

図2 調査対象域

れ、川から大量の土砂供給を受けて形成された。札幌に近く、市民による利用度も高い。調査は小樽市銭函から石狩市無煙浜まで約28kmの砂浜を対象にした(図2)。中央に石狩湾新港、南西部に新川河口、北東部に石狩川河口が位置する。銭函以西は礫浜で、無煙浜以東は断崖海岸となる。

3 空中写真に見られる石狩海岸の変化

3.1 空中写真を利用した海岸調査

空中写真(図3)は撮影日時が明らかであるうえ、海岸付近の微地形や植生域、車輛の走行跡など地形図にはない詳細な情報が示されている。そのため過去からの海岸侵食の経過を把握するうえで非常に有効な資料として活用されている。過去の空中写真は1940年代に全国を撮影した米軍資料から利用が可能であり、それ以降は国土地理院・林野庁・自治体等が撮影した空中写真や高解像度の衛星画像などが利用できる。

航空機から撮影される空中写真は、隣接する2枚の画像が60%程度オーバーラップしており、これらを実体視することで地面の標高を計測することができるが、本調査は標高0mの海岸線を対象としたため、新旧の単写真から海岸線の位置を計測し、年代別に比較して侵食域・堆積域の経年変化を判読した。濱田・菅(1998)は、1940年代から1990年代まで約10年間隔の空中写真から、手

作業で石狩海岸の侵食量を測定したが、本文では1990年代以降の空中写真をGIS(地理情報システム)に取り込み、幾何補正した画像を計測して侵食域を求めた。石狩海岸は日本海に面するため、潮汐変化が小さく、比較的容易に空中写真から海岸線の経年変化を把握することができる。

3.2 空中写真に見られる海岸線の荒廃

図3は1976年から2009年にかけて約10年間隔で撮影された新川河口付近を、同スケールで並べた空中写真であり、海岸に様々な変化が見られる。1976年の写真には、砂浜の陸側にハマニンニクなどの海浜植生域が広く見られたが、1985年以降破壊が進み、次第に裸地化していった。その過程で、無秩序な網目状の車輛走行跡が増加し、これらのオフロード車の走行が海浜植物の植生破壊をまねいていることが分かる。1961年から1996年までの石狩海岸の空中写真をGISに取り込み、これらの車輛走行跡をトレースして計測したところ(図4)、その総延長は1970年代以降急速に増加するとともに、走行跡の形態は生活のための道路から無秩序な網目状の走行跡に変化した。これらの車輛走行跡は、石狩海岸の全域に見られるが、特に大浜海岸周辺・新川河口部・石狩湾新港北側など、道路から車でアクセスしやすい場所に顕著に増加した(宮木ほか, 2006)。

