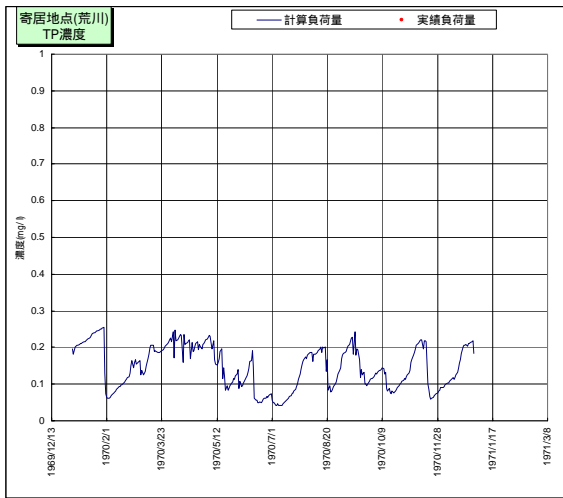


図- 4.3.3.5 (6) 水質(TP)の再現結果 (1970年)

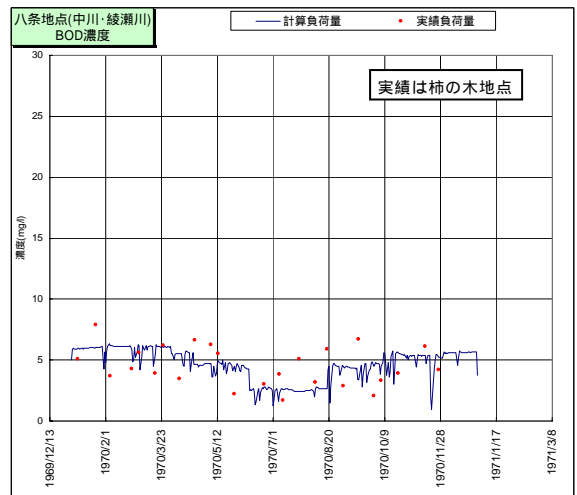
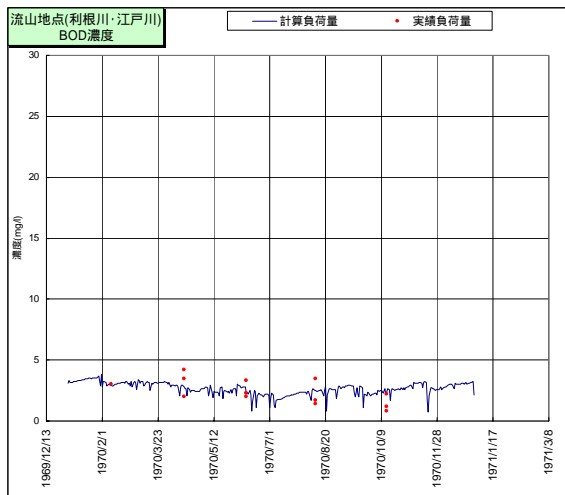
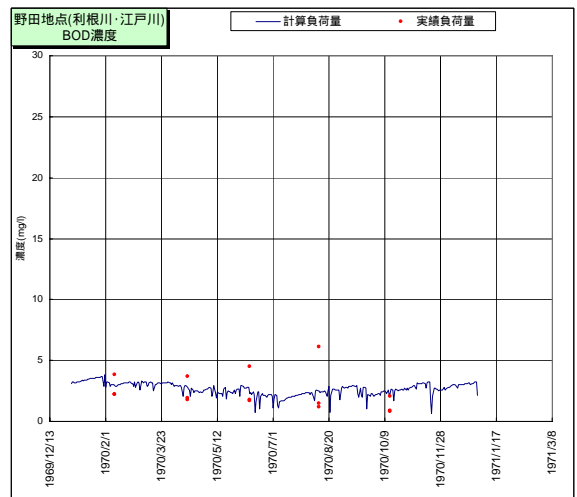
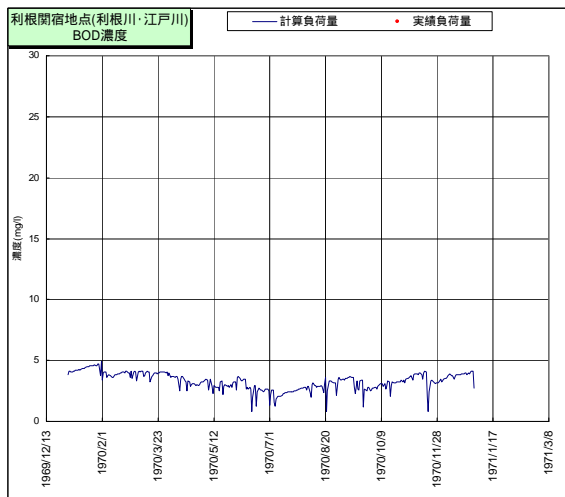
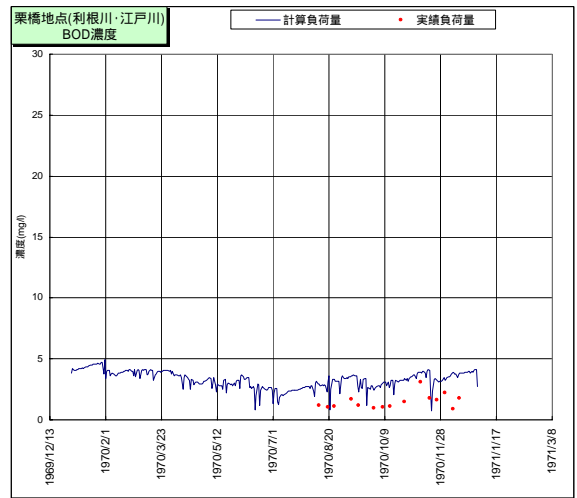
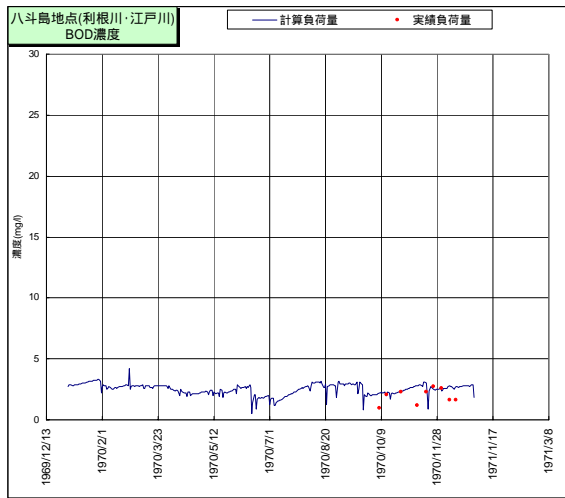


図- 4.3.3.5 (7) 水質(BOD)の再現結果 (1970年)

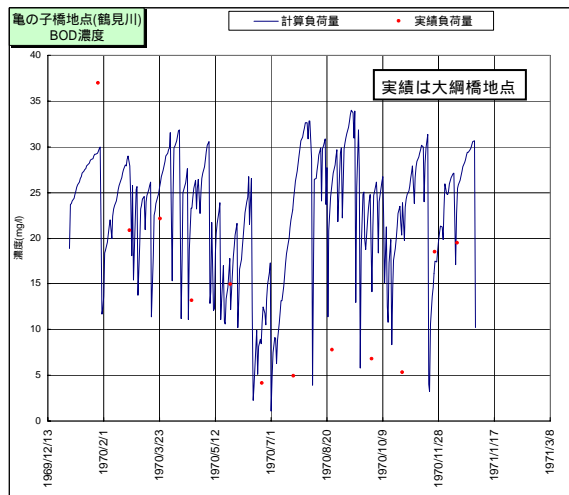
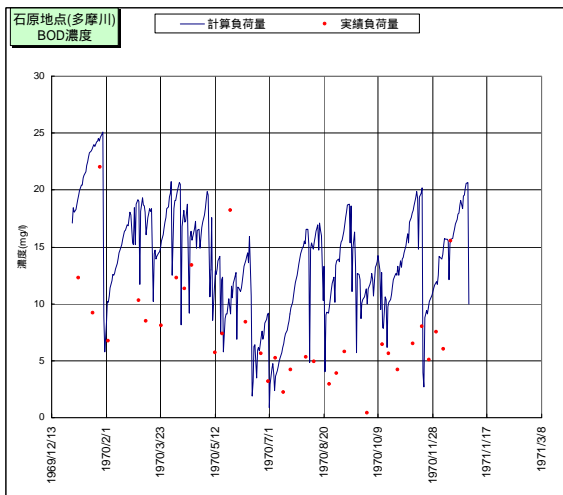
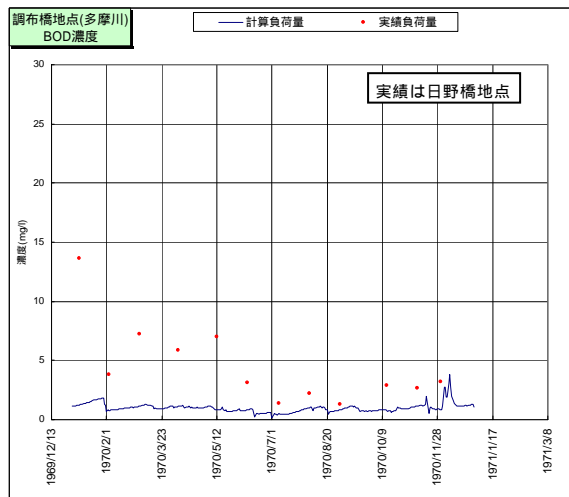
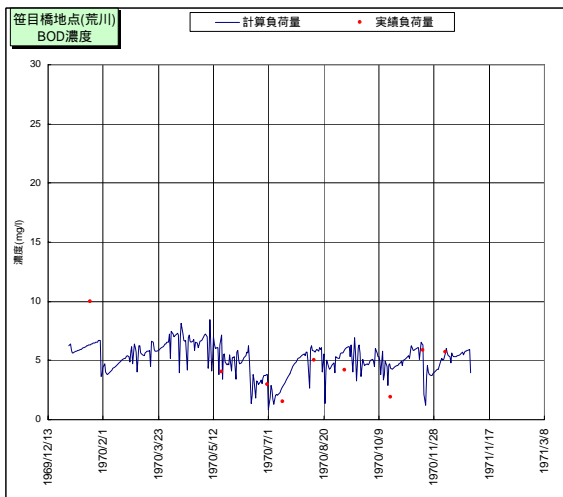
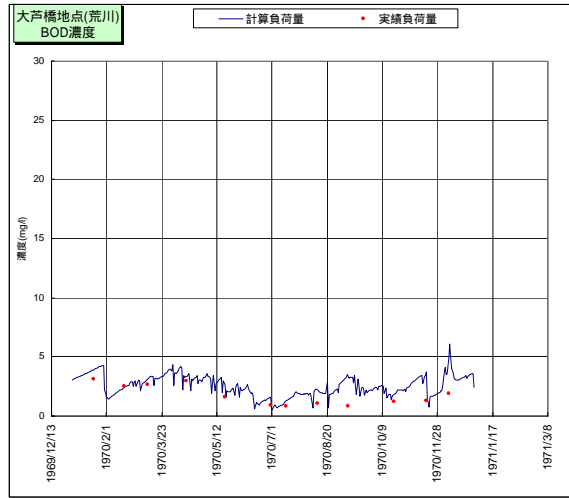
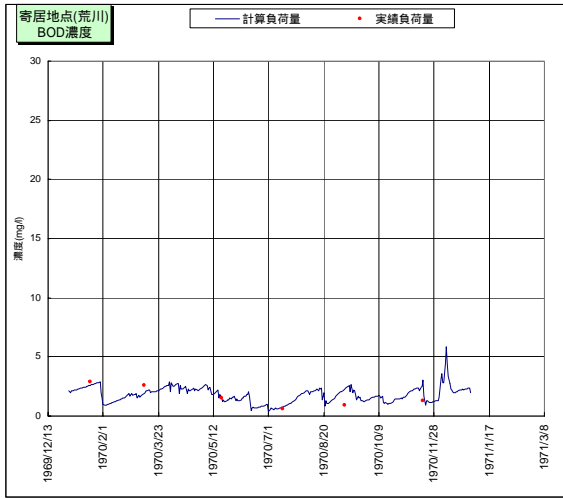


図- 4.3.3.5(8) 水質(BOD)の再現結果 (1970年)

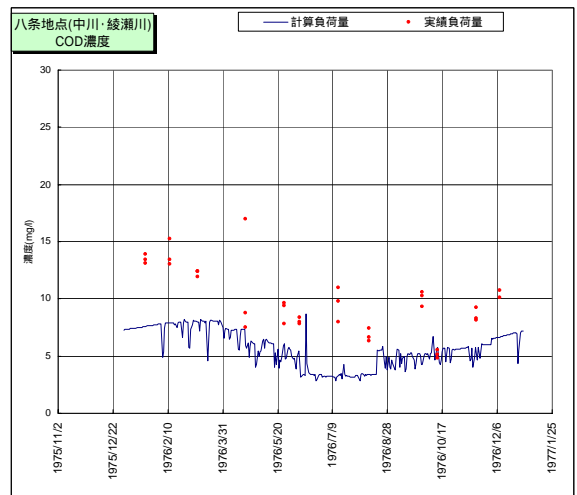
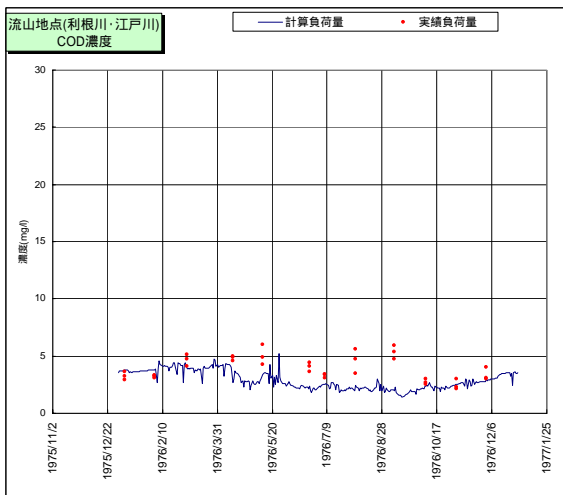
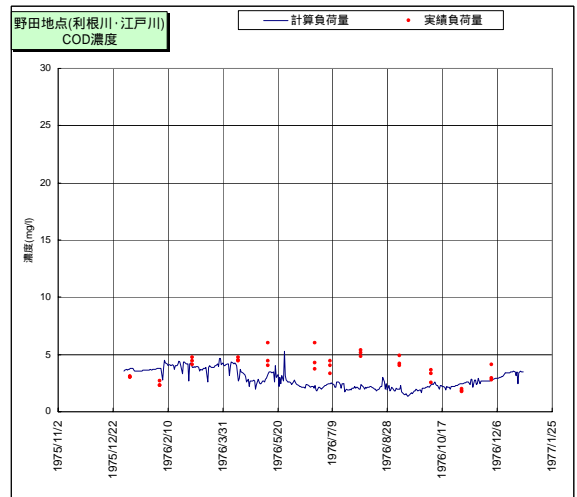
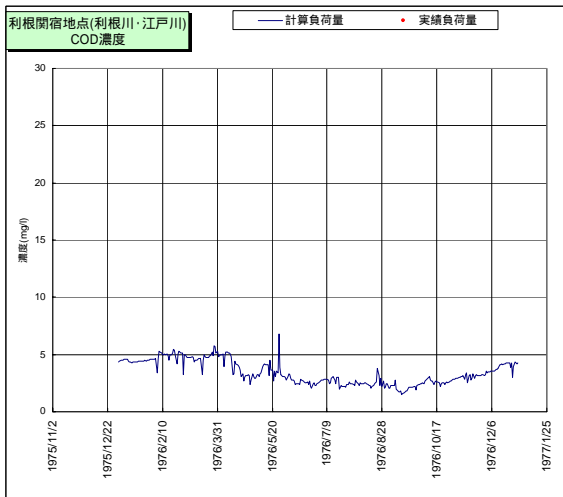
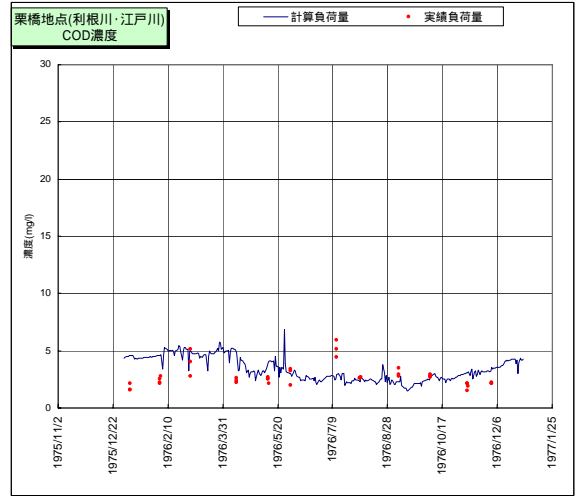
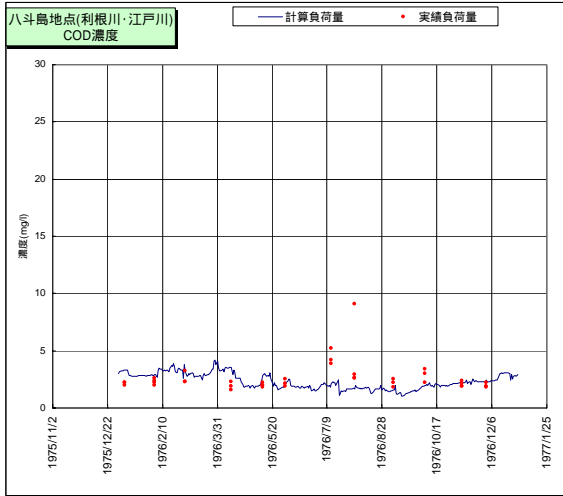


図- 4.3.3.6(1) 水質(COD)の再現結果 (1976年)



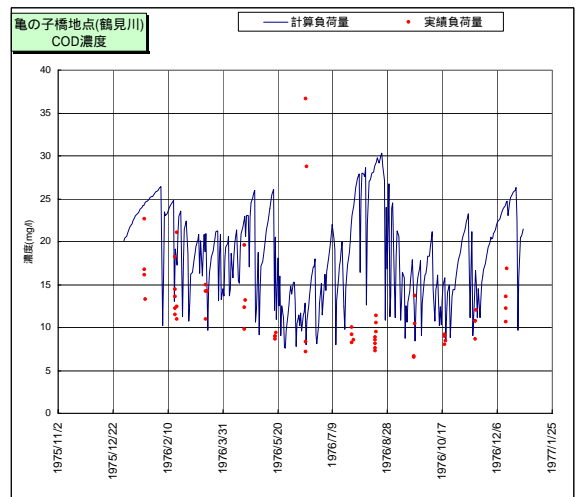
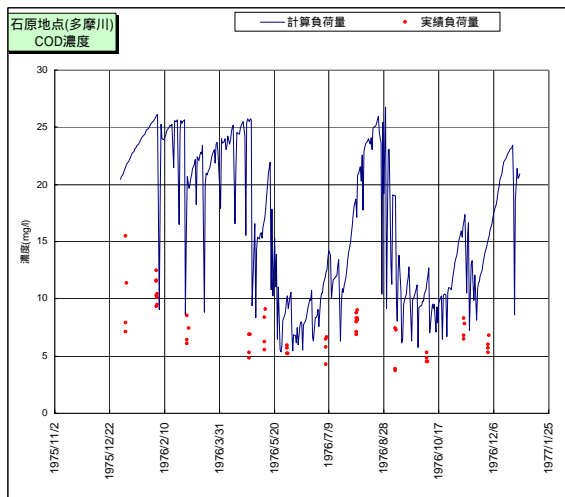
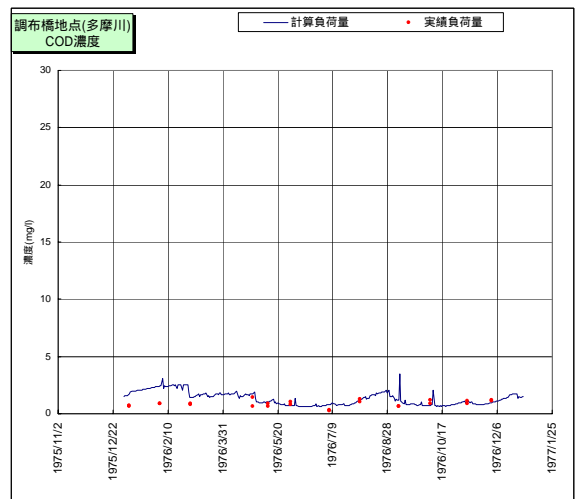
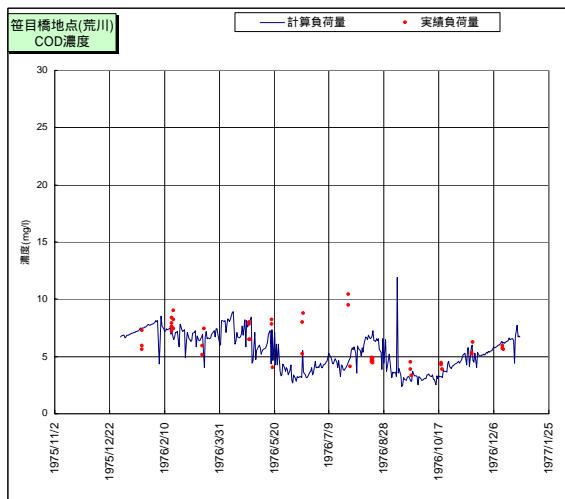
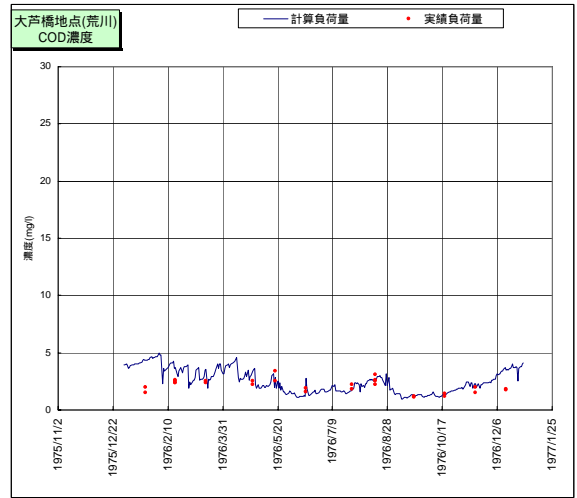
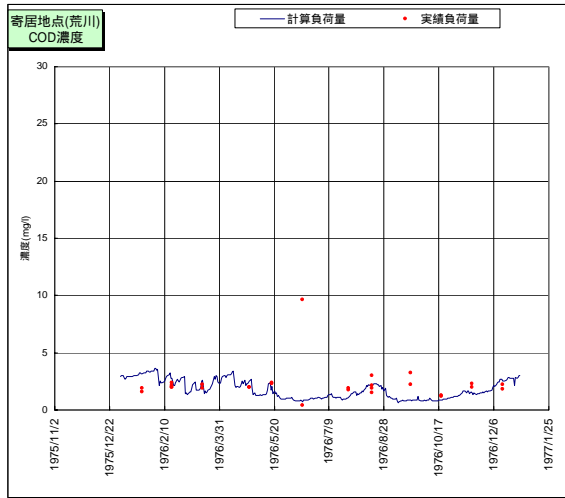


図- 4.3.3.6(2) 水質(COD)の再現結果 (1976年)

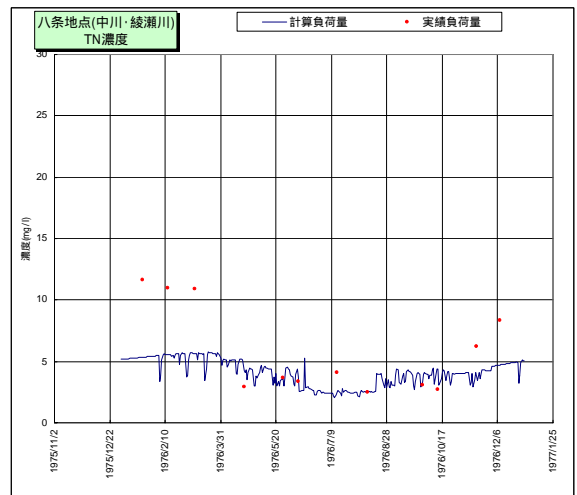
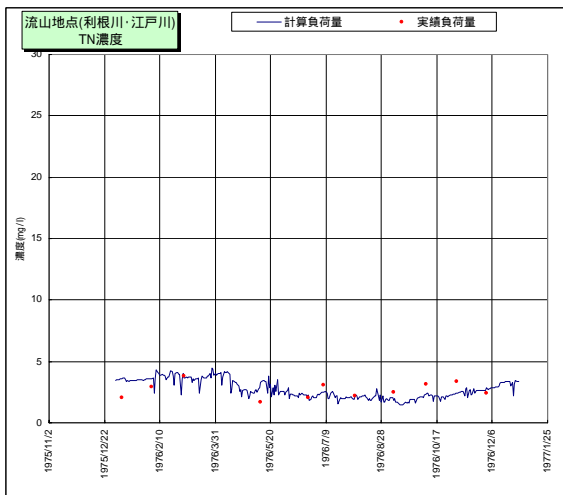
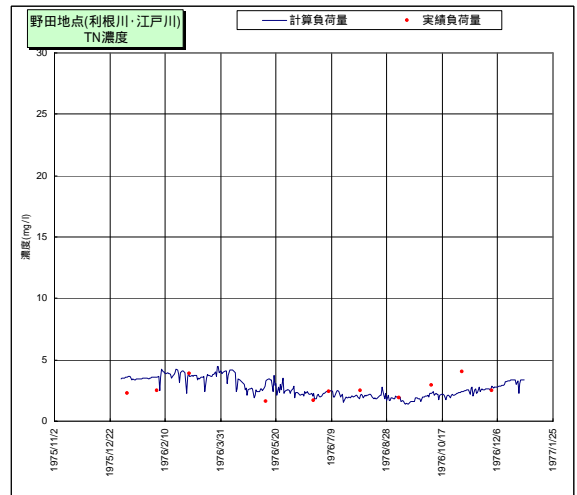
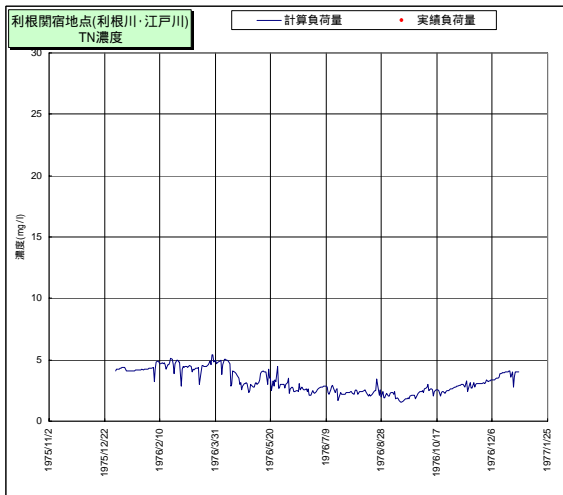
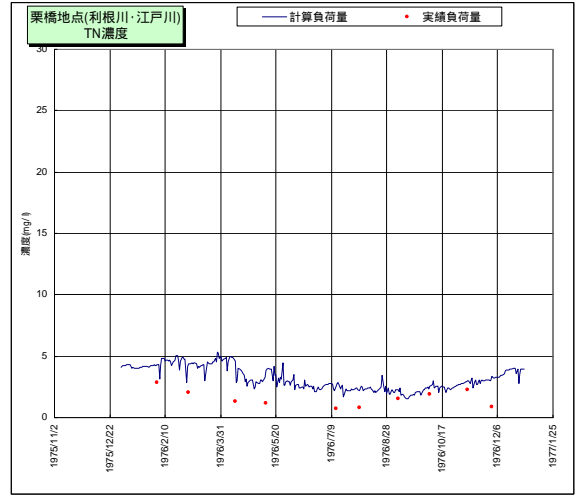
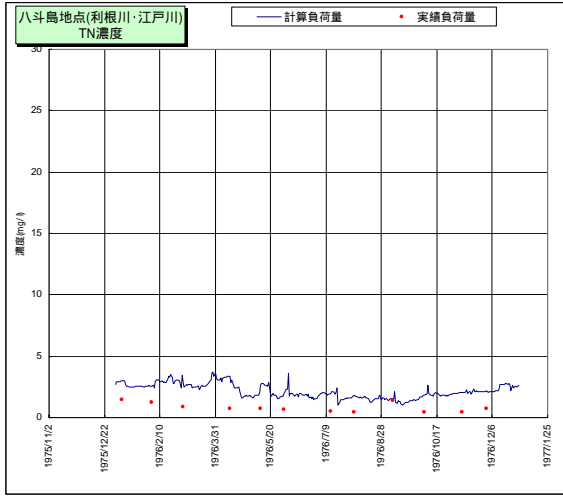


図- 4.3.3.6 (3) 水質(TN)の再現結果 (1976年)

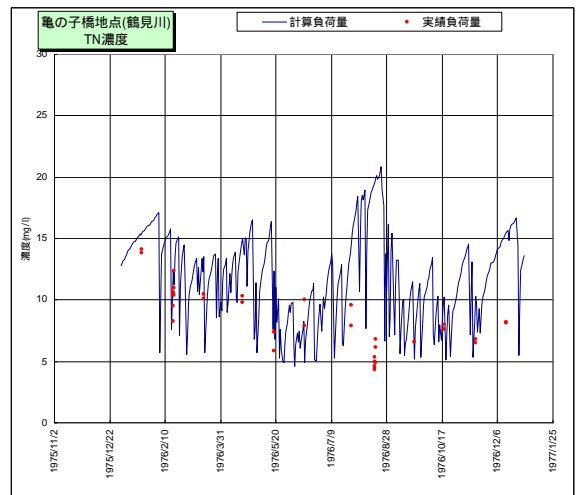
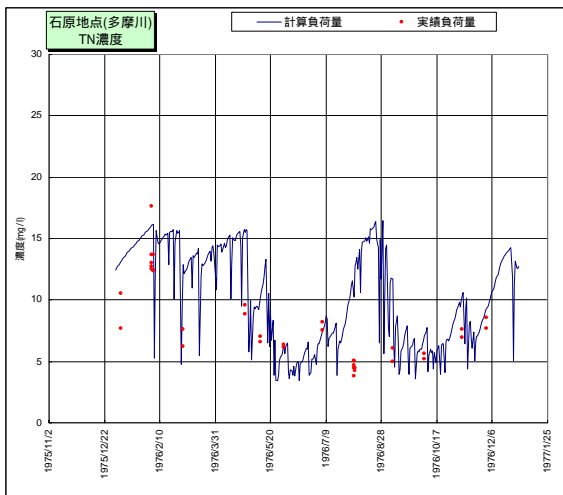
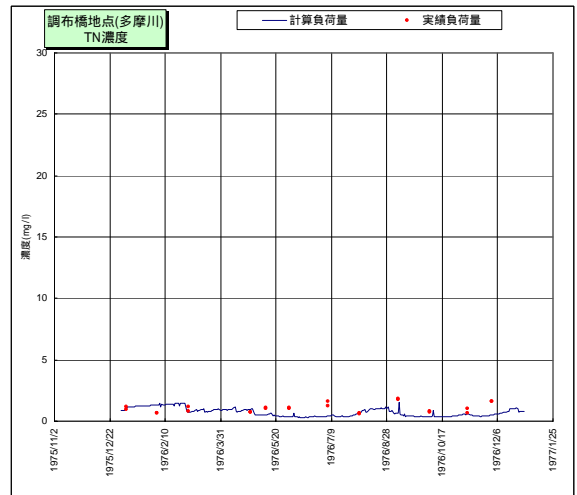
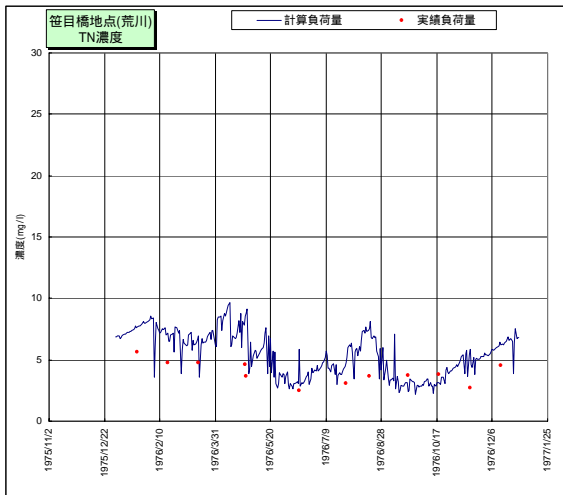
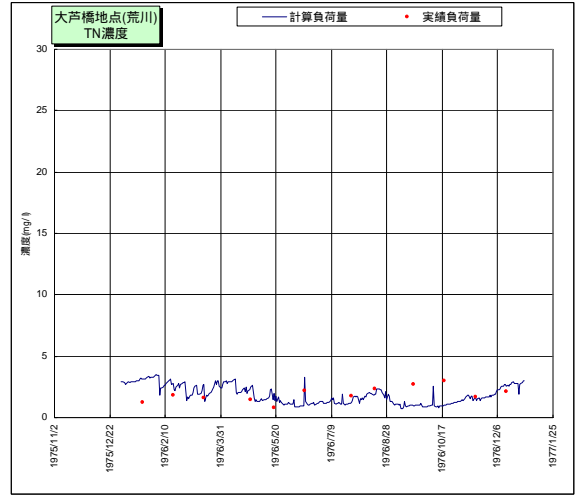
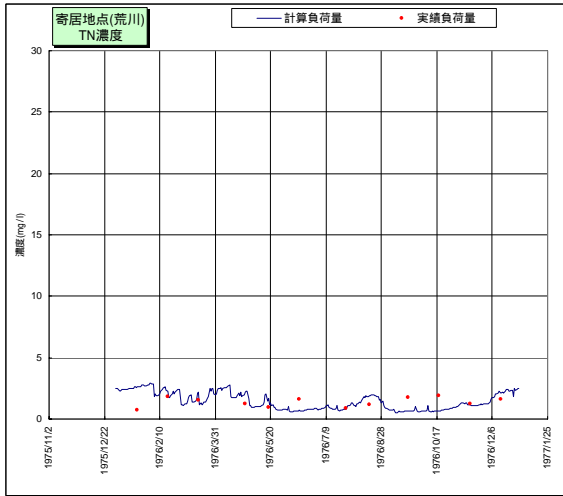


図- 4.3.3.6(4) 水質(TN)の再現結果 (1976年)

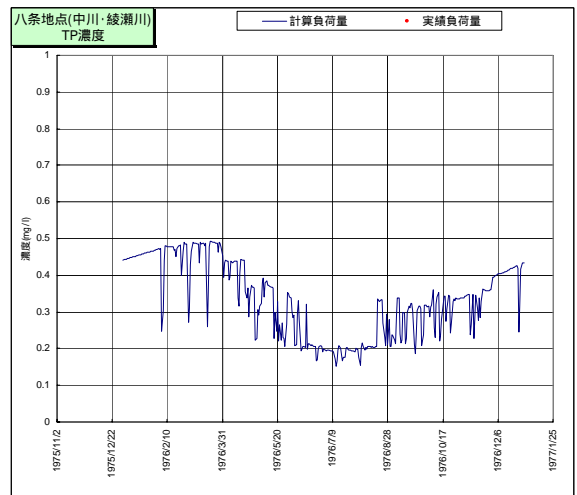
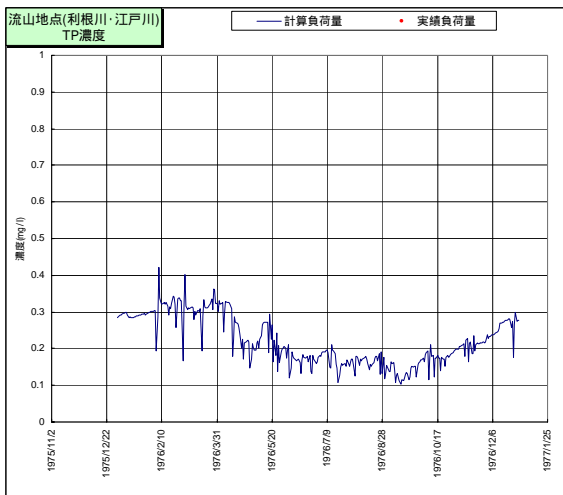
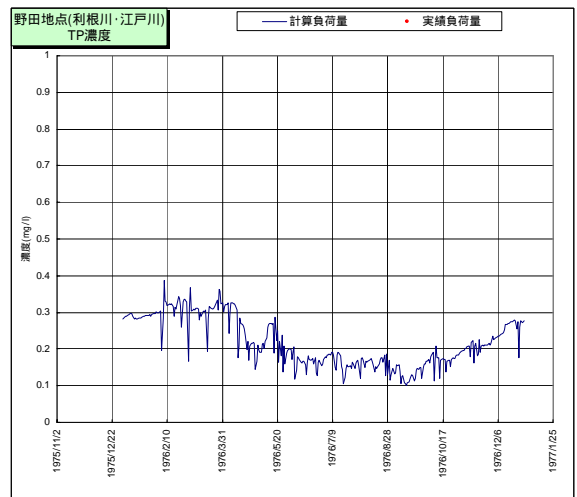
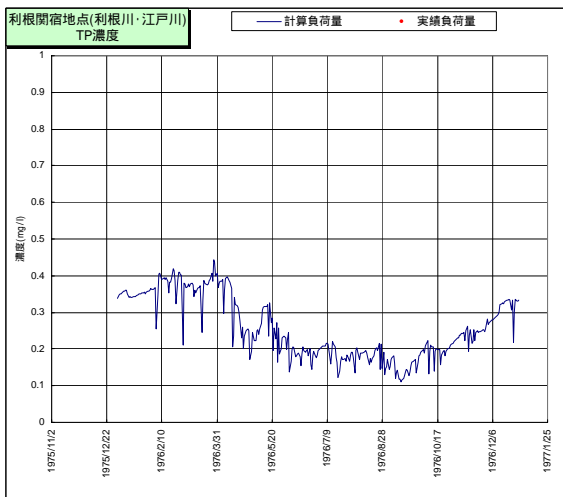
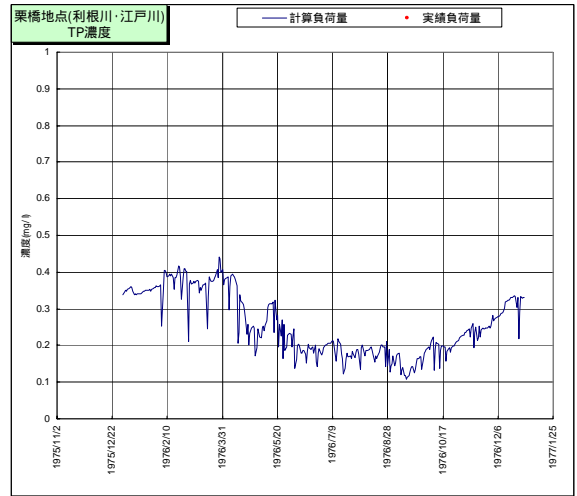
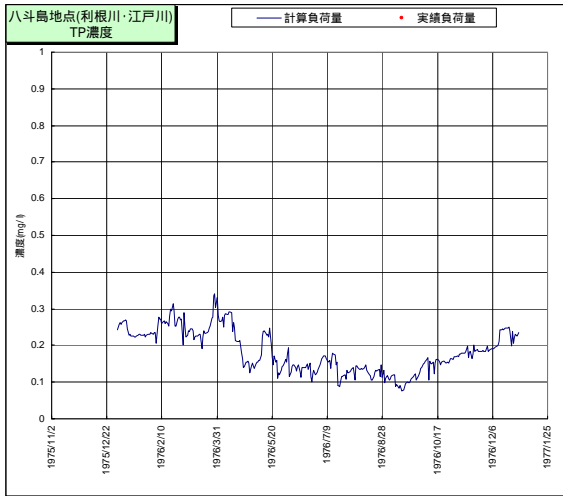


図- 4.3.3.6(5) 水質(TP)の再現結果 (1976年)

