

II 水質に与える影響

I 水質に与える影響

I 淡水湖からの排水の影響

湖切り後の淡水湖の水位及び水質の維持のために、排水門及び除塩暗渠から有明海への排水を計画している。そこで、この排水が外海の水質にどのような影響を与えるかを予測する必要がある。

I-1 淡水拡散

排水門から流出する淡水がどのように拡散するか数理モデルを用いたシュミレーション手法により予測を行う。

(1) 基本式

1) 拡散の基本方程式

拡散方程式は、濃度をCとして、次式で示される。

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} (K_x \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_y \frac{\partial C}{\partial y}) \\ + \frac{\partial}{\partial z} (K_z \frac{\partial C}{\partial z}) + Q \cdot \delta(x^*) \cdot \delta(y^*) \cdot \delta(z^*) \dots\dots\dots \textcircled{1} \end{aligned}$$

K_x, K_y, K_z : x, y, z 方向の拡散係数

Q : 流入点の強さ

δ : Dirac の δ 関数

x^*, y^*, z^* : 流入点の位置

u, v, w : x, y, z 方向の流速

(2) 拡散モデル

① 平面的拡散モデル

淡水の拡散を単なる拡散の問題と考えれば、拡散係数が等方の場合には同心円状に拡がることになる。しかし排水門から流出する淡水は、潮流による移流項が主体の拡散であるために、流向にしたがって、海岸沿いに拡がることを考えられる。このため移流拡散の項を含む基本式を用いて検討した。

数理モデルは潮流変化の予測に用いたモデル(図Ⅲ-1-1)を用いる。

② 三次元（表層と底層の区分）モデル

前項①のモデルは淡水の平均的な拡散範囲を明らかにするため鉛直方向に平均化したものであるが、実際には（密度流の影響で）表層は塩分濃度が薄くなり、底では濃くなる現象が観測されている。この場合に現地データを見ると、たとえば筑後川河口では表層 15% に対して底は 17% というように、約 2% の差が生じている。したがって表層のみ拡散すると考えれば拡散範囲は広がるのではないかと考えられる。しかし、広域の三次元モデルによる解析には、プログラム開発を含めて、とても対応できないため、ここでは最も影響が大きいと思われる諫早湾口域について単純な三次元モデル（図Ⅲ-2-28 参照）で計算し平面解析の結果を修正した。

(3) 計算条件

排水門からの排水量は、平水時には $Q = 12.1 \text{ m}^3/\text{sec}$ （年平均排水量）、洪水時には $Q_{\text{max}} = 5842 \text{ m}^3/\text{sec}$ （日雨量 219 mm（1/5 超過確率）の降雨時における排水門からの排水量）として 2 ケースについて計算を実施した。

拡散係数は、最大値 $K = 100 \text{ m}^2/\text{sec}$ 、最小値 $K = 1.0 \text{ m}^2/\text{sec}$ を用い、考えられる最大の拡散として大潮時で $K = 100 \text{ m}^2/\text{sec}$ を、最小の拡散として小潮時で $K = 1.0 \text{ m}^2/\text{sec}$ の 2 ケースについて検討した。

なお、外海海水の塩素量濃度は 18%、16%、14% の三ケースとした。

(4) 検討結果

計算結果は、図Ⅲ-2-1～図Ⅲ-2-8 に示すとおりである。これらの図は、各ケースにおける各時間毎の最大範囲を示したものであり、図中の実線は上げ潮及び下げ潮時の拡散範囲の包絡線である。

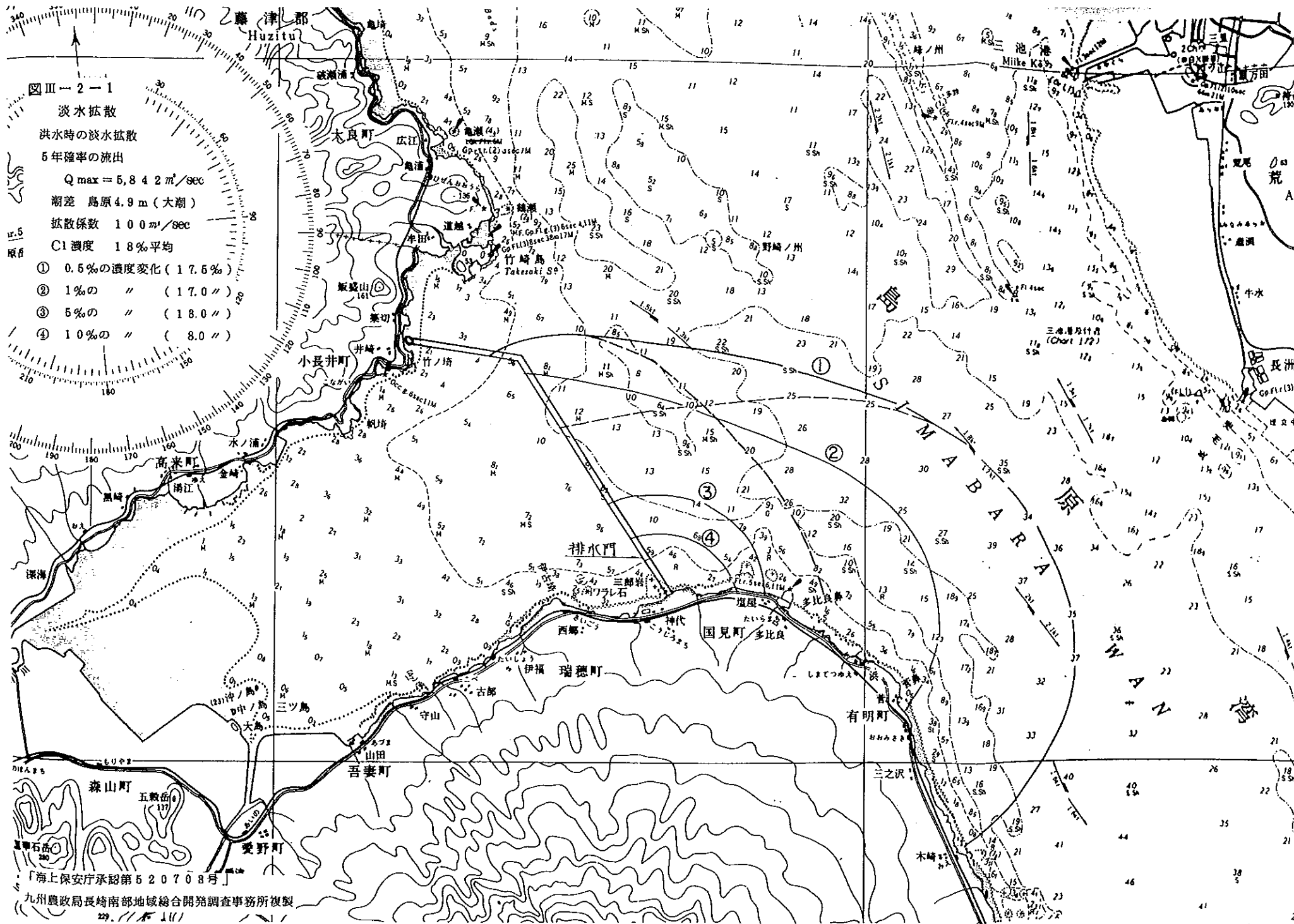
この結果、平水時、洪水時ともに潮流の影響を受けて、特に下げ潮時の影響を強く受けて、海岸沿いに拡散している。また、大潮時と小潮時とは、全体的な傾向がよく似ている。

排水門直前の塩分濃度の変化は、図Ⅲ-2-9、10 に示すとおりである。

なお、諫早湾口をモデルとした単純なモデルで計算し、平面解析結果を修正して求めた結果をみると表層と底層との拡散は、下げ潮により淡水は徐々に混合拡散され、約 6 時間後で図Ⅲ-2-11 の(1)に示す拡散状況となり、その後上げ潮と

なり約 10 時間後で(2)に示す拡散状況となる。また、この図より、17.5% の濃度についてみると、表面と底とは拡散域としてはあまり差がないが、15% 以下の濃度では中間層より上部の層に拡散することがわかる。さらに、表層より 14.5% 以下は 16% より低下しないことがわかる。なお、平面拡散の状況は図Ⅲ-2-12、図Ⅲ-2-13 に示した。

また、外海の塩分条件が変化した場合の拡散状況をみるため、外海塩分濃度が 18%、16%、14% の場合についても検討したが、外海の塩分濃度が低いほど排出淡水の影響範囲が狭くなることがはっきりわかる。



図Ⅲ-2-1

淡水拡散

洪水時の淡水拡散

5年確率の流出

$Q_{max} = 5,842 \text{ m}^3/\text{sec}$

潮差 島原 4.9 m (大潮)

拡散係数 $100 \text{ m}^2/\text{sec}$

C1濃度 1.8%平均

- ① 0.5%の濃度変化 (17.5%)
- ② 1%の " (17.0%)
- ③ 5%の " (18.0%)
- ④ 10%の " (8.0%)

「海上保安庁承認第520708号」

九州農政局長崎南部地域総合開発調査事務所複製

図三-2-2

淡水拡散

洪水時の淡水拡散

5年確率の流出

$Q = 5,842 \text{ m}^3/\text{sec}$

潮差 島原 3.0 m (小潮)

拡散係数 $1.0 \text{ m}^2/\text{sec}$

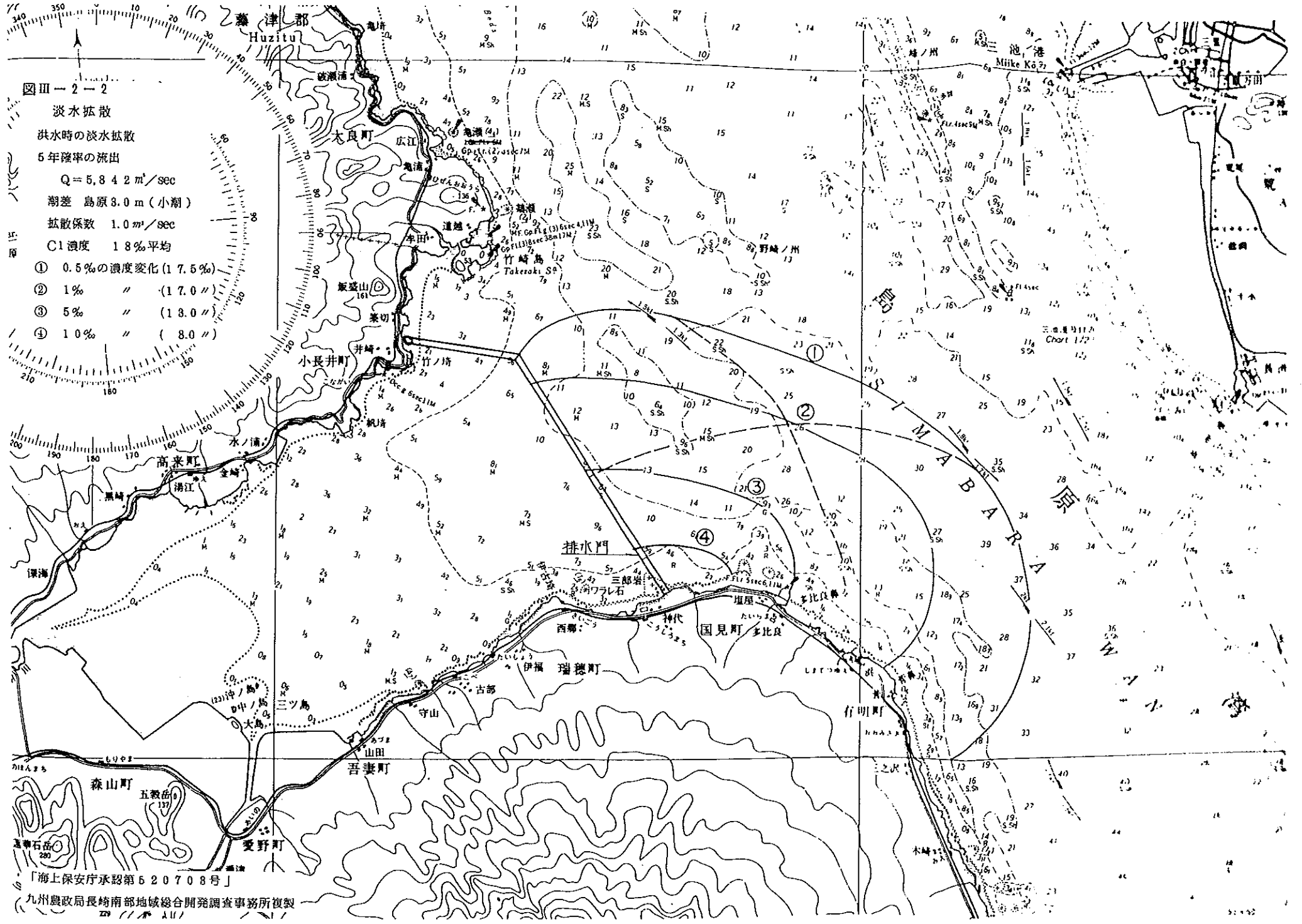
C1 濃度 1.8 ‰ 平均

① 0.5 ‰ の濃度変化 (17.5 ‰)

② 1 ‰ " (17.0 ‰)

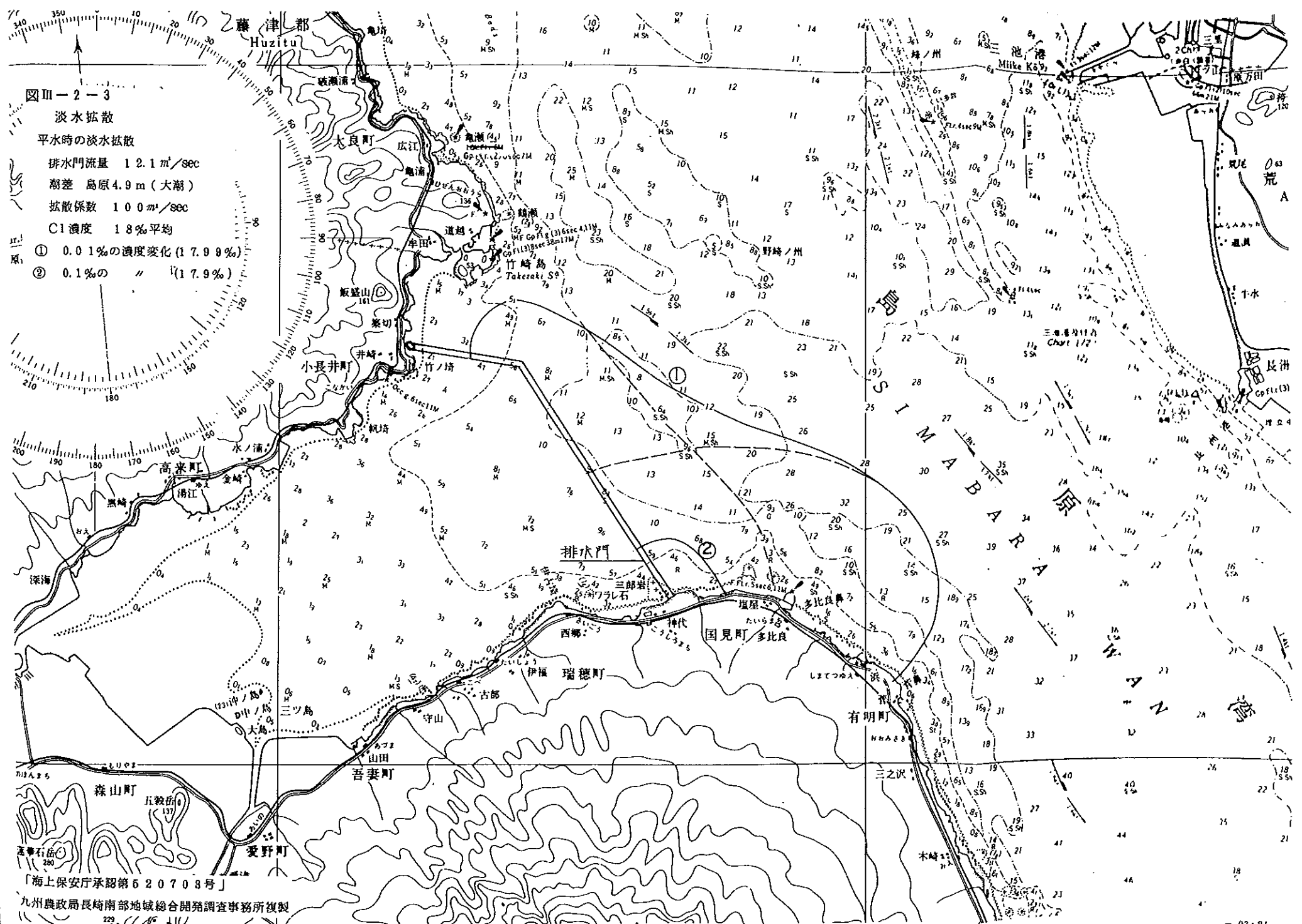
③ 5 ‰ " (13.0 ‰)

④ 10 ‰ " (8.0 ‰)



「海上保安庁承認第520708号」

九州農政局長崎南部地域総合開発調査事務所複製



図三-2-3

淡水拡散

平水時の淡水拡散

排水門流量 12.1 m³/sec

潮差 島原 4.9 m (大潮)

拡散係数 100 m²/sec

Cl濃度 18%平均

① 0.01%の濃度変化 (17.99%)

② 0.1%の // (17.9%)

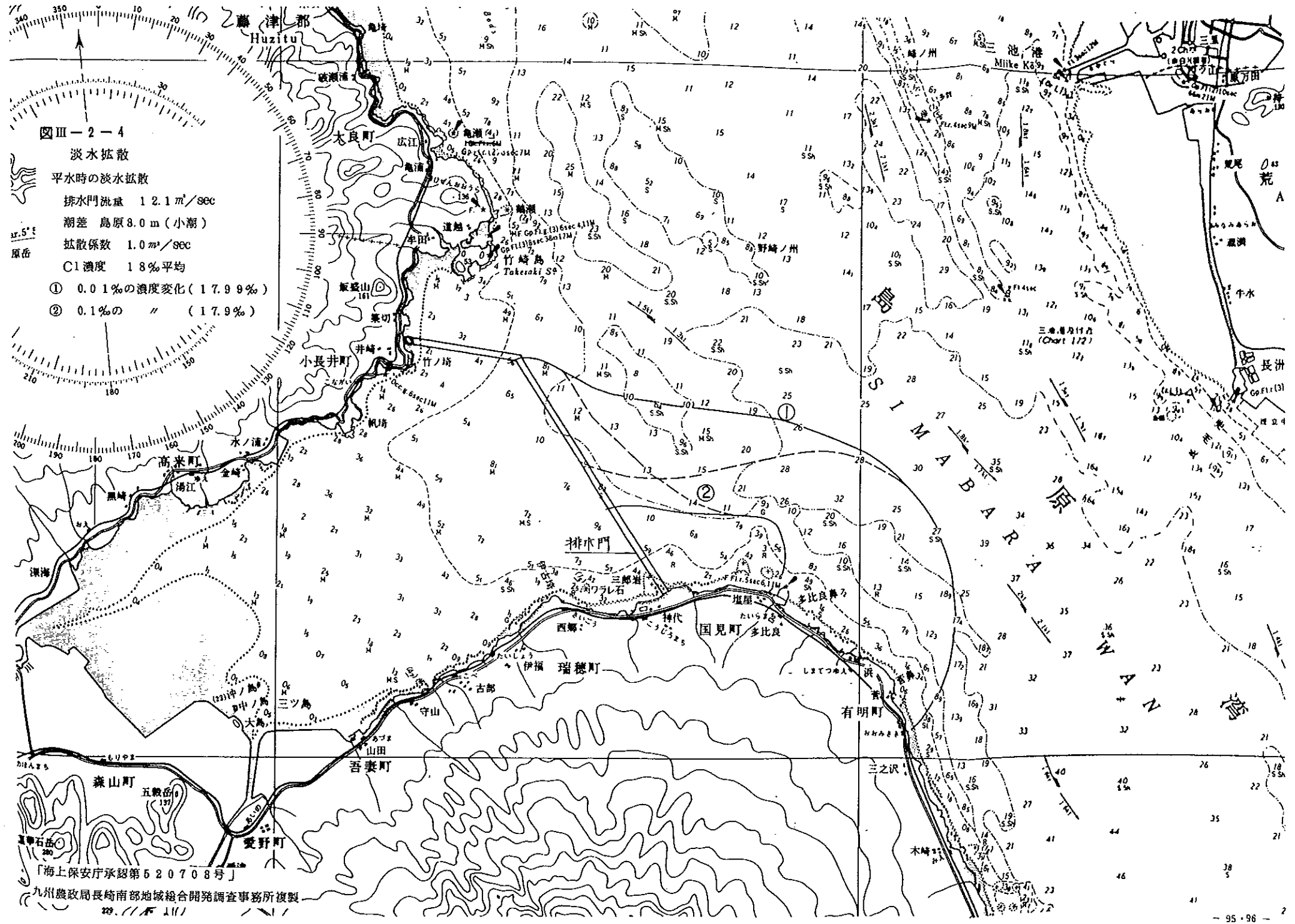
比原

原

「海上保安庁承認第520708号」

九州農政局長崎南部地域総合開発調査事務所複製

229. // 46 111



図III-2-4

淡水拡散

平水時の淡水拡散

排水門流量 $12.1 \text{ m}^3/\text{sec}$

潮差 島原 8.0 m (小潮)

拡散係数 $1.0 \text{ m}^2/\text{sec}$

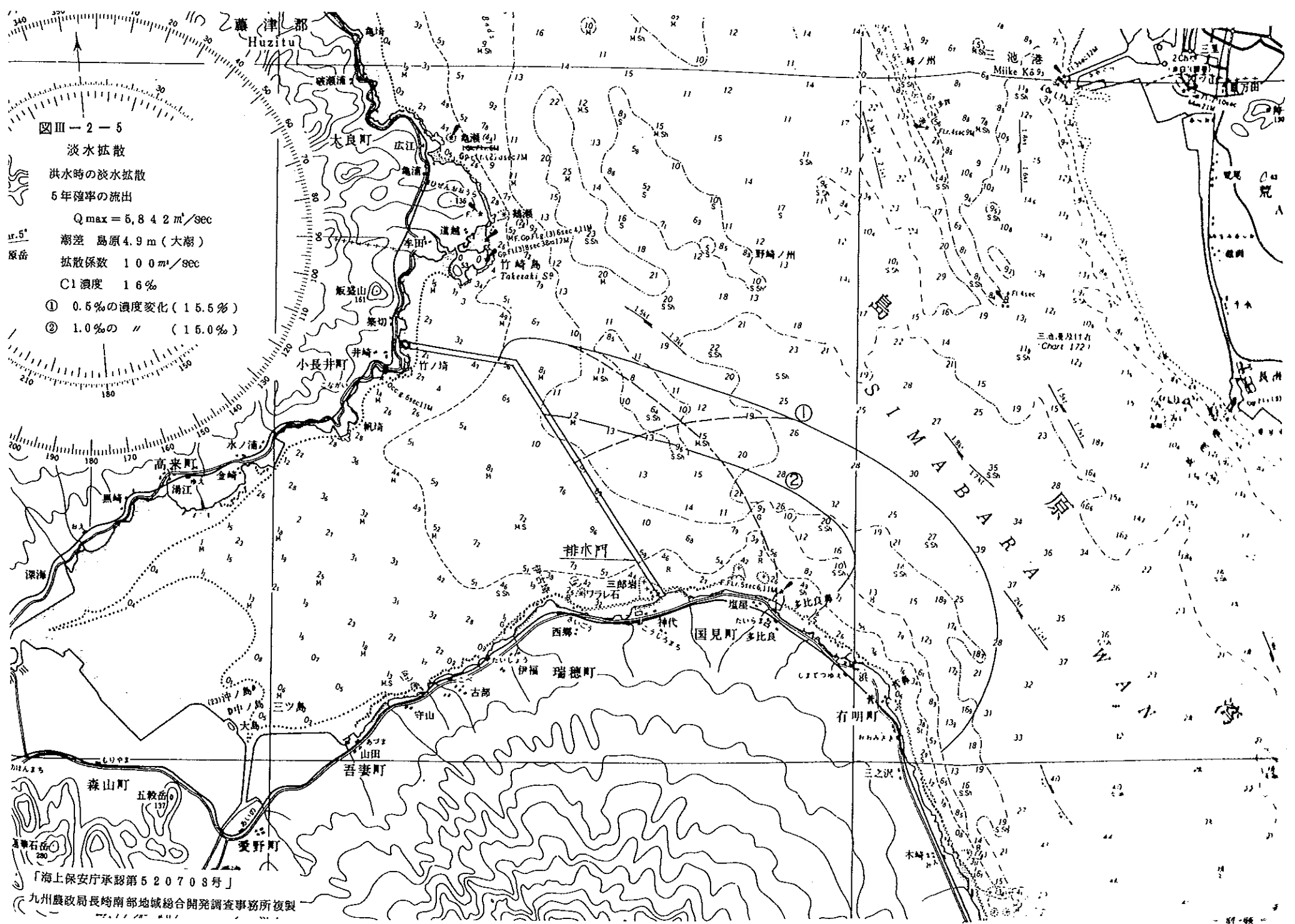
C1濃度 18% 平均

① 0.01% の濃度変化 (17.99%)

② 0.1% の " (17.9%)

「海上保安庁承認第520708号」

九州農政局長崎南部地域総合開発調査事務所複製



図三-2-5

淡水拡散

洪水時の淡水拡散

5年確率の流出

$Q_{max} = 5,842 m^3/sec$

潮差 島原 4.9m (大潮)

