

新潟県北部海岸の漂砂動向に関する検討

黒木 敬司*・小島 大典*・近川喜代志**・高野 剛光**

新潟県北部の角田岬から岩ヶ崎に至る約 75 km の海岸を広域漂砂系として捉えこの範囲内の漂砂動向について検討した。まず、従来から行われてきた方法として、空中写真の解析・河川の供給土砂量・飛砂量の推定結果を総合して過去の漂砂動向推定を行った。これと並行して、ナウファスデータを用いて、沿岸方向の波エネルギー分布を算出した結果から漂砂動向推定を行い、両者の関係が良く一致していることを確認した。また、対象海域の一部である新潟西海岸では継続的な深浅測量が実施されており、このデータとの比較により、空中写真や波浪の検討による広域の漂砂動向解析方法が妥当な方法であることを確認した。

1. はじめに

新潟海岸は信濃川と阿賀野川の流出土砂により形成され、かつては堆積性の海岸であった。しかし、明治以降大河津分水路の開削や新潟西港の防波堤建設などの影響により著しい侵食海岸へと変化し、汀線の後退量は 1889 年に比べて最大で 370 m に達している。これを食い止めるために昭和初期から各種の取り組みが実施され、特に侵食の激しい新潟西海岸では、潜堤と突堤および養浜の組み合わせや、大規模ヘッドランド、人工リーフなどによる面的な海岸防護工法が試みられている。しかし、これらの取り組みは新潟海岸全域の漂砂動向を考慮したものではなく、各地区が抱える深刻な侵食問題を解決するための方策として計画されたものである。このような局所的保全施設が、隣接海岸の新たな侵食を引き起こす要因となることが指摘されている。そこで、本研究では地形変化・飛砂・河川からの流出土砂・波浪データ等の解析を行い、広域での漂砂動向について検討した。

2. 検討方法

新潟県北部海岸の漂砂動向を検討する際に、図-1 に示すように広域漂砂系として北側境界は岩ヶ崎、南側境界は角田岬の約 75 km 区間を設定した。岩ヶ崎は三面川の河口右岸に突き出た岬であり、左岸側の海浜に比べて約 1 km 程度突出しており、これより北側は山形県に至るまで岩礁海岸である。角田岬は弥彦山と角田山の稜線が海中に没しており、途中に大小の岬が見られる。

この海岸域を対象にして、①空中写真の読み取り結果を用いた土砂量増減の推定、河川の流域面積から推定した土砂供給量、アメダスデータによる飛砂量、その他人

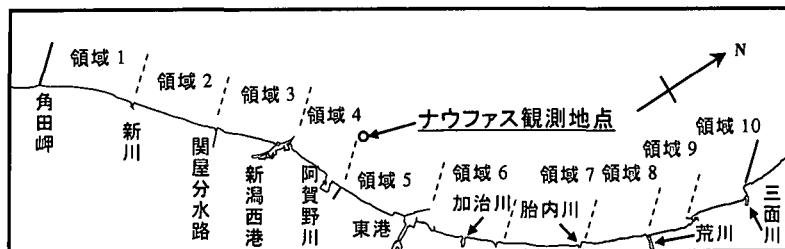


図-1 調査対象位置図

工的な増減（養浜など）を加味して対象海岸の土砂収支を検討した。また、②対象海域のほぼ中央部にナウファスによる波浪観測点があり、このデータを参考にして波浪変形計算を行い、海岸域全体の沿岸方向波エネルギーフラックスを算定した。

3. 土砂収支の検討

海域の土砂収支を検討するために、1947 年以降 5 回分の空中写真を収集し以下の手順で土砂収支を推定した。

(1) 汀線位置変化

対象海域での空中写真を 1947 年、1965 年、1975 年、1983 年、1998 年の 5 回分収集し、汀線位置を読み取り、潮位補正を行った後に汀線位置変化量図を作成した。新潟東港より北側部分の分布を図-2 示す。1983 年の写真が一部で撮影されていないため変化量が一部図示されていない。加治川から荒川までの範囲の汀線は 1947 年から 1965 年の間に全体的に前進し、これ以降は後退傾向となる。荒川と岩舟港の間では 1965 年までの間に後退していたがその後の変化量は少ない。

