

外海砂浜域の底質制御施設の 開発に関する研究

水産工学研究所 水産土木工学部

鈴木誠治・足立久美子

調査実施年度：平成6～8年度

緒言

日本の海岸延長33,000Kmの約3分の1を占める砂泥域の漁場開発は、沿岸における漁業生産の増大で重要であるが、このような砂泥域は波浪や漂砂の影響が強く、海底の形状・底質の変化が激しい。また二枚貝等の砂浜生物はある好適な底質粒径を持つことが多い。一方、離岸堤等の構造物周辺には特有の底質粒径の分布が見られる。ところが、底質改良のための流動制御工として沿整指針に人工藻体や抵抗板の概念はとりあげられているが、それらによる底質制御効果の具体的な評価がされていない。そこで離岸潜堤の設置場所による底質制御の違いや網敷設による底質移動の抑制を実験的に明らかにし、外海砂浜域の底質制御の基礎資料とする。

調査方法

水理模型実験

1) 離岸潜堤の実験

図1のように造波水路(0.6m×30m)に1/30の勾配をもった実験砂を敷き詰めた。その一様勾配の浜に約30時間の波をあてて、ほぼ安定形状の砂浜を造り、その砂面上に、離岸潜堤を想定して、幅3cm×堤長20cmの長方体の模型を離岸距離と天端水深を変えて、実験を行った。また幅0.5cm×堤長20cmの離岸潜堤を2基平行に砕波帯より沖に設置したときの実験を行った。起動した波(波高8.2cm、周期1.5sec)は一定である。それを約16時間かけてから、波を止めて、砂面の位置と砂を採取して乾燥してから粒度分析を行った。

2) 網敷設の実験

大型造波水路(1m×100m)を用いた。1/30の勾配をもった固定床の岸側に長さ8mの水平固定床を造った(図9)。そこにのり網(1.5m×18m、2枚並列)の3分の1の模型、1m×6mを敷設した。網の角目は27mmと47mmの2種類用意した。この模型網を水平床からの高さ10cmと20cmに設置し、それぞれについて波動流速を測定した。周期は1.4s、2s、2.8s、沖波波高で10cm、20cm、40cmの9種の組み合わせとしたが、周期1.4sは造波機の限界から波高は40cmの代わりに36cmを用いた(表1)。

調査結果

1) 離岸潜堤の実験

①図2は離岸距離150cm(初期水深5cm)、堤高8.8cm、天端水深0cmの時である。図2-2の数値は中央粒径 d_{50} (単位mm)、()の中はふるい分け係数 $\sqrt{d_{75}/d_{25}}$ である。汀線から離岸距離400cmまでの砂床底面の平均勾配は約1/25になった。また砕波点付近では勾配が緩やかになった。堤の岸側直近のところは4.4cmと堤高の半分程堆積した。等深線の横断方向の凹凸は水深2cmまで及んでいる。中央粒径も0.36mmと一番小さかった。堤の岸側直近のところはふるい分け係数も1.5と小さ

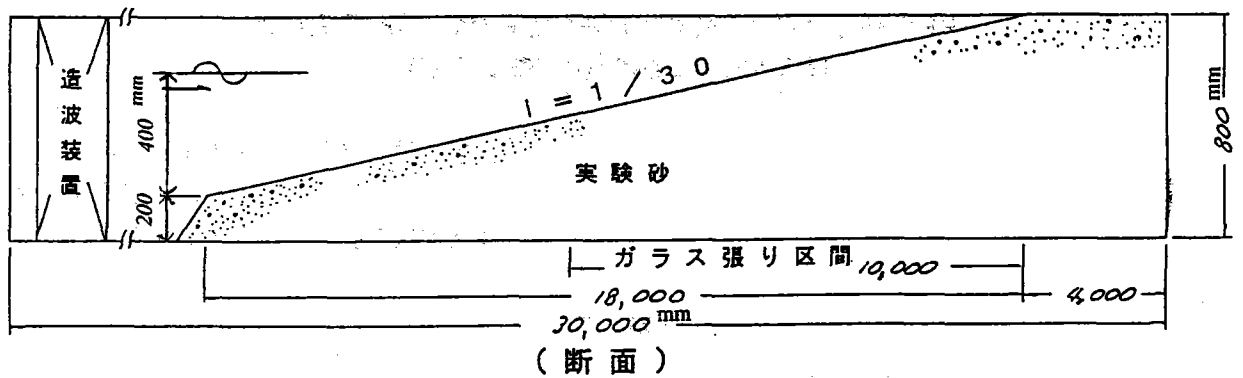


図1 離岸潜堤の実験概要図

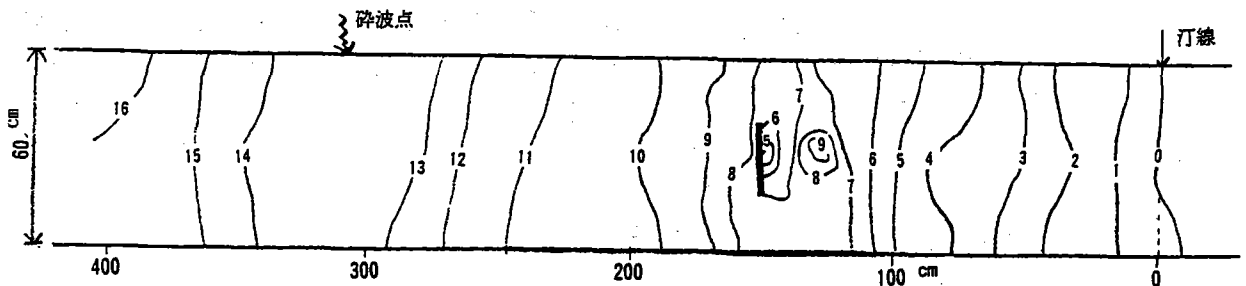


図2-1 底面の等高線…数値は水深 (cm) で表す。(砕波帯に設置、天端水深 0)