拡散係数 $100 m^2/sec$

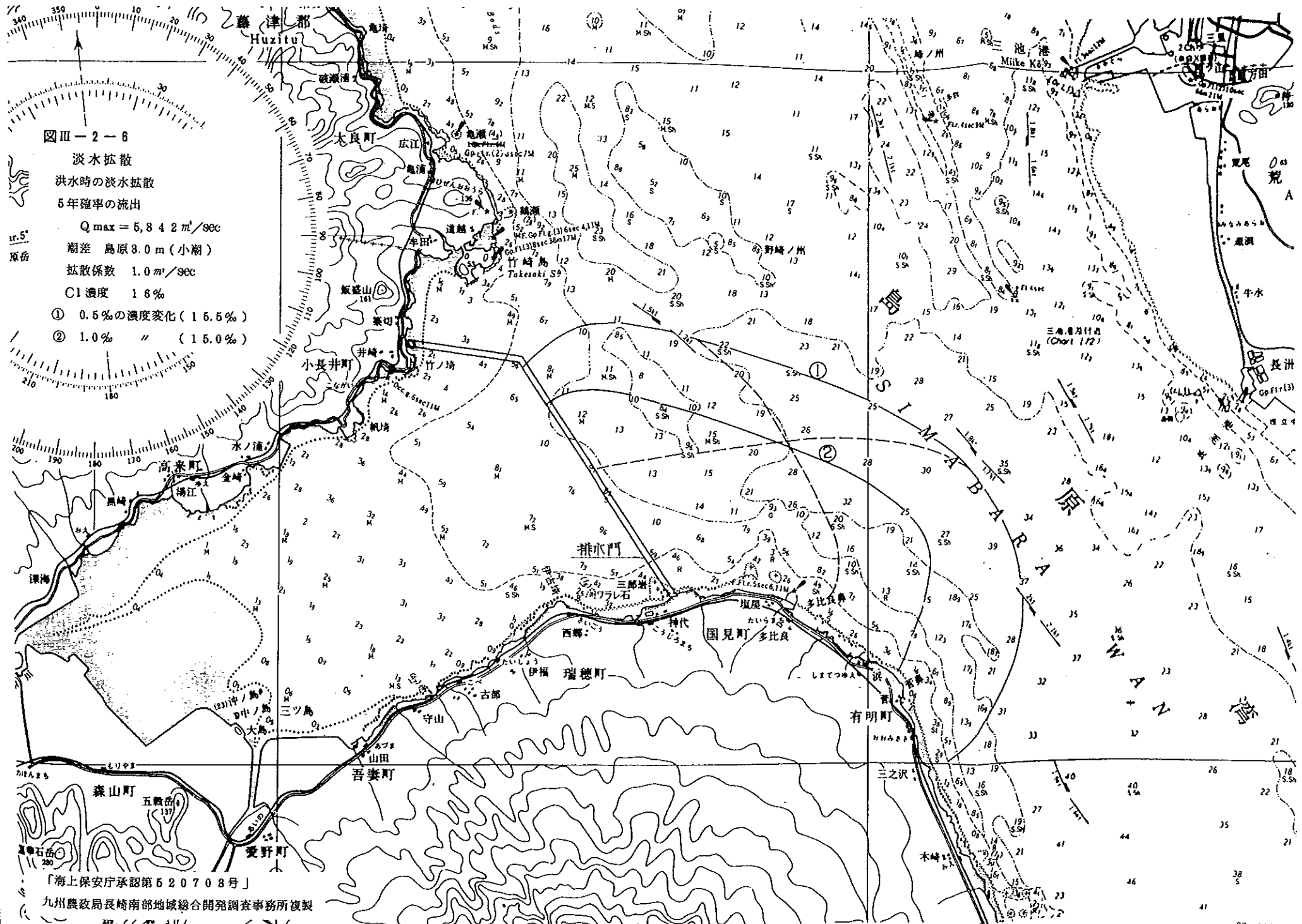
C1 濃度 1.6%

① 0.5%の濃度変化 (15.5%)

② 1.0%の // (15.0%)

「海上保安庁承認第520708号」

九州農政局長崎南部地域総合開発調査事務所複製



図三-2-6

淡水拡散

洪水時の淡水拡散

5年確率の流出

$Q_{max} = 5,842 \text{ m}^3/\text{sec}$

潮差 島原 3.0 m (小潮)

拡散係数 $1.0 \text{ m}^2/\text{sec}$

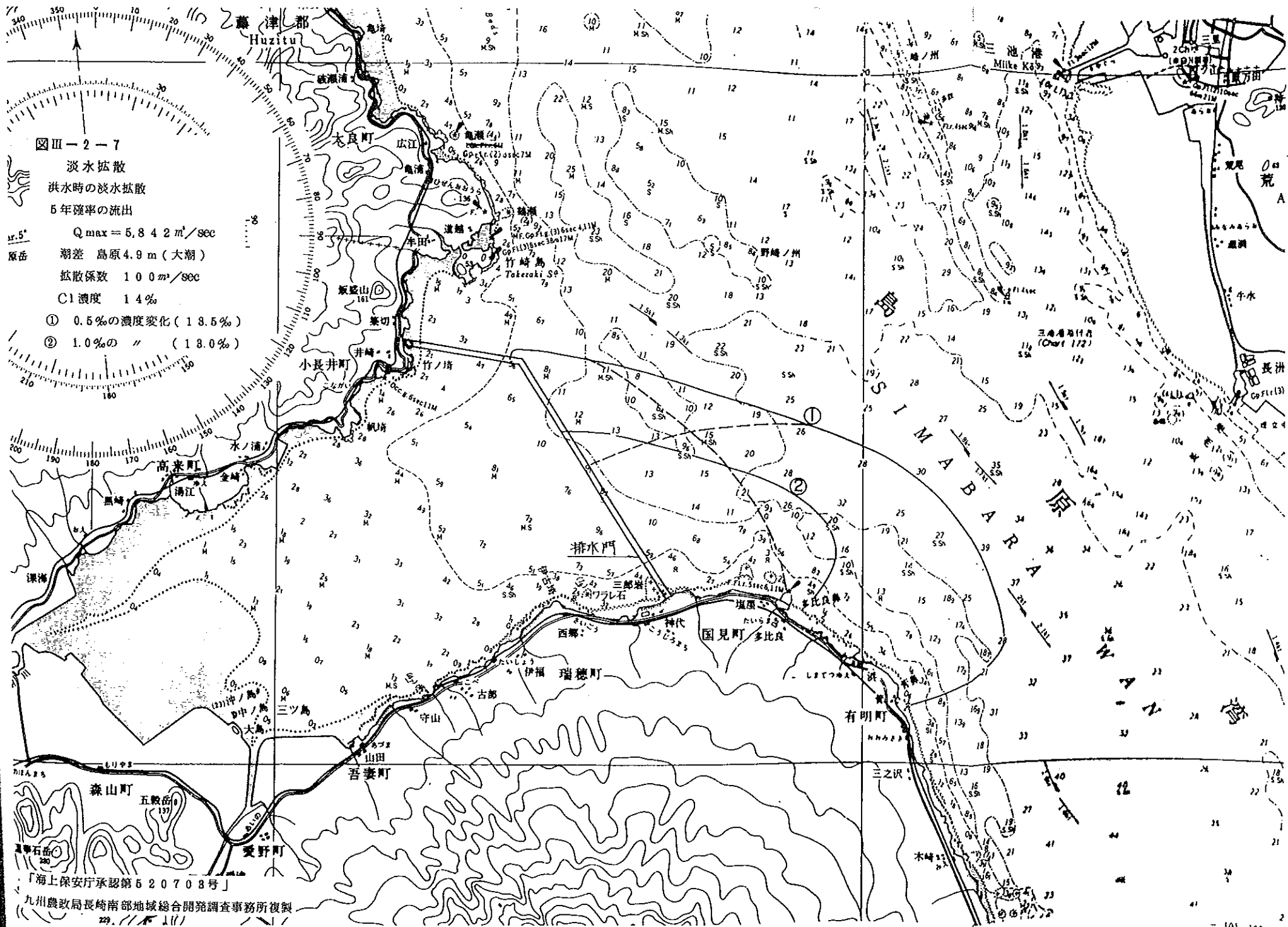
Cl濃度 1.6%

① 0.5%の濃度変化 (15.5%)

② 1.0% " (15.0%)

「海上保安庁承認第520708号」

九州農政局長轄南部地域総合開発調査事務所複製



図Ⅲ-2-7

淡水拡散

洪水時の淡水拡散

5年確率の流出

$Q_{max} = 5,842 m^3/sec$

潮差 高原 4.9 m (大潮)

拡散係数 $100 m^2/sec$

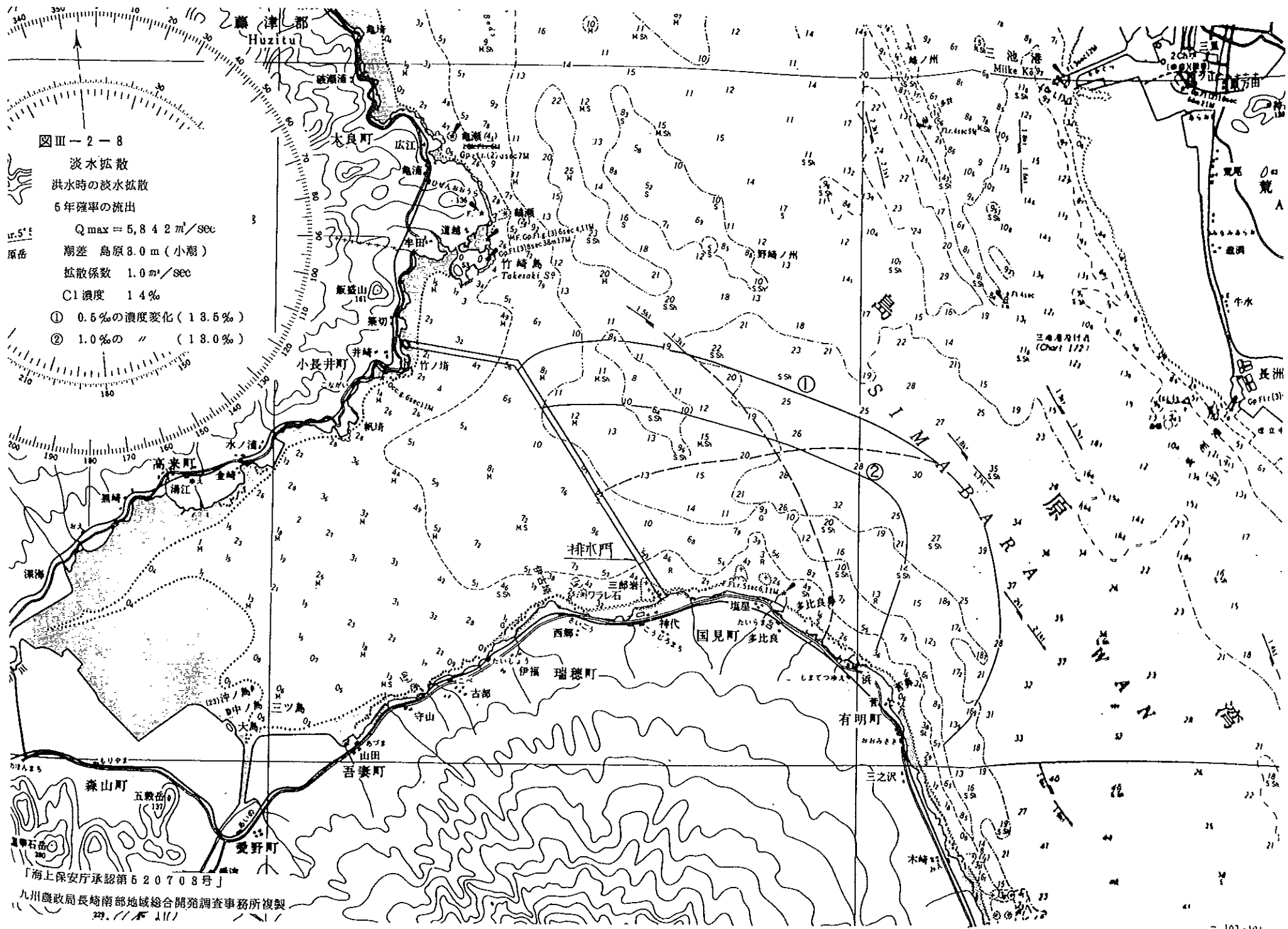
C1濃度 14‰

① 0.5‰の濃度変化 (18.5%)

② 1.0‰の " (18.0%)

「海上保安庁承認第620708号」

九州農政局長崎南部地域総合開発調査事務所複製



図Ⅲ-2-8

淡水拡散

洪水時の淡水拡散

5年確率の流出

$Q_{max} = 5,842 m^3/sec$

原岳 潮差 島原 3.0 m (小潮)

拡散係数 $1.0 m^2/sec$

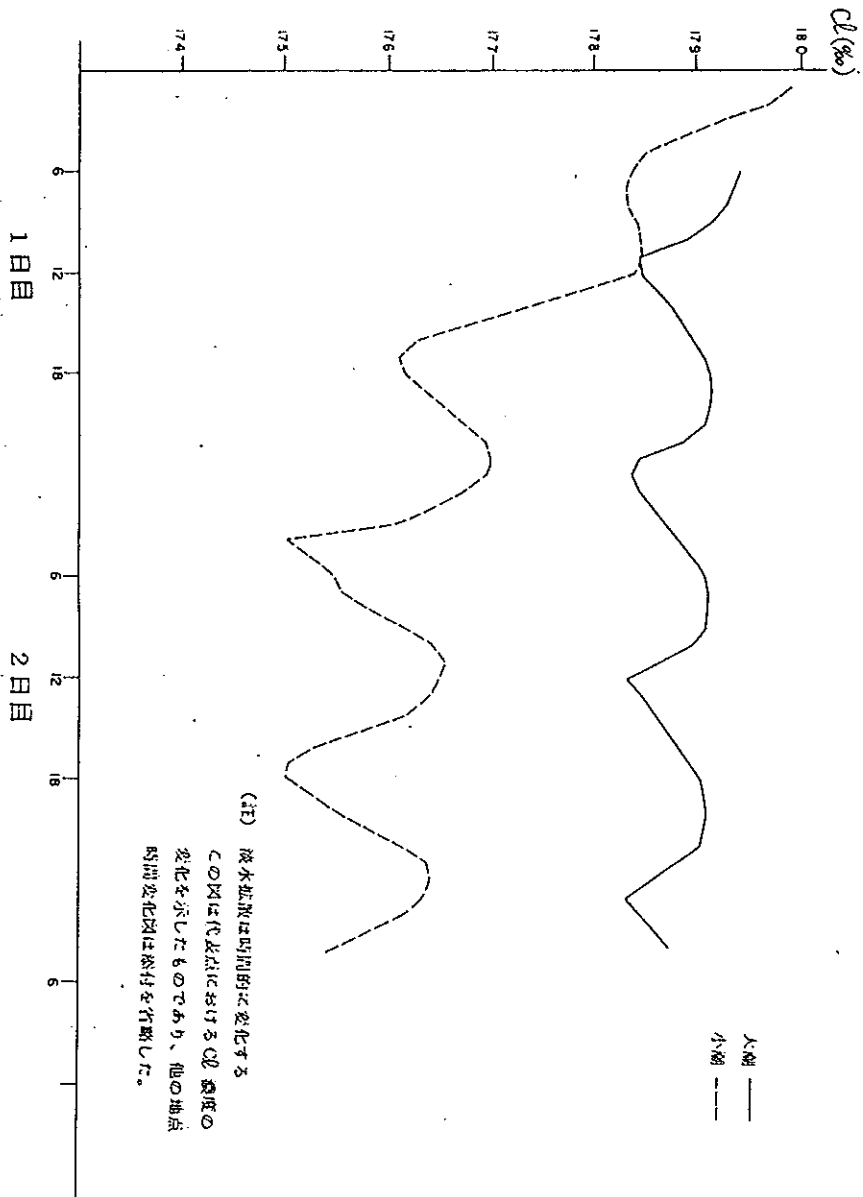
C1 濃度 1.4%

① 0.5%の濃度変化 (13.5%)

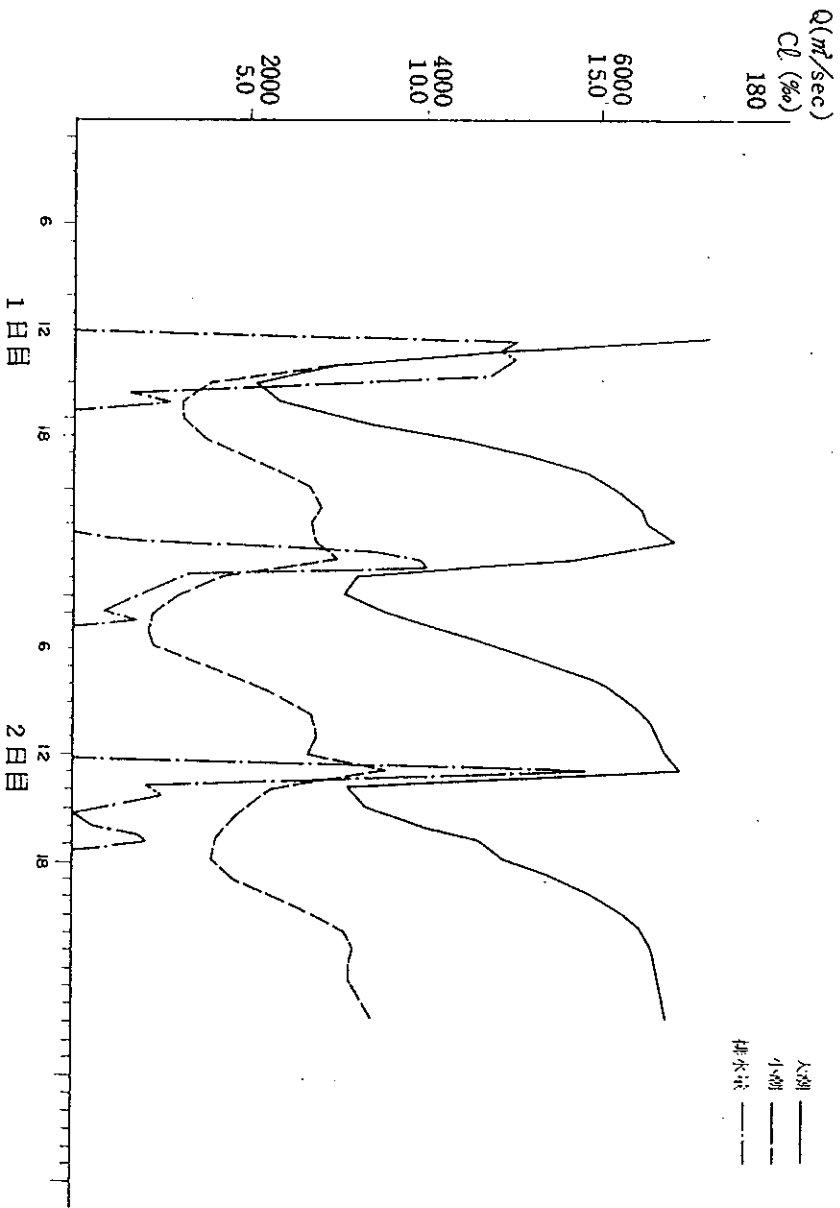
② 1.0%の " (18.0%)

「海上保安庁承認第520708号」
 九州農政局長崎南部地域総合開発調査事務所複製

図III-2-9 淡水拡散によるCl%の変化（平水時）

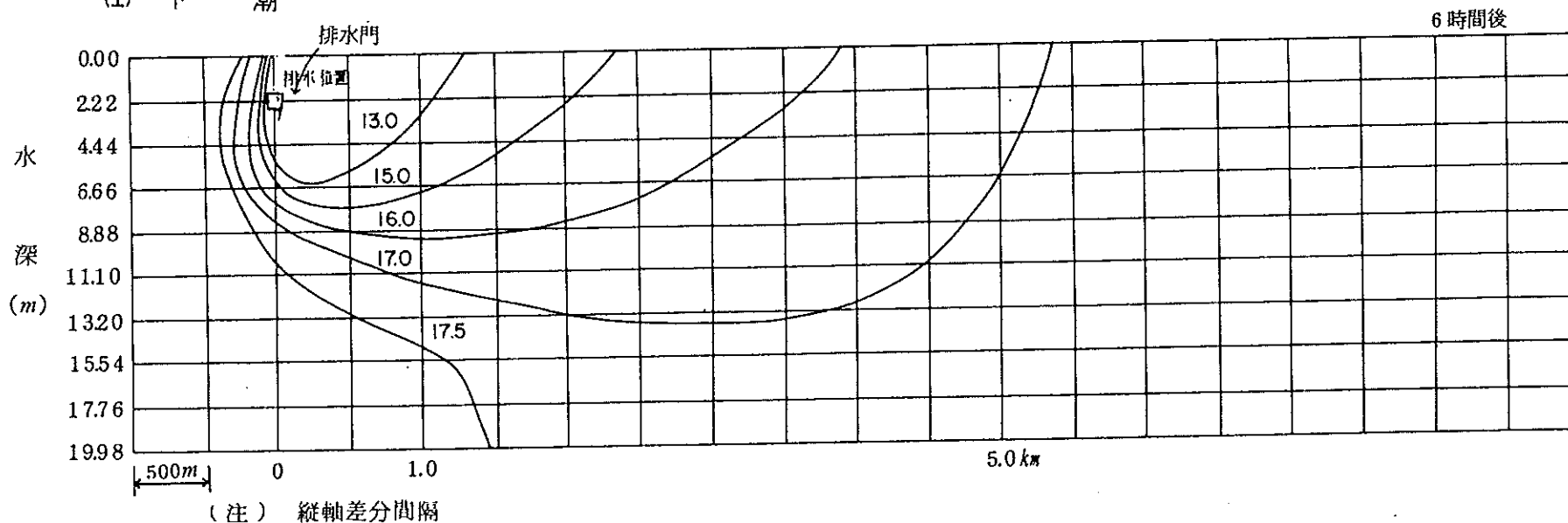


図III-2-10 淡水拡散によるCl%の変化（洪水時）

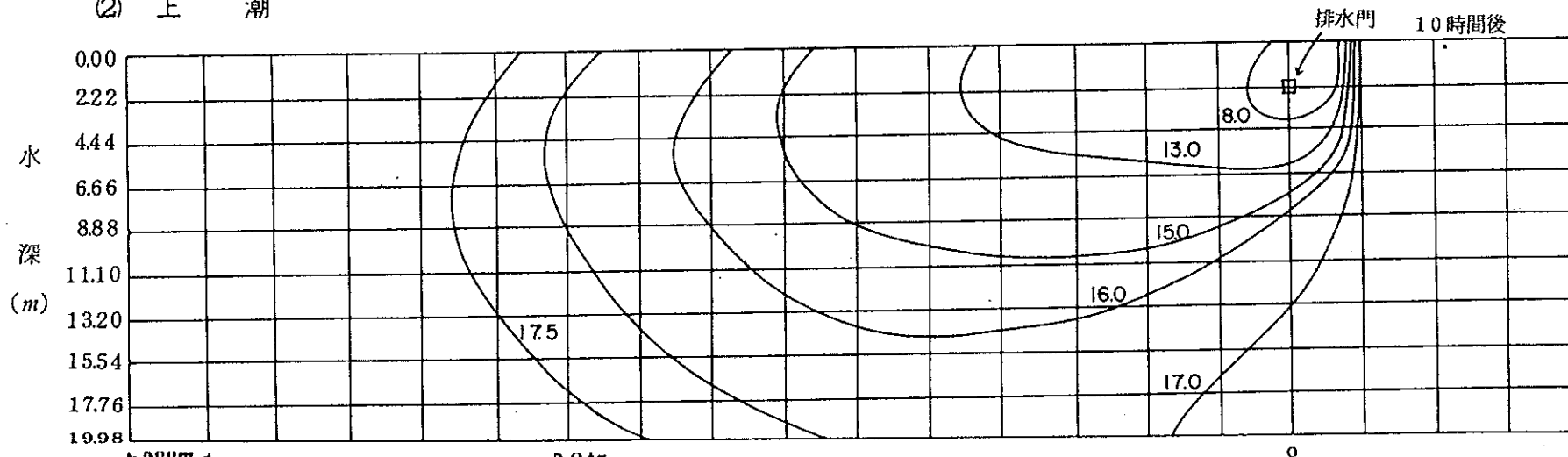


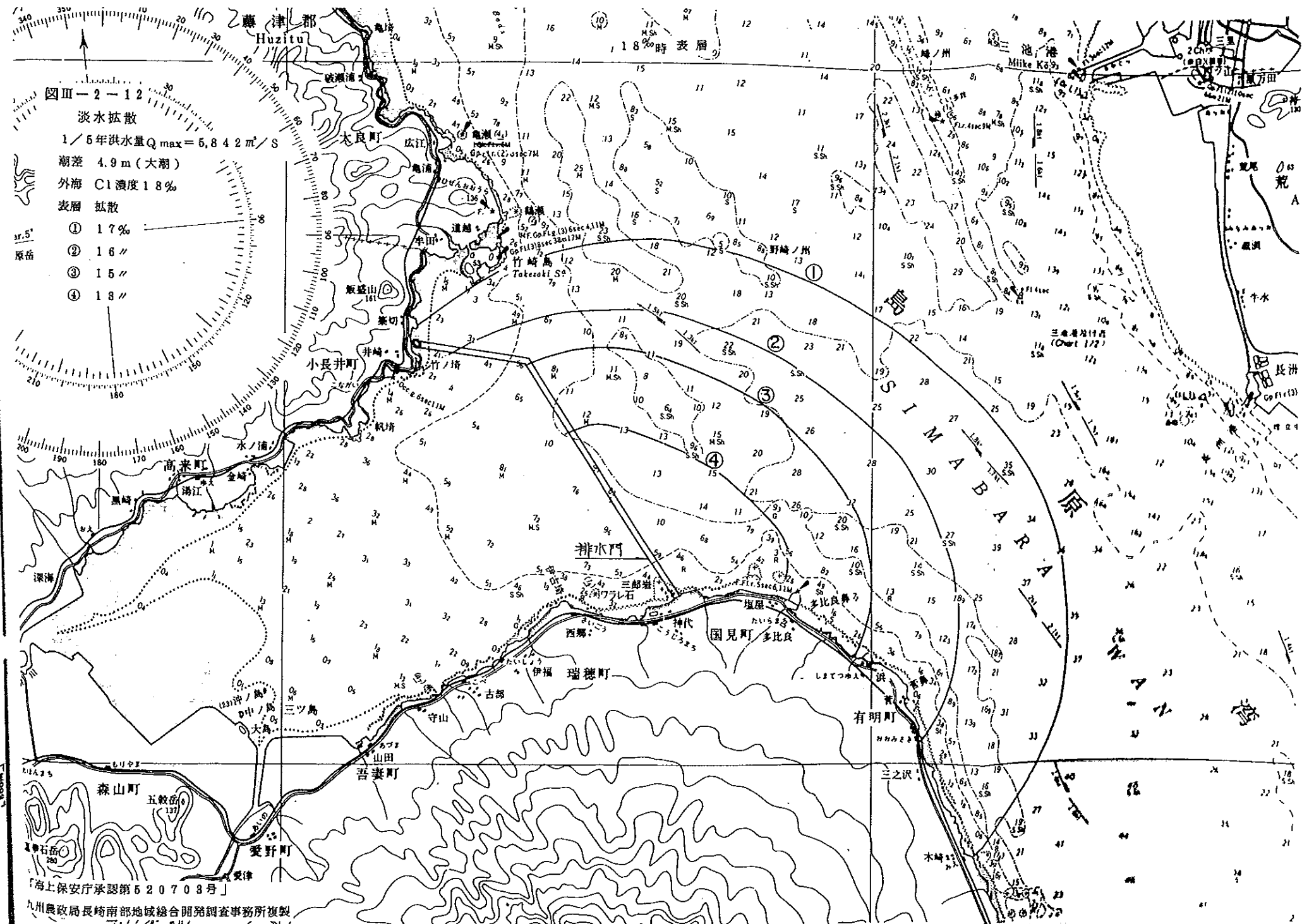
図III-2-11 塩分濃度鉛直拡散範囲

(1) 下 潮



(2) 上 潮





図三-2-12

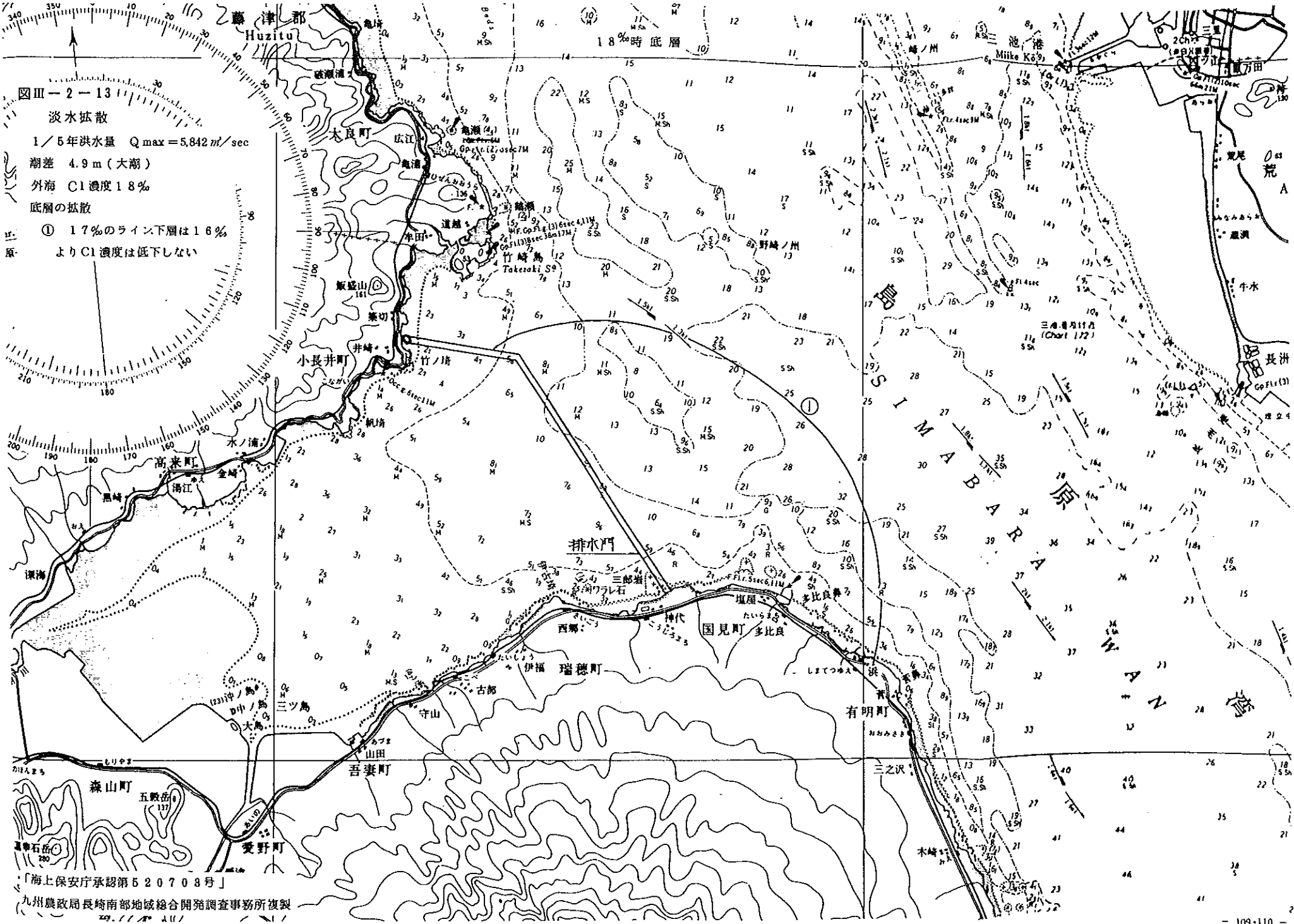
淡水拡散
 $1/5$ 年洪水量 $Q_{max} = 5,842 \text{ m}^3/\text{s}$

