

港湾技術資料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 244 Sept. 1976

合浦レクリエーション海浜の海水循環促進による汚濁対策について

佐藤昭二
木村久雄
高松恭文

運輸省港湾技術研究所



合浦レクリエーション海浜の循環促進による汚濁対策について

目 次

要 旨	3
1. 概 要	3
2. 実 験 目 的	3
3. 実 験 条 件	5
3-1 現 地 の 水 理 量	5
3-2 相 似 性	5
4. 実 験 装 置 お よ び 実 験 方 法	6
4-1 実 験 装 置	6
4-2 実 験 方 法	7
5. 実 験 結 果	7
5-1 現 況 地 形 の 場 合	7
5-2 根子堰に導流堤を設置した場合	9
5-3 回流ポンプによる堤内の海水循環	12
5-4 いくつかの改良案に対する堤内の海水交換	19
6. 結 論	24
参 考 文 献	24

合浦レクリエーション海浜の循環促進による汚濁対策について

佐 藤 昭 二 *
木 村 久 雄 **
高 松 恭 文 **

要 旨

青森市の合浦海岸は公園内にあり、夏期のレクリエーションの場として数多くの海水浴客が集まる所である。しかし、海浜の東端にある根子堰から流出する汚水が、海浜前面にある侵食防止用の離岸堤によって冲向きの拡散が阻害され、水質上から海水浴としての機能を保持することが困難になってきた。本報告は、この合浦海岸の現況を模型上に再現して離岸堤内の海水汚濁の改善策を見出すために行った実験結果を述べたものである。模型縮尺は、水平・鉛直とも1/100、水深は平均水位、潮流は大潮時のほぼ最強流速の定常流、波は夏期の小さい波とした。測定項目は、流況分布および汚水のトレーサーとして用いた染料の拡散分布である。海水汚濁対策としては、根子堰左岸導流堤の形状と長さ、離岸堤の撤去すべき最小限の長さと同所、海水導入ポンプの容量と位置について検討した。

1 概 要

青森市の市街地に位置する合浦海岸は公園内にあり、市民にとって簡単に利用できる魅力的なレジャー場である。特に、この海岸は夏期のレクリエーション場の一つとして、数多くの海水浴客が集まるところである。しかしながら、合浦海岸における砂浜は年々侵食が激しくなり、その対策として昭和45年に離岸堤を設置して砂浜の流出を防止することに成功した。図-1は合浦海岸の位置を示す。

しかし、海浜の東端にある根子堰から流出される汚水が離岸堤によって冲向きの拡散が阻害され、そのため堤内に海水汚濁が発生し、水質上から海水浴場としての機能を保持させることは困難な状態になってきた。

青森市ではこれらの現状に対処するため合浦海岸に対して、早急かつ抜本的な措置を講ずる必要にせまられている。

本報告は、合浦海岸の現況を模型上に再現して、離岸堤内の海水汚濁の改善策を見出すために行った実験結果を述べたものである。

2 実 験 目 的

合浦海岸の海水汚濁は、その東端の根子堰から流出する都市汚水が離岸堤背後に停滞することが主なる原因と考えられる。このため離岸堤背後の海底には汚泥が堆積し、海藻が発生している。海藻の発生は、陸奥湾周辺には至るところに見られるけれども、特に河川水が流入しており、かつ潮流が弱いところに多いようである。したがって、合浦海岸の海水汚濁を改善するためには、根子堰河口に導流堤を設けて汚水をできるだけ沖合へ放出すること、および堤内の海水交換を促進させることが必要である。この場合、離岸堤は冬期風浪による海浜の侵食を防止するに重要なものであるので、その撤去は最小限にしなければならない。以上のような観点から、次のような点に主眼をおいて実験を行った。

- 1) 根子堰からの汚水を沖側に放出させるための導流堤設置による汚水の流入防止効果および海水交換に対する影響
- 2) 堤内海水交換のための循環ポンプの効果
- 3) 最小限の離岸堤の撤去の効果
- 4) 海水浴場としての堤内流速分布

* 海洋水理部長

** 海洋水理部 水理研究室

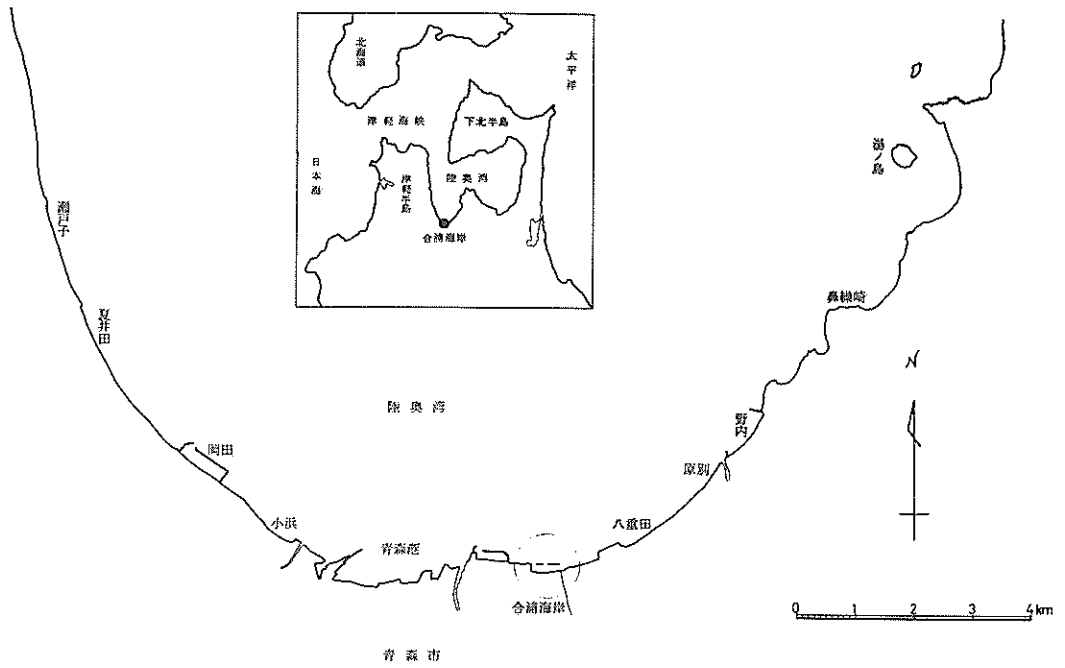


図-1 合浦海岸の位置

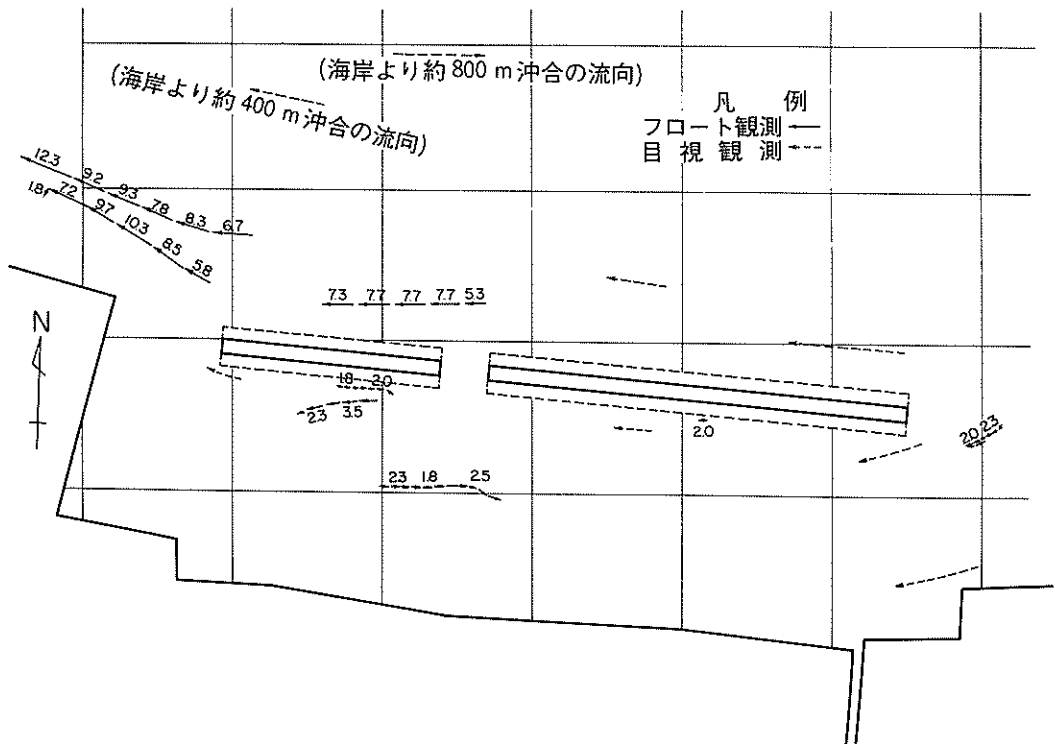


図-2 現地における潮流観測

3 実験条件

3-1 現地の水理量

現地の流況を把握するためにフロート観測を昭和49年11月および昭和50年7月に行った。50年7月の漲潮時の観測結果を図-2に示す。このとき沖合の潮流は東向きであるが、離岸堤近くでは西向きとなっている。堤内の潮流は3cm/sec以下できわめて弱い。49年11月の観測時には、北西の5~10m/secの風が吹いていたため、漲潮時落潮時ともに堤内外の流れは不規則で東流が支配的であった。これは、この海域の潮流は極めて小さく吹送流の影響が強く現われたためである。

以上のことから合浦海岸の流れの性質は、次のようであることがわかる。

- 1) 沖側の本流は東流であっても、沿岸の流れは東から西に向う西流が支配的である。
- 2) 沿岸の流れの平均流速は、離岸堤内で約3cm/secおよび堤外で約7cm/secと非常に弱い流れである。さら

に、海上保安庁水路部発行の海図に示されている潮流では、沖合で漲潮時が東流、落潮時西流になる。しかし、上述のように沖合が東流のときも合浦海岸の沿岸では西流となる。これは図-1から推定されるように、合浦海岸より西方約500mに位置する青森漁港の防波堤の影響を受け、合浦海岸付近は反流域になるからである。また、流速が小さいのは、この海岸がこのような反流域であること他に陸奥湾の潮汐が小さく、沖合の本流自体が小さいことによる。

3-2 相似性

この実験は、外力として潮流および波浪を作用させ、また、汚水拡散の実験には取扱いが便利なウラン溶液をトレーサーとして用いた。

次に、模型は歪みない縮尺1/100とした。現地1に対し模型水理量の縮率をフルード則により求めたのが表-1である。波は、夏期の風波 $H=30\text{cm}$ 、周期5secを対象とした。

