

新潟海岸沖における大規模地形変化

篠田 孝*, 宇多高明**, 島 敏昭***

1. まえがき

近年、全国各地で海岸侵食が問題となっている。宇多(1990)は、我が国各地における海岸侵食の実例をもとに、それらの類型化を試みた。この中で侵食域が経年的に次々と広がり深刻な問題を生ずるタイプとして、防波堤等の構造物による沿岸漂砂の阻止があることを明らかにした。こうした原因で侵食が起きたとき、人口稠密な我が国では国土保全を進めなければならない。そのため離岸堤、突堤、護岸など種々の海岸保全施設を用いた海岸の保護策がとられることになる。原理的に見て、沿岸漂砂の阻止は下手方向の非常に長い区間に影響を及ぼすので、対策構造物の設置範囲は延々と続くことになる。そして近年では、景観上からこのような状況を改良すべきとの声には高いものがあるが、これらの施設が汀線のそれ以上の後退を防ぐ意味においてその効果を発揮してきたことは認めねばなるまい。しかしながら、いくつかの海岸の実態データを調べてみると、これらの構造物より沖合では漂砂の阻止の影響が着実に進行し、地形変化の限界水深(我が国沿岸では 10m 付近にある)までの間が次第に深くなる現象が発生している。汀線の維持は図られるものの、沖合が深くなることは海岸の災害ポテンシャルを増大させることから、いずれ大きな問題を引き起こす可能性が大きい。本研究では、新潟海岸を実例として広域的、長期的視点のもとにこうした問題について考察する。

2. 沖合部の大規模地形変動の分析

最初に、新潟海岸全体の深浅図を図-1に示す。1977年9月と1989年9月の深浅図であり、12年間の変化を含んでいる。海岸の北東端には新潟西港の西防波堤が延びており、また、海岸のほぼ中央部に流入するのは信濃川

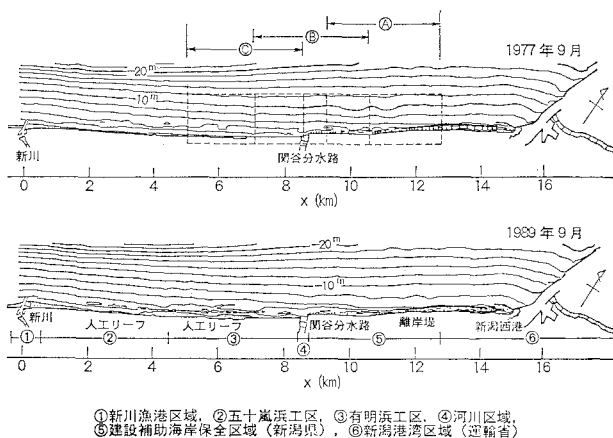


図-1 新潟海岸の海底地形の比較: 1977年と1989年

の関谷分水路である。さらに調査区域の西端には新川の導流堤がある。1977年には関谷分水路の西側は自然海岸であったが、その後海岸保全工事が進められ、1989年現在では17基の離岸堤と5基の人工リーフが設置された。図-1に示した深等線図を比較すると、一見したのみでは等深線に大きな変化がなかったように思われる。しかし、浅海部の -8m 、 -6m の等深線にはかなり顕著な差異が認められる。 -10m の等深線は1977年当時とほぼ同じ位置にあるが、 -8m の等深線は関谷分水路～新潟西港の西防波堤の間で岸向きに移動し、 $-8\sim-10\text{m}$ の等深線の間隔が広がった。 -6m の等深線も同様な意味で後退が目立っている。以上のように、新潟海岸の沖合ではかなり大規模な地形変動が見られる。以下では地域を分割してより詳細な検討を試みる。

関谷分水路の東側に位置する区域は、侵食の激しい地区として古くから有名であり、過去において突堤、離岸堤、護岸など様々な侵食対策が行われてきた。また近年、新潟港湾区域では潜堤の工事も進められている(荏司ほか, 1990; 1991)。図-2は補助海岸区域の地区A(図-1参照)の1977年～1989年の海底地形変化である。既に1977年の段階において海岸線には多くの海岸保全施設が設置されている。これらの施設の設置により、1977

