

卓越沿岸漂砂の阻止に起因した海岸侵食 -紋別港～サロマ湖口の例-

BEACH EROSION CAUSED BY OBSTRUCTION OF CONTINUOUS
LONGSHORE SAND TRANSPORT – AN EXAMPLE OF COASTLINE
BETWEEN MONBETSU PORT AND LAKE SAROMA IN HOKKAIDO –

宇多高明¹・三波俊郎²・星上幸良³・芹沢真澄⁴・熊田貴之⁵・酒井和也⁶

Takaaki UDA, Toshiro SAN-NAMI, Yukiyooshi HOSHIGAMI, Masumi SERIZAWA,
Takayuki KUMADA and Kazuya SAKAI

¹ 正会員 工博 (財) 土木研究センター 理事 なぎさ総合研究室長 (〒110-0016 台東区台東 1-6-4 タカラビル)

² 海岸研究室 (有) (〒160-0011 東京都新宿区若葉 1-22 ローヤル若葉 301)

³ 正会員 国際航業 (株) 河川砂防・海岸部 (〒191-0065 東京都日野市旭が丘 3-6-1)

⁴ 正会員 海岸研究室 (有) (〒160-0011 東京都新宿区若葉 1-22 ローヤル若葉 301)

⁵ 正会員 工博 (株) 水圏科学コンサルタント技術部 (〒145-0064 東京都大田区上池台 1-14-1 明伸ビル)

⁶ 正会員 (株) 水域ネットワーク (〒134-0088 東京都江戸川区西葛西 6-16-7 第2 白子ビル 302)

The shoreline changes along the 64-km-long coast facing Ohotsuku Sea were investigated through the comparison of aerial photographs taken in 1947 and 2001. In this area, predominant direction of longshore sand transport is east. Port breakwaters and jetties were constructed, resulting in the disruption of continuous longshore sand transport. Severe downcoast erosion was triggered by the construction of these structures. Seawalls and concrete armor units had been installed to prevent erosion locally, but it failed to accelerate further downcoast erosion. Comprehensive measures are required to change this situation.

Key Words : Beach erosion, Monbetsu, Lake Saroma, aerial photographs

1. まえがき

沿岸漂砂の卓越した海岸において防波堤などの施設が建設されて沿岸漂砂の連続性が阻止された場合、下手側海岸では侵食が広がることはよく知られており、この種の問題は各地で生じてきている¹⁾。これは単純な原理に起因する問題ではあるが、わが国では海岸線の後退に対して国土管理のための境界線が固定されており、その線を守ることが絶対的命題となっていることに問題の本質的解決を阻む大きな理由がある。過去に多くの海岸では各種対策が取られたものの、結果的に見れば海岸線に沿って護岸や消波工が並び、自然海岸が消失した例は無数にある。対策が進んだ結果、わが国ではこの種の問題は終息した訳ではなく、各地では依然として問題が生じ過去と同じことが繰り返されている。本研究では、オホーツク海に面した紋別港からサロマ湖口に至る海岸を対象とし、まず1947年と2001年の空中写真に基づく汀線変化解析を行い、さらに現地踏査を行って問題の所在を明らかにし、その上で今後の方策について考察する。

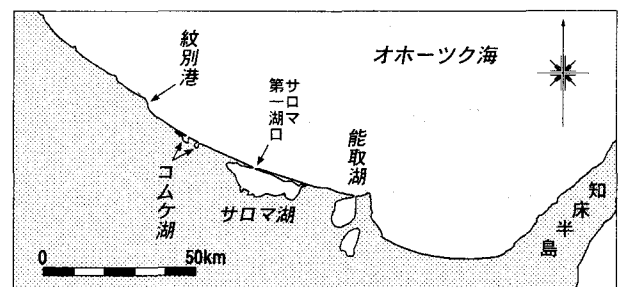


図-1 研究対象海岸

2. 沿岸の概況

研究対象は、図-1に示すように紋別港からサロマ湖口に至る延長40kmの海岸線である。海岸線は西北西～東南東方向に延びており、紋別付近を除けば平滑な海岸線であって、サロマ湖やコムケ沼など多くの海跡湖を有している。この沿岸における波浪条件について菊池ら²⁾が紋別港における波浪観測データをもとに不規則波の波浪推算を行い、秋、冬季にはNNE、NE方向からの入射

