

# 新潟県北東部海岸の広域的海岸侵食の総合的原因調査

泉 宮 尊 司\*・砂 子 浩\*\*

## 1. 緒 論

近年、新潟県内の海岸は侵食が激しくなり、冬季高波浪により頻繁に海岸が決壊してきている。このような海岸侵食は、全国各地においても見られ数多くの報告がなされている。新潟県内においても、岩船港周辺(宇多ら, 1990a, 1991), 大潟海岸(宇多ら, 1990b) および市振海岸(宇多ら, 1988) などにより、海岸侵食実態について報告がなされている。これらの調査報告により、それらの海岸侵食の原因は主として沿岸漂砂の遮蔽によるものであると考えられている。しかしながら、これらの調査の多くは、漁港や港湾の周辺数 km の範囲に限られており、その上手側においても海岸侵食が進んでいる所も多くあり、広域的な海岸侵食を十分に説明することはできない。また、このような海岸侵食に対しては、より広域的な視野に立って侵食対策事業を行わなければ、新たな海岸侵食が発生することも考えられる。

そこで本研究では、広域的な海岸侵食が生じている、村上市から聖籠町にかけての新潟県北東部海岸を調査対象海岸に選定し、広域的な海岸侵食について総合的な調査を行い、その原因を明らかにすることを目的とした。

## 2. 調査対象海岸の概要

### 2.1 地形学的特徴

調査対象海岸は、新潟県村上市の三面川河口から新潟東港までの緩やかに湾曲した約 30 km の海岸である。この海岸には、図-1 に示すように、三面川、荒川(一級河川)、胎内川、落堀川および加治川の 5 河川が流入している。これらの河川には、新潟県内だけで合計 13 のダムが存在している。

三面川の河口より以北は、主として岩石海岸が続いており、入江となっている所に砂浜が点在している。三面川より以南は、岩船港近くに丘陵地が存在している以外は、三面川を起点として新潟東港付近まで砂浜が続いている。この砂浜は、南西方向(新潟東港方向)に行くに従って、その幅も広がっており、三面川、荒川および

胎内川からの供給土砂と南西方向の沿岸漂砂によって形成されたものと推測される。

### 2.2 波浪条件

調査対象海岸の波浪については、日本海側特有の冬季波浪が顕著であり、新潟東港では 11 月から 3 月までの間で月平均有義波高が 1 m を越えている。図-2 は、新潟西港の沖合い水深 23 m 地点で観測された 1974 年から 1991 年までの年最大波高および年最大有義波高を示している。年最大波高では、1976 年に 10 m の波が観測され、それから 15 年後の 1991 年に 11 m もの最大波が生じている。同じく年最大有義波高も、1976 年および 1991

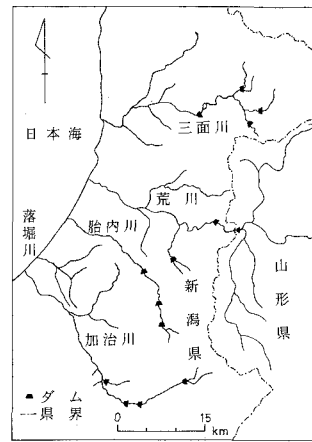


図-1 調査対象地域

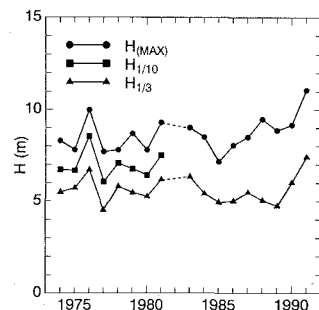


図-2 新潟西港における年最大有義波高等の変化

\* 正会員 工博 新潟大学助教授 工学部建設学科

\*\* 学生会員 学修 新潟大学大学院 自然科学研究科

年に大きく、特に1991年に7.5mの最大有義波高を記録している。平均的に見ると、年最大波高は9m程度であり、年最大有義波高は約6mである。

卓越波向については、岩船港沖でNW方向であり(宇多ら, 1991), 新潟西港においてもNW方向の冬季波浪が卓越している(黒木, 1988)。したがって、調査対象海岸の三面川から新潟東港までの海岸線の走向から判断すると、海岸から沖に向かって右寄り方向から高波浪が来襲することになり、南西方向の沿岸漂砂が卓越することになる。このことは、砂丘の発達状況や海岸線の変化とも符合している。

