

酒田港に係る防波堤の延伸状況(空中写真)



「国土地理院撮影の空中写真(昭和56年撮影)」



「国土地理院撮影の空中写真(平成3年撮影)」



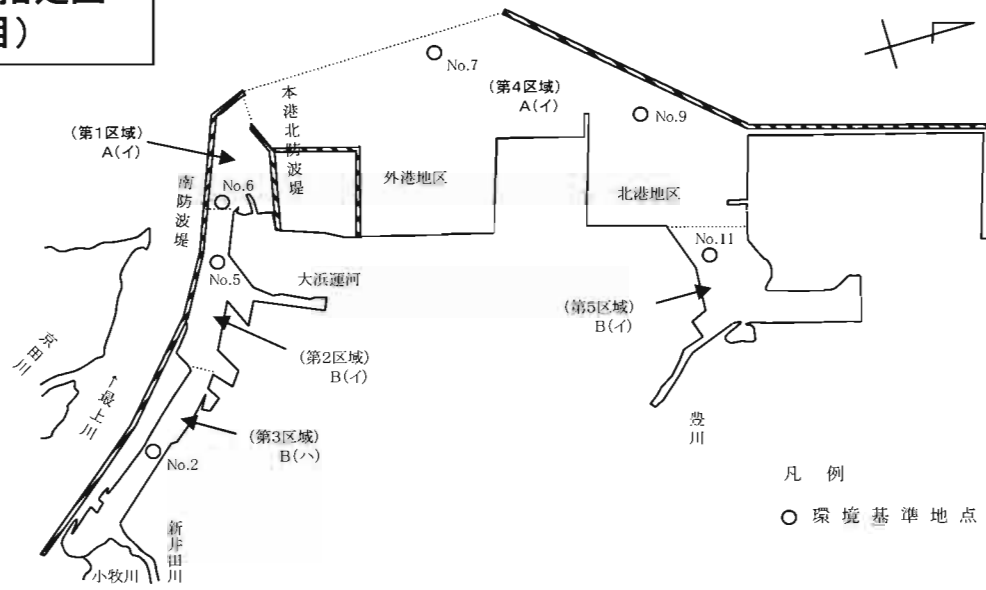
「国土地理院撮影の空中写真(平成8年撮影)」



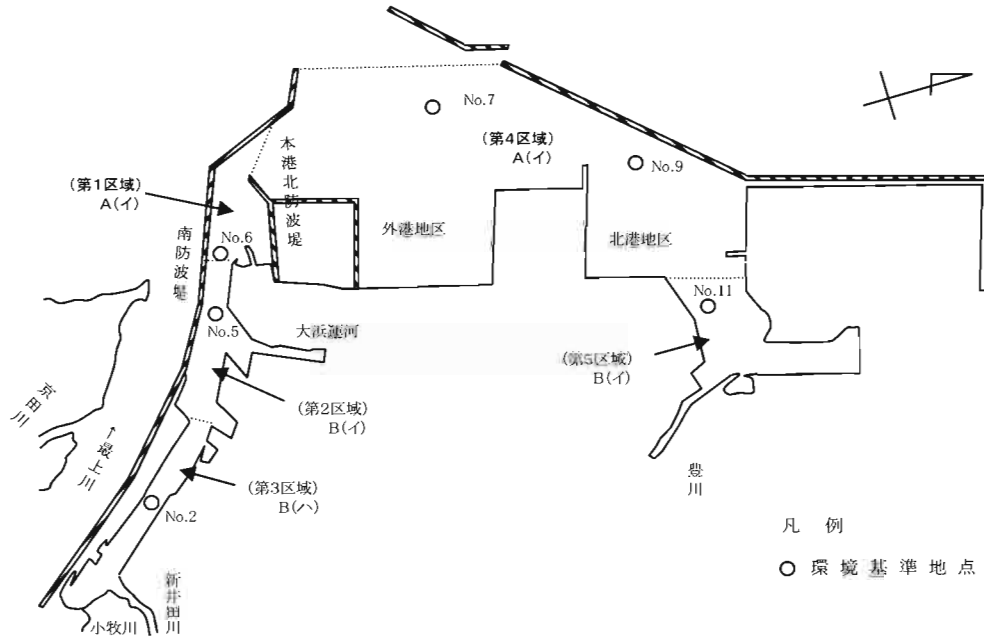
「国土地理院撮影の空中写真(平成14年撮影)」

環境基準類型指定図 (一般項目)

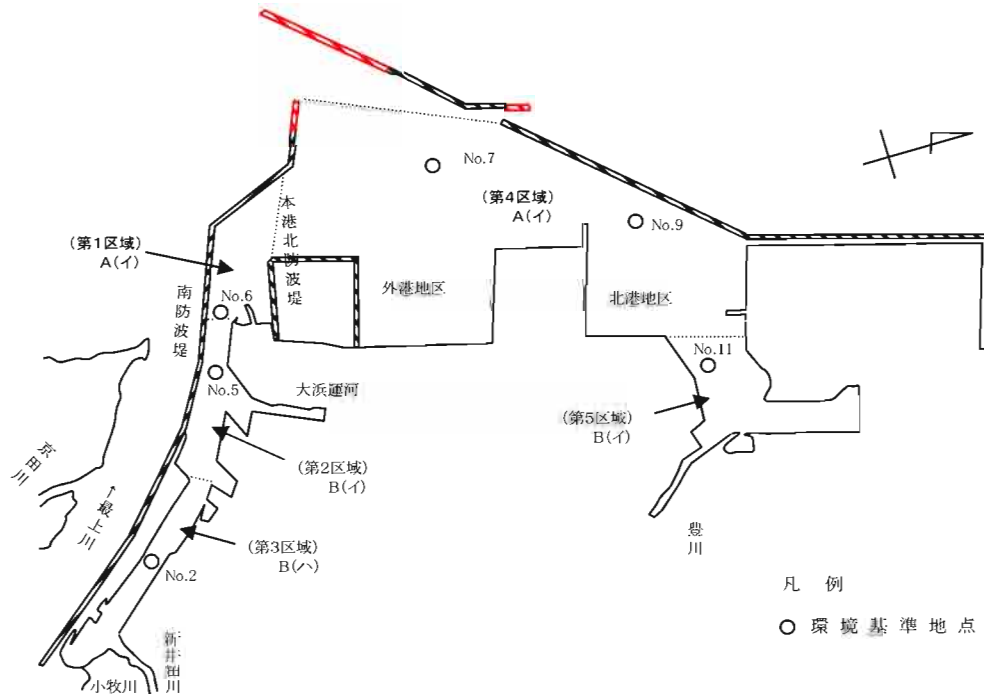
【類型指定当初】
※昭和58年3月



【現在】



【将来】



3-5 水質への影響の予測と評価

(1) 概要

今回計画に基づく新たな地形変化や立地施設によって、周辺海域の水質に影響を及ぼすことが考えられる。このため本調査では、水質への影響について数値シミュレーションを行い、酒田港港湾計画が周辺海域の水質へ及ぼす影響について検討するものである。

(2) 予測項目

水質汚濁の調査項目は、海域の代表的な汚濁指標である化学的酸素要求量（COD）とした。

(3) 予測範囲

水質汚濁の予測範囲は、潮流予測と同一の範囲とした。

(4) 予測時期

水質予測の対象年次潮流予測と同様に、今回計画による施設整備が完了していると考えられる、おおむねの目標年次である平成30年とした。

(5) 予測ケース

予測ケースは現況再現1ケース、将来予測は既定計画1ケース及び今回計画1ケースの2ケースとした。予測ケースは、表3-5-1に示すとおりである。

表3-5-1 水質予測ケース

条件 \ ケース	現況再現	将来予測	
		既定計画	今回計画
地形条件	現況地形	計画変更なし (既定計画)	計画変更あり (今回計画)
流況条件	現況流況	計画変更なし (既定計画)	計画変更あり (今回計画)
流入負荷量	現況負荷量	将来負荷量 (計画変更なし)	将来負荷量 (計画変更あり)

