

干潟の保全と河口処理について（二級河川富島川の場合）

Mudflat conservation and estuary improvement works on the Tomishima-gawa River (a Class B river)

研究第三部 主任研究員 片 田 雅 文
リバーフロント研究所長 小 池 達 男

兵庫県揖保郡御津町では、流路延長 4.9km、流域面積 8.3km² の二級河川富島川が瀬戸内海へと流下している。富島川は、計画高水流量 60m³/s を通水するために順次河道改修が進められており、現在では残すところ河口域のみの改修となっている。また、河口域には、兵庫県内でも有数の前浜干潟である新舞子浜が広がっている。

河口域の河道改修を行うと、干潟の現在の環境に影響を及ぼすことが考えられ、さらには、漁業や観光等周辺の産業に影響することも心配されている。そこで、本調査では、現状における干潟や干潟周辺の状況（流況や自然系等）を把握し干潟への影響を極力与えぬよう最良の河口処理方法に関する検討を行い、基本的な計画を提案した。

キーワード：前浜干潟、河口処理、高潮対策事業、漂砂、底生生物、海藻類、計画高水

The Tomishima-gawa River is a Class B river that is 4.9 km long and flows into the Seto Inland Sea when it reaches the town of Mitsu-machi in Ibo-gun (Hyogo Prefecture). Its river basin measures 8.3 km². Channel modification works have been in progress for some time to enable a high-water run-off of up to 60 m³/s, with only work on the estuary remaining. Shin-maikohama beach, one of only a few foreshore mudflats in Hyogo Prefecture, is spread out over the estuary area.

Estuary improvement work is expected to affect the immediate environment of the mudflats, and is also likely to have an impact on industries such as fishing and tourism in the vicinity. In this study, we assess the natural environment of the mudflats and surrounding areas—looking in particular at factors such as water flow—and consider ways to minimize the impact of river works on the mudflats. We then incorporate our findings into a basic estuary improvement works program for the Tomishima-gawa River.

Key words : Foreshore mudflat, estuary work, high-water countermeasure, drift sand, benthic organism, seaweed, projected high-water level.

1. はじめに

兵庫県揖保郡御津町では、流路延長 4.9km、流域面積 8.3km² の二級河川富島川が瀬戸内海へと流下している。富島川は、計画高水流量 60m³/s を通水するために順次河道改修が進められており、現在では残すところ河口域のみの改修となっている。また、河口域には、兵庫県内でも有数の前浜干潟である新舞子浜が広がっている。

河口域の河道改修を行うと、干潟の現在の環境に影響を及ぼすことが考えられ、さらには、漁業や観光等周辺の産業に影響すること

も心配されている。そこで、本調査では、現状における干潟や干潟周辺の状況（流況や自然系等）を把握し干潟への影響を極力与えぬよう最良の河口処理方法に関する検討を行い、河口処理について基本的な計画を提案した。

2. 富島川河口部の概要

富島川河口部に開ける干潟は、瀬戸内海国立公園内に位置し、兵庫県内随一の潮干狩りの場として知られている典型的な前浜干潟である。

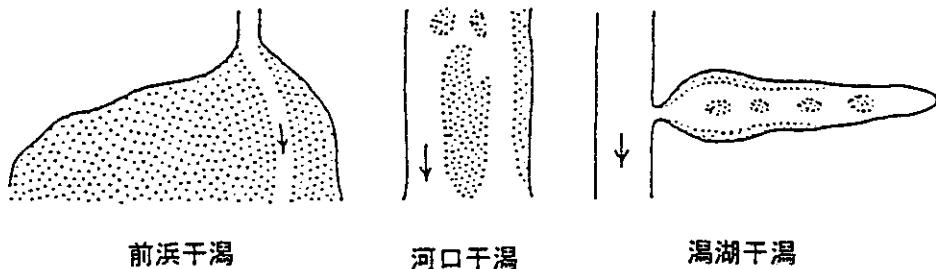


図-1 干潟の種類

Fig.1 Mudflat Types

この干潟は、揖保川や富島川からの土砂の供給を受けて維持されていると考えられ、これら河川からの土砂の流入と移動、流出が干潟そのものの存続に大きな影響を与えていているといえよう。

2-1 富島川周辺の自然特性

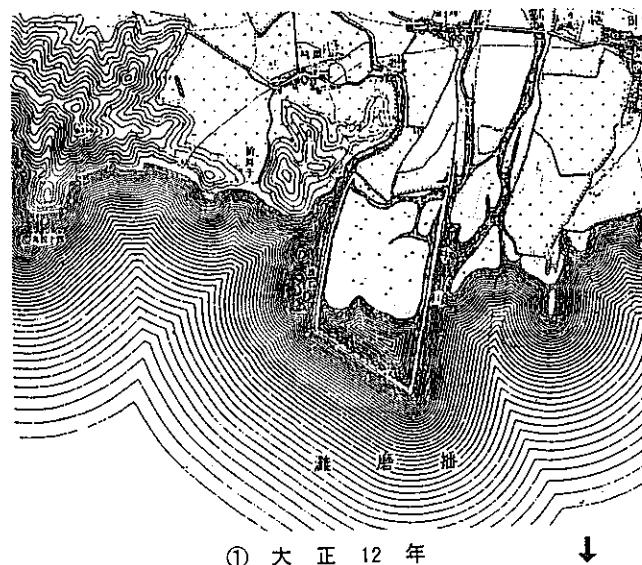
(1) 地勢・地形

富島川河口部付近の地形の変遷は、図-2に示すように富島川の東側約 1 km に流下する揖保川河口部との間に、干拓された成山新田があり（大正 12 年にはすでに完成している）昭和 42 年には既に現状と同様の形態をなしており、汀線についても殆ど変化していないことから、地形的にはほぼ安定している海岸と

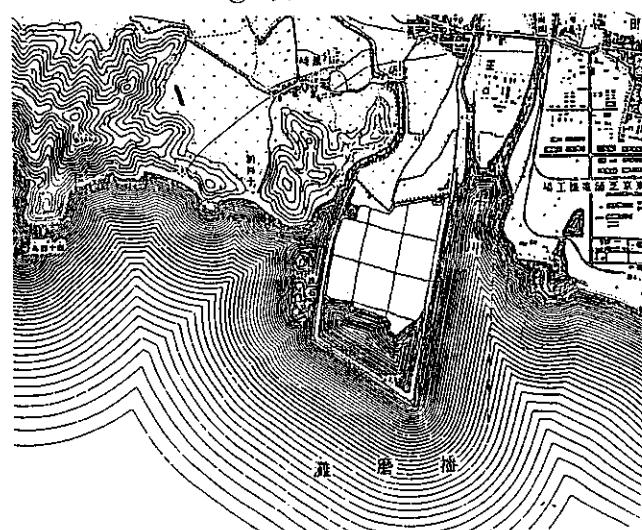
考えられる。

また、図-3 に示す河口部沿岸の地形特性から、

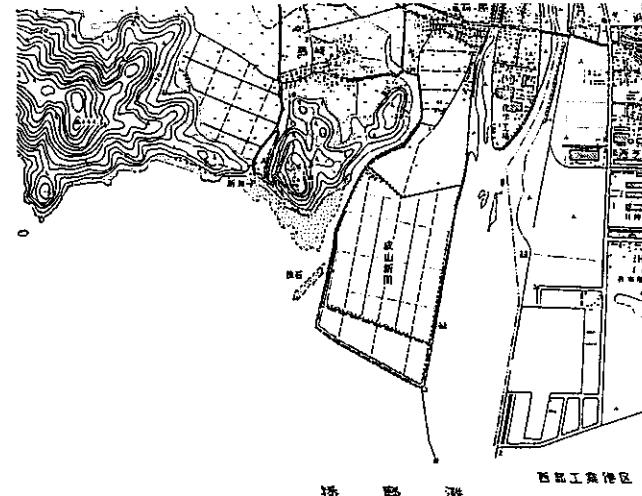
- ①新舞子浜前面では、砂の移動によりバー やトラフが形成されている。
- ②成山新田先端の防波堤により揖保川（中 川）から新舞子浜側への土砂供給を遮断 している可能性がある。
- ③堤防沿いの新舞子浜と成山新田の堤防と の間の澪筋は、富島川河口直上流部の河 道の曲折や干潟からの土砂供給等の影響 によるものと考えられる。
といったことがうかがえる。



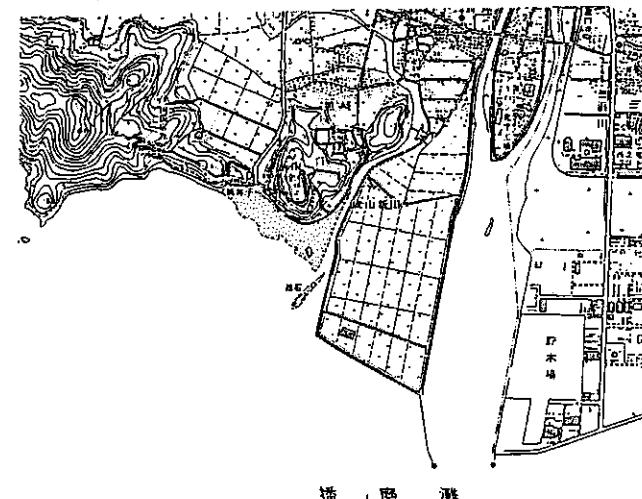
① 大正 12 年



② 昭和 22 年



③ 昭和 42 年



④ 昭和 56 年

図-2 河口部付近の地形変遷

Fig.2 Topographical Change Near the Estuary

底質・堆積層

底質分布記号	大区分		小区分		粒径	
	符号	底質名	符号	底質名	mm	gr
R	G	砾	bG	巨 砾	256~	- - 8
			cG	大 砾	64~256	- 8 ~ - 6
			pG	中 砾	4~64	- 6 ~ - 2
			gG	細 砾	2~4	- 2 ~ - 1
S	S	砂	cS	粗 砂	0.5~2	- 1 ~ 1
			mS	中 砂	0.25~0.5	1 ~ 2
			fS	細 砂	0.0625~0.25	2 ~ 4
M	M	泥	Si	シルト	0.0039~0.0625	4 ~ 8
			Cy	粘 土	- 0.0039	8 ~
Co	Co	サンゴ礁				

