

## 歴史津波からみた若狭湾岸の津波の挙動

羽鳥 徳太郎\*

Behavior of Tsunamis in the Wakasa Bay, the Japan Sea, estimated from Historical Documents

Tokutaro HATORI

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

Tsunamis generated by earthquakes along the east margin of the Japan Sea (e.g. 1964 Niigata earthquake, 1983 Nihonkai-Chubu earthquake, and the 1993 SW. Hokkaido earthquake), and near field earthquakes have been recorded along the Wakasa Bay. Refraction diagrams of the tsunamis in 1964, 1983 and 1993 indicate small refraction effect of the bay. Typical run-up heights observed along the bay by these tsunamis were 1-2 m, and 3.5 m at Obase, the west of the Wakasa Bay. The 1741 Oshima-Oki (SW. Hokkaido) tsunami also recorded run-up heights of 3.5 m, in Obase and then damaged 28 houses. The timing of the maximum wave height of the tsunami in 1964 (5.5 hours after the initial arrival at Tsuruga, the east of the bay) indicates the excitation of the of the seiche, whose period was about 20 min. The tsunami accompanying with the 1662 Ohmi-Wakasa earthquake was recorded at the Mikata-Goko Lake side near Obama. For the long-term tsunami hazard, it is indispensable to take precautions against the seismic activities around Wakasa Bay.

Keywords: Tsunami activity, Tsunami heights, Refraction effect, Seiche of bays.

### §1. はじめに

日本海東縁に発生する津波は、伝播の屈折作用で能登半島や隠岐・島根半島にエネルギーが集まり、しばしば津波災害をもたらした(都司, 1987; 羽鳥, 1994a, 1999). リアス式海岸の若狭沿岸域では, 1983年日本海中部地震や1993年北海道南西沖地震に伴う津波で, 浸水家屋や漁船の流失被害が出ている(気象庁, 1984, 1995). 歴史津波による被災もある. また, 若狭湾周辺で発生した近地地震津波の記録と伝承がある(例えば, 小松原・他, 1999).

湾岸域の津波挙動はあまり検討されたことがなく, 近年舞鶴湾の固有周期のシミュレーション解析から, 振動モードが議論された(荒井・都司, 1998). また, 石橋・原田(2006)は若狭湾北方沖に波源モデルを想定し, 沿岸域で波高が2-3 mの高さになると推定した. 本稿では, 若狭湾岸の津波記録を収集整理し, 伝播の屈折効果や湾セイシュの関連など, 津波波高を相互に比較して考察する.

### §2. 津波の概況

まず, 日本海東縁に発生した1964年新潟地震津波(地震のマグニチュードM7.5, 津波マグニチュード $m = 2$ ), 1983年日本海中部地震津波(M7.7,  $m = 3$ )お

よび1993年北海道南西沖地震津波(M7.8,  $m = 3$ )による若狭湾岸の概況を以下に述べる. なお, 地震マグニチュードは気象庁による. 津波マグニチュードは筆者の解析(羽鳥, 1994b など)による推定値を示す. 津波は地震に伴ったものであり, 図の説明などにおいて以後に地震の名称は省略する.

図1と図2には, それぞれ敦賀(第一港湾建設局)と舞鶴東港(気象庁)で観測された検潮記録(気象庁, 1965, 1984, 1995)を示す. 津波初動を矢印で示したが, 舞鶴東港の1964年津波および1983年津波の記録については周期90分のセイシュが励起され, 初動がはっきりしない. 1964年津波では, 敦賀と舞鶴西港(海上保安庁)での伝播時間を参照すると, 顕著な押し波に先立ち, 15時05分が初動とみなされ, 伝播時間は2時間03分になる.

