

c) 底質分布（粒度組成）

台風時前後の底質（粒度組成）調査結果を図-6.10.1.29に、台風時前後の粒度組成の変化状況（粗粒化・細粒化）を整理した結果を図-6.10.1.30に示します。また、底質（粒度組成）調査結果概要、調査期間中の台風の接近状況及び調査結果の詳細、並びに調査地点別に台風時前後の粒度組成を比較した結果を資料編に示します。

(ア) 台風時前（平成20年6月11日）

台風による擾乱を受ける前の底質の粒度分布は、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、砂の分布の卓越した海域であることがうかがわれました。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した。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。

中央粒径は、辺野古前面のリーフ上で0.216～2.596mm、大浦湾内で0.024～1.884mm、大浦湾リーフ上で0.112～1.924mm、沖合で0.153～6.023mmでした。

(イ) 台風時後1回目（平成20年9月20日）

台風時後1回目における粒度組成の平面的な分布は、台風時前と比べて大きな変化はありませんでした。

調査はリーフ上の調査地点でのみ実施しましたが、中央粒径は辺野古前面で0.255～1.552mm、大浦湾で0.043～1.331mmでした。

(ウ) 台風時後2回目（平成20年11月17日）

台風時後2回目における粒度組成の平面的な分布は、全体的には中砂分が主体となる砂質で、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いるなど、砂分の分布が卓越していることが確認されました。これらの状況は、台風時前及び台風時後1回目と同様の傾向でした。

2回目の調査もリーフ上の調査地点のみで実施しましたが、中央粒径は辺野古前面で0.245～1.526mm、大浦湾で0.180～5.571mmでした。

(エ) 台風時前後の粒度組成の変化

台風時前の調査（平成20年6月11日）から台風時後1回目の調査（同年9月21日）、2回目の調査（同年11月17日）までの間に、台風6号から21号までの16個の台風が発生しましたが、このうち沖縄島に接近し、当該海域に影響を及ぼした台風は6個となっています。

台風時前から台風時後 1 回目までの期間中では、沖合（波浪観測地点 K-24）における有義波高は最大で 2.5m 程度であり、辺野古前面の東側や大浦湾北岸のリーフ上では、わずかながらも粗粒化した傾向が認められ、波浪等により細粒分が流失したものと考えられます。

また、台風時後 2 回目までの期間中の沖合における有義波高は最大で 4m 程度であり、10 月下旬、11 月中旬には前線等の接近に伴う時化がありました。辺野古前面では水深の浅い地点で粗粒化が認められましたが、その他の調査地点では大きな変化はありませんでした。また、大浦湾内のリーフ上では、細粒化傾向を示す地点が散見されました。

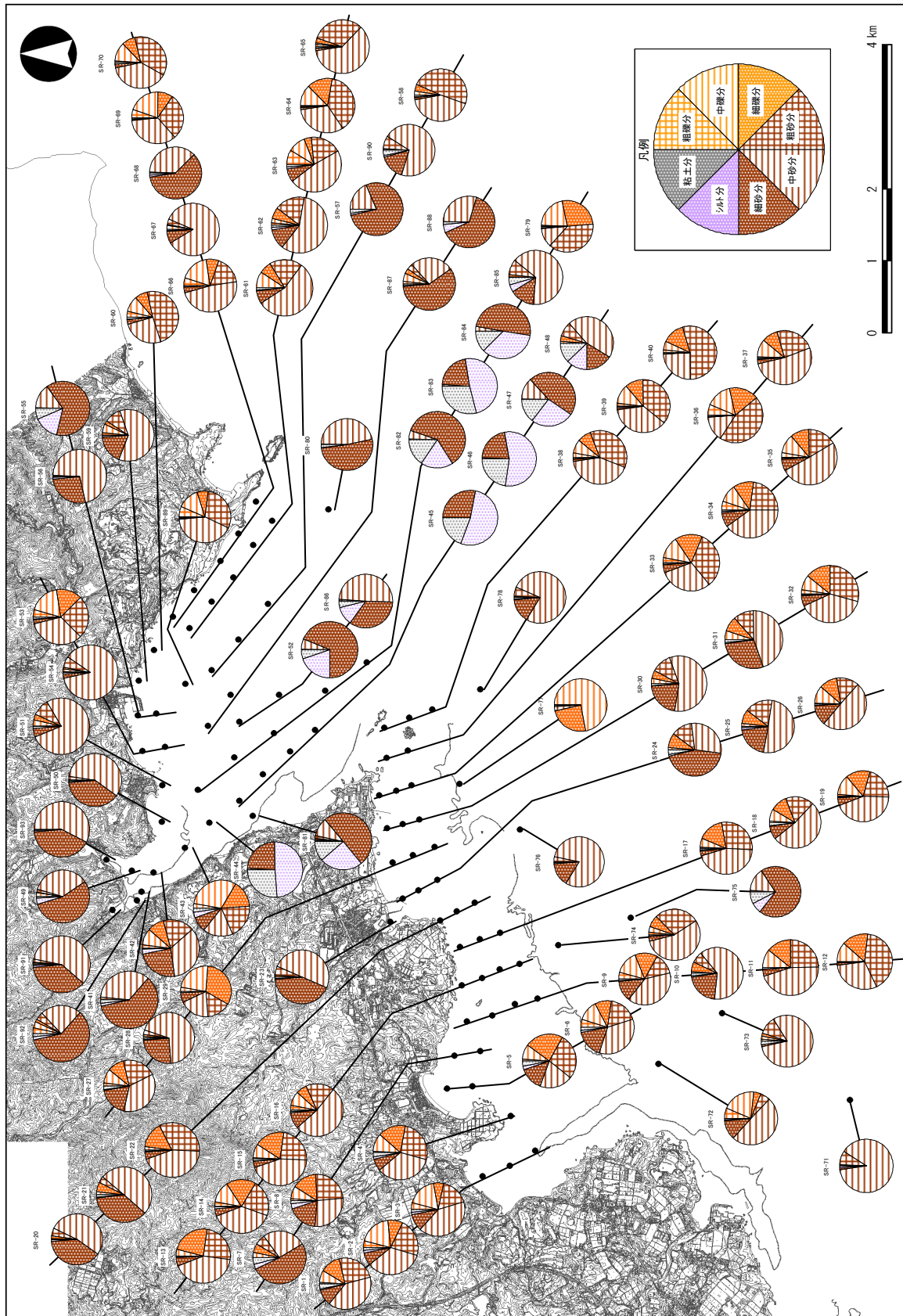


図-6.10.1.29(1) 底質 (粒度組成) 調査結果 (台風時前：平成20年6月11日)

