

65. 1978 年宮城県沖津波とその近海の津波活動

地震研究所 羽鳥徳太郎

(昭和 53 年 10 月 28 日受理)

1. はじめに

今回の宮城県沖地震は、1936 年 11 月金華山沖地震 ($M=7.7$) 以来 42 年ぶりに宮城県を中心に東北地方を襲い、死者 28 人、負傷者 1 万余人という大きな被害を与えた。とくに仙台の宅地造成地域に被害が集中し、新たな都市型地震災害の様相を示した。一方、この地震に伴った津波で沿岸住民を一時緊張させたが、震源に近い女川港では 1 m ほどの潮位上昇にとどまり、津波警報は数時間後に解除された。

女川から 15 km 沖合の江ノ島には、地震研究所の江ノ島津波観測所があり、ここで地震と同時に潮位が上昇しはじめ、津波の第 1 波を観測した。そのほか宮城県沿岸には、運輸省・建設省・宮城県の港湾・河川管理機関の検潮所が 10 数個所に分布しており、各地でそれぞれ良好な津波記録が得られた。

本稿では、まず各検潮所管理機関の好意で提供された津波記録をもとに、今回の津波の波源域・津波規模などを調査した解析結果を報告する。一方、筆者(羽鳥, 1974; 1975)は、さきに三陸沖津波の記録を整理・解析し、とくに宮城沖が地震発生の要注意域であることを指摘したが、今回の地震によって、今後津波活動がどのように推移するものか、深い関心をもっている。そこで、過去の宮城沖津波の特性を再検討するとともに、発生経過から今後の津波活動を考えてみたい。

2. 1978 年宮城県沖地震の津波

気象庁の地震速報によれば、本震の震央は金華山の東方約 60 km の沖合 ($38^{\circ} 09' N, 142^{\circ} 13' E$)、深さ 40 km、マグニチュード $M 7.4$ であった。この地震で津波を観測した検潮所の分布を Fig. 1 に示す。図示のように、宮城県沿岸には港湾・河川管理機関の検潮

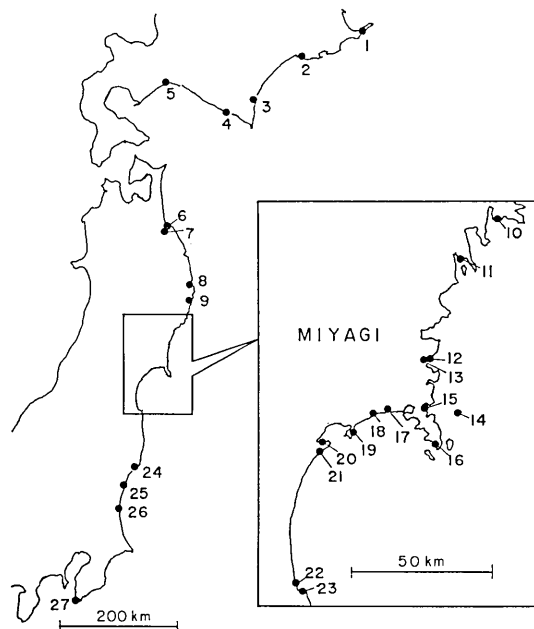


Fig. 1. Distribution of tide stations, in which numerals correspond to the serial numbers in Table 1.

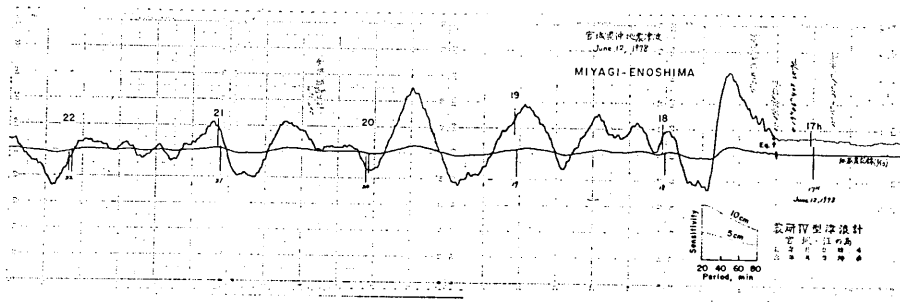


Fig. 2. Record of the 1978 Miyagi-oki tsunami observed by the tsunami recorder of the ERI-IV type at Miyagi-Enoshima.

所が多数分布しているが、このほかにも峰ヶ崎(気仙沼)・野蒜・荒浜などに検潮所がある。これらは、地震動でペン先がはずれるなど、津波初動が記録できなかったり、あるいは記録送りが週巻のため津波波形が読みとりにくいので、解析から除いてある。なお、図中のNo. 14は江ノ島津波観測所の位置を示す。

まず、江ノ島津波観測所の震研IV型津波計で観測した記録をFig. 2に示す。発震時に地震動が記録され、それと同時に潮位がゆるやかに上昇しはじめ、第1波が最大波であった。津波計は周期特性があって、20分周期の波が最大の感度であり、周期補正すると(相田, 1978)第1波の片振幅22cm, 周期25分の比較的周期の長い津波であった。なお、小振幅の波形は低感度(高感度の1/10の振幅)の記録である。

