

10. 昭和8年3月3日の津浪 被害と三陸海岸の地形

地震研究所 大塚彌之助

(昭和8年3月20日及6月20日發表——昭和8年12月20日受理)

東北日本三陸海岸は1933年3月3日に大きな津浪の襲來で著しい被害を受けた。筆者は直ちに三陸地方の津浪の種々な現象を調査するために同地方へ出發した。そして津浪の被害を見學した結果、このやうな所謂日本の“Riasküste”と呼ばれてゐる三陸海岸に津浪が到達した時に津浪被害が著しく増大するやうに見えた。實際三陸海岸は津浪が度々襲來することゝ知られてゐる。

この論文は津浪被害がこの様な地形に如何に關係あるかを考察してみた。

津 浪 被 害

津浪の高さ

三陸海岸は津浪の襲來を屢々經驗してゐる。明治初年(1867)以來でも既に4回の大津浪を經驗してゐて、その内1896年と今回の1933年とが最も被害の大なるものであつた。

1896年の大津浪の時には、伊木常誠博士¹⁾が津浪襲來の時に達した海水の高さを三陸海岸に沿うて測定されて、その詳しい、勞力ある結果が震災豫防調査會報告に發表されてある。

1933年の大津浪の際には中央氣象臺から速に報告が發表されて我々に益する處も少くなかつた。地震研究所でも石本所長始め、高橋、那須、宮部、西村諸氏及び筆者等が調査に赴き、重要な津浪の實驗も上記諸氏によつて行はれてゐる。これらの調査報告は本號末に發表される筈である。

筆者は主として八戸市と山田町との間の海岸を調査し、別に綾里白濱附近、大船渡灣、氣仙沼大島附近を見學調査した。この調査報告は前に述べたやうに本號に掲載されるので、その詳細は省略し、こゝには津浪襲來の時に達した海水の最高記録を各浸水地域で測定したので、それらの分布と津浪による最大浸水區域とを附圖として附け

1) 伊木常誠 震災豫防調査會報告 11 (1887).

た。(津浪の高さの最高記録の数字は高橋龍太郎助教授によつて、津浪襲來時の高さに換算されたものを用ひた。故に筆者²⁾が嘗て「地震」に記せるものとは稍々その數値を異にしてゐる。又た材料不足の部分は任意に他の資料から補つた。

即ち第1圖より第11圖までは筆者の主として調査した區域の津浪が陸地に侵入した最高の記録を示したもので、津浪が襲來した當時の海水面からの高さを示してゐる。

第12圖は山田灣と宮古灣との間の之等の値を垂直的に示したもので、津浪の最高水位を――線で示してある。但し霞露岳沿岸の材料はこの地方が交通困難であるため殆ど資料を得ることができなかつた。

之等の圖を見ると、著者は次の様なことに氣付くのである。即ち津浪の時に達した海水の最高記録は侵入した海岸の地形に密接な關係を持つてゐて、一般に海洋に直接に面してゐる海岸では大きく、灣内の海岸では小さい値を示してゐる。そして灣の平面形からみて、海洋に直接に面してゐる海岸でも、稍々狭い先狭りの灣、即ち銳角のV字形をなす灣では特にこの津浪の最高記録が高まつてゐることに氣付く。之によつて見ると津浪の最高記録なるものが海岸の平面形と密接な關係にあるやうに見える。

即ち宮古灣、山田灣、大槌灣、の津浪の高さは僅かに1.7-5mに過ぎないのに、外洋に直接に面した重茂村海岸の如きは8-20m以上にも達してゐる。又宮古以北の海岸も同様に外洋に直接面した海岸で、之等の値は同様に大きい値を示してゐる。

伊木博士の1896年の津浪被害の調査の結果に於ける津浪の高さも大體に於いて同様の結果になつてゐる。

津 浪 の 最 大 浸 水 區 域

津浪被害を考へると、之等の被害の大部分は海面の一時的隆起による海水の氾濫によつて起されたと考へることができる。被害の大部分はこの海水の氾濫によつてゐるので、浸水區域の大小が直接被害の大小を決定してゐるやうに見える。

この觀點からして、津浪の最大浸水區域を調査して之を第1-11圖に網目で示した。第1-11圖は浸水區域を平面的に示したものである。この結果は當然一時的に水位の高められた水の流れ込み易い海拔高度の低い、低い土地の面積の廣さとこの最大浸水面積との間に密接な關係のあることを示す譯である。

大きな最大浸水面積を持つ地域は宮古灣の奥の津輕石附近、山田灣の奥の山田町附近、大槌灣等で、その他久慈灣、野田等も大きな値を示してゐる。この地方は地形

2) 大塚綱之助 地震 5 (1933), 465.

圖(第 1-11 圖)で見られるやうに何れも大きな河流の沖積原で、勾配も極めて緩く海水面が僅に隆起しても、海水は大きな面積を容易に被ふことができる。

この地方の被害高が特に他の海岸に比して大きいことは調査報告に述べてある通である。

故に津浪の最大浸水面積と地形との間にも亦密接な關係を有する様に見える。

津浪被害で面白いことは、被害區域と無被害區域との境界が明瞭に區切られてゐることで、之は地震被害の場合と著しく異なる點のやうに思はれた。

津浪の最大浸水區域と津浪の最高記録 或る浸水區域に於ける津浪の最高記録なるものは一定してゐない。

或る浸水區域では津浪の浸入し始めた海岸附近で最も大きな最高記録を示し、浸水區域の奥で最も小さい最高記録を示してゐることもある。

例へば野田、久慈、重茂村音部等では海岸で測定した値より、奥で測定した値の方が小さい。

又この反對に浸水區域の奥に至る程大きな最高記録を示してゐることもある。姉吉、澤の澤その他多くの例が知られてゐる。

或る狭い谷では兩側の谷壁で測つた最高記録の異なる場合もある。例へば姉吉の兩側の如き、がその一例である。

そして一般に浸水面積の大きな處では津浪の最高記録が低く、最高記録の値の大きな處では却つて浸水面積は狭い。

之等の津浪に關する 2 つの値は前に述べたやうに、地形にかなりの程度に關係があるやうに見えるが、若し海面が極めて除々に陸地に對して高まつたとすると、どこでも一樣な水位の變化を見るであらうが、津浪の場合にはこのやうな一樣の關係が見られず、地形によつて支配されてゐることは面白いことで、津浪被害が唯だ水位が高まつたとするだけでは説明できない他の原因を含んでゐることを示してゐる譯である。

筆者は津浪の襲來する速さと、之に影響を與へる海底陸上の地形がこゝで考へられなければならぬ問題のやうに思へる。この問題は西村氏高橋氏の御研究により追々明にされると思ふが、筆者は地形學上の立場から考へて置きたいと思つてゐる。

津 浪 被 害 の 考 察

上述したやうに、調査によつて知られた津浪被害の資料は大部分は浸水區域の廣さ、津浪の浸入した區域の周縁に於ける、海拔高度で、浸水區域内の水の高さは、稀に残

されてゐる種々の樹木、建物で知ることができるのみである。従つて津浪の被害は之等の浸水による色々な資料で解釋する他はない。その結果は單なる水位の上昇ではなくかなり急激に上昇したために水が強い流れの形式になつたことも否めない。その流れがその速度と流れる地形とによつて變化され、種々の單に水位上昇では説明できぬ被害を引起したやうに思はれる。

石本教授³⁾は津浪に於いてその陸上へ流れ込む際に海水が“流れ”になることを指摘されて次の様な流れの速度を示す式を示されてゐる。

$$V = \cot \theta \frac{dh}{dt} \quad (\text{但し } \theta \text{ は地表の傾斜, } h \text{ は海面上からの水の高さ})$$

之によると前述したやうな低平な地域では「流れ」の速さは極めて速くなり、低平な地域にある建物は容易に流失されるであらう。

津浪の週期は太平洋岸の各検潮所の記録によると被害地附近では約 10-20 分で、須田氏によると普通の海波とは性質が稍異つてゐるやうに見える。

筆者はこの様な長週期の振幅の大きい海波が陸地に達した時の現象は海面の除々に隆起するが如きものと思ふ。故に陸上へ浸入する時はこの週期に關係した時間陸上を浸すものと思ふ。この際に石本教授の述べられたやうな“流れ”が起るものと思ふ。併し同教授の式で外洋に面した姉吉その他の波高の説明をするには津浪の襲來をかなり速なものとしなければならないと思ふ。

三 陸 海 岸 の 地 形

三陸海岸の地形學的考察は、その不規則極はまる出入と美しい段丘地形とによつて日本の地質學者、地形學者によつて多數研究が行はれてゐる。最近には今村學郎學士が地波の研究の對照として久慈附近の段丘を取扱はれ次いで田山利三郎學士の段丘論があり、又山口貞夫氏の海底陸上兩者に互る研究もあり、多數の研究が行はれてゐる。尙佐々理學士も地質學的方面から久慈地方の段丘を考察されてゐる。

從來の研究者の研究によると、地質學的に三陸海岸は古生層・中生層（ジュラ系、三疊系）及び之等の地質系統を貫く火成岩類からなり、別に之等の岩層からなりたつてゐる複雑な構造の上表を被うて宮古、久慈附近には白堊系及び第三系がある。

日本の中生層・古生層は一般に硬い岩石からなつてゐる。例へば硬砂岩、砂岩、珪岩、石灰岩、頁岩等で新第三系の地質系統を構成する岩石に比べて遙に硬いものである。

3) 石本巳四雄 日本天文學及地球物理學輯報 11 (1933).

