

# 砂浜海岸における土砂収支評価・ 津波減災効果に関する検討 ～九十九里浜海岸を例として～

STUDY ON EVALUATION OF SEDIMENT BUDGET AND  
TSUNAMI MITIGATION EFFECT OF SANDY BEACH  
— AN EXAMPLE OF KUJUKURI BEACH —

中田遥香<sup>1</sup>・二瓶泰雄<sup>2</sup>・梶純也<sup>1</sup>

Haruka NAKADA, Yasuo NIHEI and Jyunya KAJI

<sup>1</sup>学生員 学 (工) 東京理科大学大学院 理工学研究科土木工学専攻修士課程  
(〒278-8510 千葉県野田市山崎2641)

<sup>2</sup>正会員 博 (工) 東京理科大学准教授 理工学部土木工学科 (同上)

Comprehensive management for sandy beach is necessary to perform both the protection due to coastal hazard like tsunami and conservation of coastal environments. In the present study, we examined tsunami mitigation effects in sandy coasts and estimated sediment budget for sandy coasts. For these purposes, we conducted field measurements and data analysis in the Kujukuri beach with sandy coasts. The results indicated that 1) wide beach width (> 50 m), offshore breakwater and uniform dune height may decrease appreciably tsunami-overflowing erosion of the dunes, and 2) the sediment supply from inlands into Kujukuri beach was comparable to that from coastal cliff. This means that the comprehensive measures for beach erosion may have an important role for tsunami mitigation in sandy coasts.

**Key Words :** tsunami, sandy coast, beach erosion, sediment budget, Kujukuri beach

## 1. 序論

1999年の海岸法改正前までは、津波・高潮・波浪等の海岸災害に対する「防護」を主眼に置いた海岸保全が行われていた。同法改正後、「防護」に加え「利用」と「環境」に調和した海岸づくりが謳われ<sup>1)</sup>、海岸環境保全の重要性が認知された。また、砂浜海岸はウミガメの産卵場となるなど海岸固有の生態系を育む機能も有し<sup>2)</sup>、生態系保全の面からも適切な砂浜海岸保全が望まれている。

海岸保全上の長年の課題として、海岸侵食問題が挙げられる<sup>3)</sup>。本研究で対象とする千葉県九十九里浜は、かつては100mを越える幅を有する全国有数の砂浜海岸であったが、ここ数十年間にわたり汀線後退が顕在化した。海岸侵食の要因として、九十九里浜の北側・南側に位置する海食崖の侵食防止工建設に伴い土砂供給量が減少したことや、漁港やヘッドランドの建設による沿岸漂砂の移動阻害が挙げられる<sup>3)</sup>。しかしながら、砂浜形成には陸域から河川経由の土砂供給過程に関わるものと想定されるが、九十九里浜に限らず、河川影響の本格的な検討事例は一部の海岸<sup>4)</sup>に限定される。また、一般の土砂収支ではフロー(輸送量)に関する議論は行われるが、有

限な海岸土砂のストック量に着目した検討は無い。

さらに、新たな課題として、2011年東北地方太平洋沖地震による巨大津波<sup>5)</sup>からの復興がある。現在の復興計画としては、百数十年に1度の津波(レベル1津波)<sup>6)</sup>を防護するための防潮堤建設が計画されている。そこでは、高さ10m程度、表・裏のり面勾配が3割という巨大な防潮堤となり、一部では、砂浜海岸の大部分が防潮堤により消失することになる(例えば、宮城県気仙沼市大谷海岸<sup>7)</sup>)。このため、現況の砂浜海岸環境を最大限生かした津波防災・減災対策を進めていく必要がある。砂浜海岸には、砂浜そのものや陸側には砂丘や海岸林(防潮林)があるほか、海側には様々な人工構造物(離岸堤、突堤等)がある。このうち海岸林の防潮機能に関しては多くの研究がなされ<sup>8)・9)</sup>、最近では砂丘の効果に着目した研究も行われつつある<sup>10)~12)</sup>。しかしながら、砂浜自体や防波機能を備える離岸堤などの防潮機能の検討は少ない。

本研究では、東日本大震災において津波が来襲し、かつ、海岸侵食問題を抱える千葉県九十九里浜海岸を例に、砂浜海岸の海岸侵食問題や津波減災対策という新旧の課題を検討する。海岸侵食に関しては、海岸土砂の起源推