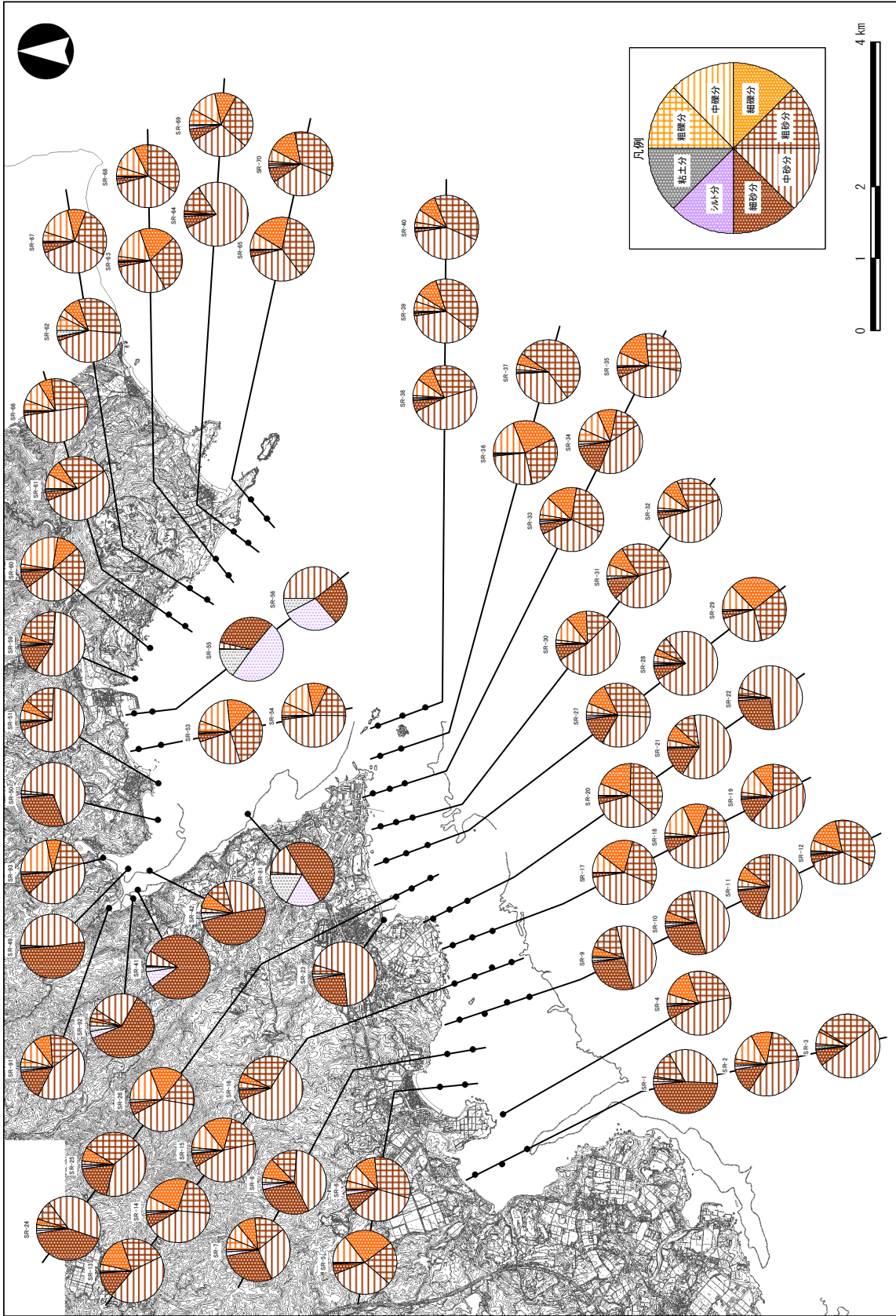


圖-6.10.1.29(2) 底質 (粒度組成) 調查結果 (台風時後 1 回目：平成 20 年 9 月 20 日)

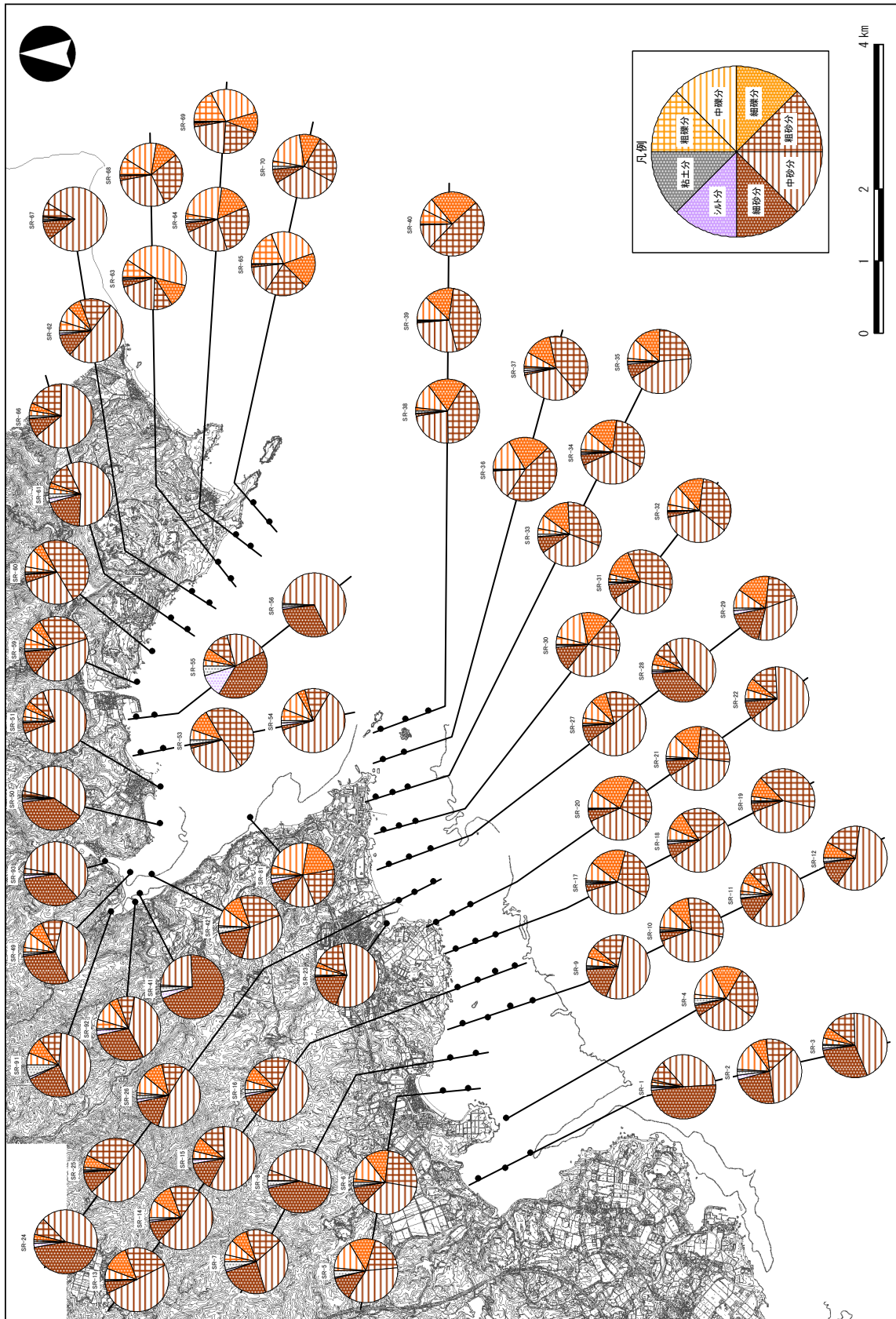


圖-6.10.1.29(3) 底質 (粒度組成) 調查結果 (台風時後 2 回目 : 平成 20 年 11 月 17 日)

