

サロマ湖沿岸海域の海浜過程への気候変化の影響

THE INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE ON BEACH PROCESS IN SAROMA SAND SPIT

横山慎¹・坂口翔²・林健太郎³・菅原吉浩⁴・
猿渡亜由未⁵・山下俊彦⁶

Makoto YOKOYAMA, Sho SAKAGUCHI, Kentaro HAYASHI, Yoshihiro SUGAWARA,
Ayumi SARUWATARI, Toshihiko YAMASHITA

¹学生会員 北海道大学大学院工学院 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

²航空大学校 (〒080-8580 宮崎県宮崎市大字赤江652-2 航空大学校学生寮)

³正会員 工修 アルファ水工コンサルタンツ (〒063-0829 北海道札幌市西区発寒9条14丁目516-336)

⁴正会員 独立行政法人 寒地土木研究所 (〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目34号)

⁵正会員 工博 北海道大学助教 大学院工学研究院 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

⁶正会員 工博 北海道大学教授 大学院工学研究院 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

In recent years, wave overtopping is occurred by high waves in sand spit of Saroma faced Okhotsk Sea. This overtopping don't cause cutting off the sand spit because of rising height of sand spit by sediment deposition. But, increasing of waves energy owing to decreasing drift ice area and change of wave direction are important to think change of the topography of sand spit from analysis of existing data of average tide level, wind, drift ice, and waves. We conducted prediction of ocean waves using SWAN in the case of existing drift ice or no one.

Key Words : Saroma sand spit, wave overtopping, decreasing of drift ice, beach erosion

1. はじめに

サロマ湖は、日本最大の汽水湖であり二つの湖口でオホーツク海とつながっている。サロマ湖は生産性の高い汽水湖で漁業生産額も多いが、砂州が安定的に維持されていることが必要である。近年、気候変化の影響等により、写真-1に見られるように第一湖口右岸の砂州上部に波の遡上と見られる痕跡が確認され、砂州の変形の発生が予想される。また、現在第一湖口の東防波堤の延伸工事が実施されており、沿岸漂砂量の変化による砂州変形も考えられる。また、温暖化等による流氷減少に伴う波高の増大と波向の変化も砂州変形を考える上で重要な問題である。

そこで本研究では、まず、現存データに基づきサロマ湖周辺海域の地形変化、波、風、平均潮位の変化等の現状を把握する。次にサロマ湖周辺海域の海浜過程への流氷減少の影響を考える上での検討事項を検討する。さらに、極端な場合として冬期に流氷が無い場合の波浪予測を行い、流氷が

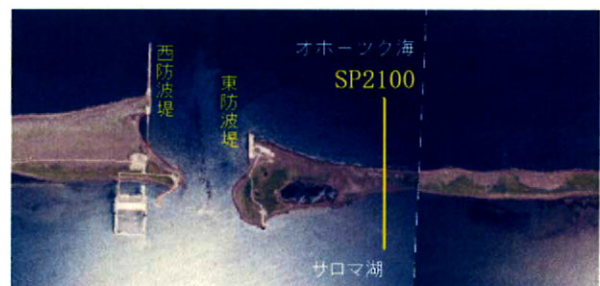


写真-1 サロマ湖第一湖口付近

ある波浪の現地データと比較することにより波浪エネルギーにどのくらいの差があるかを検討する。

2. サロマ湖周辺海域の地形・外力変化

(1) 年平均潮位の変動

図-1は網走港における年平均潮位の変化を表しており、四角はC.D.L.(網走港の基本水準面)表示で、丸はT.P(東京湾平均海面)表示である。また、図中

には各年の観測率も示してある。近似曲線から、海水面は上昇傾向であり、そのスピードは約4.8(mm/year)である。砂州等への変形を考える上では、年平均潮位の上昇は砂州を侵食させる方向となる。

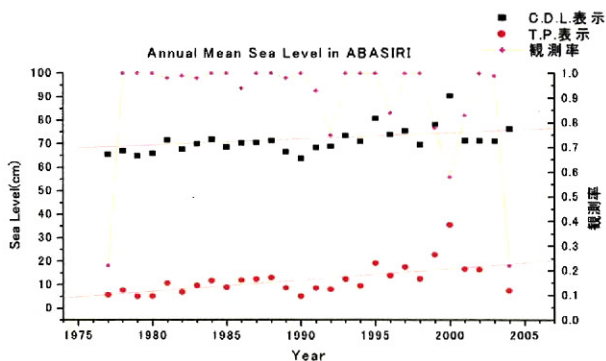


図-1 年平均潮位の変動

(2) 風の変動

図-2 は 1983 年から 2000 年までの紋別観測所における、風向、風速を月別に平均したものである。夏期に比べ、冬期の方が強い風が吹き、月平均風速は 3.5~4(m/s)程であった。このときの風向は西~北西の方向であった。

