

北海道東部厚岸町国泰寺跡において検出された津波堆積物の年代

Ages of tsunami deposits beneath Kokutaiji site, eastern Hokkaido, northern Japan

澤井祐紀¹・佐竹健治²・七山 太³・添田雄二⁴

Yuki Sawai¹, Kenji Satake², Futoshi Nanayama³ and Yuji Soeda⁴

^{1,2} 活断層研究センター (Active Fault Research Center, GSJ/AIST, yuki.sawai@aist.go.jp, kenji.satake@aist.go.jp)

³ 地質情報研究部門 (Institute of Geology and Geoinformation, GSJ/AIST, nanayama-f@aist.go.jp)

⁴ 北海道開拓記念館 (Historical Museum of Hokkaido, soeda@jg8.so-net.ne.jp)

Abstract: Recurrence intervals of unusual giant tsunami events during the past 3000 years along the southern Kuril subduction zone were estimated using radiocarbon ages and tephrochronology. Radiocarbon ages were obtained just below and above the tsunami sand sheets. From thirteen of new ages we dated in this study and fourteen of published ages, recurrence intervals of giant tsunamis along the Pacific coast of eastern Hokkaido were inferred to be ~300 to ~500 years. These probably represent intervals of multi-segment earthquakes whose rupture length is ~200 to ~300 km along southwestern Kuril subduction zone.

キーワード: 津波堆積物, 炭素年代測定, テフラ層序, 北海道, 千島海溝

Keywords: tsunami deposits, radiocarbon dating, tephrochronology, Hokkaido, Kuril trench

1. はじめに

近年の古地震学的研究により, 北海道東部太平洋沿岸では, 後期完新世におけるプレート間地震 (Atwater *et al.*, 2004; Kelsey *ほか*, 2003; Sawai, 2001; Sawai *et al.*, 2002) およびそれに伴った津波 (平川 *ほか*, 2000; 七山, 1998; 七山 *ほか*, 1999, 2000, 2001a, 2001b; Nanayama *et al.*, 2003; 西村 *ほか*, 2000; Sawai, 2002) の発生間隔が明らかにされつつある. なかでも沖積低地堆積物に含まれる津波堆積物の研究は, 1990 年代以降急速に増加している. 浜中町霧多布湿原では, 歴史時代のものだけでなく (西村 *ほか*, 2000), 先史時代の津波堆積物が 20 層残されていることが明らかにされた (七山 *ほか*, 2002). また同様に, 釧路市春採湖においても先史時代の津波堆積物が 20 層存在することが報告されている.

以上のような津波堆積物の分布と津波波源モデルの比較から, 堆積物中に残されている津波堆積物は, 1952 年十勝沖地震, 1973 年根室沖地震の震源域が連動して発生する「連動型地震」によるものということが明らかにされている (第 1 図, Nanayama *et al.*, 2003; 佐竹 *ほか*, 2003). この連動型地震の再来間隔は, 津波堆積物前後の炭素年代測定とテフラ層序からおおよその値が求められているが, 個々の連動型地震・津波イベントの年代については明らかにされ

ていない. 本研究ではこの点を踏まえ, 厚岸町国泰寺跡から検出された津波堆積物の堆積年代を明らかにし, これまでの報告と合わせて検討することによって, 個々の連動型地震・津波イベントの発生年代を明らかにすることを目的とした. 本報告は, 添田 *ほか* (2003) において報告されているトレンチ調査の際に採取した試料を用いて行い, 砂層の名称 (As1 ~ As9) も添田 *ほか* (2003) に従った.

2. 調査地域

調査対象地域である国泰寺跡は, 外洋に面し, 周囲を更新世海成段丘に囲まれ, 大きな流入河川のない「溺れ谷型」沖積低地の中に位置する. 同沖積低地における完新世古環境変動は, 珪藻化石群集や貝類群集によって明らかにされている (Kumano *et al.*, 1990; Maeda *et al.*, 1992). マガキ (*Grassostrea gigas*) 化石より決定された marine limit とアイソスタシー効果を比較した Maeda *et al.* (1992) によれば, 同地域の相対的海水準は約 6000 cal yr BP に現海面レベルと同程度になった. それ以降の古環境変動に関しては, Kumano *et al.* (1990) が珪藻化石群集から検討しているが, 津波起源の砂層に関しては言及していない. 本地域における津波堆積物に関しては, 添田 *ほか* (2003) が初めての報告である.