(6) 予測方法

① 予測手順

水質汚濁の影響予測手順は、図3-5-1に示すとおりである。

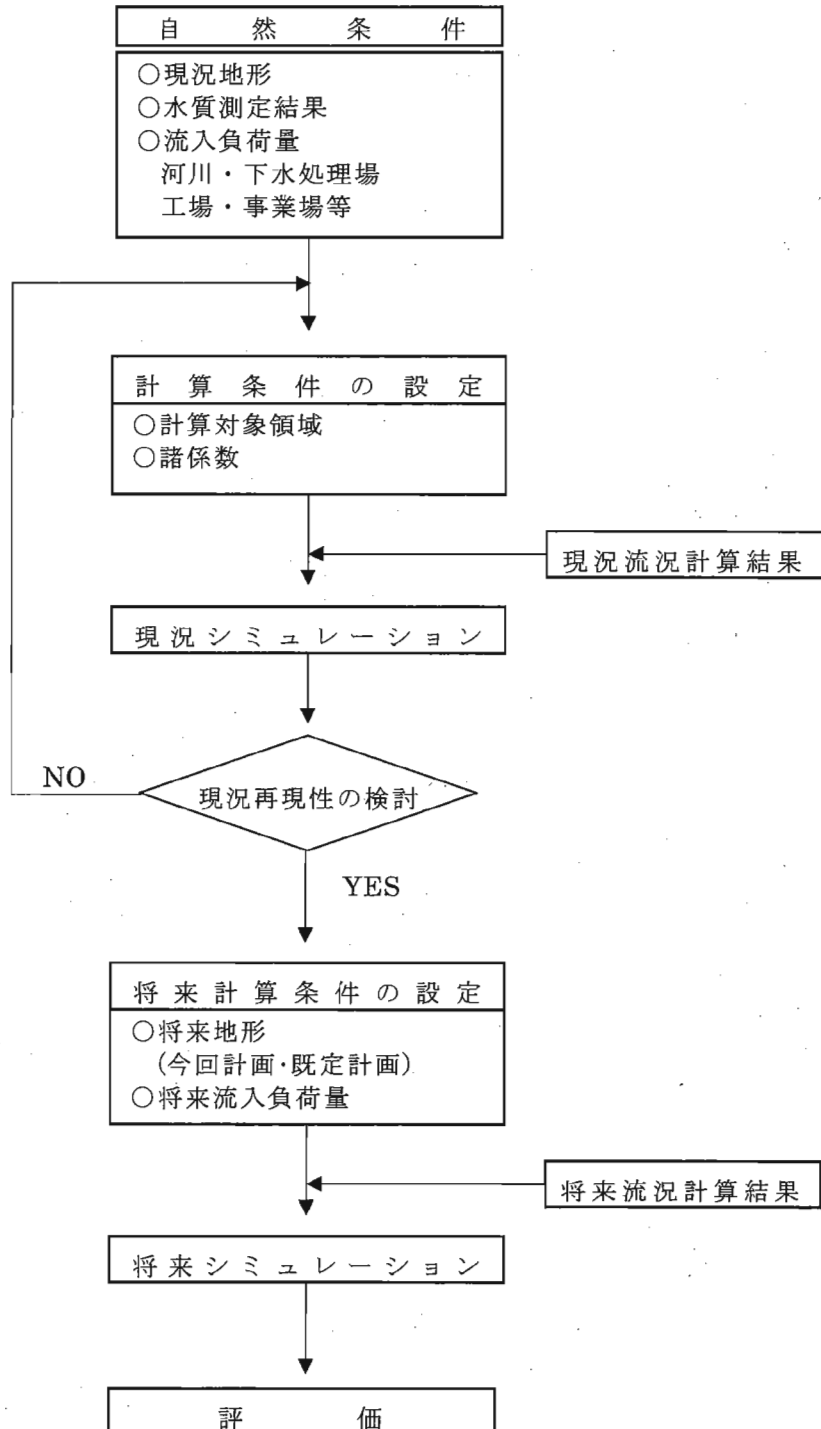


図3-5-1 水質汚濁の影響予測手順

②予測式

供用後の水質予測に用いたモデルは、流況の予測式に対応した二次元単層モデルに基づく、COD拡散方程式により、基本式を以下に示す。

$$\frac{\partial}{\partial t}(Sh) = -\frac{\partial}{\partial x}(Suh) - \frac{\partial}{\partial y}(Svh) + \frac{\partial}{\partial x}\left(K_h h \frac{\partial S}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(K_h h \frac{\partial S}{\partial y}\right) + Ls$$

h : 水深

u : x 方向の流速

v : y 方向の流速

K_h : 水平拡散係数

S : COD濃度

Ls : 陸域からの流入負荷量

③予測条件

1)境界条件

境界条件は、現地観測結果に基づき開境界において夏季 1.5 mg/ℓ、冬季 0.7 mg/ℓと設定した。

2)初期条件

初期条件は、境界条件同様に現地観測結果に基づき、夏季 1.5 mg/ℓ、冬季 0.7 mg/ℓと設定した。

3) 計算条件

水質拡散モデルにおける主要なパラメータについては、現況の再現性を考慮して、表3-5-2に示すとおりに設定した。

表3-5-2 水質シミュレーション計算条件

諸条件・項目	設定条件
拡散係数	$1.0 \times 10^5 \text{ cm}^2 / \text{s}$ (水平)
流動場	恒流 (北流)
計算時間	72 時間 (40 潮汐)
タイムステップ	60 秒

4) 流入負荷量

予測範囲に流入する負荷量は、発生負荷量の算定結果に基づき、表3-5-3に示すとおり設定した。これら負荷量の流入地点は、潮流計算における淡水流入位置と同一である。(図3-4-7参照)

表3-5-3 流入負荷量

区分	No.	名称	H15年度 COD負荷量 (t/日)	備考	計画変更なし		計画変更あり	
					COD負荷量 (t/日)	備考	COD負荷量 (t/日)	備考
河川	1	最上川	99.9184	平成15年 環境基準点 データ	86.5542	出典4	110.378	出典3
	2	京田川	5.7353	平成15年 環境基準点 データ	6.7253	出典4	4.653	出典3
	3	新井田川	2.981	平成15年 環境基準点 データ	4.8215	出典4	3.0296	出典2・3 を参考
	4	豊川	0.0668	※出典1	0.0901	出典4	0.0679	出典2・3 を参考
	5	赤川	16.1671	平成15年 環境基準点 データ	15.0577	出典4	16.4308	出典2・3 を参考
	6	日向川	5.11	平成15年 環境基準点 データ	7.2904	出典4	5.1934	出典2・3 を参考
工場 本港	7	事業所A	0.00241	出典1	0.4465	出典2	0.00241	現況と同じ
		事業所B	0.00004	出典1			0.00004	現況と同じ
		事業所C	0.00097	出典1			0.00097	現況と同じ
その他	8	小牧排水路	0.3383	出典2	0.3383		0.3383	現況と同じ
北港	9	事業所	0.1644	出典1	0.1644	出典1	1.1063	出典1
新規 企業 北港	10	事業所	-	-	5.7842	出典2	1.4129	出典5

出典1:「水濁特定事業場台帳」(山形県)を基礎に算定。

出典2:「酒田港港湾計画資料(その2)-改訂-(平成5年3月、酒田港港湾管理者)

出典3:「最上川流域別下水道整備総合計画(第2回変更)計画説明書」(平成12年度、山形県)を基礎に負荷量の将来推計値を算定算定。

出典4:「最上川流域別下水道整備総合計画(見直し)計画説明書(案)」(昭和60年度、山形県)を基礎に算定。

出典5:「工業立地原単位調査報告書」(平成15年3月、(財)日本立地センター)

注)事業所からの排水規制値を160mg/lとして想定した。

(7) 現況再現性の検討

現況の再現性を検討するため、予測範囲内における水質測定地点の測定結果を用いて、実測値と計算値の比較を行った。水質測定地点を図3-5-2に、水質の実測値と計算値の比較を表3-5-4に示す。

実測値と計算値を比較すると、計算値はほぼ実測値と同レベルにあり、現況の再現性は概ね良好であると判断される。

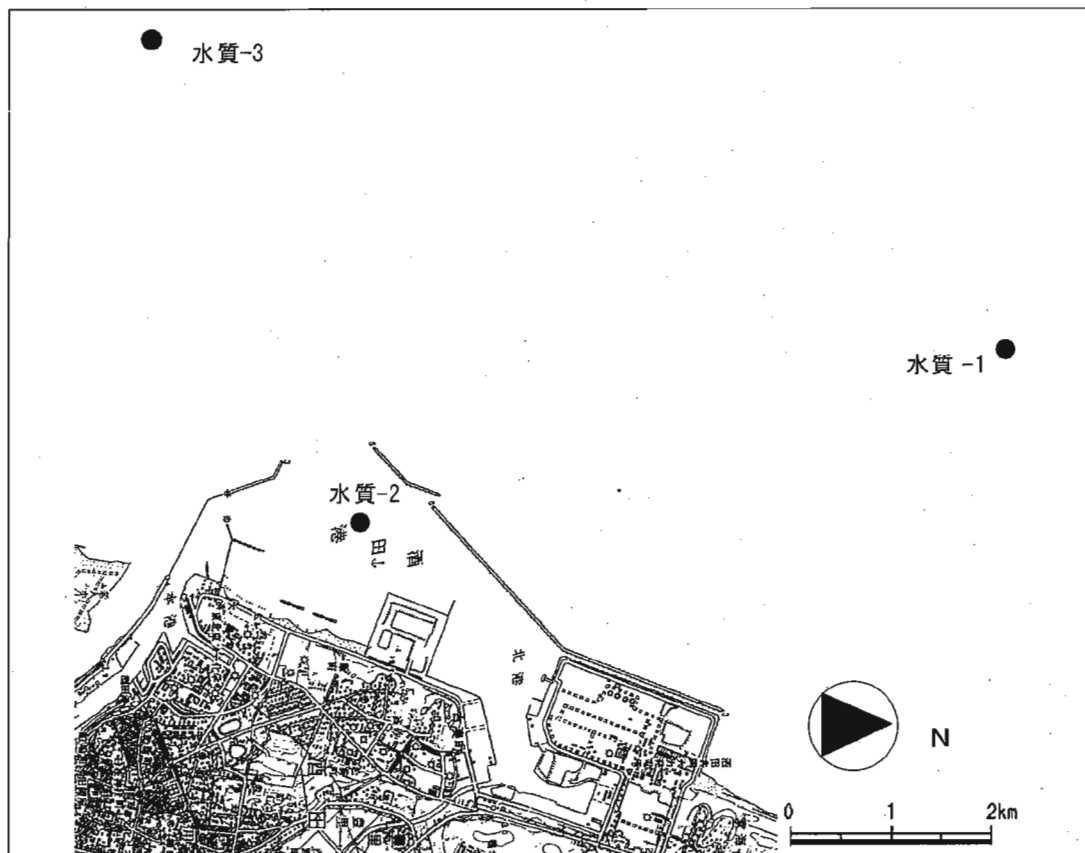


図3-5-2 水質測定地点

表3-5-4 水質の実測値と計算値の比較

(単位：mg/ℓ)