地形分類		(陸 部)	
山地・斜面			
山 地 斜 面			主な逕急線
山間谷底			滑落崖
山麓堆積地形			表層崩壊地
台地・段丘			
台地または段丘面			
低 地			
微高地	一般面	微低地	
(自然堤防等)		(旧河道等)	扇状地
(自然堤防等)		(旧河道等)	氾濫平野 谷底平野
(自然堤防等)		(旧河道等)	三角州
(砂州等)		(後背低地等)	海岸平野
砂 丘			
砂 丘			
頻水地形			
遠 地			
(海 部)		河 川 数	
	主として河口沖	主として平野沖	主として山地沖・海峽
海岸・潮間帯	潮汐平地	浜	離葉岩 波食棚
極 浅 海	頂蓋面	上部緩斜面	海食台
	前蓋面	中部緩斜面	
		下部緩斜面	
	漸移帶		
浅 海	冲合平坦面		基盤起伏地 海苔・海底谷 棚状地 海苔底・海底谷
			海底砂堆 海底砂堆斜面
海底微地形			
バ	ミ	オ	谷 線
ト ラ フ	サンドウェーブ带		
(人工地形)			
人工平坦化地(主として切土による)		盛 土 地	
干 拓 地		埋 土 地	
改変工事中の区域			
骨材採取地		航 路 浸 濡 地	土砂投棄地
(地形界)		不明瞭な地形界	

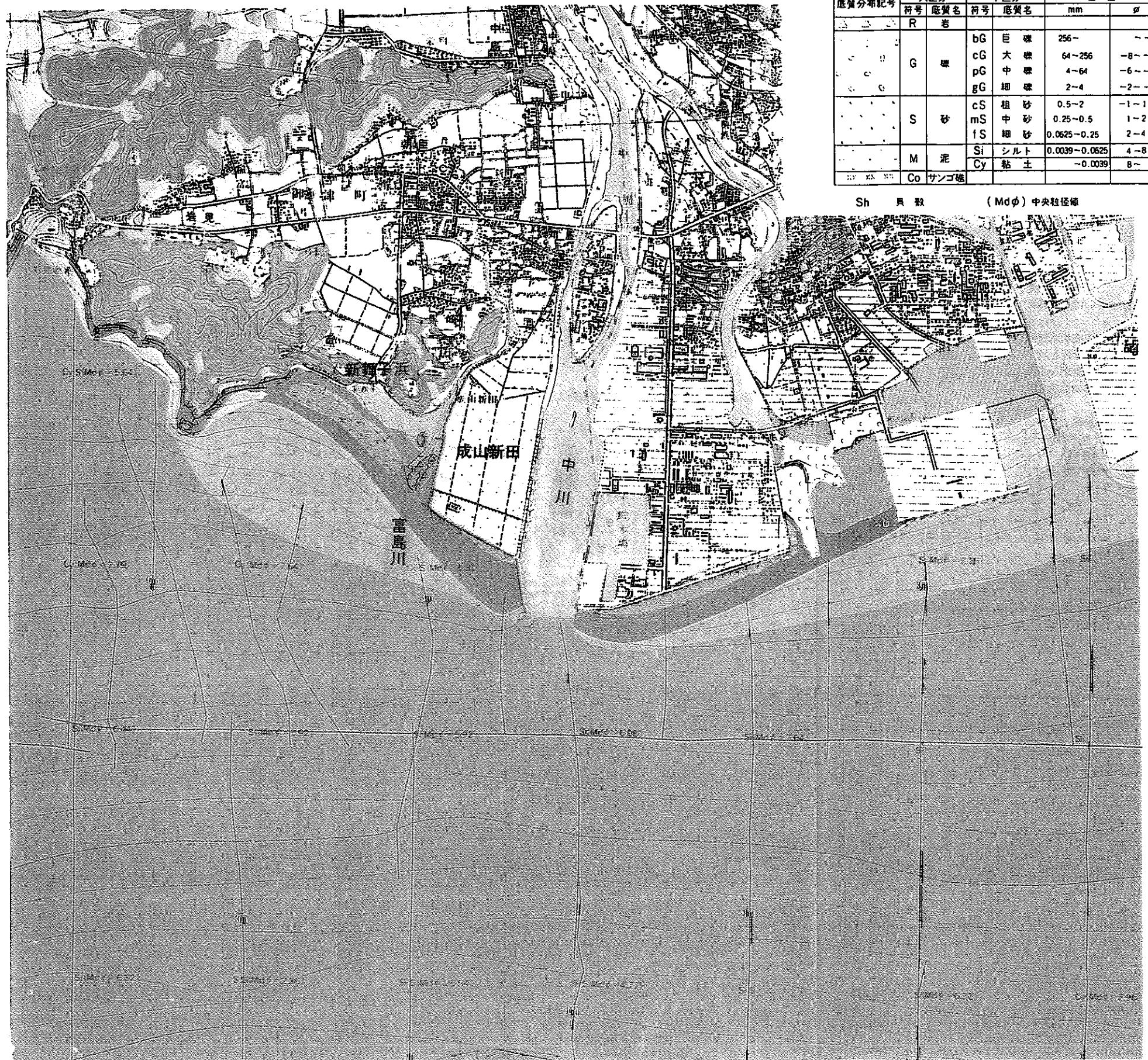


図-3 現在の河口部沿岸地形

(1/25,000 沿岸海域土地条件図 矢路, 国土地理院, 平成5年)

(2) 気象・海象

現地調査を実施した平成 10 年 1 月から平成 11 年 1 月までの期間で、最も風速が大きかったのは平成 10 年 10 月の 9810 号台風であり、飾磨観測所において日最大平均風速 25.7m/s、日最大瞬間風速 35.2m/s（風向 SSE）が記録されている。これは、同観測所での過去 30 年間の観測記録の中でも 3 番目に大きな風速である。

年間を通じた風況は、NNE と SSW の比較的一方向の卓越した風向であり、季節的には春季、秋季、冬季は NNE 方向が卓越し、夏季は SSW が卓越する。さらに、風速では 5m/s 以下の風が全体の 85% を占め、10m/s 以上の風は 1% 以下と非常に穏やかである。

富島川周辺海域全般の流況特性としては、平均的な流速については冬季、台風期による差はほとんどなく、流れの向きやパターンもほとんど季節的な差は見られない。流れのパターンとしては、新舞子浜→富島川河口→投石→成山新田導流堤（中川河口）といった時計回りの流れが発生している。さらに、観測期間中の最大流速は、冬季風浪による時化や台風による高波浪等の異常波浪発生時のものが各観測期間の最大値を示している。（沖合の最大流速：冬季風浪・・16～32cm/s、台風時・・28～35cm/s 汀線付近（浅海域）：冬季風浪・・5～16cm/s、台風時・・15～18cm/s 程度）

(3) 水質

富島川河口部周辺を大別すると、海域（干潟域・沖合域）と河川域に分けられる。海域における水質は、兵庫県が富島川沖で 1978～1995 年の間で観測した DO（溶存酸素量）と COD（化学的酸素要求量）の値をみると、DO は 8～10mg/l で COD は 1.5～3.0mg/l の間を推移しており、ほぼ平均化されている。この数値は、海域の生活環境の保全に関する環境基準からみると、B 類型に該当し、水産 2 級（ボラ、ノリ等の水産生物用）に適応した水質と評価できる。

また、河川域については、河口部直上流部に設置された防潮水門工事の影響を受けていたため、水門部排水機場のポンプ排水のみが行われていた期間については、河川における生活環境の保全に関する環境基準を満たしており、それ以外の時期の水質については、環境基準外であり、富栄養化の傾向が見られる。

(4) 底質

河川域の底質は、水質の COD が上がれば底質の COD も上昇するといったように富島川の水質の影響を受けている。

しかしながら、海域の底質については、水質の影響を受けるというよりはむしろ季節的な変化が大きい。干潟域の COD や硫化物は、冬期～春期にかけては低く夏期は大きくなる傾向を示し、沖合域では逆に冬期～春期にかけて大きくなる傾向が見られた。

(5) 生物

河口処理を実施することにより、直接的に影響を受けると考えられる代表的な生物相として、鳥類、底生生物類、藻類について 1 年間を通しての現況調査を実施した。

干潟域の底生生物は、アサリ・マテガイ・バカガイ科の一種などの二枚貝とウモレマメガニ・ニホンスナモグリなどの甲殻類、一部の多毛類により構成されている。また、富島川河川域はゴカイ、ミズヒキゴカイ科の一種など多毛類主体の群集となっている。

これら底生生物群の固体数比率と底質 COD との間には、図-4 のように明らかな関係が認められた。多毛類の場合、底質 COD が高くなるほど個体数の割合が増えるという正の相関があり、二枚貝類や甲殻類の場合は、COD の割合が高くなれば、個体数が減るといった逆相関が認められた。

河口域周辺の鳥類については、底生生物や魚類を捕食するミサゴなどの水禽類が多く確認され、海上では魚類を主食とするカワウやカンムリカツブリ、ウミアイサ等が確認できた。これらのうち、ミサゴやズグロカモメ、

コアジサシなどの貴重種も確認できており、鳥類にとっても好適な生息環境であることがうかがえる。

(6) アオサ・オゴノリ

また、河口域周辺には、オゴノリやアナア

オサといった海藻が繁茂する。特に、アナアオサについては、富栄養化した海域が生育に適しているといわれており、富島川河口域には密生している。(地元では、毎年これらの除去に苦慮している。)

