

# サロマ湖湖口における海浜変形

菊地 健三\*・宇多 高明\*\*・川 森 晃\*\*\*・佐々木哲士\*\*\*

## 1. まえがき

我が国には浜名湖をはじめとして幾つかの感潮湖が存在する。中でも北海道のオホーツク海沿岸にあるサロマ湖、能取湖などは規模が大きい感潮湖として有名である。最近、筆者ら（菊地ほか、1990）は、能取湖を例として大規模な感潮狭口水路を建設した場合の海浜地形変化の実態分析を試み、導流堤・防波堤の延伸に伴って湖口沖にテラス状地形が形成される状況を明らかにした。サロマ湖現湖口はこの能取湖々口と同じ海象条件下にあり、能取湖々口より西へ約 34 km 離れて位置するほぼ自然なままの感潮狭口水路である。その周辺では、1929 年の人工開削以来、地形変化を制御する工作物がないため著しい海浜地形変化を遂げ、現在に至っても変化している。このような感潮狭口水路の設計法については、Bruun et al. (1978) や近藤 (1977, 1979) により明らかにされているが、湖口周辺の海浜地形変化に関する実態論的研究は少ない。自然な状態で残された湖口周辺の海浜地形変化の実態を理解することは今後の感潮狭口水路の設計上重要なことである。本研究では、我が国最大規模の自然感潮湖であるサロマ湖の現湖口の人工開削以来約 60 年間における海浜地形変化の履歴より、マクロ的な海浜地形変化特性について検討すると共に、底質調査の結果についても明らかにする。

## 2. 調査方法と波浪特性

サロマ湖はオホーツク海に面し、琵琶湖、霞ヶ浦に次いで我が国第 3 位の水域面積 (151.7 km<sup>2</sup>) を持つ汽水湖である。サロマ湖の湖口はもともと湖の東端にあったが、現在は東西 2 箇所に人工的に閉塞された湖口がある (図-1 参照)。これらのうち本研究で対象とするのは西側の湖口であって、ここは前報 (菊地ほか、1990) で扱った能取湖湖口の西約 34 km に位置する。サロマ湖の湖口は、最初 1929 年 4 月、現湖口の位置で「潮きり」が行われ、水路が開かれた。このとき春先であったため

湖内の水位が高く、湖から流出する流れは激流となって湖口を拡大した。サロマ湖の旧湖口は、冬には自然に湖口が閉塞し、春には「潮きり」を行って湖口を開くことを繰り返していた湖であったが、現湖口におけるこの「潮きり」以降、湖口閉塞はなくなった。その後、このままの状態が続いたが、1973 年、第 2 湖口の開削が着手された。この間、1974 年 1 月には現湖口から流水が侵入し、湖内の養殖施設に多大な被害が生じた。1978 年 12 月には第 2 湖口が高波浪のため自然通水した。1981 年春には、現湖口前面海域に沿岸砂州が発達し、常呂側から現湖口を塞ぐ形で数 km にわたって延び、漁船の航行に影響が及んだ。その後、1984 年には第 2 湖口が完成をみた。本研究では、このような経緯を経てきたサロマ湖の湖口において実施された深淺測量と底質調査のデータをもとに議論を進める。

サロマ湖周辺において、長期にわたり波浪観測が行われているのは、現湖口の東約 30 km に位置する網走港 (能取沖) と西約 42 km に位置する紋別港沖の 2 地点である。本研究ではサロマ湖湖口付近での入射波エネルギーを推算することとし、まずこの両地点における波浪観測データを統計処理し比較した。次に、沿岸方向に 110 km、岸沖方向に 34 km の領域において不規則波の波浪計算を行い、観測値に対応する沖波波浪を推算した。この場合、波浪データとしては波向の測定精度の高い紋別港の 1985 年 1 月～1987 年 12 月のデータを用いた。更に、この沖波波浪をサロマ湖湖口へ入射させ、湖口沖