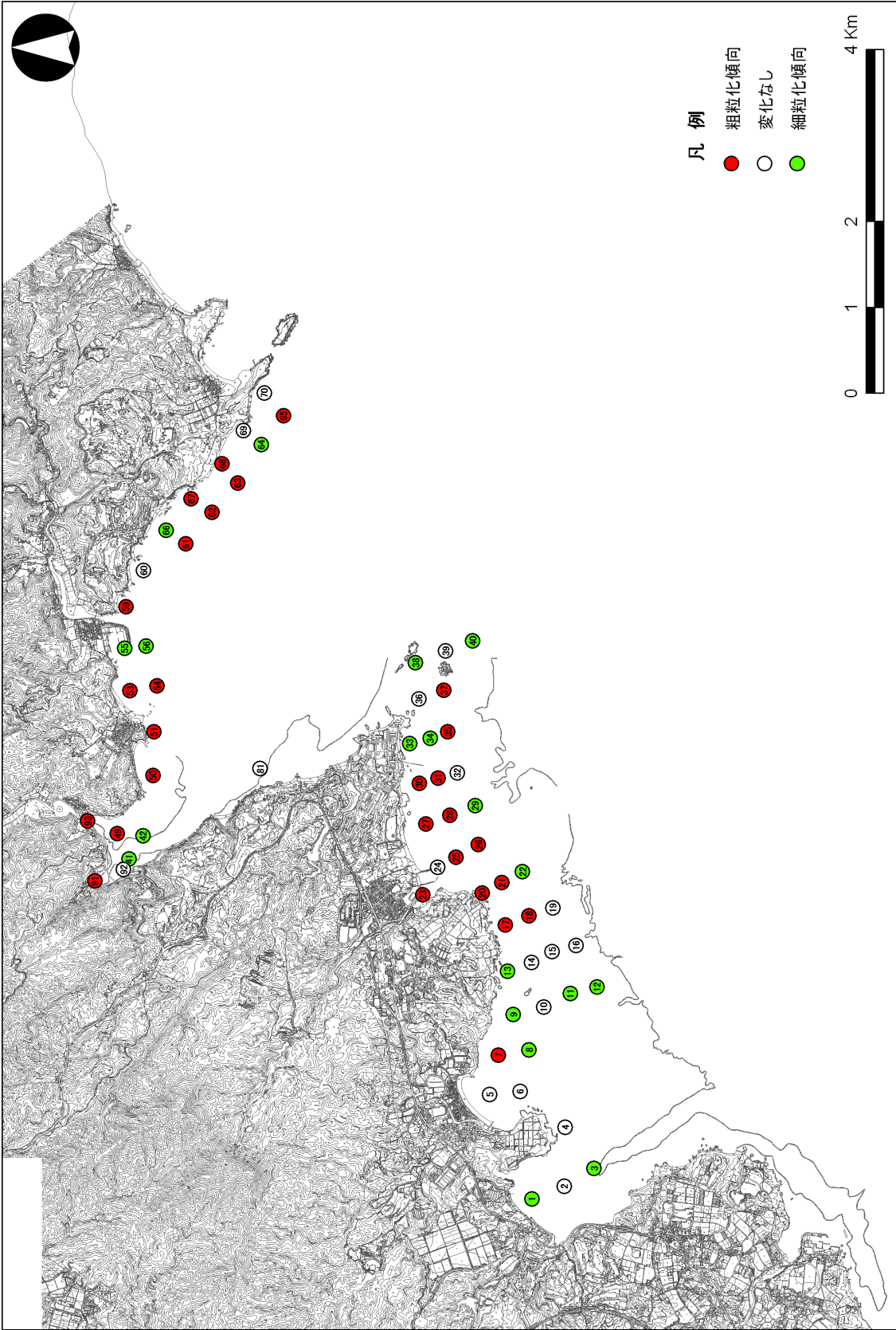


図-6.10.1.30(1) 粒度組成変化状況（台風前後1回目）

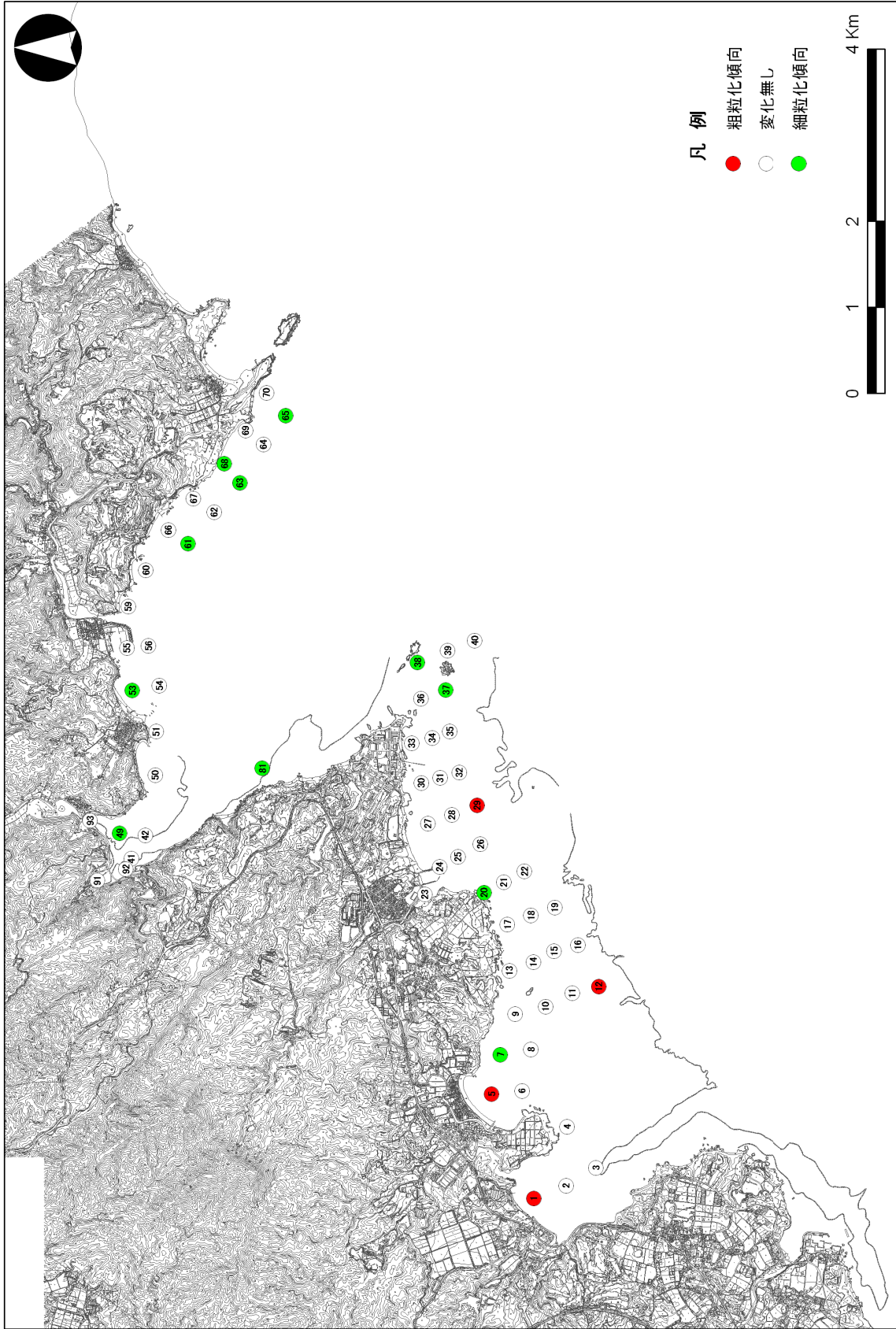


図-6.10.1.30(2) 粒度組成変化状況 (台風時前-台風時後2回目)

d) 海域の現存土砂量

(ア) 堆積厚調査

ア) 堆積厚の解析

堆積厚の解析対象とした測線及び現地での確認調査地点を図-6.10.1.31に、解析及び確認調査の一例を図-6.10.1.32に示します。

海域の現存土砂量は、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。また、音響測深機（底質探査装置）による記録から求めた堆積厚を確認するため、現地の計15地点においてダイバーにより鉄筋を海底に貫入させ、実際の堆積厚を調査しました。

また、各調査地点における音響測深記録から読み取った堆積厚と現地で確認した堆積厚（実測値）の比較結果を表-6.10.1.10に示します。これによれば、多くの地点で10cm程度の差となっていますが、堆積厚が厚くなると差が大きい状況でした。また、現地確認した堆積厚に比べて音響測深記録の読み取り値の方がやや小さい傾向にありました。

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、堆積厚は低周波で記録されました。音響測深機の音波出力は地質探査専用機器と比較すると小さく、分解能が良いため、水深が浅くて堆積層が薄い時には明瞭に記録されます。水深が深くて堆積厚が厚い（硬い）場合には、それを透過していないものと推定されました。したがって、干潟が広く分布していて堆積厚が厚い大浦川河口付近、久志海岸及び潟原海岸、また、水深が大きく堆積層が厚い大浦湾の海底谷及びリーフ外洋においては、最上部の堆積層のみ判別されます。



