

オホーツク海沿岸湖口の閉塞について

近藤 俣郎*・宇田 居吾一**・鴻上 雄三***・佐藤 功****

1. ま え が き

隆起性の海岸の各地には細長い砂丘で、海と隔絶された海成の湖沼が点在するのをよく見かける。オホーツク海の紋別～網走海岸はこの代表的な例で、北からコムケ沼(流域面積 $S_a=51.7\text{ km}^2$, 水面積 $S_b=3.3\text{ km}^2$), サロマ湖($S_a=848.0\text{ km}^2$, $S_b=150.5\text{ km}^2$), 能取湖($S_a=207.3\text{ km}^2$, $S_b=58.5\text{ km}^2$), 藻琴沼, 涛沸湖($S_a=175.2\text{ km}^2$, $S_b=10.0\text{ km}^2$), 涛釣沼($S_a=32\text{ km}^2$, $S_b=0.5\text{ km}^2$)と大小7つの湖沼が連なっている(図-1参照)。

これらの湖沼は、サロマ湖を除きすべて閉塞湖沼であり、春の融雪出水による水位の上昇は湖周辺の公共施設や農地を脅かすとともに、地下水位の上昇により耕地の排水を阻害して農地の開発を遅らせている。また、湖口部の舟行を阻止するので湖水面の港としての有効利用や外海への漁船の出漁を不可能にし、さらに海水の交流を阻んで湖水の汚濁、老朽をもたらし湖面の養殖漁場としての価値を失わせている。

このため、湖岸周辺の住民は例年5月上旬に潮切りと

称する人力による水路掘削を行なって湖口の開口をうながす作業を繰り返している。このような閉塞が解消され常時湖口が維持されることは湖岸周辺の防災に役立つだけでなく、湖水面の活用によってこの地域の開発に寄与することは疑いの余地がない。

筆者らは、36年度から42年度までオホーツク海沿岸の感潮湖沼の閉塞機構とその処理法に関する調査研究を行ってきたが、この報文では常時開口のサロマ湖と、閉塞湖沼である能取湖、信部内沼の実態と閉塞要因についての特徴を述べるとともに能取湖、信部内沼の湖口処理の概要を述べる。

2. 地形概況と波浪特性

湧別川以東の地形は海岸段丘が発達しているのが特徴で、特に能取湖から能取岬に至る海岸は山地が海岸までせまり急峻な崖になっている。信部内沼、サロマ湖、能取湖はいずれも海成湖で、幅員200～300mの砂州をもって外海と隔絶されている。

信部内沼は長径2km、短径1.5kmの南北に長い長方形であり、沼周辺はいたって平坦である。サロマ湖は長径27.5km、短径9kmで東西に細長く、湖の南岸は山地がせまり平野部に乏しい。能取湖は長径11km、短径7kmで南北に長い楕円形を呈しており、湖の東西は新第三系の能取層と網走層からなる山丘に囲まれている。湖底地形は周辺の地形を反映して東西の水域では湖底勾配が急で、南北の水域では緩やかである。湖の中央東側には20mの最深部がある。対岸距離は図-1のとおりで、E方向を除いてはいずれも300km以上であり、規模の大きな波浪が来襲する可能性をもっている。

オホーツク海沿岸における波浪規模は沿岸地形と風からみて、一般に東になる

ほど大きく分布することが経験的に知られているが実測資料によっても明らかである¹⁾。図-2は紋別港における波高、周期の出現率図で、波高、周期ともほぼ対数正規分布を示す。秋期、冬期(9～1月)は大きく、夏期(6～8月)は小さい。方向(磁方位)別では30°～50°が