測定地点	時期	現地調査実測値			現況(計算値)
		最小値	最大値	平均値	
水質-1	夏季	1.5	1.6	1.6	1.51
	冬季	0.8	0.8	0.8	0.73
水質-2	夏季	1.7	2.6	2.2	1.93
	冬季	0.9	1.1	1.0	1.39
水質-3	夏季	1.4	1.7	1.6	1.50
	冬季	0.7	0.7	0.7	0.70

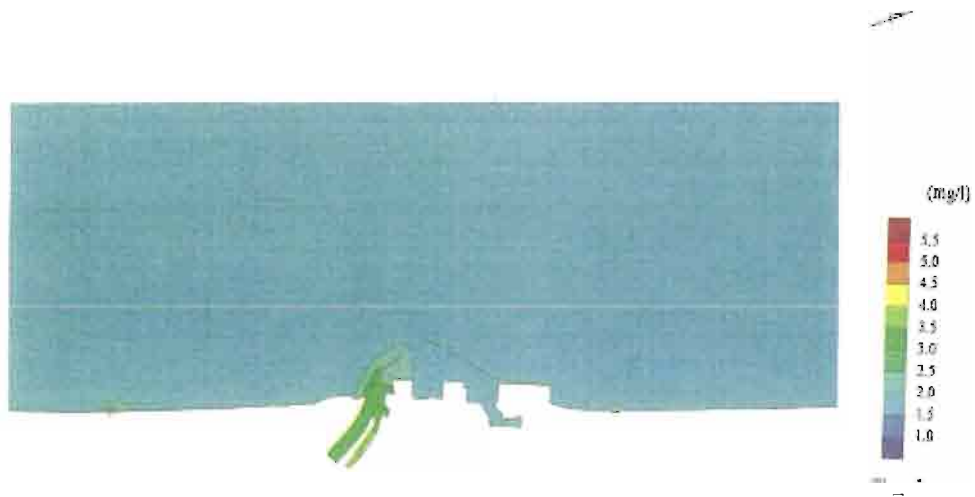


図3-5-3(1) 水質現況再現結果(COD[夏]:全体図)

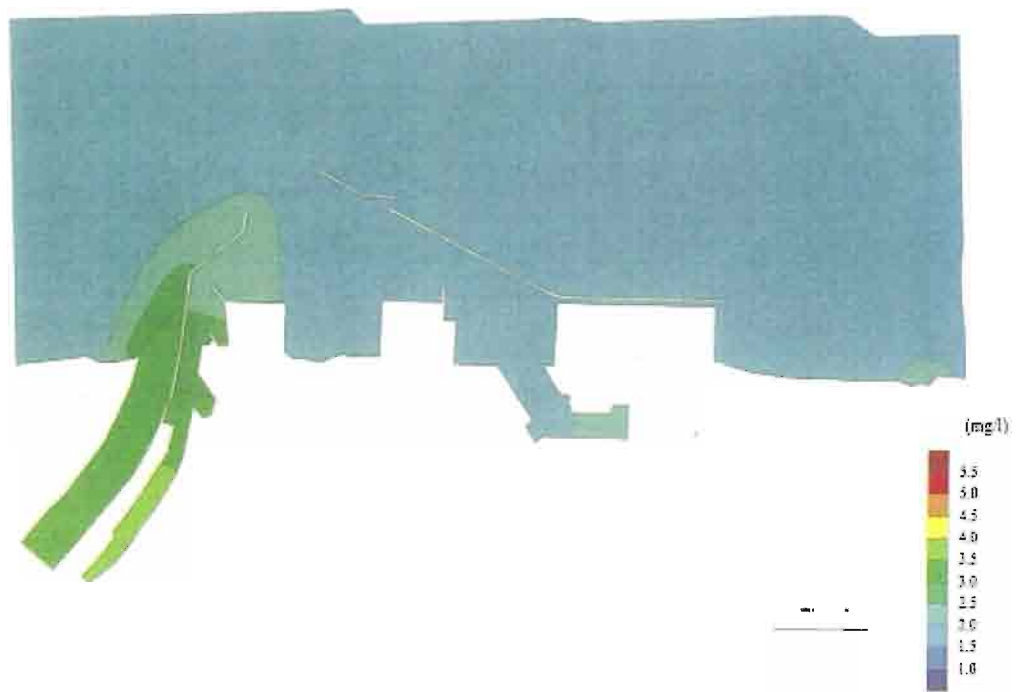


図3-5-3(2) 水質現況再現結果(COD[夏]:拡大図)

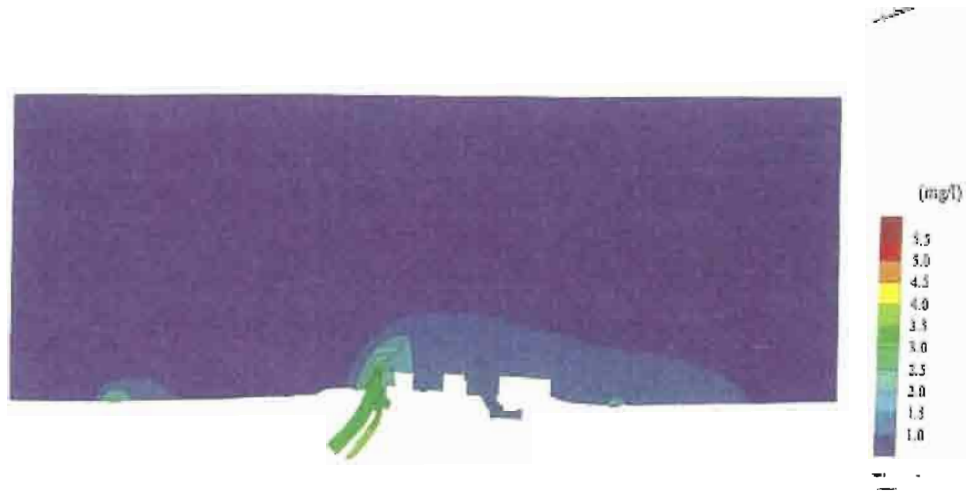


図3-5-3(3) 水質現況再現結果(COD[冬]:全体図)

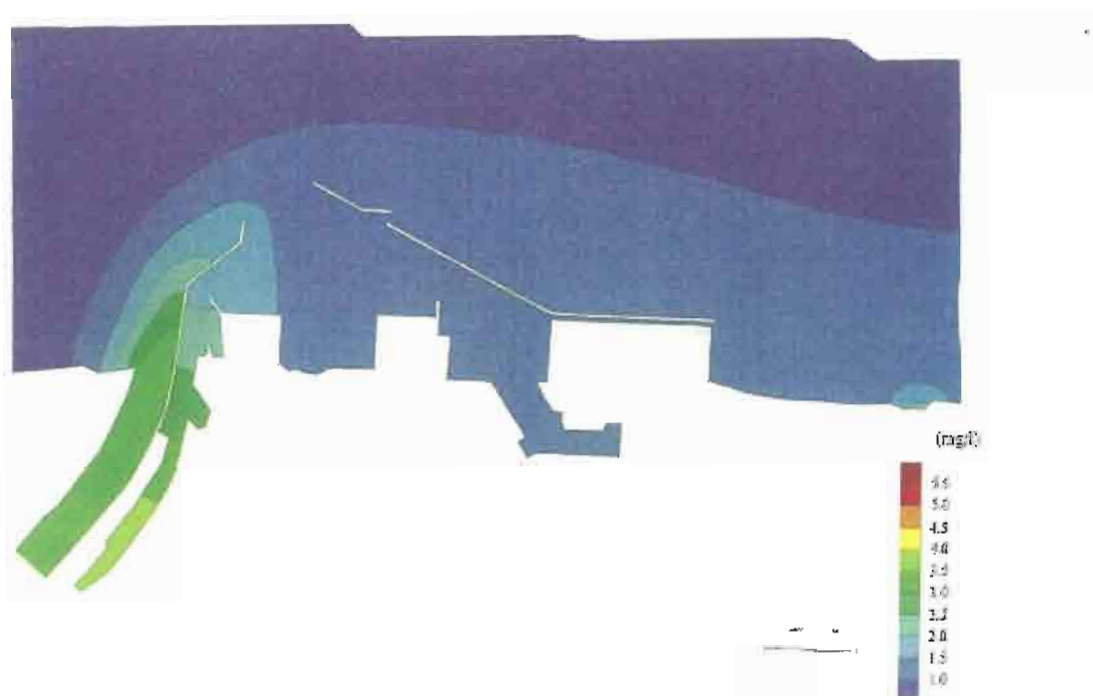


図3-5-3(4) 水質現況再現結果(COD[冬]:拡大図)

