

環境・景観・利用に配慮した新しい漂砂制御技術 DRIM（ドリム）工法

西川正夫

近年、海岸侵食問題が全国的に深刻化しつつある。その対策工を整備するにあたっては、海岸の有効利用や環境保全への配慮が強く求められるようになってきている。歪み砂れんマット（DRIM）を用いた漂砂制御工法は、そうしたニーズに対応することができる新しい海岸侵食対策工法である。本工法は、海底にできる砂れんの形状を SIN カーブで近似し、人工的に一方向へ歪ませた形のブロックを海底に敷設して、砂の移動方向を制御するものである。漂砂制御には DRIM 上で生じる渦により誘起される一方向底層流を利用しており、波の進行方向によらず DRIM の設置方向に応じて、漂砂の移動方向を任意に制御することが可能である。

キーワード：海岸、漂砂、景観、侵食対策、海岸漂砂制御、航路埋没対策、河口埋没対策

1. はじめに

海岸は、陸と海とが相接する特色のある空間であり、多様な生物が生息・繁殖する貴重な場であるとともに、古くから人間の様々な活動に利用されてきた重要な空間でもある。しかしながら、昭和 40 年代以降、わが国での経済成長に大きく貢献してきた河川流域の開発やダム建設などにより海岸への土砂供給量が減少したり、沿岸域開発による埋立や海岸・港湾構造物の建設により漂砂の連続性が遮断されたため、全国的に海岸侵食問題が発生するようになってきており、沿岸生態系や市民に多大な恩恵をもたらす貴重な空間が失われつつある。

現在までに、海岸侵食対策としては、主に突堤や離岸堤、潜堤などの大規模海岸保全施設が用いられてきた。これらの技術は、構造物で囲い込むことによって海岸を防護し、背後に砂浜を確保することに多大な成果を上げてきたが、反面、景観阻害、レクリエーション利用への制約が発生するなどの負の側面を併せ持つ状況も生じている。このような背景もあり、1999 年の海岸法改正では、目的規定に従来からの「被害からの海岸の防護」に加え、「海岸環境の整備と保全」及び「公衆の海岸の適正な利用」が位置付けられている。今後は、海岸整備に質の高さも求められるようになり、養浜によって豊かな砂浜を造成してそれを維持するといった、砂浜海岸を砂浜自身で防護する技術のニーズが高まるものと考えられる。DRIM 工法のコンセプト

は「砂浜に作用する波エネルギーには一切手をつけず、砂浜自身の自然の復元力（荒天時に砂が沖へ行っても静穏時には岸へ戻って安定勾配をつくらうとする）に着目し、その復元機能に補助的に人の手を加えることで砂浜を保全しようとするもの」であり、まさにこのようなニーズに応える技術といえる。

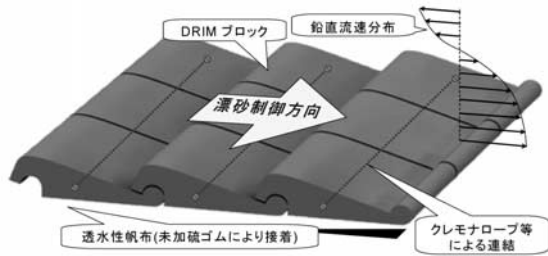
2. DRIM 工法の概要

(1) 開発経緯

本工法は、その基礎的原理が九州大学沿岸海洋工学研究室（入江九州大学名誉教授）により見いだされ、1992 年頃より同研究室を中心に精力的に研究開発が進められ、室内実験及び数値解析などにより実用化の目途がつけられた。2003 年には DRIM 工法研究会（水工技研株、東亜建設工業株、若築建設株）が組織され、実海域での実証実験などに取り組み、実用化に向けた開発を鋭意進めているところである。

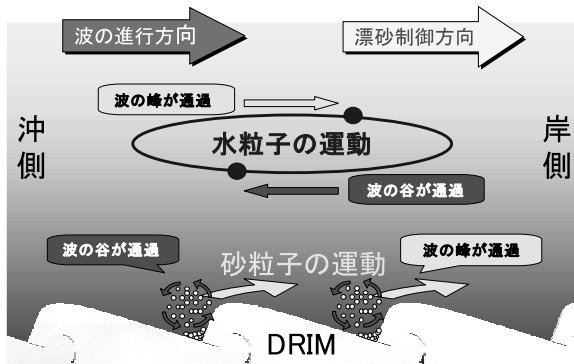
(2) DRIM 工法の原理¹⁾

DRIM (Distorted Ripple Mat, 歪み砂れんマット) は、図-1 のように海底にできる砂れんの断面形状を歪ませたコンクリートブロックを並べた漂砂制御構造物で、漂砂を一方向に制御することを目的としている。



