

宮崎海岸侵食対策検討委員会 第 2 回技術分科会  
補足説明資料

平成 21 年 3 月 10 日

国土交通省・宮崎県

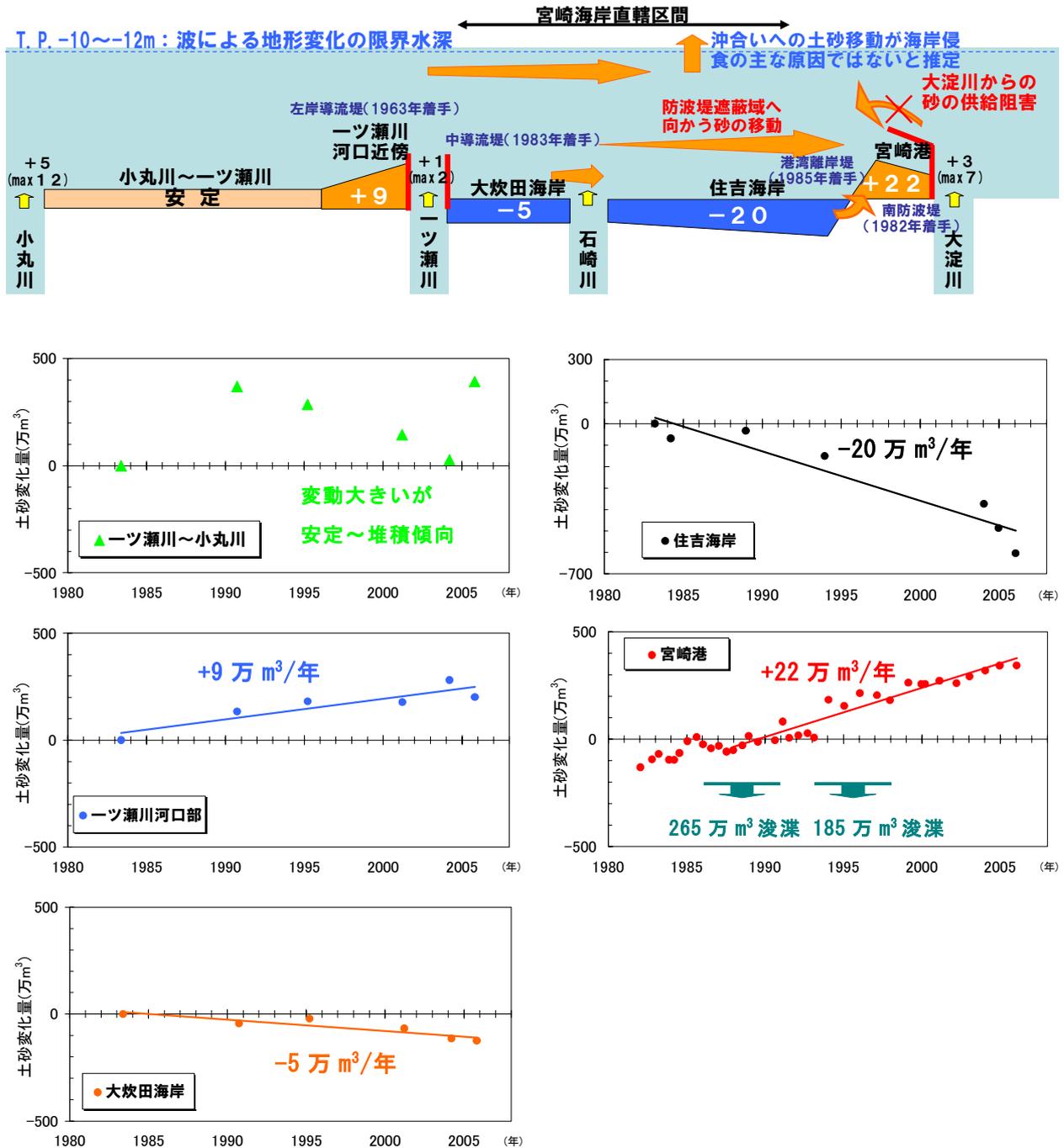
## 目 次

1. 土砂収支の精度向上 .....	1
1.1 想定されている土砂収支 .....	1
1.2 宮崎港浚渫範囲の考慮 .....	2
1.3 沖合いへ土砂流出の考慮 .....	10
1.4 深浅測量等の実測から積分した沿岸漂砂量 .....	14
1.5 一ツ瀬川河口部における土砂移動メカニズムの解明 .....	16
2. 波向と沿岸漂砂の卓越方向の関係 .....	20
2.1 漂砂トレーサー観測と波浪観測データ整理結果との整合性 .....	20
2.2 波浪条件の妥当性の検証 .....	23
3. 地形変化モデルの改良について .....	32
[参考資料①] 宮崎港沖波浪観測データ (NOWPHAS) の整理	
[参考資料②] 宮崎港波浪観測データ (宮崎県) の整理と NOWPHAS 観測データとの比較	
[参考資料③] レーダー観測結果と海象計による波浪観測との比較	
[参考資料④] 台風時の波浪エネルギーの確認	

# 1. 土砂収支の精度向上

## 1.1 想定されている土砂収支

これまでの検討で想定されている土砂収支図とブロック別の土量変化図を図一 1.1に示す。大炊田海岸および住吉海岸が侵食傾向であり、一ツ瀬川河口近傍および宮崎港が堆積傾向である。小丸川～一ツ瀬川は変動が大きい安定あるいは堆積傾向である。



図一 1.1 土砂収支図とブロック別土量変化図

## 1.2 宮崎港浚渫範囲の考慮

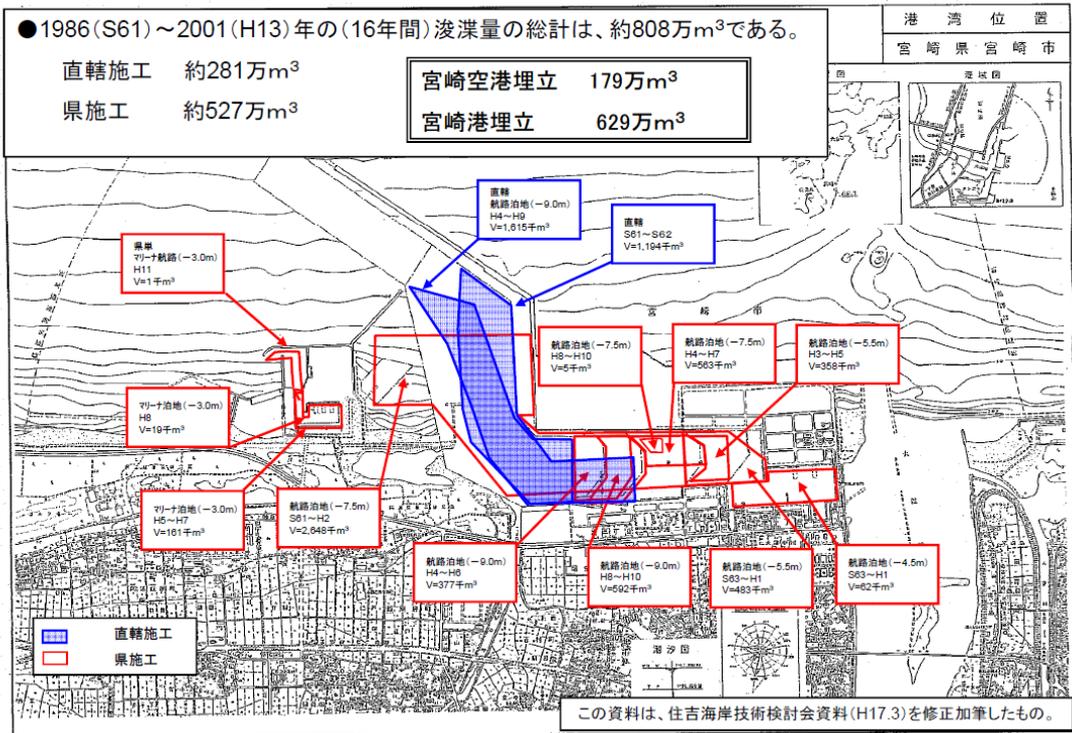
これまでの検討では、土砂収支図における宮崎港内の年間土砂堆積量検討の際に、宮崎港内奥部の浚渫範囲を考慮していない。このことで宮崎港内の堆積土砂量が過小評価になっていないかどうかを検証した。

図一 1.2に昭和 61 年以降の宮崎港建設時の浚渫状況図を示す。浚渫に関する情報としては、ある浚渫期間中の範囲と総量が記録として残っているだけであり、浚渫量と場所の詳細な対応までは特定できなかった。また、図一 1.3に示すように浚渫範囲には航路確保のための砂州の開削も含んでいるため、そもそも海域であった部分と砂州開削部分の数量を分離することができない。このように、浚渫に関しては不明確な点が多いため、図一 1.4に示すように宮崎港内の土砂変化量積算時には浚渫が実施された区間（ブロック区分：9）を除いていた。また、図一 1.5の大規模航路浚渫後の地形変化によると、過去の航路浚渫範囲は、現時点で顕著な土砂堆積は生じておらず、図一 1.9に示すように維持浚渫も実施されていない。したがって、現在の宮崎港内への土砂堆積を把握する上では、過小評価とはならないと考えていた。

一方、浚渫が終了した 1999 年以降のブロック 9 の堆積速度は図一 1.4の青色の直線に示すように 3 万  $\text{m}^3$ /年と算出される。しかし、底質調査結果(図一 1.6、図一 1.7 および図一 1.8)によると、宮崎港 1～8 ブロックの底質は 0.125mm 以上の細砂がほとんどを占めていることから土砂収支として含めることは問題ないが、9 ブロックの底質については情報がないことから現在推定している土砂収支に含めることは問題があるとして、宮崎港の堆積土砂量は当初のとおり 22 万  $\text{m}^3$ /年とした。

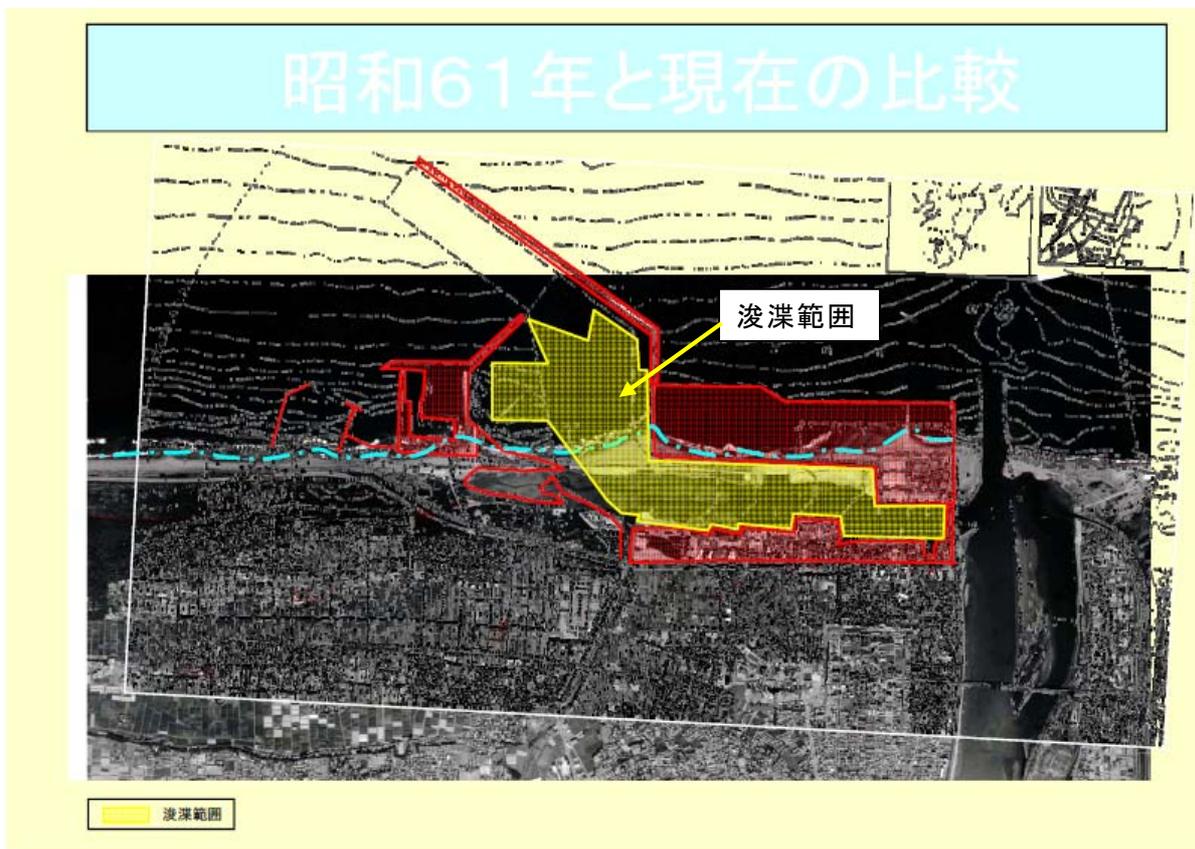
なお、参考までに浚渫土砂の処分先を図一 1.10に示す。浚渫土砂の処分先は宮崎港の埋立（74%）と宮崎空港の埋立（21%）で全体の 95%であるが、最近は、連携が進み養浜材として利用しているところである。

# 建設時の浚渫図



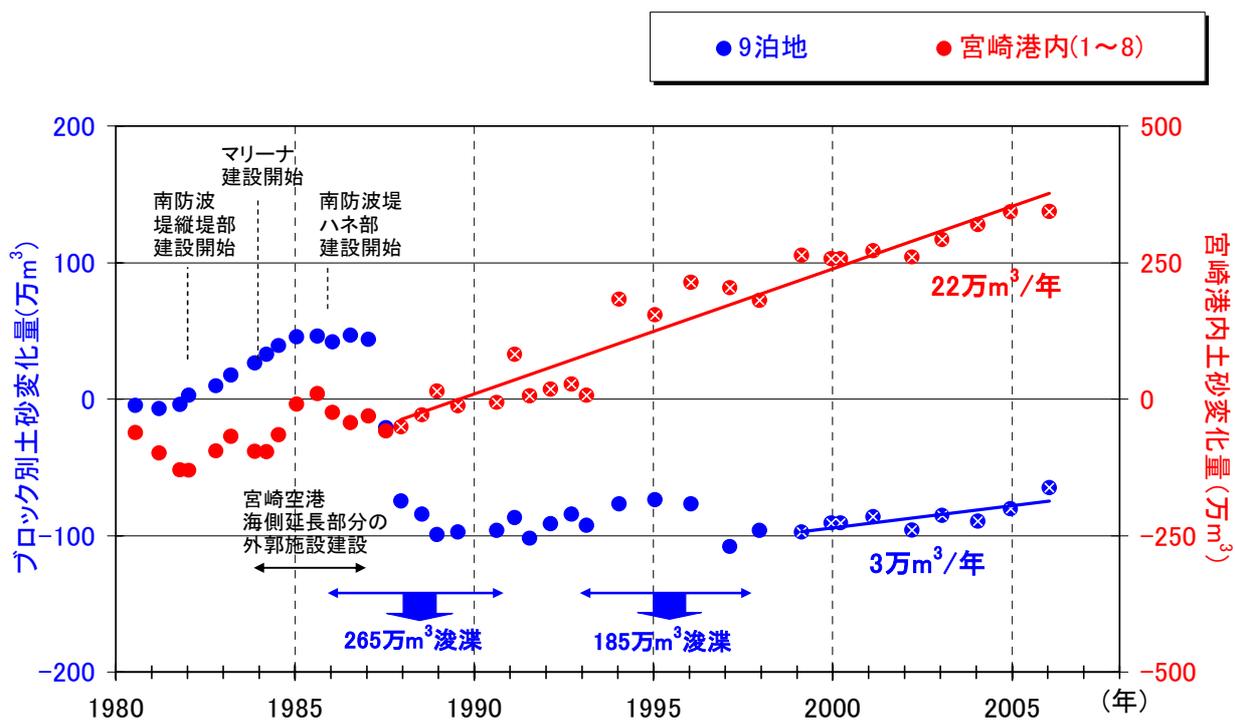
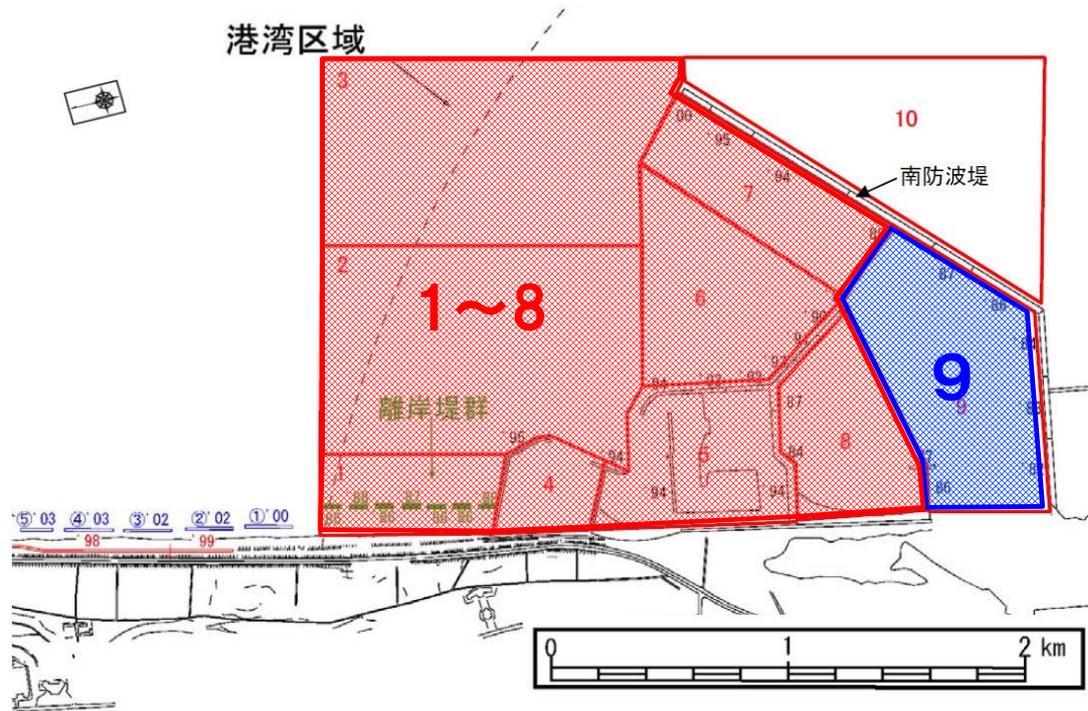
(出典：第7回海岸勉強会資料、県港湾課作成)

図－ 1.2 宮崎港建設時の浚渫状況図



(出典：第7回海岸勉強会資料、県港湾課作成)

図－ 1.3 宮崎港建設時の主な浚渫範囲と浚渫前（昭和61年）の地形比較

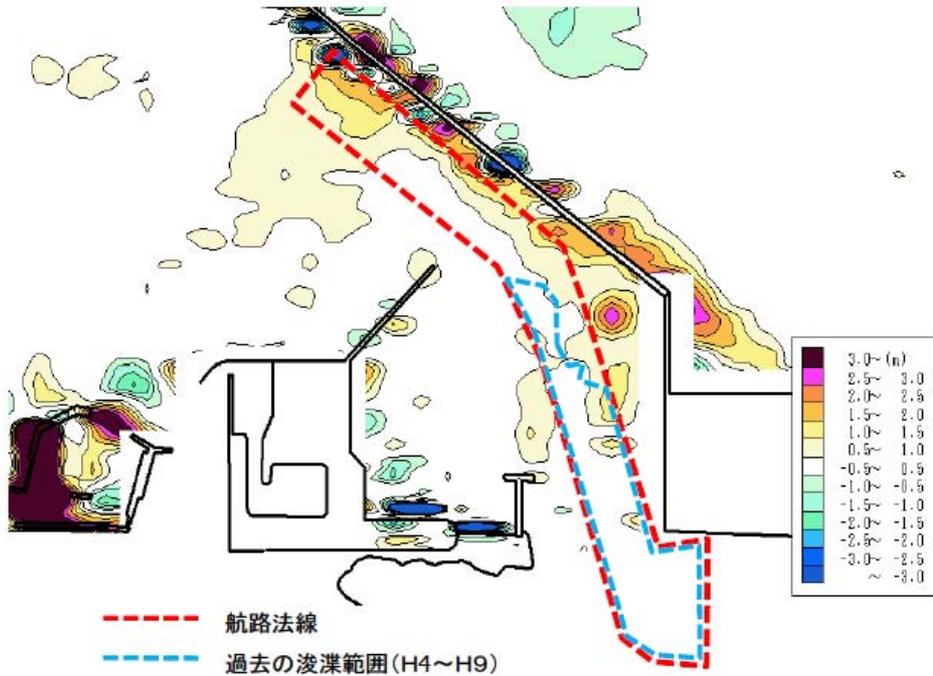


\*ブロック9の1985年～1998年までの土量変化は浚渫などの影響で不明瞭であるため、土量変化の算出は1999年からの値を用いた。

図一 1.4 宮崎港内の土量変化

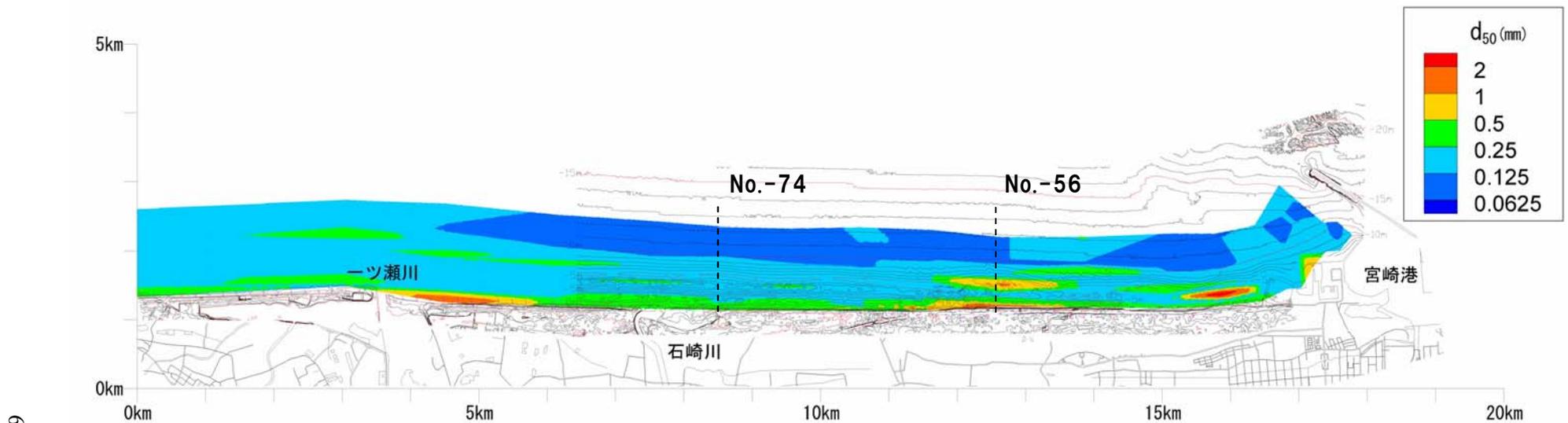
# 宮崎港の土砂堆積状況

(H11.2 と H18.1の比較)



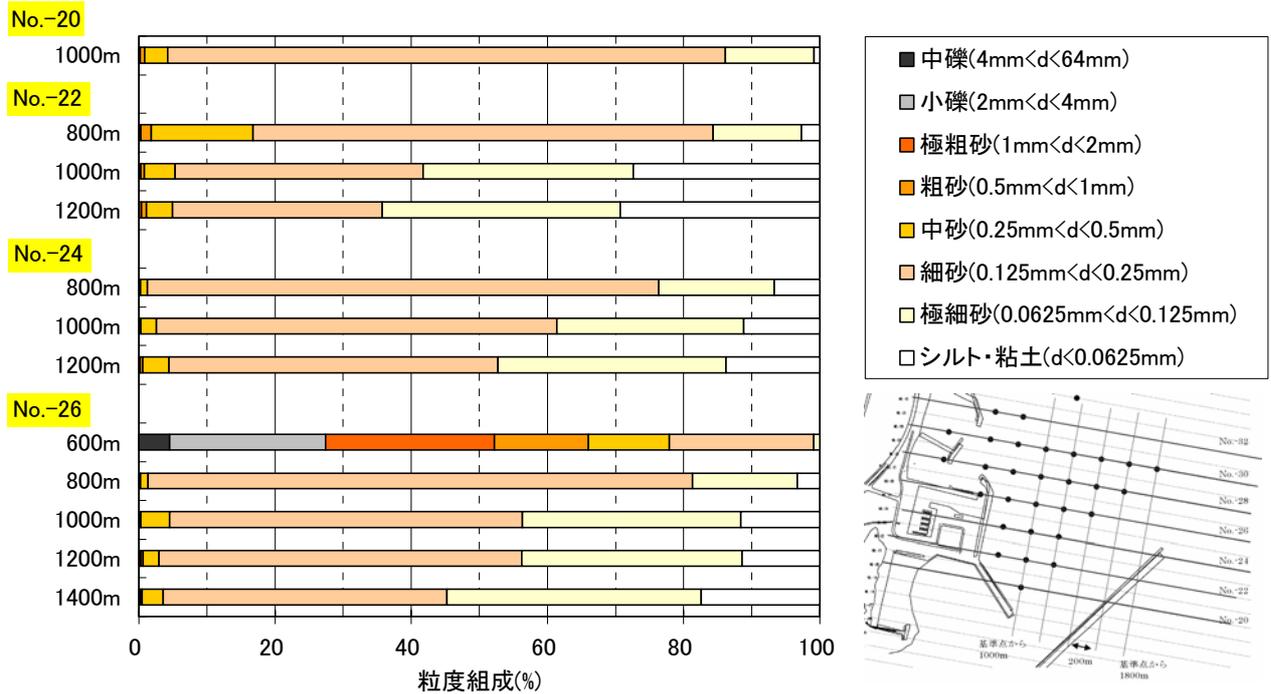
(出典：第7回海岸勉強会資料、県港湾課作成)

図一 1.5 宮崎港航路浚渫後の地形変化状況図

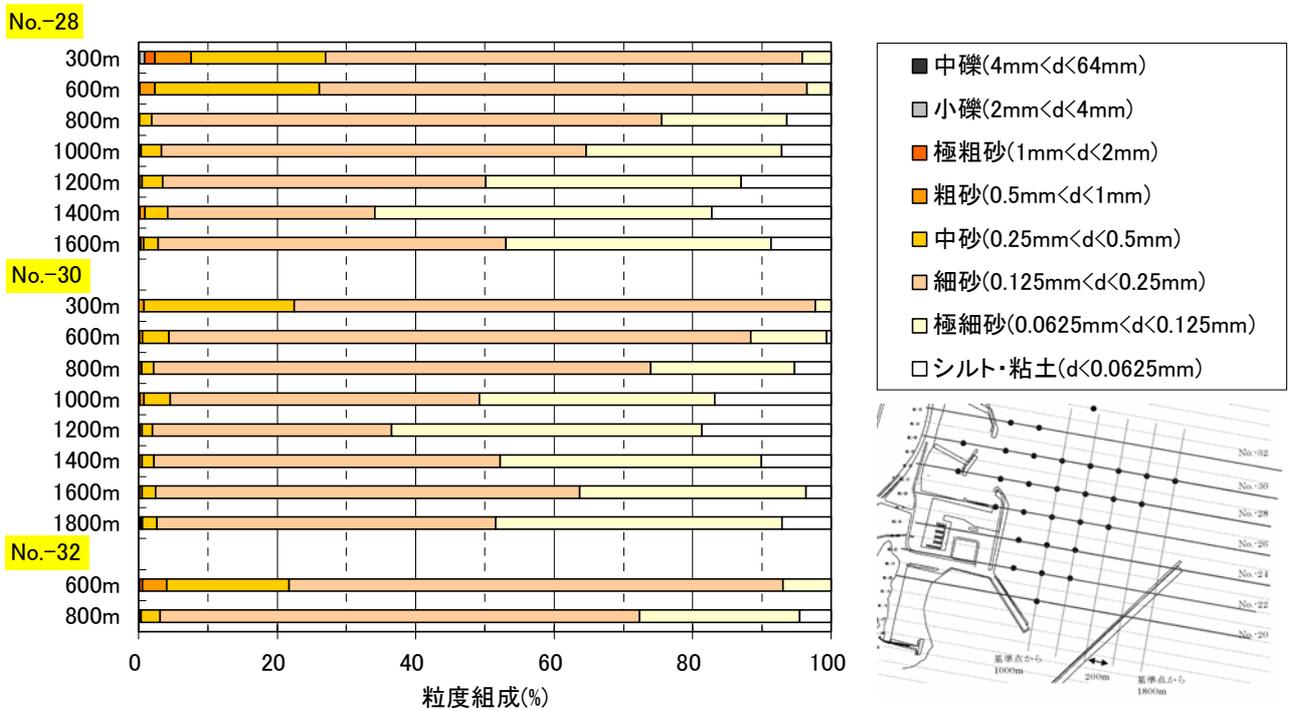


- 宮崎港や一ツ瀬川から離れた場所に位置する石崎浜（No.-74）は、現在の宮崎海岸における代表的な底質粒径と考えられ、海中部を含めた海浜は、主に 0.125～0.5mm の砂で構成されている（構成割合約 80%以上）。
- 石崎浜の底質粒径に比べて、バー（沖合い砂州）の消失など侵食が顕著なレストハウス前（No.-56）では、本来バーのできる場所の 0.125～0.5mm の砂の割合が少ない。
- 侵食地点をより自然に近い形で再生するためには、0.125～0.5mm の砂の回復が重要となる可能性が高いと推察できる。
- 本調査では宮崎港内にも 0.125mm 以上の砂が堆積していることが確認された。0.125～0.5mm の砂の回復材料として利用していきたいと考える。

図－ 1.6 中央粒径  $d_{50}$  の平面分布図 平成 20 年 11 月実施調査結果

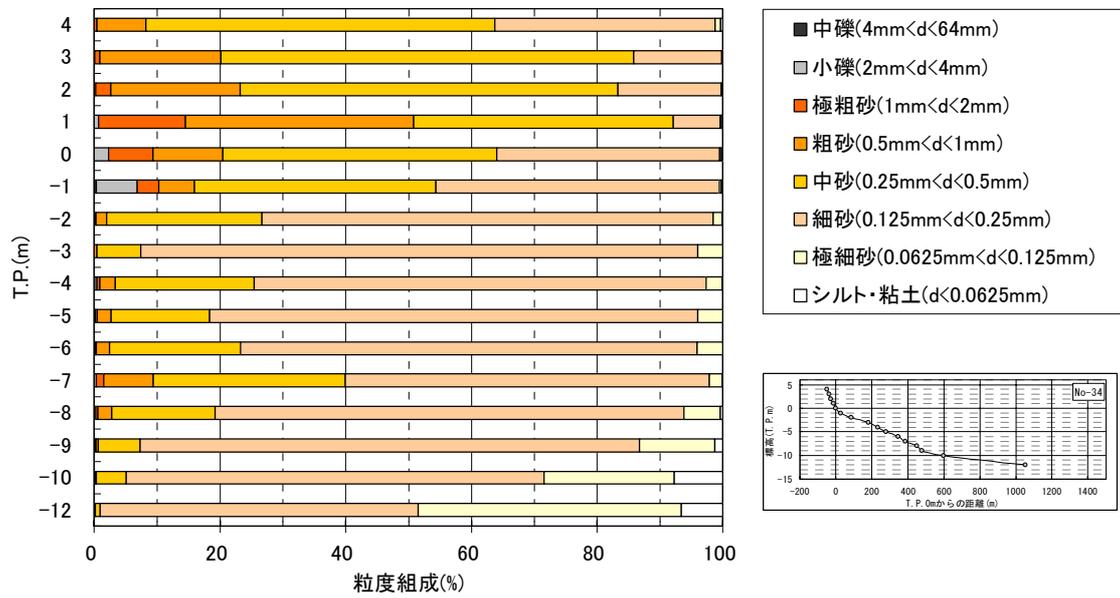


図一 1.7(1) 宮崎港付近底質調査結果(1) 平成 20 年 11 月調査



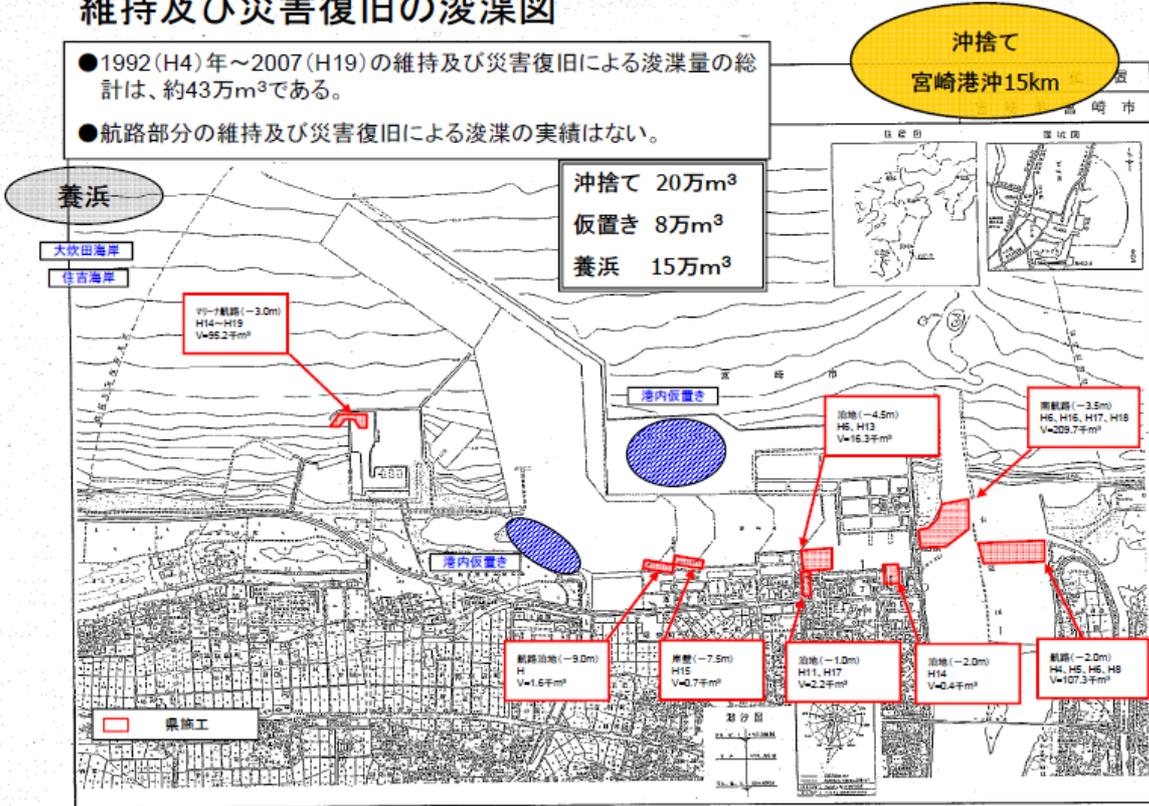
図一 1.7(2) 宮崎港付近底質調査結果(2) 平成 20 年 11 月調査

No.-34



図一 1.8 宮崎港北側底質調査結果 平成 20 年 11 月調査

## 維持及び災害復旧の浚渫図

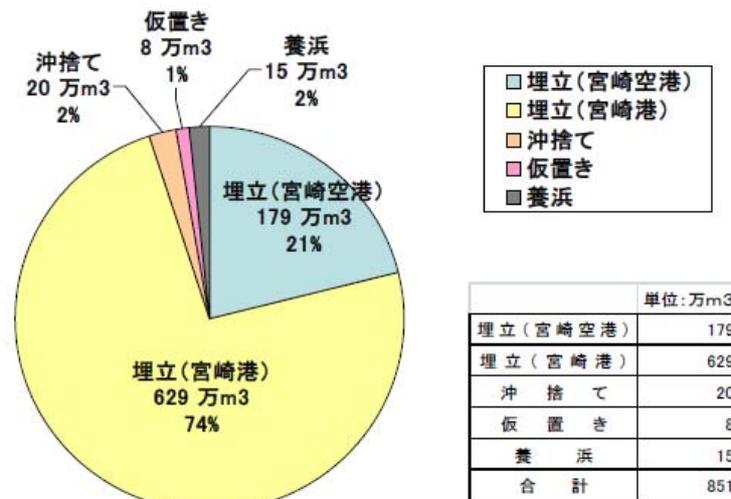


(出典：第7回海岸勉強会資料、県港湾課作成)

