

宮崎海岸侵食対策検討委員会 第3回技術分科会

補足説明資料

【侵食メカニズム解明に向けた調査・検討編】

平成 21 年 7 月 10 日

国土交通省・宮崎県

目次

1. 侵食要因についての整理・検討	1	5. 波浪についての検討	38
1.1 気候変動（海面上昇）について	1	5.1 波浪エネルギーの来襲方向	38
1.1.1 現在までの長期的な海面水位上昇量	1	5.2 高波浪の発生要因	39
1.1.2 近年の海面水位上昇量とそれらが及ぼす汀線後退量の試算	2	5.2.1 高波一覧表による高波浪発生状況	39
1.1.3 今後の海面水位上昇量（予測値）とそれらが及ぼす汀線後退量の試算	2	5.2.2 高波浪の発生要因	39
1.2 地盤沈下	4	5.3 高波浪時の波浪来襲傾向	45
1.2.1 長期的な地盤沈下傾向	4	5.3.1 高波浪時の主たる来襲方向	45
1.2.2 近年の地盤沈下量とそれらが及ぼす汀線後退量の試算	6	5.3.2 方向スペクトルによる高波浪時の波浪来襲状況	45
1.3 飛砂の検討	9	5.4 宮崎港防波堤沖波浪観測データの信頼性について	54
1.3.1 近傍の風向、風速観測所	9	5.5 波浪観測機器の設置計画（案）	56
1.3.2 風向・風速データ整理結果	10	6. 流れについての整理・検討	57
1.3.3 計算条件	14	6.1 沖合い流況データ	57
1.3.4 係数Kの同定	15	6.2 黒潮と沖合流況の関係について	61
1.3.5 計算結果	15	6.3 潮流（恒流）	63
1.3.6 （参考）宮崎海岸の砂堤および砂丘	16	6.4 定点固定カメラによる沿岸流観測結果	63
1.4 宮崎港南防波堤による大淀川からの土砂移動の阻害について	17	7. 宮崎県中部流砂系検討委員会での最新の調査検討結果	64
2. 推定される侵食メカニズムについて	18	7.1 宮崎県中部流砂系検討委員会の目的	64
3. 沖合への土砂流出についての検討	19	7.2 宮崎県中部流砂系検討委員会の成果	64
3.1 沖合底質	19	7.3 流砂系の現状と課題	65
3.2 汀線近傍を含めた考察	21	7.4 宮崎県中部流砂系の土砂管理の目標（案）	66
3.2.1 調査概要	21	8. 推定土砂収支図（修正案）	67
3.2.2 調査結果	22		
3.3 （参考）宮崎海岸沖合いの海底地形・地質について	27		
3.4 （参考）石崎浜沖の砂漣の状況	28		
3.5 （参考）深浅測量等の実測土砂変化量から積分した沿岸漂砂量	28		
4. 一ツ瀬川北側および河口近傍の地形変化状況	30		
4.1 空中写真による汀線変化	30		
4.2 一ツ瀬川河口前面の地形変化	33		
4.3 一ツ瀬川河口位置の変遷	34		
4.4 一ツ瀬川河口近傍の地形変化の要因	35		
4.4.1 導流堤【一ツ瀬川河口導流堤の建設履歴】	35		
4.4.2 岩礁	35		
4.4.3 一ツ瀬川河口前面の調査案	37		

1. 侵食要因についての整理・検討

1.1 気候変動（海面上昇）について

1.1.1 現在までの長期的な海面水位上昇量

気象庁では地殻変動の少ない地点における潮位観測データから、海面水位の偏差を算出している。1906～1959年までは4地点、1960年以降は16地点潮位データを用いて算出している(図-1.1)。なお、1960年以降は日本沿岸を4海域に分割して海面水位の算出がなされており、宮崎海岸は海域Ⅲ(近畿～九州地方の太平洋側沿岸)に属する。

図-1.2, 図-1.3に最近100年間の日本沿岸の海面水位の平年差および、1960年以降の4海域における海面水位の平年差を示す。これらから特徴的な事項を以下に示す。

■長期的な海面水位変化傾向(図-1.2)

- ・ 最近100年の日本沿岸の海面水位は-20～60mmの範囲で周期的な変動を見せており、明瞭な上昇傾向はみられない。
- ・ 1950年頃に極大がみられ、また約20年周期の変動が顕著である。

■1960年以降の4海域における海面水位変化傾向(図-1.3)

- ・ 4海域ともに平年差の変動は約20年間周期の長期的な変動が見られる。
- ・ 4海域ともに大きなばらつきは見られず、宮崎海岸の位置するⅢ海域では2004年に平年値を6mm上回っているものの、最新の2008年では1mmとほぼ変化は見られない。

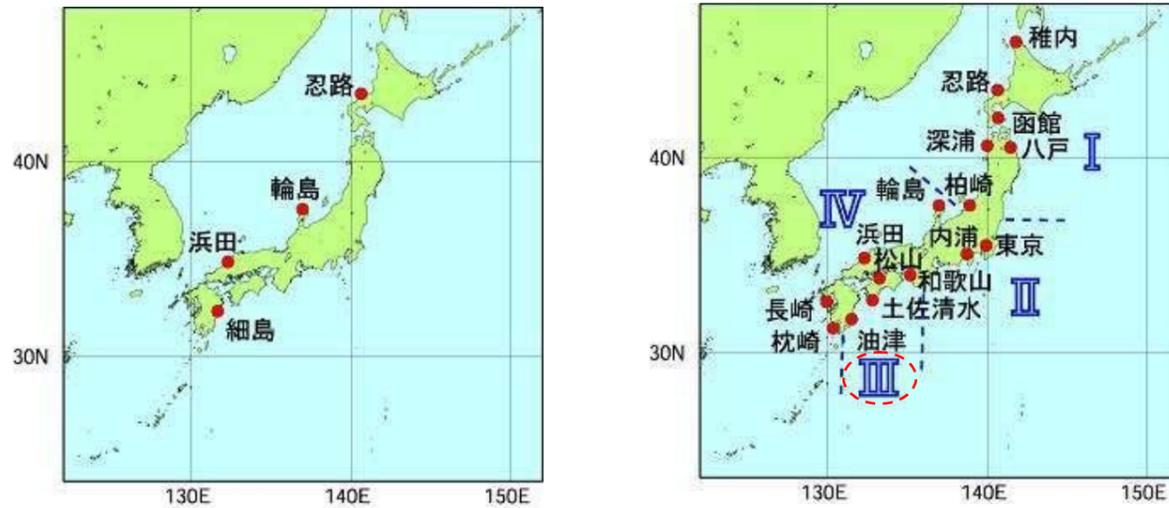
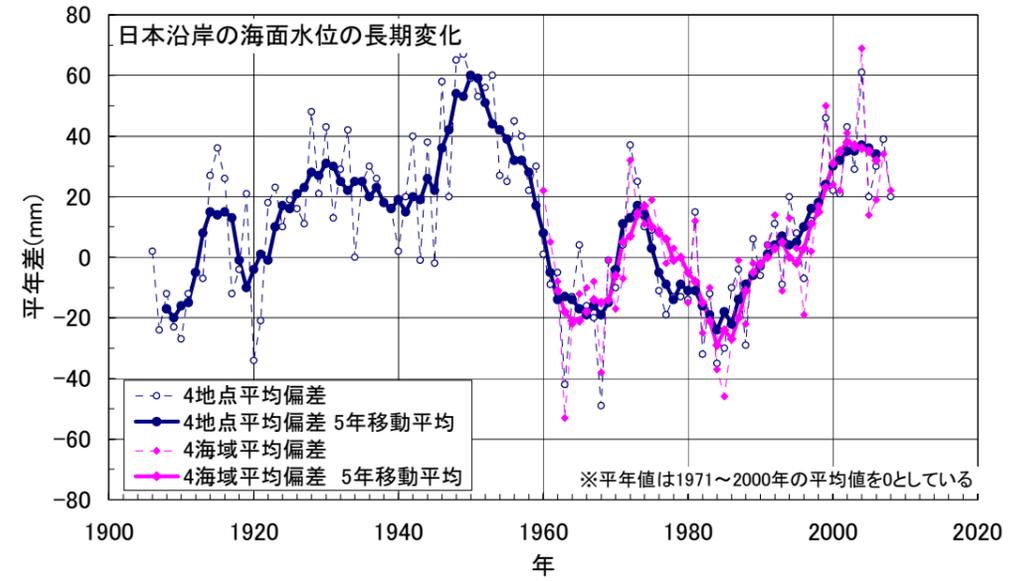
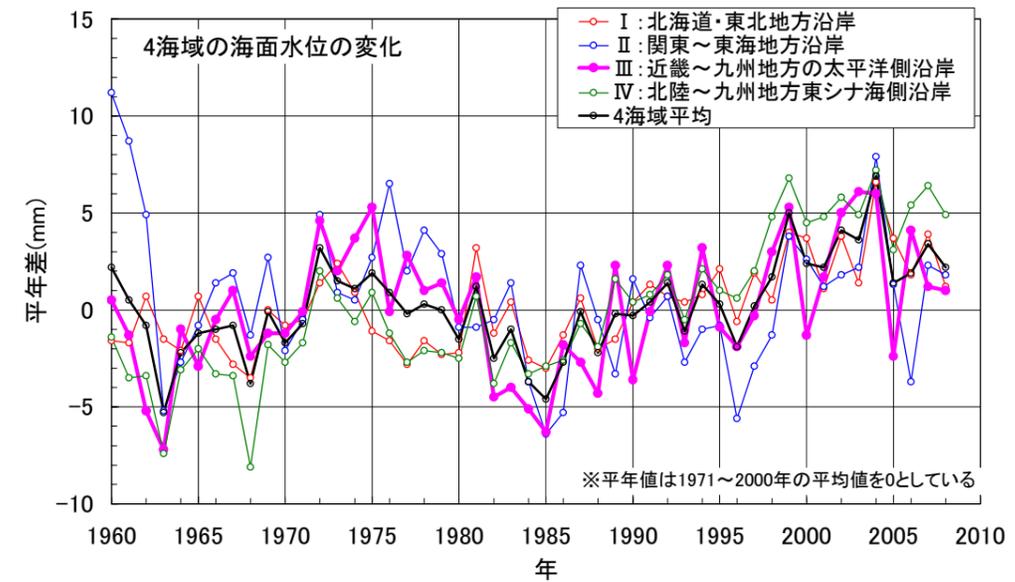


図-1.1 海面水位算出位置図(左図:1906～1959年,右図:1960年以降)



出典: 気象庁HP(http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/shindan/a_1/sl_trend/sl_trend.html)

図-1.2 日本沿岸の海面水位の長期変化(4地点,1906～2008年)



出典: 気象庁HP(http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/shindan/a_1/sl_trend/sl_trend.html)

図-1.3 4海域の海面水位の変化(16地点,1960～2008年)

1.1.2 近年の海面水位上昇量とそれらが及ぼす汀線後退量の試算

気象庁のデータによると、最近100年の日本沿岸の海面水位は-20~60mmの周期的な変動を見せており、これまで明瞭な上昇傾向はみられないが、参考までに1983年以降の海面水位上昇量を算出し、海面水位上昇に起因する汀線後退量を試算した。

先述した長期的な4海域における海面水位の変化から、1983年以降の海面水位の変化傾向を算出した結果を図-1.4に示す。

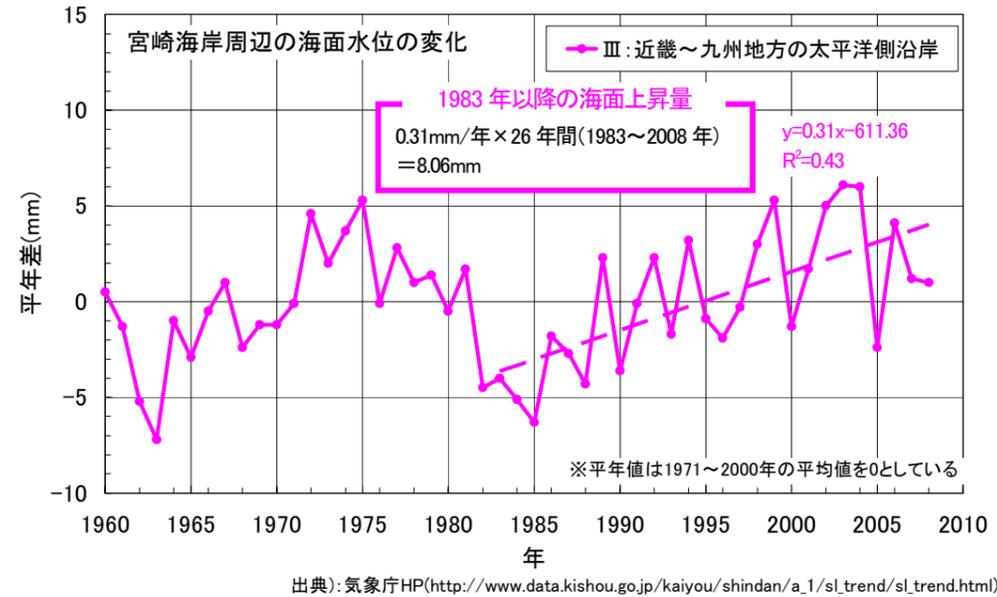


図-1.4 近畿~九州地方の太平洋沿岸における海面水位変化(1983年~2008年)

1983~2008年までの海面水位上昇速度は、0.31mm/年となり、26年間では8.06mmの海面水位上昇量となり、その影響による汀線後退量を試算した。試算にあたっては、三村ら(1993および1994)らの文献を参考に算出を行った(表-1.3参照)。また算出条件としては、1983年当時自然海浜で十分砂浜が残存していた石崎浜の測線No.-71(緩傾斜護岸前面)を対象として、試算した結果を表-1.1に示す。

これらの結果によると、1983年~2008年までの26年間に生じた8.06mmの海面水位上昇による汀線後退量は0.6mとなった。

表-1.1 宮崎海岸における海面水位上昇による汀線後退量算出結果

項目	値	単位	備考
汀線から h_* までの沖方向距離 W_* =	1092.8	m	1983・1993・2004・2007年の測量データの平均値
海面上昇量 S =	0.008	m	
バーム高 B =	3.0	T.P.m	
前浜勾配 $\tan \beta$ =	0.067		1/15
海浜断面定数 A =	0.1131		
汀線後退量 Δy =	0.6	m	1983~2008年(26年間)

1.1.3 今後の海面水位上昇量(予測値)とそれらが及ぼす汀線後退量の試算

先述したICCP(2007)によると、「21世紀末(2090~2099年)には1980~1999年の平均海面水位に対して、0.18~0.59m上昇すると予測される」と記載されている。そこで、これらの推定された海面上昇量に起因する汀線後退量を試算した結果を図-1.5に示す。なお試算条件としては、「1.1.2 近年の海面水位上昇量とそれらが及ぼす汀線後退量の試算,P2」と同様の手法を用いた。

この結果によると、21世紀末には、海面水位上昇に起因して発生する汀線後退量は、 $\Delta y=13.7\sim 45.1$ mと試算される。ただし、海面上昇量が推算結果で $S=0.18\sim 0.59$ mと大きく幅がある事に留意する必要がある。

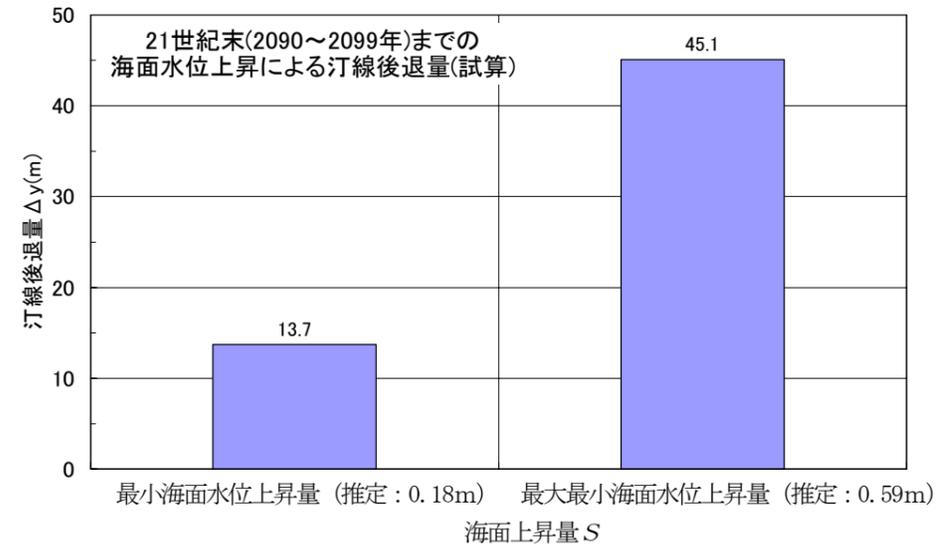


図-1.5 21世紀末に生じる海面水位上昇量に起因する汀線後退量試算結果

⇒過去の侵食については、海面上昇による影響は大きくないと推定。

⇒今後は、海面上昇が起りうることも念頭に置いて進める必要があるが、長期的な対応となり、かつ海面上昇の予測に相当な幅があるため、当面は、海面上昇に対する地形変化モデルによる感度分析等を行いつつ検討を進める。

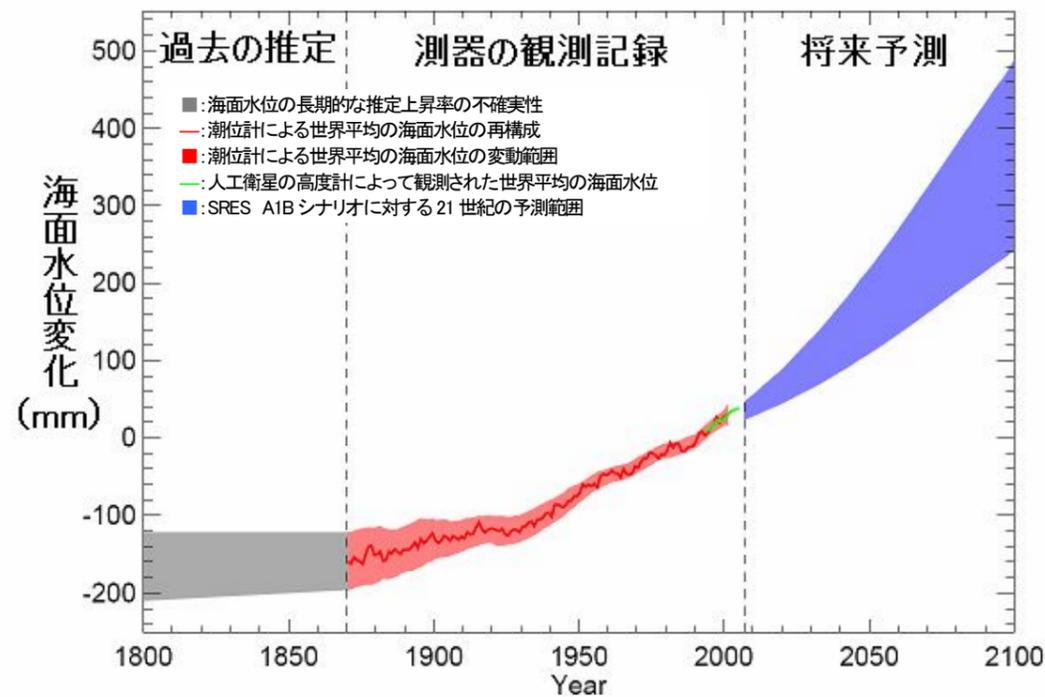
⇒新たな知見を踏まえて、適宜見直しを行う事とする。

表一 1.2 過去および将来の海面水位変化 (IPCC 第 4 次評価報告書 (2007))

出典: 気象庁 HP (http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/db/tide/knowledge/sl_trend/sl_ipcc.html)より抜粋

IPCC (気候変動に関する政府間パネル) 第 4 次評価報告書 (2007) によると、過去および将来の海面水位変化について下記のとおり記載されている。

- ・ 世界平均の海面水位は 1961 年から 2003 年にかけて、年あたり $1.8 \pm 0.5 \text{ mm}$ の割合で上昇した。
- ・ 1993 年から 2003 年にかけての上昇率はさらに大きく、年あたり $3.1 \pm 0.7 \text{ mm}$ の割合であった。
- ・ 1993 年から 2003 年にかけての海面水位上昇率の増加が 10 年規模の変動なのか、より長期的な上昇傾向の加速なのかは不明である。
- ・ 19 世紀から 20 世紀にかけて観測された海面水位上昇率の値の信頼性は高く、20 世紀を通じた海面水位上昇量は $0.17 \pm 0.05 \text{ m}$ と見積もられる。
- ・ 世界平均の海面水位は 21 世紀末 (2090~2099 年) には、1980~1999 年の平均海面水位に対して、 $0.18 \sim 0.59 \text{ m}$ 上昇すると予測される。



図一 世界平均の海面水位の過去及び将来予測における時系列図 (1980~1999 年平均基準, IPCC (2007))

※SRES は、IPCC「排出シナリオに関する特別報告書」(2000)を指します。今後の世界の社会・経済動向に関する想定から算出した温室効果ガス排出量の将来変化シナリオを規定したもので、A1B シナリオは「すべてのエネルギー源のバランスを重視して高い経済成長を実現する社会」とされています。

表一 1.3 海面上昇による汀線後退量算出方法 (自然海浜の場合)

海面上昇による汀線後退量算出方法は以下の流れで算出した。

a) 海浜断面定数の決定

既存の深浅測量成果から以下の海浜の平衡縦断地形に関する Bruun の式を元に海浜断面係数を決定する。

なお、宮崎海岸の場合は、1983 年、1993 年、2004 年、2007 年の測線 No. -71 における汀線位置~移動限界水深間の平均値から $A=0.1131$ と算出した。

$$h = Ay^{2/3} \dots \dots \dots \text{式一 1.1}$$

A : 海浜断面定数

h : 水深

y : 汀線からの沖方向距離

b) 海浜断面定数の決定

上記海浜断面係数を元に、以下式を解くことによって汀線後退量 Δy を求める。

なお宮崎海岸の場合は先述した測量データから、 $W_* = 1092.7 \text{ m}$, $B = 3.0 \text{ m}$, $\tan \beta = 1/15$ と設定した。

$$\frac{3}{5}AW_*^{5/3} - \frac{3}{5}A(W_* - \Delta y)^{5/3} - SW_* + B\Delta y + \frac{0.5S^2 - SB}{\tan \beta} = 0 \dots \dots \dots \text{式一 1.2}$$

Δy : 汀線の後退距離 (求める値)

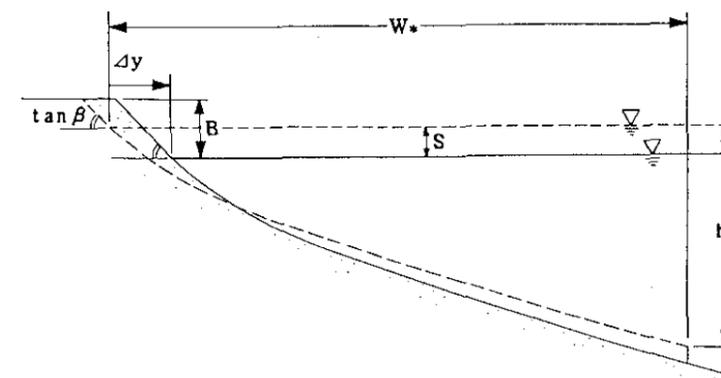
W_* : 汀線から h_* (断面変化が生じる限界水深) までの沖方向距離

S : 海面上昇量

B : バーム高

$\tan \beta$: 前浜勾配

A : 海浜断面定数 ($h = Ay^{2/3}$, h : 水深, y : 汀線からの沖方向距離)



出典: 三村信男 幾世橋真 井上馨子: 砂浜に対する海面上昇の影響評価, 海岸工学論文集, 1993, vol. 40, pp. 1046-1050

図一2 前浜勾配を考慮したときの砂浜の応答

1.2 地盤沈下

1.2.1 長期的な地盤沈下傾向

(1) 宮崎県による地盤沈下調査

宮崎県では、宮崎平野の地盤沈下量を 1981 (S55) 年度～2003 (H15) 年度にわたって 82 地点(路線距離 60km) の 1 級水準測量をしている。それらの計測地点と 1981 (S55) 年以降の地盤沈下量上位 5 地点および二ツ立海岸近傍の沈下量を図- 1.6 に示す。また、石崎浜～二ツ立海岸背後の観測地点における 1981 (S55) 年以降の沈下量を図- 1.8 に示す。これらから特徴的な事項を以下に示す。

- ・ 地盤沈下の上位 5 地点は一ツ瀬川右岸に位置し、最大沈下量は SE-10 地点で 185.5mm となっている(図- 1.6)。
- ・ 石崎浜～二ツ立海岸背後では、一ツ瀬川に最も近い SE-5 地点の沈下量が 129.3mm と最大となっている(図- 1.8)。
- ・ いずれの地点における地盤沈下量も、1993 (H7) 年以降はそれ以前に比べて緩やかになっている(図- 1.6、図- 1.8)。

⇒以上の結果から、1981 年から現在まで、一ツ瀬川河口部～石崎浜背後の観測地点において 70～180mm 程度の沈下が生じていることが確認できる。ただし、海域を含めた汀線近傍において、どの程度の沈下が起こっているかは不明。

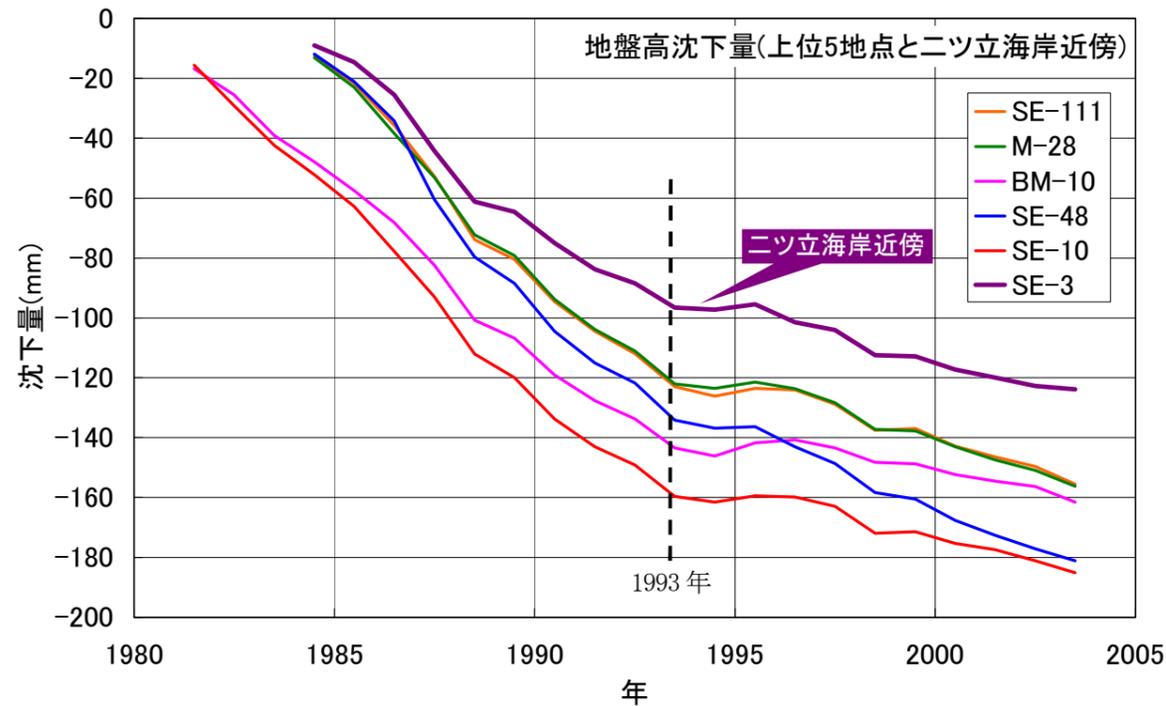


図- 1.6 累計沈下量上位 5 地点および二ツ立海岸近傍における沈下量(1981～2003 年, 23 ヶ年)

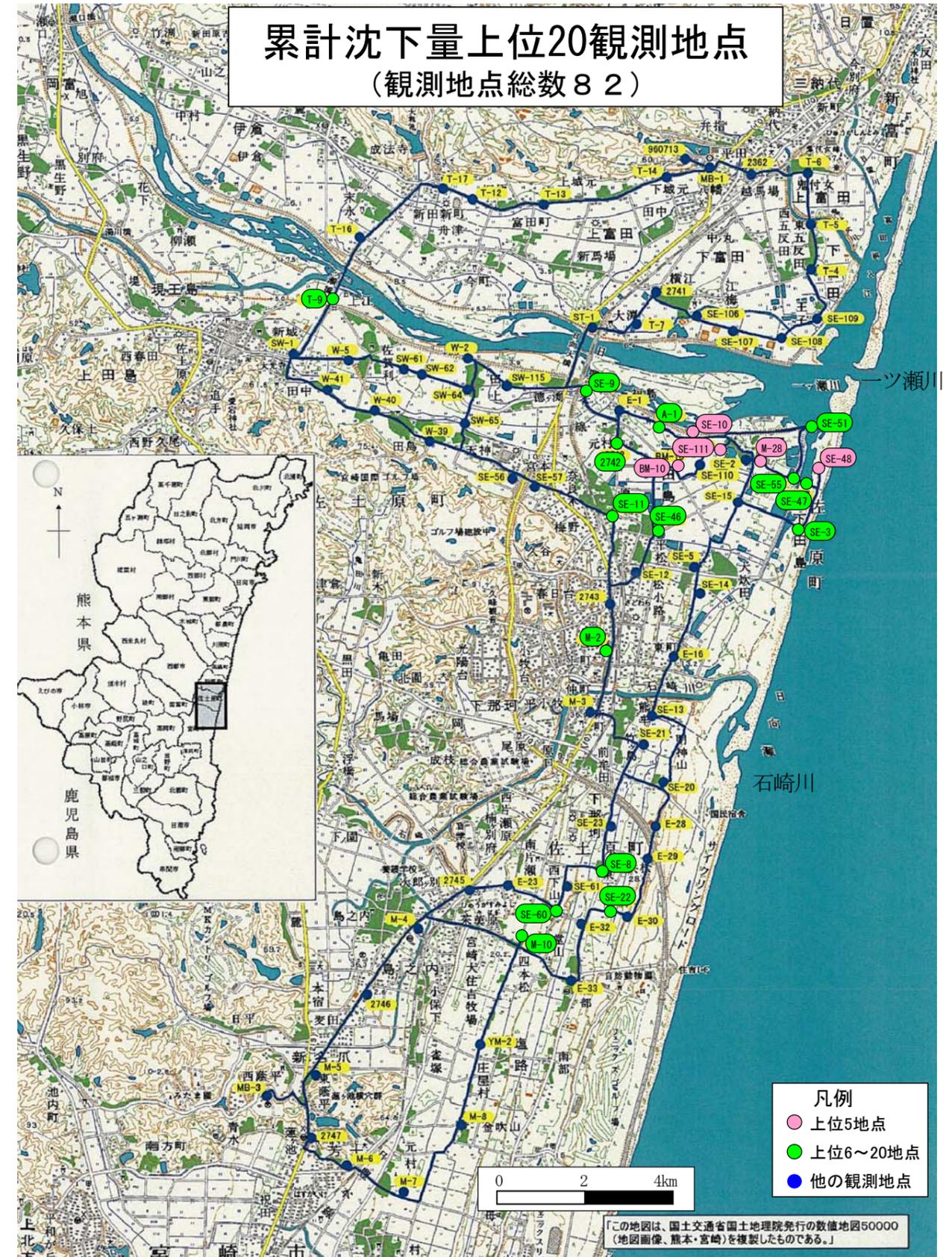


図- 1.7 地盤沈下計測位置図

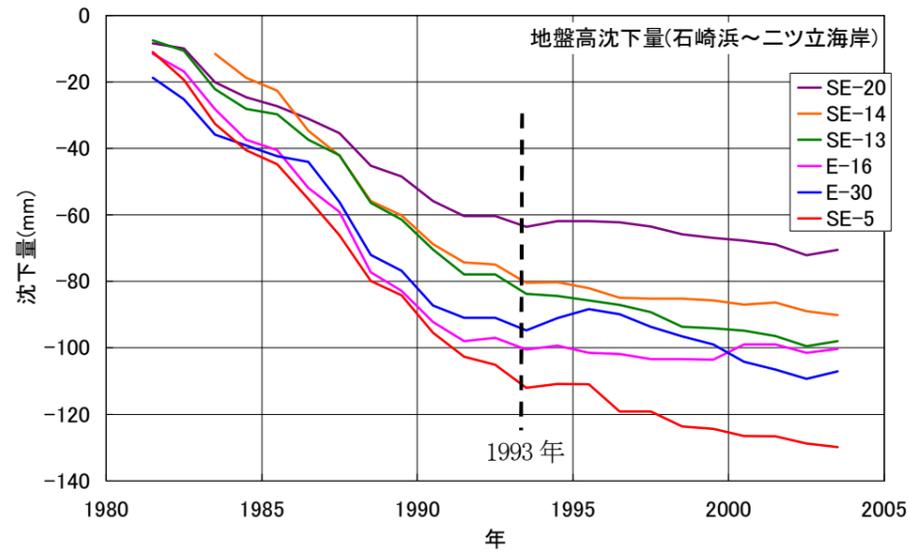


図- 1.8 石崎浜からニツ立海岸周辺の地盤沈下計測位置と沈下量(1981～2003年, 23ヶ年)

(2) 宮崎海岸周辺の一等水準点の高さの変化

国土地理院管理による一等水準点は10年に1回程度再測量を行っている地点があり、宮崎海岸周辺の一等水準点における1969(S44)年度以降の高さの変化を図- 1.9に示す。

図- 1.9から確認できるとおり、1969(S44)年度～1997(H9)の28年間で最大沈下量約32.0mmであり、1980年～1997年の変化で見ると10～15mm程度の沈下量であり、先述の同時期での沈下量の1/10程度である。このことから、比較的大きな地盤沈下は、一ツ瀬川河口周辺の局所的な範囲で生じているものと推定される(図- 1.6および図- 1.8と図- 1.9との比較)。

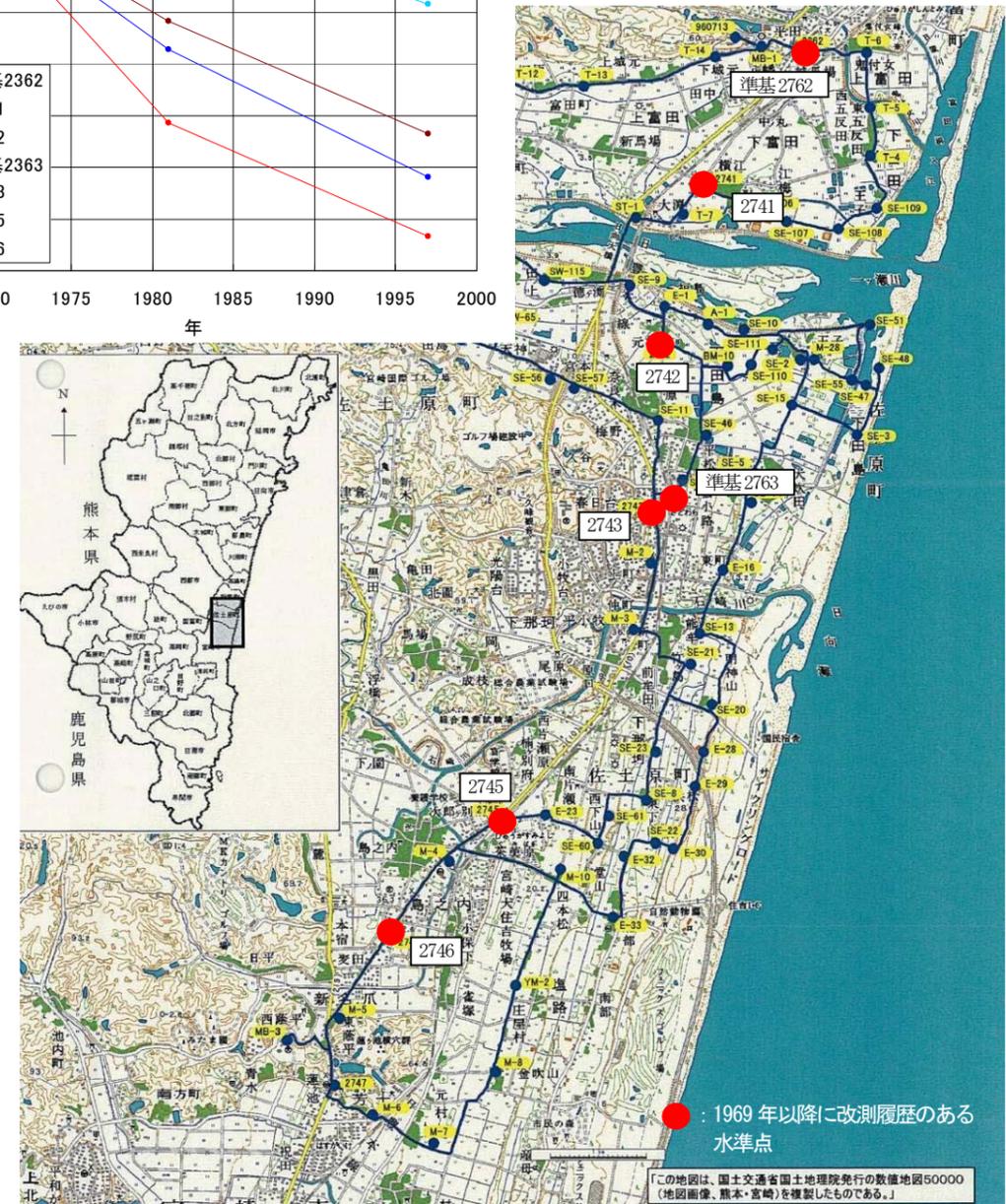
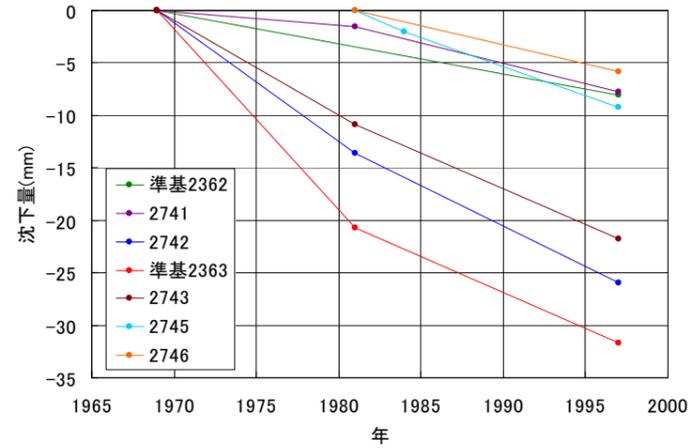


図- 1.9 国土地理院水準点成果による沈下量(1969以降)
出典) 国土地理院基準点成果閲覧サービス <http://sokuservice1.gsi.go.jp/>

1.2.2 近年の地盤沈下量とそれらが及ぼす汀線後退量の試算

海岸侵食の検討と時期をあわせるために、以下では、1983 年以降のデータを用いて検討した。なお汀線後退量については、観測地点における地盤沈下量が汀線部分でも同様に発生していると仮定した。また、その地盤沈下量を海面水位上昇量と同等と見なし、先に検討した海面水位上昇と同手法(表- 1.3参照)にて試算を行った。

累計の地盤沈下量を算出した地点を位置図と合わせてそれぞれ図- 1.10, 図- 1.11に示す。累計の地盤沈下量は、沿岸方向の分布を確認するため、海岸線に近い観測点をつないだ測線- 1、岸沖方向の分布を確認するための測線- 2を対象に算出した。特徴的な事項を以下に示す。

- ・ 沿岸方向分布(測線-1)より、海岸に最も近いSE-51, SE-48, SE-3において、地盤沈下量が100mmを越えており、それより南側かつ内陸側のE-16以南では沈下量が100mm以下と小さい(図- 1.11)。
- ・ 岸沖方向分布(測線-2)を見ると、最も大きな地盤沈下は海側のSE-48で生じており、最大沈下量は181.1mmとなっている(図- 1.11下図)。
- ・ 岸沖方向分布(測線-2)を見ると、いずれの地点もおおむね100mm程度の地盤沈下が生じており、陸側、海側における偏りは確認できない(図- 1.11下図)。

汀線後退量は、海岸線に近い観測点をつないだ測線-1の9地点および最も海岸に近接する3地点(SE-51, SE-48, SE-3)について、1983年以降の沈下量を平均すると92mm(9地点平均)、151mm(3地点平均)となり、この平均沈下量に対して計算を行う事とした(図- 1.11上図)。

測線-1における平均の地盤沈下量92mm(9地点平均)および151mm(3地点平均)について汀線後退量を試算した結果を表- 1.4に示す。算出条件としては、1983年当時自然海浜で十分砂浜が残存していた石崎浜の測線No. -71(緩傾斜護岸前面)を仮定して、試算を行った。

試算の結果、宮崎海岸の海岸侵食が顕著となった1983年以降の平均沈下量が石崎浜で発生したと仮定すると汀線後退量は7.0m(9地点平均)、11.5mm(3地点平均)となった。

⇒一ツ瀬川河口右岸近傍の1983年以降の汀線後退量は最大約50mであり、仮に地盤沈下に起因する汀線後退が上記試算結果のとおり生じているとすれば、汀線後退のうちの10~20%となり無視できない。このことから地形変化モデルにより現況地形の再現を行う際に地盤沈下による汀線後退について考慮することを検討。

次に、1993~1994年ごろから沈下速度が沈静化傾向にあることに着目し、1993年以降の平均沈下量に対して、汀線後退量を試算した。測線-1における1993年以降の累計沈下量を図- 1.13に示す。

汀線後退量の算出に用いる平均沈下量は、前記と同様に測線-1の9地点の平均17.6mmおよび最も海岸に近接する3地点(SE-51, SE-48, SE-3)の平均37.4mmとした(図- 1.13)。

測線-1における平均の地盤沈下量18mm(9地点平均)および37mm(3地点平均)に対して、汀線後退量を試算した結果を表- 1.5に示す。

試算の結果、地盤沈下が沈静傾向にある1993年以降の平均沈下量が石崎浜で発生したと仮定すると汀線後退量は1.3m(9地点平均)、2.8mm(3地点平均)となった(表- 1.5)。

⇒1993~94年頃から、地盤沈下速度は沈静化傾向であり、海中部を含む汀線近傍での影響は不明であることから、現在起こっている、また、これから起こるであろう宮崎海岸の侵食に対して、地盤沈下は第一の要因とはならないと考えられる。したがって現時点では、将来予測の検討にあたって地盤沈下の影響については考慮しないこととして地形変化モデルの検討を進めるが、地形変化モデルによる予測結果や、新たな知見を踏まえて、適宜見直しを行う事とする。

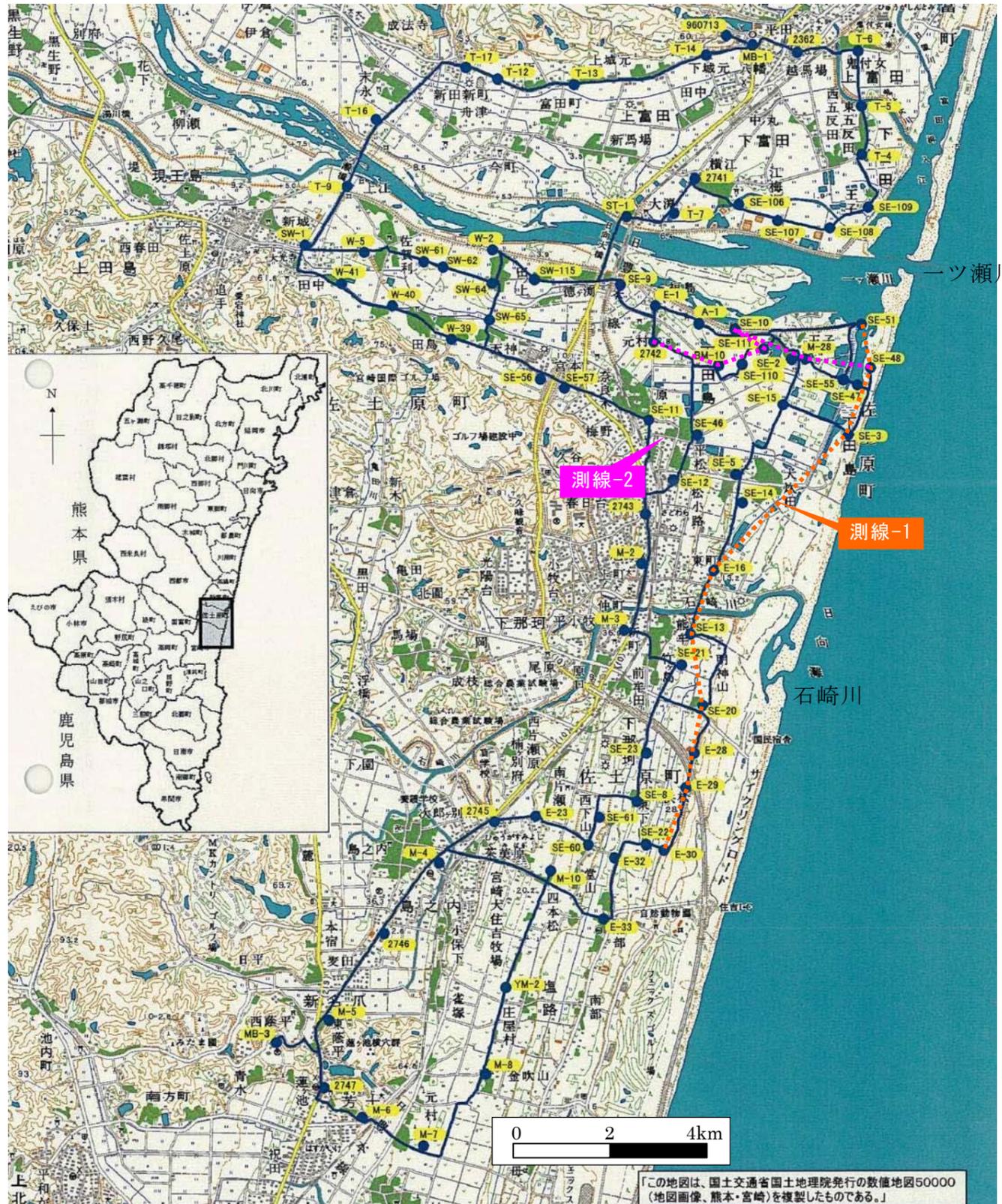


図- 1.10 地盤沈下量測線位置図

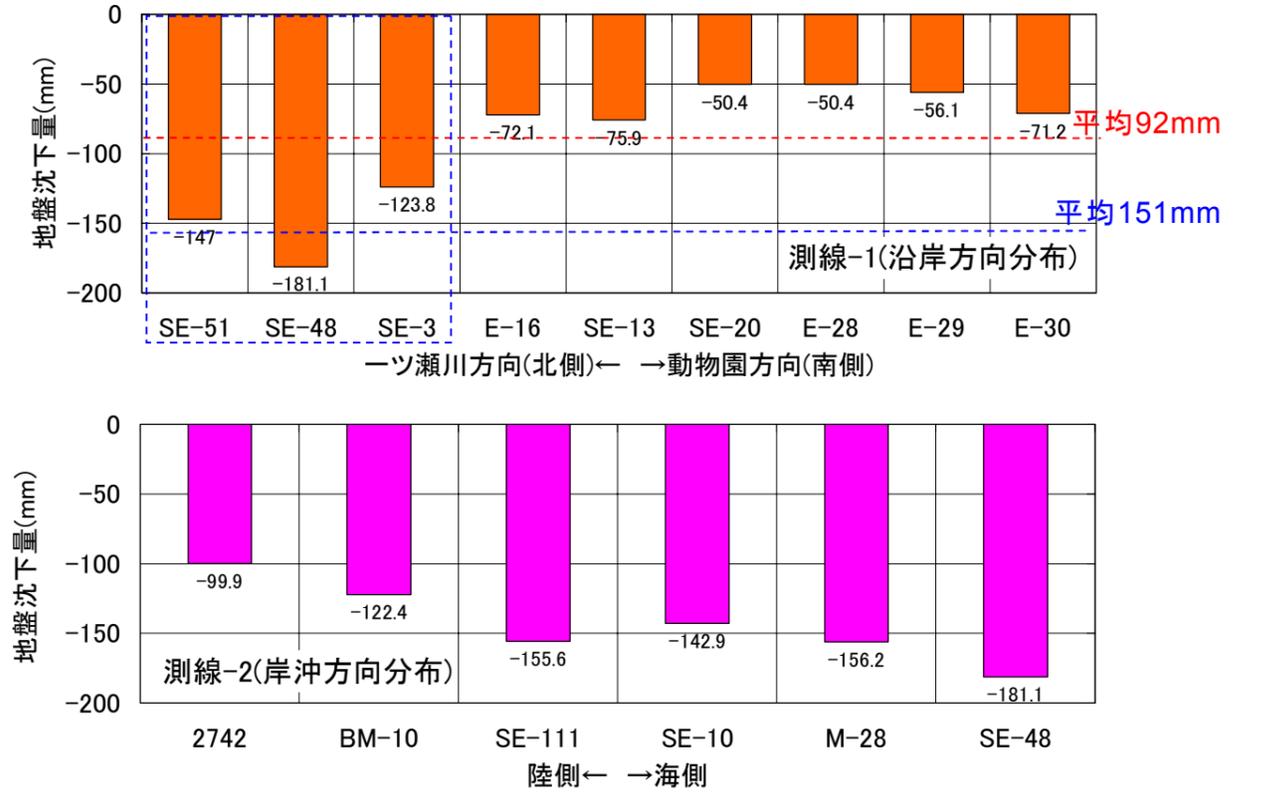


図- 1.11 地盤沈下量の分布 (1983~2003年, 21年間)

表- 1.4 宮崎海岸における地盤沈下による汀線後退量算出結果 (1983~2003年, 21年間)

項目	値		単位	備考
	9地点平均	3地点平均		
汀線からh*までの沖方向距離 W_* =	1092.8		m	1983・1993・2004・2007年の測量データの平均値
地盤沈下量(海面上昇量) S =	0.092	0.151	m	
バーム高 B =	3.0		T.P.m	
前浜勾配 $\tan \beta$ =	0.067			1/15
海浜断面定数 A =	0.1131			
汀線後退量 Δy =	7.0	11.5	m	1983~2003年(21年間)



図- 1.12 地盤沈下量測線位置図

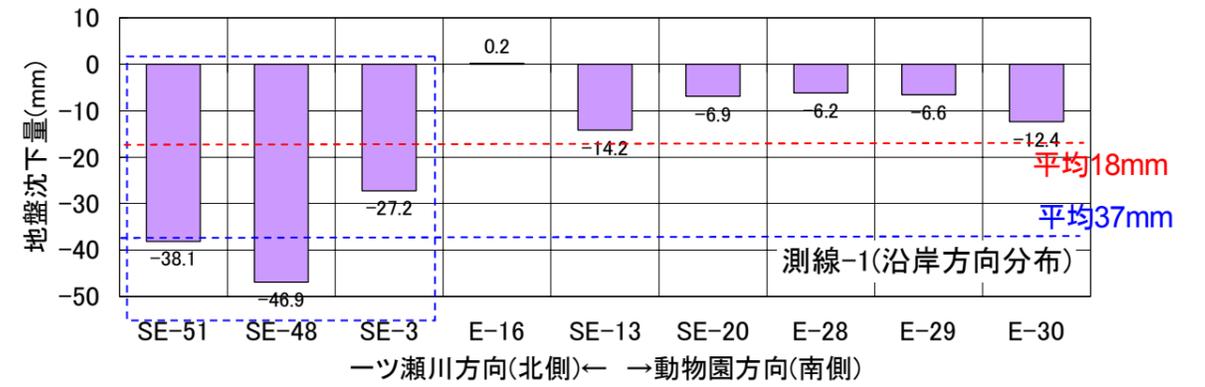


図- 1.13 地盤沈下量の分布(1993~2003年, 11年間)

