

名瀬港における潮流実験

—防波堤計画の比較検討—

中野拓治*・岩上淳一**・溝内俊一***・入尾野幸雄****

1. はじめに

名瀬湾は、奄美大島の北西部に位置し、南北に約3km、東西に約1km、平均水深30mの湾で、湾奥には名瀬港が控えている。

重要港湾としての名瀬港は、背後に奄美群島の中核都市名瀬市を控え、今後乗降客数、取扱貨物量とも増大化することが予想される。この場合には、現在の港湾施設規模では能力的に対処が困難となる。このために、保留施設、外郭施設等の基本施設の整備、あるいは機能施設用地の造成が計画されている。一方、名瀬港は現在良好な水質環境にあり、将来ともこれを保全するためには新たに計画される港湾施設等の整備に当っては、この点に十分留意する必要がある。

運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所においては、当所所有の潮流実験場を用い、名瀬港港口に計画される防波堤が名瀬港の港内、港外の潮流に及ぼす影響及び海水交換への影響を把握し、十分な海水交換機能を有する防波堤構造の選定に関する検討を、潮流・拡散実験により試みた。

現在、名瀬港の外郭施設は港口の西防波堤359mである。今後、港湾施設の整備及び拡充のため、港内の安全、静穏度を確保する必要がある、西防波堤の141mの延長計画が進められている。また、東防波堤、東岸部の埋立等の長期計画がある。本稿は、これらの港湾計画の基礎資料を得るために、水理実験により海水交換日数及び海水交換率を算出して、防波堤計画案の比較検討を行い名瀬港における現在の水質環境を十分保つ防波堤構造について、報告するものである。

2. 実験条件及び方法

実験は、図-1に示したように潮流実験場（縦50m×横60m×高さ1.5m）に、名瀬湾全体を再現して行った。模型縮尺は、実験水槽の規模を考慮して水平方向

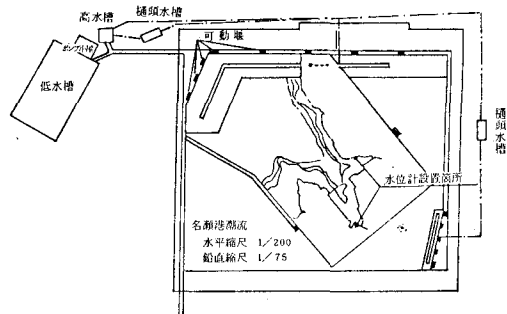


図-1 模型位置図

1/200、起潮装置の発生可能な周期、振幅等を考慮して鉛直方向1/75とした（歪率1/2.7）。また、相似則はフルードの相似則に従って行った。

起潮方法は、図-1に示すシステム構成となっている。実験に際しては、水は低水槽より揚水ポンプで高水槽に揚水され、樋頭水槽によって流量を一定としたのち平面水槽の給水路より模型へ送り込まれる。この水は、模型内を流れたのち可動堰を経由して、再び低水槽へ戻る。この可動堰の上下運動により模型内に潮汐現象を、再現している。

実験は、港内水と港外水とを識別するために実験開始前に西防波堤と山羊島を結ぶ断面を仕切り板で閉鎖し、港内水を螢光染料（ウラニン）によって着色した。濃度は、10ppmの一樣濃度になるようにした。起潮後、潮汐の振幅が定常となるまで待ち、仕切り板を取り除いたのち測定を開始した。図-2に示す55地点において0、1、5、7、10、15、20、25、30潮汐毎に試料採水を行った。各地点における採水は、自動採水器を用いて同時に行った。また、現地流速が数cm/sで微弱なため、湾内の流況を測定するためのトレーサーとしては、浮子及びトルエンと四塩化炭素の混合液にスダンで着色した浮遊粒子を用いた。5cm間隔の同心円及び16方位を示す直線を描いた透明なアクリル製の測定板で、トレーサーの位置を一定時間追跡し、流向と流速を求めた。