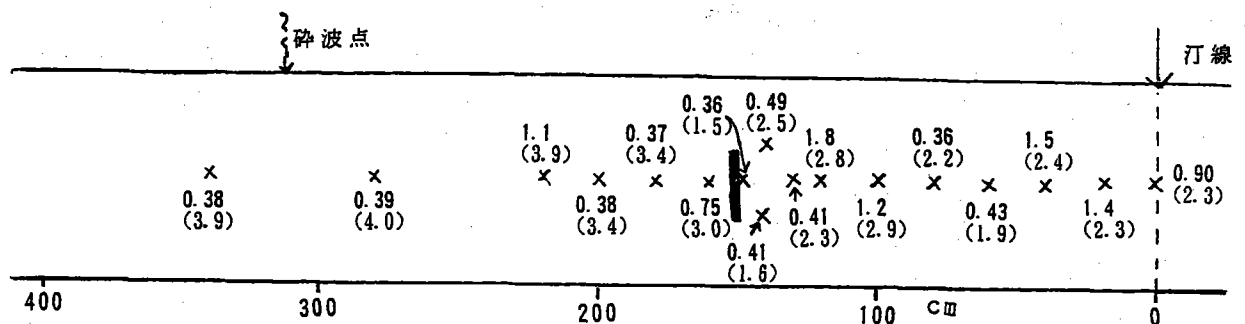


図2-2 中央粒径 (mm) とふるい分け係数 (砕波帯に設置、天端水深 0)

いのが特徴である。ふるい分け係数が小さいことは、粒径のバラツキが小さく、他の場所に較べて一様粒径に近いということである。特に75%粒径 d_{75} は堤の岸側直近のところは0.61mmだが、堤背後の離岸距離130cmのところの中央は逆に周囲より2cmほど洗掘されていた。この中央粒径は比較的小さく、さらに10cm岸寄りでは粗かった。一方、潜堤より沖側では、堤より沖50cm程度まで底面の変形が認められ、粒径も沖70cmまでは粗さの変動が目立つ。即ち、潜堤の影響は沖側約半波長、岸側1波長に、海底の堆積・浸食と底質の周期的変化となって表われる。

②図3は離岸距離は①と同じで、天端水深を3.6cmにした場合の結果である。堤の岸側直近のところの堆積高さは4.4から1.9cmと低くなり、中央粒径は0.36から0.43mm、ふるい分け係数も1.5から2.2と増大した。すなわち粒径分布に対する堤の効果は減少した。堤と水路壁の間(汀線からみて右側)は逆に2.1cmも洗掘されて、中央粒径も1.2mmと大きくなった。

③ 図4は離岸距離を砕波点より沖合いの340cm地点（初期水深11.3cm）にした。天端水深は0、天端の底面よりの高さは15.6cmである。この時は堤のすぐ側は岸側も沖合い側も、ともに中央粒径は0.20~0.24mmで周辺に較べて小さく、特にふるい分け係数が周辺の約半分となっている。但し堤の岸側すぐのところの堆積高さは0.9cmと低い。堤より沖合いでは細かい砂の間に2mm以上の粗い砂が点在するのが観察された。

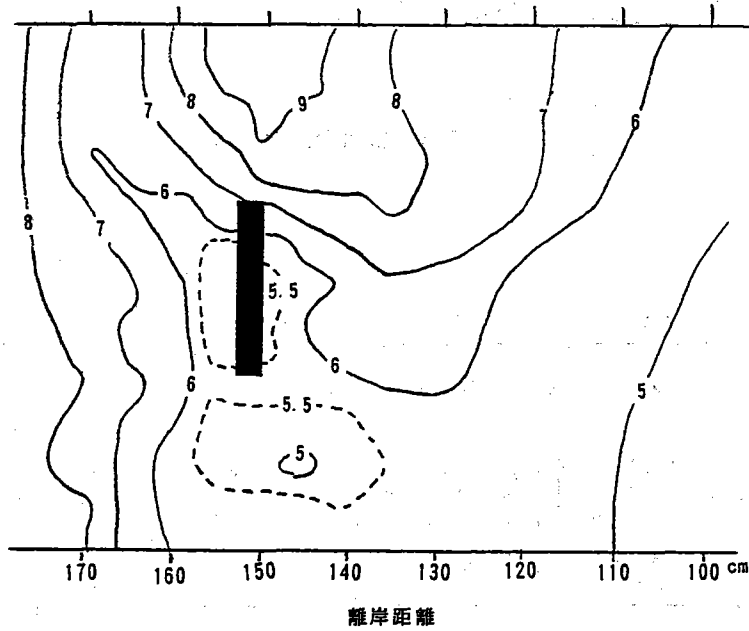


図3-1 底面の等高線…数値は水深 (cm) で表す。
(砕波帯に設置、天端水深 3.6 cm)

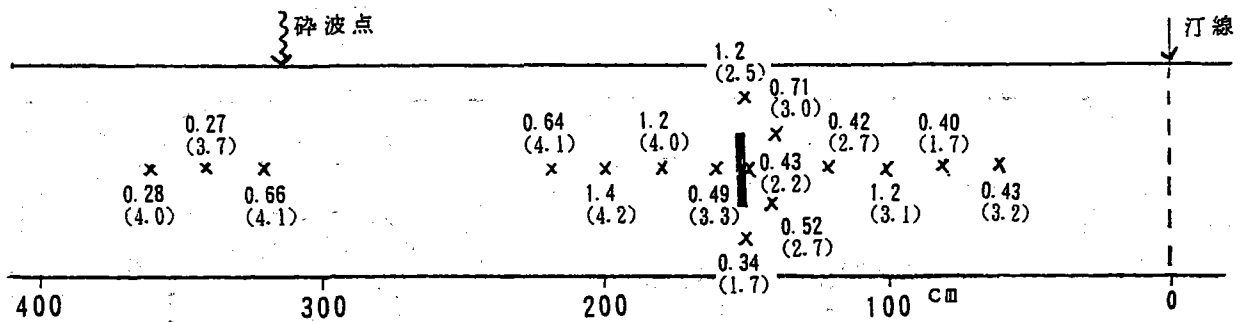


図3-2 中央粒径 (mm) とふるい分け係数 (砕波帯に設置、天端水深 3.6 cm)

