

C－2．第2回再現性向上検討資料

東京湾における DO 解析

目 次

1	前回打ち合わせ時のご指摘事項について	1
(1)	表層の DO の再現性について	1
(2)	下層の DO の再現性について	4
2	DO モデルの概要	8
2.1	DO 評価手法	8
(1)	評価対象	8
(2)	評価指標及び評価手法	9
2.2	DO モデル式	10
3	現況再現計算	12
3.1	パラメータの設定	12
3.2	モデルキャリブレーション	13
(1)	層厚変更による再現性向上の検討	13
(2)	層厚変更による許容負荷量への影響の確認	16
(3)	現況再現計算における問題点	18
4	許容負荷量を与えた場合の湾内 DO 解析	22
(1)	計算条件	22
(2)	計算結果	23
(3)	計算結果(補正あり)	26
(4)	問題点	29

1 前回打ち合わせ時のご指摘事項について

12月12日に関東地方整備局で実施した、埼玉大学浅枝教授へのDO評価手法について
の相談時におけるご指摘事項への回答を整理して以下に示す。

(1) 表層のDOの再現性について

12月12日時点の表層のDO現況再現計算結果を図1に示す。この結果について、以下
のようなご指摘をいただいた。

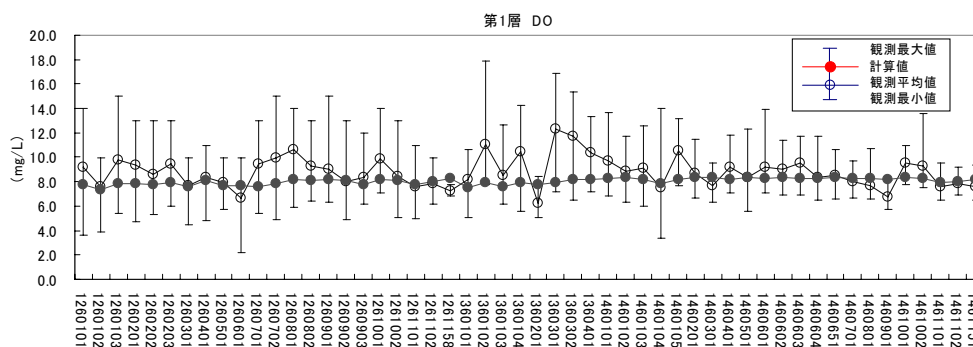


図 1 現況再現計算(表層、12月12日時点版)

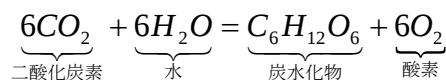
1) 植物プランクトンの増殖量からDOへの換算係数の値について

<指摘事項>

植物プランクトンの増殖量などのDO換算係数は、炭素とクロロフィルaの比と光合成
の化学式に基づいた値になっているかを確認する。

<対応>

光合成の化学式は次のとおりである。



この式から光合成によって生成される酸素と炭素の重量比は3.3(=240/72)である。

一方、東京湾流総の検討においては炭素とクロロフィルaの比を40.5に設定している。

よって、植物プランクトンの増殖量をクロロフィルaで表した場合のDOへの換算係数
は次のようになる。

$$40.5 \times 3.3 = 134 (\text{mg-O}_2 / \mu\text{g-Chl-a})$$

この値はモデルで用いているパラメータ値と一致していることを確認した。

2) モデルにおける DO 決定要因のバランスについて

<指摘事項>

有機物の分解による DO 消費量は DO 収支の中で大きな割合を占めていないかを確認する。

<対応>

モデルにおける COD 分解速度、底泥 DO 消費速度は次のとおりである。

COD 分解速度：0.02(1/日)

底泥 DO 消費速度：1.5(g/m²/日)

下層の COD を 3mg/L として、高さ 10m の単位面積の水柱を考えた場合、水柱内における一日の COD の分解における DO 消費量は 0.6g/m²/日になり、底泥の DO 消費量の半分以下の値である。

また、表 1 に示す条件で計算を行った場合の下層 DO の値の比較を図 2 に示す。図の●と■の比較から、湾流入負荷量を減少させても下層の DO はほとんど変化しないが、■と▲の比較から底泥 DO 消費速度を低下させると下層の DO が改善されることが分かる。以上の結果からも、下層の DO については COD の分解時の DO 消費量より底泥の DO 消費量が支配的であると言える。

表 1 計算条件

図 2 の凡例	湾流入負荷量(t/日)			底泥 DO 消費速度 (g/m ² /日)
	COD	T-N	T-P	
●	397	250	19.8	1.5
■	264	159	9.9	1.5
▲	264	159	9.9	1.1

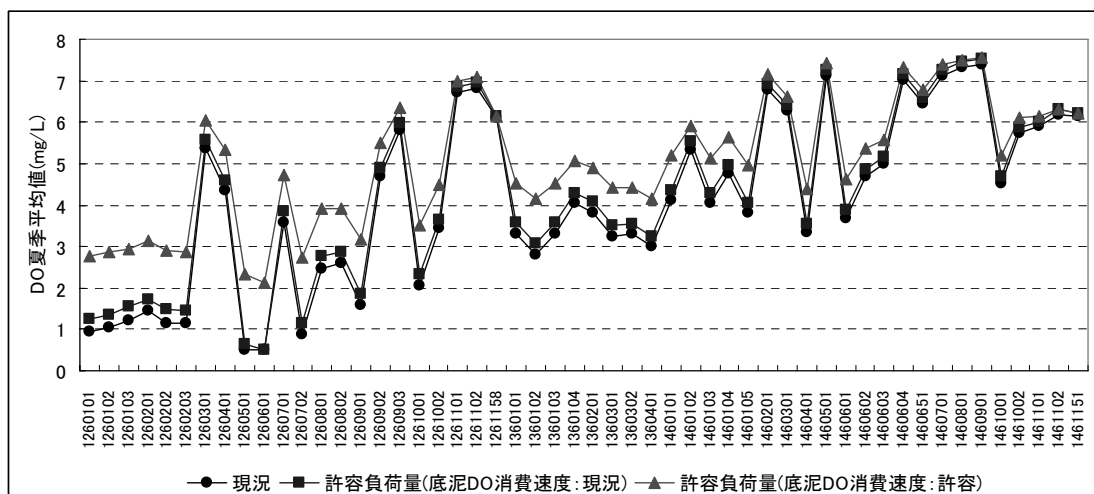


図 2 下層の DO 計算値の比較

3) 再曝気係数の設定根拠を確認する。

<指摘事項>

海域における再曝気係数は波の生じている水域における観測値を使用すべきである。

<対応>

再曝気係数の設定にあたり収集・整理した値を表 2 に示す。これらの値は東京湾を対象とした水質解析で用いられているものである。しかし、それぞれの論文における値の設定根拠となった観測に関する情報は把握できなかった。

貯水池のシミュレーションで用いられる再曝気係数の値の範囲が一般的に 0.1～1.0 であることを参考に、波の影響のある海域では再曝気係数の値が大きめになると考え、表 2 に示した値の内、大きくかつ設定事例も複数ある 0.6 を採用した。

表 2 収集・整理した再曝気係数の値

出典番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
再曝気係数(1/日)	0.15	0.15	0.6	0.15	0.2	0.6	0.6

(出典)

①中田喜三郎:沿岸生態系モデル、環境流体汚染(松梨順三郎編著)、森北出版、pp.165-231、1993

②堀口・中田:東京湾の水質モデル解析、Journal of Advanced Marine Science and Technology Society(海洋理工学会誌)、Vol.1, No.1, 1995

③松梨史郎:閉鎖性海域の窒素・リン・溶存酸素の予測モデル、海岸工学論文集Vol.40、1993

④鈴木雅晴・三村信男・塚田光博:3次元生態系・水質モデルによる東京湾の水質改善予測、海岸工学論文集、

⑤国土交通省関東地方整備局:東京国際空港再拡張事業に係る環境影響評価準備書、2005

⑥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に関する基本方針策定調査報告書、1997

⑦佐々木淳・今井誠・磯部雅彦:内湾における溶存酸素濃度予測モデル、海岸工学論文集、Vol.44

4) モデルのプログラムにおける DO 過飽和の場合の計算方法について

<指摘事項>

DO が過飽和になった場合に、モデル式の値(飽和 DO 濃度－DO 濃度)がマイナスの値になっていないかどうかを確認する。

$$S_{DO} = \gamma_{PO}(\mu_P - R_P \theta_P^{T-20})P - k_C \theta_C^{T-20} C_{COD} + k_{Os}(C_{DOs} - C_{DO}) \frac{A_s}{V_s} - SOD \theta_{SOD}^{T-20} \frac{A_b}{V_b}$$

<対応>

プログラムにおいては、DO 濃度が飽和 DO 濃度を上回った場合はゼロとして扱っていることを確認した。

(2) 下層の DO の再現性について

1) 底泥 DO 消費速度の設定について

<指摘事項>

底泥 DO 消費速度の設定の際に参照した値が湾内のどの場所で測定された値であるかを確認する。嫌気化の生じていない場所で測定されている可能性がある。

嫌気化の生じている場所での測定事例のない場合は、他の水域の観測値でよいので、どのくらいのオーダーになるかを把握しておく必要がある。

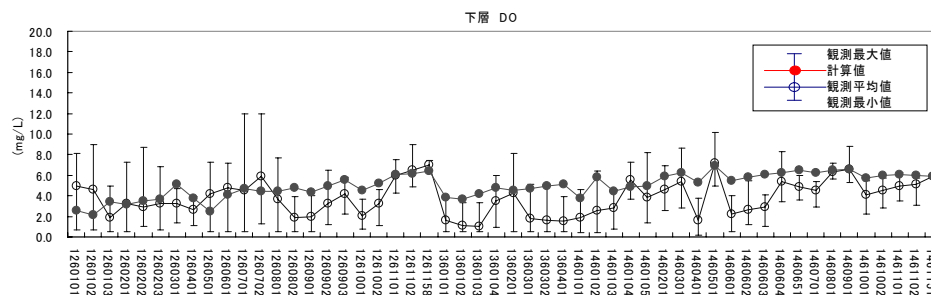


図 3 下層における DO 現況再現計算結果(12 月 12 日時点版)

<対応>

底泥 DO 消費速度の設定にあたり収集・整理した、東京湾の水質解析に関する論文で用いられている値を整理した結果を表 3 に示す。

表中の値の内、②、③、④は水温の関数で与えている(表中の値は 25℃の値)。設定根拠は、⑤は後述する国総研の観測値であるが、その他の値については把握できなかった。

表 3 東京湾を対象とした水質解析における底泥の DO 消費速度設定事例

出典番号	①	②	③	④	⑤	⑥
底泥DO消費速度 (g/m ² /日)	1.5	3.8	1.5	1.5	0.69～1.45	2

※②は水温の関数で与えている: $1500\exp(0.0377T)$

※③、④は水温の関数で与えている: $0.1(T-10)$

(出典)

①中田喜三郎:沿岸生態系モデル、環境流体汚染(松梨順三郎編著)、森北出版、pp.165-231、1993

②堀口・中田:東京湾の水質モデル解析、Journal of Advanced Marine Science and Technology Society(海洋理

③松梨史郎:閉鎖性海域の窒素・リン・溶存酸素の予測モデル、海岸工学論文集Vol.40、1993

④鈴木雅晴・三村信男・塚田光博:3次元生態系・水質モデルによる東京湾の水質改善予測、海岸工学論文集、

⑤国土交通省関東地方整備局:東京国際空港再拡張事業に係る環境影響評価準備書、2005

⑥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に関する基本方針策定調査報告書、1997

一方、東京湾における底泥の DO 消費速度の測定事例を表 4 に示す。

- ・ 東京都環境科学研究所の調査地点は東京港の前面に分布している(湾奥部)。
- ・ 国総研の調査地点は内湾に広く分布している。
- ・ 東京都環境科学研究所、国総研の調査結果は地点による DO 消費量のバラツキはさほど大きくないが環境庁の調査は地点によるバラツキが大きい。なお、環境庁の調査で DO 消費量が最大であったのは、千葉市花見川前面の浚渫跡地である。

表 4 東京湾における底泥の DO 消費速度測定事例

測定者	DO消費速度 (g/m ² /日)	測定年月	測定場所
東京都 環境科学 研究所	1.22	H3.2	St.1(図-6)
	1.24	H3.2	St.2(図-6)
	1.48	H3.2	St.3(図-6)
	1.39	H3.2	St.4(図-6)
	1.19	H3.2	St.5(図-6)
	0.73	H3.10	St.6(図-6)
	0.19	H3.10	St.7(図-6)
	0.41	H3.10	St.8(図-6)
	0.22	H3.10	St.9(図-6)
	0.25	H3.10	St.10(図-6)
環境庁	0.83~6.34	H3	※1
国総研	1.19	H14.8	St.3'(図-7)
	1.19	H14.8	St.5(図-7)
	1.62	H14.8	St.10(図-7)
	1.41	H14.8	St.12(図-7)
	1.09	H14.8	St.15(図-7)
	0.75	H14.8	St.18(図-7)
	1.20	H14.8	St.19'(図-7)
	1.01	H14.8	St.1'(図-7)
千葉県企業庁	0.17	H8	St.1(図-8)
	1.14	H8	St.3(図-8)
	2.13	H8	St.5(図-8)
	0.33	H8	St.6(図-8)
	0.97	H8	St.8(図-8)
	0.83	H8	St.12(図-8)
	3.64	H8	St.13(図-8)
	5.18	H8	St.14(図-8)
	0.96	H8	St.15(図-8)

※1: 千葉県姉崎と神奈川県川崎を結ぶ線以北の東京湾湾奥中央部に設定した12測点

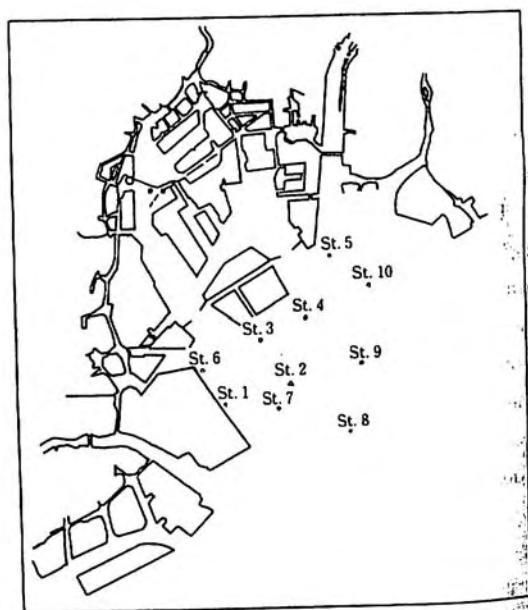
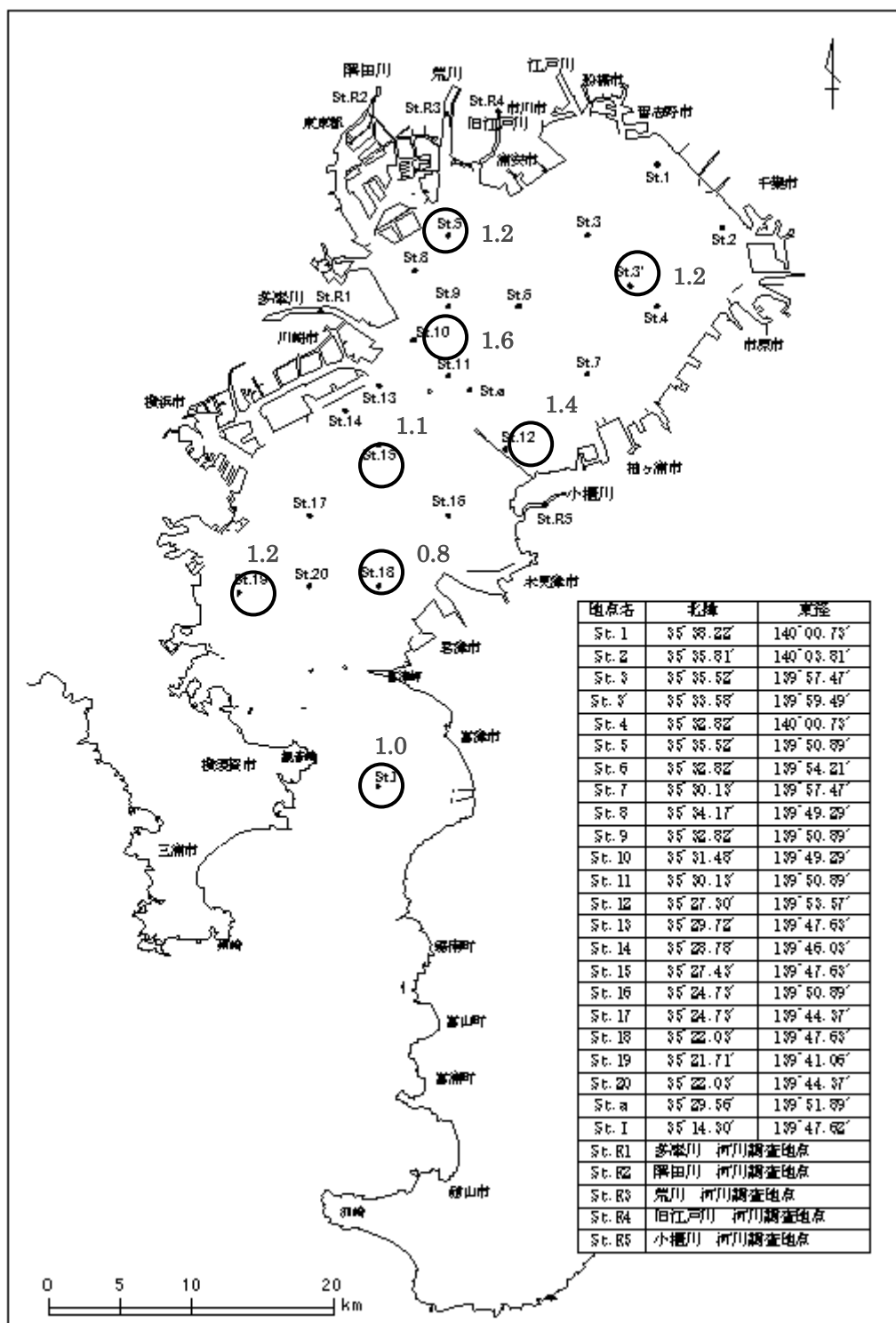


図 4 東京都環境科学研究所の調査地点



東京湾広域夏季水質・生態系調査－調査位置図

図 5 国総研の調査地点

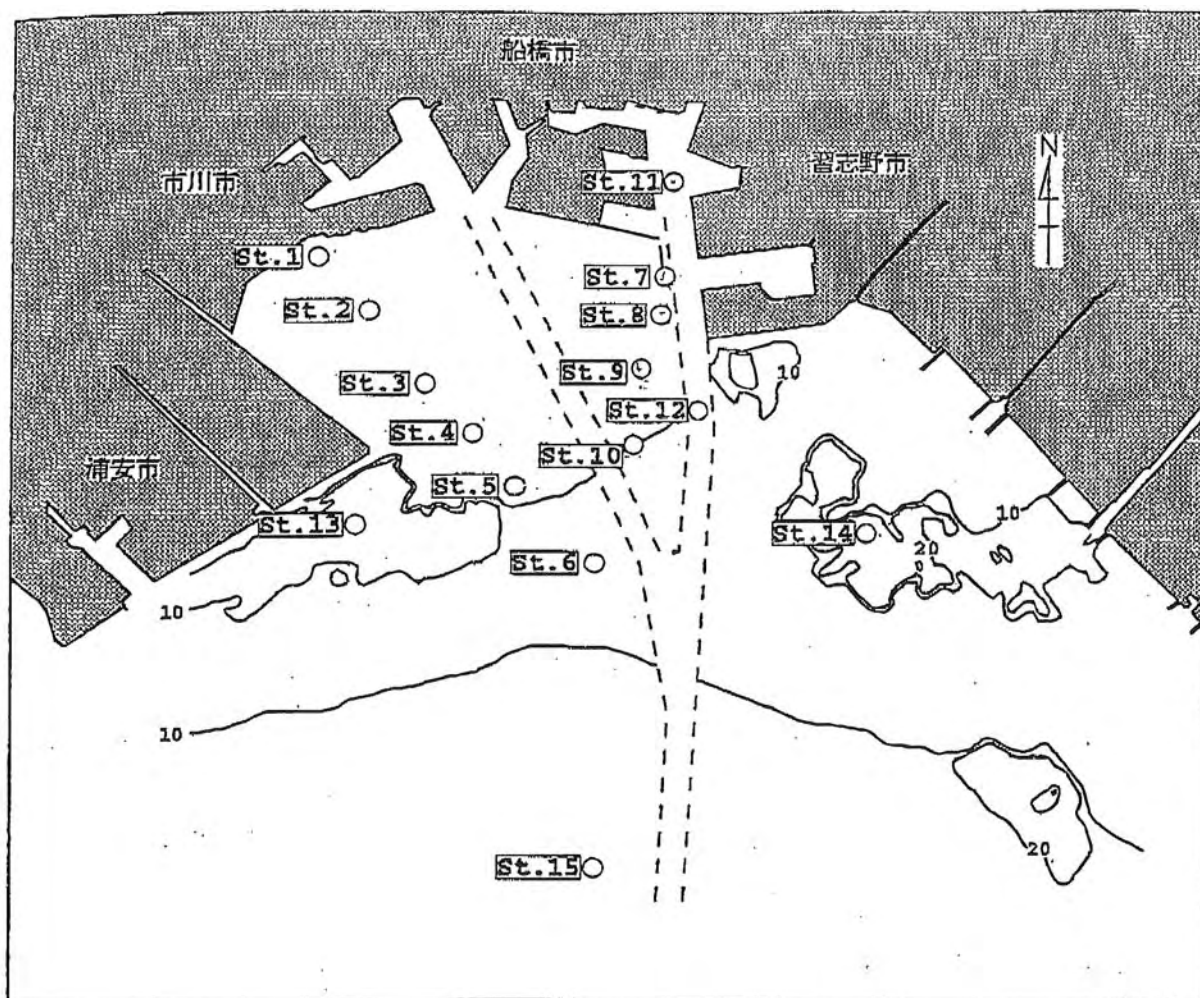


図 6 千葉県企業庁の観測地点

2 DO モデルの概要

2.1 DO 評価手法

(1) 評価対象

本検討の評価対象は以下である。

高度処理の導入をはじめとする流域からの流入負荷量(COD、T-N、T-P)を削減した場合の東京湾底層の DO 改善効果

流域からの流入負荷量削減と底層の DO 改善の関係は図 7 のように整理できる。

- ・ 底層の DO 改善効果は、「水中の COD 分解による DO 消費量減少」と「底泥の DO 消費量減少」によって生じる。
- ・ 湾解析モデルでは前者は評価できるが、後者については底層のモデル化を行っていないため評価はできない(底層のモデル化を行っていたとしても、流入負荷量を削減した状態で長期間の連続計算を行わなければ、底層の DO 消費量は変化しない)。
- ・ よって、流域からの流入負荷量削減量から底層の DO 消費量を設定する手法を検討する必要がある。