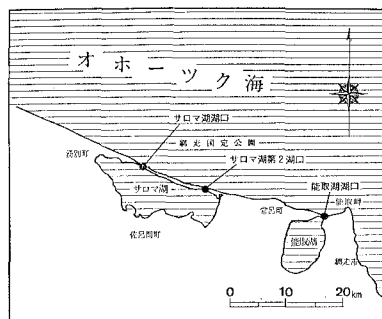


図-1 サロマ湖の位置図

\* (社)北海道栽培漁業公社  
 \*\* 正会員 工博 建設省土木研究所海岸研究室長  
 \*\*\* 正会員 (株)アルファ水工コンサルタンツ

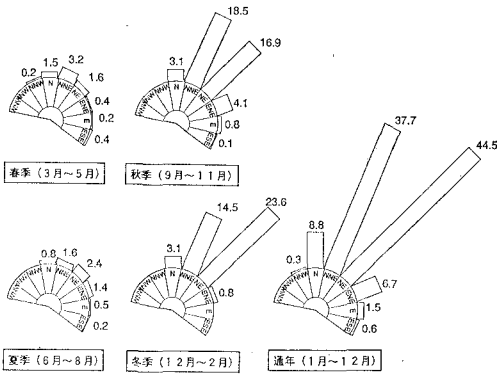


図-2 波向別波浪エネルギー (通年を100%とする)

の -20m 地点における波浪特性を推算した。不規則波の波浪変形計算には永井ほか (1974) によるエネルギー平衡方程式に基づく計算法を用いた。ただし屈折についてはエネルギー分散法を用いた。

不規則波の計算においては、本対象域に來襲する沖波波高として考えられる  $N70^{\circ}W \sim N10^{\circ}E$  の範囲を、 $10^{\circ}$  刻みの19波向に分割した。また、周期については、5~15秒の間を1秒刻みに分割した。さらに、方向集中度パラメータ ( $S_{max}$ ) に以下の3種を採用した。

$S_{max}=10$ : 風浪に相当 ( $0.03 < H_0/L_0$ )

$S_{max}$ : 減衰初期のうねりに相当  
( $0.015 < H_0/L_0 \leq 0.03$ )

$S_{max}=75$ : うねり性の波に相当 ( $H_0/L_0 \leq 0.015$ )

以上、波向19種、周期11種、 $S_{max}$  3種の計627ケースについて屈折計算を行い、算出された波高分布と屈折係数の分布からサロマ湖への入射波特性を調べた。

以上の計算によって求められた季節ごとの波向別波浪エネルギーを図-2に示す。春、夏季には波浪エネルギー量は小さいが、秋、冬季にはNNEおよびNE方向のエネルギーが卓越することが分かる。サロマ湖湖口付近の海岸線への法線方向は  $N20^{\circ}E$  であることから、NNEからの入射波は汀線にはほぼ直角入射し、NEからの入射波は西向きに沿岸漂砂を生じさせることになる。

### 3. 湖口部の海底地形変化

サロマ湖湖口部では湖口開削直後の1929年より繰り返し深淺測量が行われてきた。これらのうち過去の測量の多くは基準点位置が不明であったため、ここでは比較的最近の地形変化特性の分析に重点を置き、1983年~1989年の期間に実施された6回の測量の結果について述べる。

まず、1988年7月の測量で求められた湖口部地形を図-3に示す。湖口では外海と湖内の潮位差により強い入退潮流が生ずるため、これによって最大水深が20m

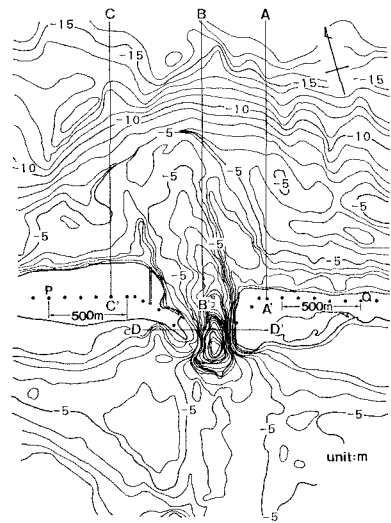


図-3 湖口地形と測線配置

にも達する狭口水路が形成されている。狭口水路の軸は、海岸線への法線方向に対し反時計回りの方向に約  $10^{\circ}$  傾いている。また、狭口水路の水深の最も大きい部分は砂州の湖内側の地点にある。さらに、水路の沖側および湖内側には主として入退潮流によって形成されたと考えられるテラス状地形が広がっている。

