

# 閉鎖性人工海浜の変形とその制御の試み

## CONTROL OF TRANSFORMATION IN AN ARTIFICIAL SEMI-ENCLOSED BEACH

押川英夫<sup>1</sup>・張信一郎<sup>2</sup>・井芹寧<sup>3</sup>・堀田剛広<sup>4</sup>・小松利光<sup>5</sup>

Hideo OSHIKAWA, Shinichiro HARI, Yasushi ISERI, Takahiro HORITA and Toshimitsu KOMATSU

<sup>1</sup>正会員 博(工) 九州大学大学院助手 工学研究院環境都市部門 (〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1)

<sup>2</sup>正会員 修(工) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 (〒389-2253 飯山市大字飯山1071-2)

<sup>3</sup>正会員 博(工) 西日本技術開発株式会社 環境部 (〒810-0004 福岡市中央区1-1-1 4F)

<sup>4</sup>西日本技術開発株式会社 環境部 (同上)

<sup>5</sup>フェロー 工博 九州大学大学院教授 工学研究院環境都市部門 (〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1)

Field tests of BaNK system were performed in an artificial semi-enclosed beach. We have proposed 'Beach and Navigation Keeper: BaNK system' in order to cope with beach erosion and shoaling of fairway. The system is a method to control sediment transport due to wave-induced residual currents produced by plural submerged asymmetrical structures. In the beach, seashore transformation owing to waves has occurred and been restored every year by a coastal protection work. The transformation of the beach has been investigated on the basis of the field survey from December 2000. Afterwards, half cut old tires as BaNK blocks were set in the beach in 2002 and in 2003 for the tests. As a result of this research, it becomes clear that the BaNK system is very effective as a beach erosion control work in a beach.

**Key Words :** field test, BaNK system, beach erosion control work, semi-enclosed beach, old tire

### 1. 緒言

著者らは波浪エネルギーを利用した底質輸送制御技術であるBaNK(Beach and Navigation Keeper)システムを提案している<sup>1)~4)</sup>。本技術は、波浪によって生じる往復流場に非対称形状により流体抵抗の方向抵抗差を有する構造物(BaNKブロック)を複数個設置することにより、海底付近に波の一周期平均的な一方向流れ(以後、この一周期平均して得られる正味の流れを波浪残差流と呼ぶ)を任意の方向に生成させ、底質移動の自在な制御を可能とするものである。

非対称構造物を用いて漂砂制御を行う本システムに類似した研究として、小田ら<sup>5)</sup>、仲座ら<sup>6)</sup>、入江ら<sup>7)</sup>、山口ら<sup>8)</sup>等が挙げられる。しかしながらこれらの一連の研究においても、構造物を現地に敷設して漂砂制御を試みた例は仲座ら<sup>6)</sup>、山口ら<sup>8)</sup>に見られる程度であり、実海域における本システムの有効性を評価するのに十分な知見が蓄積されているとは言い難い。

本システムに関して、これまでBaNKブロックの受ける流体力<sup>3)</sup>、ブロック周りの流況<sup>1), 2)</sup>、底質輸送能力<sup>1), 2)</sup>などが水槽実験等により明らかにされている。また本研究グループでは、BaNKシステムの実用化を目指して閉鎖性人工海浜である福岡市の地行浜(図-1参照)において現地試験を行っており、前報<sup>4)</sup>におい

て、中・長期的なBaNKブロック付近の砂面の変化(測量結果)から実海域におけるBaNKシステムの底質移動制御効果について検討し、その有効性を示している。本論文では、その後も引き続き行われた観測結果と併せて、前報<sup>4)</sup>では議論出来なかった海底設置式の観測機器による時系列データに基づく考察ならびに、2回目の現地試験終了時(BaNKブロック撤去時)に実施された生物調査について報告する。