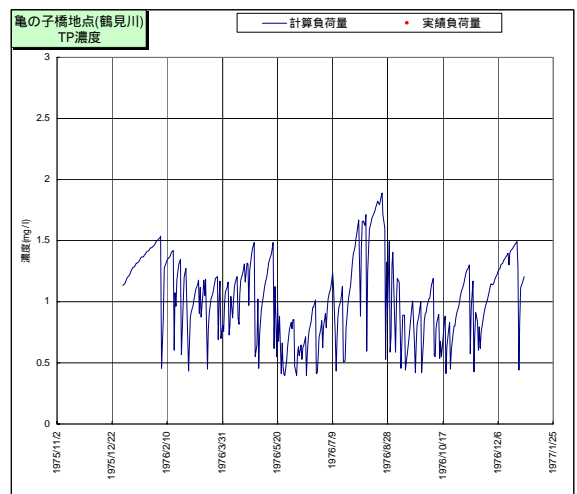
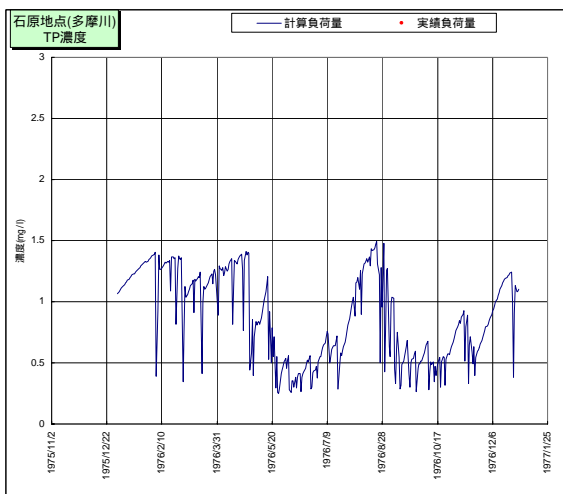
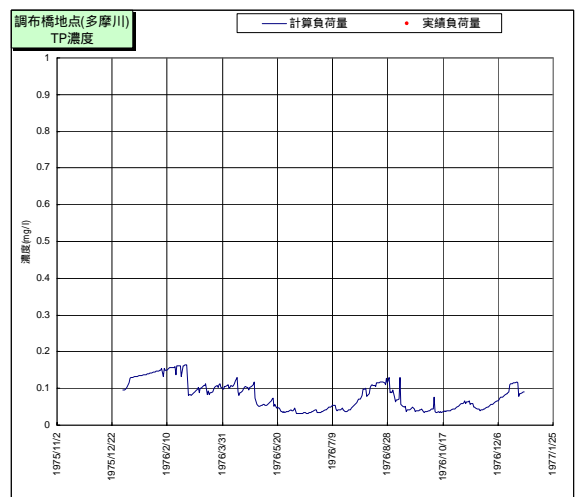
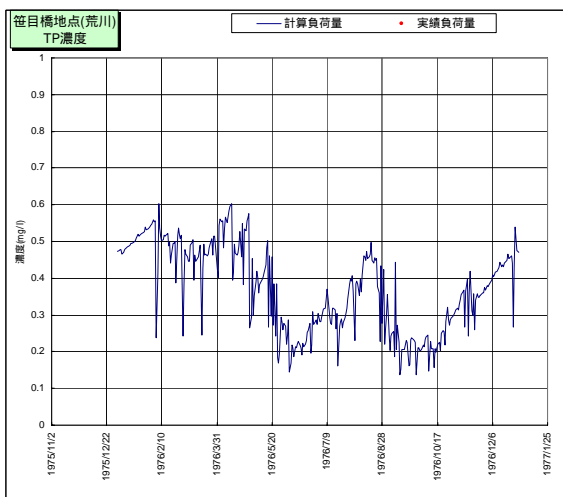
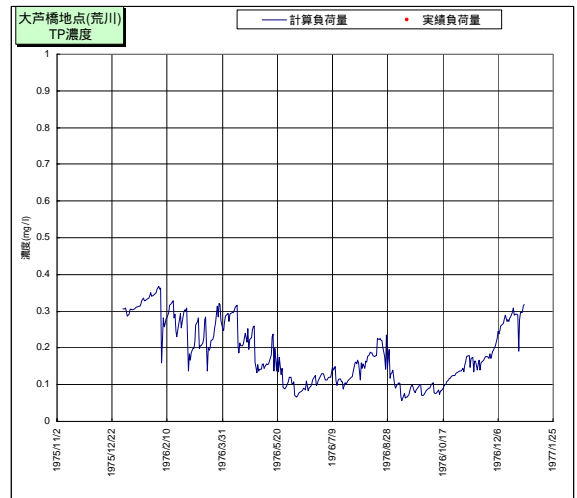
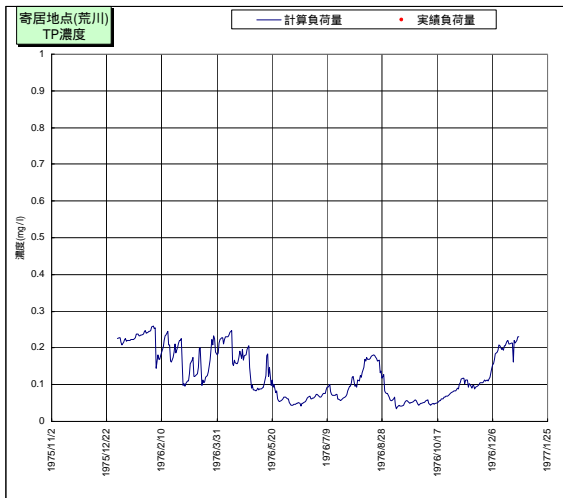


図- 4.3.3.6 (6) 水質(TP)の再現結果 (1976年)

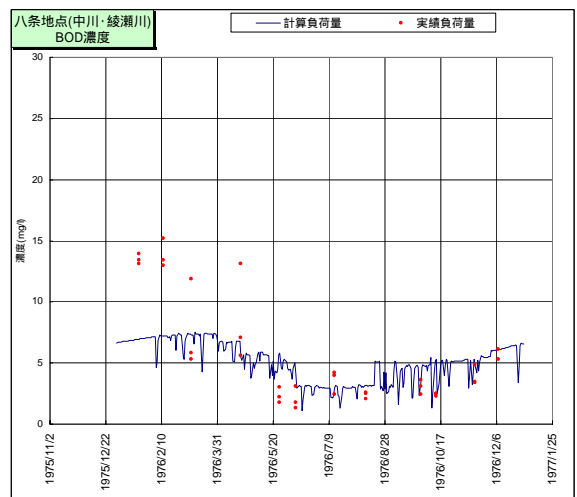
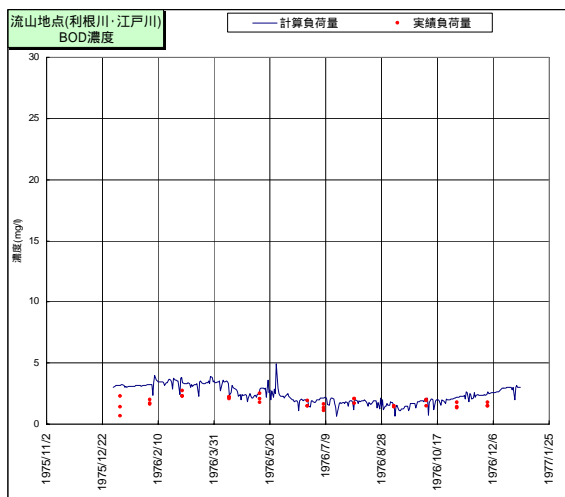
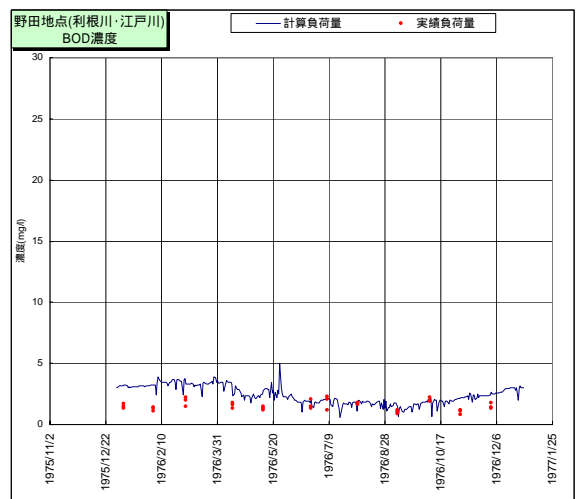
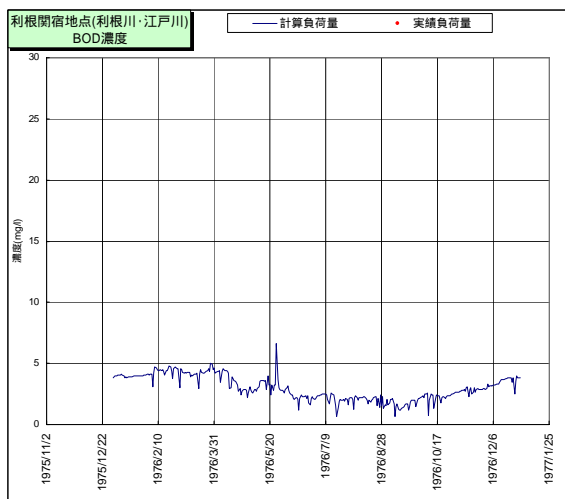
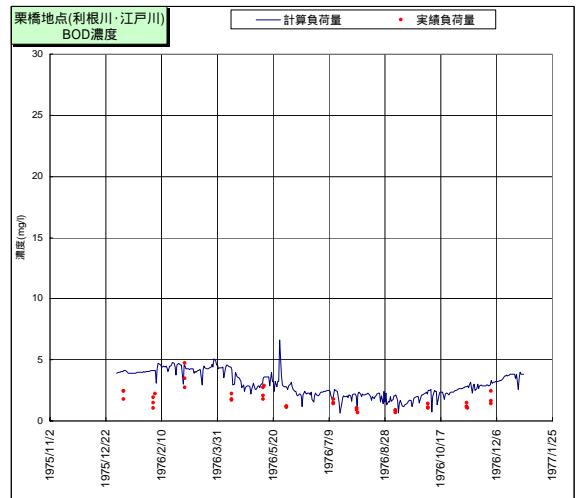
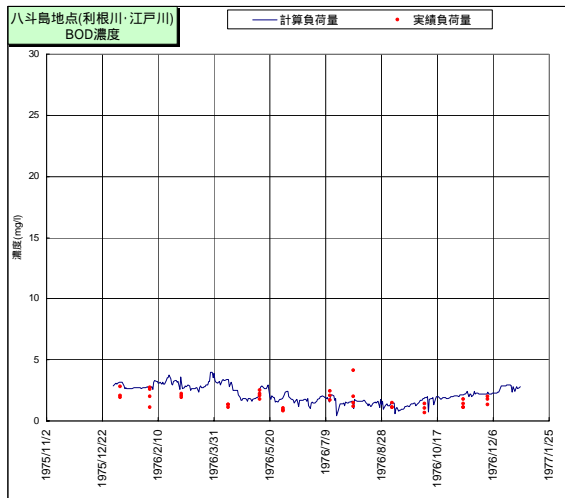


図- 4.3.3.6 (7) 水質(BOD)の再現結果 (1976年)

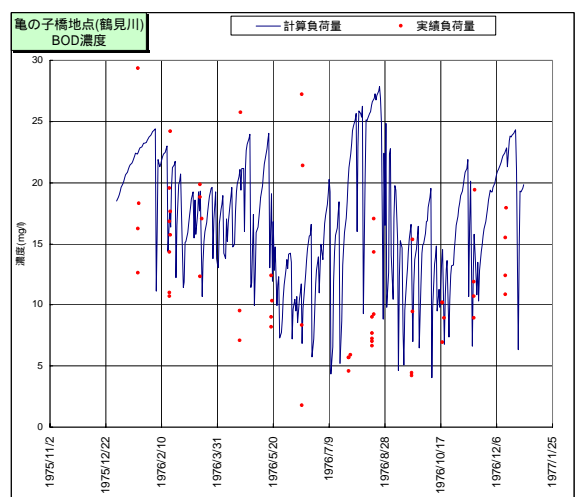
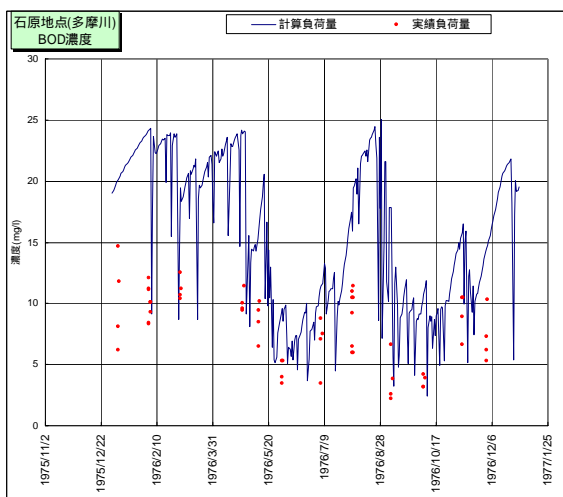
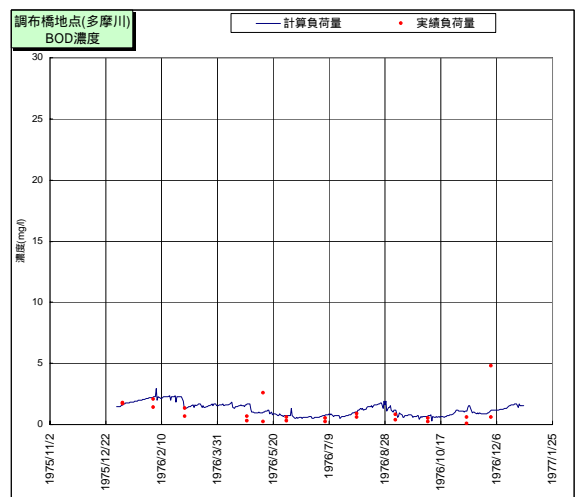
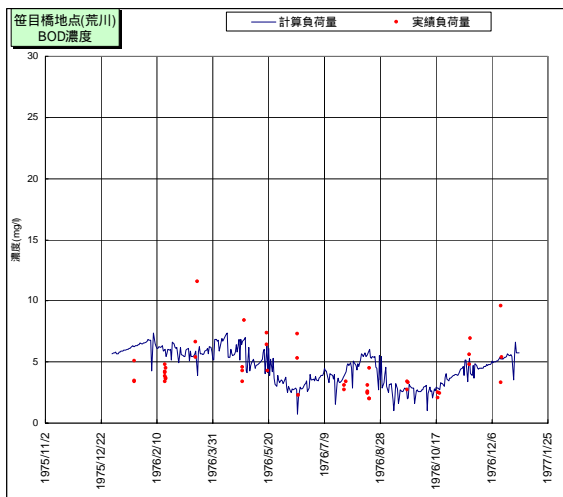
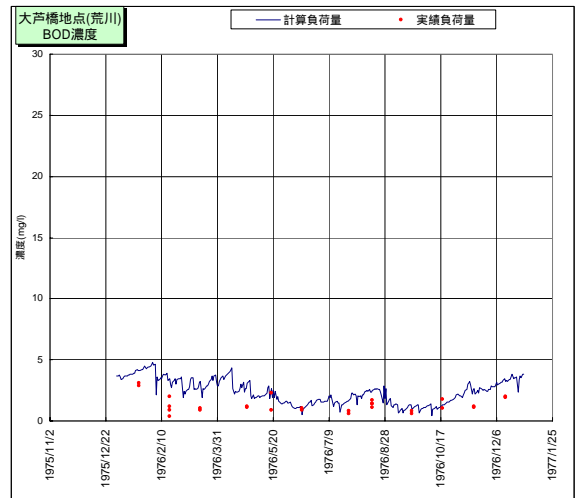
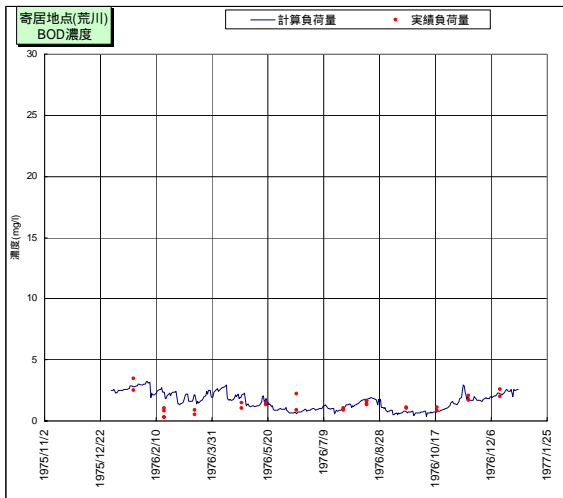


図- 4.3.3.6(8) 水質(BOD)の再現結果 (1976年)

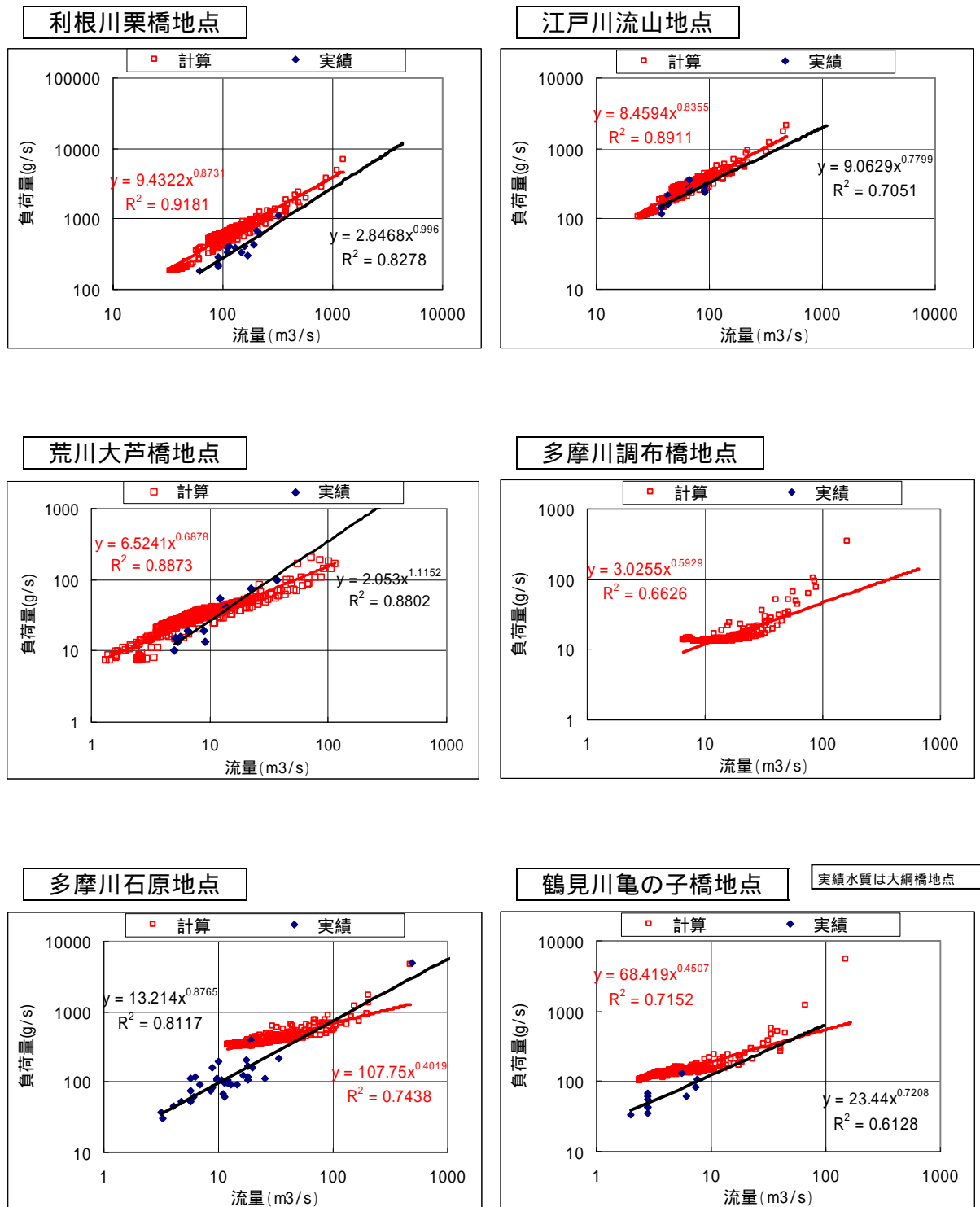


図- 4.3.3.7 (1) LQ 式による検証 (COD・1970 年)



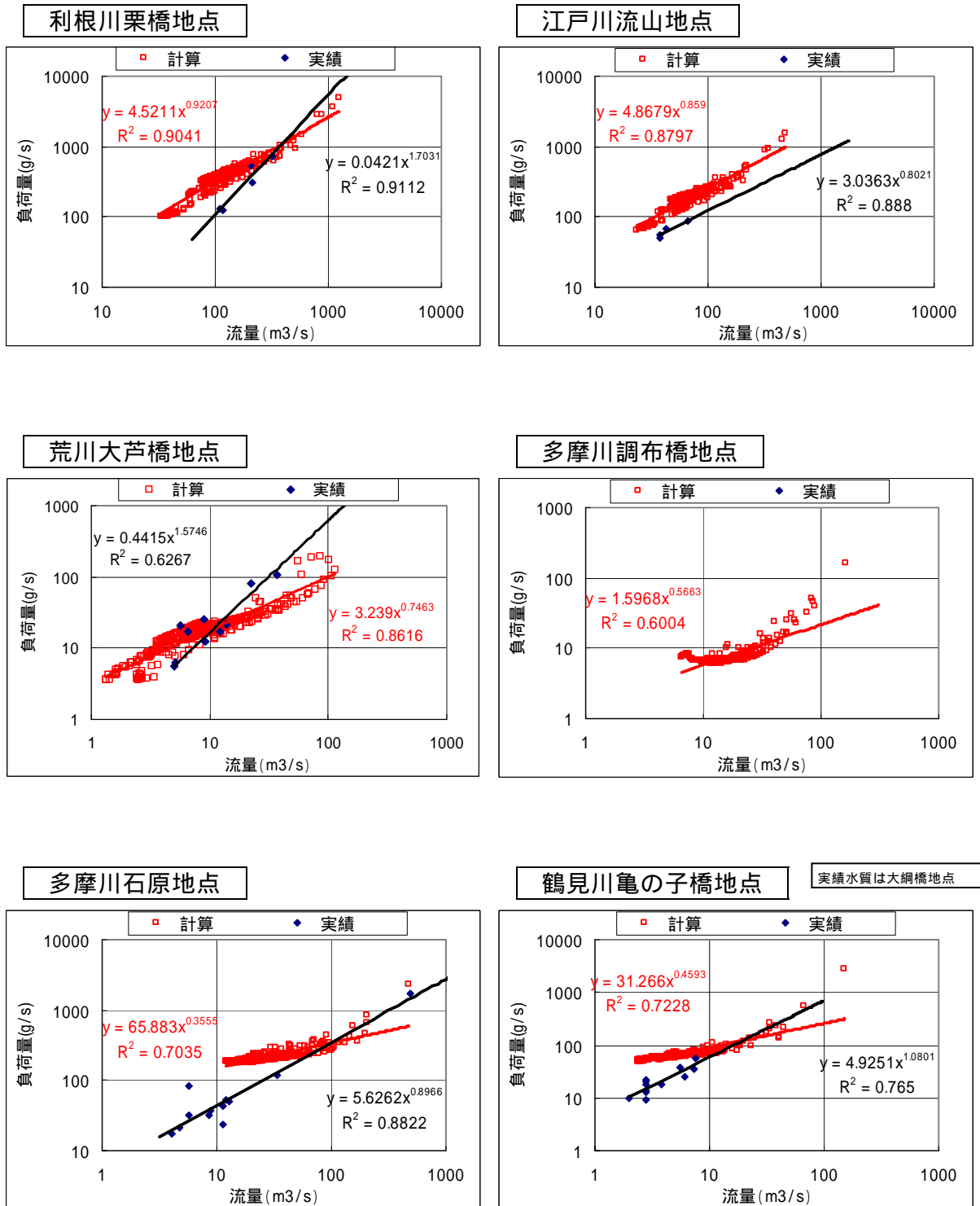


図- 4.3.3.7(2) LQ 式による検証 (T-N・1970年)

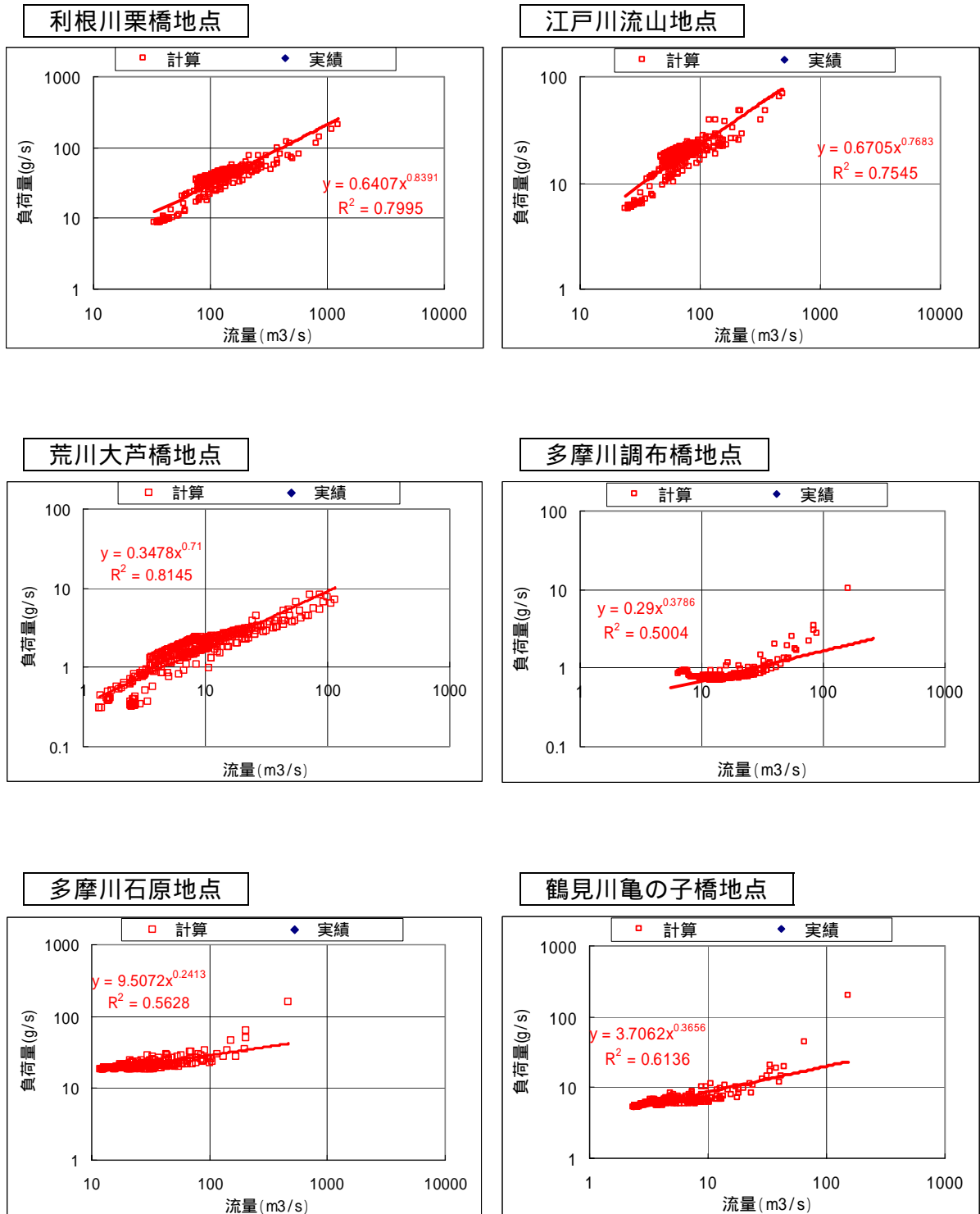


図- 4.3.3.7(3) LQ 式による検証 (T-P・1970年)

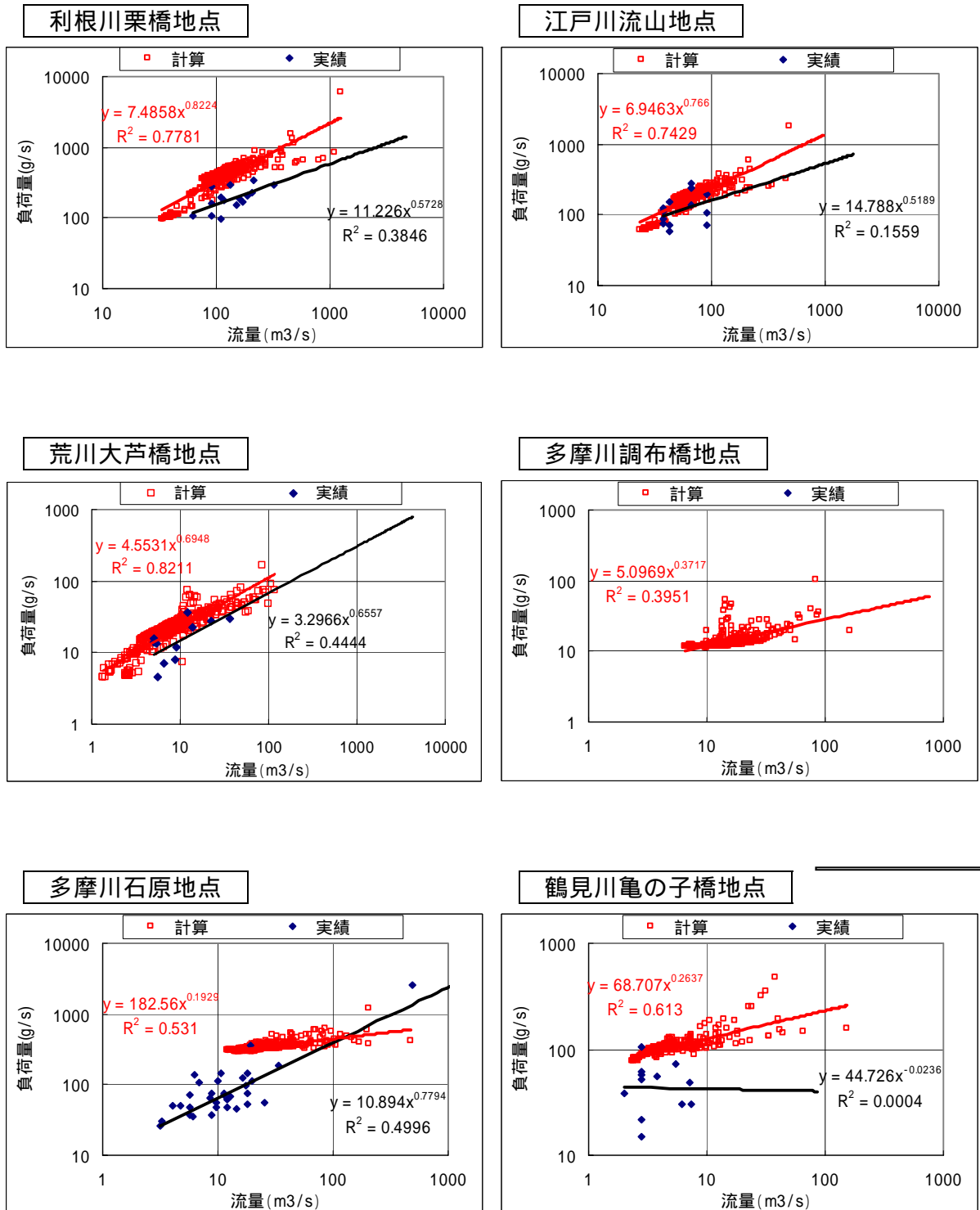


図- 4.3.3.7(4) LQ 式による検証 (BOD・1970 年)

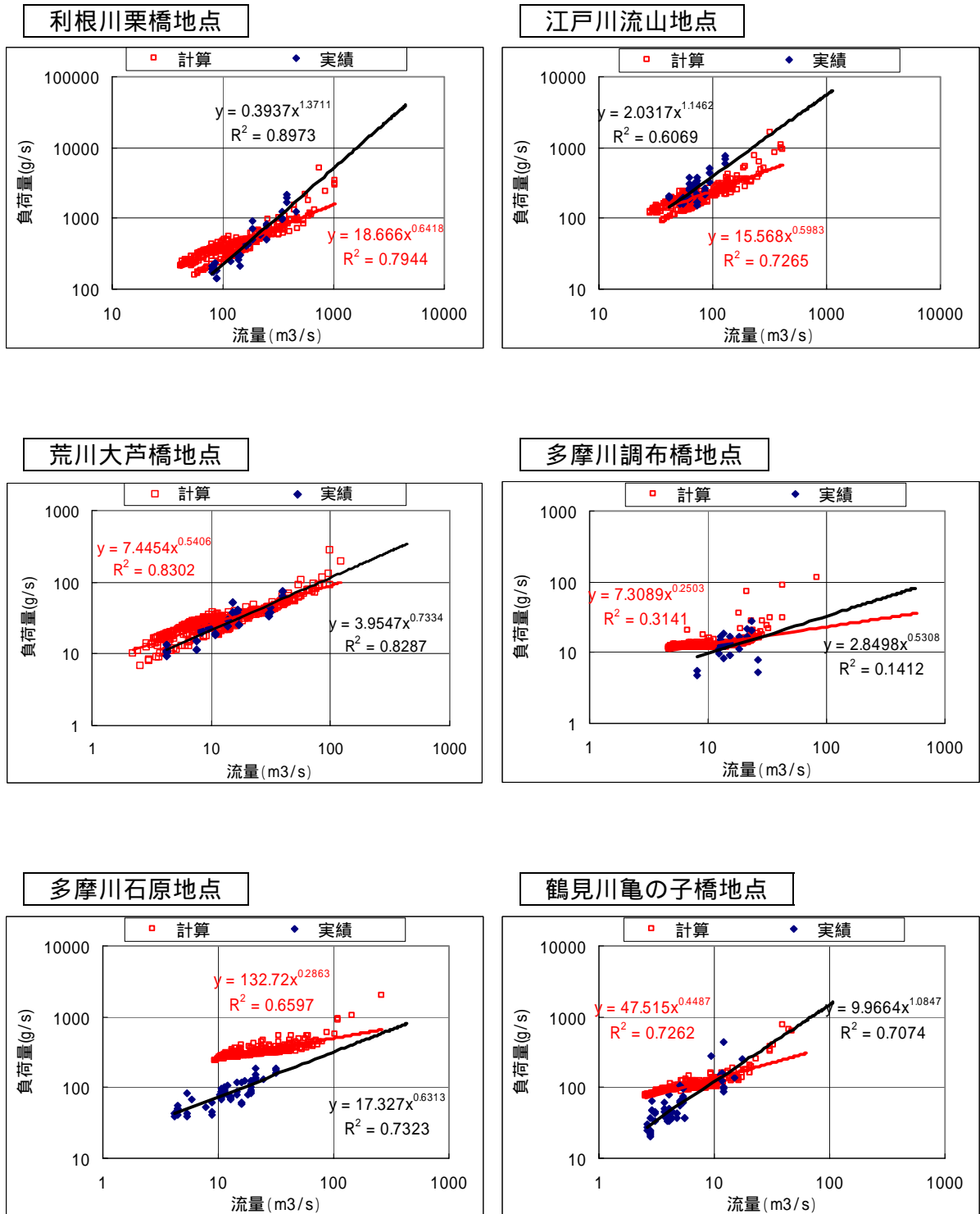


図- 4.3.3.8 (1) LQ 式による検証 (COD・1976 年)

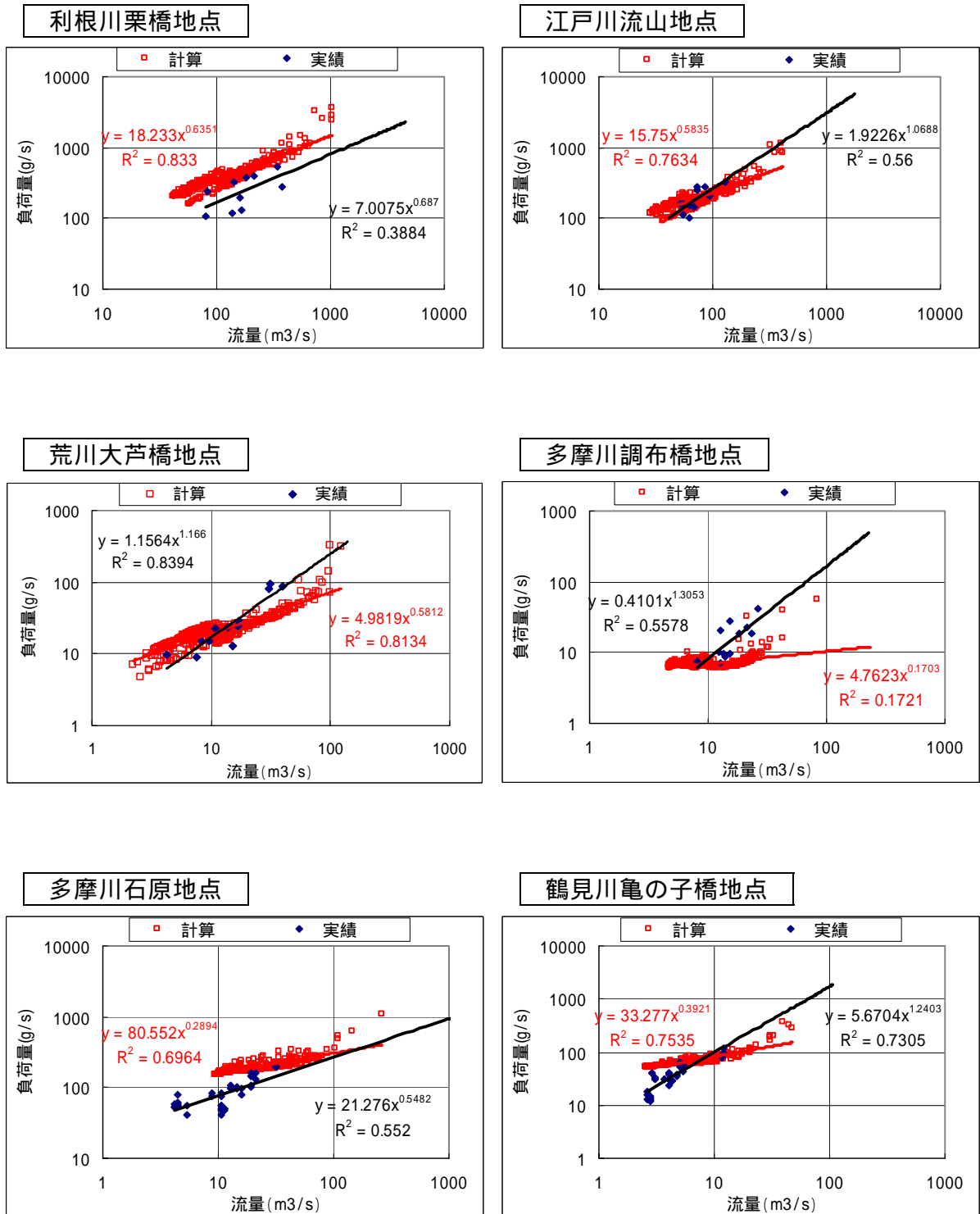


図- 4.3.3.8(2) LQ 式による検証 (T-N・1976年)

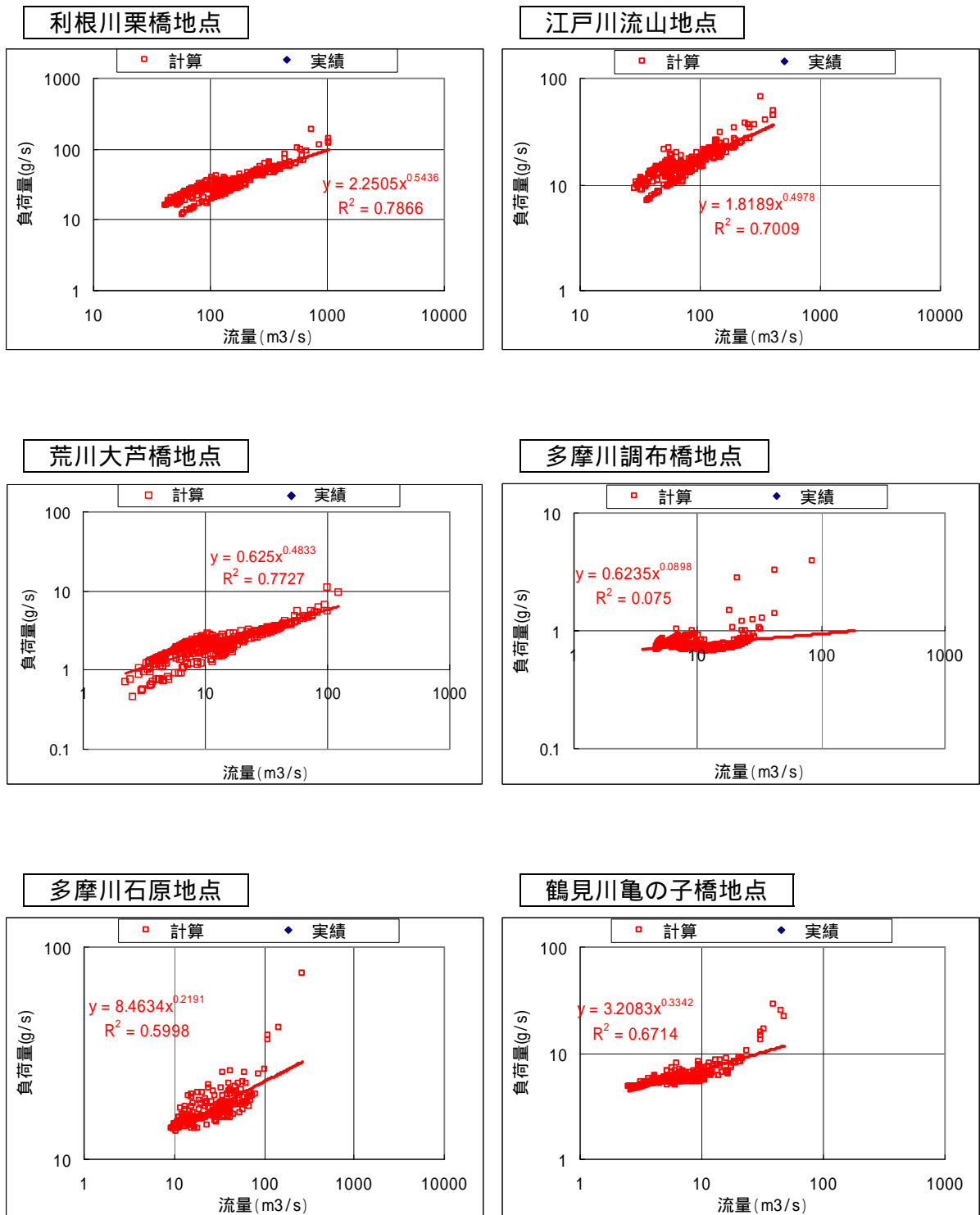


図- 4.3.3.8(3) LQ 式による検証 (T-P・1976年)

