

津波評価に関する経緯（「869年貞観の地震」等）

平成 23 年 6 月 8 日

耐震安全審査室

- 平成 5 年 7 月
北海道南西沖地震発生（奥尻島などが大津波に襲われる。）

- 平成 8 年
関連省庁（運輸省、建設省、水産庁、農林水産省、気象庁、消防庁、国土庁）によって「太平洋沿岸部津波防災計画手法調査」が行われ、日本沿岸各地の津波高さを評価するなど津波防災強化の手引きが公表される。（別紙 1）

- 平成 11 年
土木学会原子力土木委員会において津波の評価手法について調査・検討を開始。

- 平成 14 年 2 月
土木学会原子力土木委員会において、「原子力発電所の津波評価技術」がとりまとめられた。

- 平成 18 年 9 月 20 日
原子力安全・保安院は、事業者に対して新耐震指針に基づき、耐震バックチェックを行うよう指示。

- 平成 20 年 3 月 31 日
東京電力が「新耐震指針に基づく耐震安全性評価結果中間報告書」を提出（別紙 2）。保安院にて審議開始。

- 平成 21 年 6 月 24 日及び 7 月 13 日
耐震・構造設計小委員会合同WGにて、岡村委員から「評価書の中で、貞観の地震について触れていないのは如何か。少なくとも塩屋崎沖地震とは全く比べものにならないほど大きい津波が来たことは明確。」との指摘。これに対して、事務局から、「最終報告書の評価の際に検討させていただく。」旨回答（別紙 3 及び 4）。

- 平成 21 年 7 月 21 日
福島第一原子力発電所の基準地震動 S_s の策定及び代表号機として 5 号機の

主要施設の耐震安全性評価が妥当である旨、保安院の評価結果を公表(別紙5)。

○平成22年3月24日

森山審議官が、院長を始め上層部に、福島第一原子力発電所3号機のプルサーマルのための中間評価に当たり、「869年の貞観の地震による津波評価」について、不確定要素がある旨説明(別紙6)。

○平成22年3月29日

福島県知事は、直嶋経済産業大臣を訪ね、福島第一原子力発電所3号機でのプルサーマル実施に同意するに当たって、必要不可欠な技術的要件として、3条件(「耐震安全性の確認」、「高経年化対策の確認」及び「長期保管後のMOX燃料の健全性」)を要望。

○平成22年5月24日

地球惑星科学連合大会にて、東北大学今泉教授らが、「869年の貞観の地震では、福島県浪江町において、津波堆積物の調査により、福島県内陸部まで、浸水していた。」ことを発表(別紙7)。

○平成22年5月27日

耐震・構造設計小委員会構造ワーキンググループの会合の場において、保安院から、「既に福島第一原子力発電所の代表号機として5号機の耐震バックチェックの中間報告を終えているところであるが、さらに3号機についても、耐震安全性評価作業の特別な扱いとして「中間報告書」の評価作業に着手する旨」説明(別紙8)。

○以降、同構造ワーキンググループのサブグループで3回審議(6月17日、6月29日及び7月6日)。

○その後、7月16日の同構造ワーキンググループで3号機に関する中間報告書を了承

○平成22年7月26日

1F3号機のプルサーマル実施に当たり、福島県知事からの要望である技術的3条件(MOX燃料の健全性)について、原子力安全・保安院は評価が完了した旨公表(別紙9)。

○平成22年8月

(独)産業技術総合研究所活断層・地震研究センターニュースにて、「869

年の貞観地震津波については、津波堆積物により、仙台平野で3～4 km内陸部まで、福島県沿岸で1.5 km内陸部まで、浸水していた。また、同規模の津波が450～800年程度の再来間隔で、過去繰り返し起きていたこともわかり、近い将来に再び起きる可能性も否定できない。」ことを岡村らが発表（別紙10）。

○平成22年11月

（独）産業技術総合研究所の佐竹氏らが、仙台平野や福島県における津波堆積物調査結果に基づき、869年の貞観地震津波の波源モデルを論文発表（別紙11）。

○平成23年3月1日13:00～

文科省地震・防災研究課と原子力安全・保安院との第1回意見交換会
（初顔合わせで、それぞれの取り組みを説明。今後、継続的に意見交換をすることを確認。）

○平成23年3月3日10:00～

文科省地震・防災研究課と電力事業者(東電、日本原電、東北電)との情報交換。
東電は、「貞観地震について、震源は未だ特定できていないこと、繰り返し発生しているかはわからないこと。」を公表資料に明記するよう要望したとのこと（別紙12）。

○平成23年3月7日17:00～

耐震安全審査室と東電との打合せ（小林、名倉出席）

保安院：貞観の地震の評価について、推本では、長期評価手法を4月にも公表する予定とのこと。今後、確実に対応しなければならない。

東電：推本の公表の後、平成24年10月頃までに土木学会の評価手法の見直しを行い、対策工事を実施したい。

保安院：推本の長期評価が発表されたら、直ぐに問われる。もっと早い対策が必要。

○平成23年3月11日 14:46

東北地方太平洋沖地震発生

（注）赤字：福島第一原子力発電所3号機プルサーマル関係

青字：869年貞観津波地震関係

「太平洋沿岸部地震津波防災計画手法調査 (太平洋津波調査)」に係る津波高の検討について

運輸省、建設省、水産庁、農林水産省、気象庁、消防庁、国土庁による太平洋沿岸部地震津波防災計画手法調査 (以下「太平洋津波調査」という。) に基づく、各原子力地点での津波高について検討を行った。

(1) 断層モデル

図-1 に太平洋津波調査の想定地震断層モデルと各原子力地点の位置を、また、表-1 にこれら原子力地点に関連する太平洋津波調査における想定地震の断層パラメータを示す。

図-1 想定地震断層モデルと各原子力地点の位置

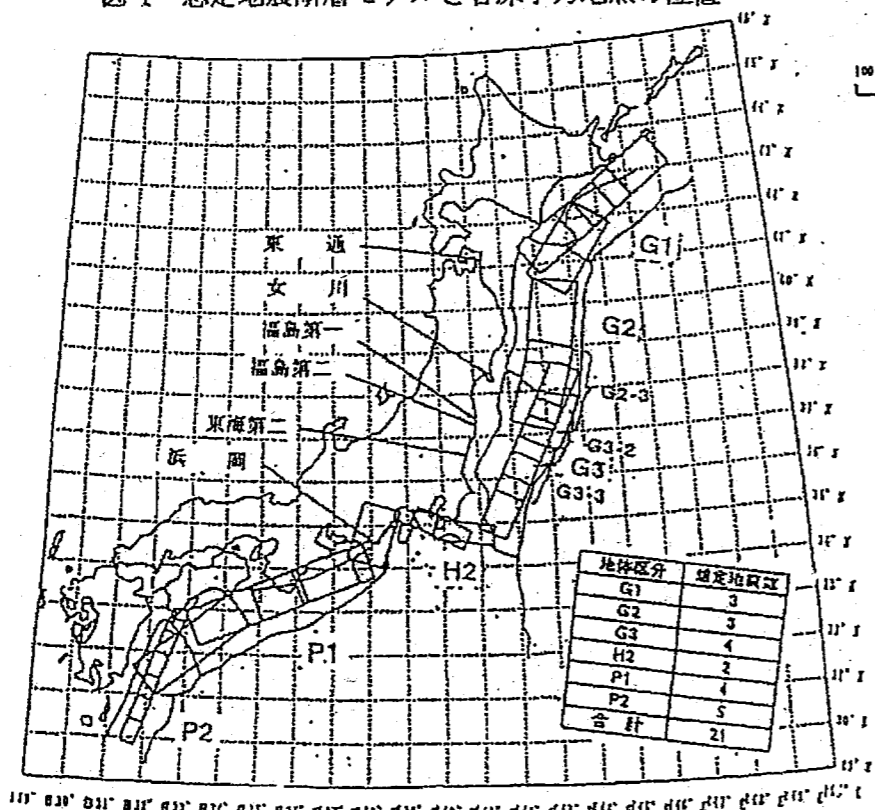


表-1 想定地震の断層パラメータ

想定地震名	地体区分	M _{max}	d (km)	δ (°)	λ (°)	L (km)	W (km)	U (cm)	M ₀ (dyne cm)
G2-1,2,3	G 2	8.5	1	20	85	220	120	720	9.50E+28
G3-1,2,3,4	G 3	8.0	1	20	85	150	80	490	2.94E+28
P1-1,2,3,4	P 1	8.4	2	20	105	300	100	670	1.01E+29

(2) 太平洋津波調査における各原子力地点の津波高

各原子力地点について、太平洋津波調査の資料から読み取れる津波高と敷地高等を表-2 に示す。また、太平洋津波調査の想定地震断層モデルに基づいて数値シミュレーションを実施している原子力地点については、計算結果を併せて示す。

表-2 太平洋津波調査における各原子力地点の津波高

地点名	東 通	女 川	福島第一	福島第二	東海第二	浜 岡
主要施設の敷地高	T.P.+13.0m	O.P.+14.8m	O.P.+10.0m 以上	O.P.+12.0m 以上	H.P.+8.89m	T.P.+6.0m
評価値	モーター高さ		O.P. +5.580m*2	O.P. +5.455 m*2	H.P.+3.09 ~+3.67m	T.P.+6.5m
	ポンプ評価値	(取水口敷高) T.P.-5.5m	(取水口敷高) 1号:O.P.-4.0 m 2号:O.P.-5.3 m 3号:O.P.-4.7 m	(ポンプ吸込み口レベル) 1,2号: O.P.-2.950m以下 3,5,6号: O.P.-3.550m以下 4号: O.P.-3.470m以下	(ポンプ吸込み口レベル) O.P. -3.165m*2	(ポンプ吸込み口レベル) H.P.-1.41m 以下
太平洋津波調査による計算値	(平均) 4.1m (最大) 6.5m	(平均) 8.7m (最大) 14.8m	(平均) 6.4~6.8m (最大) 7.0~7.2m	(平均) 5.4~6.0m (最大) 6.5~6.8m	(平均) 5.3m (最大) 5.8m	(平均) 5.1m (最大) 7.4m
朔望平均満潮位	T.P. +0.61m	O.P. +1.43m	O.P. +1.359m	O.P. +1.505m	H.P. +1.38m	T.P. +0.744m
太平洋津波調査による津波高*1	(平均) T.P.+4.7m (最大) T.P.+7.1m	(平均) O.P.+10.1m (最大) O.P.+16.2m	(平均) O.P. +7.8~+8.2m (最大) O.P. +8.4~+8.6m	(平均) O.P. +6.9~+7.5m (最大) O.P. +8.0~+8.3m	(平均) H.P.+6.7m (最大) H.P.+7.2m	(平均) T.P.+5.8m (最大) T.P.+8.1m
数値シミュレーション結果*1	(最高) T.P. +4.1~+3.9m (最低) T.P. -3.7~-4.4m	(最高) O.P.+6.0m (最低) O.P.-5.3m	(最高) O.P.+4.8m*2 (最低) 1号: O.P.-2.8m 2,3,5号:O.P.-2.9m 4,6号: O.P.-3.0m	(最高) O.P.+5.3m*2 (最低) O.P.-2.6m*2	(最高) H.P.+5.4m (最低) H.P.-1.7m	(最高) T.P.+8.1m (最低) 取水塔設置位置の海底が露出する。
評 価	上昇側, 下降側とも評価値を超えない。	上昇側は評価値を超えない。下降側は取水路の貯留水量で対処。	上昇側, 下降側とも評価値を超えない。	上昇側, 下降側とも評価値を超えない。	上昇側は、ポンプモーター周辺の隔壁を超えない。下降側が取水不可となる間は、RCICにて対処。	上昇側は敷地前面砂丘(T.P.+10~15m)で対処。下降側は取水槽の貯留水量で対処。

* 1 : 朔望平均満潮位及び朔望平均干潮位を考慮。 * 2 : 各号機の値のうち評価上最も厳しいものを記載。

平成20年3月31日
経済産業省
原子力安全・保安院

**「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の改訂に伴う
耐震安全性評価に関する原子力事業者等からの報告等について**

経済産業省原子力安全・保安院（以下「当院」という。）より、平成18年9月20日付けで、原子力事業者等へ発出した「「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の改訂に伴う既設発電用原子炉施設の耐震安全性の評価等の実施について」等に基づき、本日（平成20年3月31日）、原子力発電所等の耐震安全性評価についての報告書等が原子力事業者等から当院に提出されましたので、お知らせします。

1. 平成18年9月19日付けで原子力安全委員会により「「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の耐震安全性に係る安全審査指針類」（以下「耐震指針」という。）が改訂されました。
2. 耐震指針の改訂を受け、当院は、平成18年9月20日、原子力事業者等に対して、稼働中又は建設中の発電用原子炉施設等について、改訂された耐震指針に照らした耐震安全性評価を実施し、その結果を当院に報告すること及び耐震安全性評価の実施に先立ち実施計画書を提出することを求めました。
3. これを受けて、平成18年10月18日付けで各原子力事業者等から実施計画書の提出があり、さらに、平成19年7月16日に発生した新潟県中越沖地震を踏まえた経済産業省からの指示に基づき、同年8月20日に各原子力事業者等から見直された実施計画書の提出がありました（平成19年8月20日発表済み）。
4. 本日（平成20年3月31日）、発電用原子炉施設等の耐震安全性評価について、独立行政法人日本原子力研究開発機構から最終報告が、北海道電力株式会社、東京電力株式会社、関西電力株式会社、九州電力株式会社及び日本原子力発電株式会社から中間報告がありました。また、日本原子力発電株式会社からは、平成17年2月の当院からの指示に対する報告も併せてありました。

総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会
耐震・構造設計小委員会 地震・津波、地質・地盤
合同WG（第32回）議事録

日 時：平成21年6月24日（水）10:00～12:30

場 所：経済産業省別館10階 各省庁共用1028号会議室

出席者：	主	査	額	一
	委	員	安	俊
			達	夫
			吾	崇
			妻	崇
			阿	信
			部	太
			信	郎
			岩	和
			下	義
			宇	寛
			根	寛
			岡	行
			村	信
			衣	善
			笠	博
			駒	広
			田	也
			杉	雄
			山	一
			高	賢
			島	二
			古	孝
			村	志
			吉	龍
			中	之
				進

<敬称略・五十音順>

○頼瀬主査 定刻になりましたので、始めさせていただきますと思います。

まず、定足数の確認をお願いいたします。

○川原耐震安全審査室長 本日は、御多用中にもかかわらず、御出席いただきましてありがとうございます。
ございます。

定足数の確認の前に、事務局より連絡をさせていただきます。

先回の合同ワーキングでも御紹介させていただきましたけれども、前回御欠席のため、改めて御紹介させていただきます。

東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター教授の古村孝志委員です。

古村委員におかれましては、今後ともよろしくお願ひしたいと思います。

それでは、定足数の確認をいたします。

当ワーキングの定足数は、委員25名に対しまして過半数でございますので13名となっております。ただいまの出席委員は13名ですので定足数を満たしてございます。

以上でございます。

○頼瀬主査 それでは、資料の確認をお願いいたします。

○川原耐震安全審査室長 それでは、お手元の資料を確認させていただきます。

まず、一番上に座席表がございまして、その次に委員名簿がございまして、その次が本日の議事次第ということで、別紙ということで、次の紙に配付資料一覧表を記載してございます。

次に、資料の確認をさせていただきます。

まず、東京電力から資料が1点ございます。合同W32-1ということで、福島第一と第二の敷地周辺の地質・地質構造及び基準地震動Ssの策定について（概要）という資料でございます。

続きまして、事務局からの資料が5点ございます。合同W32-2-1が、福島第一にかかわる中間報告の評価について（案）という資料でございます。

次に、合同W32-2-2が、福島第二の4号機の中間報告の評価について（案）という資料でございます。

次に、合同W32-3-1が、日本原燃の再処理施設等の耐震安全性評価についてということで、コメント回答でございます。

次に、合同W32-3-2が、日本原燃株式会社の再処理施設等の耐震安全性の確認結果についてということで、当院の資料でございます。

合同W32-3-3が、合同ワーキングBサブグループにおける審議状況という資料でございます。

あと、テーブル席には、参考資料といたしまして、合同ワーキングAサブグループの福島第一、第二の審議状況について資料を置かせていただいております。

続きまして、ほかの机上資料でございますけれども、キングファイルの資料といたしまして、厚い方でございますが、福島第一、第二の資料集と合同ワーキング及び合同Bサブグループのこれまでの六ヶ所にかかわる資料を用意させていただきました。

また、いつものように机上資料2といたしまして資料を用意してございます。

あと、バックチェックの報告書本体につきましては、事務局の方で用意してございます。

配付資料及び机上資料は以上でございます。

○頼瀬主査 資料に不備などありましたら、事務局へお申し付けください。

また、前回議事録については、現在作成中とのことですので、次回会合時に配付させていただきます。

それでは、議事に入らせていただきます。本日の最初の議題は、福島第一、福島第二原子力発

ただし、東傾斜について検討したその材料となったものにつきましては、例えば、机上資料の35ページをごらんいただければと思うんですけども。先生方のお手元に配っている机上資料、一番分厚いもの、202ページある資料の中の35ページをごらんいただければと思います。

こちらは、私が先ほど御説明しました双葉断層の北部の中の更に主要部といえますか、新しい時代の活動が確認されている部分になります。ここは榑原という地点になりまして、こちらはL3面に変位を与えていることが確認されているものでありまして、現地調査でも先生方に御確認いただいた断層露頭になります。

こちらの断層露頭を見ますと、ちょっと字が小さくて恐縮ですけれども、スケッチの一番下の部分に断層の記号Fがあつて、走向がN4W、それから傾斜が74°Eとなつてございます。例えばこういったものがございまして、地表だけの角度なんだとは思いますが、こういった、全体としては非常に高角度です。ただし、西傾斜のものも確認されておりますし、東傾斜のものも確認されていることを踏まえまして、こういった地質調査結果がありましたので、その辺を参考にしたということになります。

地質調査の補足は以上でございます。

○東京電力(西村) 今、高尾から申し上げたとおりなんですけれども、そういう意味では、70ページの「地質調査結果に基づき設定」という言葉が、ちょっと言葉足らずだったということで、申し訳なく思います。

保安院さんで取りまとめいただいた内容が、我々がお示ししてきたこととございまして、その結果をきちんと書いていただいたのが、むしろ保安院さんの評価結果でございまして、そういう意味で、私どもの書きぶりですとちょっと足りないところがあったことは申し訳ないと思います。

内容としましては、今、高尾が申しましたとおり、東傾斜、西傾斜とありまして、多分それは地表だけだと思うんですけども、地震動評価上の不確かさということで検討させていただいたと御理解ください。よろしくお願いたします。

○頼瀬主査 よろしいでしょうか。

今日、もし特に大きな御異論がなければ、あとは修文だけになってしまいますので、多少なりとも何か御疑念の点があれば是非発言していただきたいと思います。高島先生。

○高島委員 確認したいんですが、87ページ、1F、2Fとも一緒なんですけれども、基準地震動の2Hで0.6秒から長周期側のスペクトルをどのように決めたかがちょっと読み取れないんです。

○東京電力(西村) 青い線が長周期側で見えないという御質問でございましょうか。

○高島委員 そうです。

○東京電力(西村) 済みません。これは本当に図示上の悪さで、緑の線と重なっております。

○高島委員 文章表現でも結構ですから、明記しておくべきかと思ひます。

○東京電力(西村) わかりました。失礼しました。

○頼瀬主査 岡村先生どうぞ。

○岡村委員 まず、プレート間地震ですけれども、1930年代の塩屋崎沖地震を考慮されているんですが、御存じだと思いますが、ここは貞観の津波というか貞観の地震というものがあつて、西暦869年でしたか、少なくとも津波に関しては、塩屋崎沖地震とは全く比べ物にならない非常にでかいものが来ているということはおもうわかっていて、その調査結果も出ていると思うんですが、それに全く触れられていないところはどのようにしてなのかということをお聴きしたいんです。

○東京電力(西村) 貞観の地震について、まず地震動の観点から申しますと、まず、被害がそれほど見当たらないということが1点あると思ひます。あと、規模としては、今回、同時活動を

考慮した場合の塩屋崎沖地震でマグニチュード7.9相当ということになるわけですが、地震動評価上は、こういったことで検討するということが問題ないかと考えてございます。

○岡村委員 被害がないというのは、どういう根拠に基づいているのでしょうか。少なくともその記述が、信頼できる記述というのは日本三大実録だけだと思うんですよ。それには城が壊れたという記述があるんですよね。だから、そんなに被害が少なかったという判断をする材料はないのではないかと思うんですが。

○東京電力(西村) 済みません、ちょっと言葉が断定的過ぎたかもしれません。御案内のように、歴史地震ということもありますので、今後こういったことがどうであるかということについては、研究的には課題としてとらえるべきだと思っておりますが、耐震設計上考慮する地震ということで、福島地点の地震動を考える際には、塩屋崎沖地震で代表できると考えたということでございます。

○岡村委員 どうしてそうなるのかはよくわからないんですけども、少なくとも津波堆積物は常磐海岸にも来ているんですよね。かなり入っているというのは、もう既に産総研の調査でも、それから、今日は来ておられませんけれども、東北大の調査でもわかっている。ですから、震源域としては、仙台の方だけではなくて、南までかなり来ているということを想定する必要はあるだろう、そういう情報はあると思うんですよね。そのことについて全く触れられていないのは、どうも私は納得できないんです。

○名倉安全審査官 事務局の方から答えさせていただきます。

産総研の佐竹さんの知見等が出ておりますので、当然、津波に関しては、距離があったとしても影響が大きいと。もう少し北側だと思いますけれども。地震動評価上の影響につきましては、スペクトル評価式等によりまして、距離を現状の知見で設定したところでどこら辺かということ設定しなければいけないのですけれども、今ある知見で設定してどうかということで、敷地への影響については、事務局の方で確認させていただきたいと考えております。

多分、距離的には、規模も含めた上でいくと、たしか影響はこちらの方が大きかったと私は思っていますので、そこら辺はちょっと事務局の方で確認させていただきたいと思います。

あと、津波の件については、中間報告では、今提出されておられませんので評価しておりませんが、当然、そういった産総研の知見とか東北大学の知見がある、津波堆積物とかそういうことがありますので、津波については、貞観の地震についても踏まえた検討を当然して本報告に出してくると考えております。

以上です。

○額主査 やはり地震動も、少なくとも検討したということはないとまずいと思いますけれども、そのようにお願いしたいと思います。

宇根先生どうぞ。

○宇根委員 全然別件です。Aサブで詳細に検討されたということですので、基本的にはそれに従うのかなと思うんですが、1つだけ気になっていることをお話ししておきますと、双葉断層の南の止めに関してですが、馬場地点というところ、25ページにレーザーの鳥瞰図が出ています。それで、ここで赤い四角で囲ったところの上側に扇状地性の地形が見えますが、そこに緑の線が引いてありますけれども、地形学的に見ると、扇状地にこういう方向の崖があるのは変位地形以外には考えられないので、活断層である確率は非常に高いと思うんですね。ただ、この面が、時代がよくわからないということで、恐らく古いものだということで触れられていなかったのではないかと思うんですが、変動地形学的ということで見ると非常に確率が高い断層であると私は判断します。

総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会
耐震・構造設計小委員会 地震・津波、地質・地盤
合同WG（第33回）議事録

日 時：平成21年7月13日（月）14：00～16：30

場 所：経済産業省別館10階 各省庁共用1028号会議室

出席者： 主 査 額 綱 一 起
委 員 阿 部 信 太 郎
伊 藤 洋
岡 村 行 信
衣 笠 善 博
駒 田 広 也
杉 山 雄 一
高 島 賢 二
高 田 毅 士
古 村 孝 志
翠 川 三 郎
山 本 博 文
吉 中 龍 之 進

<敬称略・五十音順>

○頼瀬主査 それでは、定刻になりましたので、ワーキンググループの開催に当たり、事務局は定足数の確認をお願いいたします。

○小林耐震安全審査室長 本日は、御多用中にもかかわらず御出席いただきましてありがとうございます。でございます。

定足数確認の前に、事務局から連絡をさせていただきます。

今般、人事異動がございまして、耐震安全室長が、川原から私、小林に代わりましたので、よろしく申し上げます。

それでは、定足数の確認をいたします。

当ワーキンググループの定足数は、委員25名に対しまして過半数でございますので13名となっております。ただいまの出席委員は13名ですので定足数を満たしてございます。