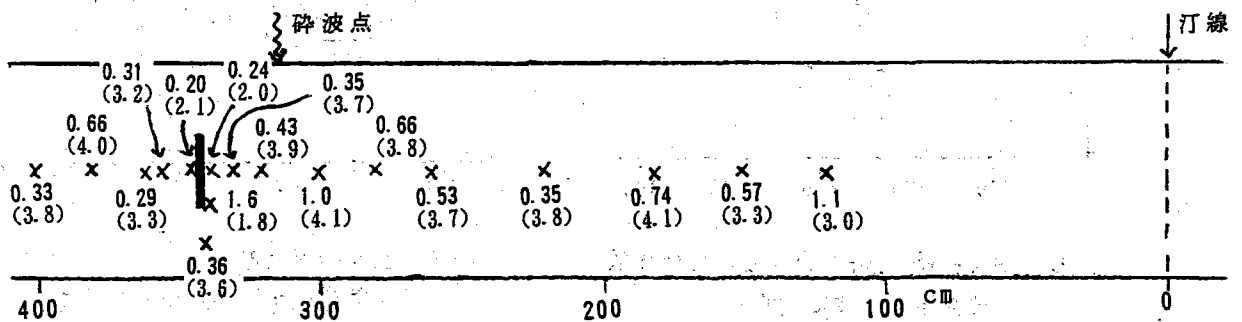


図4 中央粒径 (mm) とふるい分け係数 (砕波帯より沖に設置、天端水深 0)

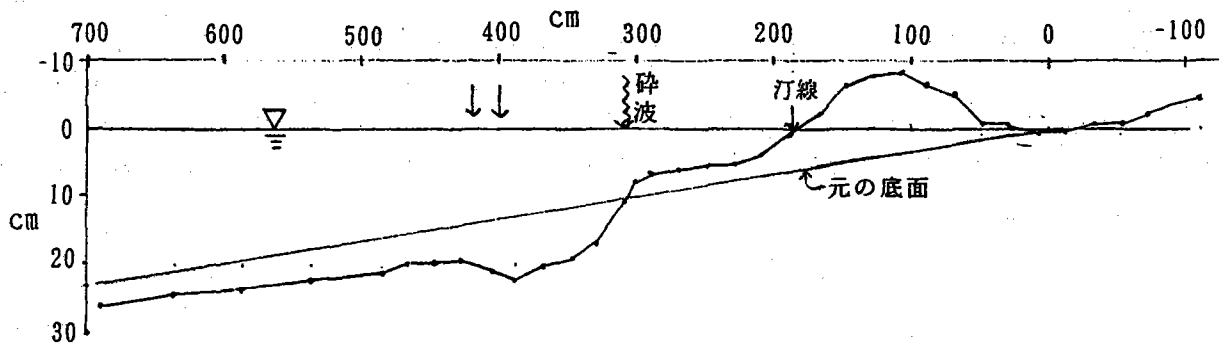


図5 断面地形変化

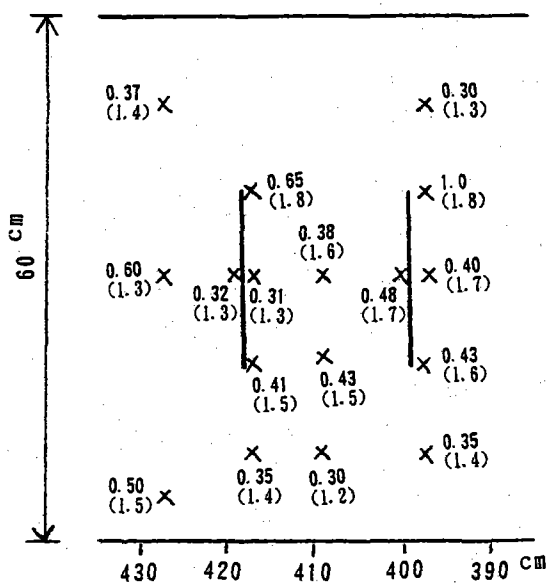
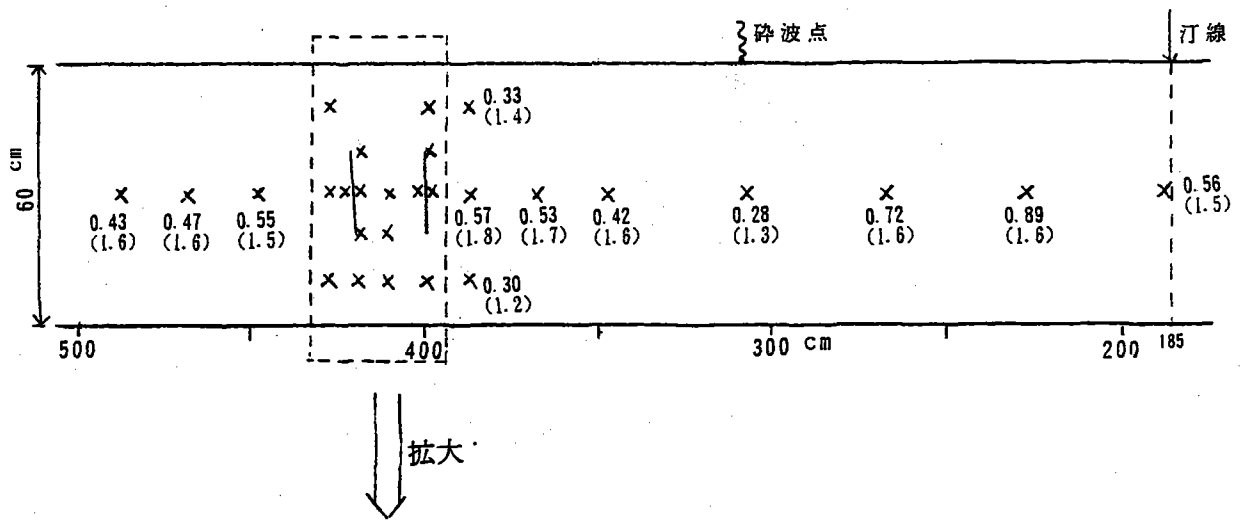


図6 中央粒径 (mm) とふるい分け係数 (碎波帯より沖に設置)

