

d) 境界条件

(ア) 潮位

図-6.9.2.3.7に示す緩衝領域の開境界において当海域の卓越分潮である $M_2$ 分潮（半日周期）の水位変動を与えました。

境界に設定する振幅は、表-6.9.2.3.4に示す楚久（大浦湾奥部に存在する日本沿岸潮汐調和定数表の観測地点）の潮位振幅を参考としました。遅角は日本周辺海洋潮汐モデル\*や現地観測結果を参考にし、潮汐流の再現性を十分に検討した結果、表-6.9.2.3.5に示す値を採用しました。

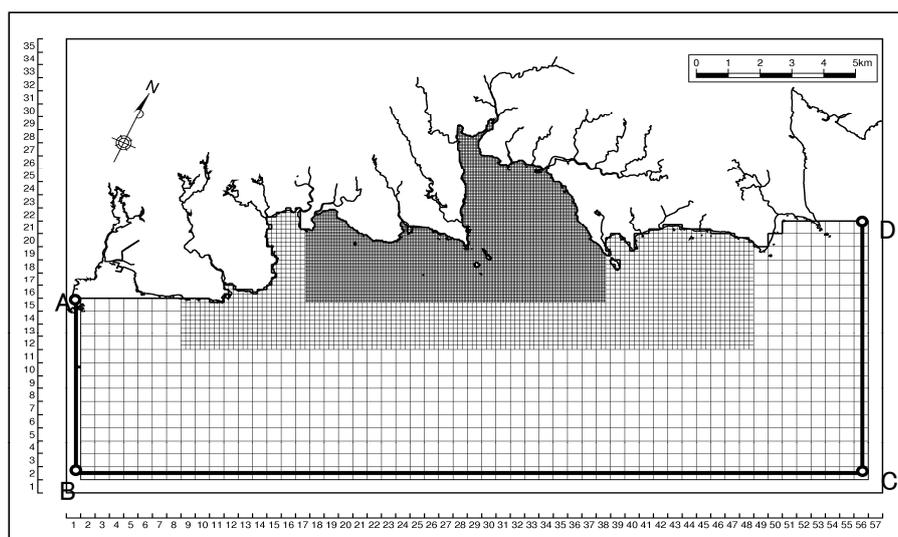


図-6.9.2.3.7 開境界の設定位置

表-6.9.2.3.4 境界条件の設定に用いる潮位振幅

対象潮汐	振幅	参照地点
$M_2$ 分潮	56 (cm)	楚久

資料)海上保安庁：日本沿岸潮汐調和定数表

表-6.9.2.3.5 境界条件

地点	振幅(cm)	遅角(°)
A、B	56.0	3.0
C、D	56.0	0.0

注)観測値にみられた沖側の東向き恒流(平均流)を再現するため、

B-Cラインの平均水位を0.2cm増加させています。

\*Matsumoto, K., T. Takanezawa, and M. Ooe: Ocean Tide Models Developed by Assimilating TOPEX/POSEIDON Altimeter Data into Hydrodynamical Model: A Global Model and a Regional Model Around Japan, Journal of Oceanography, 56, 567-581, 2000.

(イ) 淡水流入量

ア) 現況

事業実施区域周辺海域に流入する主な河川は、図-6.9.2.3.8に示す 16 河川です。淡水流入条件は、平成 20 年度に実施された流量と水温の現地調査結果を用いて表-6.9.2.3.6に示すとおり設定しました。

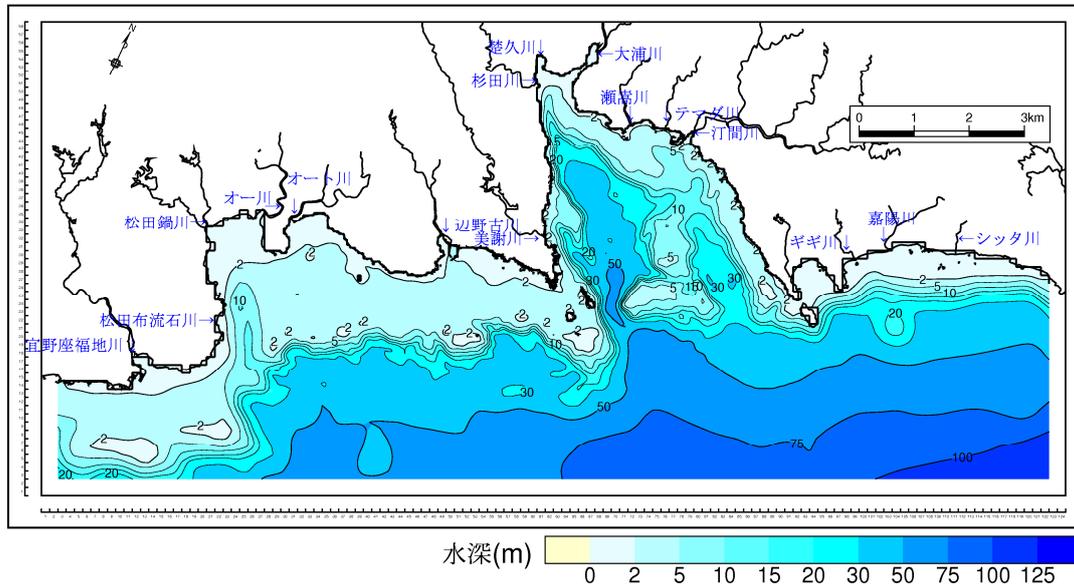


図-6.9.2.3.8 流入河川と流入位置（現況）

表-6.9.2.3.6 淡水流入量と流入水温（平成 20 年度）

河川名 \ 項目	夏季(7/22 調査) 天候：晴		冬季(12/3 調査) 天候：晴		備 考
	水温(°C)	流量(m <sup>3</sup> /s)	水温(°C)	流量(m <sup>3</sup> /s)	
宜野座福地川	32.0	0.054	21.5	0.168	注 1
松田布流石川	27.5	0.003	17.2	0.006	
松田鍋川	34.0	0.003	20.0	0.020	
オー川	33.8	0.031	23.0	0.124	
オート川	35.6	0.014	23.0	0.000	注 2
辺野古川	29.0	0.015	18.5	0.025	
美謝川	33.0	0.025	20.5	0.068	
杉田川	31.5	0.029	18.5	0.032	
大浦川	33.0	0.087	18.5	0.155	
瀬嵩川	30.0	0.000	19.0	0.009	注 2
テマダ川	28.0	0.014	17.4	0.020	
汀間川	30.0	0.081	21.5	0.105	注 1
ギギ川	30.1	0.003	19.3	0.002	
嘉陽川	31.5	0.190	21.6	0.012	
シッタ川	29.0	0.002	18.2	0.001	
楚久川	31.5	0.000	18.8	0.0001	注 2

注) 1. 宜野座福地川、汀間川は上下流で調査が実施されましたが、下流の調査地点は感潮域であること、調査が下げ潮時に実施されたことから、上流の調査結果を採用しました。

2. オート川(冬季)と瀬嵩川(夏季)、楚久川(夏季)は表流水が確認できなかったため、河川流量を 0 としました。

#### イ)美謝川流入位置の切替え(存在時及び供用時)

存在時及び供用時の流れの予測においては、図-6.9.2.3.9に示すとおり、代替施設本体の埋立てに伴って移設される美謝川流入位置の切替えを考慮しました。なお、淡水流入量と水温は現況と同じとしました。

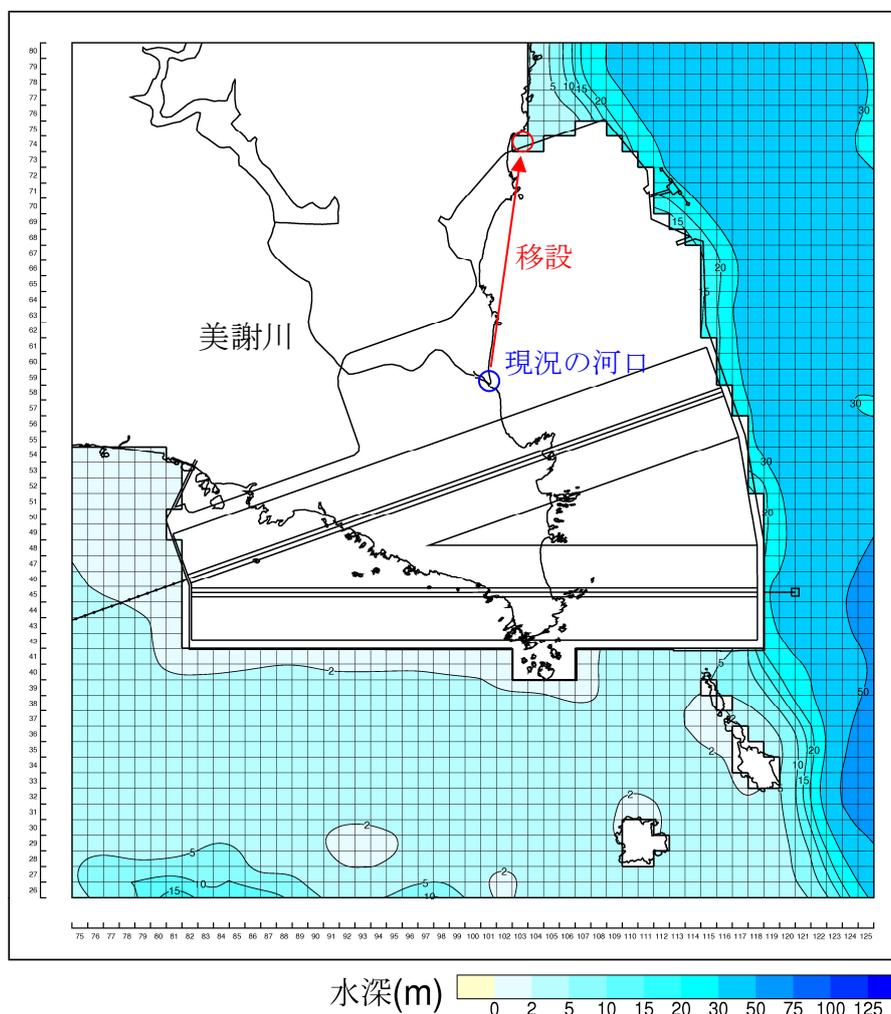


図-6.9.2.3.9 美謝川の流入位置の変更 (存在時及び供用時)

#### ウ)代替施設本体からの排水(供用時)

供用時の流れの予測においては、代替施設本体からの汚水処理水の排水を考慮しました。排水位置を図-6.9.2.3.10に示しました。

代替施設本体の污水排水計画については、「6.1 予測の前提」に示しましたように生活排水及び工業排水を污水处理場に集め、膜分離活性汚泥法による污水处理を行ったのち、前面海域に排水する計画となっています。計画排水量及び排水水温を表-6.9.2.3.7に示しました。なお、排水水温は平成20年の現地調査で得られた既存河川の実測水温の平均値を用いました。

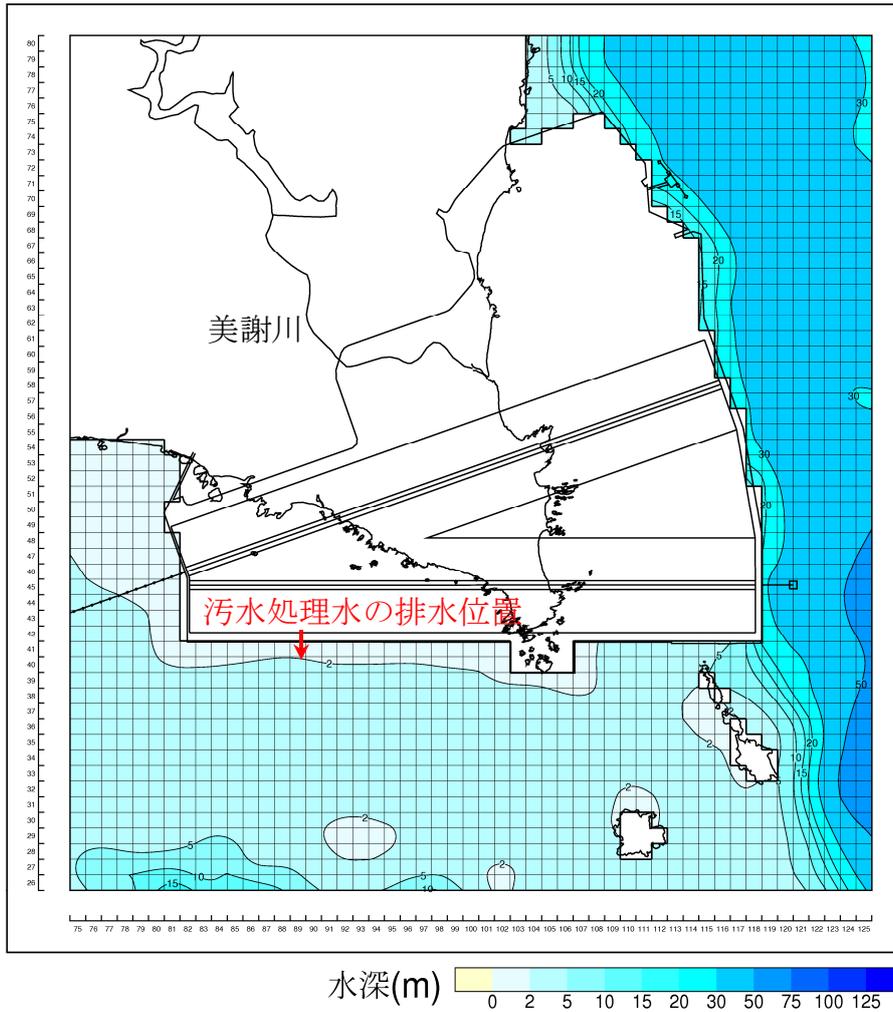


図-6.9.2.3.10 汚水処理水の排水位置（供用時）

表-6.9.2.3.7 供用時の代替施設本体からの排水量及び排水水温

項目		設定値
計画汚水(排水)量(m <sup>3</sup> /日)		2,600
" (m <sup>3</sup> /s)		0.030
排水水温(°C)	夏季	31.2 <sup>注)</sup>
	冬季	19.8 <sup>注)</sup>

注) 排水水温は表-6.9.2.3.6に示した既存河川の実測水温の平均値としました。

(ウ) 水温・塩分の初期値・境界値

水温・塩分の初期値・境界値を表-6.9.2.3.8に示しました。境界値は平成20年度に実施された現地調査結果を基に設定し、初期値については計算範囲の全域に境界値と同じ値を設定しました。

表-6.9.2.3.8 水温・塩分の初期値・境界値

季節	層	水温 (°C)	塩分 (PSU)
夏季	第1層	29.54	34.10
	第2層	29.11	34.11
	第3層	29.01	34.13
	第4層	28.90	34.14
	第5層	28.28	34.14
	第6層	27.42	34.16
冬季	第1層	22.98	34.30
	第2層	22.98	34.30
	第3層	22.97	34.30
	第4層	22.96	34.30
	第5層	22.96	34.30
	第6層	22.86	34.31

(エ) 気象条件

気象条件を表-6.9.2.3.9に示しました。各気象要素は期間平均値とし、事業実施区域における気象観測結果(平成20年4月～平成21年1月)に基づいて設定しました。

表-6.9.2.3.9 気象要素の期間平均値<sup>注)1</sup>

	夏季	冬季	備考
ベクトル平均風向(°)	232.3(SW)	18.2(NNW)	風応力の算定に使用
ベクトル平均風速(m/s)	2.2	3.2	
スカラー平均風速(m/s)	3.9	4.7	熱フラックスの算定に使用
気温(°C)	28.2	18.8	
相対湿度(%)	78.5	67.6	
全天日射量(MJ/m <sup>2</sup> )	0.88	0.42	
雲量(0~1)	0.63	0.59	

注)1. 平均期間：夏季(2008年8/6~9/5)、冬季(2008年12/1~12/31)