表- 1.5 宮崎海岸における地盤沈下による汀線後退量算出結果 (1993~2003年, 11年間)

項目	値		単位	備考
	9地点平均	3地点平均		
汀線から h_* までの沖方向距離 W_* =	1092.8		m	1983・1993・2004・2007年の測量データの平均値
地盤沈下量(海面上昇量) S =	0.018	0.037	m	
バーム高 B =	3.0		T.P.m	
前浜勾配 $\tan \beta$ =	0.067			1/15
海浜断面定数 A =	0.1131			
汀線後退量 Δy =	1.3	2.8	m	1993~2003年(11年間)

1.3 飛砂の検討

1.3.1 近傍の風向、風速観測所

(1) 観測所位置

宮崎海岸近傍の風向・風速観測所の位置は表－ 1.6および図－ 1.14に示すとおりである。住吉海岸では、レーダーを用いた波浪観測を実施しており、波浪観測と同時に風向・風速についても観測を実施している。

表－ 1.6 宮崎海岸近傍の風向・風速観測所一覧

観測所名	所在地	風速計の設置標高 TP.(m)	風速計の地上高 (m)	観測開始年	備考
宮崎港	宮崎市宮崎港湾・空港整備事務所	22.8	17.2	1998年	
住吉海岸レーダー	宮崎市一ツ葉有料道路パーキングエリア	13.0	5.0	2006年	アンテナ部に 風向・風速計を設置



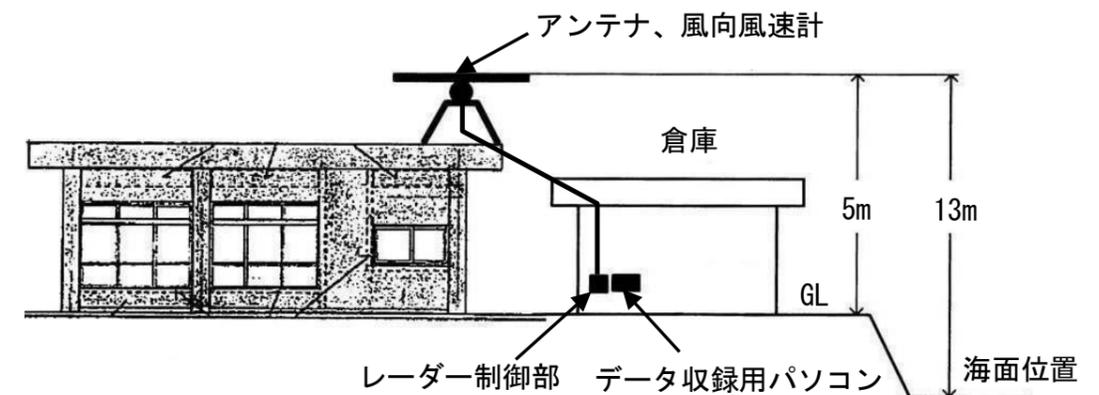
図－ 1.14 観測所位置図

(2) 観測状況

1) 住吉海岸レーダー



写真－ 1.1 観測状況写真



図－ 1.15 風観測状況模式図

2) 宮崎港(宮崎港湾・空港整備事務所)



(南側から望む)

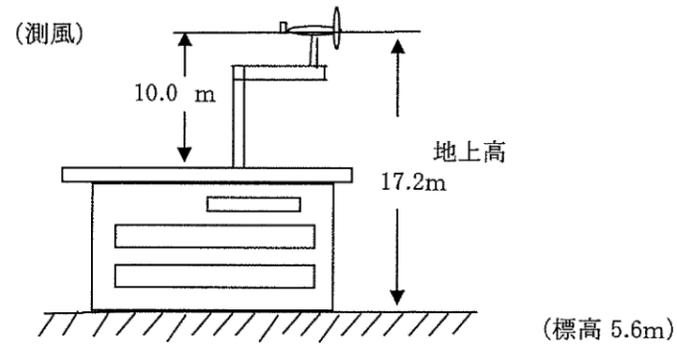


(南西側から望む)



(風向・風速計)

写真－ 1.2 観測状況写真



図－ 1.16 風観測状況模式図



測定範囲(風向)	16方位/360°
(風速)	2~70m/s
測定精度(風向)	±5°
(風速)	5m/s以下で、±0.5m/s以下 5m/sを超えた時、指示値の±5%以下
動作環境	温度 0~40°C 湿度 30~85% rh
パネルカット寸法	(W)256×(H)129mm
寸法・質量	(W)263×(H)136×(D)239mm 約3.5kg

図－ 1.17 風向風速計仕様

1.3.2 風向・風速データ整理結果

各観測所の観測結果の比較のため、風速の経時変化を整理した。結果は図－ 1.18～図－ 1.19に示すとおりである。

各観測所の風向・風速の発生頻度についての整理結果は、図－ 1.21～図－ 1.22に示すとおりである。

飛砂を発生させる強風時(8m/s以上)の風速頻度分布は、図－ 1.23～図－ 1.24に示すとおりである。

- ・ 風速20m/s以上の強風は、台風が来襲する7～9月に多く発生し、風向は主に海岸から陸へ向かう方向である。
- ・ どちらの観測所の観測結果においても、陸からの風(WSW～NNW方向の風)の頻度が高い。
- ・ 8m/s以上の風については、海からの風(ENE～SSE方向の風)の頻度が高い。
- ・ 住吉海岸レーダー地点の観測結果は、陸から海方向の強風はほぼ観測されていない。
- ・ 住吉海岸レーダーの観測結果は、宮崎港の観測結果と比較して、飛砂を発生させる強風(8m/s以上)の頻度が少ない。

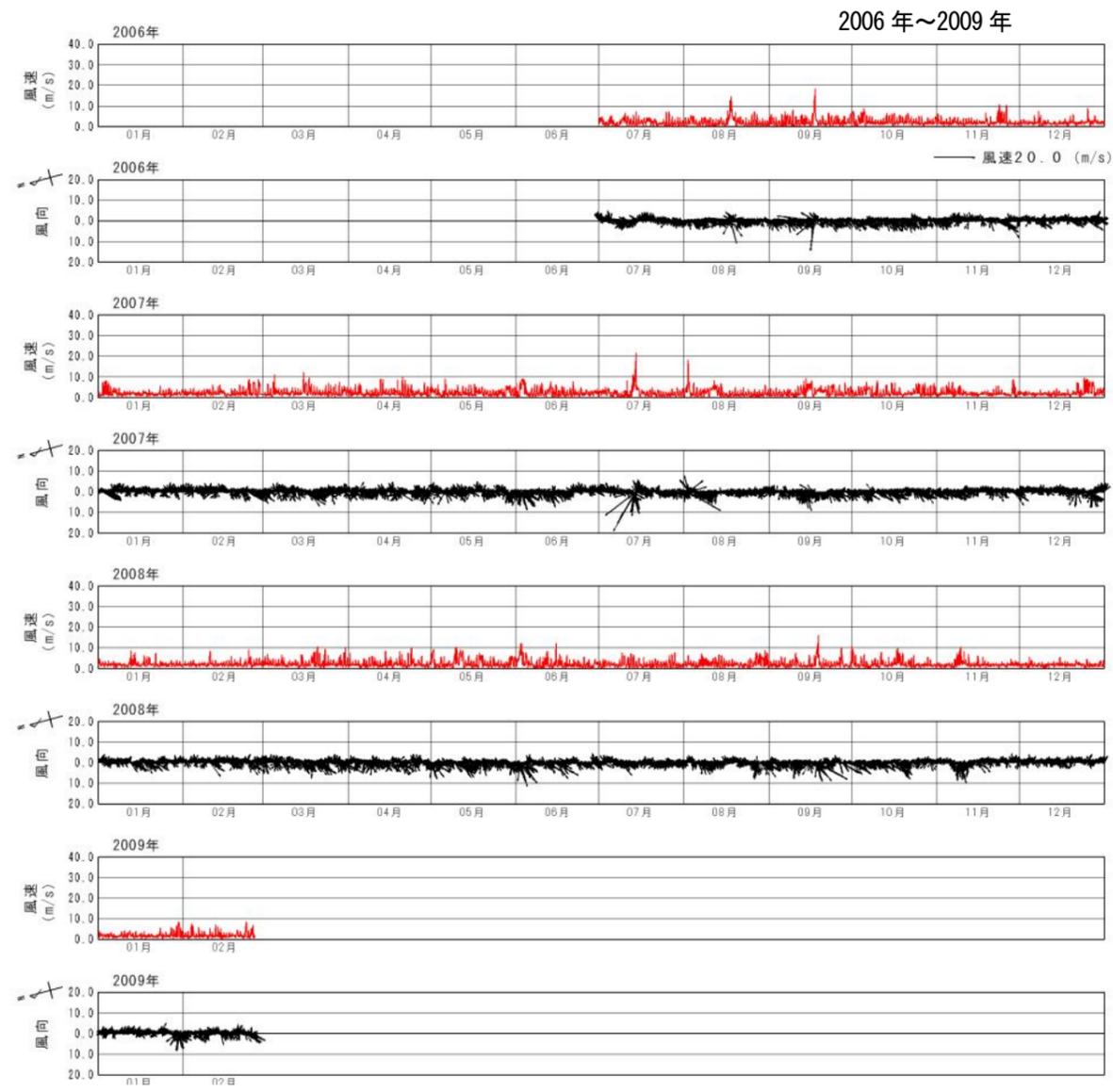
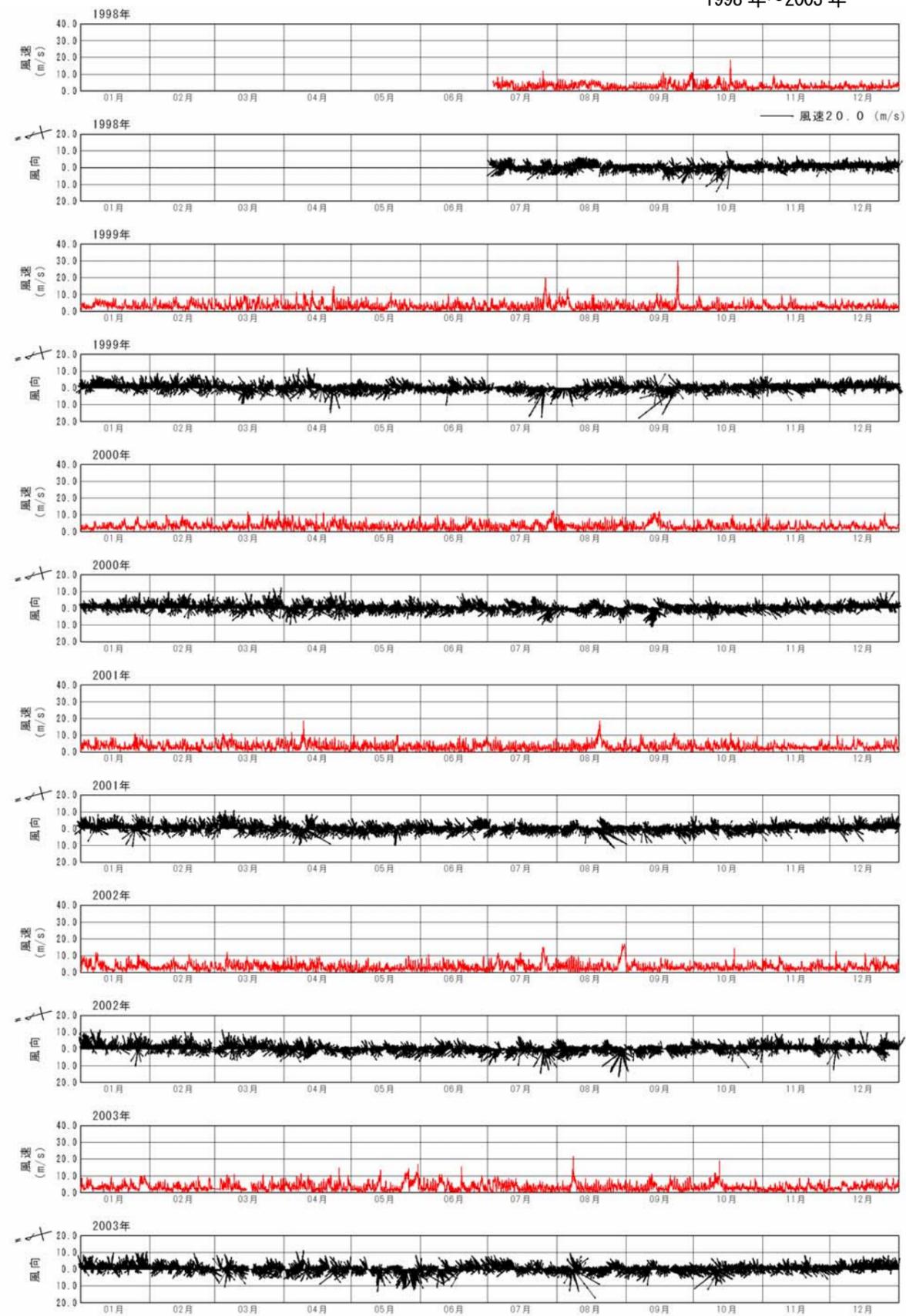


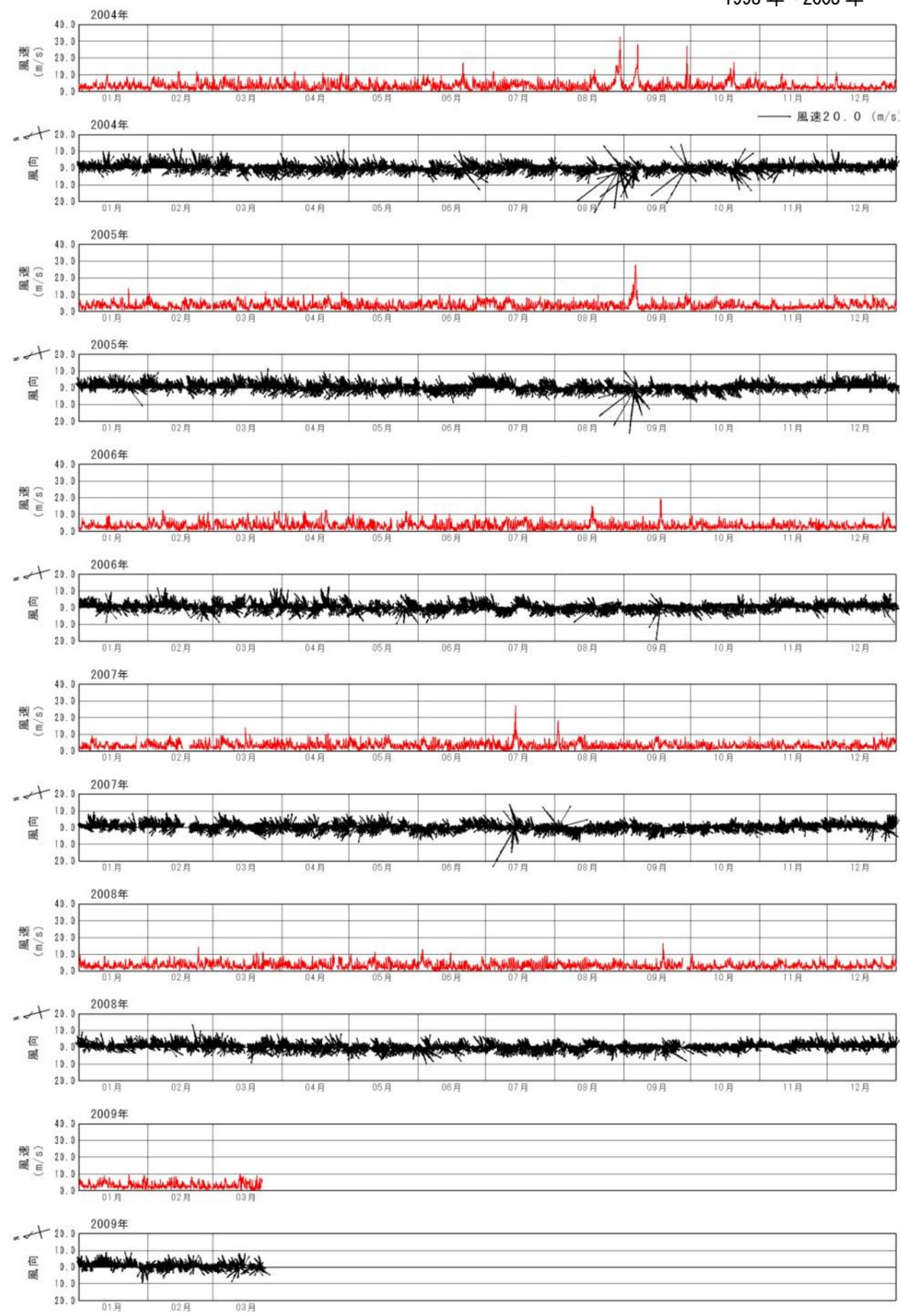
図- 1.18 住吉海岸レーダー地点 風向・風速観測データ時系列

1998年～2003年



図一 1.19 宮崎港風向・風速観測データ時系列(1998—2003)

1998年～2003年



図一 1.20 宮崎港風向・風速観測データ時系列(2004—2009)

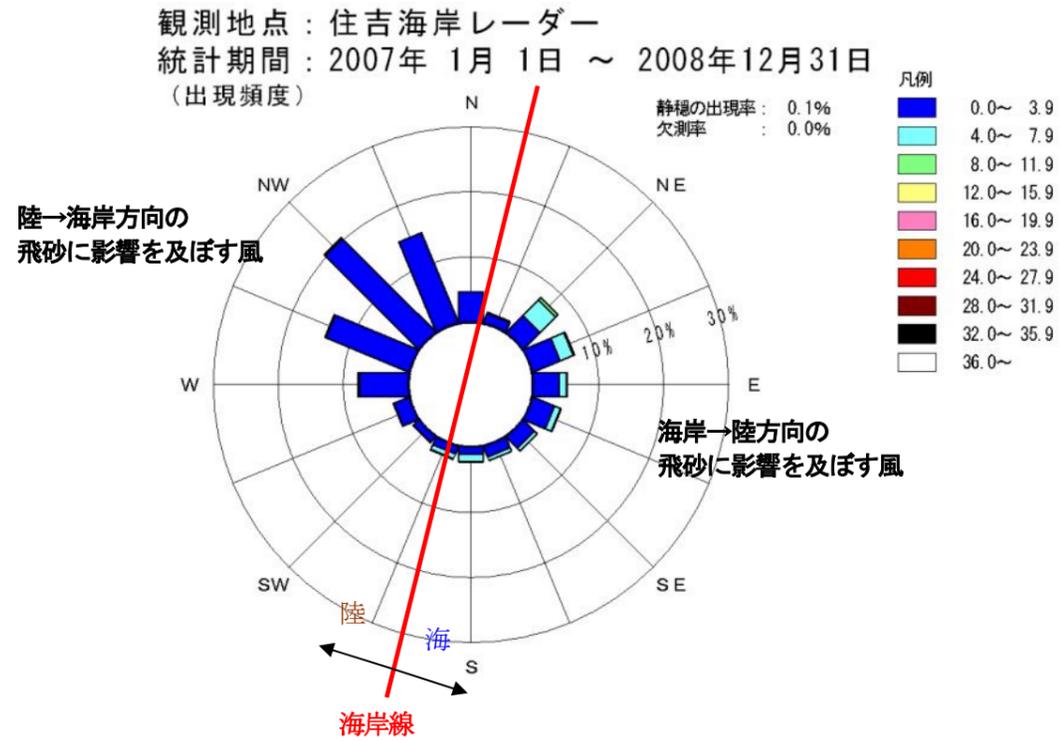


図- 1.21 住吉海岸レーダー地点の風速階級別出現頻度

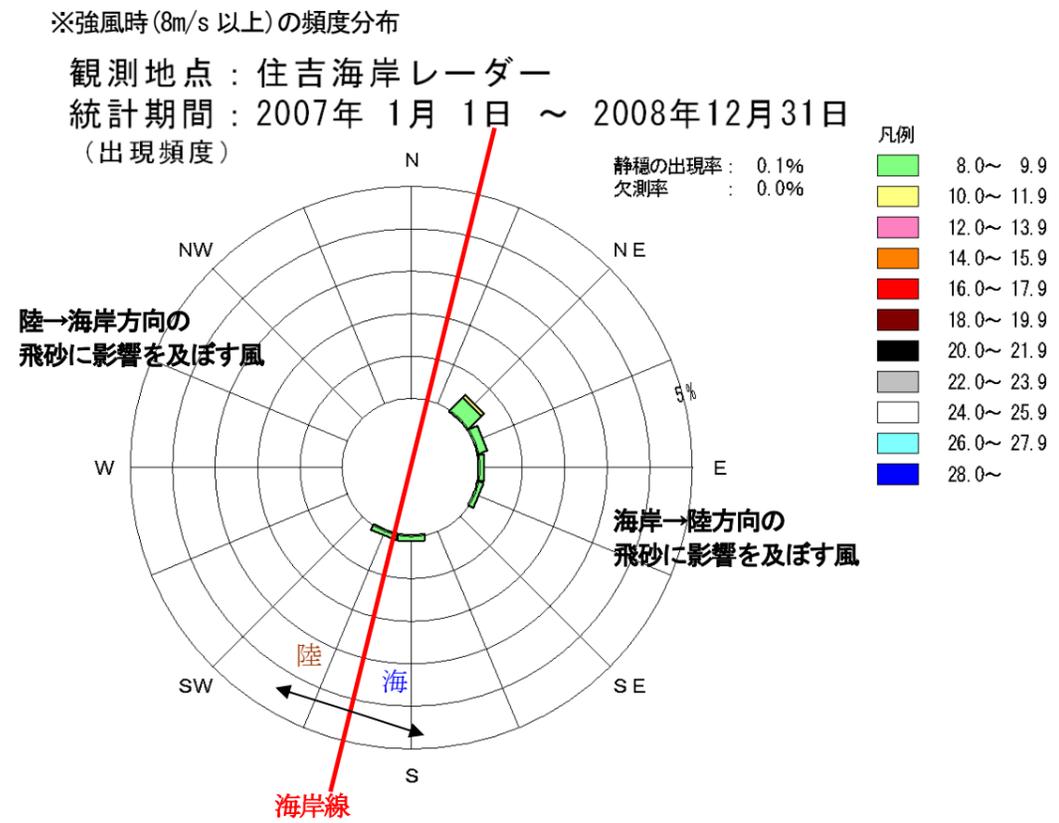


図- 1.23 住吉海岸レーダー地点の強風時の風速頻度分布

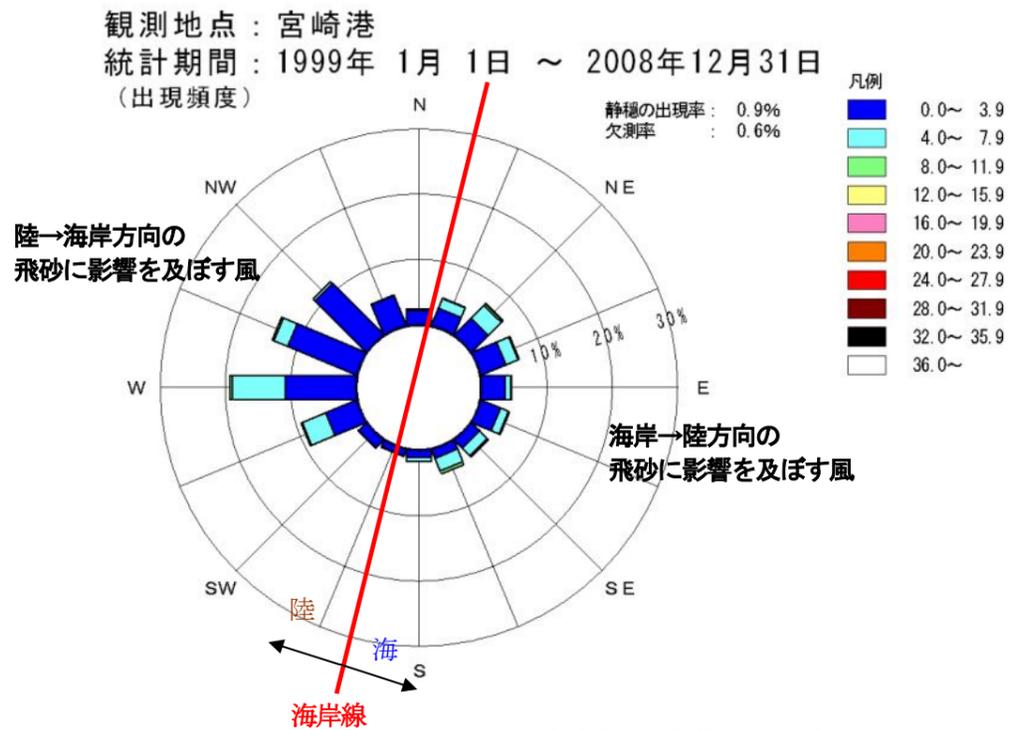


図- 1.22 宮崎港の風速階級別出現頻度

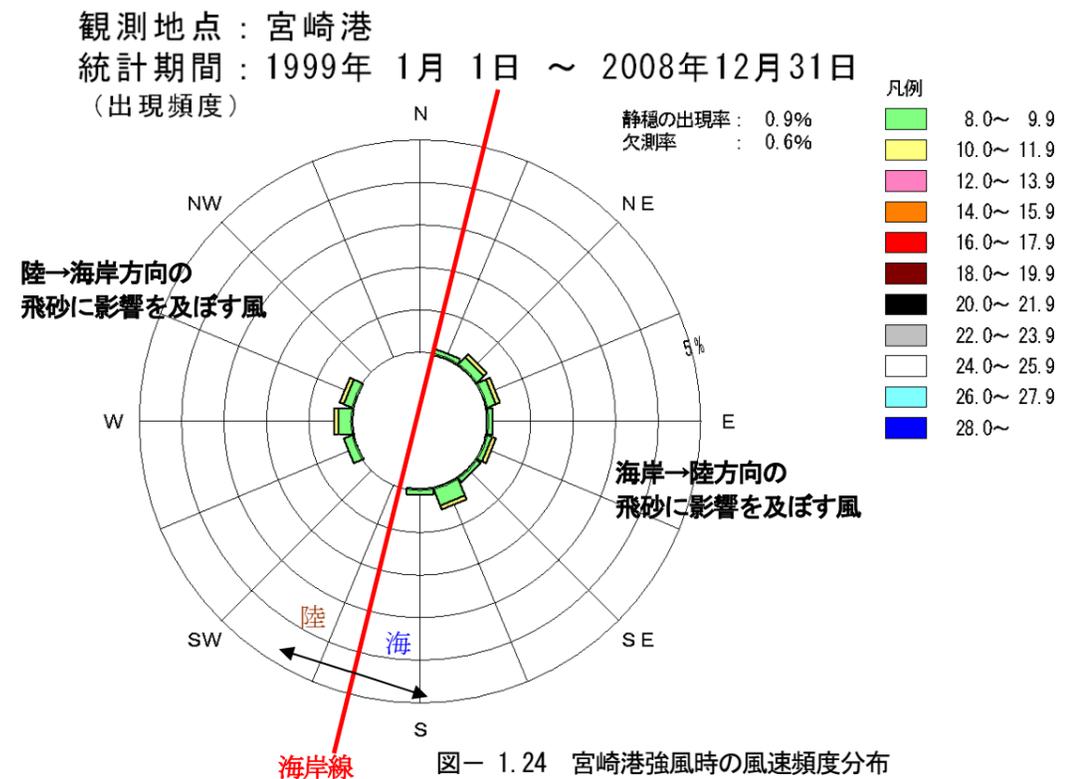


図- 1.24 宮崎港強風時の風速頻度分布

1.3.3 計算条件

河村公式により飛砂の算定を行った。計算条件は、表- 1.8に示すとおりである。飛砂の移動限界摩擦速度は、代表粒径 $d=0.3\text{mm}$ より、 25cm/s となる(参照)。

式 1.2 は、図- 1.26に示すような状態を想定している。

表- 1.7 河村公式による飛砂量の算定方法

○風向・風速計の平均的な高さを $z\text{m}$ として、摩擦速度 u_* と高さ z における風速値 u_z との間に(1)式を仮定する。

$$u_z = 5.75u_* \log_{10} \frac{z}{z'} + u' \quad \text{式 1.1}$$

u_* : 摩擦速度

z : 砂表面からの高さ

u' , z' : focal point

○focal point (砂表面上の砂粒子が運動状態にあるときの風速の鉛直分布を表す直線群のすべてが集中する点) u' ,

z' は、以下の実験式で表す (Zingg, 1952)

$$z' = 10 d \text{ (mm)}$$

$$u' = 20 d \text{ (mile/hour)} = 8.94 d \text{ (m/s)}$$

○飛砂量公式として河村公式を用いる

$$q = K \frac{\rho_a}{g} (u_* + u_{*c})^2 (u_* - u_{*c}) \quad \text{式 1.2}$$

q : 飛砂量 ($\text{kg}/\text{m} \cdot \text{s}$)

K : 実験係数

ρ_a : 空気の密度

g : 重力加速度

u_{*c} : 移動限界摩擦速度 (Bagnord, 1954 の算定図より決定)

○式 1.2 にて推算される飛砂量は、風向に直角な方向の単位幅を通過する量である。風向が海岸線に直角な方向より θ だけ傾いている場合、単位幅に換算するものとして式 1.2 の値を式 1.3 にて補正する。

$$q' = q \cos \theta \quad \text{式 1.3}$$

○以上の手順により、観測期間中の 10 分間毎の風向・風速を与えて全飛砂量を算定する。

表- 1.8 飛砂量算定の計算条件

項目	宮崎港	住吉海岸レーダー
代表粒径(mm)	0.3mm	
空気の密度 $\rho_a(\text{kg}/\text{m}^3)$	1.226	
砂の単位体積重量 $\rho_s(\text{kg}/\text{m}^3)$	1,800 ※砂が堆積した場合の単位体積質量	
重力加速度 $g(\text{m}/\text{s}^2)$	9.81	
風速計の設置高さ(m)	17.2m	5.0m
風向・風速データ	宮崎港観測データ (1998年から2009年) 10分間平均値	住吉海岸レーダー地点 観測データ (2006年から2009年)10分 間平均値

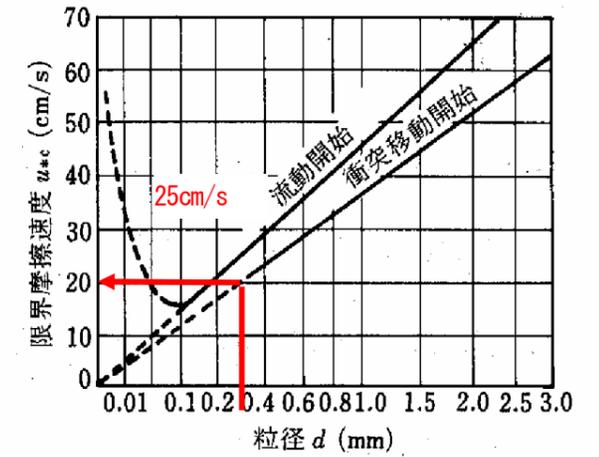


図- 1.25 限界摩擦速度の算出

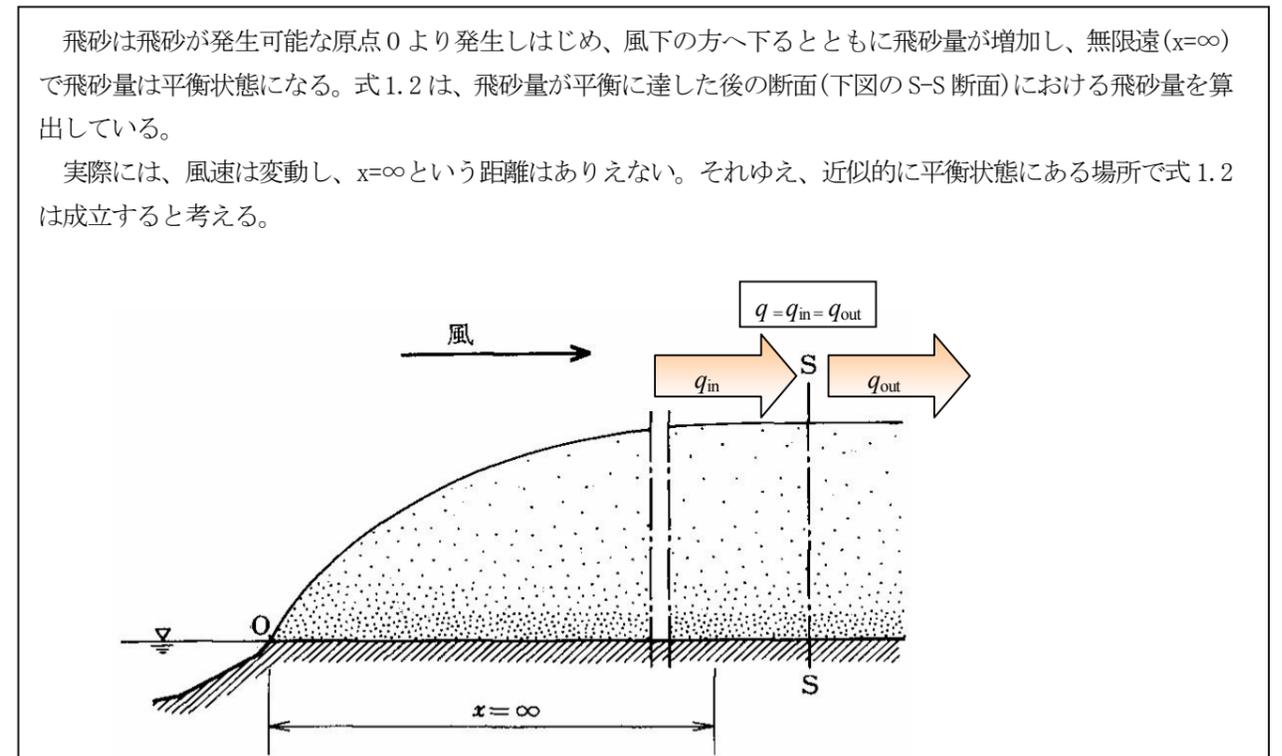


図- 1.26 飛砂発生状態の模式図

(「海岸環境工学 海岸過程の理論・観測・予測方法」第2編 第5章)

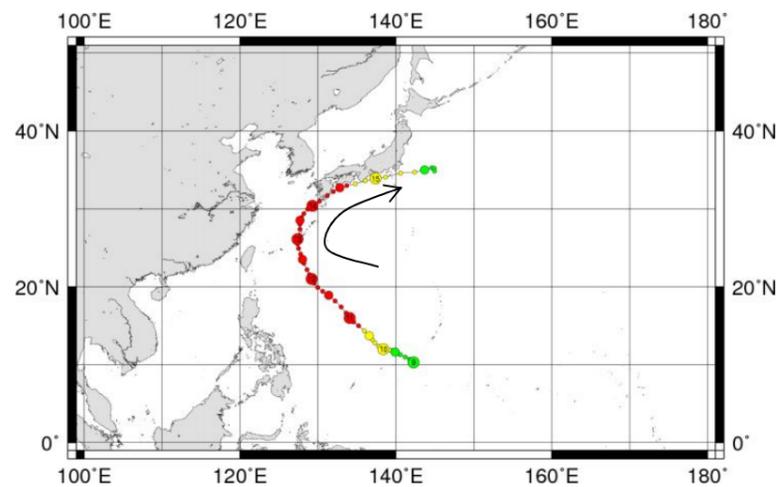
1.3.4 係数 K の同定

河村公式の実験係数 K は、一般に現地での飛砂観測や砂浜の測量により求まる土量変化を参考に同定される。

しかし、宮崎海岸での飛砂の現地観測は行われていない。また、高波浪時は砂丘まで波が達することから、汀線から砂丘までの区間の土量変化は、波の影響を受けるため、飛砂による土量変化は砂丘より沖側の測量結果が必要となるが、砂丘等の測量も行われていない。

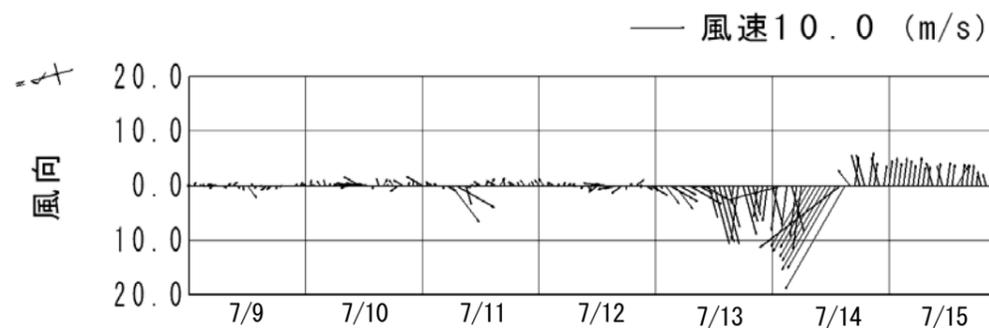
そこで、宮崎海岸に並行する一ツ葉有料道路では、台風が宮崎県近傍を通過した後（特に宮崎県の西側を台風が通過する場合）に、道路内に最大 4cm 程度堆積し、通行止めになる場合があるとの情報を得た（宮崎県道路公社ヒアリングより）。

台風が宮崎県西側を通過し、海から陸方向へ強風が発生している期間をレーダー地点風向・風速観測結果からピックアップすると、台風 0704 号が通過する 2007 年 7 月 9 日～7 月 15 日が挙げられる。台風 0704 号の通過により発生する海岸から流出する飛砂量を一ツ葉有料道路（4 車線×3.25m=13m）に 4cm 堆積する飛砂量と等しいものと考え、このとき海岸から流出する飛砂量は $0.52\text{m}^3/\text{m}$ ($13\text{m} \times 0.04\text{m}$) と試算される。よって、台風 0704 号が通過中に発生した飛砂量が、仮に $0.52\text{m}^3/\text{m}$ となるように係数 K の同定を行うものとする。このとき求まる係数 K は、レーダー地点で $K=0.458$ 、宮崎港で $K=0.346$ となる。



出典) 国立情報学研究所 (NII) HP : <http://agora.ex.nii.ac.jp/~kitamoto/>

図－ 1.27 台風 0704 経路図



図－ 1.28 台風 0704 通過時の風況 (2007/7/9～2007/7/15)

1.3.5 計算結果

飛砂量算定結果は、表－ 1.9、表－ 1.10、図－ 1.29および、図－ 1.30に示すとおりである。また、計算結果における飛砂による土砂移動の模式図を図－ 1.31に示す。

結果から確認された特徴的な事項を以下に示す。

- ・ 海岸から陸方向へ移動する飛砂量は、陸から海岸方向へ移動する飛砂量に比べ大きい。
- ・ 海岸から陸へ移動する飛砂量は、年ごとに大きく異なる傾向がある。
- ・ 陸から海岸へ移動する飛砂量は、年ごとの差異が小さい。
- ・ 最も現地海岸に近接する観測地点である住吉海岸レーダー地点風況での飛砂量試算結果では、約 $0.55\text{m}^3/\text{m}/\text{年}$ の砂が海から陸方向へ、 $0.01\text{m}^3/\text{m}/\text{年}$ の砂が陸から海方向へ移動している。

⇒飛砂による海から陸方向への移動は、約 $0.5\text{m}^3/\text{m}/\text{年}$ と試算されたものの、これらは経験式による計算結果で係数 K の取り扱い等によって大きく変化する。また、本検討では、海岸域での海岸線と平行な単位長さ当たりの断面を通過する飛砂量を算出しているが、実際の海岸では護岸や保安林等が設置されているため、海岸域から陸域へ飛砂の流出が防止される箇所や、砂浜が消失しており飛砂が生じない箇所もある。このため海岸全域で平均化すると陸域への流出飛砂量は計算結果よりも小さくなると考えられる。したがって、飛砂の影響については考慮しないこととして検討を始めるが、地形変化モデルによる予測結果や、新たな知見を踏まえて、適宜見直しを行う事とする。

表－ 1.9 年間飛砂量算定結果

		飛砂量 ($\text{m}^3/\text{m}/\text{s}$)											平均	
		1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年		2009年
宮崎港	①海→陸	0.15	0.99	7.14	0.32	0.94	0.69	2.84	1.46	0.26	0.58	0.11	0.01	1.53
	②陸→海	0.00	0.06	5.82	0.05	0.13	0.11	0.30	0.10	0.26	0.17	0.05	0.01	0.70
住吉海岸レーダー	①海→陸									0.16	0.70	0.41	0.01	0.55
	②陸→海									0.03	0.01	0.00	0.00	0.01

■ : 1年間のデータが無い

表－ 1.10 年間飛砂量平均

	飛砂量 ($\text{m}^3/\text{m}/\text{年}$)	
	住吉海岸レーダー (K=0.458)	宮崎港 (K=0.346)
①海→陸	0.55	1.53
②陸→海	0.01	0.70

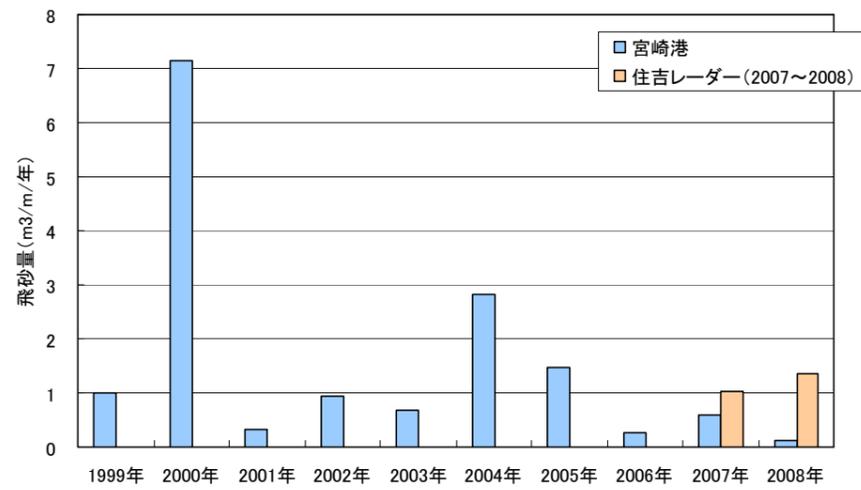


図- 1.29 海岸→陸方向の飛砂量

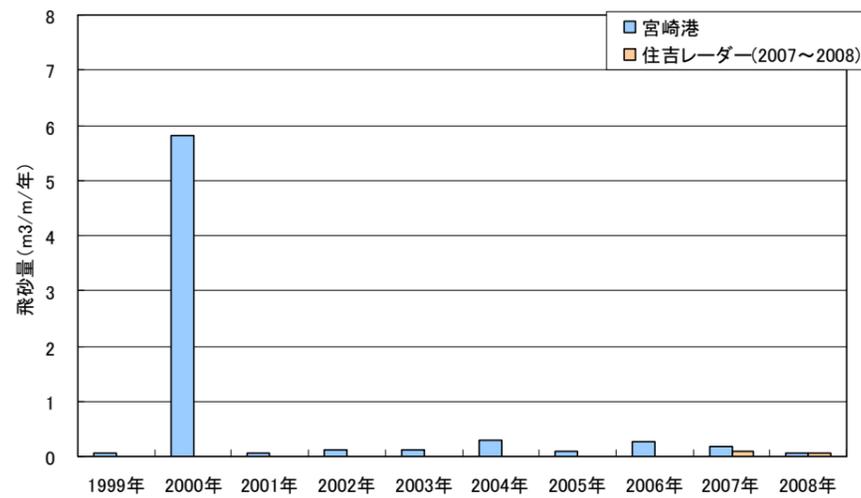


図- 1.30 陸→海岸方向の飛砂量

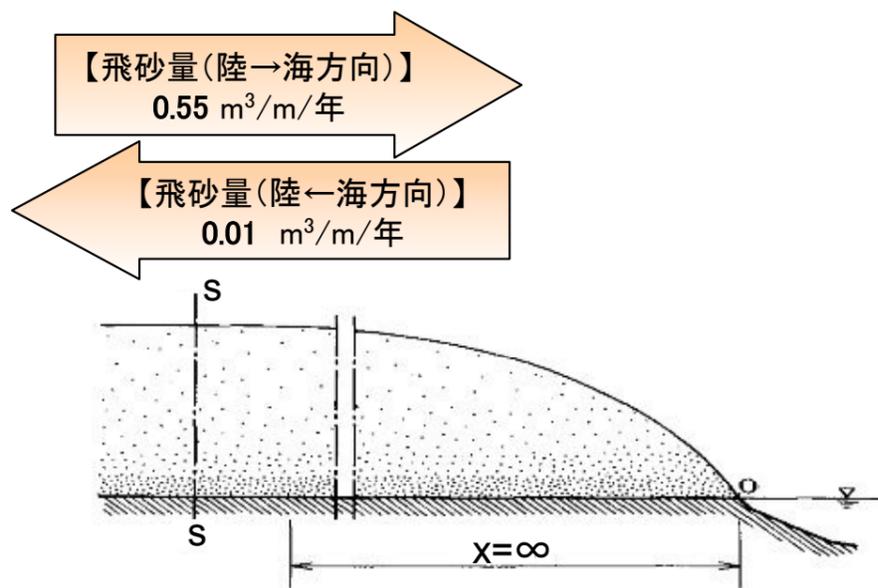


図- 1.31 海岸での飛砂発生模式図

1.3.6 (参考) 宮崎海岸の砂堤および砂丘

宮崎海岸は直線的な海岸線を有しており、その砂浜に並走するように、砂堤・砂丘が形成している。砂浜は波打ち際から高くなり、海から数10~100mの所で高さ数m~10mの砂堤に続いている。その砂堤・砂丘上には、防潮林等が形成されている。

砂丘は大淀川河口から一ツ瀬川河口の間でもっとも高く幅広く発達し、宮崎市北東部ではほぼ3kmに達し、6~7列の砂丘列が認められる。海岸に面した砂丘がもっとも大きく、延長35km、幅500~800m、高さ10~20mで最高は28mに及ぶ。しかし、南部の一ツ葉地域および北部の佐土原付近では10m以下と低平である。内陸側の3~4列は幅200~400m、高さ10~14mで起伏も小さい。

宮崎平野の砂丘列は、縄文時代以降のもので、内陸側のものほど時代が古く、海岸に面する列がもっとも若い。砂丘層中に産する貝化石や砂丘列間の堤間堆積物中の泥炭の炭素同位体年代、挟在または被覆する火山灰層の年代、考古学的遺跡や遺物との前後関係などによって、砂堤・砂丘の時代が決められる。

海岸のすぐ内側にできる砂堤や海岸砂丘が内陸深くまで存在し、時代順に海側に配列することは、その地域が隆起したこと(あるいは海面が低下したこと)を物語っている。

宮崎海岸の砂堤・砂丘の発達過程は、下図に示すとおりである。

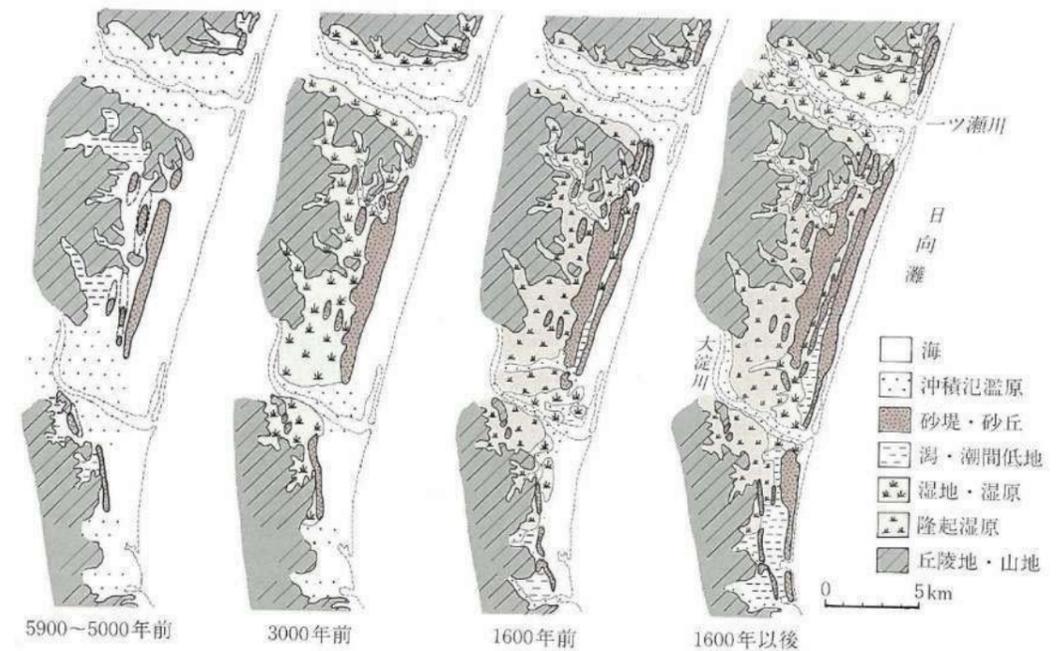


図- 1.32 宮崎砂堤・砂丘の発達史

(出典: 「日本の自然 地域編7 九州」岩波書店)

1.4 宮崎港南防波堤による大淀川からの土砂移動の阻害について

(1) 住吉海岸の沿岸漂砂量分布

1982年9月から2003年1月に実施された深浅測量成果より得られた平均的海浜断面の水深変化を、標準偏差で表したものを図-1.33に示す。汀線付近からT.P.+5mに至る範囲で、最大約±2.5m程度の水深変化がある。ただし水面上の地形変化は砂丘侵食によるものも含まれると考えられる。また、T.P.-7.0m付近に最大±2m程度の変化が見られる。これは、宮崎海岸でバー（沿岸砂州）の形成が見られる水深帯であることから、バーの消長の現れと推定される。T.P.-7.0m付近から沖合いに向かうにつれ、徐々に変化量は減少し、T.P.-12.0m付近ではほぼ一定値となる。このことから、顕著な地形変化の沖側境界水深はT.P.-12.0m程度であると考えられる。

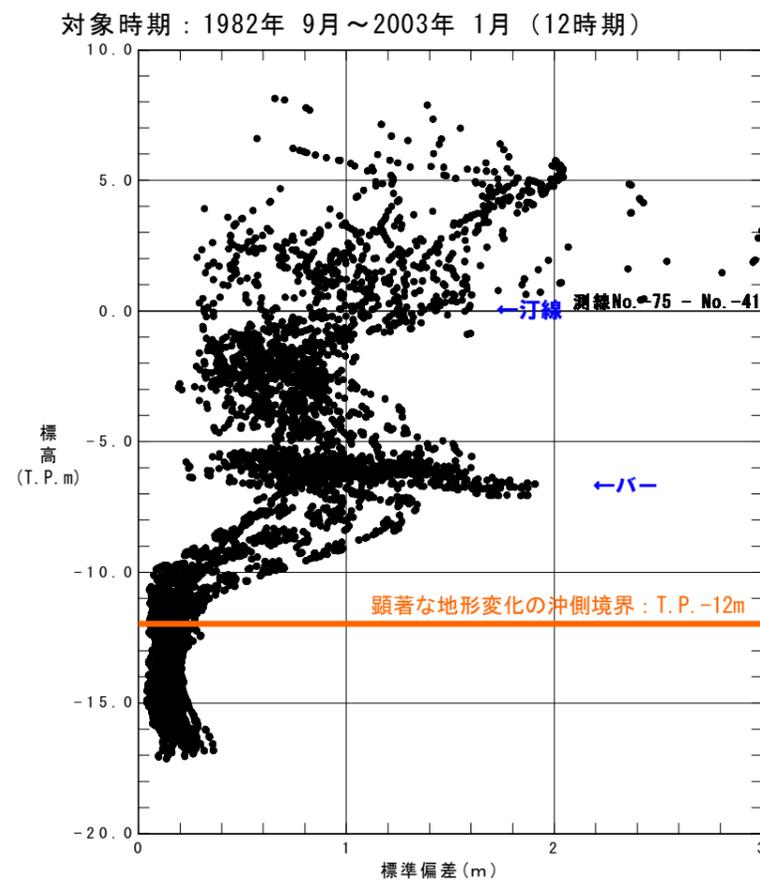


図-1.33 住吉海岸における水深方向地形変化量分布

(2) 宮崎港南防波堤の先端位置（先端水深）

2008（H20）年11月～2009（H21）年3月にかけて宮崎港～小丸川の広範囲における測量を実施している。その測量成果から、宮崎港南防波堤近傍の状況を確認した結果、南防波堤の先端位置（先端水深）はT.P.-16～-17m程度であり、先に示した住吉海岸の顕著な地形変化の沖側境界水深T.P.-12mよりも十分深い状況であることが確認された。