図一 1 DRIMの敷設イメージ

図一 2 に示すように、本工法の原理は、波の通過に伴って DRIM 上で生じる非対称な渦運動が、正味の底層流を一方向に向ける現象を利用して漂砂の方向を制御できることにある。さらに、渦が DRIM の峰線に直角な方向に回転する特性により、波の進行方向によらず、DRIM の設置方向に応じて漂砂の向きを制御することも可能である。



図一 2 DRIM 工法の原理

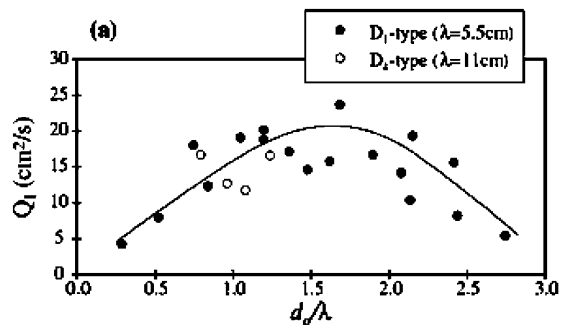
(a) 底層流の一方向制御

室内水槽実験の結果から、砂れん形状が正弦波形の場合（歪みなし砂れん）には砂れん上全域で沖向きの流れが発生するが、砂れん形状を正弦波形を沖向きに歪ませた波面形状（歪み砂れん）とすると、底面（歪

み砂れん頂部）から $z/h = 0.2$ (h : 水深) の高さまで、完全に岸向きの底層流が発生することが確認されている（図一 3）。

(b) 漂砂制御能力

室内水槽実験の結果から、水粒子軌道直径（軌道振幅） d_o と歪み砂れん波長 λ との比 d_o/λ と底面（歪み砂れん頂部）から岸向きの定常流が発生していた高さまでの平均流速を積分して求めた流量 Q_I の関係から、 $0.5 < d_o/\lambda < 3.0$ の範囲で岸向きの底層流による漂砂制御が可能であり、 $d_o/\lambda \approx 1.7$ でその能力が最大となることが確認されている（図一 4）。



図一 4 d_o/λ と底層流量との関係

(3) DRIM 工法の特徴

本工法の特徴を以下に示す。

①任意方向の漂砂制御

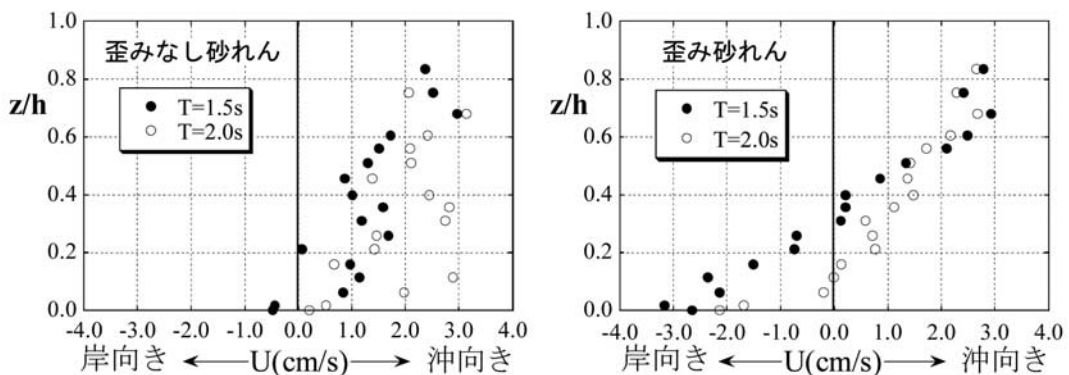
波の力を利用するので、人為的にエネルギーを与えることなく設置した向きに漂砂方向を制御できる。

②広範囲の海浜変形制御

設置範囲周辺の地形変化の影響は、やがて周囲の広い範囲に及ぶ。この現象により少ない設置面積で広範囲の海浜変形制御が可能となる。

③景観の保全

来襲する波の特性はほとんど変化せず、また、プロ



図一 3 DRIM 上の平均流速の鉛直分布

ックが水面上に出ないので、水平線や海岸線の形を破壊することがない。

④周辺環境との高い調和

通常、海底にできる自然の砂れんの形、大きさを基に設計することを標準としている。そのため、周辺環境に大きなインパクトを与えることはない。

⑤利用環境の保全

設置底面からの高さは50cm程度であり、原則として沖浜帯に設置するので、船舶の航行やマリンレジャーに影響を与えない。

⑥幅広い応用性と低いコスト

製作、施工ともに安価かつ迅速に行え、従来技術に比較して低コストである。また、設置の容易さは幅広い応用性を、撤去の容易さはアダプティブマネジメント手法にも柔軟に対応できる。

