

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：82707

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2013

課題番号：22656107

研究課題名(和文) 潮間帯土砂物理 / 砕波水理の融合によるバリア地形学の創成に関する研究

研究課題名(英文) Barrier geomorphology based on intertidal soil-hydro dynamics

研究代表者

佐々 真志 (Sassa, Shinji)

独立行政法人港湾空港技術研究所・その他部局等・チームリーダー

研究者番号：10392979

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円、(間接経費) 570,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、代表者らが世界に先駆けて見出したサクシオン動態効果と漂砂・地形変化のフィードバックによる潮間帯砂州の動的安定原理について、葛西造成干潟と御輿来海岸を対象とした一連の現地観測・調査、室内試験とバー地形動態解析を通じて詳しく検証した。その結果、不飽和域から実質飽和域に遷移し、サクシオン動態による土砂の繰返し弾塑性収縮と表面せん断強度増加が顕著に生じる地形変化過程において、砂州地形の自律安定性が見事に発現することを明らかにした。そして、このような波・流れ外力に対して動的に安定したバリア地形のデザインを提示した。本指針は、今後の干潟・浅場造成事業において広く活用されることが期待される。

研究成果の概要(英文)：A comprehensive set of field observations/surveys, laboratory tests and analyses for the artificially created sandbars in Tokyo Bay, Japan, were performed in order to clarify our recently found mechanism of the morphodynamic stability of intertidal sandbars. The results clearly demonstrated that in the morphodynamic processes where the sediments moved from the unsaturated zone to the saturated zone, namely, where the suction-dynamics induced sediment compaction and associated increase in the surface shear strength became pronounced, the self-stabilization of the intertidal sandbars manifested owing to the impact of the suction dynamics effects on erosion. On the basis of these results, we proposed an optimal design of such dynamically stable sandbars. Our findings can be used widely for the creation and maintenance of such morphological features, which are often crucial for disaster reduction, as well as for conservation and restoration of habitats with diverse biological activity.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学

キーワード：バリア地形 潮間帯 サクシオン 漂砂 津波

### 1. 研究開始当初の背景

沿岸域に発達する砂州(バー)は、波を砕きその背後の海岸を侵食から護る重要な役割を担っている。通常の沿岸砂州は、嵐の際に沖側に移動し穏やかな海の際には岸側に戻る、又は場合によっては消失する。しかし、潮汐変動により干満を繰り返す干潟の砂州は、幾度の台風や暴波浪を経験しても“動かない”ことが長年の謎とされており、その動的安定性は世界の研究者の注目を集めてきた。従来は、専ら波や流れなどの水理的な外力に注目して研究がなされてきたが、代表者らは、このような地盤上の水理とは顕著に異なる地盤内部の土砂物理の役割に着目し、国内外での一連の現地観測・調査、室内模型実験ならびに数値解析を通じて、上述のような砂州の動的安定性がサクシオン動態による繰り返し弾塑性収縮効果と漂砂・地形変動の相互作用によってもたらされることを世界で初めて明らかにし、地球科学分野全体の Top-cited ジャーナルである *Geophysical Research Letters* 誌に掲載され、「革新的」との高い評価を受けた。

### 2. 研究の目的

本研究では、上述のように代表者らが世界に先駆けて見出したサクシオン動態効果と漂砂・地形変動の関わりによる潮間帯砂州の安定原理を砕波水理場に展開することによって、来襲する波・流れ外力に対して自律的に安定した砂州の新体系“バリア地形学”を創成することを目的としている。

### 3. 研究の方法

本目的を達成するために用いた手法は、東京湾葛西造成干潟、熊本県御輿来海岸および新潟県四ツ郷屋・太郎代・太夫浜における一連の現地観測・調査、具体的には、土砂環境動態調査(サクシオン・地下水位・相対密度・せん断強度・飽和度)、地形変動調査、高精度表面波探査、生物種・個体数動態調査と不攪乱土砂サンプルに対する各種の室内土質試験および漂砂・サクシオン動態効果の連成による地形変動解析である。

