

図 6.10 年間総降水量 (石垣島測候所観測)

また、平成 24 年 (2012 年) における最大日降水量は 9 月 28 日に R-2' で観測された 434mm である。

なお、R-1 では 308.5mm の記録であり、その差は 130mm 近くである。

各地点の観測格差については、R-1 は空港用地の法尻付近にあたり強風が吹くと法面にあたった風が乱流となり、雨量計に入り難い状況が原因と思われる。

石垣島測候所における同日の日降水量は 313.5mm であり、グラフ中の 1970 年以降では最大値となる。

観測史上では、2012 年の記録 (313.5mm) は史上第 3 位となっており、非常に稀で記録的な大雨であったことが分かる。観測史上の第 1 位は、1935 年に記録された 378.9mm であり、第 2 位は 1900 年の 349.5mm であった。

※日降水量に関する統計期間は 1896 年から実施されている。

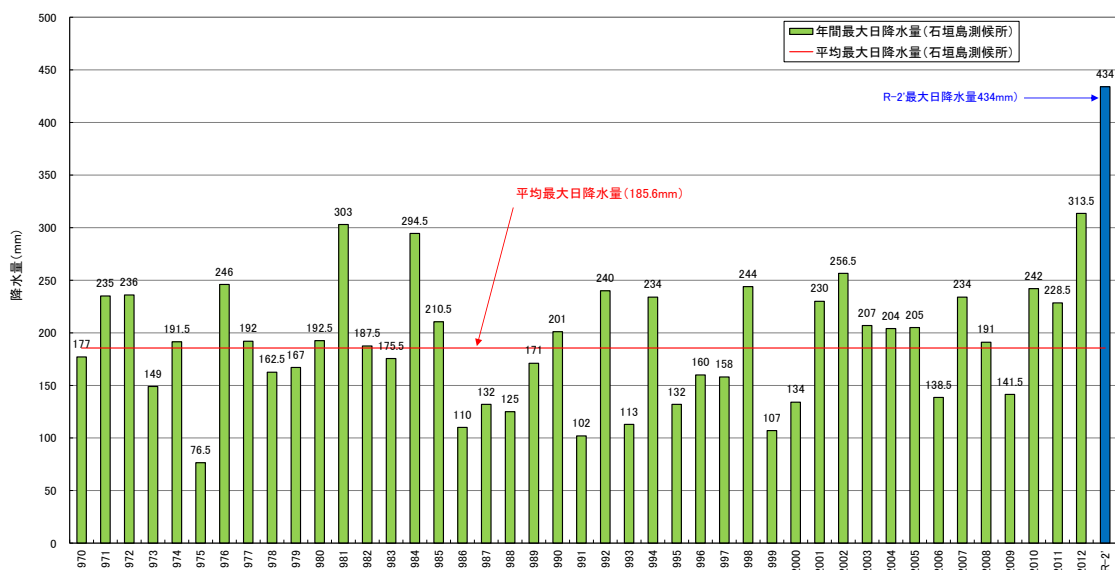


図 6.11 年間最大日降水量

④ 地下水の水質分析

水質分析結果は図 6.12 に示すとおりである。

【pH】

各地点で 7.3～7.8 であり、過年度の範囲内であった。

【浮遊物質量 SS(mg/L)】

各地点とも 1mg/L 以下で、過年度の範囲内であった。

【濁度(度)】

沿岸部の 4 地点では 0.1～0.7 度であり、浸透ゾーン脇の 18B-2 地点では 0.2～0.7 度が測定され、過年度の範囲内であった。

【溶解性鉄 S-Fe(mg/L)】

各地点とも概ね 0.05mg/L 未満であり、過年度の範囲内にあった。

【アンモニウム性窒素 $\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/L)】

各地点とも 0.02mg/L 未満であり、過年度の範囲であった。

【亜硝酸性窒素 $\text{NO}_2\text{-N}$ (mg/L)】

各地点で 0.001mg/L 未満～0.004mg/L であり、過年度の範囲であった。

【硝酸性窒素 $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/L)】

過年度の分析結果においては、14B-1、B-23、14B-3、18B-1 の順で高い値を示していた。今年度も同様に、14B-1 地点で 5.92～6.66mg/L、B-23 地点で 1.21～1.36mg/L、14B-3 地点で 0.60～0.72mg/L、18B-1 地点で 0.08～0.10mg/L で、各地点とも過年度の範囲内であった。

【硝酸イオン NO_3^- (mg/L)、全窒素 T-N(mg/L)】

硝酸性窒素と同様に、14B-1、B-23、14B-3、18B-1 の順で高い値を示した。各地点とも、過年度の範囲であった。

【磷酸態磷 $\text{PO}_4\text{-P}$ (mg/L)】

各地点で 0.007mg/L～0.090mg/L であり、過年度の範囲内であった。

【全磷 T-P(mg/L)】

各地点で 0.016mg/L～0.095mg/L であり、過年度の範囲内であった。

【ナトリウムイオン Na^+ (mg/L)】

採水地点が沿岸部に位置していることから、海水の影響を受けて一般の河川水に比べ総じて高い値が得られている。

今年度は、地下水流域の広い 14B-3、B-23 地点で 25.1～37.1mg/L、地下水流域の狭い 14B-1、18B-1 地点で 62.8～558.0mg/L であり、前者に比べ総じて高かった。

【カリウムイオン K^+ (mg/L)】

ナトリウムイオン同様に海水の影響を受けて一般の河川水に比べて高い値を示している。

今年度は、地下水流域の広い 14B-3、B-23 地点で 1.78～2.47mg/L、地下水流域の狭い 14B-1、18B-1 地点で 1.63～17.90mg/L であり、前者に比べ総じて高かった。

【カルシウムイオン Ca^{2+} (mg/L)】

各地点とも過年度の範囲内であったが、地下水流域の狭い 14B-1 地点で高い値(132～156mg/L)が確認され、他の地点では 58.1～91.0mg/L であった。

【マグネシウムイオン Mg^{2+} (mg/L)】

地下水流域の広い 14B-3、B-23 地点で 4.78～11.3mg/L、地下水流域の狭い 14B-1、18B-1 地点で 17.9～89.4mg/L であり、前者に比べ総じて高かった。

【塩素イオン Cl^- (mg/L)】

地下水流域の広い 14B-3、B-23 地点で 46.3～65.4mg/L、地下水流域の狭い 14B-1、18B-1 地点で 100～1090mg/L であり、前者に比べ総じて高かった。

【硫酸イオン SO_4^{2-} (mg/L)】

地下水流域の広い 14B-3、B-23 地点で 28.2～48.9mg/L、地下水流域の狭い 14B-1、18B-1 地点で 19.0～180.0mg/L であり、前者に比べ総じて高かった。

【炭酸水素イオン HCO_3^- (mg/L)】

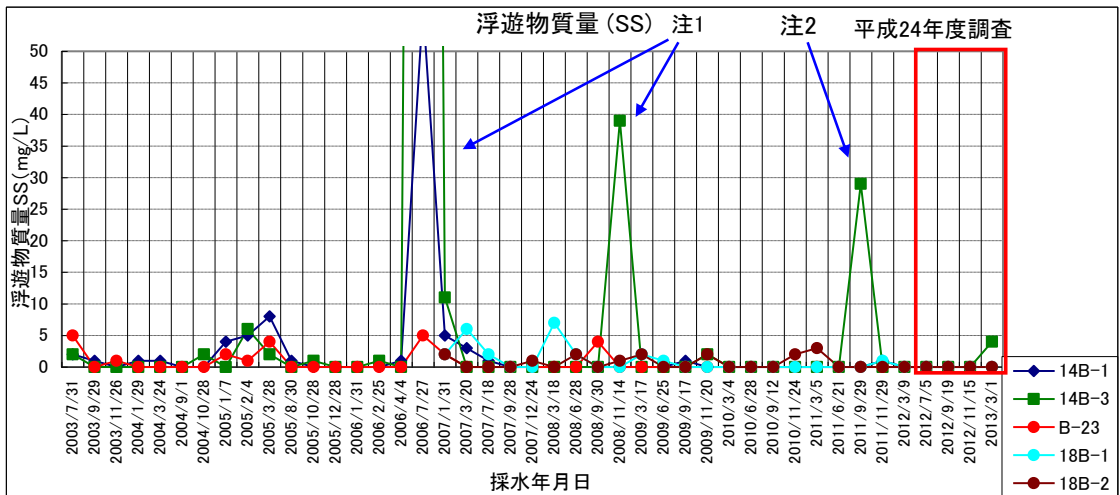
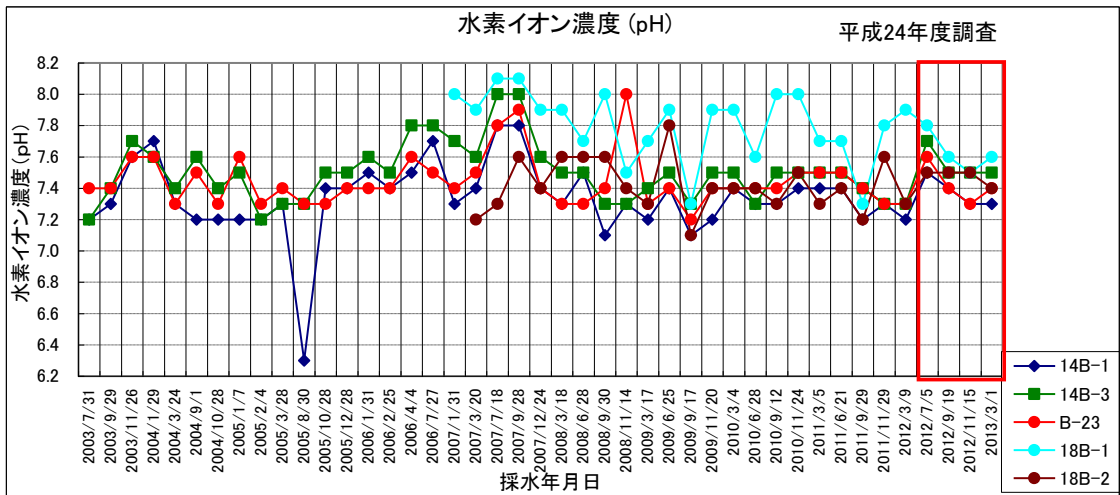
14B-1 地点で 299～321mg/L、14B-3 地点で 200～231mg/L、B-23 地点で 206～217mg/L、18B-1 地点で 211～226mg/L であり、概ね過年度の範囲内であった。

【イオン状シリカ SiO_2 (mg/L)】

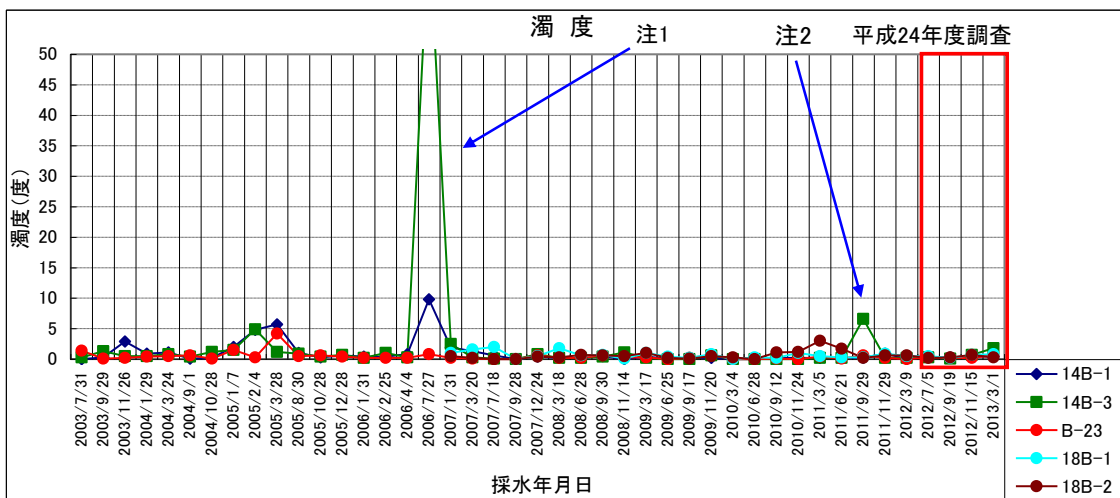
各地点で 7.9～19.0mg/L であり、概ね過年度の範囲内であった。

【電気伝導度 EC(mS/m)】

地下水流域の広い 14B-3、B-23 地点で 54.6～61.6mS/m、地下水流域の狭い 14B-1、18B-1 地点で 67.9～427.0mS/m であり、前者に比べ総じて高かった。