(8) 将来予測結果

計画変更なし（既定計画）のCOD水質濃度分布は図3-5-4（1）～（4）、計画変更あり（今回計画）のCOD水質濃度分布は図3-5-5（1）～（4）に示すとおりである。

予測範囲の濃度分布は現況と同様に、本港地区と最上川河口付近で高く、沖合に離れるに従って低下する傾向となっている。

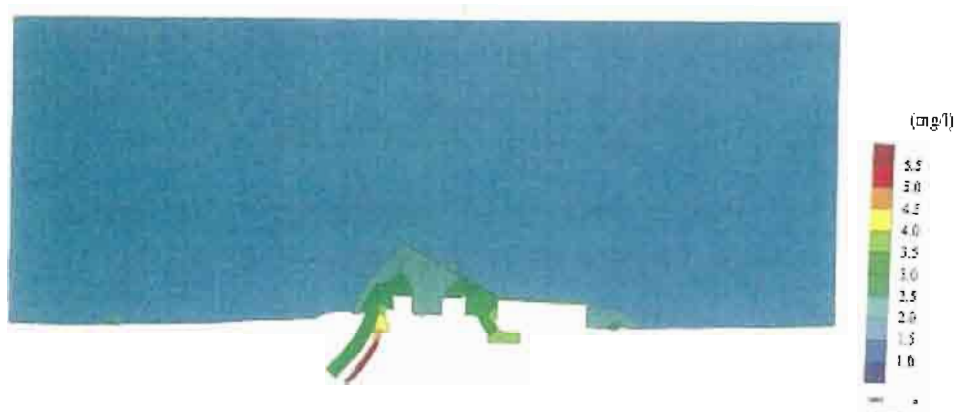


図3-5-4(1) 水質予測結果[計画変更なし](COD[夏]:全体図)

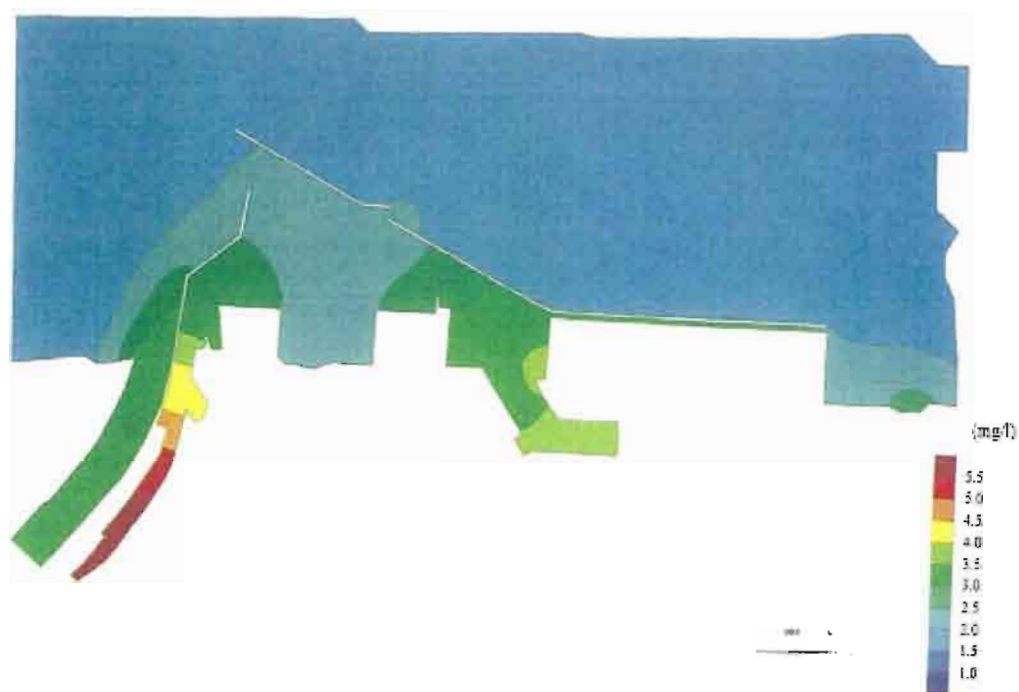


図3-5-4(2) 水質予測結果[計画変更なし](COD[夏]:拡大図)

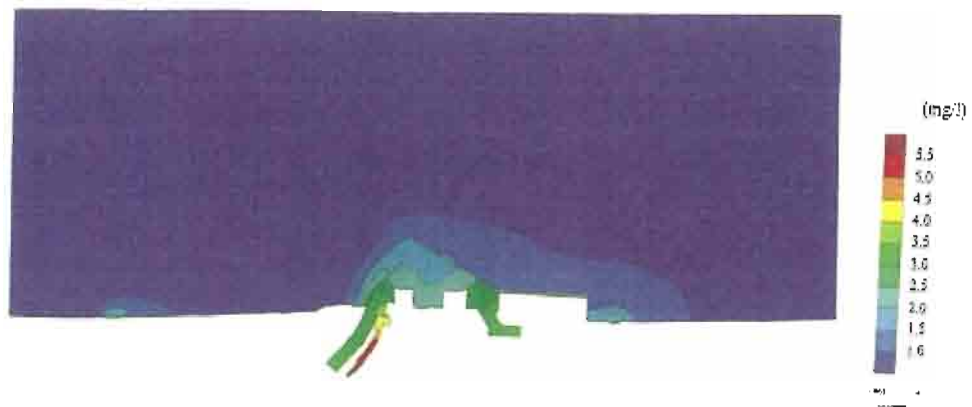


図3-5-4(3) 水質予測結果[計画変更なし](COD[冬];全体図)

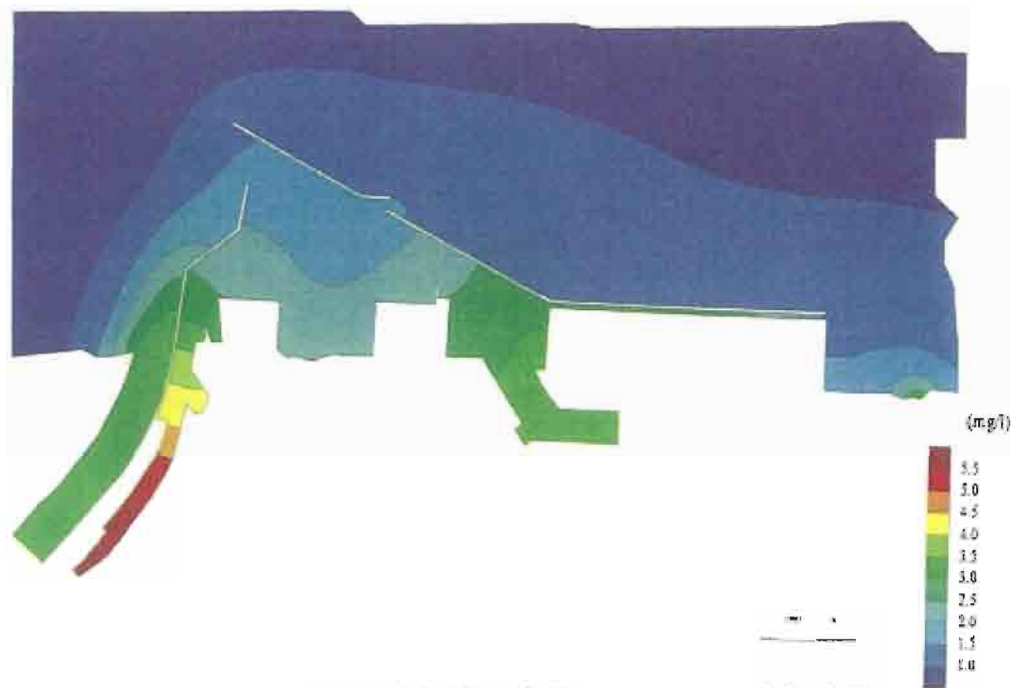


図3-5-4(4) 水質予測結果[計画変更なし](COD[冬];拡大図)