3. 堆積物試料の採取と炭素年代測定試料の選出

試料の採取は、添田ほか (2003) にある露頭 (第2図) から直接ブロックサンプリング (幅 40 cm × 奥行 40 cm × 深さ 150 cm) した。採取した試料は、室内において 1~2 cm 毎にスライスした。このうち、7 枚の津波堆積物直上及び直下から大型植物化石・昆虫化石を拾い出し、炭素年代測定用試料とした。堆積物の洗浄は 0.5 mm メッシュ、0.25 mm メッシュの篩を用いて行い、洗い出した試料を実体顕微鏡下で観察することによって、試料の同定・選定を行った。

4. 津波堆積物の年代評価法

個々の津波イベントの年代は、本研究で新たに得られた 15 件の炭素年代値 (第1表)、これまでに報告されている 14 件の炭素年代値 (七山ほか, 2000)、テフラ層序を用いて検討した。これらの年代値の中で、同一地域内で年代値の逆転やテフラ層序との矛盾が見られるものは、イベントの年代推定には用いなかった。例えば、七山ほか (2000) は霧多布湿原において 12 件の炭素年代測定値を報告しているが、テフラ B-Tm より下位の津波堆積物 Ts6, Ts7 に関しては同一層準からそれぞれ異なった 2 件の年代値が得られている。この場合、テフラ B-Tm より下位にある Ts6, Ts7 が、B-Tm より若い年代を示すのは、明らかに不相当であると考え、それらの年代値を Ts6, Ts7 の年代評価には用いなかった。同様に、本研究において測定した年代値の中でも、津波堆積物 As8 直下から得られた年代値のひとつは、それより下位の津波堆積物 As9 より古い年代を示したために、イベントの年代評価に用いなかった。

津波堆積物の直下と直上から得られた炭素年代測定値によって、その津波イベントの下限年代 (少なくとも、津波イベントはその年代より若いと考えられる値) と上限年代値 (少なくとも、津波イベントはその年代より古いと考えられる値) をそれぞれ求めることができる。津波堆積物の直下から複数件の炭素年代値が得られた場合は、その値の最も若い値をそのイベントの下限年代とした。また、津波堆積物の直上から複数件の炭素年代値が得られた場合は、その値の最も古い値をそのイベントの上限年代値とした。

炭素年代値によって下限年代と上限年代値が求められない場合、テフラ年代によって、下限年代と上限年代値を概算した。例えば、国泰寺跡において検出された津波堆積物 As8 (七山らにおける Ts9) は、テフラ Ta-c2 より下位にあるイベント堆積物である。この場合、テフラ Ta-c2 の噴出年代 (2500 cal yr BP) を、As8 (Ts9) の上限年代値として採用した。テフラ年代は、徳井 (1989)、古川ほか (1997) を参考にした。テフラ Ta-c2 に関しては、Kelsey ほか (2003) の推定年代値 (2500 cal yr BP) を採用した。

5. 津波イベントの推定年代

上記のような過程を経て得られた先史時代の津波イベント年代は、以下のようにまとめることができる。

5.1 イベント 1 (As2, Ts3)

本イベントを示す津波堆積物は、テフラ Ta-b (西暦 1667 年) 直下に見られることから、上限年代を 300 cal yr BP とした。下限年代は求めることができなかった。

5.2 イベント 2 (As3, Ts4)

本研究によって 2 件 (全て津波堆積物直下)、その他の研究例によって 3 件 (津波堆積物直下 1 件、津波堆積物直上 2 件) の炭素年代が報告されている。これら 5 件の炭素年代を検討した結果、本イベントの年代は約 950~650 cal yr BP とした。

5.3 イベント 3 (As4, Ts5)

本研究によって 3 件 (津波堆積物直下 1 件、津波堆積物直上 2 件)、その他の研究例によって 1 件 (津波堆積物直下 1 件) の炭素年代が報告されている。これら 4 件の炭素年代を検討した結果、本イベントの年代は約 1500~1150 cal yr BP とした。