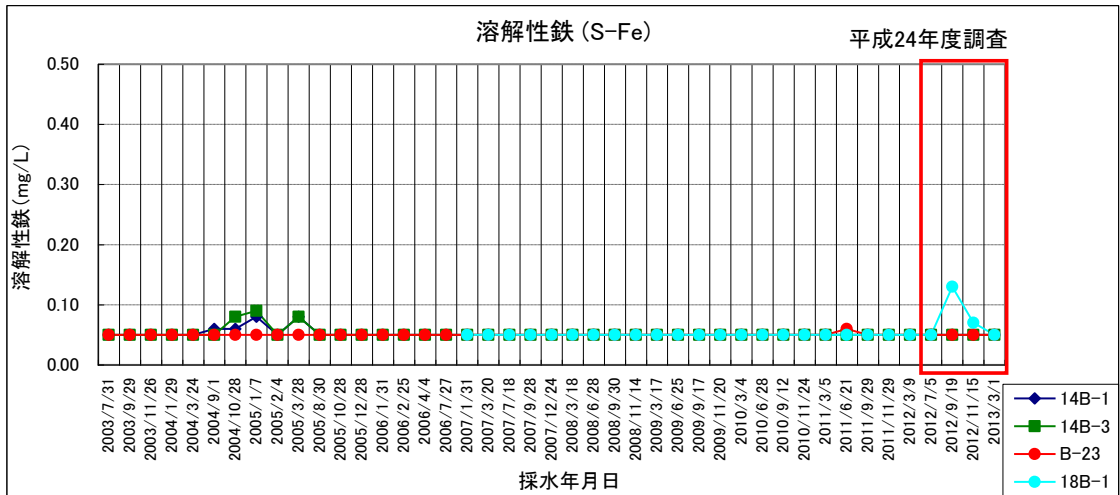


注1. 採水時に、観測孔周辺の砂、土等が混入した。
 注2. 採水時に、植物根及び細砂の混入が確認された。



注1. 採水時に、観測孔周辺の砂、土等が混入した。
 注2. 採水時に、植物根及び細砂の混入が確認された。

図 6.12(1) 水質分析結果 (pH、SS、濁度)



注. 定量下限値は0.05mg/L。

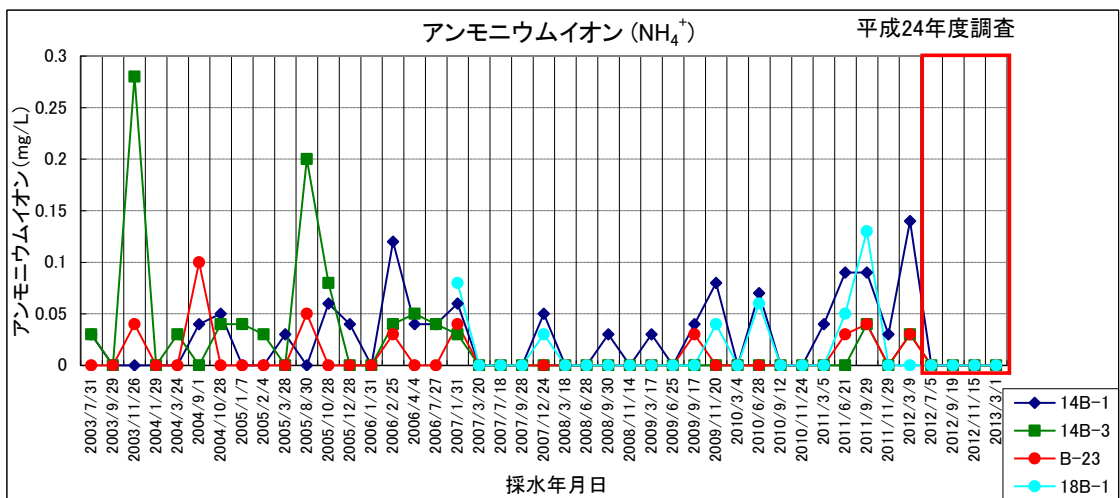
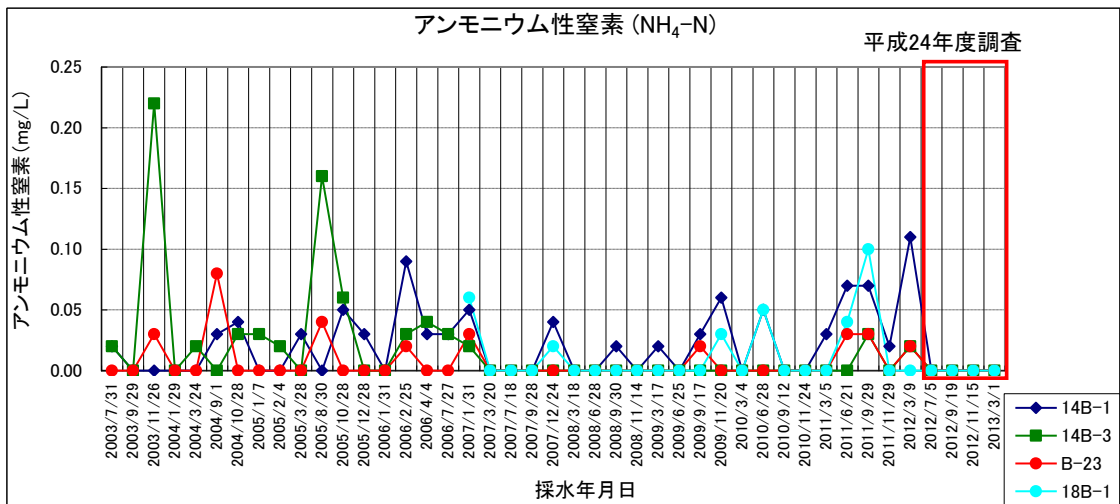


図 6.12(2) 水質分析結果 (S-Fe、NH₄-N、NH₄⁺)

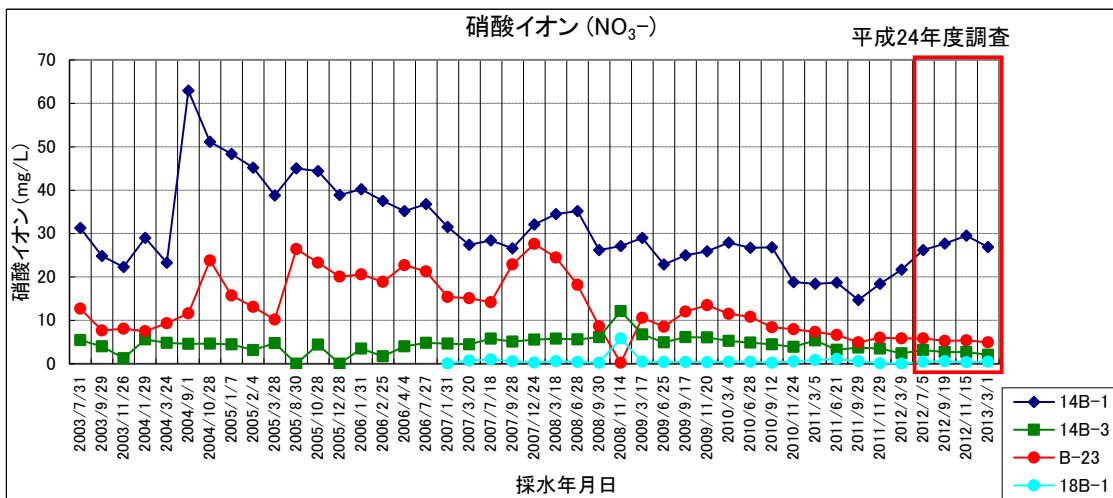
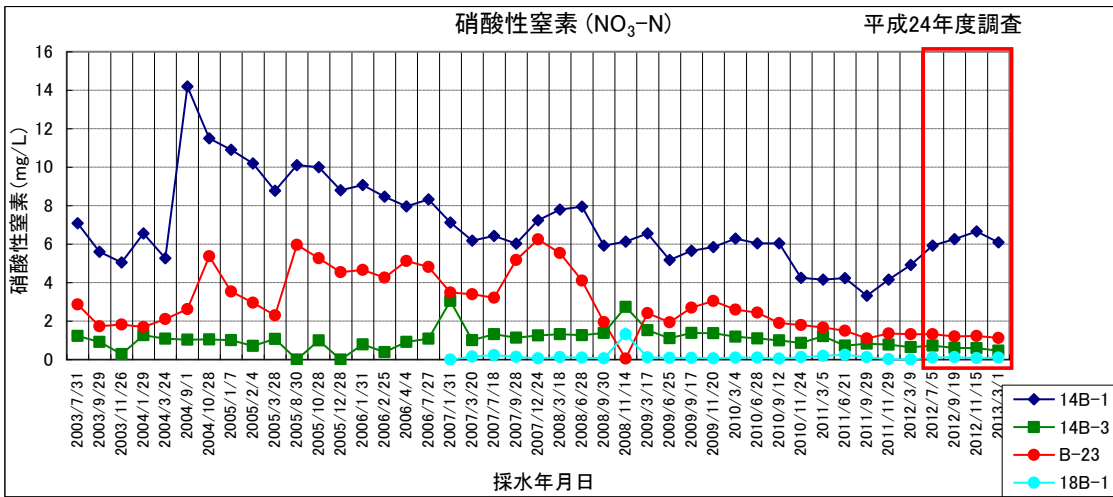
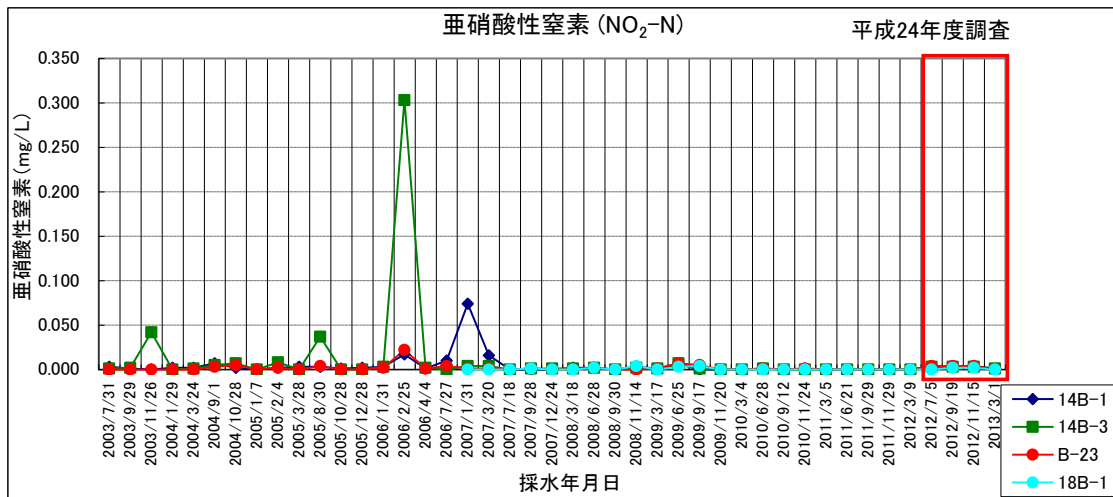


図 6.12(3) 水質分析結果 (NO₂-N、NO₃-N、NO₃⁻)

