

#### (4) 予測モデルの整合性の判定

##### 1) 予測モデルの整合性の判定方法

予測モデルの計算値と実測値の整合性は、「窒素酸化物総量規制マニュアル（新版）」（公害研究対策センター、平成12年）に従い、“変動係数(推定誤差比)”を用いて判定した。

判定条件については、表3-19に掲げる6つの個別条件をベースにして、これらの個々の条件を組み合わせることにより、表3-20に掲げるとおりA～Cの精度ランクをもって判定条件を用意することとした。また、濃度評価の期間ごとの判定条件は、表3-21に示す精度ランクを満足することとした。なお、自然界のバックグラウンド値等については0ppmと設定した。

表3-19 計算値と実測値の整合性に係る個別条件

- ①  $a_0 \leq \frac{1}{3}(\bar{Y} - BG) + BG$
- ②  $a_0 \leq \frac{2}{5}(\bar{Y} - BG) + BG$
- ③ 回帰直線の傾きが0.8から1.2の範囲でできるだけ1に近く、かつ、相関係数が少なくとも0.71以上であり、可能な限り0.8以上であること。
- ④  $s'/\bar{Y} \leq \frac{1}{5}$
- ⑤  $s'/\bar{Y} \leq \frac{1}{4}$
- ⑥  $s'/\bar{Y} \leq \frac{1}{3}$

ここで、

$\bar{Y}$  : 測定局についての実測値の平均値

$\bar{X}$  : 測定局についての計算値の平均値

$a_0$  :  $\bar{Y} - \bar{X}$

$BG$  : 自然界のバックグラウンド値等

$s'/\bar{Y}$  :  $\bar{Y} = \bar{X} + a_0$ からの変動係数

表3-20 計算値と実測値の整合性に係る精度ランク

- (ア) Aランクの条件：①と③と⑤、又は①と④の条件を満足すること。  
 (イ) Bランクの条件：②と⑤を満足すること。  
 (ウ) Cランクの条件：②と⑥を満足すること。

表3-21 評価期間ごとの判定条件

時間帯区分	期区分	
	各期	年間
各時間帯	C	B
全日	B	A

## 2) 予測モデルの整合性の判定結果

予測モデルの整合性の判定結果は、表 3-22 に示すとおりである。これによると、窒素酸化物、二酸化窒素の評価はともに A ランクであり、計算結果は良好に現況濃度を再現しているものと考えられる。本モデルで予測された現況における二酸化窒素の濃度分布は、図 3-6 に示すとおりである。

表 3-22 予測モデルの整合性の判定結果

項目	実測 平均値 (ppb)	計算 平均値 (ppb)	差(a <sub>0</sub> ) (ppb)	測定 局数	相関 係数	回帰式	Y=a <sub>0</sub> +Xから の標準偏差 (s')	推定 誤差比 (s' / Y)	評価条件の適合性の有無						評価 ランク
									①	②	③	④	⑤	⑥	
NO <sub>x</sub>	21.4	19.9	1.5	16	0.961	y=1.055x+0.457	4.386	0.205	○	○	○	×	○	○	A
NO <sub>2</sub>	15.0	14.6	0.4	16	0.945	y=0.970x+0.881	2.138	0.142	○	○	○	○	○	○	A

- 備考) 1. 期区分は“年間”、時間は“全日”における評価期間の判定結果を示す。  
2. 計算平均値とは、拡散計算値の平均値を示す。

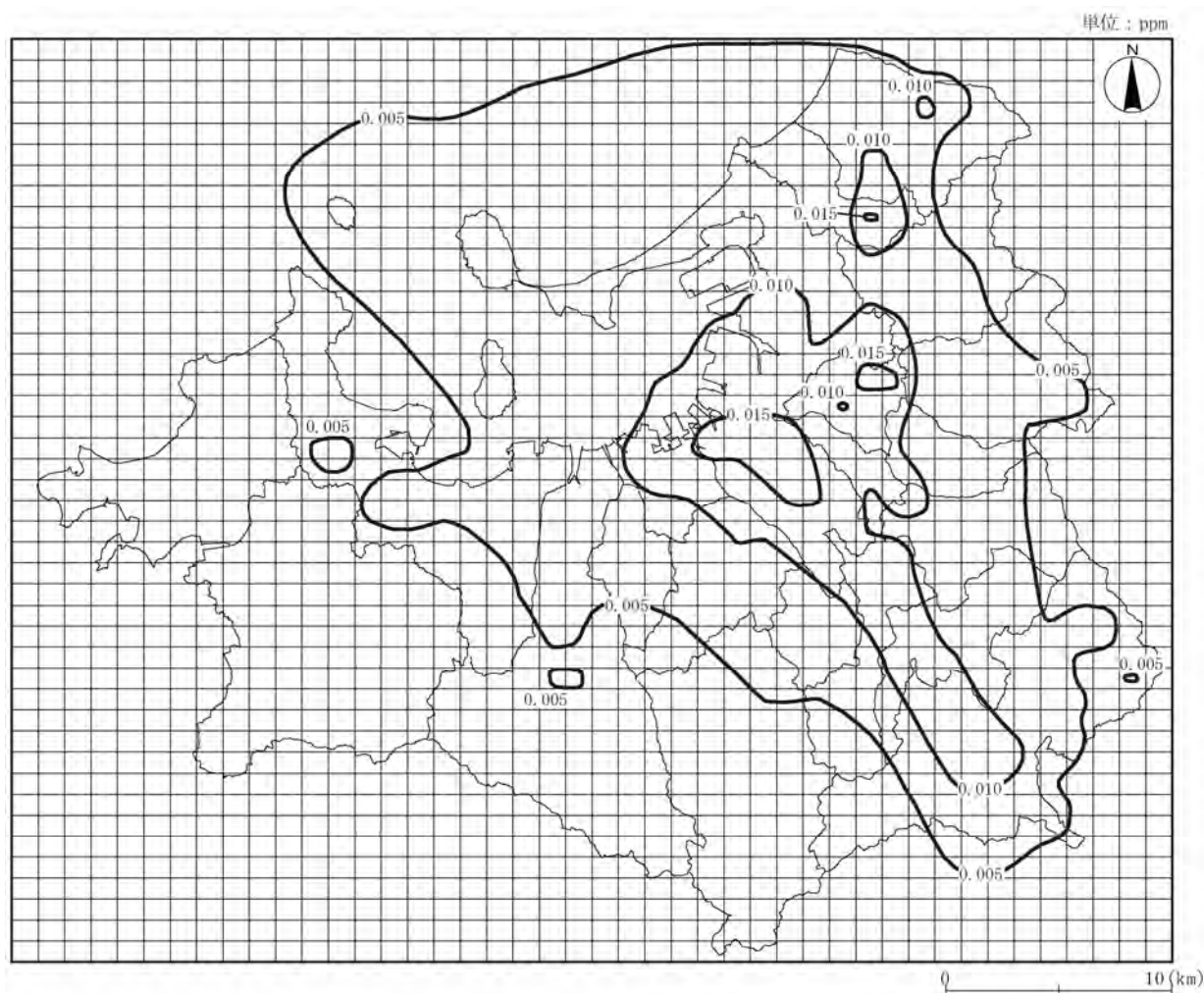


図 3-6 現況の二酸化窒素濃度分布（年平均値）

### 3-2-4 予測結果

将来における濃度分布は図 3-7、図 3-8 に、今回計画の実施に伴う二酸化窒素の濃度上昇（今回計画－既定計画）は図 3-9 に示すとおりである。

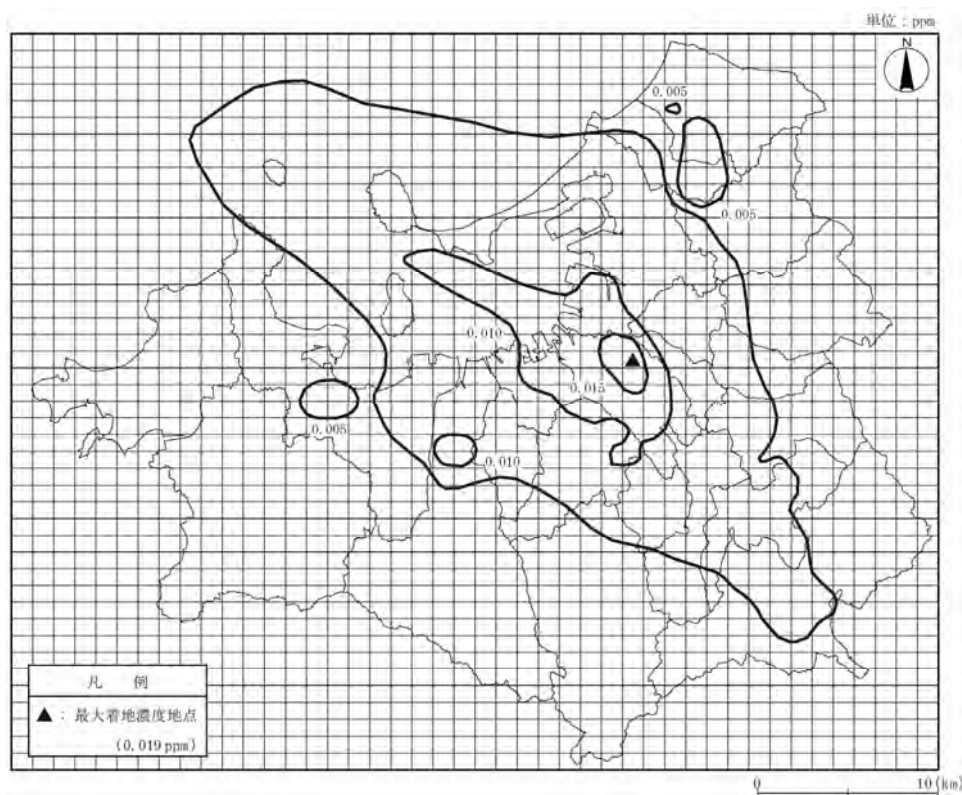


図 3-7 将来の二酸化窒素濃度分布（今回計画、年平均値）

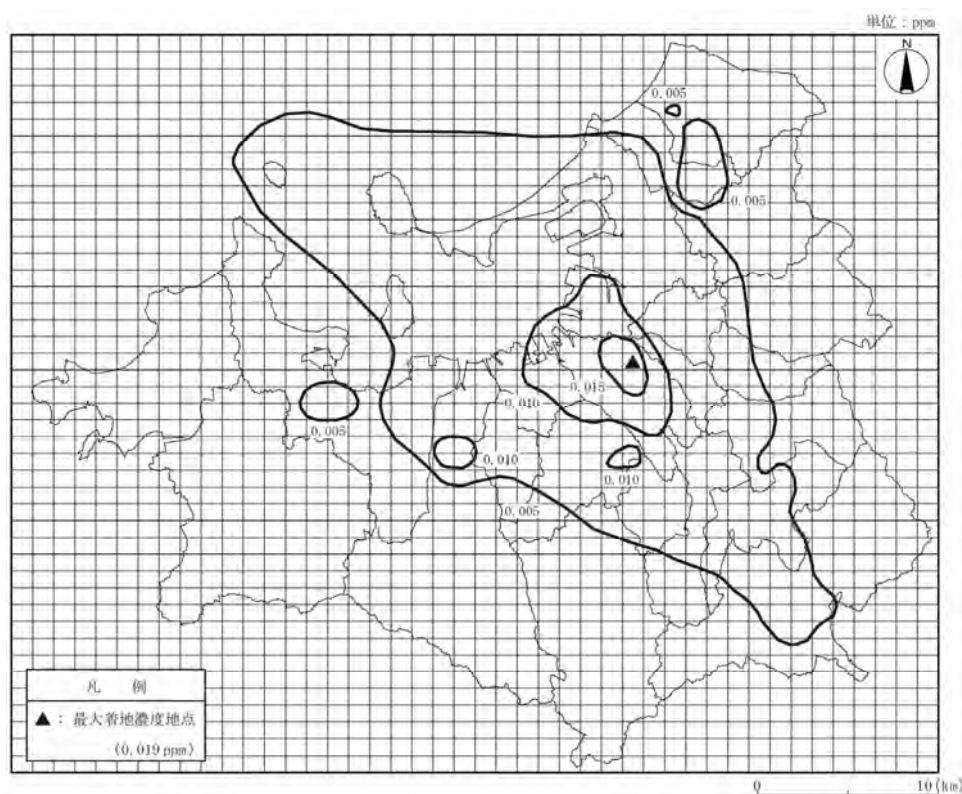


図 3-8 将来の二酸化窒素濃度分布（既定計画、年平均値）

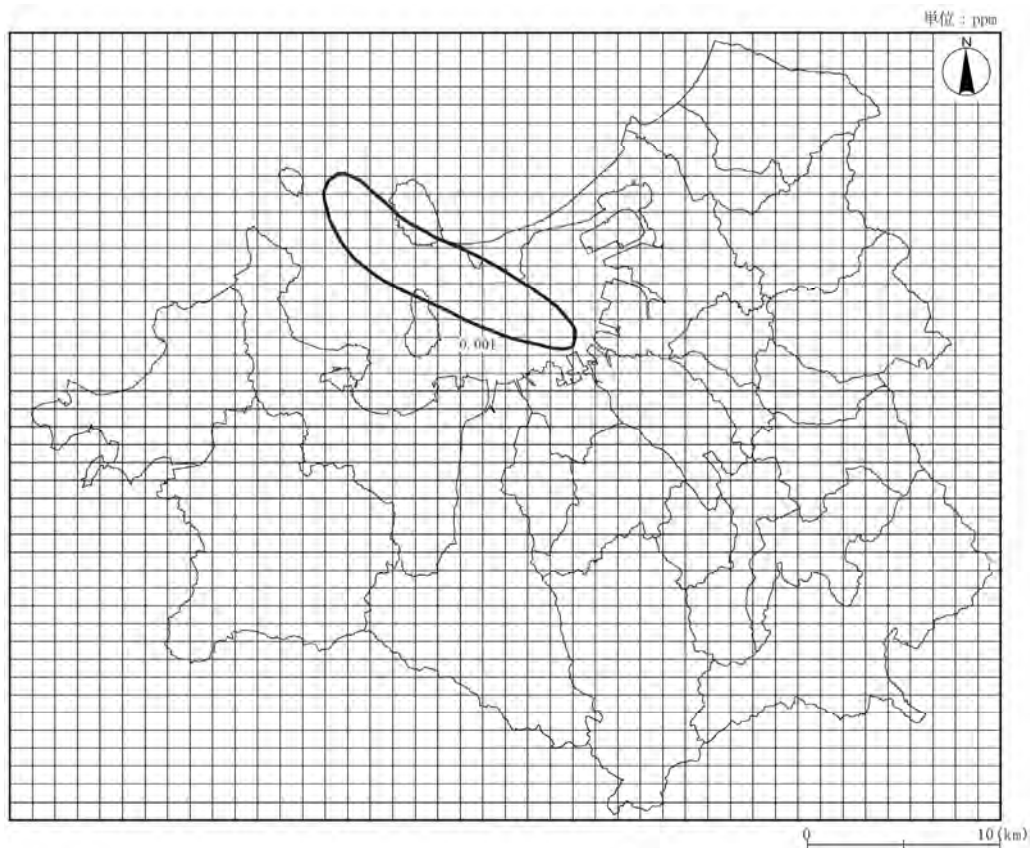


図 3-9 二酸化窒素の濃度差分布（今回計画－既定計画、年平均値）

### 3-2-5 評価

二酸化窒素の年平均値の最大着地濃度を日平均値の年間 98%値に換算した結果は表 3-23 に示すとおりである。日平均値の年間 98%値は、今回計画、既定計画でともに 0.036ppm と予測され、いずれも環境基準を満足している。