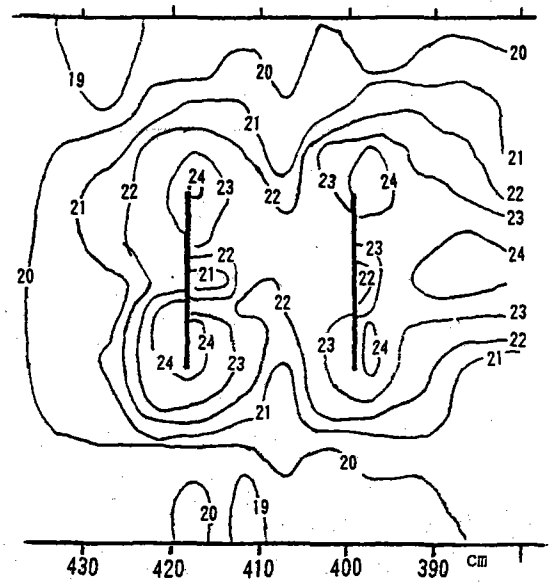


図7 底面の等高線
…数値は水深 (cm) で表す…

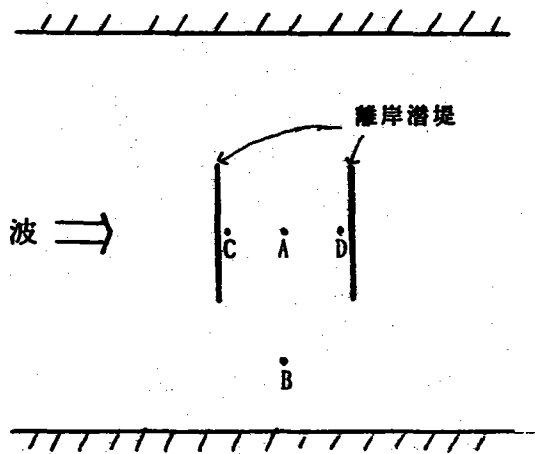
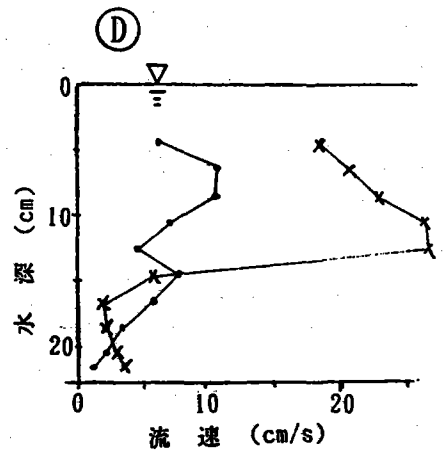
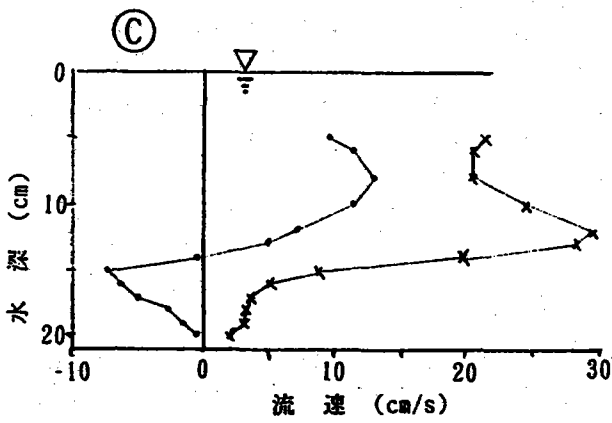
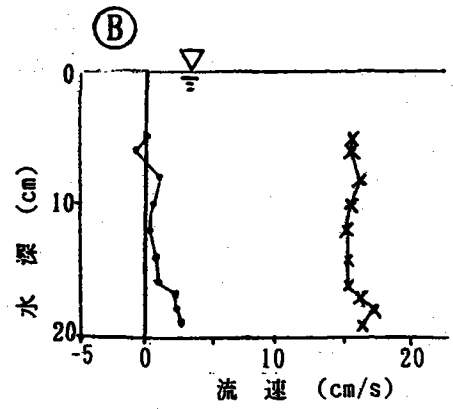
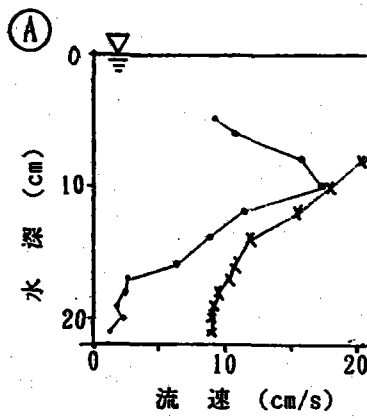


图8 断面流速分布

④図5は施設がなにもなく、今までの実験時より使用した砂を細かくしたところ、最初、岸沖方向0点を汀線として波をかけると汀線より沖方向に最大高さ約8cmの浜ができて汀線が185cmも沖方向に前進した(図5)。また碎波点より沖に向かって急深になっている。斜線は元の砂の位置であり、碎波点より沖合いが洗掘されて碎波点より岸方向の部分に堆積したことがわかる。

⑤図6は④の浜に離岸堤を2基平行に20cm間隔で碎波帯より沖(離岸距離約400cm)に設置したときの粒径である。離岸堤の近くで、その影響のない所の中央粒径が0.30~0.35mmであり、両離岸潜堤間の中央線部分も岸側すぐのところもそれと大差がない。一方離岸堤の端のところは最大3.5~4.5cmも洗掘されている(図7)。離岸潜堤の中央線部分のところはそれよりは堆積しているが離岸潜堤の影響のないところと同一高さであり、中央粒径も変わらなかった。

⑥図8は2基の離岸潜堤の内外、各点の岸沖成分の断面流速分布である。●-●は変動する岸沖成分の平均流速であり、プラスは岸向きであり、マイナスは沖向きである。×-×は平均流速からの偏差で、波動流速とした。離岸潜堤の影響がないと思われる位置Bはどの位置でも平均流速は小さい。また波動流速もあまり変化がない。一方2基の離岸潜堤の内部の位置であるAでは、離岸潜堤の天端位置である水深15cmから高い位置では平均流速が急激に大きくなっている。波動流速は下方にいくにつれて減少している。離岸潜堤岸側直近のCについてはその影の部分では沖方向の平均流速をもち、影から脱すると岸方向になる。波動流速も影の部分では非常に小さく、そこを脱すると大きくなるが、特に天端より、少し上の位置で最大を示し、B点のほぼ2倍になっている。汀線に平行な2本の離岸潜堤間の底面付近では、波動流速が著しく減少し、地形の変化が小さかったことがわかる。

2) 網敷設の実験

波動流速は沖岸方向と岸沖方向に分けて有義波と同様の手法により算出した。ここでは岸向きのみ検討する。表2の流速測定結果は水平床より5cmの高さの値を示した。波高36cm、40cmの時は碎波した。

