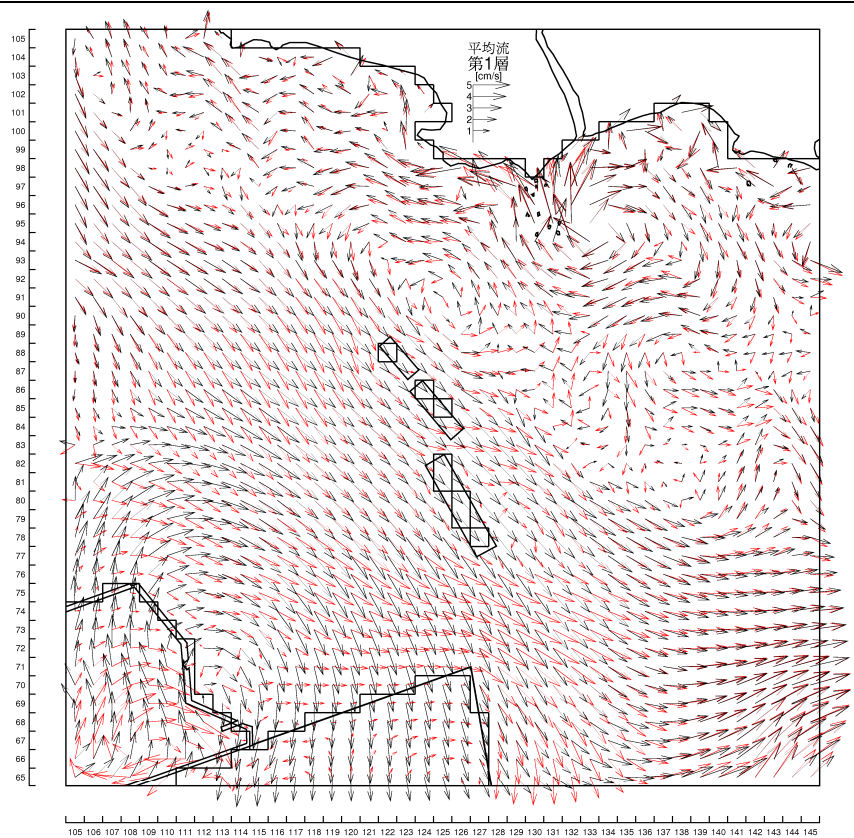
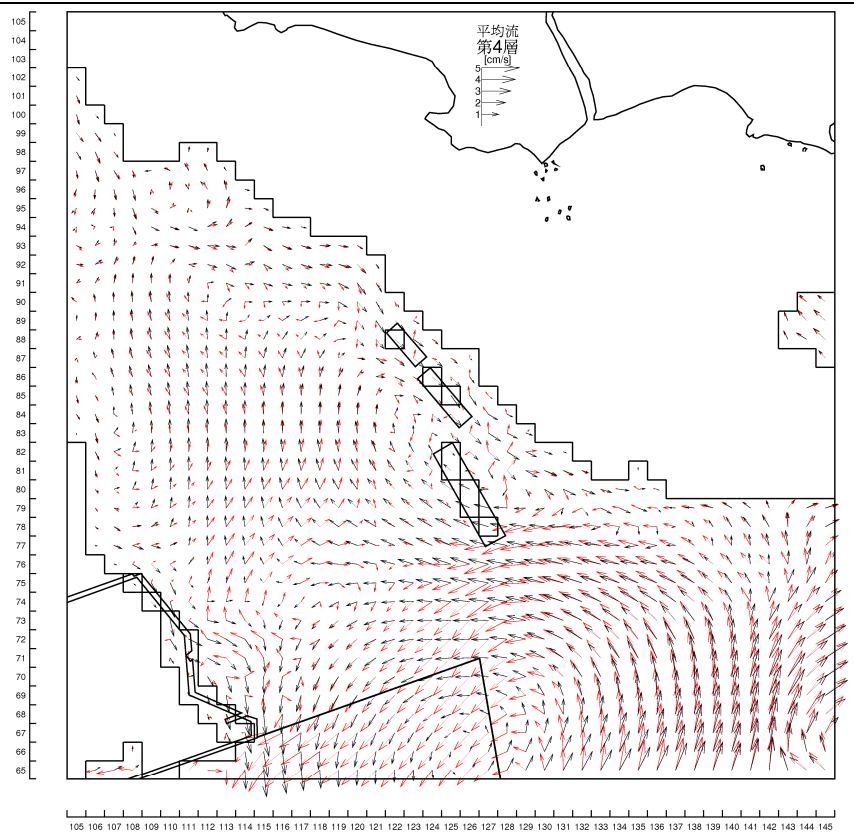


第1層[0~2m]



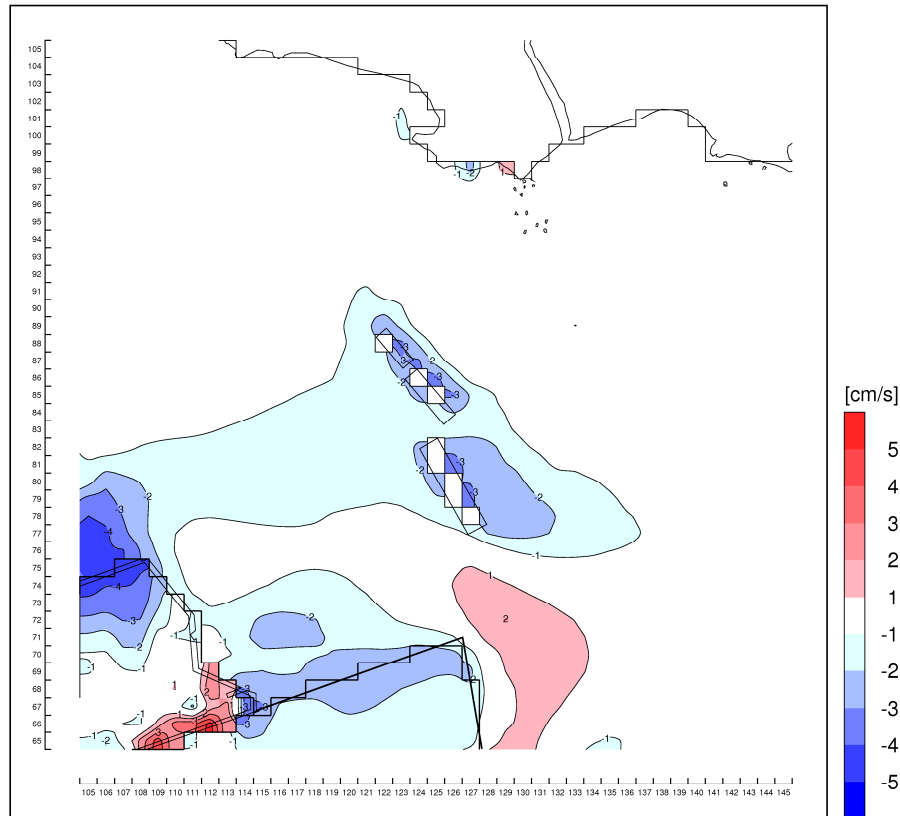
第4層[6~10m]



→ : 現況、→ : 海上工事中

図-6.9.2.1.4(1) 海上ヤード周辺の恒流(平均流)ベクトルの変化  
(夏季)

第1層[0~2m]



第4層[6~10m]