若狭湾岸では, 1964年津波の現地調査報告はないが, 1983年津波と1993年の津波では詳しい痕跡調査が行われた(自然災害科学総合研究班, 1984; 都司・他, 1994). 図3には, それらの調査報告から遡上高(平均海面上)の分布を示す. なお1964年津波については, 検潮記録による最大波の全振幅値を示し, 沿岸域ではほぼ一様に1 m前後である. 1983年と1993年の津波高は1-2 mであり, 舞鶴湾外の小橋(おぼせ)で

\* 〒332-0006 埼玉県川口市末広 2-3-13

は両津波とも 3.5 m に達し、舞鶴港内外やその他で浸水被害が出ている。

### §3. 波高の増幅度

若狭湾岸において、1940 年積丹沖・1964 年新潟・1983 年日本海中部の各津波による浅水・屈折 (Shoaling・Refraction) 係数は 1.1 と得られ、屈折効果による波高の増幅作用は小さい。図 4 上図には、同じ方法による 1993 年北海道南西沖津波の解析例を示す。伝播図は波源から作図し、発震時から 85 分後の波面を 5 分間隔で示す。なお沿岸付近の波面は、検潮記録による実測伝播時間 (時, 分) とほぼ調和的である。波線を描き始めた所 (波面は 20 km 間隔に分割) の水位が水深 100 m の沿岸へ伝わるとき、波高は近似的にグリーンの法則 (沿岸との水深比は 1/4 乗、波線の幅比は 1/2 乗で波高が変化) で変化すると取り扱い、S.R 係数を計算した。解析の結果は図 4 下図のようになり、S.R 係数 (柱状グラフ) は痕跡高 (黒丸: 本州沿岸, 白丸: 隠岐諸島) の分布とほぼ調和し、島根半島・隠岐での係数は 4.5 と突出する。しかし、若狭湾岸では 1.0 と求められ、屈折効果は小さい。

つぎに、津波の周期と波高との関係を見てみよう。図 5 にはこれまでとり扱った 3 津波について、敦賀・舞鶴東港・舞鶴西港・宮津における検潮記録の最大波の周期と全振幅値の関係を示す。1964 年津波では、宮津と敦賀で周期 20 分程度の波が存在する。敦賀の検潮記録波形 (図 1) には共振現象が見られる。また、宮津の観測波形でセイシュ周期は 18-22 分と 42-60 分であり (Nakano and Unoki, 1962), 20 分あたりが 1964 年津波の卓越周期に近い。一方、1983 年・1993 年津波では周期約 10 分の波が卓越している。なお、山陰沿岸では津波初動から最大波までの時間間隔が 3-4 時間の観測点が多い (羽鳥, 1994a)。敦賀と宮津でも 1983 年津波と 1993 年津波は 2-4 時間になり、1964 年津波では 5.5 時間であった。

## §4. 歴史津波

### 4.1 日本海東縁の津波

1741 年 8 月 29 日 (寛保元年七月十九日) 北海道渡島大島津波は、渡島半島西岸域で 10-15 m 以上の波高に達し (今村・松本, 1998; 都司・他, 2002), 2000 人にのぼる死者を出した。このとき、渡島大島で火山噴火があり、山体が大崩壊した。津波は佐渡・北陸・山陰で記録され大規模なことから、筆者 (羽鳥, 1984) は発生要因を地震断層による海底変動とみなした。津波のマ

グニチュードは波高と震央距離の関係図から  $m = 3.5$  と推定され (羽鳥, 1984), 日本海側における最大級の規模であった。若狭湾岸でも 4 箇所記録されている (図 6)。

新収日本地震史料 (東大地震研究所編, 1989) によれば、舞鶴湾外で「大入村 (大丹生) 付近四五ヶ村津波打ち」とある。近年発掘された史料 (宇佐美, 1998, 2002) には「小橋村, 野原村高浪痛家 80 軒内 28 軒潰家 (中略) 俄ニ出来申し浪差而大風も吹不申ニ出来申波ニ而候」とある。福井県小浜では「約 20 軒潮入り, 人々不審なす」。また、福井県河野村金相寺の過去帳に「当処ト潮ノ指引上下ル事六七尺, 下浦ハ壺丈式尺ト指引申昼ノ九ツ時ニ処ル未曾有ト云」とある。以上の記録から地盤高をふまえた遡上例により、舞鶴湾外の小橋と野原で津波高 (平均海面上) は 3-4 m に達し、小浜 1 m, 河野で 2 m と推定した。なお前に述べたように、小橋では 1983 年と 1993 年の津波高は 3.5 m と実測されており (都司・他, 1994), 毎回津波高が局地的に高い。