①図10は周期1.4sの時に、27mm角目の網を水平床よりそれぞれ10cmと20cmの高さに設置した時の値を網なしと比較している。まず20cmの高さに設置した時は網なしに比べて流速はどの波高でも減少していて網設置の効果がある。10cmの高さに設置した時は波高36cmで20cm設置より効果が大きいことが判る。

②図11は同じく周期1.4sの時に、今度は47mm角目の網の時に、この時は逆に網なしの時より流速は増大していることが多い。20cmの高さ設置は10cm設置に比べて流速は常に小さい。

③図12は周期2sの時に、27mm角目の網は周期1.4sの時と同様であるが、減少は波高の増大に比例して大きい傾向がある。

④図14は周期2.8sの時に27mm角目の網は波高10cmでは網なしと殆ど同じであった。しかし、波高40cmで床上10cm設置時に大きい低減効果が現れた。

⑤図13の47mm角目の網の時の周期2.0sは1.4sの時と違って減少効果がみられる。図15の47mm角目の網の周期2.8sは碎波した波高40cmを除いて網なしと殆ど同じであった。

⑥図16~19は各網設置別に流速の減少割合をみた。すなわち網なし時より減少した流速量を網なし時の流速で割ったものを%で表して効果とした。マイナスは逆に網なし時より流速が増大したことを示す。周期1.4s、波高36cmは40cmの位置に表示してある。周期や波高で効果割合の値がいろいろと大きく変動しているのが容易にみられる。27mm角目の網は効果が大きいこと、10cmの高さよりは20cm高さの設置の方が平均した場合に良いことが判る。しかし、移動する砂の量が多い、碎波に近い波では底面上10cmに設置した方が効果が大きかった。一方47mm角目の網は効果がマイナスのことが多いのが見てとれる。

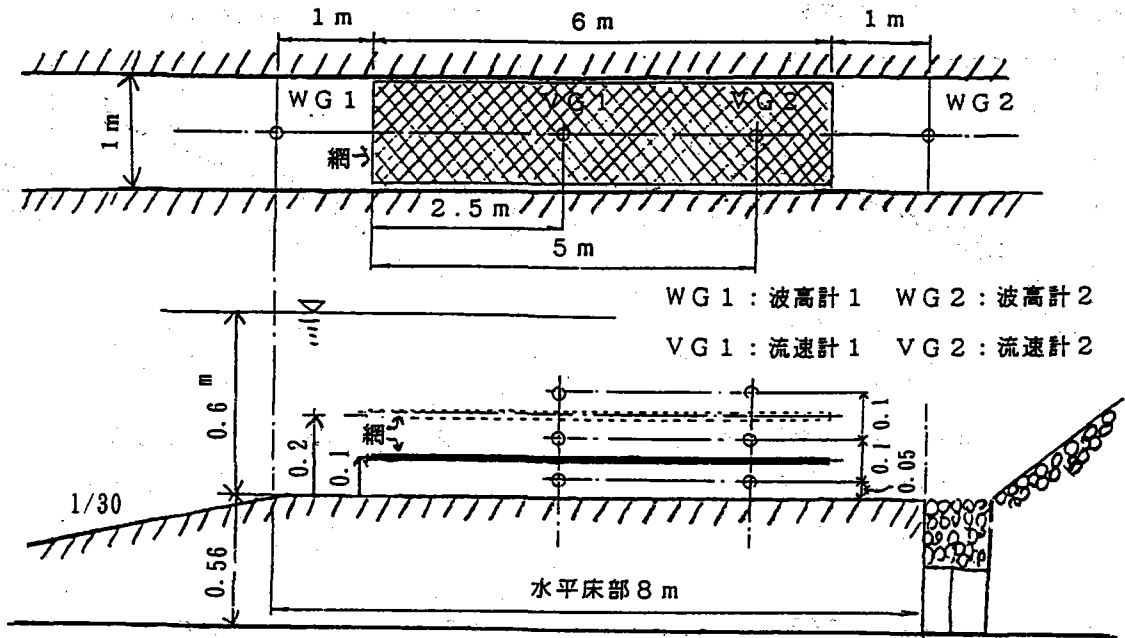


図9 網敷設の実験概要図

表1 実験条件と波高諸元

実験条件		備考	
CASE NO.	網設置状況		
CASE 1	網なし		
CASE 2	27mm角目網、設置高さ10cm	糸径1.1mm	
CASE 3	27mm角目網、設置高さ20cm	糸径1.1mm	
CASE 4	47mm角目網、設置高さ10cm	糸径1.6mm	
CASE 5	47mm角目網、設置高さ20cm	糸径1.6mm	

波浪諸元									
RUN NO.	101	102	103	104	105	106	107	108	109
波高 ($H_{1/3}$) cm	10.00	20.00	36.00	10.00	20.00	40.00	10.00	20.00	40.00
周期 ($T_{1/3}$) S	1.40	1.40	1.40	2.00	2.00	2.00	2.80	2.80	2.80

RUN NO.	201	202	203	204	205	206	207	208	209
波高 ($H_{1/3}$) cm	10.00	20.00	36.00	10.00	20.00	40.00	10.00	20.00	40.00
周期 ($T_{1/3}$) S	1.40	1.40	1.40	2.00	2.00	2.00	2.80	2.80	2.80

RUN NO.	301	302	303	304	305	306	307	308	309
波高 ($H_{1/3}$) cm	10.00	20.00	36.00	10.00	20.00	40.00	10.00	20.00	40.00
周期 ($T_{1/3}$) S	1.40	1.40	1.40	2.00	2.00	2.00	2.80	2.80	2.80

表2 網敷設の実験における岸向き波動流速ピーク値 (cm/s)
(底面からの高さ5cm)

周期	波高	網なし	27.H10	27.H20	47.H10	47.H20
1.4s	10cm	12.26	11.00	10.56	12.66	11.79
	20	17.87	17.35	16.30	19.89	19.13
	36	26.36	22.35	24.23	27.32	25.55
2.0s	10	16.86	16.41	15.19	16.76	16.53
	20	33.09	29.91	29.81	30.30	30.43
	40	52.21	42.38	46.72	47.06	48.47
2.8s	10	19.19	18.61	19.10	19.90	19.89
	20	39.14	38.13	36.90	36.95	39.17
	40	54.97	39.85	49.73	56.20	44.95