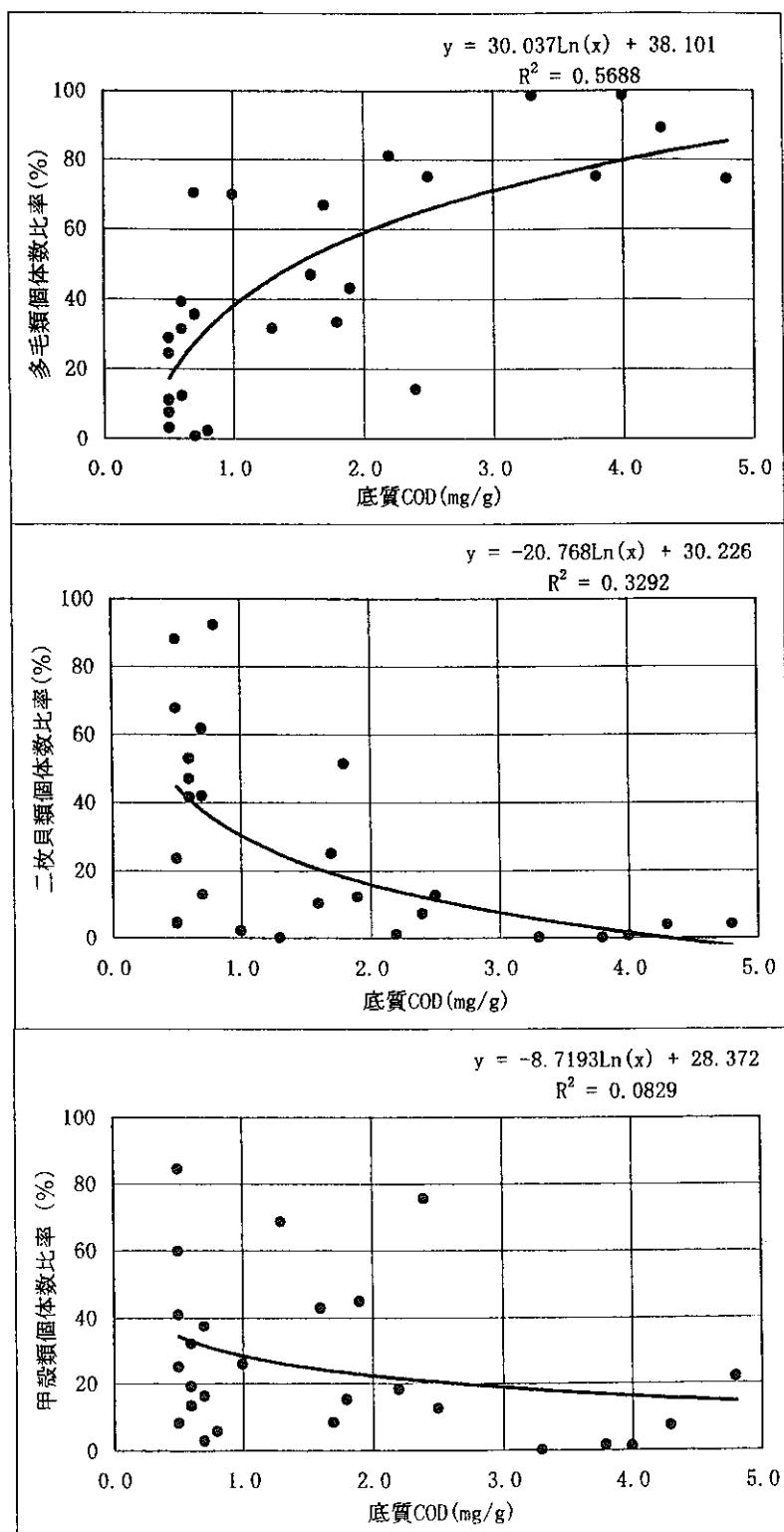


図-4 底生生物群と底質 COD の関係

Fig.4 The Relationship Between Benthic Organisms and Chemical Oxygen Demand in Riverbed Matter

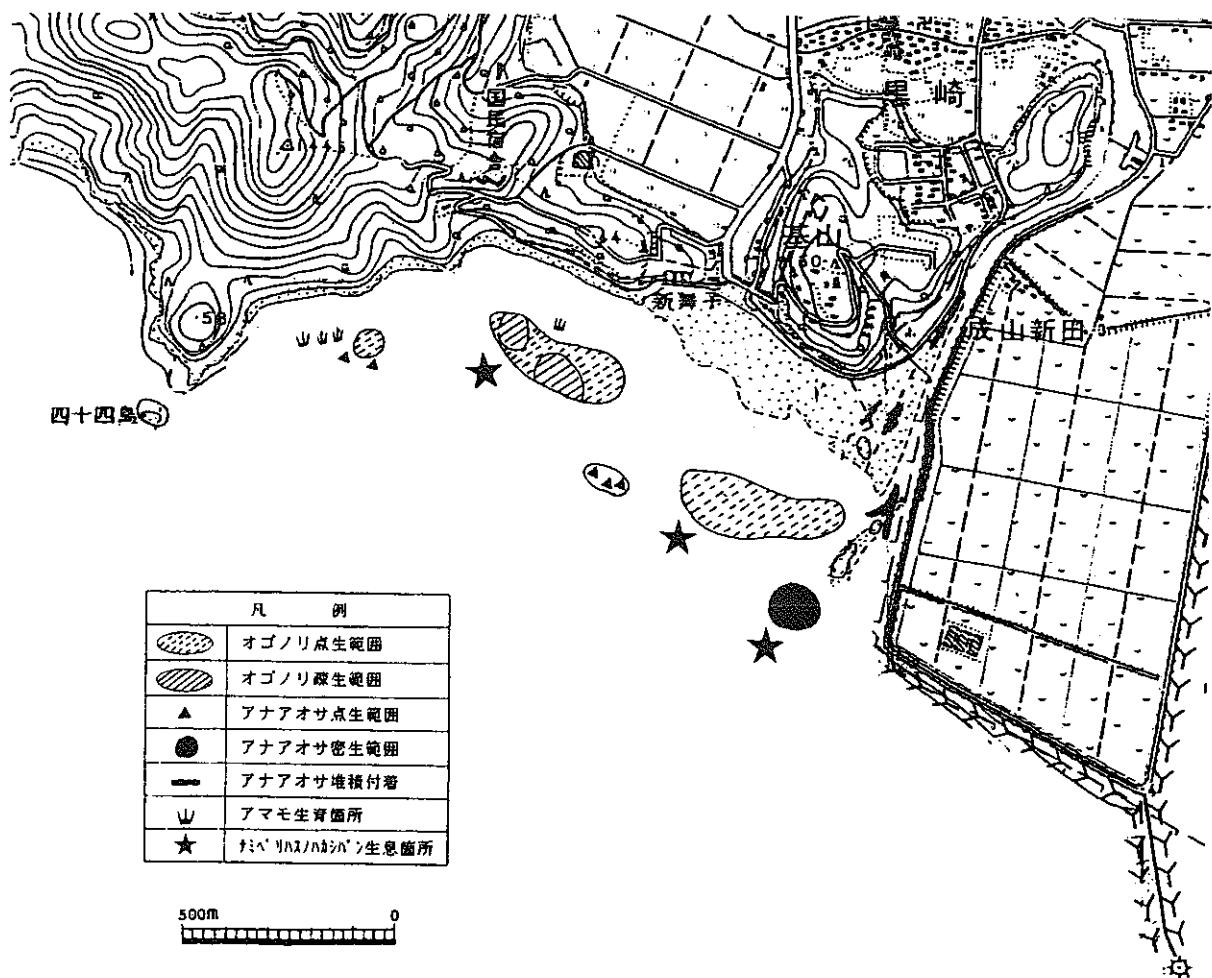


図-5 アオサ・オゴノリの概略分布

Fig.5 Rough Distribution of Sea Lettuce and *Gracilaria asiatica*

2-2 富島川周辺の社会特性

富島川が流下する御津町では、姫路市などの周辺他市町に比べて水産業や農業などの第一次産業に従事している割合が多い。水産業についてみると、兵庫県内瀬戸内海区における漁獲量のうち約1割を占めており、周辺他市町とは卓越している。このうち、船ひき網が最も漁獲量が多いものの、富島川河口域にある干潟を利用した採貝やのり養殖等も行われている。さらに、この干潟（新舞子浜）には、海水浴客や潮干狩りといった観光客も多く、御津町にとって新舞子浜は重要な観光資源の一つともいえる。

このように、富島川河口域の干潟は、周辺で生活する人々とも密接な繋がりを持っている。

3. 河口処理に伴う問題点と課題

このように、生物が多く生息し、また、人々の生活に密着した富島川の河口を改修するためには、考慮すべき問題点がある。

3-1 河口処理に伴う問題点

富島川は有機汚染の進んだ富栄養化傾向の状態にあり、現在のところその影響範囲は河口域の比較的狭い範囲にとどまっている。しかしながら、河口処理（掘削）を行うと、河道内の流速は低下し、水質ならびに底質の悪化を招く可能性がある。

海浜流に伴う漂砂の動きは、新舞子浜から河口方向に向かうと推測できるが、河口部を掘削すると干潟部の土砂が掘削部に流入し、河口干潟の侵食を誘発する可能性がある。

このように、干潟の地形や水環境が変化することにより、底生生物相も変化し、これらを捕食する鳥類相にも影響を及ぼす可能性がある。

さらに、海苔の養殖や貝類の養殖等の干潟周辺海域での漁業にも影響を与える可能性がある。

また、富島川河口部の河道断面は、現在安定な状態にあると推測できるが、河口処理（掘削）を行うことにより河道内に土砂が堆積しやすくなる。したがって、頻繁に河道の維持浚渫を実施する必要が生じる。