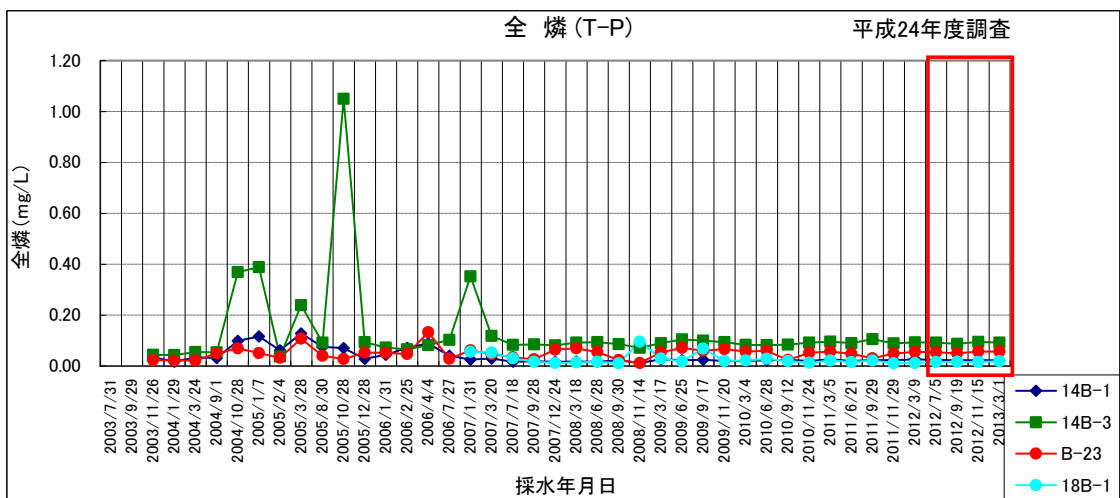
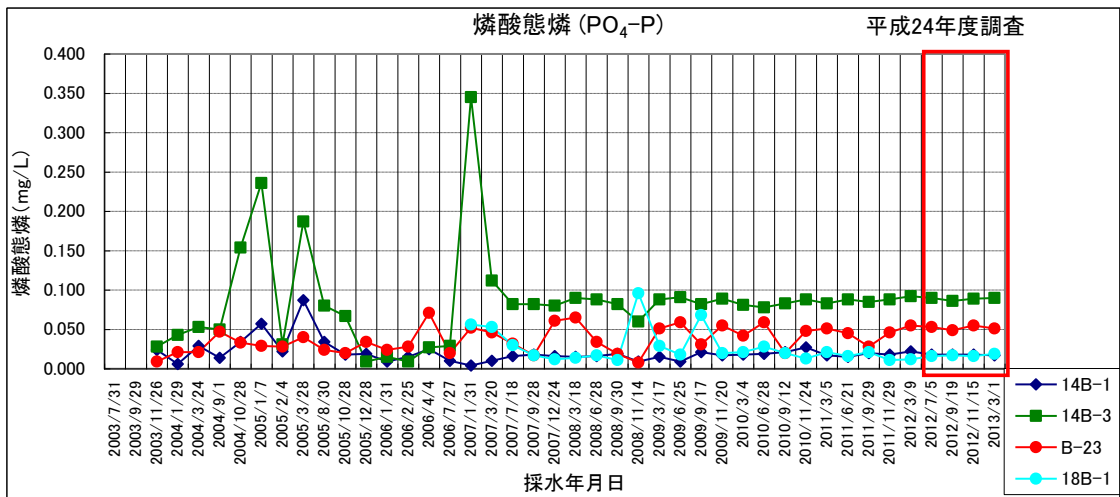
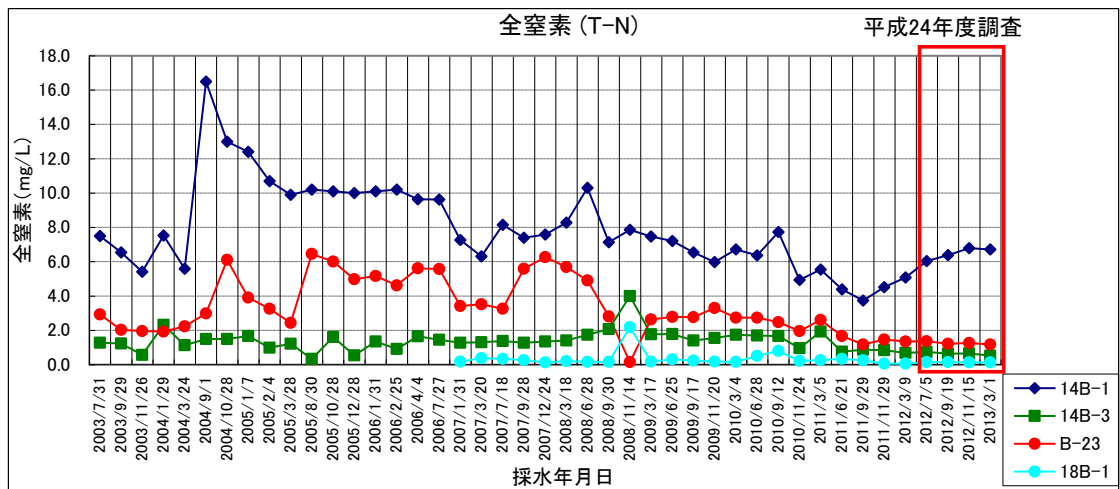
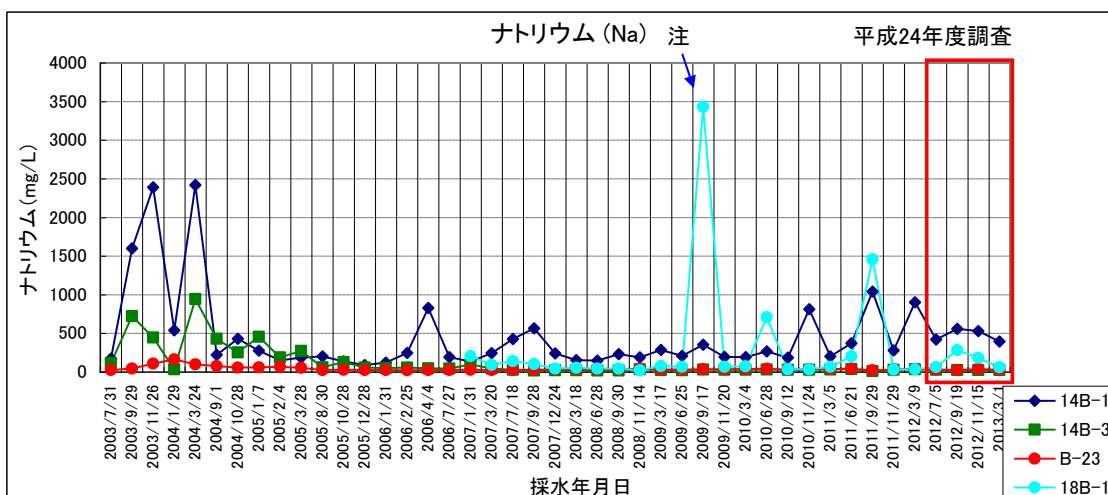
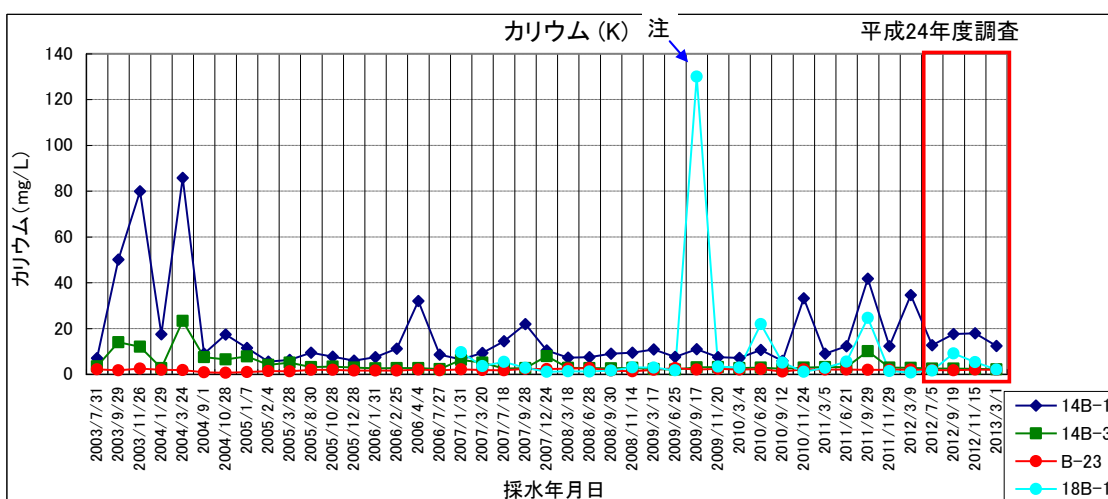


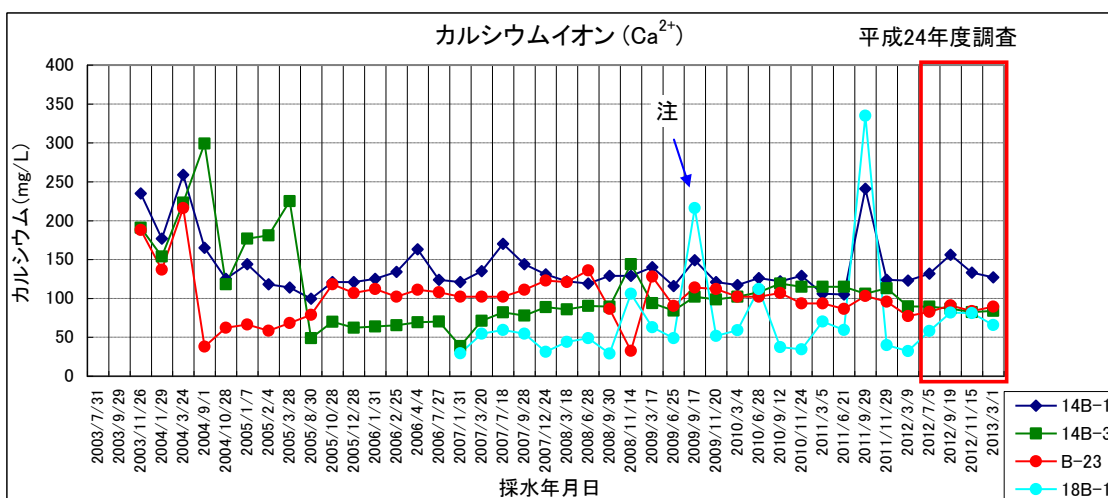
図 6.12(4) 水質分析結果 (T-N、PO₄-P、T-P)



注. 18B-1地点の極端な値は降水量の減少と高潮による海水の浸入が考えられる。

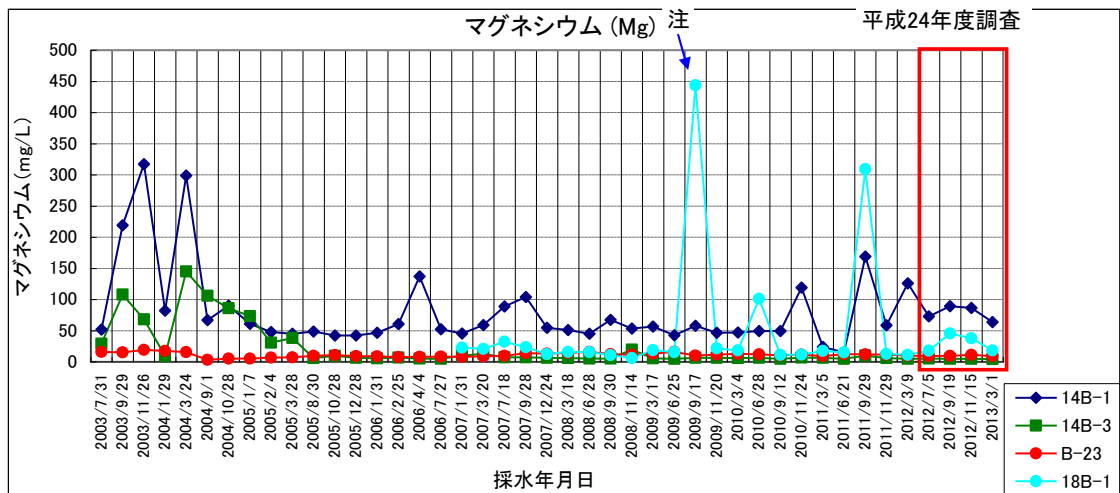


注. 18B-1地点の極端な値は降水量の減少と高潮による海水の浸入が考えられる。

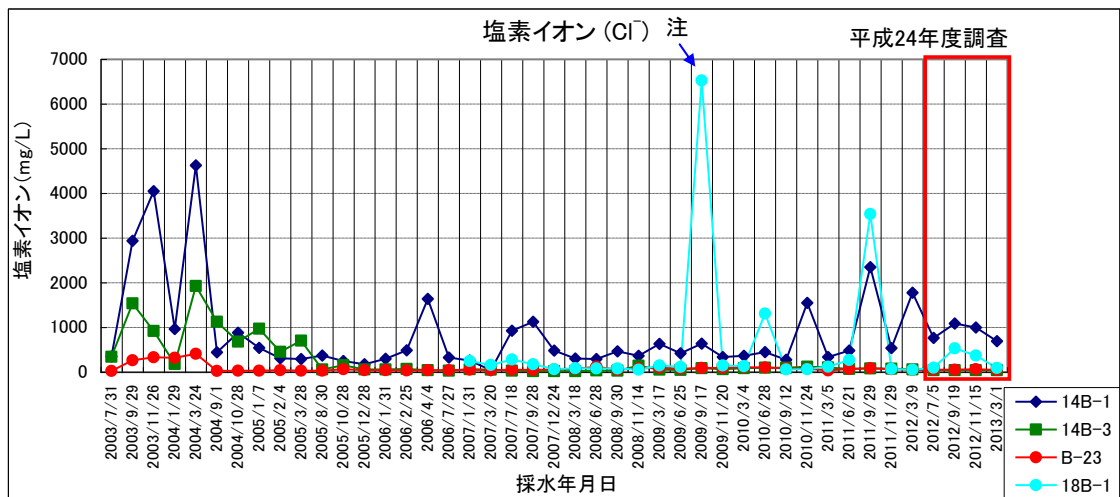


注. 18B-1地点の極端な値は降水量の減少と高潮による海水の浸入が考えられる。

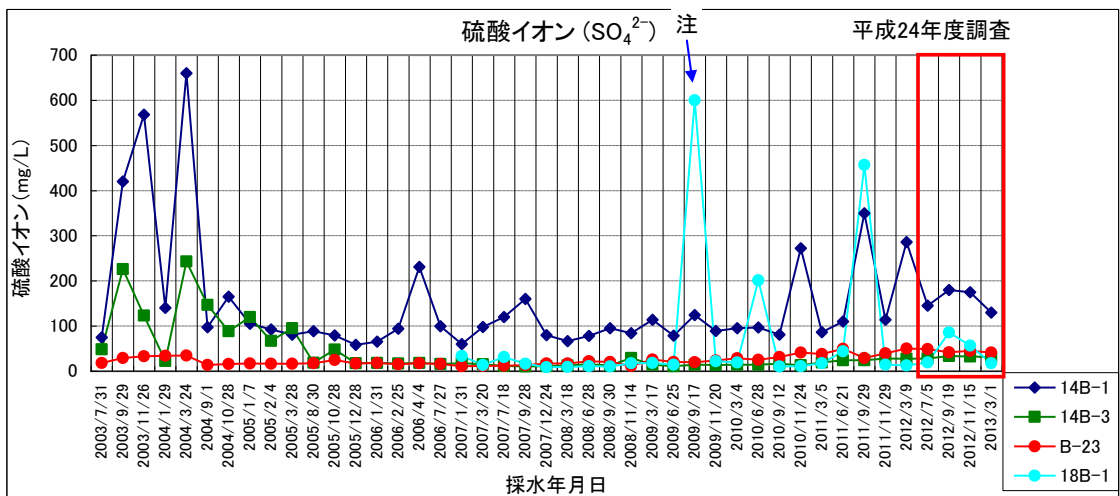
図 6.12(5) 水質分析結果 (Na⁺, K⁺, Ca²⁺)