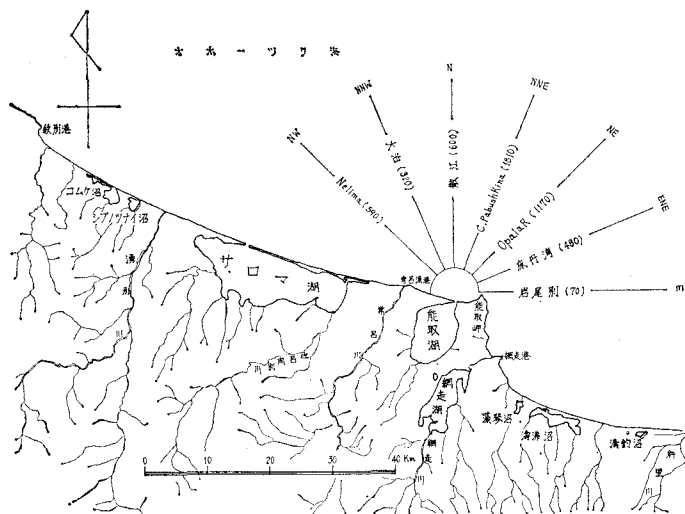


図-1 オホーツク海沿岸の地形概要

* 正会員 M.S 室蘭工業大学助教授 土木工学科
 ** 正会員 北海道開発局室蘭開発建設部技術長
 *** 正会員 北海道開発局土木試験所港湾研究室長
 **** 正会員 北海道開発局土木試験所港湾研究室主任研究員

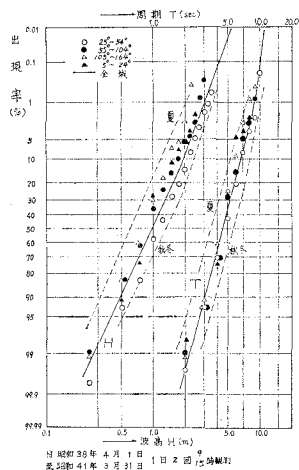


図-2 方向別波高, 周期の出現率 (紋別港)

全域より大きく、 $100^\circ \sim 160^\circ$ が小さい。この図から $1/2$ 年出現率の波は $H_0=1.0$ m, $T=5$ sec, 1年出現率の波は $H_0=4.0$ m, $T=10$ sec 程度であることが知られる。

外海の潮汐については、1957～1964年の網走における潮位実況によると平均潮位は東京湾中等潮位上 4 cm にあり、満潮位と干潮位の平均潮差は 1.17 m である。網走における代表的な潮汐調和常数は M_2 潮 17.5 cm, S_2 潮 6.8 cm, K_1 潮 21.6 cm, O_1 潮 21.0 cm で、この潮汐常数によって潮汐現象を計算すれば $(H' + H_0)/(H_m + H_s) = 1.75$ であって規則正しい 1 日 1 回潮である。

海流については、海図によるとほぼ 1 ノットの東向きの流れが沖合いにある。

3. サロマ湖の湖口

サロマ湖の水理に関しては北大により詳細に調べられている²⁾ので、ここでは湖口の実態について述べる。

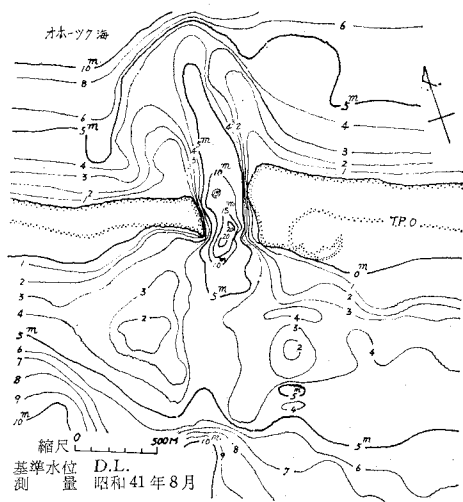


図-3 サロマ湖口付近深浅図

図-3は湖口付近の深浅図で、湖口の平均幅は 350 m, 水路の長さは約 350 m, 平均水深は 10 m である。水路の最深部は 20 m 以上にもおよび、大きな流れによる洗掘作用が働いていることがわかる。

水路両岸の海側の砂州は突堤状に突き出ているが、湖内側は島状になっている。海側の砂州付近は漂砂活動が顕著である。砂州の消長を時期的にみれば春から夏にかけて海面が比較的平穏な時期に生成され、秋から流氷期に至る海面の擾乱期に減衰する³⁾。湖内側の砂州は昭和 4 年 4 月の開口時から現在までの間に形成されたものでその堆積土量は 197 万 m^3 と概算され、年平均 5.3 万 m^3 から考えると沿岸を通過する漂砂量は年 10 万 m^3 以上と見込まれる。