2. 雲量については、那覇(気象庁沖縄気象台)のデータを用いました。その他の気象要素については、大気質の現地調査で実施したキャンプ・シュワブ(WE-8地点)のデータを用いました。この地点は辺野古崎に位置し、概ね海上のデータと考えても良いと判断しています。

e) 計算パラメータ

流れの計算に使用したパラメータ等を表-6.9.2.3.10に示しました。

表-6.9.2.3.10 流れの計算に使用したパラメータ等

タイムステップ	緩衝領域 450m : 9 秒、大領域 150m : 3 秒、小領域 50m : 1 秒
海面摩擦係数	0.0013
海底摩擦係数	前述の海底面の境界条件で示したとおりです。
水平渦動粘性係数 水平渦拡散係数	Smagorinsky(1963) <sup>*1</sup> による経験式を用いました。 $A_{M,H} = C_{M,H} (\Delta x \times \Delta y) \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2}$ <p>この経験式の中で用いられる比例係数 <math>C_M, C_H</math> は、感度解析の結果、夏季 : 0.1、冬季 : 0.5 としました。また、水平渦動粘性(渦拡散)係数の最小値は <math>10^4</math> (cm<sup>2</sup>/s) としました。</p>
鉛直渦動粘性係数 鉛直渦拡散係数	Pacanowski and Philander (1981) <sup>*2</sup> による成層化関数を用いました。鉛直渦動粘性(渦拡散)係数の最小値は 1.0 (cm <sup>2</sup> /s)、最大値は 100.0 (cm <sup>2</sup> /s) としました。 $K_M = \frac{K_{M0}}{(1 + \alpha R_i)^n} + K_{MB}, K_H = \frac{K_M}{1 + \alpha R_i} + K_{HB}, R_i = \frac{-g \left( \frac{\partial \rho}{\partial z} \right)}{\left( \frac{\partial U}{\partial z} \right)^2}$ <p><math>K_{MB}</math> : バックグラウンドの鉛直渦動粘性係数  <math>K_{HB}</math> : バックグラウンドの鉛直渦拡散係数  <math>K_{M0}</math> : パラメータ (=100.0 cm<sup>2</sup>/s)  <math>\alpha</math> : パラメータ (<math>\alpha=5</math>) , <math>n</math> : パラメータ (<math>n=2</math>)  <math>z</math> : 基準面からの鉛直座標値, <math>U</math> : 水平流速 (cm/s)</p>
海面での熱フラックスに係るパラメータ	海面のアルベード(反射率) = 0.09 黒体放射と太陽放射の比 = 0.95 ステファンボルツマンの定数 = $0.8218 \times 10^{-10}$ cal/cm <sup>2</sup> /min・°C <sup>4</sup> 顕熱フラックス係数 = $1.4 \times 10^{-3}$ (夏季)、 $1.1 \times 10^{-3}$ (冬季) 潜熱フラックス係数 = $1.4 \times 10^{-3}$ (夏季)、 $1.1 \times 10^{-3}$ (冬季)

\*1 J. Smagorinsky (1963) : General Circulation Experiments with the Primitive Equations I. The Basic Experiment, Monthly Weather Review, 91, 99-164.

\*2 R. C. Pacanowski and S. G. H. Philander (1981) : Parameterization of Vertical Mixing in Numerical Models of Tropical Oceans. J. Phys. Oceanogr., 11, 1443-1451.

f) 設定した計算パラメータの妥当性について

(ア) 海面摩擦係数

一般的に海面摩擦係数は室内実験等によって得られた経験式により求められます。経験式の多くは風速が弱い時には海面摩擦係数は0.0013前後の値をとり、風速の増加とともに海面摩擦係数は減少します。計算で設定した風速条件は2~3m/sであったことから、0.0013が妥当と考えました。

(イ) 海底摩擦係数

流れの数値シミュレーションで得られる海底摩擦係数は波高や水深等によって変化しますが、一般的には0.0026前後の値とされています。代表点における海底摩擦係数の計算値を精査した結果、前述した一般的な値と大きく隔離していないことを確認しています。

(ウ) 水平渦動粘性係数、水平渦拡散係数

一般的に水平渦動粘性(渦拡散)係数の値は $10^4 \sim 10^7 \text{cm}^2/\text{s}$ 、内湾域では $10^4 \sim 10^6 \text{cm}^2/\text{s}$ と考えられています。また、事業実施区域周辺海域における流れの観測結果からテイラーの拡散理論に従って算定した水平渦拡散係数は $1.7 \times 10^4 \sim 1.9 \times 10^7 \text{cm}^2/\text{s}$ でした。

流れの数値シミュレーションで得られる水平渦動粘性(渦拡散)係数は $1.0 \times 10^4 \sim 2.0 \times 10^5 \text{cm}^2/\text{s}$ となっており、計算値は観測値を逸脱しておらず妥当な値と考えています。

(エ) 鉛直渦動粘性係数、鉛直渦拡散係数

一般的に鉛直渦動粘性(渦拡散)係数の値は $10^{-2} \sim 10^2 \text{cm}^2/\text{s}$ と考えられていますが、流れの数値シミュレーションで得られる鉛直渦動粘性(渦拡散)係数は $1 \sim 100 \text{cm}^2/\text{s}$ となっています。当該海域ではリーフエッジでの碎波による海浜流などで海水運動が大きな場所で鉛直混合を生じやすく、水温や塩分の成層が未発達であることを考慮し、計算における鉛直渦動粘性(渦拡散)係数の最小値を $1.0 \text{cm}^2/\text{s}$ 、最大値を $100 \text{cm}^2/\text{s}$ としています。なお、川西・森(2003)<sup>\*1</sup>や郡山ら(2007)<sup>\*2</sup>によると、観測結果に基づいた内湾域における鉛直渦動粘性(渦拡散)係数の値として $0.02 \sim 60 \text{cm}^2/\text{s}$ が得られており、上述した成層化関数による

---

\*1 川西澄・森泰二(2003):高解像度ドップラー流速分布計を用いた内湾表層における鉛直混合パラメータの測定, 海岸工学論文集, 第50巻, pp. 356-359

\*2 郡山益美 他(2007):有明海奥部西部海域における貧酸素水塊発生時の鉛直拡散係数及び酸素消費速度について, 水工学論文集, 第51巻, pp. 1463-1468

理論値とオーダーが一致することが報告されています。

(カ) 熱フラックスに係る各種パラメータ

大気と海面の熱収支を計算する際に必要な各種パラメータのうち、一般的にアルベード(反射率)は日本の緯度帯では12月に最大で10%前後、6月に最小で6%前後とされています。また、潜熱・顕熱フラックス係数は  $1.0 \times 10^{-3} \sim 2.0 \times 10^{-3}$  の範囲とされており、計算で設定した値は妥当と考えています。

g) 計算積分時間と解析対象時間

予測の前提で示したように夏季と冬季の平均的な流動場を求めるためには、12時間周期の潮位変動と風や波浪等の期間平均値を与えて計算領域内の流動場が安定するまで計算を行う必要があります。

また、通常、流動計算では独特の初期の擾乱が消え、流動場が完全に安定するまでの助走期間を設定します。本計算では十分に流動場が安定する4日間(96時間)を助走期間とし、引き続きの2日間(48時間)で風及び波浪を与えました。

以上より、積分時間は144時間となり、最終の12時間の計算結果を解析に用いました。

計算及び解析期間の概略を図-6.9.2.3.11に示しました。

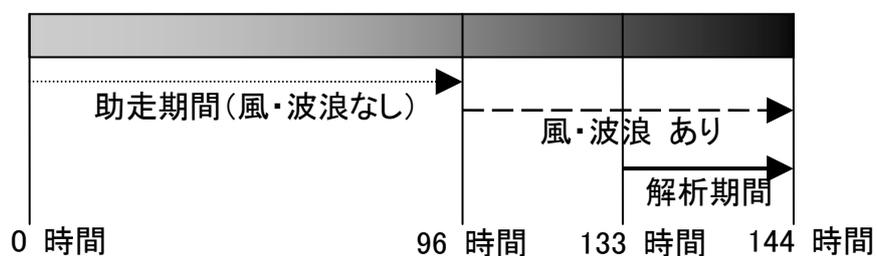


図-6.9.2.3.11 計算及び解析期間の概略

h) 境界条件、モデルパラメータの感度に関する検討

境界条件、モデルパラメータの設定経緯を表-6.9.2.3.11に示しました。

再現性の検証においては、各種境界条件及びモデルパラメータを複数ケース設定して感度解析計算を行い、潮流楕円及び恒流(平均流)を最も良く再現できる値を選定しています。また、海面での熱フラックスに係るパラメータ(バルク係数等)は水温の再現性をみながら最適値を選定しています。

表-6.9.2.3.11 境界条件、モデルパラメータの設定経緯

境界条件又はモデルパラメータ	検討経緯	採用値
開境界潮汐の東西振幅	・ 楚久の実測値を参考に、55～57cm の範囲で検討	56cm
開境界潮汐の東西遅角	・ 0～5度の範囲で検討	3度
開境界の平均水位	・ 沖側の東向きの平均流を再現するため、南側境界の平均水位を0.2～1.0cm高くして検討	0.2cm
海面摩擦係数	・ 0.0012～0.0013の範囲で検討	0.0013
海底摩擦における粗度高さ	・ 0.1～100cmの範囲で検討 ・ リーフ内の流れを再現するため、空間一様の設定ではなく、粗度高さに空間分布を設定	リーフエッジ周辺 : 10cm その他の領域 : 1cm
鉛直渦動粘性係数 鉛直渦拡散係数	・ 成層化関数(Munk and Anderson(1948) <sup>※1</sup> 、Pacanowski and Philander(1981) <sup>※2</sup> )を変更して検討 ・ 係数の最小値を0.01～1.0(cm <sup>2</sup> /s)の範囲で検討	Pacanowski and Philander(1981) 最小値: 1.0(cm <sup>2</sup> /s) 最大値: 100.0(cm <sup>2</sup> /s)
水平渦動粘性係数 水平渦拡散係数	・ Smagorinsky(1963) <sup>※3</sup> の経験式における比例係数C <sub>M</sub> ,C <sub>H</sub> を0.05～0.5の範囲で検討 ・ 係数の最小値を10 <sup>3</sup> ～10 <sup>4</sup> (cm <sup>2</sup> /s)の範囲で検討	夏季C <sub>M</sub> ,C <sub>H</sub> : 0.1 冬季C <sub>M</sub> ,C <sub>H</sub> : 0.5 最小値: 10 <sup>4</sup> (cm <sup>2</sup> /s)
バルク係数	・ 海面のアルベード(反射率)を0.06～0.11の範囲で検討 ・ 潜熱、顕熱フラックス係数を0.9～1.4×10 <sup>-3</sup> の範囲で検討	アルベード: 0.09 フラックス係数: 夏季: 1.4×10 <sup>-3</sup> 冬季: 1.1×10 <sup>-3</sup>

※<sup>1</sup>Munk, W. H. and E. R. Anderson(1948):Notes on theory of the thermocline., J. Mar. Res., 7, 276-295

※<sup>2</sup>R. C. Pacanowski and S. G. H. Philander(1981):Parameterization of Vertical Mixing in Numerical Models of Tropical Oceans. J. Phys. Oceanogr., 11, 1443-1451.

※<sup>3</sup>J. Smagorinsky(1963):General Circulation Experiments with the Primitive Equations I. The Basic Experiment, Monthly Weather Review, 91, 99-164.

(e) モデルの妥当性の検討

a) 妥当性検証の考え方

再現性の検討では潮汐流、海浜流、吹送流等の様々な要因を考慮し、観測値を再現することを目標に、前述のとおり計算条件の検討を十分に行ってきました。

再現性の検証は、以下の3つの要素に着目し、現地調査にみられた流れの地形的・季節的な特徴(「6.9.1 調査」参照)の再現性を総合的に判断しました。特に、海域における水の汚れや工事中の土砂による水の濁り等、物質の拡散状況を予測・評価する上で、恒流(平均流)の空間分布パターンの再現性が重要と考えました。また、サンゴ類や海藻草類等の生息・生育環境を予測・評価する上では、下げ潮や上げ潮による流れの状況、すなわち潮汐流( $M_2$ 分潮)の状況についても再現することが重要と考えました。

- ・ 潮汐流 : 潮汐によって引き起こされる周期的な流れ
- ・ 恒流(平均流) : 濁り等の物質輸送に大きな役割を果たす流れ
- ・ 水温・塩分 : 淡水流入や海面熱収支の結果生じる海域の密度分布

なお、潮汐及び潮汐流は、天体(月と太陽)の引力によって周期的(半日と1日)に生じるいくつかの起潮力(分潮)によって生じていますが、本予測では既往資料及び現地調査結果の整理結果から潮汐及び潮汐流は $M_2$ 分潮(月の引力による半日周潮)が卓越していることから、計算では $M_2$ 分潮を条件として用いています。この $M_2$ 分潮は年間に現れる平均的な状態を現わしていると考えられます。海域の潮汐は大潮や小潮といった潮汐変動が大きい時、小さい時があり、その潮汐によって生じる潮汐流がどの程度の流れであり、 $M_2$ 分潮を対象とした予測との差異について確認しました。年間を通じて平均的な大潮は $M_2+S_2$ 分潮で表され、小潮は $M_2-S_2$ 分潮で表されます。

$M_2$ 分潮と大潮、小潮における流れの比較については、予測に用いているモデルの諸条件のうち、潮汐だけを変更した感度解析を実施しました。解析方法は、境界条件で設定している潮汐を、平均的な大潮( $M_2+S_2$ 分潮)、小潮( $M_2-S_2$ 分潮)の条件で行いました。この解析に用いた境界条件を表-6.9.2.3.12に示します。

表-6.9.2.3.12 感度解析に用いた境界条件

潮汐変動の条件	平均的な変動 【本予測で用いた条件】	大潮 (より大きな変動)	小潮 (より小さな変動)
境界条件(潮汐)	$M_2$ 分潮	$M_2+S_2$ 分潮	$M_2-S_2$ 分潮
振幅(cm)	56.0	82.0	30.0

感度解析結果に基づいて第1層(0~2m)における一潮汐(12時間)の計算値を抽出し、東方成分及び北方成分の流速を用いて、 $M_2$ 分潮と大潮( $M_2+S_2$ 分潮)及び小潮( $M_2-S_2$ 分潮)の計算を比較した結果を図-6.9.2.3.12に示します。なお、図-6.9.2.3.12では、全調査地点を対象に比較した場合と、事業実施区域周辺の地点に絞り込んで比較した場合の2通りの図を示しています。

全調査地点を対象に、 $M_2$ 分潮と大潮( $M_2+S_2$ 分潮)を比較すると、 $M_2$ 分潮の流速に対して、大潮( $M_2+S_2$ 分潮)及び小潮( $M_2-S_2$ 分潮)の流速は、10~20%程度の差があることがわかります。

これに対して、事業実施区域周辺の地点に絞り込むと、 $M_2$ 分潮の計算値に対して、大潮( $M_2+S_2$ 分潮)及び小潮( $M_2-S_2$ 分潮)の流速は、10%程度の差があることがわかります。

潮汐の境界条件に関する感度解析を実施した結果をまとめると、 $M_2$ 分潮の流れは大潮や小潮とくらべて10~20%程度の大きい場合、小さい場合が考えられますが、流速変化が生じると考えられる事業実施区域周辺でみると、 $M_2$ 分潮の流れは大潮や小潮とくらべると10%程度の差となっています。このことは、 $M_2$ 分潮以外の分潮を考慮しない場合においても、潮汐の変動成分は概ね表現されていると考えられ、 $M_2$ 分潮を対象とすることは適切かつ十分に妥当性があると考えています。

