

## 電力共通研究及び津波評価部会審議事項について

### 現状分析

- 「原子力発電所の津波評価技術」(土木学会, 2002)(以下「津波評価技術」と呼ぶ)が刊行されて以降、地震及び津波の波源に関して各機関による見解が示されているが、実務への適用については未検討。
- 上記最新の知見における波源モデルや地震動の検討に用いる断層モデルはアスペリティーを考慮しているが、「津波評価技術」が示す想定津波設定方法(一様モデルを用いたパラメータスタディ)へアスペリティーをどのように適用するか未検討。
- 2002年当時と比較して数値計算技術が飛躍的に進歩しており、解析手法の高度化が可能。
- 改訂された耐震設計審査指針に「不確かさの考慮を適切に行うこと」と記述されており、「津波評価技術」による評価が不確かさを適切に考慮しているか要検討。
- 津波による波力、砂移動、津波高の確率論的評価手法について電力共通研究により要素技術を有するが、基準化されていない。



### 電力共通研究の実施

2009～2011(3年計画)

#### 1. 波源モデルに関する検討

波源に関する新知見の分析結果を踏まえて、必要に応じて「津波評価技術」の波源モデルの見直しを行う。

#### 2. 数値計算手法に関する検討

分裂が発生する海域については、分裂・砕波を適切に評価できる非線形分散波方程式の導入の有効性及び判断条件、適切な解析条件等について検討を行う。また、波力評価精度向上の観点から、3次元解析の有効性について基礎的な検討を行う。

#### 3. 津波水位評価における不確かさの考慮に関する検討

上記波源の検討において、波源モデルにアスペリティーを設定した場合については、想定津波評価手法について検討を行う。また、波源モデルのパラメータについて確率論的水位評価手法によって得られる津波水位ハザード曲線を参照し、パラメータスタディの妥当性検証を行う。

#### 4. 津波評価技術の体系化・基準化

上記検討に基づく津波水位評価手法、既往の研究成果に基づく津波による波力評価手法、砂移動評価手法及び確率論的津波水位評価手法の体系化・基準化を行う。なお、既往電力共通研究では扱っていない傾斜堤の津波に対する安定性評価については、電力中央研究所にて実験的研究を実施し、津波評価部会に諮る予定である。

