

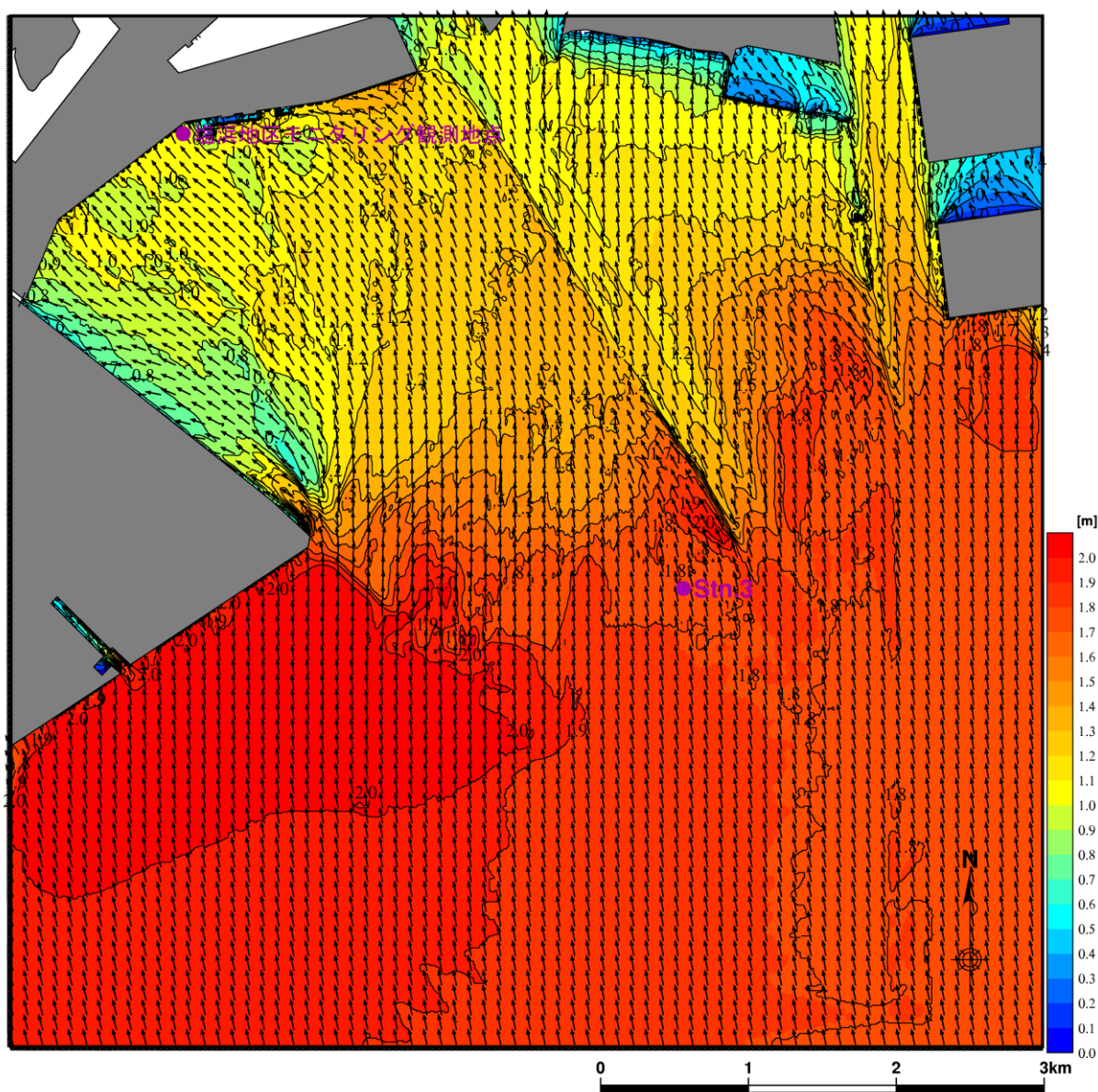
図 1.16 波高の観測結果 (×) と計算結果 (●): 平成 11 年度夏季調査

3) 塩浜地区の波高の検証

表 1.1 に示した 19 事例（平成 18～20 年度観測結果）のうち、東京灯標での風向・風速が欠測であった No. 19 を除く計 18 ケースを対象として、塩浜地区の波浪観測結果と計算結果を比較した。

No. 12 の例について、波高と波向ベクトルの平面分布を図 1.17 に示す。また、全 19 事例について、塩浜地区における観測結果と計算結果の関係は、図 1.18 に示すとおりである。

SWAN により 三番瀬内での風による波の発達 を考慮した結果、塩浜地区での波高観測結果を比較的良く再現することができた。



(SWAN による計算結果)