表-1 模型の縮率

水 理 量	現 地	模 型
水 平 距 離	1	1/100
鉛 直 距 離	1	1/100
流 速	1	1/10
波 高	1 (30 cm)	1/100 (3 mm)
周 期	1 (5 sec)	1/10 (0.5 sec)
波 向	N N E	N N E

フルード則を満足させれば流況は現地と相似になるが、染料の拡散現象については、必ずしも相似になるとは限らない。染料の拡散は平均流にもとづく移流分散と乱れにもとづく拡散とに分けられる。この中、前者は、平均流がフルード則にしたがっておれば相似が成立つ。後者については、模型に歪みがないので模型内も乱流であればほぼ相似であると考えられる。今、実験対象である離岸堤内について、レイノズル数 R を比較すると、

$$\text{現地では } R = \frac{U h}{\nu} = \frac{3 \times 300}{0.01} = 9 \times 10^4$$

(U : 平均流速, h : 水深)

$$\text{模型では } R = \frac{U h}{\nu} = \frac{0.3 \times 3}{0.01} = 9 \times 10$$

すなわち、現地では乱流であるが、模型では層流になっている。したがって、乱れにもとづく染料の拡散は模型内には十分に起こらない。しかしながら、一般に乱れによる拡散よりも移流分散の方がオーダー的に大きいので、このことは染料の拡散現象に対する影響としては致命的なることはない。しかし、いづれにしてもこの実験では、現地よりも染料の拡散が小さくあられることは明らかである。

4 実験装置および実験方法

4-1 実験装置

この実験に用いた合浦海岸の模型は、当研究所の廻流装置を有する平面水槽（ $16.5\text{ m} \times 11.5\text{ m}$ ）内に図-3に示すように作った。この場合、水深 10 m 以深は一様水深とした。また、模型床はモルタルの刷毛仕上げとし、塗料分布を撮影するために白色ペイントを塗り、黒色ペイントで一辺 1 m の格子を画いた。

模型上で図-3に示す右側の桶頭水槽より流れ出た水は、約 1 m 間隔で区切られた可動堰で流量が配分され、

さらに、整流板によって流向が調整される。そして模型内を流れた水は、水槽右側の可動堰を越流して模型床の下にある低水槽に流入する。模型面の水深は、この可動堰によって調節することが可能である。写真-1, 2 は模型の状況を示す。

これらの写真に見られる離岸堤は木製、導流堤や突堤はアクリル片であり、いづれも不透過である。現地の離岸堤は6トンテトラポット被覆捨石堤で、捨石部天端 + 0.4 m 、テトラポット被覆天端は + 2.3 m で、通常はほとんど不透過と考えられる。

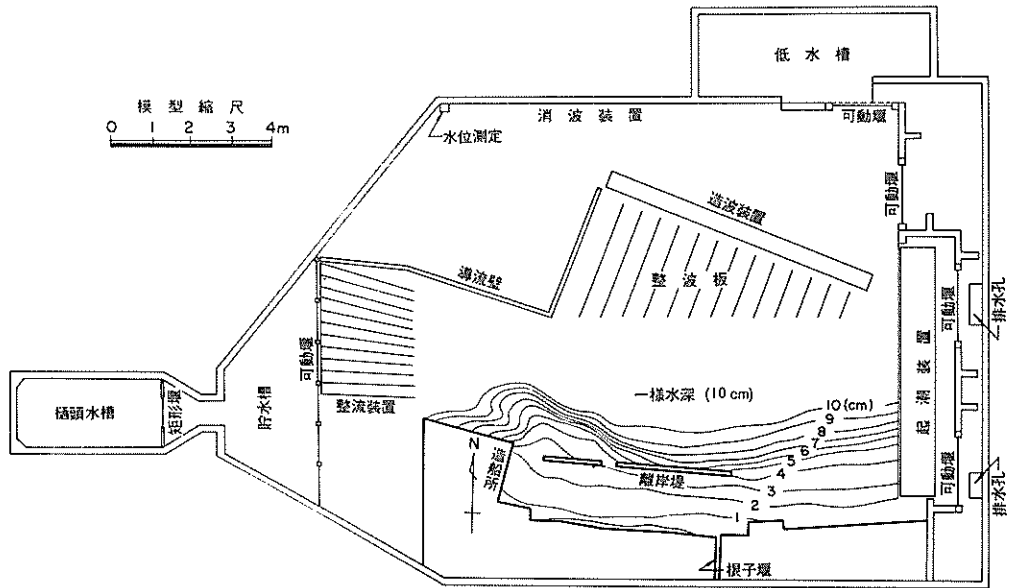


図-3 実験水槽一般図

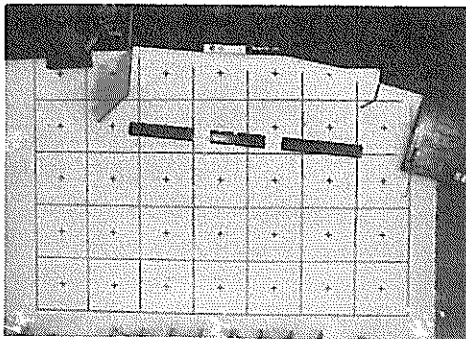


写真-1 上から見た模型

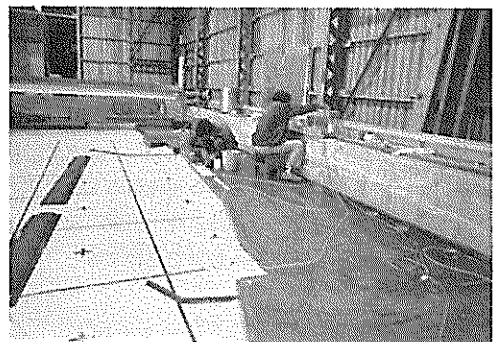


写真-2 横から見た模型
(右側壁にあるのが染料投入器)

4-2 実験方法

1) 流れは、フロート（プラスチック製の球形φ10mm および発泡スチロール球形φ3mm）を水面に浮べ、それが50cm以下の距離を移動するに要する時間をストップウォッチで読みとることによって求めた。この場合、一定区間を数回繰り返して行い平均的な流速・流向を求めた。

2) 模型に投入した染料の拡散状況は、模型上7mの高さに設置したカメラにより、一定の時間間隔でカラー撮影して調べた。この時、模型面に濃度の異なる3種類の染料サンプルをおき、須磨海岸の実験¹⁾のように、これを基準としてカラー写真から目視で濃度分布図を作成した。

5 実験結果

本実験に先立って、模型上の流速、流線、水深などを検証する予備実験を行った。すなわち、現況模型にはじめ任意の流量を流し、現地観測データから対象となる水域の水利条件が合致するまで、流量、整流板、可動堰をそれぞれ調整した。そして最終的に3L/sec（現地300t/sec）を流した時に模型全体の流量および水深がほぼ現地と一致したので、この流量をもって実験を進めることにした。

なお、以下実験ケースにしたがって実験結果を述べるが、数字はすべて現地に換算した値を示す。

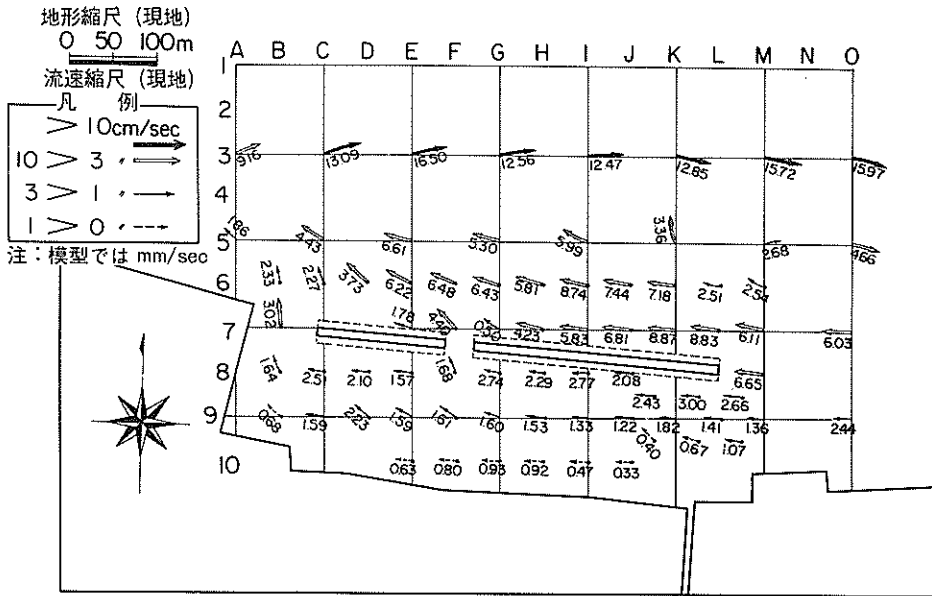


図-4 現況の流速分布（ケース1）

5-1 現況地形の場合（ケース1）

a) 流況分布

現況の流況分布は図-4に示されている。模型水域内の潮流は、離岸距離約400m沖合は西から東に向うが、それより岸よりには東から西に向う反流が生じている。図からわかるように、東向きの順流域の流速は9.6~16.5cm/secで反流域の流速は0.3~8.9cm/secとなり、特に離岸堤内の反流は最大3cm/secときわめて弱い流れである。この傾向は図-2に示した現地フロート観測のデータと

比較すると、沖合の東向きの順流域が現地より東よりであるが、その他はほぼ現地状況を再現している。順流域が岸に寄ったのは、模型水槽の幅が十分でないためであるが、実験の対象範囲は離岸堤付近から岸側であるのでこれはさほど問題とはならない。

反流域の流れで特に左側離岸堤前面のD~F測線での沖への流向偏位は、堤内から流れの影響もあるが、図-3に見られる海底地形の高低差が最も大きな要因と云える。

b) 濃度分布

汚水の濃度としてはCODを指標として現地の水質調査結果を参考とした。すなわち、現地換算で根子堰の河口から100ppmのウラン溶液を $Q=300\text{ l/sec}$ の割合で5時間(模型で30分間)連続流出した場合についての実験を行った。

図-5は染料の濃度分布の時間変化を示したもので、各図の左下方には染料投入開始からの経過時間が現地換算値で示してある。図から明らかなように、染料は潮流によって混合稀釈され、拡散パターンは図-4の流況パターンと合致していることがわかる。すなわち、離岸堤周辺から岸よりは反流で東から西に向う流れがあるため、

根子堰から投入された染料は造船所の隅角部付近に集中する傾向がある。さらに、この染料は護岸と離岸堤の開口部から沖向きに放出され、その大部分は沖側の順流に乗って東方に輸送されるが、一部は反流によって離岸堤付近にもどってくる模様である。