3. 海岸侵食の実態

海岸侵食の状況を調べるために、現地視察を行った。その結果、岩船港南西側から荒川河口付近までには、連続して高さ3m以上に及ぶ浜崖が形成されていた。また、荒川河口の南西側の海岸、胎内川河口部付近および中条町の笹口浜および中村浜の海岸において、海岸の侵食が激しく、比較的新しい浜崖が形成されていた。

海岸侵食の実態を定量的に見るために、新潟県が実施した航空写真による汀線変化の解析結果(新潟県, 1992)を用いて作図したのが、図-3である。この図は、岩船港付近から新潟東港までの海岸の汀線変化を示している。汀線変化は、1965年を基準としたものであり、横軸は新潟東港からの距離を表している。また、図中には離岸堤、突堤、導流堤および港湾の位置も同時に示している。これらの図から、岩船港付近(X=27km)において、汀線が大きく変化していること、および荒川、胎内川および加治川河口付近で海岸侵食が激しいことが分かる。

海岸構造物の建設状況を見てみると、1981年までには胎内川および加治川に河口閉塞を防ぐために導流堤が建設されており、荒川河口よりの地点で複数基の突堤が設置されている(新潟県, 1992)。この突堤が建設された場所は、海岸近くまで民家が存在する神林村の塩谷集落のある所であり、海岸侵食を防ぐ目的で設置されている。1981年には、この地域の岩船港よりの地点および胎内川河口の左岸側に突堤が建設されており、岩船港のすぐ南側で汀線が約220mほど前進し、逆に25km地点付近では約50m程度汀線が後退している。1988年から1990年にかけて、数多くの離岸堤や突堤が建設されているが、海岸侵食域が徐々にX軸の負の方向(左側)に移動しているように見える。

1990年には、汀線が前進あるいは安定している所は、港湾の隣接地点を除けば、X=10km付近の中条町海岸だけとなっている。しかしながら、この中条町海岸も1991年には汀線が大きく後退してきている(中条町長 熊倉信夫氏談)。この海岸侵食は、図-2の波高変化および図

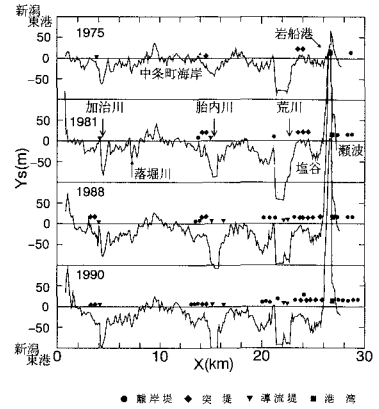


図-3 1965年を基準とした汀線変化

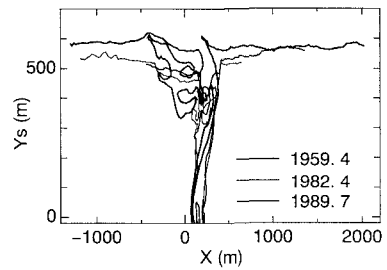


図-4 胎内川河口周辺の汀線変化

-3の汀線変化図から判断すると、1991年の冬季波浪(最大波高11m)によるものと推測される。

三面川から岩船港までの汀線変化は、図-3にはほとんど示されていないが、これは航空写真の撮影頻度が少なかったためである。この地域の汀線変化を調べた田中ら(1973)によると、1947年から1970年の間に三面川河口の左岸側の海岸では、最大で約70m汀線が後退し、河口から南へ約2.5kmの範囲で約25mの汀線後退が起きている。