Figs. 3a~cは、北海道から茨城県沿岸に至る主な検潮記録を示す。宮城県沿岸の記録(Fig. 3b)には地震動が記録され、発震時は明瞭である。地震後、津波はゆるやかな潮位上昇で始まり、震源近くの検潮所では1~2波目に最大波が記録され、距離が遠くなるほど最大波があとの方に現われている。

Table 1に、各地の記録から津波の到達時間・振幅・周期などの読取り値を示し、観測点の番号はFig. 1と共通である。なお、北海道沿岸の記録には、津波初動は通常のセイスュと重なりははっきりしない。また、伊豆大島津波観測所の津波計記録や南伊豆・八丈島の検潮記録を調べてみたが、津波は認められなかった。

江ノ島津波観測所では地震と同時に津波を観測し、そのほか女川・月浜など宮城県沿岸各地の検潮所も地震の10数分後に第1波を記録していることから、波源域が沿岸近くにあることが理解できる。そこで、波源縁を出来るだけ正確におさえるため、Fig. 4に示す宮城県沿岸各地からの津波逆伝播図を、水路部の20万分の1の海図(No. 54, No. 1098)に、波面を1分ごとに作図してみた。さらに、遠隔地の観測データを加えて逆伝播図を作図すると、波源域はFig. 5に示すような形に推定される。ここには各観測点からの最終波面を示し、それぞれの観測点に津波伝播時間(分)を示してある。

解析の結果、波源域は沿岸にそって南北方向に伸び、長さ100km, 面積にして $5.5 \times 10^3 \text{ km}^2$ と推定される。Fig. 5に示す黒丸は気象庁速報による今回の地震の余震震央分布を示し、白丸は本年(1978年)2月20日の大船渡沖地震($38^\circ 45' \text{ N}$, $142^\circ 12' \text{ E}$, 深さ50km, $M=6.7$)の余震分布である。なお、2月20日の地震には、江ノ島津波観測所の

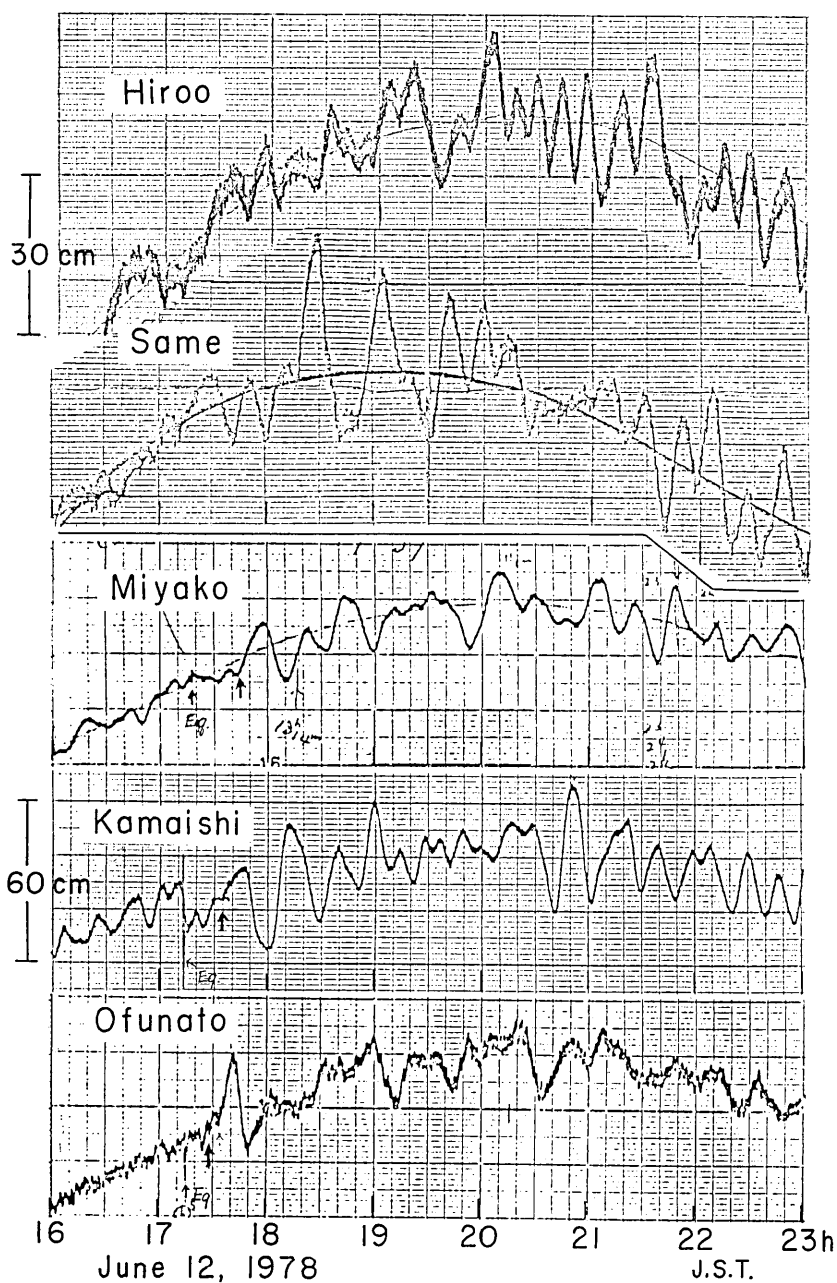


Fig. 3a. Tide gauge records of the 1978 Miyagi-oki tsunami.