図 1.17 波高と波向ベクトルの平面分布（表 1.1 の No. 12）

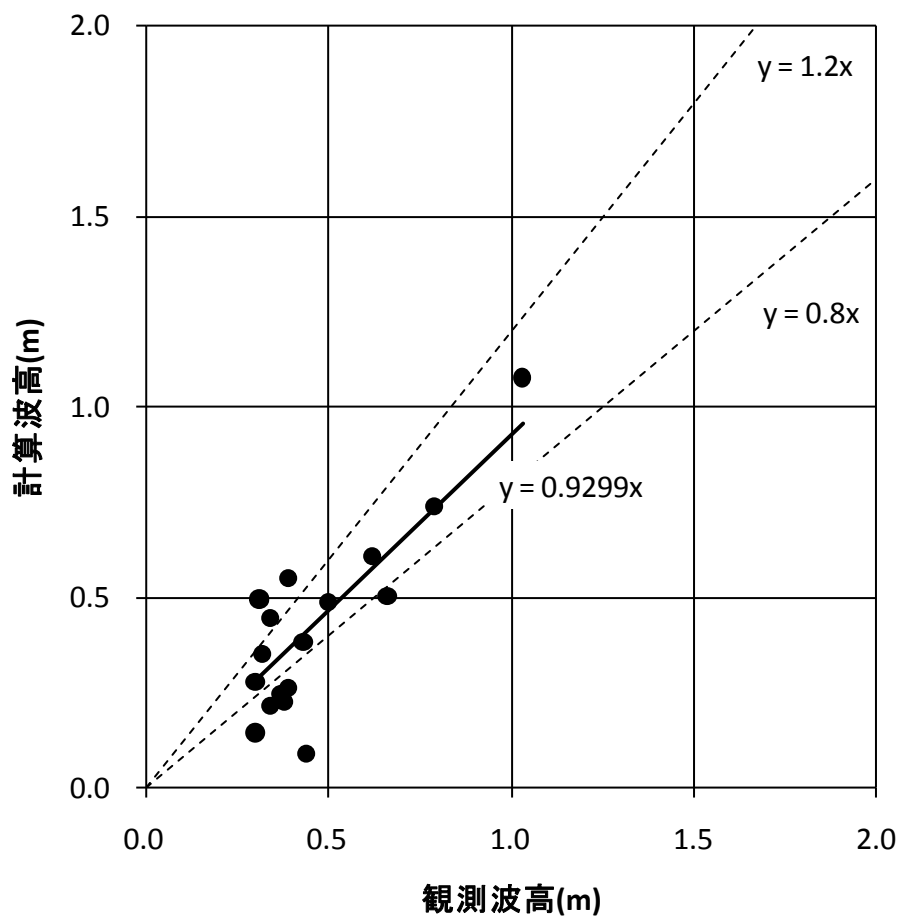


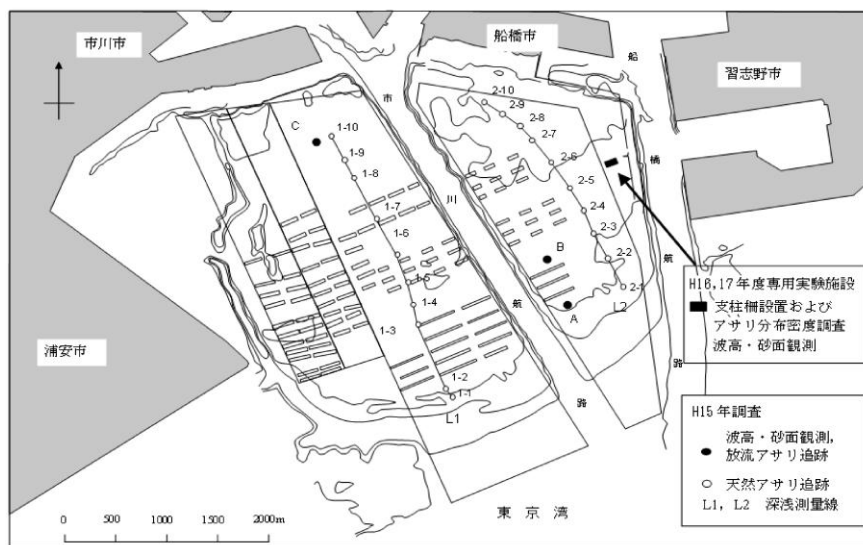
図 1.18 塩浜地区での波高観測結果と計算結果 (SWAN) の相関図

1.2.7 ノリ養殖施設のモデル化

(1) 既往の検討結果

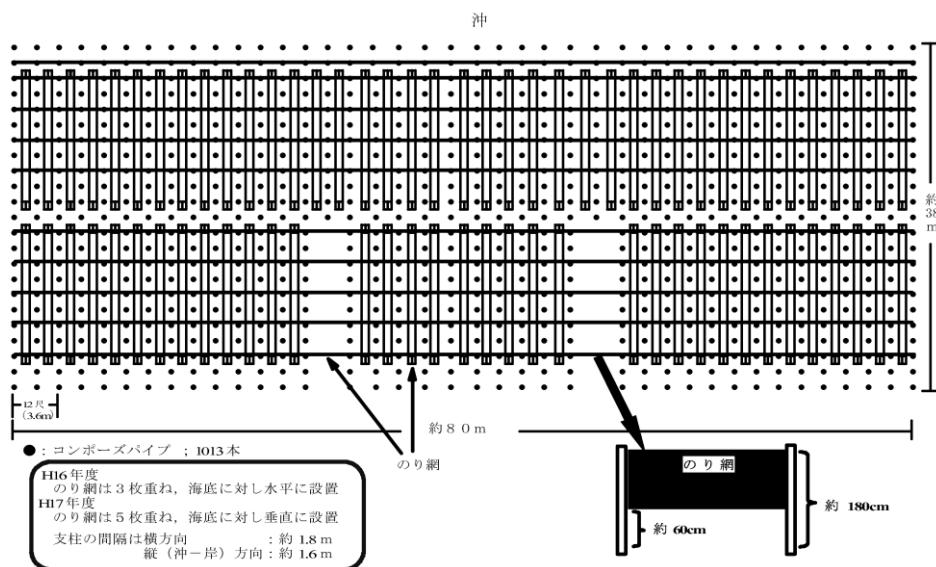
平成15年度～平成17年度において、「三番瀬漁場再生調査事業」として、支柱柵設置による波浪減衰効果の把握を目的とした調査が行われた。

調査地点等は図1.19に示すとおりであり、ノリ網を水平に張った専用実験施設（約40m×80m）の模式図は、図1.20に示すとおりである。施設の沖側及び岸側での波高観測結果によれば、波浪減衰効果は10～20%であること確認されている。



出典) 第6回三番瀬漁場再生検討委員会 資料1-1 (平成18年3月)

図 1.19 調査点等の位置図



出典) 第6回三番瀬漁場再生検討委員会 資料1-1 (平成18年3月)

図 1.20 専用実験施設の水平模式図

(2) 感度分析結果

SWAN モデルを用いて、波浪減衰率に着目したノリ養殖施設のモデル化を行った。

設定条件：

- ・ 10m 間隔に透過境界（線境界）を設定する。
- ・ 各線境界の透過率は一定とする。

図 1.21 に示すようにノリ養殖施設（40m×80m）をモデル化し、波高減衰率 10%及び 20%の場合について、沖側からの入射波高 1 の波に対して岸側の波高比がそれぞれ 0.9 及び 0.8 になるように、それぞれ線境界の透過率を調整した。

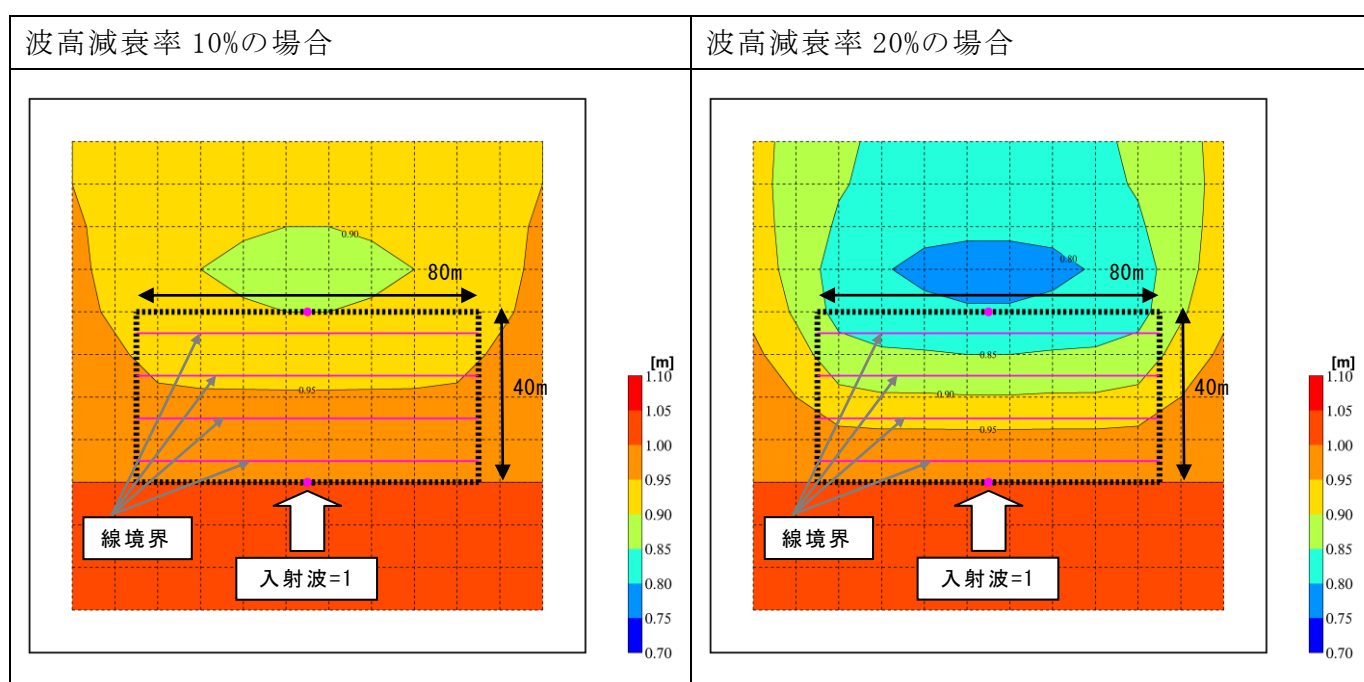


図 1.21 ノリ養殖施設のモデル化（波高比分布）

1.2.8 まとめと今後の検討

1) まとめ

- 東京灯標の風データを用いた SMB 法による推算結果を補正することにより、三番瀬沖の波高を比較的良く再現することができた。
- 三番瀬内の高波浪時の波高分布を再現するためには、風による三番瀬内での波の発達を考慮する必要がある。
- 東京灯標の風データを用いて SWAN により波浪シミュレーションを行った結果、浦安側の波高をやや過大評価しているものの、高波浪時の三番瀬内外の波高分布を概ね再現することができた。

2) 今後の検討

①冬季の波浪の検討（ノリ養殖施設の影響）

課題：月別の操業率の設定

②海浜流の計算

③底面摩擦速度の算定（底質分布との比較）

④地形・底質変化解析のための計算

対象波浪：月最大波（30年間）

計算手順

1) SMB 法により三番瀬沖の波浪を推算（毎時）

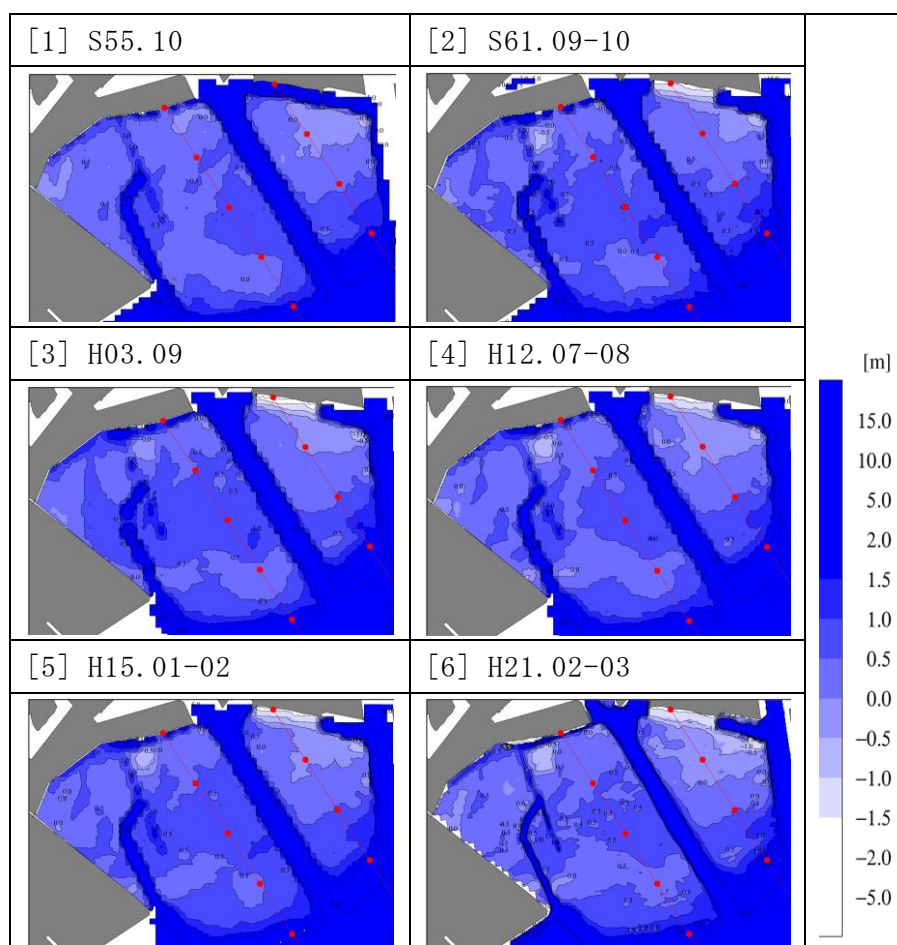
2) 月最大波発生時の風の条件を用いて、SWAN により計算

1.3 地形・底質変化解析（中間報告）

1.3.1 既往の深浅測量結果

三番瀬データベースによる水深データ（内挿補完された 10m 格子データ）を整理した。解析対象とする深浅測量結果は以下の 6 回分である。

- [1] 昭和 55 年(1980)10 月
- [2] 昭和 61 年(1986)9～10 月
- [3] 平成 3 年(1991)9 月
- [4] 平成 12 年(2000)7～8 月
- [5] 平成 15 年(2003)1～2 月
- [6] 平成 21 年(2009)2～3 月



