

日本全国の河川から海岸への土砂供給ポテンシャルと砂浜侵食との関係

東北大学 災害科学国際研究所 准教授 有働 恵子

1. はじめに

砂浜は荒天時に波のエネルギーを減衰する防災機能を有すると同時に、豊かな生態系を育み、人々のレクリエーションや憩いの場を提供するなどの環境・利用機能を持ち合わせた貴重な空間である。しかし、戦後、国土保全のための整備が急速に進められ、全国各地で急速に砂浜侵食が進行した。近年は以前に比べれば侵食傾向が抑制されているものの、依然として砂浜幅が小さい状態が続いている。

さらに、将来的には気候変動に伴う海面上昇や波浪特性の変化が懸念される。長期的に海面が上昇し、最大波高が増大すれば、砂浜侵食リスクが増大し汀線が後退する。地盤沈下が生じている地域では、これに加えてさらに相対的な海面上昇が生じることとなり、より侵食リスクが増大する。これらについては、Bruun 則を用いて全国レベルで将来予測を行った例もある。一方、降雨特性の変化についても、河川から海岸への土砂供給量を変化させると考えられる。ダム建設等の国土保全のための整備による河川から海岸への土砂供給量の変化の過去の急速な海岸侵食への影響等について長期的かつ全国レベルでの定量的な研究を行った例はこれまでに存在しない。

本研究では、全国の土砂生産量、ダム堆砂量、砂利採取量、河床変動量、ならびに相対的な海面水位変化と、1950年頃から1990年頃にかけての77沿岸区分別の砂浜幅の変化を比較することで、山地から河川、そして海岸までの土砂収支が砂浜侵食に及ぼす影響を評価することを目的とする。

2. 解析方法

(1) 過去100年間の砂浜変化

77沿岸区分別の平均砂浜幅変化は、岸田・清水(2000)の1900年頃、1950年頃、ならびに1990年頃のデータを用いて各沿岸区分の砂浜面積を砂浜延長で除して求めることとした。同様に全国平均値についても、全国の砂浜面積を砂浜延長で除して算定した。また、1950～1990年頃の全国の砂浜面積の変化量に、日本の外海・外洋に面した海岸における平均的な漂砂の移動高10mを掛け合わせることで、全国の砂浜の土砂収支を概算することとした。なお、このデータの測量年の最頻値はそれぞれ1903年、1953年、1991年であるが、標準偏差が4年以上あることから、1900年頃、1950年頃、ならびに1990年頃と表示し、解析対象期間は1950～1990年とする。また、砂浜幅変化は汀線位置変化とは異なるため、この算定方法には誤差が含まれる可能性があることに留意されたい。

(2) 沿岸区分別流域の土砂生産量、ダム堆砂量、ならびに砂利採取量

各沿岸区分に流れ込む河川の流域(以下、沿岸区分別と記す)を、国土交通省国土政策局提供の国土数値情報 河川データを参考に区分し、各区分毎に土砂生産量、ダム堆砂量、ならびに砂利採取量を算定し、土砂生産量からダム堆砂量および砂利採取量を差し引くことにより、沿岸区分別の河川から海岸への土砂供給ポテンシャルを算定した。

土砂生産量データとしては、岡野ら(2004)の全国の年土砂生産量強度の推定値を40年分に換算したものをを用いた。この値は2000年までのダム堆砂量を用いて「ある程度の精度を持った上で、簡

易にその地域の土砂流出量を把握できる手法の開発」を目標に土砂生産量強度マップを作製されたものであり、土砂生産量が大きい場所で過小評価になる等の問題点があることが示されている。

ダム堆砂量としては国土交通省提供の2008年の全国のダムの実積値を用いた。1990年時点で施工されていたダムについて、2008年時点の堆砂量を施工年から2008年までの期間で除すことにより年あたりの堆砂量を求め、施工年から1990年までの年数を掛け合わせることで1950～1990年のダム堆砂量に換算した。なお、このデータには負値が存在するが、物理的に負値になることは考えられないことから、測量誤差によるものであると判断し、負値は0として解析を行うこととした。