記録に津波は認められなかった。

推定波源域は今回と2月20日の地震の余震域を囲むかたちに広がり、津波初動がすべて押し波で観測されたことから、この領域が海底の隆起域とみなせる。この大きさは、 M

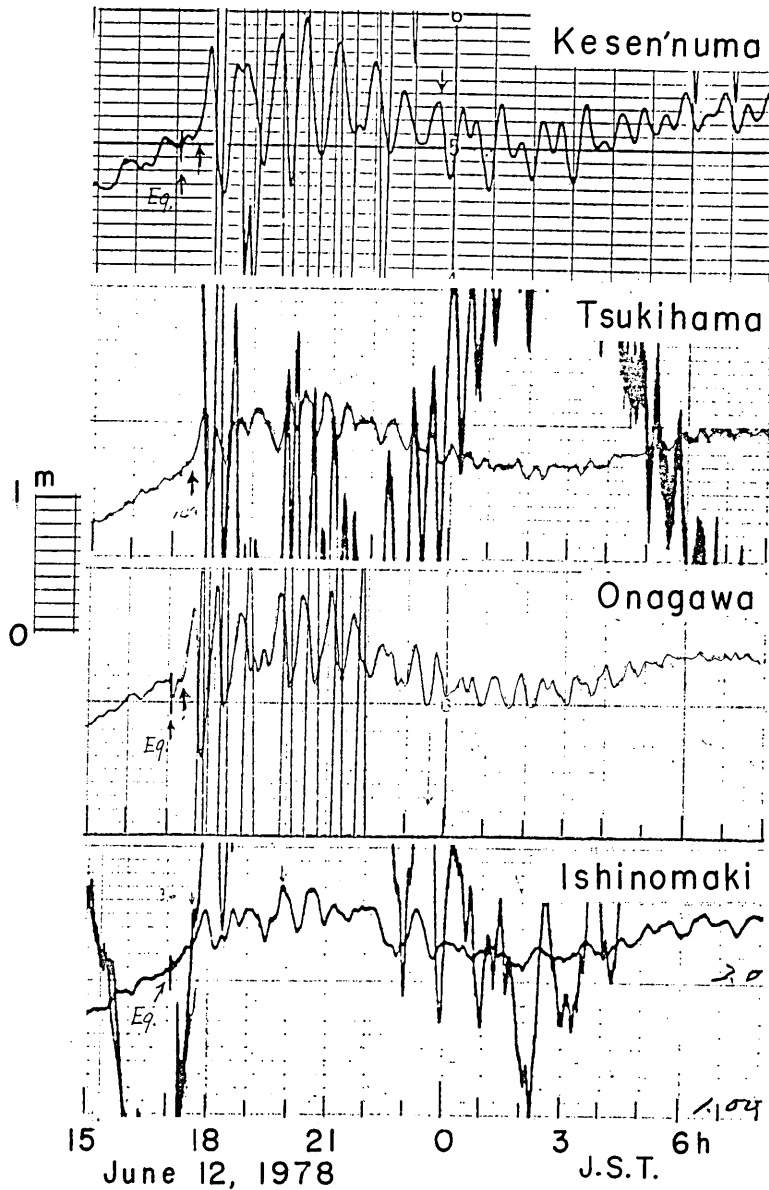


Fig. 3b. Tide gauge records of the 1978 Miyagi-oki tsunami.

7.4 の地震に伴った津波の波源域としては、標準的なサイズである。なお、東北大地震予知観測センターの観測結果によれば、余震域は牡鹿半島沿岸から東西方向に伸び、波源域の走向と異なっている。しかし、この余震分布に合せた断層モデル（瀬野・須藤・江口，1978）の隆起域は南北方向に伸びたかたちとなり、またこの断層モデルをもとにした津波の数値実験の結果（相田，1978）も、波源付近の観測波形と調和的であった。したがって、南北方向に伸びた波源域（海底の隆起域）の形は、これらの解析結果と矛盾しない。