胎内川河口部における海岸侵食の実態を示したのが、図-4である。1959年には、河口部に複雑な砂州が形成されていたが、1982年にはその砂州は消失し、汀線が大きく後退している。また、右岸と左岸の汀線の位置は、50m程度の差がみられる。これは、右岸側に河口閉塞を防ぐために防砂突堤が建設されたために、この位置において沿岸漂砂の大部分が遮蔽されたためであると考えられる。この防砂突堤により、河口の位置は安定しているが、砂州が河口内部に発生するようになった。1989年になると、河口の位置は同様に安定しているが、右岸および左岸側ともに汀線が20mほど後退している。1959年と比較して、右岸側では60m程度、左岸側では110m以上も汀線が後退している。

#### 4. 広域的海岸侵食の原因調査と考察

新潟県北東部海岸の広域的海岸侵食の原因を総合的に解明するために、海岸侵食の原因要素となる。(1) 河川からの供給土砂の減少に関する調査、(2) 沿岸漂砂の遮蔽に関する調査、(3) 海岸付近の地盤沈下に関する調査、に分けて調査および考察を行うことにした。

##### 4.1 河川からの供給土砂の減少に関する調査

河川からの供給土砂量の減少は、多目的ダムや砂防ダムの建設、河川流量の減少、川砂利採取、および河口部浚渫等によって生じると考えられる。よって、これらの項目について、調査することにした。

図-5は、1970年から1991年までの荒川の月平均流量の変化を示したものである。1974年に483 m<sup>3</sup>/sの年最大月平均流量を記録しているが、1975年から1986年まではその値が300 m<sup>3</sup>/s前後に安定している。ところが、1987年以降は200 m<sup>3</sup>/s前後にまで減少している。この減少は、降雪が減少していた時期とほぼ一致しており、融雪量が減少したためであると考えられる。年平均流量は、およそ100 m<sup>3</sup>/sであり、年最小月平均流量は50 m<sup>3</sup>/s以下になることも多くある。

河川からの供給土砂量は、現在も明確には分かっていないが、河川流量の中乗に比例すると考えられ、1987年以降の流量の減少によって、荒川からの供給土砂量が減少したものと推測される。

図-6は、調査対象海岸に注ぐ河川にある主要なダムおよび岩船港北側防波堤側に堆積した土砂量(宇多ら、1990a)を示している。5つのダムの中で最も堆積量が多いのは、三面ダム(竣工:1953年)であり、1983年には484万m<sup>3</sup>の堆砂がある。この堆砂量は、1983年時点での岩船港北側防波堤側に堆積している土砂量の約14倍の土砂量に相当する。他のダムの堆砂量は、数10万m<sup>3</sup>のオーダーであり、三面ダムと比較するとかなり小さい。しかしながら、胎内川および加治川は流域面積が小さいこと

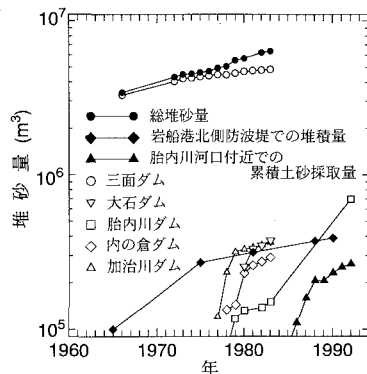


図-6 主要なダムの堆砂量

表-1 主要なダムの捕捉率

単位：%

ダム名	Brunè (1953)	Dendy (1974)	吉良 (1978)
三面ダム	74	73	75
大石ダム	82	81	82
胎内川ダム	84	83	83
内の倉ダム	88	87	87
加治川治水ダム	85	83	83

(135 km<sup>2</sup>, 346 km<sup>2</sup>)から、河川固有流量も小さいと考えられるために、それぞれの河川の流砂量と比較するとかなり大きな量であると推測される。

主要なダムの土砂の捕捉率を調べるために、Brunè (1953), Dendy (1974), および吉良 (1978) の公式により評価した(表-1)。いずれの公式を用いても、ほとんどのダムで80%以上の捕捉率となっている。したがって、ダム上流部からダム湖内に流入した土砂量の80%以上が、ダム湖内に堆積することになる。