以上より、宮崎港南防波堤により、沿岸漂砂による南北の漂砂のやりとりはない（大淀川から宮崎海岸への土砂の移動はない）と推定される。したがって、宮崎海岸の海岸侵食に対する是正効果という観点では、大淀川からの土砂供給回復よりも、一ツ瀬川、小丸川の土砂供給回復が重要となってくる。

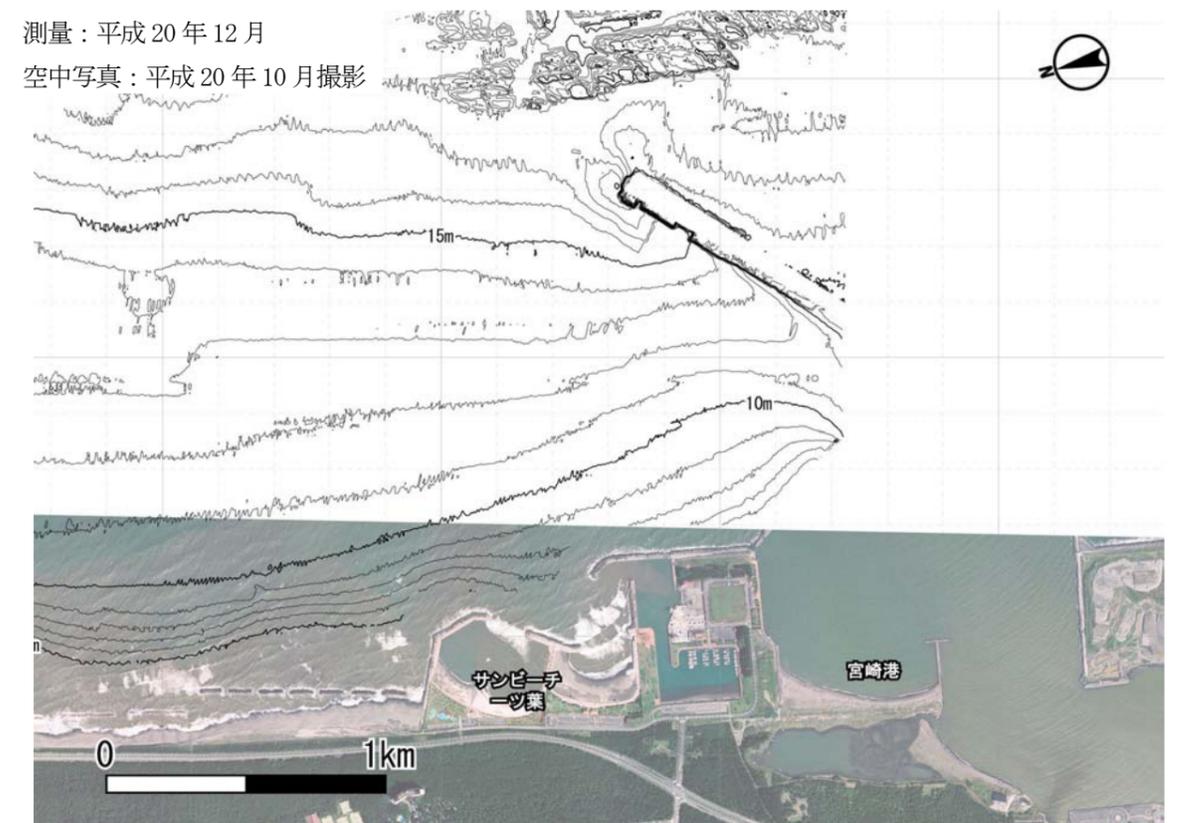


図-1.34 宮崎港南防波堤周辺平面図

2. 推定される侵食メカニズムについて

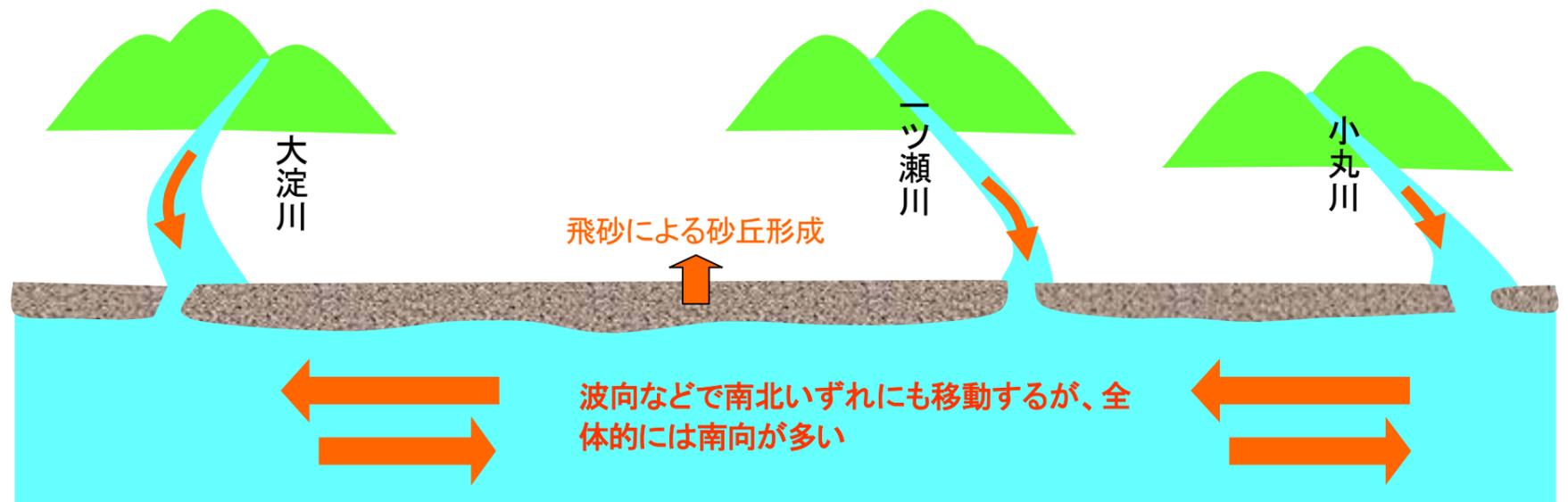
以上の基礎情報の収集整理検討結果より、推定される宮崎海岸の侵食メカニズムは以下に示すとおりである。

(1) 人工改変前の自然状態の土砂移動イメージ(図ー 2.1)

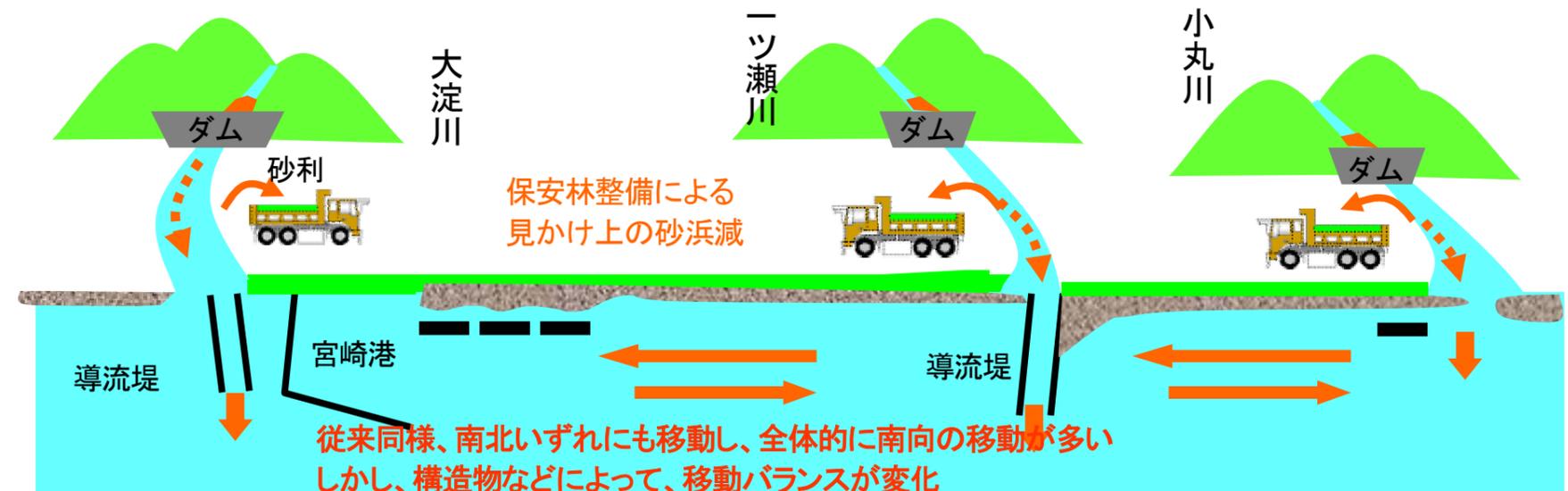
- ・ 山地から出た土砂が、川を通して海まで流れつき、砂浜を形成する。
- ・ 海に出た砂は、波向などによって北や南へ移動するものの、全体的には南向が多い。

(2) 現在の状況における土砂移動イメージ(図ー 2.2)

- ・ 山地から出た土砂が、ダムなどによってせき止められたほか、河道での砂利採取などによって、海まで流れつく砂そのものが減少した。
- ・ 海に出た砂は、港や導流堤などの構造物によって、移動バランスが変化した。
- ・ その他、海面上昇、地盤沈下、飛砂などの影響が考えられる。
- ・ これらの結果として海岸侵食が発生した。



図ー 2.1 人工改変前の自然状態の土砂移動イメージ



図ー 2.2 現在の状況における土砂移動イメージ

3. 沖合への土砂流出についての検討

3.1 沖合底質

1997～1998年、2002年および2004年に宮崎海岸周辺にて重鉍物調査が実施されている。そのデータを用いて宮崎海岸の汀線近傍、T.P. -10m、-20m、-30mにおける底質特性について検討した。宮崎海岸周辺の底質特性を整理した結果は、図-3.1に示すとおりである。これらから確認された特徴的な事項を以下に示す。

a) 粒度組成 (図-3.1(2))

■平田川～小丸川(st. 13～st. 15)

- ・ 汀線近傍に、2mm以上の礫が多く分布している。平田川河口付近には、T.P. -10m地点にも4mm以上の礫が多く分布している。
- ・ 平田川河口付近を除いて、T.P. -10m～-30m地点は、0.0625～0.25mmの細粒砂、極細粒砂で構成されており、T.P. -10m～-30m間での粒度組成の差異は特に認められない。

■小丸川～宮崎港(st. 6～st. 12)

- ・ 汀線近傍は、主に0.125mm～0.5mmの細粒砂、中流砂で構成されている。
- ・ T.P. -10m～-30mは、0.0625mm～0.125mmの細粒砂、極細粒砂で構成されており、T.P. -10m～-30m間での粒度組成の差異は特に認められない。

■宮崎港～加江田川(st. 1～st. 11)

- ・ 汀線近傍は、主に0.125mm～0.5mmの砂で構成されている。
- ・ T.P. -10m～-30mでは、0.0625～0.125mmの砂およびシルト・粘土の割合が増加し、0.25mm以上の砂は、ほとんど認められない。

b) 中央粒径 d_{50} (図-3.1(1))

中央粒径 d_{50} は、汀線に近い範囲では0.2～0.3mmよりも大きく、-10mよりも深い水深では0.1～0.2mm程度である。

c) ふるいわけ係数 S_o (図-3.1(1))

ふるいわけ係数 S_o は、河口前面および周辺以外は1.5以下であり粒度が揃っている。大淀川より南側の方がふるいわけ係数が大きい

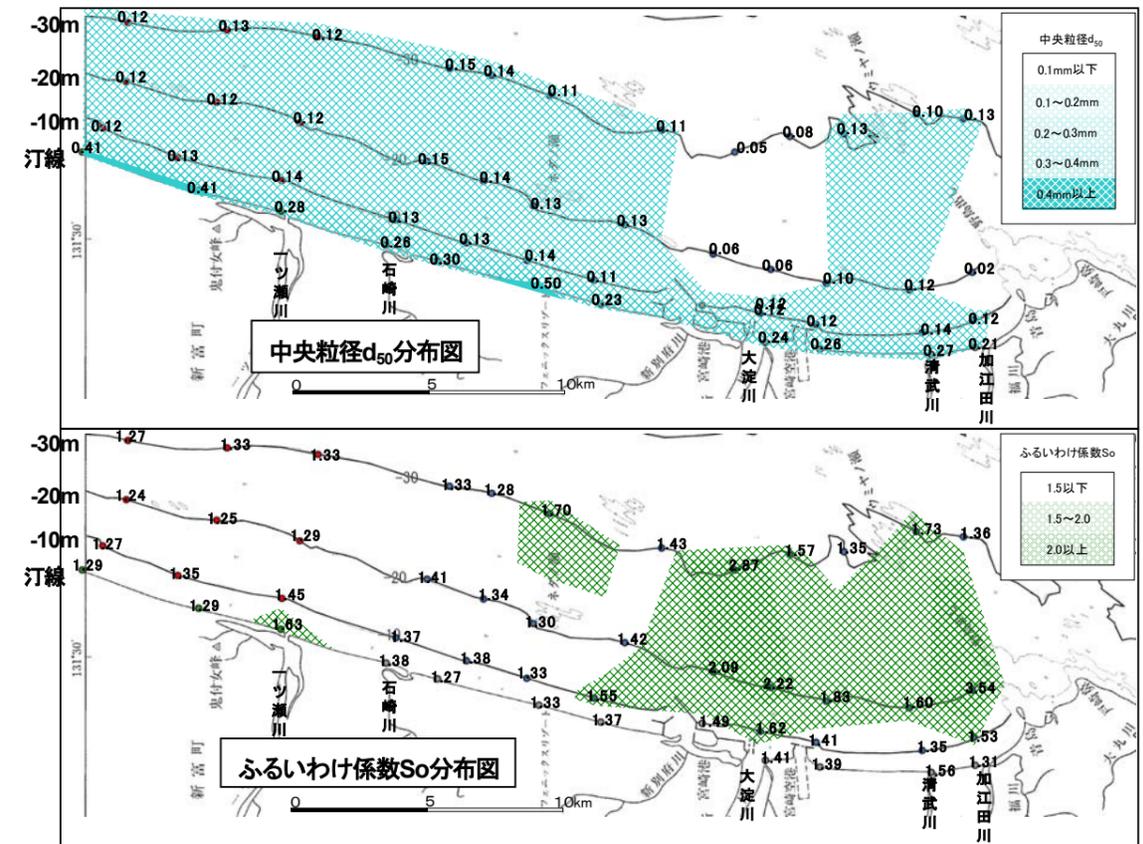
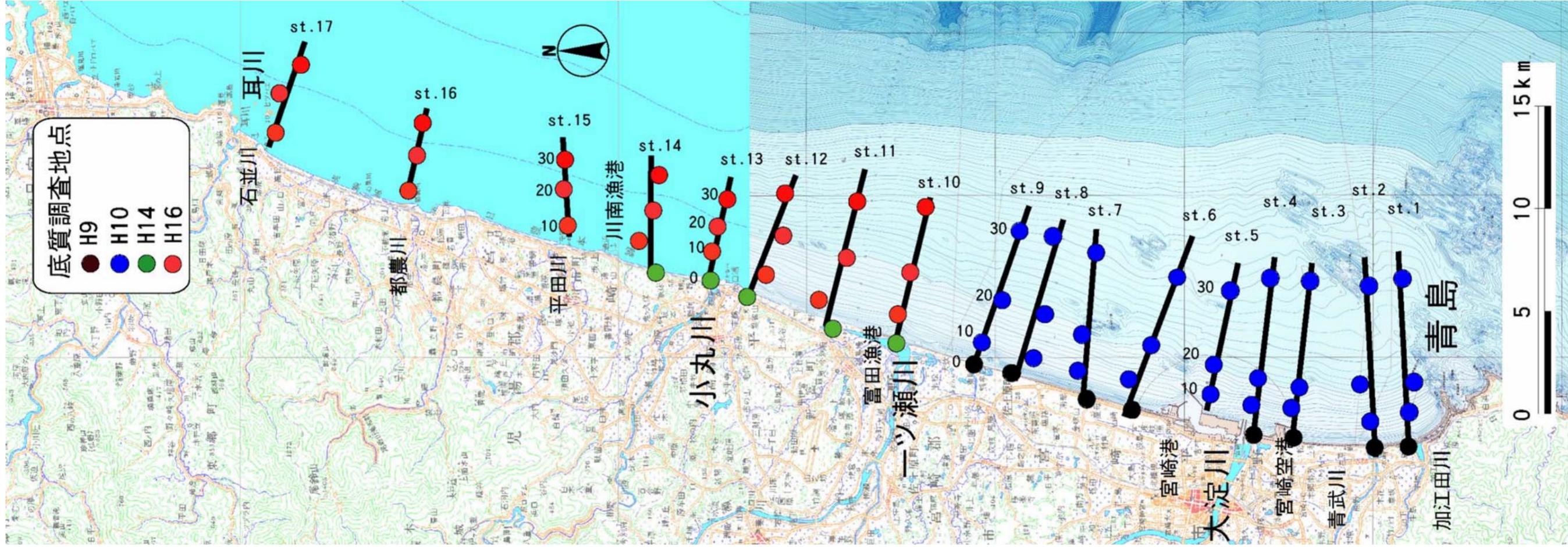
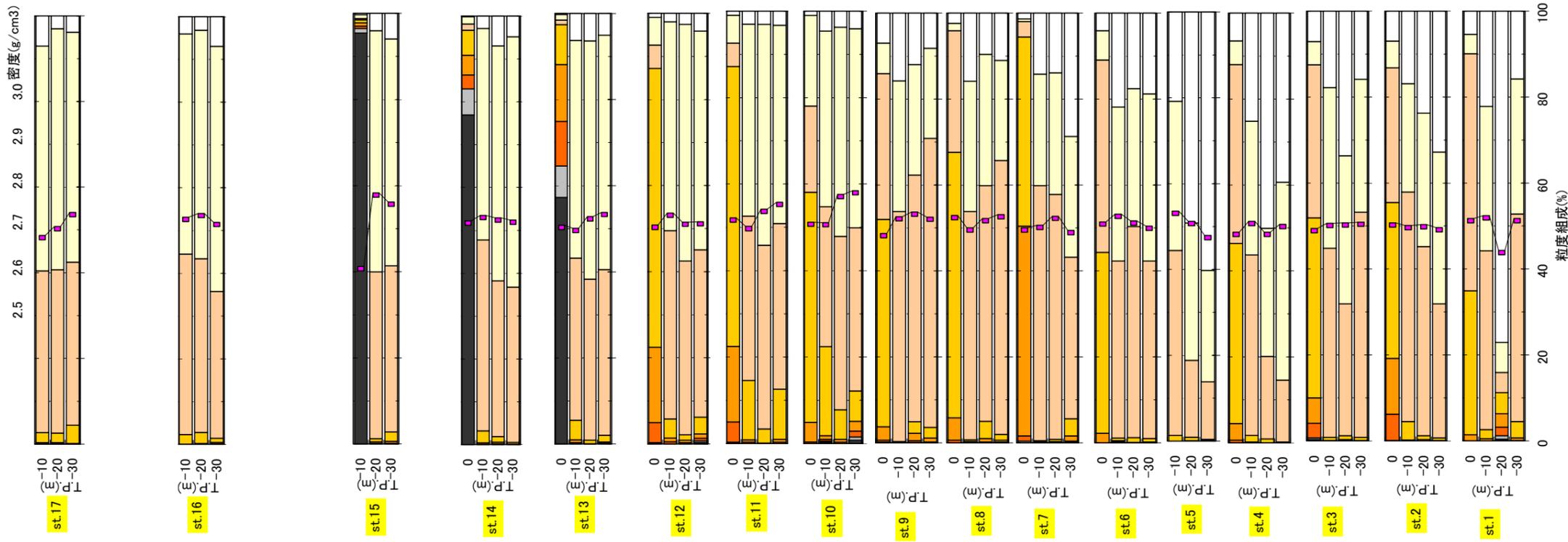


図-3.1(1) 宮崎海岸周辺沖合底質特性分布



- 中礫(4mm<d<64mm)
- 小礫(2mm<d<4mm)
- 極粗粒砂(1mm<d<2mm)
- 粗粒砂(0.5mm<d<1mm)
- 中粒砂(0.25mm<d<0.5mm)
- 細粒砂(0.125mm<d<0.25mm)
- 極細粒砂(0.0625mm<d<0.125mm)
- シルト・粘土(d<0.0625mm)
- 密度



図一 3.1 (2) 宮崎海岸周辺沖合底質

3.2 汀線近傍を含めた考察

3.2.1 調査概要

大淀川～小丸川区間においては2008年11月に、宮崎海岸の汀線近傍の底質調査を実施している(表-3.1)。

底質調査地点は、宮崎海岸の底質状況を面的に把握することを目的として、図-3.2の測線を設定した。また水深方向には図-3.3の断面図に示すようにT.P.-10m以浅は1mピッチ、およびT.P.-12mで底質を採取している。

表-3.1 調査内容

調査項目	実施地点	実施測線		実施日(期間)
底質調査	353地点 小丸川河口北側 ～ 大淀川河口	No. T53 : 16地点	No. -50 : 14地点	2008年11月 17～20日 (4日間)
		T44 : 13地点	-44 : 12地点	
		T31 : 19地点	-40 : 17地点	
		T17 : 16地点	-34 : 16地点	
		T2 : 17地点	-32 : 2地点	
		018 : 12地点	-30 : 8地点	
		010 : 26地点	-28 : 7地点	
		03 : 25地点	-26 : 5地点	
		-74 : 22地点	-24 : 3地点	
		-70 : 25地点	-22 : 3地点	
		-66 : 24地点	-20 : 1地点	
		-61 : 22地点	10 : 15地点	
		-56 : 13地点		

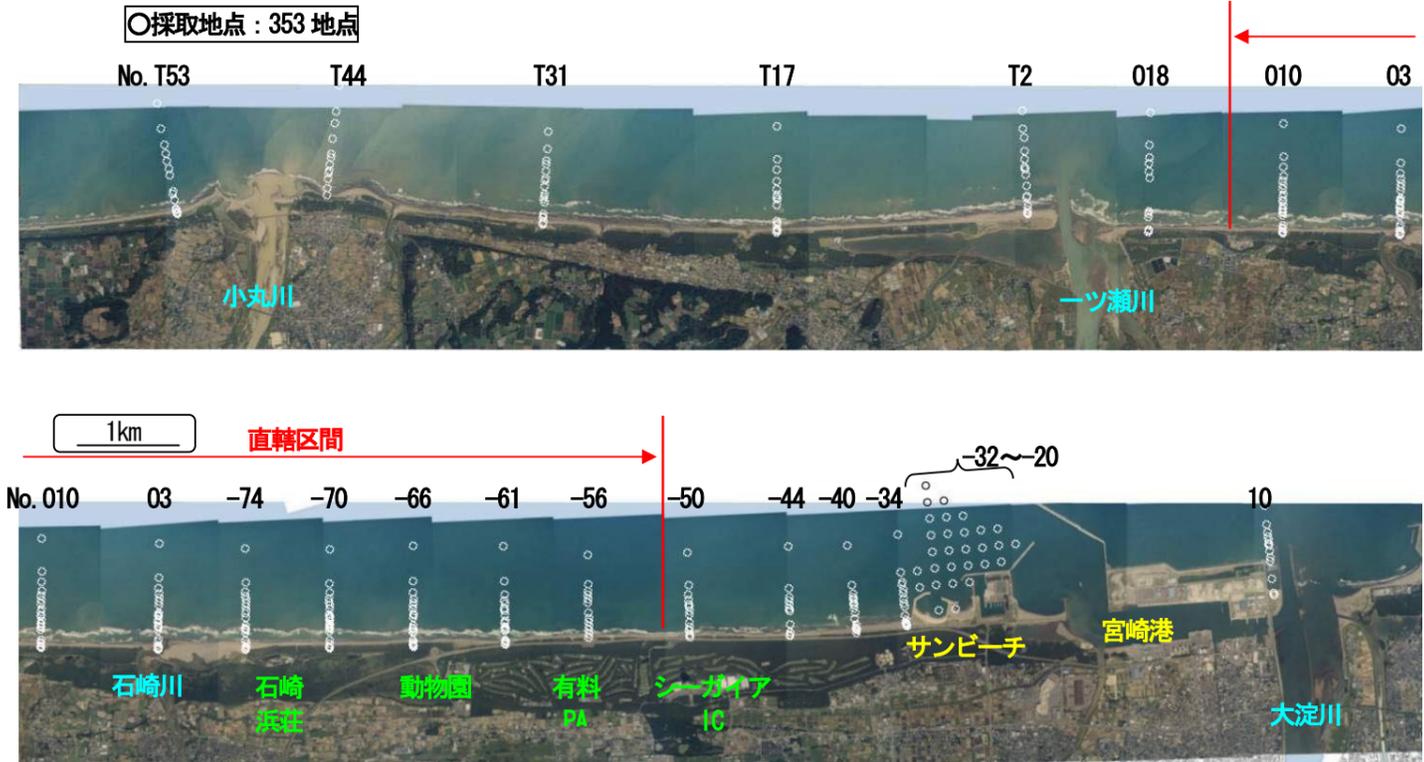


図-3.2 底質調査地点

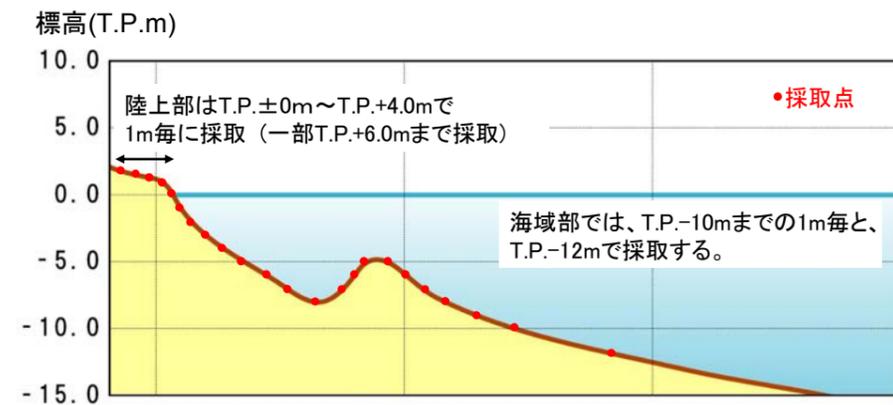


図-3.3 底質調査断面図

3.2.2 調査結果

結果は図－ 3.4、図－ 3.5(1)～(5)に示し結果から確認できた特徴的な事項を以下に示す。

a) 粒径

■小丸川～一ツ瀬川(No. T53～T2)

- ・ T.P.-12m 以浅に比べ、T.P.-20m および T.P.-30m では、0.125～0.25mm の細粒砂の割合が減少し、極細粒砂が増加している。

■一ツ瀬川～動物園付近(No. 03～70)

- ・ T.P.-20m および T.P.-30m でも、0.125～0.25mm の細粒砂の割合が多い(50%以上)。

■一ツ葉有料PA～宮崎港 (No. -56～-44)

- ・ T.P.-10m～T.P.-30m では、0.125mm 以下の砂の割合が 50%程度以上となり、T.P.-20m および T.P.-30m では、シルト・粘土の割合が増加する。

■大淀川河口(No. 10)

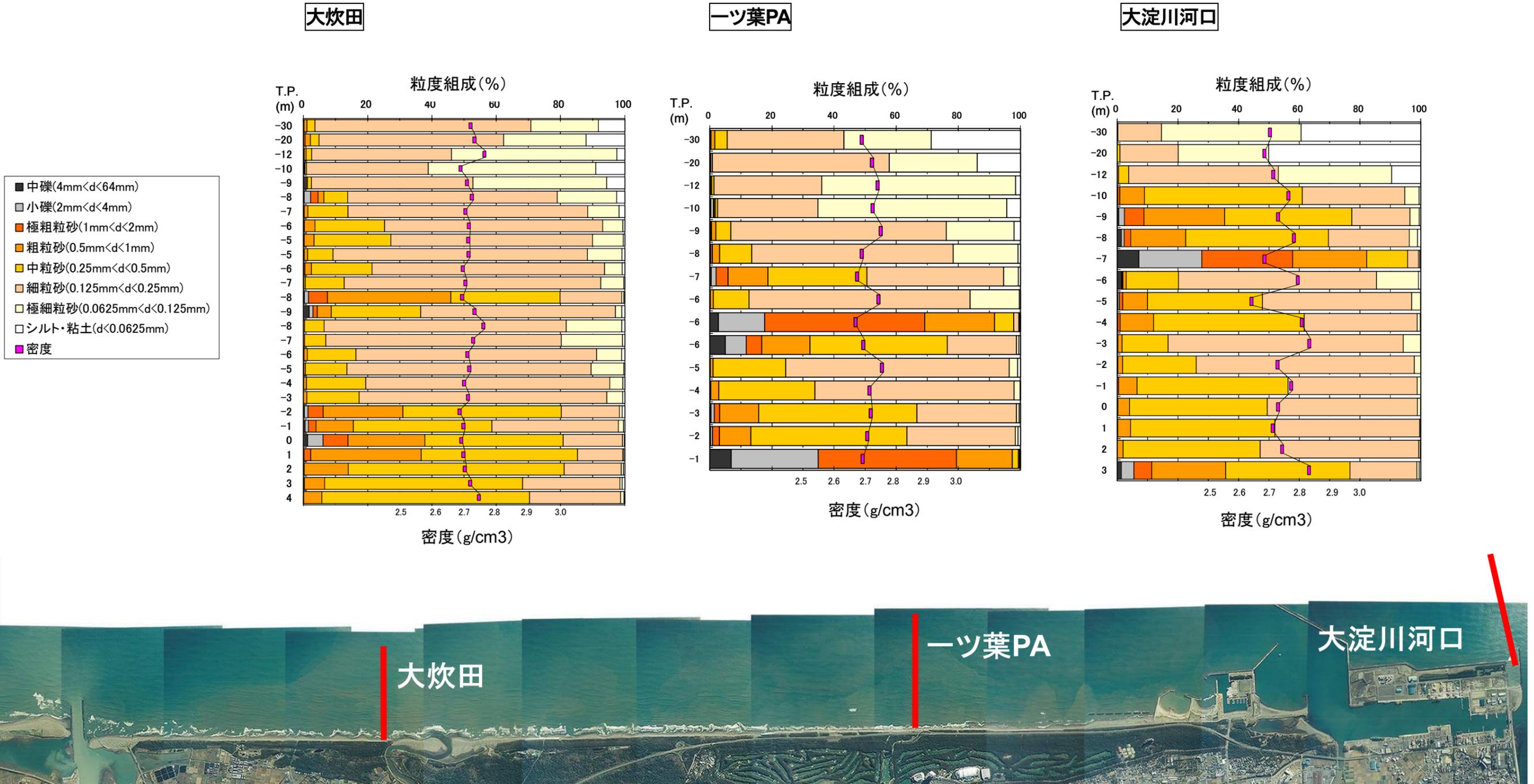
- ・ T.P.-20m および T.P.-30m では、シルト・粘土の割合が増加する(40～50%)。

b) 密度

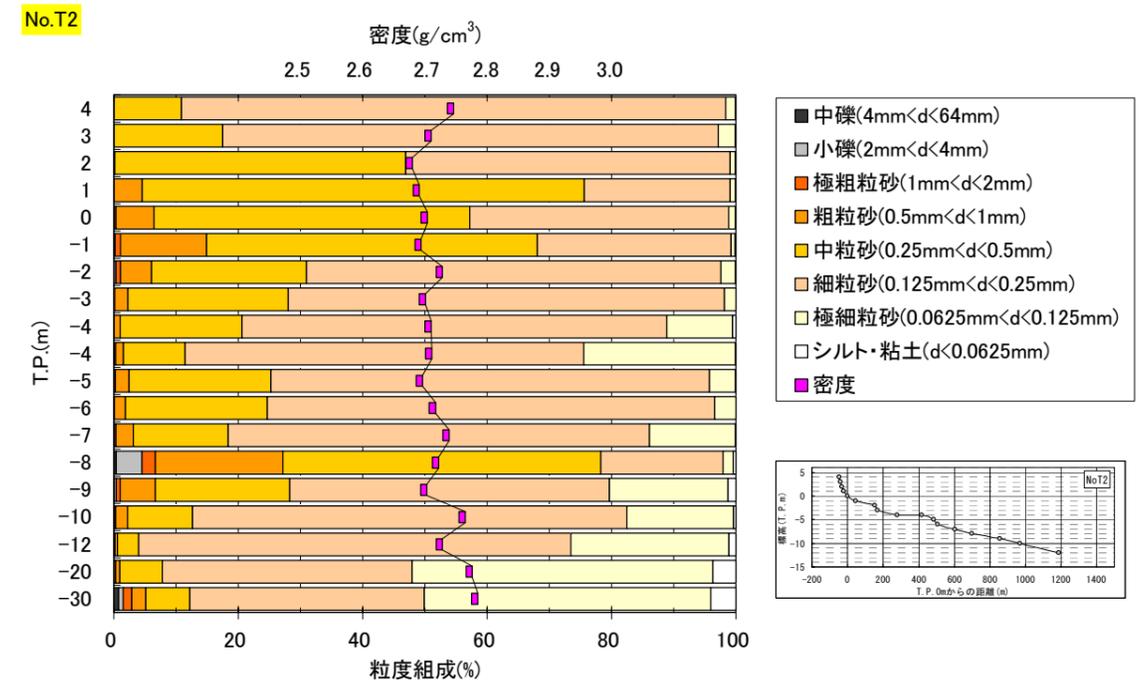
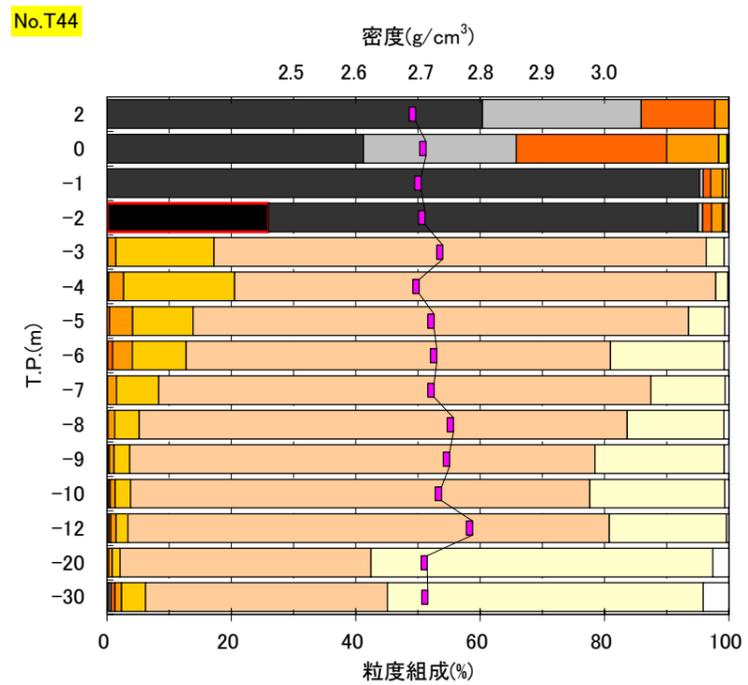
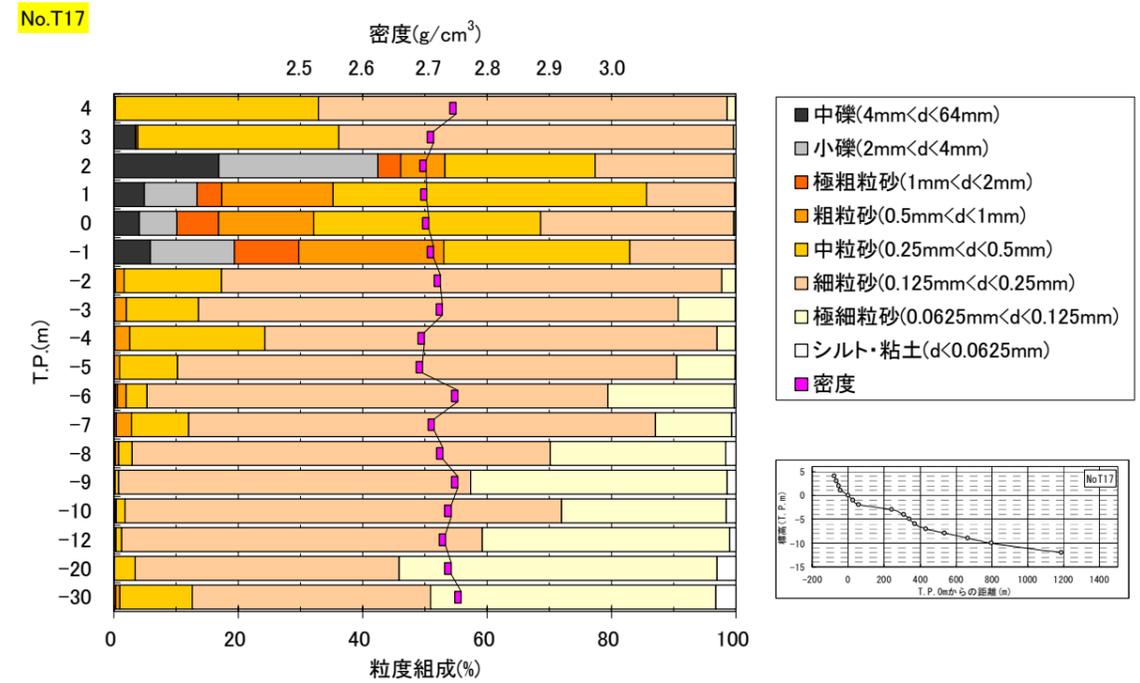
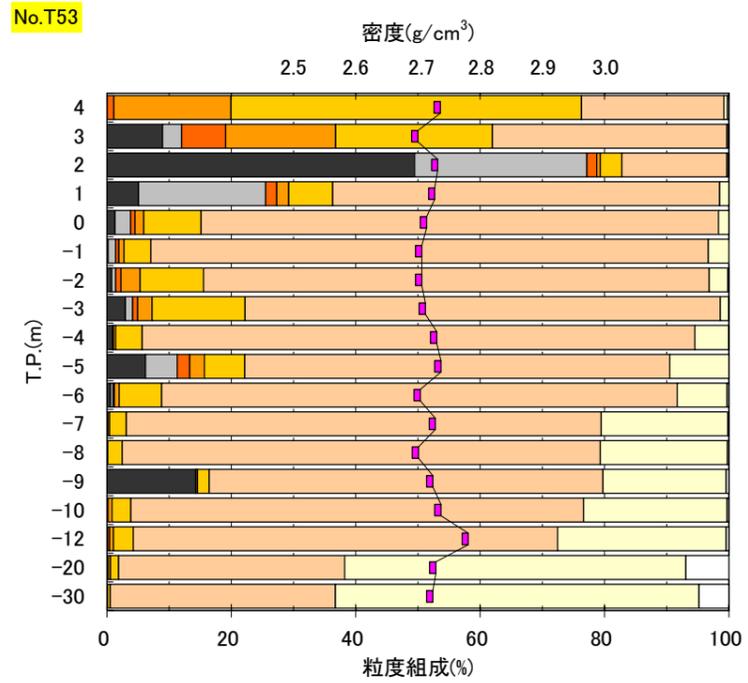
地点によっては傾向の異なる場所もあるが、 $2.7\text{g}/\text{cm}^3$ 前後ではほぼ一定である。

→全ての測線で浜から T.P.-10m までの範囲で分布している 0.25mm 以上の砂(特に 0.25～0.5mm の砂)が、T.P.-20m～T.P.-30m では10%程度以下に減少している。したがって、砂浜を構成する 0.25mm 以上の砂は、T.P.-20m 以深にはほとんど流出していないものと推測される。

ただし、細粒砂(0.125～0.25mm の砂)は汀線から沖合いにかけて堆積しているが、沖合いに堆積している細粒砂が、汀線付近から沖合への流出により堆積したものかは不明である。また、沖合への流出土砂量を推定することも非常に困難であることから、沖合への流出土砂については考慮しないこととして検討を始めるが、地形変化モデルによる予測結果や、新たな知見を踏まえて、適宜見直しを行う事とする。



図一 3.4 宮崎海岸代表3地点の汀線～T.P. -30m地点までの粒度組成



図一 3.5 (1) 粒度密度分析結果 (No. T53、T44)



図一 3.5 (2) 粒度密度分析結果 (No. T17、T2)

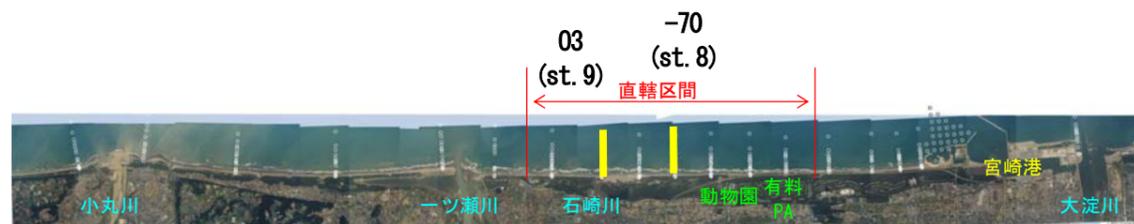
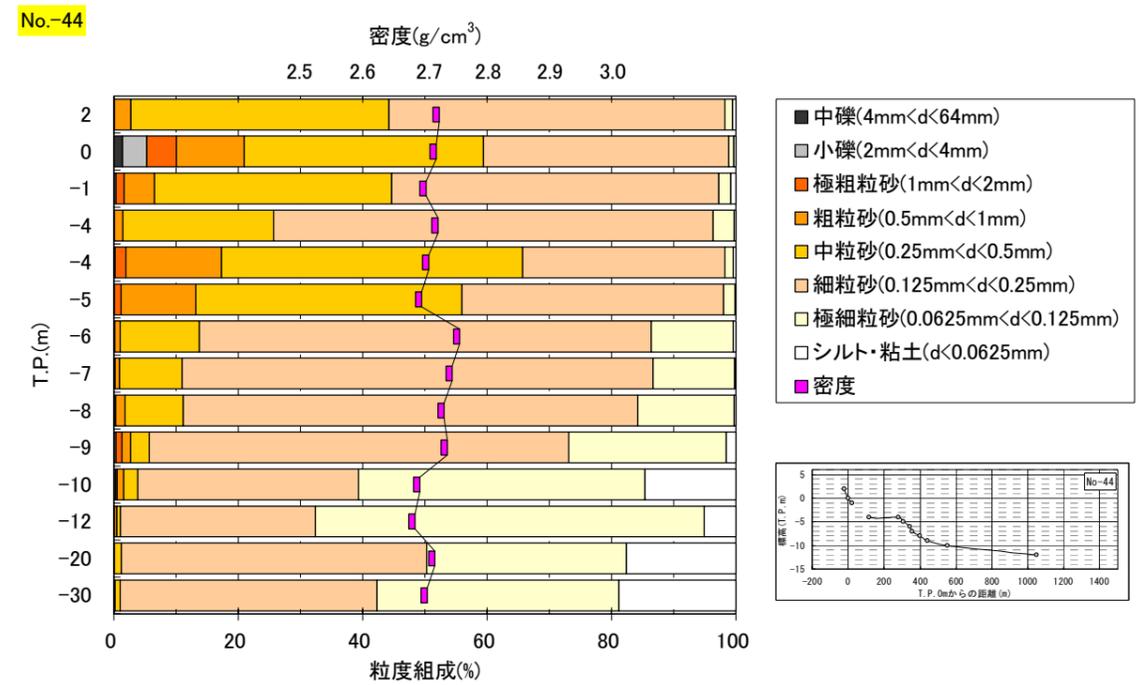
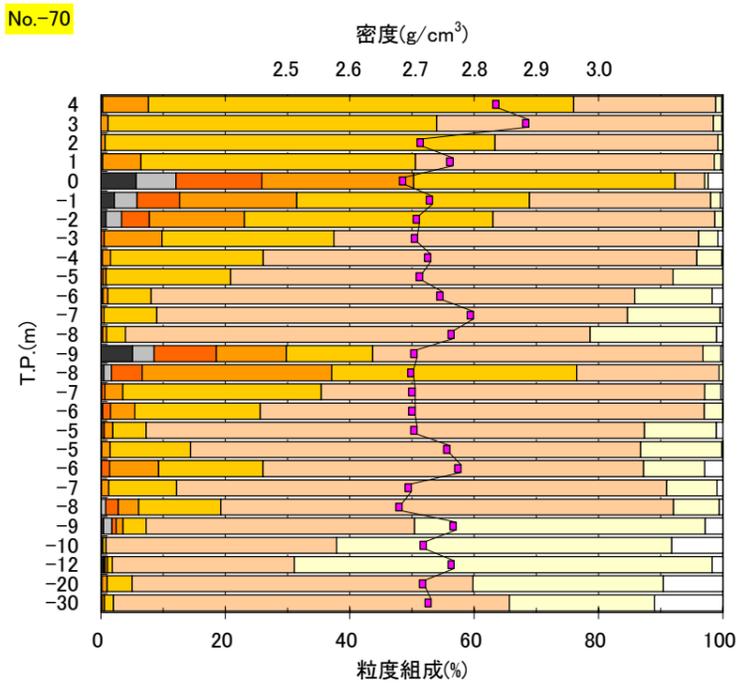
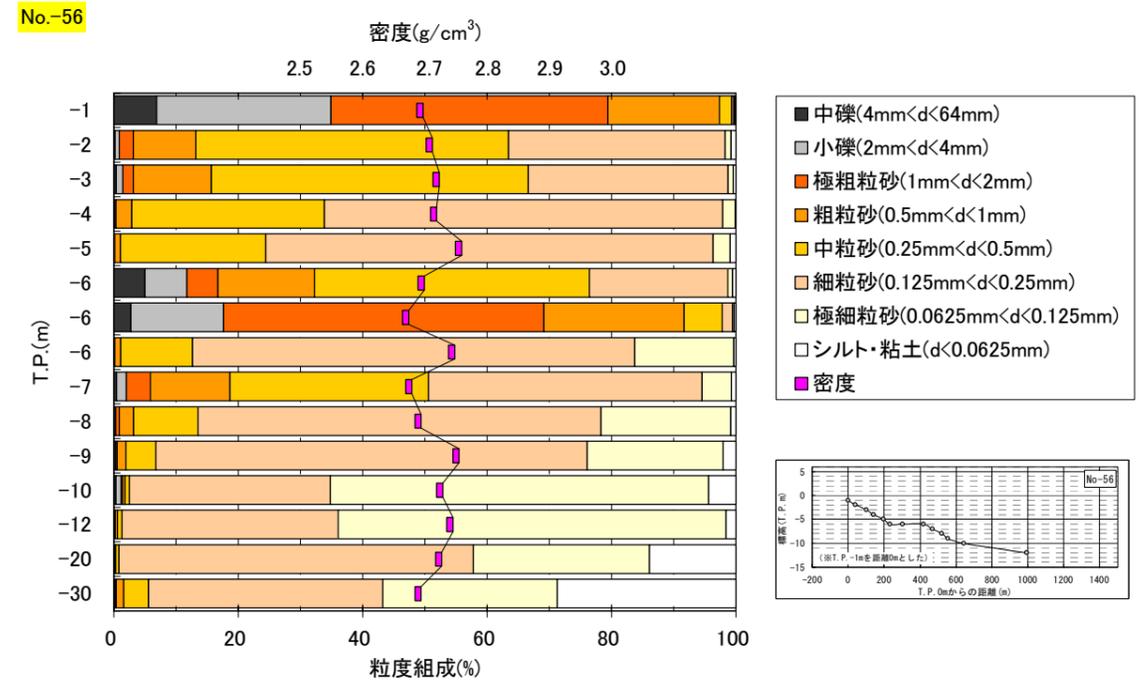
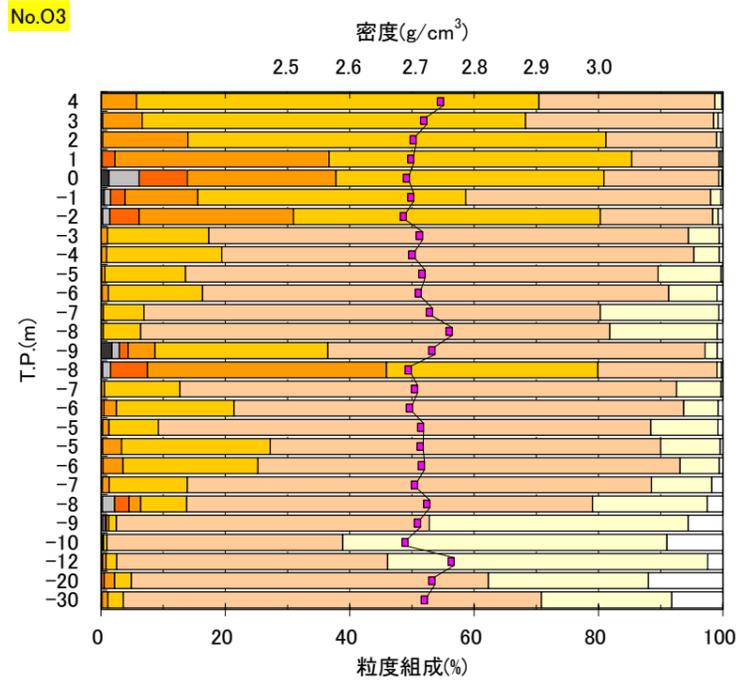
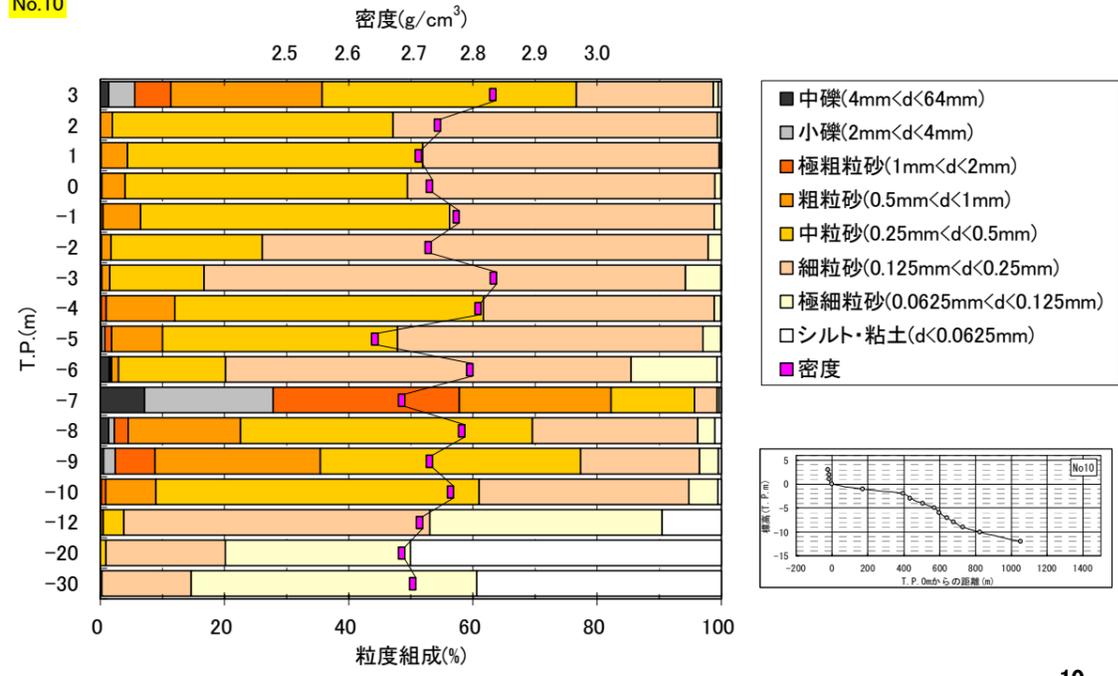


