

図-6. 10. 1. 65 (1) 平均波向別有義波高出現頻度の平面分布 (春季)

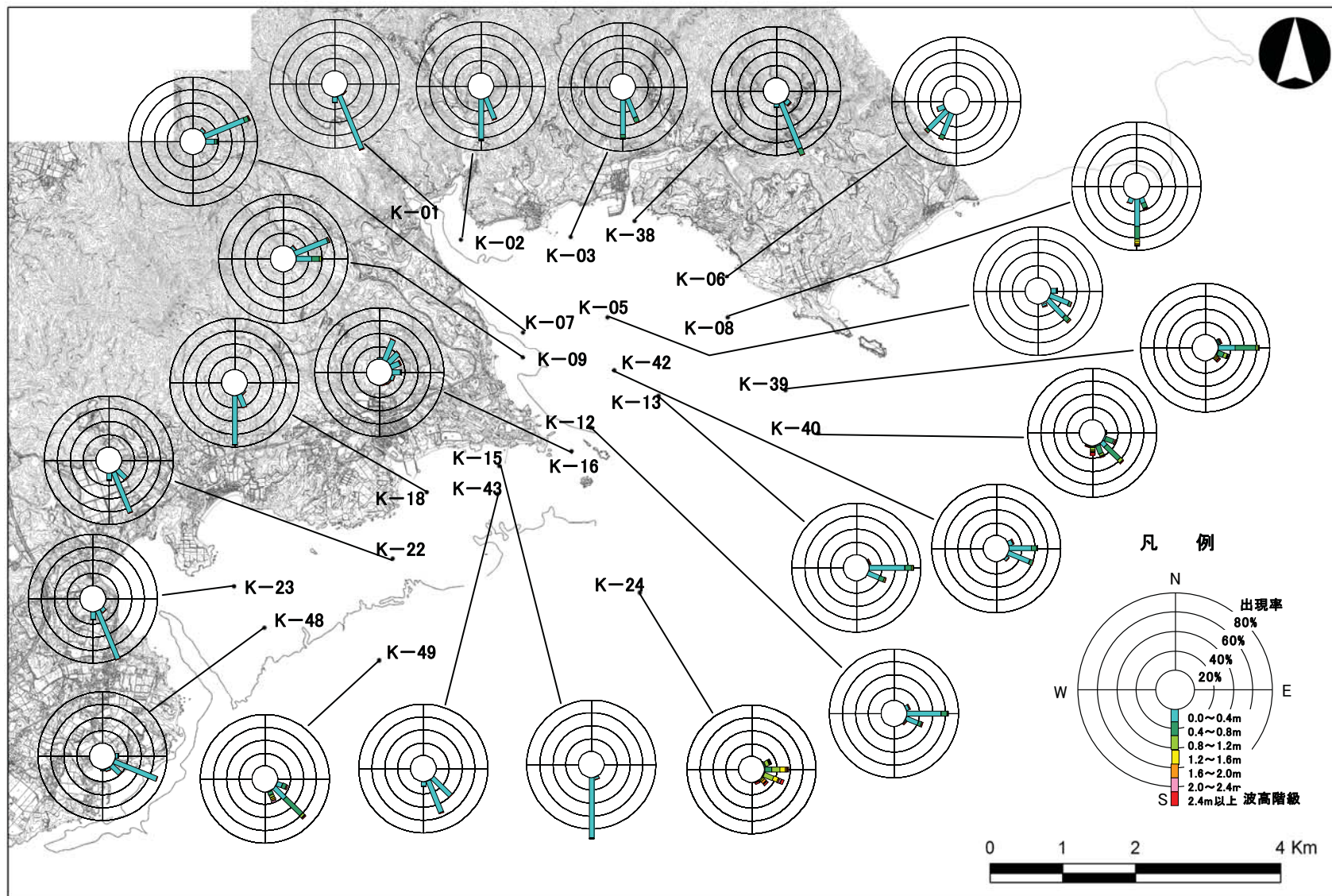


図-6. 10. 1. 65 (2) 平均波向別有義波高出現頻度の平面分布 (夏季)

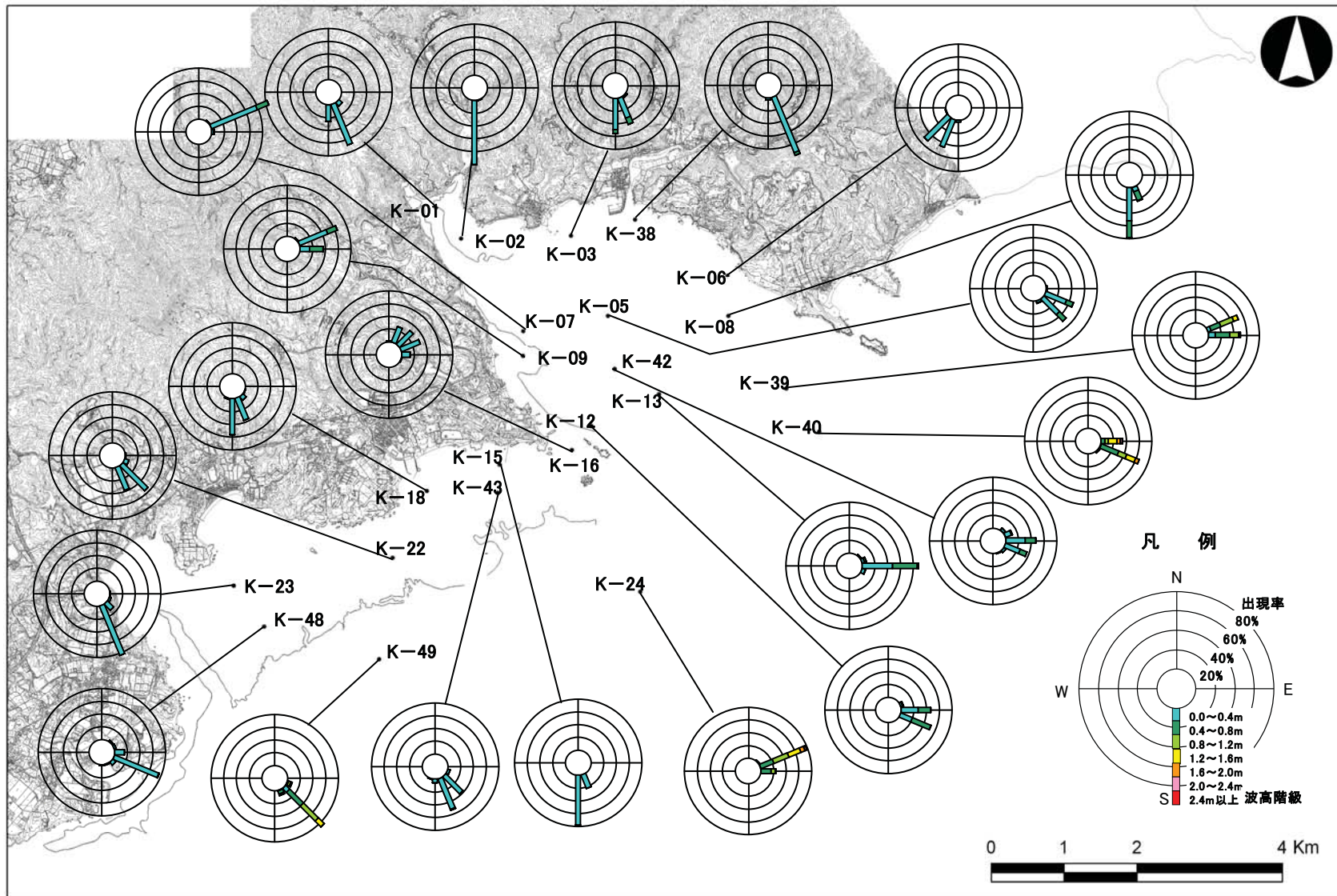


図-6. 10. 1. 65 (3) 平均波向別有義波高出現頻度の平面分布 (秋季)

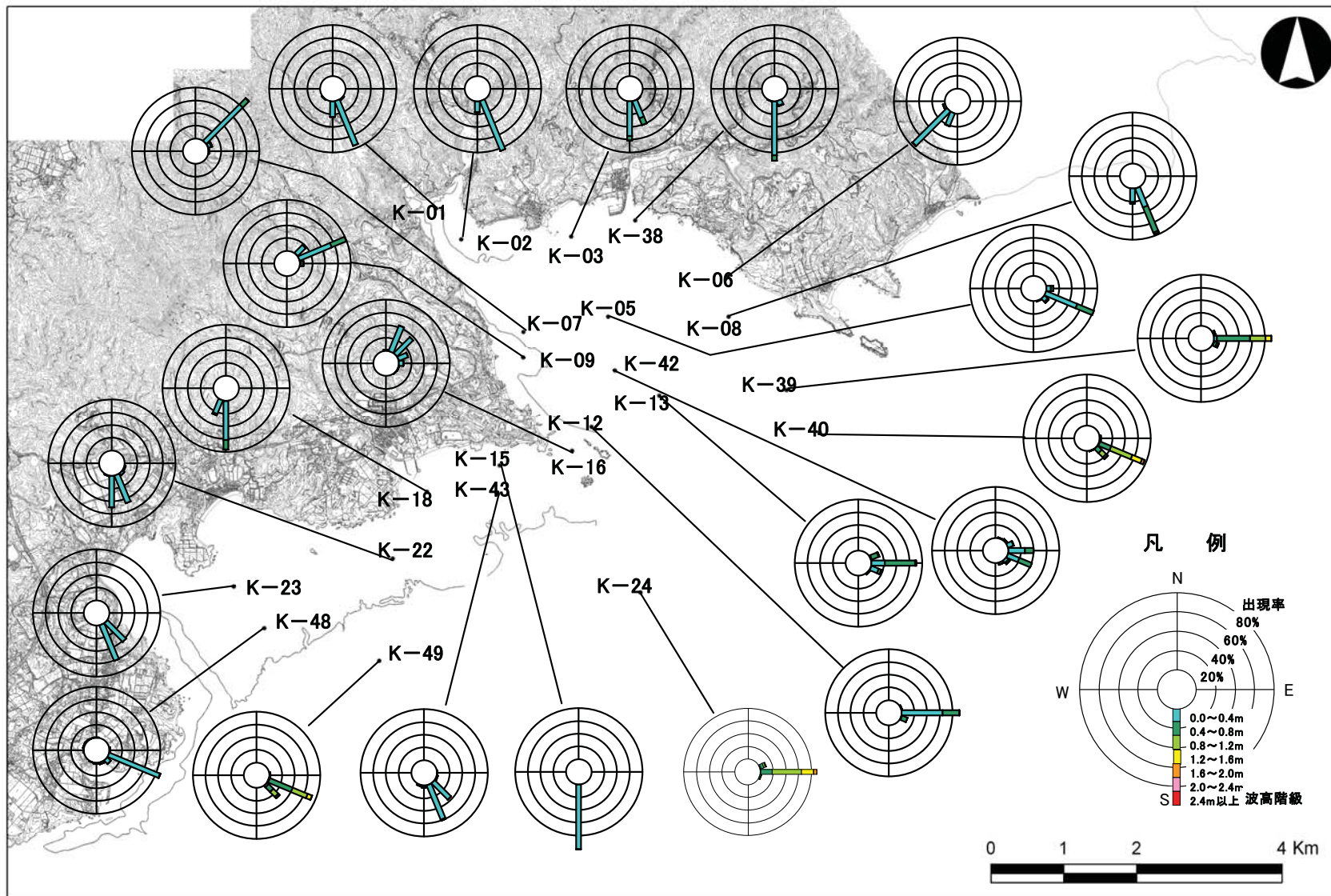


図-6. 10. 1. 65 (4) 平均波向別有義波高出現頻度の平面分布 (冬季)

(ウ) 異常時の波浪

夏季調査期間中に台風が沖縄島付近を接近した以下の観測期間における波浪を異常時とみなして観測結果を整理しました。

【夏季調査結果中の波浪のうち異常時とみなした期間】

- ・平成20年7月17～18日（台風第7号）
- ・平成20年7月26～29日（台風第8号）
- ・平成20年8月20～21日（台風第12号）

ア) 波高及び周期

上記の異常時における波浪（有義波）の概況を表-6.10.1.24に示します。

沖縄島に最も接近した台風第8号接近時（7月26～29日に襲来）には、有義波高の最大値は沖合で3mを超えており、大浦湾奥部（K-1）でも0.5m程度の波高となっていました。また、辺野古前面のリーフ上でも、0.3～0.5mの波高が観測されました。

周期は最大で9～10秒となっており、うねり性の波浪がリーフ内まで到達していたことが推察されました。

大浦湾口部の北東側（K-39、K-40）では、最大で3m程度の波高が観測されましたが、南西側の深部に沿った地点の波向は1m前後であり、北東側に比べて低い傾向にありました。

イ) 波向

上記の異常時における波向の概況を図-6.10.1.66に示します。

沖合では東南東～南の波向が最も多くみられました。また、大浦湾沿岸や辺野古リーフ上では、海岸線に直角に交わる方向もしくはその方向からわずかに大浦湾口部へ偏った方向からの波向が多く観測され、地形による屈折等の影響を受けながら、外洋からの入射波の波向も反映する傾向が認められました。大浦湾中央部では、湾口方向である東南東の波が多く観測されました。