堤内の汚濁状況は、染料投入開始後15時間(染料投入中止後10時間)経過しても前浜周辺には $\leq 5\text{ ppm}$ の染料がみられ、その範囲は堤内の $2/3$ 以上を示している。これは図-4からわかるように、この水域の流速が 1.5 cm/sec 以下の弱い流れであることに影響しているものと考えられよう。

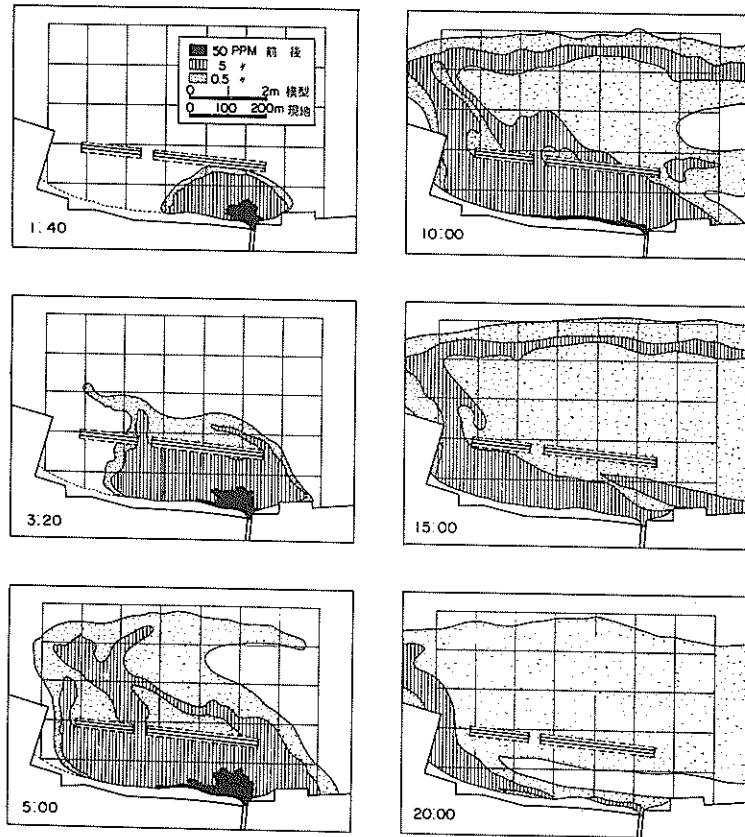


図-5 濃度分布の時間変化(ケース1)

5-2 根子堰に導流堤を設置した場合(ケース2,3,4) きの原因であることから、まず、表-2に示すような導
堤内に発生する海水汚濁は根子堰からの汚水が最も大 流堤を河口に設けた場合の汚水の拡散状況を調べた。

表-2 ケース別の構造物の配置

図	ケース	導流堤 (a)	角度 (θ)	導流堤 (b)	離岸堤	備 考
5	2	60 ^m	45°	30 ^m	現 況	
6	3	90	45	30	現 況	
7,8	4	90	45	80	- 30 ^m	根子堰前面の離岸堤 東端 30 ^m 取除く

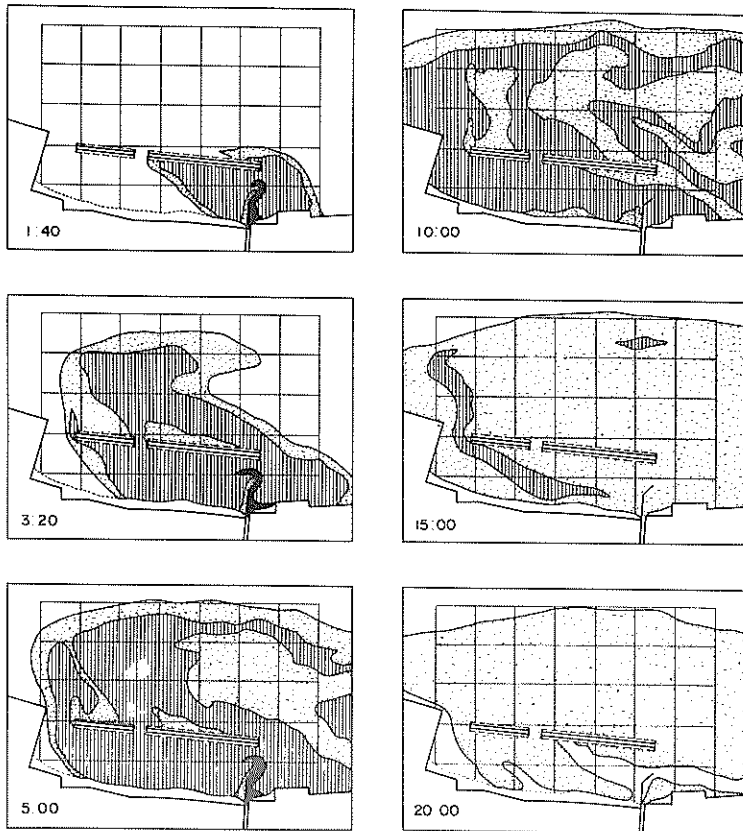


図-6 濃度分布の時間変化(ケース2)

a) 濃度分布

図-6および図-7は現況地形に導流堤を設置した表-2のそれぞれケース2および3の場合である。さらに、図-8はケース4に相当し、導流堤を離岸線の法線まで延長すると、既設の離岸堤と導流堤の間隔が狭くなってそこを通過する流れを阻害するため、離岸堤を東端から30m取除いてある。染料の投入方法は現況の場合と全く同じで、5時間に相当する時間だけ投入した。

図-6と図-7は長さの異なる導流堤を設けたケースで、導流堤を設けないケース1とくらべて染料の沖向きへの拡散が速くなる。これは、導流堤の法線がこの付近の流線に対してほぼ直角であるため、東から流れてくる潮流が導流堤に沿って沖向きに流向を変えるためであるが、その詳細については後述する。そのため、堤外への染料輸送の傾向が大きくなるものと思われる。なお、導流堤の長いケース3の方が短いケース2よりも染料の拡散を促進させていることがわかる。

図-8から明らかなように、ケース4は導流堤の先端

が離岸堤の法線上に位置するため、河口から投入される染料はその東側に沿って迂回する潮流によってほとんど完全に堤外に押し出される。以上のように、導流堤の延長に比例して堤内への汚水の流入は小さくなるが、根子堰からの汚水を十分阻止するためには、ケース4のように離岸堤の位置まで延長する必要があることがわかる。

b) 流況分布

流況分布については、染料実験からケース4の場合を選び図-9に示す。前述したように、染料の拡散パターンが流況分布と密接な関係を持っていることがわかる。たとえば、図-4と比較すると導流堤設置によって流況パターンが変化する様相が明確である。すなわち、東から流れてくる潮流が導流堤に沿って沖へはね出されると共に、離岸堤との間隙において堤内から沖方に向う流れが発生する。このため前述したように、根子堰からの汚水が離岸堤内に侵入できなくなるものと考えられる。しかし、離岸堤内の流れは、導流堤によって遮蔽され流速の低下が目立っている。

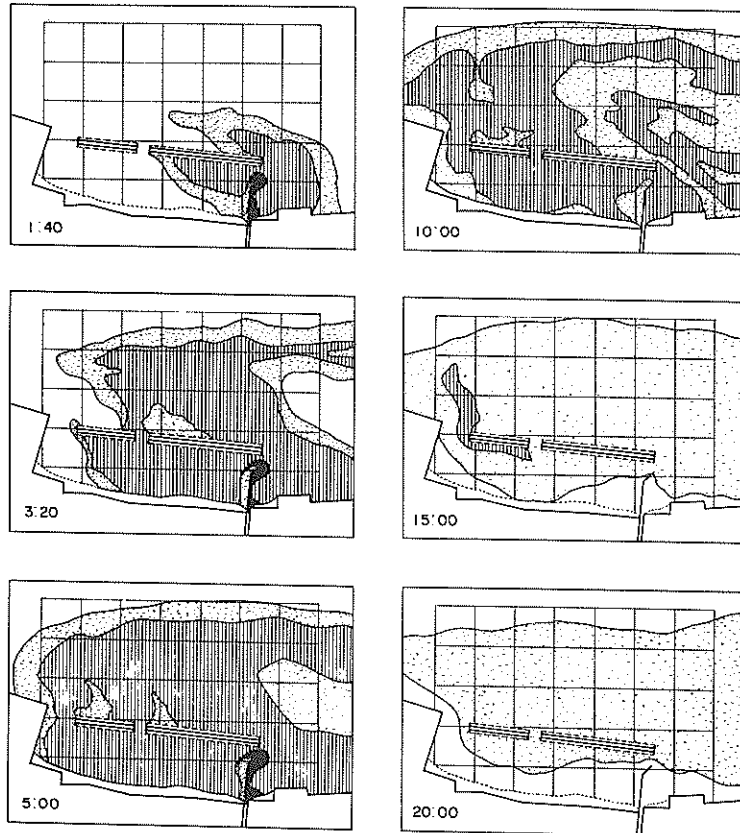


図-7 濃度分布の時間変化(ケース3)

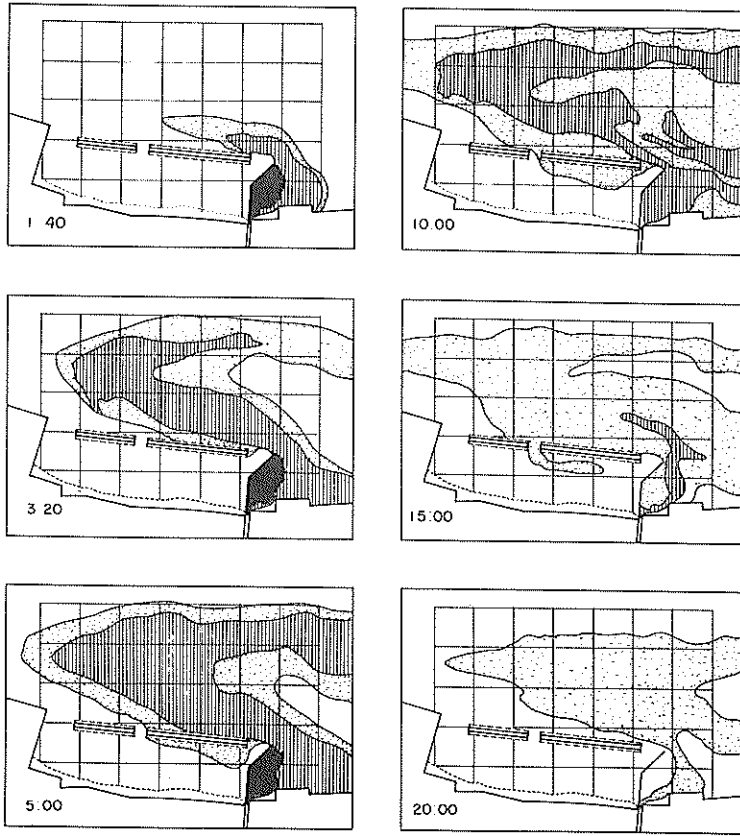


図-8 濃度分布の時間変化(ケース4)