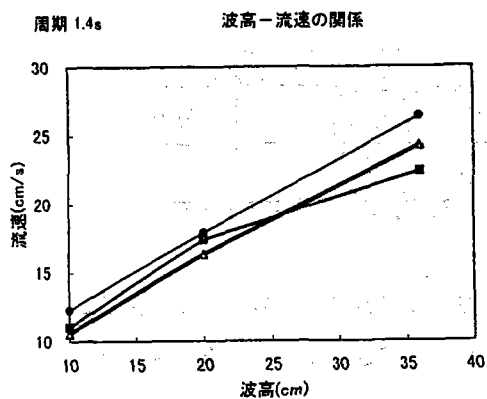


図 10 波高と波動流速の関係
(27mm角目, 周期 1.4s)

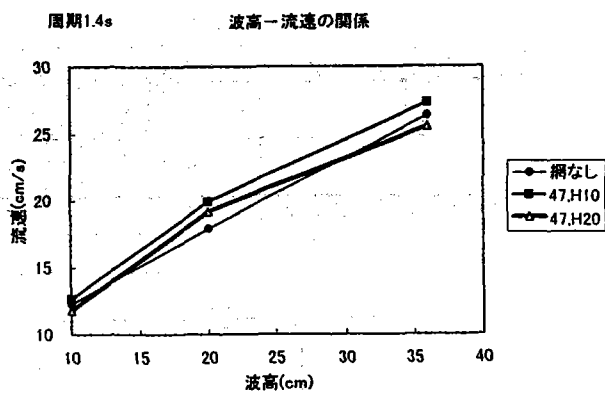


図 11 波高と波動流速の関係
(47mm角目, 周期 1.4s)

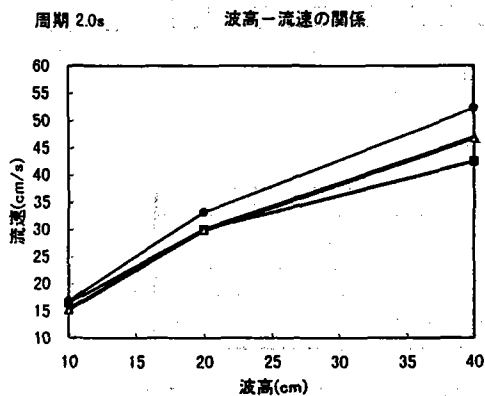


図 12 波高と波動流速の関係
(27mm角目, 周期 2.0s)

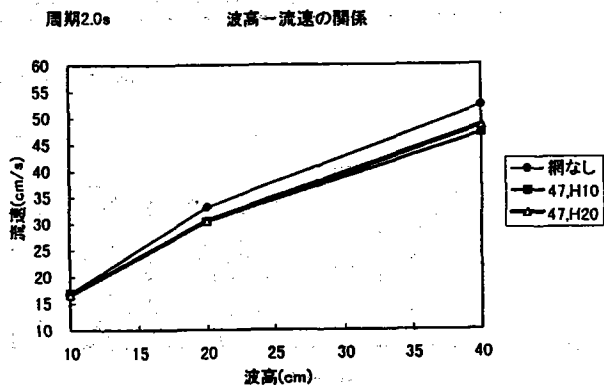


図 13 波高と波動流速の関係
(47mm角目, 周期 2.0s)

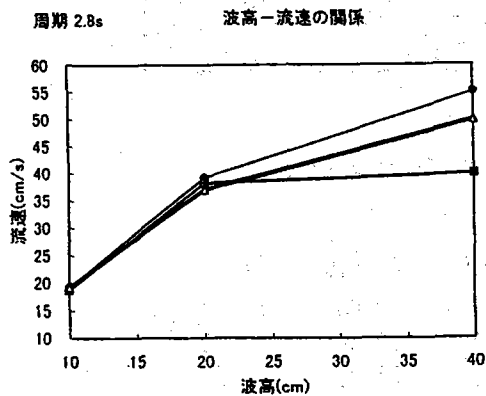


図 14 波高と波動流速の関係
(27mm角目, 周期 2.8s)

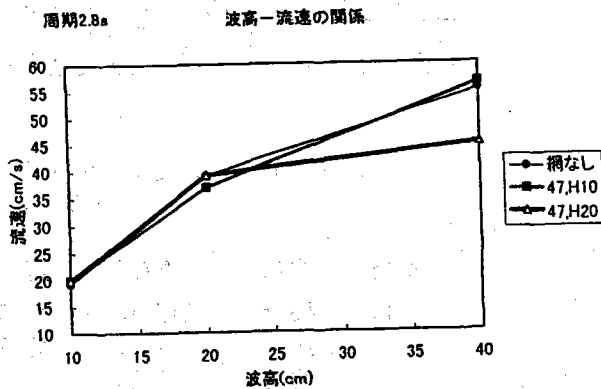


図 15 波高と波動流速の関係
(47mm角目, 周期 2.8s)

27mm角目10cm高設置

流速の変化

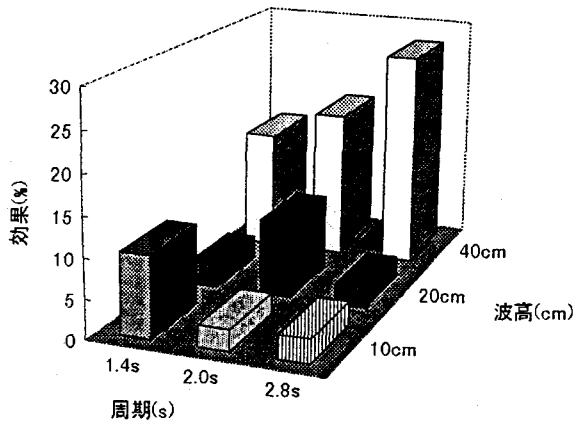


図16 網敷設の効果
(27mm角目, 10cm高さ設置)

27mm角目20cm高設置

流速の変化

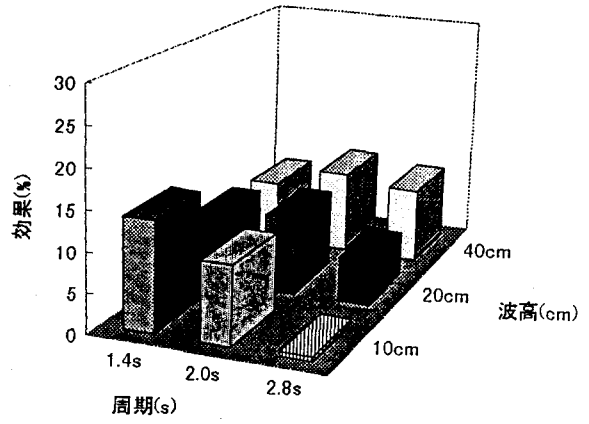


図17 網敷設の効果
(27mm角目, 20cm高さ設置)