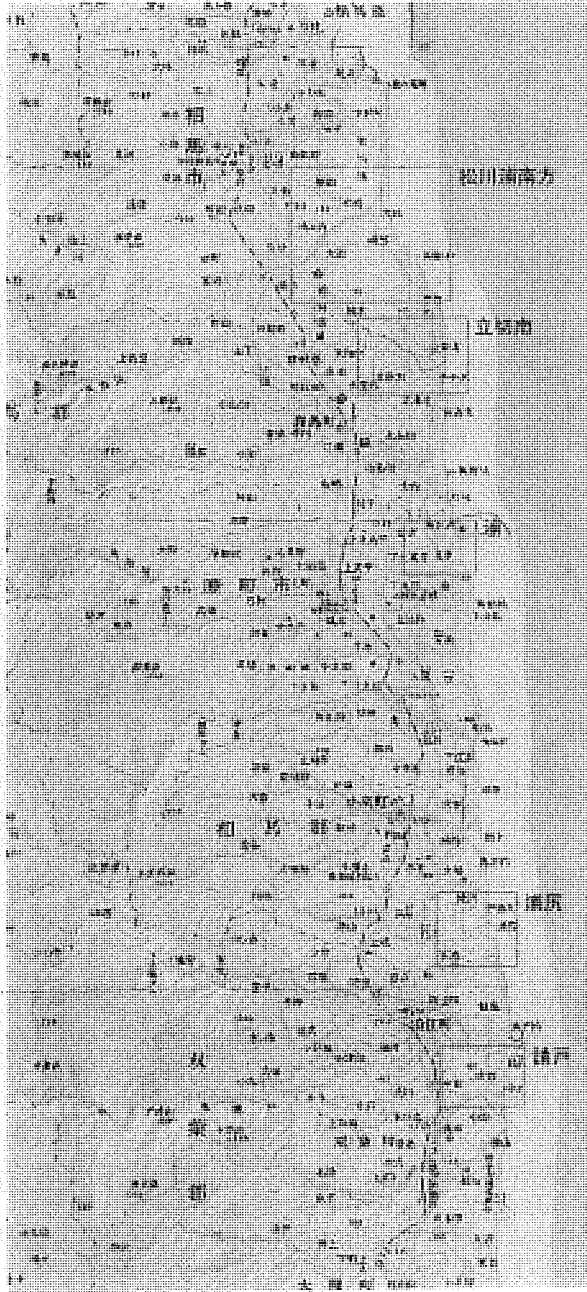


### 「津波評価技術」の改訂

現状分析・検討内容一覧

| 大項目                     | 小項目                       | 現状分析・検討内容 | 備考                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------|---------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 波源に関する事項             | 貞観津波に関する事項                |           | <ul style="list-style-type: none"> <li>仙台北野における津波堆積物の調査結果を踏まえ佐竹(2008)によって福島県前面海域に869年貞観津波の波源モデルが示されている。</li> <li>津波堆積物の取掘としての取掘について検討を行う。</li> </ul>                                                                |
|                         | 地震調査研究推進本部の知見             |           | <ul style="list-style-type: none"> <li>H14年7月地震調査研究推進本部は、三陸沖北部から房総沖の海溝寄りのプレート間大地震(津波地震)は領域内のどこでも起こりうると評価。また、三陸沖北部から房総沖の海溝寄りのプレート内大地震(正断層型)についても領域内でもどこでも起こりうると評価。</li> <li>波源としての取掘について検討する。</li> </ul>             |
|                         | 地方自治体等の知見                 |           | <ul style="list-style-type: none"> <li>【茨城県】取掘高さと「延至房総沖地震津波の千葉県沿岸～福島県沿岸での取掘高調査」(竹内他2007)に用いられている建物被害と海水深の関係を採用。</li> <li>【福島県】従来は影響が小さいとしていた海洋プレート内の正断層について評価。</li> <li>上記を含む地方自治体等の想定津波の波源について、取掘を検討する。</li> </ul> |
|                         | 環太平洋における運動型巨大地震に関する知見     |           | <ul style="list-style-type: none"> <li>スマトラ地震等を踏まえて、環太平洋における運動型巨大地震の可能性に関するレビューを行う。</li> </ul>                                                                                                                      |
|                         | 既往津波の波源モデルの再評価            |           | <ul style="list-style-type: none"> <li>既往の地震津波について、陸上地形を考慮した遡上計算を実施し、基準断層モデルの再検討を行う。</li> </ul>                                                                                                                     |
|                         | 非線形分散波方程式                 |           | <ul style="list-style-type: none"> <li>津波水位評価における分散波方程式導入の必要性について検討する。</li> <li>非線形分散波方程式を用いる場合の計算条件(格子サイズ等)について検討する。</li> </ul>                                                                                    |
|                         | 3次元解析                     |           | <ul style="list-style-type: none"> <li>波力計算等における3次元解析の有効性について検討する。</li> </ul>                                                                                                                                       |
|                         | 遠地津波の再現                   |           | <ul style="list-style-type: none"> <li>現状、遠地は線形分散波方程式(球座標)、近地は非線形長波方程式により計算しているが、近地において非線形分散波方程式を用いる必要性について検討する。</li> </ul>                                                                                         |
|                         | 海底変位の計算方法                 |           | <ul style="list-style-type: none"> <li>半無限一様媒質、水平成層、水平不均質構造(三次元構造)の影響について検討する。</li> <li>不確かさの考慮としてのパラメータスタディの妥当性検証を行う。</li> </ul>                                                                                   |
|                         | 耐震設計審査指針における不確かさの考慮に関する記述 |           | <ul style="list-style-type: none"> <li>アスペリティモデルのパラメータスタディ方法</li> </ul>                                                                                                                                             |
| 2. 数値計算手法に関する事項         |                           |           |                                                                                                                                                                                                                     |
| 3. 不確かさの考慮に関する事項        |                           |           |                                                                                                                                                                                                                     |
| 4. 津波評価技術の体系化・基準化に関する事項 |                           |           |                                                                                                                                                                                                                     |