図－ 1.9 宮崎港における維持・災害復旧時の浚渫状況図

## 浚渫土砂の処分方法

(建設時＋維持・災害復旧)



(出典：第7回海岸勉強会資料、県港湾課作成)

図－ 1.10 宮崎港浚渫土砂の処分方法

### 1.3 沖合いへ土砂流出の考慮

宮崎港近傍では、移動限界水深としている T.P. -10~-12m 以深まで水深の変化が見られる(図- 1.11)。これまでの検討では沖合いへの土砂流出は推定している沿岸方向の土砂移動に対して影響を与えないと推定しているが、その根拠および妥当性を整理した。また、同じく陸側境界の土砂流出条件についても検討した。

#### (1) 水深 10m よりも沖合いへの土砂流出について

はじめに、沖合での土量変化を確認する。図- 1.12に測量成果より作成した 10m 以浅、以深での土量増加量の経年変化を示す。宮崎港近傍での水深 10m 以深では 20 万 m<sup>3</sup>/年の堆砂が確認されている。これは、図- 1.13に示すように、海浜流により運ばれたものと考えられる。なお、この範囲に堆積している土砂は図- 1.4に示すように土量変化として土砂収支に考慮している。

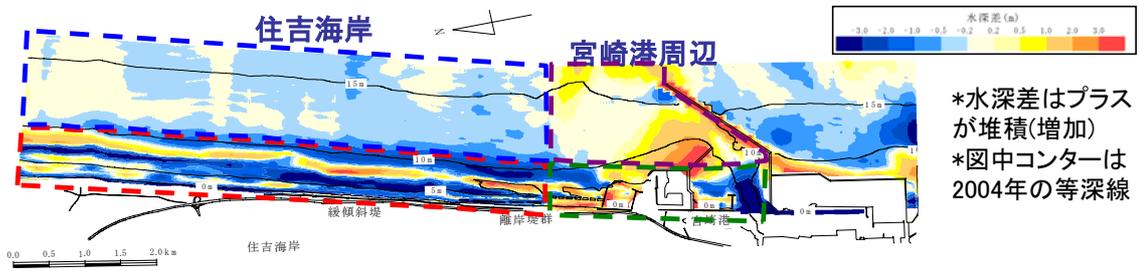


図- 1.11 石崎川～宮崎空港区間における水深比較(1982年-2004年)

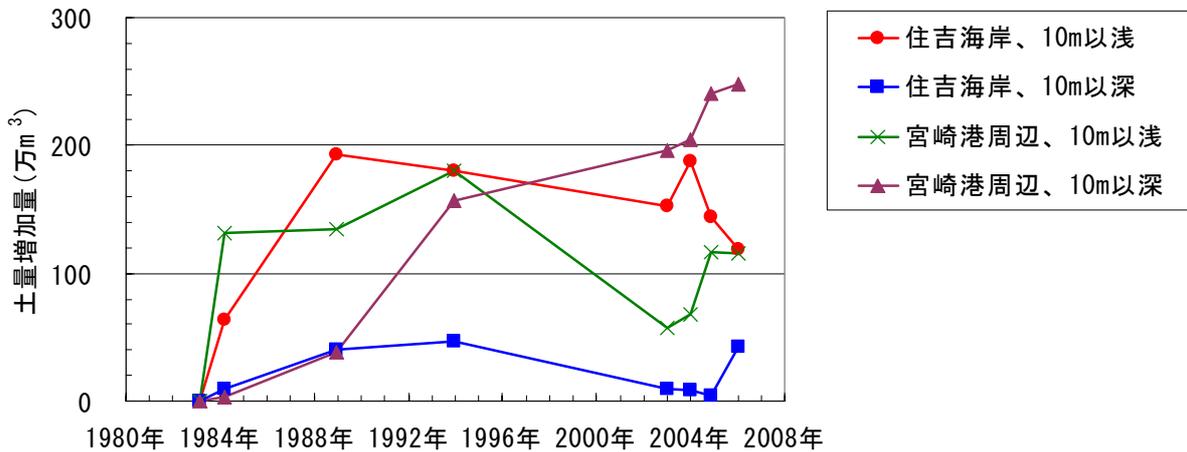
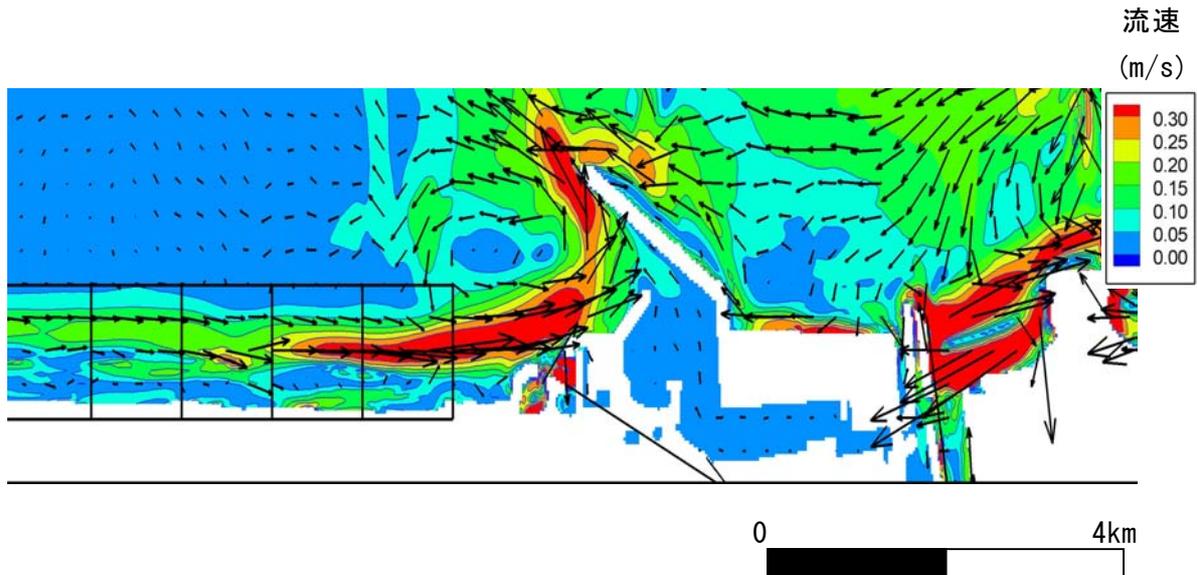


図- 1.12 土砂増加量図



図－ 1.13 海浜流計算結果

(出典：住吉海岸技術検討委員会 第3回委員会資料 [本編] , H17年3月29日, p.17)

これまでの土砂収支の推定では、宮崎港周辺の土砂堆積域と、宮崎港の北側に隣接する水深 10m 以浅の沿岸域内で土砂収支はほぼ取れており、また、宮崎港より北側の海岸の水深 10m 以深の堆積量は測量誤差の範囲(図－ 1.12、測量範囲約 7km で最大 50 万  $m^3$ 、10cm 程度)と考えられる。よって、沖合いへの土砂流出は現在推定している土砂収支に影響を与えるような規模ではないと考える。

<沖合いへの土砂流出に関する今後の課題>

このように、現在は沿岸方向の土砂収支を基本として推定しているが、河川から供給されるウォッシュロード成分（小さい粒径）の海域に供給された後の動態や、水深10~12m周辺の土砂動態は未確認である。また、最新（H20）の底質調査結果等によると、水深10m以深にも細粒砂が存在することがわかってきており（図-1.14）、今後、河川供給土砂の回復（長期的な対応）も視野に入れた侵食対策を考えていく上で、沖合い流出土砂の評価をどうすべきかは課題であると考えられる。

<土砂収支を考える上での土砂質（粒径）の対象について>

侵食対策を進めていく上で、土砂収支の精度を上げていくことが重要となるが、土砂収支を考える上での土砂質（粒径）の対象を共通認識として持つ必要がある。

最新の底質調査結果等によると、細粒砂（0.125mm）程度以上とするのが適当と考える。特に、宮崎海岸の場合、汀線近傍の砂浜の回復には中粒砂（0.25mm）程度以上が重要である。

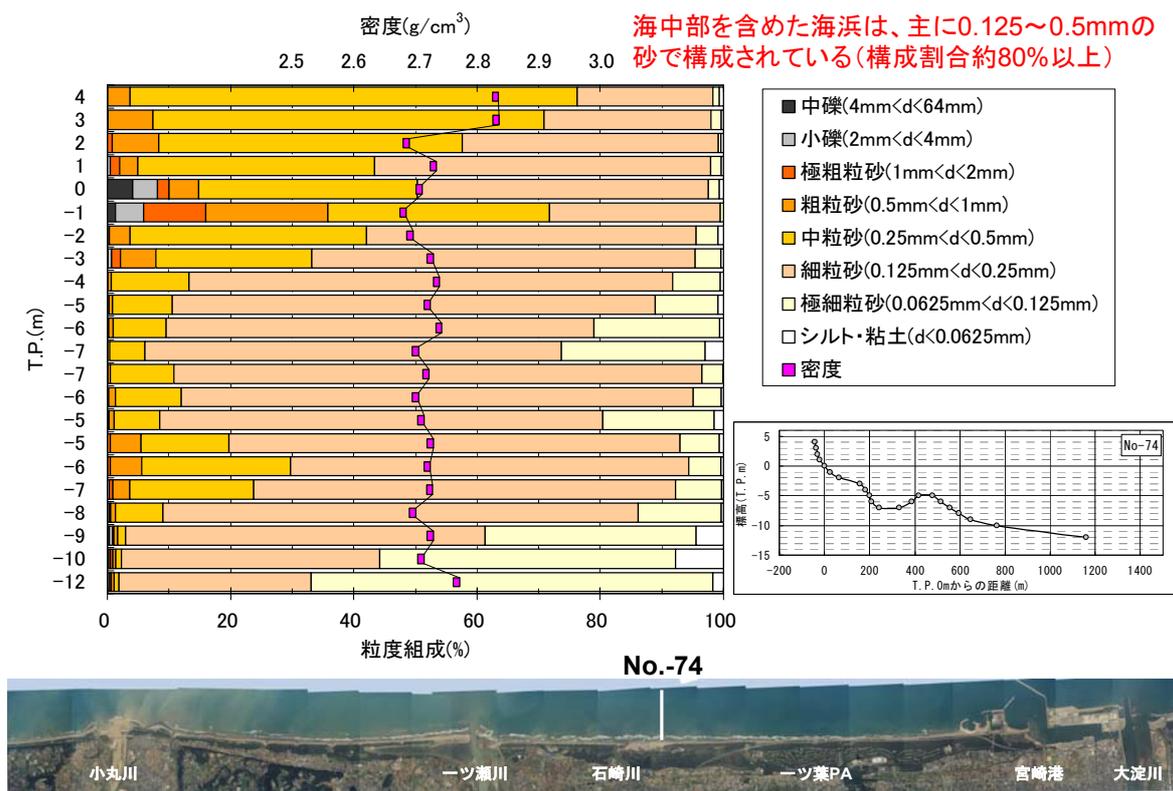
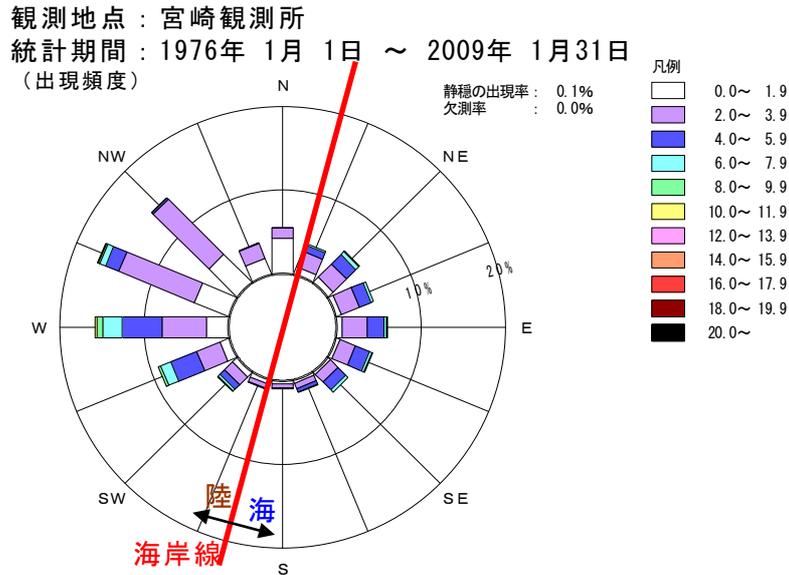


図-1.14 宮崎海岸の代表的な底質：石崎浜（No. -74）

(2) 飛砂による陸側への土砂流出と砂丘形成について

現在の土砂収支には、飛砂による土砂損失は考慮していないが、沖合いへの土砂流出と同様に、陸側への土砂流出の考え方にも課題がある。

なお、図- 1.15に気象庁観測による宮崎の1976年1月～2009年1月の33年間の風向・風速データの統計処理結果を示す。陸からの風（オフショア）が卓越しており、飛砂が発達するような海からの風（オンショア）の頻度は総じて少ない結果である。



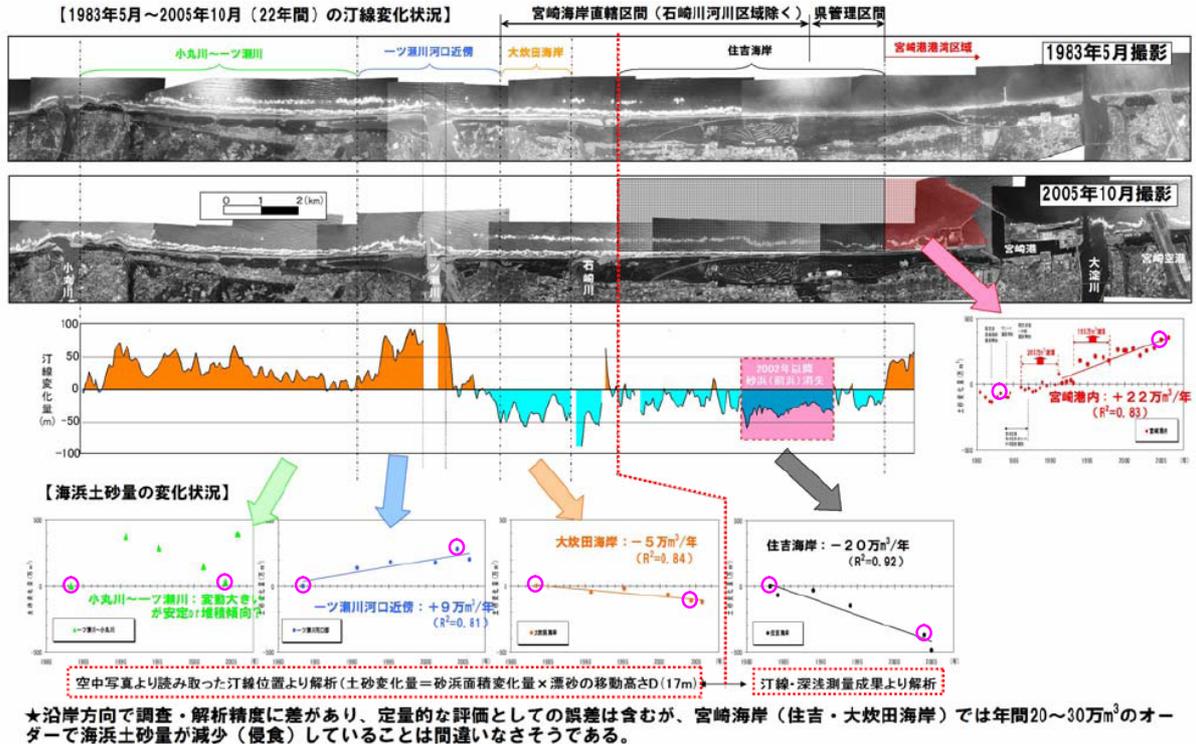
規定回数：290028, 測定回数：289913 (100.0%), 欠測：115 (0.0%)

	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	合計
	0.0	1.9	3.9	5.9	7.9	9.9	11.9	13.9	15.9	17.9	19.9	
静穏	253 0.1											253 0.1
N	12124 4.2	3422 1.2	408 0.1	60 0.0	15 0.0	6 0.0	5 0.0	3 0.0	1 0.0			16044 5.5
NNE	2731 0.9	5693 2.0	2400 0.8	457 0.2	69 0.0	16 0.0	4 0.0	5 0.0				11375 3.9
NE	2282 0.8	6439 2.2	4721 1.6	1442 0.5	207 0.1	51 0.0	16 0.0	5 0.0		1 0.0		15164 5.2
ENE	1675 0.6	6535 2.3	4489 1.5	849 0.3	124 0.0	48 0.0	18 0.0	13 0.0	1 0.0		1 0.0	13753 4.7
E	1670 0.6	8601 3.0	5691 2.0	822 0.3	173 0.1	38 0.0	22 0.0	10 0.0	15 0.0	3 0.0	1 0.0	17046 6.0
ESE	1159 0.4	5885 2.0	5329 1.8	973 0.3	145 0.1	56 0.0	16 0.0	8 0.0	3 0.0	6 0.0	5 0.0	13585 4.6
SE	965 0.3	3642 1.3	3877 1.3	1209 0.4	109 0.0	36 0.0	27 0.0	10 0.0	4 0.0	1 0.0	2 0.0	9882 3.3
SSE	840 0.3	1918 0.7	1048 0.4	300 0.1	47 0.0	13 0.0	8 0.0	3 0.0				4177 1.5
S	965 0.3	1349 0.5	411 0.1	84 0.0	20 0.0	7 0.0	4 0.0					2840 0.9
SSW	1424 0.5	1764 0.6	398 0.1	66 0.0	11 0.0	5 0.0	2 0.0			2 0.0		3672 1.2
SW	2063 0.7	3713 1.3	2227 0.8	826 0.3	145 0.1	35 0.0	12 0.0	5 0.0	3 0.0			9029 3.2
WSW	3072 1.1	8748 3.0	9575 3.3	3863 1.3	844 0.3	136 0.0	27 0.0	7 0.0	2 0.0	1 0.0		26275 9.0
W	7626 2.6	15352 5.3	13715 4.7	6735 2.3	1958 0.7	464 0.2	107 0.0	22 0.0	2 0.0			45981 15.8
WNW	12880 4.4	27691 9.7	4861 1.7	1973 0.7	692 0.2	145 0.1	25 0.0	3 0.0				48270 16.8
NW	13602 4.7	26714 9.3	627 0.2	254 0.1	69 0.0	10 0.0	1 0.0					41277 14.3
NNW	5685 2.0	5398 1.9	160 0.1	26 0.0	8 0.0	5 0.0	5 0.0	3 0.0				11290 4.0
合計	253 0.1	70763 24.4	32864 11.3	59937 20.5	19939 6.8	4636 1.6	1071 0.3	299 0.0	97 0.0	31 0.0	14 0.0	289913 100.0

※注 表中の上段は出現回数、下段は出現率(%)

図- 1.15 宮崎観測所における風向、風速観測データ

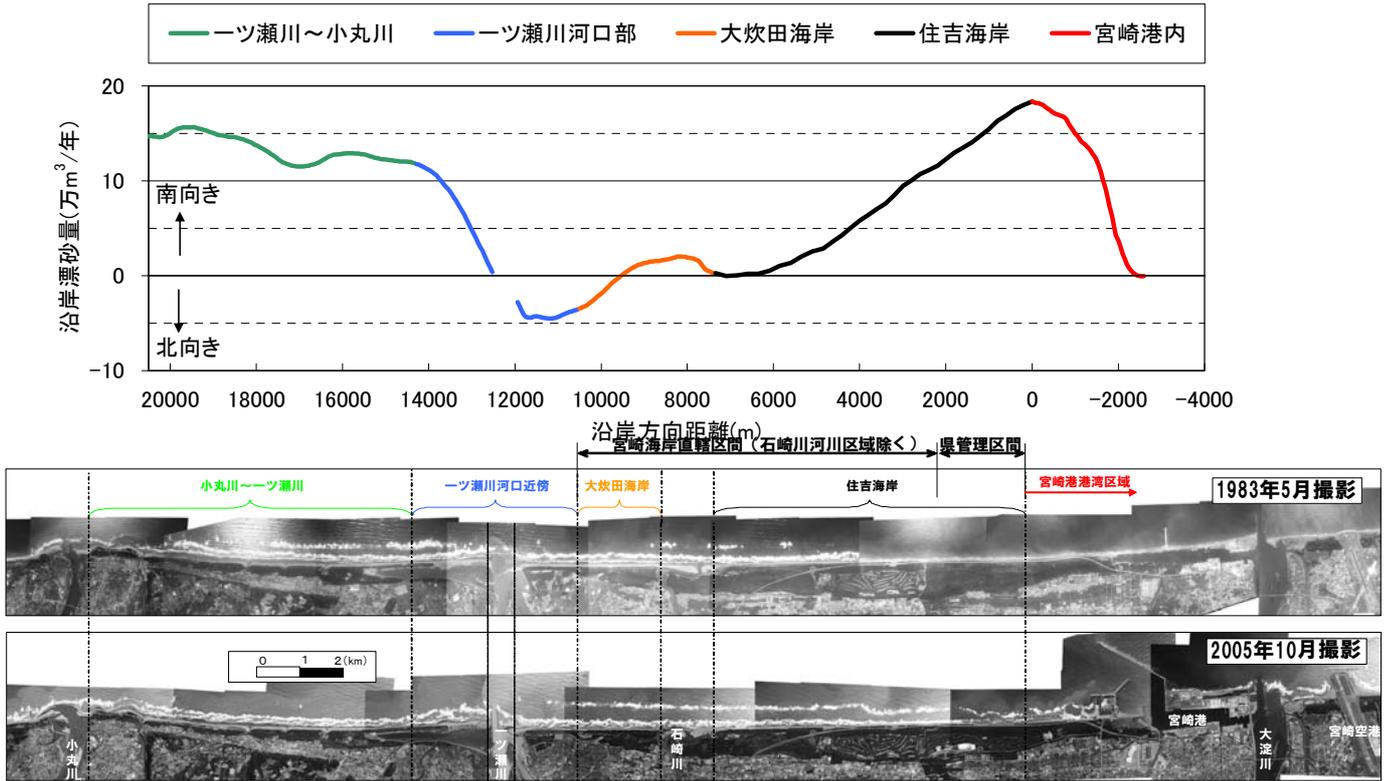
## 1.4 深淺測量等の実測から積分した沿岸漂砂量



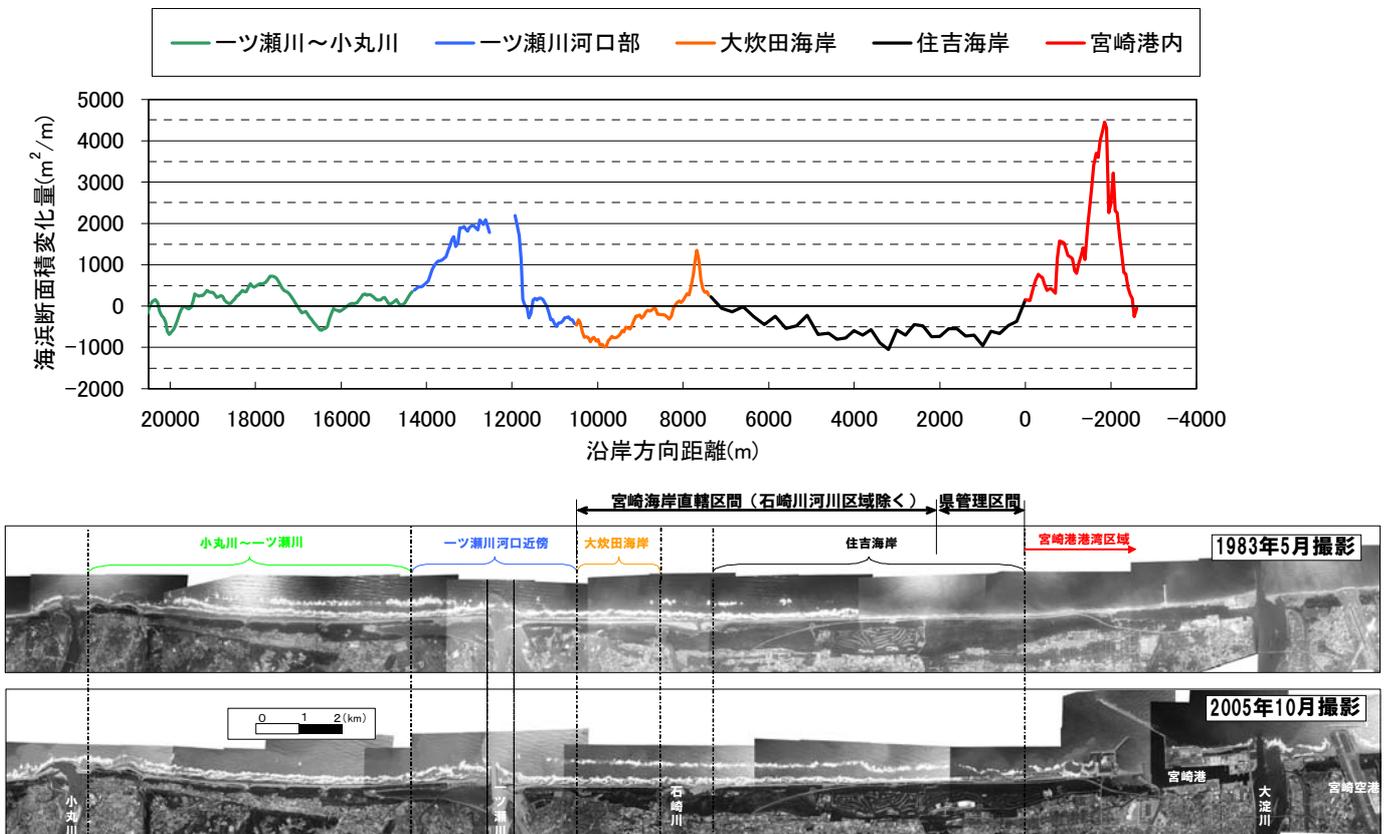
ほぼ同時期に測量もしくは空中写真撮影が実施されている 1983 年 3～5 月と 2004 年 1～3 月のデータ（上図の○）を用いて、宮崎港内の土砂変化量算定範囲の南端位置を境界として、そこから北方向に測線毎の土砂変化量を累加していく形で 1 年あたりの沿岸漂砂量の沿岸方向分布図を作成した。その結果によると、

- 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。



図一 1.16 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



参考図 単位幅あたりの海浜断面積変化量の沿岸方向分布

## 1.5 一ツ瀬川河口部における土砂移動メカニズムの解明

一ツ瀬川導流堤を挟んでの南北方向の土砂移動機構が不明であり、この南北方向の移動が宮崎海岸の侵食あるいは今後の対策に関係してくる可能性がある。ここでは、以下に現在立てている仮説を検証のための調査を提案する。

### (1) 導流堤南北方向の土砂移動について

現在、一ツ瀬川河口の左岸では堆積、右岸では侵食が進行している事実から、立てられる仮説は以下の2通りである。

- [1] 南向きの沿岸漂砂が導流堤により阻止され、左岸が堆積、右岸が侵食。
- [2] 台風期の高波浪時に北向き沿岸漂砂が導流堤を越えて左岸側に移動することで右岸側が侵食。冬季の低波浪時に南向き沿岸漂砂が導流堤により阻止されて左岸側が堆積。

この仮説中の、導流堤を越える漂砂を確認するため、トレーサー調査を実施することを提案する。トレーサー調査案を表－ 1.1および図－ 1.18に示す。

### (2) 河口テラスの砂層厚の確認

図－ 1.19に一ツ瀬川河口周辺の2004年と2006年の地形とその変化を示す。河口左岸部にテラスに似た地形があり、周辺の顕著な地形変化に比べて、水深の変化がほとんど見られない箇所があることが分かる。しかし、その位置が河口前面から北側にずれていること、現在推定されている一ツ瀬川からの供給土砂量は0.5万m<sup>3</sup>/年程度と少ないことから、河川からの流出土砂が堆積して出来た地形であるのか疑問な点も多い。このことから、一ツ瀬川河口部のテラス地形は河川からの供給土砂によるものではなく天端高 T.P. -3～-4m 程度の岩礁(岩盤)の可能性があると考えられる。