(この數量的比較を必要とするやうに思はれる)。

故に前述したやうに三陸海岸は古生層・中生層又は火成岩からなつてゐるので、大體に於いて硬い岩石ででき上つてゐると考へて差支へない。

嘗て筆者⁴⁾は日本の海岸線の出入の程度と海岸線を作つてゐる地質系統とを比べて、平滑な海岸は主として軟弱な岩石からでき上つた海岸であるのに反して複雑な出入ある海岸線は大部分硬い岩石からなる地方であることを述べた。そしてこの關係の説明のために、著者は沖積世初期に異常の外廓を示し、複雑な出入ある海岸線を持つてゐたものが、軟い岩石地方では侵蝕が速で早く平滑化され、硬い岩石の地方では平滑化され悪く、現世まで保存されたものであらうと解釋した。そして平滑海岸にも沖積世初期の複雑な出入ある海岸線の證左が、試錐、貝塚等によつて證據立てられてゐることを示した。

日本の貝塚遺跡は今日の處、沖積世初期である新石器時代と考へられてゐるので、三陸沿岸の貝塚も關東地方の貝塚も、共に略ぼ同時代と取扱ふことが許される。(勿論先史學的に嚴密な意味の同時は今後の研究に依るより他に道はないが、地質學的な考へ方からは同時代と考へられるであらう)。故に關東地方の貝塚分布から許される沖積世初期の複雑な出入のあつた海岸線も、三陸地方の複雑な出入ある海岸線も貝塚の形成される時代には同時に存在してゐたと考へられる。故に三陸地方の海岸線の複雑なのは岩石の硬度が大であるために少くとも沖積世初期に生じてゐた複雑な出入のある海岸線がその儘海蝕に抵抗して、保存されてゐるものと解釋することができるのである。

然るにこの様な複雑な出入ある海岸線は、陸上に於いて河流によつて開析された起伏が沈降して、各溪谷に海水が浸入して生じたものと考へられてゐるので、この三陸地方の海岸線も同様の成生順序を経て作られたものと考へることができる。

然るにこの開析された各溪谷は洪積世中に生じた平な地表に刻み込んだ溪谷地形で洪積世中に作られた平な地表は段丘の表面として現在の地表に残されてゐて、之は關東地方にも、三陸地方にも保存されてゐるので、⁵⁾ 各溪谷の沈溺したのは洪積世中に作られた段丘の表面の形成時代よりは後に作られたものと言ふことができるのである。従て三陸海岸は硬い岩石からなる海岸で洪積世末か又は沖積世初期には既に複雑

4) 大塚彌之助 地理學評論 9 (1933).

5) Y. ÔTUKA, *Proc. Imp. Acad.*, 9-10 (1933).

な海岸地形が作られてゐて、之は沈降の過程を経て作られたものであると解釋することができる。

故に三陸海岸の大きな入江は大きな溪谷の沈降したものと考へられるし、小さな入江は小さな溪谷の沈降したものと考へることができる。即ち宮古灣、山田灣、大鉾灣等の灣奥には過去の大きな溪谷を作つたところの大きな河流が注入してゐる。閉伊川、津輕石川、大鉾川、橋野川、等は之等の例である。又之等の大きな灣の底は過去の溪谷底であつた證左を示してゐて、等深線で示された海底地形は陸上に見られる灣形と一致した大きな溪谷地形を示してゐる。故に小さい入江には又それに適當した沈溺谷の存在を示す海底地形がある。

一般に或地形區内に於いては溪谷底の傾斜は、大きい河流の溪谷底程速に平衡に達してゐるので、このやうな河谷が沈むときには海水は、溪谷底の急な、“平衡”に達せぬ小溪谷の沈むのに比べて海水が著しく陸内に迄侵入してゐる。而もこのやうな大きな灣の海底は“平衡”に達した溪谷底の沈んだものであるから、灣の延長の方向には遠淺と考へることが出来る。又沈溺谷の延長方向と直角な方向では、海岸から海底へ向つて急である。而も“平衡”に達せぬ溪谷では V 字形谷をなしてゐる。外洋に面した或る灣の内には平面形が V 字形をなしたものが少くないが、之等は何れも“平衡”に達せぬ溪谷と考へることができやう。故に海底も急である。

第 13 圖はその一例として大鉾灣を選んだ。之によつてみても、主流の河底は勾配が緩いが、支流のは急であることがわかる。

外 洋 と 灣

上述したやうに三陸の灣は過去の浸蝕谷の沈溺したものが、そこを作る岩石の硬度が大であるためにその儘保存されてゐるものと考へられるから、灣はかなり複雑で、海は陸内深く入込んでゐる。

海の波の平均の高さは未だ實驗的に示されたものに氣が付かないが、外洋の波は規模が大きく、灣内に入ると狭い灣口のために、遮られ、且つ淺いことから波高が減じて行くことは普通に考へられてゐる。

最近高橋助教授は特別な裝置で實驗的に外洋に面した海岸の方が波高の高いことを示した。

事實外洋に面した海濱は波浪が荒く、灣内は殆ど波浪がない。

之は三陸津浪の波高分布を調べて、外洋に面した海岸で一般に高く、灣内で低かつ

た一原因と考へることができやう。

地形と文化施設と津浪被害

上に述べたことから、三陸海岸を地形の上から、入江、外洋に面した沈溺 V 字谷外洋に面した稍々大きな溪谷の 3 つに區別してみた。

入江は外洋の波を直接に受けないから、平常は極めて静である。そして灣の奥には低平な廣い地域が溪谷を作つた河流の沿岸に發達してゐるので、聚落が容易に形成され、港、陸上交通その他の中心地としての種々の家屋が密集して作られてゐて、之等は波浪の恐れがないから極めて低い位置に迄建てられてゐる。然るに 1 度津浪の襲來があると之等の地域は、たとへ灣内で津浪の高さが減ぜられてゐても、土地が低くて、種々の建物は低い處にあるので、僅な海面の隆起でも著しい面積に被害を與へ、而も海水は石本教授の示された式で相當の勢力を以て流れ込むので、その被害は單なる浸水に止らなくなるのである。海岸平野の廣さと聚落との關係は第 12 圖に示した通りである。即ち大きな平野のある處では建坪數が大きい。故にこの様な灣内は僅な海水面の隆起でも被害は莫大な數字となる。

外洋に面した沈溺 V 字谷は外洋の波を直接に受けるのみでなく、幅さと深さとが奥に向ふに従て急に狭く、浅くなるので、津浪の様な大きな波長・振幅の浪がくると、その押し寄せて來た海水の流れの勢力を除々に費させることができず、流は比較的自由な谷の奥と上の方とを選び、津浪の高さと速さとを増大するやうに見える。姉吉部落が逃れる暇もなく、全滅にされたり、“波の到着せぬ内に既に風壓で倒れた”と言はれてゐるのは恐らくこの様な原因によるのではあるまいか。勿論この様な譯で津浪の高さは奥で比較的高まつてゐる。この場合谷の兩側が急斜面であると海水は一層激しく、奥と上とへ突進するであらう。この様な灣の奥の部落はかなり高い位置に建つてゐるが、津浪は灣内の場合より一層高まるので、この様な地域の被害も亦著しいものである。幸このやうな地方は僻地であるため被害高は少いが、被害率と人畜の死傷率とはかなり大きい。

外洋に面した稍々大きな溪谷では既に溪谷底に沖積層が堆積して平な沖積原が作られてゐて、之が強い波浪のために高い濱堤を作つてゐるので、丁度海濱に防波堤を作つたやうになつてゐる。例へば重茂村の音部とか久慈灣のやうに濱堤があるものは津浪が之を越すやうなことがあつても、津浪の高さが濱堤の高さを超えて流れ込むやうな状態の續く時間は汀線から直ちに浸水を受ける場合に比べて極めて短い時間である

から被害の程度も比較的少くて済むやうである。

上記のやうに三陸海岸はその地形の成因上津浪襲來があつた場合に被害を増大するに都合がよくなつてゐる。この事は三陸海岸が深い海溝に急に接してゐて、津浪を起す地震が比較的頻繁に起ることと共に津浪被害が容易に起される地方と考へられる一因であることは否まれないと思ふ。併し“リアス海岸だから津浪が起る”と言ふことは無意味な事である。