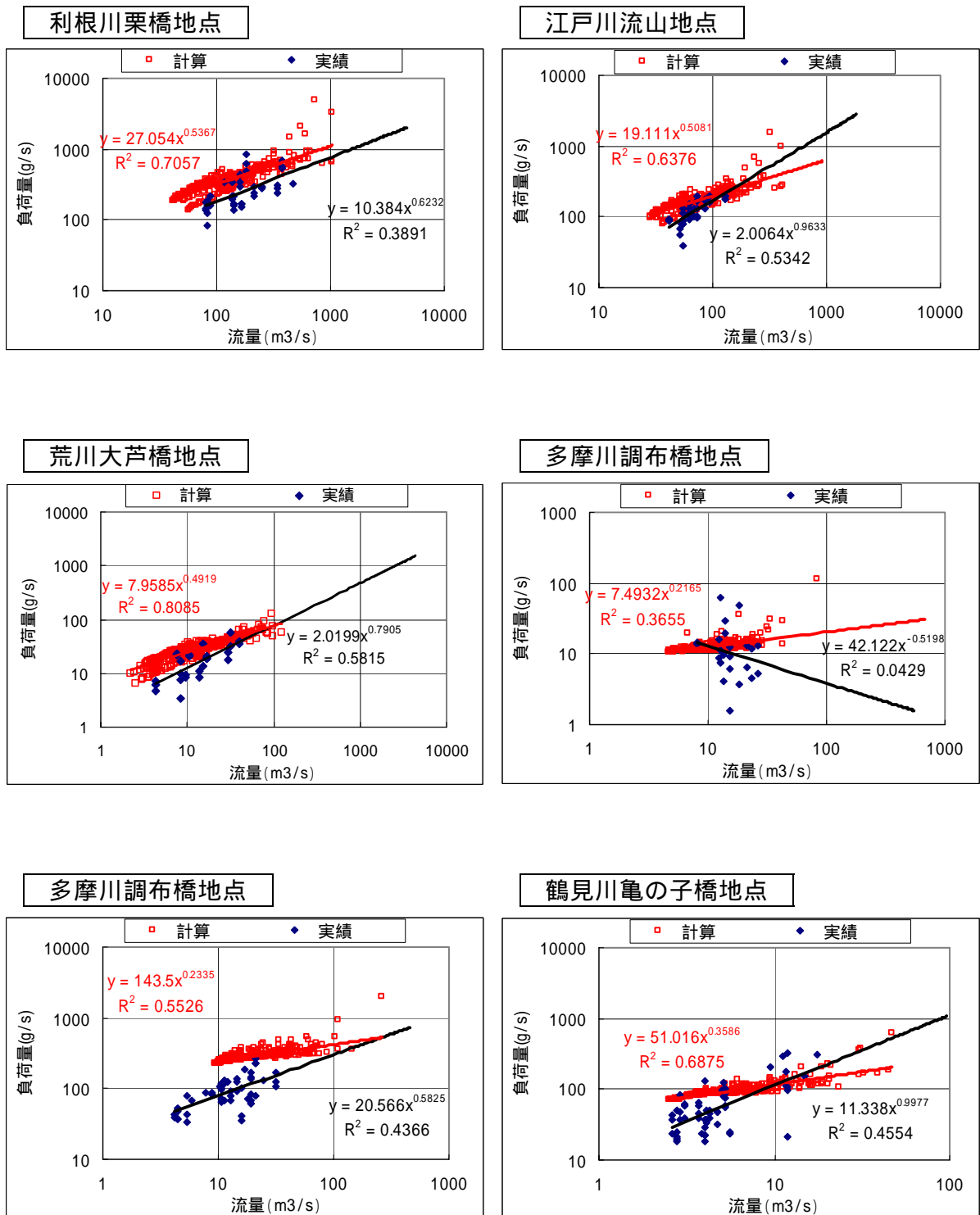


図- 4.3.3.8(4) LQ 式による検証 (BOD・1976 年)

c) 東京湾流入河川の流入水質の変遷

また、主要河川の水質測定地点における河川水質の経年変化について、図- 4.3.3.9に実測値(図中の実線)と計算値(図中のプロット)の比較を示す。実測値は年間の測定値の平均値、計算値は1年間の日平均水質の平均値である。COD については計算結果は高水時における水質も含めた平均値で評価していることもあり、鶴見川などでは実測値よりも高めに出現しているものの、計算結果は実測値と同様のトレンドを示している。T-N については実測値が全体的に増加傾向にあるのに対して、計算結果は1970年をピークにゆるやかな減少傾向をみせており、過去からのトレンドと再現性については課題が残されている。なお、T-P については、現況の計算結果は概ね実測値と一致している。

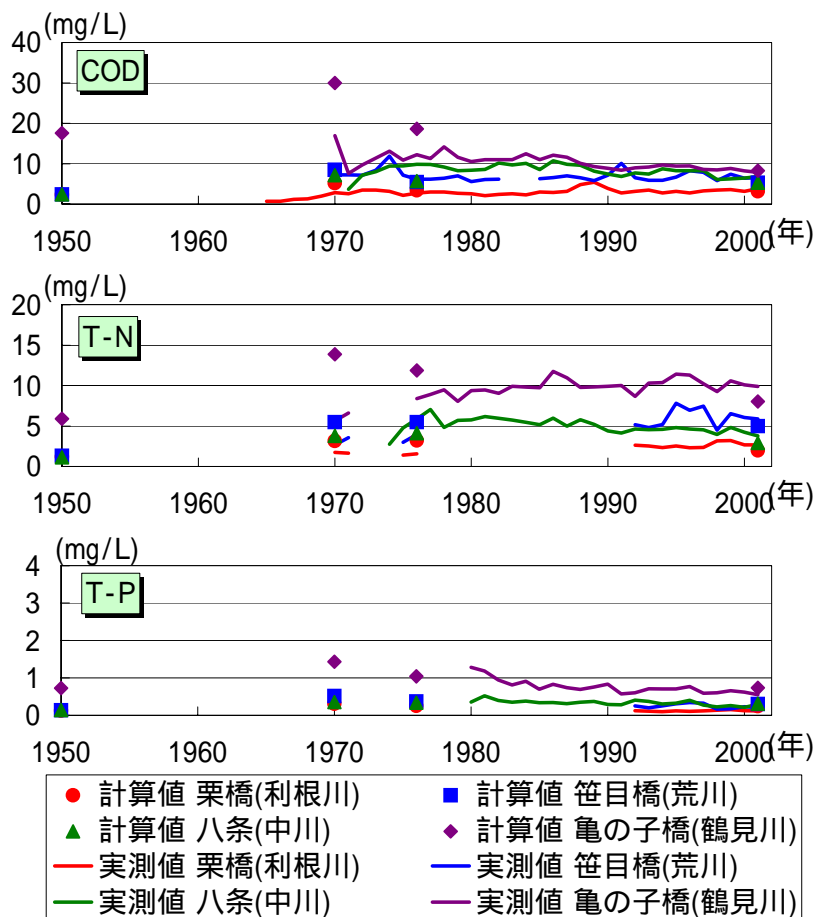


図- 4.3.3.9 東京湾流入河川の流入水質の変遷



### (3) 発生負荷量の変遷からの水環境の悪化要因の理解

#### 1) 流域からの発生負荷量

以上の過去および現在の東京湾流入河川の水量および水質の再現結果を用いて、東京湾において水質が悪化した原因について、過去と現在の負荷量比較から検討する。東京湾流域における発生負荷量を過去再現の対象とした 1950 年、1970 年、1976 年における流域からの物質毎の発生負荷量の内訳を表- 4.3.3.6に示し、経年的に発生源を集約したグラフを図- 4.3.3.10に示す（発生負荷量に応じてグラフの大きさを変えている）。

各水質項目ともに 1970 年の工業系負荷が非常に大きな値を示しており、同時期の東京湾流入負荷が増大した原因が工業系の発生負荷にあることが分かる。また、水質汚濁防止法による COD の排出基準が定められたことにより、1970 年から 1976 年にかけて東京湾流域における発生負荷量は減少しているが、それ以降はあまり改善がみられていない。1976 年から現況までに、下水道整備率は約 30%から約 80%へと増加しているが、一方で流域人口も約 2,400 万人から約 2,900 万人と増加しており、1976 年と 2001 年の生活系全体の発生負荷量を比較すると、下水道による除去率が大きい COD では減少しているが、T-N や T-P では増加している。以上のように、東京湾流域における発生負荷量が減少しない原因は生活系負荷がその一端を担っていると考えられ、これらの負荷の削減が求められる。

また、図- 4.3.3.10を見ると面源負荷が 2001 年と他の 1950 年、1970 年、1976 年と 3 倍程度の差があるが、これは降雨パターンの変化によって発生する面源負荷量の変動することを表していると考えられる。そこで 1975 年から 2001 年までの各年の降雨条件を与えて計算した。土地利用条件は 1986 年以降については 2001 年の土地利用で、1985 年以前については 1976 年の土地利用により計算を行っている。図- 4.3.3.11 に示す東京湾流域全体から発生する面源負荷量の変遷から、各物質について最大（1991 年）と最小（1978 年）との差は 10 倍前後となった。また、各年の発生面源負荷量と東京湾に流入する年平均流量、および東京の年間降水量との関係を各物質について示したのが図- 4.3.3.12 である。この図から降水量や降水量と連動する流量と発生面源負荷量との間には一定の関係があることが言える。この結果は、面源負荷量は降雨量により大きく影響を受けることを流域管理の上で留意する必要があることを示唆するとともに、面源負荷量が発生し、流下する過程についての研究を今後検討する必要性を改めて示すものである。

表- 4.3.3.6(1) 流域からの発生負荷量(1950年)

1950年発生負荷量

汚濁負荷BOD(排出ベース年平均:単位(ton/日))

	下水道処理	単独	合併	し尿	自家処理	未処理	農地	農地以外	工業	家畜	合計
利根川	0.00	3.54	0.00	4.26	23.95	11.70	0.61	17.25	2.25	13.93	77.49
荒川	0.00	1.82	0.00	2.19	12.34	6.03	0.27	7.40	1.40	3.14	34.58
中川	0.17	1.96	0.00	2.36	13.26	6.48	0.11	7.25	1.06	3.55	36.20
隅田川	1.60	5.59	0.00	6.73	37.86	18.50	0.10	1.29	1.97	1.49	75.12
多摩川	0.00	4.28	0.00	5.15	28.96	14.15	0.04	3.28	1.35	1.20	58.42
鶴見川	0.00	1.08	0.00	1.30	7.32	3.58	0.00	0.71	0.38	0.84	15.22
小櫃川・養老川・小糸川	0.00	0.11	0.00	0.14	0.78	0.38	0.01	1.99	0.00	1.18	4.58
その他残流域	0.00	2.48	0.00	2.99	16.83	8.22	0.02	1.69	1.36	0.78	34.38
処理場から湾直接放流	6.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.15
合計	7.93	20.86	0.00	25.12	141.30	69.04	1.16	40.86	9.77	26.11	342.14

汚濁負荷COD(排出ベース年平均:単位(ton/日))

	下水道処理	単独	合併	し尿	自家処理	未処理	農地	農地以外	工業	家畜	合計
利根川	0.00	3.87	0.00	4.26	23.95	11.70	0.61	17.25	11.86	10.65	84.14
荒川	0.00	1.99	0.00	2.19	12.34	6.03	0.27	7.40	7.36	2.26	39.84
中川	0.33	2.14	0.00	2.36	13.26	6.48	0.11	7.25	5.56	2.48	39.98
隅田川	2.00	6.11	0.00	6.73	37.86	18.50	0.10	1.29	10.35	1.05	83.98
多摩川	0.00	4.67	0.00	5.15	28.96	14.15	0.04	3.28	7.12	0.92	64.29
鶴見川	0.00	1.18	0.00	1.30	7.32	3.58	0.00	0.71	2.00	0.60	16.70
小櫃川・養老川・小糸川	0.00	0.13	0.00	0.14	0.78	0.38	0.01	1.99	0.00	0.91	4.33
その他残流域	0.00	2.72	0.00	2.99	16.83	8.22	0.02	1.69	7.16	0.59	40.22
処理場から湾直接放流	5.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.81
合計	8.14	22.81	0.00	25.12	141.30	69.04	1.16	40.86	51.41	19.45	379.29

汚濁負荷TN(排出ベース年平均:単位(ton/日))

	下水道処理	単独	合併	し尿	自家処理	未処理	農地	農地以外	工業	家畜	合計
利根川	0.00	2.05	0.00	1.76	3.09	5.85	12.70	7.98	6.62	6.28	46.32
荒川	0.08	1.05	0.00	0.91	1.59	3.02	5.58	3.49	4.11	1.11	20.95
中川	0.47	1.13	0.00	0.97	1.71	3.24	2.29	3.07	3.11	1.09	17.07
隅田川	4.34	3.24	0.00	2.78	4.89	9.25	2.03	0.62	5.78	0.49	33.41
多摩川	0.00	2.47	0.00	2.13	3.74	7.08	0.83	1.64	3.98	0.54	22.41
鶴見川	0.00	0.63	0.00	0.54	0.94	1.79	0.08	0.35	1.12	0.28	5.73
小櫃川・養老川・小糸川	0.00	0.07	0.00	0.06	0.10	0.19	0.15	0.89	0.00	0.55	2.01
その他残流域	0.00	1.44	0.00	1.24	2.17	4.11	0.42	0.83	4.00	0.32	14.53
処理場から湾直接放流	7.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.08
合計	11.96	12.08	0.00	10.39	18.23	34.53	24.07	18.88	28.72	10.66	169.51

汚濁負荷TP(排出ベース年平均:単位(ton/日))

	下水道処理	単独	合併	し尿	自家処理	未処理	農地	農地以外	工業	家畜	合計
利根川	0.00	0.15	0.00	0.20	0.62	0.52	0.08	0.46	0.30	1.41	3.74
荒川	0.00	0.08	0.00	0.10	0.32	0.27	0.04	0.20	0.19	0.35	1.54
中川	0.04	0.08	0.00	0.11	0.34	0.29	0.02	0.21	0.14	0.41	1.63
隅田川	0.21	0.24	0.00	0.32	0.98	0.82	0.01	0.03	0.26	0.17	3.05
多摩川	0.00	0.18	0.00	0.24	0.75	0.62	0.01	0.09	0.18	0.12	2.18
鶴見川	0.00	0.05	0.00	0.06	0.19	0.16	0.00	0.02	0.05	0.09	0.62
小櫃川・養老川・小糸川	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.05	0.00	0.12	0.22
その他残流域	0.00	0.11	0.00	0.14	0.43	0.36	0.00	0.05	0.18	0.08	1.35
処理場から湾直接放流	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59
合計	0.84	0.89	0.00	1.18	3.65	3.06	0.15	1.12	1.30	2.74	14.93

表- 4.3.3.6 (2) 流域からの発生負荷量(1970年)

1970年発生負荷量

汚濁負荷BOD(排出ベース年平均:単位(ton/日))

	下水道処理単独	合併	し尿	自家処理	未処理	農地	農地以外	工業	家畜	合計	
利根川	0.00	8.69	0.00	17.21	20.16	7.68	0.15	8.82	27.00	17.81	107.51
荒川	0.00	4.86	0.00	9.63	11.27	4.29	0.05	3.20	16.76	2.55	52.60
中川	0.18	5.23	0.00	10.36	12.13	4.62	0.02	3.94	12.66	2.94	52.08
隅田川	5.23	8.96	0.00	17.75	20.79	7.92	0.03	4.91	23.56	1.09	90.25
多摩川	0.00	8.42	0.00	16.68	19.53	7.44	0.02	6.57	16.21	0.81	75.68
鶴見川	0.00	2.41	0.00	4.77	5.59	2.13	0.01	4.56	4.56	0.64	24.66
小櫃川・養老川・小糸川	0.00	0.43	0.00	0.85	0.99	0.38	0.01	2.00	0.00	1.22	5.88
その他残流域	0.00	6.01	0.00	11.90	13.93	5.31	0.01	9.96	16.29	0.78	64.19
処理場から湾直接放流	11.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.66
合計	17.06	45.01	0.00	89.15	104.39	39.77	0.29	43.95	117.05	27.83	484.50

汚濁負荷COD(排出ベース年平均:単位(ton/日))

	下水道処理単独	合併	し尿	自家処理	未処理	農地	農地以外	工業	家畜	合計	
利根川	0.00	9.50	0.00	17.21	20.16	7.68	0.15	8.82	142.12	13.27	218.91
荒川	0.00	5.31	0.00	9.63	11.27	4.29	0.05	3.20	88.24	1.85	123.83
中川	0.75	5.72	0.00	10.36	12.13	4.62	0.02	3.94	66.65	2.06	106.24
隅田川	6.72	9.80	0.00	17.75	20.79	7.92	0.03	4.91	124.04	0.78	192.74
多摩川	0.00	9.21	0.00	16.68	19.53	7.44	0.02	6.57	85.35	0.62	145.41
鶴見川	0.00	2.63	0.00	4.77	5.59	2.13	0.01	4.56	24.01	0.45	44.14
小櫃川・養老川・小糸川	0.00	0.47	0.00	0.85	0.99	0.38	0.01	2.00	0.00	0.94	5.63
その他残流域	0.00	6.57	0.00	11.90	13.93	5.31	0.01	9.96	85.77	0.58	134.03
処理場から湾直接放流	12.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.51
合計	19.98	49.21	0.00	89.15	104.39	39.77	0.29	43.95	616.17	20.54	983.44

汚濁負荷TN(排出ベース年平均:単位(ton/日))

	下水道処理単独	合併	し尿	自家処理	未処理	農地	農地以外	工業	家畜	合計	
利根川	0.00	5.03	0.00	7.12	2.60	3.84	3.15	4.00	79.35	7.28	112.37
荒川	0.58	2.81	0.00	3.98	1.45	2.15	0.96	1.39	49.26	0.93	63.51
中川	0.91	3.03	0.00	4.29	1.57	2.31	0.38	1.65	37.21	0.92	52.27
隅田川	9.98	5.19	0.00	7.34	2.68	3.96	0.62	2.05	69.25	0.36	101.44
多摩川	0.49	4.87	0.00	6.90	2.52	3.72	0.32	2.80	47.65	0.37	69.64
鶴見川	0.00	1.39	0.00	1.97	0.72	1.06	0.17	1.93	13.40	0.21	20.85
小櫃川・養老川・小糸川	0.00	0.25	0.00	0.35	0.13	0.19	0.15	0.91	0.00	0.55	2.54
その他残流域	0.00	3.48	0.00	4.92	1.80	2.65	0.26	4.23	47.89	0.31	65.54
処理場から湾直接放流	16.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.16
合計	28.12	26.05	0.00	36.87	13.47	19.88	6.01	18.95	344.02	10.94	504.31

汚濁負荷TP(排出ベース年平均:単位(ton/日))

	下水道処理単独	合併	し尿	自家処理	未処理	農地	農地以外	工業	家畜	合計	
利根川	0.00	0.37	0.00	0.82	0.52	0.34	0.02	0.24	3.59	1.87	7.77
荒川	0.00	0.21	0.00	0.46	0.29	0.19	0.01	0.10	2.23	0.28	3.77
中川	0.08	0.22	0.00	0.49	0.31	0.20	0.00	0.13	1.68	0.34	3.45
隅田川	0.55	0.38	0.00	0.84	0.54	0.35	0.00	0.18	3.13	0.12	6.10
多摩川	0.00	0.36	0.00	0.79	0.50	0.33	0.00	0.24	2.15	0.08	4.45
鶴見川	0.00	0.10	0.00	0.23	0.14	0.09	0.00	0.16	0.61	0.07	1.40
小櫃川・養老川・小糸川	0.00	0.02	0.00	0.04	0.03	0.02	0.00	0.05	0.00	0.12	0.29
その他残流域	0.00	0.26	0.00	0.57	0.36	0.23	0.00	0.30	2.16	0.08	3.96
処理場から湾直接放流	1.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.36
合計	1.99	1.92	0.00	4.24	2.69	1.75	0.04	1.40	15.55	2.96	32.53

表- 4.3.3.6 (3) 流域からの発生負荷量(1976年)

1976年発生負荷量

汚濁負荷BOD(排出ベース年平均:単位(ton/日))

	下水道処理単独	合併	し尿	自家処理	未処理	農地	農地以外	工業	家畜	合計	
利根川	0.00	10.67	0.00	22.26	18.43	5.98	0.19	9.98	5.02	18.69	91.22
荒川	0.33	6.05	0.00	12.62	10.45	3.39	0.07	5.29	3.12	2.34	43.65
中川	0.59	6.85	0.00	14.29	11.83	3.84	0.03	5.13	2.36	2.73	47.64
隅田川	7.70	9.46	0.00	19.74	16.34	5.30	0.05	6.85	4.38	0.94	70.77
多摩川	0.74	8.85	0.00	18.46	15.28	4.96	0.01	4.09	3.02	0.62	56.03
鶴見川	0.00	2.54	0.00	5.29	4.38	1.42	0.00	2.01	0.85	0.56	17.05
小櫃川・養老川・小糸川	0.00	0.59	0.00	1.24	1.03	0.33	0.01	1.59	0.00	1.19	5.98
その他残流域	0.00	6.95	0.00	14.49	12.00	3.89	0.02	4.73	3.03	0.75	45.87
処理場から湾直接放流	17.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.17
合計	26.54	51.96	0.00	108.39	89.74	29.11	0.37	39.67	21.77	27.82	395.38

汚濁負荷COD(排出ベース年平均:単位(ton/日))

	下水道処理単独	合併	し尿	自家処理	未処理	農地	農地以外	工業	家畜	合計	
利根川	0.00	11.66	0.00	22.26	18.43	5.98	0.19	9.98	11.15	13.82	93.47
荒川	0.73	6.61	0.00	12.62	10.45	3.39	0.07	5.29	6.92	1.69	47.77
中川	1.15	7.49	0.00	14.29	11.83	3.84	0.03	5.13	5.23	1.92	50.90
隅田川	9.31	10.34	0.00	19.74	16.34	5.30	0.05	6.85	9.73	0.67	78.33
多摩川	0.77	9.67	0.00	18.46	15.28	4.96	0.01	4.09	6.69	0.47	60.41
鶴見川	0.00	2.77	0.00	5.29	4.38	1.42	0.00	2.01	1.88	0.40	18.15
小櫃川・養老川・小糸川	0.00	0.65	0.00	1.24	1.03	0.33	0.01	1.59	0.00	0.91	5.75
その他残流域	0.00	7.59	0.00	14.49	12.00	3.89	0.02	4.73	6.73	0.56	50.01
処理場から湾直接放流	17.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.68
合計	29.65	56.78	0.00	108.39	89.74	29.11	0.37	39.67	48.32	20.43	422.47

汚濁負荷TN(排出ベース年平均:単位(ton/日))

	下水道処理単独	合併	し尿	自家処理	未処理	農地	農地以外	工業	家畜	合計	
利根川	0.00	6.18	0.00	9.21	2.38	2.99	3.94	4.42	59.46	7.40	95.98
荒川	1.70	3.50	0.00	5.22	1.35	1.69	1.39	2.28	36.91	0.85	54.89
中川	1.24	3.97	0.00	5.91	1.53	1.92	0.55	2.14	27.88	0.85	46.00
隅田川	12.96	5.48	0.00	8.17	2.11	2.65	1.00	2.86	51.89	0.31	87.43
多摩川	2.28	5.12	0.00	7.64	1.97	2.48	0.24	1.74	35.71	0.28	57.45
鶴見川	0.59	1.47	0.00	2.19	0.57	0.71	0.07	0.85	10.04	0.18	16.67
小櫃川・養老川・小糸川	0.00	0.34	0.00	0.51	0.13	0.17	0.11	0.72	0.00	0.53	2.51
その他残流域	0.00	4.02	0.00	5.99	1.55	1.95	0.26	2.02	35.89	0.30	51.97
処理場から湾直接放流	21.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.93
合計	40.70	30.08	0.00	44.84	11.59	14.56	7.55	17.02	257.78	10.71	434.83

汚濁負荷TP(排出ベース年平均:単位(ton/日))

	下水道処理単独	合併	し尿	自家処理	未処理	農地	農地以外	工業	家畜	合計	
利根川	0.00	0.45	0.00	1.06	0.48	0.26	0.02	0.29	1.62	1.99	6.17
荒川	0.05	0.26	0.00	0.60	0.27	0.15	0.01	0.18	1.01	0.26	2.78
中川	0.09	0.29	0.00	0.68	0.31	0.17	0.00	0.17	0.76	0.31	2.78
隅田川	0.74	0.40	0.00	0.94	0.42	0.23	0.01	0.25	1.41	0.11	4.51
多摩川	0.10	0.38	0.00	0.88	0.39	0.22	0.00	0.15	0.97	0.06	3.15
鶴見川	0.06	0.11	0.00	0.25	0.11	0.06	0.00	0.07	0.27	0.06	1.00
小櫃川・養老川・小糸川	0.00	0.03	0.00	0.06	0.03	0.01	0.00	0.04	0.00	0.12	0.29
その他残流域	0.00	0.30	0.00	0.69	0.31	0.17	0.00	0.17	0.98	0.08	2.69
処理場から湾直接放流	1.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.88
合計	2.91	2.22	0.00	5.16	2.32	1.27	0.04	1.32	7.02	2.99	25.24