表-6. 10. 1. 24 異常時（台風接近時）の各調査地点における有義波の概況

調査地点		形式	有義波高 (m)			有義波周期 (sec)		
			最大	最小	平均	最大	最小	平均
大浦湾内	K-1	水圧式	0.48	0.11	0.25	5.6	2.2	4.3
		起時・波向	7/28 1:00			SSE	8/20 19:00	
	K-2	超音波式	0.51	0.13	0.27	6.7	3.8	5.1
		起時・波向	7/28 1:00			SSE	8/20 19:00	
	K-3	超音波式	0.95	0.34	0.59	7.7	3.7	5.1
		起時・波向	7/27 1:00			SSE	8/20 10:00	
	K-5	超音波式	0.98	0.33	0.63	6.1	3.7	4.8
		起時・波向	7/27 1:00			SE	8/20 21:00	
	K-6	水圧式	0.84	0.19	0.52	8.8	3.3	5.4
		起時・波向	7/17 6:00			SW	8/20 21:00	
	K-7	超音波式	0.84	0.27	0.51	5.8	3.5	4.5
		起時・波向	7/28 1:00			E	7/17 6:00	
	K-8	超音波式	2.06	0.47	1.31	9.5	4.5	6.8
		起時・波向	7/27 17:00			SSE	8/20 11:00	
K-9	超音波式	1.14	0.31	0.65	7.1	3.9	5.7	
	起時・波向	7/28 1:00			E	7/17 2:00		ENE
K-12	超音波式	1.09	0.27	0.62	6.5	4.3	5.3	
	起時・波向	7/27 1:00			ESE	7/17 12:00		ESE
K-13	超音波式	1.14	0.34	S	6.1	3.5	4.7	
	起時・波向	7/26 23:00			NNE	8/20 21:00		E
リーフ内	K-15	水圧式	0.36	0.07	0.24	8.9	1.8	5.5
		起時・波向	8/20 7:00			S	8/21 20:00	
	K-16	水圧式	0.49	0.11	0.27	10.1	5.5	7.8
		起時・波向	7/27 2:00			NNE	8/20 16:00	
	K-18	水圧式	0.35	0.04	0.18	9.9	3.0	6.8
		起時・波向	7/17 5:00			SSE	8/20 13:00	
	K-22	水圧式	0.44	0.06	0.22	9.5	3.8	6.6
		起時・波向	8/20 8:00			SSE	8/20 8:00	
	K-23	超音波式	0.33	0.05	0.17	7.7	2.1	5.5
		起時・波向	7/28 1:00			SSE	8/20 4:00	
沖合	K-24	超音波式	3.07	0.98	1.87	9.7	5.6	7.4
		起時・波向	7/28 4:00			ESE	8/20 13:00	
大浦湾内	K-38	水圧式	0.76	0.26	0.51	5.9	3.4	4.5
		起時・波向	7/28 12:00			SSE	7/26 14:00	
沖合	K-39	超音波式	2.88	0.80	1.87	10.2	5.7	7.6
		起時・波向	7/27 1:00			ESE	8/20 13:00	
沖合	K-40	超音波式	3.10	0.98	1.97	10.6	5.6	7.7
		起時・波向	7/27 0:00			S	8/20 9:00	
大浦湾内	K-42	超音波式	0.87	0.28	0.55	5.8	4.0	4.9
		起時・波向	7/28 1:00			ESE	8/20 11:00	
リーフ内	K-43	水圧式	0.49	0.06	0.23	7.9	3.7	6.2
		起時・波向	7/17 6:00			SSE	8/20 21:00	
リーフ内	K-48	水圧式	0.34	0.03	0.17	9.0	2.6	5.9
		起時・波向	7/17 6:00			ESE	7/28 10:00	
沖合	K-49	超音波式	2.56	0.78	1.61	9.2	5.6	7.1
		起時・波向	7/28 9:00			SSE	8/20 13:00	

注) 平成20年7月17～18日(台風7号)、7月26～29日(台風8号)及び8月20～21日(台風12号)の台風接近時の観測結果を整理・解析しました。

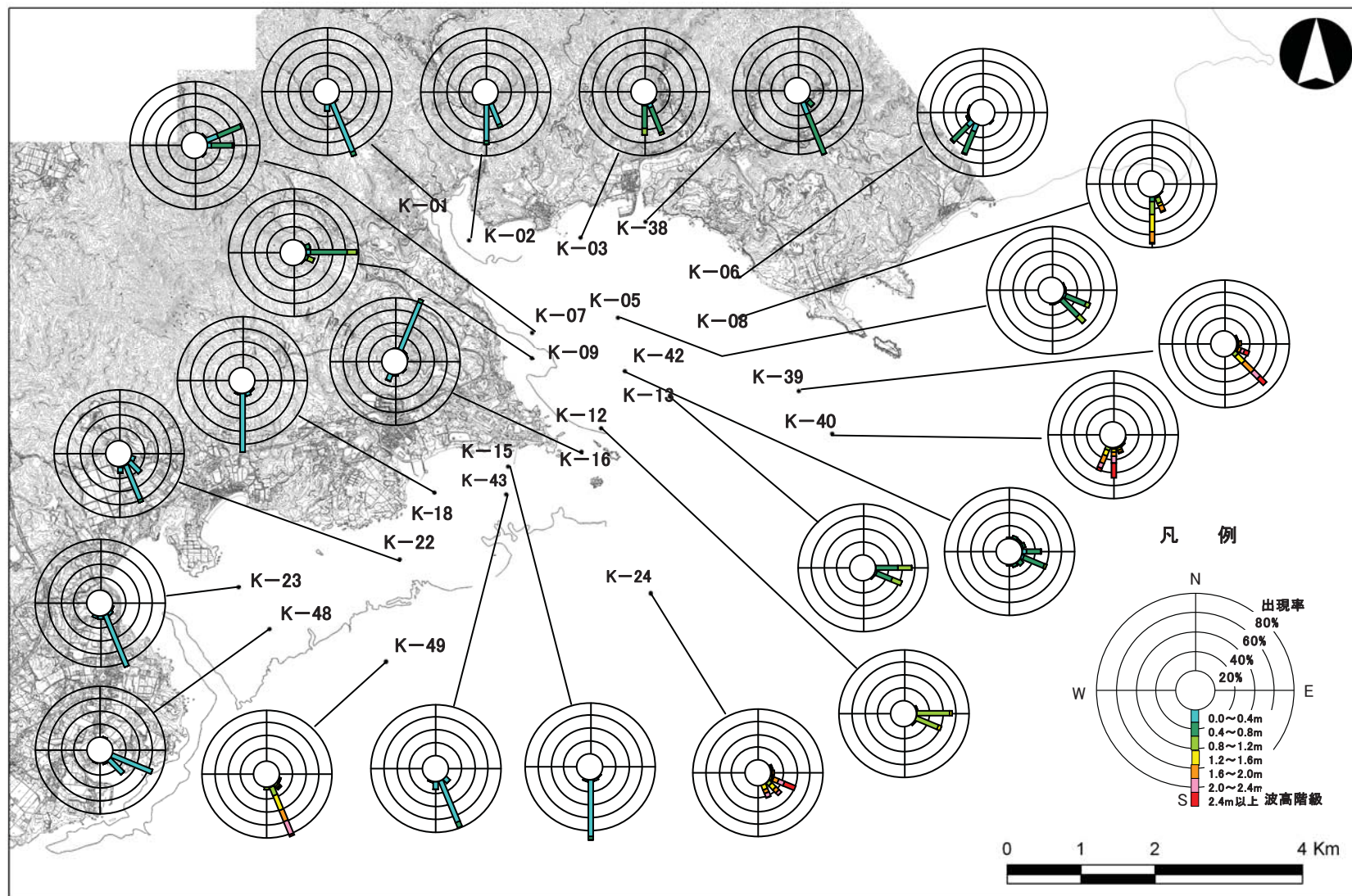


図-6.10.1.66 異常時における平均波向別有義波高出現頻度の平面分布

注) 平成20年7月17~18日(台風7号)、7月26~29日(台風8号)及び8月20~21日(台風12)の台風接近時の観測結果を整理・解析しました。

### 3) 調査結果のまとめ

#### (a) 砂浜の分布、形状（汀線測量）

##### a) 砂浜の分布状況

砂浜の分布状況については、1/5,000 地形図及び現地踏査により、図-6.10.1.67に示す範囲で調査を行いました。このうち、「辺野古地区」と「大浦・汀間地区」における砂浜の分布状況を図-6.10.1.68に示します。

辺野古地区については、岩礁に挟まれたポケットビーチが散在しますが、辺野古漁港東側には比較的規模の大きな砂浜が分布しています。また、大浦・汀間地区については、水深が浅く波も穏やかな干潟的環境であり、砂浜の発達はほとんどみられません。瀬嵩地先には比較的規模の大きい砂浜がみられます。