図-3 は 2004 年の 1 月 14 日 9 時の天気図¹⁾である。日本付近は西高東低の典型的な冬型の気圧配置

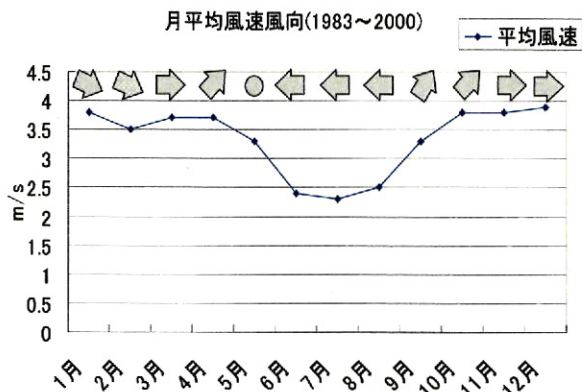


図-2 月平均風速、風向

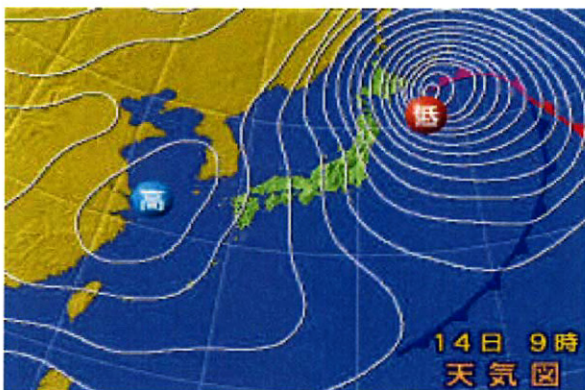


図-3 2004年1月14日9時の天気図¹⁾

であり、オホーツク海には大型の低気圧が存在している。

この低気圧の中心気圧は 968hpa であり、周辺海域では風速 20mを超える強い風が吹いている。サロマ湖沿岸海域で、冬場に高波浪が来襲しているのは、この台風並みの低気圧がオホーツク海に頻繁に発生するのが主な要因である。

(3) 流水の変動

図-4 に 1971 年~2007 年のオホーツク海の水氷面積の経年変化状況を示した。縦軸は 1 年のうち 12 月 15 日から 5 月 31 日までの、15 日毎の水氷面積を示したものである。近似曲線からオホーツク海の流水はここ 30 年では減少傾向にあることが分かった。図-5 は網走地方気象台においては 1946 年から 2009 年、紋別測候所においては 1956 年から 2007 年までの、それぞれの場所から流水を観測できた期間を表している。近似曲線から、観測期間もやはり流水面積と同様に減少していることが分かる。

(4) 波の変化

図-6は紋別観測所における季節ごとに分けた年間の波浪エネルギーの推移と流水観測期間を示したものである。棒グラフが波浪エネルギーを、折れ線グラフが流水観測期間をそれぞれ表している。この図から、流水観測期間が相対的に短い2005、2002、