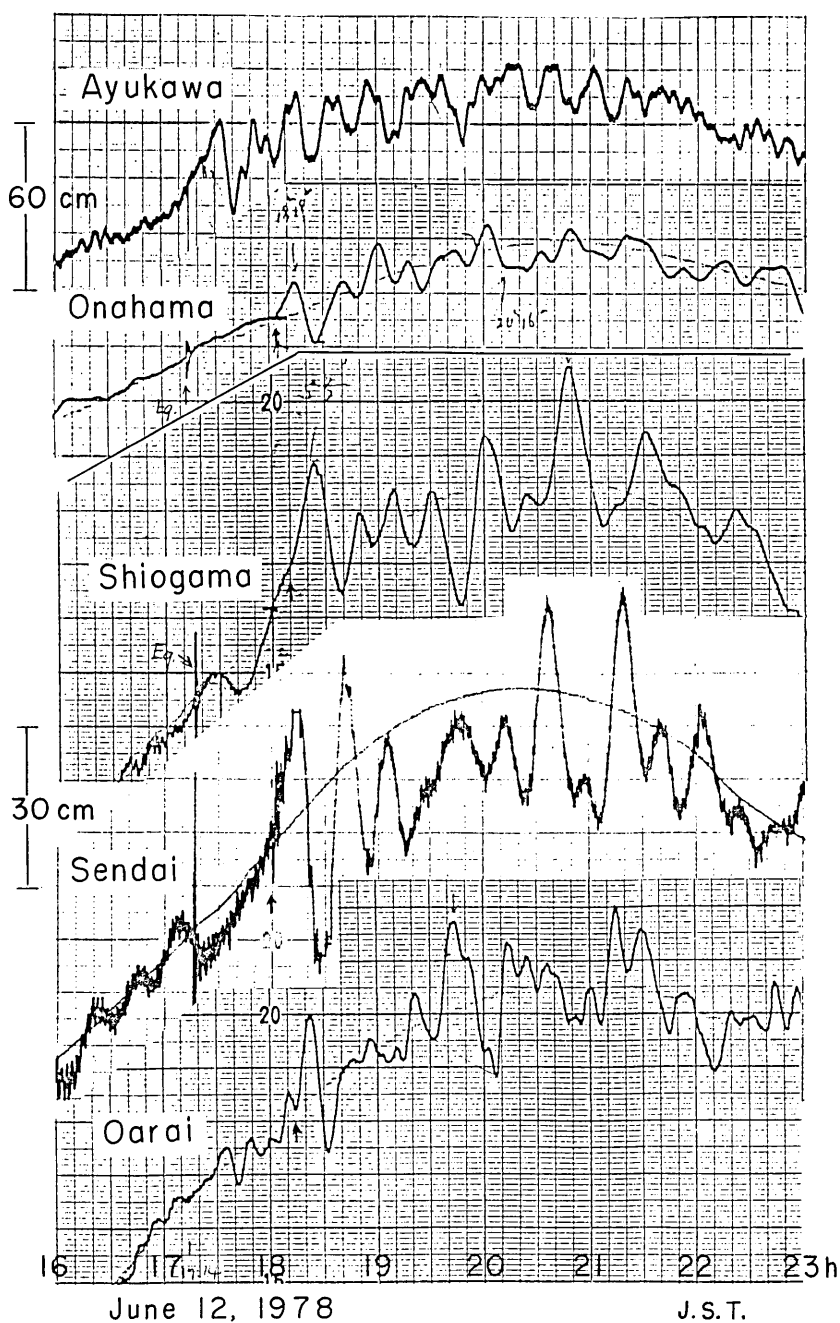


Fig. 3c. Tide gauge records of the 1978 Miyagi-oki tsunami.

Table 1. The tsunami of June 12, 1978, as recorded by tide gauges. Wave originated near the epicenter (38°09'N, 142°13'E, $d=40$ km, $M=7.4$; JMA) off Miyagi Prefecture, at 17: 14 (JST). June 12, 1978.

| No. | Tide station | Initial wave | | | Maximum wave | | |
|-----|------------------------------|--------------|------|--------|--------------|--------------|-----|
| | | Travel time | Rise | Period | τ | Double ampl. | H |
| | | min | cm | min | h m | cm | cm |
| 1 | Hanasaki | ? | | | | 12 | 8 |
| 2 | Kushiro | ? | | | | 25 | 15 |
| 3 | Hiroo | ? | | | | 22 | 13 |
| 4 | Urakawa | ? | | | | 22 | 12 |
| 5 | Tomakomai | ? | | | | 16 | 12 |
| 6 | Hachinohe (Same) | 62 | 6 | 21 | 1 20 | 32 | 26 |
| 7 | Hachinohe (Minato) | 66 | 7 | 20 | 1 43 | 40 | 21 |
| 8 | Miyako | 28 | 13 | 25 | 4 03 | 25 | 14 |
| 9 | Kamaishi | 20 | 20 | 26 | 3 12 | 45 | 24 |
| 10 | Ofunato (Nagasaki) | 13 | 22 | 28 | 17 | 29 | 22 |
| 11 | Kesen'numa (Oura) | 22 | 65 | 40 | 2 35 | 120 | 60 |
| 12 | Shirahama | 14? | 44 | 24 | 2 25 | 67 | 30 |
| 13 | Tsukihama | 14 | 35 | 22 | 28 | 58 | 35 |
| 14 | Enoshima* | 0 | 22 | 25 | 19 | 27 | 22 |
| 15 | Onagawa | 12 | 50 | 36 | 48 | 112 | 58 |
| 16 | Ayukawa | 10? | 20 | 20 | 16 | 33 | 20 |
| 17 | Ishinomaki (Kadowaki) | 36 | 26 | 42 | 2 20 | 37 | 24 |
| 18 | Ishinomaki (Industrial Port) | ? | 24 | 38 | | 60 | 34 |
| 19 | Miyato | ? | 22 | 50 | 1 10 | 30 | 18 |
| 20 | Shiogama | 54 | 18 | 25 | 2 36 | 28 | 21 |
| 21 | Sendai (Industrial Port) | 44 | 21 | 27 | 40 | 45 | 18 |
| 22 | Souma | 45? | 8 | 46 | | | |
| 23 | Matsukawaura | 40 | 10 | 40 | 2 50 | 20 | 10 |
| 24 | Onahama | 53 | 12 | 28 | 6 55 | 28 | 15 |
| 25 | Hitachi | 57 | 9 | 38 | 7 22 | 28 | 18 |
| 26 | Ooarai | 60 | 14 | 33 | 1 30 | 23 | 16 |
| 27 | Mera | ? | | | | 23 | 11 |

H : Tsunami height above ordinary tides. τ : Time interval between the arrival of front and the maximum wave. * Tsunami observatory.

