

小川原湖海岸の海岸侵食とその予測

斉藤晴雄*・宇多高明**・綱田政芳***
沢田善治***・林 秀治***

1. ま え が き

最近、沿岸漂砂を遮断する構造物の建設により沿岸漂砂の連続性が断たれ、これによって構造物の下手側で大規模な海岸侵食が生じた例が目立って増えている。青森県の太平洋岸にある小川原湖海岸もその一つである。この海岸の三沢東方には昭和46年から漁港の建設が始められたが、その南側海浜では大幅に汀線が前進し、一方北側海浜では大規模な海岸侵食が進んでいる¹⁾。最近においても状況は改善されておらず、悪化の一途をたどっている。本論文は、この海浜変形の実態を明らかにすることを目的とする。

海岸侵食の実態を明らかにするに際しては、十分な深浅測量データがあればそれを解析することが最も望ましい。しかし当海岸では三沢漁港と高瀬川河口周辺を除いて深浅測量は行われていない。このためここでは主として航空写真を用いて汀線変化の解析を行う。航空写真による汀線変化の解析は、一般に良く用いられる方法であるが、汀線位置の読み取り精度に関する検討は十分に行われていない。よってまずその精度の検討を行う。次いで小川原湖海岸の汀線変化を過去35年間さかのぼって調査し、これにより現在までの汀線変化の実態把握を行う。

汀線の変化については、現在汀線変化モデルによって予測が可能となっているので、得

られたデータを検証データとして汀線変化の予測を行う。この場合、漂砂の移動高さおよび構造物による沿岸漂砂の捕捉率の新しい考え方を提案し、開発された新しい方法を用いて予測計算を行う。

2. 小川原湖海岸の汀線変化

調査の対象とする小川原湖海岸は、図-1に示すように青森県の太平洋岸にあり、八戸市より六ヶ所村泊の間に広がっている。図示するように、八戸市の北方約18kmには三沢漁港が存在する。ここでは昭和46年より漁港の建設が始まり、沿岸漂砂の連続性が断たれたために防波堤の北側では侵食が、また南側では堆積が生じた¹⁾。さらに三沢漁港の北方約19kmには高瀬川放水路導流堤があるが、この構造物によっても汀線に変化が生じている。このような状況を定量的に解析するために、図-1の④～⑦および①～⑦に示す13ブロックに分け、各区間ごとに200m間隔で汀線位置を航空写真から読み取った。さらに得られた汀線位置を南北方向にとった基準座標値に変換した。測定範囲の全長は約63kmである。

航空写真をもとに汀線変化解析を行う場合、図-1の対象海岸を包含する航空写真を経年的に集める必要がある。小川原湖海岸で利用可能な航空写真を整理すると、表-1が得られる。表に明かなように昭和23年の写

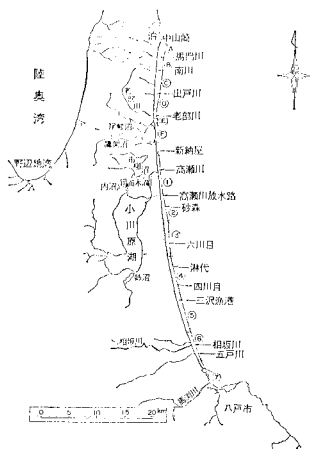


図-1 調査対象区域

表-1 航空写真撮影年度およびカバー区間

地名	馬場川	出川	老瀬川	高瀬川	天瀬川	六ヶ所川	三沢川	三沢川	三沢川	三沢川	三沢川	三沢川
年間												
昭和23年												
昭和36年~38年												
昭和45年~47年												
昭和50年												
昭和52年~54年(12月)												
昭和55年~57年												
ブロック名	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
地点番号	0-44013	0-21244	0-08033	1-37	1-26	1-34	1-31	1-42	1-29	1-36		

338測点

真を除くと他のものは対象区間の一部をカバーしているにすぎない。したがって年度の組合せにより全域をカバーする資料とした。ただし写真が重複する区間では、各年代の中で最も新しい年代の値を用いた。また昭和36年から昭和54年までの時期において、部分的に航空写

* 正会員 建設省東北地方建設局高瀬川総合開発工事事務所長
** 正会員 工博 建設省土木研究所海岸研究室長
*** 正会員 建設省東北地方建設局高瀬川総合開発工事事務所

ほぼ同一時期に撮影されたが、写真縮尺が異なるものとして、昭和55年10月(1/15000)と同月(1/8000)および昭和55年10月(1/8000)と同年11月(1/10000)の2つがある。比較データ数は前者の方が大きい。変動幅は各々15.0 m, 10.8 mであった。表には同様に各年度

