

北海道東部の霧多布湿原における 13 世紀および 17 世紀頃の海岸線の推定

Estimation of shorelines around the 13th and 17th centuries at Kiritappu marsh, eastern Hokkaido, along the southern Kuril trench

伊尾木圭衣¹・澤井祐紀¹・行谷佑一¹・谷川晃一郎¹・松本 弾¹・嶋田侑真^{1,2}

Kei Ioki¹, Yuki Sawai¹, Yuichi Namegaya¹, Koichiro Tanigawa¹, Dan Matsumoto¹ and Yumi Shimada^{1,2}

¹ 活断層・火山研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, kei-ioki@aist.go.jp)

² 筑波大学生命環境科学研究科 (Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba)

Abstract: In this study, we estimated positions of shorelines around the 13th and 17th centuries to reevaluate unusually great earthquakes in southern Kuril trench. Deposits of prehistoric tsunamis generated from the Kuril trench have been found at eastern Hokkaido along the Pacific coast. It is known by the previous studies that the youngest large event occurred in the 17th century and the second one occurred around the 13th century. Such large tsunamis are considered to be generated from unusually great earthquakes in the Kuril trench. In Kiritappu marsh, tsunami deposits around the 13th and 17th centuries are distributed beneath marshes that formed between beach ridges. We traced both of the tsunami deposits continuously along the leveled transect seaward from inland and identified where tsunami deposits disappeared. As a result, shorelines around the 13th and 17th centuries were estimated about 400 m and 300 m inland from the present shoreline, respectively. Then the DEM (Digital Elevation Model) provided by GSI (Geospatial Information Authority of Japan) was modified for numerical simulation of tsunami considering the shoreline of the 17th century in Kiritappu marsh.

キーワード: 津波堆積物, 海岸線, 巨大地震, 北海道, 千島海溝

Keywords: tsunami deposit, shoreline, great earthquake, Hokkaido, Kuril trench

1. はじめに

千島海溝南部に面した北海道東部では、先史時代に堆積した津波堆積物が報告されている。これらの津波堆積物は、1952年十勝沖地震による津波の浸水範囲よりはるかに内陸で確認されており、これまで観測されていないような巨大地震・津波に関係して形成されたイベント堆積物であると解釈されている (Nanayama *et al.*, 2003)。このうち、最新の巨大津波は17世紀、その一つ前のものは13世紀¹に発生したと考えられている (Nanayama *et al.*, 2007)。17世紀に発生した巨大津波については、Satake *et al.* (2008) や Ioki and Tanioka (2016) が数値計算から求めた浸水範囲と津波堆積物の分布域を比較し、その断層モデルが構築されている。しかしながら、そこで行われた浸水計算は過去数百年間の海岸線の移動を考慮しておらず、断層モデルの評価には議論の余地が残されている。以上のことを踏まえ、本研究では13世紀および17世紀に発生した地震の規模の再評価のため、北海道東部に位置する霧多布湿原の浜中湾周辺 (第1図) において、これらの時代の海岸線の位置を推定することを目的とした。

2. 海岸線位置の推定方法

調査地域の霧多布湿原では、浜堤列とそれらの上に形成される堤間湿地が発達しており (第2図)、13世紀および17世紀の巨大津波による津波堆積物が主に堤間湿地に残されていることが知られている (たとえば Nanayama *et al.*, 2003; Sawai *et al.*, 2009)。浜堤とはもともと海岸線付近で砂礫が堆積してできる前置砂丘あるいは汀段が取り残されたもので、海岸線の前進とともにこれらが新たに海側に付加されるため、内陸にある浜堤は、かつてその付近に海岸線 (前置砂丘あるいは汀段) が存在していた証拠となる (Tamura, 2012; 田村, 印刷中; Sawai *et al.*, 2015)。本研究では便宜上、現在の海岸線近くにある高まりを「砂丘」、海岸線の前進により内陸側に取り残されたかつての砂丘を「浜堤」と呼んで議論を進める。

本研究では、浜中湾岸の^{さかき}において、浜堤列を横断するように海岸線と直交する測線を設け、シャベル、ハンドコアラー、ジオスライサーなどを用いて測線沿いに堆積物を採取した (第2図A)。さらに、採取した試料を観察し、13世紀および17世紀の巨大津波による津波堆積物を陸側から海側へと連続的