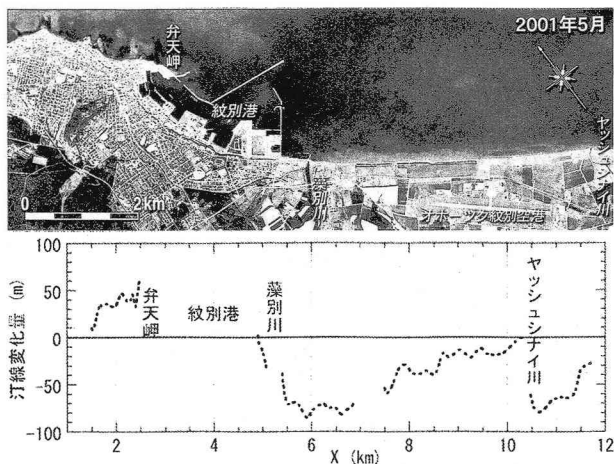


図-2 紋別港周辺の空中写真と汀線変化

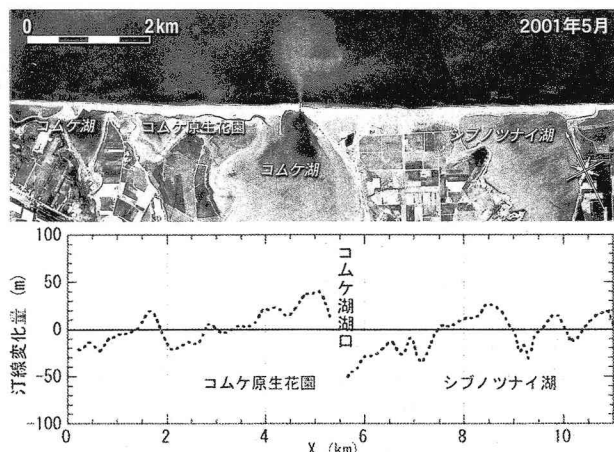


図-3 コムケ湖周辺の空中写真と汀線変化

波が卓越することを示すとともに、サロマ湖口付近での海岸線への法線方向が $N20^{\circ}E$ であることから、湖口付近では西向きの沿岸漂砂が卓越するとした。しかし広域の漂砂特性については明らかにしていない。

3. 空中写真の判読と汀線変化

まず紋別港からサロマ湖口までの区域において、沿岸方向に見て海岸線形状に特徴が見られる4地区を選定し、2001年の空中写真を示すとともに1947～2001年の汀線変化を明らかにする。また2001年の空中写真より汀線への法線方向角の読み取りを行う。

図-2は紋別港東側地区での空中写真と汀線変化である。フック状の海岸線の形成状況から判断すれば、この付近では東向きの沿岸漂砂が卓越していることが分かるが、この沿岸漂砂が防波堤によって阻止された結果、東側地区では最大85m汀線が後退している。汀線の後退はヤッシュシナイ川河口の導流堤がヘッドランド効果を発揮しているため一旦小さくなるが、その東側では再び最大80mの汀線の後退が見られる。