以上から河口処理（掘削）を実施する場合の問題点を整理すると、

- ① 水質・底質の悪化
- ② 漂砂量の増加に伴う干潟の侵食
- ③ 生態系の変化
- ④ 漁業への影響
- ⑤ 掘削部への土砂堆積（頻繁な河口部維持浚渫の必要性）

といったことが考えられる。

3-2 河口処理に関する課題

3-1で掲げた問題点を解消するためには、富島川河口部周辺の水理特性や環境特性等を充分に把握し、検討を行うことにより河口処理対策の計画を立案する必要がある。そこで、河口処理対策（掘削）を実施するうえで、水理特性について

- ① 掘削部への土砂の堆積機構
- ② 掘削部の水質および底質変化
- ③ 河口処理対策（掘削等）に伴う海浜変形（挙動、影響範囲等）

を把握する必要があり、さらに環境特性については

- ① 河川から流入する有機物等の総量（現状と将来）
 - ② 干潟環境に及ぼす河川水の影響範囲
 - ③ 現状における生物相の特徴
- を把握する必要がある。

そこで、本調査ではこれらのことを探るために、1年間を通じた現地調査結果に基づき(1)漂砂および海浜変形に関する検討(2)自然環境に関する検討(3)河口処理対策の適正検討を実施した。

4. 河口処理対策に関する検討結果

4-1 漂砂および海浜変形に関する検討

河口処理（掘削）を実施した場合に、河口干潟からの漂砂により、掘削部への土砂堆積とこれに伴う地形変形が考えられる。本調査においては、現地でトラップを設け、土砂の移動特性等の特性を検討するとともに、河口処理対策に伴う海浜変形に関する検討を行った。

(1) 掘削部への土砂堆積に関する検討

図-6に示す位置に設置したトラップの調査および底質調査、流況観測、波浪観測等の結果より、掘削部における土砂堆積（堆砂）特性を検討した。

平成10年1月から平成11年1月までの1年間トラップ（掘削部）を設置し観測したが、図-7からもわかるように、冬期風浪期や台風期（過去30年間の観測記録のうち3番目に該当する台風を経験）においても殆ど土砂の堆積はみられなかった。トラップ部においては、通年でも大きな堆砂は生じておらず、表層の微細土砂の移動程度に止まっていると推察される。

さらに、河口近辺底部（河口干潟、トラップ掘削部、富島川河道内）の土粒子粒径と潮流や河川流、波浪との関係を表-1、2、3に整理した。

これらの表からも明らかなように、潮流や河川流では底質（中央粒径程度の土砂）はほとんど移動しない。底質を移動させる原因となるものは、冬期風浪や台風期の異常波浪による軌道流である。しかしながら、台風期や冬期風浪により大きな波が発生しても、一時的に大きな軌道振幅流が発生するものの平均

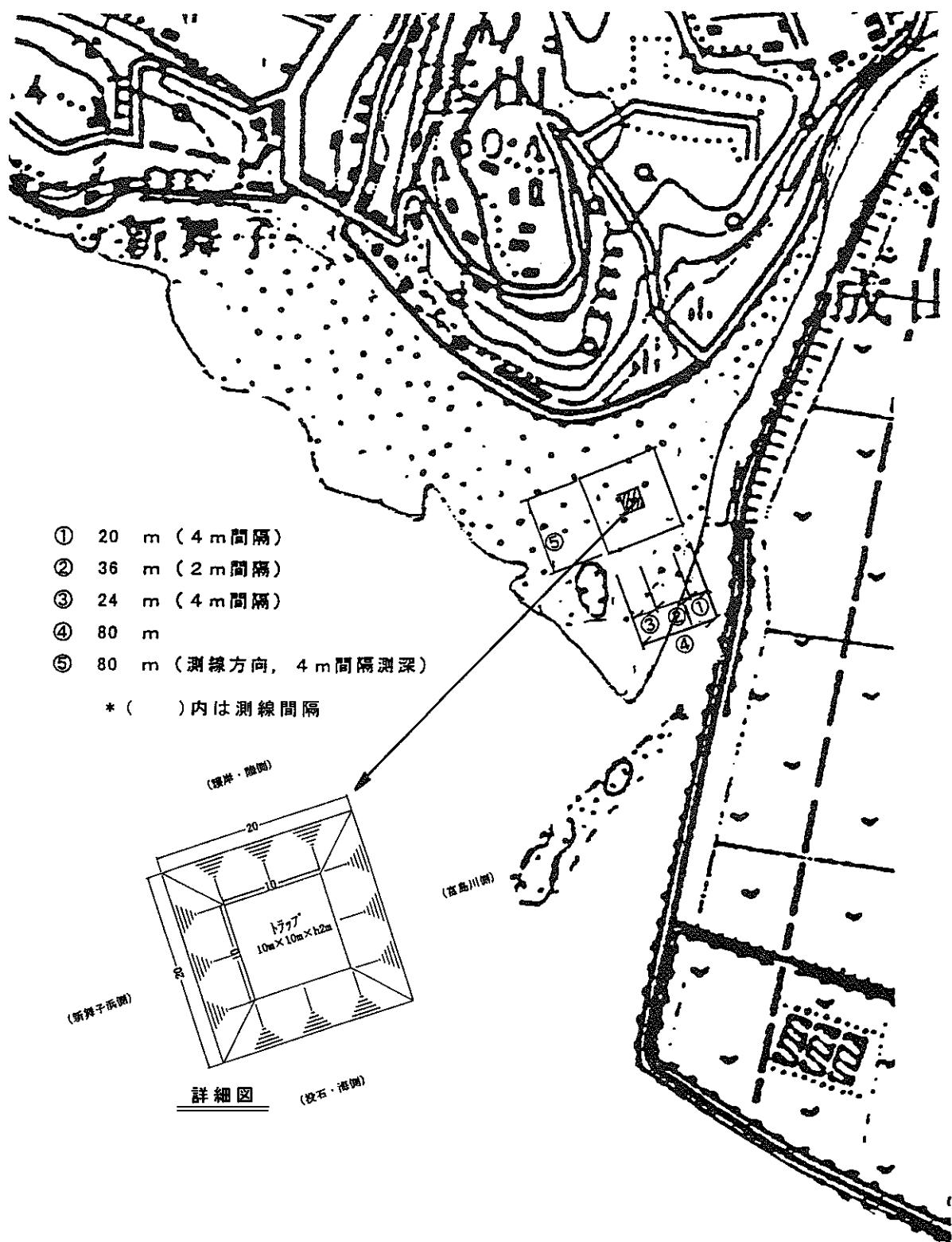


図-6 調査位置図
Fig.6 Survey Locations Map

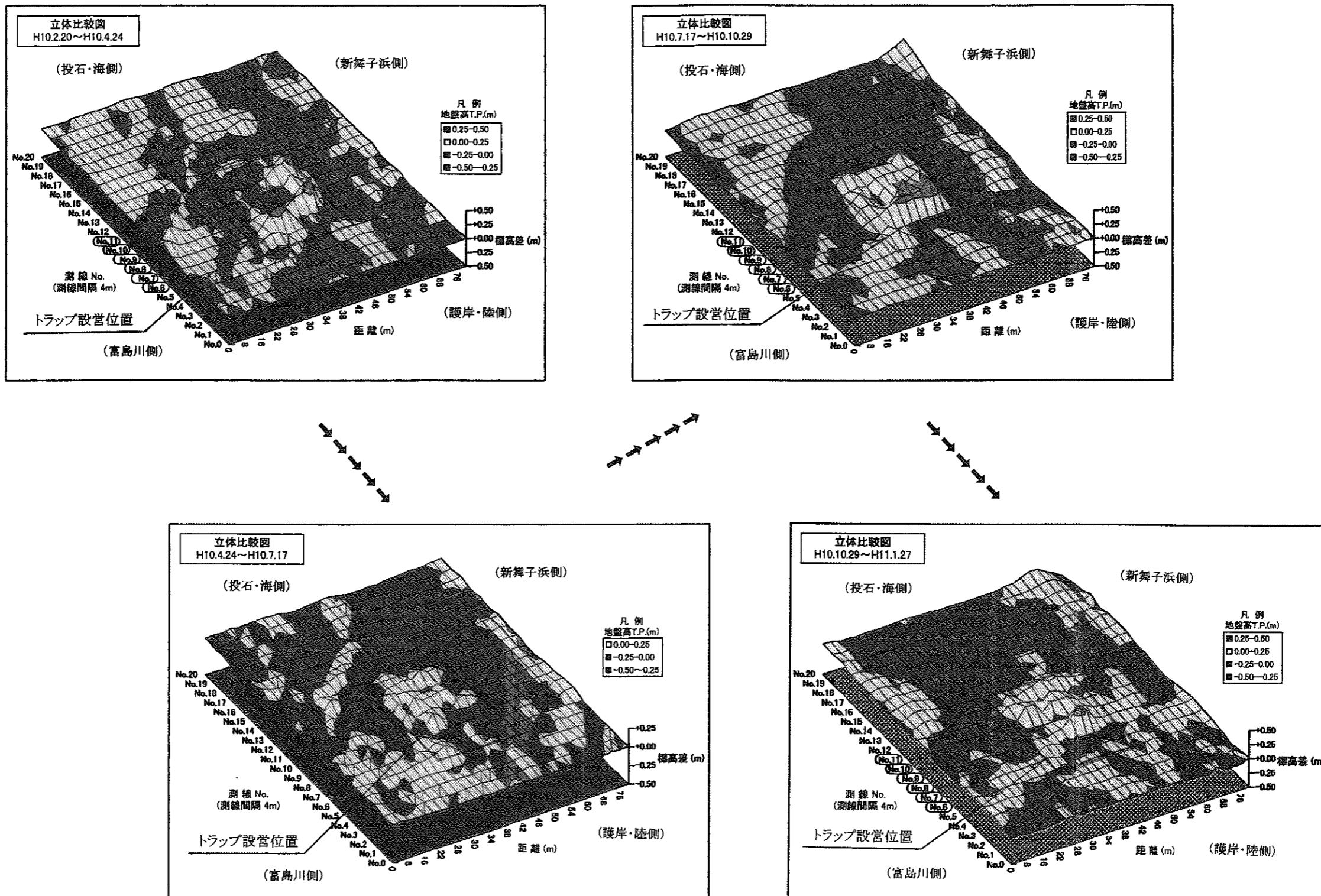


図-7-1 トランプ部における堆砂状況（全体）

Fig.7.1 Sand Drifting Conditions in the Trap Areas (a general view)

