

養浜海岸における飛砂制御について

海岸侵食が顕在化する以前の飛砂制御の目的は、主に堆積性海岸における広い砂浜の農耕地化のための海岸保安林の造林、既成海岸保安林の埋没防止等であった。侵食海岸における養浜の飛砂制御は、限られた砂浜上で飛砂による後背地への土砂損失を防止、後背地への飛砂害を防止することが要求されるため、従来の海岸砂防の概念による飛砂制御の考え方では、限られた砂浜上での飛砂を制御することが難しい。本研究では、従来研究されていない遡上帯領域から発生する飛砂量を明らかにして、海岸侵食対策としての飛砂制御の必要性を提言した。次に、飛砂対策工として普遍的に用いられている堆砂垣による飛砂制御効果を明らかにしたうえで、新しい堆砂垣配列による飛砂制御工法を考案した。

本研究で対象とした新潟港海岸では主に冬季の季節風により飛砂が発生する。飛砂が発生する強風時には波高が増大するため遡上帯領域も広がる。そこで、飛砂が発生する前後に遡上帯を含む砂浜全域に対して詳細測量（3D レーザースキャナ測量）を実施し、遡上波の影響を受ける遡上帯領域、風の影響のみを受ける飛砂領域、および背後道路領域に区分して土砂収支を検討した。その結果、遡上帯領域で発生する冬季（1シーズン）の飛砂量は2～3 m³/m であると評価された。沿岸距離 10 km とした場合、遡上領域から飛砂により損失（流出）する飛砂量は 2～3×10⁴m³ となり、対象海岸の沿岸漂砂量と同じオーダーとなる。このことは、海岸の土砂収支バランスを検討するうえで飛砂の影響を無視できないこと、海岸侵食対策として飛砂対策の必要性を強く示唆する。

堆砂垣の既往研究では、堆砂垣による減風効果、飛砂捕捉容量に着目され、堆砂垣が埋没すると飛砂制御効果が失われることが報告されている。言い換えれば、堆砂垣を適切に維持管理（堆砂垣周辺の除砂）することで、堆砂垣の機能を維持することが可能であることを意味する。堆砂垣を適切に維持管理するために、飛砂量と堆砂垣前面の堆砂高を連続観測することで、堆砂垣の埋没による機能低下の定量化を試みた。堆砂垣前面に飛砂が堆砂し、堆砂垣の非埋没高（残存高）が 0.6 m 程度になると、堆砂垣上の飛砂通過量が急激に増大することを明らかにした。

堆砂垣の配列は、汀線に平行に堆砂垣を設置する直線配置、直線配置に翼垣（袖垣）を付帯した配置、トランバース配置などが考案されている。一般に海岸における強風の卓越風向は、汀線に対して斜めに吹くため、海岸侵食対策として飛砂を制御するためには、汀線に平行に移動する飛砂を制御する必要がある。そこで、汀線に対して平行に設置する堆砂垣（横堆砂垣）と直角方向に設置する堆砂垣（縦堆砂垣）の組み合わせにより、飛砂を制御する方向を考案した。その効果を現地海岸で検証し、縦堆砂垣の最適配列の考え方、設計方法を取りまとめた。縦堆砂垣配置は、縦堆砂垣の設置間隔、長さを変えることにより、飛砂制御範囲を調整できる特徴がある。また、横堆砂垣と縦堆砂垣の取り付け部では、局所的に飛砂が堆砂するため、離垣距離を設けることで、一部の飛砂を風下へ逃がし、飛砂堆砂量を平面的に平準化する方法を提案し、適切な離垣距離が 5m 程度であることを明らかにした。

- ・論文の主題（テーマ）

養浜海岸における飛砂制御について

- ・当該研究分野における位置づけ

飛砂に関する研究は多数あるものの、飛砂制御方法については知見が乏しく、設計指針が確立していない分野である。飛砂を適切に制御するために、飛砂発生領域を明らかにし、岸沖飛砂、沿岸飛砂を制御するための新しい飛砂制御配列を提案し、その効果を現地海岸で検証した。

- ・論文の構成（目次と各章の概要）

論文は、以下に示す6章から構成される。

1. はじめに

研究の目的、国内外の飛砂対策の経緯についてまとめ、研究動機、養浜海岸における飛砂制御の必要性、求められる機能について概説した。

2. 砂面上における風と飛砂量式

飛砂制御方法を検討するための、基礎となる飛砂の移動形態、飛砂を発生させる風の性質、風により発生する飛砂の限界摩擦速度、乾燥砂面における飛砂、湿潤状態の飛砂、全飛砂量式、飛砂の鉛直分布、水平距離などについてレビューした。

3. 現地観測

本研究は、新潟港海岸における現地観測データに基づいて、発生飛砂量、堆砂垣の機能、新たな飛砂制御方法について提案している。現地観測期間、方法、計測結果についてまとめている。