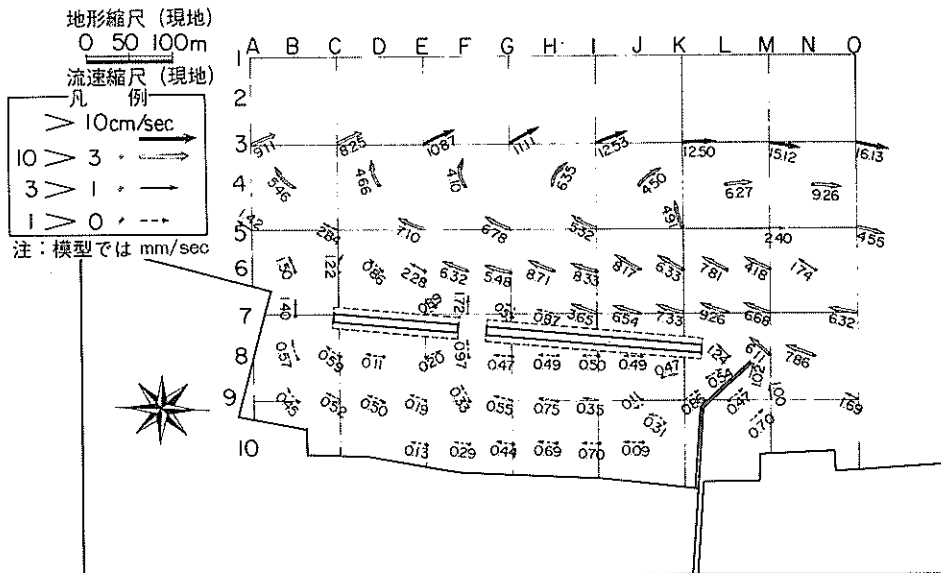


図-9 ケース4に対する流況分布

5-3 回流ポンプによる堤内の海水循環

一連の実験により根子堰から排水される汚水は、導流堤の設置によって沖側にはらい出されるが、それはまた堤内における海水の循環や交換を阻害することが明らかである。すなわち、図-9において、堤内は平均流速が 0.45 cm/sec と低下し、死水域に近い流れとなる。この場合、特に海水浴客による海水の汚れが問題となるので、西端の造船所前面にポンプを付加し、そのポンプ流量や

流出位置に基づく、堤内と堤外側との海水交換の特性を明らかにすることにした。したがって、実験は構造物の位置およびポンプの流量や流出巾等について表-3に示すケースで行った。なお、循環用水は西端の造船所護岸沖約 50 m より海水を電動機に直結したポンプによって溢流堰に送り、その天端 (H.W.L.+1m) より斜面構造を越流して堤内に放流する形式を用いた。その状況を写真-3に示す。

表-3 ケース別の構造物配置およびポンプ流量と流出巾

図	ケース	突堤(a) m	角度(θ) $^\circ$	突堤(b) m	ポンプ $Q = \frac{t}{\text{min}}$	流出巾 m	備 考	
10	4-1-0	—	—	—	500	50		
11	1-1	—	—	—	1000	50		
12	4-2-0	30	47	30	500	50		
13	2-1	"	"	"	1000	50		
14	2-2	"	"	"	500	40		
15	2-3	"	"	"	500	30		
16	2-4	"	"	"	500	30		流出口を岸側移動
17	2-5	"	"	"	500	30		
18	2-6	"	"	"	500	50		離岸堤接続
19	2-7	"	"	"	500	30		
20	2-8	"	"	"	500	50		東側離岸堤に開口部
21	2-9	"	"	"	500	50	ケース3の場合	

a) ケース4-1の場合

図-10は流量 $Q = 500 \text{ t/min}$ を流した時の流況分布を示す。図から明らかなようにポンプによって堤内に生ずる流れは前浜よりに偏位し、流過に伴い漸次屈曲しながら離岸堤と導流堤の開口部に向う。このポンプによって生ずる順流は前浜付近に約 20 cm/sec の流れが生じるが、開口部では概し $1/2$ 以下に減速される。この順流に対して逆流が離岸堤沿いと導流堤の隅角部から前浜の約 150 m 付近に発生する。

図-11は流量 $Q = 1000 \text{ t/min}$ を流した時で、図-10と比較して流心位置がやや水域の中央に移動する。西側離岸堤沿いおよび西側の離岸堤付近に小規模な逆流がみられるが、その他はすべて順流である。大部分の潮流は離岸堤と導流堤の開口部より堤外に流去し、その一部は両離岸堤の間からも冲向きに流出する。以下離岸堤と導流堤の開口部および両離岸堤間の開口部をそれぞれ東端の開口部および中央の開口部と呼ぶこととする。

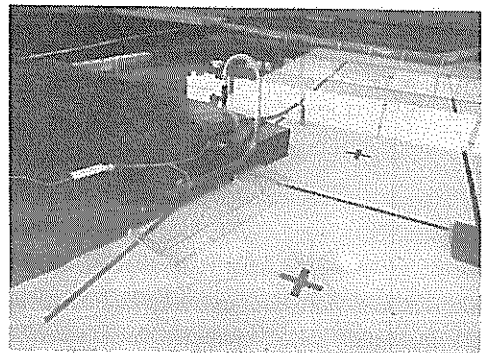


写真-3 ポンプの詳細

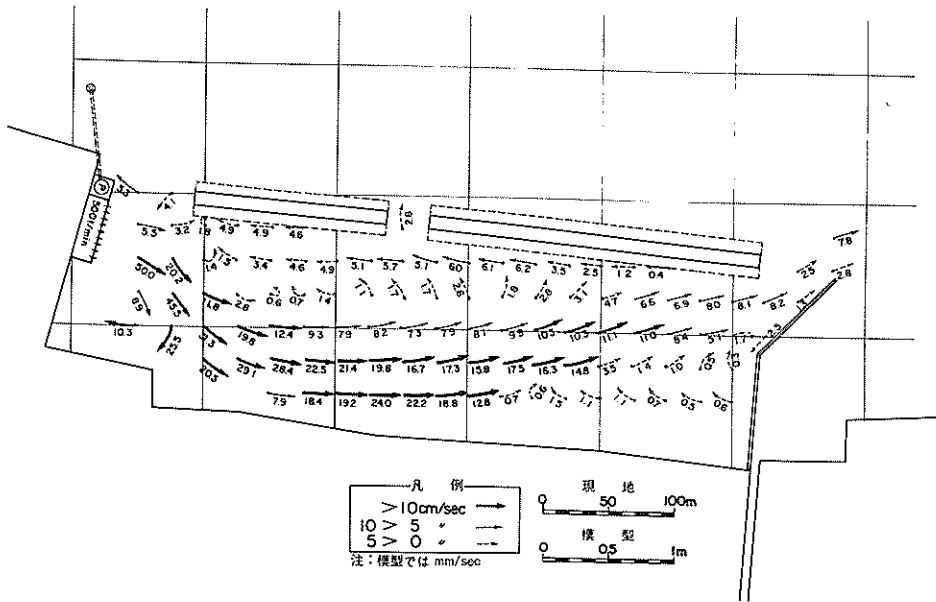


図-10 流況分布 (ケース4-1-0, ポンプ流量 $Q=500\text{ t/min}$, 流出巾 $L=50\text{ m}$)

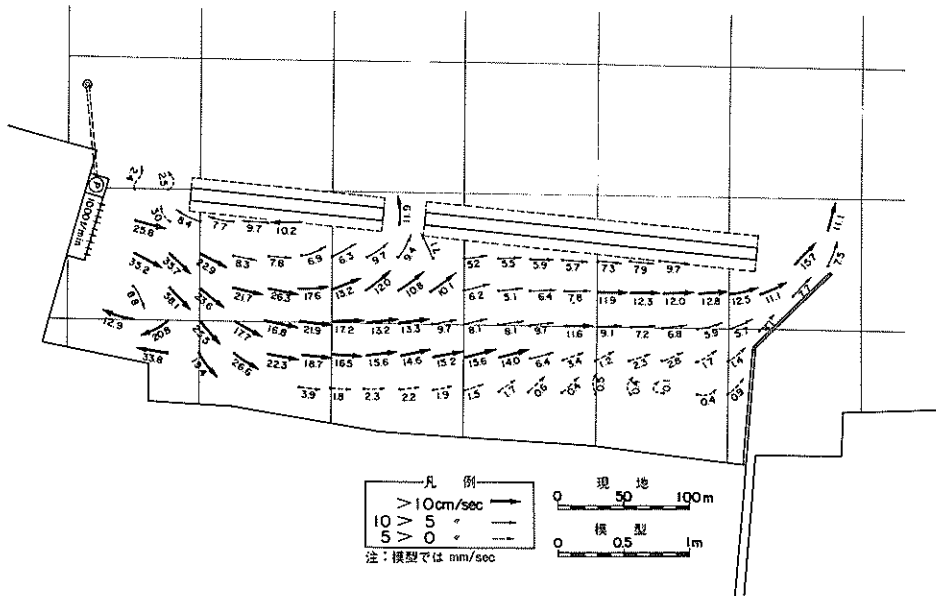


図-11 流況分布 (ケース4-1-1, ポンプ流量 $Q=1000\text{ t/min}$, 流出巾 $L=50\text{ m}$)

b) ケース4-2の場合

前述のケース4-1でみられる前浜付近の速い流れを離岸堤よりに移動させるため、海岸の西寄りに突堤(表-3参照)を設ける場合がケース4-2である。これは、前浜近くの流れが強いと汀線付近における砂の移動が増大し、あるいは海水浴としての利用上支障が生じるおそ

れがあるからである。

また、現在東側離岸堤近くに汚泥が堆積する傾向が強い。これは、この部分が流速が小さく、波浪などの陰になっており、水深が他より大きいためでもある。このためにも流れの速い順流は離岸堤沿いに流れることが望ましい。