潮差 4.9 m (大潮)
 外海 C1濃度 1.8%
 表層 拡散

- ① 1.7%
- ② 1.6%
- ③ 1.5%
- ④ 1.8%

原岳

海上保安庁承認第520708号
 九州農政局長崎南部地域総合開発調査事務所複製



図III-2-13
 淡水拡散
 1/5年洪水量 $Q_{max} = 5,842 \text{ m}^3/\text{sec}$
 潮差 4.9m (大潮)
 外海 C1濃度 18%
 底層の拡散
 ① 17%のライン下層は16%
 よりC1濃度は低下しない

「海上保安庁承認第520708号」
 九州農政局長崎南部地域総合開発調査事務所複製

1-2 栄養塩類 (N・P) の拡散

除塩暗渠・除塩ポンプ及び干拓地区内からの排水が外海に排水された場合、外海の水質に与える影響範囲を予測する。

(1) 計算条件

淡水拡散と同一のモデルを用いて、栄養塩類の拡散について検討した。この場合の計算条件は以下のとおりである。

① 常時排水量は、除塩暗渠、除塩ポンプ及び地区内排水（諫早市第1次公共下水道処理水を含む）がその対象となる。

除塩暗渠 159,686 千 m^3 /年 = 5.04 m^3 /日

除塩ポンプ 11,074 〃 = 0.35 〃

地区内排水（諫早市1次下水を含む） = 2.10 〃

② 常時排水の水質

水質についての除塩暗渠及びポンプについては、下層の塩水層内の濃度を推定される上限の濃度で見ると、

除塩暗渠 T-N = 4.0 ppm T-P = 1.0 ppm

除塩ポンプ T-N = 4.0 ppm T-P = 1.0 ppm

地区内 T-N = 4.3 ppm T-P = 1.4 ppm ……(参考文参照)

従って平均濃度は、

$$T-N = \frac{(5.04 \times 4.0) + (0.35 \times 4.0) + (2.10 \times 4.3)}{5.04 + 0.35 + 2.1}$$

$$= \frac{30.59}{7.49} = 4.08 \text{ ppm}$$

$$T-P = \frac{(5.04 \times 1.0) + (0.35 \times 1.0) + (2.10 \times 1.4)}{5.04 + 0.35 + 2.1}$$

$$= \frac{8.33}{7.49} = 1.11 \text{ ppm}$$

③ 締切り堤付近の海水の現況水質は、水産庁の漁場海況概報により、昭和50年1月～昭和50年12月の平均値を採用した。

T-N* = 0.047 ppm * ……三態窒素の合計 (NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N)

T-P** = 0.009 ppm ** ……無機態リン (PO₄-P)

(2) 検討結果

平水時の淡水拡散と同一モデルを用い、希釈倍数を適用して拡散範囲を求めた計算結果を、図Ⅲ-2-14に示した。この範囲は、常時排水量の水質が現況海水の水質までに希釈される間に拡散する範囲を示しており、諫早市第1次公共下水処理水を含んだ場合、現況海水水質まで希釈されるための希釈倍数は、

$$\text{窒素 (N)} = \frac{4.08}{0.047} = 87$$

$$\text{りん (P)} = \frac{1.11}{0.009} = 123$$

であるから、希釈倍数125倍の線より沖側では窒素(N)・りん(P)が完全に現況海水の水質まで希釈されていることを意味する。この範囲を求めると、排水門より1km以内の範囲となる。

なお、排水に伴う赤潮発生の可能性に関してみると、赤潮発生には海水の停滞・過栄養・増殖刺激物質の供給が関与するが、このうち最も大きな条件は過栄養である。除塩暗渠排水と地区内排水とは、縮切り堤前面の混合拡散水域をある程度富栄養化すると思われるが、その富栄養化の範囲としては非常に限られた範囲に限定されると考えられる。

(参 考)

新規造成地区常時排水

新規造成地において常時排水が必要となるのは、①内部堤防からの浸透量、②畑地からの浸透量、③入植者の集落下水、④小降雨等が考えられる。

また、新規造成地内で発生しないが、諫早市下水道第1次事業(し尿処理、家畜と畜場排水を含む)による末端処理水を新規造成地内に導水し、地区内の常時排水と合わせて直接外海に排除する計画である。

排水量及び水質

(1) 内部堤防からの浸透

① 浸透量 表Ⅲ-2-1のとおりである。

② 水質

淡水湖の水質予測の結果から、 $T-N = 0.22 \sim 0.42 \text{ mg/l}$ 、 $T-P = 0.068 \sim 0.13 \text{ mg/l}$ となり、この平均値 $T-N = 0.32 \text{ mg/l}$ 、 $T-P = 0.099 \text{ mg/l}$ とする。

(長崎県南総室調査)

表Ⅲ-2-1 内部堤防からの浸透量

堤防名		常 時 (m ³ /day)			
		堤 体	基 礎	小 計	計
南部堤防	上段	95.0	1,725.5	1,820.5	8,622.3
	下段	2,858.3	3,943.5	6,801.8	
前面堤防		12,628.2	6,089.6	18,717.8	18,717.8
北部堤防	上段	74.7	943.1	1,017.8	17,061.1
	下段	4,542.5	11,500.8	16,043.3	
計		20,198.7	24,202.5	44,401.2	44,401.2

(2) 畑地からの浸透

① 浸透量 表Ⅲ-2-2のとおりである。

表Ⅲ-2-2 畑地からの浸透量

区 分	面 積	浸 透 量	備 考
上 段 区	2,127.4 ha	16,806m ³ /日	最大日消費水量
下 段 区	2,984.1	23,574	5mm ³ /日
計	5,111.5	40,380	ロス 15%

② 水質

栃木県館農試験場における家畜のふん尿を畑地に還元した場合の実験例では、化学肥料に比べてふん尿が特に流出しやすいという違いは認められていない。従って、愛野町入竜川上流で実測した最大値を示すと $T-N = 0.6 \text{ mg/l}$ 、 $T-P = 0.096 \text{ mg/l}$ である。(長崎県南総室調査)

(3) 入植者集落排水

① 排水量 表Ⅳ-2-3のとおりである。

表Ⅳ-2-3 入植者集落排水量

区 分	対 象 人 口	単 位 排 水 量	排 水 量
	人	ℓ	m ³ /日
下 段 区	3,000	300	900

② 水質

家庭排水は処理し放流する計画であるため全国の公共下水道処理場の放流水質の平均値を用い $T-N = 25 \text{ mg/l}$ 、 $T-P = 11 \text{ mg/l}$ とする。

(4) 降雨流出

① 流出量 表Ⅲ-2-4のとおりである。

表Ⅲ-2-4 降雨流出量

区 分	排水面積	流出率	排水量 Q
上 段 区	2531 ha	10 %	25310 m ³ /日
下 段 区	3650	10	36500
計	6181		61810

降雨量 10 mm 以下

② 水質

昭和51年実測結果より、T-N = 0.300 ppm、T-P = 0.03 ppm (長崎県南総室調査)

(5) 諫早市公共下水道(第1次)処理水

① 水量 表Ⅲ-2-5のとおりである。

表Ⅲ-2-5 計画排水量

区 分	排水量
	m ³ /日
下 段 区	18,580

② 水質

全国の公共下水道処理場の放流水質、諫早市し尿処理場及びと畜場の排水水質との水量加重平均値を求め、T-N = 35 ppm、T-P = 12 ppm とする。

以上のことをまとめれば、計画排水量は堤防浸透量、畑地浸透量、集落下水量、諫早市公共下水道(第1次)及び降雨流出量を加算した排水量は表Ⅲ-2-6のとおりである。

表Ⅲ-2-6 計画排水量

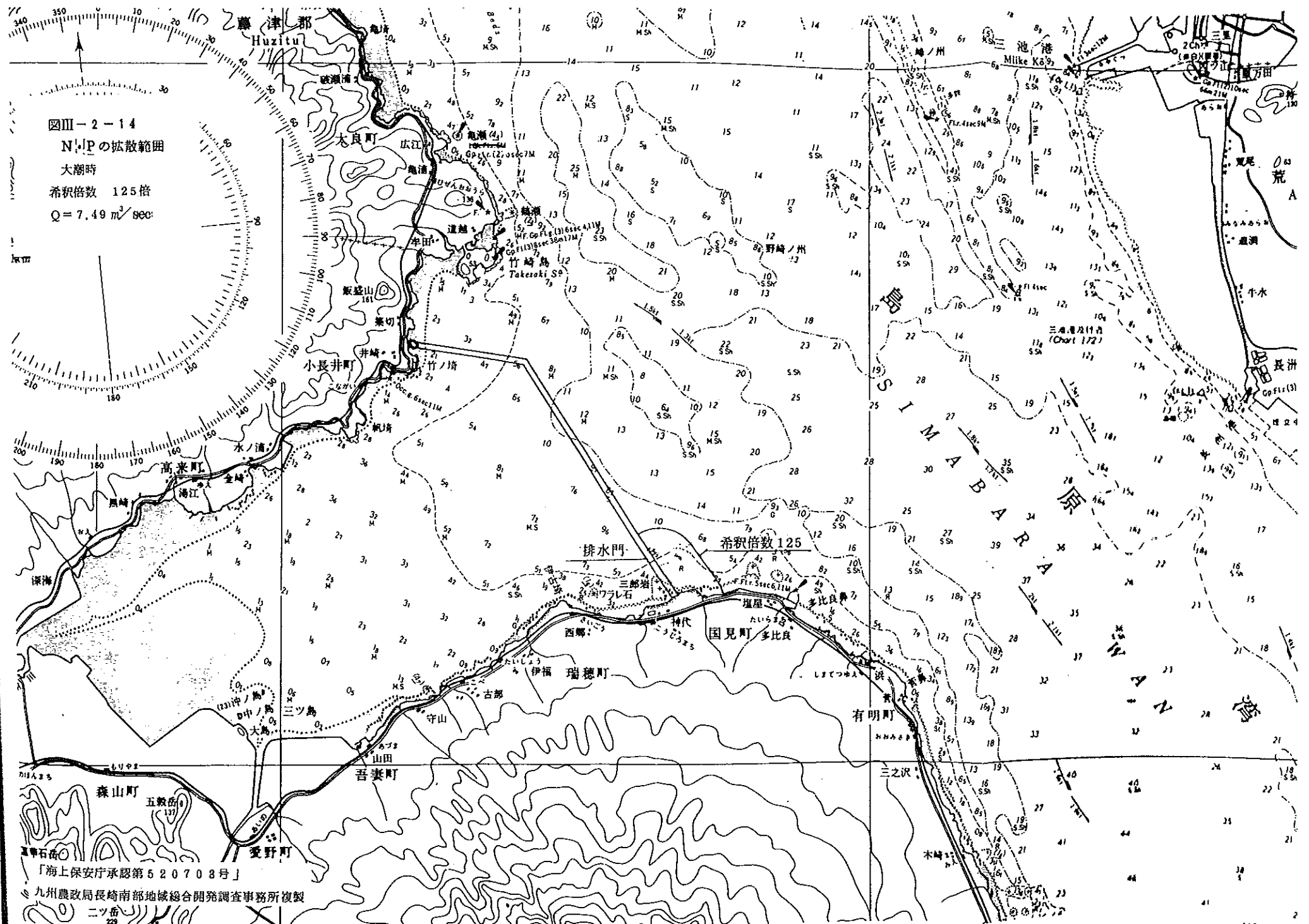
区 分	堤防浸透量	畑地浸透量	集落下水量	諫早市下水道 (第1次)	常時流出量	
					m ³ /日	m ³ /s
上 段 区	28383	16806			19,644.3	0.23
下 段 区	41,562.9	23,574	900	18,580	84,616.9	0.98
計	44,401.2	40,380	900	18,580	104,261.2	1.21
区 分	降雨流出量	計		ポンプ排水量	備 考	
上 段 区	25,310	44,954.3	0.52	0.57	ポンプ運転時間は22時間として計画する。 ≒ 2.1 m ³ /s	
下 段 区	36,500	121,116.9	1.40	1.53		
計	61,810	166,071.2	1.92	2.10		

また、排水する水質の平均濃度は表Ⅲ-2-7のとおりである。

表Ⅲ-2-7 排水の水質

区 分	排水量		T - N		T - P	
	Q	Q' = Q × 210 / 192	濃 度	Q × 濃度	濃 度	Q' × 濃度
堤防浸透	0.51	0.56	0.32	0.1792	0.099	0.0554
畑地浸透	0.48	0.53	0.60	0.318	0.096	0.0509
集落下水	0.01	0.01	25	0.25	11	0.11
諫早市下水	0.21	0.23	35	8.05	12	2.76
降 雨	0.71	0.77	0.30	0.231	0.03	0.0231
計	1.92	2.10		9.0282		2.9994
平 均	濃 度		4.30 (0.47)		1.43 (0.11)	

()内諫早市公共下水道を除く



図III-2-14
 N:Pの拡散範囲
 大潮時
 希釈倍数 125倍
 $Q = 7.49 \text{ m}^3/\text{sec}$

海上保安庁承認第520708号
 九州農政局長崎南部地域総合開発調査事務所複製
 ニッポン

1-3 CODの拡散

沿岸漁場環境調査としてCOD濃度の予測がある。COD濃度の予測は、環境庁では、堀口の潮流による移流分散によっているので、これにならって、淡水拡散と同じ方法で解析した。解析には、有明海全体では、図Ⅲ-2-16に示すように2kmメッシュモデルを用いた。

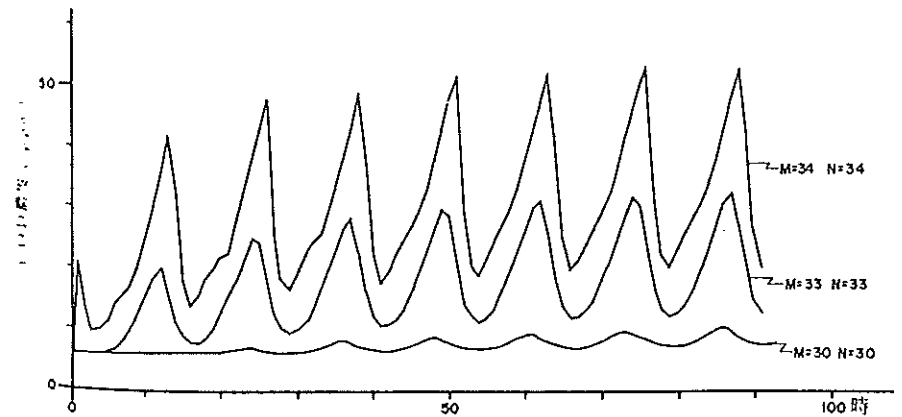
また、拡散の解析方法と潮流による移流分散の解析がほぼ同じ結果であるので、湾奥の1kmメッシュのモデルでは、図Ⅲ-2-17に示す拡散モデルを用いた。

図中の河川からの流量及びCOD濃度は、現況調査結果から表I-1-14及び表I-3-22を与え、海域の初期濃度は0.6ppmとした。

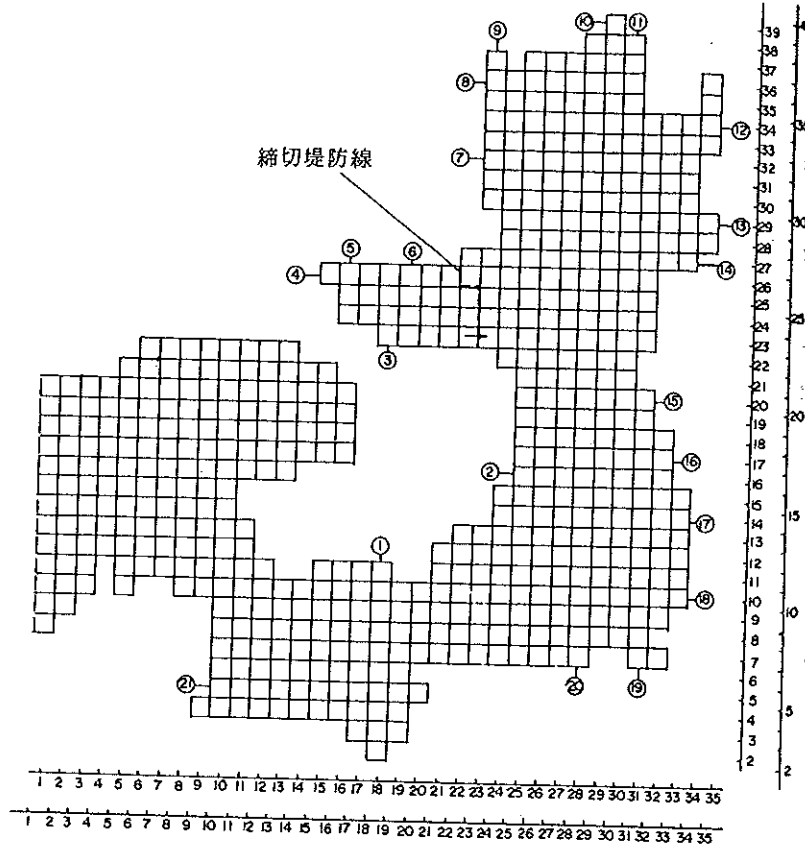
また、排水門からの流出量は15.45m³/sec、COD濃度は8.2ppmを与えた。解析結果は、現況解析結果(図Ⅲ-2-15)から見て、60~100時間程度で、ほぼ定常状態になっているので、解析時間の最後の一周期の平均濃度で示せば、図Ⅲ-2-18~図Ⅲ-2-22となる。

この結果、排水門の附近で、最高0.6ppm程度高くなる。

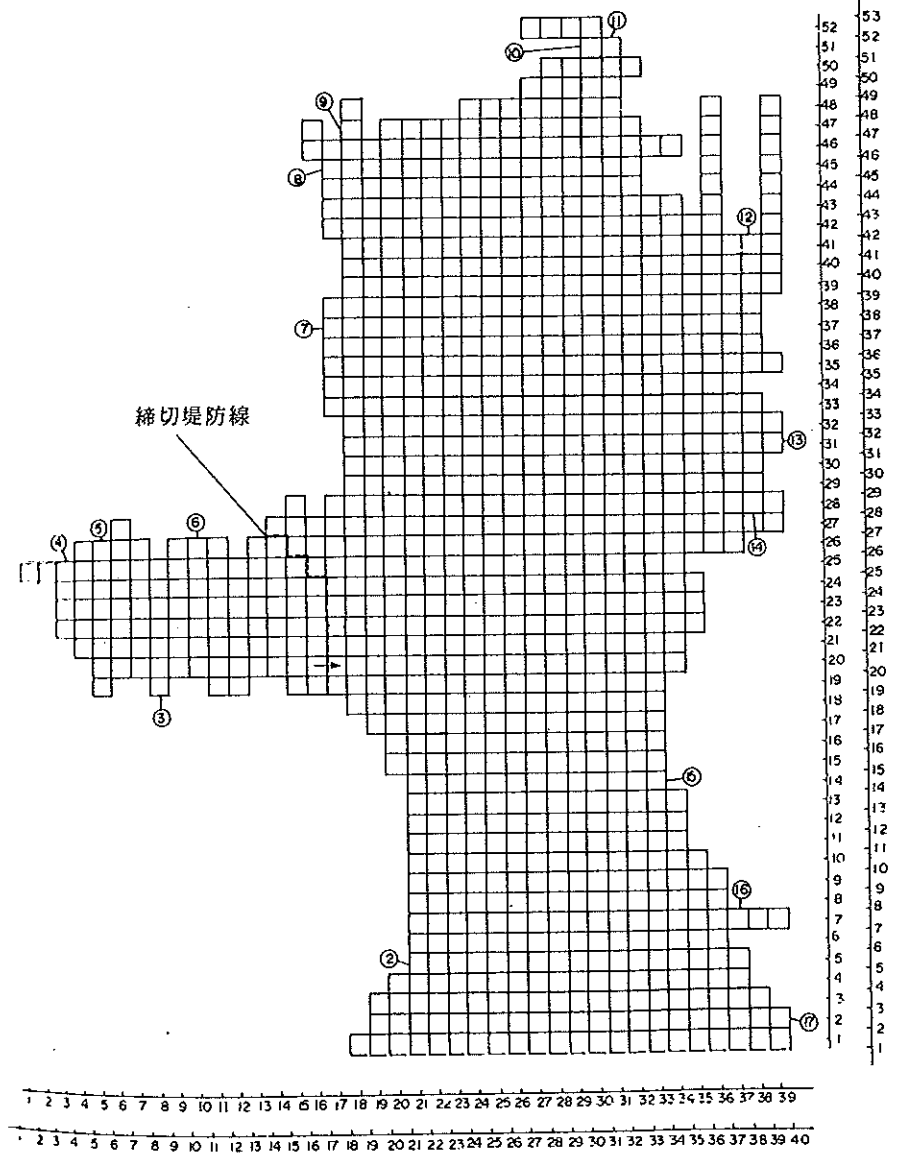
図Ⅲ-2-15 COD濃度変化(非定常解析結果)



図Ⅲ-2-16 COD 拡散解析格子図 (2Kメッシュ)



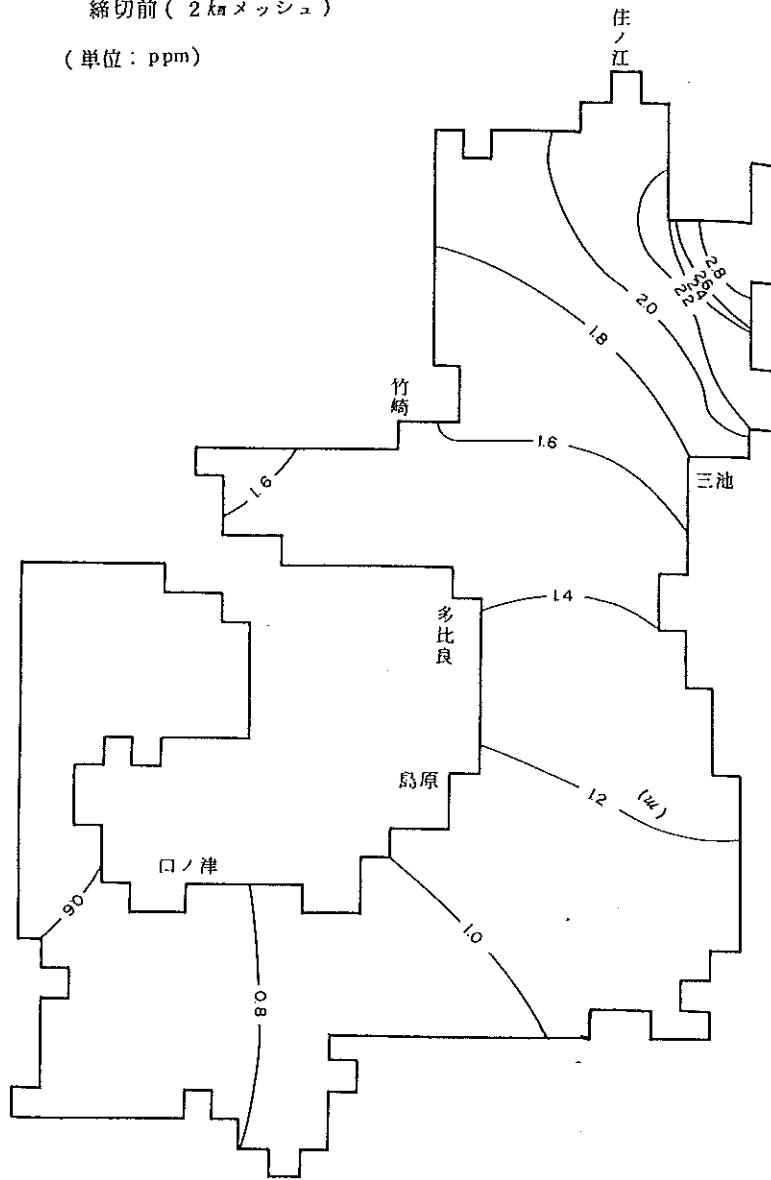
図Ⅲ-2-17 COD 拡散解析格子図 (1Kメッシュ)