河川砂利採取量としては、村本(1974)の1965～1969年の年平均河川砂利採取量および1999～2014年度の砂利採取業務状況報告書集計表(10)を用いた。1999～2014年度の集計表の砂利採取量は、砂、砂利、玉石、ならびに玉砕別に集計されており、砂は5mmのふるいを通すもの、砂利は5mm～10cmのもの、玉石は10cm～30cmのもので、玉砕は玉石を砕いて粒度調整したものである(11)。また、須藤(13)の1955～2005年度の全国の骨材需給統計表は重量表示ではあるものの、2650kg/m³として体積に換算すれば、村本および集計表のデータと概ね一致することから、採取量変化の参考にする事とした。図-1に示すように、1950年代頃から1960年代前半にかけて急速に川砂利採取量が増加したものの、1964年の河川法改正以降、主要河川における砂利採取禁止や数量規制が行われるようになったこともあり、川砂利採取量が減少している。これに代わって陸砂利、山砂利、海砂利採取量が増大し、2015年現在では川砂利よりも海砂利採取量の方が若干多い。なお、1960年代頃の河川砂利採取量について、村本は実際の採取量は許可量の2～3倍といわれていることを記している。

1950～1990年の沿岸区分別の川砂利採取量は、村本の1965～1969年の平均川砂利採取量と1999年の砂利採取量を都道府県別に線形補間し、川砂利採取が本格的に始まった1960年から解析対象期間最終年の1990年までの期間の平均値にあたる1975年の値を求めて、これに期間を掛け合わせて30年分の砂利採取量に換算することとした。沿岸区分別の値は、都道府県別の値を各沿岸区分別流域において面積で案分して求めることとした。

海砂採取が海岸侵食に及ぼす影響も指摘されていることから、河川と同様に沿岸区分別の海砂利採取量を求めるが、1999年以前の都道府県別データは入手が困難であったことから1999年のデータを用いることとした。須藤のデータ(図-1参照)によれば、全国の実採取量は1963年から増加し、1970～2000年頃は1億トン弱程度で、2000年頃以降減少している。このことから、1950～1990年の海砂利採取量としては、1970～1990年の採取量が1999年のそれと等しいと仮定し、これを20年分積算した値を用いることとした。

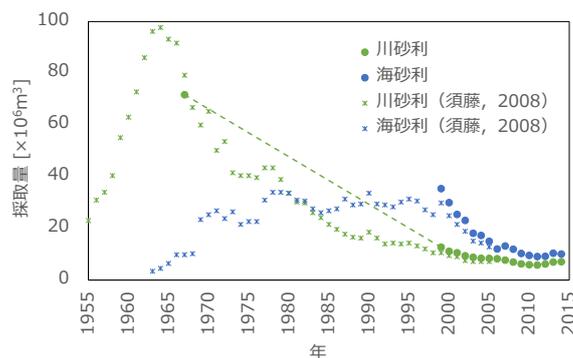


図-1 全国の川砂利および海砂利採取量の経時変化

(3) 河床変動量

河川から海岸に流れ込む土砂量には、前節で取り上げた3つの量の他に河床変動の影響等が考えられる。河床低下は、河川から海岸への土砂供給量の収支で考えれば、正の効果を持つ。河床変動

については、村本 6)が全国 60 の一級河川について 1960～1972 年のデータを用いた解析を行っており、これを参考にすることとした。

(4) 相対的海面水位変化

沿岸域における地盤沈下は相対的に海面が上昇することに等しく、汀線変化にも影響を及ぼす。ここでは、国土地理院海岸昇降検知センター提供の年平均潮位データのうち、1950～1989 年の期間においてデータが 30 年以上存在する観測点について、相対的海面水位変化を把握することとした。データが取得されている 1989 年以前の最後の年から 5 年間の平均値から、データが取得されている 1950 年以降の最初の年から 5 年間の平均値を差し引き、これを 40 年分の変化に換算した。ただし、潮位観測基準面変更の情報が入手不可能である観測点は除外することとした。