また、今回計画の実施に伴う二酸化窒素の濃度上昇（今回計画－既定計画）が船舶からの影響により主に海上においてみられているものの、年平均値の増加は 0.001ppm 程度と僅かである。

以上のことから、今回計画に伴う大気質への影響は軽微であると考えられる。

表 3-23 最大着地濃度地点における二酸化窒素の日平均値の年間 98%値

項目	予測ケース	予測結果		環境基準
		年平均値 (ppm)	日平均値の年間 98%値 (ppm)	
二酸化窒素 (NO <sub>2</sub> )	今回計画	0.019	0.036	[環境基準] 1 時間値の 1 日平均値が 0.04ppm から 0.06ppm のゾーン内又はそれ以下であること。 [評価方法] 1 日平均値の年間 98%値が 0.06ppm を超えないこと。
	既定計画	0.019	0.036	

### 3-3 騒音による影響の予測と評価

#### 3-3-1 予測手法の概要

##### (1) 予測手順

騒音の予測は、現況を平成 26 年度、予測対象年度を平成 38 年度とし、今回計画による将来交通量と既定計画による将来交通量をもとに、平成 38 年度における道路交通騒音を計算した。

騒音の予測手順は、図 3-10 に示すとおりである。

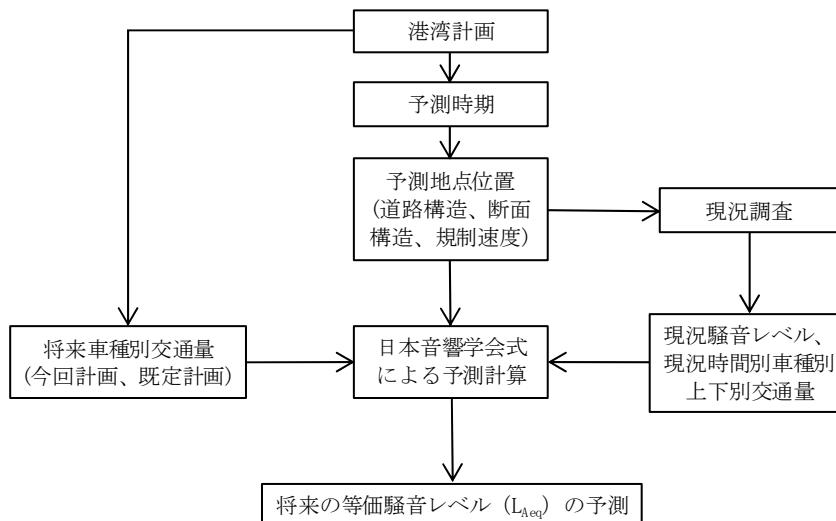


図 3-10 騒音の予測手順

##### (2) 予測対象項目

予測対象項目は、等価騒音レベル ( $L_{Aeq}$ ) とした。

##### (3) 計算ケース

騒音の計算ケースは、表 3-24 に示すとおりである。

表 3-24 計算ケース

項目	将来	
	今回計画	既定計画
等価騒音レベル ( $L_{Aeq}$ )	平成 38 年度	平成 38 年度

##### (4) 予測地点

騒音の予測地点は、図 3-11 に示すとおりである。予測高さは、地上 1.2m とした。



①～⑥：予測地点

- ①：主要地方道博多港線
- ②：一般国道3号
- ③：市道松島貝塚線・福岡都市高速4号線
- ④：市道香椎箱崎浜線・福岡都市高速1号線
- ⑤：臨港道路アイランドシティ1号線・福岡都市高速6号線
- ⑥：海の中道海浜公園線



0 2km

図 3-11 道路交通騒音の予測地点



### 3-3-2 予測モデル

道路交通騒音の予測は、環境基準の評価手法である等価騒音レベルについて、一般社団法人日本音響学会道路交通騒音調査研究委員会公表の道路交通騒音予測モデル「ASJ RTN-Model 2013」を用いて行った。予測式は、以下に示すとおりである。

#### (1) パワーレベル計算式

自動車走行騒音のA特性パワーレベル  $L_{WA}$  は、次式により求めた。

$$L_{WA} = a + b \log_{10} V + C$$

ここで、

$$C = \Delta L_{surf} + \Delta L_{grad} + \Delta L_{dir} + \Delta L_{etc}$$

$L_{WA}$  : 自動車走行騒音のA特性パワーレベル (dB)

$a$  : 車種別に与えられる係数 (表3-25)

$b$  : 速度依存性を表す係数 (表3-25)

$C$  : 基準値に対する補正項

$V$  : 走行速度 (km/h)

$\Delta L_{surf}$  : 排水性舗装等による騒音低減に関する補正量 (dB)

$\Delta L_{grad}$  : 道路の縦断勾配による走行騒音の変化に関する補正量 (dB)

$\Delta L_{dir}$  : 自動車走行騒音の指向性に関する補正量 (dB)

$\Delta L_{etc}$  : その他の要因に関する補正量 (dB)

表 3-25 2 車種分類の場合の定数  $a$ 、 $b$  の値

車種分類	定常走行区間 (40 km/h ≤ V ≤ 140 km/h)		非定常走行区間 (10 km/h ≤ V ≤ 60 km/h)	
	$a$	$b$	$a$	$b$
小型車類 (乗用車+小型貨物車)	46.7	30	82.3	10
大型車類 (中型車+大型車)	53.2	30	88.8	10

[資料：「日本音響学会誌 70 巻 4 号(2014) 道路交通騒音の予測モデル “ASJ RTN-Model 2013”]  
(日本音響学会道路交通騒音調査研究委員会報告) ]

#### (2) 伝搬計算の基本式

車 1 台が走行したとき、音源位置に対して予測地点で観測される A 特性音圧レベルは、半自由空間における音の伝搬と各種要因による減衰を考慮し、次式により求めた。

$$L_{A,i} = L_{WA,i} - 8 - 20 \log_{10} r_i + \Delta L_{cor,i}$$

ここで、

$$\Delta L_{cor,i} = \Delta L_{dif,i} + \Delta L_{gmd,i} + \Delta L_{air,i}$$

- $L_{A,i}$  :  $i$ 番目の音源位置から予測点に伝搬する騒音のA特性音圧レベル (dB)
- $L_{WA,i}$  :  $i$ 番目の音源位置における自動車走行騒音のA特性パワーレベル (dB)
- $r_i$  :  $i$ 番目の音源位置から予測地点までの直達距離 (m)
- $\Delta L_{cor,i}$  : 音の伝搬に影響を与える各種の減衰要素に関する補正量 (dB)
- $\Delta L_{dif,i}$  : 回折に伴う減衰に関する補正量 (dB)
- $\Delta L_{gmd,i}$  : 地表面効果による減衰に関する補正量 (dB)
- $\Delta L_{air,i}$  : 空気の音響吸収による減衰に関する補正量 (dB)

### (3) ユニットパターン

全点音源 ( $i=1\sim k$ ) について  $L_{A,i}$  を算出し、1台の車が道路上を単独で走行したときの予測地点における騒音レベルの時間的变化 (ユニットパターン) を求めた。

### (4) 単発騒音暴露レベルの算出

予測地点におけるユニットパターンの時間積分値 (単発騒音暴露レベル  $L_{AE}$ ) は、次式により求めた。

$$L_{AE} = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{T_0} \sum_i 10^{L_{A,i}/10} \cdot \Delta t_i \right)$$

ここで、

- $L_{AE}$  : 単発騒音暴露レベル (dB)
- $T_0$  : 基準時間 (= 1s)
- $L_A$  : A特性音圧レベル (dB)
- $t_i$  : 音源が  $i$  番目の区間に存在する時間 (s)

### (5) 等価騒音レベル ( $L_{Aeq}$ ) の算出

以上の計算によって求められた車1台が走行したときの単発騒音暴露レベル ( $L_{AE}$ ) に、1時間あたりの交通量  $N$  (台/3,600s) を考慮することにより、等価騒音レベル ( $L_{Aeq}$ ) を次式により求めた。

$$\begin{aligned} L_{Aeq,1h} &= 10 \log_{10} \left( 10^{L_{AE}/10} \frac{N}{3,600} \right) \\ &= L_{AE} + 10 \log_{10} N - 35.6 \end{aligned}$$

ここで、

- $L_{Aeq}$  : 等価騒音レベル (dB)
- $L_{AE}$  : 単発騒音暴露レベル (dB)
- $N$  : 1時間あたりの交通量 (台/h)



## (6) 高架構造物音

高架構造物音は、高架橋の桁直下に仮想点音源を設定し、仮想点音源から予測点へ伝搬する騒音のA特性音圧レベルを高架路面部分の床版等による音の遮蔽を考慮して、次式により求めた。

$$L_{A, str} = L_{WA, str} - 8 - 20 \log_{10} r + \Delta L_{dif}$$

$$L_{WA, str} = a + 30 \log_{10} V$$

ここで、

$L_{A, str}$  : 仮想点音源から予測点へ伝搬する騒音のA特性音圧レベル (dB)

$L_{WA, str}$  : 仮想点音源のA特性音響パワーレベル (dB)

$r$  : 仮想点音源点から予測点までの距離 (m)

$L_{dif}$  : 高架床版等による高架構造物音に関する回折補正量 (dB)

$V$  : 走行速度 (km/h)

$a$  : 橋種別の定数

### 3-3-3 予測条件

予測計算に用いた道路条件等は表 3-26、将来交通量等は表 3-27、道路断面は図 3-12 に示すとおりである。

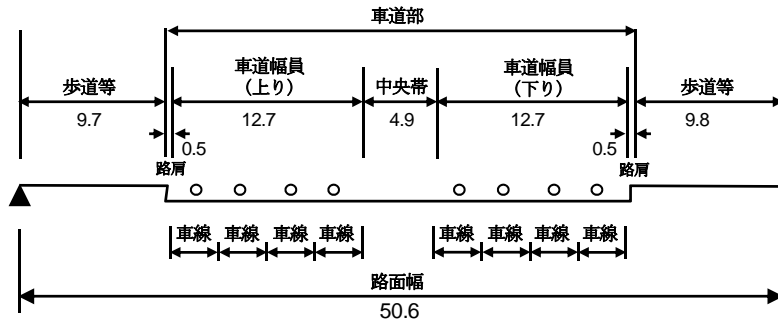
表 3-26 予測計算に用いた道路条件等

項目		予測地点					
		①	②	③	④	⑤	⑥
対象道路	一般道	主要地方道 博多港線	一般国道 3号	市道松島 貝塚線	市道香椎 箱崎浜線	臨港道路 アイランドシティ 1号線	海の中道 海浜公園線
	都市高速	—	—	福岡都市 高速4号線	福岡都市 高速1号線	福岡都市 高速6号線	—
道路構造	一般道	平面	平面	高架	平面	平面	平面
	都市高速	—	—	高架	高架	高架	—
車線数	一般道	8車線	6車線	4車線	4車線	6車線	4車線
	都市高速	—	—	4車線	4車線	4車線	—
縦断勾配	一般道	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	都市高速	—	—	0%	0%	オフランプ <sup>o</sup> 7.4% オンランプ <sup>o</sup> 6.3%	—
地表面の種類		コンクリート、 アスファルト	コンクリート、 アスファルト	コンクリート、 アスファルト	コンクリート、 アスファルト	コンクリート、 アスファルト	コンクリート、 アスファルト
地盤の種類		粘土					
地盤卓越振動数		12.5Hz	16.0Hz	12.9Hz	13.2Hz	22.3Hz	22.3Hz
備考		—	—	—	—	都市高速は 未整備	未整備

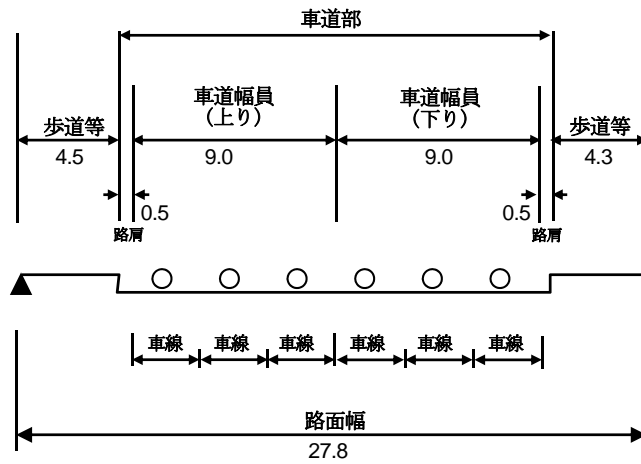
表 3-27 予測計算に用いた将来交通量等

項 目		予測地点					
		①	②	③	④	⑤	⑥
日交通量 (今回計画)	一般道	32,015 台	54,704 台	35,006 台	9,885 台	34,722 台	11,118 台
	都市高速	—	—	48,067 台	45,558 台	19,832 台	—
日交通量 (既定計画)	一般道	30,223 台	55,077 台	35,339 台	9,837 台	35,378 台	11,132 台
	都市高速	—	—	48,103 台	45,850 台	20,156 台	—
走行速度	一般道	50km/h	50km/h	60km/h	50km/h	50km/h	60km/h
	都市高速	—	—	60km/h	60km/h	40km/h	—
走行状態	一般道	非定常	非定常	非定常	非定常	非定常	非定常
	都市高速	—	—	定常	定常	非定常	—