47mm角目10cm高設置

流速の変化

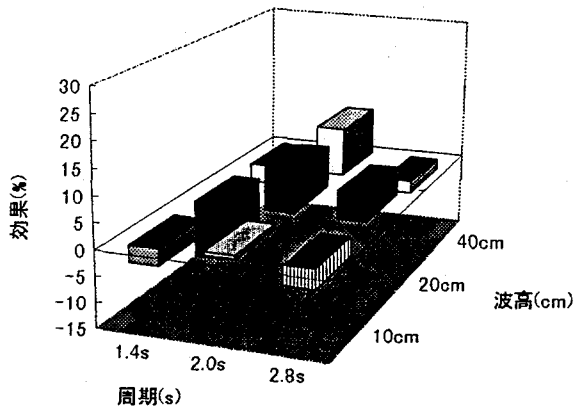


図18 網敷設の効果
(47mm角目, 10cm高さ設置)

47mm角目20cm高設置

流速の変化

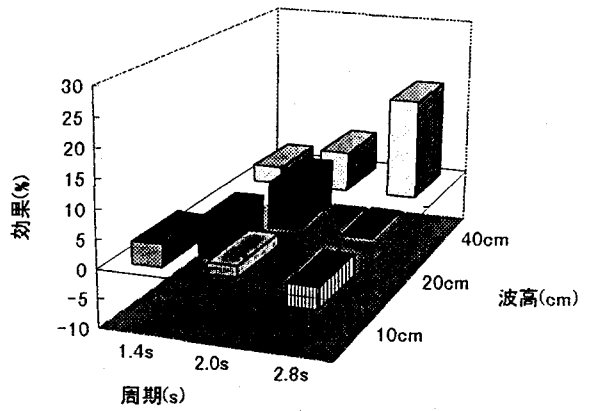


図19 網敷設の効果
(47mm角目, 20cm高さ設置)

⑦図20は水深方向の断面の平均流速の変化をみたものである。沖から岸方向への流れをプラスとしたので、マイナスは岸から沖方向の流れである。例として27mm角目網の10cmと20cmの高さに設置した時と網がない時を比較している。1.4sの時の網がないときは、底面近傍は冲向きの流れで、底面から高くなるにつれて冲向きの流れが大きくなっている。周期が2秒、2.8秒になるにつれて、平均流速は殆ど0付近から15cm/s岸向きの流れになっている。網のあるときの1.4秒は、網設置高さ10cmでは、高さ5cmの流速測定位置では冲向きの流れが網無しの時と殆ど同じで、15cmと25cmでは逆に小さい。一方、網設置高さ20cmでは、高さ5cmと15cmの位置では冲向きの流れが網無しの時より大きくなっているが、25cmでは逆に小さい。即ち網設置により、網設置高さより低い位置の平均流速は、網無し時より冲向きへシフトするが、網設置高さより高い位置の平均流速は岸向きへシフトする。このことは周期が2秒、2.8秒でもほぼ同じであるが、網設置高さ10cmでは、高さ25cmの流速測定位置では網無し時とほぼ同じであり、その位置では網の平均流速への影響を脱している。したがって、網設置により平均流速は、網の上部付近では、岸向きの流れを増大させた分、網の下部、即ち底面付近の岸向きの流れを減少させて、岸向きの底質移動を減少させるものと思われる。

考 察

直立の離岸潜堤は、堤の前後の砂面高さと砂質を変化させる効果がある。すなわち、離岸潜堤が周辺に、砂質をの堆積させる効果は砕波帯か、それより沖合かで、大きく変わるので、設置場所をよく考慮しなければならない。また自然海域では供給漂砂量や粒径の大小が、堆積高さや粒径に大きく影響すると思われる。

底面付近に平行に設置した2基の離岸潜堤による底質制御では、離岸潜堤の端部分付近の底面が洗掘されて粒径が粗くなり、中心線付近の底面で2基間の面積の20~30%に細粒径の砂の堆積が認められた程度にとどまる。

網敷設時の波動流速の差の大きい時の網と網なし時の流速はそれぞれ40cm/sと55cm/sであり、資料によるとこれによって動く砂の粒径は2.2mmと4.1mmになるので網敷設による底質制御の効果がある。網敷設による底質制御はそれ自身は永久構造物ではないが局地的な、或いは一時的な底質の制御に有効と思われる。例えば藻場造成事業で、幼苗が漂砂により害を受ける時期に、一時的に網を敷設して、砂による摩耗の害を防ぐことができる。千葉県水産部が実施したアサリ漁場への網被覆の実施例では生残率が、網をかけない時の11~26%から95%以上になった地区もあったということである。そのときの網の設置は海底面であった。海底面に設置したときは、囲い礁的效果も加味されるし、今回の実験でも波高が大きく、砕波した時は、海底付近に網を敷設したときの方が効果が、大きく現れている(図16)ので、網を海底より離れた方が、波浪を抑え、生残率がより良いとは、必ずしも言えない。現場の実施例で確認する必要がある。

適 用

①離岸潜堤による底質制御法では、設置位置を砕波帯の中央付近にとった場合に底質が天端高さの半分までも堆積し、中央粒径も一番小さかった。また、設置位置を砕波点より沖合いの地点にとった場合、同堆積高さは砕波帯に設置した場合の1/5と低く、設置場所で底質制御の効果も変わる。

②底面付近に平行に設置した2基の離岸潜堤による底質制御法では、離岸潜堤の端部分付近の底面が洗掘されて粒径が粗くなり、中心線付近の底面で板間の面積の20~30%に細粒径の砂の堆積が