湖内のティネイ、志撫子、栄浦の 3 地点において自記水位計による検潮を行ない網走港における検潮記録と比較してみると、3 地点の水位は落潮と漲潮の途中で若干の違いがあるが、外海の水位曲線上にほぼ重なり、その外海潮位の 80～90% であって、海水交流が活発に行なわれていることがわかる。水面下 75 cm におけるフロート観測の結果によれば、水位差 10 cm の流入時の最大流速は 1.9 m/sec, 水位差 16 cm の流出時で 2.1 m/sec である。

近年、湖内東側地区の湖水の交流をはかるため現水路のほかに旧湖口部に第二水路を設ける案が検討されているが、この種の問題に関しては中村⁴⁾や近藤⁵⁾によって簡略解が得られている。近藤は二つの水路を漂砂の埋没から防ぐには、新水路の水深を現水路と同じ以上にしない限り埋没の危険性が大きいと考察している。

4. 能取湖の湖口

(1) 地 形

能取湖の開口時の形状は図-4に示すように通常幅員

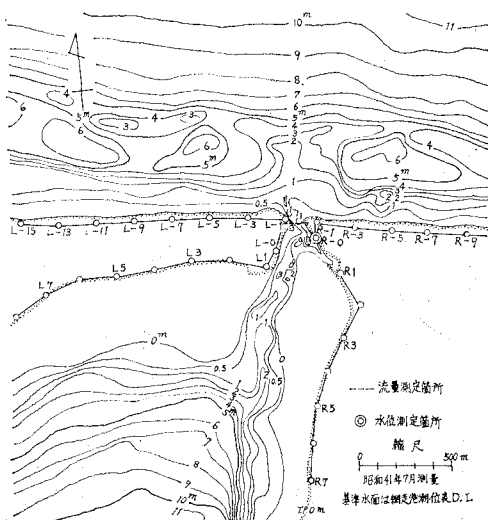


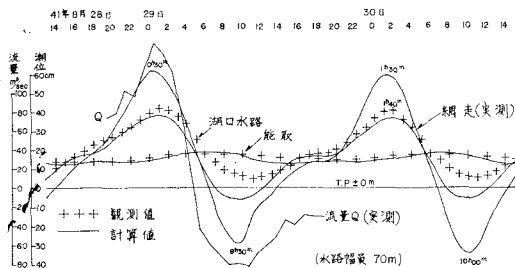
図-4 能取湖口付近深浅図

80 m, 水深 2 m, 水路長 1 km 程度である。付近の海底地形をみると、砕波帯外では海岸にほぼ平行で東西に走る等深線をもっている。しかし 5 m 以浅については、距岸約 500 m に沿岸砂州があり複雑である。この砂州までの海底勾配は 1/50 であるが、7 m 以深では 1/120 程度の緩勾配である。

(2) 潮 汐

潮汐は砂浜海岸の湖口を漂砂による閉塞から阻止する最も主要な力である。安定した感潮湖口(河口も含めて)の流積 A は大潮の一周間に流入あるいは流出する総水量 (Tidal Prism) Q に比例していることが知られている。

Q/A の値はサロマ湖の夏期では $3.0 \times 10^4 \text{ m}$ で既知の値と等しく、その安定さを物語っているが、能取湖の同時期では $4.7 \times 10^4 \text{ m}$ で不安定である⁷⁾。図—5 は 41 年 8



図—5 能取湖の湖内潮位および湖口流量実測例

月に湖内および湖口水路において観測した潮位、流量を示している。外海潮位は網走港とほぼ等しいことが調べられているので同港のものをを用いている。この図から潮位の振幅は水路の中央ではほぼ半減しており、湖内振幅は外潮のそれの約 1/20 となっている。水深が浅いから流入と流出では非対称性が著しい。