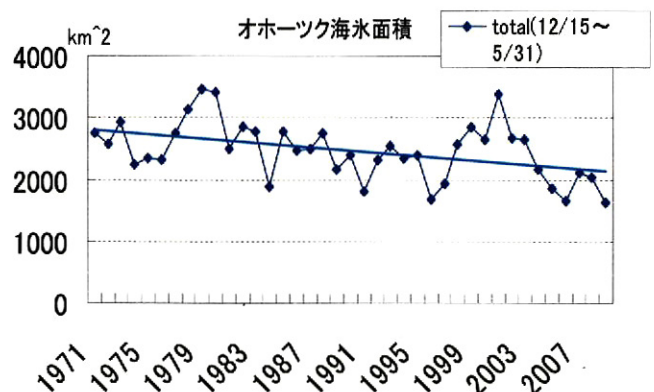


図-4 海氷面積の経年変化

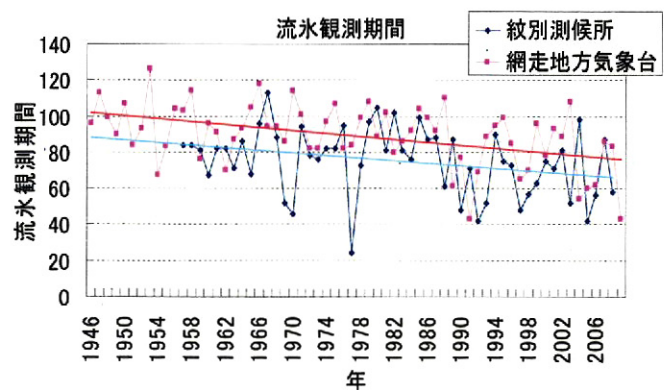


図-5 流水観測期間の経年変化

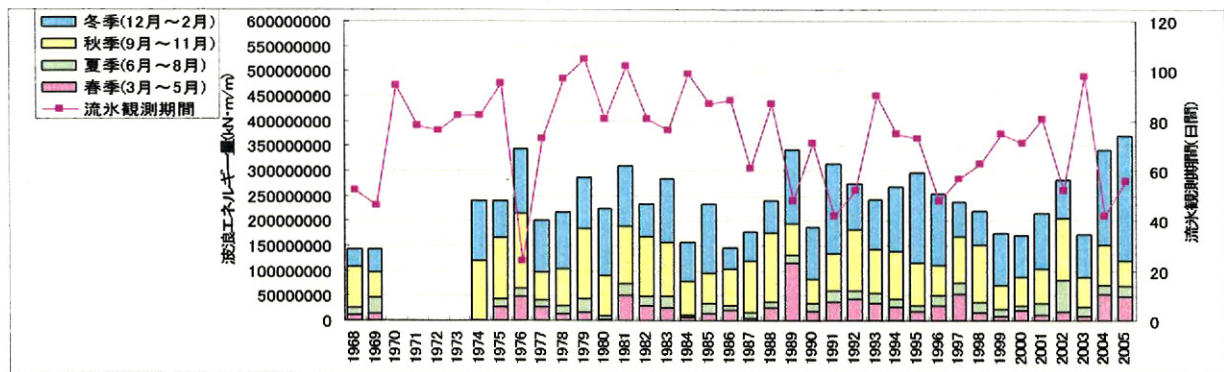


図-6 波浪エネルギーと流氷期

1991, 1989, 1976年等は波浪エネルギーは相対的に大きいことがわかる。一方, 2003年, 1993年等の流氷観測期間が相対的に長い年は, 波浪エネルギーが小さく, 特に冬期, 春期の波浪エネルギーが小さくなっていることがわかる。これは, 図-2のように強い風が吹く冬期間に流氷により波高が抑えられることから, 到来する波浪エネルギーは小さくなったためと考えられる。図-4, 図-5に示したように, 流氷の量, 観測期間とも減少しているため, 今後サロマ湖沿岸海域に來襲する波浪エネルギーは増大すると予想できる。

(5) 汀線変化特性

図-7は1947年から1999年にかけての, 紋別港から常呂川までの航空写真から得られた汀線変化と波浪データ等から簡易的に推定した沿岸漂砂量を表している。沿岸漂砂は河口, 湖口等の導流堤など構造物

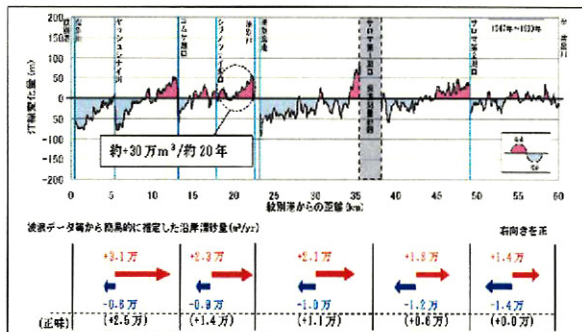


図-7 汀線変化と沿岸漂砂量

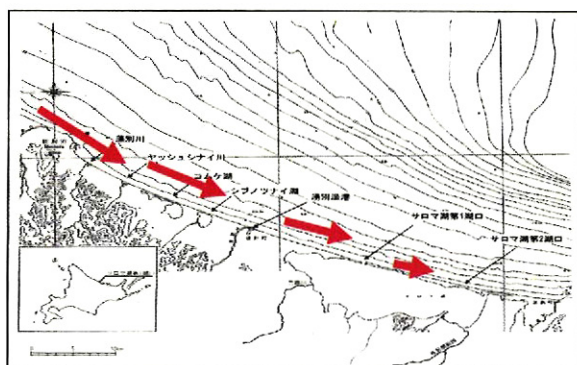


図-8 沿岸漂砂方向

の上手側では堆積, 下手側では侵食となり, 実際に, 写真-1で波の遡上の痕跡が確認された第一湖口右岸では最大で(1m/year)の速度で汀線が後退していたことがわかる。この沿岸域の沿岸漂砂は図-8のように北西から南東方向に移動し, 西側の方の海岸線が東方向を向いているので, 沿岸漂砂量が多くなっている。しかしその量は東へ向かうにつれてだんだん少なくなっている。