○頼瀬主査 それでは、ただいまより「第33回地震・津波、地質・地盤合同WG」を開催いたします。

まず、事務局から配付資料の確認をお願いいたします。

○小林耐震安全審査室長 それでは、お手元の資料を確認させていただきます。

まず、一番上に座席表がございまして、その次に委員名簿がございまして、その次が本日の議事次第でございまして、議事次第の別紙としまして、本日の配付資料一覧表を記載してございます。これに基づきまして配付資料を確認させていただきます。

まず、合同W33-1でございまして、これが福島原子力発電所の「基準地震動S_sの策定について（コメント回答）」でございまして、

合同W33-2-1が、福島第一原子力発電所5号機の「耐震安全性に係る中間報告の評価について」でございまして、

合同W33-2-2でございまして、福島第二原子力発電所4号機の「耐震安全性に係る中間報告の評価について」でございまして、

合同W33-2-3が、原子保安院のクレジットでございまして、「双葉断層を南方に延長した場合の影響検討の位置付け（案）」でございまして、

合同W33-3でございまして、東北電力株式会社 女川原子力発電所「地質・地質構造及び基準地震動S_sの策定について（概要）」でございまして、

合同W33-4が、女川原子力発電所の「耐震安全性評価（評価の中間とりまとめ）」でございまして、

行動W33-5-1と5-2、5-1が前々回の「議事録（案）」でございまして、5-2が、32回、前回の「議事録（案）」でございまして、

それから、テーブル席の方には、参考資料としましてA4横の「合同WG Aサブグループにおける福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所に係る審議状況」を配付させていただいております。これについてはコメント整理表になりますが、この資料は傍聴者の方には配付してございませんが、後日、ホームページに掲載させていただくので御了承ください。

続きまして、机上資料でございますけれども、1つはキングファイルでございますが、合同ワーキングのAサブグループ会合における配付資料集、福島第一、第二原子力発電所分と、それから、同じこれまでの審議資料一式としまして、女川原子力発電所の審議資料を置いてございます。これについては傍聴の方にはお配りしてございませんけれども、ホームページで公開されておりますので、よろしく申し上げます。

また、いつものように、机上資料2としまして審査指針関係の資料をとじたものを置いてございます。

間地震であります塩屋崎沖の地震の地震動評価結果の双方に余裕を持たせて、基準地震動 $S_s - 1$ を策定しております。この結果を4ページの図-1に記載しております。

済みません、4ページの図-1につきましては、今回、双葉断層の方をメインにしておりましたので、双葉断層による地震の地震動評価結果といたしまして、応答スペクトルによる地震動評価結果と断層モデルによる地震動評価結果を黒線ということで重ね書きをして、 $S_s - 1 H$ との関係を示しております。

その次の5ページに、基準地震動 $S_s - 1$ と $S_s - 2$ も含めておりますけれども、年超過確率を参照した結果を示しております。ここに書いております、色で示した線が日本原子力学会(2007)に基づきまして評価した一様ハザードスペクトルでございます。これを見ますと、途中の中間周期帯として0.5~1秒ぐらいのところ、こちらの方で 10^{-4} ~ 10^{-5} になっておりますけれども、基本的にそれ以外のところにつきましては 10^{-5} を下回るような値になっております。これは、あくまでも参照した結果ということで記載してございます。

2ページに戻っていただきまして、3の双葉断層を南方に延長した場合の影響検討の位置付けであります。こちらにつきましては、検討結果を経緯も含めまして記載させていただいております。

まず、前回の合同ワーキンググループ会合におきまして、委員から、南端とした馬場地点のやや南方において、 H_2 面に明瞭な高度差があり、30万年程度前の中期更新世に活動した形跡があるとの指摘がありました。

合同Aサブグループの検討におきましても、同一の先生から同様の指摘がございまして、それを踏まえまして、馬場地点を南端とするためのより強い根拠を東京電力に求めておりました。その結果といたしまして、断層推定位置付近の段丘堆積物の火山灰分析による年代特定の結果が確認されたということと、それから、航空レーザー測量データに基づき、断層推定位置を含む広範囲の地形面(M_2 面)に変動地形が認められないことが確認されております。それから、双葉断層の複数地点(19地点)における詳細な地形分析等によりまして、双葉断層の活動性の地域的特徴を把握した上で、馬場地点を南端とすることが妥当なもの認められたとしております。

続きまして、3ページに参りまして、事務局におきましては、耐震設計上考慮する活断層としての双葉断層の認定が、新耐震指針の要求事項、この要求事項につきましては、下の注意書きのところに指針の本文の内容を記載しております。この要求事項を満たしているものと判断しておりますけれども、なお書きの記載によることを踏まえまして、基準地震動 S_s の策定に係る説明性のより一層の向上の観点から、双葉断層を南方に延長した場合の影響検討を前回会合において提示させていただきました。

その内容が、6ページ、7ページに示しているとおりでございます。6ページがどこまで延ばしたかというところ、7ページが地震動の評価結果ということで、耐震スペクトルで評価した結果との比較で示しております。これは、前回、東京電力の方に表示していただきまして、事務局から説明させていただきました内容ですけれども、この内容につきましては、今回のこの資料に入っておりますが、当院の資料としてホームページに掲載するということと、それから、当院が福島第一原子力発電所、第二原子力発電所の耐震安全性を国民に説明する際に活用していくこととしたいということでもあります。

それから、前回会合において専門委員からいただいたコメントにつきましては、新耐震指針におけるなお書き、最終間氷期適用に際しての留意事項を整理する必要があることを示唆しているものと考えておきまして、当院といたしましては、今後、他のサイトの評価結果も踏まえた上で、留意事項の整理を実施することとしたいということでもあります。

ここで申します留意事項につきましては、これは、地質調査、それから活断層評価ということでの留意事項として整理させていただきたいということでこのスペクトルを示したこと、これが、各サイトでやらなければいけないとかということの意味するものではなくて、地質調査、活断層評価としてどのようなことに留意するかの事例を必要に応じて集めまして、それを整理したいということでございます。

説明としては以上でございます。

○瀬瀬主査 どうぞ、御意見ありましたら。岡村先生。

○岡村委員 最初の中間報告の案で、また貞観の話ですけれども、どちらも23ページに貞観のことが書いてあって、ここでは、新たな知見の波源モデルを震源断層と仮定した上で地震動を計算したと。それで、小さいということしか書かれていないんですね。

先ほど私が申し上げたのは、それでは足りないのではないですかということをお願いしたつもりで、要するに塩屋崎沖地震、それも連動させているということですが、貞観はそれ全体を含むものである可能性があるということなので、それで十分とは思っていないというつもりで言ったんです。それは、東京電力さんも、それでまた検討するとお答えになったと私は理解したので、そのことを少し何か検討していただきたいと思います。

○名倉安全審査官 済みません、逆にお聴きしたいのは、これは、今さまざまな研究機関において、こういった知見をいろいろと、調査結果が今どんどん得られているような状況でありまして、今後、いろいろな知見が得られていく中で、その時々に応じた対応をすべきということであるのか、それとも、今の中間報告における検討の中でそれをやるべきとおっしゃられているのか、そのところはどうらということに理解すればよろしいでしょうか。

○岡村委員 この中間報告の性格をどう考えるかだと思うんですね。ただ、現状でわかっていることは、先ほど申し上げたことなわけですね。そこからどういう地震動が考えられるかということ、はまだ研究としては全く行われていない話ではありますが、ただ、そういう海溝型地震に関する知見というものを考えると、それなりのものを考えるべきではないかというのが私の意見です。だから、それをここにに入れていただけるのかどうかということだと思います。

だから、地震動に関しては、よくわかっていないということもありますから、今後検討することでもいいのかもわからないですけれども、ただ、実際問題として、この貞観の時期の地震動を幾ら研究したって、私は、これ以上精度よく推定する方法はほとんどないと思うんですね。残っているのは津波堆積物ですから、津波の波源域をある程度拘束する情報はもう少し精度が上がるかもしれませんが、どのぐらいの地震動だったかというのは、古文書か何かが出てこないかと推定しようがないと思うんですね。そういう意味では、先延ばしにしても余り進歩はないかとは思いますが。

○名倉安全審査官 今回、先ほど東京電力から紹介した資料にもありましたけれども、佐竹ほか(2008)の中で、当然、今後の津波堆積物の評価、それは三陸の方もありましたが、それから、多分、南の方も今後やられる必要があると思いますが、そういったものによって、位置的なものにつきましては大分動く可能性があるということもありますので、そこら辺の関係を議論するためのデータとして、今後得られる部分がいろいろありますので、そういった意味では、今、知見として調査している部分も含めた形でやられた方が信頼性としては上がると私は思っていますので、そういう意味では、その時々に応じた知見ということで、今後、適切な対応がなされることが必要だと思います。その旨、評価書の方に記載させていただきたいと思います。

○瀬瀬主査 よろしいですか。

高島先生。

○高島委員 今の問題なんですけれども、例えば南海トラフなどでは、例えば宝永地震のときには、東海、東南海、南海が大体一緒に動いていたと。常にその様に震源域が壊れているわけではないわけですね。それで連動とおっしゃっていると思うんですけれども、そのときの地震動はどうなるか。浜岡については3つと2つと1つとそれぞれ計算していますよね。そういう御趣旨の指摘かと思ったんですけれども、佐竹先生ほか書いているこのペーパーを知見と呼ぶのはどうかという気がします。文献や論文の類だと思うんです。知見というのはもう少し広く、属性的に明らかになったときに呼ぶのかなという気がしたんですが、表記上どうなんでしょうか。

○瀬瀬主査 ただ、連動させてしまうと、多分、佐竹ほかの結果によれば、津波の結果に合わなくなってしまうんですよね。

○岡村委員 このモデルは、津波堆積物の分布域まで津波が浸水するというか、それを説明するためのモデルなんです。要するに、どこにおいても滑り量とかいろいろファクターを変えていけば、ある程度のはできるわけですね。ですから、福島沖を含むようなモデルで、例えばもう少し幅を狭くするとか、沖側の部分をもう少し狭くするとかというような形で延ばせば、多分、津波の浸水域を合わせることはできると思うんです。このモデルをつくる時にはいろいろなファクターがありますから。

○瀬瀬主査 多分おっしゃるとおりだと思いますが、それだと、常識的なスケールとかなり離れてしまうので、地震動のモデルとしてはあり得ないものになってしまうのではないかと思いますけれども。

○岡村委員 それは、そこまで断言できるほど解析されているのかわからないですが、どうしてそういうふうと思われるわけでしょうか。

○瀬瀬主査 断層面サイズが大きくなれば、滑り量もそれに比例して当然大きくなりますから。

○岡村委員 いやそれほど、このモデルも、例えば大体同じ範囲で、5m、7m、10mといういろいろな計算をしているわけですね。そのぐらいの差でかなり変わってくるということですから、私は、一応、モデルはみんな議論しましたけれども、少しずらして震源域を含むような形にすること自体はできるのではないかと思います。それは、やってみないとわからないですが。

○瀬瀬主査 御本人がそうおっしゃっているのでは、そのとおりかもしれません。

○名倉安全審査官 事務局からよろしいですか。

今回の中間報告におきましては、東京電力の方は津波の評価をまだ提出しておりません。そういうこともありまして、本報告で津波のところもやってくるはずですし、その中で、こういった知見も踏まえた場合の評価といったものが一体どういうふうに見えるのか。その場合に、東京電力が設定した津波の解析条件ではありますけれども、そういったものに対して、津波堆積物のところ、要は得られているところの結果、そこら辺、ちょっと検討できるかどうかということはあるんですが、少しそういったもの、津波の波源を設定するときの考え方等との整合性もとった上で、地震動評価上何か影響があるのかという位置付けの検討は、少し必要なかなと思っております。

○瀬瀬主査 何らかの記述をいただくということで御納得いただいたということでよろしいでしょうか。

ほかにかがででしょうか。高島先生。

○高島委員 2-3の2ページと3ページの関係で、3の方に指針の原文が部分的に書かれていますけれども、最終間氷期で物事を議論するというこの背景には、後期更新世と規定した場合に、全国を俯瞰したときに、それを議論できる客観的証拠が非常に得にくいという背景があったと思うんです。従って2ページの書き出しのように書いてしまうのはちょっと問題があるのではないかなという印象を受けました。

○額額主査 いかがでしょうか。

○名倉安全審査官 これは指針のなお書きのところからひっくり返してこう書いたんですが、それが逆に乱暴過ぎるということですね。

○高島委員 はい。

○名倉安全審査官 わかりました。ここのところの行間を埋める形で少し修正させていただくとは可能かと思えます。

○高島委員 趣旨はいいですね。そういう議論があつてこういう文章になっていますから。

○名倉安全審査官 指針のときの議論はよく認識しておりますので、そこら辺を踏まえて、少し記載を正確にしたいと思えます。

○額額主査 ほかにいかがでしょうか。衣笠先生。

○衣笠委員 この合同W33-2-3は保安院のつくられた資料なので余りコメントするつもりはありませんけれども、3ページの一番最後の・、新耐震指針における「なお」書きの適用に際しての留意事項を整理する必要がある云々ですが、これは今、保安院の方からお答えがあったように、文章上の表現に拘泥するよりも、このような文章になった原子力安全委員会の指針検討会ですか、あそこでの議論を十分理解した上でやっていただきたいと思えます。

以上です。

○額額主査 よろしいですか。

○名倉安全審査官 この指針を決めるときの耐震指針検討分科会の議論ということでは、いろいろな意見がございまして、いろいろな要素でこういった内容を検討したと理解しておりますので、そういった内容も踏まえた上で整理していきたいと思えます。

以上です。

○額額主査 ほかに御意見ございませんでしょうか。

これが最後ですけれども、よろしいですか。

それでは、本件の審議においては委員から貴重な御意見を多くいただきましたが、これまで委員のおよその合意が得られたのではないかと思います。細かな表現等を除きまして、今回の資料にて御了承いただいたところと思えますが、いかがでしょうか。

(「異議なし」と声あり)

○額額主査 それでは、御了承いただけたようですので、本報告書についてはここまでとしたいと思います。

それでは、次の議題に入りたいと思えます。次は、東北電力の女川原子力発電所の耐震安全性評価になります。まずは、東北電力から、女川原子力発電所敷地周辺の地質・地質構造及び基準地震動の策定について概要説明があります。資料は合同W33-3になります。それでは、お願いいたします。

(P P)

○東北電力(橋本) 東北電力の橋本と申します。

資料合同W33-3に基づきまして、東北電力株式会社女川原子力発電所敷地周辺の地質・地質構造及び基準地震動S sの策定について、概要を御説明申し上げます。

(P P)

本日の御説明内容は、2ページに示してありますとおり、1と2につきましては地質調査、活断層評価ということでございます。3の後半については基準地震動S sと策定ということで、私は1と2、3からメンバーを代えて御説明申し上げます。

(P P)

平成21年7月21日

耐震設計審査指針の改訂に伴う東京電力株式会社
福島第一原子力発電所5号機 福島第二原子力発電所4号機
耐震安全性に係る中間報告の評価について

原子力安全・保安院（以下「当院」という。）は、平成20年3月31日に東京電力株式会社（以下「東京電力」という。）から提出された、福島第一原子力発電所5号機及び福島第二原子力発電所4号機に係る耐震安全性評価の中間報告書について、これまで耐震・設計小委員会の下に設置したワーキンググループ、サブグループにおいて46回に及ぶ審議を行い、現地調査等も併せて実施してきました。その結果、当院は、東京電力から報告のあった福島第一原子力発電所5号機及び福島第二原子力発電所4号機に係る地質・地質構造、基準地震動、安全上重要な施設の耐震安全性についての評価は妥当であると判断し、本日、評価結果を東京電力に対し通知しましたので、お知らせいたします。

1. 平成18年9月19日付けで原子力安全委員会により「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の耐震安全性に係る安全審査指針類が改訂されました。これを受け、当院は、平成18年9月20日、原子力事業者等に対して、稼働中又は建設中の発電用原子炉施設等について、改訂された耐震指針に照らした耐震安全性評価の実施とその実施計画の作成を求めました。（平成18年9月20日発表済み）
2. さらに、平成19年7月16日に発生した新潟県中越沖地震を踏まえ、原子力事業者等に対し、確実に、しかし可能な限り早期に評価を完了できるよう、耐震安全性評価の実実施計画の見直しを求めました。その結果、平成19年8月20日、実施計画が見直され、平成20年3月31日、東京電力から福島第一原子力発電所5号機及び福島第二原子力発電所4号機に係る耐震安全性評価中間報告書が提出されました。（それぞれ当院から当日に発表済み）
3. 当院は、この内容の妥当性を確認すべく、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会耐震・構造設計小委員会の下に設置したワーキンググループ、サブグループにおいて46回に及ぶ審議を行い、福島第一原子力発電所5号機及び福島第二原子力発電所4号機周辺の現地調査も併せて実施してきました。
4. 当院はこれまでの検討結果を踏まえ、東京電力から報告のあった福島第一原子力発電所5号機及び福島第二原子力発電所4号機に係る地質・地質構造、基準地震動、安全上重要な施設の耐震安全性についての評価は妥当であると判断し、本日、評価結果を東京電力に対して通知いたしました。当院の報告書の概要については、別添のとおりです。



1F3バックチェック(貞観の地震)

naito-hiroyuki, noguchi-tetsuo,
moriyama-yoshinori 宛先: oasada-kaoru, nagura-shigeki,
kobayashi-masaru

2010/03/24 20:06

各位 ← 森山

1F3の耐震バックチェックでは、貞観の地震による津波評価が最大の不確定要素である旨、院長、次長、黒木審議官に話しておきました。私の理解が不正確な部分もあると思いますが、以下のように伝えています。

- ・最近貞観の地震についての研究が進んできた。
- ・耐震バックチェックWGでも、貞観の地震に関する論文を考慮し検討すべきとの専門家の指摘を受け、地震動評価を実施している。
- ・また、保安院の報告書には、今後、津波評価、地震動評価の観点から調査研究成果に応じた適切な対応を取るべきと書いており、と宿題になっている。
- ・貞観の地震については、地震動による被害より、津波による被害が大きかったのではないかとの考えもある。
- ・貞観の地震についての研究は、もっぱら仙台平野の津波堆積物を基に実施されているが、この波源をそのまま使うと、福島に対する影響は大きいと思われる。
- ・福島は、敷地があまり高くなく、もともと津波に対しては注意が必要な地点だが、貞観の地震は敷地高を大きく超えるおそれがある。
- ・東電は、WGでの指摘も踏まえ、福島での津波堆積物の調査を実施しているようだ。
- ・貞観の地震についての佐竹他の研究は、多分今年度が最終年度で、今後、地震本部での検討に移ると思われる。そうすれば、今年の夏から来年にかけて、貞観の地震についての評価がある程度固まってくる可能性は高い。
- ・ただし、貞観の地震による津波の評価結果は、原子力よりも一般防災へのインパクトが大きいので、地震本部での評価も慎重になる可能性もある。
- ・1F3について、仮に中間報告に対する保安院の評価が求められたとしても、一方で貞観の地震についての検討が進んでいる中で、はたして津波に対して評価をせずにするのかは疑問。
- ・津波の問題に議論が発展すると、厳しい結果が予想されるので評価にかなりの時間を要する可能性は高く、また、結果的に対策が必要になる可能性も十二分にある。
- ・東電は、役員クラスも貞観の地震による津波は認識している。

というわけで、バックチェックの評価をやれと言われても、何が起こるかわかりませんよ、という趣旨のことを伝えておきました。



SSS027-P01

会場:コンベンションホール

時間: 5月24日17:15-18:45

東北地方太平洋沿岸域における完新世津波堆積物

Holocene Tsunami deposits along the Pacific coast, northeast Japan

今泉 俊文^{1*}, 宮内 崇裕², 石山 達也¹, 原口 強³, 鈴木 啓明¹, 楢原 京子⁴, 丸島 直史¹

Toshifumi Imaizumi^{1*}, Takahiro Miyauchi², Tatsuya Ishiyama¹, Tsuyoshi Haraguchi³,
Hiroaki Suzuki¹, Kyoko Kâgohara⁴, Naofumi Marushima¹

¹東北大学大学院理学研究科, ²千葉大学大学院理学研究科, ³大阪市立大学理学研究科,
⁴産総研 活断層・地震研究センター

¹Tohoku University, ²Chiba University, ³Osaka City University, ⁴AFERC, AIST

日本海溝は、1978年宮城沖地震のような海溝型地震が発生する場であり、太平洋沿岸各地には地震に伴い津波が襲来する。広い震源域を持つ地震が、複数の震源域が同時に破壊するいわゆる「連動型」地震が発生すると、その時発生する津波の規模は増大し、その到達範囲も拡大する。このような地震の発生頻度は、1978年宮城沖地震のような「単独型」地震より発生頻度が低いので、その活動の評価は十分には行われていない。

西暦869年に発生した貞観津波は、「連動型」地震による津波とみられている。宮城県気仙沼市から茨城県大洋村に至る沿岸各地では、貞観津波に関連すると思われる史料および伝承が残されている(渡邊, 2000)。仙台平野では、堤間低地において十和田a火山灰(To-a)の直下に貞観津波によると思われる堆積物(砂層)が各所で確認されている(阿部ほか, 1990; Minoura and Nakaya, 1991; 菅原ほか, 2001)。

発表者らは「宮城沖地震における重点的調査観測」(平成17年-21年度, 文部科学省)として、三陸-常磐海岸沿岸陸域における地層採取調査, 浅海底における音波探査とボーリング調査を行い, 貞観津波をはじめ, 過去の「連動型」宮城沖地震に伴う津波堆積物に関して, 調査を行ってきた。その主な調査結果を報告する。

1. 貞観津波が残したとみられるイベント堆積物が、従来報告のあった仙台平野に加え、常磐海岸の松川浦地区、浪江地区でも見出されることがわかった。一方、三陸海岸の陸前高田平野では、貞観津波に対応する堆積物が見出されず、貞観津波が陸前高田平野の陸上に到達していなかった可能性が示唆された。

2. 松川浦地区および浪江地区では、貞観津波以前にも、約2300-2500年前、約2600-2800年前、約3300-3600年前、約3900-4300年前、約4800-5200年前に堆積したイベント堆積物が見出され、イベントの年代間隔は平均700-800年と概算された。この間隔は、平成17-18年度調査において、三陸海岸で確認されたイベントの間隔と類似してはいるが、三陸海岸と常磐海岸とで、共通した年代を示すイベントはほとんど見出されない。これは三陸海岸と常磐海岸とで、襲来する巨大津波の波源域が、互いに異なっている場合が多いことを示唆すると考えられる。

3. 貞観津波より後の時代(500-1000年前)に堆積した、歴史記録にみられないイベント堆積物が、陸前高田および松川浦で見出された。これらは、歴史記録にはみられない「連動型」地震を示す可能性もあり、今後さらなる調査が必要であろう。

キーワード: 貞観津波, 常磐海岸, 三陸海岸, 津波堆積物

総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会

耐震・構造設計小委員会

構造WG（第51回）議事録

日 時：平成22年5月27日（木）10:00～12:30

場 所：経済産業省別館11階 各省庁共用1120号会議室

出席者： 主 査 西川 孝夫
委 員 壁谷澤 寿海
橘高 義典
柴田 明德
高島 賢二
西谷 章
前川 宏一
村上 雅也

<敬称略・五十音順>

○西川主査 それでは、定刻よりちょっと早いんですけども、ワーキンググループを開催したいと思います。

事務局から定足数の確認をお願いいたします。

○小林耐震安全審査室長 本日は、お忙しい中にもかかわらず御出席いただきましてありがとうございます。

それでは、定足数の確認をいたします。当ワーキンググループの定足数は、委員 14 名に對しまして過半数でございますので、8 名となっております。ただいまの出席委員は 8 名でございますので、定足数を満たしております。

以上でございます。

○西川主査 それでは、ただいまより第 51 回の構造ワーキングを開催いたします。

まず、事務局から配付資料の確認をお願いしたいと思います。

○小林耐震安全審査室長 それでは、お手元の配付資料を確認させていただきます。

まず、一番上に座席表がございます。次に、構造ワーキングの委員の名簿がございます。次に、議事次第がございます。配付資料一覧を記してございますので、これに基づきまして確認させていただきます。

まず、構造 W51-1 でございますけれども、福島第一原子力発電所 3 号機の耐震バックチェックについての資料でございます。これは事務局からの説明資料でございます。