実験ケースは、表-1に示したとおり現況地形のほか、防波堤建設計画と港内埋立計画による将来海岸地形

* 正会員 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所長

** 正会員 前運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所次長（現第四港湾建設局志布志港工事事務所長）

*** 正会員 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所調査課長

**** 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所

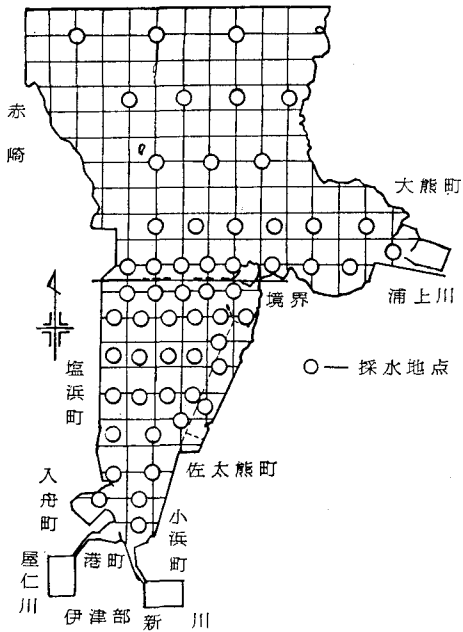


図-2 採水地点図

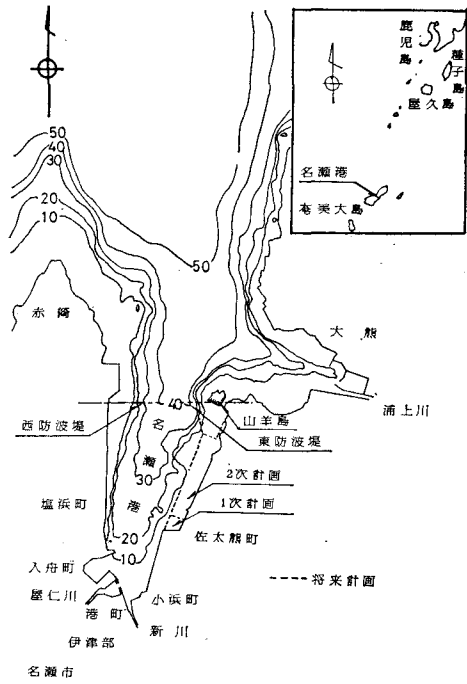


図-3 名瀬港位置図及び将来計画

表-1 実験ケース一覧表

Case No.	防波堤 タイプ		ϵ :防波堤の開口比	海岸 地形
	西防波堤 (延長 141m)	東防波堤 (延長 320m)		
1	現況 (既設防波堤) 359m			現 況
2	ケーソン	ケーソン		将来 1 次計画
3	ケーソン	スリット ($\epsilon=0.5$)		"
4	ケーソン	スリット ($\epsilon=0.25$)		"
5	スリット ($\epsilon=0.5$)	スリット ($\epsilon=0.5$)		"
6	スリット ($\epsilon=0.25$)	スリット ($\epsilon=0.25$)		"
7	ケーソン	ケーソン		将来 2 次計画

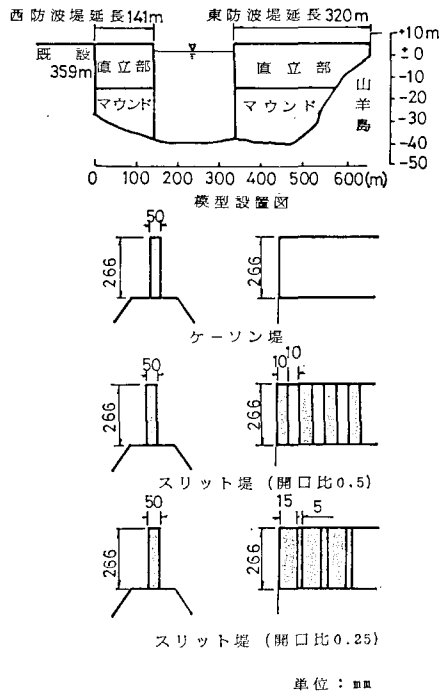


図-4 防波堤形状図

及び防波堤構造タイプの組合せで構成して選定した。防波堤計画は、西防波堤延長計画及び東防波堤の新規計画とした。また、防波堤の構造タイプは、不透過堤としての通常のケーソン、透過堤としてのスリットケーソンの2タイプを考えた。スリットケーソンについては、開口比 $\epsilon=0.25, 0.5$ の2種類を想定した。図-3に名瀬港位置及び将来計画、図-4に防波堤形状図を示す。

海底摩擦係数は、流況パターンが現地と同様なパターンを示すまで、ブロックを用いて試行錯誤的に調整した。また、実験に用いた潮汐、河川流量を以下に示す。

潮 汐	M ₂ 分潮	現 地	模 型
潮 差		2.3m	3.1cm
周 期		12時間 25分	32分 16秒
河川流量	屋仁川	0.108 m ³ /s	0.831 cm ³ /s
	新 川	0.278 m ³ /s	2.14 cm ³ /s
	浦上川	0.385 m ³ /s	2.96 cm ³ /s