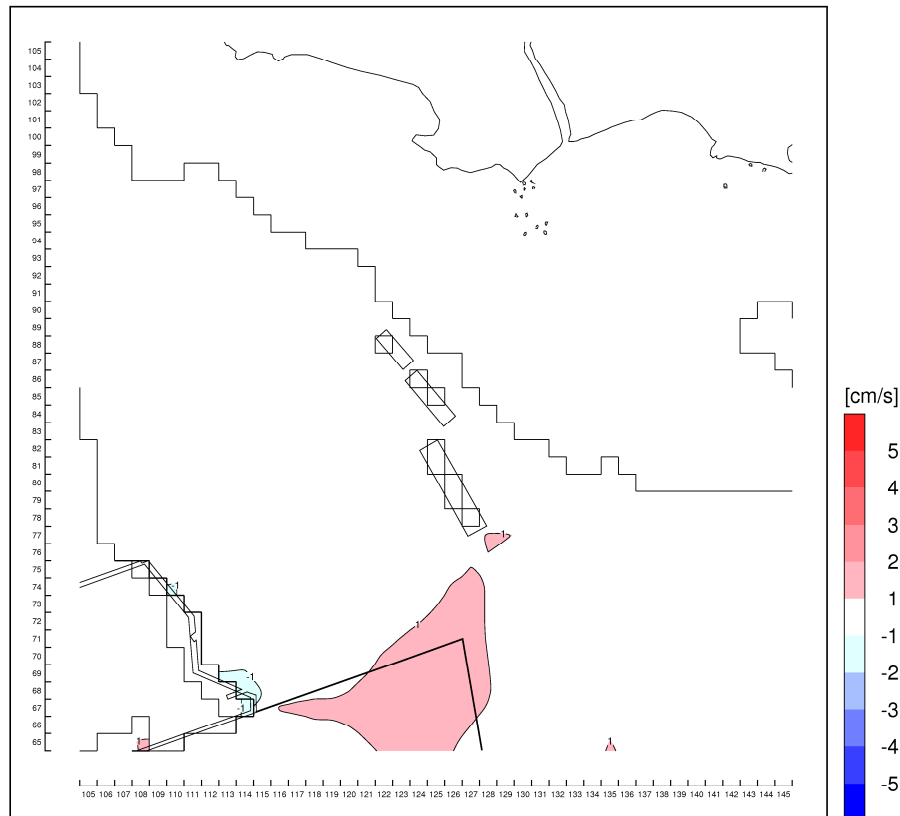
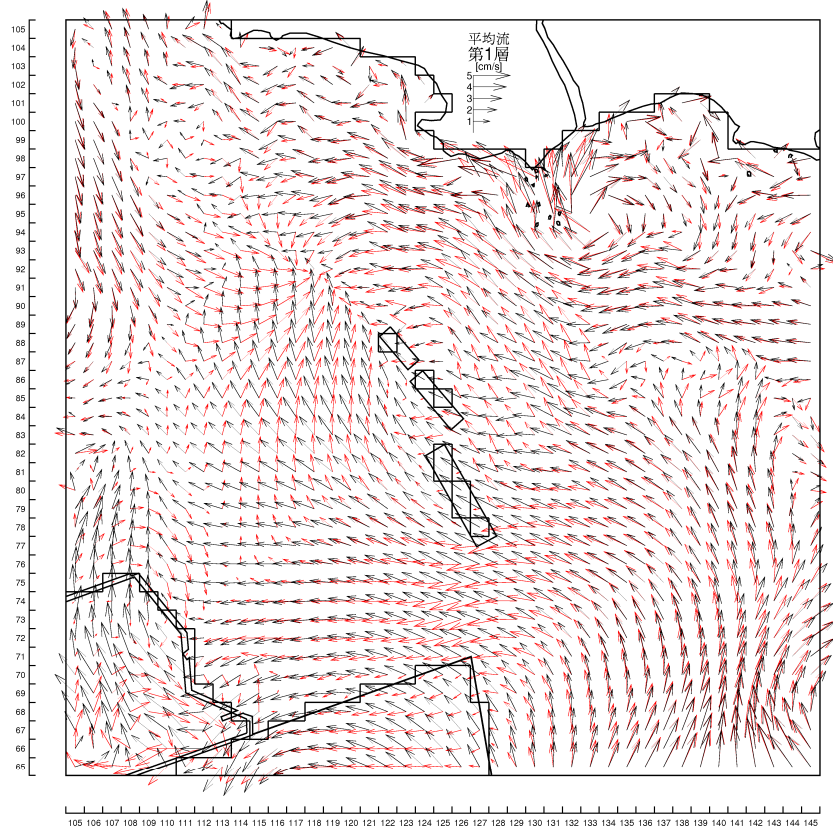
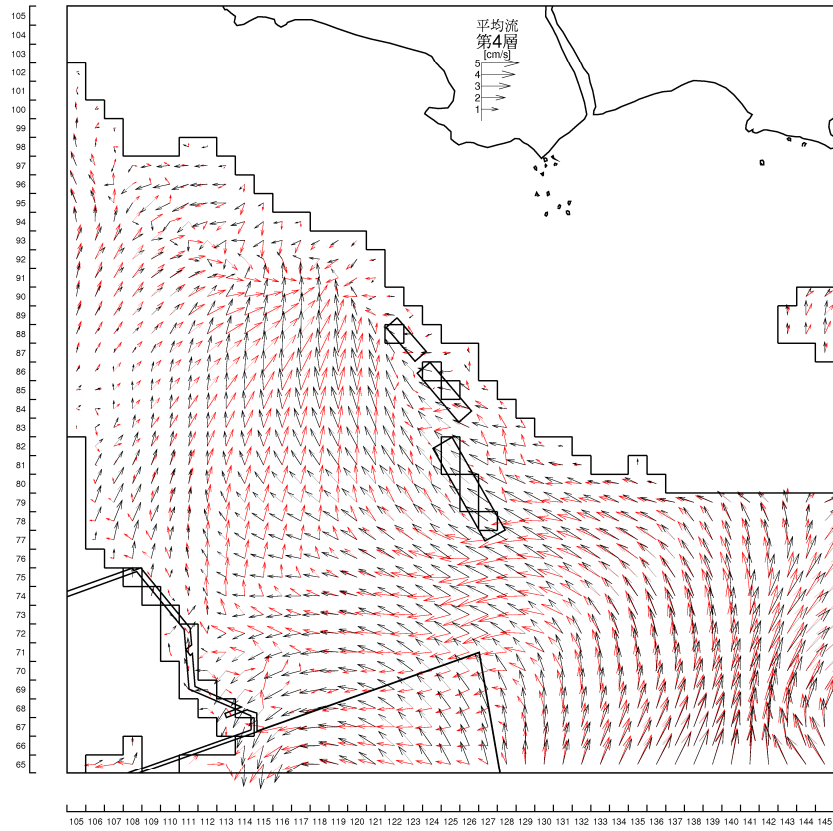


図-6.9.2.1.4(2) 海上ヤード周辺の恒流(平均流)流速絶対値の変化(夏季)

第1層[0~2m]



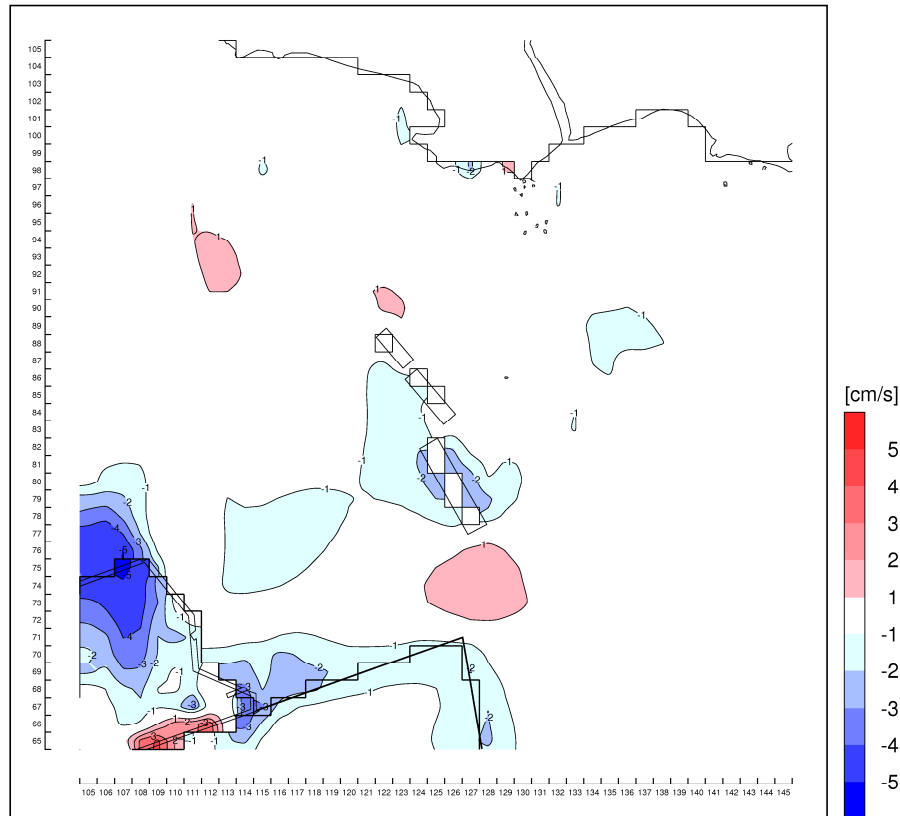
第4層[6~10m]



→ : 現況、→ : 海上工事中

図-6.9.2.1.5(1) 海上ヤード周辺の恒流(平均流)ベクトルの変化  
(冬季)

第1層[0~2m]



第4層[6~10m]

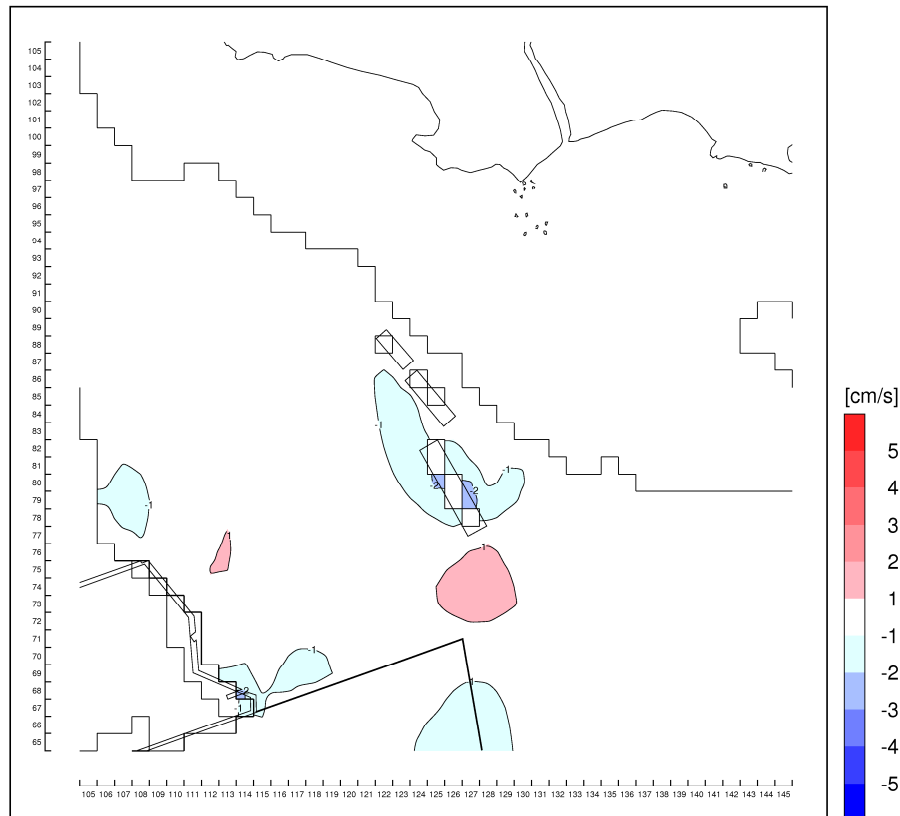


図-6.9.2.1.5(2) 海上ヤード周辺の恒流(平均流)流速絶対値の変化(冬季)