¹ ここでいう「17世紀の一つ前のイベント」は Nanayama *et al.* (2003) において Ts4 と命名されたものである。Ts4 の発生時期については、Nanayama *et al.* (2007) において「13世紀~14世紀」または「13世紀」、Satake *et al.* (2008) において「13世紀~14世紀」と記されている。また、Sawai *et al.* (2009) では西暦 550 年~1200 年 (1σ) に発生したと推定されている。本論では、便宜上 Nanayama *et al.* (2007) にある「13世紀」を採用して議論を進める。

に追跡することにより、津波堆積物が確認できなくなる場所、すなわち津波堆積物が保存しうる当時の陸域の限界地点を特定した。そして、津波堆積物が確認できなくなった浜堤・堤間湿地の周辺を当時の海岸線の位置と推定した。

3. 推定した海岸線の位置

浜中湾岸の榊において、陸側（現海岸線から約510 m離れた地点）から海岸付近（現海岸線から約300 m離れた地点）まで、泥炭層中に砂層や火山灰層を連続的に観察することができた（第3A図）。先行研究（Nanayama *et al.*, 2003, 2007; Sawai *et al.*, 2009; 徳井, 1989）との層序の比較から、地表付近の火山灰層は、西暦1739年樽前山噴火（Ta-a）および西暦1694年駒ヶ岳噴火（Ko-c2）（徳井, 1989）に対比された。また、地点8, 9において深さ約1 mに見られる火山灰層は、観察される深さを基に先行研究と比較したところ、西暦923-939年頃とされる白頭山-苦小牧テフラ（B-Tm）（町田ほか, 1981; Yin *et al.*, 2012）あるいは西暦900年頃とされる摩周b（Ma-b）（山元ほか, 2010）と推定された。このほか、地点4において、泥炭層と砂層の境界付近に火山灰と考えられる小塊が非常に少量見られたが、本地点において掘削を繰り返しても再現性がなく、周囲からの再堆積の可能性も考慮して、上記のテフラの一つとは見なさなかった。

Nanayama *et al.* (2003, 2007) などとの比較から、火山灰層 Ta-a および Ko-c2 の直下等および下位に見られる砂層は、13世紀および17世紀に発生した巨大地震・津波による津波堆積物と考えられた。13世紀の津波堆積物は、地点8, 9, 10において顕著に見られ、層厚が50 cm以上に達する場合がある。17世紀の津波堆積物は、地点6より内陸側において顕著に見られる。また、地点4においては、薄いイベント層として認められる。地点2, 3においても火山灰層 Ta-a と Ko-c2 の直下に不明瞭な砂層が見られ、これらもイベント層の可能性がある。

津波堆積物の分布から、13世紀と17世紀の津波堆積物が堆積した当時の海岸線のおおよその位置を、以下のように推定した。13世紀の津波堆積物は地点7から海側の地点では見られないため（第3B図）、13世紀の津波が発生した当時の海岸線は、少なくとも地点7より海側に存在していたとみられる。また、地点7は周囲より標高がやや高く、最も下位に分布する砂層上面の高度も内陸側よりも高いため、この高まりがかつての砂丘であると考えられ、当時の海岸線はこの地点7付近に存在していた可能性が高いと推定できる（第3A図）。同様に、17世紀の津波堆積物が地点4まで（あるいは地点2, 3まで）見られ、当時の砂丘が地点2~5付近に分布していたと考えられるため、海岸線はこの周辺に存在していたと考えられる（第3A図）。以上のような推定から、調査し

た測線における13世紀頃と17世紀頃の海岸線は、それぞれ現在の海岸線から400 mと300 m内陸に位置していたと考えられた。

4. 津波浸水計算用のDEM構築

前章までの推定結果をふまえ、本研究ではさらに17世紀頃の海岸地形を考慮した津波浸水計算用の23 m グリッドDEM (Digital Elevation Model) を作成した。