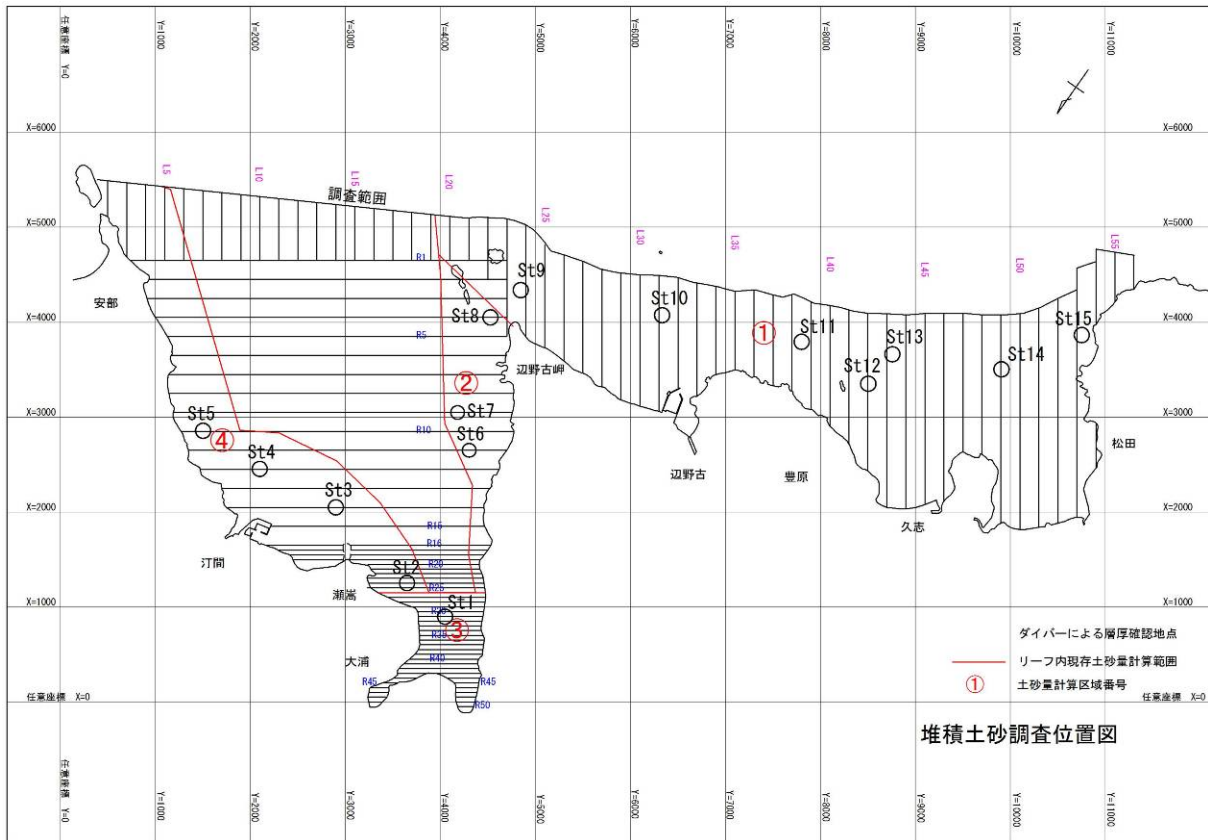
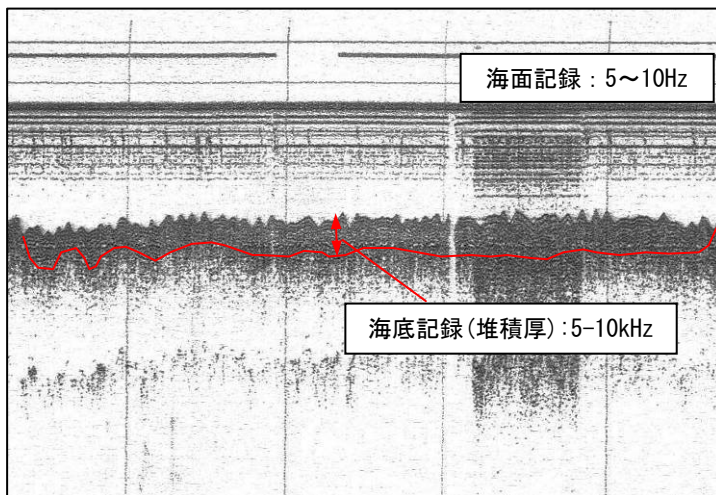


図-6. 10. 1. 31 堆積厚解析測線及び確認調査地点図



【音響測深記録からの堆積厚の読み取り】

- ・ 低周波 (5~10kHz) の海底記録からの読み取り値 : 0.9m



【現地での堆積厚確認状況】

- ・ 鉄筋貫入長 : 97cm

【St. 3 における堆積厚】

- ・ 現地での確認 (実測値) : 97cm
- ・ 音響測深記録からの読み取り値 : 0.9m

図-6. 10. 1. 32 堆積厚の解析及確認調査の一例 (平成 20 年 6 月調査、St. 3)

表-6.10.1.10 堆積厚確認調査結果

調査地点	現地で確認した堆積厚 (鉄筋貫入長、cm)	音響測深記録から読み 取った堆積厚(m)	差(m)
St.1	118	1.0	0.18
St.2	184以上	1.5	—
St.3	97	0.9	0.07
St.4	109	1.2	-0.11
St.5	117	1.1	0.07
St.6	105	1.1	-0.05
St.7	87	0.8	0.07
St.8	33	0.4	-0.07
St.9	43	0.4	0.03
St.10	45	0.6	-0.15
St.11	60	0.6	0.00
St.12	74	0.8	-0.06
St.13	84	0.8	0.04
St.14	96	0.8	0.16
St.15	107	0.9	0.17
平均	—	—	0.03

注) 現地での堆積厚確認には、長さ184cmの鉄筋を使用しました。

#### イ) 堆積物の分布状況

解析した堆積物の厚さを平面図に展開した結果を図-6.10.1.33に示します。なお、図では堆積厚を数値のみならず、「堆積なし」から「堆積厚201cm以上」までの6段階に色分けして表示しました。

等深線図で明確であったリーフや岩礁の分布域は、ほとんどが「堆積なし」となっており、局部的に薄く砂が分布するのみです。松田から辺野古崎にかけてのリーフの内側には広く砂泥が分布しますが、サンゴ礁や岩礁も散在しており、1m以下の堆積となっている海底が広くみられます。辺野古崎付近では、砂が0.5m以下の厚さで堆積しています。堆積厚が大きいのは、干潟を形成している潟原、久志海岸及び辺野古漁港東側の海岸付近です。

大浦湾においては、海底谷の底面に広く堆積しています。湾口部や安部崎から汀間川河口にかけてのリーフや岩礁が発達した海底には、ほとんど堆積厚が確認できず、カヌチャ浜沖の狭小な区域を除き、岩礁の間などに局所的に堆積しているものとみられます。湾奥部では瀬嵩付近と二見、大浦の海岸に厚く堆積した区域がみられます。

#### ロ) 海域の現存土砂量

堆積厚の解析結果をもとに、図-6.10.1.31に示した海域(①～④)ごとに測

線上の堆積断面積を求め、区間距離（測線間距離）を乗じることにより現存土砂量を算出しました。

現存土砂量の算出結果は表-6.10.1.11に示すとおりであり、リーフ内の土砂量は合計で約600万 $m^3$ でした。

表-6.10.1.11 海域の現存土砂量算出結果

海域区分	土砂量( $m^3$ )	摘 要
海域①	3,922,700	宜野座～辺野古崎
海域②	397,215	大浦湾シュラブ沿岸
海域③	651,740	大浦湾奥
海域④	1,058,030	大浦湾瀬嵩～安部崎
合計（リーフ内全体）	6,029,685	—