## 6.9.2.2 施設等の存在及び供用(陸域)

### (1) 予測の概要

陸域の対象事業による施設等の存在及び供用が水象に及ぼす影響の予測概要を表-6.9.2.2.1に示しました。

代替施設等の存在に伴う影響は、埋立土砂発生区域における土砂採取に伴う雨水流出量の変化を予測しました。一方、飛行場の施設の供用に伴う陸域の水象への影響は特に生じないものと考えました。

表-6.9.2.2.1 予測概要(施設等の存在及び供用)

項目	内容
予測項目	雨水流出量
影響要因	埋立土砂発生区域の存在
予測地域 予測地点	辺野古ダム流域及びその周辺域
予測対象時期	埋立土砂の掘削後における降雨時
予測方法	雨水流出量の変化は、埋立土砂発生区域び下流域での河川流量の増加の程度を把握することにより行いました。

### (2) 予測方法

#### 1) 予測の前提

埋立土砂発生区域は辺野古ダムの流域内にあり、流域内に降った雨水はダム湖内に集水されます。

したがって、現況と存在時の地表状況の変化によるそれぞれについてのダム湖内に集水される雨水流出量を算出・比較した結果等を踏まえて定性的に予測しました。

#### 2) 予測条件

##### (a) 雨水流出量の算定

辺野古ダム流域内の雨水流出量を以下の式から求め、式中の条件は以下のよう設定しました。

$$V=A \times C \times Q$$

ここに、

V : 雨水流出量 (m<sup>3</sup>)

A : 面積 (m<sup>2</sup>)

C : 流出係数

Q : 対象雨量 (mm)

(b) 流域面積

辺野古ダム流域の地表分類別の面積を表-6.9.2.2.2に示しました。

現況では流域のほとんどが樹林地で構成されており、埋立土砂発生区域の改変後も種子の播種や植樹により早期に緑化を図りますが、ここでは改変直後として草地に設定しました。

表-6.9.2.2.2 地表分類別の流域面積

地表分類 面積	種別				
	湖面	裸地	道路、屋根等	草地	樹林地
現況 (m <sup>2</sup> )	50,952	14,997	32,930	62,059	4,919,062
割合 (%)	1.0	0.3	0.6	1.2	96.8
存在・供用時 (m <sup>2</sup> )	50,952	14,997	24,130	353,559	4,636,362
割合 (%)	1.0	0.3	0.5	7.0	91.3

(c) 流出係数

地表の流出係数を表-6.9.2.2.3に示しました。表-6.9.2.2.4の地表の流出係数を参考に、本流域の大部分を占める樹林地は「起伏のある山地・樹林」とし、安全側を考慮してC=0.75に設定しました。また、改変後の草地は「芝、樹林の多い公園」のC=0.15に設定しました。

表-6.9.2.2.3 地表の流出係数

流出係数	種別				
	湖面	裸地	道路、屋根等	草地	樹林地
	1.00	0.80	0.85	0.15	0.75

表-6.9.2.2.4 地表流出係数の参考値

地表状態の流出係数		造成完了後の流出係数	
種別	流出係数	種別	流出係数
急峻な山地	0.75~0.9	屋根	0.90
三紀層山丘	0.7~0.8	道路	0.85
起伏のある山地・樹林	0.5~0.75	その他の不透面	0.80
平坦な耕地	0.45~0.6	水面	1.00
かんがい中の水田	0.7~0.8	間地	0.20
平地・小河川	0.45~0.75	芝、樹林の多い公園	0.15

資料：「沖縄県土保全条例関係集」平成元年3月、沖縄県企画開発部土地利用対策課

(d) 対象雨量

平成 20 年度の埋立土砂発生区域における雨量観測記録（平成 20 年 6 月～平成 21 年 2 月）から最大日降水量の 64mm としました。

(3) 予測結果

前述の雨水流出量の算定式と条件を基にして、現況と存在時の雨量流出量を算出した結果を表-6.9.2.2.5に示しました。

これより辺野古ダム流域では、埋立土砂発生区域の存在時に雨水の地表流出が約 11,250m<sup>3</sup>（約 4.6%）減少することになります。また、辺野古ダムの水位の変化については、地表流出量と湖面の面積から算出した結果、約 20 cm程度低下します。したがって、対象事業の実施による改変直後の地表流出量の変化の程度は小さく、将来的に緑化される際には現況流況（水位）の変化は生じないものと予測しました。

表-6.9.2.2.5 現況と存在時の雨水流出量

地表分類 面積		種別				
		湖面	裸地	道路、屋根等	草地	樹林地
面積 (m <sup>2</sup> )	現況	50,952	14,997	32,930	62,059	4,919,062
	存在・供用時	50,952	14,997	24,130	353,559	4,636,362
流出係数		1.00	0.80	0.85	0.15	0.75
雨量(mm/日)		64.0				
流出量 (m <sup>3</sup> /日)	現況	3,261	768	1,791	596	236,115
	存在・供用時	3,261	768	1,313	3,394	222,545
現況の流出量との差(m <sup>3</sup> /日)		11,250				

### 6.9.2.3 施設等の存在及び供用(海域)

#### (1) 予測の概要

海域の対象事業による施設等の存在及び供用が水象に及ぼす影響の予測概要を表-6.9.2.3.1に示しました。

代替施設等の存在に伴う影響は、代替施設本体の存在、切替え後の美謝川の存在、辺野古地先水面作業ヤードの存在、海上ヤードの存在による波浪及び流れの変化を予測しました。

飛行場の施設の供用に伴う影響は、飛行場の施設から発生する汚水及び雨水排水に伴う流れ及び波浪の変化を予測しました。

表-6.9.2.3.1 予測概要（施設等の存在及び供用）

項目	内容	
予測項目	波浪 流れの状況(流動)	
影響要因	代替施設等の存在 ・代替施設本体の存在 ・切替え後の美謝川の存在 ・辺野古地先水面作業ヤードの存在 ・海上ヤードの存在	飛行場の施設の供用 ・飛行場の施設から発生する汚水及び雨水排水
予測地域 予測地点	予測地域は、水域の特性を踏まえて波浪と流れの状況(流動)に係る環境影響を受けるおそれがあると認められる地域とし、予測地点は、水域の特性を踏まえて予測地域における波浪と流れの状況(流動)に係る環境影響を的確に把握できる地点としました。	
予測対象時期	各種工事の竣工完了時の夏季及び冬季	飛行場の施設の供用時の夏季及び冬季
予測方法	波浪の変化は、波の屈折・浅水変形・砕波・構造物による反射等を考慮した波浪変形モデルを用いた数値シミュレーションにより予測しました。 流れの状況(流動)の変化は、流動モデルを用いた数値シミュレーションにより予測しました。流動モデルは、事業実施区域周辺の流れの特性を考慮し、潮汐流、吹送流、海浜流及び干満による浅海域(リーフ)の干出と水没を考慮できるモデルとしました。また、事業実施区域周辺の主な河川からの淡水流入量及び供用時の代替施設本体からの排水も考慮しました。	

水象で予測します波浪及び流れの状況は、水質や海域生物の予測に際しての基本的な情報となります。水象の予測結果と他の項目との関連性については、図-6.9.2.3.1に示しますように、水象の検討及び予測結果は「6.6 水の汚れ」、「6.7 土砂による水の濁り」、「6.10 地形・地質」、「6.13 海域生物」、「6.14 サンゴ類」、「6.15 海藻草類」の予測に関係しています。