比較年と写真縮尺		変 動 幅	データ数
昭和55年10月 (1/15 000)	昭和55年10月 (1/8 000)	15.0 m	110
昭和55年10月 (1/8 000)	昭和55年11月 (1/10 000)	10.8 m	37
昭和52年11月 (1/12 500)	昭和54年12月 (1/15 000)	18.7 m	92
昭和45年 (1/19 000)	昭和46年 (1/20 000)	10.9 m	8
昭和37年 (1/13 000)	昭和38年 (1/20 500)	16.3 m	9

表-3 は基準年を昭和23年または昭和36~38年としたとき、その後の測定値との間にどの程度の平均的差違があるかを調べたものである。昭和23年を基準にとったとき、その後の5回の測定値のいずれと比較しても23m以上の平均的差違がある。またその変化は昭和23年より昭和36~38年の間に集中的に起きたことになるが、この期間にのみ大きな変化が生じ、その後あまり変化が存在しないのは不自然である。一方、昭和36~38年を基準とすると、その後の平均汀線変化量は小さく、読み取り時の精度15.6mより下回っている。以上の点より、昭和23年の値を使うと土砂の損失があったのか、あるいは読み取り時の誤差が大きかったのかいずれとも判断しかねるため、以下の計算での基準値は昭和36~38年のデータを用いることにした。ただし表-1に明らかに、昭和36~38年のデータのうち泊より出戸川

比較年 基準年	S36~38	S45~47	S50	S52~54	S55~57
S23	-24.9 m	-22.9 m	-32.7 m	-29.4 m	-23.2 m
S36~38	—	1.8 m	-10.6 m	-4.5 m	1.1 m

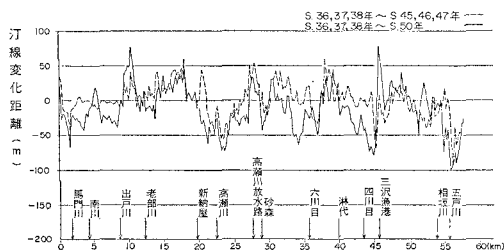


図-3 昭和36年から昭和50年までの汀線変化

までの区間を初めとしていくつかの欠測区間があるが、ここについては昭和23年と昭和45～47年のデータの線形補間より定めた。

図-3は昭和36～38年を基準としたときの昭和45～47年および50年までの汀線の変化を示したものである。まず昭和45～47年までの変化を調べる。八戸市より高瀬川付近までは北向きの漂砂が卓越している¹⁾ために構造物等によって沿岸漂砂が遮断された場合、南側で堆積、北側で侵食が起こる。当海岸の南端では昭和40年より八戸港が建設され、ここでは漂砂の供給がないために、五戸川付近では侵食が進んでいる。 $x=45$ km 付近には現在三沢漁港があるが、この漁港の建設は昭和46年より開始されている。昭和46年には防波堤先端が海へ突き出ていなかったため、左右岸の汀線位置の差は10 mであった。図-3の場合三沢漁港付近の汀線形状は昭和47年の航空写真より求めている。したがって図-3において三沢漁港の北側で局部的に汀線が約70 m後退しているが、これは防波堤の北側ですでに侵食が始まっていることを表わしている。三沢漁港の北約19 kmには高瀬川放水路がある。この放水路は昭和43年より建設が始まり、昭和47年までに基準点より145 mの長さまで建設された。放水路建設時の基準点と汀線との距離は約130 mであったが、図-3の昭和45～47年の段階において南側で堆積、北側で侵食となっていることから判断すると、この時期において既に放水路建設の影響が及び始めていたことがわかる。

昭和50年になると昭和45～47年の段階で見られた汀線の前進後退の特徴がさらに著しくなる。五戸川付近の侵食はさらに進行している。三沢漁港では防波堤の初期汀線からの長さが約300 mとなった。このため防波堤の南側では急速に汀線が前進し、一方北側では侵食範囲が長さ5.3 kmに及んでいる。高瀬川導流堤もこの時期までに基準点より250 mまで延長されたが、ここでも侵食、堆積範囲が拡大している。なお、昭和50年のデータでは、上述した構造物の影響範囲外での変動も相当大きい。

