

平成 22 年 3 月 31 日現在

研究種目： 基盤研究（B）
 研究期間： 2007～2009
 課題番号： 19360213
 研究課題名（和文） 高解像度の海浜海底地形環境評価法の開発と砂浜海岸保全への適用
 研究課題名（英文） High-resolution coastal geomorphology studies of beach erosion
 研究代表者 関口 秀雄（SEKIGUCHI HIDEO）
 京都大学・防災研究所・教授
 研究者番号： 20027296

研究成果の概要（和文）： わが国では海岸侵食により、毎年 160ha におよぶ砂浜面積が消失し、沿岸域の環境・防災上、深刻な課題になっている。その背景には、河川から海に供給される土砂量の減少や、海岸保全構造物の設置による沿岸漂砂（海中での砂の汀線に平行な動き）の分断化が挙げられる。このような海岸（孤立した漂砂系）においては、暴浪時に堆積物が沖合に流出すると、砂浜の地形を長期的には維持できないおそれがある。本研究では、孤立漂砂系に遷移した砂浜海岸の典型例として大湊海岸を取りあげる。海底地形の変化を高解像度で計測することにより、汀線の動きからは読み取るのが難しい海底の地形変化の特性（顕著な海底侵食の進行）を明らかにしている。

研究成果の概要（英文）： Beach erosion is a long-standing serious issue in Japan and extensive lengths of coastlines have been protected with seawalls, detached breakwaters, artificial reefs and so forth. The extreme cases of such compartmentalization in the sediment dispersal system render sandy beaches totally isolated from otherwise available sources of sediment supply. The authors took up Ogata Beach on the coast of Joetsu as one such example and revealed the occurrence of significant seabed erosion in the areas that were situated offshore of the artificial reefs and had water depths larger than the so-called closure depth.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	7,800,000	2,340,000	10,140,000
2008 年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2009 年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
年度			
年度			
総計	15,200,000	4,560,000	19,760,000

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： 地盤環境

1. 研究開始当初の背景

(1) わが国では河川等による陸域から海への土砂供給が激減している。そのため、毎年160haにおよぶ海浜面積が海岸侵食により減少し、海岸域の環境・防護・利用の面から深刻な課題になっている。

(2) 砂浜海岸を保全するために、最近では、ヘッドランド等の海岸保全構造物を設置することにより砂浜海岸を小区間に分けて、その間に養浜を行う工法が広く用いられている。しかし、暴浪時には養浜砂が沖合に流出し、砂浜環境の維持に苦慮している海岸が多いのが実情である。

(3) その背景として、現行の海浜変形予測法の限界を直視する必要がある。海岸工学の実務モデルでは、卓越波向きを考慮し、年間の平均的な波浪エネルギーフラックスを評価して、それと半経験的な土砂輸送則を組み合わせたものが主流である。この方法によると、沿岸漂砂（汀線に平行な土砂輸送）はかなりよく表現できる。しかし、暴浪による大規模かつ急激な岸沖方向の土砂輸送や地形変化を考慮することは困難である。

(4) 漂砂の物理過程として、暴浪時の波の遡上による海浜侵食（浜崖の形成や砂丘の侵食）の機構には不明な点が多い。外浜と内側陸棚を結ぶ土砂輸送の実態についても、知見が乏しい。したがって、漂砂セルの土砂収支を検討するうえで不可欠な陸側および海側の境界条件を精度高く設定することは、現況では困難である。

2. 研究の目的

(1) 近年、流域の都市化や生態環境保全の進展にともない、かつては主要な漂砂源であった河川からの土砂流出や海崖からの岩屑供給、あるいは砂丘侵食による堆積物供給をほとんど期待できない砂浜海岸が増加している。顕在化してきた砂浜侵食を制御するために各種の海岸保全構造物が設置され、孤立した漂砂系の集合体に遷移した砂浜海岸も多い。したがって、暴浪イベントに対する応答を視野に入れて、孤立漂砂系における海底地形変動の実態究明を進めることは、砂浜海岸の保全の施策上からも喫緊の課題である。