それから、次の議題としましては、柏崎の 5 号機関係の健全性でございます。まず、構造 W51-2-1 が東京電力からの説明資料でございます。

次に、構造 W51-2-2 と 2-3 が、事務局からの 5 号機の健全性の報告書案（概要）と、報告書（案）でございます。

続きまして、東京電力からの資料で、同じ柏崎 5 号機の耐震安全性でございまして、構造 W51-3-1、3-2、3-3 の 3 つの資料がございます。

それから、構造 WG 51-4 が前回の議事録でございます。

机上資料でございますけれども、ドッジファイルを用意してございます。これが柏崎 5 号機の健全性に係る東京電力からの報告書でございます。

それから、いつものように紙ファイルとしまして、机上資料 1 が東京電力から保安院に提出されました柏崎の地震観測記録に関する報告書を綴じたもの。

そして、机上資料 2 が審査指針関係の資料を綴じたものでございます。

配付資料と机上資料の確認は以上でございます。

○西川主査 ありがとうございます。

資料等、ありますでしょうか。よろしいでしょうか。

また、構造 W51-4 の前回議事録につきましては、後で御確認いただきまして、何かありましたら、来週の木曜日、6 月 3 日までに事務局に御連絡いただければ幸いです。

それでは、早速議事に入らせていただきます。本日最初の議題は、福島第一 3 号機の耐震バックチェックについてでございます。まず、東京電力から今までの経緯について御説

明いただきます。よろしく申し上げます。

○吉田原子力設備管理部長 東京電力の原子力設備管理部長をしております吉田でございます。

先生方には日ごろより柏崎刈羽原子力発電所の各プラントの耐震安全性評価につきましていろいろ御指導賜っておりまして、誠にありがとうございます。この場をおかりいたしまして御礼申し上げます。

本日は、プルサーマル計画の実施に関連いたしまして、MOX燃料装荷予定の福島第一原子力発電所3号機の耐震安全性評価につきまして、既に私どもより保安院殿に御報告しております中間報告書の内容の御審議をお願いいたしたく参った次第でございます。

経緯につきまして簡単に述べさせていただきます。福島第一原子力発電所に関しましては、新潟県中越沖地震によって得られました知見を反映いたしまして基準地震動を策定いたしますとともに、代表プラントとして選定いたしました福島第一の5号機の原子炉建屋及び耐震安全上重要な機能を有する耐震Sクラスの主要な設備につきまして耐震評価を行いまして、その中間報告書を一昨年、平成20年3月31日に国に提出いたしましたところでございます。

この代表プラントの耐震安全性につきましては、保安院殿及び原子力安全委員会殿のそれぞれにおきまして徹底的な御審議をいただきまして、基準地震動Ssの妥当性を含め、全体の評価をいただいているところでございます。

また、今回お願いに参りました福島第一3号機につきましては、昨年、平成21年6月19日に、代表プラントであります、先ほど述べました5号機と同様の中間報告書を提出いたしまして、耐震安全上重要な機能を有する主要な設備の耐震安全性は確保されていると私どもは評価いたしました。

その後、中間報告書におきまして、非常に申し訳ございませんが、報告内容の一部に誤りが確認されたところから、本年4月19日に改訂した報告書を提出したという状況でございます。

一方、プルサーマルに関しましては、当社の信頼回復の取組みに対しまして、福島県並びに立地町から一定の御理解をいただいたところから、昨年より議論が再開されておまして、本年2月16日には福島県議会におきまして、福島第一3号機について、耐震安全性、高経年化対策、長期保管MOX燃料の健全性、この3つの条件の確認をもってプルサーマル計画を受け入れるということを福島県知事より表明いただいたところでございます。

これを受けまして、当社はこれら3条件につきまして説明責任を果たすべく真摯に取り組んでまいりますが、3号機の耐震安全性につきましては、保安院殿に中間報告書の評価についてお願いしてまいりました次第でございます。

このような状況の中、また案件もある中、誠に恐縮ではございますが、福島第一3号機の耐震安全性評価の御審議について、よろしくお願ひいたしたいということでございます。

私からは以上でございます。

○西川主査 ありがとうございます。

そのようなお申出でございまして、次に、保安院より、福島第一3号機の耐震バックチェックに係る対応について説明がございます。資料は構造W51-1でございます。野口課長から御説明いただきます。

○野口安全審査課長 福島第一原子力発電所3号機の経済産業省の対応の方針について御説明をさせていただきたいと思っております。お手元の資料をごらんをいただければと思っております。

本件につきましては、福島県知事が3月29日に直嶋経済産業大臣を訪ね、福島第一発電所3号機でのプルサーマル実施に同意するに当たって必要不可欠な3つの技術的条件とし、同発電所3号機の耐震安全性、高経年化対策及びMOX燃料の健全性の確認を挙げ、これらの確認を行うよう要望がございました。

国として、核燃料サイクルを含む原子力の利用を進める上で、同発電所のプルサーマル計画を推進することが重要であることにかんがみ、経済産業省は福島県から要望のあった3つの技術的条件に関して、以下の対応を行うことといたしました。

耐震安全性につきましては、①のところでございます。原子力安全・保安院は、福島第一発電所の代表号機として5号機の耐震バックチェックの中間報告の評価を終えているところであるが、更に3号機についても、耐震安全性評価作業の特別な扱いとして、東京電力から既に提出されている中間報告書の評価作業に着手するというところでございます。今後、評価作業を進めてまいりたいと考えてございます。委員の皆様方には大変お手数をかけいたしますけれども、審議に御協力をいただきますようお願いを申し上げたいと思っております。どうぞよろしく願いいたします。

以上でございます。

○西川主査 ありがとうございます。

そういうことでございまして、3号機の耐震バックチェックを行ってほしいということでございます。Aサブでまずやっていただくことになると思っておりますので、よろしくお願いいたします。何か御質問ございますか。

どうぞ。

○高島委員 特別な扱いという意味がよくわからないんですけれども。

○野口安全審査課長 これまでバックチェックの審議につきましては、各サイトの代表号機を、その中の中間報告をまずは評価するというところでやってまいりました。先ほど御説明ありましたけれども、福島第一原子力発電所についても、5号機についての評価を行って、既に終了しているところでございます。今後、中間報告を終わった後は、最終報告がそれぞれ報告されてまいりますので、最終報告の審議に移っていくという形になろうかと思っております。そういう中で、東京電力の福島第一発電所については、5号機は既に終了しておりますので、3号機についての中間報告を審議をしていくということで、その意味で特別な扱いをしていくということでございます。

○高島委員 基本的には、最終報告というのは各ユニットするわけですよね。最終報告の

前に急いで中間報告をやるのが特別な扱いという趣旨ですか。

○西川主査 もう代表として5号機をやっていますので、それで中間報告は終わっていたわけですが、今回特別に3号機も中間報告をやるということによろしいんですね。そういう理解で特別ということ。ありがとうございました。

それでは、次の議題に移りたいと思います。次の審議内容は、柏崎刈羽原子力発電所5号機の健全性についてでございます。タービン建屋におけるひび割れ補修状況について、東京電力から説明がでございます。

○東京電力（菊地） 東京電力の菊地でございます。本日もよろしく申し上げます。

（P P）

それでは、資料構造W51-2-1について御説明します。この資料は、前回、第50回の構造ワーキングで一度御説明した資料の改訂版でございます。前回いただいたコメントを反映したものでございます。そういう意味で、今回は、前回のコメント反映の箇所を中心に御説明させていただきたいと思います。

（P P）

まず、2ページをごらんください。前回、5号機のタービン建屋の壁において、一部貫通しているという評価を当社でしたということがございまして、都合4か所、御説明したわけですが、その根拠となるのが、超音波を使った調査法によって、ひび割れがかなり深いということで、ひび割れが貫通しているという評価を当社がしたわけですがけれども、前回御説明したときに、超音波の調査法のみで評価したような資料づくりになっておりまして、もうちょっと丁寧に説明してくださいというお話がありましたので、2ページに流れを書いてございます。

もともと地震によって発生したことが否定できないひび割れというのを記録しているところから、壁の両側に同種のひび割れがあるところがありまして、そのひび割れを抽出するという作業が一回入って、その上で、そのひび割れの深さを測定してみようということで、超音波を使った調査法をやったというふうな流れで評価をしたということでございます。

（P P）

実際に評価をした場所が4ページに4か所ございます。

（P P）

5ページをごらんください。これも前回いただいたコメントでございますけれども、超音波を使った調査法の実例がなかったので、それをもう少し詳しく御説明してくださいというお話をいただいたので、それを反映したものでございます。こちらの発信探触子というところから超音波を出して、受信探触子で受けるという形でございまして、ここにイメージ的に書いておりますけれども、ひび割れの深さを y という形で求めたいときに、ひび割れのところからの距離、 a と b というのがあれば、原理的にはルート a ×ルート b が y の深さに当たるというものでございます。

平成22年7月26日

耐震設計審査指針の改訂に伴う東京電力株式会社
福島第一原子力発電所3号機耐震安全性に係る評価について
(主要な施設の耐震安全性評価)

原子力安全・保安院は、耐震設計審査指針の改訂に伴う福島第一原子力発電所3号機の耐震安全性評価について、これまで原子力安全・保安部会耐震・構造設計小委員会の下に設置したワーキンググループ、サブグループにおける専門家の審議を経て、厳正に評価を行ってきました。その結果、当院は、福島第一原子力発電所3号機の耐震安全性評価（主要な施設の耐震安全性評価）については、妥当であると判断し、本日、評価結果を東京電力株式会社に対し通知しましたので、お知らせします。

1. 平成18年9月19日付けで原子力安全委員会により「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の耐震安全性に係る安全審査指針類が改訂されました。これを受け、当院は、平成18年9月20日、原子力事業者等に対して、稼働中又は建設中の発電用原子炉施設等について、改訂された耐震設計審査指針に照らした耐震安全性評価の実施と評価結果の報告を指示しました。
2. 平成21年6月19日、東京電力から福島第一原子力発電所3号機に係る耐震安全性評価中間報告書が提出されました（平成22年4月19日一部修正）。
3. 当院は、平成21年7月に福島第一発電所の代表号機として5号機の耐震バックチェックの中間報告の評価を終えていましたが、プルサーマル実施に係る福島県からの要望等を踏まえ、さらに3号機についても、特別な扱いとして、中間報告書の評価作業に着手することとしました。
4. 当院は、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会耐震・構造設計小委員会の下に設置したワーキンググループ、サブグループにおける専門家の審議を経て、厳正に評価を行ってきました。
5. 当院はこれまでの審議結果を踏まえ、耐震設計審査指針の改訂に伴う福島第一原子力発電所3号機の耐震安全性評価（主要な施設の耐震安全性評価）については、妥当であると判断し、本日、評価結果を東京電力に対して通知しました。

別添 耐震設計審査指針の改訂に伴う東京電力株式会社福島第一原子力発電所3号機耐震安全性に係る評価について（主要な施設の耐震安全性評価）【概要】

(本発表資料のお問い合わせ先)

原子力安全・保安院

原子力発電安全審査課長：野口

耐震安全審査室長：小林

担当者：大浅田、名倉

電話：03-3501-1511（内線4861）

03-3501-6289（直通）

Contents

● 平安の人々が見た巨大津波を再現する—西暦869年貞観津波— … 1

● 産総研一般公開「地震を測ってみよう」の報告 … 11

● 東海・東南海・南海地震を地下水で予測する—産総研つくばセンター平成22年度一般公開展示報告— … 13

● 第7回 AOGS (Asia Oceania Geoscience Society) 参加報告 … 14

● インドネシア・バンドン市で開催された International Workshop on Geodynamics and Disaster Mitigation of West Java への参加報告 … 15

● 外部委員会活動報告 2010年8月 … 16



平安の人々が見た巨大津波を再現する —西暦869年貞観津波—

中央倉正展・澤井祐紀・行谷佑一（海溝型地震履歴研究チーム）
岡村行信（センター長）

1. はじめに

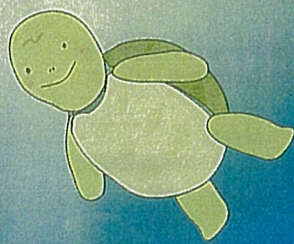
「備えあれば憂い無し」と言いますが、様々な自然災害に対して何が十分な「備え」になるのか、予測することは容易ではありません。なかでも巨大津波は、2004年スマトラ沖地震を思い出すと明らかなように、地球上で最も恐ろしい自然災害の一つです。そのような巨大津波に対してどのような「備え」をすればいいのかと言うヒントは、実は巨大津波自身が地層の中に残しているのです。日本列島の沿岸平野は開発が進み、水田が広がっていますが、かつては干潟や湿原でした。その中では少しずつ植物遺骸や泥がたまり続けていました。地層を掘り出し、その中の堆積物を詳しく観察し、解析することによって、過去の巨大津波の痕跡を見つけることができ、また、その津波を再現することが可能です。

東北日本の三陸海岸は1896年明治三陸津波や1933年昭和三陸津波によって大きな津波被害を受けたことが知られています。一方、宮城県の仙台・石巻平野から福島県にかけての海岸では、それほど大きな津波に襲われるとは考えられていませんでした。しかしながら、海岸平野の水田の下に残された地層を採取し、観察することによって、古文書にわずかに記録が残っている巨大津波の実態が明らかになってきました。

ここでは、平成17年度から21年度にかけて、文部科学省の委託を受け東北大学が中心となって実施してきた「宮城県沖地震における重点的調査観測」の一環として、産業技術総合研究所が宮城県と福島県で明らかにした過去の巨大津波像を紹介します。このような研究成果が、巨大津波に対する「備え」に活かされること期待しています。

2. 津波堆積物の調査

大きい津波が海岸に襲来すると、標高の低い平野は一面が浸水し、海岸から遠く離れた内陸奥深くまで津波が達することがあります。その際、津波は海岸付近の土砂を侵食して運び、それが平野に堆積します。これが地層として保存されたのが津波堆積物で、仙台平野では20年近く前からその存在が確認されていました（Minoura and Nakaya, 1991 など）。



「宮城県沖地震における重点的調査観測」(以下宮城県沖重点と呼ぶ)では、過去に宮城県沖を波源として東北日本太平洋岸を襲った津波について、より広範囲でかつ高密度に津波堆積物を検出し、その発生時期と再来間隔、および浸水範囲を精度良く明らかにすることを目的に、仙台平野および石巻平野において調査を行いました。

本地域では、西暦 869 年に貞観地震と呼ばれる非常に大きい津波を伴う地震が起きていたことが「日本三代実録」という歴史書に記録されています(図 1)。この貞観地震の津波堆積物は、西暦 915 年に降下堆積した十和田 a テフラ(町田・新井, 2003)という白色細粒火山灰層のすぐ直下に分布することが確認されており、識別が比較的容易で、平野内で広域に対比することが可能です(図 2)。つまり津

波堆積物の調査によって貞観地震津波の浸水域を推定できるのです。過去の津波浸水域を明らかにすることは、波源となった海底断層の位置や規模を推定するために重要な情報を提供します。波源の断層を推定できると将来の津波浸水予測が可能になり、防災対策に活かすことが出来ます。しかし、単に広域で津波堆積物を調査し、確認していただくだけでは正確な浸水域は復元できません。実は浸水域の推定においても一つ重要なことがあります。それは津波襲来時の海岸線の位置を明らかにすることです。ここでも十和田 a テフラが役に立ちます。

仙台平野と石巻平野は浜堤列が発達した海岸低地です。浜堤列はかつてそこに海岸線があったことを示す微地形で、複数列発達している場合、海岸線が少しずつ前進して平野が形成されていることを示します。空中写真判読によりこれらの浜堤と堤間湿地を識別した結果、両平野とも 20 列程度の浜堤列が確認できました。各浜堤列で十和田 a テフラと直下の貞観津波堆積物のセットの分布を調べたところ、現海岸線より数列ほど内陸にある浜堤を境に、そこから海側には十和田 a テフラおよび貞観津波堆積物が分布しませんでした。これは貞観津波襲来時の海岸線が、その浜堤付近にあったことを意味します(図 3)。

このようにして調べた過去の津波について、宮城県沖重点における 5 年間の成果を以下に地域ごとに説明します。また福島県沿岸においても地殻変動調査に伴い、津波堆積物を発見したので報告します。

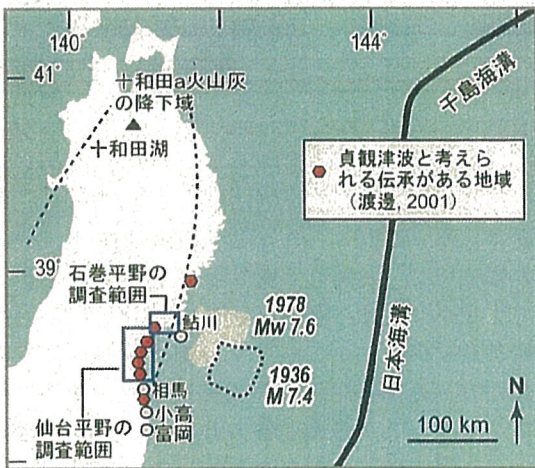


図 1 東北地方の地図。貞観地震津波の伝承がある地域と十和田 a 火山灰の降灰域および調査範囲(地点)を示した。

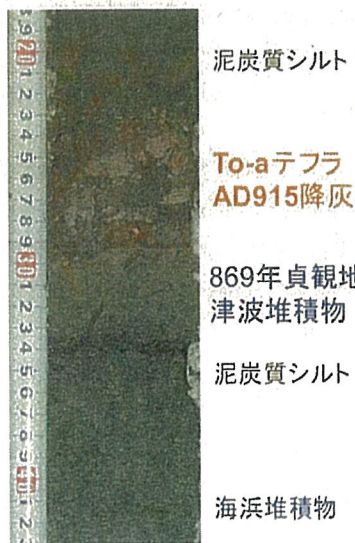


図 2 十和田 a 火山灰とその下に分布する貞観地震の津波堆積物の写真。

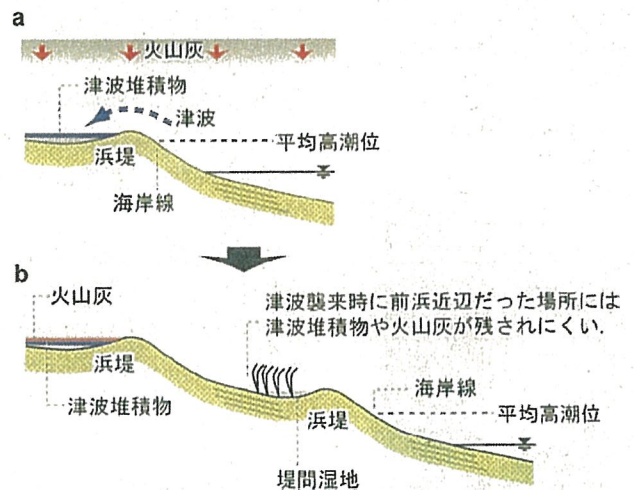


図 3 浜堤の模式断面。浜堤の前進過程(a→b)とその際の津波堆積物および火山灰の堆積、保存の過程を示した。

【石巻平野】(宍倉ほか, 2007)

石巻平野ではこれまで津波堆積物の報告がなく、貞観津波の浸水域やそれより前の津波の履歴も不明でした。また、石巻平野は海岸線が東西に延び、海溝軸とは直接面していないといった地形的条件などから、本地域の津波堆積物の発見とその浸水域の復元は断層モデルの推定においても大きな拘束条件となります。

調査測線は海岸線に直交方向に4測線、平行方向に1測線を設定し、合計51地点でハンディジオスライサーを用いた掘削調査を行いました(図4)。その結果、貞観地震津波襲来時の海岸線が、現海岸線から約1 km 内陸に推定でき、そこから少なくとも約3 km 内陸まで津波が浸水していたことが明らかになりました(図5)。また、貞観津波堆積物より上位に2層、下位に2層の津波堆積物を検出し、合計で少なくとも過去5回の津波の痕跡を発見しました。それぞれの年代については後で説明します。

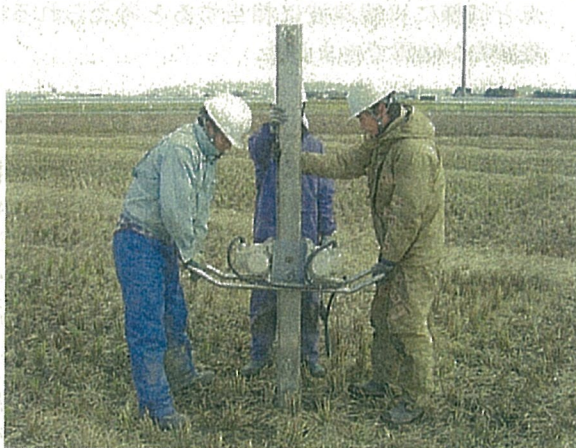


図4 ハンディジオスライサーを用いた掘削調査の様子。



図5 石巻平野における貞観地震津波堆積物の分布。

【仙台平野】(澤井ほか, 2007, 2008)

仙台平野では、前述の通り Minoura and Nakaya (1991), 阿部ほか (1990), 菅原ほか (2001) などが津波堆積物を報告しており、そのなかの一つが貞観津波によるものと考えられています。これらの報告は、歴史記録にある巨大津波の地質学的痕跡をつかんだという点で画期的でしたが、そうした堆積物の平面的な広がりを詳細に追えていませんでした。私たちは、浸水範囲を精度よく復元することを目的として、仙台平野全体を網羅するように測線を設けて調査を行いました。また、津波堆積物の堆積年代を精度よく決定するために、大型ジオスライサーによる調査を仙台市と山元町で行いました。年代については後で説明することにして、ここではそれぞれの地域における調査結果を述べます。

仙台市では、浜堤列を横断するような2測線を設け、手掘り式ピートサンプラー及びジオスライサーを用いて合計104地点で掘削調査を行いました。その結果、泥炭層あるいは有機質泥層に挟まれた津波堆積物が最大で7層確認されました。これらの津波堆積物うち、十和田a火山灰直下に分布する貞観津波の津波堆積物は現在の海岸線より約3.0-3.5 km の地点まで観察することができました。観津波襲来当時の海岸線の位置は、現在の海岸線より0.5-1 km 程度内陸に存在していたと推定されることから、貞観津波の遡上距離は少なくとも2 km 程度と考えられました(図6)。



図6 仙台平野における貞観地震津波堆積物の分布。

名取市及び岩沼市では、浜堤列を横断するような2測線を設け、手掘り式ピートサンプラー及びジオスライサーを用いて合計45地点で掘削調査を行いました。その結果、泥炭層あるいは泥層に挟まれた津波堆積物が最大で3層確認され、これらの津波堆積物うち十和田a火山灰直下に分布する貞観津波の堆積物は現在の海岸線より約5.0kmの地点まで観察することができました。貞観津波襲来当時の海岸線の位置は、現在の海岸線より1km程度内陸に存在していたと推定されることから、貞観津波の遡上距離は少なくとも4kmと考えられました。

亙理町においても浜堤列を横断するような2測線を設け、手掘り式ピートサンプラー及びジオスライサーを用いて合計48地点で掘削調査を行いました。その結果、泥炭層あるいは有機質泥層に挟まれた津波堆積物が最大で4層確認されました。これらの津波堆積物うち、十和田a火山灰直下に分布する貞観津波の津波堆積物は現在の海岸線より約4kmの地点まで観察することができました。貞観津波襲来当時の海岸線の位置は、現在の海岸線より1.5-2km程度内陸に存在していたと推定されることから、貞観津波の遡上距離は少なくとも2kmと考えられました。掘削調査は、亙理町にある鳥の海というラグーンでも行いました。鳥の海は干潮時に湖岸線付近が干潟となります。こうした干潟を歩いて機材を運ぶのは大変な労力が必要なため、フローターを浮かべてその上から作業を行うことにしました(図7)。当時の海溝型地震履歴研究チームのメンバーが集合し、水上から連続柱状堆積物試料を採取することができました。その結果、いくつかの砂層を見つけることが出来たのですが、残念ながら堆積物の連続性が悪く、それらを津波堆積物として認定するには至りませんでした。



図7 宮城県亙理町鳥の海における湖上での掘削作業の様子。

仙台平野南部の山元町では、浜堤を横断するような1測線を設け、手掘り式ピートサンプラー及びジオスライサーを用いて合計30地点で掘削調査をしました。また、沿岸に位置する淡水湖の水神沼でジオスライサーによる掘削を行いました。測線上では、泥炭層あるいは有機質泥層に挟まれた津波堆積物が最大で8層確認されました。これらの津波堆積物うち、貞観津波の津波堆積物は現在の海岸線より約3kmの地点まで観察することができました。貞観津波襲来当時の海岸線の位置は、現在の海岸線より0.5-1km程度内陸に存在していたと推定されることから、貞観津波の遡上距離は少なくとも2kmと考えられました。水神沼では、亙理町の鳥の海と同じように、水上から堆積物の採取を行いました。その結果、泥炭層に挟まれた砂層を3層確認することができました。このうち、最上位の砂層は十和田a火山灰層より上位に位置することから、貞観以降の巨大津波によるものであることが考えられました。また、十和田a火山灰の直下には、測線上の地点と同様に貞観津波に相当すると考えられる津波堆積物が確認できました。