* 正会員 建設省北陸地方建設局信濃川下流工事事務所長
 ** 正会員 工博 建設省土木研究所海岸研究室長
 *** 正会員 建設省北陸地方建設局信濃川下流工事事務所調査設計課長

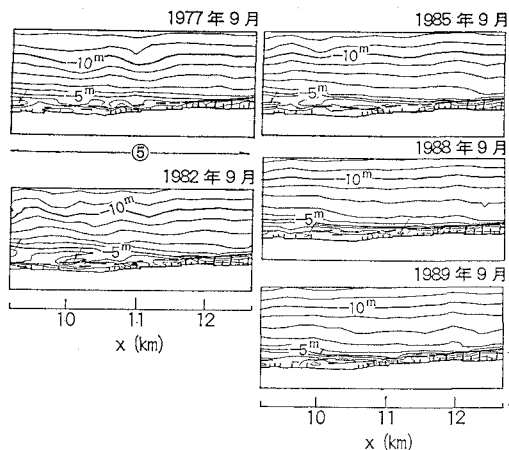


図-2 関屋分水路東側のA地区の海底地形の変化

年以降海岸線の後退はまぬがれており、汀線後退防止の意味では効果が上がっている。しかし、これらの構造物群の沖合の等深線には大きな変化が見られる。

1977年において -5m の等深線は $x=12\sim13$ km で離岸堤の沖側法線と接していたが、時間経過とともに構造物群の沖合が深くなり、1989年までには $x=11$ km 以東では全ての地先で -5m の等深線が構造物の沖側法線となってしまった。また、-9m の等深線はほぼ初期の位置を保っているものの、-5m の等深線の後退とともに、-5~-8m 付近の等深線も後退し、侵食の結果この間の勾配が次第に緩くなっていたことがわかる。そしてこのことは、新潟海岸における波による地形変化の限界水深がほぼ 8m にあることを意味している。この地区の東側約 4 km にある新潟西港の西防波堤の先端地先は約 20 m と十分深いことから、東側からの沿岸漂砂の流入はないと考えられること、また 10m 以深の等深線はほぼ初期形状を保っていることから、土砂が 10m 以深へと移動したとは考えられないこと、そして侵食域が単調に沿岸方向西向きに広がったことなどを考慮すると、以上に述べた地形変化は新潟海岸で卓越する西向きの沿岸漂砂の場所的不均衡によって引き起こされたと考えられる。ところで、1977年の深浅図によると、-10、-11m の等深線に大きな凹状地形の形成が見られる。この形成原因は明らかではないが、その後の深浅図によるとこのような等深線の場所的変動は時間とともに平滑化され、沿岸方向に一樣な等深線形となった。

図-2 において、-5m の等深線が時間経過とともに岸側へ接近することを明らかにしたが、この等深線の変動をより定量的に調べるために、1977年、1985年、1989年における -5m の等深線を重ねて図示すると図-3になる。これによると、-5m の等深線が離岸堤等の海岸