福島県浜通り北部



福島県浜通り南部

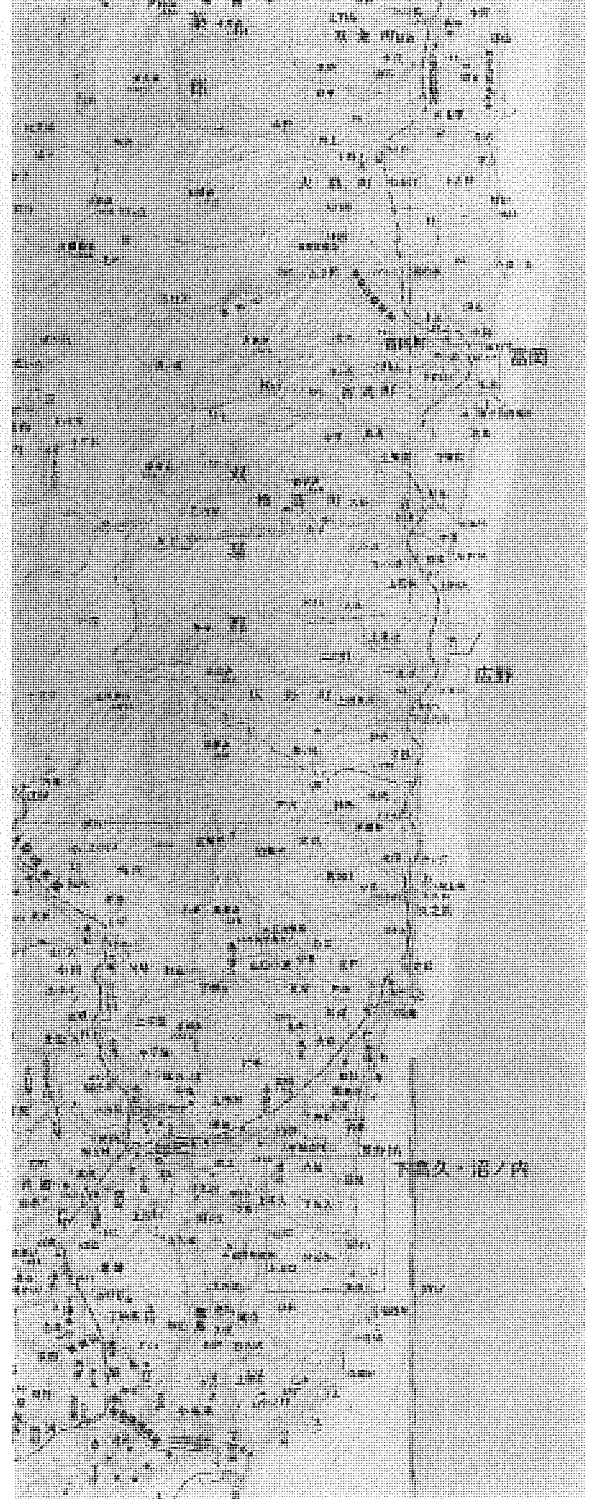
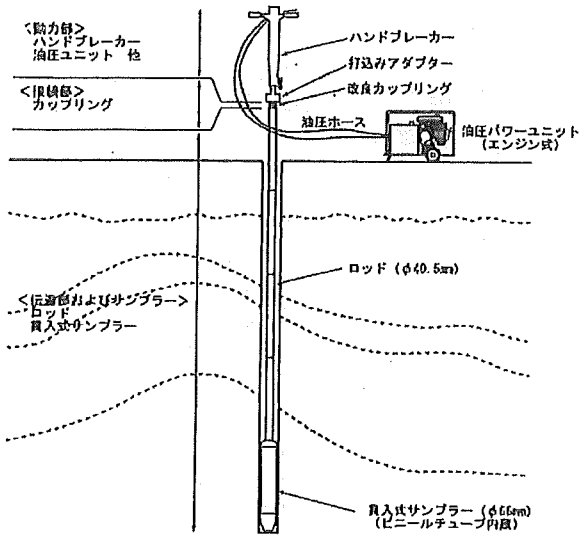


図1-1 調査位置図

パーカッション採土器構造概念図



標準セット (調査深度5m)

| 使用機器等            | 数量 | 単位 |
|------------------|----|----|
| ハンドブレイカー         | 1  | 台  |
| 油圧式パワーユニット       | 1  | 台  |
| 打ち込みアダプター        | 1  | 個  |
| カップリング           | 1  | 個  |
| ボーリングロッド         | 5  | m  |
| 貫入式サンプラー (φ66mm) | 1  | 台  |
| 小型三叉             | 1  | 基  |
| チェーンブロック         | 1  | 台  |
| ロッドホルダー          | 1  | 台  |
| 脚立               | 1  | 脚  |
| コア箱              | 1  | 箱  |
| 工具               | 1  | 式  |
| その他・燃料等          |    |    |

