

変更計画における影響予測(土砂による水の濁り(海域))

(目次)

1. 予測の概要	1
2. 予測方法	1
3. 予測結果及び環境保全図書(変更前)における予測結果との比較	6
4. 水の濁りが他の環境要素に及ぼす影響	16
5. 土砂による水の濁り(海域)の影響予測のまとめ	22

【参考資料】

1. 予測の概要

- ・今回の変更計画（変更後）における工事に伴い発生する水の濁りの拡散及び堆積の状況を、現行計画（環境保全図書：変更前）と同様の手順、方法により予測。
- ・陸上工事に伴い発生する水の濁りについては、変更前と同じく、濁水処理プラントによりSS25mg/L以下に処理を行った後に周辺河川へ放流するため、変更前とほとんど変わらない。また、河川からの濁水の寄与濃度及び堆積状況については、辺野古地先水面作業ヤードの取りやめに伴い、影響要因が美謝川の切替え工事のみとなり、工事による影響の程度は低減される。従って、ここでは、海上工事に伴い発生する水の濁りについて記載。
- ・計画変更に伴い、予測対象時期を改めて設定し、予測を実施。

表 1.1 土砂による水の濁り予測の概要（海域）

項目	内容	
予測項目	工事に伴い発生する水の濁りの寄与濃度及び堆積状況	
	海上工事に伴い発生する水の濁り	陸上工事に伴い発生する水の濁り
影響要因	<ul style="list-style-type: none"> ・護岸の工事 代替施設本体の護岸工事 海上ヤードの工事 ・埋立ての工事 代替施設本体の埋立工事 ・造成等の施工による一時的な影響 進入灯（燃料棧橋を含む）の工事 	<ul style="list-style-type: none"> ・護岸の工事 工事用仮設道路の工事 ・埋立ての工事 埋立土砂発生区域における土砂の採取 工事用仮設道路の工事 美謝川の切替え工事 ・造成等の施工による一時的な影響 代替施設本体における造成等の施工
予測地域	事業実施区域周辺海域	
予測地点	事業実施区域周辺海域	
予測対象時期	平常時 護岸及び埋立ての工事による水の濁りに係る環境影響が最大となる時期、及び造成等の施工に伴う土砂による水の濁りに係る環境影響が最大となる時期とした。	降雨時 降雨時については、飛行場施設の造成中及び陸域の造成に伴い発生する濁水を周辺河川及び海域に排水する時期とした。
予測方法	土砂による水の濁りの拡散及び堆積の状況を、浮遊物質の収支に関する数値シミュレーションにより予測した。予測には濁水の拡散状況と堆積状況が予測できる3次元モデル(多層モデル)を用いた。	

表 1.2 土砂による水の濁り予測の概要（河川からの濁水）

項目	内容
予測項目	河川からの濁水の寄与濃度及び堆積状況
影響要因	<ul style="list-style-type: none"> ・埋立ての工事 美謝川の切替え工事
予測地域	事業実施区域周辺海域
予測地点	辺野古川河口周辺、美謝川河口周辺
予測対象時期	降雨時 護岸の工事及び埋立ての工事により、降雨時の河川からの濁水の拡散の変化及び堆積に係る環境影響が最大となる時期とした。
予測方法	土砂による水の濁りの拡散及び堆積の状況を、浮遊物質の収支に関する数値シミュレーションにより予測した。予測には濁水の拡散状況と堆積状況が予測できる3次元モデル(多層モデル)を用いた。

2. 予測方法

(1) 予測手順

- ・予測時期ごとに施工状況を勘案した流動場を計算し、濁りの拡散を予測。
- ・濁りの拡散予測結果から懸濁物質の海底への堆積状況も予測。

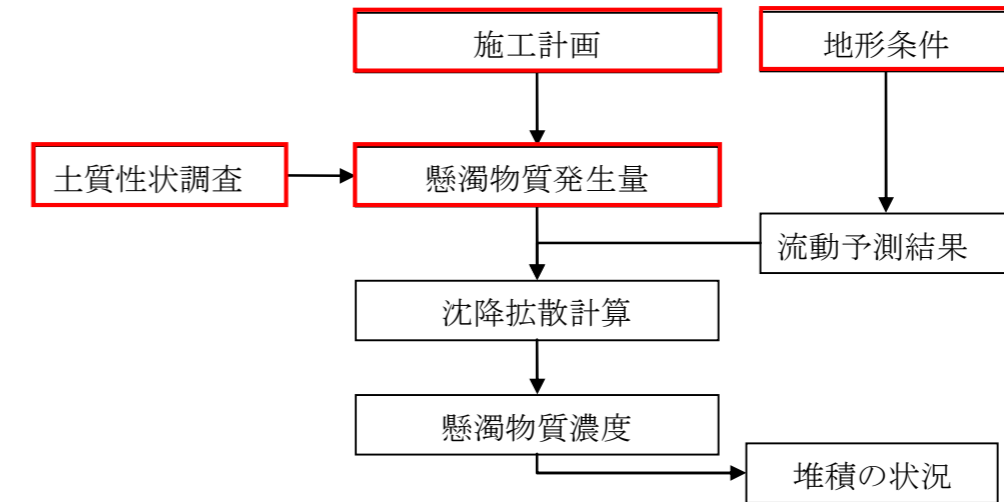


図 2.1 予測手順

注) □ は変更箇所を示す。

(2) 予測モデル

- ・変更前における予測と同様に、土砂の沈降過程を考慮した移流拡散方程式により予測。
- ・変更前における予測において妥当性の確認が行われた流動モデルで得られた周期的に定常な流れの場を用いて、施工計画により推定した1日当たりのSS発生負荷量を連続的に与え続け、濁りの負荷が海域で拡散していく様子を繰り返し計算し、水質の場が周期的に定常な状態になるまで計算（詳細は【参考資料1】に記載）。

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} + (w - W_s) \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial S}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial S}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial S}{\partial z} \right) + q$$

- S : SS濃度 (mg/L)
- x, y, z : 右手系の直行座標系、上向きを正
- u, v, w : x, y, z 方向の流速 (cm/s)
- t : 時間 (s)
- K_x, K_y : 水平渦拡散係数 (cm²/s)
- K_z : 鉛直渦拡散係数 (cm²/s)
- q : 負荷量 (g/s)
- W_s : 沈降速度 (cm/s)

(3) 海上工事に伴い発生する水の濁り発生量

- ・ 施工計画から水の濁りの発生が考えられる工事（工種）を抽出し、工種別に濁り発生原単位を設定して、次式により工事の施工に伴う発生原単位に施工量を乗じ、濁り発生量を算定。
- ・ 濁り(SS)の発生原単位は、変更前と同様に「港湾工事における濁り影響予測の手引き」（国土交通省港湾局、平成16年3月）による既往の原単位(W₀)を、その土粒子(75μm以下：シルト・粘土分)の粒径加積百分率(R₀)と現地の環境条件等に応じた汚濁限界粒子径(75μm以下)の粒径加積百分率(R：取扱土砂のシルト・粘土分)で補正することにより設定。

SS 発生量 (kg/日) = W × Q

W = W₀ × R / R₀

W : 工事の施工に伴う SS 発生原単位 (kg/m³)

W₀ : SS の発生原単位 (kg/m³)

R : 現地流速における汚濁限界粒子の粒径加積百分率 (%)

R₀ : 原単位W₀を推定した時の土粒子(75μm以下)の粒径加積百分率 (%)

Q : 施工量 (m³/日)

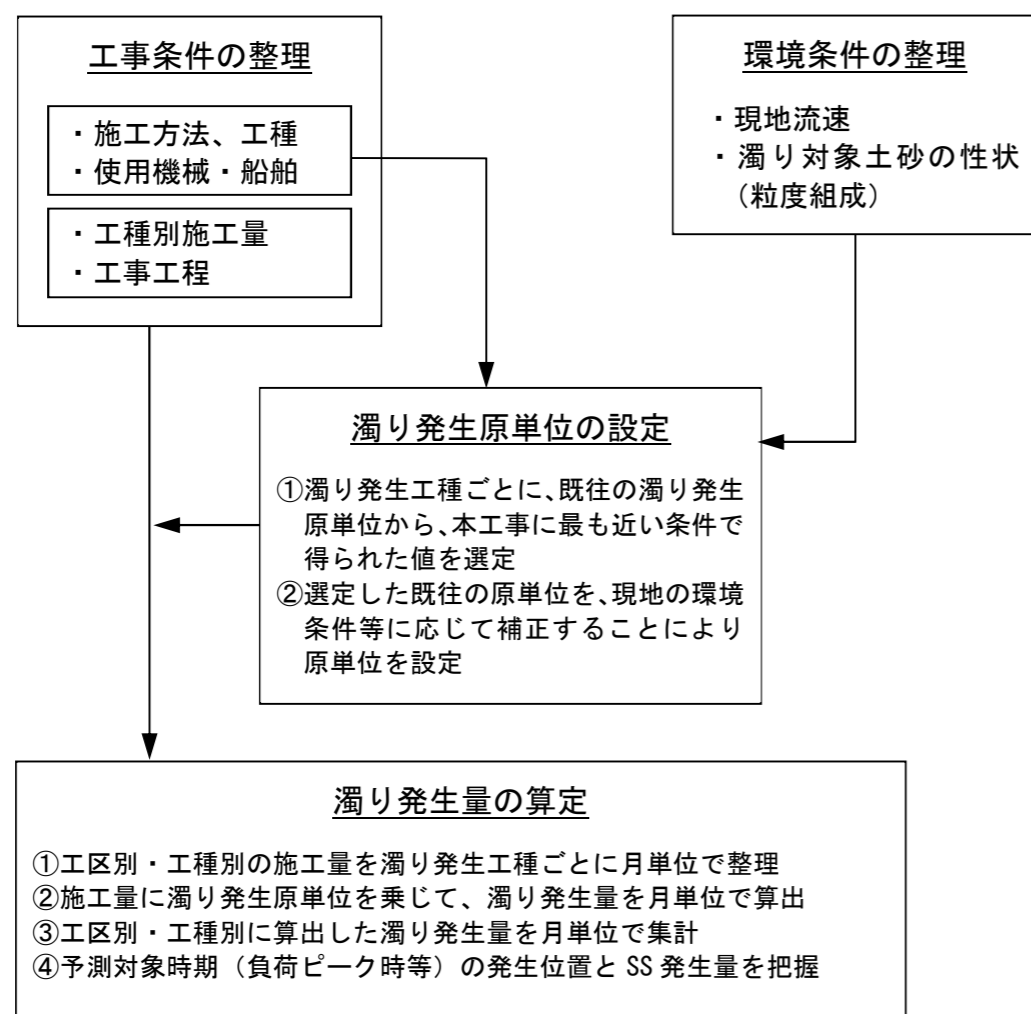


図 2.2 濁り発生量の算定手順

- ・ 今回の計画変更に伴う新たな濁りの発生工種は、割栗石、根固袋材、護岸部・埋立区域地盤改良（敷砂、SCP・SD改良、盛上土浚渫）及び鋼管矢板打設（ウォータージェット併用バイプロハンマー）であり、これらについて、変更前と同様に「港湾工事における濁り影響予測の手引き」（国土交通省港湾局、平成16年3月）により、発生原単位及び発生源モデルを設定。
- ・ 環境保全図書（変更前）において想定した工種についても、土質調査の結果等をもとに汚濁限界粒子径の粒径加積百分率（R：取扱土砂のシルト・粘土分）の見直しを行ない、より環境に厳しい条件での発生原単位を再設定。
- ・ 設定した濁り(SS)発生原単位は下表のとおり。

表 2.1 SS 発生原単位

工種		発生原単位W (×10 ⁻³ t/m ³) ※は(×10 ⁻³ t/本)	汚濁限界粒子径の 粒径加積百分率 R (%)	発生原単位W ₀ (×10 ⁻³ t/m ³) ※は(×10 ⁻³ t/本)	W ₀ 推定時の土粒子 の粒径加積百分率 R ₀ (%)
名称	使用船舶機械				
基礎捨石投入	クローラクレーン	15.3	60.0	5.3	35.1
	ランプウェイ台船				
捨石投入	ランプウェイ台船				
基礎工	クローラクレーン				
目潰し碎石(法面)投入	クローラクレーン				
裏込石投入	クローラクレーン				
	ランプウェイ台船				
腹付材投入	クローラクレーン				
	ランプウェイ台船				
割栗石	クローラクレーン				
根固袋材	非航旋回式起重機船				
護岸部地盤改良 (敷砂投入)	トレミー船				
護岸部地盤改良 (締固砂杭打込：SCP改良)	サンドコンパクション船	33.5*	56.0	14.4*	24.0
護岸部地盤改良 (盛上土浚渫)	グラブ浚渫船	12.5	56.0	11.7	52.5
浚渫	バックホウ浚渫船				
鋼管矢板打設	非航旋回式起重機船 (ウォータージェット併用バイプロハンマー)	12.5	56.0	11.7	52.5
埋立工(薄層埋立)	トレミー船	10.6	10.0	1.6	1.5
埋立区域地盤改良 (敷砂投入)	バックホウ浚渫船	4.0	8.5	1.06	2.25
	トレミー船	9.0	8.5	1.6	1.5
埋立区域地盤改良 (砂杭打込：SD改良)	サンドドレーン船	48.3*	80.6	14.4*	24.0
海上ヤードの撤去 (石材撤去)	グラブ浚渫船	6.3	—	—	—

- ・ 設定例として、変更前から設定している浚渫及び計画変更により追加した地盤改良工事（SCP改良、SD改良）について次頁に示す。なお、すべての工種について、原単位の設定根拠は【参考資料2】及び【参考資料3】に、既往の濁り発生原単位は【参考資料4】に、濁り発生源モデルの設定は【参考資料5】に、取扱土砂（海砂、岩ズリ、石材付着土砂）のシルト・粘土分の設定根拠は【参考資料6】～【参考資料8】に記載。

【浚渫工の発生原単位算定手法】

（当初：変更前）

○既往の濁り発生原単位（グラブ浚渫船による浚渫工）

・「港湾工事における濁り影響予測の手引き」（国土交通省港湾局、平成16年3月）におけるグラブ浚渫船による浚渫工の原単位の平均値である $11.7 \times 10^{-3} \text{t/m}^3$ を W_0 に、シルト・粘土分の平均値である 52.5% を R_0 に設定。

表 2.2 既往の濁り発生原単位（浚渫）

工法	使用船舶	型式	シルト・粘土分 (%)	発生原単位 w_0 ($\times 10^{-3} \text{t/m}^3$)	
浚渫工	グラブ浚渫船	30m ³	96.0	3.85	
			38.5	2.03	
		27.5m ³	13.5	2.18	
			25m ³	85.6	1.48
		23m ³	6.9	2.37	
		20m ³	11.8	1.20	
		18m ³	97.0	5.10	
			96.6	17.25	
			84.8	18.40	
			7.1	4.51	
			16m ³	15.9	1.91
		15m ³	70.2	9.60	
			7.1	9.04	
		13m ³	97.0	36.00	
		12m ³	16.2	13.20	
		11.5m ³	25.6	18.25	
		10m ³	87.2	18.21	
			8m ³	94.5	25.80
			58.0	9.91	
			21.7	2.59	
63.1	31.94				
6m ³	90.4	26.30			
	5m ³	22.6	16.59		
4m ³	74.0	10.86			
	74.0	0.96			
	15.0	8.40			
3m ³	11.3	9.34			
	87.5	17.11			
	62.0	11.90			
平均値			52.5	11.7	

○補正のための取扱土砂のシルト・粘土分を設定。

・既往資料の内、浚渫箇所近傍の粒度組成を確認し、平成19年度夏季～平成20年度夏季の調査結果の最大値である 29.1% を R (取扱土砂のシルト・粘土分) に設定。

●浚渫における原単位

・既往の原単位の平均値を、浚渫箇所近傍の粒度組成の内、既往調査の最大値で補正。

発生原単位： $11.7 \times 29.1 / 52.5 = 6.5$ ($\times 10^{-3} \text{t/m}^3$)

（変更後：発生源モデルは変更前と同じ。【参考資料5】参照）

○既往の濁り発生原単位（グラブ浚渫船による浚渫工）

・変更前と同様の手法により、「港湾工事における濁り影響予測の手引き」（国土交通省港湾局、平成16年3月）におけるグラブ浚渫船による浚渫工の原単位の平均値である $11.7 \times 10^{-3} \text{t/m}^3$ を W_0 に、シルト・粘土分の平均値である 52.5% を R_0 に設定。

表 2.2 既往の濁り発生原単位（浚渫）

工法	使用船舶	型式	シルト・粘土分 (%)	発生原単位 w_0 ($\times 10^{-3} \text{t/m}^3$)	
浚渫工	グラブ浚渫船	30m ³	96.0	3.85	
			38.5	2.03	
		27.5m ³	13.5	2.18	
			25m ³	85.6	1.48
		23m ³	6.9	2.37	
		20m ³	11.8	1.20	
		18m ³	97.0	5.10	
			96.6	17.25	
			84.8	18.40	
			7.1	4.51	
			16m ³	15.9	1.91
		15m ³	70.2	9.60	
			7.1	9.04	
		13m ³	97.0	36.00	
		12m ³	16.2	13.20	
		11.5m ³	25.6	18.25	
		10m ³	87.2	18.21	
			8m ³	94.5	25.80
			58.0	9.91	
			21.7	2.59	
63.1	31.94				
6m ³	90.4	26.30			
	5m ³	22.6	16.59		
4m ³	74.0	10.86			
	74.0	0.96			
	15.0	8.40			
3m ³	11.3	9.34			
	87.5	17.11			
	62.0	11.90			
平均値			52.5	11.7	

○補正のための取扱土砂のシルト・粘土分を設定。

・計画変更により浚渫位置の変更及び盛上土浚渫工が追加となったことから、ボーリングデータにおける表層付近のシルト・粘土分のうち、浚渫範囲の地点における最大値である 56.0% を R (取扱土砂のシルト・粘土分) とし、より環境に厳しい値を設定。

●浚渫における原単位

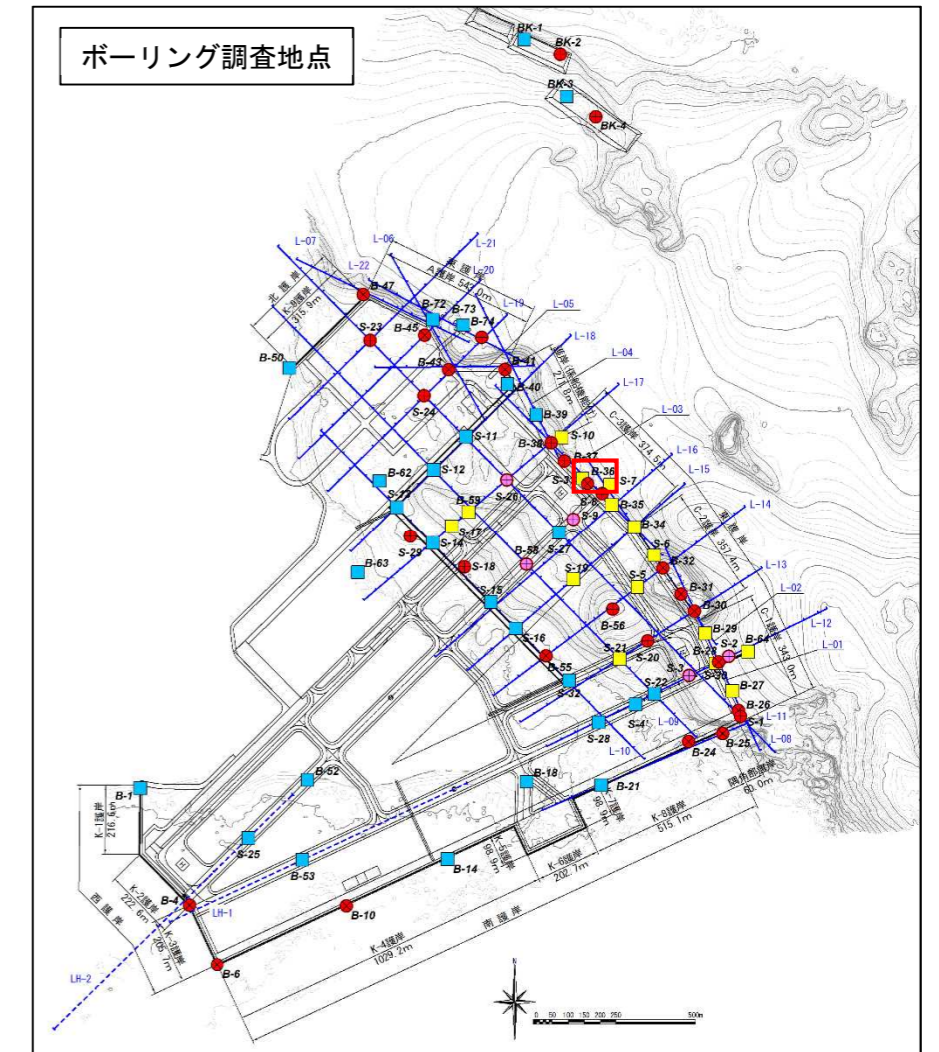
・既往の原単位の平均値を、ボーリングデータにおける表層付近のシルト・粘土分のうち、浚渫範囲の地点における最大値で補正。

発生原単位： $11.7 \times 56.0 / 52.5 = 12.5$ ($\times 10^{-3} \text{t/m}^3$)

以上により、浚渫工については、当初よりもより環境に厳しい発生原単位を用いることとする。

表 2.3 浚渫範囲のボーリングデータにおける表層付近のシルト・粘土分

地点	深度(m)	シルト・粘土分 (%)	地点	深度(m)	シルト・粘土分 (%)
B-37	0.00 ~ 0.80	55.0	B-25	1.15 ~ 1.45	4.0
B-38	2.00 ~ 2.50	26.9	B-30	1.15 ~ 1.45	18.0
B-39	1.00 ~ 1.50	42.9	B-31	1.15 ~ 1.45	12.0
B-40	1.00 ~ 1.50	45.6	B-32	1.15 ~ 1.50	12.0
S-8	0.00 ~ 0.85	41.9	B-36	1.00 ~ 1.50	56.0
S-11	1.15 ~ 1.45	7.7	B-43	1.15 ~ 1.45	8.0
S-13	1.15 ~ 1.45	8.6	B-62	1.15 ~ 1.45	14.0



■土質調査の内容				
分類	凡例数量	サンプリング	室内試験	サウンディング
ボーリング	●	乱れの少ない試料 (3m毎に1m)	物理試験 力学試験	N値 (3m毎に2回)
		乱された試料 (3m毎に2m)	物理試験	
	○	乱れの少ない試料 (1m毎)	物理試験 力学試験	-
CPT*	■	乱された試料 (1m毎)	物理試験	N値 (1m毎に1回)
		乱された試料 (4m毎に1m)	物理試験	CPT (4m毎に3回)
音波探査	—	—	—	—
弾性波探査	—	—	—	—

【地盤改良(護岸部地盤改良: SCP改良、埋立区域地盤改良: SD改良)の発生原単位算定手法】

○既往の濁り発生原単位(サンドコンパクション船による地盤改良工)

- ・「港湾工事における濁り影響予測の手引き」(国土交通省港湾局、平成16年3月)におけるサンドコンパクション船による地盤改良工(3連装、敷砂あり)の原単位である $14.4 \times 10^{-3}t/本$ を W_0 に、そのシルト・粘土分である24.0%を R_0 に設定。

表 2.4 既往の濁り発生原単位(SCP改良、SD改良)

工法	使用船舶	型式	シルト・粘土分 (%)	発生原単位 W_0 ($\times 10^{-3}t/本$)
地盤改良工	サンドコンパクション船	3連装、敷砂あり	24.0	14.37
平均値			24.0	14.4

○取扱土砂のシルト・粘土分

- ・ボーリングデータにおける表層付近のシルト・粘土分のうち、浚渫範囲の地点における最大値である56.0%をSCP改良のR埋立地内の地点における最大値である80.6%をSD改良のRに設定。

●地盤改良(SCP改良、SD改良)における原単位

- ・SCP改良については、既往の原単位を、ボーリングデータにおける表層付近のシルト・粘土分のうち、SCP施工範囲の地点における最大値で補正

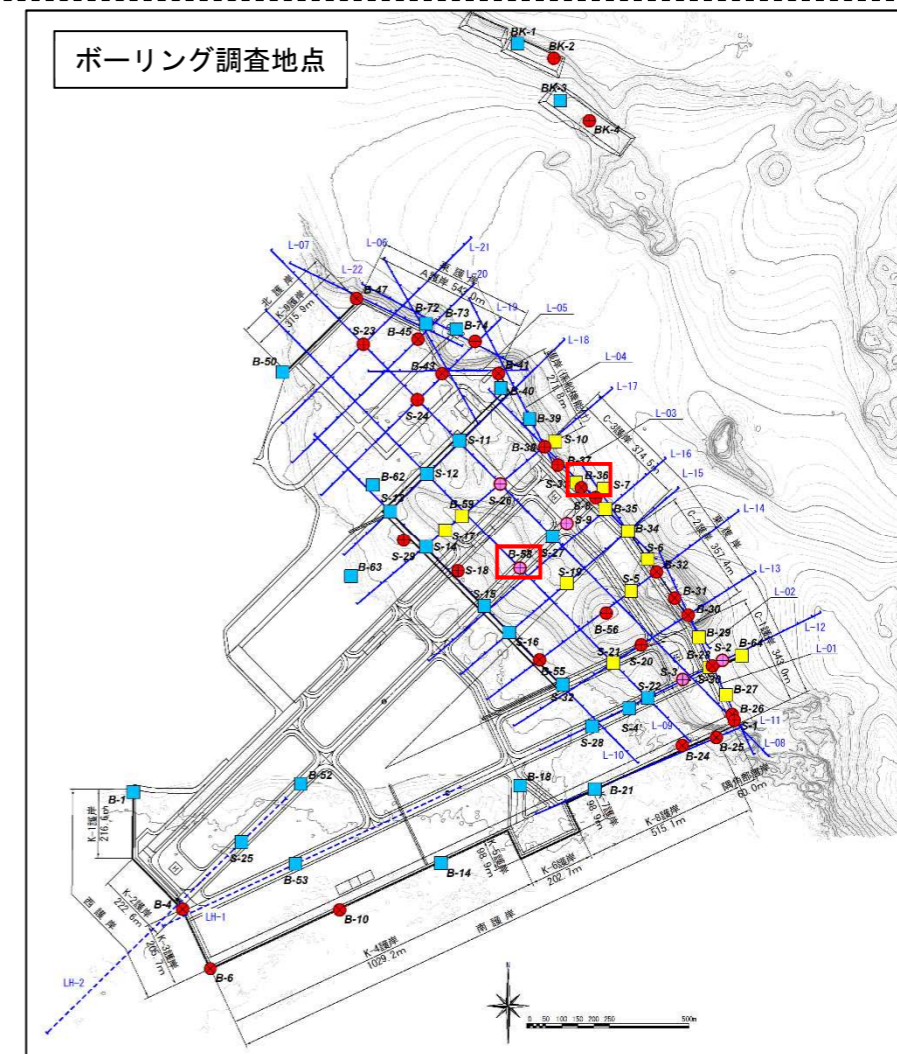
発生原単位: $14.4 \times 56.0 / 24.0 = 33.5 (\times 10^{-3}t/本)$

- ・SD改良については、既往の原単位を、ボーリングデータにおける表層付近のシルト・粘土分のうち、SD施工範囲の地点における最大値で補正

発生原単位: $14.4 \times 80.6 / 24.0 = 48.3 (\times 10^{-3}t/本)$

表 2.5 地盤改良範囲のボーリングデータにおける表層付近のシルト・粘土分

(SCP施工範囲)			(SD施工範囲)		
地点	深度(m)	シルト・粘土分 (%)	地点	深度(m)	シルト・粘土分 (%)
B-37	0.00 ~ 0.80	55.0	B-56	1.00 ~ 1.40	5.2
B-38	2.00 ~ 2.50	26.9	B-58	1.00 ~ 1.85	80.6
B-39	1.00 ~ 1.50	42.9	S-18	0.00 ~ 1.00	16.2
S-1	0.00 ~ 0.50	12.6	S-20	0.00 ~ 0.80	1.7
S-2	0.00 ~ 0.85	14.1	S-22	2.15 ~ 2.45	6.4
S-8	0.00 ~ 0.85	41.9	S-26	0.00 ~ 0.70	22.9
B-26	1.15 ~ 1.45	14.0	S-27	1.15 ~ 1.45	46.8
B-28	1.00 ~ 1.50	50.0	S-29	0.00 ~ 1.40	6.6
B-36	1.00 ~ 1.50	56.0	B-40	1.00 ~ 1.50	45.6
			S-3	0.00 ~ 0.70	44.3
			S-4	1.15 ~ 1.45	8.8
			S-9	0.00 ~ 0.40	9.0
			S-11	1.15 ~ 1.45	7.7
			S-12	1.15 ~ 1.45	29.7
			S-13	1.15 ~ 1.45	8.6
			S-14	1.15 ~ 1.45	9.9
			S-15	1.15 ~ 1.45	16.8
			S-16	1.15 ~ 1.45	1.3
			B-43	1.15 ~ 1.45	8.0
			B-62	1.15 ~ 1.45	14.0



■土質調査の内容				
分類	凡例数量	サンプリング	室内試験	サウンディング
ボーリング	● 29地点	乱れの少ない試料(3m毎に1m)	物理試験 力学試験	N値(3m毎に2回)
		乱された試料(3m毎に2m)	物理試験	
	⊕ 5地点	乱れの少ない試料(1m毎)	物理試験 力学試験	-
CPT*	■ 15地点	乱された試料(1m毎)	物理試験	N値(1m毎に1回)
		乱された試料(4m毎に1m)	物理試験	CPT(4m毎に3回)
音波探査	—	22測線	-	-
弾性波探査	—	2測線	-	-

濁りの状態と発生源モデル(地盤改良工事)

使用船舶・機械	濁りの状態	発生源モデル	発生源の状態
サンドコンパクション船			ケーシングパイプ引き抜き時の付着土砂により濁りが発生する。
サンドドレーン船			濁り発生箇所は、海底から海面までとなる。
深層混合処理船			

注: : 濁りの発生箇所を示す。

資料: 「港湾工事における濁り影響予測の手引き」(国土交通省港湾局、平成16年3月)

(4) SS 発生量の算定結果と予測対象時期の設定

- ・ SS 発生量を算定した結果、日当たりの SS 発生量は最大で 97.3t/日（3 年次 10 ヶ月目）となり、発生位置、工種、護岸工事の進捗等を勘案し、以下の 6 つの時期を予測対象時期に設定。なお、SS 発生量は非閉鎖水域における発生量であり、大半は最終の埋立区域（③-5）が外周護岸で閉合される 6 年次 1 ヶ月目までに発生。
- ・ 環境保全図書（変更前）における SS 発生量は、護岸造成中は 112.0t/日（1 年次 10 ヶ月目）、埋立工事中が 149.7t/日（4 年次 4 ヶ月目）が最大であり、変更後における SS 発生量は、いずれもこれら変更前の SS 発生量を下回っている。
- ・ 既施工分を含む全工程の SS 発生量の総量は、変更前 55,915 t、変更後は 56,500 t。

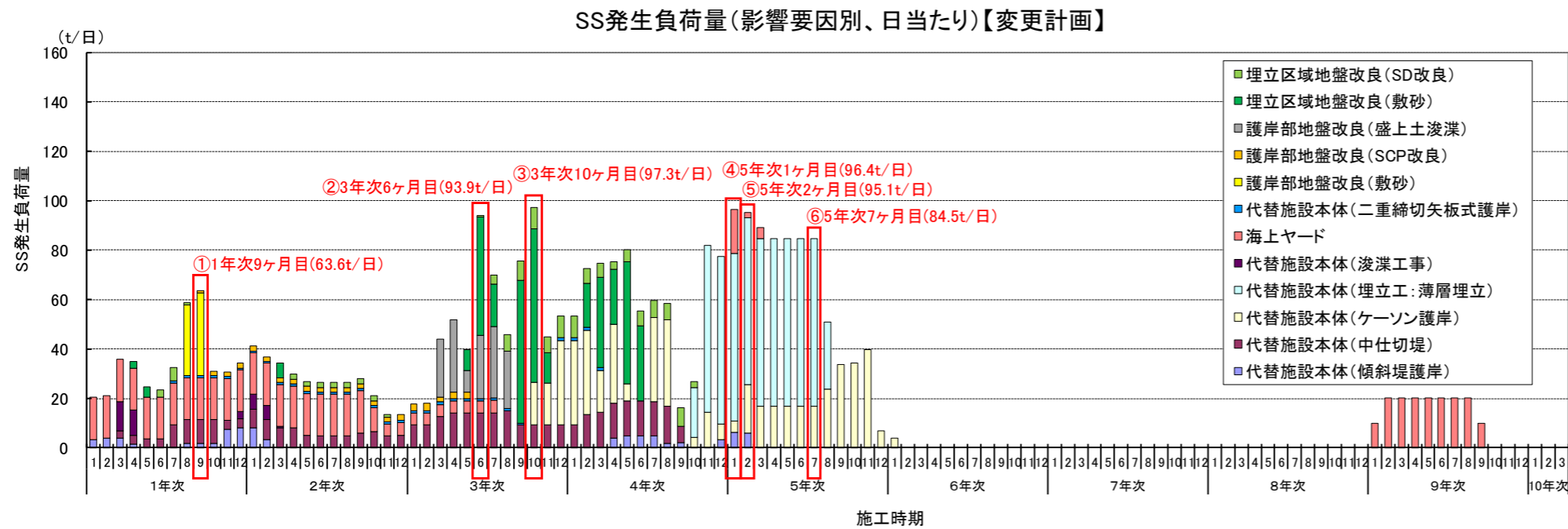


図 2.1 工事に伴う SS 発生負荷量の推移（今回の変更計画：変更後）

表 2.6 予測時期と予測条件の概要

予測時期	護岸の状況	主要工種	SS 発生量 (t/日)
1年次9ヶ月目	護岸造成中	基礎捨石、護岸部地盤改良(敷砂、SCP改良)、鋼管矢板打設、海上ヤード(捨石投入)	63.6
3年次6ヶ月目		基礎捨石、地盤改良(盛上土浚渫)、鋼管矢板打設、埋立区域地盤改良(敷砂、SD改良)、海上ヤード(根固袋材)	93.9
3年次10ヶ月目		基礎捨石、埋立区域地盤改良(敷砂、SD改良)	97.3
5年次1ヶ月目	護岸造成中	基礎捨石、薄層埋立、海上ヤード(捨石投入)	96.4
5年次2ヶ月目	薄層埋立中	基礎捨石、裏込石、薄層埋立、海上ヤード(根固袋材)	95.1
5年次7ヶ月目	(開口部あり)	裏込石、薄層埋立	84.5

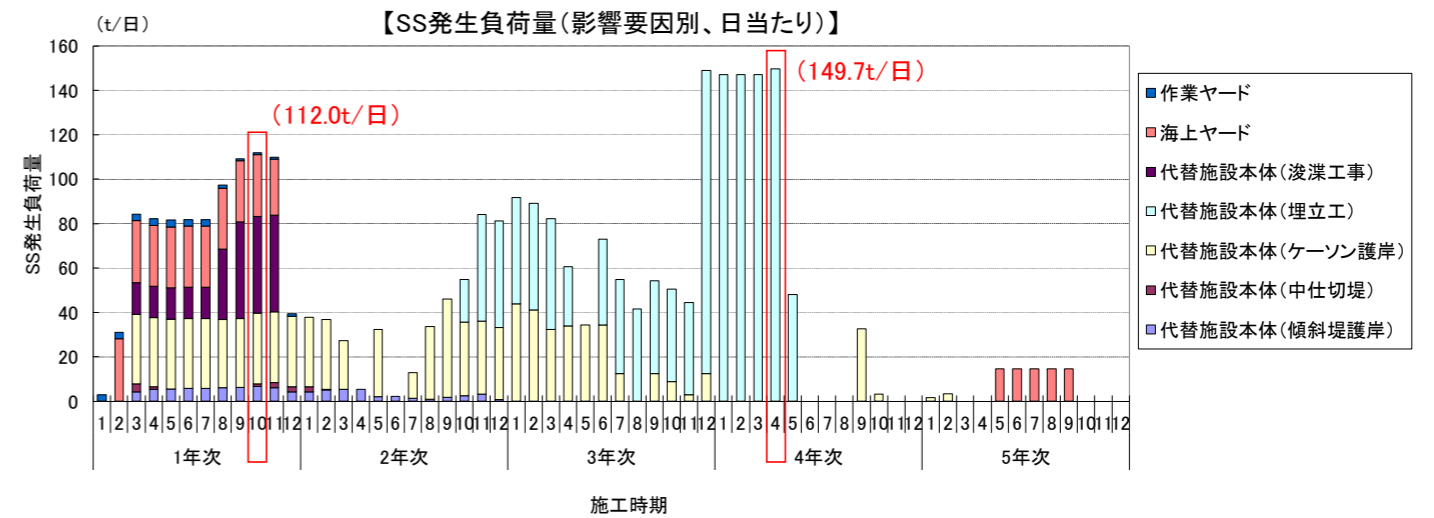


図 2.2 工事に伴う SS 発生負荷量の推移（環境保全図書：変更前）

3. 予測結果及び環境保全図書（変更前）における予測結果との比較

(1) 水の濁り

- ・海上工事に伴い発生する水の濁りについては、平常時（夏季、冬季の平均的な条件、降雨による河川や陸上工事からの濁りはない状態）を対象にシミュレーションを実施。
- ・濁りがサンゴ類や海藻草類等の環境要素に及ぼす影響を検討した結果、5年次7ヶ月目に、サンゴ類への影響を回避・低減するための汚濁防止膜の追加展張が必要との結論に至った。その過程を示す観点から、シミュレーション結果については、平成30年度事後調査報告書に示したサンゴ類の分布域と重ね合わせた図を示す。なお、サンゴ分布域との重ね合わせを行わず、濁りの予測結果のみを示した図は【参考資料9】及び【参考資料10】に記載。
- ・次頁以降に、6つの時期を対象に夏季と冬季について実施したシミュレーション結果のうち、濁りの拡散がより大きくなる傾向がみられる夏季の結果を、サンゴ分布域と重ね合わせた上で示す。冬季のシミュレーション結果は【参考資料11】に記載（重ね合わせたサンゴ分布域は、H30年の調査によるもの。H30年の分布域は、環境保全図書（変更前）で示されたH20年の分布域と比較すると、高被度分布域（被度25%以上）の増加が見られる。）。
- ・水の濁りがサンゴ類に及ぼす影響については、変更前の予測において、サンゴ類と濁り(SS)に関する既往知見、事業実施区域周辺における濁り(SS)の現況及び濁りに関する基準事例に基づき、「SS 2mg/L以下であること」を評価基準（環境保全の基準又は目標）として設定しており、今回も同じ評価基準をもとに検討。
- ・環境保全図書（変更前）においては、1年次10ヶ月目及び4年次4ヶ月目を予測対象時期とし、4年次4ヶ月目については、環境保全措置として汚濁防止膜を追加展張した場合のシミュレーションも実施している。ここでは、それらの予測結果うち、1年次10ヶ月目（以下、「変更前①」という。）と4年次4ヶ月目に汚濁防止膜を追加展張した場合（以下、「変更前②」という。）の結果を今回の予測結果と比較。

【工事中の水の濁りがサンゴ類に及ぼす影響の評価基準】

○サンゴ類と濁り(SS)に関する既往知見（那覇港）¹

- ・サンゴ類の成長に適した環境条件として、SSが $1.2 \pm 0.5 \text{mg/L}$ （平均値±標準偏差）としており、サンゴ類の成長に適したSSの上限値は 1.7mg/L と考えられる。

○事業実施区域周辺における濁り(SS)の現況（平成20年度の調査結果）

- ・平常時（降雨の影響のない状況）においては、大浦湾奥部のサンゴ類生息域で最大 3mg/L 程度で、その他の生息域では 1mg/L 未満。
- ・降雨時においても多くの地点で 1mg/L 未満であるが、 4mg/L 程度まで上昇する地点がみられる。

○濁りに関する基準事例（水産用水基準）²

- ・水産用水基準において、海藻類や魚介類に対する濁りの影響濃度に関する知見をもとに、「人為的に添加される懸濁物質(SS)は 2mg/L 以下であること」と設定。この基準は、サンゴ類が生息する海域を含め、海上工事における工事中の濁りの環境監視基準として広く適用されている。

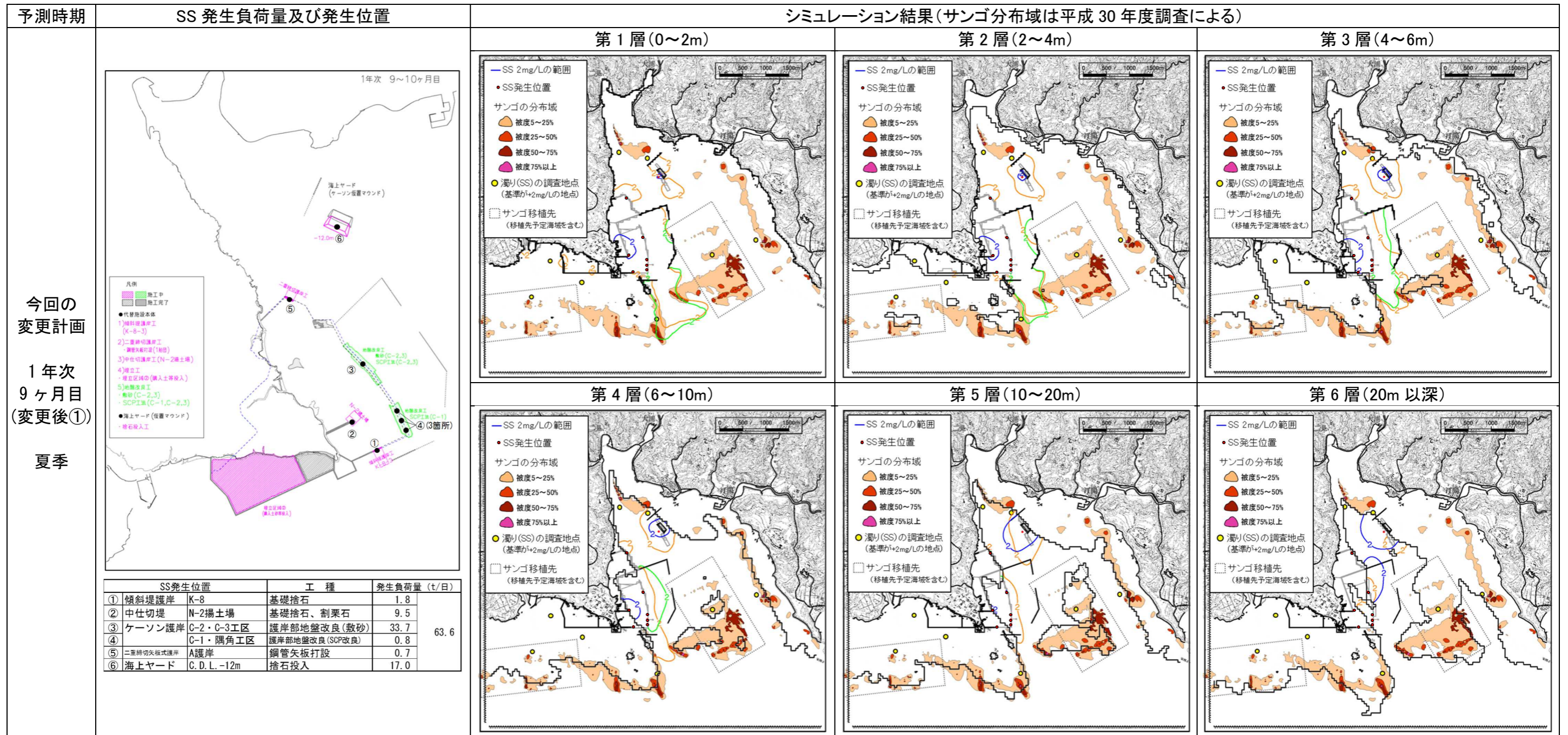
資料：1. 山本秀一・高橋由浩・住田公資・林輝幸・杉浦則夫・前川孝昭（2002）. 人工構造物におけるサンゴ群集成長過程の解析, 海岸工学論文集, 49.