図-3はコムケ湖口周辺の空中写真と汀線変化である。写真には海岸線に沿って細長く延びたバリアーによ

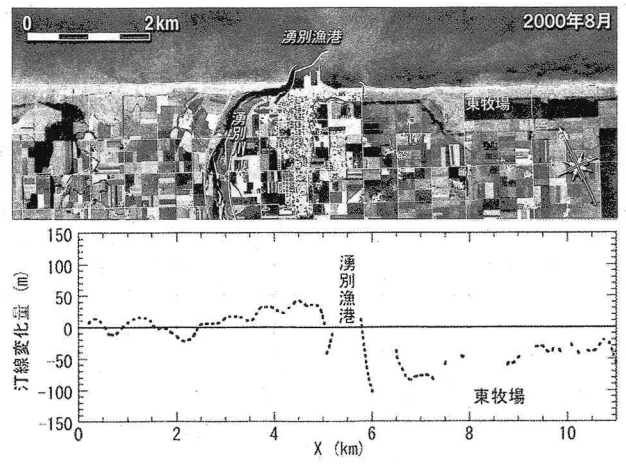


図-4 湧別漁港周辺の空中写真と汀線変化

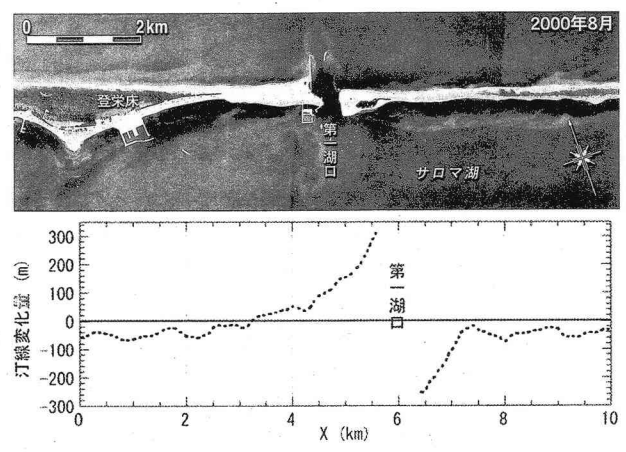


図-5 サロマ第1湖口周辺の空中写真と汀線変化

て塞がれた2つの海跡湖(コムケ湖とシブノツナイ湖)が見えるが、とくにコムケ湖に注目すると、湖口に導流堤が建設された結果ここでも東向きの沿岸漂砂が阻止され、導流堤の西側では最大40m汀線が前進し、対照的に東側では50m後退して汀線位置に段差が付いた。

図-4は湧別漁港周辺の海岸状況と汀線変化である。湧別漁港は湧別川河口に隣接しており、両者は導流堤兼用の斜め防波堤によって分けられている。湧別漁港を挟んで西側では海浜の発達が良好であるのに対し、東側では海浜幅は非常に狭く、農地が侵食に晒されている。湧別漁港の西側では汀線が最大40m前進したのに対し、湧別漁港の東側の牧場付近での汀線後退量は最大約80mに達している。湧別漁港を境として汀線形状には著しい非対称性が見られる。

図-5はサロマ第1湖口周辺の空中写真と汀線変化である。サロマ湖口には西側に導流堤が伸びているが、この導流堤の東西の汀線形状を比較してもまた、西側の汀線が突出している。この付近でも東向きの沿岸漂砂が卓越していることが分かる。汀線変化は導流堤を挟んで東西両側とも三角形形状となっており、西側での最大の前進量は320m、東側での後退量は250mに達する。

空中写真から読み取った汀線の方向角の沿岸方向分

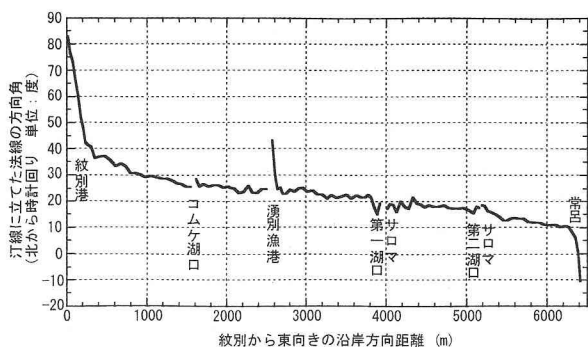


図-6 汀線の方角の沿岸方向分布（紋別港～常呂）



写真-1 紋別港防波堤北西側での堆砂状況

布を図-6に示す。紋別港付近では海岸線がフック状になっているために方向角の変化が大きい。しかし紋別港付近を除けば、方向角は紋別港の付け根での 40° からサロマ湖口付近での約 20° まで、漁港などの施設周辺を除きほぼ単調に減少している。さらに常呂では局所的に変化が著しい場所を除けばほぼ 10° となる。図-1に示したように、紋別港の防波堤は高波浪の襲来方向に直交して延ばされていることを考慮して主な高波浪の方向を読み取るとNとなる。調査区域の沖合では回折効果などにより波浪の入射方向を大きく変化させるような島は存在せず、したがってこの沿岸ではこの波浪がほぼ一様に入射すると仮定できる。この場合、図-6によれば調査沿岸ではいずれの地点でも反時計回りの方向からの入射となって東向きの沿岸漂砂が卓越することになる。この結果は、図-1～図-5の結果をよく説明している。

3. 現地踏査

(1) 紋別港からコムケ湖

2002年10月26日に実施した現地踏査により海岸状況を明らかにする。写真-1は紋別港防波堤の北西側の海岸状況である。防波堤によって東向きの沿岸漂砂が阻止された結果、海浜には大量の砂礫が堆積している。海浜に大量の砂礫が堆積していることは海岸と背後地とを分ける海岸護岸のパラベットの頂部付近まで砂が堆積し、一部は護岸の天端を乗り越えて護岸背後の管理用通路にまで砂礫が堆積していたことから分かる。