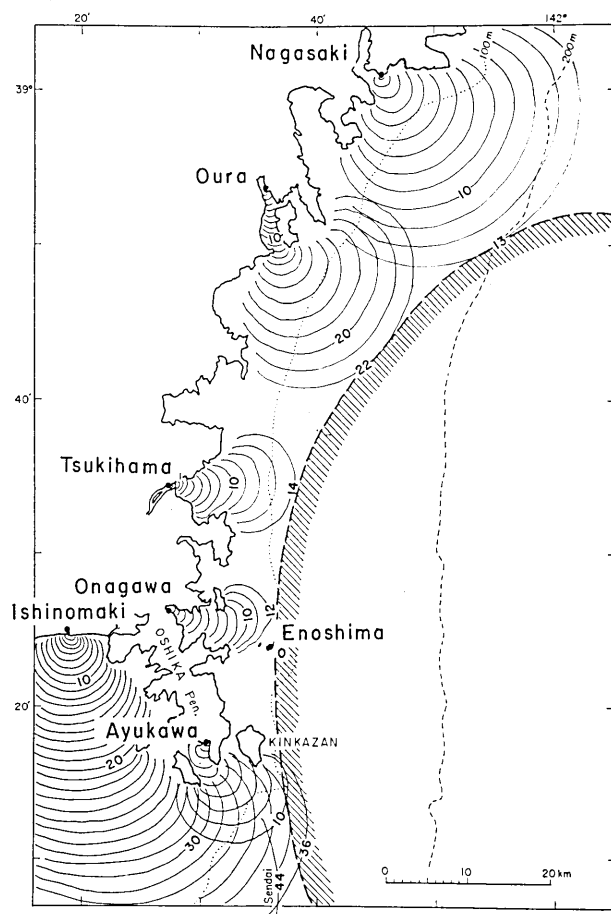


Fig. 4. Source margin of the 1978 Miyagi-oki tsunami inferred from the reverse refraction diagrams. Time interval: 1 min.

さて、今回の津波は幸い被害を生じなかったけれども、広域の検潮所で観測されており、どの程度の規模の津波であったであろうか。Fig. 6 は横軸に震央から沿岸にそった伝播距離、たて軸に最大波の片振幅をとり、今回の観測値を黒丸で示してある。この図に、筆者の方法(羽鳥, 1978)で津波規模を今村・飯田スケールで区分すると、今回の津波の規模は $m=0.5$ と格付できる。この図に、比較のため 1936 年 11 月の金華山沖津波と 1938 年 11 月 5 日の福島沖群発地震の津波の観測値を示した。図示のように、1936 年津波は観測データが少ないが $m=0$ 、また 1938 年津波は $m=1$ と見積もれる。

この方法によれば、津波の規模が 1 階級あがると、津波エネルギーは 5 倍変わるように定義されているから、今回の津波エネルギーは、1936 年津波のものより 2.5 倍上回ったことになる。しかし、この 1936 年津波やそのほか次章で示す近年の宮城沖津波は、地震の規模のわりに津波が小さい傾向にある。これまでの調査によると(羽鳥, 1978), $M7.4$

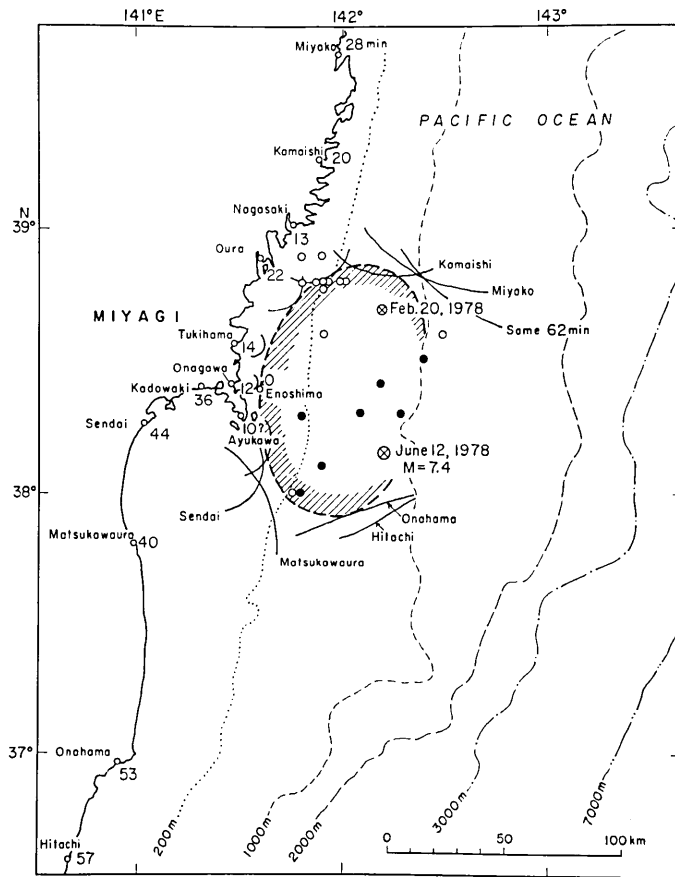


Fig. 5. Distribution of travel times (min) at the coasts and the source area of the 1978 Miyagi-oki tsunami inferred from the inverse refraction diagrams. Epicenters of the aftershocks on Feb. 20, and June 12, 1978 also shown by open and closed circles, respectively.