図Ⅲ-2-18 COD濃度の予測値

縮切前 (2 kmメッシュ)

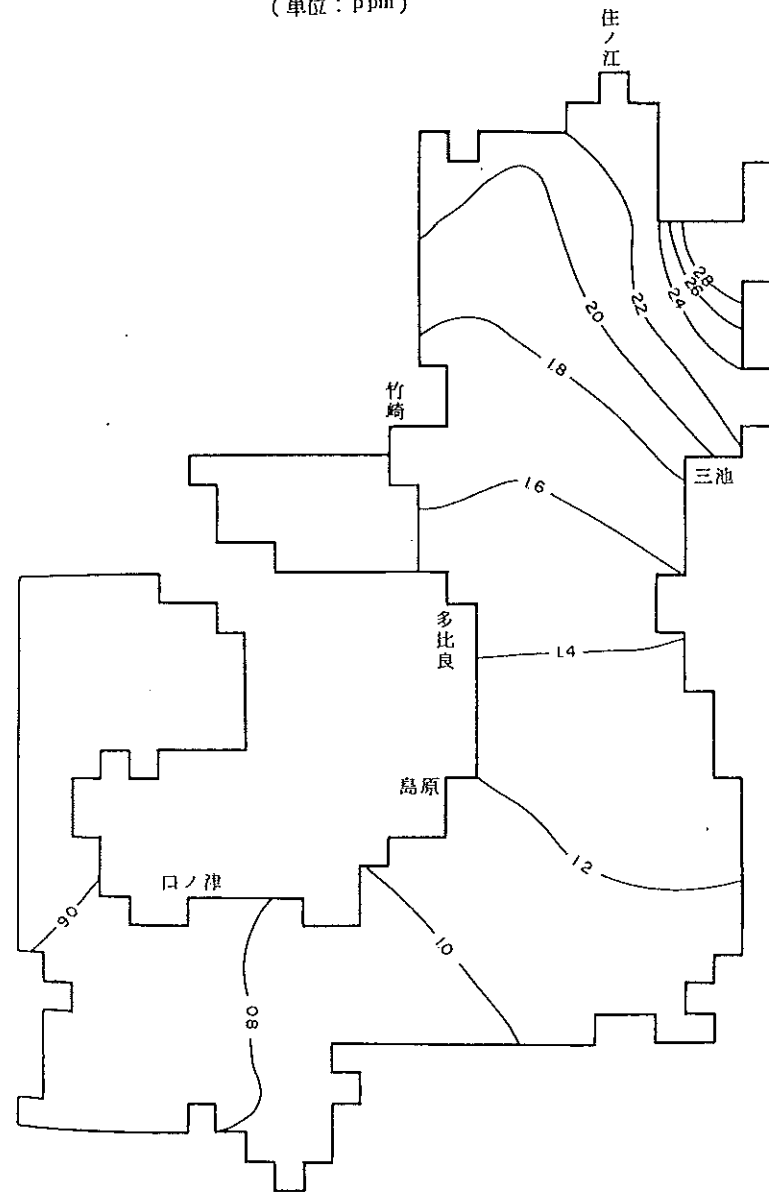
(単位: ppm)



図Ⅲ-2-19 COD濃度の予測値

縮切後 (2 kmメッシュ)

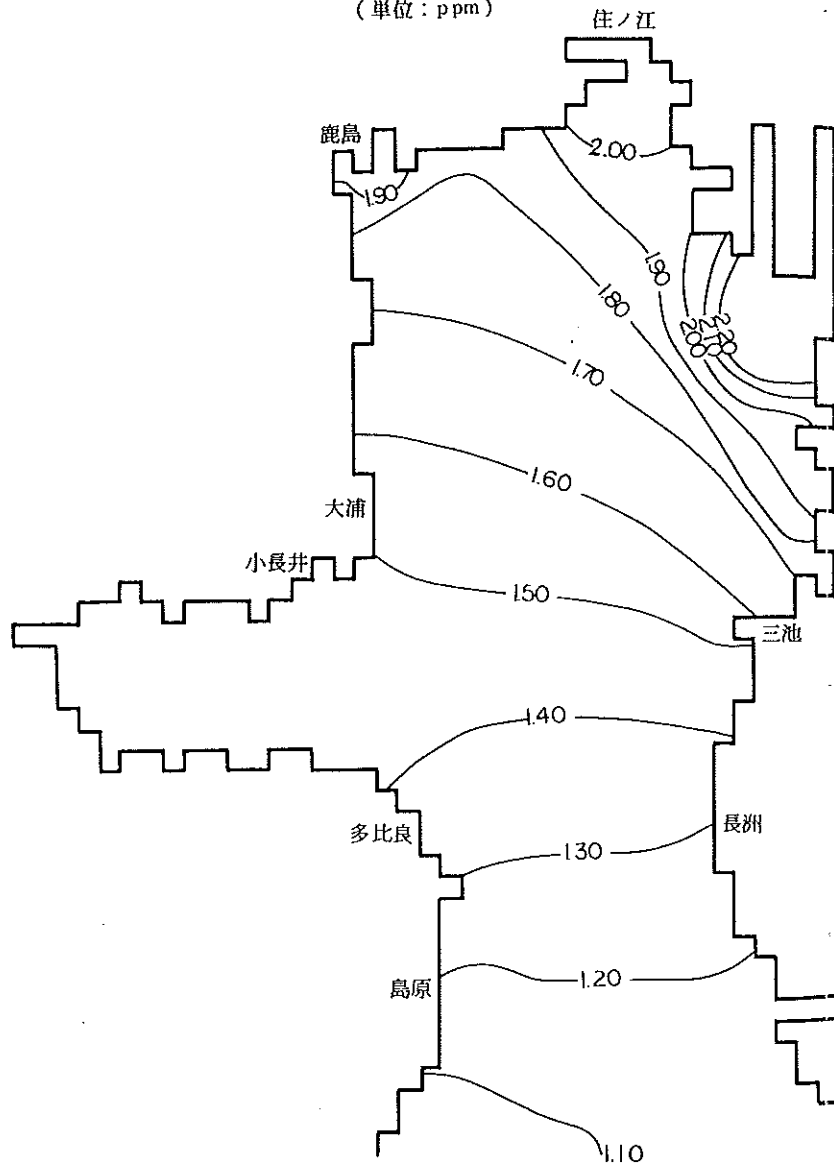
(単位: ppm)



図Ⅲ-2-20 COD濃度の予測値

縮切前 (1kmメッシュ)

(単位: ppm)



図Ⅲ-2-21 COD濃度の予測値

縮切後 (1kmメッシュ)

(単位: ppm)

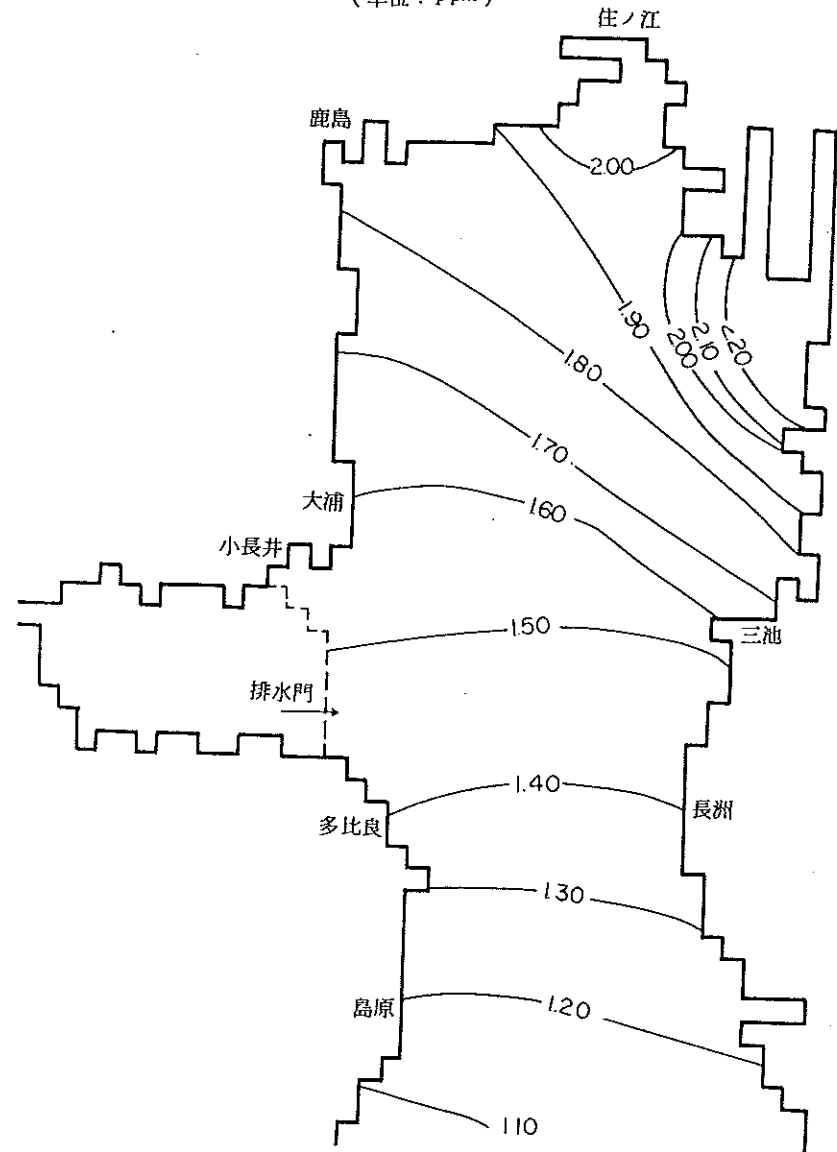
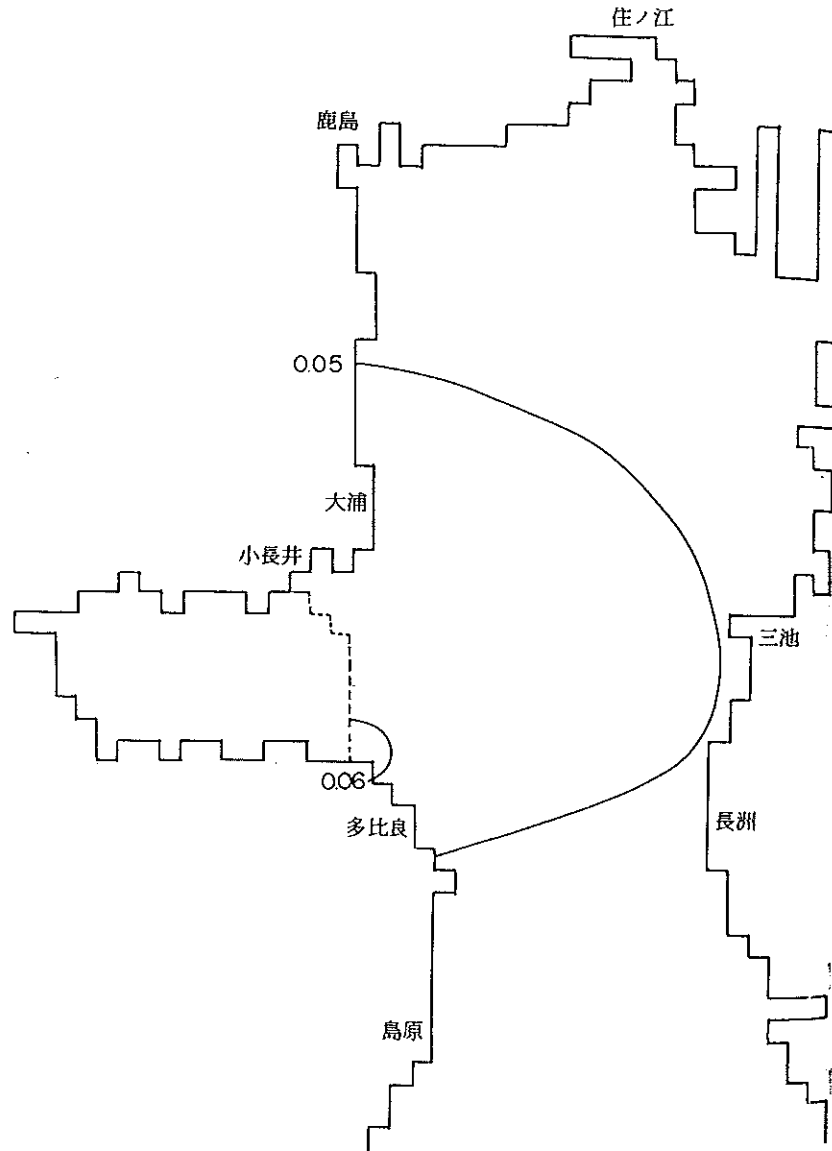


図 III-2-22 COD濃度の予測値差

縮切後 - 縮切前 (1kmメッシュ)

(単位: ppm)



1-4 透明度・濁度・DO・有機懸濁物質及びその他に与える影響

透明度及び濁度に与える影響は、ほとんどないと考えられるが、厳密には推測し難い。

DOに対しては、夏期淡水湖底水が低酸素化ないし無酸素化することがあれば、低酸素水または無酸素水が除塩暗渠から排水されるので、排水口付近の酸素量は当然低下するが、淡水拡散水域全域に及ぼす影響はないと考える。

また、有機懸濁物質に対しては、よどみの部分に動植物プランクトンの小規模増殖現象、あるいは有機懸濁物質の集積現象が起る可能性があるが、全域的には現在の遠見湾奥部が示す高い餌料性懸濁物の量を縮切り後の対象海域に期待することは不可能である。

なお、赤潮発生には概括的にいって、海水の停滞、富栄養化及び増殖刺激物質の供給が必要である。縮切り後の排水、特に除塩暗渠排水は、有明海の富栄養化に関係するが、有明海はそれ以上の富栄養条件を元来備えており、縮切りが上記三条件を特に悪い方向に加速するという状況は現時点では考えられないので、現況以上に赤潮が発生し易くなるとの推測は立て難い。しかしながら、流動状況の激しい有明海においても、それを上まわる富栄養化の効果が生物増殖を促進したためと解釈される赤潮が現況でも発生しているので、排水の扱いには注意が必要である。特に、小長井側堤防取付け部付近に生ずると予測されたよどみの水域では、小規模の赤潮が発生する可能性があることは常に考慮しておく必要がある。

2. 水温変化

海水温は海生生物に影響を与えるので、諫早湾を縮切ることにより、湾奥部の水温がどのような影響を受けるかを予測する。

2-1 基本式

有明海を見ると冬期は、湾口付近にくらべて湾奥の水温が低く、夏期には逆となる。そこで湾内の水温を考える場合には水平方向の熱移動を考える。また、熱は海面からの熱の授受があるので、その項を加えると基礎式は次式となる。なお、海底面からの熱の授受は省略する。

$$Q_x \frac{\partial \theta}{\partial x} + Q_y \frac{\partial \theta}{\partial y} = K \left(\frac{\partial}{\partial x} \cdot h \frac{\partial \theta}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \cdot h \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) + Q \cdot \theta_x + \theta_i$$

$$\left. \begin{aligned} Q_x &= \bar{u} h \\ Q_y &= \bar{v} h \end{aligned} \right\} \dots\dots (1)$$

$$\theta_i = (Q_s - Q_b + Q_h + Q_e) / C_w \dots\dots (2)$$

ここに θ : 水温

Q_x, Q_y : x, y 方向の流量

\bar{u}, \bar{v} : x, y 方向の平均流速

h : 水深

K : 拡散係数

Q : 河川流量

θ_x : 河川水の水温

θ : 海水面での熱の授受量

Q_s : 輻射量 ($\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$)

Q_b : 海水面からの逆輻射量

Q_h : 顕熱量 (対流による大気と海水との熱交換)

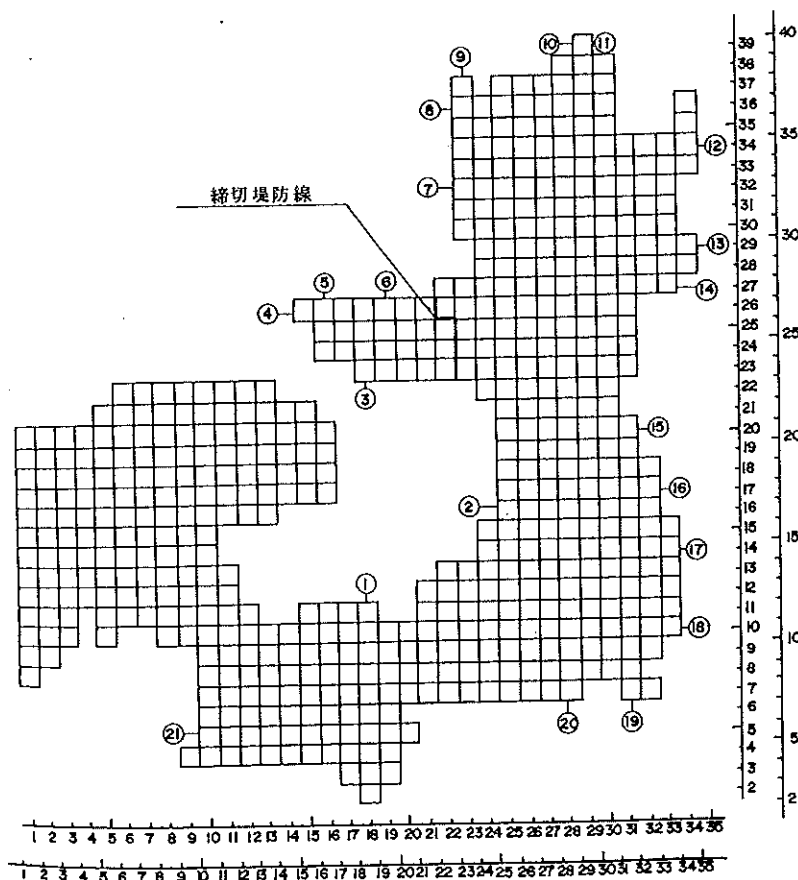
Q_e : 潜熱量 (蒸発, 凝固による熱の移動)

C_w : 水の比熱

2-2 解析モデル

有明海を図Ⅱ-2-23のように2km格子に区切り、各格子に海底地形条件として水深(h)を入れた数値計算モデルを考え、有明海に流入する河川は図中の21河川(①~⑳)に代表させて、流入地点の格子に入れる。縮切後のモデルは諫早湾内4河川(③,④,⑤,⑯)の流入はなくなり、かわりに排水門地点から有明海に排水される。

図Ⅱ-2-23 水温変化解析格子図 (2kmメッシュ)



なお計算条件は次のとおりである。

- ①地形条件 海図及び湾奥部の深浅測量結果（農林水産省調査）により水深を与える。
- ②初期条件 外海の水温と同じ温度とし冬期（2月）の水温13℃とする。
- ③境界条件 境界（口ノ津沖30km）の水温は一定とし冬期（2月）の水温11℃を与える。……… 漁場海況概報（水産庁S51.3）
- ④河川水温 河川水温は公共用水域水質調査結果（S50年）による。また排水門からの排水の温度は児島湖における実測結果より次式より与えた。

$$y = 0.898x + 0.08$$

$$\begin{cases} x : \text{気温 (}^\circ\text{C)} \\ y : \text{水温 (}^\circ\text{C)} \end{cases}$$

- ⑤河川水量 一級河川からの流入量は建設省流量年表（S49年）の月平均流量。その他の河川からの流入量は農林水産省調査又は近傍河川の流域比より求める。排水門からの排水量は淡水湖水収支計算による。

⑥輻射量の計算 $Q_s = Q_A \left(0.18 + 0.55 \frac{n}{N} \right) \cdot R_f \cdot \cos \varphi \dots (3)$
 $= 6.07 \times 10^{-3} \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$

Q_A : 大気がまったく透明な場合の地面に達する日射量
 $(1.94 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1} = 3.23 \times 10^{-2} \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1})$

$$\left. \begin{array}{l} n : \text{日照時間} \\ N : \text{可照時間} \end{array} \right\} \frac{n}{N} = 0.70$$

R_f : アルベド（反射能）

$$\text{水面のアルベド } R_f = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)} + \frac{\tan^2(i-r)}{\tan^2(i+r)} \right\}$$

i : 入射角 r : 屈折角

φ : 太陽の天頂距離 有明海（北緯33°）

⑦輻射の計算

$$Q_b = \sigma(\theta + 273)^4 \left\{ 1 - a - b\sqrt{e(T_a)} \right\} (1 - K \cdot N) \dots (4)$$

θ : 海表面水温 (°C) 各格子点における水温

a, b : 山本の常数で $a = 0.44$, $b = 0.08$

σ : ステファン・ボルツマンの定数

$$\sigma = 1.367 \times 10^{-12} \text{ (cal/cm}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{K}^4)$$

N : 雲量 ($N = 0 \sim 10$) $N = 3$

K : 雲の高さによる常数 $K = 0.083$

$e(T_a)$: 水面付近の水蒸気圧 (mb) で T_a の関数

$$e(T_a) = f_a (0.04038T_a^2 - 0.03211T_a + 7.86) \dots (5)$$

f_a : 相対湿度 (60~80%)

T_a : 気温 (有明海沿岸の気象データより5.7℃を与えた。)

⑧顕熱量の計算

$$Q_h = h_a(T_a - \theta) \dots (6)$$

T_a : 気温

θ : 水温

h_a : 顕熱伝達係数

$$h_a = 2.77 \times 10^{-4} (0.48 + 0.272W) \dots (7)$$

W : 風速

(有明海沿岸風速観測記録より3.0 m/secを与えた)

⑨潜熱量の計算

$$Q_e = 2 h_a \{ e(T_a) - e(\theta) \} \dots (8)$$

$e(\theta)$: 水温に対する飽和水蒸気圧 } (5)式で計算
 $e(T_a)$: 水面付近の水蒸気圧

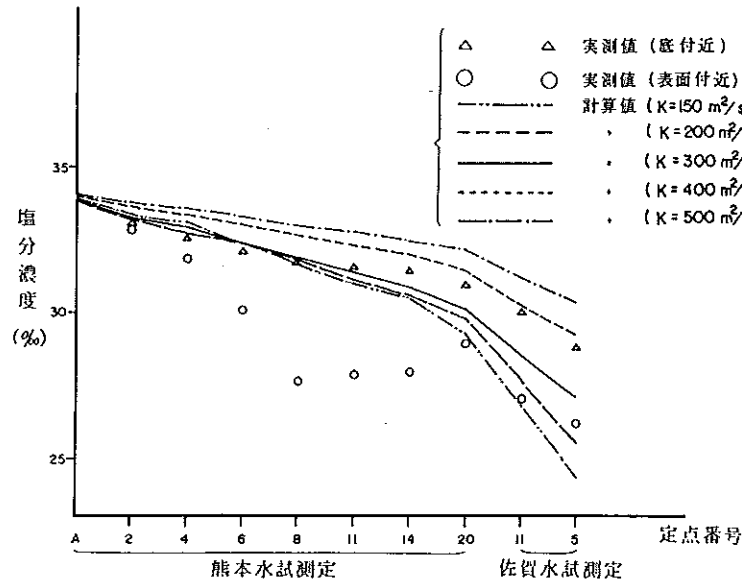
h_a : 顕熱伝達係数 (7)式で計算

⑩拡散係数

$$K = 350 \text{ m}^2/\text{sec}$$

拡散係数を種々変化させた塩分濃度の解析結果(図III-2-24)を見ると $K = 300 \sim 400 \text{ m}^2/\text{sec}$ 付近が実測データとよくあっている。従って、水温解析では $K = 350 \text{ m}^2/\text{sec}$ を用いる。

図 III-2-24 拡散係数と塩分濃度変化



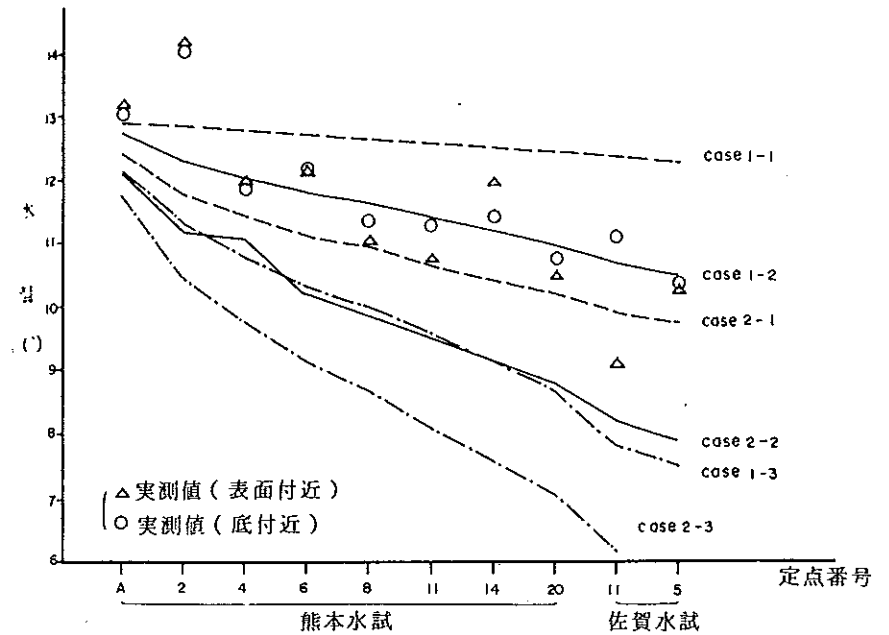
水温解析は表 III-2-8 に示すケースについて検討を行った。その計算値と昭和50年2月の実測値とを比較すると図 III-2-25 のとおりとなる。

Q_s が小さい場合、風速が大きい場合、相対湿度が低い場合に水温は低くなる。このような条件を種々に変化させた結果ケース1-2の計算値が最もよくあった。その結果を平面的にみると図 III-2-26 となる。

表 III-2-8 水温解析検討 Case

case	Q_s ($\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$)	風速 (m/sec)	相対湿度(%)
1-1	9.0×10^{-3}	3.0	80
1-2	6.07	3.0	80
1-3	3.03	3.0	80
2-1	9.0	5.0	70
2-2	6.07	5.0	70
2-3	3.03	5.0	70