【福島県沿岸】

福島県の沿岸においても、相馬市の松川浦、南相馬市の鹿島区と小高区、富岡町で掘削調査を行いました。また、産総研の運営費交付金を使用して、南相馬市小高区と富岡町で補足のための大型ジオスライサーによる掘削調査を行いました(図8)。

松川浦では、菅原ほか(2001)が貞観津波による津波堆積物を報告しています。私たちも、地殻変動の復元を目的として掘削調査を行いました。残念ながら貞観津波の堆積物をはっきりと捉えることができませんでした。南相馬市の鹿島区においても、泥炭層中に分布する砂層を確認できたものの、



図8 大型ジオスライサーによる掘削調査の様子。

連続性が非常に悪いいためそれらが津波堆積物であるという結論にまで至りませんでした。

一方、南相馬市小高区では、明瞭な津波堆積物が観察されました。福島県の中部より南側では、前述の十和田 a テフラが肉眼で観察することができません。従って、放射性炭素年代測定によって、個々の津波堆積物の年代を知る必要があります。小高区で採取された試料の年代測定を丹念に行っていた結果、泥炭層中に3層見られる津波堆積物のうち、最上位のものが貞観津波によるものであると推定されました。この結果、貞観津波襲来当時の海岸線の位置が現在とほぼ同じであると仮定するならば、貞観津波の遡上距離は少なくとも 1.5 km と推定されました。

富岡町においては、手掘り式ピートサンプラーや大型ジオスライサーで掘削調査を行い、沼沢-沼沢湖火山灰テフラ (Nm-KN: 約 5000 年前) と 4-5 層の砂層を確認することができました。富岡町における調査結果は、テフラや放射性炭素年代測定の結果を今年度の活断層・古地震研究報告に掲載する予定です。

【巨大津波の再来間隔】

仙台平野及び福島県沿岸を襲った巨大津波の再来間隔を高い信頼性で復元するため、テフラ層序と放射性炭素年代測定を組み合わせ、さらに広域対比を行うことで巨大津波イベントの発生年代を推定しました。津波堆積物の年代は、津波が襲来する直前までに堆積していた堆積物の年代と、津波襲来後に堆積した堆積物の年代を組み合わせることによって決めることができます。コンピュータプログラム OxCal version 3.10 (Ramsey, 1995, 2001) を用いて放射性炭素年代の暦年補正 (Ramsey et al., 2004) と堆積年代の推定を行ったところ、石巻平野において得られた津波堆積物の年代は、1320AD-1670AD, 350AD-950AD (貞観津波相当層), 50BC-400AD, 800BC-0 という値を示しました。また、仙台平野における津波堆積物の年代は、500AD-920AD (貞観津波相当層), 280AD-560AD, 700BC-460BC, 1200BC-940BC, 1430BC-1090BC, 1680BC-1350BC, 1810BC-1560BC という値でした。山元町では、大型ジオスライサーで採取した試料中に含まれる最上位の砂層の堆積年代が 630BC-140BC と推定されました。さらに、南相馬市小高区では、730AD-970AD (貞観津波相当層), 200AD-650AD, 700BC-200AD という堆積年代が算出されました。

以上の結果を踏まえ、石巻平野から南相馬市小高

区にかけて見られる津波堆積物の広域対比を行うと、西暦 1500 年頃のイベント (石巻の結果をもとに算出)、貞観津波 (西暦 869 年)、西暦 430 年頃のイベント (南相馬市小高区の結果をもとに算出)、紀元前 390 年頃のイベント (山元町の結果をもとに算出) が共通してみられる津波イベントであることが分かりました。これらの津波の再来間隔は、おおよそ 450 年~800 年程度の幅を持っていることが、この調査から明らかになりました。

3. 地殻変動復元の調査

石巻平野や仙台平野の周辺には鮎川と相馬に検潮所 (験潮場) があります (図 1) が、そこでの年平均海面について、過去 50 年程度の経年変化を見ると、年間 5~6 mm の速度で上昇していることがわかります。これは太平洋プレートの沈み込みに伴う地盤の沈降を示していると考えられます。ところが両平野とも縄文海進のあった 6000 年前頃の海面の証拠は、現在とほぼ同じかやや高い位置に分布しており、長期的には沈降はほとんど累積していません。この矛盾については、他の沈み込み帯では通常時の沈降を解消する地震隆起イベントが知られているので、本地域も同様の仮説が立てられます。しかし 1978 年宮城県沖地震など最近の地震ではそのような隆起は観察されておりませんので、この仮説を証明するには地形や地層の痕跡に頼ることになります。

宮城県沖重点では過去の地殻変動を復元するため、仙台平野と福島県沿岸で調査を行いました。仙台平野では潮間帯付近で堆積した前浜堆積物の高度分布に注目し、地中レーダー (GPR) 探査と掘削調査を行いました。また、福島県沿岸では津波襲来前後の地殻変動の解明を目的とした珪藻化石の分析を行いました。

【仙台平野】

仙台平野のような浜堤列平野の表層は海浜堆積物で構成されます。特に潮間帯で堆積した前浜堆積物は、過去の汀線の位置を知る指標となるので、その高度分布から相対的海面変化が読み取れます。前浜堆積物は平行葉理が特徴的に発達し、生痕化石 (*Macaronichumus segregatis*) を伴うことから、堆積相の観察から比較的容易に識別できます。また GPR 探査による地下構造のイメージングでは、堆積構造を反映し、海側へ傾斜した反射面が特徴的に見られます (田村ほか, 2008 など)。

平野南部の山元町で約 1 km の測線を設定して調

査を行った結果、GPRの地下構造イメージ断面で前浜堆積物を示す反射面が明瞭に捉えられ、その上限に注目すると、測線の120 m付近で高度が急激に50 cm程度海側へ低下し、そこから現海岸線に向かって徐々に高度を上げていく様子を読み取れました(図9)。そこで測線沿いでハンディジオスライサーを用いてコアを採取し、堆積物を直接観察したところ、GPRで得られた地下構造と調和的で、前浜堆積物の上限高度が一致しました。堆積物に含まれる炭化材から年代測定を行った結果、AD1450-1650を示しました。

以上の結果から、AD1450-1650頃かそれより前に相対的海面が急速に50 cm程度下がるイベントがあり、その後海面が徐々に上昇していったと解釈できます。これが地震性隆起と地震間の沈降を示している可能性があります。今後より広域で同様の現象を捉える必要があります。

【福島県沿岸】

南相馬市では、堆積物中に含まれる珪藻化石を調べることで、過去の地殻変動を推定しました。潮間帯で生育している珪藻類は、種ごとの分布が細かく分かれているため、現在の群集と堆積物中の化石群集を比較することで過去の環境変動を復元することができます。その環境変動の原因の一つとして地殻変動が考えられるため、地震性地殻変動の復元に用いられる場合があります。宮城県沖重点では、南相馬市小高区で採取された試料の珪藻化石群集を詳細に検討した結果、津波の襲来と同時に小高区周辺における当時の堆積環境が大きく変化していることが分かりました。例えば、貞観津波の津波堆積物が堆積する直前には淡水に近い環境で生育する *Diploneis elliptica* などが優占していましたが、貞観津波の襲来後は *Diploneis elliptica* が見られなくな

り、汽水生種である *Pseudopodosira kosugii* や汽水～海水生種である *Diploneis smithii* が若干増加しています(図10)。貞観津波相当層の上下におけるこのような変化は、砂層の堆積と同時に海水の影響が大きくなったことを意味しています。海水の影響が強くなる原因は、ユースタティックな海面上昇の可能性も否定できませんが、砂層の堆積と同時に群集が変化していることを考えると、地震性地殻変動によって沈水したと考えるほうが妥当と思われる。

4. 貞観地震津波の津波浸水シミュレーション

【貞観地震のモデル検討法】

地震による津波はどのようにして発生するのでしょうか。海域で大規模な地震が発生した場合、海底は急激に隆起あるいは沈降します。隆起・沈降の量は、地震の深さや規模にもよりますが、おおむね数mです。この海底の隆起・沈降に伴い、その直上の海水が持ち上げられ(あるいは落ち込み)、海面もまた海底と同様に隆起・沈降します。これが津波のはじまりとなります。その後、変形した海面は津波となって四方八方に伝播し、その一部が陸に向い、津波の規模が大きければ陸上に浸水します。この一連の現象は、コンピュータシミュレーションによって再現することができます。

貞観地震がどのような地震であったかを検討するため、様々な地震のモデル(断層モデル)を考え、それらのモデルからコンピュータシミュレーションされた津波浸水域(計算浸水域)と、地質調査により発見された津波堆積物の位置とを比較しました(佐竹ほか, 2008; 行谷ほか, 『活断層・古地震』投稿中)。その中で、津波堆積物の位置まで浸水する津波を発生させる地震のモデルが、貞観地震のモデルとして適当なものと考えました。

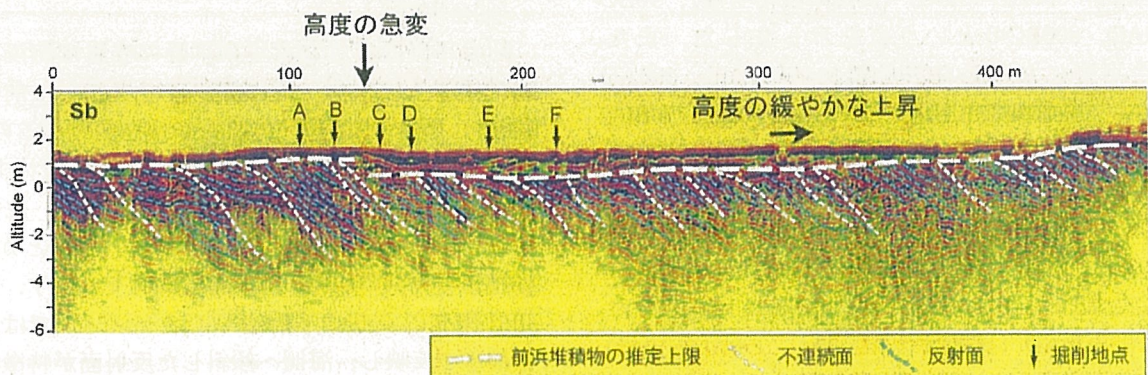


図9 GPR探査による地下構造イメージの解釈断面。

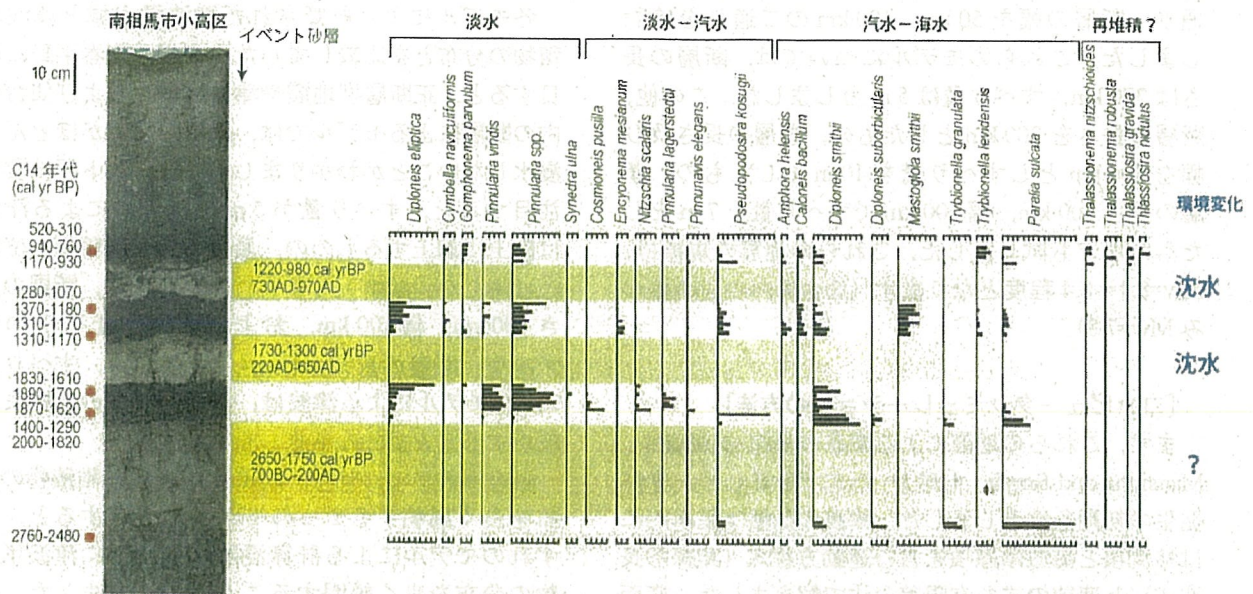


図10 福島県南相馬市小高区における珪藻化石群集の変化とそこから推定される過去の環境変動。

[検討を行った断層モデル]

貞観津波を発生させた地震の断層モデルとして、昭和三陸地震（1933年）と同様な海溝外側のプレート内正断層地震，明治三陸地震（1896年）と同様な海溝内側斜面に沿った津波地震，仙台湾内の断層による地震，及びプレート間地震を検討しました（図11）。

このうち、プレート内正断層地震については、走向は日本海溝に平行な202°とし、傾斜角45°で西に傾く断層面を仮定しました。断層の長さ200km、幅50km、上端が日本海溝のやや東側の海底（深さ0km）に位置し、すべり量は5mとしました。

津波地震については、プレート境界浅部における普段の地震活動の低いところがあることによつて発生すると仮定し、走向は202°で沈み込む太平洋プレートに沿って傾斜角18°の逆断層とし、断層の長さは200km、幅は50km（深さは海底から15kmまで）、すべり量は5mとしました。

仙台湾内の断層については、嵯峨溪逆断層群に沿って長さ40km、幅20km、傾斜角45°、すべり量5mの逆断層を仮定しました。

プレート間地震については、プレート境界の深さ15~50km程度の地震発生帯における断層運動と考えられていることから、日本海溝に平行になるよう走向を202°とし、地震活動に対応するように傾

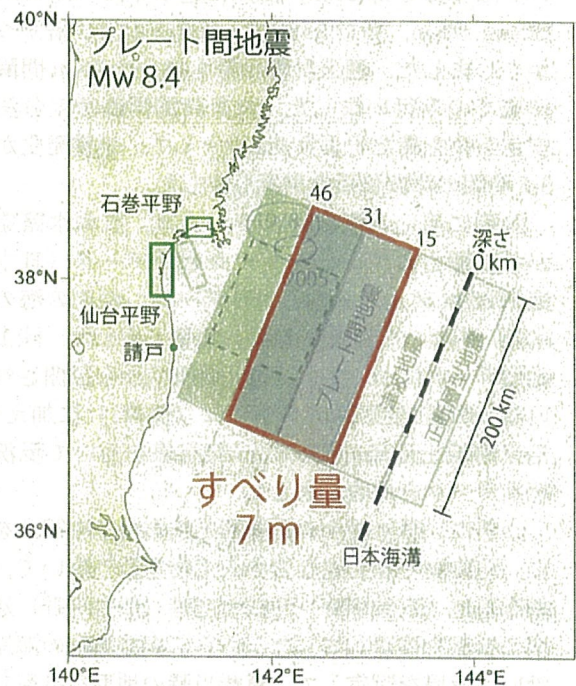


図11 断層の長さ200km、幅100km、すべり量7m、上端深さ15kmとした貞観地震の断層モデル（赤矩形）。背景に描かれた矩形は、本研究で検討を行った貞観地震の他の断層モデルを表す。1978および2005と記された楕円の位置は、それぞれ1978年宮城県沖地震、および2005年に発生した宮城県沖の地震の震源域を表す。

斜角を 18° 、断層上端の深さを15 km, 31 kmの二通り、断層の幅を50 km, 100 kmの二通りを検討しました。これらのモデルについては、断層の長さは200 km、すべり量は5 mとしました。この他、断層の長さを300 kmとしたもの、断層の長さ及び幅を100 kmとしすべり量を10 mとしたもの、断層の長さ200 km、幅100 kmですべり量を7 mとしたものなども試しました。これらの地震の規模は、 $M_w=8.1\sim 8.4$ 程度となります（仙台湾内の活断層のみ $M_w=7.3$ ）。

[コンピュータシミュレーションの方法]

まず、これらの地震による海底の隆起・沈降量を、Mansinha and Smylie (1971) の式で計算して、津波発生初期条件としました。津波の伝播は基本的には移流項と海底摩擦項を含む運動方程式（非線形長波式）と連続の式を有限差分法で解きました。底面摩擦はマニングの粗度係数を $0.03\text{ m}^{-1/3}\text{ s}$ として表現しました。陸上遡上の境界条件は、岩崎・真野(1979)の方法を用いました。

計算範囲は北海道や東日本、および太平洋沿岸海域が含まれる範囲に設置し、差分の格子間隔については外海で2,025 m、海岸に近づくにつれ675 m, 225 m, 75 m, 及び25 mと、段階的に1/3倍ずつ細かくしました。遡上計算は最も細かな25 m間隔の領域でのみ行いました。計算時間間隔は差分法の安定条件を満たすよう0.5秒として、地震発生から3-6時間の津波伝播を計算しました。

計算に用いた海底地形データは、日本水路協会から公開されているデジタル水深データ（日本近海1000 mメッシュ海底地形データ、沿岸の海の基本図）を用いて直交座標系に変換しました。陸上の地形データについては、国土地理院から公開されている「数値地図50 mメッシュ（標高）」に加えて、沿岸海域土地条件図の1 m等高線を用いて現況の標高データを作成しました。

つぎに、明治時代の迅速図と米軍の空中写真を基に、防波堤や埋立地などの人工物を取り除いて、自衛隊基地（石巻平野）や仙台空港（仙台平野）建設前の浜堤を再現しました。さらに貞観当時の海岸線沿いに浜堤を設定して、貞観当時の地形を再現しました。なお、現在の地形を参考にして、浜堤の標高は2.5 m、堤間湿地は標高1 mとしました。海岸線は、石巻平野で現在の海岸線より約1-1.5 km内陸に、仙台平野では現在の海岸線より約1 km内陸に設定しました。

[シミュレーション結果]

各モデルにより計算された津波浸水域と津波堆積物の分布とを比較しました。まず、石巻平野に注目すると、正断層型地震や津波地震、および仙台湾内の断層によるモデルでは、陸地に津波がほとんど浸水しないことがわかりました。プレート間地震に注目すると、すべり量が5 mのモデルによる津波は陸上に遡上するものの、最奥の津波堆積物の位置には達しない結果となりました。一方で、断層の長さ100 km、幅100 km、およびすべり量10 mのモデルや、断層の長さ200 km、幅100 km、すべり量7 mのモデルによる津波は、津波堆積物の位置まで浸水することがわかりました（図12）。

仙台平野については、石巻平野の津波堆積物の分布を良く説明する2つのモデルに着目すると、いずれのモデルによる計算浸水域も同様に津波堆積物の分布を良く説明することがわかりました（図13）。

福島県沿岸では、今泉ほか(2009)が同県浪江町請戸地区で津波堆積物を発見しています。それによれば、現在の海岸線から約1.5 km程度内陸まで貞観津波の堆積物が存在することが明らかにされています。この請戸地区の津波堆積物に着目すると、断層の長さ200 km、幅100 km、およびすべり量7 mのモデルの時に津波堆積物の位置まで浸水することがわかりました。しかし、断層の長さ100 km、幅100 km、およびすべり量10 mのモデルの場合には、津波堆積物の位置までは浸水しない結果となりました。ただし、これらのモデルについては、断層の位置や深さによって計算浸水域が変わります。例えば、上記の長さ100 kmのモデルの場合、断層の位置を南側に移動させると福島県請戸地区における堆積物の位置まで津波が浸水します。しかし、逆に石巻・仙台平野における計算浸水域は狭くなる傾向にあります。これらについては、詳しくは今年度の活断層・古地震研究報告に掲載する予定です。

なお、この研究では、宮城県石巻平野から福島県中部沿岸（請戸地区）における津波堆積物を用いて貞観地震の断層モデルを検討しましたが、断層の南北の拡がり（長さ）などをさらに検討するために、石巻平野よりも北の三陸海岸沿岸や、あるいは福島県南部沿岸、および茨城県沿岸における津波堆積物の調査が必要です。今後、これらの調査結果や、3章で述べたように南相馬市における沈降などを加味して、貞観地震の断層モデルをより詳細に検討していきたいと思えます。

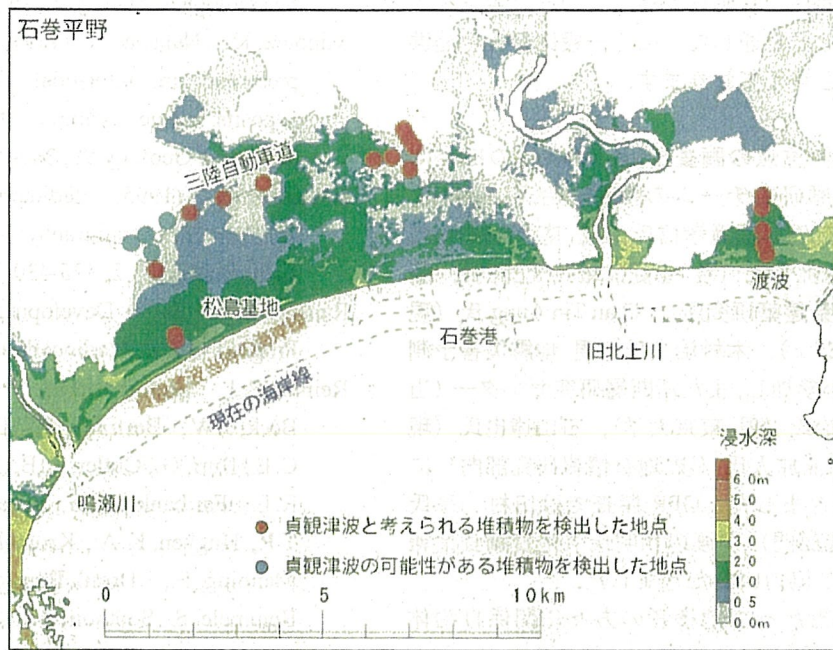


図12 図11の断層モデル(赤矩形)により計算された、石巻平野における津波浸水域と、津波堆積物の位置。

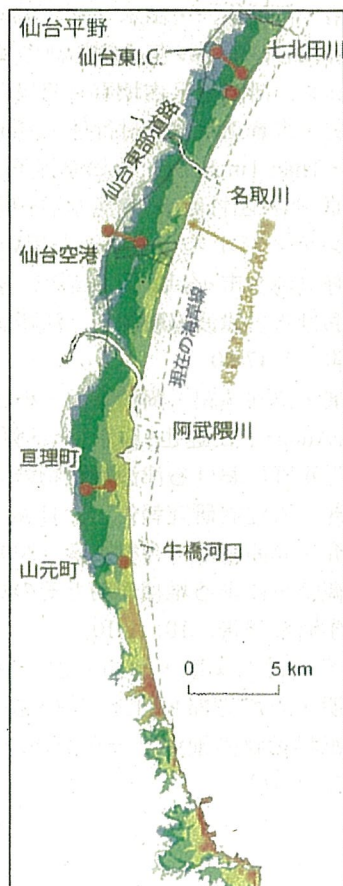


図13 図11の断層モデル(赤矩形)により計算された、仙台平野における津波浸水域と、津波堆積物の位置。

5. まとめ

海溝型地震履歴研究チームでは、2004年の調査開始以来、仙台平野を中心に過去の津波の痕跡を広域でくまなく調べ、さらに様々な手法で地殻変動の復元を試みてきました。その結果、869年貞観地震津波が、当時の海岸線から3~4kmも内陸まで浸水していたことを解明しました。また復元された浸水域に基づいて、津波の波源を数値シミュレーションによって求めた結果、宮城県から福島県にかけての沖合の日本海溝沿いにおけるプレート境界で、長さ200km程度の断層が動いた可能性が考えられ、M8以上の地震であったことが明らかになってきました。さらに同規模の津波が450年~800年程度の再来間隔で過去にくり返し起きていたこともわかり、近い将来に再び起きる可能性も否定できません。

宮城県沖では、1978年の宮城県沖地震に代表されるM7.0~7.5程度の地震が数十年の再来間隔でくり返し発生していることが知られ、2005年にもその一部のアスペリティが壊れたと考えられています。過去にM8を超える規模の地震で3~4kmも内陸まで浸水する大津波が襲っていたことは一般にはほとんど知られていないようです。宮城県沖重点で明らかになった成果は、今後、地震調査研究推進本部の長期評価などに活かされていくこととなりますが、当チームとしては今後もより精度の高い