2. 社団法人 日本水産資源保護協会（2006）. 水産用水基準（2005年版）.

1) 1年次9ヶ月目(変更後①)

- ・2mg/Lを上回る濁り(SS)の範囲は、第6層(20m以深)で海上ヤード及びケーソン護岸部を中心に変更前より広がるものの、その他の層では変更前を下回っており、いずれもサンゴ分布域には及ばないものと予測。

表 3.1 今回の変更計画(変更後)における濁り(SS)のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(1年次9ヶ月目:変更後①)



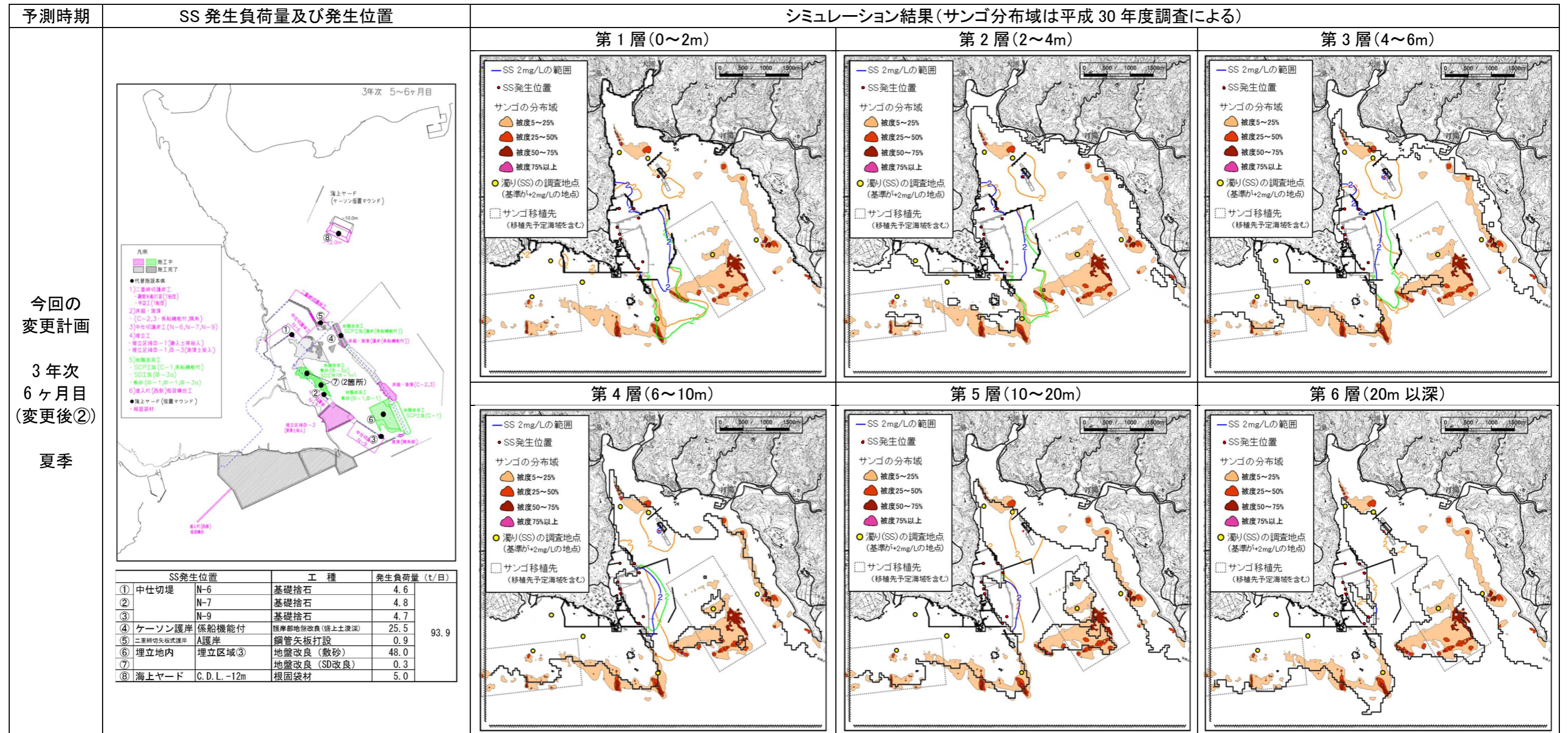
注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

サンゴ移植先については、【参考資料13】参照。

2) 3年次6ヶ月目(変更後②)

- ・2mg/Lを上回る濁り(SS)の範囲は、大浦湾の湾奥側では変更前と同程度に広がるものの、湾口側では変更前を下回っており、いずれもサンゴの高被度分布域(被度25%以上)には及ばないものと予測。

表 3.2 今回の変更計画(変更後)における濁り(SS)のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(3年次6ヶ月目:変更後②)



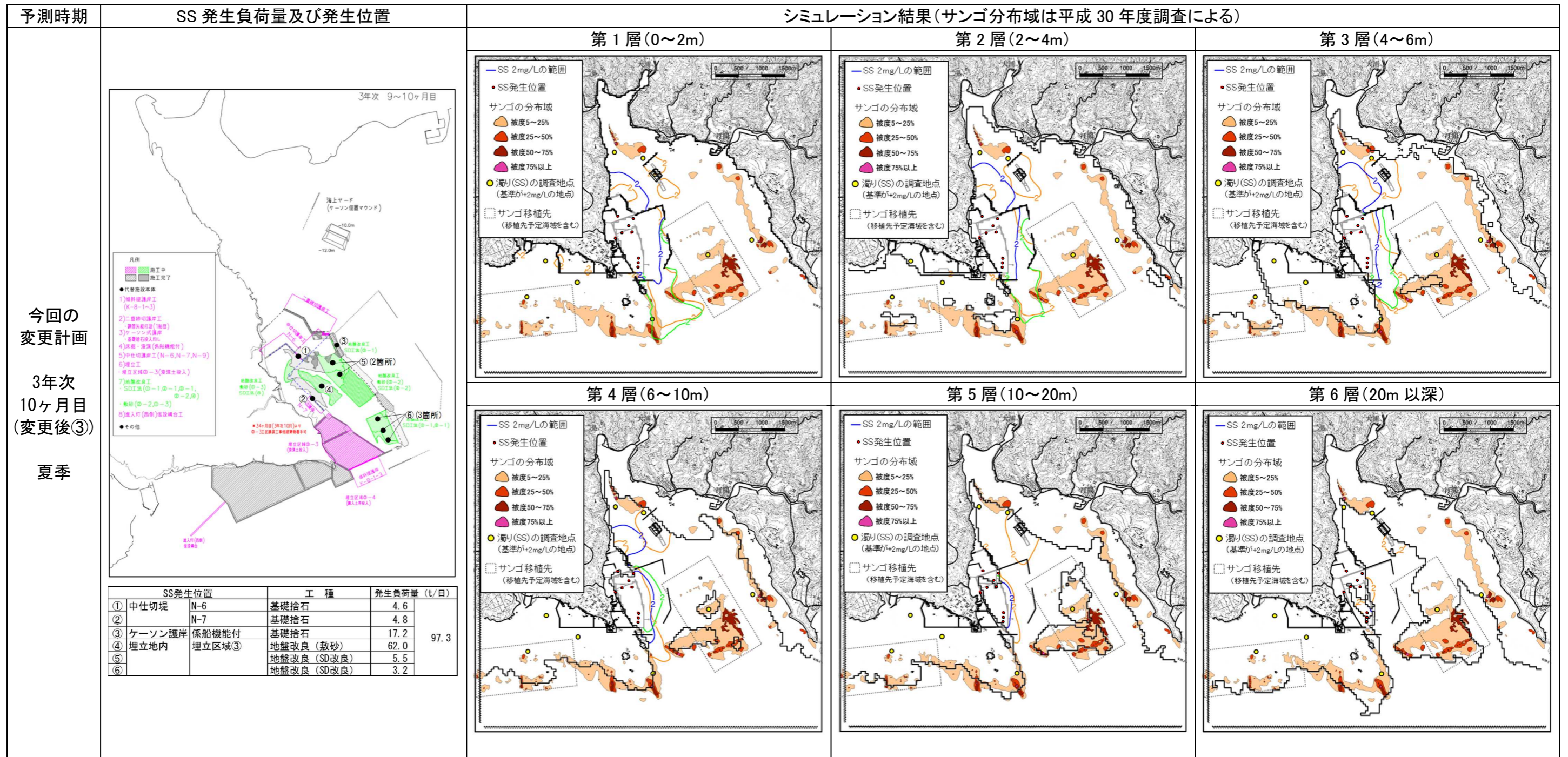
注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

サンゴ移植先については、【参考資料13】参照。

3) 3年次10ヶ月目(変更後③)

・2mg/Lを上回る濁り(SS)の範囲は、大浦湾の湾奥側では変更前よりも広がるものの、湾口側では変更前を下回っており、いずれもサンゴの高被度分布域(被度25%以上)には及ばないものと予測。

表3.3 今回の変更計画(変更後)における濁り(SS)のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(3年次10ヶ月目:変更後③)



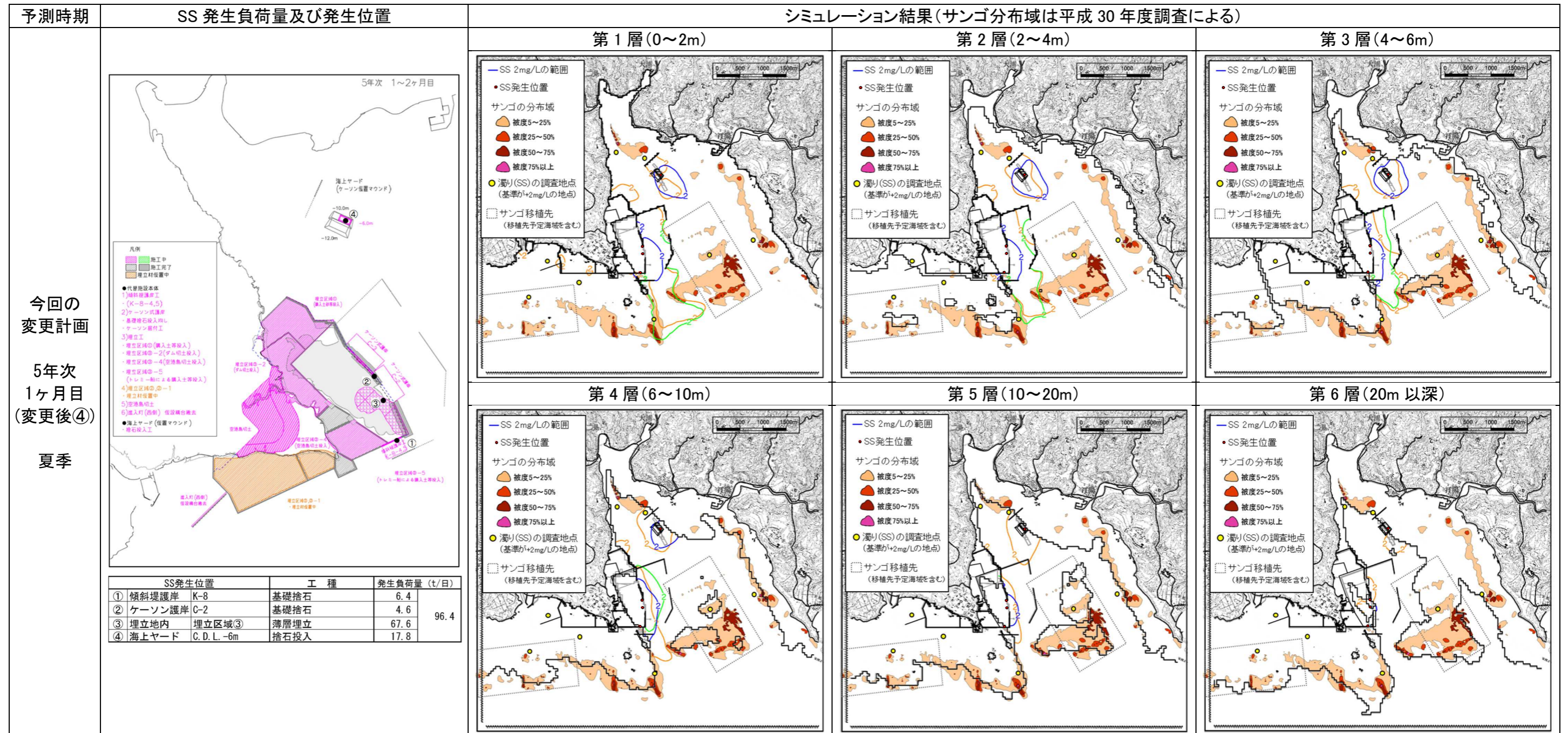
注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

サンゴ移植先については、【参考資料13】参照。

4) 5年次1ヶ月目(変更後④)

- ・2mg/Lを上回る濁り(SS)の範囲は、海上ヤード周辺では変更前と同程度に広がるものの、代替施設本体周辺では変更前を下回っており、いずれもサンゴの高被度分布域(被度25%以上)には及ばないものと予測。

表 3.4 今回の変更計画(変更後)における濁り(SS)のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(5年次1ヶ月目:変更後④)



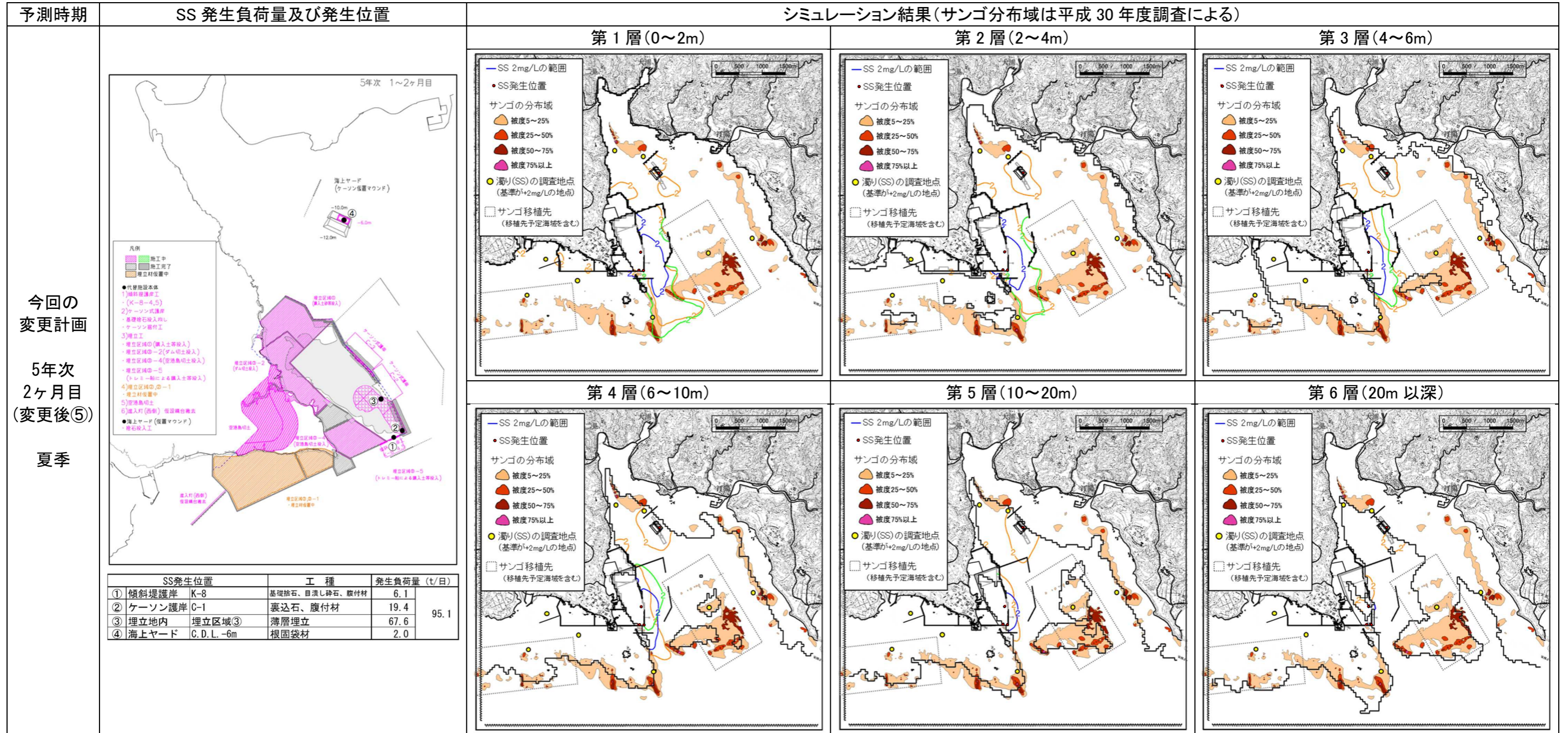
注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

サンゴ移植先については、【参考資料13】参照。

5) 5年次2ヶ月目(変更後⑤)

- ・2mg/Lを上回る濁り(SS)の範囲は、第4層(6~10m)では変更前と同程度に広がるものの、その他の層では変更前を下回っており、いずれもサンゴの高被度分布域(被度25%以上)には及ばないものと予測。

表 3.5 今回の変更計画(変更後)における濁り(SS)のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(5年次2ヶ月目:変更後⑤)



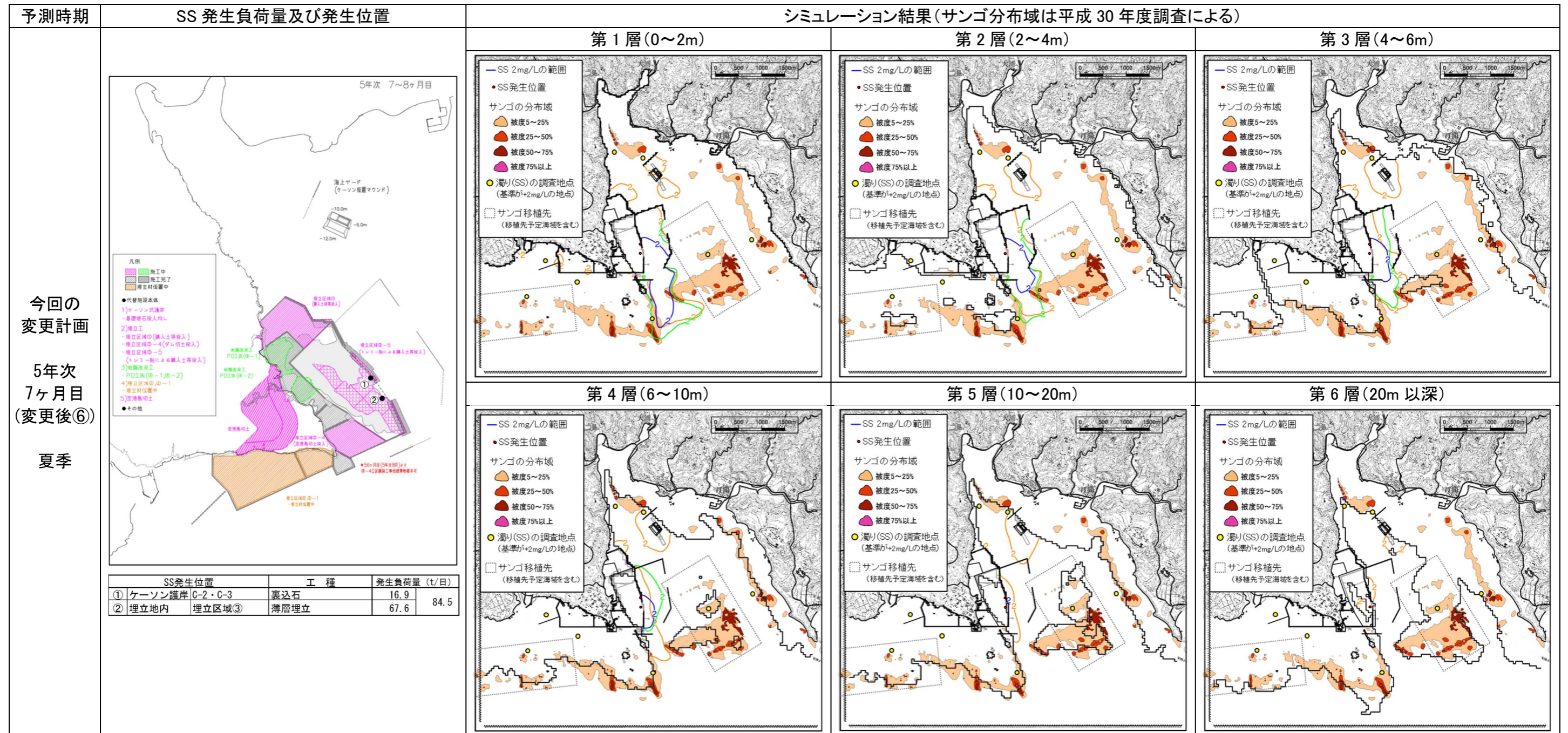
注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

サンゴ移植先については、【参考資料13】参照。

6) 5年次7ヶ月目(変更後⑥)

・2mg/Lを上回る濁り(SS)の範囲は、すべての層で変更前を下回っているものの、第1層において大浦湾の湾口部に比較的高被度(被度25%以上)で生息するサンゴ類の一部に及ぶものと予測されたことから、濁りの影響を低減させるための環境保全措置として、ケーソン護岸部の未閉合区間に汚濁防止膜を海面から海底まで追加展開する。

表 3.6 今回の変更計画(変更後)における濁り(SS)のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(5年次7ヶ月目:変更後⑥)



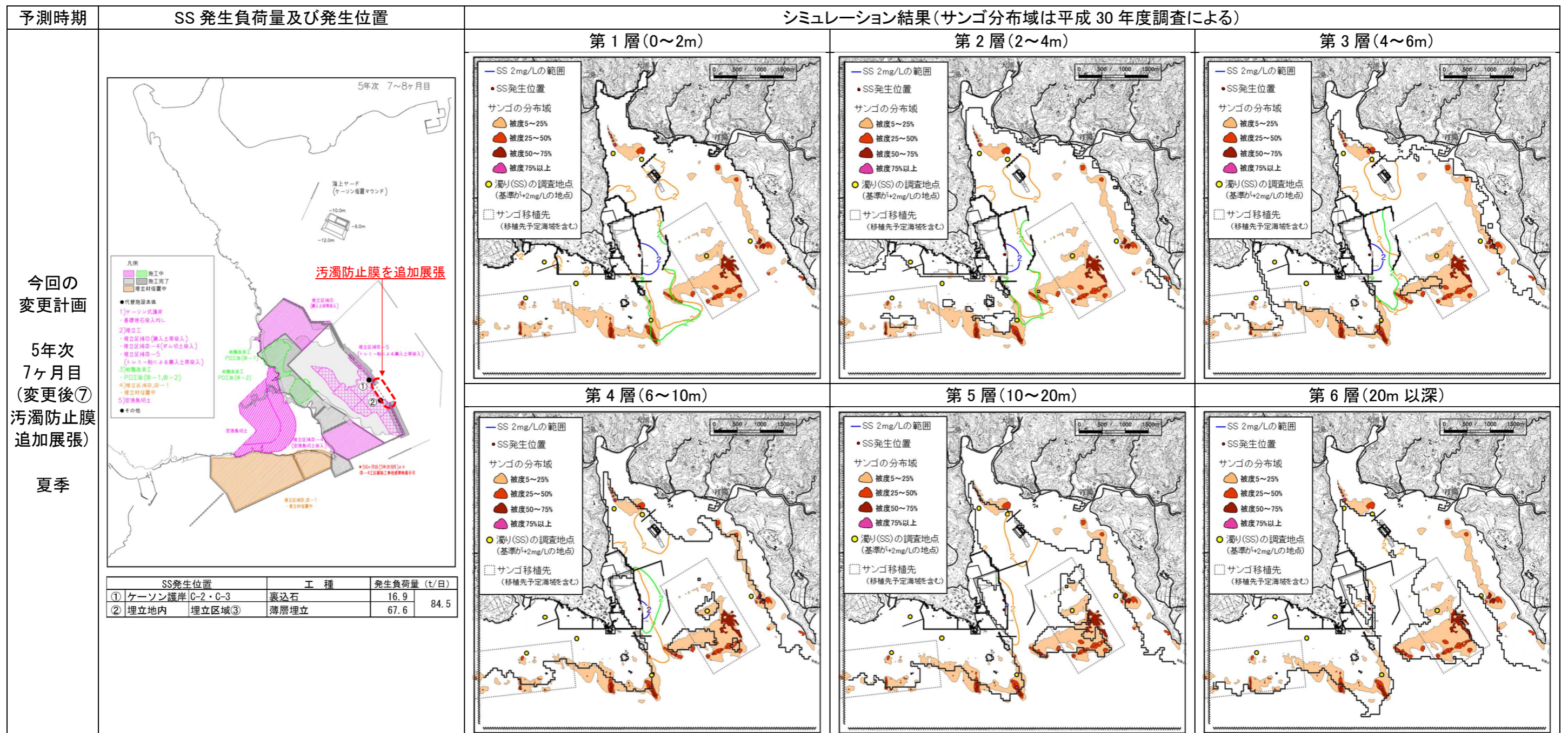
注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展開、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

サンゴ移植先については、【参考資料13】参照。

7) 5年次7ヶ月目(変更後⑦:汚濁防止膜を追加展張)

- ・5年次7ヶ月目における濁りの影響を低減させるため、環境保全措置として、ケーソン護岸部の未閉合区間に汚濁防止膜を海面から海底まで追加展張する。
- ・シミュレーションにおいては、変更前における予測と同様に、追加展張した汚濁防止膜の外側に一定程度の濁りが漏れ出すことを想定した予測を行うこととし、汚濁防止膜による濁りの除去率についても、変更前と同じく、「港湾工事における濁り影響予測の手引き」(平成16年4月、国土交通省港湾局)に示された事例を踏まえ、50%として実施。
- ・その結果、2mg/Lを上回る濁り(SS)の範囲は、すべての層で汚濁防止膜の内側にとどまり、サンゴ分布域には及ばないものと予測。
- ・汚濁防止膜の追加展張を実施する期間については、5年次7ヶ月目とケーソン護岸の据付状況が同じとなり、薄層埋立や裏込石の施工が同程度見込まれる5年次4ヶ月目から5年次7ヶ月目までとする。(なお、5年次3ヶ月目については、シミュレーションを行い2mg/Lを上回る濁りが広がる範囲は変更前と概ね同程度又は下回り、サンゴの高被度分布域には及ばないことを確認しており、その結果は【参考資料12】に示す。)

表 3.7 今回の変更計画(変更後)における濁り(SS)のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(5年次7ヶ月目:変更後⑦、汚濁防止膜追加展張)



注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

サンゴ移植先については、【参考資料13】参照。

(2) 濁りの堆積 (SPSS)

- ・工事の実施による濁りの堆積がサンゴ類に及ぼす影響について、変更前と同様に、サンゴ類の生息範囲における SPSS 値が現況より大きく変化しないことを評価基準として検討。なお、SPSS (底質中懸濁物質含有量) は、沖縄県において広く用いられている海域の赤土堆積評価の指標であり、サンゴ類の生息状況との関連性については表 3.8 のとおり。
- ・SS 発生量の多い施工時期 (1 年次 9 ヶ月目、3 年次 6 ヶ月目、3 年次 10 ヶ月目、5 年次 1 ヶ月目、5 年次 2 ヶ月目、5 年次 7 ヶ月目) について、1 ヶ月当たりの最大堆積量の予測結果より、堆積量を SPSS 値に換算し、堆積量及び堆積範囲をサンゴ類の生息範囲と比較。
- ・現行の環境保全図書において、表 3.9 のとおり、大浦湾東側は SPSS 値によるサンゴ類の生息環境のランクは 4、辺野古地先と大浦湾口部はランクは 5a、大浦湾奥部はランクは 5b に相当し、大浦湾奥部を除き事業実施区域周辺のサンゴ類の生息範囲は赤土堆積の少ない良好な環境条件にあるとした上で、サンゴ類の生息範囲における SPSS 値の増加は小さく、0.4kg/m³ 以下と予測され、サンゴ類の現況の生息環境は維持されるものと評価。
- ・今回、変更計画における SPSS の堆積状況は、施工箇所近傍で 30kg/m³ 程度の堆積がみられるが、いずれの予測対象時期においてもサンゴ類の生息範囲における SPSS 値の増加は小さく 0.4 kg/m³ 以下であり、変更前における予測結果と比較しても堆積量及び堆積範囲は同程度であると予測。

表 3.8 SPSS 値とサンゴ類の生息状況との関係

SPSS kg/m ³			底質状況、その他参考事項
下限	ランク	上限	
	1	<0.4	水中で砂をかき混ぜてもほとんど濁らない。白砂がひろがり生物活動はあまり見られない。
0.4 ≤	2	<1	水中で砂をかき混ぜても懸濁物質の舞い上がりを確認しにくい。白砂がひろがり生物活動はあまり見られない。
1 ≤	3	<5	水中で砂をかき混ぜると懸濁物質の舞い上がりが確認できる。生き生きとしたサンゴ礁生態系が見られる。
5 ≤	4	<10	見た目ではわからないが、水中で砂をかき混ぜると懸濁物質で海が濁る。生き生きとしたサンゴ礁生態系が見られる。透明度良好。
10 ≤	5a	<30	注意してみると底質表層に懸濁物質の存在がわかる。生き生きとしたサンゴ礁生態系の SPSS 上限ランク。
30 ≤	5b	<50	底質表層にホコリ状の懸濁物質がかぶさる。透明度が悪くなりサンゴ被度に悪影響が開始する。
50 ≤	6	<200	一見して赤土等の堆積がわかる。底質攪拌で赤土等が色濃く懸濁。ランク 6 以上は、明らかに人為的な赤土等の流出による汚染があると判断。
200 ≤	7	<400	干潟では靴底の様子がくっきり。赤土等の堆積が著しいがまだ砂を確認できる。樹枝状ミドリイシ類の大きな群体は見られず、塊状サンドの出現割合増加。
400 ≤	8		立つと足がめり込む。見た目は泥そのもので砂を確認できない。赤土汚染耐性のある塊状サンゴが砂漠のサボテンのように点在。

資料) 金城孝一・比嘉榮三郎・上原睦男 (2005). 赤土堆積状況とサンゴに及ぼす影響について, 沖縄県衛生環境研究所報, 第 39 号.

表 3.9 サンゴ生息域範囲における SPSS 値の状況

海域	調査地点	水深 (m)	SPSS (kg/m ³)				平均値 (最小値~最大値)	ランク
			平成 19 年度		平成 20 年度			
			夏季	冬季	夏季	冬季		
辺野古地先海域	US-2	36.8	7.9	7.4	12.3	10.5	15.7 (2.2~110)	5a
	US-3	3.2	18.5	18.2	9.0	5.3		
	US-4	25.1	6.4	8.2	11.4	12.5		
	US-10	3.4	2.8	2.2	2.2	3.9		
	US-11	33.9	13.9	7.6	4.8	6.9		
大浦湾東側海域	US-22	33.6	110	59.0	15.4	20.2	9.0 (5.3~15.3)	4
	US-26	3.4	7.9	12.1	6.6	6.6		
大浦湾口部	US-27	21.3	9.9	15.3	5.3	8	23.8 (18.8~35)	5a
	US-25	18.1	35	22.1	19.3	18.8		
大浦湾奥部	US-17	3.7	8.4	8.3	41.6	66.5	31.2 (8.3~66.5)	5b

注) 1. 調査年月日は下記のとおり。

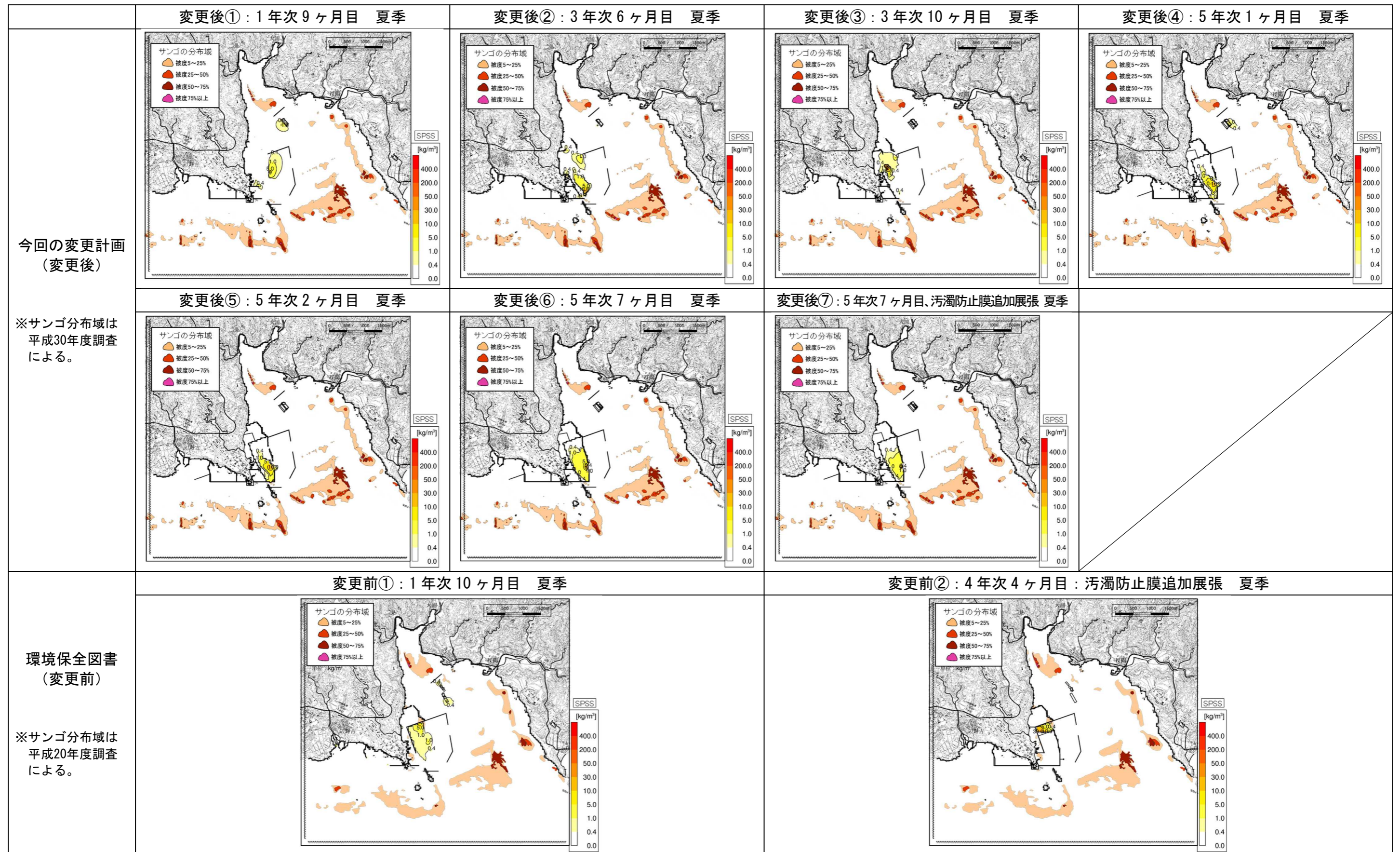
平成 19 年度 夏季: 平成 19 年 8 月 30 日、9 月 1 日 冬季: 平成 20 年 2 月 11 日

平成 20 年度 夏季: 平成 20 年 7 月 23 日 冬季: 平成 20 年 12 月 9 日

2. 水深は、平成 20 年度夏季と冬季の測定値の平均を示す。

3. SPSS のランクは、平成 19、20 年度の測定値をもとにランク付けを行った。

表 3.10 今回の変更計画（変更後）における1ヶ月当たりのSPSSのシミュレーション結果と環境保全図書（変更前）のシミュレーション結果との比較結果



4. 水の濁りが他の環境要素に及ぼす影響

- ・水の濁りが他の環境要素に及ぼす影響について、変更前後の予測結果は以下のとおり。
- ・海藻草類については、現在の分布域が変更前における予測で用いた分布域より減少しているものの、変更後の工事の実施による濁りの影響を予測するに当たっては、変更前における予測で用いた分布域を重ね合わせるにより、サンゴ類と同様に、工事中の濁りの発生が海藻草類に及ぼす影響を検討。重ね合わせには、濁りが比較的大浦湾の湾口部方面に広がる5年次1ヶ月目（変更後④）と海上ヤード部において広がる5年次2ヶ月目（変更後⑤）における夏季の予測結果を用いた。