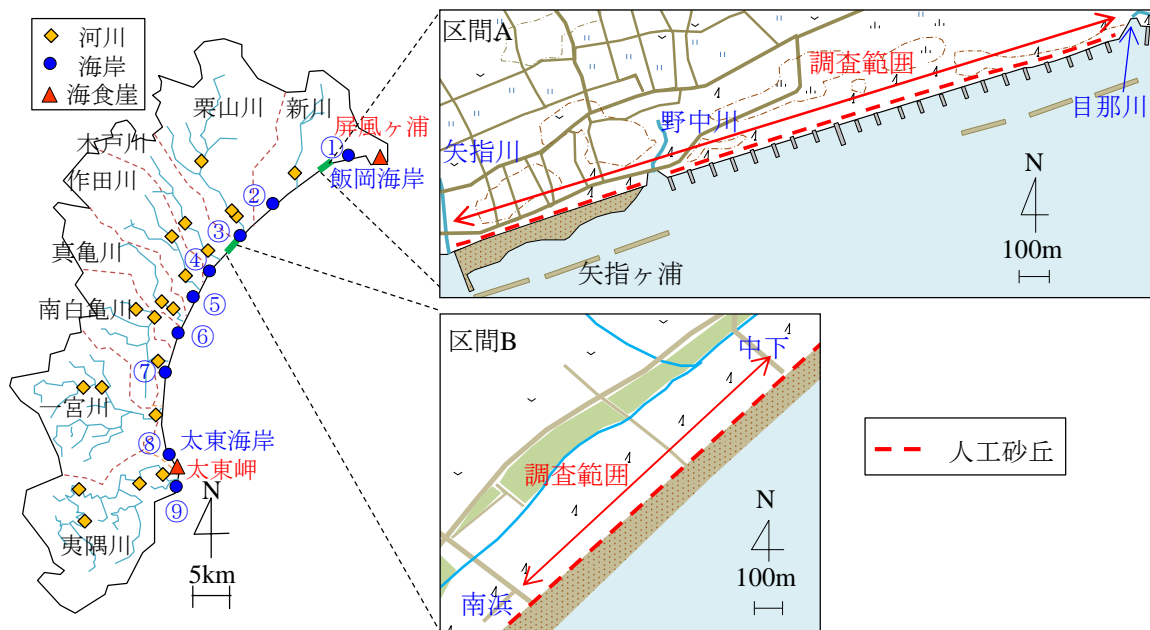


図-1 九十九里浜流域（流入河川の流域）内における調査範囲

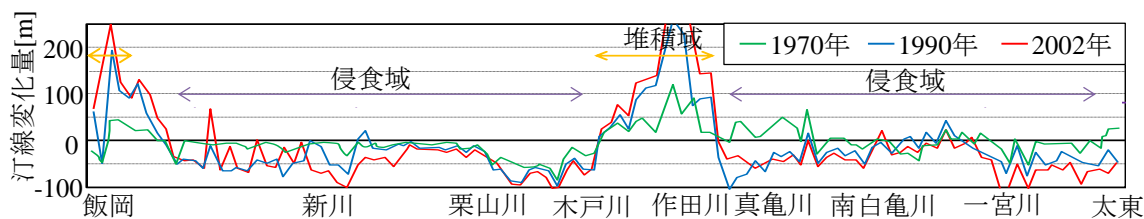


図-2 調査範囲における 1948 年を基準にした汀線変化量の沿岸方向変化<sup>13)</sup>

定及び流域からの土砂供給量、海岸部での土砂ストック量を算定し、陸域影響を考慮した九十九里浜の土砂収支を検討する。また、津波減災対策として、砂浜条件や防波堤の有無による効果を検証する。このため、①九十九里浜及び流入河川における底質環境調査、②簡易モデルに基づく流入河川の土砂供給量推定、③海岸測量による土砂ストック量の把握、④人工砂丘の津波侵食量調査、という現地調査や解析を行った。