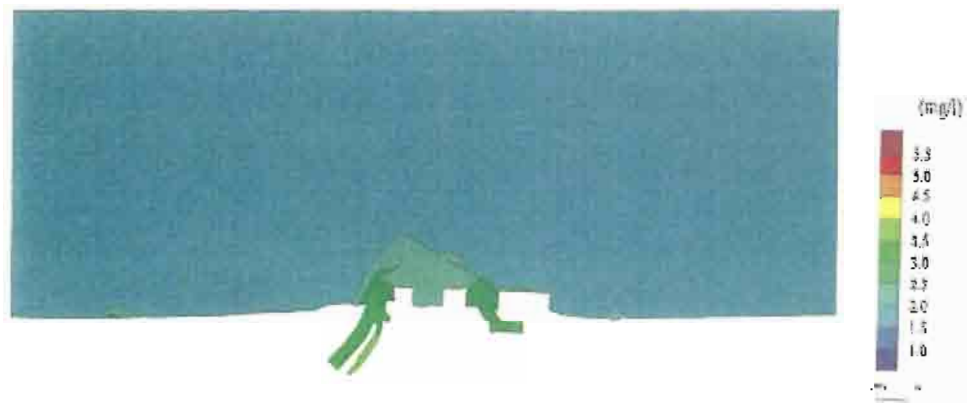


図3-5-5(1) 水質予測結果[計画変更あり](COD[夏]:全体図)

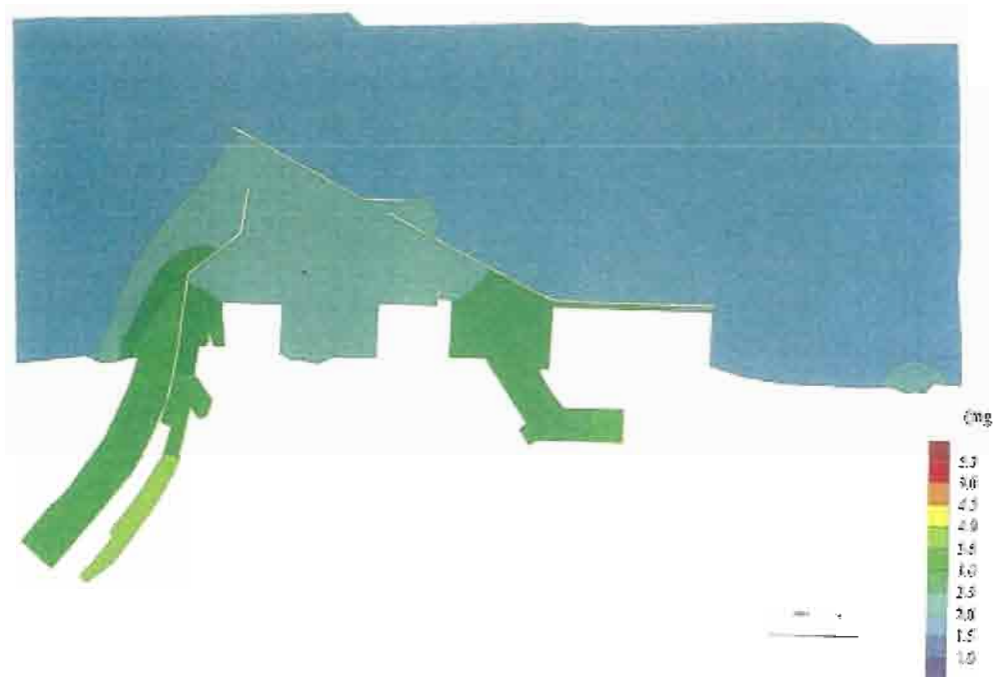


図3-5-5(2) 水質予測結果[計画変更あり](COD[夏]:拡大図)

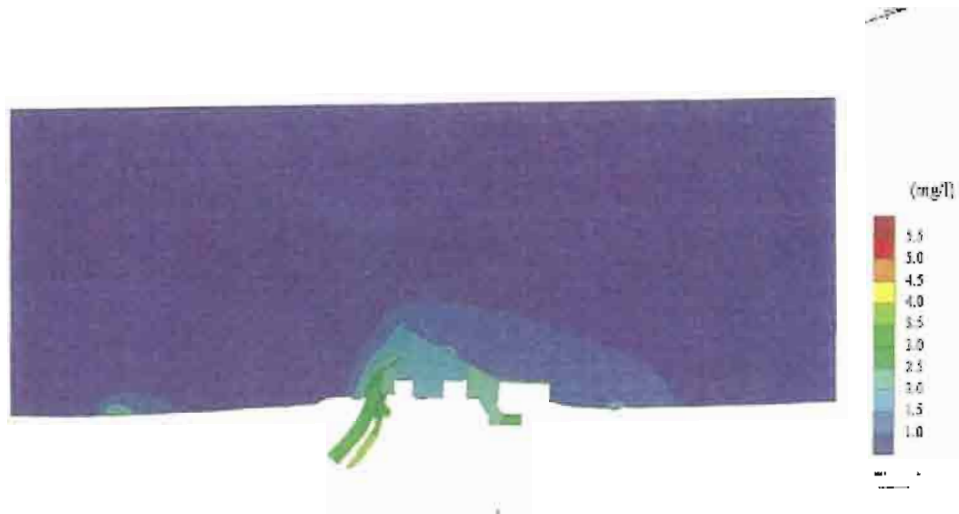


図3-5-5(3) 水質予測結果[計画変更あり](COD[冬]:全体図)

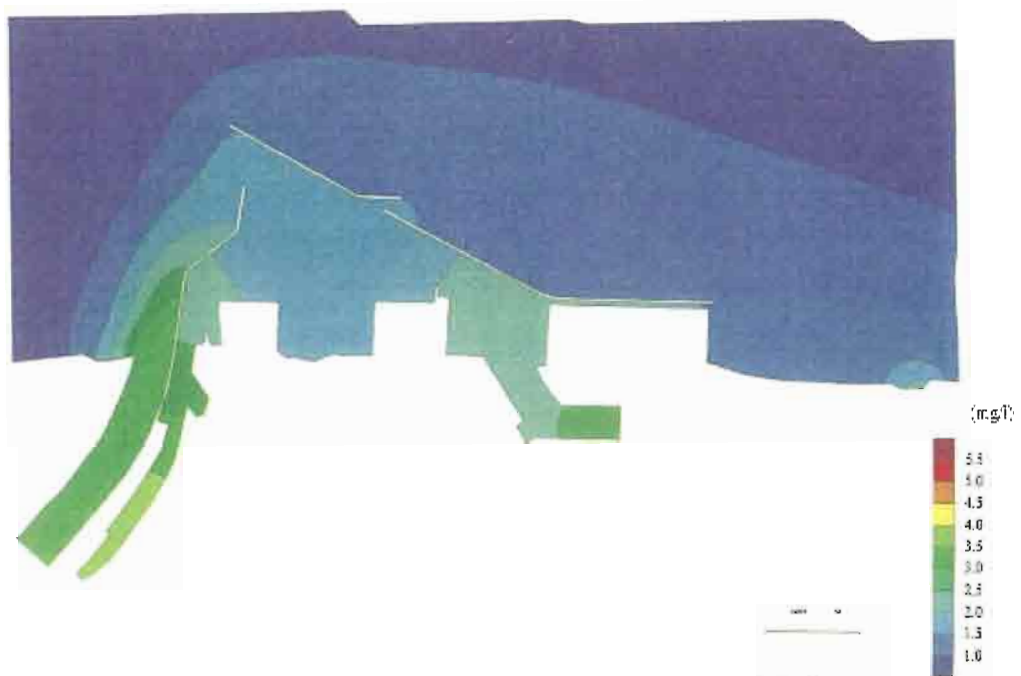


図3-5-5(4) 水質予測結果[計画変更あり](COD[冬]:拡大図)

(9) 評価

計画変更なし（既定計画）と計画変更あり（今回計画）の濃度差は図3-5-6（1）～（2）、現況と計画変更なしとの濃度差は図3-5-7（1）～（2）に、現況と計画変更ありとの濃度差は図3-5-8（1）～（2）に示すとおりである。

さらに、水質測定地点における実測値と予測値と予測値の比較を表3-5-5に示す。

これらによると、計画変更ありの予測値は、計画変更なしとほぼ同等であり、現況値と比較しても大きく増加することはない。

よって、今回計画が水質に与える影響は軽微であると考えられる。

表3-5-5 水質の実測値と予測値の比較

（単位：mg/ℓ）

測定地点	時期	現地調査実測値			予測値	
		最小値	最大値	平均値	計画変更なし	計画変更あり
水質1	夏季	1.5	1.6	1.6	1.52	1.52
	冬季	0.8	0.8	0.8	0.75	0.76
水質2	夏季	1.7	2.6	2.2	2.32	2.23
	冬季	0.9	1.1	1.0	1.87	1.80
水質3	夏季	1.4	1.7	1.6	1.50	1.50
	冬季	0.7	0.7	0.7	0.70	0.70