表 4.1 水の濁りが他の環境要素に及ぼす影響

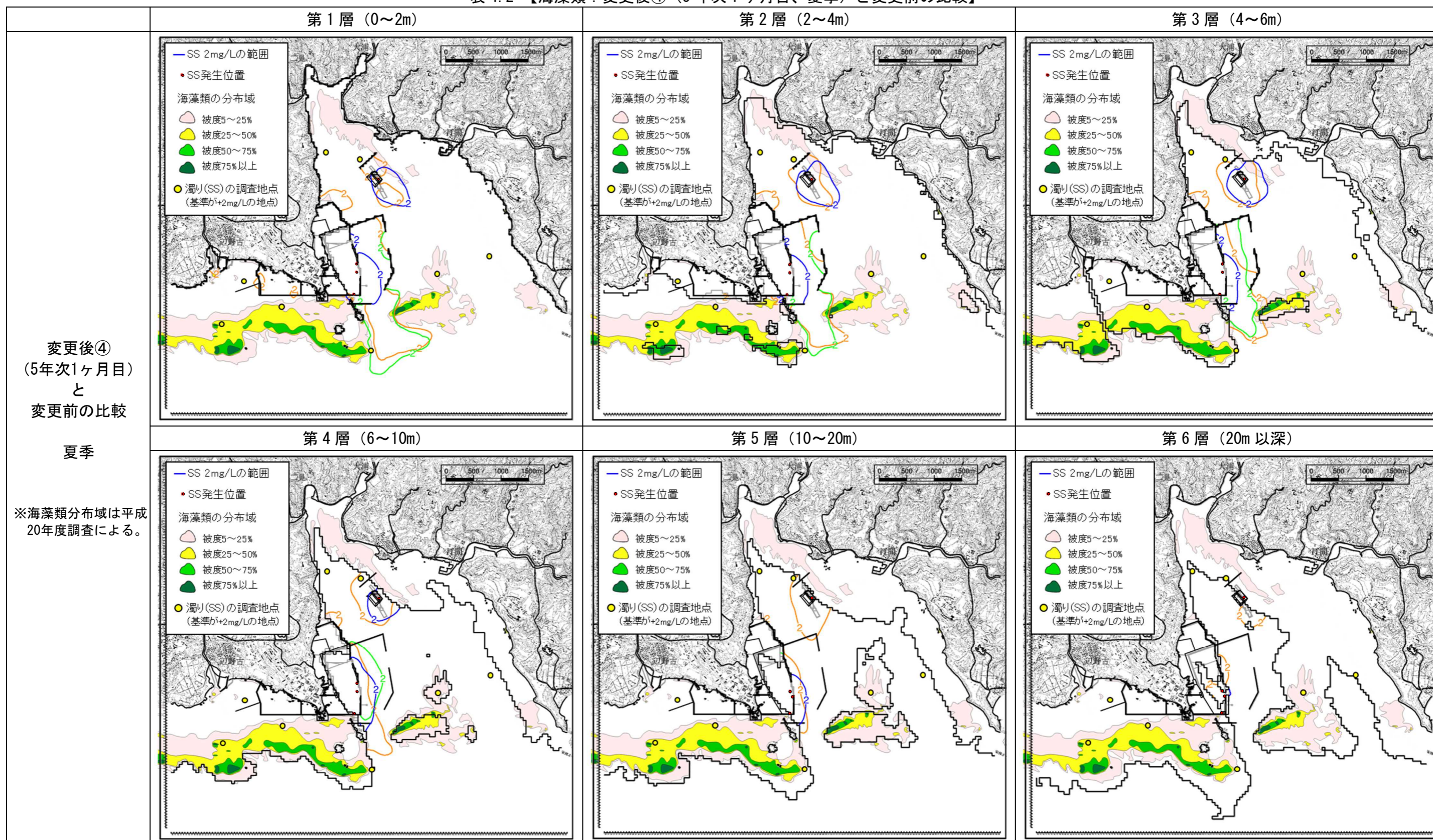
環境要素	変更前の予測結果・評価	変更後の予測結果・評価
海域生物 (海域生物の重要な種)	<ul style="list-style-type: none"> ・SS濃度が日平均値で2mg/L以上となる範囲が比較的大浦湾奥部（海岸部を除く）、大浦湾西部及び大浦湾口部に生息する海域生物及び生息・生育域の一部に影響が及ぶおそれがあることから、工事中は濁りの監視を行うとともに、事後調査及び環境監視調査を実施し、調査結果を踏まえて、必要に応じて専門家等の指導・助言を得て、環境保全措置を講じる。 ・汚濁防止膜の設置等の保全措置を実施することで、安部～嘉陽地先、大浦湾東部、大浦湾奥部の海岸部、辺野古地先及び松田～豊原地先の海域に生息・生育する重要な種の生息・生育環境の変化はほとんどないと予測。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水の濁り、堆積の変化は変更前と同程度又はそれ以下であることから、変更後の水の濁り・堆積による海域生物への影響についての予測結果・評価は変更前と変わらない。
サンゴ類	<ul style="list-style-type: none"> ・水の濁りの拡散予測結果によると、工事中はサンゴ類の生息範囲の一部において評価基準としたSS 2mg/Lを超える濁りが拡散する可能性が予測されたが、注目すべきサンゴ群生及び比較的高被度（被度25%以上）の生息範囲にはSS 2mg/Lを超える濁りは拡散しないと予測され、現況のサンゴ類の生息環境は保全される。 ・濁りの堆積状況をSPSS値に換算した結果によると、サンゴ類の生息範囲においては工事中の濁りの堆積に伴うSPSS値の増加は小さいと予測され、サンゴ類の現況の生息環境は維持される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水の濁り、堆積の変化は変更前と同程度又はそれ以下であり、H30年のサンゴ分布域と対比した結果、注目すべきサンゴ群生及び比較的高被度（被度25%以上）の生息範囲にはSS 2mg/Lを超える濁りは拡散しないことから、水の濁り・堆積によるサンゴ類への影響についての予測結果・評価は変更前と変わらない。
海藻類	<ul style="list-style-type: none"> ・水の濁りの拡散予測結果によると、海藻類の評価基準としたSS2mg/Lを超える濁り及び0.3mm以上の堆積が海藻類の生育範囲に及ぶことはほとんどなく、現状の海藻類の生育環境は維持される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水の濁り、堆積の変化は変更前と同程度又はそれ以下であり、海藻類の分布域と対比した結果、水の濁り・堆積による海藻類への影響についての予測結果・評価は変更前と変わらない。
注目すべき種 (クビレミドロ)	<ul style="list-style-type: none"> ・大浦湾奥部のクビレミドロ生育域におけるSSの増加は1mg/L未満とほとんどなく、現況の生育環境においては平常時で1～8mg/L、降雨時で1～14mg/Lであることを考慮すると、現在の生育環境は維持される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水の濁り、堆積の変化は変更前と同程度又はそれ以下であることから、変更後の水の濁り・堆積による注目すべき種（クビレミドロ）への影響についての予測結果・評価は変更前と変わらない。
海草類	<ul style="list-style-type: none"> ・水の濁りの拡散予測結果によると、辺野古地先のリーフ内の施工地点の近傍では評価基準を上回る濁りが拡散すると予測。 ・SS堆積量の予測結果によると、海草の生育範囲においてはほとんど堆積しない。 ・工事中の濁りに伴う海草類の生育環境の変化は小さいと考えられるが、辺野古地先のリーフ内の施工地点の近傍では評価基準を上回る濁りの拡散が予測されるため、工事中は濁りの監視を行うとともに、海草藻場の生育状況が明らかに低下してきた場合には、必要な環境保全措置を講じる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水の濁り、堆積の変化は変更前と同程度又はそれ以下であり、海草類の分布域と対比した結果、水の濁り・堆積による海草類への影響についての予測結果・評価は変更前と変わらない。
ジュゴン	<ul style="list-style-type: none"> ・工事中の濁りはジュゴンの生息が頻繁に確認されている嘉陽地先の海域にはほとんど拡散しないと予測。 ・嘉陽沖を主生息域とする個体A及び平成20年度より嘉陽沖や大浦湾で確認されるようになった個体Cは、いずれも嘉陽地先のリーフ内の海草藻場を主な餌場に行っていると推察されているが、濁りは嘉陽地先の海草藻場にはほとんど拡散しないものと予測されていることから、工事中の濁りがジュゴンの生息環境や餌場とする海草藻場の生育環境に影響を与えることはほとんどない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水の濁り、堆積の変化は変更前と同程度又はそれ以下であることから、変更後の水の濁り・堆積によるジュゴンへの影響についての予測結果・評価は変更前と変わらない。
海域生態系	<ul style="list-style-type: none"> ・汚濁防止膜等の対策を講じることで濁りの影響は局所的な範囲に抑えられ、濁りの堆積に伴うSPSS値の増加は小さく、サンゴ類の生息環境は維持されることから、施工区域周辺の海域を特徴づけるサンゴ礁生態系に対する影響はほとんどなく、当該海域の生態系に対する影響はほとんどないと予測。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水の濁り、堆積の変化は変更前と同程度又はそれ以下であることから、変更後の水の濁り・堆積による海域生態系への影響についての予測結果・評価は変更前と変わらない。
陸域生態系	<ul style="list-style-type: none"> ・水の濁り（SS濃度）の影響を考慮しても、ミサゴ・アジサシが水面下を遊泳する魚類を捕獲するのに必要な水面付近の透視度は30cm確保される。餌生物である魚類への影響については、海域において水産用水基準（2018年版）で定められるSS濃度が2mg/Lを超える範囲が代替施設本体の南側護岸から1～2km沖合まで拡散するが、大浦湾内、辺野古リーフ上の護岸工事、海上ヤードの工事では、施工場所近傍の局所的に分布すると予測。ただし、ミサゴ・アジサシへの影響については、予測のための知見が限られており、不確実性を伴うため、水の濁りについて環境監視調査を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水の濁り、堆積の変化は変更前と同程度又はそれ以下であることから、変更後の水の濁り・堆積による陸域生態系への影響についての予測結果・評価は変更前と変わらない。



・重ね合わせた海草藻類の分布域は、保全図書（変更前）で示したH20当時のもの。H30の調査では、これより減少しているため、ここではH20当時の分布域と対比して予測。

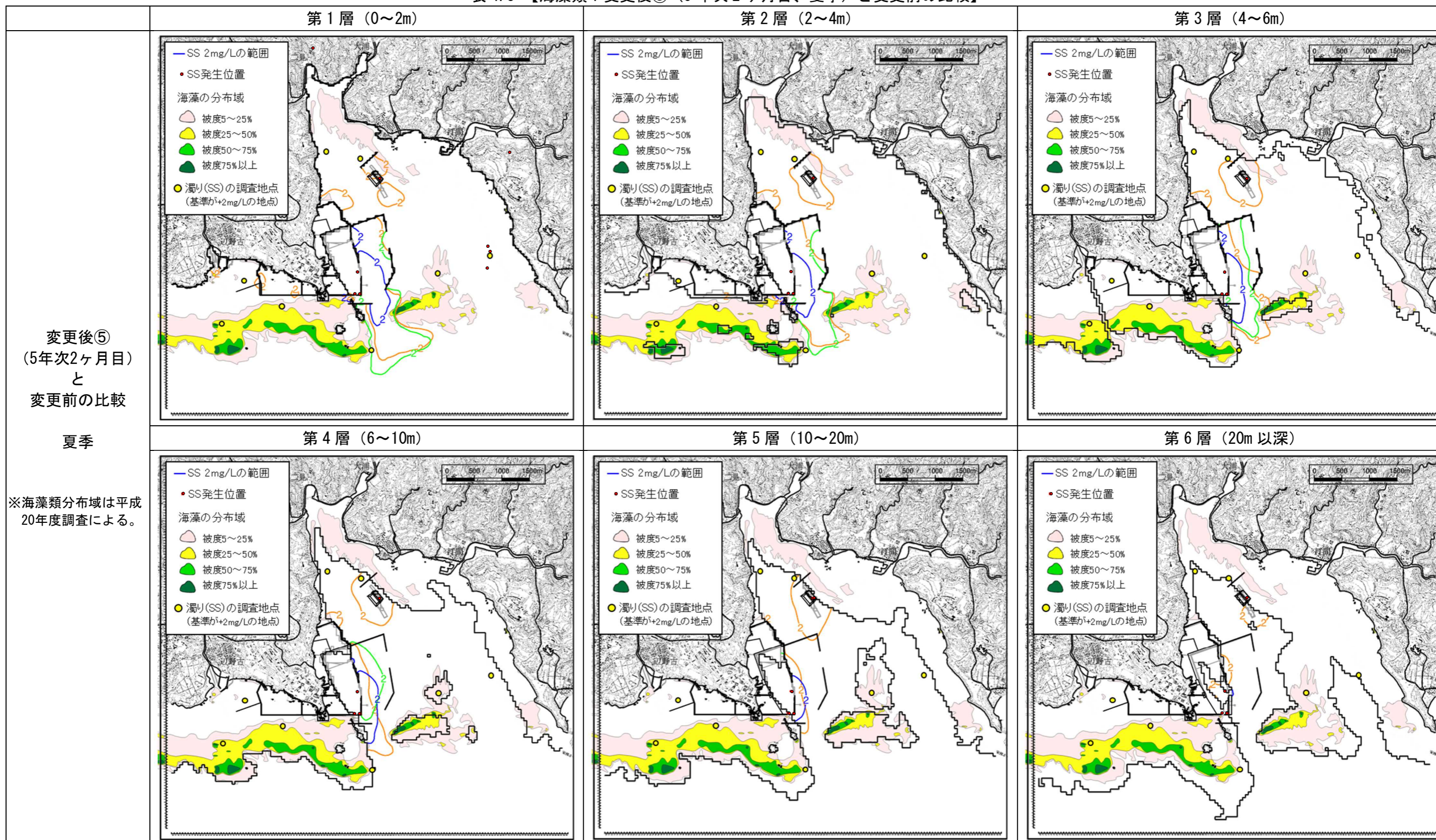
今回の変更計画（変更後）における濁り(SS)のシミュレーション結果と環境保全図書（変更前）のシミュレーション結果との比較結果（海藻類の分布域との関係：1/2）

表 4.2 【海藻類：変更後④（5年次1ヶ月目、夏季）と変更前の比較】



注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目（変更前①）を—、4年次4ヶ月目（汚濁防止膜追加展張、変更前②）を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

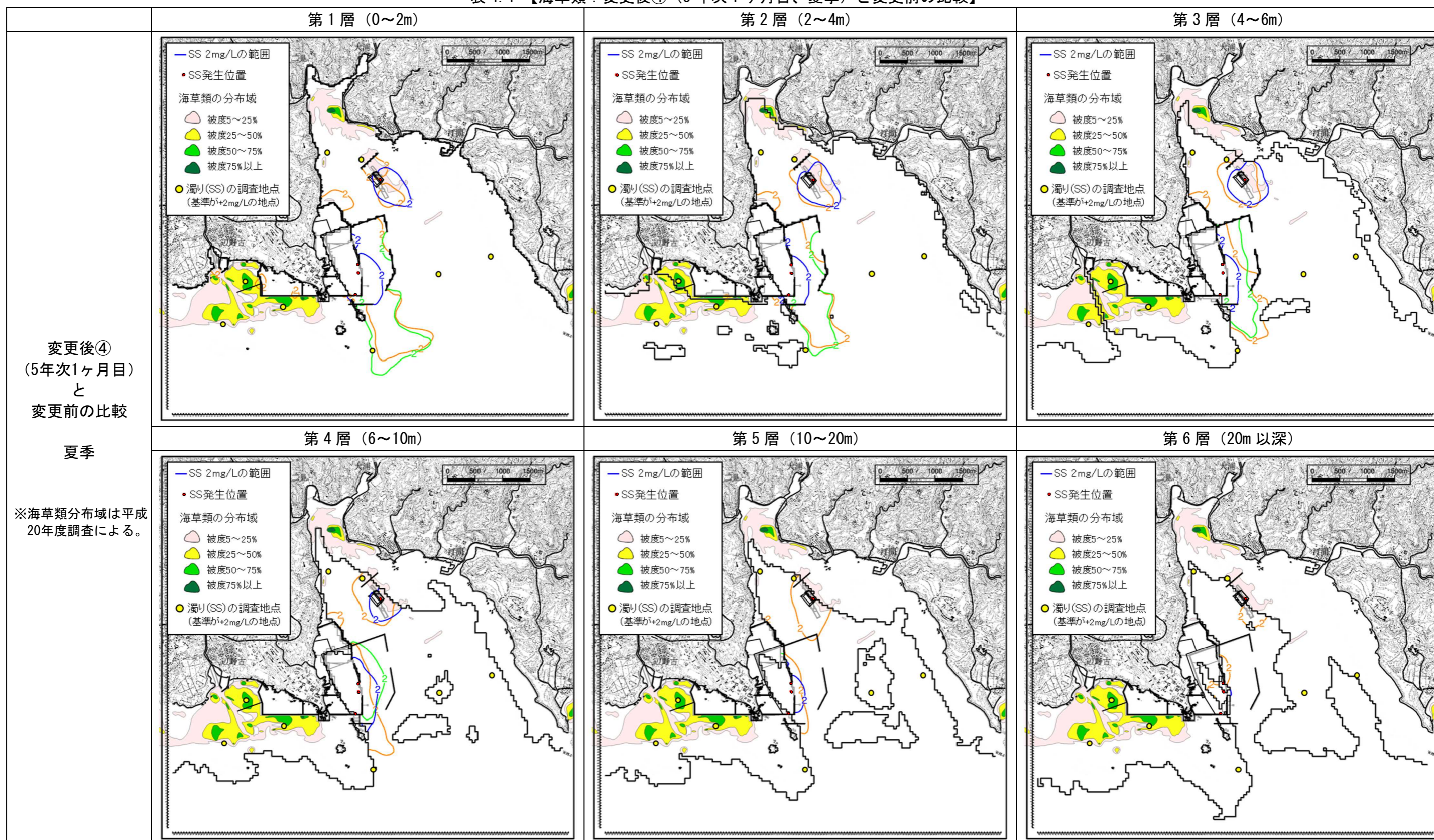
表 4.3 【海藻類：変更後⑤（5年次2ヶ月目、夏季）と変更前の比較】



注) SS 2mg/L の範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目（変更前①）を—、4年次4ヶ月目（汚濁防止膜追加展張、変更前②）を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

今回の変更計画（変更後）における濁り(SS)のシミュレーション結果と環境保全図書（変更前）のシミュレーション結果との比較結果（海草類の分布域との関係：1/2）

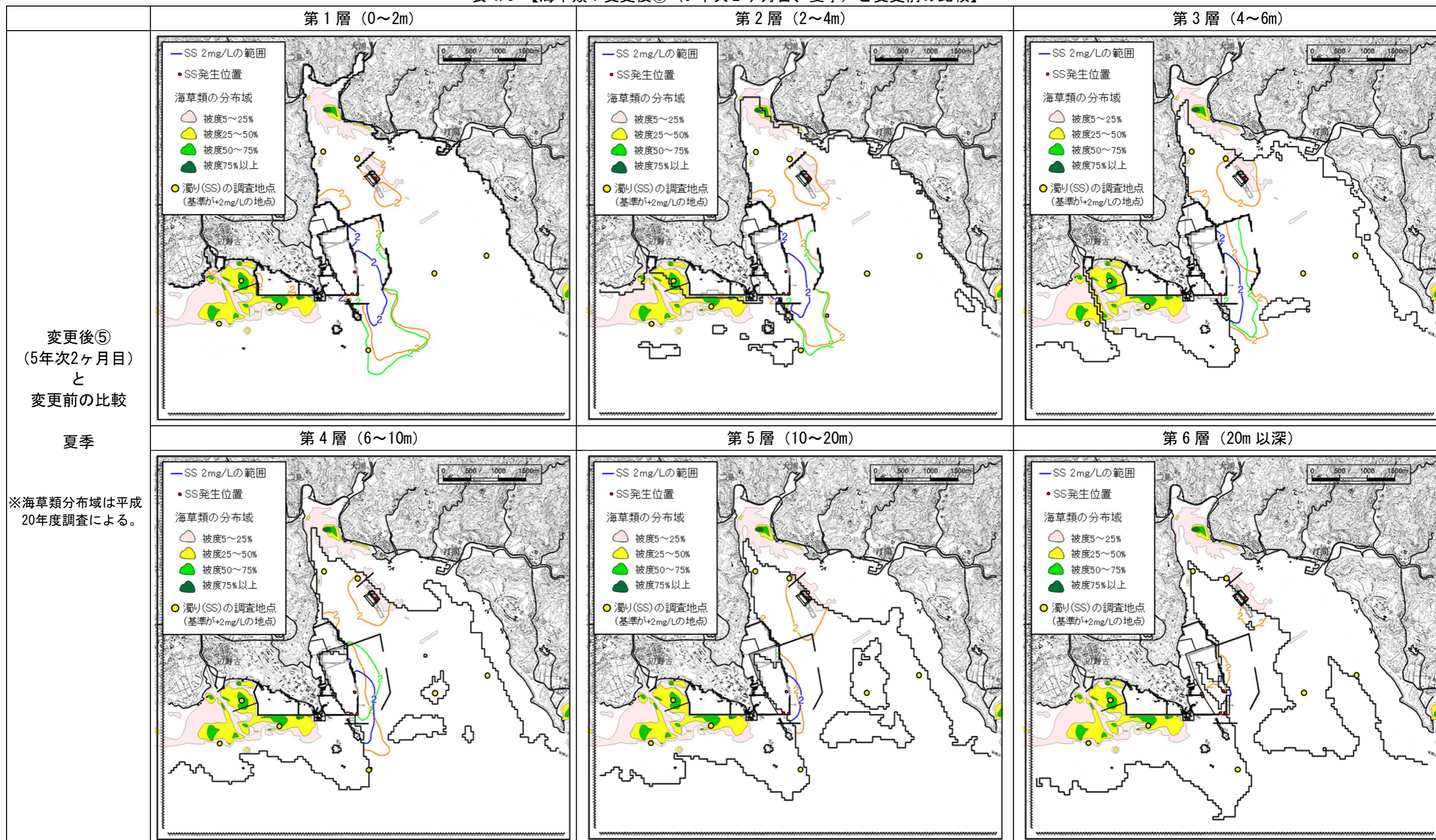
表 4.4 【海草類：変更後④（5年次1ヶ月目、夏季）と変更前の比較】



注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目（変更前①）を—、4年次4ヶ月目（汚濁防止膜追加展張、変更前②）を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

今回の変更計画（変更後）における濁り(SS)のシミュレーション結果と環境保全図書（変更前）のシミュレーション結果との比較結果（海草類の分布域との関係：2/2）

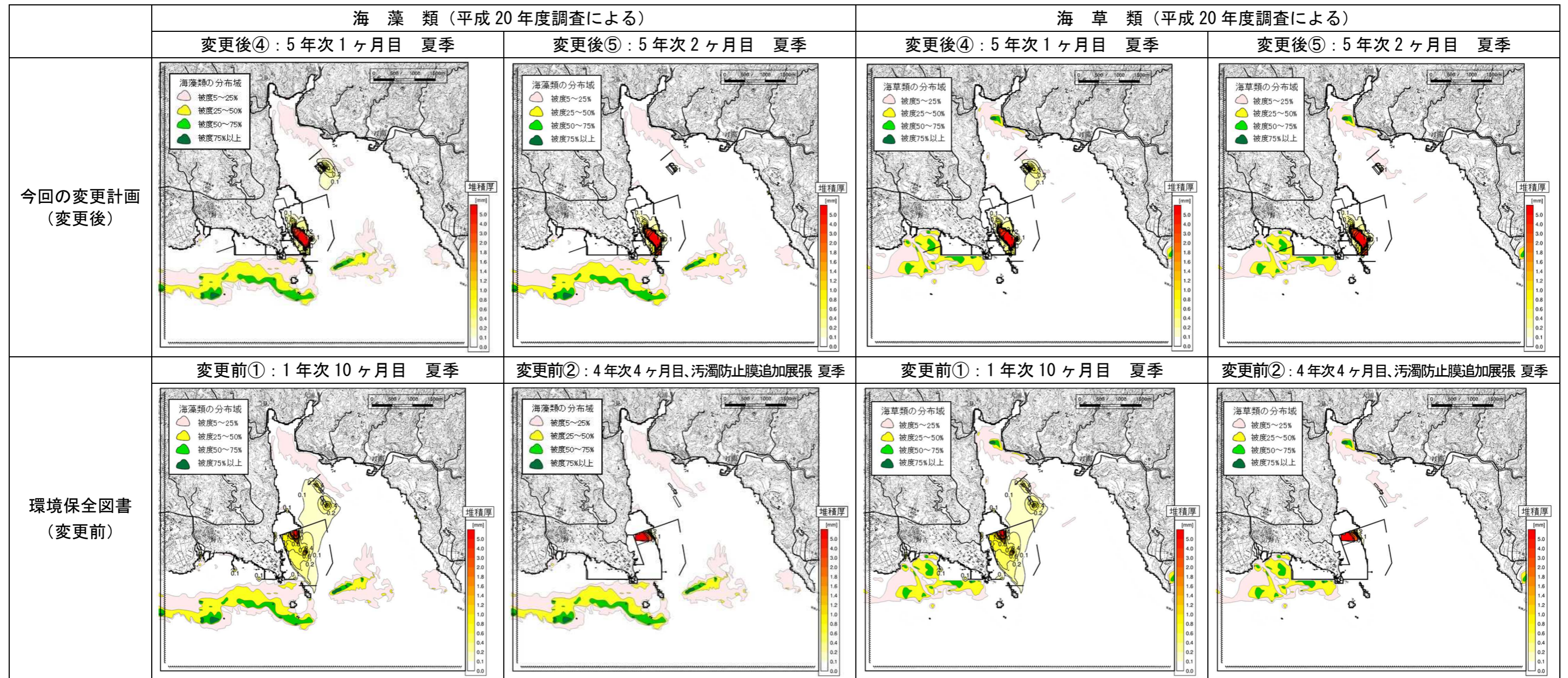
表 4.5 【海草類：変更後⑤（5年次2ヶ月目、夏季）と変更前の比較】



注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目（変更前①）を—、4年次4ヶ月目（汚濁防止膜追加展張、変更前②）を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

表 4.6 今回の変更計画（変更後）における1ヶ月当たりの濁り(SS)の堆積についてのシミュレーション結果と環境保全図書（変更前）のシミュレーション結果との比較結果

(海藻草類の分布域との関係)



5. 土砂による水の濁り（海域）の影響予測のまとめ

- 今回の変更計画（変更後）における工事の実施に伴う水の濁りの拡散及び堆積の状況を、現行計画（環境保全図書：変更前）と同様の手順、方法により予測。
- 地盤改良工事をはじめ、変更後に新たに濁り発生工種となる工種に加え、変更前において想定した工種についても、土質調査の結果等をもとに取扱土砂のシルト・粘土分の見直しを行ない、より安全側で原単位を再設定した上で濁り(SS)発生負荷量を算定し、6つの時期を対象にシミュレーションを実施。
- シミュレーションの結果、変更後における濁り(SS)の拡散範囲は、いずれの時期においても変更前の予測結果における拡散範囲と概ね同程度又はこれを下回っており、サンゴ分布域には2mg/L以上の濁り(SS)はほとんど及ばないものと予測され、海藻草類等の他の環境要素に対しても、濁り(SS)の影響は変更前よりも低減されるものと予測。
- ただし、5年次7ヶ月目（ケーソン護岸造成中及び薄層埋立中）には、第1層（0～2m）における濁り(SS)が大浦湾の湾口部に比較的高被度（被度 25%以上）で生息するサンゴ類の一部に及ぶものと予測されたことから、濁りの影響を低減させるための新たな環境保全措置として、ケーソン護岸部の未閉合区間に汚濁防止膜を海面から海底まで追加展張する計画とし、これにより、当該サンゴ類への影響を低減することとした。
- 濁り(SS)の堆積についても、変更前と比較しても堆積量、堆積範囲ともに同程度で、いずれの予測ケースも施工箇所近傍に限られ、サンゴ類の生息範囲における増加はないものと予測。
- 以上のことから、変更後における土砂による水の濁り（海域）の影響の程度は、変更前と同程度もしくはそれ以下となるような環境配慮がなされており、変更前から計画しているものも含め所要の環境保全措置を講じることで、環境保全への配慮は適正になされ、環境保全の基準又は目標との整合性も図られるものと評価。
- 環境保全措置の効果を検証するため、引き続き、水の濁り(SS)の事後調査を実施するとともに、工事が原因と考えられる濁りが監視基準を満たさない場合や、環境保全措置の効果に関して検討・見直しを要するような場合には、必要に応じて環境監視等委員会（専門家等）の指導・助言を得て、必要な措置（既存の措置の見直しや追加の措置等）を講じることとする。

変更計画における影響予測(土砂による水の濁り(海域))

【参考資料】

(目次)

参考資料1：シミュレーションの前提条件（変更前の環境保全図書より抜粋）	(1)
参考資料2：濁り(SS)発生工種と発生原単位	(10)
参考資料3：濁り発生原単位の設定根拠	(11)
参考資料4：既往の濁り発生原単位	(16)
参考資料5：濁り発生源モデルの設定	(17)
参考資料6：海砂のシルト・粘土分について	(19)
参考資料7：岩ズリのシルト・粘土分について	(20)
参考資料8：石材付着土砂のシルト・粘土分について	(21)
参考資料9：シミュレーション結果（夏季、濁りの拡散状況のみの結果）	(22)
参考資料10：シミュレーション結果（冬季、濁りの拡散状況のみの結果）	(29)
参考資料11：シミュレーション結果（冬季）	(36)
参考資料12：シミュレーション結果（5年次3ヶ月目）	(43)
参考資料13：サンゴ類の移植・移築先について	(47)

【参考資料1：シミュレーションの前提条件（変更前の環境保全図書より抜粋）】

1. 濁り発生量の算定方法

はじめに、施工計画（工種別・月別に施工量を整理した計画：「山積表」）から、濁りの発生が考えられる工事（工種）を抽出し、工種ごとに取扱土砂のシルト・粘土分（細粒分）の割合（濁りに寄与する汚濁限界粒子径（粒径 $75\mu\text{m}$ 以下）の粒径加積百分率）を設定し、濁り発生原単位を設定する。

工種ごとの濁り発生原単位と山積表から、次式により濁り発生量を月ごとに算出する。

$$\text{SS 発生量 (kg/日)} = W \times Q$$

$$W = W_0 \times R / R_0$$

W : 工事の施工に伴う SS 発生原単位 (kg/m³)

W_0 : SS の発生原単位 (kg/m³)

R : 現地流速における汚濁限界粒子の粒径加積百分率 (%)

R_0 : 原単位 W_0 を推定した時の土粒子 ($75\mu\text{m}$ 以下) の粒径加積百分率 (%)

Q : 施工量 (m³/日)

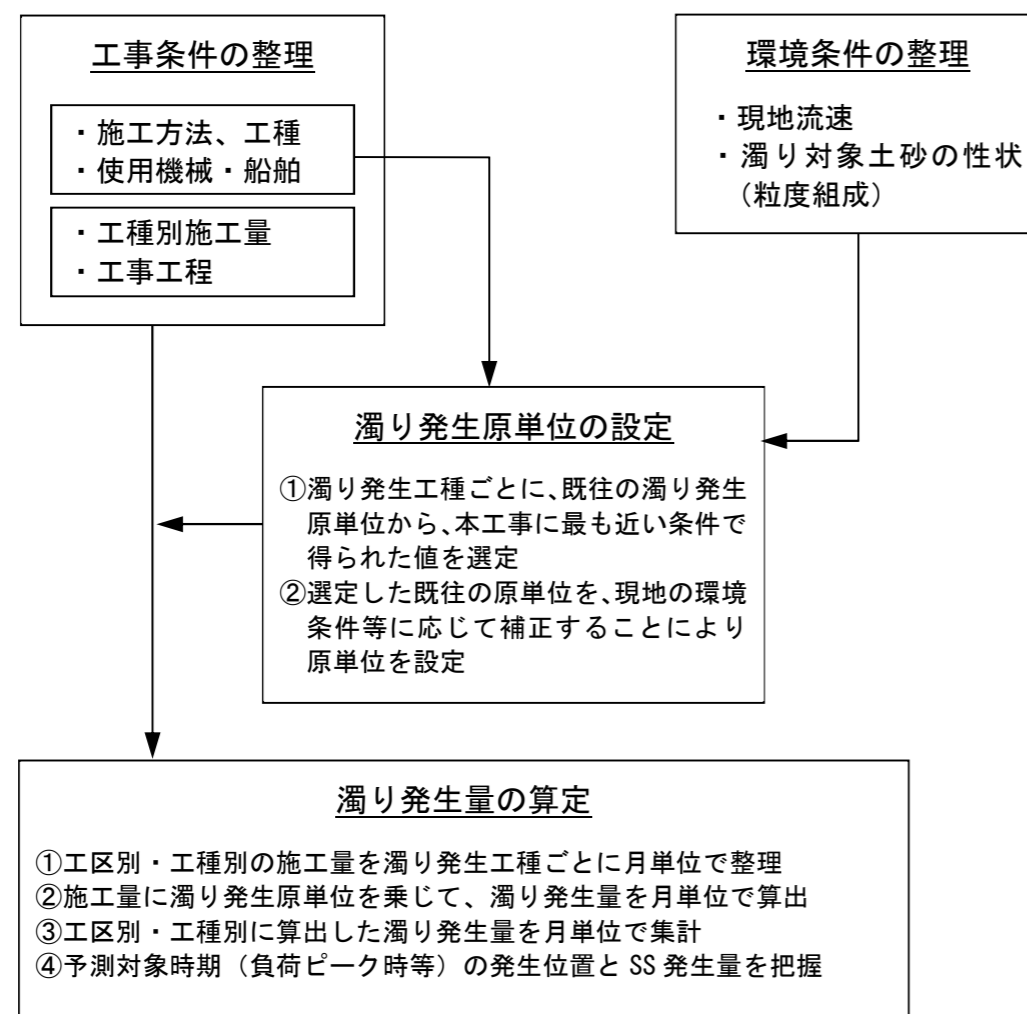


図 1.1 濁り発生量の算定手順

2. 予測モデル

(a) 予測の考え方

計算方法は、流動モデルで得られた周期的に定常な流れの場（12 時間周期の流れ）に、1 日当たりの濁り (SS) 発生負荷量を連続的に与え続け、濁りの負荷が海域で拡散していく様子を繰り返し計算し、水質の場が周期的に定常な状態になるまで計算を行った。この時の SS 発生負荷量が最大となる時期を予測対象時期として予測することで、可能な限り危険側の予測を行うこととした。

(b) 基本式

次式で表される拡散物質の沈降過程を含む移流拡散方程式を用いた。

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} + (w - W_s) \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial S}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial S}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial S}{\partial z} \right) + q$$

- S : SS 濃度 (mg/L)
- x, y, z : 右手系の直行座標系、上向きを正
- u, v, w : x, y, z 方向の流速 (cm/s)
- t : 時間 (s)
- K_x, K_y : 水平渦拡散係数 (cm²/s)
- K_z : 鉛直渦拡散係数 (cm²/s)
- q : 負荷量 (g/s)
- W_s : 沈降速度 (cm/s)

3. 流動計算（海水の流れ）

(a) 予測手順

流動計算にあたっては、計算値と観測値を比較することによりモデルの妥当性（再現性）を検証した上で、予測対象時期の地形条件を設定して工事实施時の海水の流れの変化を予測した。

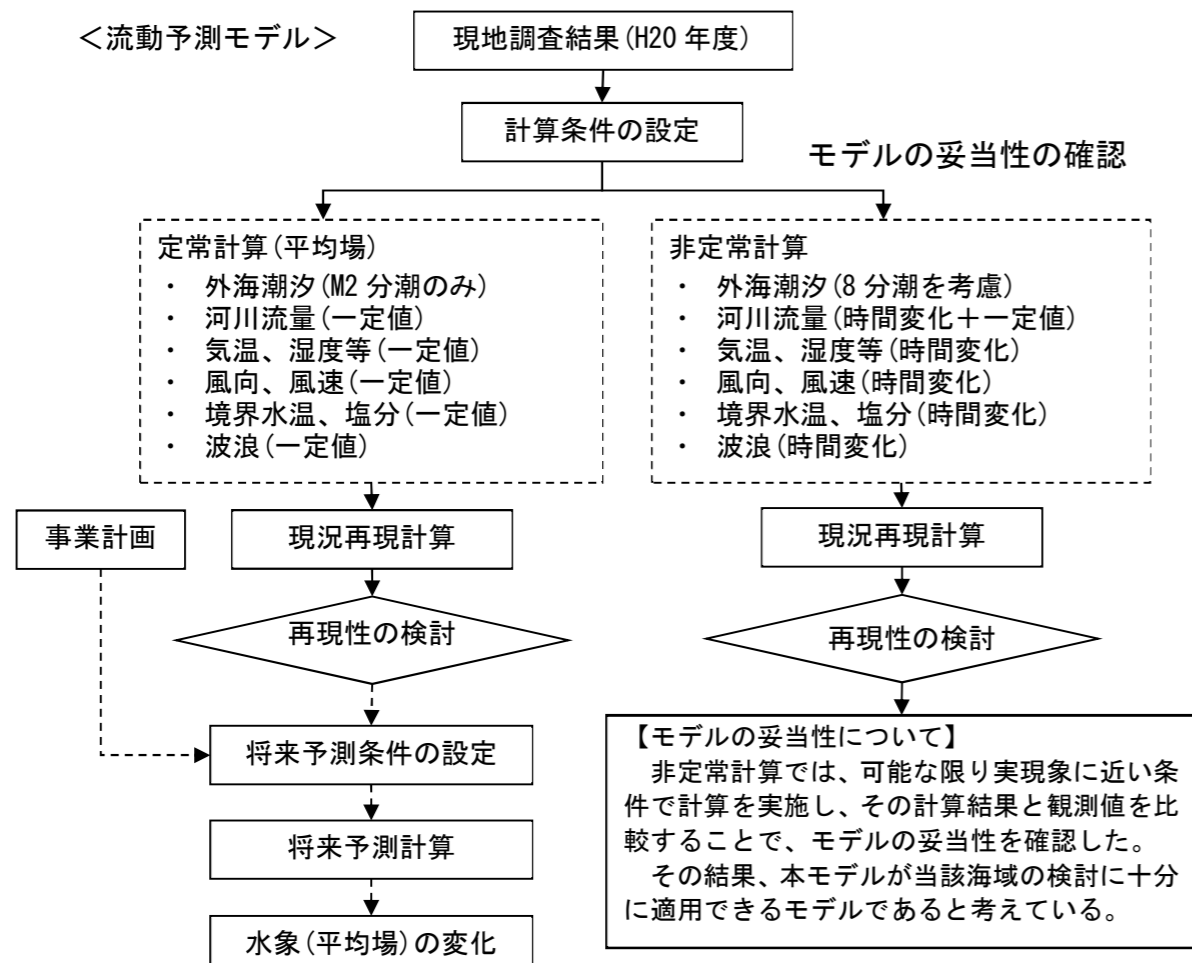


図 3.1 流れの予測手順

※濁りの拡散予測は、定常計算による流れの場（流動場）において実施した。

(b) 予測モデル

a) 海底地形の特徴

事業実施区域の周辺海域は、潮汐の変動とともに干出と水没を繰り返す水深の浅いリーフが多数存在する。また、大浦湾内においては、湾口中央部に水深の浅い中干瀬（ナカビシ）、東西には水深の深い谷地形が存在し、起伏に富んだ海底地形を形成している。

b) 流れの特徴

一般に海域の流れは、大別すると表 3.1 のように分類され、b)～e) は総称して恒流（平均流）と呼ばれている。事業実施区域の周辺海域においても、潮汐によって駆動される流れや淡水流入等による密度流、吹送流は常時発生しているが、特にリーフエッジや中干瀬での碎波によって生じる海浜流が重要と考えている。また、リーフ上のように水深の浅い場所では風による吹送流とリーフエッジで発生した海浜流が作用し、複雑な流れを形成していると考えられる。

表 3.1 海水の流れを構成する要素

	流れの駆動力	流れの分類
海域の流れ	潮汐	a) 潮汐流
		b) 潮汐残差流
	淡水流入、海面と大気の熱収支	c) 密度流
	風	d) 吹送流
	波浪	e) 海浜流

また、「a) 潮汐流」の駆動力である潮汐は、表 3.2 に示す楚久（大浦湾奥部に存在する日本沿岸潮汐調和定数表の観測地点）の主要 4 分潮の振幅をみると、 M_2 分潮が卓越していることがわかる。

表 3.2 主要 4 分潮の潮位振幅（楚久）

対象潮汐		振幅 (cm)
半日周潮	M_2 分潮	56
	S_2 分潮	26
日周潮	K_1 分潮	20
	O_1 分潮	16

資料) 海上保安庁：書誌第 742 号 日本沿岸潮汐調和定数表 (平成 4 年 2 月)

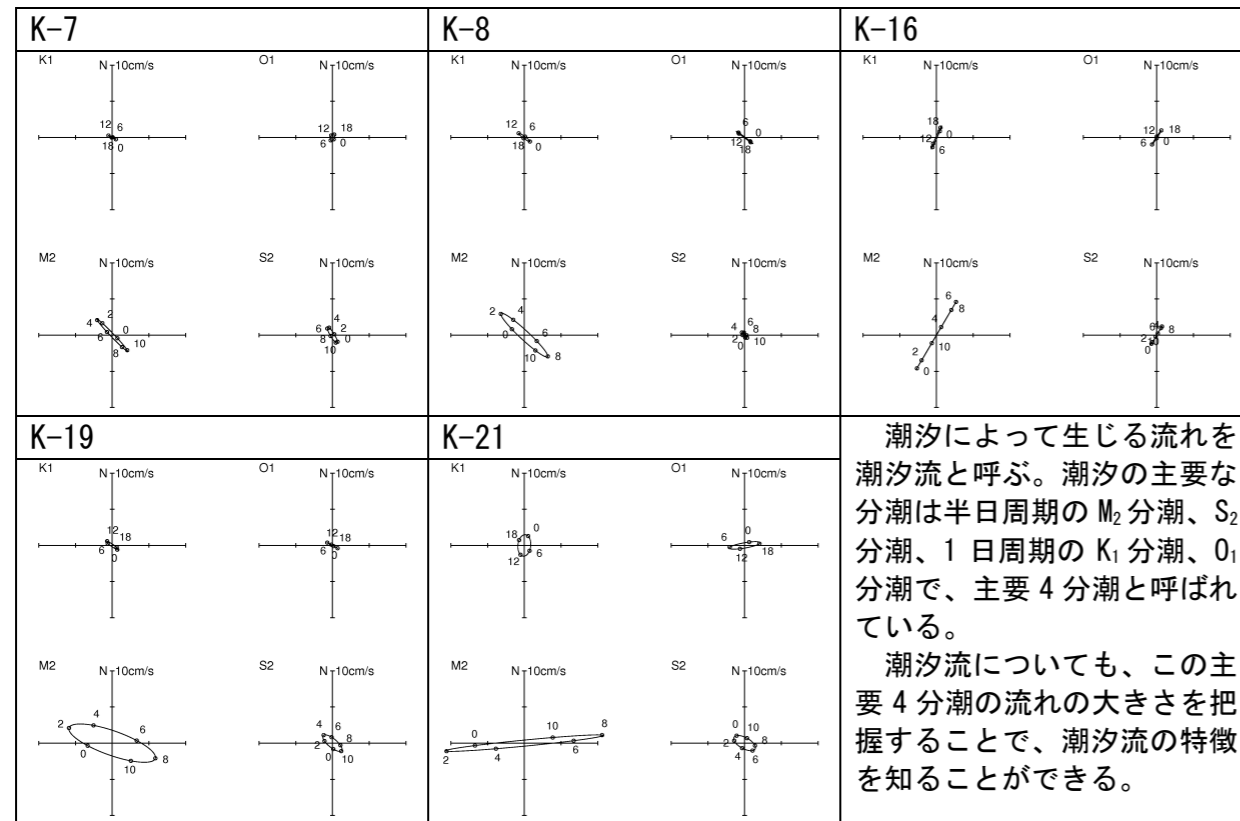
当該海域の潮汐流の状況については、現地調査で把握した。ここでは、例として平成 20 年度の夏季調査結果から、代替施設周辺や大浦湾、沖合等の潮汐流を表す代表的な地点における主要 4 分潮の潮流楕円を図 3.2 に示した。

この結果をみると、1 日周期の K_1 分潮及び O_1 分潮や半日周期の S_2 分潮の潮流楕円と比べて、半日周期の M_2 分潮の潮流楕円が大きいことがわかる。これは、当該海域で卓越している M_2 分潮の潮汐によって生じる潮汐流が卓越していることを示している。

これらのことから、 M_2 分潮の潮汐を考慮することで、当該海域の潮汐流の状況を把握することが可能と考えられる。

c) 採用した予測モデル

以上により、海域の流れを予測するモデルは、干満による浅海域（リーフ）の干出と水没を考慮でき、内湾域で一般的に考慮される潮汐流、潮汐残差流、密度流、吹送流に加えて、波浪によって引き起こされる流れ（海浜流）の効果を取り込んだ多層レベルモデルとした。



注) 代替施設周辺や大浦湾、沖合等の潮汐流を表す代表的な地点として、下図の丸印の地点における主要 4 分潮の潮流楕円を示した。

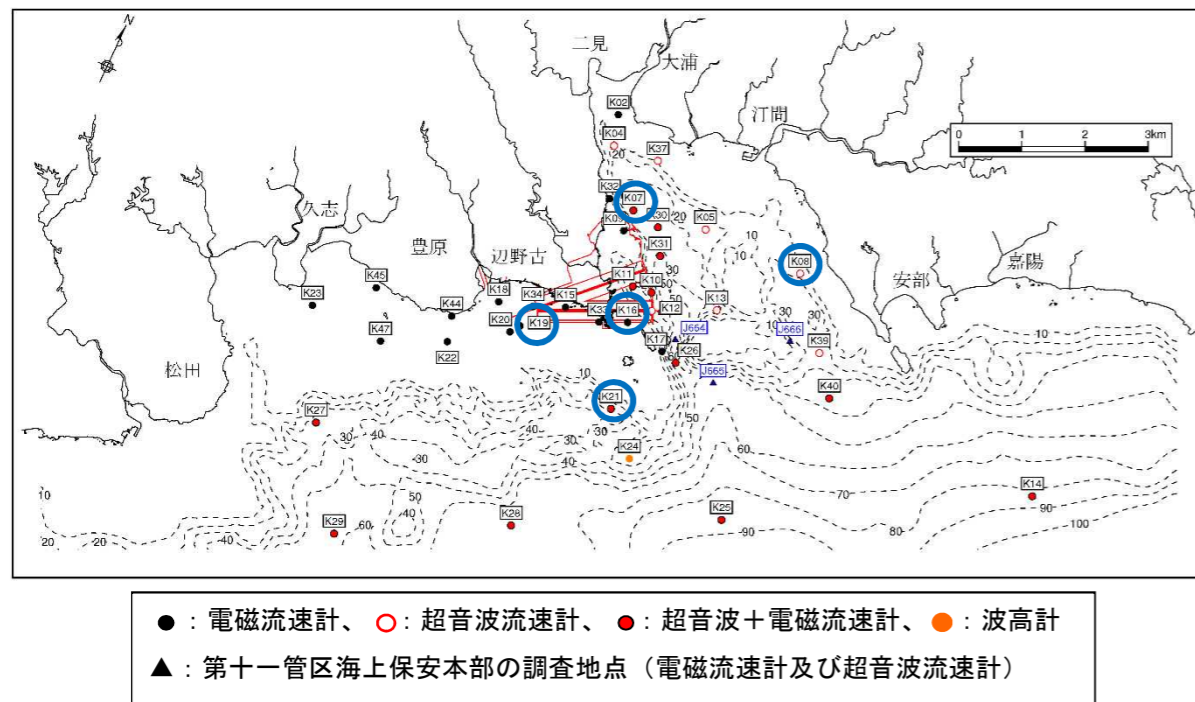


図 3.2 当該海域の主要 4 分潮の潮汐流の概要（平成 20 年度夏季調査結果）

(c) 基礎式

流動モデルの基本方程式は、以下のような連続の式、運動方程式、状態方程式、水温・塩分の拡散方程式からなる。

<連続の式>

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

<運動方程式>

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - fv = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_M \frac{\partial u}{\partial z} \right) + F_x + R_x - Fb_{wx}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} + fu = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_M \frac{\partial v}{\partial z} \right) + F_y + R_y - Fb_{wy}$$

$$\rho g = -\frac{\partial p}{\partial z}$$

<状態方程式>

$$\rho(S, T) = \rho_w + (b_0 + b_1 T + b_2 T^2 + b_3 T^3 + b_4 T^4) S + (c_0 + c_1 T + c_2 T^2) S^{3/2} + d_0 S^2$$

<水温・塩分の拡散方程式>

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_H \frac{\partial T}{\partial z} \right) + F_T$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} + w \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_H \frac{\partial S}{\partial z} \right) + F_S$$

運動方程式及び水温・塩分の拡散方程式の右辺の F は、平均的な流れとは別に短時間の流れの強弱、方向の変化によって海水が混合され、運動量や水温・塩分が一様化される効果で、以下の式で表される。

$$F_x = \frac{\partial}{\partial x} \left[A_M \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[A_M \frac{\partial u}{\partial y} \right]$$

$$F_y = \frac{\partial}{\partial y} \left[A_M \frac{\partial v}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[A_M \frac{\partial v}{\partial x} \right]$$

$$F_{T,S} = \frac{\partial}{\partial x} \left[A_H \frac{\partial(T,S)}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[A_H \frac{\partial(T,S)}{\partial y} \right]$$

運動方程式の右辺の R は波の変形（主に砕波）による加速度、Fb は波と流れの相互作用による海底摩擦力である。

ここに、

- x, y, z : 右手系の直交座標系、上向きを正
- u, v, w : x, y, z 方向の流速成分
- p : 圧力
- T : 水温
- S : 塩分
- f : コリオリ係数
- ρ : 密度
- K_M : 鉛直渦動粘性係数
- K_H : 鉛直渦動拡散係数
- A_M : 水平渦動粘性係数
- A_H : 水平渦動拡散係数
- g : 重力加速度
- t : 時間
- R_x, R_y : 波浪の変形に伴う加速度
- Fb_{wx}, Fb_{wy} : 波と流れの相互作用に伴う海底摩擦力

状態方程式は計算で得られた水温と塩分から密度を算出するものであり、式中の係数は UNESCO (1981) に準拠して以下のとおりとした。

$$\rho_w = a_0 + a_1 T + a_2 T^2 + a_3 T^3 + a_4 T^4 + a_5 T^5$$

a_0 : 999.842594	a_1 : 6.793952×10^{-2}	a_2 : -9.095290×10^{-3}
a_3 : 1.001685×10^{-4}	a_4 : -1.120083×10^{-6}	a_5 : 6.536332×10^{-9}
b_0 : 8.24493×10^{-1}	b_1 : -4.0899×10^{-3}	b_2 : 7.6438×10^{-5}
b_3 : -8.2467×10^{-7}	b_4 : 5.3875×10^{-9}	
c_0 : -5.72466×10^{-3}	c_1 : 1.0227×10^{-4}	c_2 : -1.6546×10^{-6}
d_0 : 4.8314×10^{-4}		

海面における大気との間の熱のやりとりは、水温の拡散方程式で、海面と大気との熱フラックスとして表現されている。この熱フラックスは、海水を暖める向きを正としたとき以下のように定義される。

$$Q_{suf} = Q_s - (Q_b + Q_c + Q_e) \quad (\text{cal/cm}^2/\text{s})$$

ここに、

- Q_s : 太陽からの短波放射
- Q_b : 海洋からの長波放射
- Q_c : 海水と大気の接触面における対流や伝導による顕熱輸送
- Q_e : 海水の蒸発による潜熱輸送

それぞれの熱輸送を表すバルク公式は柳(1994)*を参照した。また、海面での熱フラックスの算定に用いるパラメータは、飯田(1990)*を参考に表 3.3 に示すとおり設定した。

(d) 境界条件

a) 海表面

海表面における境界条件は次式で定義される。

$$\rho K_M \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = (\tau_{sx}, \tau_{sy})$$

$$\rho K_H \left(\frac{\partial T}{\partial z}, \frac{\partial S}{\partial z} \right) = (Q_{suf} / C_v, 0)$$

$$w = \frac{\partial \eta}{\partial t} + u \frac{\partial \eta}{\partial x} + v \frac{\partial \eta}{\partial y}$$

ここに、

- τ_{sx}, τ_{sy} : x, y 方向の風応力
- Q_{suf} : 海表面を通じての熱フラックス
- C_v : 比熱
- w : 鉛直流速
- η : 水位

海面摩擦は、海面における風と海水との摩擦によって風の持つ運動量が海水に移動する効果を表し、以下に示すとおり風速の 2 乗に比例する形で表現される。

$$\vec{\tau}_s = (\tau_{sx}, \tau_{sy}) = \rho_a C_a \bar{W} |\bar{W}|$$

$$\bar{W} = (W_x, W_y), |\bar{W}| = \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$$

ここに、

- C_a : 海面摩擦係数
- ρ_a : 大気密度

*柳 哲雄(1994) : 7. 密度流, 7.2 熱収支と塩分収支, 53-56, 沿岸海洋学 - 海の中でのものはどう動くか - 改訂版, 恒星社厚生閣.