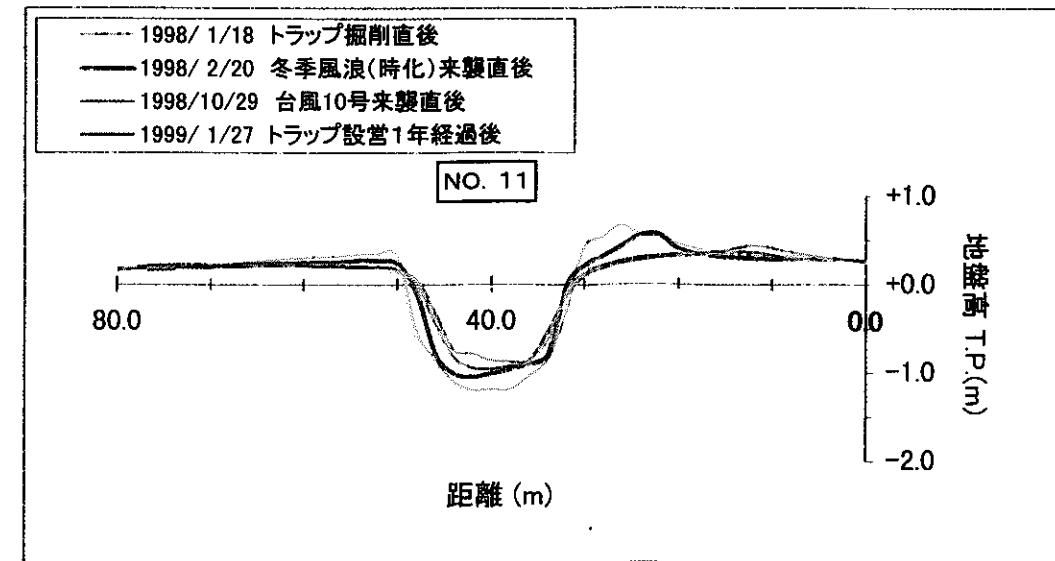
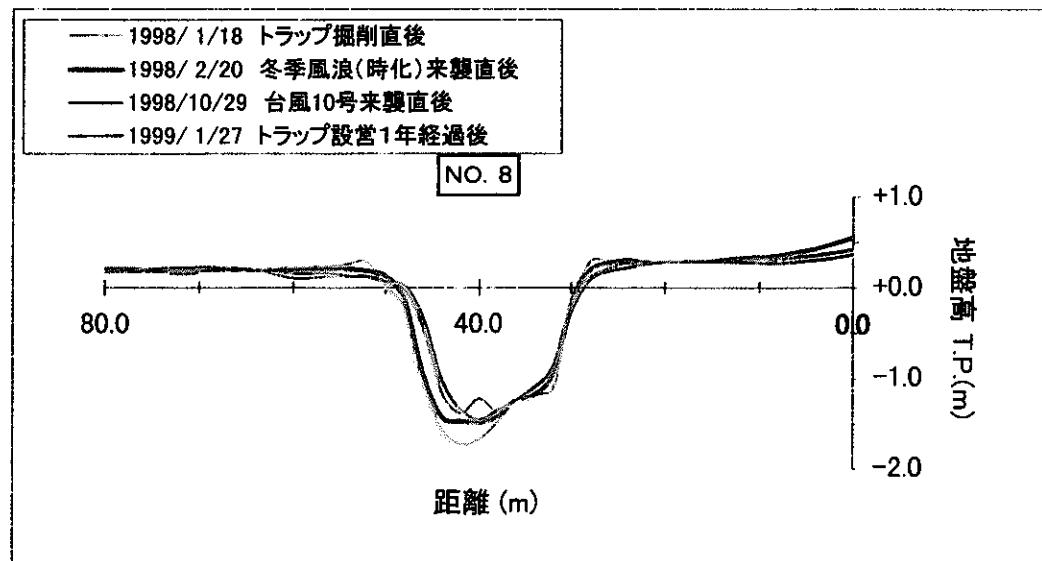
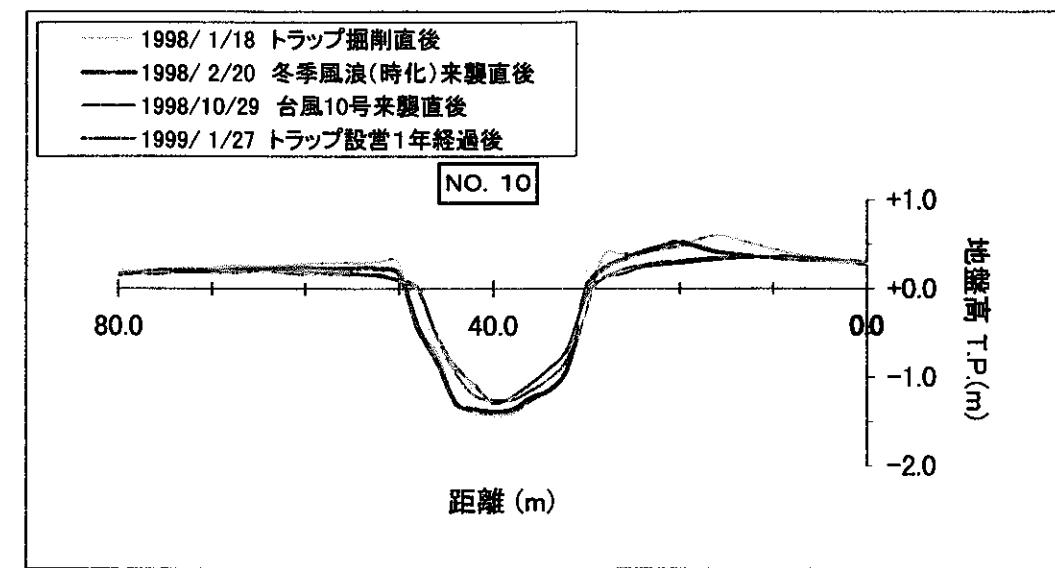
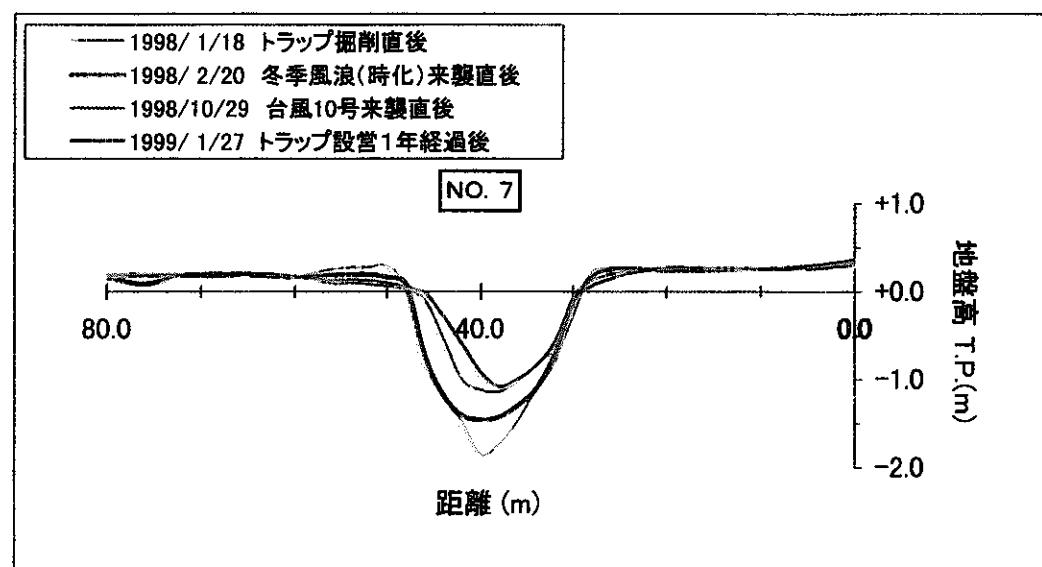
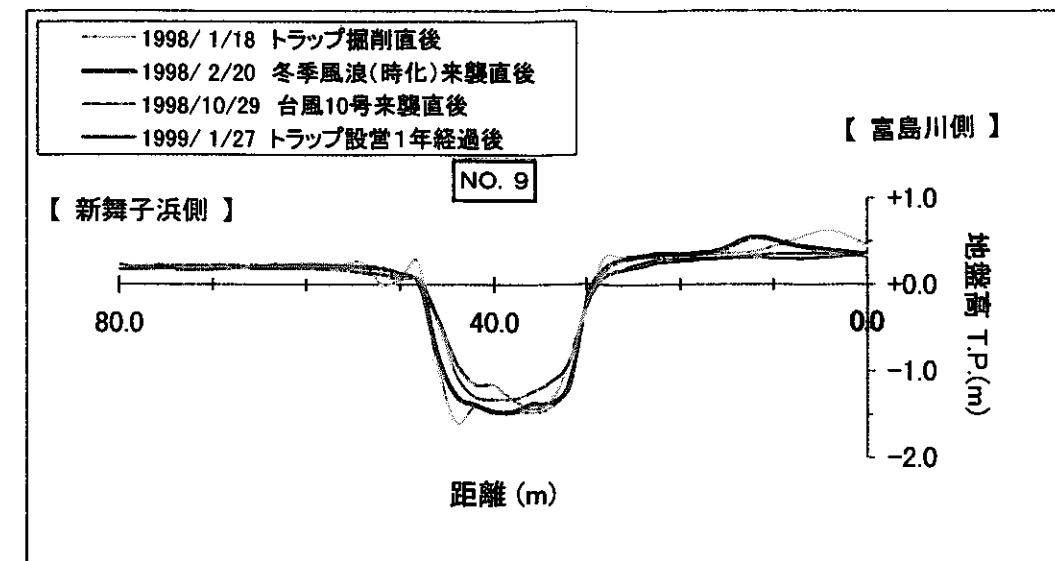
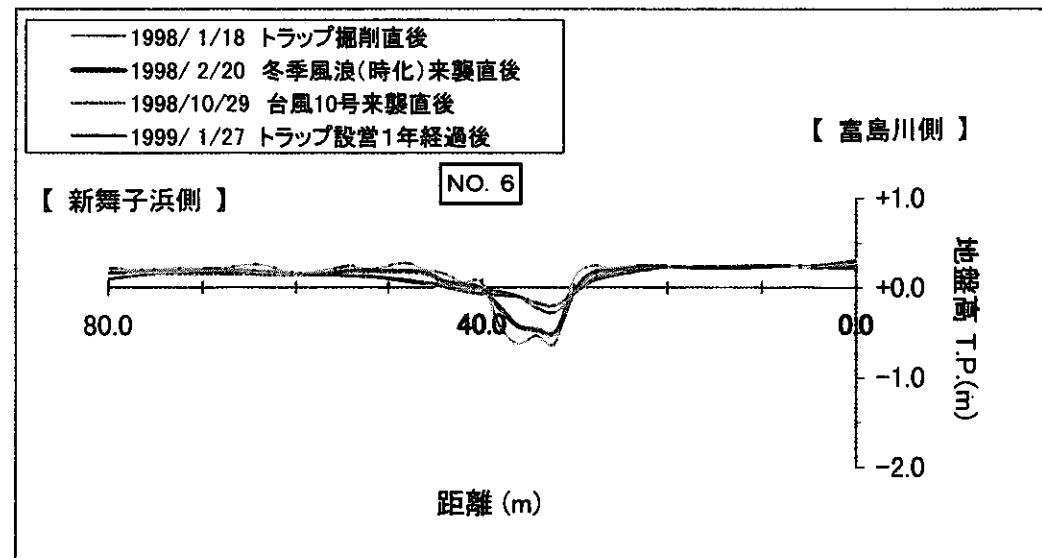