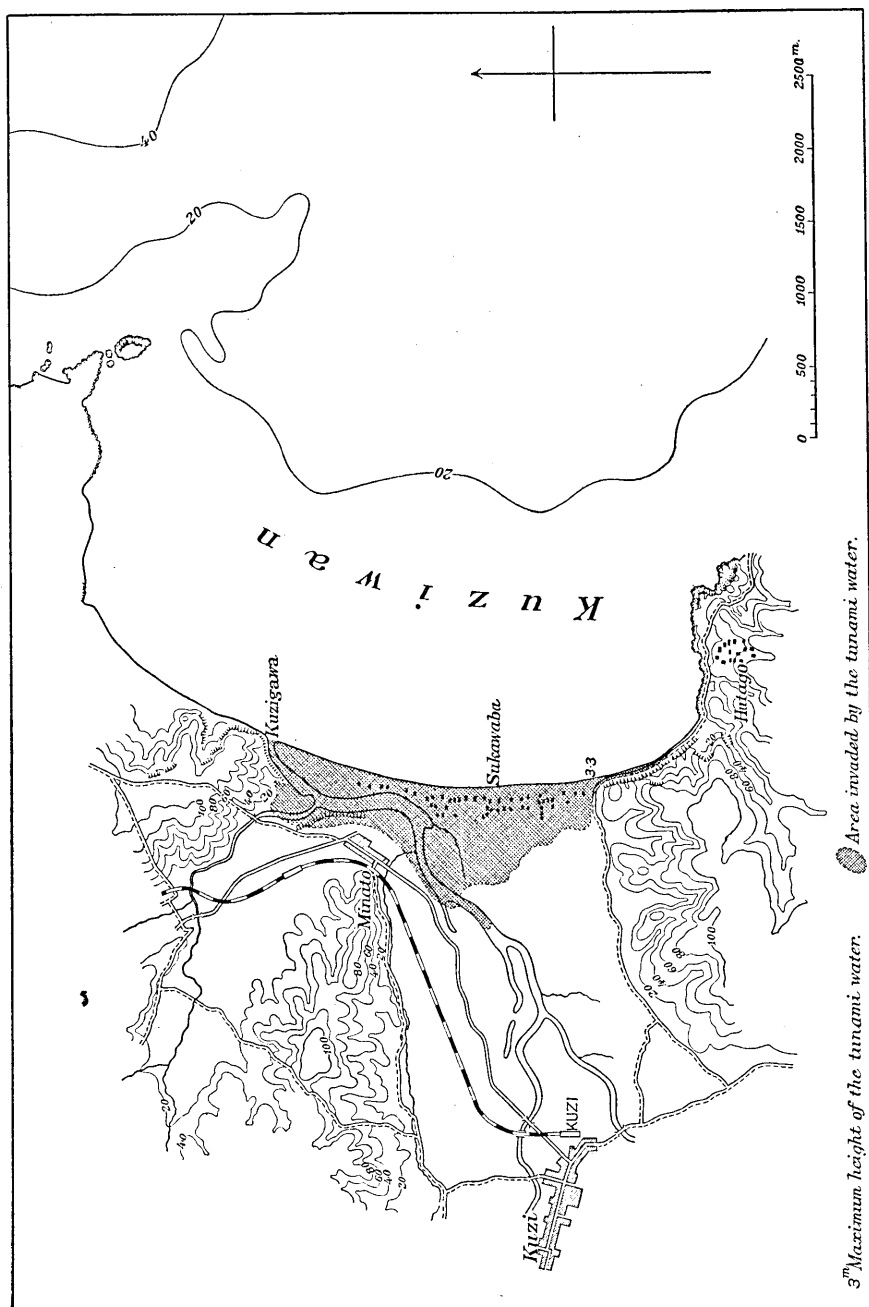
他の地方に於ける津浪被害の増大しやうな地形。この様に硬い岩石からなる地方の沈降海岸地形は津浪に對して危険な地域と言ふことができやう。紀伊半島沿岸、豊豫海峡等はこの危険性が充分にあり、若し三陸地方で起されたやうな地震津浪が之等の海岸に押し寄せたなら、相當の被害高に達するであらうことは言を待たない。

被 害 防 止 法

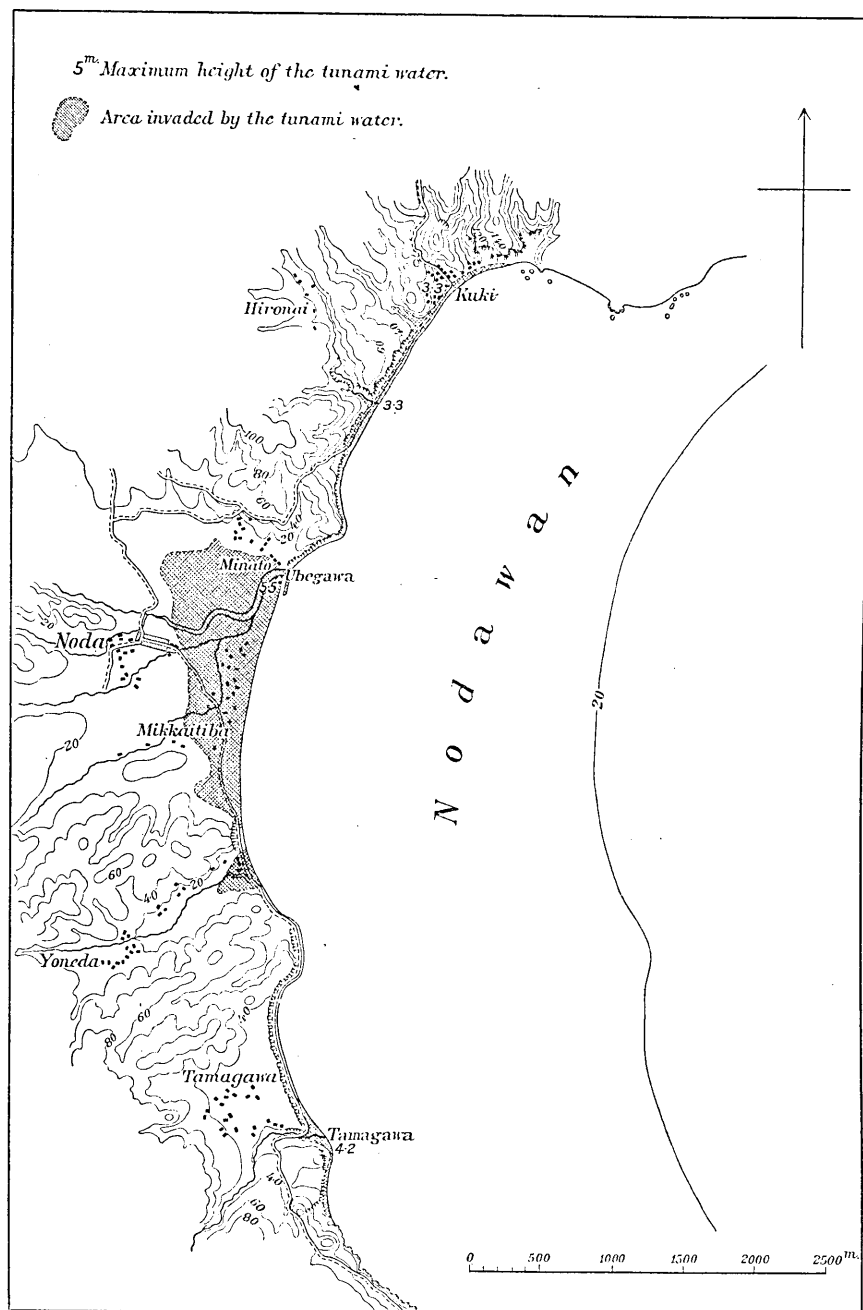
上記の様に考察してみると、津浪被害の防止は一言にして言へば、“津浪の來ないところに避ける”に盡きる。併し之は耕作・住居・交通その他のためにも不便であるし、このやうな地形では利用できる高臺の面積も狭いし、それにこの地方が港又は漁村として生計をたてゐる關係上、殆ど實行不可能な事のやうに思はれる。

併し灣内は前述したやうに外洋に比べて、津浪の高さも低く、浸水は極めて短時間に行はれるのであるから、灣内にある重要都會地の海岸に津浪防波堤を作ると言ふ考へも一案と思はれ、その高さも大して高いことを必要としない譯で流れ込むのをなるべく遅くする様にすればよい。又た灣内で流れ込む海水の勢を増さぬやうに植林することも決して愚策ではない。高い濱堤が相當に海岸近くの家屋を保護したことも堤防案に有力な援助を與へるであらう。