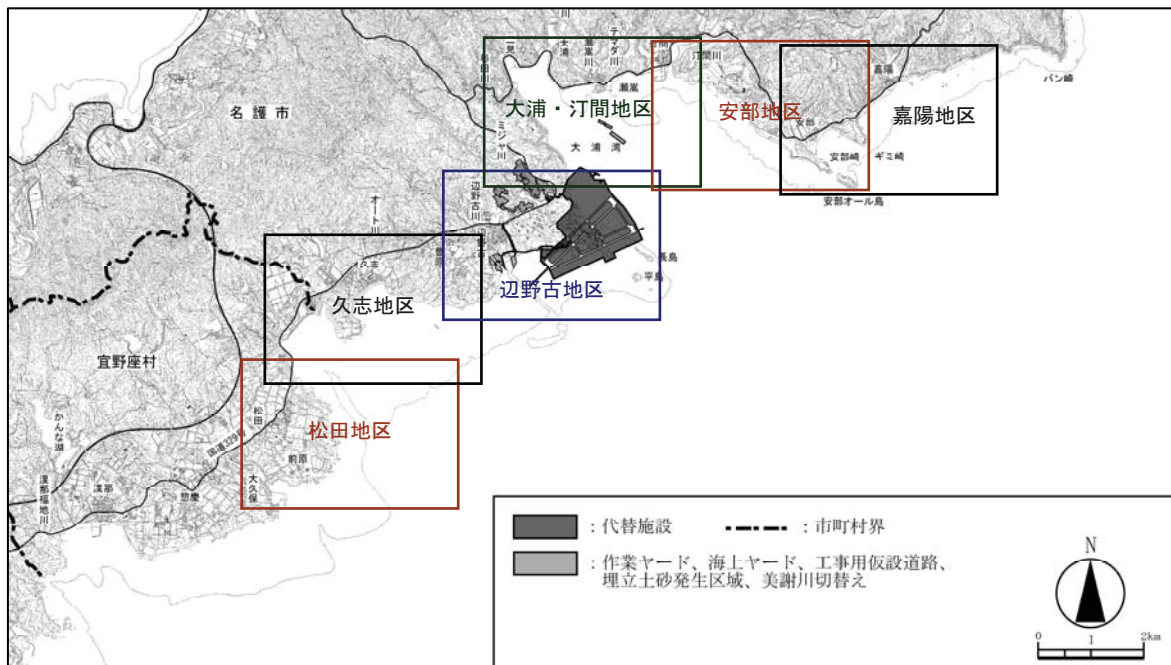


図-6.10.1.67 砂浜の分布状況の調査範囲



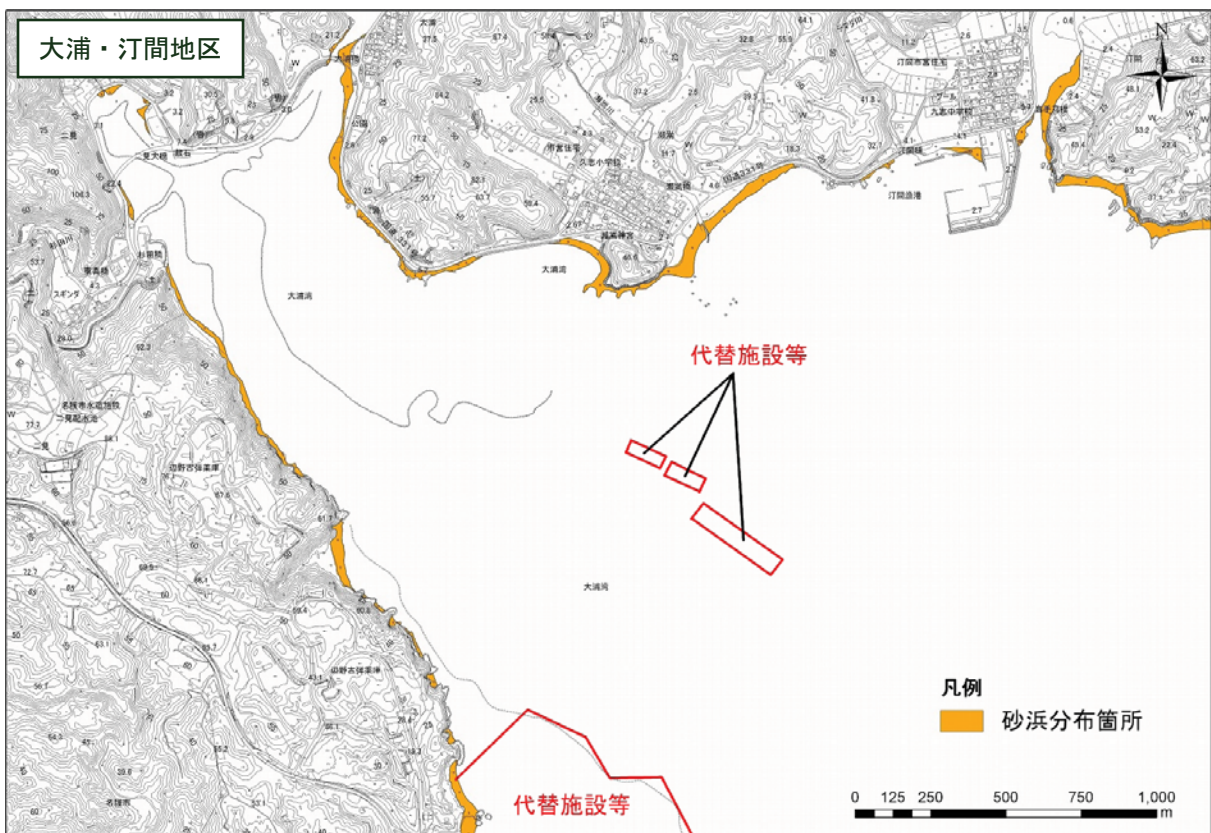
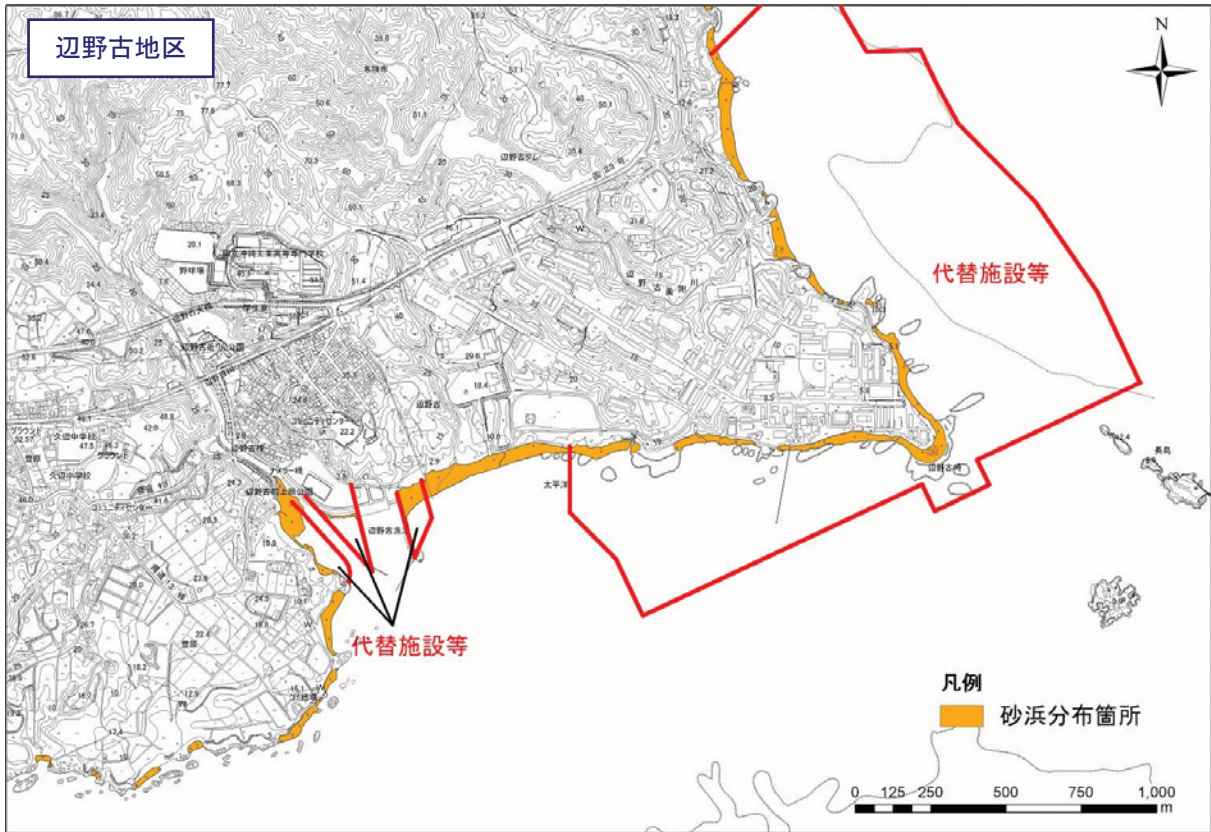


図-6.10.1.68 砂浜の分布状況（辺野古地区、大浦湾奥・辺野古地区）

b) 砂浜の形状（汀線測量）

調査位置の詳細を図-6.10.1.69に示します。また、前述した「辺野古地区」と「大浦・汀間地区」の代表的な測線における横断測量結果を図-6.10.1.70に示します。

当該地域の砂浜前面には、所々に露岩が散在しています。また、後述する図-6.10.1.71及び図-6.10.1.75の土砂堆積厚から、岩盤上に比較的薄く砂層が存在しているものと考えられます。

断面変化については、いずれの海浜においても、一方的に侵食・堆積の傾向を示す箇所はなく、測量期間ごとに侵食と堆積を交互に繰り返している測線が多い状況でした。また、岩礁帯に存在する砂浜では、変化は局所的でした。

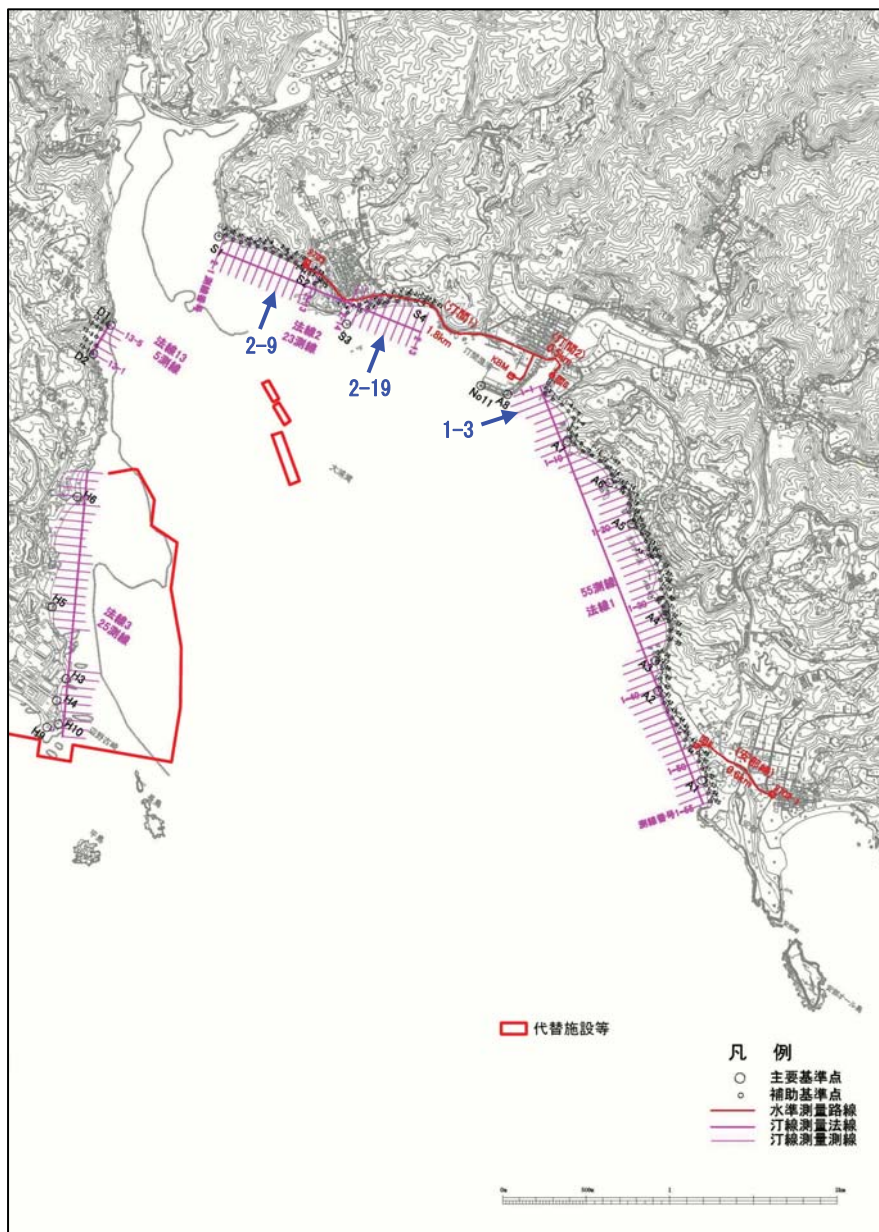


図-6.10.1.69(1) 砂浜の分布と形状調査位置図（法線 1～3、13）

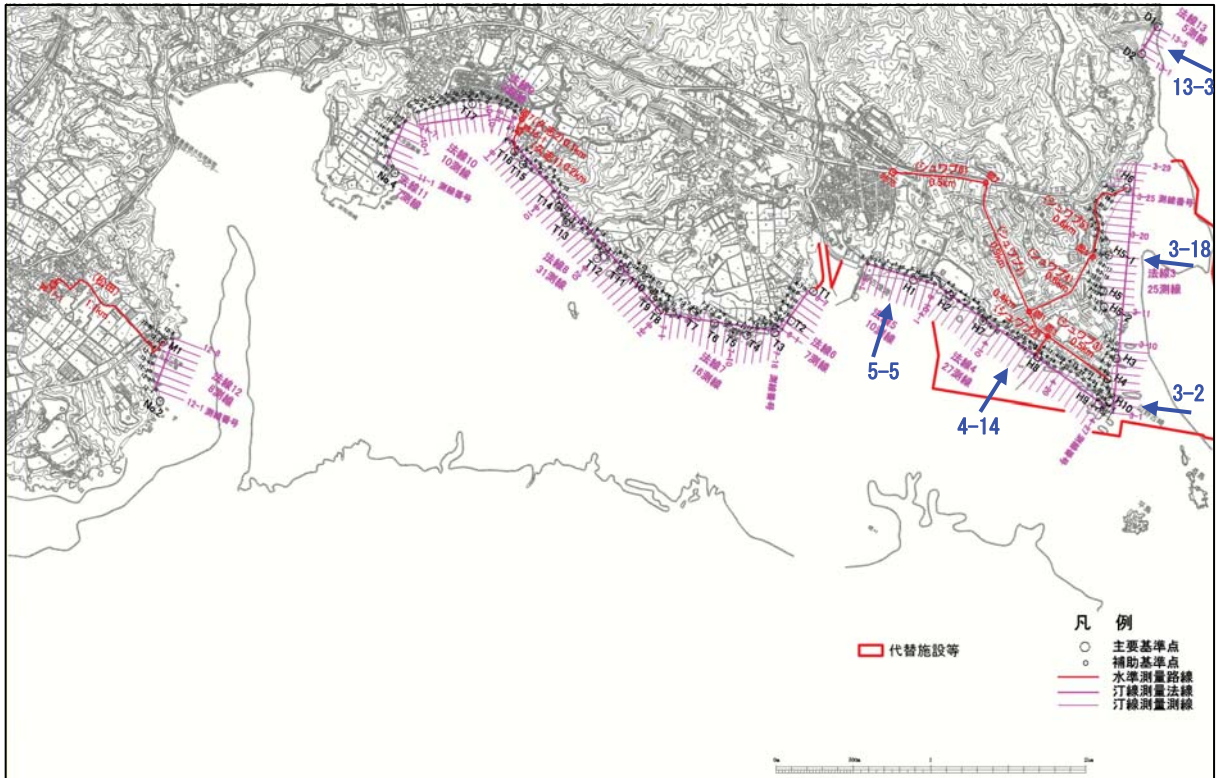


図-6.10.1.69(2) 砂浜の分布と形状調査位置図 (法線 3~13)