①：主要地方道博多港線



②：一般国道3号



③：市道松島貝塚線・福岡都市高速4号線

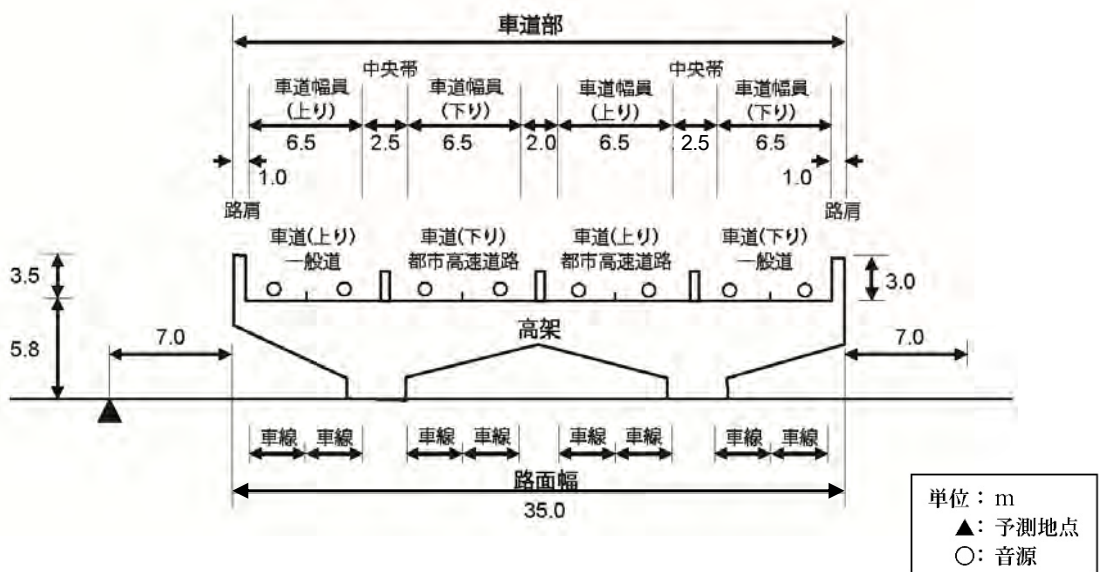
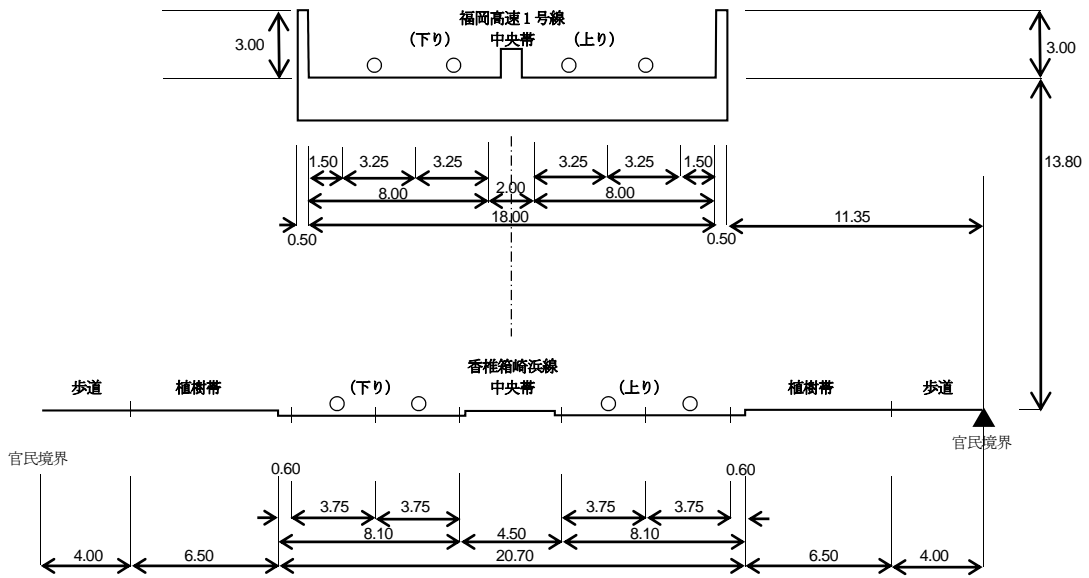


图 3-12(1) 道路断面图 (①~③)

④：市道香椎箱崎浜線・福岡都市高速1号線



⑤：臨港道路アイランドシティ1号線・福岡都市高速6号線

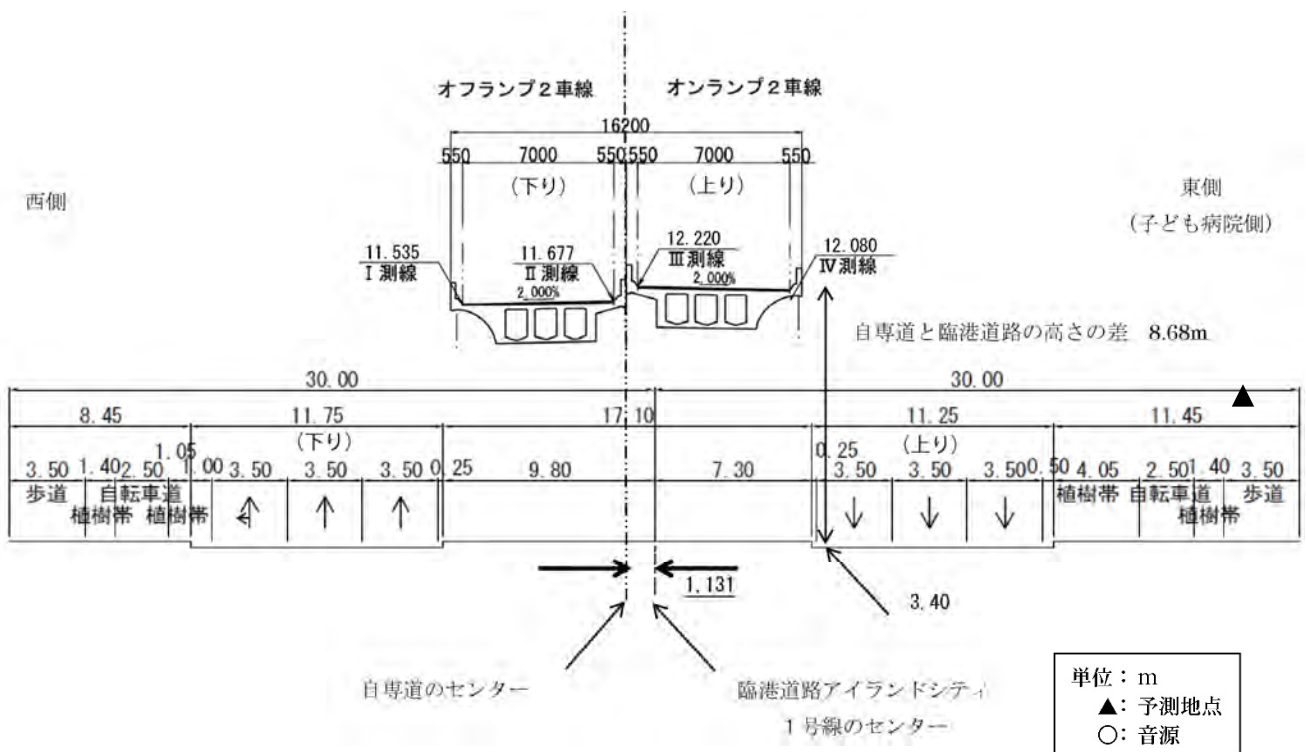


図 3-12(2) 道路断面図 (④、⑤)

⑥：海の中道海浜公園線

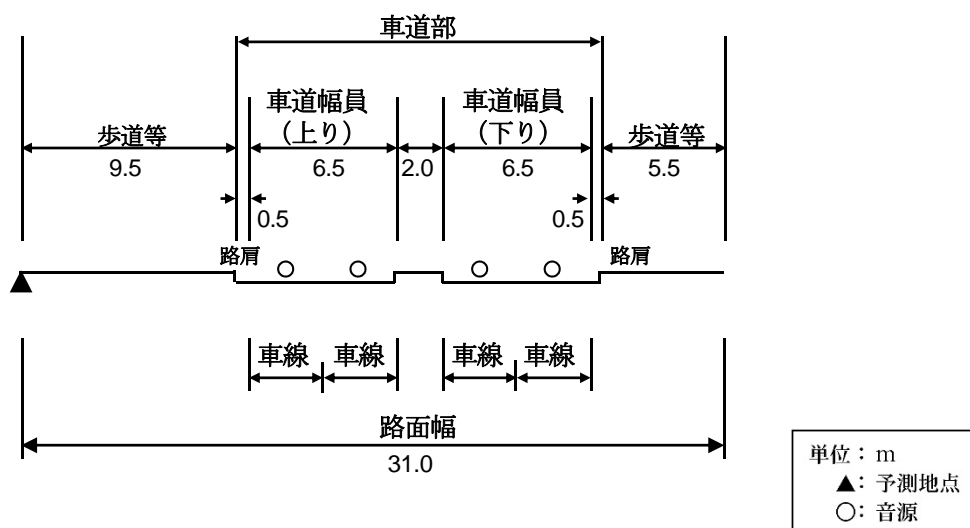


図 3-12(3) 道路断面図 (⑥)

### 3-3-4 予測結果

予測結果は、表 3-28 に示すとおりである。

表 3-28 道路交通騒音の予測結果

予測地点	予測対象道路	時間区分	現況騒音レベル ( $L_{Aeq}$ , dB)	将来騒音レベル ( $L_{Aeq}$ , dB)		今回計画による増減分 (A-B)	環境基準 (dB)	要請限度 (dB)
				今回計画 (A)	既定計画 (B)			
①	主要地方道博多港線	昼間	66	67 (1)	67 (1)	0	70 以下	75
		夜間	63	64 (1)	64 (1)	0	65 以下	70
②	一般国道 3 号	昼間	68	68 (0)	68 (0)	0	70 以下	75
		夜間	63	63 (0)	63 (0)	0	65 以下	70
③	市道松島貝塚線・ 福岡都市高速 4 号線	昼間	57	59 (2)	59 (2)	0	70 以下	75
		夜間	53	54 (1)	54 (1)	0	65 以下	70
④	市道香椎箱崎浜線・ 福岡都市高速 1 号線	昼間	66	63 (-3)	63 (-3)	0	70 以下	75
		夜間	60	56 (-4)	57 (-3)	-1	65 以下	70
⑤	臨港道路アイランド シティ 1 号線・ 福岡都市高速 6 号線	昼間	67	71 (4)	71 (4)	0	70 以下	75
		夜間	57	64 (7)	64 (7)	0	65 以下	70
⑥	海の中道海浜公園線	昼間	—	67 (—)	67 (—)	0	70 以下	75
		夜間	—	59 (—)	59 (—)	0	65 以下	70

- 備考) 1. 昼間：午前 6 時～午後 10 時、夜間：午後 10 時～翌日の午前 6 時  
 2. 将来騒音レベルの下段の( )内は、現況からの増減分を示す。

### 3-3-5 評価

地点⑤を除く地点では、環境基準を満足している。

地点⑤では昼間に環境基準を超過するものの、要請限度は下回っており、今回計画に伴う増加もみられない。

以上のことから、今回計画に伴う道路交通騒音への影響は軽微であると考えられる。



### 3-4 振動による影響の予測と評価

#### 3-4-1 予測手法の概要

##### (1) 予測手順

振動の予測は、現況を平成 26 年度、予測対象年度を平成 38 年度とし、今回計画と既定計画による将来交通量をもとに、平成 38 年度における道路交通振動を計算した。

振動の予測手順は、図 3-13 に示すとおりである。

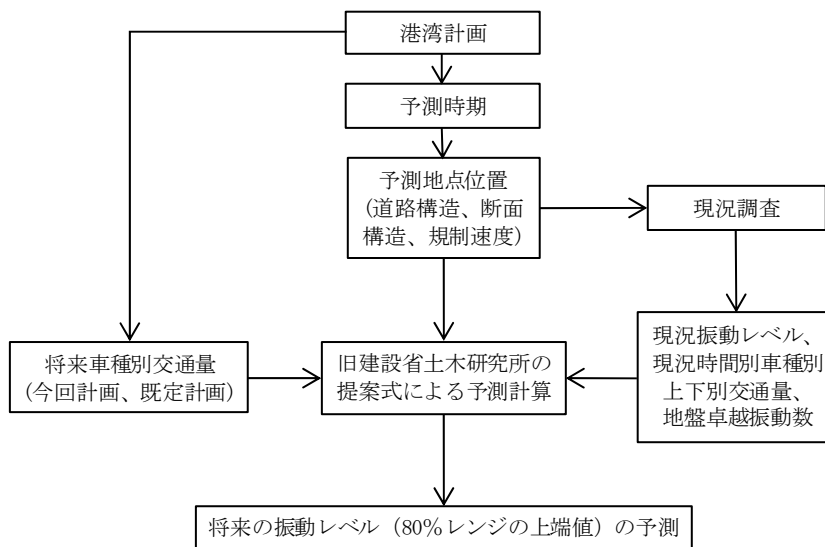


図 3-13 振動の予測手順

##### (2) 予測対象項目

予測対象項目は、80%レンジの上端値 ( $L_{10}$ ) とした。

##### (3) 計算ケース

振動の計算ケースは、表 3-29 に示すとおりである

表 3-29 計算ケース

項目	将来	
	今回計画	既定計画
80%レンジの上端値 ( $L_{10}$ )	平成 38 年度	平成 38 年度

##### (4) 予測地点

振動の予測地点は、騒音と同様とした。

### 3-4-2 予測モデル

道路交通振動の予測は、「道路環境影響評価の技術手法」（国土交通省国土技術政策総合研究所、平成25年3月）に示される旧建設省土木研究所の提案式を用いて行った。

振動レベルの80%レンジの上端値を予測するための式を以下に示し、計算に用いる定数及び補正值等を表3-30に示す。

$$L_{10} = L_{10}^* - \alpha_l$$
$$L_{10}^* = a \log_{10} \left( \log_{10} Q^* \right) + b \log_{10} V + c \log_{10} M + d + \alpha_\sigma + \alpha_f + \alpha_s$$

ここで、

$L_{10}$  : 振動レベルの80%レンジの上端値の予測値 (dB)