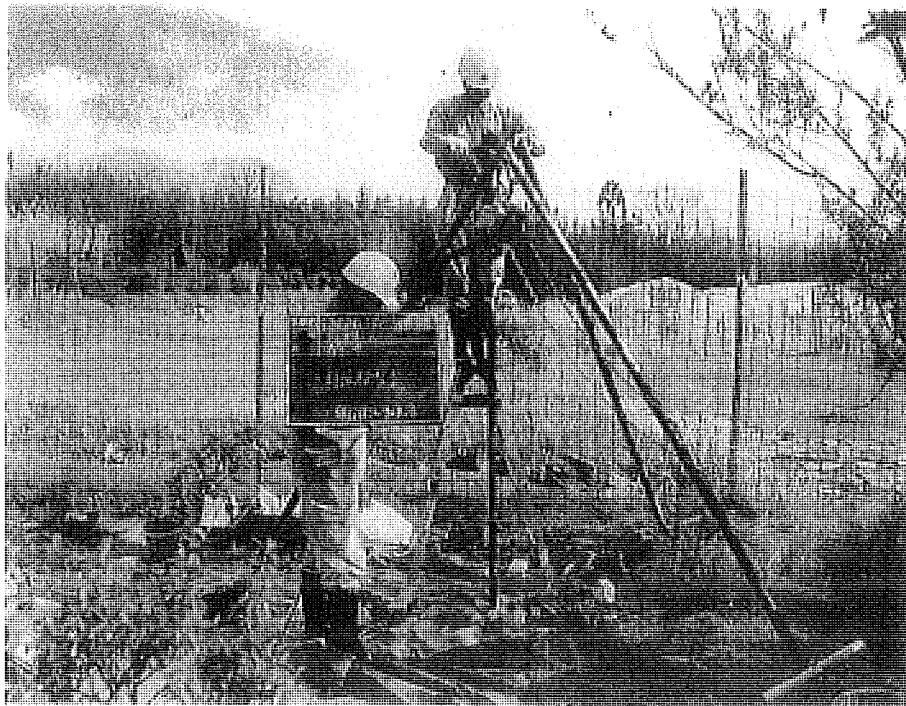


図 2-2 パーカッション式採土器の概要



# 福島第一・第二原子力発電所の津波評価(2/2)

## 3. 数値計算領域及び格子分割

近地津波の数値計算及び遠地津波の近着伝播計算における計算領域及び格子分割を図3-1に、発電所周辺の格子分割図3-2に示す。最大格子サイズ4,320mから順に2,160m、720m、240m、80m、40m、20m、10mと細分化し、発電所敷地および港湾構造物は10m格子でモデル化した。海上は格子間隔80mの領域から考慮した。遠地津波計算にあたっては、太平洋での伝播計算における空間格子間隔を極座標系で10分とした。なお、津波数値計算における諸条件については、添付資料に示すとおりである。

## 4. 想定津波の検討結果(概略検討結果)

現在、前述した条件で津波数値計算を実施中であるが、概略検討の結果、上景側で0.5~6m程度(期望平均満潮位考慮)、下景側で0.5~3.5m程度(期望平均干潮位考慮)である。引き続き解析を進め、最終報告までに発電所に対する安全性評価を終える計画である。