角田岬から新潟東港までの変化量分布を図-3 に示す。1947 年から 1965 年の間に新川漁港と新潟東港に挟まれた広い範囲の汀線が後退しており、阿賀野川の河口付近の後退量が最も大きく 250 m 程度の後退量を示している。新潟西港周辺の変化量が示されていないのは 1965 年時点で既に人工構造物で海浜が囲われていたために汀線位置を読み取れなかったためである。

* 正会員 株式会社エコー

** 正会員 国土交通省新潟港湾空港技術調査事務所

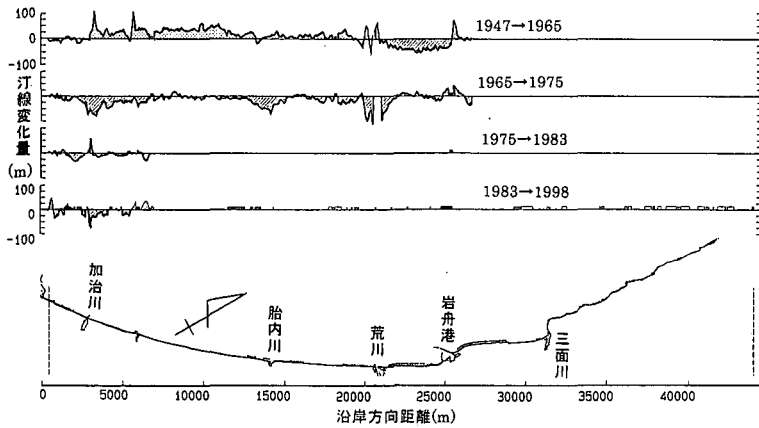


図-2 汀線変化量分布図(新潟東港～岩ヶ崎)

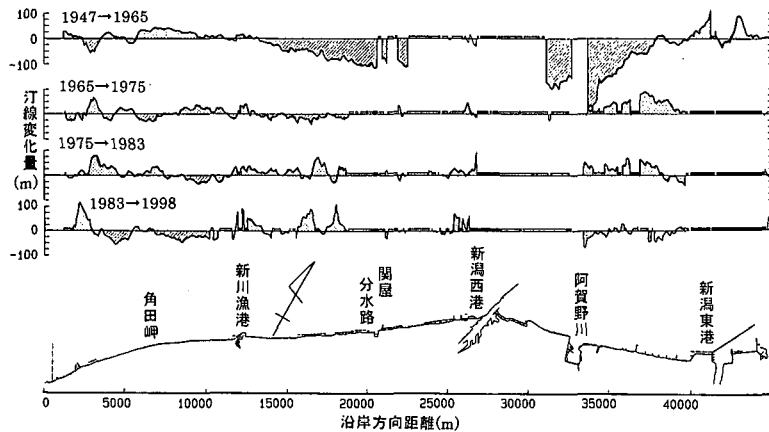


図-3 汀線変化量分布図(角田岬～新潟東港)

角田岬と関屋分水路の間の変化に着目すると、1965年から1975年の間には関屋分水路と新川漁港の間の汀線が後退し、1983年までには新川漁港の西側、1998年までには角田岬近傍の汀線が後退しており、汀線の後退域が徐々に西側に伝播している。阿賀野川と新潟東港の間は1965年以降前進傾向であったが1983年から1998年の変化は少ないながら後退傾向に変化した。

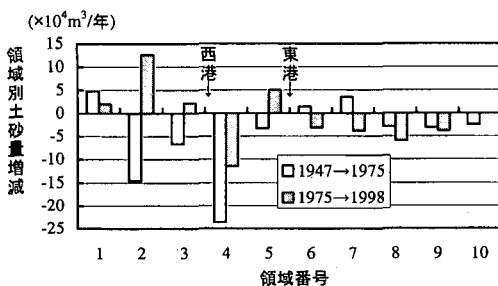


図-4 領域別の土砂量変化速度

(2) 領域別土砂量変化

汀線の変化量から、図-1に示した10領域での土砂量増減を算出した。解析期間を2つの期間に分け、前半を1947年から1975年の28年間、後半は1975年から1998年の23年間とした。汀線から土量変化への換算は沿岸漂砂の移動帯高さを $D=8.5\text{ m}$ と仮定して、断面積変化を求め領域ごとに累積した。

