

新潟県～石川県沿岸の津波累積エネルギー分布

羽鳥 徳太郎*

Distribution of Cumulative Tsunami Energy along the Niigata to Ishikawa Coasts, the Japan Sea

Tokutaro HATORI

Suehiro 2-3-13, Kawaguchi, Saitama 332-0006, Japan

The Sado Island and Noto Peninsula have been suffered from large tsunamis (magnitude, $m=2-3.5$) which generated along the margin of the Japan Sea. The distribution pattern of run-up heights for the 1741 Oshima-Oki, 1762 Sado-Oki, 1833 Yamagata-Oki, 1964 Niigata, 1983 Nihonkai-Chubu and 1993 SW. Hokkaido tsunamis are reexamined. This paper presents the distribution of cumulative energy, H^2 for each 20 km segment along the coast from Niigata to Ishikawa Prefectures. The total tsunamigenic energy H^2 is 60 m^2 at E. Niigata, 76 m^2 at NE. Sado, and 39 m^2 at N. Noto during the period of 1741-2010. The run-up heights at Sado and Noto Peninsula reached 3-4 m (above M.S.L.) by refraction effect. The amount H^2 of the recent 110-year (1900-2010) is about 1/2 or less small for the whole period. The expected values at Niigata City to Teradomari, NE. Sado and N. Noto are larger than the observed value, suggesting the relatively high risk. It is indispensable to take precautions against tsunamigenic earthquake such as the 1614 Echigo-Takada event (M7.7).

Keywords: Location of tsunami source, Tsunami heights, Cumulative tsunami energy.

§ 1. はじめに

新潟県～石川県沿岸では、日本海の東縁で発生した津波の被災歴があり、1964 年新潟、1983 年日本海中部、および 1993 年北海道南西地震による津波が知られている。最近では、2007 年 3 月の能登半島沖、および同年 7 月の中越沖地震で小津波が発生した(羽鳥, 2008a, 2008b)。

波高の 2 乗値は、遡上した津波エネルギーに近似的に比例し、各津波による累積値は災害危険度の指標になる。過去約 400 年間に、日本海沿岸域での累積値は、渡島半島～津軽間が最大であった(相田, 1988; 羽鳥, 1995)。さきに筆者(羽鳥, 2001)は、山形県沿岸での累積値の推移を調べ、危険度の高いことを示した。

本稿では、同じ手法で新潟県～石川県沿岸域を 20 km 間隔に区分し、近年の 3 津波をはじめ歴史的な 1741 年渡島沖津波(マグニチュード, $m=3.5$)、1762 年佐渡沖津波($m=1$)、および 1833 年山形県沖津波($m=2.5$)を取り上げる。そして全期間 269 年間(1741-2010)と最近 110 年間(1900-2010)での波高 2 乗値の累積分布のパターンを比較検討する。

§ 2. 波源域

図 1 には、1614 年慶長越後高田津波以降の波源域を示し、斜線のものは 1900 年以降の波源である。それぞれ発生年に、地震と津波のマグニチュード

M/m を付記した。原図は 1993 年北海道南西沖地震津波の際に報告したものであり(羽鳥, 1994)、最近の津波波源を追加して示す。

大規模な津波波源($m=2\sim 3.5$)は日本海東縁に分布し、沿岸付近に中小規模の津波($m=-1\sim 1.5$)の波源がある。なお、1940 年積丹半島沖地震津波($m=2$)では、本州西岸や北海道西岸のほかサハリン、北朝鮮の検潮記録が発表されており(宮部, 1941)、新潟および輪島では全振幅 10-20 cm にとどまった。また、1804 年象潟地震津波の遡上高は、秋田県沿岸で 3-5 m、山形県沿岸では 2-4 m に推定されている(羽鳥, 1986a)。新潟県沿岸では記録がなく、おそらく 1 m 以下であろう。以上 2 例の津波は、解析の対象外とした。

§ 3. 波高 2 乗値の分布

新潟県から石川県に至る沿岸を 4 区画(新潟県本州沿岸、佐渡、富山県、石川県)に分け、それぞれ 20 km 間隔に分割して、波高(平均海面上)と波高 2 乗値(柱状グラフ)の分布を以下に示す。

3.1 1900 年以降の津波

図 2 には、各調査報告から波高値を引用し 1964 年新潟津波(相田・他, 1964; Iida, 1965)、1983 年日本海中部津波(乗富, 1984)、および 1993 年北海道南西沖津波(首藤, 1994; 都司・他, 1994)の波高(グラフ