さらに図3の写真からは、海岸線の位置が徐々

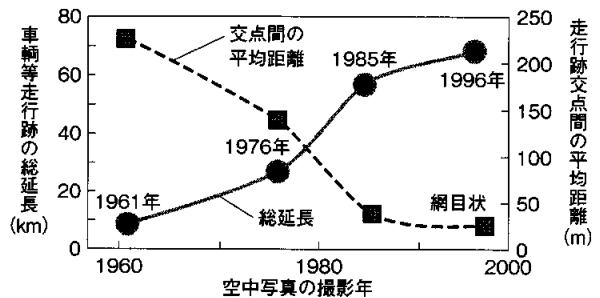


図4 空中写真から判読した新川河口付近海岸の車両走行跡の長さ

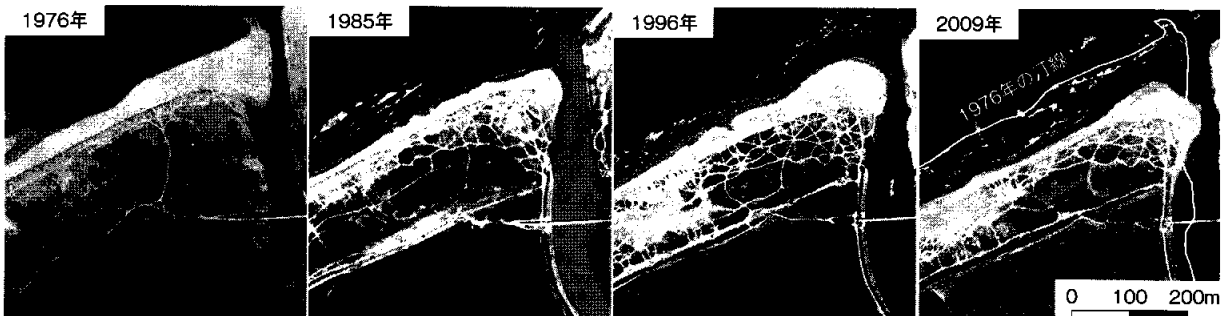


図3 空中写真に見られる新川河口部の海岸変化

に侵食を受けて後退する様子がうかがえる。2009年の写真に1976年の汀線を白色線で重ねた図からは、この約30年間に海岸線が100m程度後退している様子が見られる。また水際と海浜植生帯の間に形成される砂浜（後浜）の岸沖方向の幅は1976年には広く、50m~100m程度であったが、徐々に狭くなり、2009年には30mに満たない狭い場所も見られる。この変化から、海岸への砂の供給量が減少したことが推察される。また、海浜植生帯の海側限界線が徐々に侵食され、内陸方向に後退している様子も読み取れる。この限界線は、現地では調査すると、数mの高さの浜崖として確認でき、この崖が暴浪時の波やオフロード車の走行により侵食され、後退している。

3.3 空中写真に見られる1947年以降の海岸侵食

1947年・1961年・1971年・1983年・1995年・2004年の各空中写真から海岸線を判読・比較し、石狩海岸の侵食域と堆積域を判読した(図5)。

1947年から1961年にかけて、石狩海岸は、石狩川河口南西を除き、ほぼ全域で堆積傾向が見られた。石狩海岸は、現在の海岸線から約6km内陸に分布する紅葉山砂丘から現在の位置に前進してきた。この前進速度は堆積物中の貝殻や木片の¹⁴C年代から約1km/1,000年と推定される(松下, 1979)。1947年から1961年の石狩海岸は、この前進速度とほぼ同様の1.3m/年のペースで海側に前進した。

1961年から1971年にかけては、石狩海岸全域としては堆積傾向にあるものの、その堆積傾向は以前より弱まった(図6)。石狩海岸中央部に堆積域が見られる一方、新川や石狩川の河口周辺に侵食域が見られた(図5)。この時期建設された石狩川河口導流堤の北東側海岸に堆積域が見られる。

1971年から1983年にかけても全体としては堆積傾向にあるものの(図6)、建設された石狩湾新港の小樽市側に顕著な侵食域が形成された(図5)。一方、港の石狩市側には、顕著な堆積域が形成された。この間も新川河口周辺において海岸の侵食傾向が続き、この侵食傾向はこの後2004年の空中写真まで継続して確認される。

1983年から1995年にかけては、石狩湾新港の小樽市側の侵食域が広範囲に広がり、新川河口周辺の侵食域と接続して広域的な侵食域となった。この時期、石狩海岸全体の砂浜面積は減少傾向に転じた(図6)。一方、石狩市側の砂浜は概ね安定していたため、小樽市側と石狩市側の海岸で、海浜植生帯の様子に顕著な違いが現れた。石狩市側の海岸は、砂浜帯・第一砂丘帯・第二砂丘帯・カ