この仮説を確認するため、超音波によるテラス部の地質調査(岩盤調査)を提案する。

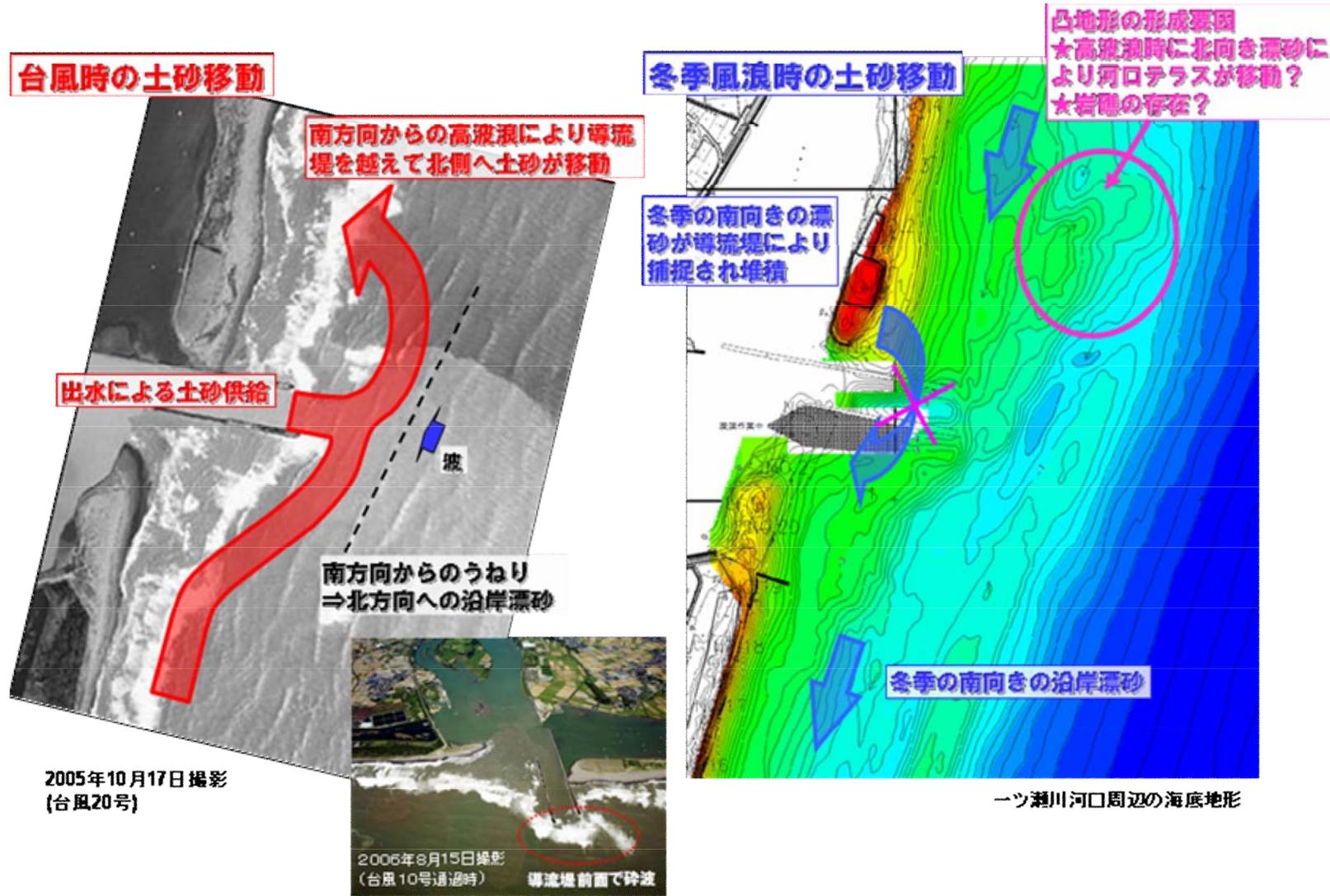


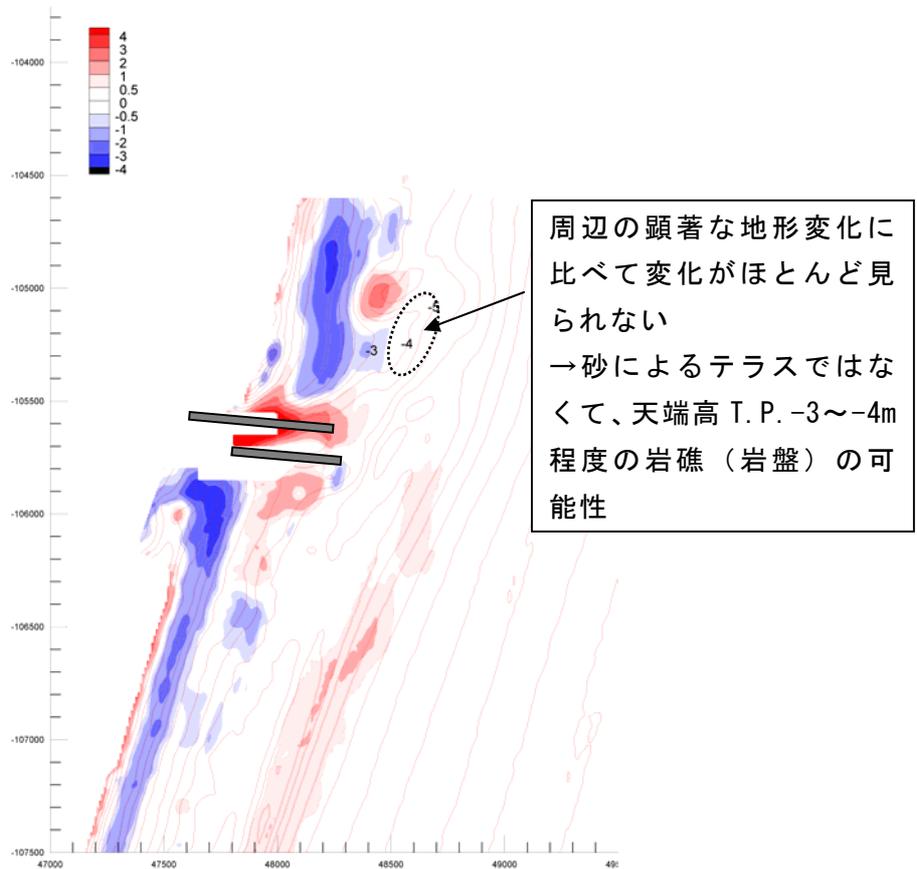
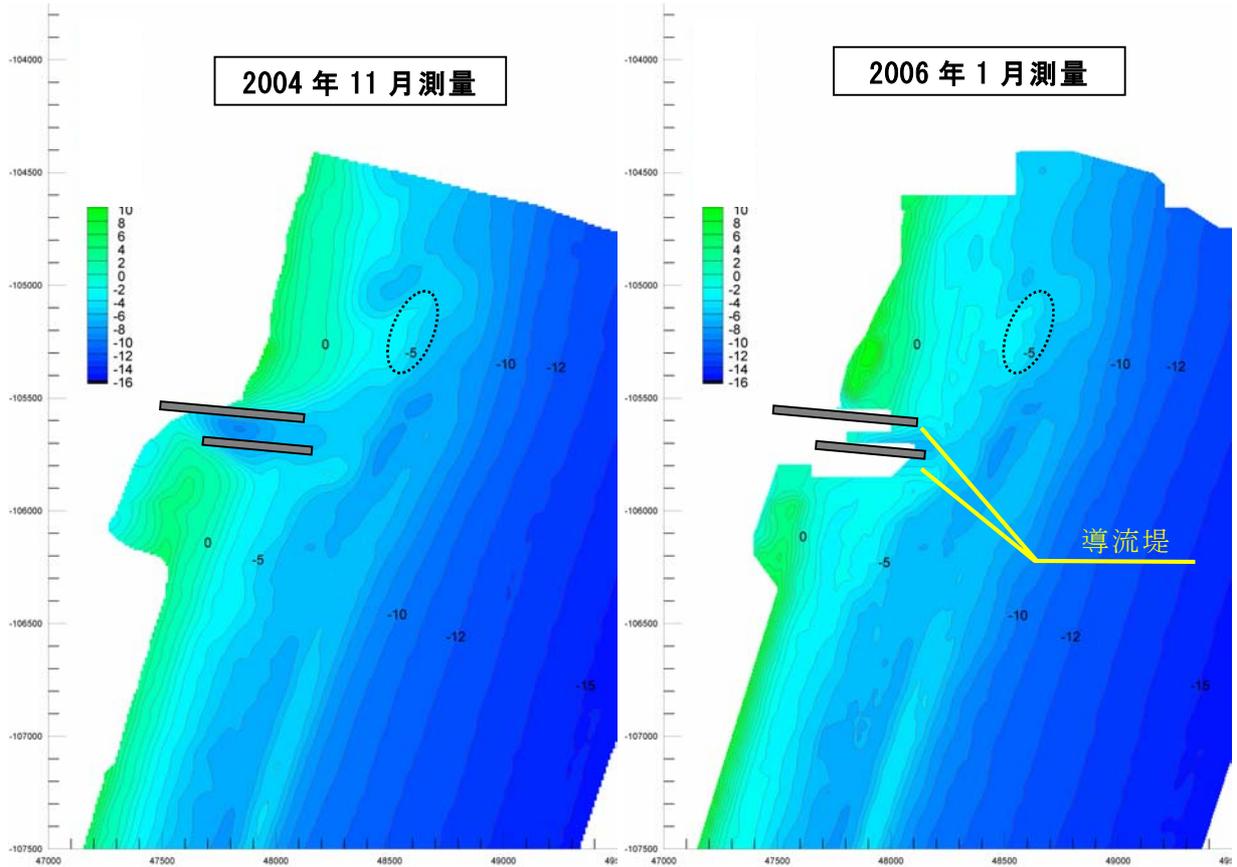
図- 1.17 一ツ瀬川河口部周辺の土砂移動に関する仮説

表－ 1.1 漂砂トレーサー調査案

目的	導流堤を越える漂砂を確認する（台風時（7～9月）の土砂移動とそれ以外の時期の土砂移動）
投入場所	一ツ瀬川河口導流堤および中導流堤の先端部周辺および陸上部（図－ 1.18）に色の異なるトレーサーを同時に投入
投入時期	台風期直前を狙って投入し、台風期と通常時の挙動を把握する
追跡調査内容	河口周辺の測量＋底質調査
外力把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラによる流況把握</li> <li>・宮崎港での波浪観測（ただし波浪計は現在動いていない）</li> <li>・河川流量の把握</li> </ul>



図－ 1.18 土砂移動メカニズム調査案



図一 1.19 一ツ瀬川河口周辺の地形変化（2004年11月-2006年1月の比較）

## 2. 波向と沿岸漂砂の卓越方向の関係

### 2.1 漂砂トレーサー観測と波浪観測データ整理結果との整合性

過去に宮崎海岸で実施した漂砂トレーサー観測の結果と波浪観測データの関係については「カメラ観測システムを用いた宮崎海岸の土砂移動機構調査, 藤原要・的場孝文・熊谷隆則・藤田裕士・堀口敬洋・佐々木崇雄・高木利光, 海岸工学論文集第54巻, 2007」にて検討し、整合が取れていることを確認している。以下に概要を示す。

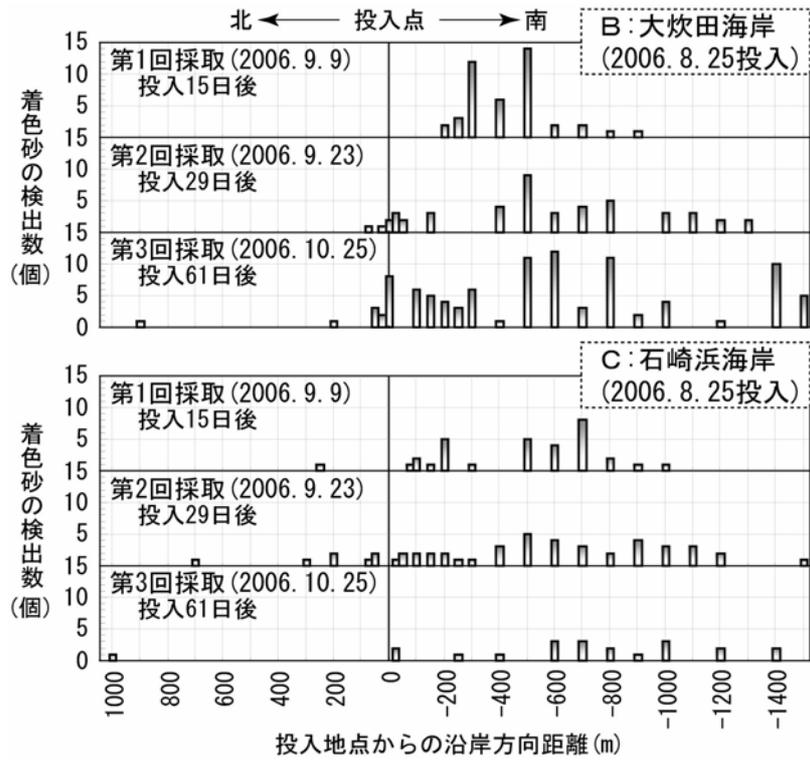
調査期間、地点は表－ 2.1に示すとおりである。採取結果を図－ 2.2に示す。二地点とも、投入地点より南側において着色砂が多く検出された。調査期間中の宮崎港波浪観測結果(宮崎県実施)を図－ 2.3に示す。波浪エネルギーフラックス及び沿岸流ともに南向きが卓越している状態であり、トレーサーが移動した方向と沿岸流が移動した方向が符合する結果となった。

表－ 2.1 漂砂トレーサー調査概要

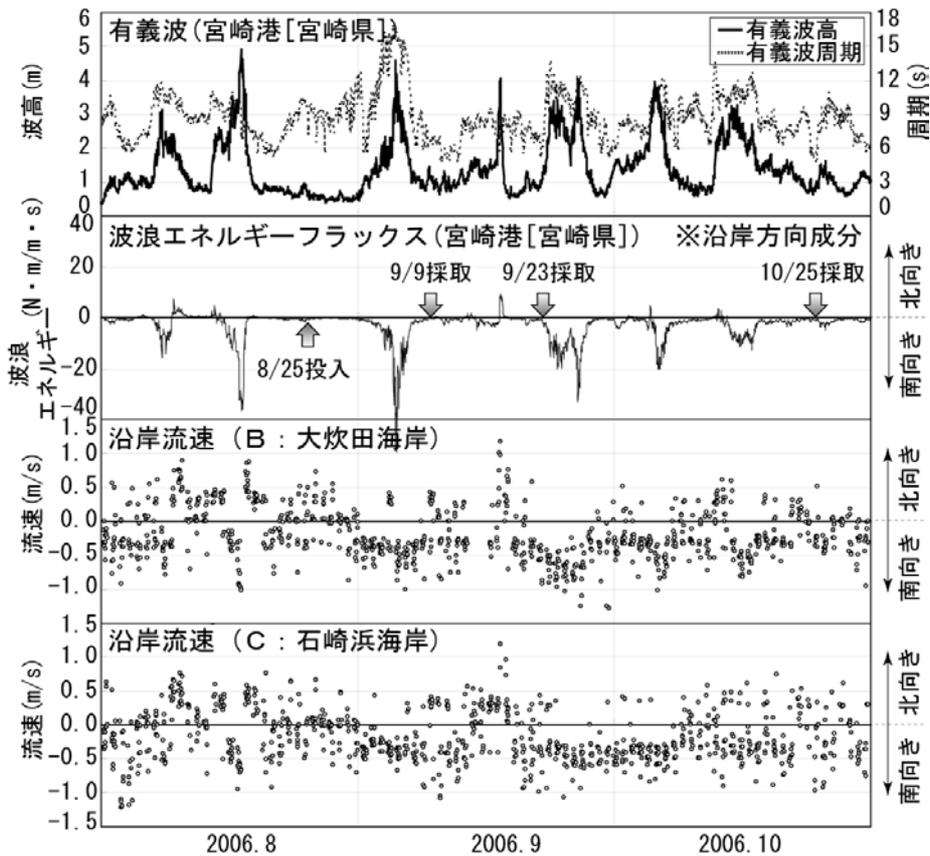
調査期間	2006年8月25日～10月25日 (台風時期2ヶ月間) *ただしこの期間の台風上陸はない
投入地点	大炊田海岸(図－ 2.1B地点) 石崎浜海岸(図－ 2.1C地点)
比較対象とする波浪観測データ	宮崎港観測データ(宮崎県実施)



図－ 2.1 宮崎海岸位置図



図一 2.2 台風時期の汀線部におけるトレーサー調査結果  
(2006年8月25日～10月25日)



図一 2.3 トレーサー調査期間中の沿岸流速の経時変化  
(2006年8月～10月)

しかし、以下の点で観測期間が台風期を代表した波、流れ、漂砂移動であったか精査の必要がある。トレーサー調査中の波浪観測データと長期の波浪観測データの波向別エネルギー頻度図を図- 2.4に示す。調査中は長期の傾向と比較してESE、SSEの頻度が低くなっており、地点の代表的な波向の時期であるとは言えない。よって、当時の波浪条件とトレーサーの移動方向との整合は取れているが、ESE、SSEからの波浪が卓越しているときに漂砂の方向性が波浪と整合するかどうかは、今後調査が必要である。

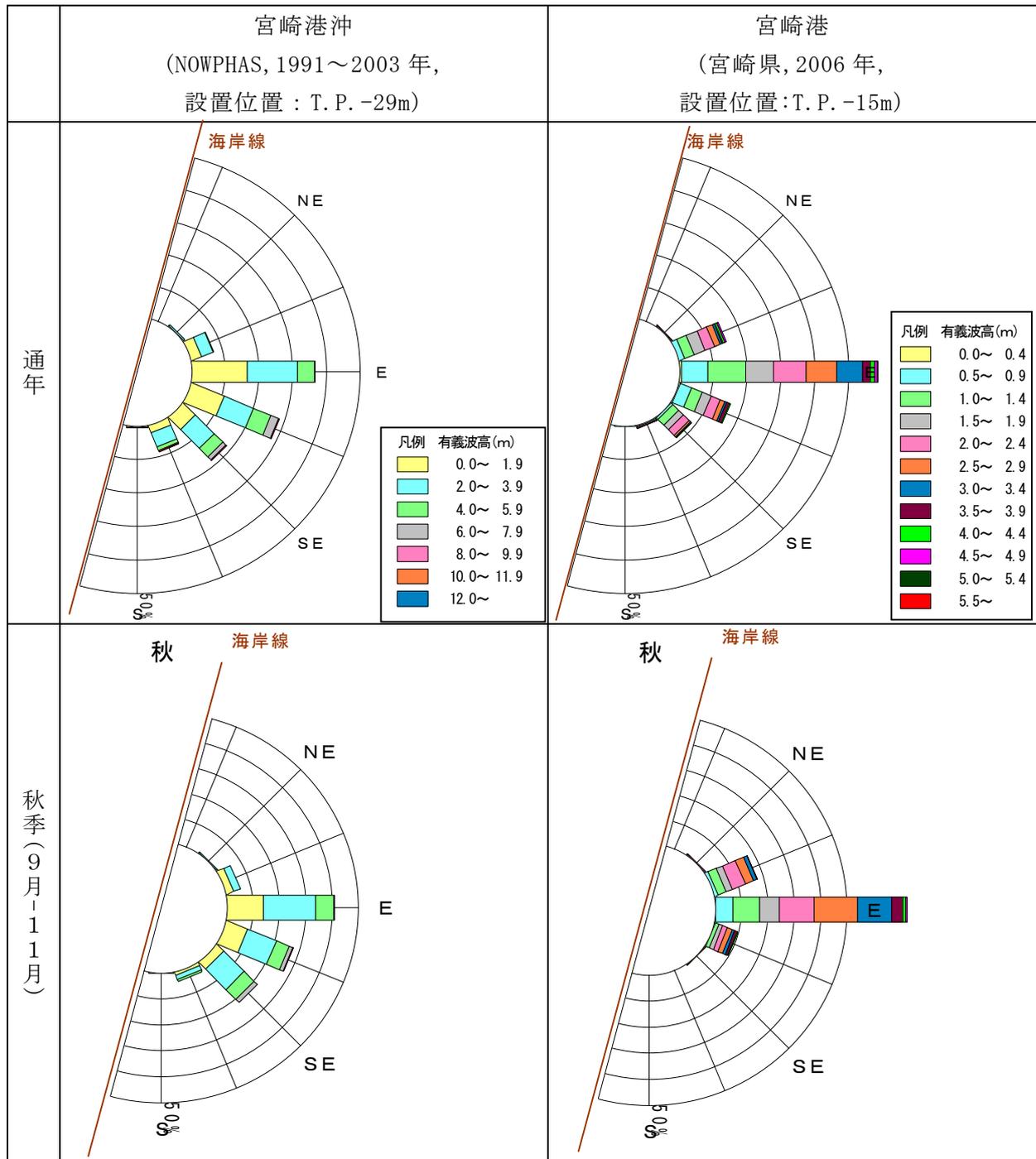


図- 2.4 トレーサー調査期間中と長期の波向別エネルギー頻度の比較

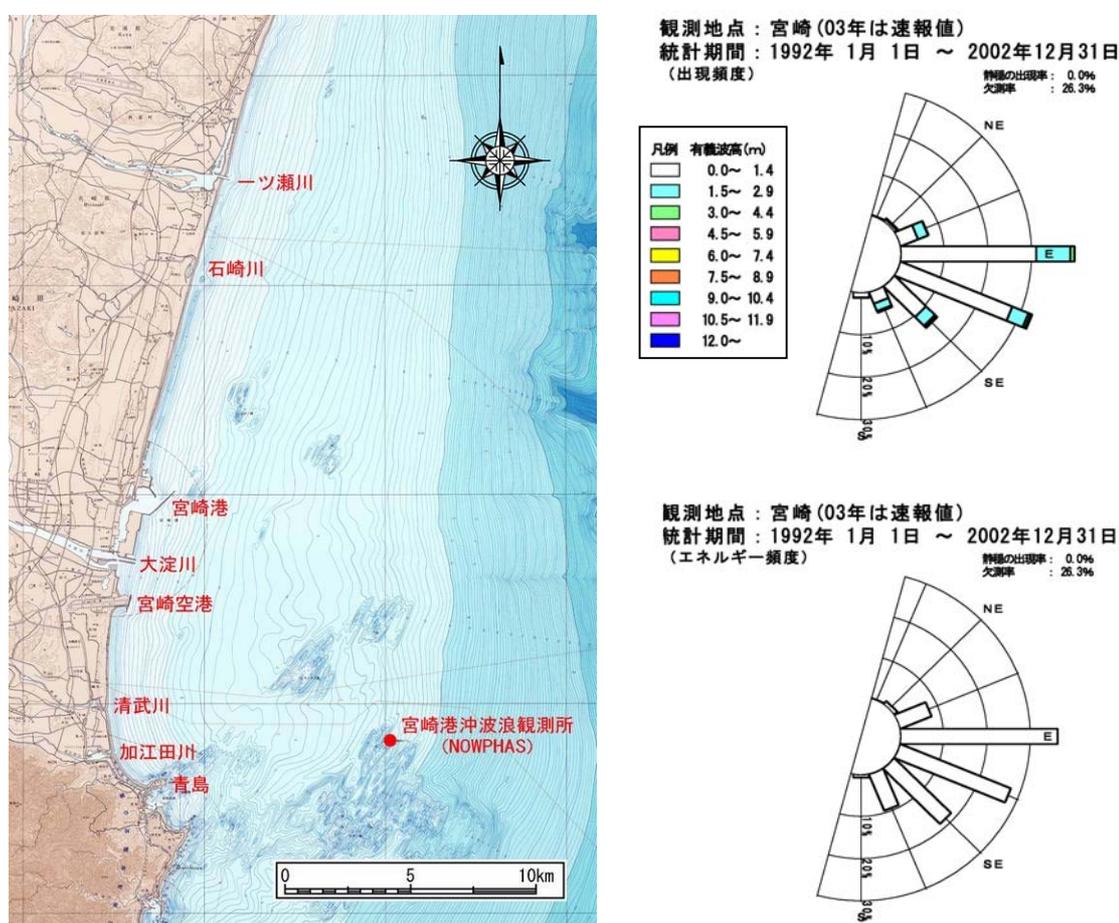
## 2.2 波浪条件の妥当性の検証

### (1) 波浪条件の設定

沖波の諸元は宮崎港沖観測波浪データ(NOWPHAS、1992～2002年度、図－2.5)より算出した値を用いた。

地形変化予測モデルでは30年程度と長期的な計算を行うため、まず年間の平均的な波浪エネルギーを算出し、毎年同等の波浪エネルギーが作用することとした。また波浪の種類は、波向16方位のエネルギー平均波(波高、周期)を算出し、また住吉海岸を代表する波向を、全データの1%以上(NE方向を含む)の出現頻度が得られている波向(NE～SSE)6方位を主要波向とし設定した(図－2.5)。

次に波向毎に年間の波浪エネルギーを算出し、波向毎の代表波浪が、各波浪エネルギーと等価となるような作用頻度を算出した(表－2.2)。



図－2.5 波浪データ観測位置、波向の出現頻度分布およびエネルギー頻度分布

表－ 2.2 波向別出現頻度(宮崎港沖観測波浪データ：1992～2002 年度)

方位	エネルギー平均波(通年)		有効データ数	出現頻度%	
	波高(m)	周期(s)			
主要 6 方位	N	0.77	6.2	28	0.08
	NNE	0.93	6.2	61	0.17
	NE	1.63	6.8	274	0.78
	ENE	1.6	7.6	2407	6.81
	E	1.44	7.6	14107	39.92
	ESE	1.43	7.2	11525	32.62
SE	1.77	7.5	4848	13.72	
SSE	2	8.0	1754	4.96	
S	1.6	7.0	166	0.47	
SSW	0.64	6.4	48	0.14	
SW	0.72	6.5	26	0.07	
WSW	0.61	6.6	16	0.05	
W	0.59	6.3	18	0.05	
WNW	0.55	6.5	15	0.04	
NW	2.38	6.6	19	0.05	
NNW	0.51	5.9	24	0.07	

次に、季節による波浪特性を考慮するため、モデルへの入射波は月毎に設定する。各月の波の影響は、月毎・波向毎の波浪エネルギーと等しくなる頻度で各エネルギー平均波を作用させることにより表現する。各月・波向毎の作用頻度を日数換算した結果を表－ 2.3に示す。ただし、作用頻度の算出にあたっては、測得率の低い月のデータを除き、測得率 90%以上の月のデータを使用することにした。

表－ 2.3 波向毎月毎のエネルギー平均波の作用日数(測得率 90%以上の月を対象)

NE	出現率 $P_1$	波高 $H_m(m)$	周期 $T_m(s)$	エネルギー 頻度 $P_2$	作用日 数(日)
1月	0.63	1.12	6.12	0.25	0
2月	2.85	1.89	6.39	3.37	1
3月	0.52	2.65	6.9	1.3	0
4月	0.77	1.97	6.96	1.08	0
5月	0.36	0.89	6.79	0.1	0
6月	0.81	1.41	7.26	0.61	0
7月	0.56	0.5	6.43	0.05	0
8月	0.45	0.5	7.06	0.04	0
9月	0.49	0.76	7.05	0.1	0
10月	0.52	2.19	6.81	0.89	0
11月	0.28	0.86	6.97	0.08	0
12月	0.49	2.44	7.58	1.15	0
通年	0.64	1.68	6.8		1

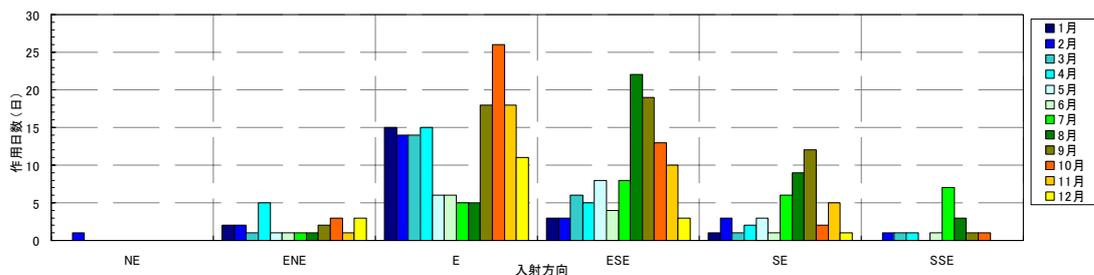
ESE	出現率 $P_1$	波高 $H_m(m)$	周期 $T_m(s)$	エネルギー 頻度 $P_2$	作用日 数(日)
1月	23.81	1.05	5.74	9.34	3
2月	22.63	1.24	5.76	12.43	3
3月	33.99	1.14	6.69	18.32	6
4月	28.33	1.2	6.93	17.6	5
5月	39.79	1.17	7.19	24.44	8
6月	36.4	0.9	6.48	11.87	4
7月	34.3	1.34	7.09	27.04	8
8月	36.2	1.99	7.94	70.62	22
9月	29.73	2.07	8.12	64.15	19
10月	27.51	1.78	7.83	42.52	13
11月	35.18	1.41	7.44	32.27	10
12月	29.13	0.93	7.04	10.9	3
通年	31.93	1.5	7.2		104

ENE	出現率 $P_1$	波高 $H_m(m)$	周期 $T_m(s)$	エネルギー 頻度 $P_2$	作用日 数(日)
1月	10.39	1.25	7.14	6.14	2
2月	8.47	1.44	6.63	6.21	2
3月	3.44	1.79	7.46	4.38	1
4月	9.54	1.94	7.9	15.06	5
5月	5.88	1.37	8.14	4.81	1
6月	7.2	1.32	7.47	4.97	1
7月	4.73	1.42	7.84	3.99	1
8月	3.4	1.31	8.4	2.62	1
9月	7.72	1.53	7.94	7.7	2
10月	10.62	1.59	7.82	11.18	3
11月	4.87	1.59	7.35	4.83	1
12月	6.78	1.83	7.81	9.46	3
通年	6.81	1.56	7.69		23

SE	出現率 $P_1$	波高 $H_m(m)$	周期 $T_m(s)$	エネルギー 頻度 $P_2$	作用日 数(日)
1月	5.97	1.33	5.59	2.23	1
2月	8.39	2.27	6.11	10.03	3
3月	8.06	1.24	6.45	3.05	1
4月	5.47	1.98	7.11	5.77	2
5月	18	1.32	7.51	8.91	3
6月	17.13	0.9	6.6	3.51	1
7月	22.89	1.72	7.82	20.03	6
8月	26.35	1.87	8.13	28.3	9
9月	14.66	2.87	8.52	39.16	12
10月	6.75	1.7	8.29	6.11	2
11月	10.12	2.39	8.09	17.76	5
12月	8.63	1.09	6.95	2.73	1
通年	13.4	1.86	7.61		46

E	出現率 $P_1$	波高 $H_m(m)$	周期 $T_m(s)$	エネルギー 頻度 $P_2$	作用日 数(日)
1月	57.3	1.38	7.05	48.65	15
2月	54.73	1.43	6.93	48.52	14
3月	50.07	1.36	7.7	44.81	14
4月	54.79	1.41	7.34	50.23	15
5月	34.5	1.12	7.6	20.87	6
6月	31.06	1.23	6.96	20.48	6
7月	24.68	1.23	7.41	17.55	5
8月	22.11	1.16	8.18	15.42	5
9月	44.96	1.58	8.34	59.02	18
10月	51.98	1.77	8.08	83.05	26
11月	47.66	1.57	7.98	59.29	18
12月	53.33	1.21	7.56	37.02	11
通年	42.55	1.44	7.66		153

SSE	出現率 $P_1$	波高 $H_m(m)$	周期 $T_m(s)$	エネルギー 頻度 $P_2$	作用日 数(日)
1月	1.9	1.22	5.87	0.51	0
2月	2.93	1.89	5.7	1.82	1
3月	3.91	1.85	6.8	2.8	1
4月	1.1	2.72	7.7	1.92	1
5月	1.46	1.31	7.33	0.56	0
6月	7.4	1.13	7.08	2.04	1
7月	12.84	2.55	8.59	22	7
8月	11.49	1.79	8.91	10.05	3
9月	2.45	2.41	7.88	3.44	1
10月	2.61	2.01	8.44	2.71	1
11月	1.89	1.16	6.48	0.5	0
12月	1.64	1.66	6.08	0.84	0
通年	4.67	2.02	7.99		16



図－ 2.6 波向別の月毎のエネルギー平均波の作用日数の設定

宮崎港沖における 1991 年より 2003 年 5 月までの NOWPHAS 観測波浪データのエネルギー等価波算定結果を表－ 2.4に示す。エネルギー的に合成した波向は代表的な汀線の向きに対して $-1.8^{\circ}$  と、海岸線の代表的な法線方向に対しやや南寄りからの波となっている。一方、現在地形変化予測モデルへの入射波として設定した 16 方位角でのエネルギー平均波をエネルギー的に合成すると波向は $-0.8^{\circ}$  となる(表－ 2.5)。このように、波向は両者ともに海岸線の法線方向に対してやや南寄りからの波となっている(図－ 2.7)。

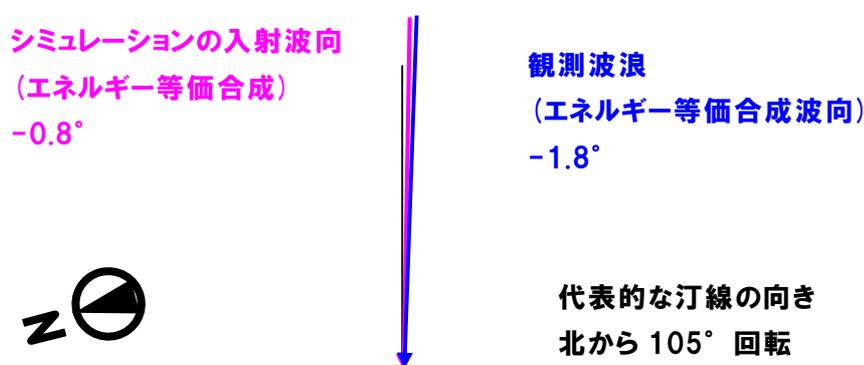
表－ 2.4 エネルギー等価波の算定結果 (1991 年～2002 年)

	回数	エネルギー等価波高 (m)	エネルギー等価波周期 (s)	エネルギー合成波向 ( $^{\circ}$ )
NE	292	1.64	6.7	56.5
ENE	2637	1.60	7.6	31.9
E	15508	1.47	7.6	13.7
ESE	12839	1.43	7.2	-7.1
SE	5443	1.77	7.5	-27.7
SSE	1956	2.02	8.0	-51.9
6 方位	38675	1.55	7.5	-1.8

表－ 2.5 シミュレーション入射波のエネルギー合成波向の算定

	回数 (/年)	波高 (m)	周期 (s)	波向 ( $^{\circ}$ )
NE	1	1.63	6.8	60.0
ENE	23	1.60	7.6	37.5
E	153	1.44	7.6	15.0
ESE	104	1.43	7.2	-7.5
SE	46	1.77	7.5	-30.0
SSE	16	2.00	7.0	-52.5
6 方位	343	1.53	7.5	-0.8

\*波向は汀線の代表的な向きの法線方向に対する角度



図－ 2.7 エネルギー等価合成波向と汀線の関係

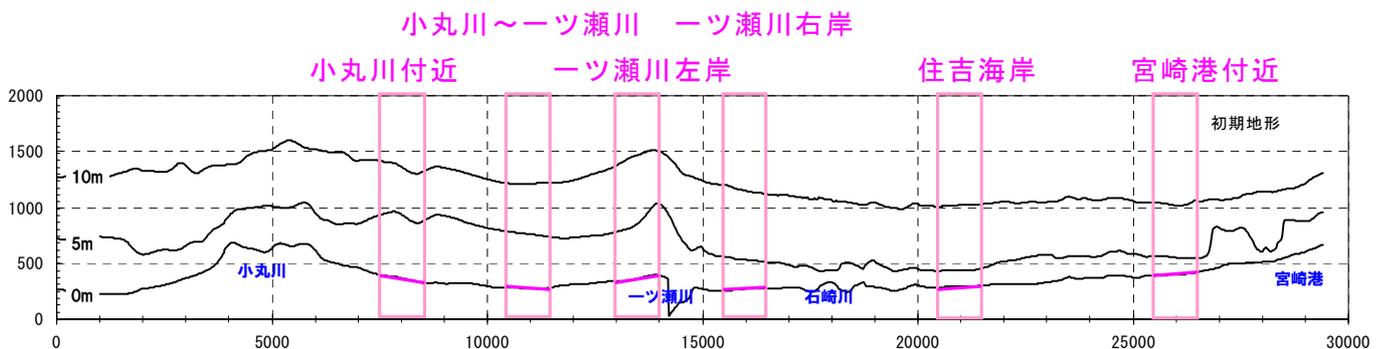
(2) 簡易的な沿岸漂砂量の算出による波浪条件の妥当性の検証

図－ 2.8の 6 地点に対して、簡易的に沿岸漂砂量を求めた。計算条件を表－ 2.6 に示す。ただし、漂砂量係数は仮定値として 0.20 を用いている。

図－ 2.10に沿岸漂砂量の算定結果を示す。いずれの入力波浪条件でも、南北の漂砂量卓越方向は同じになった。6 地点のうち、小丸川付近のみが南向きの漂砂が卓越する結果となった。

表－ 2.6 沿岸漂砂量計算条件

波浪入力地点	T. P. -29m(宮崎港沖波浪観測地点水深)
入力波浪	① 1992 年-2002 年の観測波浪 ② 代表 6 方位のエネルギー等価波 ③ 代表 1 波(エネルギー等価波) (表－ 2.7)
波浪の屈折計算手法	Snell の法則 汀線に平行な等深線を仮定
沿岸漂砂量式	CERC 公式 $q_x = K_x \cdot \frac{1}{8} H_b^2 c_{gb} \cdot \frac{1}{2} \sin 2\alpha$ $H_b$ : 碎波波高、 $c_{gb}$ : 碎波点群速度、 $\alpha_b$ : 碎波波向、 $K_x$ : 係数
漂砂量係数	$K_x=0.20$ (仮定値)
その他条件	地形変化は考慮しない