(2) わが国の砂浜海岸の成り立ち、特に日本

海に面する砂浜の地形環境に着目すると、後背砂丘が果たしてきた自然の砂貯留(buffer)機能の重要性に気づく。海岸道路等によって砂浜と砂丘が分断されると、砂浜—砂丘間の堆積物循環機能が損なわれ、暴浪イベント時の砂浜侵食が累積するおそれがある。その定量的な解明も重要な課題である。

(3) 本研究では、海岸侵食に悩む孤立漂砂系の代表例として上越地域海岸（大潟海岸）を取り上げ、高解像度の海浜海底地形環境計測法の適用により、イベント過程を織り込んだ地形変化過程の特質を明らかにすることを目的とする。

(4) 海岸侵食の中長期的マネジメントには、リスクコミュニケーションの進展、普及が欠かせない。その基盤醸成のうえに、比較流域学の視点が重要になる。大潟海岸は、典型的な砂浜・砂丘・潟湖系を構成している。砂浜・砂丘・潟湖系は、海面上昇に対して最も敏感に影響を受ける環境システムの一つであり、国際的にも、海岸砂丘や浜堤が有する自然の防波堤機能（地形の高まり効果）への期待は大きい。したがって、本研究は、災害リスクの高いアジア地域メガデルタにおける海岸保全の **capacity building** に繋げるうえにも、有力な視座を与える。

3. 研究の方法

(1) 本研究における方法論は次の三つの柱からなる。すなわち、「漂砂・海浜変形過程に係る複雑流体アプローチ」、「高解像度の海底地形環境評価」、「砂浜—砂丘堆積環境の連関の分析」である。以下、それらの要点を簡潔に述べる。

(2) 漂砂・海浜変形過程に係る複雑流体アプローチ

(i) 一般に海底床には砂漣が形成されている。砂漣の存在による浮遊砂雲の巻上げと沈降のタイミングが、漂砂フラックスの方向と大きさに及ぼす影響を把握するために、一連の波浪水槽実験を行った。

(ii) 波浪負荷が厳しくなると、砂漣は消失し、シートフローが生じる。シートフローと液状化・流動化の物理との繋がりを明らかにし、沖合への土砂流出の機構予測に繋がるために、水中堆積物重力流解析コード LIQSEDFLOW(Sassa, Miyamoto and Sekiguchi,

2003; Proc. 1st Int. Symp. Submarine Mass Movement and their Consequences) の拡張を行った。

(3) 高解像度の海底地形環境評価

(i) 上越地域海岸における空間情報基盤の整備； 重点調査地域に選定した上越地域海岸の海岸地形環境の変遷(数10年~100年オーダー)を把握するために、古地形図、深淺測量成果図(新潟県)、既存海上ボーリング柱状図、空中写真、高田平野地盤図等の収集、分析を行った。上越地域海岸の地形環境と波候の概要を図1に示す。

(ii) 三次元サイドスキャンソナー(C3D)計測による高解像度の海底地形評価； 2008年7月および2009年7月の2回にわたって、大潟海岸においてC3D計測を実施した。計測成果は、平面2mグリッドにおける水深のデジタル・データセットである(水深計測精度は概ね10cm)。

(iii) 海底堆積物のバイプロコアサンプリングと堆積相解析； 2009年7月に、大潟海岸の海底堆積物の特徴を把握し漂砂動態との繋がりを調べるために、2測線、計12地点においてバイプロコアサンプリング(VCS)を実施した。

(iv) 海底の砂漣の形態観測； 上述のバイプロコアサンプリングの時期に合わせて、計12地点において砂漣の形態(波長、波高、波峰線の方位)を計測した。同時に、粒度分析用の底質試料を採取した。

(4) 砂浜—砂丘堆積環境の連関の分析

大潟海岸の後背には、わが国有数の海岸砂丘である潟町砂丘が分布する(最大比高=約30m；砂体体積=2.2億m³)。後浜—砂丘斜面の表層堆積環境を同定するために、牽引式比抵抗探査、表面波探査および地中レーダー探査