### 2. 現地試験の内容

#### (1) 地行浜の概要

現地試験海域となった地行浜は沿岸方向に約400m、岸沖方向に約200mの広さで、突堤と北北西の

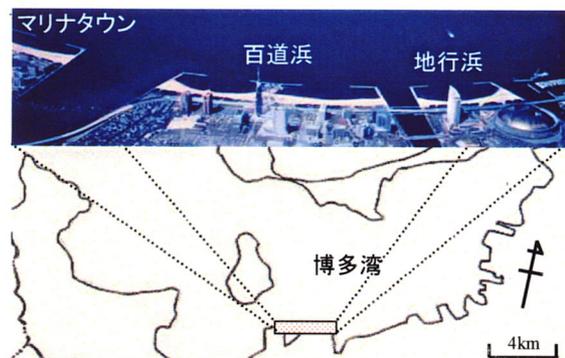


図-1 地行浜の位置

方向に200 mの開口部を持つ離岸堤（即ち、2本のL字型突堤）に囲まれた閉鎖性人工海浜である。平均水深6.5 mの開口部には高さ4m（基礎捨石などを含めた海底面からの高さ）の潜堤が設置されており、開口部からの土砂の流出入は殆ど無いものと考えられる。また地行浜では主として波浪により海浜形状が変形し、景観が損なわれるとともに市民のレクリエーションの場として広さの面で不都合が生じるため、利用者の増加する夏期を前にした毎年6月頃に大掛かりな改修工事が行われ、1年の間に変形した海浜形状を戻しているという現状がある。このように地行浜は、実海域では通常期待できない再現性がある程度保証されている等、研究対象としては貴重で稀な実海域と言える。現地試験の工程を表-1に示す。実際にBaNKブロックを設置する現地試験は平成14年度と15年度に行っているが、夏期には海水浴等による利用者が増加するため、安全性等を考慮してブロック設置は秋期に行い、改修工事直前(6月上旬)に撤去を行っている。2回の試験において、ブロックの設置と撤去を繰り返しつつ、ブロックの配置パターンを変更して本技術の適用性と効果を比較検討していることは、本技術の特長である「順応的管理」が容易に可能という点を活用したものである。

本論文では便宜上、例年6月中旬から下旬に実施される海浜改修工事の直後の7月から当該年度が始まるものと考え、翌年の海浜改修工事をもってその年度が終了するものとする。

## (2) 現状調査

平成13年度までの現状調査の概要については既述している<sup>4)</sup>、2回の現地試験終了後の平成16年度に行った現状調査について概説する。そこでは従来の項目（開口部付近での入射波の観測と深浅測量など）に加え、平成17年4月から地行浜の中央の浅海部（平均水深1.6 mの位置）において、3次元超音波式流速計（Nortek社製、Vector）による底面流速と波高、超音波式砂面計（沿岸海洋調査社製、USR-10）による砂面高さ、およびクロロフィル・濁度計（アレック電子社製、Compact-CLW）による濁度の連続観測を実施した。濁度については、機器の撤去時に採水を行いSSへの換算を行っている。

図-2は、地行浜の開口部付近における平成13年7月から平成17年6月までの波浪観測結果をもとに、微小振幅波理論により入射波の平均の波浪エネルギーを求めて示したものである。尚、当該月の全てが欠測期間となっている場合は0としているが、一部のデータが取得されている場合、そのデータで当該月を代表させている。また、平成13年度の一年間の月平均の風速ベクトルを図-3に示す。これより調査期間中の波浪としては、各年度の7月から11月までの波浪はそれ程大きくはなく、それ以降の2月まで冬季の季節風の影響により高くなっていることが分かる（図-3で冬季には北西の風が卓越している）。

表-1 現地試験の工程（押川ら<sup>4)</sup>にH16年度分を追加）

年度	日付	事柄
平成12年度	平成12年12月15日～	気象観測、写真撮影の開始
	平成13年4月17日～	波浪観測の開始
平成13年度	平成13年6月13日～16日	地行浜海浜改修工事
	平成13年6月26日～	深浅測量等の開始
平成14年度	平成14年6月13日～16日	地行浜海浜改修工事
	平成14年11月11日、12日	BaNKブロック設置
平成14年度 (第1回現地試験)	平成15年6月9日、10日	BaNKブロック撤去
	平成15年6月30日～7月3日	地行浜海浜改修工事
平成15年度	平成15年10月8日、9日	BaNKブロック設置
	平成16年6月7日、8日	BaNKブロック撤去
平成15年度 (第2回現地試験)	平成16年6月22日～26日	地行浜海浜改修工事
	平成17年4月13日～5月10日	浅海部での集中観測
平成16年度	平成17年4月13日～5月10日	浅海部での集中観測
	平成17年6月17日～21日	地行浜海浜改修工事