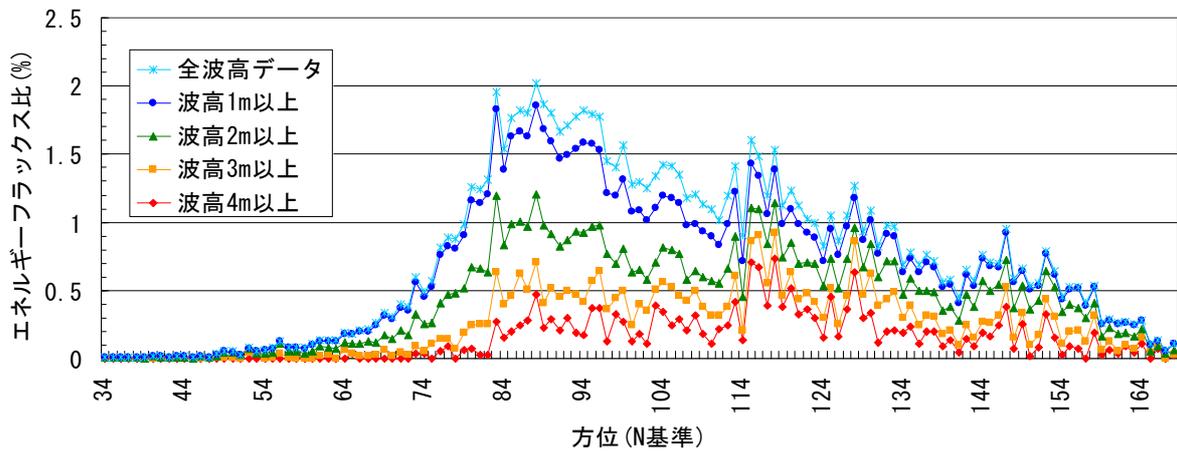


図－ 2.8 沿岸漂砂量算出地点

表－ 2.7 入力波浪詳細

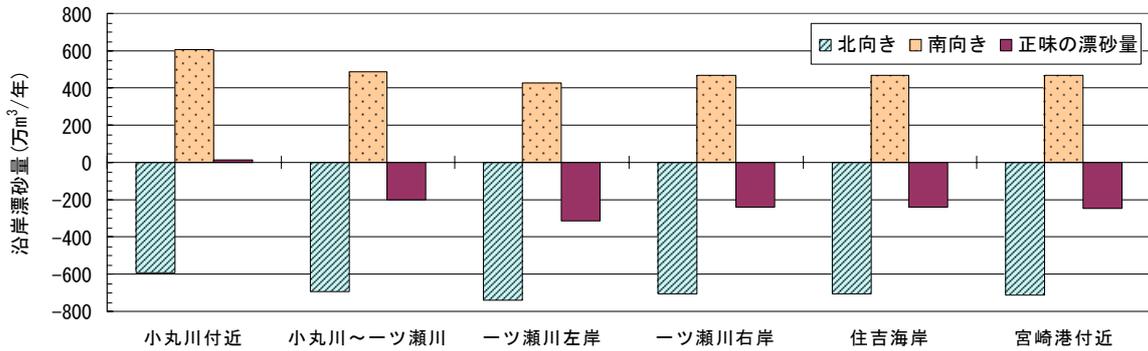
①1992年-2002年の観測波浪	図－ 2.9参照
②代表6方位のエネルギー等価波	SSE : H=2.00m, T=7.0s, $\alpha = -52.5^\circ$ SE : H=1.77m, T=7.5s, $\alpha = -30.0^\circ$ ESE : H=1.43m, T=7.2s, $\alpha = -7.5^\circ$ E : H=1.44m, T=7.6s, $\alpha = 15.0^\circ$ ENE : H=1.60m, T=7.6s, $\alpha = 37.5^\circ$ NE : H=1.63m, T=6.8s, $\alpha = 60.0^\circ$
③代表1波	H=1.53m, T=7.5s, $\alpha = -1.8^\circ$

\*表中の波向は汀線の代表的な向きの法線方向に対する角度

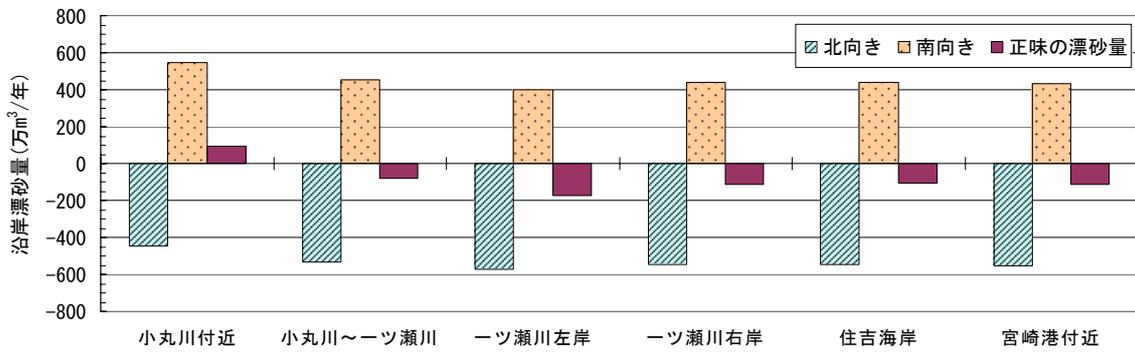


図－ 2.9 1992年-2002年の観測波浪

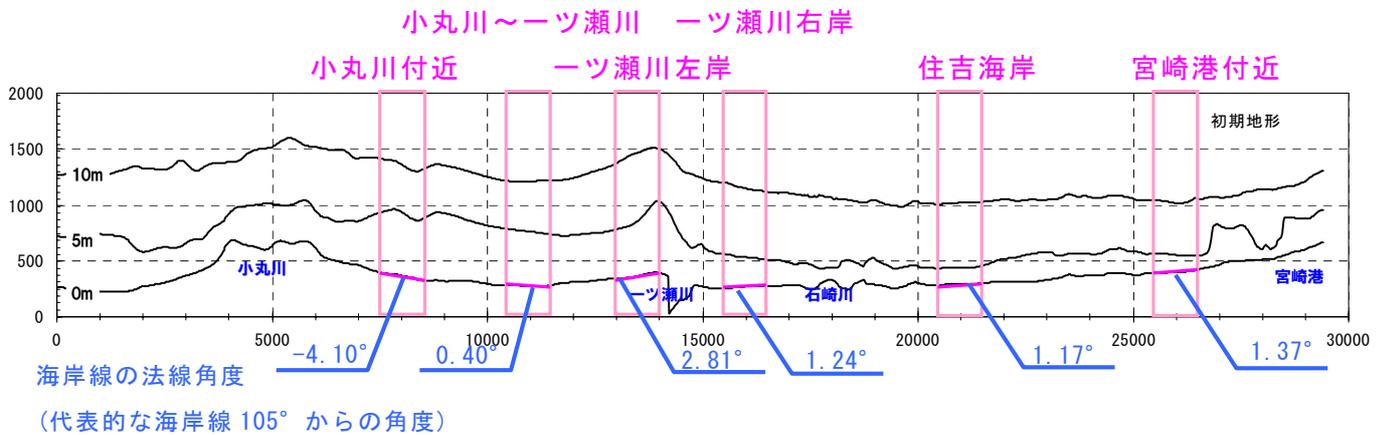
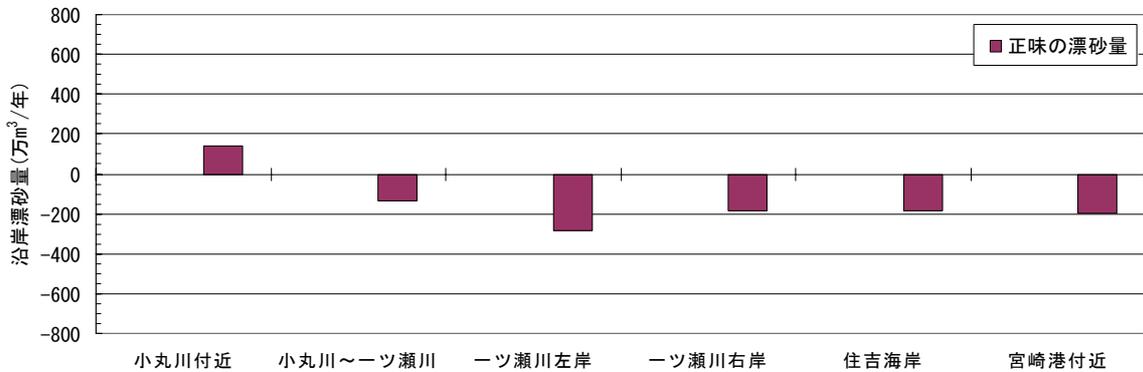
①1992年-2002年の観測波浪



②代表6方位のエネルギー等価波



③代表1波



図一 2.10 沿岸漂砂量算定結果

### (3) 地形変化モデルによる沿岸漂砂量分布

平面的な海浜地形を考慮した波の変形計算(エネルギー平衡方程式)により水深 8m 地点の波高・波向の沿岸方向分布を算出し、そこから砕波点までは Snell の法則を用いた方法で、小笹・Brampton の式により沿岸漂砂量を計算した。

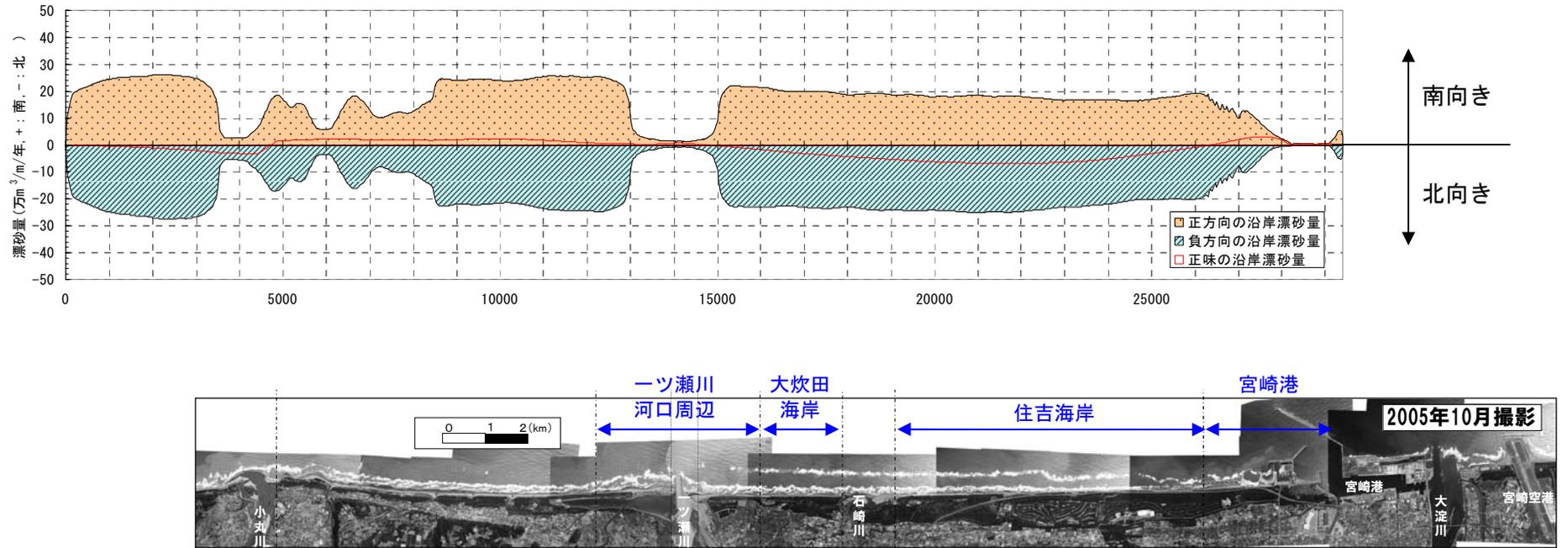
$$q_x = K_1 \cdot \frac{1}{8} H_b^2 c_{gb} \cdot \left( \frac{1}{2} \sin 2\alpha_b - \frac{K_2}{\tan \beta} \frac{\partial H_b}{\partial x} \right)$$

$H_b$  : 砕波波高、 $c_{gb}$  : 砕波点群速度、 $\alpha_b$  : 砕波波向、

$\tan \beta$  : 海底勾配、 $K_1, K_2$  : 係数

なお、宮崎港防波堤の形状は 2004 年時点のものとした。

図－ 2.11に 2004 年の年間沿岸漂砂量の分布を示す。全域で南北両方向の沿岸漂砂が発生しているものの、正味の量は宮崎港の近傍約 2km では南向きであるが、それ以北一ツ瀬川までは北向き、一ツ瀬川以北は南向きの沿岸漂砂量が卓越する結果となった。



図一 2.11 2004年の年間沿岸漂砂量分布図(+ : 南向き、- : 北向き)

### 3. 地形変化モデルの改良について

本検討では既往の地形変化モデルを改良して用いることとしている。その理由を整理した。

#### ■宮崎海岸の侵食対策の目指す方向性

宮崎海岸における侵食対策は、主に下記の二点を目指して実施することが適切であると考えている。

- ・ 水系における流砂系、海域における漂砂系での土砂管理を主体とした侵食対策を目指す
- ・ 直轄事業期間中に汀線を回復・維持することだけが目的ではなく、県移管後も視野に入れた将来的にも持続可能な海中部を含めた海浜土砂量の回復・維持を目指す

このために、漂砂(土砂)量だけでなく質(粒径)も考慮した土砂管理が必要となる。侵食対策検討を実施するに当たり、今の段階で実施、検討すべきと考える事項を以下に整理する。

#### [今の段階で実施、検討すべきと考える事項]

- ・ 海浜土砂が減少していることへの直接的な対応策として養浜を実施
- ・ その養浜と並行してモニタリング調査を実施し、養浜による侵食対策効果と環境・利用への効果および影響を把握
- ・ 併せて、一ツ瀬川河口周辺の土砂動態など課題の残っている宮崎海岸周辺の土砂移動メカニズムの解明と、それを踏まえた今後の侵食対策検討のための地形変化モデルの構築・改良

#### ■地形変化モデルの拡張目的

これまでに宮崎県で構築してきた汀線変化モデルでは質(粒径)を考慮した地形変化予測はできず、また、養浜方法(陸上・海中)による予測もできない。そのため、すでに対策として実施中である現在の養浜の評価にも対応できなくなっている。

そこで、まずは質(粒径)や養浜方法(養浜場所や質)なども考慮が可能な地形変化モデルを構築・改良していく必要がある。

さらに、宮崎海岸では、侵食対策を進めていく上で、砂浜幅(汀線の位置)だけではなく、環境や利用に対しても配慮していくことが望まれている。そのためには、海中部も含めた地形変化や質の変化についても予測が可能な地形変化モデルに構築・改良していくことが必要である。

## ■今後の地形変化モデルの拡張内容

### (1) 汀線変化モデルから等深線変化モデルへ拡張する

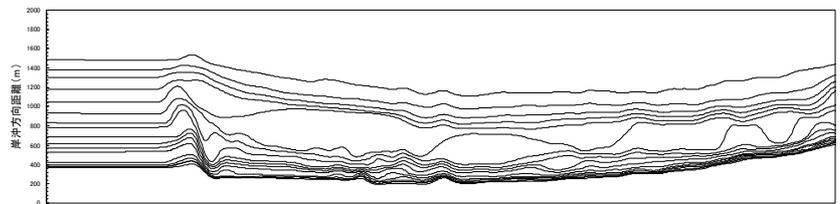
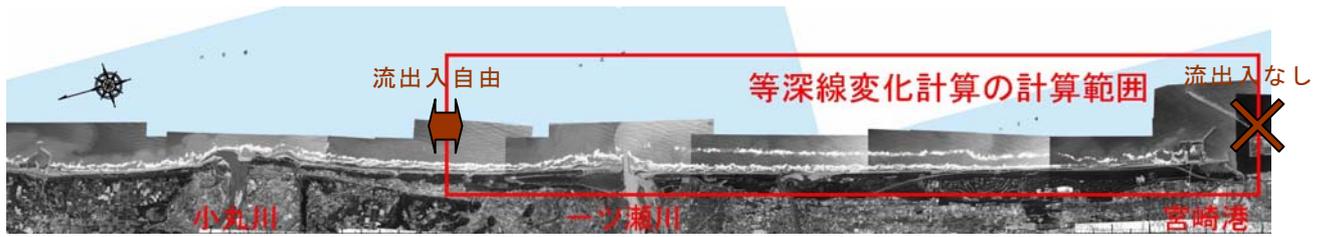
- ・ 汀線位置の変化だけでなく、海浜断面地形の変化を予測するため（バー・トラフの変化は現在の技術では困難であるが、まずはトラフよりも陸側での地形変化予測ができるようにモデルの構築・改良を図っていく）
- ・ 養浜材の投入箇所について、岸沖方向位置も検討する必要があるため
- ・ 土砂管理による対応をしていく上で、沿岸漂砂の不均衡を是正（制御）することを目的とした施設による対策を検討していくにあたり、市民・住民への説明（見せる資料）としても等深線変化モデルの方が、施設の効果を表現することが優れているため（例えば沖合消波施設では汀線は維持できる結果となるが施設よりも沖側での漂砂制御は不可能であり海浜土砂量が減少する。このようなことを海岸の専門家以外の一般市民等に対して、その効果影響を目に見える形で説明するツールとして、汀線変化モデルよりも等深線変化モデルの方が優れている）

### (2) 解析範囲を一ツ瀬川から川南漁港まで範囲を拡大する(図－ 3.1)

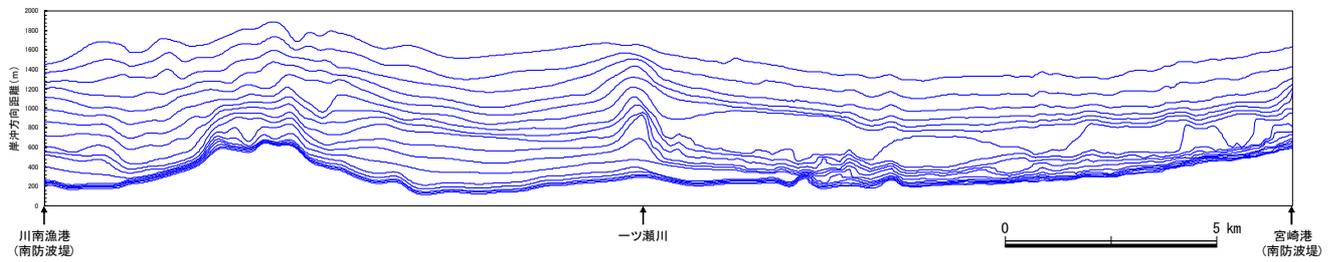
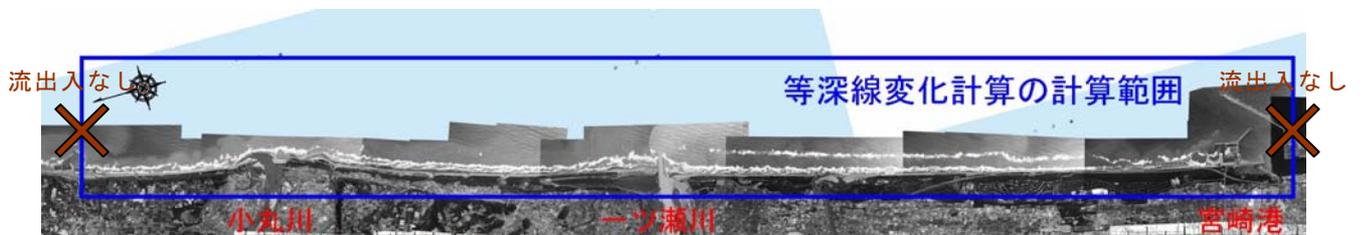
- ・ 一ツ瀬川左岸の堆積と右岸の侵食の土砂バランス不均衡の解消には、一ツ瀬川北側の地形変化も評価・予測していく必要があるため。つまり、宮崎海岸の対策だけが成功すればよいという視点で検討を進めていくのではなく、宮崎海岸の侵食対策を実施することによる宮崎海岸を含む一連の漂砂系における地形変化への影響も見ていく必要があるため
- ・ さらに、海岸域のみでなく、流砂域全体に着目する必要があるため、土砂供給源であると考えられる小丸川からの流入土砂量を考慮できるようにしている。

### (3) 粒径の分級や粒径による漂砂量の違いを考慮する

- ・ 推定される港湾への土砂の引き込みが粒径によって異なるため、そのような効果も反映させるため。
- ・ 養浜材の質の違いによる対策の効果・影響評価を実施していく必要があるため
- ・ 粒径が小さいほど早く動きやすいため、漂砂制御施設を含む海岸構造物による効果影響は、小さい粒径ほど敏感に反応しやすいと考えられ、その効果影響も広範囲に及ぶ可能性がある。したがって、粒径の違いによる漂砂量の違いを評価できる地形変化モデルとする必要がある



(a) 宮崎県検討モデル



(b) 今回検討モデル

図一 3.1 解析範囲の拡張

[参考資料①]宮崎港沖波浪観測データ(NOWPHAS)の整理

NOWPHASでは1991年～2003年まで宮崎港沖で波浪観測を実施していた。観測項目は波高・周期および波向であり、波浪データは2時間ごとのデータである。

図2に観測値の時系列図を示す。図3および表1に1991年1月～2002年12月の観測データ測得状況を整理した。夏季の測得率は80%以上であり、年数回波相当である波高5m以上の波も測得されている。冬季の測得率は60%程度と低い。

表1 波浪データの欠測率

	欠測率(%)				欠測率(%)		
	波高	周期	波向		波高	周期	波向
1月	20.7	21.1	42.6	7月	4.1	4.1	15.9
2月	14.5	14.6	35.5	8月	4.6	4.6	13.3
3月	6.1	6.6	23.9	9月	13.4	13.4	17.6
4月	3.4	3.7	19.7	10月	16.6	16.6	18.4
5月	13.1	13.4	25.2	11月	19.9	19.9	28.3
6月	7.8	7.9	20.1	12月	28.7	28.7	42.6

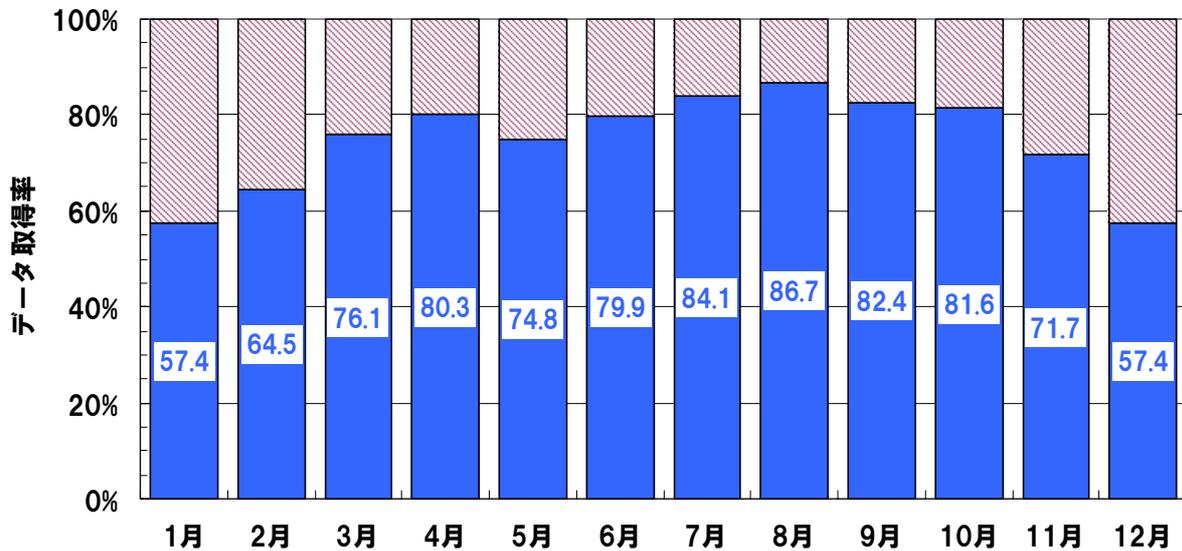


図1 波浪データの測得率

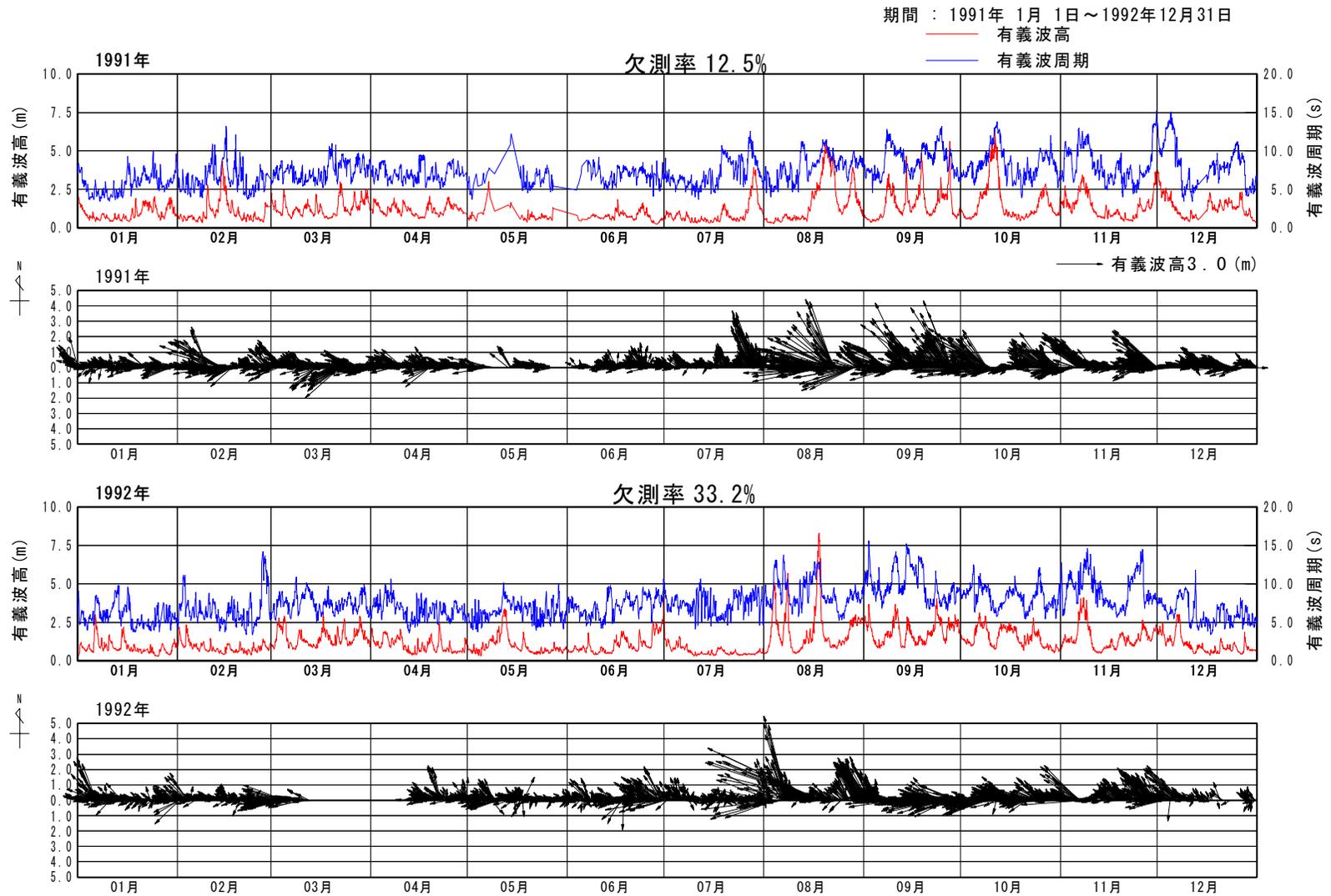


図 2(1) 宮崎港沖波浪観測データ (NOWPHAS, 1991年~1992年)

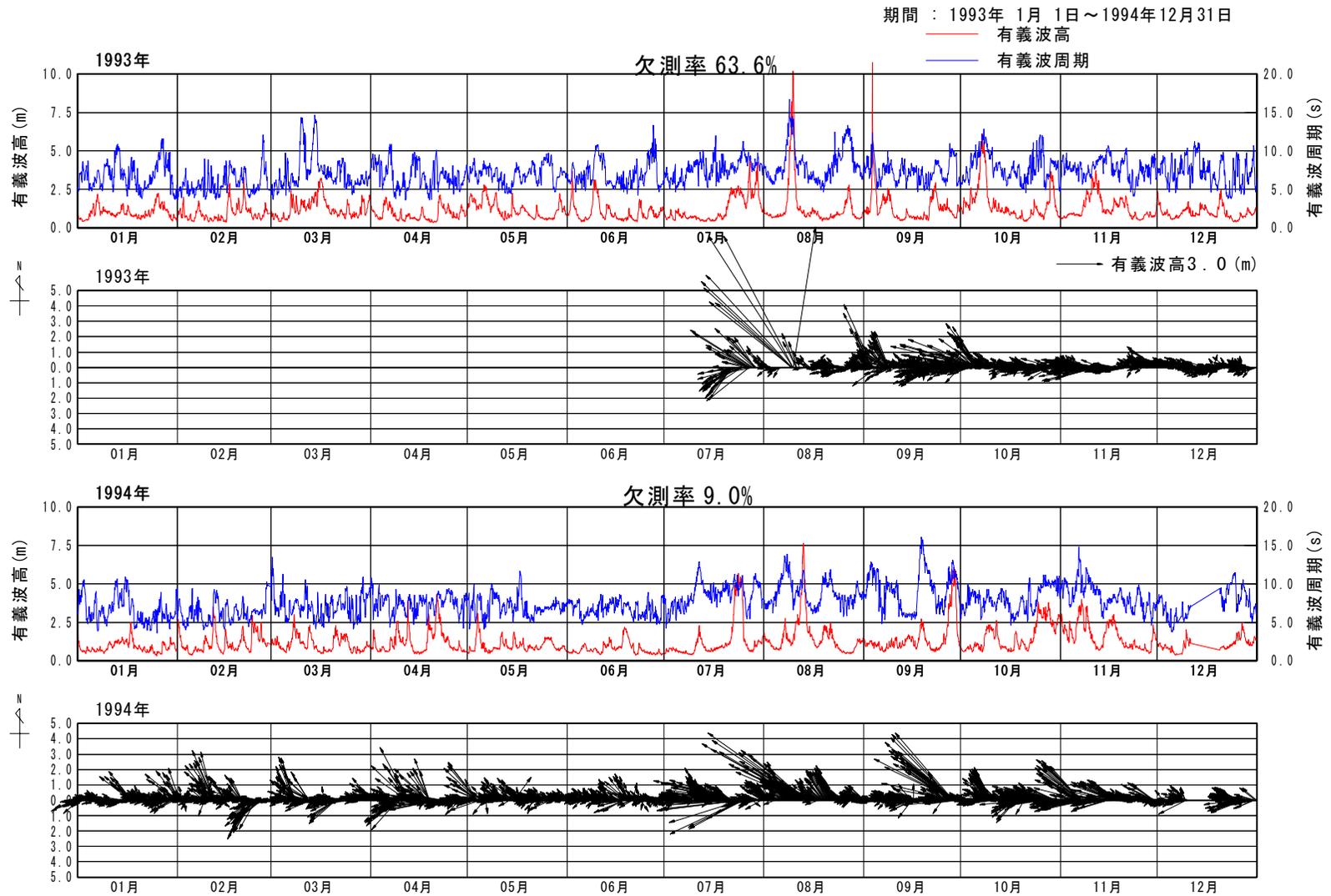


図 2(2) 宮崎港沖波浪観測データ (NOWPHAS, 1993年～1994年)

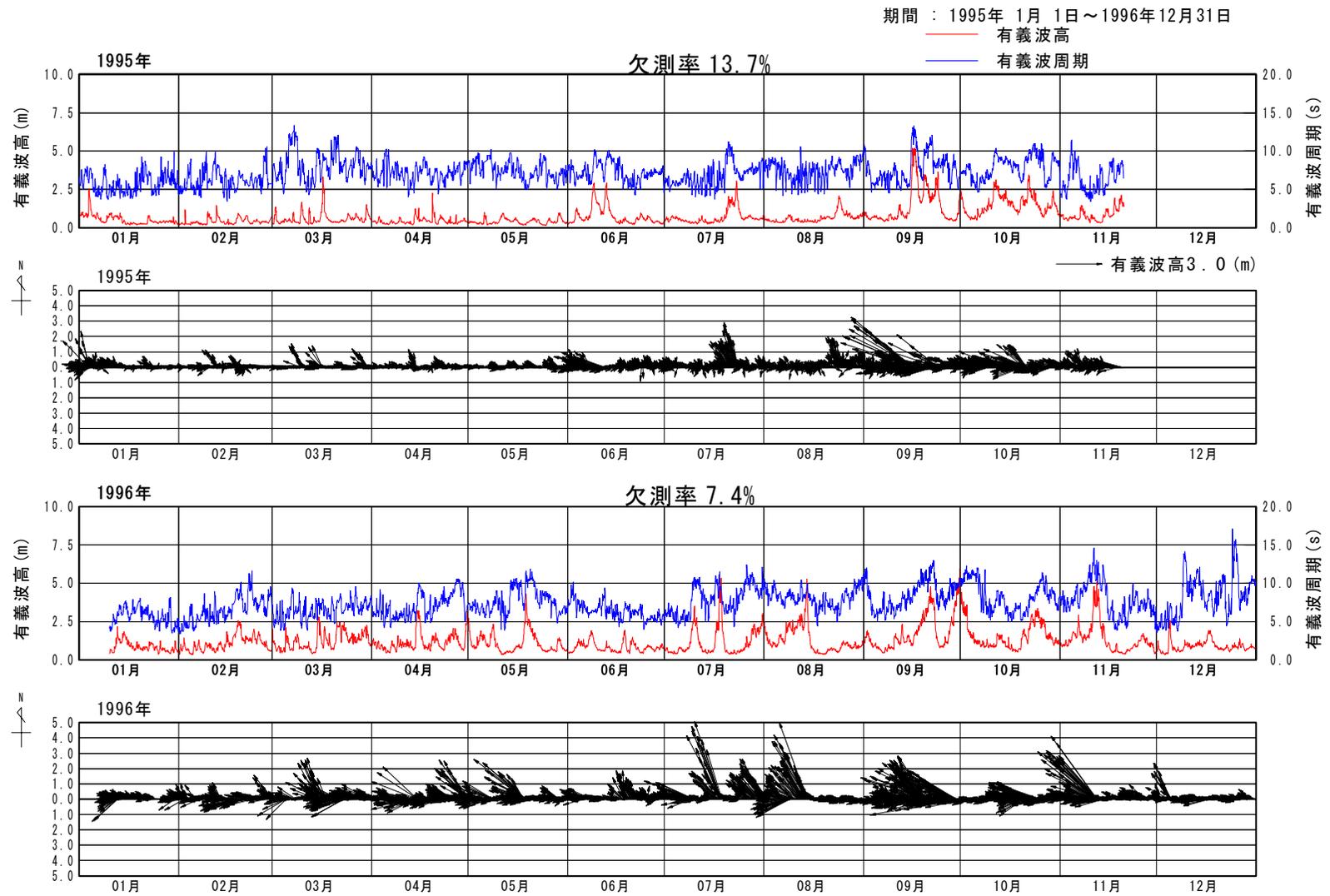


図 2(3) 宮崎港沖波浪観測データ (NOWPHAS, 1995年~1996年)