一方、1833 年 12 月 7 日 (天保四年十月二六日) 山形県沖地震 (M7.5) に伴う津波は、山形県沿岸で 5-8 m の波高に達し、佐渡・隠岐にも浸水被害をもたらして、能登輪島で 47 人の死者を出した。津波マグニチュードは  $m = 2.5$  と推定されており (羽鳥, 1990), 1964 年新潟津波より上回った。新収日本地震史料 (東大地震研究所編, 1989) によれば、福井県小浜では「暁丑上刻地震, 明ケ辰刻より潮込ニテ川迄差込」とある。町に遡上しなかったようであり、津波高は 1 m 程度とみなされる。

### 4.2 近地地震津波

若狭湾内外には数条の活断層群があるが、被害地震や津波の発生件数は比較的少ない。図 7 には、主な活断層と周辺の地震震央 (地震調査研究推進本部, 1997) および地震津波の波高分布を示す。

1662 年 6 月 16 日 (寛文二年五月一日) 近江・若狭地震は、滋賀県・京都府など広範囲に大災害をもたらし、死者 880 余人にのぼった。最近、三方五湖周辺の地殻変動文書をもとに、湖畔各所で隆起沈降量の調査が行われた (小松原・他, 1999)。海岸に近い久々子 (くぐし) 湖周辺で 2.6-3 m, 日向 (ひるが) 湖東岸で 5 m 隆起, 三方湖南西岸では沈降した。地殻変動域が海側へ伸び、津波が発生した可能性がある。

時代を大きく遡り、701 年 5 月 12 日 (大宝元年三月二六日) 舞鶴沖の冠島と履島が地震で沈降した伝承がある。現在の冠島付近の海底地形が、大宝地震で広域に地殻の沈降運動で生じたものか、疑問視されている

(萩原・他, 1982).

1927年3月7日北丹後地震は半島の頸部に発生し、死者は京都府ほか全体で2,925人にのぼった。現在、震源の郷村断層の一部が、網野町に天然記念物として保存されている。この地震は津波を伴い、丹後半島沿岸で波高1.2-1.5 m、海岸に溢れ(田中館, 1927)、漁船に流出被害があった。津波マグニチュードは、波高区分から $m = 0$ と推定される。そのほか、1963年3月27日に発生した越前岬沖地震で、敦賀から小浜にかけて小被害があった。

## §5. むすび

若狭湾岸を対象に、1964年新潟、1983年日本海中部、1993年北海道南西沖の各津波について、沿岸域での津波の屈折効果と港湾セイシュとの関連を検討した。解析の結果、津波高は1-2 m程度であり、遠方から伝播する津波の屈折効果は小さい。しかし、舞鶴湾外の小橋では局地的な地形条件で毎回3.5 mに達し、浸水被害をもたらした。また、若狭湾岸では共振作用と重なり、津波初動から4-5時間後に最大波になる例が多く、予報面で注意すべき挙動特性であると指摘できる。

一方、1662年近江・若狭地震で津波を伴った可能性がある。若狭湾内外に数条の活断層群が知られており、これらの活動に伴う津波の可能性に留意すべきである。

対象地震：701年大宝、1662年近江・若狭、1741年渡島大島、1833年山形県沖、1927年北丹後、1940積丹沖、1964年新潟、1983年日本海中部、1993年北海道南西沖。

## 文 献

荒井賢一・都司嘉宣, 1998, 津波によって励起された湾の固有振動中のモード欠落, 月刊海洋, 号外 No.15, 77-81.

石橋克彦・原田智也, 2006, 日本海の未知の大地震による津波シミュレーション: 若狭湾北方沖の場合, 日本地震学会講演予稿集, 秋季大会, C009.