図-7-2 トランプ部における堆砂状況

Fig.7.2 Sand Drifting Conditions in the Trap Areas

表—1 潮流による底質の輸送能力の判定
(移動限界平均流速と流速実測値との比較)

Table 1 Determination of the Tide's Ability to Transport Riverbed Matter
(comparison of the migratory limiting mean velocity and actual velocity measurement)

対象地点		中央粒径 d 50 (mm)	①限界平均流速 (cm/s)	②実測で得られた 浅海域 (h=2m) での 流速 (cm/s)	判 定
河口干潟 汀線部	冬期	0.17~0.37	27~35	5~15	①>② : 動かない
	台風期			4~18	①>② : 動かない
掘削部内	冬期	0.19	27~32	5~15	①>② : 動かない
	台風期	0.08~0.14	23~30	4~18	①>② : 動かない

表—2 河川流による底質の輸送能力の判定
(移動限界平均流速と流速実測値との比較)

Table 2 Determination of the Ability of a River Current to Transport Riverbed Matter (comparison of the migratory limiting mean velocity and actual velocity measurement values)

対象地点		中央粒径 d 50 (mm)	①限界平均流速 (cm/s)	②実測で得られた 富島川河道内での 流速 (cm/s)	判 定
富島川 河道内	冬期	0.34~0.44	29~35	3~26	①>② : 動かない
	台風期			7~28	①>② : 動かない
掘削部内	冬期	0.19	27~32	3~26	①>② : 動かない
	台風期	0.08~0.14	23~30	7~28	*①<② : 0.09mm 以下の粒径は動 く可能性がある

表—3 波浪による底質の輸送能力の判定
(移動限界平均流速と軌道流速実測値との比較)

Table 3 Determination of Waves' Ability to Transport Riverbed Matter
(comparison of the migratory limiting mean velocity and actual starting velocity measurement values)

対象地点	中央粒径 d 50 (mm)	①限界平均流速 (cm/s)	②実測で得られた波の 軌道流速 (cm/s)		判 定		
河口干潟	0.17~0.37	27~35	冬 期	(最大) 72.3	*①<② : 2mm 程度 の粒径のものを動 かす		
				(平均(最大波)) 8.2	①>② : 動かない		
				(平均(有義波)) 5.2	①>② : 動かない		
				(平均流) 21.6	①>② : 動かない		
汀線部			台 風 期	(最大) 109.6	*①<② : 5mm 程度 の粒径のものを動 かす		
				(平均(最大波)) 8.2	①>② : 動かない		
				(平均(有義波)) 5.2	①>② : 動かない		
				(平均流) 14.6	①>② : 動かない		

*底質の粒径に応じた異動限界流速を求めるこにより判定

流速としては、いずれも限界平均流速に達しておらず、平均流速が10cm以上の中継時間は2時間程度と短いため、大量の土砂を移動させるほどの力にはなり得ないものと考えられる。

(0.05mm以下の粒径の土砂については、巻き上げて移動することはあるが、対象となる干潟にはこの粒径の土砂の全体量が少ない)したがって、富島川河口部及びその周辺海域における底質の移動量は年間を通してあまり大きくないと考えられる。

(2) 河口処理対策に伴う海浜変形に関する検討

次に、河道～海域一帯の河床・海底地形測量結果から、海浜変形の季節的変動ならびに河口処理対策(掘削)実施後の干潟部を中心とした海浜変形に関する検討を行った。測量は、図-8に示す範囲で1年間を通じて計3回実施し、土砂の堆積状況を取りまとめたものを表-4に示す。

表-4 河道、河口部、海域部の平均堆積厚
Table 4 The mean thickness of alluvial for river course, river-mouth and seacoast area

測量位置	H9.12～H10.10	H10.10～H11.1
河道内	4.1cm/m ²	-0.9cm/m ²
河口部	-0.5cm/m ²	-5.2cm/m ²
海域部①	2.4cm/m ²	6.3cm/m ²
海域部②	5.0cm/m ²	2.7cm/m ²

その結果、富島川の河床変動は殆どなく、河口部周辺海域についても同様であった。ただし、海域の水深3m以浅の浅海域では数10cm～1m程度の砂漣が形成されており、新舞子浜側ほどその形状は際立っている。しかしながら、この砂漣の位置は、若干変動するものの、その変動量は微々たるものであった。

これらのことより、河口処理対策として、河口掘削を行えば土砂堆積速度は遅く、その量も少ないと確実に新舞子浜側に土砂の堆積が生じる。これは、0.1mm以下の微細土砂が波浪、特に異常波浪により河口部周辺の浅海域

の底質が巻き上げられ、潮汐流や海浜流によって汀線付近に輸送され、掘削部に堆積するものと考えられる。これは、河口掘削を実施しなくても発生する現象と考えられるが、河口掘削を実施し、河道内の流速が減衰することにより、微細土砂の堆積が増加する可能性がある。

4-2 自然環境に関する検討

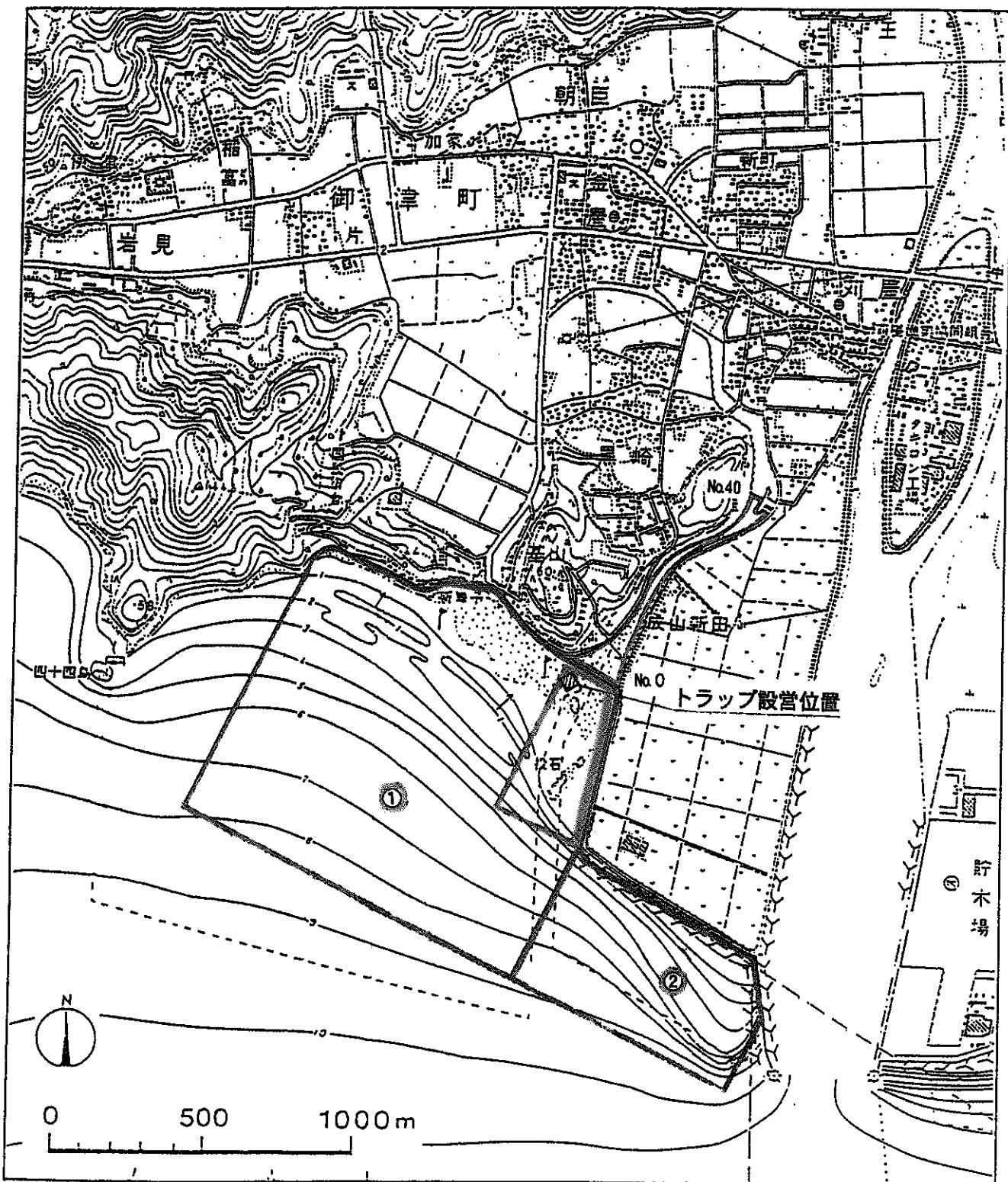
河口処理(掘削)を実施することにより、干潟の自然環境に影響を与える要因について検討を行った。