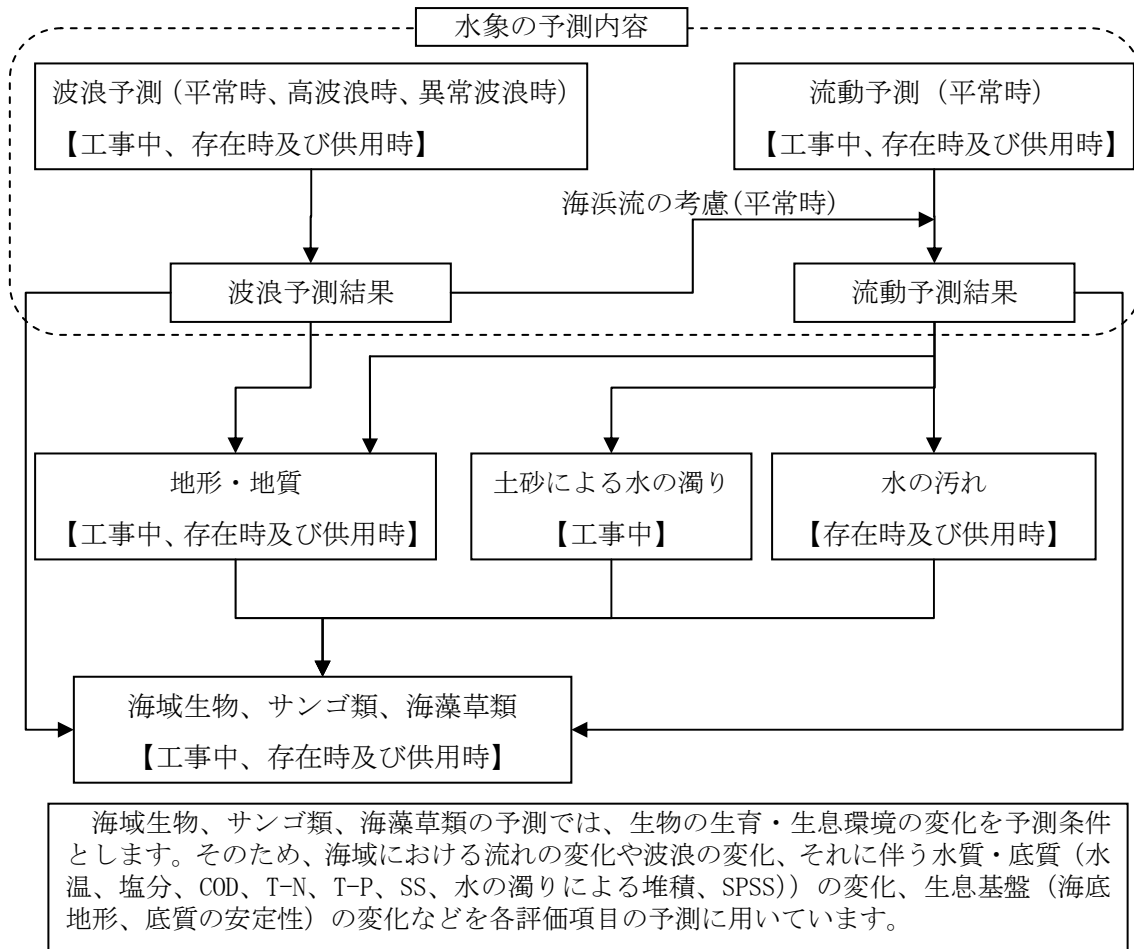


図-6.9.2.3.1 水象の予測と他の項目との関連性

## (2) 予測方法

### 1) 流れの変化

#### (a) 予測の前提

存在時及び供用時の流れの変化を予測するにあたっては、既存河川の淡水流入量や気象条件等は現況と同じとし、夏季と冬季の平均的な場における流れの変化を予測しました。

#### (b) 予測手順

流れの予測手順を図-6.9.2.3.2に示しました。

予測にあたっては、計算値と観測値を比較することによりモデルの妥当性を検証した上で、事業計画に基づき将来の計算条件を設定し、代替施設本体等の存在時及び飛行場の施設の供用時に伴う流れの変化を予測しました。

なお、可能な限り実現に近い条件を与えた計算を実施し、モデルの妥当性を確認しています。

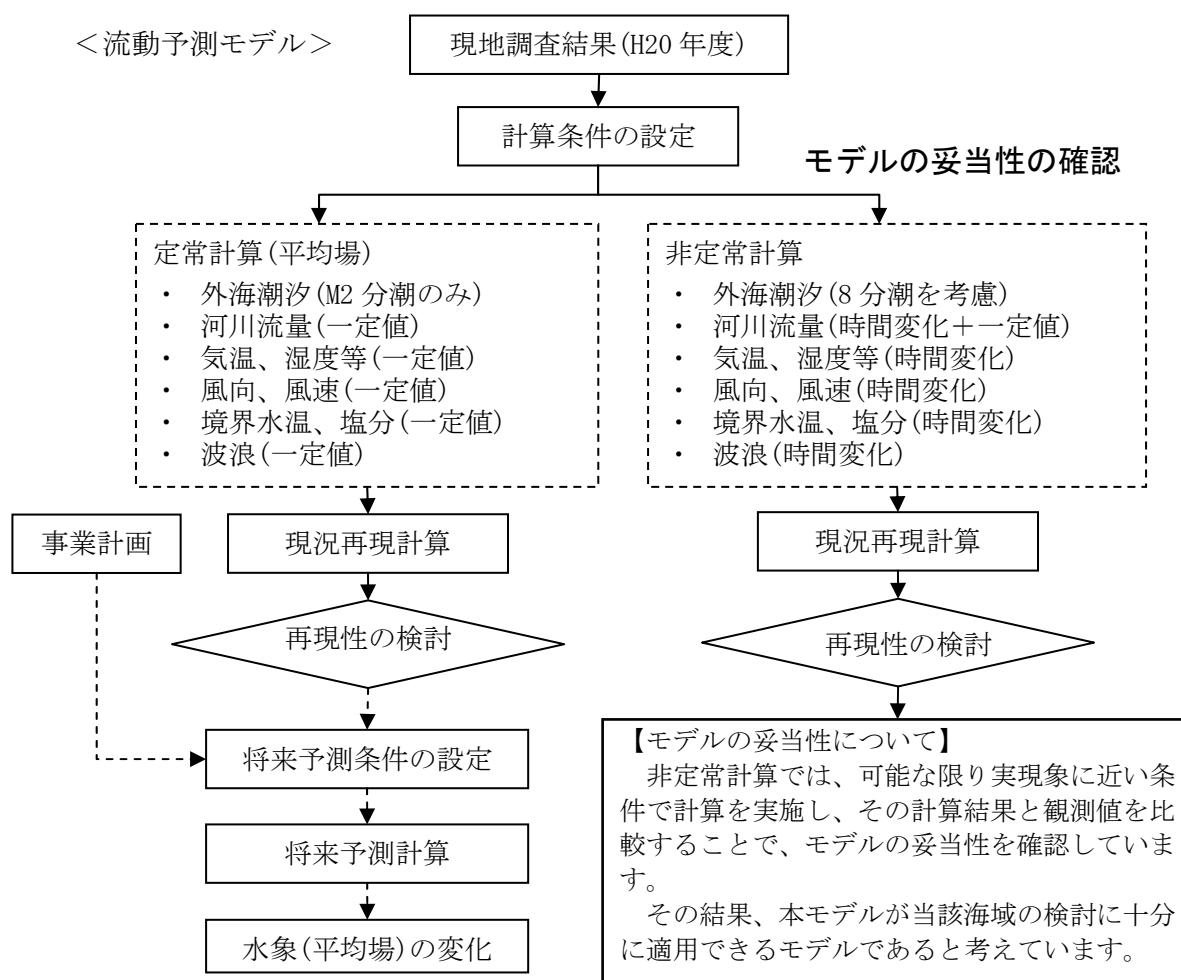


図-6.9.2.3.2 流れの予測手順

(c) 予測モデル

a) 予測モデルの考え方

(ア) 海底地形の特徴

事業実施区域の周辺海域は、潮汐の変動とともに干出と水没を繰り返す水深の浅いリーフが多数存在します。また、大浦湾内においては、湾口中央部に水深の浅い中干瀬(ナカビシ)、東西には水深の深い谷地形が存在し、起伏に富んだ海底地形を形成しています。

(イ) 流れの特徴

一般に海域の流れは、大別すると表-6.9.2.3.2のように分類され、b)～e)は総称して恒流(平均流)と呼ばれています。事業実施区域の周辺海域においても、潮汐によって駆動される流れや淡水流入等による密度流、吹送流は常時発生していますが、特にリーフエッジや中干瀬での碎波によって生じる海浜流が重要と考えています。また、リーフ上のように水深の浅い場所では風による吹送流とリーフエッジで発生した海浜流が作用し、複雑な流れを形成していると考えられます。

表-6.9.2.3.2 海域の流れを構成する要素

	流れの駆動力	流れの分類
海域の流れ	潮汐	a) 潮汐流
		b) 潮汐残差流
	淡水流入 海面と大気の熱収支	c) 密度流
	風	d) 吹送流
	波浪	e) 海浜流

また、a)潮汐流の駆動力である潮汐は、表-6.9.2.3.3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)の主要4分潮の振幅をみると、 $M_2$ 分潮が卓越していることがわかります。

表-6.9.2.3.3 主要4分潮の潮位振幅(楚久)

対象潮汐		振幅(cm)
半日周潮	$M_2$ 分潮	56
	$S_2$ 分潮	26
日周潮	$K_1$ 分潮	20
	$O_1$ 分潮	16

資料)海上保安庁：書誌第742号 日本沿岸潮汐調和定数表(平成4年2月)

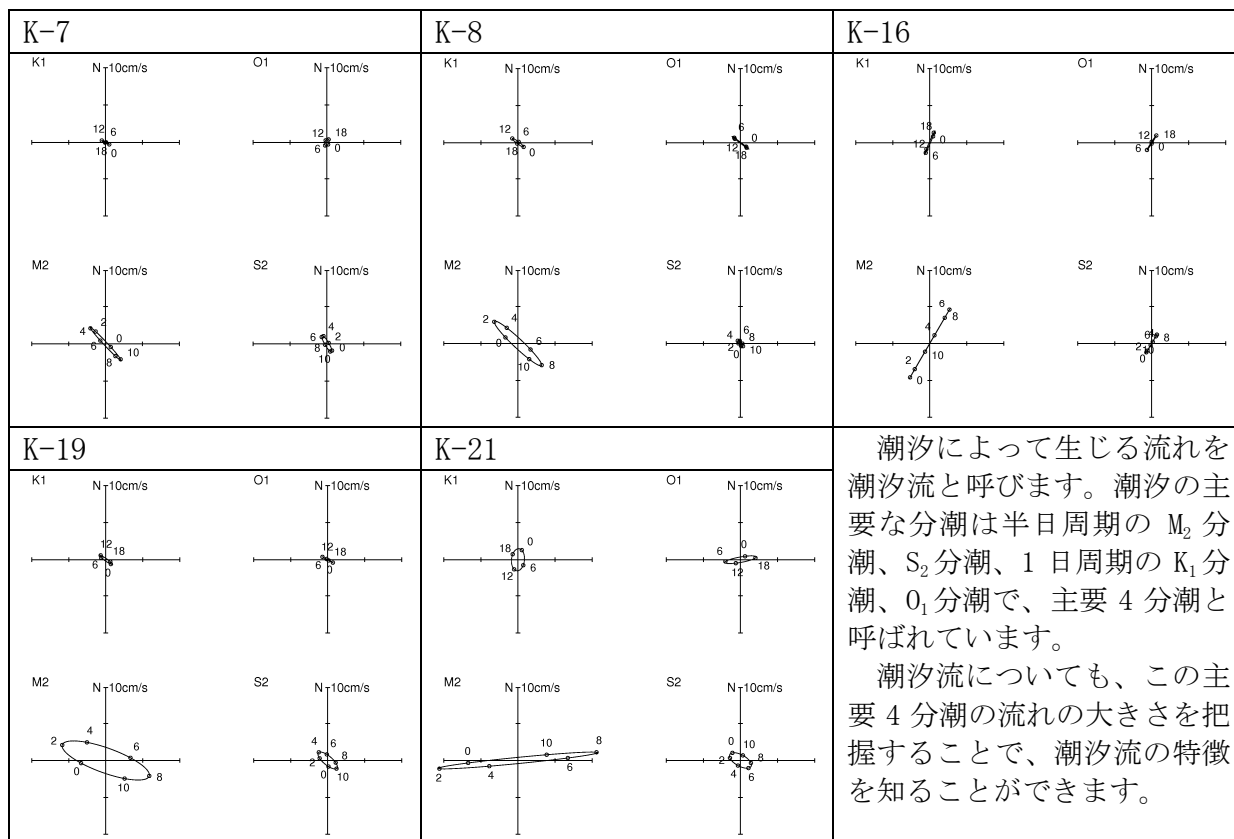
当該海域の潮汐流の状況については、現地調査で把握しました。ここでは、例として平成 20 年度の夏季調査結果から、代替施設周辺や大浦湾、沖合等の潮汐流を表す代表的な地点における主要 4 分潮の潮流楕円を図-6.9.2.3.3に示しました。

