

水質将来予測について

目次

1 数値シミュレーションモデルの概要	2
1.1 陸域汚濁負荷流出モデル	2
1.2 海域モデル（流動、水質－底質モデル）	3
2 将来予測条件の設定	4
2.1 現況再現	4
2.2 将来予測	4
3 水質予測結果	6
3.1 水質濃度の変化	6
3.2 将来ケースにおける環境基準の達成状況	13

別紙 環境基準点ごとの将来予測濃度と環境基準値との比較データ一覧

1 数値シミュレーションモデルの概要

本検討で用いるモデルは、以下の2つのサブモデルから構成される。「陸域汚濁負荷流出モデル」により、指定地域（指定水域の全流域）から海域へ流出する流入水量及び汚濁負荷量を算定し（COD、T-N、T-P）、その結果を「海域モデル（流動、水質－底質モデル）」に与えることで、海域での流動及び水質・底質濃度を算定する。このモデルは国立環境研究所が開発した数値モデル¹であり、東京湾、伊勢湾、瀬戸内海の指定水域及び指定地域に適用する。

- 陸域汚濁負荷流出モデル^{1,2,3}
 - ・ 降水流出モデル : 河川流量を算定
 - ・ 汚濁負荷流出モデル : 陸域の点源及び面源からの負荷流出を算定
- 海域モデル（流動、水質－底質モデル）^{1,2}
 - ・ 流動モデル : 海域での水位・流動、水温・塩分を算定
 - ・ 水質－底質モデル : 海域での水質及び底質濃度を算定

1.1 陸域汚濁負荷流出モデル

降雨による表面流出、中間流出^{※1}、地下浸透を考慮した分布型流出モデルにより河川流量及び地下水流動を表現し、流域から海域への淡水流入量を算定する。一方、陸域からの汚濁負荷量の流出過程は、降雨に依存して各計算格子から発生する面源（山林、畑・果樹園、水田、水域、市街地）の汚濁負荷量（懸濁態及び溶存態）を、土地利用に応じて算定している。加えて、点源（工場・事業場、下水処理場、合併・単独処理浄化槽等）の発生負荷量においては、立地場所の計算格子が有している河道に発生負荷量が直接排出されるものとした。なお、モデルに用いるパラメータは既存研究の値をもとに設定されている¹。

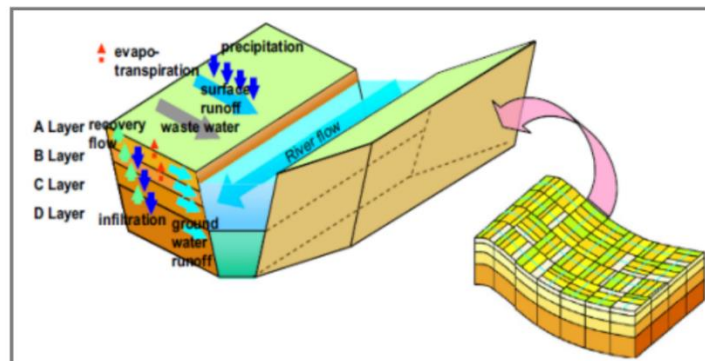


図 1-1 陸域汚濁負荷流出モデルの概念図（Sapkota et al. (2011)⁴より引用）

¹ 国立環境研究所(2019):平成 30 年度閉鎖性海域における気候変動による影響把握等検討業務報告書 環境省請負業務

² 東博紀、佐藤嘉展、吉成浩志、牧秀明、越川海、金谷弦、内山雄介（2018）：瀬戸内海における中小河川からの淡水流入量と流動シミュレーションの再現性への影響。土木学会論文集 B28(海岸工学), 74(2):I_1135-I_1140

³ 東博紀、秋山千亜紀、中田聡史、吉成 浩志（2019）：瀬戸内海流域圏の汚濁負荷流出モデルの構築と2006~2015 年における全窒素流出の変動傾向。土木学会論文集 B1(水工学), 75(2):I_421-I_426

⁴ Mukta SAPKOTA、浜口俊雄、小尻利治(2011)：Numerical Analysis of Flooding Impacts Using Hydro-BEAM in Red River Basin, Vietnam. 京都大学防災研究所年報 第 54 号 B. 683-689

^{※1} 中間流出とは、降水や融雪などによって地表や地下に蓄えられた水が、河川や湖沼などの主要な水系に到達する途中で流出する過程のことをいう。

1.2 海域モデル（流動、水質－底質モデル）

流動モデルは、水量（水位）、流速、水温、塩分及び密度・圧力を予測変数とした水平方向を格子状に、鉛直方向を多層で分割したモデルである。

水質－底質モデルは、海水・海底における炭素（C）、窒素（N）、リン（P）、酸素（O）の生物化学的な反応を考慮した循環プロセスを解析するものであり、植物プランクトン態、懸濁有機態、溶存有機態、溶存無機態（Cを除く）の間の形態変化を考慮している。