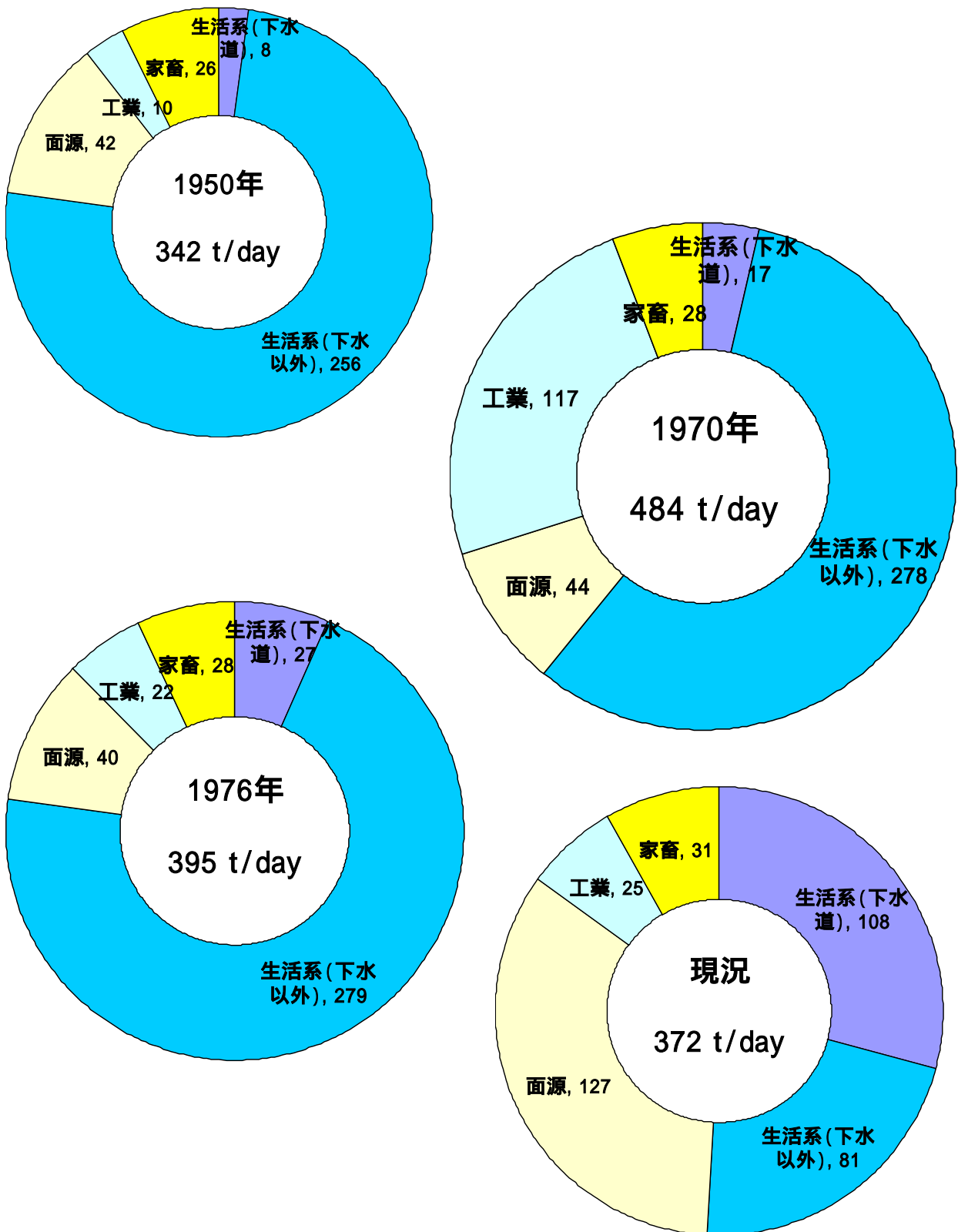


図- 4.3.3.10(1) BOD の発生源別の発生負荷量の変遷

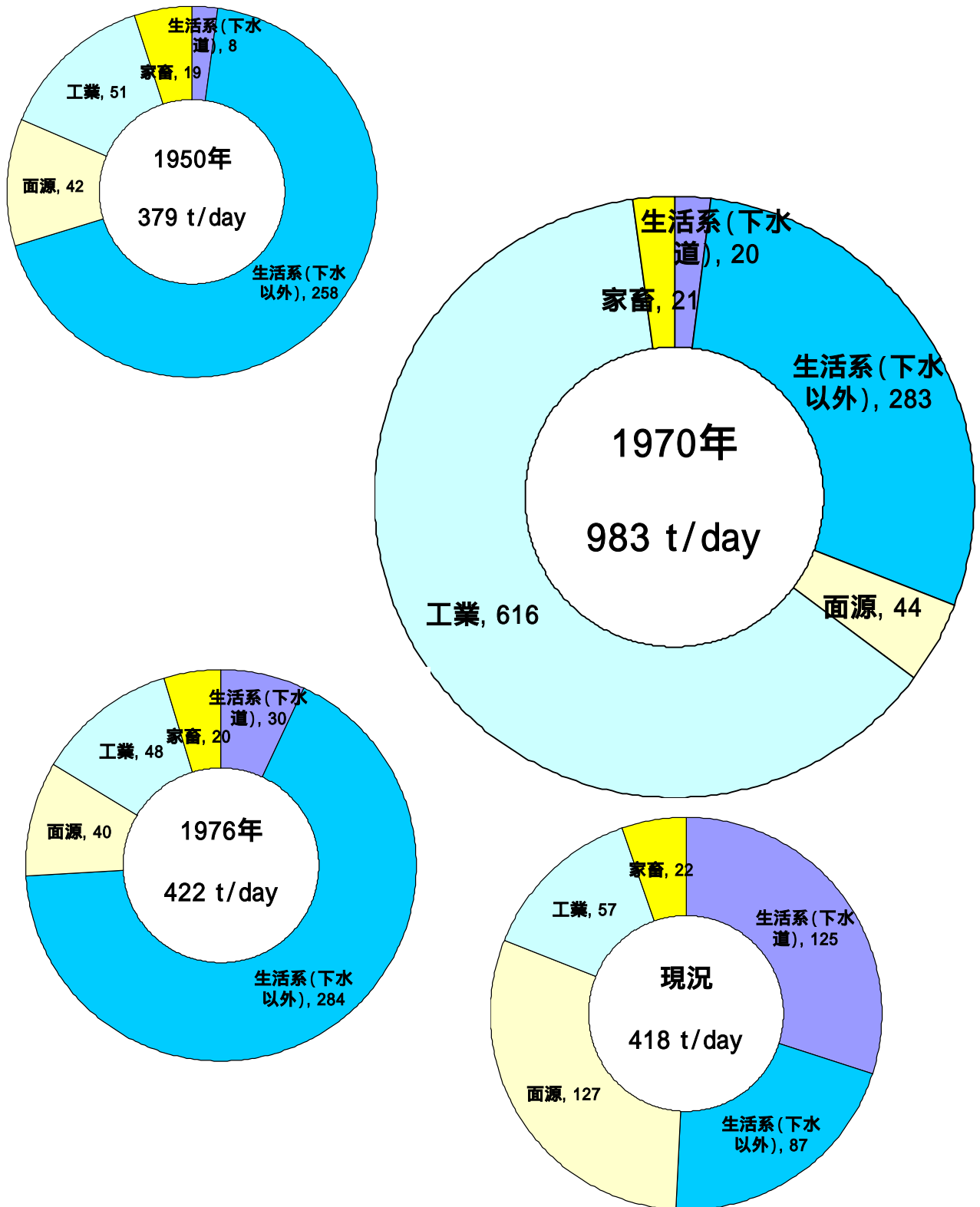


図- 4.3.3.10(2) CODの発生源別の発生負荷量の変遷

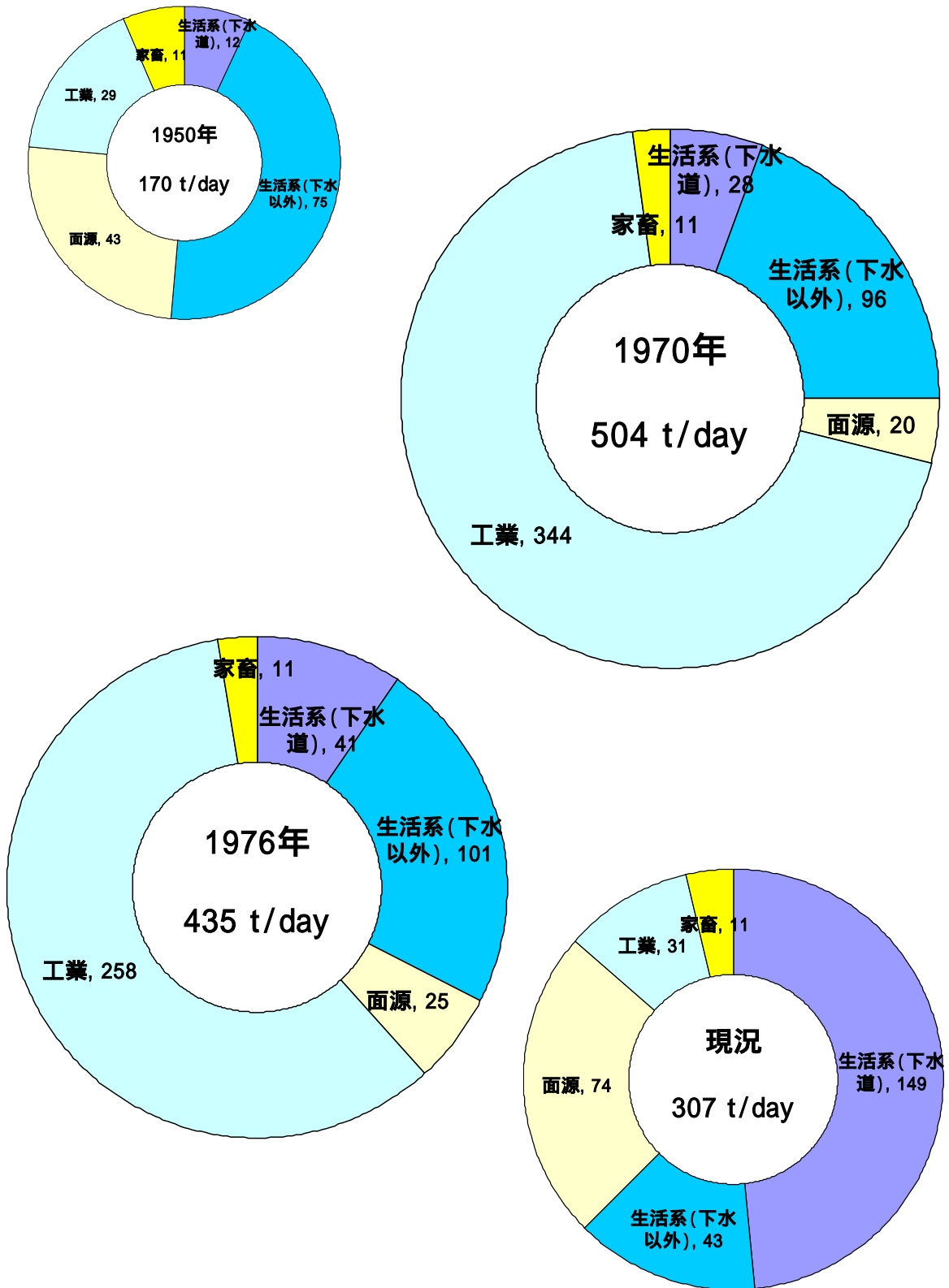


図- 4.3.3.10(3) TN の発生源別の発生負荷量の変遷

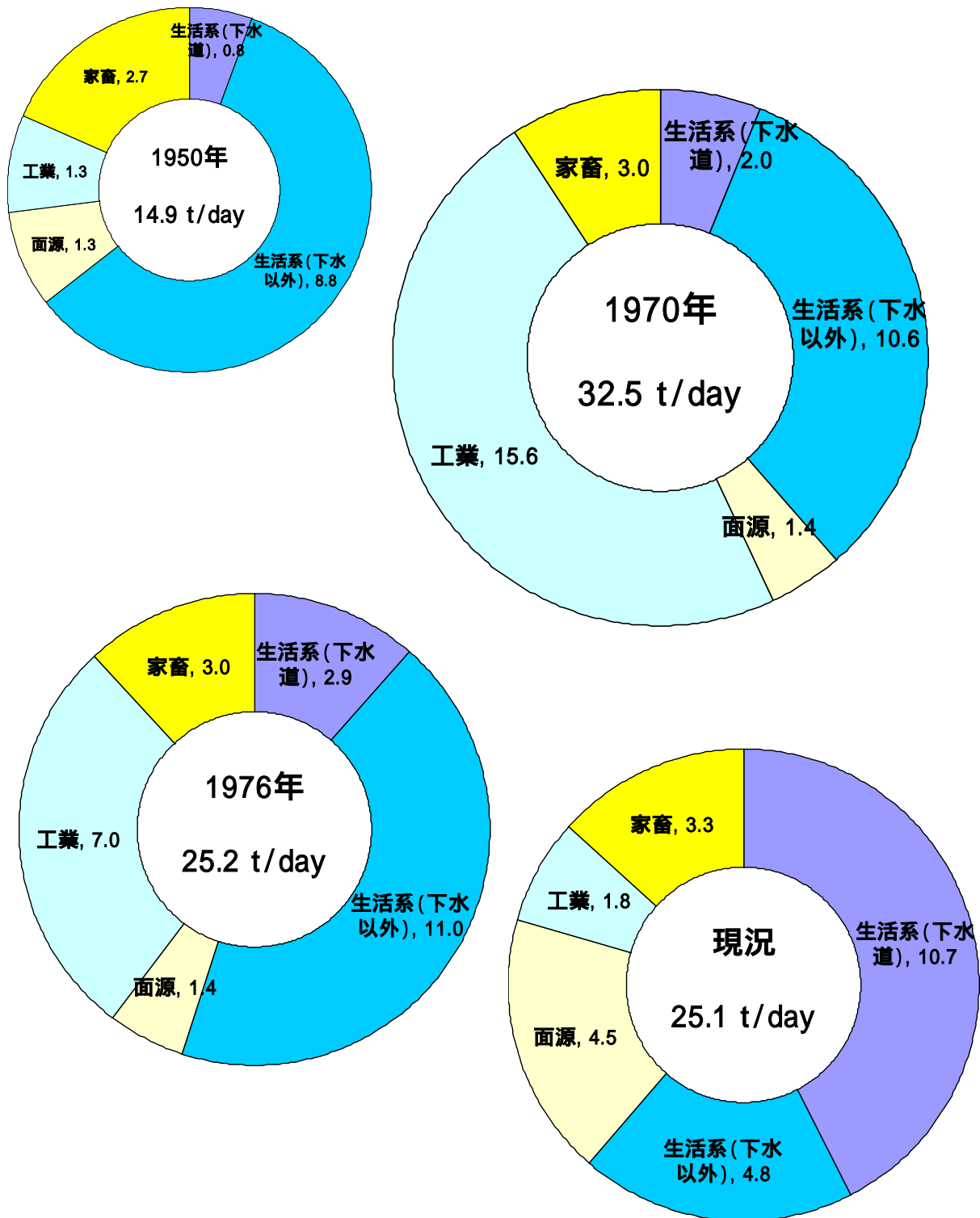


図- 4.3.3.10(4) TPの発生源別の発生負荷量の変遷



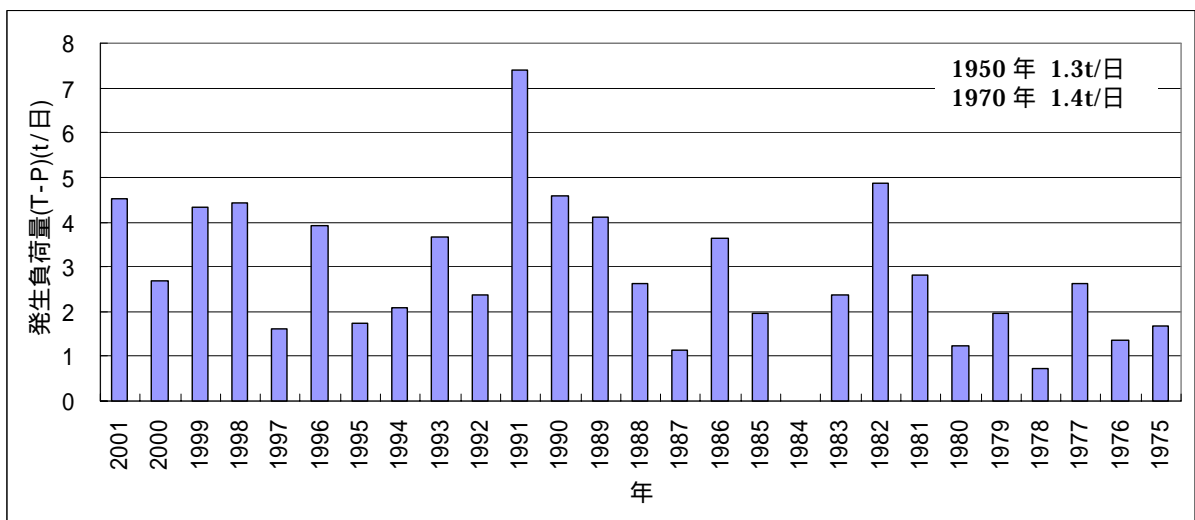
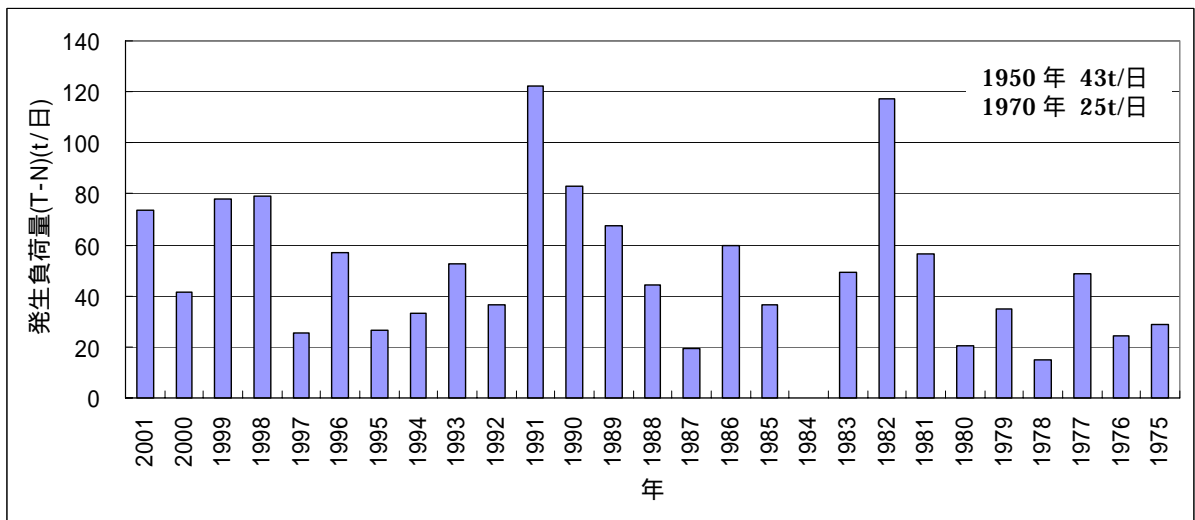
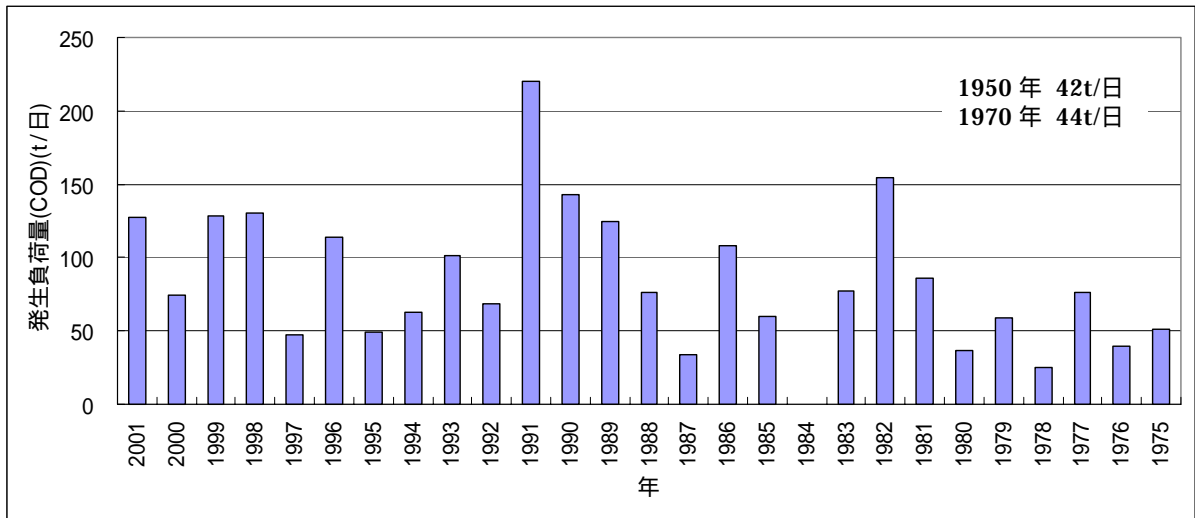


図- 4.3.3.11 東京湾流域の面源発生負荷量 (1975 ~ 2001年)

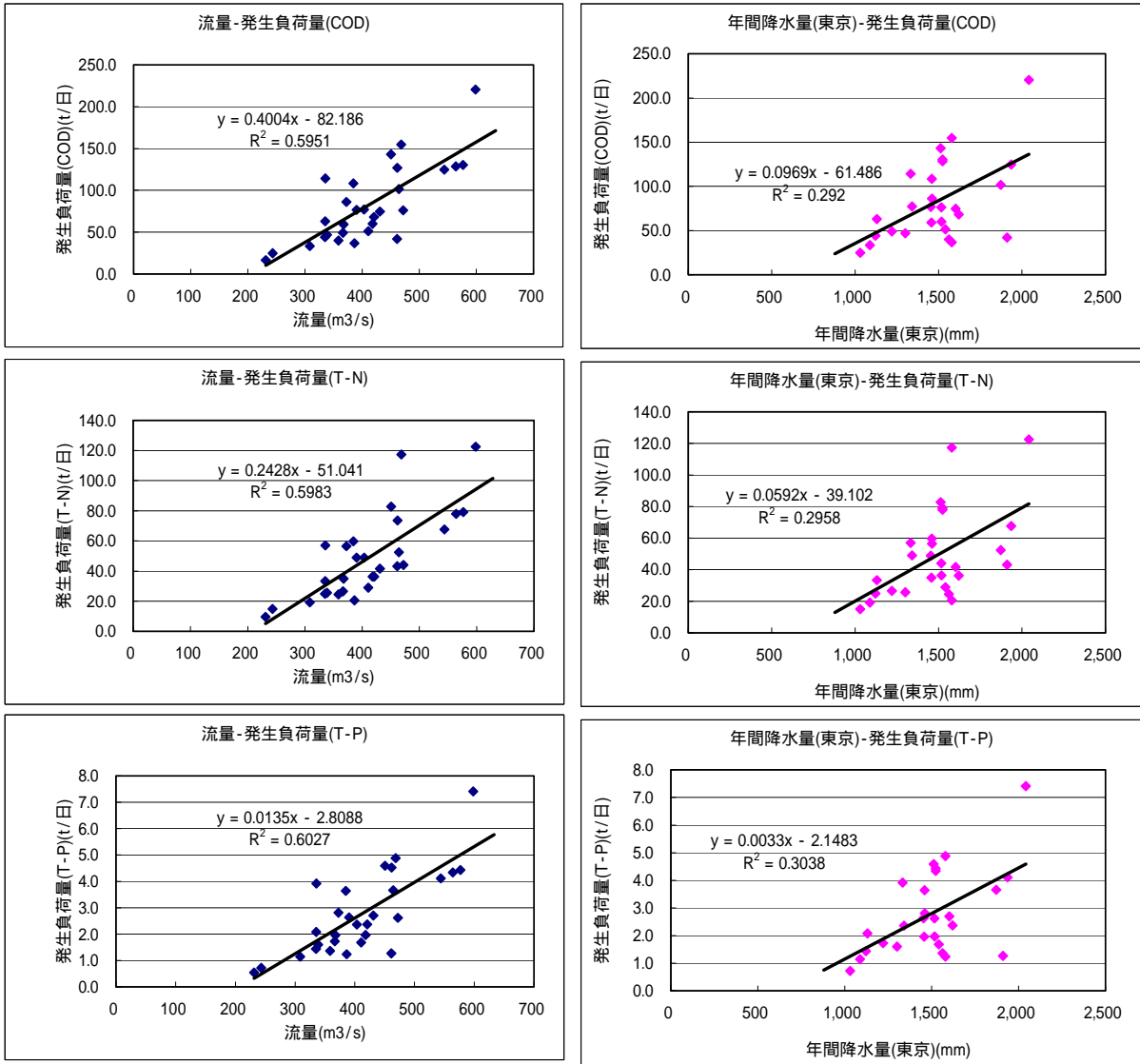


図- 4.3.3.12 各年の面源発生負荷量と年平均流量（左）と年間降水量（右）との関係

#### (4) 流達負荷量の変遷

はじめに、東京湾への流達負荷量の変遷について、運輸省港湾技術研究所等による<sup>11)</sup>既往調査結果を集約した値(図中の灰棒)とモデルによる計算結果(図中の丸)を比較したものを図- 4.3.3.13に示す。流達負荷量は、全体として既往調査結果とほぼ同程度の値が得られたと言える。また、各物質の東京湾流入河川別の流達負荷量の変遷を図- 4.3.3.14に示す(流達負荷量に応じてグラフの大きさを変えている)。下水道の整備とともに下水処理場から直接東京湾に排出される割合が高くなってきていることが伺える。また、流入河川の河口部の水質の変遷を図- 4.3.3.15に示す。隅田川、鶴見川、多摩川ではBOD、CODについては1950年でも現在より水質が悪く、表 4.3.3.6の内訳から当時は自家処理や未処理のまま排出されていたために、現在までの生活系負荷の削減の取り組みによる効果は極めて大きかったと言える。このように水質が極めて悪かった河川については水質改善が進んできたことが伺える。

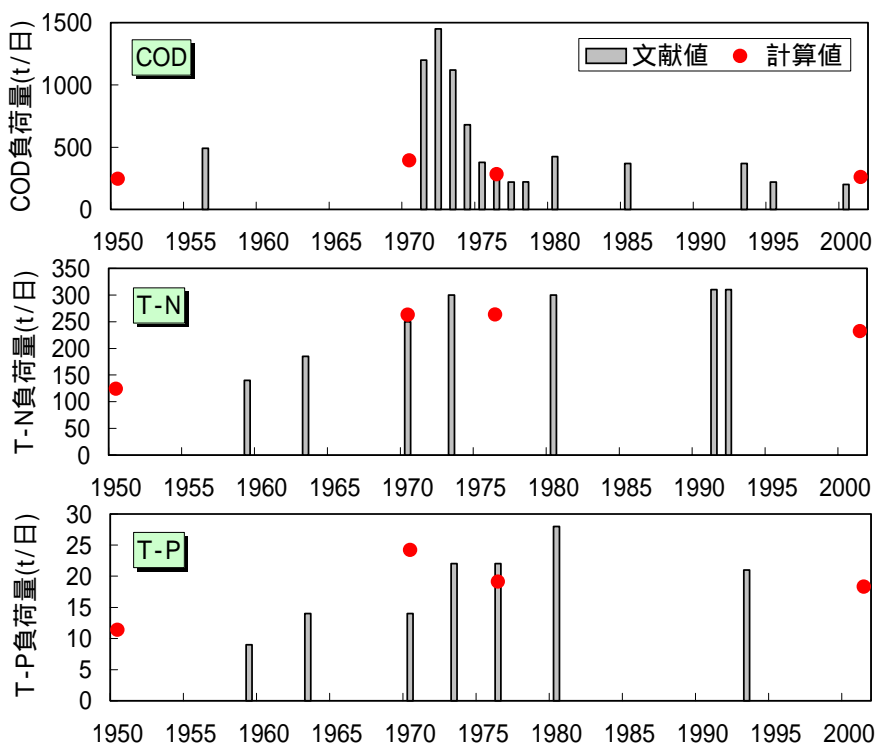


図- 4.3.3.13 東京湾への流達負荷量の変遷<sup>11)</sup>

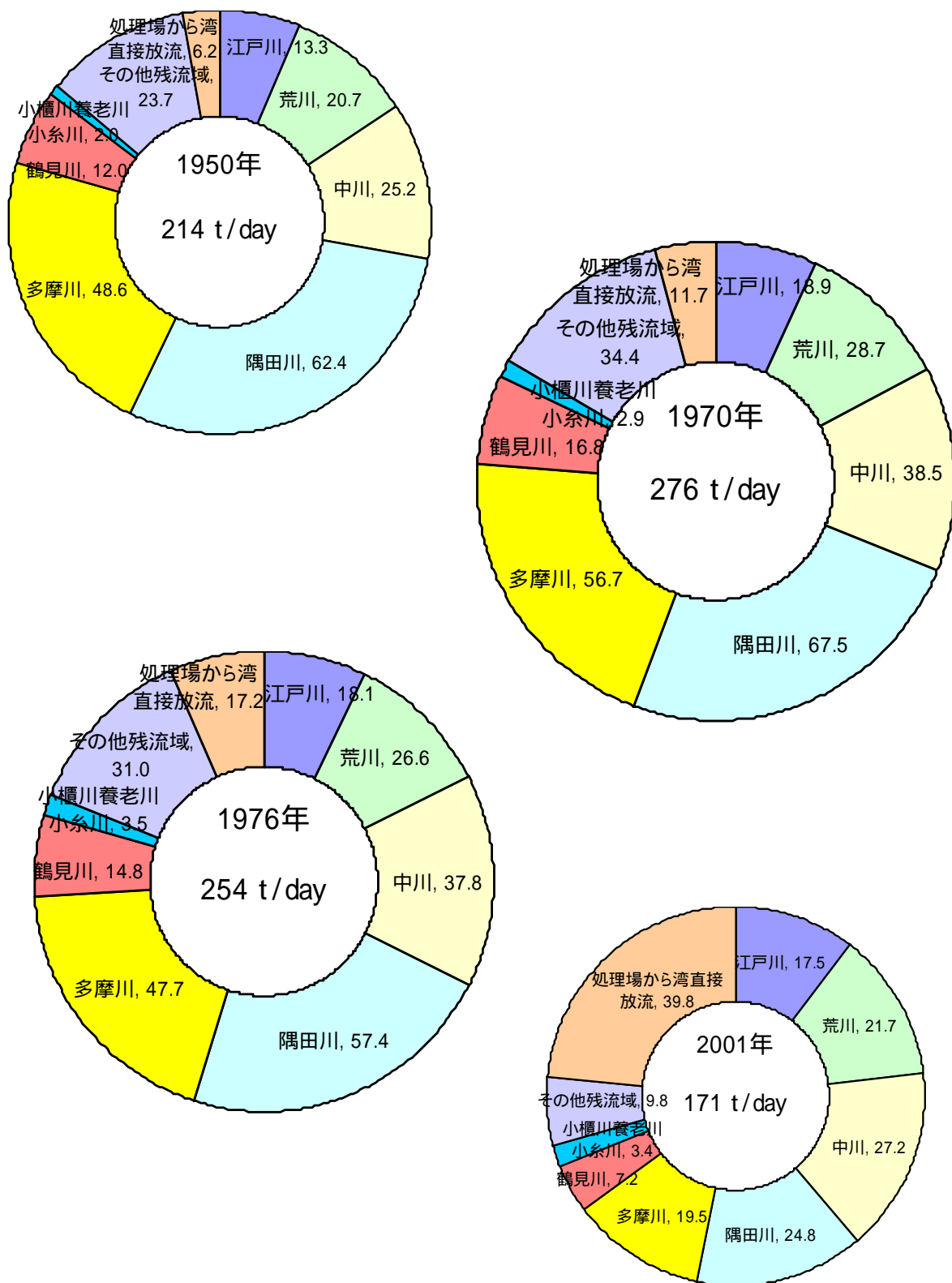


図- 4.3.3.14(1) BOD の東京湾流入河川別の流達負荷量の変遷

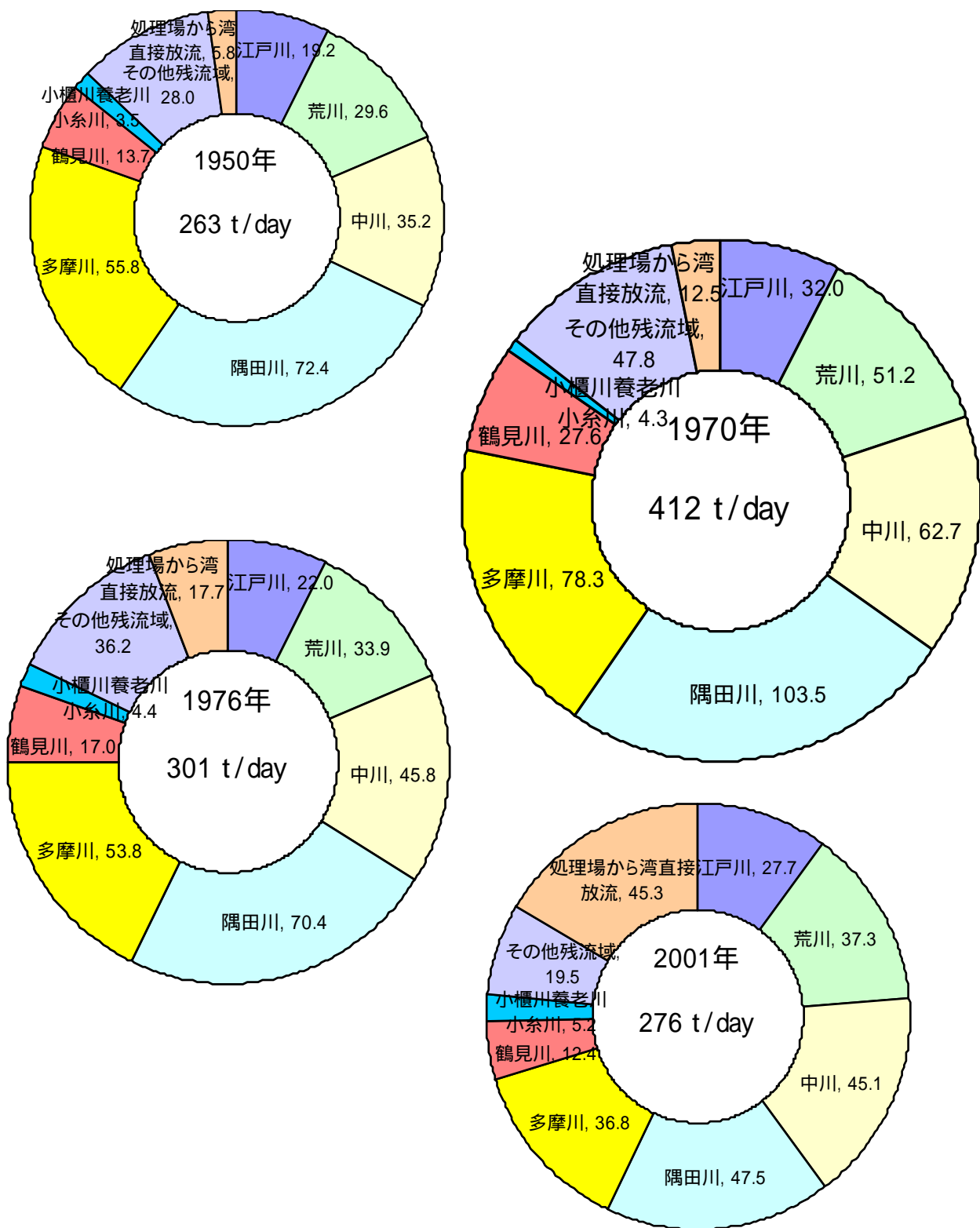


図- 4.3.3.14(2) COD の東京湾流入河川別の流達負荷量の変遷

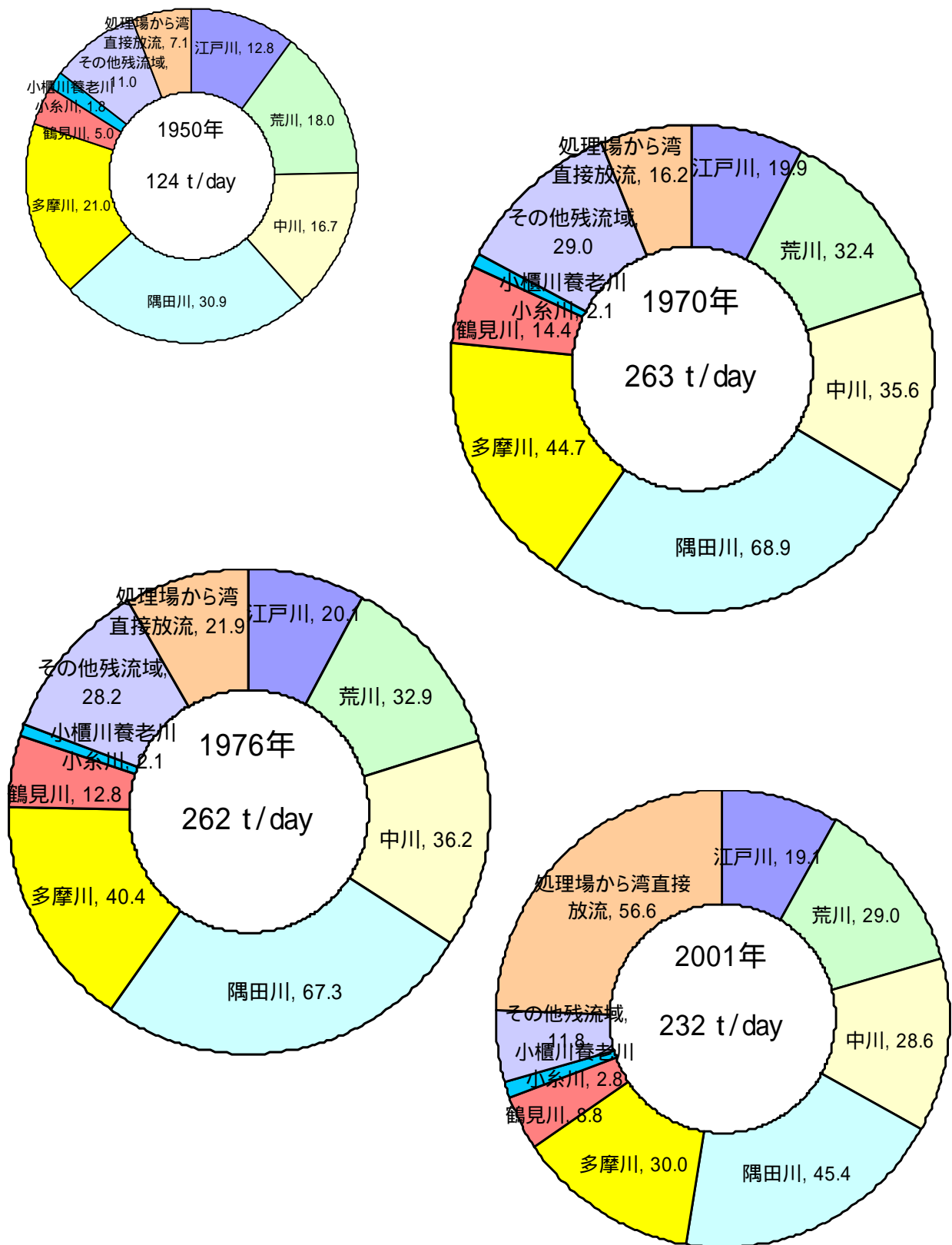


図- 4.3.3.14(3) T-N の東京湾流入河川別の流達負荷量の変遷

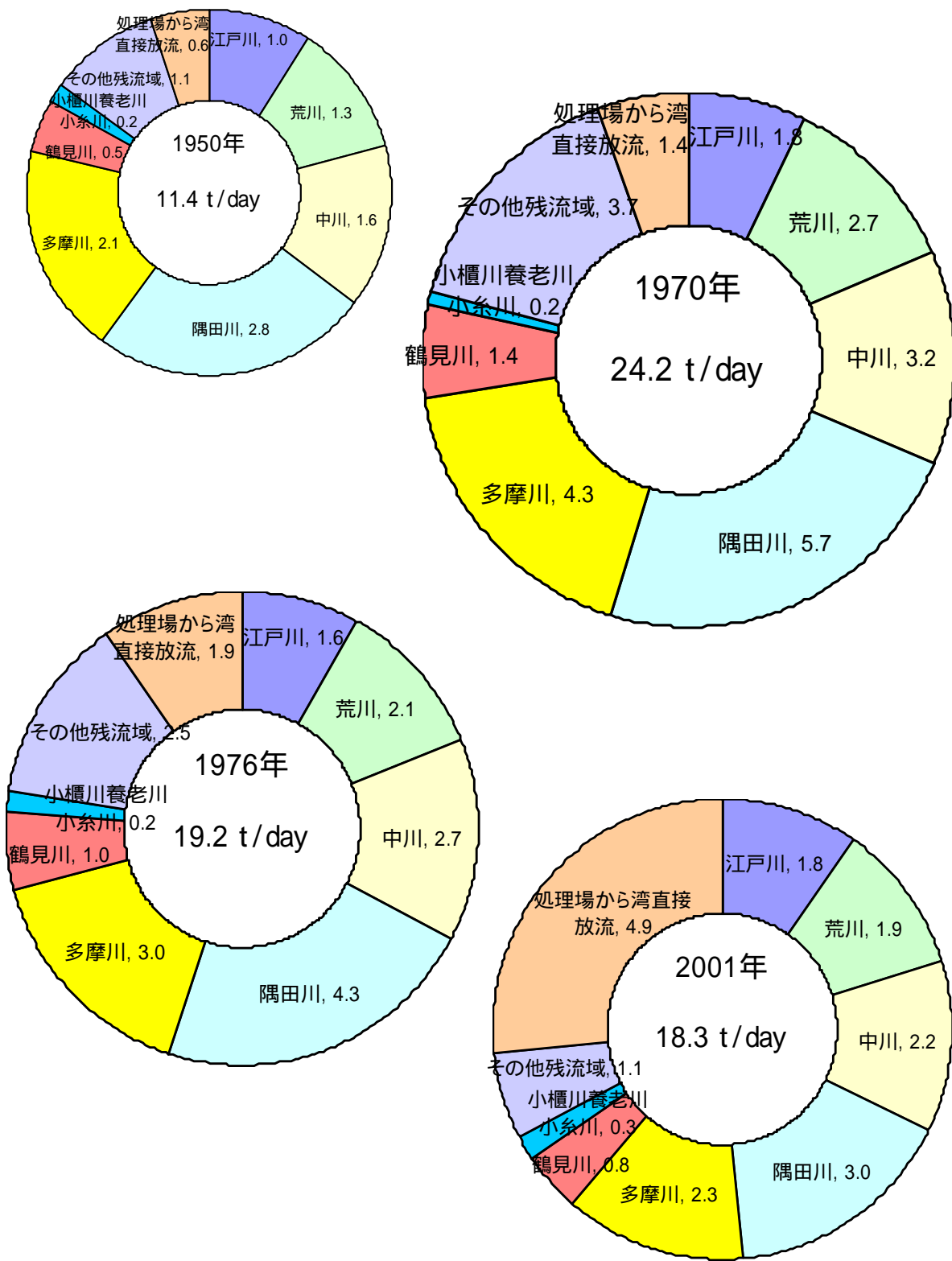
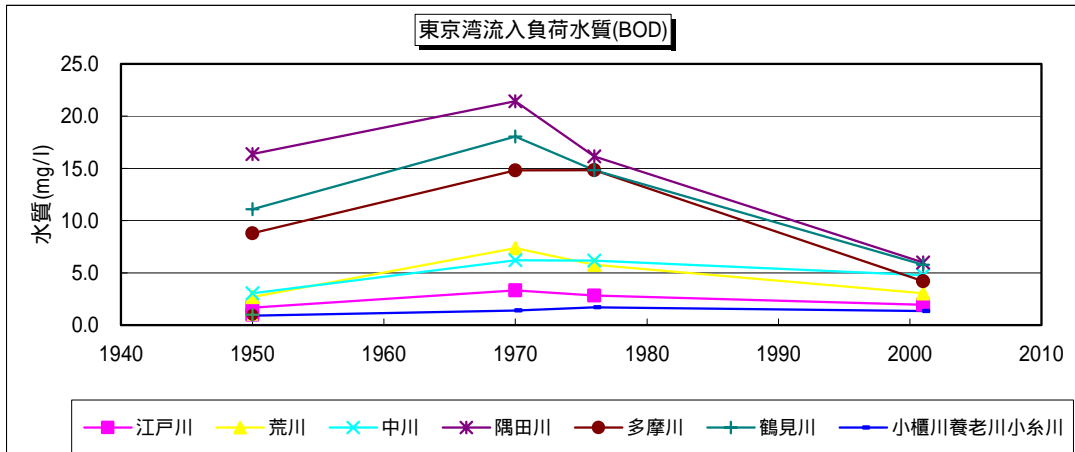


図- 4.3.3.14(4) T-P の東京湾流入河川別の流達負荷量の変遷

東京湾流入負荷水質(BOD(mg/l))

	1950	1970	1976	2001
江戸川	1.7	3.3	2.8	2.0
荒川	2.7	7.4	5.8	3.1
中川	3.0	6.2	6.2	4.8
隅田川	16.4	21.4	16.2	6.0
多摩川	8.8	14.8	14.8	4.2
鶴見川	11.1	18.1	14.8	5.8
小櫃川養老川小糸川	0.9	1.4	1.7	1.4
その他残流域	8.1	14.8	11.2	3.9
処理場から湾直接放流	16.9	13.3	14.6	12.5
平均	5.4	9.5	8.2	4.3



東京湾流入負荷水質(COD(mg/l))

	1950	1970	1976	2001
江戸川	2.4	5.6	3.4	3.1
荒川	3.8	13.1	7.4	5.3
中川	4.2	10.1	7.5	7.9
隅田川	19.0	32.9	19.8	11.5
多摩川	10.1	20.4	16.7	8.0
鶴見川	12.7	29.8	17.1	10.0
小櫃川養老川小糸川	1.6	2.1	2.1	2.1
その他残流域	9.5	20.5	13.0	7.8
処理場から湾直接放流	16.0	14.3	15.1	14.2
平均	6.6	14.5	9.7	6.9

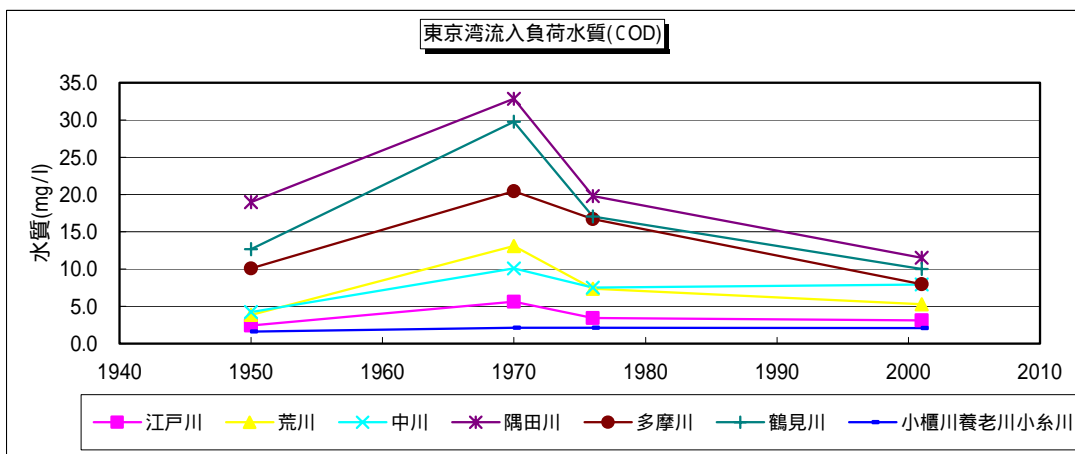
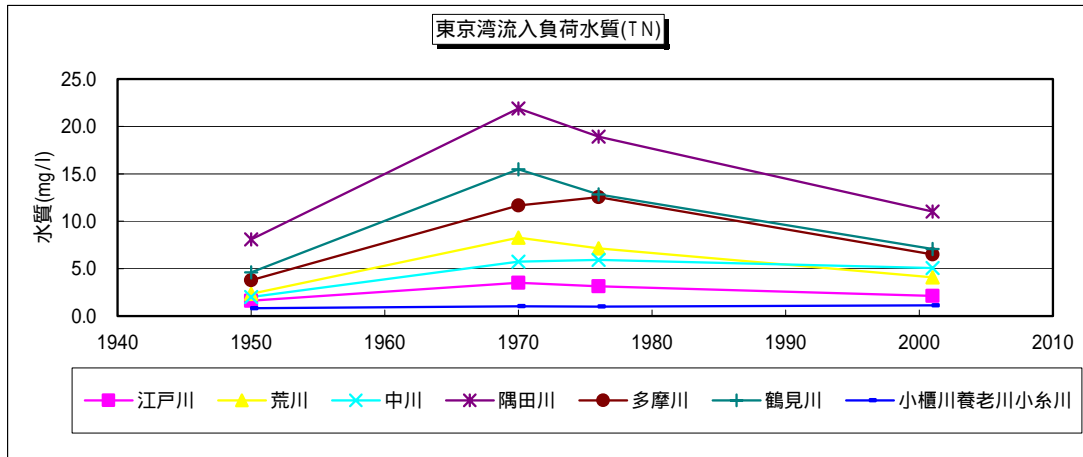


図- 4.3.3.15(1) 東京湾流入河川別の河川水質の変遷



東京湾流入負荷水質(TN(mg/l))

	1950	1970	1976	2001
江戸川	1.6	3.5	3.1	2.1
荒川	2.3	8.3	7.1	4.1
中川	2.0	5.7	5.9	5.1
隅田川	8.1	21.9	18.9	11.0
多摩川	3.8	11.7	12.6	6.5
鶴見川	4.6	15.5	12.8	7.1
小櫃川養老川小糸川	0.8	1.0	1.0	1.1
その他残流域	3.7	12.5	10.2	4.7
処理場から湾直接放流	19.4	18.5	18.7	17.8
平均	3.1	9.1	8.5	5.8



東京湾流入負荷水質(TP(mg/l))

	1950	1970	1976	2001
江戸川	0.13	0.31	0.24	0.21
荒川	0.17	0.68	0.45	0.27
中川	0.20	0.52	0.43	0.39
隅田川	0.75	1.80	1.20	0.72
多摩川	0.38	1.13	0.95	0.49
鶴見川	0.50	1.47	1.00	0.67
小櫃川養老川小糸川	0.09	0.11	0.11	0.13
その他残流域	0.38	1.58	0.89	0.44
処理場から湾直接放流	1.63	1.56	1.60	1.54
平均	0.29	0.84	0.62	0.46

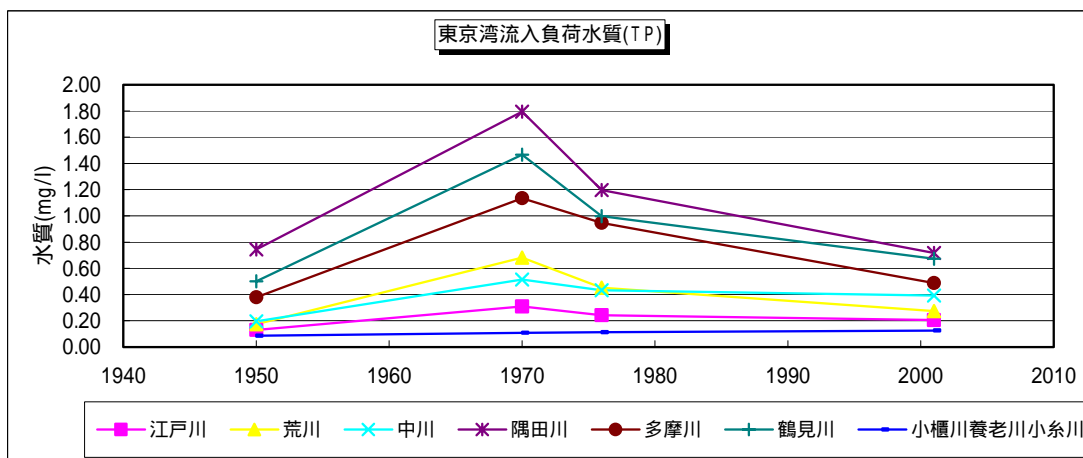


図- 4.3.3.15(2) 東京湾流入河川別の河川水質の変遷

#### 4.3.4 東京湾における水環境悪化の変遷の把握

流域の水環境の変遷による東京湾の水質変化を再現するために、流域モデルによる流入量、流入負荷量の計算結果を用いた東京湾の水質再現計算を行った。過去再現を行う際に、文献<sup>11)</sup>から当時干潟があったと考えられる沿岸域については干潟の浄化機能を現況と同様に無機態窒素の溶出速度に反映させている。図- 4.3.4.1に湾内の公共用水域水質調査地点における COD 実測値(年平均値)の経年変化(図中の実線)とモデル計算による年平均値(図中のプロット)の比較を示す。また、1950 年における検証対象地点の各物質の時系列変動を図- 4.3.4.2に、各月 15 日 12 時における各物質の平面分布を図- 4.3.4.3に示す。同様に、1970 年における検証対象地点の各物質の時系列変動を図- 4.3.4.4に、各月 15 日 12 時における各物質の平面分布を図- 4.3.4.5に、1976 年における検証対象地点の各物質の時系列変動を図- 4.3.4.6に、各月 15 日 12 時における各物質の平面分布を図- 4.3.4.7に示す。検証するための実測データがないため経時的な変化を含めた検証はできないが、図- 4.3.4.1から水質が良かった過去から 1970 年代前半に水質が悪化し、その後改善し現在に至るという水環境の大局的な変遷については、概ね再現できたと考えられる。なお、1970 年の 6 月前後の東京湾東部沿岸域については T-P 以外の物質が異常な値となっているが、原因に 1 つとして湾奥部の流動の再現性が不十分であるなど数値計算が不安定になっている可能性が考えられる。また各年について底泥からの溶出速度を現況と同一条件で与えていることから、底泥の堆積などを踏まえた溶出メカニズムを踏まえた東京湾の水質の変遷について検討を進める必要がある。