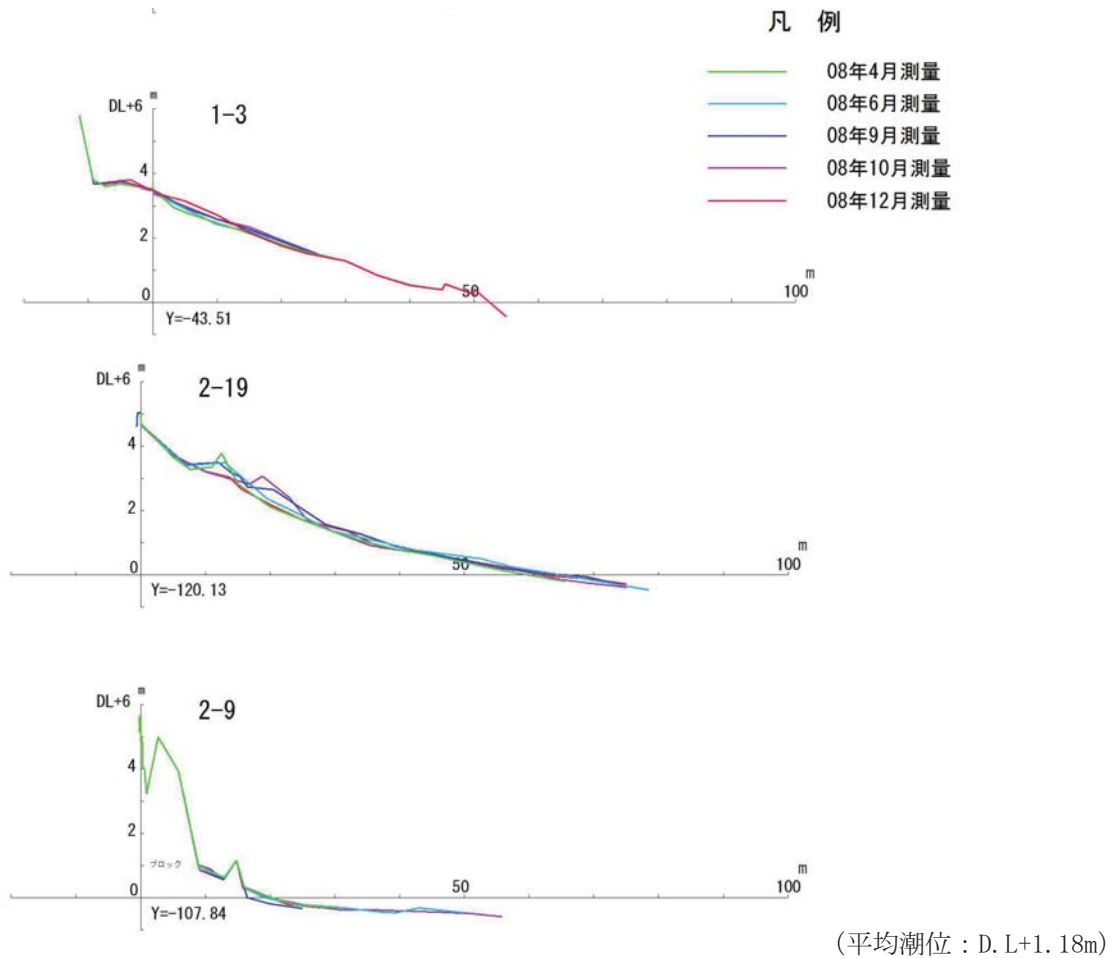
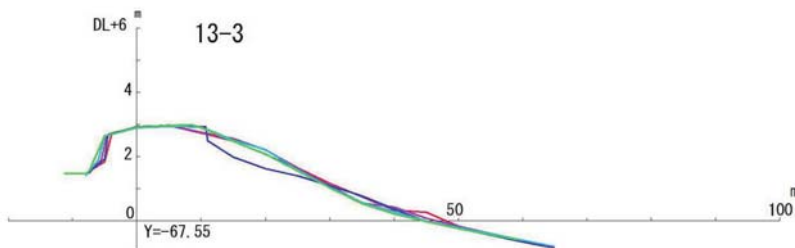
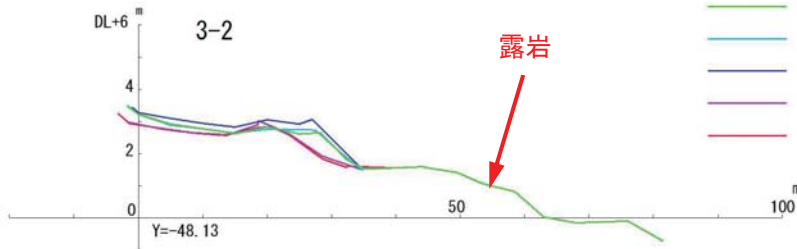
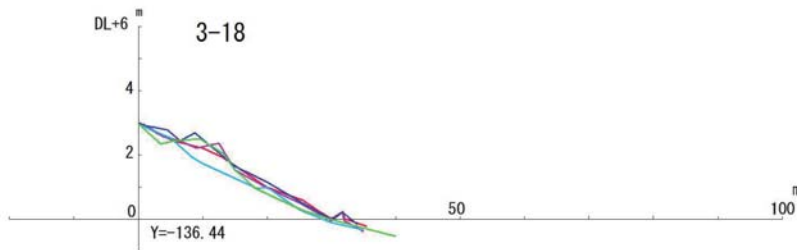
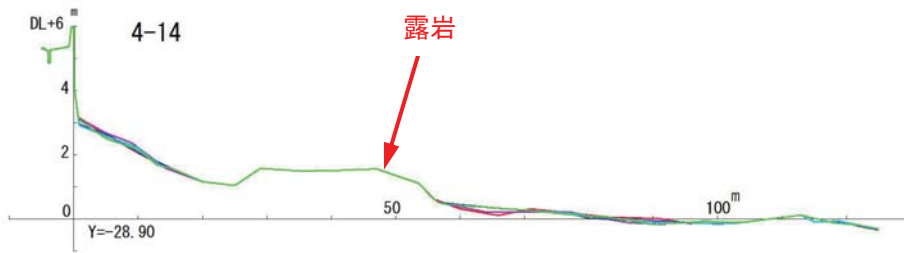
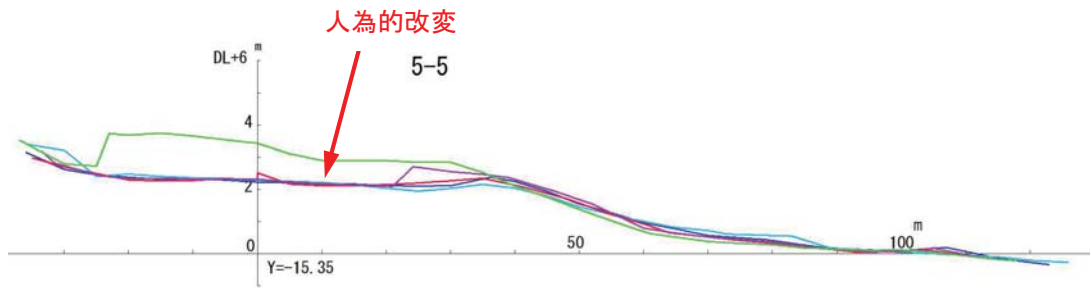


図-6.10.1.70(1) 横断測量結果 (法線 1 及び 2)



凡例

- 08年4月測量
- 08年6月測量
- 08年9月測量
- 08年10月測量
- 08年12月測量

(平均潮位 : D. L+1.18m)

図-6.10.1.70(2) 横断測量結果 (法線 3~5 及び 13)

c) リーフ内の断面形状

平成 20 年 6 月の深浅測量結果及び現存土砂量調査結果をもとに、図-6.10.1.72に示す測線 L26 及び L30 の断面形状を解析しました。解析結果を図-6.10.1.71に示します。リーフ内（リーフエッジから海岸まで）は、凹凸が多い複雑な断面形状になっており、凹部に多く砂が溜まっています。

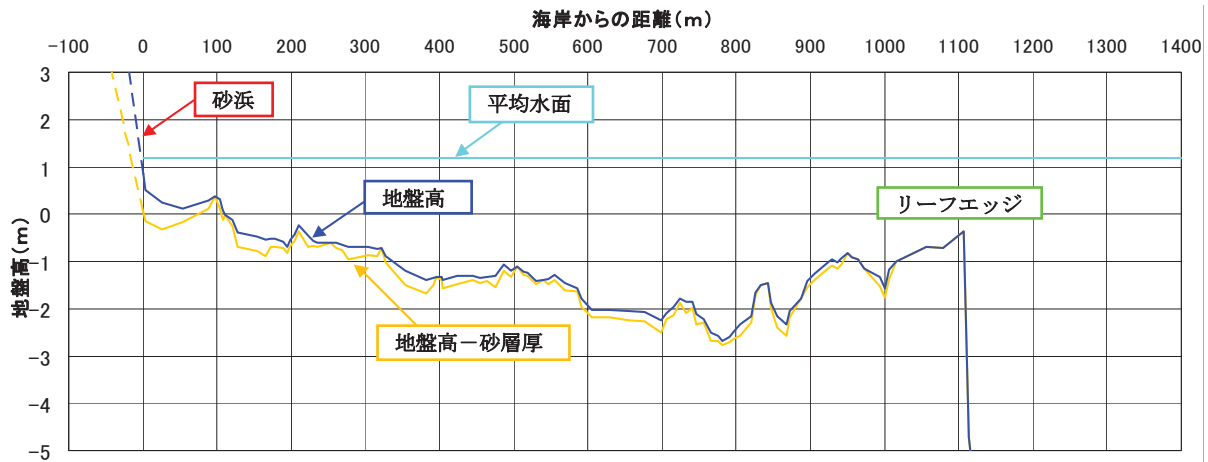


図-6.10.1.71(1) リーフ内の断面形状（L26 断面：海岸から 1250m まで）

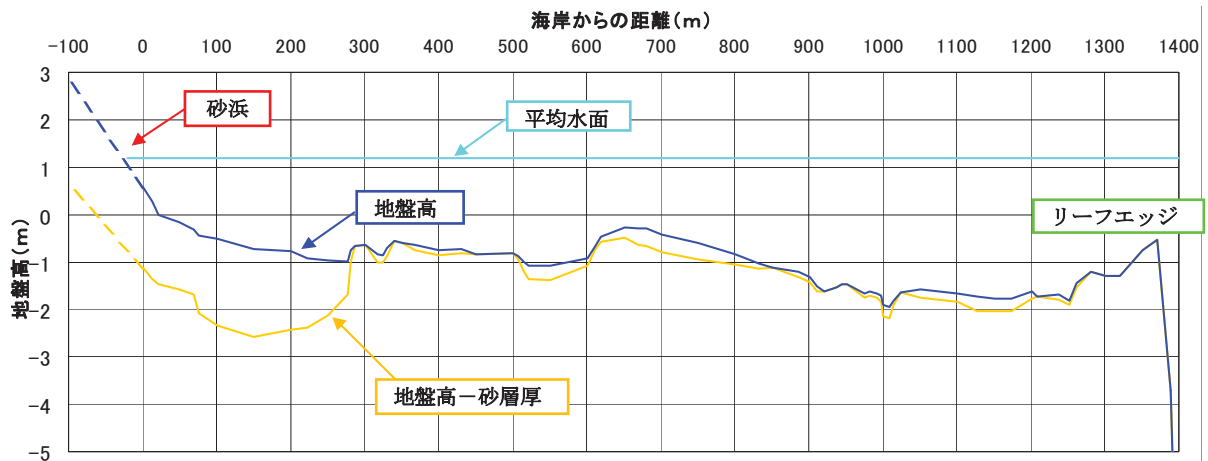


図-6.10.1.71(2) リーフ内の断面形状（L30 断面：海岸から 1430m まで）

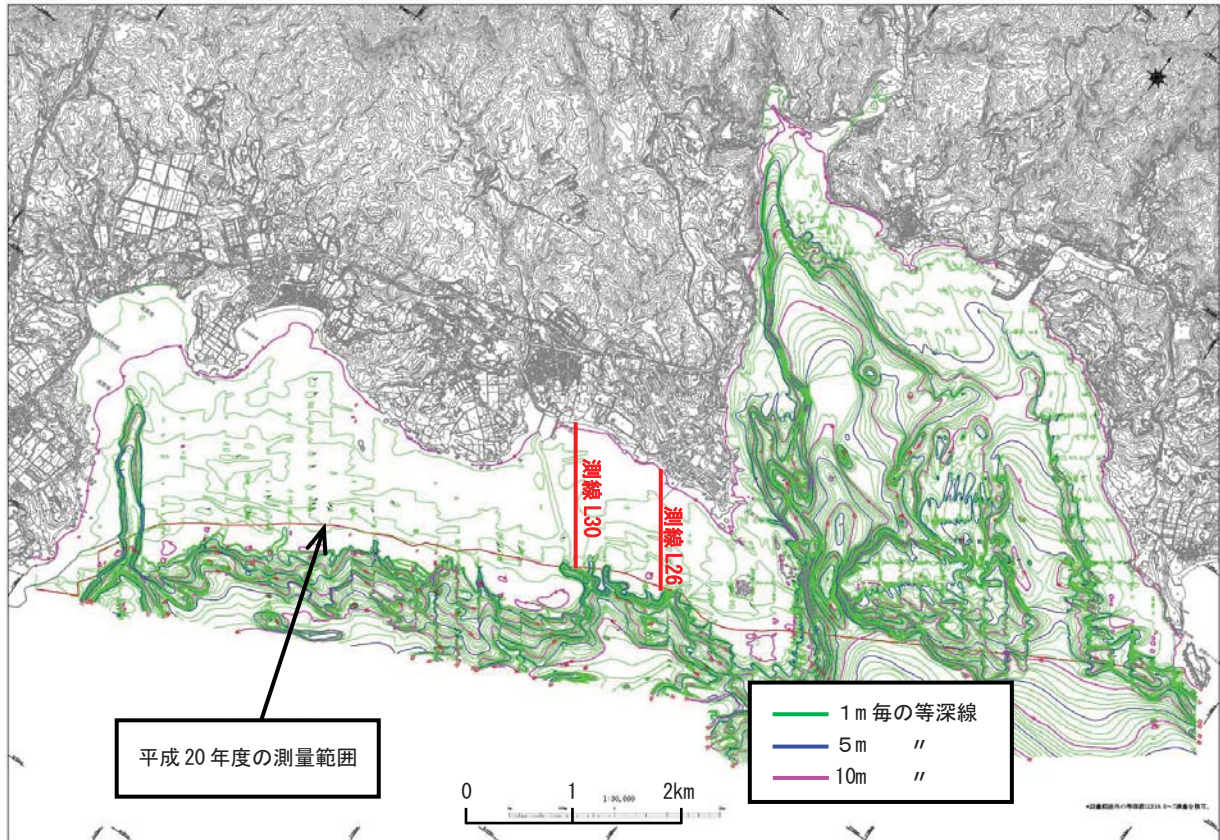


図-6.10.1.72 リーフ内の断面形状解析位置

(b) 地盤高（深淺測量）

a) 海底地形

深淺測量により得られた等深淺図を図-6.10.1.73に示します。また、当該海域の海底地形の状況についてとりまとめた結果を、表-6.10.1.25に示します。なお、ここでは、後述する「6.13 海域生物」における重要な分布状況や「6.19.1 海域生態系」における動植物の種の構成において整理した7つの海域区分に着目して整理を行いました。