萩原尊礼編著, 1982, 古地震—歴史資料と活断層からさぐる, 東京大学出版会.

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, 1990, 天保4年(1833)山形沖地震とその津波の規模, 地震2, 43, 227-232.

羽鳥 徳太郎, 1994a, 山陰地方の津波の特性, 津波工学研究報告, 11, 33-40.

羽鳥 徳太郎, 1994b, 1993年北海道南西沖地震津波の規模および波源域, 地震2, 47, 1-9.

羽鳥 徳太郎, 1999, 能登半島における津波の屈折効果, 地震2, 52, 43-50.

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.

地震調査研究推進本部・地震調査委員会, 1997, 日本の地震活動—被害地震から見た地域別の特徴, (財)地震予知総合研究振興会, 391p.

気象庁, 1965, 昭和39年6月16日新潟地震調査報告, 気象庁技術報告, No.43.

気象庁, 1984, 昭和58年(1983年)日本海中部地震調査報告, 気象庁技術報告, No.106.

気象庁, 1995, 平成5年(1993年)北海道南西沖地震調査報告, 気象庁技術報告, No.117.

小松原 琢・水野清秀・金田平太郎・須藤宗孝・山根博, 1999, 史料による1662年寛文地震時の三方五湖周辺における地殻変動の復元, 歴史地震, 15, 81-100.

Nakano, M. and S. Unoki, 1962, On the seiches (the secondary undulations of tides) along the coast of Japan. Rec. Oceanog. Works Japan, Spec. No.6, 169-214.

自然災害科学総合研究班(代表: 乗富一雄), 1984, 1983年日本海中部地震による災害の総合的調査研究, 文部省科学研究成果, 386p.

田中館 秀三, 1927, 奥丹後地震の際海岸の昇降運動, 其1-2, 地学雑誌, 39年, 465号, 617-627, 704-717.

東大地震研究所編, 1989, 新収日本地震史料, 補遺, (社)日本電気協会, 1222 p.

都司嘉宣, 1987, 隠岐諸島の津波の歴史, 月刊地球, 9, 229-234.

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 No.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 No.28, 15-44.

宇佐美 龍夫編, 1998, 日本の歴史地震史料, 拾遺, (社)日本電気協会, 512 p.

宇佐美 龍夫編, 2002, 日本の歴史地震史料, 拾遺二, (社)日本電気協会, 583 p.