* 〒332-0006 埼玉県川口市末広 2-3-13

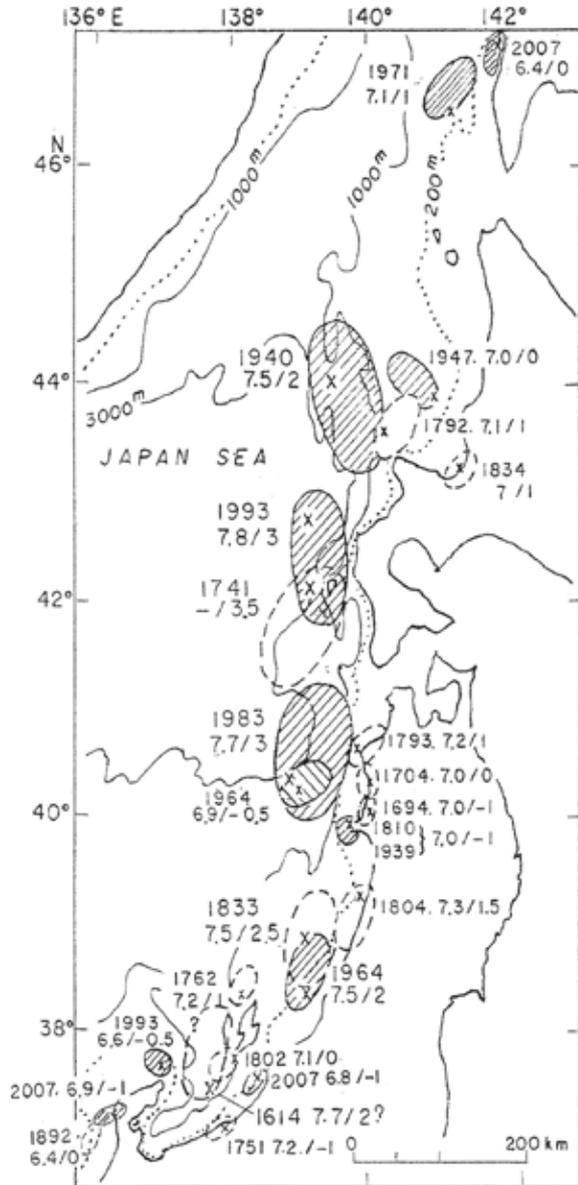


図1 波源域分布(1614-2010) . 発生年に地震と津波のマグニチュード M/m を示す .

Fig.1 Location of the tsunami source areas (1614-2010). The generating years, earthquake and tsunami magnitudes, M/m , are also shown.

の右目盛り)と波高 2 乗値(柱状グラフ, 左目盛り)を示す .

1964 年津波の波高は岩船で 4 m に達して, この区間で H^2 値がピークである . 新潟港では 1.8 m で冠水し, 地震で市街に噴砂現象があった . 佐渡の両津では 3.1 m で床上浸水があり, そのほかの島内では 1-1.5 m であった . 能登半島では珠洲岬周辺で 1.6 m, 輪島 1.2 m であり, 七尾湾内の町に浸水した .

1983 年津波では岩船で 2 m, 新潟で 1.1 m, 柏崎で 1.4 m, 佐渡北東部の藻浦では 3.3 m に突出し, 両

津で 1.4 m, 小木で 0.6 m であった . 1993 年津波の波高分布は 1983 年津波と共通しており, 佐渡北東部の願(ねがい)で 2.9 m, 輪島で 2.0 m が大きい . なお, 富山湾岸域では 3 例の津波とも 0.5-0.7 m にとどまった .

3.2 歴史津波

1741 年(寛保 1)8 月 2 日北海道渡島沖津波は, 津波マグニチュード $m=3.5$ と推定され(羽鳥, 1984), 日本海側で発生した最大級の規模である . 渡島半島西岸で遡上高は 10-15 m, あるいは 20 m 以上の地点もあり(今村・松本, 1998; 都司・他, 2002), 死者 2083 人にのぼった . 佐渡にも遡上し両津加茂湖畔で 8 m?, 鷲崎で 4-5 m, 相川で 3-4 m, 能登の輪島七浦で 3-4 m と推定されている .