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。

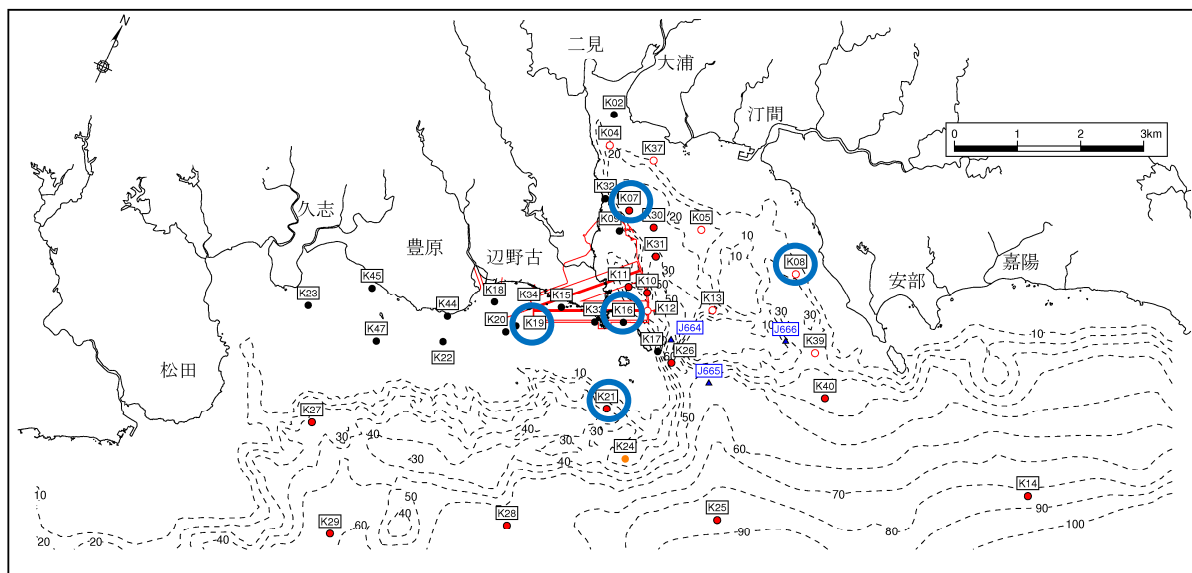
これらのことから、 $M_2$  分潮の潮汐を考慮することで、当該海域の潮汐流の状況を把握することが可能と考えられます。

#### (ウ) 採用した予測モデル

以上により、海域の流れを予測するモデルは、干満による浅海域（リーフ）の干出と水没を考慮でき、内湾域で一般的に考慮される潮汐流、潮汐残差流、密度流、吹送流に加えて、波浪によって引き起こされる流れ（海浜流）の効果をとり込んだ多層レベルモデルとしました。



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。



- : 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-6.9.2.3.3 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)

b) 基礎式

流動モデルの基本方程式は、以下のような連続の式、運動方程式、状態方程式、水温・塩分の拡散方程式からなります。

<連続の式>

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

<運動方程式>

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - fv = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_M \frac{\partial u}{\partial z} \right) + F_x + R_x - Fb_{wx}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} + fu = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_M \frac{\partial v}{\partial z} \right) + F_y + R_y - Fb_{wy}$$

$$\rho g = -\frac{\partial p}{\partial z}$$

<状態方程式>

$$\rho(S, T) = \rho_w + (b_0 + b_1 T + b_2 T^2 + b_3 T^3 + b_4 T^4) S + (c_0 + c_1 T + c_2 T^2) S^{3/2} + d_0 S^2$$

<水温・塩分の拡散方程式>

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left( K_H \frac{\partial T}{\partial z} \right) + F_T$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} + w \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left( K_H \frac{\partial S}{\partial z} \right) + F_S$$

運動方程式及び水温・塩分の拡散方程式の右辺の  $F$  は平均的な流れとは別に短時間の流れの強弱、方向の変化によって海水が混合され、運動量や水温・塩分が一様化される効果で、以下の式で表されます。

$$F_x = \frac{\partial}{\partial x} \left[ A_M \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ A_M \frac{\partial u}{\partial y} \right]$$

$$F_y = \frac{\partial}{\partial y} \left[ A_M \frac{\partial v}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[ A_M \frac{\partial v}{\partial x} \right]$$

$$F_{T,S} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ A_H \frac{\partial(T,S)}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ A_H \frac{\partial(T,S)}{\partial y} \right]$$

運動方程式の右辺の  $R$  は波の変形（主に砕波）による加速度、 $Fb$  は波と流れの相互作用による海底摩擦力です。

ここに、

$x, y, z$  : 右手系の直交座標系、上向きを正

$u, v, w$  :  $x, y, z$  方向の流速成分

$p$  : 圧力

$T$  : 水温

$S$	: 塩分
$f$	: コリオリ係数
$\rho$	: 密度
$K_M$	: 鉛直渦動粘性係数
$K_H$	: 鉛直渦動拡散係数
$A_M$	: 水平渦動粘性係数
$A_H$	: 水平渦動拡散係数
$g$	: 重力加速度
$t$	: 時間
$R_x, R_y$	: 波浪の変形に伴う加速度
$Fb_{wx}, Fb_{wy}$	: 波と流れの相互作用に伴う海底摩擦力

状態方程式は計算で得られた水温と塩分から密度を算出するものであり、式中の係数は UNESCO (1981) に準拠して以下のとおりとしました。

$$\rho_w = a_0 + a_1 T + a_2 T^2 + a_3 T^3 + a_4 T^4 + a_5 T^5$$

$a_0$	: 999.842594	$a_1$	: $6.793952 \times 10^{-2}$	$a_2$	: $-9.095290 \times 10^{-3}$
$a_3$	: $1.001685 \times 10^{-4}$	$a_4$	: $-1.120083 \times 10^{-6}$	$a_5$	: $6.536332 \times 10^{-9}$
$b_0$	: $8.24493 \times 10^{-1}$	$b_1$	: $-4.0899 \times 10^{-3}$	$b_2$	: $7.6438 \times 10^{-5}$
$b_3$	: $-8.2467 \times 10^{-7}$	$b_4$	: $5.3875 \times 10^{-9}$		
$c_0$	: $-5.72466 \times 10^{-3}$	$c_1$	: $1.0227 \times 10^{-4}$	$c_2$	: $-1.6546 \times 10^{-6}$
$d_0$	: $4.8314 \times 10^{-4}$				

海面における大気との間の熱のやりとりは、水温の拡散方程式で、海面と大気との熱フラックスとして表現されています。この熱フラックスは、海水を暖める向きを正としたとき以下のように定義されます。

$$Q_{suf} = Q_s - (Q_b + Q_c + Q_e) \quad (\text{cal/cm}^2/\text{s})$$

ここに、

$Q_s$  : 太陽からの短波放射

$Q_b$  : 海洋からの長波放射

$Q_c$  : 海水と大気の接触面における対流や伝導による顕熱輸送

$Q_e$  : 海水の蒸発による潜熱輸送

それぞれの熱輸送を表すバルク公式は柳(1994)\*を参照しました。また、海面

---

\*柳 哲雄(1994) : 7. 密度流, 7.2 熱収支と塩分収支, 53-56, 沿岸海洋学 -海の中でのものはどう動くか- 改訂版, 恒星社厚生閣.