次に、6回の測量結果を図-4 a)~f)に示す。これらによれば次の特徴が指摘される。

- ①湖口より外海へ向かう流軸は、汀線直角方向(ほぼNNE方向)から紋別側へ向かう方向(NW方向)の間で絶えず変動を繰り返す、不安定な状況にある。
- ②湖口外海側の流軸は、湖口右岸側より発達する沿岸砂州とともに左傾化する傾向にあり、この沿岸砂州が十分発達し、流軸が紋別側へ急激に曲げられた状態になると、潮流の流出時の噴流によって沿岸砂州がフラッシュされ、流軸が再び汀線と直角方向に戻る。
- ③1983年7月から1984年4月の9カ月間に沿岸砂州が岸方向へ急激に移動しているが、この間には紋別で  $H_{1/3}$  が6m近く、網走では7mを越える高波浪が観測された。このことから、この海浜変形は主として波の作用によると考えられる。このとき、図-4 a), b)を比較すると、-8m以深の等深線には大きな変化が見られず、沿岸砂州が後退した部分には緩斜面が形成された。
- ④上述の地形変化は生じたものの、1984年4月以降、再び沿岸砂州は沖方向に移動し、1987年8月フラッシュされたことからみて、海浜変形に及ぼす潮流の効果も著しい。

以上の点より、湖口部では退潮流と波の作用により地形変動が生じているが、図-2の入射角分布によれば西向きに沿岸漂砂が卓越するから、これによる右岸側から

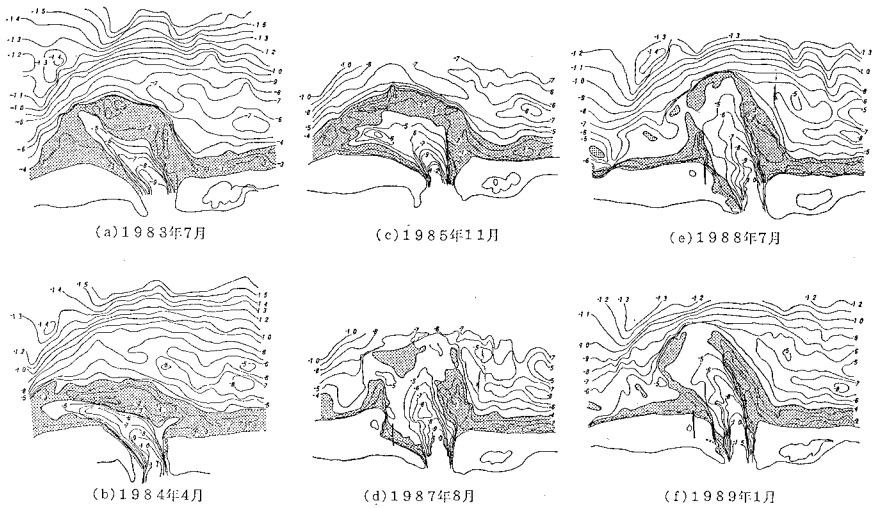


図-4 1983年～1989年におけるサロマ湖々口部の海底地形

の沿岸砂州の伸長と、退潮流による沿岸砂州の切断とによって湖口周辺の地形変化は特徴付けられる。

次に、湖口部の代表測線における海浜断面形の変化について調べてみる。まず湖口の東側の A-A' 断面の変化を図-5に示す。この断面では海浜地形変化は非常に小さく、沖合の -6m 付近には平坦面が発達し、それより沖では約 1/40 の海底勾配となる。湖口部の B-B' 断面における断面形(図-6)では、沿岸砂州やミオ筋位置の変動に伴いテラス上の水深は激しく変化しているが、テラス先端部の -8m 地点はほぼ一定しており、その沖側の急斜面でも水深変化や勾配の変化はほとんど見られない。湖口の西側の測線 C-C' では沿岸砂州の発