1833 年(天保 4)12 月 7 日山形県沖地震 ($M7.5$) は, 震源付近の沿岸で震度 6 を記録し, その直後に津波に襲われた . 津波マグニチュードは $m=2.5$ と推定され(羽鳥, 1990), 1964 年新潟地震津波より上回る . 死者数は湯野浜~鼠ヶ関間で 38 人, 新潟県山北~松ヶ崎間で 58 人とある . 津波は山形県加茂で 7-8 m が最大であり, 新潟県沿岸では山北で 7 m, 岩船~松ヶ崎間で 4 m, 新潟では 3 m に達した(羽鳥・片山, 1977) . 佐渡の各地では多数記録されており, 両津で 4-5 m, 外海府願で 5-6 m, 相川で 2-3 m, 小木で 1-2 m などであった(羽鳥, 2002) . 特筆すべきは, 能登半島北部に津波が屈折作用で集まった . 輪島では市街全域が浸水被害に見舞われ, 死者 47 人にのぼった . 朝市で有名な本町通りで痕跡高は 5.3 m(地面上の浸水深 30 cm)に達した(大長, 1989; 羽鳥, 1999) . なお松浦・他(2010)は, 地震マグニチュードを $M7.6$ と推定し, 震源域は, 津波規模が大きいことから, 図 1 に示した位置より沖合いとみなした .

そのほか, 1762 年(宝暦 12)10 月 31 日佐渡北東沖の地震で津波が発生した . 外海府の願では地震で家屋, 土蔵などが倒壊し, 19 軒中 18 軒流失 . 鷲島で流家 26(潮入り 5 軒), 年貢・家財流失とある . 集落地盤高を考慮すれば, 遡上高 5-6 m と推定された(羽鳥, 1990b) . なお河内(2010)は, 震央を佐渡東方の粟島西方と推定している .

図 3 には, 1741 年渡島沖津波および 1833 年山形県沖津波の波高分布と, 波高 2 乗値の分布(柱状グラフ)を示す . 1741 年渡島沖津波では, 新潟県本州沿岸の記録はない . 渡島大島付近を波源とみなし, 伝播距離と波高の関係図(羽鳥, 1986b)から 1-1.5 m と推定される . 佐渡では, 両津・鷲崎の波高が突出している . 富山湾岸では記録がないが, 近年の津波例から 0.8 m 程度であろう . 能登半島では, 門前町七浦の碧雲寺過去帳に「人畜の被害少なからず」, また志賀町の西念寺過去帳には「当国より下松前迄津浪」とある(羽鳥, 1999) .