注. 18B-1地点の極端な値は降水量の減少と高潮による海水の浸入が考えられる。

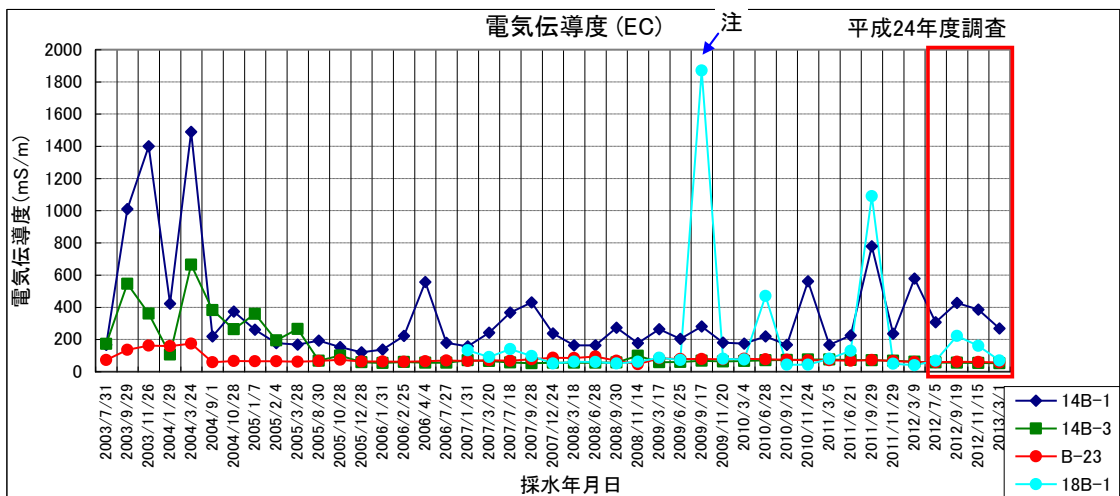
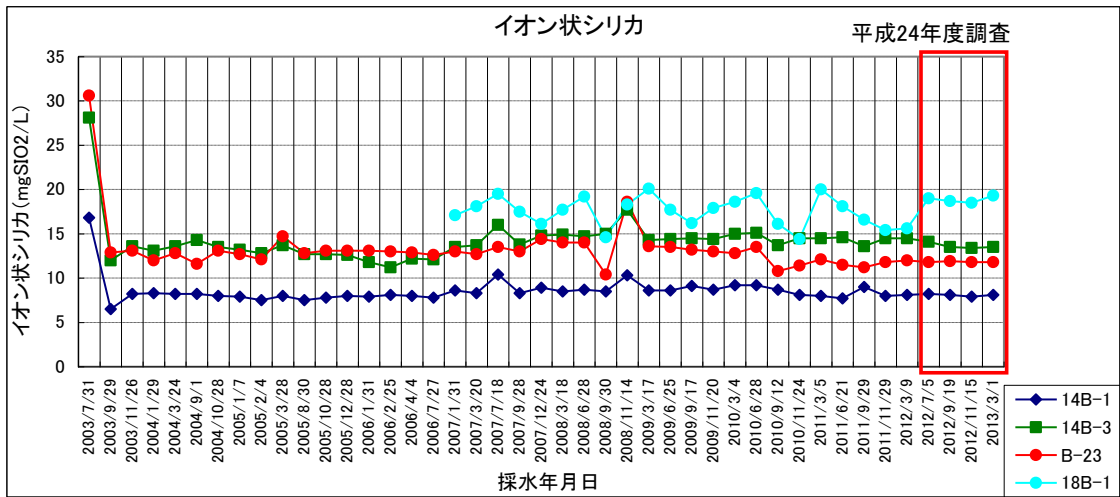
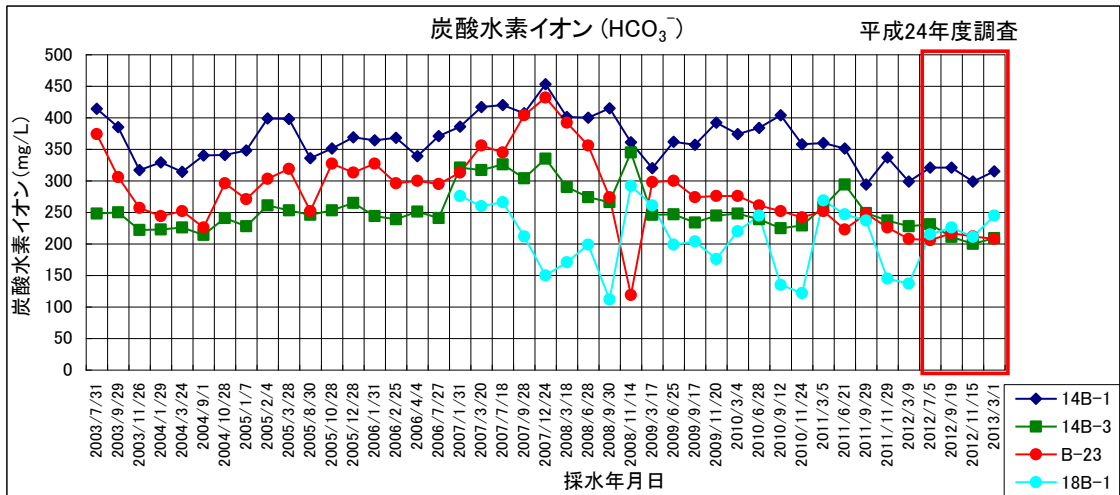


注. 18B-1地点の極端な値は降水量の減少と高潮による海水の浸入が考えられる。



注. 18B-1地点の極端な値は降水量の減少と高潮による海水の浸入が考えられる。

図 6.12(6) 水質分析結果 (Mg²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻)



注. 18B-1地点の極端な値は降水量の減少と高潮による海水の浸入が考えられる。

図 6.12(7) 水質分析結果 (HCO_3^- 、イオン状シリカ、EC)

【事後調査の結果と過年度調査結果との比較検討結果】

① 地下水の水位

平成 24 年度の沿岸部（14B-1、14B-3、B-23、18B-1 地点）、内陸部の 16B-1 地点における地下水位は、各地点とも事前調査の最低水位を下回ることにはなかった。

② 電気伝導度

電気伝導度は各地点とも概ね過年度の範囲内で分布していた。

③ 雨量観測

平成 23 年（2011 年）の月別降水量は、平年に比べ 1 月、5 月、10 月は多雨傾向であったが、その他の月は少雨傾向であった。特に 6 月から 9 月の 4 ヶ月間の総雨量は平年雨量に比べ、R-1 および石垣島測候所ともおよそ 570mm ほど少なく、石垣市と竹富町では 8 月下旬より 18 年ぶりに夜間断水が実施された。

一方、5 月と 10 月は台風の接近や湿った気流の影響による集中豪雨により、平年に比べそれぞれ 330mm ほど多かった（R-1）。

平成 23 年の年間総降水量は、R-1 で 2,090.5mm であり、年平均降水量（2,090.8mm）とほぼ同じであった。一方、石垣島測候所では 1,849.5mm が観測されており、年平均降水量を下回っていた。

④ 水質分析

各地点及び各項目とも概ね過年度の範囲内であった。

7. 海域生物・海域生態系

7.1 調査項目

調査項目は以下に示すとおりである。

- ① 海域生物の生息状況とその種組成
- ② 海域生物の生息環境である SS、COD、栄養塩類、赤土等の堆積量（SPSS）等
- ③ SS 連続観測調査
- ④ 沿岸域の栄養塩類等

7.2 調査時期

調査時期は以下に示すとおりである。

- ① 海域生物の生息状況とその種組成
平成 24 年 9 月 4～9（分布）、9 月 19～23 日（スポット）
- ② 海域生物の生息環境である SS、COD、栄養塩類、赤土等の堆積量（SPSS）等
平成 24 年 7 月 5 日、平成 24 年 9 月 19 日、11 月 15 日、平成 25 年 3 月 1 日
- ③ SS 連続観測調査
平成 24 年 4 月～平成 25 年 3 月（連続観測）
- ④ 沿岸域の栄養塩類等
平成 24 年 7 月 5 日、平成 24 年 9 月 19 日、11 月 15 日、平成 25 年 3 月 1 日

7.3 調査地点

調査地点は図 7.1 に示すとおりである。

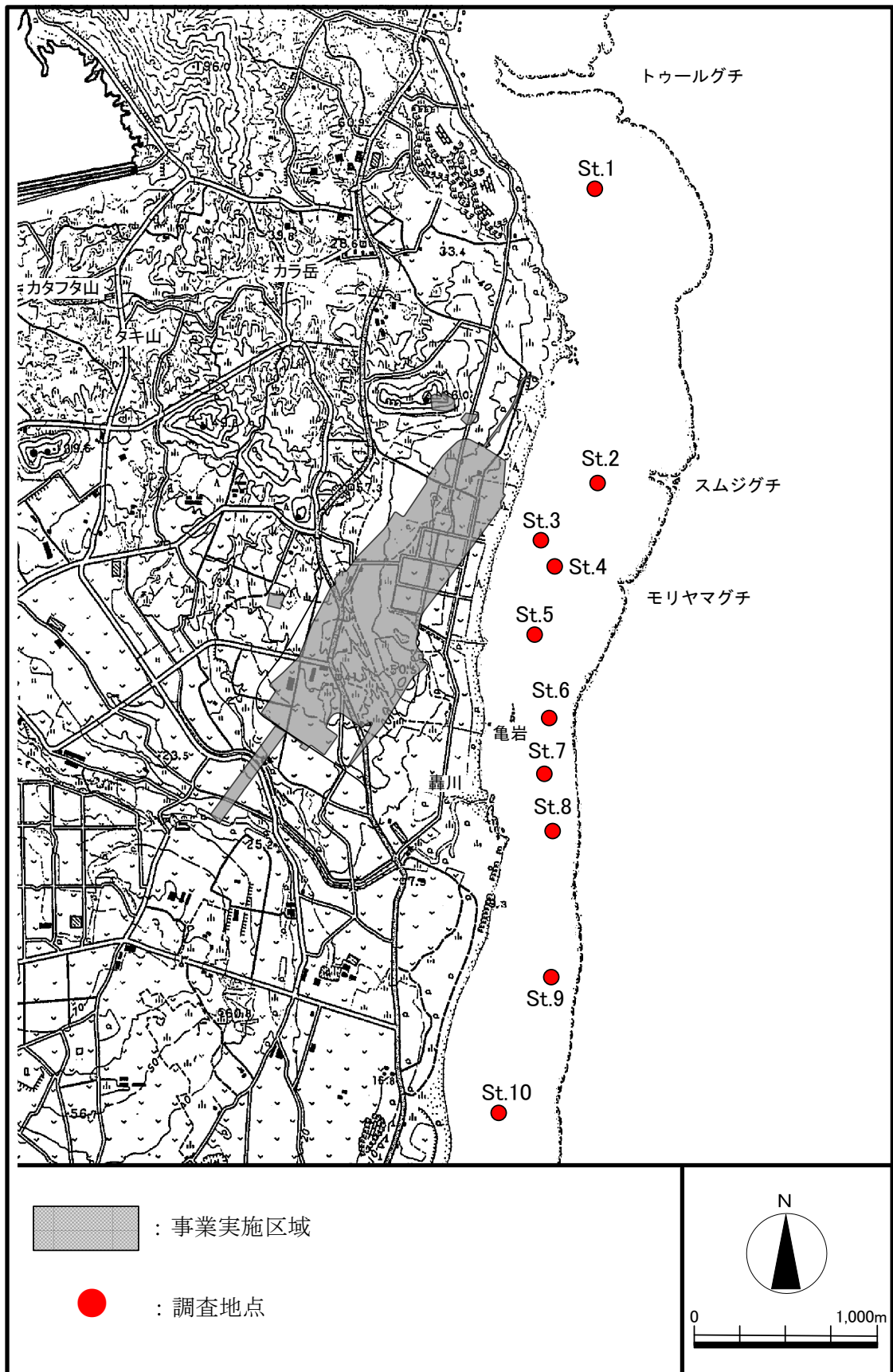


図 7.1 調査地点 (海域生物の生息状況とその種組成、海域生物の生息環境)