達が見られ、地形変化はほぼ -8m で収束している(図-7)。また、東西岸の断面形を比較すると、西側では汀線付近とテラス先端部に非常に急勾配で、テラスの幅も狭い。これに対して東側では汀線付近と沖合の海底勾配がほぼ等しく、西側より緩やかで、その中間の水深 5~7m には広い平坦面が発達しているのが特徴である。また、両断面とも沖合で海底地形変化が収束する水深はほぼ 8m にある。このことは、当海岸において波によって顕著な地形変化が収束する限界水深がほぼこの付近であることを示している。

図-8には狭口水路を横切る D-D' 断面の変化を示した。水路は最大水深 15m を保ちつつ東西方向に平行移動している。

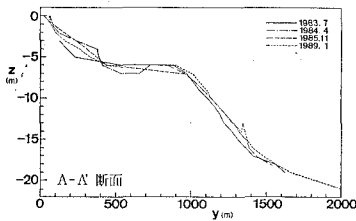


図-5 湖口右岸の測線 A-A' に沿う海浜断面形の比較 (測線位置は図-3参照)

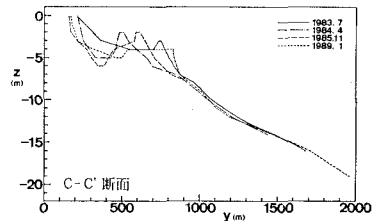


図-7 湖口左岸の測線 C-C' に沿う海浜断面形の比較

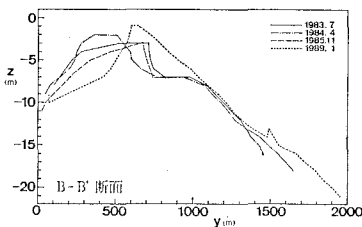


図-6 湖口中心部の測線 B-B' に沿う海浜断面形の比較

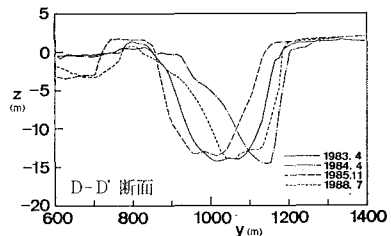


図-8 湖口部の測線 D-D' に沿う断面形の変化

4. 湖口周辺の底質特性

湖口沖で1988年6月に実施した底質調査より、底質粒径の平面分布を求めると図-9となる。図中、中央粒径が1mm以下、1~2.5mm、2.5~5mm、および5mm以上にランク分けして表示した。湖口の最狭部では非常に粒径の大きな底質が現われ、その最大値は15.5mmに達する。しかし、湖口をとり囲む半円形の沿岸砂州を越えたテラス状地形の前置斜面上では粒径が急速に小さくなる。このことは、狭窄部では入退潮流が非常に強く、海底面ではアーモアコートが形成されていることを意味する。また、湖口の中心線に対し、底質分布が東西で非対称であることも特徴としてあげられる。基準点Pより西側に700m離れた測線No.1では沖合部の中央粒径は0.15mm程度であるのに対し、湖口東側の測線No.8の沖合部では0.4~0.5mmとずっと大きな粒径が出現している。

同様に、1989年1月に実施した底質調査の結果を深淺図とともに図-10に示す。図-9, 10では底質調査の測線位置はまったく同一である。両者を比較すると、湖口沖の水深6m以深の等深線形状はほぼ同一であるが、湖口沖のテラス状地形はかなり大きな変化が見られ、ミオ筋が全体に西に傾いた。これと同時に、テラス地形が沖方向に発達した位置では大粒径の底質が見られるようになった。しかし、そのほかの地区での底質にはあまり大きな変化はない。以上のように、約7ヶ月間で湖口の

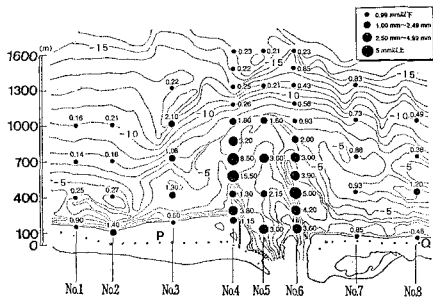


図-9 湖口部の底質中央粒径の分布 (1988年6月)