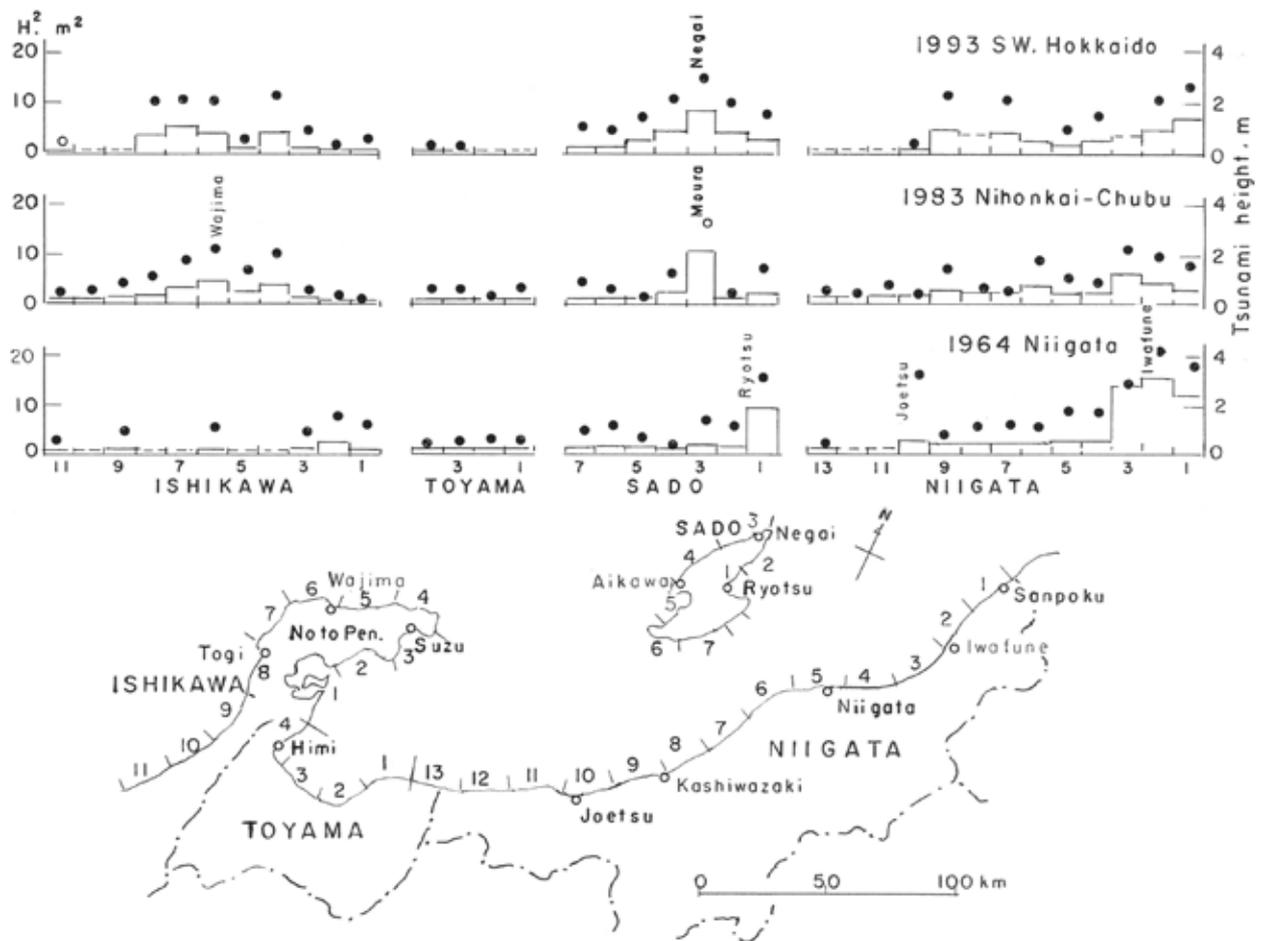


図2 波高と波高2乗値分布(1964年新潟, 1983年日本海中部, 1993年北海道南西沖津波)
 Fig.2 Distributions of tsunami heights (closed circles) and squares of height, H^2 (column) for recent tsunamis.

1833年津波では, 山形県境付近の新潟県山北で6 mが最大であり, H^2 値が西に向かって減少する. 佐渡の両津・外海府および能登輪島での H^2 値が突出している.

§4. 波高2乗値の累積値分布

以上, 1741年渡島沖津波以降に発生した6例の津波について, 269年間(1741-2010)に各区画における波高2乗値を合計して, H^2 値を図4に白抜き柱状グラフで示す. その結果, 佐渡北東部が最大で76 m^2 になる. なおこの区間に, 1762年佐渡沖津波の波高が3 mと推定して, H^2 値を加算した. ついで新潟県山北では60 m^2 , 能登輪島では39 m^2 と得られた.

図4には, 最近110年間(1900-2010)の累積値 H^2 値の分布を斜線の柱状グラフで示す. 累積値は全期間の値の1/2以下であり, 分布パターンは共通している. 今後, 地震活動が繰り返され, 各区画で H^2 値が一定の速度で蓄積すると仮定すれば, 110年間の期待値は(白抜き柱状グラフの41%), 白丸で示す分布になる. 110年間の実測累積値と比べ, 新潟

~寺泊間, 佐渡の両津・外海府および能登の輪島で期待値が大きい.

一方, 1614年11月26日(慶長19年10月25日)越後高田地震は, 武者地震史料に「高田領大震, 人死多, 津浪モ揚打」とある. 地震は会津, 東京, 小田原, 静岡, 京都, 大阪など広域で記録されている. 宇佐美(1966)は震央 $37.5^{\circ}N, 138.0^{\circ}E, M7.7$ と推定した. 新潟地方では最大級の規模である. 波高分布は不明だが, 佐渡相川に遡上記録がある(佐渡年代記). 推定波源から放射する波線は佐渡西部と直江津付近に集まり(羽鳥, 2002), 波高が増幅し, 新潟県西部域の累積値は増加する. 1751年5月21日(宝暦1年4月26日)直江津地震($M7.2$)は, 「名立崩れ」といわれる山崩れなどで, 高田を中心に死者1,586人にのぼった. 直江津西隣の岩戸では, 津波が遡上し「波打寄候場所七八丁(700-800 m)程海庭押上濁となる」とある(羽鳥, 1992).

