

論文の内容の要旨

氏名：石川 仁 憲

博士の専攻分野の名称：博士（工学）

論文題名：砂浜による海岸保全を図るための土砂管理と新しい養浜手法の研究

2000年に施行された新海岸法では、砂浜が海岸保全施設として位置付けられた。しかしながら、これまでの海岸保全が主として堤防、護岸、離岸堤など海岸構造物を中心に行われてきたこともあり、基準書等には、砂浜づくり（養浜）や砂浜の管理についての技術的な知見が乏しかった。特に沿岸漂砂による養浜材の流出を許し、漂砂下手への土砂供給源として海浜の安定化を図る動的養浜についての技術論は不十分であった。動的養浜は、養浜材を沿岸漂砂の上手側等に局所的に投入することで人為改変の範囲をできる限り狭くし、養浜材の移動・拡散を波の作用に任せることで、自然環境や海浜利用への影響を極力抑えて海岸保全を図ることが可能なことから、2000年以降、各地の海岸で実施が検討された。

海岸侵食に対して、従来、離岸堤や消波堤等の構造物により対策が図られてきたが、一方向沿岸漂砂が卓越する海岸では、時間経過とともに侵食域が構造物の下手側へと次々と広がっていき、問題解決を先送りするのみで抜本的な対策とはならなかった。また、構造物の背後では土砂が堆積し、海岸保全が図られたものの、構造物の沖合では沿岸漂砂が通過しうするため、侵食速度の軽減には役立っても次第に侵食は進み、安定海浜の形成を促すことは困難であった。したがって、自然海浜をできる限り良好に保つには、継続的に動的養浜を実施し、砂浜による海岸保全を図っていく以外の方法はない。

一方、海岸法第二条によれば、海岸保全施設としての「砂浜」は、高潮および波浪から海岸背後にある人命・資産を防護すること、若しくは堤防等の洗掘を防止すること又はその両方を目的として、海岸保全施設として指定されたものをいう。養浜はこの目的を達成するために、消波による越波・うちあげ高の低減や、堤防・護岸の洗掘防止を目的として行われるものであるが、動的養浜は、養浜材の流出を前提とする手法であることから、その効果を十分に説明しない限り、砂浜を海岸保全施設に位置付けて養浜事業を実施することは困難であった。すなわち実施にあたり予め養浜材の侵食海岸への寄与率を時間・空間的に予測し、必要な砂浜の防護機能が確実に確保されることを定量的意味から評価しなければならない。また、2000年以降、全国各地で養浜事業が進められているが、動的養浜は、継続的实施によって砂浜の保全機能の維持を図るものであることから、将来にわたって安定的な養浜材の確保と、限られた予算で確実に海岸保全を図るために、より効果的かつ経済的に優れた手法が必要とされる。ここで、安定的な養浜材の確保と経済的な手法としては、投入した養浜材も含めて、海岸の限られた砂を有効活用し、一連の漂砂系において適切な土砂管理により砂浜を維持する方法が考えられる。この場合、粒径により土砂動態や保全効果が異なるため、質（粒径）までも考慮した土砂管理が必要とされる。

本研究では、砂浜による海岸保全を進めるためのこれらの課題に対し、まず海岸保全施設としての砂浜の基本的な考え方をとりまとめた。次に、粒径を考慮した新しい土砂動態の解析手法を検討し、砂浜による海岸保全を図るための新たな土砂管理手法を提案した。この結果も参考にして、より効果的かつ経済的な新たな養浜手法として、流砂系の堆砂を活用し、適切な粒度組成の混合粒径材料を用いて、前浜だけでなく沖浜も含めた海岸全域の保全を図る手法について提案した。さらに、一方向沿岸漂砂が卓越する海岸における新たな養浜手法 Moving Gravel Body 工法を提案した。

本論文は序論から結論までの6章で構成し、各章の概要は以下の通りである。

第1章では、序論として研究の背景、既往の研究と課題、研究目的と本研究の特徴および研究概要について述べた。

第2章では、砂浜に関するこれまでの研究実績や様々な養浜事業に携わった経験より、海岸保全施設としての砂浜の基本的な考え方をとりまとめ、砂浜の計画、設計、施工、管理の方法や留意点を提案した。

第3章では、砂浜による海岸保全を図るための土砂管理について、粒径を考慮した新たな手法を提案し、神奈川県湘南海岸を例に土砂動態の解析方法と土砂管理手法についてとりまとめた。

第4章では、より効果的かつ経済的な新たな養浜手法として、流砂系の堆砂を活用した適切な粒度組成の混合粒径材料を用いて、前浜だけでなく沖浜も含めて海岸全域の保全を図る手法について提案し、神奈川県茅ヶ崎中海岸を例に養浜手法の検討方法を取りまとめた。

第5章では、一方向沿岸漂砂が卓越する海岸において継続的に行われている粗粒材を用いた動的養浜の海岸保全効果を分析し、その結果をふまえ、新たな養浜手法として、Moving Gravel Body 工法を提案した。