写真-2 紋別港の南側の藻別川河口東側隣接部に形成された高さ約7mの浜崖

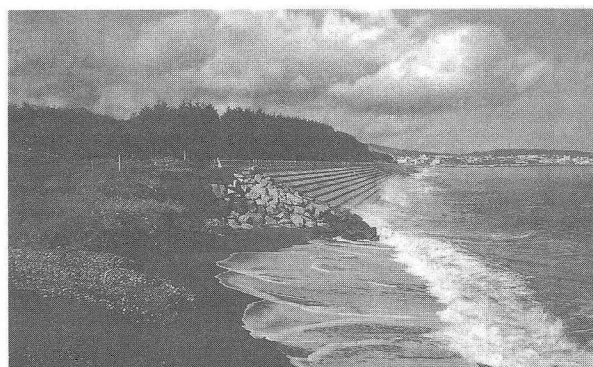


写真-3 保安林防護のための護岸工事

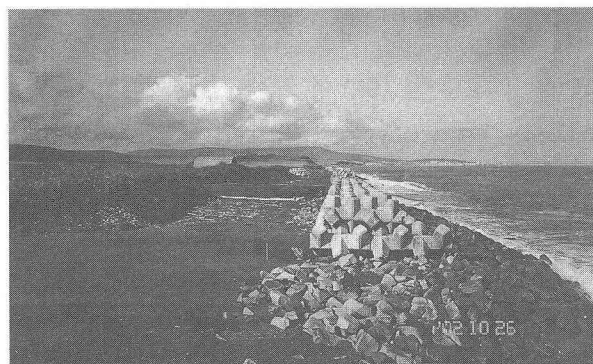


写真-4 背後の牧場を守るため実施された農地海岸の防護工事

対照的に紋別港の南側では侵食が進んでいる。写真-2は紋別港の南側に流入する藻別川河口の東側隣接部に形成されていた浜崖である。高さ約7mの浜崖が形成され、背後の台地に露頭が形成されていた。浜崖の露頭は新しく汀線の後退が続いていると推定された。このわずかに南側には保安林区域があり、そこでは保安林防護のための護岸工事が行われていた。この状況を示すのが写真-3である。保安林前面に緩傾斜護岸が設置され、これにより背後地が守られていた。しかしこの護岸の東端部では、沿岸漂砂の供給不足による侵食が始まっていた。

一連の侵食区域を過ぎてさらに東に移動すると、写真-4のように背後の牧場を守るため農地海岸の防護工事が行われていた。海岸線に沿って浜崖侵食が進んだために捨石を基礎とした上にコンクリートブロック製の消



写真-5 コムケ湖口の導流堤上から西向きに撮影。導流堤の西側隣接区域には大量の砂が堆積し広い前浜が広がる



写真-6 コムケ湖口の導流堤東側直近での侵食状況



写真-7 コムケ湖口東側海岸の護岸東側端部に形成された高さ約1.4mの浜崖

波工が並べられていた。

このような浜崖侵食も海岸線から突出した施設があるとそれを境に明瞭な相違を示す。写真-5はコムケ湖口の導流堤の西側の海浜状況であるが、導流堤の西側隣接区域には大量の砂が堆積し広い前浜が形成されていた。これは導流堤東側での激しい侵食を暗示している。

(2) コムケ沼湖口右岸～湧別漁港

コムケ湖口の導流堤東側では写真-6に示すように侵食が進み、海岸線には大量の消波ブロックが設置されていた。このように不透過構造物を挟んで東西の海浜形状が異なり、西側では前浜が広く東側では侵食が著しい点は、この地点において東向きの沿岸漂砂が卓越していることを示している。

コムケ湖口の東側海岸は著しい侵食に対し部分的に



写真-8 湧別漁港防波堤西側に砂が堆積して形成された広い前浜



写真-9 湧別漁港東側隣接域での侵食対策



写真-10 既設護岸が崩壊し、裏側が削り取られて形成された約1.8mの浜崖

緩傾斜護岸によって守られている。しかし護岸設置区域の東側隣接域では護岸端部を中心として著しい浜崖侵食が生じている。この状況が写真-7である。高さ約1.4mの浜崖が形成され、浜崖上部を連ねる海岸線は大きく湾入している。海岸線に沿って更に東に移動すると湧別漁港の防波堤が延びている。ここでは防波堤によって東向きの沿岸漂砂が阻止されたために防波堤の西側隣接域では写真-8のように広い前浜が形成されていた。