注) 平成20年6月の調査結果に基づき算出しました。

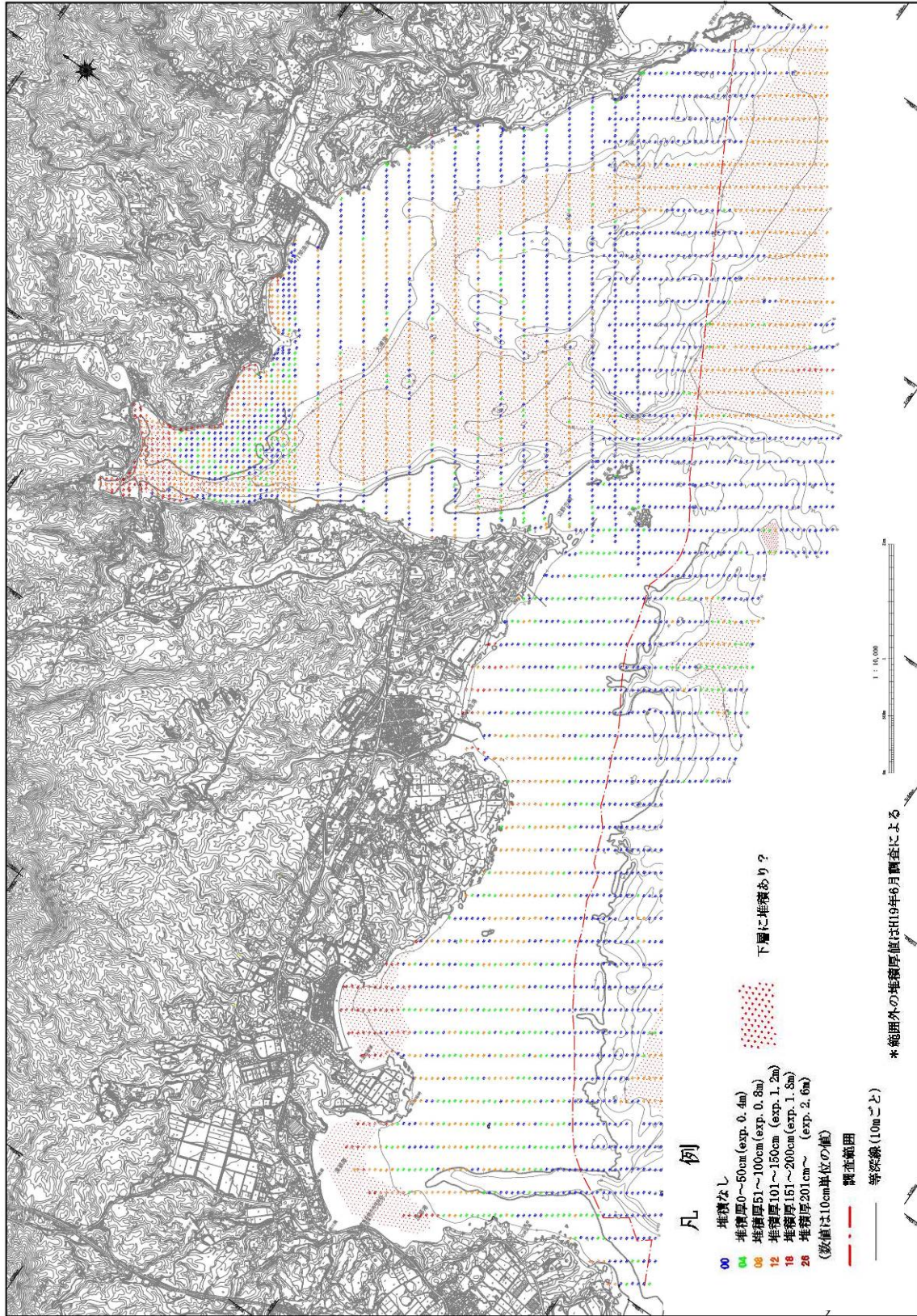


図-6.10.1.33 堆積厚分布 (平成20年6月調査)

(イ) 海陸起源推定のための調査（炭酸カルシウム含有量）

砂浜及びリーフ内の 13 箇所分析試料を採取し、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。

分析結果を表-6. 10. 1. 12及び図-6. 10. 1. 34に示します。

辺野古前面のリーフ上の地点では、9 割以上が炭酸カルシウムからなる現地性の砂であり、辺野古川河口の Ca-3 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。Ca-5 及び Ca-7 は、キャンプ・シュワブの砂浜であり、背後地からの供給によると考えられる陸源性の砂分が若干含まれていました。

大浦湾内の Ca-10～13 は砂浜ですが、背後地からの供給によると考えられる陸源性の砂が比較的多く増えており、特に、キャンプ・シュワブ海岸の Ca-10 及び Ca-11 では陸源性の砂分が 60～70%と高い比率となっていました。海域では、大浦川・楚久川・杉田川の河口部の Ca-9 では、河川起源（陸源性）の砂が比較的多い割合を占めていました。

表-6. 10. 1. 12 炭酸カルシウム分析結果

調査時期：平成 20 年 6 月 18 日

地点名	採取場所	炭酸カルシウム重量比 (%)	炭酸カルシウム体積比 (%)
Ca-1	リーフ内	98.29	97.22
Ca-2	リーフ内	99.41	97.68
Ca-3	リーフ内	25.92	27.36
Ca-4	リーフ内	99.66	97.81
Ca-5	砂浜	84.36	82.91
Ca-6	リーフ内	97.24	95.89
Ca-7	砂浜	93.14	92.11
Ca-8	リーフ内	99.64	98.28
Ca-9	リーフ内	55.94	53.86
Ca-10	砂浜	39.51	35.00
Ca-11	砂浜	28.40	26.24
Ca-12	砂浜	74.65	71.98
Ca-13	砂浜	67.79	66.63

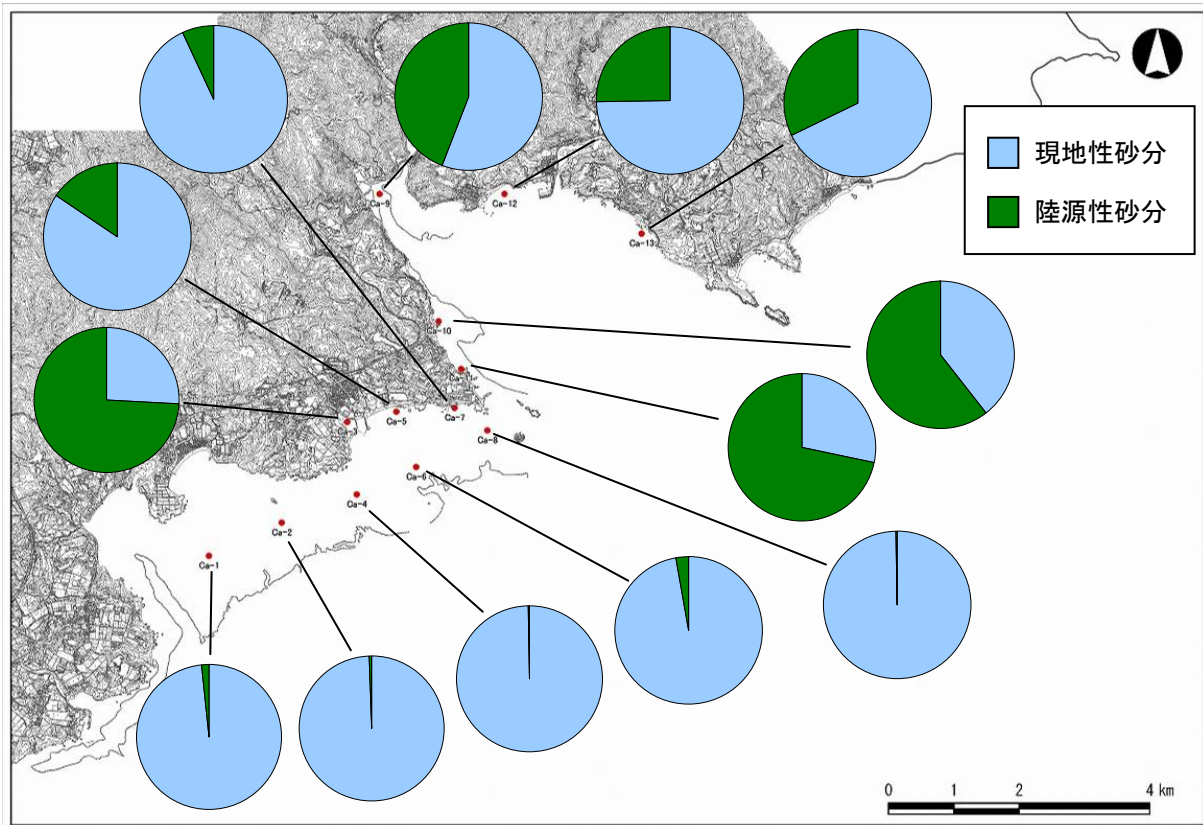


図-6. 10. 1. 34 炭酸カルシウム分析結果 (平成 20 年 6 月 18 日調査、重量比)

