

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 14 日現在

機関番号：54502

研究種目：基盤研究（c）

研究期間：2009～2011

課題番号：21560547

研究課題名（和文） ライフサイクルコストを考慮した養浜砂浜の最適底質と海浜形状の決定手法の構築

研究課題名（英文） Design of optimum sand grain size and beach profile for nourished beaches considering life cycle cost

研究代表者

辻本 剛三 (TSUJIMOTO GOZO)

神戸市立工業高等専門学校 都市工学科 教授

研究者番号：10155377

研究成果の概要（和文）：

海浜の砂浜は効果的な海岸保全機能を有しているため、人工海浜の造成や養浜を行う場合には底質の選択が重要である。近年、養浜材等が貴重な資源となっているためにより有効に使用しなければならない。そのためには、海岸保全施設としての機能がより発揮できるような底質特性や海浜形状を決定する必要がある。

研究成果の概要（英文）：

Sand beaches have the potential to protect shore. Therefore, the selection of sediment is important when beach nourishments were carried out. Since the nourishment sediments have been lacking recently, it is required to determine the sand grain size and the beach profiles so that sand beaches work more effectively as shore protection facilities.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：土木工学

科研費の分科・細目：水工学

キーワード：海浜変形、漂砂、画像、現地観測、数値モデル

## 1. 研究開始当初の背景

養浜は底質を人為的に供給し、海浜の造成を行う極めて単純な海浜整備事業であり国内外を問わず多数の事例がある（2000, 海岸施設設計便覧）。養浜の底質粒径は防護の観点から当該海浜の底質よりも大きな粒径を使用することになるが、波や流れによる分級作用により供給した底質の特定の粒径は養

浜された場所から流出し、条件によっては元に戻ってこない事がある。底質材料の価格は日本では諸外国よりも1ケタ以上高価であり、貴重な資源となりつつある底質を有効かつ効率的に海浜整備で使用するためには、外部条件に応じた適切な養浜材料を使用する事が重要である。波、流れ、風による底質の移動いわゆる「漂砂・飛砂の問題」は半世紀以

上も前から国内外を問わず実施されている。養浜材は基本的には「混合粒径」であり、混合粒径の底質移動は平野(1970)による河川における先駆的な研究、田中(1987)による波動場の粒径別の漂砂量の算定、これらに基づいた地形変化の計算例もある。実際の事例が存在するにも関わらず、敢えて研究として取り上げる背景には、養浜による《砂浜》を「海岸保全施設」として捕らえた時、ライフサイクルを通じて防護のレベルを保ちつつ、利用・環境の便益等を念頭においた養浜材料等の選定、及び断面形状等のあり方を提案する必要性がある。

## 2. 研究の目的

2000年に施行された新海岸法では防護・環境・利用の3要素を考慮した海浜整備が不可欠となり、2006年には全ての海岸に「海岸保全基本計画」が策定されるに至り、「中長期的な展望に立った海岸保全検討」の中間報告がなされた(2007 国交省,農水省)。海浜整備の保全施設の設置・維持管理に際しては、前述の3つの要素を考慮しつつライフサイクルコスト(LCC)を通じて費用対効果を向上させる必要から、海岸保全施設のためのライフサイクルマネジメントマニュアル(LCM)案が提示された(2008 国交省,農水省)。LCCは堤防・護岸・胸壁のような保全施設を対象としており、《砂浜》は保全施設との関りからの地形変形等に注意が払われるが、《砂浜》のみはLCCの対象ではない。しかしながら、新海岸法では《砂浜》が海岸保全施設として指定・管理できるようになり、長期的な視点から《砂浜》のLCCに基づくLCMを念頭におく必要がある。

《砂浜》には前述の3要素の機能を満足させる、養浜事業が近年重要視されつつある。養浜は防護の関連から底質粒径が重要視され、粒度組成への配慮は十分でない。そのた

めに養浜後は波、流れ、風により特定粒径の底質が流出し、《砂浜》の変形等で防護機能が低下し、流失した底質が周辺生態系や陸域の植生環境に悪影響を及ぼす事があり、また、養浜材に含まれる微細粒径が飛砂となり周辺道路や歩道へ堆積し利用の障害にもなっている。必ずしも最適な粒径や粒度分布の養浜材が使用されていないため、実質貴重な資源を損失していることになる。養浜に不可欠な底質(砂等)は砂利や海砂採取規制等や他の建設材料への使用との関係から、今後、不足する事が予想されている(2001, (財)経済調査会)。本研究では前述のLCCに配慮し、特に防護の水準を維持しつつ、環境・利用を満足させるための養浜材の最適粒径と粒度組成、海浜断面形状を決定する方法を提案する事を目的とする。

## 3. 研究の方法

研究は室内実験、現地調査、数値計算の3つで構成する。

室内実験：実験は4種類の実験を行う。①波動場で潮位を考慮した地形変化を検討するため水位変化させた実験を行った。②養浜材として粗粒材をマウンドにした場合の地形変化と底質特性の変動実験を行った。③波作用下の底面地形と底面内の密度変化をX線CTスキャンによる同時計測実験を行った。④模擬植生を移動床に設置して、風作用下における飛砂の捕捉効果を検討した。