$L_{10}^*$  : 基準点における振動レベルの80%レンジの上端値の予測値 (dB)

$Q^*$  : 500秒間の1車線あたり等価交通量 (台/500s/車線)

$$\left( = \frac{500}{3,600} \times \frac{1}{M} \times (Q_1 + KQ_2) \right)$$

$Q_1$  : 小型車時間交通量 (台/h)

$Q_2$  : 大型車時間交通量 (台/h)

$K$  : 大型車の小型車への換算係数

$V$  : 平均走行速度 (km/h)

$M$  : 上下車線合計の車線数

$\alpha_\sigma$  : 路面の平坦性等による補正值 (dB)

$\alpha_f$  : 地盤卓越振動数による補正值 (dB)

$\alpha_s$  : 道路構造による補正值 (dB)

$\alpha_l$  : 距離減衰値 (dB)

$a, b, c, d$  : 定数

表 3-30 道路交通振動予測式の定数及び補正值等

定数等	平面道路 (高架道路に併設され た場合を除く)	高架道路	高架道路に併設 された平面道路
$K$	100 < $V \leq 140$ km/h のとき 14、 $V \leq 100$ km/h のとき 13		
$a$	47		
$b$	12		
$c$	3.5	7.9	3.5
$d$	27.3	1 本橋脚では 7.5 2 本以上橋脚では 8.1	21.4
$\alpha_\sigma$	アスファルト舗装では $8.2 \log_{10} \sigma$ コンクリート舗装では $19.4 \log_{10} \sigma$	$1.9 \log_{10} Hp$	アスファルト舗装では $8.2 \log_{10} \sigma$ コンクリート舗装では $19.4 \log_{10} \sigma$
$\alpha_f$	$f \geq 8$ Hz のとき $-17.3 \log_{10} f$ $f < 8$ Hz のとき $-9.2 \log_{10} f - 7.3$	$f \geq 8$ Hz のとき $-6.3 \log_{10} f$ $f < 8$ Hz のとき $-5.7$	$f \geq 8$ Hz のとき $-17.3 \log_{10} f$ $f < 8$ Hz のとき $-9.2 \log_{10} f - 7.3$
$\alpha_s$	0		
$\beta$	粘土地盤では $0.068 L_{10}^* - 2.0$ 砂地盤では $0.130 L_{10}^* - 3.9$	$0.073 L_{10}^* - 2.3$	

- 備考) 1.  $\sigma$  : 3m プロフィールメータによる路面凹凸の標準偏差  
 2.  $Hp$  : 伸縮継手部より ±伸縮範囲内の最大高低差 (mm)  
 3.  $f$  : 地盤卓越振動数 (Hz)  
 4.  $\alpha_1 = \beta \log (r/5+1) / \log 2$ 、 $r$  : 基準点から予測地点までの距離 (m)

### 3-4-3 予測条件

予測地点は道路端とし、予測計算に用いた道路条件、将来交通量、道路断面等は騒音と同様とした(表 3-26、表 3-27、図 3-12)。

### 3-4-4 予測結果

予測結果は、表 3-31 に示すとおりである。

表 3-31 道路交通振動の予測結果

予測地点	予測対象道路	時間区分	現況振動レベル (L <sub>10</sub> 、dB)	将来振動レベル (L <sub>10</sub> 、dB)		今回計画による増減分 (A-B)	要請限度 (dB)
				今回計画 (A)	既定計画 (B)		
①	主要地方道博多港線	昼間	45	48 (3)	48 (3)	0	70
		夜間	40	44 (4)	45 (5)	-1	65
②	一般国道 3 号	昼間	44	48 (4)	48 (4)	0	70
		夜間	39	42 (3)	42 (3)	0	65
③	市道松島貝塚線・ 福岡都市高速 4 号線	昼間	46	47 (1)	47 (1)	0	65
		夜間	42	43 (1)	43 (1)	0	60
④	市道香椎箱崎浜線・ 福岡都市高速 1 号線	昼間	35	35 (0)	37 (2)	-2	65
		夜間	31	33 (2)	34 (3)	-1	60
⑤	臨港道路アイランド シティ 1 号線・ 福岡都市高速 6 号線	昼間	43	44 (1)	45 (2)	-1	70
		夜間	32	36 (4)	36 (4)	0	65
⑥	海の中道海浜公園線	昼間	—	44 (—)	44 (—)	0	65
		夜間	—	36 (—)	36 (—)	0	60

- 備考) 1. 昼間：午前 8 時～午後 7 時、夜間：午後 7 時～翌日の午前 8 時  
 2. 将来振動レベルの下段の( )内は、現況からの増減分を示す。

### 3-4-5 評価

道路交通振動は、全ての地点で要請限度を下回る。

また、今回計画に伴う振動レベルの増加はみられない。

以上のことから、今回計画に伴う道路交通振動への影響は軽微であると考えられる。

### 3-5 潮流への影響の予測と評価

#### 3-5-1 予測手法の概要

##### (1) 予測手順

潮流の予測は、現況を平成 24 年度、予測対象年度を平成 38 年度とし、今回計画による将来地形と将来淡水流入量、既定計画による将来地形と将来淡水流入量をもとに、今回計画の潮流への寄与を計算した。

潮流の予測手順は、図 3-14 に示すとおりである。

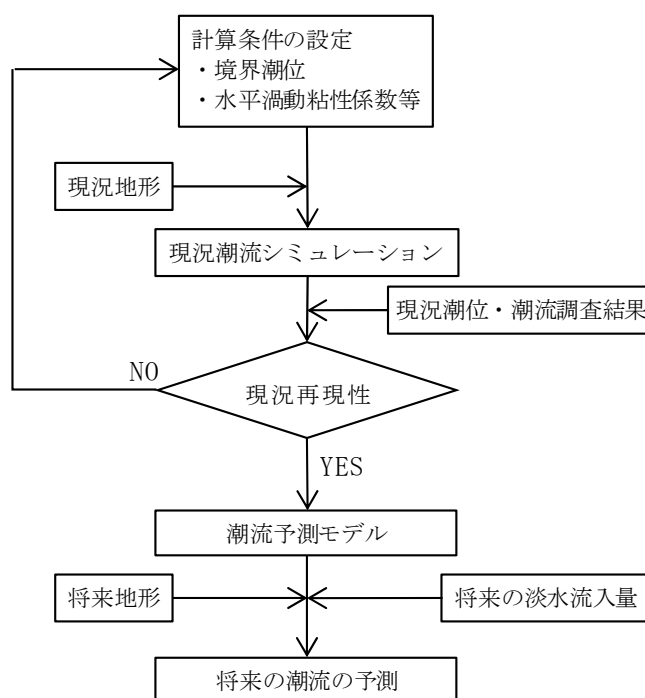


図 3-14 潮流の予測手順

## (2) 予測対象項目

予測対象項目は、潮流とした。

## (3) 計算ケース

潮流の計算ケースは、表 3-32 に示すとおりである。

表 3-32 計算ケース

項目	現況	将来	
地形条件	平成 24 年度	今回計画 (平成 38 年度)	既定計画 (平成 38 年度)
淡水流入量			
計算時期	1 年間		
対象流況	主要 10 分潮+平均流 (時々刻々と変動するカレンダー形式)		

## (4) 予測対象海域

予測対象海域は、博多港港湾区域を含む図 3-15 に示す海域とした。



図 3-15 予測対象海域

### 3-5-2 予測モデル

潮流の予測には、2次元15層レベルモデル（計算格子：300m又は100mメッシュ）を用いた。層区分を表3-33に示す。予測モデルの基礎式は、以下に示すとおりである。

表 3-33 層区分

層番号	層厚 (m)	水深 (m)
1	1.5	0.0~1.5
2	0.5	1.5~2.0
3		2.0~2.5
4		2.5~3.0
5		3.0~3.5
6		3.5~4.0
7		4.0~4.5
8		4.5~5.0
9	1.0	5.0~6.0
10		6.0~7.0
11		7.0~8.0
12	2.0	8.0~10.0
13		10.0~12.0
14	4.0	12.0~16.0
15	残りの水深	16.0~



【運動方程式】

[表層]

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial u_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial u_1}{\partial y} - \frac{(u_{3/2} - u_1) \cdot w_1}{h_1 + \zeta} \\
 &= f v_1 - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_1}{\partial x} + A_x \frac{\partial^2 u_1}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 u_1}{\partial y^2} - \frac{\gamma_i^2 (u_1 - u_2) \sqrt{(u_1 - u_2)^2 + (v_1 - v_2)^2}}{h_1 + \zeta} + \frac{\rho_a \gamma_a^2 W_x \sqrt{W_x^2 + W_y^2}}{\rho_0 (h_1 + \zeta)} \\
 & \frac{\partial v_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial v_1}{\partial y} - \frac{(v_{3/2} - v_1) \cdot w_1}{h_1 + \zeta} \\
 &= -f u_1 - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_1}{\partial y} + A_x \frac{\partial^2 v_1}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 v_1}{\partial y^2} - \frac{\gamma_i^2 (v_1 - v_2) \sqrt{(u_1 - u_2)^2 + (v_1 - v_2)^2}}{h_1 + \zeta} + \frac{\rho_a \gamma_a^2 W_y \sqrt{W_x^2 + W_y^2}}{\rho_0 (h_1 + \zeta)}
 \end{aligned}$$

[中間層]

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial u_k}{\partial t} + u_k \frac{\partial u_k}{\partial x} + v_k \frac{\partial u_k}{\partial y} + \frac{(u_{k-1/2} - u_k) \cdot w_{k-1} - (u_{k+1/2} - u_k) \cdot w_k}{h_k} \\
 &= f v_k - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_k}{\partial x} + A_x \frac{\partial^2 u_k}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 u_k}{\partial y^2} \\
 & \quad + \frac{\gamma_i^2 (u_{k-1} - u_k) \sqrt{(u_{k-1} - u_k)^2 + (v_{k-1} - v_k)^2}}{h_k} - \frac{\gamma_i^2 (u_k - u_{k+1}) \sqrt{(u_k - u_{k+1})^2 + (v_k - v_{k+1})^2}}{h_k} \\
 & \frac{\partial v_k}{\partial t} + u_k \frac{\partial v_k}{\partial x} + v_k \frac{\partial v_k}{\partial y} + \frac{(v_{k-1/2} - v_k) \cdot w_{k-1} - (v_{k+1/2} - v_k) \cdot w_k}{h_k} \\
 &= -f u_k - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_k}{\partial y} + A_x \frac{\partial^2 v_k}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 v_k}{\partial y^2} \\
 & \quad + \frac{\gamma_i^2 (v_{k-1} - v_k) \sqrt{(u_{k-1} - u_k)^2 + (v_{k-1} - v_k)^2}}{h_k} - \frac{\gamma_i^2 (v_k - v_{k+1}) \sqrt{(u_k - u_{k+1})^2 + (v_k - v_{k+1})^2}}{h_k}
 \end{aligned}$$

[最下層]

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial u_k}{\partial t} + u_k \frac{\partial u_k}{\partial x} + v_k \frac{\partial u_k}{\partial y} + \frac{(u_{k-1/2} - u_k) \cdot w_{k-1}}{h_k} \\
 &= f v_k - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_k}{\partial x} + A_x \frac{\partial^2 u_k}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 u_k}{\partial y^2} + \frac{\gamma_i^2 (u_{k-1} - u_k) \sqrt{(u_{k-1} - u_k)^2 + (v_{k-1} - v_k)^2}}{h_k} - \frac{\gamma_b^2 u_k \sqrt{u_k^2 + v_k^2}}{h_k} \\
 & \frac{\partial v_k}{\partial t} + u_k \frac{\partial v_k}{\partial x} + v_k \frac{\partial v_k}{\partial y} + \frac{(v_{k-1/2} - v_k) \cdot w_{k-1}}{h_k} \\
 &= -f u_k - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_k}{\partial y} + A_x \frac{\partial^2 v_k}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 v_k}{\partial y^2} + \frac{\gamma_i^2 (v_{k-1} - v_k) \sqrt{(u_{k-1} - u_k)^2 + (v_{k-1} - v_k)^2}}{h_k} - \frac{\gamma_b^2 v_k \sqrt{u_k^2 + v_k^2}}{h_k}
 \end{aligned}$$

【圧力計算式】

$$p_k = g\rho_1\zeta + \sum_{m=1}^k g\rho_m h_m - 0.5g\rho_k h_k$$

【密度の状態方程式】

$$\rho_k = \rho_w + (b_0 + b_1 T_k + b_2 T_k^2 + b_3 T_k^3 + b_4 T_k^4) C_k + (c_0 + c_1 T_k + c_2 T_k^2) C_k^{\frac{3}{2}} + d_0 C_k^2$$

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

【連続式】

[表層]

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} u_1 (h_1 + \zeta) + \frac{\partial}{\partial y} v_1 (h_1 + \zeta) - w_1 = 0$$

[中間層]

$$\frac{\partial}{\partial x} u_k h_k + \frac{\partial}{\partial y} v_k h_k + w_{k-1} - w_k = 0$$

[最下層]

$$\frac{\partial}{\partial x} u_k h_k + \frac{\partial}{\partial y} v_k h_k + w_{k-1} = 0$$

【塩分の質量収支式】

[表層]

$$\frac{\partial C_1 (h_1 + \zeta)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} (M_{x1} C_1) - \frac{\partial}{\partial y} (M_{y1} C_1) + \frac{\partial}{\partial x} \left[ K_{x1} (h_1 + \zeta) \frac{\partial C_1}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ K_{y1} (h_1 + \zeta) \frac{\partial C_1}{\partial y} \right]$$

$$-K_z (C_1 - C_2) + w_1 C^*$$

[中間層]

$$\frac{\partial C_k h_k}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} (M_{xk} C_k) - \frac{\partial}{\partial y} (M_{yk} C_k) + \frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xk} h_k \frac{\partial C_k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yk} h_k \frac{\partial C_k}{\partial y} \right)$$

$$+K_z (C_{k-1} - C_k) - K_z (C_k - C_{k+1}) - w_{k-1} C^* + w_k C^*$$

[最下層]

$$\frac{\partial C_k h_k}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} (M_{xk} C_k) - \frac{\partial}{\partial y} (M_{yk} C_k) + \frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xk} h_k \frac{\partial C_k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yk} h_k \frac{\partial C_k}{\partial y} \right) + K_z (C_{k-1} - C_k) - w_{k-1} C^*$$