§5. むすび

1741年渡島沖津波以降, 269年間(1741-2010)に日本海側で発生した6例の津波を対象に, 新潟県~

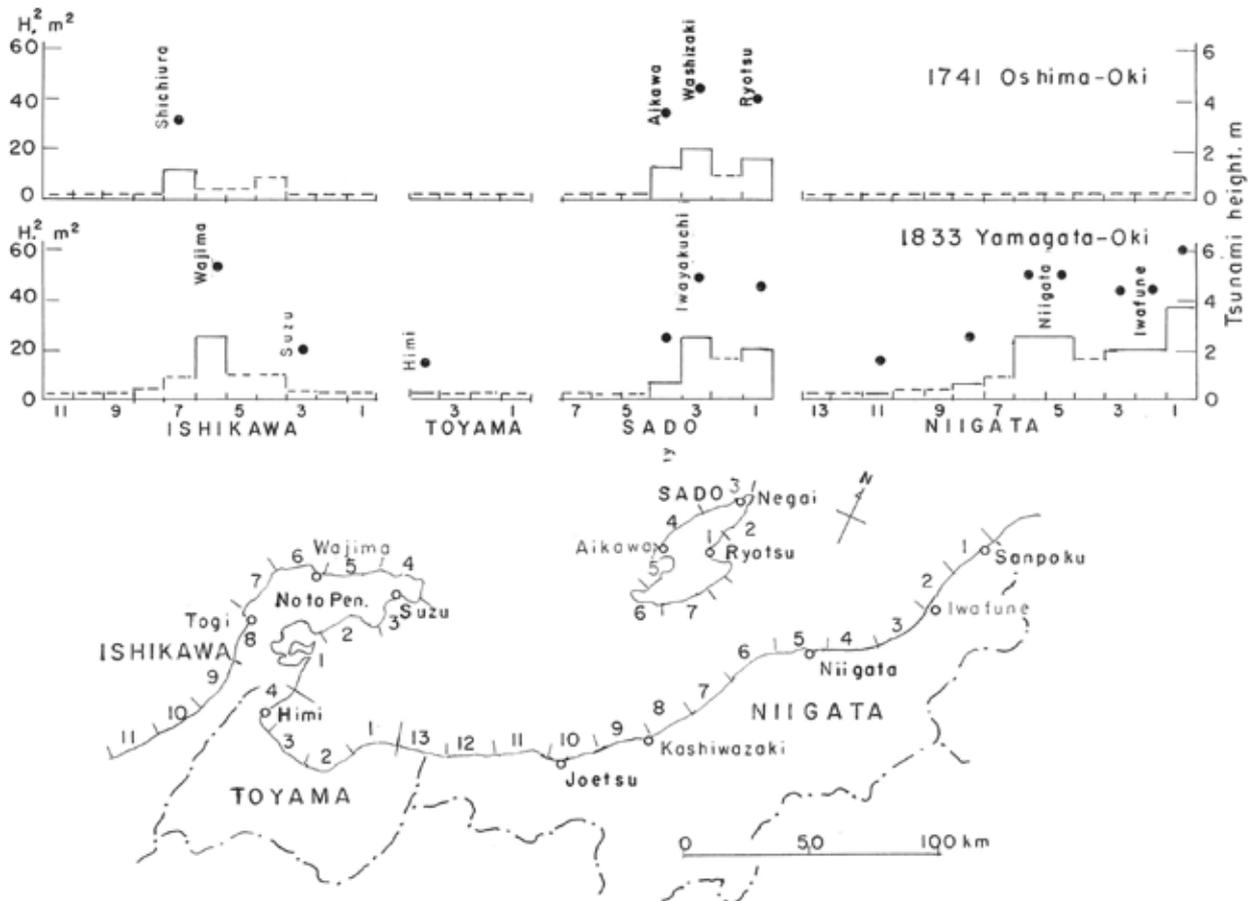


図3 波高と波高2乗値分布(1741年渡島沖,1833年山形県沖津波)

Fig.3 Case of the historical tsunamis. Caption is the same in Fig.2.