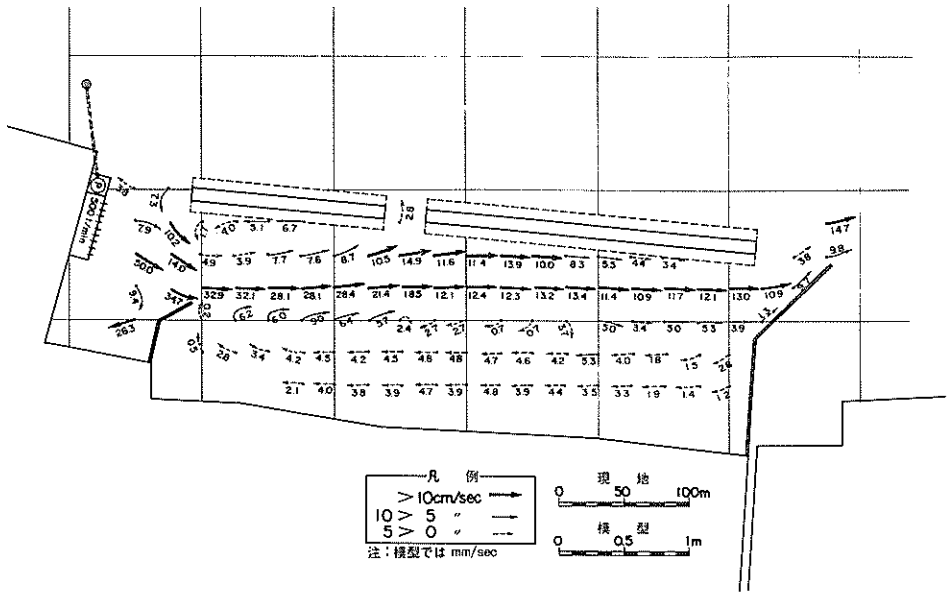


図-12 流況分布 (ケース4-2-0, ポンプ流量 $Q=500\text{t}/\text{min}$, 流出巾 $L=50\text{m}$)

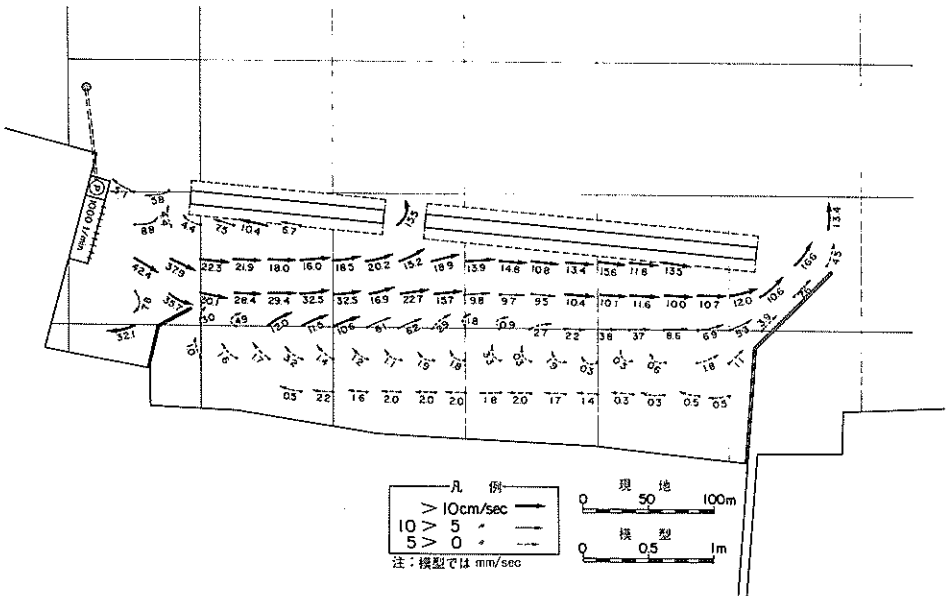


図-13 流況分布 (ケース4-2-1, ポンプ流量 $Q=1000\text{t}/\text{min}$, 流出巾 $L=50\text{m}$)

図-12および図-13は突堤を設けた場合で、突堤を設けない図-10, 11と比較して堤内の流況パターンが大きく変化する。すなわち、堤内の流況は突堤設置によって反流が発生する水域とその前面に増速された順流域に明確に分離し、流心が離岸堤寄りに移動し、前浜付近の流れは十分小さくなる。

すなわち、離岸堤寄りの順流域では総体的に $10\text{cm}/\text{sec}$

以上の流速を示し、前浜よりの反流域では $5\text{cm}/\text{sec}$ 以下の流速を示す。

次にポンプの比較からは、前述の順流と反流の流速差から判断して $500\text{t}/\text{min}$ 流した方がその差が小さく堤内の流況バランスがよい。また、流量が小さい方が工費上も得策である。したがって、以下ポンプ流量を $500\text{t}/\text{min}$ として行った結果について述べる。

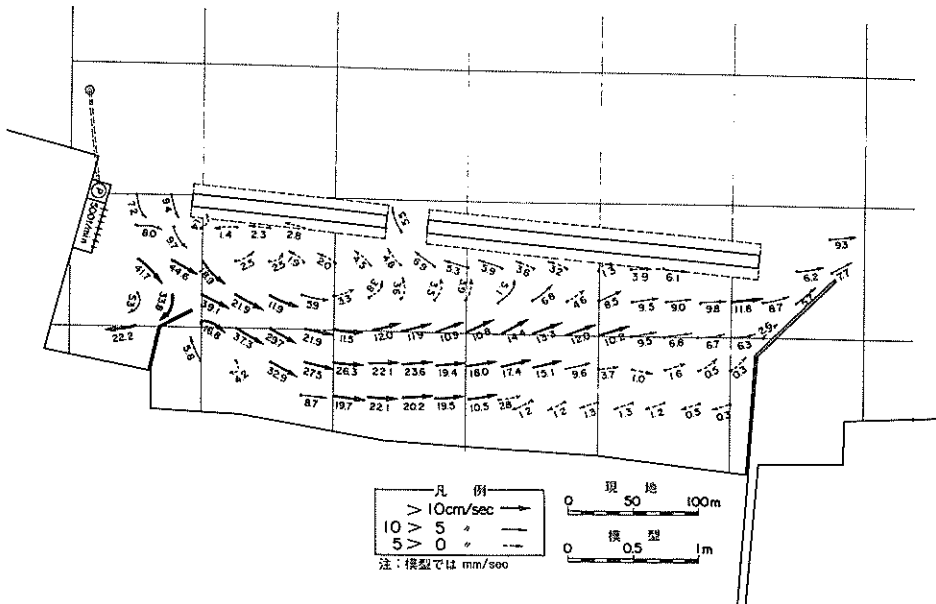


図-14 流況分布 (ケース4-2-2, ポンプ流量 $Q=500 \text{ t/min}$, 流出巾 $L=40 \text{ m}$)

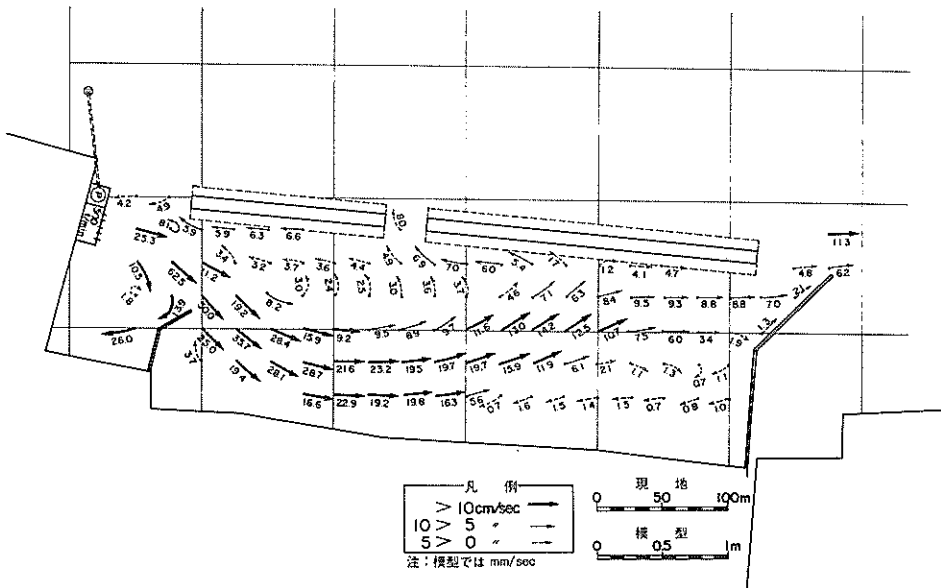


図-15 流況分布 (ケース4-2-3, ポンプ流量 $Q=500 \text{ t/min}$, 流出巾 $L=30 \text{ m}$)

以上の実験では溢流堰の流出巾を 50 cm としたが、その巾を変えた場合について実験を行った。

図-14, 15 は、それぞれポンプの溢流堰の流出巾を 40 m , 30 m および流出位置を変更した場合の流況分布を示したものである。

まず、図-14と図-15は、溢流堰の岸よりを狭めてそれぞれ流出巾を 40 m と 30 m としたものであり、堤内の流況パターンは多少の差異はあるが図-10と似た傾向を示し、流心が前浜に近づき突堤を設けた効果は全くみられずよくない。すなわち、流出口を沖側に寄せることは得策でないことがわかる。

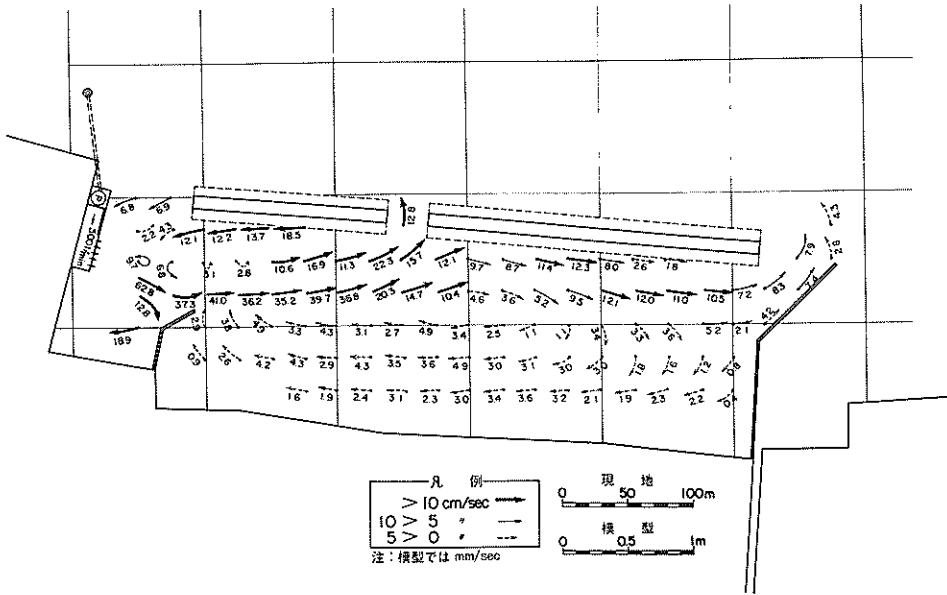


図-16 流況分布 (ケース 4-2-4, ポンプ流量 $Q=500 \text{ t/min}$, 流出巾 $L=30 \text{ m}$)