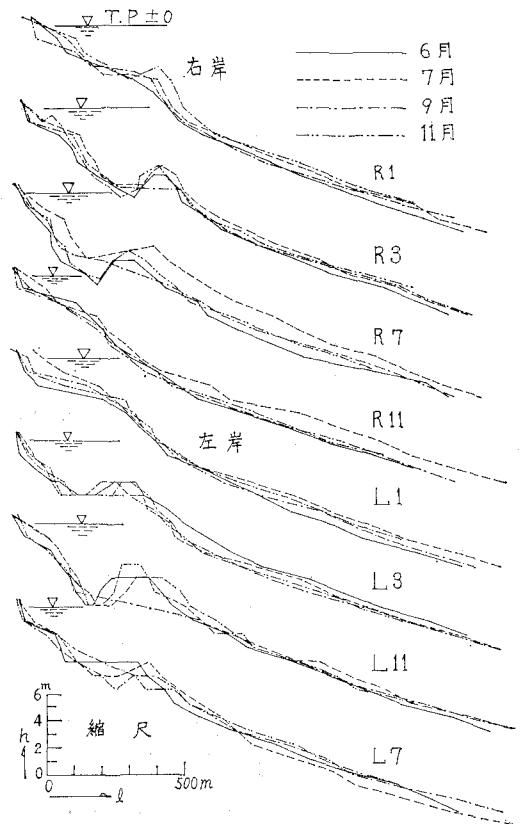
この例のように水深の浅い湖口水路の場合には、水路の長さあるいは潮差を無視して湖内潮や水路の潮流を論ずることは無理である。狭い水路で外海と結ばれている感潮水域の潮汐を計算する理論的方法については、これまで多くの人が行なっている。筆者らの一人宇田居⁷⁾は水路の長さを有限としかつ潮汐を有限振幅波的に取扱って湖内潮汐などを計算する図表を作製している。また、近藤⁸⁾はやはり水路長を有限とし、潮汐を小振幅とみなして水路の抵抗を線形化することによって不定流の式を解き、繰返し計算を行なうことにより非線形抵抗の近似解を得る方法を示している。近藤の方法により、主要 15 分潮について計算した値を図—5 に示してある。ただし計算では水路を長さ 500 m, 幅 100 m, 水深 1.2 m (M.W.L.), 粗度係数 $n=0.04$ の長方形断面で等水深、水底勾配なしとしている。この例は非線形性が著しいので適合性は十分でないが、一般的には有力な方法であると思われる。

(3) 海底地形と湖口地形の変化

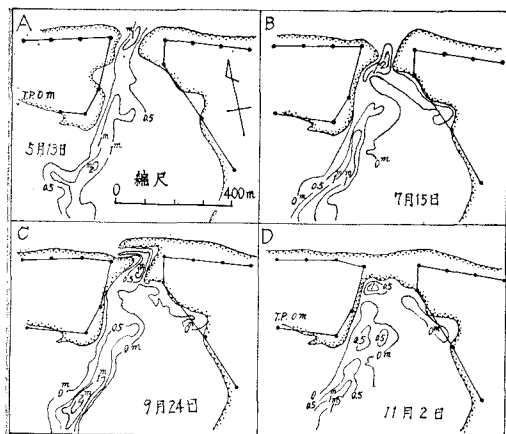
42 年 6～11 月の深淺測量図を基準に汀線と直角方向の月別海底地形を調べると図—6 のとおりである。湖口部では出入潮流の影響を受けステップ型を示しているが、湖口両岸ではバー型の形状を示している。この沿岸砂州の規模は、底部水深と頂部水深の比高がほぼ 1.5 であって、Keulegan と Shepard の示した直線の中に当たる。

底質粒径と海底地形の間には密接な関係があり、岩垣・野田の沿岸砂州の発生限界図によれば $d_{50}=0.3 \text{ mm}$ の場合 $H_0 \geq 0.6 \text{ m}$ であれば来襲波の波形勾配 H_0/L_0 に無関係に沿岸砂州が発生することになる。能取沿岸の底質粒径は 6 m 以深で 0.18 mm で波浪規模に比べて小さいので沿岸砂州が発生しやすい。