【水温収支式】

[表層]

$$\frac{\partial T_1 (h_1 + \zeta)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} (M_{x1} T_1) - \frac{\partial}{\partial y} (M_{y1} T_1) + \frac{\partial}{\partial x} \left[ K_{x1} (h_1 + \zeta) \frac{\partial T_1}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ K_{y1} (h_1 + \zeta) \frac{\partial T_1}{\partial y} \right] - K_z (T_1 - T_2) + w_1 T^* + \frac{1}{\rho_w c_p} (q_0 - q_1) - \frac{1}{\rho_w c_p} (q_e + q_c + q_r)$$

[中間層]

$$\frac{\partial T_k h_k}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} (M_{xk} T_k) - \frac{\partial}{\partial y} (M_{yk} T_k) + \frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xk} h_k \frac{\partial T_k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yk} h_k \frac{\partial T_k}{\partial y} \right) + K_z (T_{k-1} - T_k) - K_z (T_k - T_{k+1}) - w_{k-1} T^* + w_k T^* + \frac{1}{\rho_w c_p} (q_{k-1} - q_k)$$

[最下層]

$$\frac{\partial T_k h_k}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} (M_{xk} T_k) - \frac{\partial}{\partial y} (M_{yk} T_k) + \frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xk} h_k \frac{\partial T_k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yk} h_k \frac{\partial T_k}{\partial y} \right) + K_z (T_{k-1} - T_k) - w_{k-1} T^* + \frac{1}{\rho_w c_p} (q_{k-1} - q_k)$$

水面における海水と大気との熱交換量には、日射、蒸発、伝導、有効逆輻射を考慮し、日射は、日射量  $q_s$  が水面で反射されて  $q_0$  となり、そのうち  $\beta q_0$  は水面に吸収され、残りの  $(1-\beta) q_0$  が水中に吸収されながら減衰していくものとした。また、水面からの損失熱量は経験公式を用いることとし、蒸発・伝導による損失は Rohwer の式を、有効逆輻射量には Swinbank の式を用いて算出した。

[日射による輻射熱]

$$q_0 = (1 - \alpha_r) \cdot q_s$$

$$q_k = (1 - \beta) \cdot q_0 \cdot \exp \left[ -\eta \cdot \left( \zeta + \sum_{i=1}^k h_i \right) \right]$$

[水面からの熱損失]

$$q_e + q_c = (0.000308 + 0.000185 \cdot W) \cdot \rho_w \cdot (e_s - \psi \cdot e_a) \cdot \left[ L_v + c_p \cdot T_s + \frac{269.1 \cdot (T_s - T_a)}{(e_s - \psi \cdot e_a)} \right] \times \frac{1}{86400}$$

$$q_r = 0.97 \cdot k_{SB} \cdot \left[ T_W^4 - 0.937 \times 10^{-5} \cdot T_A^6 \cdot (1 + 0.17 \cdot n^2) \right] \times \frac{1}{86400}$$

## 【使用記号】

$A_x, A_y$	: $x$ 方向及び $y$ 方向の渦動粘性係数 ( $\text{m}^2/\text{s}$ )
$C_k$	: 第 $k$ 層の塩分濃度 ( $\text{mg}/\text{L}$ )
$c_p$	: 水の比熱 ( $\text{kcal}/\text{kg}\cdot^\circ\text{C}$ )
$e_s, e_a$	: 水面の水温及び気温に対応する飽和蒸気圧 ( $\text{mmHg}$ )
$f$	: コリオリ係数 ( $1/\text{s}$ )
$g$	: 重力加速度 ( $\text{m}/\text{s}^2$ )
$h_k$	: 第 $k$ 層の層厚 ( $\text{m}$ )
$K_{xk}, K_{yk}$	: 第 $k$ 層における、 $x$ 方向及び $y$ 方向の渦動拡散係数 ( $\text{m}^2/\text{s}$ )
$K_z$	: 鉛直混合係数 ( $\text{m}/\text{s}$ )
$k_{SB}$	: ステファン-ボルツマン定数 ( $\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{day}\cdot\text{K}^4$ )
$L_v$	: 蒸発潜熱 ( $\text{kcal}/\text{kg}$ )
$M_{xk}, M_{yk}$	: 第 $k$ 層における、 $x$ 方向及び $y$ 方向の線流量 ( $= u_k h_k, v_k h_k$ ) ( $\text{m}^2/\text{s}$ )
$n$	: 雲量 (-)
$p_k$	: 第 $k$ 層における海水圧 ( $\text{Pa}$ )
$q_0$	: 水面における、水面反射を除く日射量 ( $\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ )
$q_c$	: 熱伝導による損失熱量 ( $\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ )
$q_e$	: 蒸発による損失熱量 ( $\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ )
$q_k$	: 第 $k$ 層と第 $k+1$ 層の内部境界面に到達する日射量 ( $\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ )
$q_r$	: 有効逆輻射による損失熱量 ( $=$ 逆輻射量 $-$ 大気輻射量) ( $\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ )
$q_s$	: 日射量 ( $\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ )
$T_k$	: 第 $k$ 層の水温 ( $^\circ\text{C}$ )
$T_s, T_a$	: 水面の水温及び気温 ( $^\circ\text{C}$ )
$T_W, T_A$	: 水面の水温及び気温 ( $\text{K}$ )
$u_k, v_k$	: 第 $k$ 層における、 $x$ 方向及び $y$ 方向の平均流速 ( $\text{m}/\text{s}$ )
$u_{k+1/2}, v_{k+1/2}$	: 第 $k$ 層と第 $k+1$ 層の内部境界面における、 $x$ 方向及び $y$ 方向の平均流速 ( $\text{m}/\text{s}$ )
$w_k$	: 第 $k$ 層と第 $k+1$ 層の内部境界面における鉛直流速 ( $\text{m}/\text{s}$ )
$W_x, W_y$	: $x$ 方向及び $y$ 方向の平均風速 ( $\text{m}/\text{s}$ )
$W$	: 風速 ( $\text{m}/\text{s}$ )
$\alpha_r$	: 水面反射率 (-)
$\beta$	: 水面吸収率 (-)
$\gamma_a^2$	: 海面摩擦係数 (-)
$\gamma_b^2$	: 海底摩擦係数 (-)
$\gamma_i^2$	: 内部境界面摩擦係数 (-)
$\zeta$	: 平均水面からの水位 ( $\text{m}$ )

$\eta$	: 減衰係数 (1/m)
$\rho_0$	: 基準海水密度 (kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_a$	: 空気密度 (kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_k$	: 第 $k$ 層における海水密度 (kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_w$	: 水の密度 (kg/m <sup>3</sup> )
$\psi$	: 相対湿度 (-)

なお、塩分の質量収支式及び水温収支式中に現れる  $C^*$  及び  $T^*$  は、 $w_k > 0$  の場合には  $C^* = C_{k+1}$ 、 $T^* = T_{k+1}$  であり、 $w_k < 0$  の場合には  $C^* = C_k$ 、 $T^* = T_k$  である。また、密度の状態方程式中の  $a_0 \sim a_5$ 、 $b_0 \sim b_4$ 、 $c_0 \sim c_2$ 、及び  $d_0$  はいずれも定数であり、密度と塩分濃度の単位を kg/m<sup>3</sup>、水温の単位を℃とすれば、それらは以下の値で与えられる。

【 $a_0 \sim a_5$ 、 $b_0 \sim b_4$ 、 $c_0 \sim c_2$ 、及び  $d_0$  の定数】

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

### 3-5-3 予測条件

#### (1) モデルの条件設定

潮流予測モデルの諸条件は、表 3-34 に示すとおりである。

淡水流入量は、降水量をもとにタンクモデルにより計算した河川からの基底流量、ダム放流量、下水処理場からの放流量、取水量等の実績値をもとに、図 3-16、図 3-17 に示す位置からの日別淡水流入量を設定した。風向・風速については博多湾近傍に位置する福岡管区气象台での観測値を用い、潮流計算に与える水平渦動粘性係数等の計算パラメータの値は、潮流の現況再現性を考慮して設定した。

表 3-34 潮流予測モデルの諸条件

諸条件	設定内容
地 形	海図及び港湾計画図より設定
境界潮位	博多港の潮汐調和定数にもとづき、潮位及び潮流の現況再現性を考慮して、時間別の潮位を設定
計算期間	1 年間
淡水流入量	タンクモデルで推計した日別の自然系流量に、生活系・産業系等の年平均排水量（実測値）を加えた日別の淡水流入量を設定 （年平均淡水流入量は、表 3-35 を参照）
風向・風速	福岡管区气象台の 1 時間値を設定
水平渦動粘性係数	300m メッシュ : 60 (m <sup>2</sup> /s) 100m メッシュ : 20 (m <sup>2</sup> /s)
内部摩擦係数	0.005
海面摩擦係数	0.0013
海底摩擦係数	$\gamma^2 = g / c^2$ ; ここで、 $c=h^{1/6}/n$ : シェジューの係数 $h$ : 水深 $n$ : マニングの粗度係数 (=0.026)
時間差分幅	300m メッシュ : 10 (s) 100m メッシュ : 5 (s)

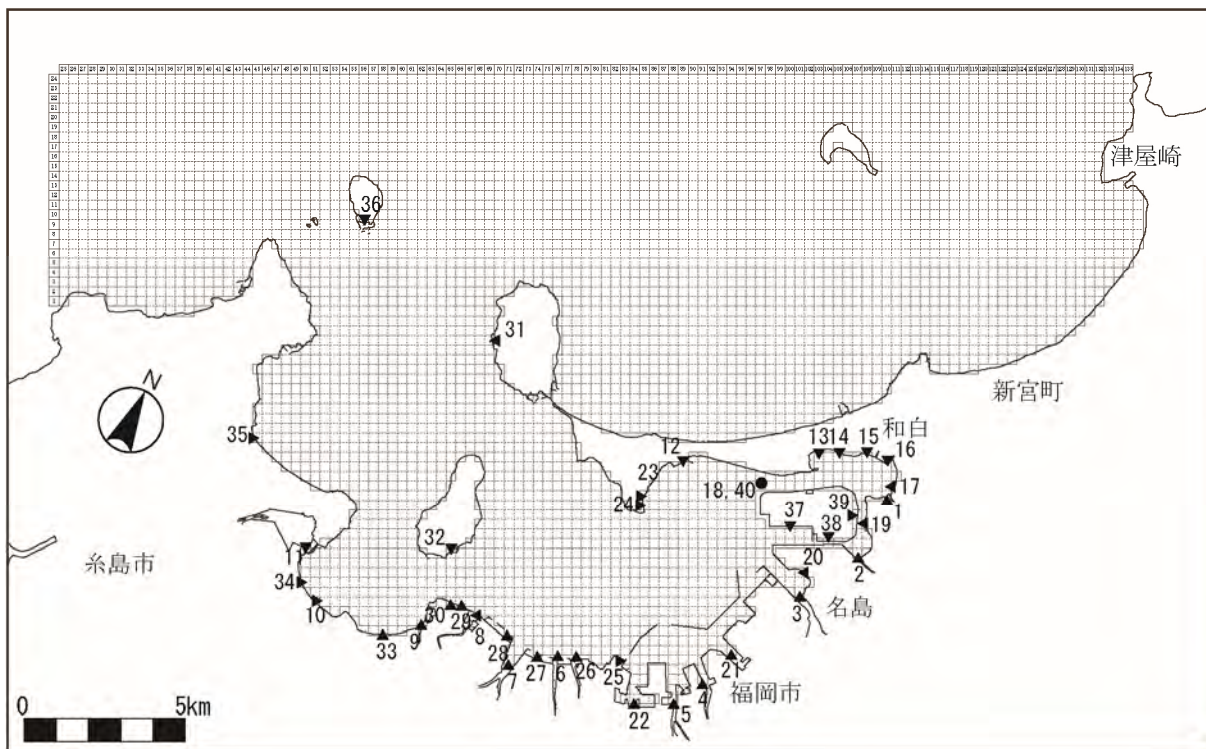


図 3-16(1) 淡水及び負荷の流入位置 (現況、300mメッシュ)

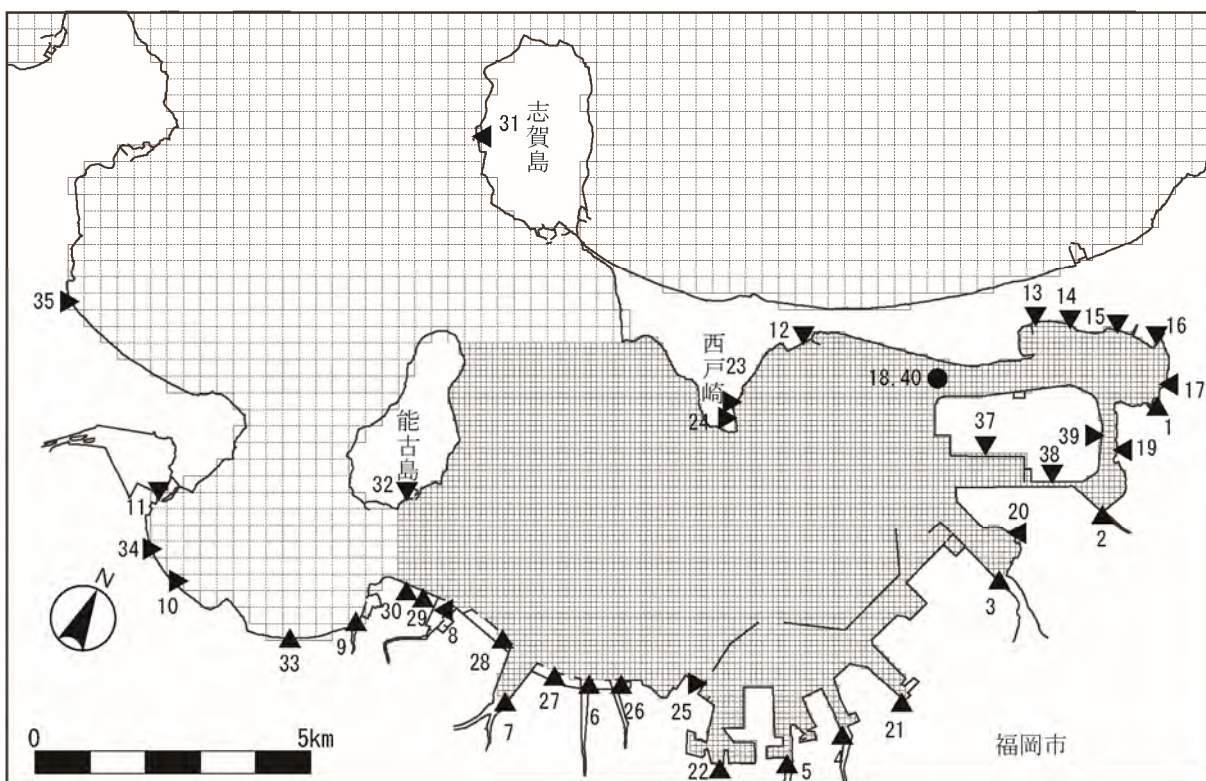


図 3-16(2) 淡水及び負荷の流入位置 (現況、100mメッシュ)