図-4は昭和36～38年から昭和52～54年及び55～57

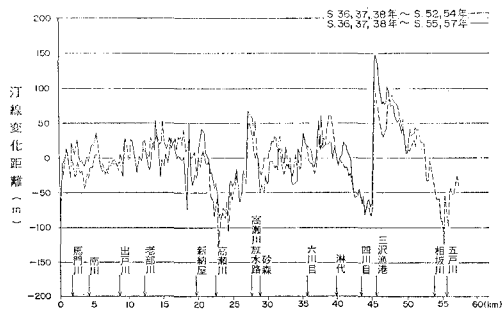


図-4 昭和36年から昭和57年までの汀線変化

年の汀線変化を示したものである。図-3に示した特徴がさらに顕著となっている。五戸川付近が侵食され、三沢漁港の南側では大幅に汀線が前進した。昭和55～57年ではその前進量は約150 mに達した。一方、三沢漁港の北側では侵食が進み、50 m以上の侵食を受けた汀線の延長は2.8 km、影響範囲は北側5 kmに及んでいる。同様に、高瀬川放水路の南北海岸での堆積、侵食も著しくなった。

3. 汀線変化モデルによる汀線変化の予測

汀線の変化については、汀線変化モデルによって予測が可能である。よって得られた資料を検証データとして汀線変化の予測を行う。基本的モデルは三沢漁港周辺の汀線変化予測に用いたもの¹⁾と同様とし、陽形式差分法を用いて解く。ただし具体的計算を行う前に沿岸漂砂の移動高さおよび構造物による沿岸漂砂の捕捉率についての新しい考え方を提案し、それをもとに議論を進める。

現地海岸の深淺測量データを用いて移動高さを経験的に求める方法としては、一般にある年度を基準とし、各年度の断面積の変化量(ΔS)と汀線変化量(Δy)を求め、これらの相関関係より移動高さを求める方法がある。この方法は有意な地形変化が生ずる前の断面形状が測定されていない場合、誤差が大きくなる欠点がある。例えば図-5をもとに考える。図-5の(a), (b)は典型的な侵食断面形状と堆積断面形状を表わす。両断面において構造物の建設される以前の形状は、図中初期断面形状と表わされるように一様勾配とする。沿岸漂砂を阻止する構造物が建設されると構造物の下手、上手側には(a), (b)に示す変化が生ずるはずである。もし深淺測量をN年より

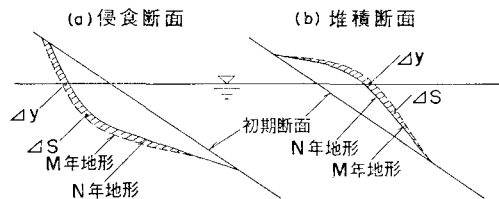


図-5 海浜断面形状の時間的变化模式図

開始し、M年後($M > N$)のデータと比較する場合、N年までに主な地形変化が生じてしまったとすると、M年とN年の間の断面積や汀線の変化量はごくわずかであり、したがって両者の相関関係は悪くなる。そこで単年度の平面的深淺測量データのみから移動高さを求める方法を開発した。

ある年度の深淺測量の結果、図-6のような平面的深淺図が得られたとする。この深淺図は、沿岸漂砂が右から左方向の海岸において突堤等の構造物が造られたときのものに対応し、突堤の右側では汀線が前進し、左側で

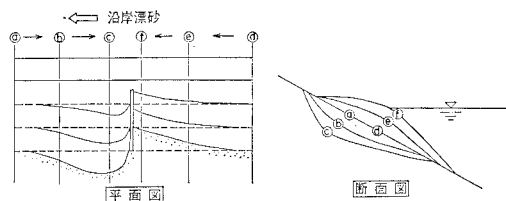


図-6 海浜断面形状の空間的変化模式図

は後退している。破線は突堤等の構造物ができる前の等深線を表す。このような平面図に対応する断面形状は断面図に示すものとなるはずである。図中の④～⑧は平面図の測線配置に対応する。侵食側では④→⑤→⑥と構造物に近づくにつれて侵食量が大きくなる。堆積側はこの逆である。いま、構造物が建設される前の海浜形状が図-6の平面図の破線で示されるようなものであったとし、自然海浜の海浜断面が沿岸方向にほぼ一様であったと仮定する。この場合、測線④、⑧では汀線変化が生じていないのであるから、断面形状にも大きな変化は生じていないはずである。このため⑤、⑥、⑦の地形変化が生ずる前の海浜断面形状は測線④、⑧位置に保存されていると考えられる。結局、測線④または⑧、あるいはそれらの平均値を初期値とし、あたかも⑤～⑦のように変形が生じたと考えると断面形状の変化量と汀線変化量が求められる。これらが求まれば両者の相関より移動高さが算定される。実際に昭和54年に三沢漁港周辺で行われた深浅測量結果をもとに移動高さを求めたところ、 $h=11.8\text{m}$ となった。一方、三沢漁港周辺では経年的に深浅測量が行われているので、従来の方法によって移動高さを求めると、 $h=10.6\text{m}$ となり、両者はほぼ一致することがわかる。