3. 実験結果

(1) 潮流実験

図-5に実験ケースの流況図及び恒流図の一例を示す。実験地形は、現況地形である。港内の流況は上げ潮、

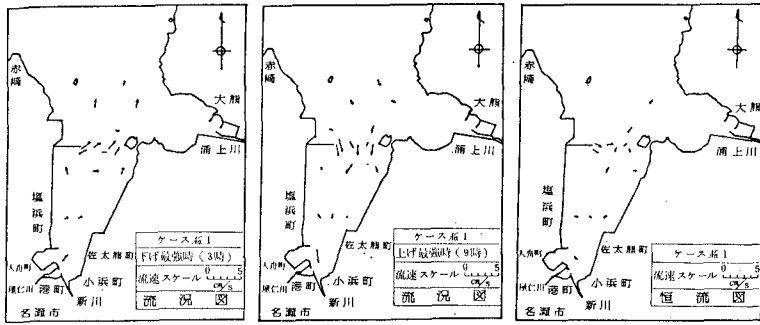


図-5 流況図及び恒流図

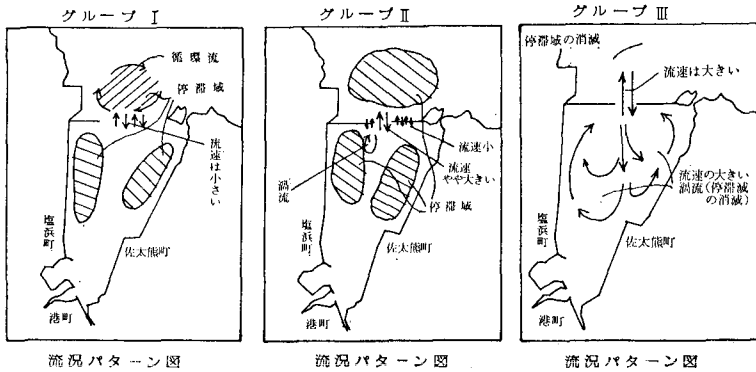


図-6 グループ別の流況パターン図

下げ潮に伴う往復流である。また、その流速値は小さい。恒流も微弱であるが、上層では湾奥へ向う恒流図となっている。鹿児島港工事事務所が、54年8月、12月に実施した潮流観測結果^{1),2)}の恒流も微弱であるが上層は湾奥に向い、下層は湾外に向うパターンを示しており、実験結果とも一致している。各ケースの、流況図と恒流図を整理すると、流況パターンから防波堤計画を 図-6 に示すような3グループに大別できることがわかった。各グループの防波堤計画は 表-2 に示すとおりである。

表-2 グループ分け

グループ名	Case No.	防波堤の開口比		断面地形
		西防波堤 (延長141m)	東防波堤 (延長320m)	
グループ I	1	現況 (既設防波堤) 359m		現況
	3	ケーソン	スリット ($\epsilon=0.5$)	将来1次計画
グループ II	5	スリット ($\epsilon=0.5$)	スリット ($\epsilon=0.5$)	"
	2	ケーソン	ケーソン	"
グループ III	4	ケーソン	スリット ($\epsilon=0.25$)	"
	6	スリット ($\epsilon=0.25$)	スリット ($\epsilon=0.25$)	"
	7	ケーソン	ケーソン	将来2次計画

グループ I は、現況における実験結果であるが、港口部に潮汐に应答した往復流が見られるとともに、港口前面に弱い循環流が生じ、港口前面と防波堤背後及び東岸浅海域に停滞水域が見られる。

グループ II は、流れの出入口は防波堤の開口部だけでなく、スリット部材間でも通過流が見られる。その流速

はスリット間の抵抗等によりグループ I より小さいが、防波堤開口部では、逆に大きくなっている。また防波堤前面及び背後には、スリット部材間の流速の減少により停滞水域が、グループ I より広範囲に発生している。

グループ III は、流れの出入は防波堤開口部に限られる為グループ I、グループ II の流況パターンとは大きく変っている様子がわかる。開口部の流速が上げ潮、下げ潮時においても増大して、防波堤前面及び港内の停滞水域の消滅が見られる。また、港内に流速の大きな渦流の発生が見られる。

(2) 拡散実験

図-7 に実験ケース No. 1 の濃度分布図の一例を示す。

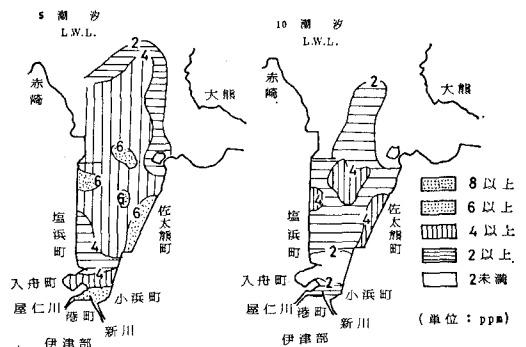


図-7 濃度分布図

ケース No.1

実験地形は、現況地形である。左の図は実験開始後5潮汐、右の図は10潮汐後の分布図である。4ppm以上の濃度域に着目すると、5潮汐時においては、港内、港外の両方に広範囲にわたって分布している。10潮汐時においては、港内の東西両岸及び開口部付近に若干残る程度である。これは、海水交換による港内の濃度減少であると考えられる。各ケースとも仕切り板を除いた直後は、濃度は高いが、10潮汐においては湾奥に数ppmの濃度域が残るが、湾内の濃度はかなり減少することがわかった。