第6章では、結論として、「砂浜による海岸保全を図るための土砂管理手法」、より効果的かつ経済的な新たな養浜手法として、流砂系の土砂連続性の観点に基づき、「適切な混合粒径材料を用いて海岸全域の保全を図る養浜手法」、さらに、一方向沿岸漂砂が著しく卓越する侵食海岸において、現地海岸の底質に比べて適度な大きさの粗粒材を投入することで、下手側海岸に著しい侵食を引き起こすことなく海岸保全を図ることができる「Moving Gravel Body 工法」について要約した。

以下に本研究の成果を要約する。

(1) 砂浜による海岸保全を図るための土砂管理手法

海岸侵食が進む海岸において、河川からの土砂供給が期待できない状況で、将来にわたって計画的、かつ確実に砂浜による海岸保全を進めるには、適切な養浜材料と必要な養浜量を確保して継続的に養浜を行うことが求められる。また、安定的に養浜材を確保する意味からも限りある資源である海岸砂を有効活用することも大事である。この場合、海岸保全上必要とされる砂の粒径は、その海岸の侵食・堆積状況に依存して場所ごとに異なることから、従来のように土砂量のみの管理ではなく、土砂の質（粒径）についても十分考慮した土砂管理が求められる。本研究では、砂浜による海岸保全を図るための新たな土砂管理手法を提案し、粒径を考慮した土砂動態の解析手法や土砂管理計画の検討方法について、相模川河口から江ノ島の間に広がる延長11 kmの湘南海岸を例にとりまとめた。海岸の土砂動態について、従来は量のみで表されていたが、本研究では、量だけでなく質（粒径）に注目し、その解析手法を提案し、粒径を考慮した土砂動態（土砂収支）を明らかにしたことが新しい。また、このような粒径を考慮した広域の土砂管理は、従来にない新しい手法であり、空間的に粒径分布をもつ砂浜の海岸保全を図るためには、必要な新たな土砂管理手法である。

(2) 適切な混合粒径材料を用いて海岸全域の保全を図る新たな養浜手法

より効果的かつ経済的な新たな養浜手法として、流砂系の土砂連続性の観点に基づき、本来、海岸への土砂供給源であった河川の堆砂を活用した適切な粒度組成の混合粒径材料を用いて、前浜だけでなく沖浜も含めて海岸全域の保全を図る手法について提案し、神奈川県茅ヶ崎中海岸を例に、現地データの解析や数値計算による養浜手法の検討方法を取りまとめた。また、同海岸において実際に養浜が行われたことから、養浜後の地形変化より、新たな養浜手法の妥当性を評価した。従来の養浜は、多くの場合、ダムや河道の浚渫材を、コストをかけて分級し海岸へ投入していたが、本手法では養浜材の適正範囲を示し、その範囲内であれば直接投入しても海岸保全に効果的であることを示したことも新しい。長期的に砂浜を保全していくうえで、コストを抑えた本手法は、動的養浜を実施している各地の海岸で活用できる。

(3) Moving Gravel Body 工法

一方向沿岸漂砂が卓越する海岸において、現地の底質粒径に比べて最大100倍、75倍とはるかに大きい粗粒材を用いた養浜が継続的に行われている遠州灘浜松篠原海岸と静岡県富士海岸を例に、養浜後の地形変化と粒度組成の変化を解析し、その結果を基に数値モデルを用いて現地粒径と粗粒材の大きさの違いによる海岸保全効果を調べ、新たな養浜手法としてMoving Gravel Body 工法（MGB 工法）を提案した。この工法は、一方向沿岸漂砂が卓越する海岸において、現地粒径に対し5倍程度のわずかに大きい粒径の養浜材と、沿岸漂砂量に対して少ない養浜量により、下手側海浜へ悪影響を及ぼさずに効果的に海岸保全（汀線の回復・維持）を図る手法である。ここで、浜松篠原海岸では、粗粒材により前浜は著しく拡幅したものの、30万 m^3/yr の西向き沿岸漂砂が卓越し、沖合を構成する細粒分の供給がないため沖合侵食が進んでいる。しかしながら、長期にわたっての大量の細粒分の調達、投入は現実的ではない。また、10万 m^3/yr の東向き沿岸漂砂が卓越する富士海岸では、主に細粒分が選択的に波による地形変化の限界水深に流出し、侵食が進んでいるが、限られた予算において確実に海岸保全を図るためには、流出する材料の投入よりは前浜に歩留る材料を投入すべきである。したがって、MGB 工法は、このように沿岸漂砂量が大きい海岸、もしくは海底谷が近接し、細粒分の沖への流出がある海岸において、より効果的かつ経済的に海岸保全を図る手法として有効である。

先に述べたように、一方向沿岸漂砂が卓越する海岸において、従来の構造物による侵食対策では抜本的な対策にはならない。自然海浜をできる限り良好に保ち、長期的に海岸保全を進めるためには、本研究で提案した方法が有効であると考えられる。