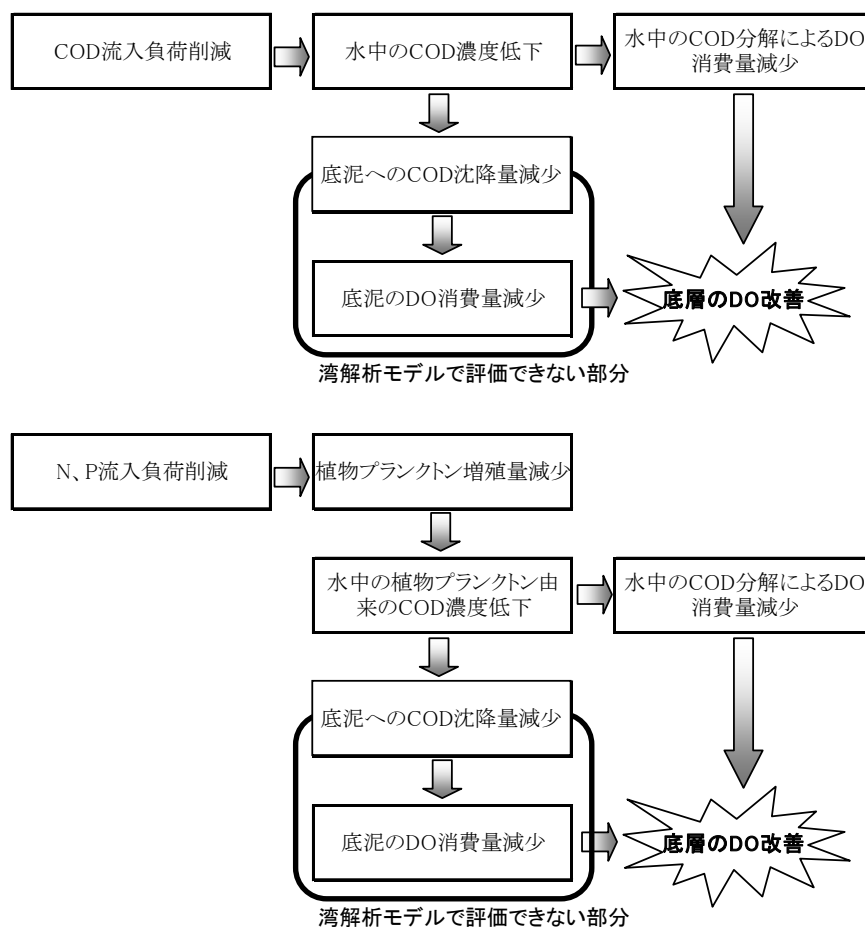


図 7 流域からの流入負荷量削減と底層の DO 改善の関係

(2) 評価指標及び評価手法

また、本検討における水質改善効果の評価指標は以下とする。

底層における年間 DO 最低値

東京湾流総で用いた東京湾解析モデルは、夏季平均場を対象としたモデルであり、モデルから得られる結果は、夏季平均 DO である。

夏季平均 DO から年間 DO 最低値への変換は、図 8 に示すように両者に相関が見られることから、観測値から求めた相関式によって行う。年間 DO 最低値の評価方法の概要を図 9 に示す。

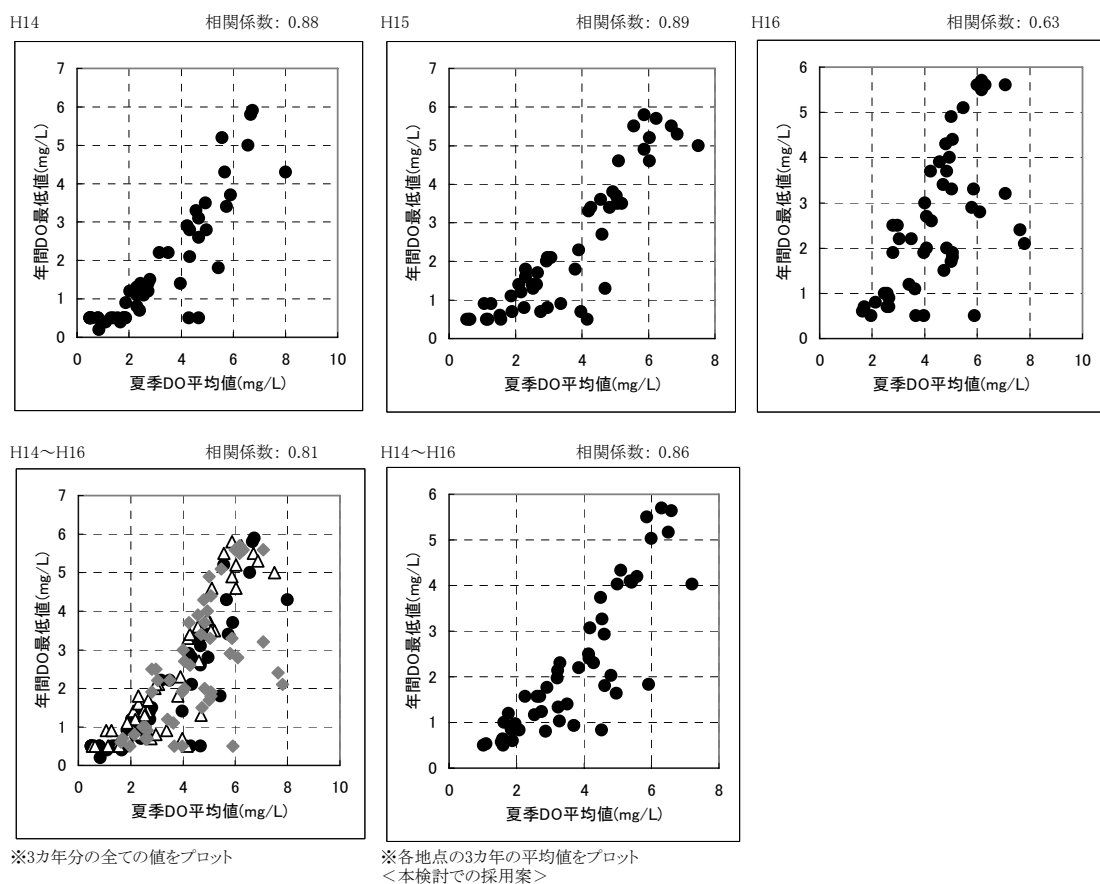


図 8 夏季 DO 平均値と年間 DO 最低値の相関(H14~H16 夏季[7 月~9 月]、東京湾環境基準点)

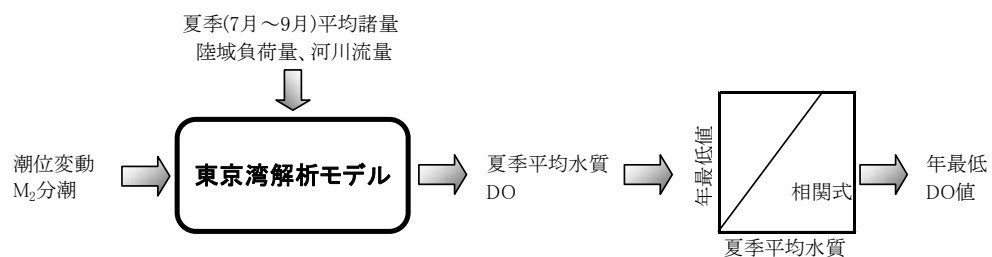


図 9 年間 DO 最低値評価方法の概要

2.2 DO モデル式

溶存酸素 DO の変化は、水塊にすでに含まれている溶存酸素と飽和酸素との差を推進力とする水面からの再曝気、植物プランクトンの光合成作用に伴う溶存酸素の生成、また、有機物分解に伴う消費、底泥における消費などより表わすことができる。

植物プランクトンによる光合成作用が活発な場合には、過飽和となる状況がみられ、また、水塊中に有機物が多量に含まれている場合には、低濃度となる富栄養化の影響側面を考える上で重要な水質項目である。

モデル式を以下に、モデルの概要を図 10 に示す。

$$S_{DO} = ((\text{植物プランクトンによる生産}) - (\text{植物プランクトン呼吸})) - (\text{非生物体有機物のバクテリアによる分解}) + (\text{再曝気}) - (\text{底泥による消費})$$

$$= \gamma_{PO}(\mu_P - R_P \theta_P^{T-20})P - k_C \theta_C^{T-20} C_{COD} + k_{Os}(C_{DOs} - C_{DO}) \frac{A_s}{V_s} - SOD \theta_{SOD}^{T-20} \frac{A_b}{V_b}$$

ここで、

C_{DO}	: 溶存酸素濃度(mgO ₂ /L)
μ_P	: 植物プランクトンの比増殖速度(1/day)
R_P	: 植物プランクトンの死滅率(1/day)
P	: 植物プランクトン濃度(μ g/L)
γ_{PO}	: 光合成による溶存酸素生産速度または植物プランクトンの DO への換算係数 (mgO ₂ / μ g - chl _a)
SOD	: Sediment Oxygen Demand — 底泥による溶存酸素消費速度 (gO ₂ / m ² · day) ; 底面のみ
θ_{SOD}	: 底泥による溶存酸素消費速度温度補正係数
k_{Os}	: 再曝気係数 (m/day)
C_{DOs}	: 飽和溶存酸素濃度(mgO ₂ /L) $C_{DOs} = (10.291 - 0.2809T + 0.006009T^2 - 0.000063T^3) \times 32.0 / 22.4$
A_s, V_s	: 表層 element の表面積・体積
A_b, V_b	: 底層 element の表面積・体積

である。

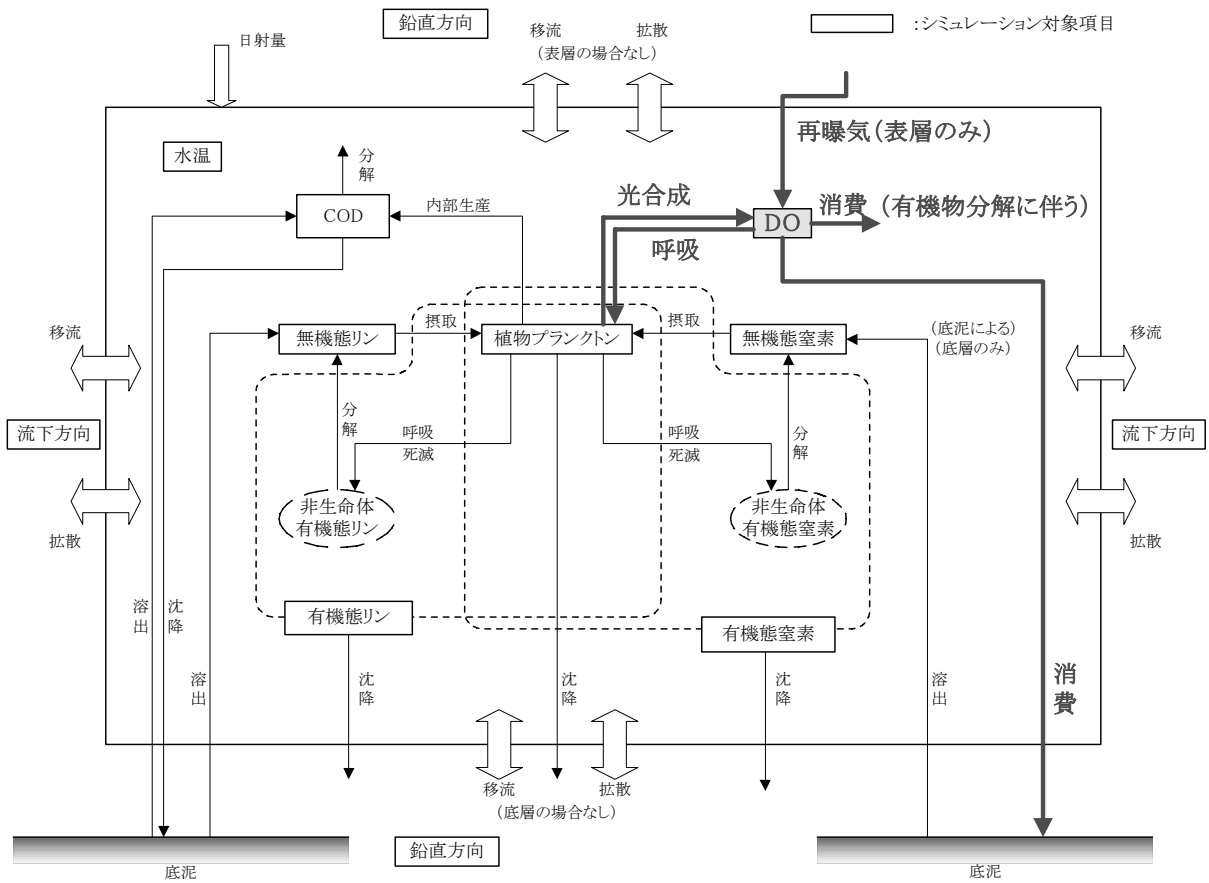


図 10 DOを組み込んだ低次生態系モデル

3 現況再現計算

3.1 パラメータの設定

DO モデルに関するパラメータ設定値を表 5 に示す。

表 5 パラメータ設定値一覧

パラメータ名		設定値	設定根拠
γ_{PO}	植物プランクトンの増殖、死滅速度の DO への換算係数	0.134mgO ₂ /μg-Chl.a	Redfield 比および文献①
R _P	植物プランクトン呼吸速度	0.1/day	文献③
θ_P	温度定数	1.07	文献③
k _C	COD 分解速度	0.02/day	文献②
θ_C	温度定数	1.08	文献②
k _{Os}	再曝気係数	0.6/day	1.(1) 3)参照
SOD	底泥による酸素消費速度	1.5mgO ₂ /m ² /day	1.(2) 1)参照
(出典) ① 鈴木ら (1999) : 3 次元生態系・水質モデルによる東京湾の水質改善予測、海岸工学論文集、第 46 巻、pp.1011-1015 ② 松梨ら (1998) : 湾奥水域における水一底質予測と負荷削減に伴う水質及び栄養塩溶出フラックスの応答、土木学会論文集 No.608/VII-9、pp.31-47 ③ 佐々木ら (1998) : 東京湾における富栄養化現象の再現計算、海岸工学論文集、第 45 巻、pp.1036-1040			

3.2 モデルキャリブレーション

(1) 層厚変更による再現性向上の検討

底層の DO の再現性を向上させることを目的として、層分割の細分化を行った。

〔層分割の細分化のねらい〕

- DO は表層からの再曝気と底泥の DO 消費の影響が大きいので、鉛直方向の層分割を細分化することによって、鉛直方向の濃度変化の再現性を向上させ、DO の再現性を向上させる。

見直し前後の層分割は以下のとおりである。環境基準点の層分割状況の比較を図 11 に示す。

	各層の厚さ
見直し前	第 1 層：2m、第 2 層：3m、第 3 層：5m、第 4 層～第 8 層：10m
見直し後	第 1 層～第 10 層：2m、第 11 層～第 13 層：5m、第 14・15 層：10m

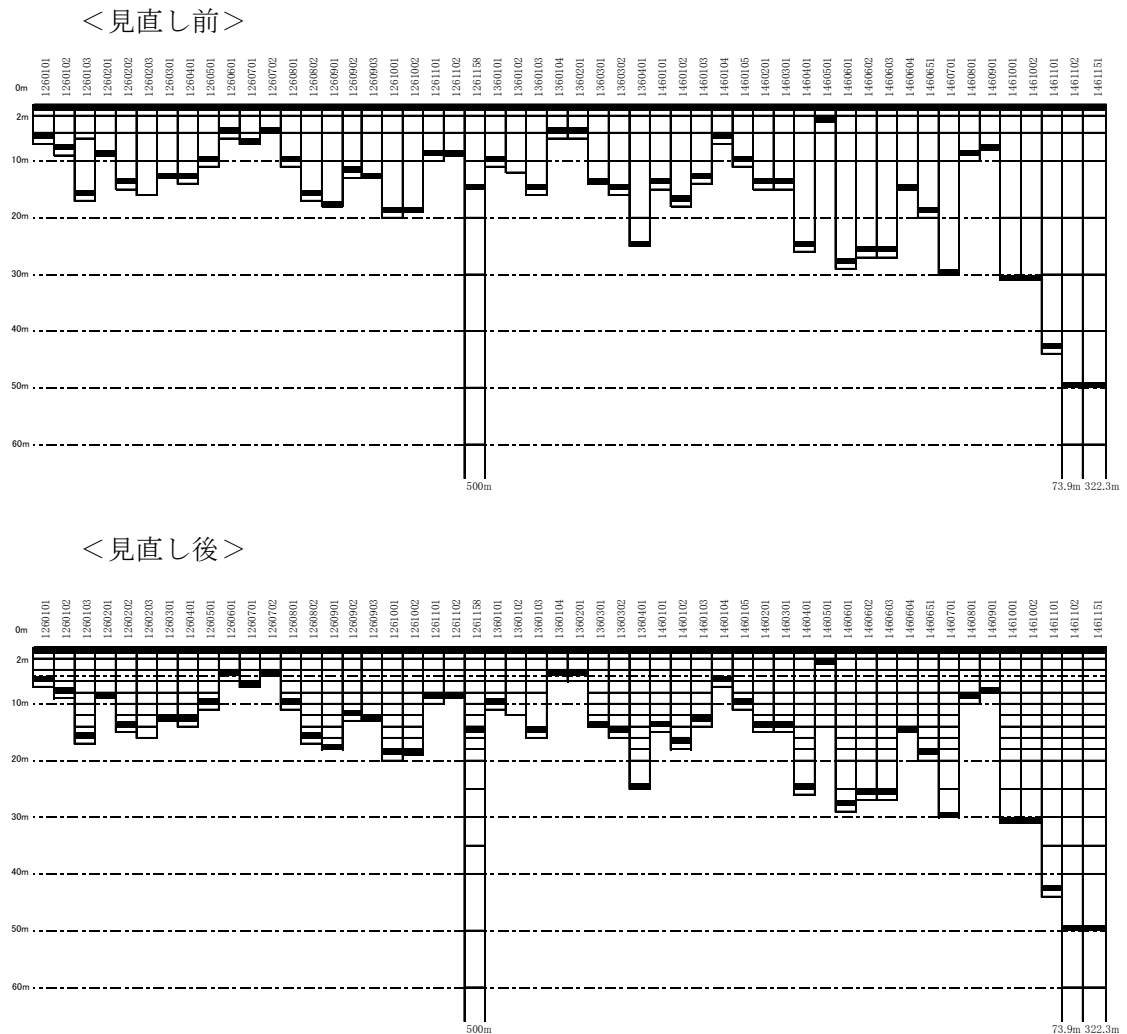


図 11 見直し前後の環境基準点における層分割の比較

見直し前後の計算結果について環境基準点における DO の比較を図 12 に示す。

- ・ 下層の DO は層厚の見直しによって、地点別の値の大小の傾向は表現できている。
- ・ 第 1 層の DO の再現性が向上した原因は層厚を変えることによって密度流が変化しただけと考えられる、第 1 層の DO は日間変動が激しいため、平均場の値を再現することは難しい。