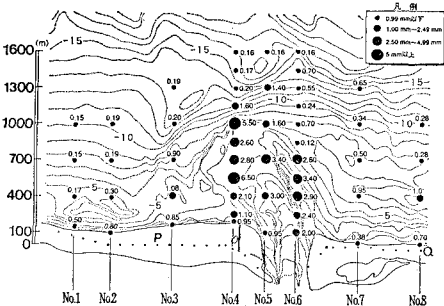


図-10 湖口部の底質中央粒径の分布 (1989年1月)

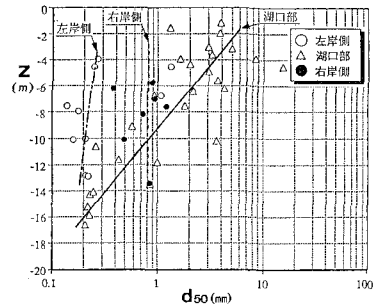


図-11 底質中央粒径と水深の関係 (1988年6月)

ミオ筋が西側へ傾いた部分では粒径が粗くなり、そのほかの海域での底質粒径はあまり変化しないことが分かった。

第1回目の底質調査データより底質粒径と水深の関係を見ると図-11となる。湖口部では-2mで約5mmと粗いが、水深とともに急激に減少し、-16mでは0.2mmにまで減少する。これは湖口から流出する退潮流の海底面へ及ぼす作用が急激に弱まることを意味する。一方、湖口の左右の測線の-4m以深では右岸側で  $d_{50} \approx 0.8\text{mm}$  に対し、左岸側では0.1~0.3mmと明らかに細粒の底質が現われる。

5. サロマ湖湖口部の海浜変形パターン

サロマ湖は、湖口が開削された1929年直後には外海の波浪や沿岸流の影響をあまり受けず、砂州と直角方向の潮流流が支配的であり、そのため湖口部には左右対称形のテラスが形成された(図-12 a)。湖口開削から数年を経ると、沿岸砂州が右岸側より左岸側へ向かって湾曲しながら延びたが、このとき左岸側からの沿岸砂州の発達はほとんどなかった。当地区の地形が湖口部での潮流流のみによって形成されるとすれば、このように非対称な地形は生じないはずである。また、直角入射波のみが卓越するとすれば、図-12 b)に示すように、湖口部潮流流とその左右岸付近で生じる循環流、および湖口中央に向かって屈折する波とそれに伴う沿岸流により、沿岸砂州は左右対称形に伸びるはずである。したがって上述の非対称地形の形成原因には湖口潮流のみならず、入射波ならびに沿岸流が重要な働きをしていると考えられる。既に述べたように、当地区への来襲波の方向は、汀線に対し右側より入射するNEが卓越し、次いで汀線にはほぼ直角方向からの入射となるNNEの頻度が高い。このため、沿岸漂砂の卓越方向は西向きとなる。また十分沖合では東へ向かう潮流が卓越しているため、右岸側ではこの潮流に起因する循環流が発生する。しかも右岸側からの沿岸砂州の発達に伴って突堤効果が生じるため、右岸側からの沿岸漂砂はここで捕捉される。その結