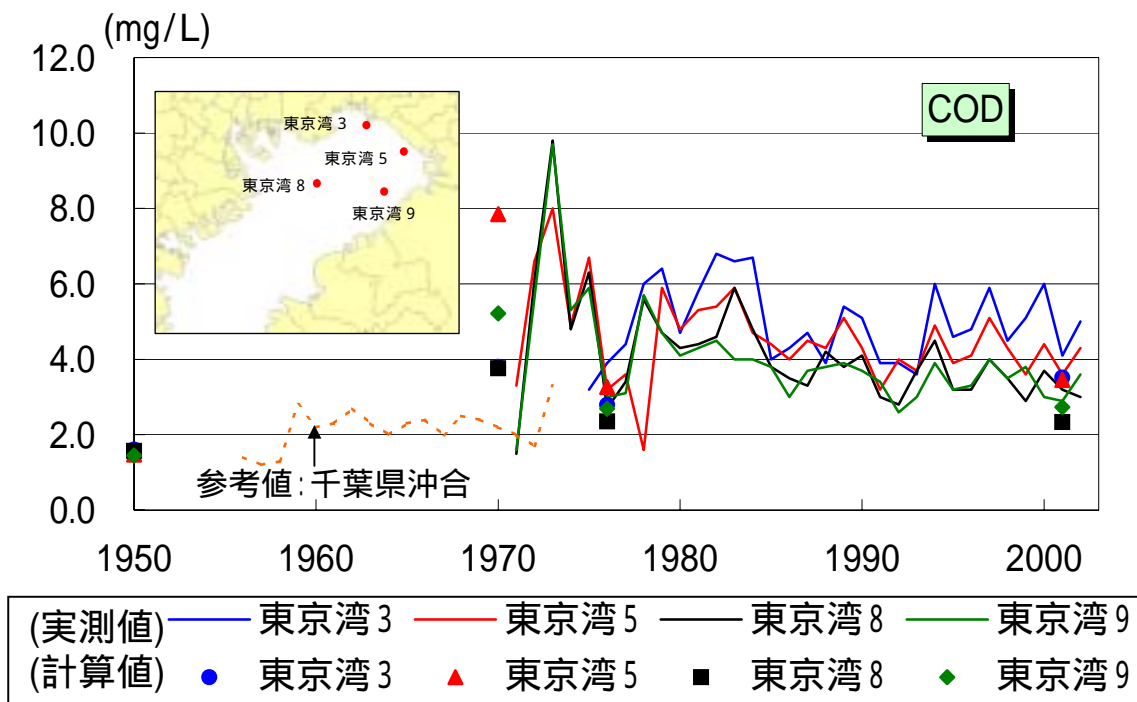


図- 4.3.4.1 東京湾の実測水質の変遷と計算結果との比較(COD)

(1)1950 年再現

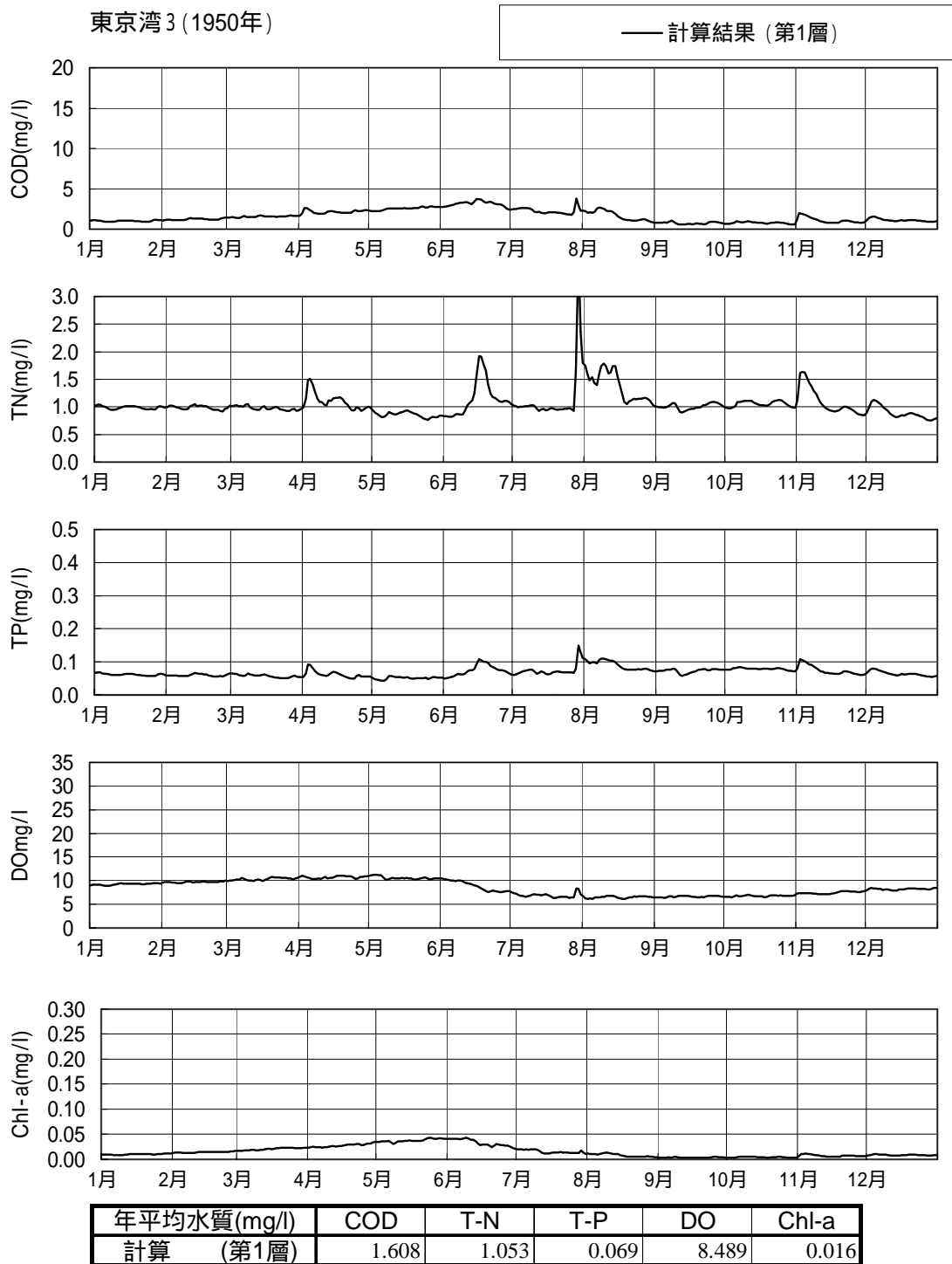


図- 4.3.4.2 (1) 検証グラフ

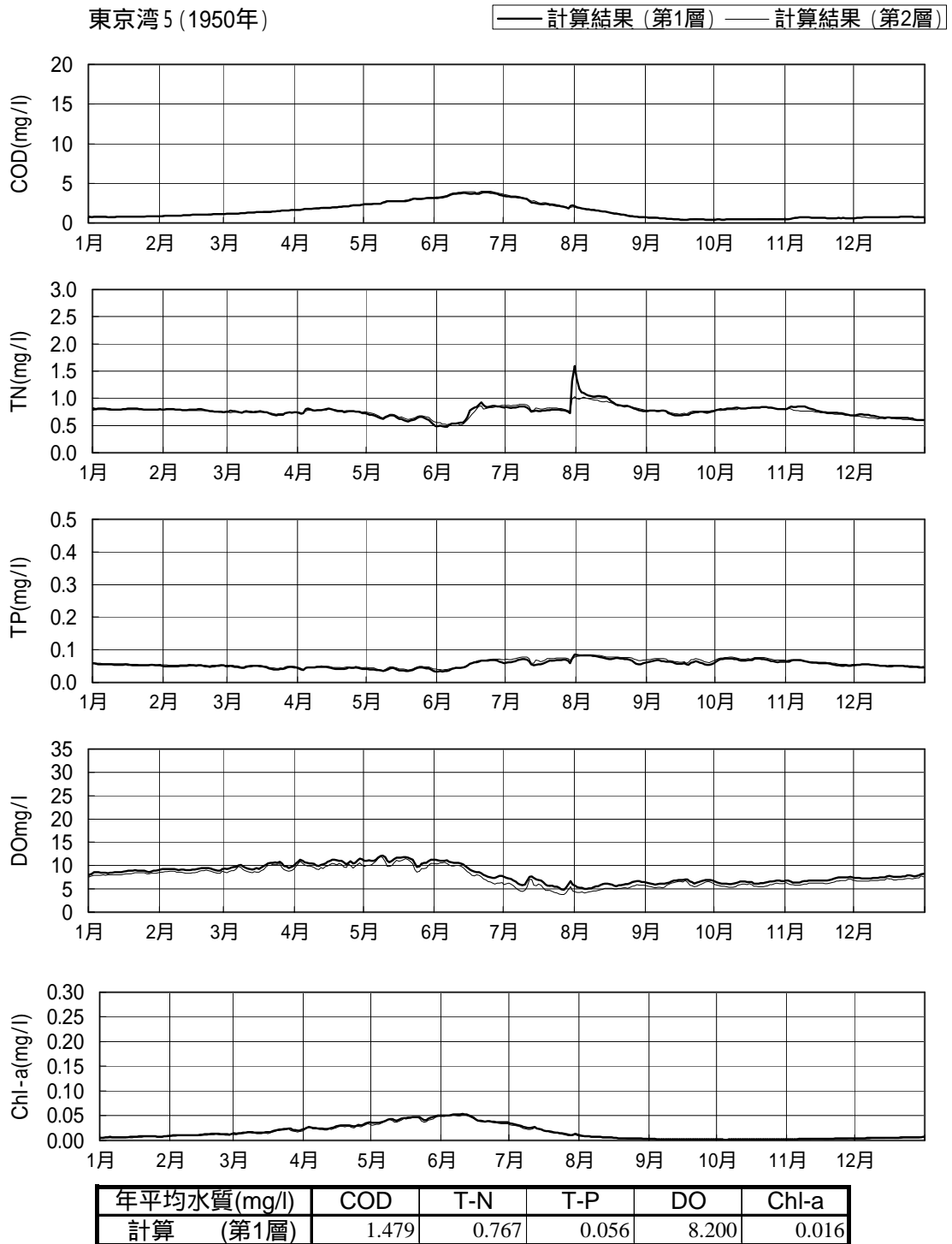


図- 4.3.4.2 (2) 検証グラフ

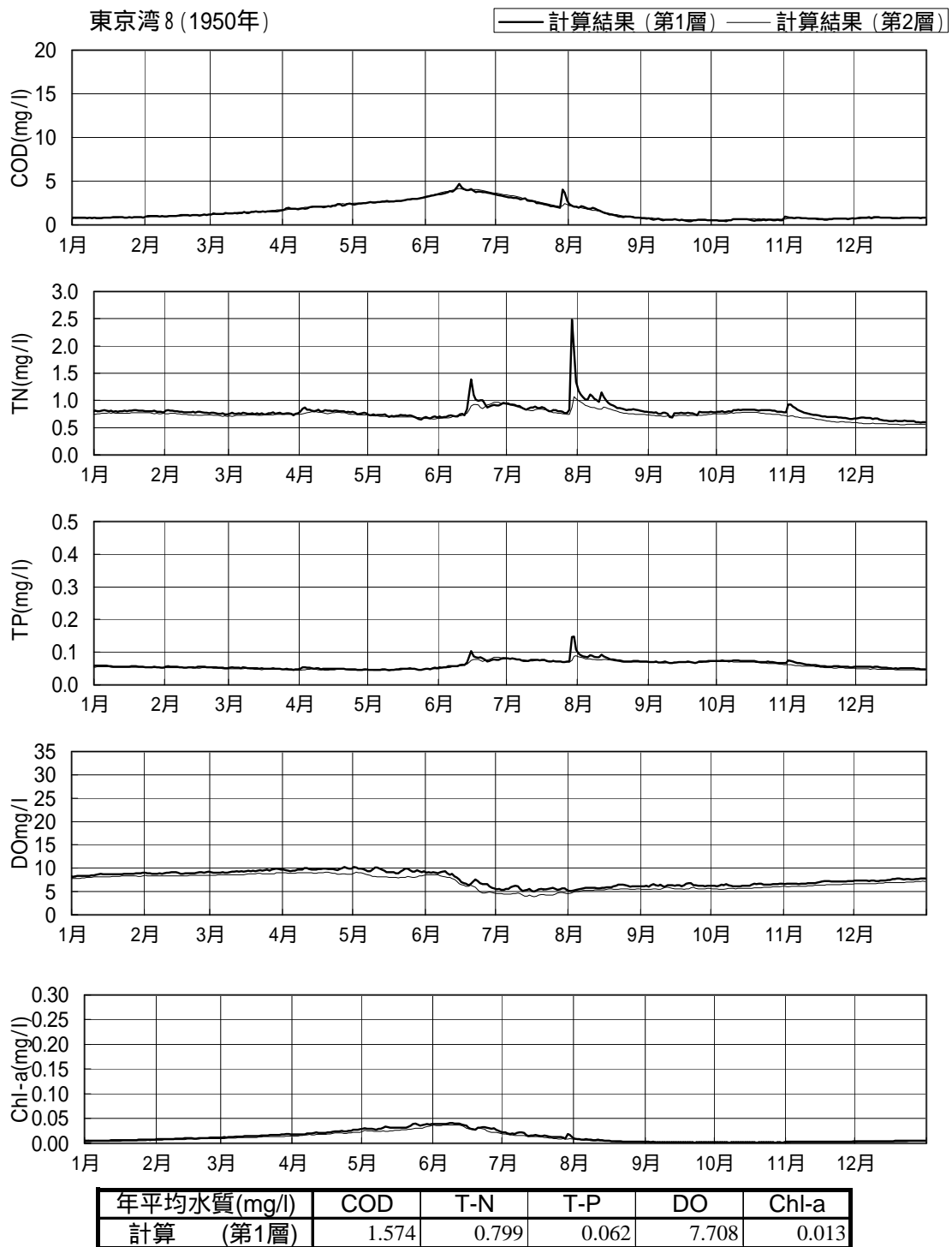


図- 4.3.4.2 (3) 検証グラフ

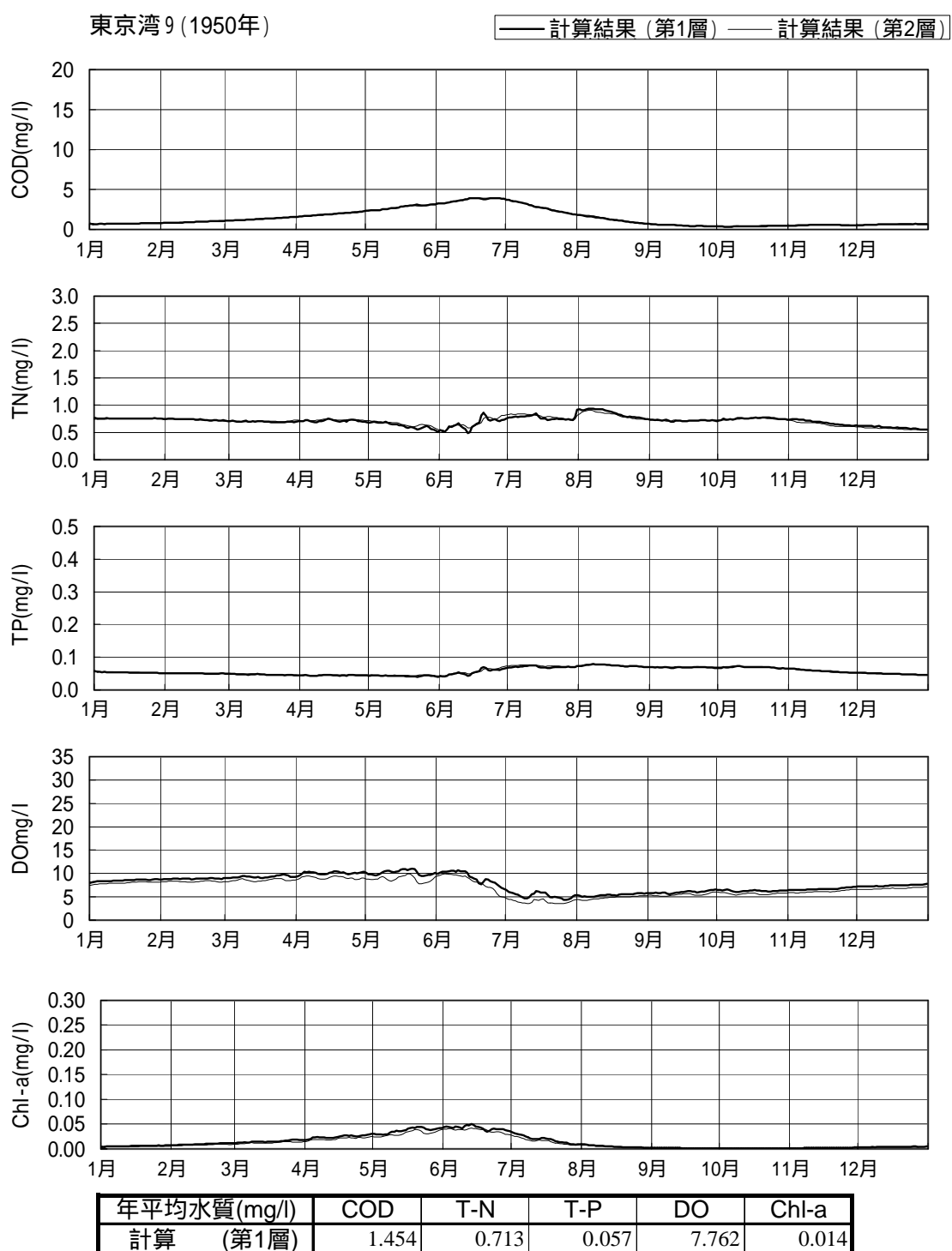
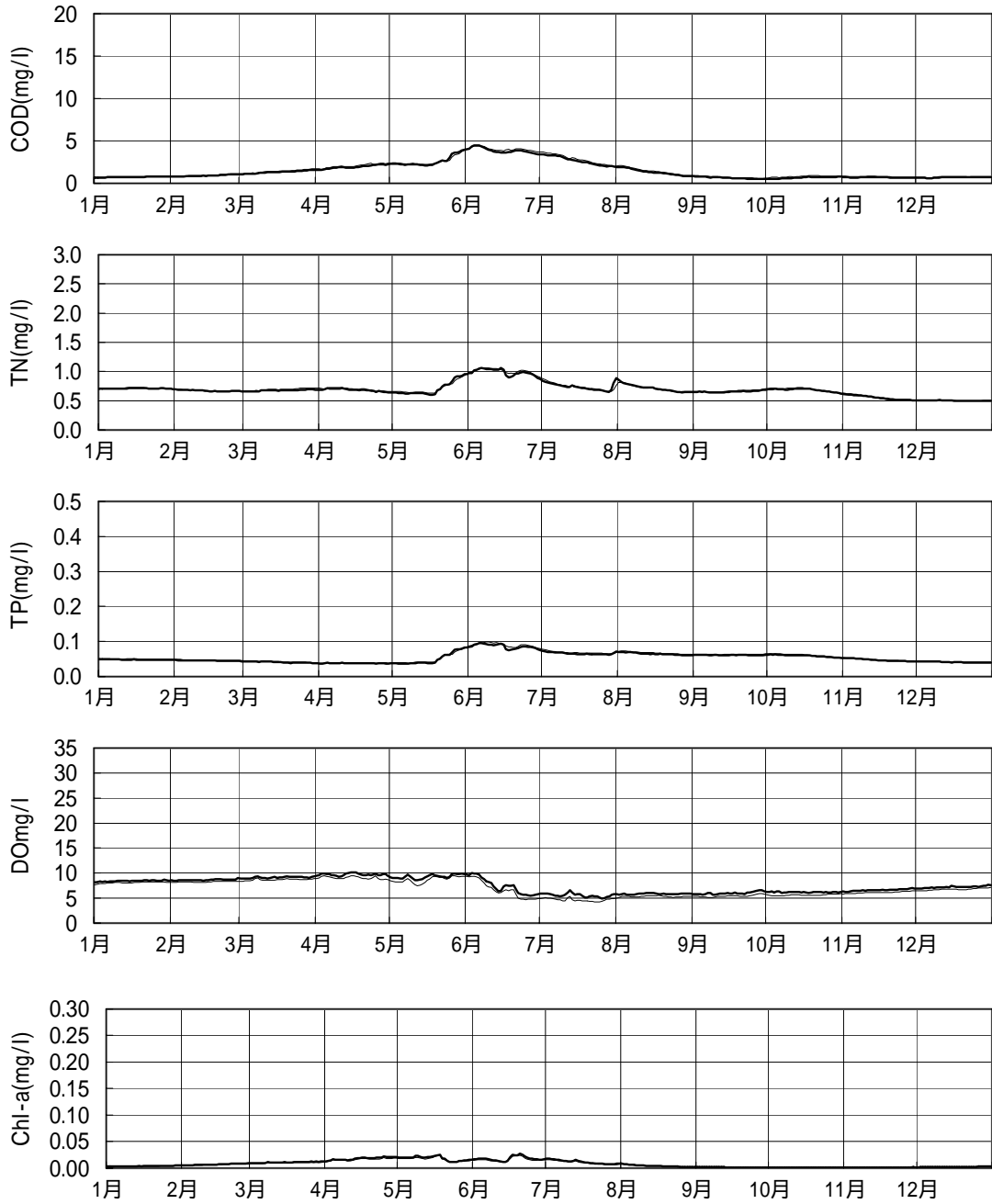


図- 4.3.4.2 (4) 検証グラフ

東京湾15 (1950年)

—— 計算結果 (第1層) —— 計算結果 (第2層)



年平均水質(mg/l)	COD	T-N	T-P	DO	Chl-a
計算 (第1層)	1.509	0.691	0.054	7.504	0.008

図- 4.3.4.2(5) 検証グラフ

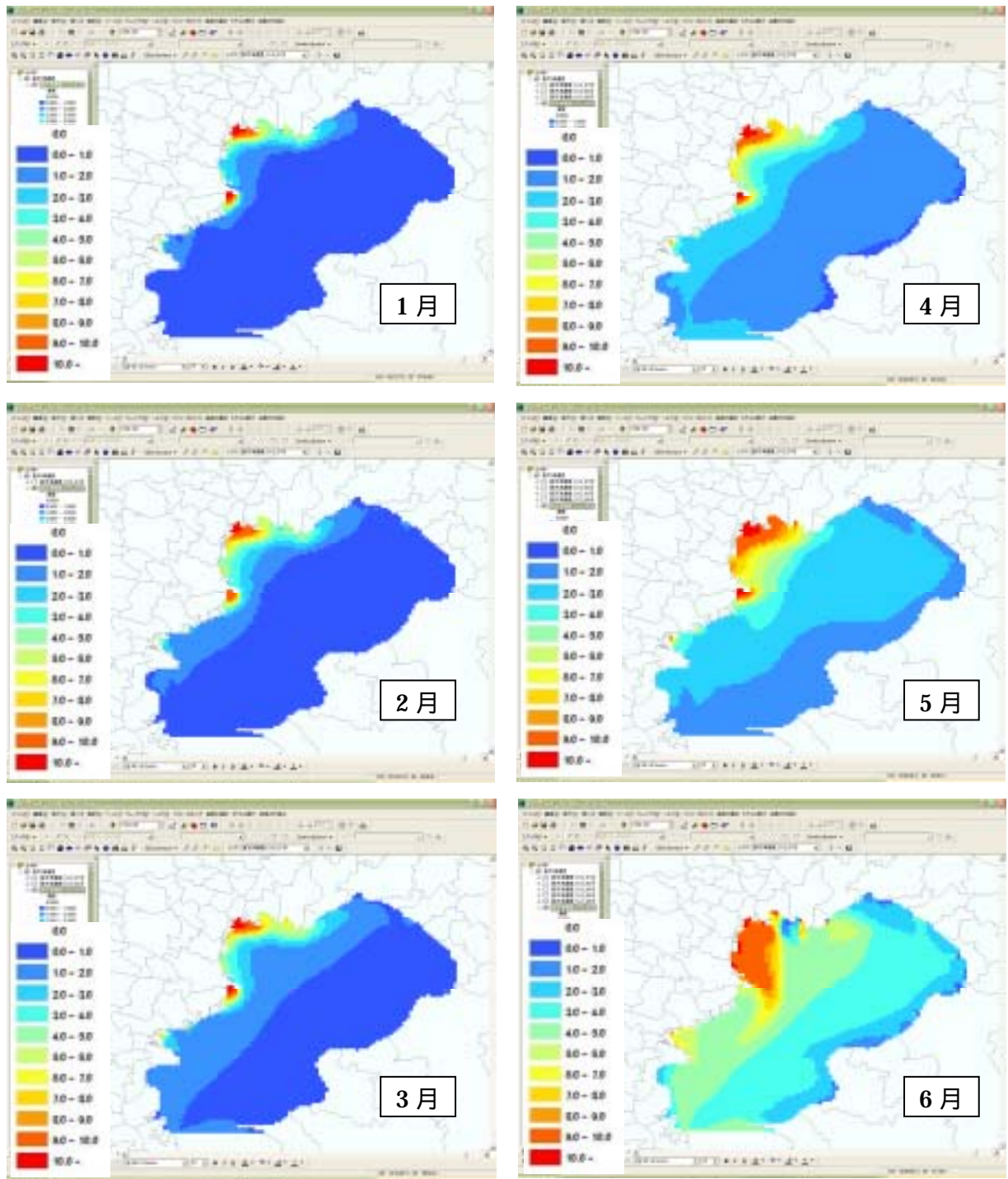


図- 4.3.4.3(1) COD 濃度平面図(1950 年 1 月 ~ 6 月)



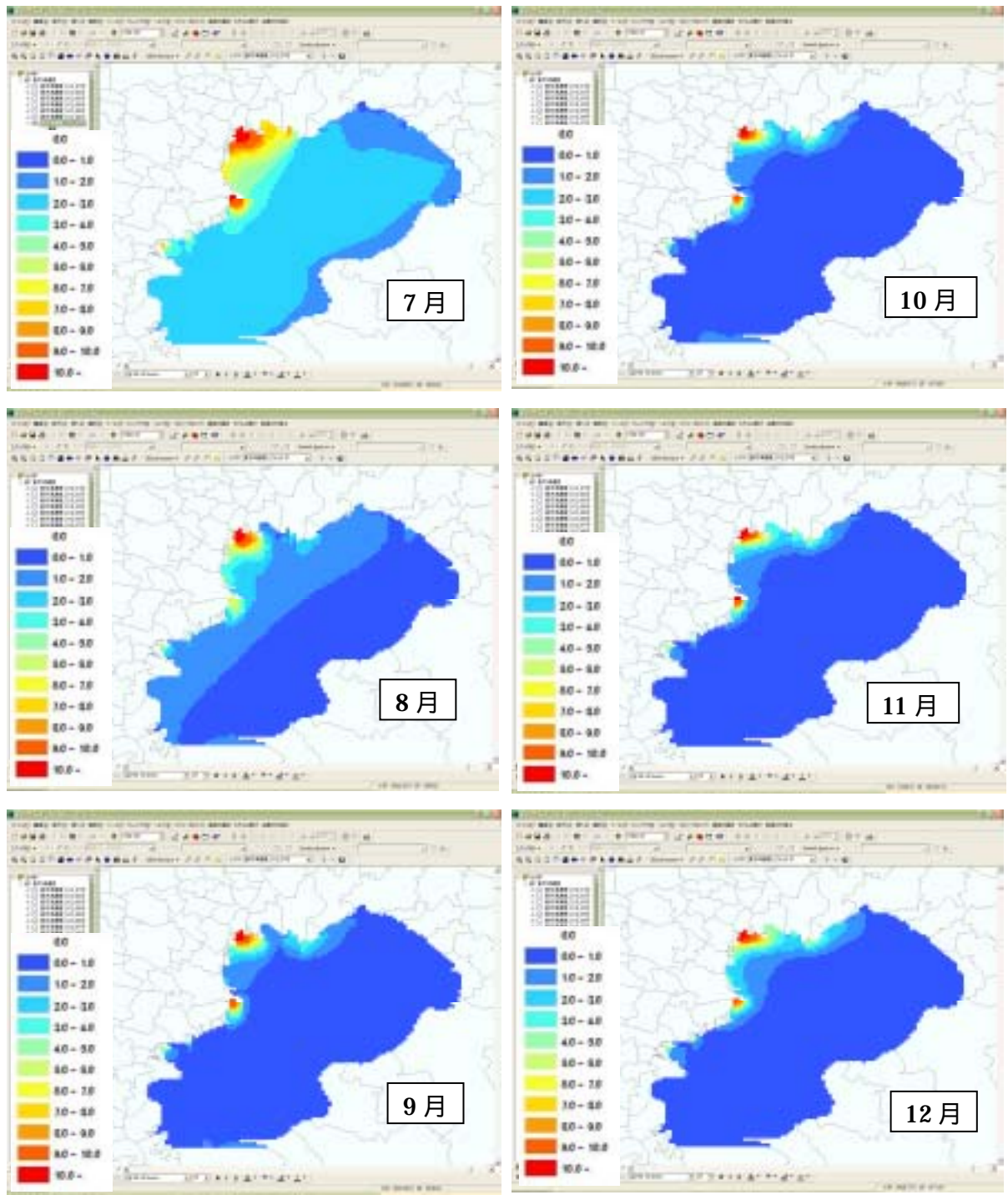


図- 4.3.4.3(2) COD 濃度平面図(1950 年 7 月 ~ 12 月)

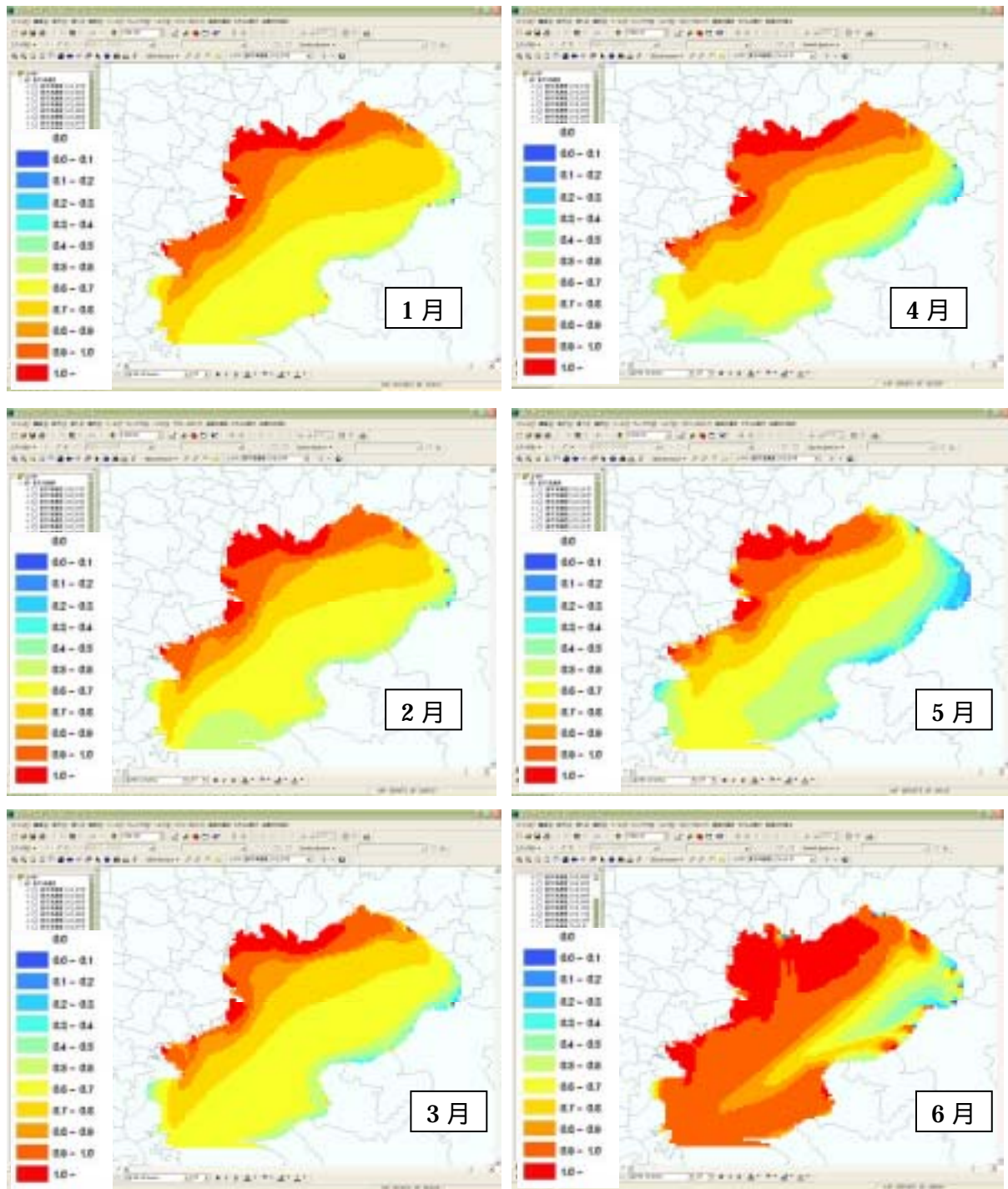


図- 4.3.4.3(3) TN 濃度平面図(1950 年 1 月 ~ 6 月)

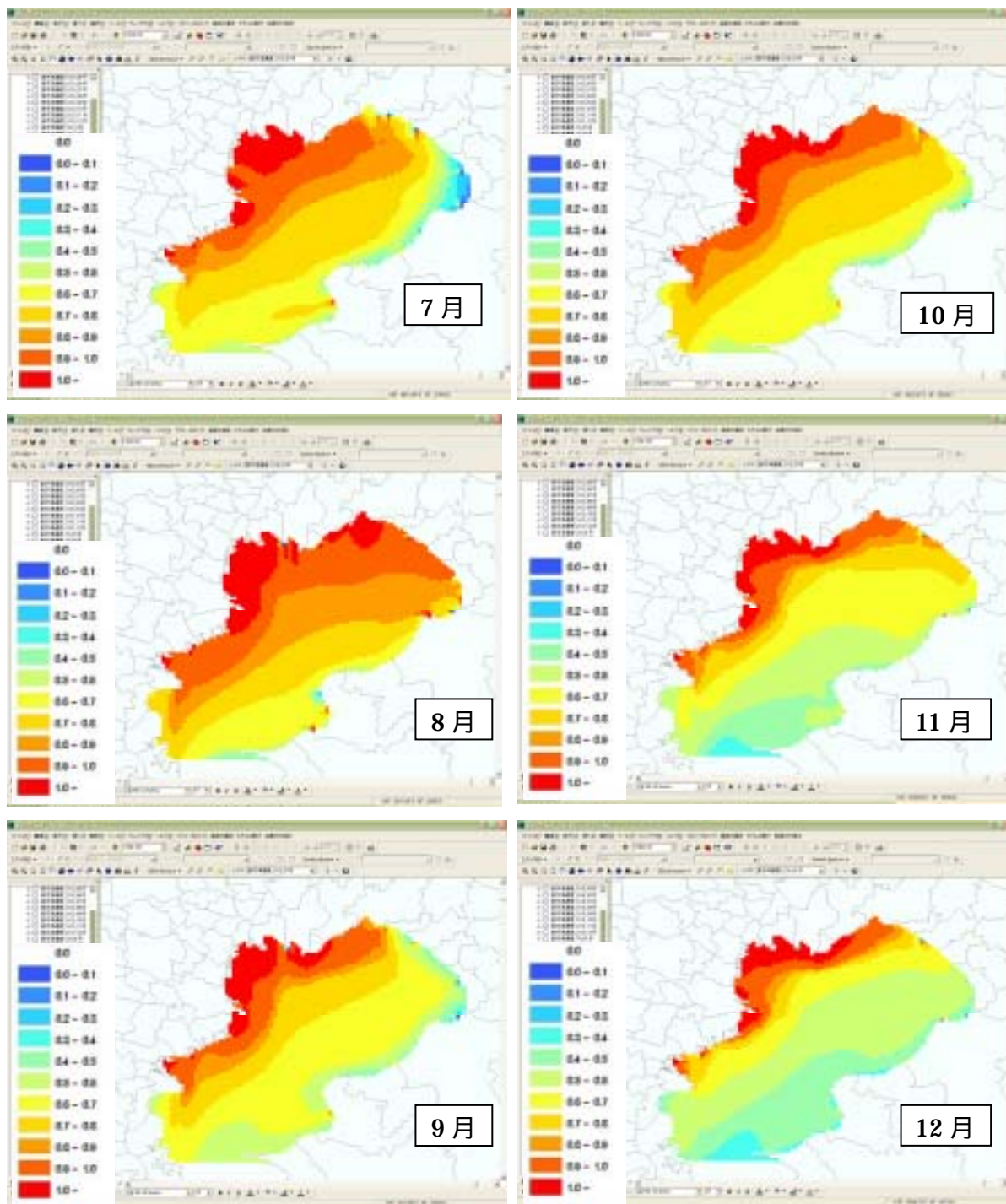


図- 4.3.4.3(4) TN 濃度平面図(1950 年 11 月・12 月)

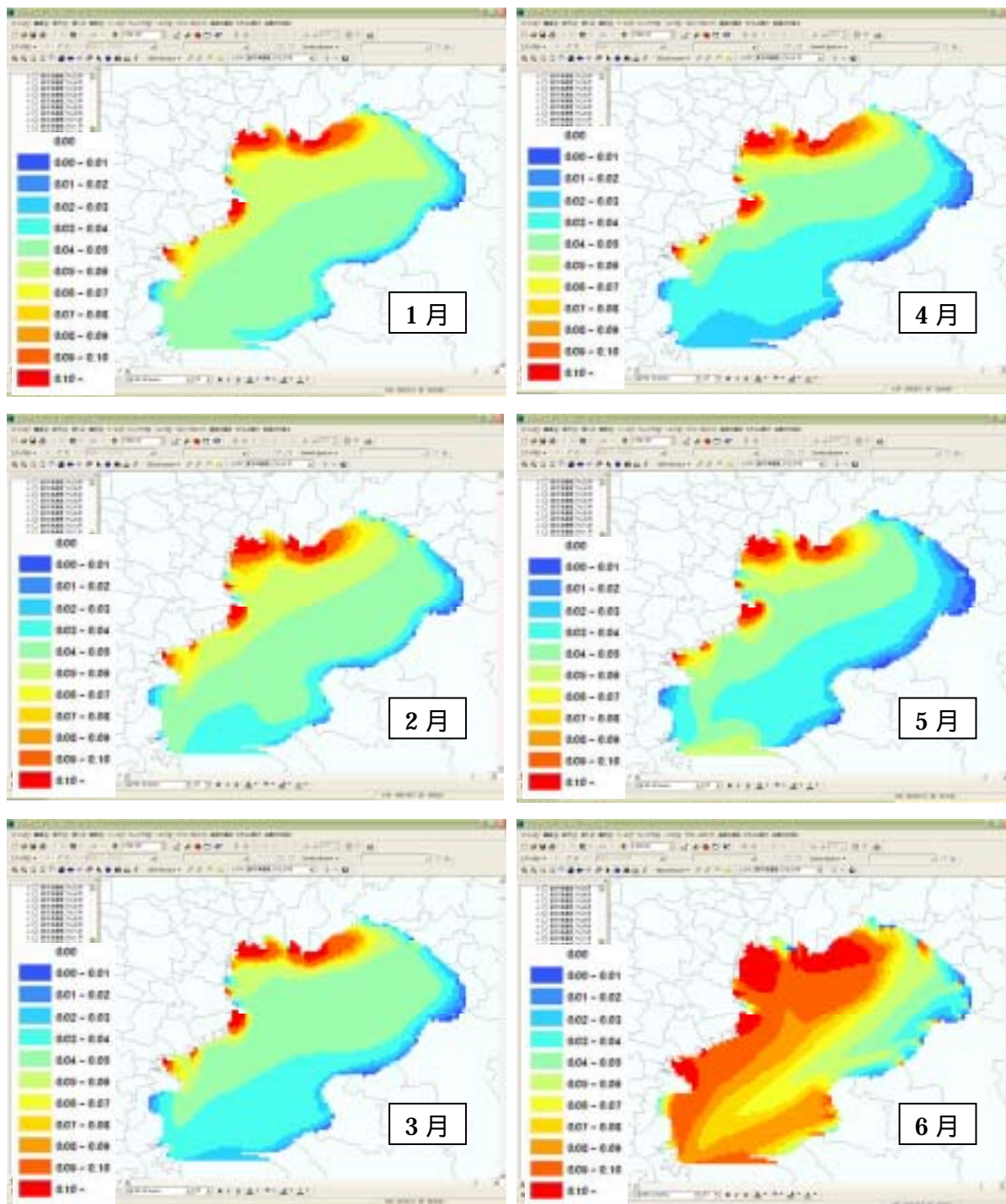


图- 4.3.4.3(5) TP 濃度平面図(1950 年 1 月 ~ 6 月)