図- 3.5 (3) 粒度密度分析結果 (No. 03、-70)



図- 3.5 (4) 粒度密度分析結果 (No. -56、-44)

No.10



図一 3.5 (5) 粒度密度分析結果 (No. 10)

3.3 (参考) 宮崎海岸沖合いの海底地形・地質について

宮崎海岸沖合いの海底地形・地質について、「5万分の1沿岸の海の基本図海底地形地質調査報告，宮崎，平成9年3月，海上保安庁水路部」を参考に整理した。

(1) 沖合いの海底地形

宮崎海岸沖合い約15km(水深120mくらいまで)の範囲に大陸棚が形成されており、大陸棚の海底勾配は約1/200である。一ツ瀬川、石崎川の沖14~15km、水深120m付近に宮崎海底谷が存在している(図-3.6)。

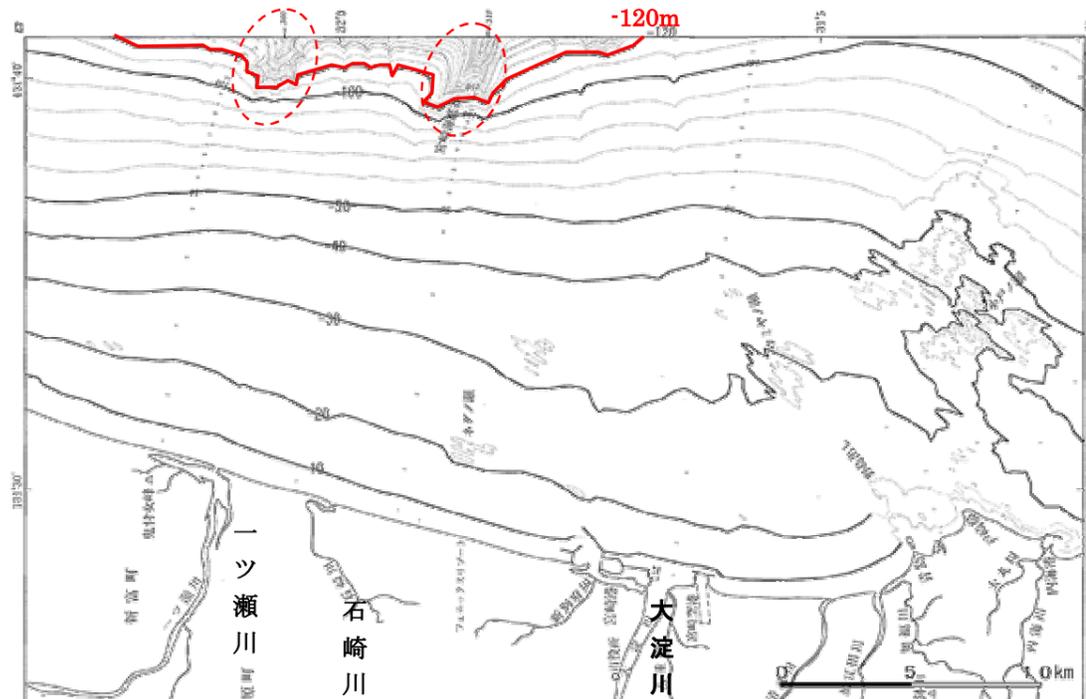


図-3.6 宮崎海岸沖合海底地形

(出典：5万分の1沿岸の海の基本図海底地形地質調査報告，宮崎，平成9年3月，海上保安庁水路部)

(2) 古地形

約2万年前に最終氷期の最大海退期を迎えた当時の、海面は現在よりも100m以上低い。このときの古地形(堆積層基底図)によると、現在の石崎川~大淀川前面に谷が存在している(図-3.7)。

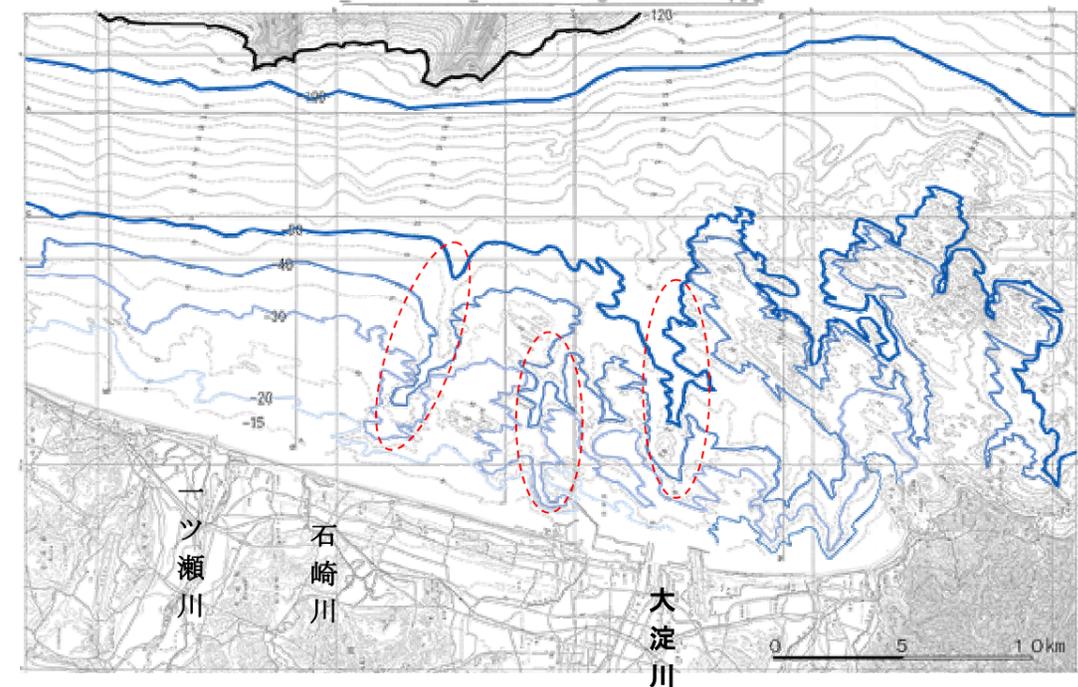


図-3.7 宮崎海岸沖合海底地形(古地形)

(出典：5万分の1沿岸の海の基本図海底地形地質調査報告，宮崎，平成9年3月，海上保安庁水路部に加筆)

(3) 古地形から現在の海底地形へ(堆積状況)

海面の上昇に伴い、石崎川、大淀川前面の谷などの古地形を沖積層が埋めつつ現在の海底地形が形成された(図-3.8)。

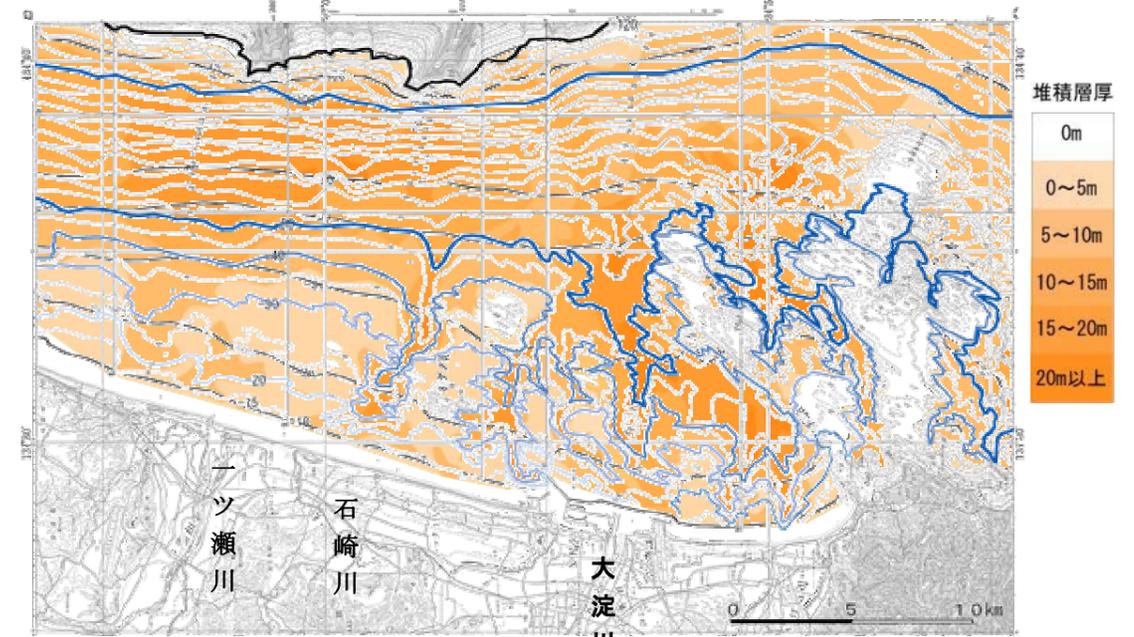


図-3.8 古地形から現在の海底地形への変化(堆積状況)

(出典：5万分の1沿岸の海の基本図海底地形地質調査報告，宮崎，平成9年3月，海上保安庁水路部に加筆)

3.4 (参考) 石崎浜沖の砂漣の状況

平成20年度の養浜前(H20.11.18~19)に実施した海底踏査の水中写真・ビデオで砂漣の向き、高さ、幅(波長)について確認した結果を表-3.2に示す。この結果によると、砂漣は、観測した水深12mまでいずれも海岸線と平行に発達していた。

表-3.2 潜水士が目視観察結果(石崎浜沖観測測線)

撮影プレート距離(m)	水深(m)	底質	底質表面	砂漣の向き※	砂漣の高さ(cm)	砂漣の幅(cm)	
LB-1200M	1200	12.1	細砂	やや硬い	岸向き	2	10
LB-1150M	1150	11.9	細砂	やや硬い	岸向き	2	15
LB-1100M	1100	11.7	細砂	硬い	岸向き	2	10
LB-1050M	1050	11.4	細砂	硬い	岸向き	2	10
LB-1000M	1000	11.2	細砂	硬い	岸向き	2	15
LB-950M	950	11	細砂	硬い	岸向き	1	8
LB-900M	900	10.5	細砂	硬い	岸向き	1	8
LB-850M	850	10.3	細砂	硬い	岸向き	1	7
LB-800M	800	9.7	細砂	硬い	岸向き	2	12
LB-750M	750	9.1	細砂	硬い	岸向き	1	8
LB-700M	700	8	細砂	硬い	岸向き	1	10
LB-650M	650	6.9	中砂	軟らかい	岸向き	2	10
LB-620M	620	6.9	中砂	軟らかい	岸向き	20	40~50
LB-600M	600	5.6	中砂	軟らかい	岸向き	2	10
LB-550M	550	5.2	細砂	硬い	岸向き	4	15
LB-500M	500	5.7	細砂	軟らかい	岸向き	3	20
LB-450M	450	6.7	細砂	硬い	岸向き	3	10
LB-400M	400	6.9	細砂	軟らかい	岸向き	3	8
LB-350M	350	7.2	細砂	硬い	岸向き	3	8
LB-300M	300	6.5	細砂	硬い	-	-	-
LB-250M	250	5	細砂	硬い	岸向き	3	10
LB-200M	200	2.7	細砂	硬い	岸向き	2	8
LB-150M	150	-	-	-	-	-	-
LB-100M	100	-	-	-	-	-	-
LB-50M	50	-	-	-	-	-	-
LB-0M	0	0	細砂	硬い	-	-	-

砂漣の向き:岸向きとは峰が岸と平行に発達していること

3.5 (参考) 深浅測量等の実測土砂変化量から積分した沿岸漂砂量

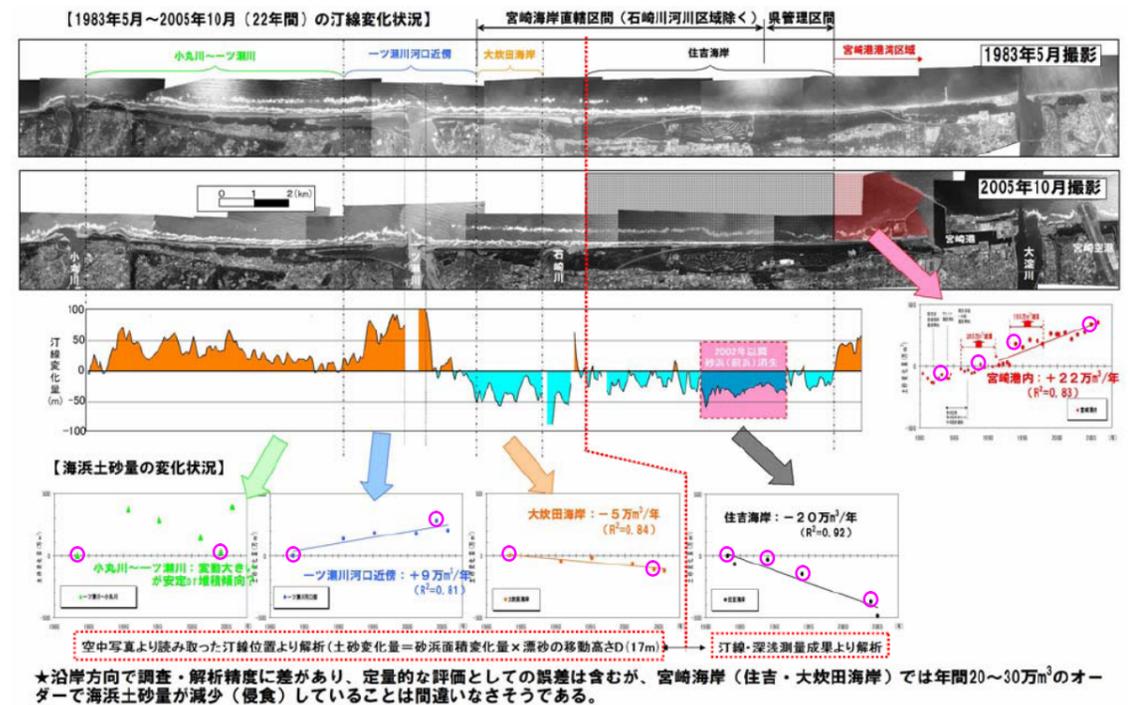
ほぼ同時期に測量もしくは空中写真撮影が実施されている1983年3~5月と2004年1~3月のデータ(右図の○)を用いて、約21年間における断面積変化量図(図-3.9)および沿岸漂砂量分布図(図-3.10)を作成した。なお、沿岸漂砂量分布は、宮崎港内の土砂変化量算定範囲の南端位置を境界として、そこから北方向に測線毎の土砂変化量を累加していく形で1年あたりの沿岸漂砂量の沿岸方向分布図を作成した。

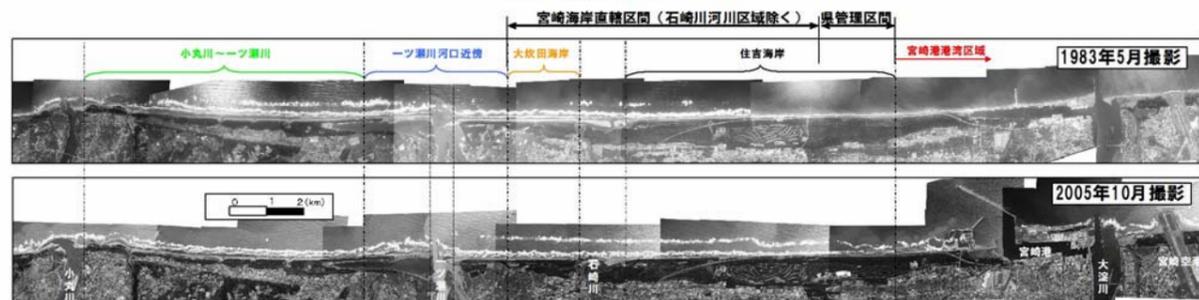
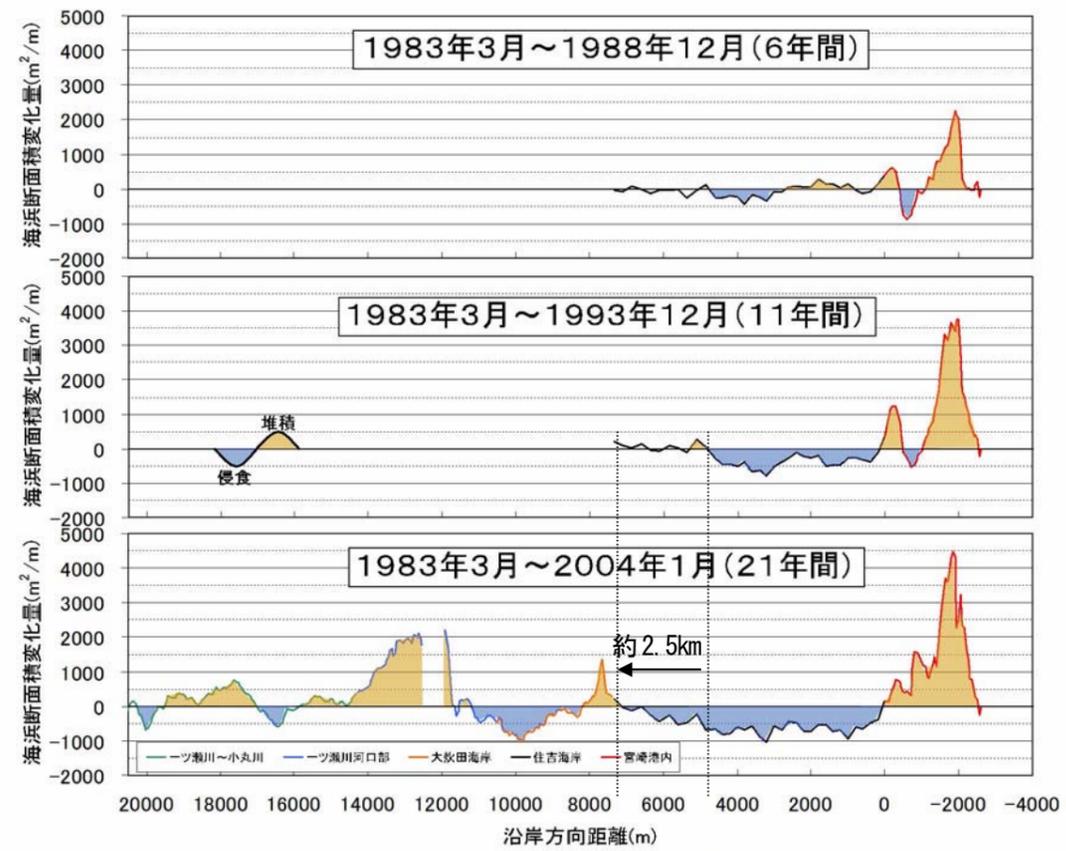
- ・ 住吉海岸(宮崎港~石崎川までの区間)においては、南向きの沿岸漂砂が一様に増加している(侵食)
- ・ 大炊田海岸を含む石崎川~一ツ瀬川の区間は、大炊田海岸のほぼ中央で沿岸漂砂が南北に分岐している(侵食)
- ・ 一ツ瀬川~小丸川区間では、一ツ瀬川河口から北側約2km区間で南向きの沿岸漂砂が減少しており(堆積)、それより北側では一様な南向きの沿岸漂砂となっている(安定)

ただし、石崎川以北は過去の地形測量データが存在しないため、汀線変化量から土量変化を推定している。住吉海岸、宮崎港と比べて精度が劣るため、今後地形測量データを蓄積し、精度を向上させていく必要がある。

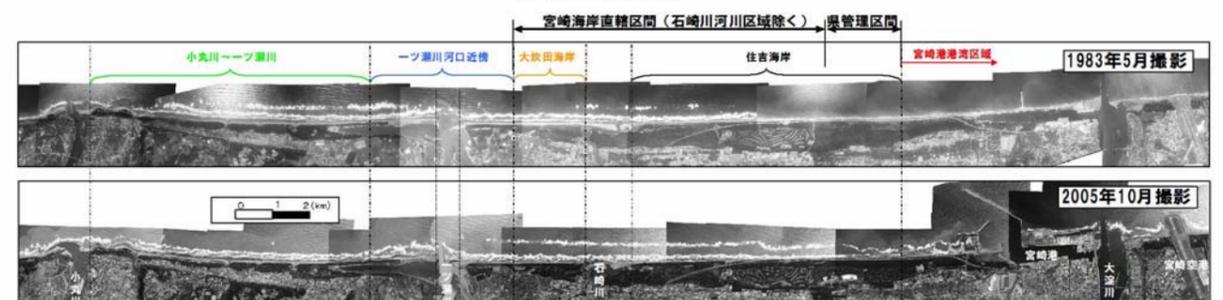
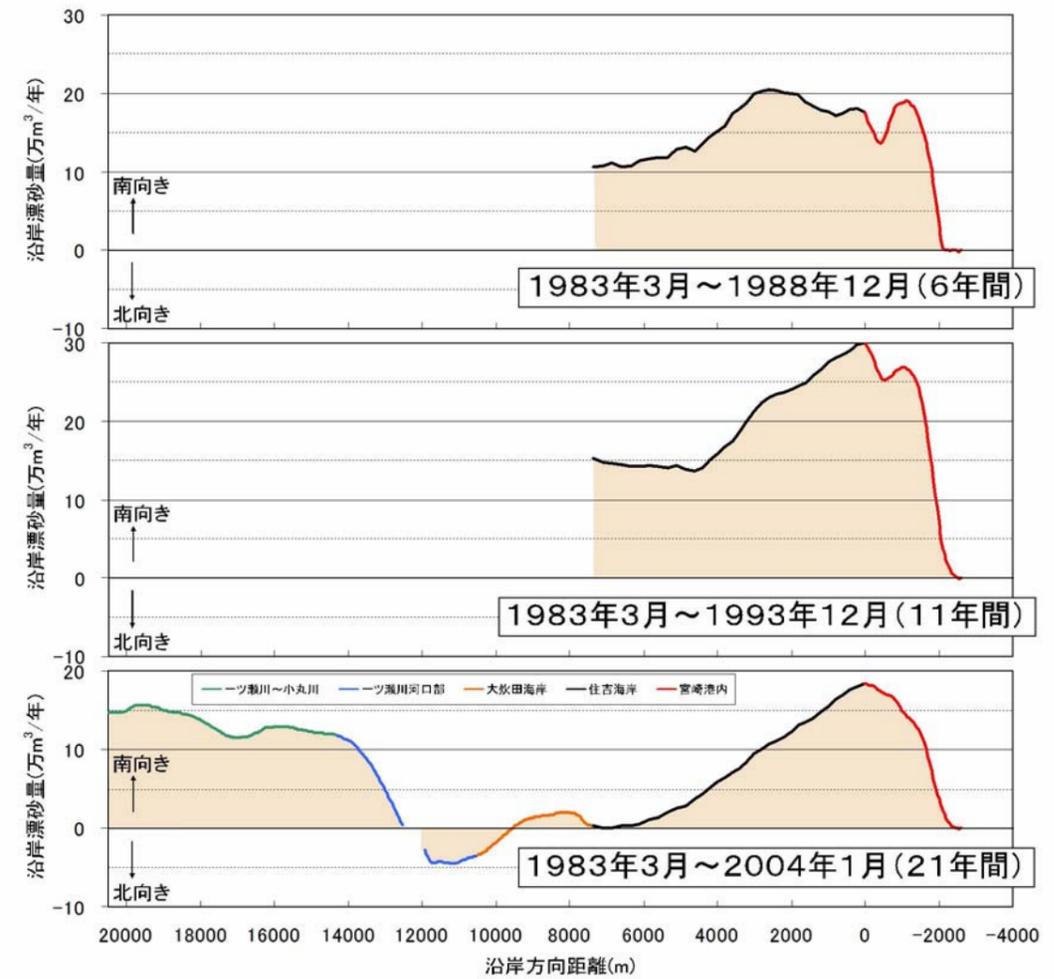
次に、同時期の測量成果が揃う住吉海岸および宮崎港内については、同じく1983年3月を基準として、1988年12月(約6年間)、1993年12月(約11年間)における断面積変化量図および沿岸漂砂量分布図を作成し、時間経過による変化を確認した。

- ・ 断面積変化量の結果によると、1983~1993年に比べて、1983~2004年の侵食域が北に約2.5km拡大している。これは、1993~2004年の10年間での変化と見ることができるため、この期間中は平均して約250m/年の速度で侵食域が北に拡大していたと推定される。
- ・ 沿岸漂砂量分布の結果によると、解析期間によって沿岸漂砂量の分布形は異なる結果となっているが、いずれも侵食域においては、右肩上がりの沿岸漂砂量分布となり、沿岸方向に一定の沿岸漂砂量分布とはならないことがわかる。





図一 3.9 海岸線単位幅あたりの海浜断面積変化量の沿岸方向分布 (1983～2004年)



図一 3.10 汀線・深浅測量および空中写真による地形変化解析結果から作成した沿岸漂砂量分布 (1983～2004年)

4. 一ツ瀬川北側および河口近傍の地形変化状況

4.1 空中写真による汀線変化

一ツ瀬川の北側および河口近傍の地形変化状況を確認するため、大淀川～小丸川区間の空中写真を収集し、汀線変化について整理した。

大淀川～小丸川区間の一連の空中写真が揃うのは1983年5月撮影以降である(図-4.1)。

空中写真による汀線変化解析結果は、図-4.2に示すとおりである。

1983年5月と1995年3月の汀線位置の比較によると、一ツ瀬川～小丸川区間の汀線は、最大

約80m後退しており、一ツ瀬川南側区間よりも汀線後退が顕著である。

1995年3月と2008年3月の汀線位置の比較によると、一ツ瀬川を境にして、南側では概ね汀線後退、北側では汀線前進と汀線変化の傾向が異なる(図-4.2)。

→一ツ瀬川より北側では、河口北側約1kmの区間は明確な汀線前進傾向が確認できるが、それ以外の区間は時期・場所によって前進・後退しており、現時点で明確な地形変化傾向は確認できない。

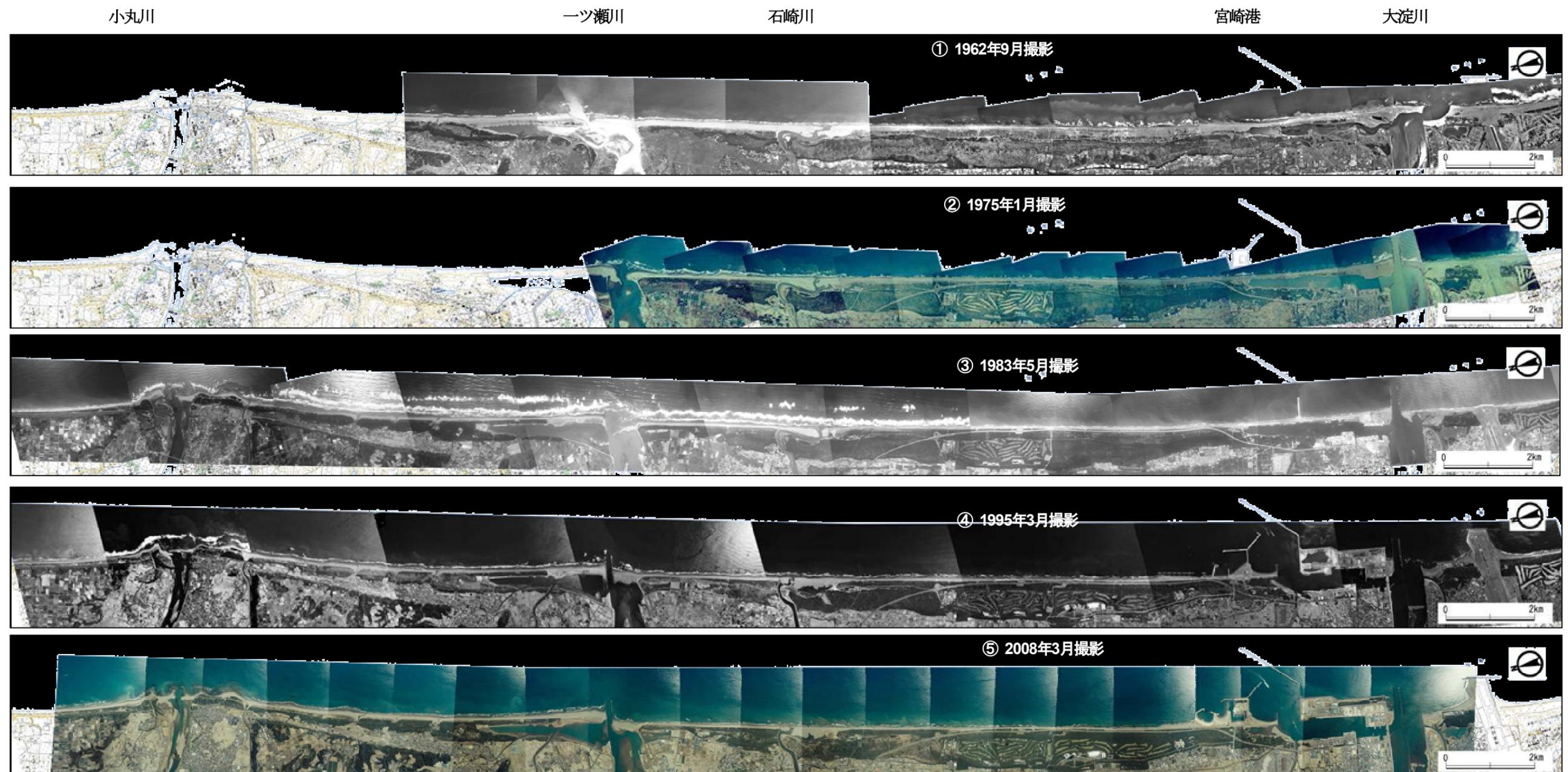


図-4.1 空中写真(1962年-2008年)

汀線変化量(m)

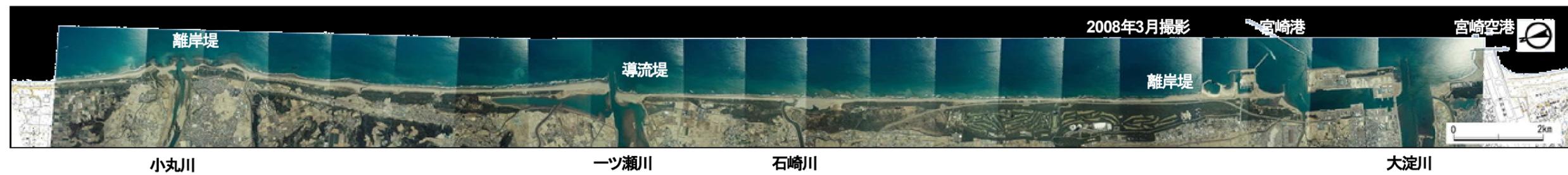
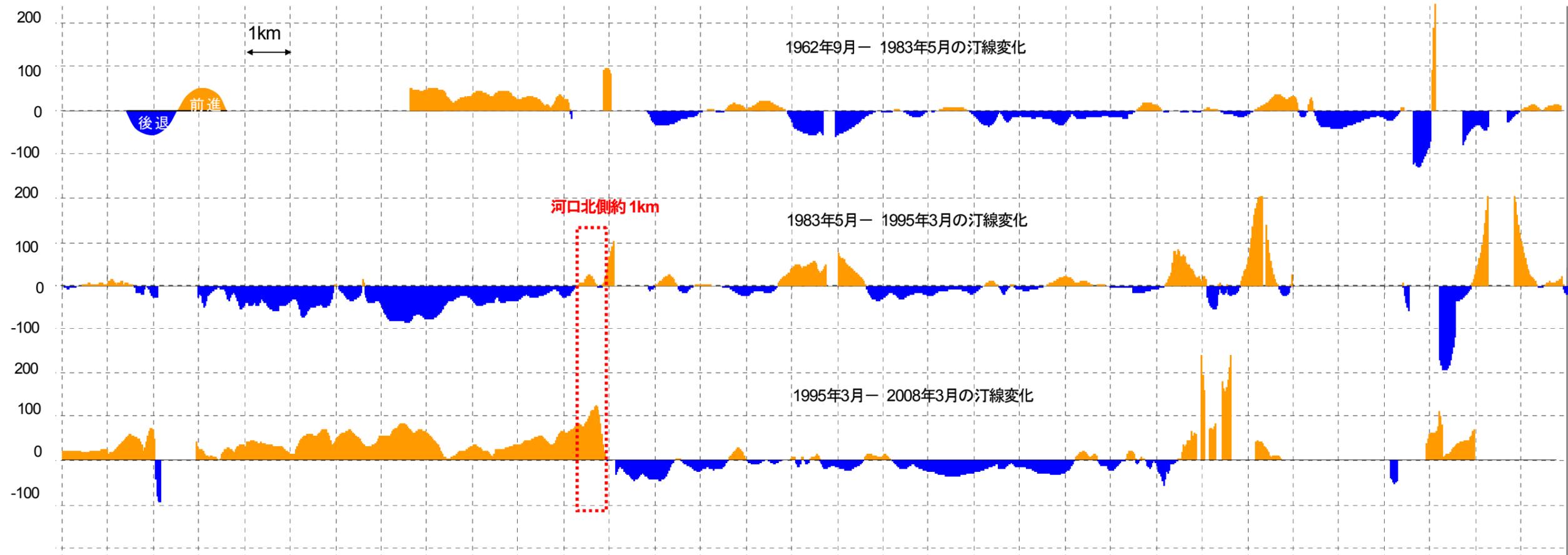
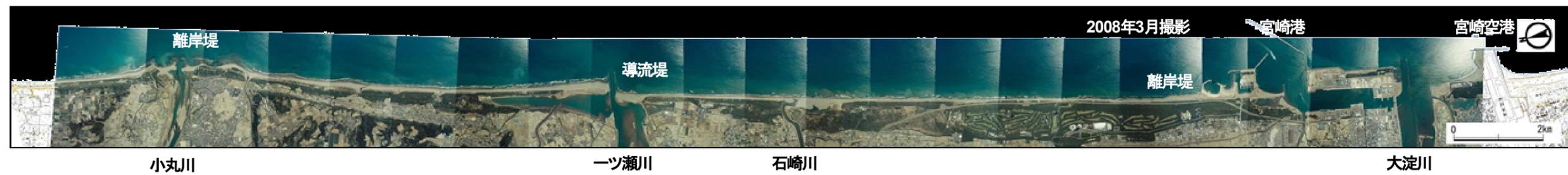
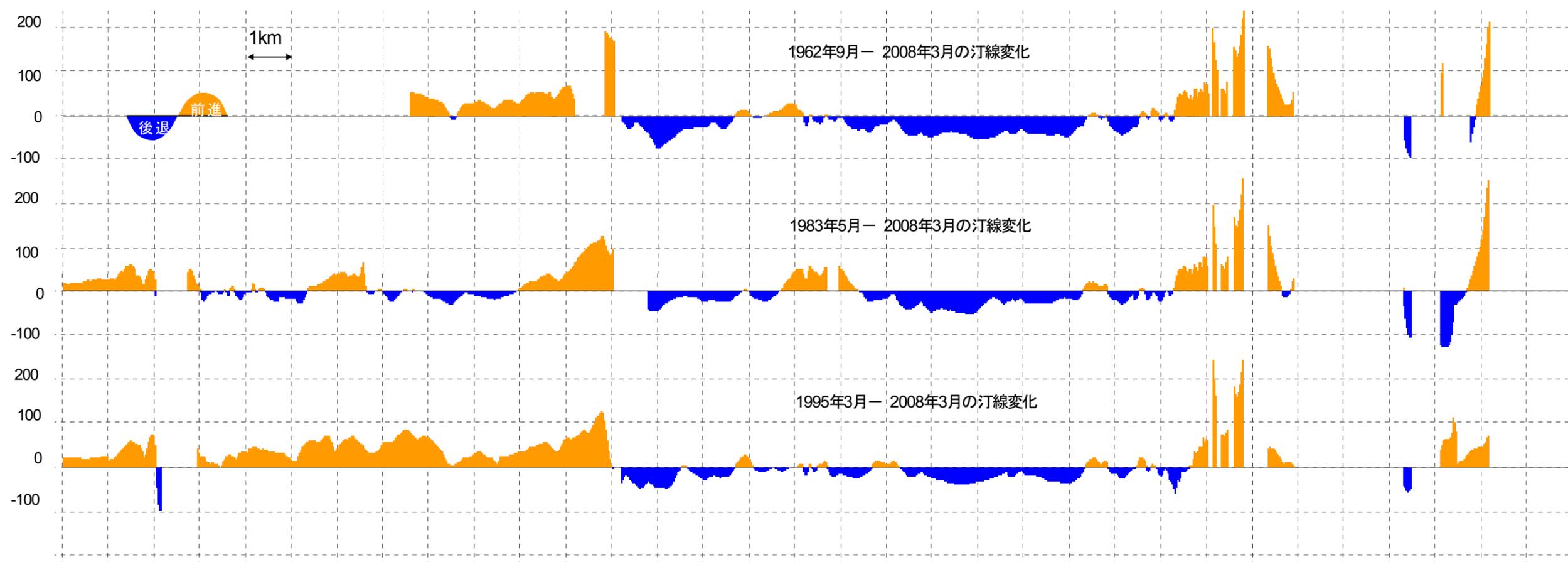


図- 4.2 空中写真による汀線変化 (逐次回比較)

汀線変化量(m)



図－ 4.3 空中写真による汀線変化（各撮影年と2008年3月の比較）

4.2 一ツ瀬川河口前面の地形変化

一ツ瀬川河口周辺の2004年と2006年の地形変化によると、河口左岸部にテラスに似た地形があり、T.P. -5m付近の等深線はほとんど変化していない。

⇒ 岩礁：砂岩・泥岩（宮崎層群）により水深5m付近の海底地形が固定している可能性も考えられる。

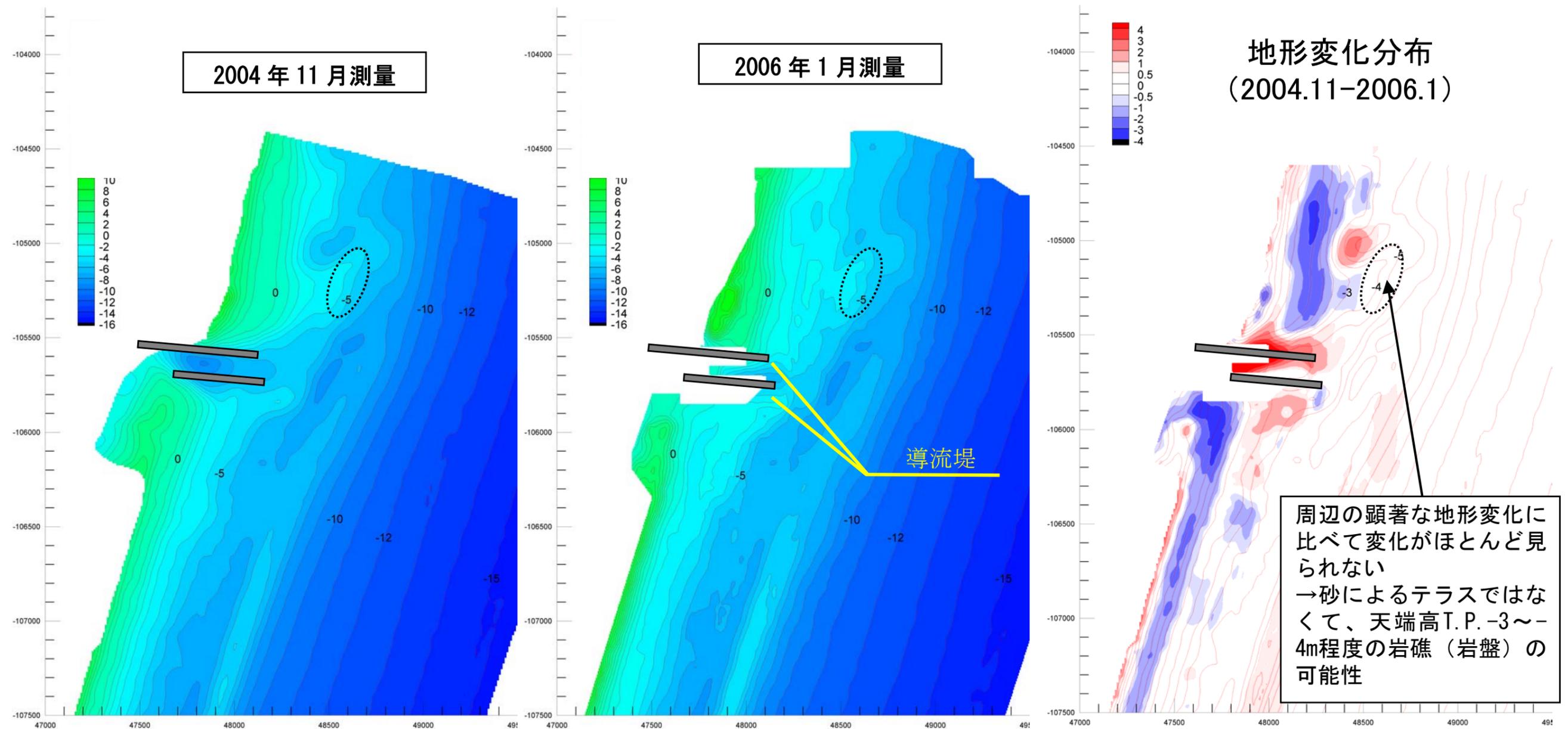


図- 4.4 一ツ瀬川河口の地形の特徴

4.3 一ツ瀬川河口位置の変遷

既往の空中写真および伊能大図, 国土地理院発行の地形図から読みとった河口砂州形状を最新の空中写真(2008年撮影)に合わせた結果を写真- 4.1に示す。これらから特徴的な事項を以下に示す。

- 河口部が最も北側に位置したのは1902年の地形図で、現在の導流堤から約2km北側に離れていた。
- 精度として課題があるが、河口部が最も南側に位置したのは伊能大図(1809年)で、現在の河口から南側約2km離れた現在のラグーン奥部に河口が位置していた。
- 1900年以降に河口部が最も南側に位置したのは1974年であり、現在の河口部前面であった。

⇒以上の事から一ツ瀬川の河口は南北に移動しており、旧来から現在の位置に固定していたわけではないことが確認できる。



写真- 4.1 一ツ瀬川河口位置の変遷(伊能大図~2008年3月)

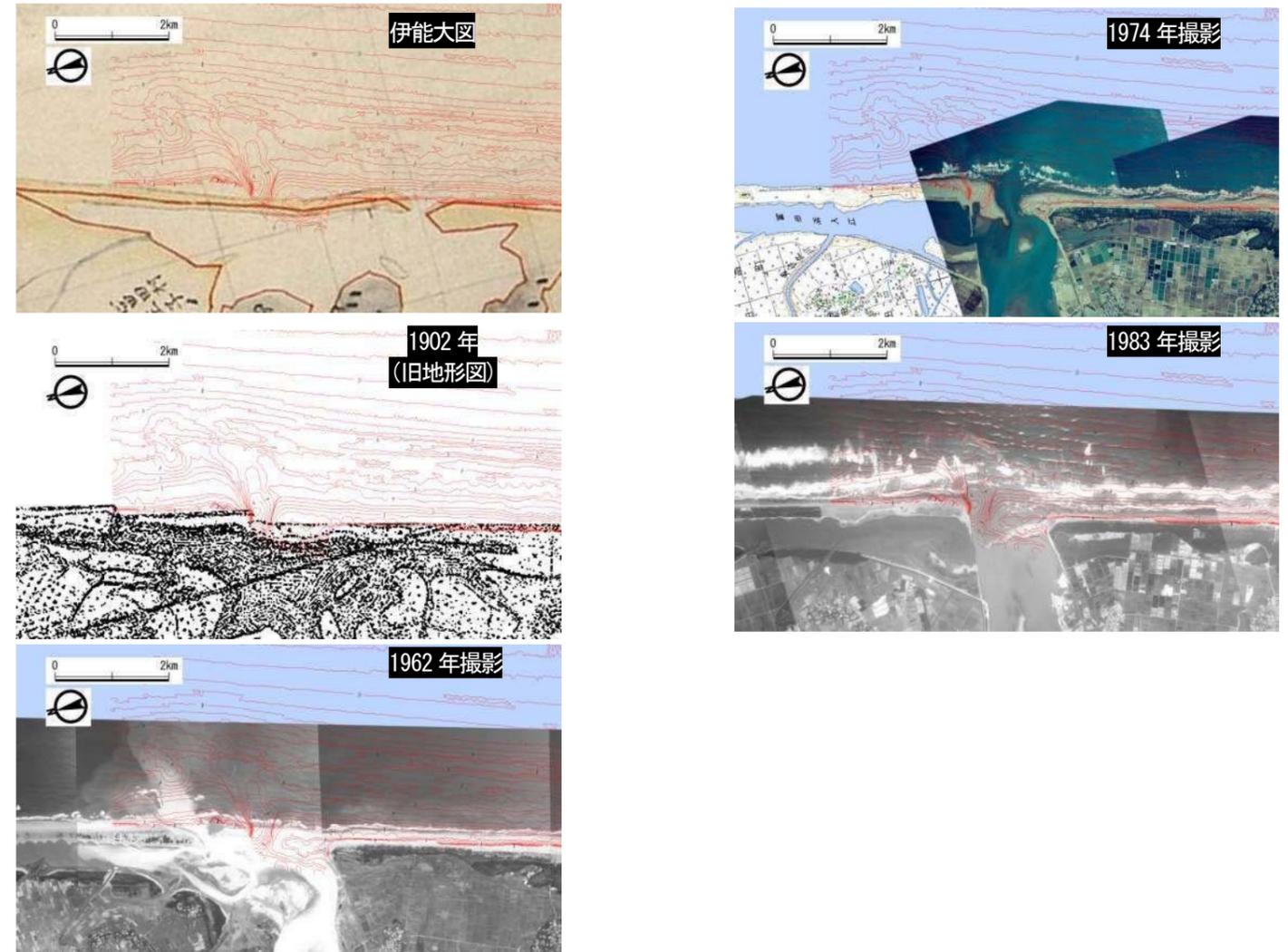


写真- 4.2 一ツ瀬川河口位置の変化状況(伊能大図~1983年)

4.4 一ツ瀬川河口近傍の地形変化の要因

4.4.1 導流堤【一ツ瀬川河口導流堤の建設履歴】

一ツ瀬川河口近傍の地形変化の一要因として、導流堤の建設による影響が考えられる。左岸(王子A)導流堤は1963(S38)～1987(S62)年に、右岸(王子副)導流堤は1983(S58)～1998(H10)年に設置されている(図-4.5)。

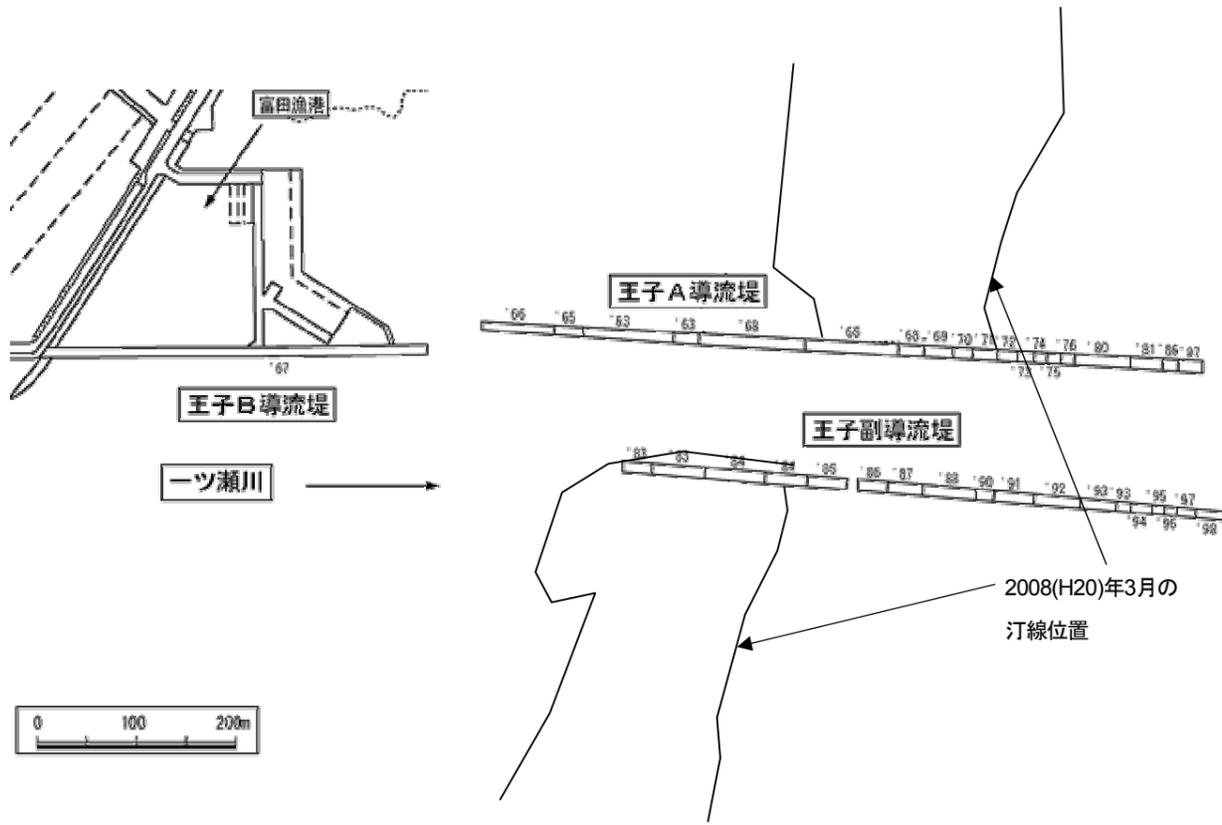


図-4.5 一ツ瀬川河口導流堤建設状況

(宮崎県中部港湾事務所提供の導流堤施工履歴図を整理・一部加筆)

4.4.2 岩礁

一ツ瀬川河口沖合の地層については、「5万分の1沿岸の海の基本図海底地形地質調査報告 宮崎, 平成9年3月, 海上保安庁水路部」を参考に整理した。

一ツ瀬川河口北側沖合 E-F 測線と石崎川河口沖合 G-H 測線の地層断面図は、図-4.7に示すとおりである。

図-4.7から、砂岩・泥岩(宮崎層群)の上に沖積層が堆積していることが確認された。ただし、断面図は TP. -10m 以深の範囲のみであり、水深 10m よりも浅い場所の地質情報は不明である。