領域別の土量変化を図-4に示す。前半は図-1に示した領域2～5と領域8～10の土量が減少し西港と阿賀野川に挟まれた領域4では24万 m^3 /年の減少量を示している。後半は新潟西港の西側領域である領域2、3が堆積傾向に転じ、新川漁港と関屋分水路に挟まれた領域2では13万 m^3 /年の増加量である。前半に最も減少量が大きかった領域4は減少量が約半分程度となっている。東港より北側ではほぼ全域で侵食傾向である。

(3) 河川からの供給土砂

当海域に流入する主要な河川として関屋分水路、信濃川、阿賀野川、加治川、胎内川、荒川、三面

川の7河川を選び、芦田ら(1974)の式により河口からの供給土砂量を算出した。算出に際してダム年鑑(2000)等を参考にして主要ダムの建設状況を調べ、ダムよりも上流側の流域面積を除外することでダムの影響を考慮した。また、関屋分水路開通後は分水路と本川の計画水量比を用いて土砂量を分配した。領域別土砂量と同様に1975年を境にした前後半の供給土砂量計算結果を図-5に示す。

供給土砂が最も大きいのは阿賀野川で前半には約50万 m^3 /年、後半は40万 m^3 /年となっており、次いで荒川の生産量が多い。信濃川は大河津分水路よりも下流側の流域が対象となるため生産量が小さく見積もられている。流域面積から求めた流下土砂量は、海浜の侵食状況から全体的に供給土砂量が大きすぎるものと考え、後述する土砂収支検討の際には見積もった供給量の30%が海浜に対して供給されるものと仮定して整理を行った。また、加治川は河口から数kmの位置に堰が数ヶ所建設されていることから、更に1/10を乗じたものを採用し

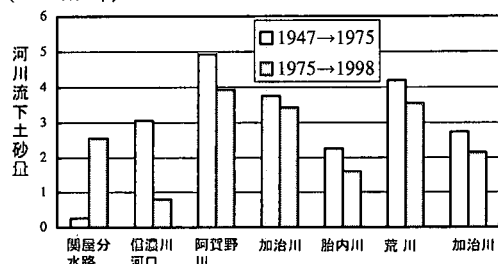
($\times 10^5 \text{ m}^3/\text{年}$)

図-5 主要河川の土砂供給量

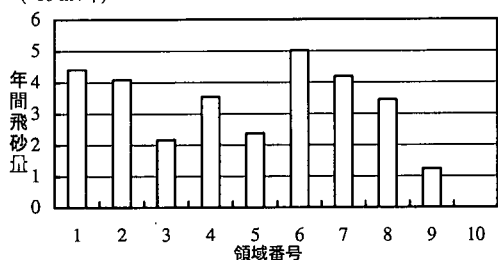
($\times 10^4 \text{ m}^3/\text{年}$)

図-6 領域別の飛砂量による土砂量減少量

た。

(4) 飛砂による土砂量減少

新潟海岸では冬期の高波浪に加えて冬季節風の影響による飛砂についても考慮する必要がある。新潟海岸での飛砂量については、塩澤 (1993) や船越 (1993) により、現地での風速と飛砂量の関係が河村 (1951) の式によって精度良く表現されることが確認されている。

粒径は 0.3 mm を基本とし、現地の踏査結果を参考にして胎内川から岩船港までを 0.5 mm, 岩船港以北を 3.0 mm とした。風データは一般的に入手可能なデータとして最近 10 年分のアメダスデータを用いて 1 時間ごとの飛砂量を累積して年間平均を求め、有効な海浜幅が認められる海浜延長に対して陸側に向かう成分を領域ごとに算出した。なお、降水確率を考慮して胎内川以西では一律 2.6%, 胎内川から三面川までの範囲では積雪を考慮して 8.5% を計算結果から減じた。

以上の方法により求めた飛砂量の分布を図-6 に示す。加治川と胎内川周辺および関

屋分水路以西で飛砂量が大きく其々の領域から 4～5 万 $\text{m}^3/\text{年}$ の土砂が失われる結果となった。岩船港以北の領域 10 では粒径が大きいため飛砂が発生しない。