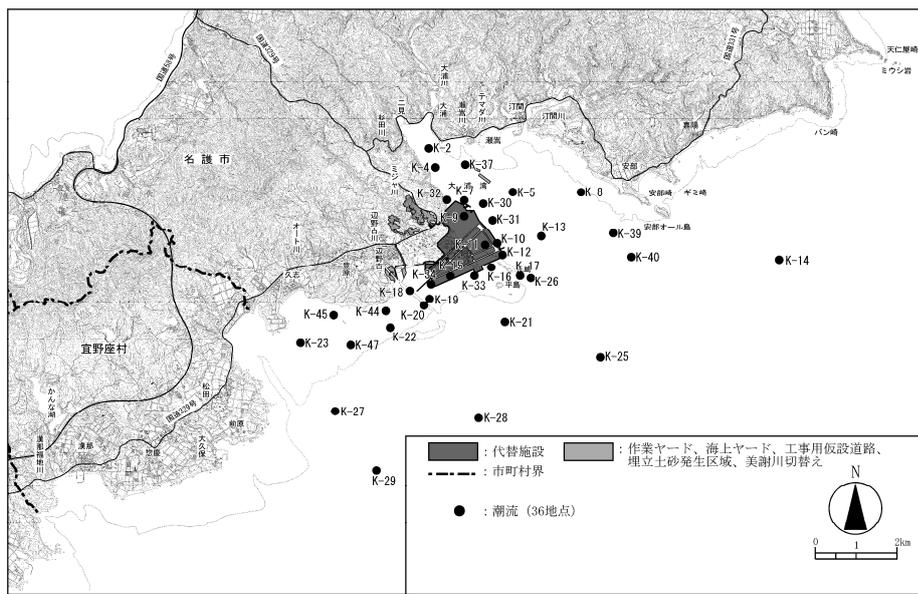
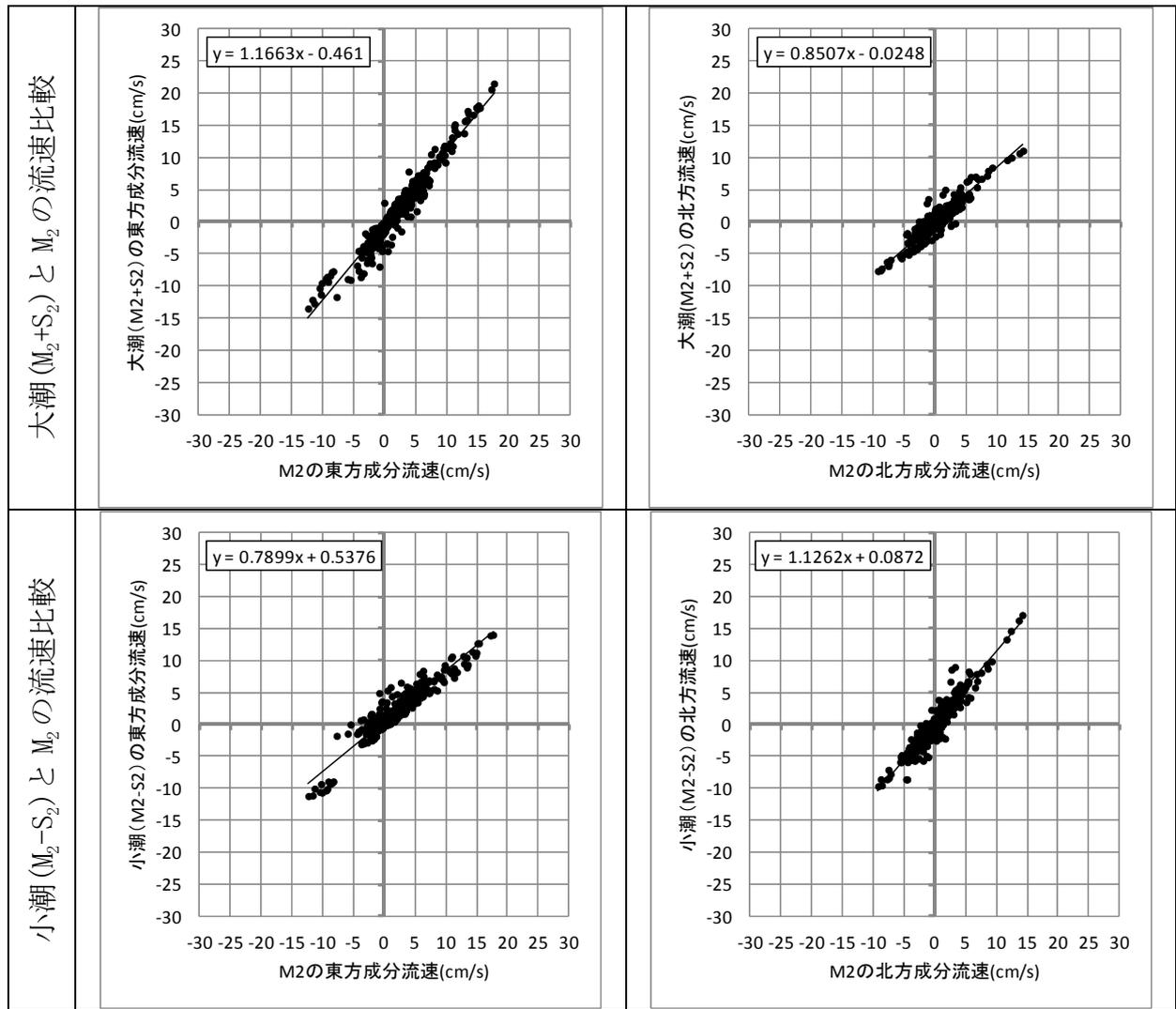


図-6.9.2.3.12(1) 平均潮 ( $M_2$  分潮) と大潮 ( $M_2+S_2$  分潮), 小潮 ( $M_2-S_2$  分潮) の計算結果の比較 (全調査地点の第1層 [0~2m])

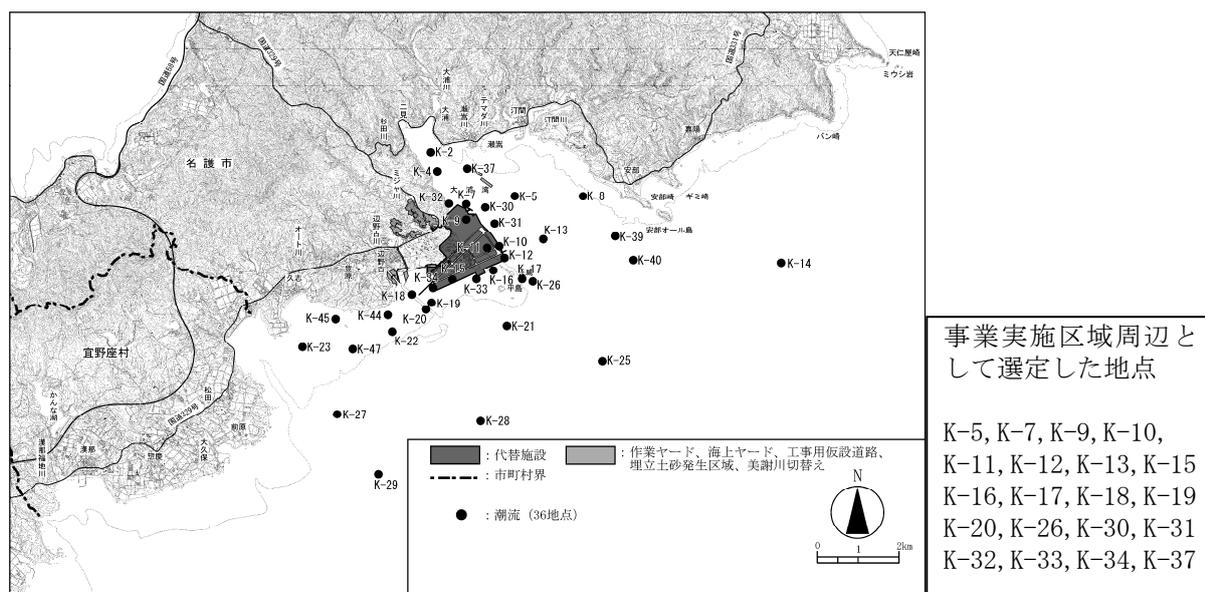
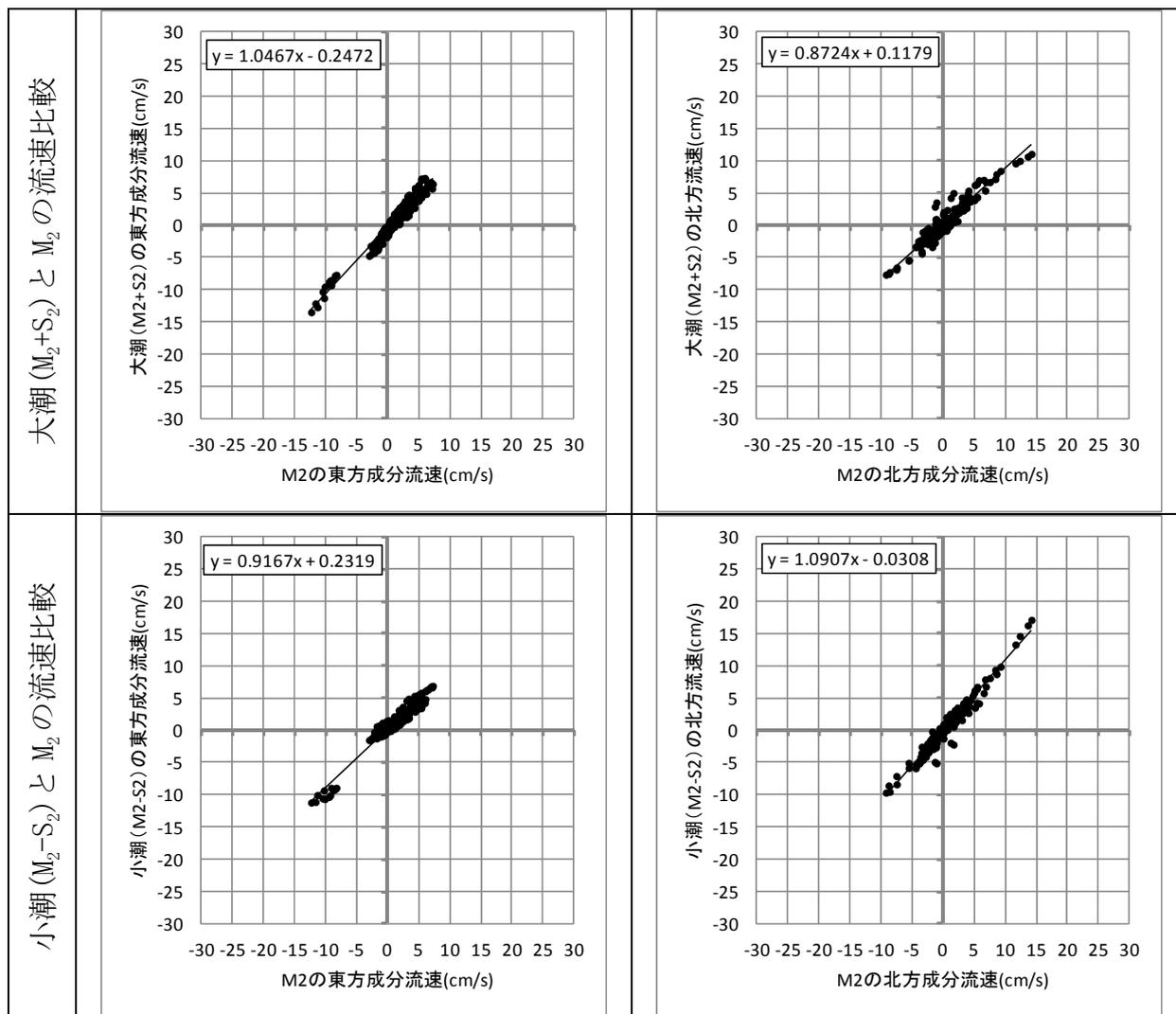


図-6.9.2.3.12(2) 平均潮( $M_2$ 分潮)と大潮( $M_2+S_2$ 分潮),小潮( $M_2-S_2$ 分潮)の計算結果の比較(事業実施区域周辺の調査地点の第1層[0~2m])

b) 現況再現の検証データについて

現況再現の検証には、夏季（平成 20 年 8～9 月）及び冬季（平成 20 年 12 月）に実施した流動調査結果を用いました。解析期間を表-6.9.2.3.13に、流動調査地点の位置を図-6.9.2.3.13に示しました。

なお、流動調査に使用した観測機器とデータサンプリングの方法を表-6.9.2.3.14に示しました。

●潮汐流

a) 夏季

解析期間（平成 20 年 8 月 6 日～9 月 5 日）の潮流調和定数 ( $M_2$  分潮) を潮汐流の再現目標としました。また、第十一管区海上保安本部が実施した大浦湾における既往の流動調査結果\*も参考としました。

また、潮流調和定数より下げ潮時、上げ潮時の流向・流速を算出し、潮汐流の再現目標としました。

b) 冬季

夏季と同様に解析期間（平成 20 年 12 月 1 日～12 月 31 日）の潮流調和定数 ( $M_2$  分潮) 及び下げ潮時、上げ潮時の流向・流速を潮汐流の再現目標としました。

●恒流（平均流）

a) 夏季

海浜流や吹送流を含めた恒流（平均流）の比較では、表-6.9.2.3.13に示した 30 昼夜の解析期間における恒流（平均流）の空間分布を再現目標としました。

b) 冬季

夏季と同様に、上記に示した解析期間における恒流（平均流）の空間分布を再現目標としました。

●水温・塩分

水温・塩分は、各地点・各水深帯における表-6.9.2.3.13に示した期間平均値を再現目標としました。

---

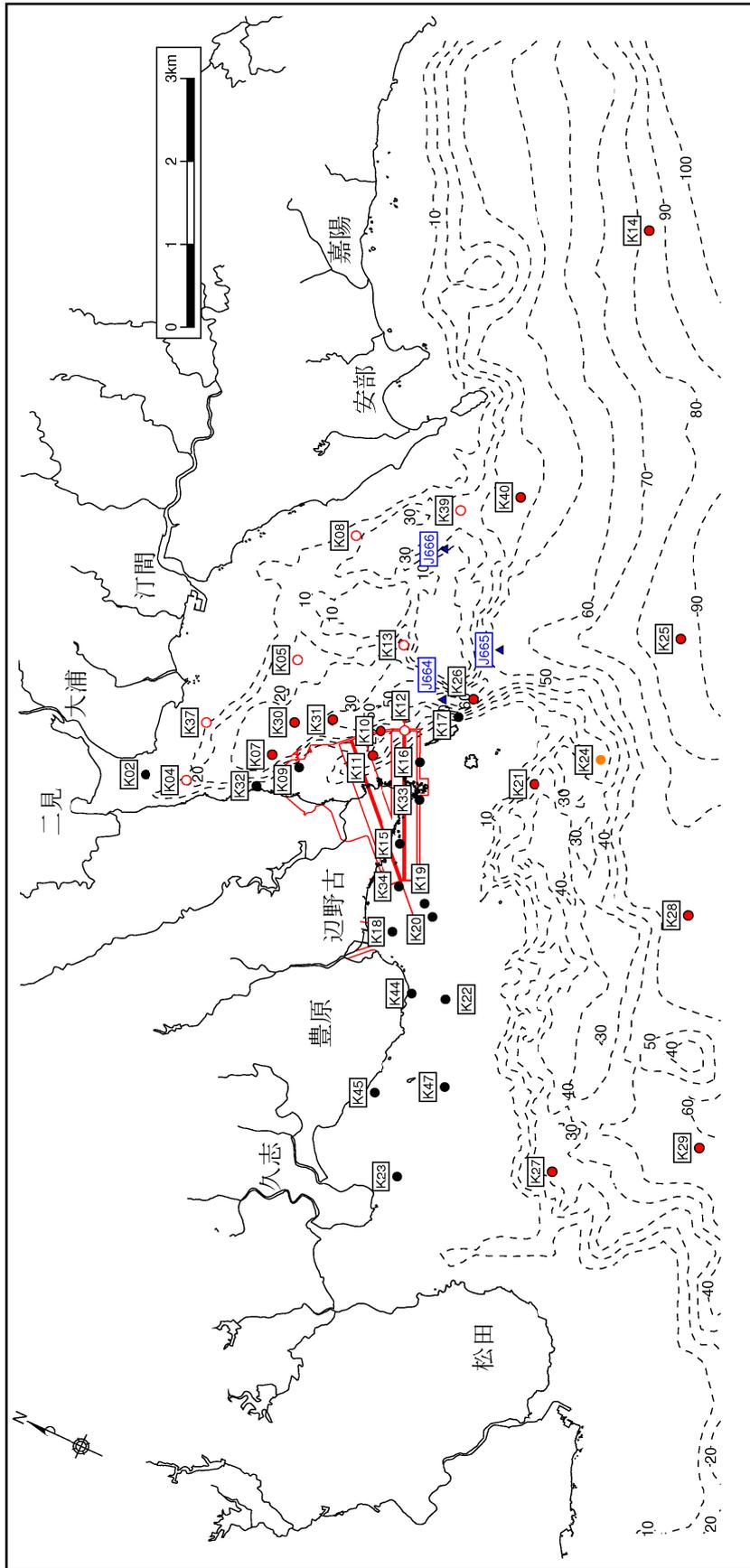
\*南西諸島大浦湾潮流観測報告（平成 14 年 8 月、第十一管区海上保安本部）