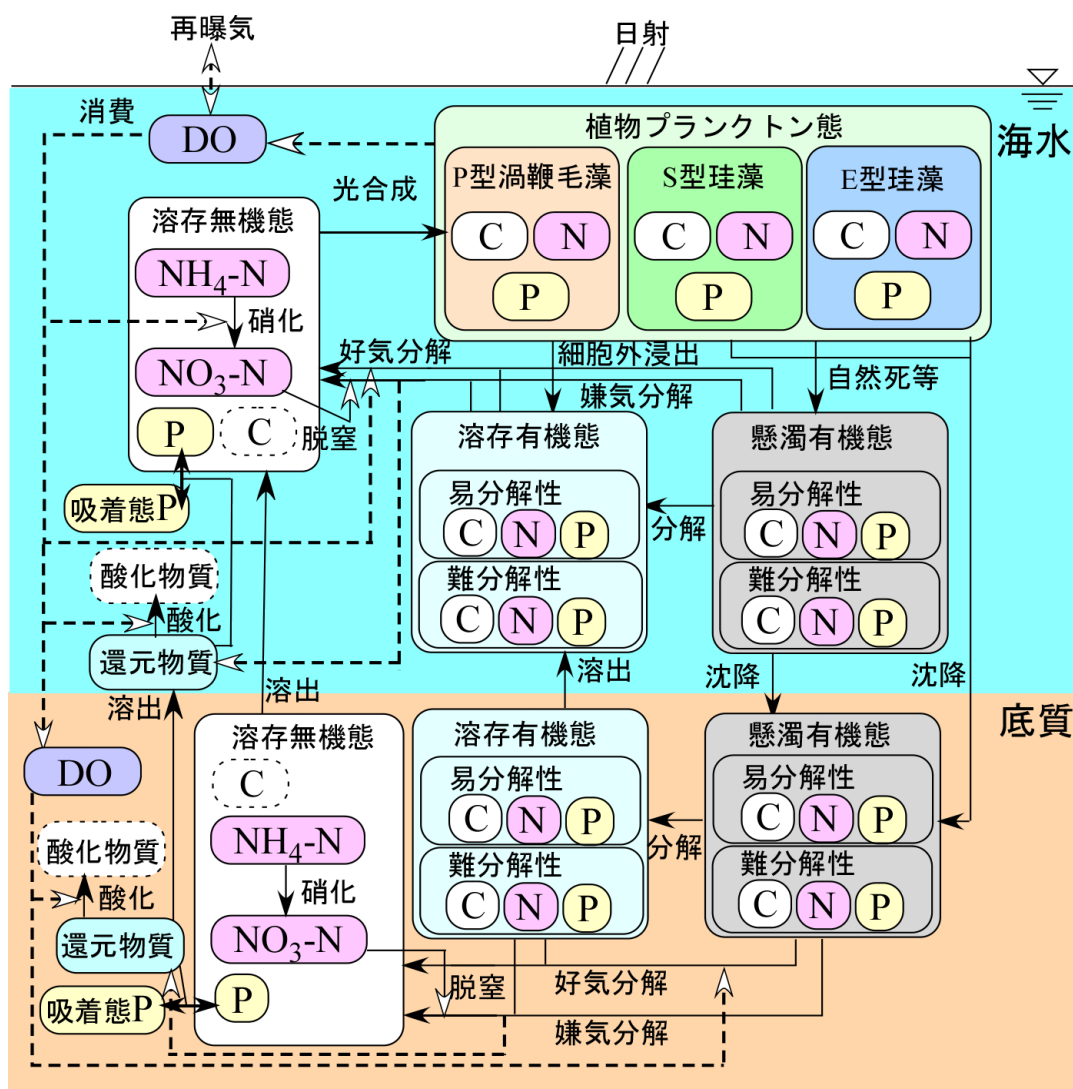


図 1-2 水質－底質モデルの構造

2 将来予測条件の設定

2.1 現況再現

水質の将来予測計算を行う際には、まず現況年度の計算を行い、その計算結果を既存の観測データと比較し、海域の水質等が再現されていることを確認する必要があることから、広域総合水質調査の観測値を用いて、各水質項目（COD、T-N、T-P 及び底層DO）の再現性を確認した。

現況再現年次は、入手可能な直近のデータである令和元年度とするが、複数年での変動を確認するため、平成 21 年度から令和元年度を対象に実施した。再現計算の条件は、気象、流量、負荷量、境界条件を設定し、当該期間の広域総合水質調査結果を現況計算の再現性確認のための比較データとする。

その結果、水質予測モデルは現況を概ね再現していた。

2.2 将来予測

将来予測年次は、第 9 次水質総量削減の目標年度（令和 6 年度）の 5 年後である令和 11 年度とする。将来予測の条件設定は、以下のとおりである。

表 2-1 将来予測時の条件設定

各種条件	計算上の項目	設定方法
海岸線等 地形条件	海陸格子、水深条件	令和元年度以降実施された改変及び今後令和 11 年度までに見込まれる改変を考慮
気象条件	風向・風速、短波放射、長波放射、気温、比湿、気圧	現況（令和元年度）と同じ
境界条件	水温・塩分、水位、流速、水質	現況（令和元年度）と同じ
陸域からの 流入水条件	流入位置からの流入水量、水温、塩分 （陸域汚濁負荷流出モデルで算定）	現況（令和元年度）と同じ
陸域からの 負荷流入条件	流入位置からの流入負荷量 （陸域汚濁負荷流出モデルで算定）	令和 11 年度想定負荷量として、第 9 次総量削減基本方針の目標量と同等の量を想定

表 2-2 指定水域におけるCOD負荷量

	COD (ton/日)	
	現況ケース： 令和元年度実績負荷量	将来ケース： 第9次総量削減基本方針の目標量と同等
東京湾	154	150
伊勢湾	131	127
瀬戸内海	374	372

表 2-3 指定水域におけるT-N負荷量

	T-N (ton/日)	
	現況ケース： 令和元年度実績負荷量	将来ケース： 第9次総量削減基本方針の目標量と同等
東京湾	162	159
伊勢湾	106	106
瀬戸内海	380	389

表 2-4 指定水域におけるT-P負荷量

	T-P (ton/日)	
	現況ケース： 令和元年度実績負荷量	将来ケース： 第9次総量削減基本方針の目標量と同等
東京湾	12.1	11.8
伊勢湾	8.0	7.9
瀬戸内海	24.3	24.6

3 水質予測結果

3.1 水質濃度の変化

将来ケース（令和 11 年度想定負荷量を第 9 次総量削減基本方針の目標量と同等と想定したケース）における水質濃度の変化として、各指定水域における COD（75%値）、T-N（年平均值）、T-P（年平均值）、クロロフィル a（年平均值）及び底層 DO（7 月平均値）の水平分布を確認した。各指定水域における予測結果を図 3-1～図 3-3 に示す。