モデルや再来間隔の解明を目指していき、津波浸水履歴図の出版などを通して、広く一般に情報を提供していきたいと考えております。

謝辞 宮城県沖重点の調査では、筆者らのほかに海溝型地震履歴研究チームの藤原 治氏、藤野滋弘氏、佐藤伸枝氏、鎌滝孝信氏（現 応用地質株式会社）、小松原純子氏（現 地質情報研究部門）、藤井雄士郎氏（現 建築研究所）、Than Tin Aung 氏（現 シュルンベルジェ）、木村治夫氏（現 地震災害予測研究チーム）が参加し、また活断層研究センター（当時）の佐竹健治氏（現 東京大学）、石山達也氏（現 東北大学）、松浦旅人氏（現 地質情報研究部門）にご協力いただきました。GPR 探査では田村 亨氏（地質情報研究部門）と渡辺和明氏（地質調査情報センター）にご協力いただきました。

現地調査に当たって地権者の方々や関係自治体には調査のご理解をいただき、便宜を図っていただきました。

福島県の地形作成においては、国土地理院から「海岸における3D電子地図」を提供して戴き、福島県から「福島県沿岸部地形データ」を提供して戴きました。東北大学大学院理学研究科の今泉俊文教授および石山達也博士には、福島県浪江町請戸地区の津波堆積物の調査結果を提供して戴きました。

引用文献

- 阿部 壽・菅野喜貞・千釜 章 (1990) 仙台平野における貞観11年(869年)三陸津波の痕跡高の推定. 地震2輯, 43, 513-525.
- 今泉俊文・石山達也・原口 強・宮内崇裕・後藤秀昭・島崎邦彦 (2008) 東北地方太平洋沿岸域における地質調査. 宮城県沖地震における重点的調査観測(平成19年度)成果報告書, 107-132.
- 石橋克彦 (2009) 歴史地震史料の全文データベース化. 地震第2輯特集号, 61, S509-S517.
- 岩崎敏夫・真野 明 (1979) オイラー座標による二次元津波遡上の数値計算. 海岸工学講演会論文集, 26, 70-74.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編火山灰アトラス—日本列島とその周辺. 東京大学出版会, 336pp.
- Mansinha, L. and Smylie, D. E. (1971) The displacement fields of inclined faults. Bulletin of the Seismological Society of America, 61, 1433-1440.
- Minoura, K., Nakaya, S. (1991) Tranches of tsunami preserved in inter-tidal lacustrine and marsh deposits: some examples from northeast Japan. Journal of Geology 99, 265-287.
- Ramsey, B. C. (1995) Radiocarbon Calibration and Analysis of Stratigraphy: The OxCal Program. Radiocarbon 37, 2, 425-430.
- Ramsey, B. C. (2001) Development of the Radiocarbon Program OxCal. Radiocarbon 43, 2A, 355-363.
- Reimer, P. J., Baillie, M. G. L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Bertrand, C., Blackwell, P. G., Buck, C. E., Burr, G., Cutler, K. B., Damon, P. E., Edwards, R. L., Fairbanks, R. G., Friedrich, M., Guilderson, T. P., Hughen, K. A., Kromer, B., McCormac, F. G., Manning, S., Bronk Ramsey, C., Reimer, R. W., Remmele, S., Southon, J. R., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F. W., van der Plicht, J. and Weyhenmeyer, C. E. (2004) IntCal04 Terrestrial Radiocarbon Age Calibration, 0-26 Cal Kyr BP. Radiocarbon 46, 1029-1058.
- 佐竹健治・行谷佑一・山木 滋 (2008) 石巻・仙台平野における869年貞観津波の数値シミュレーション. 活断層・古地震研究報告, 8, 71-89.
- 澤井祐紀・宍倉正展・岡村行信・高田圭太・松浦旅人・Than Tin Aung・小松原純子・藤井雄士郎・藤原 治・佐竹健治・鎌滝孝信・佐藤伸枝 (2007) ハンディジオスライサーを用いた宮城県仙台平野(仙台市・名取市・岩沼市・亘理町・山元町)における古津波痕跡調査. 活断層・古地震研究報告, 7, 47-80.
- 宍倉正展・澤井祐紀・岡村行信・小松原純子・Than Tin Aung・石山達也・藤原 治・藤野滋弘 (2007) 石巻平野における津波堆積物の分布と年代. 活断層・古地震研究報告, 7, 31-46.
- 菅原大介・箕浦幸治・今村文彦 (2001) 西暦869年貞観津波による堆積作用とその数値復元. 津波工学研究報告, 18, 1-10.
- 田村 亨・村上文敏・七山 太・斎藤文紀・渡辺和明・吉河秀郎・村上文敏・根元謙次 (2008) 海浜堆積物の地中レーダ記録. 地質ニュース, 642, 19-14.

H22/11

別紙11

宮城県石巻・仙台平野および福島県請戸川河口低地における 869年貞観津波の数値シミュレーション

Numerical simulation of the AD 869 Jogan tsunami in Ishinomaki and Sendai plains and Ukedo river-mouth lowland

行谷佑一¹・佐竹健治^{1,2}・山木 滋³

Yuichi Namegaya¹, Kenji Satake^{1,2} and Shigeru Yamaki³

¹活断層・地震研究センター (AIST, Geological Survey of Japan, Active Fault and Earthquake Research Center, yuichi.namegaya@aist.go.jp)

²東京大学地震研究所 (Earthquake Research Institute, the University of Tokyo)

³シーマス (Seamus)

Abstract: An unusually large tsunami was generated by the AD 869 Jogan earthquake, off Miyagi prefecture along the Japan Trench. The tsunami brought deposits on the Ishinomaki and Sendai plains, both in Miyagi prefecture, and Ukedo river-mouth lowland of Namie Town, Fukushima prefecture. Horizontal distance between the most inland tsunami deposit and the estimated past coastline is about 3 km in Ishinomaki plain, 3-4 km in Sendai plain, and 1.5 km in Ukedo area. We computed tsunami inundation at these locations from two fault models of interplate earthquakes: one is a 100 km long fault with 10 m slip ($M_w=8.3$) and the other is a 200 km long fault with 7 m slip ($M_w=8.4$). We also examined four other fault models with variable fault depths and locations. In the simulation, artificial structures such as breakwaters and reclaimed lands were removed from the present topography, and the coastlines were modified to reproduce the topography at the time of the Jogan earthquake. Comparison of the computed inundation areas with the distribution of tsunami deposits indicates that source of a 200 km long fault with 7 m slip can reproduce the distribution of the tsunami deposits in both plains and Ukedo river-mouth lowland.

キーワード: 貞観津波, 石巻平野, 仙台平野, 請戸川河口低地, 津波堆積物, 津波シミュレーション
Keywords: Jogan tsunami, Ishinomaki plain, Sendai plain, Ukedo river-mouth lowland, Tsunami deposit, Tsunami simulation

1. はじめに

貞観十一年五月廿六日(ユリウス暦869年7月9日)に発生した地震(貞観地震)は、宮城県仙台市周辺に大きな被害をもたらした。平安時代に編纂された歴史書である『日本三代実録』には、仙台市周辺で建物の倒壊や地割れにより人間や牛馬などに大きな被害が生じたことが記録されている。さらには、この地震により津波(貞観津波)が発生し、溺死者は千人に及んだという。

貞観地震の断層モデルについては、これまでにくつかの研究がなされている(例えば、羽鳥, 1998; 渡邊, 2000; 菅原・他, 2001; Minoura *et al.*, 2001; 河野・他, 2002; 佐竹・他, 2008)。このうち、佐竹・他(2008)は様々な断層モデルを仮定し、石巻平野および仙台平野における貞観津波の堆積物の位置と、計算浸水範囲とを比較することで、最適な断層モデルを検討した。その結果、プレート境界型地震で、断層の幅が100 km、すべり量が7 m以上の場合(モデル8お

よび10)に、石巻平野と仙台平野の津波堆積物の位置まで(あるいはそれ以奥に)津波が浸水することを示した。ただし、震源域の南端がどこまで達するかは、石巻平野や仙台平野における津波浸水計算から推定することはできなかった。

一方で、津波堆積物については現在も調査が進んでいる。最近、東北大学による調査(今泉・他, 2008; Suzuki *et al.*, 2009)により、福島県双葉郡浪江町請戸地区(請戸川河口低地)において津波堆積物の調査が行われ、貞観津波による堆積物が発見された。請戸地区は仙台平野から南へ約50 kmに位置する。

そこで本研究では、佐竹・他(2008)による2つの断層モデル(モデル8および10)の他、これらのモデルから断層の位置や深さを変更した4つの新しい断層モデルについて、津波浸水計算を行った。そして、石巻平野、仙台平野および請戸地区における津波堆積物の位置と計算浸水範囲とを比較し、貞観地震の断層モデルについて検討を行った。

2. 貞観津波の堆積物

津波浸水計算と比較する貞観津波の堆積物について、石巻平野および仙台平野では佐竹・他 (2008) で比較を行った津波堆積物の位置 (宍倉・他, 2007; 澤井・他, 2007; 2008) を用いた。福島県浪江町請戸地区については、今泉・他 (2008) や Suzuki *et al.* (2009) で明らかにされた津波堆積物の位置を用いた。以下に概要をまとめる。

石巻平野では、当時の海岸線は現在の海岸線に比べ 1~1.5 km 内陸に位置すると推定され、当時の海岸線から 3 km 以上内陸まで貞観津波の堆積物が分布している。仙台平野では、当時の海岸線は現在よりも約 1 km 内陸に位置し、当時の海岸線から 4 km 程度内陸まで貞観津波の堆積物が分布している。請戸地区では、当時の海岸線の位置については不明であるが、現在の海岸線から 1.5 km 程度内陸まで貞観津波の堆積物が分布している。貞観津波は少なくともこれらの津波堆積物よりも内陸側まで浸水したと考えられる。

なお、佐竹・他 (2008) では、津波堆積物が貞観津波によるものである可能性によって津波堆積物をランク A およびランク B に分けた。ランク A は層序学的にみて貞観津波による堆積物とみなせるものを意味し、ランク B は層序学的証拠に乏しいが貞観津波による堆積物である可能性が高い堆積物を意味する。本研究では、その後の追加調査 (岡村・他, 2010) などに基づき、石巻平野および仙台平野の津波堆積物のランクの再評価を行った。その結果、佐竹・他 (2008) でランク A とされていたもののうちランク B になったもの、ランク B とされていたもののうち貞観津波の堆積物として認定されなくなったものがある。請戸地区については、全ての堆積物をランク A とした。

3. 断層モデル

貞観津波を発生させた地震の断層モデルとして佐竹・他 (2008) は、昭和三陸地震 (1933 年) と同様な海溝東側のプレート内正断層地震 (モデル 1)、明治三陸地震 (1896 年) と同様な海溝西側斜面に沿った津波地震 (モデル 2)、仙台湾内の断層による地震 (モデル 9)、及びプレート間地震 (モデル 3~8 およびモデル 10) の計 10 種類を検討した。

このうち、プレート間地震で断層の長さ 100 km、幅 100 km、すべり量 10 m のモデル 8 と、断層の長さ 200 km、幅 100 km、すべり量 7 m のモデル 10 について、石巻平野と仙台平野における津波堆積物の位置まで津波が浸水することがわかった。いずれのモデルも、断層の走向は日本海溝におよそ平行に 202° とし、傾斜角は現在の地震分布を参考にして 18° としている。

本研究では、佐竹・他 (2008) のモデル 8 および

モデル 10 を基にして、モデル 10 を傾斜角方向に深部 (上端深さ 31 km) に移動させたもの (モデル 11)、モデル 8 を走向方向に 50 km 南側に移動させたもの (モデル 12)、モデル 8 を傾斜角方向に浅部 (上端深さ 15 km) に移動させたもの (モデル 13)、およびモデル 13 を走向方向に 50 km 南側に移動させたもの (モデル 14) を検討した。剛性率を $4 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ と仮定すると、モーメントマグニチュードはモデル 10 およびモデル 11 で 8.4、モデル 8 およびモデル 12~14 で 8.3 となる。それぞれのモデルの諸元や位置などを、第 1 表および第 1 図にまとめた。

4. 津波シミュレーション

断層モデルによる海底・海岸の地殻上下変動を、Mansinha and Smylie (1971) の式で計算して、津波発生初期条件とした。津波の伝播は移流項と海底摩擦項を含む非線形長波の運動方程式と連続方程式を連立して差分法で解いた。計算領域の最も外側の境界では、海水が自由通過するようにした。陸上への遡上を考慮しない領域 (後述の E 領域以外の領域) においては、海岸線に直交する流量成分をゼロとした。底面摩擦はマニングの粗度係数を $0.03 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ として表現した。陸上遡上の境界条件は、岩崎・真野 (1979) の方法を用いた。シミュレーションの基本式や計算手法の詳細については、佐竹・他 (2003) を参照されたい。

差分の格子間隔は、外海では 2,025 m (A 領域、この範囲のみ線形計算) で、海岸に近づくにつれ、675 m (B 領域)、225 m (C 領域)、75 m (D 領域)、および 25 m (E 領域) と段階的に細かくした。遡上計算は E 領域でのみ行った。石巻平野および仙台平野における津波計算領域は佐竹・他 (2008) の第 3 図に示す領域を用い、請戸地区においては第 2 図に示す領域を用いた。計算時間間隔は差分法の安定条件を満たすよう 0.5 秒として、地震発生から 6 時間の津波伝播を計算した。

計算に用いた海底地形データは、石巻平野及び仙台平野周辺については、日本水路協会から公開されているデジタル水深データ (日本近海 1000 m メッシュ海底地形データ、沿岸の海の基本図) を用い、請戸周辺については、同協会発行のデジタル水深データ (海底地形デジタルデータ、日本近海 30 秒グリッド水深データ、日本全域海岸線データ) を用いて直交座標系に変換した。海水面は平均海面を基準とした。

陸上の地形データについては、石巻平野及び仙台平野の浸水計算では国土地理院から公開されている「数値地図 50 m メッシュ (標高)」に加えて、沿岸海域土地条件図の 1 m 等高線を用いて現況の標高データを作成した。請戸地区に関しては、同じく「数値地図 50 m メッシュ (標高)」に加えて、国土地理院

が所有する「海岸における 3D 電子地図」および福島県が所有する陸上地形データを用いて現況の標高データをコンパイルした。

つぎに、明治時代の迅速図と米軍の空中写真を基に、防波堤や埋立地などの人工物を取り除いて、自衛隊基地（石巻平野）や仙台空港（仙台平野）建設前の浜堤を再現した。なお、現在の地形を参考にして、浜堤の標高は 2.5 m、堤間湿地は標高 1 m とした。海岸線は、石巻平野で現在の海岸線より 1~1.5 km 内陸に、仙台平野では現在の海岸線より 1 km 内陸に設定した（佐竹・他（2008）の第 4 図）。福島県沿岸については、貞観地震当時の海岸線の位置は不明であるが、地形発達観点から、現在の海岸線とほぼ同じ位置にあると考えて、明治時代の迅速図や米軍の空中写真を参考に、現在の地形から人工物を取り除いたデータを用いた（第 3 図）。推定海岸線が現在の海岸線よりも若干沖側（あるいは陸側）に位置するが、これは明治時代の迅速図や航空写真から判読した海岸線を反映させた結果である。

5. 結果

各モデルによる陸上・海底の地殻上下変動（初期水位）の分布を、第 4 図に示す。いずれのモデルも初期水位は沖（東）側で大きく隆起し、陸（西）側で小さく沈降するパターンを示す。断層の上端深さが 31 km のモデル（モデル 8, 11, 12）は比較的大きな沈降域が陸域にかかるのに対し、同深さが 15 km のモデル（モデル 10, 13, 14）による陸域の沈降量は小さい。

これらの初期水位から計算された津波の最大水位分布を第 5 図に示す。断層の走向に直交する方向で水位が大きくなる指向性が顕著に現れている。断層の大きさや深さが同じで位置が異なるモデル同士（モデル 8 とモデル 12、モデル 13 とモデル 14）を比較すると、南側に位置するモデル（モデル 12 およびモデル 14）の方が、福島県における最大水位が高くなるのがわかる。

石巻平野と仙台平野、および請戸地区における最大浸水深（地盤上の津波高）と津波堆積物分布とを比較したものを、それぞれ第 6 図、第 7 図および第 8 図に示す。また、石巻平野における 3 測線上での浸水深と津波堆積物の位置との比較を第 9a 図に、仙台平野における 5 測線上での比較を第 9b 図および第 9c 図に、請戸地区における測線上での比較を第 9d 図に示す。さらに、モデルの違いによる各測線での浸水距離と遡上高の違いを比較したグラフを第 10 図および第 11 図に示す。なお、各測線上における海岸線からの距離について、佐竹・他（2008）では隣接する格子に沿って測線を設定していたが、本研究では測線の両端を直線で結んだので若干異なる場合がある。

まず、石巻平野における津波堆積物の分布と計算された津波浸水域とを比較する（第 6 図、第 9a 図、第 10 図および第 11 図）。佐竹・他（2008）が報告したように、モデル 8（断層長さ 100 km）やモデル 10（同 200 km）による計算浸水域は、津波堆積物の分布を良く説明する。モデル 11（モデル 10 の上端深さを 15 km から 31 km に深くしたもの）による計算浸水域も津波堆積物の分布を良く説明する。しかしながら、モデル 12（モデル 8 を南側に移動させたもの）、モデル 13（モデル 8 の上端深さを 31 km から 15 km に浅くしたもの）、およびモデル 14（モデル 13 を南側に移動させたもの）による計算浸水域は、A1 測線および Y 測線沿いで最も内陸の津波堆積物まで到達していない。

仙台平野（第 7 図、第 9b 図、第 9c 図、第 10 図および第 11 図）については、石巻平野の津波堆積物の分布を良く説明するモデル 8, 10 および 11 に着目すると、いずれのモデルによる計算浸水域も津波堆積物の分布を比較的良く説明する。

請戸地区（第 8 図、第 9d 図、第 10 図、および第 11 図）については、モデル 10 やモデル 11 による浸水域は津波堆積物の分布を良く説明するのに対し、モデル 8 による浸水域は津波堆積物の位置に達しない。なお、モデル 8 の位置をずらしたモデル 12, 13, および 14 による計算浸水域はおおむね津波堆積物の分布を説明するが、これらのモデルは石巻平野や仙台平野において津波堆積物の位置までは到達しない測線が存在した。

これらの比較から、石巻平野、仙台平野、および請戸地区における津波堆積物の位置まで浸水するのは、断層の長さが 200 km（モデル 10 および 11）の場合であることがわかった。断層の長さが 100 km（モデル 8, 12, 13 および 14）の結果に注目すると、断層北端が 200 km モデルよりも南側だと石巻平野の津波堆積物の位置まで津波が浸水しない傾向にあり、逆に断層南端が 200 km モデルよりも北側だと請戸川河口域の津波堆積物の位置まで津波が浸水しない場合が存在した。すなわち、石巻平野、仙台平野、および請戸地区における津波堆積物の位置を同時に再現するには、断層の長さが 100 km では短いことがわかった。第 2 表および第 3 表は、石巻平野、仙台平野、および請戸地区における浸水距離や標高の比（シミュレーション/堆積物）を比較したものである。この比較には、ランク A および B を問わず、もっとも内陸側の津波堆積物の位置（海岸線からの距離と標高）を用いた。ただし、浸水距離の比に関しては、1 を越える場合（すなわち、計算浸水域が津波堆積物の位置より奥まで浸水する場合）には 1 として扱った。これによれば、モデル 10 および 11 の浸水距離の比の平均がもっとも大きく、それぞれ 0.97 および 0.99 と 1 に近い値を示す。また、これらの標準偏差は 0.04 や 0.01 と小さな値を示すことから、これらのモデル

が貞観津波の堆積物の位置まで浸水するモデルとして適切であることが示される。なお、津波堆積物のランクの再評価ならびに各測線上の海岸線からの距離の再計算に伴う、佐竹・他 (2008) の第2表を改訂したものを付表として載せた。

6. 潮汐の影響

『日本三代実録』によれば、「陸奥國地大震動、流光如晝隱映」とある (大日本地震史料第1巻, 「古代・中世」地震・噴火史料データベース (石橋, 2009) による。この記述については Imamura (1934) により英訳され, Sawai *et al.* (2008) に引用されている。)。この部分は、「陸奥國で大震動があり、光が流れて昼のように明るくなったり暗くなったりした」と解釈される。光の物理的な意味は不明であるが、貞観地震は夜間に発生したと考えられる。第12図は福島県相馬市相馬における貞観地震時の推算天文潮位を表す。夜間の潮位は、平均海面から最大で50 cm程度高い。そこで、津波来襲時の潮位を50 cm上げた状態で、各モデルに対する浸水計算を行った。その結果、いずれのモデルについても、津波来襲時の潮位を平均海面とした場合の浸水深に対して、おおむね50 cm程度高い浸水深となった。すなわち石巻平野、仙台平野、および請戸地区の場合、潮位の影響は、地点によって計算水位に顕著な差が生じるのではなく、津波の高さが一律的に大きくなるような変化をもたらすことが確認された。この場合においても、モデル8, 12~14による浸水域は一部の測線で津波堆積物の位置まで達しない結果となった。断層の大きさや位置に関する検討においては、潮位の影響は大きくはないと考えられる。

7. まとめ

石巻平野、仙台平野、および請戸地区における貞観津波の堆積物の分布と、6種類のプレート境界型地震の断層モデルによる津波浸水計算結果とを比較した。検討を行った断層モデルは、断層の長さ100 km, 幅100 km, すべり量10 m, 上端深さ31 km (モデル8, Mw8.3) と、断層の長さ200 km, 幅100 km, すべり量7 m, 上端深さ15 km (モデル10, Mw8.4) の他、モデル8を南側に移動させたモデル (モデル12)、浅部に移動させたモデル (モデル13および14)、モデル10を深部に移動させたモデル (モデル11) である。

この結果、断層の長さが200 kmのモデル (モデル10および11) では、断層上端深さによらず、全地域で津波堆積物の分布を良く再現することができた。いっぽう、断層の長さが100 kmのモデル (モデル8) では、計算浸水域が請戸地区における津波堆積物の位置まで到達しなかった。また、モデル8の位置を南側や浅部へずらしたモデルでは、請戸地区

の津波堆積物は説明できるが石巻・仙台平野の津波堆積物を説明できないなど、全地域の津波堆積物の位置まで浸水する結果は得られなかった。

本研究では石巻平野から請戸地区における津波堆積物を用いて貞観地震の断層モデルを検討したが、断層の南北の拡がり (長さ) などをさらに検討するために、今後、石巻平野よりも北の三陸海岸沿岸や、あるいは請戸地区よりも南の福島県、茨城県沿岸における津波堆積物の調査が必要である。

謝辞 本研究は東北大学から産総研活断層・地震研究センターに委託された、文部科学省「宮城県沖地震重点調査観測」の一環として実施された。福島県の地形作成においては、国土地理院から「海岸における3D電子地図」を提供して戴き、福島県から「福島県沿岸部地形データ」を提供して戴いた。東北大学大学院理学研究科の今泉俊文教授および石山達也博士には、福島県浪江町請戸地区の津波堆積物の調査結果を提供して戴いた。活断層・地震研究センターの岡村行信センター長、海溝型地震履歴研究チームの宍倉正展チーム長、澤井祐紀博士には、石巻平野・仙台平野における津波堆積物調査結果や地形調査データを提供して戴いたほか、貞観地震当時の地形や仙台湾内の活断層に関する情報を戴いた。査読者である建築研究所の藤井雄士郎博士には、原稿の細部にまでわたって有益な助言を戴いた。

文 献

- 羽鳥徳太郎 (1998) 貞観11年 (869年) 宮城多賀城津波の推定波源域. 海洋号外, 15, 167-171.
- 今泉俊文・石山達也・原口 強・宮内崇裕・後藤秀昭・島崎邦彦 (2008) 東北地方太平洋沿岸域における地質調査. 宮城県沖地震における重点的調査観測 (平成19年度) 成果報告書, 107-132.
- Imamura, A. (1934) Past tsunamis of the Sanriku coast. *Japanese J. Astronomy Geophysics*, 11, 79-93.
- 石橋克彦 (2009) 歴史地震史料の全文データベース化. 地震第2輯特集号, 61, S509-S517.
- 岩崎敏夫・真野 明 (1979) オイラー座標による二次元津波遡上の数値計算. 海岸工学講演会論文集, 26, 70-74.
- 河野幸夫・高田 晋・今村文彦 (2002) 宮城県沖地震モデルによる貞観津波の解析. 東北地域災害科学研究, 38, 87-92.
- Mansinha, L. and Smylie, D. E. (1971) The displacement fields of inclined faults. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 61, 1433-1440.
- Minoura, K., Imamura, F., Sugawara, D., Kono, Y., and Iwashita, 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.