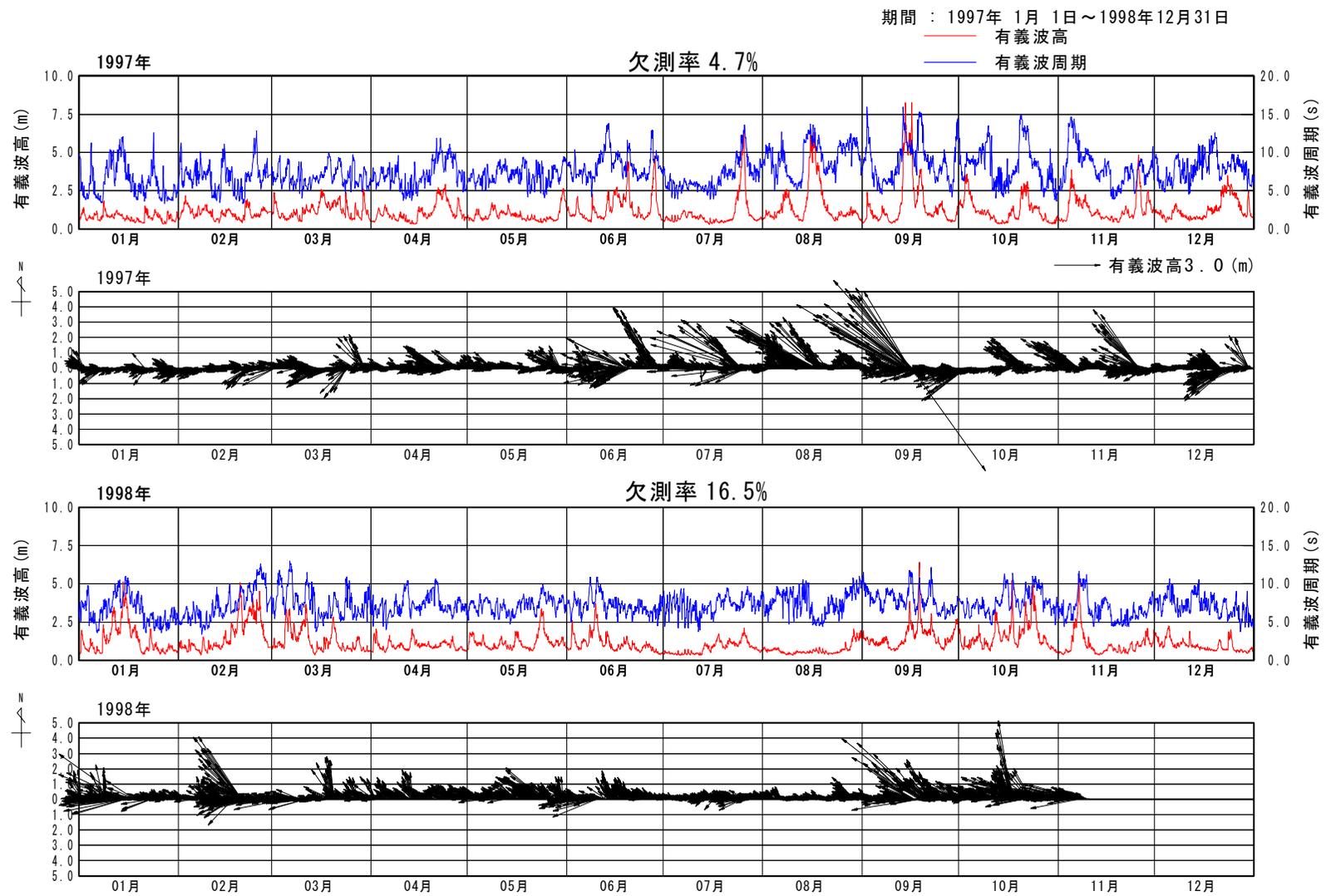


図 2(4) 宮崎港沖波浪観測データ (NOWPHAS, 1997年~1998年)

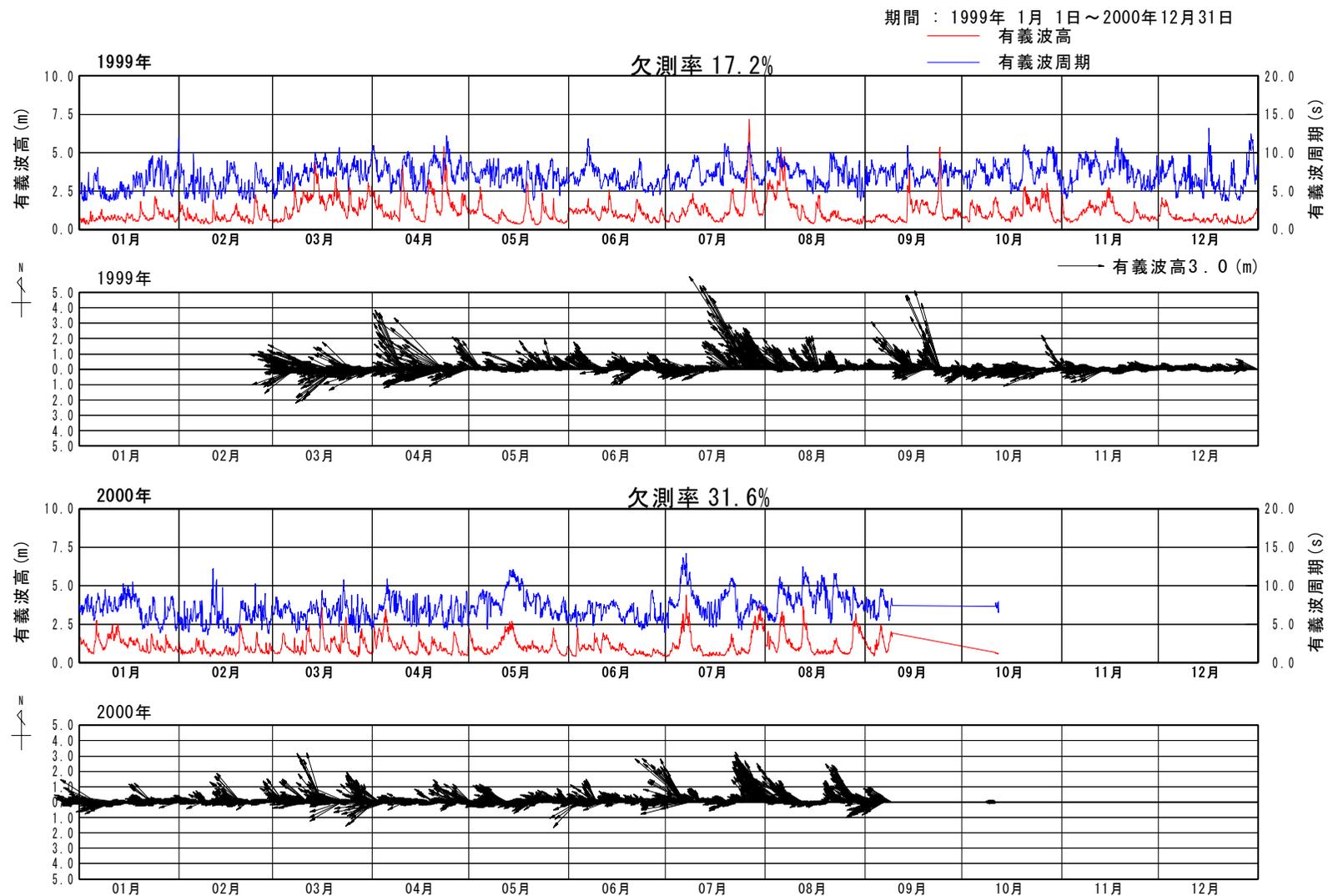


図 2(5) 宮崎港沖波浪観測データ (NOWPHAS, 1999年~2000年)

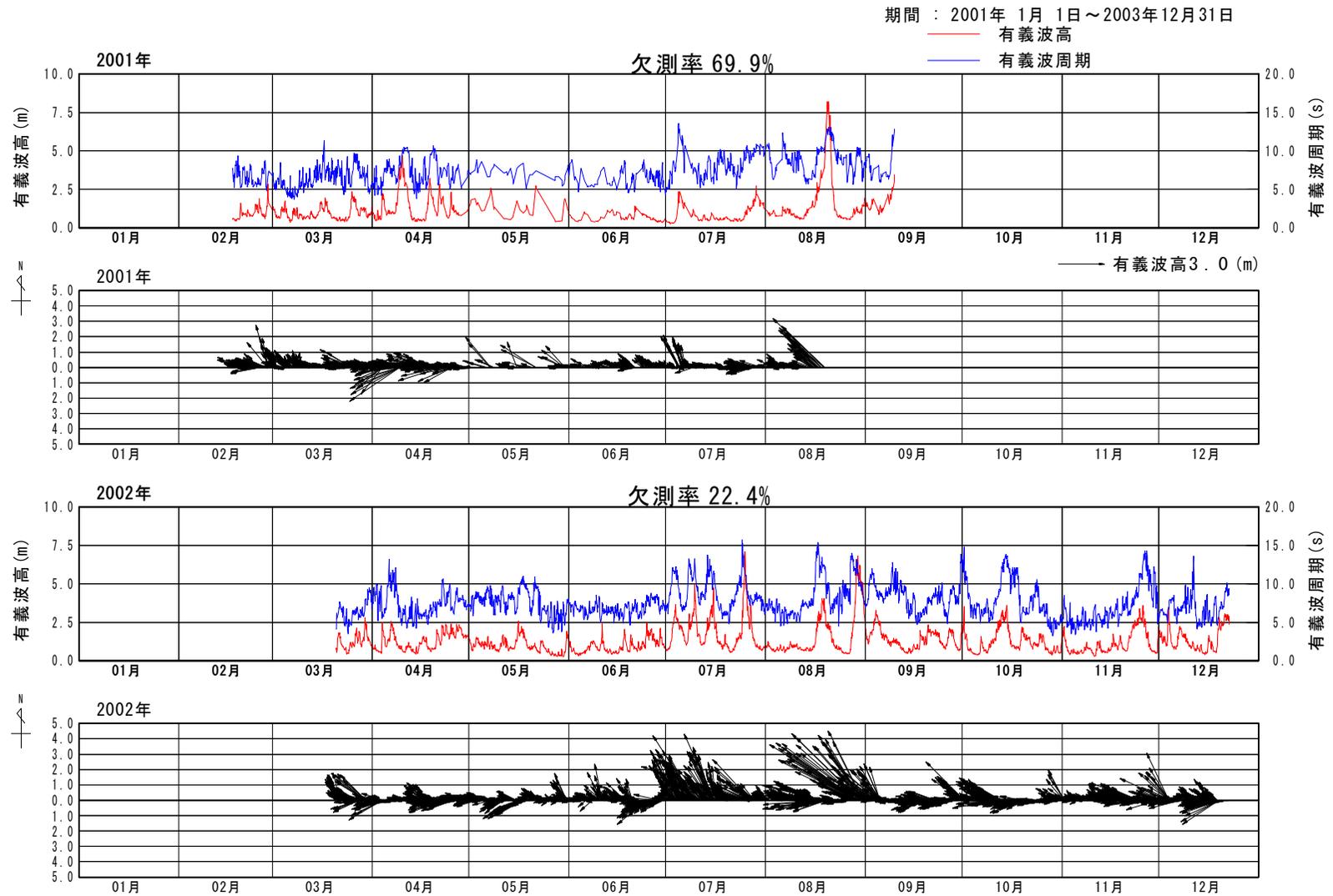


図 2(6) 宮崎港沖波浪観測データ (NOWPHAS, 2001 年～2002 年)

## [参考資料②]宮崎港波浪観測データ(宮崎県)の整理と NOWPHAS 観測データとの比較

宮崎県では宮崎港防波堤沖で波浪観測を実施している。表 3 に観測地点の諸元、図 4 に観測位置を示す。観測は 2004 年 12 月末に開始されているが、2005 年 8 月に台風により流失しており、2005 年 12 月末の再設置時には設置位置を移動している。NOWPHAS による宮崎港沖の波浪観測所との位置関係は図 5 に示す。

図 6 に観測値の時系列図を示す。2004 年から 2005 年については欠測期間が長いいため、以降の統計処理は 2006 年 1 月～2008 年 12 月の観測結果について実施した。図 3 および表 2 に 2006 年 1 月～2008 年 12 月の観測データ測得状況を整理した。2008 年 12 月半ばから欠測中であることのほかは、99%以上のデータが得られている。図 7 に波高・波向別の頻度分布図、図 9 に流速・流向別の出現頻度分布図を示す。波向は ENE～ESE 方向が卓越している。また、流向は南の沖方向に向いている。図 8 には NOWPHAS 観測波浪データのエネルギー頻度分布図を示す。宮崎県の観測データは NOWPHAS 観測データと比較して SSE の頻度が小さい。図 10 には波向別のエネルギーフラックス比を示す。宮崎県観測データのピークは NOWPHAS 観測データのピークと比較して北寄りになっている。また、NOWPHAS 観測データが  $80^{\circ}$ ～ $120^{\circ}$  の範囲で 1%～2%と比較的満遍なく分布しているのに対し、宮崎県観測データでは  $70^{\circ}$ ～ $90^{\circ}$  のピークが大きく出ている。両者とも、第 2 のピークが  $115^{\circ}$  付近に存在する。

表 4 に宮崎海岸の代表的な汀線の向きである  $105^{\circ}$  に対してのエネルギー等価波の算定結果を示す。波向は汀線の法線方向に対して  $14.7^{\circ}$  北側からとなる。これは、表 5 に示した 1991 年-2002 年の NOWPHAS 観測値から算出したエネルギー等価波の波向と比較して約  $17^{\circ}$  北側であり、法線に対して反対側から入射していることになる。

図 11 および図 12 には宮崎港および NOWPHAS 観測データの月別の波高別・波向別エネルギー頻度分布図を示す。12 月～4 月のエネルギー頻度分布は大きな傾向の差がないと見える。

表 2 波浪データの欠測率

	欠測率(%)				欠測率(%)		
	波高	周期	波向		波高	周期	波向
1月	0.0	0.0	0.0	7月	0.0	0.0	0.0
2月	0.2	0.2	0.2	8月	0.2	0.2	0.2
3月	0.2	0.2	0.2	9月	0.2	0.2	0.2
4月	0.0	0.0	0.0	10月	0.1	0.1	0.1
5月	0.0	0.0	0.0	11月	0.2	0.2	0.2
6月	0.2	0.2	0.2	12月	14.7	14.7	14.7

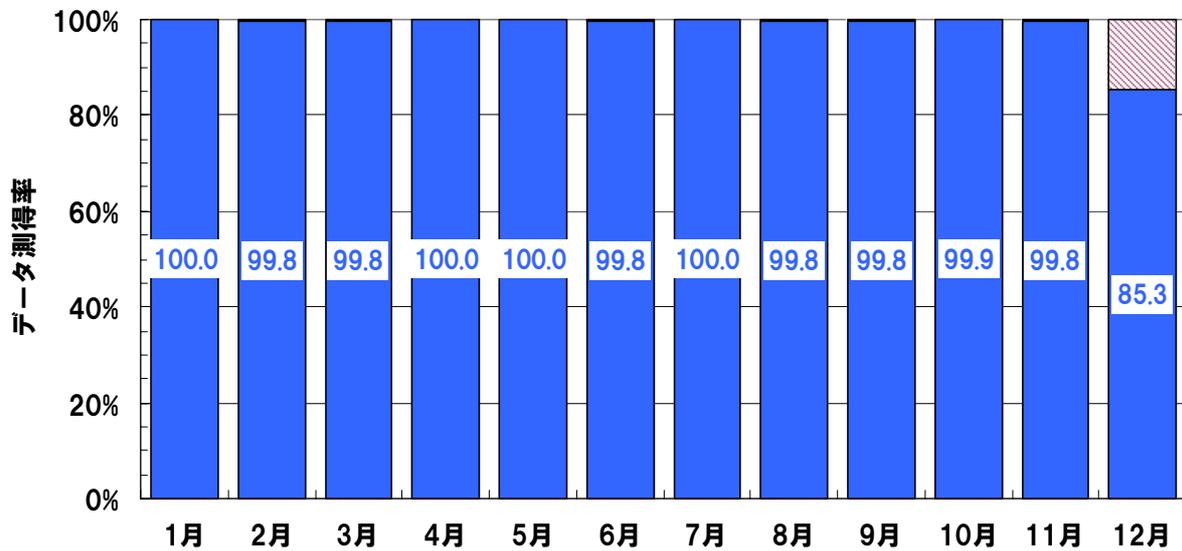


図 3 波浪データの測得率

表 3 観測地点諸元(宮崎県)

観測開始	平成 16 年(2004 年)12 月
観測位置	平成 17 年 8 月まで:N 31° 55' 27" , E131° 29' 16" 平成 17 年 12 月より:N 31° 55' 42" , E131° 29' 09"
観測頻度	1 時間毎
観測項目	波高、周期、波向、水位、流速、流向
主な欠測期間	H17. 05. 13~H17. 06. 29 (バッテリー切れ) H17. 08. 09~H17. 12. 27 (台風による流失) H20. 12. 18~

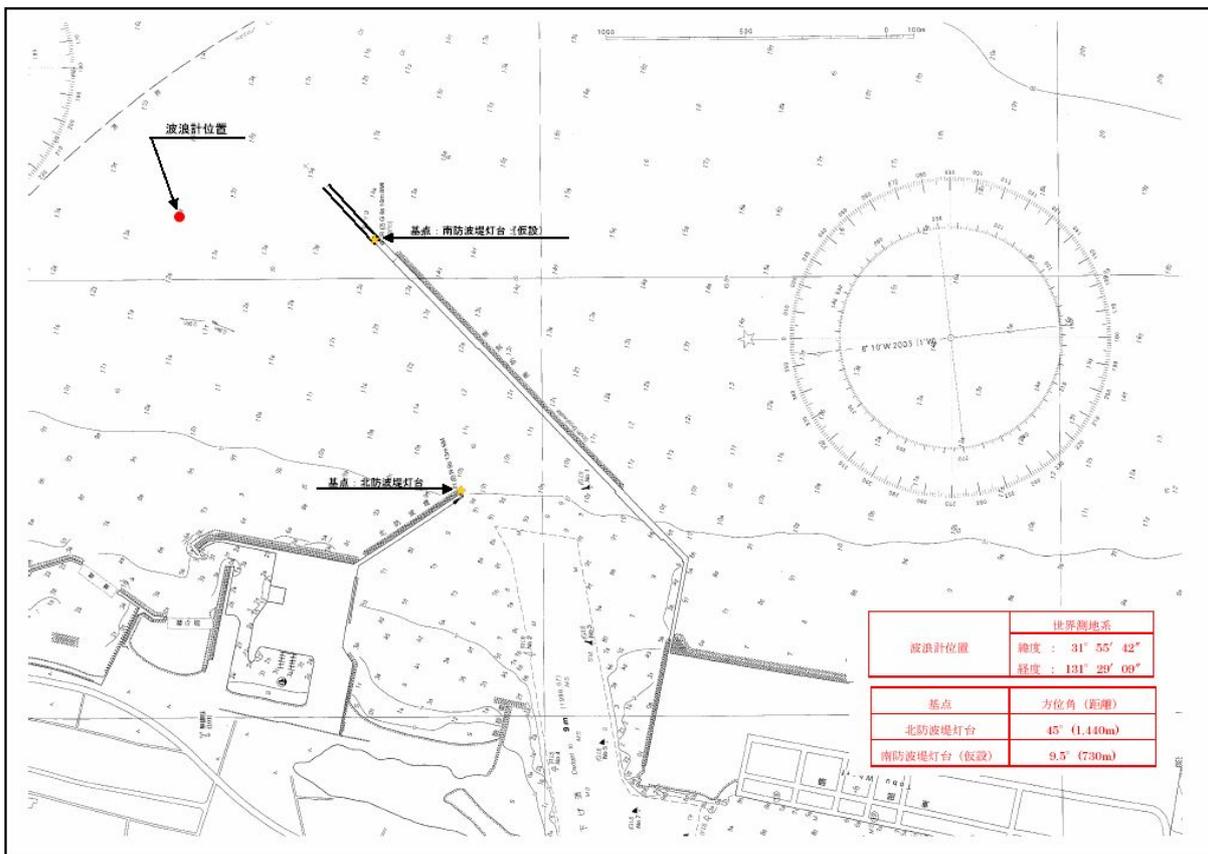


図 4 調査位置図(平成 17 年 12 月以降)

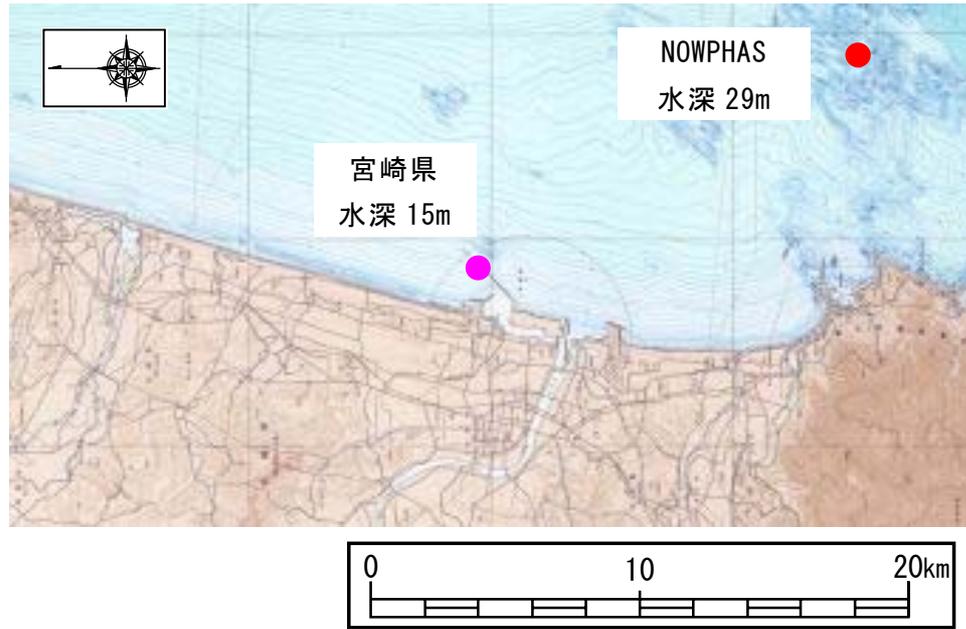


図 5 NOWPHAS 波浪観測点と宮崎県波浪観測点の位置関係



図 6(1) 宮崎港波浪・流況観測データ(宮崎県, 2004年)

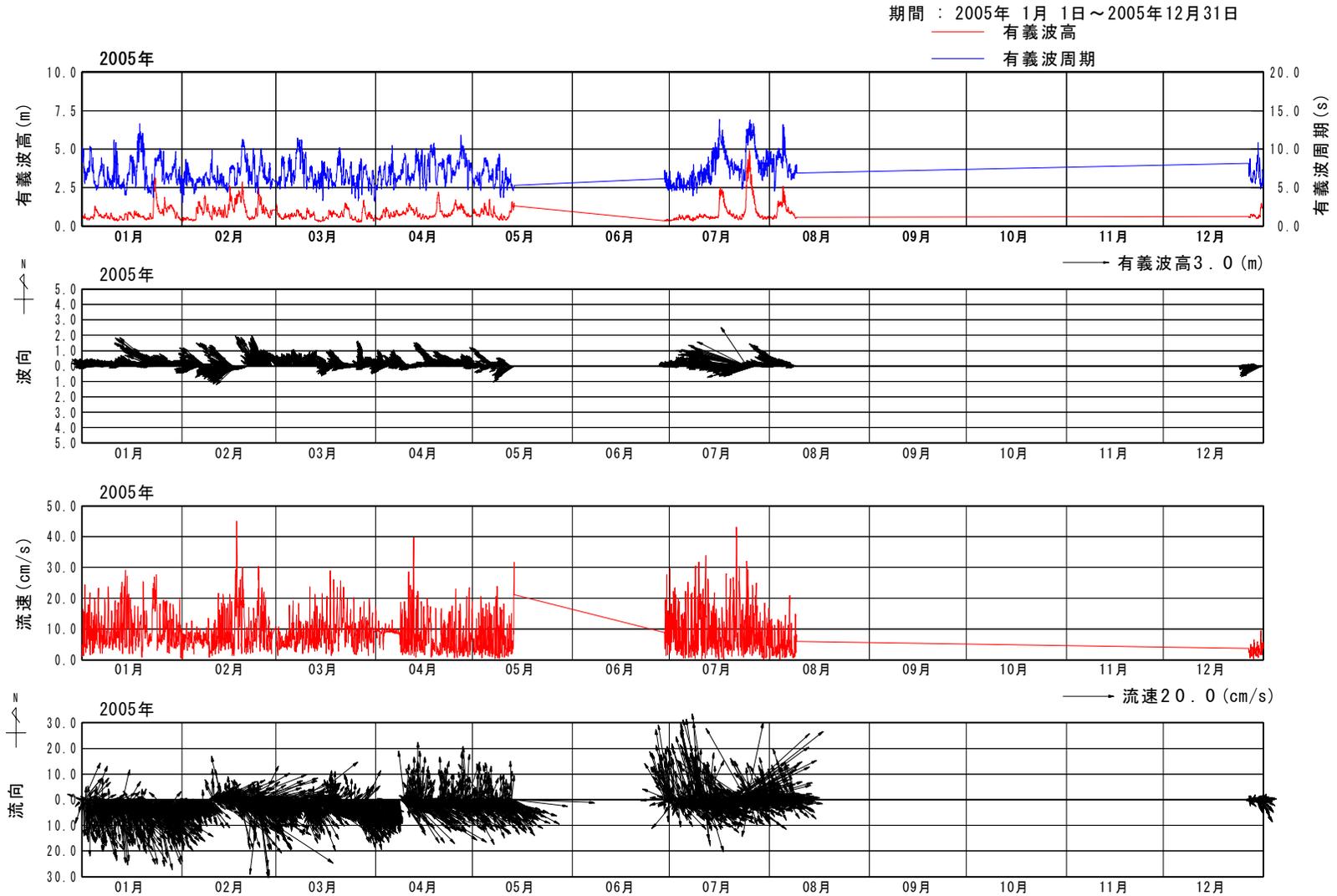


図 6(2) 宮崎港波浪・流況観測データ(宮崎県, 2005年)

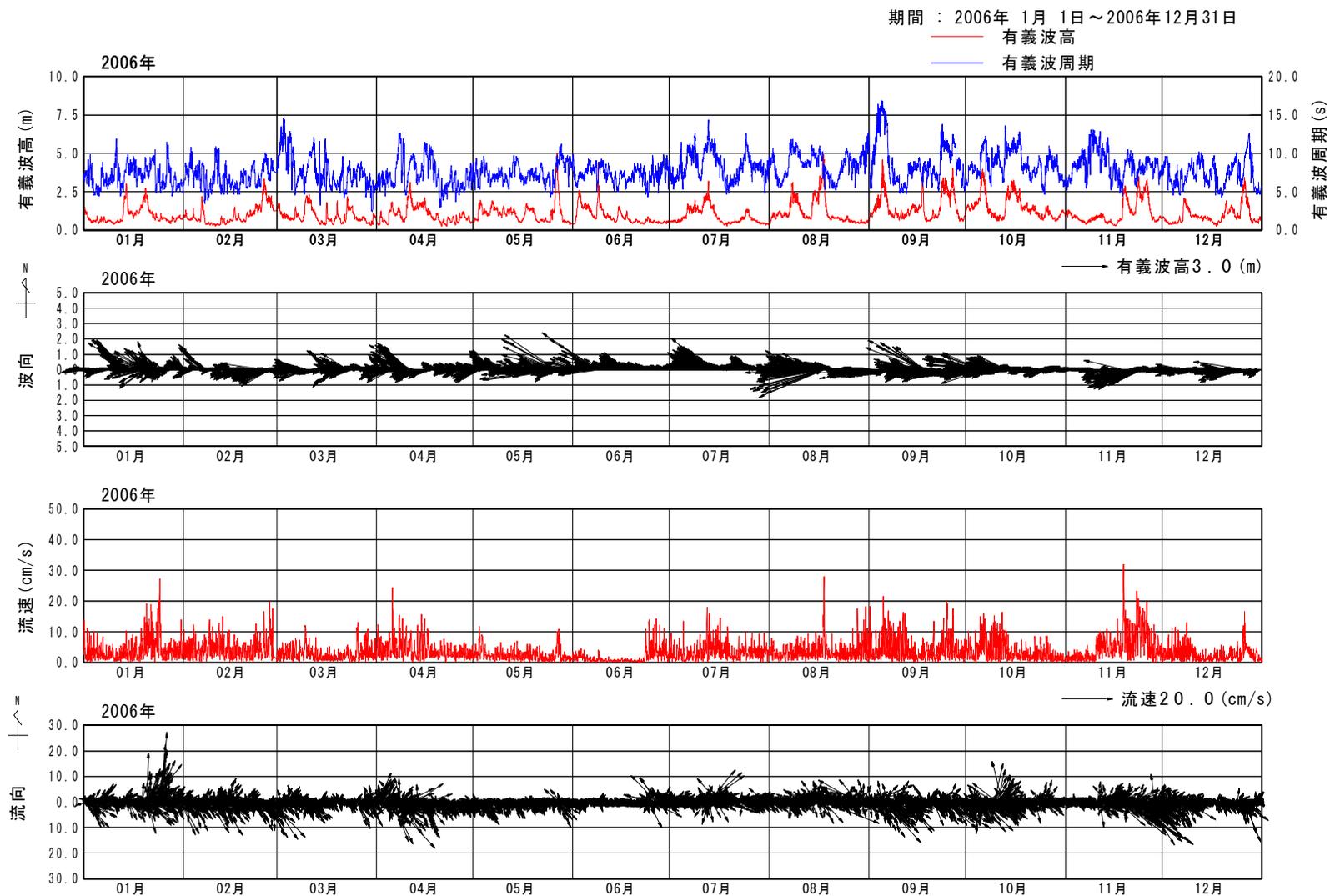


図 6(3) 宮崎港波浪・流況観測データ(宮崎県, 2006年)

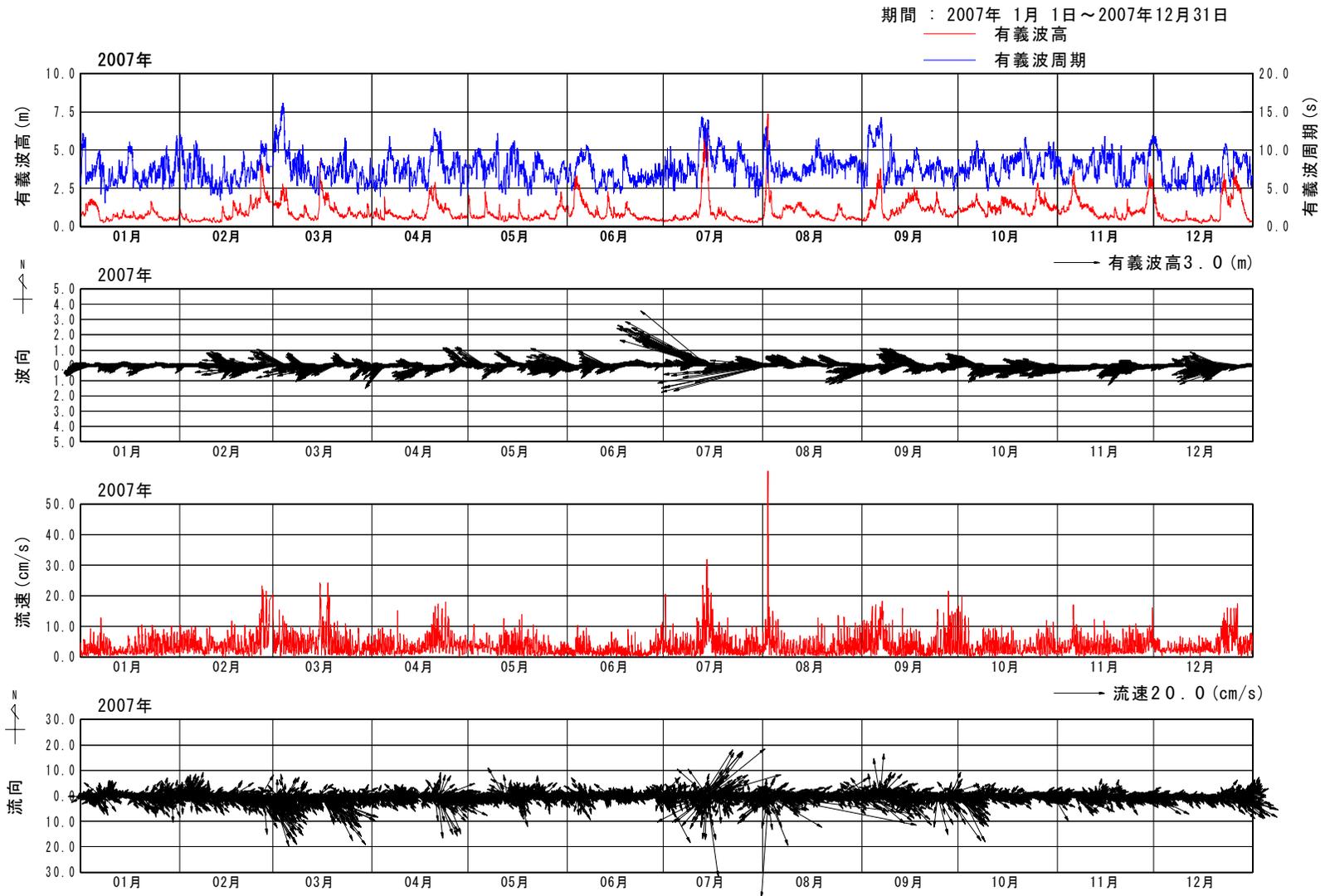


図 6(4) 宮崎港波浪・流況観測データ(宮崎県, 2007年)