での熱フラックスの算定に用いるパラメータは、飯田(1990)\*を参考に表-6.9.2.3.10に示すとおり設定しました。

c) 境界条件

(ア) 海表面

海表面における境界条件は次式で定義されます。

$$\rho K_M \left( \frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = (\tau_{sx}, \tau_{sy})$$

$$\rho K_H \left( \frac{\partial T}{\partial z}, \frac{\partial S}{\partial z} \right) = (Q_{surf} / C_v, 0)$$

$$w = \frac{\partial \eta}{\partial t} + u \frac{\partial \eta}{\partial x} + v \frac{\partial \eta}{\partial y}$$

ここに、

- $\tau_{sx}, \tau_{sy}$  :  $x, y$  方向の風応力
- $Q_{surf}$  : 海表面を通じた熱フラックス
- $C_v$  : 比熱
- $w$  : 鉛直流速
- $\eta$  : 水位

海面摩擦は、海面における風と海水との摩擦によって風の持つ運動量が海水に移動する効果を表し、以下に示すとおり風速の2乗に比例する形で表現されます。

$$\bar{\tau}_s = (\tau_{sx}, \tau_{sy}) = \rho_a C_a \bar{\mathbf{W}} |\bar{\mathbf{W}}|$$

$$\bar{\mathbf{W}} = (W_x, W_y), |\bar{\mathbf{W}}| = \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$$

ここに、

- $C_a$  : 海面摩擦係数
- $\rho_a$  : 大気密度
- $W_x, W_y$  :  $x, y$  方向の風速

---

\*飯田 隼人(1990) : 第3章 日本周辺海域の海上気象について, VII 日本近海における海面の熱収支, 89-100, 続・日本全国沿岸海洋誌, 日本海洋学会 沿岸海洋研究部会 編, 東海大学出版会



(イ) 海底面

海底面における境界条件は次式で定義されます。

$$\rho K_M \left( \frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = (\tau_{bx}, \tau_{by})$$

$$\rho K_H \left( \frac{\partial T}{\partial z}, \frac{\partial S}{\partial z} \right) = (0, 0)$$

$$w_b = -u_b \frac{\partial h}{\partial x} - v_b \frac{\partial h}{\partial y}$$

$$\bar{\tau}_b = (\tau_{bx}, \tau_{by}) = \rho C_D |\bar{\mathbf{V}}_b| \bar{\mathbf{V}}_b$$

$$\bar{\mathbf{V}}_b = (u_b, v_b), |\bar{\mathbf{V}}_b| = \sqrt{u_b^2 + v_b^2}$$

ここに、

$\bar{\tau}_b$  : 底面せん断応力

$\bar{\mathbf{V}}_b$  : 海底での水平流速ベクトル

$u_b, v_b$  :  $x, y$  方向の底面流速

$h$  : 水深

海浜流を考慮するまでの助走期間の海底摩擦(底面せん断応力)は、海底近傍での流速分布をカルマン定数と粗度高さを用いた対数分布則を仮定して算出しました(添え字bは底面に接する格子の値であることを意味しています)。ここで、カルマン定数は流体の性質によって決まる定数であり、粗度高さは底面の土質や起伏形状などに依存する定数です。

なお、底面の摩擦係数 ( $C_D$ ) は、以下の式から求めました。

$$C_D = \left[ \frac{1}{\kappa} \ln \frac{h + z_b}{z_0} \right]^{-2}$$

ここに、

$z_b$  : 底面に接する格子点 (流速定義点) の鉛直座標値

(海面を0とし、鉛直下向きに負の値)

$z_0$  : 粗度高さ (=1.0cm)

$\kappa$  : カルマン定数 (=0.4)

d) 波浪条件

当海域では、恒流(平均流)の形成に波浪によって駆動される海浜流が重要と考えられます。そこで、別途、波浪変形計算を行い、得られた波浪分布を流動モデルに組み込むこととしました。波浪変形計算のモデル概要や計算条件は次節に示すとおりです。

波浪変形計算結果を流動モデルに組み込む考え方を以下に示しました。

(ア) 波の変形による加速度

波の変形により生じる加速度  $R$  は、浅水変形や砕波等により波浪に空間分布が生じることにより発生し、次式で定義されます。

$$R_x = \frac{1}{\rho(\eta+h)} \left( \frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) \quad R_y = \frac{1}{\rho(\eta+h)} \left( \frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right)$$

ここに、

$\rho$  : 密度

$\eta$  : 潮位

$h$  : 基準面から鉛直下向きにとった水深

$S_{xx}, S_{xy}, S_{yx}, S_{yy}$  は波の存在によって発生するラディエーションストレスと呼ばれる応力であり、次式で定義されます。

$$S_{xx} = E \left\{ n(1 + \cos^2 \alpha) - \frac{1}{2} \right\} \quad S_{xy} = E \cdot n \cdot \frac{1}{2} \cdot \sin 2\alpha$$

$$S_{yx} = E \cdot n \cdot \frac{1}{2} \cdot \sin 2\alpha \quad S_{yy} = E \left\{ n(1 + \sin^2 \alpha) - \frac{1}{2} \right\}$$

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2 \quad n = \frac{C_g}{C} = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)} \right)$$

ここに、

$E$  : 波のエネルギー

$g$  : 重力加速度

$H$  : 波高

$\alpha$  : 波向線と  $x$  軸のなす角度

$C_g$  : 波の群速度

$C$  : 波速

$k$  : 波数

(イ) 波と流れの相互作用による海底摩擦

波と流れの相互作用による海底面摩擦力  $Fb$  は次式で定義されます。

$$Fb_{wx} = F \{ u(1 + \cos^2 \alpha) + v \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \}$$

$$Fb_{wy} = F \{ v(1 + \sin^2 \alpha) + u \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \}$$

$$F = \frac{f_w \cdot H}{T(h + \eta) \cdot \sinh(kh)}$$

ここに、

$u, v$  :  $x, y$  方向の最下層流速

$\alpha$  : 波向線と  $x$  軸のなす角度

$H$  : 波高

$T$  : 波の周期

$f_w$  : 海底摩擦係数

$h$  : 基準面から鉛直下向きにとった水深

$k$  : 波数 ( $= 2\pi/L$ )

$L$  : 波長

海底摩擦係数  $f_w$  は、次式に示す Swart (1974) が示した Jonsson (1963, 1966) の摩擦係数の近似式<sup>※1, ※2</sup>により算定しました。

$$f_w = \exp \left\{ -5.977 + 5.213 \left( \frac{a_m}{k_s} \right)^{-0.194} \right\}$$

$$a_m = \frac{H}{2} \frac{1}{\sinh(kh)}$$

ここに、

$a_m$  : 微小振幅波理論による底面水粒子移動振幅

$k_s$  : 相当粗度 (底質の状態を表す指標であり、前述の粗度高さ  $z_0$  と等しい)

$k$  : 波数

$h$  : 水深

相当粗度  $k_s$  は、沖合や砕波帯に比べてリーフ内の流速が小さいという観測値の傾向を再現するための検討を行った結果、砕波帯(急勾配箇所)で 10cm、その他の海域は 1cm としました。

---

※1 本間仁監修・堀川清司編 (1985) : 海岸環境工学、(財) 東京大学出版会、pp. 65.

※2 榎木亨・出口一郎著 (1996) : 新編 海岸工学、共立出版 (株)、pp. 63.

(d) 計算条件

a) 計算範囲及び計算格子

計算範囲と水深分布を図-6.9.2.3.4に示しました。計算範囲は事業実施区域の規模を勘案して、約25km×約16kmと十分に広い範囲としました。

計算格子は、大浦湾周辺の地形条件を考慮しつつ、計算負荷や所要時間を加味して設定し、実現可能な最小計算格子として代替施設周辺海域を50m格子に分割し、事業実施区域周辺海域を150m格子に分割しました。また、計算を安定に実施するため、150m格子の外側に図-6.9.2.3.5に示すような450m格子の緩衝領域を設定しました。

なお、水深分布は下記の資料を基に作成しており、深淺測量結果はリーフ等浅海域のデータも含まれているため、サンゴ礁海域の複雑な地形を最大限表現できていると考えています。