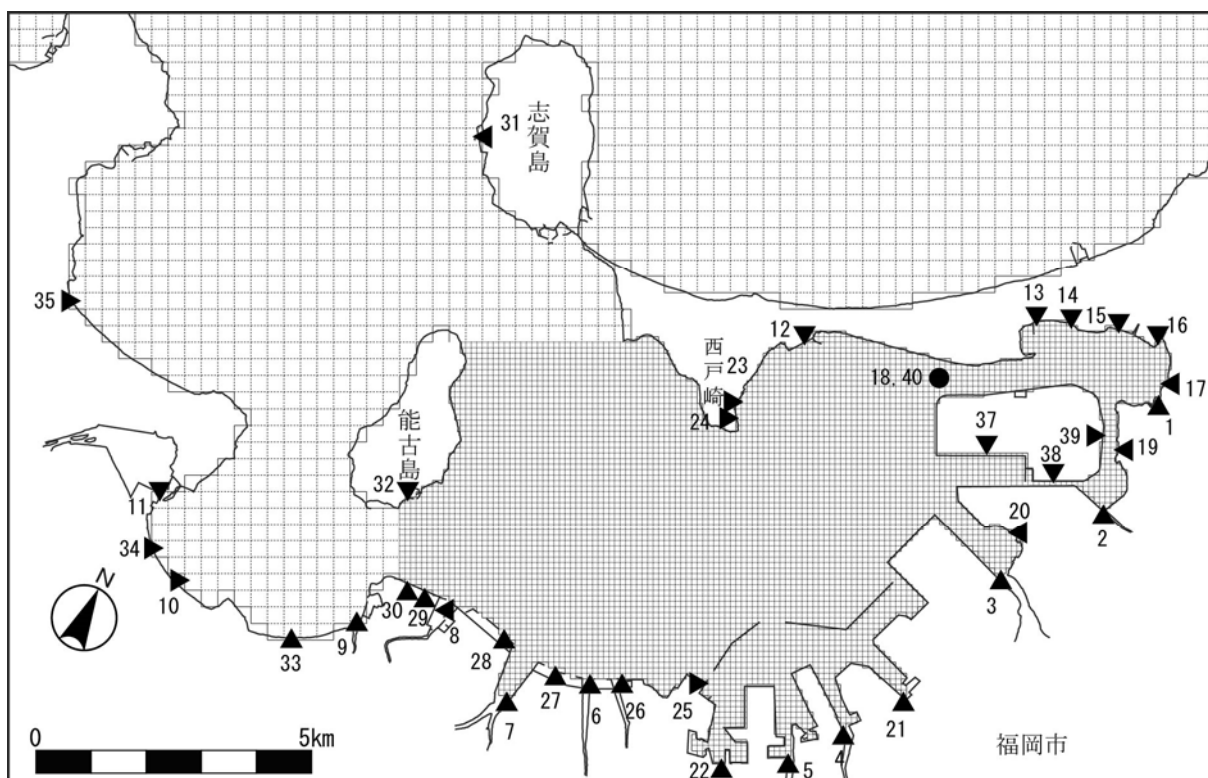


図 3-17(1) 淡水及び負荷の流入位置 (将来、今回計画、100m メッシュ)

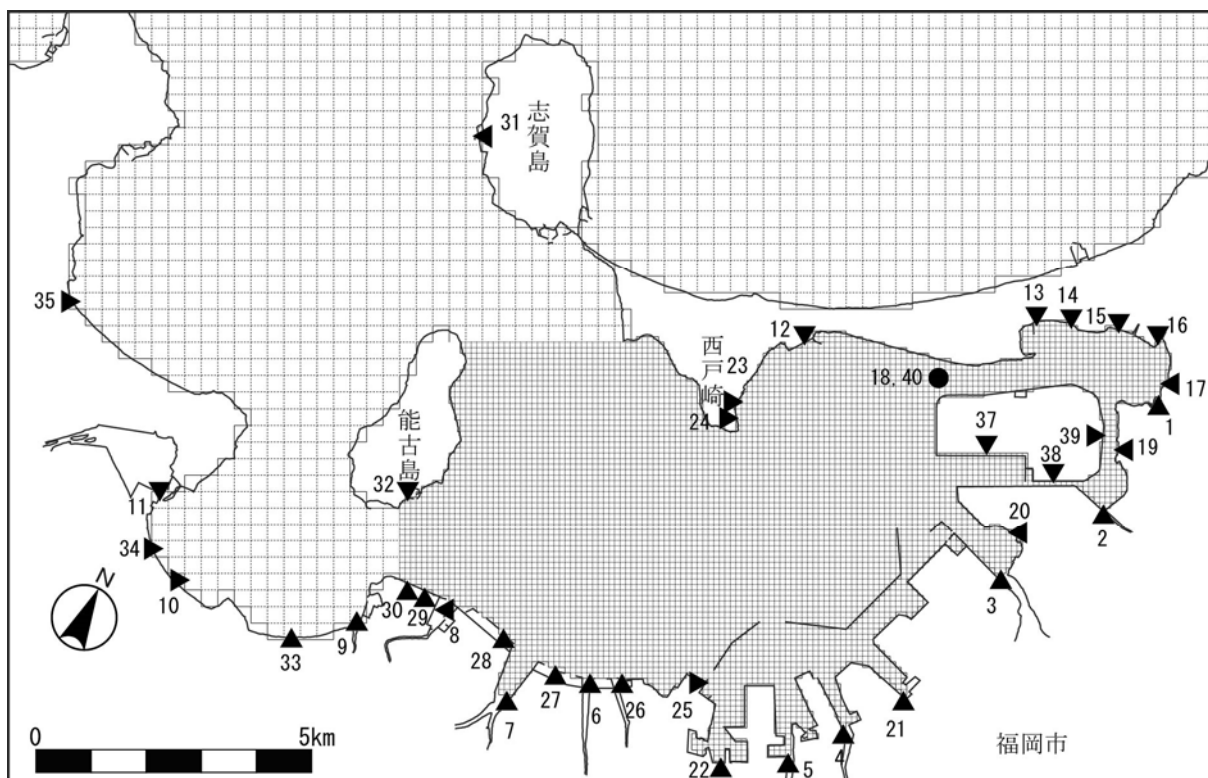


図 3-17(2) 淡水及び負荷の流入位置 (将来、既定計画、100m メッシュ)

表 3-35 淡水流入量（年平均値）

（単位：m<sup>3</sup>/日）

流入番号	流入地点	現 況	将 来	
			今回計画	既定計画
1	唐の原川	9,400	11,800	11,800
2	香椎川	16,800	20,600	20,600
3	多々良川	776,700	808,700	808,700
4	御笠川	269,600	377,200	377,200
5	那珂川	314,400	328,300	328,300
6	樋井川	73,300	89,800	89,800
7	室見川	223,400	237,600	237,600
8	名柄川	24,700	28,400	28,400
9	十郎川	17,300	19,700	19,700
10	七寺川	23,800	20,800	20,800
11	瑞梅寺川	110,000	109,900	109,900
12	東部1-1	13,300	13,300	13,300
13	東部1-2	3,100	3,600	3,600
14	東部1-3	6,600	8,100	8,100
15	東部1-4	12,700	15,400	15,400
16	東部1-5	17,800	20,600	20,600
17	東部1-6	1,600	1,900	1,900
18	和白水処理センター	32,400	43,200	43,200
19	東部 2	3,900	5,000	5,000
20	東部 3	38,300	44,300	44,300
21	東部 4	42,100	51,200	48,200
22	東部 5	27,600	42,300	41,900
23	中部 1	6,100	7,200	7,200
24	西戸崎水処理センター	4,800	4,900	4,900
25	中部水処理センター	202,100	187,200	187,200
26	中部 2	17,400	27,200	27,200
27	中部 3	5,600	8,800	8,800
28	中部 4	3,600	4,400	4,400
29	中部 5	5,600	6,500	6,500
30	西部水処理センター	139,900	168,400	168,400
31	西部 1	13,400	13,200	13,200
32	西部 2	8,300	8,300	8,300
33	西部 3	4,800	5,200	5,200
34	西部 4	3,500	3,900	3,900
35	西部 5	39,400	38,200	38,200
36	玄界島	2,600	2,600	2,600
37~39	アイランドシティ	7,100	19,100	19,100
40	海水淡水化施設	35,200	35,200	35,200
合 計		2,558,200	2,842,000	2,838,600

備考) 表中の流入番号は、図 3-16、図 3-17 に対応する。

## (2) 予測モデルの現況再現性の確認

潮流計算結果の現況再現性は、図 3-18 に示す潮流調査地点における潮流楕円の実測値と計算値を比較することにより確認した。主要な潮汐成分である  $M_2$  潮と  $S_2$  潮の潮流楕円の比較は、図 3-19 に示すとおりである。