### 4. 研究成果

砂浜の種類やタイプに依らず、空気進入サクシオン値を基準としたサクシオンが砂浜潮間帯の飽和・不飽和、緩密、硬さ軟らかさ等の多様な土砂物理環境の発現を支配していることを解明した。そして、干潟および砂浜の潮間帯を通じて、サクシオン動態効果と漂砂・地形変化のフィードバックによる潮間帯砂州の動的安定原理が有効に機能し、特に、実質飽和域のサクシオン動態による繰り返し収縮と表面せん断強度増加が顕著に生じる過程において、砂州地形の自律安定性が見事に発現することを明らかにした。本知見は、国内外の河口・沿岸域に常時存在する潮間帯の漂砂・バー地形動態研究の新たなパラダイ

ムを形成するものである。得られた知見に基づき、任意の土砂粒度に対して砂州の自律安定性を最大限発揮しうるような浅場造成高・覆砂厚の最適設計を提示した。本設計指針は、来襲する波・流れ外力に対して動的に安定したバリア地形デザインとして各地の干潟・浅場造成事業において広く活用されることが期待できる。

本研究では、さらに、濤沸湖の湖口砂州の表面波探査および地盤構造評価・分析を通じて、台風時の波・流れと河川流および砂州の相互作用過程を明らかにし、砂州による表面流の減衰効果とこれに伴う土砂の堆積形成史を明らかにした。

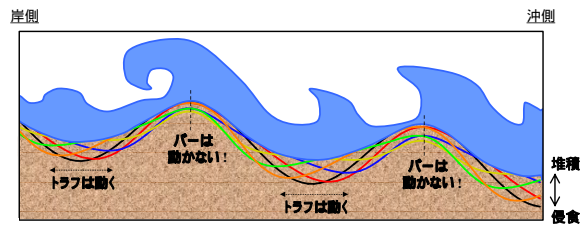


図-1 潮間帯砂州の動的安定原理の解明に基づくバリア地形の概念図 - 東京湾葛西沖の浅場造成事業の設計に活用 -

### 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16件)

- 1) Sassa, S., Yang, S., Watabe, Y., Kajihara, N. and Takada, Y.: Role of suction in sandy beach habitats and the distributions of three amphipod and isopod species, *Journal of Sea Research*, Vol. 85, 336-342, 査読有, doi:10.1016/j.seares.2013.06.005, 2014.
- 2) 佐々真志・渡部要一・梁順普・桑江朝比呂: 干潟・砂浜海岸の生物生態/地形動態に果たす地盤環境の役割—多種多様な生物住環境診断チャートと安定地形の最適設計—, 港湾空港技術研究所報告, 査読無, Vol. 52, No.4, 3-44. 2013.
- 3) Takada, Y., Kajihara, N. and Sassa, S.: Effects of sediment hardness on the upper limit of the distribution of the burrowing amphipod *Haustorioides japonicus* on sandy shores: a field evaluation, *Plankton and Benthos Research*, Vol. 8, No. 4, 195-198. 査読有, 2013.
- 4) 渡部要一・佐々真志・中島美代子: 濤沸湖の湖口砂州の表面波探査による堆積形成史復元結果に対する検証, 土木学会論文集 B2, 査読有, Vol. 69, No.2, 1411-1415. 2013.
- 5) Sassa, S., Watabe, Y., Yang, S. and Kuwae, T.: Ecological Geotechnics, *ISSMGE Bulletin*, Vol. 7, No.3, Invited, 23-33, 査読有, 2013.