(1) 干潟の減少

河口処理を実施するエリアは、富島川河口部の一部であり、河口部周辺海域の地形を大きく変形させるような影響はないものと考えられる。また、掘削により干潟の一部が消失する(干潟面積約18.5haのうち2ha程度)ため、鳥類の採餌や休息場としての利用場所が減少することが考えられるが、掘削が東端の狭い範囲に限定されることより、干潟を利用しているズグロカモメ等の鳥類に与える影響は軽微であり、生息等については問題ないといえる。

(2) 掘削部におけるアオサ・オゴノリの堆積

河口処理を行うことにより河道内の流速低下を増長し、富島川からの有機物を多く含む流れが、掘削部に堆積しやすくなるとともに、潮流の関係から、アオサやオゴノリといった浮遊性の藻類も河口部付近に堆積しやすくなる。堆積した藻類は、分解・腐敗が進み、有機物の蓄積とともに底質を悪化させる。さらに、底質が悪化することにより、底生生物の減少にもつながり水質をも悪化させる要因となる。(本調査にて掘削したトラップにおいて、掘削直後の底質CODは2mg/lであったが、掘削後8ヶ月以降では22mg/lまで増加した。これは、底部の海水交換が悪くなり、海藻類が堆積・分解した結果と考えられる。)



- 河川縦断測量 (範囲 820m, 測線 No. 0 ~ 40, 測線間隔 20m)
- 河口部深浅測量 (範囲 500m, 測線 No. 0 ~ 9, 測線間隔 50m)
- 海域部深浅測量① (範囲 1,200m, 測線 No. 0 ~ 12, 測線間隔 100m)
- 海域部深浅測量② (範囲 800m, 測線 No. 13 ~ 21, 測線間隔 100m)

図-8 測量位置

Fig.8 Survey Locations

(3) 干潟への有機物供給量の減少

富島川河口付近は、河川からの有機物の供給により多毛類が多く生息しているが、掘削により従来よりも河川水は円滑に外海部へ流出し、干潟部への有機物供給量は減少する傾向になる。供給の減少は、二枚貝類が増加するなど底生生物相が変化し、さらに、これらを捕食するハマシギやシロチドリ等が減少することになる。

(富島川には、流域の生活排水が流入しており、これが有機物源の多くを占めている。御津町では、現在流域下水道事業が進んでおり、整備が完了すれば富島川にも生活排水による有機物の流入が減少し、干潟への有機物の供給量が減少する。)

4-3 周辺産業への影響に関する検討

新舞子浜を中心とする干潟と直接関係している産業は、漁業と観光である。そこで、これらについて河口処理（掘削）による影響を検討した。

(1) 漁業に関する影響

干潟では、採貝や海苔の養殖が行われている。採貝については、新舞子浜を中心とする干潟に富島川から供給される有機物量が減少するため、多毛類を中心とした底生生物相から二枚貝類（アサリ、バカガイ等）を中心とした底生生物相に変化する可能性が高いため、これまでの漁獲可能範囲が若干増えることが考えられる。

また、海苔養殖は、海域で実施されており、富島川からの有機物供給量が減少しても、海域本来の水質（COD1.5~1.9mg/l）には影響がないため問題はない。

(2) 観光に関する影響

干潟の観光としては、潮干狩りや海水浴がある。しかしながら、河口処理（掘削）を行う干潟部は河口域であり、これらの利用はなされていない。

潮干狩りについては、採貝と同様に利用可

能域が広がる可能性がある。ただし、河口処理（掘削）部において、藻類が堆積し分解することで悪臭が発生すると海水浴もあわせて観光客に悪影響を与える可能性がある。

4-4 適正な河口処理対策の検討

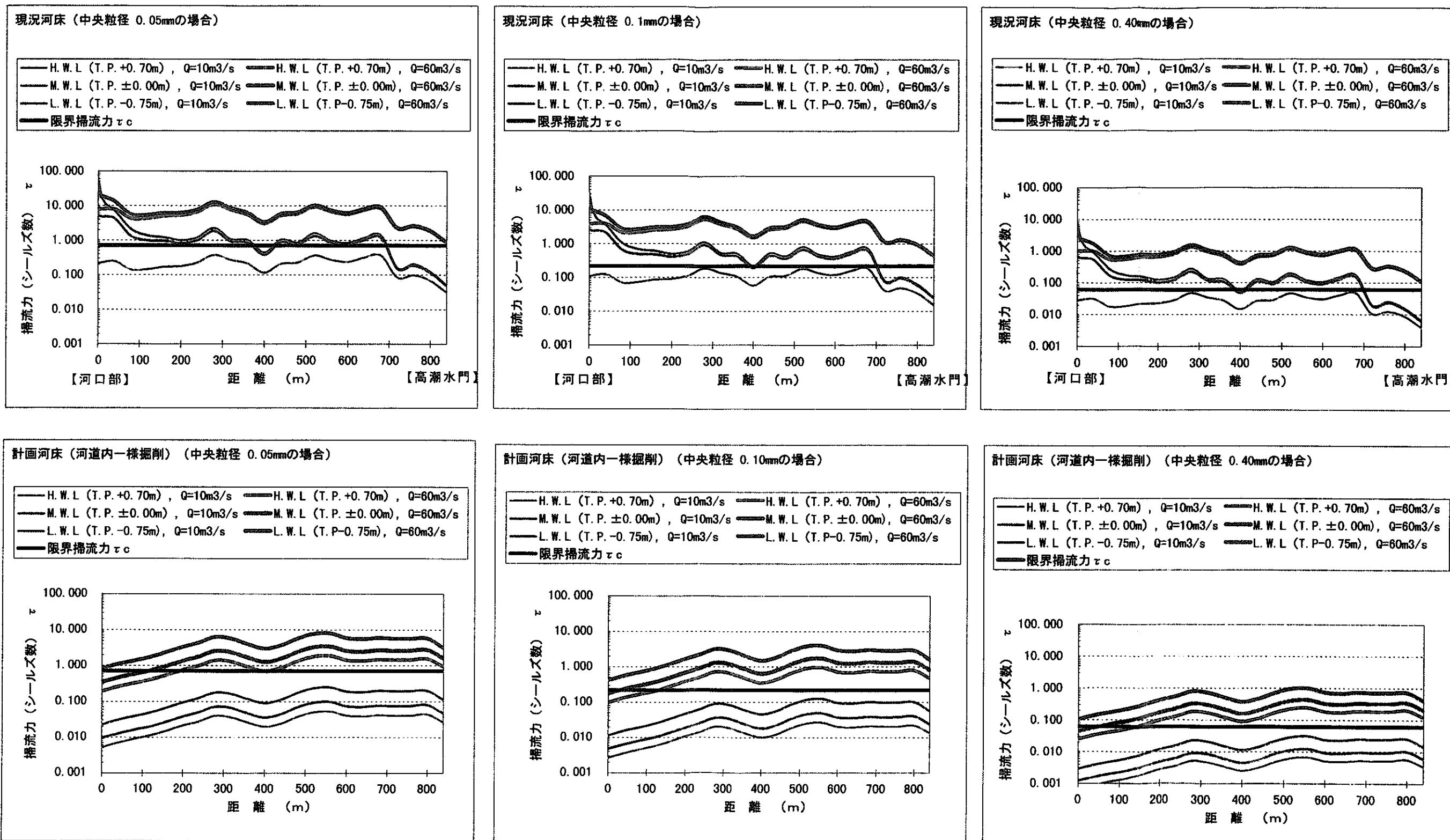
(1) 河口処理対策（河道掘削）の基本方針

周辺にも配慮した最も有効な方法として、防潮水門下流部をフラッシュさせることが重要である。そこで、微細土砂や藻類をフラッシュさせるために、図-9のように富島川から排出される主な粒径の土砂（0.05mm, 0.1mm）と現況河床を構成する土砂（0.4mm）に対して、各々の粒径の限界掃流力（ τ_c ）と不等流計算によって得られた流速による各粒径の掃流力（ τ : シールズ数）との関係をみた。その結果、河道内を幅20m、深さ2m掘削した場合が最も有効に土砂等をフラッシュさせることができることがわかった。（現況河床（0.4mmの土砂）が移動すれば、アオサやオゴノリが着底せずに堆積しないものと想定した）