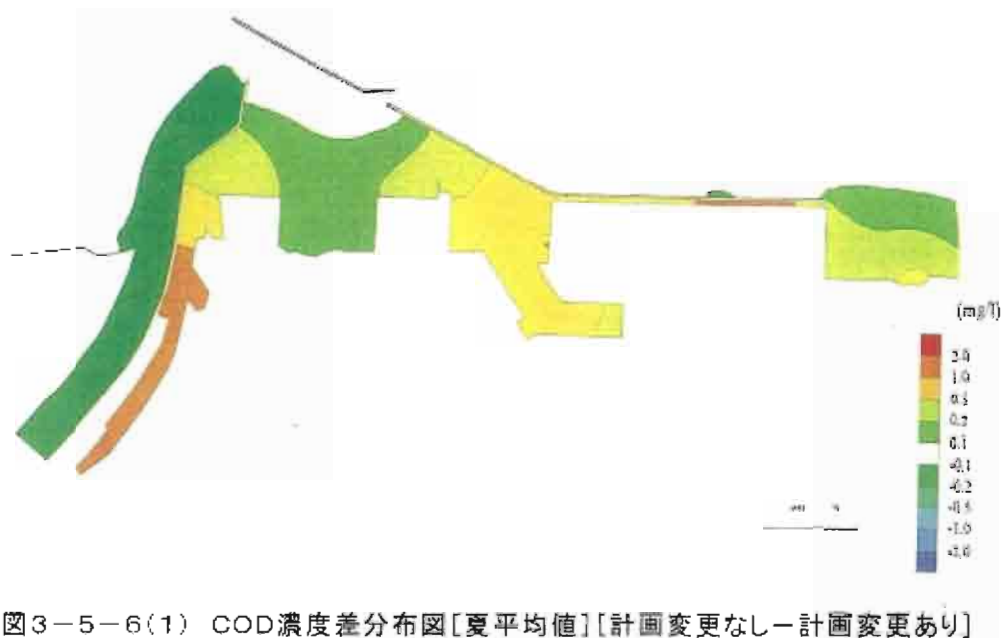


図3-5-6(1) COD濃度差分布図[夏平均値][計画変更なし-計画変更あり]

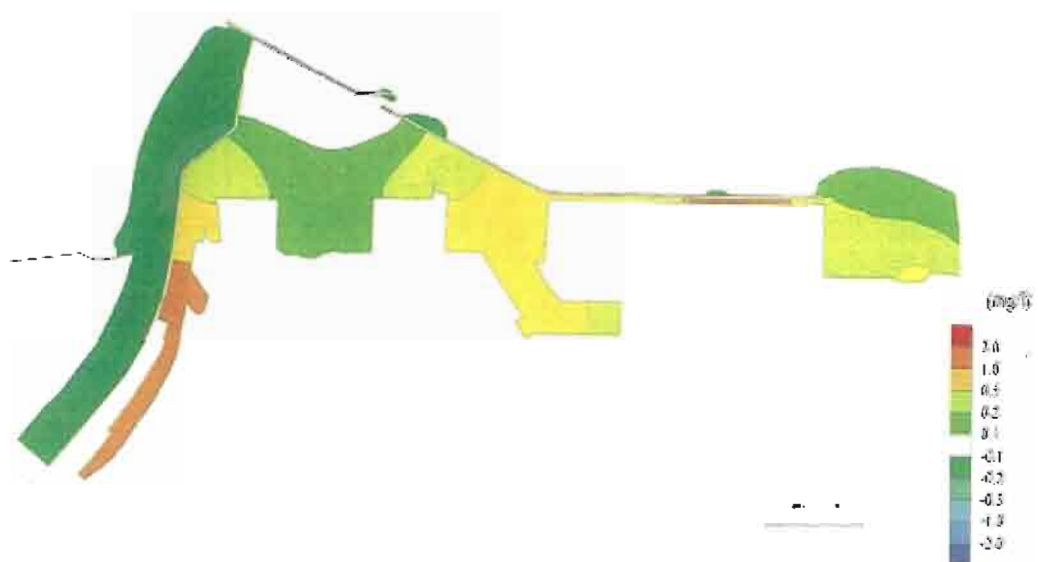


図3-5-6(2) COD濃度差分布図[冬平均値][計画変更なし-計画変更あり]

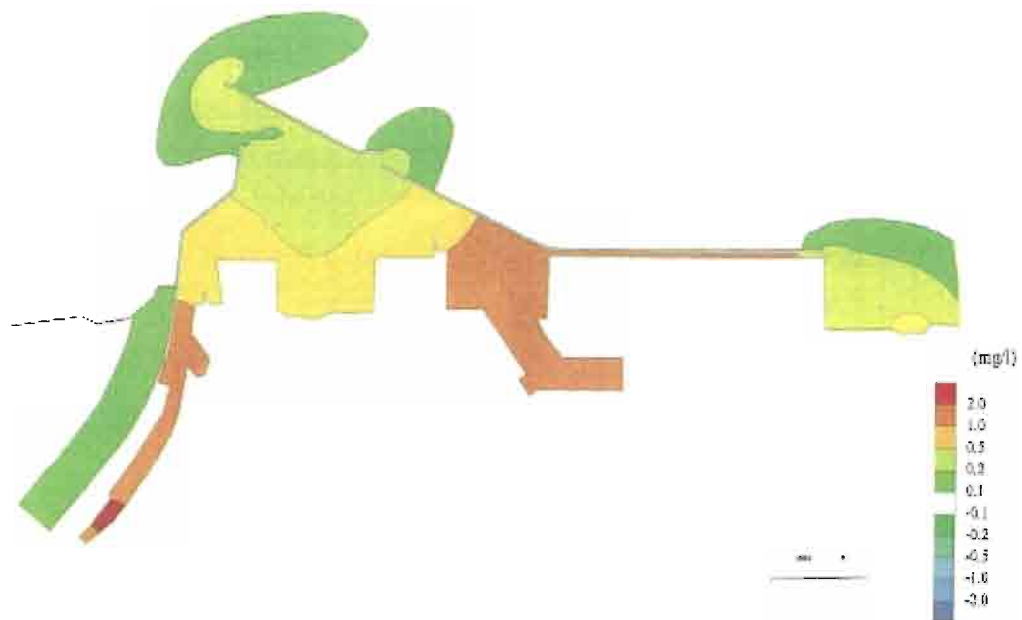


図3-5-7(1) COD濃度差分布[計画変更なし](計画-現況[夏])

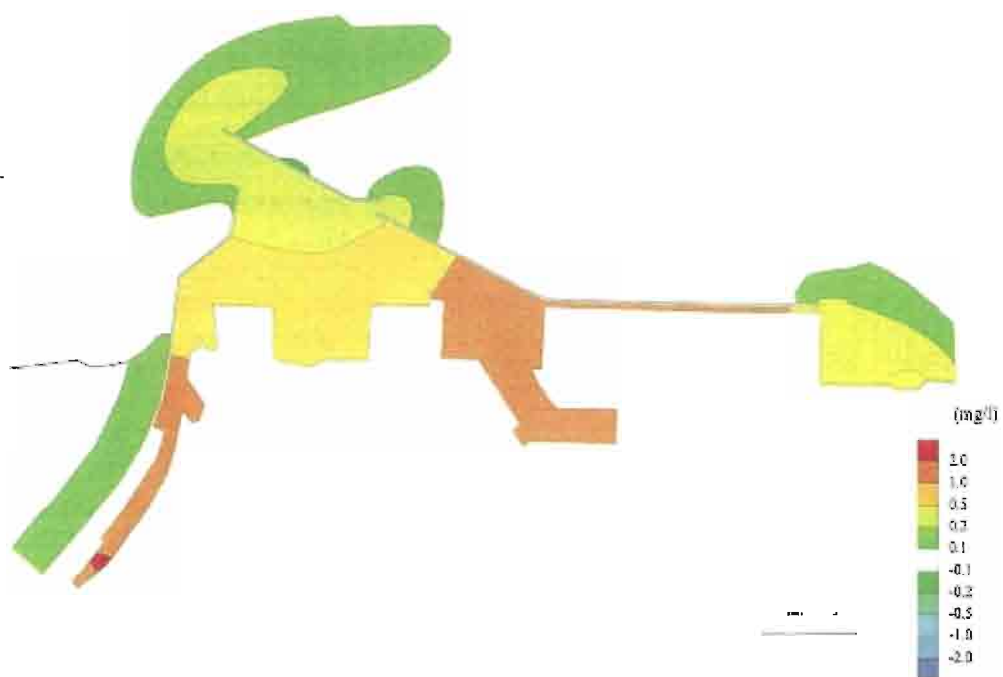


図3-5-7(2) COD濃度差分布[計画変更なし](計画-現況[冬])