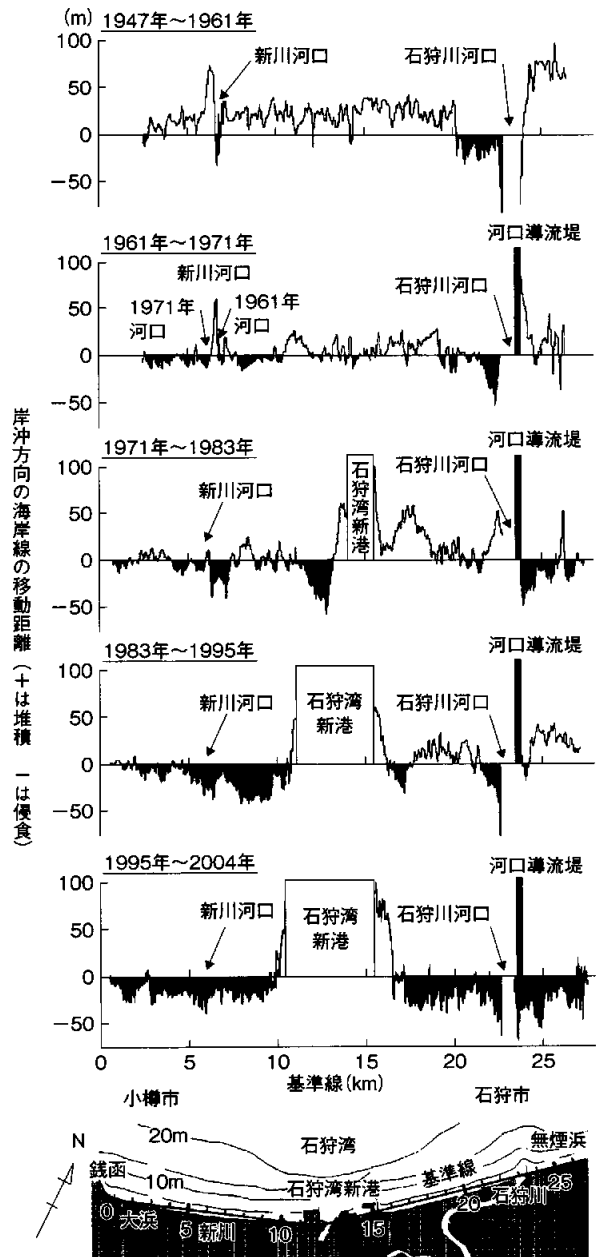


図5 空中写真から判読した石狩海岸の侵食域・堆積域

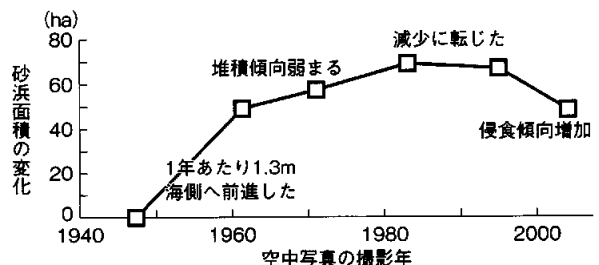


図6 空中写真から判読した石狩海岸の面積変化

シワ林帯の带状構造がきれいに形成されている一方、小樽市側の砂浜は、第一砂丘帯が侵食により破壊され、第二砂丘帯にも侵食が進んで浜崖が広がる様子が空中写真に見られる。

1995年から2004年にかけては、石狩海岸全体の面積変化が1995年までの緩やかな減少傾向から急速な減少傾向に変化した。石狩湾新港の小樽市側の侵食が依然として続く一方、これまで安定していた港の石狩市側の砂浜および石狩川河口導流堤の北東側も侵食傾向に転じた。その一方で、石狩湾新港の両側の海岸には、著しい堆積域が形成された。港湾施設等により波の静穏域となった石狩湾新港周囲の海岸には、砂が堆積し、現地調査でも遠浅で広い砂浜が急速に形成されつつある様子が確認できた。

3.4 空中写真に見られる石狩川河口砂嘴の変化

1996年に撮影された石狩川河口部の空中写真に明治期(1909年)の地図に示された海岸線を白色線で重ね合わせると(図7)、砂嘴の先端が北東方向に大きく延伸してきたことが分かり、海岸部にも砂が堆積したことが分かる。この石狩川河口砂嘴の形成について、1909年の旧版地図から2004年の空中写真資料までを比較し、約100年間の変化を調べた。調査のため、砂嘴を「先端部」・「海岸部」・「河川部」の3つのエリアに分割する基準線を設定し(図7)、各エリアの陸地面積の変化を地図および空中写真から測定して比較した。

その結果、先端部・海岸部・河川部とも明治期から次第に面積が増加し、特に先端部は明治から1940年代にかけて顕著な面積の増加が見られた(図8)。しかし、1960年代をピークに徐々に先端部の面積は減少し、1990年代以降その減少速度が増した。1980年代から2004年までの減少傾向を見ると、20年で約5haの面積が減少しており、これは1年あたり50m×50mの面積が消失していることになる。海岸部の面積も、1990年代以降は緩やかな減少傾向を示しはじめた。河川部のデー