(3) 湧別漁港～サロマ湖口

沿岸漂砂の連続性が絶たれているために湧別漁港の東側区域では激しい侵食が起きている。写真-9は漁港の東側隣接域で撮影したものである。海岸線に沿って多数のタートルブロックが設置されているが、それらの大部分は沈下し砂に埋まっている。またそれより更に前方

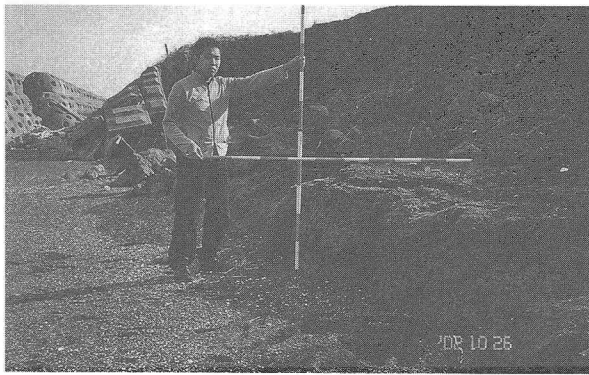


写真-11 護岸背後地盤の状況



写真-14 陥没・沈下して機能を果たさなくなった護岸と沖合の消波堤



写真-12 3列のタートルブロックと6脚ブロックの乱積みで防護された海岸



写真-15 消波堤の東側端部の状況



写真-13 1/4 勾配の緩傾斜護岸。のり先が海中にあるため常時波がうちあがっていた



写真-16 大部分が削り取られ、車両の通行が困難となった管理用通路

(東)では写真-10のように既設の護岸が完全に崩壊し、裏側が削り取られ約1.8mの浜崖が形成されていた。護岸の背後地盤を拡大して示すのが写真-11であるが、現況の海浜地盤面から0.8m厚で泥炭層が露出していた。泥炭層は海浜地では形成されることはあり得ないことから、ここでの侵食が従来経験したことのないような規模なものであったことが分かる。

不連続に設置された消波堤区域を過ぎて東側に至ると、写真-12のように3列のタートルブロック列の前面に乱積みで6脚ブロックが並べられた場所に至る。海岸線に沿って連続的に大量の消波ブロックが設置された状況は異様な感じがする。さらに一連のタートルブロックの設置箇所の東端では写真-13に示す状況が見られた。1/4勾配の緩傾斜護岸が設置され、のり先が海中にあっ

て常時波がうちあがっていた。

緩傾斜護岸設置区域の下手側では写真-14の状況が観察された。1/1勾配の既設護岸が陥没・沈下して機能を果たさなくなったために、沖合に直線状に消波堤が設置されていた。消波堤の設置後、消波堤の背後には砂の堆積も見られたが、その東側では再び著しい侵食に晒されていた。消波堤の東側の状況を示すのが写真-15である。消波堤の未設置区間では浜崖侵食が著しいし、消波ブロックは砂浜に沈み込むためにまもなく消波効果が喪失し、その場合再び浜崖侵食が進むことになる。この地点から更に東へ進むと、写真-16のように海岸線に沿って延びる管理用通路の大部分が削り取られ、車両の通行が困難となっていた。また新鮮な浜崖の海側に見えるのは、現在は完全に破壊され跡形もなくなった護岸の小口留め



写真 - 17 サロマ第一湖口導流堤の西側での堆砂

であり、護岸は完全に破壊され矢板のみが侵食によって海浜に取り残されていた。このように現在ではこの付近では激しい侵食に見舞われており、浜崖侵食が東側へと広がりつつある。しかしこの地点の東にあるサロマ湖口の導流堤の西側では、沿岸漂砂の阻止によって写真-17に示すように広い砂浜が広がっていた。

4. 考察

(1) 沿岸漂砂量の推定

海岸線に沿岸漂砂を阻止する規模の大きな施設がある場合、第3節で述べた1947～2001年の汀線変化をもとに海浜土砂量の変化から沿岸漂砂量の推定が可能である。ここに海浜土砂量は前浜面積に漂砂の移動高を乗ずることにより算出できる。ただし、一般には沿岸漂砂を阻止する施設も経年的に伸ばされ、その間沿岸漂砂の一部は下手側へと流出するので、推定された沿岸漂砂はその分だけ過小評価されることになる。