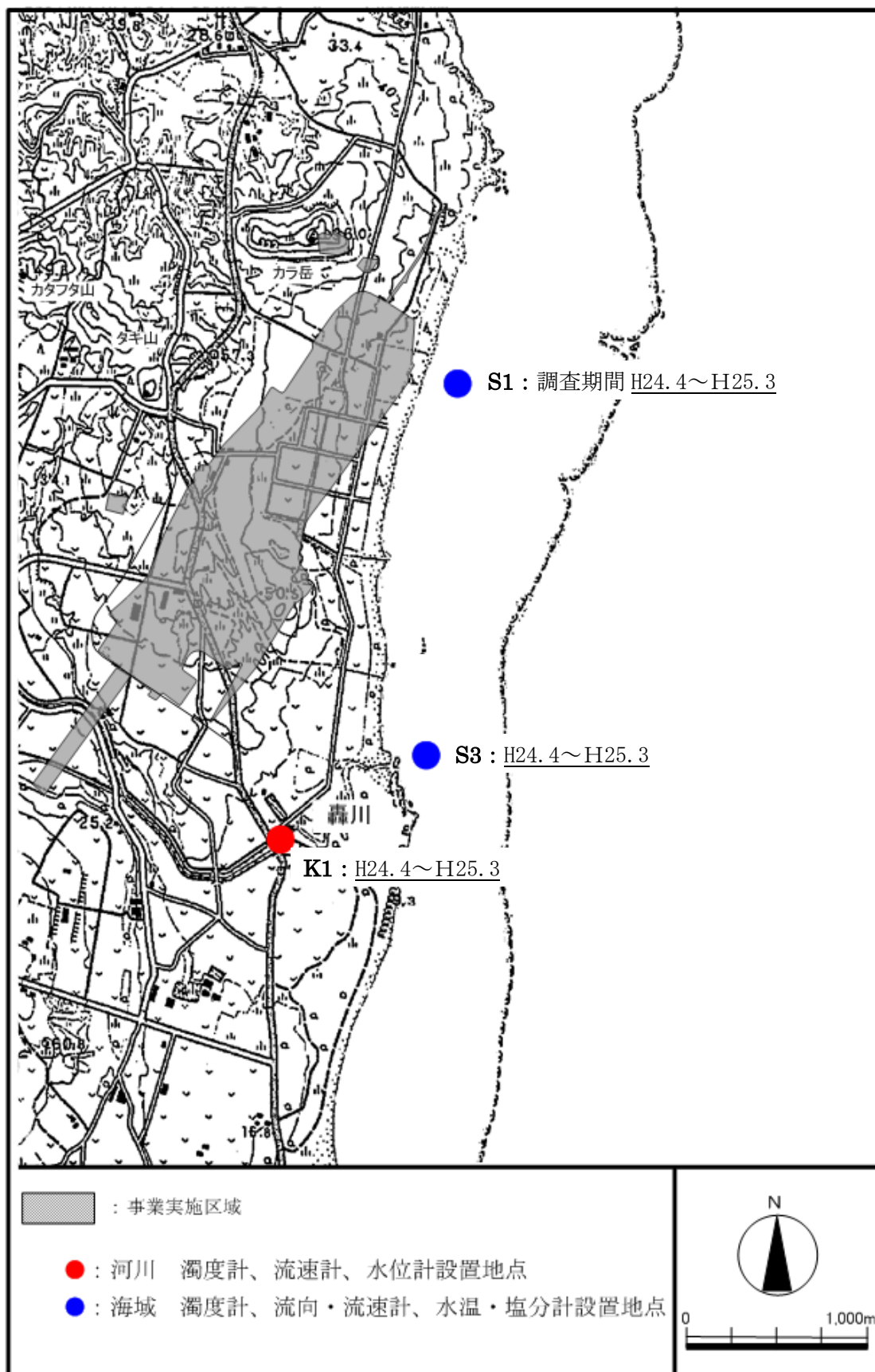


図 7.2 調査地点 (SS 連続観測調査)

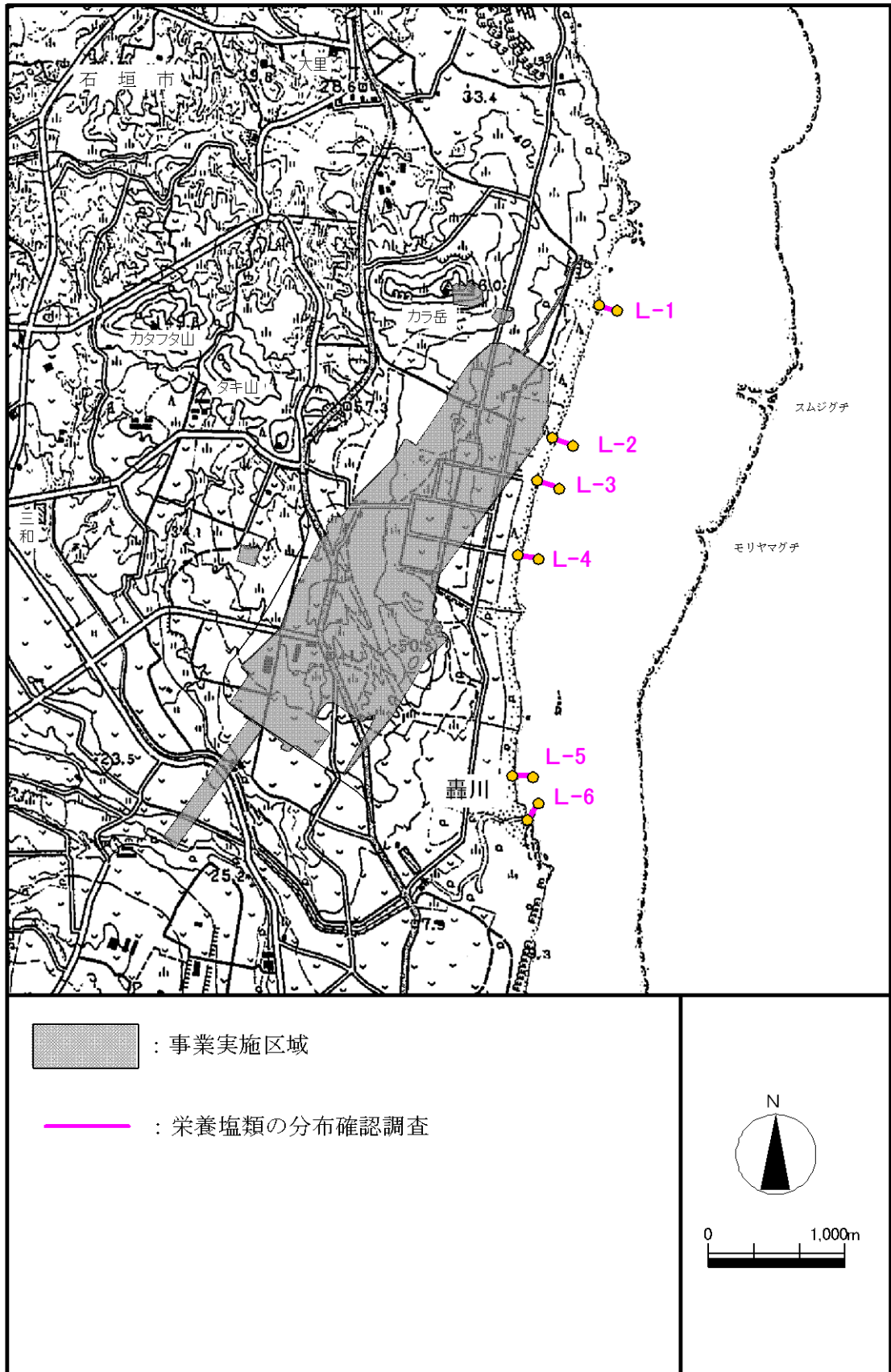


図 7.3 調査地点（沿岸域の栄養塩類等）

7.4 調査方法

項目ごとの調査方法は以下に示すとおりである。

① 海域生物の生息状況とその種組成

- ・サンゴ・藻場分布状況調査

マンタ法及び箱メガネ、目視観察により被度分布を把握し、GPSにより位置を記録し、分布図を作成した。

調査結果は、サンゴ・海藻草類の被度別に色分けを行い、調査地点図に示し、分布状況の変化の有無を把握した。

- ・サンゴ・藻場スポット調査

5 m×5 m の方形枠内におけるサンゴ、海藻草類、大型底生生物の出現種を記録し、魚類は方形枠を中心に30分間の潜水目視観察により、出現種及び概数を記録した。調査結果は、出現種リスト及び出現状況表を作成し、これまでの調査結果と比較し、出現状況の変化の有無を把握した。

② 海域生物の生息環境である SS、COD、栄養塩類、赤土等の堆積量 (SPSS) 等

- ・水質 (SS、COD、T-N、T-P)

海域生物の生息環境の変化を把握するため、水質分析を行った。分析結果は、水質の現況把握、海域生物の出現状況に変化が生じた場合の原因把握のデータとして活用を図ることとした。

- ・底質 (SPSS)

海域生物の生息環境の変化を把握するため、底質分析を行った。分析項目は、赤土等堆積状況を把握するため、SPSS (底質中懸濁物質含量) とし (下表目安)、分析結果は、底質の現況把握、海域生物の出現状況に変化が生じた場合の原因把握のデータとして活用を図ることとした。

SPSS (kg/m ³)			底質の状況、その他の参考事項
下限	ランク	上限	
	1	<0.4	定量限界以下、きわめてきれい。 白砂がひろがり生物活動はあまり見られない。
0.4 ≤	2	<1	水辺で砂をかき混ぜても懸濁物質の舞い上がりが確認しにくい。 白砂がひろがり生物活動はあまり見られない。
1 ≤	3	<5	水辺で砂をかき混ぜると懸濁物質の舞い上がりが確認できる。 生き生きとしたサンゴ礁生態系が見られる。
5 ≤	4	<10	見た目ではわからないが、水中で砂をかき混ぜると懸濁物質で海が濁る。 生き生きとしたサンゴ礁生態系が見られる。
10 ≤	5a	<30	注意して見ると底質表層に懸濁物質の存在がわかる。 生き生きとしたサンゴ礁生態系の上限ランク。
30 ≤	5b	<50	底質表層にホコリ状の懸濁物質がかぶさる。 透明度が悪くなりサンゴ被度に悪影響が出始める。
50 ≤	6	<200	一見して赤土の堆積がわかる。底質攪拌で赤土等が色濃く懸濁。 ランク6以上は明らかに人為的な赤土等の流出による汚染があると判断。
200 ≤	7	<400	干潟では靴底の様子がわかり、赤土等の堆積が著しいがまだ砂を確認できる。 樹枝状ミドリイシ類の大きな群体は見られず、塊状サンゴの出現割合増加。
400 ≤	8		立つと足がめり込む。見た目は泥そのもので砂を確認できない。 赤土汚染耐性のある塊状サンゴが砂漠のサボテンのように点在。

③ SS 連続観測調査

第3回 新石垣空港事後調査委員会（平成20年8月7日）において、「荒天時の轟川から海域への濁りの拡散状況の把握及び災害時に備えた現況を把握する必要がある」との指導・助言を踏まえ、「SS（浮遊物質）連続観測」の調査を実施した。

調査地点は、平成20年10月より12月までは海域3地点（S1, S2, S3）、轟川1地点（R1）とした。平成20年12月までの調査結果より、調査地点S3の海域の流れの状況等から、S2における濁りの拡散状況を予測し得ると判断し、S2における観測を終了した。

平成21年1月からは、工事の進捗状況に合わせ、轟川の調査地点（R2）での観測を開始し、平成21年1月より海域2地点（S1、S3）、轟川2地点（R1, R2）で調査を実施した。

表 7.1 各調査地点の観測項目及び使用機器

調査地点		濁度	水位	流速	塩分
轟川	K1	infinity-Turbi		infinity-EM	—
	K2	compact-CLW	MDSmkV/D	compact-EM	—
海域	S1	infinity-Turbi		infinity-EM	compact-CT
	S3	infinity-Turbi		infinity-EM	compact-CTW