各指定水域における予測結果を見ると、いずれの水質項目においても現況ケースと将来ケースとの間に大きな濃度差は見られなかった。

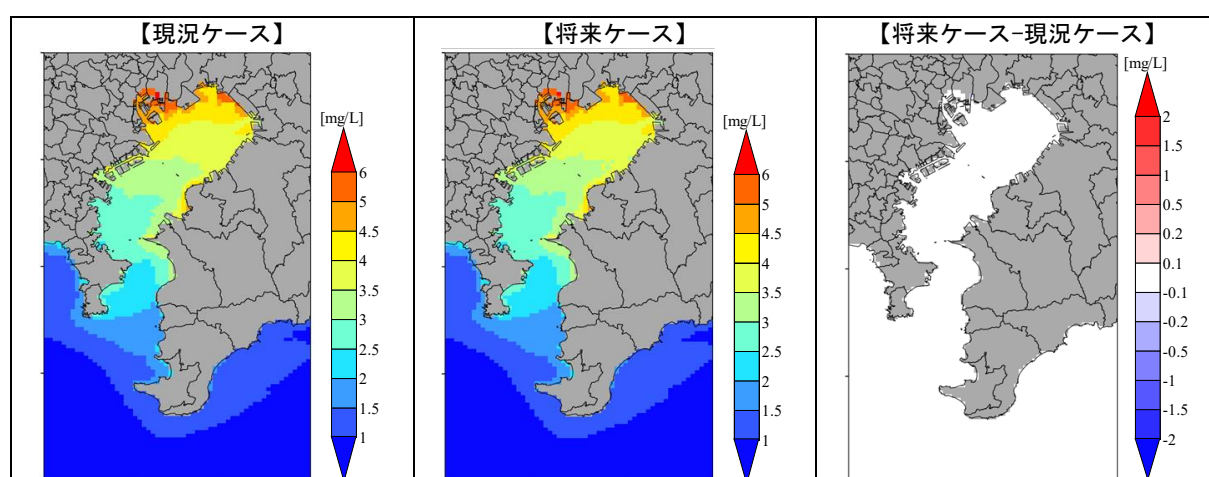


図 3-1(1) 東京湾における COD（75%値）の予測結果

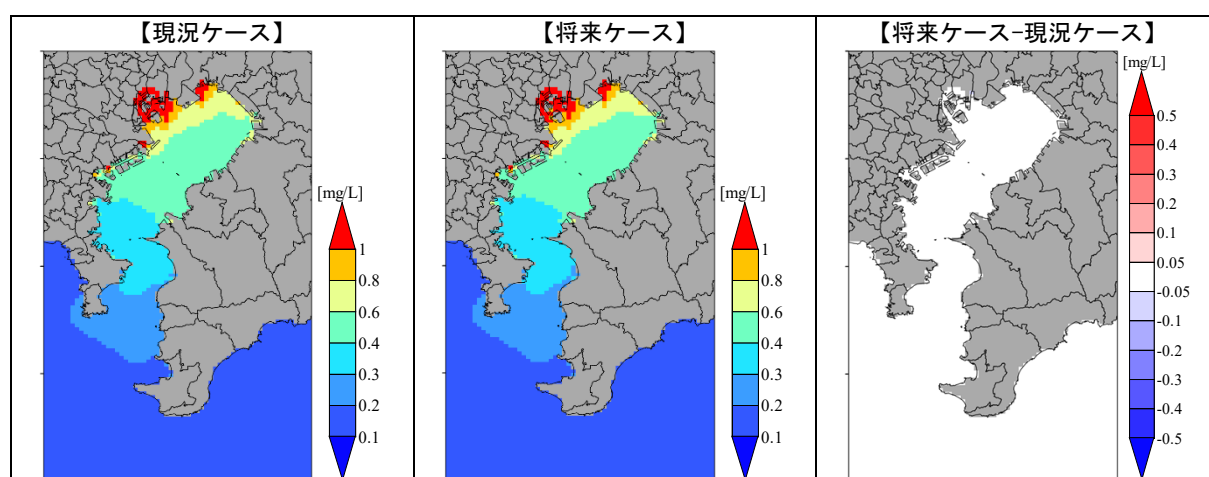


図 3-1(2) 東京湾における T-N（年平均值）の予測結果

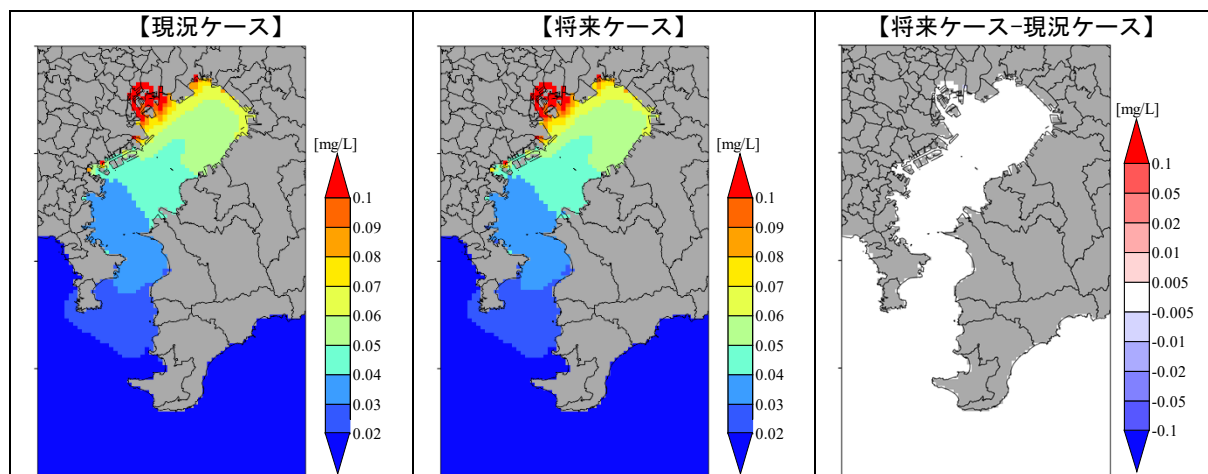


図 3-1(3) 東京湾におけるＴ－Ｐ（年平均値）の予測結果

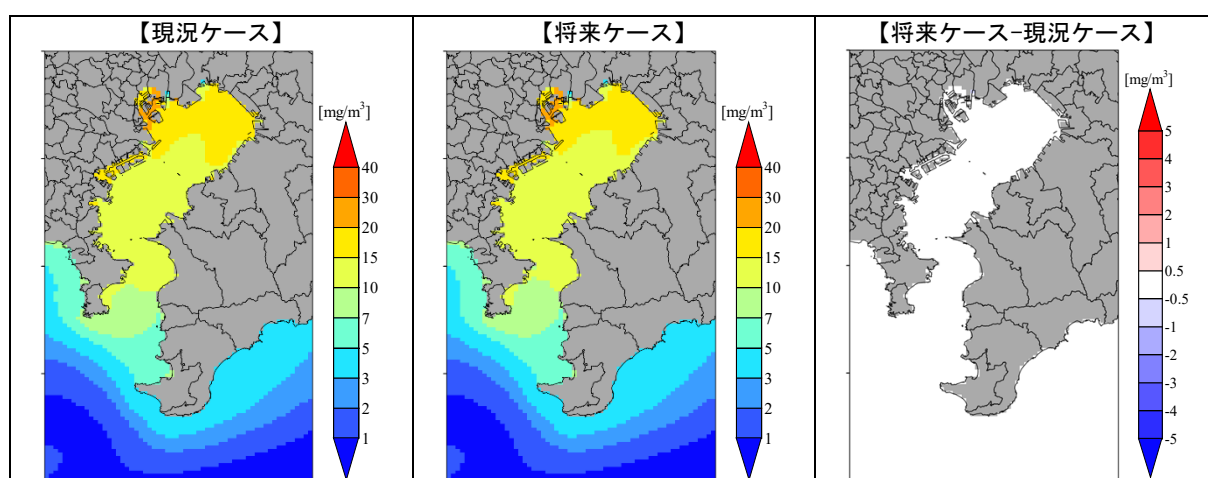


図 3-1(4) 東京湾におけるクロロフィル a（年平均値）の予測結果

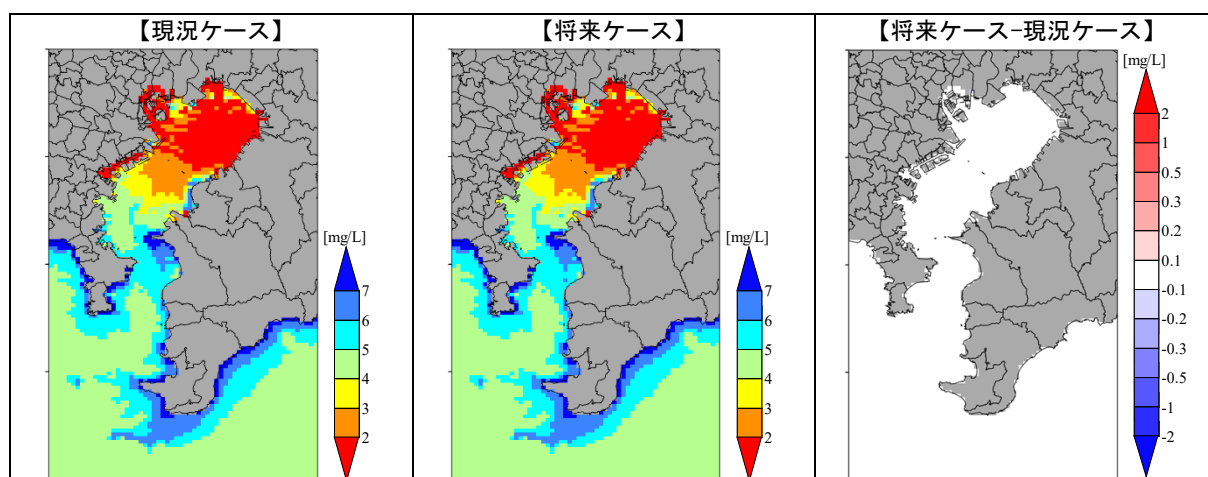


図 3-1(5) 東京湾における底層ＤＯ（７月平均値）の予測結果

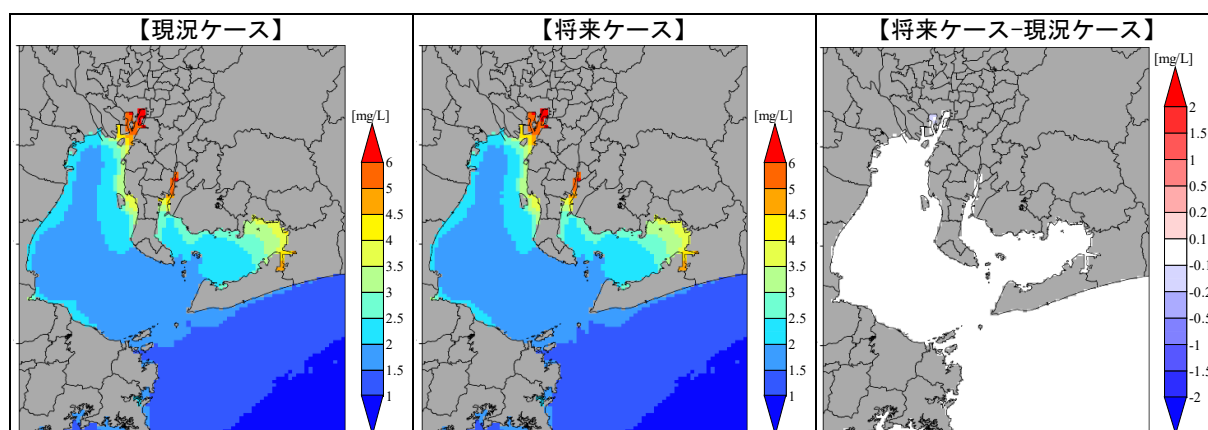


図 3-2(1) 伊勢湾におけるCOD（75%値）の予測結果

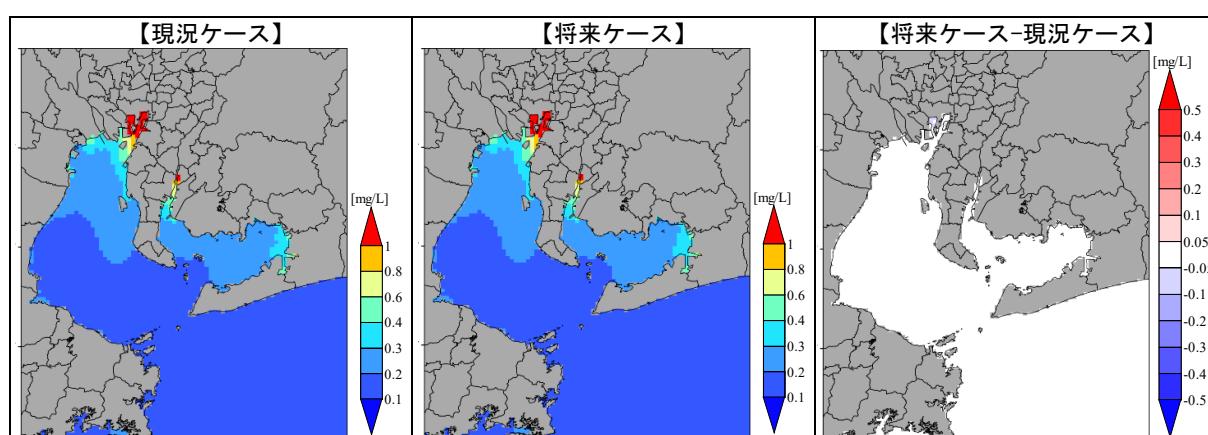


図 3-2(2) 伊勢湾におけるT-N（年平均値）の予測結果