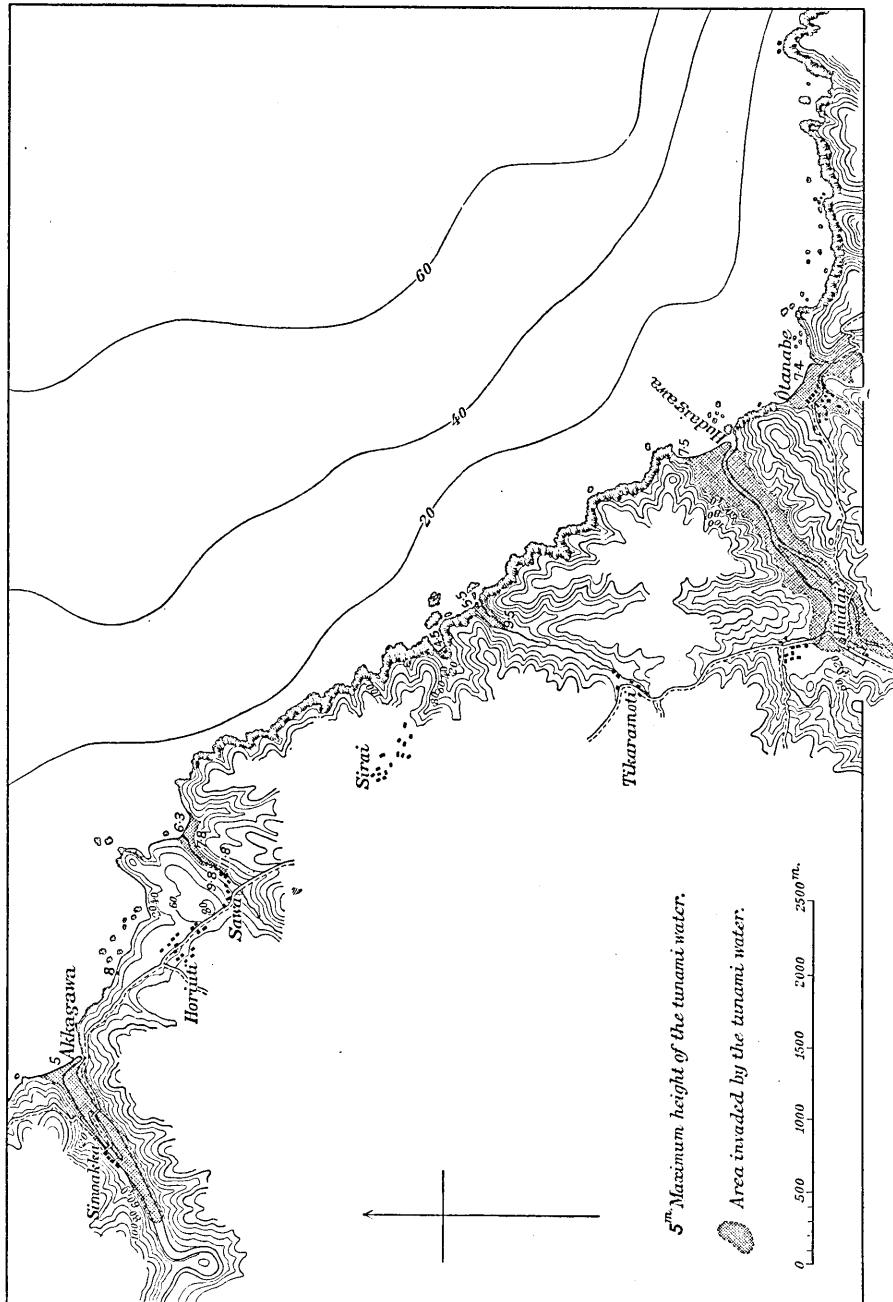
併し外洋に面した沈溺 V 字谷は灣内と異り襲來する波の勢力も甚だ大で、植林等ではどうにもならない。それに波高が高くなればなる程植林の防浸水力は弱くなる譯である。筆者が被害地調査で氣付いたことは紀念碑、石碑等の高い土臺の如きが屢々流失を免れてゐたことで、津浪も勢力を増大せぬ内なら相當に障碍物で防げるやうに思へた。併し姉吉綾里白濱のやうな處では全く高處に生活すると言ふより他に道はないと思ふ。津浪被害は前述したやうに地震被害と異り、被害區域と無被害區域との區別が明であるから、高いところにゐる人達は少くとも生命、住家に何等の危険がない。



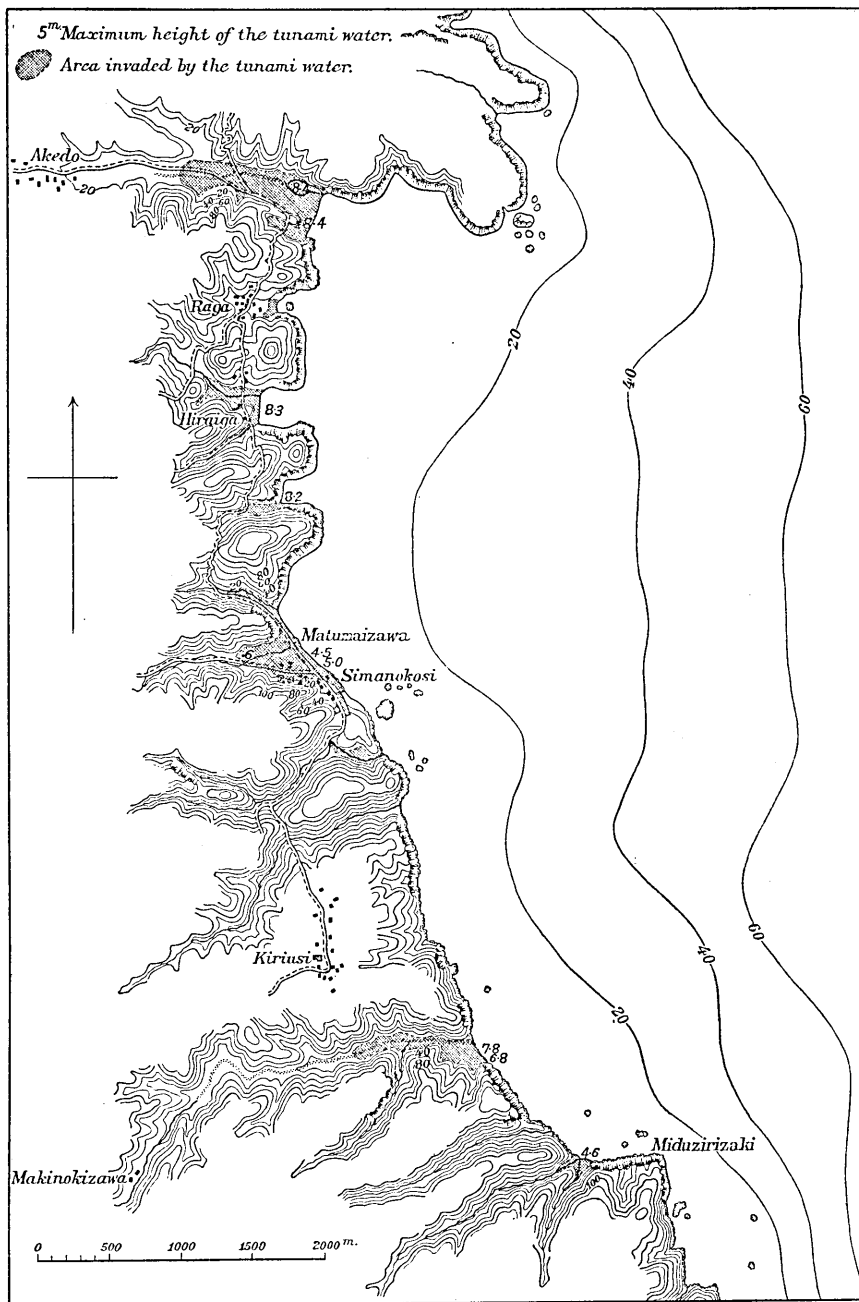
第 1 図 久慈湾
(Tsunami damages nr. Kuzi)



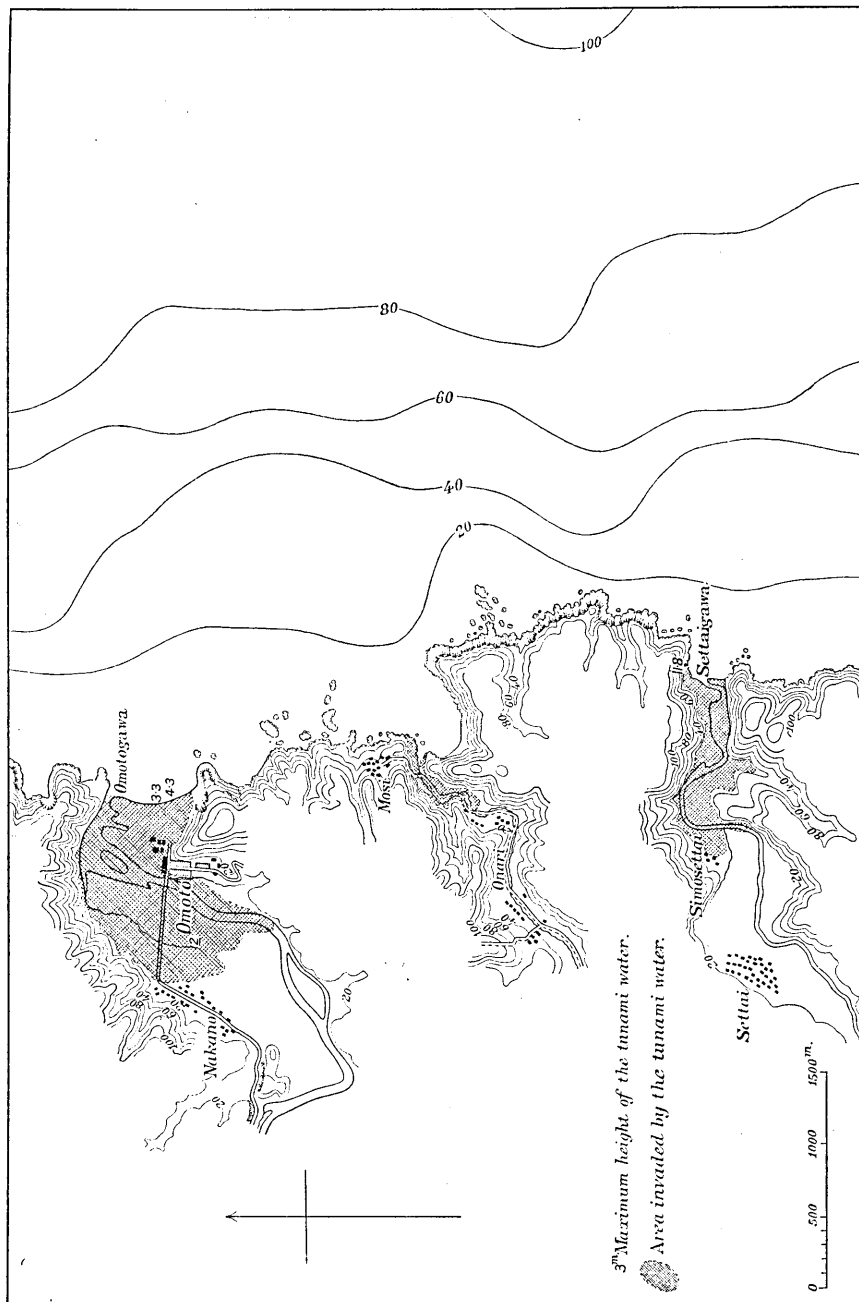
第 2 圖 野 田 附 近
(Tsunami damages nr. Noda)