*飯田 隼人(1990) : 第 3 章 日本周辺海域の海上気象について, VII 日本近海における海面の熱収支, 89-100, 続・日本全国沿岸海洋誌, 日本海洋学会 沿岸海洋研究部会 編, 東海大学出版会

W_x, W_y : x, y 方向の風速

b) 海底面

海底面における境界条件は次式で定義される。

$$\rho K_M \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = (\tau_{bx}, \tau_{by})$$

$$\rho K_H \left(\frac{\partial T}{\partial z}, \frac{\partial S}{\partial z} \right) = (0, 0)$$

$$w_b = -u_b \frac{\partial h}{\partial x} - v_b \frac{\partial h}{\partial y}$$

$$\vec{\tau}_b = (\tau_{bx}, \tau_{by}) = \rho C_D |\vec{V}_b| \vec{V}_b$$

$$\vec{V}_b = (u_b, v_b), |\vec{V}_b| = \sqrt{u_b^2 + v_b^2}$$

ここに、

$\vec{\tau}_b$: 底面せん断応力

\vec{V}_b : 海底での水平流速ベクトル

u_b, v_b : x, y 方向の底面流速

h : 水深

海浜流を考慮するまでの助走期間の海底摩擦(底面せん断応力)は、海底近傍での流速分布をカルマン定数と粗度高さをを用いた対数分布則を仮定して算出した(添え字 b は底面に接する格子の値であることを意味する)。ここで、カルマン定数は流体の性質によって決まる定数であり、粗度高さは底面の土質や起伏形状などに依存する定数である。

なお、底面の摩擦係数 (C_D) は、以下の式から求めた。

$$C_D = \left[\frac{1}{\kappa} \ln \frac{h+z_b}{z_0} \right]^{-2}$$

ここに、

z_b : 底面に接する格子点(流速定義点)の鉛直座標値
(海面を 0 とし、鉛直下向きに負の値)

z_0 : 粗度高さ (=1.0cm)

κ : カルマン定数 (=0.4)

(e) 波浪条件

当海域では、恒流(平均流)の形成に波浪によって駆動される海浜流が重要と考えられる。そこで、別途、波浪変形計算を行い、得られた波浪分布を以下の考え方で流動モデルに組み込むこととした。

海浜流の計算に関する波浪計算では、現地観測結果に基づき、表 3.3 に示す波浪条件を代表波浪として設定した。

表 3.3 波浪条件(沖波条件)

季節	波浪条件
春季	波高: 1.34m、周期: 7.3 秒、波向: 102° N (北からの方位角)
夏季	波高: 0.73m、周期: 6.5 秒、波向: 113° N (北からの方位角)
秋季	波高: 1.12m、周期: 6.8 秒、波向: 72° N (北からの方位角)
冬季	波高: 1.12m、周期: 7.8 秒、波向: 86° N (北からの方位角)

a) 波の変形による加速度

波の変形により生じる加速度 R は、浅水変形や碎波等により波浪に空間分布が生じることにより発生し、次式で定義される。

$$R_x = \frac{1}{\rho(\eta+h)} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) \quad R_y = \frac{1}{\rho(\eta+h)} \left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right)$$

ρ : 密度

η : 潮位

h : 基準面から鉛直下向きにとった水深

$S_{xx}, S_{xy}, S_{yx}, S_{yy}$ は波の存在によって発生するラディエーションストレスと呼ばれる応力であり、次式で定義される。

$$S_{xx} = E \left\{ n(1 + \cos^2 \alpha) - \frac{1}{2} \right\} \quad S_{xy} = E \cdot n \cdot \frac{1}{2} \cdot \sin 2\alpha$$

$$S_{yx} = E \cdot n \cdot \frac{1}{2} \cdot \sin 2\alpha \quad S_{yy} = E \left\{ n(1 + \sin^2 \alpha) - \frac{1}{2} \right\}$$

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2 \quad n = \frac{C_g}{C} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)} \right)$$

ここに、

E : 波のエネルギー

g : 重力加速度

H : 波高

α : 波向線と x 軸のなす角度

C_g : 波の群速度

C : 波速

k : 波数

b) 波と流れの相互作用による海底摩擦

波と流れの相互作用による海底面摩擦力 Fb は次式で定義される。

$$Fb_{wx} = F \{ u(1 + \cos^2 \alpha) + v \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \}$$

$$Fb_{wy} = F \{ v(1 + \sin^2 \alpha) + u \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \}$$

$$F = \frac{f_w \cdot H}{T(h + \eta) \cdot \sinh(kh)}$$

ここに、

u, v : x, y 方向の最下層流速

α : 波向線と x 軸のなす角度

H : 波高

T : 波の周期

f_w : 海底摩擦係数

h : 基準面から鉛直下向きにとった水深

k : 波数 ($= 2\pi/L$)

L : 波長

海底摩擦係数 f_w は、次式に示す Swart (1974) が示した Jonsson (1963, 1966) の摩擦係数の近似式^{※1, ※2}により算定した。

$$f_w = \exp \left\{ -5.977 + 5.213 \left(\frac{a_m}{k_s} \right)^{-0.194} \right\}$$

$$a_m = \frac{H}{2} \frac{1}{\sinh(kh)}$$

ここに、

a_m : 微小振幅波理論による底面水粒子移動振幅

k_s : 相当粗度 (底質の状態を表す指標であり、前述の粗度高さ z_0 と等しい)

k : 波数

h : 水深

相当粗度 k_s は、沖合や碎波帯に比べてリーフ内の流速が小さいという観測値の傾向を再現するための検討を行った結果、碎波帯 (急勾配箇所) で 10cm、その他の海域は 1cm とした。

※1 本間仁監修・堀川清司編 (1985) : 海岸環境工学、(財) 東京大学出版会、pp. 65.

4. 計算条件

(a) 計算範囲及び計算格子

計算範囲と水深分布を図 4.1 に示した。計算範囲は事業実施区域の規模を勘案して、約 25km × 約 16km と十分に広い範囲とした。

計算格子は、大浦湾周辺の地形条件を考慮しつつ、計算負荷や所要時間を加味して設定し、実現可能な最小計算格子として代替施設周辺海域を 50m 格子に分割し、事業実施区域周辺海域を 150m 格子に分割した。また、計算を安定に実施するため、150m 格子の外側に図 4.2 に示すような 450m 格子の緩衝領域を設定した。

なお、水深分布は下記の資料を基に作成しており、深浅測量結果はリーフ等浅海域のデータも含まれているため、サンゴ礁海域の複雑な地形を最大限表現できていると考えている。

- ・ 1/25000 の地形図
- ・ 海底地形図 6508 沖縄南部
- ・ 深浅測量結果 (平成 19 年 6-7 月)

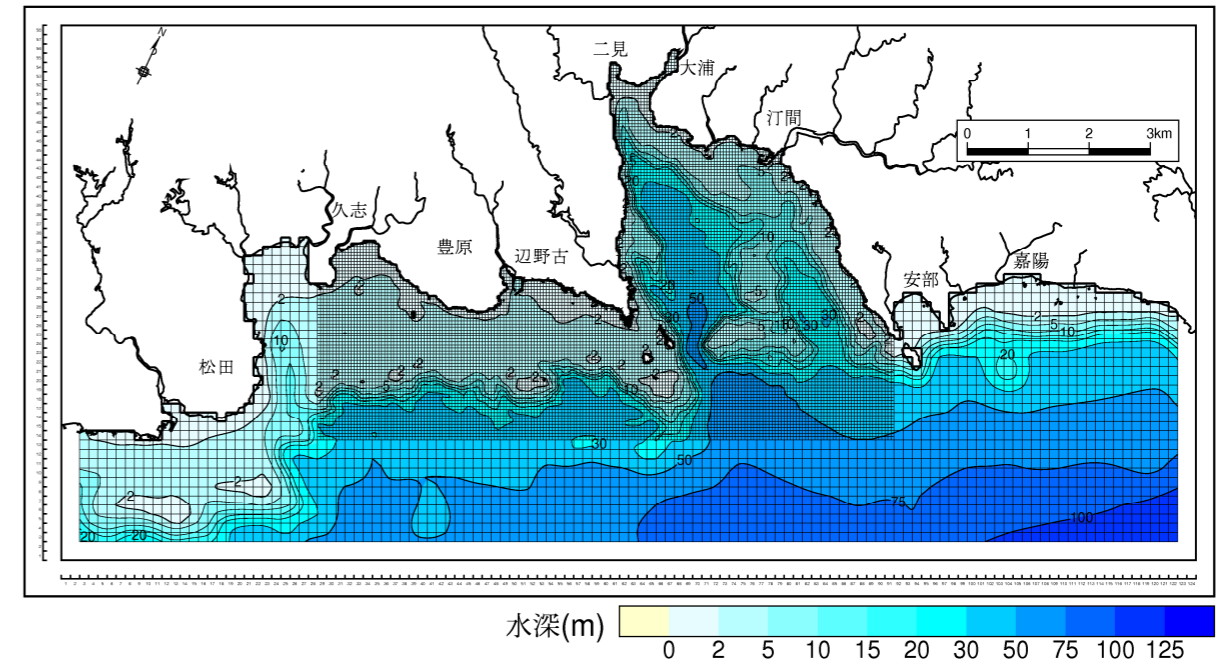


図 4.1(1) 計算範囲 (150m 及び 50m 格子) の水深分布 (単位 : m)

※2 榎木亨・出口一郎著 (1996) : 新編 海岸工学、共立出版 (株)、pp. 63.

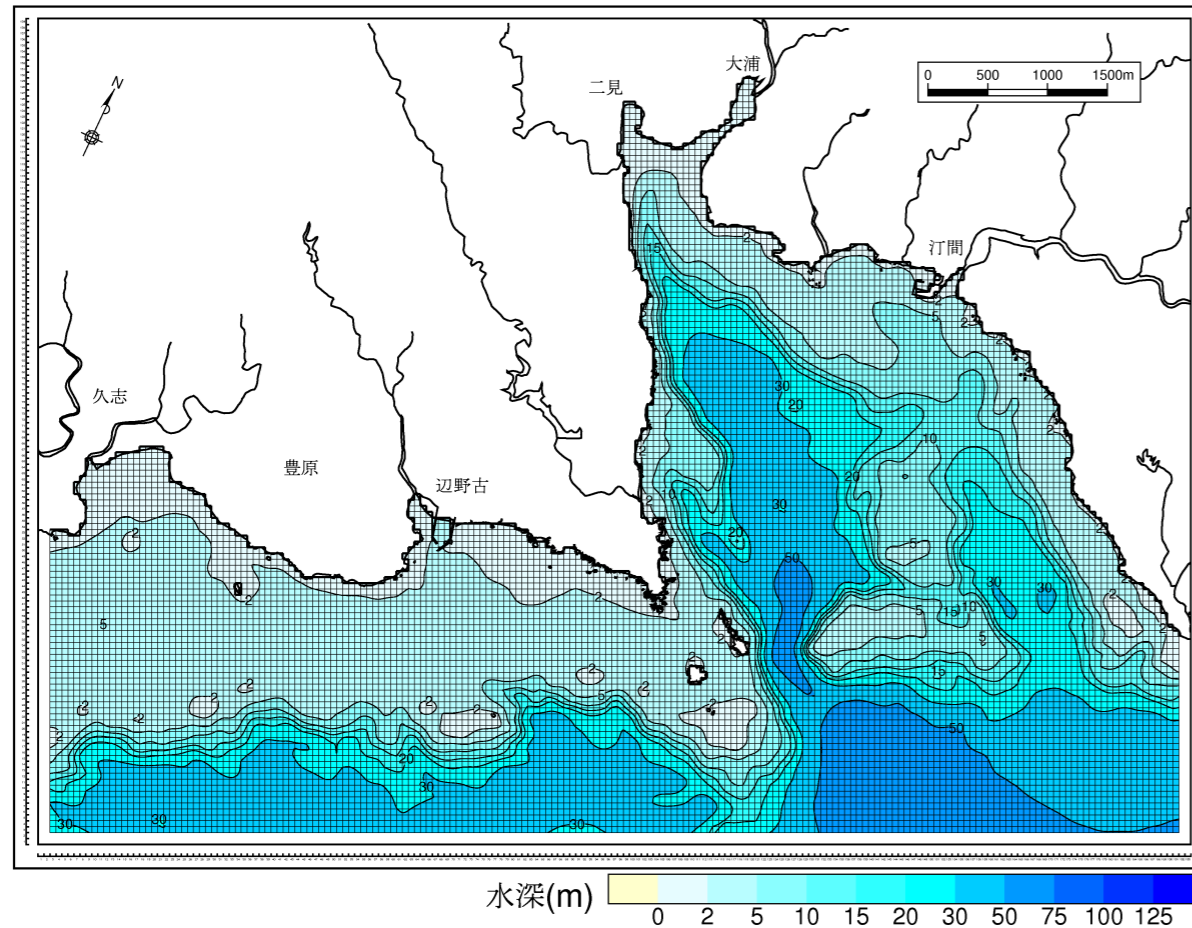


図 4.1(2) 計算範囲 (50m 格子) の水深分布 (単位 : m)

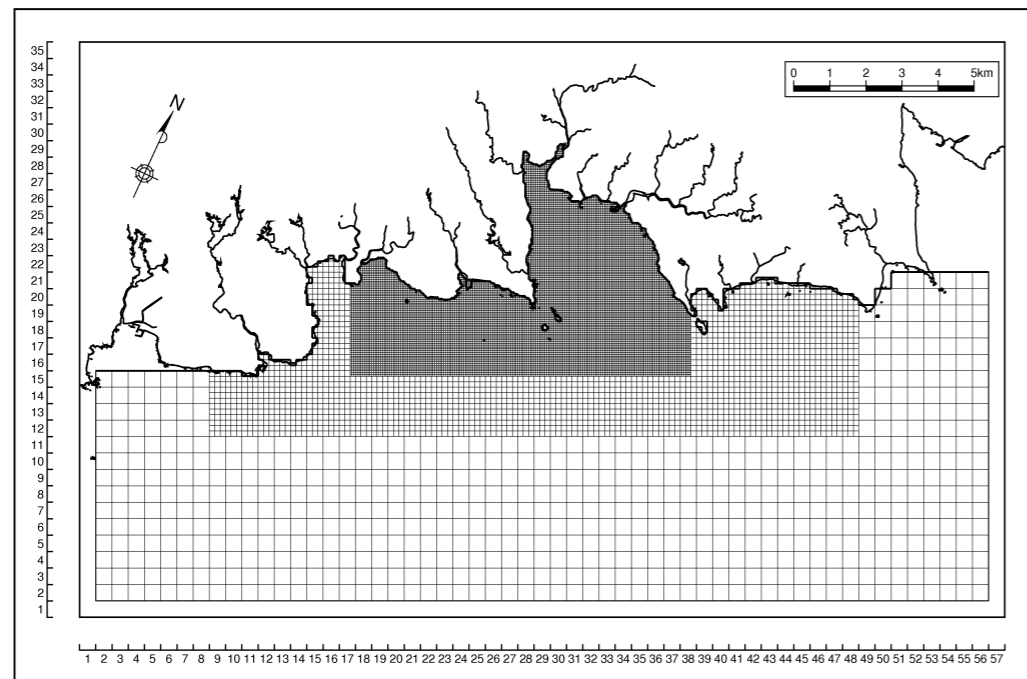


図 4.2 緩衝領域の範囲 (450m 格子)

(b) 層数

浅海域における流れは事業実施区域が辺野古リーフにかかっているため、複雑な地形の影響を受けると考えられる。そのため、鉛直方向に細分化する必要がある。また、大浦湾や沖合域のように水深が深いところは、鉛直方向の流れや水塊構造が異なるため鉛直多層で表現する必要がある。さらに、水深が深くなれば鉛直方向の流れの変化は小さくなると推測される。

以上を勘案して、リーフ内を2層で表現できるように水深 10m 以浅までは4層、10m 以深を2層の全6層に分割した。各層の水深分割を以下に示した。

- 第1層 : 0.0~2.0m
- 第2層 : 2.0~4.0m
- 第3層 : 4.0~6.0m
- 第4層 : 6.0~10.0m
- 第5層 : 10.0~20.0m
- 第6層 : 20.0m 以深

(c) 境界条件

a) 潮位

図 4.3 に示す緩衝領域の開境界において当海域の卓越分潮である M_2 分潮 (半日周期) の水位変動を与えた。

境界に設定する振幅は、表 4.1 に示す楚久 (大浦湾奥部に存在する日本沿岸潮汐調和定数表の観測地点) の潮位振幅を参考とした。遅角は日本周辺海洋潮汐モデル^{*}や現地観測結果を参考にし、潮汐流の再現性を十分に検討した結果、表 4.2 に示す値を採用した。

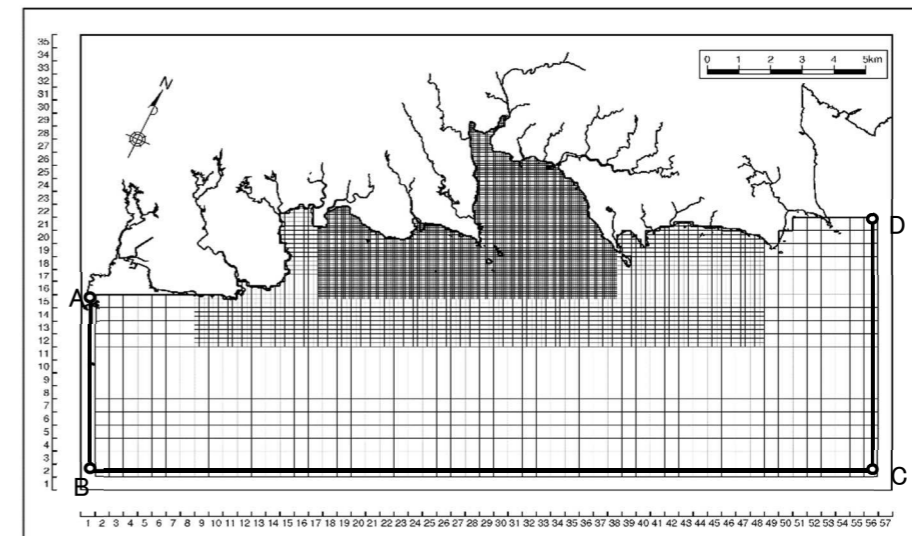


図 4.3 開境界の設定位置

^{*}Matsumoto, K., T. Takanezawa, and M. Ooe: Ocean Tide Models Developed by Assimilating TOPEX/POSEIDON Altimeter Data into Hydrodynamical Model: A Global Model and a Regional Model Around Japan, Journal of

Oceanography, 56, 567-581, 2000.

表 4.1 境界条件の設定に用いる潮位振幅

対象潮汐	振幅	参照地点
M ₂ 分潮	56 (cm)	楚久

資料)海上保安庁：日本沿岸潮汐調和定数表

表 4.2 境界条件

地点	振幅(cm)	遅角(°)
A、B	56.0	3.0
C、D	56.0	0.0

注)観測値にみられた沖側の東向きの恒流(平均流)を再現するため、B-Cラインの平均水位を0.2cm増加させている。

b) 淡水流入量

事業実施区域周辺海域に流入する主な河川は、図 4.4 に示す 16 河川である。淡水流入条件は、平成 20 年度に実施された流量と水温の現地調査結果を用いて表 4.3 に示すとおり設定した。

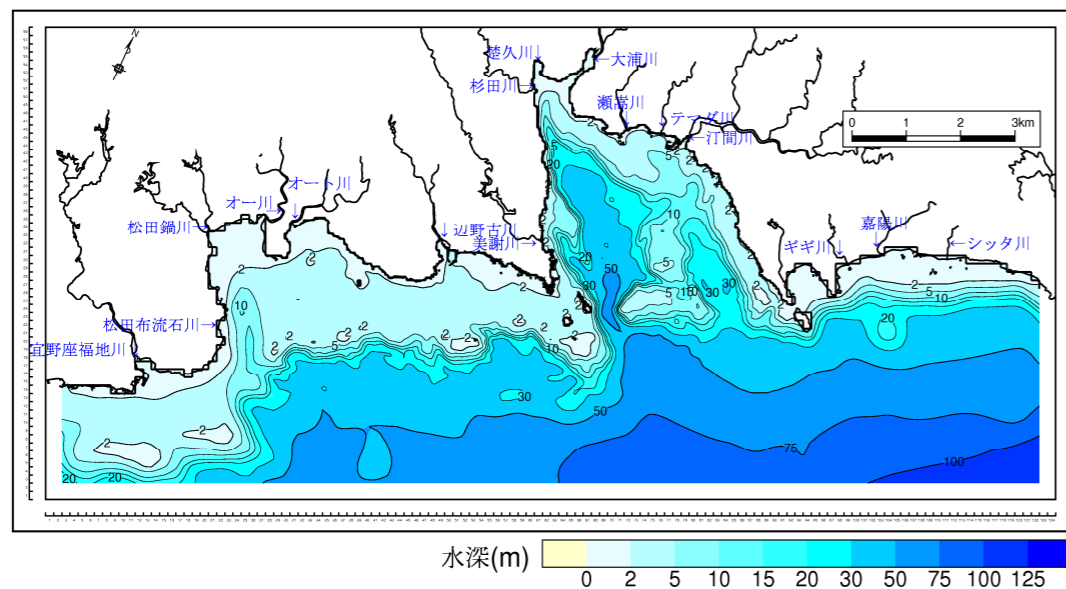


図 4.4 流入河川と流入位置 (現況)

表 4.3 淡水流入量と流入水温(平成 20 年度)

河川名\項目	春季(4/25 調査) 天候：晴		夏季(7/22 調査) 天候：晴		秋季(10/25 調査) 天候：晴		冬季(12/3 調査) 天候：晴		備考
	水温(°C)	流量(m ³ /s)	水温(°C)	流量(m ³ /s)	水温(°C)	流量(m ³ /s)	水温(°C)	流量(m ³ /s)	
宜野座福地川	22.0	0.073	32.0	0.054	23.7	0.089	21.5	0.168	注 1
松田布流石川	20.5	0.014	27.5	0.003	26.8	0.004	17.2	0.006	
松田鍋川	23.0	0.013	34.0	0.003	27.0	0.028	20.0	0.020	
オー川	21.7	0.050	33.8	0.031	24.5	0.034	23.0	0.124	
オート川	25.6	0.018	35.6	0.014	25.0	0.004	23.0	0.000	注 2
辺野古川	20.0	0.028	29.0	0.015	22.5	0.021	18.5	0.025	
美謝川	26.0	0.001	33.0	0.025	28.0	0.048	20.5	0.068	
杉田川	21.0	0.051	31.5	0.029	23.0	0.042	18.5	0.032	
大浦川	25.0	0.151	33.0	0.087	24.0	0.113	18.5	0.155	
瀬嵩川	23.5	0.005	30.0	0.000	25.0	0.012	19.0	0.009	注 2
テマダ川	22.0	0.014	28.0	0.014	24.0	0.012	17.4	0.020	
汀間川	22.0	0.130	30.0	0.081	25.0	0.098	21.5	0.105	注 1
ギギ川	22.0	0.011	30.1	0.003	24.0	0.003	19.3	0.002	
嘉陽川	23.1	0.023	31.5	0.190	26.0	0.015	21.6	0.012	
シッタ川	20.1	0.002	29.0	0.002	23.1	0.002	18.2	0.001	
楚久川	24.5	0.000	31.5	0.000	26.0	0.000	18.8	0.0001	注 2

注)1. 宜野座福地川、汀間川は上下流で調査が実施されましたが、下流の調査地点は感潮域であること、調査が下げ潮時に実施されたことから、上流の調査結果を採用した。
2. オート川(冬季)と瀬嵩川(夏季)、楚久川(夏季)は表流水が確認できなかったため、河川流量を0とした。

※環境保全図書(評価書)では夏季と冬季のみを対象として設定。春季及び秋季は環境監視等委員会における検討に当たって設定。

c) 水温・塩分の初期値・境界値

水温・塩分の初期値・境界値を表 4.4 に示した。境界値は平成 20 年度に実施された現地調査結果を基に設定し、初期値については計算範囲の全域に境界値と同じ値を設定した。

表 4.4 水温・塩分の初期値・境界値

季節	層	水温(°C)	塩分(PSU)
春季	第1層	23.40	34.41
	第2層	23.40	34.41
	第3層	23.20	34.41
	第4層	23.20	34.41
	第5層	23.00	34.42
	第6層	22.90	34.44
夏季	第1層	29.54	34.10
	第2層	29.11	34.11
	第3層	29.01	34.13
	第4層	28.90	34.14
	第5層	28.28	34.14
	第6層	27.42	34.16
秋季	第1層	27.50	33.90
	第2層	27.50	33.94
	第3層	27.50	33.97
	第4層	27.50	34.00
	第5層	27.40	34.00
	第6層	27.10	34.10
冬季	第1層	22.98	34.30
	第2層	22.98	34.30
	第3層	22.97	34.30
	第4層	22.96	34.30
	第5層	22.96	34.30
	第6層	22.86	34.31

d) 気象条件

気象条件を表 4.5 に示した。各気象要素は期間平均値とし、事業実施区域における気象観測結果(平成 20 年 4 月～平成 21 年 1 月)に基づいて設定した。

表 4.5 気象要素の期間平均値^{注1)}

項目	春季	夏季	秋季	冬季	備考
ベクトル平均風向(°)	52.5(NE)	232.3(SW)	30.3(NNW)	18.2(NNW)	風応力の算定に使用
ベクトル平均風速(m/s)	2.7	2.2	2.9	3.2	
スカラー平均風速(m/s)	5.3	3.9	4.4	4.7	熱フラックスの算定に使用
気温(°C)	21.9	28.2	26.0	18.8	
相対湿度(%)	78.0	78.5	77.0	67.6	
全天日射量(MJ/m ²)	0.79	0.88	0.66	0.42	
雲量(0~1)	0.73	0.63	0.55	0.59	

注)1. 平均期間：夏季(2008年8/6~9/5)、秋季(2008年10/1~10/31)、冬季(2008年12/1~12/31)

2. 雲量については那覇(気象庁沖縄気象台)、その他の気象要素については現地調査結果を用いた。

※¹J. Smagorinsky(1963) : General Circulation Experiments with the Primitive Equations I. The Basic Experiment, Monthly Weather Review, 91, 99-164.

(c) 計算パラメータ

流れの計算に使用したパラメータ等を表 4.6 に示した。

表 4.6 流れの計算に使用したパラメータ等

タイムステップ	緩衝領域 450m : 9 秒、大領域 150m : 3 秒、小領域 50m : 1 秒
海面摩擦係数	0.0013
海底摩擦係数	前述の海底面の境界条件で示したとおり。
水平渦動粘性係数 水平渦拡散係数	Smagorinsky(1963) ^{※1} による経験式を用いた。 $A_{M,H} = C_{M,H}(\Delta x \times \Delta y) \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2}$ この経験式の中で用いられる比例係数 C_M, C_H は、感度解析の結果、春季 : 0.5、夏季 : 0.1、秋季 : 0.5、冬季 : 0.5 とした。また、水平渦動粘性(渦拡散)係数の最小値は 10^4 (cm ² /s) とした。
鉛直渦動粘性係数 鉛直渦拡散係数	Pacanowski and Philander(1981) ^{※2} による成層化関数を用いました。鉛直渦動粘性(渦拡散)係数の最小値は 1.0 (cm ² /s)、最大値は 100.0 (cm ² /s) とした。 $K_M = \frac{K_{M0}}{(1 + \alpha R_i)^n} + K_{MB}, K_H = \frac{K_M}{1 + \alpha R_i} + K_{HB}, R_i = \frac{-g \left(\frac{\partial \rho}{\partial z} \right)}{\rho \left(\frac{\partial U}{\partial z} \right)^2}$ K_{MB} : バックグラウンドの鉛直渦動粘性係数 K_{HB} : バックグラウンドの鉛直渦拡散係数 K_{M0} : パラメータ (=100.0 cm ² /s) α : パラメータ ($\alpha=5$), n : パラメータ ($n=2$) z : 基準面からの鉛直座標値, U : 水平流速(cm/s)
海面での熱フラックスに係るパラメータ	海面のアルベード(反射率)=0.09 黒体放射と太陽放射の比=0.95 ステファンボルツマンの定数= 0.8218×10^{-10} cal/cm ² /min・°C ⁴ 顕熱フラックス係数= 1.4×10^{-3} (春季)、 1.4×10^{-3} (夏季)、 1.2×10^{-3} (秋季)、 1.1×10^{-3} (冬季) 潜熱フラックス係数= 1.4×10^{-3} (春季)、 1.4×10^{-3} (夏季)、 1.2×10^{-3} (秋季)、 1.1×10^{-3} (冬季)

※²R. C. Pacanowski and S. G. H. Philander(1981):Parameterization of Vertical Mixing in Numerical Models of Tropical Oceans. J. Phys. Oceanogr., 11, 1443-1451.

【参考資料2：濁り(SS)発生工種と発生原単位】

工種		発生原単位		汚濁限界粒子径の 粒径加積百分率 R (%)	発生原単位W ₀ t/m ³	W ₀ を推定した時の 土粒子の粒径加積百 分率R ₀ (%)	備考
名称	使用船舶機械	【評価書】 (環境保全図書)	【変更計画】				
基礎捨石投入	クローラクレーン	12.3×10 ⁻³ t/m ³	15.3×10 ⁻³ t/m ³	60.0	5.3×10 ⁻³ t/m ³	35.1	<p>・グラブ船・ガット船による捨石工に関する既往の原単位の平均値を、取扱土砂のシルト・粘土分(石材付着土砂:60%)で補正し、海底土の巻き上げによる濁り(浚渫による原単位の1/2)※1,2を追加</p> <p>※1. 本事業に係る環境影響評価方法書に対する沖縄県知事意見(海上ヤードの設置の工事及び浚渫工事に伴う底質の巻き上げによる濁りの影響について予測・評価すること。)を踏まえ、石材投入の原単位には巻き上げを考慮した原単位を設定。石材投入に伴う海底土の巻き上げは浚渫よりも小さいこと、石材の下半分が海底に埋設され、その分の海底土が巻き上がることを想定し、浚渫による原単位の1/2を追加</p> <p>※2. 今回の変更計画においては、浚渫に係る原単位の再設定に伴い、当該原単位も変更</p>
	ランプウェイ台船						
捨石投入	ランプウェイ台船						
基礎工	クローラクレーン						
目潰し砕石(法面)投入	クローラクレーン						
裏込石投入	クローラクレーン						
	ランプウェイ台船						
腹付材投入	クローラクレーン	-	-	-	-	-	-
	ランプウェイ台船						
割栗石	クローラクレーン	-	-	-	-	-	-
根固用袋詰材	非航旋回式起重機船	-	-	-	-	-	-
護岸部地盤改良(締固砂杭打込:SCP改良)	サンドコンパクション船	-	33.5×10 ⁻³ t/本	56.0	14.4×10 ⁻³ t/本	24.0	・サンドコンパクション船(3連装、敷砂あり)による地盤改良工に関する既往の原単位を、取扱土砂のシルト・粘土分(SCP施工範囲のボーリングデータにおける最大値:56.0%)で補正
浚渫(護岸部地盤改良:盛土撤去)	グラブ浚渫船	-	12.5×10 ⁻³ t/m ³	56.0	11.7×10 ⁻³ t/m ³	52.5	<p>・グラブ船による浚渫工に関する既往の原単位の平均値を、取扱土砂のシルト・粘土分※(浚渫範囲のボーリングデータにおける最大値:56.0%)で補正</p> <p>※当初計画では、浚渫箇所近傍4地点の底質調査結果の最大値(29.1%)を用いていたが、今回の変更計画では、浚渫範囲のボーリングデータにおける最大値(56.0%)で補正</p>
浚渫	グラブ浚渫船	6.5×10 ⁻³ t/m ³					
	バックホウ浚渫船	-					
鋼管矢板打設	非航旋回式起重機船(ウォータージェット併用パイロハンマー)	-	12.5×10 ⁻³ t/m ³	56.0	11.7×10 ⁻³ t/m ³	52.5	・グラブ船による浚渫工に関する既往の原単位の平均値を、取扱土砂のシルト・粘土分(近傍のボーリングデータにおける最大値:56.0%)で補正
埋立工(薄層埋立)	トレミー船	-	10.6×10 ⁻³ t/m ³	10.0	1.6×10 ⁻³ t/m ³	1.5	・トレミー船による土砂投入工に関する既往の原単位の平均値を、取扱土砂のシルト・粘土分(岩ズリ:10.0%)で補正
埋立区域地盤改良(敷砂投入) (水深が浅い箇所)	バックホウ浚渫船	-	4.0×10 ⁻³ t/m ³	8.5	1.06×10 ⁻³ t/m ³	2.25	・評価書で設定した埋立工(ブルドーザによる陸上撤き出し)に関する原単位(ガット船による土砂投入工に関する既往の原単位の平均値)を、取扱土砂のシルト・粘土分(沖縄県内の砂利採取事業者による粒度試験結果の最大値:8.5%)で補正
埋立区域地盤改良(敷砂投入) (水深が深い箇所)	トレミー船	-	9.0×10 ⁻³ t/m ³	8.5	1.6×10 ⁻³ t/m ³	1.5	・トレミー船による土砂投入工に関する既往の原単位の平均値を、取扱土砂のシルト・粘土分(沖縄県内の砂利採取事業者による粒度試験結果の最大値:8.5%)で補正
埋立区域地盤改良(サンドドレーン(砂杭打込):SD改良)	サンドドレーン船	-	48.3×10 ⁻³ t/本	80.6	14.4×10 ⁻³ t/本	24.0	・サンドコンパクション船(3連装、敷砂あり)による地盤改良工に関する既往の原単位を、取扱土砂のシルト・粘土分(SD施工範囲のボーリングデータにおける最大値:80.6%)で補正
海上作業ヤードの撤去(石材撤去)	グラブ浚渫船	3.3×10 ⁻³ t/m ³	6.3×10 ⁻³ t/m ³	-	-	-	<p>・海底土の巻き上げによる濁りを想定して、浚渫における原単位(12.5×10⁻³t/m³)の1/2の量(6.3×10⁻³t/m³)※1,2を設定</p> <p>※1. 海上ヤードの設置に伴う濁りと同様に、撤去に伴う濁りについても巻き上げを考慮した原単位を設定。</p> <p>※2. 今回の変更計画においては、浚渫に係る原単位の再設定に伴い、当該原単位も変更</p>

※ **太字** の工種は今回の変更計画で追加されたものを示す。

【参考資料3：濁り発生原単位の設定根拠】

1. 濁り発生量算定における濁り発生原単位設定の考え方(変更前と同じ)

- ・濁り(SS)発生量は、濁りの発生要因となる工種毎に設定した濁り発生原単位に、それぞれの施工量を乗じることにより算定する。
- ・既往の濁り発生原単位から予測に用いる値を選定するにあたっては、使用船舶・機械、濁り対象となる土砂、予測対象とする工事の状況に近い条件で得られた値を参考とするなど、各工事の状況を勘案する。
- ・既往の濁り発生原単位を使用するにあたっては、現地の対象水域における平均流速や濁り対象土砂の粒度組成により補正を行う。

濁り発生原単位予測のケーススタディ

濁り予測を実施する際の参考となるよう、濁り拡散予測計算のうち、濁り発生量の算定方法について具体例を示す。

濁り発生量の算定方法について

既往資料に記載されている濁り発生原単位は基準化された値であることが多い。基準化された濁り発生原単位を濁り発生量の算定に用いる場合、対象海域の現地流速に応じて換算する必要がある。濁り発生原単位の現地流速に応じた換算方法と換算後の濁り発生原単位を用いた濁り発生量の算定方法について示す。

基準化された濁りの発生原単位の現地流速に応じた換算式(a)、濁り発生量算定式(b)を以下に示す。

$$w = \frac{R}{R_{75}} w_0 \dots\dots\dots (a)$$

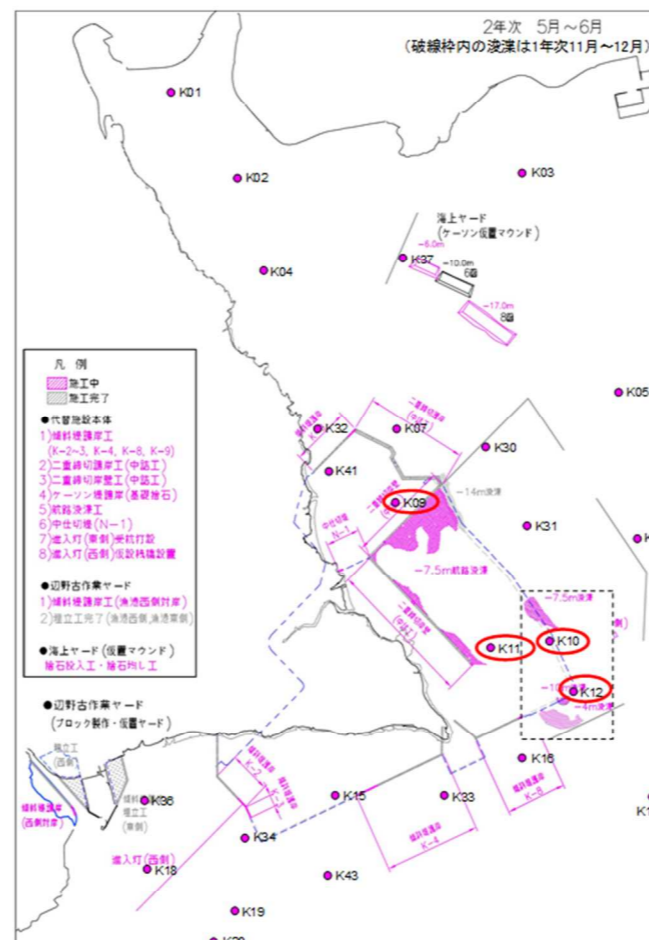
$$SS \text{ 発生量} = w \times Q \dots\dots\dots (b)$$