- ・ 1/25000の地形図
- ・ 海底地形図 6508 沖縄南部
- ・ 深淺測量結果（平成19年6-7月）

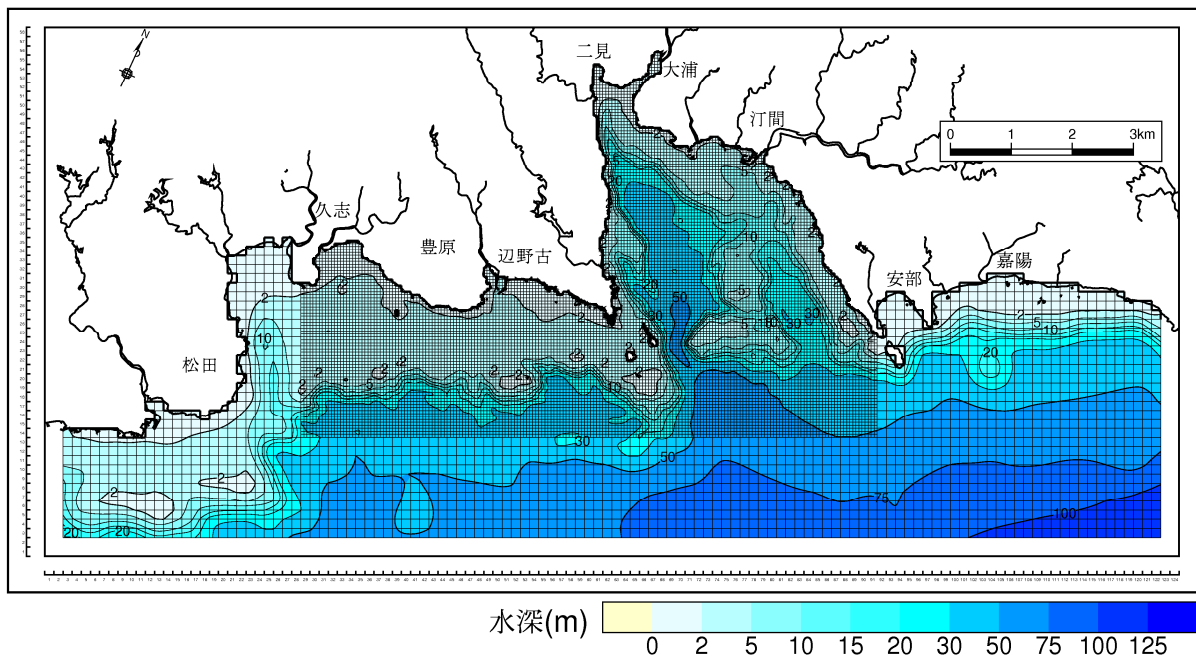
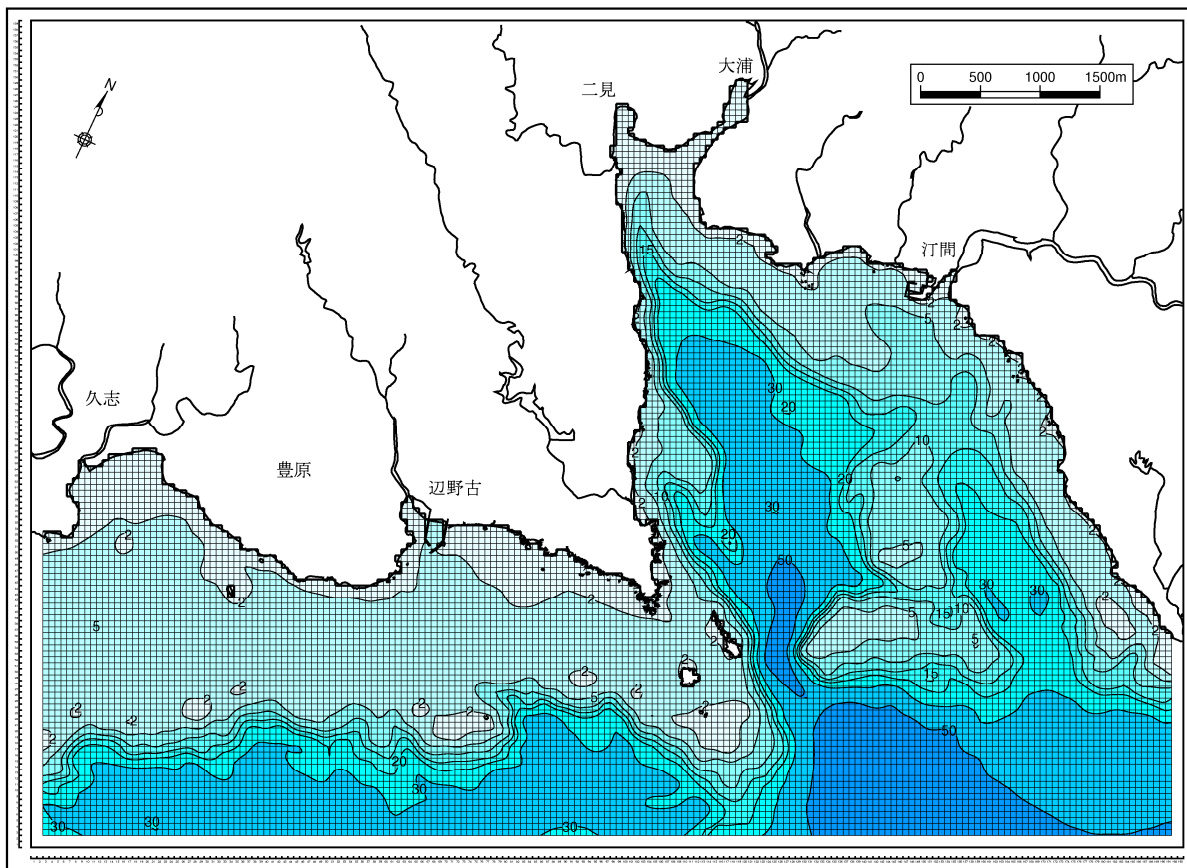


図-6.9.2.3.4(1) 計算範囲（150m及び50m格子）の水深分布



水深(m) 0 2 5 10 15 20 30 50 75 100 125

図-6.9.2.3.4(2) 計算範囲 (50m 格子) の水深分布(単位 : m)

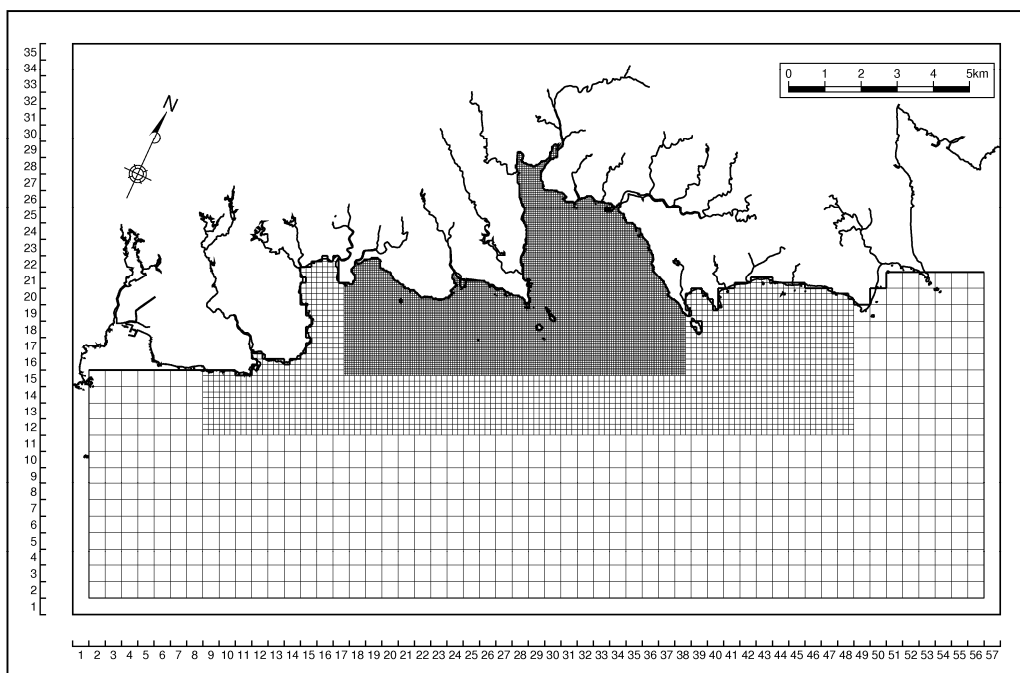


図-6.9.2.3.5 緩衝領域の範囲(450m 格子)

#### b) 層数

浅海域における流れは事業実施区域が辺野古リーフにかかっているため、複雑な地形の影響を受けると考えられます。そのため、鉛直方向に細分化する必要があります。また、大浦湾や沖合域のように水深が深いところは、鉛直方向の流れや水塊構造が異なるため鉛直多層で表現する必要があります。さらに、水深が深くなれば鉛直方向の流れの変化は小さくなると推測されます。

以上を勘案して、リーフ内を2層で表現できるように水深10m以浅までは4層、10m以深を2層の全6層に分割しました。各層の水深分割を以下に示しました。

第1層：0.0～2.0m

第2層：2.0～4.0m

第3層：4.0～6.0m

第4層：6.0～10.0m

第5層：10.0～20.0m

第6層：20.0m以深

#### c) 地形条件

現況及び存在時と供用時の地形条件を図-6.9.2.3.6に示しました。ここで、存在時は現況に対して、①代替施設本体、②辺野古地先水面作業ヤード、③海上ヤードが存在し、供用時は存在時に対して③海上ヤードが撤去されます。