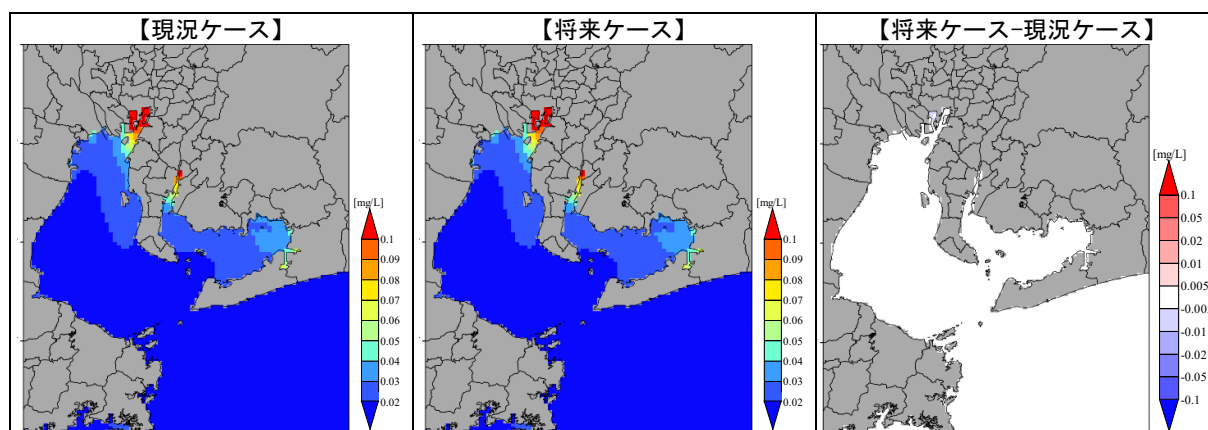


図 3-2(3) 伊勢湾におけるT-P（年平均値）の予測結果

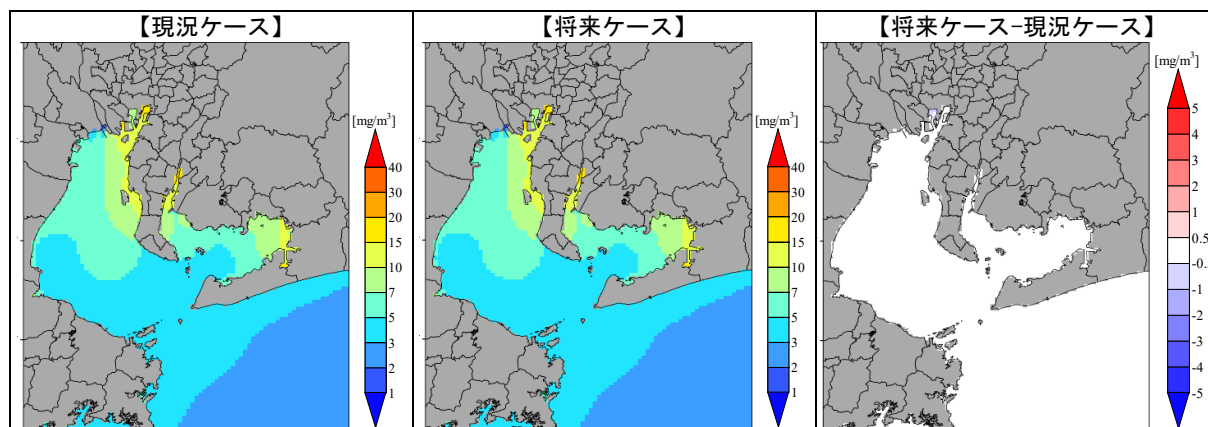


図 3-2(4) 伊勢湾におけるクロロフィル a (年平均値) の予測結果

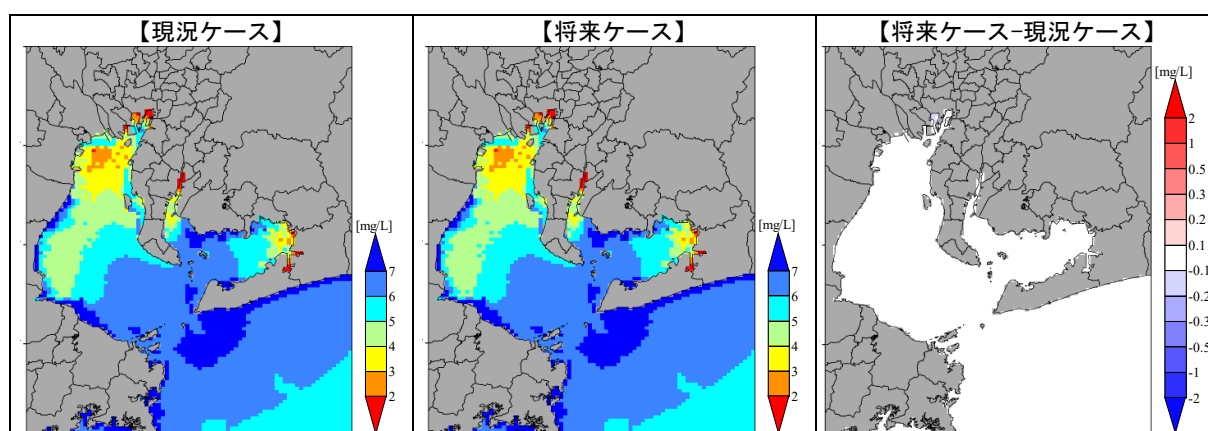


図 3-2(5) 伊勢湾における底層DO (7月平均値) の予測結果

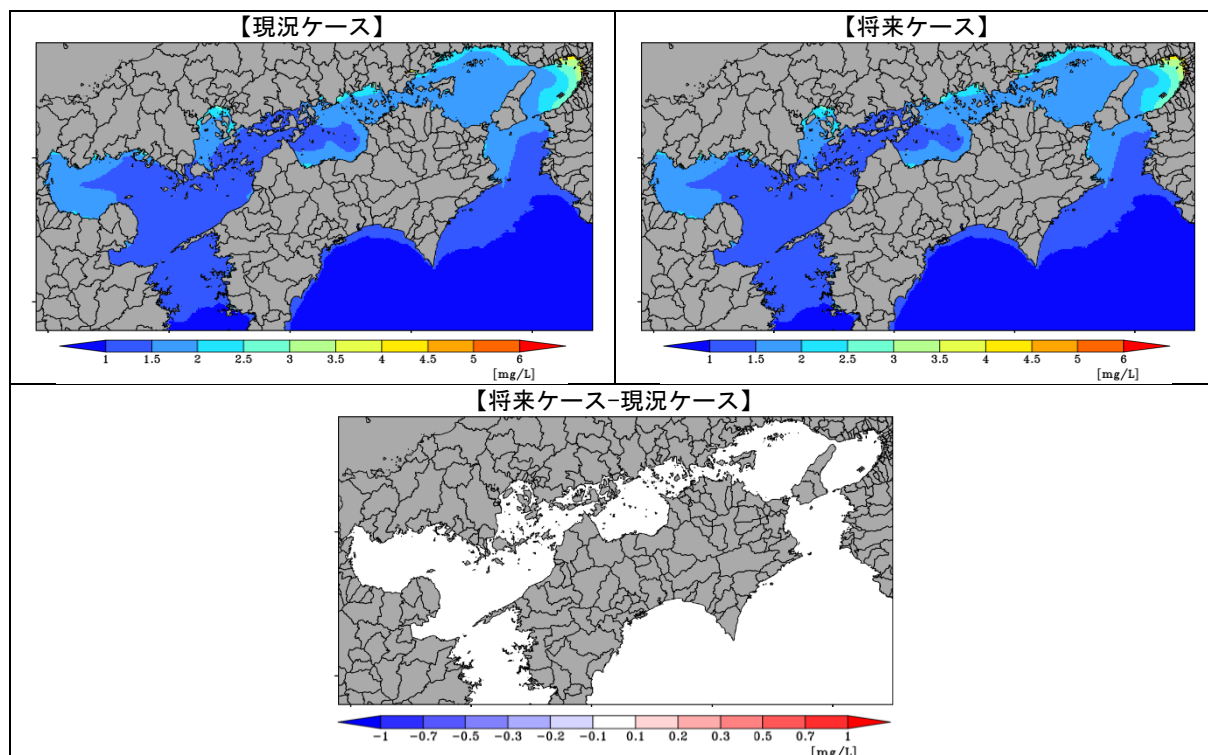


図 3-3(1) 瀬戸内海におけるCOD（75%値）の予測結果

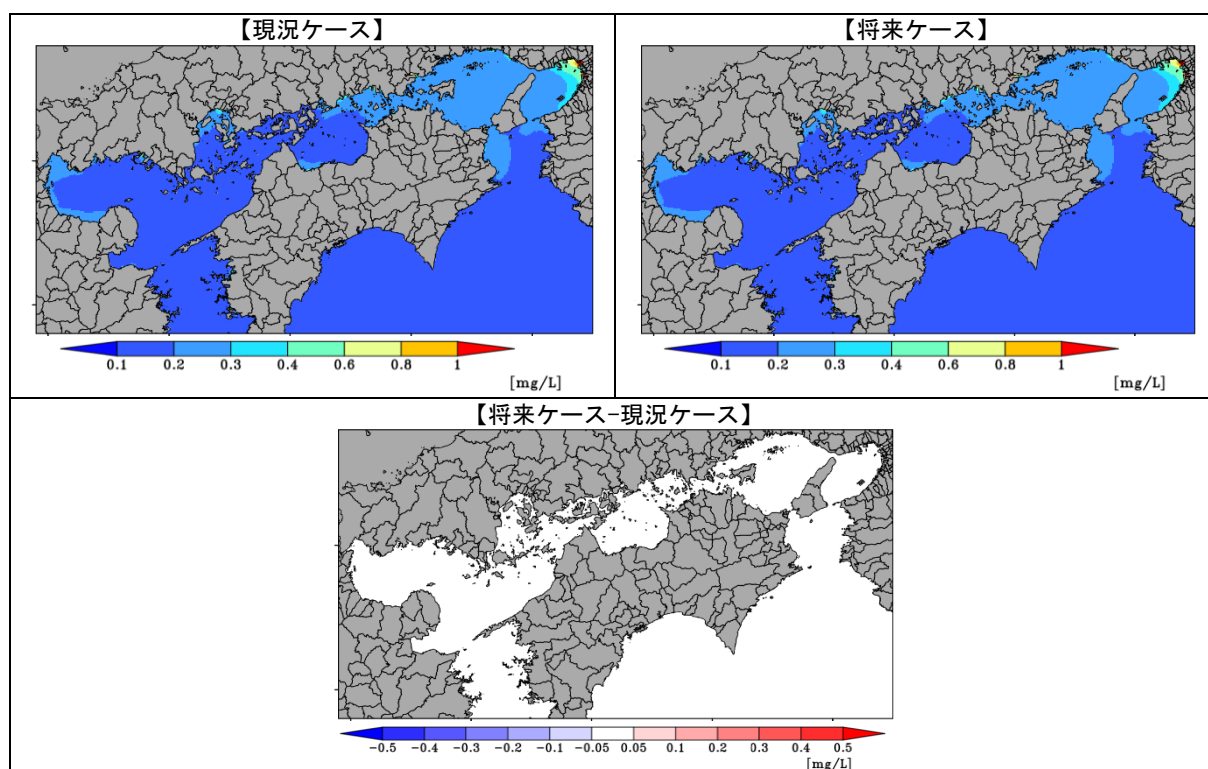


図 3-3(2) 瀬戸内海におけるT-N（年平均値）の予測結果

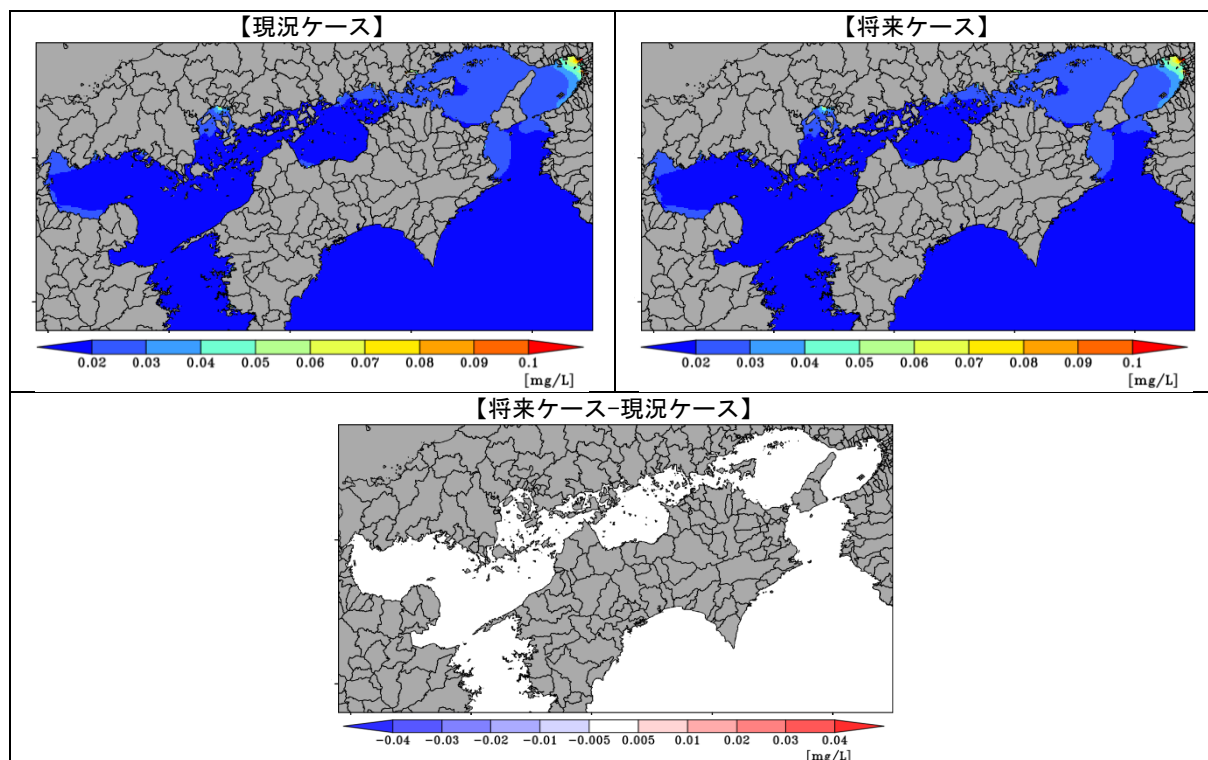


図 3-3 (3) 瀬戸内海における T-P（年平均値）の予測結果

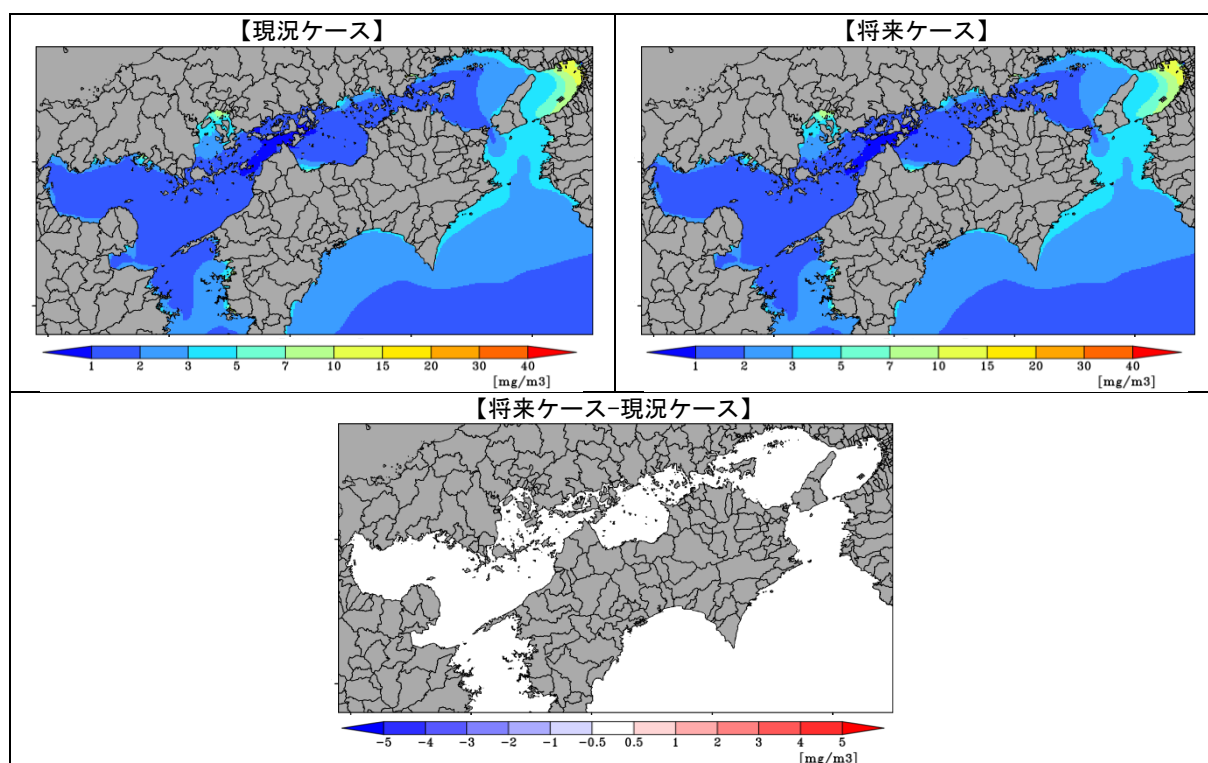


図 3-3 (4) 瀬戸内海におけるクロロフィル a（年平均値）の予測結果

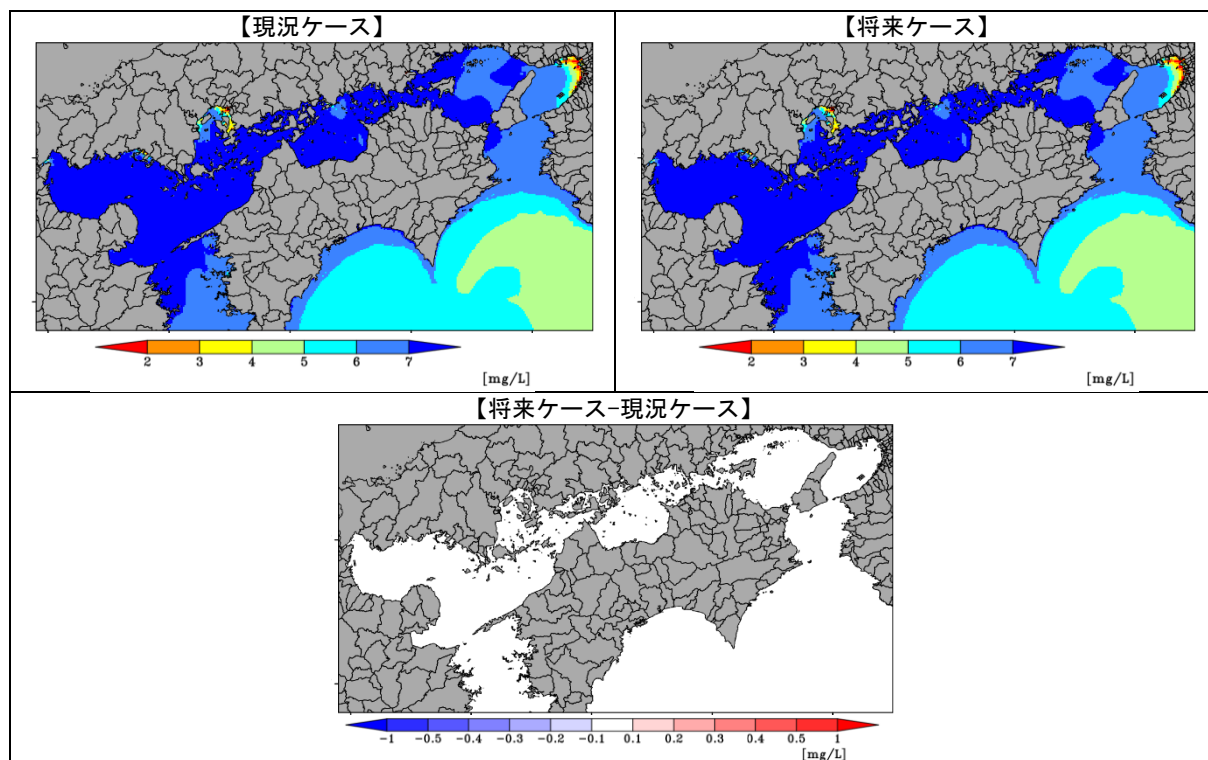