- 岡村行信・藤原 治・澤井祐紀・藤野滋弘・行谷佑一 (2010) 地質調査・津波シミュレーションに基づく地震発生履歴に関する研究, 宮城県沖地震における重点的調査観測 (平成 21 年度) 成果報告書, 87-106.
- 佐竹健治・七山 太・山木 滋 (2003) 17 世紀に北海道東部で発生した異常な津波の波源モデル. 活断層・古地震研究報告, No.3, 315-362.
- 佐竹健治・行谷佑一・山木 滋 (2008) 石巻・仙台平野における 869 年貞観津波の数値シミュレーション. 活断層・古地震研究報告, No.8, 71-89.
- 澤井祐紀・宍倉正展・岡村行信・高田圭太・松浦旅人・Than Tin Aung・小松原純子・藤井雄士郎・藤原 治・佐竹健治・鎌滝孝信・佐藤伸枝 (2007) ハンディジオスライサーを用いた宮城県仙台平野 (仙台市・名取市・岩沼市・亘理町・山元町) における古津波痕跡調査. 活断層・古地震研究報告, No.7, 47-80.
- 澤井祐紀・宍倉正展・小松原純子 (2008) ハンドコアラを用いた宮城県仙台平野 (仙台市・名取市・岩沼市・亘理町・山元町) における古津波痕跡調査. 活断層・古地震研究報告, No.8, 17-70.
- Sawai, Y., Fujii, Y., Fujiwara, O., Kamataki, T., Komatsubara, J., Okamura, Y., Satake, K., 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.
- 宍倉正展・澤井祐紀・岡村行信・小松原純子・Than Tin Aung・石山達也・藤原 治・藤野滋弘 (2007) 石巻平野における津波堆積物の分布と年代. 活断層・古地震研究報告, No.7, 31-46.
- 菅原大助・箕浦幸治・今村文彦 (2001) 西暦 869 年貞観津波による堆積作用とその数値復元. 津波工学研究報告, 18, 1-10.
- Suzuki, H., Imaizumi, T., Ishiyama, T., Miyachi, T., Kagohara, K., Haraguchi, T., Marushima, N., Omachi, T. (2009) Holocene Tsunami deposits associated with earthquakes along Pacific coast, northeast Japan. *Eos Trans. AGU Fall Meet. Suppl.*, 90 (52), T33B-1884.
- 渡邊偉夫 (2000) 貞観 11 年 (869 年) の地震・津波と推定される津波の波源域 (総括). *歴史地震*, 16, 59-77.

(受付: 2010 年 8 月 24 日, 受理: 2010 年 11 月 29 日)

H22

第 1 表. 本研究で検討する貞観地震の断層モデル.

Table 1. Parameters of fault models of the Jogan earthquake examined in this study. The fault locations (longitude, latitude, and depth) refer to the northeastern edge of the fault plane. Rigidity of 4×10^{10} N/m² is assumed for estimation of seismic moment (Mo).

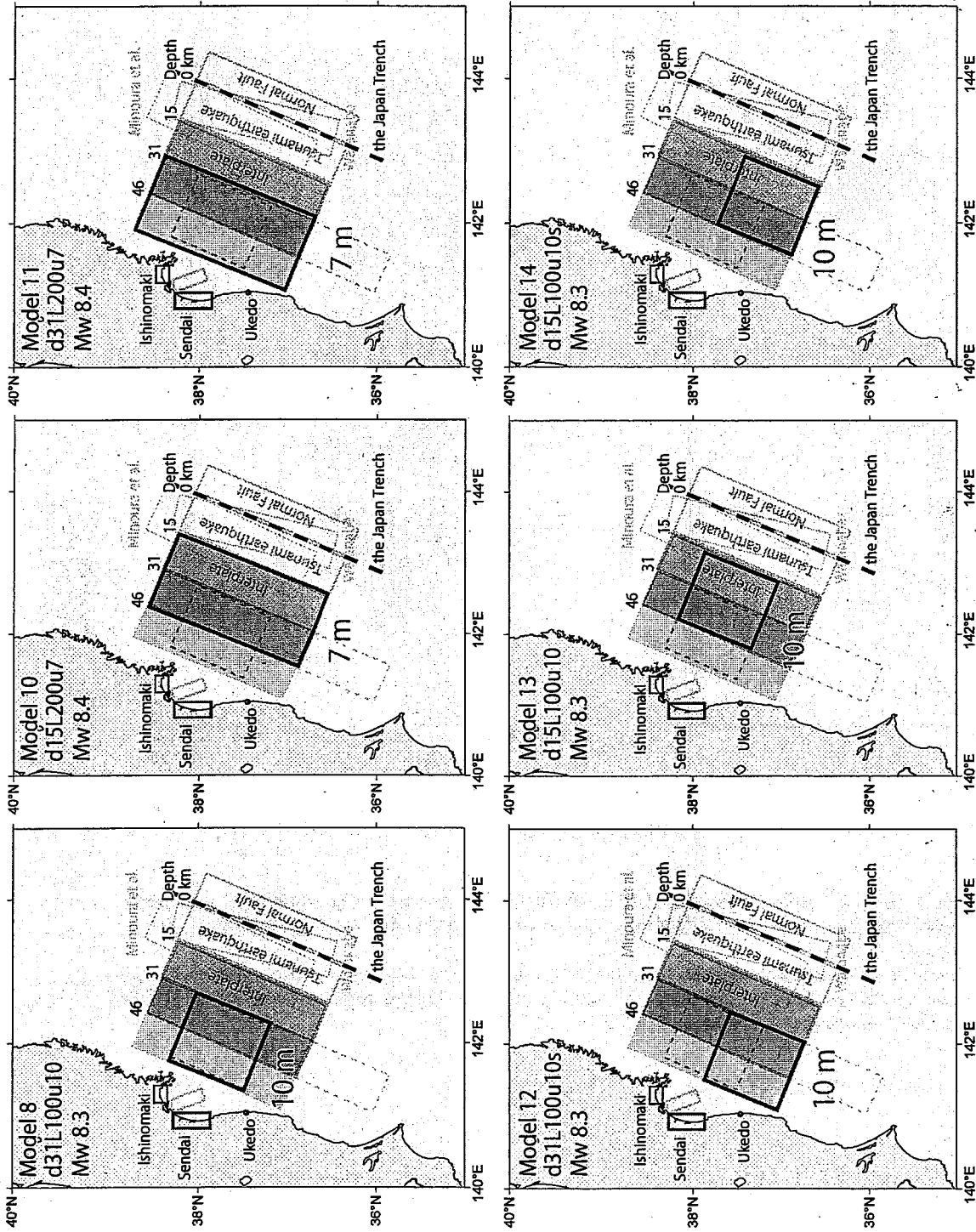
モデル Model	断層タイプ Fault type	断層位置 deg N deg E		深さ Depth km	長さ Length km	幅 Width km	走向 Strike deg	傾斜角 Dip deg	すべり角 Rake deg	すべり量 Slip m	地震モーメント Mo Nm	Mw
8	d31L100u10	38.00	142.68	31	100	100	202	18	90	10	4×10^{21}	8.3
10	d15L200u7	38.24	143.41	15	200	100	202	18	90	7	5.6×10^{21}	8.4
11	d31L200u7	38.41	142.91	31	200	100	202	18	90	7	5.6×10^{21}	8.4
12	d31L100u10s	37.59	142.45	31	100	100	202	18	90	10	4×10^{21}	8.3
13	d15L100u10	37.83	143.18	15	100	100	202	18	90	10	4×10^{21}	8.3
14	d15L100u10s	37.42	142.95	15	100	100	202	18	90	10	4×10^{21}	8.3

第2表. 貞観津波の6個のモデルから計算した浸水距離(km)と最も内陸の津波堆積物の海岸からの距離(km)との比較.
 Table 2. Inundation distances (in km) along profiles computed for six models of the Jogan tsunami, compared with the distances (in km) between the estimated coast line and the most inland tsunami deposits. The lowest two lines indicate averages and standard deviations of distance ratio (simulated inundation distance / furthest tsunami deposit from coast). Both rank A and B deposits are included in the calculations. When the distance ratio becomes more than 1.0, it is assumed to be 1.0 for the calculation of average and standard deviation. The averages and standard deviations shown in bold are the preferred models.

Distance from coastline, km							
	Tsunami deposit	Model 8 d31L100u10	Model 10 d15L200u7	Model 11 d31L200u7	Model 12 d31L100u10	Model 13 d15L100u10	Model 14 d15L100u10
Ishinomaki							
WA	1.5	1.5	1.6	1.6	1.5	1.6	1.5
A1	3.3	3.4	3.0	3.8	2.2	2.2	2.2
Y	2.9	2.7	2.6	2.9	2.2	2.5	1.8
Sendai							
a	2.8	2.9	2.9	3.2	1.7	2.8	1.6
b	2.1	3.1	3.1	3.4	2.1	2.9	2.6
c	4.0	3.5	3.8	3.9	3.0	3.4	3.1
d	2.9	3.4	3.4	3.6	3.0	3.2	2.8
e	2.0	2.6	2.7	2.7	2.2	2.5	2.3
Ukedo							
U	1.4	0.9	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Distance ratio	Average	0.93	0.97	0.99	0.86	0.93	0.84
(Sim./Dep.)	Std. Dev.	0.13	0.04	0.01	0.17	0.12	0.19

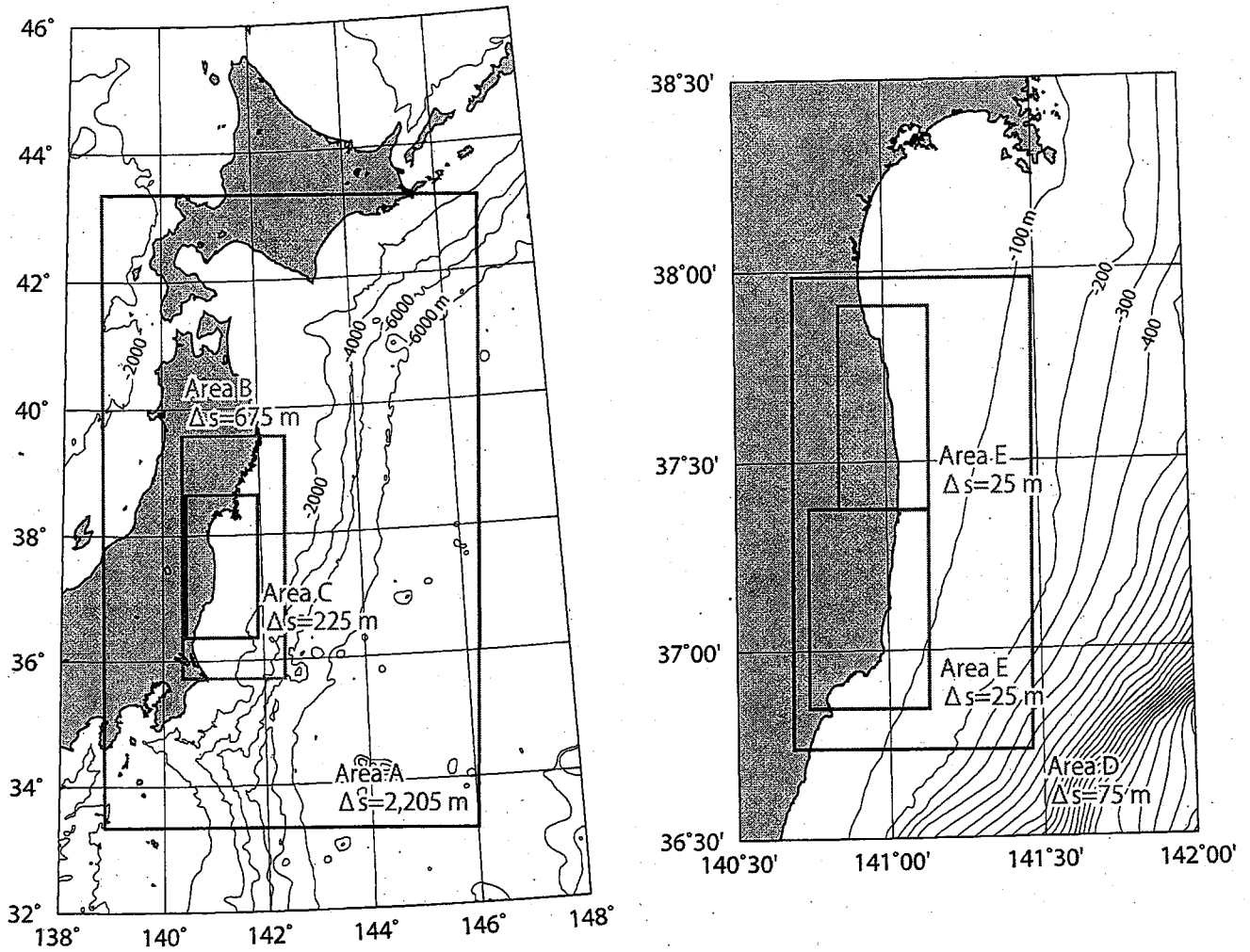
第3表. 貞観津波の6個のモデルから計算した遡上高さ(m)と最も内陸の津波堆積物の標高(m)との比較.
 Table 3. The runup heights (in meters) along profiles computed for six models of the Jogan tsunami, compared with the altitudes (in meters) of the most inland tsunami deposits. The lowest two lines indicate averages and standard deviations of height ratio (simulated runup height / altitude 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.

Altitude, m							
	Tsunami deposit	Model 8 d31L100u10	Model 10 d15L200u7	Model 11 d31L200u7	Model 12 d31L100u10	Model 13 d15L100u10	Model 14 d15L100u10
Ishinomaki							
WA	2.1	2.7	3.6	3.3	2.3	3.1	2.4
A1	1.7	1.9	1.7	2.1	1.3	1.4	1.4
Y	2.6	2.5	2.5	2.6	2.5	2.4	2.5
Sendai							
a	2.0	2.4	2.4	2.6	1.6	2.1	1.6
b	1.4	2.5	2.5	2.8	1.5	2.2	1.5
c	2.8	2.0	2.1	2.3	1.2	1.7	1.4
d	2.5	3.5	3.2	3.8	2.5	2.9	2.3
e	3.0	4.0	4.1	4.1	3.1	3.9	3.2
Ukedo							
U	4.6	4.2	7.1	4.9	6.7	4.9	8.9
Height ratio	Average	1.19	1.29	1.33	0.96	1.11	1.03
(Sim./Dep.)	Std. Dev.	0.32	0.36	0.35	0.28	0.30	0.39



第 1 図. 貞観地震の断層モデル (赤線枠). 赤数字はすべり量を表す. 黒数字は深さを表す. 背景にある矩形は, 佐竹・他 (2008) で検討を行った断層モデルの位置を表す.

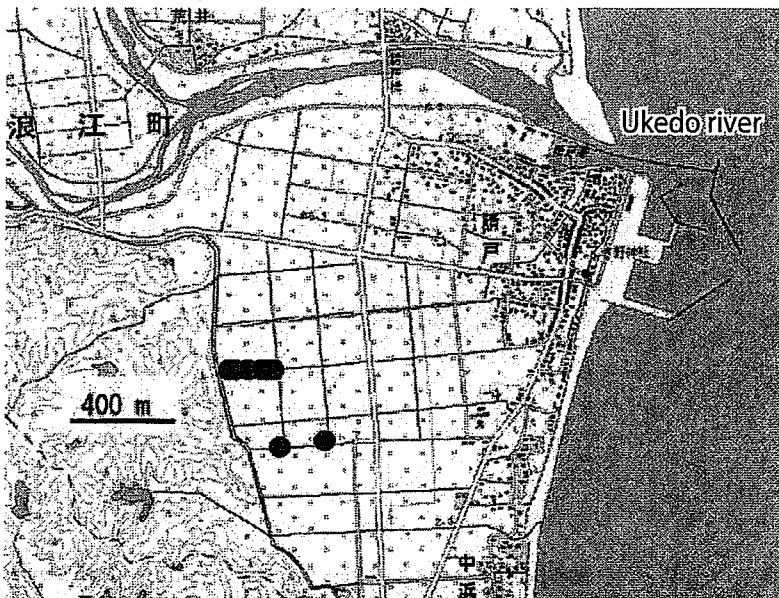
Fig. 1. Fault models of the Jogan earthquake (red rectangles). Slip amounts are shown by red numbers. The black numbers are the top depth of the fault planes. The rectangles in the background indicate fault models discussed in Satake *et al.* (2008).



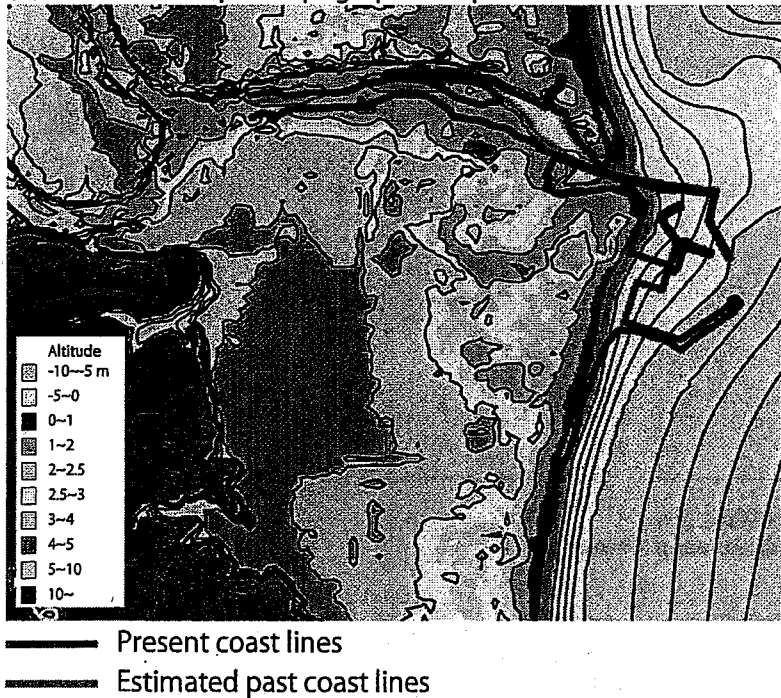
第2図. 津波シミュレーションの範囲. 計算格子は 2,025 m (A 領域), 675 m (B 領域), 225 m (C 領域), 75 m (D 領域), 25 m (E 領域) と段階的に細かくした. 福島県沿岸のシミュレーション範囲のみ示す. 石巻・仙台平野については, 佐竹・他 (2008) を参照.

Fig. 2. Computational areas for tsunami numerical simulation for Fukushima prefecture. Grid sizes are 2,025 m (Area A), 675 m (Area B), 225 m (Area C), 75 m (Area D), and 25 m (Area E); smaller grids used near coasts. For the Ishinomaki and Sendai plains, see Satake *et al.* (2008).

(a) A present topographic map and locations of tsunami deposits at Ukedo



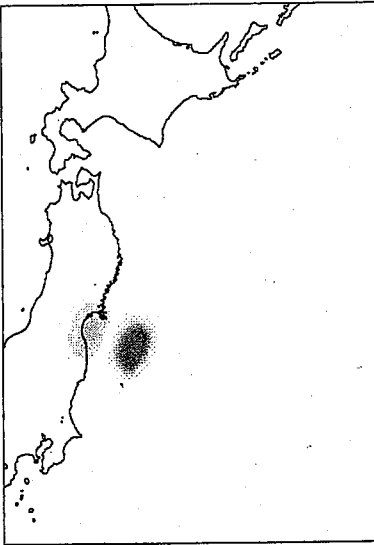
(b) An estimated past topographic map at Ukedo



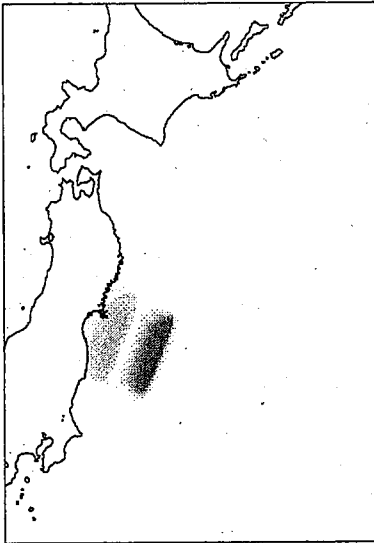
第3図. (a) 福島県双葉郡浪江町請戸地区における貞観津波の堆積物が見つかった位置(赤丸)(今泉・他, 2008). 国土地理院発行の2万5千分の1地形図「磐城双葉」を使用. (b) 福島県請戸地区周辺の貞観当時の推定地形(格子間隔25 m). 青線は現在の海岸線を表し, オレンジ線は推定した貞観津波当時の海岸線の位置を表す.

Fig. 3. (a) Locations of the Jogan tsunami deposit at Ukedo, Namie town, Fukushima prefecture are shown by red circles (Imaizumi *et al.*, 2008). Topographic map “Iwaki-Futaba” published by Geospatial Information Authority of Japan is used. (b) Estimated topography of Ukedo at the time of AD 869 Jogan tsunami. Blue and orange lines indicate the present coastline and the coastline at the time of AD 869 Jogan tsunami, respectively. This area is gridded into 25 m interval for inundation modeling.