5.4 イベント 4 (As5, Ts6)

本研究によって 1 件 (津波堆積物直上 1 件)、その他の研究例によって 2 件 (全て津波堆積物直上) の炭素年代が報告されている。これら 3 件の炭素年代を検討した結果、本イベントの上限年代を約 1550 cal yr BP とした。下限年代は求めることができなかった。

5.5 イベント 5 (As6, Ts7)

本研究によって 1 件 (津波堆積物直上から津波堆積物最上部中 1 件)、その他の研究例によって 2 件 (全て津波堆積物直上) の炭素年代が報告されている。これら 3 件の炭素年代を検討した結果、本イベントの上限年代を約 2000 cal yr BP とした。下限年代は求めることができなかった。

5.6 イベント 6 (As7, Ts8)

七山ほか (2000) によって 1 件 (津波堆積物直上) の炭素年代が報告されている。この年代値から、本イベントの上限年代を約 2350 cal yr BP とした。下限年代は求めることができなかった。

5.7 イベント 7 (As8, Ts9)

本研究によって 2 件 (津波堆積物直下 2 件)、その他の研究例によって 3 件 (全て津波堆積物直上) の炭素年代が報告されている。これら 3 件の炭素年代

を検討した結果、本イベントの下限年代を約 3200 cal yr BP とした。上限年代は、テフラ層序から 2500 cal yr BP とした。

5.8 イベント 8 (As9, Ts10)

本研究によって 4 件 (全て津波堆積物直下)、その他の研究例によって 2 件 (全て津波堆積物直上) の炭素年代が報告されている。これら 6 件の炭素年代を検討した結果、本イベントの年代は約 3350~2700 cal yr BP とした。

6. まとめ

北海道東部太平洋沿岸国泰寺跡において報告されている津波堆積物の年代を炭素年代測定、テフラ層序によって推定した。さらに、既存の報告例と合わせて個々の津波イベントの年代を検討することができた。

謝辞 現地調査の際には、北海道開拓記念館の山田家正館長、山田悟郎氏、赤松守雄氏、厚岸町海事記念館の熊崎農夫博氏、明治コンサルタントの重野聖之氏、石井正之氏にお世話になった。大型植物化石の選出の際には、那須浩郎博士に助言をいただいた。以上の方々に、記して感謝の意を表します。