海岸線の平面的な広がりについては、1940年代の米軍の空中写真データ（国土地理院）や1990年代の国土地理院による空中写真（第2図B）を立体視することにより浜堤の位置を推定し、測線上で推定した17世紀頃の海岸の位置を基点として、その地点を通る浜堤に沿って南北方向に延長した線を当時の海岸線とした。その際、浜堤の読み取りには、「基盤地図情報数値標高モデル5 mメッシュ（標高）」（国土地理院提供）も使用した。

DEM作成の際には、基本となるデータとして、陸域は「基盤地図情報数値標高モデル5 mメッシュ（標高）」（国土地理院提供）、海域は「沿岸の海の基本図」（海上保安庁提供）を用いた。陸域地形は、まず人工構造物の形状を除去した現海岸線に対し、海岸線に直交する方向の測線を南北方向に20 m間隔で設定した。次に現海岸線から17世紀頃の海岸線までの間の測線上の地形に対し、最大標高地点となる地点を測線別に抽出した（第4図）。さらにこの現海岸線から最大標高地点までの横断地形を、17世紀頃の海岸線位置へと測線上で平行移動させた。また最大標高地点から陸側へは50 m先の現地形と交わるように補完した。最大標高地点の選定においては、基本的には現海岸線から西に100 m程度以内の最初の高まりを最大標高地点と見なしたが、周辺の地形も参照しその位置を調整したところも存在する。海域地形は、測線上の水深3 mの地点と、17世紀頃の海岸線の位置を直線でつないで作成した（第5図）。

5. まとめ

北海道霧多布湿原の浜中湾において、津波堆積物調査を行い、13世紀および17世紀頃の海岸線の位置を推定した。その結果、調査した測線において、13世紀頃の海岸線は現在より400 m程度、17世紀頃の海岸線は現在より300 m程度内陸に位置していたと推定された。また17世紀の巨大津波の浸水計算に用いるため、当時の海岸線の位置を考慮したDEMを作成した。

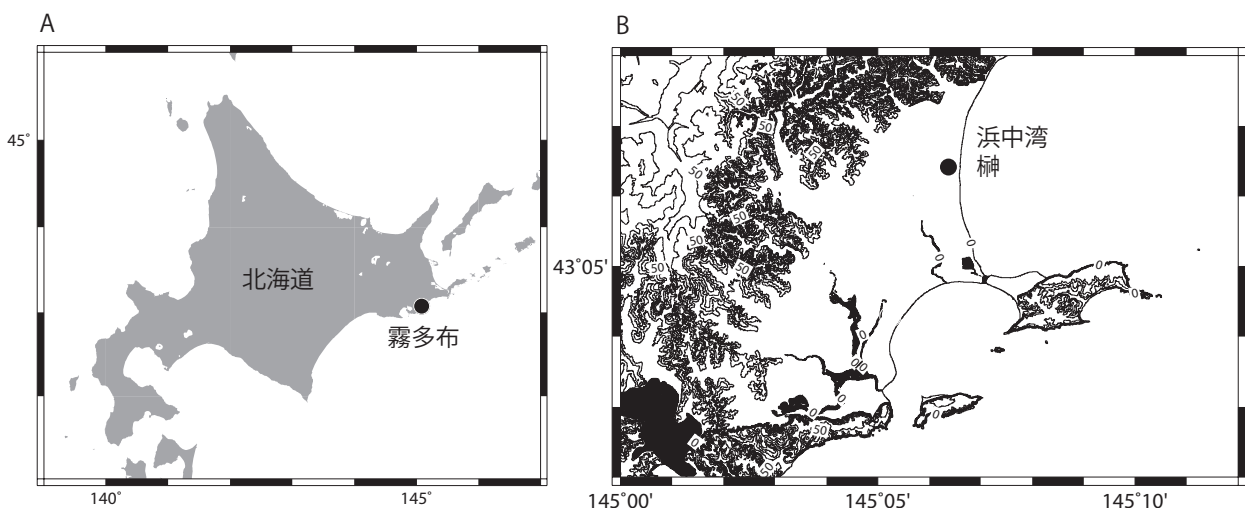
謝辞 現地調査を行う際、北海道釧路総合振興局、浜中町役場の方々にはご尽力いただいた。柱状図を作成する際、活断層・火山研究部門の田村明子氏にお手伝いいただいた。地質情報研究部門の中村淳路