- 6) Sassa, S., Watabe, Y., Yang, S. and Kuwae, T.: Ecological geotechnics: Role of waterfront geoenvironment as habitats in the activities of crabs, bivalves, and birds for biodiversity restoration, *Soils and Foundations*, Vol. 53, No. 2, 246-258. 査読有, doi: 10.1016/j.sandf.2013.02.005. 2013.
- 7) Watabe, Y. and Sassa, S.: Sedimentary stratigraphy of intertidal flats with various characteristics, *Soils and Foundations*, Vol. 52, No. 3, 411-429. 査読有, doi: 10.1016/j.sandf.2012.05.003. 2012.
- 8) Yamada, F., Kobayashi, N., Shirakawa, Y., Watabe, Y., Sassa, S. and Tamaki, A.: Effects of tide and river discharge on mud transport on intertidal flat, Case study. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, Vol. 138, No.2, 172-180. 査読有, doi: 10.1061/(ASCE)WW.1943-5460.0000108. 2012.
- 9) Sassa, S., Watabe, Y., Yang, S. and Kuwae, T.: Burrowing Criteria and Burrowing Mode Adjustment in Bivalves to Varying Geoenvironmental Conditions in Intertidal Flats and Beaches, *PLoS ONE*, Vol. 6, No.9: e25041, 2011, 査読有, doi:10.1371/journal.pone.0025041.
- 10) 佐々真志, 渡部要一, 梁順普, 白井一洋: 漂砂 - サクシオン動態効果の連成による生物生息砂州の自律安定と浅場造成高の最適設計, 土木学会論文集 B2, 査読有, Vol. 67, No.2, 1131-1135. 2011.
- 11) 梁順普, 佐々真志, 渡部要一, 岩本裕之, 中瀬浩太: 生物住活動性能チャートによる自然・造成干潟の住み分け評価分析と検証, 土木学会論文集 B2, 査読有, Vol. 67, No.2, 986-990. 2011.
- 12) 渡部要一, 佐々真志, 山田文彦, 林宏一: 中間軟弱層を含む干潟地盤の地層断面推定精度の向上 - MASW と微動アレイ探査の併用, 土木学会論文集 B2, 査読有, Vol. 67, No.2, 1361-1365. 2011.
- 13) 佐々真志, 梁順普, 渡部要一, 梶原直人, 高田宜武: 砂浜海岸における水産有用魚類の餌資源生物分布に果たすサクシオンの役割, 土木学会論文集 B2, 査読有, Vol. 66, No.1, 1126-1130. 2010.
- 14) 佐々真志, 渡部要一, 梁順普: 巣穴底生生物の最適住活動モデルによる土砂環境選択行動とパッチ形成の実証, 土木学会論文集 B2, 査読有, Vol. 66, No.1, 1096-1100. 2010.
- 15) 渡部要一, 佐々真志: 多チャンネル型表面波探査(MASW)に基づく人工干潟安全管理手法の提案, 土木学会論文集 B2, 査読有, Vol. 66, No.1, 1406-1410. 2010.
- 16) Watabe, Y. and Sassa, S.: Evaluation of sedimentation history of sandbars at entrance of lake Tofutsu, Hokkaido, Japan, by MASW technology, *ASCE Geotechnical Special Publication*, No. 210, 1013-1022. 査読有, 2010.
- 〔学会発表〕(計 17 件)
- 1) 佐々真志: 干潟・砂浜の生態地盤学, 第 11 回環境研究シンポジウム, 東京, 2013.
- 2) Sassa, S.: A new principle on morphodynamic stability and its application to shallow sea reclamation project, *Stratodynamics Workshop*, Nagasaki, 2013.
- 3) Sassa, S., and Watabe, Y.: The impact of suction dynamics effects on erosion: Dynamic stability and optimal design of intertidal sandbars, *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference on Scour and Erosion*, Paris, 114-121, 2012.
- 4) Sassa, S., Watabe, Y., Yang, S. and Kuwae, T.: Role of waterfront geoenvironment as habitats in the activities of crabs, bivalves, and birds for biodiversity restoration, *Proceedings of the 4th International Ecosummit: Ecological Sustainability Restoring the Planet's Ecosystem Services*, Columbus, 2012.
- 5) 佐々真志: 人工干潟に関する研究, 浚渫土を活用した干潟造成技術に関するシンポジウム, 広島, 2012.
- 6) Sassa, S., Watabe, Y., Yang, S. and Kuwae, T.: Biogeophysical interactions between behavior of crabs, bivalves and birds and intertidal geoenvironmental variability. *American Geophysical Union Fall Meeting 2011*, San Francisco, 2011.
- 7) Watabe, Y. and Sassa, S.: Stratigraphy of intertidal flats with various scales and soil types: Sandflats, mudflats, and subtropical intertidal flats. *Proceedings of the 21th International Offshore and Polar Engineering Conference*, Maui, 365-372, 2011.
- 8) Sassa, S. and Watabe, Y.: Role of suction dynamics effects in intertidal sandbar morphodynamics. *Proceedings of the 7th International Symposium on Coastal Engineering and Science of Coastal Sediment*, Miami, 824-834, 2011.
- 9) Sassa, S. and Watabe, Y.: Role of Waterfront Suction in Morphodynamics and Benthic Ecology of Intertidal flats. *Proceedings of the 8th International Symposium on Ecohydraulics*, Korea, 1297-1304, 2010.
- 10) Sassa, S. and Watabe, Y.: Physical modeling for Ecological Geotechnics, *Proceedings of the 7th International Conference on Physical Modelling in Geotechnics*, Zurich, 1483-1488, 2010.
- 11) 佐々真志, 渡部要一, 梁順普, 白井一洋:

- 干潟砂州の自律安定機構の解明と覆砂高の最適設計, 第 46 回地盤工学研究発表会講演集, 2139-2140, 神戸, 2011.
- 12) 梁順普, 佐々真志, 渡部要一, 岩本裕之, 中瀬浩太: 生物住活動性能チャートによる自然・造成干潟の住み分け分析と検証, 第 46 回地盤工学研究発表会講演集, 2131-2132, 神戸, 2011.
  - 13) 渡部要一, 佐々真志, 山田文彦, 林宏一: 中間軟弱層を有する砂質干潟における MASW の適用と測定精度向上に関する研究, 第 46 回地盤工学研究発表会講演集, 2135-2136, 神戸, 2011.
  - 14) 佐々真志: 生態地盤学: 干潟・砂浜海岸の生態系・地形動態に果たす土砂物理環境の役割, 第 9 回海環境と生物および沿岸環境修復技術に関するシンポジウム **特別講演**, 広島, 1-52, 2010.
  - 15) 佐々真志, 渡部要一, 梁順普: 巣穴底生生物の土砂環境選択行動とパッチ形成の実証, 第 45 回地盤工学研究発表会講演集, 2029-2030, 松山, 2010.
  - 16) 佐々真志, 梁順普, 渡部要一, 梶原直人, 高田宜武: 水産有用魚類の餌資源生物分布に果たすサクシヨンの役割, 第 45 回地盤工学研究発表会講演集, 2031-2032, 松山, 2010.
  - 17) 渡部要一, 佐々真志: 多チャンネル型表面波探査(MASW)による人工干潟安全性評価, 第 45 回地盤工学研究発表会講演集, 2037-2038, 松山, 2010.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

佐々 真志 (SASSA SHINJI)  
独立行政法人港湾空港技術研究所 地盤  
研究領域 チームリーダー  
研究者番号: 10392979

### (2) 研究分担者

渡部 要一 (WATABE YOICHI)  
独立行政法人港湾空港技術研究所 地盤  
研究領域 チームリーダー  
研究者番号: 00371758

栗山 善昭 (KURIYAMA YOSHIAKI)  
独立行政法人港湾空港技術研究所 特別  
研究官  
研究者番号: 60344313

山田文彦 (YAMADA FUMIHIKO)  
熊本大学自然科学研究科 教授  
研究者番号: 60264280