表-6.9.2.3.13 流動解析期間

季節	解析期間
夏季	平成20年8月6日～9月5日(30 昼夜連続観測)
冬季	平成20年12月1日～12月31日(30 昼夜連続観測)

表-6.9.2.3.14 流動調査で使用了観測機器とデータサンプリングの方法

測定場所	観測機器	データサンプリングの方法
<ul style="list-style-type: none"> <li>・リーフ内</li> <li>・大浦湾内の水深10m以浅</li> <li>・リーフ外及び大浦湾内の水深が30mを超える地点の表層</li> </ul>	電磁流速計 アレック電子製 Compact-EM 型	測定モード：バーストモード 測定インターバル：10分に1回 測定時間：1回の測定につき、1秒間隔で30秒間
<ul style="list-style-type: none"> <li>・リーフ外及び大浦湾の水深50m以浅</li> </ul>	超音波式ドップラー多層流速計 ノルテック製 AquaDopp 型	測定モード：バーストモード 測定インターバル：10分に1回 測定時間：1回の測定につき、0.5秒間隔で90秒間
<ul style="list-style-type: none"> <li>・リーフ外の水深50m以深</li> </ul>	超音波式ドップラー多層流速計 RD社製 Workhorse 型	測定モード：バーストモード 測定インターバル：10分に1回 測定時間：1回の測定につき、1秒間隔で60秒間



- : 電磁流速計、○ : 超音波流速計、● : 超音波+電磁流速計、● : 波高計
- ▲ : 第十一管区海上保安本部の調査地点 (電磁流速計及び超音波流速計)

図-6.9.2.3.13 流動調査の位置

### c) 潮汐流の再現性

当該海域の潮汐流の状況については、現地調査で把握しました。ここでは、例として平成20年度の夏季調査結果から、代替施設周辺や大浦湾、沖合等の潮汐流を表す代表的な地点における主要4分潮の潮流楕円を図-6.9.2.3.14に示しました。

この結果をみると、1日周期の $K_1$ 分潮及び $O_1$ 分潮や半日周期の $S_2$ 分潮の潮流楕円とくらべて、半日周期の $M_2$ 分潮の潮流楕円が大きいことがわかります。これは、当該海域で卓越している $M_2$ 分潮の潮汐によって生じる潮汐流が卓越していることを示しています。

このことを踏まえて、 $M_2$ 分潮を対象とした現況再現結果の潮汐流の再現性については、計算値と観測値の $M_2$ 分潮の潮流楕円の比較を行いました。計算値と観測値について、代表地点における $M_2$ 分潮の潮流楕円の比較を図-6.9.2.3.15及び図-6.9.2.3.16に示しました。また、全地点の $M_2$ 分潮の潮流楕円の比較を図-6.9.2.3.17及び図-6.9.2.3.18に示しました。

また、計算で得られる潮流の分布を検証するため、計算対象としている $M_2$ 分潮の潮流の流向・流速を算出し、計算値と比較を行いました。現地調査の調和解析結果の $M_2$ 分潮の潮流の流向・流速は以下に示す式を用いて算出しました。

$$M_2 \text{分潮の流況} \quad V_t = C + (M_2) \cos \{ \sigma_{30} t - (K_{m2} - K_r) \}$$

$V_t$  : 時間  $t$  における流速 (cm/s)

$C$  : 平均流 (cm/s)

$M_2$  :  $M_2$ 分潮の流速 (cm/s)

$\sigma_{30}$  :  $30^\circ$  ( $^\circ$  /h [= $360^\circ$  /12hour])

$t$  : 0~12 (hour)

$K_{m2}$  :  $M_2$ 潮の遅角 ( $^\circ$ )

$K_r$  : 標準港 (楚久) の潮汐 $M_2$ 分潮の遅角 (=181 $^\circ$ )

ここで、標準港 (楚久) の潮汐 $M_2$ 分潮の遅角は、海上保安庁発行の書誌第742号 日本沿岸潮汐調和定数表(平成4年2月)を参照しました。

各調査地点の各時刻の流向・流速を用いて、下げ潮時及び上げ潮時の潮流の比較を図-6.9.2.3.19~図-6.9.2.3.22に示しました。

潮流楕円の再現性は、楕円の大きさや長軸の方向について、観測値と計算値の比較を行っています。潮流の再現性については、下げ潮時や上げ潮時の流れのパターンについて比較を行っています。これらの再現性の着目点とその評価結果を以下に示しました。

**(ア)潮流楕円の再現性の着目点：**

**ア)辺野古崎と長島間の南北方向の往復流**

- ・ K16 の楕円に示すように、夏季及び冬季ともに計算値の楕円の方がやや大きい傾向となっていますが、観測値の傾向を再現していると考えています。

**イ)辺野古リーフ上の東西方向の往復流**

- ・ 辺野古リーフ上は、海岸線に平行な東西方向の楕円で、多くの地点でその傾向を再現していると考えています。
- ・ 夏季については、事業実施区域から離れた地点で、陸岸に近い地点(K44、K23)で楕円の大きさや向きに違いが認められます。一方、冬季をみると、同地点では計算値の楕円がやや小さいものの、観測値の傾向を概ね再現していると考えています。
- ・ 観測値でみられたリーフ上の流れは、吹送流や海浜流の影響を強く受ける地点も多く、潮汐流はリーフエッジ周辺や大浦湾口部と比べて小さい傾向となっています。この傾向は計算値で概ね再現していると考えています。

**ウ)辺野古リーフエッジ周辺及び沖合の東西方向の往復流**

- ・ 辺野古リーフエッジ周辺の K21 や沖合の地点(K14、K28)は、リーフ内や大浦湾内に比べると地形に沿った東西方向の往復流が強く、計算値でもその傾向を良く再現していると考えています。

**エ)大浦湾内では地形に沿った往復流で、湾奥の潮汐流は小さい**

- ・ 大浦湾においては湾奥部ほど潮汐流が小さい傾向で、概ね海底地形に沿うような楕円の方角を示しています。この傾向は、計算値においても概ね再現していると判断しています。
- ・ また、大浦湾の西側に存在する水深の深い谷地形周辺では海底地形に沿う南北方向の往復流が既往調査で観測されており(第十一管区海上保安本部、H14年6月、図-6.9.2.3.17(8))、計算でもその傾向は良く再現していると考えています。

**(イ)潮流の再現性の着目点：**

**ア)辺野古リーフ上の下げ潮時及び上げ潮時の流況**

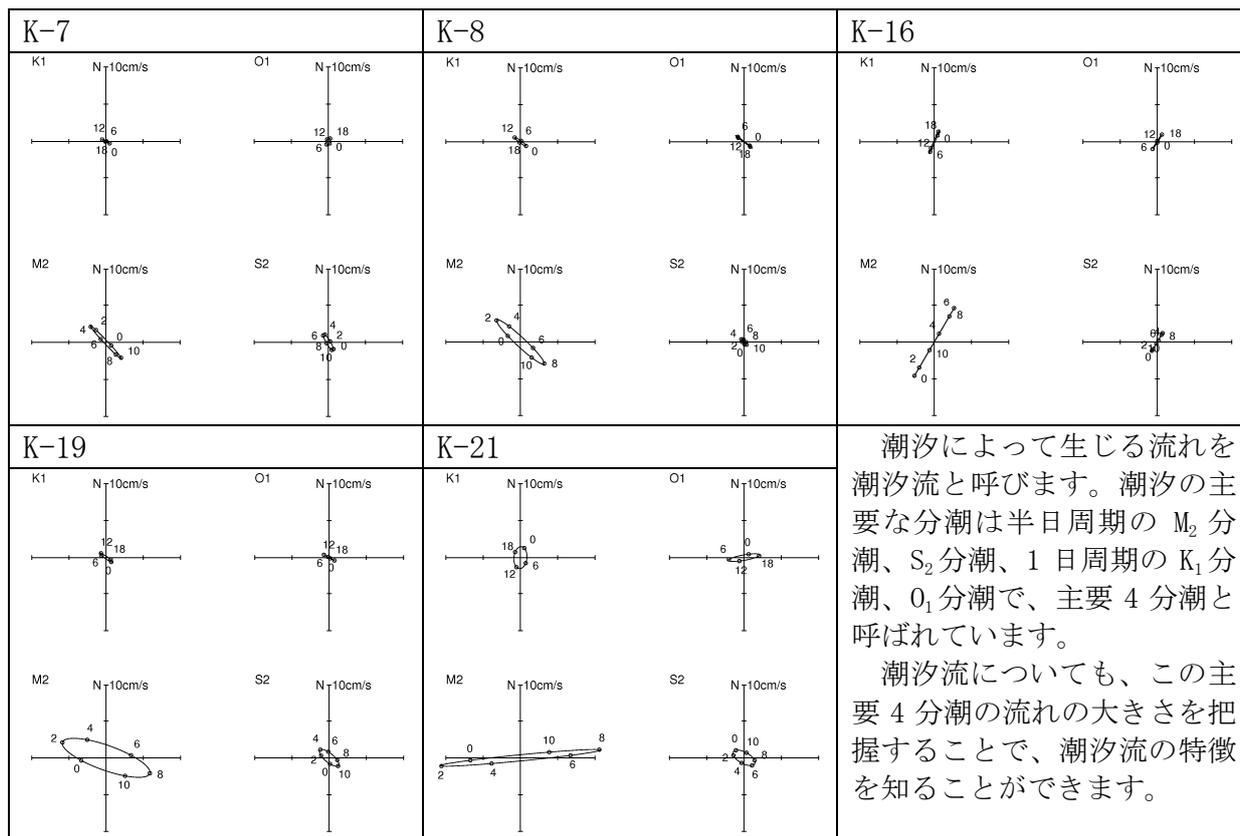
- ・ 辺野古リーフ上の潮流は、下げ潮時に陸側から沖側へ向かう流れ、上げ潮時には沖側から陸側に向かう流れのパターンが観測値でみられています。この傾向は、夏季及び冬季に共通してみられています。
- ・ 計算値の下げ潮時及び上げ潮時の流況は、夏季の下げ潮時の K44 や K10、上げ潮時の K10 や K12 で流向に違いが認められますが、全体的に下げ潮時や上げ潮時の潮流の分布パターンは観測値の傾向を概ね再現していると考えています。

**イ)大浦湾内の下げ潮時及び上げ潮時の流況**

- ・ 夏季の観測結果をみると、大浦湾内の下げ潮時の流況は、概ね湾奥から湾口に向かう流れとなっていますが、大浦湾の湾口の東側の 10m より深い場所では、湾内に流入する流れがみられています。上げ潮時の流況は、概ね湾口から湾奥に向かう流れとなっていますが、大浦湾の湾口の東側の 20m より深い場所では、湾奥から湾口に流出する流れがみられています。
- ・ 冬季の観測結果をみると、大浦湾内の下げ潮時の流況は、10m よりも浅い場所では湾奥に向かう流れ、10m より深い場所では湾奥から湾口に向かう流れとな

っています。上げ潮時の流況は、20m よりも浅い場所では湾奥に向かう流れ、20m より深い場所では大浦湾の西側で湾奥から湾口に向かう流れ、東側の湾口では湾奥に向かう流れとなっています。

- 計算値の下げ潮時及び上げ潮時の流況とくらべると、夏季の下げ潮時及び上げ潮時において、大浦湾の東側の 10m よりも深い場所の流れの状況が異なっています。冬季においても同じ大浦湾の東側の 10～20m 深で流れの状況が異なっています。これは、大浦湾の東側の水深の深い場所では、西側とくらべて転流するタイミングが異なっていることが要因であり、計算ではこの点が十分に表現されていないことが要因と考えられますが、これらを除くと、全体的な大浦湾内の潮流の分布パターンは観測値の傾向を概ね再現していると考えています。
- 上記の点を踏まえた潮汐流の再現状況は、現象として再現が難しい点はみられましたが、辺野古リーフ上の特徴及び大浦湾の特徴は概ね再現していると考えています。



注) 代替施設周辺や大浦湾、沖合等の潮汐流を表す代表的な地点として、下図の丸印の地点における主要4分潮の潮流楕円を示しました。

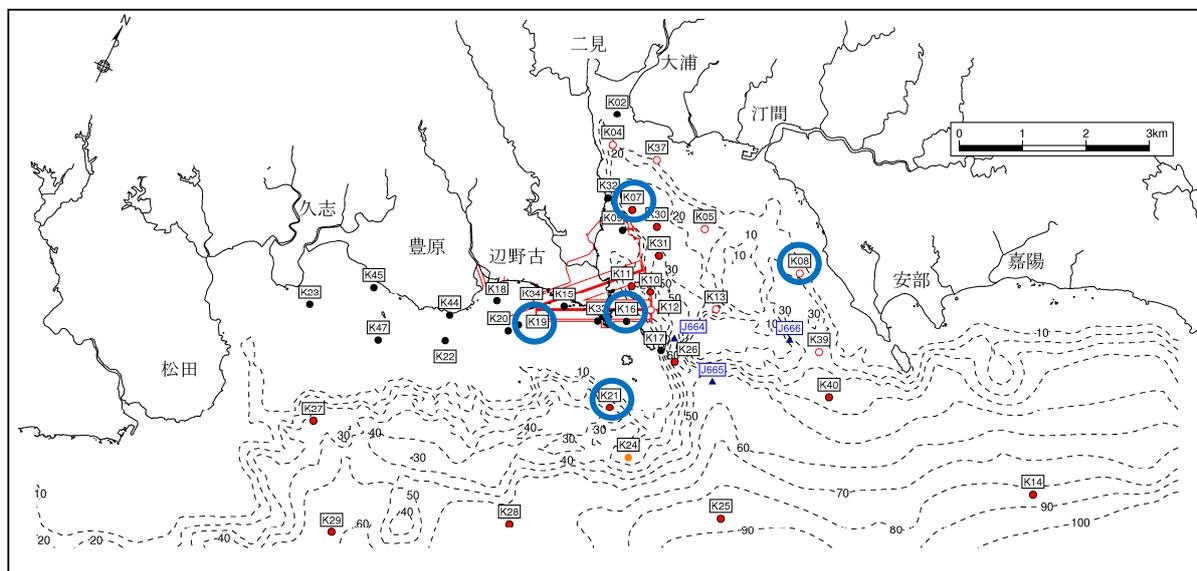


図-6.9.2.3.14 当該海域の主要4分潮の潮汐流の概要 (平成20年度夏季調査結果)