次に構造物によると沿岸漂砂の捕捉率について検討した。突堤による沿岸漂砂の捕捉率は従来以下の方法でなされてきた。すなわち汀線より沖向きに座標をとり、そこに沿岸漂砂量の岸沖分布を考え、突堤の先端位置が沿岸漂砂量分布をカットする部分の面積比より捕捉率を計算するものである。この手法は2、3の問題点を含んでいる。

- ①沿岸漂砂量分布は汀線より沖側で分布を持つと仮定する。この場合陸側の漂砂量は零とせざるを得ないが、実際には陸上部においても地形変化が生じている。
- ②汀線が前進したとき、海浜断面は平行移動しておらず分布形を有する。

ここでは汀線より陸側における地形変化が生じうるようにするために、実測された断面形状より沿岸漂砂量の岸沖分布を定めてみる。まず防波堤の上手側の堆積域を考える。沿岸漂砂によって地形変化が生ずる場合、海底勾配が十分小さいために、生じた地形変化の岸沖方向分

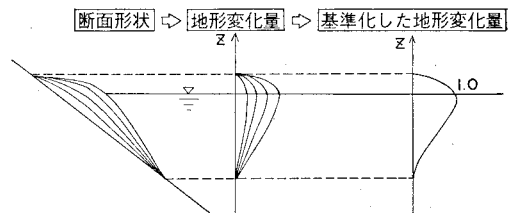


図-7 実測断面形状より沿岸漂砂量分布を定める方法

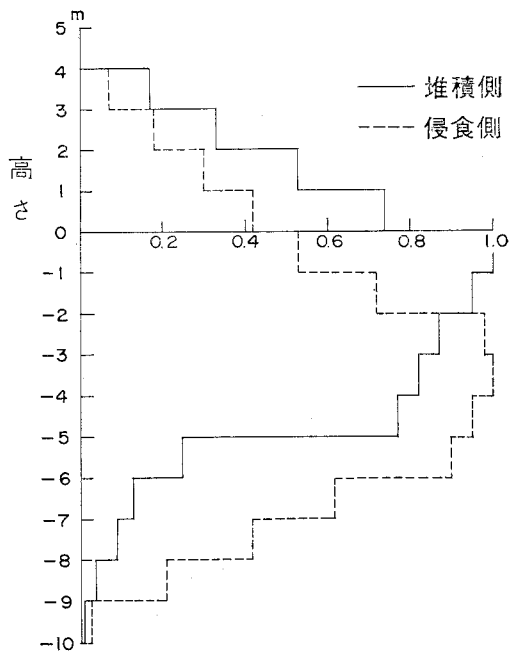


図-8 規準化された地形変化量の鉛直分布

布が沿岸漂砂量の岸沖分布とほぼ相似形を保つと仮定する。この場合、地形変化の分布より沿岸漂砂量の分布が推定できる。まず図-7に示すように地形変化量を鉛直方向に投影

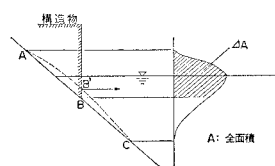
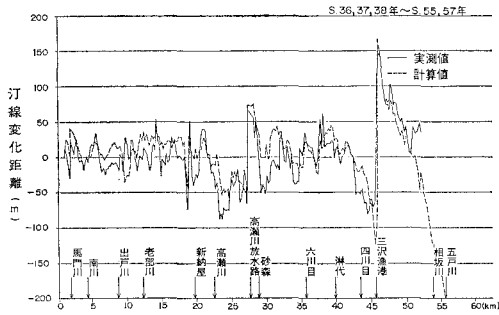


図-9 構造物による漂砂の捕捉率

する。次に各時刻の最大値をもとに各水深の水平方向の変化量を割り、規準化する。図-8はいくつかの分布形を平均することによって定めた規準化された地形変化量の鉛直分布である。ただし水平変位図を作るための基準断面は構造物の影響がでる以前の昭和46、47年の代表断面を平均化して求めた。図には堆積側の分布だけでなく、侵食側の分布も示してある。堆積側ではほぼ静水面付近で最大値をとるが、侵食側では水深3～4mの間で最大値を持つ。この分布は仮定により沿岸漂砂量の水深方向分布と相似となるが、堆積側では陸上部の値も相当