4. 海水交換日数及び交換率の算出

(1) 海水交換日数の算出

最初に港内に存在する水を港内水と定義し、港内水が港外水及び河川水と混じり合って、最初の容積の $1/e$ となる日数を交換日数と定義する³⁾(図-8参照)。図-9

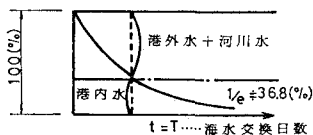


図-8 海水交換日数の定義

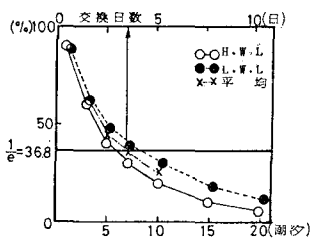


図-9 算出例

に交換日数の算出例を示す。縦軸に港内水の初期濃度に対する各潮汐毎の濃度の割合、横軸に潮汐及び交換日数を示したもので、交換日数($1/e=36.8\%$)の横軸と濃度の割合変化との交点を上に伸ばし交換日数を求めた。各ケースのH.W.L.とL.W.L.時の交換日数平均値を表-3に示す。この結果より交換日数は、不透過堤及び開口比0.25の透過堤では短く、開口比0.5の透過堤を有

するケースでは長くなる。現況はその中間に位置している。防波堤構造タイプ別にみると、ケーソンタイプ、現況、スリットタイプの順である。この海水交換日数の違いは、流況パターンのグループ別に分けたことから言えるように、開口部の流速の増大による停滞水域の消滅が原因と考えられる。

(2) 海水交換率の算出

名瀬湾を西防波堤と山羊島を結ぶ断面で港内と港外とに分け、潮汐によって上げ潮時に湾内に入った港外水は港内水と混合して、下げ潮時に α だけ港外へ戻ると考える。この時、港内水の初期濃度を C_0 、海水交換率を α と置いて T 潮汐目の濃度を C_t

$$C_t = (1 - \alpha)^T C_0$$

と定義する。ここで α は、1潮汐間に港内水が防波堤開口部において、港外水と交換する割合を示す。各ケースの交換率の結果を表-3に示す。ケース別の比較を行うと、海水交換日数と同様の傾向があることがわかる。これは、防波堤構造タイプ別にみても同じである。

5. まとめ

以上、名瀬港の防波堤計画に伴う流況の変化及び水質環境への影響について、防波堤構造タイプ別に検討を行ってきたことを以下に要約して示す。

(1) 防波堤の構造タイプを適切なものとするれば、現況地形より将来地形の方が海水交換を促進できることがわかった。

(2) 防波堤の構造別には、海水交換の点でケーソン堤がスリット堤に比して良く、スリット堤のなかでも開口比0.25が0.5の場合に比して良好である。

(3) 海水交換の促進は、直接的には港内流速が速くなることが第1の要因であると考えられる。ただし流速の絶対値は小さい。

以上より、名瀬港の防波堤計画においては、ケーソン堤を用いて港口幅を狭くすることにより流速の増大を促し、名瀬港の海水交換は、現況より更に促進されることがわかった。

最後に本実験の実施、成果のとりまとめにあたり、御指導、御協力をいただいた港湾技術研究所の堀江室長ならびに同室の皆様へ感謝の意を表します。

表-3 海水交換日数及び交換率結果

Case No.	防波堤タイプ		海水交換日数 (日)	海水交換率 (%)
	西防波堤 (延長141m)	東防波堤 (延長220m)		
1	現況 (既設防波堤 359m)		5	11
2	ケーソン	ケーソン	3	14
3	ケーソン	スリット ($\alpha=0.5$)	7	7
4	ケーソン	スリット ($\alpha=0.25$)	3	14
5	スリット ($\alpha=0.5$)	スリット ($\alpha=0.5$)	9	6
6	スリット ($\alpha=0.25$)	スリット ($\alpha=0.25$)	3	15
7	ケーソン	ケーソン	2	21

参考文献

- 1) 第四港湾建設局鹿児島港工事事務所：名瀬港潮流調査報告書，1979。
- 2) 第四港湾建設局鹿児島港工事事務所：名瀬港潮流調査（第2報）報告書，1980。
- 3) 藤森研一・稲富隆昌・内田豊彦・園山哲夫：伊勢湾水理模型実験と現地調査（第2報），第23回海岸工学講演会論文集，pp. 518～523，1976。