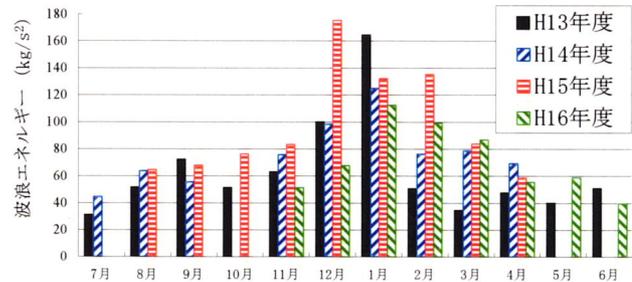


図-2 地行浜開口部における入射波の波浪エネルギー（押川ら<sup>4)</sup>にH16年度分を追加）

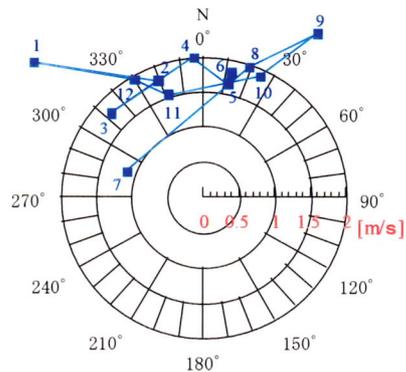


図-3 平成13年度における月平均の地行浜近郊の風速ベクトル（■の付近の数字は月を表す）

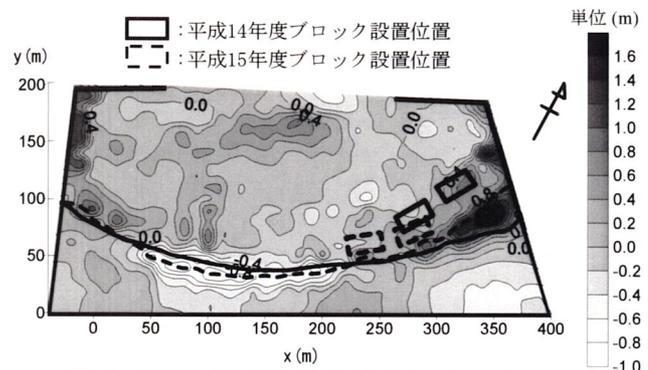


図-4 H13年度の砂面変化(H13/9/17-H14/6/12, 押川ら<sup>4)</sup>より引用)



写真-1 BaNKブロックの1ユニットの例

3月以降の波は夏場と同様でそれ程高くはなっていない。

地行浜における海浜変形過程を把握するために、ブロックを設置する秋季(H13/9/17)から翌年の改修工事直前(H14/6/12)までの砂面高さの変化を図-4に示す。図中には実線で9月17日の汀線、破線で翌年6月12日の汀線を、また第1回現地試験の際にブロックを設置した領域を実線の矩形、第2回現地試験の設置領域を破線の矩形でそれぞれ示している。これより中央付近が侵食され、両サイドは堆積していることがわかる。汀線付近の砂面の変化は右サイドの前進の方が著しく、後退領域は中央からやや左側にずれており、海浜は左右非対称な形状になっている。地行浜では基本的に冬季の高波浪により顕著な砂移動が生じているものの<sup>4)</sup>、北北西(真北から西に25度)に開口部を有していることから、冬季に卓越する北西の季節風の向きでは侵食領域が左側にずれることは説明できず、博多湾のフェッチや台風等の暴浪時における初期の海浜の侵食の向き(図-3から9月の風向きは北東)が一年経過後の(定常となった)海浜の形状に影響しているものと推察される。従って、地行浜においては中央付近で侵食された砂が沿岸漂砂により主に東側に輸送されていることになる。

### (3) 第2回現地試験について

ここで主に議論する第2回の現地試験について簡単に説明しておく。実験に使用したBaNKブロックは1ユニットの大きさが5m×2mで、ブロックの突起部に半分に切断した古タイヤ(高さ約25cm、直径約75cm)を利用して、突起間隔が1.25mとなるように鉄パイプで連結させたものである(写真-1参照)。用いたブロックの総数は72ユニット(突起部576個)であり、36ユニットを1セットとして海底に2セット設置した。各セットの設置領域は沿岸方向に30m、岸沖方向に15mである。ブロックの設置位置は中央の侵食領域から東側の堆積領域に向かう沿岸漂砂を直接抑えるような波浪残差流の生成を意図して、x=220~300m付近に突起部を同じ方向に向けてブロック群を設置した。実際の突起の向きは、後述の図-5に象徴的に図示されている。設置領域の平均水深は1.2mである。左側(西側)に設置されたブロック群をブロックA、右側(東側)をブロックBと呼ぶこととする。観測項目は事前調査とほぼ同じであるが、それらに加えて、ブロック周辺の砂の挙動を把握するためにブロック周りに目盛り付き杭、波浪計、砂面計及び濁度計を設置して観測を行った。