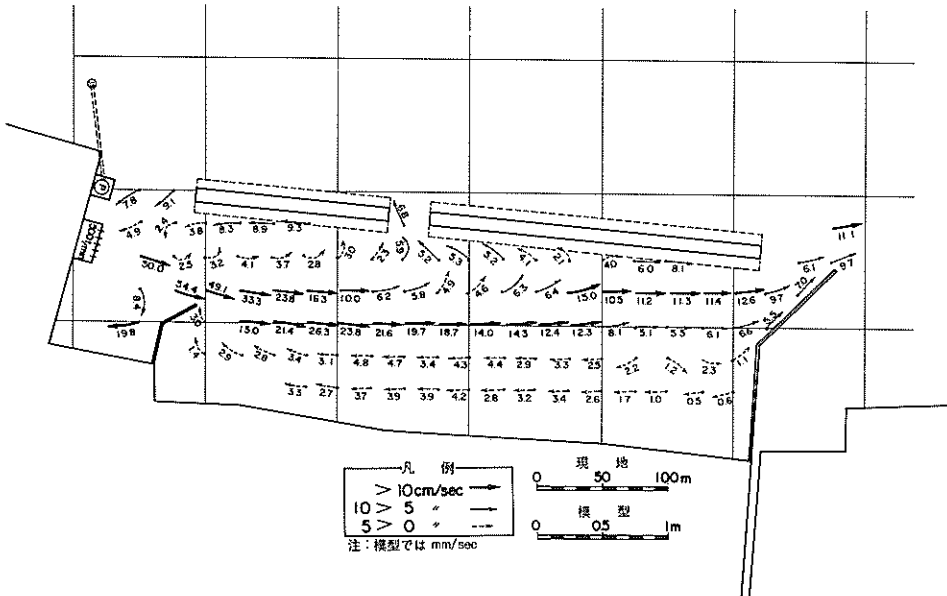


図-17 流況分布 (ケース 4-2-5, ポンプ流量 $Q=500 \text{ t/min}$, 流出巾 $L=30 \text{ m}$)

図-16は溢流堰を50mとして流出巾のみ30mとしたが、中央の開口部から沖側への流出が大きい。突堤先端から導流堤の屈曲部を結んだ線より前浜側の水域では、弱い流れの時計方向の環流となるが、流れの速いところが離岸堤に近づいており比較的よい。

図-17は流出巾を30mとして沖測を狭めたものであり、図-12と比べて順流域の流速分布が局所的に一様分

布とならないところが出現すると共に、流れの速い順流が汀線に近づいている。

次に図-18, 19は中央の開口部(30cm)を閉じた場合の実験ケースの流況分布を示した。溢流堰からの流れは一定の巾を持ちながら堤内に流入されるが、この場合その順流の外側に反流が現われることは他の場合と同様である。

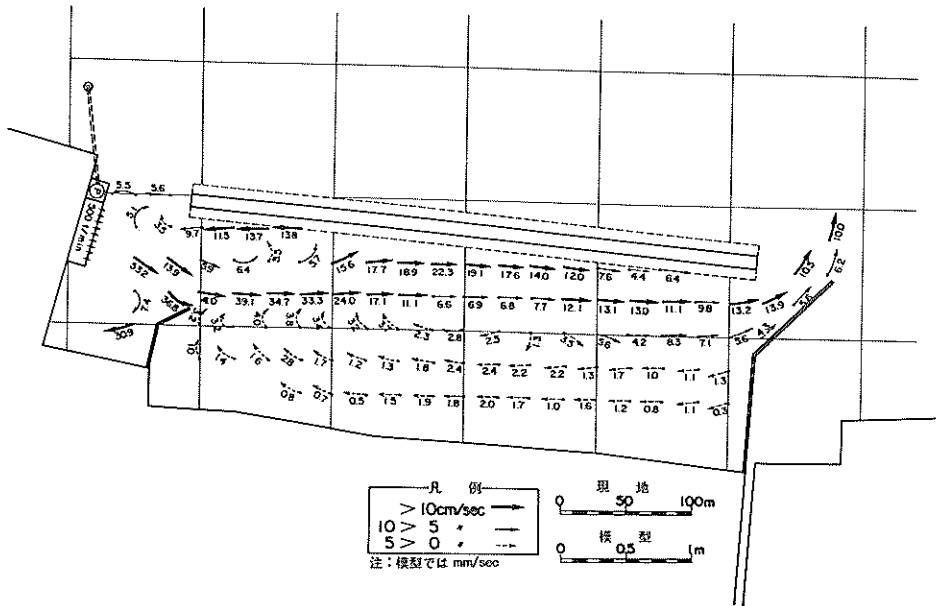


図-18 流況分布(ケース4-2-5, ポンプ流量 $Q=500\text{ t/min}$, 流出巾 $L=50\text{ m}$)

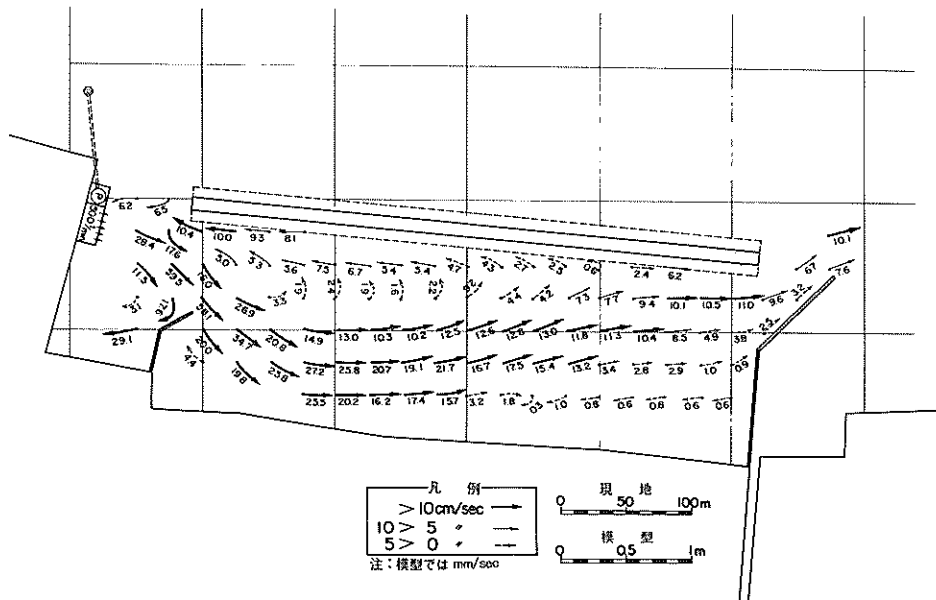


図-19 流況分布(ケース4-2-8, ポンプ流量 $Q=500\text{ t/min}$, 流出巾 $L=30\text{ m}$)

図-18を開口部のある図-12と比較した場合、開口部から堤外に向っていた流れが離岸堤沿いに進む結果、順流域の流速は 10 cm/sec 以上となり、総体的に流れが速くなり、離岸堤に沿って流れるようになる。すなわち、ポンプによる流れに関しては、両離岸堤間の開口部を閉じた方がよいことがわかる。しかし、図-19のように流出位置を沖側に移動すると前述と同様に順流が前浜に近

づくのでよくない。しかしながら、1年を通じてポンプを運転することは経費上から問題があるので、上述のように両離岸堤の開口部を閉じることは事実上不可能である。さらに、前述したようにこの開口部を閉じないとしても、導流堤設置による堤内の流速減少により海水の交換は現況より一層悪くなる。このため、その対策として東側離岸堤の中央部にさらに開口部を設ける場合につい

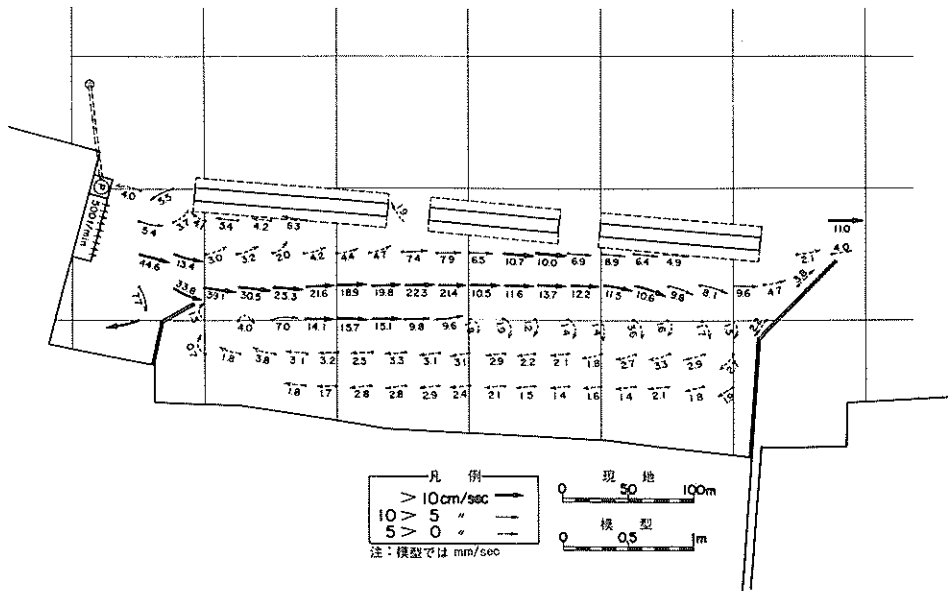


図-20 流況分布 (ケース 4-3-0, ポンプ流量 $Q=500\text{ t/min}$, 流出巾 $L=50\text{ m}$)