(5) 土砂収支の検討

領域ごとの土量変化、河川からの供給量、飛砂による損失量が算出された後に、適切な境界を設定すれば海域全体の土砂収支が計算される。先ず、角田岬と岩ヶ崎は土砂の流入がないと仮定する。次いで、1975 年以降には新潟西港と東港の防波堤の先端水深は移動限界水深を越えた位置に達していると判断してこの 2 つの境界を通過する漂砂はないものと仮定した。

また人為的な要因として、図-1 に示した領域 3 に該当する新潟西海岸では、1976 年以降に西港内の維持浚渫土砂の一部を継続して投入している。投入土砂量は年平均で 20 万 m^3 でありこれも考慮して検討した。

土量変化、供給量および損失量を合計して、全体の収支が釣り合うことはほとんどない。そこで、全体で不足する土砂量は沖側に一様に流出したものとした。このようにして求めた土砂収支を図-7 に示す。角田岬と新潟西港間の漂砂方向は西で、漂砂量は平均的には 20 万 $\text{m}^3/\text{年}$ であり、領域 2, 3 がこれよりも西側の海浜の供給源となっている。新潟西港から加治川付近までの領域 4, 5, 6 では東向きの漂砂が卓越している。加治川の北側部分では漂砂方向が逆転し南に向かうが漂砂量はこれまでの領域に比べると小さい。土砂の沖側流出は海域全体で同率を与えており、100 $\text{m}^3/\text{m}/\text{年}$ の流出という結果となった。

1975 年以降の土砂収支を図-8 に示す。角田岬と新潟西港間の漂砂方向は西に向かい、漂砂量は関屋分水路付近で約 16 万 $\text{m}^3/\text{年}$, 新川漁港周辺では約 7 万 $\text{m}^3/\text{年}$ である。阿賀野川の河口周辺では東に向かう漂砂が卓越し漂

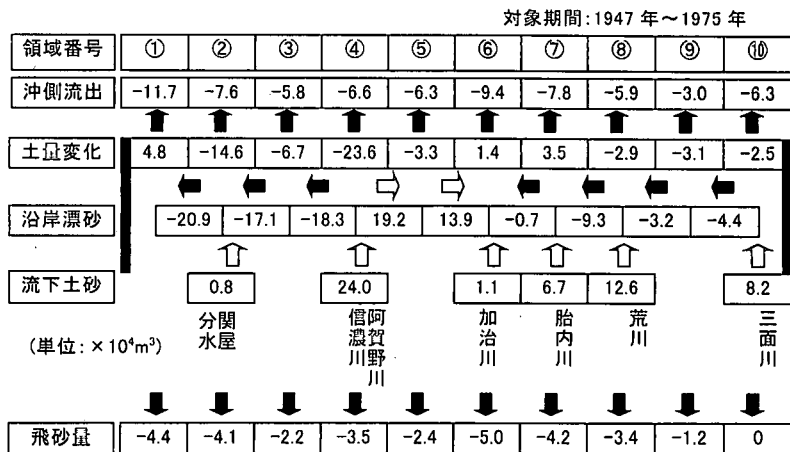


図-7 新潟県北部海岸の土砂収支 (前半: 1947～1975)

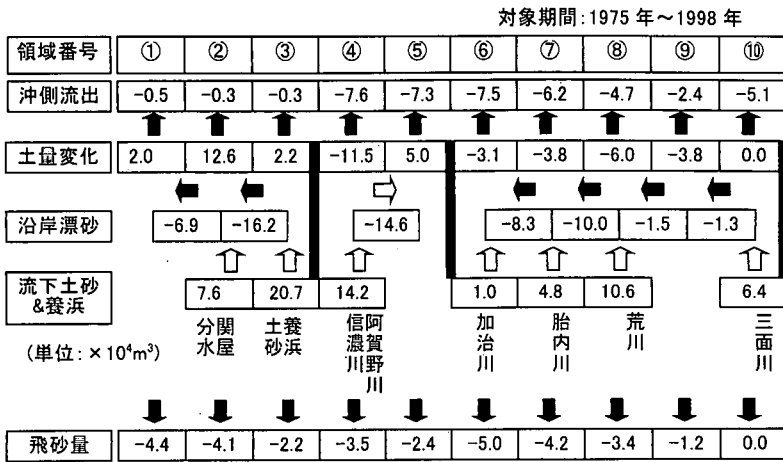


図-8 新潟県北部海岸の土砂収支 (後半：1975～1998)