## 2. 九十九里浜とその流域の概要

太平洋に面する九十九里浜は、図-1に示すように、北の海食崖である屏風ヶ浦から南の太東岬に挟まれた延長約 60km の砂浜海岸である。1948 年を基準とした汀線変化量データ<sup>13)</sup>を見ると(図-2)、北側の飯岡地区や中央部の片貝漁港付近は堆積傾向であるが、その他の大部分は侵食傾向であり、過去 50 年あまりで 100m も汀線が後退した所も見られる。この九十九里浜には、主に 7 つの河川(北から新川、栗山川、木戸川、作田川、真亀川、南白亀川、一宮川)が流入し(図-1)、流域面積が最大なのは栗山川である(=276.2km<sup>2</sup>)。また太東岬より南の夷隅川からの流出土砂も影響している<sup>14)</sup>。流域における表層地質としては、河川上流部は成田層、中・下流域や

海岸部は沖積層である<sup>15)</sup>。また、流域の土地利用特性としては、上流部には山林や畑、下流部には水田や畑が多い。東日本大震災では、九十九里浜の中では飯岡海岸がある旭市において死者・行方不明者 15 人と千葉県内最大の被害が生じた。そこでの津波浸水高は約 6m であった<sup>16)</sup>。

## 3. 研究方法

### (1) 底質環境調査

海岸土砂の起源を調べるために、図-1に示す河川 20 か所、九十九里浜全体の海岸 22 か所、海食崖 4 ヶ所にて土砂を採取した(採取日:2011/6/4, 7/6, 10/4, 2013/7/2-3)。海岸土砂の採取位置は汀線付近の深さ 5cm としているが、2013 年の採取時のみ表層から深さ 0~5cm, 5~10cm の 2 つのサンプルを採取した。河川と海食崖は表層 10cm 以内でサンプルを採取した。土砂サンプルの分析項目は、全地点において粒径分布及び有機物指標である強熱減量 II とした。また 2011 年に採取した土砂サンプルのうち河川 12 ヶ所、海岸 9 ヶ所、海食崖 4 ヶ所については、全自動蛍光 X 線分析装置 (Magix PRO, フィリップス社製) により構成元素を分析した。なお、図-1 中の①~⑨は、後述するクラスター分析の対象地点(海岸)である。

## (2) 流入河川からの土砂供給量推定法

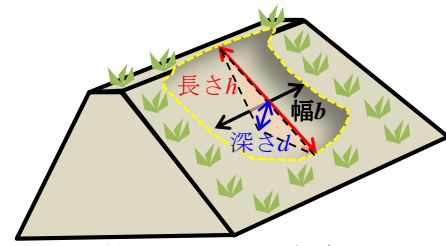
流入する7河川から海域への土砂供給量を求めるために、海岸地形変化に直接影響する掃流砂量を対象に、流量の時系列データと掃流砂量式を用いて、時々刻々の掃流砂量を算定した。流量算定には、MIKE11 (DHI 社製) に組み込まれている流出モデル (Urban model) を用い、2008/1/1~2009/12/31の2年間における1時間毎の流量データを算出した。また、得られた流量計算結果等を代表的な掃流砂量式である芦田・道上式<sup>17)</sup>に代入し、限界掃流力<sup>18)</sup>も考慮して時々刻々の掃流砂量を求めた。

## (3) 海岸測量

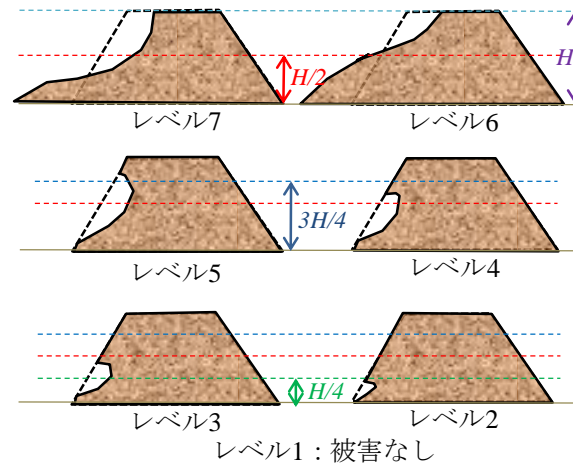
砂浜の汀線後退状況や土砂のストック量を把握するために、岸沖断面測量と汀線位置計測を行った。岸沖断面測量では、汀線から砂丘前面までの測量を VRS 方式 RTK-GPS (R4, Trimble製) もしくはデジタルレベル (SOKKIA 製) を用いて実施した。調査日は2012/5/24, 7/5, 2013/7/2-3である。調査範囲は、図-1に示す飯岡海岸から作田川河口までとし、合計47断面の測量を行った。また、汀線計測では、同範囲において高精度 GPS (Mobile Mapper Office, MAGELLAN 製) を用い、潮位補正を行って汀線位置を求めた (調査日: 2012/8/31, 10/16, 2013/7/2-3)。なお、陸側境界は砂浜背後の海岸堤防や道路とした。平均海面を越える部分の土砂を海岸保全に使用できる“ストック量”と見なし、これらの測量結果を用いてストック量を求めた。