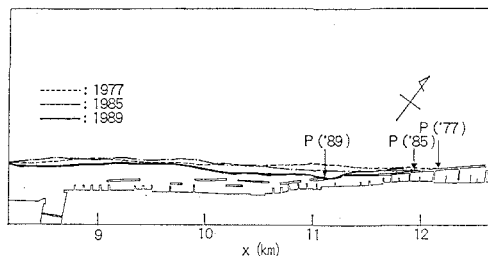


図-3 -5m 等深線形状の比較

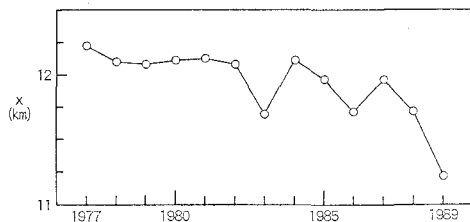


図-4 -5m 等深線が離岸堤等の構造物群の沖側法線に接する地点Pの沿岸方向への移動状況

保全施設の沖側法線を通る線と交わる点(P)は経年的に西向きに移動していることが理解される。さらに、点Pの位置の経年変化を調べると図-4となる。点Pの位置は、1977年より1982年までは $x=12.2$ km 付近にあり、その変化は少なかった。その後、変動はあるものの西向きに急速に移動し、1989年には $x=11.2$ km にまで達した。そして点Pの西向き移動速度は近年ほど大きいことが注目される。なぜなら、このことは近い将来、侵食域が急速に西側へ広がり得ることを意味するからである。

次に、関屋分水路を中心とする区域Bにおける等深線の変化を図-5に示す。図のほぼ中央部に流入するのが関屋分水路である。分水路の東側地区では -5~-8m の等深線が経年的に後退する点は既に述べた。関屋分水路の前面では、1977年より1978年の間に -4~-1m の等深線が大きく前進し、その後時間経過とともに等深線は一樣となった。この原因は、図-6に示すように1978年6月27日に最大流量 2250m³/s (帝石橋) の出水があり、これによって分水路から土砂が流入したためと考えられる。この最大流量は平年の水準と比較すると約2倍の流量であった。この出水により流出したと考えられる土砂も波の作用の下で急速に拡散され流出した。

図-5で特に注目されるのは、分水路の西側隣接区域の等深線の変化である。1977年には関屋分水路の西側の -5m 以浅の等深線は海岸線とほぼ平行であり、この区域はかなり浅かったが、1978年~1979年には -4~-5m 以浅の等深線が後退し、-4~-5m の間の平坦面の幅が次第に広がった。そして1988年、1989年には関屋分

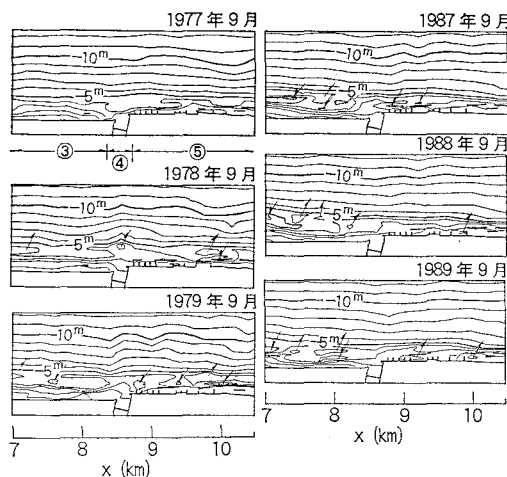


図-5 関屋分水路を中心とするB地区における海底地形の変化

水路の西側の区域は著しく深くなった。このような等深線の後退状況は、関屋分水路の東側地区での等深線の後退状況とよい対応を示す。そしてこの場合も侵食域が次第に西側へと広がる状況より、西向きに沿岸漂砂の均衡が失われたことが侵食の原因と判断される。

関屋分水路の西側に位置する有明浜では、海岸保全対策として離岸堤や人工リーフが造られてきた(浜口ほか, 1988)。この区間の海浜変形を示すのが図-7である。1984年には既に5基の離岸堤が設置されており、離岸堤の効果によりその背後では汀線の前進が見られつつある。1984年と1988年の等深線の形を比較すると、1984年では-5mの等深線は沿岸方向にほぼ一様であったが、1988年には-5m, -6mの等深線が離岸堤群の沖で沖方向になだらかに突出している。これは、離岸堤群の設置により岸側が浅くなって沿岸流が部分的に阻止され、また離岸堤の開口部における離岸流の発達が沿岸流の流下を阻害するため、全体として沿岸流が蛇行して等深線が前進したものと考えられる。