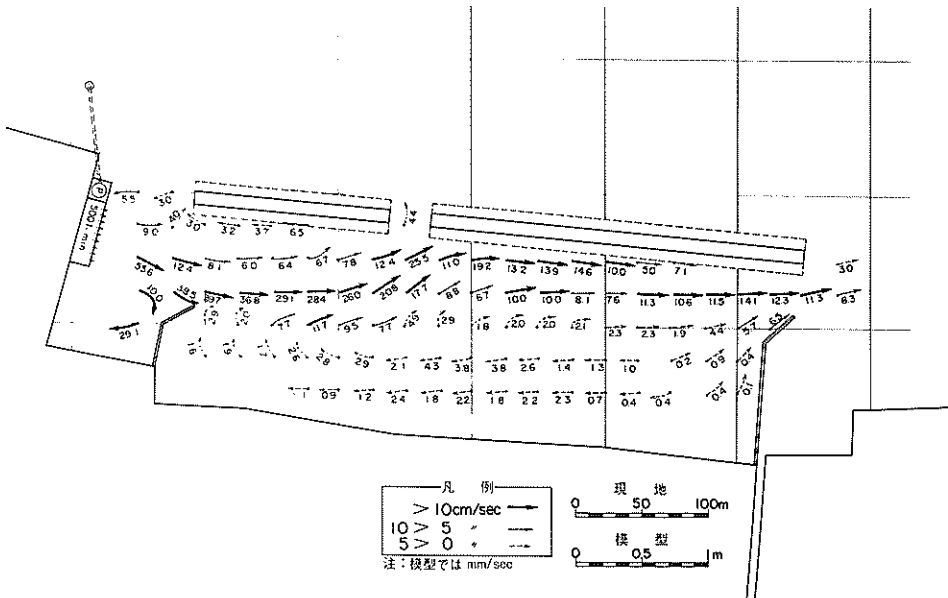


図-21 流況分布 (ケース 5-1-0, ポンプ流量 $Q=500\text{ t/min}$, 流出巾 $L=50\text{ m}$)

て検討した。すなわち、図-20は東側離岸堤の中央部を取り除き、30m巾の開口部を設けた場合で、その他は図-12に示したケース 4-2-0と同じ条件である。図によれば開口部をさらに設けたことによる流況分布は、特に中央の開口部から新しく設けた開口部の間で離岸堤よりの流れが減少し、さらに導流堤よりで弱い時計方向の環流がみられるが図-12と大差はない。

次に、参考のために離岸堤は現状のまま、根子堰の導流堤をケース 3 (表-2参照)と同じ方法で行った結果を図-21に示す。図-12と比較すると堤内の流況は東端の開口部が狭いため、流れが阻害され中央の開口部付近の流れが速くなる傾向を示しているが大差はない。

5-4 いくつかの改良案に対する堤内の海水交換

上述したいくつかの改良案に対して堤内の汚水停滞状況を調べるためにウラン染料の分布状況を調べた。この実験ケースはポンプおよび波浪を作用させた場合であり、染料の投入地点を前浜の汀線で100m間隔の5ヶ所からと、一方は根子堰の河口として染料の拡散状況を調べた。なお、染料投入時間は前浜のみ2時間30分連続投入し、根子堰の河口からは前ケースと同じ5時間連続投入とした。

図-22および図-23はケース4-2-0の場合で、それぞれポンプおよび波浪を作用させたときの前浜から投入された染料の濃度分布の時間変化を示したものである。

まず図-22の場合、堤内における染料の拡散パターンは図-12の流況パターンとほぼ一致している。すなわち、突堤先端から前浜よりは東から西に向う弱い流れがあるため、この水域では10時間経過しても5ppmの染料が

停滞する。しかし、20時間後では染料はほとんど堤外へ流出し堤内は0.5ppm以下となる。次に図-23は、ポンプは止め波浪を加えた場合で図-22と比べて前浜近くの濃度の減少が顕著である。これは、この付近が砕波による乱れと波による沿岸流が加算されるために、染料の拡散が強調されたものと考えられよう。

図-24~26は東側離岸堤中央に開口部を設けた場合であり、前述した図-20と同じ構造物の配置である。染料は前と同様に前浜から2時間30分の投入とした場合に相当する。

図-24はポンプを用いた場合の濃度分布を示すもので、図-22に比べて汀線付近で濃度が高くなっている。これは図-20の流況分布で述べたように、開口部を設けたことによりその周辺の流況が多少変化し、その影響が前浜付近の流れを減少させたことによるものと考えられる。しかし、それほど大きな差はないようである。

図-25はポンプを止め波浪を加えた場合の濃度分布で、

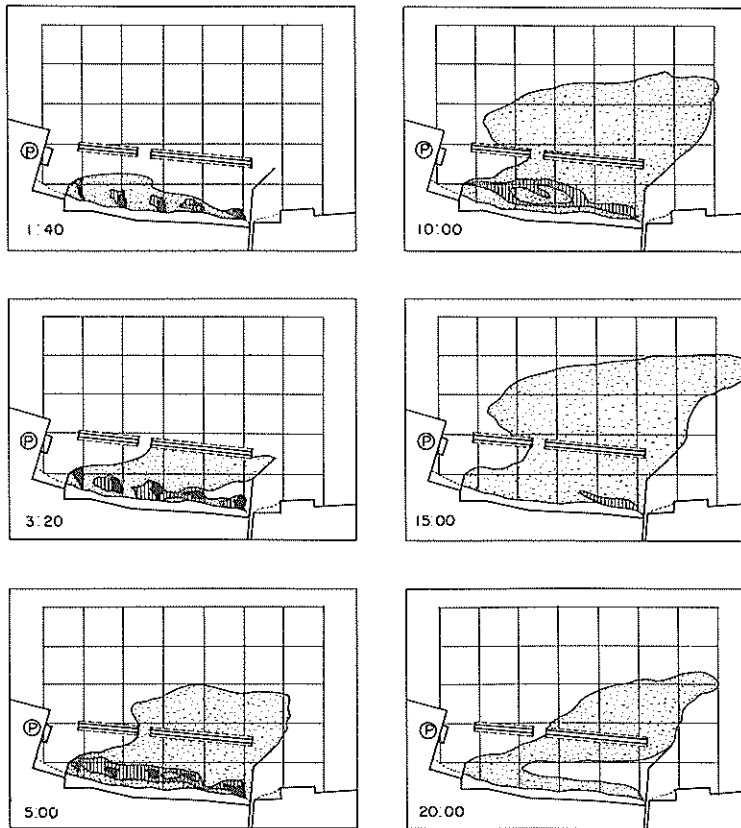


図-22 ポンプを作用させた場合の濃度分布変化(その1)

図-23の離岸堤配置より堤内における染料の拡散を促進させることがわかる。この要因は開口部を設けると、波が堤内に入りやすくなり、そこから前浜に向う流れが起きる。したがって、開口部を増すことは、堤内で波による乱れが大きくなるためである。

図-26は根子堰の河口から染料を投入し、波浪を加えた場合の濃度分布を示す。図から明らかなように、波による沿岸流や離岸流が加算されるため染料は混合希釈され、時間経過に伴って染料拡散が強調されることがわか

る。投入された染料は、波浪のために図-8のように潮流によって導流堤に沿ってそのまま沖へ出ること少なく、大部分が東端の開口部から導流堤に沿って侵入する。しかし、離岸堤の開口部からの侵入波の影響を受け、堤内の染料は造船所の方に押しやられる。さらに、この染料は西端の開口部から沖向きに放出される傾向を示している。すなわち、開口部が増すと堤内の染料の沖側への拡散に与える効果は大きい。

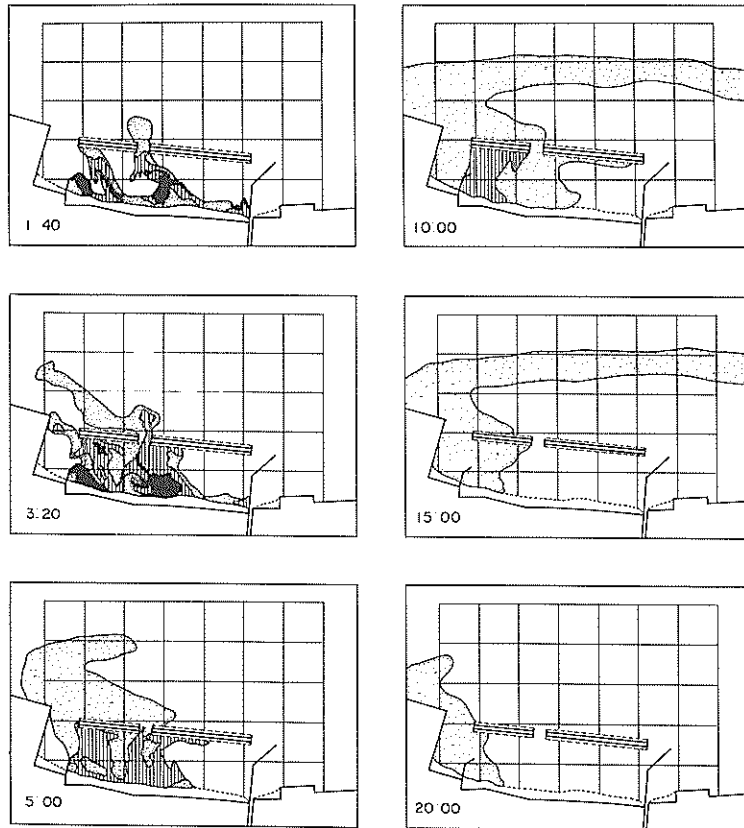


図-23 波浪を作用させた場合の濃度分布変化(その1)