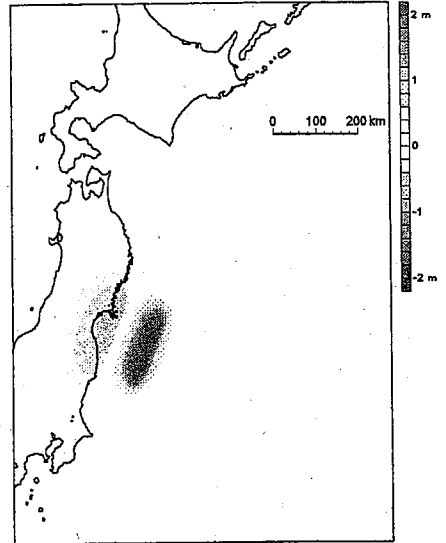
Model 8: d31L100u10



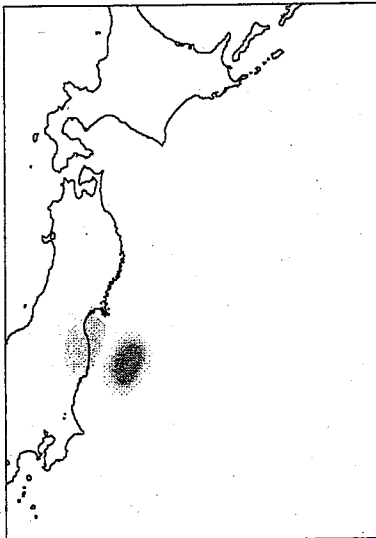
Model 10: d15L200u7



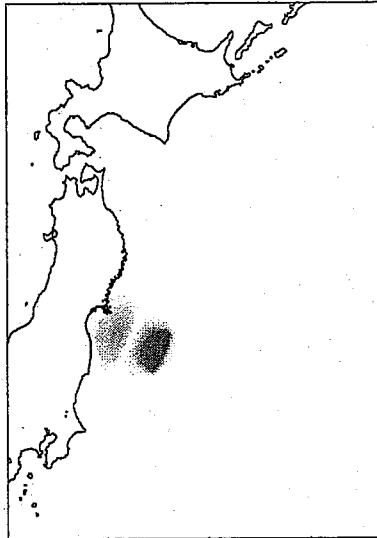
Model 11: d31L200u7



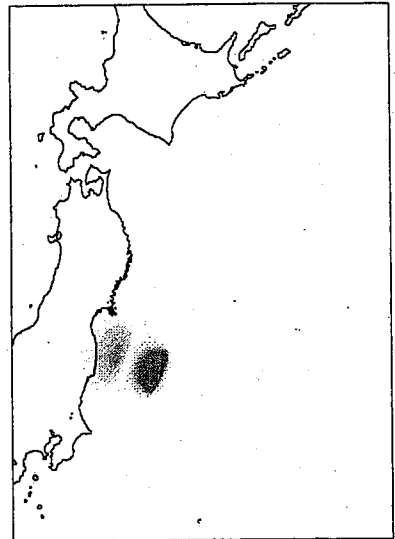
Model 12: d31L100u10s



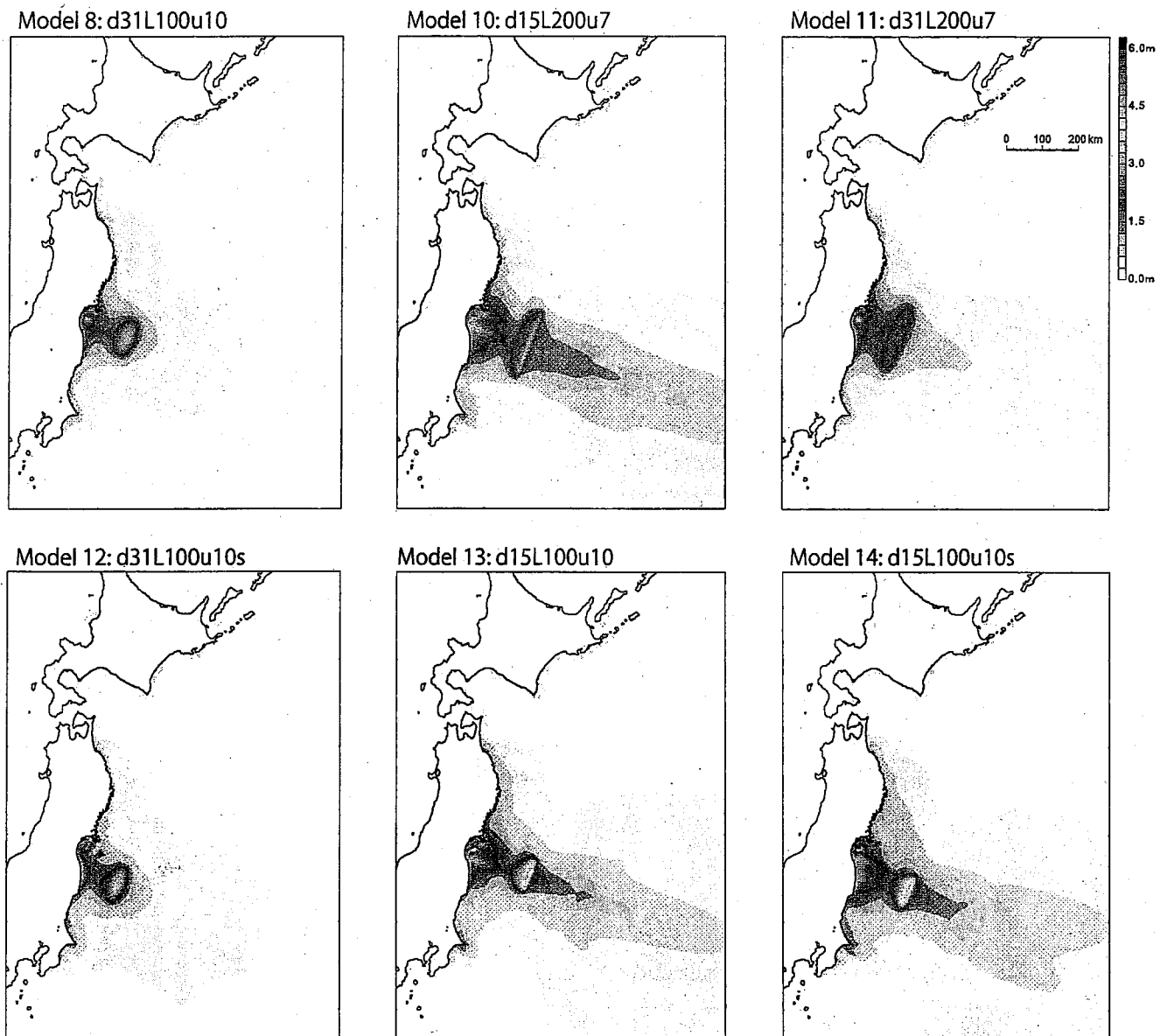
Model 13: d15L100u10



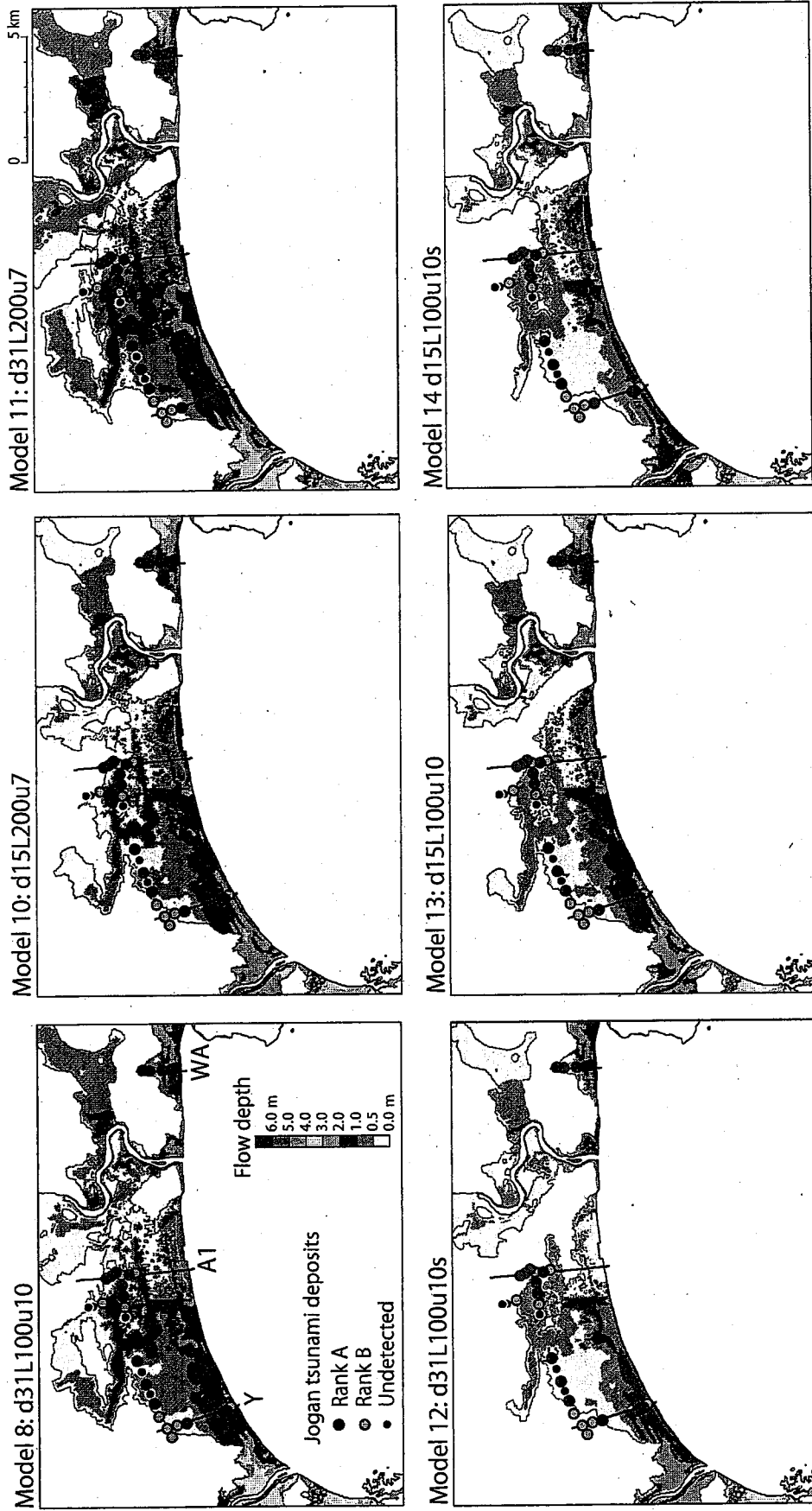
Model 14: d15L100u10s



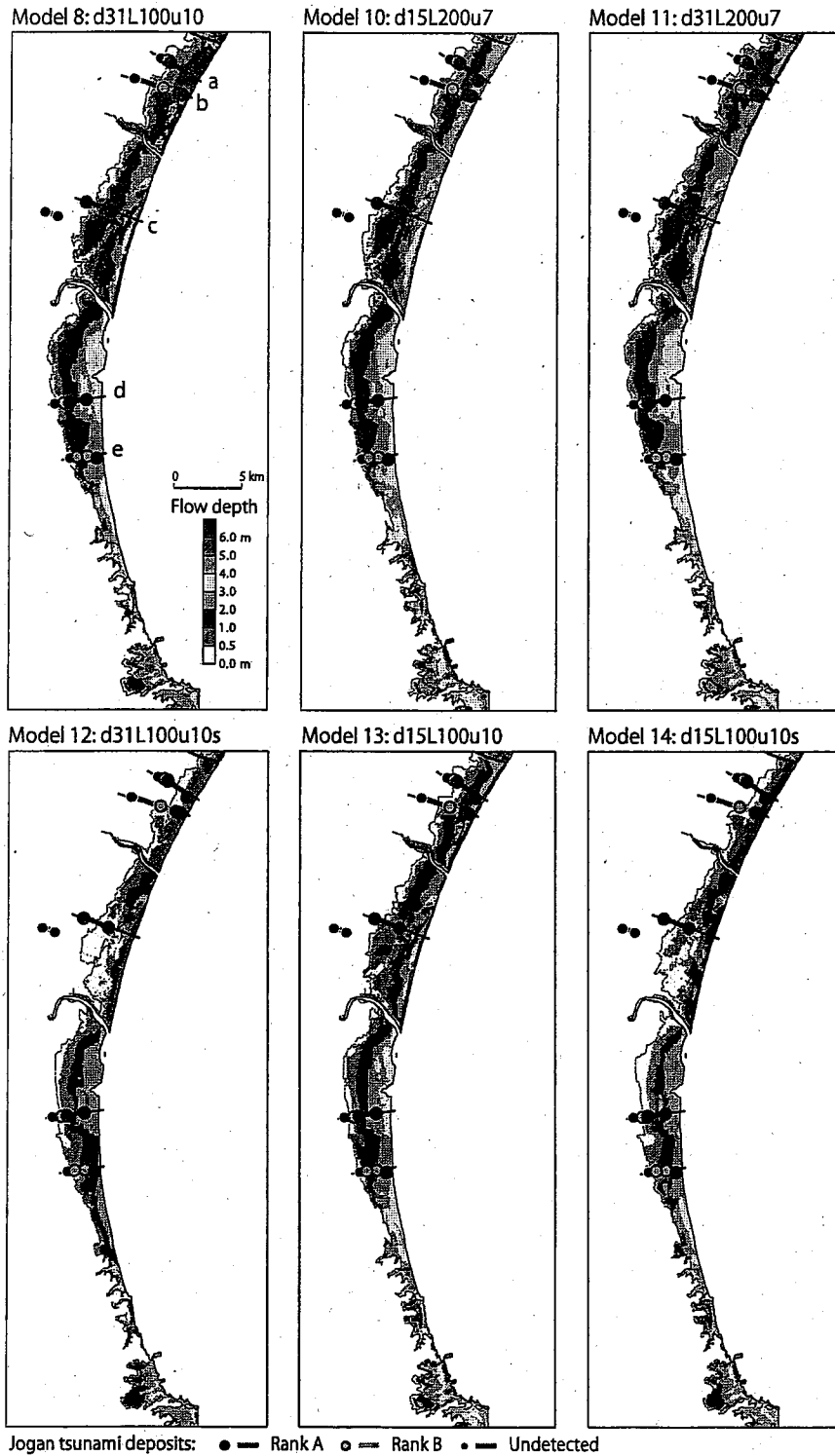
第4図. 各モデルによる初期水位分布.
Fig. 4. Initial sea surface displacements for each model.



第 5 図. 各モデルによる最大水位分布.
Fig. 5. Maximum sea surface displacements for each model.

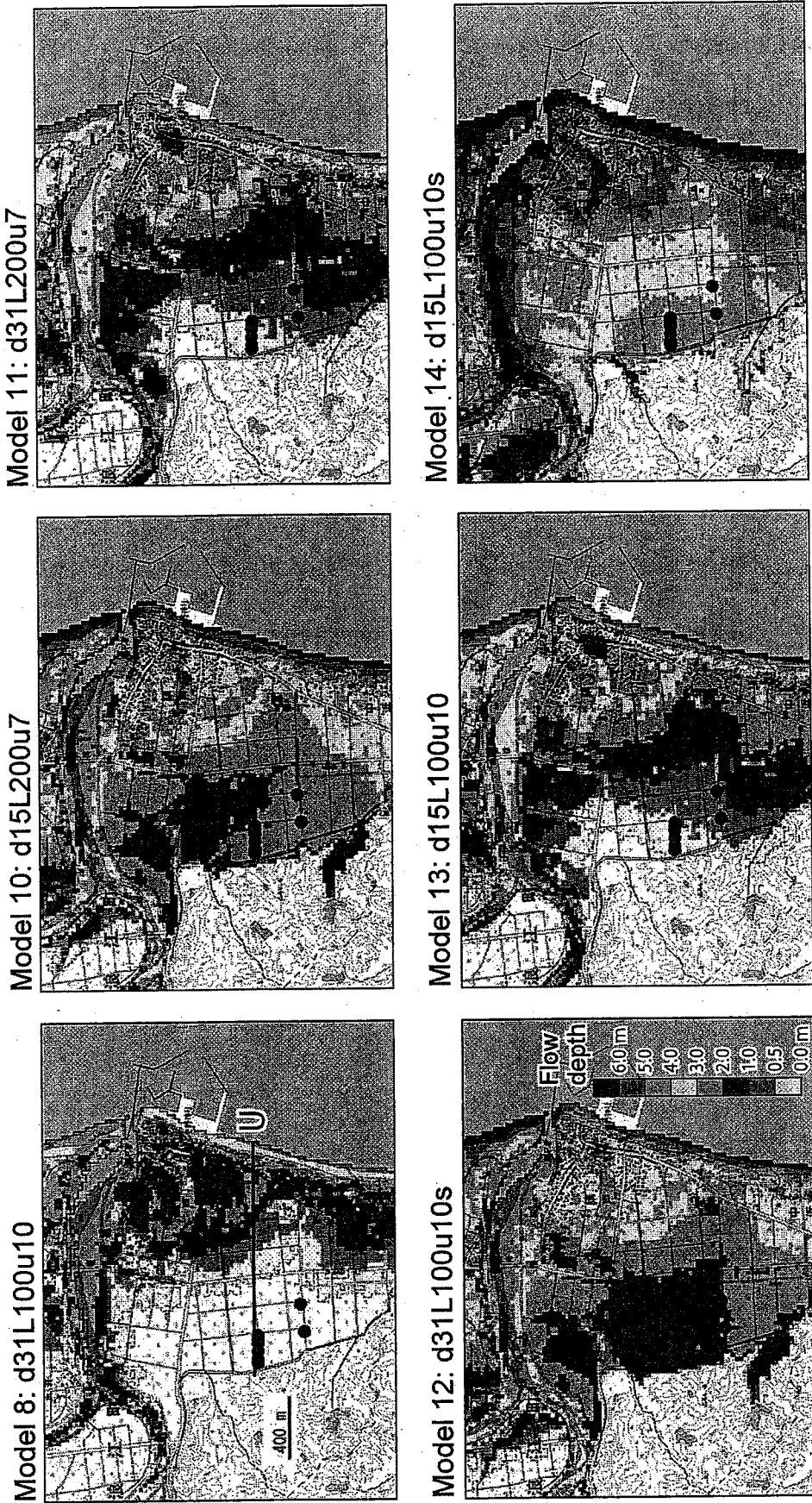


第 6 図. 各モデルによる石巻平野の最大浸水深と津波堆積物の分布. "WA", "A1", および "Y" と記した黒線は第 9a 図, 第 10 図, および第 11 図に示す測線を表す.
 Fig. 6. Maximum flow depth computed for each model and distribution of tsunami deposits (red or blue circles) in the Ishinomaki plain. Solid lines of "WA", "A1", and "Y" indicate profiles in Figs. 9a, 10, and 11. Red and blue circles indicate locations of assured (Rank A) and possible (Rank B) tsunami deposits of the Jogan tsunami, respectively. Black circles indicate excavated points where tsunami deposits are undetected.



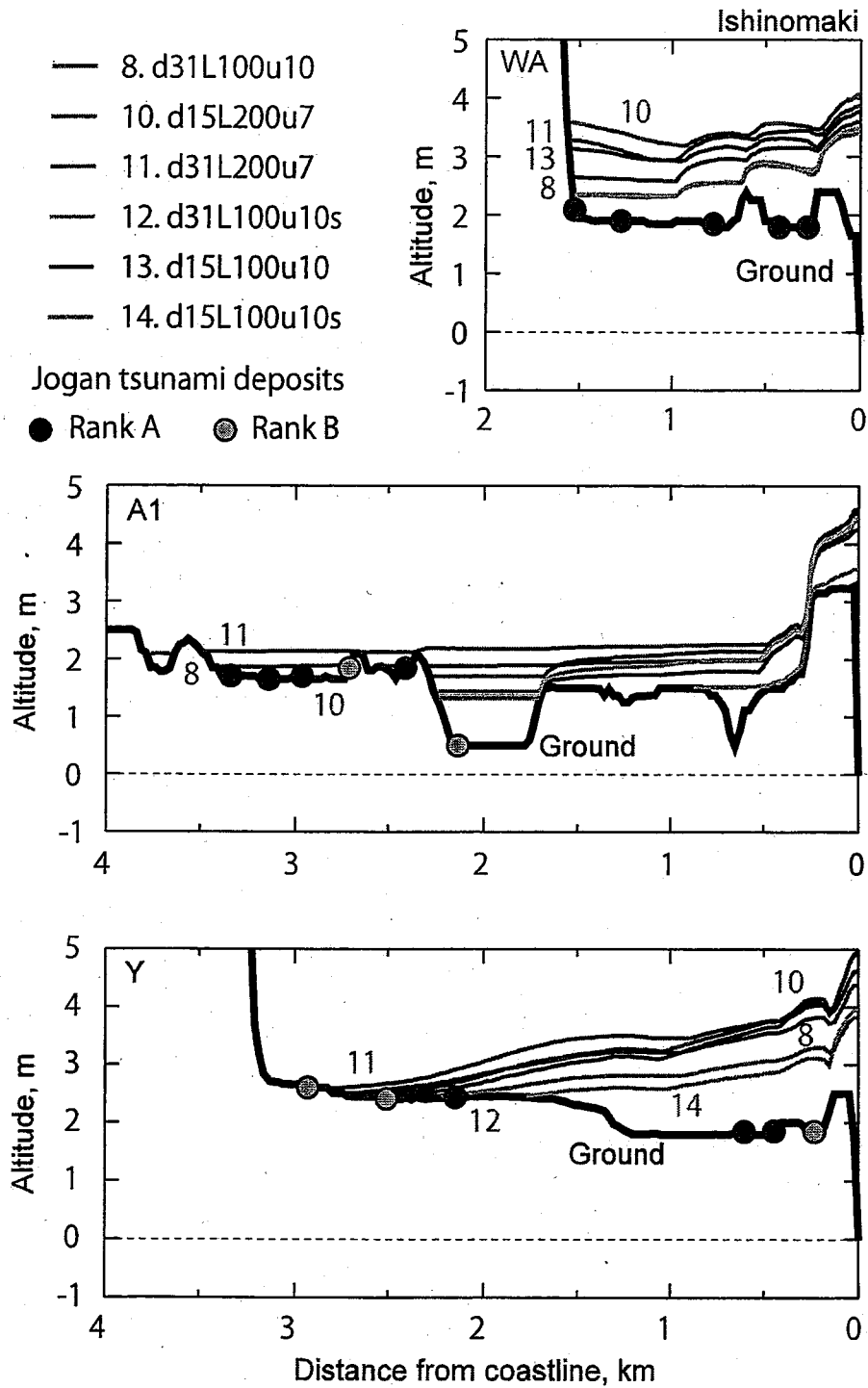
第 7 図. 各モデルによる仙台平野の最大浸水深と津波堆積物の分布。"a", "b", "c", "d", および "e" と記した黒線は第 9b 図, 第 9c 図, 第 10 図, および第 11 図に示す測線を表す。

Fig. 7. Maximum flow depth computed for each model and distribution of tsunami deposits (red or blue circles) in the Sendai plain. Solid lines of "a", "b", "c", "d", and "e" indicate profiles in Figs. 9b, 9c, 10, and 11. Red and blue circles indicate locations of assured (Rank A) and possible (Rank B) tsunami deposits of the Jogan tsunami, respectively. Black circles indicate excavated points where tsunami deposits are undetected.



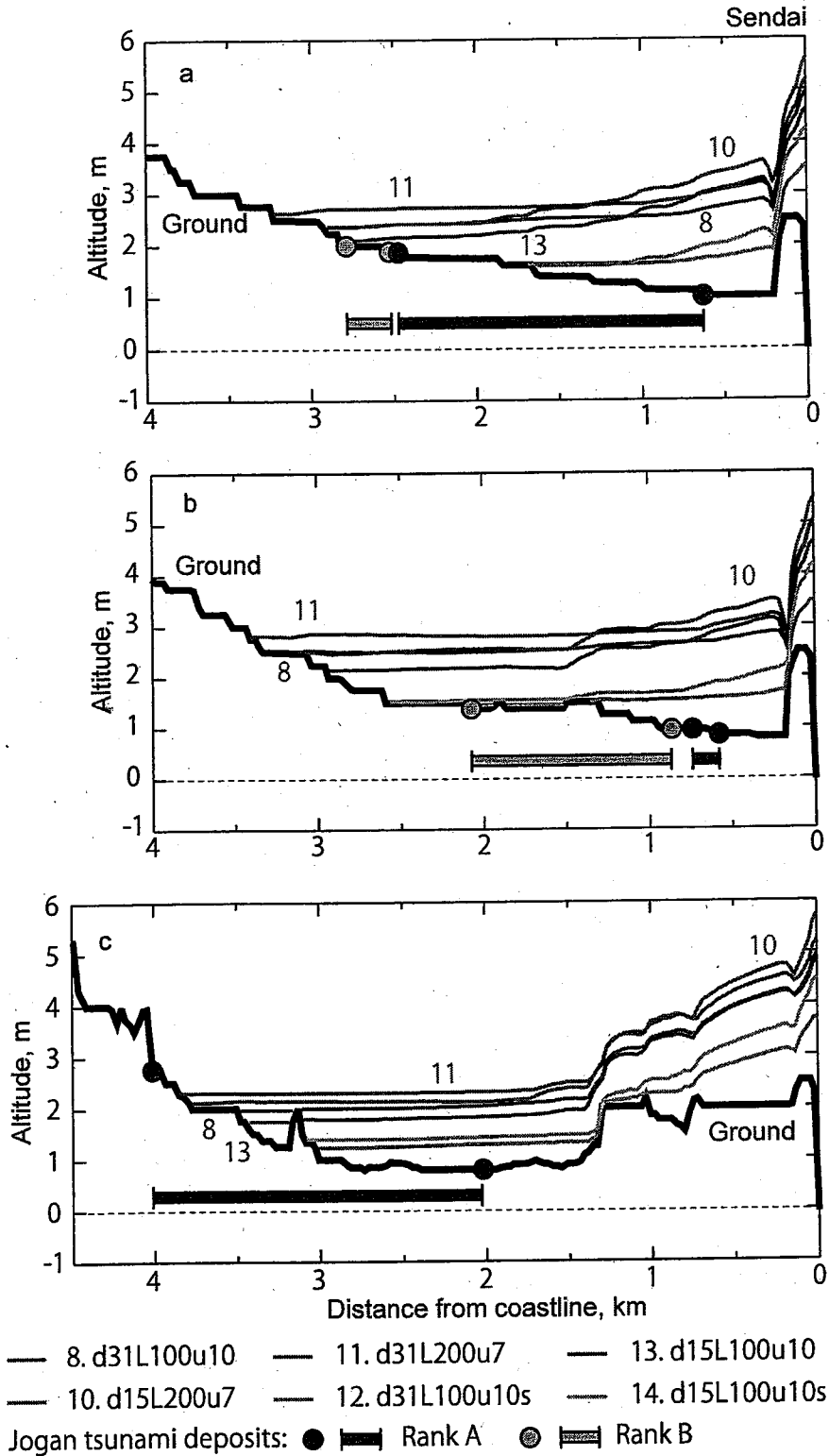
Jogan tsunami deposits: ● Rank A

第8図. 各モデルによる請戸地区の最大浸水深と津波堆積物の分布. "U"と記した黒線は第9d図, 第10図, および第11図に示す測線を表す.
Fig. 8. Maximum flow depth computed for each model and distribution of tsunami deposits (red or blue circles) in Ulkedo. A solid line of "U" indicates a profile in Figs. 9d, 10, and 11. Red circles indicate locations of assured (Rank A) tsunami deposits of the Jogan tsunami.