図-7は、胎内川河口付近での土砂採取量を示している。1990年以降は、土砂採取量は減少しているが、1985年から1992年までの7年間に25万m<sup>3</sup>以上の土砂が採

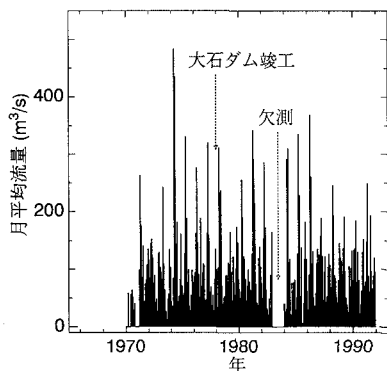


図-5 荒川の月平均流量の変化

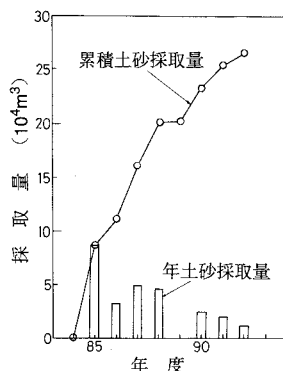


図-7 胎内川河口部での土砂採取量

取されている。宇多ら (1990a) によると、この付近での沿岸漂砂量は、2~4万 m<sup>3</sup>/yr のオーダーであるので、河口付近での年平均土砂採取量は沿岸漂砂量とほぼ同量であると言える。したがって、胎内川河口部の海岸侵食は、河川からの供給土砂量の減少が大きな原因であると考えられる。

4.2 沿岸漂砂の遮蔽に関わる調査

沿岸漂砂の遮蔽は、港湾・漁港、突堤・離岸堤および導流堤の建設によって生じる。図-8は、河川導流堤および離岸堤などの建設経緯を示している。図中の数字は、防波堤および導流堤の延長を示している。1975年には、海岸構造物の数は少なく、岩船港の防波堤と突堤および導流堤が数基存在しているだけであったが、1981年には海岸侵食を防ぐ目的で、X=29 kmの瀬波温泉から岩船港の間に離岸堤が設置され、また胎内川河口部では導流堤や離岸堤が設置されている。1988年から1990年には、岩船港の防波堤延長に伴う海岸侵食が顕著になったために、離岸堤や突堤が建設されている。

この図を見て明かなように、侵食対策としての海岸構造物の建設が、新潟東港方向(図中左側)へ行われている。これは、図-3の汀線変化と対応しており、海岸侵食が新潟東港方向へ侵食していることを示している。この結果、X=29 kmの瀬波温泉から荒川河口左岸までの海岸には、各種海岸構造物がほぼ連続して設置されるに至っている。また、胎内川および加治川の河口付近にも、突堤や離岸堤が設置されている。図-3および図-8の結果から判断すると、岩船港から荒川河口までの海岸では、岩船港の防波堤による沿岸漂砂の遮蔽および回折波の影響による海岸侵食によるものと考えられる。また、荒川、胎内川および加治川の河口左岸側の海岸侵食は、河川からの供給土砂の減少に加えて、河口導流堤設置による沿岸漂砂の遮蔽による影響が大きいものと判断される。

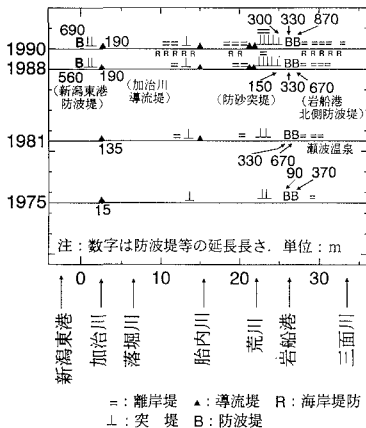


図-8 海岸構造物の建設経緯

4.3 新潟地震による地盤沈下に関わる調査

1964年6月に発生した新潟地震によって、調査対象海岸の地盤が沈下したことが明かとなっている (Abe, 1975)。海岸線に沿った地盤沈下量を求めるために、Abe (1975)の断層モデルを参考にして、断層の変位量および位置を少しずつ変化させながら、やや内陸部の国道沿いの水準測量データに一致するように断層モデルを決定した。地盤の鉛直変位量については、Mansinha・Smylie (1971)の解析解を利用した。計算された地盤沈下量と国土地理院の水準測量データを比較したのが、図-9である。両者の一致度は良好であると言える。