3. 実海域での実証実験^{2) 3)}

DRIMの実海域での性能を検証するために、2004年に北九州の芦屋海岸で実証実験が実施された。ここでは、この実験で得られた知見の一部を紹介する。

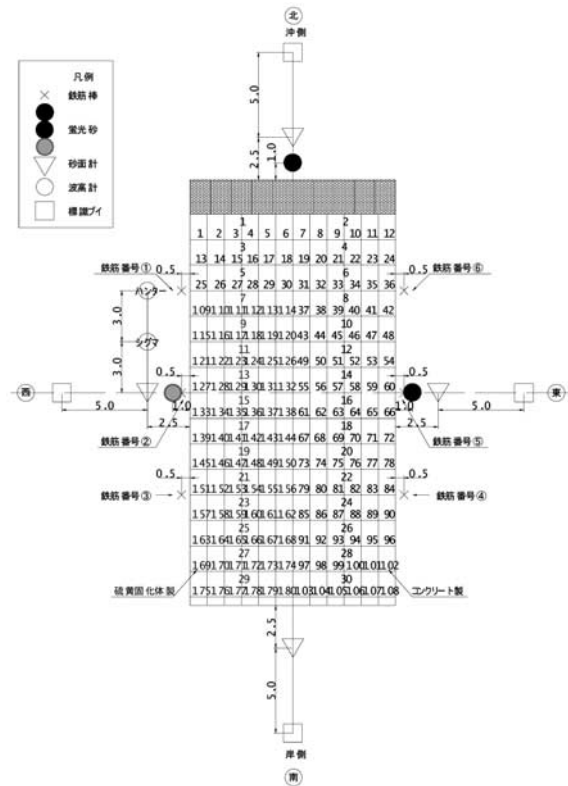
(1) 実験概要

DRIM設置位置は、図一5に示す福岡県遠賀郡芦屋地崎の7基の離岸堤群の西側2号、3号開口部沖側で、離岸距離300m、水深-3.0m~-3.5mであり、岸沖方向に制御することを計画した。DRIM単体の寸法は峰間λ=1.5m、幅1.0m、高さ0.6mであり、岸沖方向15個、沿岸方向12個の計180個を図一6のように設置し、沖側端部には洗堀対策としてふとん籠を配置した。

実施した調査は、①深浅測量(2004/6/15, 6/28, 10/30)、②波浪、流れなどの海象調査(波高センサー付き電磁流速計)、③砂面変動調査(砂面計、2004/6/16~10/29)、④ブロック沈下量調査(6回)、⑤DRIM近傍の沖(赤)、東(緑)、西(黄)の3点に投入した3色の蛍光砂の追跡調査(3回)などである。



図一5 DRIM設置位置



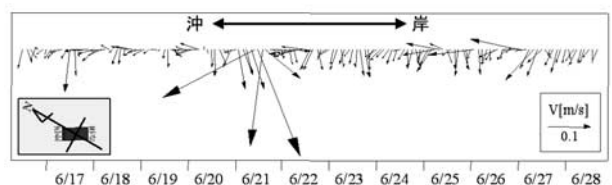
図一6 DRIM配置と計測器、蛍光砂の投入位置

(2) 外力

DRIM設置位置西北西沖合に位置する大島波浪観測所において観測されたデータ(設置~10/30)によると、台風来襲時には $H_{1/3}$ は3~5m強が観測されている。なお、この年は調査期間中に多数の台風が来襲(日本上陸数10個)していた。以下で紹介するデータは台風6号通過前後を評価したものであり、この台風はほぼ1年確率波程度のものであったと考えられる。

(3) 平均流

図一7はDRIM近傍で観測された平均流の大きさと向きを示している(台風6号通過前後)。この期間を通じて平均流速は概ね南西から北西の流向が観測されており、DRIMの東側から西側に向かって流れていることがわかる。特に台風6号の接近した21, 22日には、最大で0.17m/s程度の流速がでており、DRIM設置位置では漂砂に影響を与えるのに十分な流れが起きていたものと思われる。