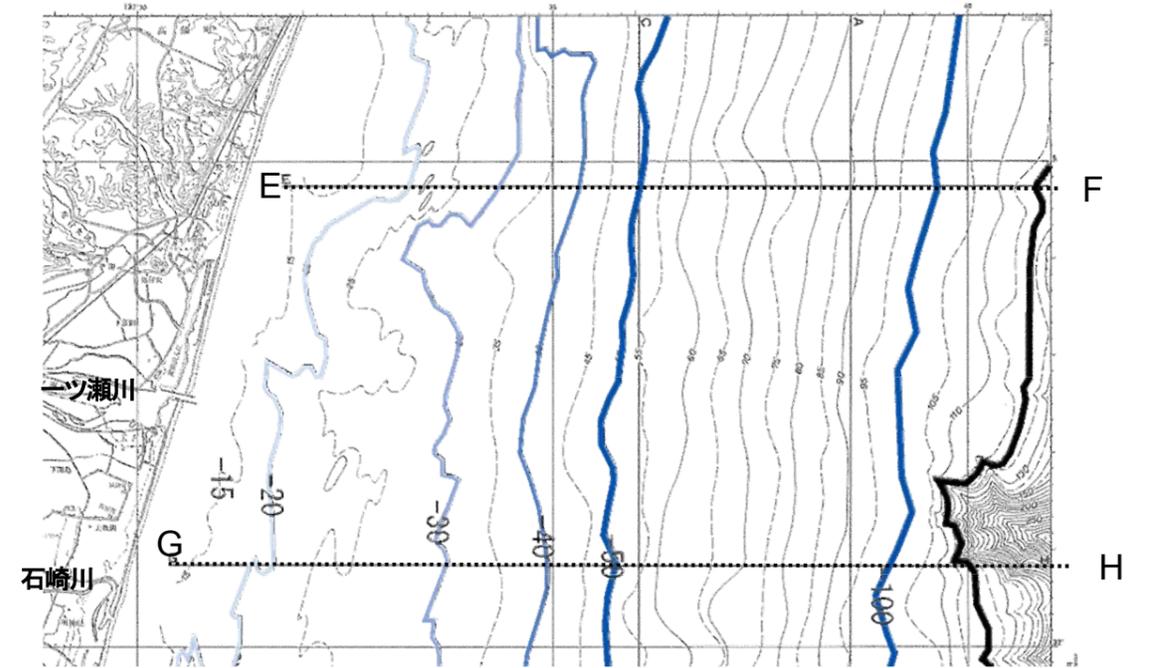
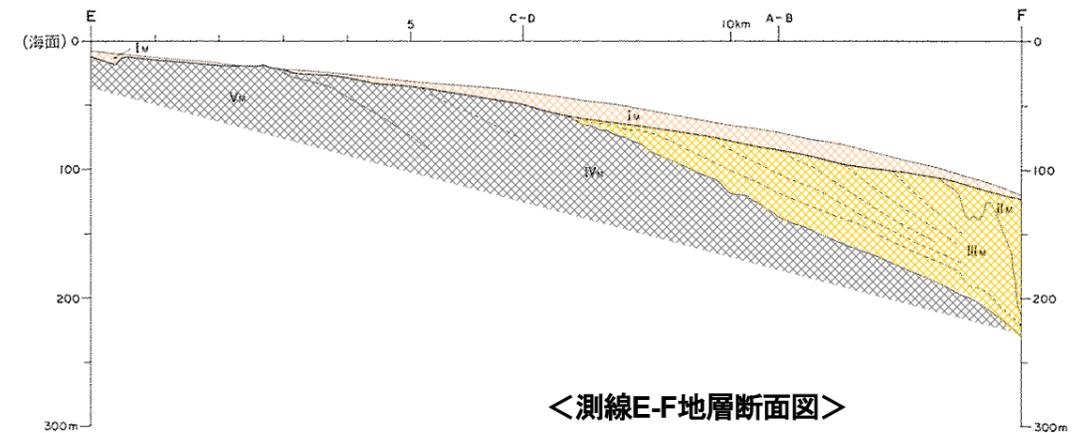


図-4.6 測線位置図



<測線E-F地層断面図>

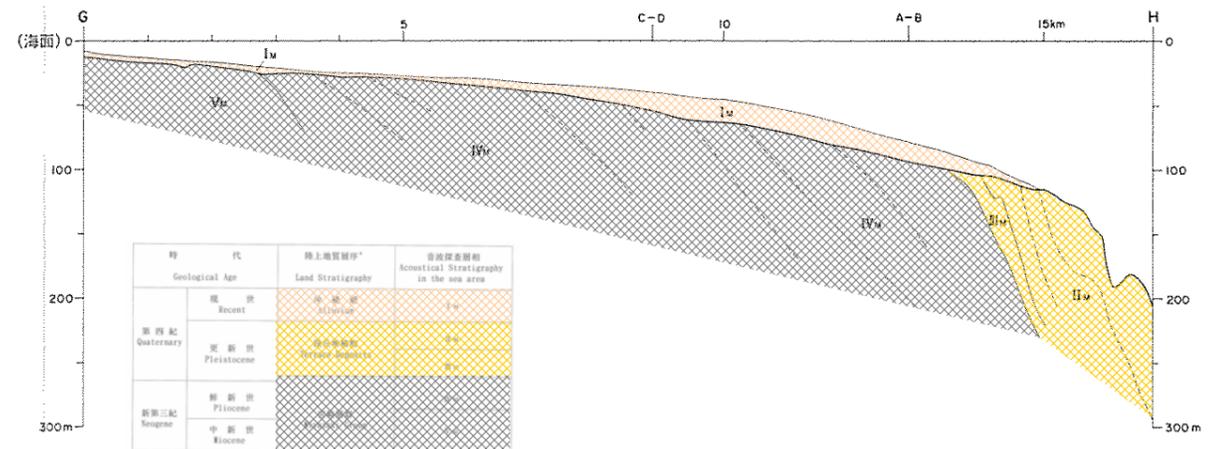


図-4.7 地層断面図

【一ツ瀬川河口周辺の既往ボーリング調査】

一ツ瀬川河口周辺では、平成11年度、平成12年度にボーリング調査を実施している。結果から確認された事項は以下のとおりである。

- ・ 一ツ瀬川河口左岸(A地点)では、T.P. -5m 近傍に砂岩・泥岩(宮崎層群)を確認した。
- ・ 一ツ瀬川河口右岸(B地点)では、ボーリング調査実施範囲(T.P. -15~-25m)で砂岩・泥岩(宮崎層群)は確認されていない。

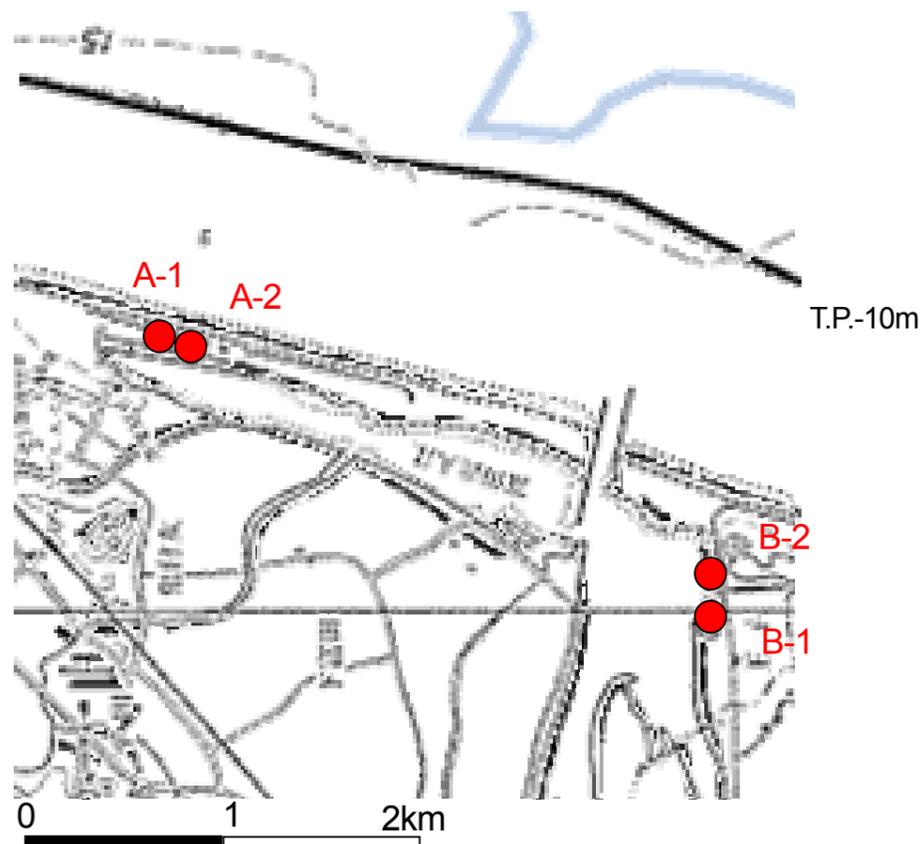


図-4.8 既往ボーリング調査位置

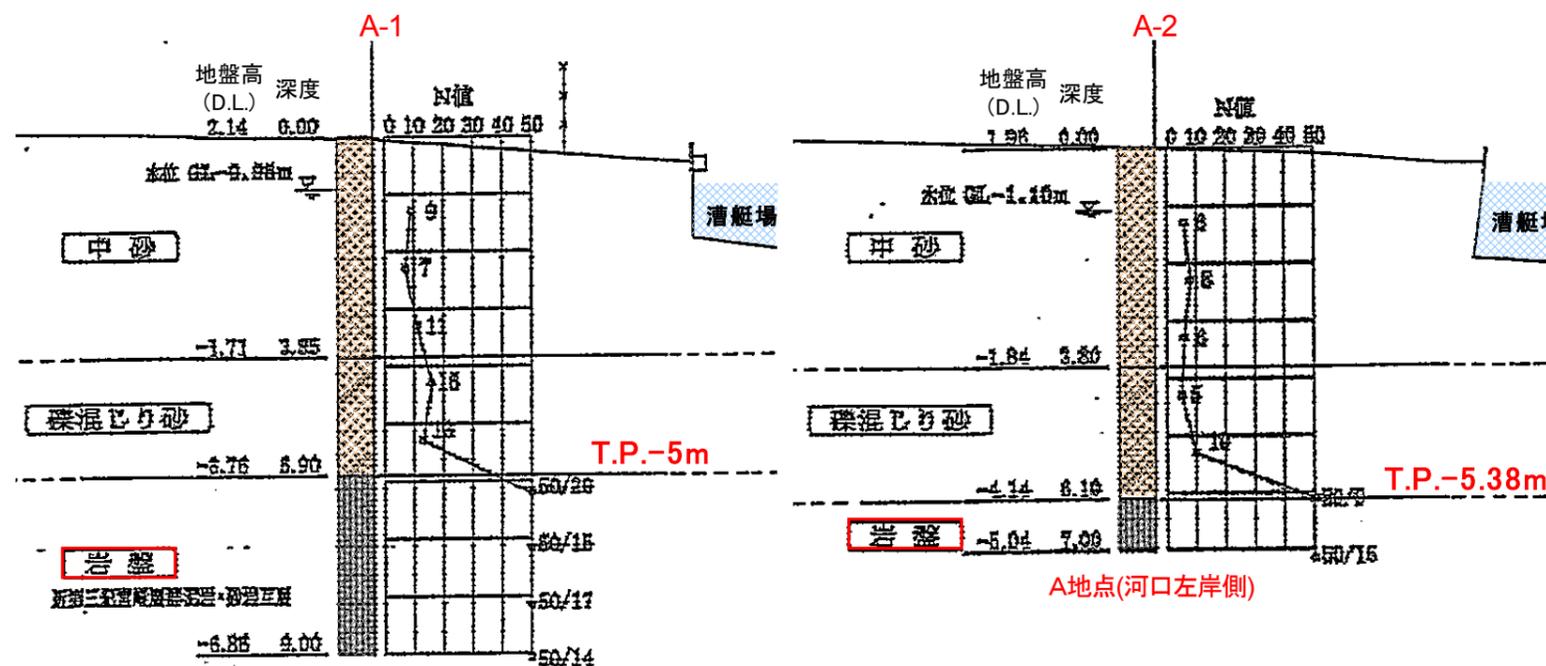
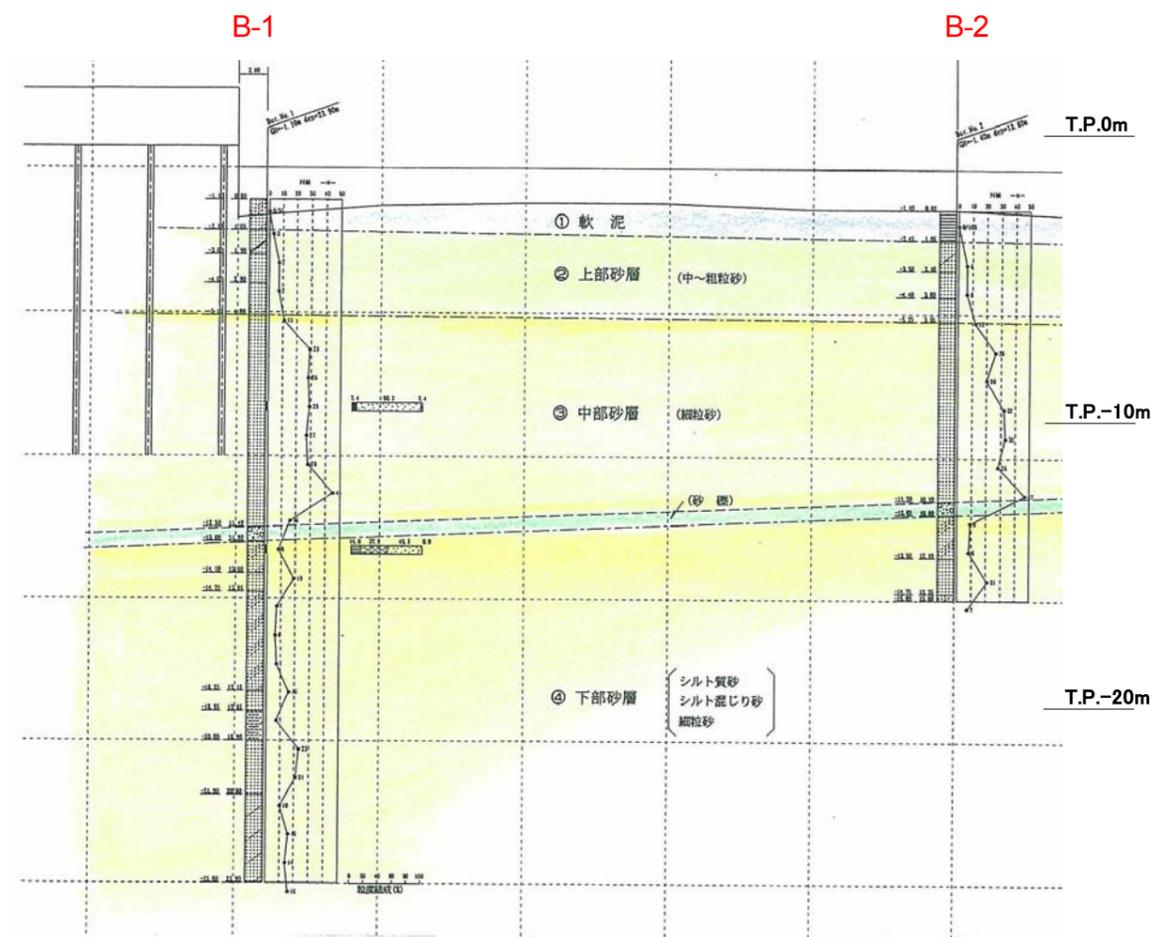


図-4.9 ボーリング調査結果

出典) A-1、2: 平成12年度新富町富田浜漕艇場矢板設置工事地質調査報告書, 平成12年8月, 宮崎県中部港湾事務所
 B-1、2 平成11年度漁港局改第3-1-B号漁港局部改良事業報告書, 平成11年9月, 宮崎県中部港湾事務所

4.4.3 一ツ瀬川河口前面の調査案

【一ツ瀬川河口前面の漂砂調査の提案】

一ツ瀬川河口部における地形変化のメカニズムを把握するためには、導流堤近傍の土砂移動を確認する必要がある。そこで、一ツ瀬川河口全面の漂砂調査を提案する。

目的：一ツ瀬川河口部周辺における台風時、通常時の導流堤を越える土砂の移動(漂砂)を確認する。

内容：測量、底質調査、トレーサー調査等が考えられる。

【一ツ瀬川河口前面の岩礁調査(案)】

一ツ瀬川河口部については、岩礁の有無は調査されていないものの、水深5m付近の等深線(河口テラス)がほとんど変動していないことが確認されている(図-4.10)。一ツ瀬川からの推定土砂流出量が0.5万m³/年と少ないにもかかわらず河口テラスが形成・維持されている要因として、岩礁が存在する可能性がある。したがって、一ツ瀬川河口部は岩礁を考慮して、地形変化モデルの検討を進める(地形変化モデルによる予測結果や新たな知見を踏まえて、適宜見直しを行う)。

なお、一ツ瀬川河口テラスの維持機構解明のため、一ツ瀬川河口全面における岩礁調査を提案する。

目的：一ツ瀬川河口テラスの維持機構解明のための基礎データ収集

内容：測量、底質調査、地質調査(音波探査)など

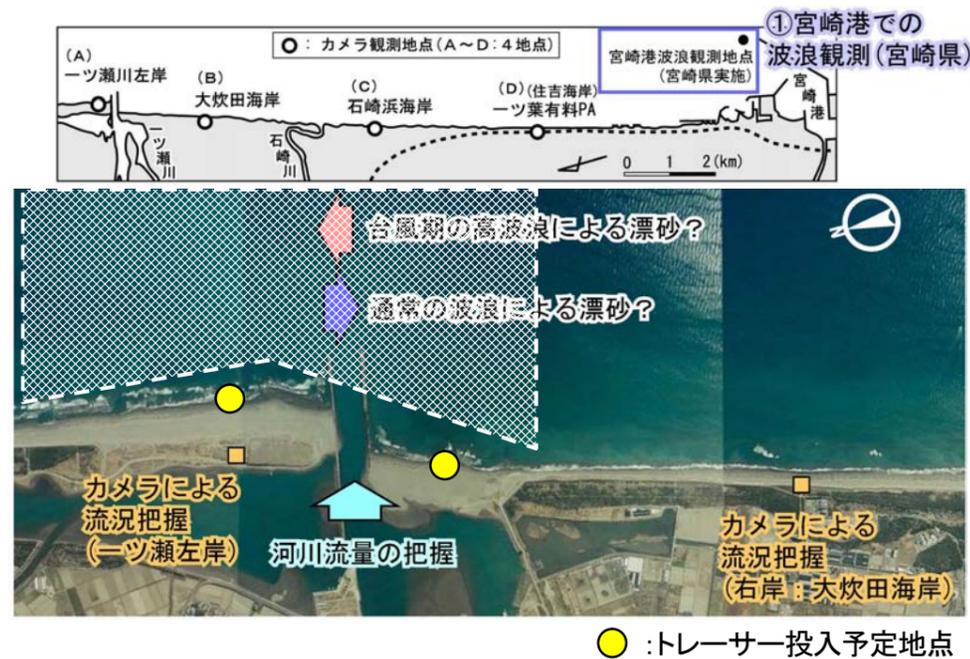


図-4.10 一ツ瀬川河口前面の調査案

5. 波浪についての検討

第2回技術分科会で、宮崎海岸近傍で実施されている Nowphas、宮崎港防波堤沖の2地点における波浪観測データの波浪来襲傾向が異なっている事が指摘された。それら来襲波浪特性は今後実施する対策工の将来予測を行う上でも重要な基礎情報となることから、両波浪観測地点の波浪データを元に、現在も観測されており生データまで残存している宮崎港防波堤沖の波浪観測データの信頼性について検討を行った。

5.1 波浪エネルギーの来襲方向

宮崎海岸における波浪来襲方向を把握するため、Nowphas、宮崎港防波堤沖における波浪観測データおよび台風が接近した期間を除いた波浪データからエネルギーフラックスを算出し、それらのエネルギー比を波向別に集計した結果を図-5.1に示す。なお、上述した台風なしデータは接近台風が北緯20度～40度、東経120度～140度の範囲内に入った日時を除いている。これらから特徴的な事項を以下に示す。

■Nowphas のエネルギーフラックス分布傾向

- ・ 接近台風の有無に関わらず、 -15° 付近をピークに $-45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 付近まで分布しており、全体的に南からの来襲傾向。
- ・ 台風なしデータでは、宮崎海岸の法線より南(横軸正の値)からのエネルギーの割合が若干減少している程度で変化が見られない。

■宮崎港防波堤沖のエネルギーフラックス分布傾向

- ・ 接近台風の有無に関わらず、 -20° 付近をピークに $-45^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 付近まで分布しており、全体的に北からの来襲傾向。
- ・ 台風なしデータでは、宮崎海岸の法線より南(横軸正の値)の $6\sim 12^{\circ}$ 付近のエネルギー比が明瞭に減少。

■台風なしデータによる Nowphas と宮崎港防波堤沖の比較

- ・ Nowphas は南からの波浪が卓越し、宮崎港防波堤沖では北からの波浪が卓越することから、同じ分布形状にはならない。
- ・ Nowphas は台風の有無に関わらず南からの波浪エネルギーに変化は見られないものの、宮崎港沖防波堤では台風を除くと $6\sim 12^{\circ}$ の南方からの来襲波浪エネルギーが減少している。

→以上の結果から、Nowphas と宮崎港防波堤沖の波浪データでは波向の出現傾向が異なることが確認できる。

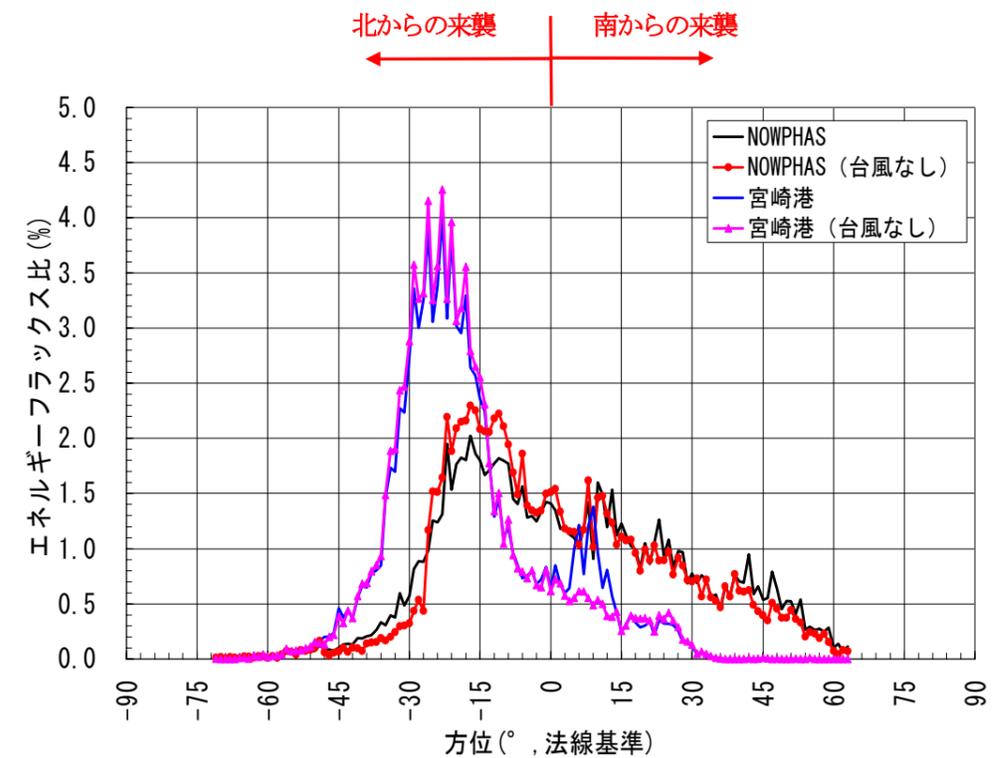


図-5.1 エネルギーフラックス比の来襲方向別分布
(Nowphas : 1991～2002年, 宮崎港防波堤沖 : 2006～2008年)

5.2 高波浪の発生要因

5.2.1 高波一覧表による高波浪発生状況

1991～2002年までの12ヶ年にわたって観測されたNowphas 波浪データを元にまとめた最大有義波高 $H_{1/3}=3.0\text{m}$ 以上の高波一覧表を表- 5.1(1)～(2)に示す。なお、高波浪の定義としては、最大有義波高 $H_{1/3}=3.0\text{m}$ を上回った波浪について1 気象要因毎にまとめ、高波浪の発生期間は当該データを取りまとめている港湾空港技術研究所資料の高波の抽出基準(有義波高 $H_{1/3}=1.5\text{m}$ を上回る期間)に合わせている。また、宮崎港防波堤沖で観測されている波浪データの中で、通年で観測がなされている2006～2008年の3ヶ年における波浪観測データをもとに、高波一覧表を作成した結果を表- 5.2に示す。なお高波浪の抽出基準は、観測点の水深が異なる(Nowphas : 29m, 宮崎港防波堤沖 : 15m)が整合をとるためにNowphas に合わせている。これらから特徴的な事項を以下に示す。

■Nowphas における高波浪来襲状況

- ・ 統計期間中の最大の高波浪は1993年の台風9313号通過時(図- 5.2参照)で、そのときの最大有義波高および有義波周期が $H_{1/3}=10.75\text{m}$, $T_{1/3}=12.4\text{s}$ であった。
- ・ 最大有義波高 $H_{1/3}=3.0\text{m}$ 以上の高波浪は12ヶ年の統計で119回発生し、高波浪は10回/年程度発生している。

■宮崎港防波堤沖における高波浪来襲状況

- ・ 統計期間中の最大の高波浪は2007年の台風0705号通過時(図- 5.3参照)で、そのときの最大有義波高および有義波周期が $H_{1/3}=7.37\text{m}$, $T_{1/3}=7.9\text{s}$ であった。
- ・ 最大有義波高 $H_{1/3}=3.0\text{m}$ 以上の高波浪は3ヶ年の統計で31回発生し、高波浪は10回/年程度発生している。

5.2.2 高波浪の発生要因

上記高波一覧表から高波浪の発生時期、発生要因をまとめたものをそれぞれ図- 5.4, 図- 5.5に示す。また参考に、Nowphas および宮崎港防波堤沖の波浪データの測得率と宮崎市に接近した台風の年毎の集計をそれぞれ図- 5.6, 図- 5.7, 図- 5.8に示す。これらから特徴的な事項を以下に示す。

- ・ Nowphas、宮崎港防波堤沖の両波浪観測データともに、秋季・夏季における高波浪発生割合が高く、それらは秋季がそれぞれ、37.8%, 34.4%、夏季がそれぞれ、31.9%, 28.1%となる(図- 5.4)。
- ・ 宮崎港防波堤沖のデータはNowphas と比較して冬季における高波浪の発生割合が10%程度高い。(図- 5.4)
- ・ 高波浪の発生要因としては、宮崎港防波堤沖のデータでは低気圧が43.8%と最も多く、台風は34.4%である。一方、Nowphas のデータでは台風が54.6%と最も多く、次いで低気圧の36.1%である。(図- 5.5)
- ・ Nowphas のデータは宮崎港防波堤沖のデータと比較して冬季に欠測率が高い。(図- 5.6, 図- 5.7)
- ・ 宮崎港防波堤沖のデータはNowphas のデータと比較して波浪観測期間中の台風接近数が約0.8個/年少ない(Nowphas のデータは2.8個/年)(図- 5.8)。

→以上の結果から、Nowphas、宮崎港防波堤沖の両波浪観測において、高波浪を引き起こす要因は台風および低気圧である事が確認できる。

また、Nowphas と宮崎港防波堤沖のデータでは、冬季における測得率が10%程度異なる事や、観測期間中の台風の接近数が異なる事から、双方のデータの特性に違いが出ている可能性がある。

表一 5.1(1) 高波一覧表 (Nowphas, 1991～2002年, 12ヶ年)

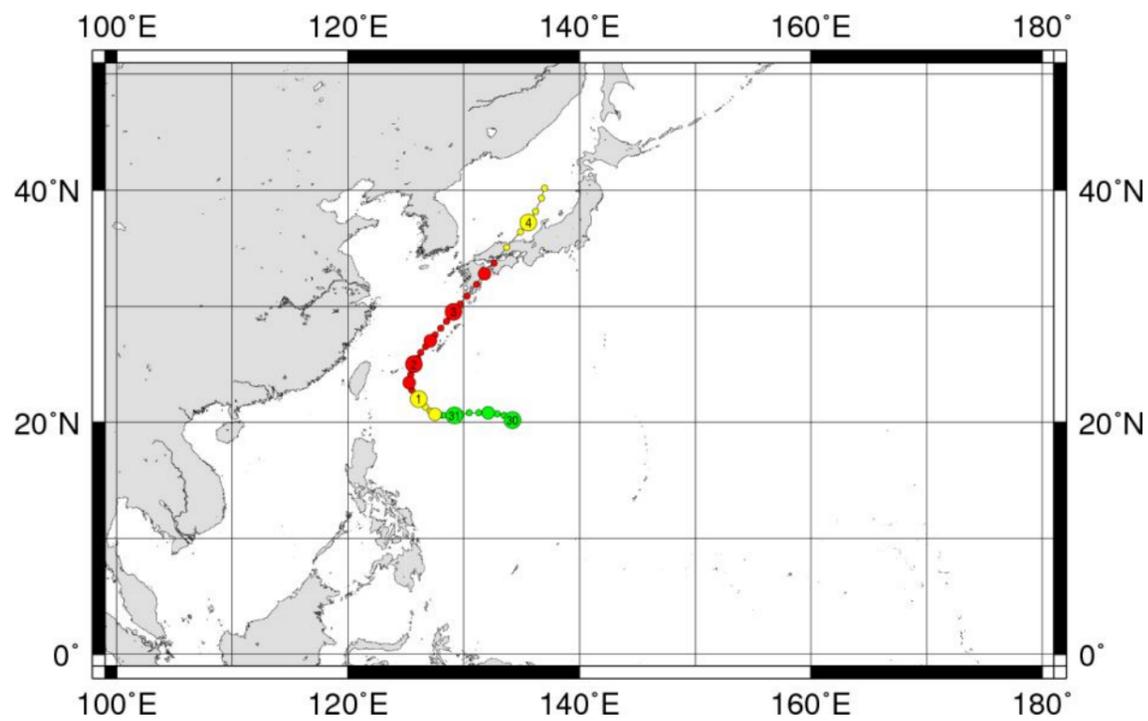
順位	発生期間		最大有義波の起時		最大有義波		対応最高波		気象要因
	波高(m)	周期(s)	波高(m)	周期(s)	波高(m)	周期(s)	波高(m)	周期(s)	
1	93年09月03日 06時 -	93年09月03日 22時	93年09月03日 18時	12.4	10.75	12.4	-	台風9313号	
2	93年08月08日 00時 -	93年08月11日 06時	93年08月10日 02時	10.20	10.20	13.2	14.89	台風9307号	
3	92年08月16日 02時 -	92年08月19日 18時	92年08月18日 02時	8.31	8.31	12.7	12.24	台風9211号	
4	97年09月12日 20時 -	97年09月20日 08時	97年09月14日 12時	8.28	8.28	17.7	-	台風9719号	
5	01年08月15日 10時 -	01年08月22日 8時	01年08月20日 6時	8.20	8.20	12.9	11.9	台風0111号	
6	94年08月10日 06時 -	94年08月16日 00時	94年08月13日 06時	7.64	7.64	11.7	13.01	太平洋高気圧縁辺及び台風9414号	
7	99年07月25日 12時 -	99年07月29日 12時	99年07月27日 00時	7.20	7.20	11.4	11.05	台風9905号	
8	02年07月23日 14時 -	02年07月28日 4時	02年07月25日 14時	7.13	7.13	11.3	-	台風0209号	
9	02年08月27日 16時 -	02年09月01日 12時	02年08月29日 16時	6.84	6.84	11.9	14.70	台風0215号	
10	97年07月23日 14時 -	97年07月27日 04時	97年07月26日 02時	6.46	6.46	12.5	10.44	台風9709号	
11	98年09月14日 12時 -	98年09月23日 14時	98年09月18日 18時	6.43	6.43	10.8	10.24	台風9806号	
12	97年08月14日 10時 -	97年08月20日 08時	97年08月16日 16時	6.33	6.33	13.6	10.02	台風9713号	
13	93年10月03日 22時 -	93年10月09日 22時	93年10月07日 16時	6.14	6.14	12.1	8.37	台風9319号からのうねり	
14	91年10月06日 08時 -	91年10月13日 22時	91年10月11日 18時	6.12	6.12	13.2	9.60	台風9121号	
15	96年09月27日 10時 -	96年10月05日 02時	96年09月30日 22時	5.96	5.96	10.4	8.11	台風9621号	
16	94年09月26日 12時 -	94年09月30日 06時	94年09月29日 08時	5.95	5.95	11.1	9.94	台風9426号	
17	91年08月15日 16時 -	91年08月24日 02時	91年08月20日 10時	5.72	5.72	11.5	8.82	台風9112号	
18	94年07月21日 20時 -	94年07月25日 16時	94年07月24日 02時	5.71	5.71	9.8	7.92	台風9407号及びそのうねり	
19	92年08月07日 00時 -	92年08月09日 02時	92年08月08日 10時	5.69	5.69	10.5	9.09	台風9210号	
20	91年09月23日 12時 -	91年09月28日 06時	91年09月27日 16時	5.64	5.64	9.5	-	台風9119号	
21	98年11月05日 10時 -	98年11月09日 08時	98年11月07日 14時	5.55	5.55	11.7	7.51	南岸低気圧	
22	99年04月22日 16時 -	99年04月26日 12時	99年04月23日 04時	5.41	5.41	9.4	9.51	南岸低気圧	
23	99年09月23日 02時 -	99年09月24日 20時	99年09月24日 06時	5.39	5.39	9.2	7.75	台風9918号	
24	99年07月31日 18時 -	99年08月10日 20時	99年08月05日 20時	5.36	5.36	10.2	7.29	台風9908号	
25	96年07月16日 22時 -	96年07月19日 08時	96年07月18日 16時	5.35	5.35	9.4	10.89	台風9606号	
26	96年08月07日 18時 -	96年08月15日 04時	96年08月14日 08時	5.30	5.30	9.3	8.25	台風9612号	
27	98年10月16日 20時 -	98年10月18日 06時	98年10月17日 16時	5.22	5.22	8.8	7.74	台風9810号	
28	95年09月15日 14時 -	95年09月24日 22時	95年09月16日 06時	5.20	5.20	13.1	9.36	台風9512号・9513号	
29	98年01月10日 14時 -	98年01月19日 06時	98年01月14日 18時	5.16	5.16	9.0	8.39	南岸低気圧	
30	98年02月17日 08時 -	98年02月27日 20時	98年02月20日 04時	5.10	5.10	9.0	8.51	南岸低気圧	
31	96年11月09日 14時 -	96年11月14日 22時	96年11月12日 10時	5.09	5.09	13.0	7.80	台風9624号	
32	92年08月03日 00時 -	92年08月05日 20時	92年08月04日 06時	5.07	5.07	12.5	6.81	台風9209号	
33	02年07月08日 00時 -	02年07月11日 16時	02年07月10日 0時	5.02	5.02	13.3	7.53	台風0206号	
34	98年10月19日 20時 -	98年10月26日 04時	98年10月20日 04時	4.96	4.96	10.6	7.82	南岸低気圧	
35	91年09月16日 14時 -	91年09月20日 00時	91年09月18日 22時	4.85	4.85	10.0	6.60	台風9118号	
36	97年11月25日 08時 -	97年11月27日 00時	97年11月26日 02時	4.84	4.84	8.6	8.16	日本海低気圧	
37	96年09月16日 14時 -	96年09月23日 18時	96年09月21日 20時	4.79	4.79	12.4	7.32	台風9617号	
38	97年06月27日 06時 -	97年06月29日 02時	97年06月28日 08時	4.78	4.78	9.0	7.09	台風9708号	
39	02年07月13日 8時 -	02年07月17日 0時	02年07月15日 20時	4.73	4.73	11.7	5.97	台風0207号	
40	01年04月08日 10時 -	01年04月12日 12時	01年04月10日 10時	4.72	4.72	10.2	8.56	南海上低気圧	
41	91年09月13日 14時 -	91年09月15日 04時	91年09月14日 06時	4.66	4.66	8.3	7.59	台風9117号	
42	93年07月20日 20時 -	93年07月31日 00時	93年07月27日 14時	4.60	4.60	8.7	7.82	台風9305号	
43	97年06月15日 10時 -	00年01月06日 06時	97年06月19日 20時	4.48	4.48	11.6	7.51	台風9707号	
44	99年03月09日 16時 -	99年03月17日 04時	99年03月14日 06時	4.42	4.42	10.1	6.05	本州上低気圧	
45	00年07月05日 10時 -	00年07月08日 22時	00年07月07日 10時	4.39	4.39	14.2	7.17	台風0003号	
46	91年02月13日 20時 -	91年02月16日 20時	91年02月14日 22時	4.34	4.34	8.8	7.11	南岸低気圧	
47	94年04月18日 14時 -	94年04月23日 16時	94年04月21日 12時	4.32	4.32	8.4	7.78	南岸低気圧	
48	96年05月18日 06時 -	96年05月21日 22時	96年05月19日 02時	4.31	4.31	11.6	6.03	台風9603号	
49	99年04月09日 14時 -	99年04月13日 00時	99年04月10日 08時	4.23	4.23	8.6	6.24	南岸低気圧	
50	92年11月06日 04時 -	92年11月10日 16時	92年11月08日 08時	4.10	4.10	12.2	5.78	北偏高気圧の縁辺	
51	92年09月20日 18時 -	92年09月25日 16時	92年09月23日 16時	4.08	4.08	10.0	6.99	移動性高気圧の縁辺	
52	02年08月16日 16時 -	02年08月21日 10時	02年08月19日 4時	4.06	4.06	12.4	6.63	台風0213号	
53	94年11月05日 22時 -	94年11月10日 22時	94年11月07日 14時	3.98	3.98	9.6	6.52	北偏高気圧の縁辺及び台風9434号からのうねり	
54	99年09月14日 02時 -	99年09月15日 14時	99年09月14日 18時	3.96	3.96	8.4	7.11	台風9916号	
55	91年08月26日 16時 -	91年08月30日 20時	91年08月28日 14時	3.95	3.95	9.4	7.28	台風9113号	
56	91年07月27日 06時 -	91年07月30日 12時	91年07月28日 20時	3.94	3.94	9.5	6.33	台風9109号	
57	94年04月12日 04時 -	94年04月13日 02時	94年04月12日 12時	3.88	3.88	7.9	6.27	日本海低気圧	
58	97年11月04日 08時 -	97年11月10日 18時	97年11月05日 06時	3.87	3.87	14.6	5.01	台風9725号	
59	94年10月23日 20時 -	94年11月04日 20時	94年10月25日 02時	3.84	3.84	9.4	5.58	北偏高気圧の縁辺及び台風9431号、9432号からのうねり	
60	92年06月27日 08時 -	92年07月01日 04時	92年06月30日 20時	3.83	3.83	10.7	5.57	台風9203号	

表一 5.1(2) 高波一覽表 (Nowphas, 1991~2002年, 12ヶ年)

順位	発生期間		最大有義波の起時	最大有義波		対応最高波		気象要因
	波高(m)	周期(s)		波高(m)	周期(s)	波高(m)	周期(s)	
61	91年11月29日 10時 -	91年12月05日 22時	91年12月01日 04時	3.76	13.7	6.44	12.9	台風9128号からのうねり
62	98年06月08日 00時 -	98年06月11日 14時	98年06月10日 00時	3.75	9.2	6.45	8.8	南岸低気圧
63	93年11月08日 06時 -	93年11月14日 00時	93年11月12日 00時	3.74	8.3	5.80	7.3	移動性高気圧の縁辺
64	93年06月02日 00時 -	93年06月02日 22時	93年06月02日 12時	3.70	7.8	5.95	6.7	日本海低気圧
65	98年03月05日 04時 -	98年03月12日 14時	98年03月11日 16時	3.69	10.3	5.65	10.3	南岸低気圧
66	92年08月27日 00時 -	92年09月03日 22時	92年09月02日 14時	3.68	15.6	5.73	15.7	台風9215号からのうねり
67	93年10月27日 20時 -	93年10月30日 08時	93年10月29日 02時	3.68	9.1	6.55	9.5	二つ玉低気圧
68	92年09月07日 16時 -	92年09月12日 06時	92年09月10日 18時	3.67	13.5	6.22	13.4	台風9217号
69	00年07月27日 14時 -	00年07月31日 22時	00年07月30日 12時	3.67	7.8	5.52	8.5	台風0006号
70	02年07月02日 22時 -	02年07月06日 18時	02年07月04日 2時	3.67	11.9	6.24	10.8	台風0205号
71	00年08月12日 12時 -	00年08月14日 04時	00年08月12日 16時	3.66	12.5	5.32	13.0	台風0009号
72	97年10月01日 00時 -	97年10月05日 18時	97年10月03日 14時	3.60	9.8	4.96	8.6	高気圧の縁辺
73	00年03月15日 20時 -	00年03月16日 22時	00年03月16日 08時	3.59	9.4	5.82	9.4	冬型気圧配置
74	02年11月21日 20時 -	02年11月27日 16時	02年11月26日 2時	3.59	12.7	6.03	13.6	台風0225号
75	02年10月11日 14時 -	02年10月15日 20時	02年10月14日 20時	3.58	13.3	4.90	13.8	台風0222号
76	02年09月30日 16時 -	02年10月02日 8時	02年10月01日 14時	3.54	14.8	5.86	15.5	台風0221号
77	94年02月11日 20時 -	94年02月13日 04時	94年02月12日 02時	3.51	7.8	5.40	7.0	南岸低気圧及び冬型気圧配置
78	96年07月09日 08時 -	96年07月11日 10時	96年07月10日 08時	3.50	10.8	5.43	9.2	台風9605号
79	97年12月21日 10時 -	97年12月28日 00時	97年12月23日 20時	3.50	8.5	5.55	9.1	南岸低気圧
80	91年09月07日 18時 -	91年09月11日 04時	91年09月08日 16時	3.49	11.7	5.12	10.1	台風9115号
81	00年04月02日 12時 -	00年04月06日 10時	00年04月05日 04時	3.48	9.0	5.03	9.0	南岸低気圧
82	01年09月07日 12時 -	01年09月10日 2時	01年09月10日 2時	3.48	12.9	4.11	10.9	台風0115号
83	95年10月19日 20時 -	95年10月25日 02時	95年10月22日 08時	3.45	9.8	5.89	10.7	高気圧の縁辺及び9518号
84	02年12月03日 20時 -	02年12月04日 18時	02年12月04日 0時	3.44	6.9	6.00	7.6	南岸低気圧
85	99年03月17日 20時 -	99年03月23日 00時	99年03月20日 16時	3.42	7.4	5.61	7.8	北高型気圧配置
86	91年11月04日 20時 -	91年11月10日 22時	91年11月07日 20時	3.41	12.6	5.28	13.3	台風9124号及び二つ玉低気圧
87	98年10月12日 02時 -	98年10月14日 00時	98年10月12日 12時	3.41	7.8	5.14	8.3	南岸低気圧
88	92年05月10日 06時 -	92年05月13日 16時	92年05月12日 12時	3.37	8.8	5.98	8.1	高気圧の縁辺
89	96年10月22日 06時 -	96年10月29日 06時	96年10月25日 02時	3.37	9.4	6.05	9.4	台風9623号
90	98年05月22日 14時 -	98年05月26日 06時	98年05月24日 02時	3.36	9.1	5.32	8.5	南岸低気圧
91	95年03月16日 14時 -	95年03月17日 06時	95年03月16日 20時	3.34	9.7	5.32	9.5	日本海低気圧
92	00年08月05日 10時 -	00年08月07日 10時	00年08月06日 04時	3.32	10.4	5.97	11.9	台風0008号
93	02年09月02日 8時 -	02年09月07日 18時	02年09月04日 6時	3.31	9.8	5.07	12.2	台風0216号
94	93年04月21日 08時 -	93年04月22日 04時	93年04月21日 12時	3.27	7.5	5.47	7.3	南岸低気圧
95	99年04月17日 20時 -	99年04月20日 18時	99年04月18日 14時	3.27	7.7	6.42	7.5	南岸低気圧
96	93年03月13日 10時 -	93年03月18日 04時	93年03月16日 14時	3.23	8.1	5.23	8.9	南岸低気圧及び冬型気圧配置
97	01年04月18日 4時 -	01年04月20日 0時	01年04月18日 20時	3.23	9.0	5.11	8.7	南海上低気圧
98	92年03月16日 00時 -	92年03月19日 06時	92年03月17日 04時	3.21	7.0	5.26	7.5	移動性高気圧の縁辺
99	96年04月14日 18時 -	96年04月16日 18時	96年04月15日 16時	3.21	10.0	5.51	10.5	南岸低気圧
100	00年08月28日 04時 -	00年08月31日 18時	00年08月29日 04時	3.20	8.0	6.00	8.2	北高型気圧配置
101	96年04月30日 04時 -	96年05月01日 14時	96年04月30日 16時	3.17	7.0	5.44	6.8	日本海低気圧
102	93年06月08日 20時 -	93年06月10日 22時	93年06月09日 08時	3.15	8.9	5.55	8.0	南岸低気圧からのうねり
103	99年05月18日 14時 -	99年05月19日 18時	99年05月19日 00時	3.15	7.8	4.92	7.1	二つ玉低気圧
104	95年10月09日 18時 -	95年10月17日 08時	95年10月12日 04時	3.14	10.4	5.04	10.5	高気圧の縁辺
105	97年10月20日 06時 -	97年10月23日 18時	97年10月22日 10時	3.13	13.5	4.41	12.6	台風9723号・9724号
106	92年10月05日 08時 -	92年10月09日 22時	92年10月06日 22時	3.12	10.8	4.69	9.8	高気圧の縁辺
107	94年05月03日 16時 -	94年05月04日 22時	94年05月04日 02時	3.11	8.4	5.14	7.4	二つ玉低気圧
108	99年03月27日 18時 -	99年04月03日 22時	99年03月30日 16時	3.07	8.1	4.11	7.0	南岸低気圧
109	02年12月19日 8時 -	02年12月24日 10時	02年12月21日 14時	3.07	9.1	4.63	9.0	南岸低気圧
110	95年07月20日 20時 -	95年07月24日 00時	95年07月23日 12時	3.05	7.7	4.61	6.8	台風9503号
111	96年07月28日 04時 -	96年08月01日 22時	96年07月31日 16時	3.04	10.4	5.26	11.7	台風9609号
112	91年05月07日 04時 -	91年05月08日 00時	91年05月07日 14時	3.03	7.5	4.23	7.5	移動性高気圧後面及び日本海低気圧
113	99年10月22日 20時 -	99年10月28日 04時	99年10月27日 12時	3.03	10.2	4.71	10.7	南岸低気圧
114	91年03月21日 20時 -	91年03月23日 10時	91年03月22日 10時	3.02	8.8	4.79	9.4	南岸低気圧
115	92年01月06日 06時 -	92年01月07日 06時	92年01月06日 12時	3.02	8.4	5.40	8.5	南岸低気圧
116	92年12月06日 14時 -	92年12月08日 14時	92年12月07日 10時	3.02	8.0	4.96	7.8	移動性高気圧後面及び南岸低気圧
117	94年03月07日 18時 -	94年03月09日 22時	94年03月08日 06時	3.01	7.5	4.18	7.2	二つ玉低気圧
118	94年11月14日 12時 -	94年11月19日 02時	94年11月17日 14時	3.01	8.7	4.44	7.6	北偏高気圧の縁辺及び日本海低気圧
119	92年09月26日 18時 -	92年10月01日 06時	92年09月29日 08時	3.00	7.3	5.23	7.3	日本海低気圧

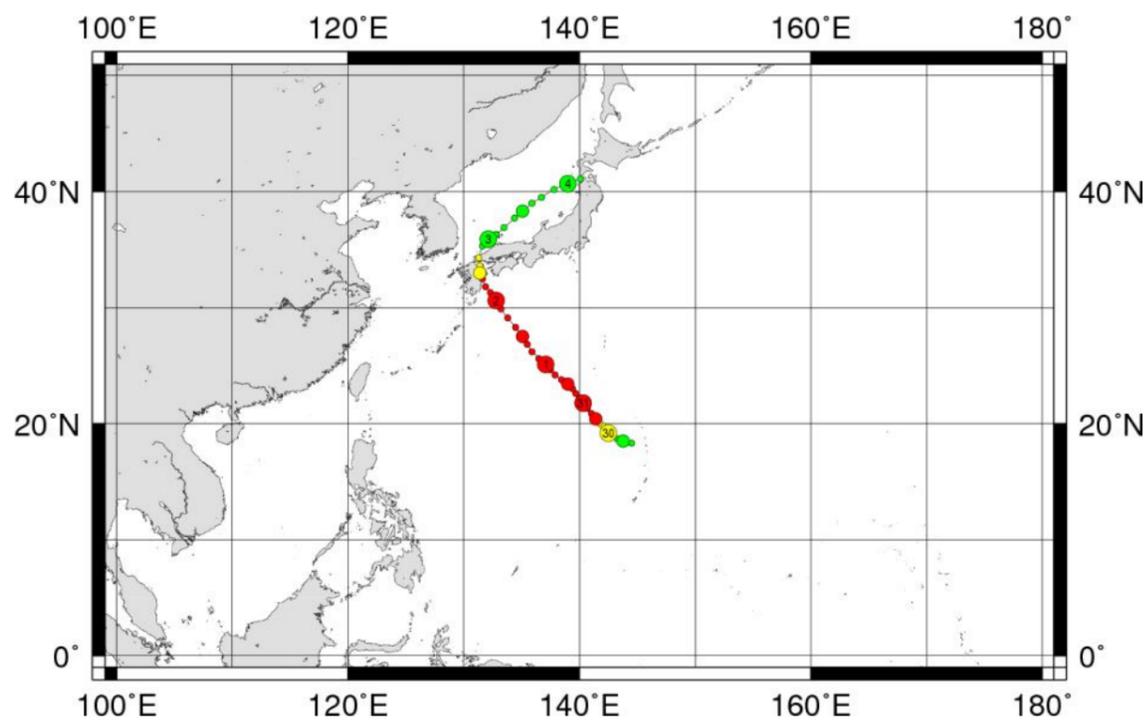
表 5.2 高波一覽表(宮崎港防波堤沖、2006～2008年、3ヶ年)