文 献

- Atwater, B.F., Furukawa, R., Hemphill-Haley, E., Ikeda, Y., Kashima, K., Kawase, K., Kelsey, H.M., Moore, A.L., Nanayama, F., Nishimura, Y., Odagiri, S., Ota, Y., Park, S., Satake, K., Sawai, Y., Shimokawa, K. (2004) Seventeenth-century uplift in eastern Hokkaido, Japan. *The Holocene*, **14**, 487-501.
- 古川竜太・吉本充弘・山縣耕太郎・和田恵治・宇井忠英 (1997) 北海道駒ヶ岳火山は 1694 年に噴火したか? -北海道における 17~18 世紀の噴火年代の再検討-. *火山*, **42**, 269-279.
- Kelsey, Harvey・佐竹健治・澤井祐紀・Sherrod, Brian・下川浩一・宍倉正展 (2003) 北海道東部における完新世後期の急激な海岸隆起の繰り返し. *活断層・古地震研究報告*, No. 2, 223-233.
- Kumano, S., Ihira, M., Kuromi, M., Maeda, Y., Matsumoto, E., Nakamura, T., Matsushima, Y., Sato, H. (1990) Holocene sedimentary history of some coastal plains in Hokkaido, Japan. V. Sedimentary history of Kushu Lake and Akkeshi. *Ecological Research*, **5**, 277-289.
- 平川一臣・中村有吾・越後智雄 (2000) 十勝地方太平洋岸の巨大古津波. *月刊地球号外*, No. 31, 92-98.
- 七山 太 (1998) 北海道東部, 釧路~根室地域の津波堆積物の研究 (予察). *地質調査所速報*, No.EQ/98/1 (平成 9 年度活断層・古地震研究調査概要報告書), 1-9.
- 七山 太・佐竹健治・下川浩一・重野聖之・古川竜太 (1999) 堆積学的手法に基づく, 千島海溝沿岸域における古津波? 履歴調査-霧多布湿原における研究例. *地質調査所速報*, No.EQ/99/3 (平成 10 年度活断層・古地震研究調査概要報告書), 3-17.
- 七山 太・佐竹健治・下川浩一・古川竜太・重野聖之 (2000) イベント堆積物を用いた千島海溝沿岸域の津波の遡上規模と再来間隔の検討. *地質調査所速報*, No.EQ/00/2 (平成 11 年度活断層・古地震研究調査概要報告書), 1-17.
- 七山 太・牧野彰人・佐竹健治・古川竜太・横山芳春・中川 充 (2001a) 釧路市春採湖コア中に認められる, 千島海溝沿岸域における過去 9000 年間に生じた 20 層の津波イベント堆積物. *活断層・古地震研究報告*, No. 1, 233-249.
- 七山 太・重野聖之・牧野彰人・佐竹健治・古川竜太 (2001b) イベント堆積物を用いた千島海溝沿岸域における津波の遡上規模の評価-根室長節湖, 床潭沼, 馬主来沼, キナシベツ湿原及び湧洞沼における研究例. *活断層・古地震研究報告*, No. 1, 251-272.
- 七山 太・重野聖之・三浦健一郎・牧野彰人・古川竜太・佐竹健治・斎藤健一・嵯峨山 積・中川充 (2002) イベント堆積物を用いた千島海溝沿岸域における先史~歴史津波の遡上規模の評価-十勝海岸地域の調査結果と根釧海岸地域との広域比較-. *活断層・古地震研究報告*, No. 2, 209-222.
- Nanayama, F., Satake, K., Furukawa, R., Shimokawa, K., Atwater, B.F., Shigeno, K., Yamaki, S. (2003) Unusually large earthquakes inferred from tsunami deposits along the Kuril trench. *Nature*, **424**, 660-663.
- 西村裕一・宮地直道・吉田真理夫・村田泰輔・中川光弘 (2000) 北海道霧多布湿原の泥炭層中から発見された 1843 年の津波堆積物. *第四紀研究*, **39**, 451-460.
- Maeda, Y., Nakada, M., Matsumoto, E., Matsuda, I. (1992) Crustal tilting derived from Holocene sea-level observations along the east coast of Hokkaido in Japan and upper mantle rheology. *Geophysical Research Letters*, **19**, 857-860.
- 佐竹健治・七山 太・山木 滋 (2003) 17 世紀に北海道東部で発生した異常な津波の波源モデル. *活断層・古地震研究報告*, No. 3, 315-362.
- Sawai, Y. (2001) Episodic emergence in the past 3000 years at the Akkeshi estuary, Hokkaido, northern Japan. *Quaternary Research*, **56**, 231-241.
- Sawai, Y. (2002) Evidence for the 17th-century tsunami generated on the Kuril-Kamchatka subduction zone,

Lake Tokotan, Hokkaido, Japan. *J. Asian Earth Sciences*, **20**, 903-911.

Sawai, Y., Nasu, H., Yasuda, Y. (2002) Fluctuations in relative sea-levels during the past 3000 years at the Onnetoh estuary, Hokkaido, northern Japan. *J. Quaternary Sciences*, **17**, 607-622.

添田雄二・七山 太・重野聖之・古川竜太・熊崎農夫
博・堤 康夫・車塚 洋・澤井祐紀・佐竹健治・
中川 充・山田悟郎・桂川 実・赤松守雄・石井

正之 (2003) 北海道東部, 厚岸町史跡国泰寺跡の泥炭層中において発見された9層の津波砂層とその広域イベント対比. 活断層・古地震研究報告, No. 3, 285-296.

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.