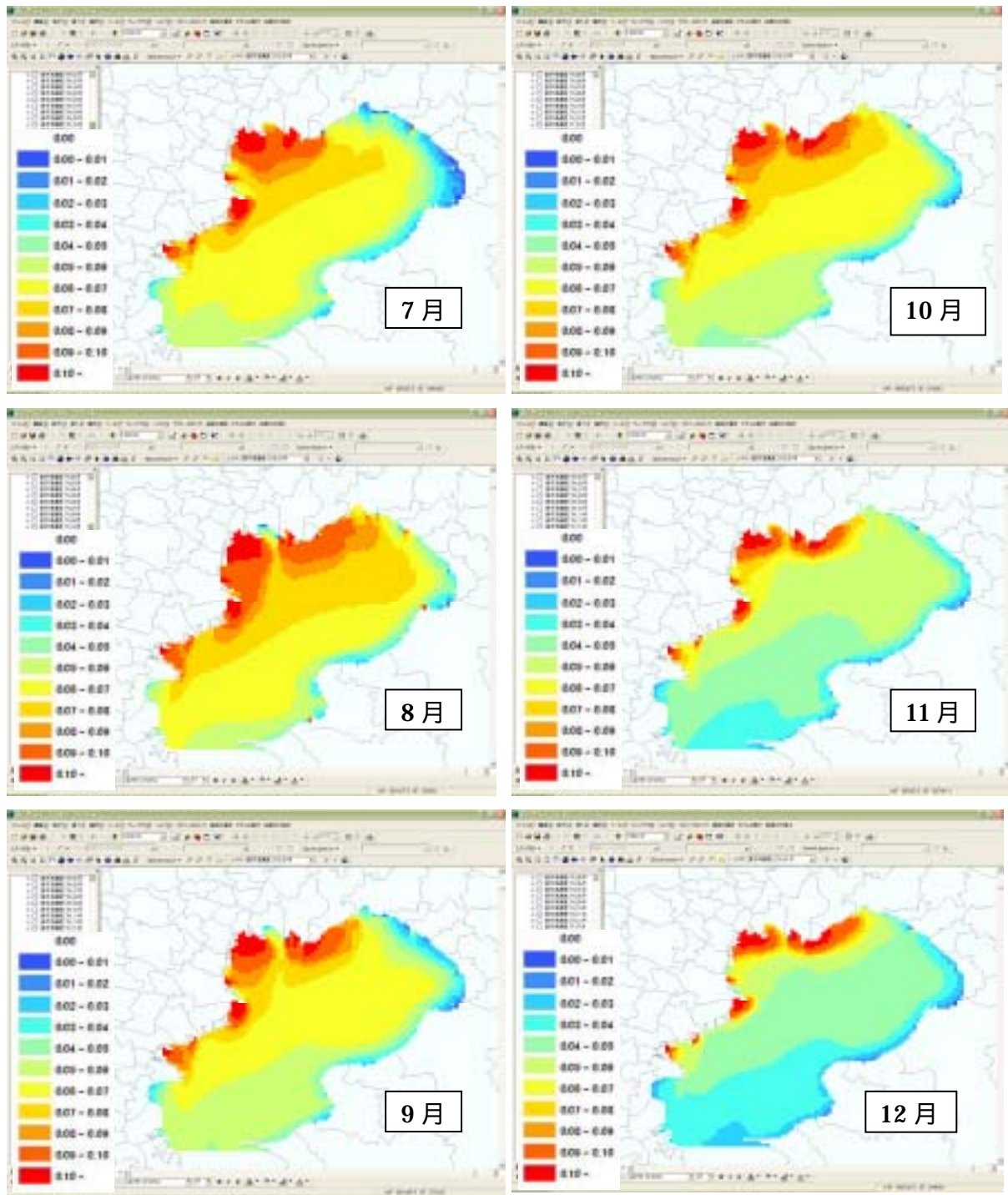


図- 4.3.4.3(6) TP 濃度平面図(1950 年 7 月 ~ 12 月)

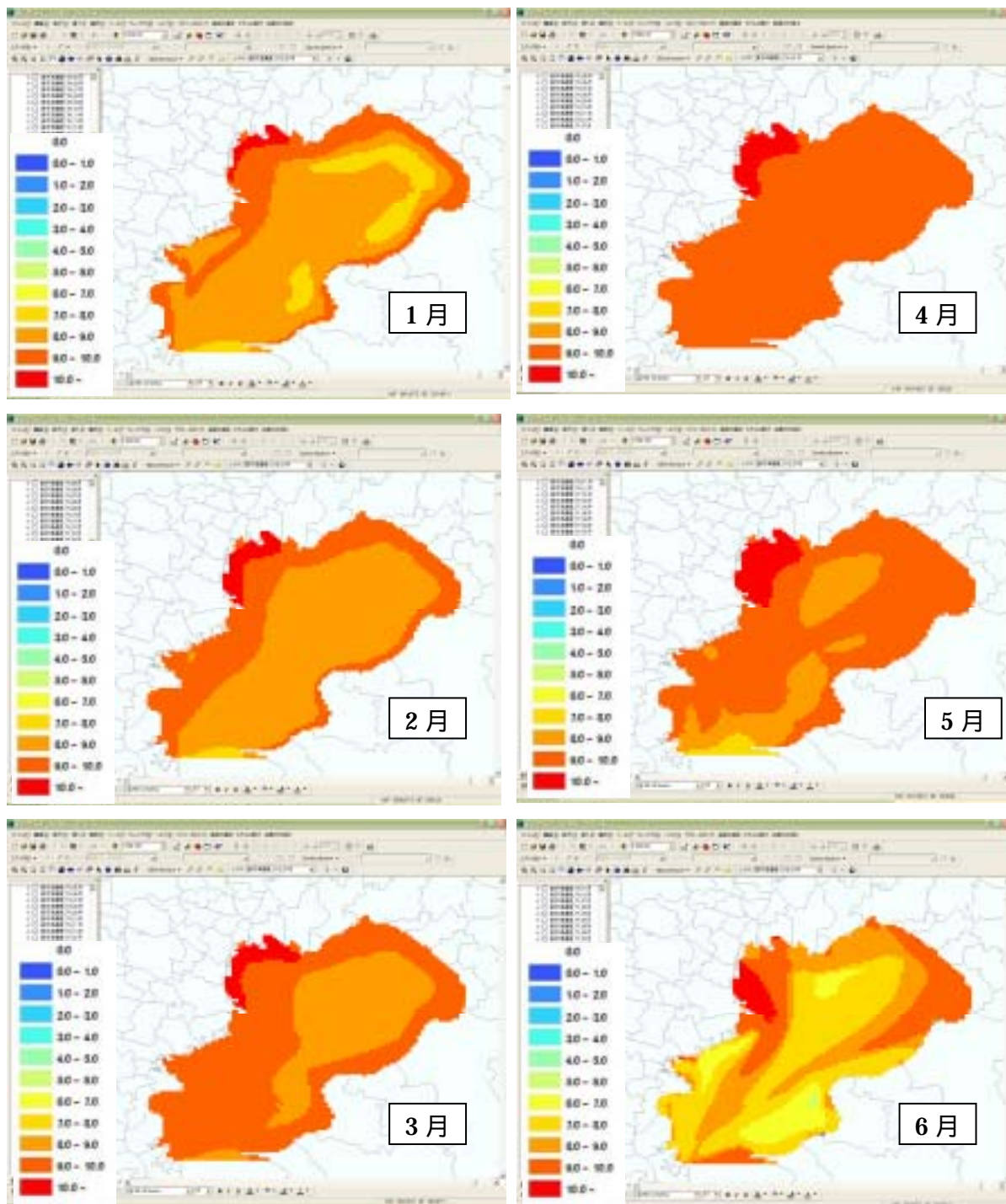


図- 4.3.4.3(7) DO 濃度平面図(1950 年 1 月 ~ 6 月)

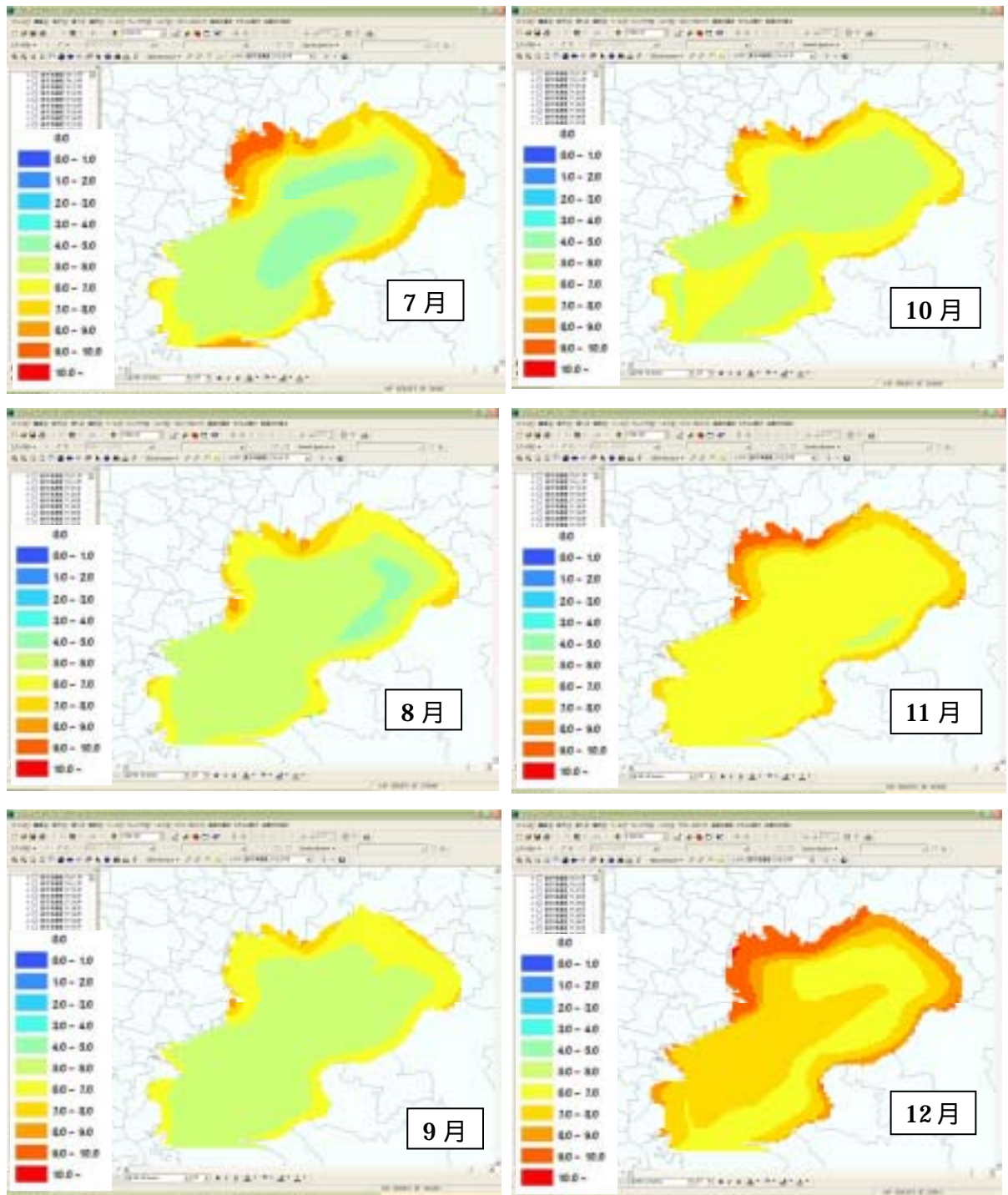


図- 4.3.4.3(8) DO 濃度平面図(1950 年 7 月 ~ 12 月)

(2)1970 年再現

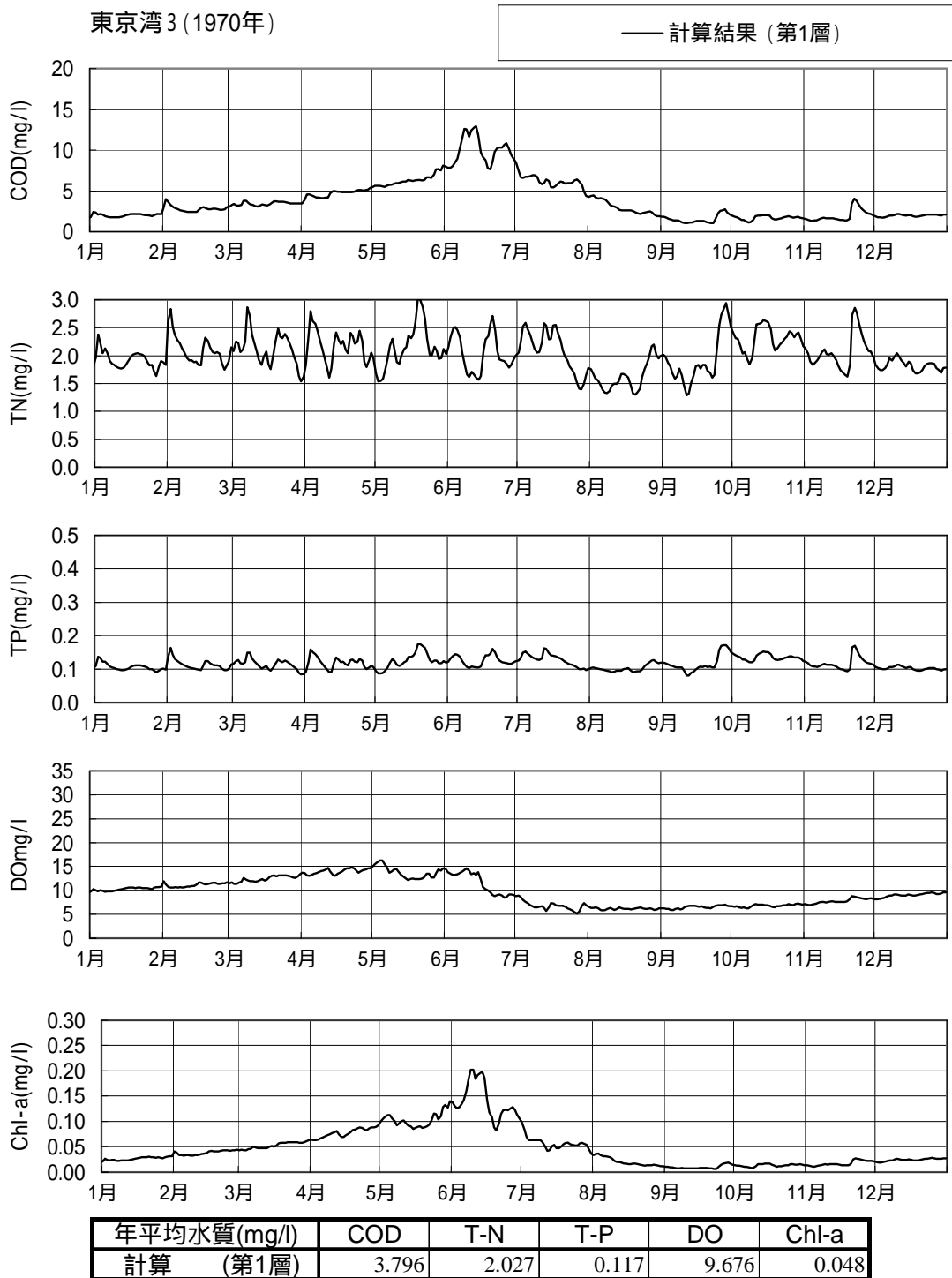


図- 4.3.4.4(1) 検証グラフ



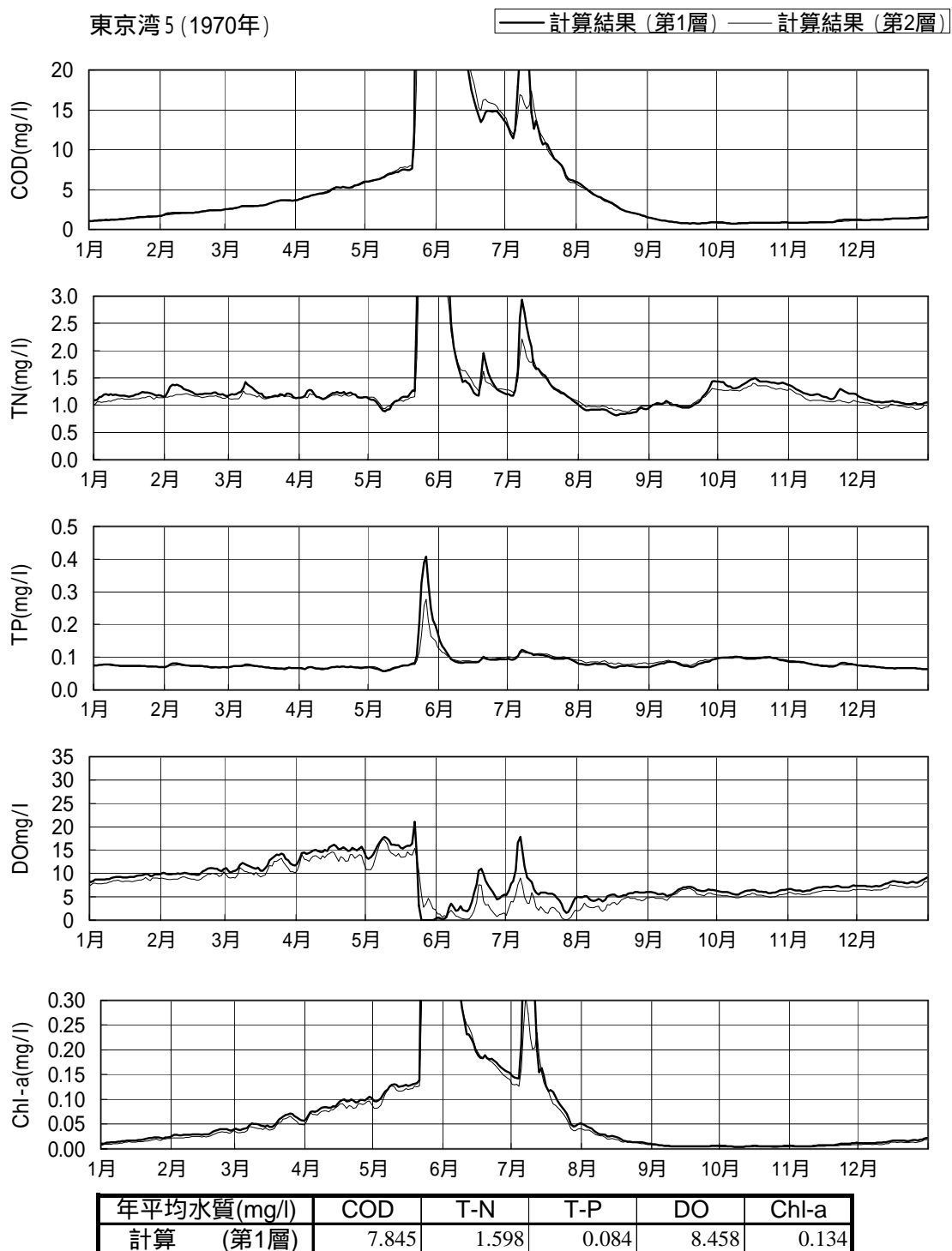


図- 4.3.4.4(2) 検証グラフ

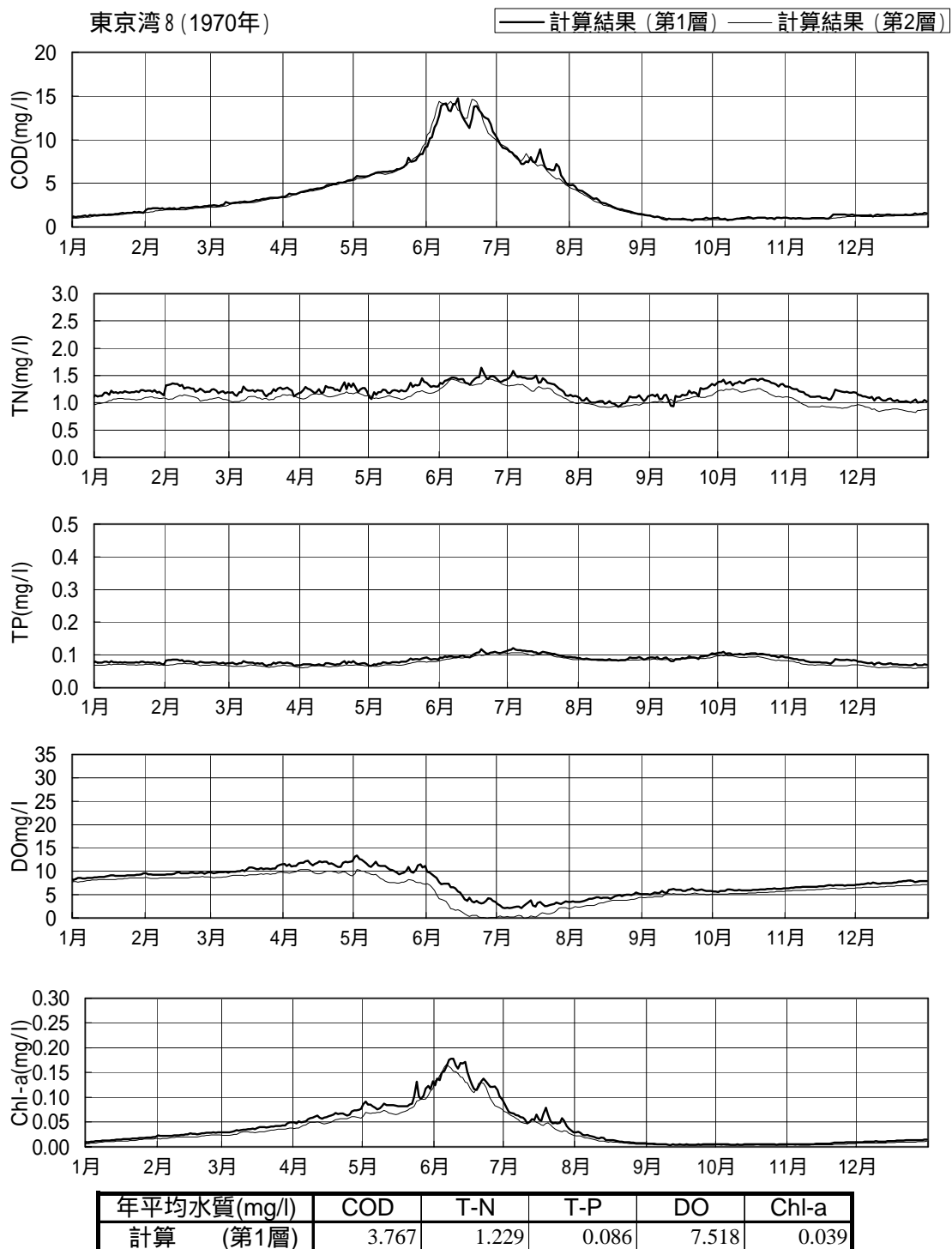


図- 4.3.4.4 (3) 検証グラフ

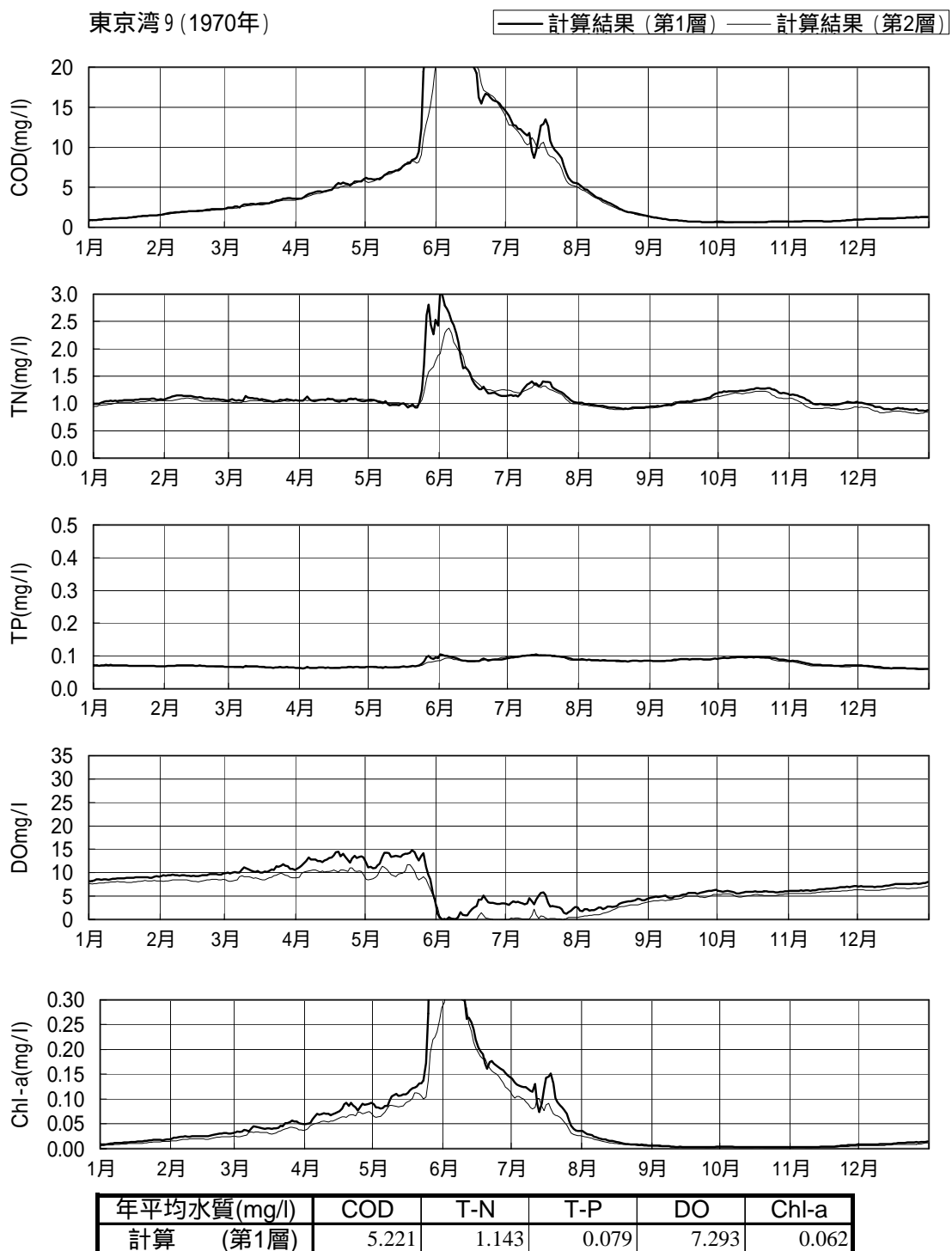
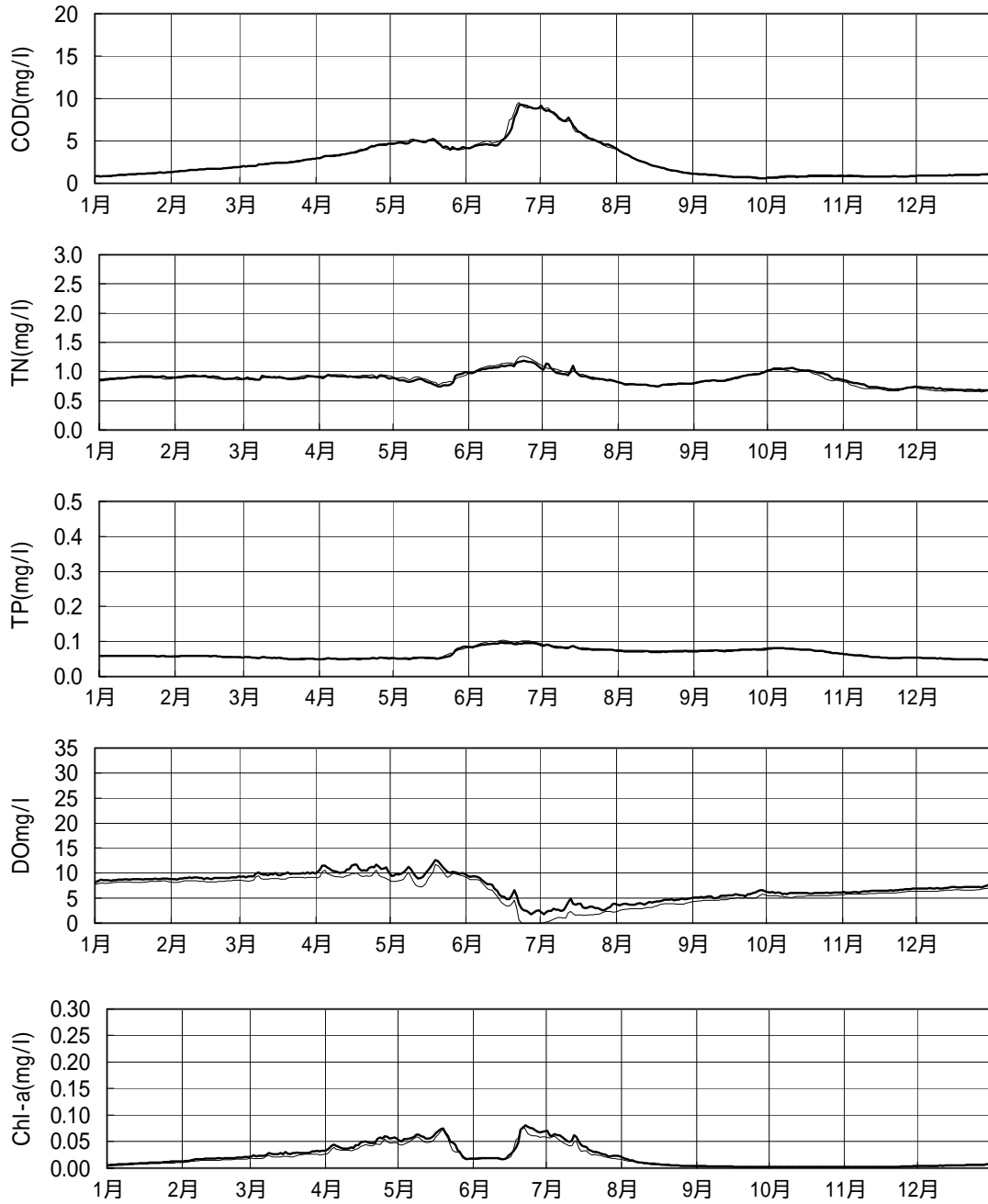


図- 4.3.4.4 (4) 検証グラフ

東京湾15 (1970年)

— 計算結果 (第1層) — 計算結果 (第2層)



年平均水質(mg/l)	COD	T-N	T-P	DO	Chl-a
計算 (第1層)	2.657	0.881	0.065	7.247	0.021

図- 4.3.4.4(5) 検証グラフ

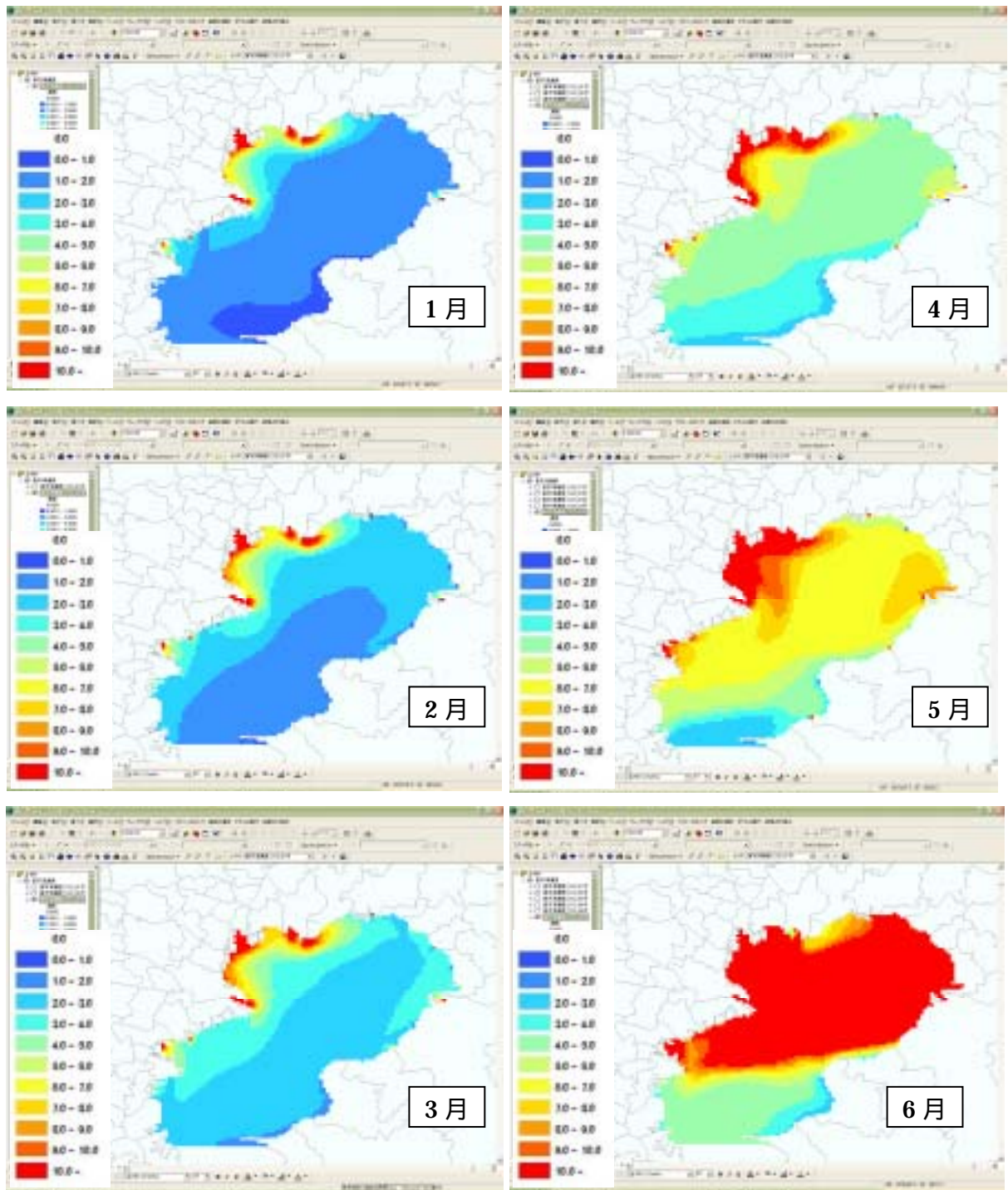


図- 4.3.4.5(1) COD 濃度平面図(1970 年 1 月 ~ 6 月)

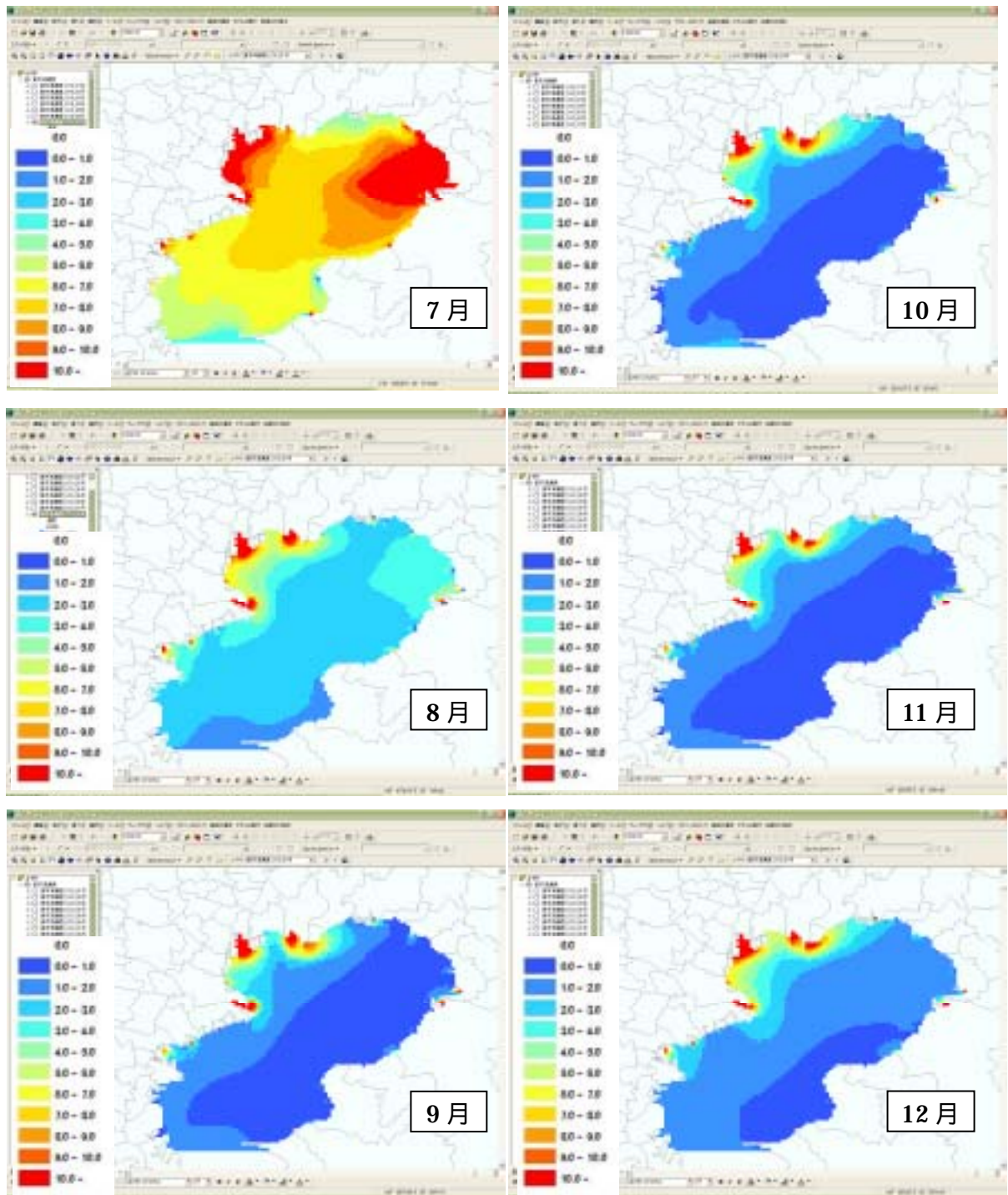


図- 4.3.4.5(2) COD 濃度平面図(1970 年 7 月 ~ 12 月)

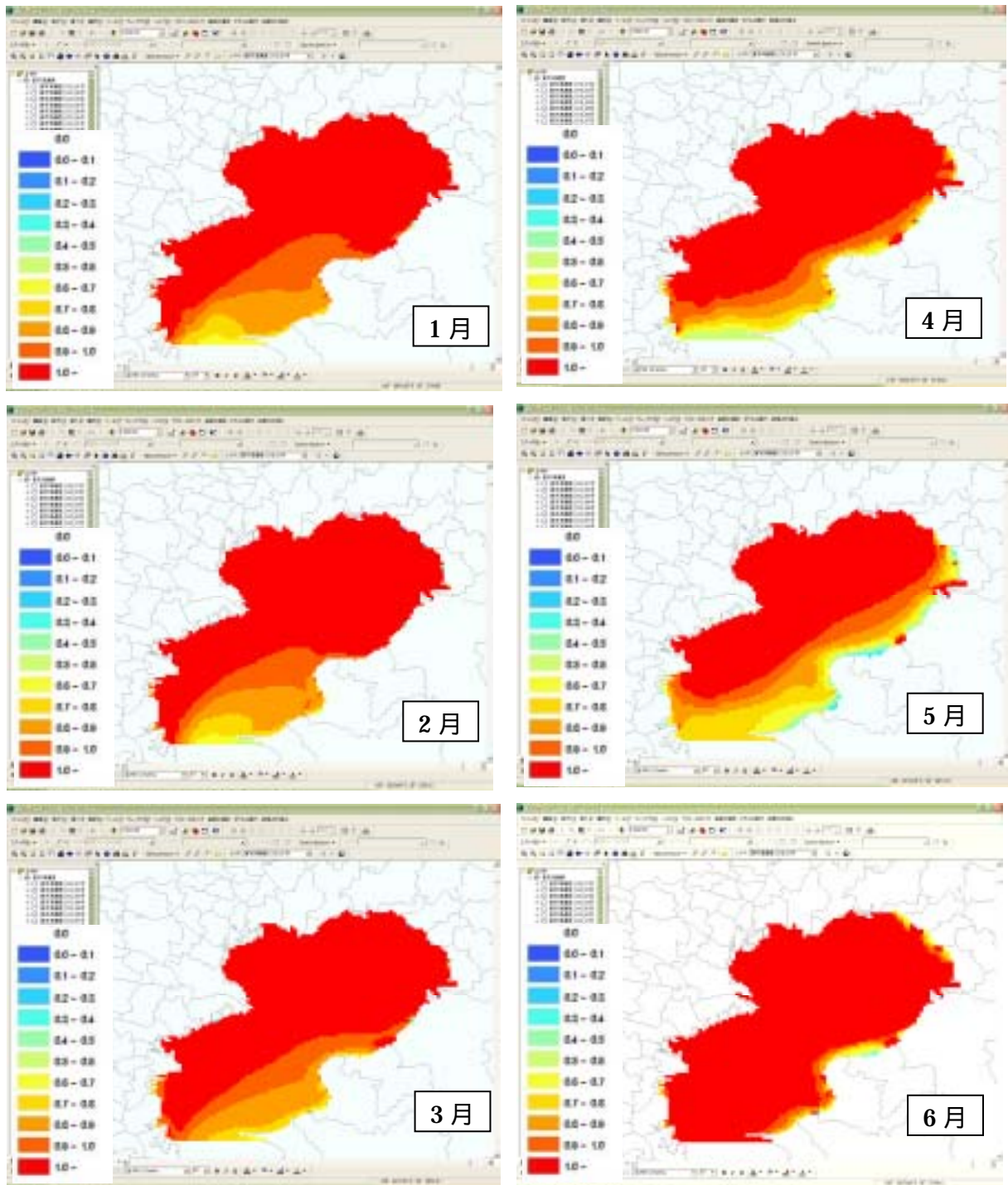


図- 4.3.4.5(3) TN 濃度平面図(1970 年 1 月 ~ 6 月)