の地震から予想される平均的な津波規模は $m 1$ であるから、今回の津波も標準以下ということになる。

3. 過去の宮城県沖津波とその波源域

1897年から現在に至る宮城沖津波について、1935年前後に分けて津波活動の経過をみると、Fig. 7 のようになる。ここに各津波の発生日月日、地震マグニチュード M と括弧内に津波マグニチュード m を示した。1935年以前の地震では、観測データも少なく、余震域もはっきりしないが、津波の目視記録も加えた観測データ(羽鳥, 1974, 1975)から、逆伝播図によって波源域を推定してある。

1897年2月の津波は、震後10分ほどして鮎川の検潮儀で観測され、雄勝・大船渡で1mの波高が目視されており、波源域が牡鹿半島沿岸に近いことは疑いない。データ不足

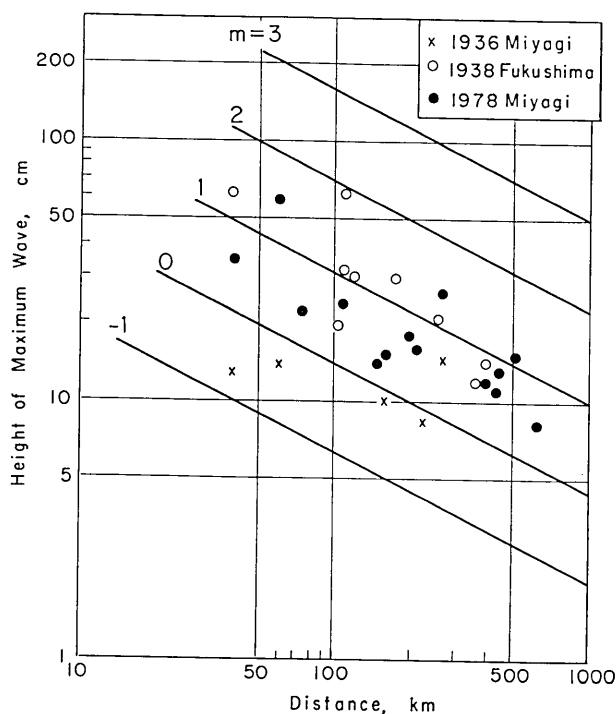


Fig. 6. Magnitude of the tsunamis which were generated off the Miyagi and Fukushima coasts. The straight lines are for tsunami magnitude of the Imamura-Iida scale which is classified by the attenuation of tsunami height with distance.

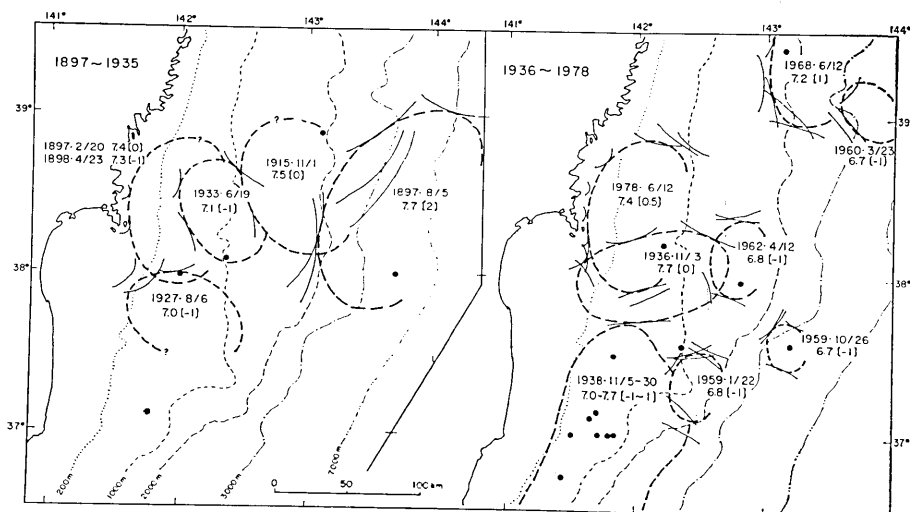


Fig. 7. Distribution of the estimated source areas of tsunamis generated off Miyagi. Dates, earthquake magnitude, M , and tsunami magnitude, $[m]$, are indicated. Left figure: before 1935. Right figure: after the 1936 tsunami.