底質の粒度分布に関しては、ばらつきも大きく時空間的に十分なサンプルを得ることが出来なかったため、第2回の現地試験中の平均値のみ記しておく。ブロック付近の海底面表層の底質の平均粒径は $d_{50}=720\mu\text{m}$ 、全域の平均は $d_{50}=787\mu\text{m}$ であった。

ブロック周辺で行った測定の結果から、平成15年10月10日から翌年2月10日までの砂面の変化を図-

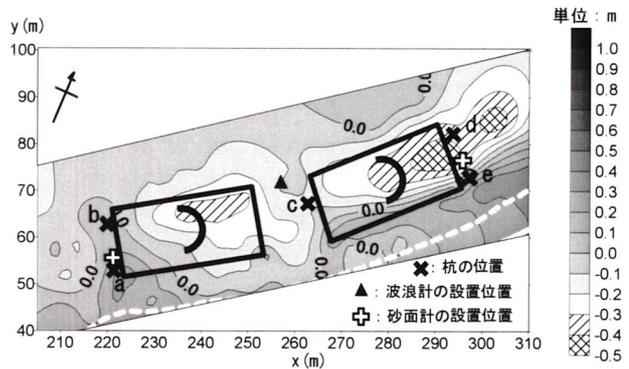


図-5 ブロック付近の砂面変化(H15/10/10-H16/2/10)と観測機器等の設置位置(押川ら<sup>4)</sup>の結果に加筆)

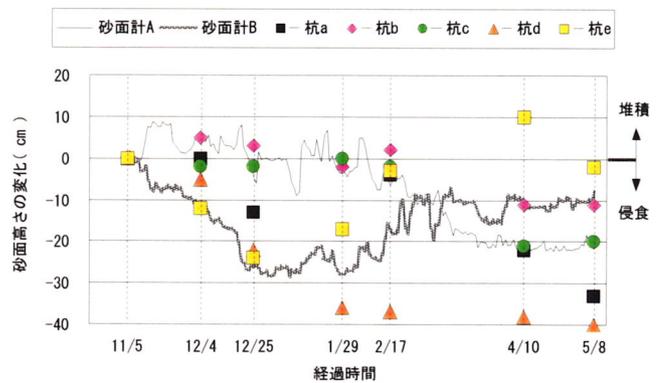


図-6 砂面計と目盛り付き杭による砂面高さの変化

5に示す。図中に示す $\oplus$ 字印は前述の砂面計の設置位置(西側を砂面計A、東側を砂面計Bとする)、 $\blacktriangle$ 印は波浪計、 $\times$ 印は目盛り付き杭a~e(実際に設置された22本の内、代表的な5本)の設置位置をそれぞれ表している。図-4から分かるように、図-5の領域は中央の侵食領域と東側の堆積領域の境界付近から東側に位置しているため、ブロックが無ければ基本的には堆積領域となる場所である。しかしながら、図-5において2つのブロック群付近はともに東側で侵食、西側で堆積となっており、ブロック設置に伴って生成された西向きの波浪残差流による漂砂制御が意図した通りなされていたものと考えられる。

ブロック敷設領域の両端付近に設置された砂面計による連続観測(H15/11/5-H16/5/8)の結果から求めた、観測開始日からの1日平均の砂面高変化の時系列を図-6に示す。同時期に行われた目盛り付き杭の観測結果も併記されており、横軸に記載された日付は杭の観測日を意味している。砂面計Bでは11月から12月下旬における侵食が著しく、その後の1ヶ月程度は砂面がほぼ安定している。また、1月下旬からは堆積傾向となり、3月中旬以降はほぼ一定となっている。1月下旬から堆積となっているのは、前報<sup>4)</sup>で述べたように、この付近が東側の堆積領域に位置しているために沖への堆積が進行したことによる。砂面計Bに近い杭eの変化もこの結果とほぼ一致している。杭dは1月末までは砂面計Bと同様に侵食となっているが、2月以降は安定している。一方、砂面