図—6 を全体的にみれば両岸とも 6 月から 9 月にかけてかなり変動しているが 11 月には左岸側でやや浸食気味、右岸側で堆積気味であるが、ほぼ 6 月の状態に戻るような傾向が認められる。図—7 は湖口の開口から閉塞までの変化の状況を示す。潮切前の湖内水位高は平均海面上 0.9 m である。排水後の湖口形状は A で、その後水路は海が穏やかな 5～6 月は潮汐流により多少洗掘されるが、開口時と大差なく安定を保っている。8～9 月になると北西季節風が吹き始めるので波と沿岸流による漂砂によって、湖口前方の沿岸砂州が次第にその規模を大き



図—6 能取海岸地形変遷図(昭和 42 年)



図—7 能取湖口地形の変化(昭和42年5~11月)
(水深は網走港基準水面下の値)

くし湖口潮流の出入量を減少させ、10~11月には閉塞し湖内潮位変動は停止する。

以上、能取湖の湖口は水路が細く長いことから夏から秋にかけての北西季節風による漂砂により宿命的に閉塞することが知れる。

(4) 能取湖口の水路計画

同一海域でしかも常時開口にあるサロマ湖の水面積および水路形状と、能取湖のもつ水面積とを比較すれば、能取湖の湖口についても常時開口の可能性がうかがわれる。近藤の計算によれば能取湖の湖口形状として水路幅員100~150m、水深4~5m、水路の長さを650mにしたとき流速が最大となり新水路の安定が可能になる。

以上のことから能取漁港の水路計画として幅150m、水深4mとし、さらに湖口の西側に防砂堤を200m設け、水路の内側を-7mに浚渫する計画で⁹⁾45年度から防砂堤を建設中である。

5. 信部内沼の沼口処理

信部内沼の閉塞過程は能取湖の場合とほぼ同様であるが、沼口を潮汐流によって維持させるには水面積が小さく不可能である。沼の上地区国営渇渇排水事業は、水路

の掘削によって地下水位を下げ、排水を信部内沼を介してオホーツク海に放流し、低湿地帯農地を開発するためのもので、沼口処理法としては砂丘を横断する暗渠か開渠かいずれかによることが計画されていた。

筆者らは、それぞれの場合の渠内堆砂についての検討を、縮尺1/10の移動床模型実験により行なった¹⁰⁾。その結果暗渠工法の場合は、入口部の扉門の有無にかかわらず堆砂による渠内の閉塞がまぬがれ得ないこと、また、開渠工法の場合は、図—8に示すような構造のとき渠内堆砂高が計画水位以下になることが明らかにされた。開渠の構造は吐口を波向に対し横向きにし、さらに吐口部



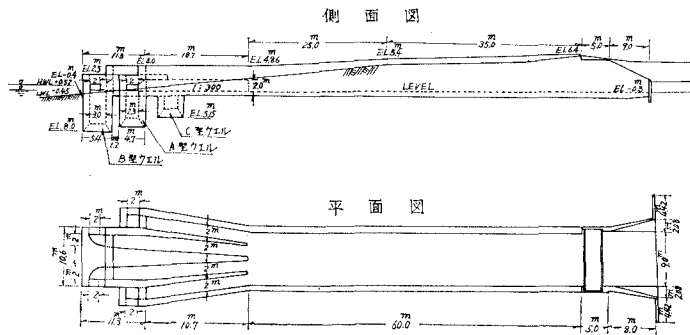
図—8 開渠内の堆砂形状(実験)

の2箇所には洪水の流出に支障のない高さまで前垂れを設けたものである。

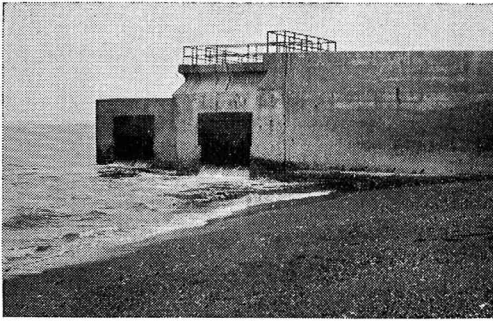
図—9は実際に施工した開渠の構造¹¹⁾を示すもので、吐口は2箇所ずつ左右対称に横向きに設けられ、42年12月に完成している。