表-6.10.1.25 海域区分ごとの海底地形及び底質分布の状況

海域区分	海底地形、底質分布の状況
松田～豊原地先 辺野古地先	<ul style="list-style-type: none"><li>・海岸から1～1.5kmの遠方までの範囲にリーフがみられ、その最浅部は最干時に海面から露出します。</li><li>・リーフの外洋側は、非常に複雑な礁地形となっており、水深40mまで急斜面を形成しています。また、リーフを切るように、名護市～宜野座村境界付近に水深10mの谷地形がみられます。</li><li>・リーフ内は、岸側は礫質・砂質からなる比較的平坦な地形であり、沖側はサンゴ・岩などにより小規模で複雑な地形が広く分布しています。</li><li>・潟原、久志及び辺野古漁港の前面には、平坦な干潟が形成されています。</li></ul>
大浦湾西部 大浦湾奥部	<ul style="list-style-type: none"><li>・辺野古崎側ではキャンプ・シュワブ内の大浦ビーチ付近に水深5mの張り出しが見られるほかは、海岸線付近から急斜面となって大浦湾に侵入する海底谷へと至っています。</li><li>・海底谷の深さは69mで海釜状の地形を呈しており、水深5mにおける最も狭い幅は約400mです。この谷は、辺野古側の海岸線に平行に大浦湾奥の二見付近まで、約4kmの長さで、当該海域では特異的なシルト・粘土分の多い底質が帯状に分布しています。</li><li>・汀間漁港から瀬嵩を経て大浦に至る海岸には、岩礁やサンゴ礁が存在し、比高は小さいですが、複雑な地形となっています。最も湾奥の大浦川及び楚久前面には、砂泥が干潟を形成しています。</li><li>・大浦湾中央付近では、細砂分の多い締まった底質となっています。</li></ul>
大浦湾口部	<ul style="list-style-type: none"><li>・湾口ほぼ中央にリーフが形成されており、その最浅部は局部的に0mよりも浅くなっています。その背後（湾内）にも、10m等深線で囲まれる非常に複雑な地形が存在し、両者を合わせた規模は、湾口方向に1.5km、湾奥方向に2kmの幅があります。</li></ul>
大浦湾東部	<ul style="list-style-type: none"><li>・海岸から0.5km付近まで、リーフや岩礁がみられ、一部干出します。</li><li>・比較的緩やかな海底谷が入り込んでいますが、大浦湾西部の谷のような海釜地形を持たず、水深25mの緩やかな高まりによって外洋と区分されます。これらの谷地形の底は、緩やかで比較的平坦な地形となっており、堆積物に覆われているものとみられます。</li></ul>
安部～嘉陽地先	<ul style="list-style-type: none"><li>・海岸から1km付近までリーフや岩礁がみられ、リーフ内の岸側は砂礫質からなる比較的平坦な地形であり、沖側は岩礁により小規模で複雑な地形となっています。</li></ul>

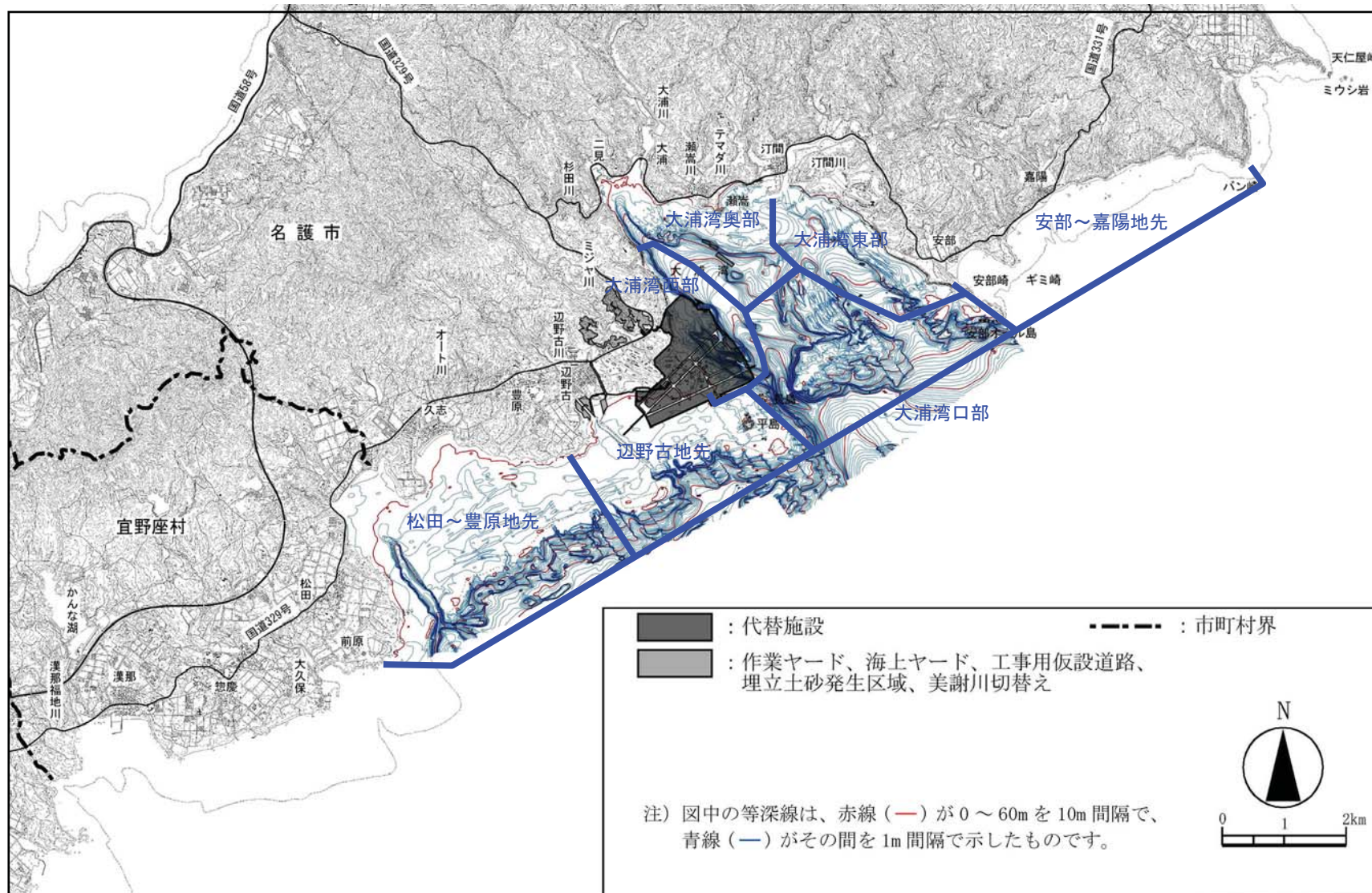


図-6.10.1.73 海域区分と等深浅図



## b) 水深変化

台風期前後の調査結果の比較により、大浦湾内の水深 20m 以深の谷状地形において 20cm 程度の堆積傾向がみられました。一方、水深 10m 以浅の海域では、堆積域と侵食域が小規模に散在しており、変化量は概ね 10cm 以下でした。また、平成 19 年度の調査では、図-6.10.1.74に示すとおり、堆積・侵食傾向はほぼ同様であり、変化量はより大きな規模の台風来襲などの影響でやや大きい状況でした。

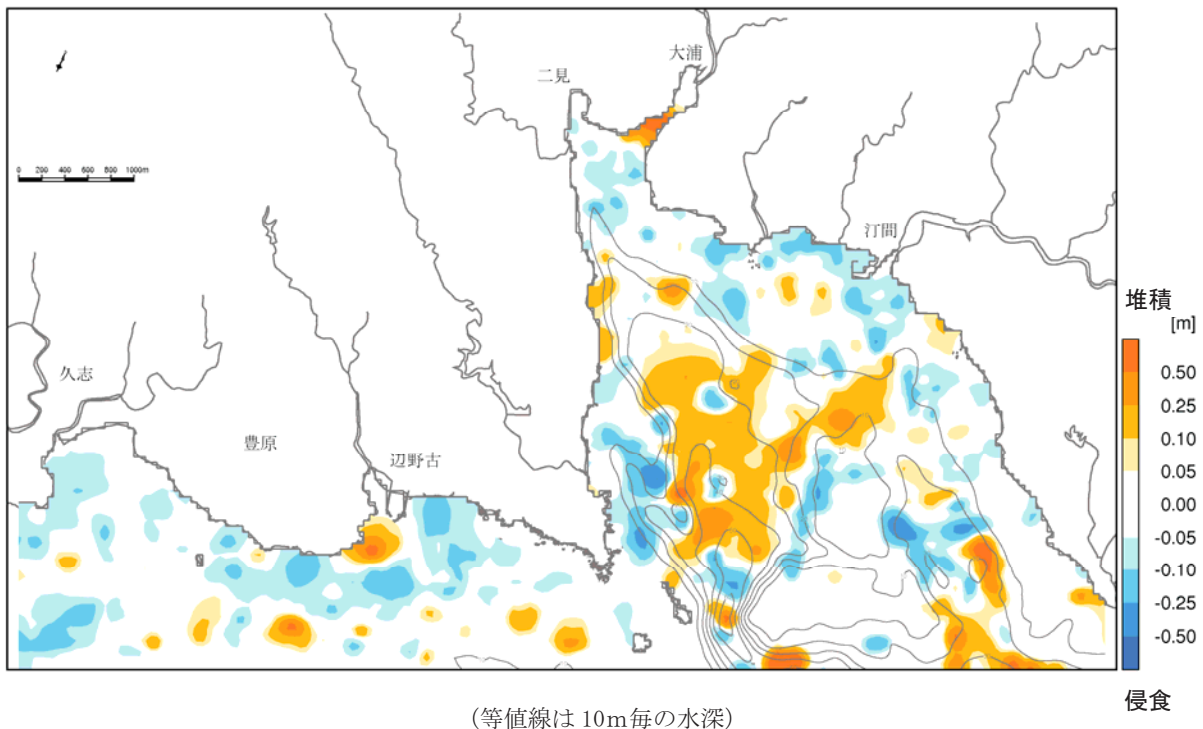


図-6.10.1.74 平成 19 年台風期前後の地形変化（前後の深浅測量結果の比較より）

## (c) 底質分布（粒度組成）

当該海域の底質は、全体では中砂分を主体とする砂質であり、大浦湾沿岸部や辺野古前面のリーフ上では細砂以上の砂分や礫分が多く分布しており、大浦湾中央付近では細砂分の多い締まった底質となっています。さらに、大浦湾南西側の水深の深い部分には、当該海域では特異的にシルト・粘土分の多い底質が深みに沿って帯状に分布していることがうかがわれました。

当該海域の底質分布の状況については、海底地形の状況とともに海域ごとにとりまとめた結果を表-6.10.1.25に示しました。

台風期前後において水深の浅い地点で粗粒化及び細粒化を示す傾向が散見されましたが、大きな変化はありませんでした。

(d) 海域の現存土砂量

a) 堆積厚調査

海域の現存土砂量について、深浅測量調査における音響測深機（底質探査装置）による記録から、堆積厚を解析することにより求めました。具体的には、音響測深記録における特徴的な記録（表層に見られる縞状の記録がスタレ状に変化する位置）を表層堆積物の下面位置に相当するものとして、海底面からの厚さを読み取りました。なお、使用した音響測深器は、高周波（200kHz）と低周波（5～10kHz）を同時発信するもので、堆積厚を示す縞状の記録は低周波で記録されます。

平成19年7月における現地調査結果をもとに土砂堆積厚の分布を解析した結果を図-6.10.1.75に示します。ここで、平成19年7月の調査結果は平成20年度の調査結果よりも調査範囲が広いこと、両者が重複する範囲での全般的な特徴は同様であることから、平成19年7月の調査結果をもとに解析を行いました。

特徴のひとつとして、リーフエッジ周辺においては、底質の堆積厚が非常に小さい状況が挙げられます。波による底面摩擦応力が大きく、粒径の小さい底質が定着しにくい環境になっていると考えられます。

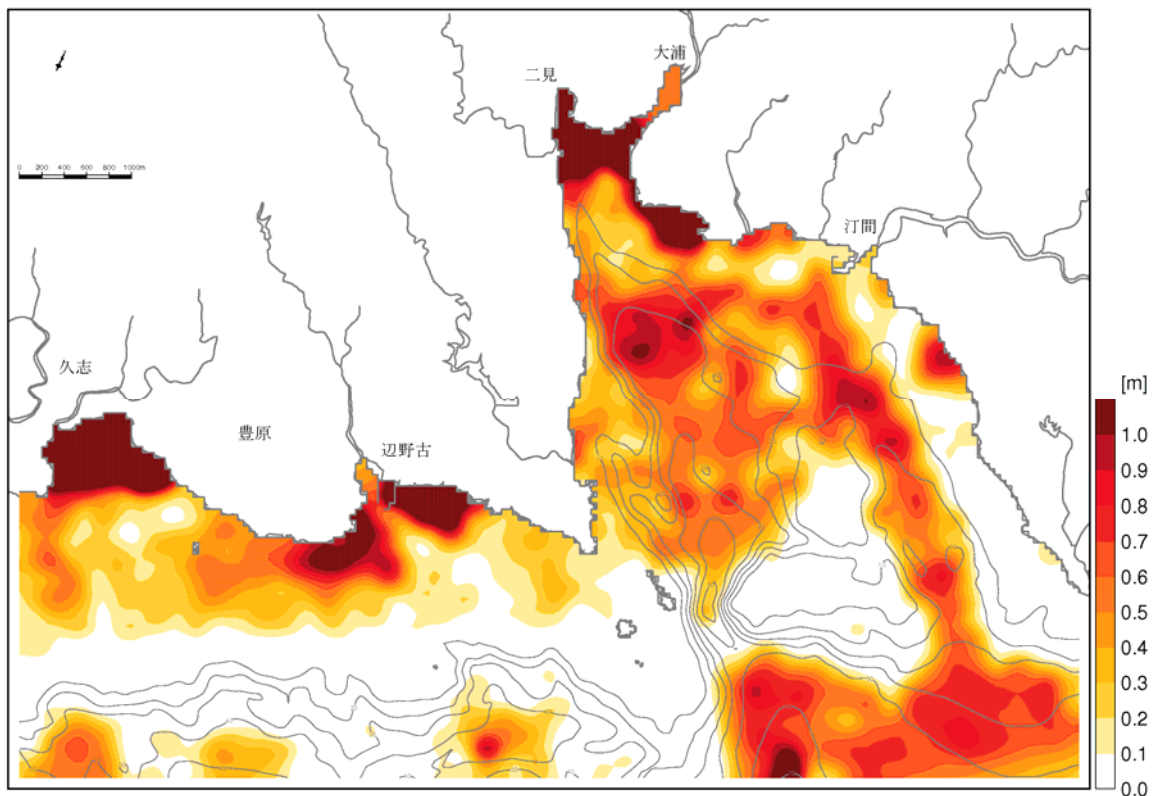


図-6.10.1.75 現地調査結果をもとに作成した土砂堆積厚の平面分布

注) 図中の等深線は10m間隔で示しています。

b) 海陸起源推定のための調査

砂浜及びリーフ内の13箇所で分析試料を採取し、砂中の炭酸カルシウム含有量を分析しました。なお、ここでは、砂中に含まれる炭酸カルシウム分は貝殻やサンゴ片に由来するものとし、その他を陸源性の砂としました。