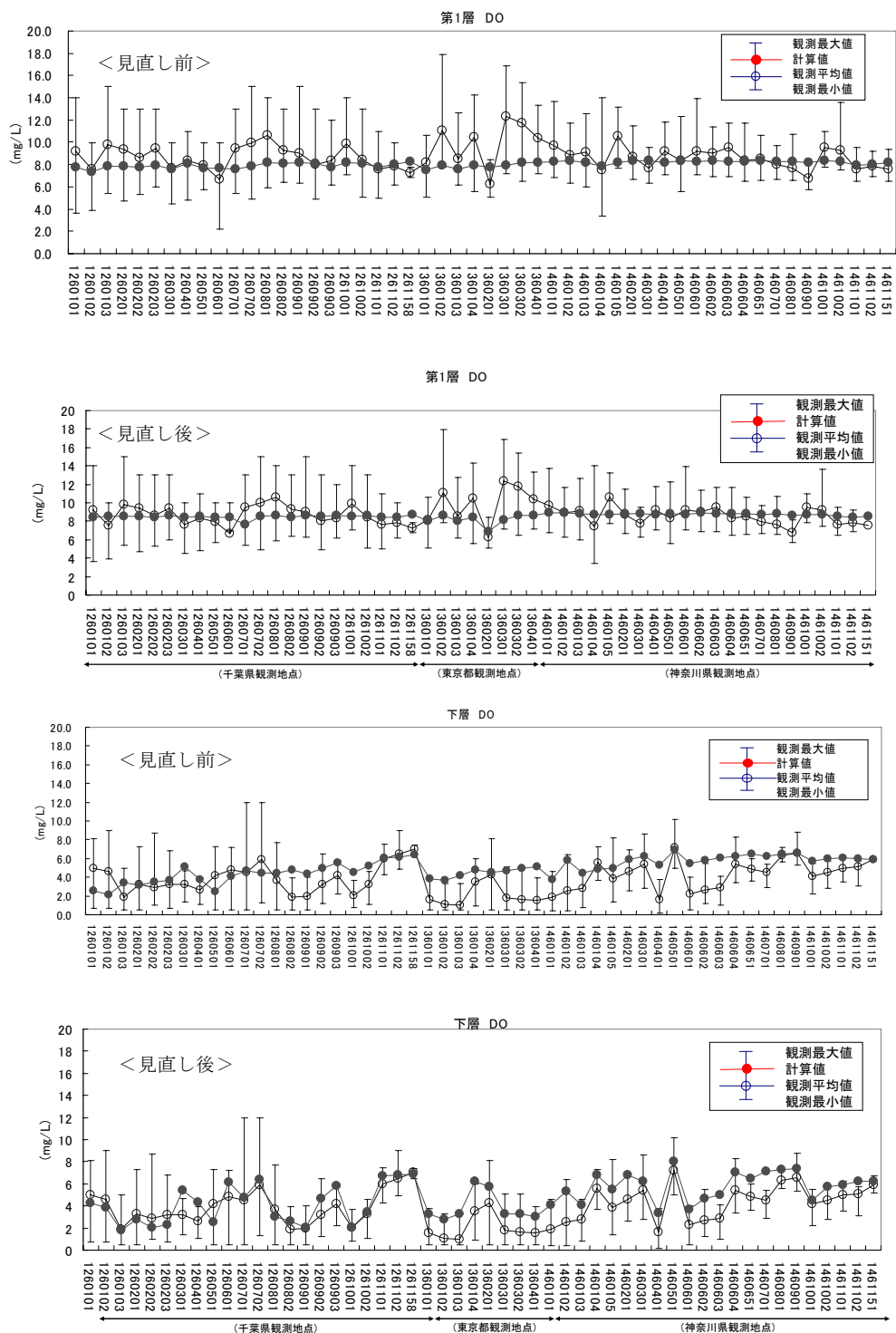


図 12 見直し前後の DO の比較

現況再現計算における底層の DO 平面分布(夏季平均値)を図 13 に示す。

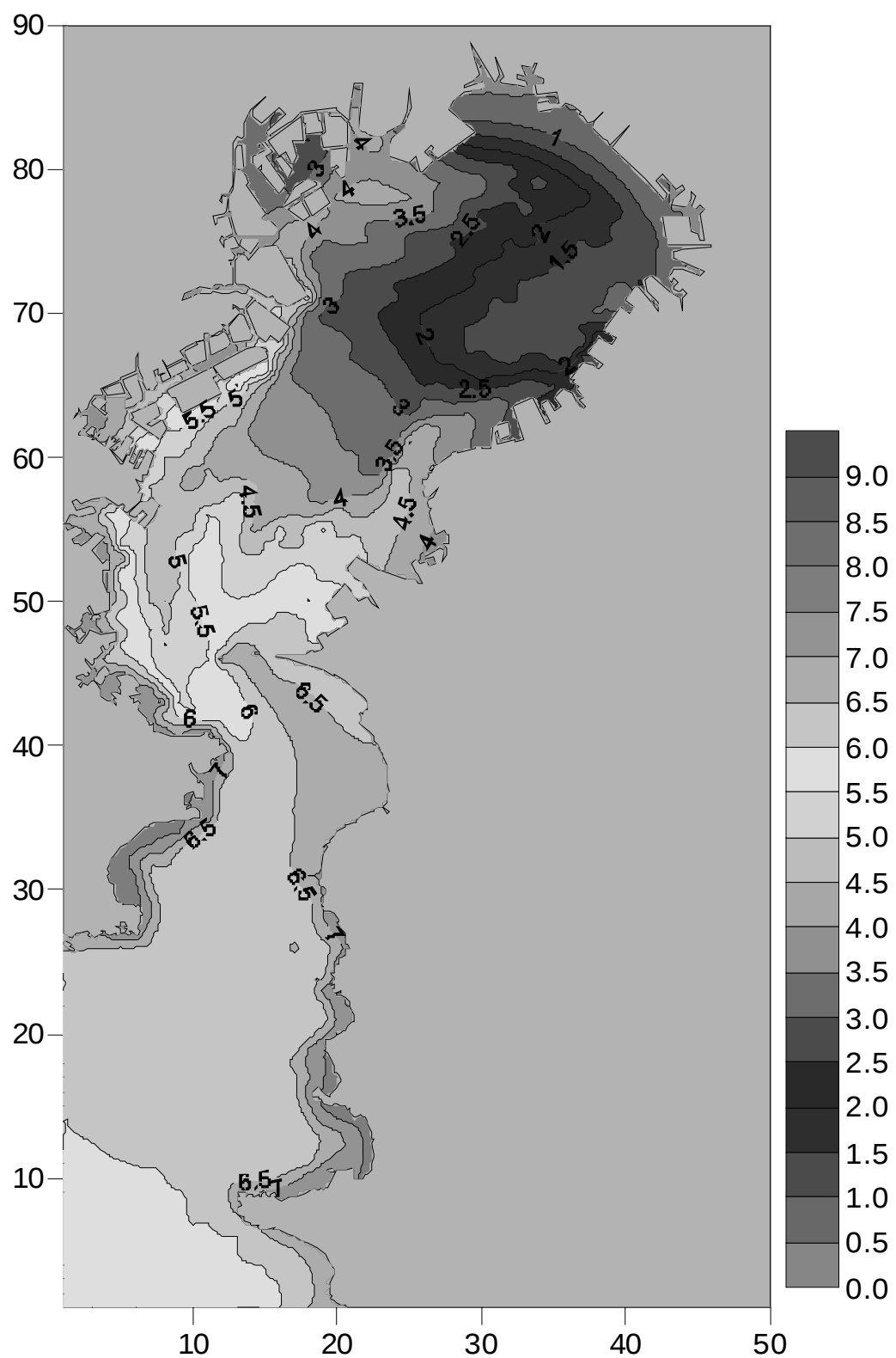


図 13 底層における DO 分布(現況再現計算、夏季平均値)

(2) 層厚変更による許容負荷量への影響の確認

以下の陸域負荷量の2ケースについて、東京湾流総検討モデルとの比較計算を行った。

ケース名	下水処理場負荷量	その他の陸域負荷量	環境基準達成状況 (東京湾流総検討モデル)
20%削減	高度処理水質 COD8mg/L、	一律20%削減	○
15%削減	T-N8mg/L、T-P0.4mg/L	一律15%削減	×

CODについて、今回検討と流総許容負荷量検討の計算結果の比較を表6に示す。

- 東京湾流総検討で許容負荷量として設定した20%削減ケースについては今回検討でも全ての地点で環境基準を達成した。
- 15%削減ケースについては、東京湾流総検討及び今回検討のいずれにおいても環境基準未達成となるので、CODについては層厚を変化させることによる許容負荷量への影響はないと確認できた。

表6 COD 環境基準達成状況の比較

COD													
類型指定	都県	水域名	地点名	基準値 (mg/L)	年間75%値				基準達成状況				
					今回検討		流総許容負荷量		今回検討		流総許容負荷量		
					15%削減	20%削減	15%削減	20%削減	15%削減	20%削減	15%削減	20%削減	
A	千葉	東京湾(16)	1261001	2	2.0	2.0	1.9	1.9	○	○	○	○	
			1261002	2	1.6	1.7	1.6	1.6	○	○	○	○	
		東京湾(17)	1261101	2	1.1	1.1	1.1	1.1	○	○	○	○	
			1261102	2	1.1	1.1	1.1	1.1	○	○	○	○	
	神奈川	東京湾(16)	1461001	2	2.0	1.9	2.0	1.9	○	○	○	○	
			1461002	2	1.7	1.6	1.6	1.6	○	○	○	○	
		東京湾(17)	1461101	2	1.1	1.1	1.1	1.1	○	○	○	○	
			1461102	2	1.0	1.0	1.0	1.0	○	○	○	○	
B	千葉	千葉港(乙)	1260201	3	2.7	2.6	2.7	2.6	○	○	○	○	
			1260202	3	2.3	2.2	2.3	2.3	○	○	○	○	
			1260203	3	2.0	1.9	2.0	2.0	○	○	○	○	
		東京湾(9)	1260701	3	2.9	2.8	2.9	2.8	○	○	○	○	
			1260702	3	3.1	2.8	3.1	3.0	×	○	×	○	
			1260801	3	2.8	2.8	2.8	2.7	○	○	○	○	
		東京湾(11)	1260802	3	2.1	2.1	2.1	2.1	○	○	○	○	
			1260901	3	2.1	2.0	2.0	2.0	○	○	○	○	
			1260902	3	1.5	1.5	1.5	1.5	○	○	○	○	
		1260903	3	1.5	1.5	1.5	1.5	○	○	○	○		
		東京	東京湾(9)	1360201	3	3.1	3.0	3.0	2.9	×	○	○	○
			東京湾(11)	1360301	3	2.6	2.5	2.5	2.5	○	○	○	○
	東京湾(12)		1360302	3	2.7	2.6	2.7	2.6	○	○	○	○	
	東京湾(12)		1360401	3	2.2	2.2	2.2	2.1	○	○	○	○	
	東京湾(9)		1460401	3	2.0	1.9	2.0	1.9	○	○	○	○	
	東京湾(10)		1460501	3	2.6	2.6	2.5	2.5	○	○	○	○	
	神奈川	東京湾(12)	1460601	3	1.8	1.7	1.7	1.7	○	○	○	○	
			1460602	3	1.8	1.8	1.9	1.8	○	○	○	○	
			1460603	3	2.0	2.0	2.0	2.0	○	○	○	○	
		1460604	3	2.1	2.1	2.1	2.0	○	○	○	○		
		東京湾(13)	1460701	3	1.4	1.4	1.4	1.4	○	○	○	○	
		東京湾(14)	1460801	3	1.4	1.4	1.3	1.3	○	○	○	○	
		東京湾(15)	1460901	3	1.4	1.4	1.4	1.4	○	○	○	○	
		C	千葉	千葉港(甲)	1260101	8	2.8	2.8	2.8	2.7	○	○	○
1260102	8				2.6	2.3	2.5	2.5	○	○	○	○	
1260103	8				2.1	2.1	2.2	2.1	○	○	○	○	
東京湾(1)	1260301			8	1.8	1.7	1.7	1.7	○	○	○	○	
	東京湾(2)			1260401	8	1.5	1.5	1.5	1.5	○	○	○	○
	東京湾(3)			1260501	8	2.9	2.8	2.9	2.8	○	○	○	○
	東京湾(4)			1260601	8	2.5	2.3	2.5	2.5	○	○	○	○
東京	東京湾(5)		1360101	8	2.7	2.6	2.7	2.6	○	○	○	○	
			1360102	8	3.1	3.0	3.1	3.0	○	○	○	○	
			1360103	8	2.5	2.5	2.5	2.5	○	○	○	○	
			1360104	8	3.8	3.7	3.8	3.6	○	○	○	○	
	東京湾(6)		1460101	8	2.2	2.2	2.3	2.2	○	○	○	○	
			1460102	8	2.0	1.9	2.0	2.0	○	○	○	○	
			1460103	8	2.0	2.0	2.1	2.0	○	○	○	○	
			1460104	8	3.2	3.2	3.3	3.2	○	○	○	○	
			1460105	8	2.7	2.5	2.7	2.6	○	○	○	○	
東京湾(7)	1460201	8	2.1	2.1	2.1	2.1	○	○	○	○			
	東京湾(8)	1460301	8	1.8	1.9	1.8	1.8	○	○	○	○		

:環境基準未達成

東京湾流総の許容負荷量は COD の環境基準達成状況で決まっていたが、T-N、T-P についても環境基準達成状況の比較を表 7 に示すように行った。いずれも、水域別では環境基準を達成している。

表 7 T-N、T-P の環境基準達成状況の比較

T-N											
水域名	類型	基準値 (mg/L)	年間平均値(mg/L)				基準達成状況				
			今回検討		流総許容負荷量		今回検討		流総許容負荷量		
			15%削減	20%削減	15%削減	20%削減	15%削減	20%削減	15%削減	20%削減	
千葉港	Ⅳ	1	0.62	0.61	0.62	0.61	○	○	○	○	
東京湾(イ)	Ⅳ	1	0.48	0.48	0.48	0.47	○	○	○	○	
東京湾(ロ)	Ⅳ	1	0.77	0.75	0.76	0.75	○	○	○	○	
東京湾(ハ)	Ⅳ	1	0.45	0.45	0.45	0.44	○	○	○	○	
東京湾(ニ)	Ⅲ	0.6	0.52	0.51	0.52	0.51	○	○	○	○	
東京湾(ホ)	Ⅱ	0.3	0.23	0.23	0.23	0.23	○	○	○	○	

類型指定	都県	地点名	水域名	基準値 (mg/L)	年間平均値				基準達成状況			
					今回検討		流総許容負荷量		今回検討		流総許容負荷量	
					15%削減	20%削減	15%削減	20%削減	15%削減	20%削減	15%削減	20%削減
Ⅱ	千葉	神奈川	1261158 東京湾(ホ)	0.3	0.16	0.16	0.16	0.16	○	○	○	○
			1461101 東京湾(ホ)	0.3	0.30	0.30	0.31	0.30	○	○	×	○
			1461102 東京湾(ホ)	0.3	0.28	0.28	0.29	0.28	○	○	○	○
			1461151 東京湾(ホ)	0.3	0.16	0.15	0.16	0.15	○	○	○	○
Ⅲ	千葉		1260201 東京湾(ニ)	0.6	0.64	0.63	0.65	0.64	×	×	×	×
			1260202 東京湾(ニ)	0.6	0.59	0.58	0.59	0.58	○	○	○	○
			1260203 東京湾(ニ)	0.6	0.53	0.53	0.53	0.52	○	○	○	○
			1260901 東京湾(ニ)	0.6	0.60	0.59	0.60	0.59	○	○	○	○
			1260902 東京湾(ニ)	0.6	0.41	0.40	0.41	0.40	○	○	○	○
			1260903 東京湾(ニ)	0.6	0.41	0.41	0.41	0.41	○	○	○	○
			1461001 東京湾(ニ)	0.6	0.51	0.50	0.52	0.51	○	○	○	○
			1461002 東京湾(ニ)	0.6	0.40	0.40	0.40	0.39	○	○	○	○
	神奈川		1260101 千葉港	1	0.67	0.66	0.67	0.66	○	○	○	○
			1260102 千葉港	1	0.63	0.62	0.63	0.62	○	○	○	○
Ⅳ	千葉		1260103 千葉港	1	0.55	0.55	0.56	0.55	○	○	○	○
			1260401 東京湾(イ)	1	0.48	0.47	0.47	0.47	○	○	○	○
			1260701 東京湾(ロ)	1	0.73	0.72	0.77	0.76	○	○	○	○
			1260702 東京湾(ロ)	1	0.67	0.66	0.66	0.65	○	○	○	○
			1260801 東京湾(ロ)	1	0.68	0.67	0.67	0.66	○	○	○	○
			1260802 東京湾(ロ)	1	0.61	0.60	0.62	0.61	○	○	○	○
			1360301 東京湾(ロ)	1	0.90	0.88	0.88	0.87	○	○	○	○
			1360302 東京湾(ロ)	1	1.20	1.20	1.20	1.20	×	×	×	×
	東京		1360401 東京湾(ロ)	1	0.67	0.66	0.69	0.67	○	○	○	○
			1460301 東京湾(ハ)	1	0.45	0.44	0.45	0.44	○	○	○	○
			1460601 東京湾(ロ)	1	0.96	0.94	0.91	0.89	○	○	○	○
			1460602 東京湾(ロ)	1	0.74	0.73	0.73	0.72	○	○	○	○
			1460603 東京湾(ロ)	1	0.63	0.62	0.65	0.64	○	○	○	○
			1460604 東京湾(ロ)	1	0.53	0.52	0.53	0.52	○	○	○	○

T-P										
水域名	類型	基準値 (mg/L)	年間平均値(mg/L)				基準達成状況			
			今回検討		流総許容負荷量		今回検討		流総許容負荷量	
			15%削減	20%削減	15%削減	20%削減	15%削減	20%削減	15%削減	20%削減
千葉港	Ⅳ	0.09	0.043	0.042	0.042	0.041	○	○	○	○
東京湾(イ)	Ⅳ	0.09	0.033	0.033	0.032	0.031	○	○	○	○
東京湾(ロ)	Ⅳ	0.09	0.047	0.046	0.045	0.044	○	○	○	○
東京湾(ハ)	Ⅳ	0.09	0.029	0.029	0.029	0.028	○	○	○	○
東京湾(二)	Ⅲ	0.05	0.034	0.033	0.033	0.032	○	○	○	○
東京湾(ホ)	Ⅱ	0.03	0.016	0.015	0.015	0.015	○	○	○	○

類型指定	都県	地点名	水域名	基準値 (mg/L)	年間平均値				基準達成状況			
					今回検討		流総許容負荷量		今回検討		流総許容負荷量	
					15%削減	20%削減	15%削減	20%削減	15%削減	20%削減	15%削減	20%削減
Ⅱ	千葉 神奈川	千葉 1261158	東京湾 (ホ)	0.03	0.010	0.010	0.010	0.010	○	○	○	○
		1461101	東京湾 (ホ)	0.03	0.020	0.020	0.020	0.019	○	○	○	○
		1461102	東京湾 (ホ)	0.03	0.019	0.019	0.018	0.018	○	○	○	○
		1461151	東京湾 (ホ)	0.03	0.012	0.011	0.011	0.011	○	○	○	○
Ⅲ	千葉	1260201	東京湾 (ニ)	0.05	0.043	0.042	0.042	0.041	○	○	○	○
		1260202	東京湾 (ニ)	0.05	0.037	0.036	0.036	0.036	○	○	○	○
		1260203	東京湾 (ニ)	0.05	0.036	0.035	0.035	0.035	○	○	○	○
		1260901	東京湾 (ニ)	0.05	0.035	0.034	0.035	0.034	○	○	○	○
		1260902	東京湾 (ニ)	0.05	0.030	0.030	0.030	0.029	○	○	○	○
		1260903	東京湾 (ニ)	0.05	0.029	0.029	0.028	0.028	○	○	○	○
		1461001	東京湾 (ニ)	0.05	0.030	0.029	0.029	0.028	○	○	○	○
		1461002	東京湾 (ニ)	0.05	0.025	0.024	0.024	0.023	○	○	○	○
	神奈川	1260101	千葉港	0.09	0.044	0.043	0.044	0.043	○	○	○	○
		1260102	千葉港	0.09	0.043	0.042	0.042	0.042	○	○	○	○
Ⅳ	千葉	1260103	千葉港	0.09	0.039	0.038	0.038	0.037	○	○	○	○
		1260401	東京湾 (イ)	0.09	0.033	0.032	0.032	0.031	○	○	○	○
		1260701	東京湾 (ロ)	0.09	0.049	0.047	0.047	0.046	○	○	○	○
		1260702	東京湾 (ロ)	0.09	0.048	0.046	0.045	0.044	○	○	○	○
		1260801	東京湾 (ロ)	0.09	0.043	0.042	0.040	0.039	○	○	○	○
		1260802	東京湾 (ロ)	0.09	0.035	0.034	0.034	0.033	○	○	○	○
		1360301	東京湾 (ロ)	0.09	0.049	0.048	0.048	0.047	○	○	○	○
		1360302	東京湾 (ロ)	0.09	0.075	0.072	0.072	0.069	○	○	○	○
	東京 神奈川	1360401	東京湾 (ロ)	0.09	0.038	0.037	0.037	0.035	○	○	○	○
		1460301	東京湾 (ハ)	0.09	0.029	0.028	0.028	0.027	○	○	○	○
1460601		東京湾 (ロ)	0.09	0.055	0.053	0.053	0.051	○	○	○	○	
1460602		東京湾 (ロ)	0.09	0.047	0.046	0.045	0.044	○	○	○	○	
1460603		東京湾 (ロ)	0.09	0.041	0.040	0.039	0.038	○	○	○	○	
1460604		東京湾 (ロ)	0.09	0.034	0.033	0.032	0.031	○	○	○	○	

(3) 現況再現計算における問題点

下層の DO 現況再現計算結果を図 14 に示す。全体的な再現性は向上したが、東京都と神奈川県環境基準点において観測値より高めの値になる傾向がある。

このモデルで将来予測を行うと、東京都と神奈川県の下層の DO 値を高め(危険側)に予測してしまうことになる。

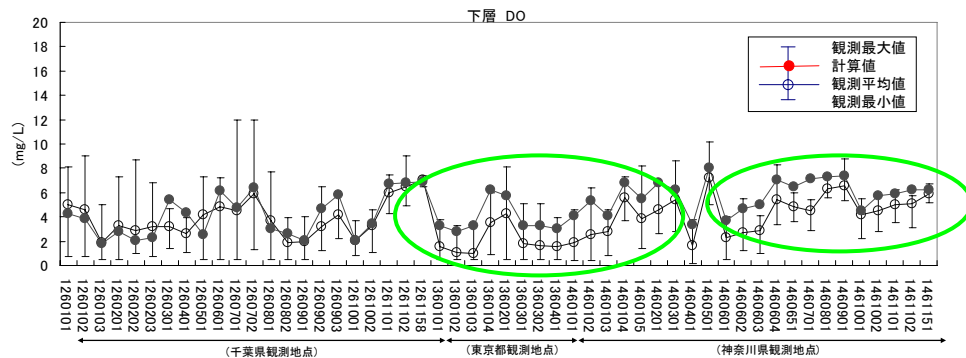


図 14 下層の DO の現況再現計算結果(1 月 23 日版)

対応方法として、表 8 に示す二つの方法が考えられる。①の方法で対応できるのがベストであるが、底泥 DO 消費速度をエリアによって変更して設定できるだけの情報が存在しない。

表 8 現況の再現性向上方法案

対応方法	長所	短所(問題点)
①東京都、神奈川県の湾奥部分の底泥 DO 消費速度を大きめの値に設定する。	・将来の計算値について現況に基づく補正を行わないでよい。	・東京都、神奈川県の湾奥部分における大きめの底泥 DO 消費速度の報告事例がない。 ・底泥の詳細な分布情報がない。
②現況の観測値と計算値の比率で将来計算値を補正する。	・対応が容易である。	・下層の DO については底泥 DO 消費速度が支配的であると考えられるが、現況の観測値と計算値の比率を乗じることは、現況の底泥 DO 消費速度ベースなので、DO の値が低くなりすぎる可能性がある。

現況の下層 DO 計算値が観測値より大きめの値になっている部分について、底泥の DO 消費速度を変えることによる再現性向上の可能性は、以下の図から次のように推測される。

- ・ 東京都から神奈川県 1460103 地点までは、底泥の DO 消費速度の変化による感度が大きいので、このエリアの底泥 DO 消費速度を大きくすることによって、再現性が向上する可能性がある。
- ・ 一方、神奈川県の 1460601 から 1460801 地点は底泥 DO 消費速度に対する感度が低いので、底泥 DO 消費速度を大きくしても再現性は向上しないと予想される。