(参考：●—●間の距離は 1km)

図 1.22 水深図(A.P. -)

なお、測量調査の測線間隔は、時期と範囲によって異なるが、概ね 50～100m 間隔である。

1.3.2 外力状況の整理

(a) 波浪

深淺測量の整理期間の三番瀬沖における月別の波浪状況を図 1.23 に示す。

月最大波高は年によって比較的ばらつきが大きく、台風の接近の有無等により高波浪が来襲した年とそうでない年が存在する。月最大波のエネルギーフラックス^{注)}の傾向は月最大波高と同様であり、その傾向が強調されている。

波浪の月平均エネルギーフラックス^{注)}は、年によるばらつきは比較的小さく、毎年夏季に大きく、冬季に小さくなる季節的な変化が卓越している。

注) 波のエネルギーフラックス $\equiv 1/8 \cdot \rho g H_{1/3}^2 C_g$

ここで、 ρ : 海水密度、 g : 重力加速度、 $H_{1/3}$: 有義波高、 C_g : 群速度

(b) 出水

行徳可動堰の開放実績及びその際に観測された流量を表 1.7 に示す。

1.3.3 水深変化の平面分布

全ての測量期間における水深変化量を図 1.24 に、1年あたりの水深変化量を図 1.25 に示す。

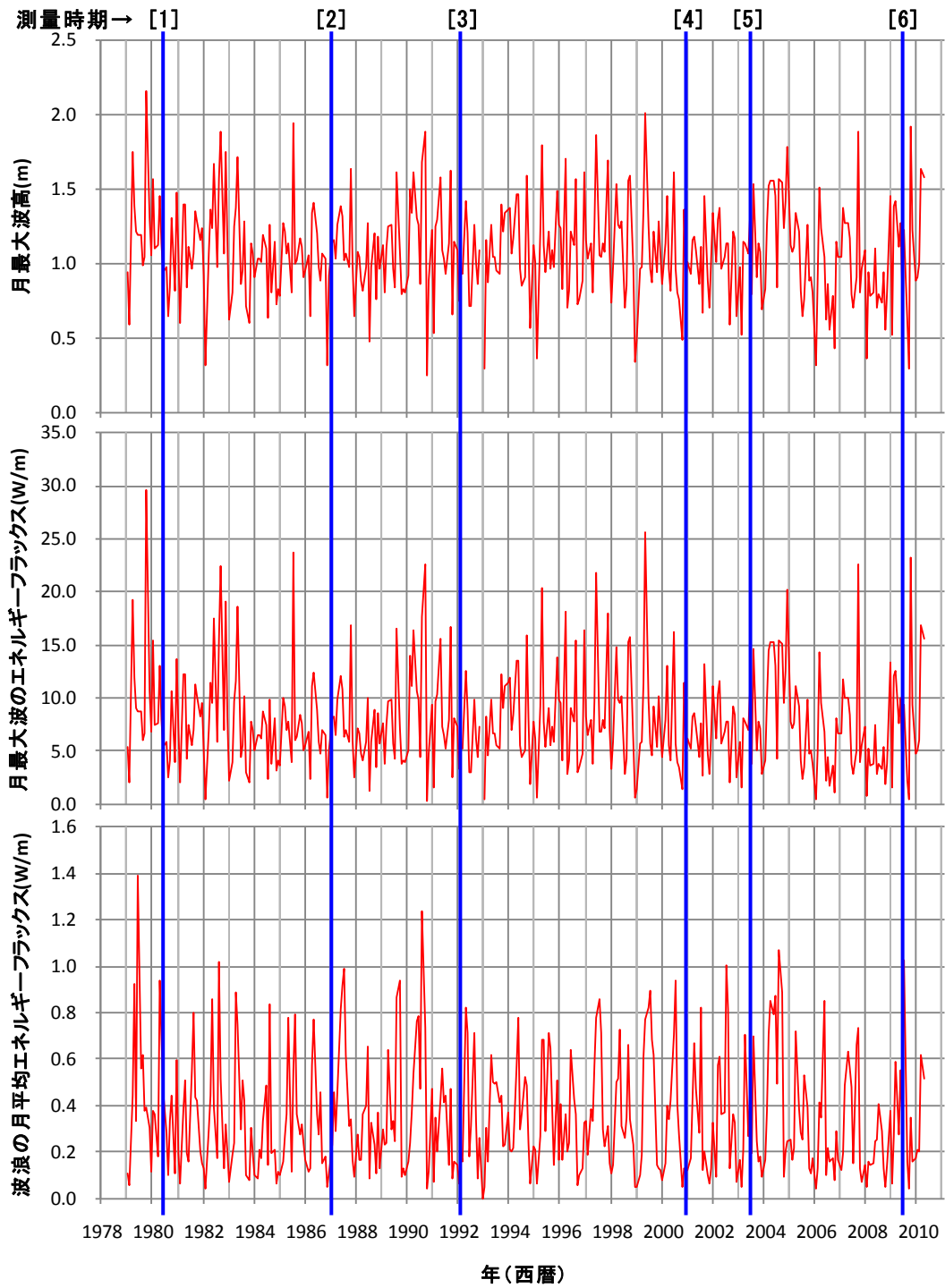


図 1.23 三番瀬沖における波浪状況 (SMB 法推算結果)

表 1.7 行徳可動堰の開放実績

No	堰開放年月日	開放		閉鎖		開放時間	台風・前線	観測流量(m ³ /s)			洪水・高潮
		日	時間	日	時間			江戸川上流*1(野田)	放水路*1(行徳)	旧江戸川*1(篠崎又は今井橋*2)	
1	1958/9/19	19	24:00	22	11:00	2日11:00	台風21号	2,637	1,275	1,185	洪水
2	1958/9/27	27	6:40	2	8:30	5日1:50	台風22号	3,029	1,645	1,060	洪水
3	1959/8/14	14		16		—	台風7号	3,698	1,978	887	洪水
4	1959/9/27	27	13:30	30	9:30	2日20:00	台風15号	1,679	988	661	洪水
5	1961/6/28	28	21:20	4	14:45	5日17:25	台風6号	1,468	838	—	洪水
6	1966/6/29	29	14:45	6	13:30	6日22:45	台風4号	1,393	701	503	洪水
7	1966/9/25	25	18:02	28	13:57	2日19:55	台風26号	1,458	914	803	洪水
8	1971/9/1	1	15:20	4	9:40	2日18:20	台風23号	1,310	748	—	洪水
9	1971/9/4	4	17:40	16	10:26	11日16:46	—	—	—	—	洪水
10	1972/9/17	17	8:57	19	16:00	2日7:03	台風20号	1,890	1,140	924	洪水
11	1974/9/2	2	15:28	4	10:14	1日18:46	台風16号	1,120	640	—	洪水
12	1977/8/18	18	19:00	21	17:36	2日22:36	低気圧降雨	1,150	619	—	洪水
13	1979/10/19	19	14:20	19	20:30	6:10	20号高潮	1,010	577	—	高潮
14	1981/8/23	23	21:10	25	18:30	1日21:20	台風15号	1,835	942	668	洪水
15	1982/8/2	2	14:21	7	7:36	4日17:15	台風10号	2,268	1,390	—	洪水
16	1982/9/12	12	17:00	15	18:40	3日1:40	台風18号	2,812	1,932	—	洪水
17	1983/8/17	17	10:35	20	5:16	2日18:41	台風5号	1,560	891	—	洪水
18	1983/9/29	29	19:10	1	4:05	1日8:55	台風10号	1,197	683	—	洪水
19	1985/7/1	1	5:00	4	8:30	3日3:30	台風6号	1,753	907	488	洪水
20	1986/8/6	6	5:27	7	7:54	1日2:27	台風10号	1,209	691	—	洪水
21	1986/9/4	4	6:22	5	19:11	1日8:49	台風15号	1,218	695	—	洪水
22	1990/8/11	11	16:00	12	22:15	1日6:15	台風11号	1,099	628	—	洪水
23	1991/8/21	21	16:23	24	6:15	2日13:52	台風12号	1,498	855	—	洪水
24	1991/9/19	19	18:08	22	17:07	2日22:59	台風18号	1,448	827	—	洪水
25	1991/10/12	12	17:10	15	11:02	2日17:52	台風21号	1,263	721	—	洪水
26	1998/8/30	30	21:47	2	10:10	2日12:23	台風4号	1,703	837	451	洪水
27	1998/9/16	16	23:02	18	13:38	1日14:36	台風5号	2,194	1,228	618	洪水
28	1999/8/15	15	9:00	18	8:35	2日23:35	熱帯低気圧	1,569	896	—	洪水
29	2001/9/11	11	10:10	14	13:35	3日2:35	台風15号	2,020	1,337	661	洪水
30	2002/7/11	11	17:00	13	14:30	1日21:30	台風6号	1,681	853	569	洪水
31	2004/10/9	9	18:22	11	21:57	2日3:35	台風22号	1,333	945	458	洪水
32	2004/10/21	21	15:36	22	19:04	1日3:28	台風23号	1,210	753	407	洪水
33	2006/7/20	20	12:53	21	11:20	22:27	梅雨前線	1,448	827	—	洪水
34	2007/9/7	7	9:41	10	14:28	3日4:47	台風9号	1,889	1,079	—	洪水
35	2008/8/31	31	7:24	1	15:44	1日8:20	前線豪雨	810	771	853	洪水