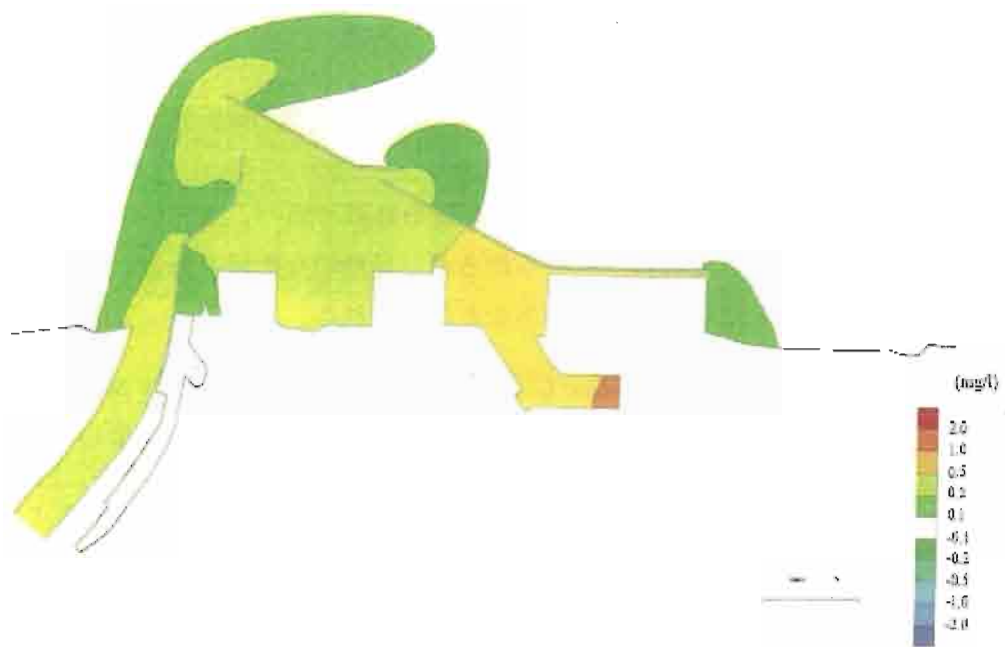


図3-5-8(1) COD濃度差分布[計画変更あり](計画一現況[夏])

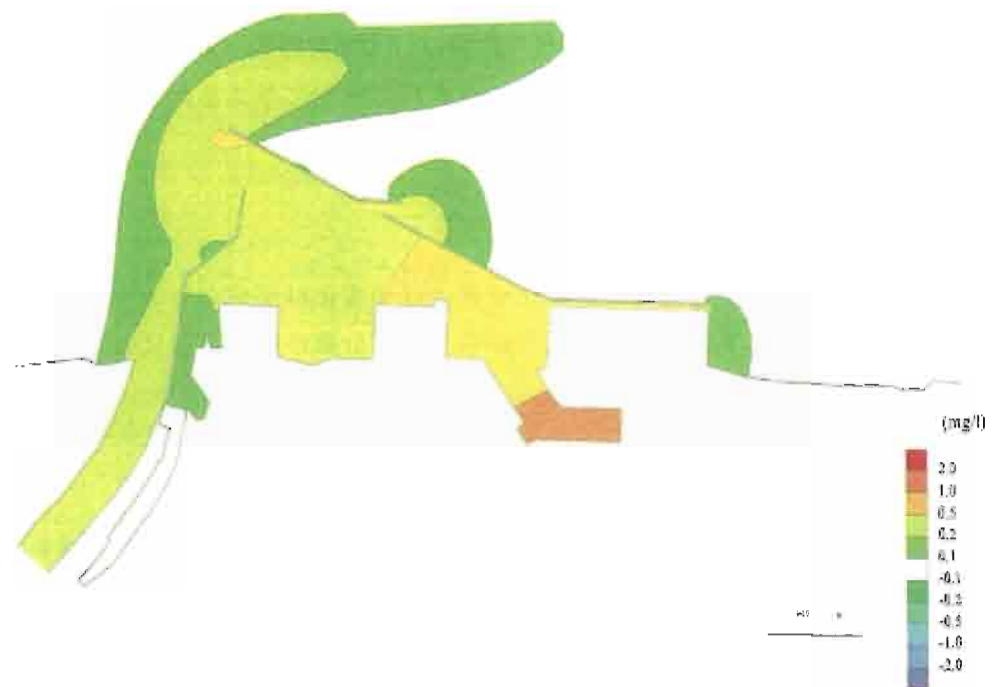


図3-5-8(2) COD濃度差分布[計画変更あり](計画一現況[冬])

酒田港水質調査の概要について

環境科学研究センター

1 調査の趣旨

近年、酒田港に流入する河川の BOD が大幅に減少しているにもかかわらず、酒田港では COD が年々増加し、環境基準値を超過する地点が多くなっている。特に酒田港 No6、7、8、9 地点（図 1）は、COD75%値が平成 12 年頃から増加傾向が顕著になっている（図 2）。

酒田港内の COD 上昇の原因として、外海や流入河川の影響、難分解性 COD の影響、富栄養化による内部生産の増加等が考えられることから、平成 24 年度から 27 年度にかけて調査を実施した。



図 1 調査地点図（酒田港、流入河川）

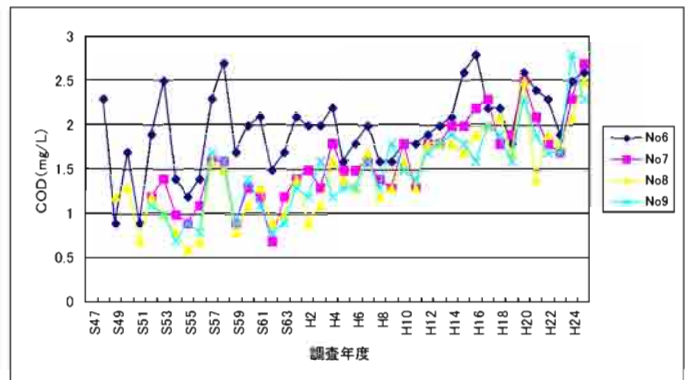


図 2 酒田港（No6～9）の COD75%値

2 調査概要及び結果

(1) 平成 24 年度

ア 酒田港内 5 地点（No1, 2, 5, 6, 7）及び流入 3 河川（新井田川、小牧川、豊川）の水質調査（図 3、4）

COD、溶存態 COD、懸濁態 COD、全窒素、全りん等（海域はクロロフィル a、プランクトン、塩化物イオン濃度を追加）を年 6 回（5～10 月）測定した。

No1, 2 については、塩化物イオン濃度が低く懸濁態 COD の割合が高い状況にあり、流入河川の影響を強く受けていることがわかる。

No5, 6, 7 については、塩化物イオン濃度が海水の平均濃度（19g/L）に近い値であり、流入河川の影響は少ないと考えられる。また、夏期に COD が高くなるのは、プランクトンの増殖による内部生産の影響と考えられる。

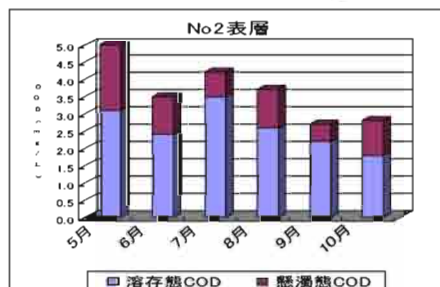


図 3 COD の経月変化（No2 表層）

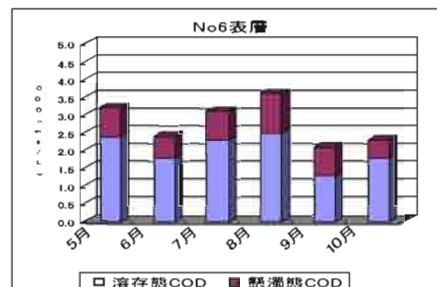


図 4 COD の経月変化（No6 表層）

イ 南防波堤の破損による最上川の流入の有無

酒田港内へ最上川の河川水の流入が認められた南防波堤の補修工事は、突端部を除き概ね終了しており、南堤防沿いに酒田港内の海水の導電率を測定したところ、導電率に極端な変動がなかったことから、酒田港内への最上川の影響はないと考えられる。

ウ 外海の COD による影響

COD75%値の長期的傾向を解析したところ、酒田沖においては増減がなかったため、酒田港内の COD 上昇について外海による影響はないと考えられる。

エ 酒田港内の鉛直方向水質調査結果の活用

国立環境研究所とのⅡ型共同研究の水質調査では、8月にNo1表層において、D0が過飽和状態にありpHが高く、アの調査においても、8月のNo1表層のクロロフィルaは39 μ g/Lと高い数値であったことから、プランクトンが増殖していると考えられる。

(2) 平成 25 年度

ア 酒田港内外 3 地点 (No2, 7, 13) 及び流入 2 河川 (新井田川、小牧川) の水質調査

COD、全窒素、全りん等（海域はクロロフィル a、プランクトン、塩化物イオン濃度を追加）を年 4 回（5、7、9、11 月）測定した。

流入河川の COD は酒田港内に比べて非常に高い。また、特に No2 において塩化物イオンが低く、平成 24 年度の調査と同様に流入河川の影響を強く受けていた（図 5、6）。