分析結果を図-6.10.1.76に示します。全般的に炭酸カルシウムからなる現地性の砂が多く、河口部では河川から流入する陸源性の土砂が多くなっていました。

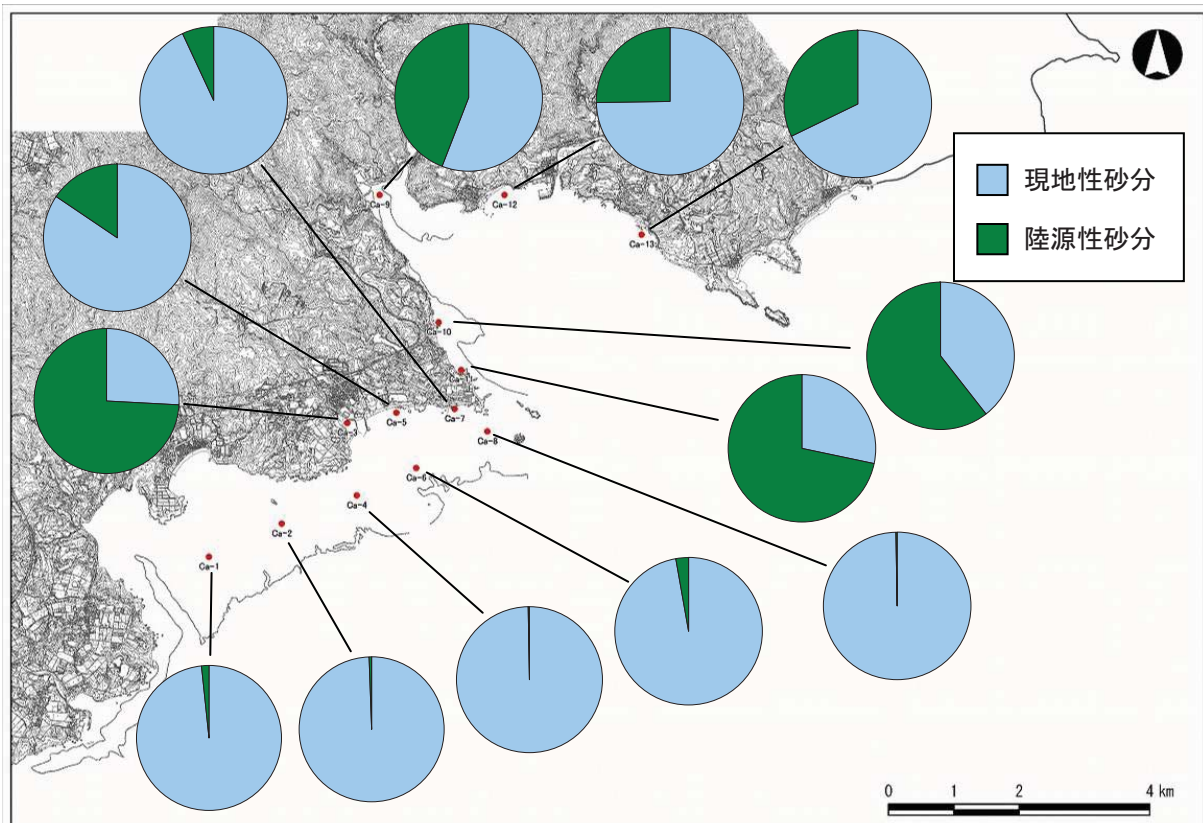


図-6.10.1.76 底質の炭酸カルシウム分析結果（平成20年6月18日調査、重量比）

(e) 陸域からの供給土砂量

a) 降雨時における河川からの供給土砂量

平成20年9月13日に実施した降雨時の現地調査結果によれば、事業区域周辺の主要5河川（辺野古川、美謝川、杉田川、大浦川及び汀間川）の24時間連続観測による日土砂量の合計は約15,000kg/dayでした。容量に換算すると、約5.6m<sup>3</sup>/dayです。現地観測による24時間雨量は85mmであり、名護における年間降水量の年平均値が2,127mmなので、事業区域周辺の河川から供給される土砂量は、 $5.6 \times 2,127 / 85 \div 140$  (m<sup>3</sup>/年)程度と推定されます。

一方、リーフ内の土砂量は平成19年度の現地調査結果（図-6.10.1.75参照）で約660万m<sup>3</sup>、平成20年度調査結果で約600万m<sup>3</sup>と算定されています。よって、

河川から1年間に供給される土砂量は、リーフ内に現存する土砂の1/40,000程度です。

b) 海蝕崖からの供給土砂量

事業区域周辺の3地点で行われた現地調査結果によれば、断面積の平均的な変化量は0.33~0.50m<sup>2</sup>/年でした。3地点平均では0.39m<sup>2</sup>/年です。海蝕崖の総延長は、大きく見積もっても5,000m程度ですから、海蝕崖から供給される総土砂量は最大でも0.39×5,000=1,950≒2,000m<sup>3</sup>/年と見積もることができます。一方、リーフ内の土砂量は前述のように約600万m<sup>3</sup>と算定されているので、海蝕崖から1年間に供給される土砂量は、大きく見積もってもリーフ内に現存する土砂の1/3,000程度です。

なお、波・流れ・風雨等によって侵食された海蝕崖からの土砂は、同じ作用によって海域に対して同時に全てが供給されるのではなく、前面の砂浜等に一旦崩れ落ち、その後の別の作用により海域に供給されるという過程も想定されます。

(f) 漂砂量

捕砂器により捕集された浮遊砂は、シルト分が最小で52%、最大で82%程度と、シルト分が卓越していました。また、台風の接近に際して、濁度が100mg/Lを超える箇所がありました。

(g) 陸域及び海岸域における重要な地形・地質

a) 陸域

事業実施区域は沖縄島北部東海岸に位置しており、地形は主に丘陵地及び台地・段丘が占めています。当該地域の地形は、かつてこの地域が海面下にあつて長期間にわたり波浪による侵食作用を受け、突出部が削剥されて平坦化され、その平坦部に海底堆積物が堆積し、その後、隆起及び海退により陸地化し、風化作用や侵食作用を受けて形成されたものです。

したがって、現在の事業実施区域の丘陵部頂部は、かつては海底であり、段丘面における丘陵地の標高は約80m前後で、これらを侵食して小河川が流路を形成しています。

事業実施区域周囲の陸域には、法律、条例等で定められた重要な地形及び地質（史跡・名勝・天然記念物）はありませんが、学術上又は希少性の観点から重要と判断される地形及び地質として、環境省による「第3回自然環境保全基礎調査」において、名護市や宜野座村をはじめ沖縄本島で一般的にみられる海岸沿いの段丘地形である海成段丘が、自然景観資源に指定されています。

「土地分類基本調査報告書」（沖縄県、平成 3 年）によれば、事業実施区域周囲において地質構造上のブロックごとに段丘面が確認されていることから、本調査では、その分布状況を地形図、空中写真等を用いて把握しました。

#### b) 海岸域

事業実施区域周囲の地質層は、基盤となる国頭層群の嘉陽層（砂岩、千枚岩の互層）を被覆して、琉球層群（琉球石灰岩）や沖積層（砂礫等）が広く分布しています。海岸域の表層地質は、概ね嘉陽層が分布していますが、安部オール島、安部崎周辺、長島・平島、辺野古漁港前のトゥンガー、辺野古川右岸の按司墓のある岩塊（タカシダキ）、宜野座村松田地区海岸部などでは、琉球石灰岩層が認められます。

事業実施区域周囲の海岸域には、地殻の変動により形成された嘉陽層の互層、褶曲及びずれ・断層や琉球石灰岩層または国頭礫層との不整合面の露頭、海的作用（波の侵食作用、海水の溶食作用等）により形成された波蝕棚、海蝕崖、ノッチ、ビーチロック等の特徴的な地形がみられます。

これらの地形は、当該海域の自然景観を構成する重要な要素となっており、学術上又は希少性の観点からも重要であると考えられます。このため、本調査では安部オール島から宜野座村松田に至る海岸、並びに平島・長島を対象として、これらの重要と判断される地形・地質の分布状況を現地踏査により把握し、その結果をもとに重要な地形・地質の分布図をとりまとめました。

(h) 波浪（波向・波高）の状況

波浪の調査は図-6.10.1.77及び表-6.10.1.26に示す計 23 地点で行いました。

大浦湾内の有義波高は、静穏時は概ね 1m 未満ですが、台風等の低気圧や気圧の谷が接近した際には沖合で 3.0m 以上、湾中央部や湾口部でも 1.0m 以上の高波浪が出現する場合もありました（図-6.10.1.78参照）。大浦湾奥部及び辺野古前面のリーフ内は相対的に波浪が小さく、静穏時で 0.1~0.2m、台風接近時でも 0.3~0.5m でした。

春季や夏季は気象状況に応じて波浪が大きく変化する場合がありますが、秋季や冬季は有義波高 1m 前後の波浪が継続して来襲する傾向にありました。

図-6.10.1.80に示すとおり、沖波の波高（K-24 の波高）に対する波高比の平均値（回帰直線の傾き）は、大浦湾の湾奥部（K-2）で 0.136、湾口部（K-13）で 0.412、辺野古前面のリーフ内（K-22）で 0.128 でした。また、波向による差が非常に小さいことを確認しました。この結果によれば、辺野古前面のリーフ内へ作用する波のエネルギーは、沖波に対して僅か 1.6% (=0.1282) 程度です。

沖波の波高と各地点の波高には、比較的高い相関が認められますが、ある程度のバラつきもみられます。その原因のひとつとして、潮位条件による碎波の影響の違いが挙げられます。図-6.10.1.79の波高の経時変化で短周期の波高の変動がみられますが、12 時間周期の潮位の干満に概ね対応しています。

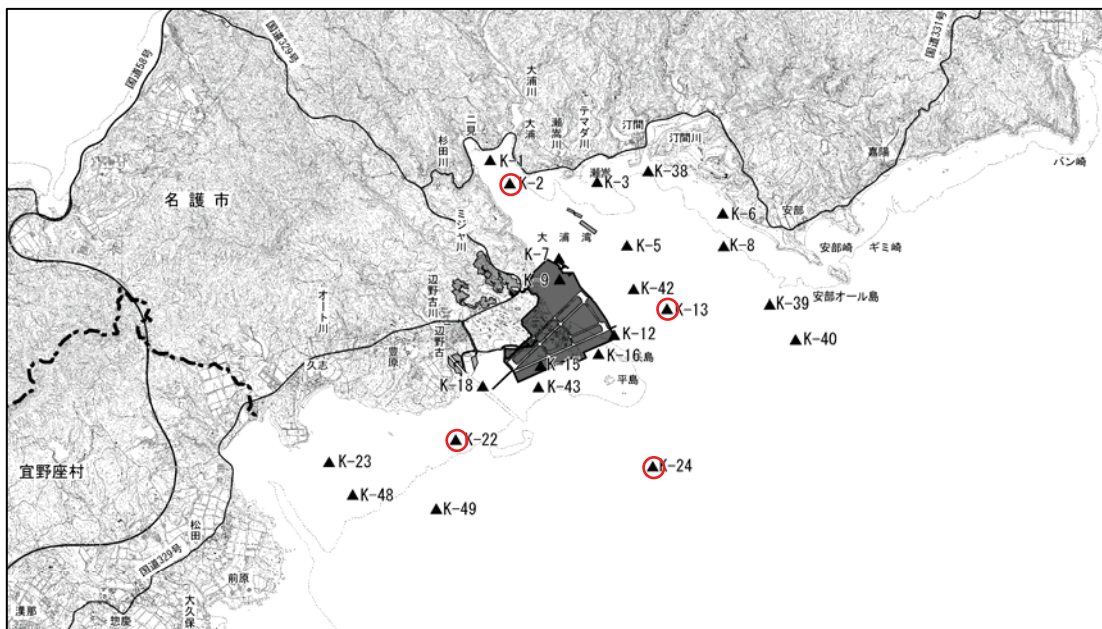


図-6.10.1.77 波浪調査地点（○は調査結果の代表例を示した地点）

表-6. 10. 1. 26 波浪調査地点の水深

調査地点	K-1	K-2	K-3	K-5	K-6	K-7	K-8	K-9
水深(m)	2.5	1.5	3.5	23.8	0.5	33.0	20.9	4.5
調査地点	K-12	K-13	K-15	K-16	K-18	K-22	K-23	K-24
水深(m)	28.2	18.0	0.5	1.5	1.8	1.5	3.3	36.8
調査地点	K-38	K-39	K-40	K-42	K-43	K-48	K-49	
水深(m)	4.1	28.3	39.4	39.3	3.5	3.8	41.0	