← 測量時期 [1]

← 測量時期 [2]

← 測量時期 [3]

← 測量時期 [4]

← 測量時期 [5]

← 測量時期 [6]

*1 江戸川工事事務所が行った流量観測の値であり、観測値における最大値を示したものの、必ずしもピーク流量になっていない場合があります。

*2 S60以降は今井橋の値。

*3 野田と行徳の流量の相関式(決定係数R²=0.848)より推定

*4 水文水質データベース(<http://www1.river.go.jp/>)による特別流量のピーク値

*5 開放時間と流量の相関式(決定係数R²=0.405)より推定



凡例 堆積 ← → 侵食

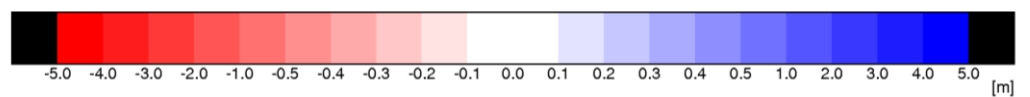


図 1.24 測量期間毎の水深変化量 (単位: m)

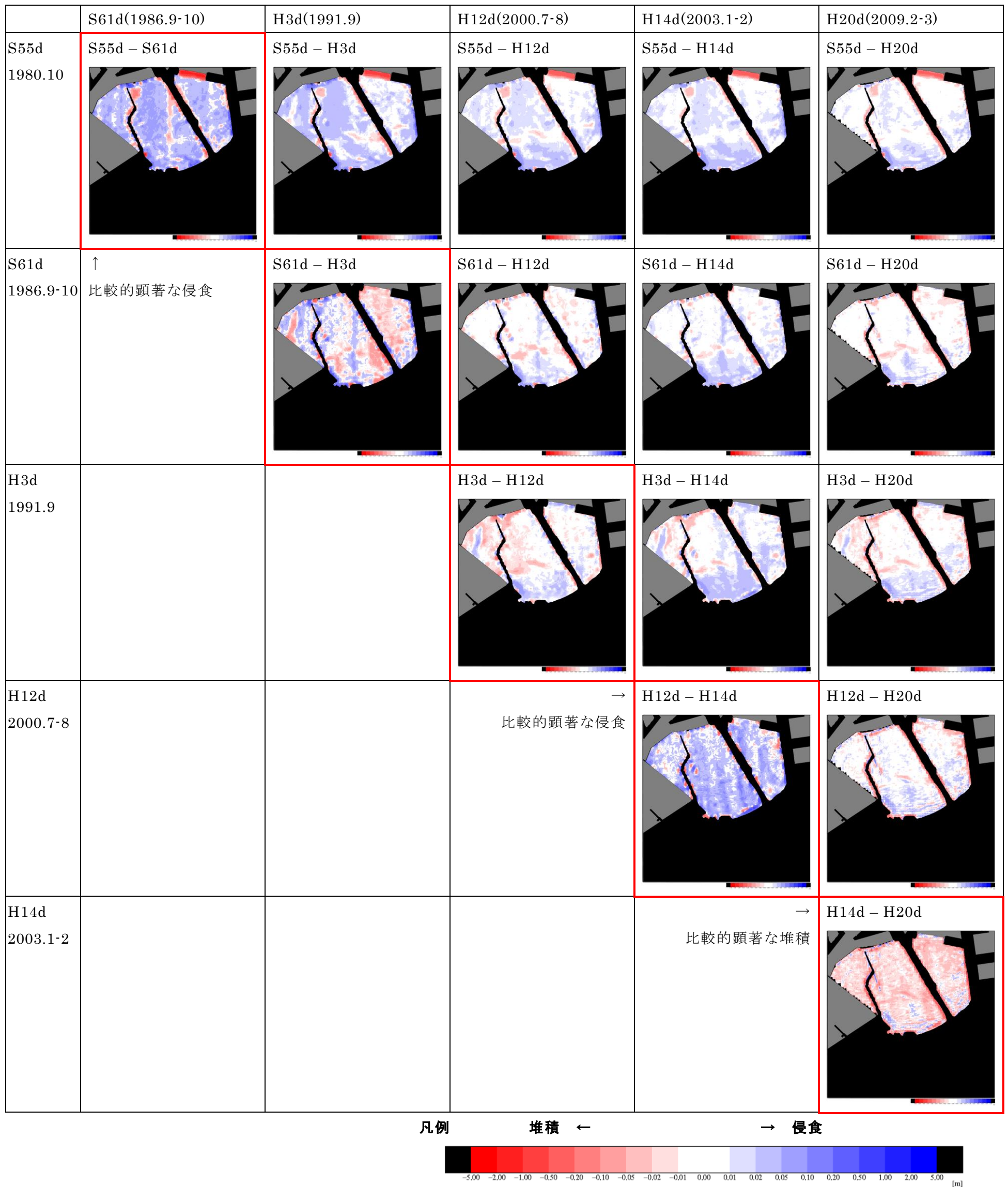


図 1.25 測量期間毎の1年あたりの水深変化量(単位:m/年)

1.3.4 領域別水深変化量

三番瀬海域を図 1.26 のように 7 領域に分割して、それぞれ測量ごとの水深変化量及び土砂量を算定する。領域別の平均水深変化量を図 1.27 に、土砂変化量を図 1.28 に示す。また、平均水深変化量と粒度組成の変化量を重ねたものを図 1.29 に示す。

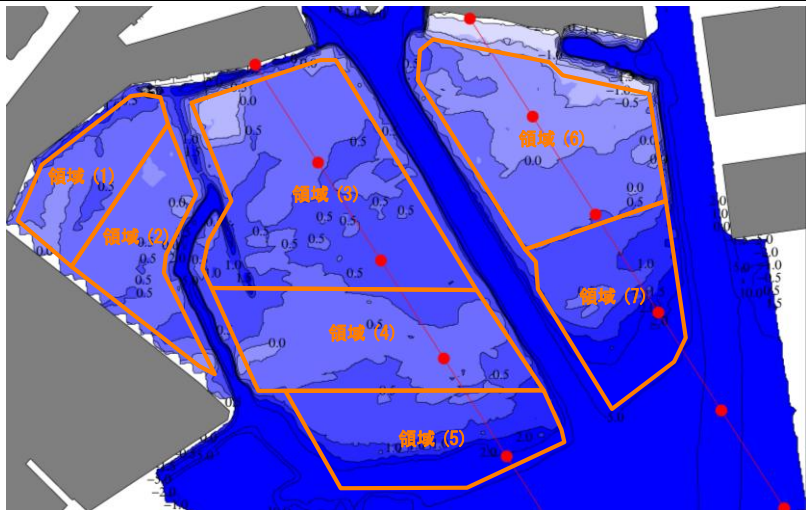
ここで、航路や滞筋に沿った範囲は海底勾配が大きく、時期によって測量点の水平位置のわずかな違いで大きな変化が表れてしまうので、地形変化解析の対象外とした（航路・滞筋から概ね 100m 程度の範囲）。

表 1.8 各領域の特徴

領域(1)	浦安側最奥部。滞筋より西側。シルト・粘土分が多い。
領域(2)	領域(1)の沖側。
領域(3)	浦安側滞筋と市川航路の間の岸側。
領域(4)	領域(3)と領域(5)の間の砂州。堆積傾向。
領域(5)	浦安側滞筋と市川航路の間の沖側。侵食傾向。
領域(6)	市川航路と船橋航路の間の岸側。堆積傾向。
領域(7)	領域(6)の沖側。全般的には比較的安定。

等深線図との重ね合わせ

H20d(2009.2-3)→



底質分布との重ね合わせ

平成18年度四季平均→



水深変化との重ね合わせ

(S55d - H20d) →

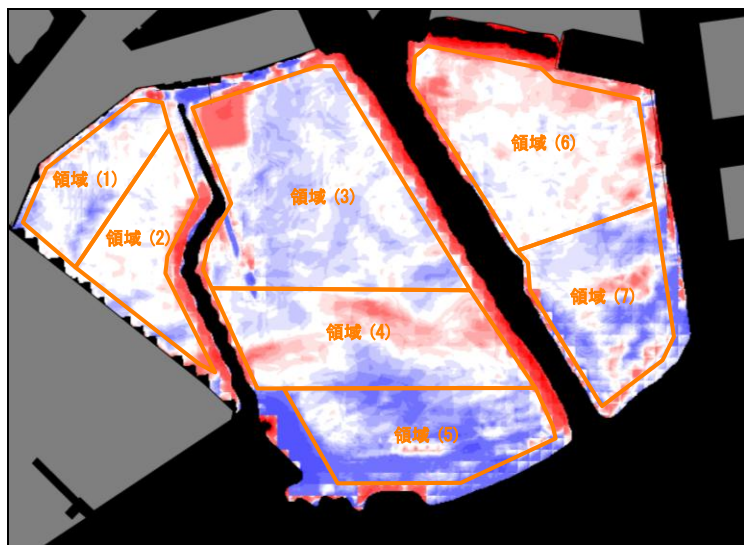


図 1.26 領域分割図

【考察】

- ・ 領域(5)を除けば、1980年度を基準とした場合、近年までの地形変化は概ね15cm以内であり、三番瀬の地盤は比較的安定しているといえる。領域(5)においても28.3年間で約30cmの侵食であり、年平均で約1cmの水深変化である。
- ・ 三番瀬沖浦安側の領域(5)の侵食傾向は、波当たりが強く、高波浪時における沖側及び西側深堀部への土砂流出が原因であると考えられる。
- ・ 領域(5)の背後にある領域(4)は、やや堆積傾向にある。領域(5)で砕波した背後の比較的静穏となる領域であり、領域(5)で侵食した土砂の一部が堆積しているものと考えられる。
- ・ 領域(6)は、堆積傾向が比較的強い。市川航路を挟んだ領域(3)よりも、比較的静穏な波高と波向の分布から、出水に伴う細粒分の堆積の影響を受けやすいものと考えられる。