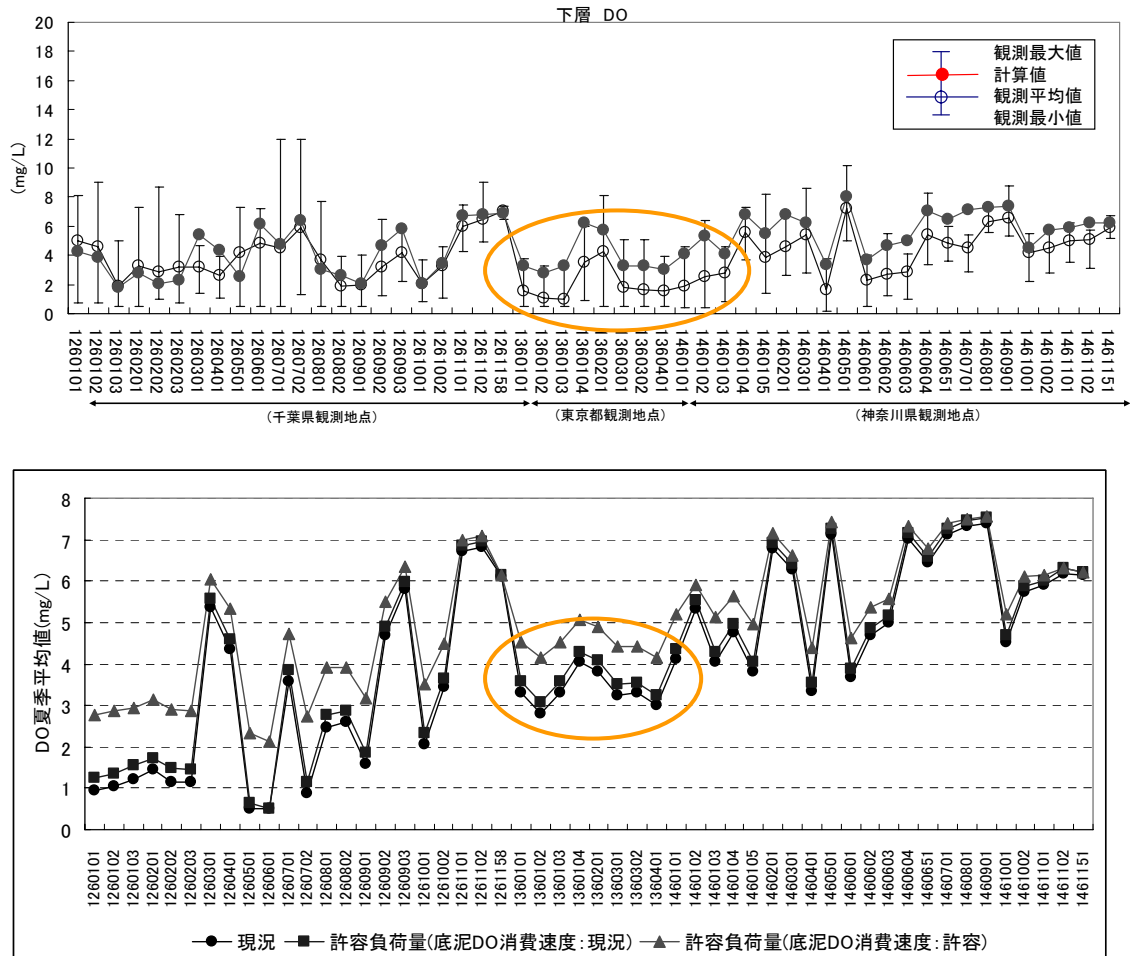


図 15 底泥 DO 消費速度の変更による現況再現計算における下層 DO の再現性向上の可能性

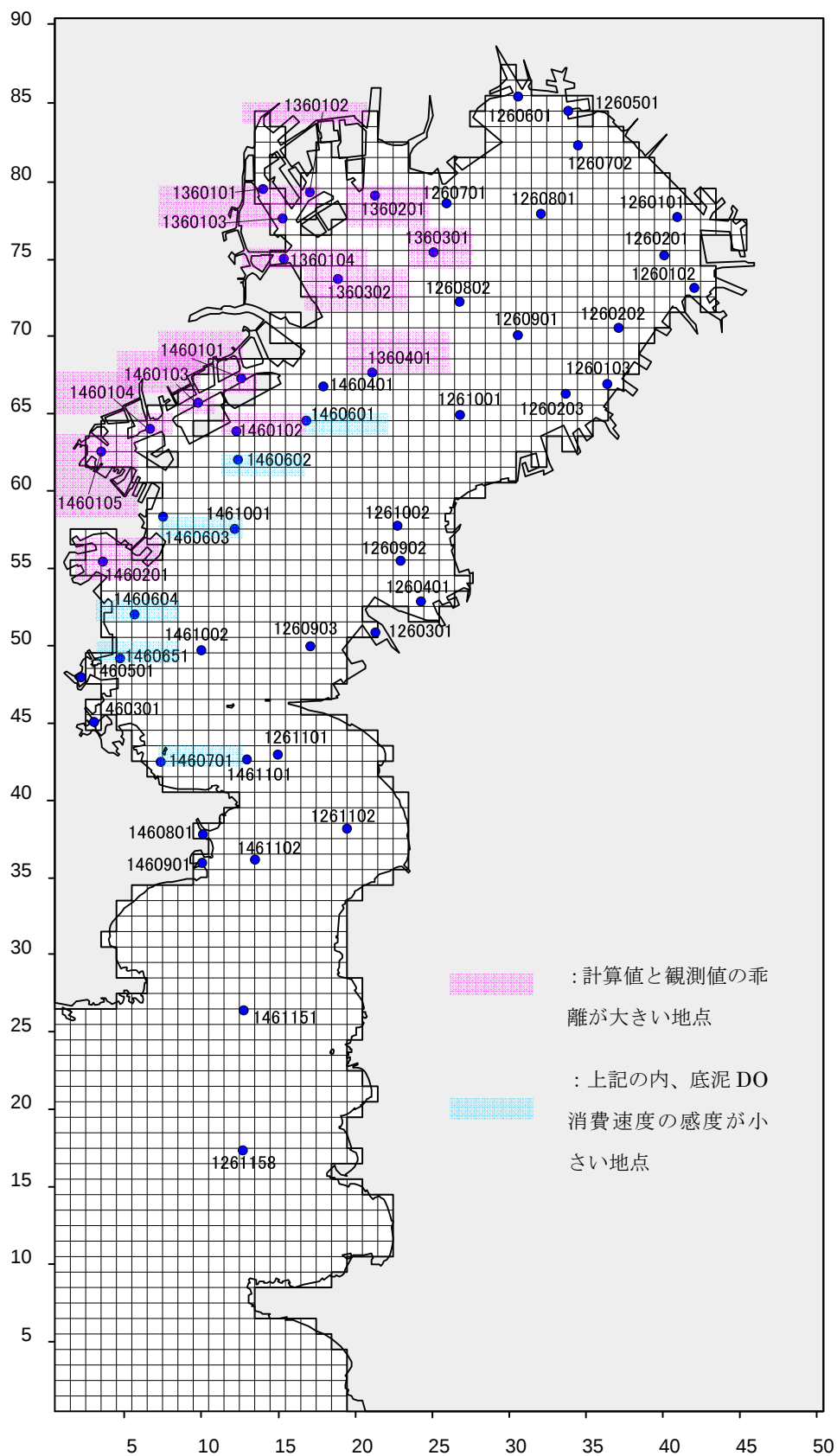


図 16 下層の DO の観測値と計算値の乖離が大きい地点

東京湾内の底泥の分布状況を整理した図としては図 17 に示すもの程度しか存在しない。

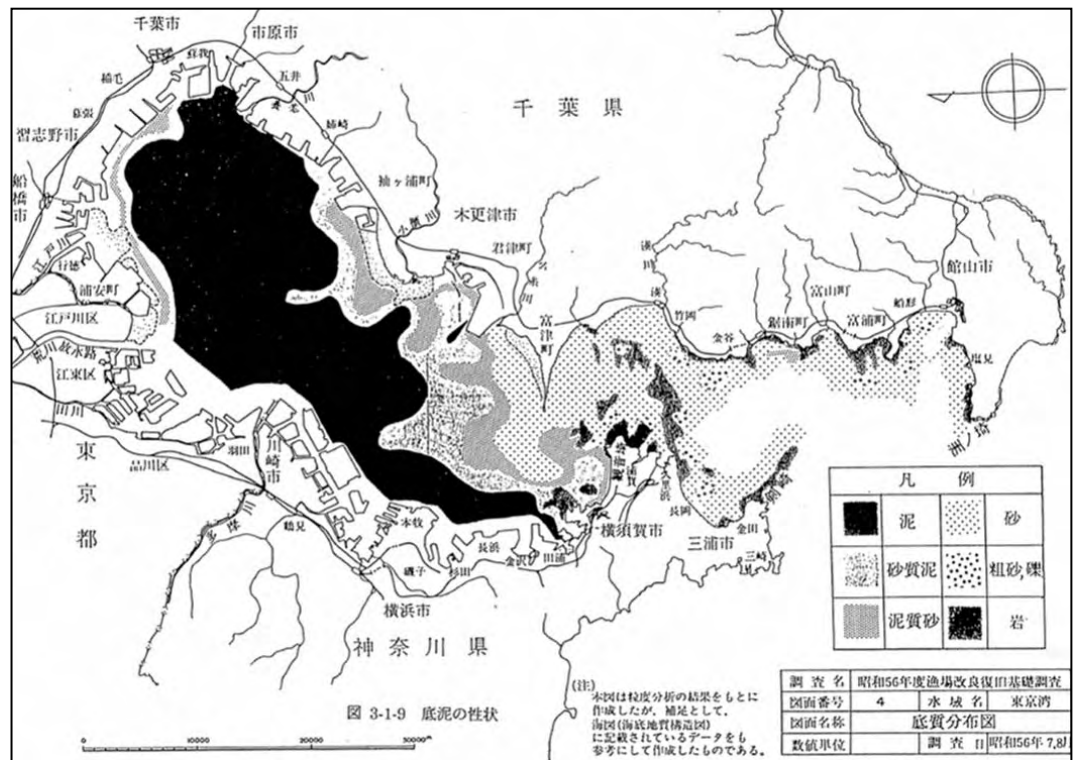


図 17 底質分布図(昭和 56 年)

4 許容負荷量を与えた場合の湾内 DO 解析

(1) 計算条件

東京湾流総検討における環境基準達成を想定した陸域からの流入負荷量である許容負荷量を与えた場合の湾内 DO 解析を行った。

主な計算条件は以下のように設定した。

湾流入負荷量

東京湾流総検討において、トライアル計算で決定した環境基準を達成する湾流入負荷量。

表 9 湾流入負荷量

	COD	T-N	T-P
許容湾流入負荷量(t/日)	2 6 4	1 5 9	9 . 9

この値は、次のような考え方で設定したものである。

- ・ 高度処理水質を COD8mg/L、T-N8mg/L、T-P0.4mg/L に設定。
- ・ 下水道以外の陸域負荷量を水質項目にかかわらず一律 2 0 %削減。

底泥溶出速度

底泥溶出速度は次のように設定した。

- ・ 底泥溶出速度は湾内水質に比例すると仮定して、湾内の環境基準点における将来水質予測結果(底泥溶出速度は現況値)と環境基準値の比率の最小値で現況の底泥溶出速度を除して、環境基準達成時の底泥溶出速度を設定した。
- ・ 基準値と将来値の比率の最小値を用いることは、将来値の中で環境基準の達成が最も厳しい地点の水質が環境基準を達成することを意味している。

表 10 底泥溶出速度の設定結果

	COD	T-N	T-P
底泥溶出速度 (現況設定値) (mg/m ² /日)	247.4	106.1	21.8
基準値／将来値比の最小値 —	0.7143	0.5556	0.750
底泥溶出速度 (環境基準達成時点) (mg/m ² /日)	176.7	58.9	16.4

底泥 DO 消費速度

底泥 DO 消費速度は底泥溶出速度設定の考え方を踏襲し、以下のように設定した。

- 底泥 DO 消費速度は湾内 COD 水質に比例すると仮定して、湾内の環境基準点における将来水質予測結果(底泥溶出速度は現況値)と環境基準値の比率の最小値で現況の底泥 DO 消費速度を除して、環境基準達成時の底泥溶出速度を設定した。

表 11 底泥 DO 消費速度設定値

	DO
底泥DO消費速度(現況設定値) [mg/m ² /日]	1.5
基準値/将来値比の最小値	0.7143
底泥DO消費速度(環境基準達成時点) [mg/m ² /日]	1.1

(2) 計算結果

現況と許容負荷量時の環境基準点における表層、下層、最下層の DO 夏季平均値の比較を図 18 に示す。

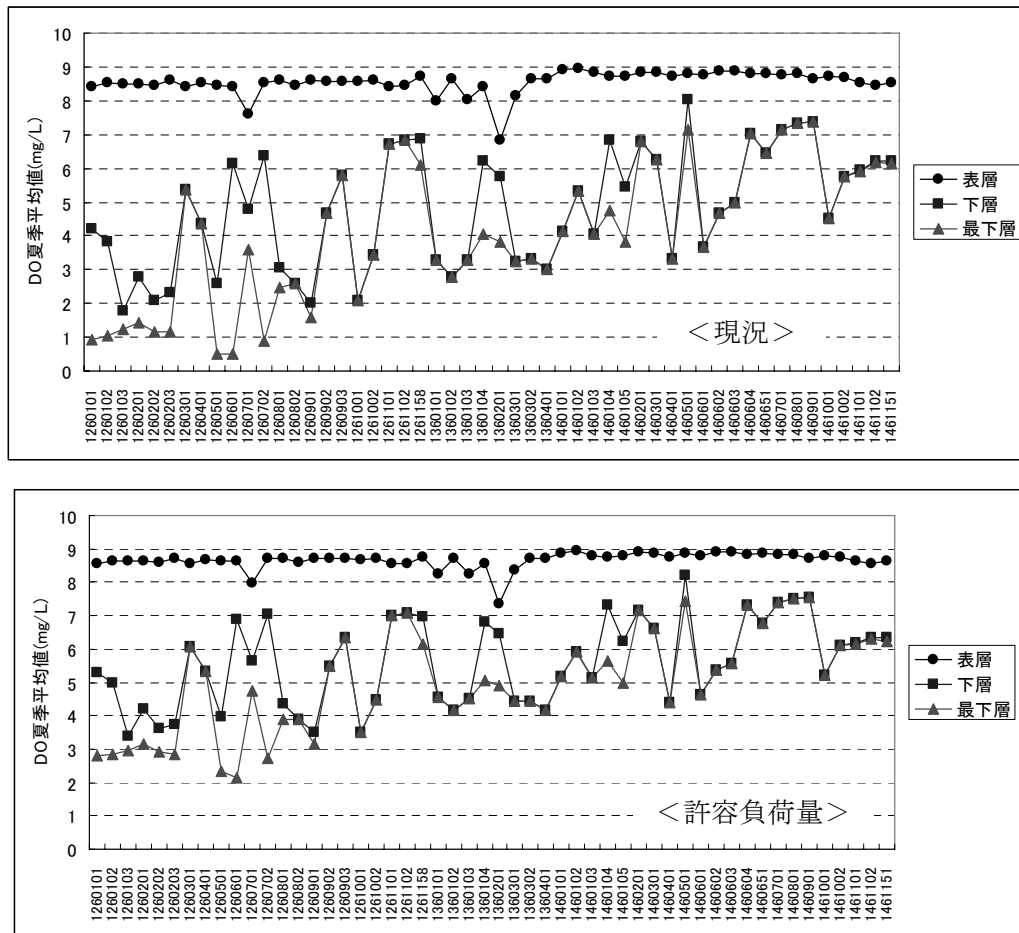


図 18 現況と許容負荷量時の DO 夏季平均値の比較

許容負荷量時の最下層の DO 夏季平均値の平面分布を図 19 に示す。

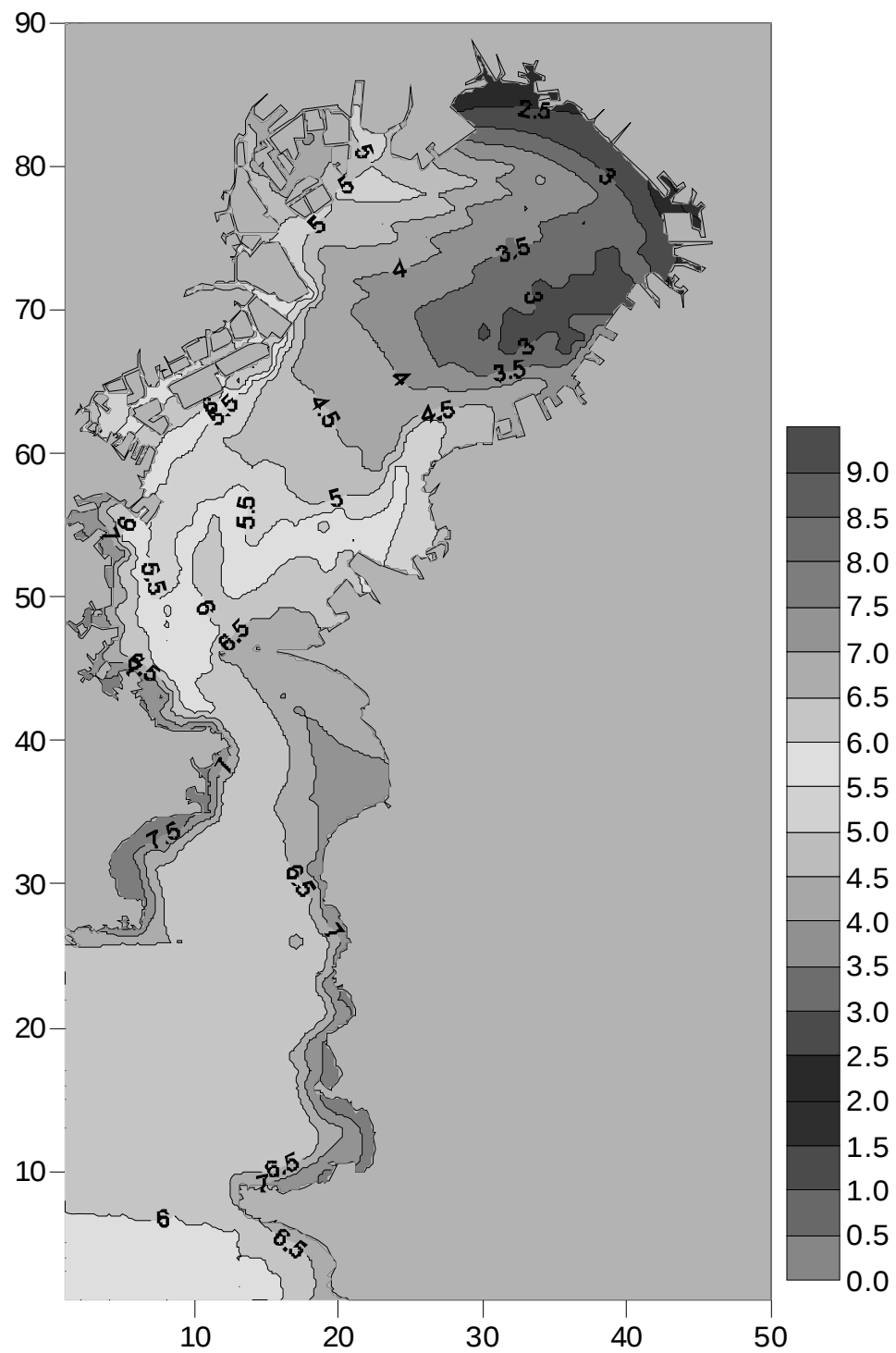


図 19 許容負荷量時の最下層の夏季 DO 平均値の平面分布

夏季 DO 平均値と年間 DO 最低値の関係を図 20 に示す。夏季 DO 平均値の計算結果をこの相関式で年間 DO 最低値に変換する。

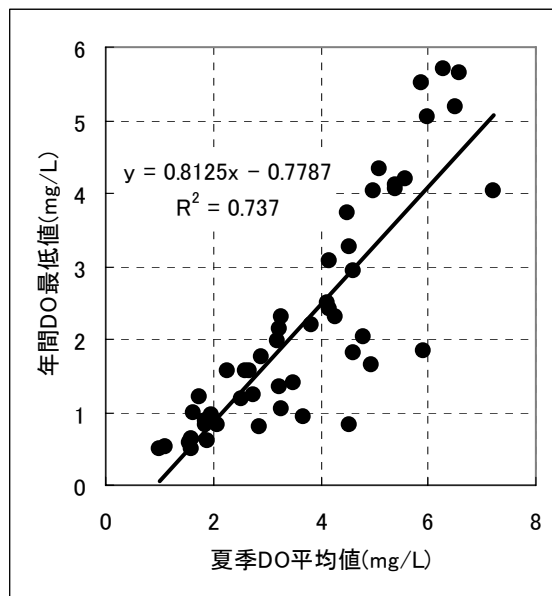


図 20 夏季 DO 平均値と年間 DO 最低値の関係

相関式を用いて夏季 DO 平均値から年間 DO 最低値へ変換した結果を図 21 に示す。

- ・ この結果では、東京都・神奈川県の大湾奥の DO を高めにより予測している可能性がある。

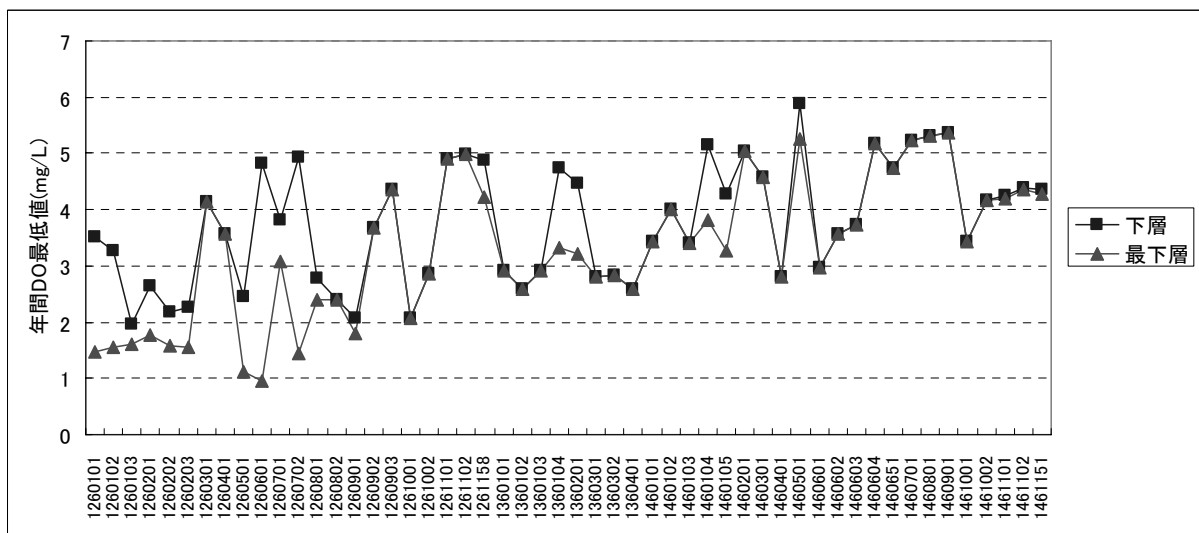


図 21 年間 DO 最低値の予測結果(許容負荷量時)