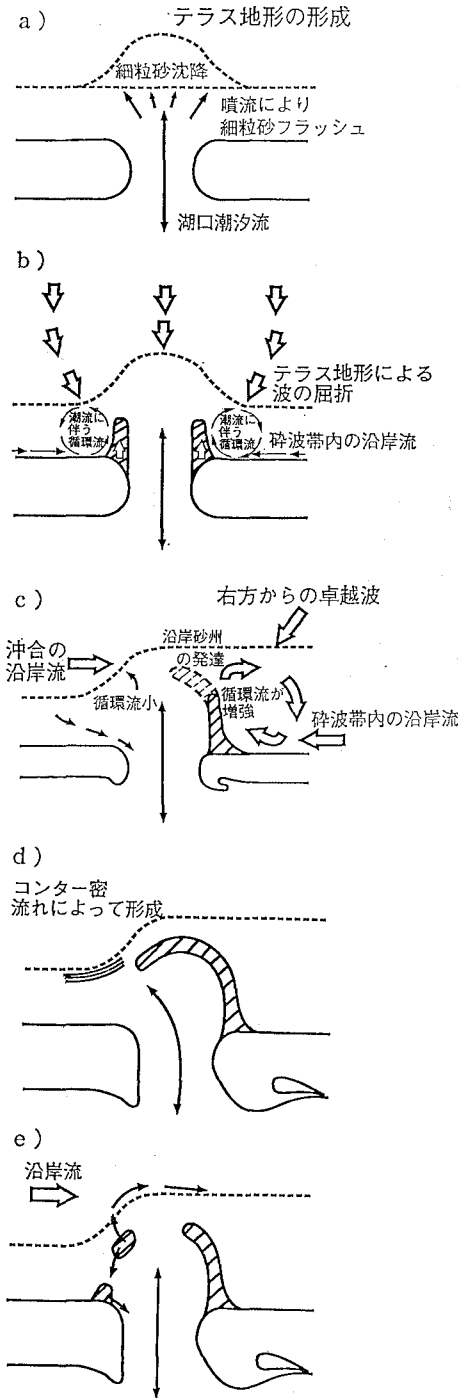


図-12 湖口地形の変形パターン

果右岸側前面海浜が左岸側より浅くなる。図-12 c) のように右岸側の沿岸砂州が十分発達し、湖口潮流を妨げ

るようになると、湖口部前面の沿岸砂州は次第にフラッシュされ、図-12 d) のように新たに流路が形成される。ここで左岸前面に残された沿岸砂州の先端部は、湖口潮流と左岸からの沿岸流との均衡を保ちながら一部は湖口潮流で押し出される。押し出された砂の一部は沿岸流により右岸沖へと運ばれる。また、その一部は正面から入射する波により、左岸側で岸方向へ移動する(図-12 e))。サロマ湖の現湖口部では、このように斜め入射波による右岸側からの沿岸砂州の発達と、それによる流軸の左傾化、沿岸砂州のフラッシュによる新たな流路の形成というパターンが繰り返されている。

## 6. 結 論

サロマ湖々口周辺で行った深浅測量や底質採取などの現地調査より得られた成果は以下に要約される。

- ①サロマ湖現湖口は1929年の人工開削により通水した結果、現在まで閉塞することなく安定平衡断面まで拡大し、最狭部は断面勾配約 1/13、幅 250~300 m でほぼ安定している。また、流軸に沿ってアーミングが生じている。
- ②湖口右岸側の海底形状は常にステップ型海浜を呈し、左岸側はバー型海浜形状を有する。また汀線付近の海底勾配は左岸側の方が急である。
- ③底質粒径は総体的に湖口部で最も大きく、次に右岸側が大きく比較的均一であるのに対し、左岸側は粒径も小さく均一でない。
- ④湖口部では開削後海側にテラス地形が形成された。その後 NE 方向からの卓越波の作用により右岸側の沿岸砂州が左岸側方向へと延びていき、流軸を左傾化させた。この沿岸砂州が発達し、湖口部前面を塞ぐようになると、潮流が湖口部前面の沿岸砂州をフラッシュし、新たな流路が形成された。サロマ湖現湖口周辺の海底地形変化は近年このようなパターンを繰り返している。

## 参 考 文 献

菊地健三・宇多高明・川森 晃 (1990): 能取湖々口における漁港建設に伴う海浜地形変化, 海岸工学論文集, 第 37 巻, pp. 469-473.

近藤淑郎 (1977): 人工感潮狭水路の設計方法について, 第 24 回海岸工学講演会論文集, pp. 529-533.

近藤淑郎 (1979): 感潮狭水路の水理, 1979 年度水工学に関する夏期研修会講義集, pp. B-7-1-B-7-16.

永井康平・堀口孝男・高井俊郎 (1974): 方向スペクトルをもつ沖波の浅海域における伝播の計算について, 第 21 回海岸工学講演会論文集, pp. 249-263.

Bruun, P. with co-authors A. J. Mehta and I. G. Jonsson (1978): Stability of Tidal Inlet, Elsevier, 510 p.