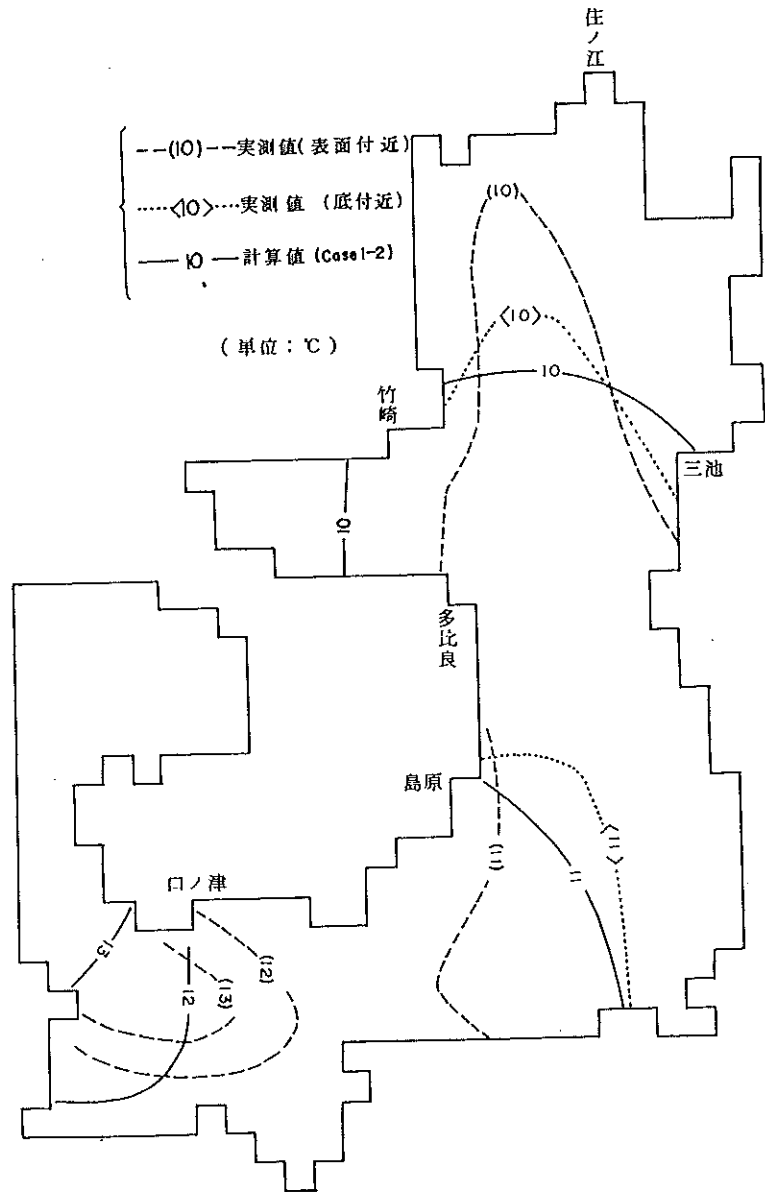
図 III-2-25 水温解析の比較



2-3 検討結果

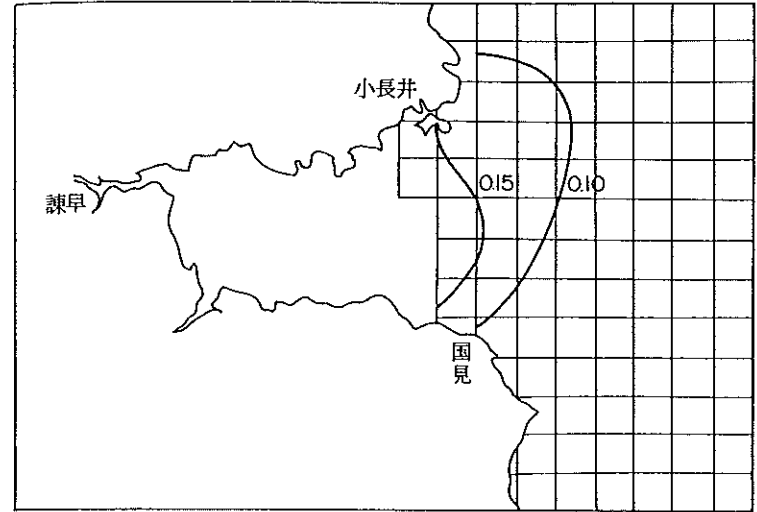
計算結果を締切前と締切後の差で表わすと図 III-2-27 のとおりである。この結果2月では締切堤防前面では 0.15°C 程度高くなるがこの程度の差であれば、風速が $3.0 \text{ m}/\text{sec}$ から $5.0 \text{ m}/\text{sec}$ に変化させれば水温は $1 \sim 2^\circ\text{C}$ の変化を来し、気温を 1°C 変化させれば水温も 1°C 程度変化すること等から考えて、ほとんど変化がないといえる。

図Ⅲ-2-26 現況解析結果



図Ⅲ-2-27 締切後の水温変化

(単位°C)



3 工事中の汚濁拡散

浚渫工事中の土砂の流出による汚濁の影響を予測する。

(1) 基本式

海中工事による汚濁は沈降する土砂が対象となるので、沈降性物質の拡散方程式①式で検討した。

$$\begin{aligned} & \frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + (w+w_s) \frac{\partial C}{\partial z} \\ &= \frac{\partial}{\partial x} (K_x \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_y \frac{\partial C}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (K_z \frac{\partial C}{\partial z}) \\ &+ Q \cdot \delta(x_*) \cdot \delta(y_*) \cdot \delta(z_* - H) \dots\dots\dots \text{①} \end{aligned}$$

ここに

- C : 濃度
- x, y, z : 座標軸
- K_x, K_y, K_z : x, y, z 方向の拡散係数
- u, v, w : x, y, z 方向の断面平均流速
- Q : 土砂の混入源の強さ
- δ : Dirac の δ 関数
- H : 土砂混入点の高さ
- w_s : 沈降速度

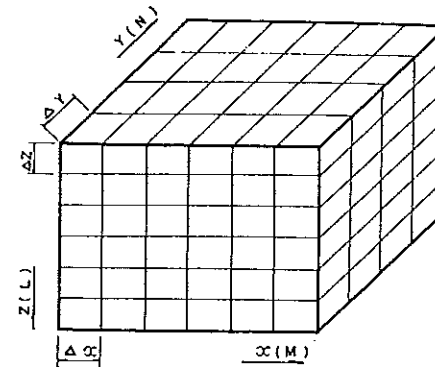
(2) 解析モデル

浮遊土砂の濃度の解析は、①式を境界条件に合うように解けばよいが、複雑な境界条件であるので、解析解を求めることができない。従って、連立型と前進型を併用する差分式で数値積分する。しかし移流項の影響で濃縮などの限界が生じないように、流向によって差分を変える方法を用いた。

解析モデルは、図Ⅲ-2-28に示すように3次元モデルで、x方向にM (M_{max} = 30)、y方向にN (N_{max} = 15)、z方向にL (L_{max} = 10)の格子で計算した。差分間隔は Δx = Δy = 500m、Δz = 3.0mとした。拡散係数と流速は各格子点の中間点で与える。サンドポンプ船やバージ船から出る泥水は①式の混入源で計算した。流入点の位置は自由に与えられるが、ある程度密度差によって全体が沈降すると考えられるので、表面から3.0mの地点へ流入するものと

した。

図Ⅲ-2-28 モデル図



(3) 計算条件

工事に伴う汚濁が問題となるのは、土砂をバージ船に積み込む時であって、この時に最も多量に土砂を流出すると考えられる。この場合に流出する土砂は粒径 d = 0.1mm以下がすべて流出すると考えられるが、実測値で見ると0.1mm以下の約1/10が流出している。このために、本解析では d = 0.1mm以下がすべて流出するとすれば最も多量に土砂が流出する限界であり、d = 0.1mm以下の約1/10が流出するとすれば、最も少ない限界と云えるので、この両方について検討を加えた。

底質の平均的粒度組成は、図Ⅲ-2-29のようになるので、これを用いると d = 0.1mm以下は約30%となる。

サンドポンプ船の各能力は流量にして 1.92 m³/sec であるので、流出する土砂の濃度は(沈降速度)表Ⅲ-2-9及び表Ⅲ-2-10のようになる。

表Ⅲ-2-9 平均粒径と沈降速度の関係

平均粒径	粗成率	沈降速度	土砂濃度
0.0087 cm	8 %	0.7 cm/sec	28,000 ㎥
0.005	9	0.275	32,000
0.00275	13	0.05	45,000

(サンドポンプ流量 1.92 m³/sec)

表Ⅲ-2-10 平均粒径と沈降速度の関係

平均粒径	組成率	沈降速度	土砂濃度
0.0087 cm	8 %	0.7 cm/sec	2,800 pp
0.005	9	0.275	3,200
0.00275	13	0.05	4,500

(サンドポンプ流量 1.9 m³/sec)

潮流条件は最も大きな潮流速を考えて

$$\left. \begin{aligned} u &= 1.0 \sin \omega t \\ v &= 0 \end{aligned} \right\} \text{とした。}$$

しかし、潮流速は潮流槽円でもわかるように、単純面往復運動ではなく、 $v=0$ とみなし得ないので、 u の影響を見るために、

$$\left. \begin{aligned} u &= 1.0 \sin \omega t \\ v &= 0.5 \cos \omega t \end{aligned} \right\} \text{の場合も計算した。}$$

堆積厚は次式によって計算する。

$$l = \int_0^{\tau} C_D \cdot W_s / \rho_s \cdot dt$$

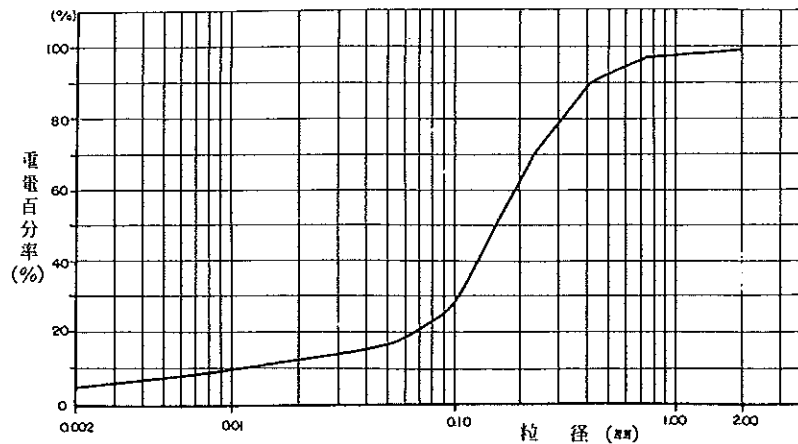
l : 堆積の厚さ

τ : 工事日数 …… 222日/年

C_D : 汚濁土砂の濃度

ρ_s : 密度 …… 1.2 g/cm³

図Ⅲ-2-29 粒径加積曲線



(4) 検討結果

①底からの浮き上がりがなく場合の濃度の時間的変化は図Ⅲ-2-30~32に、一定時間経過後の平面分布は図Ⅲ-2-33・34、鉛直分布は図Ⅲ-2-35~37にそれぞれ示した。これらの結果から、沈降速度 $W_s = 0.275 \text{ cm/sec}$ 以上では、濃度 1~2 pp となる影響範囲は 1~1.5 km であり、大部分の土砂はこの範囲内に沈降してしまうことになる。一方、 $W_s = 0.05 \text{ cm/sec}$ では (図Ⅲ-2-38) 下流へ流されて影響範囲が広がるが、これに対して有明海の鉛直拡散を含めた拡散係数は $10^6 \sim 10^7 \text{ cm}^2/\text{sec}$ といわれていること、及び潮流条件を考慮して、 $K_x = K_y = 5.0 \times 10^6 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 、 $U = 1.0 \sin \omega t$ 、 $V = 0.5 \cos \omega t$ として計算すると図Ⅲ-2-39のようになり、この図が現実の条件に近いと考えられる。これによれば、 $W_s = 0.05 \text{ cm/sec}$ の影響範囲 (濃度 3~5 pp) は 1.5~2.0 km と予測される。

これらの結果を図Ⅲ-2-40・41に平面分布図として示した。

また、実測値としてバージへの土砂積込時のバージからの越流水による海面汚濁についての調査結果をみってみる。調査諸元は、

調査場所：備讃瀬戸航路浚渫

土質：コロイド 16%、粘土シルト 13%、砂 71%

流速：0~1.5 m/sec

泥水量：6,900 m³/h、浚渫土量 $6,900 \times 0.22 = 1,520 \text{ m}^3/\text{h}$

であるが、この時の調査結果を図Ⅲ-2-42に示した。これによると、バージからの距離で濁り (SS 値) をみると、

0 m	200 m	700 m	1200 m
50 pp	23 pp	20 pp	17 pp

であり、バージへの土砂積込地点から 1,200 m の地点で濁度が 20 pp 以下であった。この結果と計算値は非常に良くあうことがわかる。

②図Ⅲ-2-43に10日間の堆積予測を示す。バージ船の近くでは10日間で 6.8 mm、年間約 15 cm の堆積厚 (浮き上がりがなく $d = 0.1 \text{ mm}$ 以下全量流亡の場合) 流軸方向の 2 km 離れた地点では10日間で 1.0 mm、年間 2 cm の堆積厚となることが推定できる。なお、この堆積予測量 (年間) を平面図で示したのが図Ⅲ-2-44

である。

上述の図Ⅲ-2-43は、潮流速： $U = 1.0 \sin \omega t$ 、 $V = 0.5 \cos \omega t$ 、拡散係数： $K_x = K_y = 5.0 \times 10^6 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 、沈降速度 $W_s = 0.05 \text{ cm}/\text{sec}$ とし、底からの浮き上がりが無いものとして計算した値より10日間の推定をしたものであるが、現実には潮流のように周期的に変動する流れのある所では、土粒子は流速が大きいときに浮遊し、流速が小さくなれば沈澱すると考えられる。したがって一意的に断ずることはできないが、大潮時の流速の大きいときに浮遊し、小潮時の流速の小さいときには沈澱するであろう。また、流速分布の大きい場所から流速分布の小さい場所に運搬され沈澱すると考えられる。

このようなことから推定すると、採土地跡にその大部分が堆積し、その他は神代側の底流速がおそい地域と小長井側の潮流がおそい地域に堆積するものと推定される。

③採砂地における底質の分析結果（表Ⅰ-3-28参照）によると大部分の重金属類の濃度はクラーク数とほぼ等しいか、それ以下である。また溶出試験（表Ⅰ-3-29参照）の結果を見ると底質に含有されている種々の重金属類はまったく溶出していない。このことから浚渫工事による有害物質の拡散はないと判断される。

図Ⅲ-2-30 流入点付近の濃度変化（ $W_s = 0.007 \text{ m}/\text{sec}$ ）
 $d = 0.1 \text{ mm}$ 以下の粒子が全量流出した場合

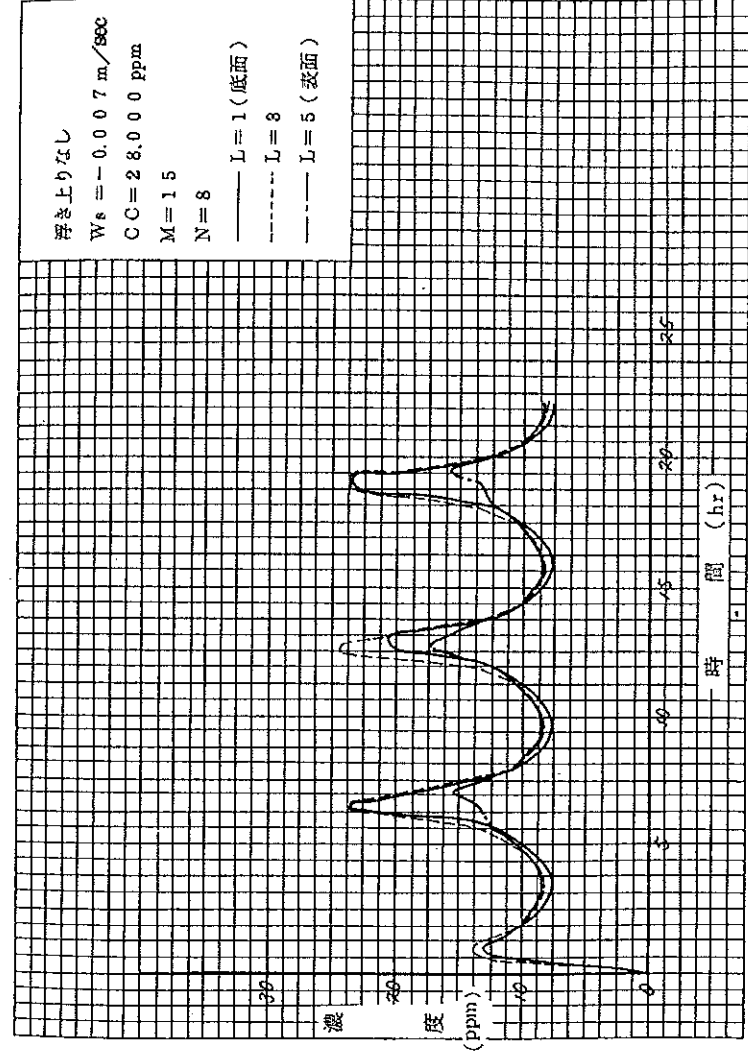


図 III-2-31 流入点付近の濃度変化 ($W_s = 0.0005 \text{ m/sec}$)
 $d = 0.1 \text{ mm}$ 以下の粒子が全量流亡した場合

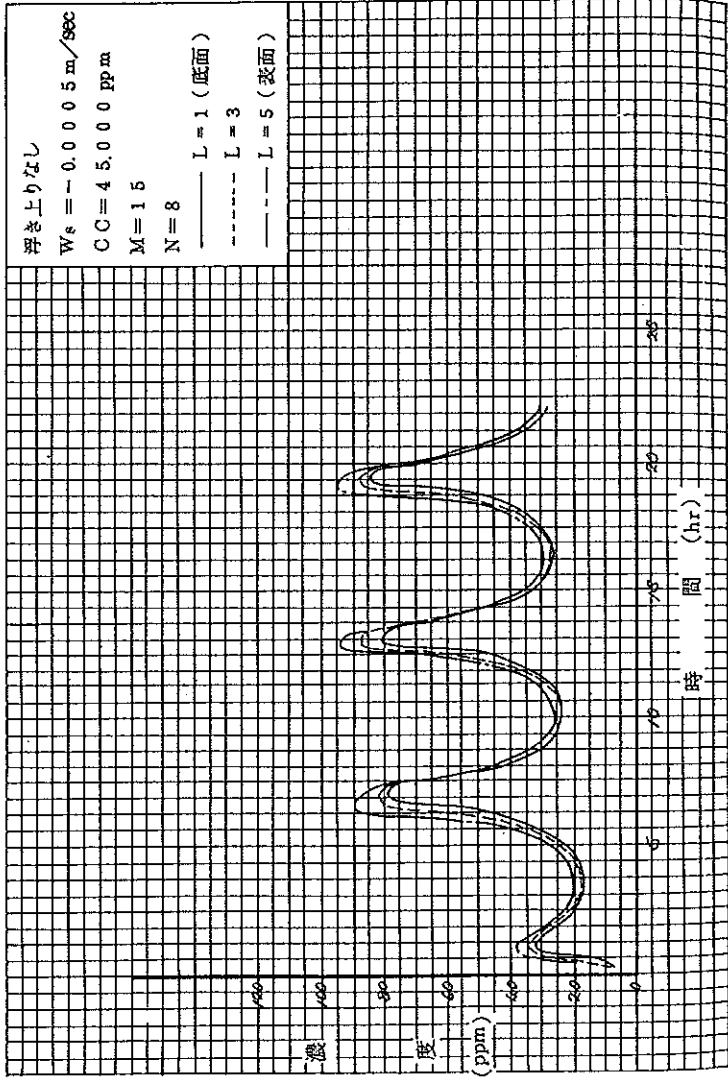
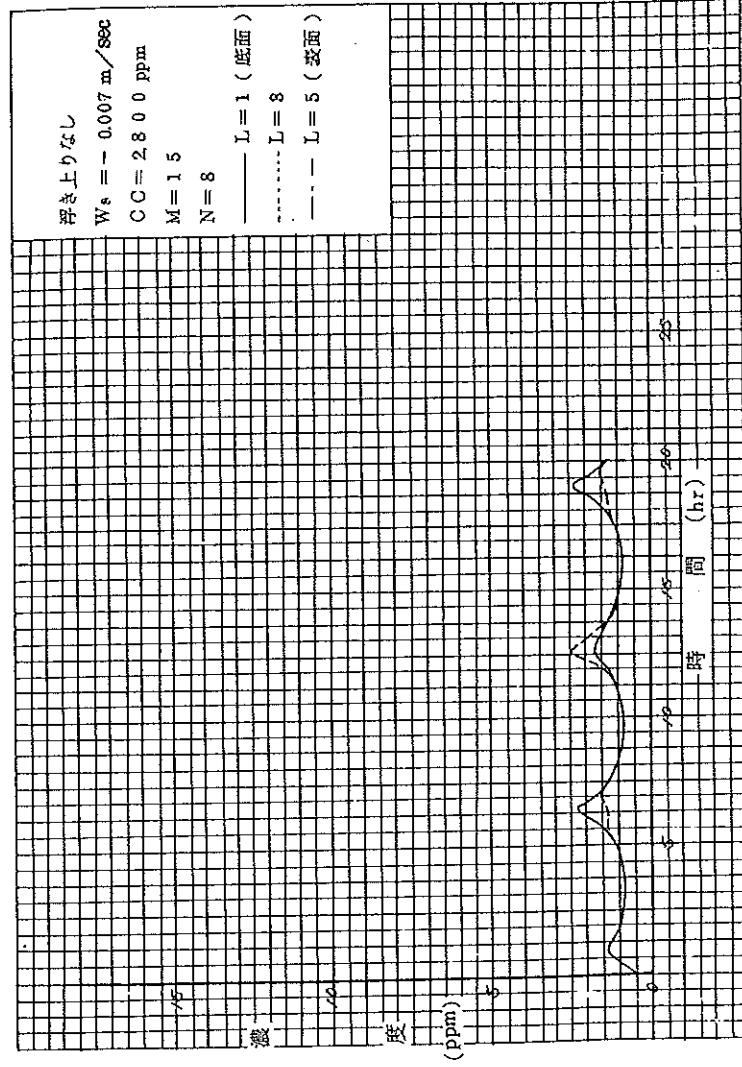
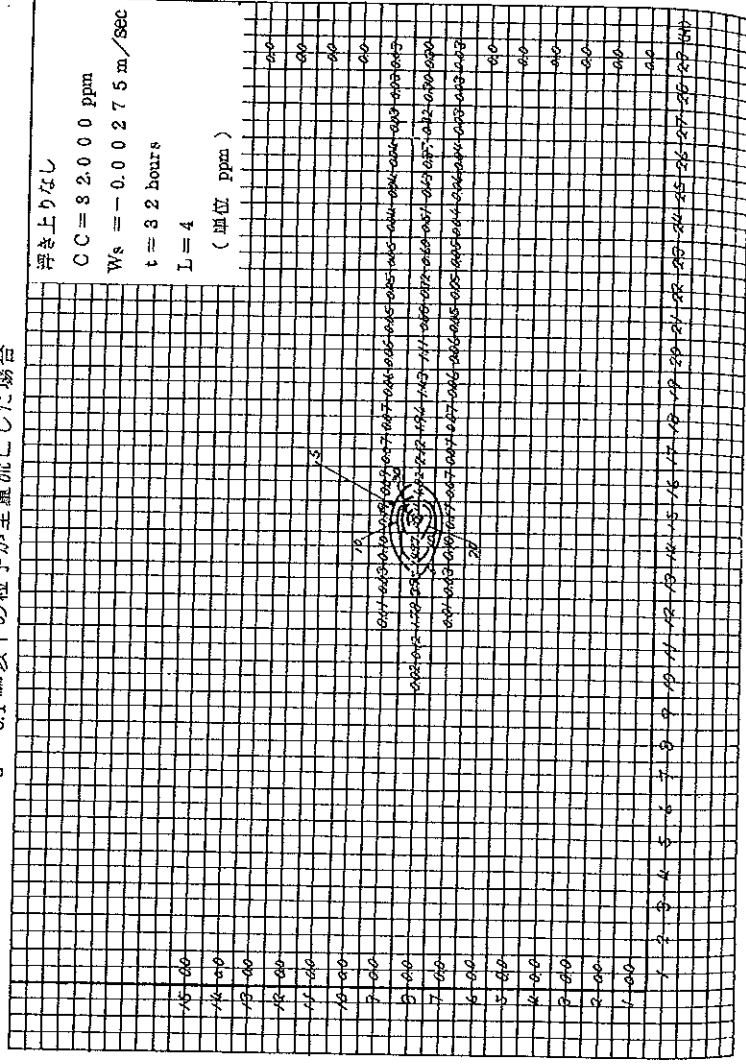


図 III-2-32 流入点付近の濃度変化 ($W_s = 0.007 \text{ m/sec}$)
 $d = 0.1 \text{ mm}$ 以下の粒子の $1/10$ が流亡した場合



図Ⅲ-2-33 濃度の平面分布 ($W_s = 0.00275 \text{ m/sec}$)

$d = 0.1 \text{ mm}$ 以下の粒子が全量流亡した場合



図Ⅲ-2-34 濃度の平面分布 ($W_s = 0.00275 \text{ m/sec}$)