- ・ 1980年度～1986年度は、全般的に侵食傾向である。地盤沈下の影響は図 1.30に示すように1980年頃には収束していると考えられるが、土砂の流出とは別に、この期間にも地盤沈下の影響が残っている可能性がある。
- ・ 全般的に、2002年度に一時的な侵食と底質の粗粒化が見られた。
- ・ 2002年度以降、全般的に、2002年度の変化に対する回復傾向として、堆積と底質の細粒化が見られた。

- ・ 来襲する波のエネルギーと地形・底質変化の関連性は明確ではない。
- ・ ただし、2000年以降の異なるパターンの地形・底質変化だけをみれば、以下の傾向が見られた。
 - 侵食・粗粒化が見られた2002年の直前1年間：
 - 来襲する波のエネルギーが比較的大きい。
 - 堆積・細粒化が見られた2006年及び2008年の直前1年間：
 - 来襲する波のエネルギーが比較的小さい。
- ・ 出水（行徳可動堰の開放）と地形・底質変化の関連性は明確ではない（引き続き検討を行う）。

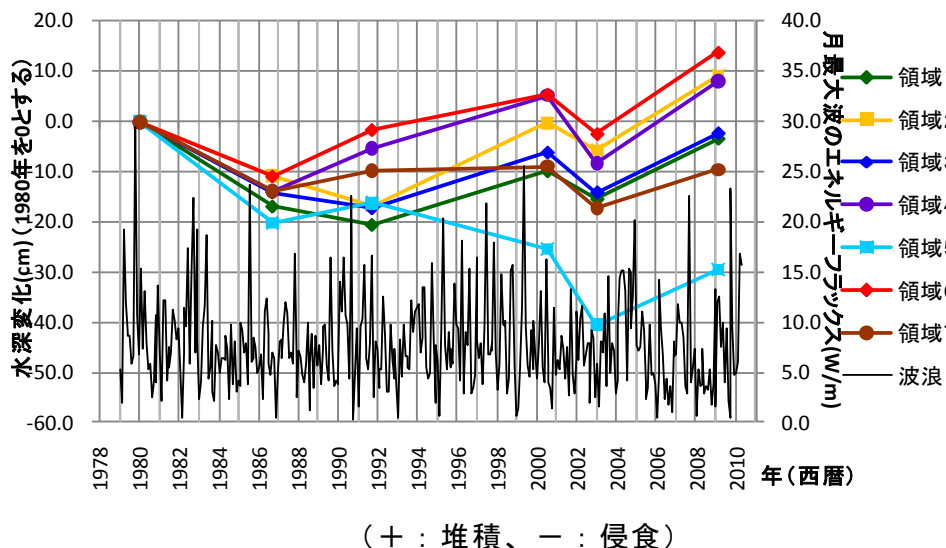


図 1.27 領域別平均水深変化量と月最大波のエネルギーフラックス

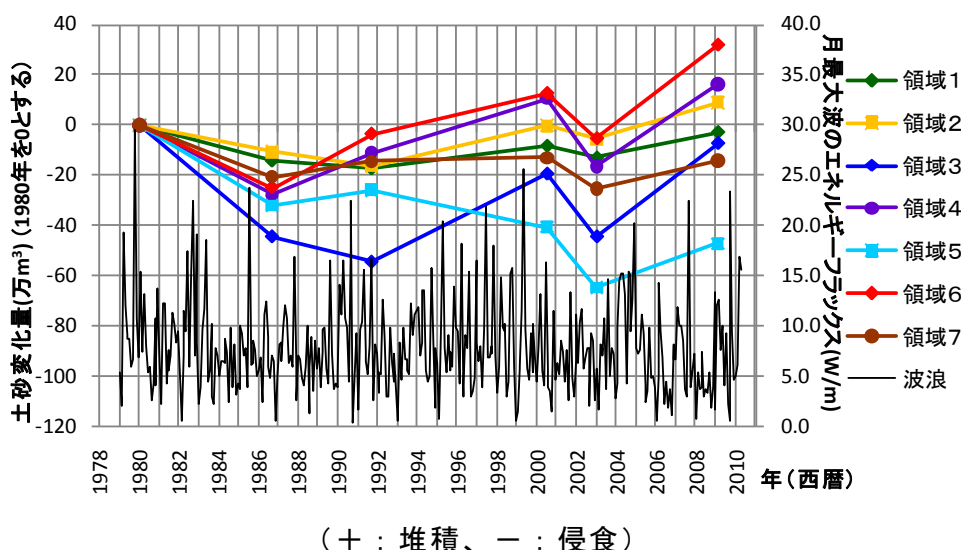
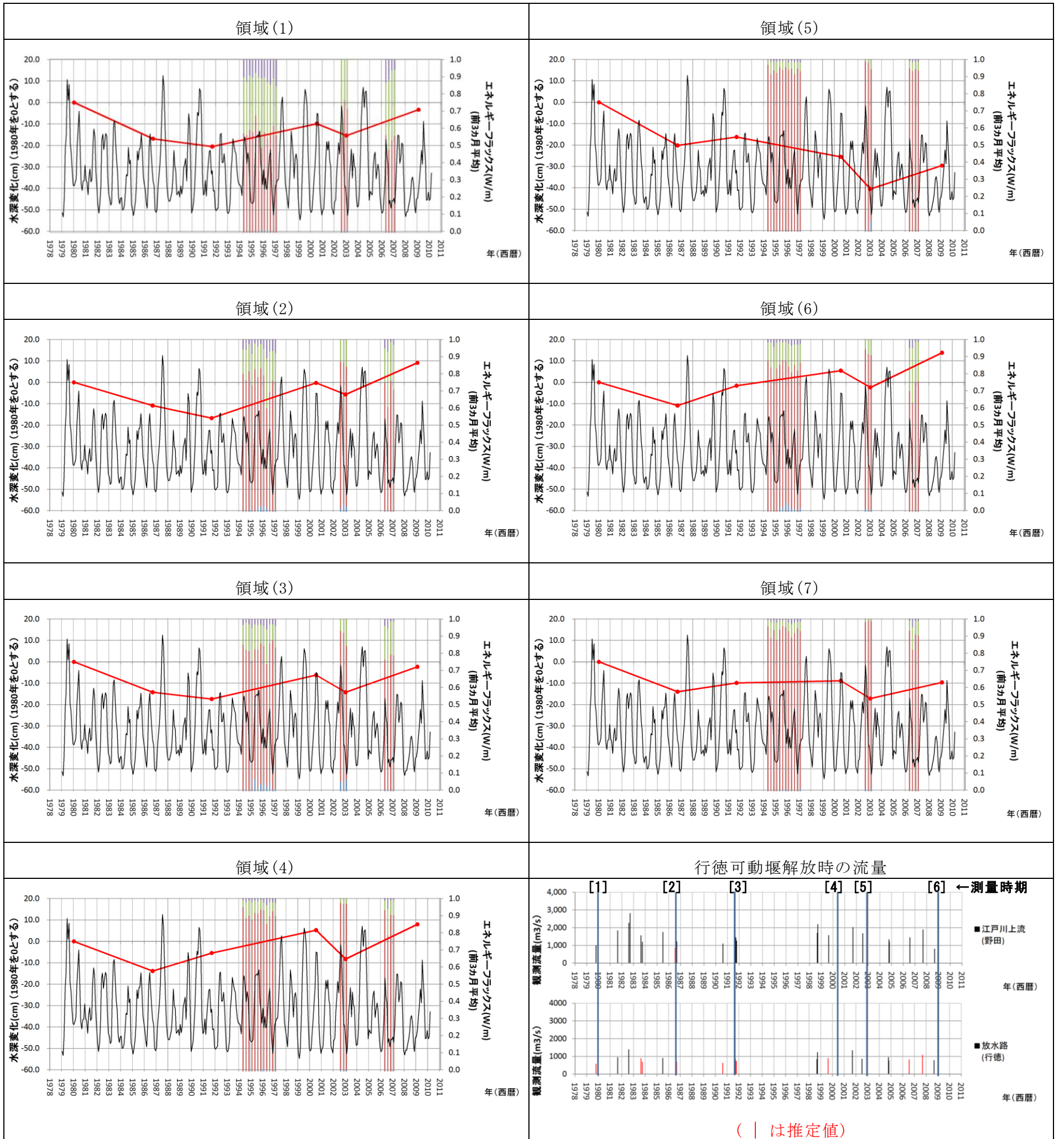