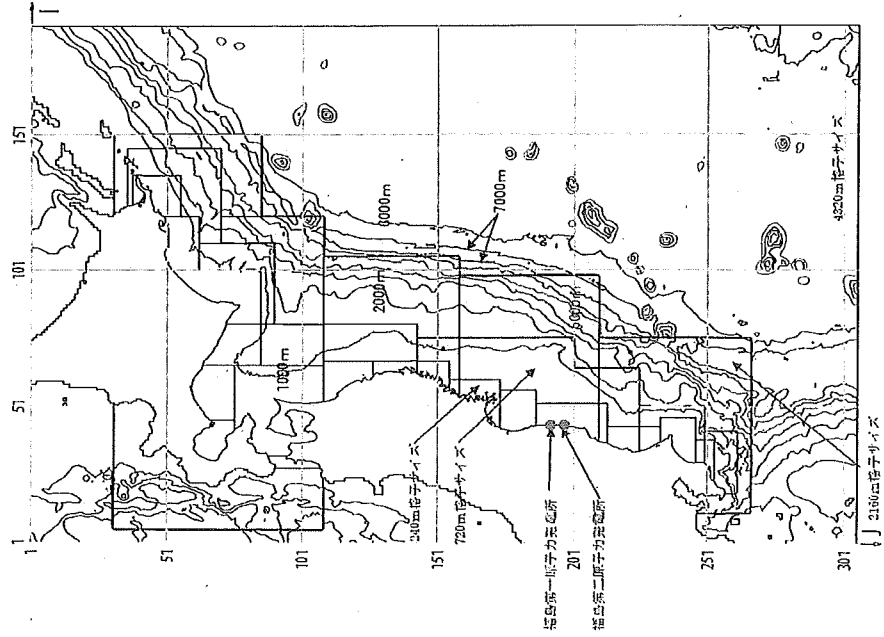


図3-1 近地津波の数値計算及び遠地津波の近着伝播計算における計算領域及び格子分割

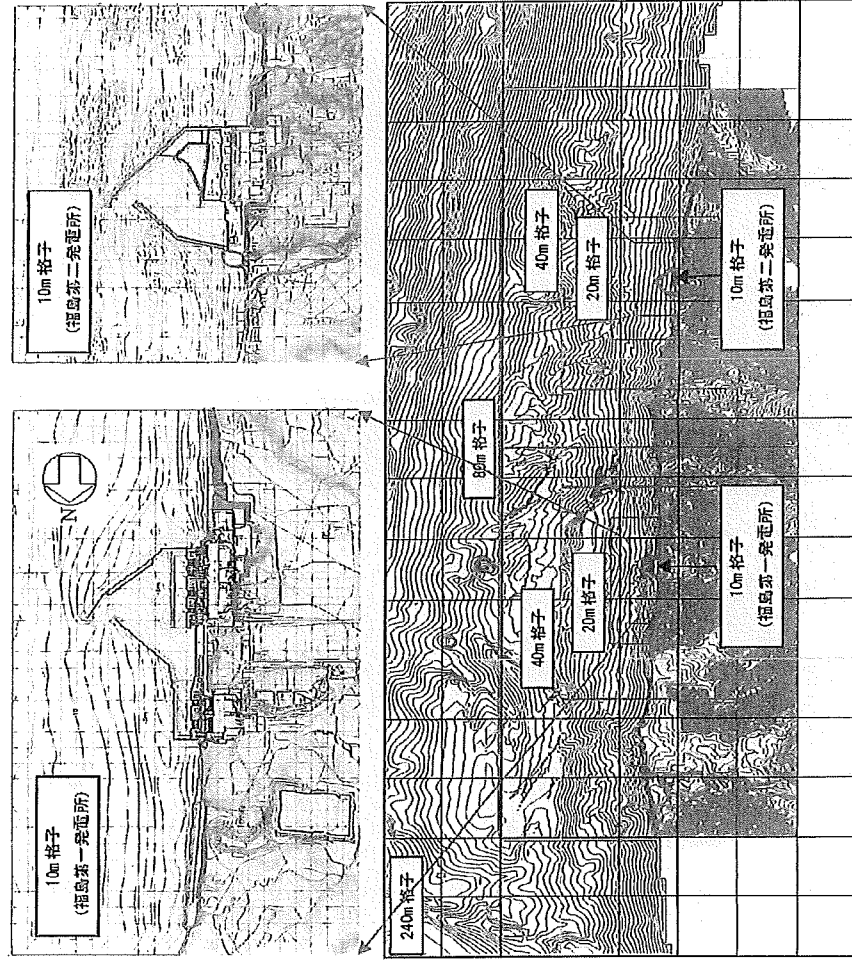
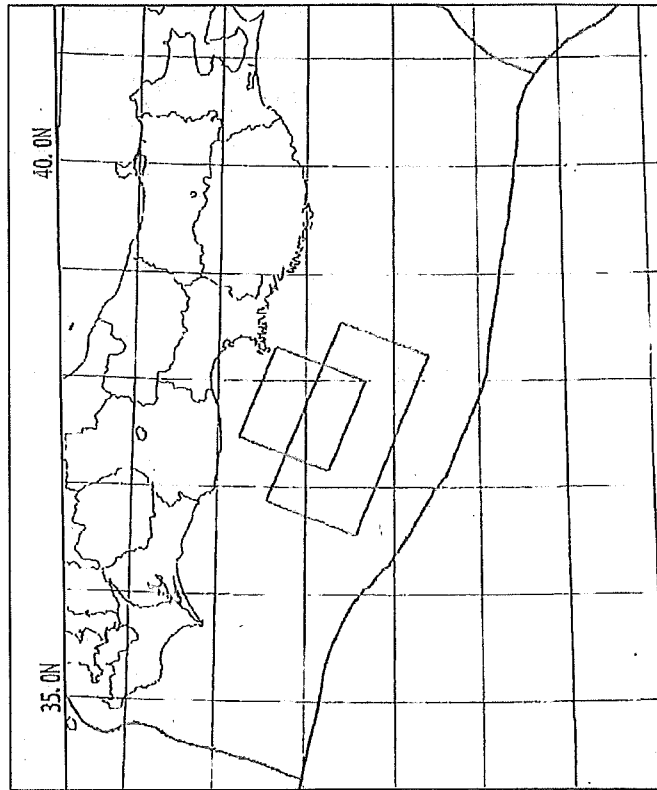


図3-2 発電所周辺の格子分割

## 石巻・川内平野における 869 年貞観津波の数値シミュレーション

### 要旨

- ・ 石巻平野, 仙台平野における津波堆積物調査の結果を踏まえて 869 年貞観津波の波源モデルを検討
- ・ 10 ケースの波源モデルによる数値シミュレーションを行った結果, すべり量 7 m 以上となる 2 ケースが最も再現性が高い (下図)
- ・ ただし, 断層の南北の広がりを知るためには, 岩手, 福島, 茨城での調査が必要



以上









石橋克彦・近代・中世地史学雑誌・小笠原純子 (2008) ハンドロニクスを用いた宮城県仙台平野 (仙台市・名取市・若沼市・花巻市・山形市) における沖波震動研究, 若沼市・古地史研究報告, No. 8, 17-20.

Sawai, Y., Fujii, Y., Fujiwara, O., Kawazaki, T., Komatsubara, J., Okamura, Y., Satake, K. and Shishikura, M. (2008) Marine incursions of the past 1500 years and evidence of tsunamis at Sujin-numa, a coastal lake facing the Japan Trench, The Holocene, 18, 517-528.

宮本純子・若沼隆浩・岡村行信・小笠原純子・Tan Tin Aung・若山洋也・藤原 浩・藤野隆弘 (2007) 仙台平野における沖波堆積物の分布と年代, 若沼市・古地史研究報告, No. 7, 31-46.

菅原大助, 若沼隆浩, 今村文彦 (2001) 西暦 869 年 陸奥地震による堆積作用とその岩相学, 沖波工学研究報告, 18, 1-10.

若沼隆浩 (1998) 日本海溝沖波地震【第 2 報】. 東京大学出版会, 288 pp.

若沼隆浩 (1998) 869 (西暦 11) 年の地震・沖波の震源と推定される沖波の波高 (若沼市, 歴史地理, 14, 83-99).

若沼隆浩 (2000) 西暦十一年 (869 年) 地震・沖波と推定される沖波の波高 (若沼市, 歴史地理, 16, 39-77).