計Aおよび杭a, b, cは1月末まではほぼ一定であるが、2月以降は顕著な侵食となっている。初期の変化が小さい理由は、この付近が砂面の侵食と堆積の境界付近であり、砂移動が元々小さいことによる。砂面計B及び杭d, eで初期(11月～1月)の侵食が大きくなっているのは、生成された波浪残差流によりブロック後方(東側)から西に向かう砂移動が生じたことによるものと考えられ、結果的に中央から東側への(ブロックが無い場合の通常の)漂砂が抑制されているものと推定される。また、砂面計A及び杭a, bにおいて2月から3月にかけて侵食が顕著になっているのは、ブロック設置から数ヶ月経過後の比較的安定した砂面(その付近は図-5でも述べたように砂が一旦は堆積している)に対して、ブロック前面(西側)に生成される強い波浪残差流<sup>1),2)</sup>が作用し、砂が更に西側に輸送されたものと考えられる。これらの時間的な砂面の変化は、測量結果に基づいて中・長期的な砂面の変化を検討した前報<sup>4)</sup>の結果とほぼ一致している。

#### (4) 地行浜における底質移動と外力の関係

実海域において大きな砂移動が生じる場合には、底質の巻き上げにより底面付近のSSが上昇するものと考えられる。そこで、砂移動のかわりにBaNKブロック周辺に設置した濁度計の連続観測結果(H15/12/4-H16/1/29, 第2回現地試験時)を用いて、SSの時間的な変化を検討した。尚、本節における議論はブロックの効果を直接検討するものではなく、地行浜の浅海部における波浪や潮流などの外力と底質移動の関係を検討するものである。これらは次章の生物調査の物理的背景を考慮する上でも重要なものと考えられる。

濁度計は、図-5に設置位置を示した波浪計及び砂面計の架台に底面から30cmの高さで設置された(西側から濁度計A, B, Cとする)。採水されたサンプルによる検定結果を用いて濁度から算出されたSSの時系列を有義波高とともに図-7に示す。これより有義波高とSSの間に良い相関関係が見てとれる。そこで有義波高とSSの相関係数を求めたところ、濁度計Aで0.729、濁度計Bで0.659、濁度計Cで0.660となり、比較的高い相関関係が確認された。次にSSのスペクトル解析を行った結果、濁度計Aでは半日周潮、濁度計Bでは日周潮の周期に比較的高いピークが見られた。これより、SSの変化には波浪の他に潮汐も寄与していることが示唆された。

波浪や潮流等がSSの変化に与える影響を把握するため、波浪計から得られた2時間毎のデータをもとに、有義波高、水深、潮位差(2時間前の値を引いた)を説明変数、2時間毎のSSを目的変数として、式(1)を用いて重回帰分析を行った。

$$y = b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 \quad (1)$$

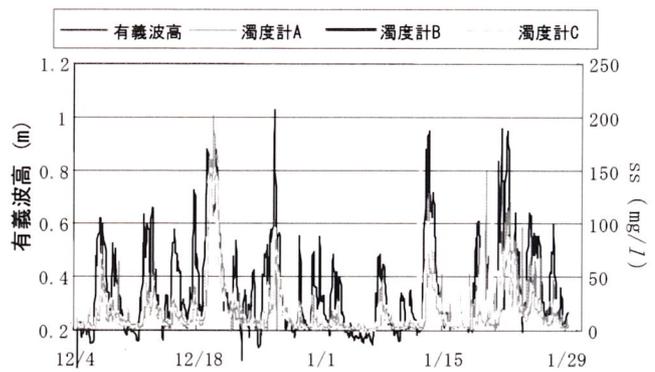


図-7 濁度と有義波高の時系列(平成15年度)

表-2 重回帰分析の結果(平成15年度)

	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	R <sup>2</sup>
	有義波高	水深	潮位差	寄与率
濁度計A	0.726	-0.187	0.029	53.4
濁度計B	0.616	-0.107	0.083	38.2
濁度計C	0.640	-0.122	0.093	41.3
各要因の影響率	76.1	15.8	8.1	