図 3-3 (5) 瀬戸内海における底層DO（7月平均値）の予測結果

3.2 将来ケースにおける環境基準の達成状況

将来ケースにおける各指定水域の水質の状況を把握するために、各指定水域の環境基準点における環境基準の達成状況の変化について確認した。なお、環境基準点ごとの将来（令和11年度）の水質濃度については、以下の手順を用いて推計した。

【将来ケースにおける環境基準点ごとの水質濃度の推計手順】

- ① 各水域の環境基準点における令和元年度の実測値を整理
- ② シミュレーション結果から、各水域の環境基準点における現況ケースの結果に対する将来ケースの濃度変化率を算定
- ③ ②で算定された濃度変化率を①で整理した令和元年度の実測値に乗ずることで、令和11年度の水質濃度（将来水質濃度）を推計

上記手順のうち、②で算定する濃度変化率及び③で推計する将来水質濃度の算定式は以下に示すとおりである。

将来水質濃度＝濃度変化率※×R1の実測水質濃度

※ 濃度変化率＝（将来ケースの計算水質濃度）／（現況ケースの計算水質濃度）

(1) 東京湾

COD（75%値）、T-N（年平均値）、T-P（年平均値）の各環境基準点における環境基準の達成状況の変化を図 3-4 に示す（環境基準点ごとの現況及び将来における水質濃度については別紙参照）。いずれの水質項目も、将来ケースにおいて新たに環境基準値を超過する環境基準点は見られなかった。