で波源域の広がりがかめなかったが、今回の地震の震度・津波分布のパターンがよく似ていることから、その波源域は今回のものと同じような領域が考えられる。1898年4月の津波も震後8分して鮎川で小振幅の波が検潮儀で観測され、地震と津波の規模は今回のものより小さい。この波源域は、1897年2月津波のものの一部を占めたい。

1897年8月の宮城沖津波は、宮城沿岸で2~3mの波高が記録された(今村, 1899)。津波マグニチュードは $m=2$ と見積もられ、 $M=7.7$ の地震による津波としては、標準的な規模である。この津波は鮎川と花咲で検潮儀で観測され、そのほか多数の目視記録から、波源域は海溝寄りに推定された。これは、震度4の分布が宮城から関東地方に伸び、震度5を記録した地域はなく、波源域が沿岸からはるか沖合にあったことを暗示している。

この地震後、沿岸と海溝の中間(水深1,000~2,000mの範囲)の海域に1915年と1933年6月(三陸大地震の余震)に津波を伴った地震があり、さらに1927年8月には1897年2月地震の南側に小津波がおきた。1915年11月地震($M=7.5$)は、石巻で震度4程度、志津川で1mの津波を記録した(中央気象台, 1915)。波源域ははっきりしないが、鮎川の記録から水深1,000mの海域でおきたことは確かであろう。

これに対し、1936年以降の津波活動は、Fig. 7の右図のようになる。1936年11月の津波は、前に述べたように地震規模に比べて小津波で(MIYABE, 1937)、波源域は1897年2月津波の南側に、東西方向に伸びたかたちに推定された。さらに1938年の福島沖群発地震で8個の津波が観測され、これらの波源域は沿岸にそって200kmの範囲に分布し

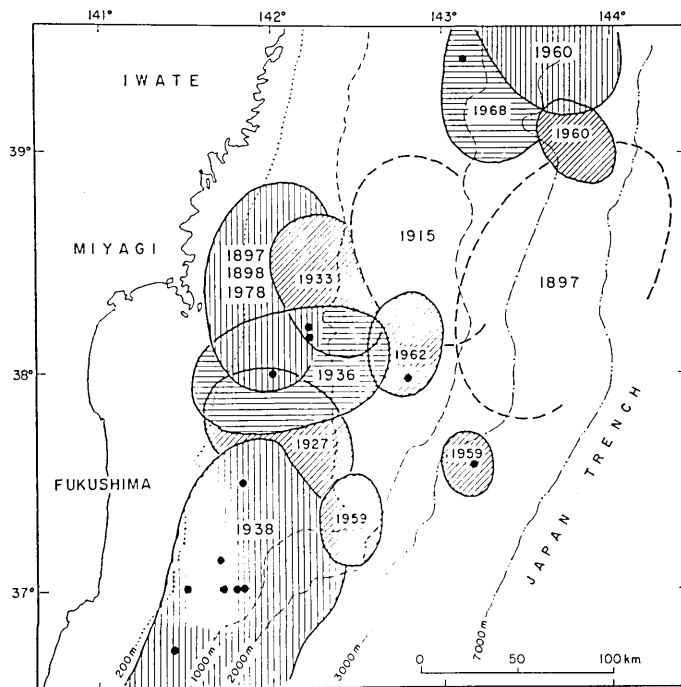


Fig. 8. Distribution of the source areas of tsunamis generated off Miyagi during the last 82 years (1897-1978).

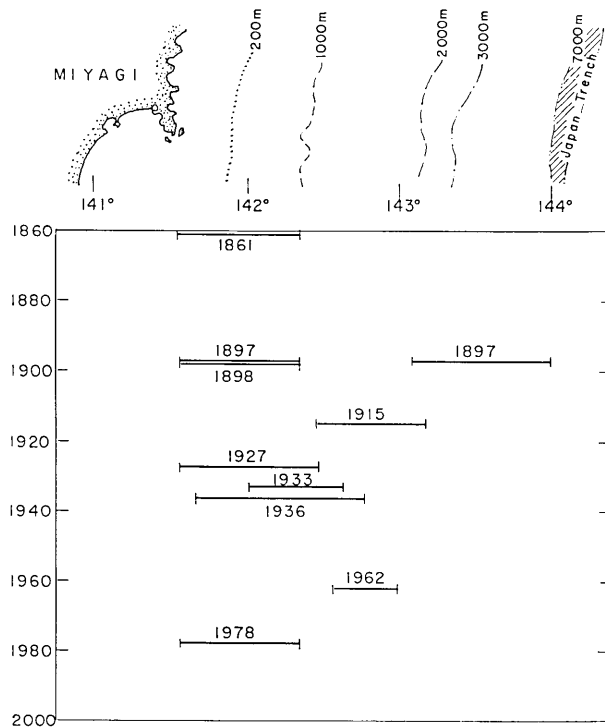


Fig. 9. Space-time diagram of tsunamis in the Miyagi region. Line segments represent estimated width of tsunami source.

た(羽鳥, 1976 a). 1960 年前後には, M 6.8 程度の 3 個の地震が海溝寄りにおこり, それぞれ津波を伴ない, 波源域の大きさは 50 km 程度であった (HATORI, 1969).