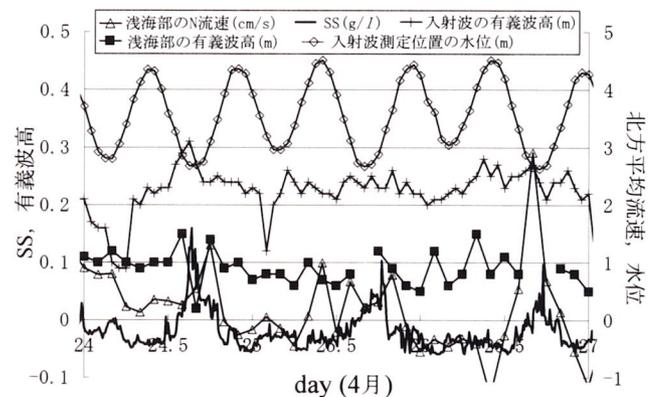


図-8 各測定項目の時系列(平成16年度)

ここで、 $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ はそれぞれ有義波高、水深、潮位差の観測値を、 $y$ は2時間毎のSSを正規化した値で、 $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ は標準偏回帰係数である。重回帰分析の結果を表-2に示す。表中のR<sup>2</sup>は寄与率であり、影響率は3つの濁度計による平均値で示している。この結果、SSに対する諸要因の寄与率は40～50%程度であることが分かる。また、SSの変動には有義波高の影響が76%と最も大きく、次いで水深が16%程度となっている。これより、地行浜の浅海部(ブロック設置位置)における砂移動には波浪の影響が顕著なこと、潮流よりも水深の変化の寄与が大きくなっていることが示唆される。

次に、平成16年度に行った種々の海底設置型計測器による現状調査の結果から、上記の内容(特に潮流と水深の影響)について再度検討を行った。入射波を計測した波高計のデータから求めた有義波高と水位、地行浜の中央の浅海部に設置した流速計のデータより算出した有義波高と北方流速の平均値、およびSSの時系列の一部を図-8に示す。この時期はほぼ大潮に相当しており、図より波が小さい期間で

表-3 第2回現地試験終了時に実施した生物調査における出現生物一覧

出現種	ブロックA 浅		ブロックA 中		ブロックA 深		ブロックB 中		ブロックB 深		主な付着・生息箇所			
	被度	湿重量	被度	湿重量	被度	湿重量	被度	湿重量	被度	湿重量				
藻類	緑藻	アナアオサ	rr		c	1030	t	1080	c	915	t	1120	タイヤ外側の上面	
	紅藻	オゴノリ				260		210		220		230	流れ藻として混入	
		幼体 不明種			rr									タイヤ外側の側面
動物	刺胞動物	アカクラゲ					rr						-	
	扁形動物	ヒラムシ			rr		rr		rr		rr		タイヤ内側の下面	
	軟体動物	ナミマガシワガイ			rr				rr					タイヤ内側の上下面
		マガキ			rr			rr						タイヤ外側の側面
		ツメタガイ			rr						rr			タイヤ内側の下面の砂中
		ムラサキガイ	rr		r	390	r	260	r	285	r	300		タイヤ外側の上面, 側面
		アサリ	rr		rr				rr					タイヤ内側の下面の砂中
	環形動物	イソゴカイ	rr		rr			rr		rr		rr		タイヤ外側の溝の隙間
		カンザシゴカイ	rr		rr			rr		rr		rr		ホヤ群体基部のタイヤ溝の隙間
	節足動物	ニッポンモバヨコエビ			rr			rr		r		r		全体
		ワレカラ			rr			rr		rr		r		全体
		イシガニ			rr				rr					タイヤ内側のスペース
		イソガニ			rr									タイヤ内側のスペース
	棘皮動物	アカウニ					rr						タイヤ内側のスペース	
	原索動物	ユウレイボヤ			rr		t		r		r			タイヤ内側の上面
		イタボヤ			rr						rr			全体にパッチ状
		シロボヤ			r		r		r		rr			タイヤ外側の側面
		エボヤ			r		rr		rr		rr			タイヤ内側の上面
		ホヤ類合計				1180		1620		1000		1030		
	魚類	脊椎動物	スズメダイ				r				r			タイヤ沈設物の周辺
ギンボ					rr		rr				rr			タイヤ内側のスペース
その他	軟体動物	マダコ (参考)	平成15年度のタイヤ揚収時に多数 (1ユニットにつき数個体) 見られたものの, 平成16年度は見られず。 付着被度: cc:80%~, c:80~60%, t:60~40%, r:40~20, rr:~20%, マクロベントス個体数: r:数個体~10個体, rr:数個体以下, 湿重量: g/半タイヤ1本											