図—10 汀線変化の予測値と実測値の比較

大きいことがわかる。

分布形が定められたために、この分布形が沿岸方向にあまり変化しないと仮定して構造物による沿岸漂砂の捕捉率について考える。図—9を例として取り上げる。すなわち構造物の先端がB点にあったとき、右図の分布形において斜線部分が阻止されると考える。この場合捕捉率は分布形の面積比 $\beta = \Delta A / A$ によって定められる。ただし構造物によって阻止された土砂はAB間にのみたまと仮定するのではなしに、AC間全体にたまとする。漂砂が阻止されたことによって地形が破線で示すように変化したとすると、構造物の先端水深はB'点のように浅くなるので、新たに捕捉率を計算することができる。以上、移動高さと漂砂の捕捉率の新しい考え方が明らかになったので、次に実際の汀線変化予測について論ずる。

当海岸における主な波の入射方向は ENE, E および ESE であるが、ここでは長期間の予測を行うため単一方向の波を設定することにした。その方法としては、まず昭和36年から昭和57年までの実測汀線変化を参考とし、明らかに汀線が安定している部分(中山崎の南, 老部川の北側領域)ではその汀線の勾配を碎波点における波の入射方向とし、また大規模構造物によって沿岸漂砂が阻止された部分(例えば三沢漁港の南側や高瀬川放水路の南側)では構造物下手の汀線勾配を求め、それらを波の入射方向と置いて碎波点における入射角を推定した。この結果得られた碎波点における入射角は、E方向から入射する波を仮定した場合の破波点における入射角分布とほぼ一致した。

碎波波高分布は、あらかじめE方向を入射方向として沿岸方向の波高比を求めておき、高瀬川放水路前面の水深17.5mの地点で測定された有義波高の平均値を0.87mと置いて沿岸方向分布を求めた。なおこの値は昭和55, 56年に高瀬川河口沖に設置された表面ブイ式波高計によって得られたデータを平均して求めたものである。平均値は前報¹⁾の値と比較すると小さいが、一応実測値をそのまま用いた。上述したように、実際の碎波点にお

ける入射角は汀線勾配より推定したが、得られた入射角分布がE方向から波が入射したと仮定したものとほぼ一致したことから、E方向の波を仮定して定めた沿岸方向の波高比をそのまま利用した。

計算の定数として、格子間隔は200m, 移動高さは10.6m, 時間間隔は7.3日とし、またサベージ係数は0.2とおいた。初期条件としては昭和36~38年の汀線形状を与えた。境界条件として両端における漂砂量、および流入河川の流砂量は0とした。また構造物はその建設経緯にしたがって変化させた。図—10は実測値と計算値の比較を行ったものである。三沢漁港周辺では侵食域の計算値が実測値よりも大きな変化となっているが、全体的にはほぼ対応していることがわかる。なお、放水路南側の砂森では昭和48年以来昭和58年9月末までに合計53万 m^3 の砂利採取が行なわれている。その正確な位置は明らかではないが、砂森付近で計算値の方が実測値よりも大きいのは、この砂利採取の影響が出ている可能性がある。この点については今後も検討が必要である。

4. 結 論

本研究によって得られた主要な結論をまとめると次の通り。

- ①写真縮尺や撮影年度が最長で2年異なる写真を組み合わせて汀線位置を定めたときに生ずる誤差は、平均変動幅で15.6mであった。
- ②小川原湖海岸の三沢漁港では北上する漂砂が遮断されたため大規模な侵食と堆積が生じている。侵食域において50m以上汀線が後退した区間は北側2.8kmに達している。
- ③単年度の平面深浅データのみから漂砂の移動高を求める新しい方法を開発した。この方法は移動高の計算に過去のデータを必要としない利点がある。
- ④実測断面測量データより沿岸漂砂量の水深方向分布を推定しそれを用いて構造物の捕捉率を求める新しい方式を開発した。これは陸上部の地形変化をも考慮できる。
- ⑤小川原湖海岸の過去20年間の汀線変化は、数値計算モデルにより良く再現され、海岸侵食の特性が明らかになった。

参 考 文 献

- 1) 橋本 宏・宇多高明: 経験的海浜変形モデルの小川原湖海岸への適用, 第26回海岸工学講演会論文集, pp. 215~219, 219, 1979.
- 2) 田中則男・小笹昭昭・小笠原 昭: 海浜変形調査資料(第1報), 航空写真による汀線変化の解析(東日本編), 港湾技研資料, No. 163, 1972.
- 3) 佐藤昭二・河西輝夫・田中則男・入江 功: 小川原湖海岸の漂砂について, 第19回海岸工学講演会論文集, pp. 7~11, 1972.