- w : 当該区域における濁り発生原単位 (kg/m³)
- w_0 : 既往の濁り発生原単位 (kg/m³)
- R : 現地流速を汚濁限界流速とする汚濁限界粒子径の粒径加積百分率 (%)
- R_{75} : 既往の濁り発生原単位 w_0 を推定したときの土粒子 (75 μm 以下) の粒径加積百分率 (%)
- Q : 日施工量 (m³/日)

濁り発生原単位の現地流速に応じた換算は、現地流速を汚濁限界流速とする汚濁限界粒子径の粒径加積百分率 (R) と既往の原単位 (w_0) を推定したときの粘土・シルト分の土粒子径 (75 μm 以下) の粒径百分率 (R_{75}) との比率を求め、既往の流速 7cm/s の場合の値として基準化された濁り発生原単位 (w_0) に掛け合わせるにより行う (a 式)。

資料:「港湾工事における濁り影響予測の手引き」(平成16年4月、国土交通省港湾局)

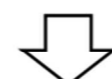
2. 本検討における汚濁限界流速等の設定について



- 潮流調査地点(平成19~20年度に実施)
- で囲んだ4地点(K09~12)が浚渫・土砂投入箇所近傍に該当
 - 捨石投入は施工区域全域の外周で行われるが、現地流速(汚濁限界流速)に応じた汚濁限界粒子径ではなく、想定するシルト・粘土分の最大値に基づいて原単位を設定することとする。
 - が潮流調査地点(K01~25、K26~はH20dからの調査地点)
※K03は波浪のみ、K36、K41は漂砂のみ。

●施工箇所近傍の4地点における平均流速(単位: cm/s)

調査時期	K09		K10			K11				K12			
	中層	表層	中層	底層	平均	表層	中層	底層	平均	表層	中層	底層	平均
H20d夏季	5.1	7.5	5.5	5.9	6.3	5.2	4.5	4.1	4.6	5.7	4.4	4.1	4.7
H20d秋季	2.0	5.5	4.5	7.1	5.7	6.1	5.5	6.5	6.1	4.5	3.9	5.0	4.4
H20d冬季	4.3	4.6	5.3	8.1	6.0	4.2	4.2	6.4	4.9	4.9	3.7	4.4	4.3
H20d春季	4.4	4.5	4.1	4.5	4.4	5.1	4.2	4.4	4.6	4.2	3.6	3.5	3.8
H20d夏季	4.9	6.8	4.8	5.2	5.6	6.0	5.2	4.3	5.2	6.2	4.1	3.7	4.7
平均	4.2	5.8	4.8	6.2	5.6	5.3	4.7	5.1	5.1	5.1	3.9	4.1	4.4



「手引き」を踏まえ、汚濁限界流速については、施工海域の流速は全般に微弱であり、平均的な流速は7cm/s未満であることから、ここでは7cm/sを汚濁限界流速とすることとする。
また、汚濁限界粒子径は、既往の濁り発生原単位(流速7cm/sの場合の値として基準化された原単位)と同じく、シルト・粘土分の土粒子径(75 μm以下)とすることとし、取扱土砂と既往の原単位を推定したときのシルト・粘土分の粒径百分率の比率を求め、既往の原単位に掛け合わせるにより、原単位を設定することとする。

3. 工種別の濁り発生原単位

(1) 浚渫工

○既往の濁り発生原単位(グラブ浚渫船による浚渫工)

工法	使用船舶	型式	シルト・粘土分 (%)	発生原単位 w_0 ($\times 10^{-3}t/m^3$)
浚渫工	グラブ浚渫船	30m ³	96.0	3.85
			38.5	2.03
			13.5	2.18
		27.5m ³	13.5	2.18
		25m ³	85.6	1.48
			6.9	2.37
		23m ³	11.8	1.20
			18m ³	97.0
		18m ³	96.6	17.25
			84.8	18.40
			7.1	4.51
			16m ³	15.9
		15m ³	70.2	9.60
			7.1	9.04
		13m ³	97.0	36.00
			12m ³	16.2
		11.5m ³	25.6	18.25
		10m ³	87.2	18.21
			8m ³	94.5
		58.0		9.91
		21.7		2.59
		63.1		31.94
		6m ³	90.4	26.30
			5m ³	22.6
		74.0		10.86
		74.0		0.96
		4m ³	15.0	8.40
			11.3	9.34
			3m ³	87.5
		62.0		11.90
45.0	15.84			
平均値			52.5	11.7

注)「港湾工事における濁り影響予測の手引き」(平成16年4月、国土交通省港湾局)をもとに作成

●浚渫工における原単位

①既往の原単位の平均値

11.7 ($\times 10^{-3}t/m^3$)

②既往の原単位の平均値を、浚渫範囲のボーリングデータにおけるシルト・粘土分の最大値(56.0%)で補正

$11.7 \times 56.0 / 52.5 = 12.5$ ($\times 10^{-3}t/m^3$)

○ボーリングデータにおけるシルト・粘土分

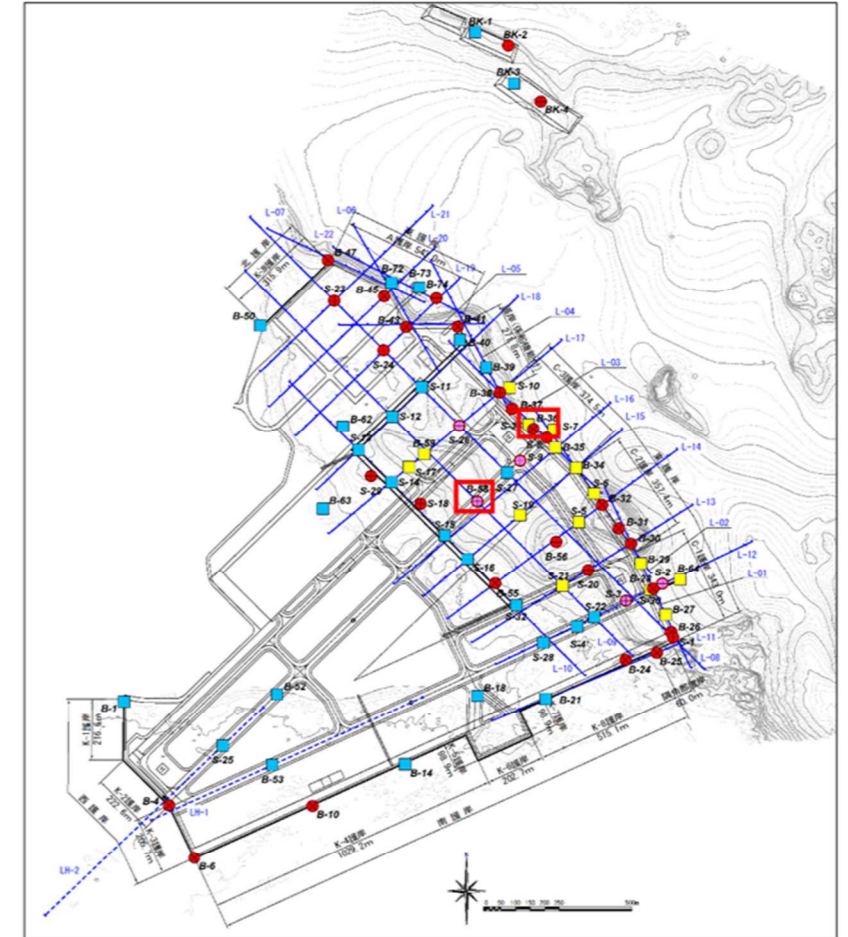
・ボーリングデータにおける表層付近のシルト・粘土分の最大値は、SCP施工範囲では56.0%(B-36)、SD施工範囲では80.6%(B-58)

ボーリングデータにおける表層付近のシルト・粘土分

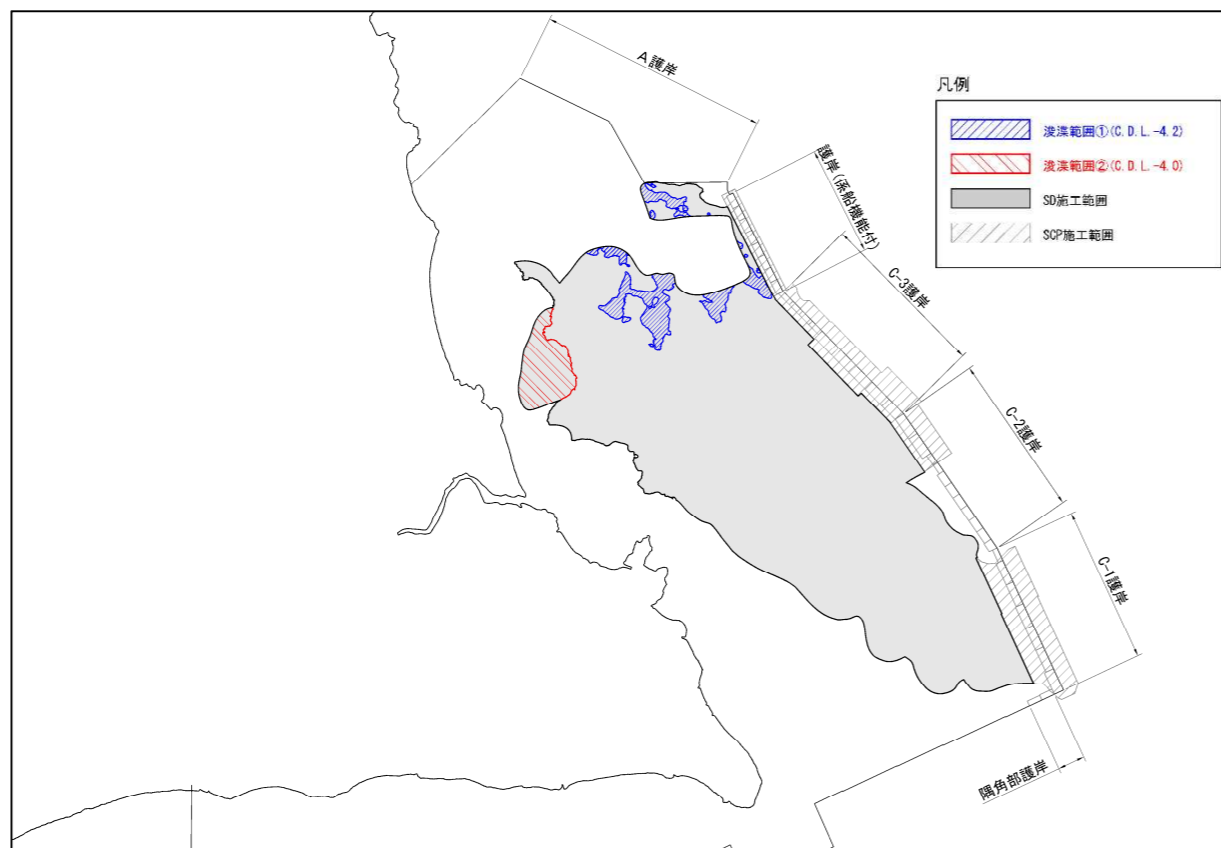
地点	深度(m)	シルト・粘土分(%)	浚渫区域	地盤改良区域
B-1	1.15 ~ 1.45	10.0		
B-4	1.15 ~ 1.45	11.0		
B-6	1.15 ~ 1.45	10.0		
B-10	1.15 ~ 1.45	3.0		
B-14	1.15 ~ 1.45	10.0		
B-18	—	—		
B-21	—	—		
B-52	—	—		
B-53	3.15 ~ 3.45	9.0		
S-25	1.15 ~ 1.45	20.1		
S-28	—	—		
B-56	1.00 ~ 1.40	5.2		○(SD)
B-58	1.00 ~ 1.85	80.6		○(SD)
B-72	2.15 ~ 2.45	44.7		
B-73	2.00 ~ 2.45	58.8		
B-74	0.00 ~ 0.90	83.6		
S-18	0.00 ~ 1.00	16.2		○(SD)
S-20	0.00 ~ 0.80	1.7		○(SD)
S-22	2.15 ~ 2.45	6.4		○(SD)
S-26	0.00 ~ 0.70	22.9		○(SD)
S-27	1.15 ~ 1.45	46.8		○(SD)
S-23	1.15 ~ 1.45	7.9		
S-24	0.00 ~ 1.00	17.9		
S-29	0.00 ~ 1.40	6.6		○(SD)
B-37	0.00 ~ 0.80	55.0	○	○(SCP)
B-38	2.00 ~ 2.50	26.9	○	○(SCP)
B-39	1.00 ~ 1.50	42.9	○	○(SCP)
B-40	1.00 ~ 1.50	45.6	○	○(SD)
S-1	0.00 ~ 0.50	12.6		○(SCP)
S-2	0.00 ~ 0.85	14.1		○(SCP)
S-3	0.00 ~ 0.70	44.3		○(SD)
S-4	1.15 ~ 1.45	8.8		○(SD)
S-8	0.00 ~ 0.85	41.9	○	○(SCP)
S-9	0.00 ~ 0.40	9.0		○(SD)
BK-1	1.15 ~ 1.45	29.7		
BK-2	0.00 ~ 0.85	30.1		
BK-3	1.15 ~ 1.45	39.2		
BK-4	0.00 ~ 0.80	55.0		
B-27	3.00 ~ 3.25	40.3		○(SCP)
B-29	3.00 ~ 3.25	9.7		○(SCP)
B-34	3.00 ~ 3.25	14.1	○	○(SCP)
B-35	3.00 ~ 3.25	47.3	○	○(SCP)
B-59	3.00 ~ 3.25	91.7		○(SD)
B-64	3.00 ~ 3.25	29.2		
S-5	3.00 ~ 3.25	14.9		○(SD)
S-6	3.00 ~ 3.25	51.8	○	○(SCP)
S-7	3.00 ~ 3.25	70.9		○(SCP)
S-10	0.00 ~ 0.30	45.9		○(SCP)
S-17	2.00 ~ 2.25	50.2		○(SD)
S-19	3.00 ~ 3.25	34.6		○(SD)
S-21	3.00 ~ 3.25	4.5		○(SD)
S-30	3.00 ~ 3.25	47.9		○(SCP)
S-31	3.00 ~ 3.25	50.9	○	○(SCP)
S-11	1.15 ~ 1.45	7.7	○	○(SD)
S-12	1.15 ~ 1.45	29.7		○(SD)
S-13	1.15 ~ 1.45	8.6	○	○(SD)
S-14	1.15 ~ 1.45	9.9		○(SD)
S-15	1.15 ~ 1.45	16.8		○(SD)
S-16	1.15 ~ 1.45	1.3		○(SD)
S-32	1.15 ~ 1.45	13.0		
B-24	1.15 ~ 1.45	13.0		
B-25	1.15 ~ 1.45	4.0	○	
B-26	1.15 ~ 1.45	14.0		○(SCP)
B-28	1.00 ~ 1.50	50.0		○(SCP)
B-30	1.15 ~ 1.45	18.0	○	
B-31	1.15 ~ 1.45	12.0	○	
B-32	1.15 ~ 1.50	12.0	○	
B-36	1.00 ~ 1.50	56.0	○	○(SCP)
B-41	1.15 ~ 1.45	23.0		
B-43	1.15 ~ 1.45	8.0	○	○(SD)
B-45	1.15 ~ 1.50	11.0		
B-47	1.15 ~ 1.55	20.0		
B-50	1.15 ~ 1.45	2.0		
B-55	1.15 ~ 1.45	3.0		
B-62	1.15 ~ 1.45	14.0	○	○(SD)
B-63	1.15 ~ 1.45	4.0		

注)深度が3m以上の調査データは対象外とした。

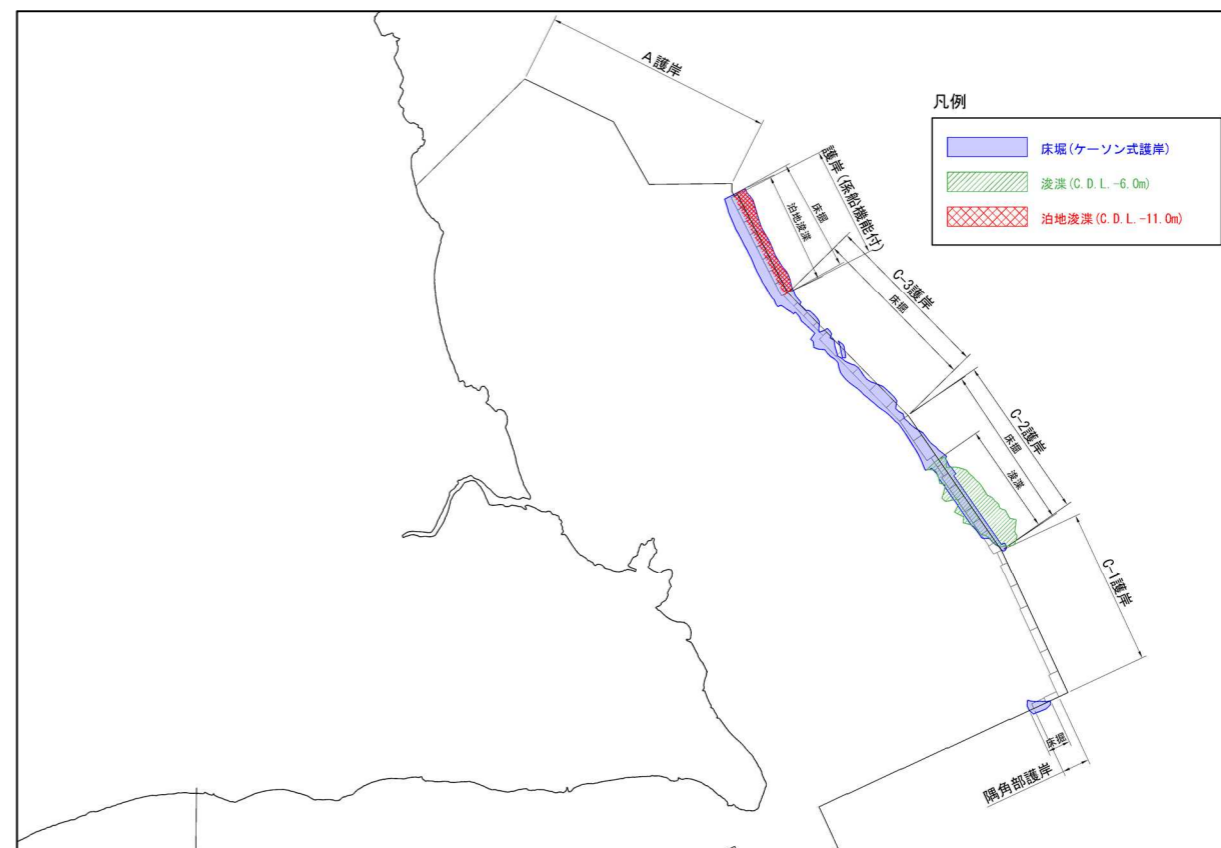
○ボーリング調査地点



■土質調査の内容				
分類	凡例数量	サンプリング	室内試験	サウンディング
ボーリング	●	乱れの少ない試料(3m毎に1m)	物理試験 力学試験	N値(3m毎に2回)
	⊕	乱された試料(3m毎に2m)	物理試験	—
	⊖	乱れの少ない試料(1m毎)	物理試験 力学試験	—
CPT※	■	乱された試料(1m毎)	物理試験	N値(1m毎に1回)
	■	乱された試料(4m毎に1m)	物理試験	CPT(4m毎に3回)
音波探査	—	—	—	—
弾性波探査	—	—	—	—



地盤改良(SD工法、SCP工法)の施工範囲及び地盤改良(SD工法)施工に伴う浚渫の範囲



ケーソン護岸の施工に伴う浚渫の範囲

(2) 捨石工

○既往の濁り発生原単位(捨石工)

工法	使用船舶	型式	シルト・粘土分 (%)	発生原単位 w_0 ($\times 10^{-3}t/m^3$)	
土砂投入工 (捨石工)	グラブ船	5m ³	7.0	0.65	
		4m ³	36.0	0.72	
		3.3m ³	13.9	1.40	
		1.3m ³	30.5	6.92	
			30.5	3.97	
	底開式バージ船	180m ³	36.0	1.31	
		捨石船	85m ³	11.1	15.76
			11.1	12.75	
		ガット船	199t	94.5	3.57
			300t	38.2	18.67
平均値(グラブ・ガット船の計8例の平均)			35.1	5.3	

注)「港湾工事における濁り影響予測の手引き」(平成16年4月、国土交通省港湾局)をもとに作成

○取扱土砂(石材に付着した土砂)の粒度組成

・「赤土防止対策の手引き」(平成3年、沖縄県)に示された資料によれば、沖縄本島北部の国頭マージの粘土分は0~60%と示されていることから、その最大値である60%を石材付着土砂のシルト・粘土分として設定し、補正。

●捨石工における原単位

- ①既往の原単位の平均値(底開バージ船・捨石船を除く計8例の平均)
5.3 ($\times 10^{-3}t/m^3$)
- ②既往の原単位の平均値を、石材付着土砂の粒度組成(シルト・粘土分60%)で補正
 $5.3 \times 60 / 35.1 = 9.0$ ($\times 10^{-3}t/m^3$)
- ③既往の原単位の平均値を、石材付着土砂の粒度組成(シルト・粘土分60%)で補正さらに、海底土の巻き上げによる濁りを想定して、浚渫工における原単位の1/2を追加
 9.0 (②で求めた原単位)+ 6.3 (浚渫工による原単位) = 15.3 ($\times 10^{-3}t/m^3$)

(3) 海上ヤード撤去(捨石の撤去)

●捨石工における海底土の巻き上げによる濁りと同じとする。なお、石材付着土砂による濁りは発生しない(投入時にしか発生しない)

- ①15.3(捨石工による発生原単位)-9.0(捨石工における石材付着土砂による濁り) = 6.3 ($\times 10^{-3}t/m^3$)

(4) 敷砂投入

○既往の濁り発生原単位(トレミー船による土砂投入工)

工法	使用船舶	型式	シルト・粘土分 (%)	発生原単位 w_0 ($\times 10^{-3}t/m^3$)
土砂投入工	砂撒船	能力360m ³ /h トレミー使用	2.0	0.98
			2.0	2.94
			2.0	2.10
			2.0	1.49
			2.0	1.62
	能力300m ³ /h トレミー使用	1.0	1.62	
		1.0	0.74	
		1.0	2.44	
		1.0	0.42	
		1.0	0.42	
平均値(「360m ³ /h」、「300m ³ /h」8例の平均)			1.5	1.6

注)「港湾工事における濁り影響予測の手引き」(平成16年4月、国土交通省港湾局)をもとに作成

○敷砂(海砂)の粒度組成

・沖縄県内の砂利採取事業者による粒度試験結果(全11データ)におけるシルト・粘土分は、0.3~21.4%であるが、敷砂としての適切な粒度の観点から、21.4%を除いた最大値である8.5%を採用し、補正。

沖縄県内の砂利採取事業者による粒度試験結果におけるシルト・粘土分

No.	シルト・粘土分 (%)	No.	シルト・粘土分 (%)
1	0.3	7	1.7
2	1.1	8	8.5
3	3.7	9	21.4
4	5.3	10	3.5
5	2.5	11	4.0
6	5.3		

●トレミー船による敷砂投入における原単位

- ・既往の原単位8例(360m³/h、300m³/h)の平均値
1.6 ($\times 10^{-3}t/m^3$)
- ・既往の原単位8例(360m³/h、300m³/h)の平均値を、沖縄県内の砂利採取事業者による粒度試験結果(シルト・粘土分の最大値:8.5%)で補正
 $1.6 \times 8.5 / 1.5 = 9.0$ ($\times 10^{-3}t/m^3$)

●バックホウ浚渫船による水深が浅い箇所への敷砂投入における原単位

- ・当初計画(環境保全図書:変更前)において設定した埋立工(ブルドーザによる陸上撤き出し)に関する原単位(ガット船による土砂投入工に関する既往の原単位をもとに設定)に、沖縄県内の砂利採取事業者による粒度試験結果(シルト・粘土分:8.5%)で補正
 $1.06 \times 8.5 / 2.25 = 4.0$ ($\times 10^{-3}t/m^3$)

(5) 地盤改良(護岸部地盤改良:SCP改良、埋立区域地盤改良:SD改良)

○既往の濁り発生原単位(地盤改良:SCP改良、SD改良)

工法	使用船舶	型式	シルト・粘土分 (%)	発生原単位 w_0 ($\times 10^{-3}t/本$)
地盤改良工	サンドコンパクション船	3連装、敷砂あり	24.0	14.37
平均値			24.0	14.4

注)「港湾工事における濁り影響予測の手引き」(平成16年4月、国土交通省港湾局)をもとに作成

○取扱土砂(ケーシングパイプ引き抜き時の付着土砂)の粒度組成

- ・SCP施工範囲のボーリングデータにおけるシルト・粘土分の最大値は56.0%
- ・SD施工範囲のボーリングデータにおけるシルト・粘土分の最大値は80.6%

●地盤改良(SCP改良、SD改良)における原単位

- ①既往の原単位
14.4 ($\times 10^{-3}t/本$)
- SCP改良
②既往の原単位を、SCP施工範囲のボーリングデータにおけるシルト・粘土分の最大値(56.0%)で補正
 $14.4 \times 56.0 / 24.0 = 33.5$ ($\times 10^{-3}t/本$)
- SD改良
③既往の原単位を、SD施工範囲のボーリングデータにおけるシルト・粘土分の最大値(80.6%)で補正
 $14.4 \times 80.6 / 24.0 = 48.3$ ($\times 10^{-3}t/本$)

(6) 浚渫工(地盤改良盛上土撤去)

●浚渫工(地盤改良盛上土撤去)における原単位

- ・「(1)浚渫工」と同じく、既往の原単位の平均値を、浚渫範囲のボーリングデータにおけるシルト・粘土分の最大値(56.0%)で補正
 $11.7 \times 56.0 / 52.5 = 12.5$ ($\times 10^{-3}t/m^3$)

(7) 薄層埋立(トレミー船による)

○既往の濁り発生原単位(トレミー船による土砂投入工)

工法	使用船舶	型式	シルト・粘土分 (%)	発生原単位 w_0 ($\times 10^{-3}t/m^3$)
土砂投入工	砂撒船	能力360m ³ /h トレミー使用	2.0	0.98
			2.0	2.94
			2.0	2.10
			2.0	1.49
			2.0	1.62
		能力300m ³ /h トレミー使用	1.0	1.62
			1.0	0.74
			1.0	2.44
			1.0	0.42
			1.0	0.42
最大値			2.0	2.94
最小値			2.0	0.42
平均値①(「360m ³ /h」4例の平均)			2.0	1.9
平均値②(「360m ³ /h」、「300m ³ /h」8例の平均)			1.5	1.6

注)「港湾工事における濁り影響予測の手引き」(平成16年4月、国土交通省港湾局)をもとに作成

○薄層埋立に用いる土砂(岩ズリ)の粒度組成

- ・資材調達に係るヒアリングにおいて、岩ズリのシルト・粘土分(細粒分)含有率について回答があった沖縄県内18箇所、沖縄県外9箇所の情報によると、シルト・粘土分は沖縄県内で4.8~22.5%(平均11.3%)、沖縄県外で0.5~8.0%(平均3.7%)、全体で0.5~22.5%(平均8.7%)となっている。
- ・各地区の出荷可能量で重み付けをしたシルト・粘土分含有量の推計値を整理すると、沖縄県内で10.5%、沖縄県外で3.1%、県内・県外を合わせると5.9%となっている。
- ・以上より、薄層埋立に用いる岩ズリは濁りの拡散防止の観点からシルト・粘土分含有率(細粒分含有率、汚濁限界粒子径の粒径加積百分率)10%以下のものを用いることとし、シミュレーションにあたっては10.0%を採用することとする。

岩ズリの調達検討に係るヒアリング結果

区分	シルト・粘土分(細粒分)含有率			出荷可能量による重み付け平均
	最小値	最大値(%)	平均値(%)	
沖縄県内(18)	4.8%	22.5%	11.3%	10.5%
沖縄県外(9)	0.5%	8.0%	3.7%	3.1%
全体(27)	0.5%	22.5%	8.7%	5.9%

注)()内の数字は回答数

●薄層埋立における原単位

- ・既往の原単位8例(360m³/h、300m³/h)の平均値
1.6 ($\times 10^{-3}t/m^3$)
- ・既往の原単位8例(360m³/h、300m³/h)の平均値を、岩ズリの粒度組成(シルト・粘土分:10.0%)で補正
 $1.6 \times 10.0 / 1.5 = 10.6$ ($\times 10^{-3}t/m^3$)

(8) ウォータージェット併用バイブロハンマーによる鋼管矢板打設

○ 既往の濁り発生原単位

・ウォータージェット併用バイブロハンマーによる鋼管矢板打設についての既往の濁り発生原単位はないため、本工程による濁りは海底からの土砂の巻き上げにより発生することを勘案し、グラブ浚渫船による浚渫工についての既往の濁り発生原単位をもとに設定。

● ウォータージェット併用バイブロハンマーによる鋼管矢板打設における原単位

① 既往の原単位(グラブ浚渫船による浚渫工)の平均値

11.7 (× 10⁻³t/m³)

② 既往の原単位の平均値を、近傍のボーリングデータにおけるシルト・粘土分の最大値(56.0%)で補正

11.7 × 56.0 / 52.5 = 12.5 (× 10⁻³t/m³)

● ウォータージェット併用バイブロハンマーによる鋼管矢板打設における施工量の考え方

- ・鋼管矢板の杭径と長さ(打設長)から算出される体積(打設体積)に相当する土砂が、ウォータージェットによって海底から巻き上がるにより濁りが発生するものと想定し、この量を施工量とする。
- ・鋼管矢板の諸条件をもとに算出した打設体積は、種類により15.4~39.3m³/本となり、これに打設本数を乗じて施工量を算出することとする。なお、鋼管矢板の空洞部分も打設体積に含めることにより、鋼管矢板を「円柱」とみなした日施工量を用いることとする。

鋼管矢板の施工量(鋼管矢板を円柱とみなし、杭径と打設長から算出される打設体積)

鋼管矢板種類	杭径(mm)	肉厚(mm)	杭長(m)	鋼管矢板の底面積(m ²)	打設長(m)	打設体積(m ³ /本)	数量(本)	合計施工量(m ³)
A-1-1	1400	16	38.5	1.539	25.51	39.3	129	5065.8
A-1-2	1200	14	38.5	1.131	27.77	31.4	215	6752.5
A-2-1	1200	15	35.5	1.131	26.75	30.3	44	1331.2
A-2-2	1200	15	37.0	1.131	24.01	27.2	230	6245.6
A-3-1	1300	15	38.5	1.327	25.14	33.4	50	1668.4
A-3-2	1000	14	30.0	0.785	19.66	15.4	347	5358.0

【参考資料4：既往の濁り発生原単位】

表-5.3.1(1) 濁り発生原単位(浚渫工1)

工法	使用船舶	型式	取扱い土砂			発生原単位 w_0 (t/m^3)	参考 単位時間 あたりの 施工量 (m^3/h)	出典
			粗粒土	細粒土	シルト・ 粘土分 (%)			
浚渫工	ポンプ浚渫船	6,987kW(9,500PS)		○	97.5	1.15×10^{-3}	636	32
		6,767kW(9,200PS)		○	99.6	1.30×10^{-3}	316	11
		5,884kW(8,000PS)	○		26.6	0.70×10^{-3}	875	12
			○		24.3	0.23×10^{-3}	531	34
		4,413kW(6,000PS)	○		47.8	0.35×10^{-3}	663	13
			○		28.0	1.67×10^{-3}	100	14
			○		22.5	9.8×10^{-3}	369	33
		3,530kW(4,800PS)		○	58.3	2.41×10^{-3}	693	6
			○		58.3	3.23×10^{-3}	599	6
			○		58.3	1.42×10^{-3}	703	6
		2,942kW(4,000PS)		○	99.0	5.34×10^{-3}		1.2
			○		90.0	1.97×10^{-3}		5
			○		74.5	12.05×10^{-3}		1.2, 10
			○		72.8	3.41×10^{-3}	294	6
			○		72.8	0.66×10^{-3}	940	6
			○		72.8	2.11×10^{-3}	550	6
			○		31.8	1.39×10^{-3}		1.2
		2,206kW(3,000PS)		○	94.5	0.60×10^{-3}	1,584	6
			○		94.5	0.56×10^{-3}	1,398	6
			○		94.5	1.03×10^{-3}	829	6
			○		94.5	0.82×10^{-3}	1,287	6
			○		94.5	0.81×10^{-3}	923	6
			○		94.5	1.54×10^{-3}	661	6
		1,839kW(2,500PS)		○	94.4	9.85×10^{-3}		1.2
1,471kW(2,000PS)		○	8.0	0.08×10^{-3}		1.2		
	○		3.0	0.15×10^{-3}		1.2		
	○		2.5	0.33×10^{-3}		1.2		
	○		74.0	0.59×10^{-3}	223	5		

- 注：1)シルト粘土分の割合が50%未満の土質を「粗粒土」、50%以上を「細粒土」とした。
 2)ここで示した濁り発生原単位は、すべて水中のSSを調査・解析して求められたものである。
 3)出典は資料編「資料-12 参考文献(12-1)」に示す。
 4)発生原単位表に記載されている単位時間あたりの施工量は、実際の現地調査時の施工量から算出した値であり、一部については、さまざまな発生原単位を測定するために、極端な施工を行った事例も含まれる。
 5)使用船舶規模や取扱い土砂が同様な場合においても、図-5.3.3に示したとおり単位時間あたりの施工量によって濁り発生原単位は異なると考えられることから、参考として単位時間あたりの施工量を示した。

表-5.3.1(3) 濁り発生原単位(浚渫工3)

工法	使用船舶	型式	取扱い土砂			発生原単位 w_0 (t/m^3)	参考 単位時間 あたりの 施工量 (m^3/h)	出典	
			粗粒土	細粒土	シルト・ 粘土分 (%)				
浚渫工	ドラッグサクシオン 浚渫船	5,884kW(8,000PS) ×2	○		5.5	3.64×10^{-3}		5	
		1,765kW(2,400PS) ×2		○	92.0	7.09×10^{-3}		1,2	
				○	88.1	12.10×10^{-3}		1,2	
		1,324kW(1,800PS)		○	83.2	25.19×10^{-3}		1,2	
				○	27.7	55.77×10^{-3}		1,2	
		バケツ浚渫船	0.2m ³	○		10.4	17.58×10^{-3}		1,2
				○		90.0	1.35×10^{-3}		1
				○		99.5	1.27×10^{-3}		1
				○		99.5	1.20×10^{-3}		1
				○		99.5	1.55×10^{-3}		1
				○		95.5	15.72×10^{-3}		1
				○		96.0	0.14×10^{-3}		5
				○		95.0	1.45×10^{-3}		1
				○		70.0	3.50×10^{-3}		1
				○		62.0	4.48×10^{-3}		5
			○		98.0	0.44×10^{-3}		1	
			○		98.0	0.28×10^{-3}		5	
	ディッパー 浚渫船	2m ³		○	74.2	13.25×10^{-3}		5	
				○	74.2	8.56×10^{-3}		5	

注：表-5.3.1(1)の注1)2)3)と同様

表-5.3.1(2) 濁り発生原単位(浚渫工2)

工法	使用船舶	型式	取扱い土砂			発生原単位 w_0 (t/m^3)	参考 単位時間 あたりの 施工量 (m^3/h)	出典			
			粗粒土	細粒土	シルト・ 粘土分 (%)						
浚渫工	グラフ浚渫船	30m ³		○	96.0	3.85×10^{-3}	775	15			
				○	38.5	2.03×10^{-3}	191	16			
				○		27.5m ³	13.5	2.18×10^{-3}	450	47	
				○		25m ³	85.6	1.48×10^{-3}	400	36	
				○		23m ³	6.9	2.37×10^{-3}	346	17	
				○		20m ³	11.8	1.20×10^{-3}	335	42	
				○		18m ³					
				○			97.0	5.10×10^{-3}	96	18	
				○			96.6	17.25×10^{-3}	404	19	
				○			84.8	18.40×10^{-3}	300	11	
				○			7.1	4.51×10^{-3}	216	20	
				○			15.9	1.91×10^{-3}	292	40	
				○			70.2	9.60×10^{-3}	346	21	
				○			7.1	9.04×10^{-3}	119	22	
				○			97.0	36.00×10^{-3}	250	35	
				○			16.2	13.20×10^{-3}	113	12	
				○			11.5m ³	25.6	18.25×10^{-3}	172	23
				○			10m ³	87.2	18.21×10^{-3}	248	24
				○			8m ³	94.5	25.80×10^{-3}		4
				○			58.0	9.91×10^{-3}		1,2	
				○			21.7	2.59×10^{-3}	220	25	
				○			63.1	31.94×10^{-3}	137	41	
				○			90.4	26.30×10^{-3}	61	26	
				○			22.6	16.59×10^{-3}	106	27	
	○			74.0	10.86×10^{-3}	128	5				
	○			74.0	0.96×10^{-3}	128	5				
	○			15.0	8.40×10^{-3}		1				
	○			11.3	9.34×10^{-3}	100	28				
	○			87.5	17.11×10^{-3}		1,2				
	○			62.0	11.90×10^{-3}		1,2				
	○			45.0	15.84×10^{-3}		1,2				
	密閉グラフ 浚渫船	8m ³		○	80.0	3.50×10^{-3}		1			

表-5.3.1(5) 濁り発生原単位(土砂投入工2)

工法	使用船舶	型式	取扱い土砂			発生原単位 w_0 (t/m^3)	参考 単位時間 あたりの 施工量 (m^3/h)	出典			
			粗粒土	細粒土	シルト・ 粘土分 (%)						
土砂投入工	砂撒船	能力360m ³ /h トレミー使用		○	2.0	0.98×10^{-3}		1			
				○	2.0	2.94×10^{-3}		1			
				○	2.0	2.10×10^{-3}		1			
				○	2.0	1.49×10^{-3}		1			
				○	1.0	1.62×10^{-3}		1			
				○	1.0	0.74×10^{-3}		1			
				○	1.0	2.44×10^{-3}		1			
				○	1.0	0.42×10^{-3}		1			
				○	1.0	3.70 ~ 6.50×10^{-3}		9			
				○	1.0	6.50×10^{-3}					
土砂投入工 (捨石工)	グラフ船	5m ³		○	7.0	0.65×10^{-3}	500	39			
				○	36.0	0.72×10^{-3}	216	38			
				○	13.9	1.40×10^{-3}	150	37			
				○		3.3m ³	30.5	6.92×10^{-3}		1,2	
				○		30.5	3.97×10^{-3}		1,2		
				○		30.5	6.22×10^{-3}		1,2		
				○		180m ³	36.0	1.31×10^{-3}		46	
				○		捨石船	85m ³	11.1	15.76×10^{-3}		5
				○			11.1	12.75×10^{-3}		5	
				○			94.5	3.57×10^{-3}		4	
	○			38.2	18.67×10^{-3}		5				

注：表-5.3.1(1)の注1)2)3)4)と同様
 6)捨石工における取扱い土砂は捨石付着土砂を対象とした。

表-5.3.1(4) 濁り発生原単位(土砂投入工1)

工法	使用船舶	型式	取扱い土砂			発生原単位 w_0 (t/m^3)	参考 単位時間 あたりの 施工量 (m^3/h)	出典			
			粗粒土	細粒土	シルト・ 粘土分 (%)						
土砂投入工	土運船	5,100t積		○	2.8	0.08×10^{-3}		5			
				○	2.8	0.06×10^{-3}		5			
				○	3.2	0.03×10^{-3}		5			
				○	3.2	0.04×10^{-3}		5			
				○	19.3	5.70×10^{-3}		7			
				○	13.0	5.19×10^{-3}		1			
				○	1.0	9.00×10^{-3}		8			
				○	1.0	3.70×10^{-3}		8			
				○	1.0	3.10×10^{-3}		8			
				○	1.0	5.00×10^{-3}		8			
				○	1.1	0.41×10^{-3}		31			
				○	6.7	4.65×10^{-3}		7			
				○	8.0	2.42×10^{-3}		1			
				○	6.9	2.15×10^{-3}		17			
				○	96.7	11.63×10^{-3}		1			
				○	36.5	14.94×10^{-3}		1,2			
				○	21.1	15.80×10^{-3}		1,2			
				○	20.5	10.63×10^{-3}		1,2			
				○	60%粒径 0.03mm	25.00×10^{-3}		3			
				○	60%粒径 0.03mm	31.72×10^{-3}		3			
				○	98.0	203.43×10^{-3}		1			
				○	69.8	41.66×10^{-3}		1			
				○	57.7	8.31×10^{-3}		1,2			
				○	2.7	0.02×10^{-3}		1,2			
				○	59.5	1.56×10^{-3}		5			
				○	42.7	39.25×10^{-3}		5			
				○	22.7	2.19×10^{-3}		1,2			
				○	~ 5.30×10^{-3}						
				○	19.1	143.50×10^{-3}		1,2			
				○	2.2	0.79×10^{-3}		107			
				○	19.3	9.29×10^{-3}		120			
				○	2.3	1.75×10^{-3}		5			
				○	68.6	22.72×10^{-3}		1,2			
				○	82.2	123.43×10^{-3}		1,2			
				ガット船	540m ³		○	4.7	5.04×10^{-3}		1,2
						○	1.0	0.63×10^{-3}		1	
						○	1.0	0.51×10^{-3}		1	
						○	1.0	0.64×10^{-3}		1	
						○	1.0	0.63×10^{-3}		1	
						○	1.0	1.07×10^{-3}		1	
						○	3.0	0.42×10^{-3}		1	
						○	3.0	0.50×10^{-3}		1	