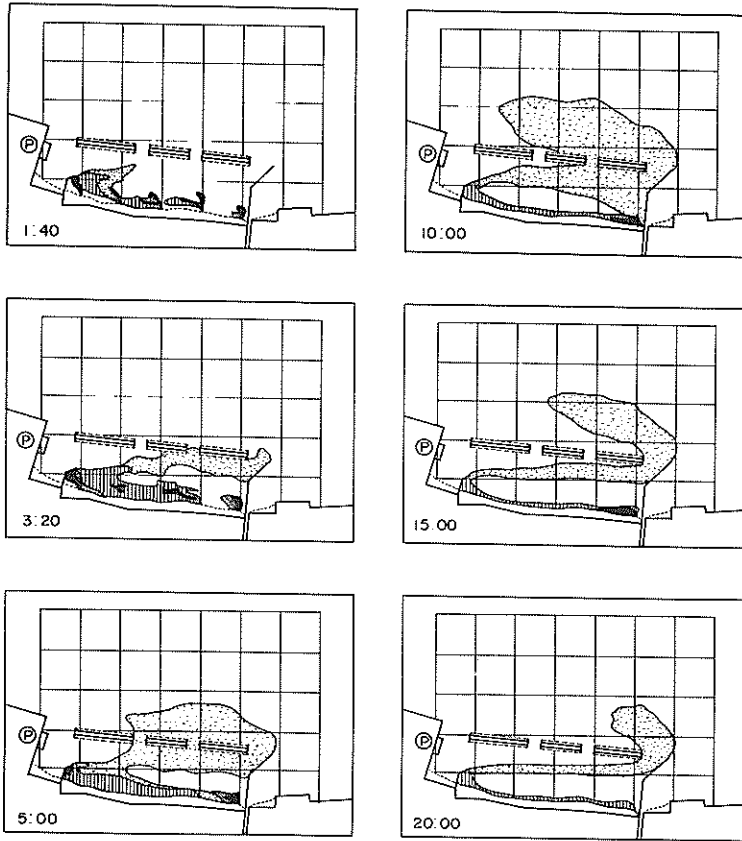


図-24 ポンプを作用させた場合の濃度分布（その2）

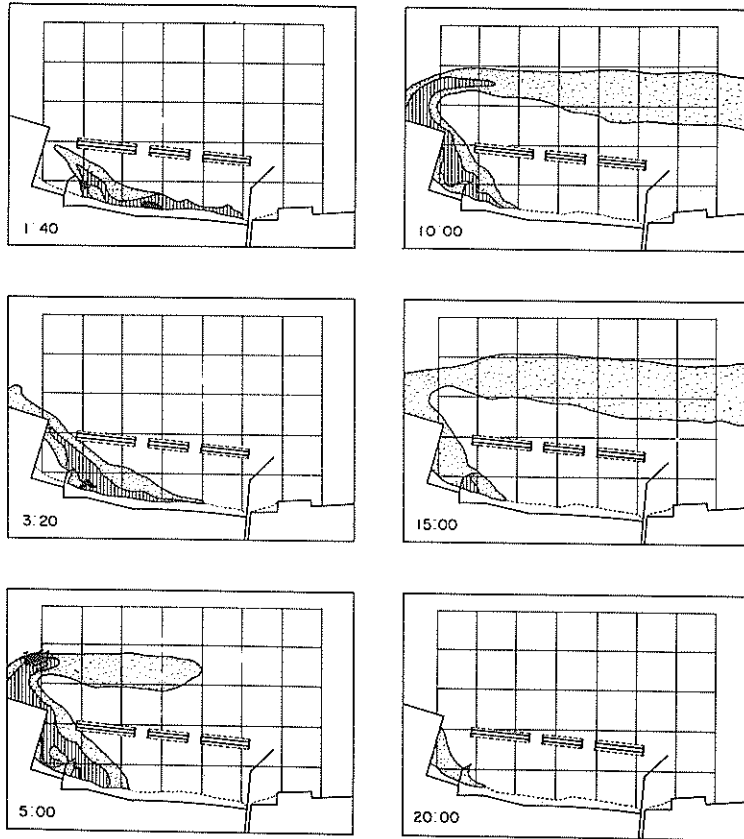


図-25 波浪を作用させた場合の濃度分布変化(その2)

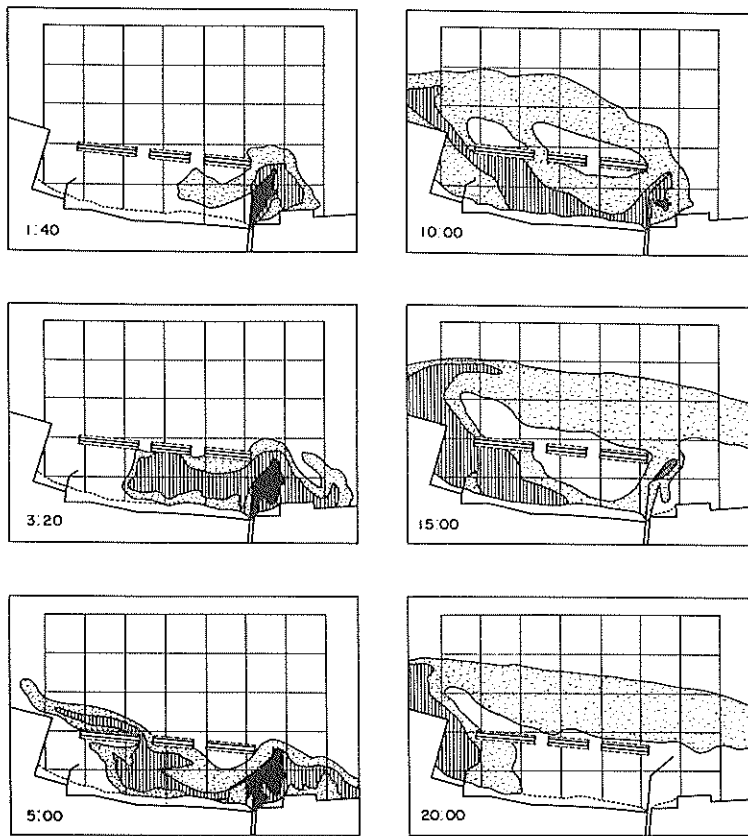


図-26 波浪を作用させた場合の濃度分布変化(その3)

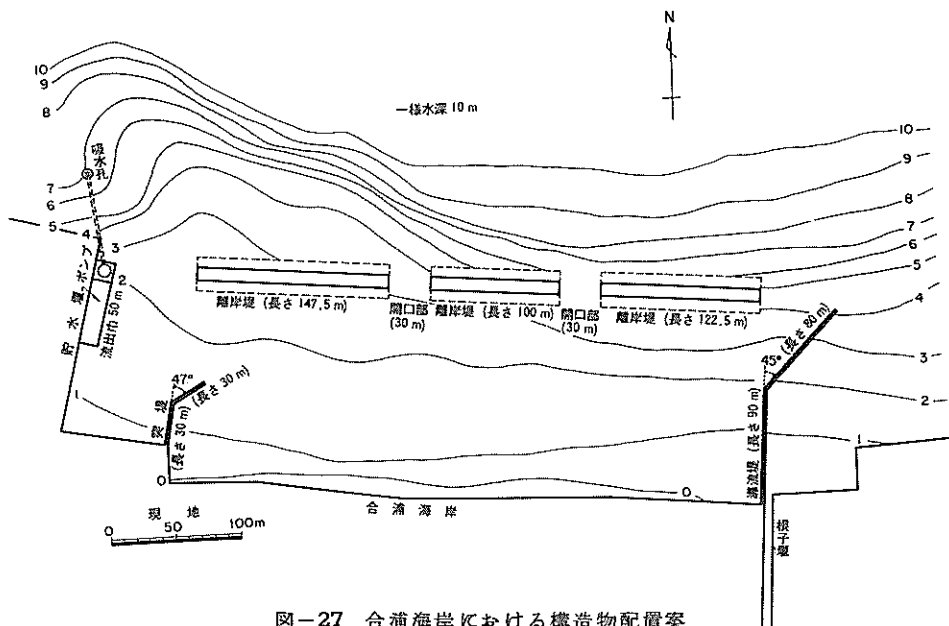


図-27 合浦海岸における構造物配置案

6 結 論

この実験は合浦海岸の水質保全対策の検討で、特に離岸堤内の海水浴場の水域に主眼をおいた。したがって、実験に使用した模型は離岸堤付近を主体として製作し、流況も沖側の順流域を取り入れて流れを再現した。しかしながら、離岸堤より沖側の反流域の大きさが実験施設の關係で十分でなかった。このため実験結果は既述したごとく、導流堤設置による染料の沖向きに拡散はともかく、沖側の反流域での拡散パターンおよび濃度分布に実験水槽の影響が多少現われているものと考えられる。また、模型のレイノルズ数 $R = hU/\nu$ (h :水深, U :流速, ν :粘性係数)は現地と比較して小さく、特に離岸堤内は現地が乱流域に対して模型が層流となる。

以上のようにこの実験には多少の問題点があるが、実験結果から離岸堤内の海水汚濁の対策として次のことが考えられる。

1) 離岸堤内の海水汚濁の原因となる根子堰からの汚水の堤内流入を防ぐために、その左岸から導流堤を長さ約 170 m (直線部 90 m, 曲り部 80 m) 延長し、東側離岸堤の東端約 30 m を切り取る必要がある。

2) この導流堤建設によって堤内の流れは一層弱まり海水交換が減少するので、その対策として、まず東側離岸堤の中央部を約 30 m カットしてここにも開口部を設ける必要がある。この開口部からの波浪の侵入は堤内の海水交換に非常に有効である。

3) さらに、少くとも夏期の静穏な時期に海水を強制循環するためのポンプを西端の造船所前面に設けると共に、ポンプによる堤内の流れをよくするために西側に長さ約 60 m の突堤を設けることが望ましい。したがって、以上の改良案をあらためて図示したものが図-27である。この場合ポンプの流量は 500 t/min とし、流出堰の位置と巾についても図示の通りとする。

以上の外、この実験で得られた一般的なことから述べるに次のようになる。

(1) 根子堰の左岸導流堤は長いほど効果があることは言うまでもないが、図-27のようにすれば少なくとも潮流による堤内への汚水侵入を十分防ぐことができる。しかし、北東よりの波浪があるときは、この侵入を防ぐことは困難である(図-26 参照)。しかしながら、波浪があるときには堤内に波浪による攪乱と沿岸流が生じ、堤内の海水交換はよいので、この点はさほど心

配にならないであろう。

(2) ポンプを設けることは望ましいに違いないが、これを設けるかどうかは、東側離岸堤の中央のカットと養浜をして浜を前進させた後に必要に応じて決定すべきであろう。

(3) ポンプを設けた場合、図示の突堤は必ず必要であり、また、ポンプ流出口の位置は特に重要である。この位置が岸によると、中央の開口部からの流れの流出が多くなると共に前浜近くの流速が減少する。反対に沖によると、流出口からの流れが直接前浜に近くなり、前浜の維持や海水浴に支障をきたす。

(4) 突堤の陰は、また小型船の係留に利用できる。

(5) 現在堤内に堆積している汚泥を除去し、養浜を行うと前浜を前進させると共に、堤内を浅くすることも汚濁対策に有効である。

以上、この海岸の汚染に対する対策を述べたが、この海岸の潮流自体が非常に微弱であるために、海岸構造物の配置の改良のみによる通常対策では十分でないかもしれない。したがって、ポンプ等を用いて人工的に海水を交換させることも十分検討する必要がある。

なお、本実験は、青森県の依頼によるものであり、潮流観測など現地データの収集には、同県港湾課および青森土木出張所の各位の御協力を得た。また、本実験を行うに当っては同研究所水理研究室加藤室長の貴重な御意見も得た。ここに、各諸賢に対し、厚く御礼を申し上げます。

(1976年6月30日受付)

参 考 文 献

- 1) 佐藤・加藤・木村・高松: 須磨レクリエーション海浜における突堤・離岸堤の海水交換に与える影響, 港湾技術資料 第 243 Jun. 1976

港湾技研資料 No. 244

1976・9

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 (株)伊東印刷所

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.