(3) 計算結果(補正あり)

現況再現計算において、東京都及び神奈川県の観測地点で計算値が観測値より大きめの値になる傾向が見られた。この結果は危険側の予測になるので、図 22 に示すように現況の観測値と計算値の比率で将来計算値補正することを試みた。最下層については、現況の観測値データが存在しないので、下層(観測層)と同じ比率で補正を行った。

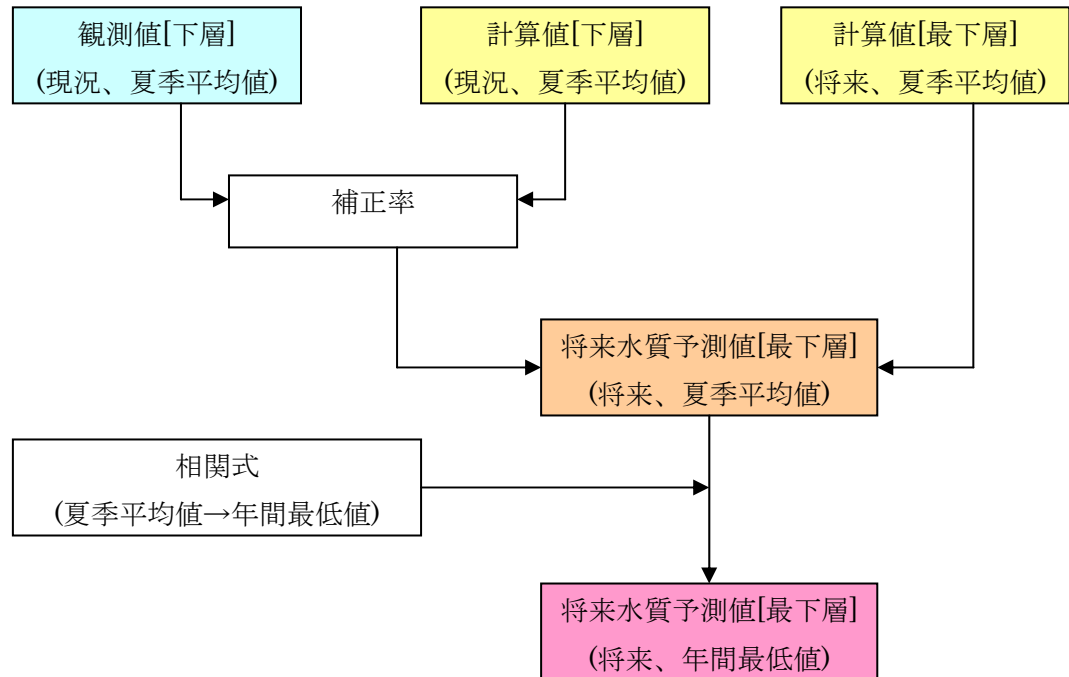


図 22 最下層の DO 将来計算値の補正方法

補正前後の下層及び最下層の計算結果の比較を図 23 に示す。

- ・ 補正を行うことによって東京都・神奈川県側の最下層の DO が約 2mg/L 低下する。

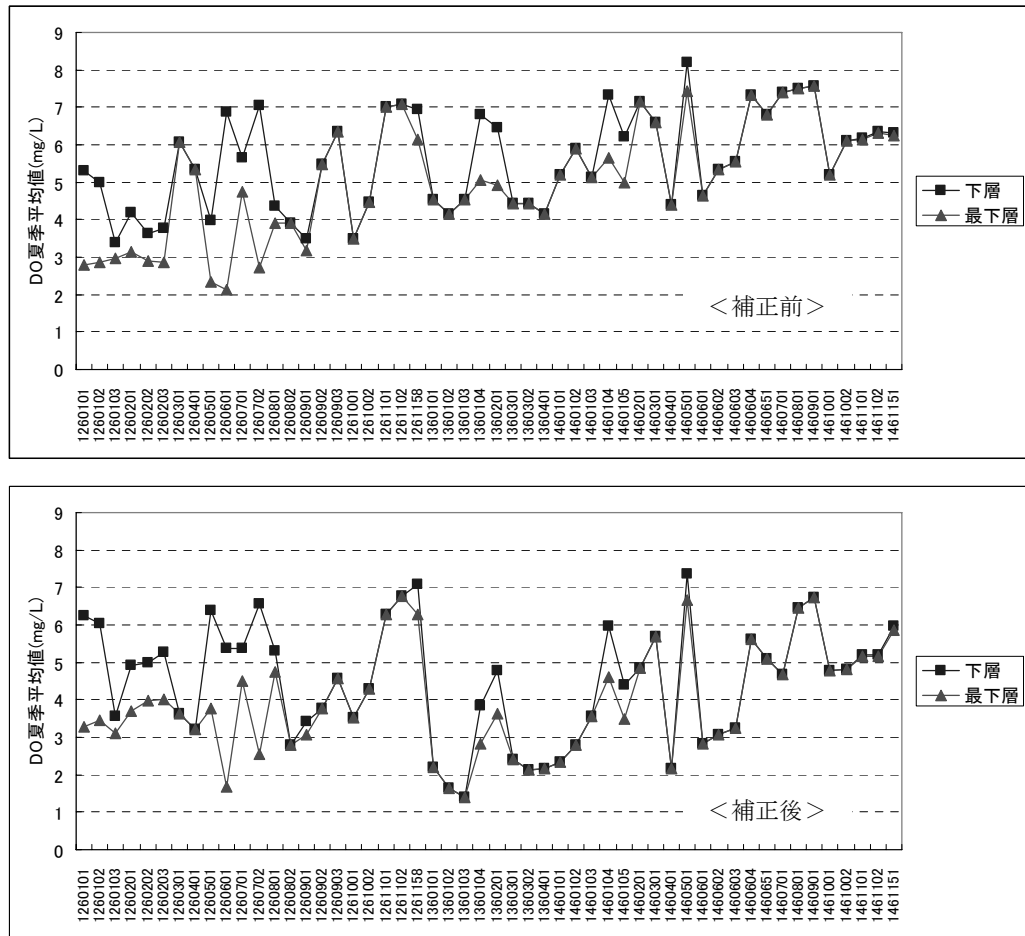


図 23 補正前後の下層及び最下層の計算結果の比較(許容負荷量時、夏季 DO 平均値)

相関式によって夏季平均値から年間 DO 最低値へ変換した結果を図 24 に示す。

- ・ 補正を行うことによって東京都、神奈川県側で年間 DO 最低値が 2mg/L を下回る地点が多く出現する結果となる。

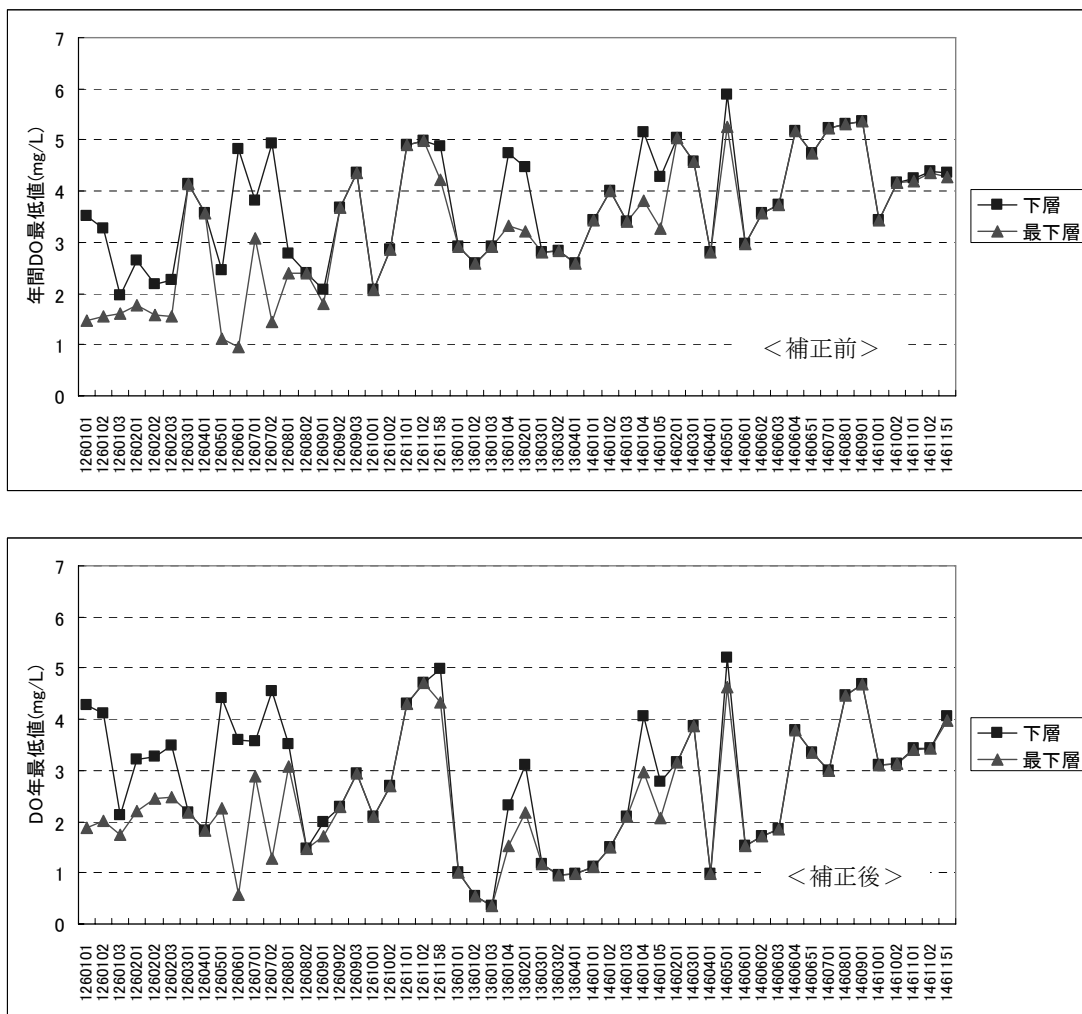


図 24 補正前後の下層及び最下層の計算結果の比較(年間 DO 最低値)

(4) 問題点

最下層の DO は図 25 に示すように、陸域からの流入負荷量削減による湾内水質濃度の低下より、底泥 DO 消費速度の低下が支配的である。

よって、湾流入負荷の削減と底泥 DO 消費速度を関連づけることが重要になる。

本検討では、湾流入負荷量と底泥 DO 消費速度を次のように関連づけることとする。

①湾流入 COD 負荷量削減



②湾内 COD 水質濃度低下



③底泥への COD 沈降量減少



④底泥 DO 消費速度低下

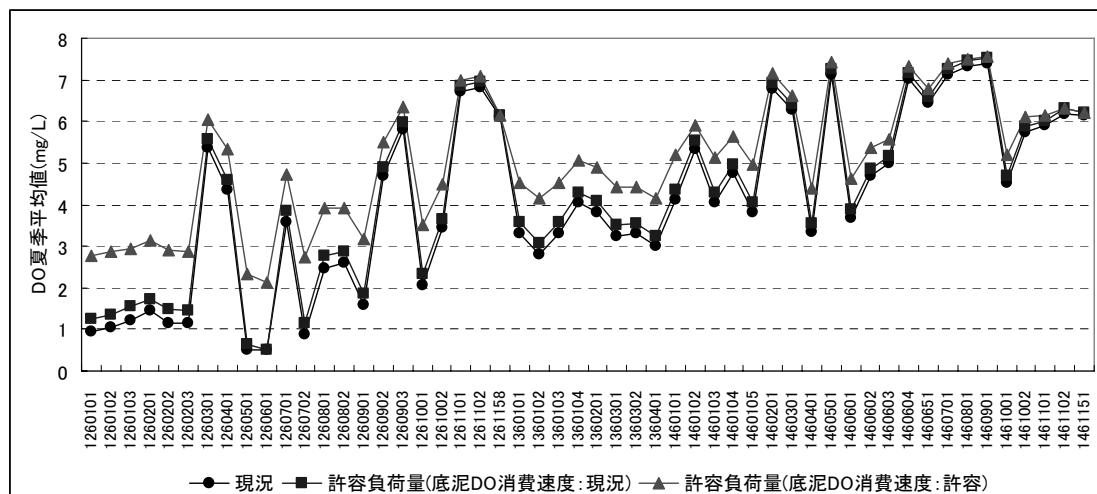


図 25 DO 夏季平均値における最下層 DO の比較(再掲)

湾流入負荷量を変化させた場合の底泥 DO 消費速度は次のように設定する。

- ・ 湾流入負荷量を削減した計算(底泥 DO 消費速度：現況、底泥 COD 溶出速度：許容負荷量)を実施し、最下層の COD 平均値を求める。
- ・ 現況と湾流入負荷量を変化させた計算の最下層の COD 平均値の比率を、現況の底泥 DO 消費速度に乘じる。
- ・ 底泥 DO 消費速度を新たに設定した値にし、湾流入負荷量を削減した計算を再度実施し、最下層の DO を評価する。

C－3．第3回再現性向上検討資料

東京湾における底層 DO 解析結果について

目 次

1	前回ご相談時(1月23日)の課題	1
(1)	現況再現計算の再現性向上について	1
(2)	将来の底泥 DO 消費速度について	4
2	検討結果	5
2.1	現況再現計算の再現性向上	5
(1)	底泥 DO 消費速度	5
(2)	DO 外海境界条件	13
(3)	現況再現計算結果	17
2.2	将来の底泥 DO 消費速度の設定	21
(1)	将来の底泥 DO 消費速度	21
(2)	予測計算結果	22

1 前のご相談時(1月23日)の課題

前のご相談時は、「現況再現計算の再現性向上」と「将来の底泥 DO 消費速度の設定方法」についてご相談させていただいた。以下に、ご相談内容といただいたご助言を整理して示す。

(1) 現況再現計算の再現性向上について

1) 説明内容

下層の DO の現況再現計算結果について、次の点を説明し、再現性向上の手法について助言をいただいた。

- ・ 下層の DO の現況再現計算結果において、東京都と神奈川県環境基準点で、計算値が観測値より高めになっている。
- ・ このモデルで将来予測を行う場合に、東京都と神奈川県のエリアの水質予測値は危険側の値になるので、むしろ計算値が観測値より少し低めになるように修正を行いたい。
- ・ 湾流入負荷量を許容負荷量として、底泥の DO 消費速度を現況(図 2 の■)と現況の約 7 割に低減させた計算結果(図 2 の▲)の比較から、東京都の観測地点では底泥の DO 消費速度を大きくすると再現性が向上しそうであること、神奈川県の観測地点では底泥の DO 消費速度を大きくしても再現性の向上は難しそうである。

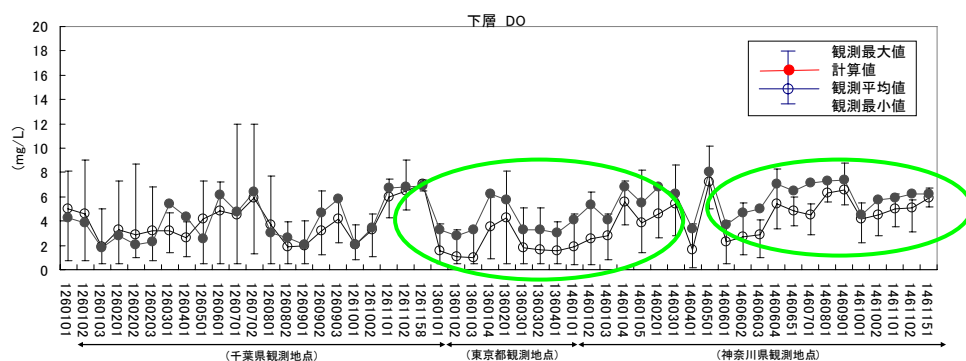


図 1 下層の DO の現況再現計算結果(1月23日版)

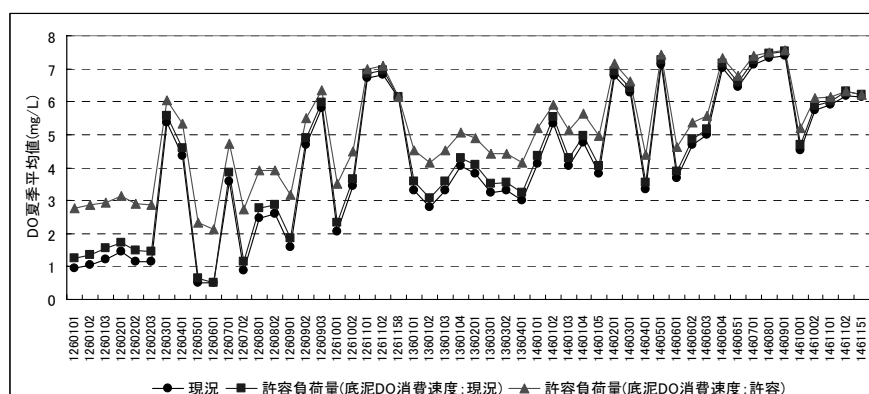


図 2 底泥 DO 消費速度の下層の DO 計算結果に及ぼす影響

2) 東京都の基準点の再現性向上

<決定事項>

- | |
|--|
| ・ 東京都観測エリアの底泥の DO 消費速度を増大したトライアル計算を行い、現況の下層の DO について計算値が観測値をよく再現できる底泥の DO 消費速度を見つける。 |
| ・ トライアル計算で見つけた底泥の DO 消費速度がリーズナブルな値であるかどうかを確認する。 |

<その他詳細事項>

- ・ 東京都観測エリアの底泥 DO 消費速度が大きくなる理由としては、東京都観測エリアには隅田川、荒川など有機汚濁負荷量の大きい河川が流入しているため、海底に有機汚濁負荷が多く堆積しているためと思われる。
- ・ 底泥 DO 消費速度を場所によって変える理由づけを行うため、以下の検討を行う。
 - ① 強熱減量、含有有機物濃度の湾内分布状況を確認する。底泥の DO 消費速度は強熱減量の関数にしてもよいと思われる。
 - ② 国総研の底泥 DO 消費速度の観測値について次の点を確認する。

(底泥 DO 消費速度が St.12 で 1.4、St.5 で 1.2g/m²/日であることが理解しづらい)

 - a)底泥 DO 消費速度は平均値を示していると思われるが、オリジナルデータにバラツキはないか。
 - b)他の月の観測データについても、湾内の底泥 DO 消費速度が同様の分布傾向になっているかどうか。
 - c)St.12 は窪地ではないか。

3) 神奈川県基準点の再現性向上

<決定事項>

・ 水深 20m～30m についても 2m ピッチで分割を行って計算を実施し、再現性が向上するかどうかを確認する。
・ 外洋の DO 境界条件について、下層の DO を低めに設定し、どの程度の値に設定すれば神奈川県の基準点の再現性が向上するかを見つける。
・ トライアル計算で見つけた DO の境界条件がリーズナブルな値であるかどうかを確認する。
・ 外洋の下層の DO の低い水の影響が支配的で、湾流入負荷量さらには底泥 DO 消費速度の影響が小さいエリアについては、東京湾再生の目標達成度を評価するエリアから除いて考える。

<その他詳細事項>

- ・ 神奈川県の環境基準点付近には有機汚濁負荷が大きい流入河川がないので、底泥の DO 消費速度が大きいとは考えにくい。
- ・ 神奈川県の環境基準点で DO 消費速度を変化させても下層の DO 濃度が変化しないのは、水平方向の水の移動が DO に及ぼす影響が大きいためと考えられる。
- ・ モデルでは外洋の水が東京湾に水平に侵入してくると扱っているが、実際は水深の大きいところから小さいところへ侵入する時は、下から上への斜め方向へ侵入していると考えられる。そのため、外洋の水の侵入の影響が大きいエリアでは下層の DO について計算値が観測値より高めになると考えられる。
- ・ 外洋からの侵入水の侵入パターンは一週間程度の短い期間で変化するので、平均場を想定した計算でその影響を評価することは困難である。
- ・ 外洋の下層の冷たい水と内湾の下層の比較的暖かい水の密度差によって内部波が生じ、外洋由来の冷たい水がはいあがってきている可能性がある。
- ・ 表面波は空気と水の密度差によって生じ、内部波は冷たい水と暖かい水の密度差によって生じるので、表面波が 1m 程度の場合内部波は 1000m 程度になる可能性がある。
- ・ 内部波の周期は一日から一週間程度と幅広い。観測値はどのような内部波の周期で観測しているかによって変わってしまう。
- ・ 国総研の外湾の一週間以上の連続観測データがあれば、周期性があるかどうかを確認し、内部波の存在をうらづける材料とする。

(2) 将来の底泥 DO 消費速度について

＜決定事項＞

- | |
|---|
| ・ 国総研の底泥 DO 消費速度観測地点とその近傍の環境基準点について、底泥 DO 消費速度と下層の COD 水質について相関があるかを確認する。 |
| ・ 下層の COD 水質は 10 年ぐらいさかのぼることができればよいと考えられる。 |

以下のように説明した。

- ・ 将来の底泥 DO 消費速度を湾流入負荷量とリンクさせて設定する必要がある。
- ・ 将来の底泥 DO 消費速度は湾流入負荷量を変化させた場合の湾内 COD 水質の比率を現況の底泥 DO 消費速度に乗じて設定したい。

これに対して、決定事項に示した検討を行い、湾内 COD と底泥 DO 消費速度に相関があることを確認できれば、湾内 COD 水質の比率で将来の底泥 DO 消費速度を設定して良いと思われるとのコメントをいただいた。

2 検討結果

2.1 現況再現計算の再現性向上

(1) 底泥 DO 消費速度

1) 底泥 DO 消費速度の調査事例

東京湾の内湾全体を対象に底泥 DO 消費速度を調査した事例としては国土技術政策総合研究所(以下、国総研と略記)によるものが挙げられる。

国総研は平成 14 年から平成 15 年に湾内で 4 回調査を実施している。この調査による底泥の DO 消費速度測定結果を図 3 に、底泥の採取位置を図 4 に示す。