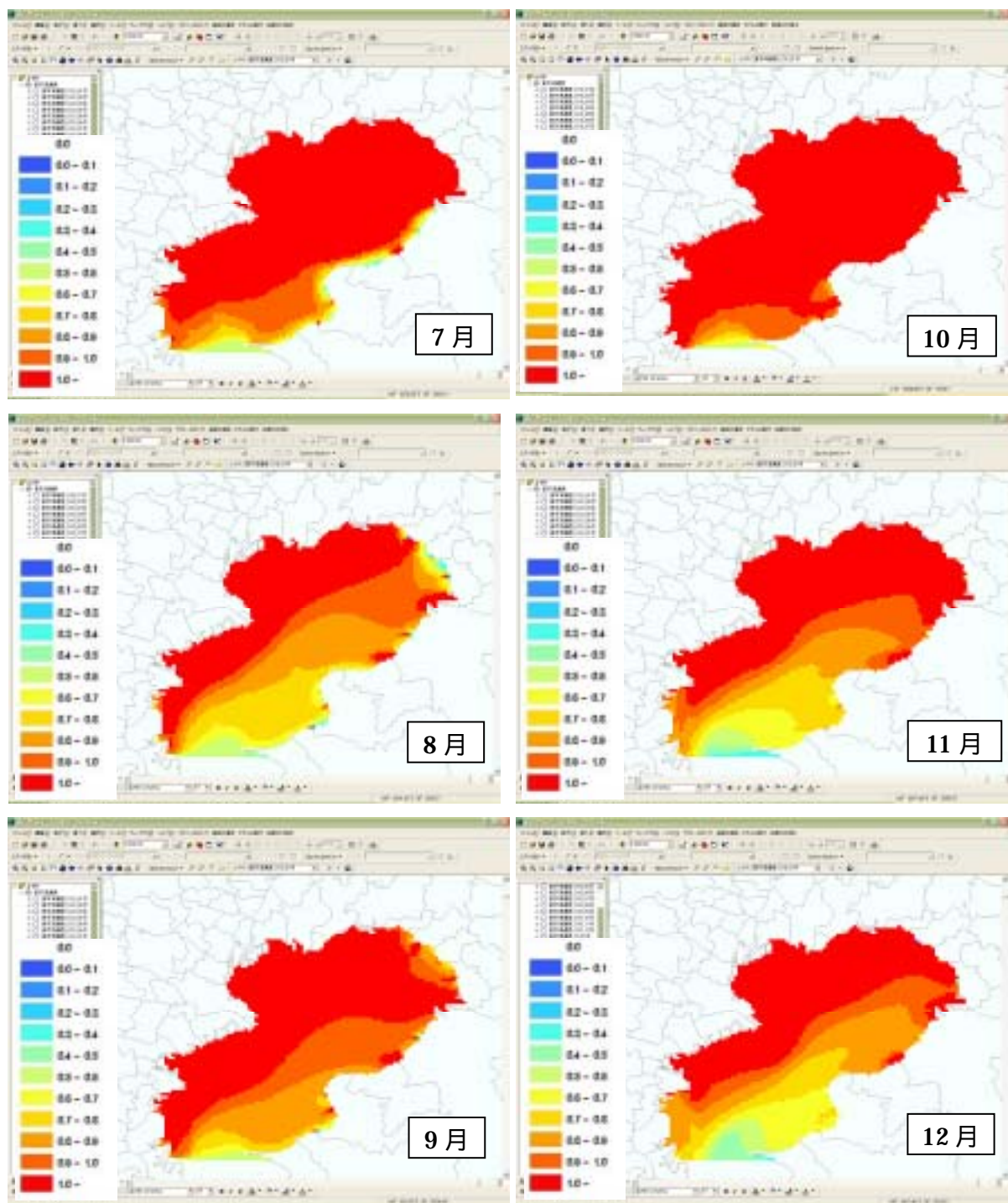


図- 4.3.4.5(4) TN 濃度平面図(1970 年 7 月 ~ 12 月)



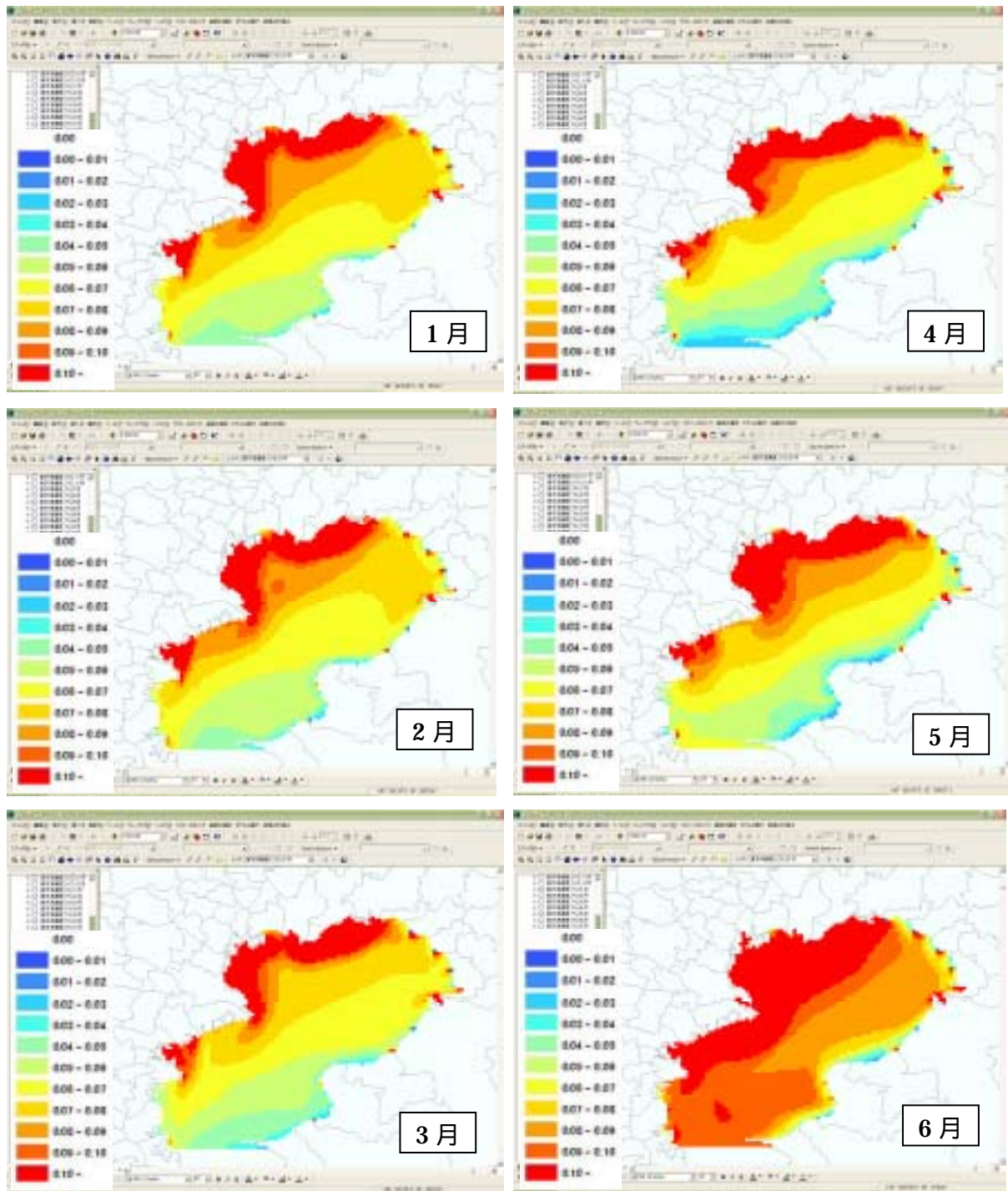


图- 4.3.4.5(5) TP 濃度平面図(1970 年 1 月 ~ 6 月)

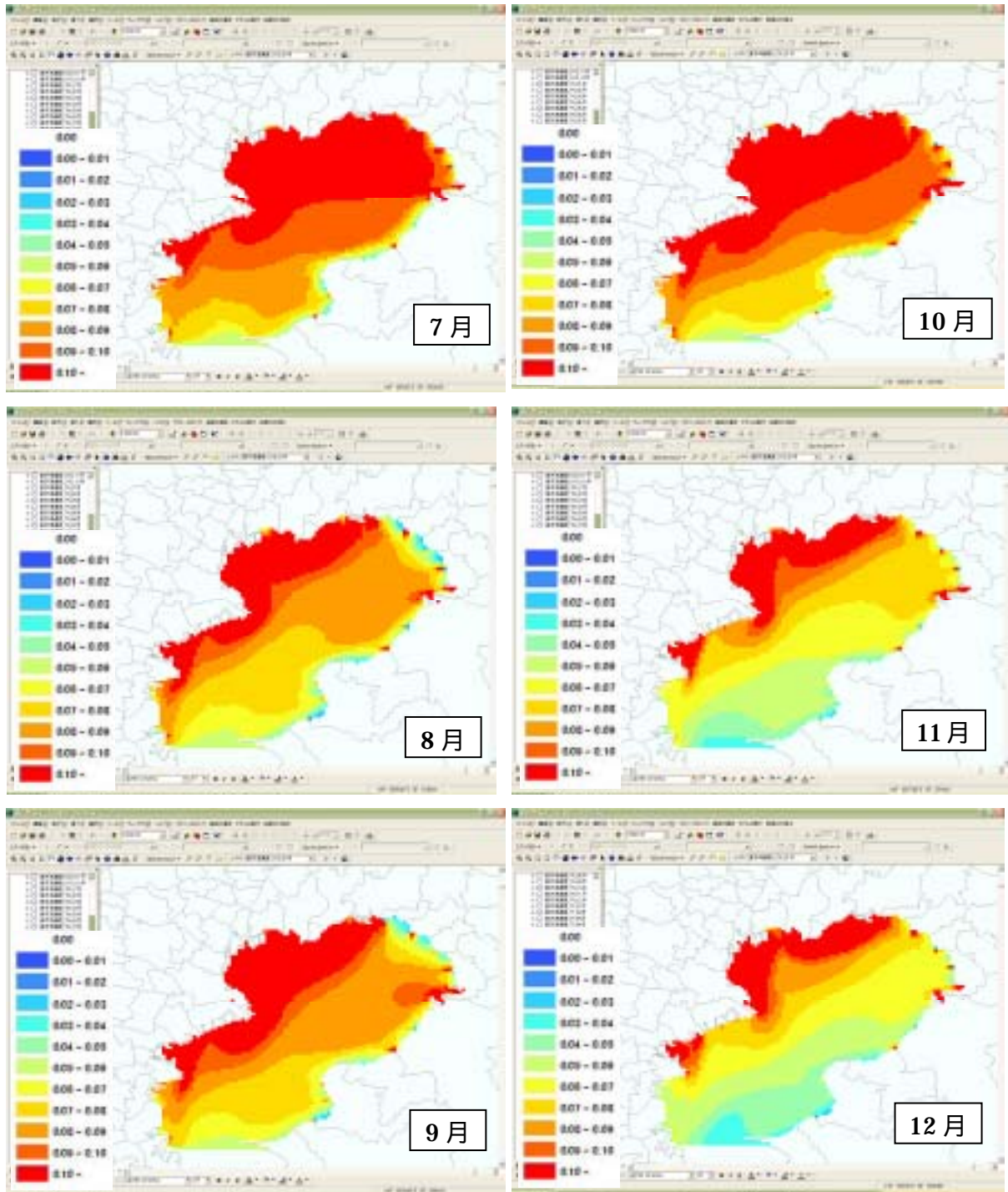


図- 4.3.4.5(6) TP 濃度平面図(1970 年 7 月 ~ 12 月)

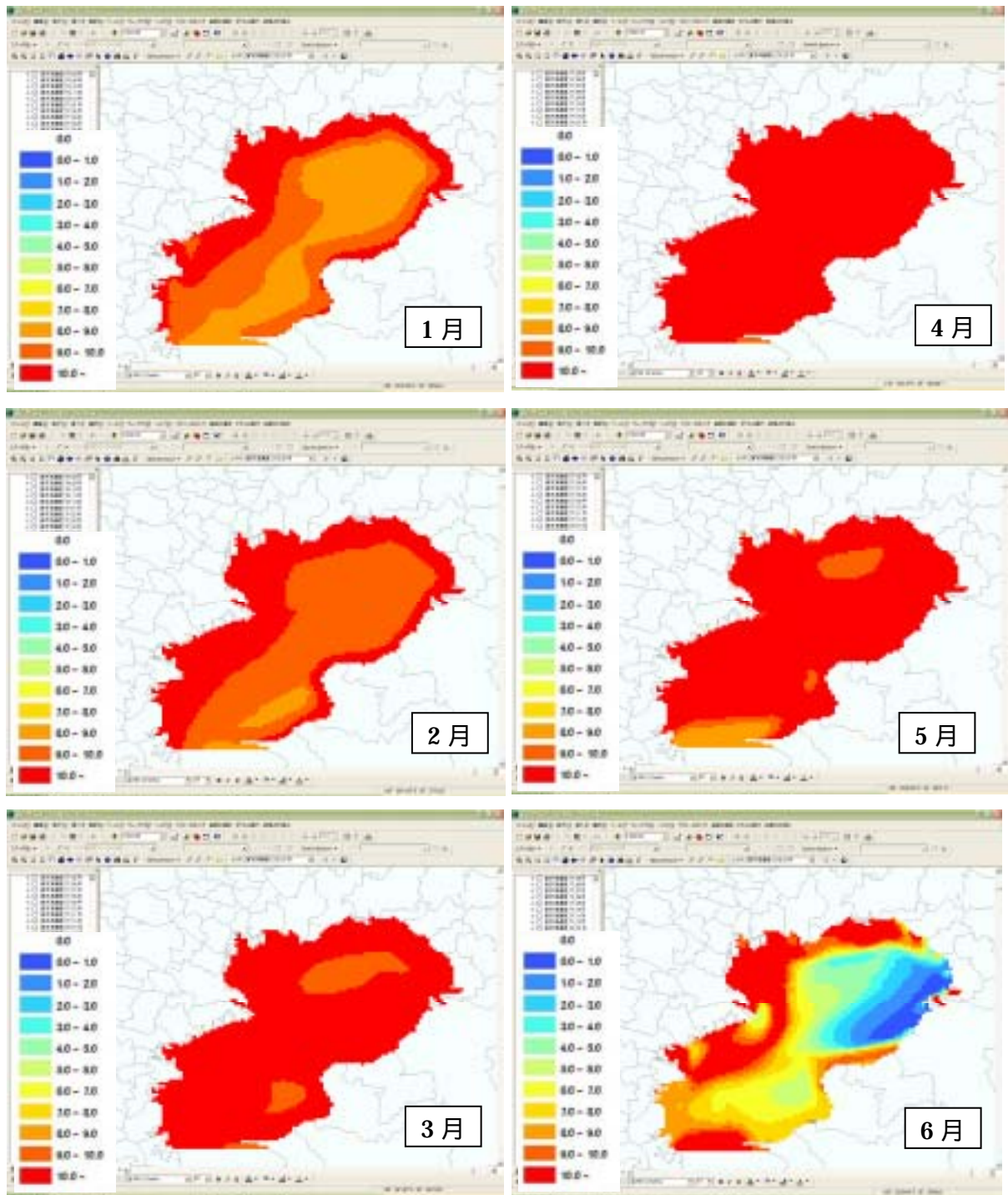


図- 4.3.4.5(7) DO 濃度平面図(1970 年 1 月 ~ 6 月)

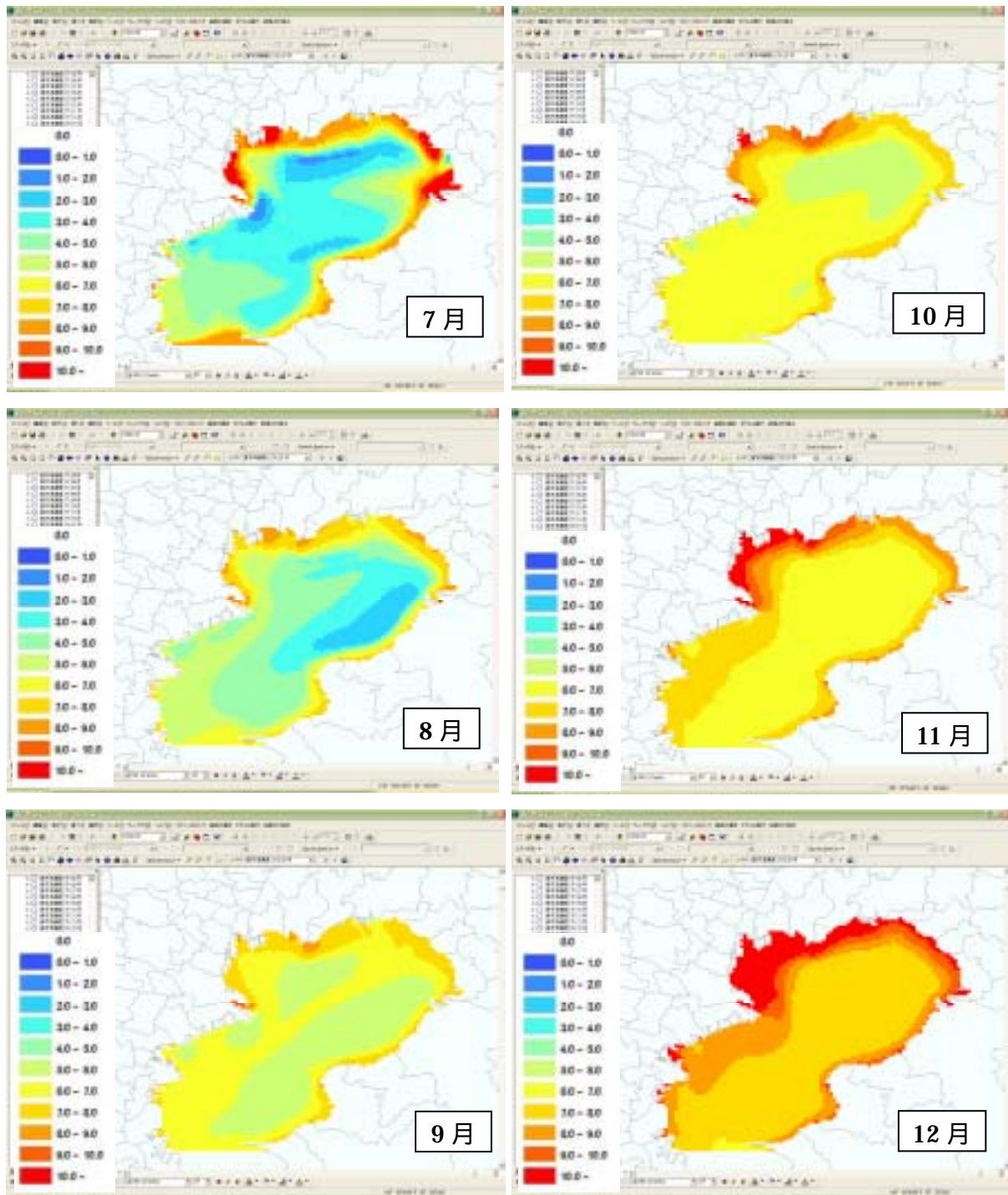


図- 4.3.4.5(8) DO 濃度平面図(1970 年 7 月 ~ 12 月)

(3)1976年再現

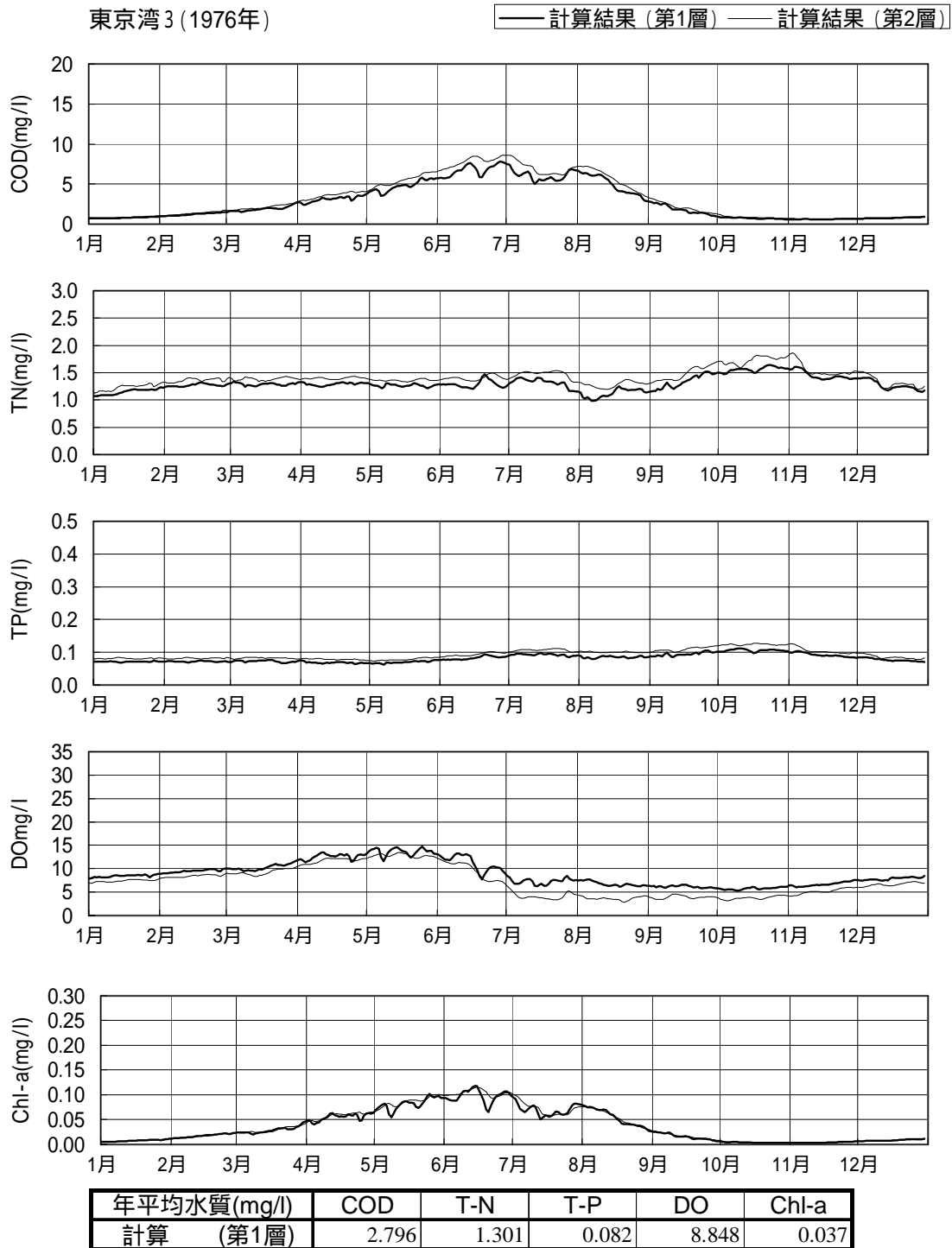
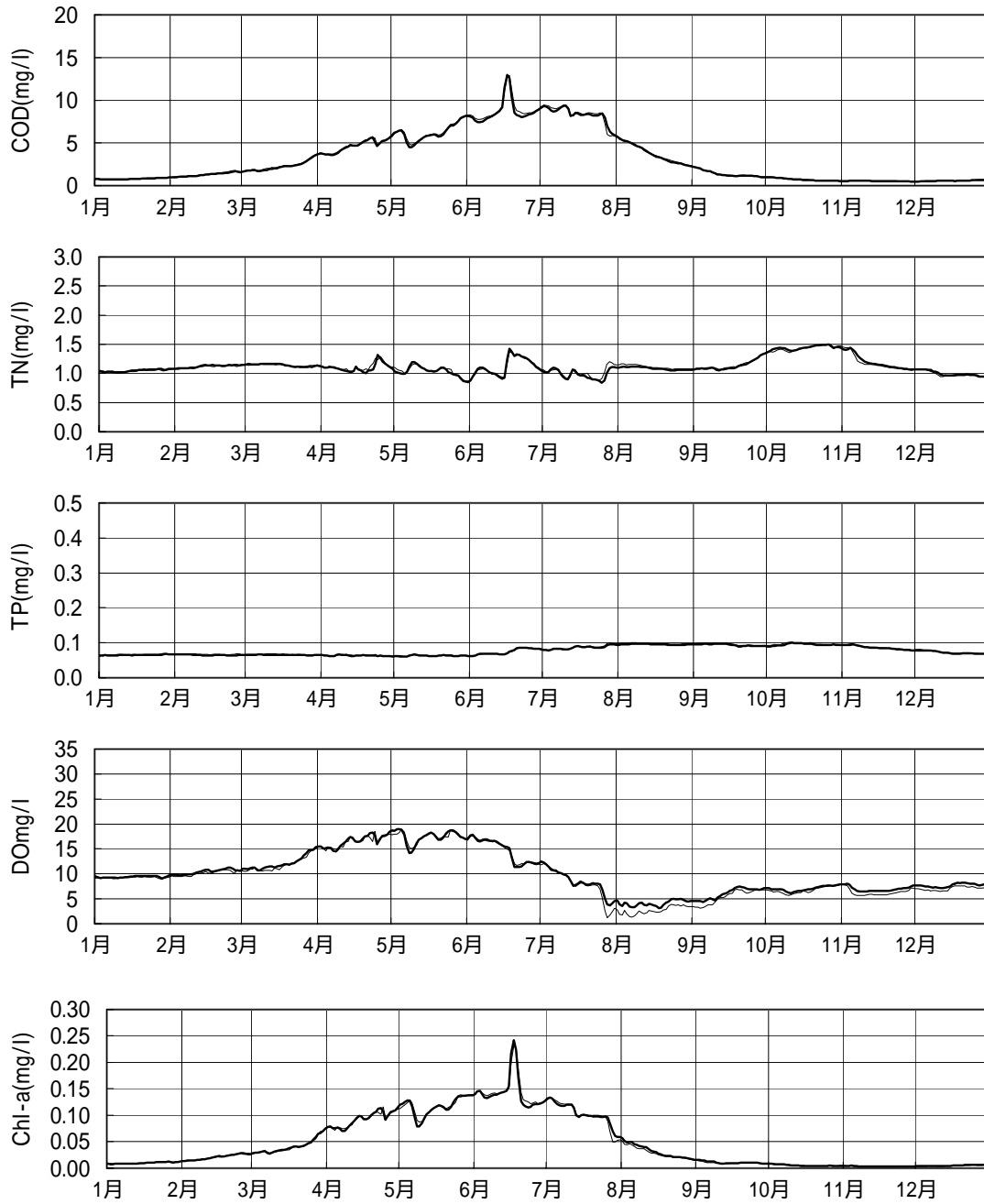


図- 4.3.4.6 (1) 検証グラフ

東京湾5 (1976年)

— 計算結果 (第1層) — 計算結果 (第2層)



年平均水質(mg/l)	COD	T-N	T-P	DO	Chl-a
計算 (第1層)	3.266	1.117	0.077	10.076	0.049

図- 4.3.4.6(2) 検証グラフ

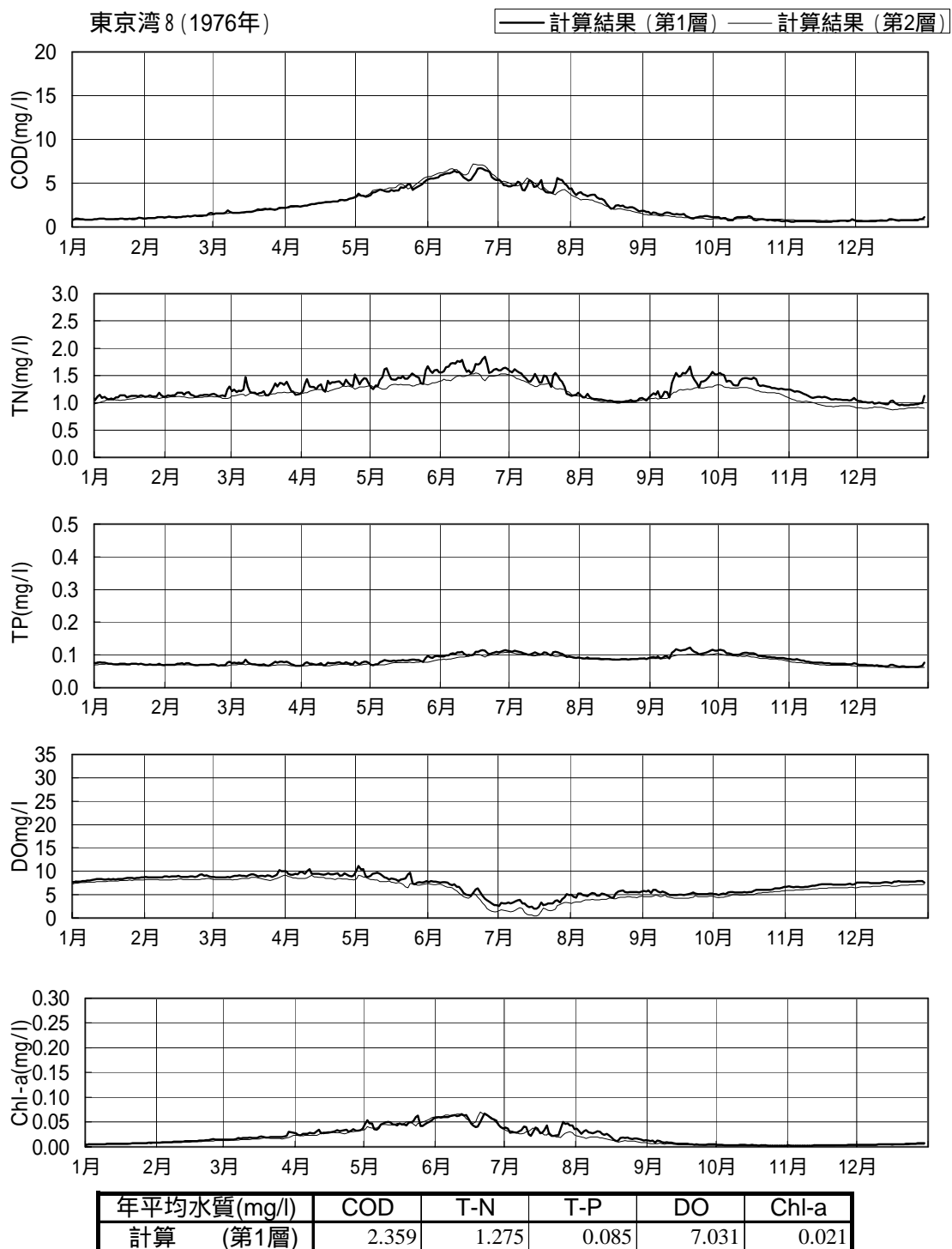


図- 4.3.4.6 (3) 検証グラフ

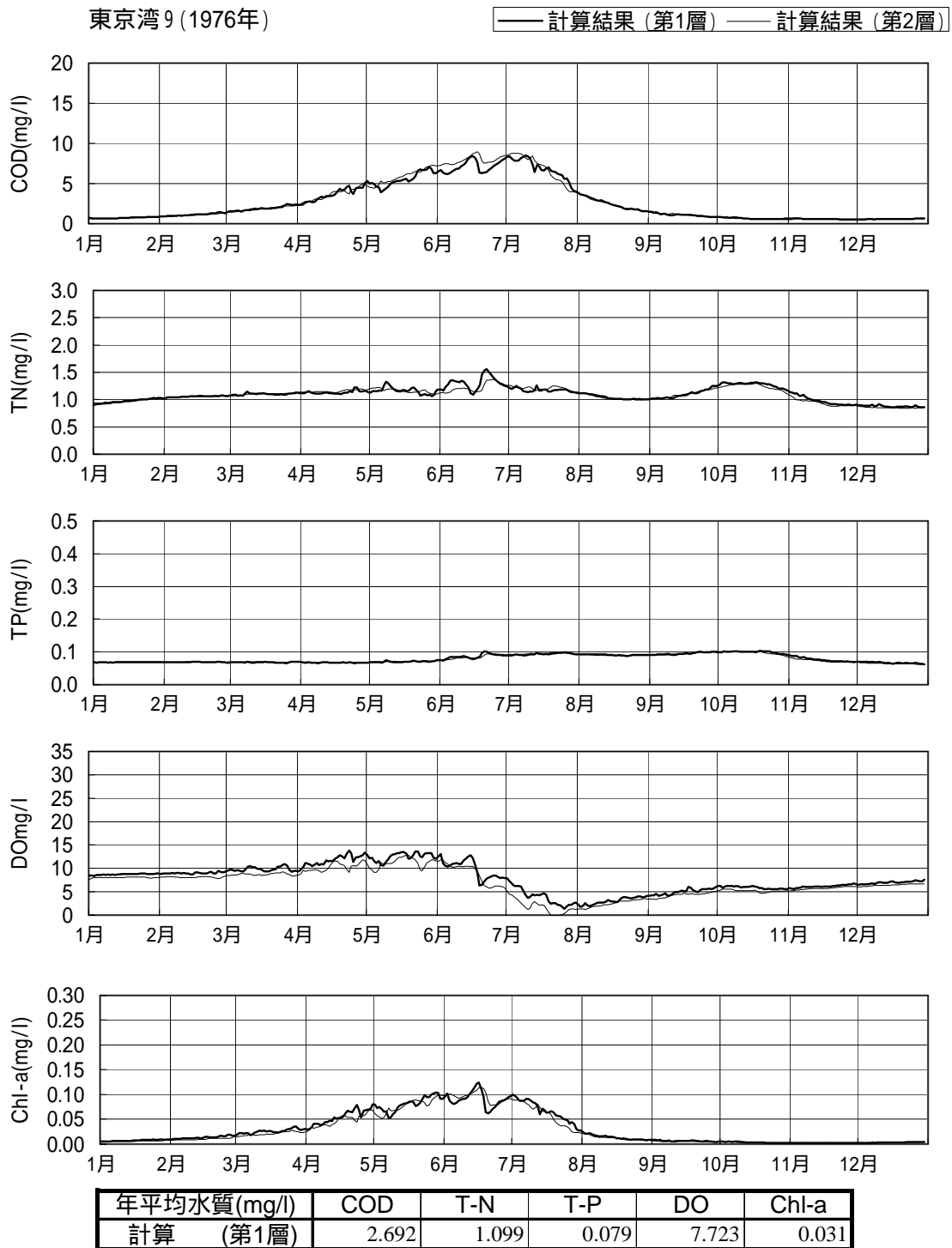
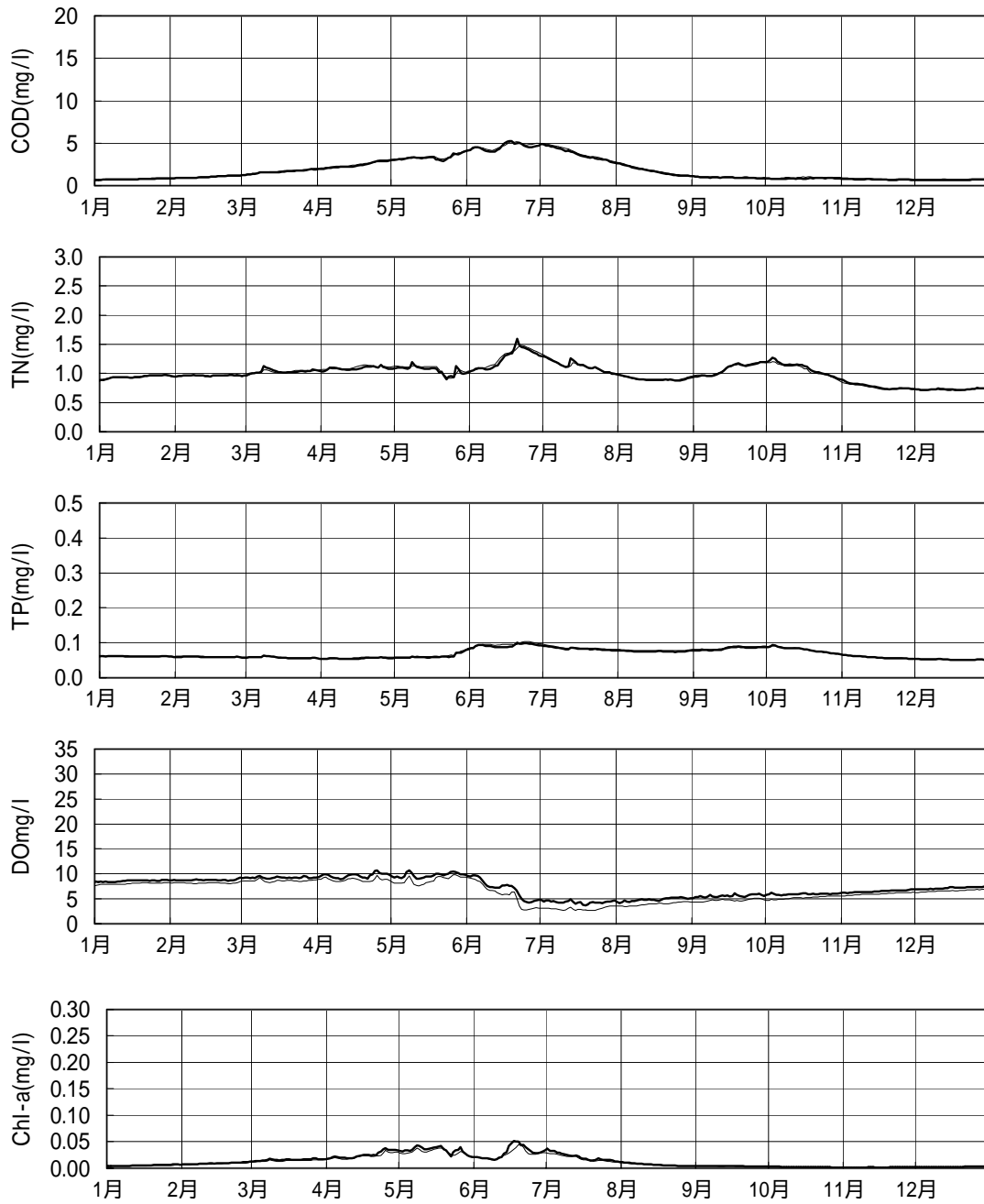


図- 4.3.4.6 (4) 検証グラフ



東京湾15 (1976年)

—— 計算結果 (第1層) —— 計算結果 (第2層)