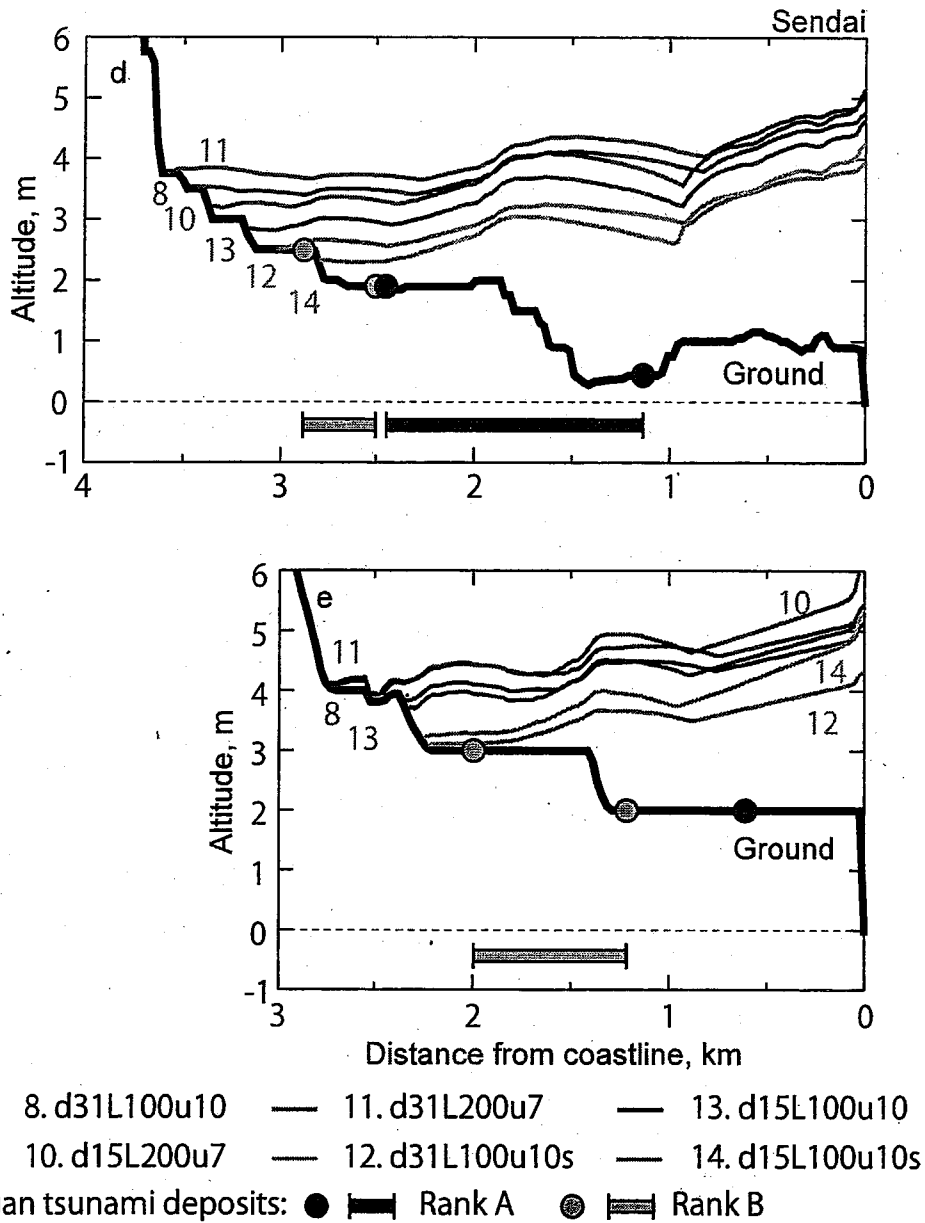
第9a図. 石巻平野の3測線沿いの地形・津波水位断面図. 津波堆積物の分布(宍倉・他, 2007)も示す. 津波堆積物は最も近い測線上の点に投影しているため, 津波堆積物の位置の標高とは異なる場合がある.

Fig. 9a. Topography and maximum water surface along three profiles in the Ishinomaki plain. Distribution of tsunami deposit (Shishikura *et al.*, 2007) is also shown. Because the locations of tsunami deposit are projected on the profiles, altitude of the deposits does not always indicate the actual altitude.



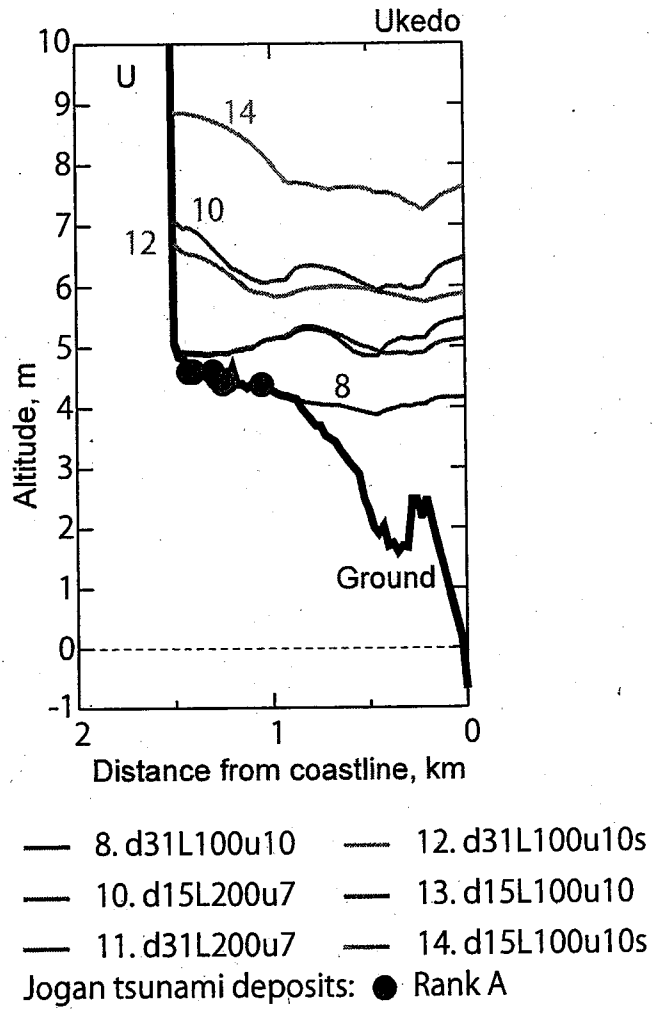
第9b図. 仙台平野の3測線沿いの地形・津波水位断面図. 津波堆積物の分布(澤井・他, 2007; 2008)も示す. 津波堆積物は最も近い測線上の点に投影しているため, 津波堆積物の位置の標高とは異なる場合がある. 赤色および青色のバーは, それぞれその範囲内に複数 Rank A および B の堆積物が発見されたことを意味する.

Fig. 9b. Topography and maximum water surface along three profiles in the Sendai plain. Distribution of tsunami deposit (Sawai *et al.*, 2007; 2008) is also shown. Because the locations of tsunami deposits are projected on the profiles, altitude of the deposits does not always indicate the actual altitude. Red and blue bar indicates range of multiple assured (Rank A) and possible (Rank B) tsunami deposits, respectively.



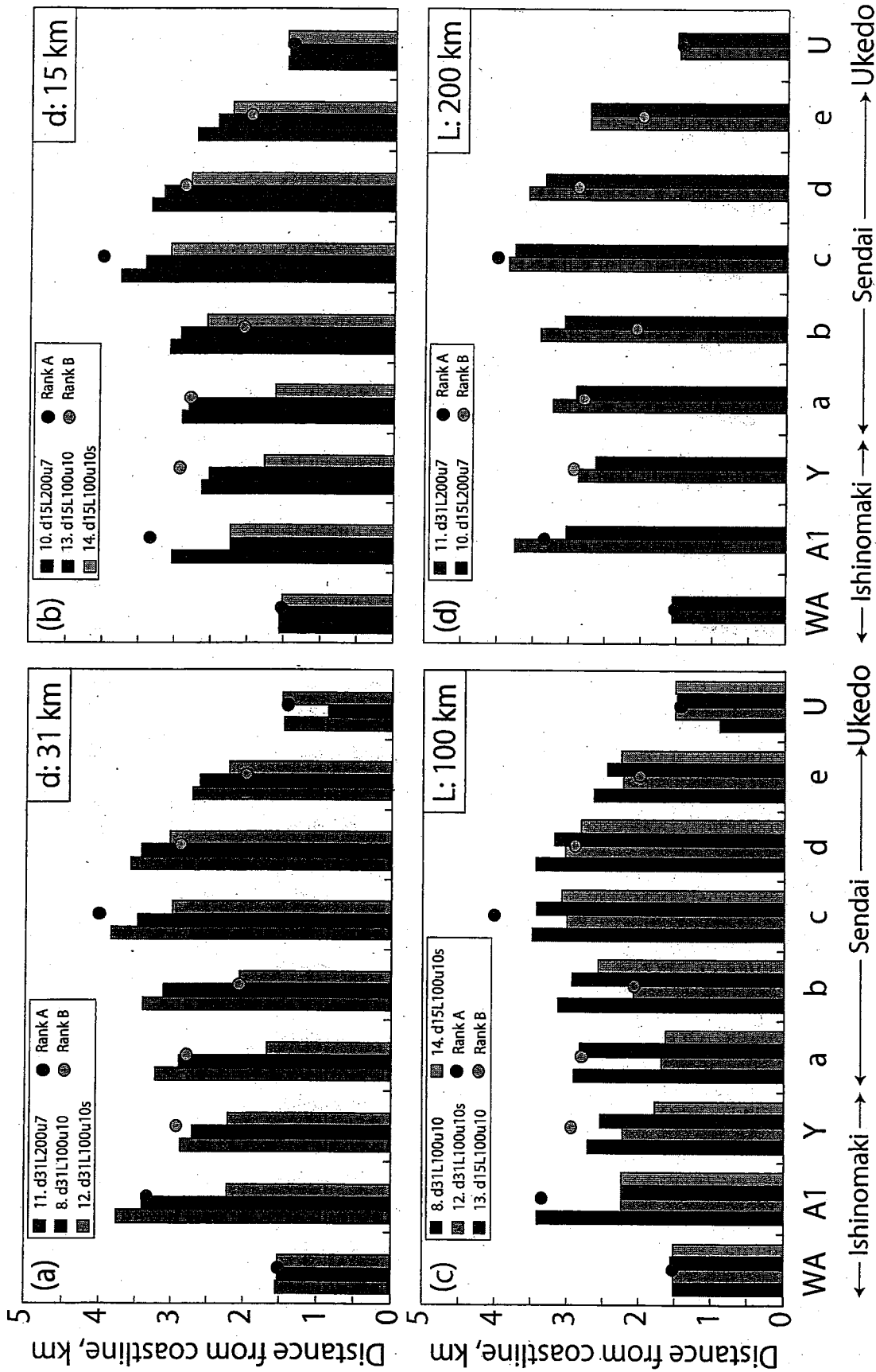
第9c図. 仙台平野の2測線沿いの地形・津波水位断面図。津波堆積物の分布(澤井・他, 2007; 2008)も示す。津波堆積物は最も近い測線上の点に投影しているため、津波堆積物の位置の標高とは異なる場合がある。赤色および青色のバーは、それぞれその範囲内に複数 Rank A および B の堆積物が発見されたことを意味する。

Fig. 9c. Topography and maximum water surface along two profiles in the Sendai plain. Distribution of tsunami deposit (Sawai *et al.*, 2007; 2008) is also shown. Because the locations of tsunami deposits are projected on the profiles, altitude of the deposits does not always indicate the actual altitude. Red and blue bar indicates range of multiple-assured (Rank A) and possible (Rank B) tsunami deposits, respectively.

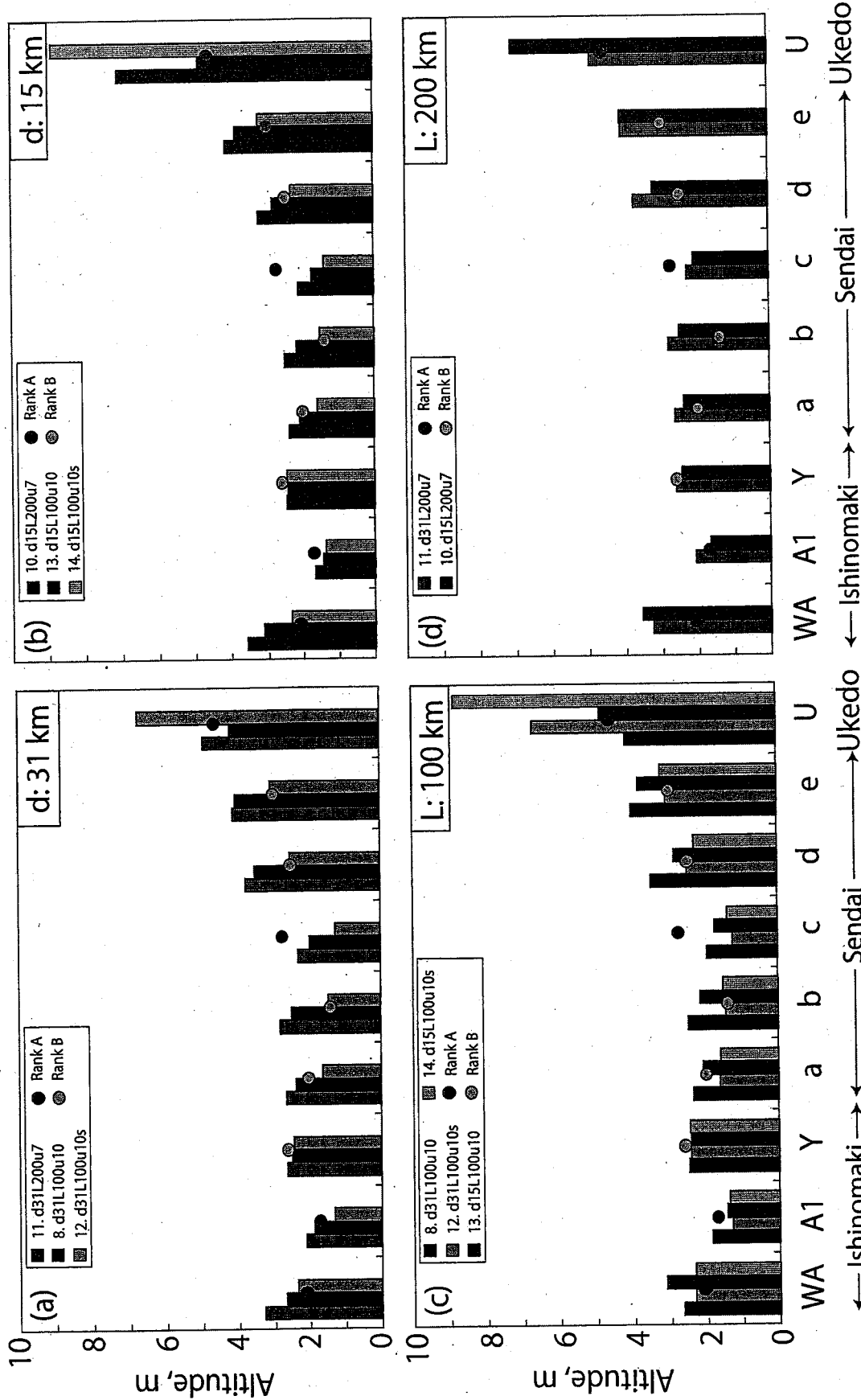


第9d図. 請戸の測線沿いの地形・津波水位断面図. 津波堆積物の分布(今泉・他2008)も示す. 津波堆積物は最も近い測線上の点に投影しているため, 津波堆積物の位置の標高とは異なる場合がある.

Fig. 9d. Topography and maximum water surface along a profile in Ukedo. Distribution of tsunami deposit (Imaizumi *et al.*, 2008) is also shown. Because the locations of tsunami deposits are projected on the profiles, altitude of the deposits does not always indicate the actual altitude.

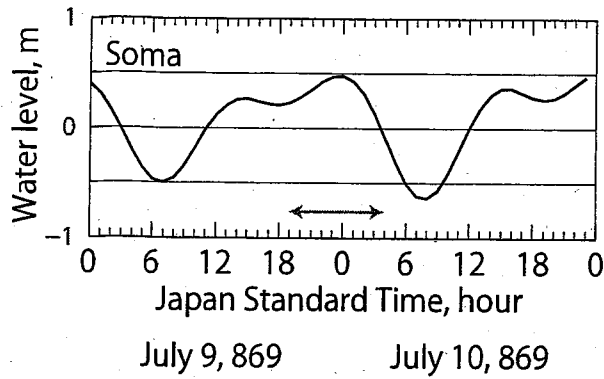


第10図 石巻平野・仙台平野・請戸の9測線沿いの津波浸水距離と当時の海岸線から最も内陸の津波堆積物までの距離との比較。(a)断層上端深さdが31kmのモデルによる比較。(b)dが15kmのモデルによる比較。(c)断層長さLが100kmのモデルによる比較。(d)Lが200kmのモデルによる比較。
 Fig. 10. Comparison of computed inundation distance and location of the most inland tsunami deposits along nine profiles in the Ishinomaki plain, Sendai plain, and Ukedo, (a) for the models of the upper depth d of 31 km, for (b) the models of the depth of 15 km, (c) for the models of fault length L of 100 km, and (d) for the models of the length of 200 km.



第11図. 石巻平野・仙台平野・神戸の9測線沿いの津波高さとも最も内陸の津波堆積物の標高との比較。(a) 断層上端深さdが31kmのモデルによる比較。(b) dが15kmのモデルによる比較。(c) 断層長さLが100kmのモデルによる比較。(d) Lが200kmのモデルによる比較。

Fig. 11. Comparison of runup heights and altitude of the most inland tsunami deposits along nine profiles in the Ishinomaki plain, Sendai plain, and Ukedo, (a) for the models of the upper depth d of 31 km, (b) for the models of the depth d of 15 km, (c) for the models of fault length L of 100 km, and (d) for the models of the length of 200 km.



第 12 図. 福島県相馬市における貞観津波当時の推算天文潮位。
貞観地震の発生時刻は赤線内に含まれると考えられる。
Fig. 12. Calculated astronomical tide level at Soma, Fukushima
prefecture, at the time of the Jogan earthquake. Occurrence
of the earthquake is considered to be in the night, as shown
by the double-headed arrow in red.

付表. 津波堆積物のランクの再評価および測線上の海岸線からの距離の再計算に伴う, 佐竹・他(2008)の第2表の改訂版。
貞観津波の10個のモデルから計算した浸水距離(km)と最も内陸の位置との比較を表す。

Appendix table. Revision of Table 2 in Satake *et al.* (2008) associated with the re-estimation of reliability of the Jogan tsunami deposits. Inundation distances (in km) along profiles computed for 10 models of the Jogan tsunami, compared with the distances (in km) between the estimated coast line and the most inland tsunami deposits. The lowest two lines indicate averages and standard deviations of distance ratio (simulated inundation distance/ furthest tsunami deposit from coast). Both rank A and B deposits are included in the calculations. When the distance ratio becomes more than 1.0, it is assumed to be 1.0 for the calculation of average and standard deviation. The averages and standard deviations shown in bold are the preferred models.

Distance from coastline, km											
Site	Tsunami deposit	Model 1 Normal fault	Model 2 Tsunami eq.	Model 3 d15W050	Model 4 d31W050	Model 5 d15W100	Model 6 d31W100	Model 7 d31L300	Model 8 d31L100u10	Model 9 Active fault	Model 10 d15W100u7
Ishinomaki											
WA	1.5	0.1	0.1	0.5	0.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.1	1.6
A1	3.3	0.0	0.0	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.4	0.0	3.0
Y	2.9	0.0	0.0	1.3	1.3	1.5	1.7	1.3	2.7	0.0	2.6
Sendai											
a	2.8	0.0	0.9	1.6	1.3	1.8	1.8	1.3	2.9	0.0	2.9
b	2.1	0.0	0.9	2.1	1.2	2.6	2.6	1.2	3.1	0.0	3.1
c	4.0	0.0	1.6	3.0	2.8	3.0	3.1	2.9	3.5	0.2	3.8
d	2.9	0.2	1.6	2.0	1.9	2.8	3.0	1.9	3.4	1.7	3.4
e	2.0	0.0	1.3	1.6	1.4	2.2	2.2	1.4	2.6	0.8	2.7
Distance ratio	Average	0.01	0.31	0.66	0.56	0.82	0.83	0.65	0.97	0.14	0.97
(Sim./Dep.)	Std. Dev.	0.02	0.26	0.21	0.14	0.19	0.18	0.18	0.05	0.23	0.04

文部科学省 日本海溝長期評価情報交換会

日時：平成 23 年 3 月 3 日 10:00～11:10

場所：文部科学省 6 階 6 F 3 会議室

出席：文部科学省研究開発局地震・防災研究課 北川管理官, 本田係長, 石井技術参与
東北電力 [REDACTED]、[REDACTED]、[REDACTED]、[REDACTED]
日本原電 [REDACTED]、[REDACTED]
当 社 [REDACTED]、[REDACTED]、[REDACTED] (記)

内容：

文部科学省からの説明

- サイエンスに基づいて評価しているので、結論を大きく変えることはできないが、表現の配慮など、相談に乗れる部分もあると考え、このような非公式な情報交換会をお願いした。
- 配布した文案を地震調査委員会で審議している。
- 4/11 の長期評価部会で審議した上で、4 月中頃の公表を予定している。
- 貞観津波の記載を追加しているが、繰り返しサイクルには触れていない。

当社からの説明と要望事項

- 貞観地震があったことは、複数の研究者が指摘しており、共通認識と考えている。
 - しかしながら、貞観地震の波源モデルは未だ特定できていない。産総研の行谷氏も、昨年 10 月の日本地震学会において、波源モデルの確定にはあと 2～3 年かかる、と発言していた。
 - また、貞観地震の位置で、繰り返し地震が発生しているかについての議論は為されていない状況にある。
 - 津波堆積物調査としては東北大、産総研の結果が公表されているが、当社も福島県内で調査を行い、今年 5 月の地球惑星科学連合大会に投稿済みである。産総研は茨城県でも調査中と聞いている。
 - 当社の検討では、貞観地震が繰り返し発生することを仮定すると、それによる隆起が想定されるが、周辺の中位段丘の分布高度と矛盾するようである。隆起の話と、堆積物調査結果を踏まえた波源モデルについて、今年 10 月の日本地震学会への投稿を計画している。
 - 当社でも知見の収集に努めているし、科学を否定するつもりもないが、色眼鏡をつけた人が、地震本部の文章の一部を切り出して都合良く使うことがある。意図と反する使われ方をすることが無いよう、文章の表現に配慮頂きたい。
 - 以上を踏まえ、次の 2 点について要望した。
- ① 貞観地震の震源はまだ特定できていない、と読めるようにして頂きたい。
 - ② 貞観地震が繰り返し発生しているかのうようにも読めるので、表現を工夫して頂

きたい。

→ いずれも認識としては同じであるので、表現を検討したい。(北川管理官)

その他質疑

Q：三陸沖北部から房総沖の海溝寄りの評価に変更はあるか？(当社)

→ 変更はない。(北川管理官)

Q：東電の調査はダイヤコンサルタントか？(北川管理官)

→ ダイヤコンサルタントと阪神コンサルタンツが行い、XXXXXXXXXXにご指導頂いた。福島県で5地点行い、南の方では堆積物は見つからなかった。

Q：堆積物が無いからと言って、津波が来ていないと言い切れないのではないか？

(北川管理官)

→ その点は承知しており、少なくとも堆積物はないということ。XXXXXXXXXXは、津波堆積物が無い場合にも、下位の地層の侵食の度合いにより津波来襲の有無を議論できるという研究をされているので、成果を注視している。(当社)

Q：宮城県沖と三陸沖南部海溝寄りの連動は、地震後経過率が1.0を超えているから連動を考慮しているように読めるが、このようなロジックは初めてではないか？

(東北)

→ 他には無いかもしれないが、我々が把握できているのはたかだか200年であることも踏まえて、但し書きとして残した。(北川管理官)

Q：強震動評価も行うか？(東北)

→ 手元には評価例はあるが、部会での審議はしていない。これから取りかかる予定。(北川管理官)

活断層評価

・ 前回の情報交換での依頼を受け、電事連経由で各社に伝え、発電所の活断層評価リストを作成した。各社とも前向きであり、できれば早めに情報交換会をセットして頂きたい。また、できれば全社出席できるように配慮して欲しい。(当社)

→ 承知した。30~40人規模の会議室を用意して、必要な会社は複数名出られるようにしたい。(石井技術参与)

・ 1日のシンポジウムでも話題になっていたようであるが、40万年を原子力の12~13万年と対応させて理解する人が出ないよう、今一度表現の工夫をお願いしたい。(当社)

以上