氏に有益なコメントをいただいた。海岸地形における地形区分等について地質情報研究部門の田村亨氏にご教示いただいた。地質情報研究部門の佐藤善輝氏、活断層・火山研究部門の宍倉正展氏の指摘により、本稿は改善された。以上の方々に、記して感謝いたします。

文 献

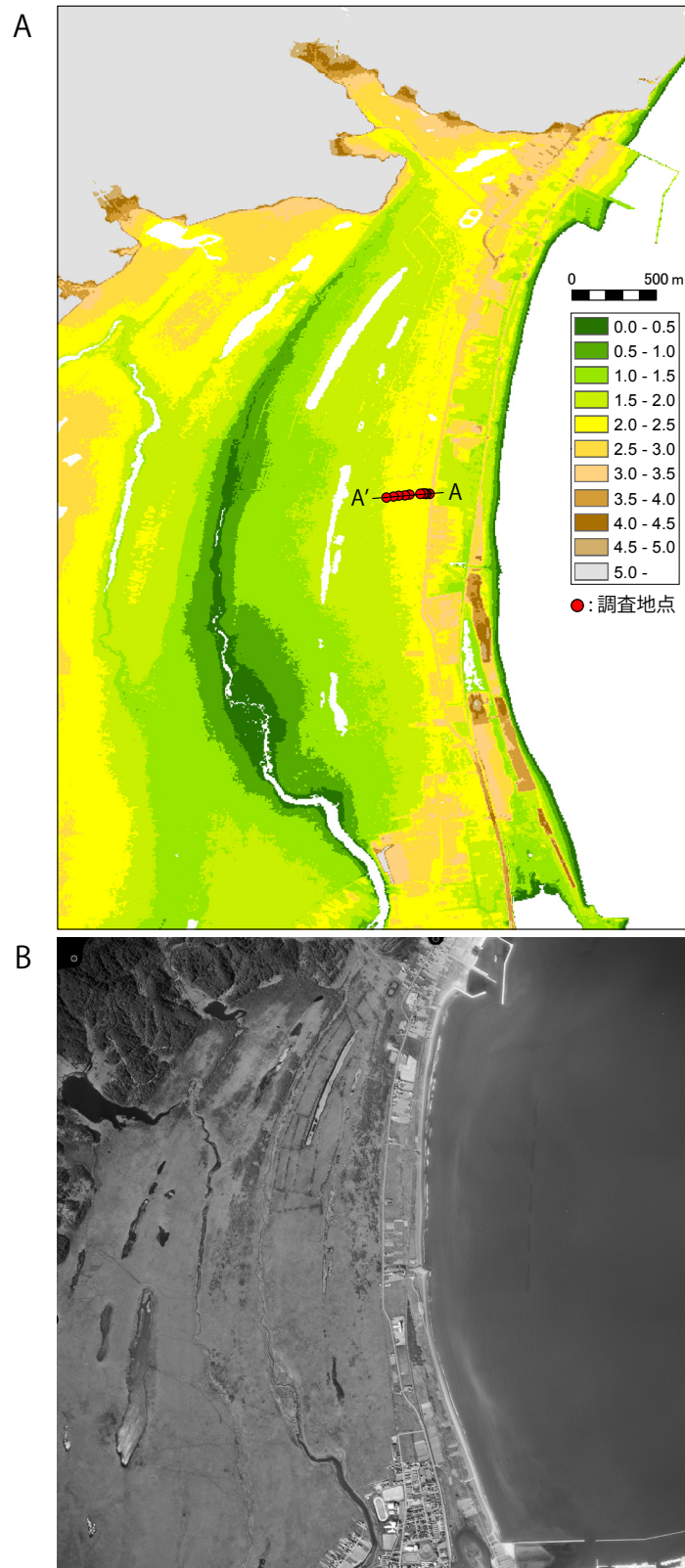
- Ioki, K. and Tanioka, Y. (2016) Re-estimated fault model of the 17th century great earthquake off Hokkaido using tsunami deposit data. *Earth and Planetary Science Letters*, 433, 133-138.
- 町田 洋, 新井房夫, 森脇 広 (1981) 日本海を渡ってきたテフラ. *科学*, 51, 562-569.
- Nanayama, F., Satake, K., Furukawa, R., Shimokawa, K., B. F. Atwater, K. Shigeno, K., and Yamaki, S. (2003) Unusually large earthquakes inferred from tsunami deposits along the Kurile trench. *Nature*, 424, 660-663.
- Nanayama, F., Furukawa, R., Shigeno, K., Makino, A., Soeda, Y., and Igarashi, Y. (2007) Nine unusually large tsunami deposits from the past 4000 years at Kiritappu marsh along the southern Kurile Trench. *Sedimentary Geology*, 200, 275-294.
- Satake, K., Nanayama, F., and Yamaki, S. (2008) Fault models of unusual tsunami in the 17th century along the Kurile trench. *Earth Planets Space*, 60, 925-935.