$d = 0.1 \text{ mm}$ 以下の粒子の $\frac{1}{10}$ が流亡した場合

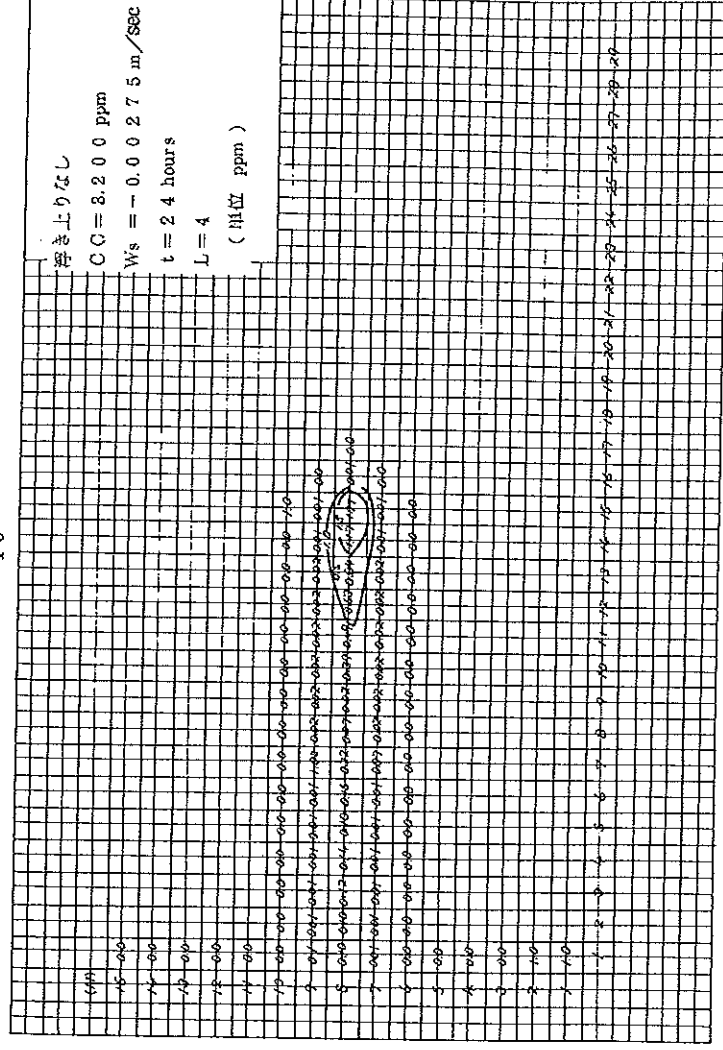
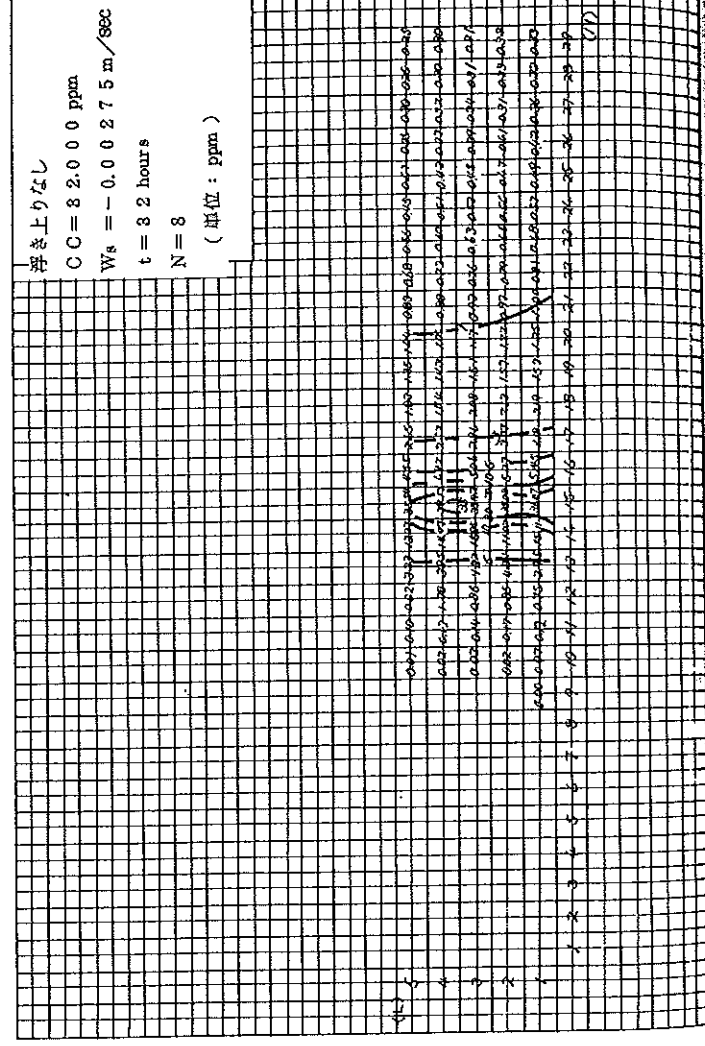


図 III - 2 - 35 濃度の鉛直分布 ($W_s = 0.00275 \text{ m/sec}$)

$d = 0.1 \text{ mm}$ 以下の粒子が全量流亡した場合



浄き上りなし
 $CC = 32000 \text{ ppm}$
 $W_s = 0.00275 \text{ m/sec}$
 $t = 32 \text{ hours}$
 $N = 8$
 (単位: ppm)

図 III - 2 - 36 濃度の鉛直分布 ($W_s = 0.0005 \text{ m/sec}$)

浄き上りなし
 $W_s = 0.0005 \text{ m/sec}$
 $CC = 4500 \text{ ppm}$
 $N = 8$
 22 時間後

(L) $d = 0.1 \text{ mm}$ 以下の粒子の $\frac{1}{10}$ が流亡した場合

5	0.77	1.03	1.39	1.82	2.30	2.74	3.09	3.38	3.52	3.23	3.10	3.00	2.92	3.09	3.07	1.04	1.03	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				
4	0.78	0.78	1.05	1.41	1.85	2.32	2.77	3.11	3.30	3.24	3.10	2.99	2.98	3.11	3.07	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00				
3	0.78	0.78	1.06	1.42	1.86	2.34	2.78	3.12	3.31	3.34	3.25	3.11	3.00	2.98	2.90	1.04	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00				
2	0.78	0.78	1.05	1.42	1.86	2.34	2.78	3.18	3.32	3.34	3.26	3.12	3.00	2.98	2.80	1.08	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01				
1	0.78	0.78	1.04	1.41	1.85	2.33	2.78	3.18	3.32	3.35	3.27	3.18	3.01	2.94	2.80	1.05	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29

図 III - 2 - 37 濃度の鉛直分布 ($W_s = 0.00275 \text{ m/sec}$)

$d = 0.1 \text{ mm}$ 以下の粒子の $\frac{1}{I_0}$ が流亡した場合

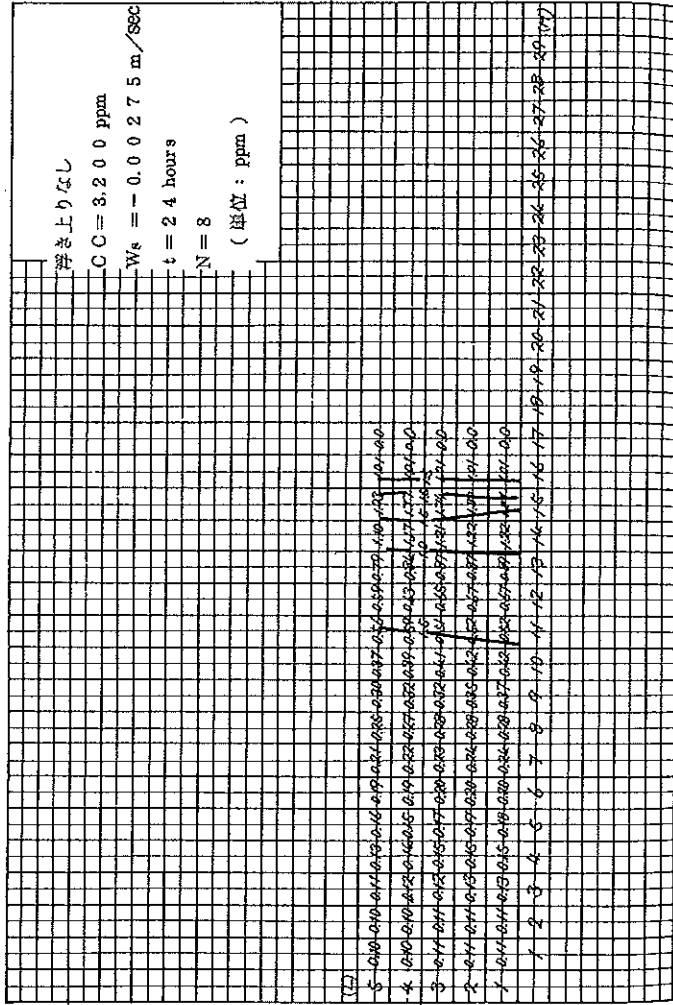


図 III - 2 - 38 濃度の平面分布

($W_s = 0.05 \text{ cm/sec}$, $U = V = 0$, $K_x = 500 \text{ m}^2/\text{sec}$ の場合)

$\tau = 1500 \text{ MIN}$ 1 DAY 1 HOR 0 MIN

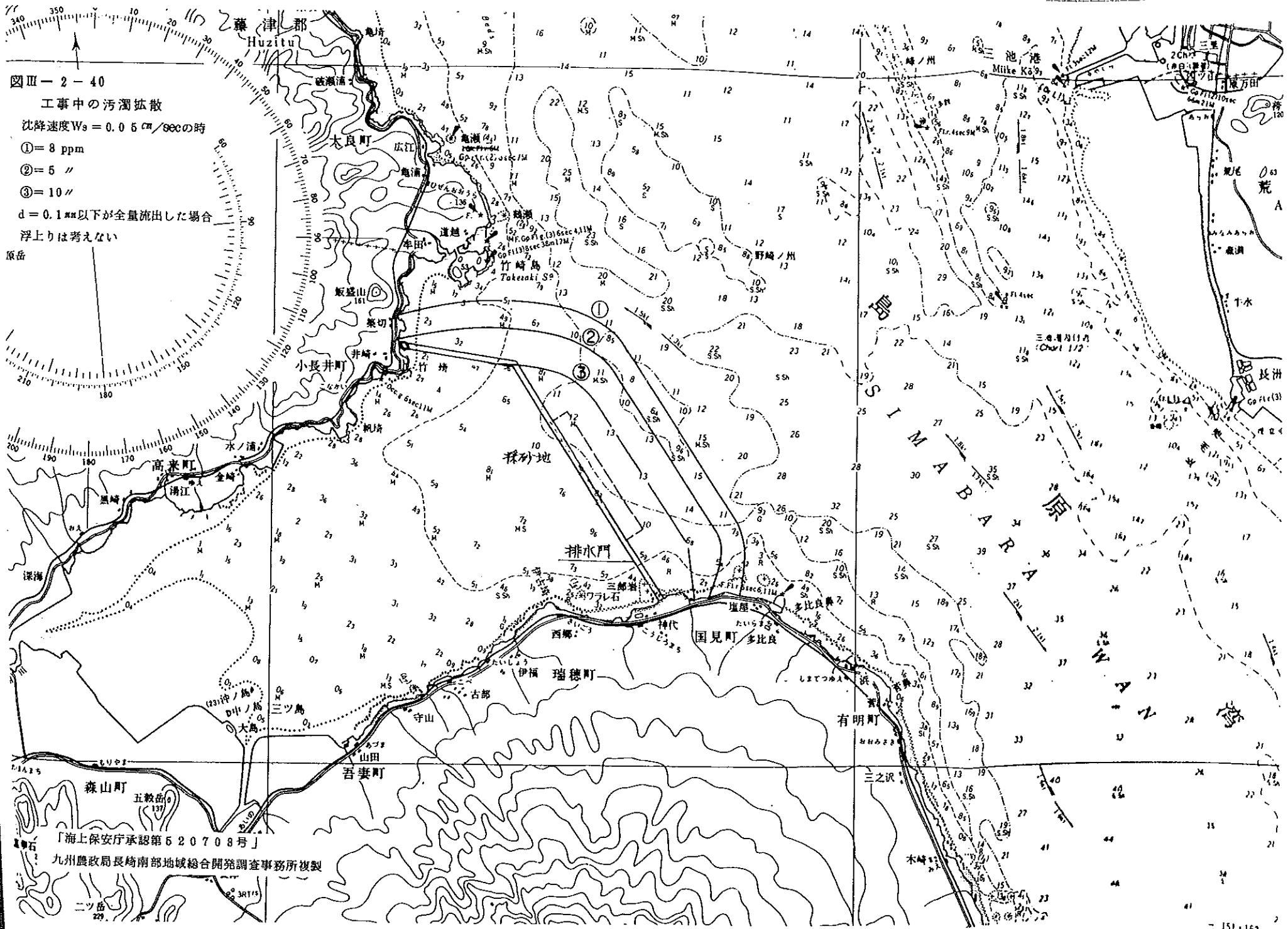
$L = 3$

\sqrt{N}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
2	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
3	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
4	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
5	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
6	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
7	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
8	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
9	1.	1.	1.	1.	1.	2.	2.	2.	2.	2.	1.	1.	1.	1.	1.
10	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.
11	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.
12	2.	2.	2.	2.	2.	3.	3.	3.	3.	3.	2.	2.	2.	2.	2.
13	2.	2.	2.	2.	3.	3.	4.	4.	4.	3.	3.	2.	2.	2.	2.
14	2.	2.	2.	3.	3.	4.	5.	6.	5.	4.	3.	3.	2.	2.	2.
15	2.	2.	2.	3.	3.	4.	6.	10.	6.	4.	3.	3.	2.	2.	2.
16	2.	2.	2.	3.	3.	4.	5.	6.	5.	4.	3.	3.	2.	2.	2.
17	2.	2.	2.	2.	3.	3.	4.	4.	3.	3.	2.	2.	2.	2.	2.
18	2.	2.	2.	2.	2.	3.	3.	3.	3.	3.	2.	2.	2.	2.	2.
19	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.
20	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.
21	1.	1.	1.	1.	1.	2.	2.	2.	2.	2.	1.	1.	1.	1.	1.
22	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
23	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
24	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
25	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
26	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
27	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
28	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
29	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.

図 III-2-39 濃度の平面分布

($W_s = 0.05 \text{ cm/sec}$, $U = 1.0 \sin \omega t$, $V = 0.5 \cos \omega t$, $K_x = 500 \text{ m}^2/\text{sec}$ の場合)

T =	1500, MIN	1 DAY	1 HOR	0 MIN															
L =	8																		
M/N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
1	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	3.	3.	2.	2.	1.	1.				
2	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	3.	3.	2.	2.	1.	1.				
3	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	3.	3.	2.	2.	1.	1.				
4	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	3.	3.	3.	2.	2.	2.				
5	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	2.	2.	3.	3.	3.	2.	2.	2.				
6	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	2.	2.	3.	3.	3.	2.	2.	2.				
7	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	2.	3.	3.	3.	2.	2.	2.				
8	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	2.	3.	3.	3.	3.	2.	2.				
9	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	2.	3.	3.	3.	3.	2.	2.				
10	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	2.	3.	4.	3.	3.	2.	2.				
11	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	2.	3.	4.	4.	4.	3.	2.	2.				
12	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	2.	4.	5.	5.	4.	3.	2.	2.				
13	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	3.	5.	6.	5.	4.	3.	2.	2.				
14	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	6.	9.	8.	6.	4.	2.	1.	1.				
15	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	28.	19.	11.	6.	3.	2.	1.	1.				
16	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.				
17	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.				
18	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.				
19	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.				
20	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.				
21	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.				
22	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.				
23	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.				
24	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.				
25	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.				
26	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.				
27	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.				
28	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.				
29	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.				



図III-2-40

工事中の汚濁拡散

沈降速度 $W_s = 0.05 \text{ cm/sec}$ の時

① = 8 ppm

② = 5 "

③ = 10 "

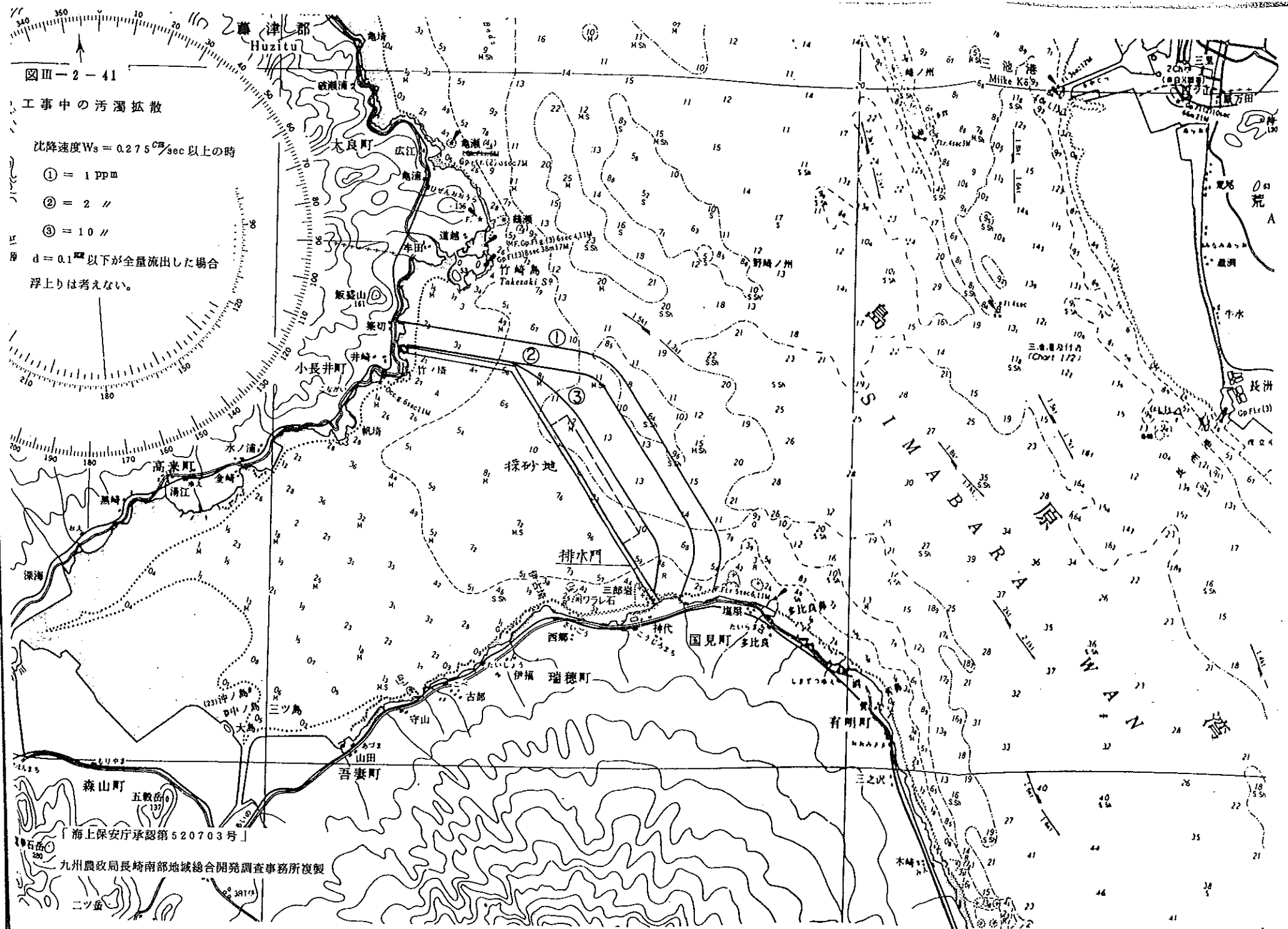
$d = 0.1 \text{ mm}$ 以下が全量流出した場合

浮上りは考えない

原岳

「海上保安庁承認第520708号」

九州農政局長崎南部地域総合開発調査事務所複製



図三-2-41

工事中の汚濁拡散

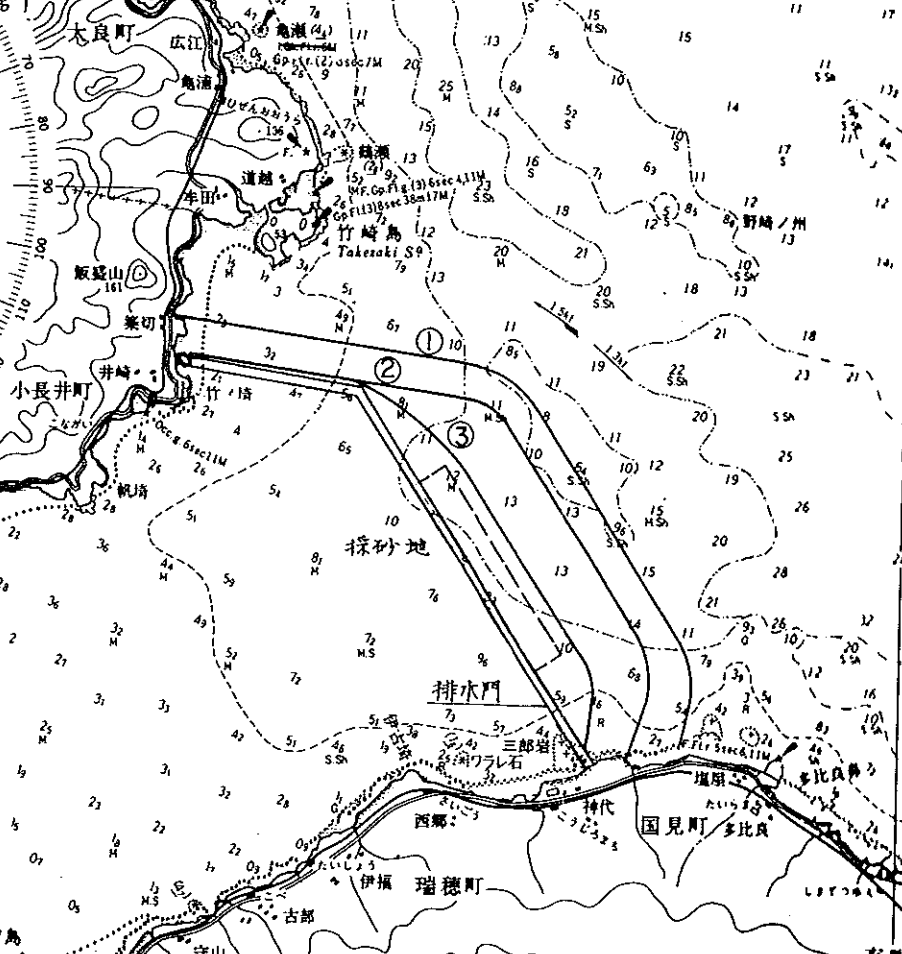
沈降速度 $W_s = 0.275 \text{ } \text{cm}^2/\text{sec}$ 以上の時

① = 1 ppm

② = 2 //

③ = 10 //

厚 $d = 0.1 \text{ m}$ 以下が全量流出した場合
浮上りは考えない。

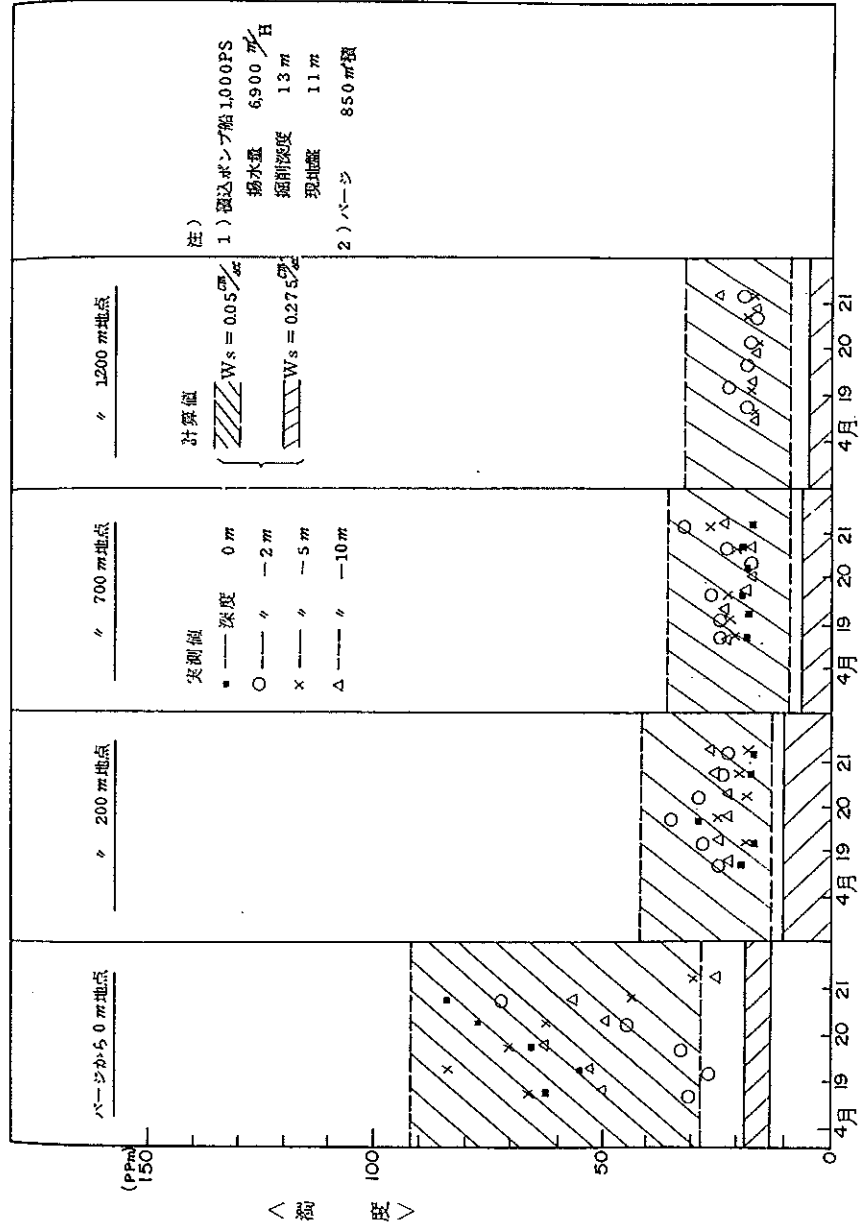


海上保安庁承認第520703号

九州農政局長崎南部地域総合開発調査事務所複製

二ツ金

図 III - 2 - 42 濁度測定結果 (距離別)



(楠 瀬 瀬 戸 航 路 後 濁 度 実 測 デ ー タ)

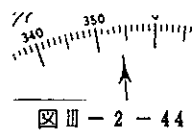
図Ⅲ-2-43 10日間の堆積予測 単位^{mm}

(1) 浮き上りのない場合で $d = 0.1^{mm}$ 以下全量流亡した場合

M/N	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4				0.5	0.5	0.5	0.5					
5				0.5	0.5	0.5	0.5	0.5				
6			0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5				
7			0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5				
8			0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5				
9			0.5	0.5	0.6	0.8	0.6	0.5	0.5			
10		0.5	0.5	0.5	0.6	0.9	0.6	0.5	0.5			
11		0.5	0.5	0.6	0.6	1.0	0.6	0.5	0.5			
12		0.5	0.5	0.6	0.7	1.3	0.7	0.6	0.5	0.5		
13	0.5	0.5	0.6	0.6	0.8	1.6	0.8	0.6	0.5	0.5		
14	0.5	0.5	0.6	0.7	0.9	2.3	0.9	0.7	0.6	0.5		
15	0.5	0.6	0.8	1.0	1.7	6.8	1.3	1.0	0.8	0.6	0.5	
16	0.5	0.5	0.6	0.7	0.9	2.3	0.9	0.7	0.6	0.5		
17		0.5	0.5	0.6	0.8	1.6	0.8	0.6	0.5	0.5		
18		0.5	0.5	0.6	0.7	1.3	0.7	0.6	0.5	0.5		
19		0.5	0.5	0.5	0.6	1.0	0.6	0.5	0.5			
20			0.5	0.5	0.6	0.9	0.6	0.5	0.5			
21			0.5	0.5	0.6	0.8	0.6	0.5	0.5			
22			0.5	0.5	0.6	0.7	0.5	0.5				
23				0.5	0.5	0.6	0.5	0.5				
24				0.5	0.5	0.6	0.5	0.5				
25					0.5	0.5	0.5					
26					0.5	0.5	0.5					

(2) 浮き上りのない場合で $d = 0.1^{mm}$ 以下 $1/10$ 流亡

M/N	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 ^{mm}	
4							0.1						
5							0.1						
6							0.1						
7						0.1	0.1	0.1					
8						0.1	0.1	0.1					
9						0.1	0.1	0.1	0.1				
10						0.1	0.1	0.1	0.1	0.1			
11						0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1		
12						0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
13						0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
14						0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
15		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.7	0.1	0.1	0.1	0.1	
16		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
17			0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1			
18			0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1			
19				0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1				
20				0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1				
21					0.1	0.1	0.1	0.1					
22					0.1	0.1	0.1						
23						0.1	0.1	0.1					
24							0.1						
25								0.1					
26									0.1				