- ・ 底泥の DO 消費速度は水温の影響を受けるので観測した季節によって値が異なっている。
- ・ 夏季の底泥 DO 消費速度が最大の地点は、多摩川河口前面の St.10 である。
- ・ 夏季の値は 0.8～1.47 であり、平均値は 1.14g/m²/日である。

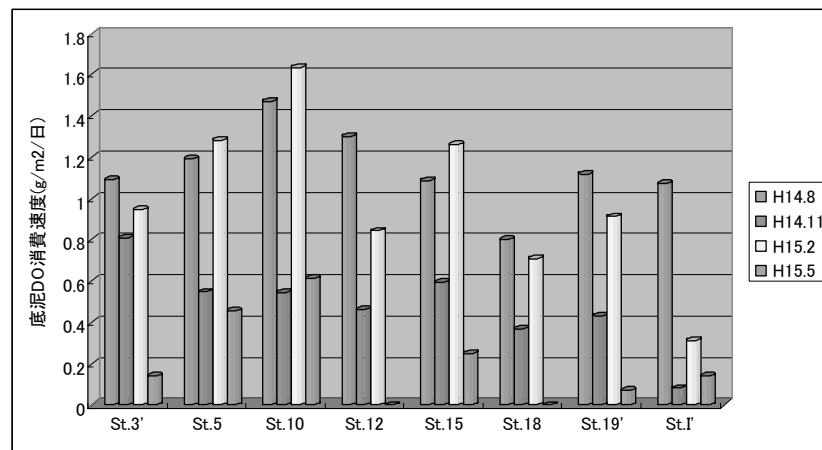


図 3 底泥 DO 消費速度

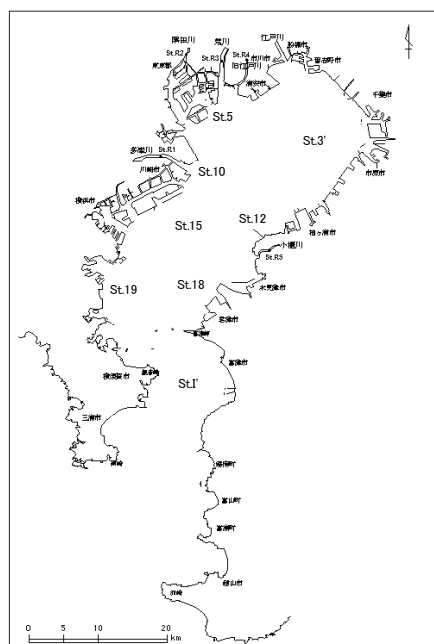


図 4 底泥の採取位置

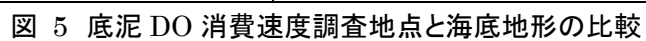
国総研の DO 消費速度測定結果のオリジナルデータ(H14.8)を表 1 に示す。

- ・ ひとつの調査地点について 3 検体ずつ DO 消費速度を測定しているが、バラツキはさほど大きくない。

表 1 DO 消費速度測定結果オリジナルデータ(国総研、H14.8)

	DO消費速度 (mg/h/m2)				
	暗条件	明条件	抗生物質 添加+暗	抗生物質 添加+明	ホルマリン 添加+暗
ブランク	-5.4	-2.3	1.6	-3.1	10.3
St. 3'-①	-48.6	-47.9	-44.7	-43.6	-16.6
St. 3'-②	-53.1	-48.3	-37.6	-41.4	-21.3
St. 3'-③	-62.8	-50.9	-42.7	-44.6	-20.6
ブランク	-4.0	-1.9	0.1	-3.6	1.3
St. 5-①	-47.6	-41.9	-36.9	-40.2	-24.4
St. 5-②	-53.7	-49.3	-36.5	-41.3	-22.9
St. 5-③	-59.6	-45.2	-38.4	-41.3	-24.7
ブランク	6.9	1.5	7.3	-1.7	5.7
St. 10-①	-72.5	-65.0	-39.0	-59.1	-29.3
St. 10-②	-56.3	-60.1	-36.5	-53.3	-21.0
St. 10-④	-52.6	-41.5	-27.1	-39.0	-17.1
St. 12-①	-60.7	-65.7	-37.8	-54.3	-15.9
St. 12-②	-50.0	-52.1	-31.2	-49.5	-14.7
St. 12-③	-44.7	-40.6	-25.3	-33.4	-13.8
St. 15-①	-39.9	-48.5	-35.9	-48.1	-15.4
St. 15-③	-39.9	-54.2	-40.5	-53.6	-17.8
St. 15-④	-35.3	-44.7	-30.5	-46.7	-14.2
ブランク	2.7	1.5	3.7	-1.2	2.7
St. 18-①	-29.8	-38.1	-19.2	-32.7	-16.5
St. 18-②	-31.6	-27.6	-19.7	-27.4	-14.3
St. 18-④	-24.4	-35.4	-20.3	-27.0	-11.6
St. 19'-①	-44.3	-37.1	-24.9	-36.1	-18.2
St. 19'-②	-43.6	-44.4	-27.4	-35.5	-25.4
St. 19'-③	-53.9	-46.4	-31.0	-42.4	-22.0
St. I'-②	-40.5	-30.4	-24.0	-30.6	-10.4
St. I'-③	-43.4	-39.3	-23.9	-34.1	-9.8
St. I'-④	-34.2	-20.1	-21.5	-33.6	-7.6

- ・ St.12 近傍には窪地があるが、窪地内であるかどうかは、入手できる情報の範囲内では判断できない。



2) 底質の状況

底泥の DO 消費速度を決める要因として、底泥の有機物含有量が挙げられる。

国土技術政策総合研究所が平成 14 年 7 月から平成 15 年 7 月まで、内湾の図 6 に示す地点において実施した底質調査結果の内、COD と強熱減量の測定結果を図 7 に示す。

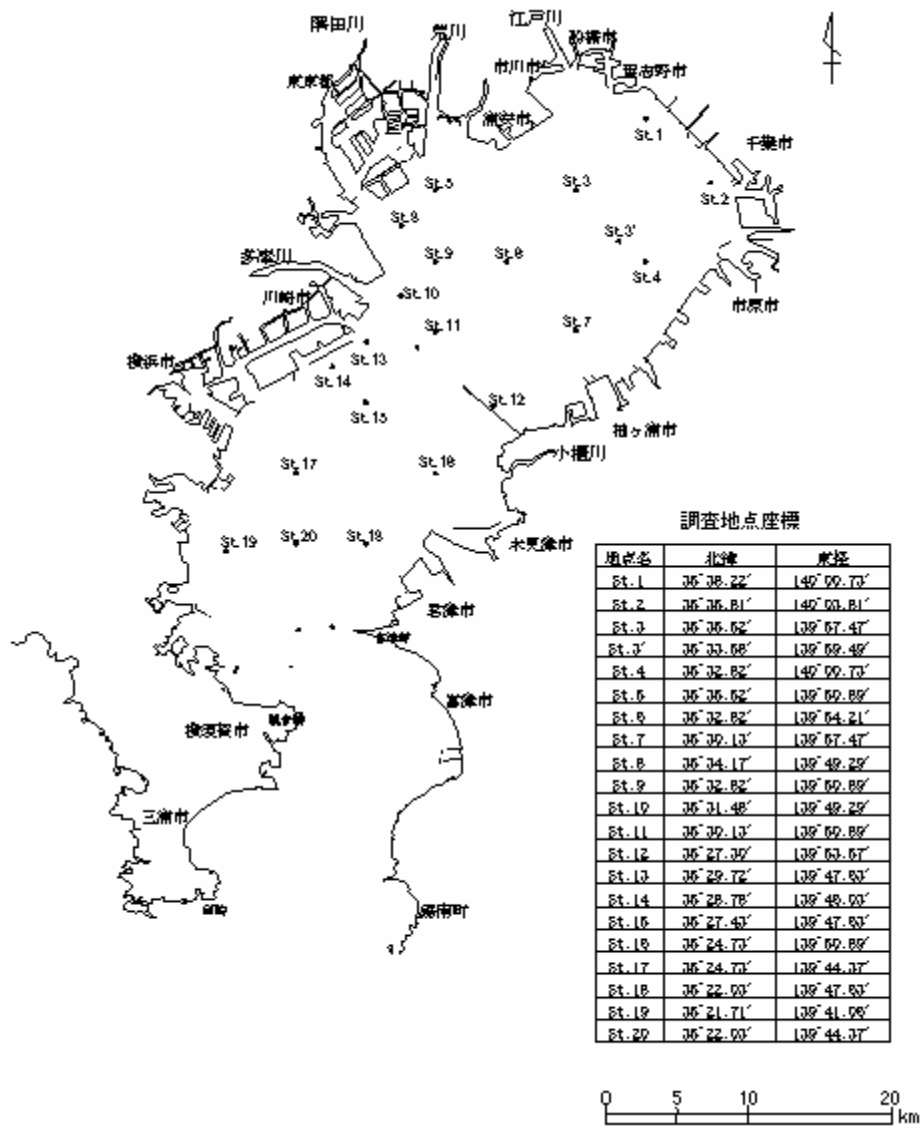


図 6 国総研の底質調査地点の位置

図 7 に示した調査結果から次のようなことが分かる。

- ・ 底泥 COD 含有量、強熱減量ともに月別の測定値の偏差は小さいことから、調査結果による底質の分布状況は信頼性が高いと考えられる。
- ・ 値の大きい地点と小さい地点の関係は、底泥 COD 含有量と強熱減量で同一である。

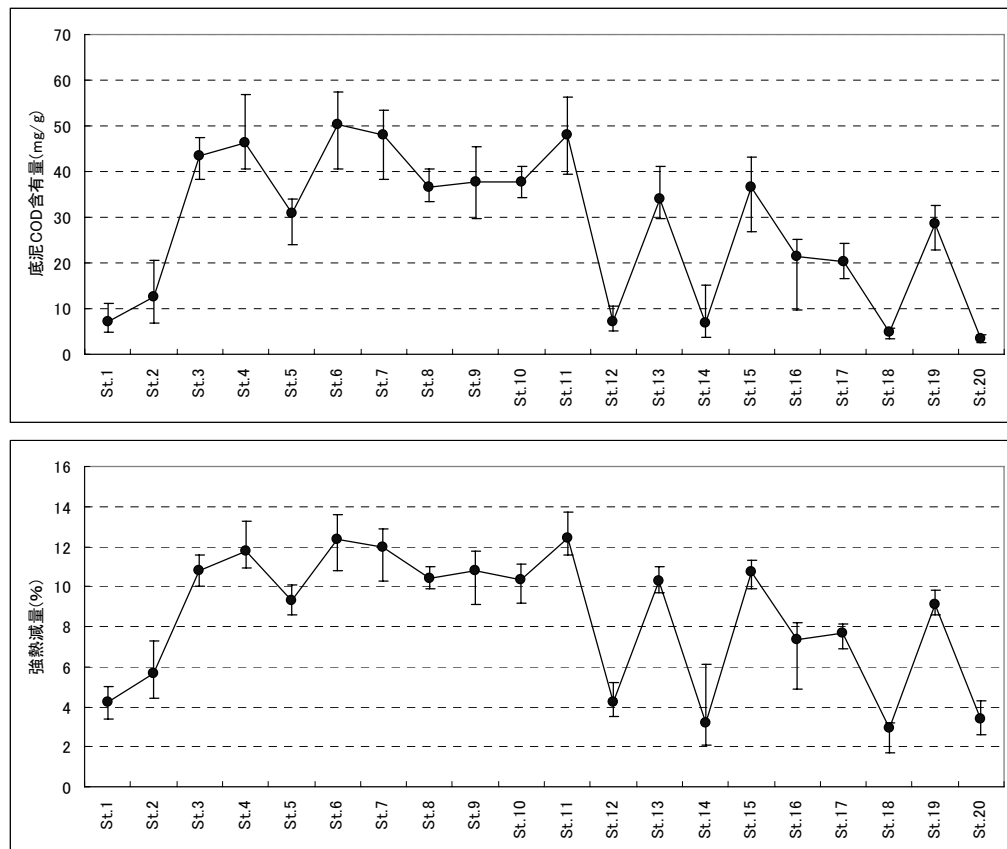


図 7 地点別の底泥 COD 含有量、強熱減量の平均値と偏差

次に、底層 COD 含有量の平均値の分布状況を図 8 に示す。

- ・ 負荷量が大きいと考えられる河川である荒川、隅田川、多摩川の河口前面では底質の COD 含有量が大きくなっている。
- ・ 湾岸よりも湾奥の湾央部の底質の COD 含有量が最も大きくなっている。
- ・ 大河川が流入しない千葉県の習志野市から千葉市の沿岸の底質の COD 含有量は低い。

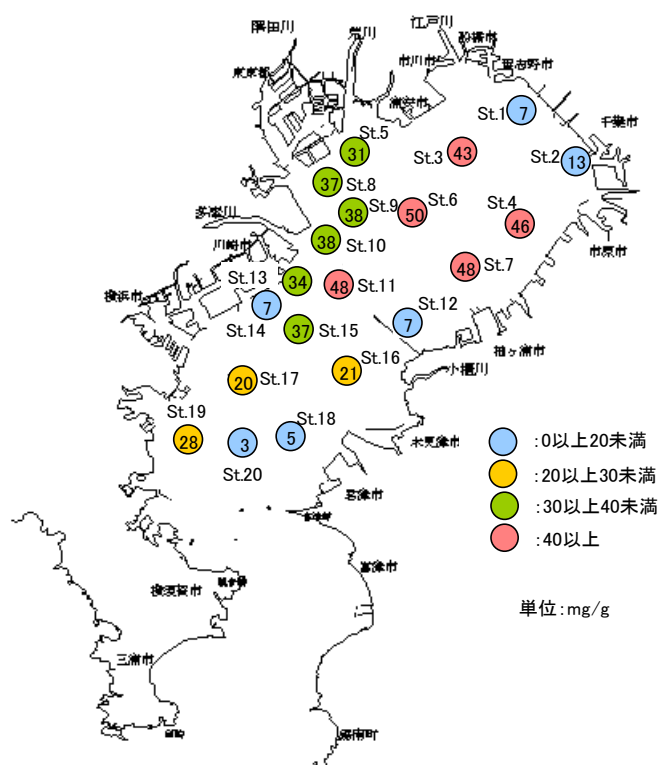
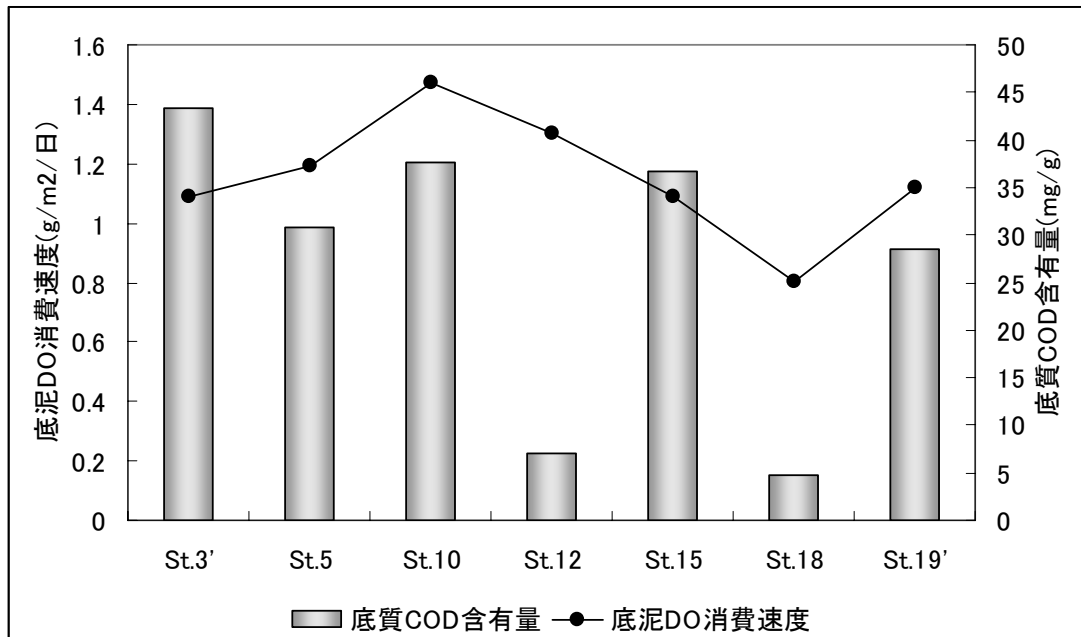


図 8 底層 COD 含有量の分布

3) 底質 COD 含有量と底泥 DO 消費速度の関係

底泥 DO 消費速度の測定地点について、DO 消費速度(8 月の値)と底質 COD 含有量(平均値)の関係を図 9 に示す。

- ・ 全体的にみれば、底質 COD 含有量と底泥 DO 消費速度の間に正の比例関係が認められる。
- ・ 千葉県側の St.12 地点については、底質 COD 含有量が小さいのに対し、底泥 DO 消費速度が大きくなっている。



※St.3'、St.19'は、底質 COD 含有量の測定データがないので、St.3、St.19 のデータで代用した。

図 9 底質 COD 含有量と底泥 DO 消費速度の関係

4) 底泥 DO 消費速度の設定

国総研の底泥 DO 消費速度、底質の調査結果から次のようなことが言える。

- ・ 底泥 DO 消費速度と底質 COD 含有量の間には正の比例関係が認められる。
- ・ 内湾における底質 COD 含有量の分布状況から、内湾の湾奥の湾央と神奈川県の前
面海域については底質 COD の含有量が大きく、他のエリアより底泥の DO 消費速
度が大きい可能性がある。

以上の知見とモデルのキャリブレーション結果から、図 10 に示すように底泥の DO 消
費速度を設定した。

- ・ 内湾西岸域の底泥 DO 消費速度設定値は、既往調査事例においても $6.34\text{g/m}^2/\text{日}$ の
ような大きい値が報告されていることから、過大な値ではないと考えられる。
- ・ 内湾西岸域以外の底泥 DO 消費速度は、国総研の 8 月の測定結果の平均値である
 $1.14\text{g/m}^2/\text{日}$ を参考に設定したものである。

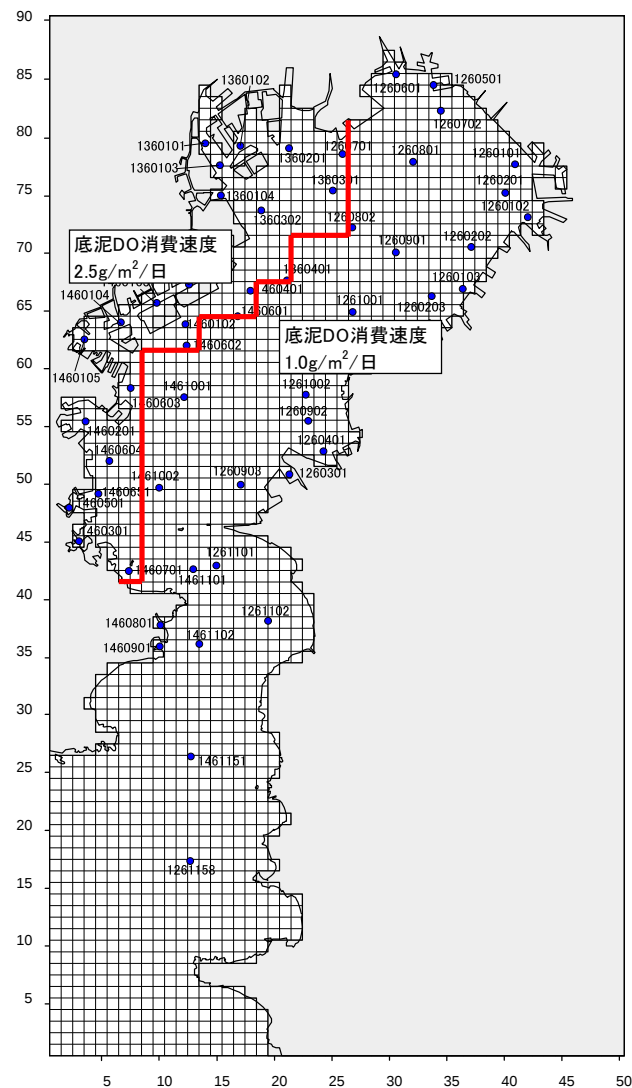


図 10 底泥 DO 消費速度設定結果

(2) DO 外海境界条件

1) 見直し前の設定方法

外湾における DO の鉛直方向分布の観測事例としては、国総研が平成 14 年に実施したものがある。観測地点の位置を図 11 に示す。

東京湾の外湾においては、観音崎と保田を結ぶ線上に 4 つの観測地点 J、K、L、M が設定されている。4 地点の水深は、それぞれ約 25m、70m、50m、25m である。水深が深い K、L の 2 地点の夏季の鉛直分布を整理して図 12 に示す。L 地点では 7 月に表層で DO 濃度が急激に大きくなっている部分があるものの、夏季平均でみれば水深が大きくなるにつれて緩やかに濃度が低下していることが認められる。

本検討では水深が大きい観測地点である K 地点の夏季平均値から、水深 0.5m で 7.2mg/L、水深 50m で 6.2mg/L、その中間水深は線形内挿して与えることとした。