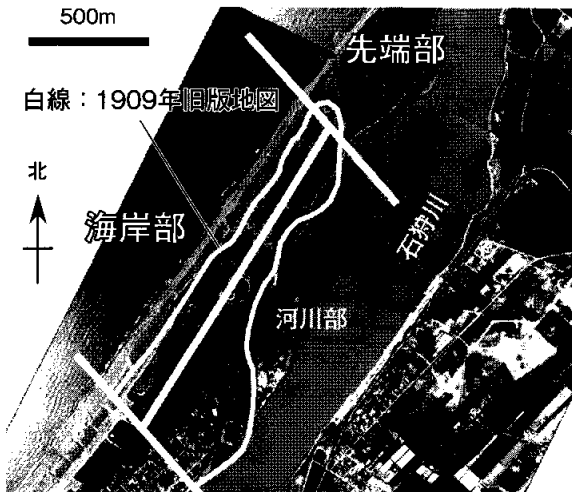


図7 石狩川河口部の写真判読域

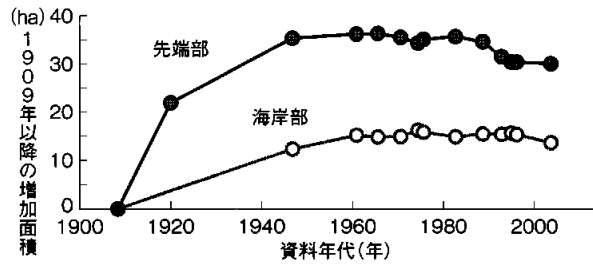


図8 石狩川河口砂嘴の明治期から現在にいたる海岸面積の変化(先端部・海岸部)

タは割愛するが、海岸部とほぼ同様の増加傾向を示した後、川岸が護岸化されたこともあり、面積の減少はほとんど見られなかった。

砂嘴先端部には、波浪および河川の侵食作用による浜崖が形成されており、ショウドウツバメの巣が見られる。先端部周辺の海岸を1976年から2004年までの4時期の空中写真から判読したところ、浜崖が徐々に侵食され、後退してゆく様子が見られた(図9)。1990年代までの空中写真には、砂嘴先端部で丸く折り返す管理用道路が確認できたが、2000年代の空中写真には道路折り返し部分が侵食され消滅した。

砂嘴が延伸した北東方向に基準線を設定し(図9の点線)、浜崖の位置変化をプロットしたところ、1976年から2004年までの間に、浜崖は140m以上も後退し、1年あたり約5mのペースで後退する傾向が見られた(図10)。

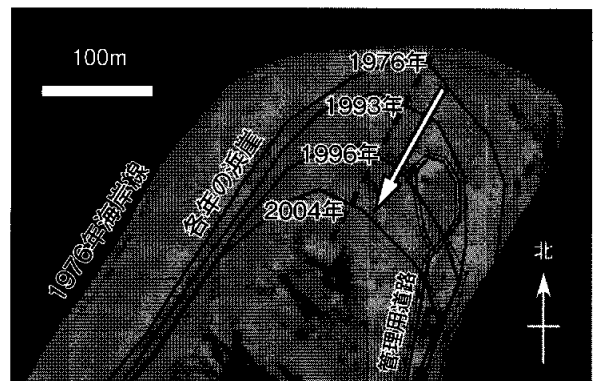


図9 石狩川河口砂嘴先端部の浜崖位置の変化

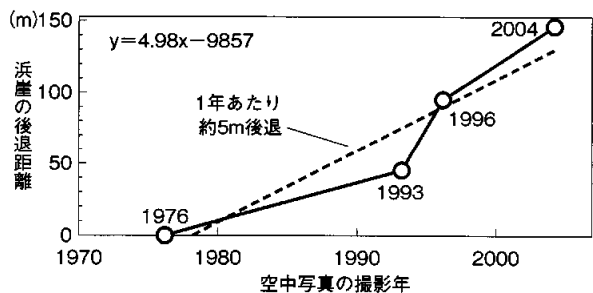


図10 石狩川河口砂嘴先端部の浜崖の後退速度

4 測量調査結果に見られる 海岸の季節変化

海岸侵食の季節的变化を把握するため、現地の測量調査を行った。調査では目標となる反射プリズムまでの距離と角度を迅速かつ正確に測定できる光波測距儀を用いた(図11)。本調査では、波が水際に形成する浜面 (beach face) の上端と下端の位置と標高から標高 50 cm の位置を求め、標高 50 cm のラインを海岸線とした(図11)。