順位	発生期間		最大有義波の起時	最大有義波		対応最高波		気象要因
	発生時刻	発生日		波高(m)	周期(s)	波高(m)	周期(s)	
1	07年08月01日 16時	07年08月03日 17時	07年08月02日 16時	7.37	7.9	9.95	16.1	台風0705号
2	07年07月12日 15時	07年07月15日 11時	07年07月14日 15時	6.45	11.2	9.93	15.7	台風0704号
3	08年05月30日 06時	08年06月05日 14時	08年06月02日 23時	5.35	9.3	7.31	10.1	台風0805号
4	08年05月09日 22時	08年05月14日 23時	08年05月13日 09時	5.29	12.8	7.97	13.5	低気圧
5	06年05月26日 08時	06年05月28日 01時	06年05月27日 00時	5.04	9.3	7.08	11.1	前線を伴った低気圧
6	06年08月14日 08時	06年08月18日 18時	06年08月17日 17時	4.92	6.9	6.48	10.5	台風0610号
7	08年09月18日 11時	08年09月20日 01時	08年09月18日 22時	4.85	6.7	8.22	7.2	台風0813号
8	06年09月03日 09時	06年09月06日 23時	06年09月05日 04時	4.57	16.8	6.34	16.7	台風0612号
9	06年06月08日 12時	06年06月09日 08時	06年06月08日 20時	4.39	6.4	6.86	8.4	低気圧
10	07年02月25日 08時	07年03月01日 01時	07年02月26日 08時	4.36	11.2	7.14	10.7	気圧の谷
11	07年03月15日 14時	07年03月18日 16時	07年03月15日 17時	4.27	5.6	5.94	5.8	前線を伴った低気圧
12	06年09月17日 00時	06年09月18日 01時	06年09月17日 17時	4.06	6.3	5.41	7.7	台風0613号
13	06年09月23日 04時	06年09月27日 23時	06年09月27日 00時	4.03	12.5	5.76	13.4	南岸低気圧
14	06年10月03日 15時	06年10月07日 20時	06年10月06日 04時	3.97	10.5	6.37	10.1	低気圧
15	07年12月25日 04時	07年12月28日 22時	07年12月26日 02時	3.85	9.9	5.45	9.6	低気圧
16	07年09月05日 07時	07年09月07日 06時	07年09月06日 18時	3.80	13.6	6.22	13.8	台風0709号
17	08年03月19日 04時	08年03月23日 23時	08年03月19日 08時	3.64	8.3	8.15	9.6	低気圧
18	07年11月04日 17時	07年11月08日 01時	07年11月06日 03時	3.63	9.2	5.66	9.7	前線停滞
19	06年11月22日 23時	06年11月27日 05時	06年11月23日 20時	3.51	8.8	5.27	9.3	低気圧および前線
20	07年12月22日 01時	07年12月24日 20時	07年12月23日 03時	3.48	10.4	5.03	10.9	低気圧
21	06年12月25日 12時	06年12月28日 02時	06年12月26日 14時	3.44	9.1	4.96	9.6	低気圧
22	08年11月10日 08時	08年11月15日 01時	08年11月12日 09時	3.40	9.5	5.45	10.2	前線停滞
23	07年11月28日 22時	07年12月01日 18時	07年11月30日 01時	3.38	11.1	5.08	12.5	熱帯低気圧
24	06年02月25日 07時	06年02月28日 16時	06年02月26日 01時	3.34	8.6	4.56	9.9	前線を伴った低気圧
25	06年10月13日 10時	06年10月18日 12時	06年10月15日 23時	3.26	12.1	5.15	12.8	台風0618号
26	06年07月11日 08時	06年07月14日 08時	06年07月13日 02時	3.20	14.4	4.51	15.2	台風0604号
27	06年08月07日 10時	06年08月10日 13時	06年08月08日 06時	3.13	11.8	4.49	11.3	台風0607,0608,0609号
28	06年04月10日 08時	06年04月12日 07時	06年04月11日 09時	3.12	8.8	4.61	9.6	低気圧
29	07年06月03日 03時	07年06月06日 05時	07年06月03日 07時	3.11	7.2	4.77	6.5	低気圧
30	08年04月09日 14時	08年04月10日 21時	08年04月09日 21時	3.07	8.3	4.34	8.8	低気圧
31	08年06月15日 10時	08年06月16日 08時	08年06月15日 15時	3.05	5.9	4.69	6.5	前線停滞
32	06年01月13日 08時	06年01月14日 17時	06年01月14日 05時	3.04	8.3	4.61	9.2	南岸低気圧



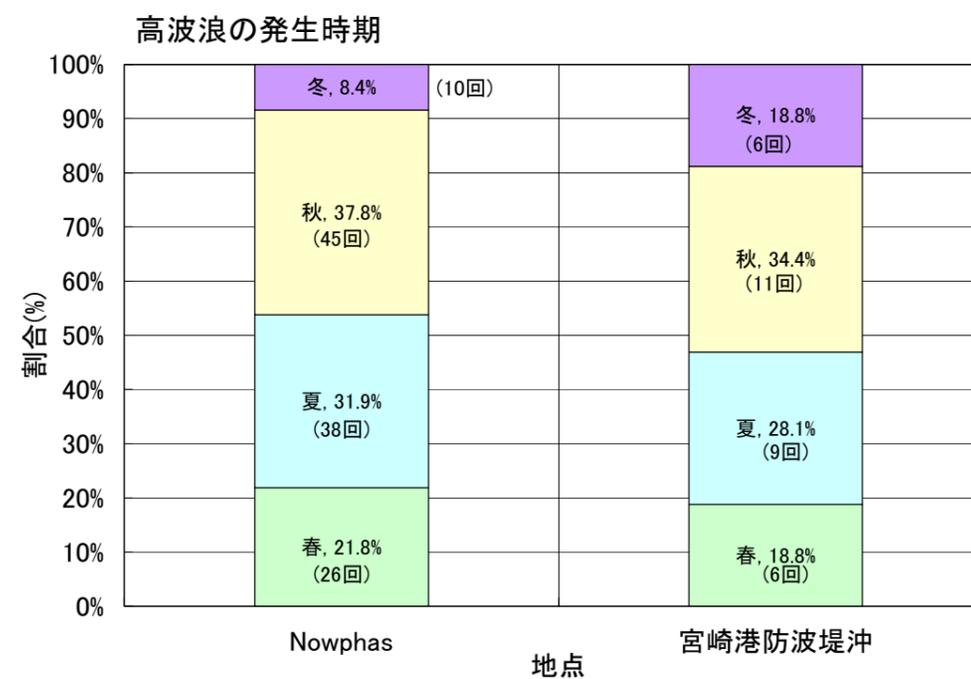
出典) 国立情報学研究所 : <http://agora.ex.nii.ac.jp/~kitamoto/>

図一 5.2 台風 9313 号の経路図(1993/8/30~9/4)

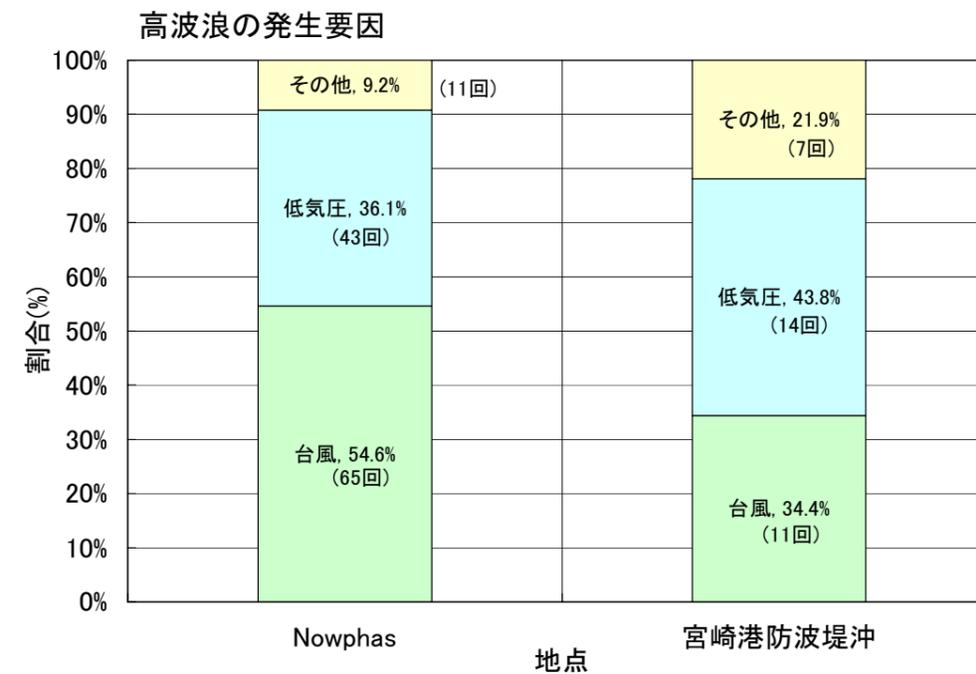


出典) 国立情報学研究所 : <http://agora.ex.nii.ac.jp/~kitamoto/>

図一 5.3 台風 0705 号の経路図(2007/7/30~8/4)



図一 5.4 高波浪の発生時期



図一 5.5 高波浪の発生要因

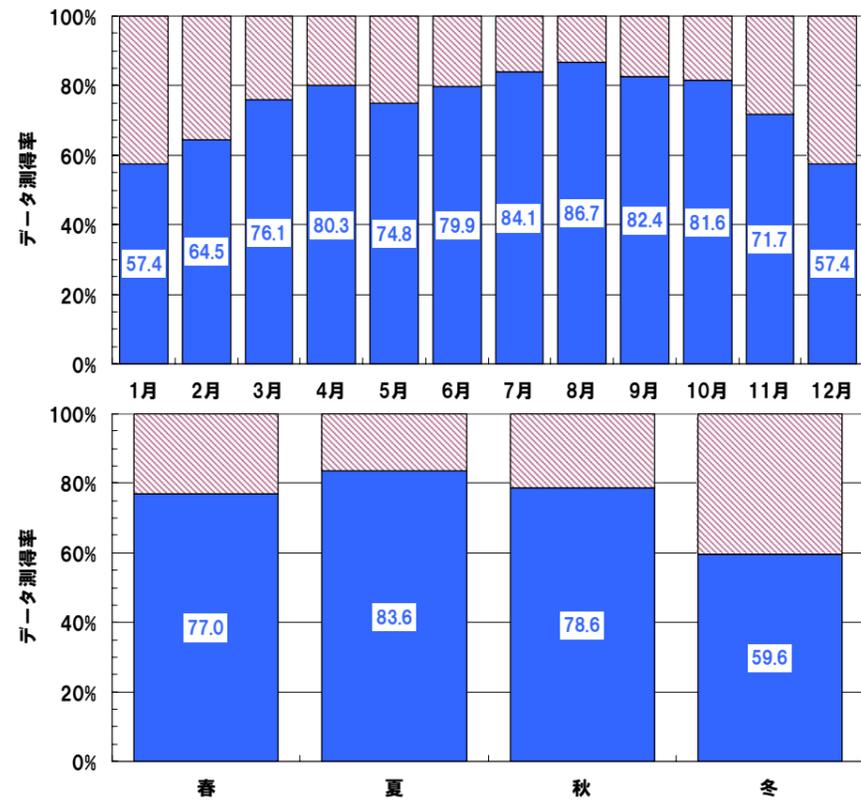


図- 5.6 Nowphas 波浪データの測得率(1991~2002年)

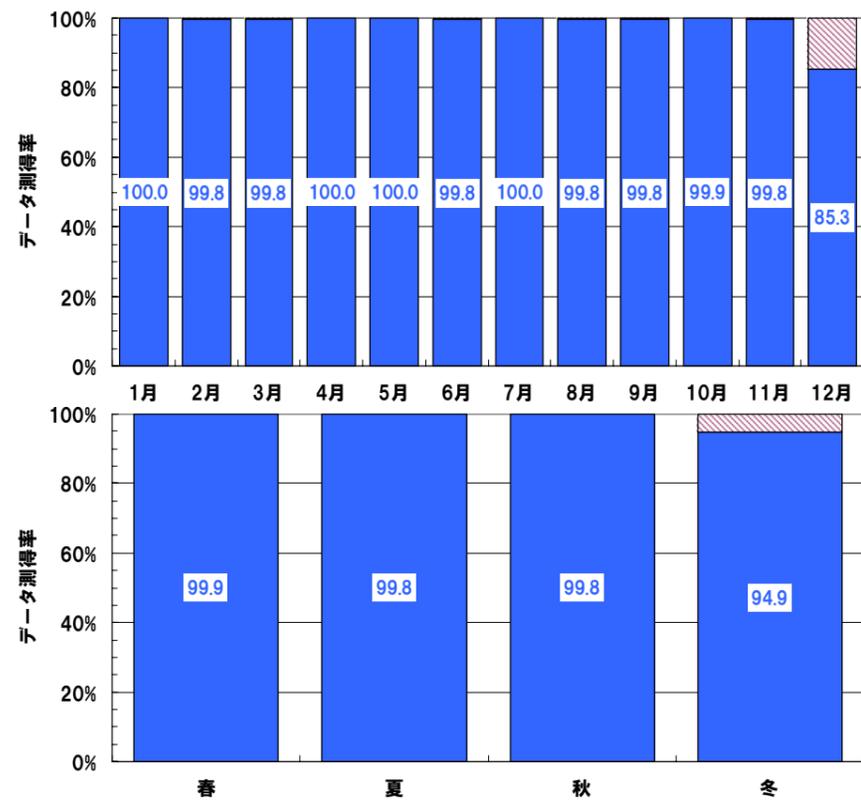
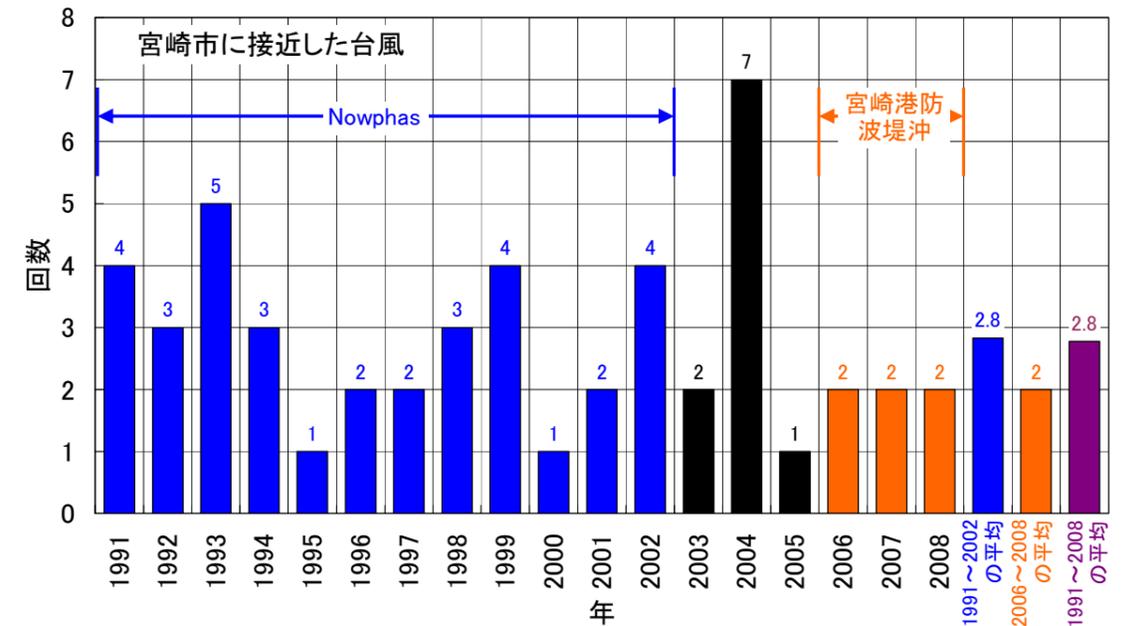


図- 5.7 宮崎港防波堤沖波浪データの測得率(2006~2008年)



※宮崎市に接近: 台風の中心が宮崎市から半径300km以内に接近したことを定義
 出典: 国立情報学研究所(<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>)

図- 5.8 宮崎市に接近した台風数の年別集計(1991~2008年)

5.3 高波浪時の波浪来襲傾向

5.3.1 高波浪時の主たる来襲方向

上記宮崎港防波堤沖の波浪観測によって得られた高波一覧表の上位 32 位の高波浪（表－ 5.2）について、主たる波浪の来襲方向を経時変化図から判読した結果を図－ 5.9に示す。これらから特徴的な事項を以下に示す。ここで主たる波浪の来襲方向とは、高波浪発生期間中に南もしくは北側の 1 方向から来襲しているものと定義した。

- ・ 主として南から来襲している高波浪は 32 ケース中 6 ケース (18.8%) となり、そのなかで 3 ケースの気象要因が台風となっている。
- ・ 高波一覧表から、台風が高波浪の気象要因となっているものは全部で 11 ケースであることから、台風によってもたらされた高波浪のうち主として南からの高波浪は約 27%である。

→以上の結果から宮崎港防波堤沖の 2006～2008 年の 3 ケ年の波浪観測データでは、宮崎海岸に来襲する高波浪は北から来襲する頻度が高い事が確認された。また台風に起因する高波浪についても北から来襲する頻度の高いことが確認できた。

5.3.2 方向スペクトルによる高波浪時の波浪来襲状況

先述した高波一覧表の上位にランクされた高波浪について、複数方向から波浪が来襲するため、平均波高だけでは卓越方向の判別が困難な波浪もある。そこで波浪観測の生データを用いて方向スペクトル解析を行った(波向、方向スペクトルについては表－ 5.3参照)。高波浪の抽出条件は、高波一覧表から”台風に起因するもの”、”低気圧に起因するもの”に分類し、それぞれの高波浪について波浪の発達段階を踏まえて以下の 5 段階の方向スペクトルを算出している。

- a) : 有義波高 $H_{1/3}=1.0\text{m}$ を上回った直後
- b) : 波浪発達段階
- c) : ピーク時
- d) : 減衰段階
- e) : 有義波高 $H_{1/3}=1.0\text{m}$ を下回った直後

これら方向スペクトルの算出結果の中で、台風に起因する代表的な高波浪について、来襲波浪・風況の経時変化および台風経路図を、南からおよび北からの来襲方向毎にまとめたものを、それぞれ図－ 5.10(1)、(2)および図－ 5.11(1)～(3)に示す。また、低気圧通過に起因する代表的な高波浪についても同様にまとめたものを図－ 5.12(1)、(2)に示す。これらから特徴的な事項を以下に示す。

■平均波向、風況、方向スペクトル、レーダー画像の関係(図－ 5.10、図－ 5.11、図－ 5.12)

- ・ 波浪および風況の経時変化から、いずれのケースにおいても風向と波向の関係は必ずしも一致しない。
- ・ 平均波向は方向スペクトルのエネルギーのピーク周辺に位置することから、波浪諸元の平均波向の妥当性が確認できる。また、レーダー画像の波峰線から一方向からの波浪が卓越している時期のレーダー画像と平均波向から、同一方向からの波浪が観測されていることが確認でき、一方向から波浪が来襲する時の波浪観測データとレーダー画像の整合性も確認できる。

■台風に起因する高波浪の来襲傾向(図－ 5.10、図－ 5.11)

- ・ 南から来襲する高波浪では、高波浪来襲期間を通じて方向スペクトルのピークが一つ山となっており、常時南からの一方向の波浪エネルギーが来襲している(図－ 5.10)。
- ・ 北から来襲する高波浪の中で最大有義波高を観測した台風 0705 号通過時には、高波浪来襲期間を通じて主として周期 10～15s で北からの波浪エネルギーが来襲している(図－ 5.11(1))。
- ・ 北からの来襲波浪の中でも、台風 0802 号および台風 0805 号通過時には、平均波向では高波浪の期間を通じて主として周期 10～15s の北からの来襲波浪が確認されるが、b) : 波浪発達段階から c) : ピーク時にかけては方向スペクトルのエネルギー分布が二つ山となっており、先述した北側からの波浪だけでなく周期 15～20s 程度の南からの波浪エネルギー(周期の長いうねり成分)も確認される。またレーダー画像の波峰線からも、南北 2 方向から波浪が確認できる(図－ 5.11(2)および(3))。
- ・ 南側から波浪が来襲する台風経路としては、台風の中心が九州以西を縦断する場合に多く、北側の場合は台風の中心が太平洋上を通過する場合に多い傾向が見られる(図－ 5.10、図－ 5.11)。

■低気圧に起因する高波浪の来襲傾向(図－ 5.12)

- ・ レーダー画像および平均波向から高波浪の期間は北側からの来襲傾向となる(図－ 5.12)。
- ・ 低気圧に起因する高波浪は北からの来襲波浪が多いが、北からの来襲波浪となる台風と同様に、発達段階では南側からの波浪も来襲している。またレーダー画像の波峰線からも南北 2 方向から波浪の来襲を確認できるケースも見られる(図－ 5.12(1))。

⇒レーダー画像および方向スペクトル解析結果から、宮崎港防波堤沖波浪観測データの高波浪時の波向の信頼性が確認された。

⇒なお台風に起因する高波浪の場合は、九州以西を縦断する台風経路の場合に南から来襲することが多い傾向が確認でき、低気圧に起因する高波浪については、主たる波向については北側が多い。また主たる波向が南からの高波浪では高波浪の期間を通じて一様に南からの 1 方向の高波浪が来襲し、北からの高波浪では高波浪の期間を通じて北からの 1 方向の高波浪が来襲するだけでなく、南側からの周期の長いうねり成分も来襲しており、南北 2 方向からの波浪が来襲しているケースも確認された。

：主として南から来襲する高波浪

期間：2006年1月1日～2009年12月31日
 有義波波高
 有義波周期

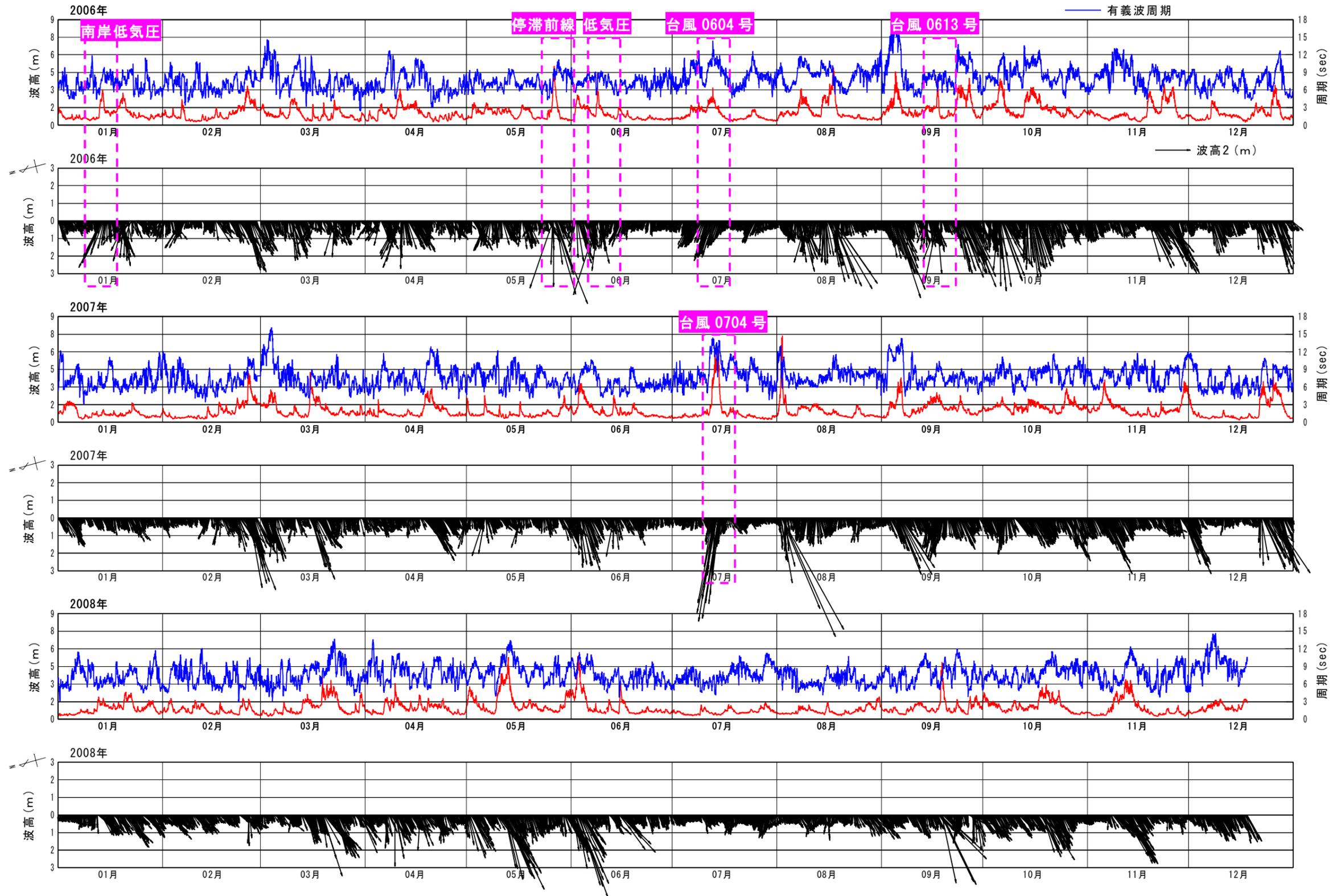
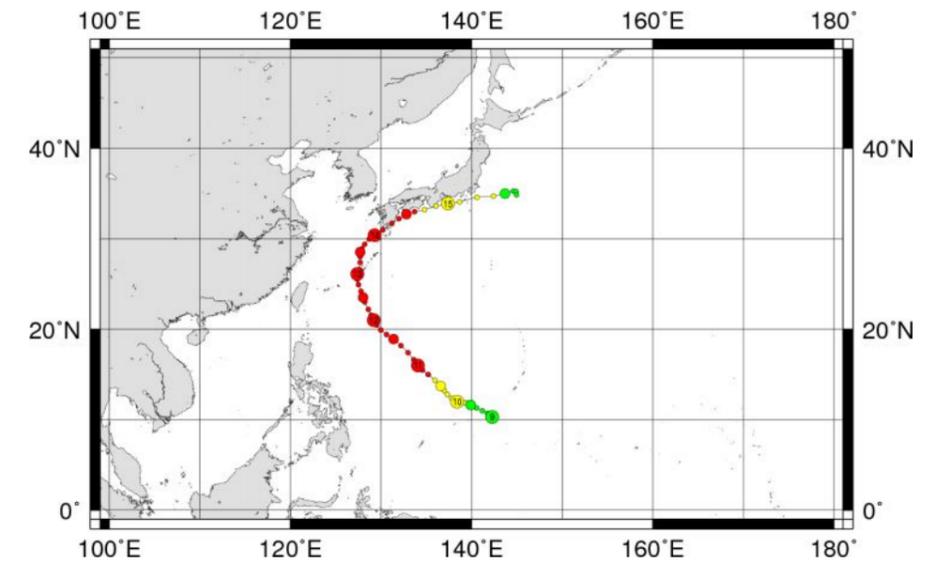
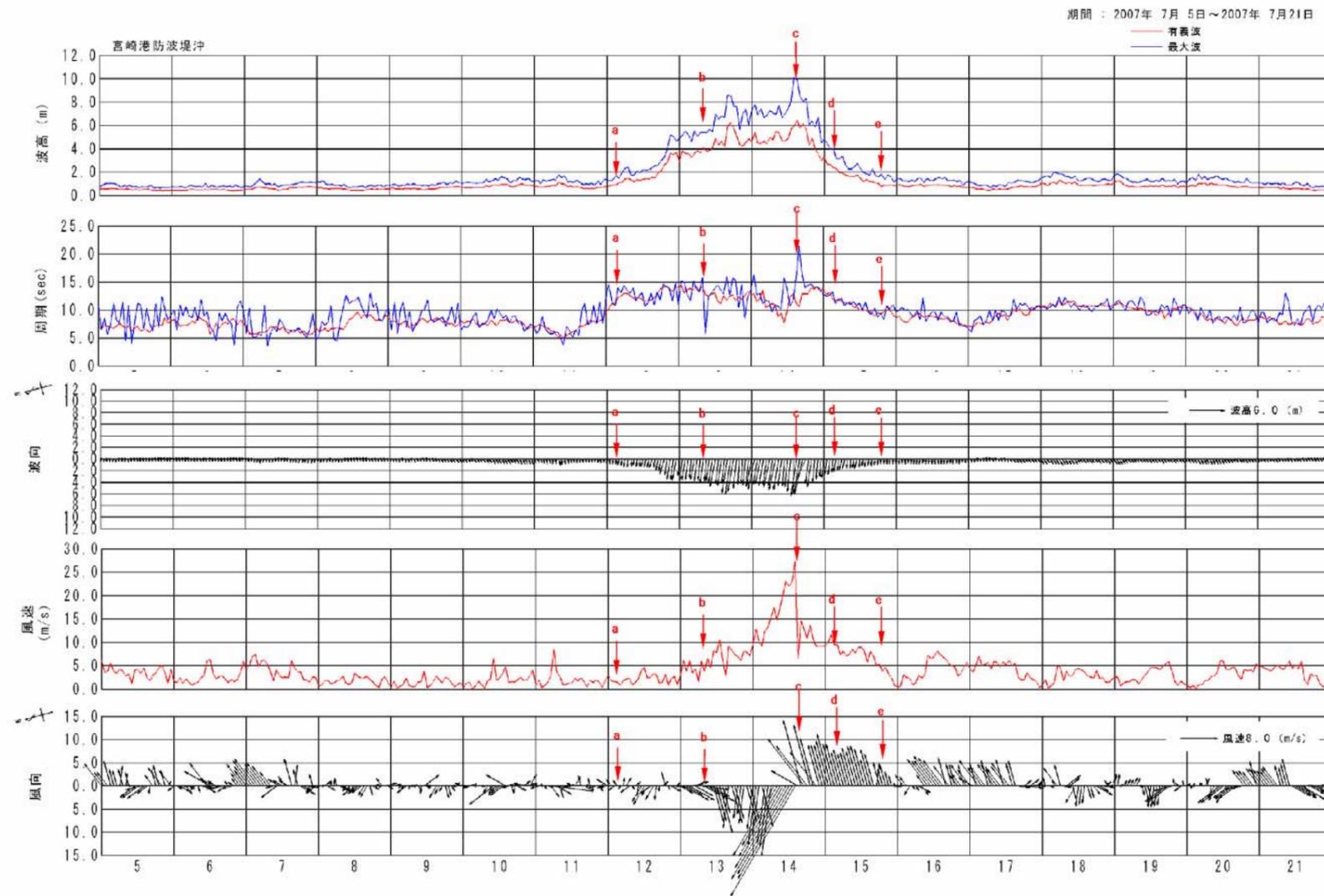


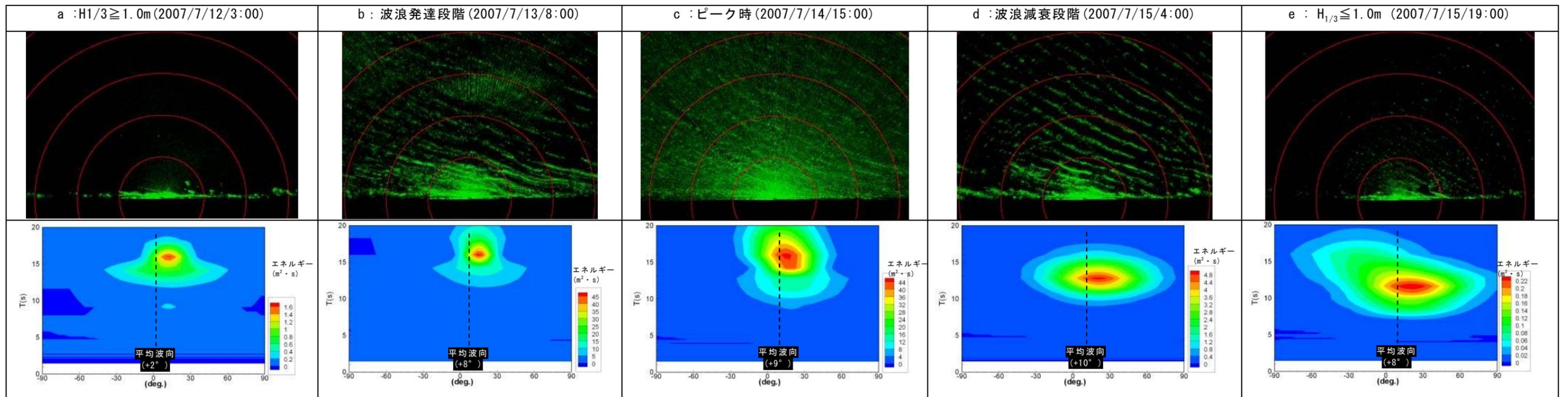
図- 5.9 宮崎港防波堤沖における波浪観測データ (2006～2008 年)



出典) 国立情報学研究所 (NII) HP : <http://agora.ex.nii.ac.jp/~kitamoto/>

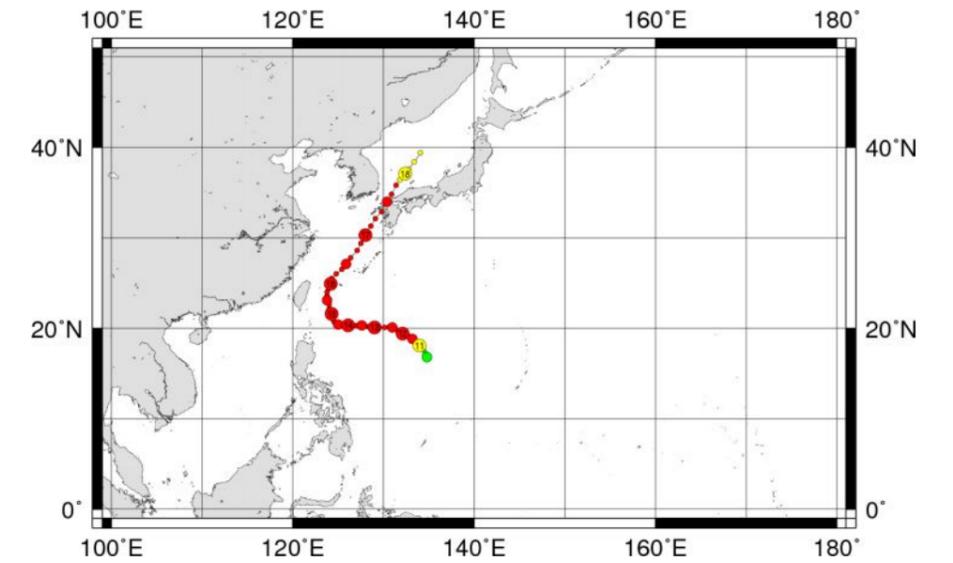
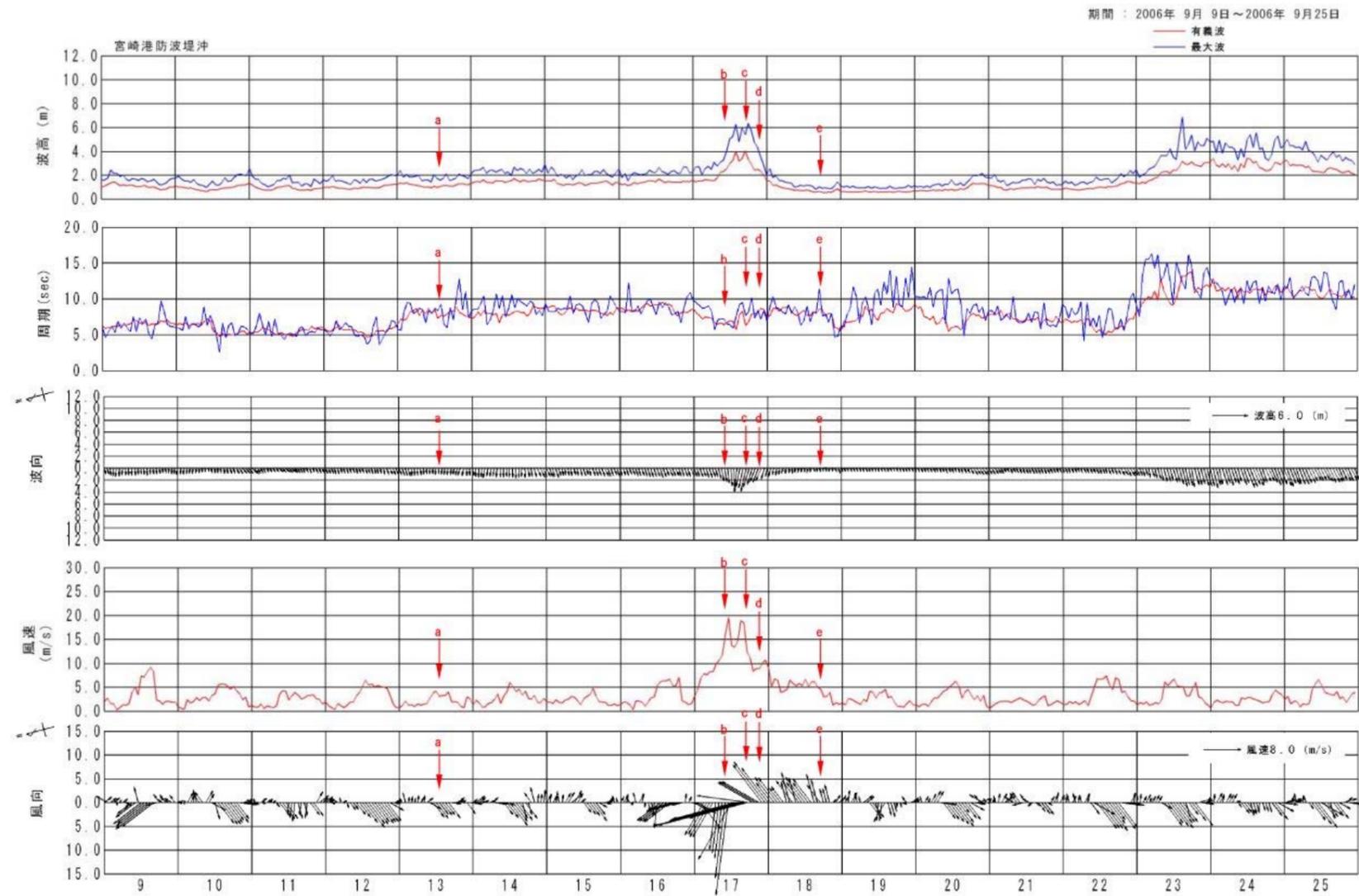
(レーダー画像)

(スペクトル解析結果)

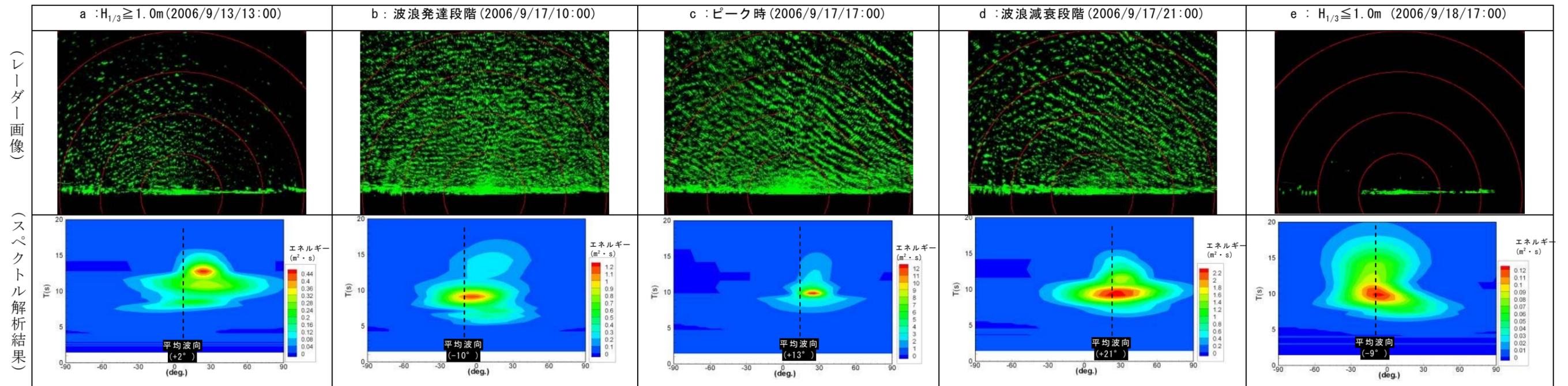


※図中に示されている平均波向は、波高計の2成分流速を元に共分散法で算出された平均波向である

図- 5.10(1) 台風起因する南系高波浪来襲時の来襲波浪・風況と代表時期の方向スペクトル解析結果(台風 0704 号)

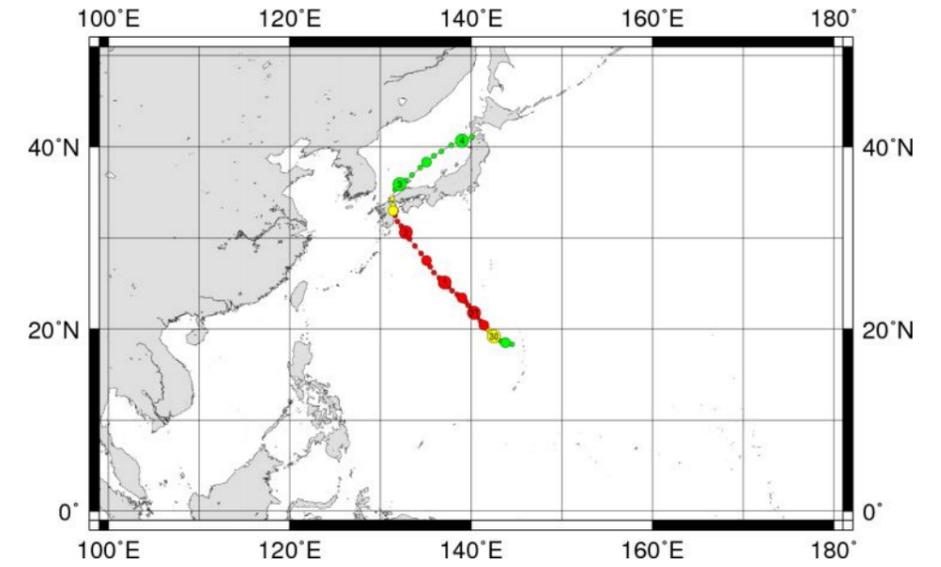
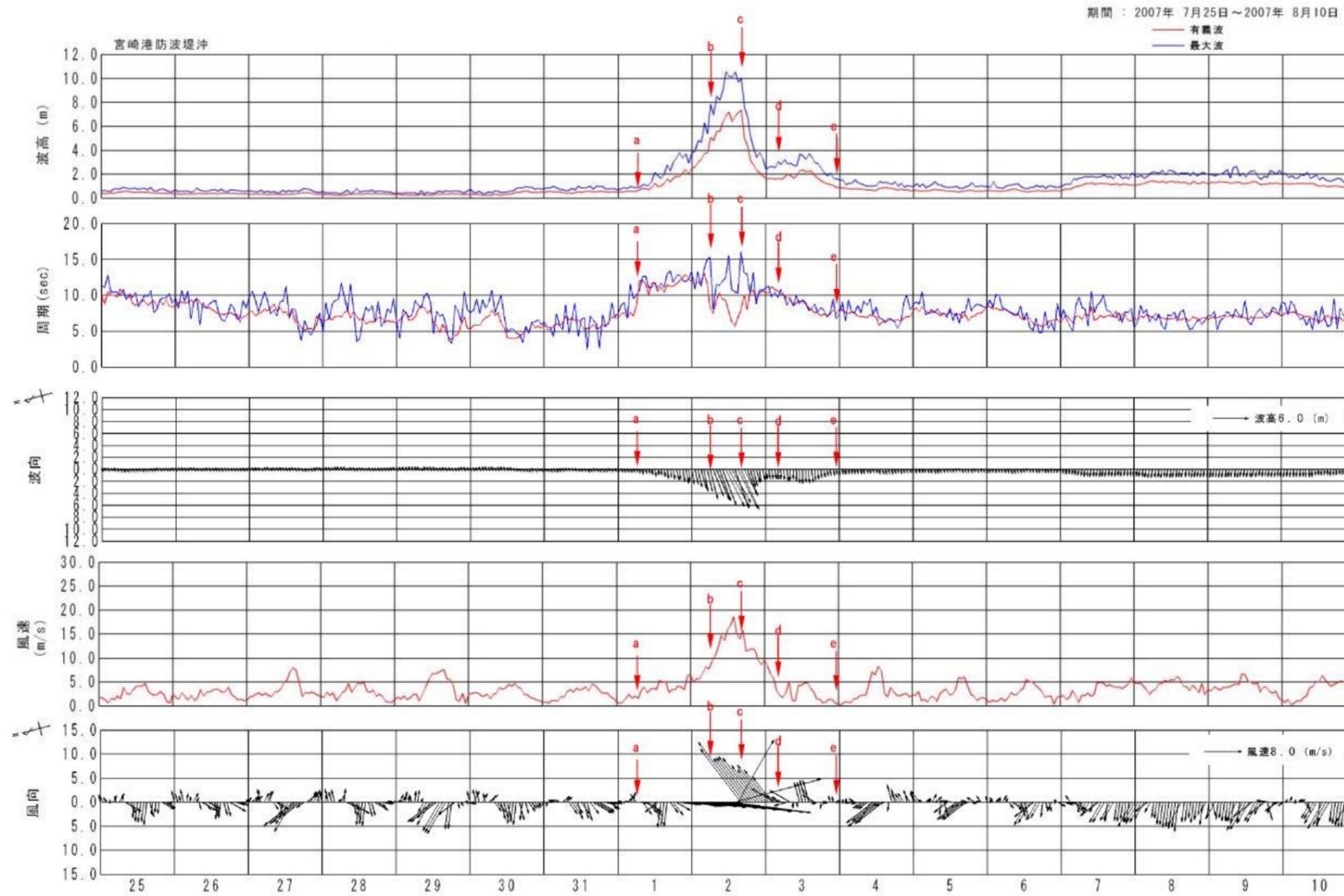


出典) 国立情報学研究所 (NII) HP : <http://agora.ex.nii.ac.jp/~kitamoto/>

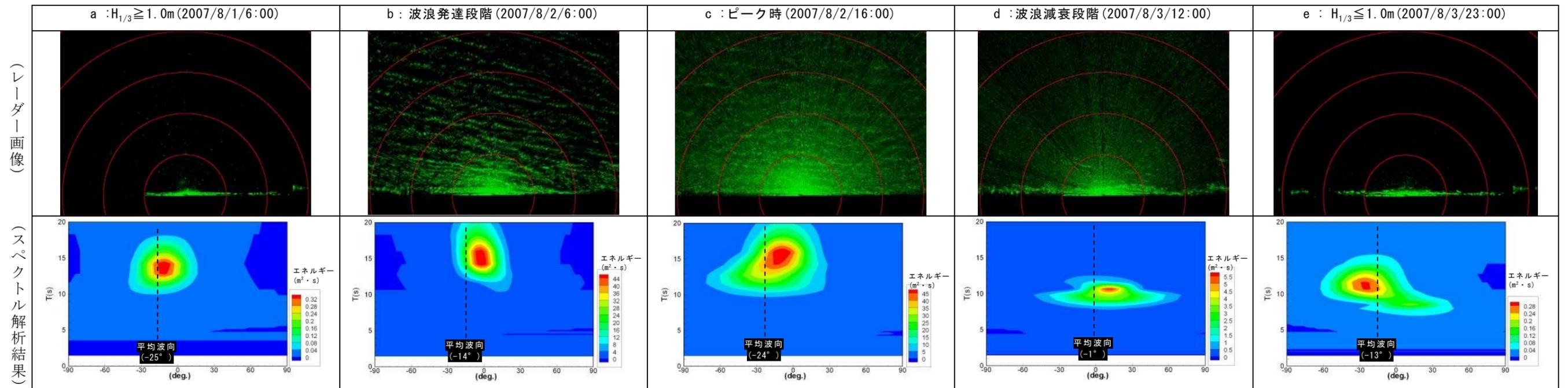


※図中に示されている平均波向は、波高計の2成分流速を元に共分散法で算出された平均波向である

図- 5.10(2) 台風起因する南系高波浪来襲時の来襲波浪・風況と代表時期の方向スペクトル解析結果(台風 0613 号)

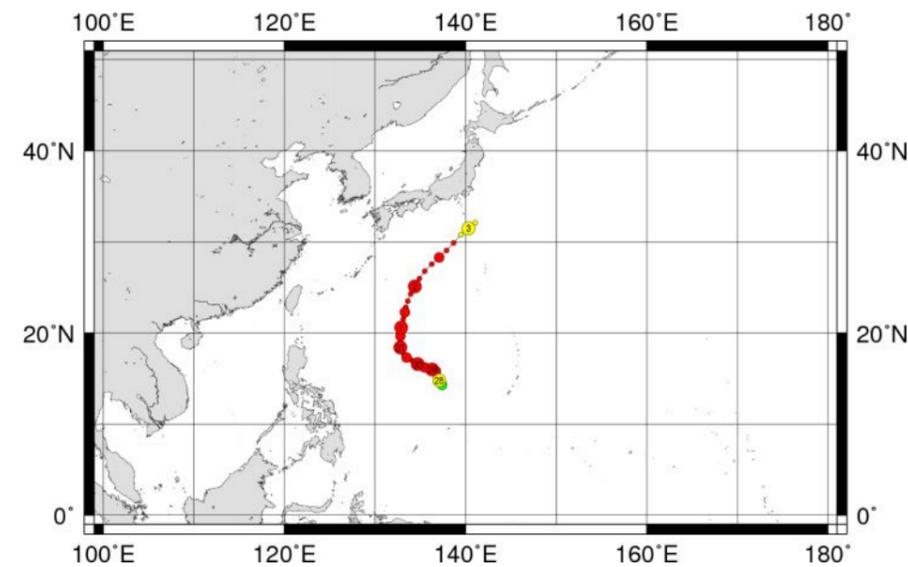
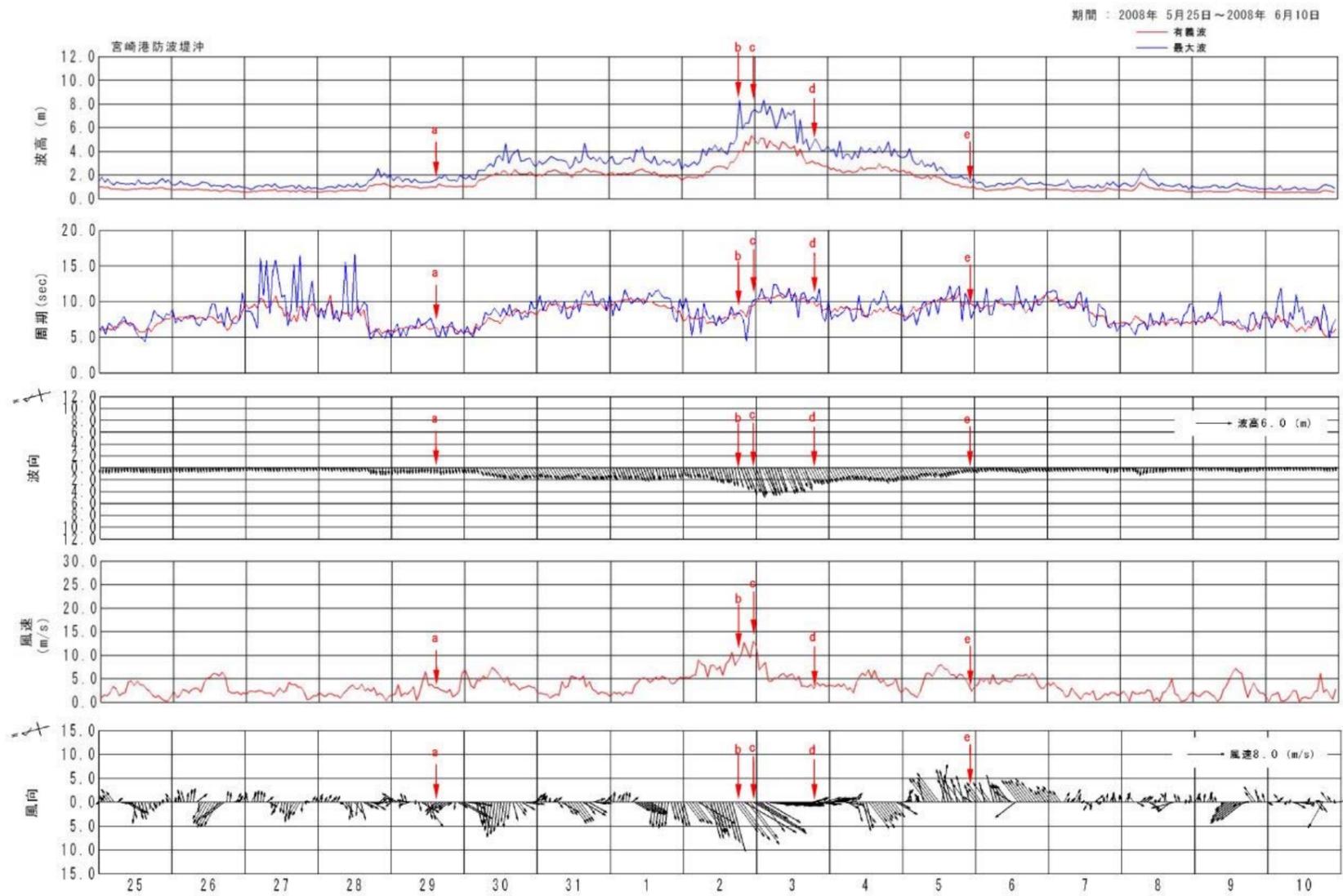