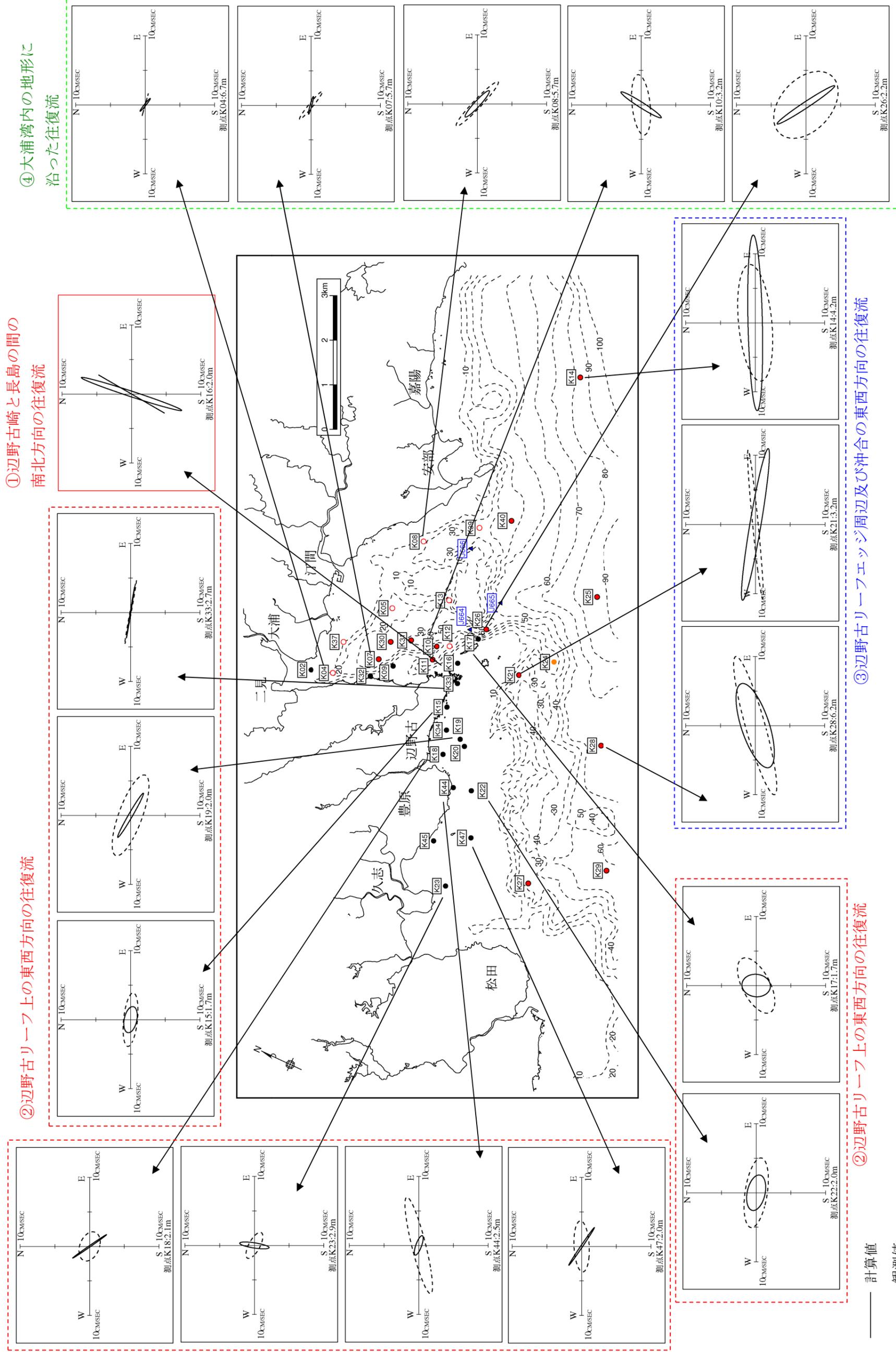


図-6.9.2.3.15 潮流楕円の比較(夏季、—：リーフ内、-：大浦湾、-：リーフエッジ周辺及び沖合)

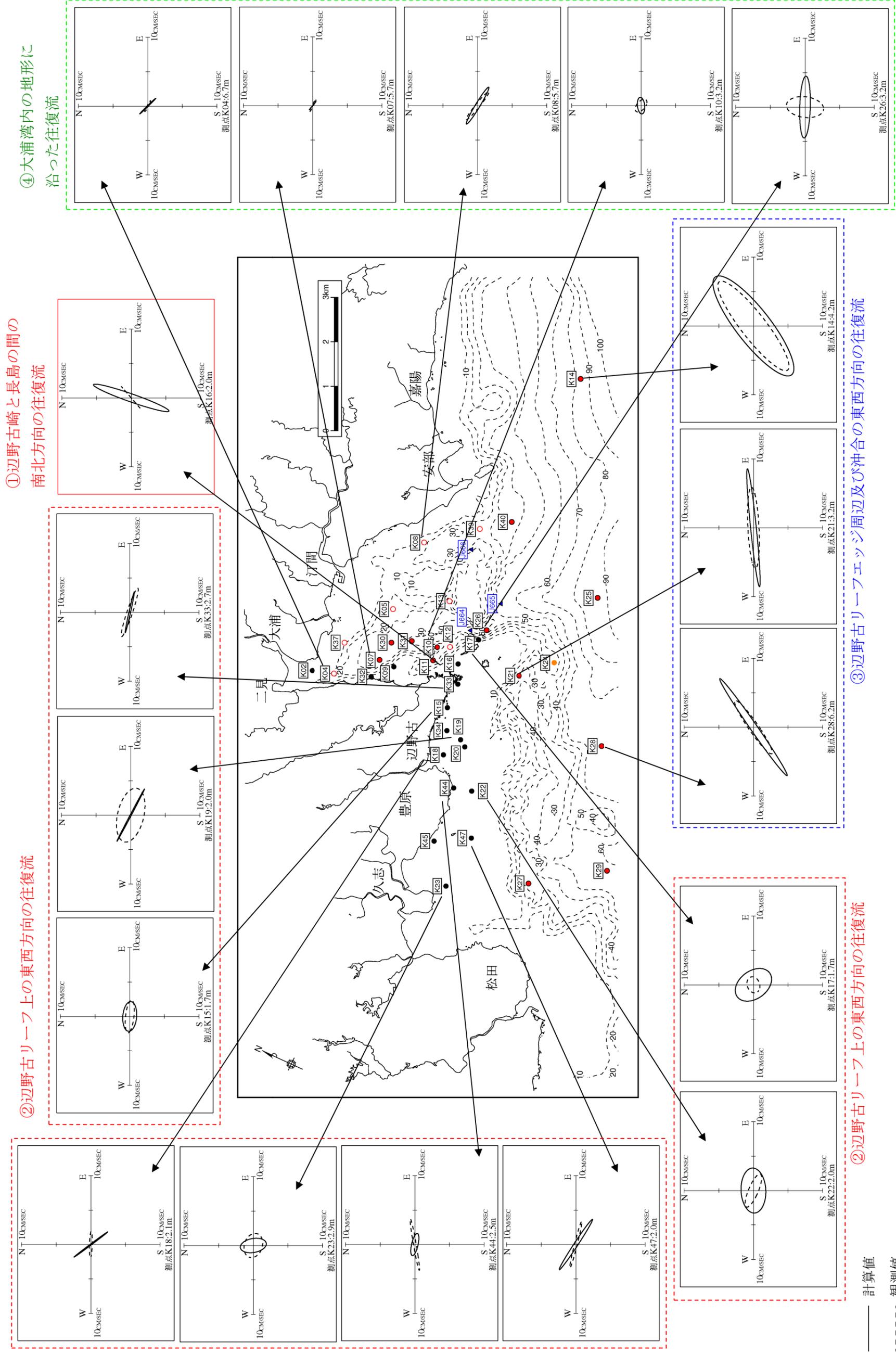


図-6.9.2.3.16 潮流橢円の比較(冬季、—:リーフ内、- -:大浦湾、—:リーフエッジ周辺及び沖合)

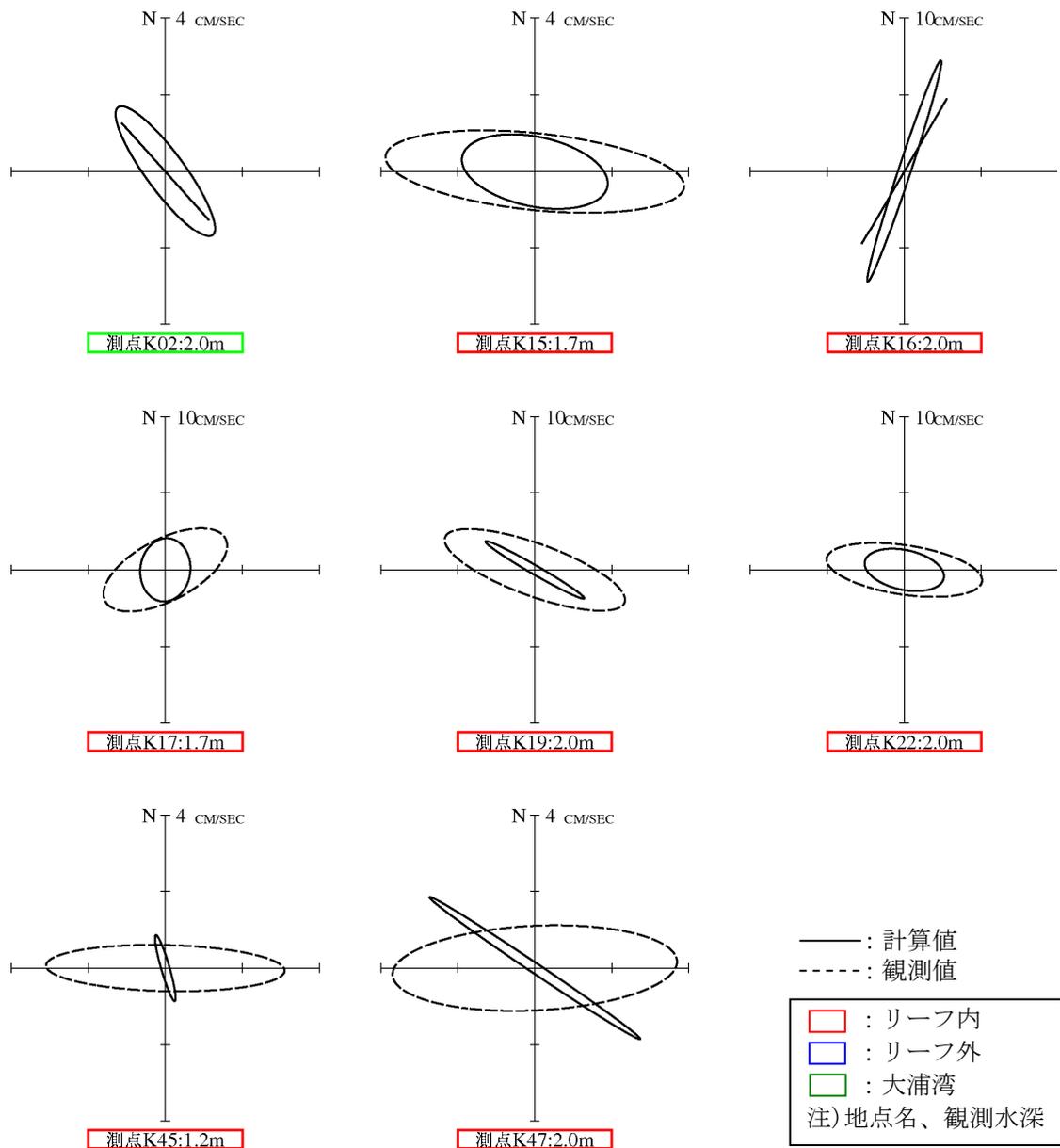


図-6.9.2.3.17(1) 潮流楕円の比較(夏季、海面下0~2m)

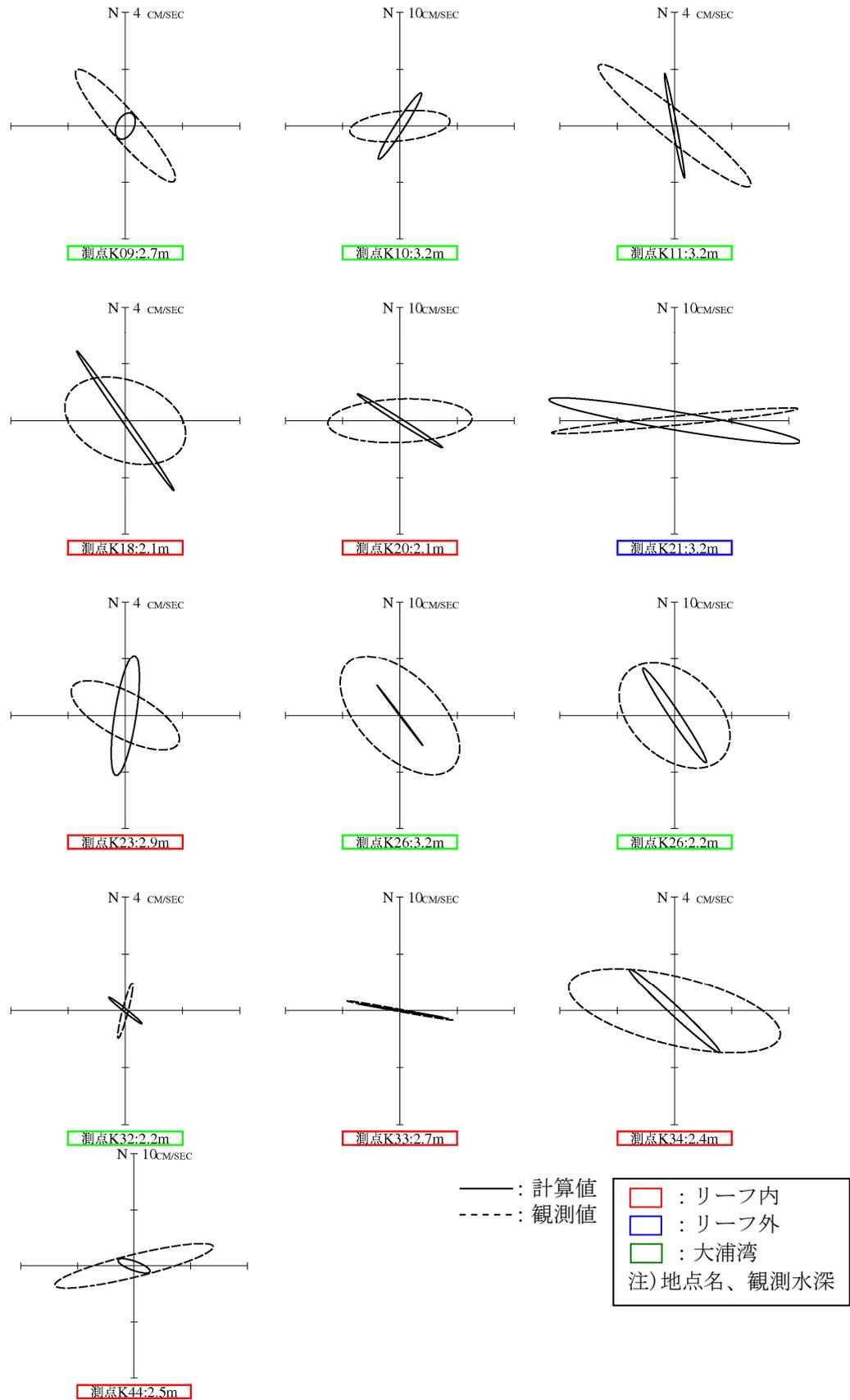


図-6.9.2.3.17(2) 潮流楕円の比較(夏季、海面下2~4m)

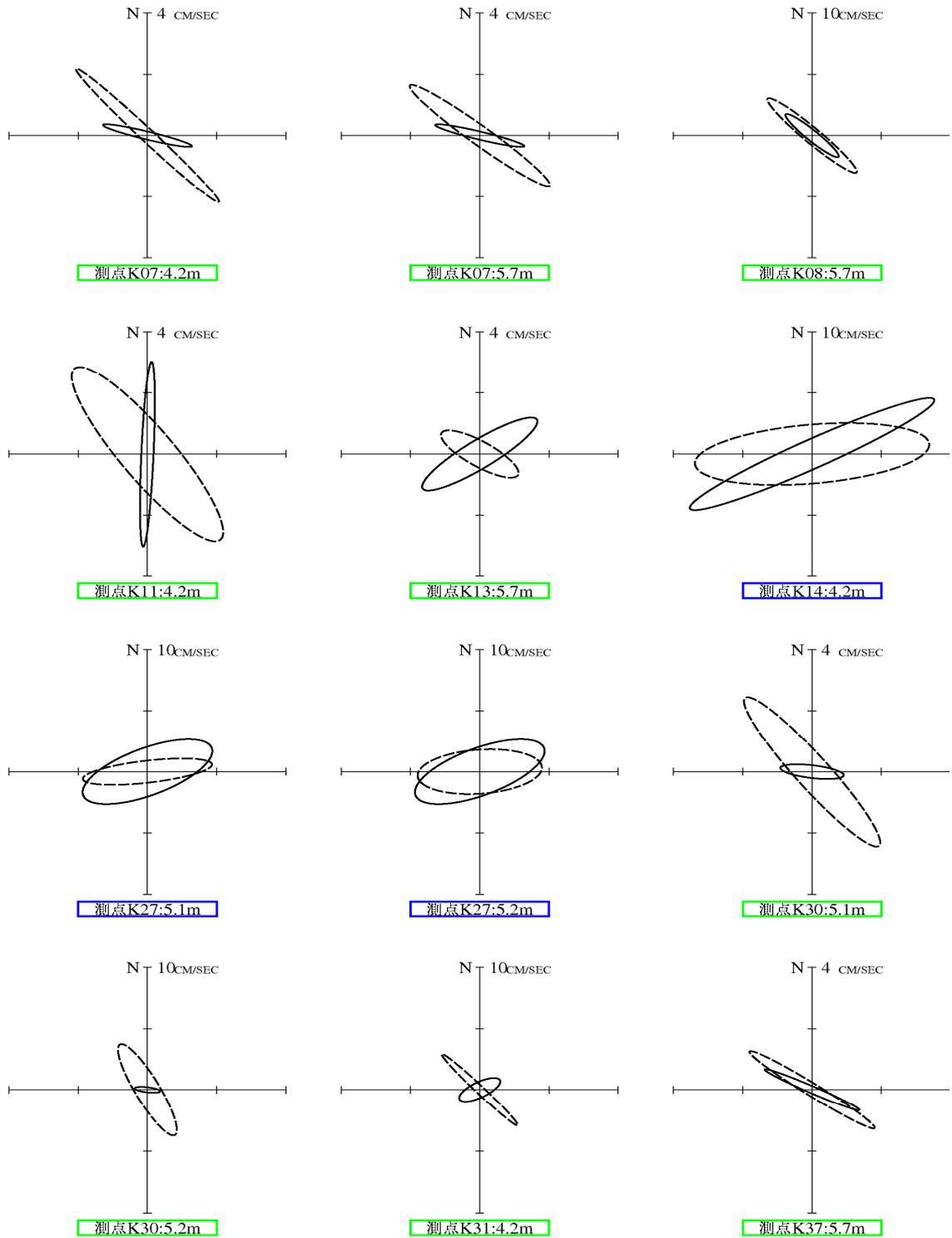


図-6.9.2.3.17(3) 潮流楕円の比較(夏季、海面下4~6m)