図三-2-44

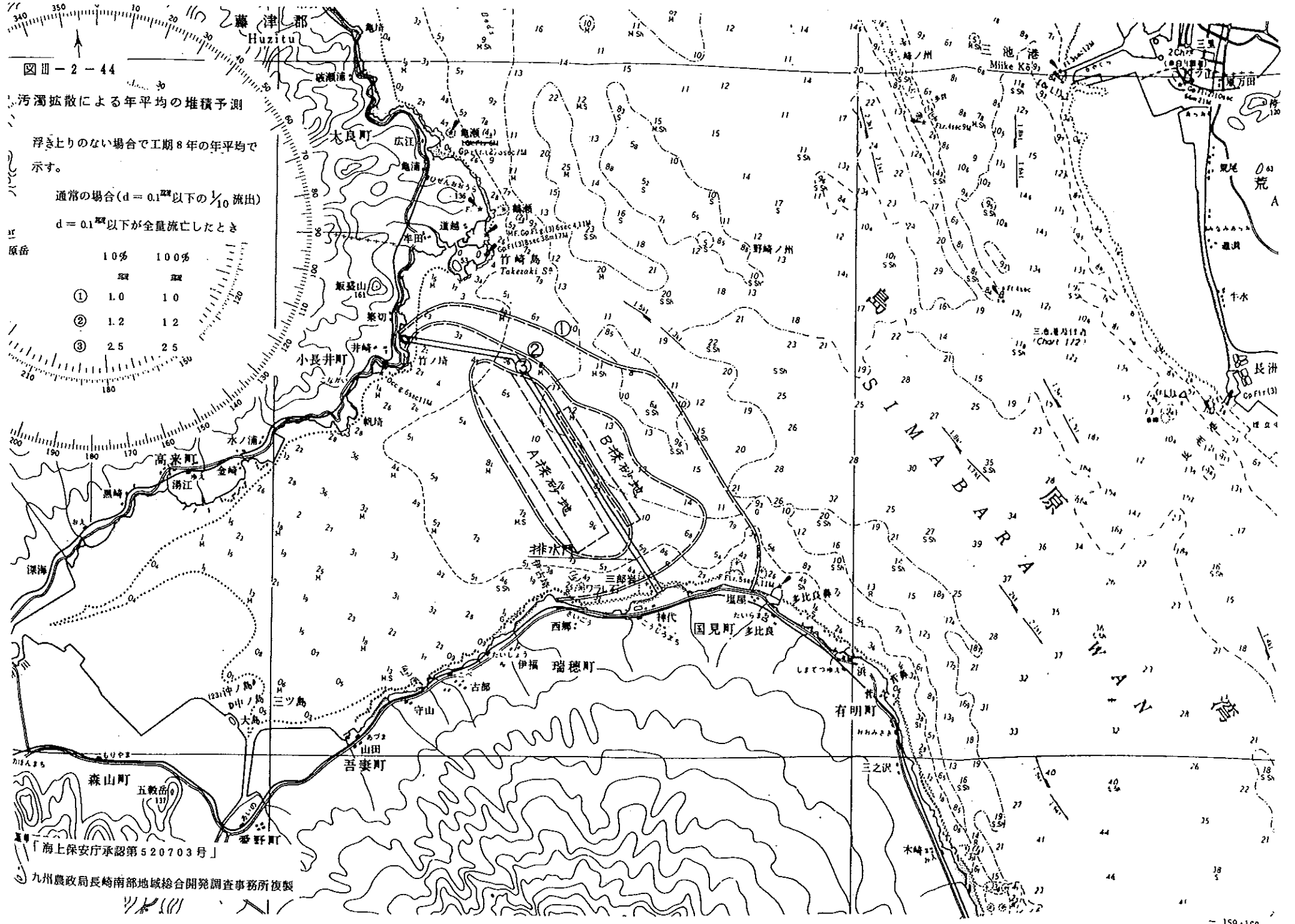
汚濁拡散による年平均の堆積予測

浮き上りのない場合で工期8年の年平均で示す。

通常の場合 ($d = 0.1^{200}$ 以下の $\frac{1}{10}$ 流出)

$d = 0.1^{200}$ 以下が全量流亡したとき

原岳	10%		100%	
	①	②	③	④
①	1.0	1.0	2.5	2.5
②	1.2	1.2		
③	2.5	2.5		



海上保安庁承認第520703号

九州農政局長崎南部地域総合開発調査事務所複製

4. 取水による影響

① 海水量、河川流入量、取水量の関係

昭和29年～48年の20年間について河川流量、使用水量などを計算し、その平均値を諫早湾と有明海についてみると、表Ⅲ-2-11のとおりである。

表Ⅲ-2-11

	河川流入量	海水量	使用水量
	百万 m^3	百万 m^3	百万 m^3
諫早湾	429	472	109
有明海	13,623	30,631	-

注 1) 河川流入量 表I-1-14参照

2) 海水量 表I-1-4参照

② 有明海水の入れ替りに関する試算

海水の入れ替り率(更新率とする)の測定例はほとんどないが、有明海についてはB区についての推定がなされている。(筑後川取水の影響調査報告書)

同報告によると更新率は1潮時で $\frac{1}{50}$ 、1日 $\frac{1}{25}$ とされている。更新率の逆数が滞留日数であるから、ある時点でB区に加入した水は、平均的にみて25日間B区内に滞留するとみてよい。

更新は潮汐によって行なわれるとし、B区の値を基礎として有明海の更新率を推定する。

	B	C	D	E	$\frac{E}{B}$
満潮時水量VF	3,495	3,853	14,926	11,648	33,924
干潮時水量VE	1,699	2,794	12,133	9,767	26,394
干満差 ΔV	1,796	1,059	2,793	1,881	7,530
$\Delta V/VF$	0.51	0.27	0.19	0.16	0.22
*更新率/潮時	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{95}$	$\frac{1}{135}$	$\frac{1}{161}$	$\frac{1}{116}$
更新率/日	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{47}$	$\frac{1}{67}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{1}{58}$

*更新率は $\Delta V/VF$ に比例するとして推定

※の混合は $B>E>C>D$ の順となろう。滞留日数の計算値が最も大きいE区の80

日と云う数値を考慮して有明海全体の滞留日数としては70日 \approx 0.2年程度と推定される。

③ 塩分変化に与える影響予測

取水による影響予測は拡散の問題としてとらえなければならないが、有明海を一つの閉鎖した海域と考えれば河川流入によってうすめられる塩分濃度は河川流入量/海水量と考えられる。

今使用水量の影響は流入量の変化と考えて、塩分変化率は次式で与えられる。

$$\text{塩分塩化率} = \frac{V_R}{V_A} - \frac{V_R - V_S}{V_A} = \frac{V_S}{V_A}$$

V_A : 有明海の海水量

V_R : 河川流入量

V_S : 使用水量

$$\frac{V_S}{V_A} = \frac{109 \times 0.8^{**}}{30,631 - 472} = 0.003 = 0.3\%$$

※使用水量の2割は流域内に還元するものと考えた。

次に上記滞留日数を考慮すると取水による有明海水の塩分変化は、

$$0.3\% \times 0.2 = 0.06\% \text{ 程度と予測できる。}$$

III 淡水湖の水質予測

III 淡水湖の水質予測

1 汚濁負荷量

(1) 周辺地域の将来のフレーム値

本流域内には諫早市を中心として北に小長井町、高来町、南に国見町、瑞穂町、吾妻町、愛野町、森山町があり、昭和50年現在では以上8市町の行政人口が129,000人である。

このうち、諫早市、小長井町、森山町、愛野町、国見町の一部が諫早湾の流域外となり、流域人口は98,000人となる。流域人口のうち約56%にあたる54,000人は諫早市であり、本明川を中心に市街地を形成しており、人口の集中がみられる。また、産業は現在では食料品を中心にして本明川下流に大工場が集中しているがその数は多くなく排水量 10 m^3 /日以上以上の工場が13社程度である。

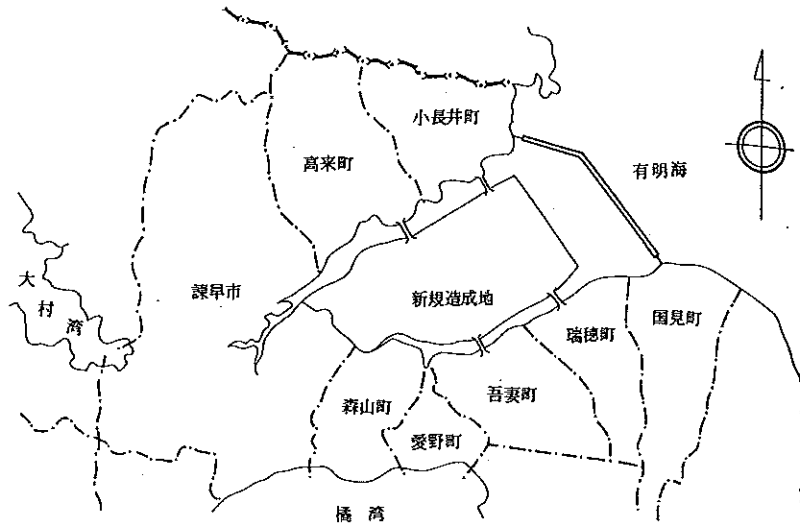
一方農産業としての畜産業は小規模であるが、流域内で豚38,700頭、牛7,700頭が飼育されており、将来この畜産業は淡水湖の造成に伴う農業用地の造成で伸びることが予測される。

また、8市町を土地利用の面からみると行政面積約36,000haのうち約40%にあたる15,600haが山林で、約30%にあたる11,000haを農用地である畑と水田とでしめている。

この周辺流域の人口及び産業の昭和70年における予測は県全体のレベルにおける長期見通しのもとに長崎南部地域総合開発計画をも加味して各関連の部局において行われ、人口は約23%伸びて流域内で120,200人となり、鉱工業では農村地域工業導入促進に基づく開発計画により5工業団地の開発と既存工場の伸びを見込んで現在の310億円から約3倍の伸びを示す1,021億円程度になるものと予測している。また畜産業では、豚が約60%の伸びを示して61,000頭に牛が50%の増加で11,000頭になるものとしている。土地利用状況は山林、水田、畑ともその面積はほとんど変化がないと思われるが、人口、工場の増加による宅地化等によって若干減少するものと思われる。

以上、周辺流域内市町の位置とその人口及び産業の現況と将来を図III-3-1及III-3-1に示す。

図III-3-1 流域内市町位置図



表III-3-1 人口及び産業の現況と将来

行政区名	人口 (人)	出荷額 (百万円)	家畜(頭)			山林 (ヘクタール)	水田 (ヘクタール)	畑 (ヘクタール)
			豚	乳用牛	肉用牛			
諫早市	52,685	24,120	11,994	870	663	4,662	1,772	1,000
	76,000	66,413	18,890	1,140	1,030	4,662	1,740	1,000
小長井町	6,299	509	9,878	463	572	869	256	370
	6,600	3,933	15,560	610	890	869	243	400
高来町	10,645	661	3,100	130	460	3,120	556	410
	10,000	5,508	4,880	170	730	3,120	530	1,700
森山町	5,602	4	2,200	-	420	491	822	100
	5,800	7	3,470	-	670	491	796	100
愛野町	4,163	1,631	1,556	331	348	135	218	270
	4,100	2,672	2,450	430	670	107	219	270
吾妻町	8,356	1,206	4,512	567	1,684	1,158	687	600
	8,000	11,491	7,110	750	2,640	1,158	690	600
瑞穂町	6,104	1,746	2,876	458	557	1,082	411	100
	6,000	10,686	4,520	610	870	1,082	400	100
国見町	4,007	839	2,591	89	54	1,446	206	100
	3,700	1,374	4,080	110	110	1,446	206	100
合計	97,861	30,715	38,707	2,908	4,758	12,963	4,928	3,700
	120,200	102,084	60,960	3,820	7,610	12,935	4,824	3,600

(c) 汚濁負荷原単位の確定

淡水湖の将来水質を予測するためには、前節の周辺市町の開発計画をもとにして昭和70年に淡水湖へ流入する汚濁負荷量を知る必要がある。

このときの汚濁負荷量は湖沼の水質環境基準の項目であるCOD負荷だけでなく、上水道水源としての検討を行うためには総チッ素、総リンの負荷が重要になってくる。

総チッ素、総リンは生物の重要な栄養素であり、これら栄養塩類が多く流入し淡水湖内に留まるようになると、プランクトンの大発生等を招き、一時的あるいは長期的に上水道の浄化機能を低下させ、水道水としては致命的と思われる色やにおいを生じるようになる。

一般的に言ってこのような状態が恒久的に続くおそれのある水源は上水道の原水としては不向きであるといえる。

したがって、ここでは上記の問題を検討するためにこれら栄養塩類の主要な発生源と考えられる。

- (1) 家庭汚水
- (2) 工場排水
- (3) 家畜排水
- (4) 事業所排水(工場以外)
- (5) 観光排水
- (6) 農業排水
- (7) 自然汚濁

についてその流出量を把握する。

さきの発生源7項目についての汚濁量は種々の文献及び研究報告などによって知られている。

しかしながら地域的特性が大きい、工場排水、観光排水、農業排水、自然汚濁についてはその値を流域内で調査する必要があると思われる。

ここでは、文献、研究報告と比較しながら、流域内の値を実測調査をもとに7項目の発生源に対してその汚濁量を設定した。その概要を以下の項目別に述べる。

1. 家庭汚水

家庭汚水の負荷量は、第8回下水道研究発表会講演集の「家庭下水の負荷量原単位に関する研究第1、2報」が知られている。この値と長崎市中部、北部の2下水処理場における水質報告より家庭下水の負荷量原単位を算出し、比較したが、各水質項目で近似した値が得られた。計算には表Ⅲ-3-2の値を採用した。

表Ⅲ-3-2 家庭汚水の負荷量原単位 (g/日/人)

項目	S 50	S 70	備 考
B O D	38.5	68.5	し尿1.3g/日/人は除く
C O D	19.3	34.3	// 6.5 //
T - N	3.25	4.25	// 9 //
T - P	1.03	1.83	// 0.57 //

(流域別下水道計画調査指針)

② 工場排水

工場の生産活動による排水は、工場の業種、処理施設の有無等によって大巾に異なると思われるが、一般的には製造品出荷額に対する負荷量で表示する方法が用いられている。

また、排水水質は、水質汚濁防止法第3条第1項の排水基準によって工場から公共用水域へ排出される排水については規制されており、これによって許容限度がBOD及びCODで日間平均120ppmにおさえられている。

採用した原単位は、工業統計-用地用水編-(通商産業大臣官房調査統計部)より大村、諫早工業地区及び長崎県の排水量を算出し、上記排水基準値と流域内8市町の業種別出荷額を用いて設定した(表Ⅲ-3-3)。

また、ここでは総チッ素、総リンについては規制値がなく、調査資料及び文献が少ないので、建設省土木研究所の行った都市排水におけるBODとの比率を用いた。

表Ⅲ-3-3 工場排水の汚濁原単位

業種別	項目	排水量 原単位 (m ³ /日/百万円)	負 荷 原 単 位 (kg/日/百万円)			排水量原単位 の採用箇所
			C O D	T - N	T - P	
18.19	食 料	0.291	0.035	0.0057	0.0006	諫早・大村
20.	織 維	1.687	0.017	0.0028	0.0003	//
21.	衣 服	0.035	0.0004	-	-	//
22.	木 材	△ 0.012	0.0001	-	-	△ 長崎県値
23.	家 具	△ 0.006	-	-	-	△ //
24.	紙パルプ	※ 3.400	0.408	0.0669	0.0070	※ 全国値
25.	出 版	△ 0.036	0.0004	-	-	△ 長崎県値
26.	化 学	△ 0.307	0.028	0.0051	0.0005	△ //
30.	窯 業	0.574	0.029	0.0010	0.0001	諫早・大村
31.	鉄 鋼	△ 0.040	0.0004	-	-	△ 長崎県値
33.	金 属	0.161	0.005	-	-	諫早・大村
34.	機 械	0.040	0.0006	-	-	//
35.	電 機	0.156	0.005	-	-	//
36.	輸 送 機	△ 0.045	0.0009	-	-	△ 長崎県値
37.	精 機	△ 0.032	0.0003	-	-	△ //
39.	そ の 他	△ 0.091	0.0009	-	-	△ //

③ 家畜排水

家畜のふん尿汚水の負荷量は畜産の研究第30巻-石丸国雄-より引用したが、畜舎排水はその飼育形態と飼料によって大巾に異なることが報告されており、流域内の家畜についてその飼育形態を知る必要がある。

このことから流域内の畜産経営者にそのふん尿の処理状況等についてアンケート調査を行い、実状を調査した結果、豚、牛とも大部分を自家用の肥料として使用しており、処理施設を通して河川へ廃棄されるものは豚ではふん2%、尿11%であり、牛ではゼロであった。

しかし、計算では河川の汚濁に関与するものとして河川へ廃棄されるものと、野積等によって放置されるものを考え、また肥料として使用されたものは、農地か

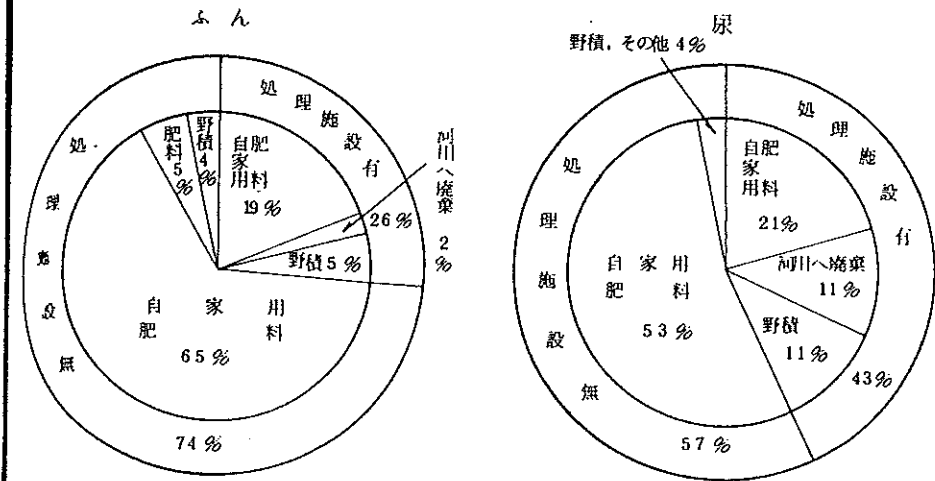
ら流出される汚濁量として考えた。

表III-3-4 に家畜のふん尿汚水の負荷原単位を、図III-3-2、3 に流域内の飼育形態のアンケート調査結果を示す。

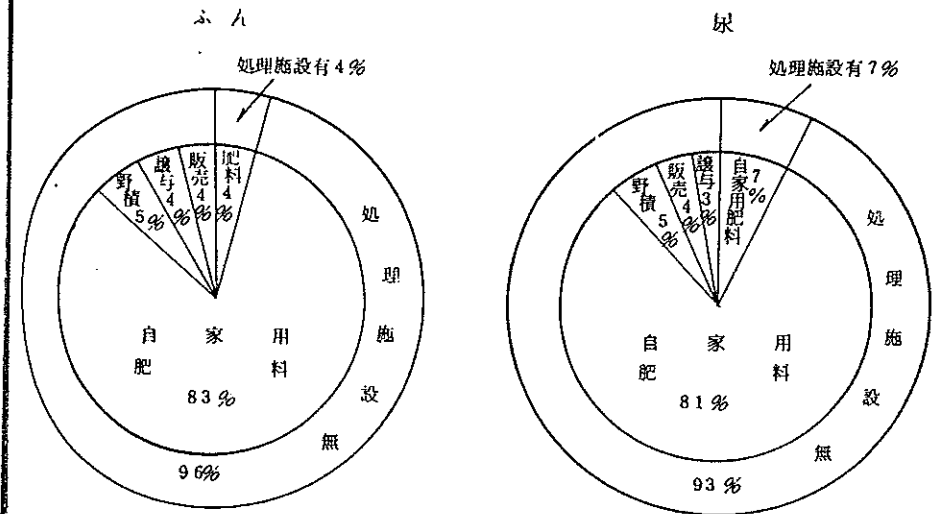
表III-3-4 家畜ふん尿汚水の負荷(石丸国雄:畜産の研究第30巻第1号)

項目	項目	豚		牛	
		ふん	尿	ふん	尿
BOD	濃度 (mg/l)	61,000	5,000	24,000	4,000
	排出量 (kg/日)	3	3	25	5
	負荷量 (g/日)	185	15	600	20
T-N	濃度 (mg/l)	5,000	8,000	6,000	8,000
	排出量 (kg/日)	3	3	25	5
	負荷量 (g/日)	15	24	150	40
T-P	濃度 (mg/l)	8,000	400	2,000	400
	排出量 (kg/日)	3	3	25	5
	負荷量 (g/日)	24	1	50	2

図III-3-2 豚のふん尿処理状況



図III-3-3 牛のふん尿処理状況



昭和5年アンケート調査結果より

④ 事業所排水

工場以外の事業所で汚濁源として考えられるものに、し尿処理場、と畜場、大規模ビルなどが考えられるが、これらの値はすべて特定事業所の届出調書及び保健所の水質調査結果を参考に他地域での調査結果とを比較して表Ⅲ-3-5のように設定した。

表Ⅲ-3-5 事業所排水の負荷原単位

	排水量 ($m^3/日$)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)	備考
諫早し尿処理場	4000	34	42	65	16	
諫早市営と畜場	580	56	85	54	11	
湯江と畜場	200	56	85	54	11	
諫早市中央ビル (し尿浄化槽)	240	34	42	65	16	

⑤ 観光排水

流域内の観光は、淡水湖造成後に大巾に変動する要因がなく、観光業による汚濁は現在の旅館業の施設能力を固定することによって求める。

対象となる旅館は流域内に14旅館あるが、これらの排水量及び水質は特定施設の届出調書の値を参考に他地域の値を比較して決定した。表Ⅲ-3-6に採用した排水量と水質を示す。

表Ⅲ-3-6 旅館ホテルの排水水質

	排水量 ($m^3/日$)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)	備考
ホテル 旅館	357	50	29	11	4	

⑥ 農業排水

農業排水による汚濁は畑地耕作によるものと水田耕作によるものに分けられるが、いずれも地域性があると考えられており、他地域の値は参考値としかなりない。

したがって、ここでは畑地、水田とも実測調査を継続的に行って設定した。

—畑地の汚濁原単位—

畑地からの流出汚濁量は愛野町入竜川の水質、水量の測定結果より設定した。

この測定は晴天及び小雨時のものであるが、降雨時の表面流出による肥料の流出が大きいことが考えられ、降雨量、頻度、継続時間、植生の種類、施肥の量、種類及びその時期等によって支配される。したがって、今回の検討では測定中の最大値をもってその汚濁原単位とした。

表Ⅲ-3-7 畑地の汚濁原単位 単位： $kg/日 \cdot ha$

	COD	T-N	T-P	備考
畑地の原単位	0.77	0.25	0.06	

—水田の汚濁原単位—

水田の汚濁原単位は長崎県内の波佐見圃場整備地区における水質調査より設定した。この調査結果によれば、6月の田植時期においてのみ排水負荷量が用水負荷量を上まわっているがその外の時期においては逆の関係が明らかになった。

この傾向は諫早湾北岸の小長井地区でも確かめられ、霞ヶ浦(茨城県)地区の調査報告においても同様のことが報告されている。

したがって水田の汚濁負荷量の流出は6月の田植時期及び追肥時期の20日間を見込むことにし原単位は同圃場地区の水質調査結果より表Ⅲ-3-8のように設定した。

表Ⅲ-3-8 水田の汚濁負荷原単位 単位： $kg/日 \cdot ha$

項目	COD	T-N	T-P	備考
水田の原単位	0.21	0.043	0.012	

⑦ 自然汚濁

自然汚濁としてここでは山林、降雨、地下水によるものを考える。

これらはいずれも流域内の実測調査をもとに他の研究報告、文献と比較しながら設定した。

山林については、境川上流、西郷川上流の河川水量、水質より原単位を設定、降雨によるものとしては、波佐見と諫早市原口での調査値の平均を用い、地下水によるものは、小長井、高来、瑞穂、吾妻、諫早の各井戸での水質調査結果よりその平均値を用いて決定した。各々の値を表Ⅲ-3-9に示す。

表Ⅲ-3-9 自然汚濁原単位

項目	COD	T-N	T-P	備考
山林	kg/日・kd 4.2	kg/日・kd 1.0	kg/日・kd 0.047	
降雨	mg/l 2.2	mg/l 0.3	mg/l 0.03	
地下水	mg/l 0.5	mg/l 1.0	mg/l 0.06	

(3) 流出率の検討

各発生源において発生した汚濁は水路、側溝、河川を經由して最終的に造成された淡水湖へ到達する。この間に人為的あるいは自然的に浄化（沈殿、分解、吸着）される。

この発生量に対する流出量の割合を流出率と定義すると、流出率は対象とする地域の地形、勾配、植生、地質、水路延長及び土地利用状況等によってかなり変化するものと考えられ、また、物質によっても変化するものと思われる。

今回の検討では、都市的な地域と農山村的な地域に分けてこの流出率を水質調査資料より設定した。

都市的な地域としては市街化が進んでいる諫早市中心部を流下する本明川裏山橋と光江橋間で、農山村地域として境川、西郷川流域を選定した。

設定した流出率は表Ⅲ-3-10のとおりである。

表Ⅲ-3-10 流出率

項目	COD	T-N	T-P	備考
都市的な区域	0.5	0.8	0.7	
農山村の区域	0.1	0.2	0.1	

(4) 流出汚濁負荷量の算出

造成後の淡水湖へ流入する負荷量は、河川を經由して流入する陸上由来のもの、造成後の干拓地から流入するもの及び湖面へ直接流入する降雨と地下水が考えられる。このうち、陸上由来の負荷量については現在（昭和50年）との比較ができるが、干拓地及び降雨によるものは、淡水湖造成後においてはじめて流入してくる負荷量となる。

陸上由来による汚濁量を昭和50年と昭和70年において比較すると表Ⅲ-3-11

のようであり、全体量でCODでは66%増、T-Nでは32%増、T-Pでは47%の増となっており、市街地人口の増加によるものがその大部分をしめている。また、干拓地及び地下水、降雨も含めた昭和70年の負荷量は、表Ⅲ-3-12・図Ⅲ-3-4に示すようである。

このうち下水道によって削減しうるものは、諫早市第1次計画区域（整備人口26,800人）、し尿処理場放流水、と畜場放流水及び観光排水であり、その量は総チッ素で41.4%、総リン52.6%であり、これによって昭和50年における河川由来による汚濁量以下となる。