Fig. 8 は, これらの波源域をまとめた分布図であるが, 今回の地震により, これより東側沖合の 1897 年 8 月と 1915 年 11 月津波の発生域が空白域として目立ってきた. さらに, 波源域の時間・空間分布のパターンをみると, Fig. 9 のようになる. 沿岸付近では約 40 年の比較的規則正しい間隔で地震がおこっており, ひとたび地震活動が始まると, 数年の間に繰り返す特徴がある. そして, Fig. 8 に示したように, 発生域は多少移動しているようにみえる. この集団から東側の水深 1,000 m から 2,000 m の海域では, 10 数年後に発生する傾向がみえる. さらに海溝寄りでは, この期間に 1897 年 8 月津波の 1 例があるが, この津波と同程度の規模 ($m=2$) をもった津波が, これより 104 年さかのぼった 1793 年寛政の宮城沖津波があった. 波源域は震度・津波分布のパターンから (羽鳥, 1976 a, b), 1897 年 8 月津波と同様に海溝寄りとみなされ, 発生の間隔は沿岸付近のものより数倍も長い.

4. むすび

検潮記録をもとに, 今回の津波を調査した. 解析の結果, 地震による海底の隆起域とみなせる波源域は, 牡鹿半島を中心とした沿岸近くから南北方向に伸び, 長さ 100 km, 面

積にして $5.5 \times 10^3 \text{ km}^2$ と推定された。波源域の西縁にある江ノ島では、周期 25 分という比較的周期の長い津波を観測したが、波源域が平均水深 300 m の浅海域に横たわり、約 80 km の波長をもつ津波が期待される。これは、推定波源域の幅と大体調和的であり、波源域の面積は M7.4 の地震に見合った大きさになっている。

津波の規模は、広域の検潮データから $m=0.5$ と格付けされ、地震規模と比べて標準を下回った。地震と津波との関係において、近年 80 年の間に、宮城沖の津波規模は全国平均からみて標準以下という地域であるが、今回の津波も例外でなかった。しかし、歴史的にみると、天保 6 年(1835 年)と文久元年(1861 年)に沿岸付近で津波マグニチュード $m=1 \sim 1.5$ の津波例があり(羽鳥, 1975), その起り方は多様である。

一方、宮城沖の波源域の時間・空間分布パターンを再検討したところ、波源域は宮城近海から福島沖にかけて密に並び、今回の地震により沖合側の空白域が目立ってきた。今後、海溝寄りにあった 1897 年 8 月の地震津波と同程度に、水深 1,000 m から 2,000 m に至る区間も、注目すべき海域であると思われる。

謝 辞

今回の津波調査にあたって、検潮記録の提供などご協力をいただいた気象庁、水路部、国土地理院、運輸省港湾局、建設省東北建設局ならびに宮城県の各検潮所管理機関の関係各位に記して厚く御礼申し上げます。

文 献

- 相田 勇, 1978, 1978 年宮城県沖地震に伴った津波の数値実験, 地震研究所彙報, 53, 1167-1175.
 中央気象台, 1915, 大正 4 年 11 月 1 日三陸沖地震, 気象要覧, p. 369.
 HATORI, T., 1969, Dimensions and Geographic Distribution of Tsunami Sources near Japan, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 47, 185-214.
 羽鳥徳太郎, 1974, 東北日本太平洋側における津波の波源, 地震 2, 27, 321-337.
 羽鳥徳太郎, 1975, 三陸沖歴史津波の規模と推定波源域, 地震研究所彙報, 50, 397-414.
 羽鳥徳太郎, 1976 a, 1938 年福島沖群発地震による津波の発生機構, 地震 2, 29, 179-190.
 羽鳥徳太郎, 1976 b, 三陸沖津波の波源位置と伝播の様相, 地震研究所彙報, 51, 197-207.
 羽鳥徳太郎, 1978, 津波の規模と地震モーメント, 地震 2, 31, 25-34.
 今村明恒, 1899, 三陸津波取調, 震災予防調査会報告, 29, 17-32.
 MIYABE, N., 1937, Tsunami associated with the Sanriku earthquake that occurred on November 3, 1936, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 15, 837-844.
 瀬野徹三・須藤 研・江口孝雄, 1978, 1978 年 6 月 12 日宮城沖地震の発生機構, 昭和 53 年度地震学会秋季大会講演予稿集, p. 36.

65. *The Tsunami Generated off Miyagi Prefecture in 1978 and
Tsunami Activity in the Region.*

By Tokutaro HATORI,
Earthquake Research Institute.

Based on tide gauge records, the source area of the 1978 Miyagi-oki tsunami (June 12, 1978) and past tsunamis which were generated in the vicinity of Miyagi Prefecture in the Northeast Japan since 1897 are investigated. At Miyagi-Enoshima, the initial disturbance of the present tsunami began with an upward motion simultaneously with the earthquake occurrence. The source area estimated by means of an inverse refraction diagram is $5.5 \times 10^3 \text{ km}^2$, extending 100 km parallel to the Miyagi coast. The source area of the tsunami which raised the sea-bottom covers the aftershock areas of the two earthquakes of Feb. 20, and June 12, 1978. Judging from the attenuation of the tsunami height with distance, the magnitude (Imamura-Iida scale) of the present tsunami is $m = 0.5$. This rank is relatively low for an earthquake having magnitude $M = 7.4$.

The distribution patterns of seismic intensity and tsunami height for the Miyagi-oki tsunami of Feb. 20, 1897 are similar to those of the present tsunami, suggesting the same source location. According to the space-time diagram of tsunami activity off Miyagi Prefecture, the region from the 1,000 m depth line to near the trench, the east side of the present tsunami may be a region of relatively high tsunami risk.