E. MAIZURU

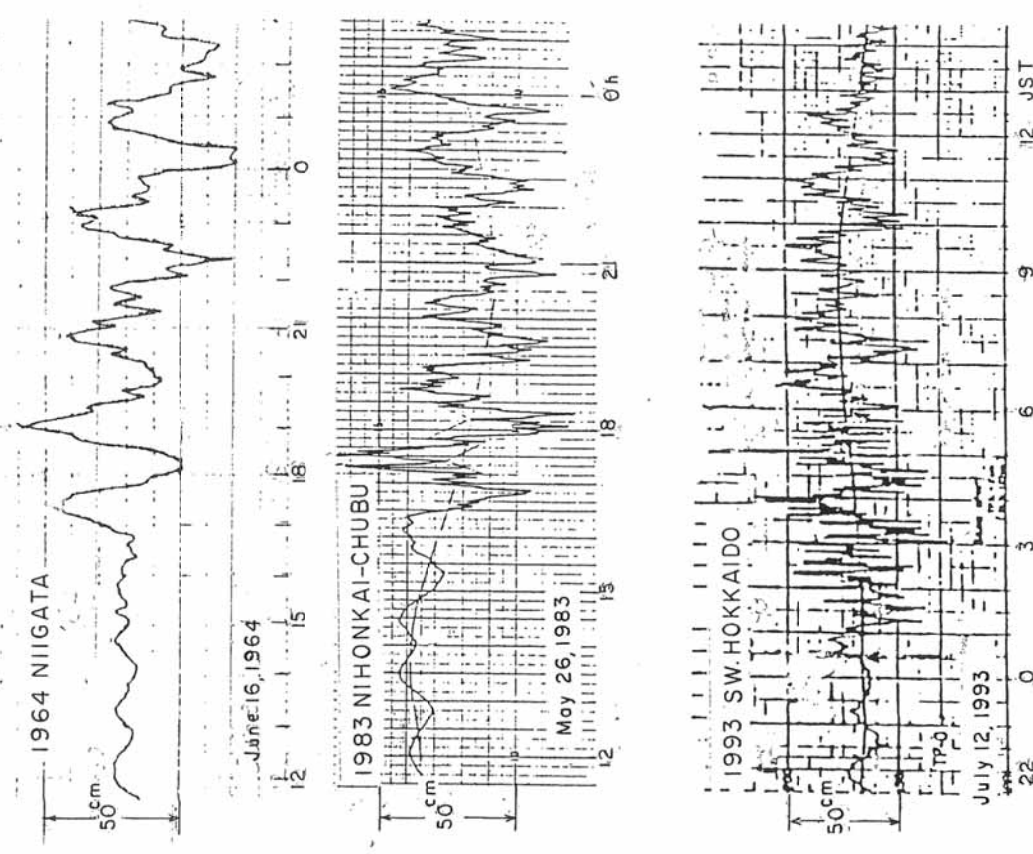


図1 敦賀での新潟・日本海中部・北海道南西沖地震津波の検潮記録。  
 Fig. 1. Tide-gauge records of the 1964 Niigata, 1983 Nihonkai-Chubu, and the 1993 SW-Hokkaido earthquake tsunamis observed at Tsuruga.