注) K24 地点は通年観測。

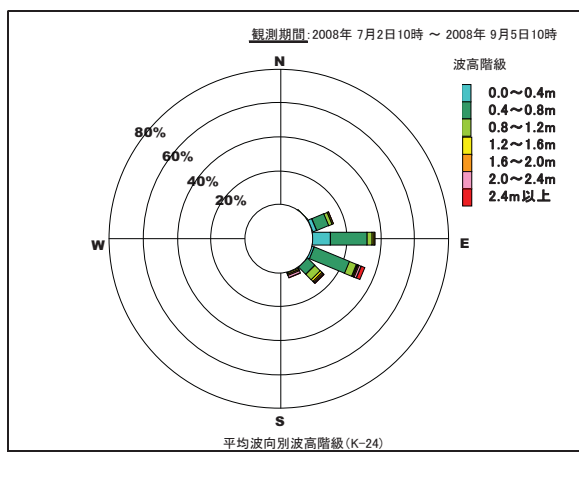
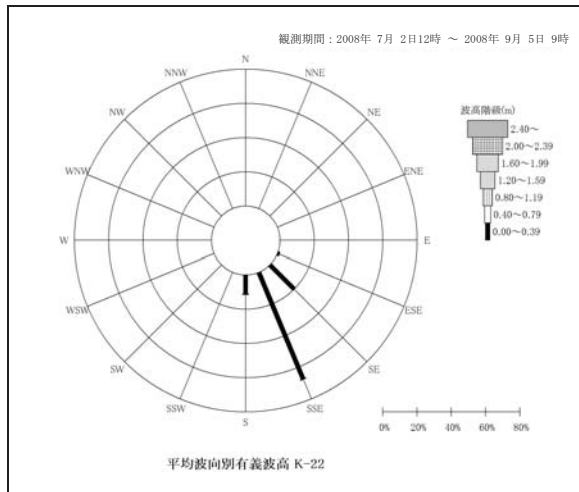
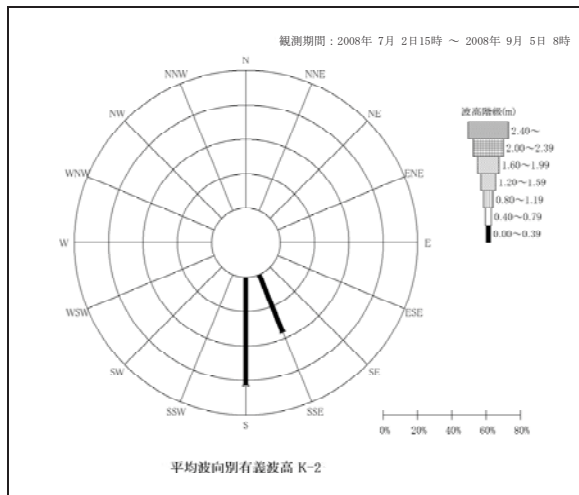
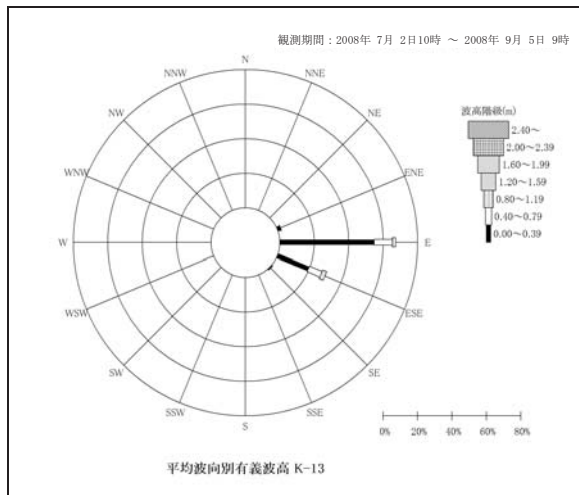


図-6. 10. 1. 78 夏季調査時における波向別有義波高頻度

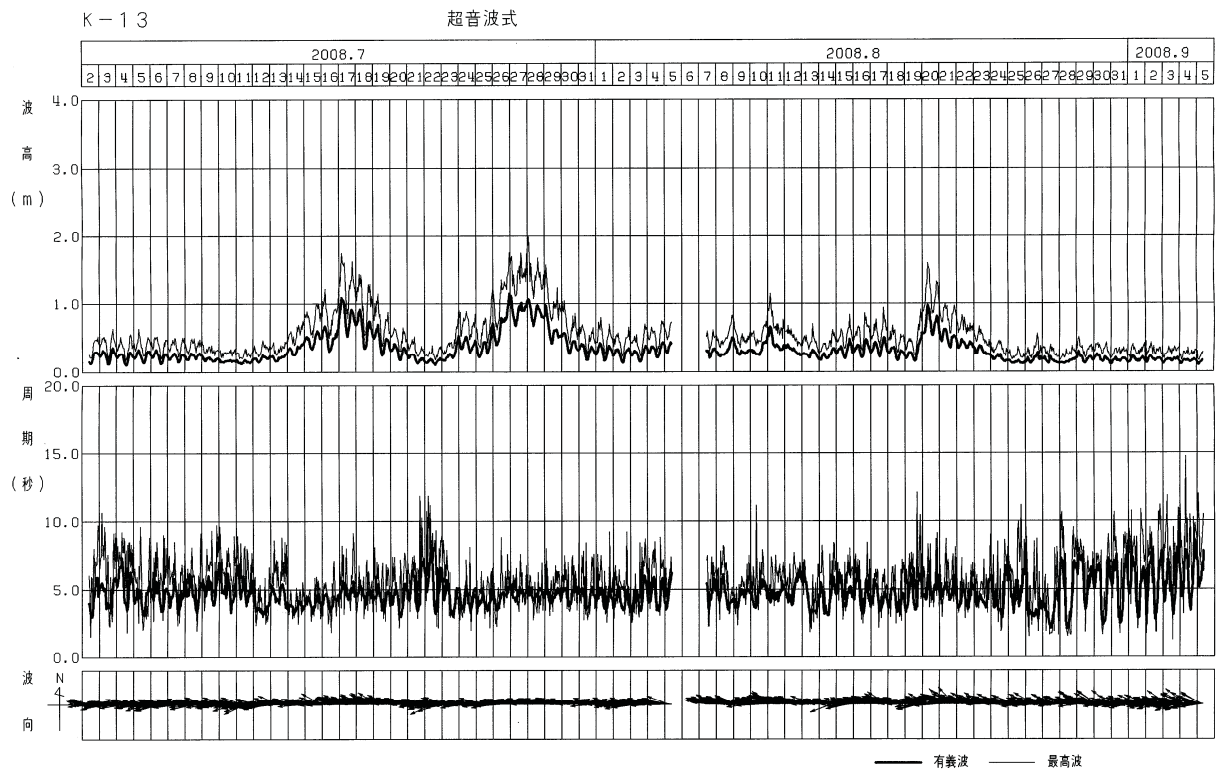
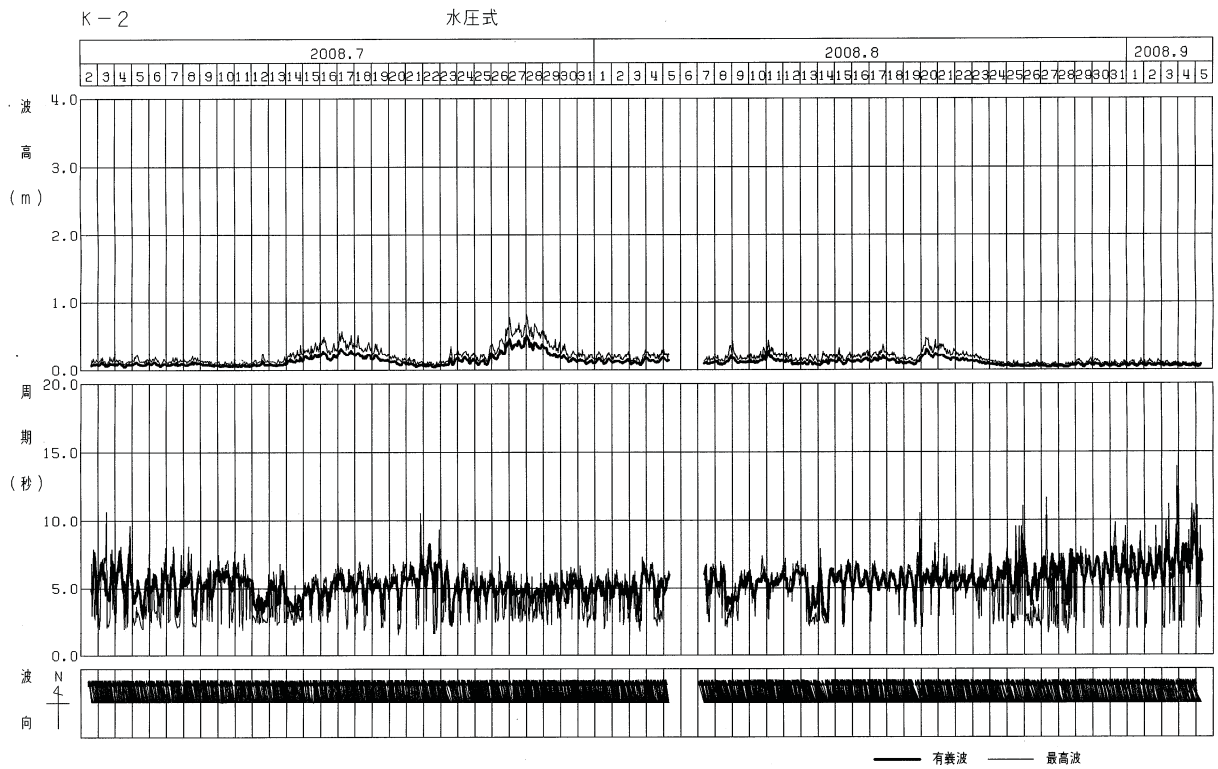


図-6.10.1.79(1) 夏季調査時における波浪の経時変化 (K-2、K-13)



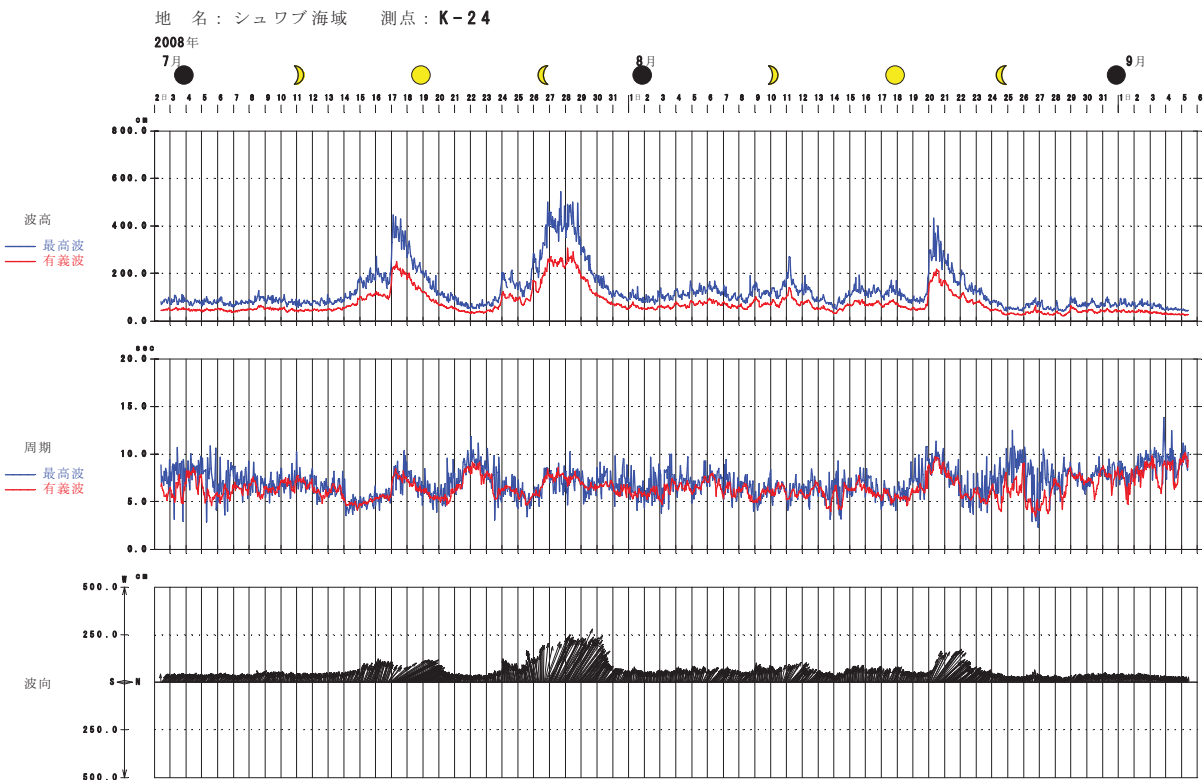
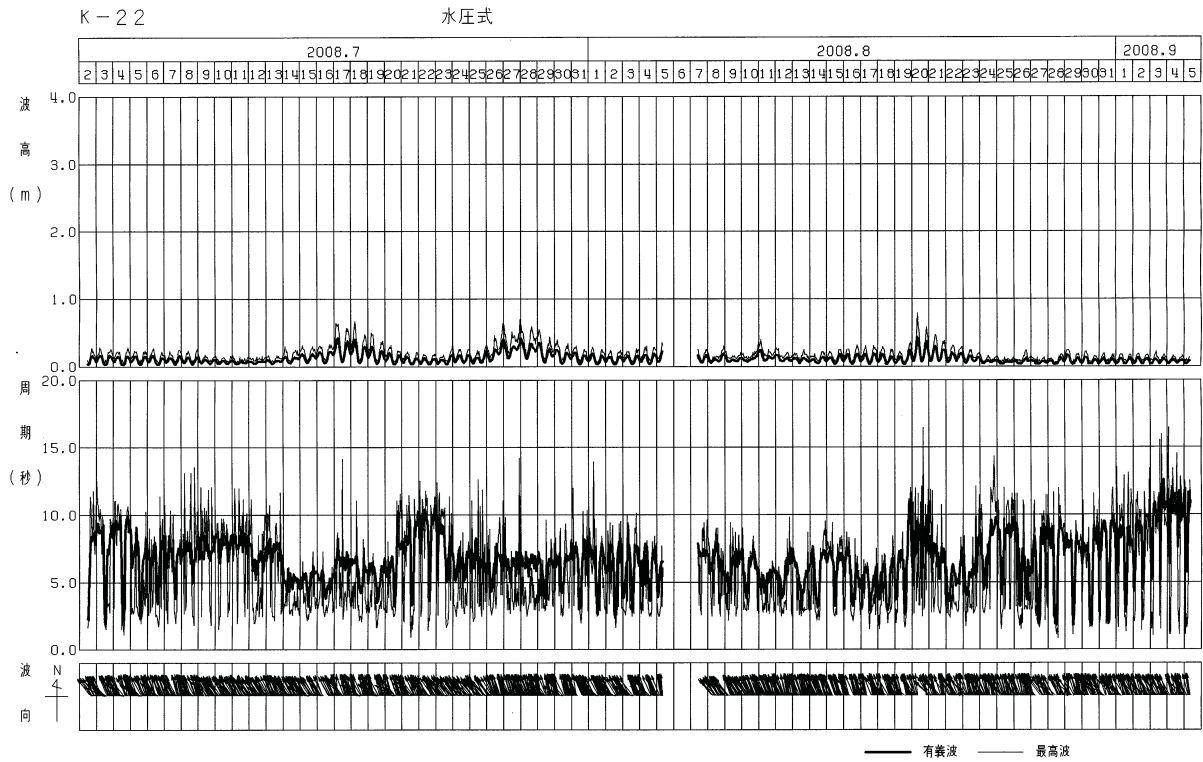