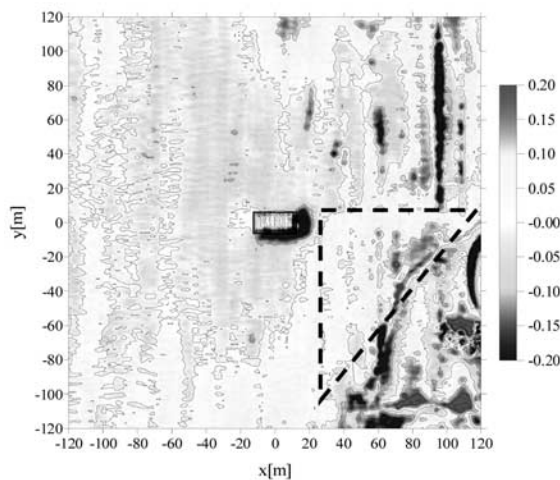


図一7 DRIM近傍の平均流速計測結果

(4) DRIM の効果

(a) 地 形

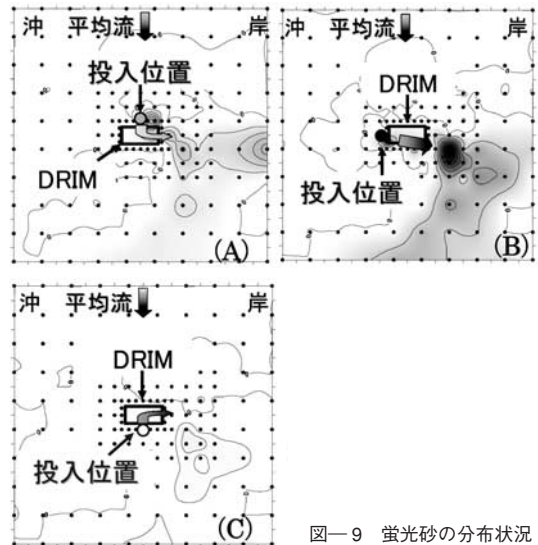
バレーガ・システム（ナローマルチビーム測深ソナーと GPS との組み合わせ）による深浅測量結果のうち、台風通過前後（6/15, 6/28）の差分を地形変化量として整理したものを図—8 に示す。DRIM の漂砂制御を意図した方向である岸側の領域に着目すると、DRIM の岸側 $20m < x < 100m$, $-80m < y < 20m$ の領域において地形変化量が大きく、特に図中の3角形の破線で示す領域に比較的大きな堆積傾向が見られた。定常流が西向きであったことを考慮すると、この堆積領域は DRIM の漂砂制御効果を示している可能性があると考えられるが、他の要因も多くあり、地形データから DRIM の効果のみを抽出することは困難であり、後述の蛍光砂の追跡と合わせて評価するのが妥当と考える。次に、DRIM 周辺に着目すると、DRIM 岸側と西側が大きく侵食されていることがわかる。DRIM 西側は定常流の下手側にあたり、DRIM 上に載った砂が漂砂制御効果を受けて岸側に輸送されると、DRIM 西側への砂の供給は少なくなり、その結果として侵食を受けるものと考えられる。DRIM 岸側の侵食については、ブロック端部に生じた局所洗堀の影響と考えられる。



図—8 深浅計測結果（台風前後の差分）

(b) 蛍光砂の追跡

蛍光砂投入1週間後に来襲した台風6号通過後の6/28に、蛍光砂のサンプリングを実施した。サンプリング範囲はDRIMを中心に岸沖方向、沿岸方向ともに180mの範囲である。DRIM周辺は特に詳細に実施しており、離れるにしたがって、間隔を5m → 10m → 20mとした。図—9に蛍光砂の分布状況を示す。



図—9 蛍光砂の分布状況

なお、蛍光砂のカウント数は10,000を上限として着色している。

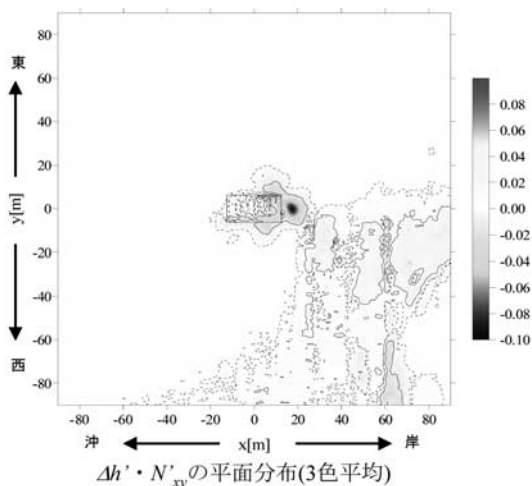
図 (A) に示す緑の蛍光砂は、平均流の上手側（東側）に投入されたことから、多くの蛍光砂が DRIM 上に供給されたと考えられる。岸側への分布量は最も多く、分布の重心も DRIM からかなり岸側へ離れた領域にある。ただし、投入点付近に残っている量も最も多い。これは、投入後の早い段階から平均流により上手から移動してきた砂と蛍光砂が混合したためと考えられる。この緑の蛍光砂は、台風通過後も徐々に DRIM 上に供給され効果を受け続けたと考えられ、他の蛍光砂よりも長い期間の砂移動状況を含んだ分布を示しているものと考えられる。