年平均水質(mg/l)	COD	T-N	T-P	DO	Chl-a
計算 (第1層)	1.869	1.004	0.068	7.288	0.013

図- 4.3.4.6 (5) 検証グラフ

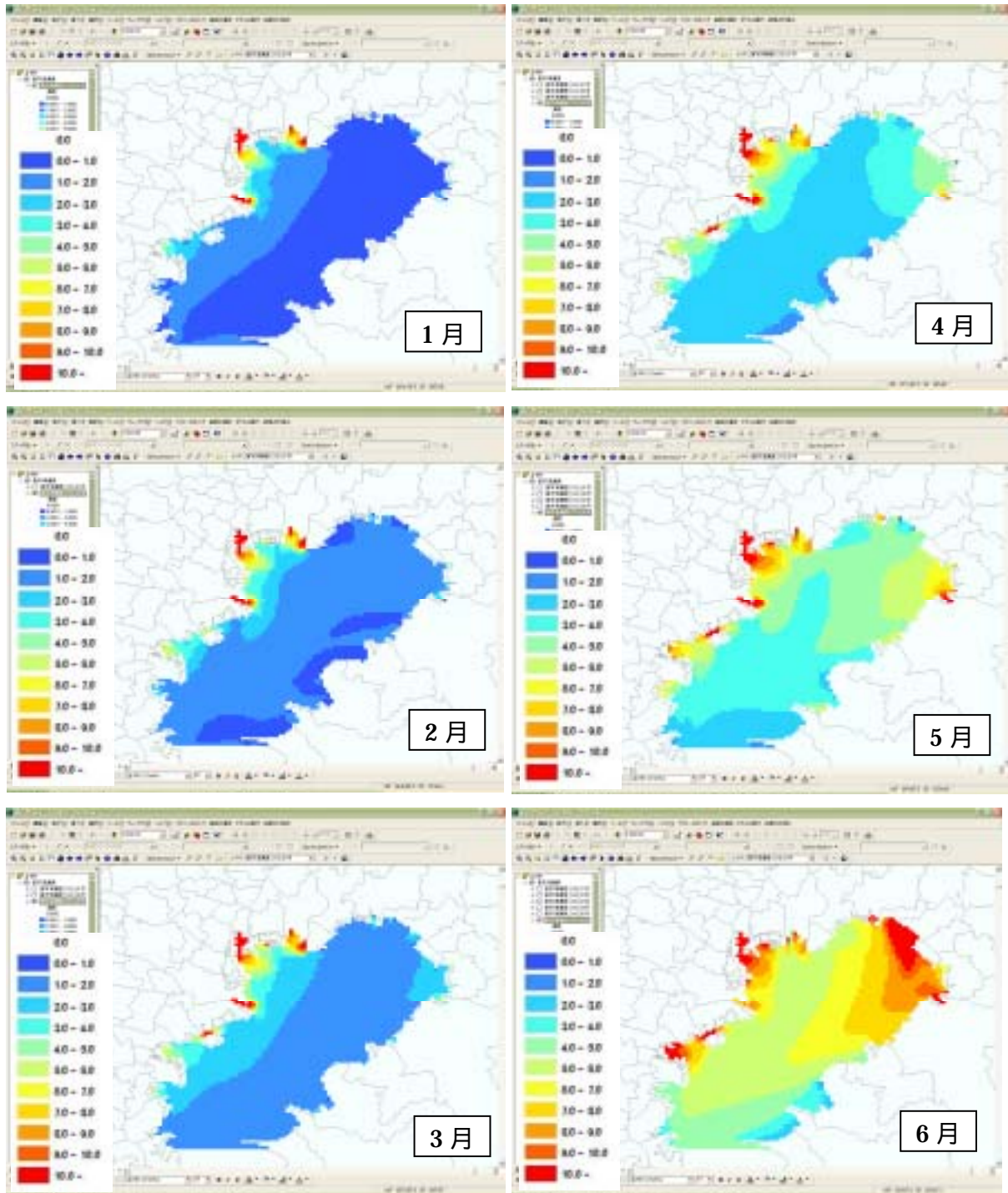


図- 4.3.4.7(1) COD 濃度平面図(1976 年 1 月 ~ 6 月)

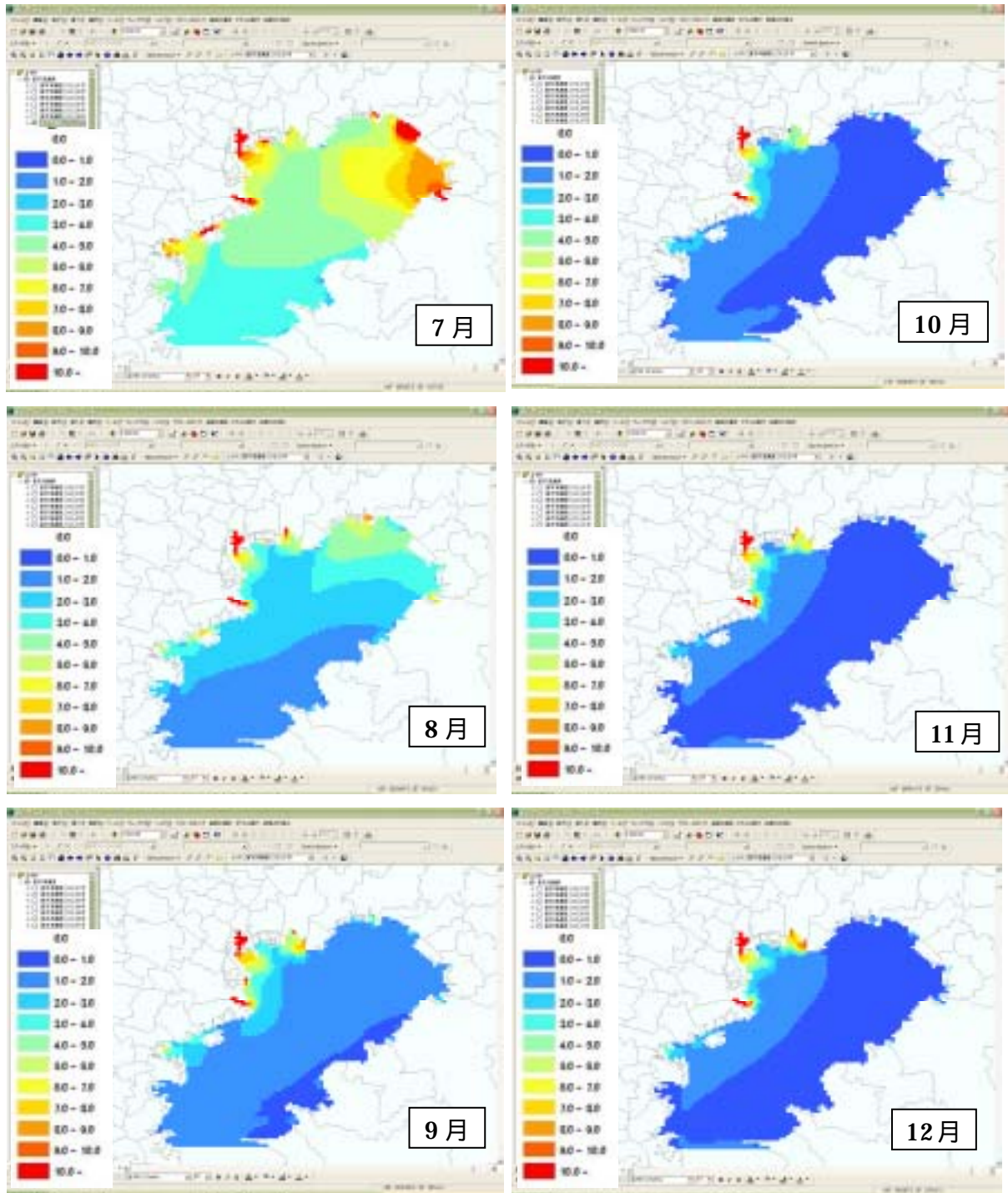


図- 4.3.4.7(2) COD 濃度平面図(1976 年 7 月 ~ 12 月)

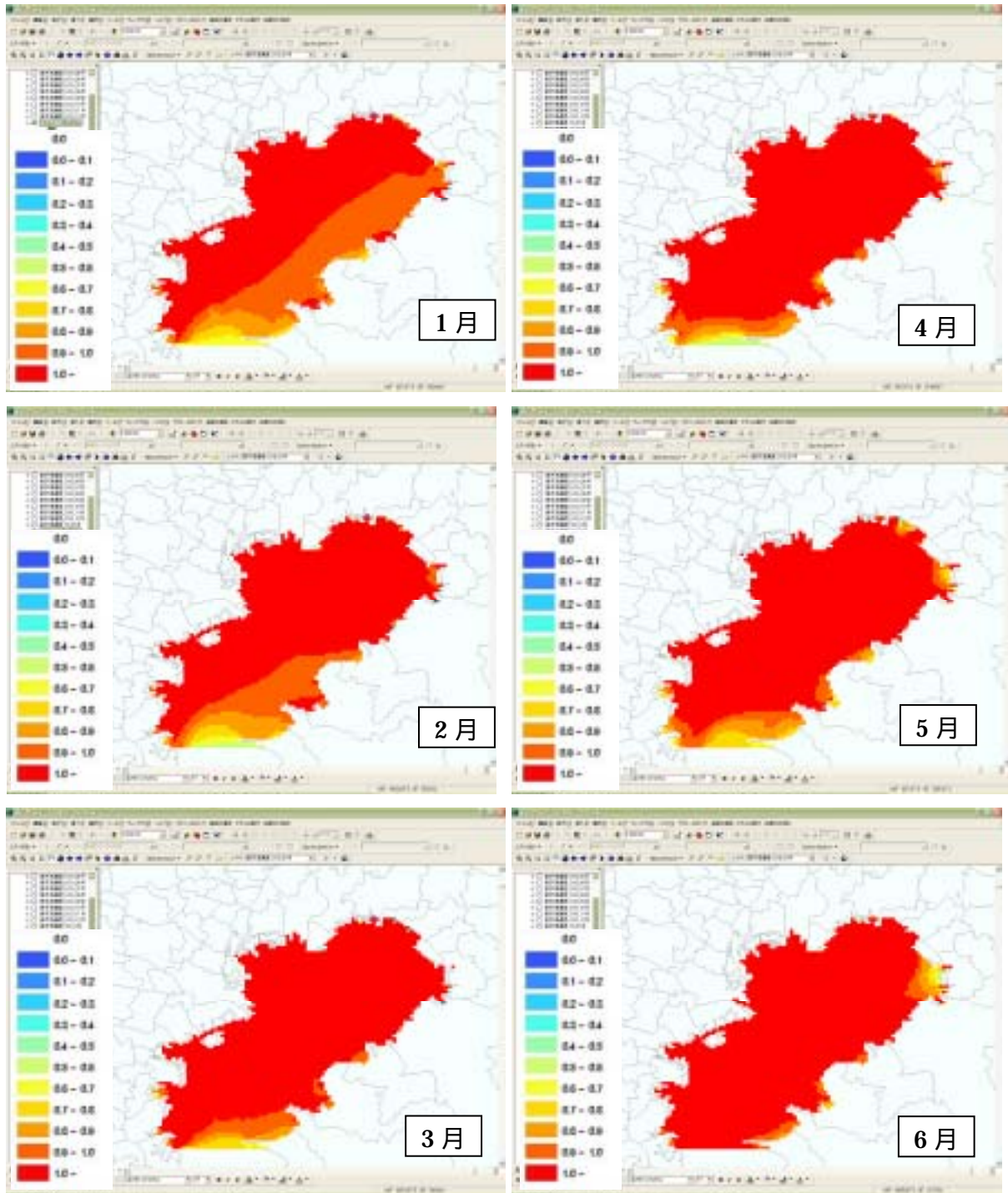


図- 4.3.4.7(3) TN 濃度平面図(1976 年 1 月 ~ 6 月)

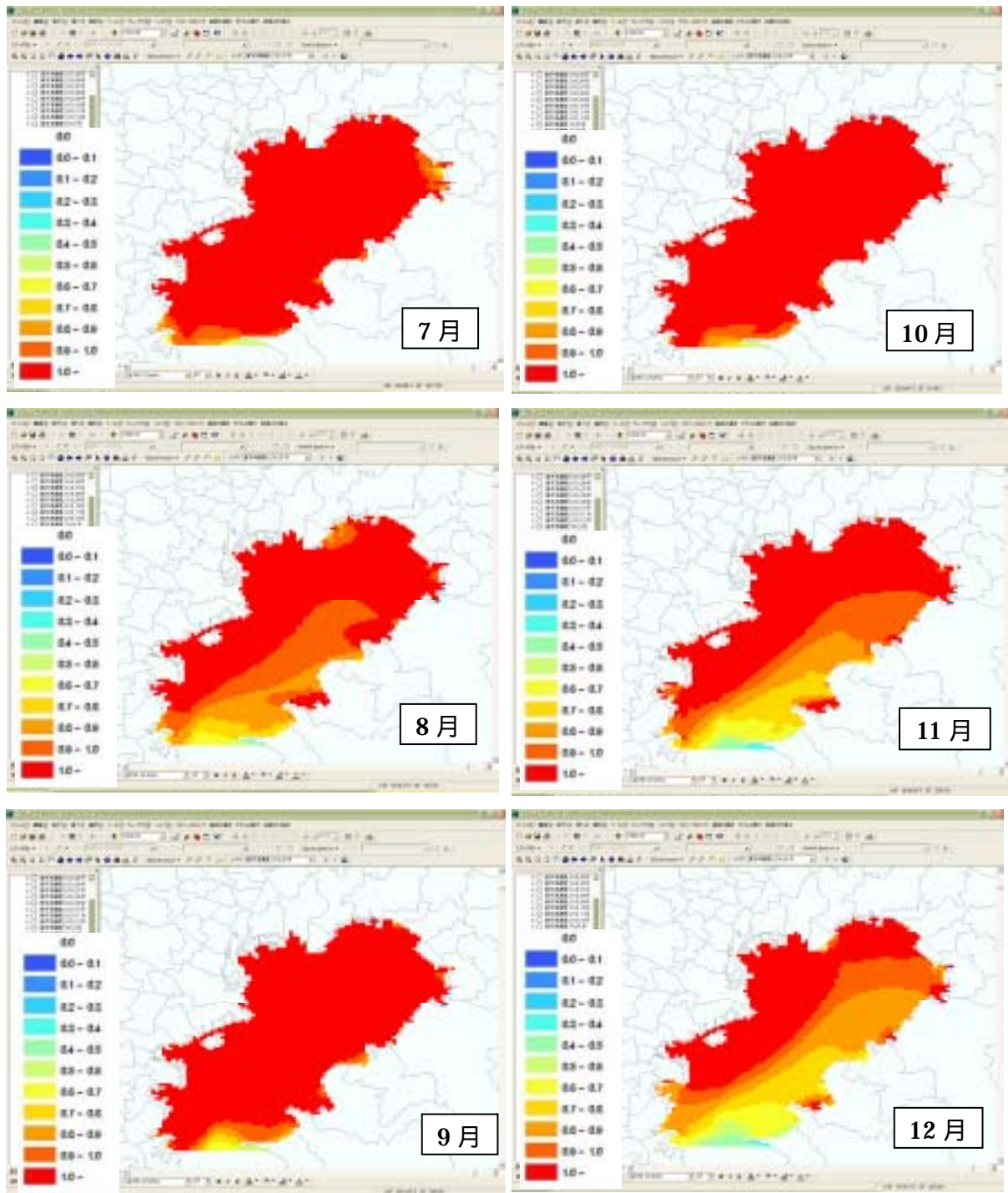


図- 4.3.4.7(4) TN 濃度平面図(1976 年 7 月 ~ 12 月)

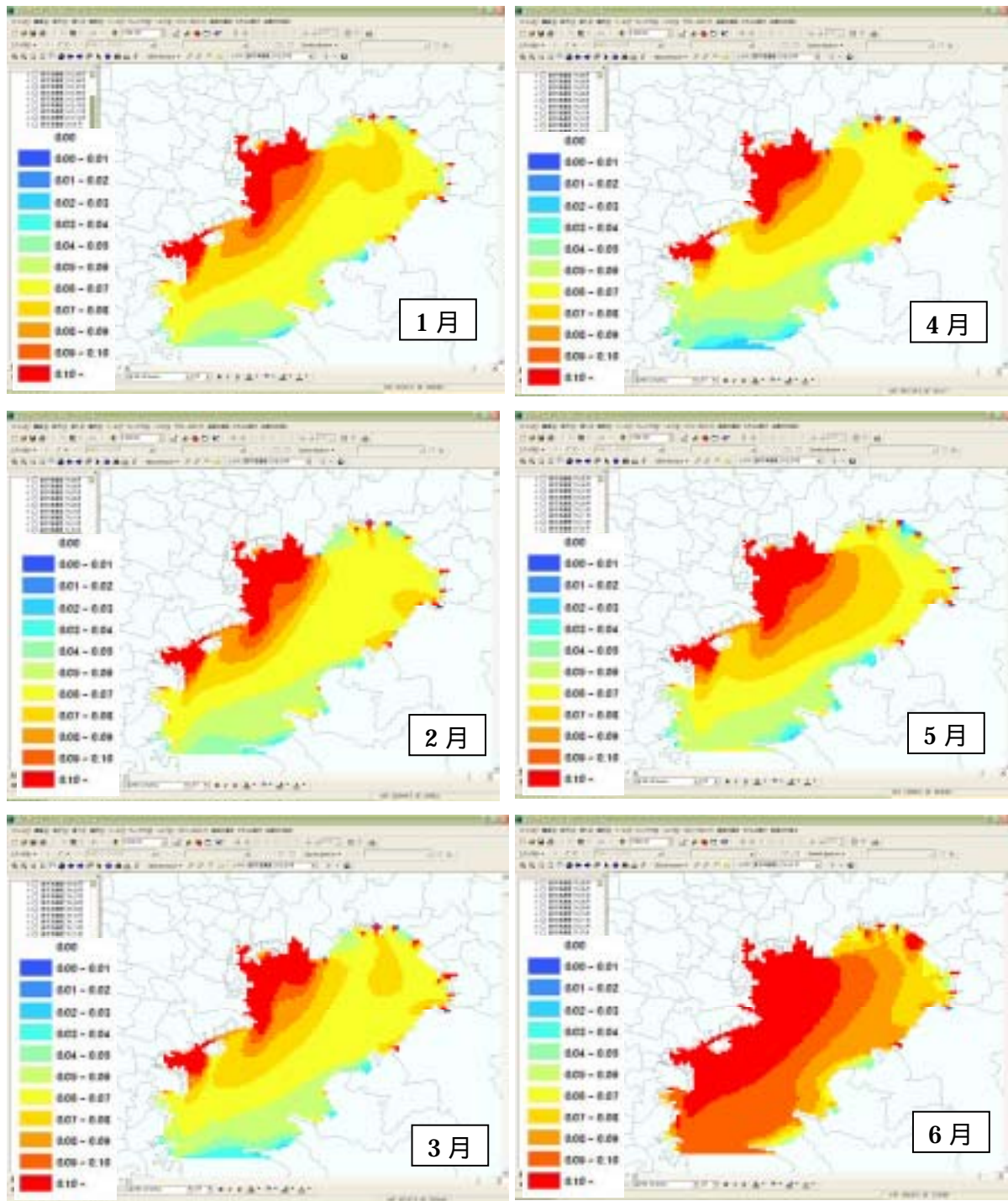


图- 4.3.4.7(5) TP 濃度平面図(1976 年 1 月 ~ 6 月)

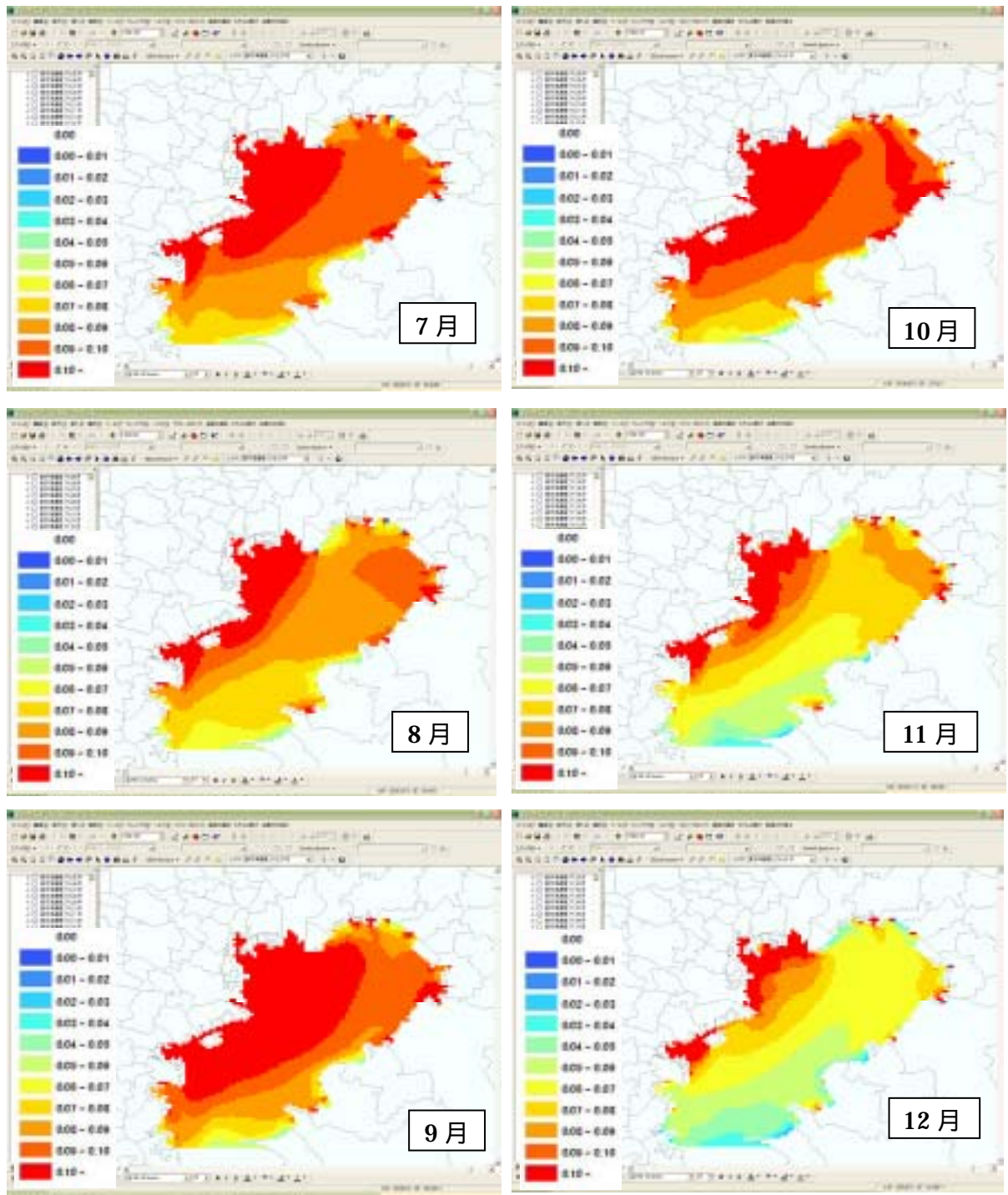


図- 4.3.4.7(6) TP 濃度平面図(1976 年 7 月 ~ 12 月)

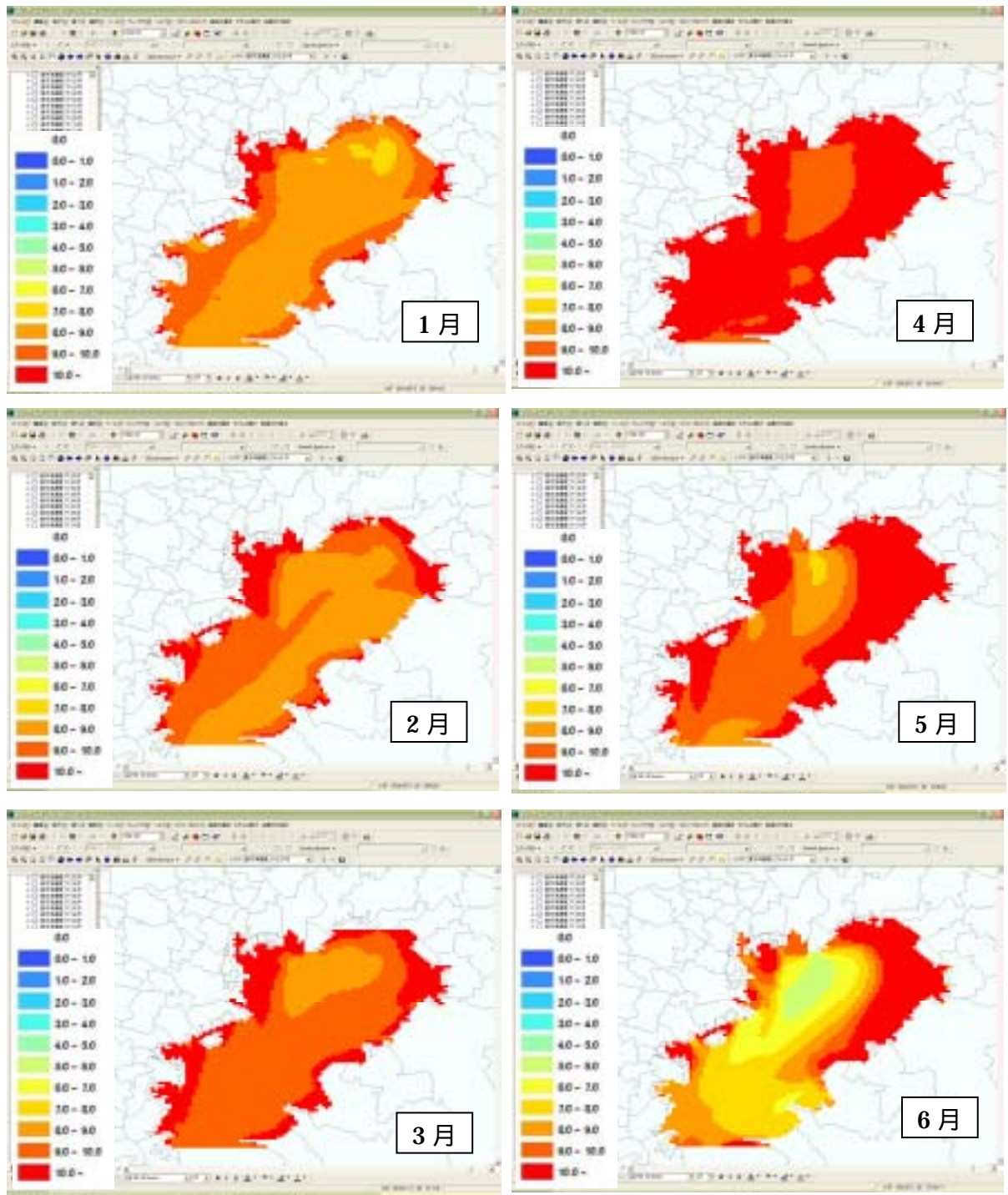


図- 4.3.4.7(7) DO 濃度平面図(1976 年 1 月 ~ 6 月)



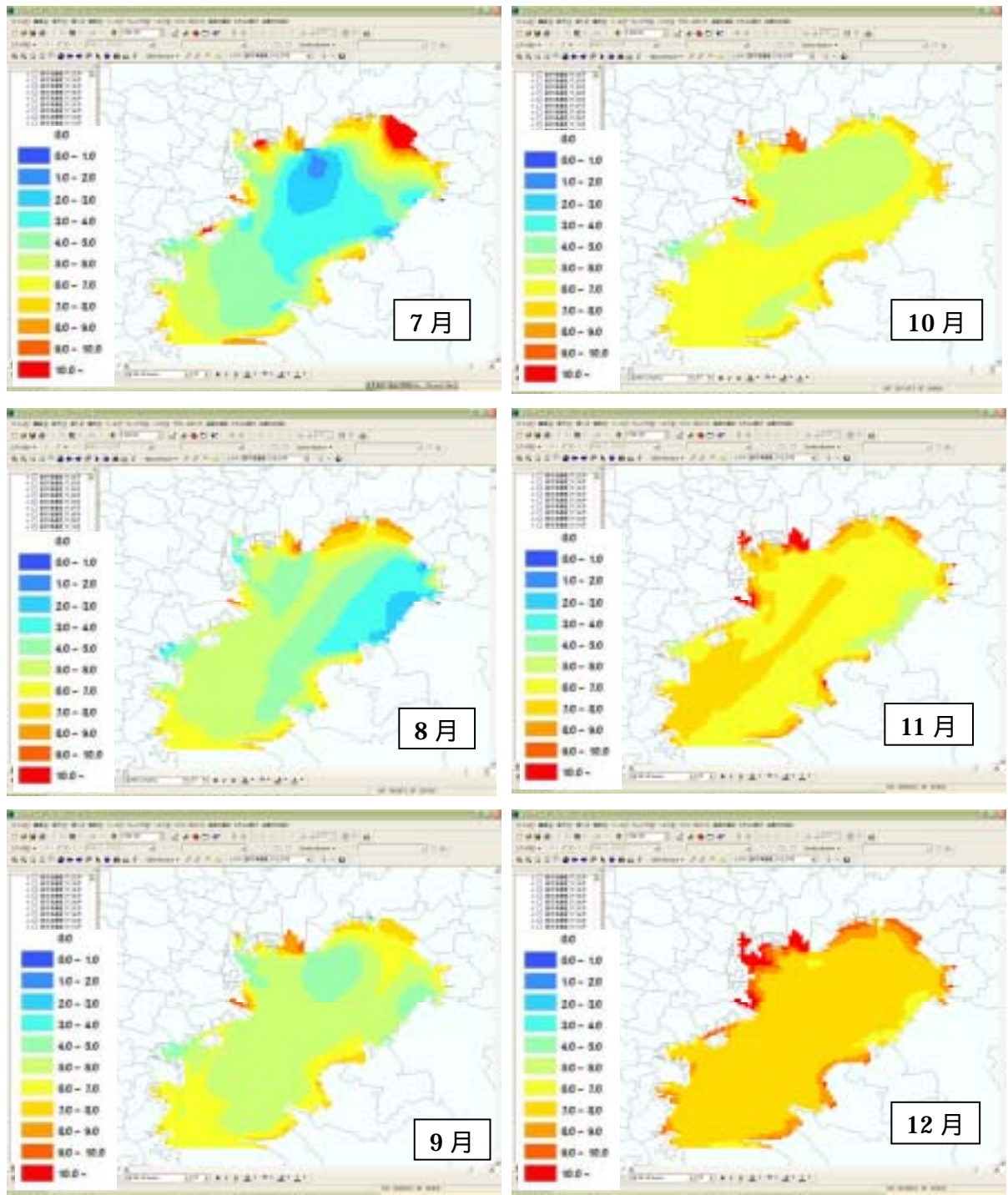


図- 4.3.4.7(8) DO 濃度平面図(1976 年 7 月 ~ 12 月)

ところで、本モデルの大きな特徴の1つは流域モデルと水域モデルを接続した統合モデルであるということである。そこで東京湾の水質（COD,各年7月15日12時）と流入河川の水質（COD,年平均）について本モデルによる計算結果を平面表示したのが図-4.3.4.8である。図示することにより、1970年代ではCODが10mg/lを超える河川が少なからずあったことが容易に理解できるとともに、1950年においても隅田川や鶴見川、多摩川が現在よりも水質が悪かったということと同時に、東京湾の水質は現在よりも良好であったことを示すことができる。また上流域でも支川によっては過去の年代において極めて水質が高かったということが一目で把握できることも本図の大きな効用と言える。

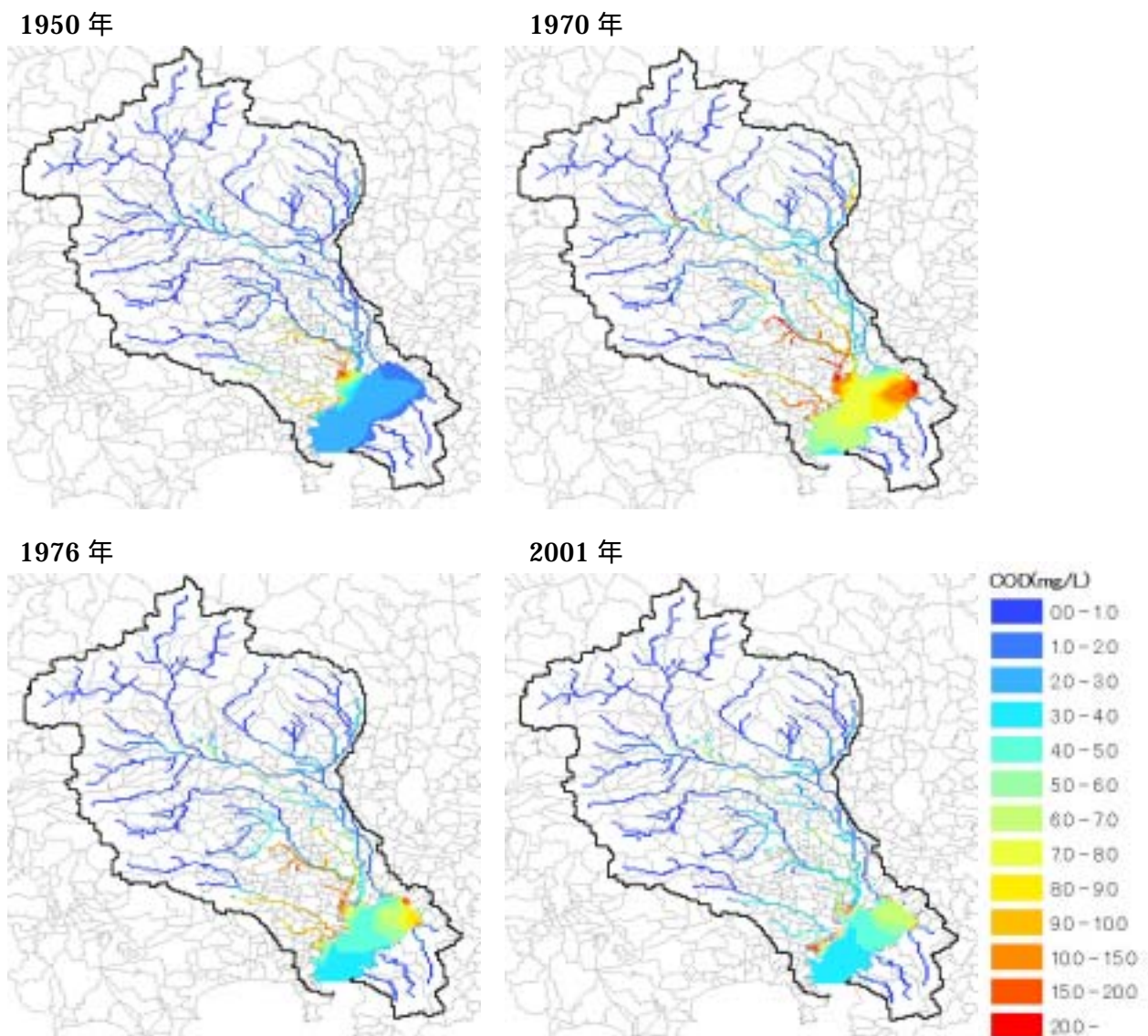
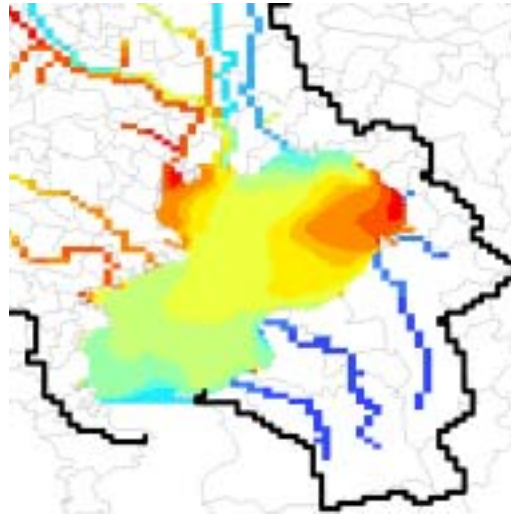


図- 4.3.4.8(1) 東京湾および流入河川の COD 水質の変遷（計算結果）  
（東京湾：各年7月15日、流入河川：年平均）

1950 年



1970 年



1976 年



2001 年

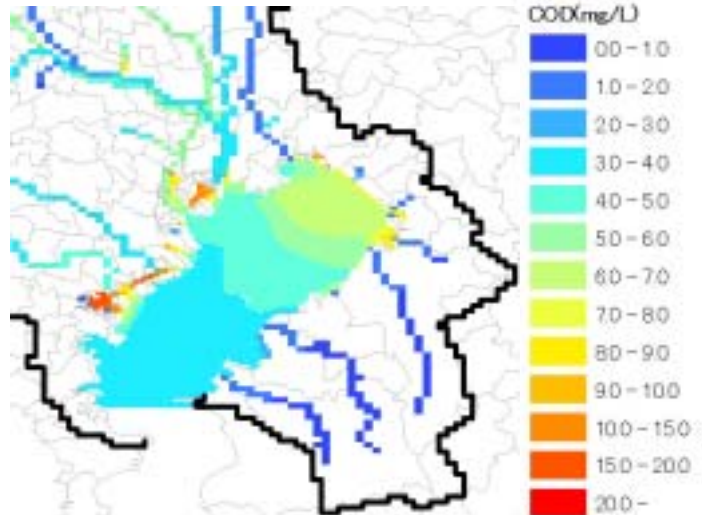


図- 4.3.4.8(2) 東京湾および流入河川の COD 水質の変遷 (計算結果)  
(東京湾: 各年 7 月 15 日、流入河川: 年平均)

#### 4.3.5 まとめ

東京湾とその流入河川を対象に、過去の環境条件を設定することで、水物質循環モデルを用いた過去から現在までの水環境変遷の再現について検討を行い、モデルの過去再現計算の適応性について把握した。現況再現と同様のパラメータを用いたモデルに、可能な限り過去の条件を設定して計算を行うことで、過去から現在までの環境変遷のおおまかな再現が可能であることが分かった。

流域水物質循環モデルを用いることによって、流域からの物質の発生過程から流出過程までを実現象により近く記述できることになり、流域から閉鎖性水域までの水物質循環の構造の理解を深めることが可能となる。また、閉鎖性水域の水環境の改善の検討において、流入負荷量の削減が不可欠である。流域水物質循環モデルを閉鎖性水域における物質流動モデルに接続することにより、全体のシステムの中で流域における個々の水物質循環の改善施策の効果を算定することが可能となり、流域管理の議論に資することとなる。

しかし、例えば、底泥への蓄積等が十分に考慮されていない点や、湾内の計算に用いた低次の生態系モデルについても、生態系の構成自体が異なるであろう数十年前の現象を現況計算と同様に扱うことができるかという問題がある。このようなモデル自体がもつ限界に加え、過去再現計算における設定条件についても、データの不足により、かなり大胆に条件を与えたことなど、まだ改良の余地が残されている。

このように再現性に課題は残されているものの、過去から現在に至る水環境の変遷についての大局的な傾向をつかむことができたことは、本検討で用いた水物質循環モデルが、過去からの変遷を踏まえて、現在から未来への環境変遷を推定することへの可能性を示唆するものである。今後の展開としては、流域からの栄養塩等の物質の発生と閉鎖性水域の水質形成機構との関係をより詳細な解明を進めるだけでなく、流域の土地利用形態の変化に伴う水物質循環の動態変化と閉鎖性水域や沿岸海域における生態系の影響に関する検討を進める上で流域水物質循環モデルの活用が有効であると言えよう。

## 参考文献

- 1) 中央環境審議会：第6次水質総量規制の在り方について(答申)，2005。  
<http://www.env.go.jp/council/toshin/t097-h1703.html>
- 2) 建設省関東地方建設局，東京湾流域別下水道整備総合計画検討委員会：東京湾流域別下水道整備総合計画に関する基本方針策定調査報告書，1997.
- 3) 国土交通省港湾局，環境省自然環境局編：干潟ネットワークの再生に向けて～東京湾の干潟等の生態系再生研究会報告書～，pp22-23，2004.
- 4) 岡田知也，中山恵介，宮野仁，古川恵太：総合的内湾水質評価モデルの構築と東京湾への適用，海岸工学論文集，Vol.49，pp1051-55，2002.
- 5) 柳哲雄，屋良由美子，松村剛，石丸貴：東京湾のリン・窒素循環に関する数値生態系モデル解析，海の研究，Vol.13-1，pp61-72，2004.
- 6) 川島博之：東京湾とその流域における窒素収支の歴史的変遷，沿岸海洋研究，33-2，pp147-155，1996.
- 7) 北澤大輔，多和田茂，藤野正隆：陸域からの物質負荷量に対する東京湾の水質の応答，沿岸海洋研究，40-2，pp159-169，2003.
- 8) 眞柄泰基：日本における浄化槽の歴史と現状，第3回世界水フォーラム浄化槽分科会要旨集，2003. <http://www.jeces.or.jp/e/news/images/proceedingsJ.pdf>
- 9) 吉見洋，井上充，小倉光夫，橋本茂，岡敬一，安倍明美，横井武秋，前野道雄：工場排水原単位調査について，水処理技術，19-9，pp63-70，1978.
- 10) 小倉光夫，岡敬一，井上充，野崎隆夫：工場排水中の総リン濃度と排水処理過程での除去率について，水処理技術，21-9，pp61-65，1979.
- 11) 運輸省港湾技術研究所，(財)港湾空間高度化センター港湾・海域環境研究所：平成9年度東京湾の環境管理計画に関する調査-その2-報告書，1998.
- 12) 海上保安庁 HP，潮汐推算，  
[http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TIDE/tide\\_pred/index.htm](http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TIDE/tide_pred/index.htm)