現地調査：生態系と底質の相互作用として①風向、風速による底質特性の変化②植生群落の生育と底質特性の関連③人工海浜の岸沖地形と底質特性変化について月1回の調査④平面地形と沿岸方向の底質特性の観測

数値計算：①ブーシネスク型の海浜変形モデルに密度変化と空隙率の変化を陽的に取り込んで岸沖断面形状の変化を検討した。また、潮位の変化を移動限界水深を変動させるこ

とで数値モデルの改良を行った。②海浜形状と底質特性の変動予測に関するモデルを統計的手法を用いて行った。

#### 4. 研究成果

海浜の地形や底質特性の変化に関する研究は、外洋に面した高波浪の影響下の開放性の海浜を対象としていることが多い。一方、内湾などの閉鎖性の海域に面した海浜は、吹送距離等が制限され波エネルギーも小さく静穏性が高く‘low-energy-beach’と称されており(以後、LEB)、このような砂浜では養浜による人工海浜が創造されることが多い。このような砂浜での1年間の現地調査の結果、潮汐の影響が重要であり、春から秋にかけての平均潮位の上昇に伴い、海浜が堆積する方向に向かい、その後は安定した形状であるが冬季風浪により侵食され元の形状に戻る傾向がLEBの人工海浜においても確認され、Bruleにより提案された地形変化量と潮位変化の関係がLEBの人工海浜でも成立している。LEBの地形形状や底質特性の変動の長期的な予測を行うため、現地調査結果に統計的手法を適用した。地形の変動と底質粒度の変動を多項式近似することで6つのパラメータで表示することが可能になった。それらに対して主成分分析を施し、変動特性を明確にした。予測モデルは2年間の潮位と波高データから回帰曲線を作成して、その妥当性を確認した。将来予測に関して潮位は天文潮、波浪はワイブル分布で風速値より推定した。これらの値を用いて変動モードの2011年～2020年の10年間の長期予測を行った。

海浜の堆積部には粗粒子と細粒子が層状に堆積しており、また、1～2潮汐の短期間の時間変動に関しても、上げ潮時と下げ潮時では移動する漂砂量や底質特性が異なる。この点に関して、遡上域での底質移動の連続画像

計測においても同様な結果を得た。波打ち帯で生じている現象は計測するには激しく、かつ水深が非常に浅いため、波打ち帯の漂砂量を定量的に計測することは困難であり、砂の移動そのものを画像計測により直接捉えた結果、引き波時の砂移動が計測できており、その層厚は7-8mm程度で、速度の最高点は底面表層から数mm内部に存在し、大きさは7-8cm/s程度であった。遡上域全体にわたって漂砂量を調べた結果、岸沖漂砂は空間的な分布を持ち、そのピークは地形が堆積から侵食に変化する地点であった。

波作用下のトラフやバーの内部の空隙や密度構造をX線CT法で実験的に調べ、層内の湿潤密度分布の時間変化から底質の攪乱深さを推定することが可能になり、バーやトラフにおいてその大きさが異なることを示した。通常0.4程度で見積もられている空隙率が0.3～0.6程度の幅を有すること実験により求めた。従来の海浜変形モデルにおいて漂砂量の算定には考慮されなかった結果であり、数値モデルの精度の向上には不可欠である。また、潮位変化を数値モデルに取り込むためには、地盤高さを潮位上昇速度に合わせて変化させる方法と移動限界水深を潮位上昇量に応じて変化させる方法で対応が可能である。

淡路島・成ヶ島東岸に広がる自然砂浜の時空間的な動態を把握することを目的に、底質・海浜植生分布と風の特性把握に係る現地調査、底質特性の時空間変動に関する統計解析、現地の風の出現特性を考慮した飛砂量計算を行い、本砂浜における底質の季節変化とその要因について検討した。その結果、平均粒径の時間変動は、風の出現特性との相関が高く、空間変動は岸沖方向にほぼ一様で、標高に応じた変動特性が見られることがわかった。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 15 件)