若沼隆浩 (2001) 仙台から北緯・沖波の変遷までを明らかにする, 西暦十一年 (869 年) の地震・沖波を例として, 歴史地理, 17, 130-146.

(受付: 2008 年 8 月 31 日, 受理: 2008 年 10 月 18 日)

石橋克彦・近代・中世地史学雑誌・ゲオメタモルフォロジー (2008) 地震・沖波堆積物データベース (仙台市・名取市・若沼市) のインデックス公開.

日本地史学連合会.

Mansinha, L. and Smylie, D. E. (1971) The displacement fields of inclined faults. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 61, 1433-1440.

Minoura, K. and Nakaya, S. (1991) Traces of tsunami preserved in intertidal lacustrine and marsh deposits: some examples from northeast Japan. *J. Geology*, 99, 265-287.

Minoura, K., Imamura, E., Sugawara, D., Kono, Y. and Washita, T. (2001) The 869 Jogan tsunami deposit and recurrence interval of large-scale tsunami on the Pacific coast of northeast Japan. *J. Natural Disaster Sci.*, 23, 83-88.

佐竹隆浩・七川 太・山本 浩 (2003) 17世紀に北緯海軍部で発見した宮城県の波高モデル, 若沼市・古地史研究報告, 3, 315-362.

若沼隆浩・岡村行信・若沼隆浩・松浦五郎・Tan Tin Aung・小笠原純子・若山洋也 (2006) 仙台平野の堆積物に記録された歴史時代の巨大沖波 (1611年) 堆積物と 869 年可視沖波の波高, 地質ニュース, 624, 36-41.

若沼隆浩・若沼隆浩・岡村行信・岡田重夫・松浦五郎・Tan Tin Aung・小笠原純子・若山洋也・藤原 浩・藤野隆弘 (2007) 仙台平野・宮城県・若沼市・花巻市・山形市における沖波堆積物, 若沼市・古地史研究報告, No. 7, 47-50.

第 1 表. 本研究で検討する宮城県の沖波モデル.  
Table 1. Parameters of fault models examined in this study.

| モデル<br>Model | 断層タイプ<br>Fault type | 断層<br>deg N | 位置<br>deg E | 長さ<br>length<br>km | 幅<br>width<br>km | 突角<br>strike<br>deg | 傾斜角<br>dip<br>deg | すべり量<br>slip<br>m | 地震モーメント<br>Mo<br>Nm  | Mw  |
|--------------|---------------------|-------------|-------------|--------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-----|
| 1            | Normal Fault        | 37.91       | 144.36      | 0                  | 200              | 50                  | 202               | 45                | $2 \times 10^{21}$   | 8.1 |
| 2            | Tsunami Eq.         | 38.06       | 143.91      | 0                  | 200              | 50                  | 202               | 18                | $2 \times 10^{21}$   | 8.1 |
| 3            | d15W50              | 38.24       | 143.41      | 15                 | 200              | 50                  | 202               | 18                | $2 \times 10^{21}$   | 8.1 |
| 4            | d31W50              | 38.41       | 142.91      | 31                 | 200              | 50                  | 202               | 18                | $2 \times 10^{21}$   | 8.1 |
| 5            | d15W100             | 38.24       | 143.41      | 15                 | 200              | 100                 | 202               | 18                | $4 \times 10^{21}$   | 8.3 |
| 6            | d31W100             | 38.41       | 142.91      | 31                 | 200              | 100                 | 202               | 18                | $4 \times 10^{21}$   | 8.3 |
| 7            | d31L300             | 38.41       | 142.91      | 31                 | 300              | 50                  | 202               | 18                | $3 \times 10^{21}$   | 8.3 |
| 8            | d31L100d10          | 38.00       | 142.68      | 31                 | 100              | 100                 | 202               | 18                | $4 \times 10^{21}$   | 8.3 |
| 9            | Sendai Bay Fault    | 38.30       | 141.20      | 1                  | 40               | 20                  | 160               | 45                | $1.2 \times 10^{21}$ | 7.5 |
| 10           | d15W100u7           | 38.24       | 143.41      | 15                 | 200              | 100                 | 202               | 18                | $5.6 \times 10^{21}$ | 8.4 |

断層タイプは断層面上部の北緯の位置・長さ・深さ・地震モーメントの単位には、モデル 9 以外は断層長さ  $\times 10^6$  Nm、モデル 9 については  $3 \times 10^6$  Nm を仮定した。

第 2 表. 研究対象の 10 組のモデルから計算した、沖波 (km) と最良の沖波堆積物の位置との比較.  
Table 2. Inundation distances (in km) along profiles computed for ten models of the Jogan tsunami, compared with the location of the most inland tsunami deposits.