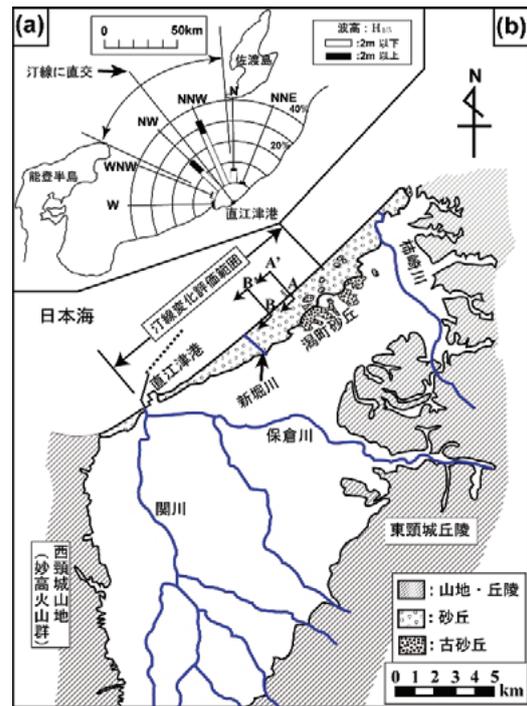


図1 上越地域海岸：(a)波候特性と(b)位置図

を実施した。合わせて、オーガーボーリングにより、粒度分析用の堆積物試料を採取した。

4. 研究成果

(1) 上越地域海岸における砂浜侵食の遷移
国土地理院発行の1/25000地形図(旧版および最新版)を活用し、GISに基づいて各年代における汀線位置の変化を調べた。

(i) その結果、当海岸域では1991年頃までは汀線の後退が顕著である。具体的には、1914年当時の汀線位置より約60m後退している。
(ii) 1991年以降は、侵食対策として実施された一連の海岸保全構造物の設置効果により、汀線は固定化(安定している)。

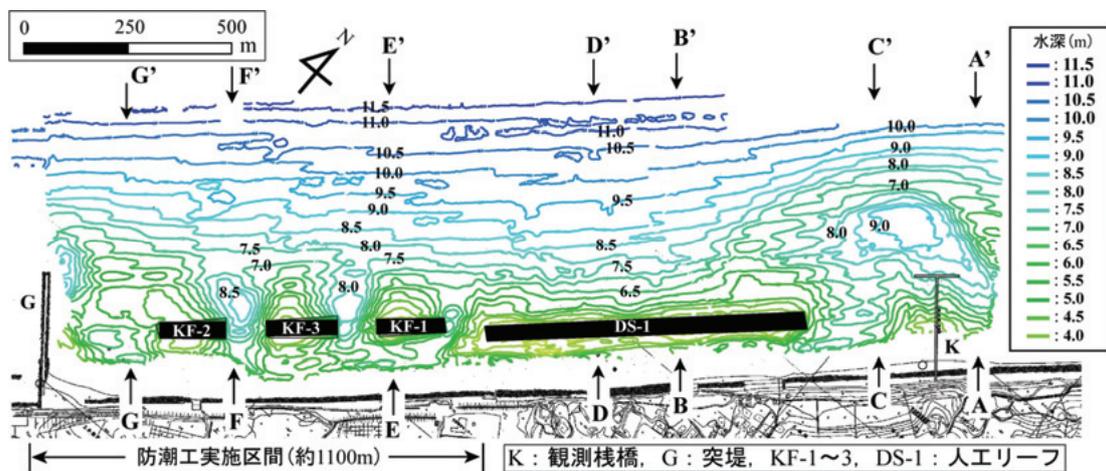


図2 3次元マルチサイドスキャンソナー(C3D)にもとづく大潟海岸の等深線図

(iii)しかし、最近 10 年の間に既往最大有義波高が 2 度更新されており、護岸構造物や砂丘法面の被災が頻発している。したがって、地形図上には反映されない水面下の海底地形は変化していることが推察される（本研究での C3D 計測によりこの推論は実証された）。

(2) 大潟海岸（孤立漂砂系）の海底地形変化の特徴

3 次元サイドスキャンソナー(C3D)計測による成果の一例（水深 0.5m 間隔の等深線図）を図 2 に示す。同図より、以下のような海底地形変化の特徴を読み解くことができる。

(i) 当海岸域では波浪による地形変化限界水深は 8m とみなされてきたが、実際には、水深 8m を超える海域（人工リーフの沖合）において大規模な湾入侵食地形が形成されている。