TSURUGA

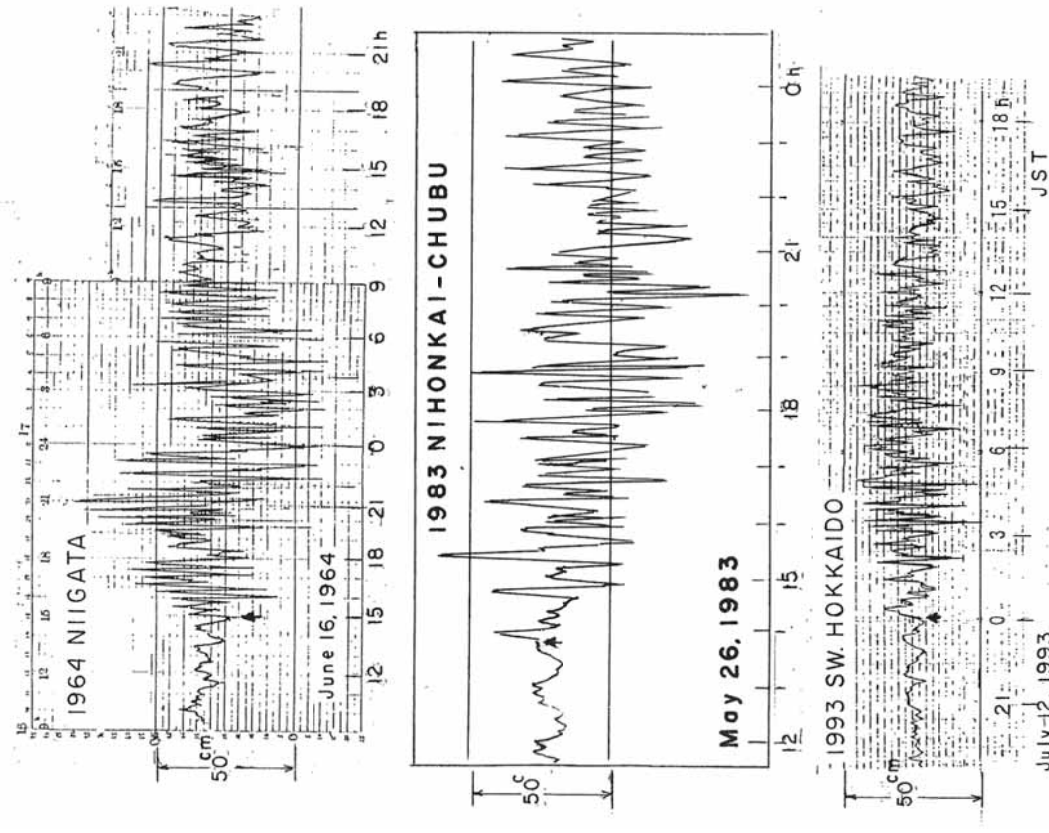


図2 舞鶴東港での新潟・日本海中部・北海道南西沖地震津波の検潮記録。  
 Fig. 2. Tide-gauge records of the 1964 Niigata, 1983 Nihonkai-Chubu, and the 1993 SW-Hokkaido earthquake tsunamis observed at E. Maizuru.

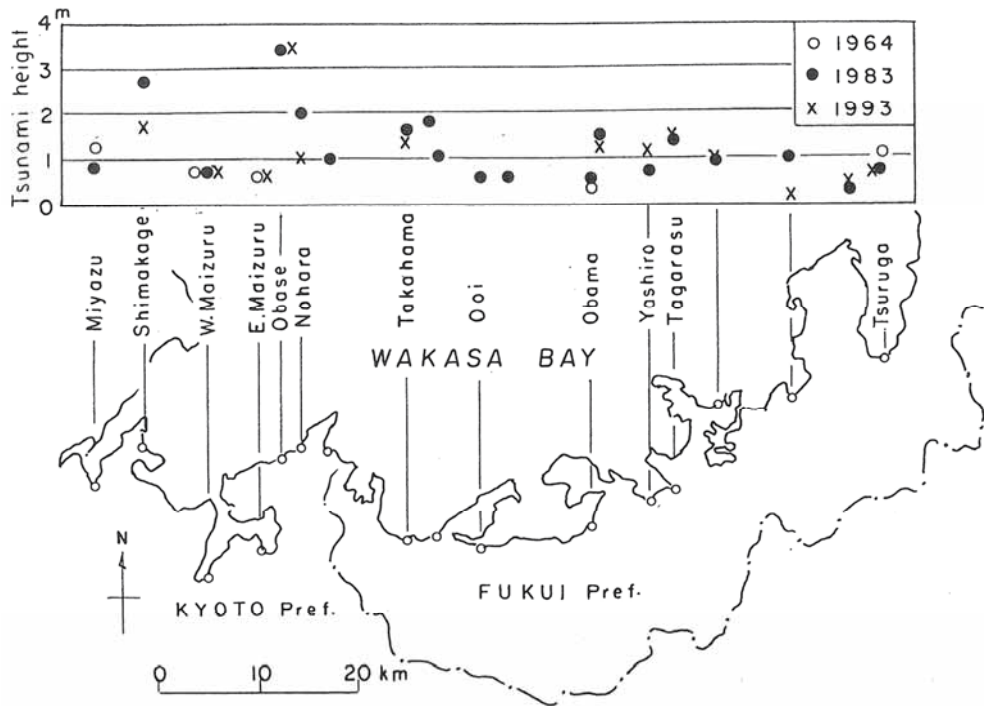


図3 若狭湾岸の波高分布(新潟・日本海中部・北海道南西沖地震津波).  
Fig. 3. Distribution of the tsunami heights in Wakasa Bay.