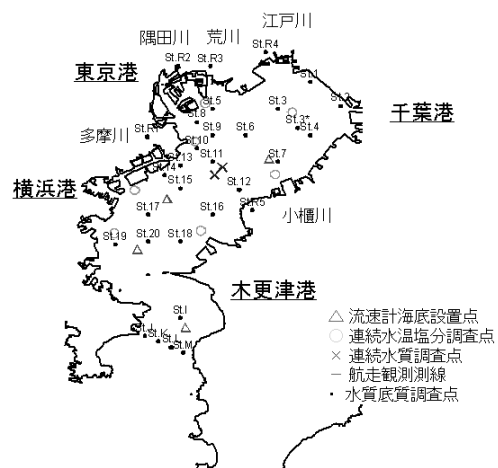


図 11 平成 14 年の国総研観測地点

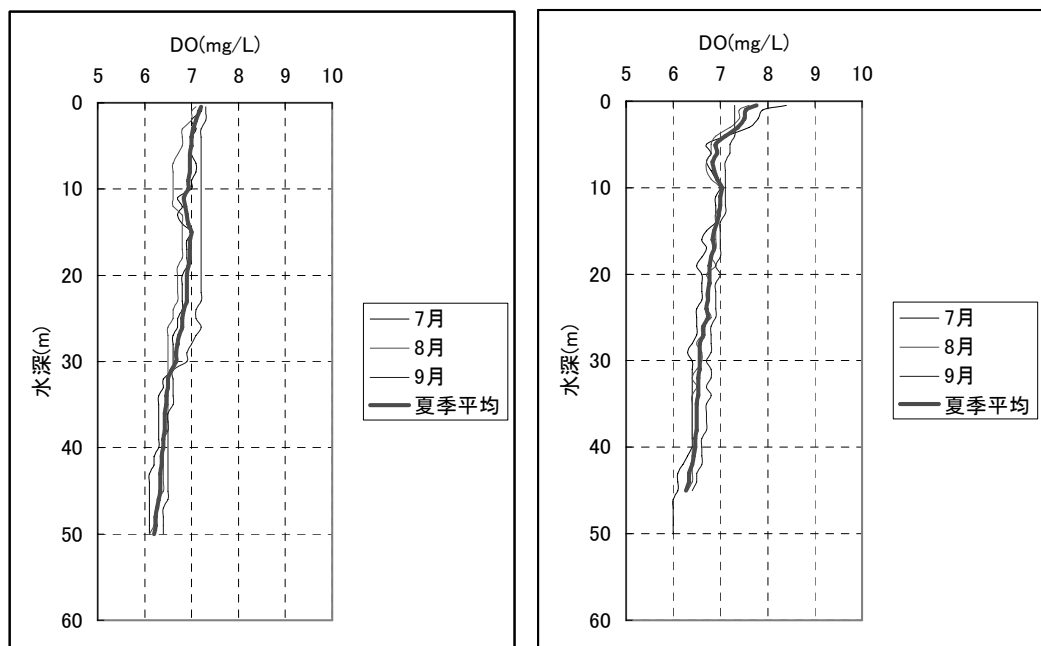


図 12 K 地点(左図)、L 地点(右図)の夏季における DO の鉛直分布

2) 見直し後の設定方法

東京湾の水深の分布状況を図 13 に示す。

- ・ 外海の水深は 500m を上回っている(引用した図の説明より)。
- ・ 深層の低 DO 水が下層に侵入している可能性がある(イメージを図 14 に示す)。

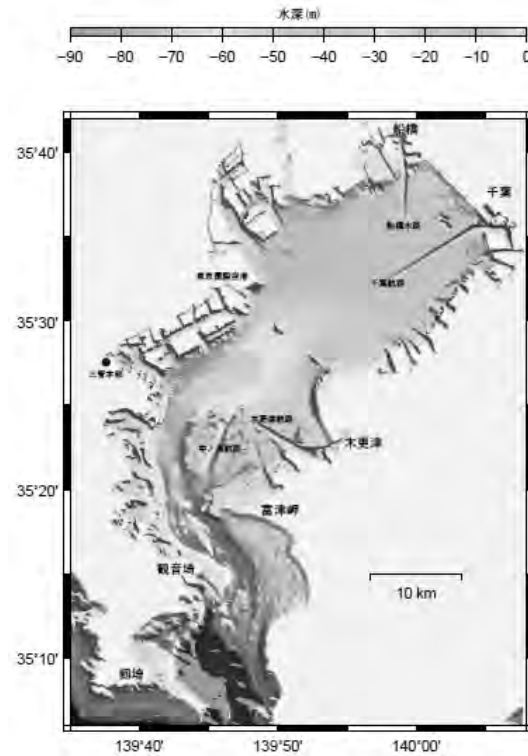


図 13 東京湾の水深の分布¹

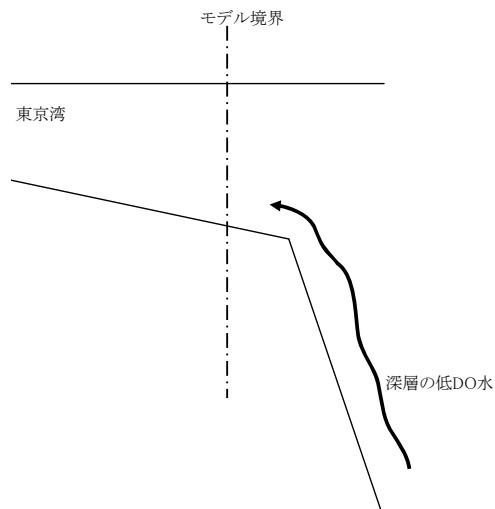


図 14 外海境界における深層の低 DO 水の影響のイメージ

¹ 第三管区海上保安部：東京湾の海底をのぞいてみよう、平成 18 年

上述のように、外海境界における DO 境界値は、外海深層の低い DO の影響を受けている可能性があると考え、東京湾外湾における DO 鉛直分布観測結果をベースに、下層の DO を低く設定したトライアル計算を行い、下層(水深 50m)の DO を 5mg/L に設定した場合に、神奈川県側の環境基準点下層の DO の再現性が向上したことから、図 15 のように設定した。

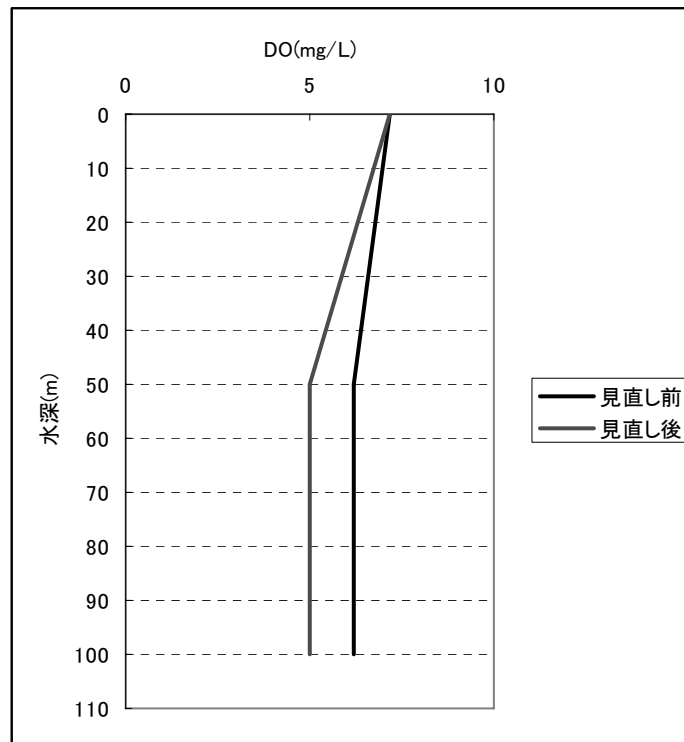


図 15 外海境界における DO 境界条件

【参考】内部波発生の可能性について

- ・ 国総研の水温・塩分連続観測地点は外湾に位置するものは存在しなかった。
- ・ 内湾の外湾に最も近い地点 St.6 と最も湾奥の地点 St.1 の水質のデータを図 17、図 18 に示す。

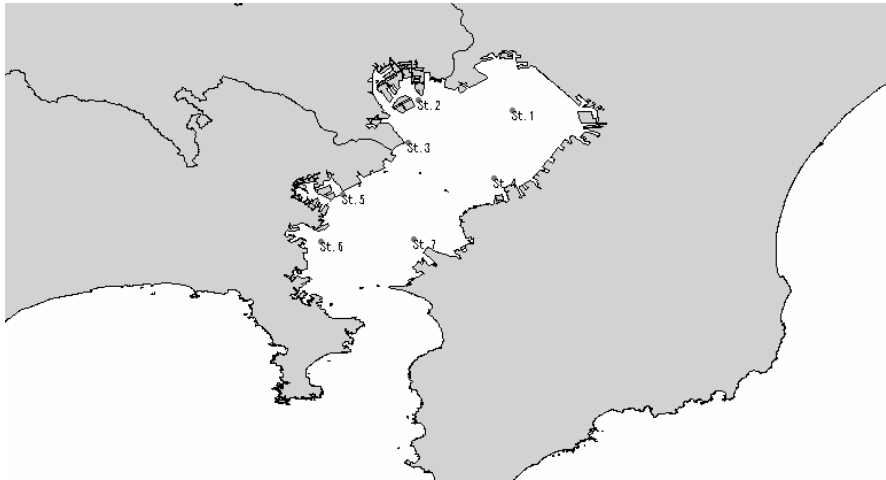


図 16 国総研の水温・塩分連続観測地点の位置

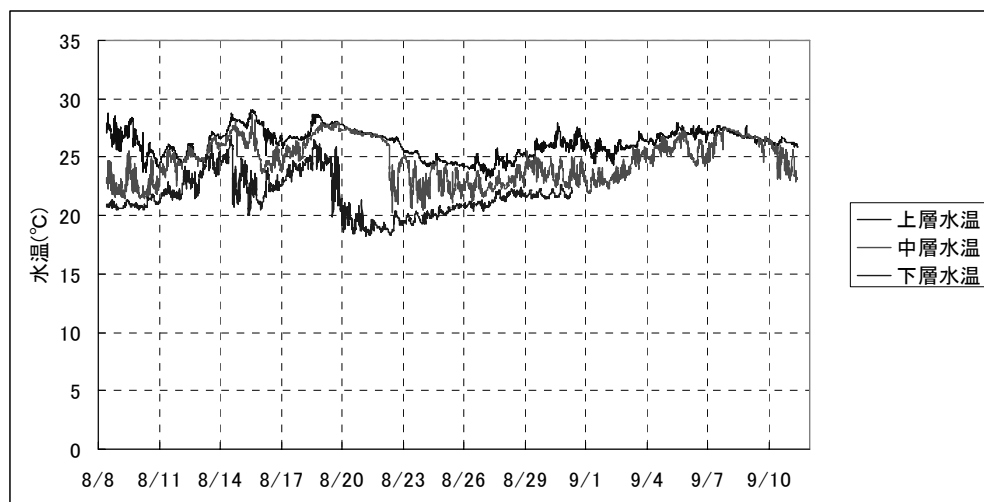


図 17 水温の変動(St.6)

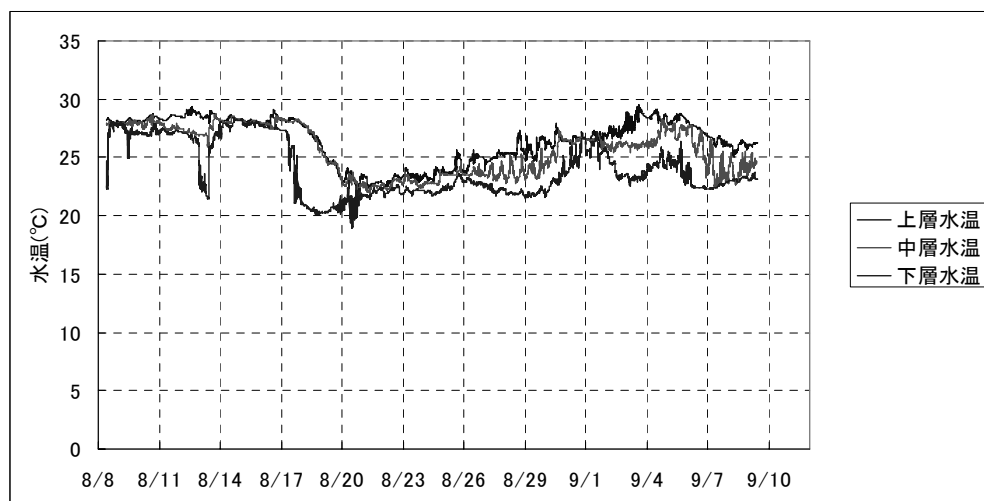


図 18 水温の変動(St.1)

(3) 現況再現計算結果

以下の計算結果の表示において用いる層名は次のとおりとする。

表層 : 水質観測が行われている上層の値
下層 : 水質観測が行われている下層の値
底層 : 観測地点の最深部の値

環境基準点における DO の観測値と計算値の比較を図 19 に示す。

- ・ 表層は観測値の地点別の変動を計算値では再現できていない部分もあるが、表層の DO の値は、日変動が激しく、平均場の計算結果で一致させることは困難である。
- ・ 下層については、全体的に計算値は観測値をよく再現できている。

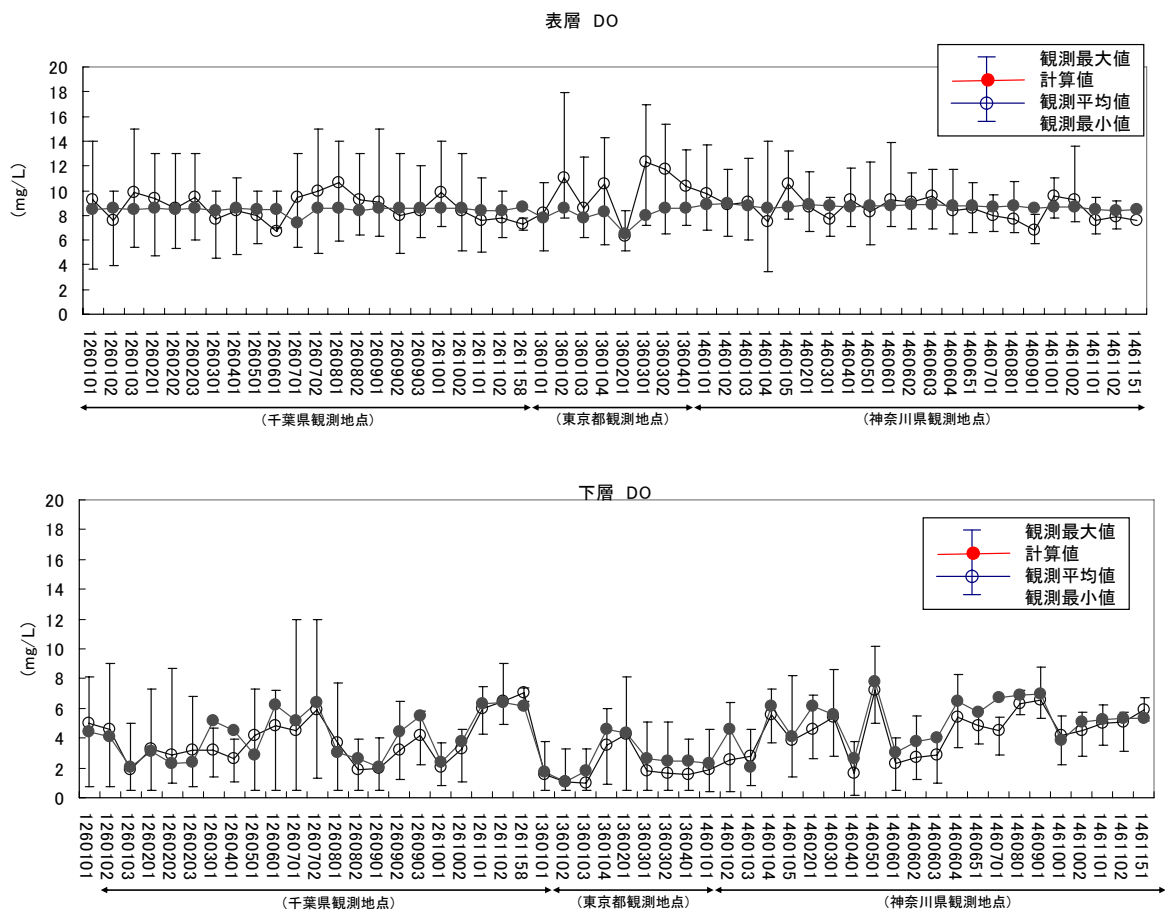


図 19 計算値と観測値の比較

環境基準点の下層の DO の年間最低値の観測値と計算値の比較を図 20 に示す。

年間最低値は夏季平均値の計算結果を次の相関式で換算したものである。

$$[\text{年間 DO 最低値}] = 0.8125 \times [\text{夏季 DO 平均値}] - 0.7787$$

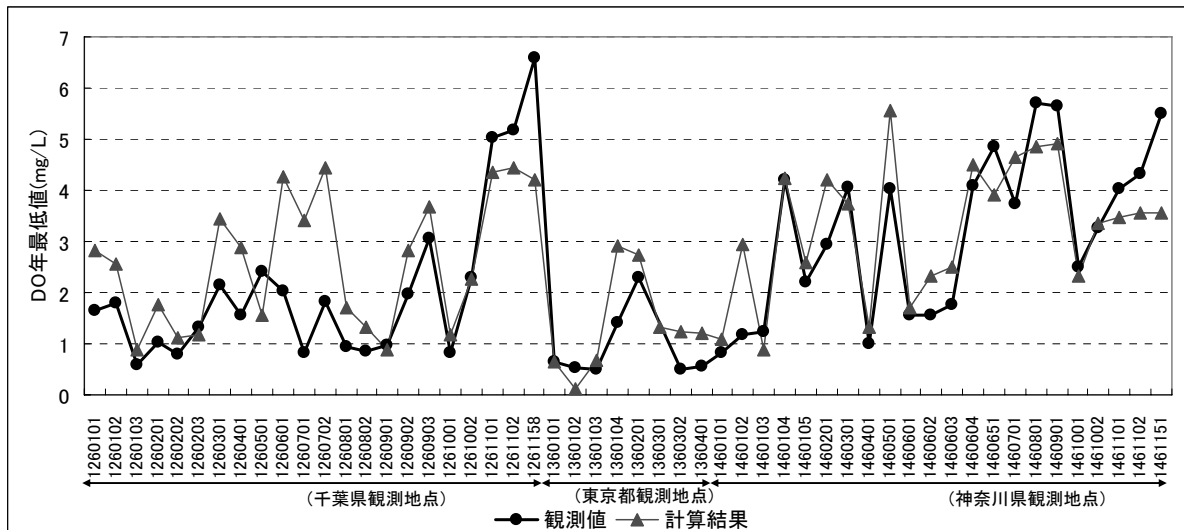


図 20 下層の DO の年間最低値の観測値と計算値の比較(現況)

環境基準点の底層の DO の年間最低値の計算結果を図 21 に示す。

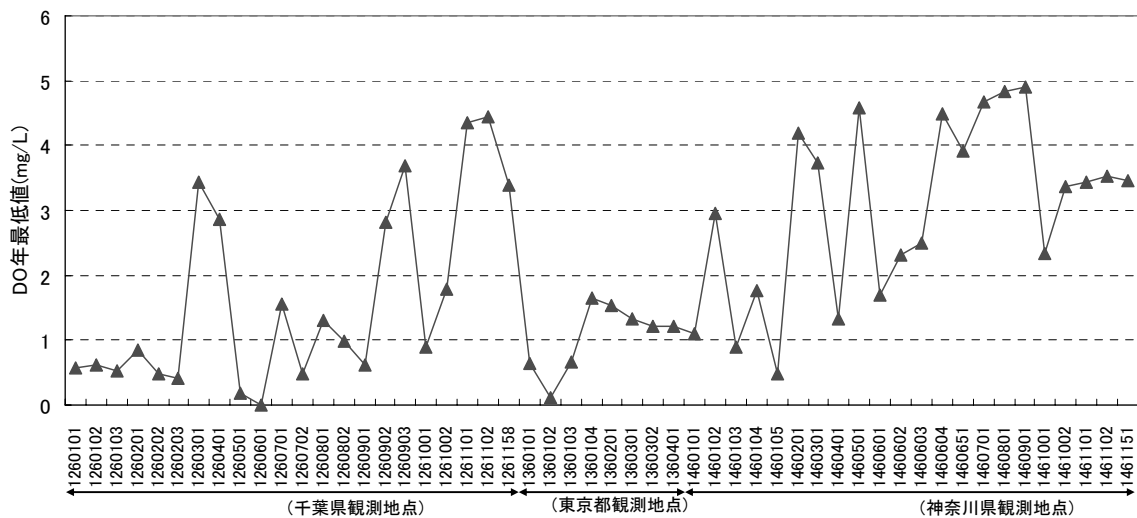


図 21 底層の DO 年間最低値の計算結果(現況)

現況再現計算における底層の DO 平面分布(年間最低値)を図 22 に示す。

- ・ 内湾の湾奥部全体に DO2mg/L 以下のエリアが広がっている。

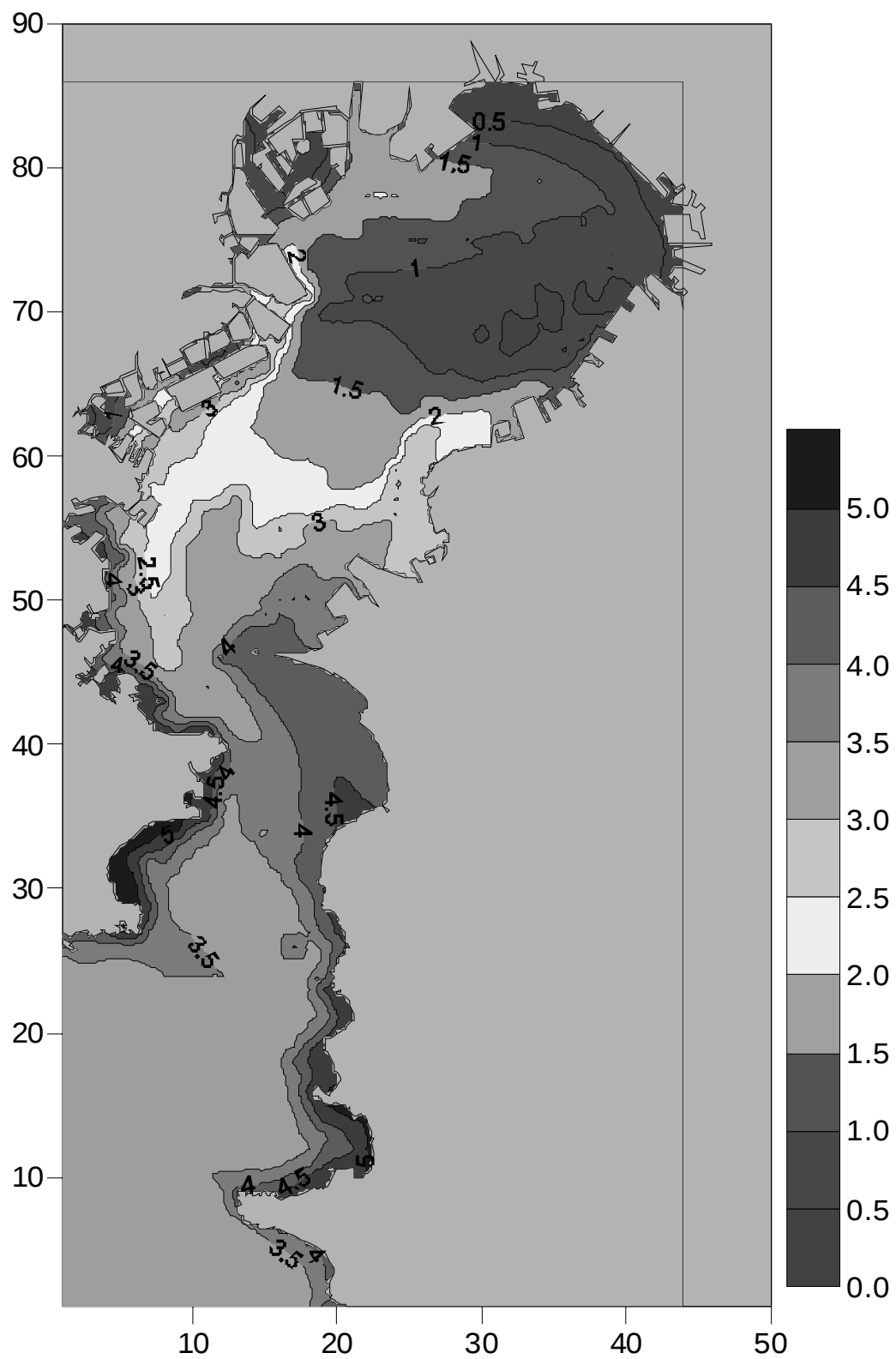


図 22 底層における DO 分布(現況再現計算、年間最低値)