(6) 砂州断面地形変化

図-9は写真-1でサロマ湖砂州の最狭部のSP2100の位置での断面地形変化を示したものである。湖内側境界からの距離が1300m~1450mのあたりでは, 2003年から2006年にかけて標高が高くなっている。全体としては, 2003年10月以降, 砂州高は増加し, 断面積も増加している。これは近年の高波浪で波が砂州を越えることにより砂州を侵食するのではなく, 越波による土砂堆積が発生したと考えられる。断面全域では2003年10月以降土砂量が増加しており, 断面の土砂収支量はとれていない。この理由としては砂州の沖側を地形変化が収束しない浅い地点でしか考えていないこともあるが, 別の要因として写真-1にも見られるようなカスプの形成や導流堤建設に伴う沿岸方向漂砂の変化の影響もある。少なくとも砂州頂部から湖内側での砂州高の増加は越波による土砂堆積によるものである。写真-1の植生のある領域(写真の右の方のおわん上に色が薄くなっているところが植生の上に砂が被った部分, 色が濃いところ

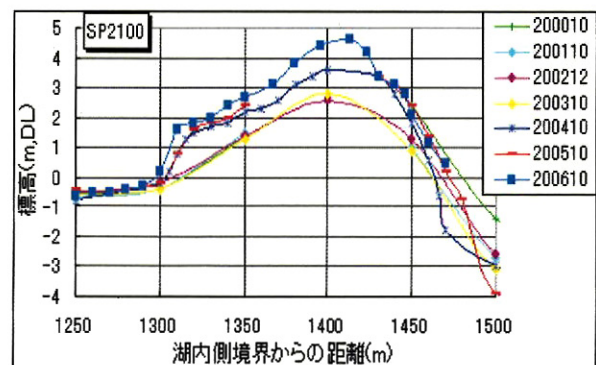


図-9 砂州断面図

ろが植生)の減少は、植生の上に越波で運ばれた砂がかぶさったためである。

以上より、現状では砂州は高波浪の越波により、侵食して切れてしまうということはなさそうである。しかし、今後、温暖化などの気候変化が起これと、襲来する波浪特性、特に波向が変わり、沿岸漂砂の量と方向が変化し、導流堤の延長との相乗効果で、砂州が今後も安定して存在できるかどうかは検討すべき重要な課題である。

3. 海浜過程への流水減少の影響の検討項目

サロマ湖沿岸海域の海浜過程への流水減少の影響を予測する上で、検討すべき項目を以下に述べる。

- ①近年の波浪特性の変化、特にエネルギー平均波高・波向きの変化、暴浪波の発生頻度・波向の変化と流水存在海域の変化や海上風の変化の関係
- ②極端な場合としての流水が無い場合の波浪予測
- ③種々のシナリオに基づく流水の存在海域の変化の将来予測とその場合の波浪予測
- ④将来の流水減少海域の変化も考慮したサロマ湖沿岸海域の波高、波向きの変化に基づく、サロマ湖周辺海域の海浜変化予測

将来の流水減少範囲の予測や流水減少下での海上風の変化予測は、これ自体でかなり難しい問題である。そこで本研究では、4章で海上風は流水が存在する場合の風データを使用し、極端な場合として流水が無いと仮定した場合にどの程度の波浪が発生するかを検討する。

4. 流水減少下のサロマ湖沿岸海域への SWAN の適用

流水減少下での波浪推算を行うため、まず SWAN の精度の検証を行った。対象期間は流水が存在しておらず、発達した低気圧により強い風が観測された2004年1月13日12:00～1月18日0:00とした。なお、計算の精度を高めるためにネスティングを行い3領域(表-1 参照)の計算をした。海上風のデータは気象庁メソ解析値を、地形データは海洋情報研究センターから提供されたものを用いた。得られた計算結果を網走の有義波高の実測値と比較した。その結果を図-10に示す。実測値には少し欠測もあるが計算値と実測値を比べると、計算値の有義波高が最大7.57mで、実測値が7.26mと、計算値が実測値を少し過大評価しているが、波の立ち上がり方や、減衰の様子等全体的にはほぼ一致しており、妥当な精度といえる。一方、予測値は最大波高発生前で少し小さめ、発生後でややおきめとなっている。この原因としては、今回使用したメソ解析値の値が北緯48.5度以下の南方オホーツク海にしかないことが要因と考えられる。以上、SWANの有用性がある