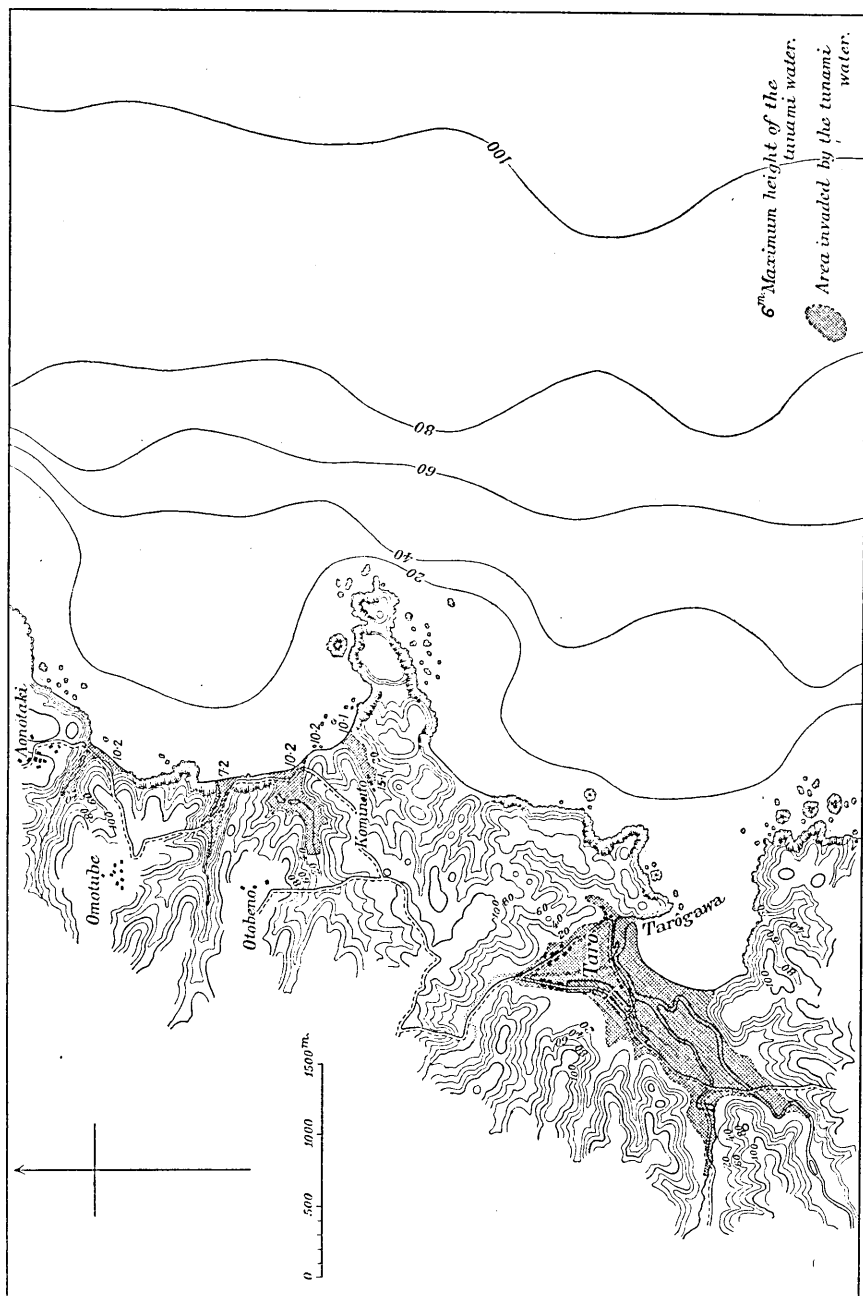
第3圖 普代附近
(Tsunami damages nr. Hudaï)



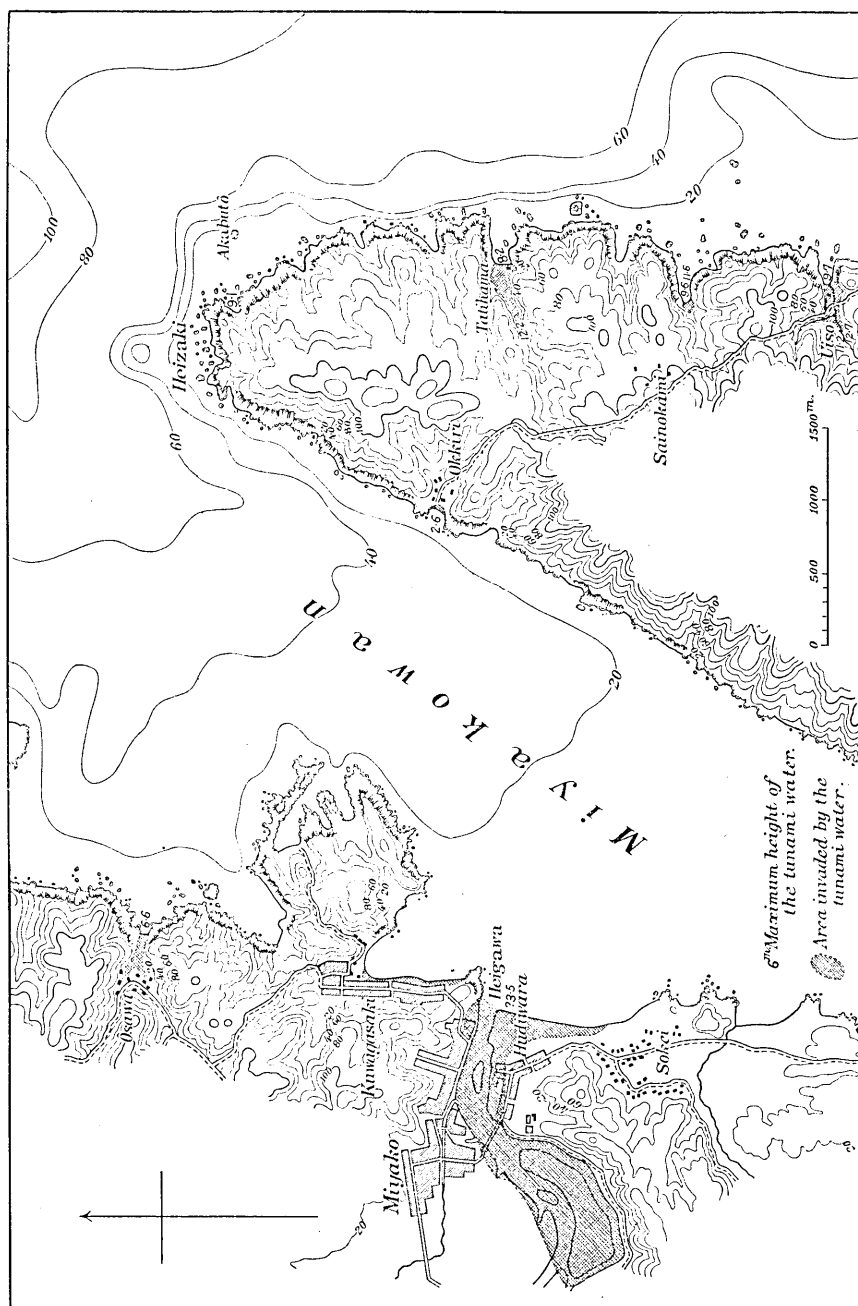
第4圖 島ノ越附近
(Tsunami damages nr. Simanokosi)



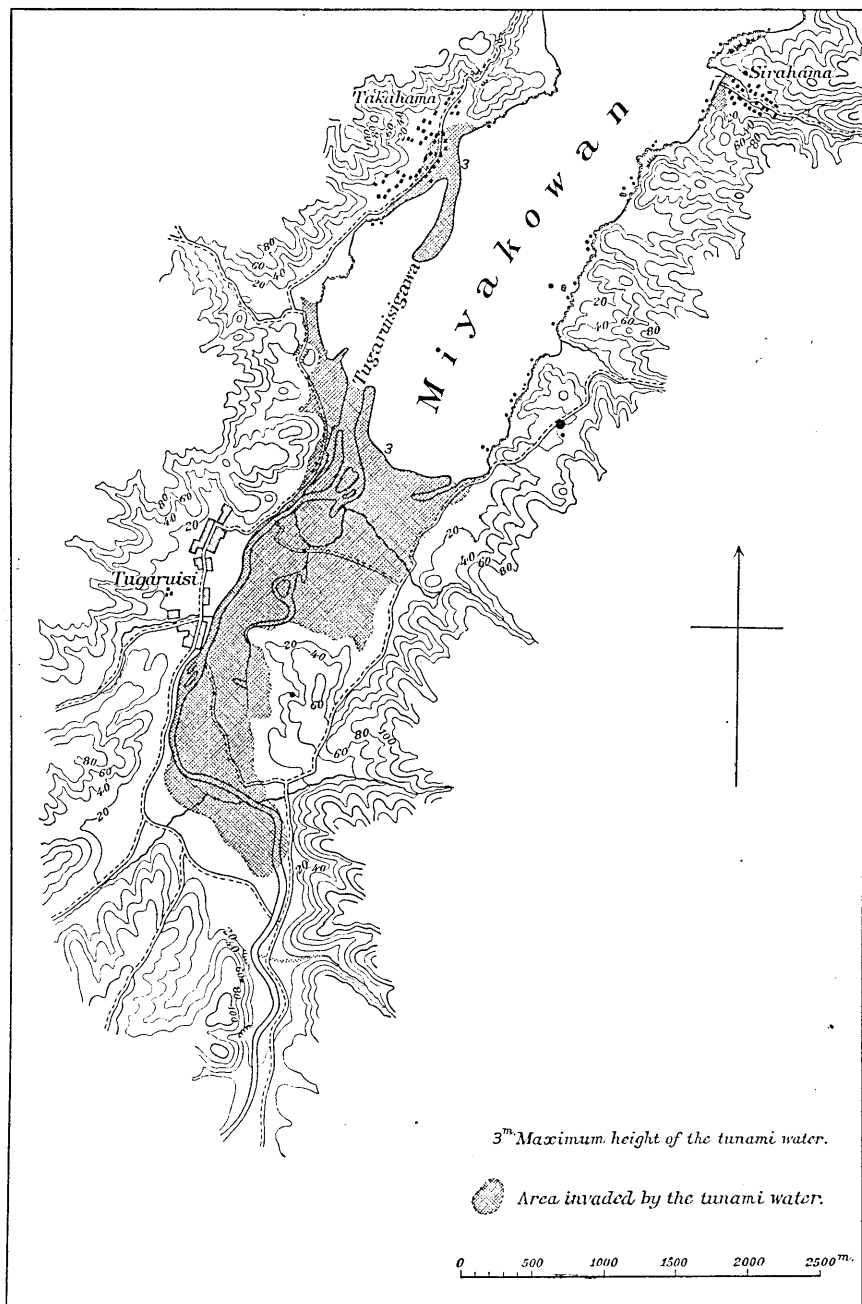
第5圖 小本附近
(Tsunami damages nr. Omoto)