出典) 国立情報学研究所 (NII) HP : <http://agora.ex.nii.ac.jp/~kitamoto/>

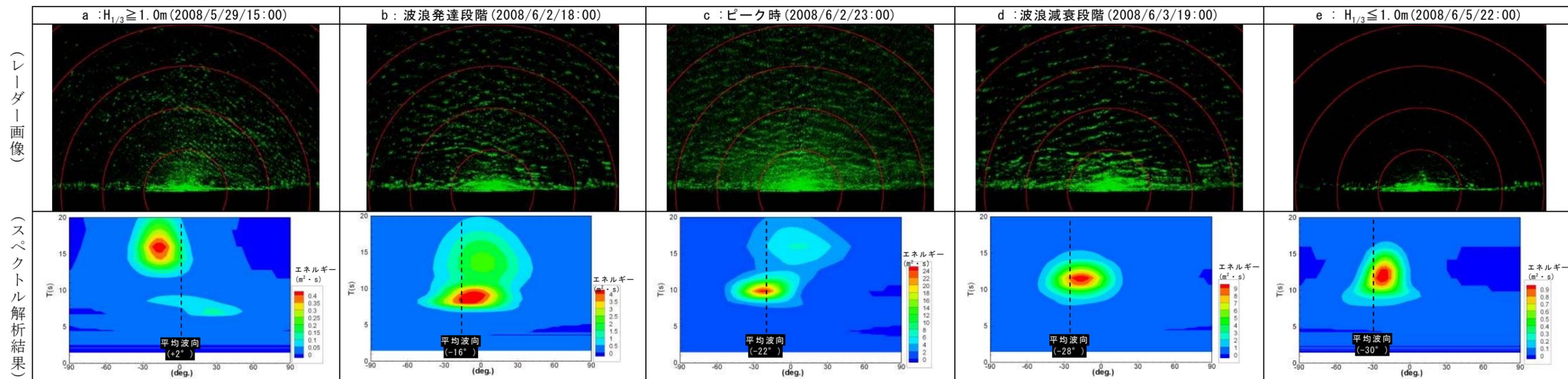


※図中に示されている平均波向は、波高計の2成分流速を元に共分散法で算出された平均波向である

図一 5.11(1) 台風起因する北系高波浪来襲時の来襲波浪・風況と代表時期の方向スペクトル解析結果(台風 0705 号)



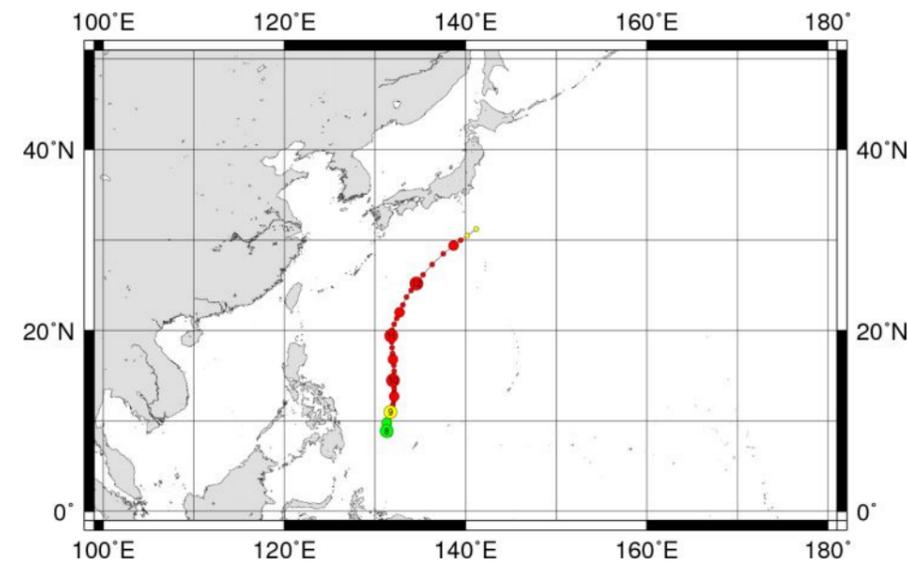
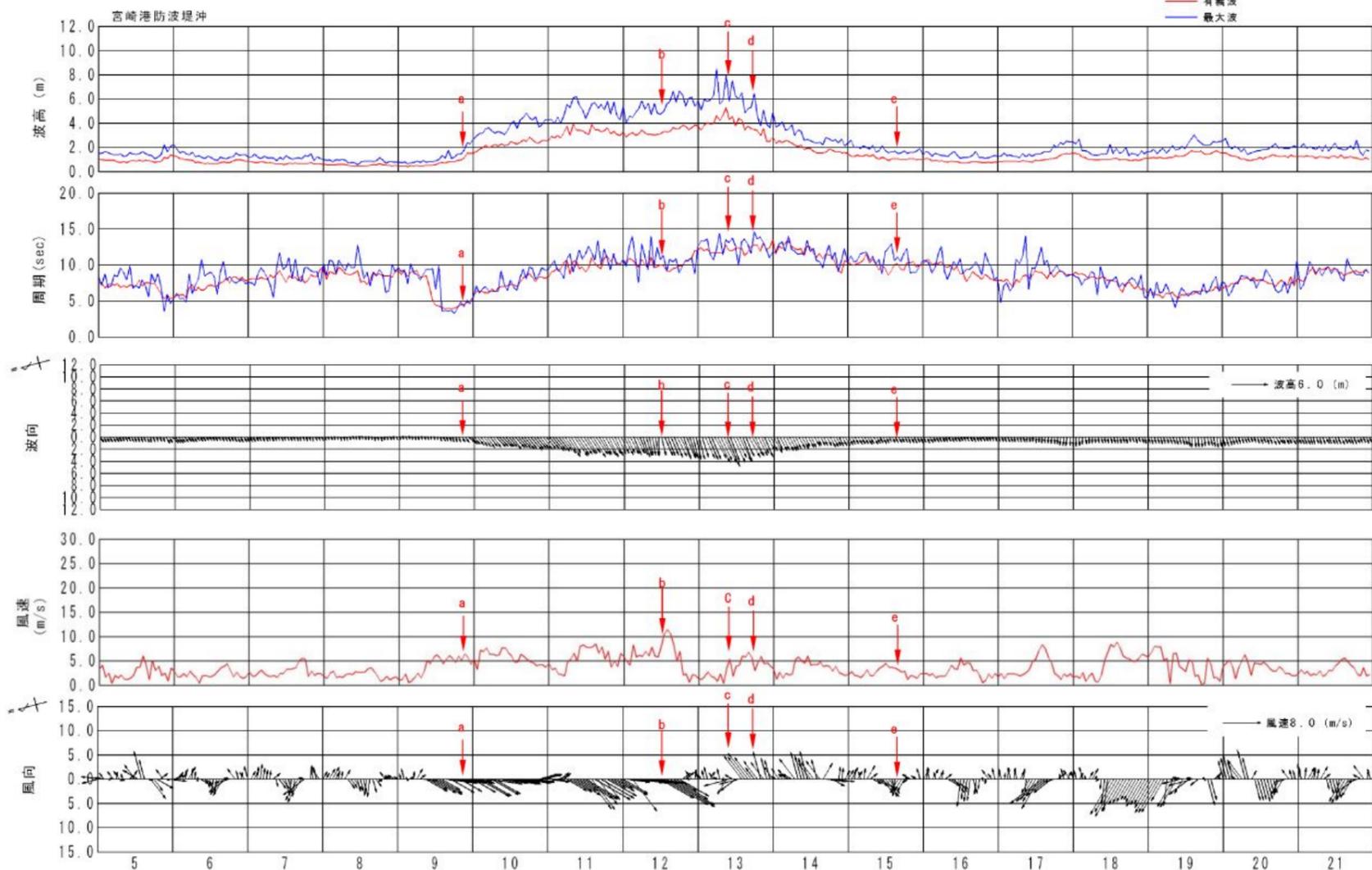
出典) 国立情報学研究所 (NII) HP : <http://agora.ex.nii.ac.jp/~kitamoto/>



※ 図中に示されている平均波向は、波高計の2成分流速を元に共分散法で算出された平均波向である

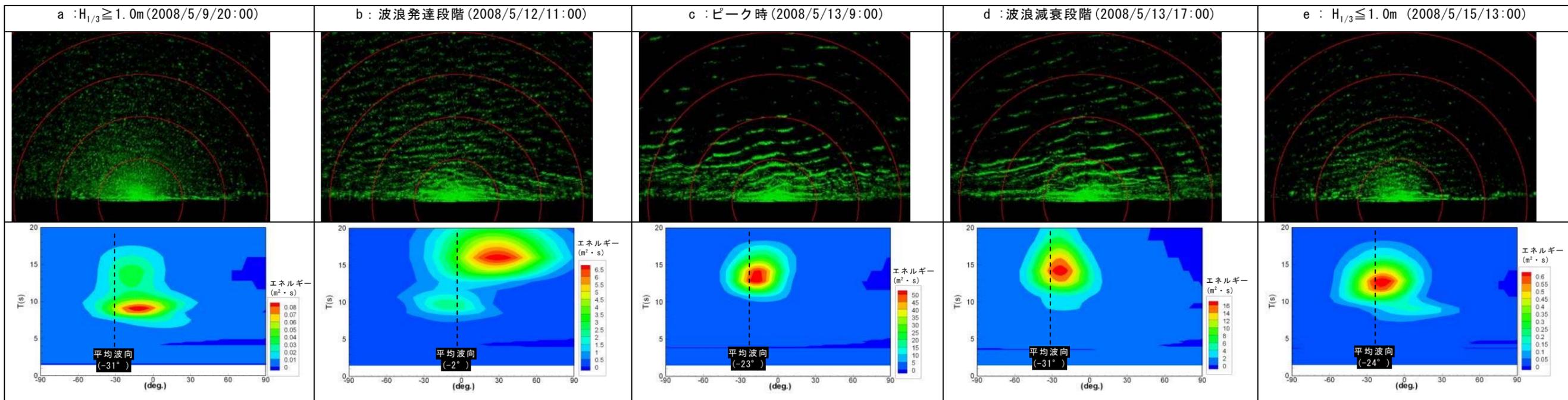
図- 5.11(2) 台風起因する北系高波浪来襲時の来襲波浪・風況と代表時期の方向スペクトル解析結果 (台風 0805 号)

期間：2008年 5月 5日～2008年 5月21日



出典) 国立情報学研究所 (NII) HP : <http://agora.ex.nii.ac.jp/~kitamoto/>

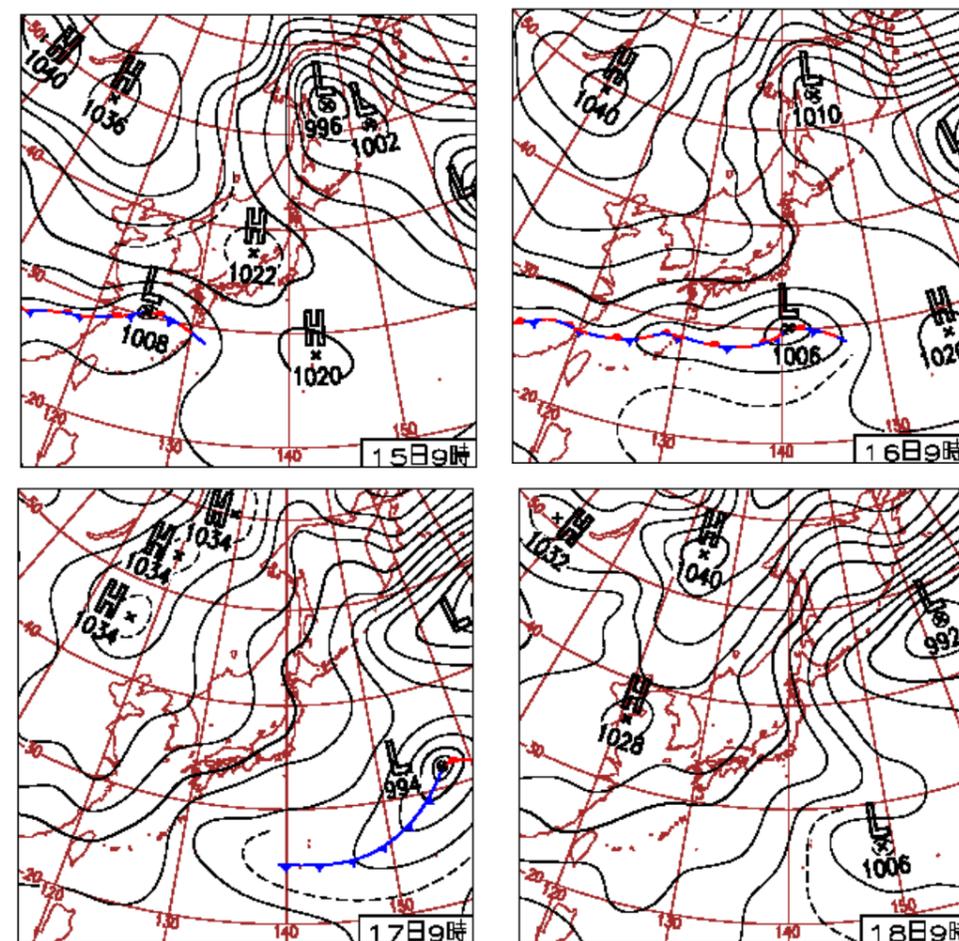
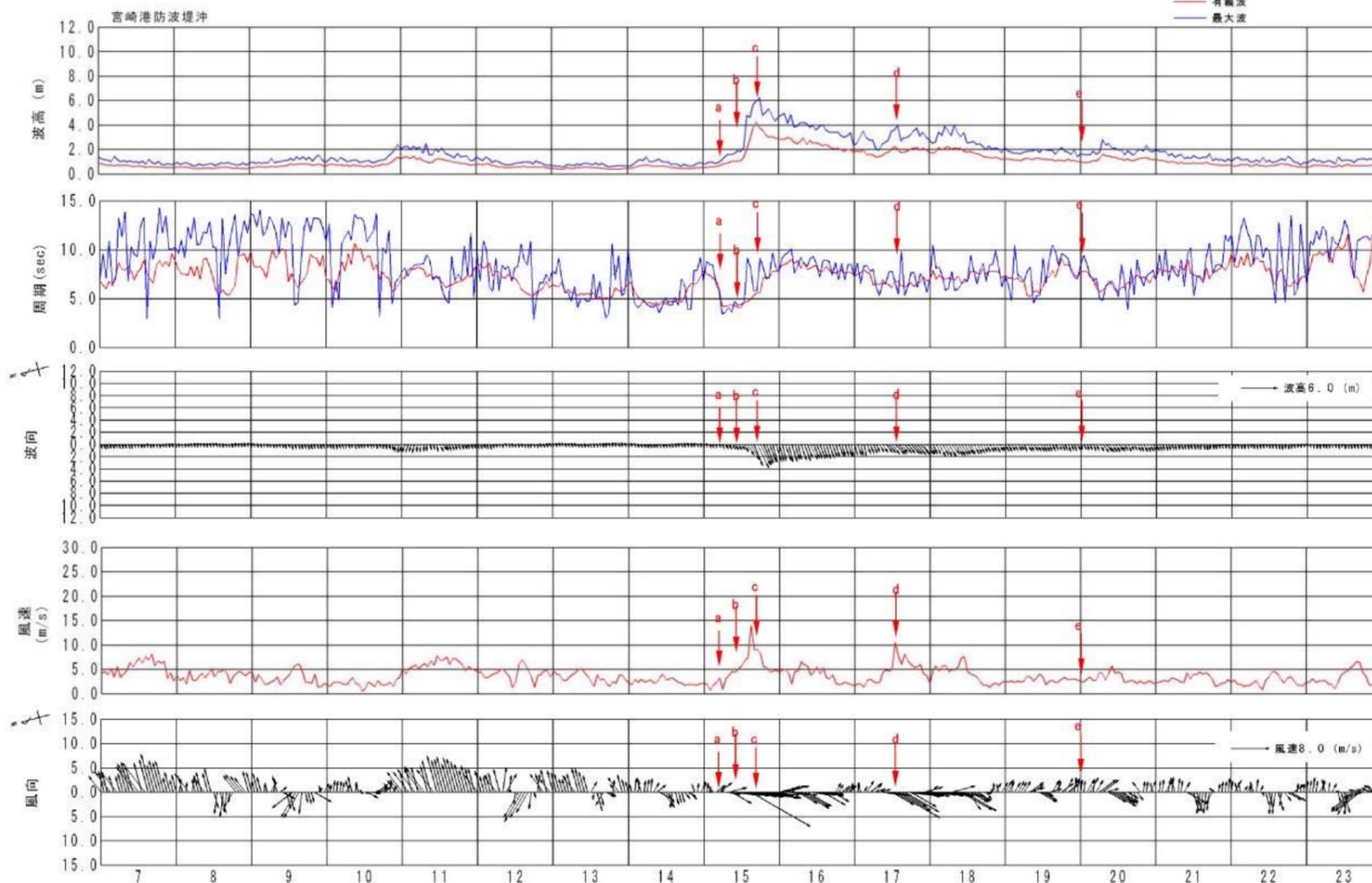
(レーダー画像)
(スペクトル解析結果)



※図中に示されている平均波向は、波高計の2成分流速を元に共分散法で算出された平均波向である

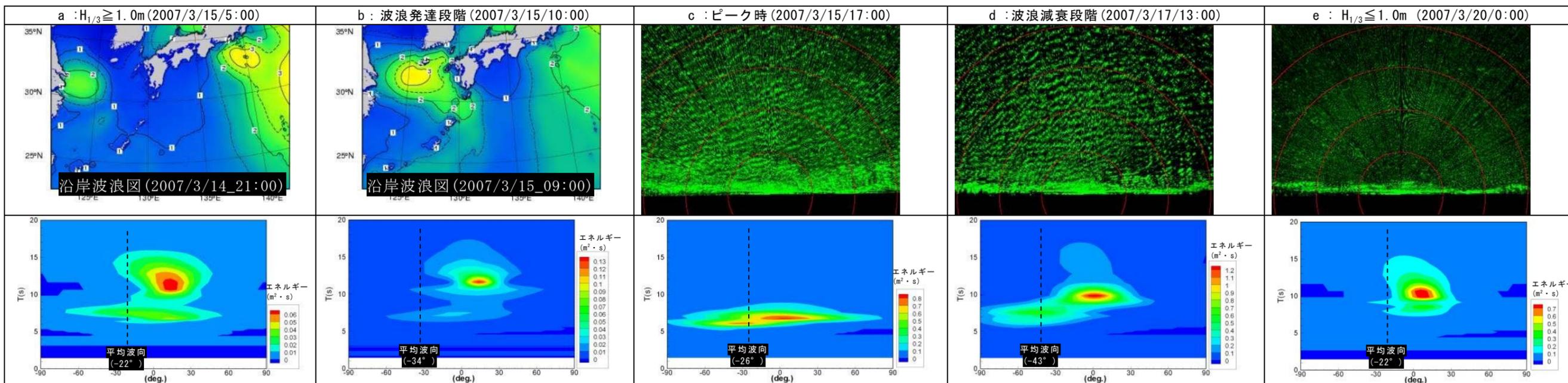
図一 5.11(3) 台風起因する北系高波浪来襲時の来襲波浪・風況と代表時期の方向スペクトル解析結果(台風0802号)

期間：2007年 3月 7日～2007年 3月23日



出典) 気象庁 HP : <http://www.jma.go.jp/jma/index.html/>

(レーダー画像)
(スペクトル解析結果)

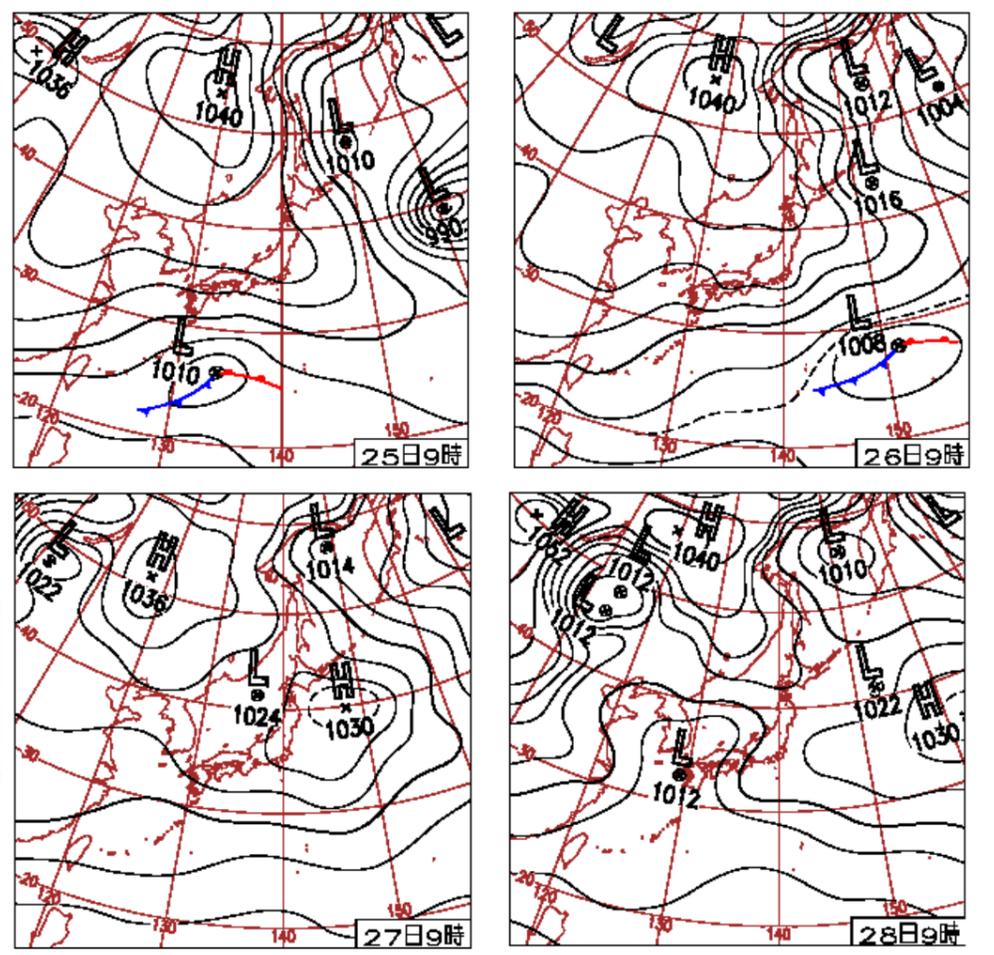
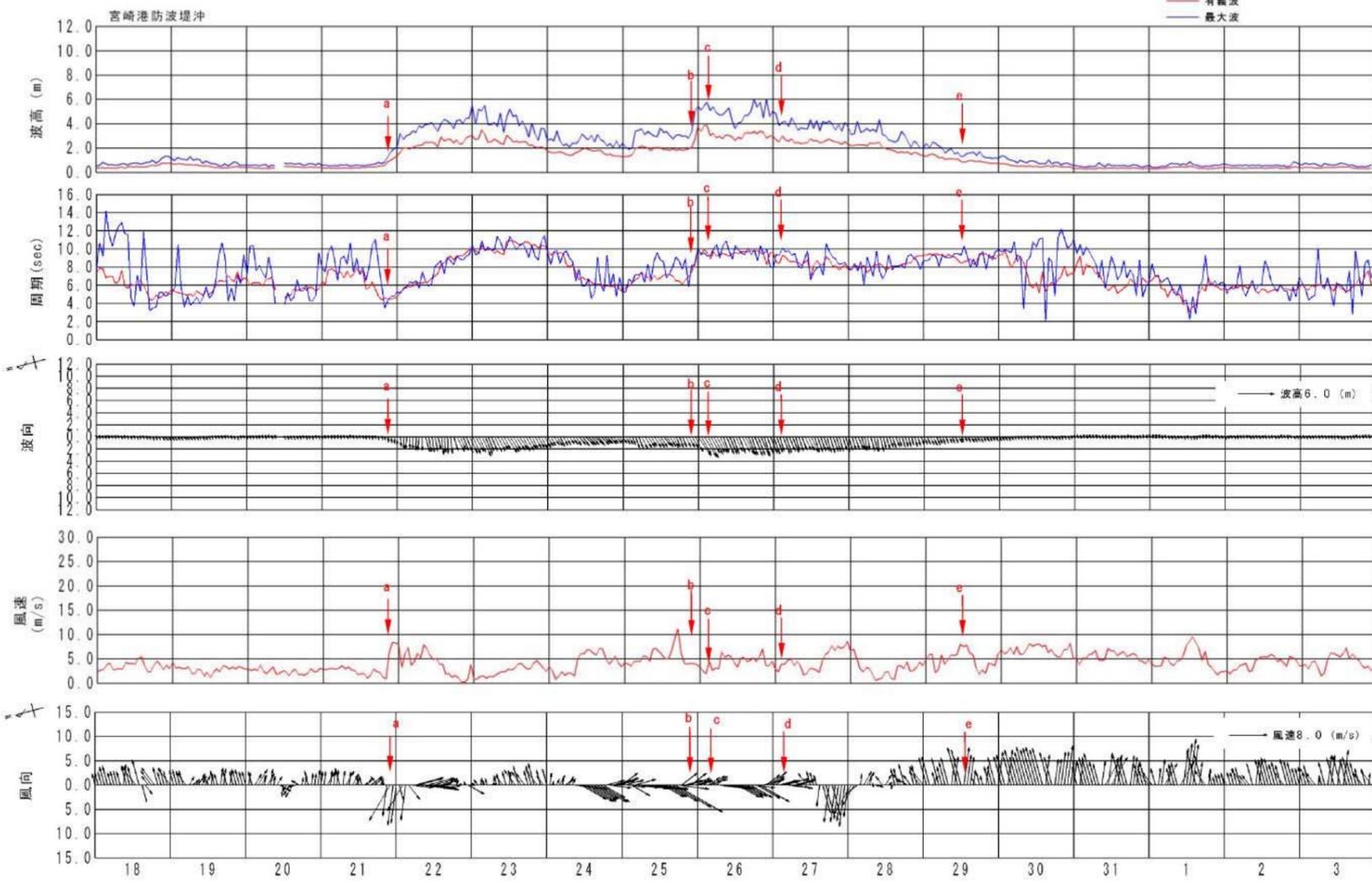


※ 図中に示されている平均波向は、波高計の2成分流速を元に共分散法で算出された平均波向である

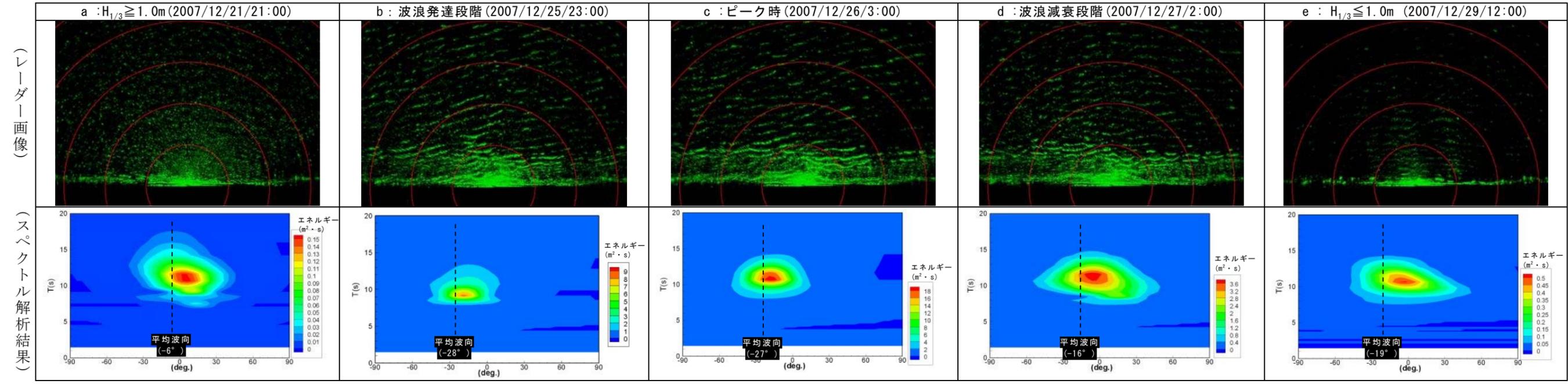
図一 5.12(1) 低気圧に起因する高波浪来襲時の来襲波浪・風況と代表時期の方向スペクトル解析結果(2007/3/15～20)

※沿岸波浪図は気象庁 HP より引用 : <http://www.jma.go.jp/jma/index.html/>

期間：2007年12月18日～2008年1月3日



出典) 気象庁 HP : <http://www.jma.go.jp/jma/index.html/>



図一 5.12(2) 低気圧に起因する高波浪来襲時の来襲波浪・風況と代表時期の方向スペクトル解析結果 (2007/12/21～12/29)

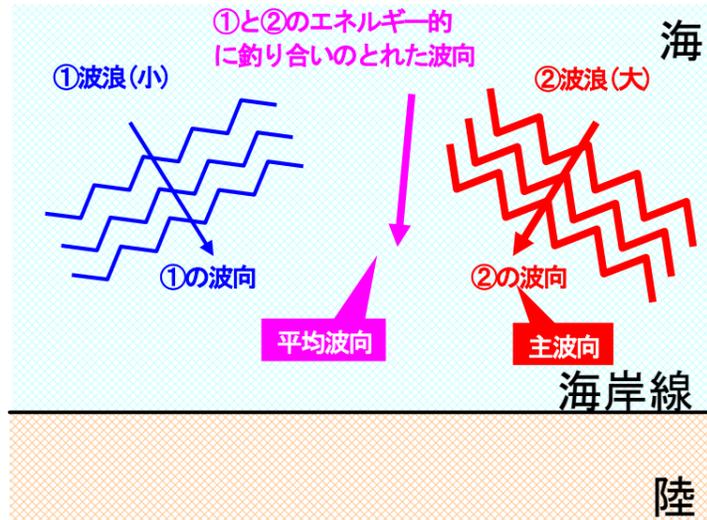
※図中に示されている平均波向は、波高計の2成分流速を元に共分散法で算出された平均波向である

表- 5.3 波浪諸元の波向の種類と方向スペクトル解析

■波向の種類について

海洋の不規則な波の来襲方向を表す指標としての波向の諸元には、平均波向・主波向の2通りがあり、それぞれ以下の特長がある。

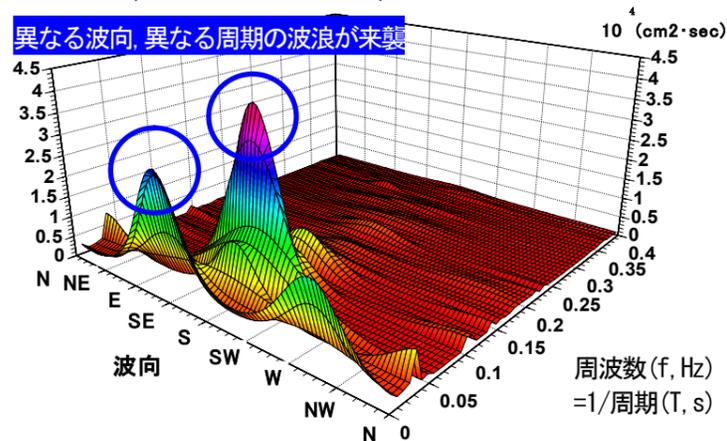
- 平均波向：観測時間中の個々の波浪の波向について、全ての波浪エネルギーの重心位置から来襲する波向
→平均波向は観測期間中に主として2方向から波浪が来襲している場合、それらの2方向の波浪の間に位置し、現地で確認する波向に近い。また一般的に波浪諸元の波向として用いられる。
- 主波向：観測時間中の個々の波浪の波向について、波浪エネルギーの最大地点から来襲する波向
→主波向は観測期間中に主として2方向から波浪が来襲している場合、それらのエネルギー的に大きい方の波浪の波向となることから、現地で確認する波向と合わない場合がある。



■方向スペクトル解析について

スペクトル解析とは、ある時間に観測された多方向からの不規則波について、それぞれの波のエネルギーおよび来襲方向別に空間的に示したものである。

→方向スペクトル解析を行うことによって、複数方向の波浪の来襲傾向(方向, 周期帯, エネルギーの大きさ等)の把握が可能となる。



5.4 宮崎港防波堤沖波浪観測データの信頼性について

Nowphas と波浪来襲傾向の異なる宮崎港防波堤沖のデータの信頼性について、上記検討結果から、特徴的な事項を以下に示す。

■宮崎港防波堤沖, Nowphas の波浪観測データの比較

- 宮崎港防波堤沖の波浪データは四季を通じておおむね95%以上の測得率が確認されていることから、Nowphas と比較して年間を通じての高波浪発生状況を精度良く観測されていると考えられる。
- 高波浪時の波浪来襲方向や高波浪方向スペクトル解析における高波浪来襲状況から、宮崎港防波堤沖の波浪諸元(平均波向)における波向の妥当性が確認できた。
- 宮崎港防波堤沖の波浪観測期間中は、宮崎市に接近した台風の数近年10年間に比べ少ないことが確認できた。

⇒以上の結果から、宮崎港防波堤沖の波浪観測データは宮崎海岸の来襲波浪特性を正しく表現していると考えられる。

⇒来襲波浪によって汀線近傍で引き起こされる沿岸流や、その沿岸流に起因する汀線近傍の土砂移動についても宮崎港防波堤沖波浪観測データとの整合が図れている(表- 5.4参照)ことから、宮崎港防波堤沖の波浪観測データの信頼性は高いと推定される。

⇒これらから、宮崎港防波堤沖波浪観測データを使用して地形変化モデルの検討を進めるが、今後もデータを蓄積し、地形変化モデルによる予測結果や新たな観測データ等を踏まえて、適宜見直しを行う。

2006年1月～2009年6月の3.5年間における日・月平均沿岸流速の経時変化を図- 5.14に示す。なお、図中上部には、宮崎港防波堤沖で観測された日最大有義波、日平均波浪エネルギーフラックスの沿岸方向成分およびトレーサー調査の実施状況を併せて示している。この結果によると、A～Dの各観測地点での日平均沿岸流速は、いずれの地点においても期間を通して概ね±1m/s(北向きが+)の範囲であり、藤原ら(2007)の結果と同様であった。一方、月平均流速でみると、2006年7月、2007年5～8月には北向きの沿岸流が卓越している時期もあるが、観測期間中は概ね南向きの流れが卓越している結果となった。

次に、2006年10月、2008年1月、2008年11月の計3回の採取時における各トレーサーの平均移動距離(+ : 北、- : 南方向)と、各トレーサー投入から採取までの期間中の波浪エネルギーフラックスの沿岸方向成分および沿岸流速の期間平均値の関係を図- 5.15(a) および(b)に示す。この結果によると、トレーサーの移動方向と波浪エネルギーフラックスの沿岸方向成分および沿岸流速の期間平均値の方向の関係は、黄色トレーサーが北向きに移動した期間を除き一致しており、藤原ら(2007)の結果と同様であった。しかしながら、黄色トレーサーが北向きに移動した期間中は、波・流れとも黄色トレーサーの移動方向とは逆の南向きとなり、両者は必ずしも一致しないという結果となった。

そこで、宮崎海岸では、宮崎港における波浪とカメラ観測による沿岸流速 V が同時期に観測されていることから、それらから沿岸漂砂量を算出し、トレーサーとの移動方向の関係を調べた。沿岸漂砂量は、Krausら(1982)の式(1)により算出を試みた。

$$Q = 0.024 H_B^2 V \quad (1)$$

ここに、 Q : 沿岸漂砂量 (m³/s), H_B : 碎波波高 (m), V : 沿岸流速 (m/s) である。なお、 V はカメラ観測による沿岸流速を用いており、 H_B は Sunamura (1983) の式(2)により算定した。

$$\frac{H_B}{H_O} = (\tan \beta)^{0.2} \left(\frac{H_O}{L_O} \right)^{-0.25} \quad (2)$$

ここに、 H_B : 碎波波高 (m), H_O : 沖波波高 (m), $\tan \beta$: 海底勾配 (宮崎海岸の碎波帯内の平均的な海底勾配 1/50), L_O : 沖波波長 ($=1.56 T^2$) である。なお、 H_O および T は、ここでは宮崎港防波堤沖で観測された有義波を用いた。

トレーサーの平均移動距離と沿岸漂砂量の関係を図- 5.15(c)に示す。なお、沿岸漂砂量は各期間中の累計値である。この結果によると、黄色トレーサーが北向きに移動した期間も含めて、トレーサーの移動方向と沿岸漂砂量(累計値)の方向がいずれも一致する結果が得られた。

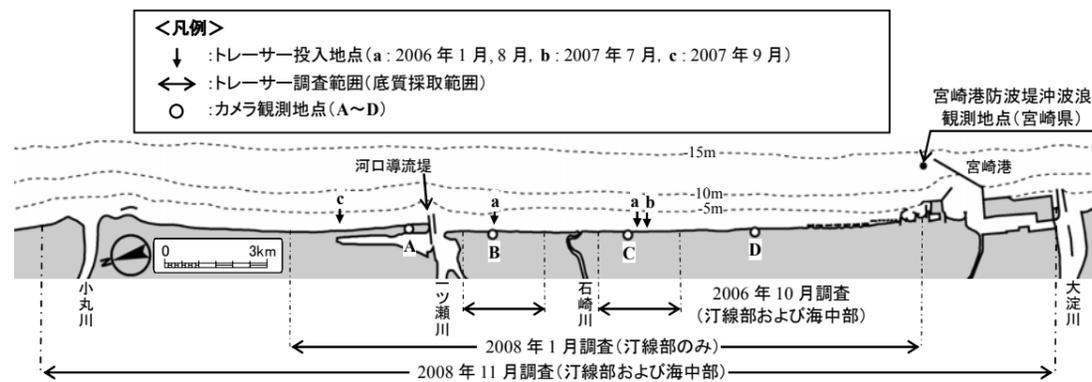


図- 5.13 調査位置図

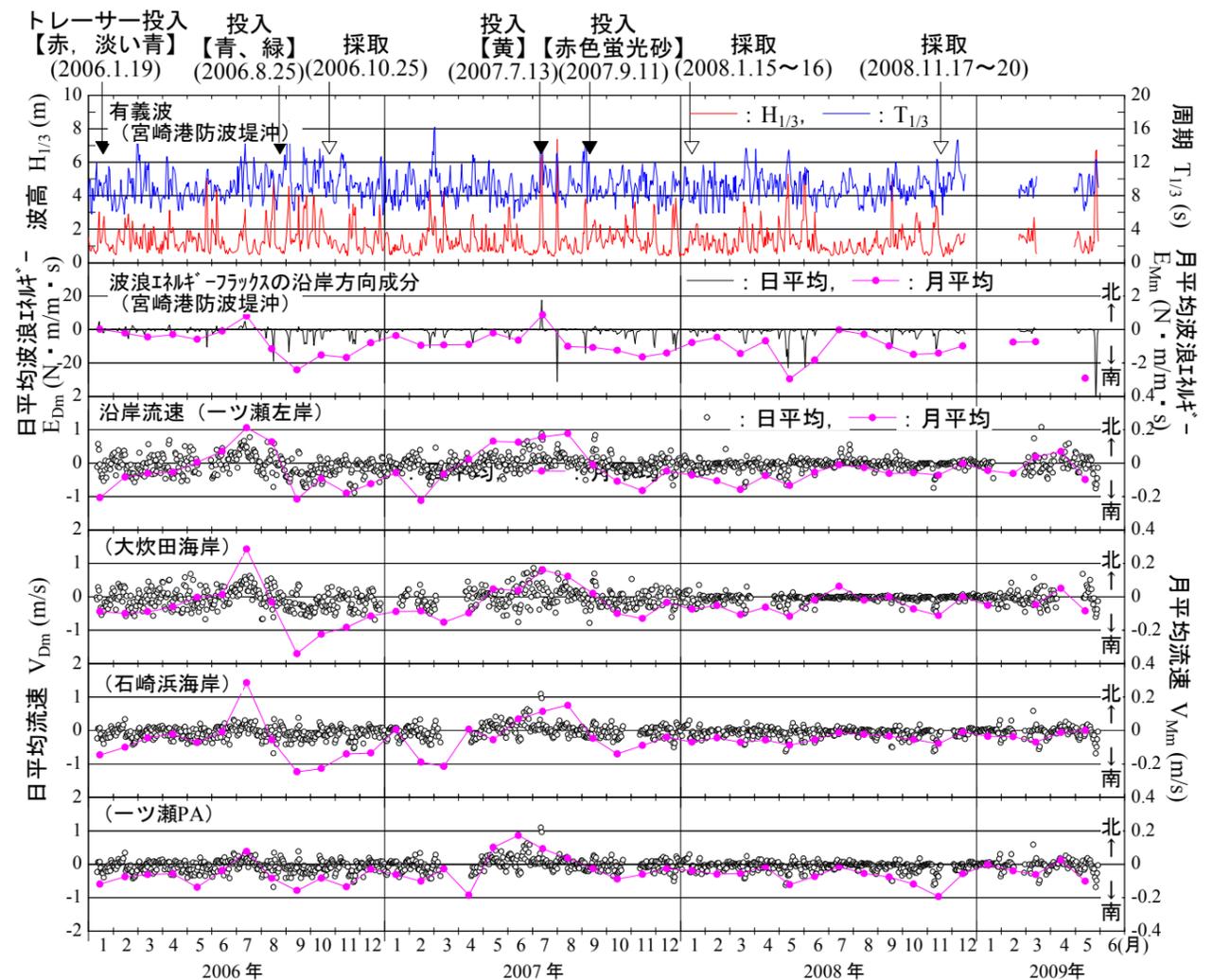


図- 5.14 2006年1月～2009年6月の波浪・流況

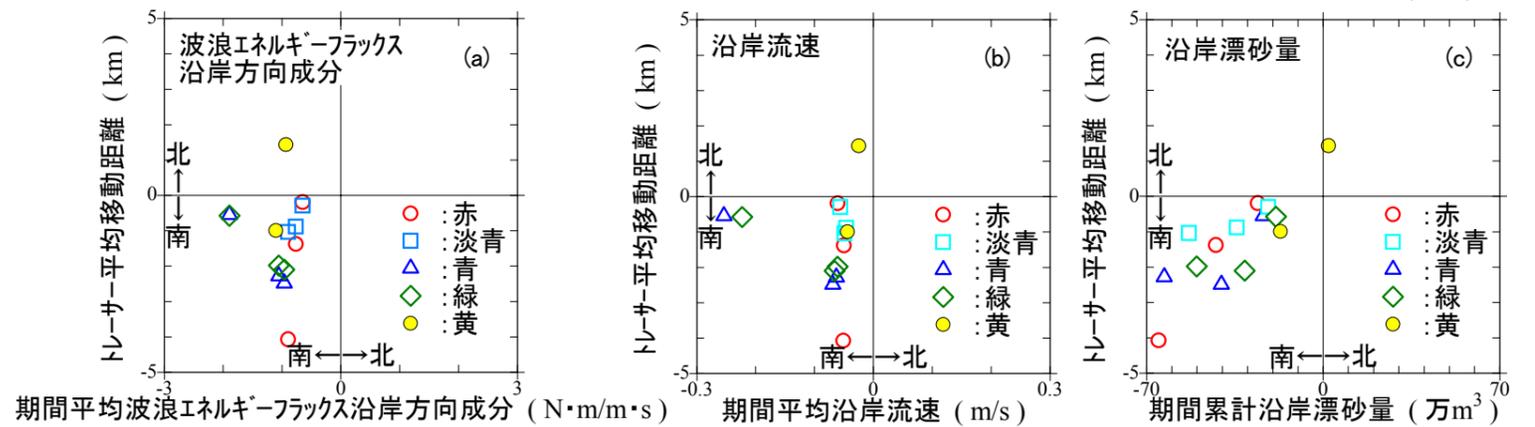


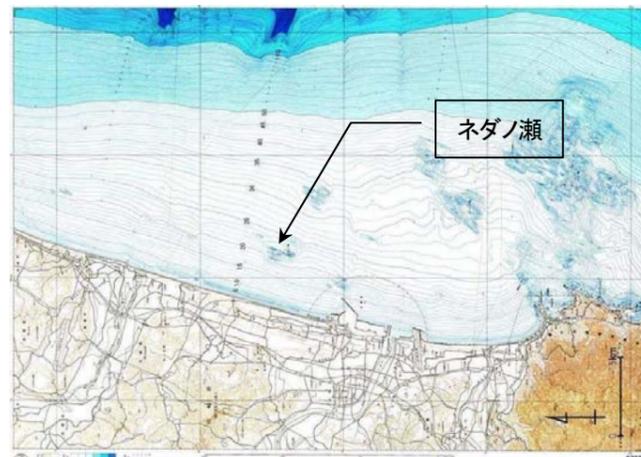
図- 5.15 トレーサーの移動方向と外力の関係

5.5 波浪観測機器の設置計画(案)

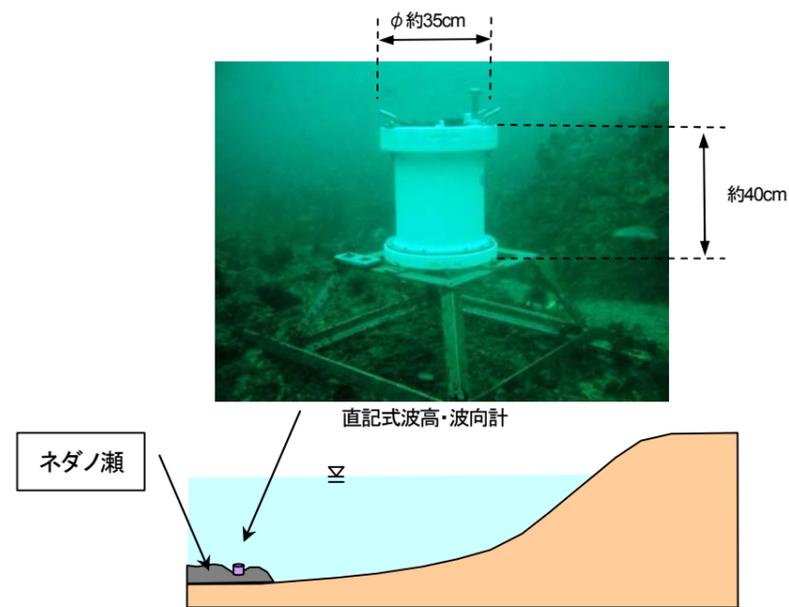
海浜変形予測や侵食対策工法検討等のための外力データ(波高・周期・波向)の取得を目的として、波浪観測機器による波浪観測を計画する。

観測位置は波浪の海域代表性や機器の測定原理を考慮し、ネダノ瀬(水深-20m)とする予定(調整中)。観測方法は海底に直記式波高・波向計を設置し、長周期波も対象とした連続観測を実施する。

超音波による水面変動計測と、水圧変動計測と水平2成分流速計測を同時に行う。設置水深が深いと水深方向に減衰の少ない「うねり性波浪」に伴う現象が強調されるため、T.P.-30m付近の「沖ノ瀬」よりもT.P.-20m付近の「ネダノ瀬」に設置する方が適切と判断した。



図一 5.16 観測位置平面図



図一 5.17 観測計器の設置模式図

6. 流れについての整理・検討

6.1 沖合い流況データ

宮崎県水産試験場で実施されている沖合定線調査データを用いて、宮崎海岸沖流速について検討した。流向および流速の観測は、1回/月、船により図-6.1に示す定線上を移動して実施している。

表-6.1 観測概要

調査名	宮崎県水産試験場沿岸定線調査
観測計器	船舶搭載型 ADCP
観測方法	日向灘海域において、7の調査定線(図-6.1)を設け、原則月始めに1回の頻度で船舶による観測を実施(1~2日をかけて観測する) 1層目(水深10m)、2層目(水深50m)、3層目(水深100m)で観測 船で移動しながら5分程度の測定間隔で流速・流向の瞬間値を計測
観測データの期間	1998年1月~
データの整理	各地点において以下の緯度経度を中心とする緯度 0.04° × 経度 0.04° の範囲内に収まるデータを整理した。 都農: 緯度 32.28° 、経度 131.67° 一ツ瀬(汀線より約10km): 緯度 32.05° 、経度 131.61° 一ツ瀬(汀線より約15km): 緯度 32.05° 、経度 131.65° 一ツ瀬(汀線より約20km): 緯度 32.05° 、経度 131.69° 内海: 緯度 31.79° 、経度 131.52° ※範囲内のデータは月一回の1日の内に、2~10個程度存在する。

(1) 全データを整理

都農(耳川沖)、一ツ瀬(一ツ瀬川沖)、内海(堀切峠沖)の3つ定線のうち、汀線から約10km(水深約40m)地点における表層下10mの流況観測データ全てを整理した結果は、図-6.2、表-6.2に示すとおりである。また一ツ瀬川沖の汀線から約10km地点、15km地点、20km地点の流況は、図-6.3に示すとおりである。結果から確認された特徴的な事項は、以下に示すとおりである。

■都農(耳川沖)

- 10~20cm/s程度の流速の頻度が高く、流向はN-NE方向(北向)が多い(図-6.2「都農」)。
- 60cm/s以上の流れは、比較的NNE-NE方向に多く発生している(図-6.2「都農」)。

■一ツ瀬(一ツ瀬川沖)

- 10~20cm/s程度の流速の頻度が高く、流向はS-SW方向(南向)が多い(図-6.2「一ツ瀬」)。
- 60cm/s以上の流れもSSW-SW方向に多く発生している(図-6.2「一ツ瀬」)。
- 汀線より約10km地点では、SW-SSW方向の流れの頻度が高いが、さらに沖ではN-NNE方向の流れも多くなる(図-6.3)。
- 総じてSE-E方向の流れの頻度は低い(図-6.2、図-6.3)。

■内海(堀切峠沖)

- 0~20cm/s程度の流速の頻度が高く、流向はN-NNE方向(北向)が多い(図-6.2「内海」)。
- 60cm/s以上の流れの発生頻度は、比較的低い(図-6.2「内海」)。