図-6.10.1.79(2) 夏季調査時における波浪の経時変化 (K-22、K-24)

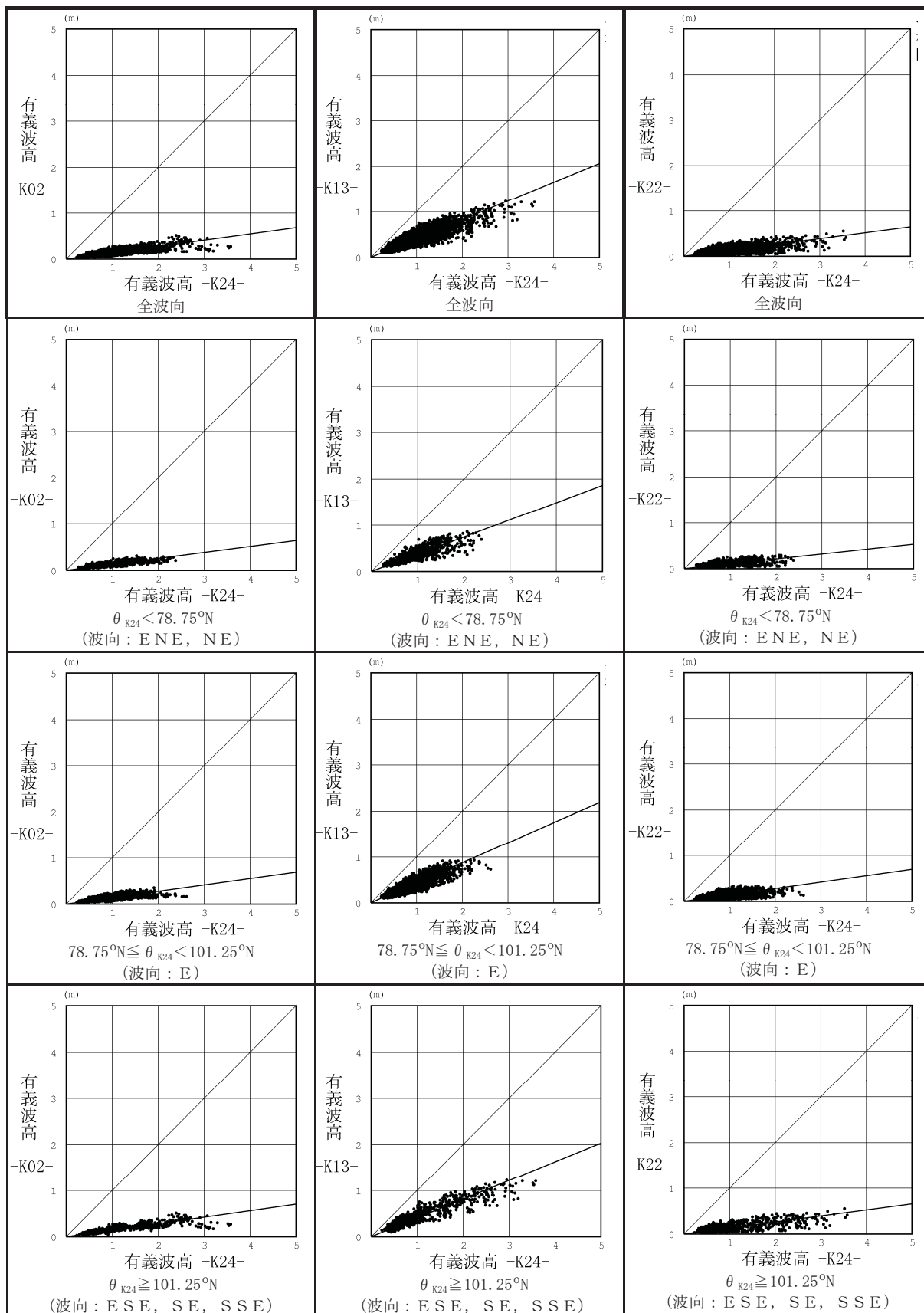


図-6.10.1.80 K02 地点と K24 地点の有義波高相関図  
 (平成 20 年度の四季を通じた観測データの比較)

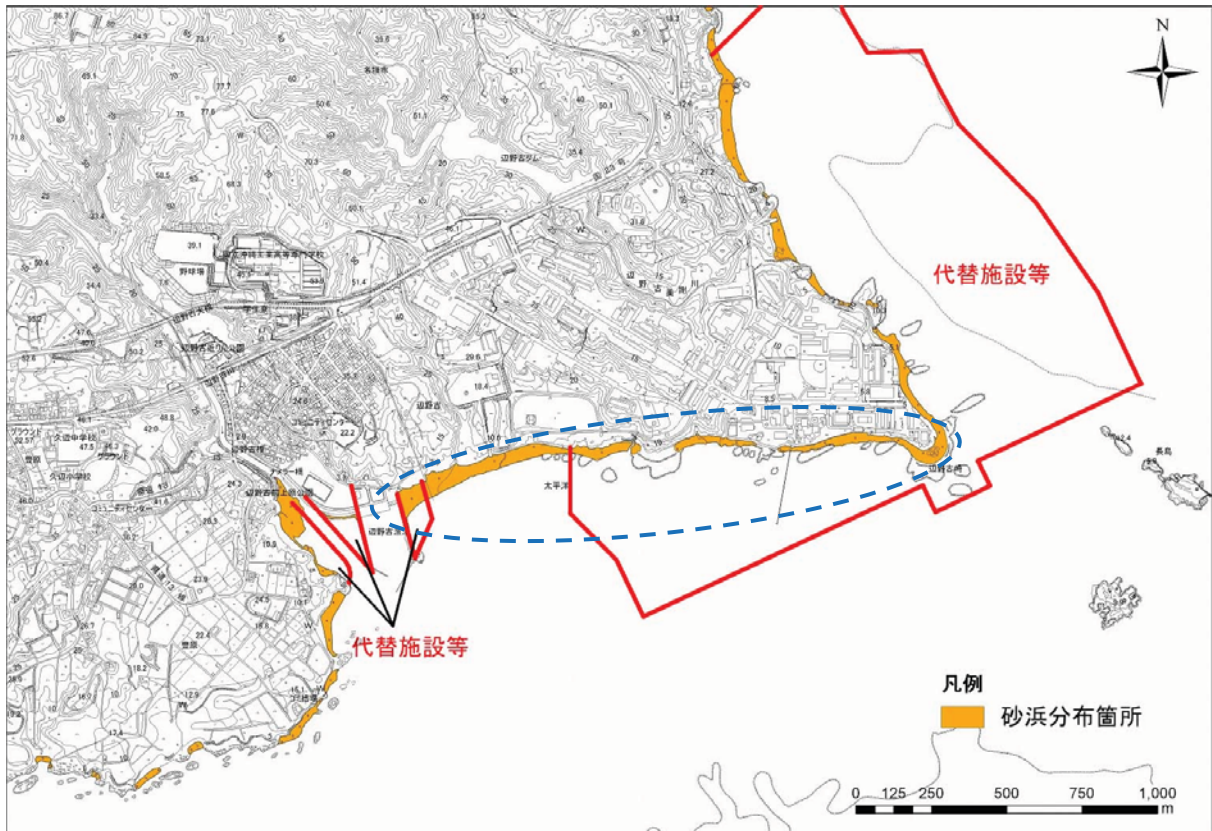
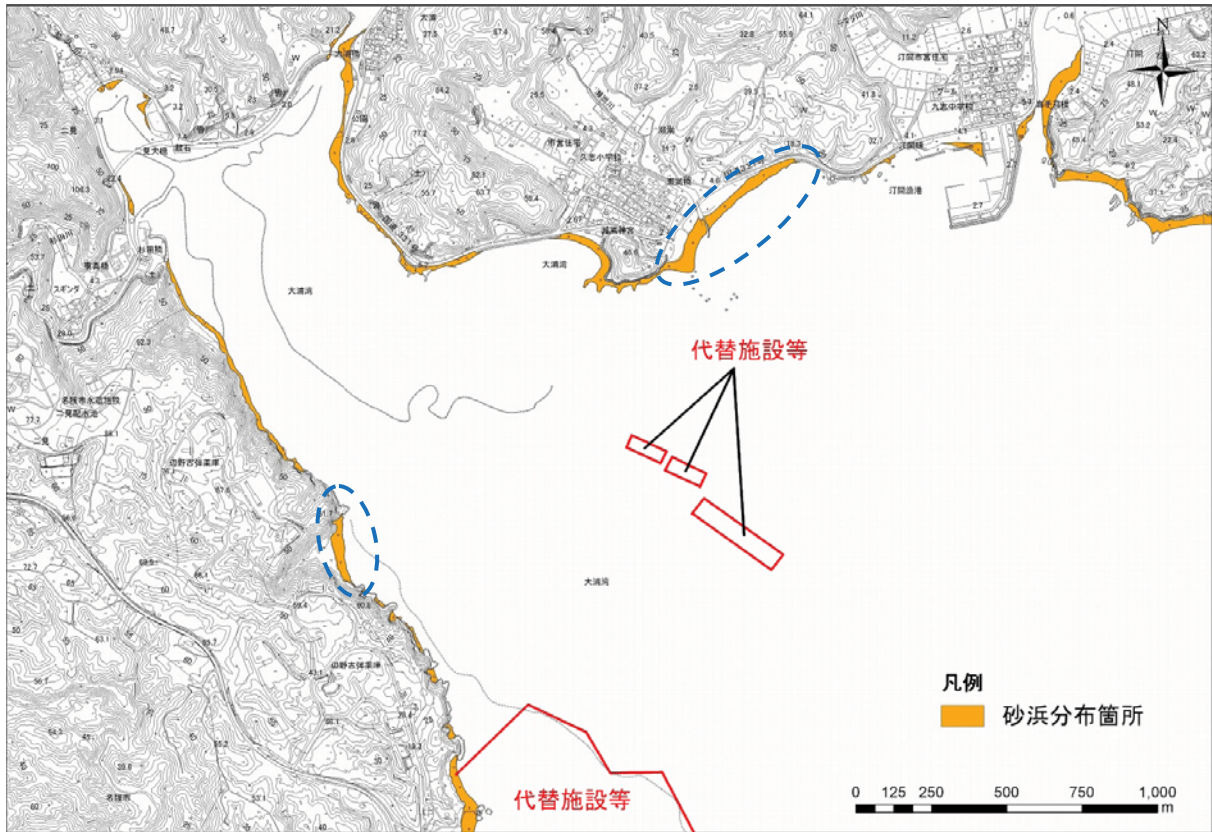
(i) 空中写真の解析（海岸線）

数年～数 10 年の砂浜の長期的変動を把握するため、空中写真の解析を行いました。

a) 調査範囲

対象範囲は、別途行った「6.9 水象」の予測における波浪の変化域及び過去における海岸構造物の築造履歴（辺野古漁港及び汀間漁港）を考慮します。一方、当地の砂浜は、図-6.10.1.81に示すように岩礁などにより砂浜が断続的に分布しています。すなわち、漂砂系が断絶されている箇所が多く、全域を通して解析（予測）することは困難です。以上を踏まえ、図-6.10.1.81に示す 3 か所を重点的に検討する範囲として空中写真の解析を行うこととしました。

- (ア) 辺野古漁港から辺野古崎に至る海岸
- (イ) 辺野古弾薬庫付近のポケットビーチ
- (ウ) 瀬嵩の鼻から汀間漁港側に分布する砂浜



(辺野古地区、大浦湾奥・汀間地区)

図-6.10.1.81 砂浜の分布状況と空中写真の解析範囲