現地海岸における降雨時の飛砂を観測し、湿潤状態での飛砂発生条件を検討し、既往研究と比較し、移動限界摩擦速度が砂面の含水比により変動することが示されたものの、定式化するためには、課題が残る。

一方、遡上帯領域を含む領域全体の土砂収支から、遡上帯からの飛砂発生量を検証し、湿潤状態にある遡上帯からも飛砂が発生していることを明らかにした。新潟港海岸の場合、1冬季（1シーズン）に $2\sim 3\text{m}^3/\text{m}$ の飛砂が遡上帯領域から陸側に流出している。この量は、底質粒径、海岸地形（海底勾配）、風向・風速により変動すると考えられるため、一般化するためには、数値シミュレーション、模型実験等による検証が必要となる。

4. 堆砂垣を中心とした飛砂の制御方法

堆砂垣により飛砂制御は、堆砂垣の維持管理（除砂）が必要になる。飛砂量と堆砂垣前面の堆砂高を連続観測することで、堆砂垣の埋没による機能低下の定量化を試みた。堆砂垣前面に飛砂が堆砂し、堆砂垣の非埋没高（残存高）が0.6 m程度になると、堆砂垣上の飛砂通過量が急激に増大することを明らかにした。

現地で発生する飛砂量を飛砂量公式により推定する場合には、飛砂量係数の同定が必要になるが、同定する期間、その間の気象条件、風向・風速の特性、底質粒径、海岸地形等の影響を受ける。そこで、汀線に斜めに風が吹く場合の飛砂量をL型に配した堆砂垣周辺の堆砂量から推定する方法を検討した。推定精度は既往研究成果と比較し、妥当な精度であることを確認した。

堆砂垣の配列は、汀線に平行に堆砂垣を設置する直線配置、直線配置に翼垣（袖垣）を付

帯した配置、ランバース配置などが考案されている。一般に海岸における強風の卓越風向は、汀線に対して斜めに吹くため、海岸侵食対策として飛砂を制御するためには、汀線に平行に移動する飛砂を制御する必要がある。そこで、汀線に対して平行に設置する堆砂垣（横堆砂垣）と直角方向に設置する堆砂垣（縦堆砂垣）の組み合わせにより、飛砂を制御する方向を考案した。その効果を現地海岸で検証し、縦堆砂垣の最適配列の考え方、設計方法を取りまとめた。縦堆砂垣配置は、縦堆砂垣の設置間隔、長さを変えることにより、飛砂制御範囲を調整できる特徴がある。また、横堆砂垣と縦堆砂垣の取り付け部では、局部的に飛砂が堆砂するため、離垣距離を設けることで、一部の飛砂を風下へ逃がし、飛砂堆砂量を平面的に標準化する方法を提案し、適切な離垣距離が5m程度であることを明らかにした。

また、縦堆砂垣海側先端における局所洗掘、砂浜への通路としての開口部の位置、形状、堆砂垣下端に生じた隙間による局所洗掘堆積地形など、堆砂垣設置における留意事項について検討し、縦堆砂垣群による飛砂対策の設計フローとしてまとめた。

5. 面的防護体系による飛砂制御

堆砂垣以外の飛砂対策工として、使用実績はないものの飛砂捕捉効果が高いと報告されているトレンチ、砂丘管理に適用されることが多い植生の効果を概説し、堆砂垣、トレンチ、植生の組み合わせによる飛砂制御効果について検討し、堆砂垣による飛砂制御が効果的、現実的であることを示した。

6. おわりに

以上の結果を取りまとめ、本研究成果を一般化するために、数値シミュレーションモデルの開発が不可欠であることが今後の課題であることを示した。

・論文の独自性や成果

遡上波により遡上帯領域の地形が変化する研究は多数あるが、本研究では飛砂により遡上帯領域の砂が陸側に流出することを明らかにした初めての研究である。また、侵食対策としての飛砂制御が必要であることを提言している。

現地海岸では、一般に汀線に対して斜めに風が吹く。このため、飛砂は汀線に平行方向（沿岸飛砂）、岸沖方向（岸沖飛砂）が発生する。砂浜上でこれらの飛砂を制御（閉じ込める）ための堆砂垣配置を考案し、その効果を現地海岸で検証し、堆砂垣配置の設計フローとしてまとめられている。

・論文の課題

本研究は、新潟港海岸における現地計測を基にしたものであり、他海岸へ適用するためには、堆砂垣高、底質粒径、風向・風速、海岸地形（勾配）等の影響を考慮して、一般化することが課題として残される。この課題に対しては、数値シミュレーション、模型実験等を活用することで解決できると考える。

・論文の評価

養浜海岸の飛砂制御について、長期にわたる現地調査を実施し、そのメカニズムを定量的に明らかにし、その対策を体系化した。その数値の汎用性についての課題は残るものの、定量的な飛砂制御への第一歩として高い価値を有する論文であり、今後の展開が期待される。