この断層モデルを用いて、海岸線に沿った地盤沈下量を算定したのが、図-10である。新潟東港付近での地盤沈下量は2~3 cm程度、胎内川~荒川付近では6~8 cm、三面川付近では11~12 cm、寒川では19 cmと、沈下量は三面川・寒川方面ほど大きな値となっている。

ここで、新潟地震時の地盤沈下に伴う汀線後退量を推定することにする。地盤沈下による汀線変化の関係式を得るために、まず全水深hを地盤沈下による寄与分Sと漂砂によって変化する水深h<sub>D</sub>の和で表される (h=h<sub>D</sub>+S) と考え、漂砂の連続式、

$$\frac{\partial h_D}{\partial t} = \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} \dots\dots\dots (1)$$

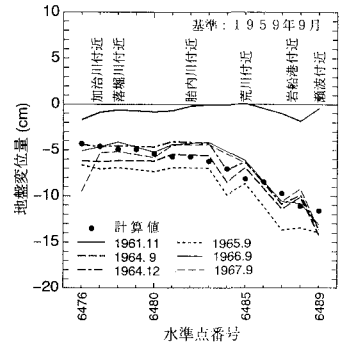


図-9 水準点での地盤沈下量と計算値との比較

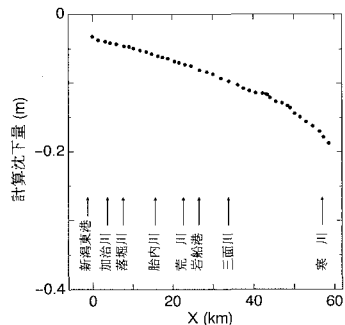


図-10 海岸線に沿った地盤沈下量の計算値

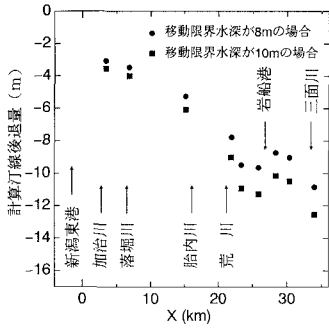


図-11 新潟地震時の地盤沈下による汀線後退量の推定

を用いて、水深  $h_0$  を消去し、地形変化が海中部では Bruun (1962) 則に従って変化するものとする。また、陸上部の前浜の地形は一様勾配で近似できるものとする。式(1)を移動限界水深の位置から波の最大遡上位置まで積分すると、次式が得られる。

$$\frac{\partial x_s}{\partial t} = \frac{W}{h_i + h_0^*} \frac{\partial S}{\partial t} = \frac{1}{h_i + h_0^*} \frac{\partial Q_y}{\partial y} \dots \dots \dots (2)$$

ここに、 $x_s$  は汀線の位置を示し、 $W$  は波の遡上域を含めた漂砂帯幅であり、 $h_0^*$  は最大遡上高さであり、バーム高さに相当する。また、 $Q_y$  は沿岸漂砂量である。ここで、沿岸漂砂が沿岸方向には一様であるとすると、沈下量  $\Delta S$  による汀線後退量  $\Delta x_s$  は、 $\Delta x_s = W / (h_i + h_0^*) \Delta S$  となる。

バームの高さは実測値の平均値 (2.5 m) を用い、漂砂帯幅は等深線の距離より算定して、汀線後退量を計算した。その結果を、図-11 に示す。この海域の限界水深を 8 m とすると、加治川から落堀川にかけては 3 m から 4 m、胎内川河口付近では約 5 m、さらに、三面川河口付近では、約 11 m の汀線後退となっている。なお、図-11 には移動限界水深を 10 m とした時の汀線後退量も同時に示されている。これらの計算結果より、三面川から荒川にかけては、新潟地震時の地盤沈下の影響も無視できないことが分かる。田中ら (1973) の調査では、三面川の南の海岸で平均的に 25 m の汀線後退量が見いだされているが、地盤沈下の影響がその約 40 % を占めていることになる。