新潟海岸の沖合において生じている大規模な地形変動は、海浜断面比較によりさらに明確にすることができる。一例として、侵食の著しい $x=12, 11, 10$ km断面、そして有明浜の人工リーフを横切る $x=5.6$ km断面を選び、1982年～1989年の断面変化を示すと図-8となる。最も東側に位置する $x=12$ km地点には図-2に示したように離岸堤が連続的に設置され、その設置水深は約5 mである。この断面では離岸堤の沖側直近で経年的に侵食が進み、水深が約7 mへと近づいている。これと逆に沖合は非常に平坦で、年ごとの変動もほとんどない。徳田ほか(1988)は、新潟西海岸における1976年～1984年の断面データの比較を行い、侵食が離岸堤前面より200 m沖の水深7.6 mまでの範囲で著しいことを示し

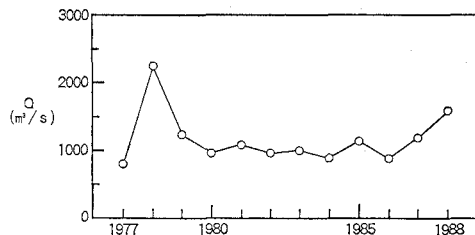


図-6 信濃川帝石橋流量観測所における年最大流量

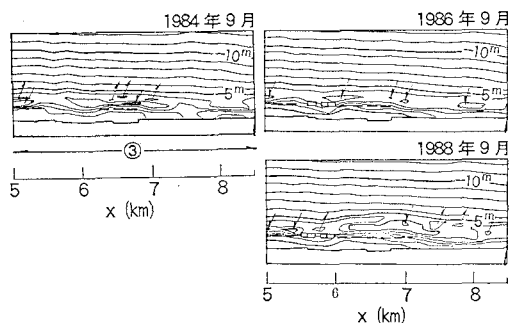


図-7 有明浜を中心とするC地区における海底地形の変化

た。さらに荳司ほか(1991)は、新潟西海岸において、1988年～1989年における新設の突堤周辺の地形変化を調べているが、ここにおいても著しい地形変化は-7 m以浅の離岸堤前面に限られている。以上の2つの研究の結果は本研究の結果とよい一致を示し、海岸の侵食が-8 m以浅で集中的に起きていることを示している。

$x=11$ km断面でも離岸堤があるが、ここでは沖合のバーが著しく侵食され、1989年にはバーの存在しない平坦な断面形へと変化した。そしてこの間の海底地盤の低下量は最大で約3 mに達した。荳司ほか(1990)は新潟西海岸の離岸堤沖の地盤沈下速度を現地観測により求め、約1 cm/yrという値を得た。この値を図-6に示した離岸堤沖の地盤高の低下と比較すると、後者は約40 cm/yrにも及ぶことから、この地区の地盤高の急激な低下はやはり海岸侵食によると言える。 $x=10$ km断面でも $x=11$ km断面と同様、沖合のバーが消失し、平坦な地形へと変化した。一方、離岸堤の岸側で土砂量が増加しているが、これは養浜したことによる。以上の3断面では、いずれの場合も離岸堤より沖合においてバーが消失して海底地盤高が低下してきたことが注目される。沖合海域の水深の増加とバーの消失は、離岸堤等の消波施設への作用波力や越波の急激な増大を招くことから、海岸保全上大きな問題点として指摘される。離岸堤等の構造物は汀線の後退を防ぐ意味では有効であるが、汀線付近の侵食防止の代わりに、これらの構造物の沖合の、

地形変化の限界水深(約8m付近)以浅の区域の砂が西向きに流出してしまうのである。最終的にはこれらの構造物の沖測水深は局所洗掘を除いても-8mに近づいていくものと考えられる。

以上の3断面と比較して $x=5.6$ km 断面は沿岸漂砂の下手側に位置するために侵食の影響はまだそれほど顕著には表われておらず、人工リーフの沖合ではバーやステップ型海浜の形成が繰り返されている。