また、過去の常時監視のデータ及び今回の結果から、主要な流入河川である新井田川の BOD は 40 年間で半減しているものの、COD は横ばいであった。

イ 難分解性 COD の調査（図 5、6）

酒田港内外 3 地点及び流入 2 河川について、難分解性 COD（暗所 20℃で試料を 100 日間攪拌爆気し、分解されずに残った COD）を年 4 回（5、7、9、11 月）測定した。

難分解性 COD は酒田港内外及び流入河川のすべての地点で全 COD の 50%以上と高い割合を占め、季節変動があった。また、難分解性 COD は港内に約 2.0mg/L 存在し、港内の難分解性 COD は港外に比べて平均 0.3~0.5mg/L 高い値を示した。

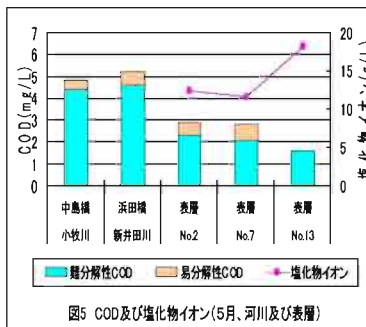


図5 COD及び塩化物イオン(5月、河川及び表層)

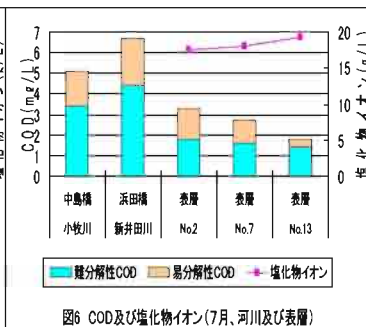


図6 COD及び塩化物イオン(7月、河川及び表層)

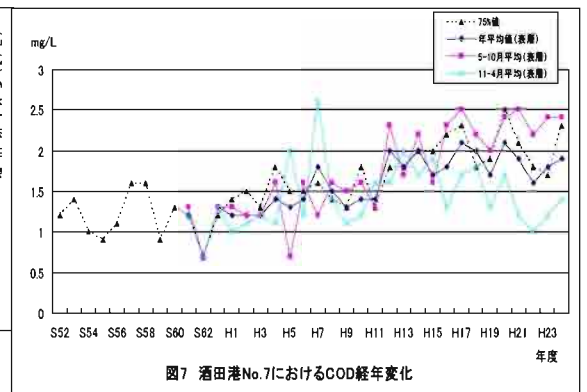


図7 酒田港No.7におけるCOD経年変化

ウ 内部生産量の推定

酒田港内では全窒素及び全りんが富栄養化の限界値（それぞれ 0.2mg/L、0.02mg/L）を上回っており、プランクトンが増殖し、内部生産により COD が上昇しやすい状況であった。

酒田港 No7 の表層について、水温が概ね 15℃以上となる 5~10 月（暖期）と 15℃未満となる 11~4 月（寒期）に分けて COD 経年変化を見たところ、平成 16 年頃から寒期に低下し暖期に上昇する解離現象が見られ（図 7）、内部生産が増加していると推測された。

クロロフィル a 法及び Δ COD 法を用いて、酒田港内外の内部生産量を試算したところ、

平成 25 年の暖期の内部生産量は、酒田港内（No7）の表層で 1.5 及び 1.9mg/L と全 COD の約 50%を占めており、酒田港外（No13）より高い数値であった。

エ 酒田港内の鉛直方向水質調査結果

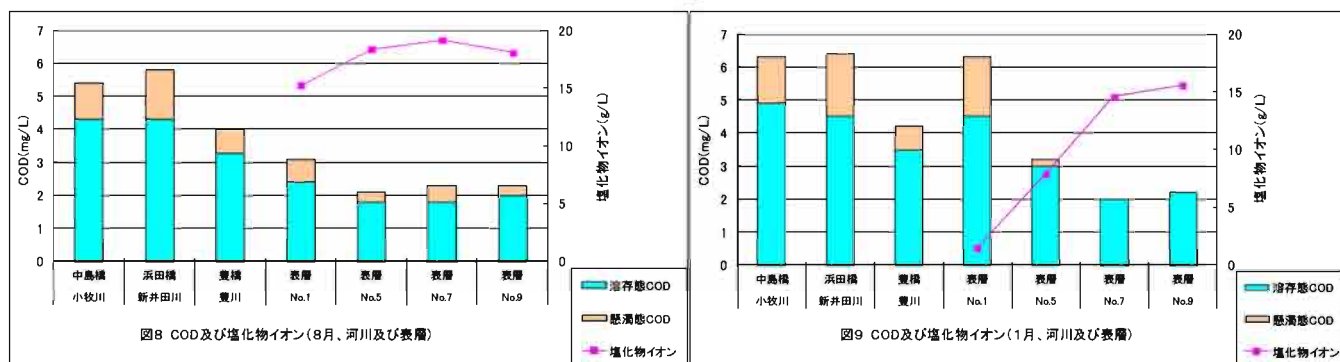
8 月及び 10 月における酒田港内の D0 は、底層に行くほど低下しているが、貧酸素水塊の目安である 2.5mg/L よりも高い状況であったことから、底泥からの栄養塩類等の溶出は限定的と考えられる。

(3) 平成 26 年度

ア 酒田港内 5 地点（No1, 5, 7, 9）及び流入 3 河川（新井田川、小牧川、豊川）の水質調査（図 8、9）

COD（溶存態・懸濁態）、全窒素、全りん、塩化物イオン、クロロフィル a、プランクトン数（COD 以外は海域のみ）を年 2 回（8 月及び 1 月）測定した。

COD は全体として海域より河川の方が高く、また懸濁態より溶存態が高い傾向があった。また、No. 1 及び No. 5 地点は河川の影響を受けやすいと考えられた。



(4) 平成 27 年度

ア 最上川の回り込み影響調査

最上川河口付近から酒田港内各地点の鉛直方向水質（塩分、COD 等）を年 3 回（6、9、11 月）測定した結果、最上川河口付近では塩分は低い、港開口部で海水とほぼ同じ濃度であったことから、酒田港内への最上川の回り込みはないと考えられる。

イ 過去の常時監視結果の解析（流入河川 COD の影響）

流入河川（新井田川、小牧川、豊川）の BOD 及び BOD 汚濁負荷量は長期的に減少しているが、COD 及び COD 汚濁負荷量は横ばいであった。

また、No1、2、5、6 の COD は 5～8 月と 12～2 月に高濃度であり、No7、8、9、11 の COD は 5～8 月に高濃度の傾向がある。流入河川の影響を受けていると考えられるため、今後も関連を調査する。

ウ 新井田川流域の COD 発生源の推定

COD 汚濁負荷が一番高い流入河川である新井田川について、COD 原単位の文献値を用いて COD 発生源を推定したところ、図 10 のとおり、農地（水田等）が約 46%、下水処理場が約 22%であった。ただし、農地は施肥量等に地域差があるため、今後、実測による COD 原単位の算出が必要と考える。

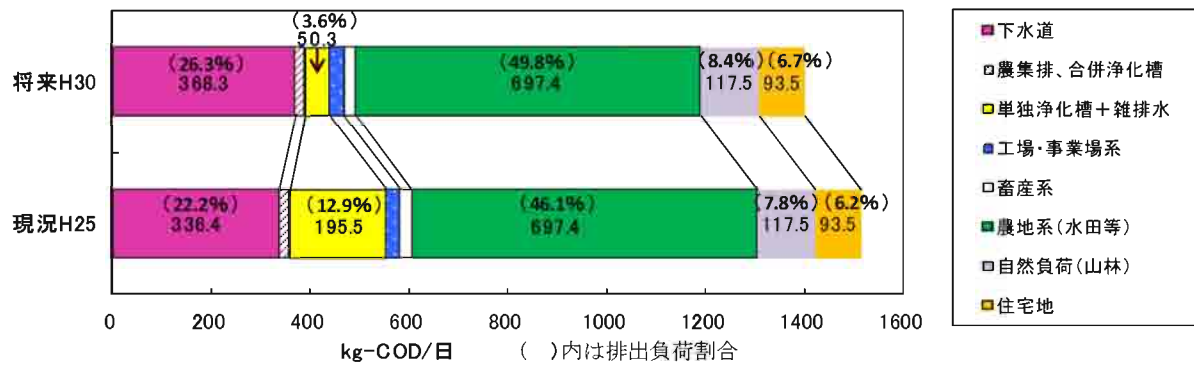


図 10 新井田川流域の COD 排出負荷量

3 まとめ

平成 24 年度から 27 年度までの調査結果から、酒田港内の COD の上昇は、防波堤延伸により閉鎖性が高まり流入河川由来の COD や栄養塩類が滞留しやすくなったことに加え、内部生産が増加したことが原因と考えられる。