あることが理解される。この間にSSが高い時期が3回認められるが(24.6, 25.7, 26.7日付近), 何れも低低潮時で水深が小さいため波の影響が海底付近に大きく現われ, 平均流速も比較的大きくなる時期に対応していることが理解される。また全体的に得られた結果として, その他の条件にも依存するものの入射波の有義波高が50cmを超えるとSSの顕著な上昇が生じている場合が多く見られた。

### 3. 生物調査

#### (1) 生物調査の概要

本試験は産業廃棄物である古タイヤを再利用して行った実験であるが, 離岸堤や潜堤等のように敷設領域の砂面を完全に覆うことがないため, 底生生物等の生態系に与えるインパクトは小さいものと考えられる。古タイヤの水域における再利用には, 毒性物質の溶出等が懸念されているという一面もあるが, 実験結果の外挿によれば塩分を含む海域における利用では微生物への直接的な毒物学上のリスクは殆どない<sup>9)</sup>, また河川や海岸の保全にも注意を払えばタイヤは持続的に利用可能である<sup>10)</sup>との報告もあり, 古タイヤの再利用は環境を考える上で重要なものと考えられる。

博多湾は河川からの汚濁負荷に因る富栄養化の問題を抱えた閉鎖性水域であり, 特に赤潮とアオサの大量発生が問題となっている。現地試験海域の地行浜も例に漏れず, 6月頃にはアオサの回収が毎年行われている。定期的なアオサの回収による富栄養化の抑制は効果的と考えられるが, 物理環境とアオサ



写真-2 出現生物の例 (左:揚収直後のブロックの1ユニットに付着したアナアオサ, 右:イシガニ)

の発生量を同時に調べた例は少ないものと考えられる。また, 砂浜海岸は一般に生物多様性が乏しいと考えられるが, 構造物が設置された場合, 種々の生物のための多様な生息域が出来ることになる。そこで, 第二回現地試験における古タイヤ撤去時(平成16年6月7日, 8日, 表-1参照)に9ヶ月間のタイヤの海底設置に伴う生物生息状況について, 調査を実施した。

調査法としては, 揚収された沈設タイヤに付着した生物について現地観察を行うとともに, 試料を採取しホルマリンで固定後持ち帰り, 種の同定と種別の湿重量の測定を行った。

#### (2) 生物調査の結果および考察

生物調査の結果をまとめたものを表-3に示す。海藻類を主体とした多種な付着生物及びそれを生息場とする甲殻類, 魚類等が確認された(写真-2参照)。このように, 砂浜という比較的単調な生物場に多様性のある生態系を形成させることにより, 下記に示す環境修復効果が期待できる。

##### a) 栄養塩負荷削減効果

博多湾ではその集水域の土地改変、人間活動の活発化により、リン・窒素等の栄養塩の負荷量が増大し、湾内の富栄養化障害の要因となっている。地行浜とその周辺のマリナタウン、百道浜(図-1参照)の各人工海浜において古タイヤによるBaNKブロックの実用レベルの設置(それぞれの海浜の岸付近全域(各水域で海表面積の20%)に敷設)を想定すると、タイヤに着生したアオサのみによる固定リン、窒素量はそれぞれ2.8kg, 32kgに達する。この値は博多湾に流入する下水処理場(西戸崎)の日負荷量(リン:1.0kg, 窒素:60.5kg)に匹敵する<sup>11)</sup>。付着生物をブロックから定期的に回収可能なシステムを導入することにより、博多湾の富栄養化の抑制に寄与できるものと考えられる。

#### b) 赤潮軽減効果

近年の博多湾では、浮遊藻類(植物プランクトン)の生産量が増加し、渦鞭毛藻類等の異常増殖による赤潮発生が問題となっている。底質が砂浜の海域の主要一次生産者は浮遊藻類であり、流入河川等から海域に過剰な栄養塩が供給された場合、栄養塩の多くは浮遊藻類に吸収され、その異常増殖による赤潮発生の一因となる。因みに地行浜は図-1から分かるように複数の河川の河口部に位置しており、河川からの栄養負荷が直接的に海産生物に影響する海岸域となっている。ブロックの設置により藻場を形成することで、栄養塩を底生付着性の藻類に吸収固定し、それにつながる甲殻類、魚類などの生態的浄化フローに移行することが可能となり、水中浮遊藻類の生産量の軽減につながる。さらに、貝類などのフィルターフィーダーの増加により、捕食作用による直接的な植物プランクトンの除去効果が期待できる。