## (4) 津波侵食量調査

砂浜条件が津波減災効果に及ぼす影響を評価するために、ここでは、砂浜背後の人工砂丘に残された侵食痕を利用することとした。まず、図-1中の区間A (目那川河口から矢指川河口まで) にある人工砂丘を対象として、人工砂丘背面の侵食痕の長さ $h$ や幅 $b$ 、深さ $d$ を計測した (図-3 (a))。ここでは、天端高さは概ね同一であるが (5.1~6.0T.P.m, 比高約2.5m)、砂浜幅や防波堤の有無等が異なる条件となっている。これらから侵食体積 $V$ を求める際には、現地にて厳密に $V$ を計測することは難しいので、侵食部中央の形状を三角形とし、その形状が沿岸方向に続くものとして、 $V=(h*d/2)*b$ として与えた。調査日は2012/8/31, 10/16, 11/29である。また、離岸堤が無く砂浜幅はほぼ同一であるが、砂丘天端高が一樣でない海岸として、区間B (中下海水浴場と南浜海水浴場の間) の人工砂丘における侵食痕調査も行った。この砂丘の比高は4.0mと区間Aの砂丘より高く、侵食量計測に労力と時間を要するため、ここでは、目視と写真判定により、砂丘天端から背面における侵食状況を図-3 (b) に示す7段階で評価した (調査日: 2013/7/3)。ここでは、被害無し (レベル1)、背面のみ侵食 (レベル2~5)、天端・背



(a) 区間Aにおける計測概要



(b) 区間Bにおける侵食レベルの分類  
図-3 津波侵食状況調査

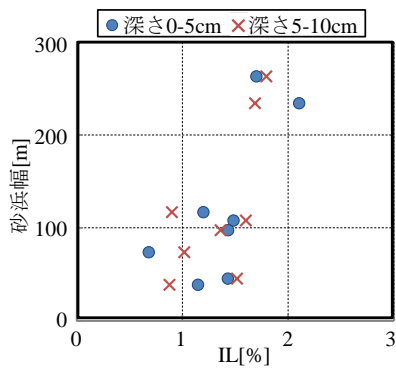
面の侵食 (レベル6, 7) とし、侵食高さに応じてレベル分けした。

この侵食量調査と合わせて、岸沖断面測量や砂丘・海岸堤防の天端高調査を RTK-GPS を用いて行った (海岸堤防は区間Aのみ)。なお、調査日が震災発生から2年以上経過している時もあるが、震災直後の航空写真なども用いて、調査時の状況と大きな差が無いことは確認している。

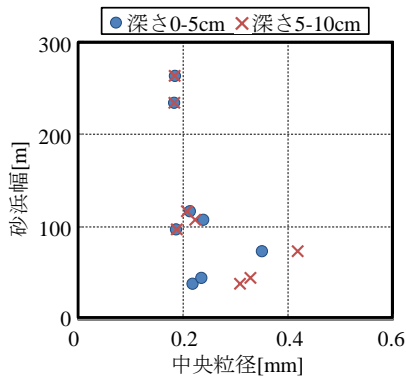
## 4. 海岸土砂の起源や土砂収支の検討

### (1) 砂浜幅と底質環境の関係

まず、海岸における底質環境の基本特性を把握するために、底質中の強熱減量 IL 及び中央粒径と砂浜幅の相関図を図-4に示す。ここでは、2013年に採取されたサンプルを図-4に示す。ここでは、2013年に採取されたサンプルであり、深さ0~5cm, 5~10cmの結果を表示している。これを見ると、砂浜幅と強熱減量 IL の間には正の相関が見られ、砂浜幅が広がると強熱減量 IL も大きくなる。また、砂浜幅と中央粒径に関しては、負の相関関係となっており、砂浜幅が大きいほど中央粒径が小さくなっている。これは、離岸堤などにより波を弱めている場所や汀線が大きく前進した場所では、粒径の小さな底質を留めている。一方、砂浜幅が後退している場所 (図-2) では中央粒径が大きい。また、一般に粒径が小さいほど有機物量は大きくなることから、有機物指標である強熱減量と砂浜幅は正の相関になったものと考えられる。