【参考資料5：濁り発生源モデルの設定】

表- 6. 3.1 濁りの状態と発生源モデル(浚渫工事)

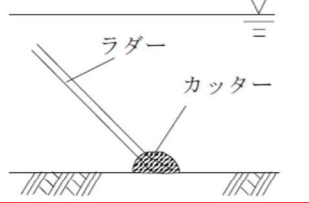
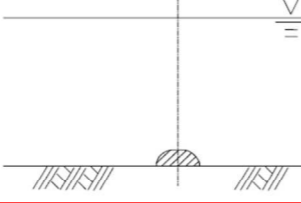
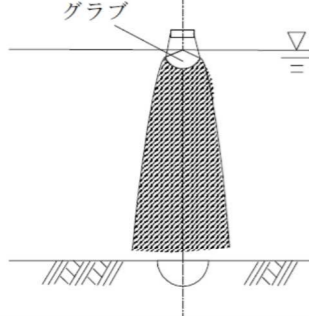
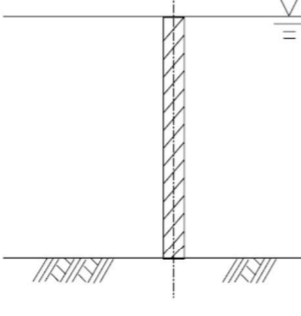


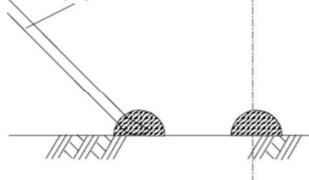
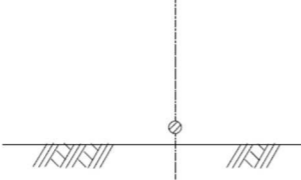
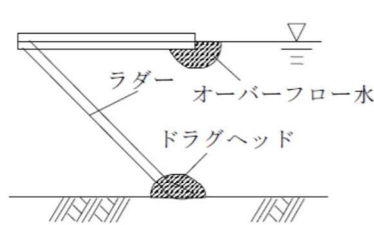
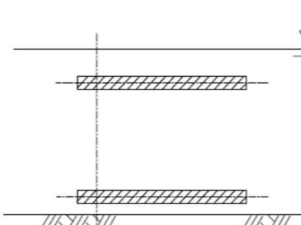
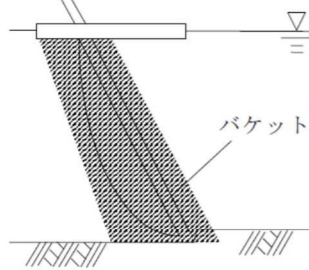
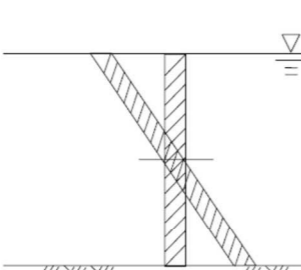
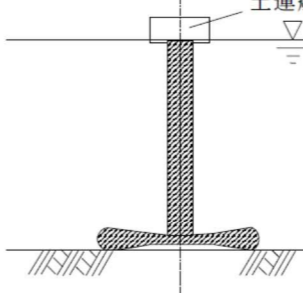
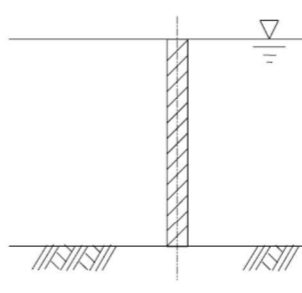
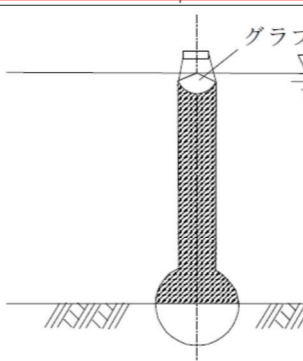
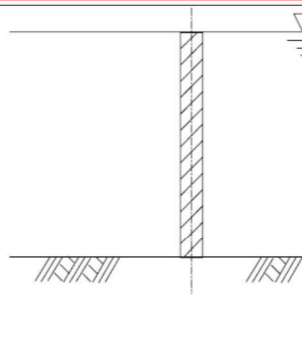
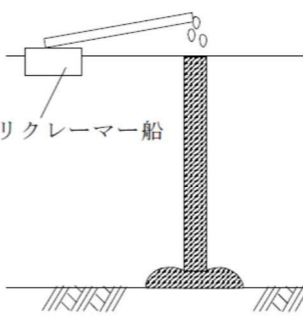
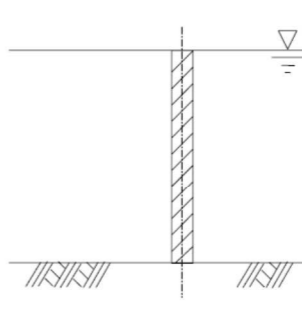
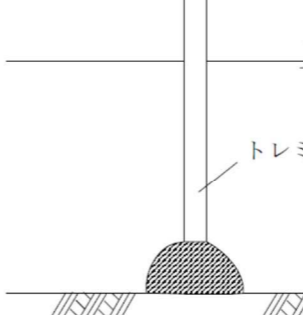
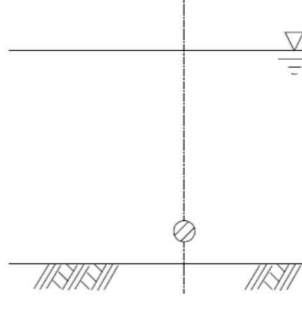

使用船舶・機械	濁りの状態	発生源モデル	発生源の状態
ポンプ浚渫船			スイング時に海底の浚渫箇所から濁りが発生する。 濁り発生源は、海底となる。
グラブ浚渫船			海底からの地切り時の土砂の巻き上げ、水中引き上げ時の付着土の拡散、水面にあげる際の土砂の漏れ出しにより濁りが発生する。 濁り発生源は、海底から海面までとなる。
ディッパー浚渫船			
バックホウ浚渫船			
密閉グラブ浚渫船			海底からの地切り時の土砂の巻き上げにより濁りが発生する。 濁り発生源は、海底となる。
軟泥浚渫船			
ドラッグサクシオン浚渫船			海底付近の水底土砂の巻き上がり、水面付近でのオーバーフロー水により、濁りが発生する。 濁り発生源は、海底及び海面となる。
バケット浚渫船			海底からの地切り時の土砂の巻き上げ、水中引き上げ時の付着土の拡散、水面にあげる際の土砂の漏れ出しにより濁りが発生する。 濁り発生源は、海底から海面までとなる。


表- 6. 3.2 濁りの状態と発生源モデル(土砂投入工事)

使用船舶・機械	濁りの状態	発生源モデル	発生源の状態
土運船 (底開式)			船底から投入される土砂により濁りが発生する。 濁り発生源は、海面から海底までとなる。
グラブ船 ガット船 (捨石・土砂投入等)			投入石材に付着した土砂及び投入土砂により濁りが発生する。 濁り発生源は、海面から海底までとなる。
リクレーマー船 揚土船 砂撒船(水面投入)			投入土砂により、濁りが発生する。 水面から投入する場合の発生源は、海面から海底までとなる。
砂撒船 (トレミー船)			投入土砂により、濁りが発生する。 トレミーを用いて、下層に投入する場合の発生源は、下層となる。

注：バージアンローダー船は、埋立地等の閉鎖的な水域への土砂投入に用いられ、発生した濁りは、余水吐きや護岸開口部から放流されることが多い。

 : 濁りの発生源を示す。

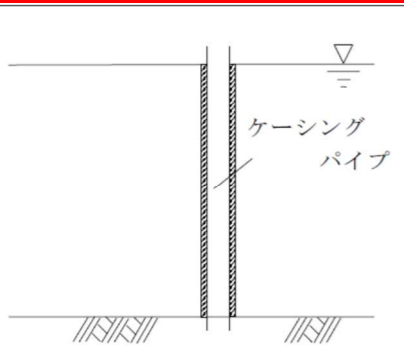
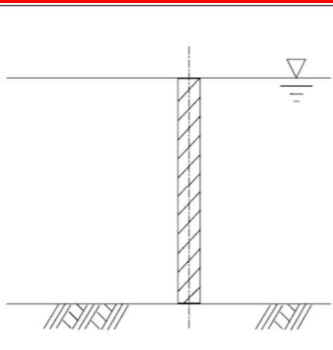
注：密閉グラブ浚渫船、軟泥浚渫船は、さまざまな種類があり、種類によって濁りの発生状態が異なると考えられることから、使用を予定している船舶の特徴を踏まえて、発生源モデルを設定する必要がある。


 : 濁りの発生源を示す。

資料：港湾工事における濁り影響予測の手引き（国土交通省港湾局、平成16年4月）

資料：港湾工事における濁り影響予測の手引き（国土交通省港湾局、平成16年4月）

表- 6. 3.3 濁りの状態と発生源モデル（地盤改良工事）

使用船舶・機械	濁りの状態	発生源モデル	発生源の状態
サンドコンパクション船 サンドドレーン船 深層混合処理船			<p>ケーシングパイプ引き抜き時の附着土砂により濁りが発生する。 濁り発生箇所は、海底から海面までとなる。</p>

注：  : 濁りの発生箇所を示す。

資料：港湾工事における濁り影響予測の手引き（国土交通省港湾局、平成16年4月）

【参考資料6：海砂のシルト・粘土分について】

○沖縄県内の砂利採取事業者による粒度試験結果

・沖縄県内の砂利採取事業者による粒度試験結果（全11データ）におけるシルト・粘土分（粒径0.075mm以下の通過質量百分率）は0.3～21.4%であるが、敷砂としての適切な粒度の海砂を用いる観点から21.4%を除き、最大値である8.5%を採用することとした。

沖縄県内の砂利採取事業者による粒度試験結果

粒度試験結果①

均等係数		2.9
ふるい分析	粒径 (mm)	通過質量百分率 (%)
	75	100.0
	53	100.0
	37.5	100.0
	26.5	100.0
	19	100.0
	9.5	100.0
	4.75	98.4
	2	90.6
	0.85	52.9
	0.425	15.3
	0.25	2.6
	0.106	0.4
0.075	0.3	

粒度試験結果②

均等係数		2.9
ふるい分析	粒径 (mm)	通過質量百分率 (%)
	75	100.0
	53	100.0
	37.5	100.0
	26.5	100.0
	19	100.0
	9.5	100.0
	4.75	97.5
	2	84.8
	0.85	38.2
	0.425	9.6
	0.25	2.7
	0.106	1.2
0.075	1.1	

粒度試験結果③

均等係数		1.99
ふるい分析	粒径 (mm)	通過質量百分率 (%)
	75	
	53	
	37.5	
	26.5	
	19	
	9.5	100.0
	4.75	99.1
	2	97.7
	0.85	89.7
	0.425	63.4
	0.25	16.6
	0.106	4.8
0.075	3.7	

粒度試験結果④

均等係数		5.5
ふるい分析	粒径 (mm)	通過質量百分率 (%)
	75	100.0
	53	100.0
	37.5	100.0
	26.5	100.0
	19	100.0
	9.5	100.0
	4.75	99.5
	2	94.5
	0.85	73.2
	0.425	44.0
	0.25	28.7
	0.106	9.1
0.075	5.3	

粒度試験結果⑤

均等係数		4.3
ふるい分析	粒径 (mm)	通過質量百分率 (%)
	75	100.0
	53	100.0
	37.5	100.0
	26.5	100.0
	19	100.0
	9.5	100.0
	4.75	99.9
	2	96.0
	0.85	71.8
	0.425	39.0
	0.25	18.6
	0.106	3.6
0.075	2.5	

粒度試験結果⑥

均等係数		4.0
ふるい分析	粒径 (mm)	通過質量百分率 (%)
	75	100.0
	53	100.0
	37.5	100.0
	26.5	100.0
	19	100.0
	9.5	100.0
	4.75	100.0
	2	99.1
	0.85	89.5
	0.425	61.6
	0.25	45.9
	0.106	11.4
0.075	5.3	

粒度試験結果⑦

均等係数		3.7
ふるい分析	粒径 (mm)	通過質量百分率 (%)
	75	100.0
	53	100.0
	37.5	100.0
	26.5	100.0
	19	100.0
	9.5	100.0
	4.75	98.3
	2	88.7
	0.85	43.8
	0.425	13.8
	0.25	7.6
	0.106	2.3
0.075	1.7	

粒度試験結果⑧

均等係数		4.4
ふるい分析	粒径 (mm)	通過質量百分率 (%)
	75	100.0
	53	100.0
	37.5	100.0
	26.5	100.0
	19	100.0
	9.5	99.8
	4.75	98.3
	2	92.2
	0.85	80.6
	0.425	64.5
	0.25	47.6
	0.106	14.1
0.075	8.5	

粒度試験結果⑨

均等係数		
ふるい分析	粒径 (mm)	通過質量百分率 (%)
	75	
	53	
	37.5	
	26.5	
	19	
	9.5	100.0
	4.75	98.8
	2	95.5
	0.85	90.3
	0.425	81.4
	0.25	70.1
	0.106	31.1
0.075	21.4	

粒度試験結果⑩

均等係数		37.1
ふるい分析	粒径 (mm)	通過質量百分率 (%)
	75	
	53	
	37.5	
	26.5	
	19	
	9.5	100.0
	4.75	99.4
	2	94.3
	0.85	56.5
	0.425	17.6
	0.25	10.2
	0.106	4.4
0.075	3.5	

粒度試験結果⑪

均等係数		3.7
ふるい分析	粒径 (mm)	通過質量百分率 (%)
	75	100.0
	53	100.0
	37.5	100.0
	26.5	100.0
	19	100.0
	9.5	100.0
	4.75	99.6
	2	97.4
	0.85	82.2
	0.425	60.9
	0.25	40.2
	0.106	7.4
0.075	4.0	

【参考資料7：岩ズリのシルト・粘土分について】

○岩ズリの調達検討に係るヒアリング結果

- ・ 沖縄県内の52箇所、沖縄県外の49箇所（うち7箇所は調達対象先以外）から出荷可能量の回答があり、このうちシルト・粘土分（細粒分）含有率について回答があったのは、沖縄県内18箇所、沖縄県外9箇所。
- ・ その結果は下表のとおりであり、シルト・粘土分は沖縄県内で4.8～22.5%（平均11.3%）、沖縄県外で0.5～8.0%（平均3.7%）、県内・県外を合わせた全体では0.5～22.5%（平均8.7%）となっている。
- ・ 各地区の出荷可能量で重み付けをしたシルト・粘土分含有量の推計値は、沖縄県内で10.5%、沖縄県外で3.1%、県内・県外を合わせた全体では5.9%となっている。
- ・ 岩ズリは必要量を県内から調達すること、薄層埋立に用いる岩ズリは濁り防止の観点から出荷可能量で重み付けをした推計値を参考にシルト・粘土分含有率10%以下のものを用いることとし、シミュレーションに当たってはシルト・粘土分含有率（細粒分含有率、汚濁限界粒子径の粒径加積百分率）を10.0%と設定することとした。

岩ズリの調達検討に係るヒアリング結果

【沖縄県内】

県	シルト・粘土分 (細粒分)含有率 [%]	年間可能出荷量 [m ³ /年]	シルト・粘土分 含有量推計値 [m ³ /年]	年間可能出荷量に占める シルト・粘土分含有量 推計値の割合 [%]
沖縄県	4.8	208,000	9,984	-
	7.2	882,000	63,504	-
	12.6	265,000	33,390	-
	8.7	480,000	41,760	-
	10.9	353,000	38,477	-
	9.9	15,900	1,574	-
	16.1	400,000	64,400	-
	7.9	100,000	7,900	-
	15.9	100,000	15,900	-
	22.5	132,000	29,700	-
	12.9	420,000	54,180	-
	9.3	125,000	11,625	-
	5.6	155,145	8,688	-
	10.7	108,000	11,556	-
	11.2	50,000	5,600	-
	10.8	70,000	7,560	-
	16.4	15,000	2,460	-
	9.8	10,000	980	-
シルト・粘土分 (細粒分) 含有率	最小値	4.8	-	-
	最大値	22.5	-	-
	平均値	11.3	-	-
沖縄県内 合計	-	3,889,045	409,238	10.5%

【沖縄県外】

県	シルト・粘土分 (細粒分)含有率 [%]	年間可能出荷量 [m ³ /年]	シルト・粘土分 含有量推計値 [m ³ /年]	年間可能出荷量に占める シルト・粘土分含有量 推計値の割合 [%]
鹿児島県	4.1	300,000	12,300	-
	4.5	800,000	36,000	-
	5.3	1,000,000	53,000	-
	0.5	240,000	1,200	-
	0.6	240,000	1,440	-
	1.8	1,500,000	27,000	-
	0.7	1,500,000	10,500	-
熊本県	7.4	700,000	51,800	-
佐賀県	8.0	50,000	4,000	-
シルト・粘土分 (細粒分) 含有率	最小値	0.5	-	-
	最大値	8.0	-	-
	平均値	3.7	-	-
沖縄県外 合計	-	6,330,000	197,240	3.1%

【沖縄県内外、全体】

県	シルト・粘土分 (細粒分)含有率 [%]	年間可能出荷量 [m ³ /年]	シルト・粘土分 含有量推計値 [m ³ /年]	年間可能出荷量に占める シルト・粘土分含有量 推計値の割合 [%]
シルト・粘土分 (細粒分) 含有率	最小値	0.5	-	-
	最大値	22.5	-	-
	平均値	8.7	-	-
沖縄県内外 合計	-	10,219,045	606,478	5.9%

注) 出荷可能量とともにシルト・粘土分（細粒分）含有率について回答があった沖縄県内18箇所、沖縄県外9箇所について整理したもの。

【参考資料8：石材付着土砂のシルト・粘土分について】

- ・「赤土防止対策の手引き」(平成3年、沖縄県)に示された資料によれば、沖縄本島北部の国頭マーヅの粘土分は0~60%と示されていることから、その最大値である60%を石材付着土砂のシルト・粘土分として設定した。



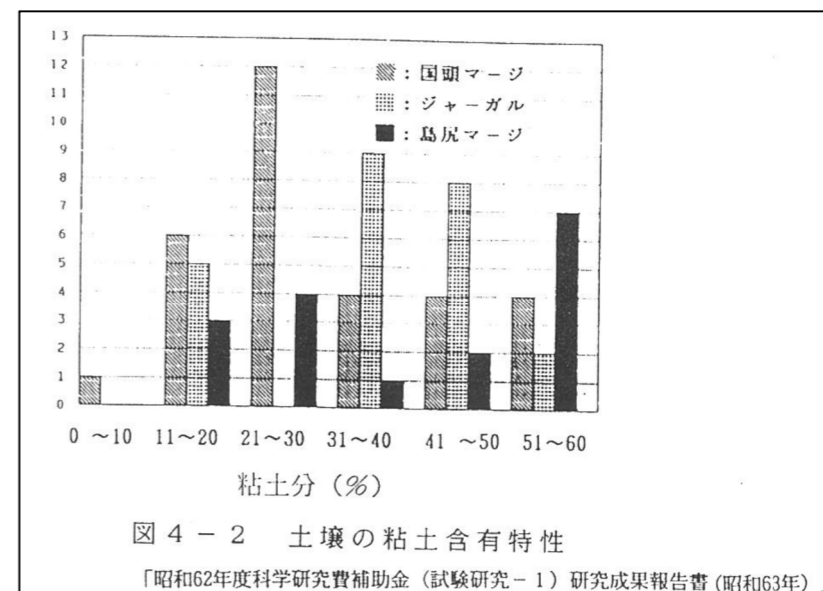
資料：赤土流出防止対策の手引き（沖縄県環境保健部、平成3年）

目 次	
1. 赤土流出と環境	1
1. 赤土流出とその歴史的経緯	1
2. 赤土流出の現状	5
1) 沖縄県の各地域における赤土流出状況	5
2) 沿岸漁業の汚染状況	16
3) 沖縄本島北部地域における赤土砂堆積域	17
3. 赤土流出の及ぼす影響	22
1) 農地及び森林に与える影響	23
2) 河川及びダムに与える影響	23
3) 道路及び宅地に与える影響	25
4) 陸生植物に与える影響	25
5) 沿岸域に与える影響	25
6) 海生生物に与える影響	26
7) 漁業に与える影響	37
8) 観光に与える影響	41
4. 赤土の特性とその分布状況	46
1) 性質及び分布状況	46
2) 土壌特性	50
5. 気象及び降雨の特性	59
1) 気候の概要	59
2) 降雨の特性	61
3) 降雨強度特性	66
6. 赤土流出と土地利用	72
1) 都市計画法に基づく開発許可状況	79
2) 県土保全条例に基づく開発許可状況	82

①土の粒度組成

土壌は、礫、粗砂、細砂、シルト、粘土などに区分される大きさの異なる粒子の集合体である。土壌によってこれらの割合すなわち粒度組成は様々である。粒度組成は、化学的には塩基置換容量とも関係があるが、土砂流出との関連では、土壌の被分散性（雨粒などによる分散されやすさ）、被運搬性（表流水による運ばれやすさ）のほかに雨水の浸透能にも関与する。

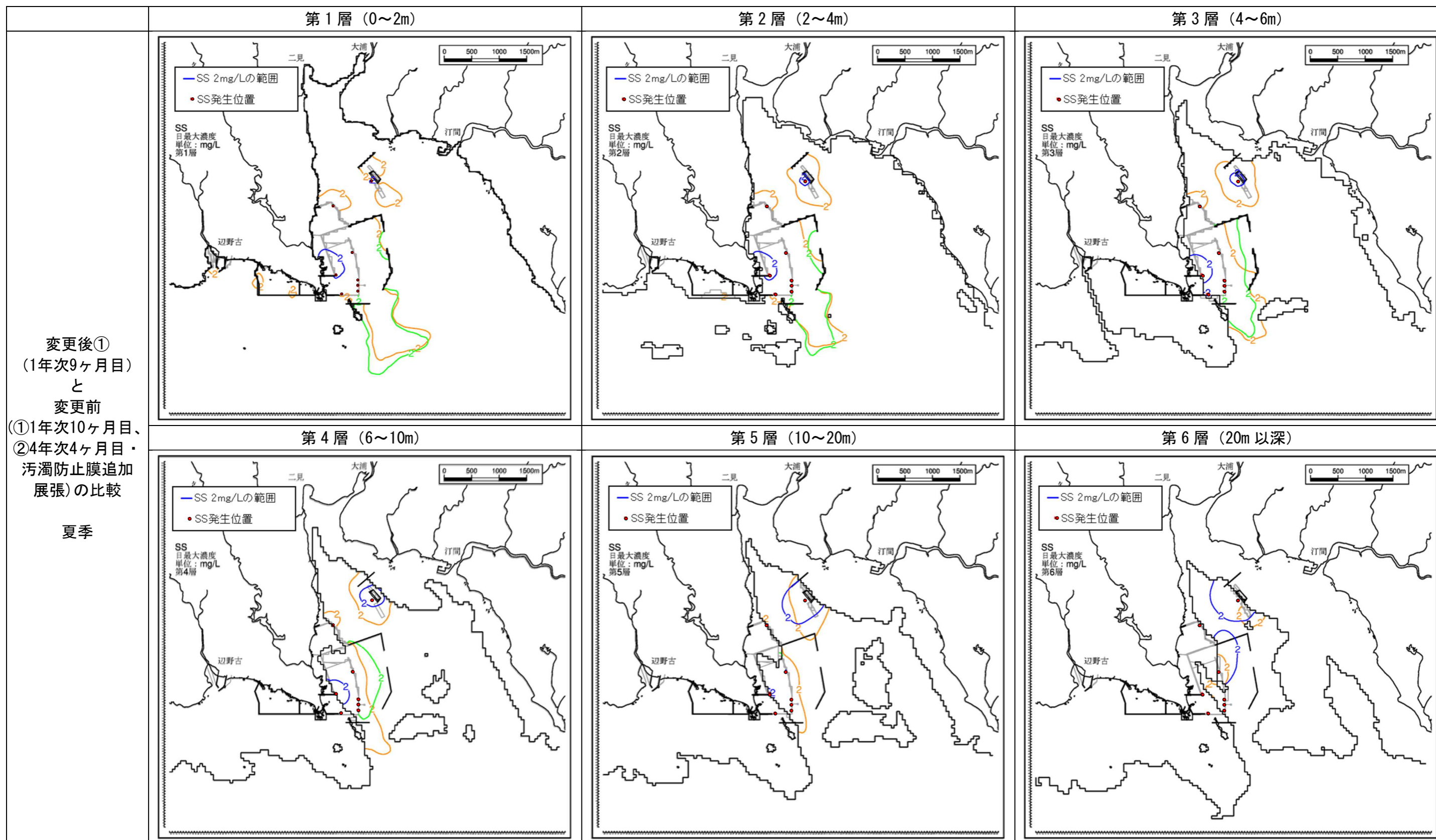
粒度区分からみると一般には、砂が分散され易く粘土は分散されにくい。被運搬性については逆に砂は運搬されにくい、粘土は一旦分散されると容易に運搬される。また、粗砂質の土壌は透水性が高く、土を移動させるには比較的流速の早い表流水が必要となることが指摘されている。図4-2は県内に分布する国頭マーヅ（試料数31）、ジャーガル（26）及び島尻マーヅ（17）の畑地土壌の粘土含有特性を示したものであるが、粘土分が30%以下の試料の頻度は国頭マーヅで61%、ジャーガル、島尻マーヅでそれぞれ21%、41%となっている。土壌の侵食の受けやすさ（受食性）は土の被分散性と被輸送性に左右されることから、国頭マーヅは粒度組成的にも受食性土壌であるといえる。



【参考資料9：シミュレーション結果（夏季、濁りの拡散状況のみの結果）】

1) 1年次9ヶ月目（変更後①）

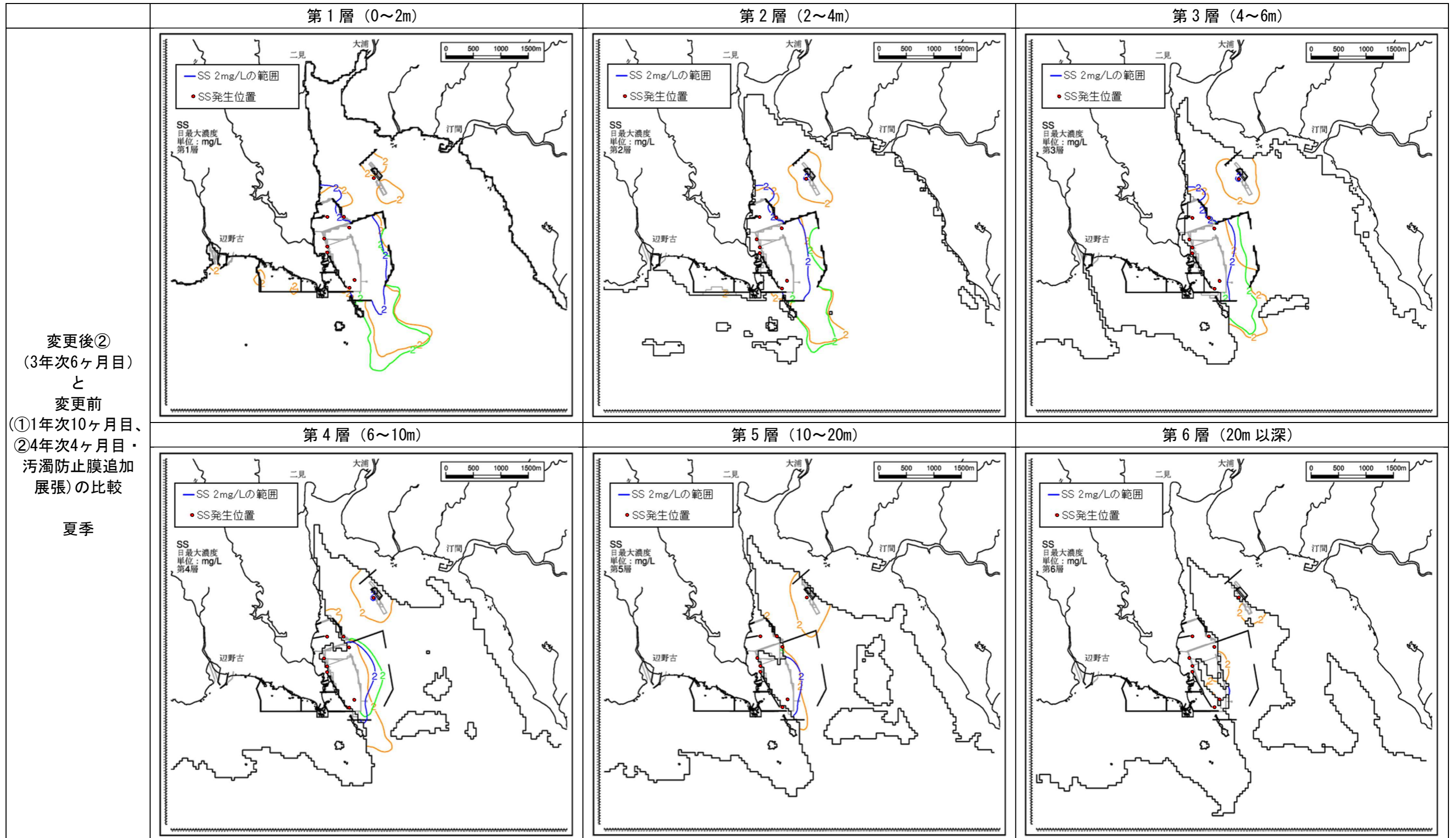
変更後のシミュレーション結果と環境保全図書（変更前）のシミュレーション結果との比較結果（夏季、1/7）



注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目（変更前①）を—、4年次4ヶ月目（汚濁防止膜追加展張、変更前②）を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

2) 3年次6ヶ月目(変更後②)

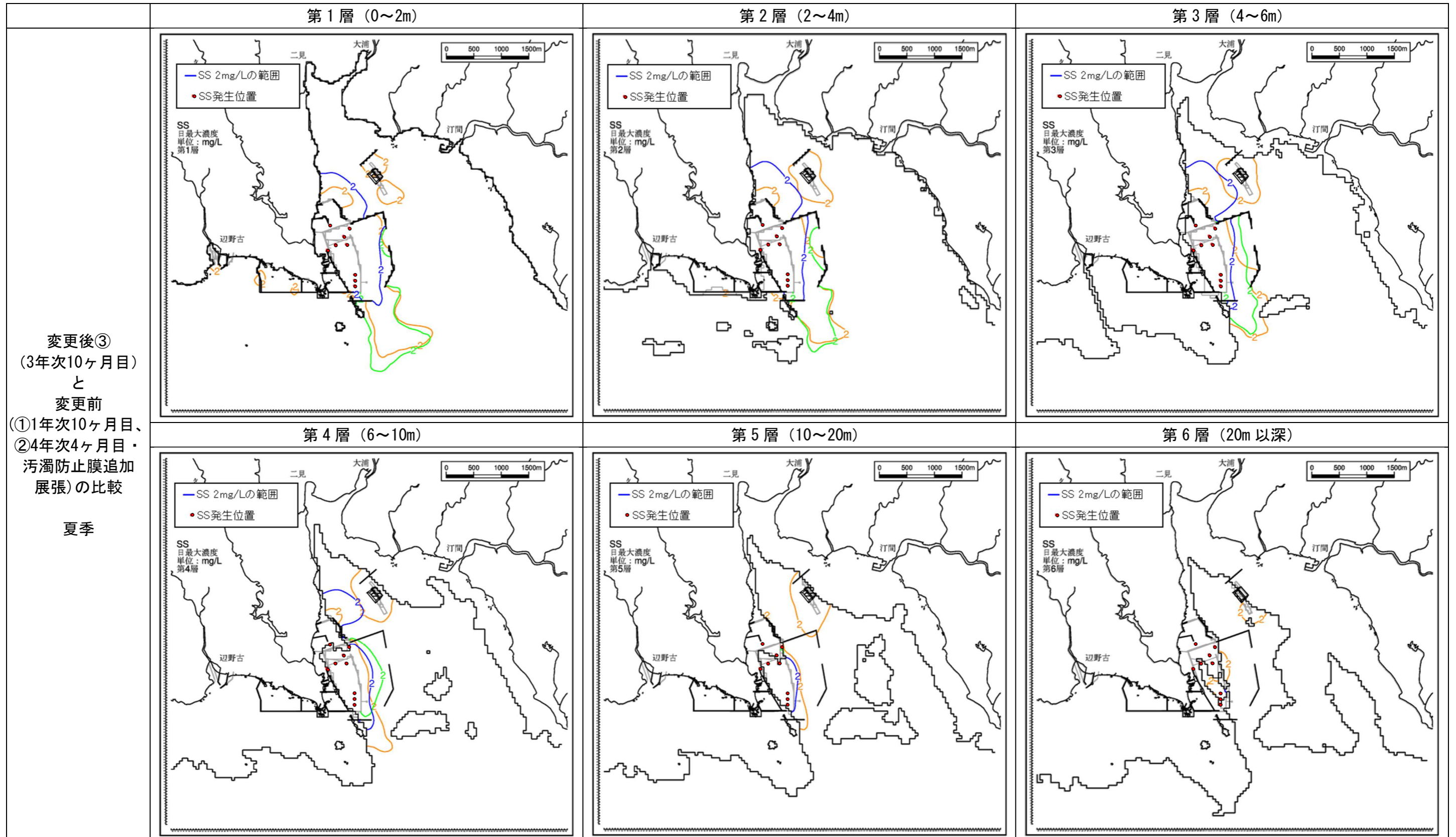
変更後のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(夏季、2/7)



注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

3) 3年次10ヶ月目(変更後③)

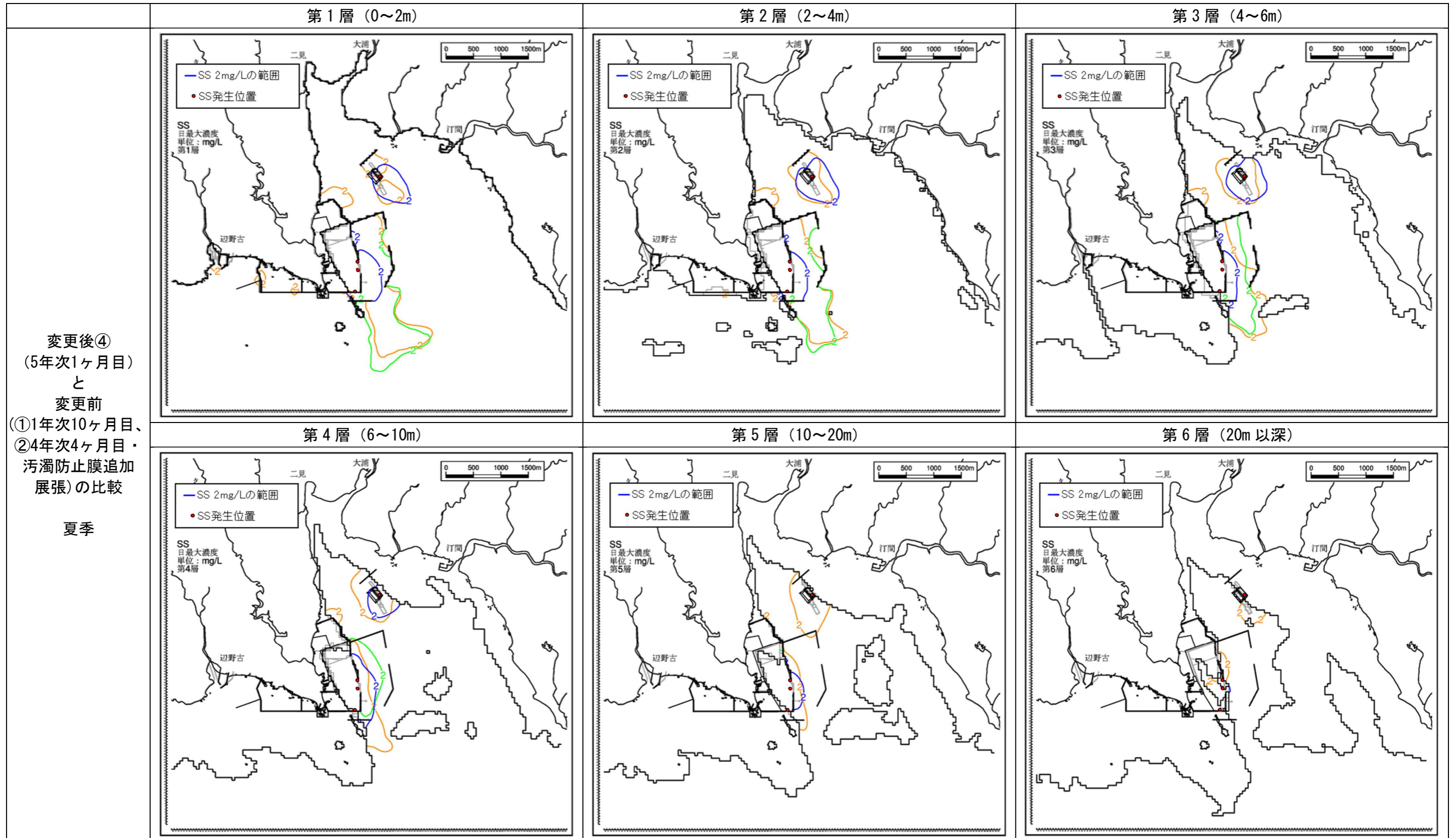
変更後のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(夏季、3/7)



注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

4) 5年次1ヶ月目(変更後④)

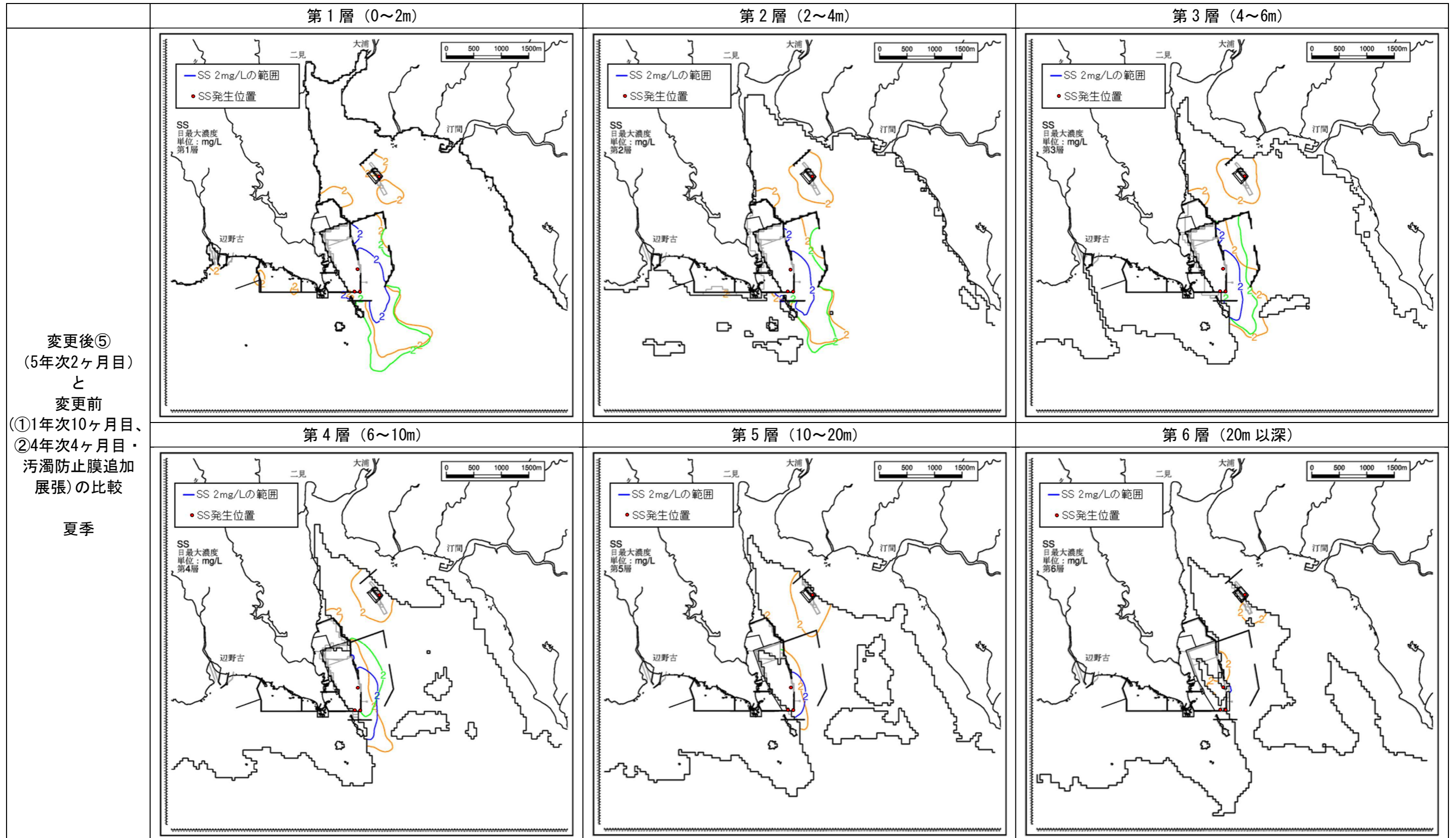
変更後のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(夏季、4/7)



注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

5) 5年次2ヶ月目(変更後⑤)