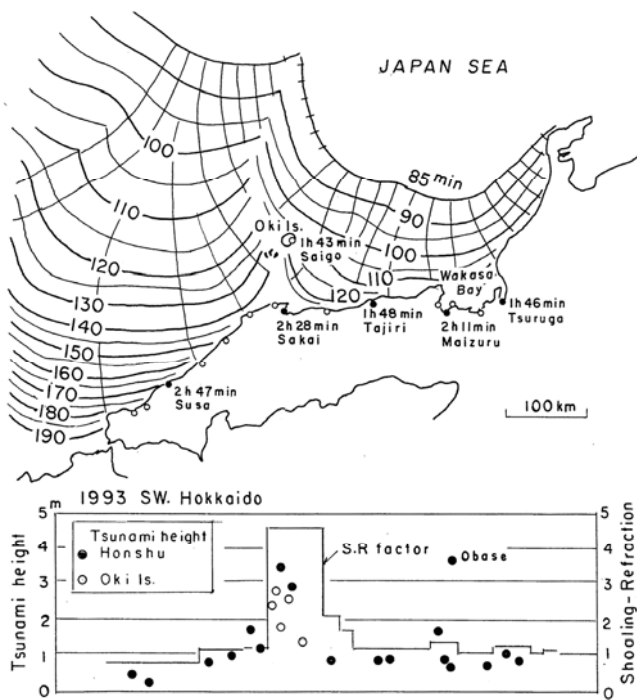


図4(上図)北海道南西沖地震津波の伝播図(波面:5分間隔), (下図)波高の浅水・屈折係数と波高分布の比較.  
Fig. 4. Refraction diagram of the 1993 SW. Hokkaido earthquake tsunami and the observed travel times (upper). Comparison of the shoaling-refraction factor (column) and the distribution of tsunami heights (lower).

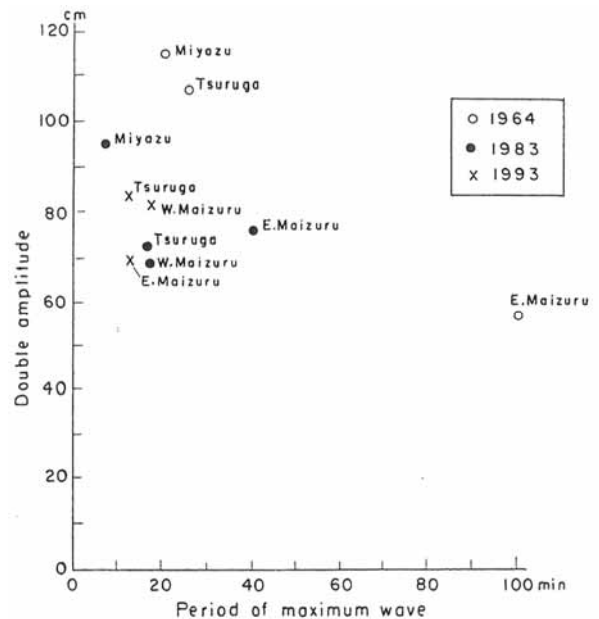


図5 若狭湾岸での最大波周期と波高との関係.  
Fig. 5. Relation between the period of maximum wave and double amplitude of tsunamis in Wakasa Bay.

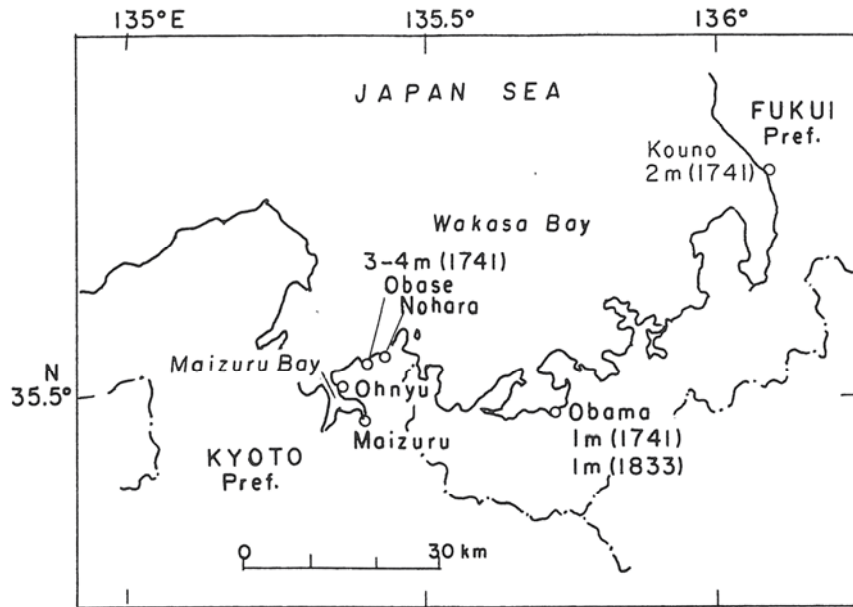


図6 1741年渡島大島の津波および1833年山形県沖地震津波の波高分布.  
 Fig. 6 Distribution of inundation heights of the 1741 SW. Hokkaido tsunami and the 1844 Yamagata-Oki earthquake tsunami.