表Ⅲ-3-11 陸上由来の流出汚濁量

項目	汚濁負荷 汚濁源細目	COD		T-N		T-P		備考
		S・50	S・70	S・50	S・70	S・50	S・70	
家庭	下水道区域	—	—	—	—	—	—	
	市街地	106.3	334.9	28.6	66.4	7.9	25.0	
	市街地外	4.7	83.5	16.1	20.7	2.5	4.5	
工場	下水道区域	—	—	—	—	—	—	
	市街地	120.1	254.2	29.0	57.7	2.7	5.3	
	市街地外	3.5	9.5	0.9	1.8	0.2	0.1	
畜産	豚	25.1	39.3	21.0	33.0	3.9	6.1	
	牛	10.3	15.9	7.3	11.3	1.0	1.6	
し尿	処理場	61.3	61.3	94.9	94.9	23.4	23.4	
	と畜場	18.0	18.0	11.4	11.4	2.3	2.3	
	浄化槽	6.2	6.2	3.9	3.9	0.8	0.8	
旅館	下水道区域	3.7	3.7	5.7	5.7	1.4	1.4	
	その他	1.4	1.4	0.9	0.9	0.3	0.3	
山林	畑地	0.5	0.5	0.3	0.3	0.1	0.1	
	水田	1.4	1.4	0.9	0.9	0.3	0.3	
	その他	0.5	0.5	0.3	0.3	0.1	0.1	
合計	山林	198.7	198.3	47.3	47.2	2.2	2.2	
	畑地	17.4	17.0	5.7	5.5	1.4	1.3	
	水田	20.7	20.3	4.2	4.1	1.2	1.2	
合計								
合計		640.9	1,064.0	277.2	364.8	51.3	75.6	

表Ⅲ-3-12 昭和70年度湖内総流入負荷量

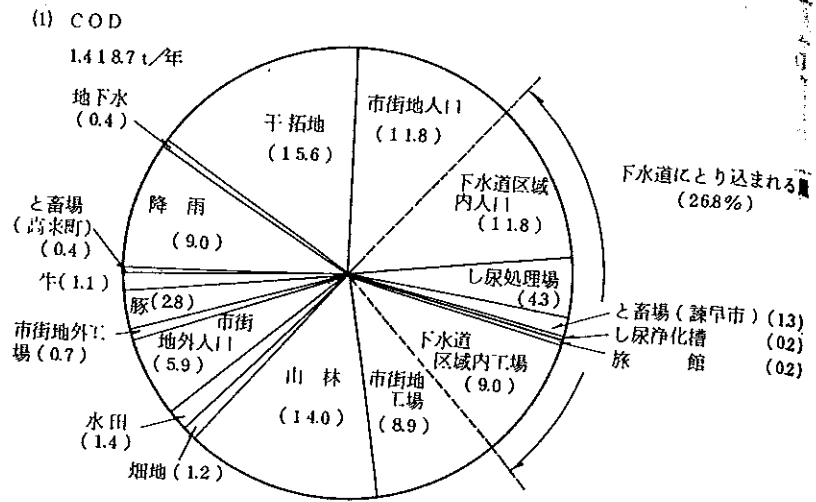
項目 区分	陸上由来の								
	家庭			工場			家畜		工場
	下水道 区域内 人口	市街地 人口	市街地 外人口	下水道 区域内 工場	市街地 工場	市街地 外工場	豚	牛	し尿 処理場
COD 負荷量 率 (%)	1678	167.2	83.5	127.4	126.9	9.5	39.3	15.9	61.3
	11.8	11.8	5.9	9.0	8.9	0.7	2.8	1.1	4.3
T-N 負荷量 率 (%)	33.3	33.1	20.7	28.9	28.8	1.8	33.0	11.3	94.9
	7.9	7.8	4.9	6.8	6.8	0.4	7.8	2.7	22.4
T-P 負荷量 率 (%)	12.5	12.5	4.5	2.7	2.6	0.1	6.1	1.6	23.4
	15.4	15.4	5.6	3.3	3.2	0.1	7.5	2.0	28.9

※ と畜場の上段値は諫早市営と畜場、下段値は湯江と畜場分

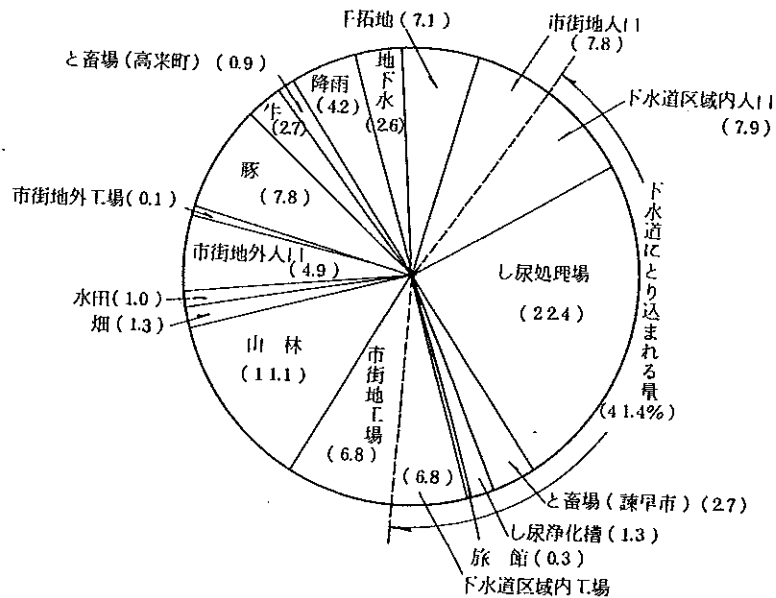
(単位: ton/年)

流人負荷				湖内直接流入負荷						合計
以外の事業所		旅館		山林	畑地	水田	降雨	地下水	干拓地	
と畜場	し尿 浄化槽	下水道 区域内 旅館	その他 旅館							
◇ 18.0	3.7	1.4	0.5	198.3	17.0	20.3	128.0	5.5	221.0	1418.7
6.2										
1.3	0.2	0.1	0.1	14.0	1.2	1.4	9.0	0.4	15.6	100.0
0.4										
◇ 11.4	5.7	0.9	0.3	47.2	5.5	4.1	17.6	11.0	30.0	423.4
3.9										
2.7	1.3	0.2	0.1	11.1	1.3	1.0	4.2	2.6	7.1	100.0
0.9										
◇ 2.3	1.4	0.3	0.1	2.2	1.3	1.2	1.8	0.7	3.0	81.1
0.8										
2.8	1.7	0.4	0.1	2.7	1.6	1.5	2.2	0.9	3.7	100.0
1.0										

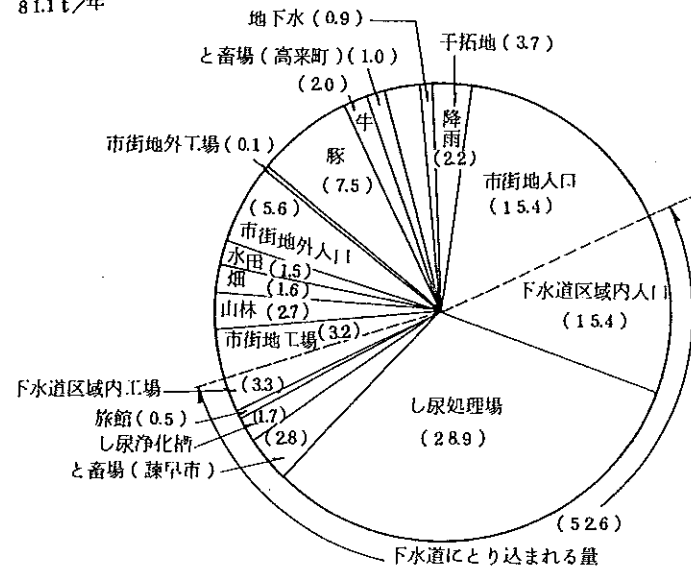
図Ⅲ-3-4 総流入負荷の発生源別比 (S70年度)



(2) T-N
423.4 t/年



(3) T-P
81.1 t/年



注) ()内の数字は%を示す

2 淡水湖の将来水質

将来の水質は、本淡水湖が水道水源として使用されることから、チッ素、リンを中心としてCODをも予測した。

予測のモデルは本湖沼の特性上、淡水部分と塩水部分の二層になるところからこの影響を考慮して設定し、単に陸上から流入してくる負荷による汚濁だけでなく、湖内に蓄積されて生産される汚濁をも見込んで予測を行った(図Ⅲ-3-5)。

$$V \cdot dC = C_1 \cdot Q_1 \cdot dt - C_2 \cdot Q_2 \cdot dt - K_1 \cdot V \cdot C \cdot dt + K_2 \cdot V_s \cdot C_s \cdot dt \dots (1)$$

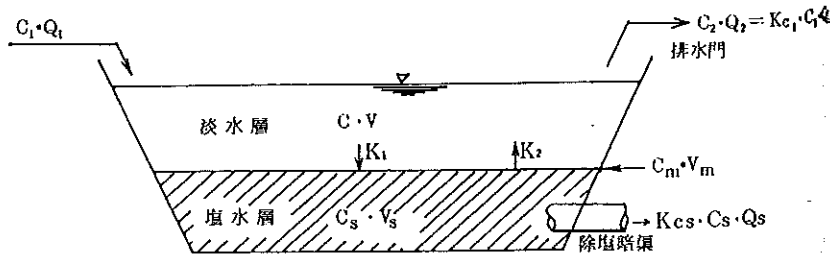
$$V_s \cdot dC_s = K_1 \cdot V \cdot C \cdot dt - K_2 \cdot V_s \cdot C_s \cdot dt - K_{cs} \cdot C_s \cdot Q_s + C_m \cdot Q_m \dots (2)$$

$$C_2 \cdot Q_2 = K_{c1} \cdot C_1 \cdot Q_1 \dots (3)$$

ここに、

- Q_1 : 流入水量 (m³/日) Q_m : 海水の浸入量 (m³)
- Q_2 : 流出水量 (m³/日) Q_s : 除塩暗渠からの排水量 (m³)
- C_1 : 流入水中の栄養塩濃度 (g/m³) K_1 : 沈澱率
- C_2 : 流出水中の栄養塩濃度 (g/m³) K_2 : 回帰率
- C : 淡水湖内の栄養塩濃度 (g/m³) K_{c1} : 流出率
- C_s : 塩水層中の栄養塩濃度 (g/m³) C_m : 海水の栄養塩濃度 (g/m³)
- V : 淡水層の容積 (m³) K_{cs} : 除塩暗渠の除去効率
- V_s : 塩水層の容積 (m³)
- t : 時間 (日)

図Ⅲ-3-5 水質予測モデル図



このモデルでは、流出率 (K_{c1})、沈澱率 (K_1)、回帰率 (K_2)の各数値を設定しなければならない。

ここでは、流出率 (K_{c1})は琵琶湖、諏訪湖、湯ノ湖等の調査研究報告を検討し、河野氏等の「諏訪湖における栄養塩及び有機物収支に関する研究」の流出率を補正で用いた。

並びに用いた諸係数は表Ⅲ-3-13のとおりである。

表Ⅲ-3-13 諸係数

項目	流出率 (K_{c1})	沈澱率 (K_1)	回帰率 (K_2)	備考
T-N	0.45	0.8 ~ 0.4	0.1	
T-P	0.07	0.8 ~ 0.4	0.1	

また、予測を行うにあたって必要な計算諸元は次のとおりである。

I) 予測の期間：昭和50年より昭和70年までとし計算は1ヶ月単位で行う。

II) 流入水量：有効流入水量+地下水流入量+干拓地排水量とする。

計算にあたっては昭和50年から昭和70年まで計画基準年である1/10 渇水年の昭和39年の月別流入水量を用いた。

III) 流出水量：流出水量=流入水量-用水量

流入負荷量：流入負荷量=河川流入負荷+水田負荷+地下水流入負荷+降雨負荷+干拓地排水負荷

河川流入負荷は、昭和50年から昭和70年まで直線的に増加するものとし、下水道計画がある場合は昭和65年に一度に処理を開始するものとし、その削減量を感じた。

以上の数値を用いて淡水湖の水質を予測すると、沈澱率、回帰率の値によってその濃度はかなり変動するが、昭和70年ではT-Nで0.22~0.42 mg/l、T-Pで0.068~0.130 mg/lの範囲である(図Ⅲ-3-6、図Ⅲ-3-7)。

この値は富栄養化という観点でみると、T-Nでは霞ヶ浦、諏訪湖に比べるとかなり低くなっている。

なお、70年の流入量を1/100 渇水年の昭和42年、平年の昭和46年を使っ

た場合もその値に変化は見られなかった。

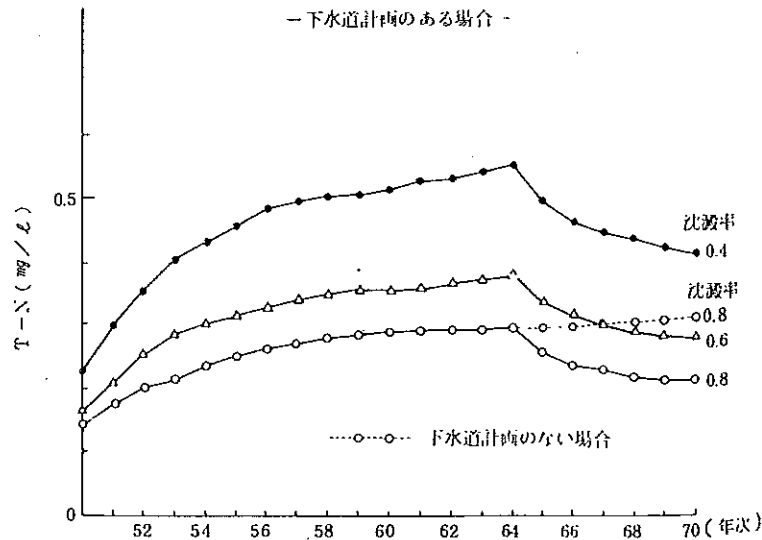
また、CODについては、一般に湖沼、海域等の閉鎖水域では、河川を經由する陸上由来CODと水域内でプランクトンにより生産されるCODの和であると考られている。

後者について、中西氏は冬期のCODを生産によるものがない陸上由来だけによるものとし、任意の時期におけるCODとの差と植物プランクトンの光合成の理論式より導びかれた生産量との比率を変換率として瀬戸内海、大阪湾、東京湾、霞ヶ浦、琵琶湖等について報告している。

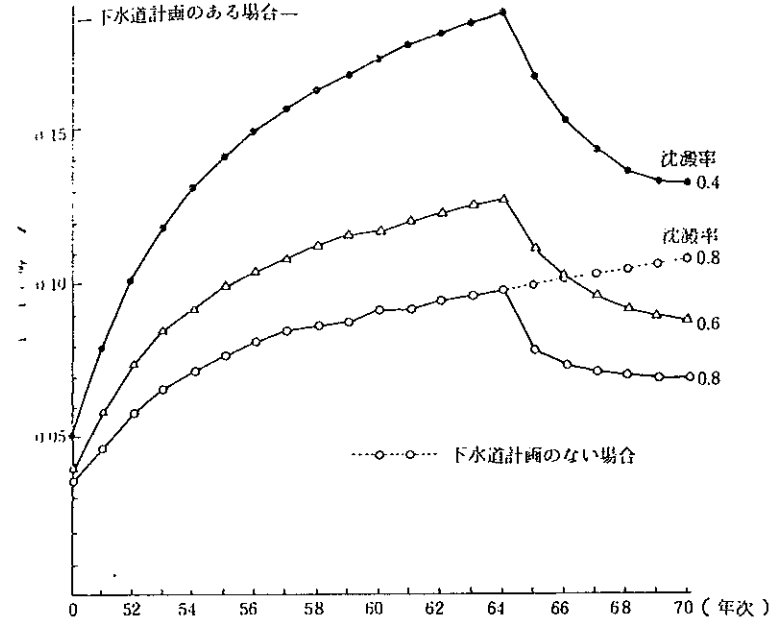
諫早湾淡水湖では、チッ素が制限因子となっていることから類似している東京湾のチッ素の変換率を用いて生産量を計算した。

その結果、CODの予測値は昭和70年で約3~4.5 mg/lであるが、この値は陸上由来のCOD値の流出、沈澱による減少を見込んでいないためそれらを考慮すればこの値はかなり低くなると思われる(図III-3-8)。

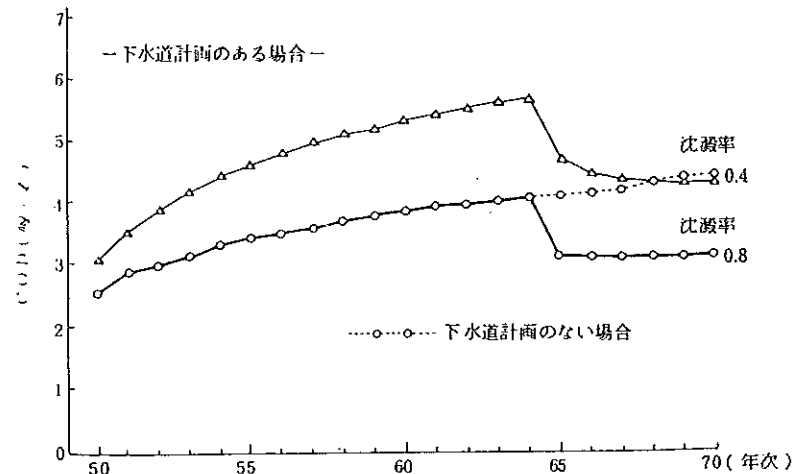
図III-3-6 T-N濃度の予測図



図III-3-7 T-P濃度の予測図



図III-3-8 COD予測値図



3 水源としての評価

淡水湖の水質を水道水源として評価する場合、有害物質を含有するか否か及び浄水処理の処理性の二点が重要である。

現在、水道水源の基準としては表Ⅲ-3-14に示した水質環境基準が定められている。この表のA群に掲げられる水質項目はいずれも飲料水の安全性を確保するものであり、特に留意しなければならない。B群は浄水処理の機能障害、浄水の利用価値に関するものであり、その原水に応じた適切な浄水処理を行う必要がある。

重金属の有害物質は、流入河川からの持込み、あるいは沼底からの溶出によるものが考えられるが、「長崎県衛生公害研究所の調査」あるいは「長崎南部地域水道計画調査報告書、厚生省昭51.3」によれば重金属類の濃度はいずれも「検出せず」である。

また、大腸菌群についても、各河川の個体数は $10^2 \sim 10^3$ 程度であり、将来淡水湖として滞留すればその間に大腸菌群は減少(約80%減)すると考えられる故、水質基準と比較しても問題はない。

さらに硝酸性チッ素についても、T-Nの予想値が0.5 ppm以下であるから、水質基準値の9 ppmを越えることはあり得ない。

以上のように、流入河川の現況水質から判断すれば、健康に関する項目について淡水湖の水道水源としての適格性には特に問題点はないと考えられる。

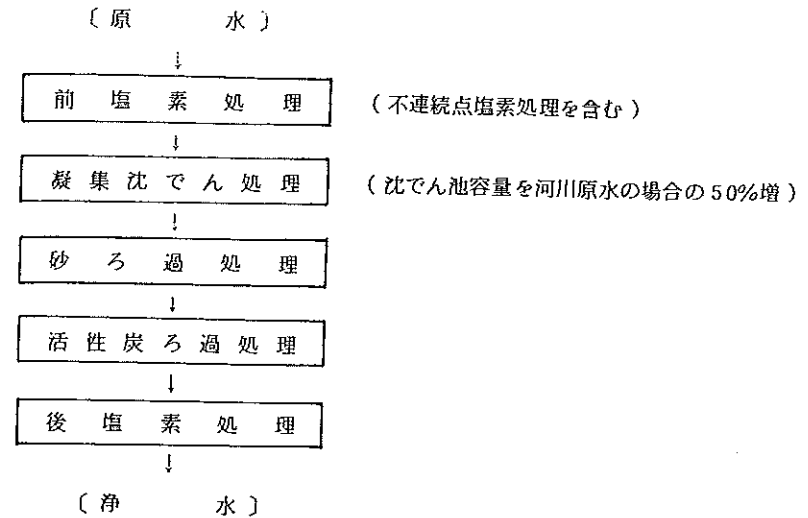
一方、淡水湖を水道水源とする場合、もっとも予想される障害は植物プランクトンの発生である。

植物プランクトンによる障害は、生物体そのものによるろ過池の閉塞、及び凝集沈澱に際しての凝集作用の劣化等の浄水処理操作への障害と、異臭味、着色等水道利用上の障害がある。

植物プランクトンに由来する上記の障害を除去するには、通常の浄水処理はほとんど効果がないが、それぞれの対策としては、次のような処理方法が考えられ、かつ実用化されている。

したがって、淡水湖水質は上記の問題が仮にあっても、図Ⅲ-3-9のような適切な処理を行えば十分に水道水源として使用できると考えられる。

図Ⅲ-3-9 浄水処理のフローシート



その他、アンモニア性チッ素、鉄、マンガン等水原水質については、既存の浄水場ではこれらの存在に対して、前塩素処理、不連続点塩素処理、マンガン砂ろ過、パキ等の処理により充分対応していること、及び淡水湖への流入河川の現況からみてこれらの濃度が著しく高くなることは予想できないことから問題にはならないと考える。

なお、農業用水としては特別の問題はない。

表III-3-14 水道水源の水質環境基準

	水質項目	基準値		
		1 類	2 類	3 類
A 群	シアンイオン	検出されないこと。	〃	〃
	総水銀	検出されないこと。	〃	〃
	有機水銀	検出されないこと。	〃	〃
	有機リン	検出されないこと。	〃	〃
	カドミウム (ppm)	0.01	〃	〃
	鉛 (ppm)	0.1	〃	〃
	クロム (ppm)	0.05	〃	〃
	ヒ素 (ppm)	0.05	〃	〃
	ふっ素 (ppm)	0.8	〃	〃
	大腸菌群 (NPN/100ml)	50	1,000	5,000
B 群	硝酸性窒素 (ppm)	9	9	9
	濁度 (度)	2	10	(緩速ろ過) 30 (豪雨時を除く)
	色(染料以外) (度)	5	5	10
	色(染料(刺激純度%)) (度)	1.5	1.5	1.5
	臭気 (TO)	3	(緩速ろ過) 5 (急速ろ過) 3	(緩速ろ過) 5 (急速ろ過) 3
	味 (TT)	3	(緩速ろ過) 5 (急速ろ過) 3	(緩速ろ過) 5 (急速ろ過) 3
	水素イオン濃度 (PH値)	6.5 ~ 8.6	6.5 ~ 8.6	6.5 ~ 8.6
	BOD (ppm)	1	2	3
	COD (ppm)	1	2	3
	溶解性物質 (ppm)	—	—	400
	アンモニア性窒素 (ppm)	—	0.1	0.5
	塩素イオン (ppm)	—	—	180
	総硬度 (ppm)	—	—	300
	鉄 (ppm)	(全Fe) 0.3	(Fe ²⁺) 0.3	(Fe ²⁺) 0.3
	マンガン (ppm)	(全Mn) 0.05	(Mn ²⁺) 0.05	(Mn ²⁺) 0.05
	銅 (ppm)	1	(緩速ろ過) 0.1 (急速ろ過) 1.0	(緩速ろ過) 0.1 (急速ろ過) 1.0
	亜鉛 (ppm)	(全Cu) 1.0	(Cu ²⁺) 1.0	(Cu ²⁺) 1.0
	フェノール類 (ppm)	—	—	0.005
陰イオン活性剤 (ppm)	—	—	0.5	

(注)

- A群は健康障害項目、B群は利用障害項目及び機能障害項目である。
- 一は、この水準の原水では通常、特に問題とはならないが上限値を示すとすれば、2類又は3類の値となる。
- 基準値1類2類3類の区分は下記による。
(1) 基準値1類は、地下水、伏流水、湧水と渓流水等の表流水を想定し簡易な浄水操作によって飲用に供し得る限界値とする。
- 基準値2類は、地表水のうち、汚濁負荷が比較的小さい河川等を想定し、通常の浄水操作で処理することができる原水水質の限界値とする。
- 基準値3類は、地表水のうち、汚濁負荷がかなり大きい河川等を想定し、高度な浄水操作で処理することができる原水水質の限界値とする。

水質保全対策

諫早湾淡水湖は、農業用水と都市用水の水源地として、長崎県下唯一の一級河川である本明川の河口諫早湾に造成されるものであり、今後の長崎南部地域総合開発の基盤としての貴重な水源地としてその機能を充分果さなければならない。従って、その造成利用目的からみた水質保全上の環境基準は湖沼のA類型であり、水道水質として利用できる水質が保持される淡水湖でなければならない。諫早湾淡水湖の水質を保全し、その機能を十分に発揮させるためには、諫早湾淡水湖水質対策委員会において検討された事項を勘案し、国及び県は次のような淡水湖の富栄養化防止を主体とした諸対策を推進する。

1) 淡水湖造成と並行実施する対策

(1) 下水道の整備

諫早市を中心とする湾流域内下水道第一期整備の推進。まず第一期として給水開始までに諫早市の中心部を整備する。

(2) 淡水湖周辺的环境整備

下水道終末処理排水と諫早市にあるし尿処理場・と畜場の処理排水を淡水湖に流入させないよう措置する。

周辺湾(湖)岸の緑地化と適正な管理を図る。

(3) 排水規制の制定

霞ヶ浦、琵琶湖等の事例を参考に、排水基準上乘せ等について検討の上制定実施して、今後の水質汚濁の削減防止につとめる。

(4) 畜産経営環境保全対策

ふん・尿の土地還元対策の推進……ふん・尿処理の適正化と利用体制の確立。

畜産の計画的な推進。

(5) 諫早湾流域の水質汚濁系統調査の実施

諫早湾に流入する河川ごとに汚濁負荷量の実態を把握するため水質調査を継続し、汚濁削減防止につとめる。

(6) 環境保全実践活動の推進

水質監視等の制度化と湾(湖)周辺の清掃等の実施を推進する。

2) 淡水湖造成後の対策

- ① 除塩暗渠、排水門の適切な管理運営
- ② 承水路沈澱域の浚渫
- ③ 淡水湖周辺環境整備
- ④ 下水道の整備
- ⑤ 淡水湖流域の水質汚濁系統調査
- ⑥ 環境保全実践活動の促進

3) 実施体制について

諫早湾淡水湖環境保全対策を一元化し、総合的に調整推進する機構をまず長崎県に設置して、国・県・市・町を通じて一貫した行政体系の組織を確立するとともに、夫々の出先機関も含め、また学識経験者による委員会等の意見を取り入れ、総合多角的に環境保全対策の検討・推進を図る。その主な項目は、次のとおりである。

- ① 地域振興計画の調整
土地利用と産業振興計画等
- ② 水源地域整備事業計画の策定推進
下水道整備・産業排水・周辺環境整備等
- ③ 水質汚濁防止関係条例の整備
- ④ 水質調査と監視体制の促進
- ⑤ 淡水湖に係る諸施設の管理に関する調整
- ⑥ 周辺住民の環境保全意識の高揚

以上により、諫早湾淡水湖の環境・水質基準の目標達成を図って行くものである。