本研究の対象区域では、空中写真から見ると紋別港周辺(図-2)とサロマ湖口(図-5)がこれに該当しそうである。紋別港の防波堤は1947年当時既に存在しており、したがって西側からの沿岸漂砂の流入はほぼ無視できると考えられる。一方、サロマ湖口でも東端に長大な導流堤が延びているが、これは菊池ら(1991)によれば1985～1987年に急速に伸ばされている。したがって図-5から長期的な海浜面積の変化を算出するには無理がある。そこで紋別港周辺でのみ沿岸漂砂量の推定を行うこととし、図-2において藻別川河口左岸からヤッシュシナイ川河口導流堤までの区域において侵食面積を求め、1947～2001年の経過年数54年で除すと、 $4300\text{m}^2/\text{yr}$ となった。

一方、菊池ら(1991)はサロマ第一湖口付近での海浜縦断形の変化から、波による地形変化の限界水深(h_c)が約8mであることを明らかにした。そこでこの値を用いるとともに、漂砂の移動高が h_c にほぼ等しいという関係(宇多, 1997, p.421)を使うと、紋別港付近での沿岸漂砂量(下限値)として $3.4 \times 10^4\text{m}^3/\text{yr}$ と推定される。

このような沿岸漂砂量の定量評価は、今後の侵食予測やサンドバイパス検討に有効利用できると考えられる。

すなわち、今後10年間で失われる砂は約 $34 \times 10^4\text{m}^3/\text{yr}$ となるから、サンドバイパスなど、動的養浜によって海浜を維持するにはこれと同量の砂を投入する必要があり、それに要する経費の概算も可能になるからである。

例えば、養浜に $3,000\text{円}/\text{m}^3$ のコストがかかるとすれば、10年間の総経費は10.2億であり、一年当たりでは約1億となる。

(2) 観察結果の系統的整理

この沿岸では、防波堤などの施設の西側で堆積、下手側で侵食という現象が繰り返し観察された。このことは、この沿岸では全体として東向きの沿岸漂砂が卓越していることを意味する。菊池ら²⁾はサロマ湖口での沿岸漂砂の卓越方向が西向きとしたが、本研究による広域調査の結果によればこれは誤りであり、東向きの沿岸漂砂が卓越すると修正する必要がある。

(3) 侵食対策としての緩傾斜護岸の使用不適合

沿岸漂砂の卓越した海岸において漂砂の連続性が絶たれた場合に生じる海岸侵食に対して緩傾斜護岸を設置すると、護岸設置箇所において侵食の一時的な阻止には役立っても、漂砂下手側では著しい浜崖侵食が生じることは多くの現地海岸で見られる共通の現象である。また緩傾斜護岸ののり先が海中となった場合、越波は増大する。したがってこの沿岸で多く用いられている手法を続ける限り、究極的には港湾・漁港の西側隣接域を残して大部分の海岸線が写真-13に示した状況に至る。このことから、この海岸の侵食の更なる広がりを防止するにはヘッドランドを用いて海岸線を静的に安定化するか、あるいは各港湾・漁港位置においてサンドバイパスを継続的に行うことが必要とされる。

(4) 海岸の人工化による環境・利用資源の喪失

写真-12のように海岸線の大部分がコンクリートブロックで覆われてしまえば、沿岸での釣りや海浜での散策なども不可能となり、なによりもオホーツク海に面した自然海岸の喪失を招くことは北海道の観光ポテンシャルを下げることになるし、海岸法の精神と逆の方向へ進んでいくことになる。また海岸線に沿って全線で護岸工事を行った場合、ブロックの沈下や散乱が永続的に起こることから、将来的にその維持には膨大な経費を要することになる。また、北海道では自然が多く残されていると本土の人々はいまだに想像するが、現実には本土と同じか、あるいはそれ以上に自然海岸が喪失していることが知れ渡れば北海道の観光にとっても大きな損失になると考えられる。このようなことから急速な人工海岸化を食い止めることが必要と考えられる。

参考文献

- 1) 宇多高明：「日本の海岸侵食」, 山海堂, p. 442, 1997.
- 2) 菊池健三・宇多高明・川森 晃・佐々木哲士：サロマ湖における海浜変形, 海岸工学論文集, 第38巻, pp. 341-345, 1991.