石川県間の沿岸を区分して、波高の2乗累積値分布を示した。その結果、累積値は佐渡北東部が最大であり、ついで新潟県東部、能登輪島付近の順になる。今後、地震活動が繰り返し、波高累積値が一定の速度で増加すれば、上記の区間では最近110年間(1900-2010)の累積期待値が実測値より上回っており、津波危険度が高い可能性がある。一方、新潟県西部沖には大規模な1614年慶長高田地震があった。その再発を考慮する対策が望まれる。そのほか1600年以前にも、若狭・山形県沖・新潟県沖に発生した津波の記録がある。

対象地震:1614年越後高田,1741年渡島沖,1762年佐渡沖,1833年山形県沖,1964年新潟,1983年日本海中部,1993年北海道南西沖。

文献

相田 勇・梶浦欣二郎・羽鳥徳太郎・桃井高夫, 1964,1964年6月16日新潟地震にともなう津波の調査,地震研究所彙報,42,741-780.
相田 勇,1988,日本沿岸における津波長期危険度

としてのエネルギー累積値分布,地震 第2輯,41,573-581.

大長昭雄,1989,天保4年(1833)の庄内沖地震,萩原尊礼編著:続古地震,東京大学出版会,434pp.

羽鳥徳太郎・片山通子,1977,日本海沿岸における歴史津波の挙動とその波源域,地震研究所彙報,52,49-70.

羽鳥徳太郎,1984,北海道渡島沖津波(1741年)の挙動の再検討,地震研究所彙報,59,115-125.

羽鳥徳太郎,1986a,文化元年(1804年)象潟地震の震度および津波調査,地震研究所彙報,61,143-157.

羽鳥徳太郎,1986b,津波の規模階級の区分,地震研究所彙報,61,503-515.

羽鳥徳太郎,1990a,天保4年(1833)山形県沖地震とその津波の規模,地震 第2輯,43,227-232.

羽鳥徳太郎,1990b,宝暦12年(1762)・享和2年(1802)佐渡地震の規模と津波,歴史地震,6,1-7.