(ii) 人工リーフ（天端水深 2m）周りの水域において局所的に顕著な地形変化（侵食）が生じている。人工リーフ上では水深が浅くなるために波の屈折による向岸流が発達し、それが直立防潮護岸等で反射し強い戻り流れを誘発している可能性が高い。

(iii) 局所的な地形変化による、人工リーフより岸側水域の水深増加は越波災害リスクの増大に繋がる。

(iv) 海岸保安林前面の防潮護岸と海岸保全構造物である人工リーフの連携による、面的な海岸環境保全の質の向上が望まれる。

(3) 砂浜—砂丘系における漂砂環境の連関
高解像度の海底地形計測(C3D)、海底堆積物採取(VCS)、砂丘斜面における一連の物理探査の位置図を図 3 に示す。同図には既存海上ボーリング(TOP_1; 帝国石油,1961)と既存陸上ボーリング(CC_1)の実施位置も示す。これらの地形・堆積環境情報を統合し分析した結

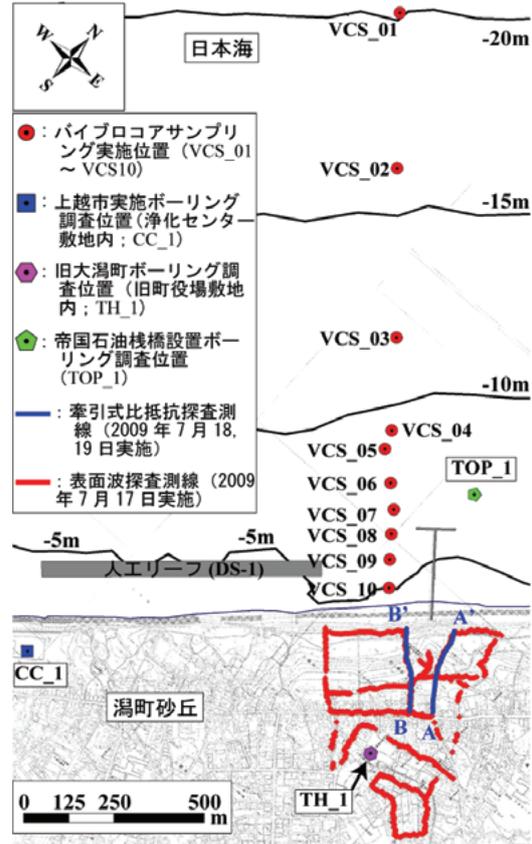


図 3 ボーリング柱状図および地層採取位置と物理探査実施測線の位置説明図

果を以下にまとめる（図 4 参照）。

(i) 潟町砂丘の沖合の海底に砂丘体（古砂丘）が埋没している。

(ii) その証拠となる粘土塊とシルト層試料の採取(VCS_6)は、同水域において過去 50 年間に約 3m の海底侵食が進行した結果、パイプロコアリング技術の適用とあいまって初めて可能になったものである。

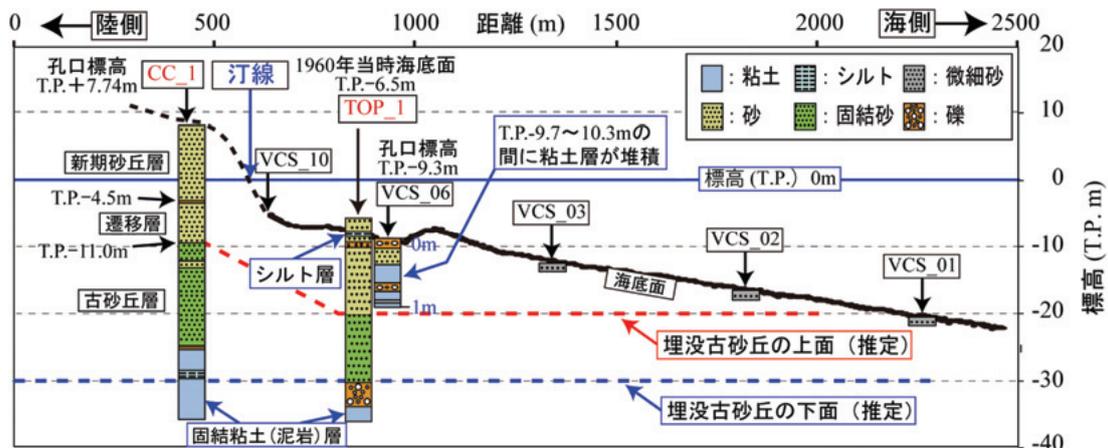


図 4 海底表層堆積物と漂砂系土砂収支との関わり

(iii)大瀨海岸域では海底地形変化(侵食)が周辺海域よりも顕著であり、埋没古砂丘体が現世の漂砂源(あるいは rock control)になっている可能性がある。