潮流楕円の長軸の方向、大きさは実測値と計算値で概ね一致しており、現況の潮流を比較的よく再現していると考えられる。

現況における潮流分布（計算結果）は、図 3-20、図 3-21 に示すとおりである。

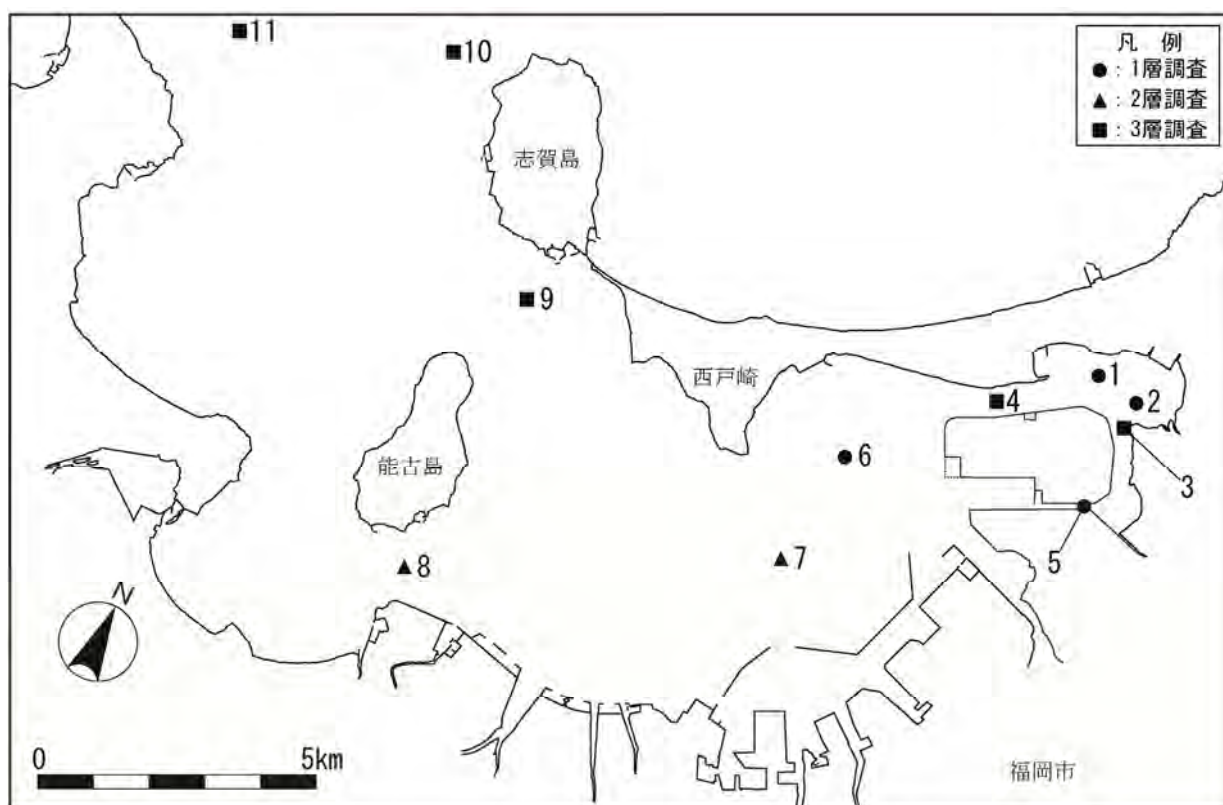


図 3-18 潮流調査地点

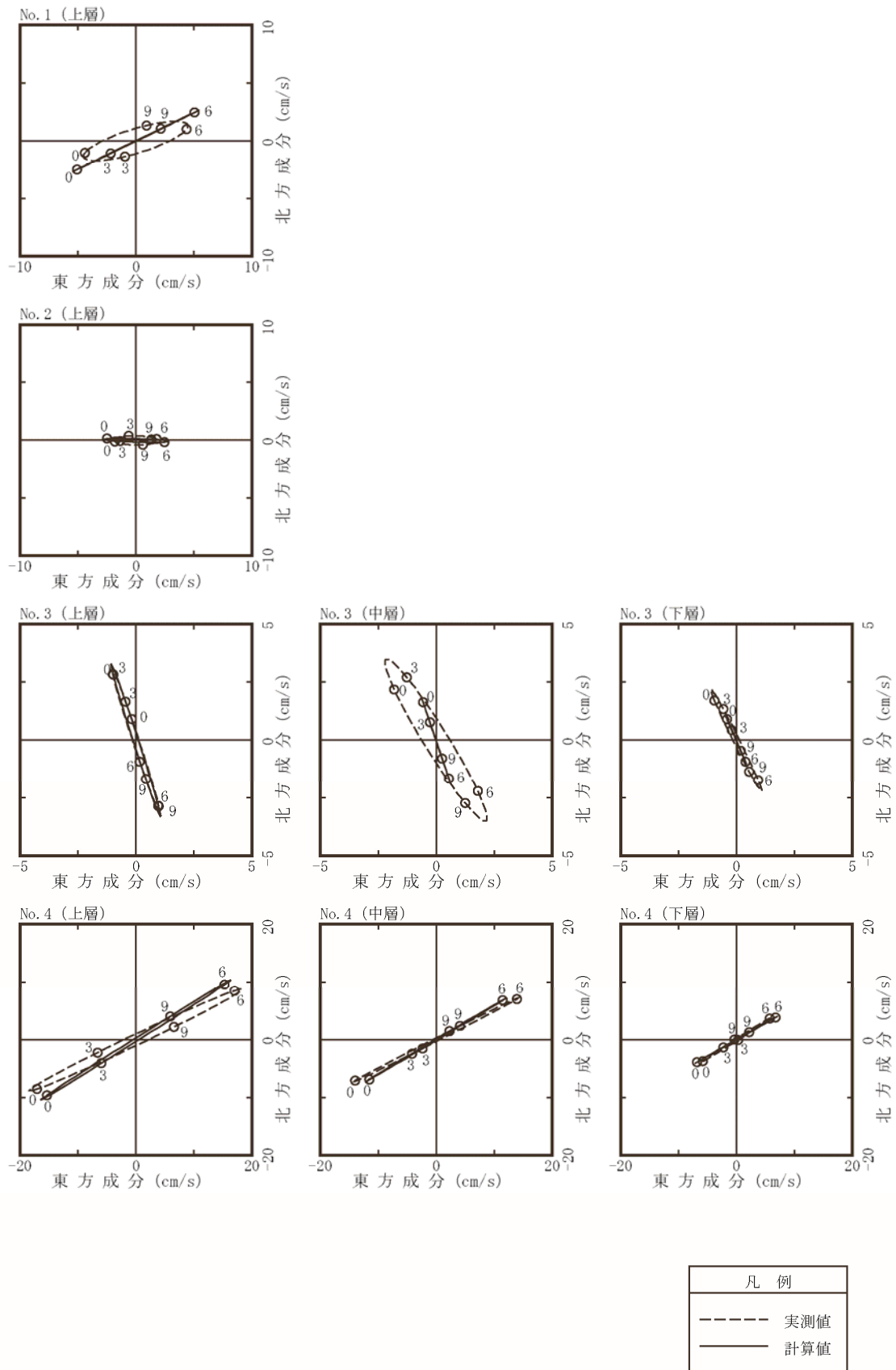
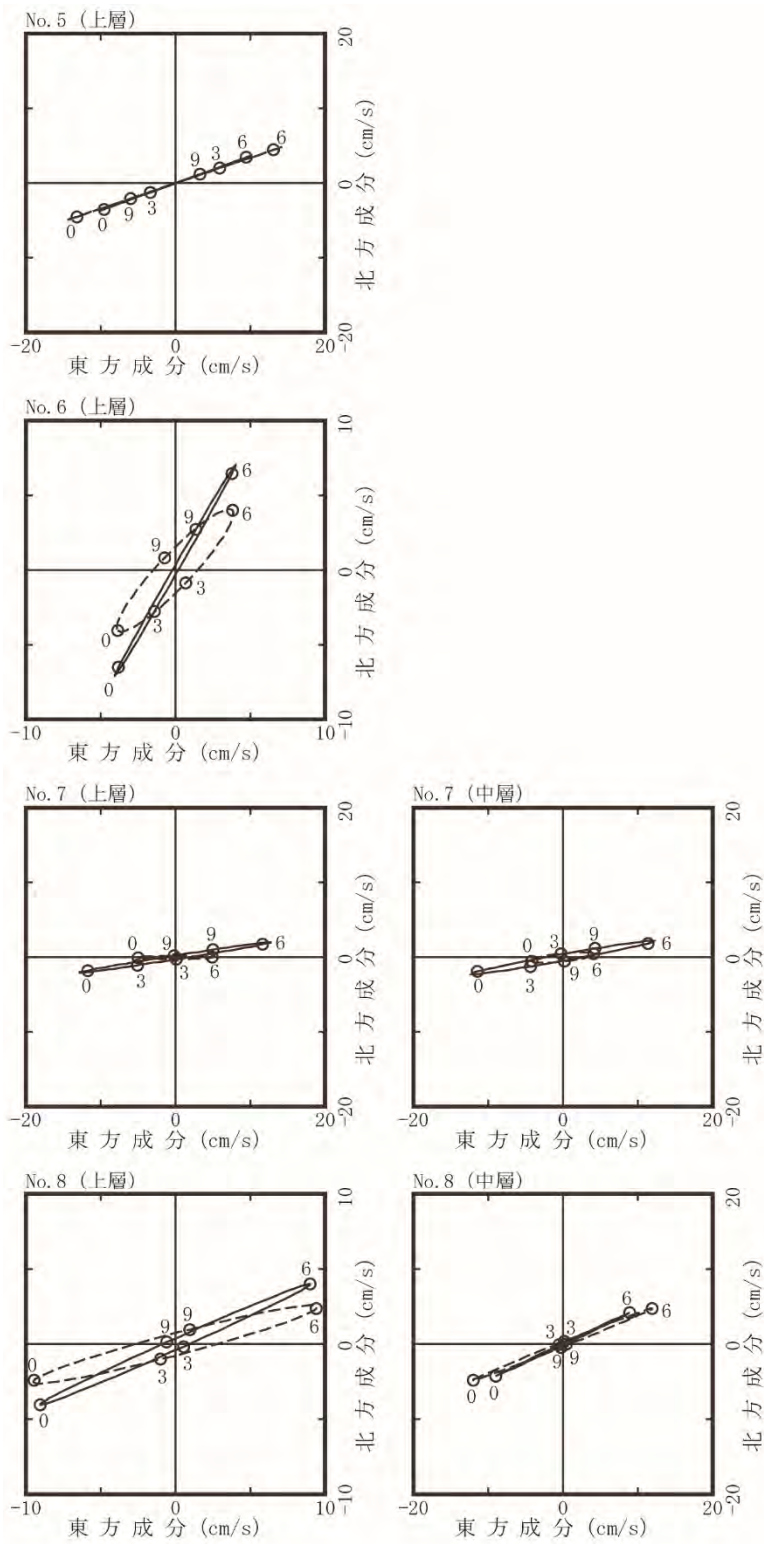
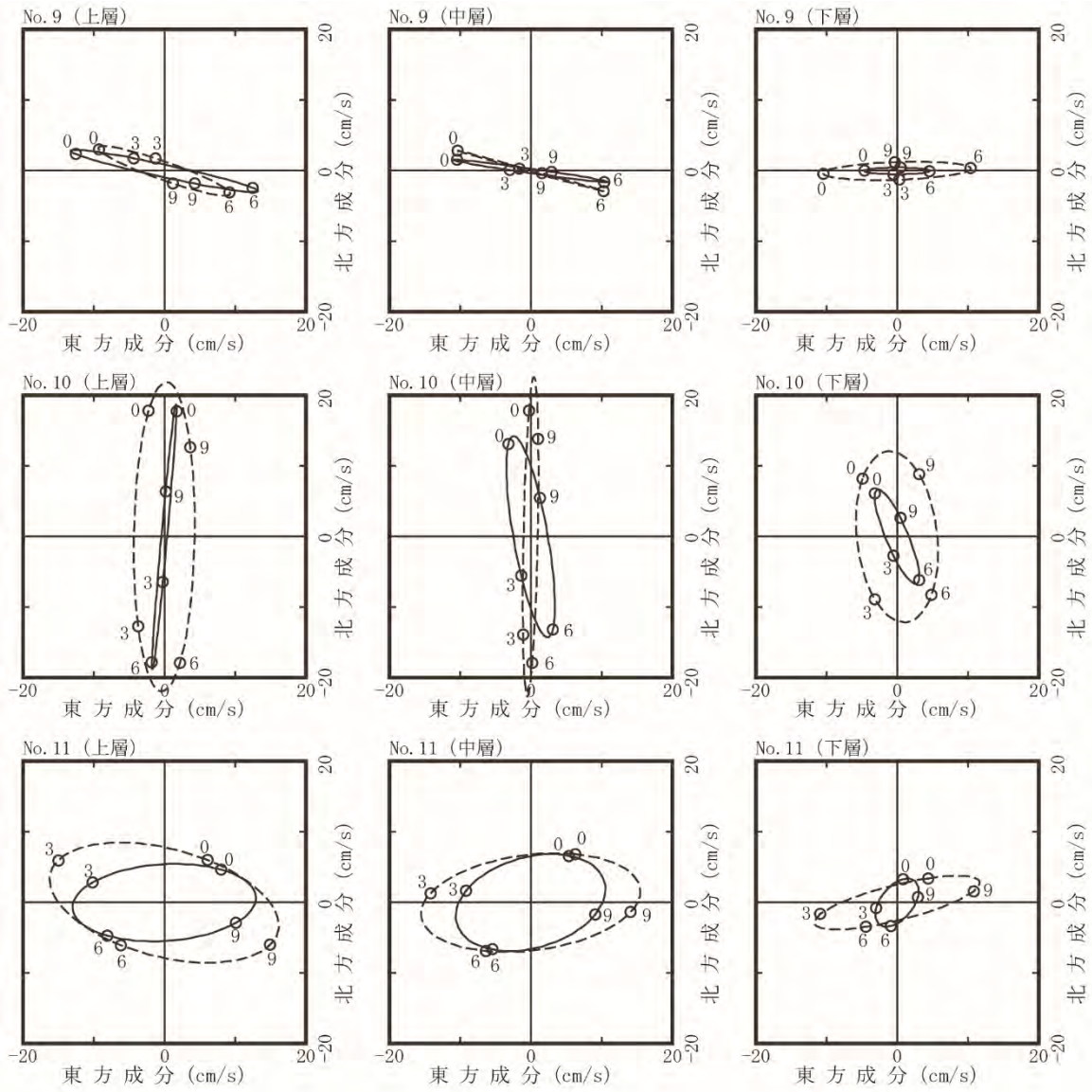


図 3-19(1) 潮流楕円による実測値と計算値の比較 ( $M_2$ 潮、No. 1~No. 4)



凡 例	
-----	実測値
—————	計算値

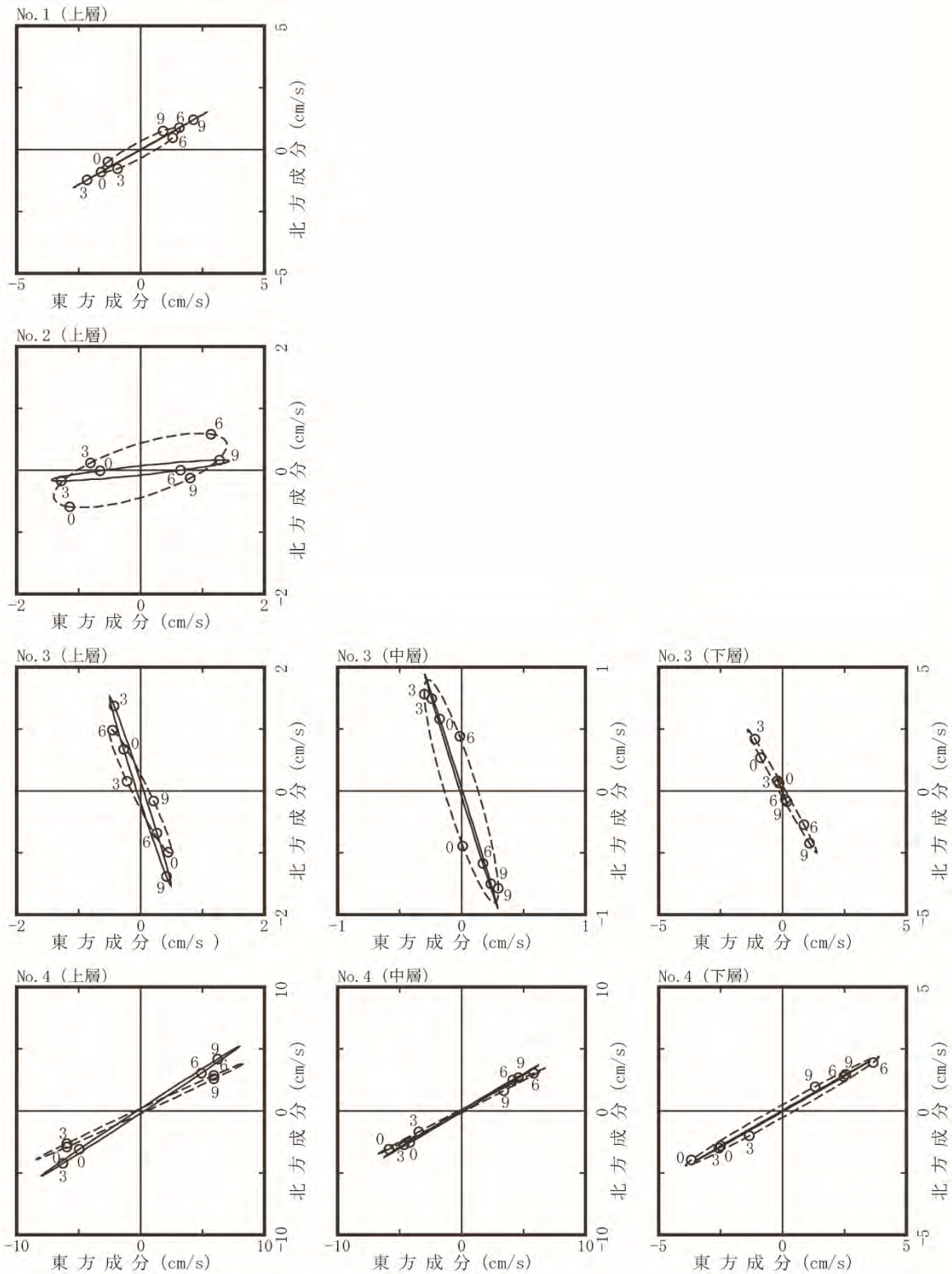
図 3-19(2) 潮流楕円による実測値と計算値の比較 (M<sub>2</sub>潮、No. 5~No. 8)



凡 例	
-----	実測値
—————	計算値

図 3-19 (3) 潮流楕円による実測値と計算値の比較 ( $M_2$ 潮、No. 9~No. 11)





凡 例	
-----	実測値
—————	計算値

図 3-19(4) 潮流楕円による実測値と計算値の比較 (S<sub>2</sub>潮、No. 1~No. 4)