図 1.28 領域別土砂変化量と月最大波のエネルギーフラックス

表 1.9 航路の浚渫実績

期間	浚渫実績
S55d(1980.10) – S61d(1986.9-10)	市川航路維持浚渫 (1985～1986、37 万 m ³) 船橋航路拡幅浚渫 (1983～1986、130 万 m ³)
S61d(1986.9-10) – H3d(1991.9)	市川航路開設に伴う浚渫 (1990～1991、2 万 m ³)
H3d(1991.9) – H12d(2000.7-8)	市川航路開設に伴う浚渫 (1992～2000、25 万 m ³)
H12d(2000.7-8) – H14d(2003.1-2)	市川航路開設に伴う浚渫 (2001～2002、10 万 m ³)
H14d(2003.1-2) – H20d(2009.2-3)	市川航路維持浚渫 (2003～2005、17 万 m ³)



凡例：折れ線（赤）：水深変化（+：堆積、-：侵食）

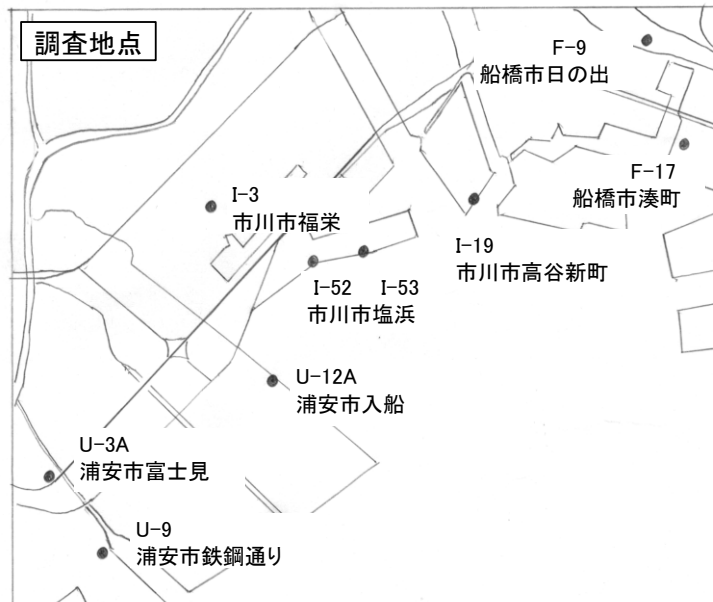
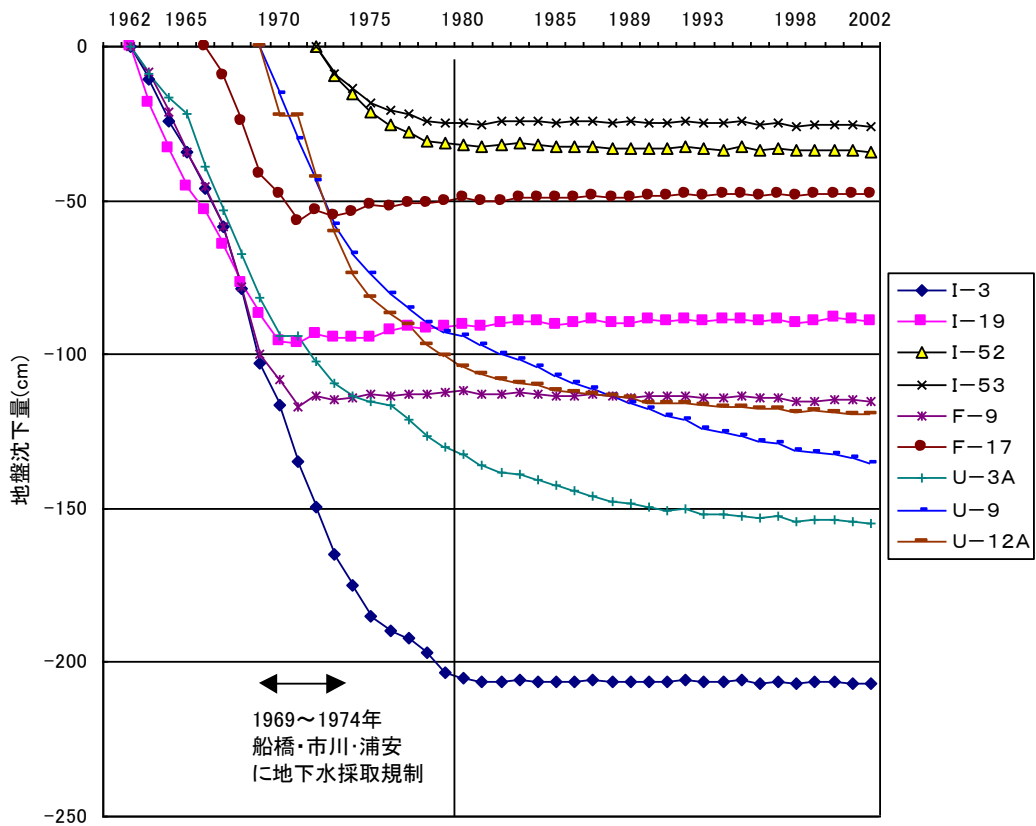
：折れ線（黒）：前3ヶ月平均の波エネルギーフラックス

- ：粘土分
- ：シルト分
- ：砂分
- ：礫分

※粒度組成についてはデータ数量の多い以下の時期の調査結果をもとに領域平均した。

- (1) 1994年度（5月、8月、11月、2月）
- (2) 1995年度（5月、8月、11月、2月）
- (3) 1996年度（5月、8月、11月、2月）
- (4) 2002年度（8月、11月、2月）
- (5) 2006年度（5月、8月、11月、2月）

図 1.29 領域別平均水深変化量及び粒度組成変化、前3ヶ月平均のエネルギーフラックス



出典) 千葉県 (2004) : 平成 15 年度三番瀬自然環境総合解析「三番瀬の現状」報告書

図 1.30 三番瀬周辺水準点の地盤沈下量

1.3.5 鉛直断面地形の変化

図 1.31 に示す位置における 6 回の測量時の鉛直断面図を図 1.32 に示す。

領域(4)の砂州の天端高は長期的に安定しているが、砂州の幅の変動は大きい。図 1.22 に示すように三次元的な複雑な地形変化をしているが、ここで示す断面では、平成 14 年度は砂州が狭く、平成 20 年度は広がっている。

領域(7)の小規模な砂州は近年大きな変化が見られるが、図 1.22 の平面図でみると、砂州が東側に少し広がっているためである。

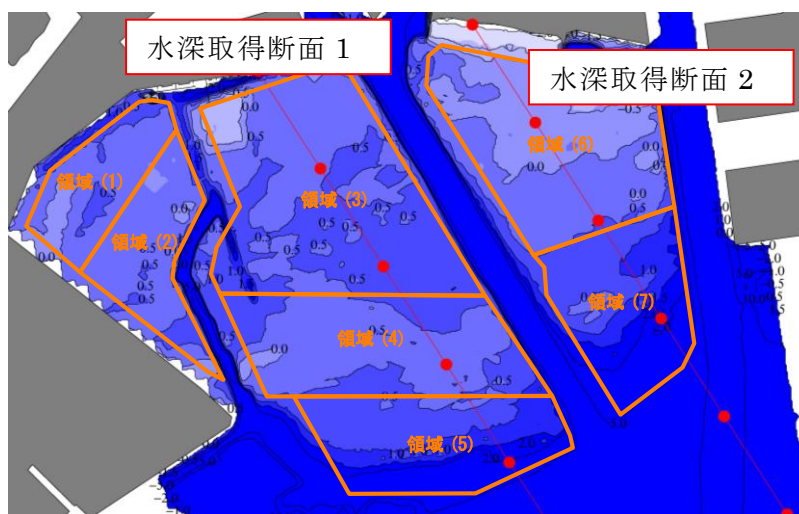


図 1.31 水深断面図の取得位置(●—●間の距離は1km)

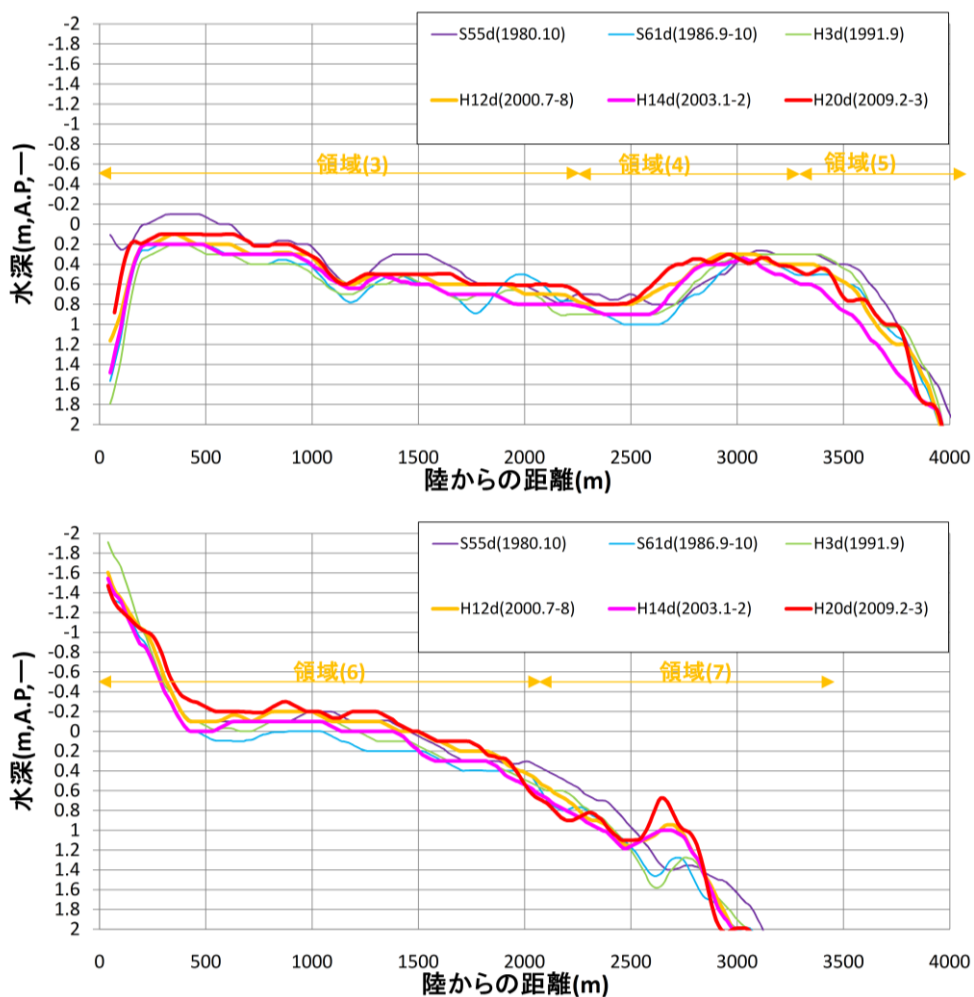


図 1.32 鉛直断面地形の変化図(上：断面 1, 下：断面 2)