図 (B) に示す DRIM 沖側に投入した赤の蛍光砂は、DRIM 岸側にふとん籠が設置されているにもかかわらず相当量が岸側に輸送されており、数日間の高波浪により DRIM が有効に機能していたと考えられる。また、その分布が西側に卓越していることについては、観測された西向きの平均流および離岸堤開口部からの沖向きの流れの影響が大きいと考えられる。

図 (C) に示す平均流下手側にあたる場所に投入した黄の蛍光砂についても、分布の重心は DRIM より岸側にある。調査ではこの蛍光砂投入点の局所洗堀が最も激しかったことが確認されており、投入点付近では相当量の砂が DRIM 上に載り岸側へ輸送されたものと考えられる。

上記のような本実験で投入された3色の蛍光砂の挙動で確認された「濃度の中心（重心）の大幅な移動現象」は、過去に実施された同様なトレーサー追跡調査例でもみられない現象であり、DRIM の漂砂制御効果の証明であると考えられる。

図—10は、蛍光砂カウント数 N_{xy} と地形変化量 Δh をそれぞれの最大値で除して無次元化した N'_{xy} と $\Delta h'$ の積の分布を示すもので、蛍光砂の移動範囲とその範囲内の地形変化傾向を表現している。DRIM 岸側法先以外は堆積傾向を示しており、 $N'_{xy} \times \Delta h' > 0.01$ の比較的大きな値の堆積域は DRIM 岸側かつ西方向に分布しており、図—8 に示した三角形の領域ともよく一致している。



図—10 蛍光砂の分布と地形変化の相関関係

(5) 施工状況

今回の実験で使用した DRIM は、工場ブロック 180 個を製作（コンクリートおよび硫黄固化体を使用）した後、現場近くの組み立てヤードで据え付けのためにブロック 6 個を横方向にクレモナロープで連結したブロック群を 30 ユニット組み立てた。なお、1 ユニットのブロック群の底部には、組み立て時に防砂シートを貼り付けている。組み立てられた 30 組のブロック群は防護用のふとん籠とともにクレーン付台船（70t 吊り）のエプロン部に積み込み（据え付け前日）、設置海域までえい航した後、潜水士の指示により沖側から順に据え付けを行った。海象条件に恵まれたこと



写真—1 ブロック群組み立て状況

もあり、1日ですとん籠含む全数のブロックを据え付けることができた。施工状況を写真—1～写真—2に示す。



写真—2 DRIM 設置状況

4. おわりに

本報告では、実海域での実証実験の分析を中心に DRIM 工法による漂砂の一方方向制御の効果について紹介した。なお、誌面の都合上、ブロックの安定性については詳述できなかったが、DRIM 工法研究会では設置後1年以上にわたって、ブロックの安定性についての調査も実施している⁴⁾。台風、冬季波浪などの厳しい海象条件を経験しながらも、飛散などの被害は生じておらず、安定性についても問題ないと考えている。

なお、本実験におけるブロックの製作、施工および海象調査については、新日本石油(株)の協力の下、(財)石油産業活性化センターの補助を受けて実施したものであり、ここに付記して謝意を表します。

JICMA

《参考文献》

- 1) 例えば、入江功・小野信幸・村上啓介・橋本誠也・中村聡：歪み砂れんマットによる沖浜帯の岸沖漂砂の制御，海岸工学論文集，**40**，土木学会，pp.561-565（1993）など
- 2) 山口洋・小野信幸・入江功・小島治幸・茶谷正明・五明美智男・小島和之：芦屋海岸における DRIM の漂砂制御機能に関する現地実験，海岸工学論文集，**52**，土木学会，pp.646-650（2005）
- 3) DRIM 工法研究会：芦屋海岸浜崎地区 DRIM 実海域試験－中間報告－，DRIM 工法研究会（2005）
- 4) 清水雄平・五明美智男・山口洋・藤村貢・児島和之・入江功：DRIM 工法の実海域における試験施工と安定性，海洋開発論文集，**21**，pp.915-920（2005）

【筆者紹介】

西川 正夫（にしかわ まさお）
東亜建設工業(株)
土木事業本部エンジニアリング事業部
防災事業室長