一方で、令和元年度と同様に令和 11 年度においても、環境基準値を超えている地点が複数存在することに留意が必要である。CODについては、沿岸域を除き、全体的に環境基準を達成していない地点が多く見られ、T-N及びT-Pについては、特に湾奥部において環境基準を達成していない地点が見られる。なお、環境基準の達成状況を類型指定水域毎に集計した結果は表 3-1 に示すとおりである。

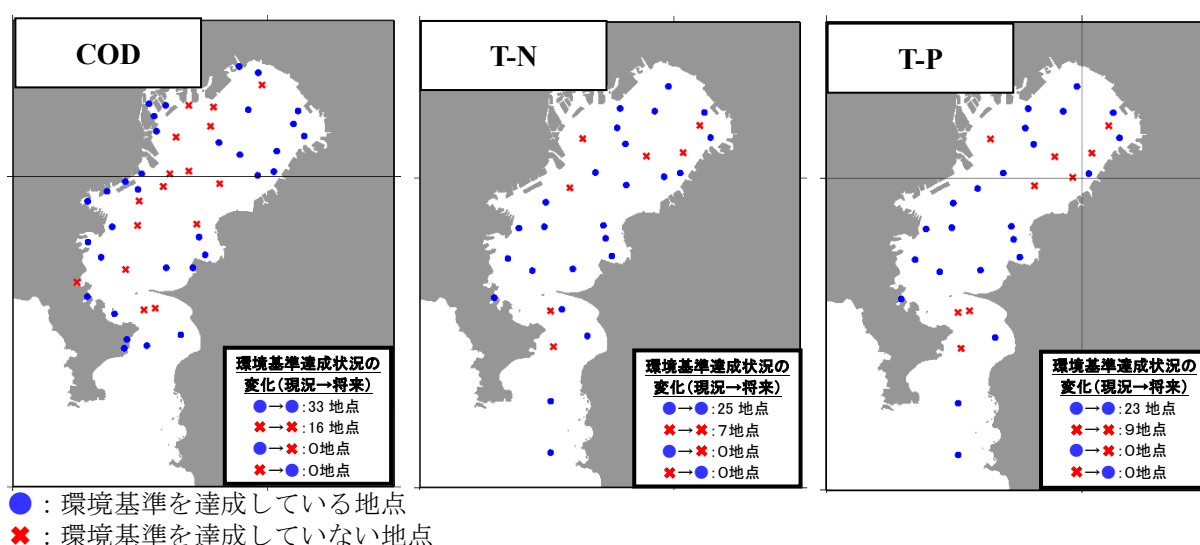


図 3-4 COD・T-N・T-Pの各環境基準点における環境基準の達成状況の変化
(東京湾)

表 3-1 COD・T-N・T-Pの環境基準の達成状況（東京湾）

水質項目	類型	令和元年度（実測値）※1			令和11年度（予測値）※2		
		地点数	達成地点数	達成率	地点数	達成地点数	達成率
COD	A	8	2	25.0%	8	2	25.0%
	B	23	13	56.5%	23	13	56.5%
	C	18	18	100%	18	18	100%
	計	49	33	67.3%	49	33	67.3%
T-N	II	6	4	66.7%	6	4	66.7%
	III	10	7	70.0%	10	7	70.0%
	IV	16	14	87.5%	16	14	87.5%