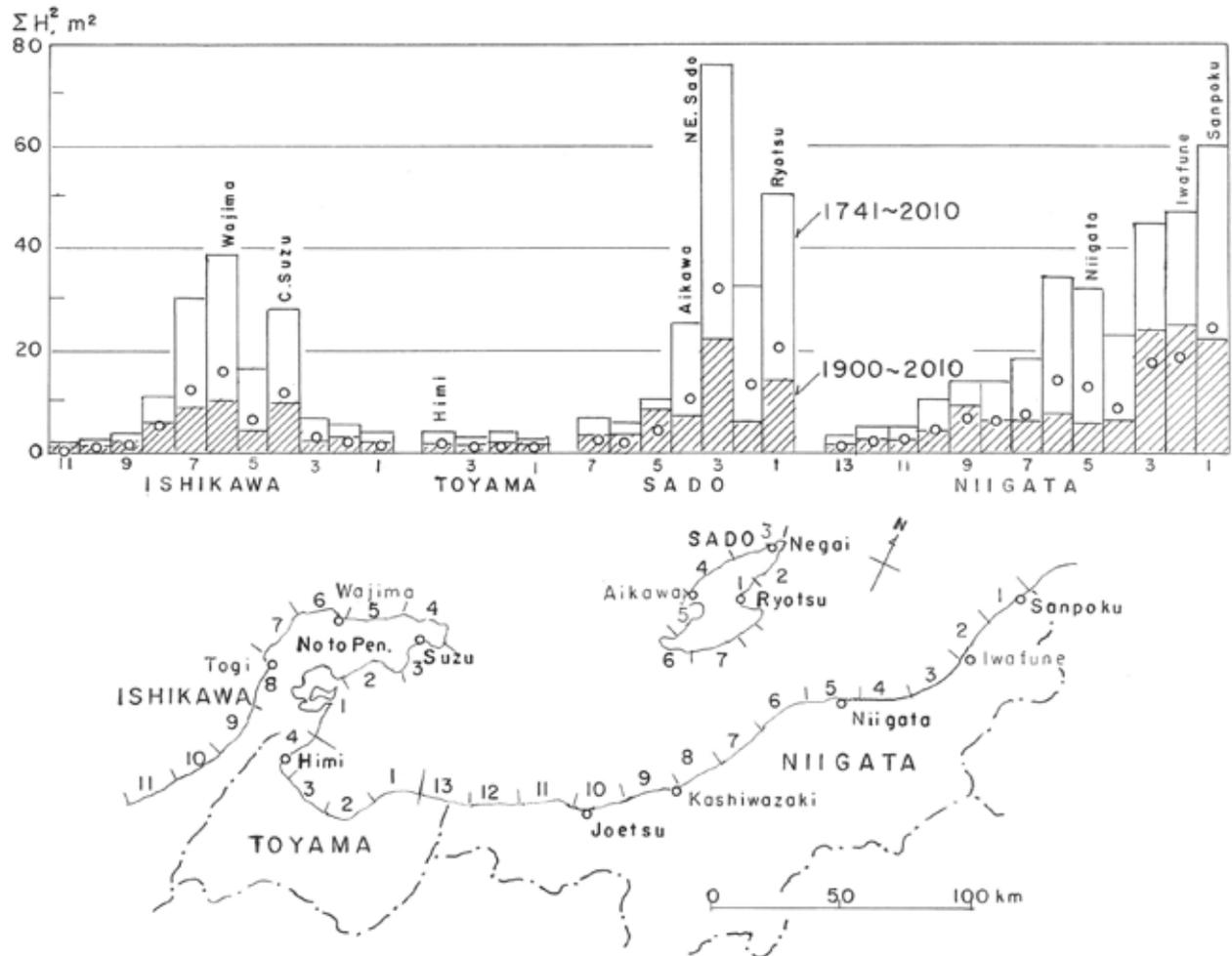


図4 波高2乗値の累積値分布(1741-2010年間と1900-2010年間)

Fig.4 Distribution of cumulative squares of height for each segment during 1741-2010 and 1900-2010. Open circles show the estimated values for the period during 1900-2010 assuming constant accumulation of the squares.

羽鳥徳太郎, 1992, 新潟県と近海における地震の放出エネルギー, 1751年新潟県西部地震・1828年三条地震の規模, 歴史地震, **8**, 183-189.
 羽鳥徳太郎, 1994, 1993年北海道南西沖地震津波の規模および波源域, 地震 第2輯, **47**, 1-9.
 羽鳥徳太郎, 1995, 日本海沿岸における津波のエネルギー分布, 地震 第2輯, **48**, 229-233.
 羽鳥徳太郎, 1999, 能登半島における津波の屈折効果, 地震 第2輯, **52**, 43-50.
 羽鳥徳太郎, 2001, 秋田県南部～山形県沿岸の津波危険度, 歴史地震, **17**, 162-168.
 羽鳥徳太郎, 2002, 佐渡における津波の屈折効果, 歴史地震, **18**, 190-199.
 羽鳥徳太郎, 2008a, 2007年3月25日能登半島地震津波の波源と規模, 津波工学研究報告, **25**, 1-4.
 羽鳥徳太郎, 2008b, 2007年新潟県中越沖地震津波

規模と周辺域の津波波源, 津波工学研究報告, **25**, 5-7.

Iida, K., 1965, The Niigata tsunami of June 16, 1964, The General Report on the Niigata earthquake of 1964, Tokyo Electrical Engineering College Press, 97-127.

今村文彦・松本智裕, 1998, 1741年渡島大島火山津波の痕跡調査, 津波工学研究報告, **15**, 85-105.

河内一男, 2010, 宝暦佐渡沖地震の震央の修正とその意味(要旨), 歴史地震, **25**, 127.

松浦律子・岩佐幸治・出町知嗣・古村美津子・関根真弓・鈴木保典・中村操, 2010, 1833年出羽沖地震の震源域について, 歴史地震研究会講演要旨, **12**.

宮部直巳, 1941, 昭和15年8月2日日本海に起こった津浪, 地震研究所彙報, **19**, 104-114.

乗富一雄(代表), 1984, 1983年日本海中部地震による災害の総合的調査研究, 文部省災害報告
首藤伸夫, 1994, 1993年北海道南西沖地震津波の痕跡高, 津波工学研究報告, 11, 120pp.
都司嘉宣・加藤健二・荒井賢一・上田和枝, 1994, 北海道南西沖地震津波の西日本海岸での浸水高,

月刊海洋, 号外 7, 192-200.
都司嘉宣・西畑 剛・佐藤貴史・佐藤一敏, 2002, 寛保元年(1741)渡島大島噴火津波による北海道沿岸での浸水高さ, 月刊海洋, 号外 28, 15-44.
宇佐美龍夫, 1966, 日本付近のおもな被害地震の表, 地震研究所彙報, 44, 1571-1622.