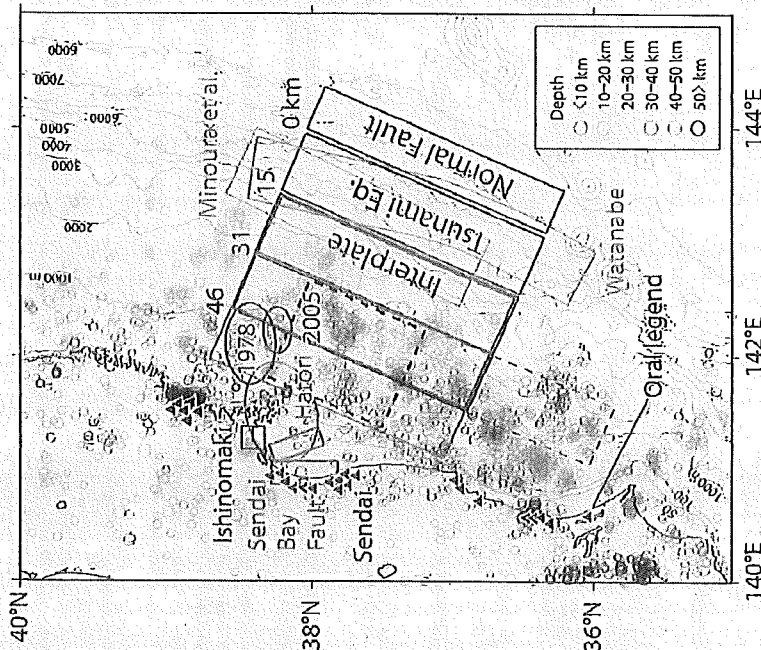
| Inundation<br>ratio<br>(5m/Dep.) | Tsunami<br>deposit | Model 1<br>Normal<br>Fault |           | Model 2<br>Tsunami<br>Eq. |           | Model 3<br>d15W50 |           | Model 4<br>d31W50 |           | Model 5<br>d15W100 |           | Model 6<br>d31W100 |           | Model 7<br>d31L300 |           | Model 8<br>d31L100u10 |           | Model 9<br>Sendai<br>Bay Fault |           | Model 10<br>d15W100u7 |           |  |
|----------------------------------|--------------------|----------------------------|-----------|---------------------------|-----------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|-----------------------|-----------|--------------------------------|-----------|-----------------------|-----------|--|
|                                  |                    | Average                    | Std. Dev. | Average                   | Std. Dev. | Average           | Std. Dev. | Average           | Std. Dev. | Average            | Std. Dev. | Average            | Std. Dev. | Average            | Std. Dev. | Average               | Std. Dev. | Average                        | Std. Dev. | Average               | Std. Dev. |  |
| WA                               | 1.5                | 0.1                        | 0.1       | 0.5                       | 0.5       | 1.5               | 1.5       | 1.5               | 1.5       | 1.5                | 1.5       | 1.5                | 1.5       | 1.5                | 1.5       | 1.5                   | 1.5       | 0.1                            | 0.1       | 1.6                   | 1.6       |  |
| A1                               | 3.4                | 0.0                        | 0.0       | 2.2                       | 2.3       | 2.3               | 2.3       | 2.3               | 2.3       | 2.3                | 2.3       | 2.3                | 2.3       | 2.3                | 2.3       | 2.3                   | 2.3       | 0.0                            | 0.0       | 3.1                   | 3.1       |  |
| Y                                | 3.2                | 0.0                        | 0.0       | 1.4                       | 1.4       | 1.7               | 1.8       | 1.4               | 1.4       | 1.7                | 1.8       | 1.4                | 1.4       | 1.7                | 1.8       | 1.4                   | 1.4       | 0.0                            | 0.0       | 2.8                   | 2.8       |  |
| Sendai                           |                    |                            |           |                           |           |                   |           |                   |           |                    |           |                    |           |                    |           |                       |           |                                |           |                       |           |  |
| h                                | 3.0                | 0.0                        | 0.0       | 1.0                       | 1.0       | 1.4               | 1.4       | 2.0               | 2.0       | 2.0                | 2.0       | 2.0                | 2.0       | 2.0                | 2.0       | 2.0                   | 2.0       | 0.0                            | 0.0       | 3.1                   | 3.1       |  |
| b                                | 3.8                | 0.0                        | 0.0       | 2.2                       | 2.2       | 1.3               | 1.3       | 2.8               | 2.8       | 2.8                | 2.8       | 2.8                | 2.8       | 2.8                | 2.8       | 2.8                   | 2.8       | 0.0                            | 0.0       | 3.2                   | 3.2       |  |
| c                                | 4.2                | 0.0                        | 0.0       | 1.1                       | 1.1       | 3.3               | 3.1       | 3.3               | 3.3       | 3.3                | 3.3       | 3.3                | 3.3       | 3.3                | 3.3       | 3.3                   | 3.3       | 0.0                            | 0.0       | 4.1                   | 4.1       |  |
| d                                | 3.5                | 0.2                        | 0.2       | 1.7                       | 1.7       | 2.1               | 2.0       | 2.9               | 2.9       | 2.9                | 2.9       | 2.9                | 2.9       | 2.9                | 2.9       | 2.9                   | 2.9       | 0.0                            | 0.0       | 3.6                   | 3.6       |  |
| e                                | 2.5                | 0.0                        | 0.0       | 1.4                       | 1.4       | 1.7               | 1.4       | 2.3               | 2.3       | 2.3                | 2.3       | 2.3                | 2.3       | 2.3                | 2.3       | 2.3                   | 2.3       | 0.0                            | 0.0       | 2.9                   | 2.9       |  |
| Average                          | 0.01               | 0.24                       | 0.58      | 0.51                      | 0.77      | 0.78              | 0.60      | 0.99              | 0.99      | 0.99               | 0.99      | 0.99               | 0.99      | 0.99               | 0.99      | 0.99                  | 0.99      | 0.12                           | 0.12      | 0.09                  | 0.09      |  |
| Std. Dev.                        | 0.02               | 0.21                       | 0.13      | 0.14                      | 0.17      | 0.16              | 0.23      | 0.08              | 0.08      | 0.08               | 0.08      | 0.08               | 0.08      | 0.08               | 0.08      | 0.08                  | 0.08      | 0.19                           | 0.19      | 0.09                  | 0.09      |  |