(a) 強熱減量 IL と砂浜幅



(b) 中央粒径と砂浜幅

図-4 海岸部での砂浜幅と底質環境の比較

また、深さ 0~5cm と 5~10cm の観測結果には明確な差異は確認されなかった (図面省略)。表層近傍の土砂サンプルの代表性についても疑義があるものの、本結果より、表層 0~5cm のサンプルも問題ないものと考えられる。このため、2011 年には採取した土砂サンプルは全て表層 0~5cm であるが、解析に用いても問題ないものと思われる。

## (2) 海岸土砂起源の検討

海岸及び供給源と考えられる海食崖や河川の土砂環境を比較するために、中央粒径及び構成元素の一つである二酸化ケイ素 ( $\text{SiO}_2$ ) の元素含有量の相関図を図-5 に示す。この  $\text{SiO}_2$  は海岸砂を構成する元素の中で最も含有量が多い。また、図-5 では、海食崖と河川、海岸を色分けして表示している。これより、二酸化ケイ素  $\text{SiO}_2$  については三者間で大きな差は見られない。一方、中央粒径に関しては、河川と海岸の底質は細砂 (0.125~0.25mm) や中砂 (0.25~0.5mm) に含まれるのに対して、海食崖の粒径区分はシルト (0.0039~0.0625mm) であり、海岸砂よりも非常に小さい。このため、海岸に残存している底質が海食崖からのものである可能性は低い。

より詳細に検討するために、全構成元素 (22 項目) に対してクラスター分析を行った結果を図-6 に示す。これより、図-2 に示されている堆積傾向の海岸④と⑤では、

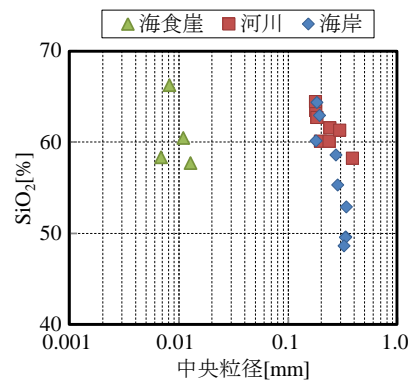


図-5 海食崖と河川、海岸における中央粒径と  $\text{SiO}_2$  の関係

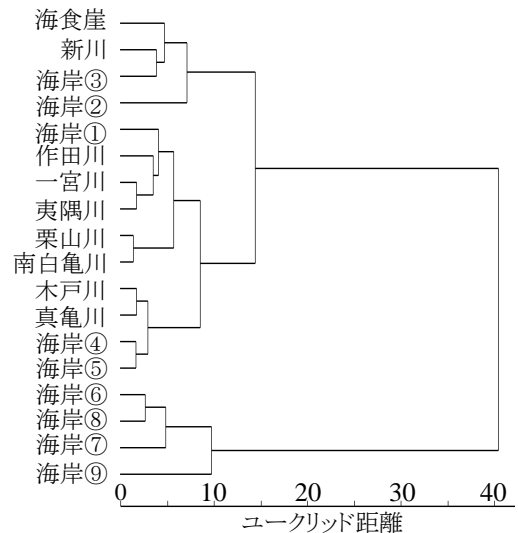


図-6 底質環境のクラスター分析結果

同海岸近くに河口を持つ流入河川 (真亀川や木戸川) と類似性が高い。一方、九十九里浜南部の侵食傾向の海岸⑥~⑨はどの河川とも類似度は低い。また、北側の侵食海岸 (地点②, ③) は海食崖や新川と類似度が高い。以上の結果をまとめると、堆積海岸 (④, ⑤) や北側の海岸 (②, ③) では近隣の河川が重要な供給源となっているものと推察されるが、南側の侵食海岸では別の供給源 (太東岬等) が考えられる。この太東岬のサンプル採取と分析は行っておらず、今後、検討する必要がある。