注) 機器はいずれも JFE アドバンテック (株) 社製

④ 沿岸域の栄養塩類等

海域生物の生息環境を陸域からの負荷を含めて把握するため、栄養塩類のライン調査を実施した。採水器により表層で採水し、分析項目は、COD、SS、塩分、全窒素、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、全りん、シリカ (SiO₂) とした (表 7.2)。

調査時期は、「海域生物の生息環境である SS、栄養塩類、赤土等の堆積量 (SPSS) 等調査」と同時期とし、調査地点は、轟川河口の 1 ライン 2 点 (0m、100m) 及び地下水調査地点の延長線上沖合の 5 ライン 2 点 (0m、100m) の合計 12 点とした。

なお、調査時期・回数に関し、第 3 回 新石垣空港事後調査委員会 (平成 20 年 8 月 7 日) において、「年間を通して、濁水や栄養塩類の流出がないことを把握する必要がある」との指導・助言を踏まえ、「地下水の水質」及び「海域生物の生息環境である SS、COD、栄養塩類、赤土等の堆積量 (SPSS) 等」の実施時期に合わせ、4 回/年の調査を実施した。

表 7.2 分析項目及び分析方法 (沿岸域の栄養塩類)

項目	分析方法
COD (酸性法)	JIS K 0102 17
SS	環境省告示第 59 号付表 8
塩分 (サリノメーター)	海洋観測指針 (1999 年版) 第 1 部 5.3
全窒素 (T-N)	JIS K 0102 45.4
硝酸性窒素	JIS K 0102 43.2.1
亜硝酸性窒素	JIS K 0102 43.1
全りん (T-P)	JIS K 0102 46.3.1
シリカ (SiO ₂)	JIS K 0101 44.3.1

7.5 調査結果

① 海域生物の生息状況とその種組成

ア) サンゴ・藻場分布状況調査

【サンゴ分布】

平成 18～23 年度のサンゴ類の分布状況及び調査結果は図 7.4、表 7.3 に示すとおりである。サンゴ分布調査範囲は、事業実施区域を中心として便宜的に下記の 3 区分として検討した。さらに各区域内で、白化前の平成 18 年度に比べて被度の低下が認められる位置の場所 (St. a～j) において、白化・死滅状況を確認した。

区域Ⅰ：調査海域の北側（トゥールグチからカラ岳前面までの海域）

過年度にはハマサンゴ群集が高被度であり、濁水影響の少ない海域

区域Ⅱ：事業実施区域前面海域

轟川や排水口からの陸水負荷の明瞭な海域

区域Ⅲ：調査海域の南側（轟川より南側の調査海域）

アオサンゴ群集が特徴的で、海況によって陸水負荷を受ける海域

海域全体では、平成 19 年の白化後、平成 20 年度には 30～50%の高被度のサンゴ類生息範囲は消滅しており、比較的高水温耐性のあるユビエダハマサンゴも白化後死滅が観察され、サンゴ類の生育状況は悪化した。

平成 22 年度には、回復したコモンサンゴ属（樹枝状）やミドリイシ属（稚サンゴ）が観察されていたが、平成 23 年度は、一部でオニヒトデによる食害が確認された。

区域Ⅰでは、St. a、b 周辺において、サンゴ類は被度 10～30%であり、St. a ではユビエダハマサンゴやハマサンゴ属（塊状）が、St. b ではユビエダハマサンゴやコモンサンゴ属（樹枝状）が優占して分布していた。それ以外の St. i を含む区域では、サンゴ類は被度 10%未満であった。

区域Ⅱでは、St. e 周辺において、被度 30～50%であり、コモンサンゴ属（樹枝状）が優占して分布していた。St. e の南側においても、同様にコモンサンゴ属（樹枝状）が優占して分布しており、被度は 10～30%であった。また、St. k 周辺区域においては、ハマサンゴ属（塊状）が被度 10～30%で分布していた。その他、St. c、d を含む区域では、被度 10%未満であった。

区域Ⅲでは、St. j 周辺において被度 30～50%であり、シコロサンゴ属が優占していた。また、St. g、h 周辺では被度 10～30%であり、St. g ではハマサンゴ属（塊状）やヒメマツミドリイシが、St. h ではアオサンゴやユビエダハマサンゴが優占していた。その他、轟川河口にあたる St. f 周辺では被度 10%未満であった。

また、本年度調査において、調査範囲内におけるサンゴの白化はほとんど確認されなかった。水温の上昇期である 6～8 月にかけて、八重山諸島に接近した台風は 8 個（3、4、9、14～17、21 号）であり、これらの影響で海水が攪拌され、白化を引き起こす程水温が上昇しなかったと考えられた。

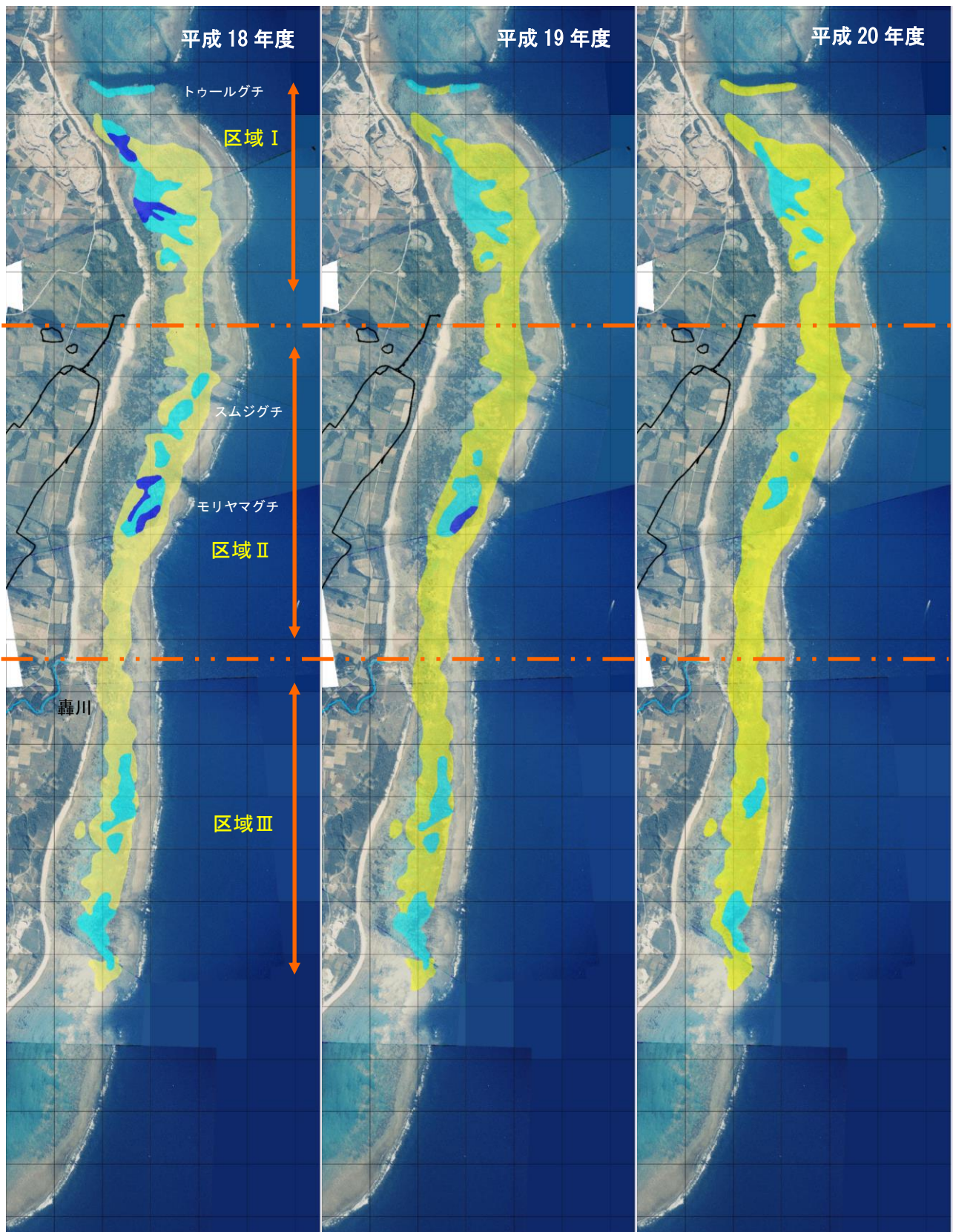


図 7.4(1) サンゴ類の調査位置及び分布状況 (平成 18 年～平成 20 年)

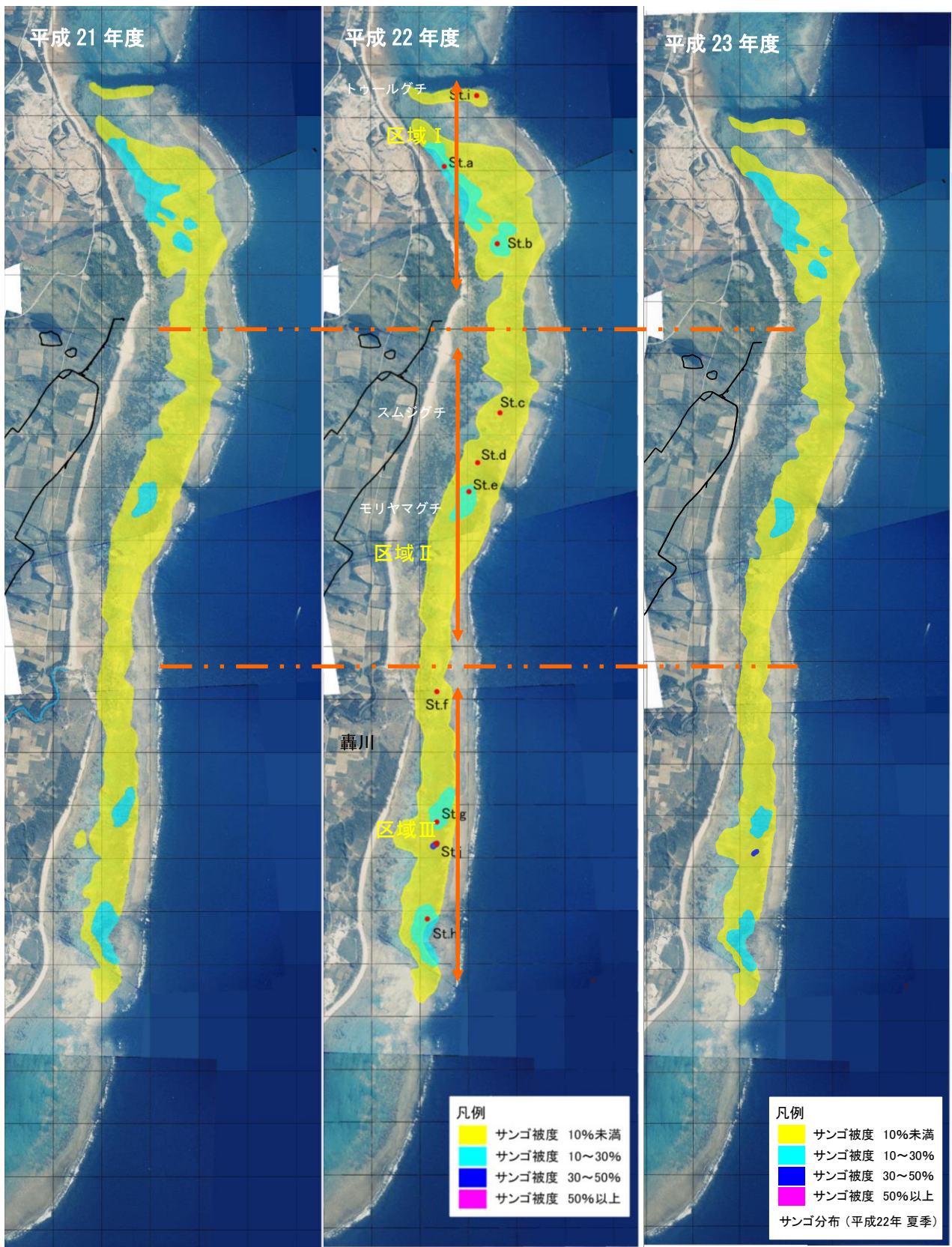


図 7.4(2) サンゴ類の調査位置及び分布状況 (平成 21 年、平成 22 年、平成 23 年)