既に見てきたように、新潟海岸では大規模な海浜変形が生じてきているが、その状況を過去10年間の水深変化

図としてまとめると図-9となる。図には水深1m以上の侵食または堆積の生じた区域を示した。海岸全体で見ると、関屋分水路を境にその東側では侵食が生じたこと、そしてその侵食は離岸堤の沖側隣接域で集中的に起きていることがわかる。これに対し関屋分水路と新川河口の間ではほぼ全域で土砂堆積が生じている。なお、新潟港の西防波堤寄りで顕著な侵食が見られない理由としては、そこがすでに激しい侵食を受け、海底面が下がり切った後であるためと推定される。図-9で見える限り、新川の導流堤が有効に働いており、それより東側地区の海浜安定化に役立っている。図-10には、地形変化比較を行った期間において新潟西港沖で観測された年最大有義波高の経年変化を示す。最大波高はほぼ5~6mで、周期は1978年を除いてほぼ10s程度である。このことは、特に異常波浪によって上述の変化が起きたというよりも、毎年の冬期波浪により経年的に侵食が進んできたことを示している。

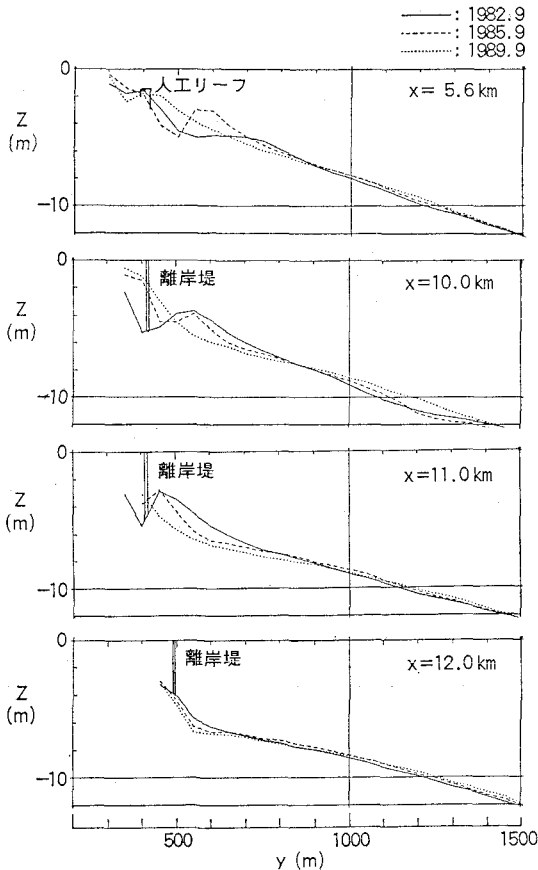


図-8 代表的海浜断面形の経年変化

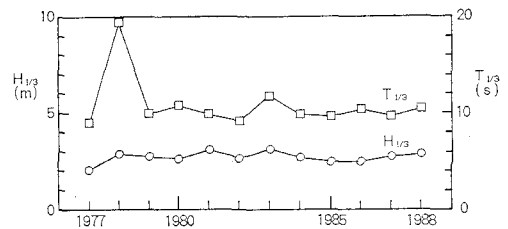


図-10 新潟西港沖で観測された年最大有義波高の経年変化

3. 考 察

新潟海岸は古くから海岸侵食が問題となってきた。そして海岸侵食に対して種々の海岸保全工事がなされてきており、現在関屋分水路より新潟港の西防波堤の間は、離岸堤、潜堤、突堤、消波工、護岸など多種類の海岸構造物で守られている。これらの構造物は過去において激しかった新潟海岸の汀線後退を防ぐ意味で効果があったことは確かである。汀線後退が図られる一方、最近では