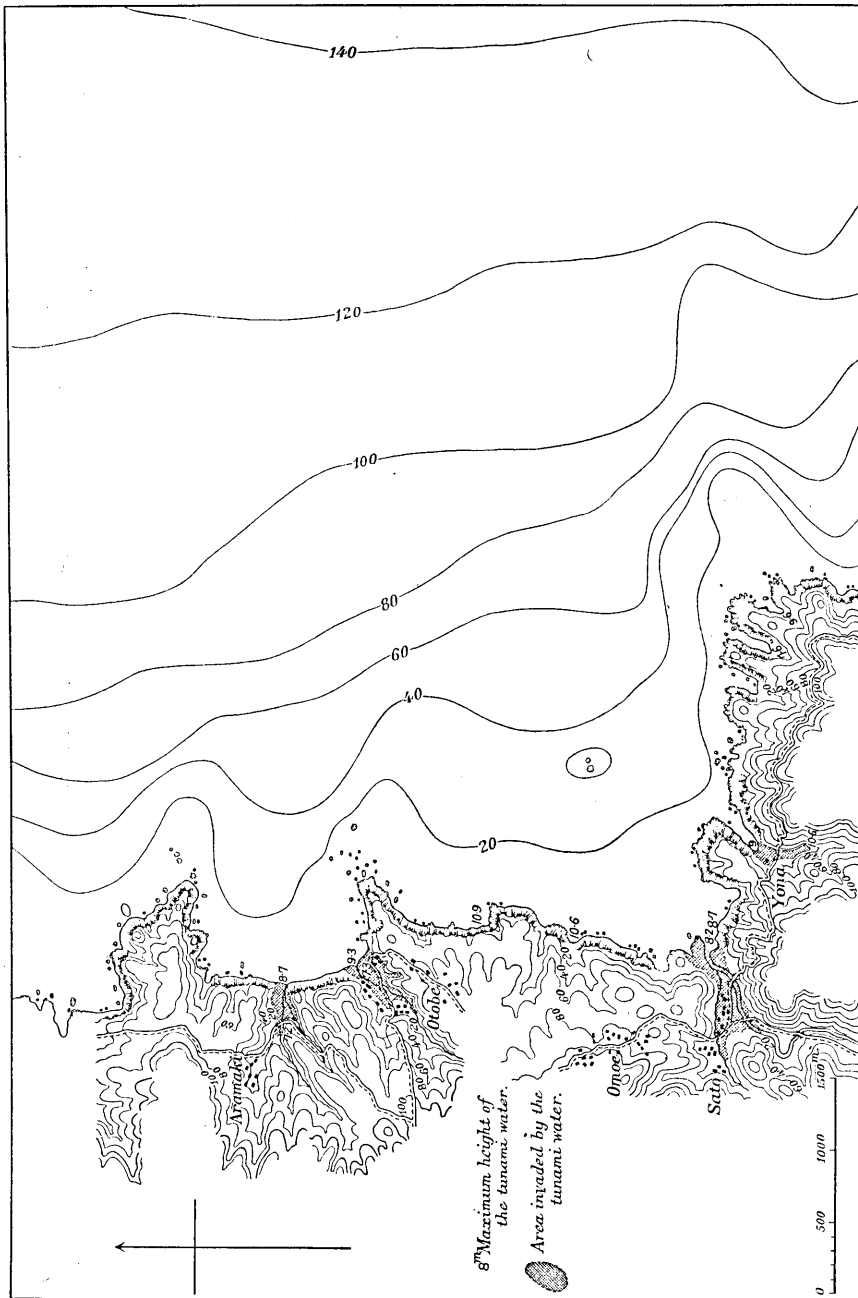
第 6 圖 田 老 附 近
(Tsunami damages nr. Tarô village)



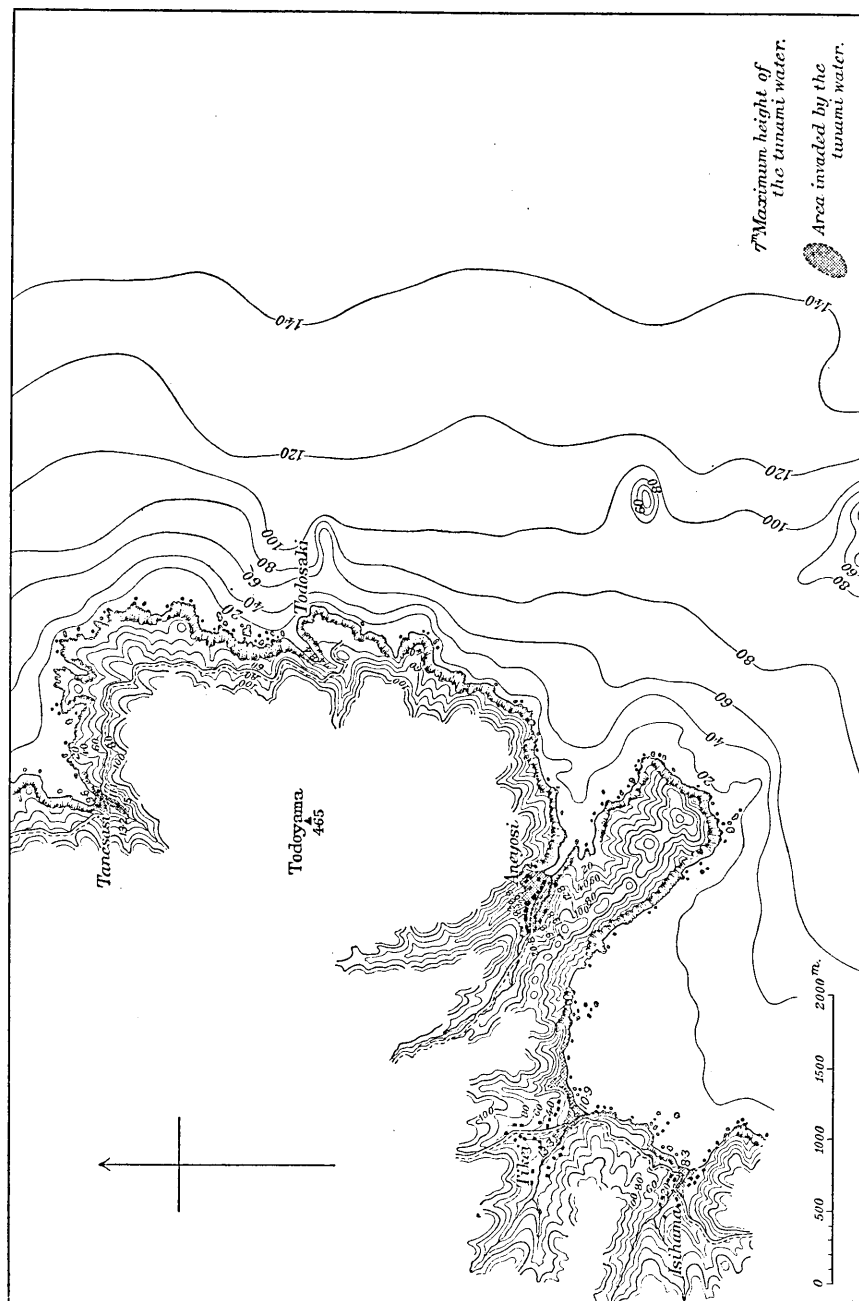
第7圖 宮古町附近
(Tsunami damages nr. Miyako)