	計	32	25	78.1%	32	25	78.1%
T-P	II	6	3	50.0%	6	3	50.0%
	III	10	5	50.0%	10	5	50.0%
	IV	16	15	93.8%	16	15	93.8%
	計	32	23	71.9%	32	23	71.9%

※1 令和元年度は実測水質濃度に基づく集計結果を示している。

※2 令和 11 年度の将来水質濃度（予測値）は、将来ケースの計算水質濃度を現況ケースの計算水質濃度で除して算出した濃度変化率を令和元年度の実測水質濃度に乗じて算出した。

(2) 伊勢湾

COD（75%値）、T-N（年平均值）、T-P（年平均值）の各環境基準点における環境基準の達成状況の変化を図 3-5 に示す（環境基準点ごとの現況及び将来における水質濃度については別紙参照）。いずれの水質項目も、将来ケースにおいて新たに環境基準値を超過する環境基準点は見られなかった。

一方で、令和元年度と同様に令和 11 年度においても、環境基準値を超えている地点が複数存在することに留意が必要である。特にCOD及びT-Nは伊勢湾（狭義）の湾中央部及び三河湾を中心に、依然として達成していない状況が見られるとともに、T-Pについては湾奥部の一部で環境基準を達成していない地点が見られる。なお、環境基準の達成状況を類型指定水域毎に集計した結果は表 3-2 に示すとおりである。