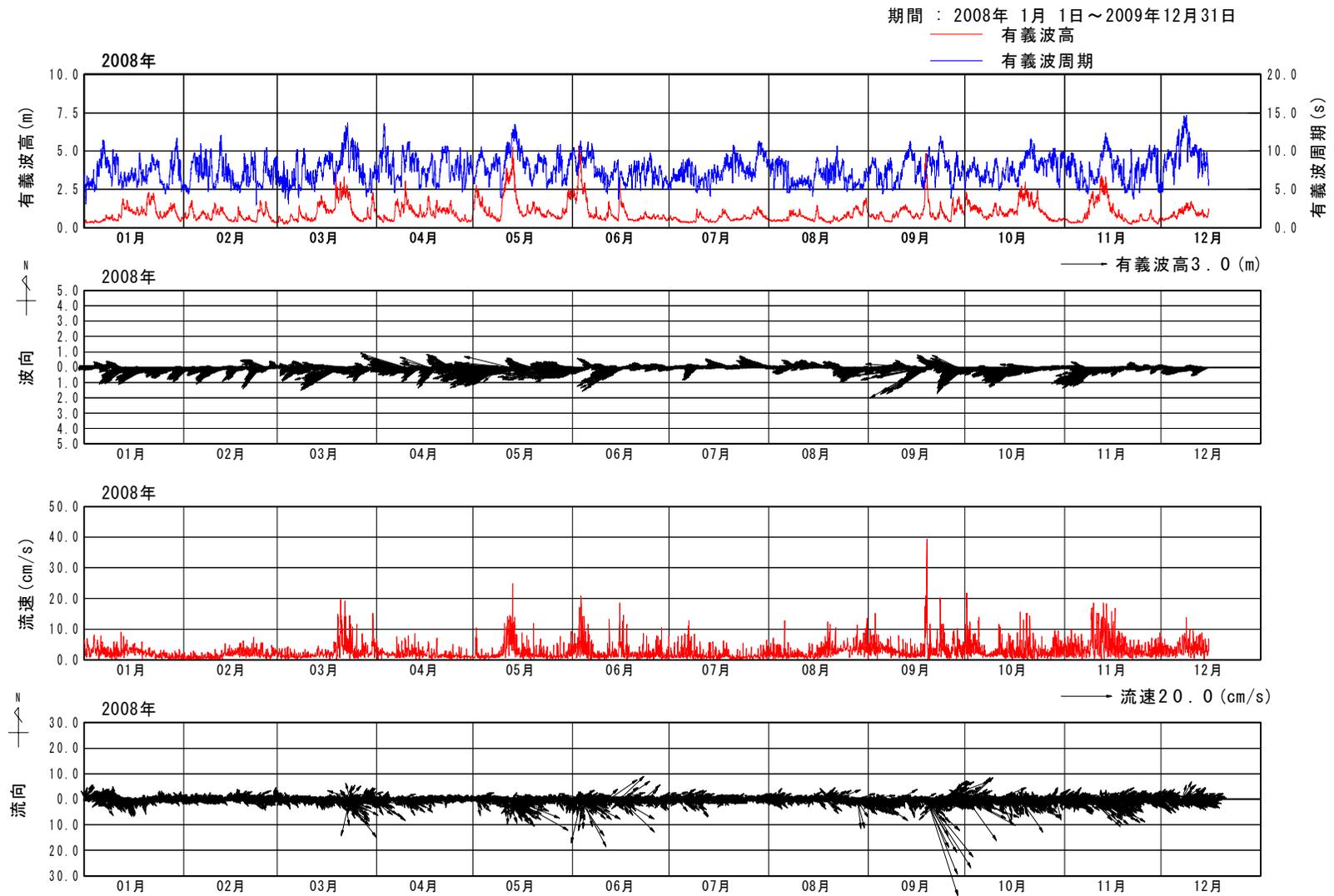


図 6(5) 宮崎港波浪・流況観測データ(宮崎県, 2008年)

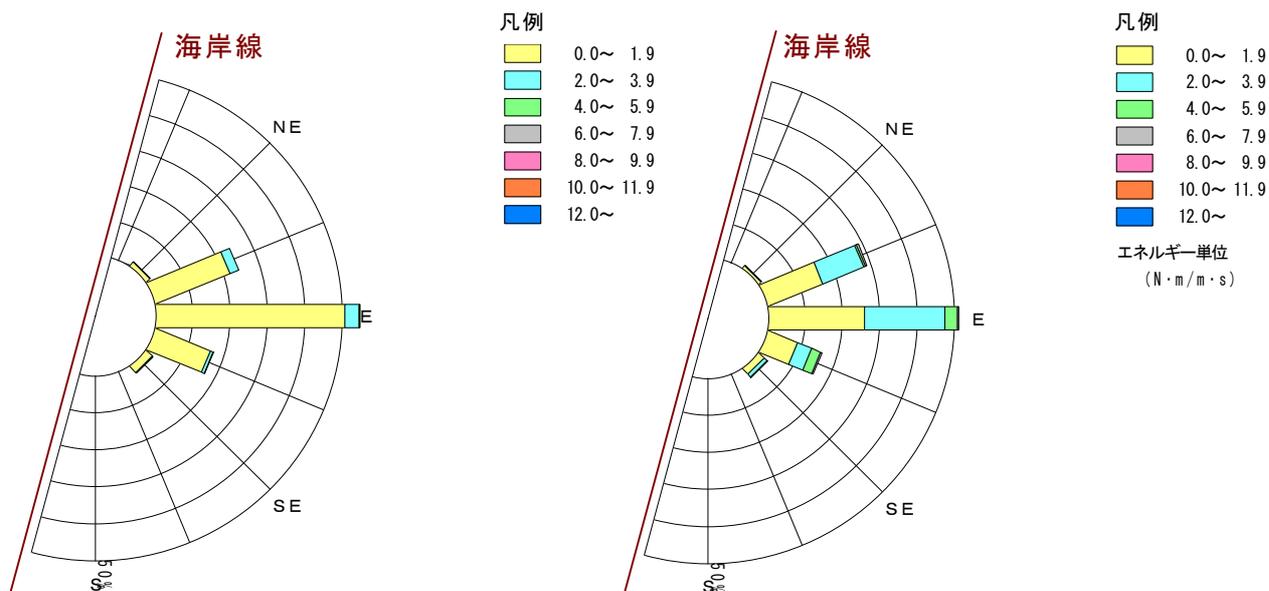


図 7 波高・波向別頻度分布図(左：出現頻度, 右：エネルギー頻度)  
宮崎県観測波浪, 2006年1月~2008年12月

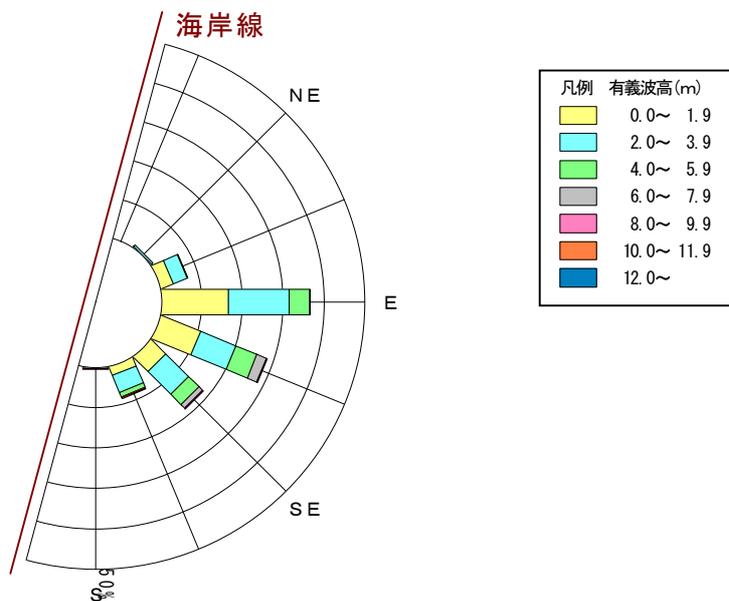


図 8 波高・波向別エネルギー頻度分布図  
NOWPHAS 観測波浪, 1991年1月~2002年12月

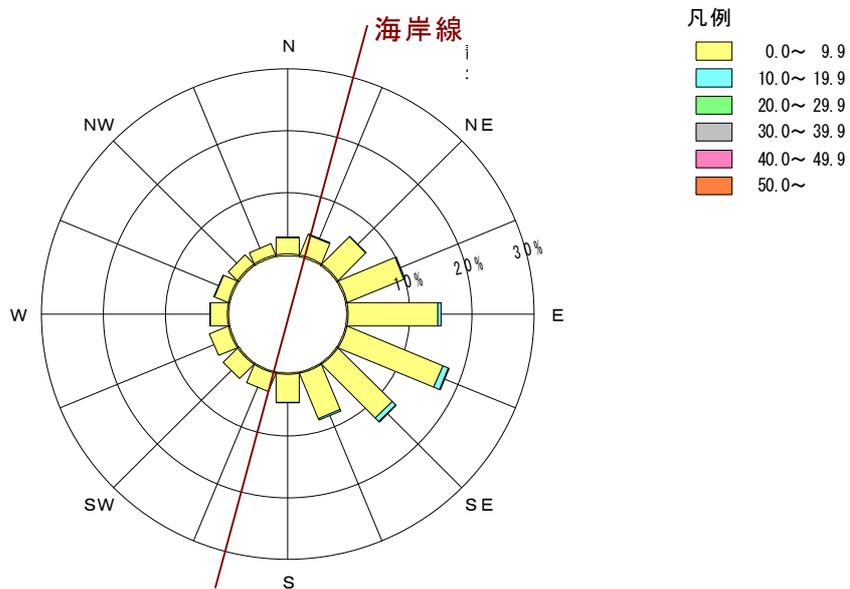
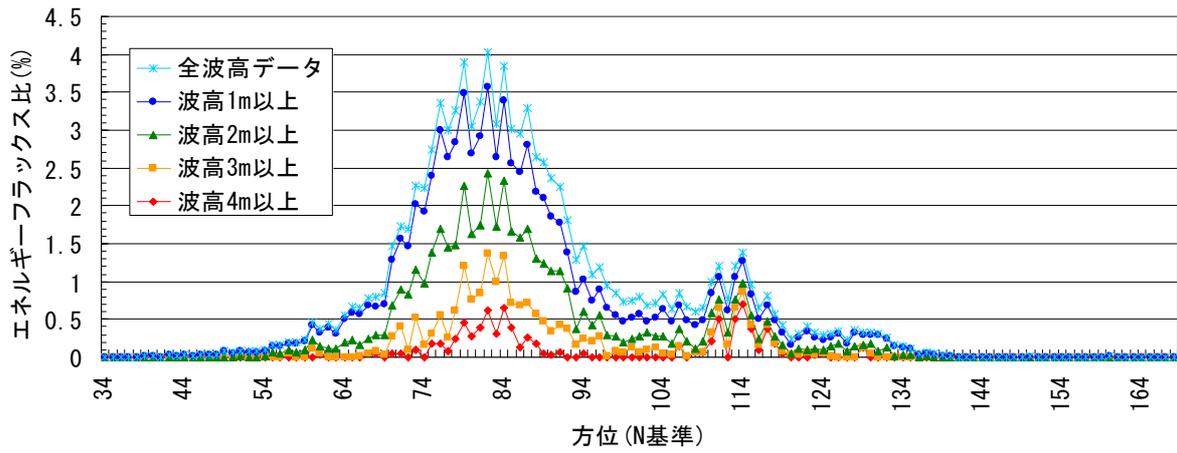
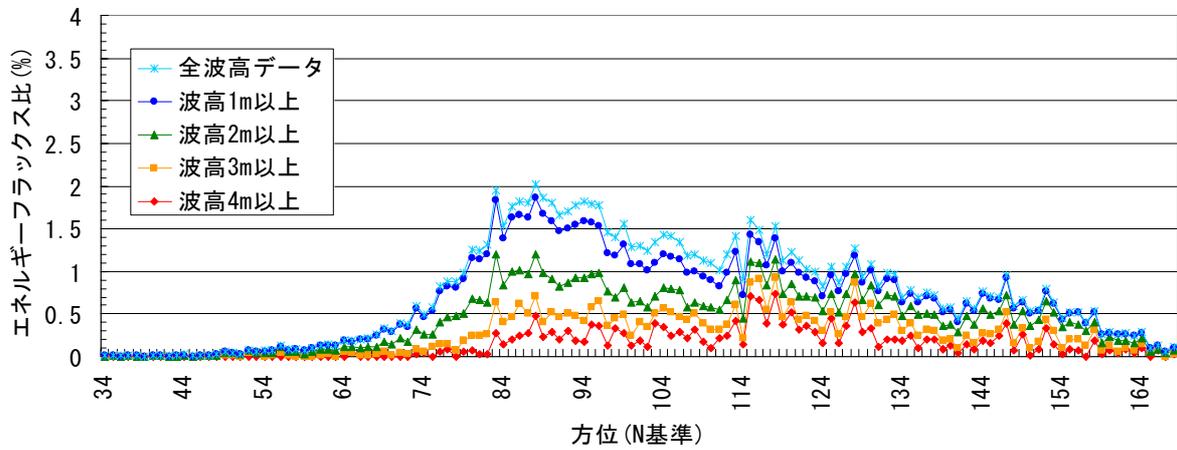


図 9 流速・流向別出現頻度分布図  
宮崎県観測波浪, 2006年1月~2008年12月



宮崎県観測波浪 (2006年1月～2008年12月)



NOWPHAS 観測波浪 (1991年1月～2002年12月)

図 10 波向別エネルギーフラックス比

表 4 エネルギー等価波の算定結果(宮崎県, 2006年1月~2008年12月)

	回数	エネルギー 等価波高 (m)	エネルギー 等価波周期 (s)	エネルギー 合成波向 (°)
NE	371	1.29	5.6	55.0
ENE	6277	1.41	7.4	31.7
E	14204	1.22	7.9	16.9
ESE	4397	1.24	7.6	-6.4
SE	670	1.41	8.0	-24.0
SSE	11	1.21	7.8	-51.0
6方位	25930	1.28	7.7	14.7

\*波向は汀線の代表的な向きの法線方向に対する角度

表 5 エネルギー等価波の算定結果(NOWPHAS, 1991年1月~2002年12月)

	回数	エネルギー 等価波高 (m)	エネルギー 等価波周期 (s)	エネルギー 合成波向 (°)
NE	292	1.64	6.7	56.5
ENE	2637	1.60	7.6	31.9
E	15508	1.47	7.6	13.7
ESE	12839	1.43	7.2	-7.1
SE	5443	1.77	7.5	-27.7
SSE	1956	2.02	8.0	-51.9
6方位	38675	1.55	7.5	-1.8

\*波向は汀線の代表的な向きの法線方向に対する角度

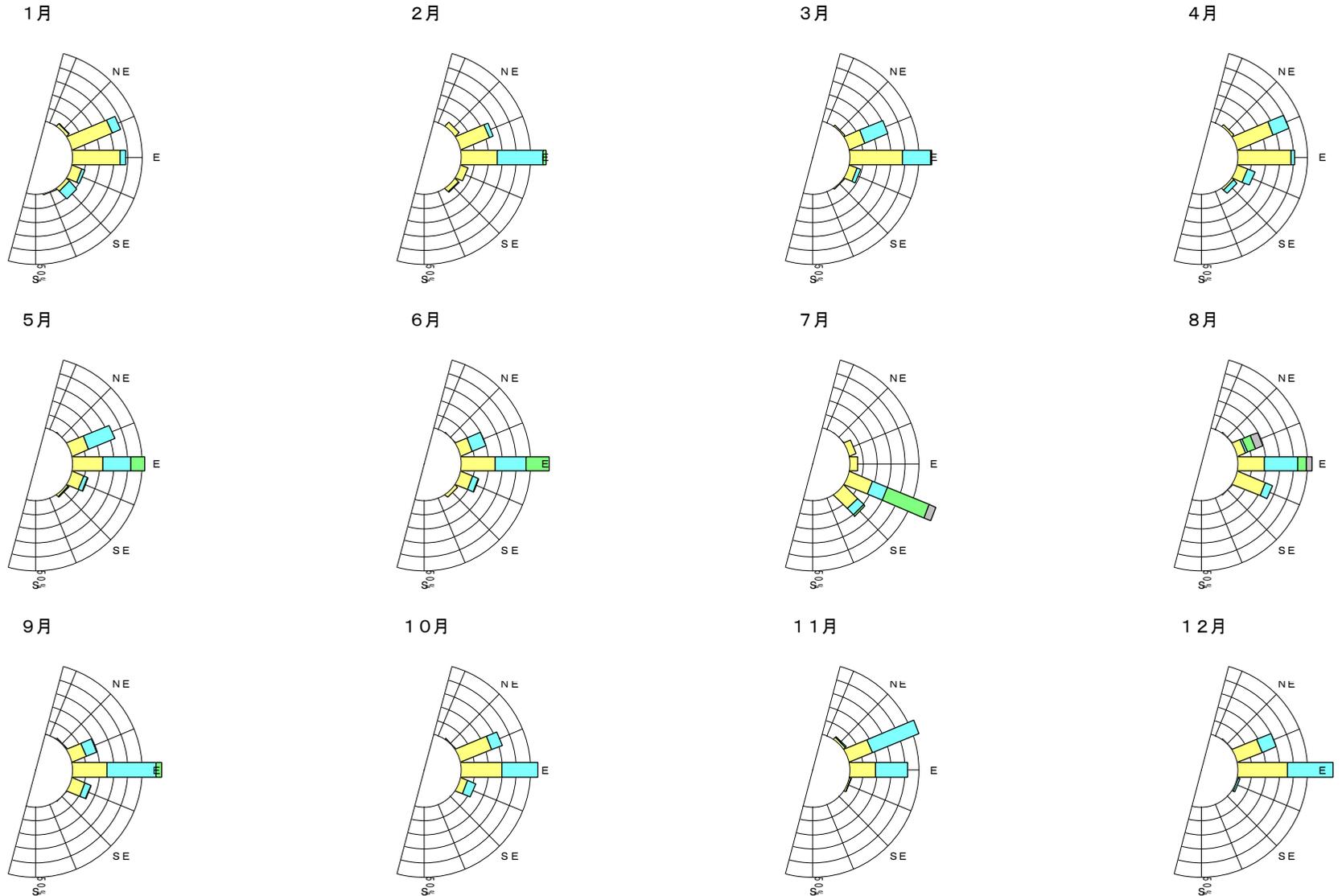


図 11 月別の波高別・波向別エネルギー頻度図(宮崎県, 2004年12月-2008年12月)

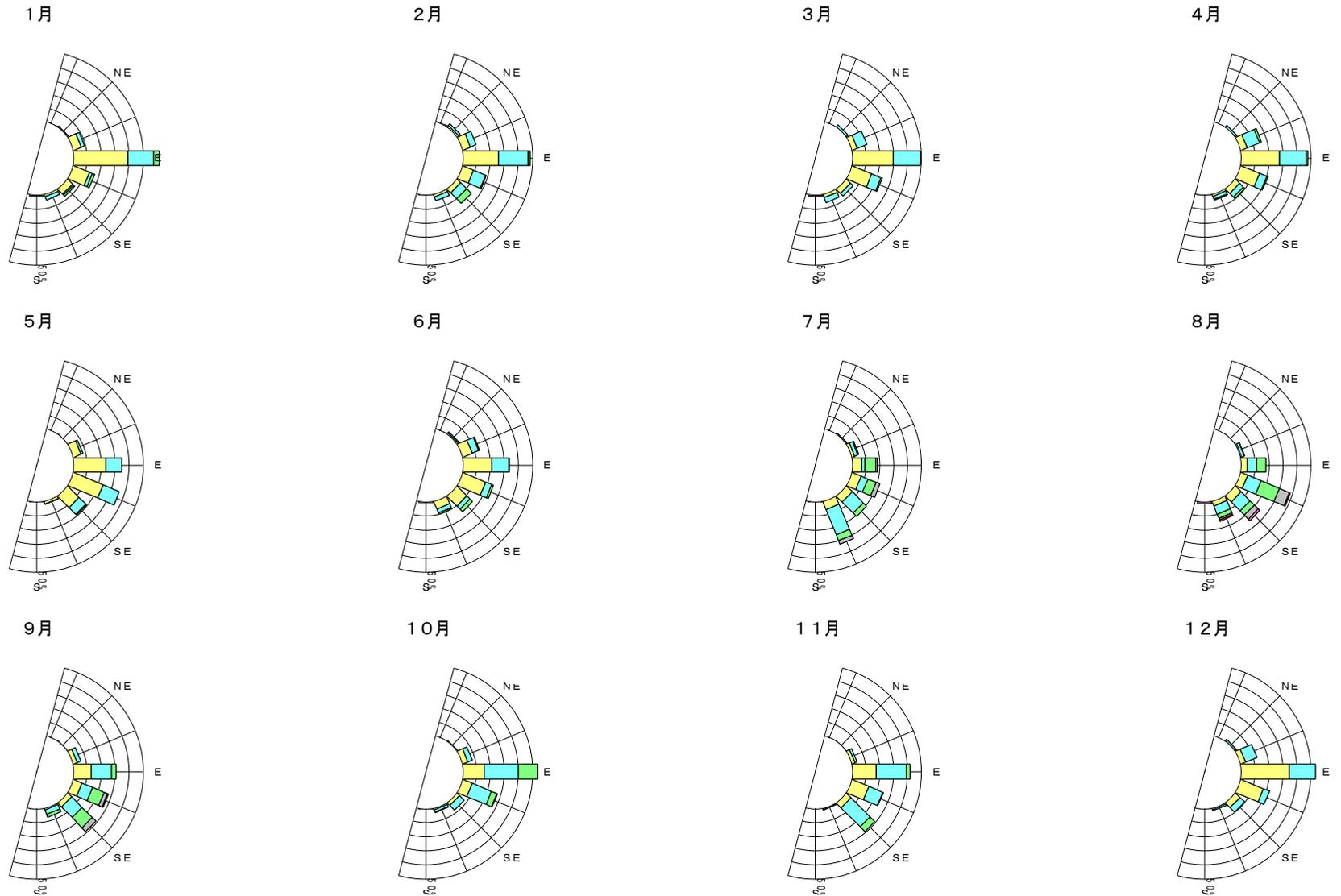
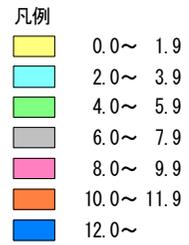


図 12 月別の波高別・波向別エネルギー頻度図 (NOWPHAS, 1991 年 1 月-2002 年 12 月)

宮崎港観測点(宮崎県)では、波とともに流速・流向についても観測を行っている。有義波高 2m 以上のデータについて、波高と流速の関係および波向と流向の関係を整理した。両者の間に相関は見られない。

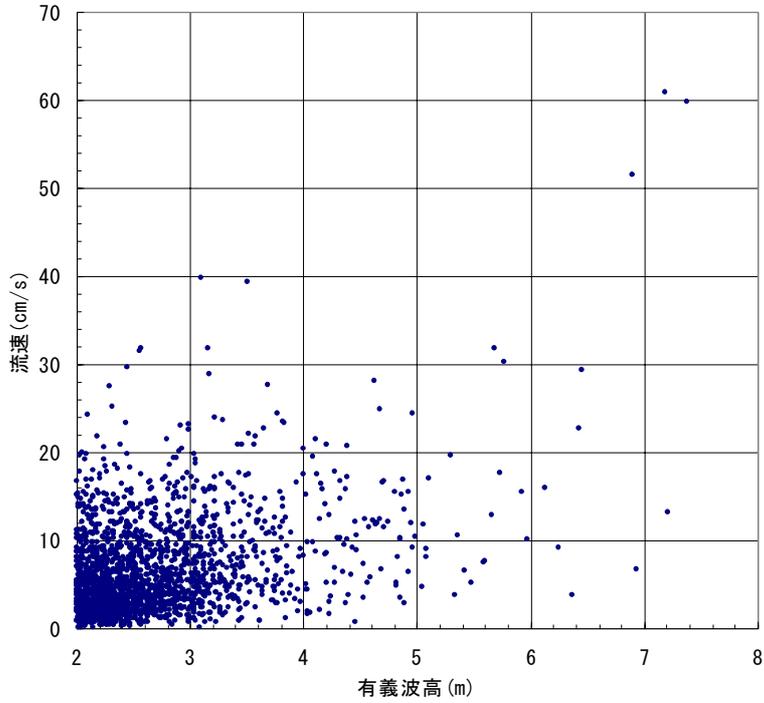


図 13 有義波高と流速の関係

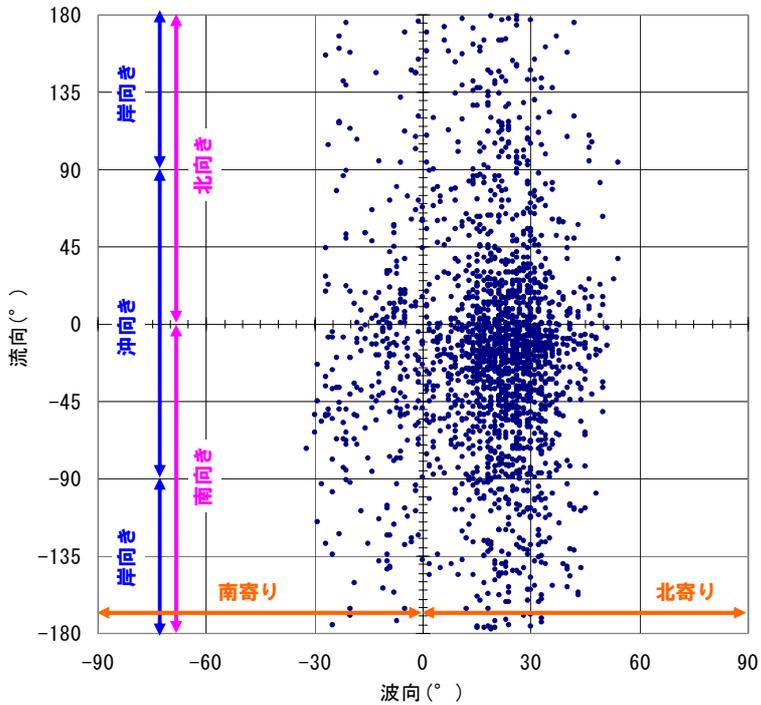


図 14 波向と流向の関係(代表的な海岸線方向への入射角)

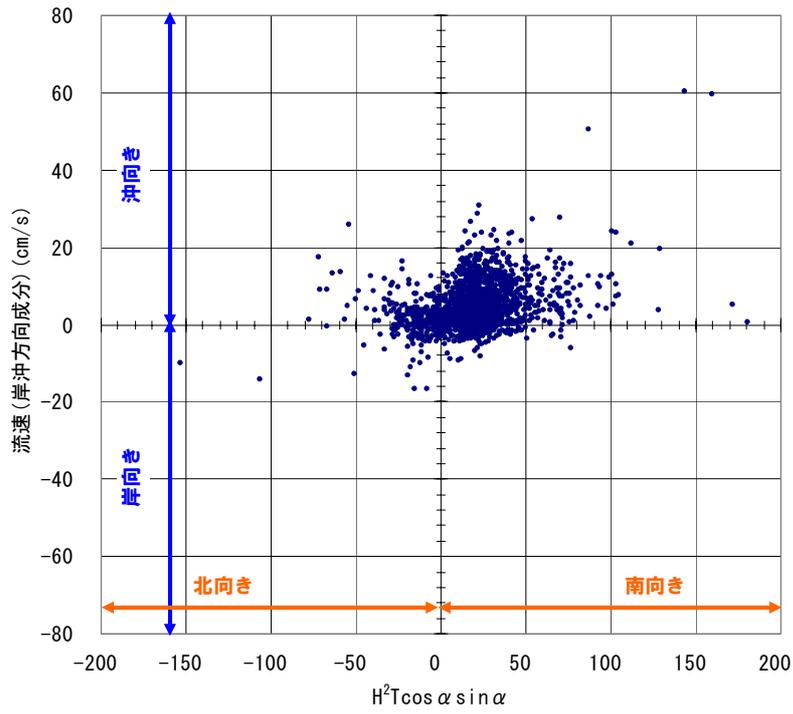


図 15 波浪エネルギーフラックスと流速の岸沖方向成分の関係

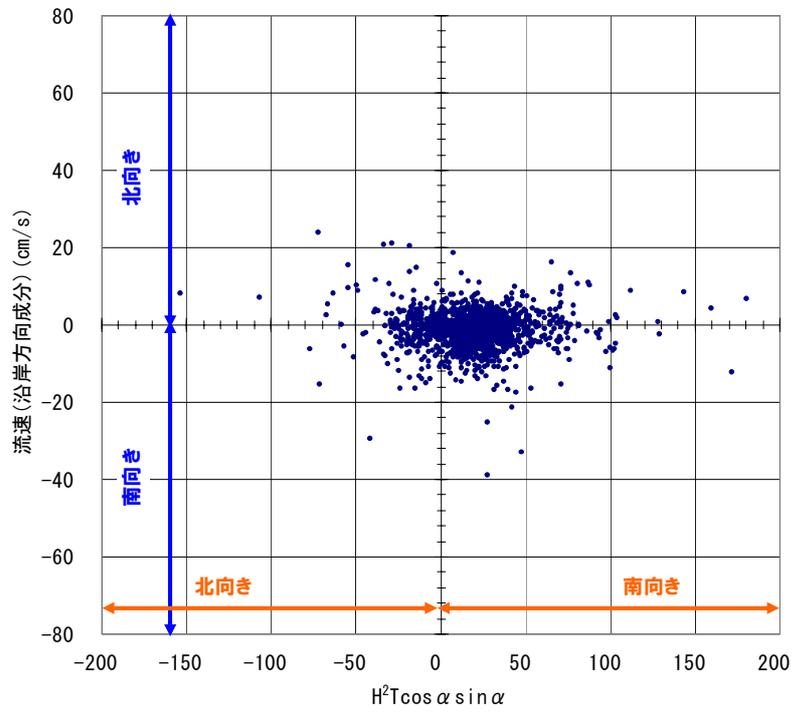


図 16 波浪エネルギーフラックスと流速の沿岸方向成分の関係

[参考資料③] レーダー観測結果と海象計による波浪観測との比較

(出典：住吉海岸技術検討委員会 第6回委員会資料、波浪観測結果は更新)

レーダー観測結果と海象計による波浪観測との比較を行ったところ、平均周期、平均波向の相関係数はそれぞれ  $R=0.617, 0.895$  であった(図 18)。

レーダー観測では2方向から波浪が来襲している場合でも、それらを面的に直接とらえることができた(図 19, 図 20)。

ただし、現時点では、静穏時、無風時、降雨時などのデータ取得が困難であるなどの課題があり、また取得データ数が少ないためデータの蓄積が望まれる。

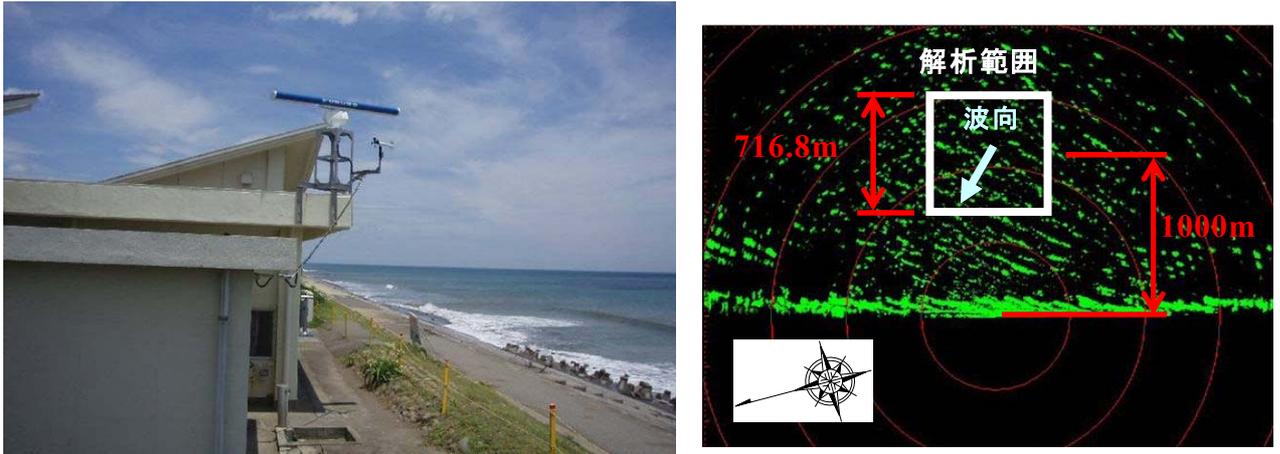


図 17 レーダー観測計器と取得画像

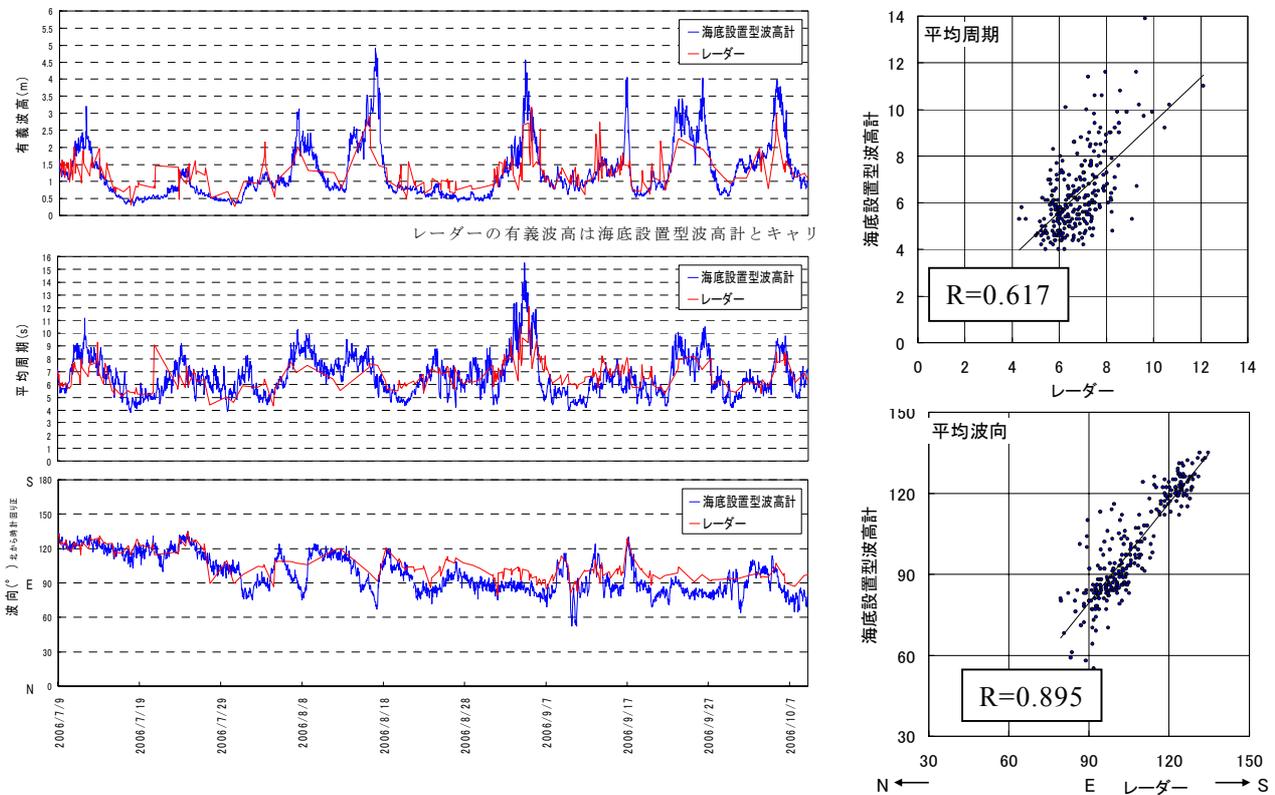


図 18 レーダー波浪観測結果(2006年7月~2006年10月)