#### c) アオサの回収

博多湾では、浮遊アオサの海岸漂着及び底泥被覆が原因の底質悪化が経年的な問題となっている。対応策として、漂着・沈積アオサの回収が毎年行われているが、後追いの対応策であり、底生生物への悪影響は避けられない状況となっている。アオサを繁殖させ、付着根が剥離して浮遊する前に回収するシステムを構築することが、アオサの異常発生の軽減策の一つになるものと考えられる。

#### d) 生物多様性の回復

人工砂質海浜は生物相が貧弱であることが問題点としてあげられる。調査結果により、ブロックの導入により砂質海浜に藻場が形成され、ホヤ類、貝類、甲殻類、魚類、軟体類など多種の生物が生息できる環境の創生が可能となることが明らかになった。特に、太陽光が供給されるタイヤ上面にはアナアオサ、タイヤ側面にはムラサキガイおよびマガキ、シェルター効果のあるタイヤの裏側にはカニ類、ギンポ及びホヤ類が観察されるなど、タイヤの形状特性がそれぞれの生物に適した生息環境を創出し、生物相の多様性の向上に役立っている。BaNKブロックは、海浜地形の保全に加え、生物生息環境の保全及び創生

にも有効なものと考えられる。

## 4. 結論

小松らが提案するBaNKシステムの有効性を検証するための現地試験が、古タイヤを再利用して博多湾内の地行浜において実施された。得られた知見をまとめると以下の通りである。

- 1) 砂面の時系列変化を検討することで、実海域においてもBaNKブロックの設置による底質移動の制御が可能であることが確認された。
- 2) 重回帰分析によると、地行浜の浅海部(ブロック設置位置)のSSの変動に与える有義波高、水深、潮流の影響はそれぞれ76%、16%、8%程度である。
- 3) 生物調査を併せて実施することで、今後の海域における古タイヤの再利用および富栄養化抑制システム構築のための基礎データを物理環境と併せて取得した。

**謝辞:** 本研究は科学研究費補助金(若手研究(B))の援助のもとに行われた。また本研究を行うにあたり、九州大学大学院工学府技官の藤田和夫氏、および環境流体力学研究室の学生諸氏に多大なる援助を頂いた。ここに記して深甚なる謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 小松利光ほか: 方向抵抗特性をもつ海底小規模構造物を用いた海底近傍の物質輸送の制御, 水工学論文集, 第45巻, pp. 1087-1092, 2001.
- 2) 小松利光ほか: BaNKシステムの底質輸送制御効果に関する研究, 水工学論文集, 第46巻, pp. 457-462, 2002.
- 3) 押川英夫ほか: 振動流場における非対称没水構造物の抵抗特性, 海岸工学論文集, 第51巻, pp. 671-675, 2004.
- 4) 押川英夫ほか: 地行浜におけるBaNKシステムの現地試験, 水工学論文集, 第49巻, pp. 1309-1314, 2005.
- 5) 小田一紀ほか: 硬質型人工海藻の漂砂制御効果に関する基礎的研究, 海岸工学論文集, 第38巻, pp. 331-335, 1991.
- 6) 仲座栄三ほか: 波動場における底面近傍定常流速の人工的コントロール, 海岸工学論文集, 第42巻, pp. 211-215, 1995.
- 7) 入江功ほか: 歪み砂れんマットによる底層流の制御とその応用, 海岸工学論文集, 第39巻, pp. 476-480, 1992.
- 8) 山口洋ほか: 芦屋海岸におけるDRIMの漂砂制御機能に関する現地試験, 海岸工学論文集, 第52巻, pp. 646-650, 2005.
- 9) Fenner, R. A. and Clarke, K.: ENVIRONMENTAL AND STRUCTURAL IMPLICATIONS FOR THE RE-USE OF TYRES IN FLUVIAL AND MARINE-CONSTRUCTION PROJECTS, Water and Environmental Management Journal, Volume 17, No. 2, pp. 99-105, 2003.
- 10) Hartwell, S. I. et al.: Toxicity of Scrap Tire Leachates in Estuarine Salinities; Are Tires Acceptable for Artificial Reefs?, Transactions of the American Fisheries Society, Volume 127, pp. 796-806, 1998.
- 11) 福岡市下水道局管理部: 水処理センター管理年報, 平成16年度版。