## (3) 九十九里浜北部における土砂収支

九十九里浜北部における土砂収支特性を検討するために、海食崖からの土砂供給量や沿岸漂砂量<sup>13)</sup> (図中黒矢印) に関する既存データ (年間換算) に加えて、本研究で算出された流入河川 (新川, 栗山川, 木戸川) からの土砂供給量を記したものを図-7 に示す。また、図中には、本観測により得られた海岸土砂のストック量も斜字で表示している。これより、海食崖 (屏風ヶ浦) からの土砂供給量はかつては年間 29 万  $\text{m}^3$  あったが、現況では約 1/3 の 9 万  $\text{m}^3$  であるのに対して、新川・栗山川・木戸川からの土砂供給量の合計値は 7.1 万  $\text{m}^3$  であり、海食崖と同オ

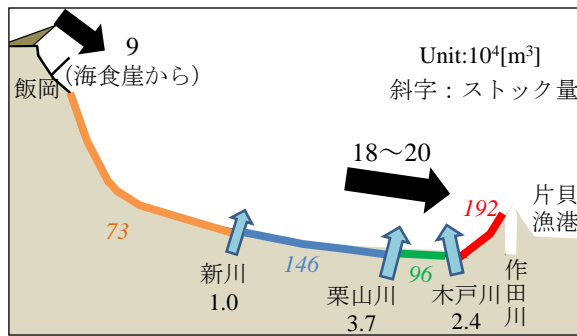


図-7 九十九里浜北部の年間土砂収支

ーダーの土砂が陸域から河川を経由して供給されている。また、両者の合計 (=16.1 万 m<sup>3</sup>) は、同海岸南部の沿岸漂砂量と概ねバランスしているが、やや不足分 (=2~4 万 m<sup>3</sup>) がある。一方、現況の海岸土砂ストック量は合計 507 万 m<sup>3</sup>あり、土砂フローの年間不足量に対するストック量の比は 120~250 年分に相当し、砂浜全体を考えると十分ストック量がある。また、図-2 に示されているように、2002 年時点の汀線変化量は 1990 年時点と概ね変化していない。これは、この間では海食崖と河川からの土砂供給量と沿岸漂砂量が概ねバランスする、という結果を支持する。ただし、漂砂によって運搬される土砂が作田川河口付近に局所的に集中し続けた場合、供給されるべき場所に供給されず、砂浜の侵食が進む可能性がある。以上より、海岸砂の底質環境は、河川との類似性が見られたことや、河川からの土砂供給量は海食崖と同程度であることが示された。これより、これまで海食崖のみが土砂供給源と考えられていたが<sup>3)</sup>、陸域からの土砂供給量も九十九里浜北部の土砂動態に影響を及ぼしていることが本研究により初めて具体的に示された。

## 5. 砂浜海岸の津波減災効果の検討

### (1) 砂浜幅や防波堤の影響

砂浜海岸における津波減災効果の基本特性を検討するために、浜幅や防波堤条件が変化する区間 A (目那川河口~矢指川河口) における津波侵食量の沿岸方向変化を図-8 に示す。この区間では、海岸堤防が存在するので、堤防からの汀線の距離 (=砂浜幅) と突堤、離岸堤位置 (上図)、海岸堤防と人工砂丘の天端 (下図) も合わせて表示している。対象区間の北側 (区間 A1) では人工砂丘と海岸堤防の天端は概ね 6T.P.m、4T.P.m でそれぞれ一様であり、離岸堤の効果で砂浜幅は 50m 程度である。中央部 (区間 A2) では、砂浜は無く、人工砂丘や海岸堤防の天端もやや低くなっている。また、離岸堤が設置された南側 (区間 A3) では砂浜幅は回復し (最大 130m)、海岸堤防や人工砂丘の天端は矢指川方向に緩やかに増加

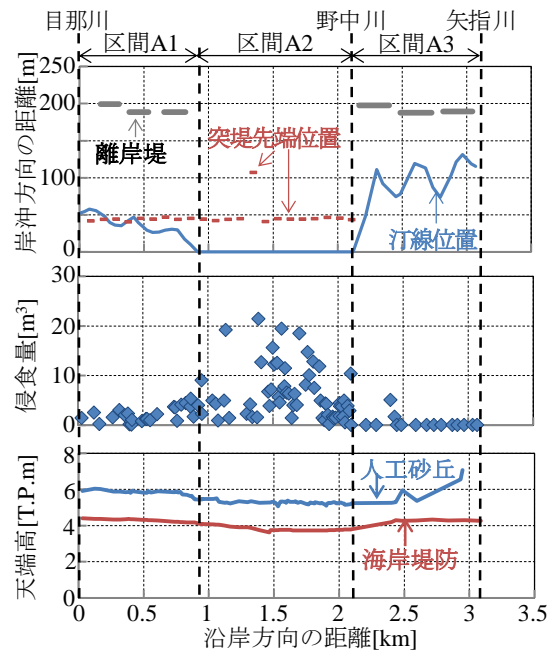


図-8 津波侵食量と砂浜状況の沿岸方向変化 (区間 A)