(受付: 2004年9月2日, 受理: 2004年10月7日)

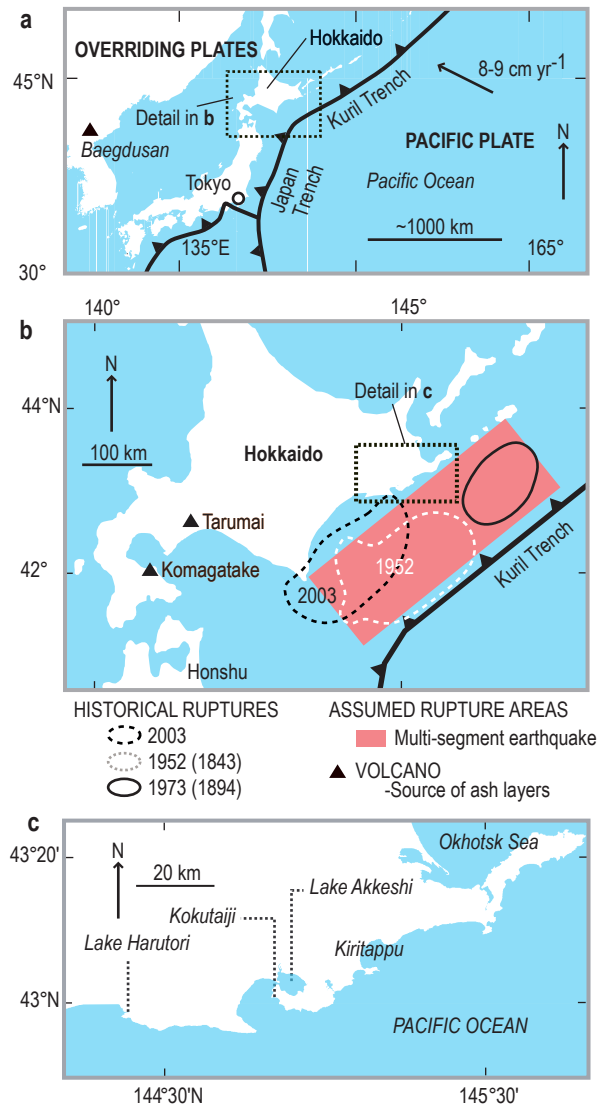
第1表. 本研究から得られた炭素年代測定値.
Table 1. Radiocarbon dating results from this study.

Depth (cm) ¹	Event	Position	Material	Age (¹⁴ C yr BP)	Age (cal yr BP) ²	Age (cal yr BP) ³	Lab no. (Beta-)
100-101	As3	below	seeds	980±40	932-798	962-790	188130
100-101	As3	below	seeds of <i>Triglochin asiatica</i> fruits of <i>Carex subspathacea</i> and	1500±70	1509-1309	1535-1288	188131
103-105	As3	below	seeds of <i>Bulboschoenus maritimus</i>	1050±40	927-930	1050-919	182805
107-109	As4	above	wings of insects	1450±60	1406-1294	1511-1271	188132
109-110	As4	below	wings of insects	1260±40	1262-1170	1286-1064	188133
112-113	As5	above	wings of insects	1720±40	1694-1560	1713-1530	188134
117-120	As6	above	wings of insects	1660±40	1607-1524	1691-1422	182806
120-122	As6	in the sand sheet	seeds of <i>Sambucus racemosa</i> subsp. <i>kamtschatica</i>	2120±40	2148-2009	2299-1953	182807
180-182	As8	below	wings of insects	3240±60	3550-3384	3632-3356	188123
180-182	As8	below	fruits of <i>Carex subspathacea</i>	2960±40	3209-3075	3317-2968	188124
180-182	As8	below	seeds	3470±80	3834-3636	3963-3485	188125
193-195	As9	below	bud of <i>Alnus</i>	3090±40	3359-3264	3382-3171	188126
193-195	As9	below	gall	3080±40	3357-3214	3380-3167	188127
193-195	As9	below	twig of <i>Alnus</i>	2970±40	3236-3076	3320-2995	188128
195-198	As9	below	bud of <i>Alnus</i>	3110±40	3376-3268	3437-3212	182808