## 5. 結 論

新潟県北東部海岸の広域的海岸侵食の原因を総合的に調査し、それぞれについて考察した結果、以下の事柄が明かとなった。(1) 荒川、胎内川および加治川の河口および左岸側の海岸侵食は、ダム建設および河口浚渫等による供給土砂量の減少と導流堤による沿岸漂砂の遮蔽によるものと判断される。(2) 岩船港から荒川河口までの

海岸侵食は、主として岩船港の防波堤延長による沿岸漂砂の遮蔽と回折波による影響が大きいものと判断される。(3) 三面川から岩船港までの海岸の侵食は、三面川からの供給土砂の減少と新潟地震時の地盤沈下によって生じたものと考えられる。

広域的な視点よりこの海岸の侵食対策事業を見てみると、対策が施された所では汀線の後退が余り生じていないが、沿岸漂砂の移動方向の下手側に侵食域が移動していることが認められる。したがって、土砂供給が減少し、沿岸漂砂が卓越するこの海岸では、土砂の補給を主としてサンドバイパスを併用するのが望ましいと考えられる。

なお、本研究を実施するに当たり資料収集には、新潟県土木部河川課防災海岸係、および水準測量データ入手には、建設省国土地理院北陸地方測量部にお世話になったことを付記し、感謝いたします。

## 参 考 文 献

- 宇多高明・小林正一・種岡虎男 (1988): 新潟県市振海岸における海岸構造物設置に伴う海浜変形, 地形, Vol. 9, No. 1, pp. 35-52.
- 宇多高明・斎藤健一・清水清文 (1990a): 新潟県, 荒川河口周辺海岸の地形変化実態, 土木技術資料, Vol. 32, No. 5, pp. 61-66.
- 宇多高明・野口賢二 (1990b): 大潟海岸の侵食機構に関する一考察, 海岸工学論文集, 第 37 巻, pp. 474-478.
- 宇多高明・野口賢二 (1991): 新潟県北部, 岩船港周辺における海浜地形変化, 土木技術資料, Vol. 33, No. 11, pp. 28-33.
- 黒木敬司 (1988): 阿賀野川河口周辺の長期的な地形変化, 第 35 回海岸工学講演会論文集, pp. 442-446.
- 吉良八郎 (1978): 日本における貯水池の捕捉率と土砂収支, 農業土木学会論文集, No. 78, pp. 16-23.
- 建設省河川局編 (1993): 流量年表, 日本河川協会, 439 p.
- 建設省河川局監修 (1987): 多目的ダム管理年報, 中国建設弘済会, 1447 p.
- 永井紀彦・菅原一晃・橋本典明・浅井 正 (1993): 全国港湾海洋波浪観測年報 (NOWPHAS 1991), 港湾技研資料, No. 745, pp. 107-111.
- 田中則男・小笠博昭・小笠原 昭 (1973): 海浜変形調査資料 (第 1 報), 港湾技研資料, No. 163, pp. 1-95.
- 新潟県 (1992): 汀線変化解析 (新潟県村上市~北蒲原郡聖籠町) 報告書, 39 p.
- Abe, K. (1975): Re-examination of the fault model for the Niigata earthquake of 1964, J. Phys. Earth, Vol. 23, pp. 349-366.
- Brune, G. M. (1953): Trap efficiency in reservoirs, Trans. A. G. U., Vol. 34, No. 3. pp. 407-418.
- Bruun, P. (1962): Sea-level rise as a cause of shore erosion, J. Waterways and Harbors Div., ASCE, WW1, pp. 117-130.
- Dendy, F. E. (1974): Sediment trap efficiency of small reservoirs, Trans. A. S. A. E., Vol. 17, No. 5, pp. 898-901.
- Mansinha, L. and D. E. Smylie (1971): The displacement fields of inclined faults, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 61, No. 5, pp. 1433-1440.