3. 解析結果

(1) 過去 100 年間の砂浜変化

算定した 1900 年頃、1950 年頃、ならびに 1990 年頃の沿岸区 分別の平均砂浜幅変化を図-2 に示す。1900 年頃、1950 年頃、ならびに 1990 年頃の全国平均値は 70 m、66 m、ならびに 43 m であり、1950 年頃から 1990 年頃にかけて急速に砂浜侵食が進行した。この間の侵食量は 200 km² 程度で、これに漂砂の移動高 10 m を掛け合わせると、40 年間で 200,000 万 m³ (5,000 万 m³/年) 程度の量が砂浜から消失したと算定される。

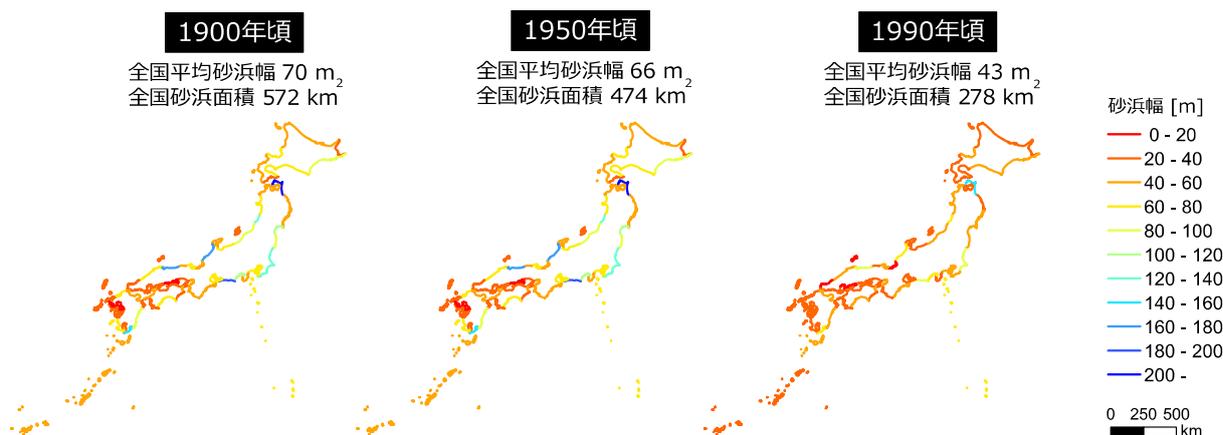


図-2 1900年頃、1950年頃、ならびに1990年頃の沿岸区分別の平均砂浜幅変化

(2) 沿岸区分別の土砂生産量、ダム堆砂量、ならびに砂利採取量

1950～1990 年の沿岸区分別流域において積算した土砂生産量強度（以下、沿岸区分別土砂生産量強度と記す）を図-3 に示す。土砂生産量強度は、新潟北で特に大きく 2,000 万 m³/年をこえ、茨城、富山湾、三河湾・伊勢湾で 1,000 万 m³/年程度と大きかった。一方、離島の多くでは 10 万 m³/年より小さく、例えば佐渡や対馬で 7～8 万 m³/年程度であった。なお、全国積算値は 40 年間で 560,000 万 m³ (14,000 万 m³/年) 程度である。

1950～1990 年の沿岸区分別流域において積算したダム堆砂量（以下、沿岸区分別ダム堆砂量と記す）を図-4 に示す。ダム堆砂量は土砂生産量が比較的大きい流域で大きい値となっており、土砂生産量と比して 1 桁オーダーが小さい。ダム堆砂量と土砂生産量の間に関連関係がある（相関係数

0.77) のは、ここで用いた岡野らの全国の土砂生産量の推定において、ダム堆砂量を使用していることも影響している。1950～1990年のダム堆砂量の全国積算値は80,000万m³程度である。

1950～1990年の沿岸区分別流域において積算した川砂利採取量（以下、沿岸区分別川砂利採取量と記す）を図-5に示す。沿岸区分別採取量を算定すると、特に関東、北陸、中部地方の流域で採取量が多く、全国積算値は160,000万m³程度であった。1960年代の実際の川砂利採取量が許可量の数倍であった可能性もあることを考慮すれば、これの河川から海岸への土砂供給量減少への影響は極めて大きかったと考えられる。一方、図-6に示す海砂利採取量は、特に中国、四国、九州地方の流域で採取量が多く、全国積算値は70,000万m³程度であった。