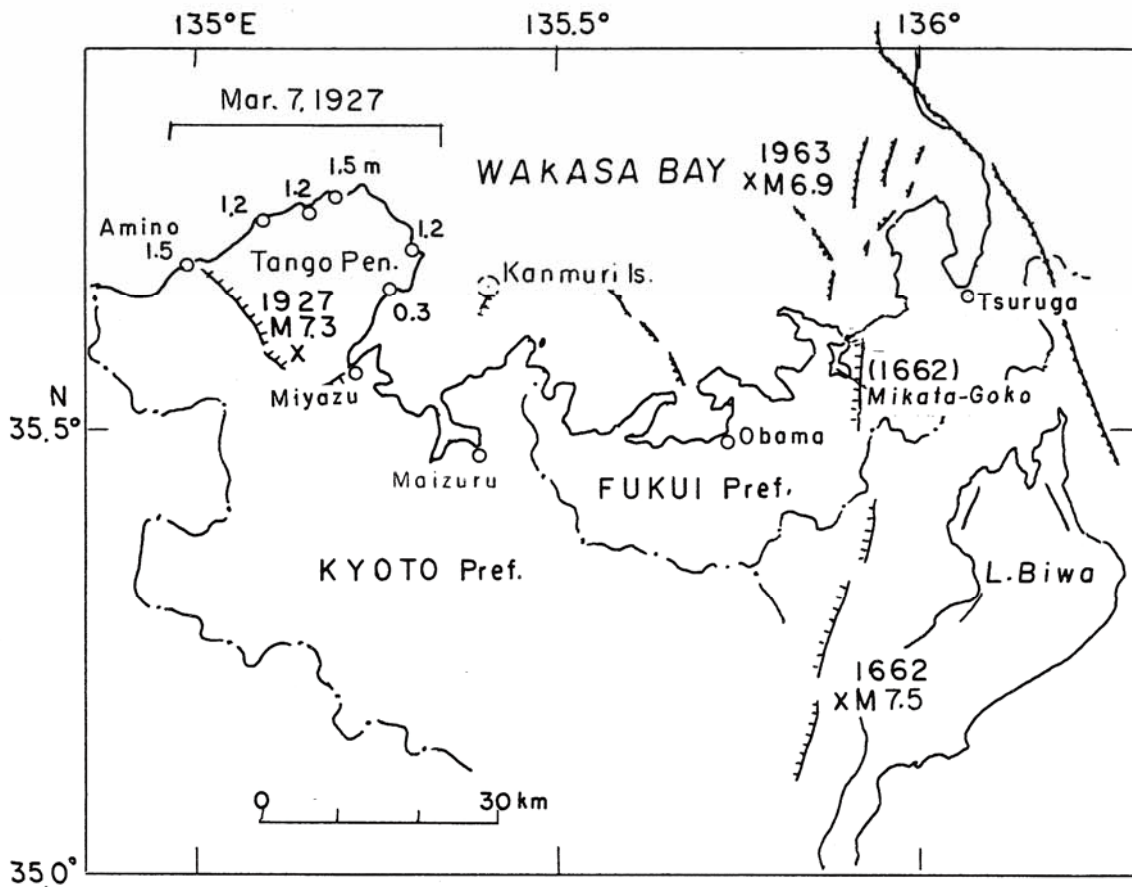


図7 若狭湾周辺の活断層と地震・津波分布.  
 Fig. 7. Distribution of active faults, earthquakes, and tsunamis around the Wakasa Bay.