The lowest two lines indicate averages and standard deviations of distance ratio (formulated inundation distance / furthest tsunami deposit from case). Bold rank A and B deposits are included in the calculations. The averages and standard deviations shown in bold are the preferred models.

第3表. 10個のモデルから計算した津波の高さ (m) と津波の浸襲域の面積 (km<sup>2</sup>) との比較.  
Table 3. The water heights (in meters) along profiles computed for ten models of the Jogan tsunami, compared with the altitudes (in meters) of the most inland tsunami deposits.

| Ishinomaki   | Tsunami deposit | Model 1      | Model 2     | Model 3 | Model 4 | Model 5 | Model 6 | Model 7 | Model 8  | Model 9  | Model 10         |
|--------------|-----------------|--------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|------------------|
|              |                 | Normal Fault | Tsunami Eq. | d15W50  | d31W50  | d15W100 | d31W100 | d31L500 | d31L1000 | d31L1000 | Sendai Bay Fault |
| WA           | 1.9             | 1.7          | 2.0         | 2.2     | 2.2     | 2.4     | 2.0     | 2.1     | 2.7      | 2.4      | 3.6              |
| A1           | 1.7             | 1.8          | 2.1         | 0.7     | 0.8     | 1.1     | 1.2     | 1.0     | 1.9      | 1.6      | 1.7              |
| Y            | 2.6             | 1.8          | 2.1         | 2.1     | 1.9     | 2.4     | 2.4     | 2.1     | 2.5      | 1.4      | 2.5              |
| Sendai       |                 |              |             |         |         |         |         |         |          |          |                  |
| a            | 2.0             | 2.0          | 1.1         | 1.6     | 1.4     | 1.7     | 1.7     | 1.3     | 2.4      | 2.2      | 2.4              |
| b            | 3.3             | 2.2          | 1.1         | 1.5     | 1.3     | 1.6     | 1.7     | 1.3     | 2.5      | 2.2      | 2.5              |
| c            | 2.5             | 1.8          | 0.9         | 1.2     | 1.0     | 1.3     | 1.4     | 1.0     | 2.0      | 2.0      | 2.1              |
| d            | 3.0             | 1.0          | 1.1         | 1.9     | 2.0     | 2.3     | 2.5     | 2.0     | 3.5      | 1.3      | 3.2              |
| e            | 3.9             | 1.7          | 2.1         | 3.0     | 2.7     | 3.1     | 3.0     | 2.7     | 4.0      | 2.0      | 4.1              |
| Height ratio | Average         | 0.72         | 0.65        | 0.68    | 0.64    | 0.78    | 0.78    | 0.66    | 1.04     | 0.78     | 1.09             |
| (Stm/Dep)    | Std. Dev.       | 0.26         | 0.55        | 0.23    | 0.25    | 0.23    | 0.17    | 0.22    | 0.21     | 0.24     | 0.34             |

The lowest two lines indicate averages and standard deviations of height ratio (simulated inundation height / altitudes of the most inland tsunami deposit). Both rank A and B deposits are included in the calculations. The averages and standard deviations shown in bold are the preferred models.



第1図. 10個のモデルから計算した津波の高さ (m) と津波の浸襲域の面積 (km<sup>2</sup>) との比較.  
Fig. 1. Fault models of the Jogan tsunami. The fault models tested in this study are the normal fault (tsunami earthquake and interplate earthquake models (widths 50 km) shown by black solid lines), interplate models with different fault height (shown by black dashed lines), with different fault widths (green and blue lines), and an active fault in Sendai Bay (dark green). In addition, those proposed by Harot (1998), Watanabe (2000) and Minoura et al. (2001) are shown. The source areas of 1978 and 2005 Miyagi-oki earthquakes are also shown. Color circles indicate seismicity in this region between October 1997 and March 2007, according to Japan Meteorological Agency data. Numerals beside the faults (0 km, 15, 31, and 40) indicate upper depth of the faults. Triangles show locations where and legends of the 869 Jogan earthquake and tsunami were reported (Watanabe, 2000).