砂量は $15 \text{ 万 m}^3/\text{年}$ である。新潟東港より北側の範囲では東港に向かう漂砂方向が卓越するが、荒川より北側の漂砂量は約 $1 \text{ 万 m}^3/\text{年}$ と相対的に小さい。このように阿賀野川周辺を除いて解析対象範囲のほとんどで東(北)向きの漂砂が卓越している。

以上のように前半と後半に分けて土砂収支の検討を行った結果、全ての場所で沿岸漂砂の卓越方向が一致し、漂砂量も概ね同じ程度である。しかし、新川漁港付近を通過する西向きの漂砂量が $21 \text{ 万 m}^3/\text{年}$ から $7 \text{ 万 m}^3/\text{年}$ に減少しているのは、領域 4 から領域 3 への流入土砂が西港防波堤建設により遮断されたことに影響されているものと考えられる。

また加治川から荒川の範囲である領域 6, 7 は卓越漂砂方向は西に向かっているものの、東港を建設したことにより東向き成分が遮断されたことによって堆積から侵食に転じたものと考えられる。

4. 波エネルギーフラックスの検討

新潟海岸に来襲する波浪は、佐渡島の影響を受けており、沿岸方向に波向、波高の分布が形成されている。沿岸漂砂を検討する際には、波向が非常に重要な情報であることから、佐渡島の影響を考慮する目的で、佐渡島を含む広域の波浪変形計算を実施し、阿賀野川沖に位置するナウファス観測データとの比較により海域全体の波浪分布の時系列データを作成することにより波エネルギーフラックスの分布を求めた。

(1) 収集データと計算ケース

ナウファス地点での 1990 年から 1999 年までの 10 年分の有義波高・周期・平均波向データを収集した。

波浪変形計算は周期 4.0, 6.0, 8.0, 10.0 の 4 周期、沖波向は 16 方位で WSW から N までの 6 方位、方向集中

度は $S_{\text{max}}=25$ に統一して、計 24 ケースの変形計算を行い $4 \times 6 \times$ 計算点数の波高比、波向テーブルを作成した。波浪変形計算結果の一例を図-9 に示す。計算範囲にはナウファスの新潟沖での拠点観測地点が含まれており、新潟沖の実測値を入力すると内外挿により平面的な波高と波向の分布を求めることが出来る。このような準備の後に、新潟沖の過去 10 年分のデータを入力して田端ら (1980) の方法により波エネルギーフラックスの分布を求めた。

(2) 土砂収支と波エネルギーフラックスの関係

空中写真の読み取りデータを基本とした土砂収支の検討結果 (1975～1998) と、ナウファスデータを用いた沿岸方向の波エネルギーフラックスの算定結果を図-10 に示す。図中の黒矢印が土砂収支から推定した沿岸漂砂量で白矢印が沿岸方向の波エネルギーフラックスである。全く違う手法で検討したにもかかわらず、両者の方向は完全に一致している。矢印の大きさが其々漂砂量とフラックスの大きさを表しており、解析対象範囲の両端部に位置する角田浜付近と荒川周辺での大きさに違いがある。

新川から角田浜に至る漂砂量は $7 \text{ 万 m}^3/\text{年}$ であるが、前半 (1947～1975) には $21 \text{ 万 m}^3/\text{年}$ であり、相対的にはこの方が波エネルギーの検討結果と一致する。

荒川周辺の波エネルギーフラックスは大きいですが、土砂収支は前後半とも変動がなく相対的に小さい。この原因としては、飛砂の項でも述べたようにこの区域の底質粒径が他の場所に比べて相対的に大きく土砂が動きにくいとためと考えられる。

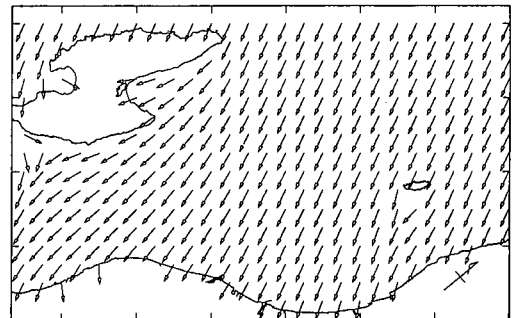


図-9 波浪変形計算結果例 (NNW, 8 sec)