¹ Below the present ground surface

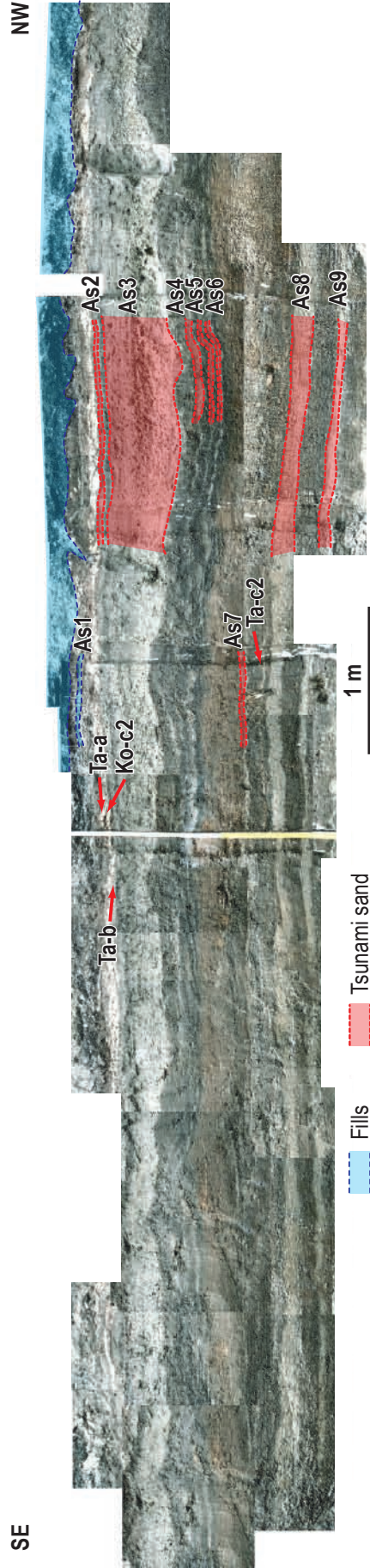
² Range at one standard deviation, given by the calibration data of Stuiver *et al.* (1998) and the calibration software CALIB 4.1 of Stuiver and Reimer (1993). An error multiplier was 1.0.

³ Range at two standard deviations.



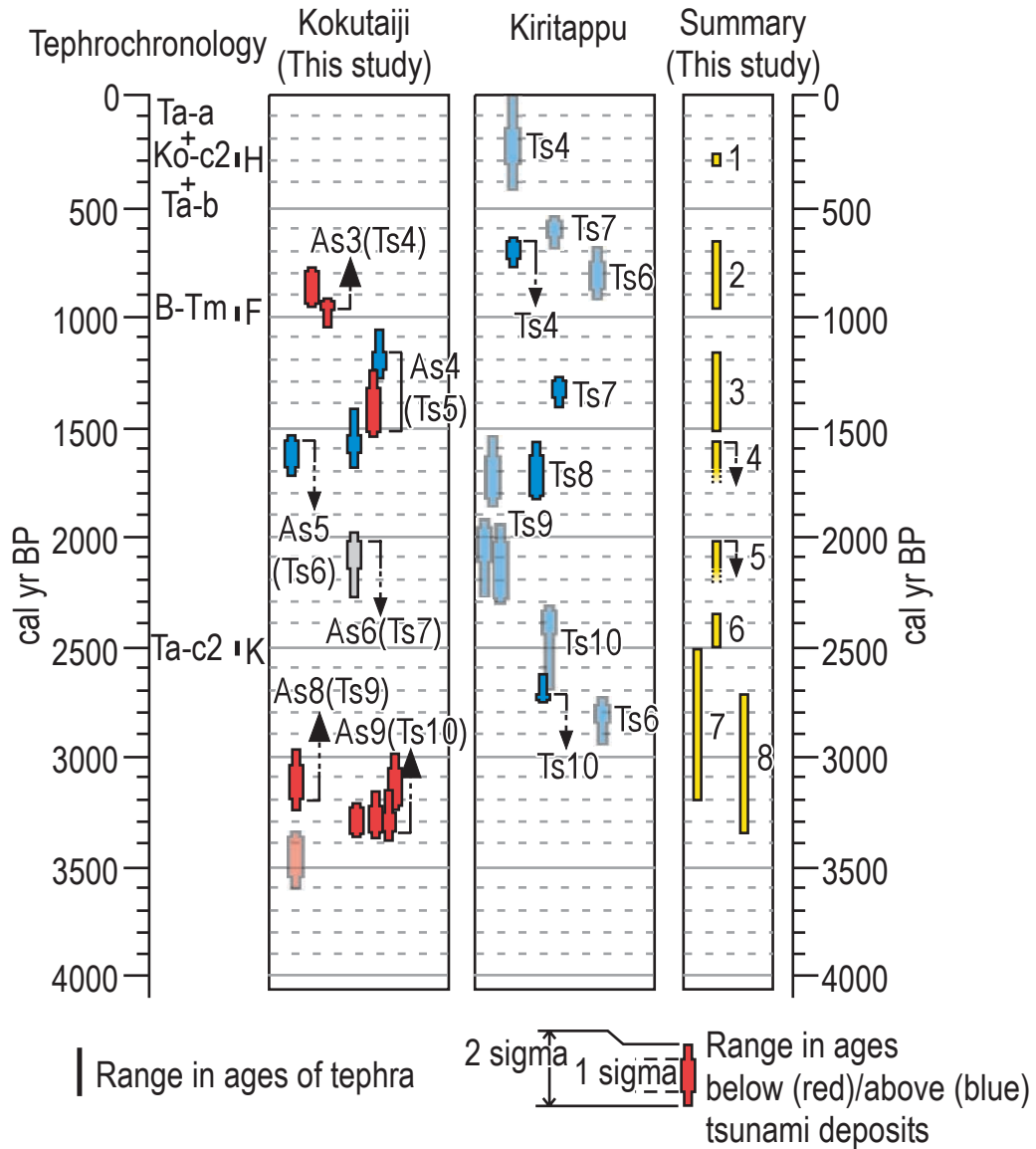
第1図. 調査地域. (a)千島海溝・日本海溝と日本列島. テフラB-Tmの給源である白頭山は、韓半島の北部に位置する. (b)北海道と1952年十勝沖、1973年根室沖、2003年十勝沖地震の震源域. Nanayama *et al.* (2003)による連動型地震の震源域は、1952年十勝沖、1973年根室沖の震源域をあわせたもの. 樽前山、駒ヶ岳は、本研究で検出された火山灰層の給源. (c)北海道東部太平洋沿岸.