1999年以降の砂利採取量の骨材種類別内訳を図-7に示す。川砂利については砂利と砂の採取量が同程度であるのに対し、海砂利では砂の採取量が圧倒的に多い。海岸を構成する土砂の質として、粒径は重要な要素であり、川砂利と海砂利のいずれにおいても砂利や砂など海岸を構成する粒径のものが大きい割合を占めることは、その海岸侵食への影響も大きくなることを意味する。

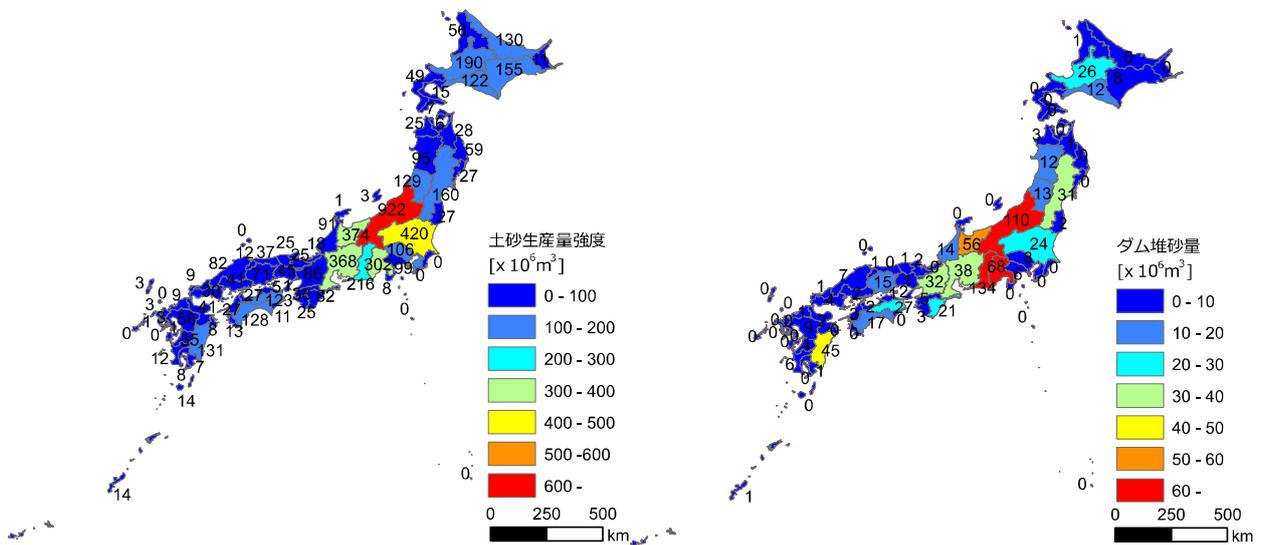


図-3 1950～1990年の沿岸区分別流域の土砂生産量強度 図-4 1950～1990年の沿岸区分別流域のダム堆砂量

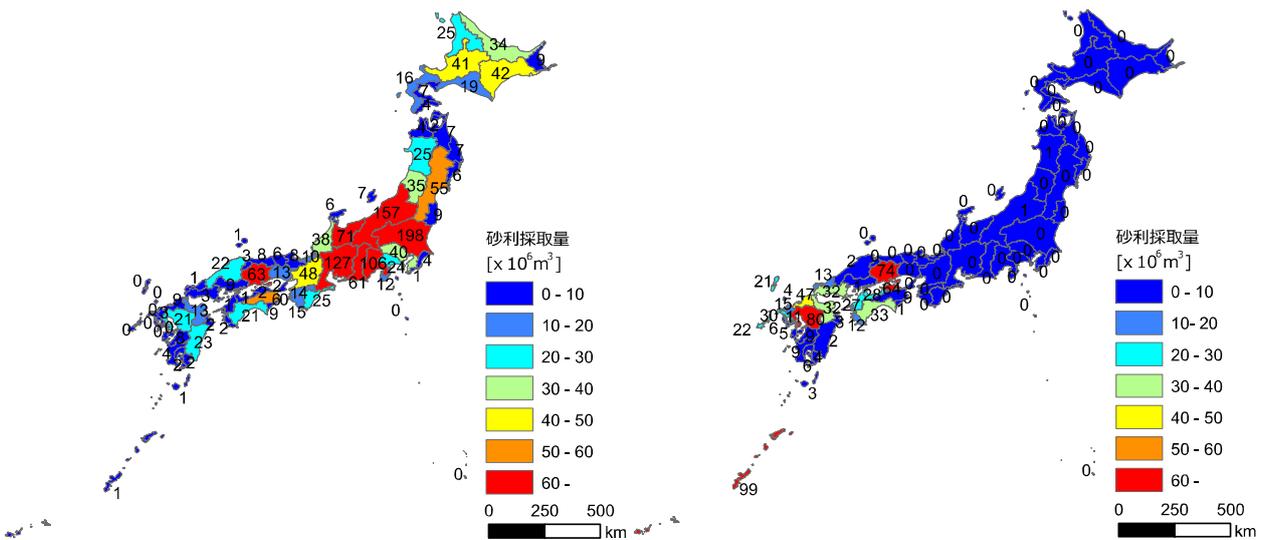


図-5 1950～1990年の沿岸区分別川砂利採取量

図-6 1950～1990年の沿岸区分別海砂利採取量

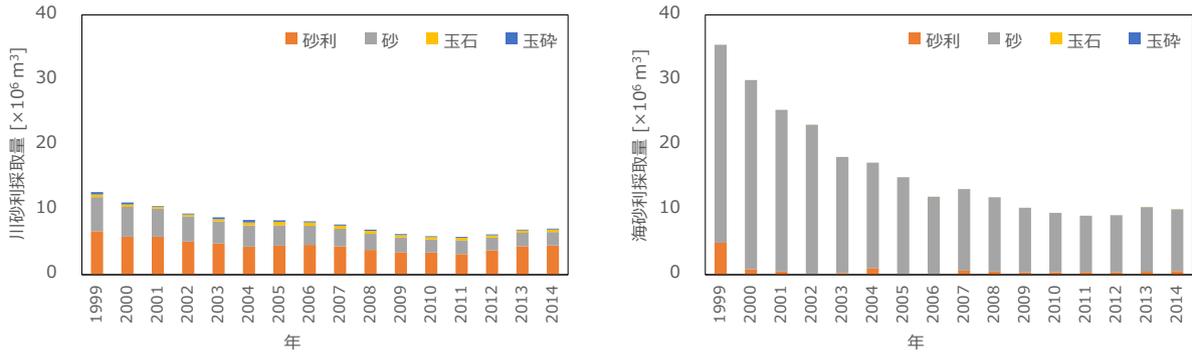


図-7 川砂利および海砂利採取量の骨材種類別内訳

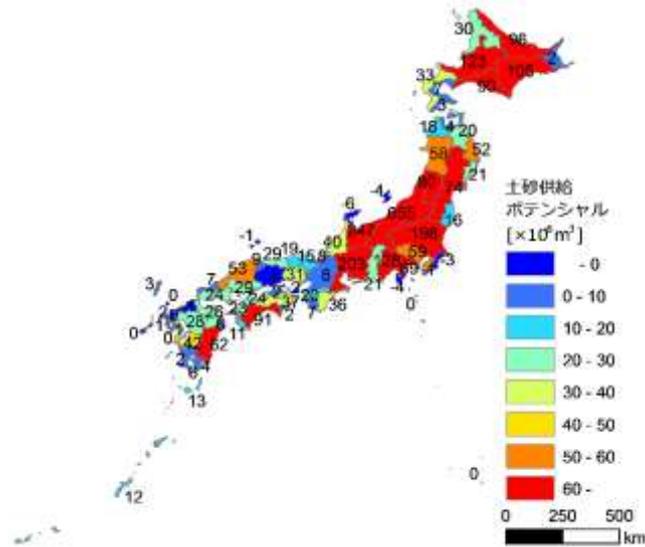


図-8 1950～1990年の沿岸区分別土砂供給ポテンシャル

(3) 沿岸区分別の河川からの土砂供給ポテンシャルと砂浜幅変化との関係

河川から海岸への土砂供給の指標として、土砂生産量強度からダム堆砂量および砂利採取量を差し引いて得られる、土砂供給ポテンシャルを定義する。1950～1990年の沿岸区分別の土砂供給ポテンシャルを図-8に示す。根室、千葉、能登半島、伊豆半島、遠州灘、大阪湾、岡山、海部灘、玄海灘、ならびに離島の多くでは土砂供給ポテンシャルが負値となる一方で、それ以外の沿岸区分では正值となり、その大きさと砂浜幅変化との間に明確な関係は得られなかった。