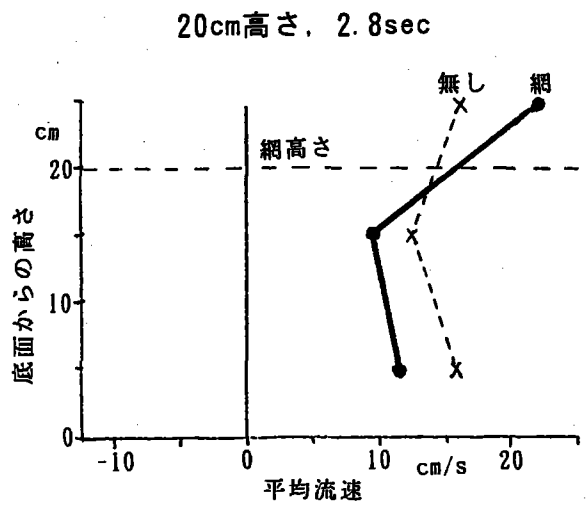
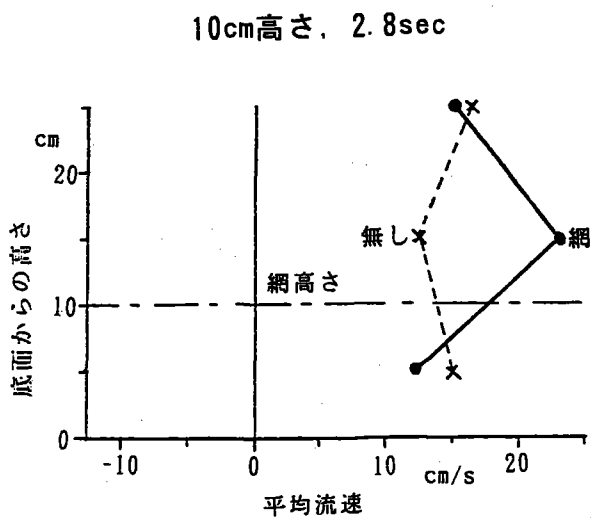
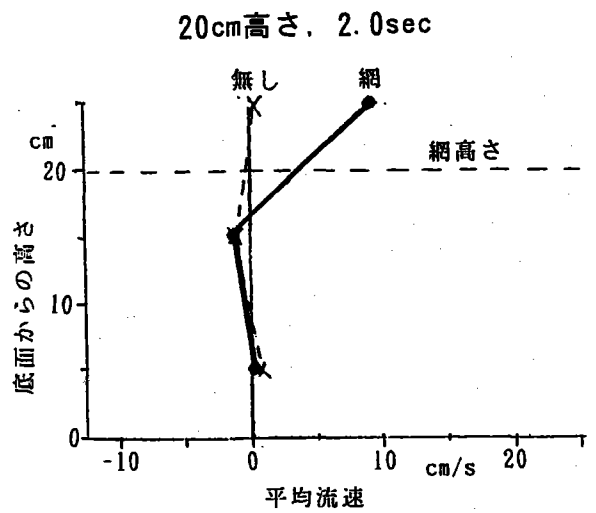
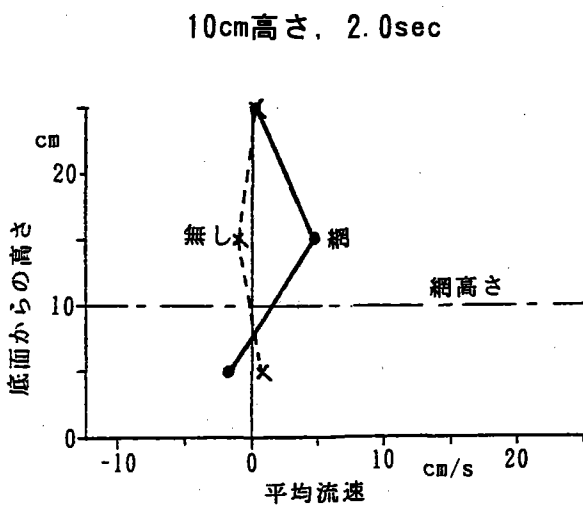
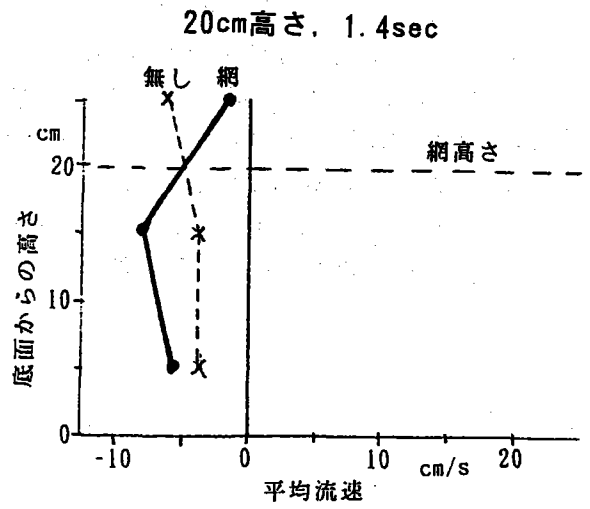
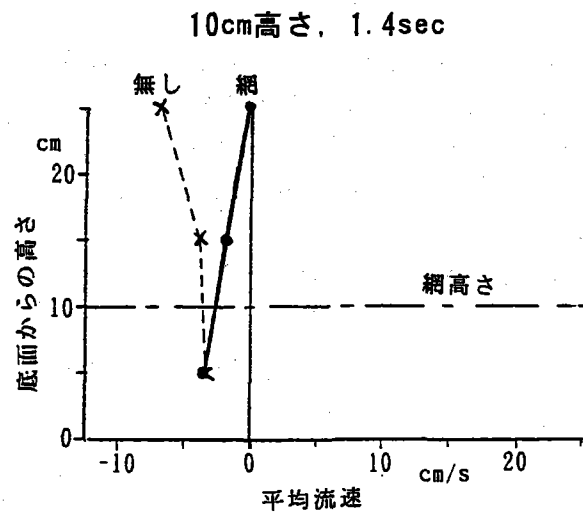


図 20 平均流速の断面変化 (27mm角目)

認められた程度にとどまり、底質制御の効率は低かった。

③網敷設による底質制御法では、現場換算で周期4.4秒～8.9秒、波高1m～4mの波浪条件の範囲で、角目27cmの網には底質直近の波動流速を減少させ、底質移動を抑止する効果が認められた。また網を底面部付近に敷設するよりも、水粒子の動きの激しい上部の水深の2/3の深さに敷設した場合の方が波動流の低減効果が大きいことなどが分かった。しかし、移動する砂の量が多い、碎波に近い波では底面付近に設置した方が効果が大きかった。

今後は得られた成果を施工に活用するとともに、その効果を確認する必要がある。