e) 陸域からの供給土砂量

(ア) 降雨時における河川からの供給土砂量

「6.7 土砂による水の濁り」において実施した降雨時の河川における SS の濃度及び粒径分布と、流量の測定結果をもとに供給土砂量を粒径別に算出した結果を表-6.10.1.13に示します。なお、SS、流量等の詳細な調査結果は「6.7 土砂による水の濁り」に示しています。

SS の粒径分布は、いずれの河川においても微細粒、細粒シルトの割合が多い傾向にありました。また、辺野古川 (RW-6)、大浦川 (RW-9)、汀間川 (RW-13) で、微細粒シルト～中粒シルトの範囲を移行する変化がみられましたが、美謝川 (RW-7)、杉田川 (RW-8) については大きな変化はみられませんでした。

表-6.10.1.13 降雨時における河川からの粒径別 SS 負荷量 (供給土砂量) 算出結果

河川名 (調査地点)	粒径区分		体積百分率 (%)	日当たり SS 負荷量 (kg/日)	
辺野古川 (RW-6)	粗粒シルト	31 $\mu$ m 以上	25.7	7225.8	1860.2
	中粒シルト	16~31 $\mu$ m	25.3		1825.5
	細粒シルト	8~16 $\mu$ m	24.2		1749.6
	微細粒シルト	4~8 $\mu$ m	16.2		1173.5
	粗粒粘土	2~4 $\mu$ m	6.4		465.3
	中粒粘土	1~2 $\mu$ m	2.1		149.3
美謝川 (RW-7)	粗粒シルト	31 $\mu$ m 以上	19.9	2198.6	437.8
	中粒シルト	16~31 $\mu$ m	24.0		526.6
	細粒シルト	8~16 $\mu$ m	26.6		585.1
	微細粒シルト	4~8 $\mu$ m	18.0		395.2
	粗粒粘土	2~4 $\mu$ m	7.6		167.4
	中粒粘土	1~2 $\mu$ m	4.0		86.9
杉田川 (RW-8)	粗粒シルト	31 $\mu$ m 以上	16.8	3936.4	662.8
	中粒シルト	16~31 $\mu$ m	27.3		1073.1
	細粒シルト	8~16 $\mu$ m	31.2		1227.6
	微細粒シルト	4~8 $\mu$ m	17.3		679.0
	粗粒粘土	2~4 $\mu$ m	5.8		227.1
	中粒粘土	1~2 $\mu$ m	1.7		67.2
大浦川 (RW-9)	粗粒シルト	31 $\mu$ m 以上	22.5	1555.2	349.5
	中粒シルト	16~31 $\mu$ m	30.7		478.1
	細粒シルト	8~16 $\mu$ m	29.6		460.4
	微細粒シルト	4~8 $\mu$ m	13.3		206.4
	粗粒粘土	2~4 $\mu$ m	3.1		48.2
	中粒粘土	1~2 $\mu$ m	0.8		12.8
汀間川 (RW-13)	粗粒シルト	31 $\mu$ m 以上	11.0	106.9	11.8
	中粒シルト	16~31 $\mu$ m	23.9		25.5
	細粒シルト	8~16 $\mu$ m	40.4		43.1
	微細粒シルト	4~8 $\mu$ m	17.3		18.5
	粗粒粘土	2~4 $\mu$ m	5.5		5.9
	中粒粘土	1~2 $\mu$ m	2.0		2.1

注) 1. 降雨時の河川における SS、流量等の調査は 3 回実施していますが、そのうち最も降雨量が多かった平成 20 年 9 月 13 日の水質自動測定装置・流量計による 24 時間の連続測定結果に基づいて粒径別 SS 負荷量 (供給土砂量) を算出した結果を示しています。

2. 日当たり SS 負荷量は、1 時間ごとに測定した SS 濃度に SS 測定時前後 30 分の平均流量を乗じることにより算出しました。また、粒径区分別の SS 負荷量 (供給土砂量) は、日当たり SS 負荷量に、SS 中に占める各粒径区分の割合 (体積百分率) を乗じるにより算出しました。なお、SS 中に占める各粒径区分の割合 (体積百分率) は、測定期間中の SS ピーク付近において、コールターカウンターを用いて 3 回測定した粒径別の体積百分率分布 (各粒径区分の SS 中に占める割合) の平均値を用いています。

(イ) 海蝕崖からの供給土砂量（断面測量）

ア) 調査地域

海蝕崖からの供給土砂量を把握するため、図-6.10.1.35に示すカヌチャ海岸、豊原海岸及び辺野古弾薬庫下の海岸の3地点において断面測量を実施しました。

断面測量の測線は、対象の海蝕崖に直行するよう10m間隔で配置し、崖の部分については、ノンプリズム対応トータルステーションで、平坦部はレベルで横断測量を実施しました。

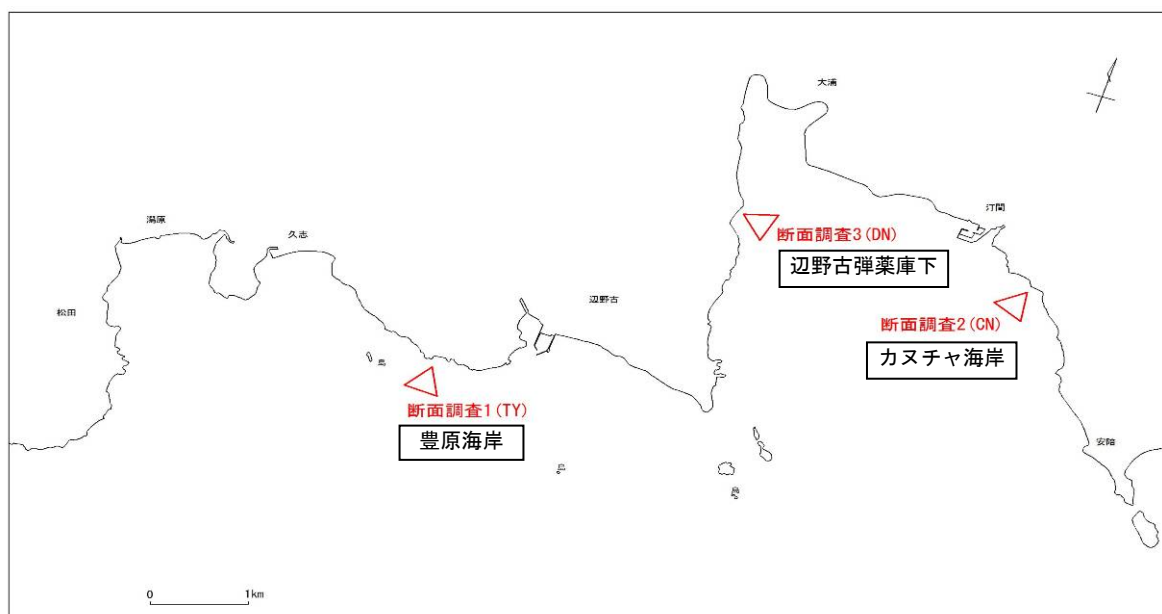


図-6.10.1.35 断面測量位置図



(カヌチャ海岸)