——: 計算値  
 - - - -: 観測値

  : リーフ内  
  : リーフ外  
  : 大浦湾  
 注) 地点名、観測水深

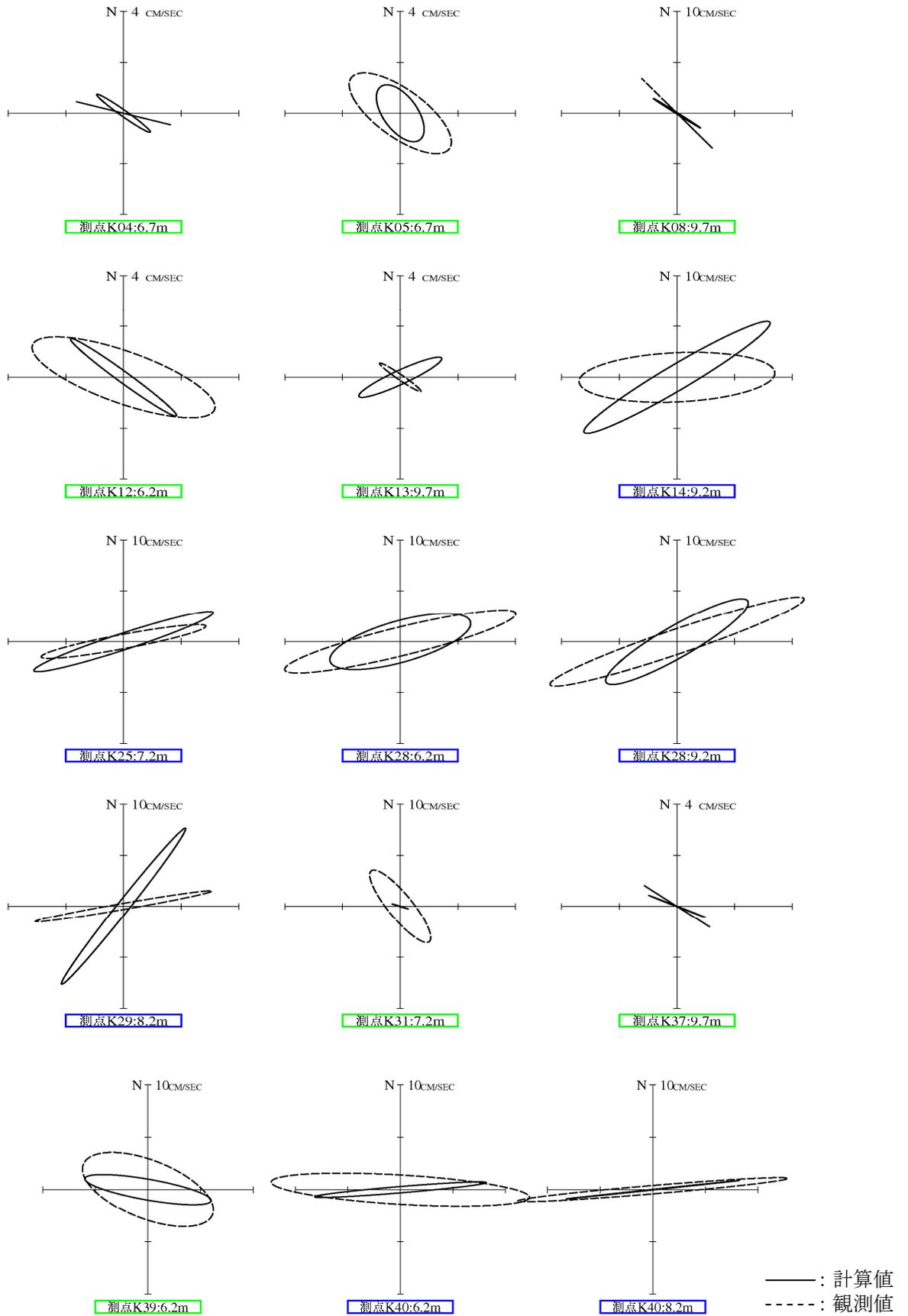


図-6. 9. 2. 3. 17(4) 潮流楕円の比較(夏季、海面下6~10m)

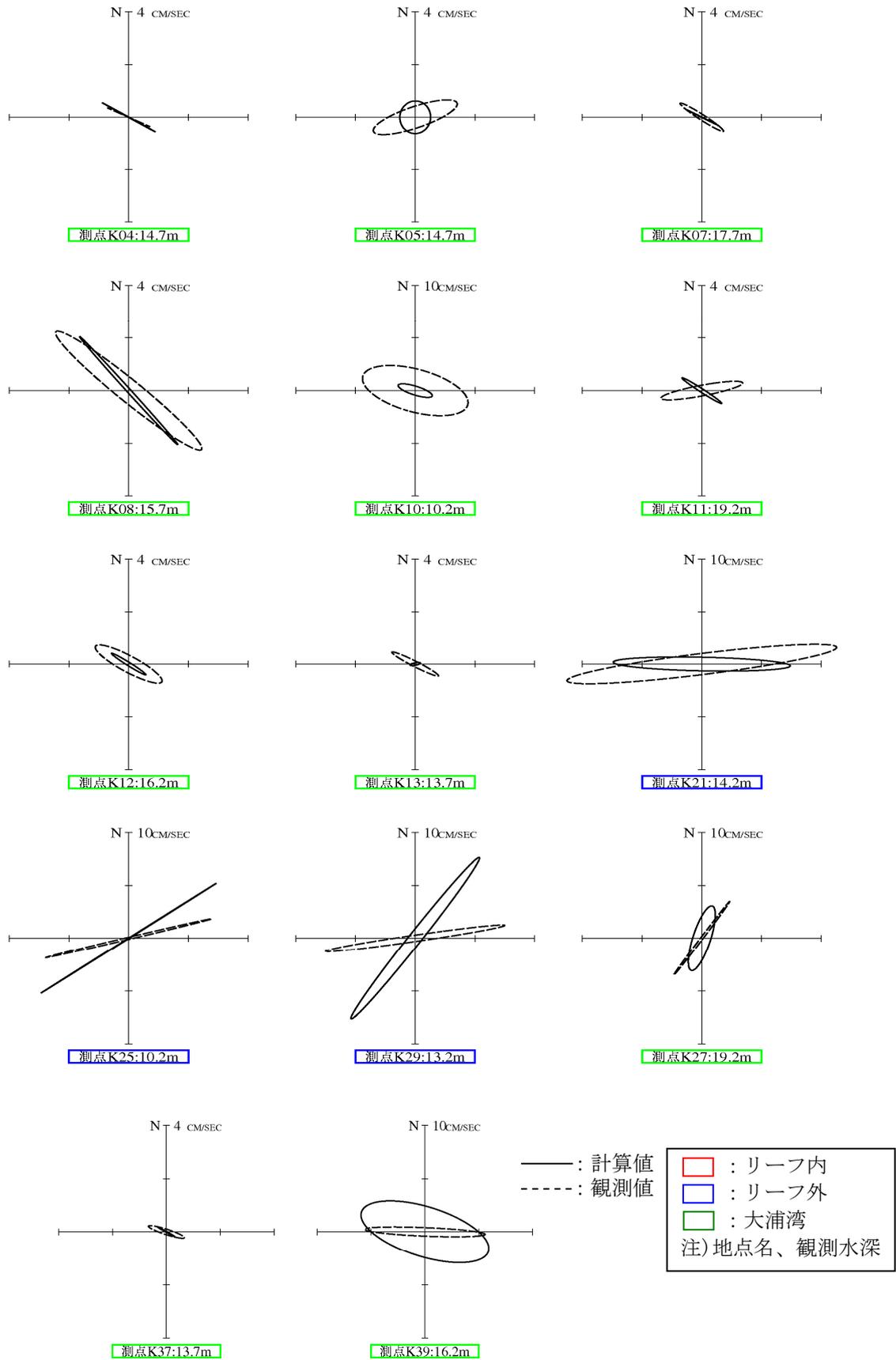


図-6.9.2.3.17(5) 潮流楕円の比較(夏季、海面下10~20m)

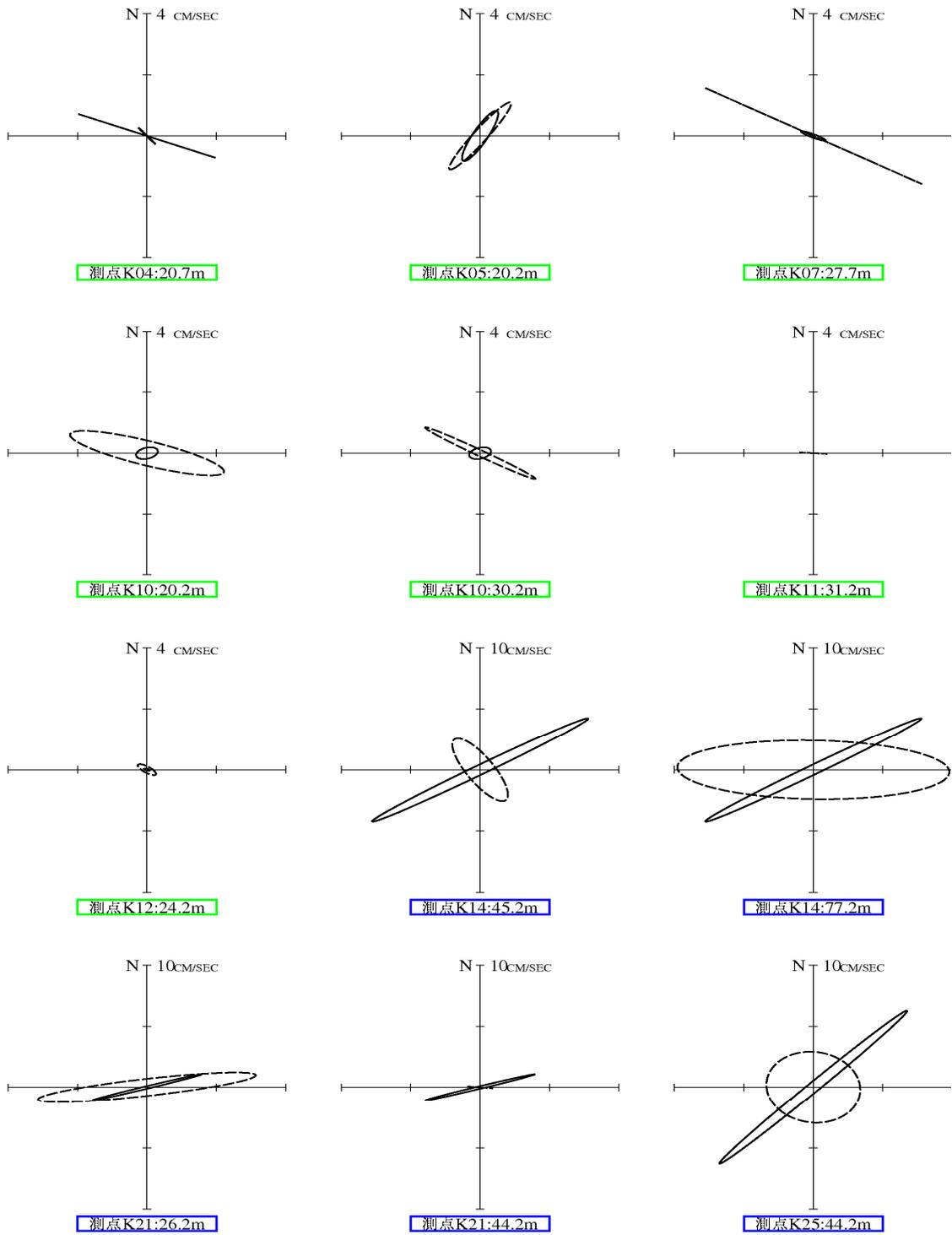


図-6.9.2.3.17(6) 潮流楕円の比較(夏季、海面下20m～、その1)

——: 計算値  
 - - - - : 観測値

□ : リーフ内  
 □ : リーフ外  
 □ : 大浦湾  
 注) 地点名、観測水深

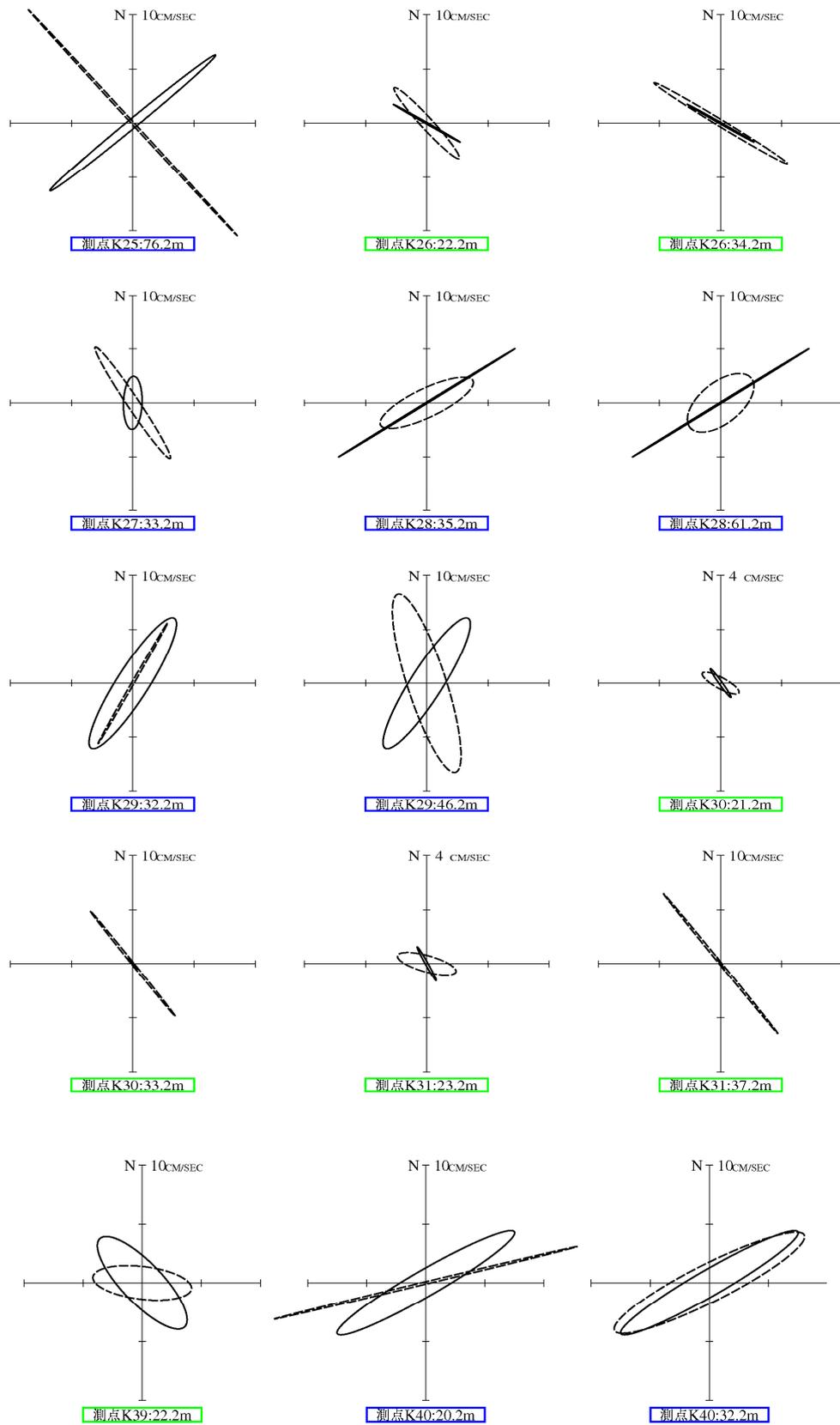


図-6.9.2.3.17(7) 潮流楕円の比較(夏季、海面下20m～、その2)