日本全国についても、土砂供給ポテンシャルは、概ね $560,000 \text{ 万 m}^3 - 160,000 \text{ 万 m}^3 - 80,000 \text{ 万 m}^3 = 320,000 \text{ 万 m}^3$ となり、土砂生産量の半分以上は河川から海岸への潜在供給量であると考えられる。しかしながら、1960年代の実際の川砂利採取量が許可量の2～3倍であったといわれていることから、例えば川砂利採取量が3倍であったとすると、土砂供給ポテンシャルは、おおよそ $560,000 \text{ 万 m}^3 - 480,000 \text{ 万 m}^3 - 80,000 \text{ 万 m}^3 = 0 \text{ 万 m}^3$ となり、潜在供給量はなかったと算定される。それでも砂浜から消失した土砂量 $200,000 \text{ 万 m}^3$ は海砂利採取量 $70,000 \text{ 万 m}^3$ だけでは説明できない。さらに、村本によれば、少なくとも全国の60一級河川の下流部の多くで、1960年代に河床低下が進行したことが報告されている。これは河川から海岸への土砂供給量の収支で考えれば正の効果となる。これ以外の流域の土砂収支に負の効果を持つ要素として、砂防施設における土砂の遮断や沿岸域における沖合や内陸への土砂損失の影響が考えられるが、これについては全国規模で十分なデータが存在せず、現時点では検討が困難である。

以上のように、ここで使用したデータには様々な誤差が含まれており、また、十分に考慮できていない要素もある。しかしながら、手元に存在するデータのみで判断しても、山地から河川、そして河川から海岸へと移動する可能性のあった土砂のうち、かなりの量がダムへの堆砂や砂利採取により減少した可能性が高く、これが海岸侵食の主要な要因の一つであることが定量的に示された。

4. おわりに

本研究では、戦後全国で生じた砂浜侵食の原因と考えられる、河川から海岸への土砂供給量の変化に影響を及ぼしうる土砂諸量を求め、これらの値から土砂供給ポテンシャルを算定し、これと砂浜幅変化との関係を調べた。その結果、使用したデータの誤差を考慮しても、生産土砂のうち、かなりの量が河川流域で遮断あるいは消失し、海岸侵食の主要な要因となった可能性が高いことを定量的に示した。

現在の海岸侵食に対する対応はもとより、将来予測される海面上昇に対する適応策を検討する上でも、流砂系全体の土砂収支を把握することは不可欠である。今後、ここで十分に考慮できなかった砂防施設による土砂の遮断や河床高変化、地盤変動、沿岸域における沖合や内陸への土砂損失等の影響についても検討する必要がある。

謝辞

本研究を遂行するにあたりご協力頂いた共同研究者の皆様、および本研究助成を賜りました公益財団法人インテリジェント・コスモス学術振興財団に厚く御礼申し上げます。

出版論文

- [1] 有働恵子, 武田百合子, 横尾善之, 日本全国の河川から海岸への土砂供給ポテンシャルと砂浜侵食との関係, 土木学会論文集 B2 (海岸工学) (2016), Vol.72, No.2, I_799-I_804.
- [2] Udo, K., K. Morita, Y. Takeda, and Y. Yokoo: Sediment balance from mountains to coasts in Japan: what is the cause of coastal erosion in the period from 1950 to 1990?, Geophysical Research Abstracts (2017), 19, EGU2017-2378.
- [3] Udo, K. and Y. Takeda: Projection of future beach loss due to sea-level rise and uncertainties in predicted beach loss, Coastal Engineering Journal (2017). (in press)