(辺野古弾薬庫下)



(豊原海岸)

【断面測量位置における海蝕崖の状況】



## イ) 断面測量結果

平成 20 年 4 月及び 12 月の断面測量に基づく断面図を測線ごとに図-6.10.1.36に、また、この結果をもとに算出した断面積の変化を表-6.10.1.14に示します。

### a. カヌチャ海岸

海蝕崖の比高は 25～30m で上部には樹木が繁茂しており、頂部から続く台地にはカヌチャリゾートがあります。下部には崩落土が堆積しており、さらなる崩落の可能性があります。崖は急峻で一部にはオーバーハングしている箇所がみられました。

4 月と 12 月の断面積を比較すると、斜面下部が洗掘を受けていた測線 CN1 以外の測線では変化は小さく、断面積の変化した箇所は局所的でした。全測線の平均でみた変化は  $0.23\text{m}^2$  の縮小、これを年換算すると  $0.345\text{m}^2/\text{年}$  の縮小となります。

表-6.10.1.14(1) 海蝕崖の断面積変化 (カヌチャ海岸)

測 線	断面積( $\text{m}^2$ )		
	平成 20 年 4 月	平成 20 年 12 月	差(4-12 月)
CN0	63.17	63.28	-0.11
CN1	64.92	63.57	1.35
CN2	44.26	44.07	0.19
CN3	8.55	8.45	0.10
CN4	5.07	5.19	-0.12
CN5	48.45	48.47	-0.02
平均	—	—	0.23

### b. 辺野古弾薬庫下

海蝕崖を形成している岩は、他の 2 箇所に比べて強固で安定しているといえます。一部では崩落がみられましたが、崩落物の多くは転石大の岩でした。

4 月と 12 月の断面積を比較すると、両者で大きな変化は認められず、変化量は全測線の平均で  $0.33\text{m}^2$  の縮小、年換算では  $0.50\text{m}^2/\text{年}$  の縮小となります。

表-6. 10. 1. 14(2) 海蝕崖の断面積変化（辺野古弾薬庫下）

測 線	断面積(m <sup>2</sup> )		
	平成 20 年 4 月	平成 20 年 12 月	差(4-12月)
DN0	7.59	7.57	0.02
DN1	13.01	12.51	0.50
DN2	13.87	13.88	-0.01
DN3	7.61	7.43	0.18
DN4	7.24	7.23	0.01
DN5	8.56	8.11	0.45
平均	—	—	0.33

c. 豊原海岸

海蝕崖の比高は 8m 程度でカヌチャ海岸に比べると小規模です。頂部は荒地となっており、赤土が堆積しています。また、下部は泥岩などの堆積岩で形成されていますが、堆積岩はもろく、素手でも砕ける程度です。なお、崖の上部は台地状の地形となっており、ここにはさらに上部に位置する土地から供給されたと思われる赤土が堆積しています。

4月と12月の断面積を比較すると、ほとんどの測線で12月に面積が縮小していますが、変化量は小さく、全体的に少しずつ後退していると考えられます。全測線平均の変化量は0.22m<sup>2</sup>であり、年換算では0.33m<sup>2</sup>/年となりました。

表-6. 10. 1. 14(3) 海蝕崖の断面積変化（豊原海岸）

測 線	断面積(m <sup>2</sup> )		
	平成 20 年 4 月	平成 20 年 12 月	差(4-12月)
TY0	8.97	9.00	-0.03
TY1	6.79	6.53	0.26
TY2	3.91	3.70	0.21
TY3	9.93	9.64	0.29
TY4	14.98	14.80	0.18
TY5	12.99	12.57	0.42
平均	—	—	0.22

り) 断面測量結果のまとめ

調査対象とした3地点の海蝕崖における4月から12月にかけての断面積の平均的な変化量は以下のとおりでした。

- カヌチャ海岸 : 0.35m<sup>2</sup>/年
- 辺野古弾薬庫下 : 0.50m<sup>2</sup>/年
- 豊原海岸 : 0.33m<sup>2</sup>/年

カヌチャ海岸及び辺野古弾薬庫下における変化は局部的であったのに対し、豊原海岸では他の海岸に比べて岩質が軟らかく、海蝕崖が全体的に少しずつ後退している傾向にあるといえます。

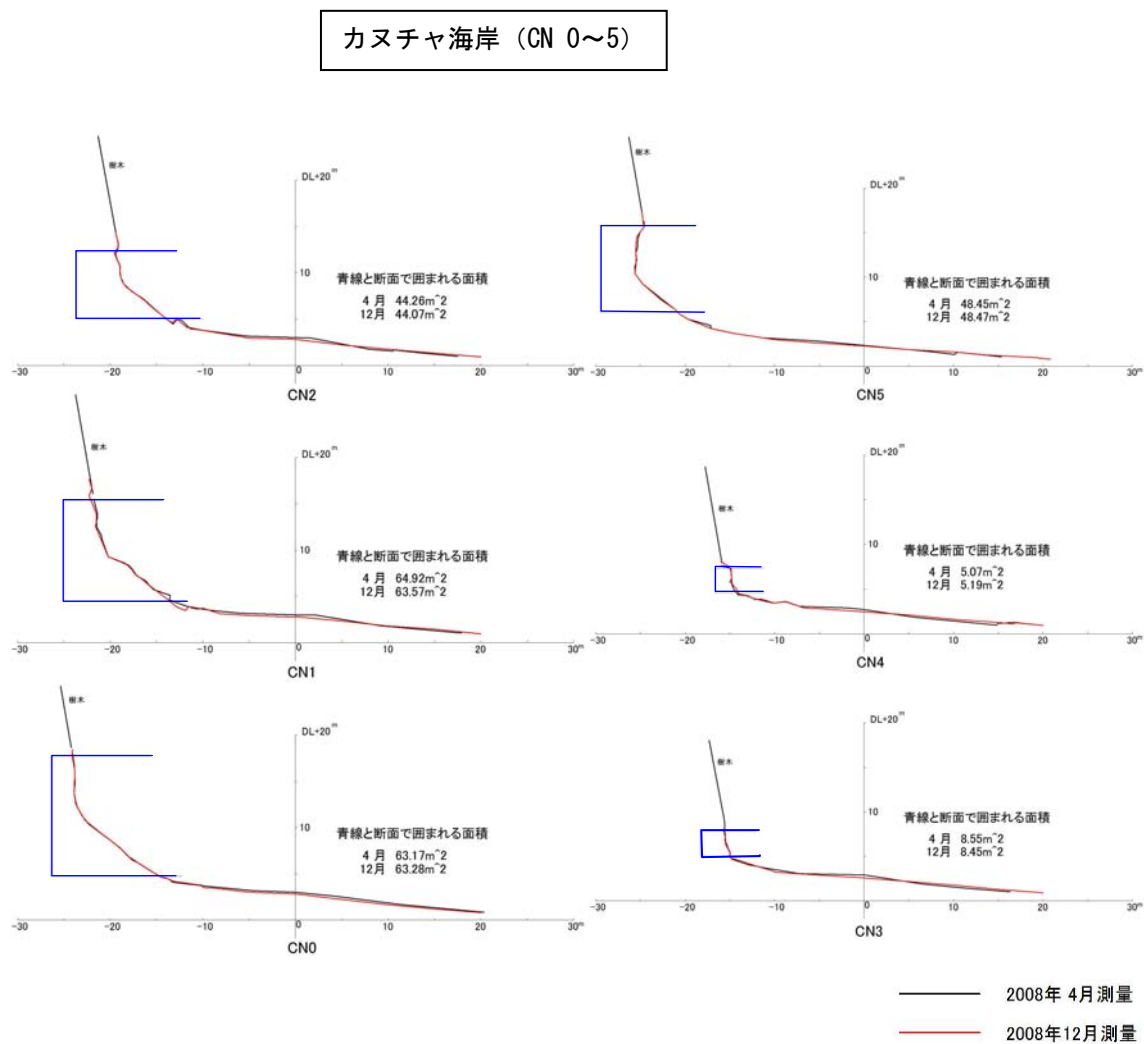


図-6. 10. 1. 36(1) 海蝕崖断面図 (カヌチャ海岸)