- Sawai, Y., Kamataki, T., Shishikura, M., Nasu, H., Okamura, Y., Satake, K., Thomson, K. H., Matsumoto, D., Fujii, Y., Komsubara, J., and Aung T. T. (2009) Aperiodic recurrence of geologically recorded tsunamis during the past 5500 years in eastern Hokkaido, Japan. *Journal of geophysical research*, 114, B01319, doi:10.1029/2007JB005503.
- Sawai, Y., Namegaya, Y., Tamura, T., Nakashima, R., and Tanigawa, K. (2015) Shorter intervals between great earthquakes near Sendai: Scour ponds and a sand layer attributable to A.D. 1454 overwash. *Geophysical Research Letters*, 42, 4795-4800, doi:10.1002/2015GL064167.
- Tamura, T. (2012) Beach ridges and prograded beach deposits as palaeoenvironment records. *Earth-Science Reviews*, 114, 279-297.
- 田村 亨 (印刷中) 古環境記録としての日本列島の波浪卓越海岸. *第四紀研究*
- 徳井由美 (1989) 北海道における 17 世紀以降の火山噴火とその人文環境への影響. *お茶の水地理*, 30, 27-33.
- 山元孝広, 伊藤順一, 中川光弘, 長谷川 健, 岸本博志 (2010) 北海道東部, 屈斜路・摩周カルデラ噴出物の放射炭素年代値. *地質調査研究報告*, 61, 161-170.
- Yin, J., Jull, A.J. T., Burr, G.S., and Zheng, Y. (2012) A wiggle-match age for the Millennium eruption of Tianchi Volcano at Changbaishan, Northeastern China. *Quaternary Science Reviews*, 47, 150-159.