(4) 今後の展望

従来型の海浜変形予測モデルでは、漂砂のフローに議論が集中し、砂浜の stock(堆積物資産)の形成と規模については関心外となる傾向が見受けられる。しかし、孤立漂砂系に遷移した砂浜海岸が増加している現況を省みると、砂浜海岸の持続性に直結する堆積物 stock の議論をさらに深める必要がある。その意味からも砂浜—砂丘系の堆積環境の連関について、さらなる調査研究が望まれる。

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 6 件)

- ① Yamaguchi, N. and Sekiguchi, H.(2010). Effect of velocity hiatuses in oscillatory flow on migration and geometry of ripples: wave-flume experiments, *Sedimentology*, Vol. 57, 720-733 (査読有)。
- ② 東良慶・関口秀雄・蔡曙伍・渡邊康司(2009). 漂砂系土砂収支の把握に向けた浅海域高解像度海底地形計測の試み, 海岸工学論文集, 56 巻, 141-150 (査読有)。
- ③ 佐々真志・関口秀雄(2009). LIQSEDFLOW: 水中堆積物重力流れに果たす二相系物理の役割, 海岸工学論文集, 56 巻, 536-540 (査読有)。
- ④ 間瀬肇・安田誠宏・勝井伸吾(2008). 海浜変形評価に供する長期間の波浪・風時系列のモデル化—上越地域海岸を対象として, 海岸工学論文集, 55 巻, 426-430 (査読有)。

[学会発表] (計 12 件)

- ① 関口秀雄・東良慶(2010). 漂砂流砂環境と海浜変形の繋がり: 海岸侵食に学ぶ多様な課題、日本応用地質学会関西支部特別講演、2010年5月14日、大阪市立大学文化交流センター。
- ② Sekiguchi, H., Azuma, R. and Yamaguchi, N. (2010). Coastal erosion-A suite of multi-scaled processes, Int. Symp. on Water and Sediment Disasters in East Asia, 2010年3月23日, 京都大学防災研究所きはだホール。
- ③ 関口秀雄・東良慶(2009). 沿岸域における堆積物動態と地形変化をとらえる試み: 環境防災を視野に入れて、日本堆積学会 2009 年京都・枚方大会、2009年3月29日、大阪工業大学枚方キャンパス。

[図書] (計 1 件)

- ① 関口秀雄・東良慶・山口直文・原口強(2009). 漂砂流砂系における堆積物動態と地形変化のとらえ方, 日本堆積学会ショートコーステキスト, 132pp.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

関口 秀雄 (SEKIGUCHI HIDEO)
京都大学・防災研究所・教授
研究者番号: 20027296

(2) 研究分担者

間瀬 肇 (MASE HAJIME)
京都大学・防災研究所・教授
研究者番号: 30127138
武藤 裕則 (MUTO YASUNORI)
京都大学・防災研究所・准教授
研究者番号: 40263157
釜井 俊孝 (KAMAI TOSHITAKA)
京都大学・防災研究所・教授
研究者番号: 10277379
芹澤 重厚 (SERIZAWA SHIGEATSU)
京都大学・防災研究所・助教
研究者番号: 70301249
原口 強 (HARAGUCHI TSUYOSHI)
大阪市立大学・理学研究科・准教授
研究者番号: 70372852

(3) 連携研究者

小林 智尚 (KOBAYASHI TOMONAO)
岐阜大学・工学研究科・教授
研究者番号: 50205473

(4) 研究協力者

東 良慶 (AZUMA RYOUKEI)
京都大学・防災研究所・助教
研究者番号: 50464201