程度確認できたので、続いて流水がある期間について、波浪の推算を行う。

流水がある期間で、低気圧が発達している2004年2月14日12:00～2月18日0:00について先程と同じ計算条件で計算する。このとき、実際の条件

表-1 計算条件

	領域1	領域2	領域3
計算領域	1080×720	463×259	155×93
メッシュサイズ	10km×10km	3km×3km	1km×1km
タイムステップ	20min	15min	10min

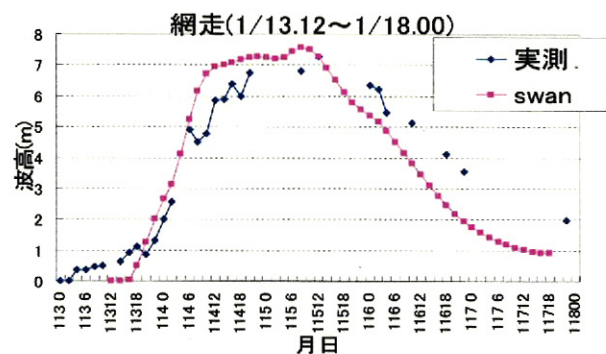


図-10 計算値と実測値の比較

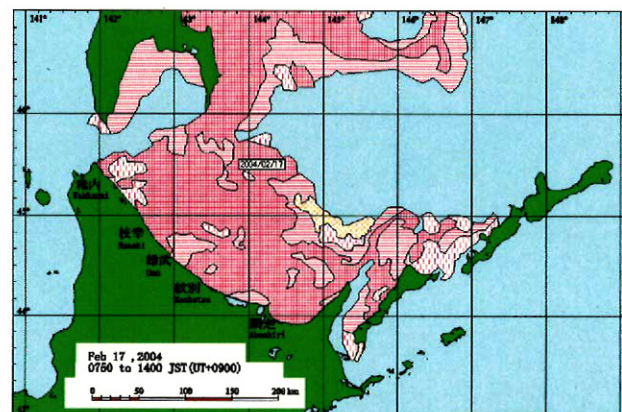


図-11 2004/02/17 流水の分布

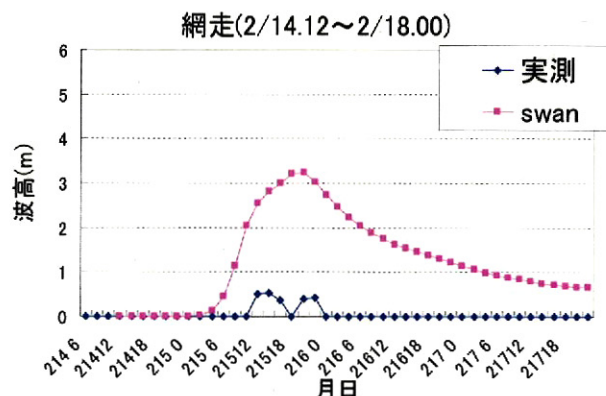


図-12 計算値と実測値の比較

では流氷が図-11 で表されるような分布をしていた。だが、ここではこれが全くないという仮定の下で計算を行った。この計算の目的は、今後気候変化の影響で流氷が減少・消滅したときに、どのくらい大きな波浪エネルギーが砂州へ襲来するかを調べるものである。結果を図-12 に示す。計算値のほうが明らかに実測値よりも大きな値を示していることが分かる。

よって、冬期に流氷が減少し、波浪エネルギーの抑制が減少すると、襲来する波浪エネルギーが大きくなり、砂州変形が大きくなると考えられる。今後幾つかの流氷海域の減少シナリオに基づく、波浪予測を実施する必要がある。

5. 結論

オホーツク海に面したサロマ湖砂州は近年高波浪

により越波が発生しているが、これ自体で砂州が切れる心配はない。しかし、気候変動等により将来流氷減少に伴う冬期の高波浪の発生と波向の変化により、沿岸漂砂量の増加と方向も変化することが予想される。また、港口の導流堤の延伸が計画されていることから、砂州の侵食が促進される可能性があり、種々のシナリオに基づく流氷減少下のサロマ湖周辺海域の波浪予測と海浜変化予測を実施し、砂州変形を詳細に検討する必要がある。

謝辞：本研究を進めるにあたり、国土交通省北海道開発局から貴重なデータをいただいた。ここに記し、謝意を表する。

参考文献

1) 気象庁 気象統計情報