辺野古弾薬庫下 (DN 0~6)

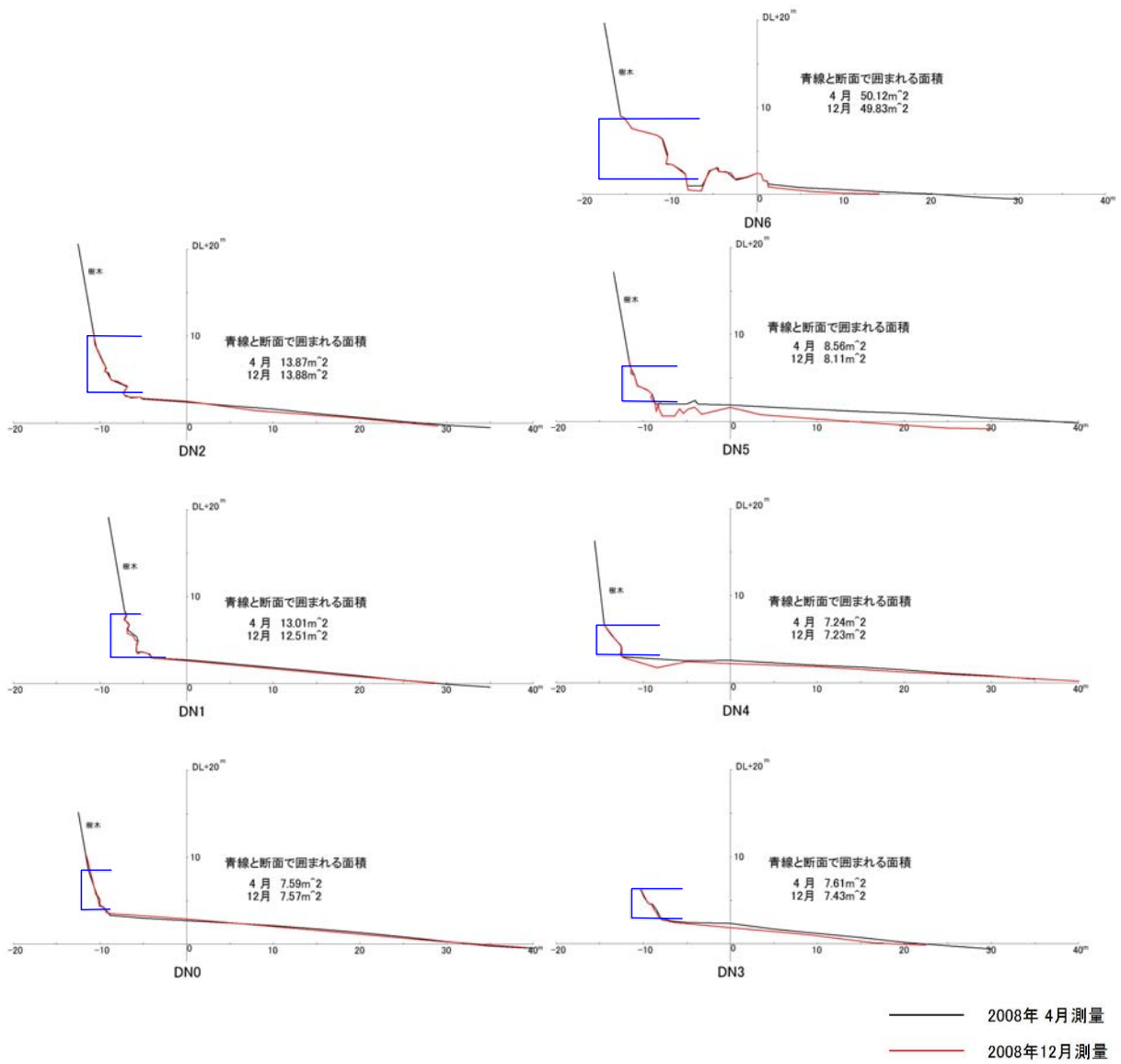


図-6.10.1.36(2) 海蝕崖断面図 (辺野古弾薬庫下)

豊原海岸 (TY 0~5)

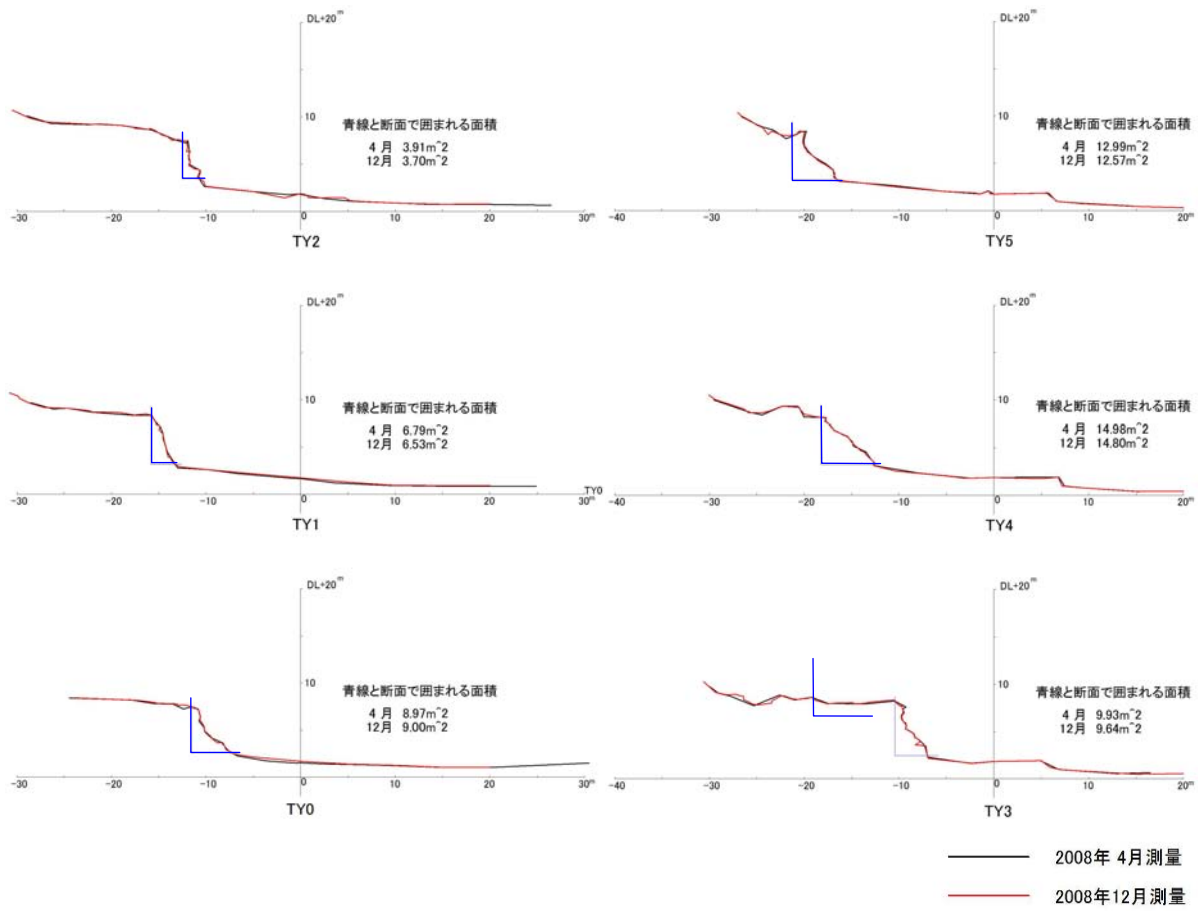


図-6.10.1.36(3) 海蝕崖断面図 (豊原海岸)