(2) 河道改修断面の設定

上記より、断面の選定にあたっては、底質等へのフラッシュ効果が最も高くなる可能性がある床幅20mの複断面が効果的と考えられる。

複断面で改修する場合、流れによる掘削断面の変形が予想される。計画断面を保持するためには、法面を安定させるための低水路護岸を設ける必要がある。河道内においては、現在の澪筋が左岸側（成山新田側）に偏っていることから低水路を左岸側に設け、図-10のように右岸側に護岸を設ける。その方法としては、潮間帯生物や景観、建設コスト等に配慮して自然石を用いた捨石式とし、護岸天端は河道内への土砂流出を防止したり多様な生物相の形成を目指して周辺地盤高より1m程度高く設定する。さらに、河口部から海域にかけては、新舞子浜側からの漂砂抑制、掃流力の向上を目的に導流堤（潜堤）を設ける。



図・9・1 流速と掃流力の関係(1)
Fig.9.1 The Relationship Between Velocity and Tractive Force (1)

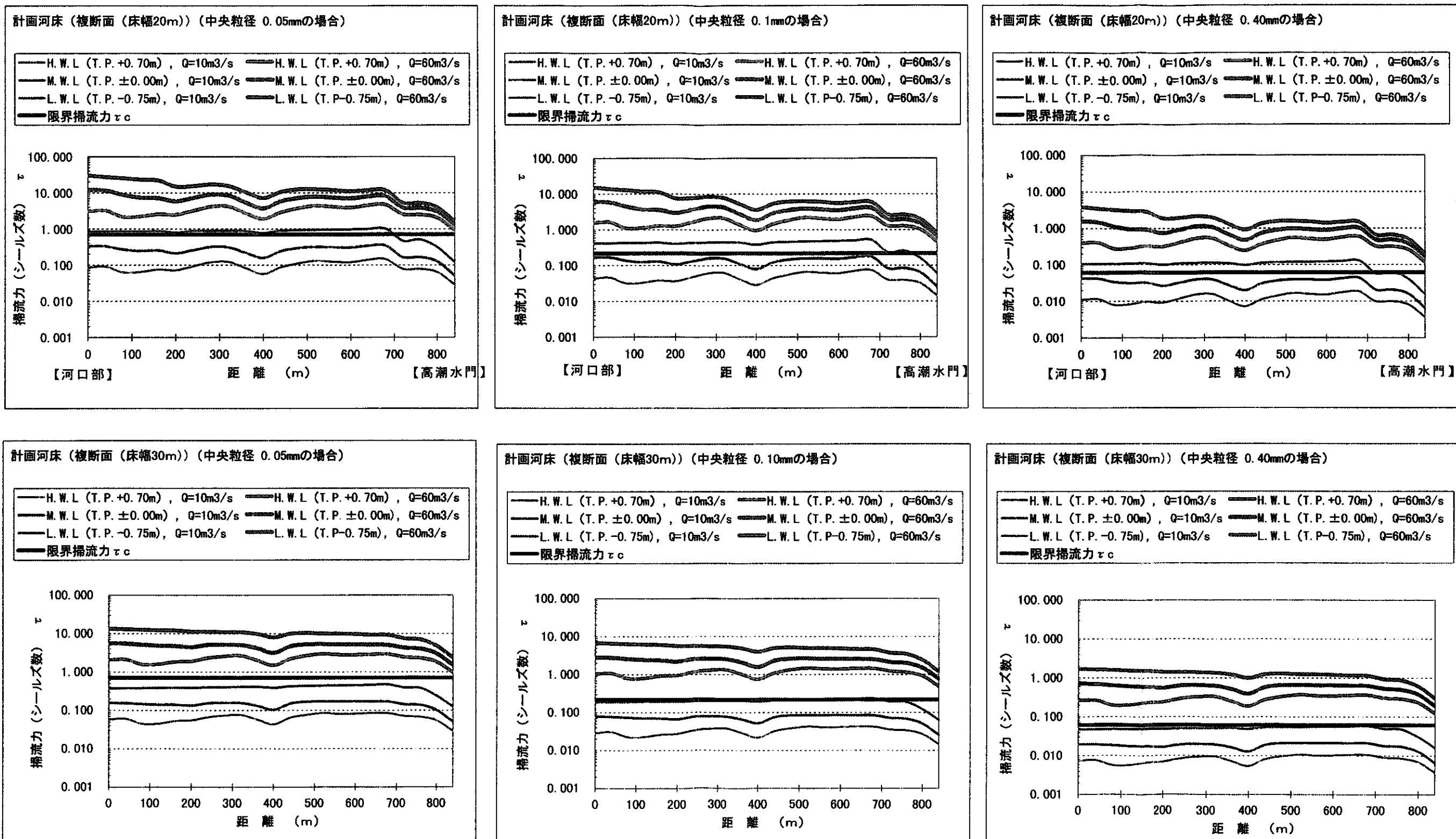


図-9-2 流速と掃流力の関係(2)
 Fig.9.2 The Relationship Between Velocity and Tractive Force (2)

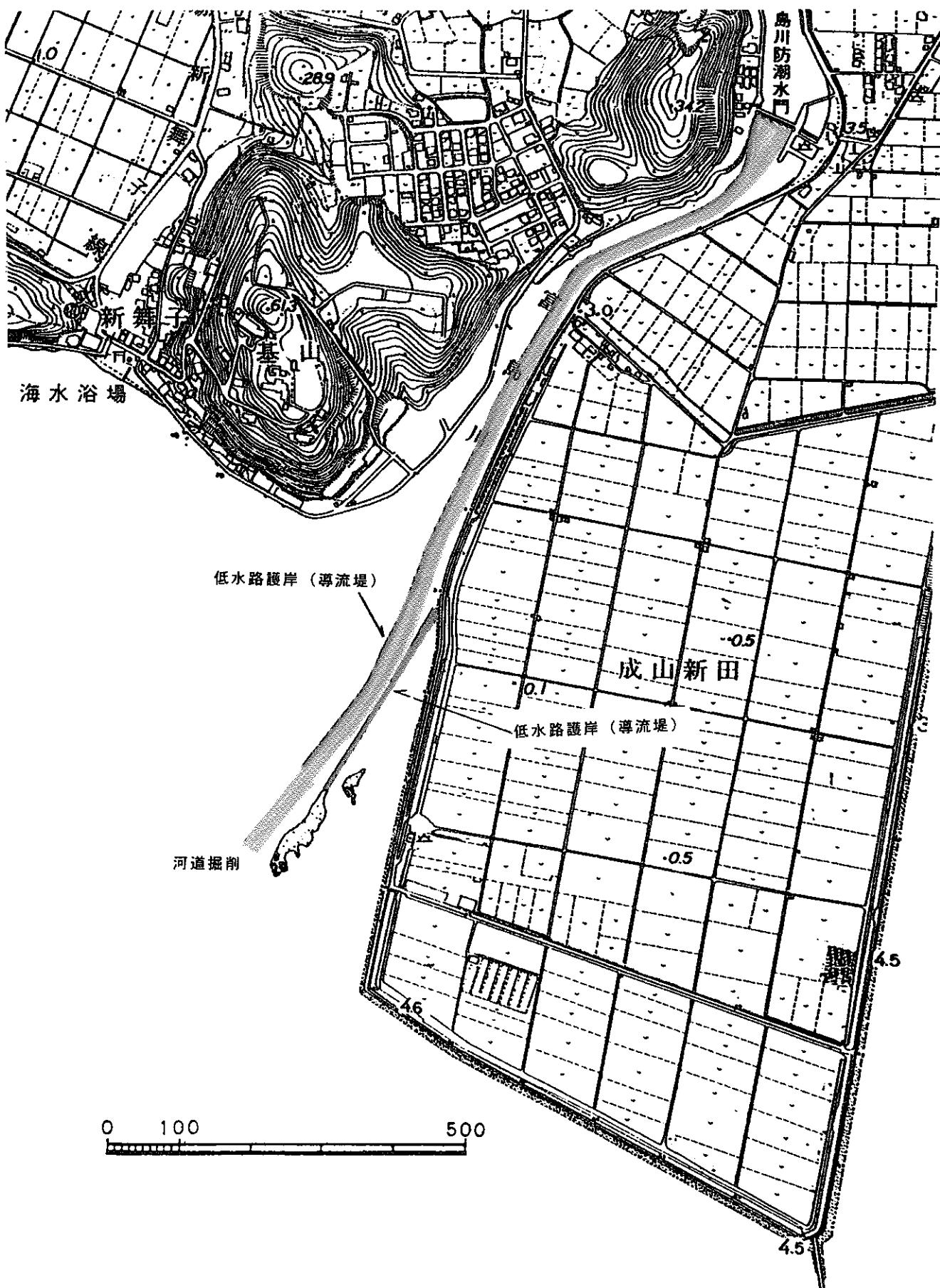


図-10 潜堤の設置位置（案）

Fig.10 Location of the Submerged Mound (proposed)

この導流堤の天端高は、防潮水門の開閉操作が富島川の M.W.L から L.W.L にかけて行われるため、河川水を誘導することが可能な M.W.L 付近（T.P. 0.0m付近）に設定する。なお、護岸の構造は河道内と同様な効果を得るために、自然石による捨石式で計画することが望ましい。

5. おわりに

これまでの検討は、河口掘削を行うことにより、干潟やこれをとりまく周辺環境等にどのような影響を与えるのか、また、影響を極力少なくする方法は何かといった観点より検討してきた。今後は、導流堤について、海域ならびに河口部付近の流況に応じた方向やその長さ等詳細の計画（その方向や長さ等）を行い、施工方法等について検討することになる。さらに、漁業協同組合や観光協会といった地元の諸団体、あるいは環境保護団体との調整を図る必要がある。

最後に、本調査の実施に際し、現場における調査方法や検討にあたり、建設省土木研究所海岸研究室佐藤慎司室長にご指導を頂いたことを記し、ここに謝意を表します。