(受付：2018 年 8 月 31 日，受理：2018 年 10 月 4 日)

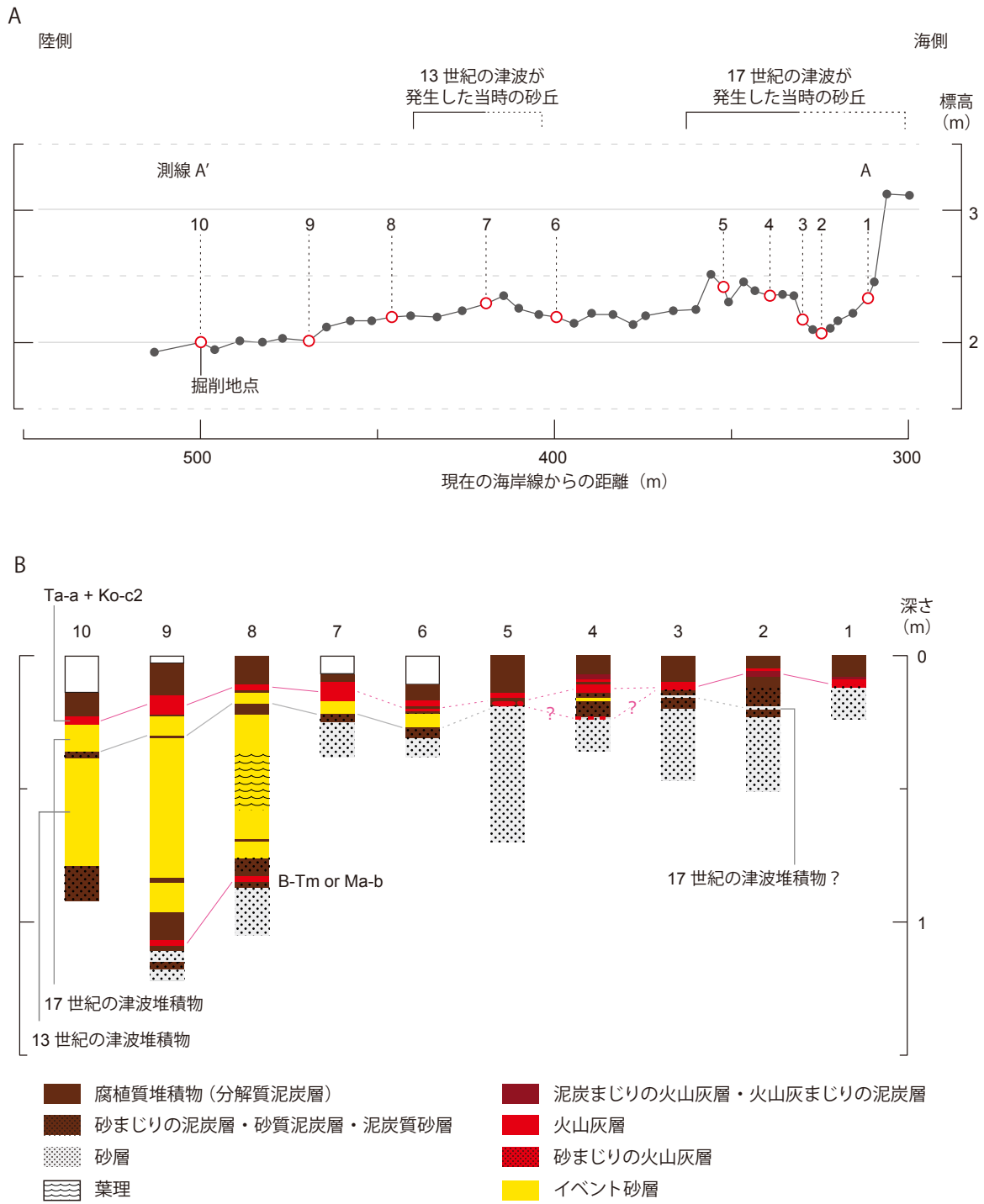


第 1 図. (A) 北海道東部に位置する霧多布湿原. (B) 霧多布湿原の浜中湾岸に位置する榑. 図の標高は国土地理院による「基盤地図情報数値標高モデル 5 m メッシュ (標高)」を使用.

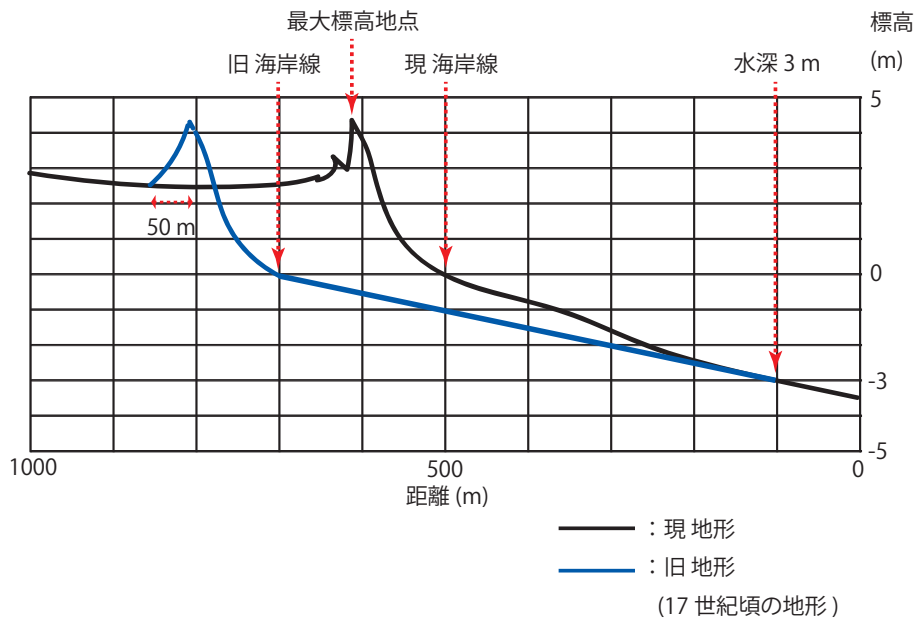
Fig. 1. (A) The location of Kiritappu marsh in eastern Hokkaido is shown. (B) The map of Sakaki, at Hamanaka bay area, in Kiritappu marsh. Digital Elevation Model 5 m mesh by GSI was used.