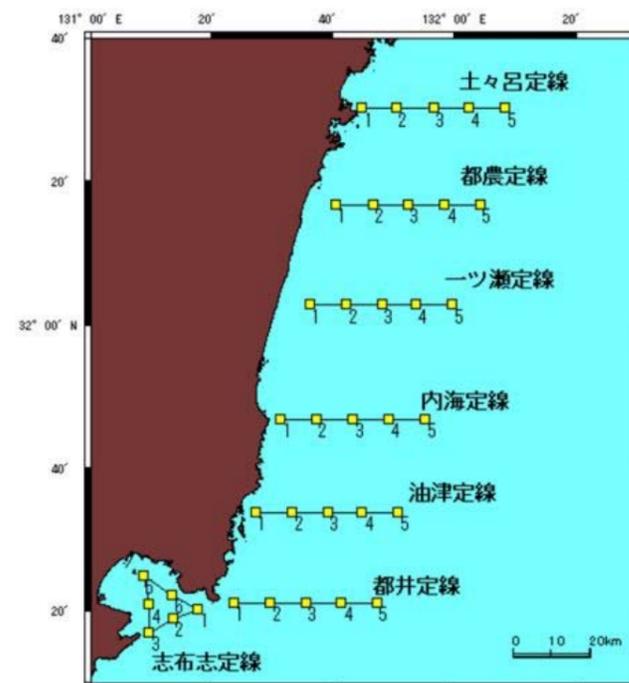
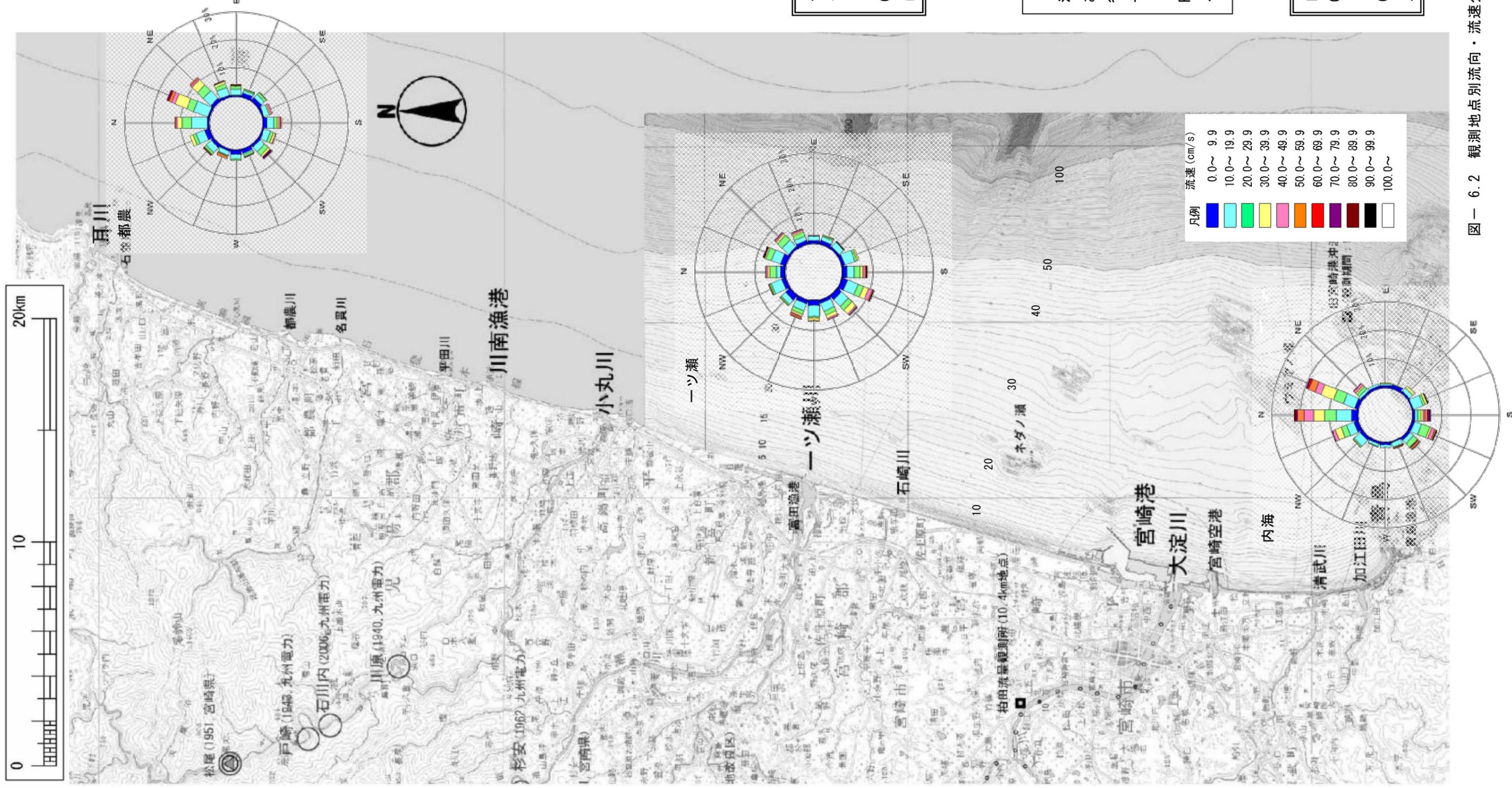


図-6.1 観測地点模式図

出典) 宮崎県水産試験場 <http://ocean-info.dbo.jp/contents/mz/engan.aspx>



都農 (耳川沖)
 10~20cm/s 程度の流速の頻度が高く、流向は N-NE 方向が多い。
 60cm/s 以上の流れは、比較的 NNE-NE 方向に多く発生している。

一ツ瀬 (一ツ瀬川沖)
 10~20cm/s 程度の流速の頻度が高く、流向は S-SW 方向が多い。
 60cm/s 以上の流れも SSW-SW 方向に多く発生している。

【流速データ】
 汀線から約 10km (水深約 40m) 地点における表層下 10m の流速 (cm/s) 各地点ごとに設定した範囲内の全データの統計
 【流向】
 円グラフは抜ける方向を示している

内海 (堀切峠沖)
 0~20cm/s 程度の流速の頻度が高く、流向は N-NNE 方向が多い。
 60cm/s 以上の流れの発生頻度は、比較的低い。

図一 6.2 観測地点別流向・流速分布図(その1) (全データ)

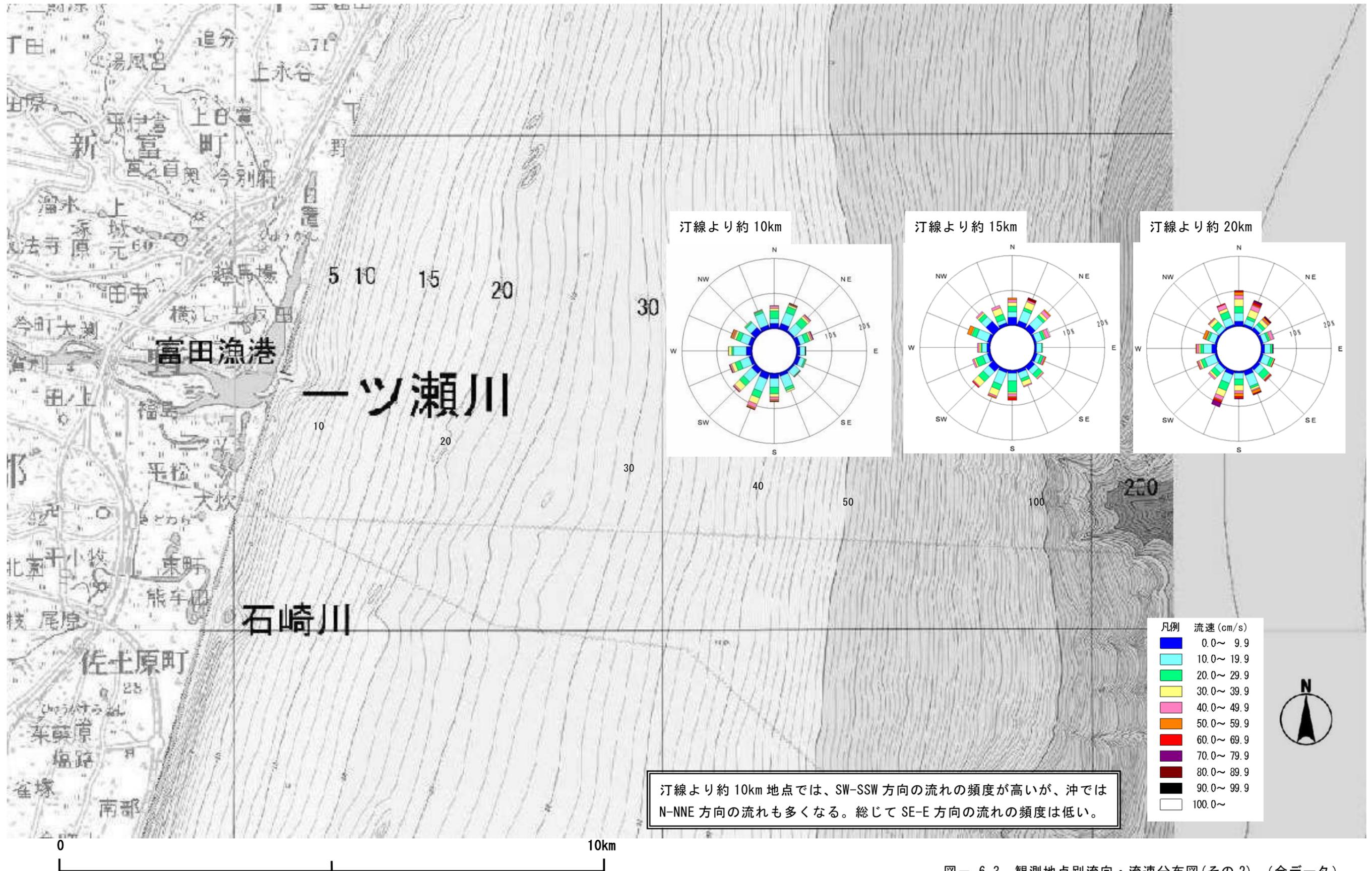
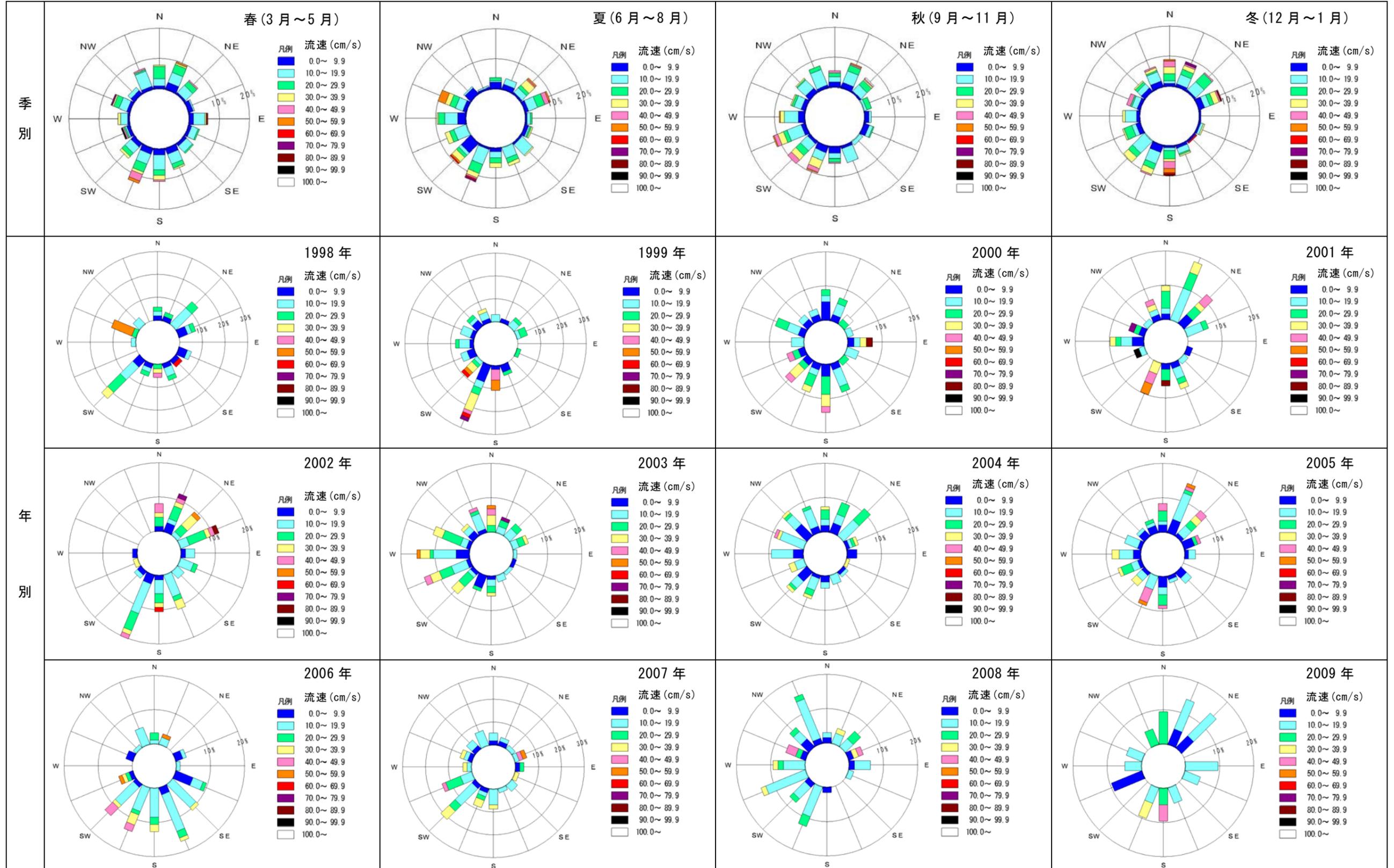


図- 6.3 観測地点別流向・流速分布図(その 2) (全データ)

表- 6.2 季別および年別の流向・流速分布一覧表(一ツ瀬川沖約10km地点) (全データ)



6.2 黒潮と沖合流況の関係について

黒潮海流の宮崎海岸沖合流況に与える影響について検討を行った。黒潮の情報は、気象庁で観測している日本南岸から黒潮までの距離(図- 6.4)、海上保安庁発行の海洋速報(1974～2001 年は半月毎、2002 年以降は毎週発行)に記載されている海流図をもとに整理した。

黒潮流軸と一ツ瀬川沖(汀線から約 10km 地点の表層下-10m 地点) 流況の関係について、推測される事項は以下のとおりである。

- ・ 一ツ瀬川河口沖の流れは、黒潮流軸が比較的日本南岸に近い時期に北向き、離れている時期に南向きの傾向が見られそうである(図- 6.5, 図- 6.6)。
- ・ 黒潮流軸が比較的接岸している時期に北向きの流れが生じる傾向が見られる(図- 6.7)。
- ・ 黒潮流軸が比較的離岸傾向にある時期に南または西向きの流れが生じる傾向が見られる(図- 6.8)。



図- 6.4 黒潮流軸までの距離測定概念図
出典) 気象庁 「日本南岸から黒潮までの距離」

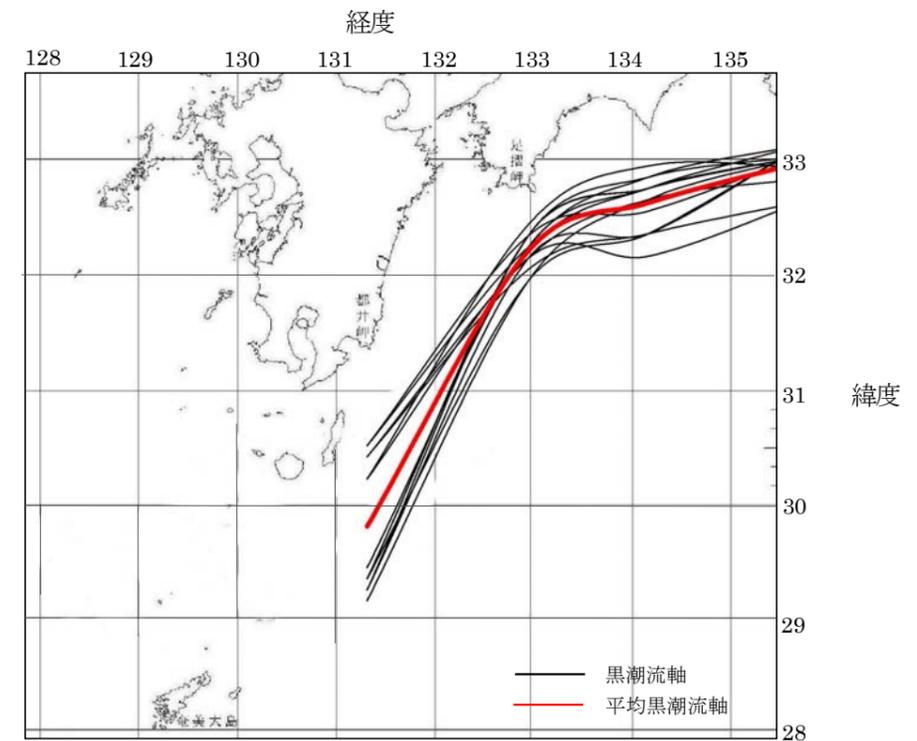


図- 6.5 一ツ瀬川河口沖約 10km、表層下 10m 地点で北方向流れの時の黒潮流軸
(2003. 1-2009. 4 のうち北方向流れ 14 時期)

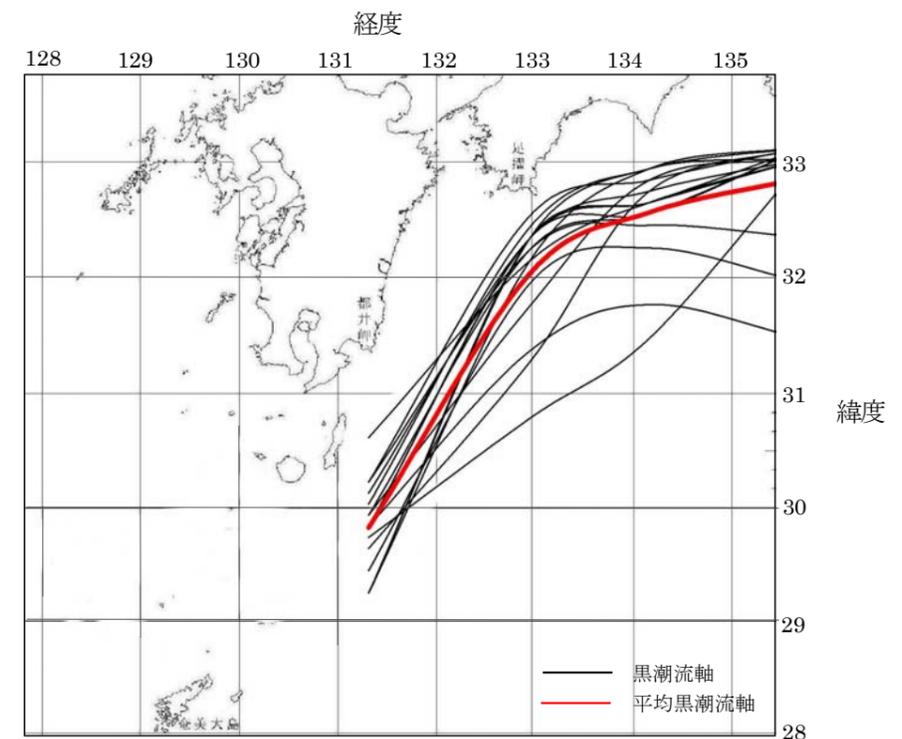
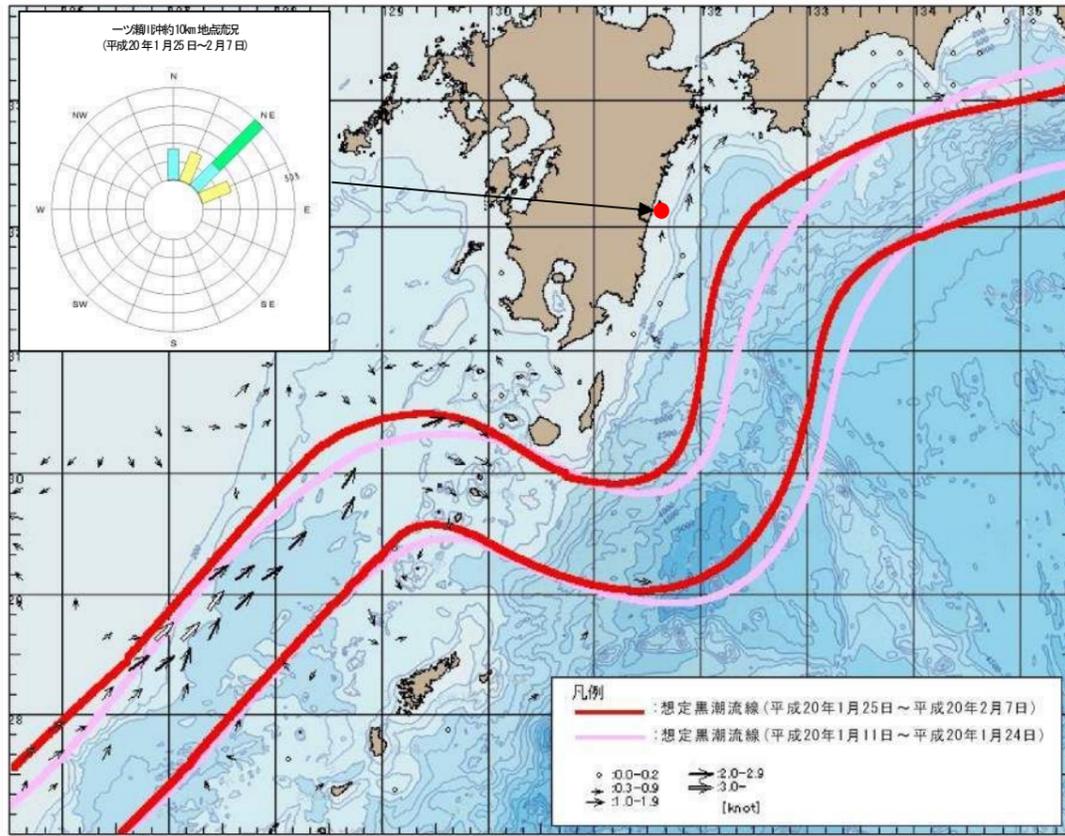
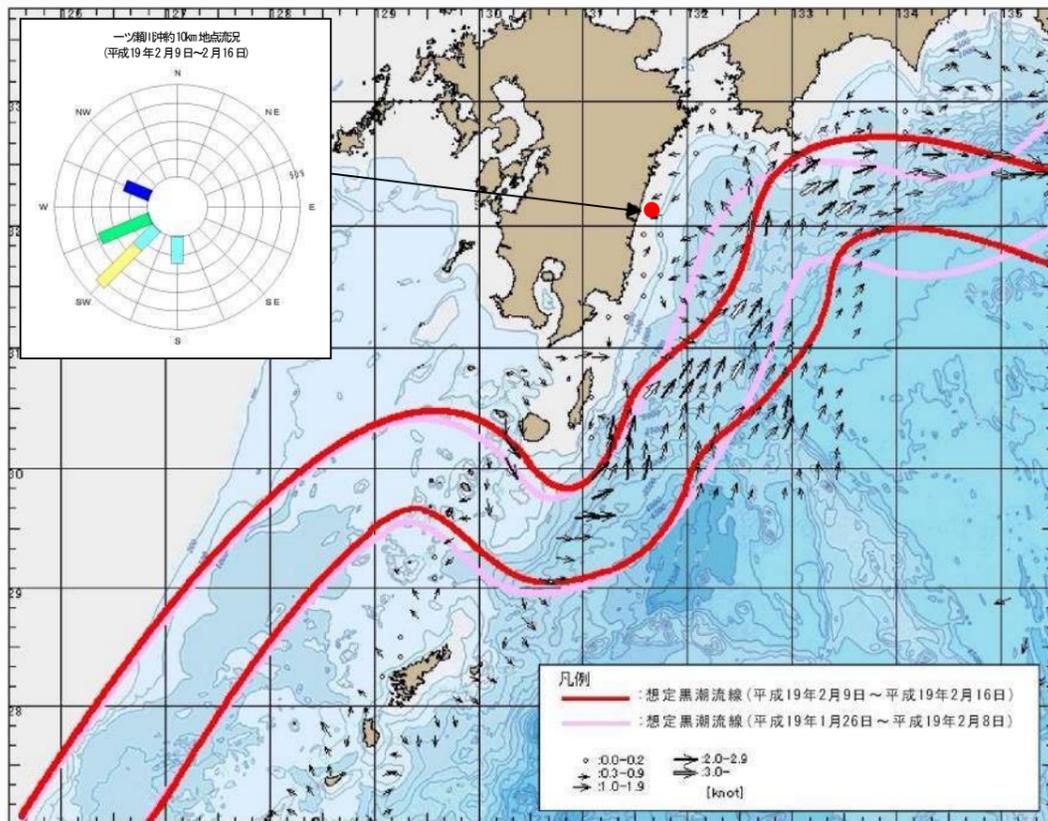


図- 6.6 一ツ瀬川河口沖約 10km、表層下 10m 地点で南方向流れの時の黒潮流軸
(2003. 1-2009. 4 のうち南方向流れ 16 時期)



図一 6.7 黒潮流況図 出典)海上保安庁海洋速報 20-03 平成 20 年 2 月 8 日発行



図一 6.8 黒潮流況図 出典)海上保安庁海洋速報 19-号外 平成 19 年 2 月 16 日発行

また、「黒潮流路の変動と異常潮位の発生特性」(板橋直樹, 日比野忠史, 海岸工学論文集第 52 巻, pp. 356-360. (2005))によると、黒潮が接岸する年ほど、異常潮位の平年差が減少する傾向があると記述がある。(下記参照)

→以上のことから、宮崎海岸内の流況については黒潮の流軸変動が影響を与えている可能性があるが、沿岸漂砂による土砂移動が活発な T.P. -10~T.P. -12m よりも浅い範囲の流れが、この沖合いの流れの影響を受けているか現状では不明であるため、現時点では地形変化予測モデルにはこの影響を考慮しない。

図-5(a)の九州・四国西部海域の比較図によると、黒潮が接岸すると異常潮位平年差は減少するという逆位相の関係となっている。また、トレンドを示した回帰直線を見ると、長期的には黒潮流路は離岸(南下)傾向であるのに対し、異常潮位は増大傾向を示しており、この海域では、黒潮が接岸傾向となると、異常潮位の偏差は減少する特性を持っていることになる。現在黒潮流路の北上と異常潮位偏差が逆位相の関係となるメカニズムについては不明であるが、九州東側の海岸線の法線方向が東西方向でなく南北方向であることが影響していると考えられる。

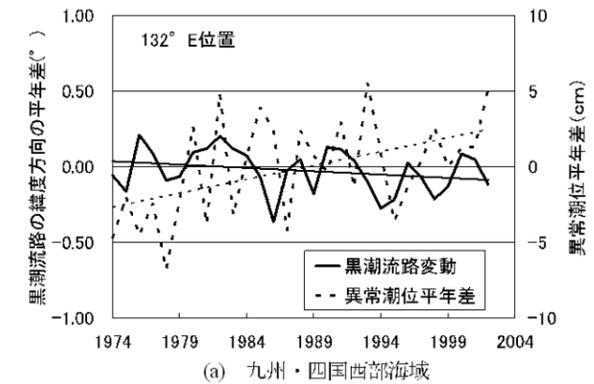


図-5 黒潮接岸と異常潮位発生状況の比較

出典)「黒潮流路の変動と異常潮位の発生特性」(板橋直樹, 日比野忠史, 海岸工学論文集第 52 巻, pp. 356-360. (2005)より抜粋

6.3 潮流(恒流)

潮の干満に伴う流れについて既往調査結果を整理した。調査は、宮崎県中部港湾事務所にて実施している。宮崎港に隣接した北側地点(水深15m付近)では、10月、2月の上層(海面下2m層)・下層(海底上2m層)ともに、南下する恒流成分(2~8cm/s)が観測されている。

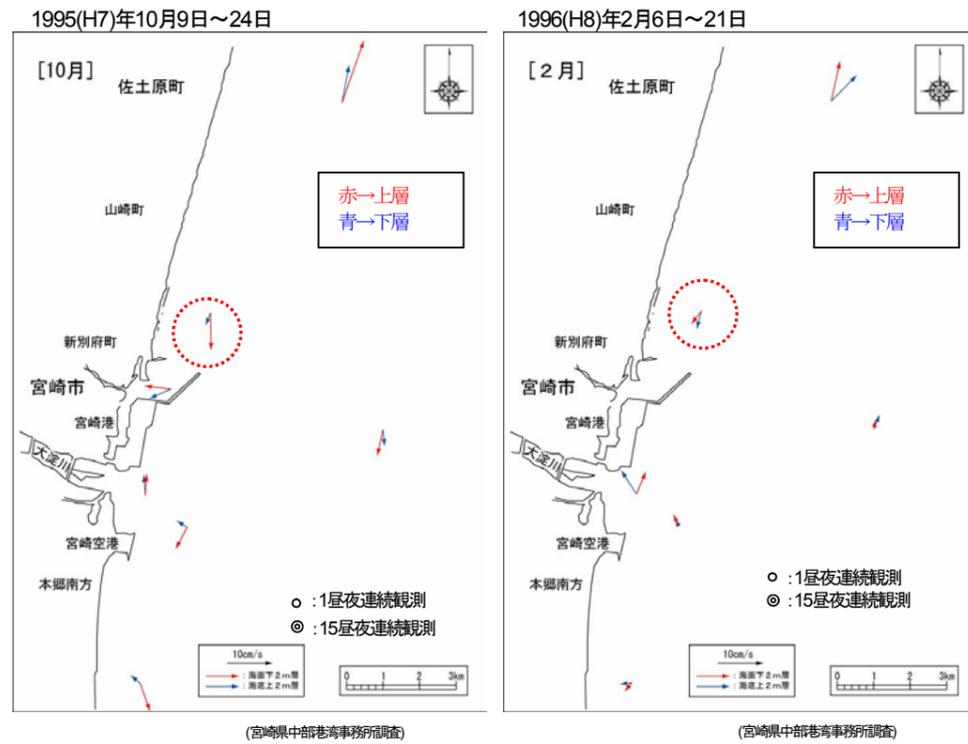


図-6.9 恒流観測結果
出典: 宮崎港港湾計画資料(その2) -改訂-, 平成15年3月, 宮崎港港湾管理者

6.4 定点固定カメラによる沿岸流観測結果

定点固定カメラによる沿岸流観測結果を用いて、砕波帯内の流れの状況を整理した。2006年7月、2007年5~8月には、北向の沿岸流が卓越している時期もあるが、観測期間中は概ね南向の流れが卓越している。

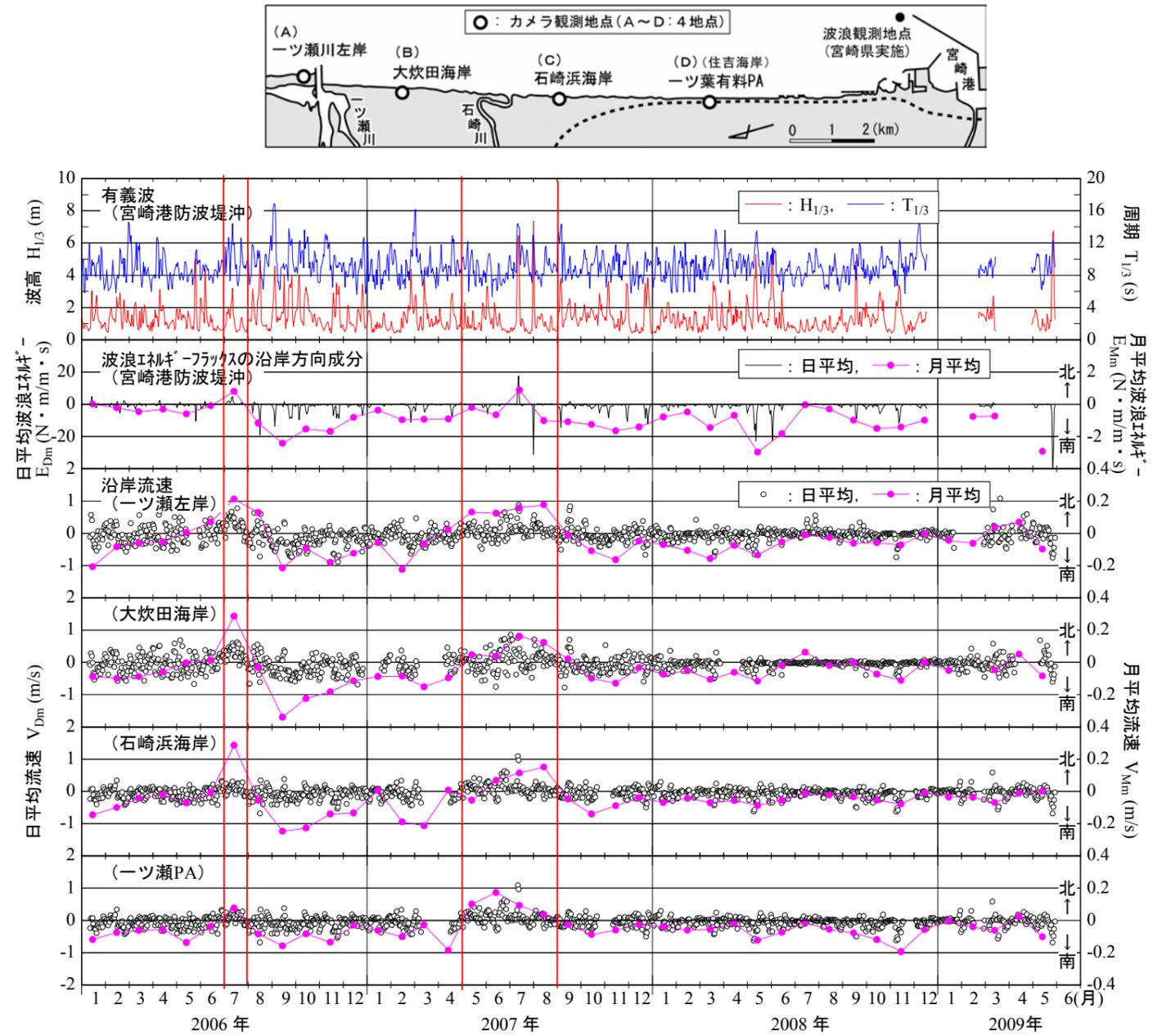


図-6.10 定点固定カメラによる沿岸流観測結果

7. 宮崎県中部流砂系検討委員会での最新の調査検討結果

7.1 宮崎県中部流砂系検討委員会の目的

中部流砂系検討委員会は、写真－ 7.1に示す課題を協力して解決していくため設立された。目的および検討内容は以下のとおりである。

■宮崎県中部流砂系委員会の目的及び検討内容

- (1) 現状の把握と問題意識の共有化
- (2) 関係機関の連携
- (3) 環境への影響など把握できていない事項の調査計画作成・実施等
- (4) 目標及び改善策の検討、提案



a) 山地部の大規模斜面崩壊

b) 河川の濁水

c) 海岸侵食

写真－ 7.1 中部流砂系検討委員会で対応する問題点の例

(出典：第3回宮崎県中部流砂系検討委員会説明資料 資料3-5)

7.2 宮崎県中部流砂系検討委員会の成果

中部流砂系検討委員会のこれまでの成果および今後の取り組みは、以下に示すとおりである。

■ これまでの成果

- ・ 宮崎県中部流砂系における現状と課題の整理
- ・ 流砂系に働きかけた人為的行為によるインパクト・レスポンスの体系的整理とその問題に対する改善の方向性の確認
- ・ 流砂のあるべき姿と目標の設定（3つの目標と5つの視点）
※流砂系にかかる情報・問題認識と目標の共有化

■ 目標実現に向けて（今後の取り組み）

- ・ アクションプラン【土砂管理行動計画】の策定
- ・ 具体的な対策及び役割分担の明確化と連携体制の確立

7.3 流砂系の現状と課題

宮崎県中部流砂系の現状と課題を整理すると、以下のとおりである。

■ 山地（森林、砂防、溪流）

- ・ 木材価格との関連もあって、森林の維持管理に支障をきたしている。
- ・ 森林従業者の減少より十分な手当てができていない。
- ・ 治山対策および流木対策は、人家・公共施設周辺しかできないのが、実状である。
- ・ H16、H17年と山腹崩壊が多数発生し、土砂とともに大量の流木が発生している。



a)山地の裸地化

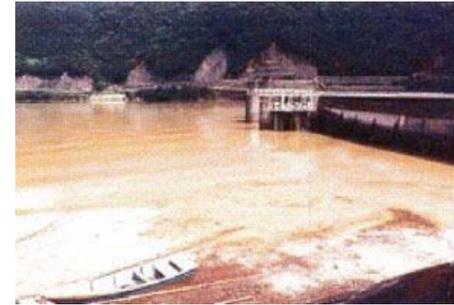


b)山地の荒廃状況

写真－ 7.2 山地の現状と問題点

■ ダム

- ・ 一部のダムでは計画堆砂量をオーバーしているため、治水や利水機能への影響が懸念される。
- ・ 貯水池末端部の河床高上昇による洪水被害が懸念される。
- ・ 貯水池内の濁水流入及び長期化、濁水放流による下流環境への影響が懸念される。
- ・ 貯水池内への流木、塵芥の流入による施設への影響及びこれらの処理（コスト、環境対策等）に対して課題が発生する。
- ・ 流入する土砂量が浚渫土砂量よりはるかに多いため対応策に限界がある（例えば道路嵩上げ等）。
- ・ ダム湖の濁水対策については、選択取水などの対応を行っているが抜本的解決へ至っていない。
- ・ 浚渫土や流木、塵芥の処理に苦慮している。
- ・ 財政事情等により、浚渫や塵芥処理は、災害復旧等でしか対応できていない（それ以外は放置されたままとなっている）。

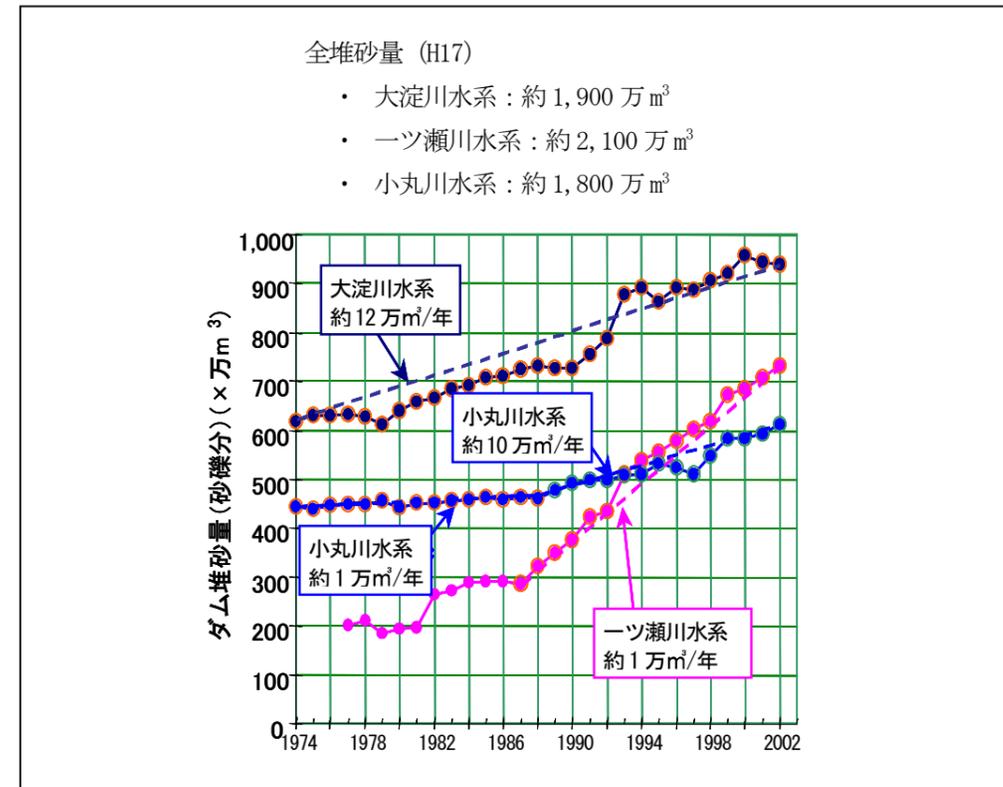


a)ダム貯水池の濁水



b)ダム貯水池の流木と塵芥

写真－ 7.3 山地の現状と問題点



図－ 7.1 流砂系におけるダムの堆砂量

■ 河道

- ・ 土砂供給の減少や河川改修等による河床低下と滯筋の固定化による局所洗掘が進んでおり、護岸や堤防への影響など洪水に対する安全性に影響が出ている。
- ・ 河床材料の粗粒化の進行（砂・礫河川→礫河川へ進行）により、植性や生物等への影響、さらには河口域での生物への影響（コアマモ、アカメ等）が懸念される。
- ・ 河床低下とそれに伴う水位低下等により湿地環境が減少し、多様性のある環境特有の種への影響が懸念される。



a)河床低下による護岸崩壊



b)ダム直下の河床状況(粗粒化)

写真－ 7.4 河道の現状と問題点

■ 海岸

- ・ 河口域や漁港、航路での土砂が堆積し、船舶の航行に支障をきたしている。
- ・ 砂浜の減少により、砂浜の利用や景観への影響が出ている。
- ・ 海岸侵食により高潮、波浪などに対する砂浜が持つ防災機能が低下している。
- ・ 流木、塵芥の大量漂着により、漁業や船舶航行、施設管理に支障をきたしている。



a) 堆砂による閉塞が著しい航路



b)一ツ瀬川河口での浚渫状況



c)侵食が進む海岸線



d)流木・漂着ゴミの発生

写真－ 7.5海岸の現状と問題点

7.4 宮崎県中部流砂系の土砂管理の目標（案）

宮崎県中部流砂系の土砂管理の目標としては、以下にまとめるとおりである。

■ 宮崎県中部流砂系のあるべき姿

山地から河道・海岸まで、流域で生きる人間と多様な生物が共生できる流砂系

■ 具体的な目標

目標1：人為的影響に起因した土砂環境に対する課題の軽減

発生した問題によって対応する流砂系に働きかけた行為により、発生した問題への対応〔山地崩壊・濁水・河床低下（施設機能障害）〕

目標2：流域住民の安全・安心や生活基盤を支える諸施設の機能の保全

流砂系に働きかけた行為そのものの目的である施設機能保全への対応〔土砂災害・洪水調節機能低下・発電機能低下・施設機能低下〕

目標3：多様な生物が生息できる流域環境への誘導

流砂系に働きかけた行為により、間接的に発生した環境問題への対応〔溪流環境、ダム上流環境、ダム直下環境、河道環境、河口・海岸環境〕

■ 土砂管理の視点（5つ）

視点1：土砂移動の空間的連続性を前提とした管理

視点2：土砂の量・質に配慮した管理

視点3：土砂移動の時間的懸念に配慮した管理

視点4：土砂移動に必要な外的要因の管理

視点5：効果や影響をモニタリングしながらの順応的な管理

8. 推定土砂収支図（修正案）

第2回市民談義所にて、下記推定土砂収支図を提示したところ、市民から下記について、理解しにくいとの意見が出された。

小丸川～一ツ瀬川区間の“安定”

宮崎港近くの“矢印”

この意見に対する対応として、以下の修正案が考えられる（図－8.1）。

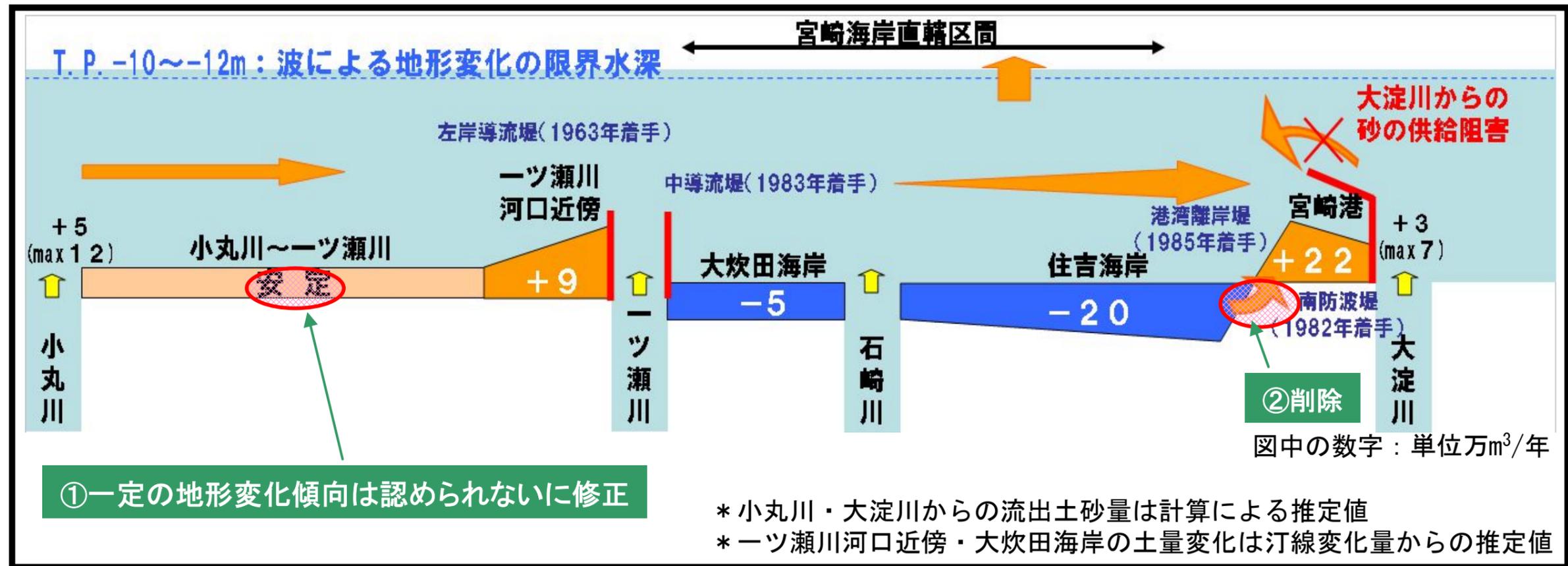
<修正（案）>

小丸川～一ツ瀬川区間の“安定”

→ “一定の地形変化傾向は認められない” に修正

宮崎港近くの“矢印”

→削除



※第5回宮崎海岸侵食対策検討委員会資料より抜粋

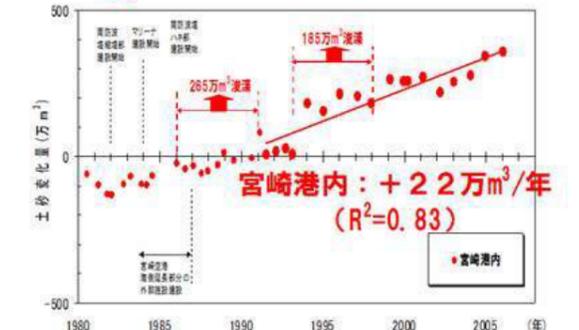
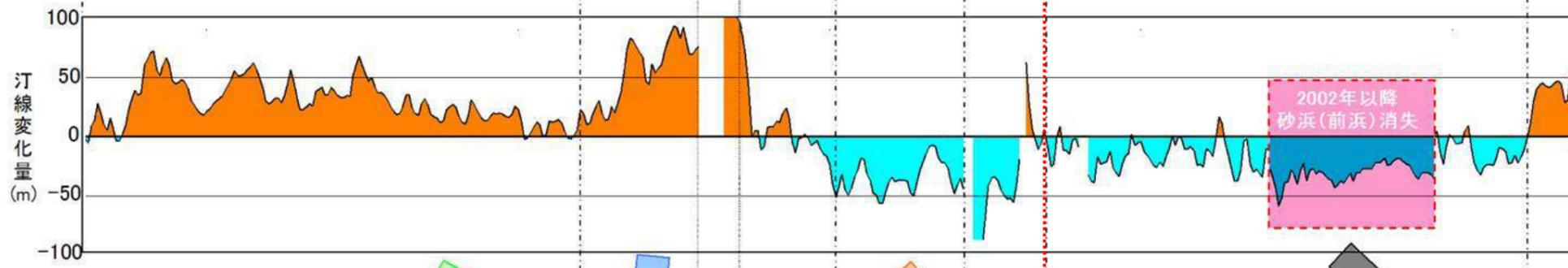
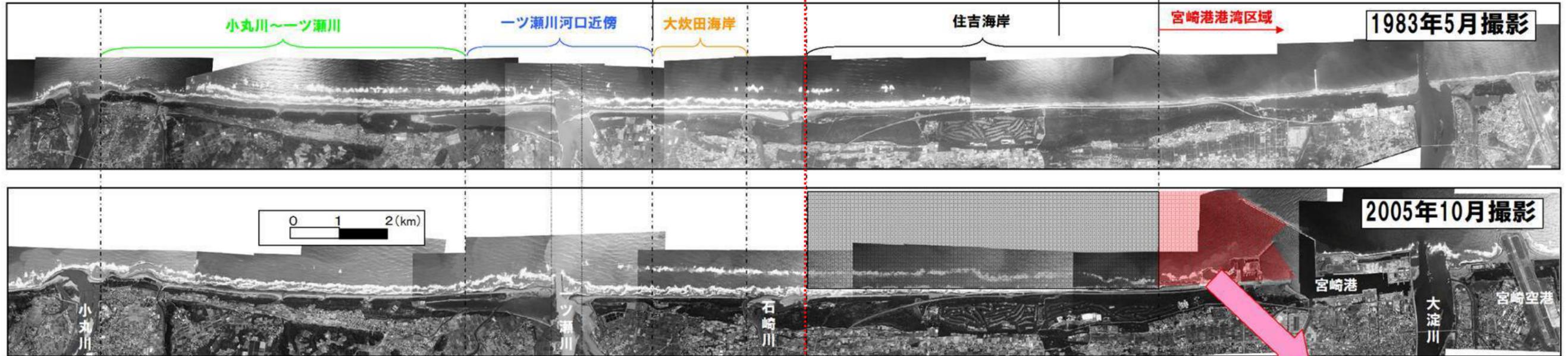
○：談義所にて意見が出された箇所

図－8.1 推定土砂収支図修正案

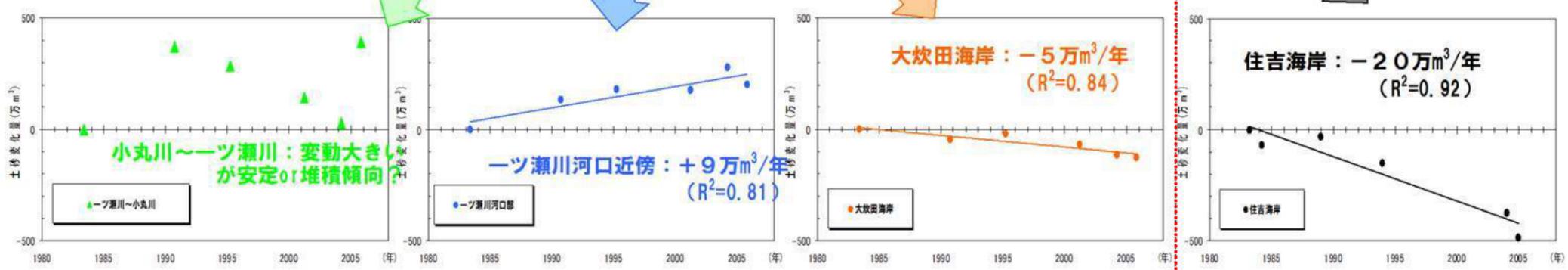
※石崎川以南の海浜土砂量の減少が著しいこと、土砂が港湾、一ツ瀬川左岸に堆積していることの根拠

【1983年5月～2005年10月（22年間）の汀線変化状況】

宮崎海岸直轄区間（石崎川河川区域除く） 県管理区間



【海浜土砂量の変化状況】



空中写真より読み取った汀線位置より解析 (土砂変化量 = 砂浜面積変化量 × 漂砂の移動高さD(17m)) → 汀線・深浅測量成果より解析

★沿岸方向で調査・解析精度に差があり、定量的な評価としての誤差は含むが、宮崎海岸（住吉・大炊田海岸）では年間20～30万m³のオーダーで海浜土砂量が減少（侵食）していることは間違いなさそうである。

《参考文献》

- ・三村信男 幾世橋慎 井上馨子, 砂浜に対する海面上昇の影響評価, 海岸工学論文集, 1993, vol. 40, pp. 1046-1050
- ・三村信男 井上馨子 幾世橋慎 泉宮尊司 信岡尚道, 砂浜に対する海面上昇の影響評価(2)——予測モデルの妥当性の検証と全国規模の評価——, 海岸工学論文集, 1994, vol. 41, pp. 1161-1165
- ・宮田正史・池田駿介・武若聡, 防風林の機能に関する基礎的研究, 海岸工学論文集 1993, vol. 40 pp. 556-560