Fig. 1. Study area. Heavy lines in a and b denote seaward edges of subduction zones; triangles point down the fault plane. (a) Kuril and Japan trenches. A triangle (Baegdusan) shows volcanoes responsible for the tephra layer B-Tm. (b) Hokkaido, showing volcanoes responsible for tephra layers Ta-a, Ta-b, and Ko-c2, and rupture areas of instrumentally recorded earthquakes on the plate boundary off eastern Hokkaido. (c) Eastern Hokkaido, showing Lake Harutori, Lake Akkeshi, Kokutaiji, and Kiritappu.



第2図. 厚岸町国泰寺跡において掘削されたトレンチの写真. 水色で示した地表付近は盛り土. 赤で示した部分は津波堆積物で, As1~As9と名付けられた (添田ほか, 2003). 火山灰層は, 津波堆積物As1 (盛り土の一部) とAs2の間(3層 (Ta-a, Ko-c2, Ta-b) , As3とAs4の間に1層 (B-Tm) , As7とAs8の間に1層 (Ta-c2))が確認された.

Fig. 2. Photograph of trench at Kokutajiri. Light blue and red show fills and tsunami deposits respectively. Name of the tsunami deposits follows Soeda *et al.* (2003).



第3図. 千島南部における連動型地震を表す津波堆積物の年代. 国泰寺跡 (本研究), 霧多布湿原 (七山ほか, 2000) をまとめた結果, 過去3500年間に堆積した津波堆積物の年代を図右のように推定することができた. 赤色のバーは津波堆積物の直下から得られた年代, 青色のバーは津波堆積物の直上の年代, 灰色のバーは津波堆積物に含まれる大型植物遺体から得られた年代をそれぞれ示す. 年代の逆転, テフラとの不整合性など, 明らかに矛盾のある炭素年代値については, 年代決定の際に考慮に入れなかった. イベント4, 5については, 下限年代を求めることができなかった.

Fig. 3. Summary of ages of tsunami deposits in eastern Hokkaido along the Pacific coast. From thirteen ages of Kokutaiji (this study) and fourteen of published ages (from Kiritappu in Nanayama *et al.*, 2000), recurrence intervals of giant tsunamis along the Pacific coast of eastern Hokkaido were inferred. Ages below (red) and above (blue) tsunami deposits show maximum and minimum ages of the tsunami events, respectively.