土砂収支とフラックスの情報以外に、領域3の東側半分に相当する新潟西海岸の詳細な深浅測量データがある。これは、潜堤・突堤・養浜の組み合わせによる面的防護工法のモニタリングとして実施されているもので、約1,000 haの海域の深浅測量結果から、1989年から2000年までの11年間に時期的な変動はあるものの土砂総量の収支に変化がないことが確認されて

いる。前述したようにこの海域に対して年間20万 m^3 の土砂が投入されており、この土砂が西側や沖に流出することによってバランスが保たれていると考えるべきである。土砂収支の検討結果は前半に17万 m^3 /年、後半に16万 m^3 /年の土砂が関屋分水路の前面を通過して西に向かう結果となっており、両者の値は良く一致している。

5. おわりに

本調査は、空中写真・流域面積・アメダス・ナウファスデータなど、一般的に入手可能なデータを用いて広域の漂砂動向について検討できることを確認する目的も持っていた。この目的に対しては、土砂収支の検討結果と波エネルギーフラックスの検討結果の傾向が一致するのみでなく、新潟西海岸を対象とした詳細な深浅測量結果から得られた情報とも良く一致しており、今回用いた手法が有効であることが確認できた。本研究で得られた主要な結論と今後の課題を以下に示す。

- 1) 対象海岸の漂砂方向は、新潟西港と東港に挟まれた区域で東向き、それ以外の場所では西向きの漂砂が卓越している。
- 2) 新潟西海岸から関屋分水路前面を通過して新川漁港方向に向かう西向きの漂砂量は20万 m^3 /年と推定される。
- 3) 土砂収支から推定した沿岸漂砂量と波エネルギーフ

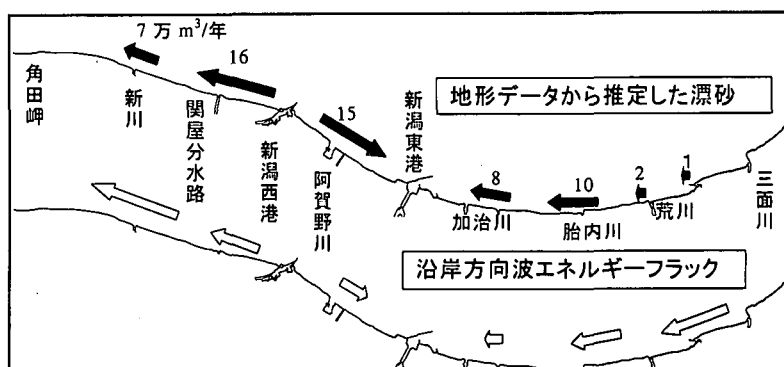


図-10 土砂収支と波エネルギーフラックスの関係

ラックス分布の傾向は、方向については良く一致するが、量的には差が生じる。この原因としては地区ごとの底質の違いが原因と考えられる。

- 4) 波エネルギーフラックスの検討は、過去10年分の平均量で評価したが、海岸線に対しては反対方向から来襲する波向の効果を考慮すると、境界周辺での理解が深まる可能性がある。
- 5) 土砂収支検討の過程で、沖流出や飛砂による損失も大きく影響していることが確認された。今後はこれらの問題への対策だけでなく、沖側に流出した土砂の利用についても積極的に検討する必要がある。

参考文献

- 芦田和男・奥村武信 (1974): ダム建設に関する研究, 京大防災研年報, 17号B, pp. 555-570.
- 河村竜馬 (1951): 飛砂の研究, 東京大学理工学研究所報告, 第5巻, pp. 95-112.
- 財団法人日本ダム協会 (2000): ダム年鑑.
- 塩澤俊彦・中谷内信一・赤澤 守・玉城重則・黒木敬司 (1993): 新潟西海岸における飛砂の現地観測, 海岸工学論文集, 第40巻, pp. 281-285.
- 田端竹千穂・柳生忠彦・福田 功 (1980): 日本沿岸における波のエネルギー, 港研資料, No. 364.
- 船越晴世・大野正人・阿部勝雄・鈴木幸一・黒木敬司・玉城重則 (1993): 飛砂防止対策について, 海岸工学論文集, 第40巻, pp. 291-295.