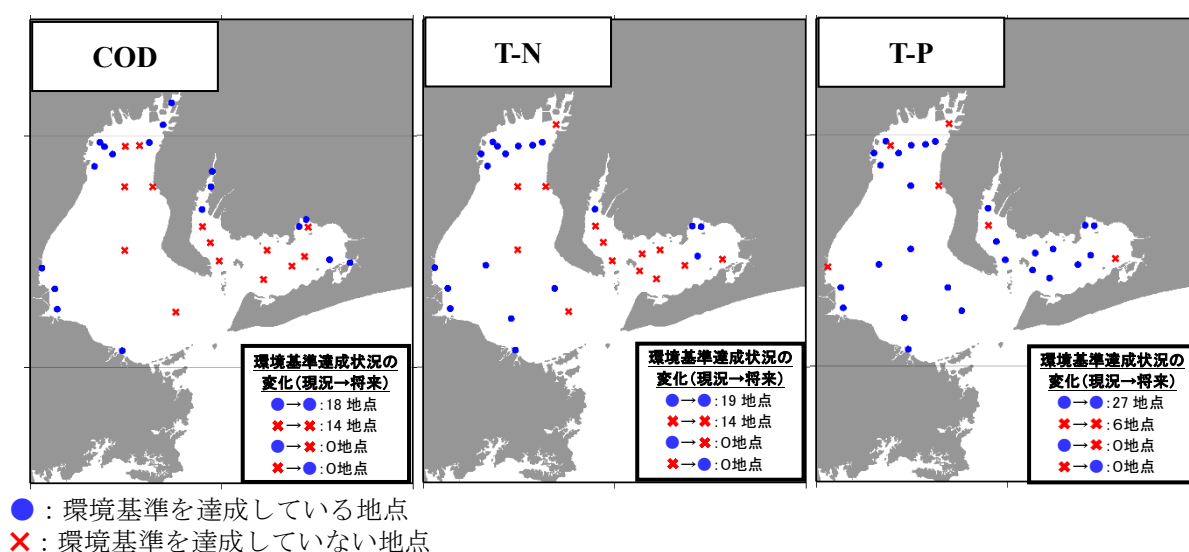


図 3-5 COD・T-N・T-Pの各環境基準点における環境基準の達成状況の変化
 （伊勢湾）

表 3-2 COD・T-N・T-Pの環境基準の達成状況（伊勢湾）

水質項目	類型	令和元年度（実測値）※1			令和11年度（予測値）※2		
		地点数	達成地点数	達成率	地点数	達成地点数	達成率
COD	A	11	1	9.1%	11	1	9.1%
	B	10	6	60.0%	10	6	60.0%
	C	11	11	100%	11	11	100%
	計	32	18	56.3%	32	18	56.3%
T-N	II	19	7	36.8%	19	7	36.8%
	III	8	7	87.5%	8	7	87.5%
	IV	6	5	83.3%	6	5	83.3%
	計	33	19	57.6%	33	19	57.6%
T-P	II	19	16	84.2%	19	16	84.2%
	III	8	6	75.0%	8	6	75.0%
	IV	6	5	83.3%	6	5	83.3%
	計	33	27	81.8%	33	27	81.8%

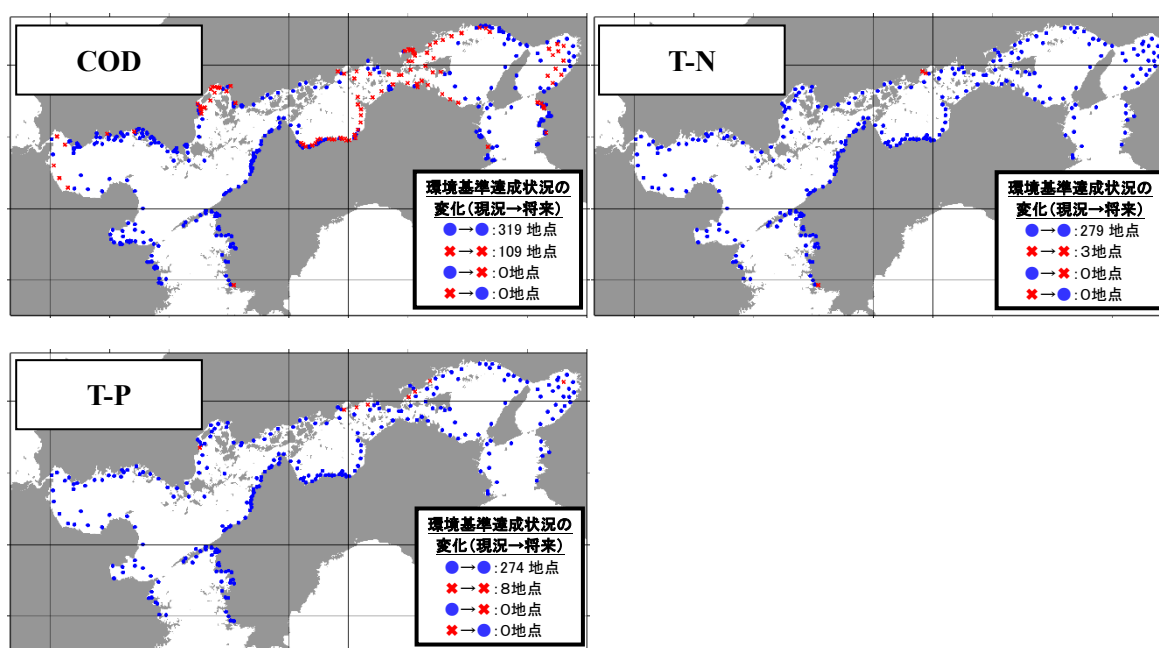
※1 令和元年度は実測水質濃度に基づく集計結果を示している。

※2 令和 11 年度の将来水質濃度（予測値）は、将来ケースの計算水質濃度を現況ケースの計算水質濃度で除して算出した濃度変化率を令和元年度の実測水質濃度に乘じて算出した。

(3) 瀬戸内海

COD (75%値)、T-N (年平均値)、T-P (年平均値) の各環境基準点における環境基準の達成状況の変化を図 3-6 に示す（環境基準点ごとの現況及び将来における水質濃度については別紙参照）。いずれの水質項目も、将来ケースにおいて新たに環境基準値を超過する環境基準点は見られなかった。

一方、令和元年度と同様に令和 11 年度においても、大阪湾、播磨灘、備讃瀬戸、備後灘、燧灘、広島湾及び周防灘では、依然としてCODの環境基準を満たしていない地点が多く見られた。T-N及びT-Pについては、一部の海域を除き、ほとんどの地点において環境基準を達成している状況である。なお、環境基準の達成状況を類型指定水域毎に集計した結果は表 3-3 に示すとおりである。



- : 環境基準を達成している地点
- × : 環境基準を達成していない地点

図 3-6 COD・T-N・T-Pの各環境基準点における環境基準の達成状況の変化
(瀬戸内海)

表 3-3 C O D ・ T - N ・ T - P の環境基準の達成状況（瀬戸内海）

水質項目	類型	令和元年度（実測値）※ ¹			令和11年度（予測値）※ ²		
		地点数	達成地点数	達成率	地点数	達成地点数	達成率
C O D	A	272	178	65.4%	272	178	65.4%
	B	101	86	85.1%	101	86	85.1%
	C	55	55	100%	55	55	100%
	計	428	319	74.5%	428	319	74.5%
T - N	Ⅱ	248	247	99.6%	248	247	99.6%
	Ⅲ	25	25	100%	25	25	100%
	Ⅳ	9	7	77.8%	9	7	77.8%
	計	282	279	98.9%	282	279	98.9%
T - P	Ⅱ	248	241	97.2%	248	241	97.2%
	Ⅲ	25	24	96.0%	25	24	96.0%
	Ⅳ	9	9	100%	9	9	100%
	計	282	274	97.2%	282	274	97.2%

※1 令和元年度は実測水質濃度に基づく集計結果を示している。

※2 令和 11 年度の将来水質濃度（予測値）は、将来ケースの計算水質濃度を現況ケースの計算水質濃度で除して算出した濃度変化率を令和元年度の実測水質濃度に乗じて算出した。