——: 計算値  
 - - - -: 観測値

□ : リーフ内  
 □ : リーフ外  
 □ : 大浦湾

注) 地点名、観測水深

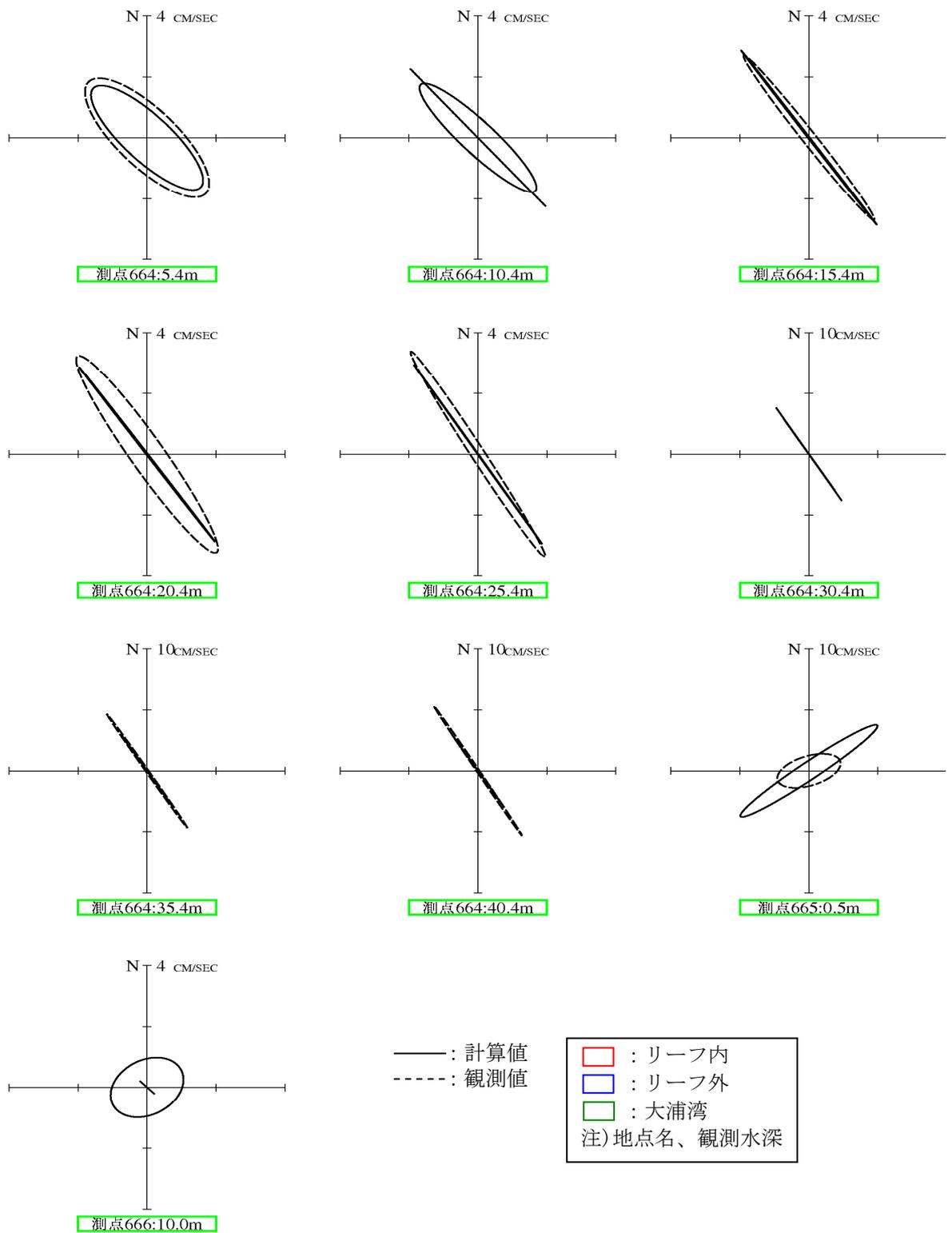


図-6. 9. 2. 3. 17(8) 潮流楕円の比較  
 (参考、H14年6月、第十一管区海上保安本部)

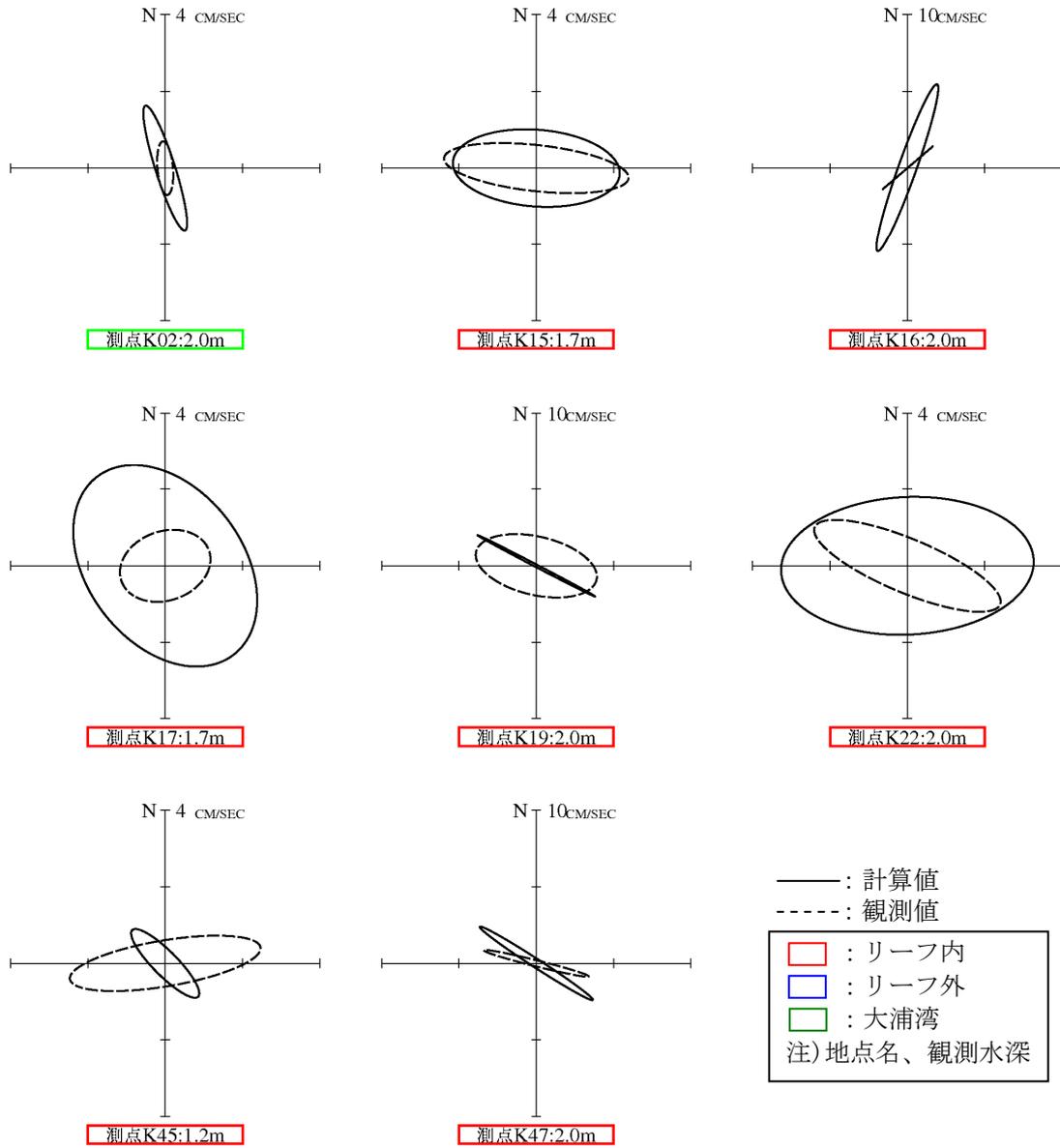


図-6.9.2.3.18(1) 潮流楕円の比較(冬季、海面下0~2m)

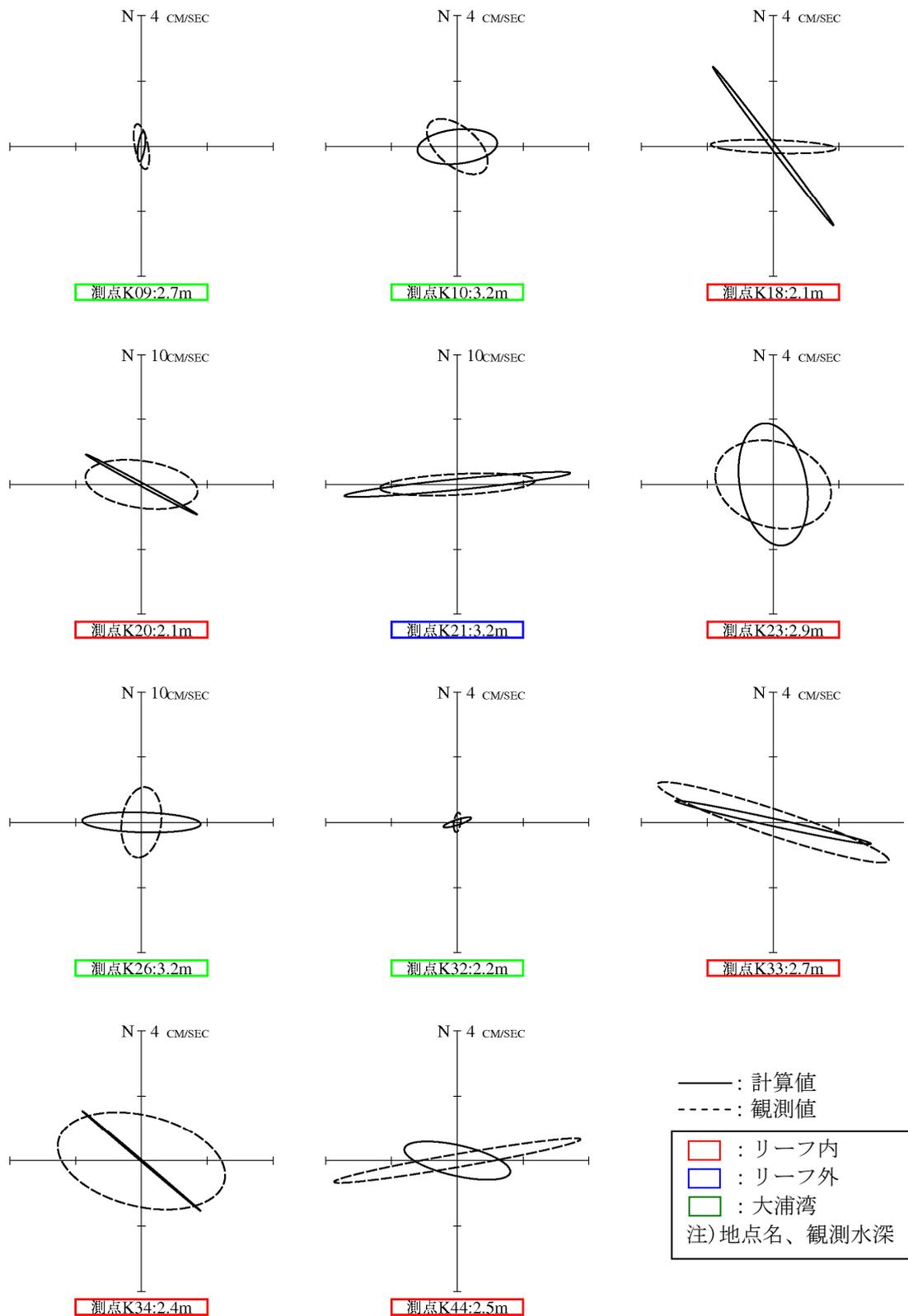


図-6.9.2.3.18(2) 潮流楕円の比較(冬季、海面下2~4m)

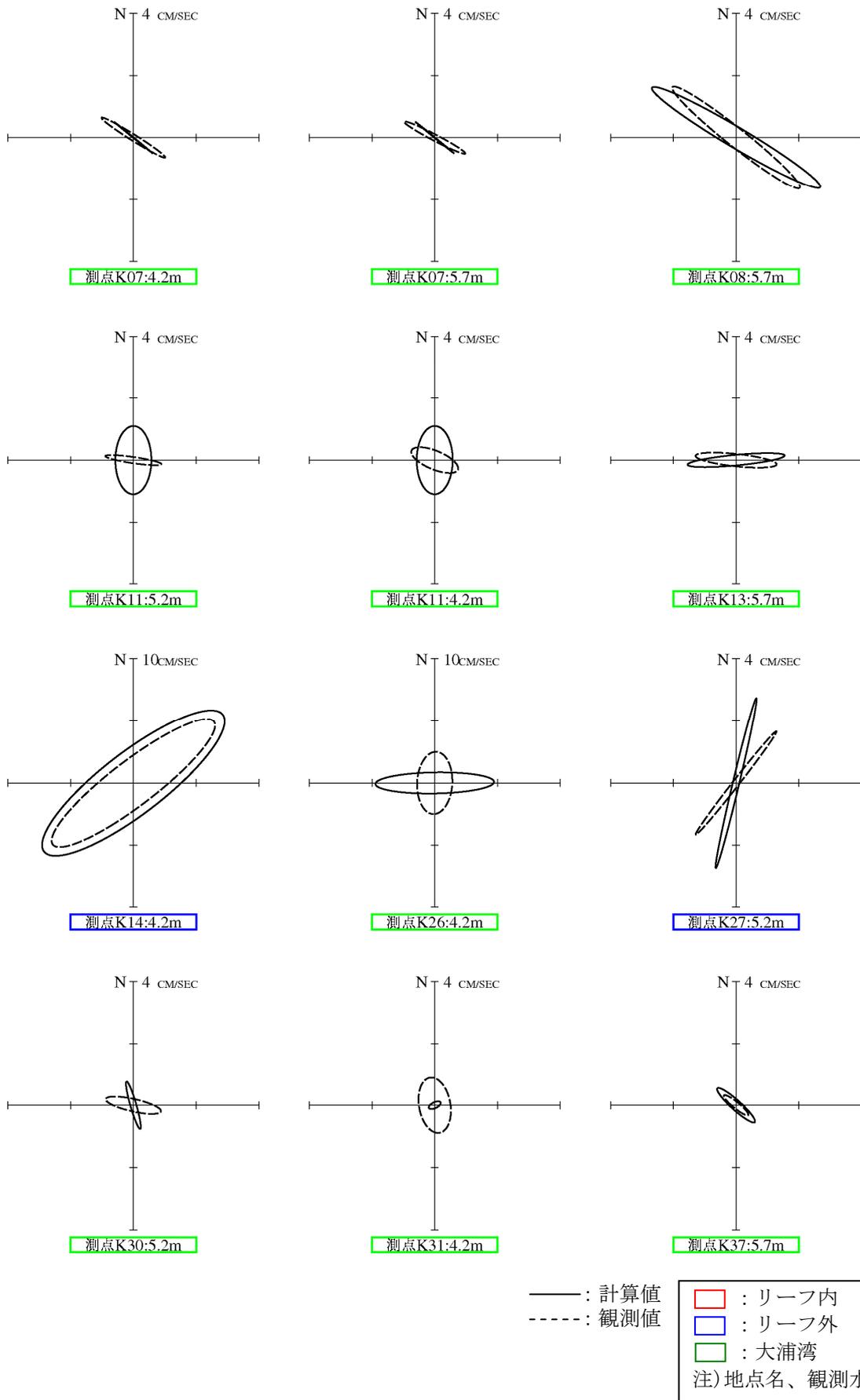


図-6.9.2.3.18(3) 潮流楕円の比較(冬季、海面下4~6m)