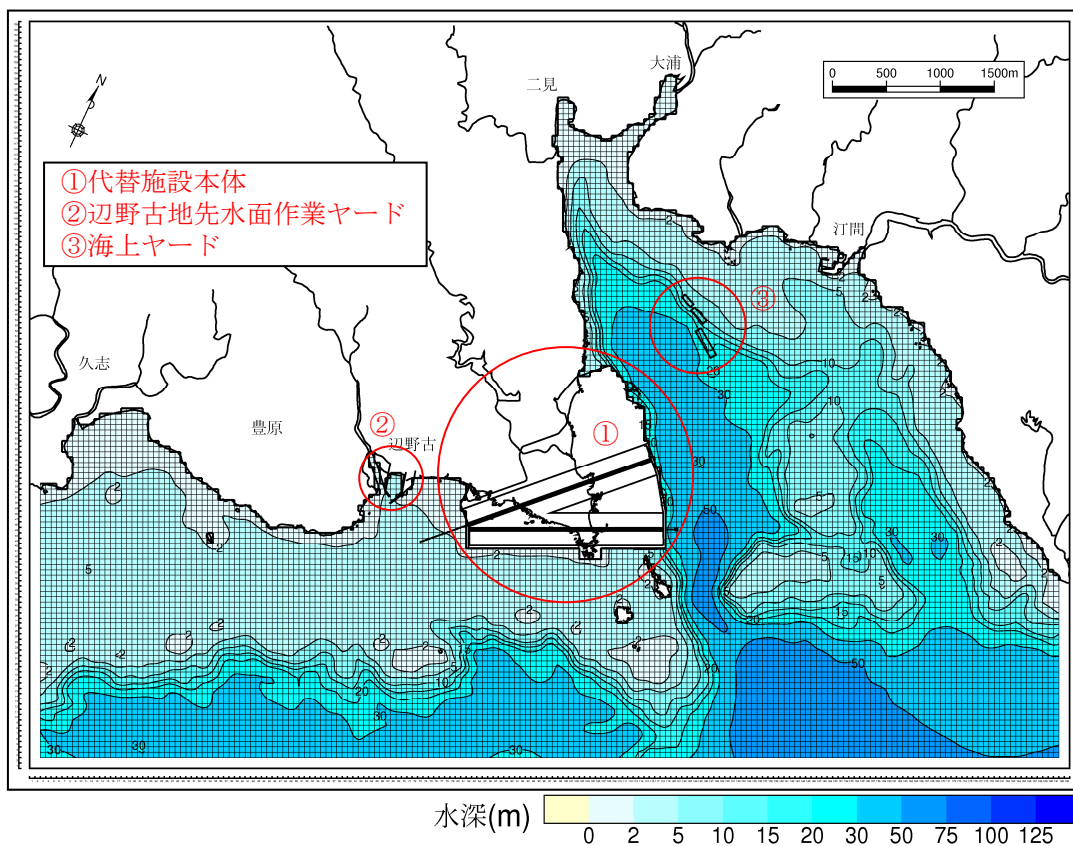
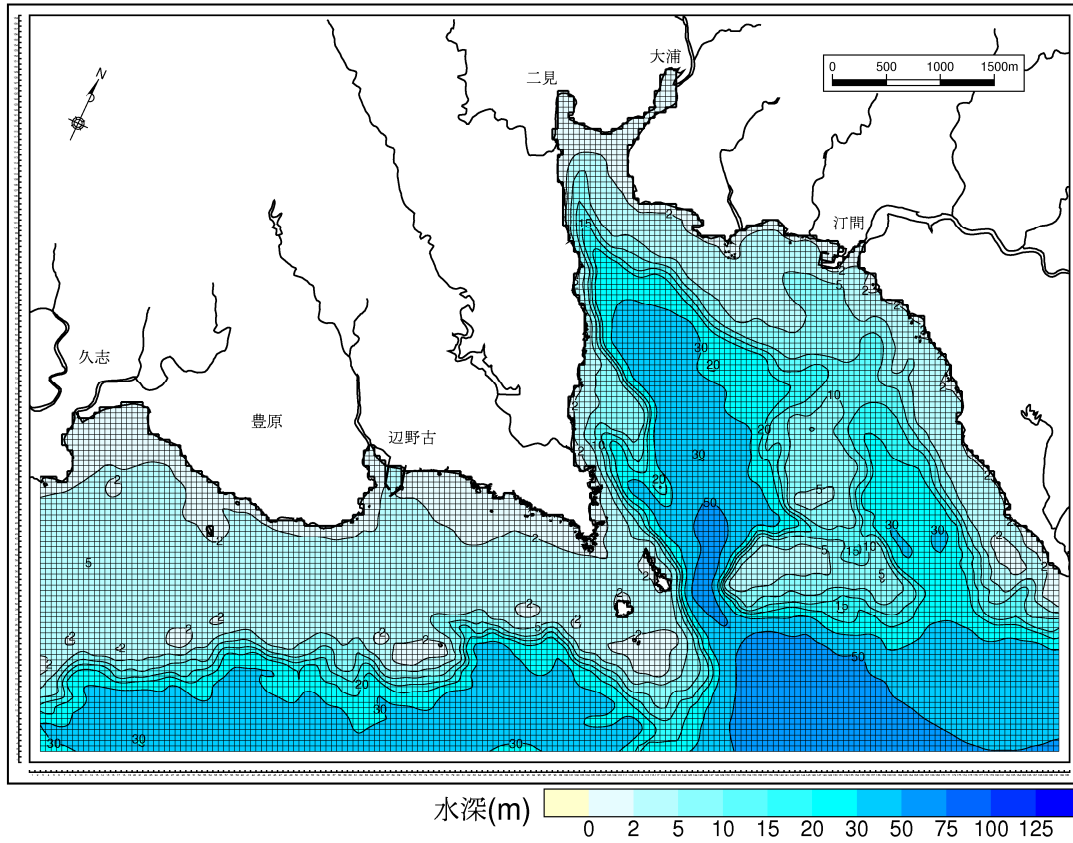


図-6.9.2.3.6(1) 現況(上段)と存在時(下段)の地形条件の比較

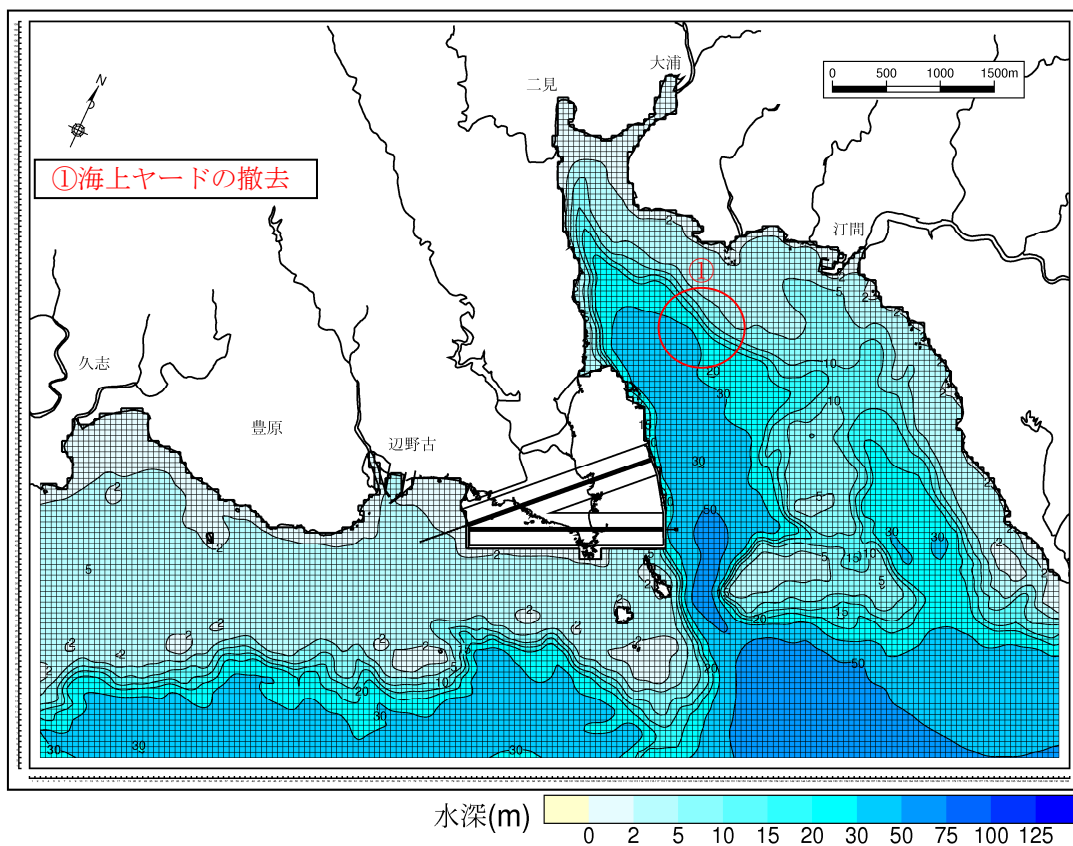
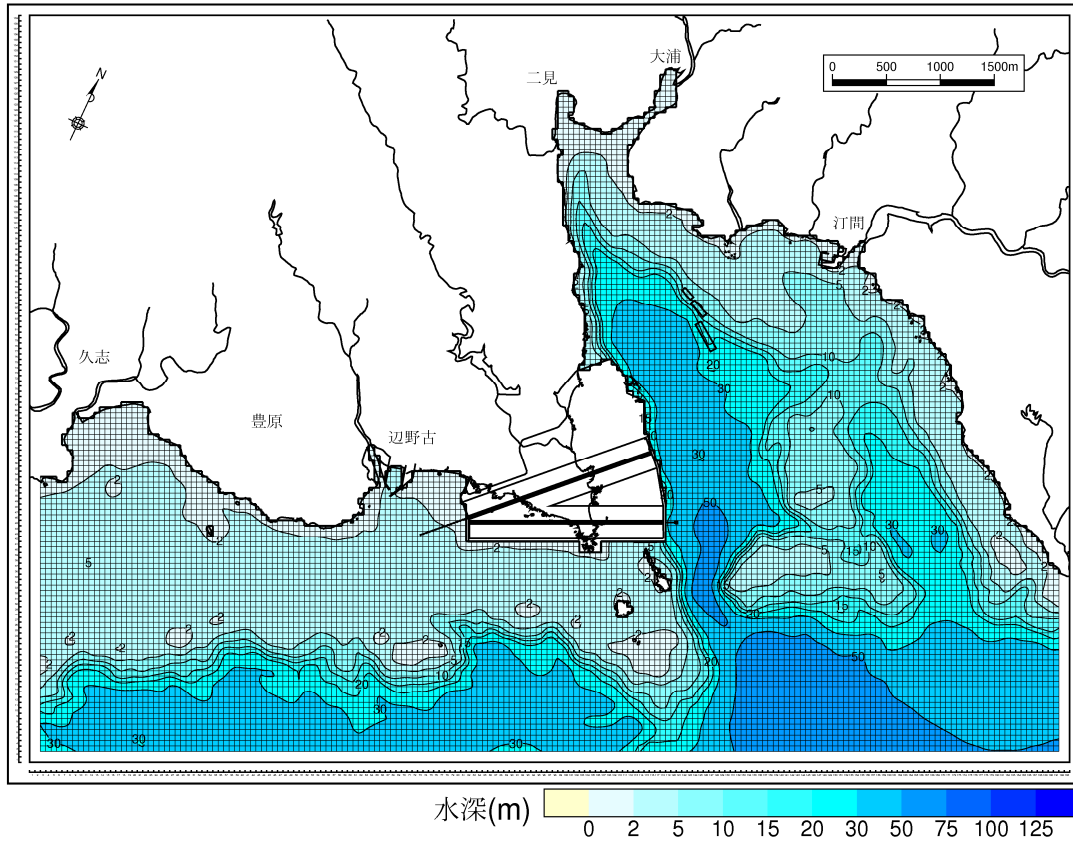


図-6.9.2.3.6(2) 存在時(上段)と供用時(下段)の地形条件の比較