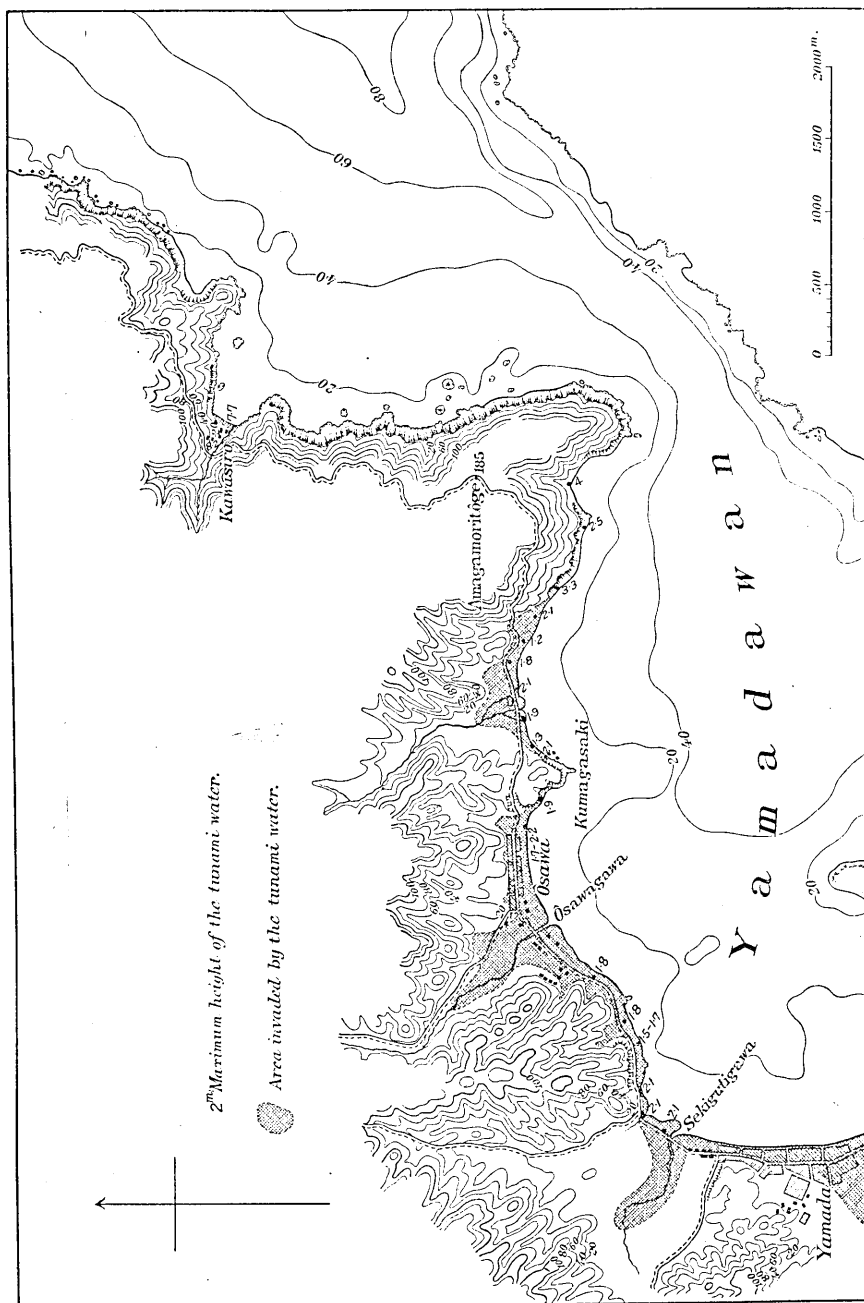
第 8 圖 津 輕 石 附 近
(Tunami damages nr. Tugaruisi)



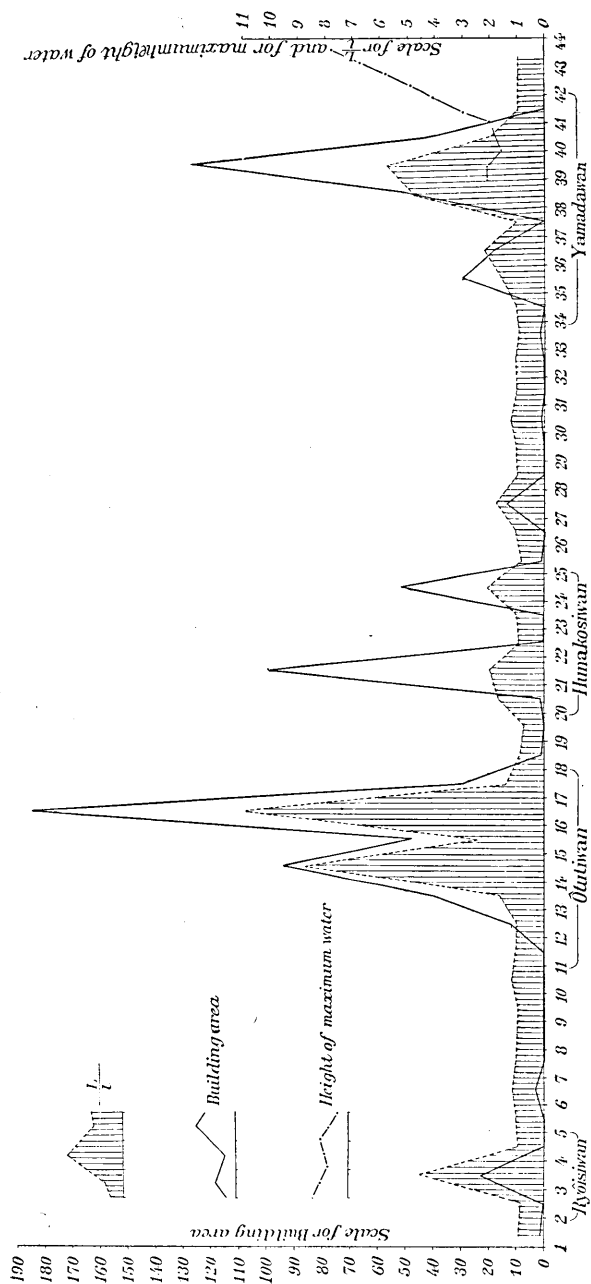
第9圖 重茂村附近
(Tsunami damages nr. Omoe)



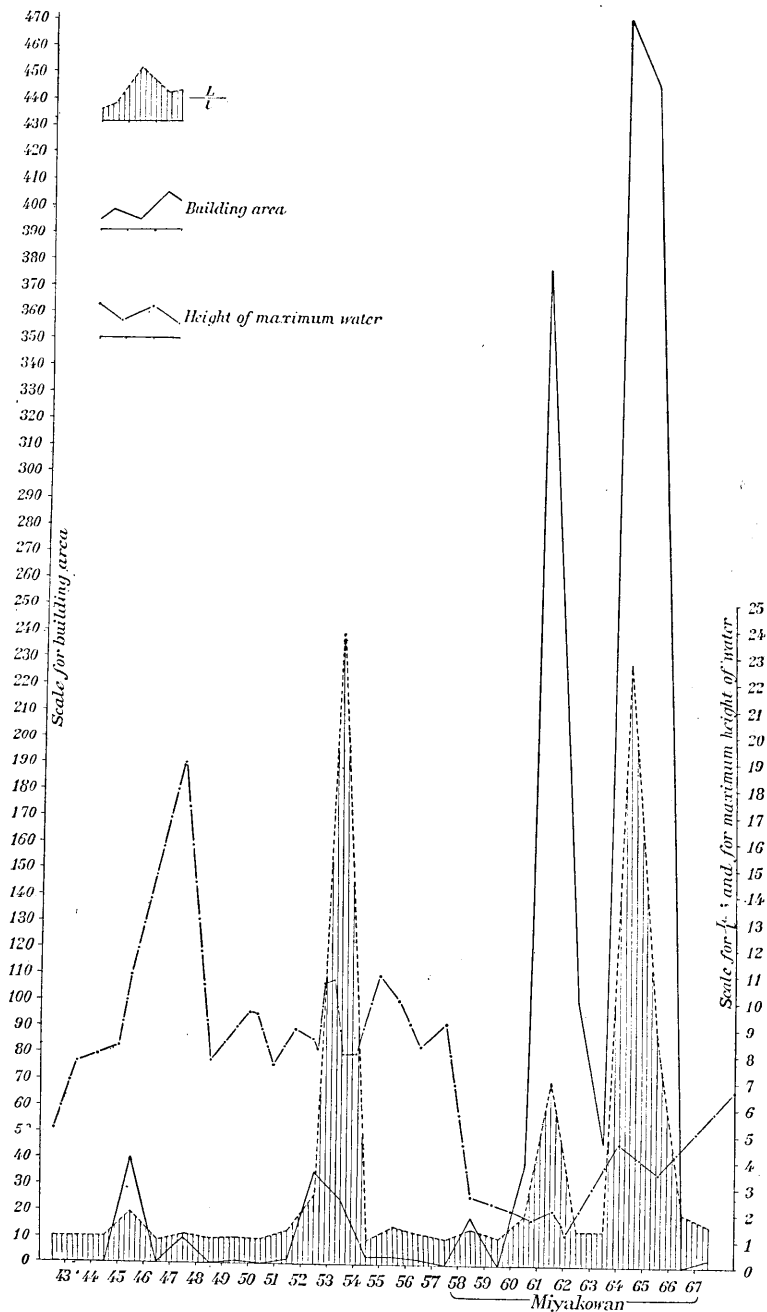
第 10 図 紙 崎, 姉 吉
(Tsunami damages nr. Todosaki and Aneyosi)