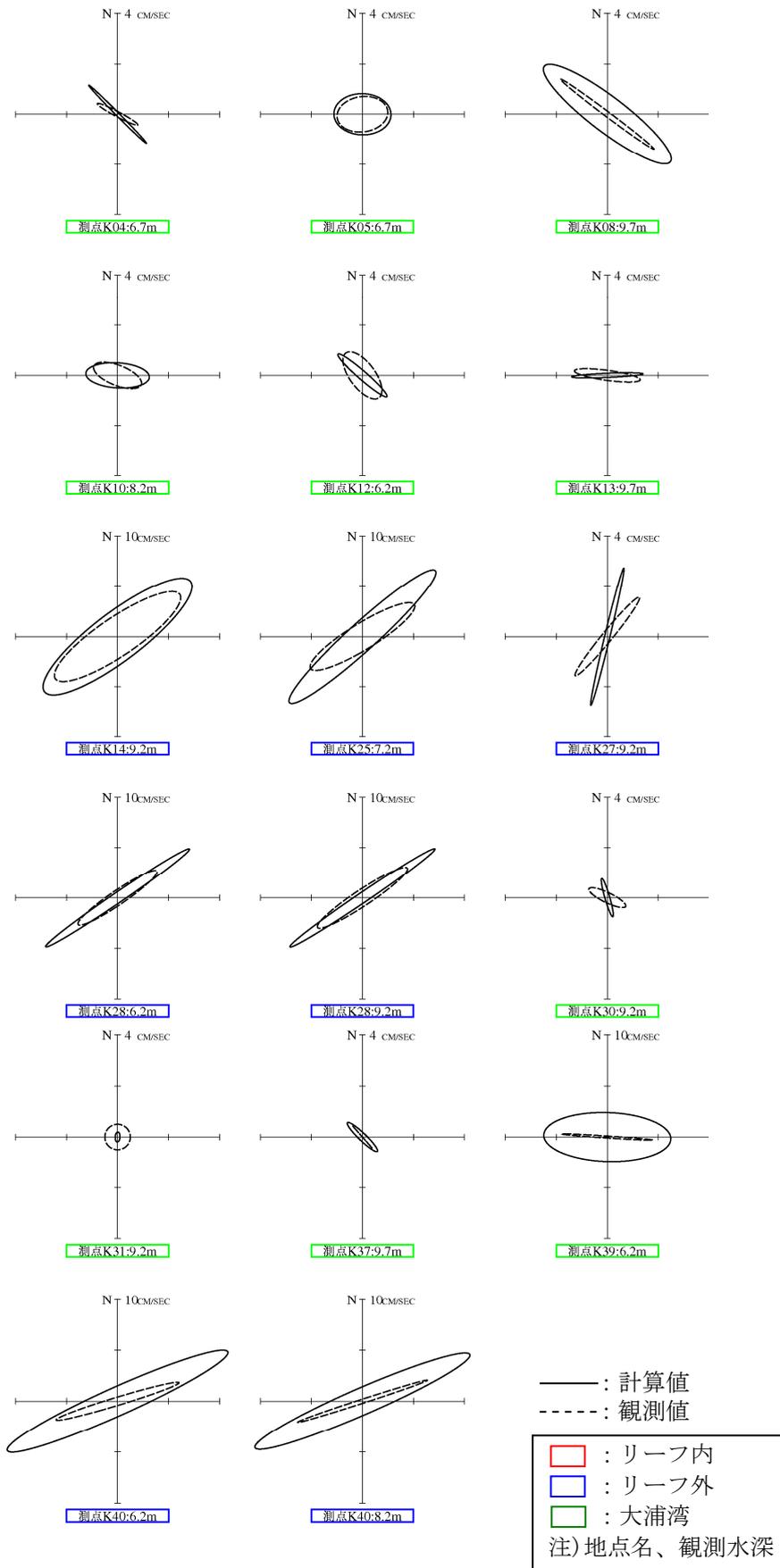


図-6.9.2.3.18(4) 潮流楕円の比較(冬季、海面下6~10m)

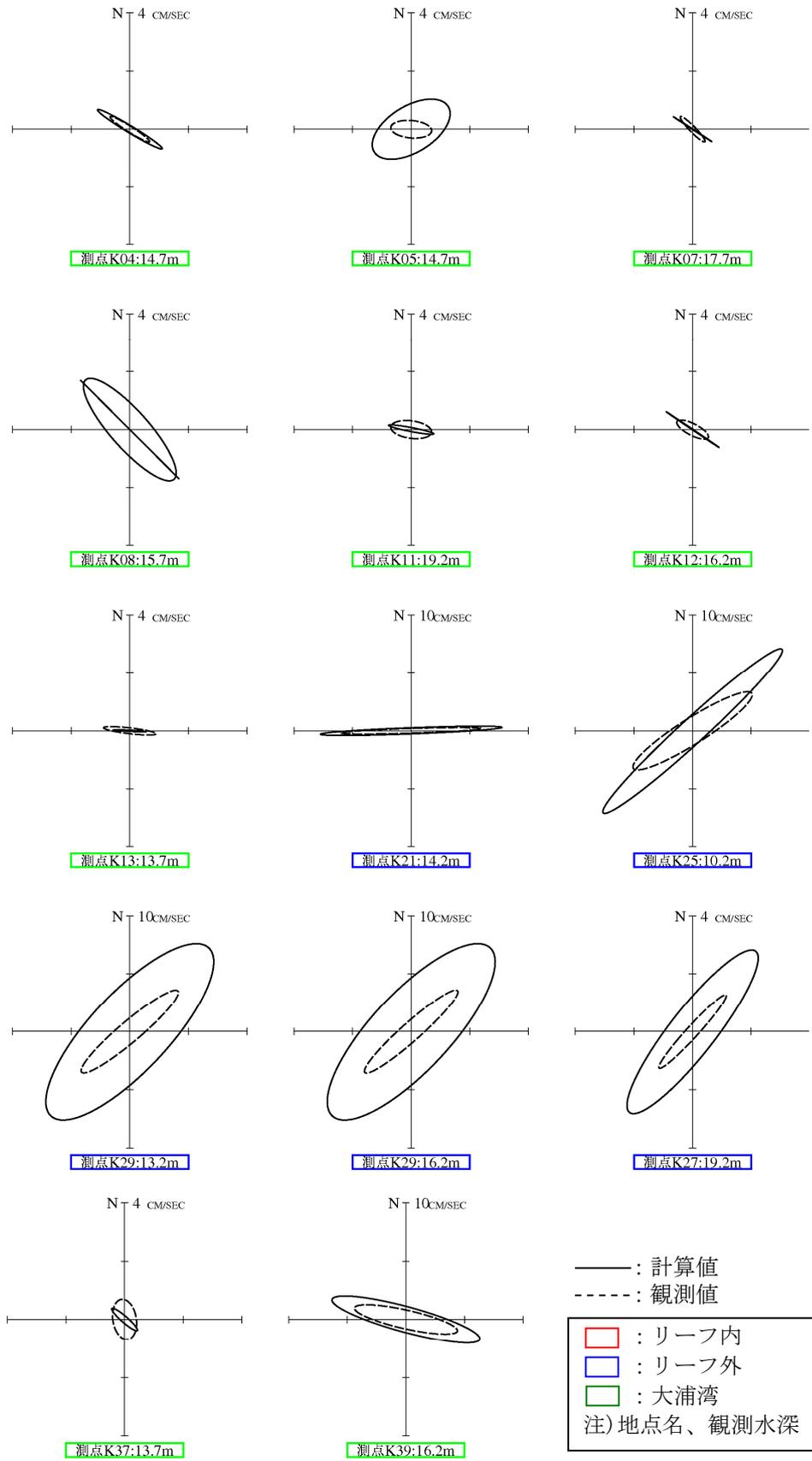


図-6.9.2.3.18(5) 潮流楕円の比較(冬季、海面下10~20m)

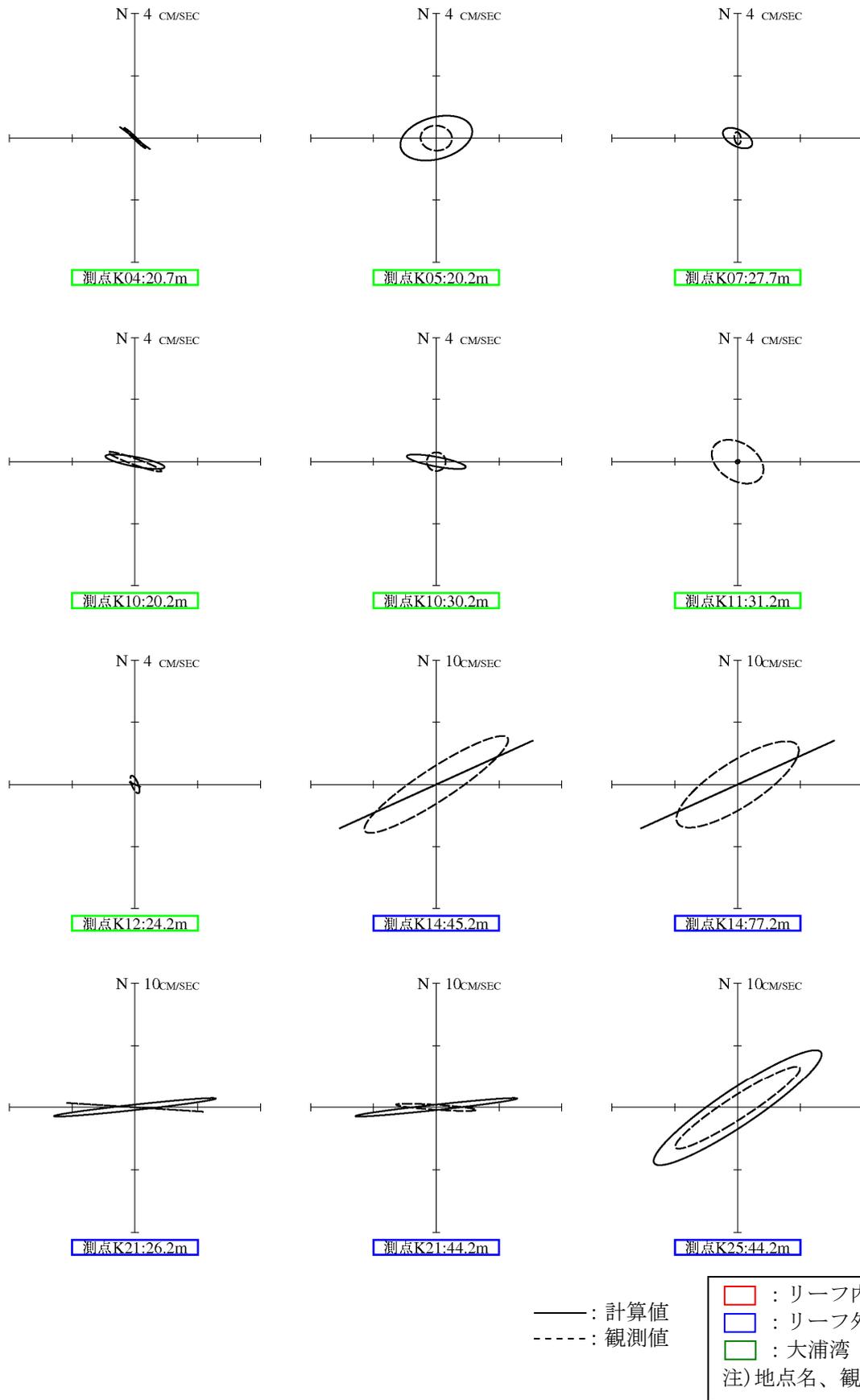


図-6.9.2.3.18(6) 潮流楕円の比較(冬季、海面下20m～、その1)

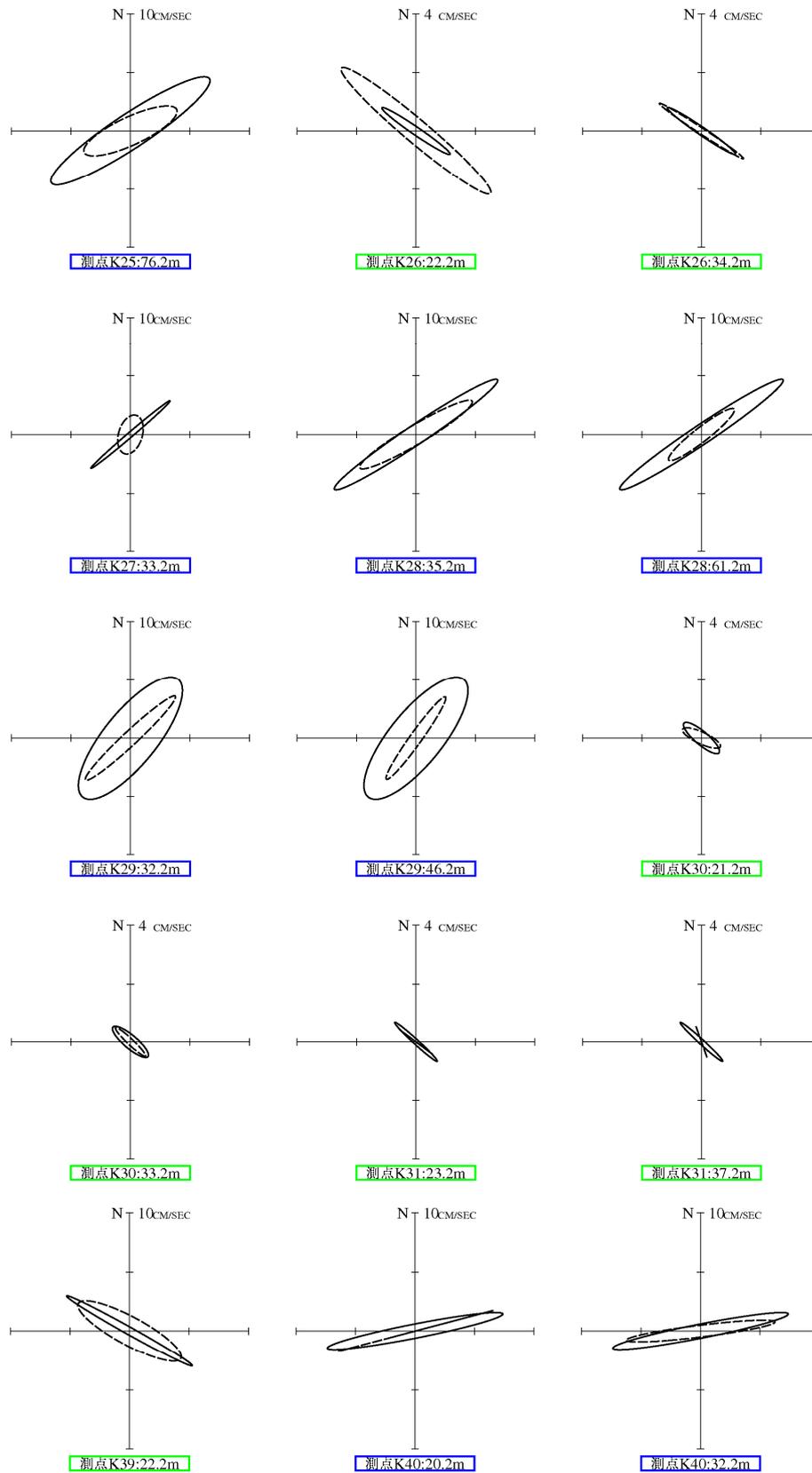


図-6. 9. 2. 3. 18(7) 潮流楕円の比較(冬季、海面下 20m~、その 2)