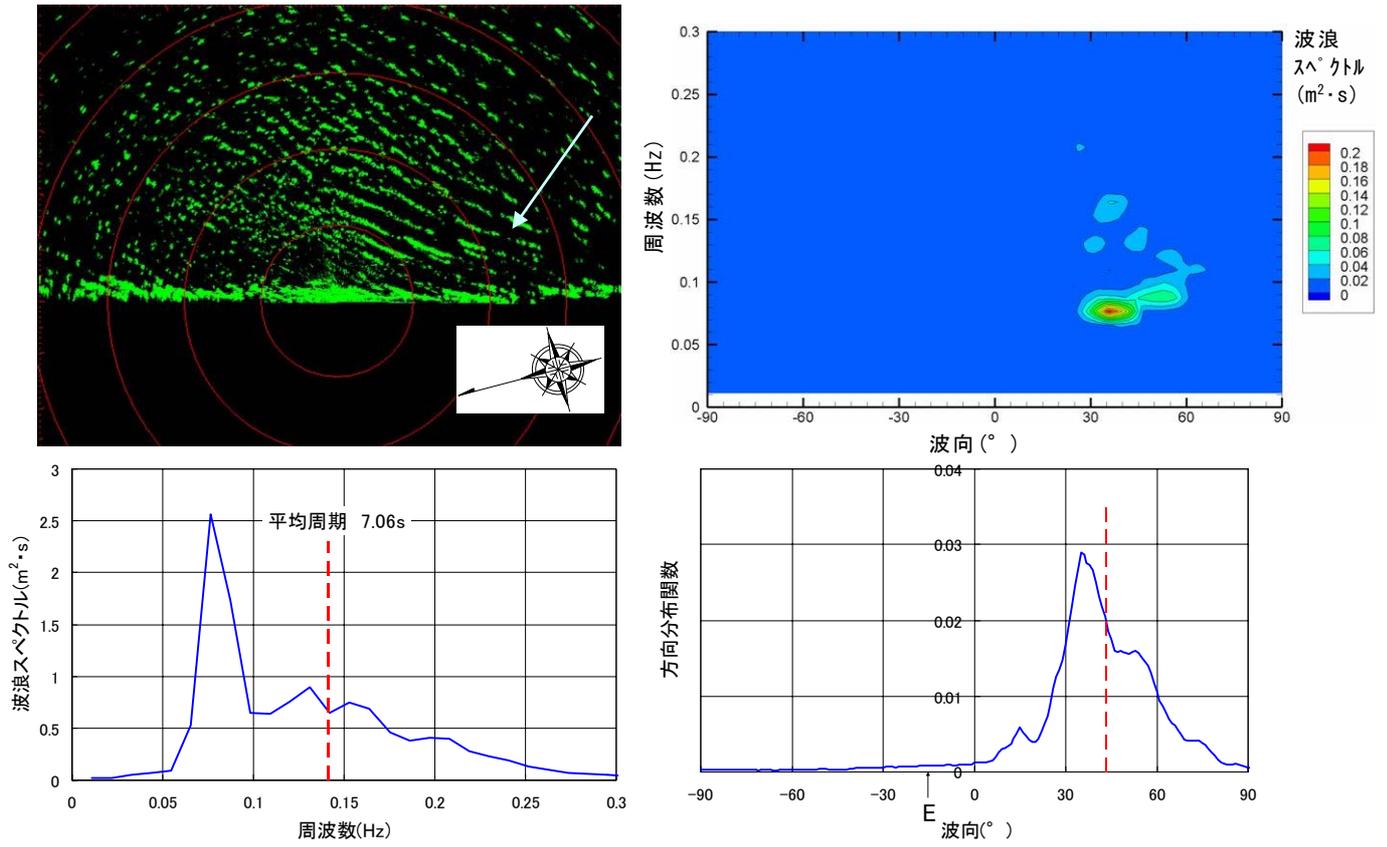


図 19 高波浪時のレーダー画像とスペクトル算定結果(2006年7月9日)

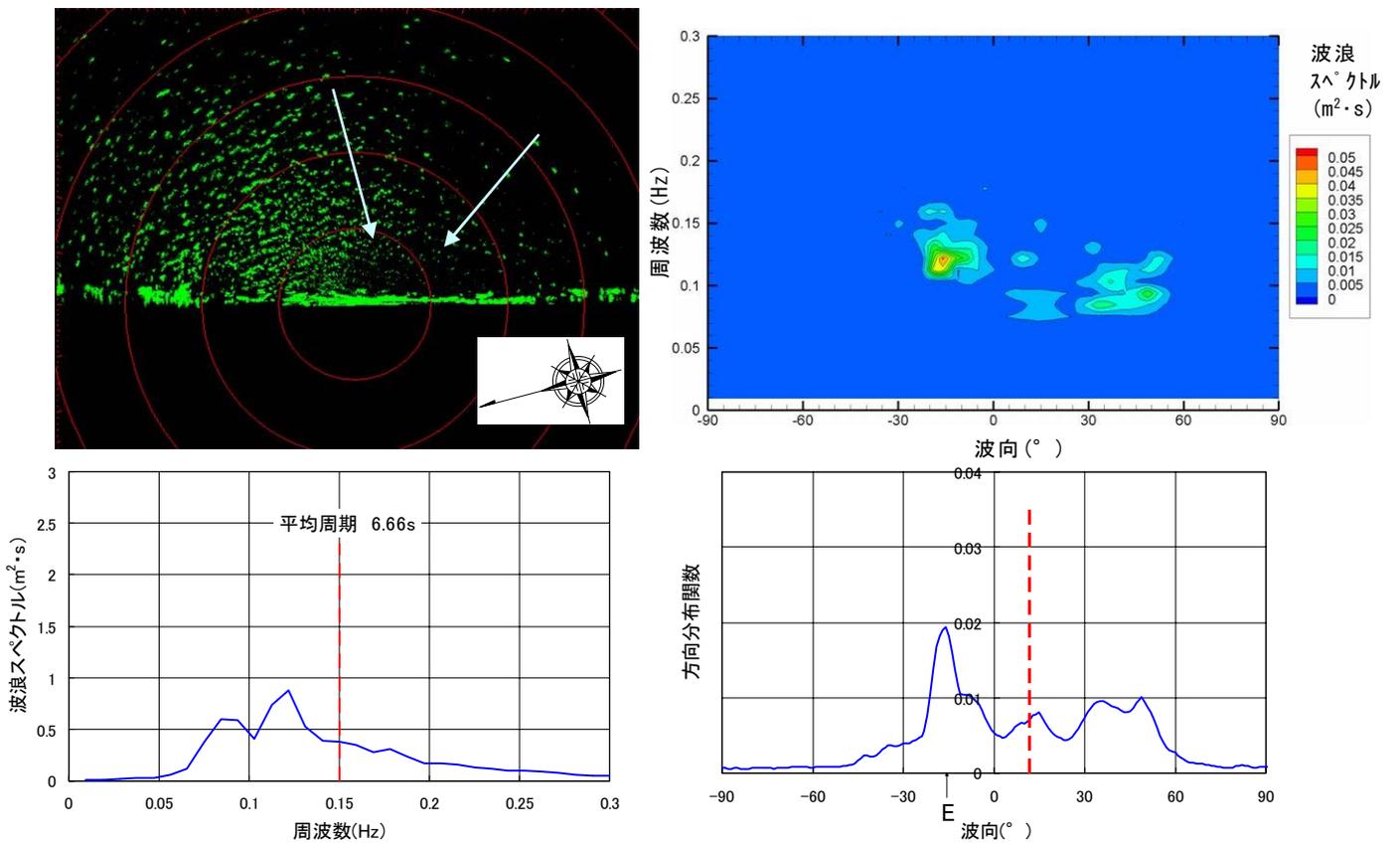


図 20 高波浪時のレーダー画像とスペクトル算定結果(2006年9月13日)

#### [参考資料④] 台風時の波浪エネルギーの確認

波浪観測期間中に発生した台風についてデジタル台風(国立情報学研究所, <http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>)で調べた。1991年～2008年の間に宮崎市に接近した台風を図 21に示した有義波高、有義波周期および波浪エネルギー沿岸方向分布の時系列上に整理した。ここで接近とは宮崎市の半径 300 キロ以内に入ったことをいう。また、波浪エネルギーの沿岸方向成分が南向き  $25\text{N}\cdot\text{m}/\text{m}\cdot\text{s}^2$  以上となった時期についても、台風情報を整理した(図 21緑色の枠の台風番号)。各年の接近台風数は表 6に示すとおりである。各台風の強度は図 22に示す。また、経路図を年毎に図 23に示す。本文中表 2.1に示したトレーサー調査期間中に来襲した台風 13号についても、経路図に示した。この台風では宮崎港において南寄りの波が発生していない。

表 6 接近台風数

年	接近台風数	年	接近台風数
1991	4	2000	1
1992	3	2001	2
1993	5	2002	4
1994	3	2003	2
1995	1	2004	7
1996	2	2005	1
1997	2	2006	2
1998	3	2007	2
1999	4	2008	2

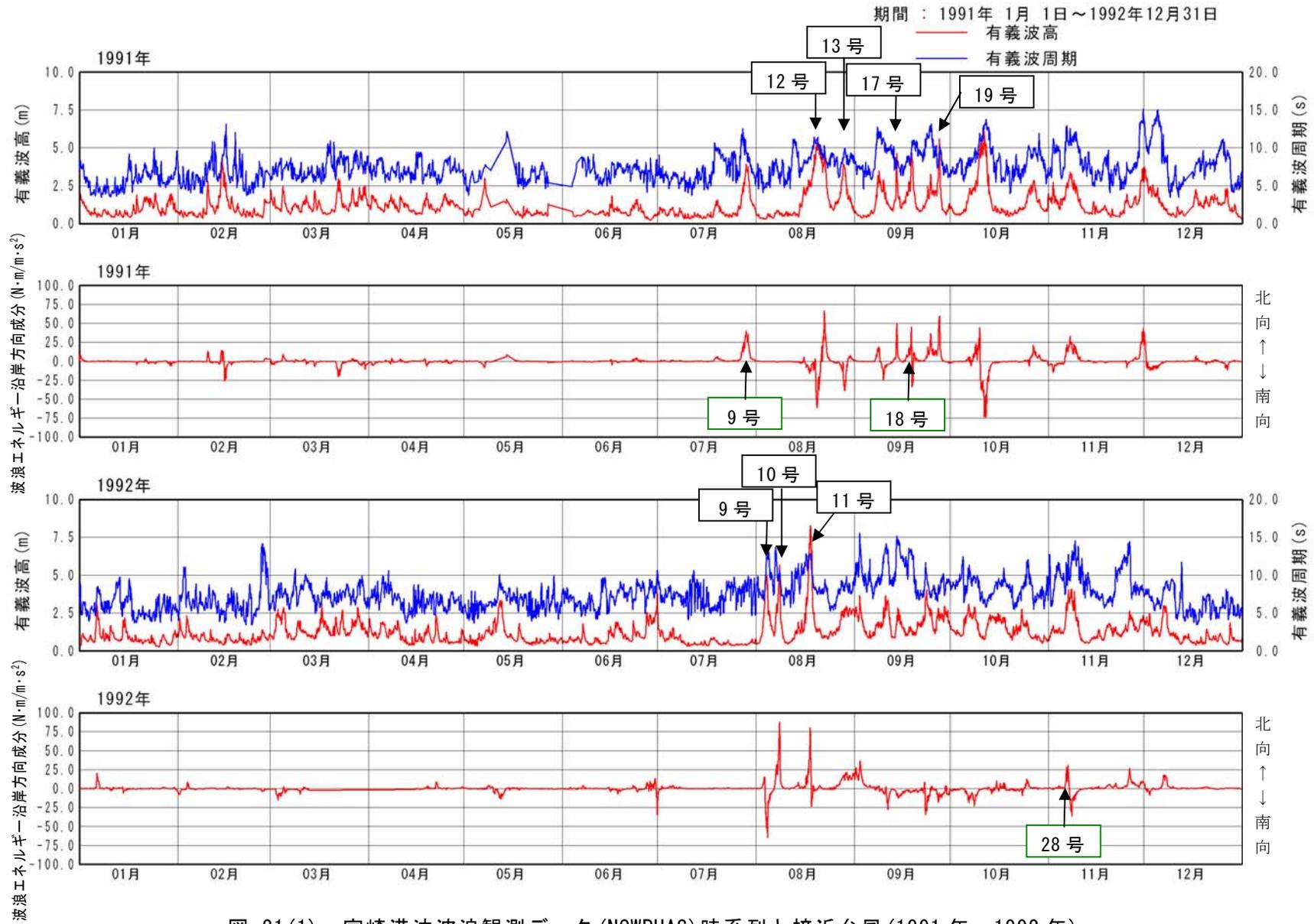


図 21(1) 宮崎港沖波浪観測データ (NOWPHAS) 時系列と接近台風 (1991 年～1992 年)

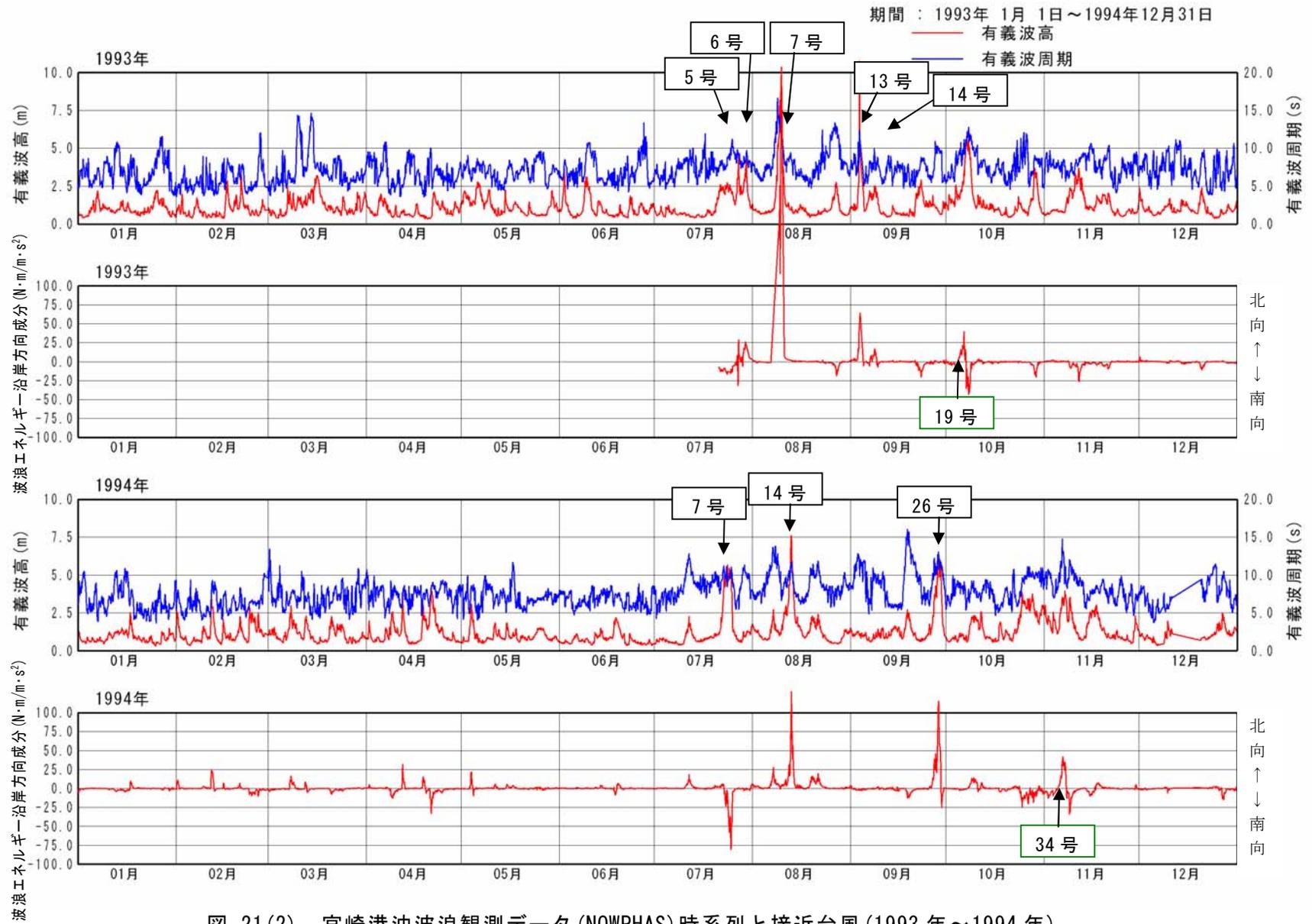


図 21(2) 宮崎港沖波浪観測データ (NOWPHAS) 時系列と接近台風 (1993年～1994年)

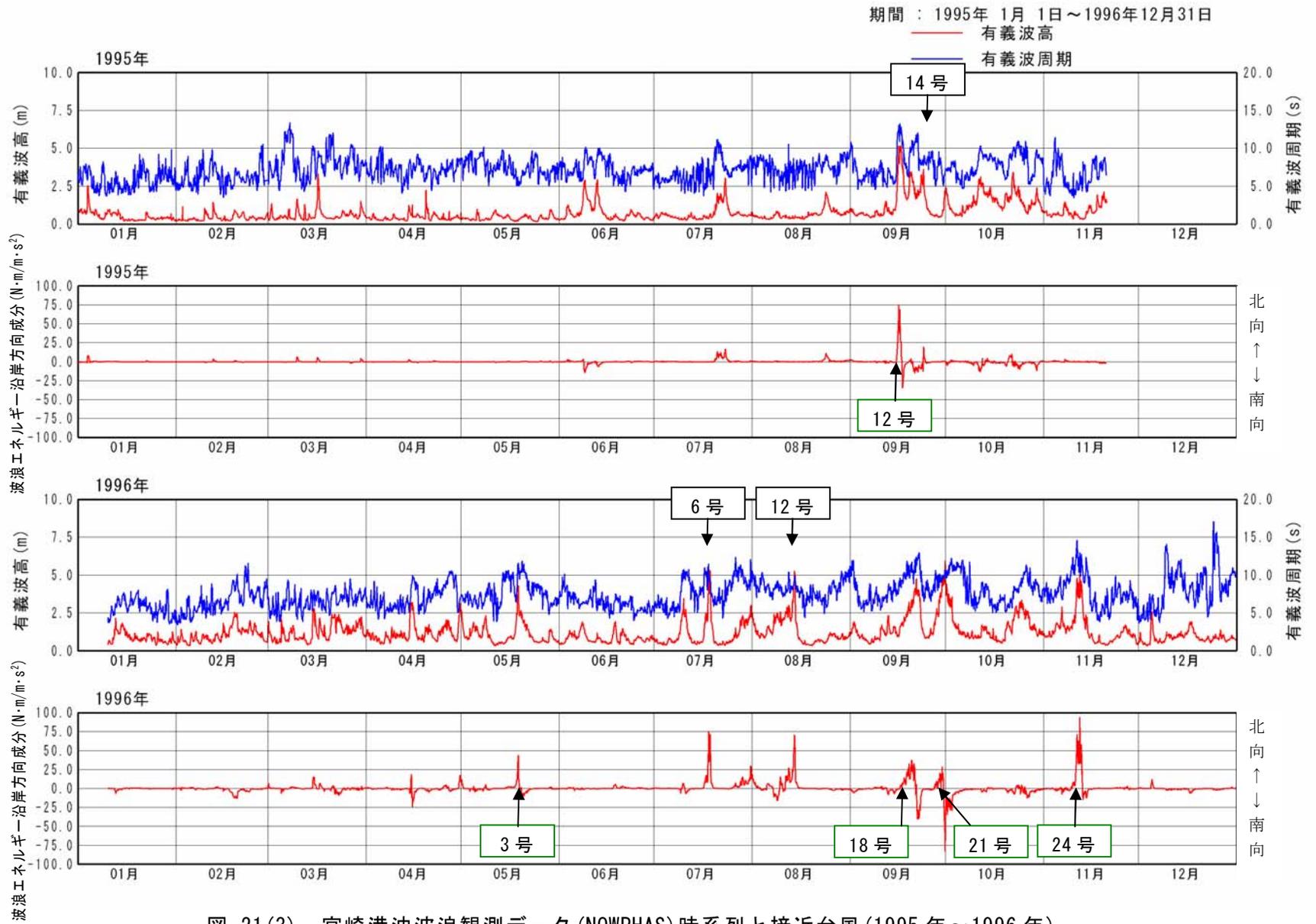


図 21(3) 宮崎港沖波浪観測データ (NOWPHAS) 時系列と接近台風 (1995年～1996年)

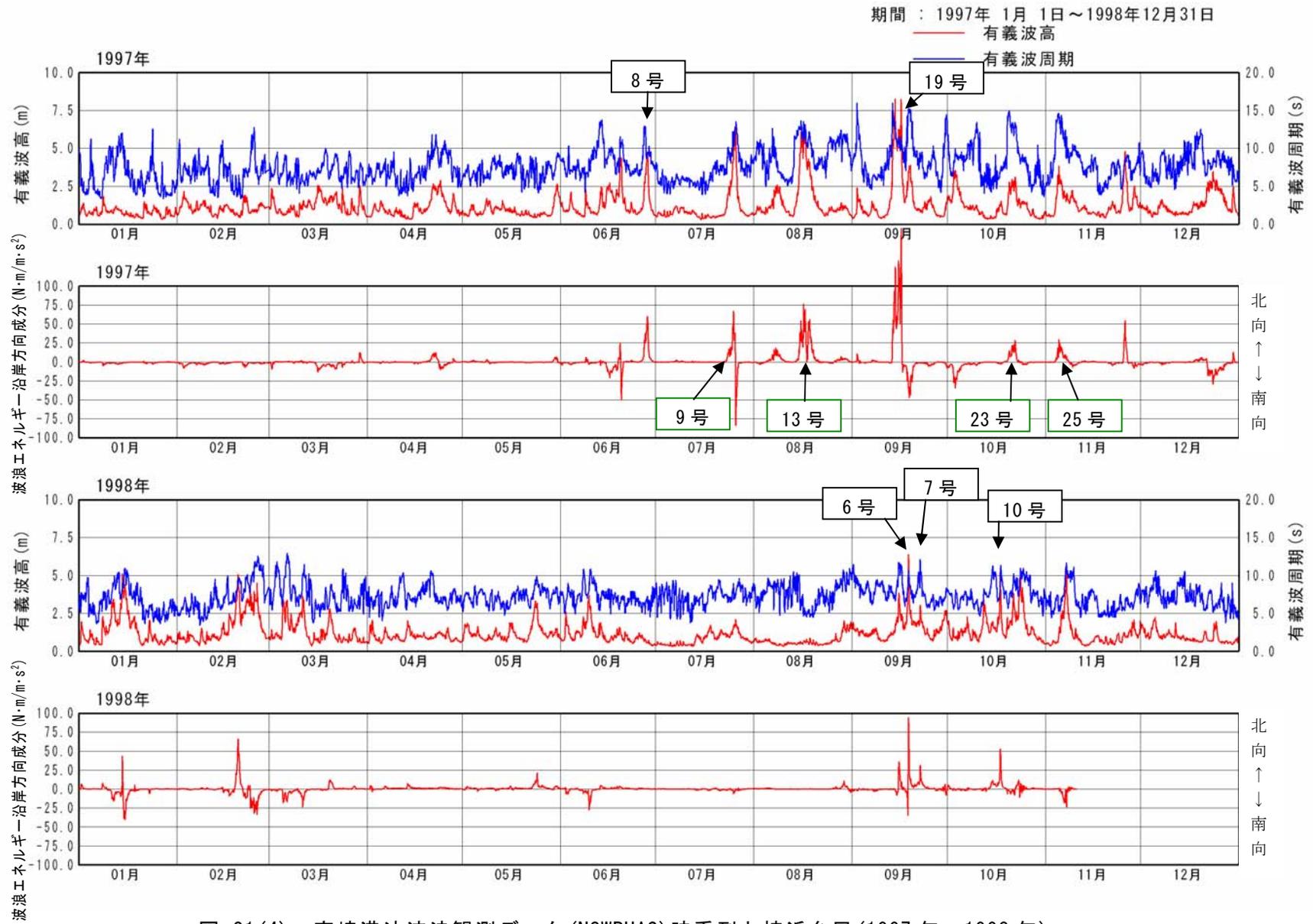


図 21(4) 宮崎港沖波浪観測データ (NOWPHAS) 時系列と接近台風 (1997年～1998年)

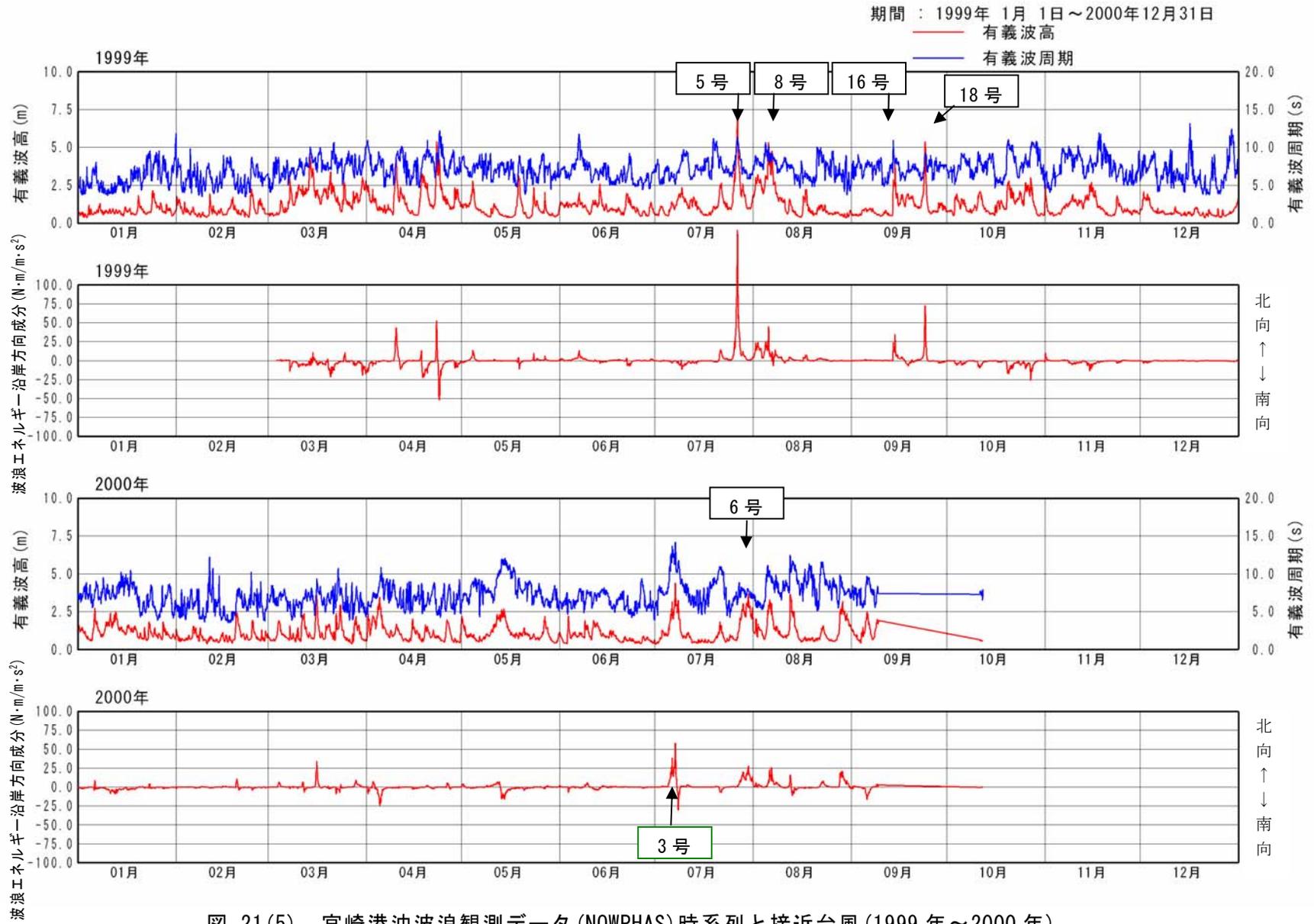


図 21(5) 宮崎港沖波浪観測データ (NOWPHAS) 時系列と接近台風 (1999 年～2000 年)

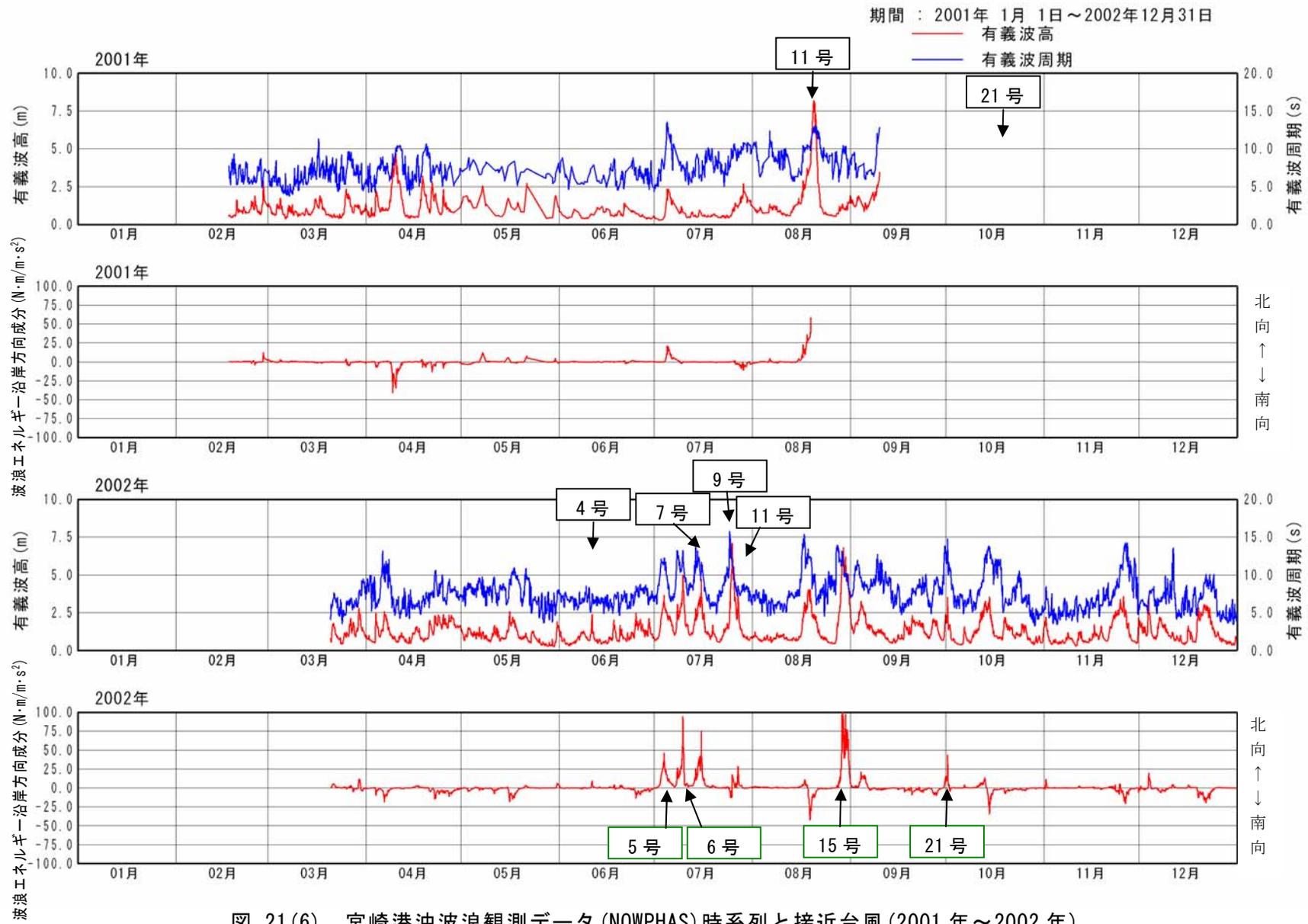


図 21(6) 宮崎港沖波浪観測データ (NOWPHAS) 時系列と接近台風 (2001年～2002年)