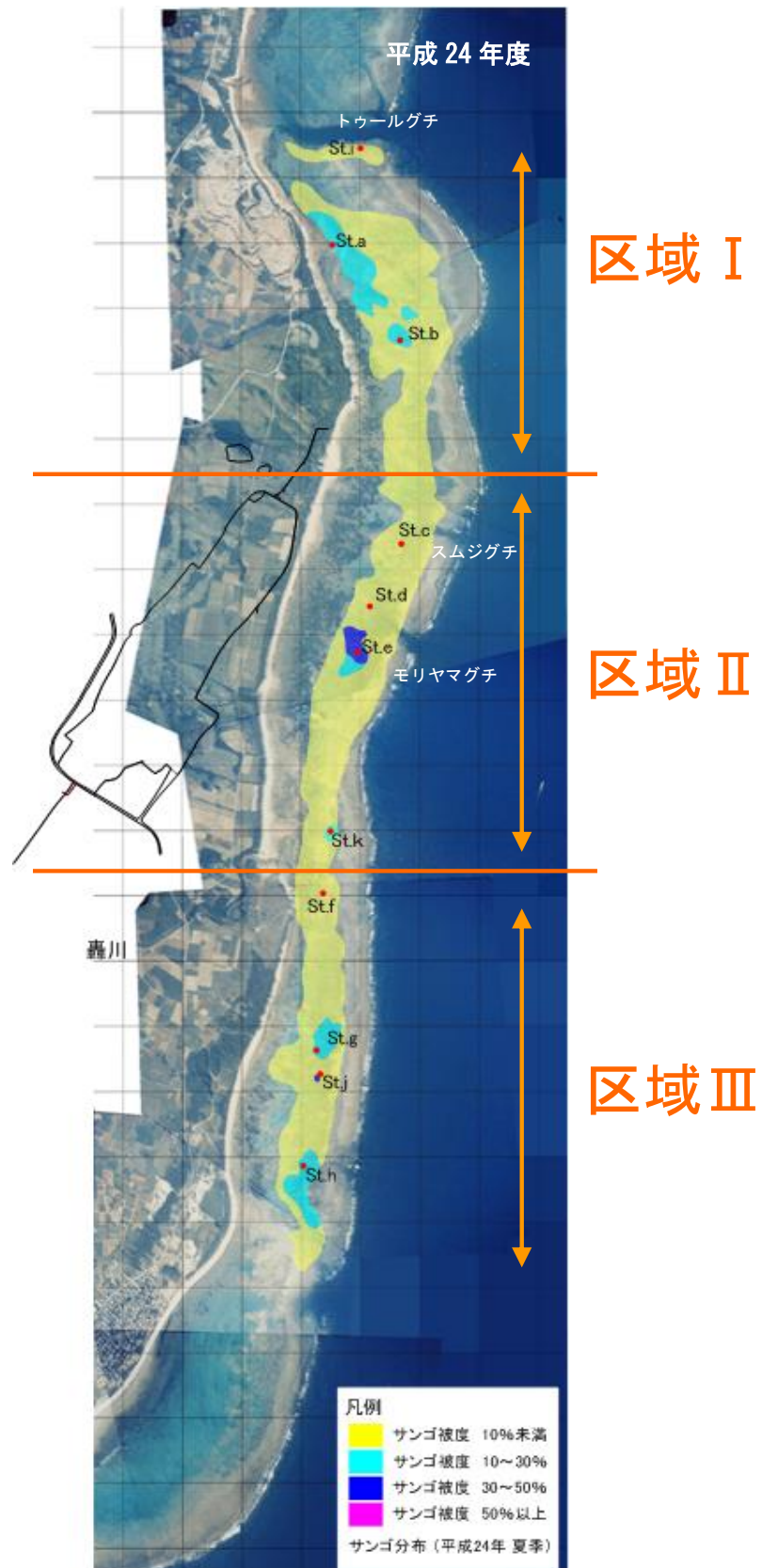


図 7.4(3) サンゴ類の調査位置及び分布状況 (平成 24 年)

表 7.3 サンゴ類の分布状況調査結果

調査期日：平成24年9月4～9日

調査位置		主な出現種	生存被度 (%)		死亡 (%)	白化 (%)
区域 I	St. a	ユビエダハマサンゴ	15	20	<1	0
		ハマサンゴ属 (塊状)	5			
	St. b	ユビエダハマサンゴ	10	15	<1	0
コモンサンゴ属 (樹枝状)		<5				
	St. i	ハマサンゴ属 (塊状)	<1	<1	<1	0
区域 II	St. c	カメノコキクメイシ	<1	<1	<1	0
		スギノキミドリイシ	<1			
		ハマサンゴ属 (塊状)	<1			
	St. d	コモンサンゴ属 (樹枝状)	<1	<5	<1	0
		コモンサンゴ属 (被覆状)	<1			
		ハマサンゴ属 (塊状)	<1			
		ユビエダハマサンゴ	<1			
	St. e	コモンサンゴ属 (樹枝状)	40	50	<1	0
		ハマサンゴ属 (塊状)	<5			
		ハマサンゴ属 (樹枝状)	<5			
コモンサンゴ属 (葉状)		<5				
St. k	ハマサンゴ属 (塊状)	5	10	<1	0	
	シコロサンゴ属	<5				
	コモンサンゴ属 (樹枝状)	<5				
区域 III	St. f	ハマサンゴ属 (塊状)	<5	<5	<1	0
		ユビエダハマサンゴ	<5			
		コカメノコキクメイシ属	<1			
	St. g	ハマサンゴ属 (塊状)	10	25	<1	0
		ヒメマツミドリイシ	10			
		ユビエダハマサンゴ	<5			
		シコロサンゴ属	<5			
	St. h	ユビエダハマサンゴ	10	20	<1	0
		アオサンゴ	10			
	St. j	シコロサンゴ属	40	40	<1	0
ハマサンゴ属 (塊状)		<1				
ユビエダハマサンゴ		<1				

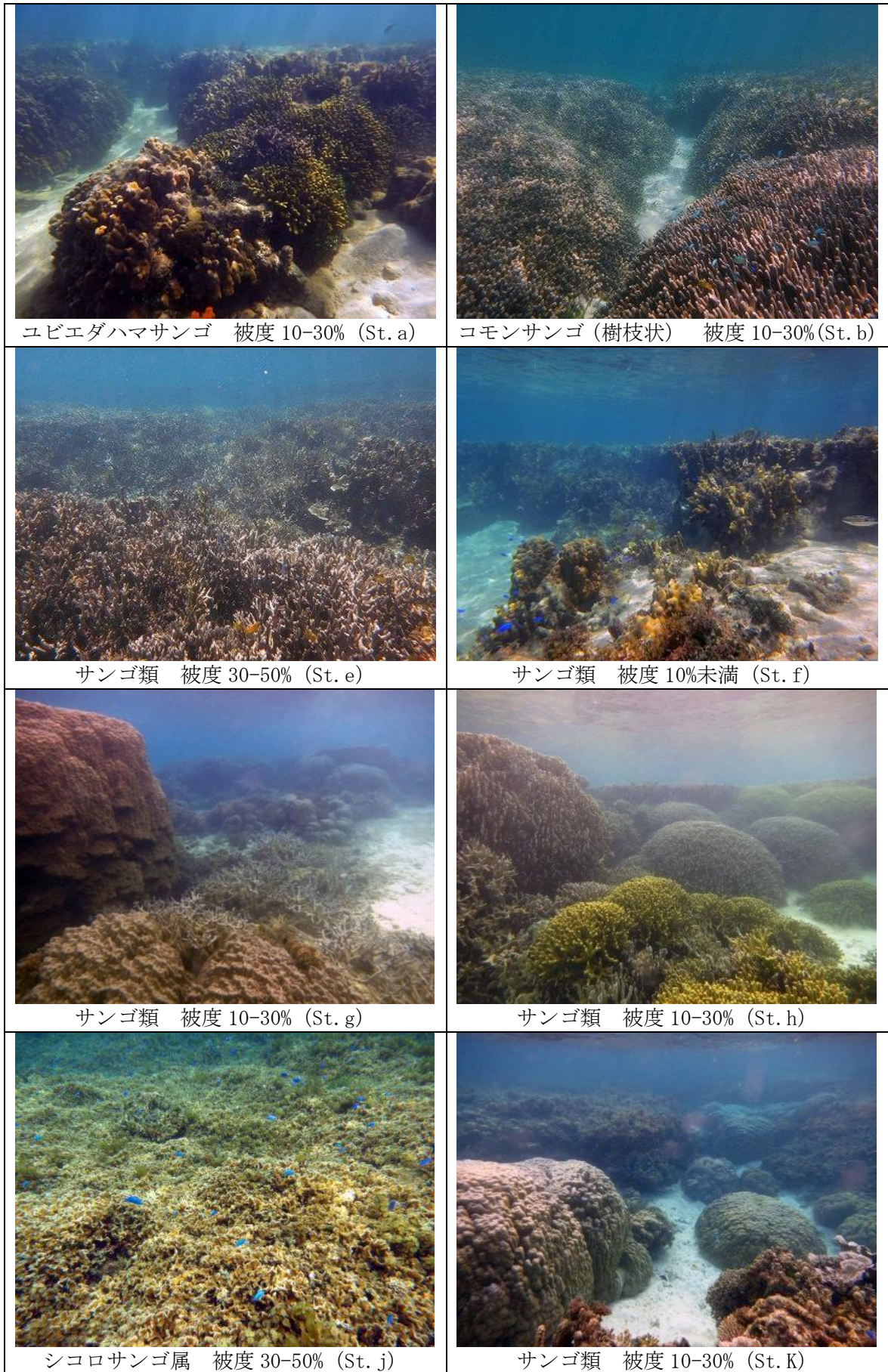


図 7.5 サンゴ類の生息状況

【藻場分布】

平成 18～23 年度の藻場の分布状況及び調査結果は図 7.6、表 7.4 に示すとおりである。藻場は、海岸沿いの礁池に広く海草藻場が分布し、主な構成種は、ベニアマモ、リュウキュウアマモ、ボウバアマモ、ウミジグサ、ウミヒルモ、リュウキュウスガモであった。

ホンダワラ藻場は、礁池内沖側の岩盤において、ヤバネモク、タマキレバモク、ラッパモク、ホンダワラ属を構成種として分布していた。

ホンダワラ藻場は、ホンダワラ藻場は、調査海域北側の St. B、D 周辺域で被度 50% 以上と高く、その周辺と南側海域の一部において 30～50% で分布しており、それ以外では被度 10～30% であった。また、ホンダワラ藻場の年変動が確認されている南側海域の St. I、J 周辺では、平成 24 年度調査においては分布が確認された。

表 7.4 藻場分布状況調査結果

調査期日：平成24年9月4～9日

項目		調査地点										
		St. A	St. B	St. C	St. D	St. E	St. F	St. G	St. H	St. I	St. J	
藻場の区分		海草	ホンダワラ	海草	ホンダワラ	海草	海草	ホンダワラ	海草	ホンダワラ	ホンダワラ	
主な構成種	ホンダワラ藻場 構成種	ヤバネモク		5		+		+	5		+	5
		タマキレバモク		+					5			+
		ラッパモク						+			+	
		ホンダワラ属		50		70			20		30	15
	海草藻場 構成種	ベニアマモ	5		15		15	10		15		
		リュウキュウアマモ			15		10	10		+		
		ボウバアマモ			+			+				
		ウミジグサ	+					+		+		
		ウミヒルモ	5				+	+				
		リュウキュウスガモ	+		+		+	5		15		
被度		15	60	35	70	30	30	30	35	35	20	