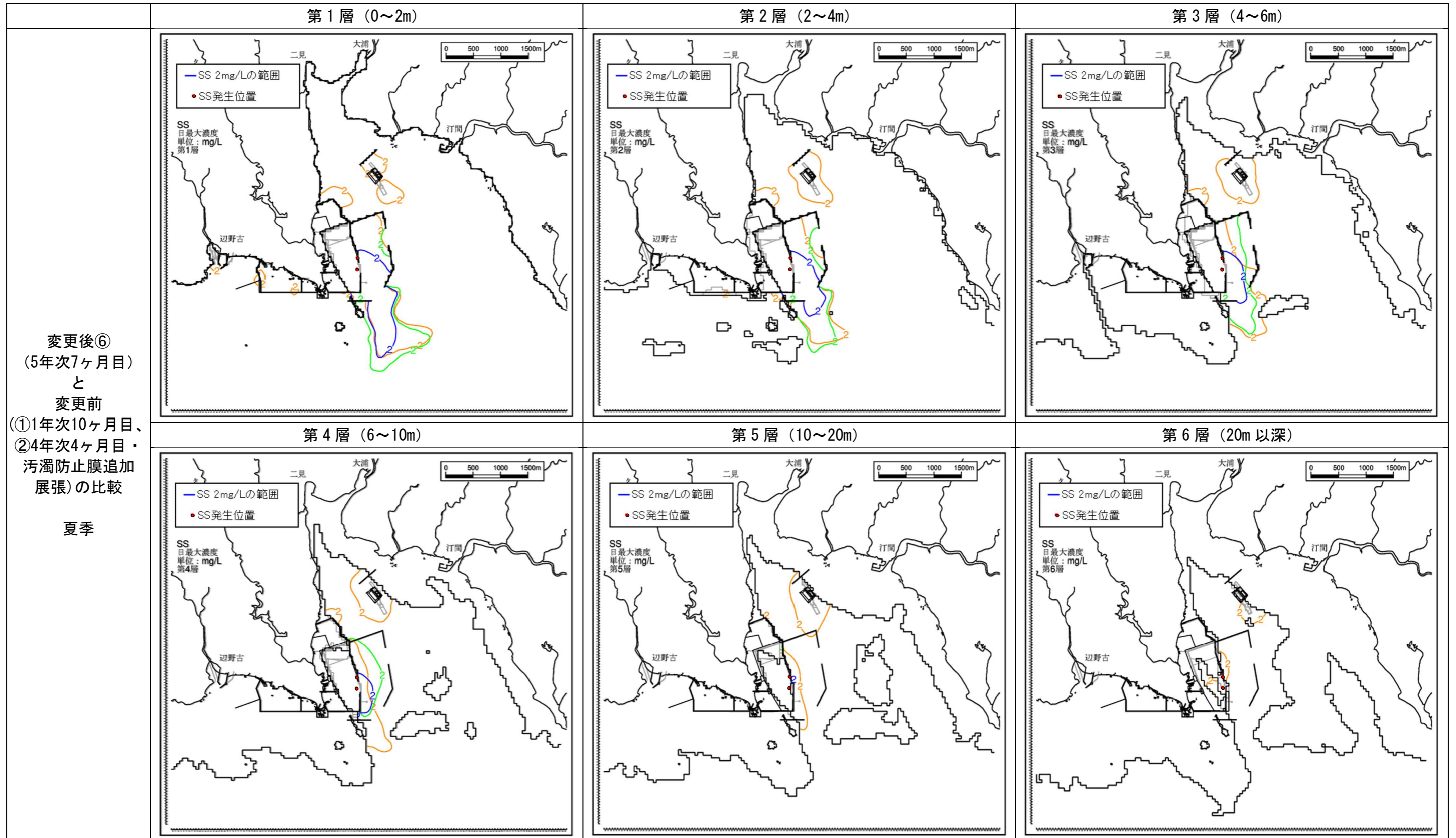
変更後のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(夏季、5/7)



注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

6) 5年次7ヶ月目(変更後⑥)

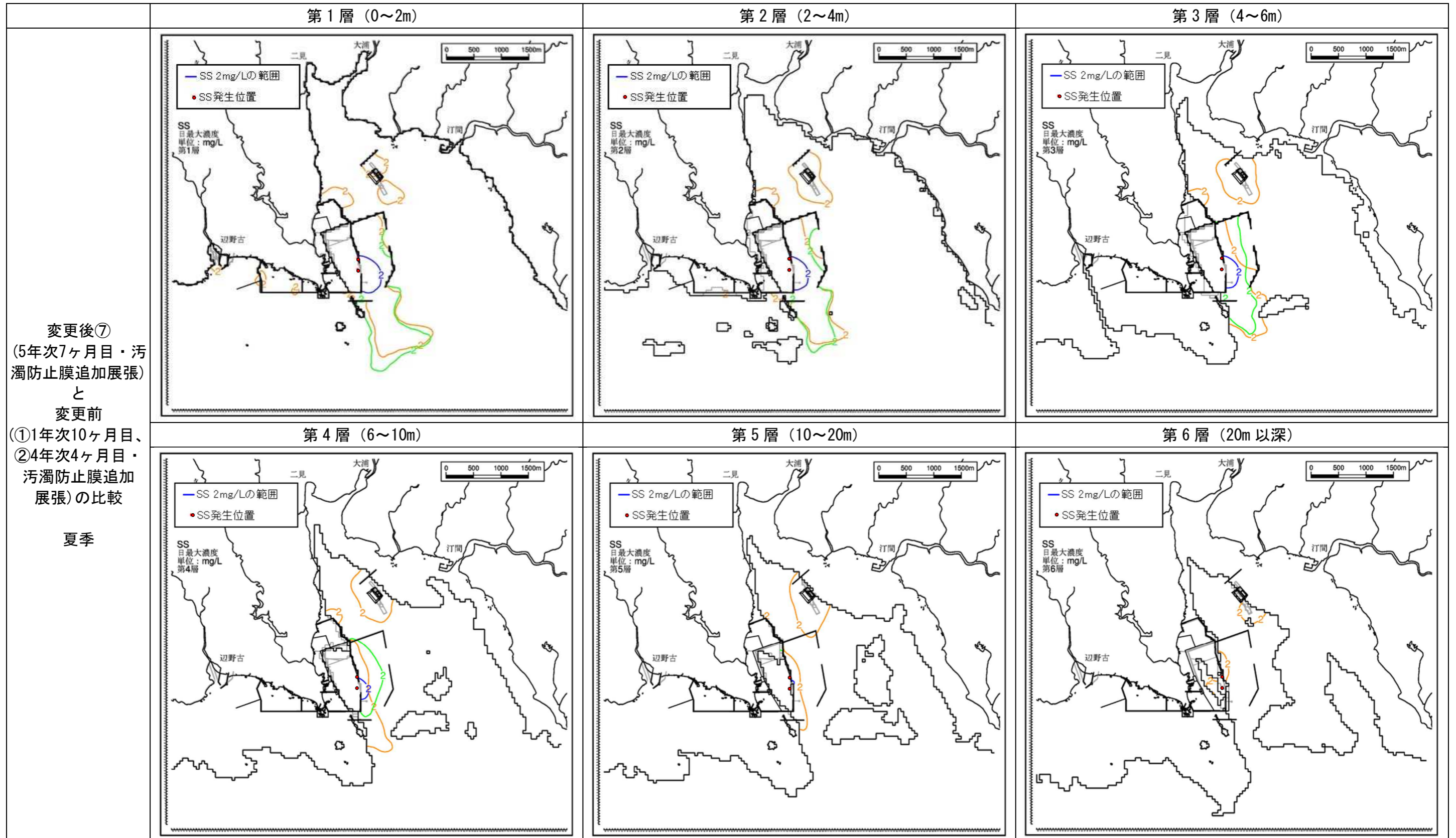
変更後のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(夏季、6/7)



注) SS 2mg/L の範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

7) 5年次7ヶ月目(変更後⑦:汚濁防止膜を追加展張)

変更後のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(夏季、7/7)

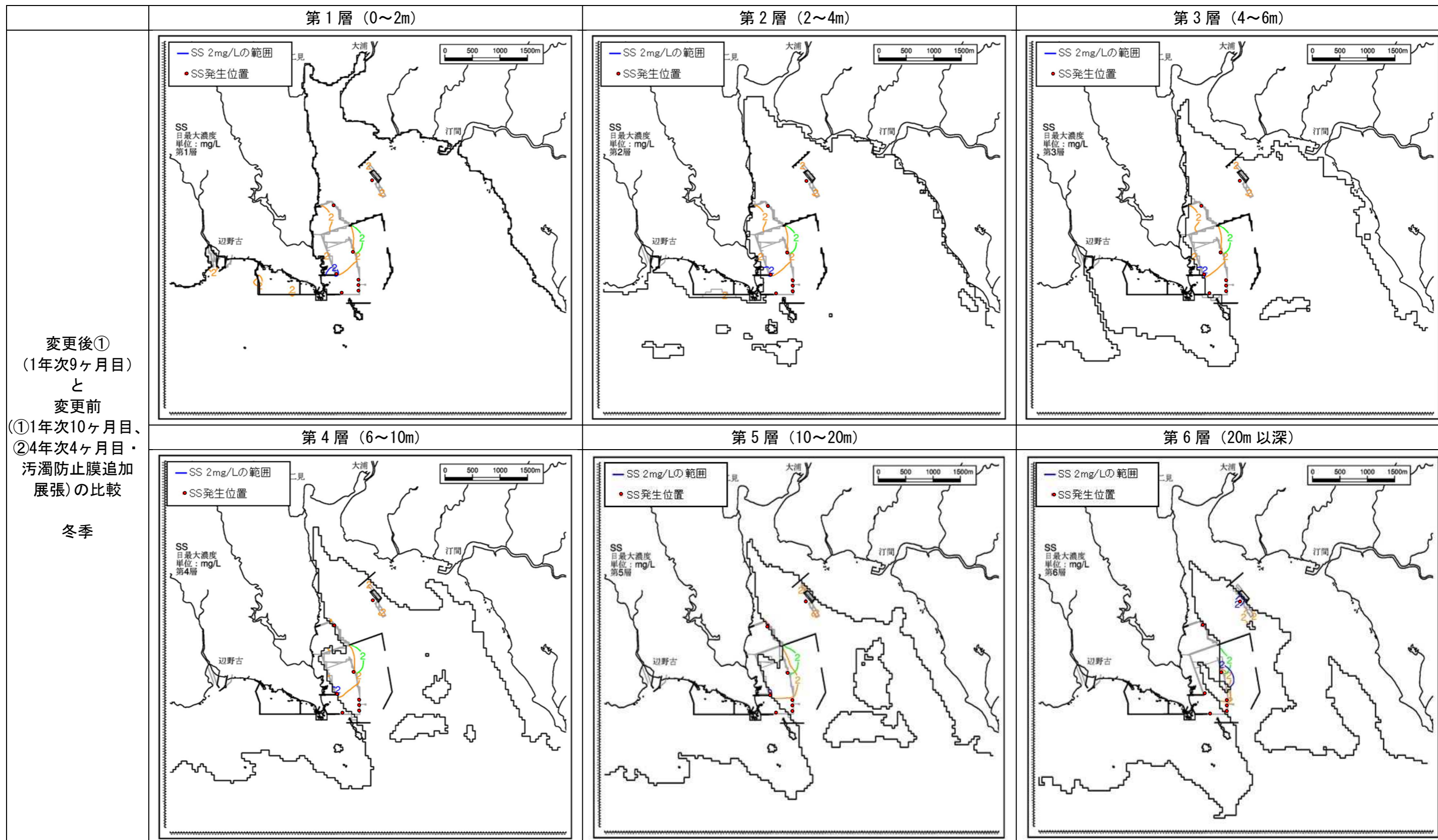


注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

【参考資料 10：シミュレーション結果（冬季、濁りの拡散状況のみの結果）】

1) 1年次9ヶ月目（変更後①）

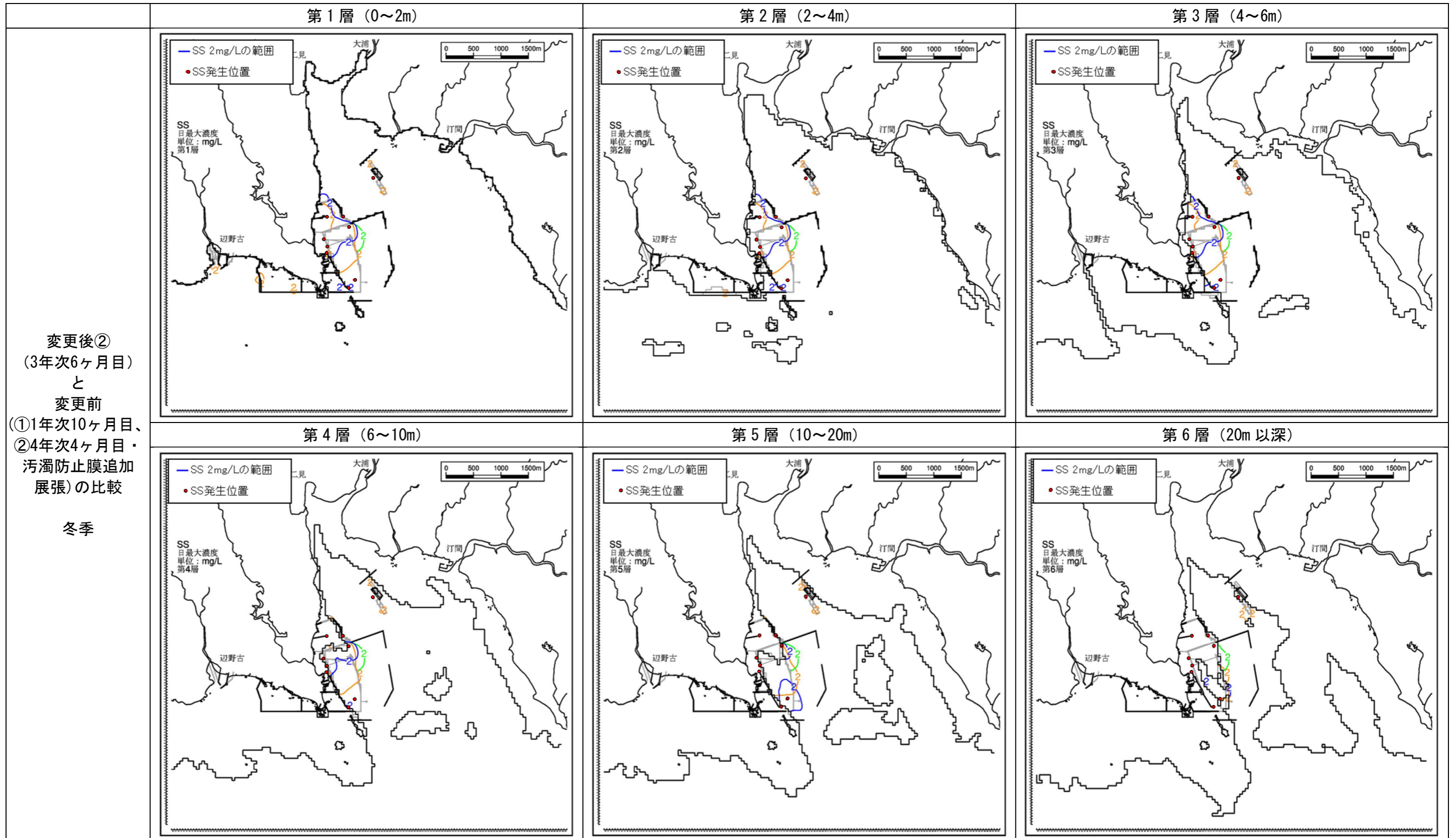
変更後のシミュレーション結果と環境保全図書（変更前）のシミュレーション結果との比較結果（冬季、1/7）



注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目（変更前①）を—、4年次4ヶ月目（汚濁防止膜追加展張、変更前②）を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

2) 3年次6ヶ月目(変更後②)

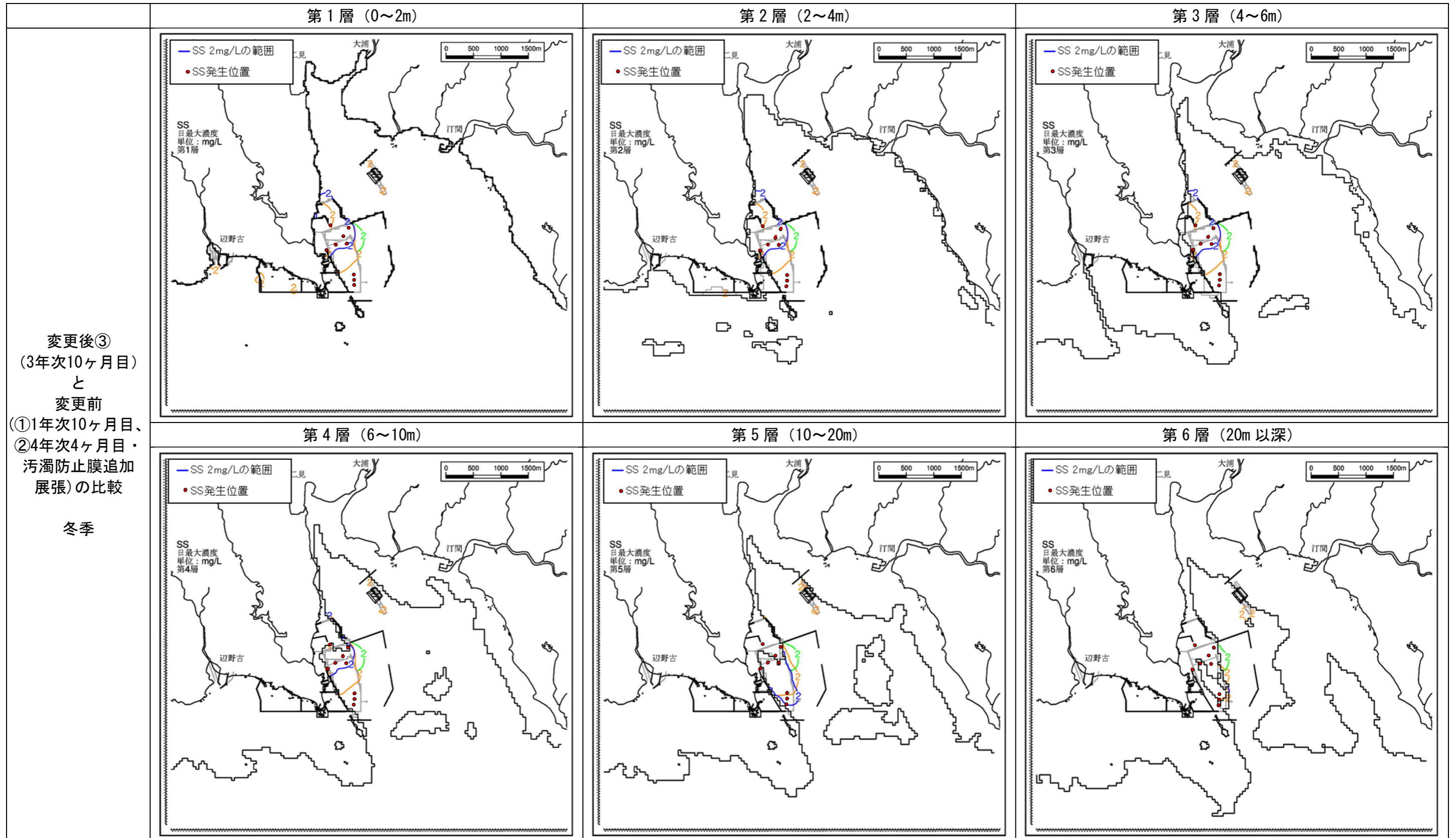
変更後のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(冬季、2/7)



注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

3) 3年次10ヶ月目(変更後③)

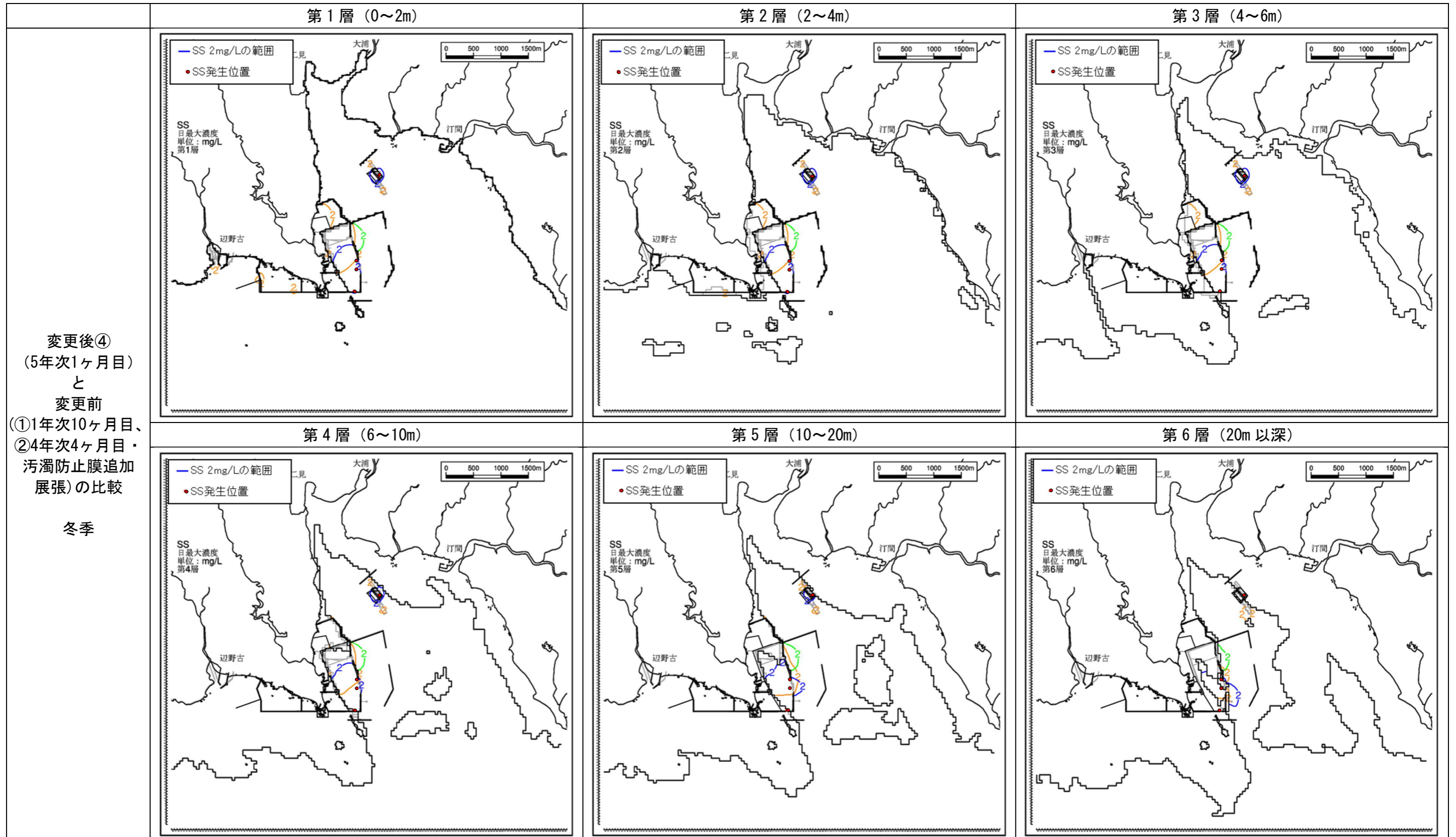
変更後のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(冬季、3/7)



注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

4) 5年次1ヶ月目(変更後④)

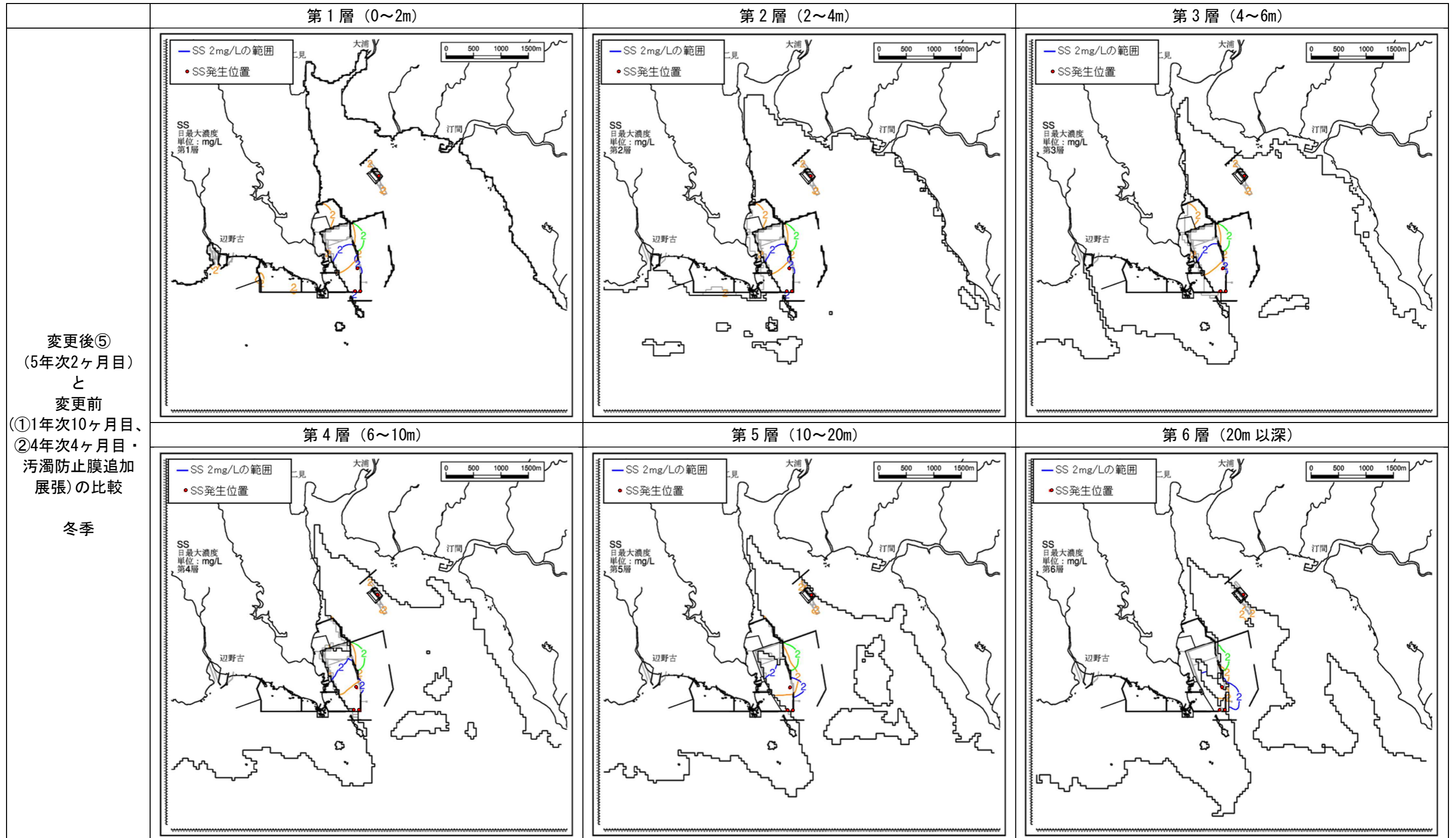
変更後のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(冬季、4/7)



注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

5) 5年次2ヶ月目(変更後⑤)

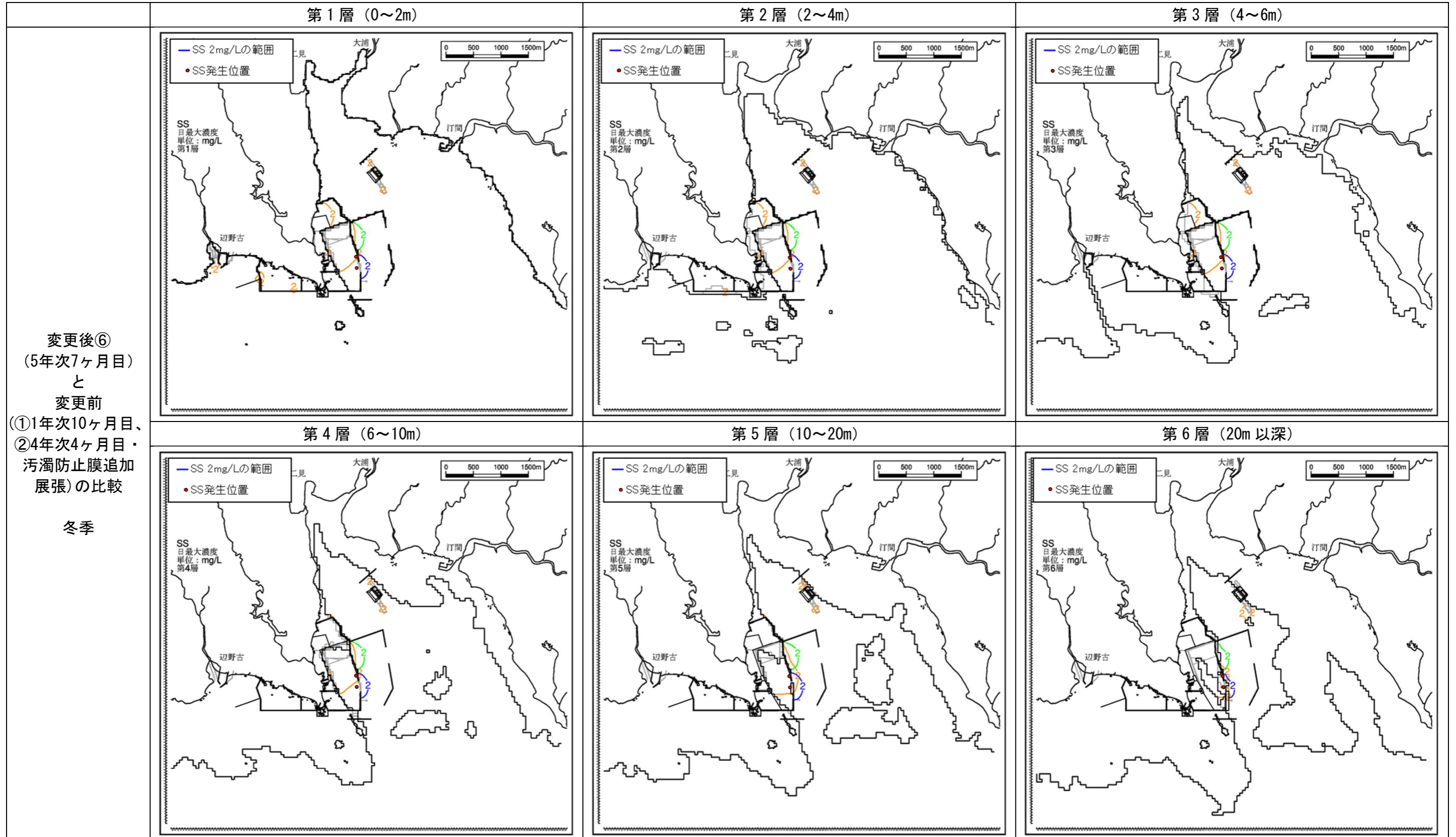
変更後のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(冬季、5/7)



注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

6) 5年次7ヶ月目(変更後⑥)

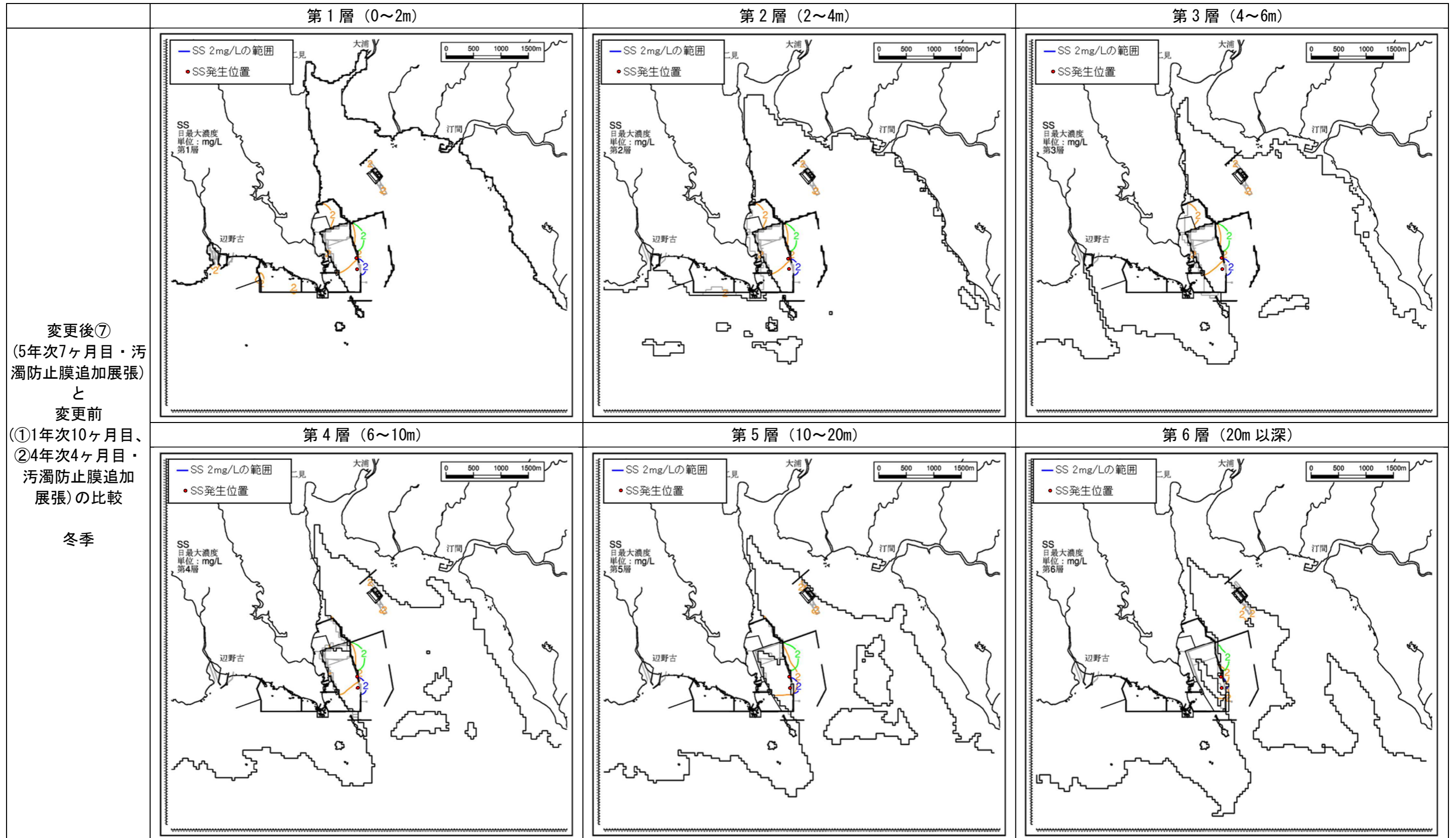
変更後のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(冬季、6/7)



注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

7) 5年次7ヶ月目(変更後⑦:汚濁防止膜を追加展張)

変更後のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(冬季、7/7)

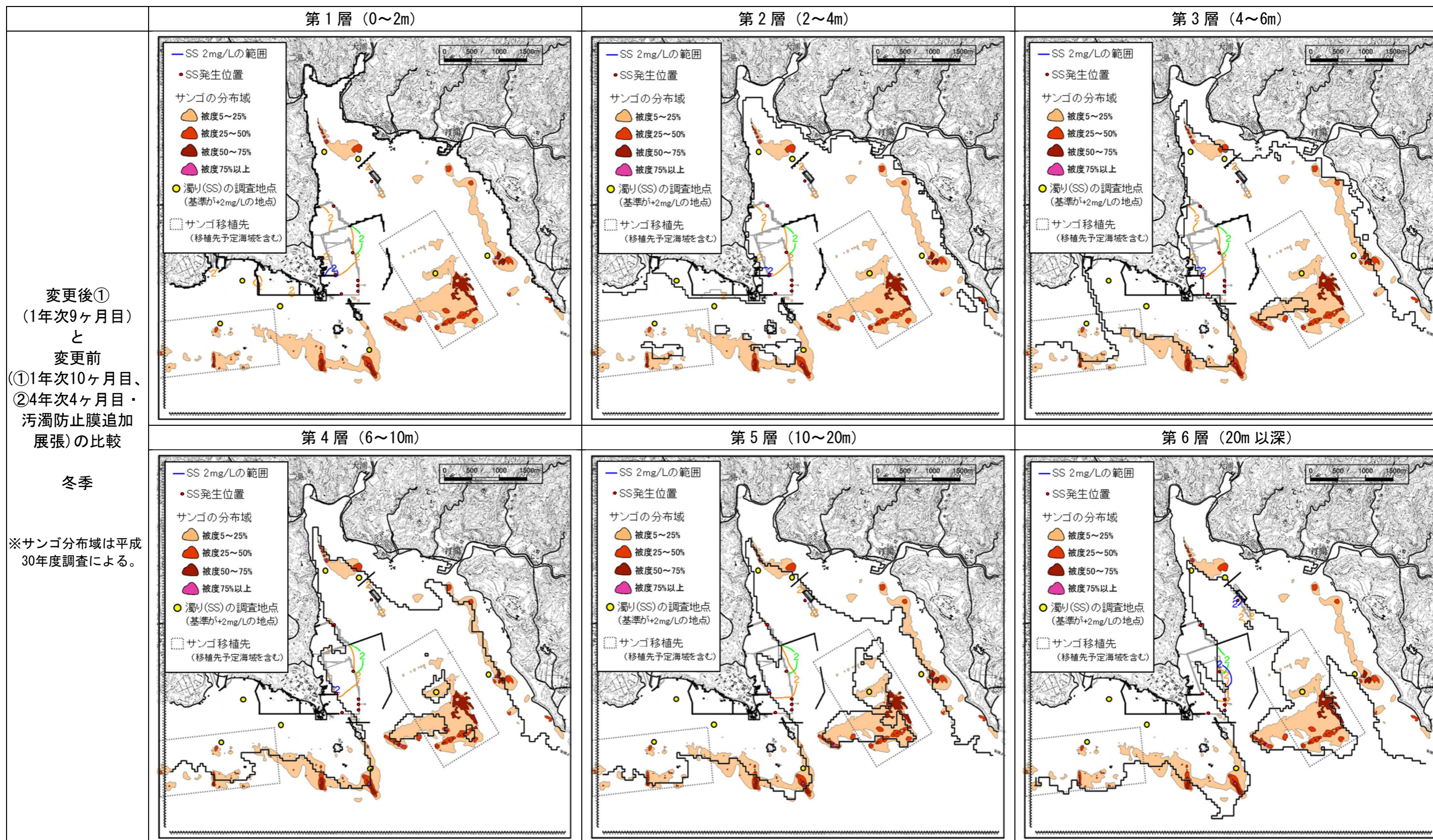


注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

【参考資料 11：シミュレーション結果（冬季）】

1) 1年次9ヶ月目（変更後①）

変更後のシミュレーション結果と環境保全図書（変更前）のシミュレーション結果との比較結果（1/7）

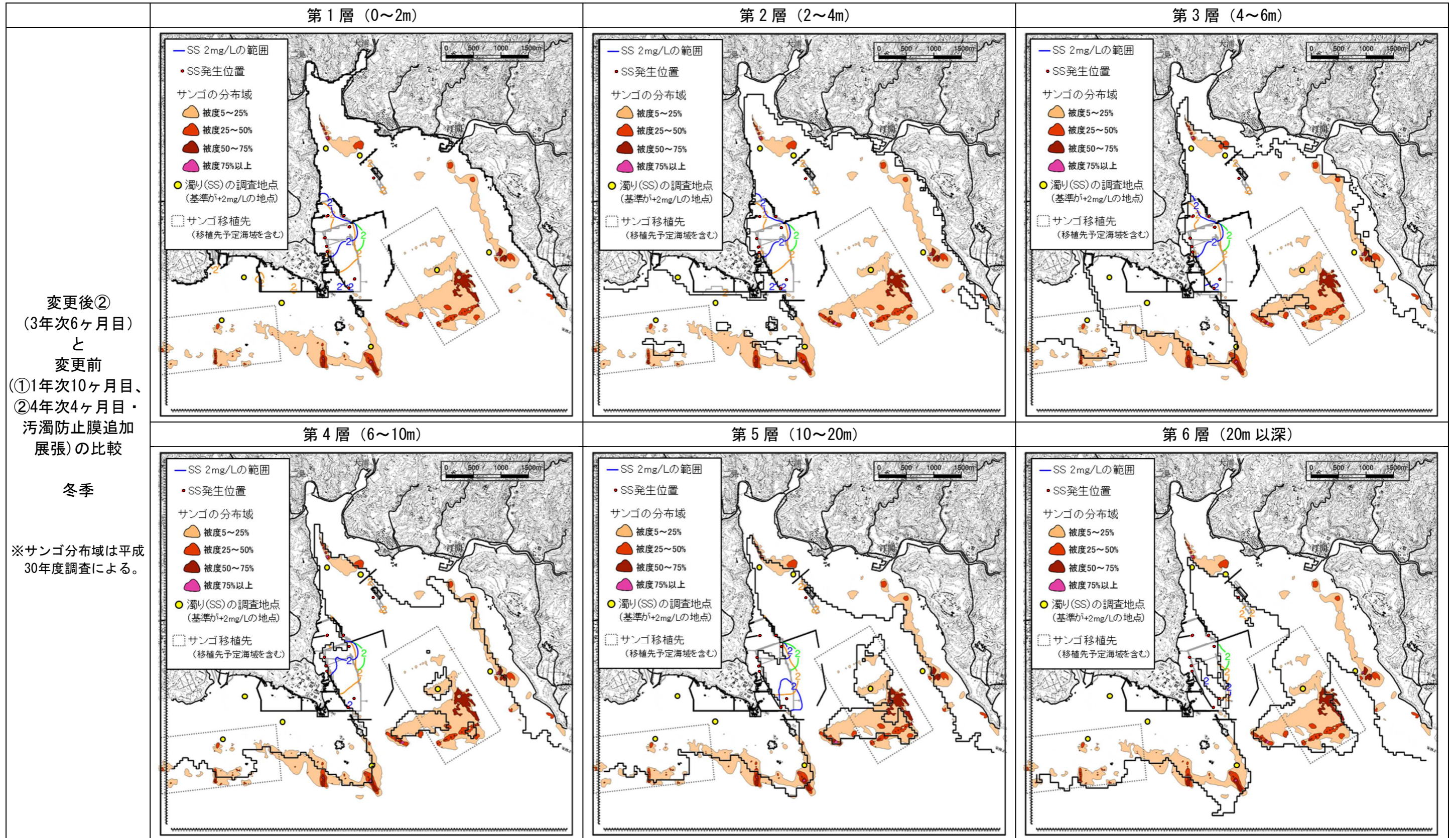


注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目（変更前①）を—、4年次4ヶ月目（汚濁防止膜追加展張、変更前②）を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

サンゴ移植先については、【参考資料 13】参照。

2) 3年次6ヶ月目(変更後②)

変更後のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(2/7)