施工後の渠内堆砂状況は現地でも詳細に観測された¹²⁾。それによると、これまでの最高堆砂高は43年1月に+1.7m(吐口から23m地点)に達したが、3月の融雪出水で沼水位が計画水位に近づくと渗透水が多くなり、それにつれ堆砂高は多少低くされる。そして堆砂の頂を越流し始めると短時間で渠内堆砂の全部を排出し、内水が放流された。その後は汀線漂砂による上手側の堆積があっても、下手側の浸食により左右いずれか一方が開口し、現在有効に排水が行なわれている。

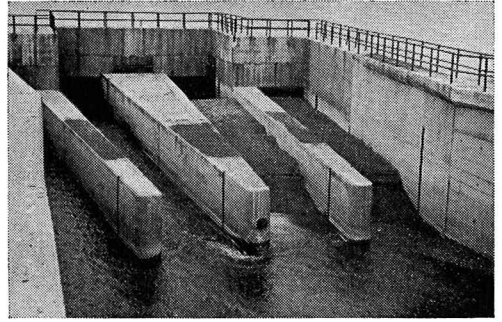
このような開渠による閉塞処理工法は、漂砂が汀線漂砂の形で移動し、しかも季節の特徴がある海岸においては、入口部に扉門を設けず自然力を利用して内水の排除が可能であるという点で有力な方法である。写真—1, 2は開渠の構造と46年6月の渠内堆砂の状況を示したも



図—9 開渠の構造



写真一 開渠の吐口形態



写真二 吐口部の堆砂状況(46年6月)

のである。

6. む す び

以上、サロマ湖、能取湖、信部内沼の湖口の実態と湖口処理に対する基本的考え方および対策法の概要について述べた。この種の問題を扱う場合の参考になれば幸いである。この報文では問題を広範囲に扱い過ぎたため、説明資料など省略が多いが文献を参照されたい。

終わりに、現地調査にご協力いただいた網走開発建設部の関係各位に対し深く謝意を表わす次第である。

参 考 文 献

- 1) 北海道開発局：北海道沿岸波浪調査報告書，昭44.1.
- 2) 福島久雄・尾崎 晃・柏村正和・八畝 功・高橋 将：サロマ湖の水理について，第17回海岸工学講演会論文集，昭45. 11.
- 3) 宇田居吾一・星 藤男・吉田義信：サロマ湖の自然条件

調査，土木試験所報告第46号，昭43. 1.

- 4) 中村 充・白石英彦・佐々木泰雄：海水交流の一解析法，第12回海岸工学講演会講演集，昭40. 11.
- 5) 近藤倣郎：二つの水路をもつ水域の潮位と水路潮流を求める簡略解，土木学会北海道支部研究発表会論文集，昭46. 2.
- 6) 近藤倣郎・佐藤 功・田中義一：能取湖の湖口閉塞調査，土木試験所報告第46号，昭43. 1.
- 7) 宇田居吾一：湖口処理に関する一考察，土木試験所報告第46号，昭43. 1.
- 8) 近藤倣郎：湖口水路における潮汐の線形解，土木学会北海道支部研究発表会論文集（43年度），昭44. 2.
- 9) 開発局網走開発建設部：能取漁港の計画について，第12回港湾工事研究会資料，昭45. 12.
- 10) 宇田居吾一・佐藤 功・成田友弥：沼の上地区海岸暗渠に関する模型実験，土木試験所報告第46号，昭43. 1.
- 11) 坂本通宜・宇田居吾一・羽田元男・高橋貞次郎：沼の上地区沼口処理工について，第16回農業土木学会北海道支部講演要旨，昭42. 9.
- 12) 高橋貞次郎・滝沢茂豊：湖口閉塞処理工について，第11，12回開発局技術研究発表会論文集，昭43. 44. 11.