している。これより、侵食量は区間 A3 はほぼ 0 であり、区間 A1 も相対的に小さいが、区間 A2 のみ非常に大きくなっている。区間 A では、津波遡上高で 8.1T.P.m となっている部分があることから<sup>16)</sup>、人工砂丘の越流水深が最大で 2~3m となっている可能性があるが、離岸堤や砂浜幅の効果で津波侵食量を大幅に抑制できていることが分かる。また、区間 A2 では人工砂丘や海岸堤防の天端が相対的に低いが、同程度の高さの区間 A3 内の北側では侵食量は皆無であることから、区間 A2 の侵食量が大きい理由に天端高さの差の影響は小さいものと思われる。これより、従来より行われている離岸堤設置や砂浜保全により、一定の津波減災効果が発揮されることが確認された。

### (2) 砂丘天端高変化による影響

次に、ほぼ同一の砂浜幅 (90~110m) で砂丘天端高が変化する区間 B (中下~南浜海水浴場) における人工砂丘の被災度の沿岸方向変化を図-9 に示す。ここでは、砂浜幅や人工砂丘の天端高も合わせて表示する。なお、この区間には離岸堤などの海岸構造物は無い。また、この区間付近の津波痕跡データは無いが、本調査より遡上高は 7.4T.P.m を越えたことが確認された。これより、図中の区間 B1 では、砂丘天端高が 3.9~7.4T.P.m と大きく変動しており、被災度レベルも 6 や 7 となる地点もあり、津波侵食は天端部分まで及んでいた。中央部の区間 B2 では天端高はほぼ一様 (6T.P.m) であり、被災度も区間 B 全体の中では小さく、最大でも被災度レベルは 5 となり、津波侵食は背面に留まっている。また、区間 B3 では天端高が 4T.P.m と低く、被災度は 6 と 7 のみと極めて大き

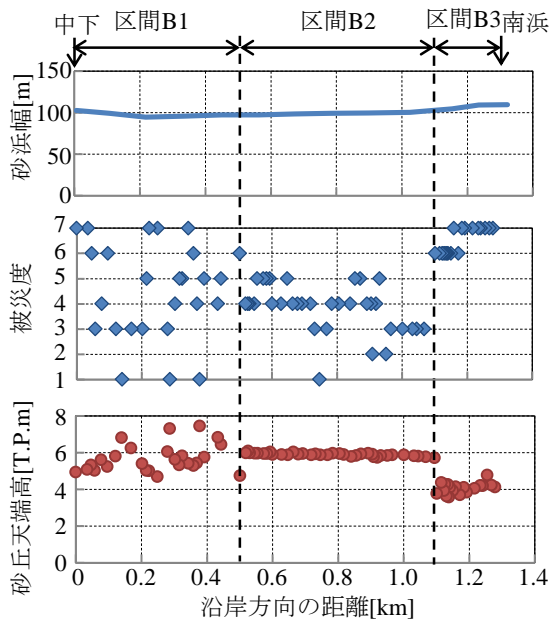


図-9 砂浜幅と被災度、砂丘天端高の沿岸方向変化（区間B）

い。このように、区間 B3 のように砂丘の天端高が低いと津波侵食量も大きくなるが、区間 B1 のように全体的に天端高が高くても一部に低い部分があると、その部分に流れが集中して津波侵食が顕著になるものと考えられる。それに対して、6T.P.m でほぼ様な天端高を有する区間 B2 では相対的に津波被災レベルは小さくなっており、ある程度の天端高を有し、かつ、その高さが連続的に一様となる砂丘や盛土の方が、天端高の変化がある場合よりも津波減災効果を発揮できることが示唆された。