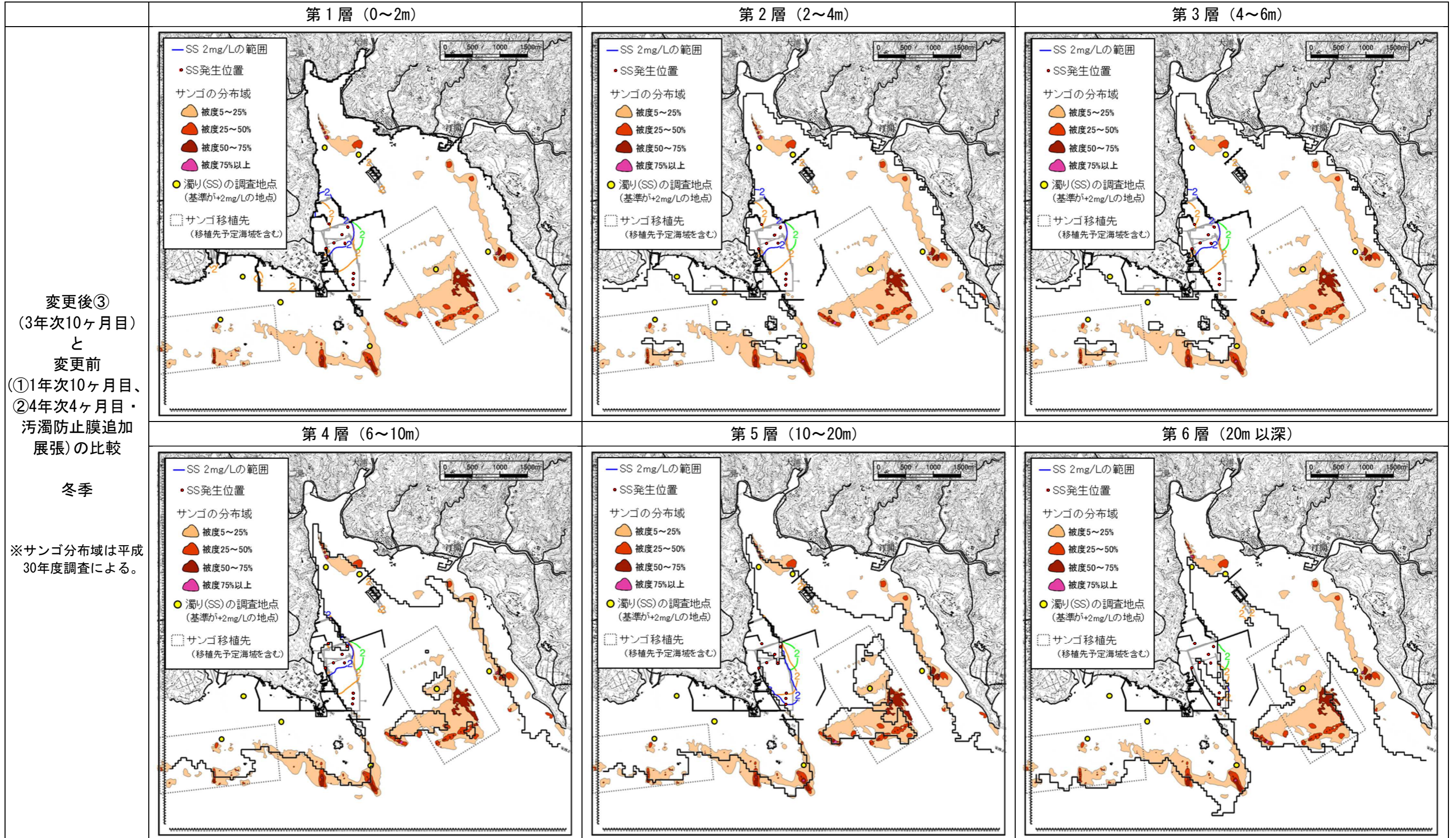


注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

サンゴ移植先については、【参考資料13】参照。

3) 3年次10ヶ月目(変更後③)

変更後のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(3/7)

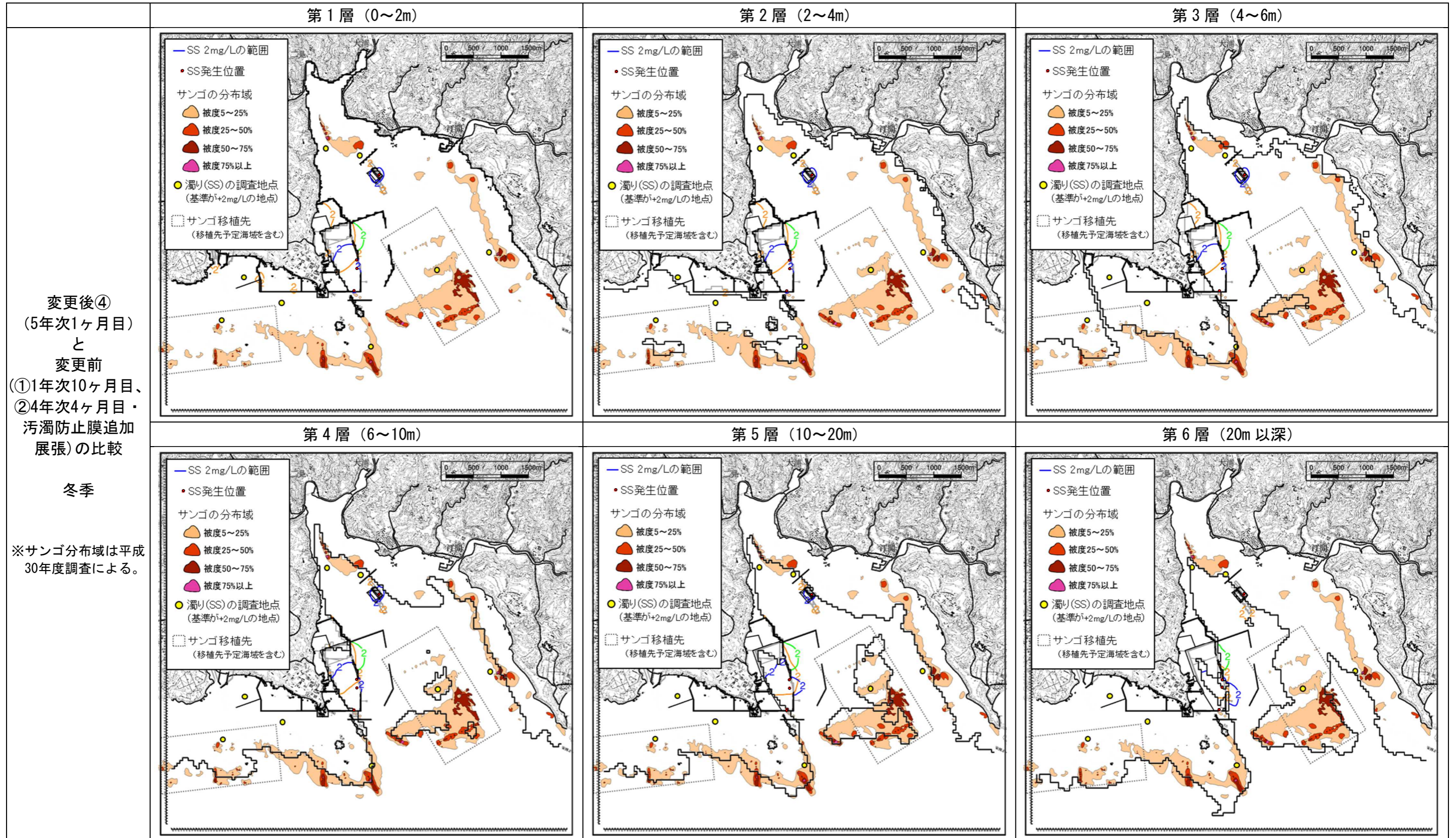


注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

サンゴ移植先については、【参考資料13】参照。

4) 5年次1ヶ月目(変更後④)

変更後のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(4/7)

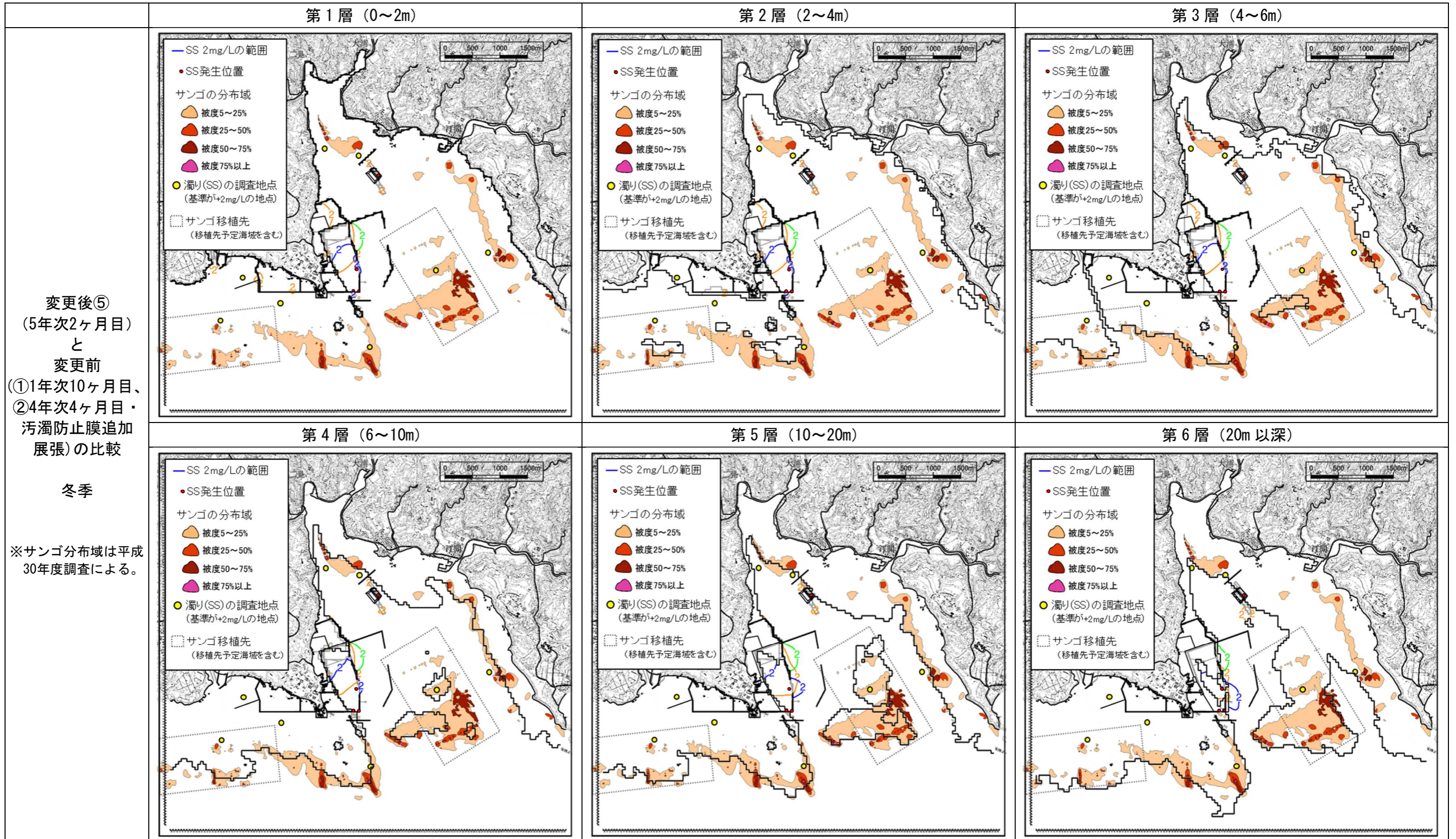


注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

サンゴ移植先については、【参考資料13】参照。

5) 5年次2ヶ月目(変更後⑤)

変更後のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(5/7)

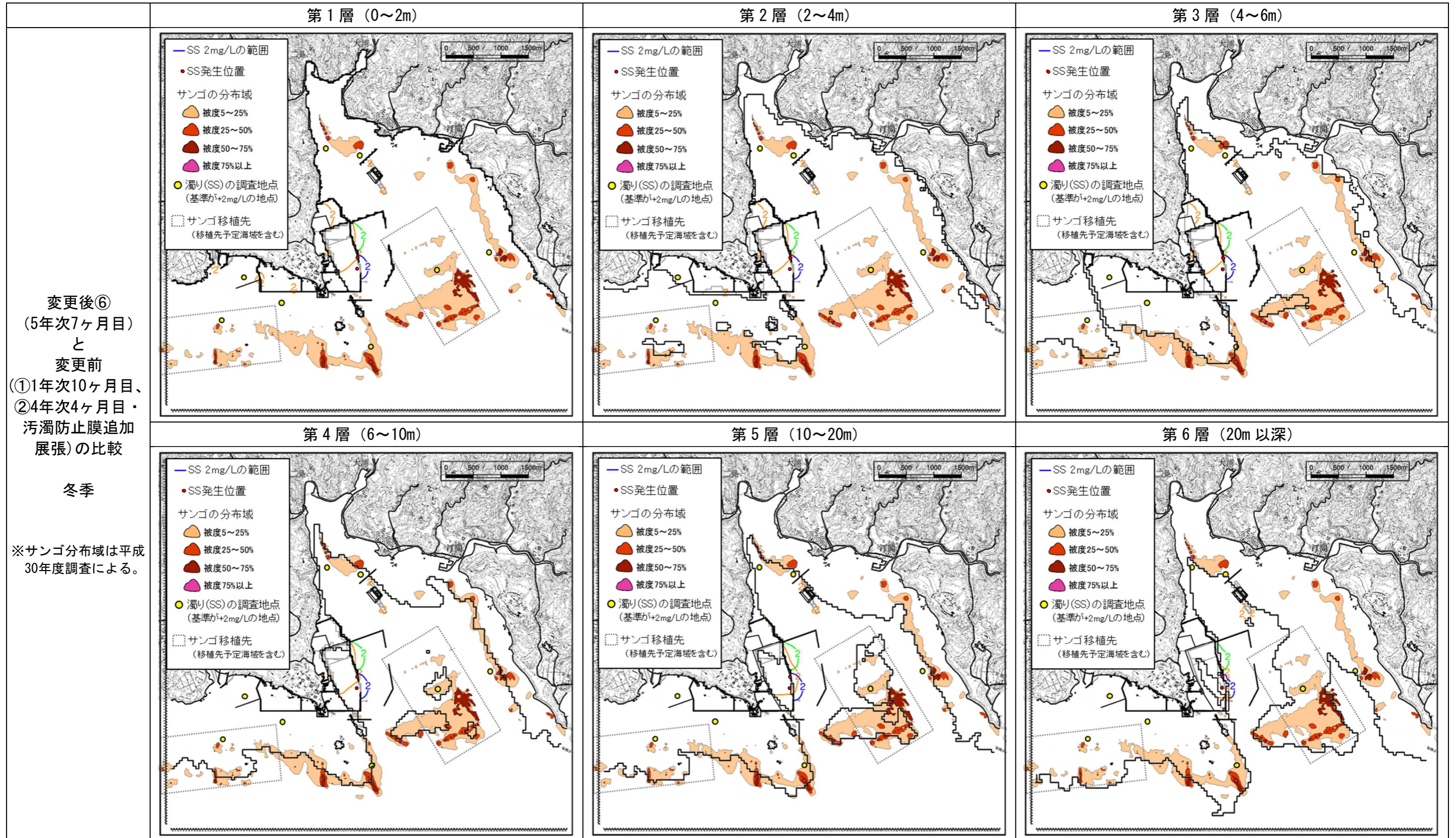


注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

サンゴ移植先については、【参考資料13】参照。

6) 5年次7ヶ月目(変更後⑥)

変更後のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(6/7)

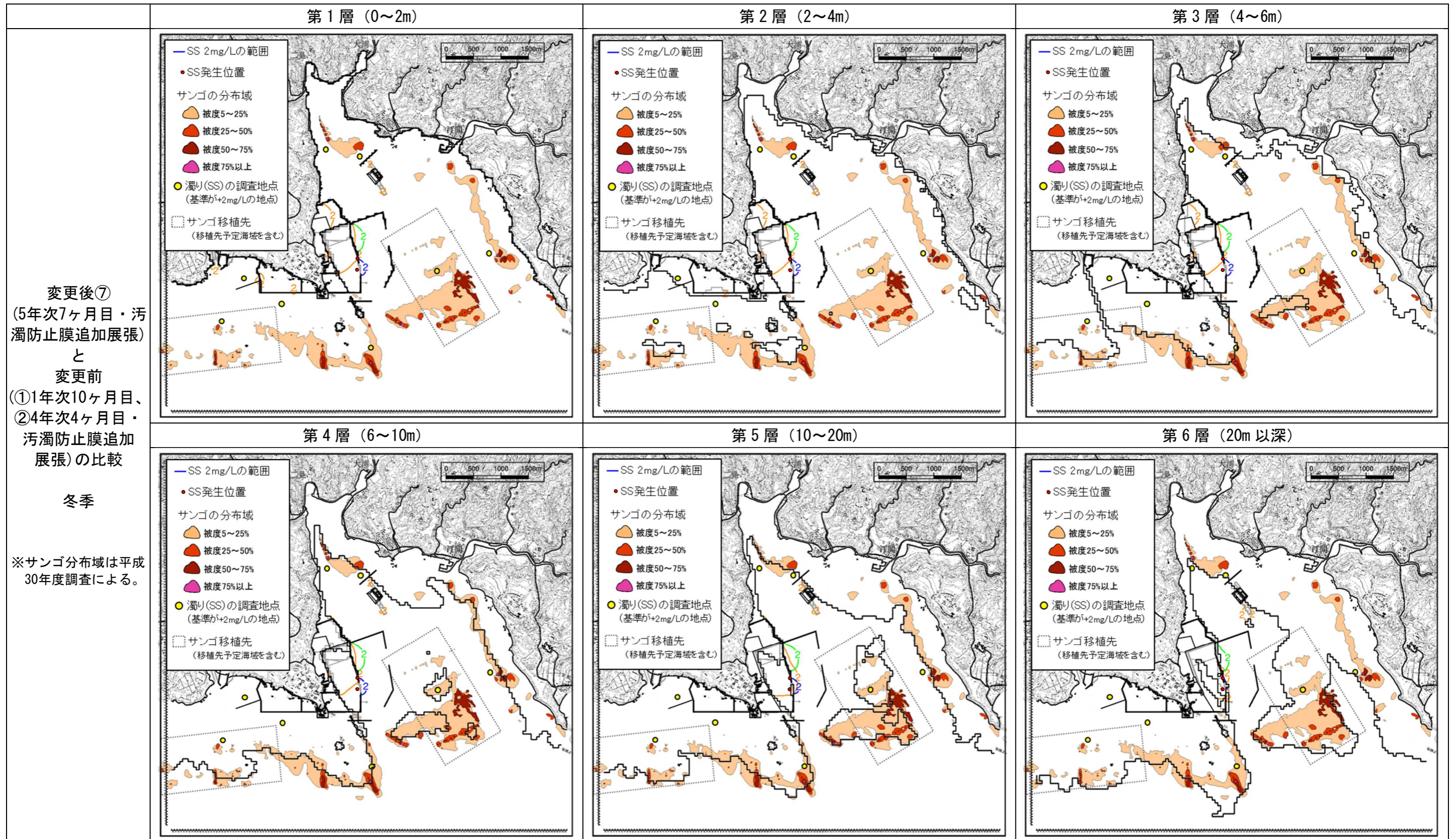


注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

サンゴ移植先については、【参考資料13】参照。

7) 5年次7ヶ月目(変更後⑦:汚濁防止膜を追加展張)

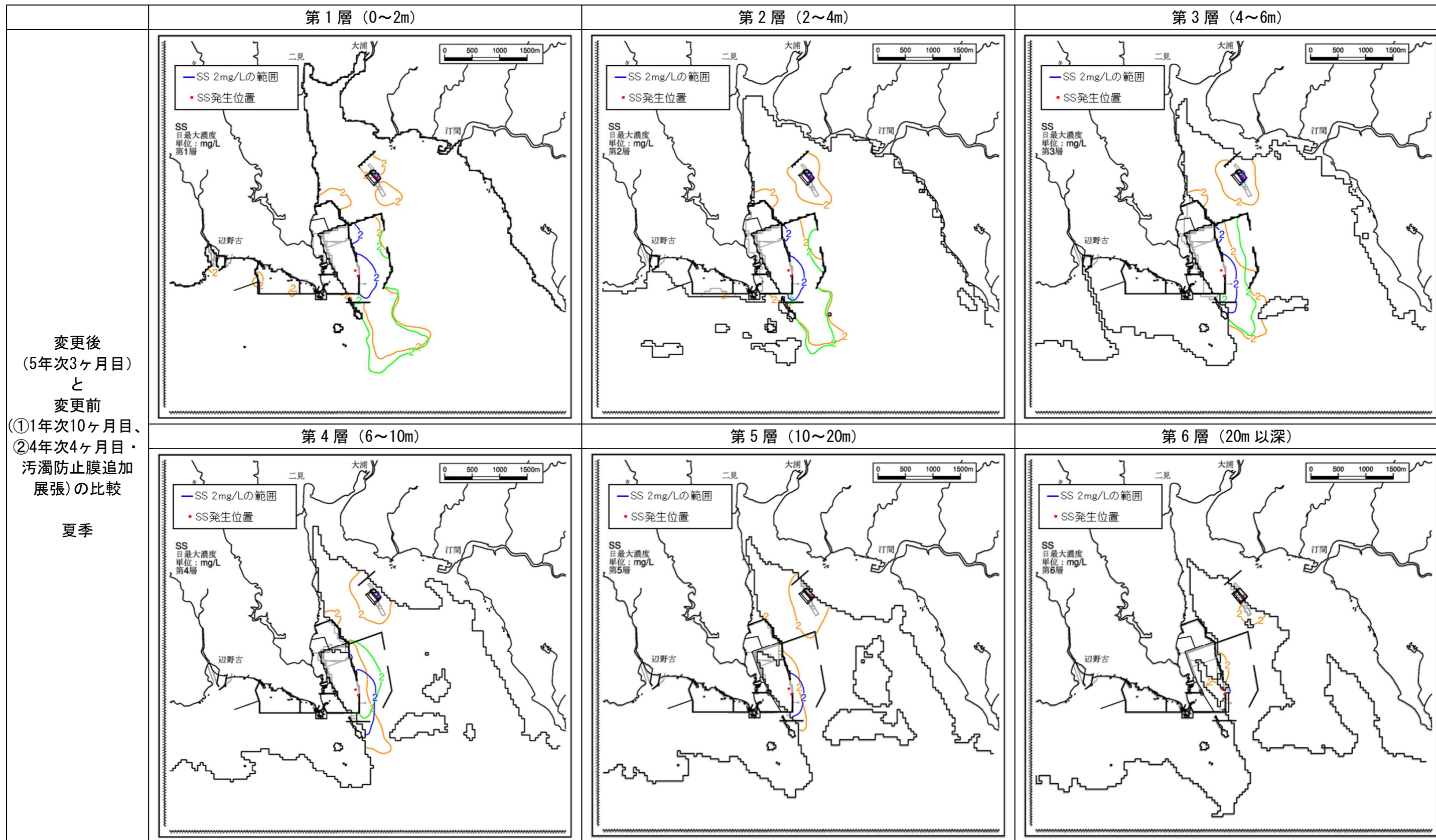
変更後のシミュレーション結果と環境保全図書(変更前)のシミュレーション結果との比較結果(7/7)



注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目(変更前①)を—、4年次4ヶ月目(汚濁防止膜追加展張、変更前②)を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

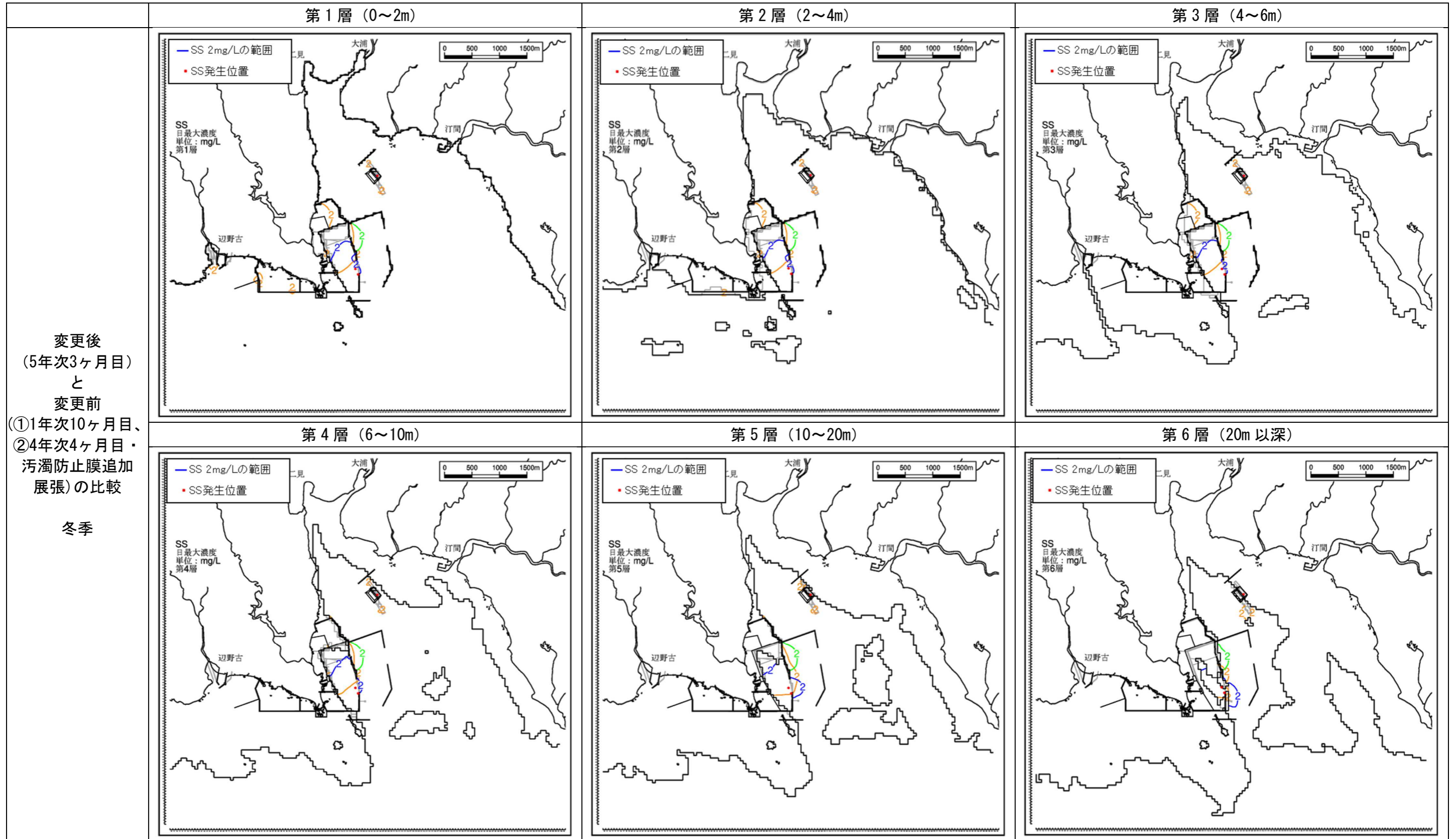
サンゴ移植先については、【参考資料13】参照。

変更後のシミュレーション結果と環境保全図書（変更前）のシミュレーション結果との比較結果（夏季）



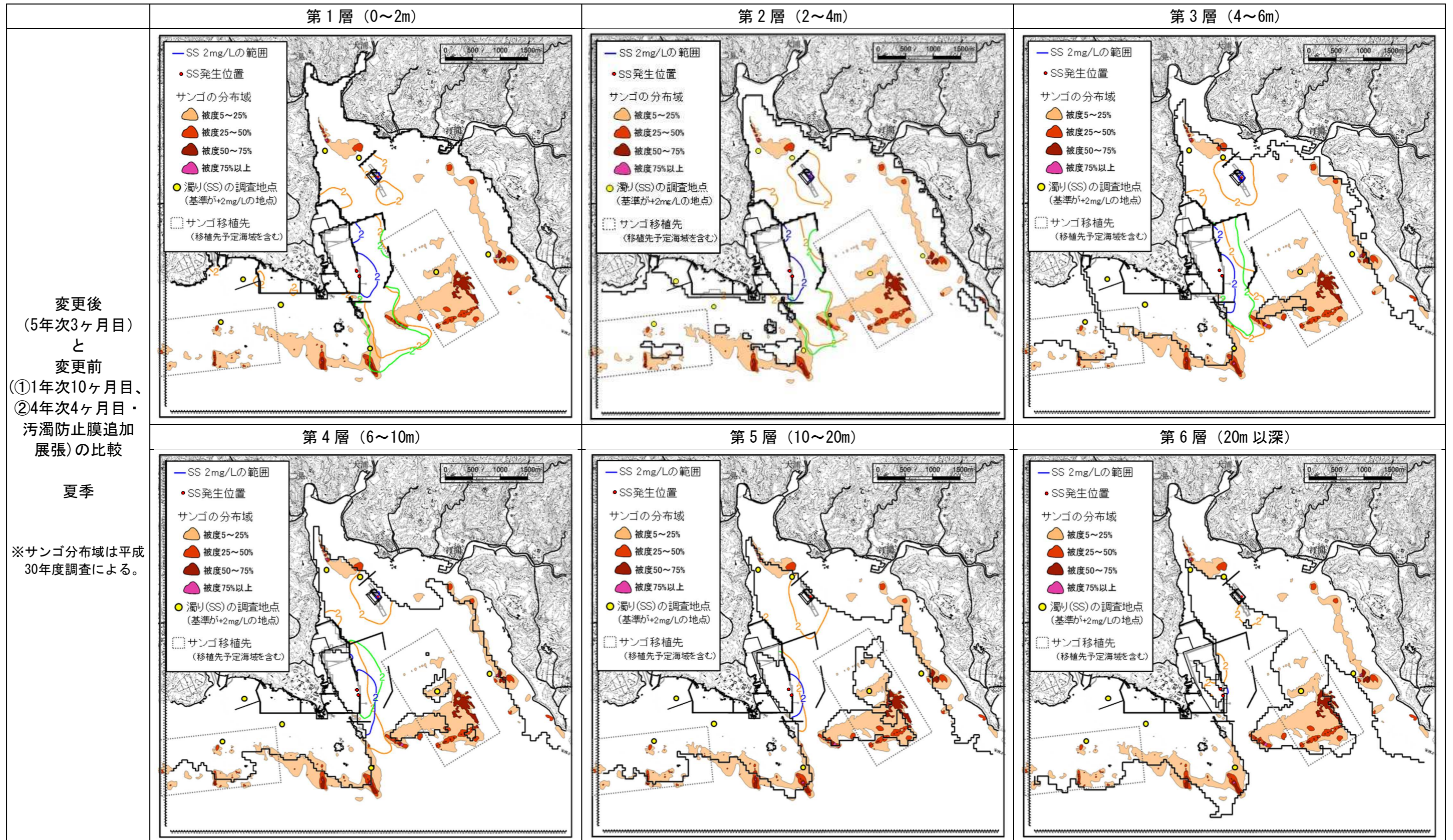
注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目（変更前①）を—、4年次4ヶ月目（汚濁防止膜追加展張、変更前②）を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

変更後のシミュレーション結果と環境保全図書（変更前）のシミュレーション結果との比較結果（冬季）



注) SS 2mg/L の範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目（変更前①）を —、4年次4ヶ月目（汚濁防止膜追加展張、変更前②）を — で示し、各時期の地形の状況を — で示した。

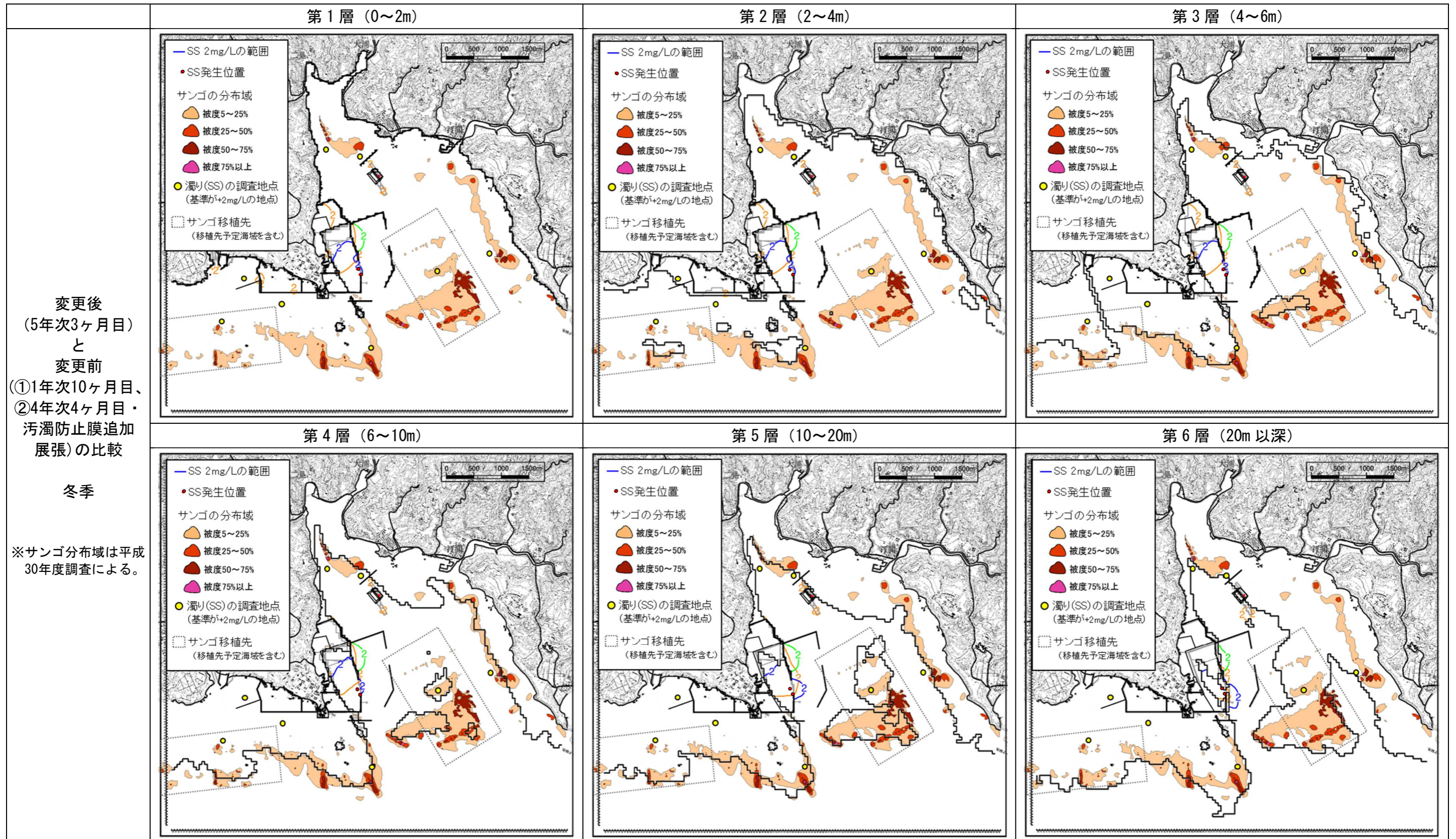
変更後のシミュレーション結果と環境保全図書（変更前）のシミュレーション結果との比較結果（サンゴ分布域との重ね合わせ：夏季）



注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目（変更前①）を—、4年次4ヶ月目（汚濁防止膜追加展張、変更前②）を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

サンゴ移植先については、【参考資料13】参照。

変更後のシミュレーション結果と環境保全図書（変更前）のシミュレーション結果との比較結果（サンゴ分布域との重ね合わせ：冬季）



注) SS 2mg/Lの範囲のみを示す。変更前における予測結果は、1年次10ヶ月目（変更前①）を—、4年次4ヶ月目（汚濁防止膜追加展張、変更前②）を—で示し、各時期の地形の状況を—で示した。

サンゴ移植先については、【参考資料 13】参照。

【参考資料 13：サンゴ類の移植・移築先について】

サンゴの移植に関して検討する事項

1. 事業実施区域内のサンゴの移植にあたり、既存資料の整理並びに移植元及び移植先の踏査により詳細な情報を整理
 - 移植元・・・区域内のサンゴ群生の種別生息状況、群体数、群生被度（サイズ）、生息環境（地形、水深、生息基盤、水質、波当たり・流れの状況）等
 - 移植先・・・想定地域のサンゴ群生の種別生息状況、群体数、生息環境（地形、水深、生息基盤、水質、波当たり・流れの状況、食害生物、付着藻類、移植可能スペースの有無）等
2. 移植すべきサンゴ群生の決定、移植方法、移植後のモニタリング内容の検討
 - 具体検討内容（案）・・・移植の対象とする群生、群体数、対象群生別移植箇所、群生の採取方法、運搬方法、移植先での設置、移植先でのサンゴ類生息阻害要因対策、モニタリング手法（頻度、方法、管理）など

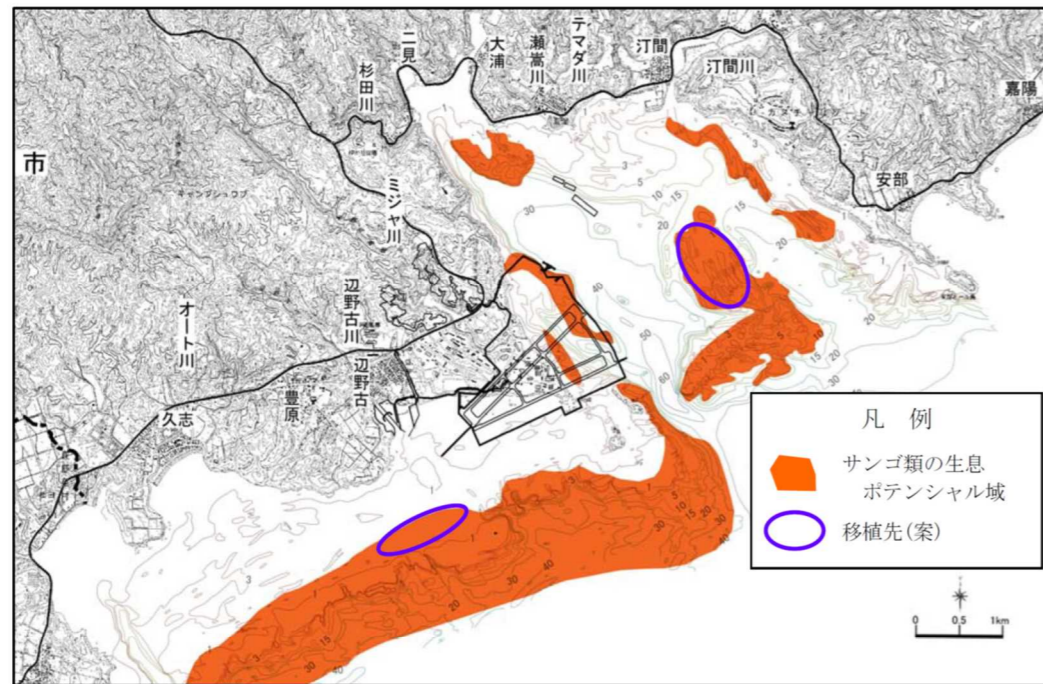


図-6.14.3.1.1 サンゴ類の移植先（案）

注) 上記の移植先については、塊状ハマサンゴ属群生、ハマサンゴ科群生が存在する海域ですが、実施に際しては、移植対象となるサンゴ類の種や群生規模を勘案し、事前に踏査して、生息環境の適否や移植先での影響等を検討して具体の移植箇所を決定します。

6-14-164

環境保全図書より抜粋(p6-14-164)

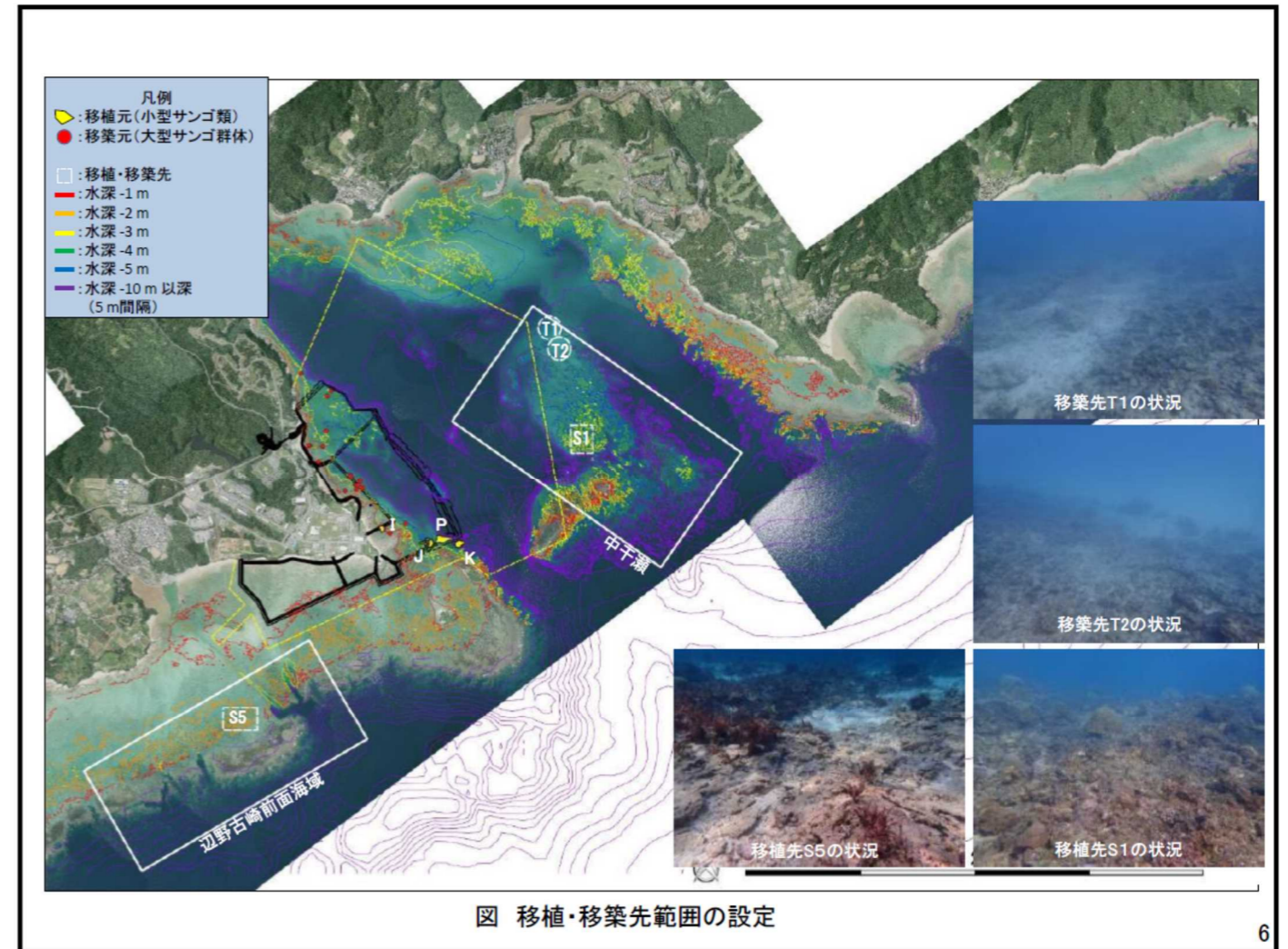


図 移植・移築先範囲の設定

6

第 17 回環境監視等委員会 資料 4 より抜粋 (p6)