※ 水深は±40m の移動平均をとっている。

1.3.6 今後の検討

①地形変化及び底質変化の要因解明に関するさらなる検討

(特に、2000～2002 年の侵食・粗粒化、2002 年以降の回復 (堆積・細粒化))

②生物相などその他の環境因子に着目した領域区分による地形・底質変化の再解析

③その他

2. 流況

2.1 既往調査データによる現況把握（流況）

三番瀬の流況の特徴を把握することを目的として、2008年度（平成20年度）の「三番瀬水環境モニタリング調査」と1999年度（平成11年度）の「県単港湾調査委託（流動・波浪解析）」の調査資料を整理し、解析に用いた。

2.1.1 三番瀬の流速の季節変化

2008年度の3測点における月平均流速の経月変化、および当海域に隣接する行徳地点の月平均風速の経月変化を図2.1に示す。

- ・期間を通して、測点3で最も流速が大きく、測点2、1の順に流速が小さくなっていった。
- ・全体として、夏季から冬季にかけて流速が強まる傾向がみられた。
- ・風速の南北成分は、夏季から秋季にかけて南風が徐々に弱まり、秋季から冬季にかけて北風が強まる傾向がみられた。季節進行に伴って北風が強化されたことにより、当海域全体の冬季の流速が強まっていたことが示唆される。

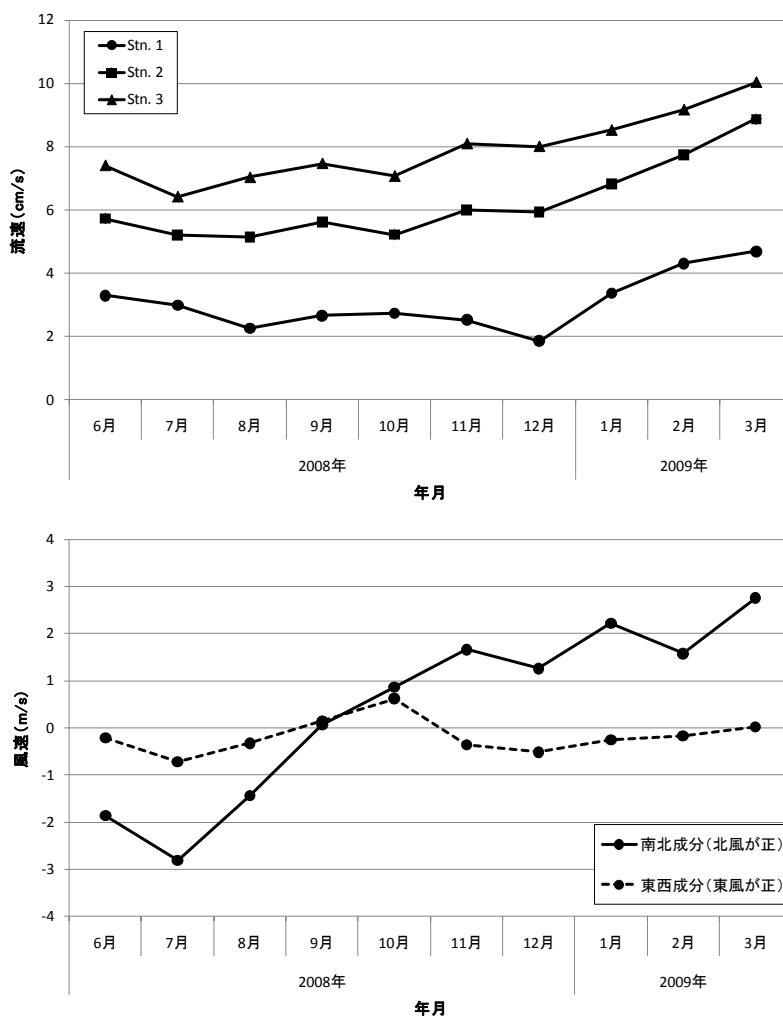


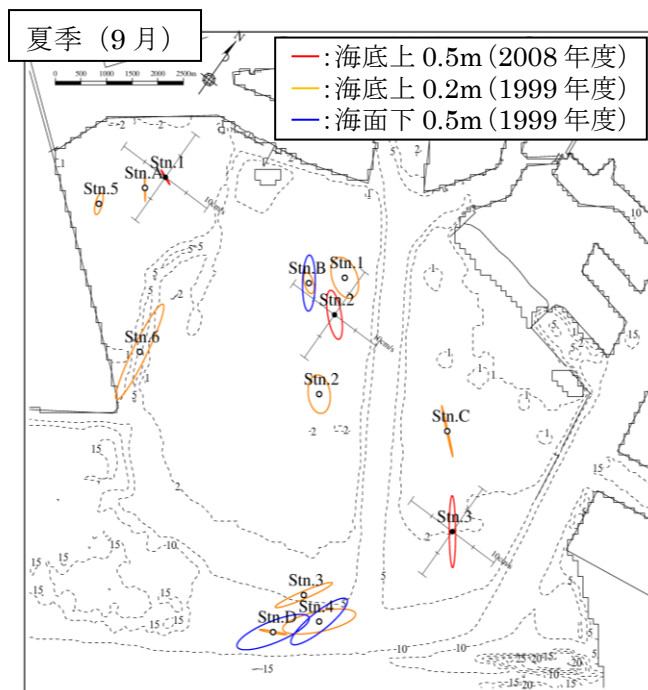
図 2.1 3 測点の月平均流速（上）と行徳地点の月平均成分風速（下）の経月変化

2.1.2 三番瀬の流況の経年変化

2008年度（以下、08年度）の夏季から冬季にかけての3測点の調査結果と1999年度（以下、99年度）の夏季10測点、冬季5測点の調査結果を比較することにより、三番瀬の流況の経年変化を季節ごとに考察した。ここで、夏季は9月、冬季は2月を代表月とした。

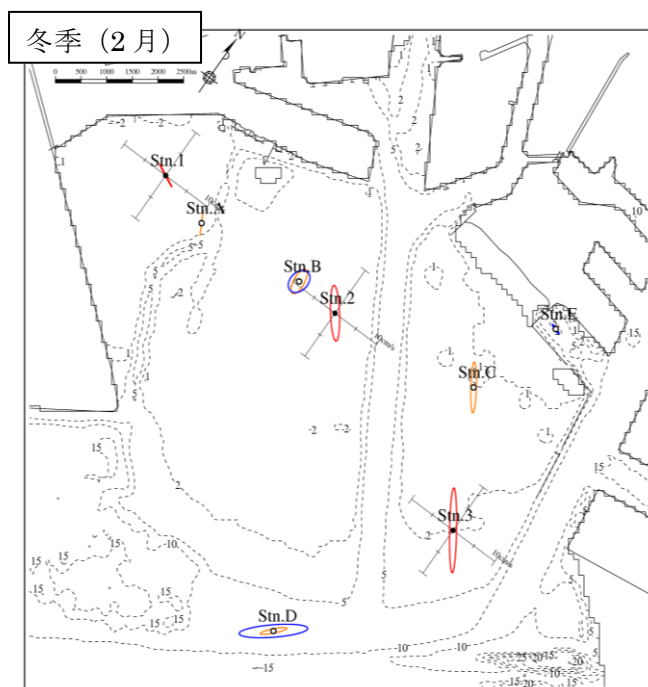
(1) 潮流

08年度と99年度の夏季および冬季のM₂分潮の潮流楕円を図2.2に示す。



○夏季

- 東部の測点3（08年度）とC（99年度）では北西 - 南東方向の扁平度の大きな潮流楕円が共通してみられた。
- 中央部の測点2（08年度）とB、1、2（99年度）では北西 - 南東方向の扁平度の小さな潮流楕円が共通してみられた。
- 西部の測点1（08年度）とA、5（99年度）では、岸沖方向の弱い往復流が共通していた。