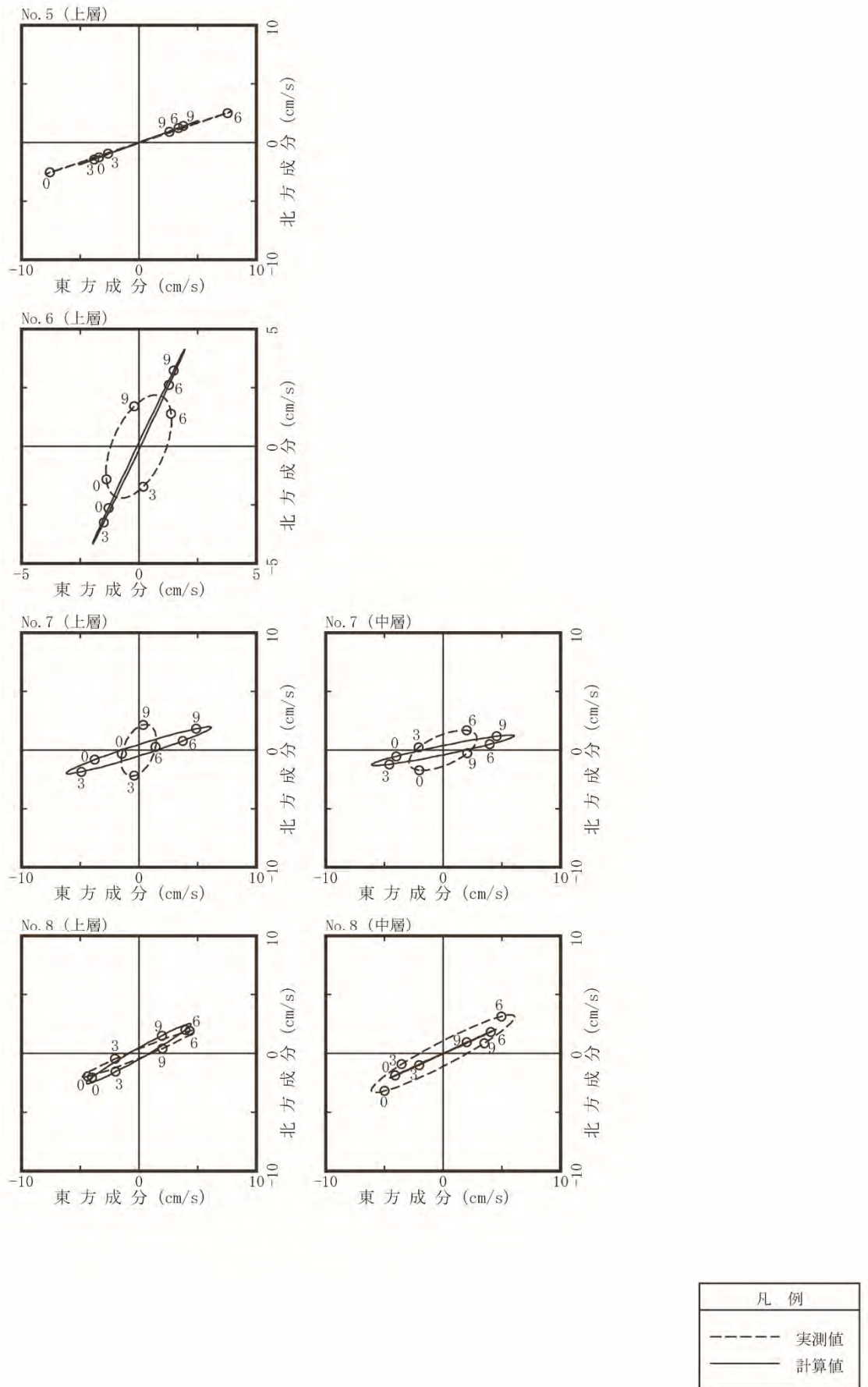
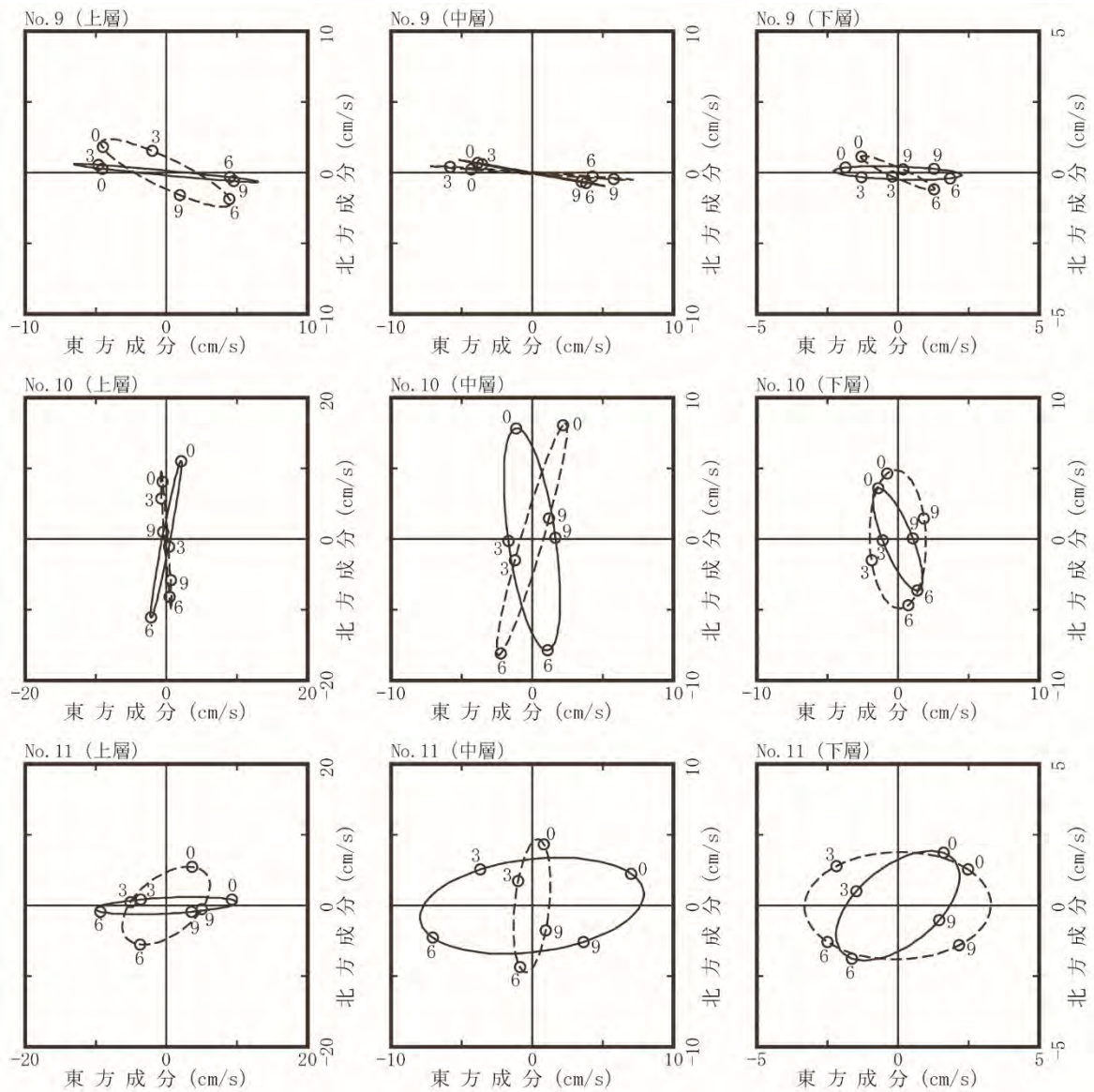


図 3-19(5) 潮流楕円による実測値と計算値の比較 (S<sub>2</sub>潮、No. 5~No. 8)





凡 例	
-----	実測値
—————	計算値

図 3-19 (6) 潮流楕円による実測値と計算値の比較 (S<sub>2</sub>潮、No. 9~No. 11)

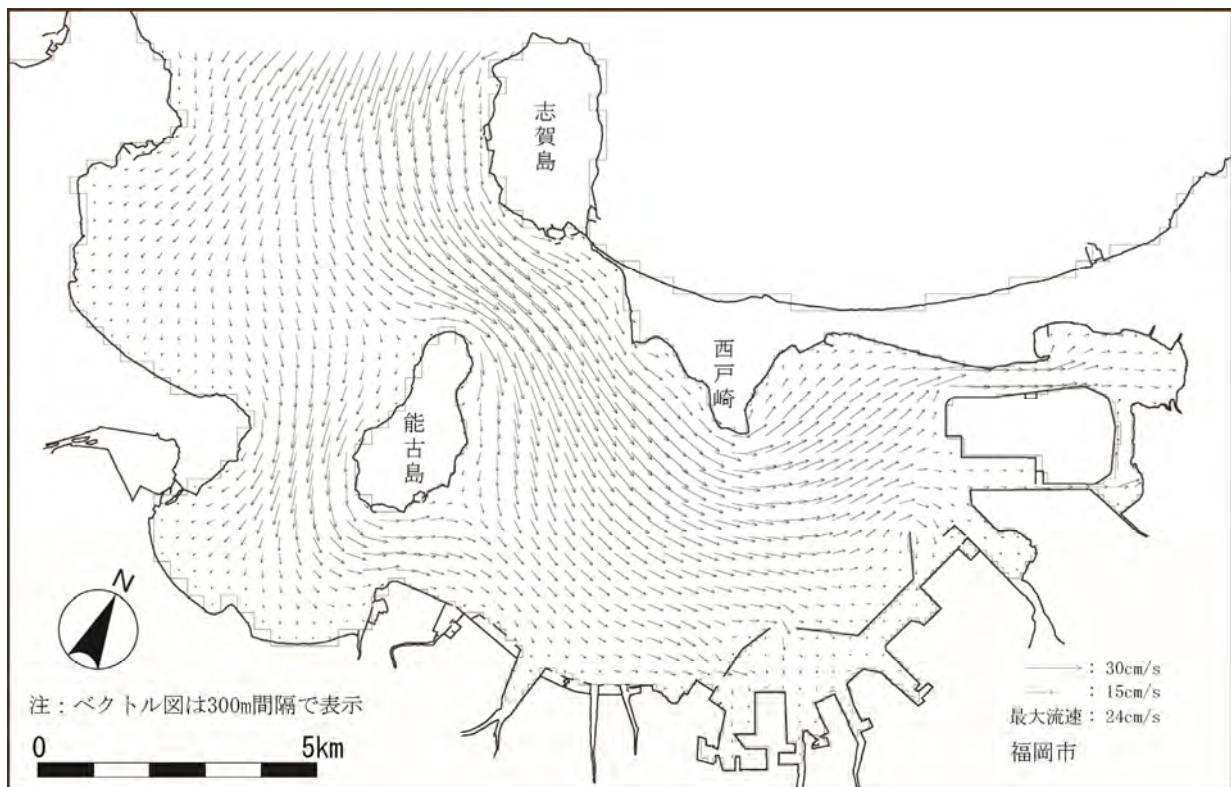


図 3-20 現況の潮流分布（平均大潮期、上げ潮最強時、第 1 層）

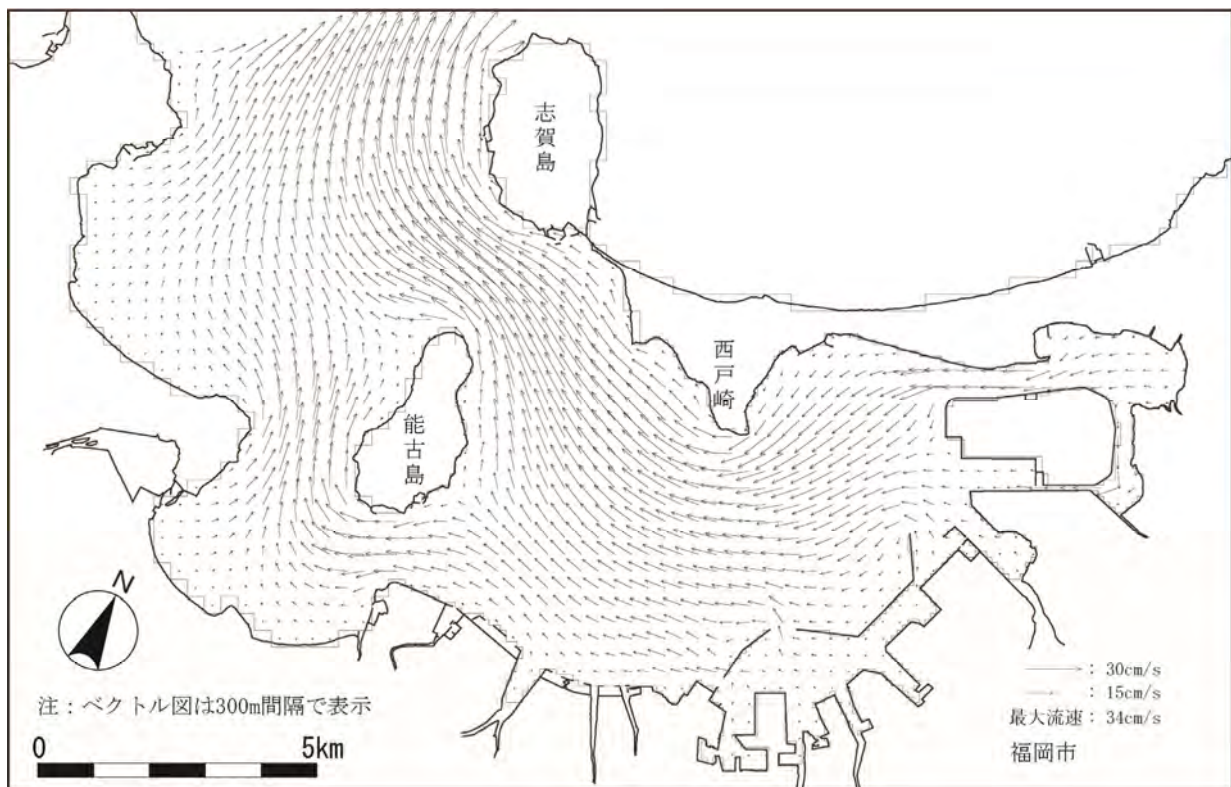


図 3-21 現況の潮流分布（平均大潮期、下げ潮最強時、第 1 層）

#### 3-5-4 予測結果

将来における潮流分布（今回計画、既定計画）は、図 3-22～図 3-25 に示すとおりである。

今回計画の実施に伴う流速変化は、図 3-26、図 3-27 に示すとおりである。