1996年10月から1999年3月まで、現地における測量調査を行った結果、季節による海岸線の侵食・堆積サイクルの様子が明らかとなった(図12)。石狩海岸は、11月から3月にかけて冬季の高波による侵食を受け、春から夏にかけて堆積する傾向を示した。年によりその変化は大きく異なっ

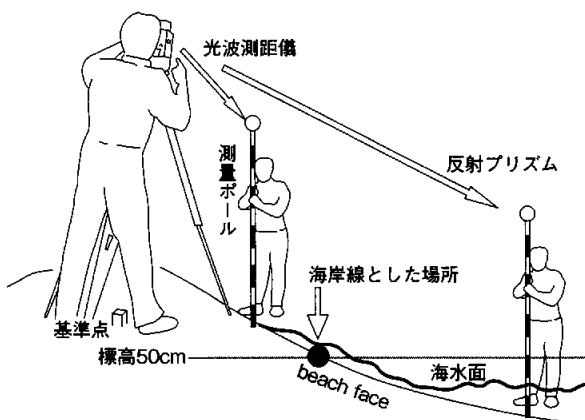


図11 現地測量による調査方法と海岸線と定義した場所

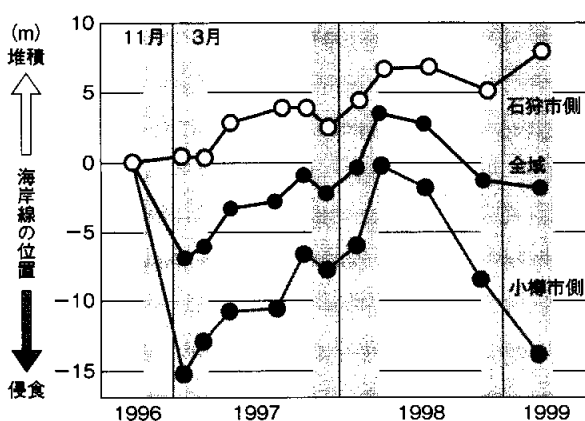


図12 測量調査による石狩海岸の海岸線変化

たが、冬季には石狩海岸全域の平均として2m～8mの後退が見られた。1997年の夏季は5m程度前進したが、1998年は春先に海岸が前進した後、夏季は逆に5m程度後退した。局地的にはより大きい侵食・堆積域が形成されていた。

小樽市側の海岸は、石狩市側より侵食・堆積の変化が大きく(図12)、冬季の侵食により10mを越す急激な侵食も見られた。一方、石狩市側の海岸には、調査期間中、急激な海岸線の後退はなく、徐々に堆積してゆく傾向が見られた。

5 まとめ

石狩海岸は波で移動しやすい砂で形成され、海岸線が流動的に変化している。石狩川・新川両河口周辺における侵食は、近年の河川からの土砂供給量が減少したことを示唆し、石狩湾新港の小樽市側で侵食が著しいのは、石狩川から供給される土砂が港により遮断され、小樽側への土砂供給が絶たれたためと考えられる。今後、土砂供給システムの解明や海岸線後退に対する効率的解決策究明の調査が求められる一方、土砂のマネージメントに関する社会的システムの検討も必要とされる。

引用文献

- 濱田誠一・菅 和哉 (1998) 石狩湾奥砂浜に見られる近年の海岸線変化. 地下資源調査所報告, 69, 29-42.
- 磯部一洋 (1997) 人間活動と自然の係わりを我が国の海岸線変化に見る. 地質ニュース, 516, 4-6.
- 松下勝秀 (1979) 石狩海岸平野における埋没地形と上部更新から完新統について. 第四紀研究, 18(2), 69-78.
- 宮木雅美・西川洋子・清水 一・佐藤孝弘・青柳かつら・福地 稔・雲野 明・濱田誠一・内藤華子 (2006) 北海道の海岸保全再生マニュアル. 北海道環境科学研究センター, 178 pp.
- 田中茂信・小荒井衛・深沢 満 (1993) 地形図の比較による全国の海岸線変化. 海岸工学論文集, 40, 416-420.
- 宇多高明 (2004) 海岸侵食の実態と解決策. 山海堂, 304 pp.

濱田 誠一 (はまだ せいいち)

1969年横浜生まれ。日本大学卒業、新潟大学大学院修了、博士(理学)。地方独立行政法人北海道立総合研究機構地質研究所沿岸地質グループ研究主任。石狩海岸の侵食調査に携わる。小樽市在住。