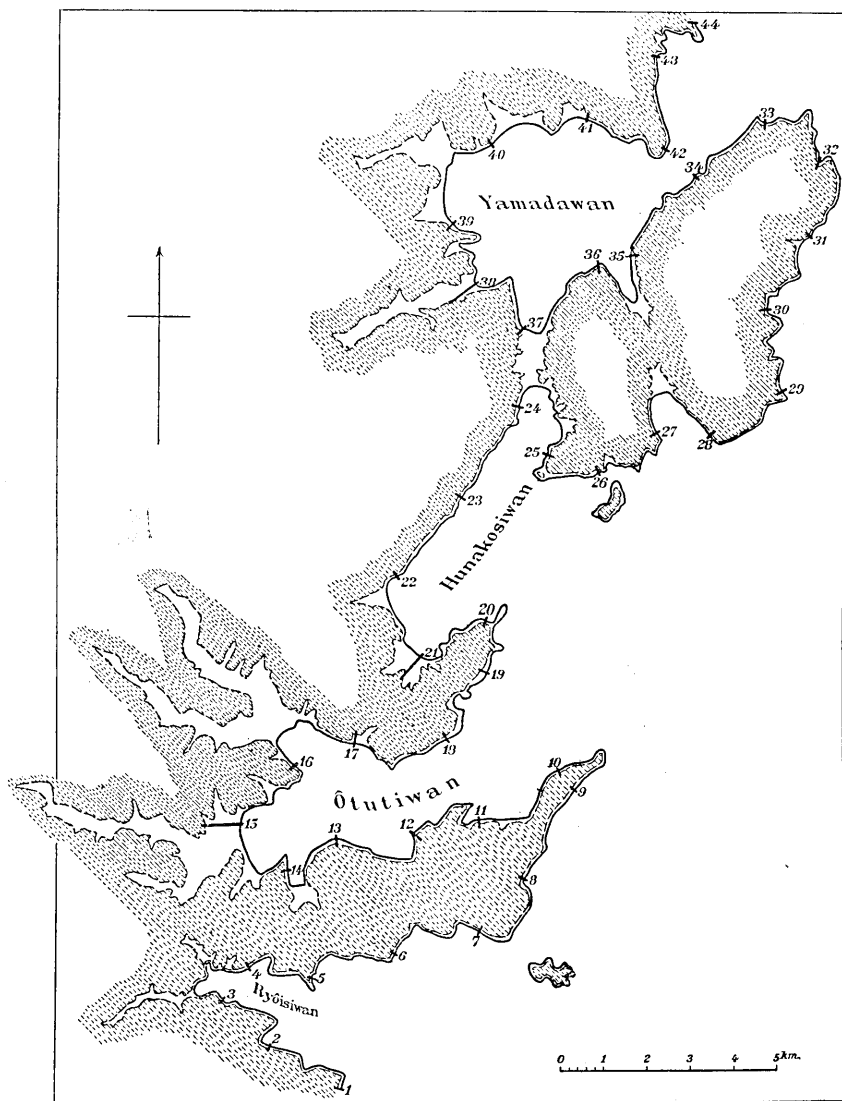
第 11 圖 山 田 灣
(Tsunami damages nr. Yamada)



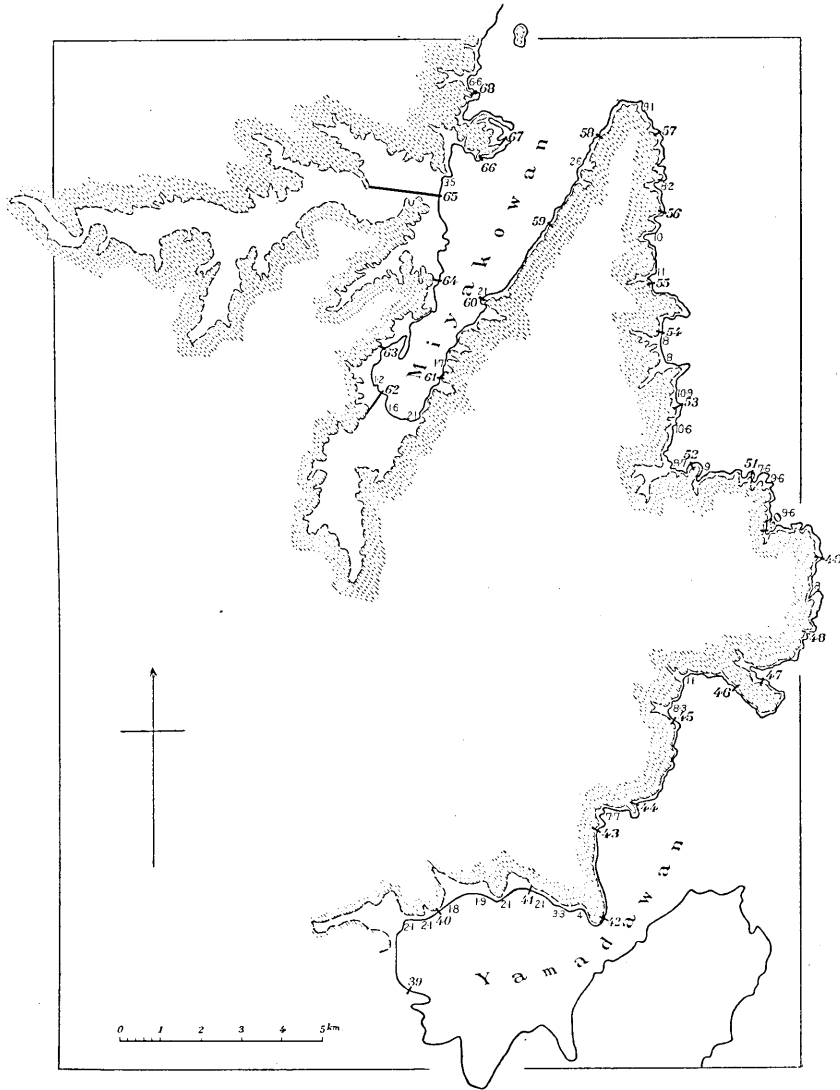
第12圖A “L” is the length of the 20m. contour line in the unit section of shore line. Unit of the building area is on (100 m)². (“l” long) Unit of the maximum height of water is on meter.



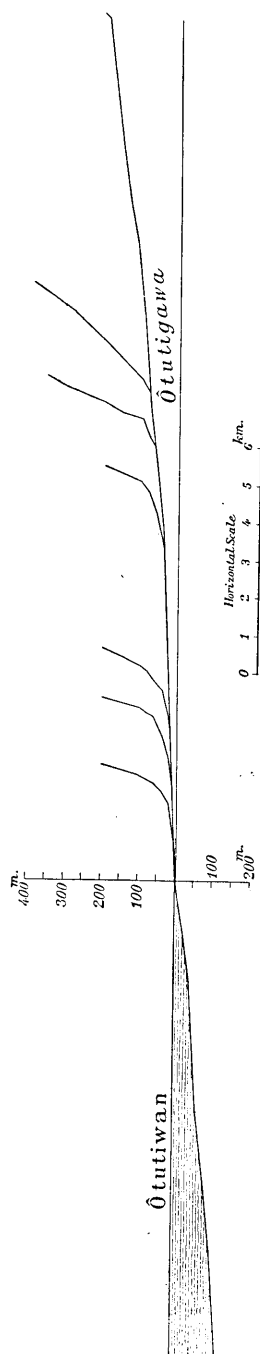
第 12 圖 B “L” は “l” の長さの海岸線の區切りの中に挟まれた高度 20m. の等高線の長さ. 建坪数は 100m 平方を單位としてゐる. 津浪の高さは m. を單位としてゐる.



第 12 圖 C 20m. 等高線と海岸線



第 12 圖 D ゴシック数字は津浪の高さ



第 13 圖 大鏡灣と大鏡川との縦断面曲線
(Transverse profile of the Ōtutigawa and Ōtutawan)

9. *Tsunami Damages March 3rd, 1933 and the Topography
of Sanriku Coast, Japan.*

Yanosuke ÔTUKA,

Earthquake Research Institute.

In this paper the writer discusses the relation of tsunami damage to the topography of the Sanriku coast from the geomorphological view point. According to him, the maximum heights of water on the arrival of tsunami are generally large on shores facing the open sea, but small on the shores of enclosed bays. While the maximum areas invaded by tsunami are large along the bay, it is small on the open coast. (Fig. 12).

The Sanriku coast were submerged during the post-Pleistocene to the depth of a few hundred meters at the deepest part, the subsidence resulting in many deeply embayed coasts and drowned valleys. The rivers on this coast have betrunked their lower courses and streams that were formerly tributaries of trunk rivers now enter direct into the open sea by separate mouths. The valley floors of these betrunked tributaries are usually steep, and the drowned parts of these valleys which are deep shallow at once toward the shore. The bays of Ryori and Aneyosi may belong in this category. When the tsunami wave which runs through the deep sea near the shore toward the land with ocean waves is checked by this steep floor and steep v-shaped valley walls, it floods the land areas to a considerable height and with very great velocity. The disastrous damages of Sirahama on Ryori bay and of Aneyosi on Aneyosi bay are examples of tsunami phenomena. While the drowned trunk valleys are sheltered by the partly drowned ridges forming projecting capes or headlands, as for example those forming the important harbours of Kesennuma, Ôhunato, Ôtuti, Kamaishi, Yamada, and Miyako, the waters of which are quite landlocked hence free from disturbances by ocean waves. Owing to their apparent safe situations many cultural conditions have been established near sea level, on the flat shores. But disastrous damage easily occurred in these culm embayments by even small changes in sea-level caused by the high tsunami waves. The damages to the towns of Ôhunato, Ôtuti, Kamaishi, Yamada, and Miyako belong in this category. From the above, the writer concludes that the Sanriku coast generally is susceptible to attacks by tsunami.