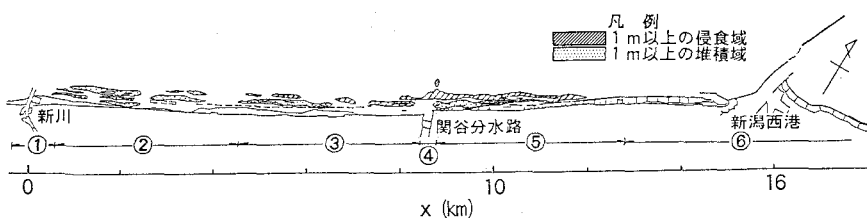


図-9 1979年~1989年間の水深変化量の平面分布

景観の悪化が問題とされ、海と汀線域とを人工構造物で分断してしまったことに対し、反省の弁が聞かれるようになった。確かに海岸の景観を考えると、よりよい景観を工夫する必要があると思われる。しかしもう一つ重要な問題点が指摘される。それは、水深 5~6m 以浅に設置されたこうした構造物群は、それより沖合の区域での海浜変形に対して何らの制御効果を持たず、当海岸の地形変化の限界水深(約 8m)と、この水深の間では経年的に侵食が進んできていることである。経年的侵食により、構造物の沖合水深はほぼ 8m へと近づきつつあるのである。そして同時に今までは入射波のエネルギーを削ぐ意味で有効であったバー地形が消失しつつあることも危惧される。ながらば、以上の点は、海岸線付近にある構造物への波力の増大や、消波構造物の安定性の低下を招く要因となるからである。

沖合部の侵食がほぼ -8m 以浅の区域において生じ、侵食域が新潟西港の西防波堤の隣接域から西側へと広がりを示していることから、このような侵食は西向きの沿岸漂砂の均衡がくずれたため生じたことはまちがいない。こうした侵食に対して過去から現在まで海岸工学的意味より種々の対策がとられてきたが、非常に大規模な地形学的変動に対してこうした対策ではやはり限界があることを意味する。構造物の沖合の水深が増加しても、それがただちに汀線の後退にはつながらないが、将来においては構造物の安定性の確保や越波防止が問題となるであろう。また、沖合が深くなって波力が増大することは、離岸堤より岸側で環境条件の改善のためになされる行為(例えば養浜など)の機能性安定性の低下を招くことになる。こうしたことから今後においては、より広域的視野より新潟海岸の保全方法について考えていく必要

がある。

4. あとがき

新潟海岸全体の海浜地形変化に注目し、広域での海浜地形変化特性として、この海岸では西向きの沿岸漂砂の不均衡により現在でも沖合部の侵食が続き、離岸堤等の海岸保全施設の沖合が次第に深くなりつつあることを明らかにした。このような現象が起きても、汀線後退が急に激しくなることはないで、海岸保全士ただちに問題となる訳ではないが、長期的に見て災害ポテンシャルが増大する方向であることは注意すべきであろう。そして最近声高に叫ばれている海岸環境や景観の向上を、より困難にさせる方向の現象であることはまちがいない。今後は、何らかの方法により、こうした沖合海浜を含めて海浜を安定化させる方法について取り組んでいきたいと考えている。

参考文献

- 宇多高明 (1980): わが国の海岸侵食の現状とその問題点, 地理, Vol. 35, No. 6, pp. 34-43.
- 荘司喜博・中山春雄・滝口要之助・黒木敬司・坂井隆行 (1990): 新潟西海岸における波, 流れ, および地形変化の観測, 海岸工学論文集, 第 37 巻, pp. 429-433.
- 荘司喜博・中山春雄・滝口要之助・高橋豊喜・黒木敬司・坂井隆行 (1991): 新潟西海岸の消堤設置による波, 流れおよび地形変化の観測, 海岸工学論文集, 第 38 巻, pp. 316-320.
- 徳田峯夫・田村政太郎・岩本博史・川又良一・黒木敬司 (1988): 新潟西海岸における波浪に伴う海底変動 (第 2 報), 第 35 回海岸工学講演会論文集, pp. 467-471.
- 浜口達男・宇多高明・井上 力・五十嵐 晃・中山 修 (1988): 人工リーフの波浪制御効果に関する現地実験, 第 35 回海岸工学講演会論文集, pp. 128-132.