## 6. 結論

本研究では、千葉県九十九里浜海岸を例に、海岸侵食問題や津波減災対策を検討するために4つの調査・解析を行った。得られた主な結果は以下の通りである。

- 1) 砂浜幅が狭く、防波堤により細粒分の流出が妨げられていない海岸では、海岸土砂が粗粒化した。また、構成元素の分析結果より、海岸土砂の供給源に河川の可能性が大きいことや陸域からの土砂供給が九十九里浜の土砂動態に大きな影響を及ぼしていることが示唆された。
- 2) 従来行われている離岸堤設置や砂浜保全により、一定の津波減災効果が発揮されることが明らかになった。また、天端高がある程度(本対象サイトでは6T.P.m以上)あり、その高さが連続的に一様な砂丘や盛土が津波減災効果を発揮できることが示された。

謝辞：本研究は、三井物産環境基金・2011年度復興助成（研究代表者：二瓶泰雄）によって実施された。現地観測の実施には、東京理科大学理工学部土木工学科水理研

究室学生諸氏に大変お世話になった。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全：改正海岸法 [http://www.mlit.go.jp/river/kaigan/main/kaigandukui/seido02\\_01.html](http://www.mlit.go.jp/river/kaigan/main/kaigandukui/seido02_01.html) , 2012. (閲覧：2013年9月22日)
- 2) 加藤史訓, 鳥居謙一：ウミガメに配慮した海岸づくりの検討, 海洋開発論文集, Vol.18, pp.539-543, 2002.
- 3) 宇多高明：日本の海岸侵食, 山海堂, pp.91-104, 1997.
- 4) 和田麻美, 田島芳満, 佐藤慎司：天竜川河口テラス地形と沿岸域への土砂供給過程の長期変化, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.66, No.1, pp.1\_611-1\_615, 2010.
- 5) Mori, N., T. Takahashi and The 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Joint Survey Group (2012): Nationwide post event survey and analysis of the 2011 Tohoku earthquake tsunami, *Coastal Engineering Journal*, Vol.54, No.1, 1250001(27pages).
- 6) 中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」, 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会中間取りまとめ ～今後の津波防災対策の基本的考え方について～, pp.1-23, 2011.
- 7) 東洋経済新報社：気仙沼市を揺るがす巨大海岸堤防計画、被災地住民を翻弄 <http://toyokeizai.net/articles/-/11272/>, 2012 (閲覧：2013年9月22日)
- 8) Danielsen, F., M. K. Sørensen, M. F. Olwig, V. Selvam, F. Parish, N. D. Burgess, T. Hiraishi, V. M. Karunakaran, M. S. Rasmussen, L. B. Hansen, A. Quarto and N. Suryadiputra: The Asian tsunami: a protective role for coastal vegetation, *Science*, Vol. 310, 643p., 2005.
- 9) Tanaka, N., Y. Sasaki, M. I. M. Mowjood, K. B. S. N. Jinadasa and S. Homchuen: Coastal vegetation structures and their functions in tsunami protection: experience of the recent Indian Ocean tsunami, *Landscape and Ecological Engineering*, Vol.3, No.1, pp.33-45, 2007.
- 10) 二瓶泰雄, 前川俊明, 大嶋李香, 柳沢舞美：宮城県名取市沿岸部における津波被害関数の推定と海岸砂丘の減災効果, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.68, No.2, pp.1\_276-1\_280, 2012.
- 11) 常田賢一, 谷本隆介：2011年東北地方太平洋沖地震の現地調査による防潮堤などの津波被害特性, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.68, No.2, pp.1\_1406-1\_1410, 2012.
- 12) 前川俊明・二瓶泰雄・中田遥香：海岸砂丘・盛土による津波減災効果の検討, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.69, No.4, pp.1453-1458, 2013.
- 13) 千葉県・県土整備部河川整備課海岸砂防室：<http://www.pref.chiba.lg.jp/kasei/keikaku/kendoseibi/minamikujuukui/index.html>, 2010. (閲覧：2013年9月22日)
- 14) 星上幸良, 宇多高明, 野志保仁, 小澤宏樹：九十九里浜の形成にかかわる土砂供給源に関する一考察, 海洋開発論文集, Vol.22, pp.403-408, 2006.
- 15) 千葉県：県の砂防のあゆみ, 2007.
- 16) 原田強・岩松暉：東日本大震災津波詳細地図下巻, pp.109-112, 2011.
- 17) 芦田和男, 道上正規：移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究, 土木学会論文報告集, No.206, pp.59-69, 1972.
- 18) 岩垣雄一：限界掃流力に関する基礎的研究 (I) 限界掃流力の流体力学的研究, 土木学会論文集, No.41, pp.1-21, 1956.