- ①玉井昌宏、辻本剛三：砂浜の色彩の相対比較と近隣河川の流域地質との関係、土木学会論文集 B3 (海洋開発)、査読有、37 巻、2012、印刷中
- ②宇野 宏司、中西 宏彰、辻本 剛三、柿木哲哉：自然砂浜での底質移動や地形変化に及ぼす海浜植生の影響、土木学会論文集 B3 (海洋開発)、査読有、37 巻、2012、印刷中
- ③宇野 宏司、中西 宏彰、辻本 剛三、柿木哲哉：内湾と外洋の境界付近に位置する砂礫砂浜における底質・植生の時空間変動、土木学会論文集 B2 (海岸工学)、査読有、67 巻、2011、566-570
- ④宇野 宏司、菅野 拓馬、辻本 剛三、柿木哲哉：都市閉鎖性水域における自然砂浜の地形変化、土木学会論文集 B3 (海洋開発)、査読有、36 巻、2011、358-363
- ⑤T. Kakinoki, G.Tsujimoto, F.Yamada, D.Sakai, K.Uno: Beach profile and sediment characteristics of a mixed sand beach under diurnal sea level, *Journal of Coastal Research*, 査読有、SI, 64, 2011, pp.765-770.
- ⑥F.Yamada, G.Tsujimoto, B.Long: Internal Sediment density structure around bars due to beach deformation using X-ray CT, *Journal of Coastal Research*, 査読有、SI, 64, 2011, pp.716-720
- ⑦ K.Uno, G.Tsujimoto, T.Kakinoki: Environments monitoring on coastal sediment by using digital camera images at Narugashima in Awaji Island Japan, *Journal of Research*, 査読有、SI, 64, 2011, pp.155-160.
- ⑧Kohji Uno, Gozo Tsujimoto and Tetsuya Kakinoki: The Variation of water level and flow velocity in semi-closed water area by wind and boat wave, *Proceedings of APAC 2011*, pp.919-926.
- ⑨山田文彦・船越善隆・辻本剛三・立山龍太：底質密度の時空間変化を考慮した岸沖海浜変形モデルの適用性、土木学会論文集 B2 (海岸工学)、査読有、67, 1, 2011、pp.496-500
- ⑩辻本剛三・玉井昌宏・高田浩太郎・山田文彦：Low Energy Beach の岸沖地形・底質特性の変動モードの長期予測に関する研究、土木学会論文集 B2 (海岸工学)、査読有、67, 2, 2011、pp.576-580
- ⑪辻本剛三・酒井大樹・山田文彦・柿木哲哉・宇野宏司：平均水位変動が混合粒径の海浜地形と底質特性に及ぼす影響、土木学会論文集 B2 (海岸工学)、66, 査読有、1, 2010, pp.536-540.
- ⑫山田文彦・辻本剛三・田端優憲・立山龍太・外

村隆臣・小林信久：X線 CT を用いた地形変化に伴うバー・トラフ付近の底質内部の密度構造の検討、土木学会論文集 B2 (海岸工学)、66, 1, 査読有、2010、pp.436-440.

⑬宇野 宏司、濱森 彩、辻本 剛三、柿木 哲哉：デジタルカメラ画像を用いた淡路島・成ヶ島における底質環境モニタリング、土木学会論文集 B2(海岸工学)、57, 査読有、1, 2010、pp.676-680

⑭辻本剛三・山田文彦・酒井大樹・甲斐田秀樹・柿木哲哉：フィルター層を有する人工海浜の岸沖断面地形の季節変動に関する研究、海洋開発論文集、26, 査読有、2010, pp.1209-1214.

⑮山田文彦・辻本剛三・蒲原さやか・池田有希・外村隆臣・Ilic Suzana: X線 CT を用いた海浜断面変形に伴う底質内部の密度・空隙の時空間変動解析, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 65, 査読有、2009、pp.681-685.

[学会発表] (計 7 件)

- ①新井淳平、宇野宏司、辻本剛三、柿木哲哉：植生による飛砂の補足効果、土木学会関西支部年次学術講演、2012、II-1
- ②見垣亮太、辻本剛三、柿木哲哉、宇野宏司：粗粒材を用いた岸沖断面地形と粒度分布特性に関する研究、土木学会関西支部年次学術講演、2012、II-2
- ③宇野宏司、中西宏彰、辻本剛三、柿木哲哉：淡路島・成ヶ島における底質・植生の時空間変動、第 66 回土木学会全国大会年次学術講演会、2011
- ④酒井大樹・辻本剛三・甲斐田秀樹・柿木哲哉・宇野宏司：平均水位変化に伴う岸沖漂砂と底質粒度特性に関する研究、平成 22 年度土木学会関西支部年次学術講演会、2010、II-12
- ⑤柿木哲哉・仲村真祐・辻本剛三・宇野宏司：画像解析を用いた汀線位置の連続観測に関する基礎的研究, 平成 22 年度土木学会関西支部年次学術講演会、2010、II-6
- ⑥甲斐田秀樹・辻本剛三・酒井大樹・柿木哲哉・宇野宏司：アジュール舞子海岸の地形と底質特性に関する現地調査、平成 22 年度土木学会関西支部年次学術講演会、2010、II-7.
- ⑦舟越善隆・末長清也・外村隆臣・辻本剛三・山田文彦：底質内部の密度構造の時空間変化を考慮した海浜変化予測モデルの適用性、平成 22 年度土木学会西部支部学術講演会、2010、pp.267-268

[その他]

ホームページ等

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

辻本 剛三

(TSUJIMOTO GOZO)

神戸市立工業高等専門学校 都市工学科 教授

研究者番号：10155377

(2)研究分担者

山田 文彦

(YAMADA FUMIHIKO)

熊本大学大学院自然科学研究所 教授

研究者番号：60264280

柿木哲哉

(KAKINOKI TETSUYA)

神戸市立工業高等専門学校 都市工学科

准教授

研究者番号：50353298

宇野宏司

(UNO KOHJI)

神戸市立工業高等専門学校 都市工学科

准教授

研究者番号：00435439