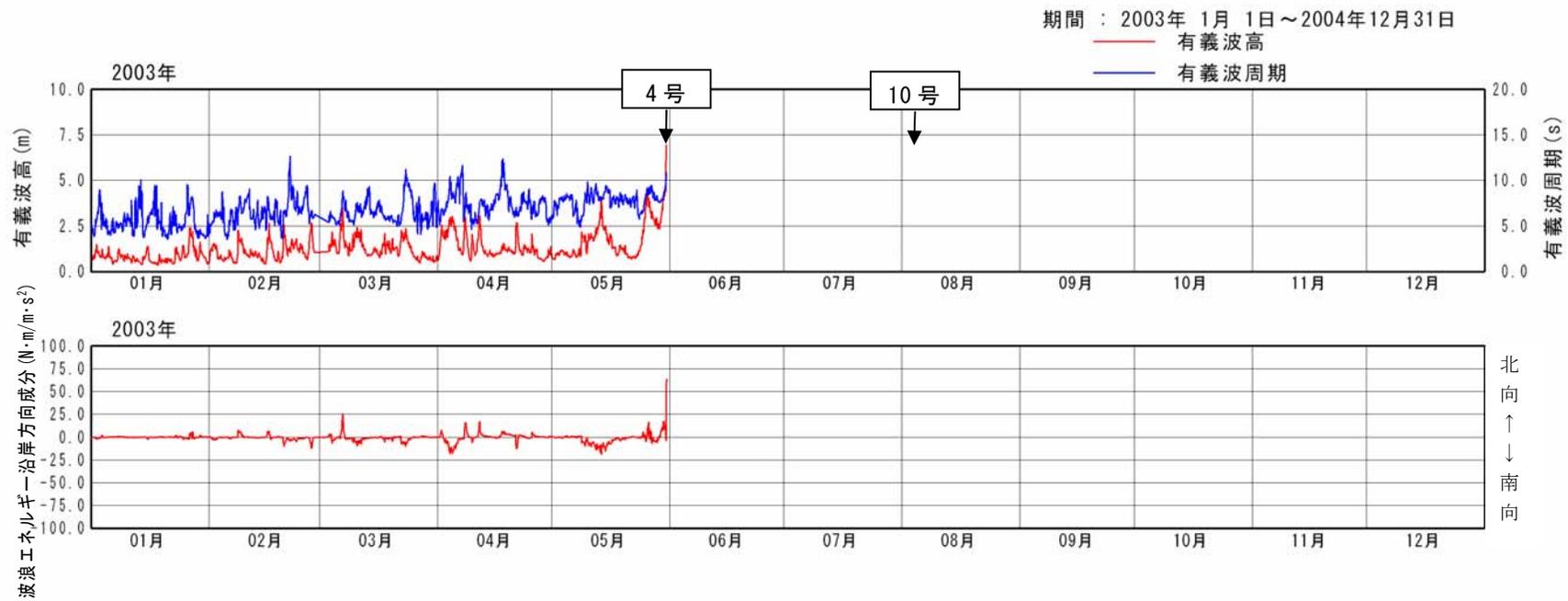


図 21(7) 宮崎港沖波浪観測データ (NOWPHAS) 時系列と接近台風 (2003 年)

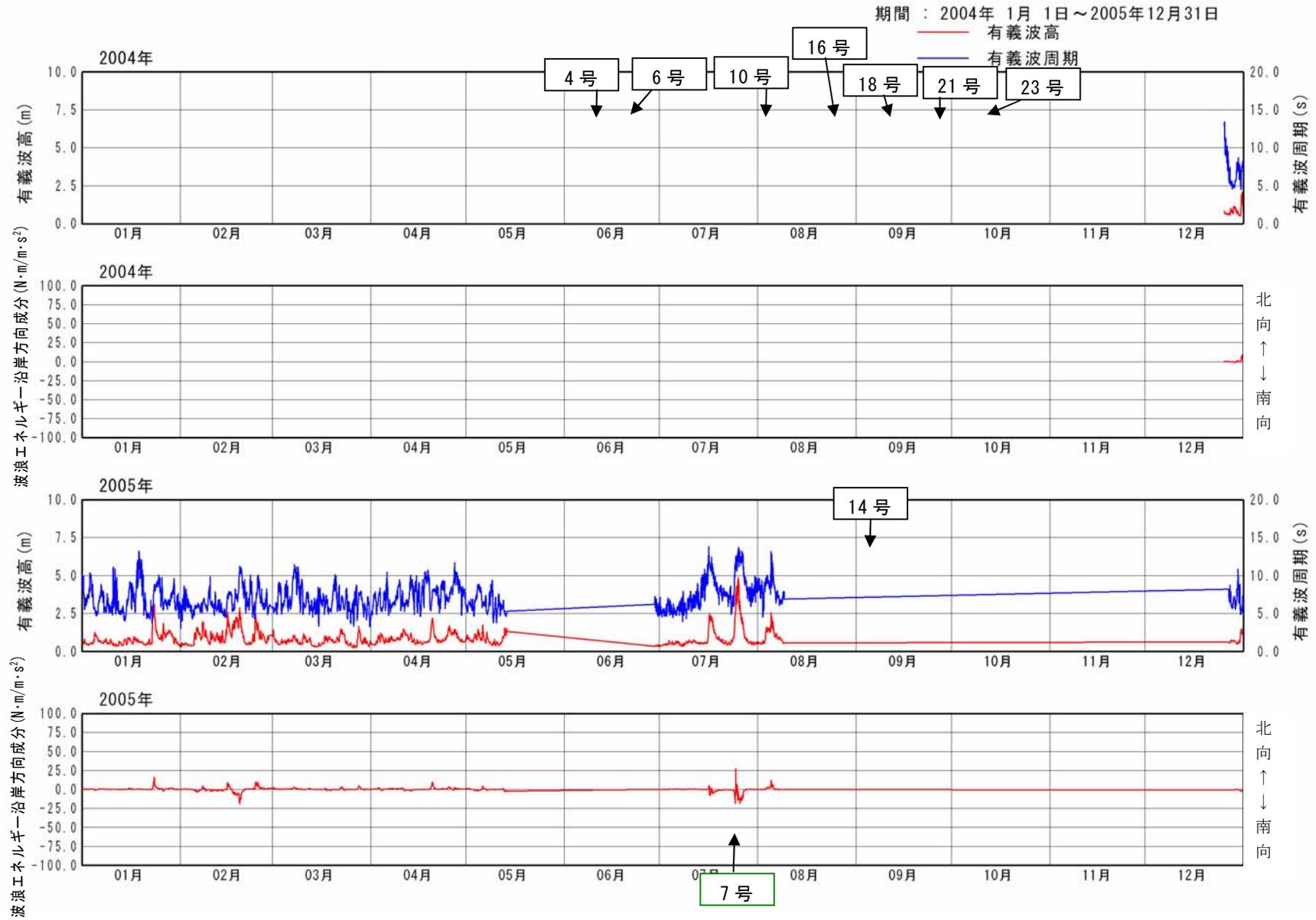


図 21(8) 宮崎港波浪観測データ(宮崎県)時系列と接近台風(2004年～2005年)

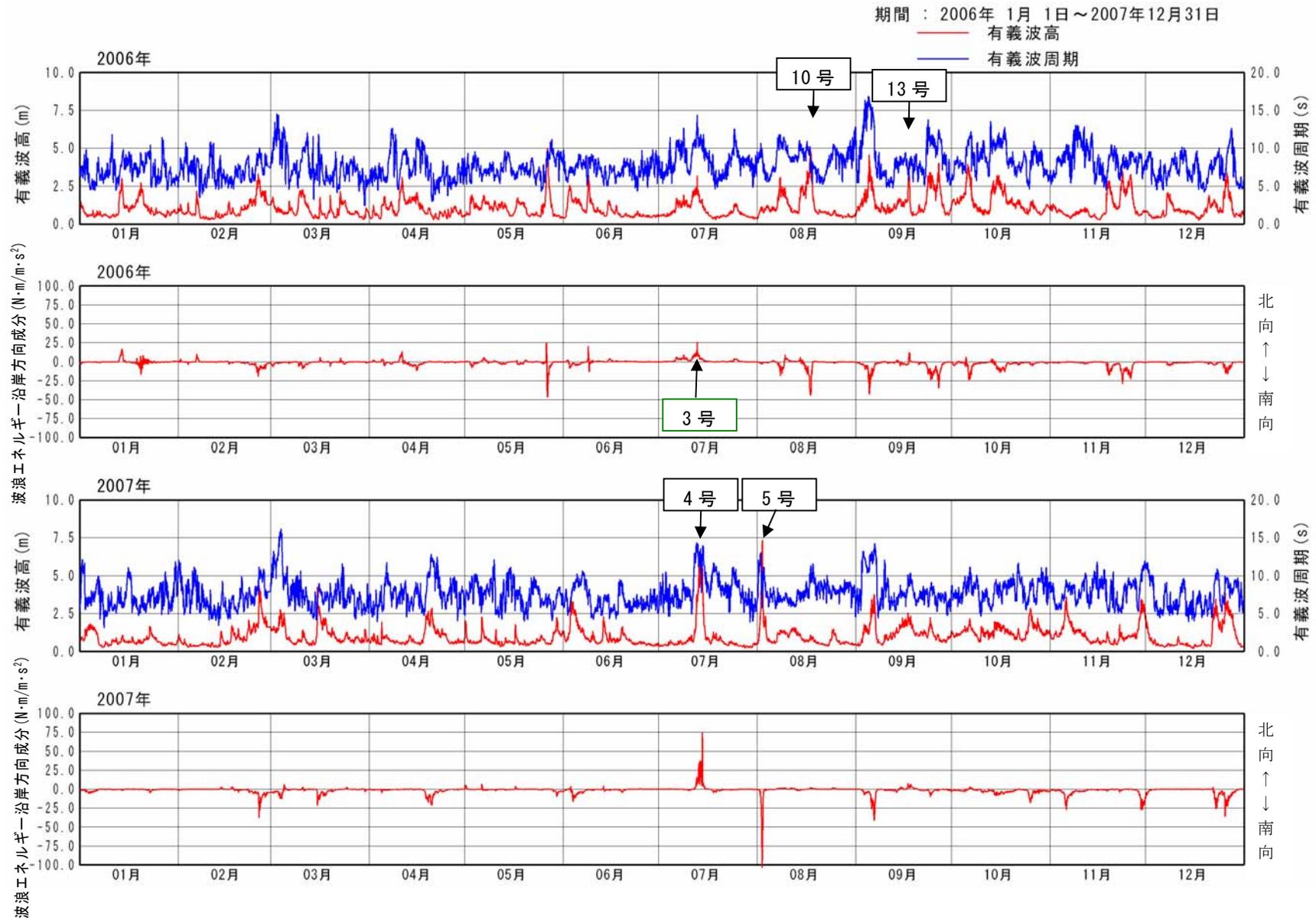


図 21(9) 宮崎港波浪観測データ(宮崎県)時系列と接近台風(2006年～2007年)

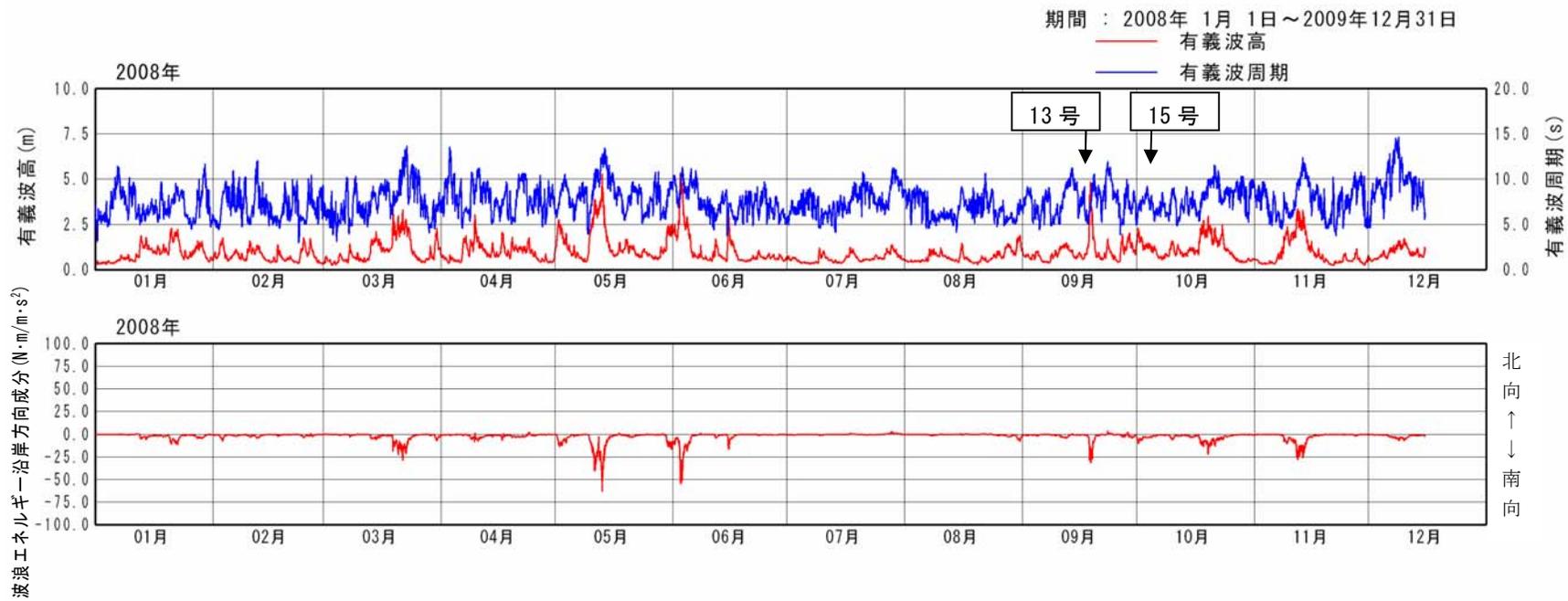


図 21(10) 宮崎港波浪観測データ(宮崎県)時系列と接近台風(2008年)

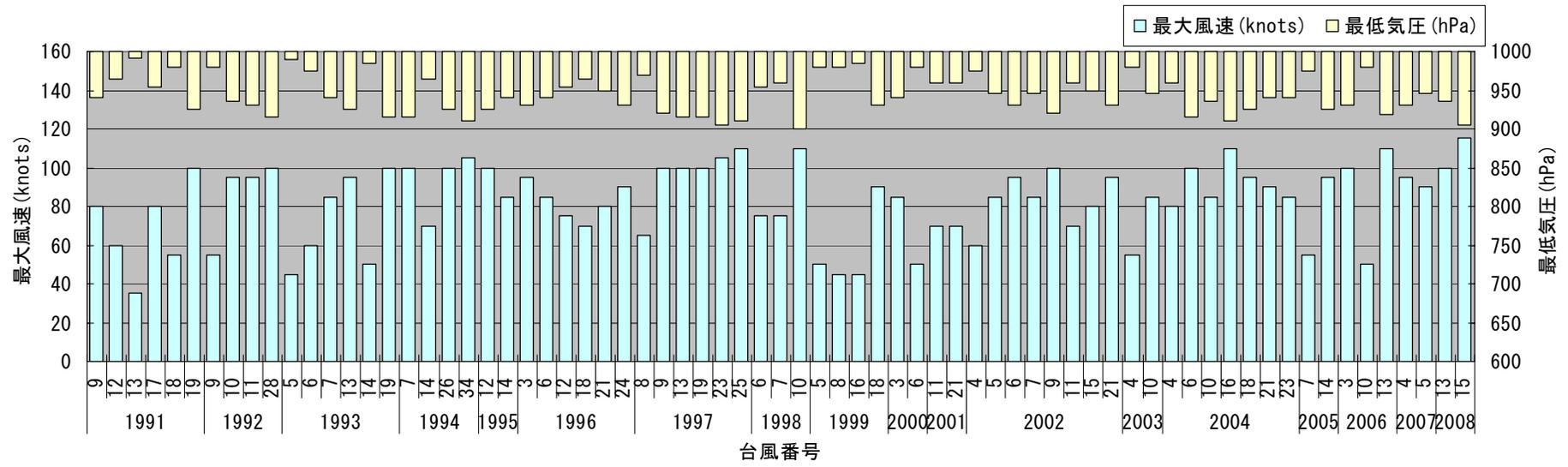


図 22 接近台風の強度

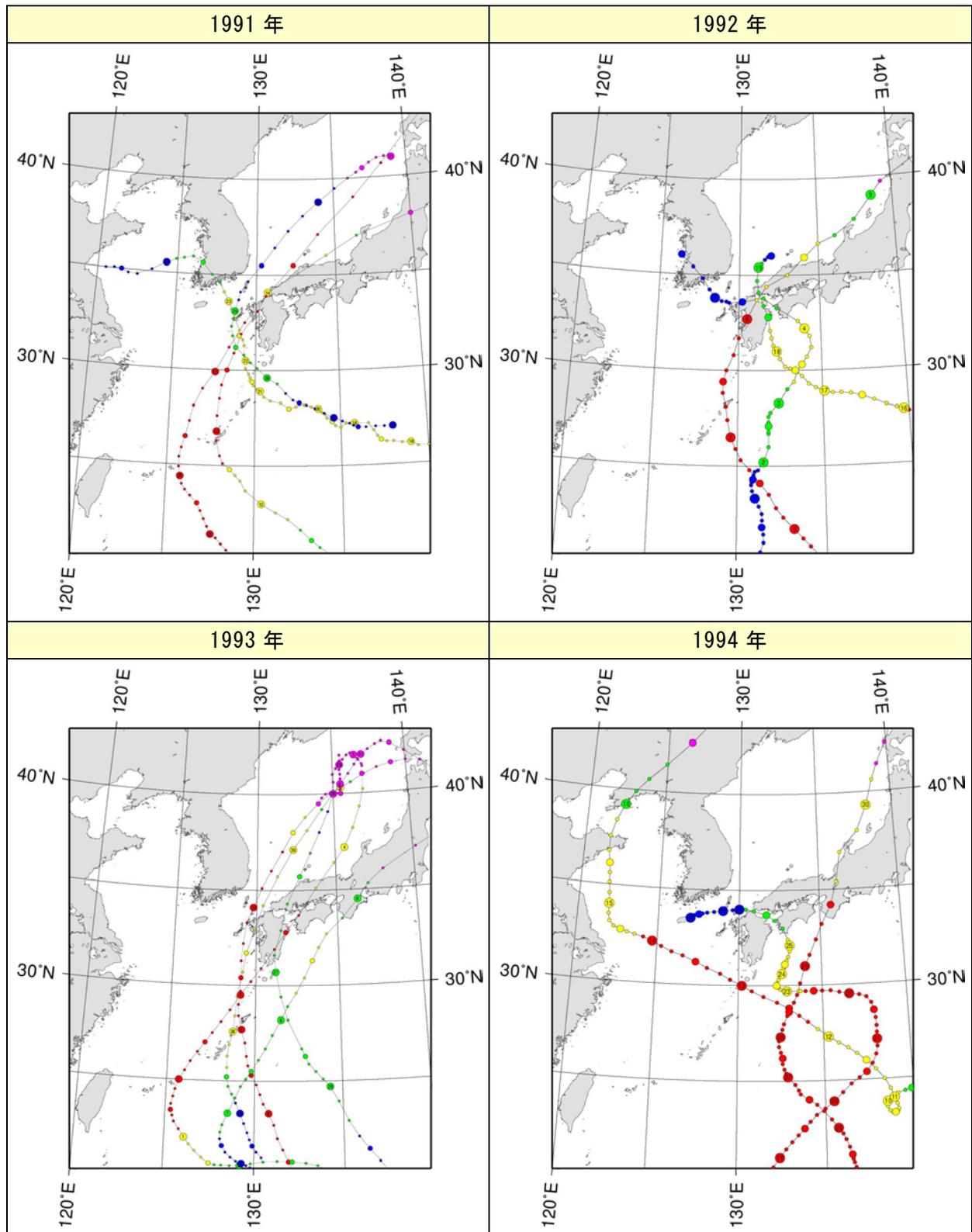


图 23(1) 台风経路图(1991年~1994年)

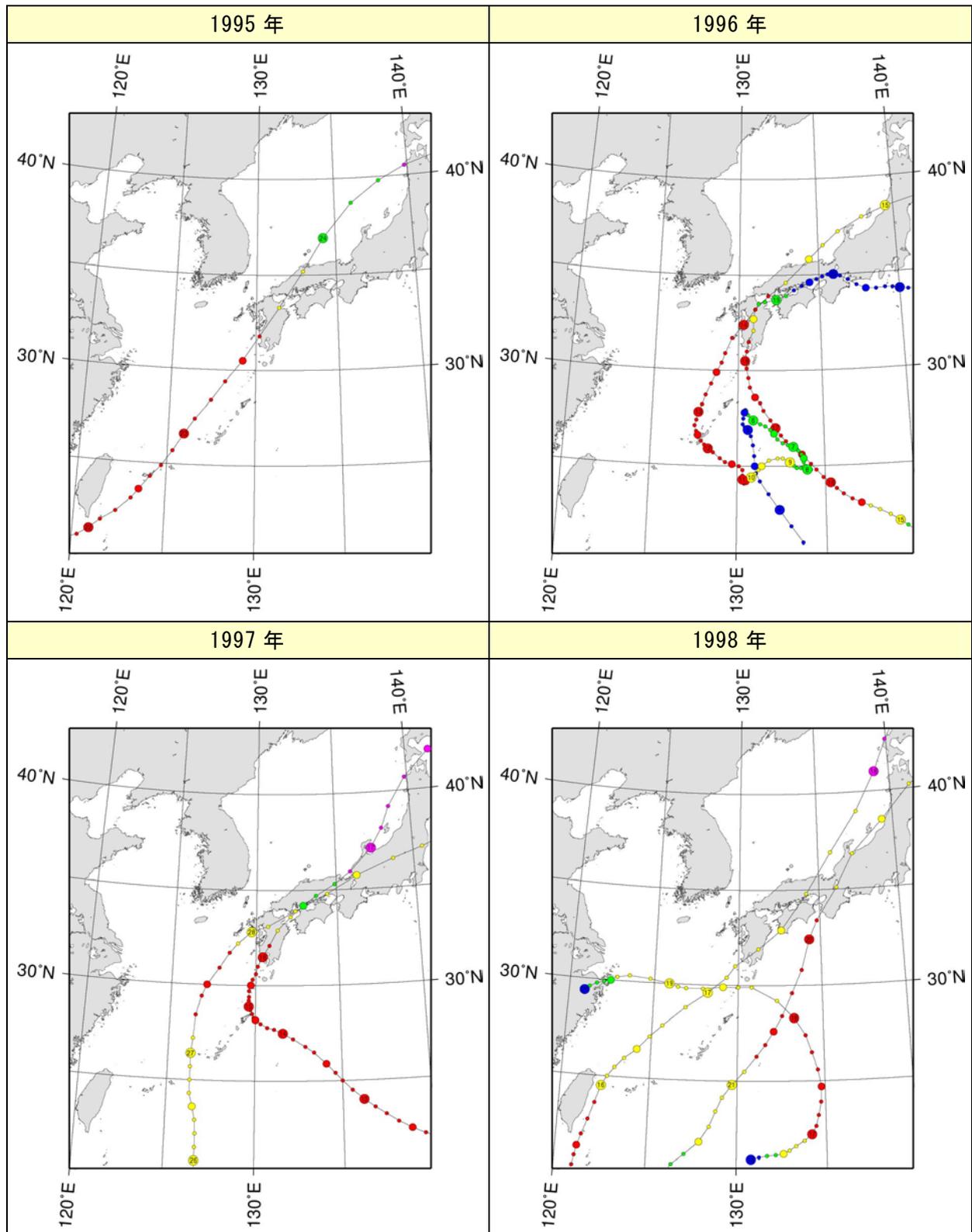


図 23(2) 台風経路図(1995 年~1998 年)

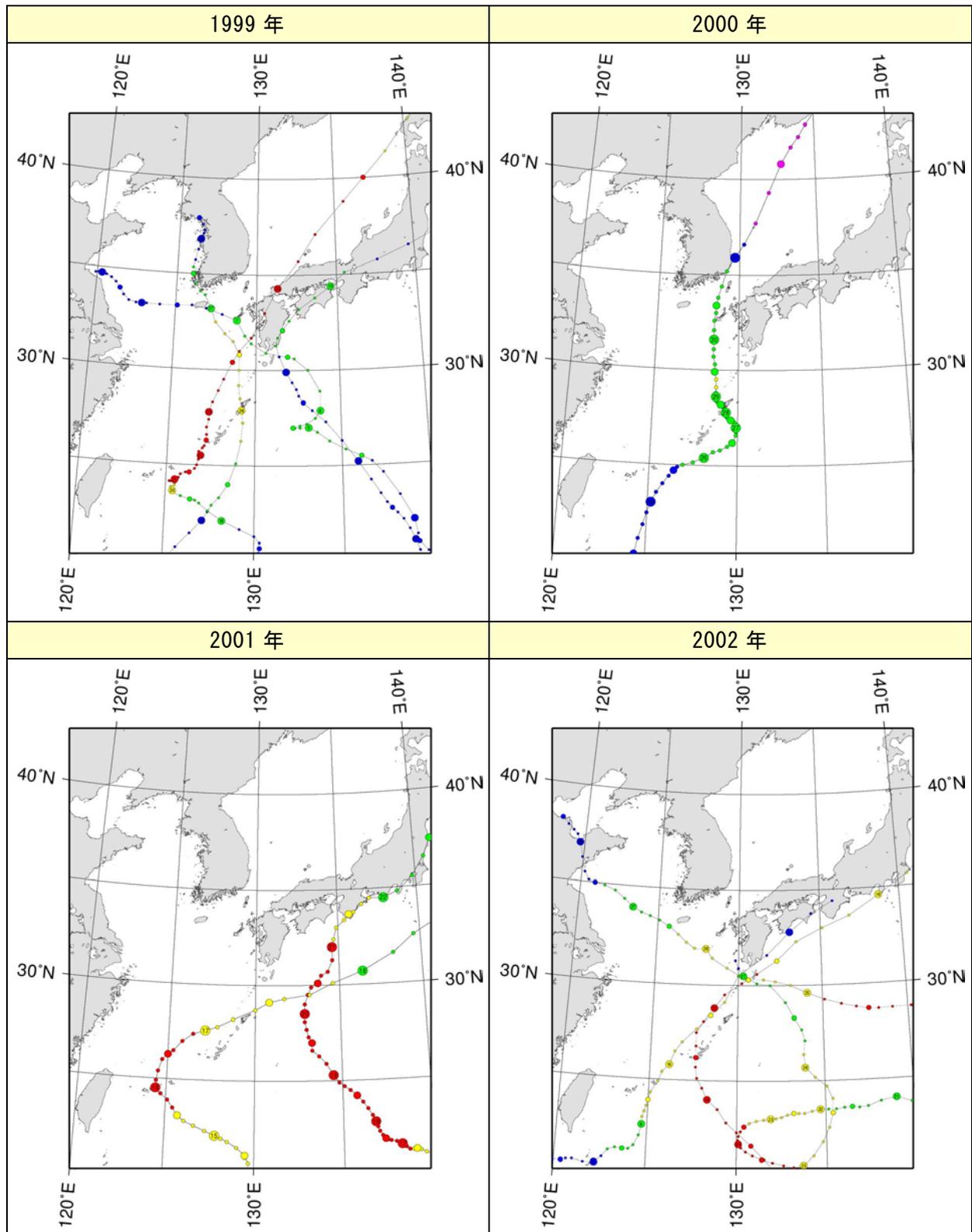


図 23(3) 台風経路図(1999 年~2002 年)

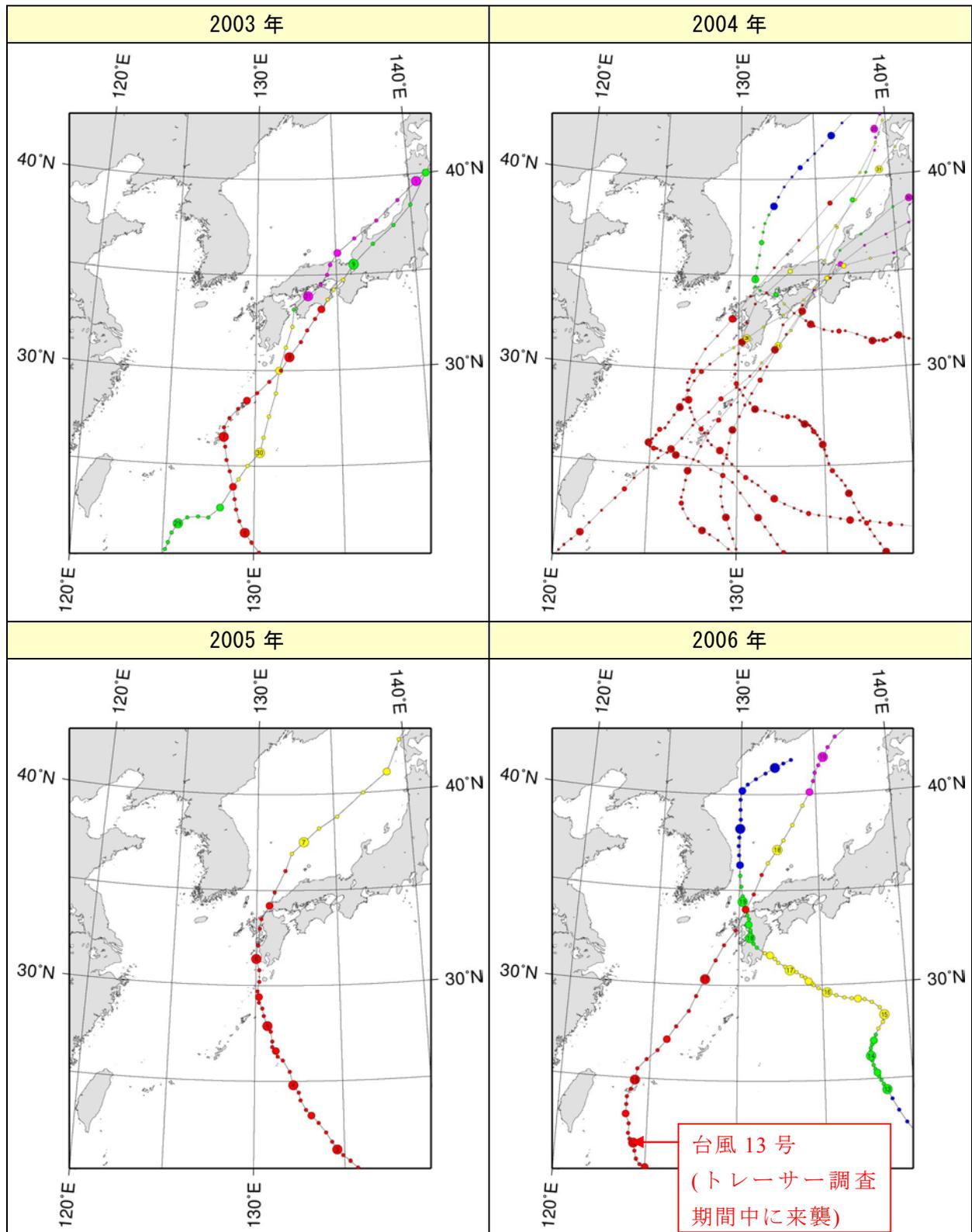


図 23(4) 台風経路図(2003年~2006年)

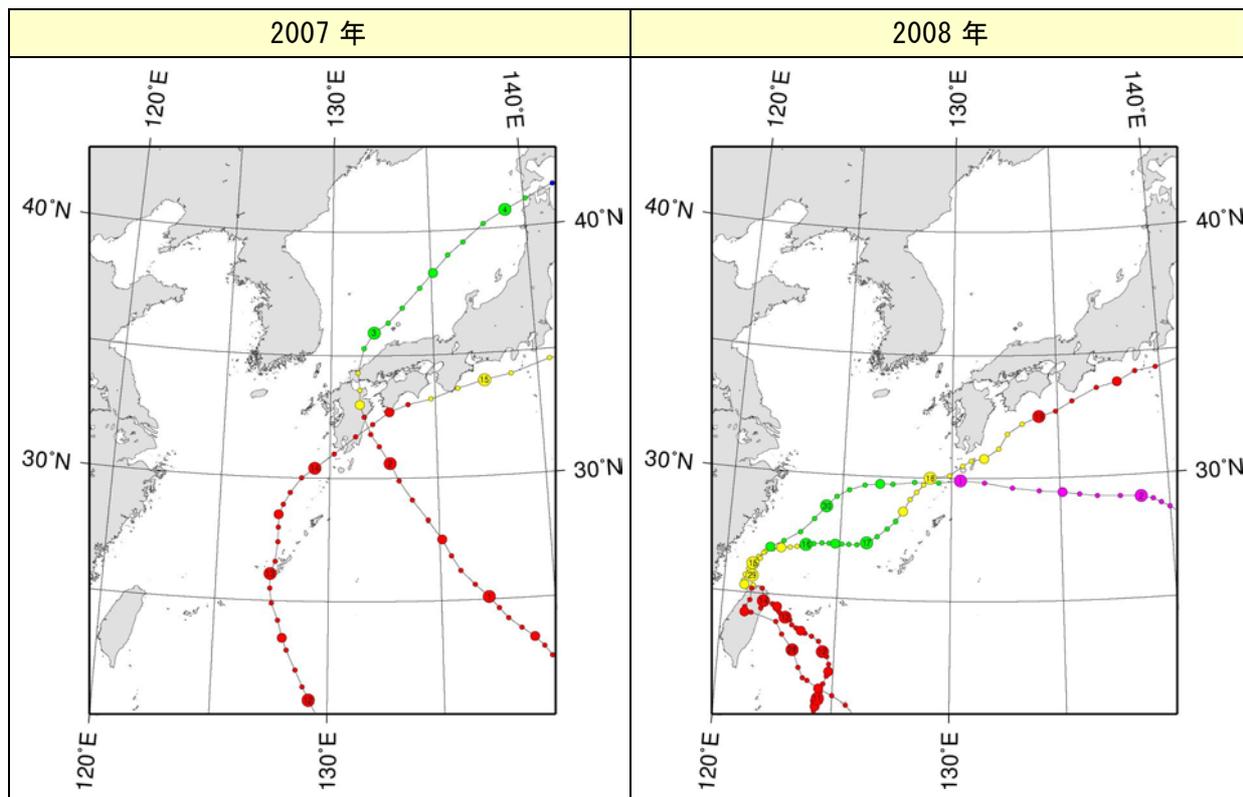


図 23(5) 台風経路図(2007年～2008年)