- 注) 1. +は被度5%未満を示す。
 2. 被度は5%単位で示す。
 3. 10分間の潜水目視観察による。

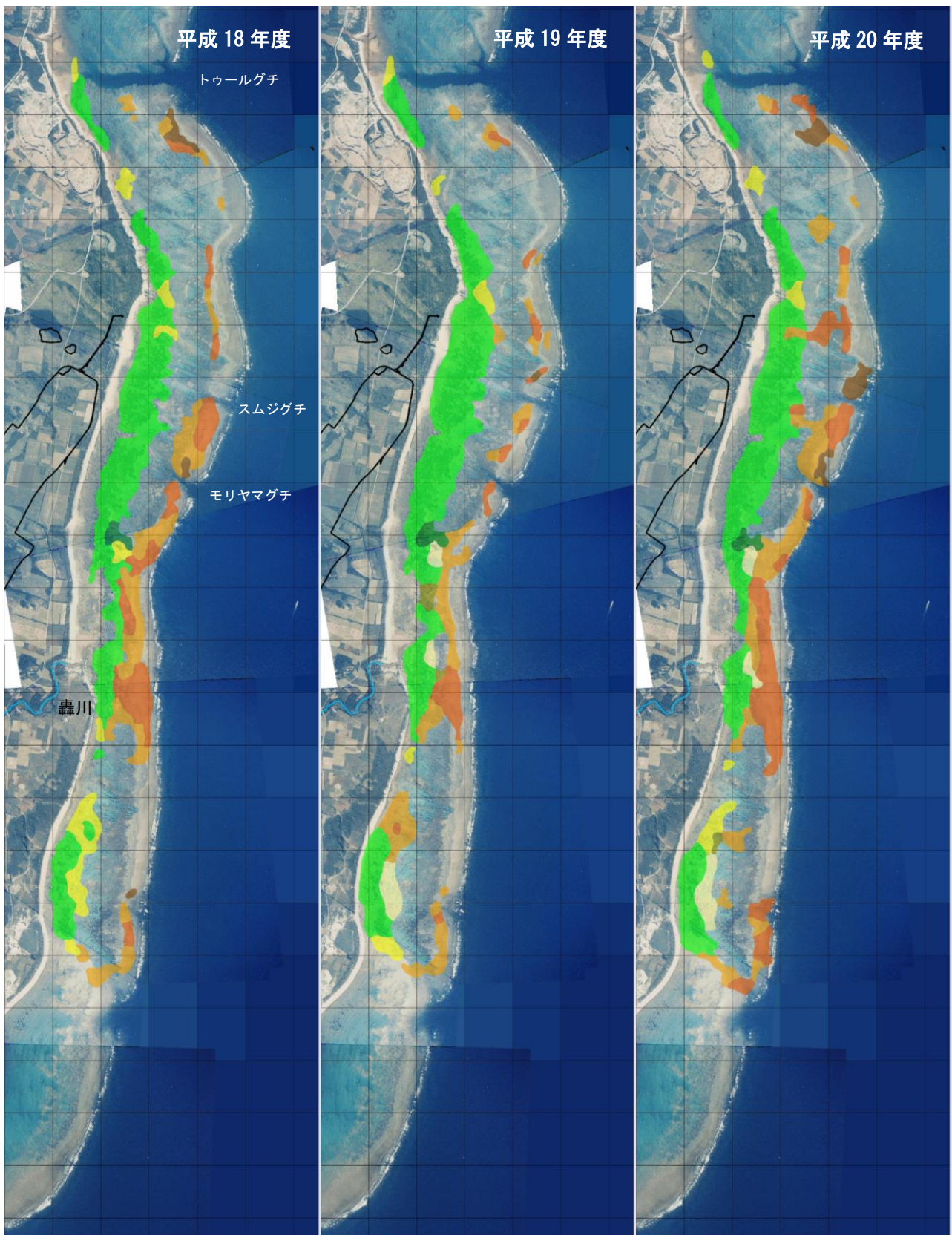


図 7.6(1) 藻場の調査位置及び分布状況（平成 18 年～平成 20 年）

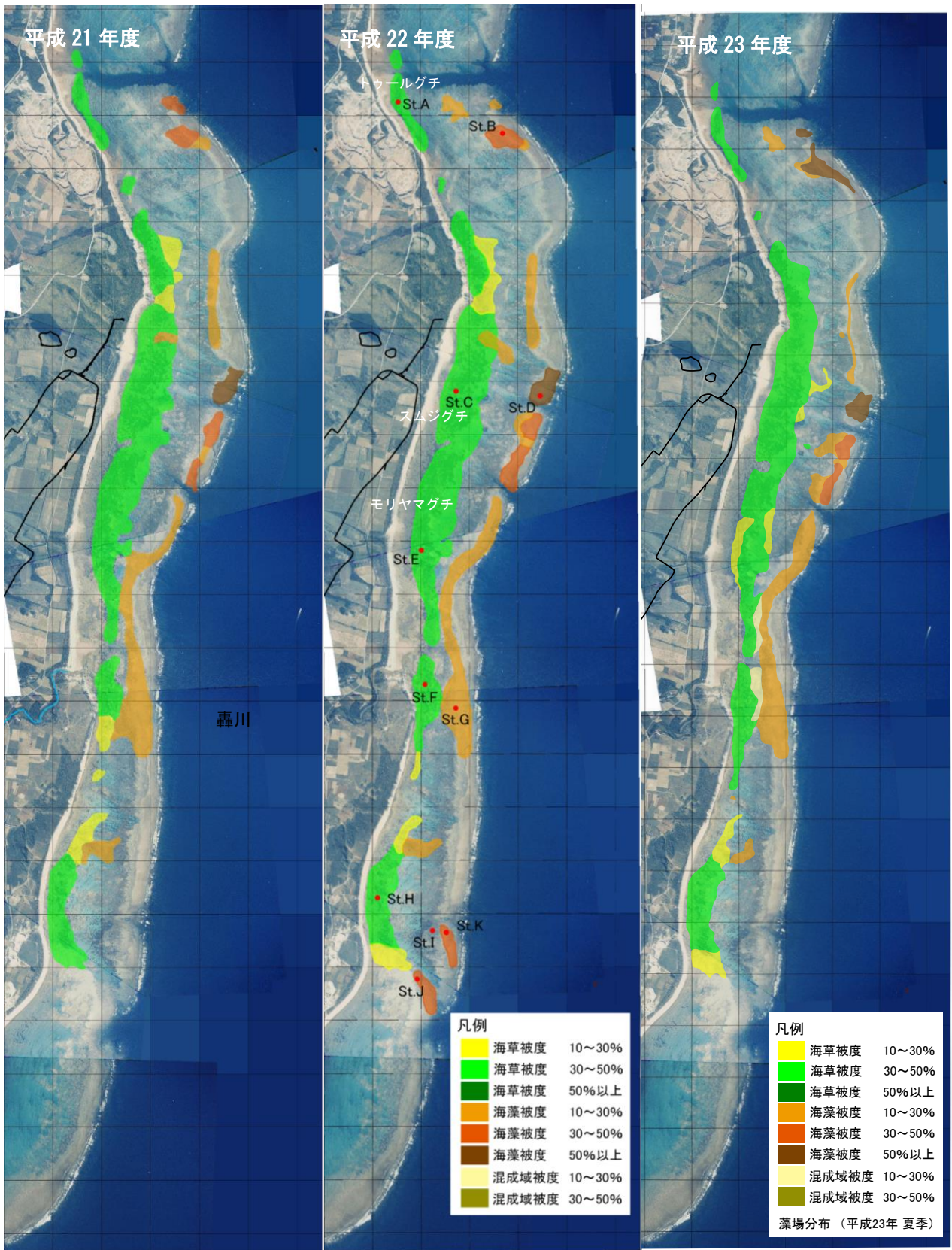


図 7.6(2) 藻場の調査位置及び分布状況 (平成 21 年、平成 22 年、平成 23 年)

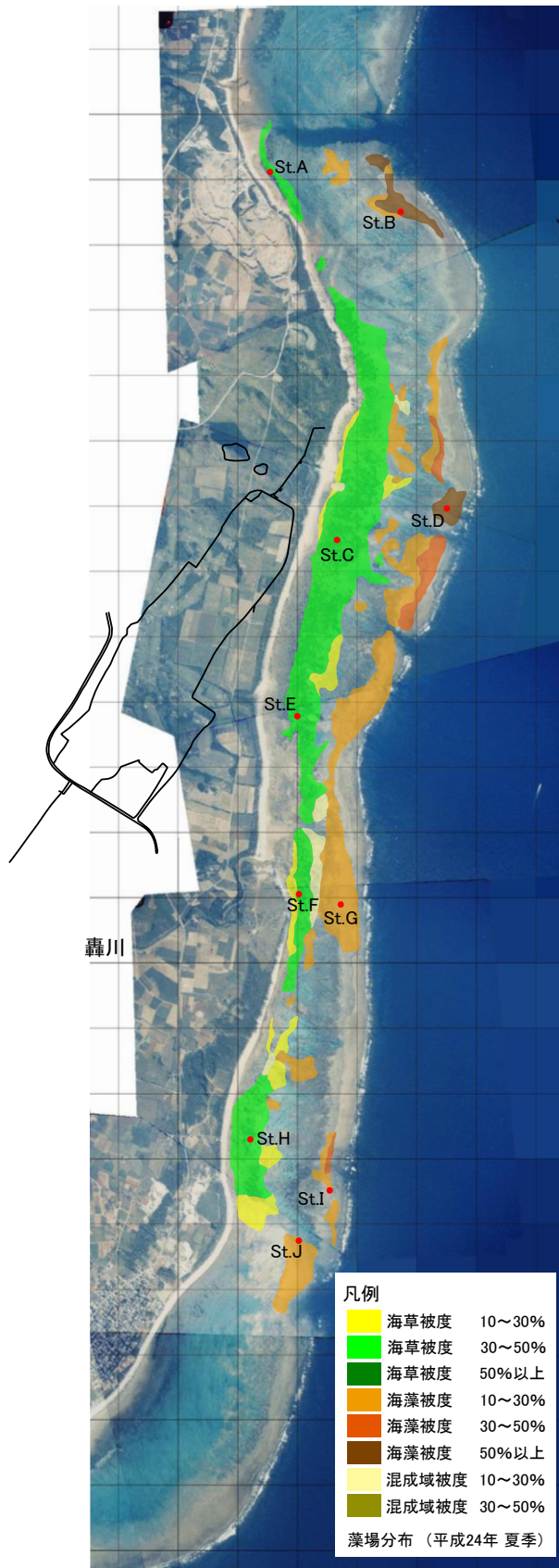


図 7.6(3) 藻場の調査位置及び分布状況 (平成 24 年)

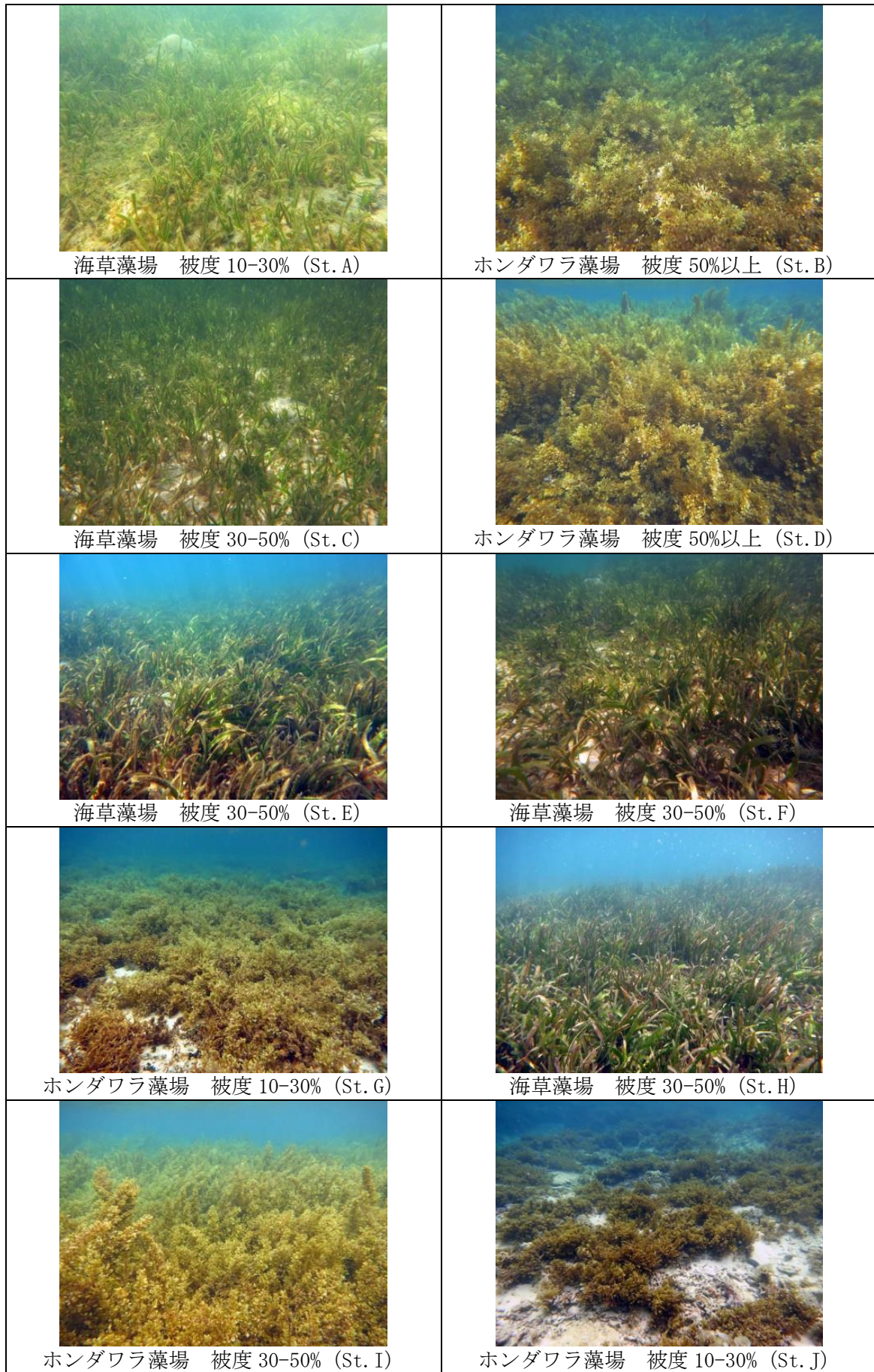


図 7.7 藻場状況