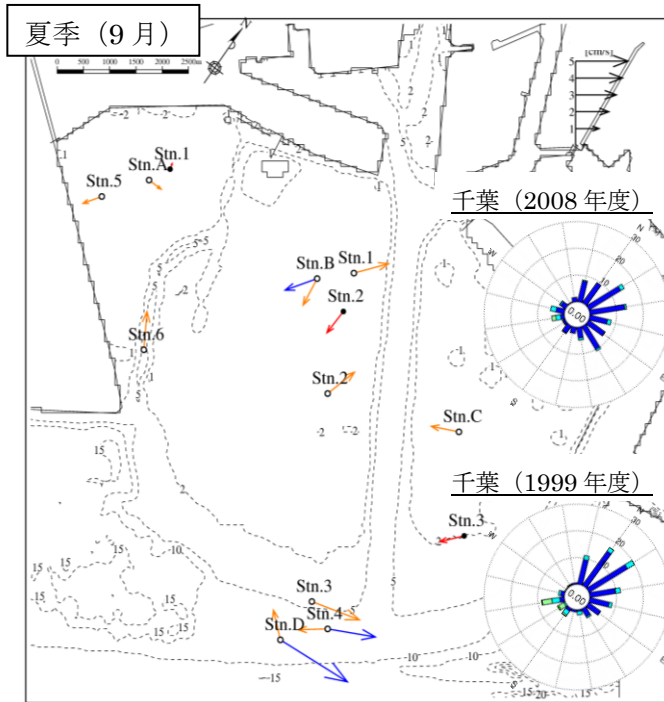
○冬季

- 東部の測点3（08年度）とC（99年度）では北西 - 南東方向の扁平度の大きな潮流楕円が共通してみられた。
- 中央部の測点2（08年度）とB（99年度）では、長軸方向に違いがみられたものの、北西 - 南東方向の扁平度のやや小さな潮流楕円が共通してみられた。
- 西部の測点1（08年度）とA（99年度）では、長軸方向に違いがみられたものの、岸沖方向の弱い往復流が共通していた。

図 2.2 潮流楕円（M₂分潮）の経年変化

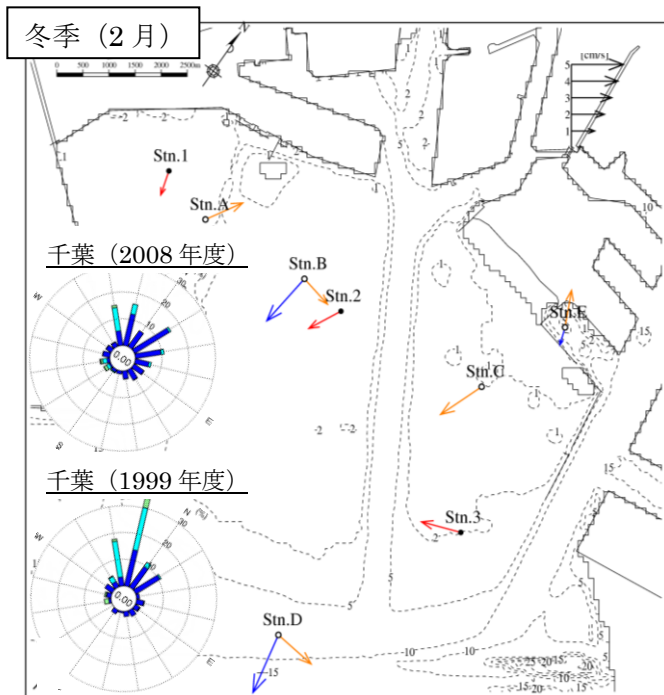
(2) 平均流

潮流調和分解で得られた結果から、2008 年度と 1999 年度の夏季および冬季の平均流の分布を図 2.3 に示す。



○夏季

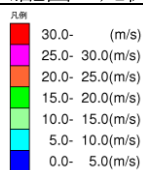
- 東部の測点 3 (08 年度) と C (99 年度) では、1cm/s 程度の南西流傾向が共にみられた。
- 中央部の測点 2 (08 年度) 周辺の平均流速は 1cm/s 程度で共通していたが、流向は測定年や場所で大きく異なっており、複雑な分布を示していた。
- 西部の測点 1 (08 年度) と A、5 (99 年度) では特定方向の流れはみられず、0.5cm/s 未満の比較的弱い流速が卓越する傾向が共にみられた。



○冬季

- 東部の測点 3 (08 年度) と C (99 年度) では、北風による吹送流の影響と考えられる南～南西方向の強い流れが共通してみられた。
- 中央部では、測点 2 (08 年度) で南流が卓越する一方、測点 B (99 年度) の下層では東流が卓越しており、傾向が異なっていた。(測点 B 上層には強い南向きの平均流がみられ、これを補償する北東流と測点 2 でみられた南流の平均操作により、測点 B の下層では東流が卓越していた可能性がある。)
- 西部では、測点 1 (08 年度) と A (99 年度) で流向が異なっているが、測点 A は滞筋に近く、地形の影響も考えられるため、経年変化は議論できない。

風配図の凡例



- ←: 海底上 0.5m (2008 年度)
- ←: 海底上 0.2m (1999 年度)
- ←: 海面下 0.5m (1999 年度)

図 2.3 平均流の経年変化

2.1.3 現地観測結果に基づく三番瀬の流況概況（まとめ）

2008年度の調査結果から三番瀬の流況の現況を整理し、1999年度の調査結果と面的に比較することにより、三番瀬の流況の経年変化を把握し、三番瀬の流況の特徴を図 2.4 にまとめた。

○潮流

- ・最も卓越していた M_2 分潮の潮流楕円の大きさ、長軸方向に大きな差異は認められず、潮流について明瞭な経年変化はみられなかった。
- ・当海域西部では岸沖方向の弱い往復流、東部では北西 - 南東方向の強い往復流が卓越し、中央部では、東部ほど明瞭ではないものの、北西 - 南東方向の往復流が卓越していた。

○平均流

- ・平均流について明瞭な経年変化はみられなかった。
- ・当海域西部では平均流が弱く、特定方向の流れはみられず、東部では秋・冬の北風に対応した南西向き強い平均流が確認された。
- ・当海域中央部は、平均流の流向は測点間の差異が大きく、気象条件の違いによる変動が示唆され、複雑な分布を示していた。

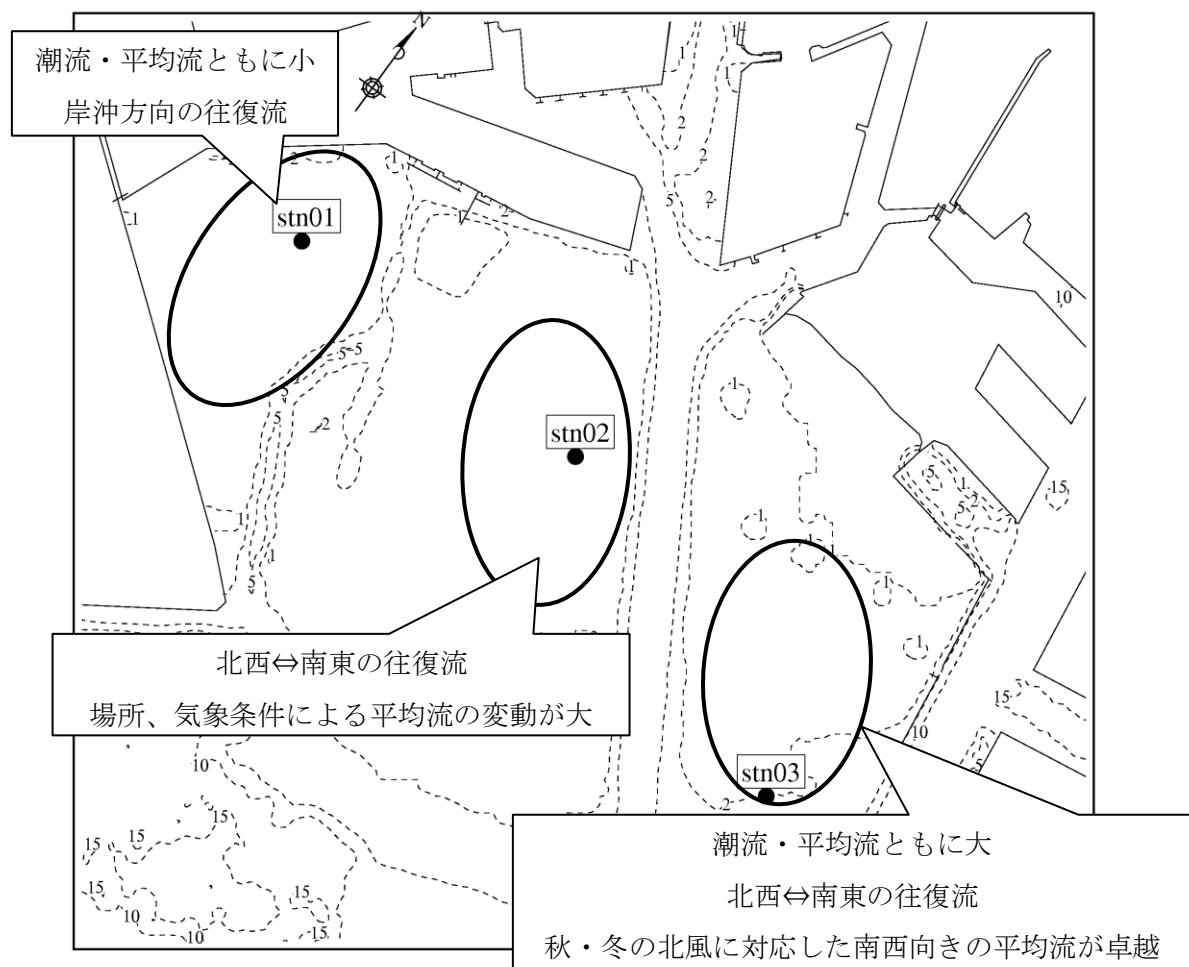


図 2.4 三番瀬の流況のまとめ