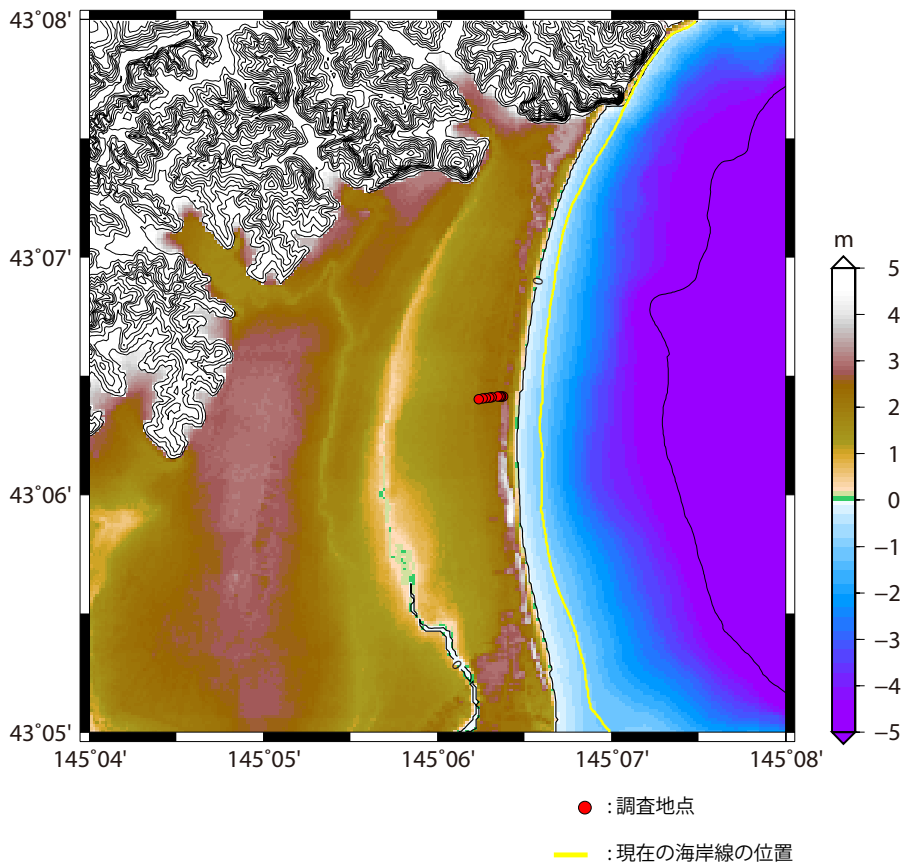
第2図. (A) 霧多布湿原における調査地点 (赤丸). 国土地理院による「基盤地図情報数値標高モデルの5 m メッシュ (標高)」を使用. (B) 1999年撮影の空中写真データ (国土地理院 MHO-99-6X-C10-27).
Fig. 2. (A) Surveyed points (red circles) in Kiritappu marsh. Digital Elevation model 5 m mesh by GSI was used. (B) Aerial photograph of the 1999 (MHO-99-6X-C10-27, GSI) in Kiritappu marsh.



第 3 図. (A) 掘削地点における地形断面図. (B) コア試料の柱状図.
 Fig. 3. (A) Topographic profile in surveyed points. (B) Columnar section of core samples.



第4図. 現在から17世紀頃の海岸線の位置の移動を表した地形断面図.
 Fig. 4. Cross-section of topography and bathymetry of the shoreline from present to the 17th century.



第5図. 本研究で作成した17世紀頃における霧多布湿原のDEM. 調査地点を赤丸で示す.
 現在の海岸線は黄色線で表す. 等高線, 等深線の間隔は5 m.
 Fig. 5. Digital Elevation Model in the 17th century in Kiritappu marsh. Survey points are shown in red circles. The present shoreline is shown in the the yellow line. The contour interval is 5 m.