【参考】年間 DO 最低値の推定方法

湾内の環境基準点における夏季 DO 平均値と年間 DO 最低値の関係を図 23 に示す。図は平成 14 年から 16 年の夏季(7～9 月)の平均値について整理したものである。

両者に相関が認められるので、図 23 に示す相関式を用いてシミュレーションによる夏季 DO 平均値から年間 DO 最低値を求める。

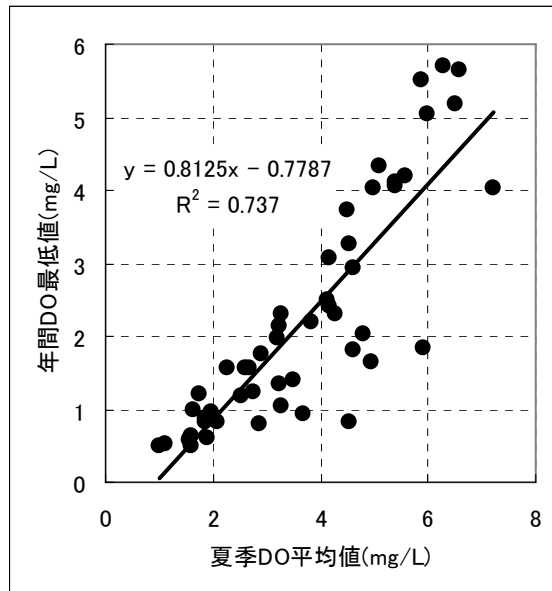


図 23 夏季 DO 平均値と年間 DO 最低値の関係

2.2 将来の底泥 DO 消費速度の設定

(1) 将来の底泥 DO 消費速度

底泥 DO 消費速度は底泥溶出速度設定の考え方を踏襲し、以下のように設定した。

- ・ 下層の COD 平均水質と底泥 DO 消費速度の関係を図 24 に示す。図中の底泥 DO 消費速度は国総研の平成 14 年 8 月の測定値、下層の COD 平均水質は底泥 DO 消費速度近傍の環境基準点における平成元年から平成 3 年の年平均水質である(国総研の底泥 DO 消費速度測定地点の内、近傍に環境基準点の存在する地点のみを示している)。
- ・ 図 24 から、湾内 COD 水質と底泥 DO 消費速度の間に比例関係が認められる。
- ・ 以上のことから、底泥 DO 消費速度は湾内 COD 水質に比例すると仮定して、湾内の環境基準点における将来水質予測結果(底泥溶出速度は現況値)と環境基準値の比率の最小値で現況の底泥 DO 消費速度を除して、環境基準達成時の底泥溶出速度を設定した。設定結果を表 2 に示す。

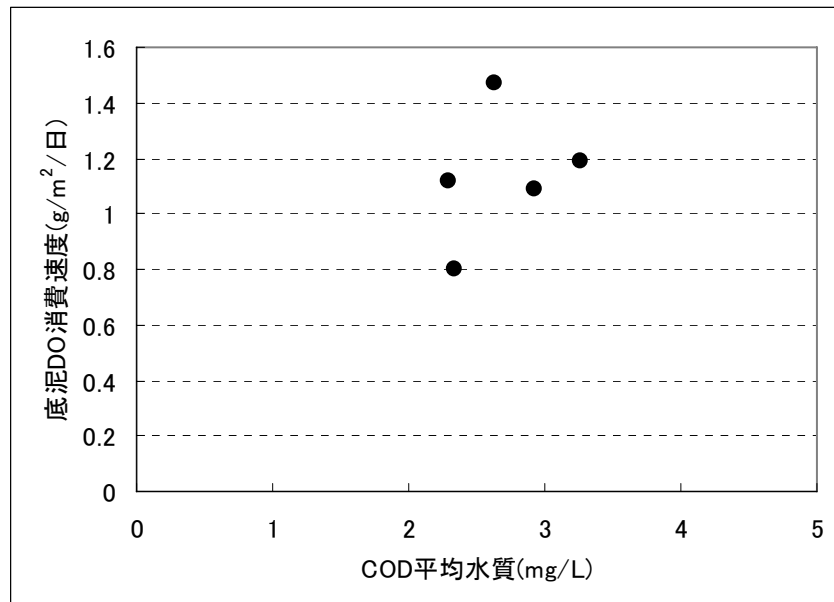


図 24 底泥 DO 消費速度と下層の COD 平均水質の関係

表 2 底泥 DO 消費速度設定値

		内湾西岸域	左記以外
底泥 DO 消費速度(現況設定値)	(mg/m²/日)	2.5	1.0
基準値／将来値比の最小値		0.7143	
底泥 DO 消費速度	(mg/m²/日)	1.8	0.7

(2) 予測計算結果

1) 計算条件

東京湾流総検討における環境基準達成を想定した陸域からの流入負荷量である許容負荷量を与えた場合の湾内 DO 解析を行った。

主な計算条件は以下のように設定した。

湾流入負荷量

東京湾流総検討において、トライアル計算で決定した環境基準を達成する湾流入負荷量。

表 3 湾流入負荷量

	COD	T-N	T-P
許容湾流入負荷量(t/日)	2 6 4	1 5 9	9 . 9

底泥溶出速度

底泥溶出速度は次のように設定した。

- ・ 底泥溶出速度は湾内水質に比例すると仮定して、湾内の環境基準点における将来水質予測結果(底泥溶出速度は現況値)と環境基準値の比率の最小値で現況の底泥溶出速度を除して、環境基準達成時の底泥溶出速度を設定した。
- ・ 基準値と将来値の比率の最小値を用いることは、将来値の中で環境基準の達成が最も厳しい地点の水質が環境基準を達成することを意味している。

表 4 底泥溶出速度の設定結果

	COD	T-N	T-P
底泥溶出速度 (現況設定値) (mg/m ² /日)	247.4	106.1	21.8
基準値／将来値比の最小値	0.7143	0.5556	0.750
底泥溶出速度 (環境基準達成時点) (mg/m ² /日)	176.7	58.9	16.4

2) 計算結果

現況と許容負荷量時の環境基準点における表層、下層、底層の DO 夏季平均値の比較を図 25 に示す。

- ・ 許容負荷量の場合、底層の夏季平均値はほぼ全ての地点で 3mg/L を上回る。

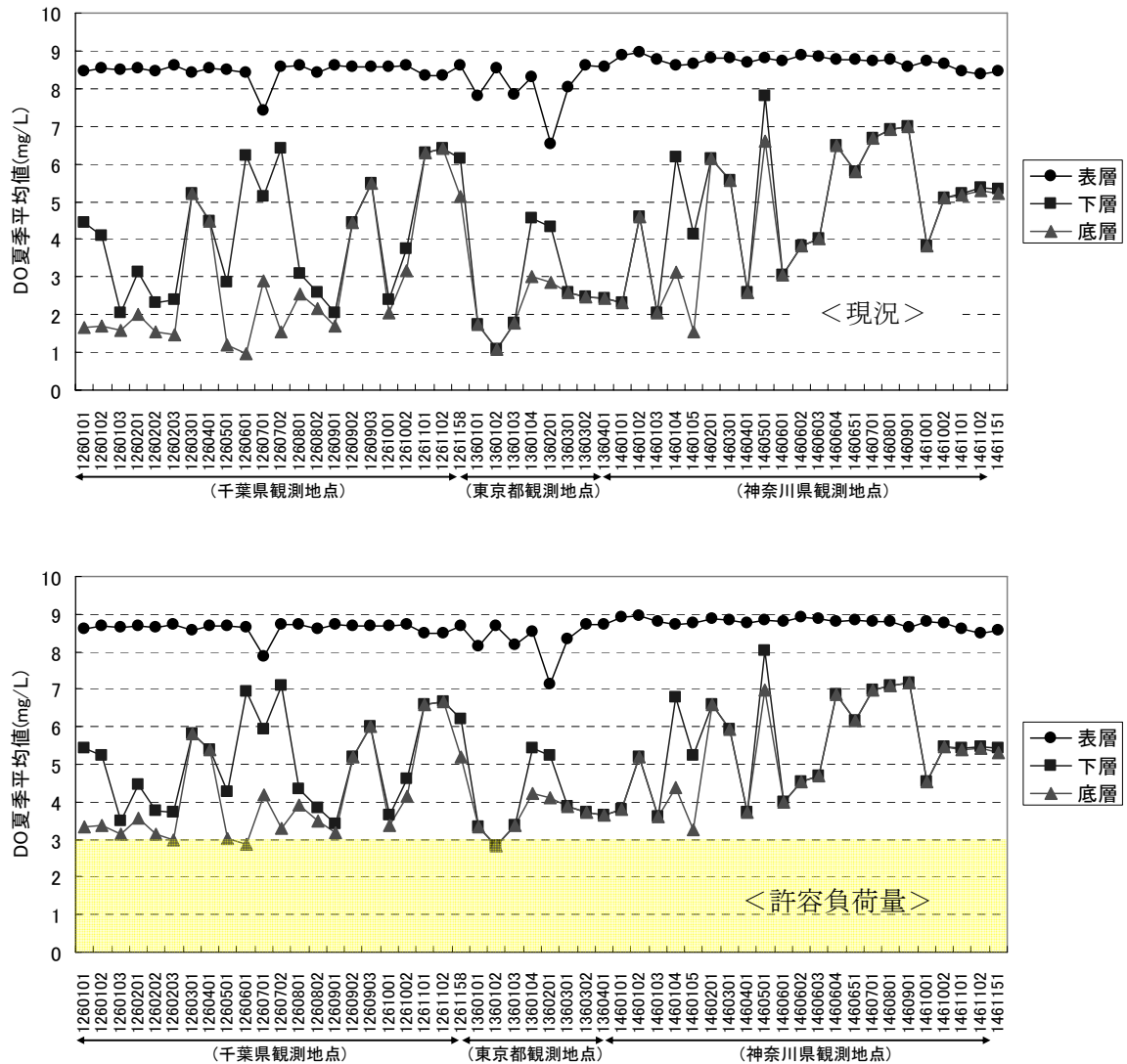


図 25 現況と許容負荷量時の DO 夏季平均値の比較

現況と許容負荷量の底層における DO 年最低値の比較を図 26 に示す。

- ・ 許容負荷量の場合、底層における DO 年最低値がほぼ 2mg/L を上回る。

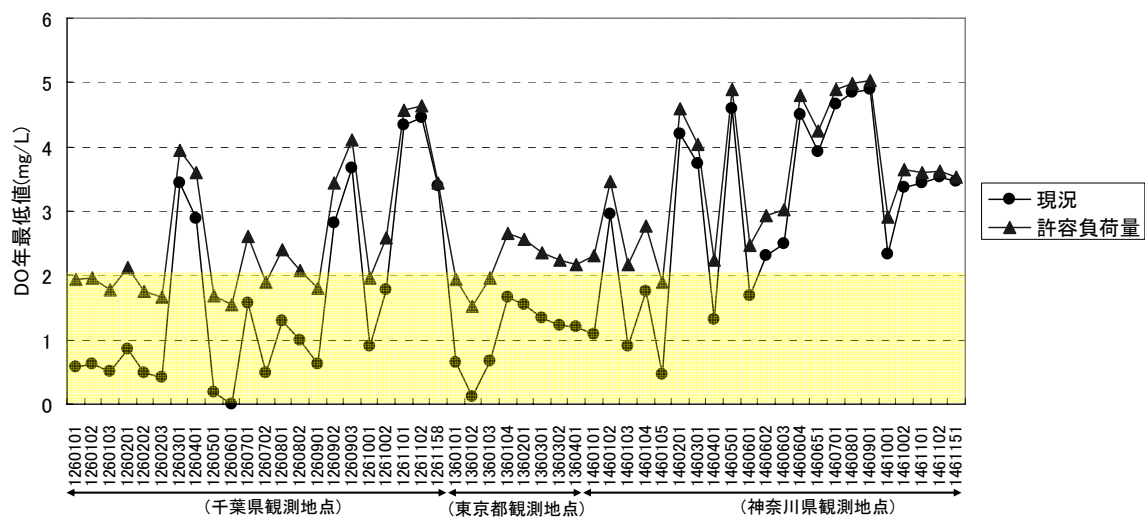


図 26 底層の DO 年最低値の比較

許容負荷量時の底層の DO 年間最低値の平面分布を図 27 に示す。

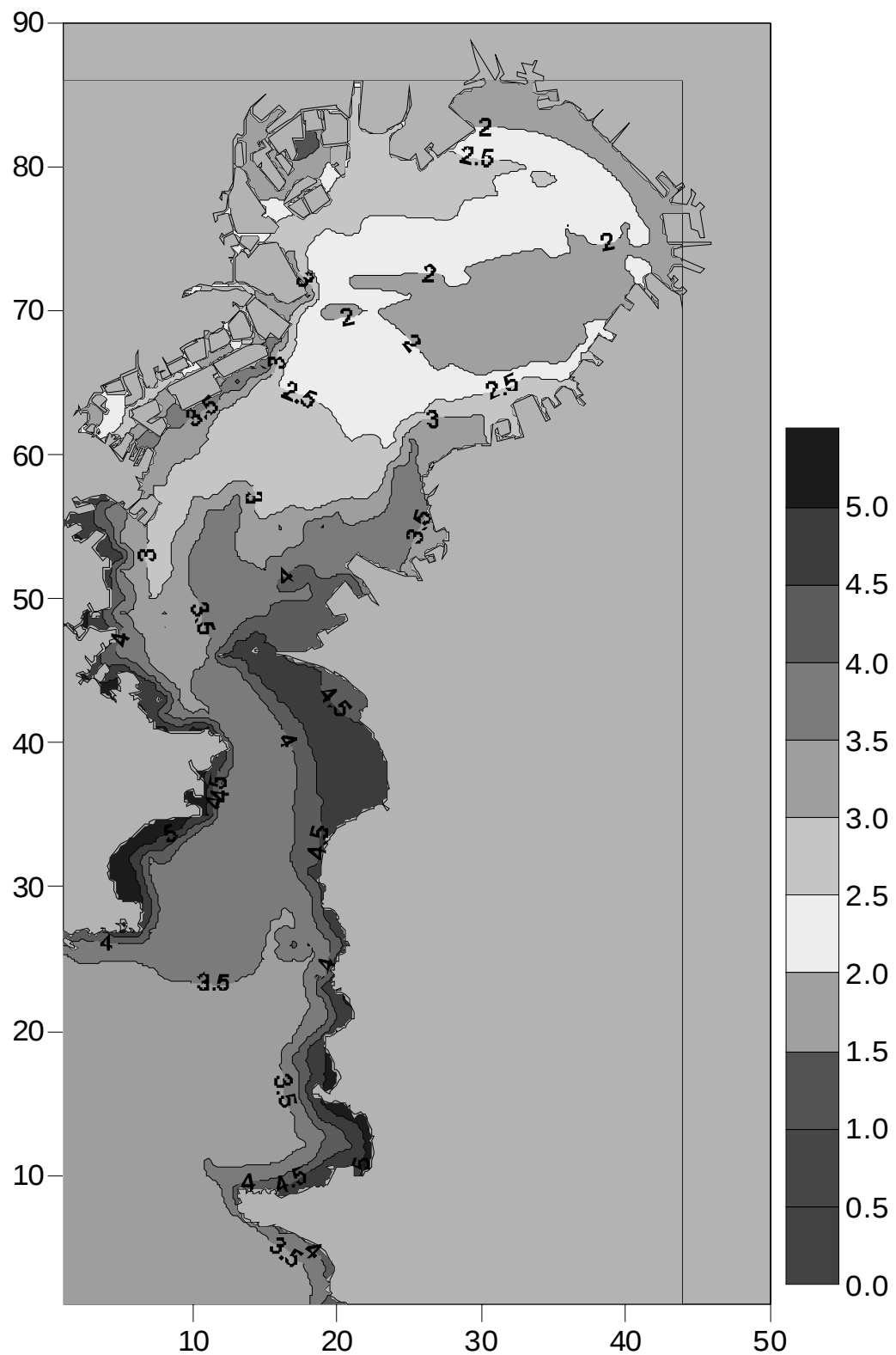


図 27 許容負荷量時の底層の年間 DO 最低値の平面分布

参考として、汚濁負荷削減レベルを許容負荷量より下げた場合(シナリオ 1)の底層 DO の評価を実施した。削減量は、現況に対する許容負荷量の削減量を削減率 100%とし、削減量が 1/3、2/3 になる負荷量をそれぞれシナリオ 1-①、シナリオ 1-②の負荷量と設定した(表 5、図 28)。

表 5 湾流入負荷量の設定

湾流入負荷量(t/日)				
	COD	T-N	T-P	備考
現況	397	250	19.8	
許容負荷量	264	159	9.9	
削減量	133	91	9.9	
シナリオ1-①	353	220	17	削減量は許容負荷量の1/3
シナリオ1-②	308	189	13	削減量は許容負荷量の2/3

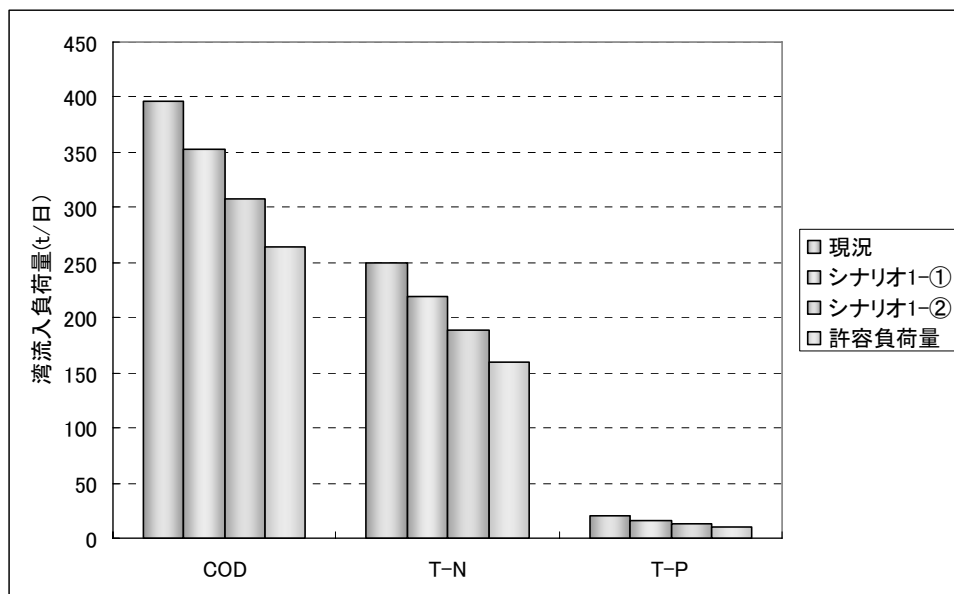


図 28 各ケース湾流入負荷量の比較

底層における DO 年最低値の比較を図 29 に示す。

- ・ 図から湾流入負荷量の減少に応じて底層の DO は改善されることが分かる。
- ・ シナリオ 1-②の場合では、環境基準点のみで見ても、千葉県、東京都の観測地点で DO2mg/L 未満の地点が多く残る結果となる。

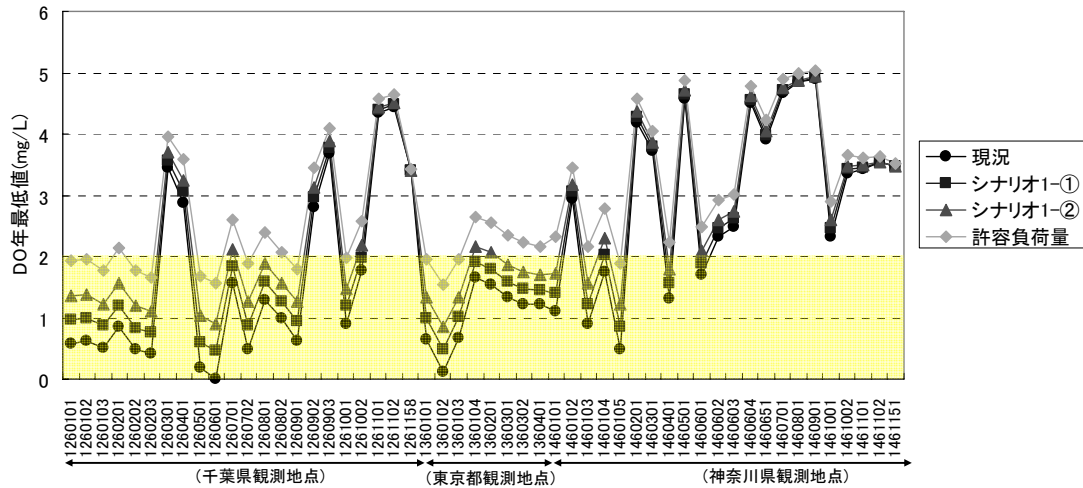


図 29 底層の DO 年最低値の比較(計算結果)

以上の検討結果から、環境基準を達成するために必要となる許容負荷量まで汚濁負荷量を削減した場合に、底層の DO が概ね 2mg/L を上回ることが分かる。

【参考】各ケースの底層 DO コンター図の比較

