

3. 4 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

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

仙台・石巻平野における地質調査に基づく過去の活動履歴の把握

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
独立行政法人産業技術総合研究所 所活断層・地震研究センター	研究センター長	岡村行信	okamura-y@aist.go.jp
	主任研究員	藤原 治	
	研究員	澤井祐紀	
	特別研究員	藤野滋弘	
	特別研究員	行谷佑一	

(c) 業務の目的

仙台平野及び石巻平野において、過去約 6000 年間に平野内に浸入した津波の履歴と浸水範囲を、津波堆積物の調査から明らかにするとともに、地震に伴った環境変動を明らかにして、地震と地殻変動との関係解明を試みる。それらの成果を基に、津波の波源モデルを構築し、平野への浸水範囲を説明できる津波のシミュレーションを行う。

(d) 5 ヶ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 平成 17 年度：

仙台・石巻平野における過去の巨大津波の浸水域と地震に関連した地殻変動の履歴を地質学的証拠から明らかにするため、仙台平野中南部の地形判読を行い、それにより認定した堤間湿地内の測線沿いにピートサンプラー及びジオスライサーを用いて試料採取を行った。この調査により、西暦 869 年に発生した貞観津波の遡上距離と津波襲来当時の海岸線の位置を復元し、貞観の津波は当時の海岸線から少なくとも 3 km は遡上していることを明らかにした。また、貞観津波を示す津波堆積物より古い地層中に、少なくとも 2 層の津波堆積物が広域に観察されることから、貞観津波以前にも巨大な津波が本地域に襲来していたと推定した。最も古い津波堆積物の直下から得られた炭素片の放射性炭素年代測定値は、3980–3820 cal yr BP を示した。仙台平野と同様に浜堤列が発達する石巻平野では、貞観の津波に相当する津波堆積物は観察されなかったが、過去の海水準を示す前浜堆積物の高度分布から、過去 100 年間に観測されている沈降現象は、数千年の時間スケールでは継続していないと推定した。

2) 平成 18 年度：

仙台平野北部（仙台市、名取市）と石巻平野の地形判読を行い、それにより選定された測線沿いにボーリングを行った。この調査により、仙台平野北部及び石巻平野における貞観津波の遡上距離と津波襲来時の海岸線の位置を復元した。また、平成 17 年度の仙台平野中南部における成果とあわせて、仙台平野から石巻平野全域における津波遡上範囲を復元した。また、貞観津波を示す津波堆積物より古い地層から、少なくとも 2 層の津波堆積物が広域に観察された。亘理町北部の鳥の海では、珪藻化石群集の解析から過

去環境変化及び地殻変動を復元することを試みたが、過去 500 年間に於いて顕著な環境変動を検出することができなかった。石巻平野での地形測量と海浜堆積物の高度分布の調査では、過去 3000 年間で急速な地震隆起の証拠は見つからなかった。一方、平野の西部が東部に対して 2m 程度高く、平野地下の伏在断層の活動の影響が推定される。

3) 平成 19 年度 :

貞観津波をシミュレーションで再現するため、石巻平野と仙台平野における津波堆積物の分布域といくつかの断層モデルに基づいた津波シミュレーションによる浸水域とを比較した。スラブ内正断層、津波地震、仙台湾内の断層によるモデルでは両平野の津波堆積物の分布を再現することはできない。プレート間地震で幅が 100 km、すべりが 7 m 以上の場合には、浸水域が大きくなり、津波堆積物の分布をほぼ完全に再現できた。また、貞観津波後の地殻変動を明らかにするため、仙台平野南部で、貞観津波時の海岸線と現在の海岸線との間で、測線沿いに掘削調査を行い、前浜堆積物の高度分布に基づいて過去約 1100 年間に於ける相対的海面変動の復元を試みた。その結果、貞観津波以降 1.2~1.3 m の比較的急速な海面低下が生じ、その後 500~600 年の間に同程度 (1.1~1.2 m) の海面上昇でほぼ元のレベルに戻ったと推定された。

4) 平成 20 年度 :

仙台平野南部において過去 1000 年間の地殻変動を検出するため、地中レーダー探査を行い、地下構造のイメージ断面を取得した。また、同じ地点でハンディジオスライサー掘削を行い、堆積構造の観察と年代試料の採取を行った。その結果、西暦 1450-1650 年以前に 50cm 程度の相対的海水準の低下が生じていること、その後現在まで緩やかに海水準が上昇していることが推定された。

また、常磐海岸の相馬市、南相馬市、富岡町において地殻変動を検出するため、連続柱状堆積物の採取を行った。その結果、南相馬市では津波堆積物の上位と下位で大きく層相が変化しており、津波の襲来と同時に当時の海水準が相対的に上昇したことが推定された。

5) 平成 21 年度 :

仙台及び常磐海岸において、津波の浸水と地殻変動の履歴を詳細に明らかにするため、追加調査を実施する。また、追加調査の結果を踏まえて津波シミュレーションを行い、西暦 869 年貞観津波の波源域を推定する。

(e) 平成 21 年度業務目的

平成 20 年度までの地質調査により、貞観津波とそれ以前の巨大津波による津波堆積物の分布を詳細に知ることができた。平成 21 年度は、津波堆積物が良好な状態で保存されている地域において大型ジオスライサー調査を行い、連続堆積物の放射性年代測定を数多く行うことによって津波の襲来時期を精度よく復元する。さらに、常磐海岸においても堆積物の採取を行い、津波堆積物の認定と津波に伴った環境変動の復元を試みる。以上の結果を基に、津波浸水シミュレーションを行い、貞観津波の波源域を推定する。津波シミュレーションは、宮城県石巻平野及び仙台平野、福島県南相馬市、及び浪江町の低地部が、津波によってどのように浸水するのかを計算し、浸水範囲が津波堆積物の分布を最も説明するような断層モデルを検討する。

(2) 平成 21 年度の成果

(a) 業務の要約

貞観津波を含んだ過去の巨大津波の再来間隔を精度良く知るために、宮城県仙台市若林区と亶理郡山元町において大型ジオスライサー試料の採取を行った。得られた試料中から津波堆積物を認定し、その津波堆積物の上下の層準から得られた大型植物化石と炭素片の放射性炭素年代測定を行った。その結果、仙台市における津波堆積物の年代は 500AD-920AD（貞観津波）、280AD-560AD、700BC-460BC、1200BC-940BC、1430BC-1090BC、1680BC-1350BC、1810BC-1560BC と推定された。また、山元町における津波堆積物の年代は、630BC-140BC と推定された。

南相馬市小高区では、約 2500 年～400 年前の堆積物試料を対象に、珪藻化石による古環境変遷の復元を行った。その結果、貞観津波とそのひとつ前の巨大津波に伴い、海岸が沈水していることが推定された。

貞観津波をシミュレーションで再現するため、石巻平野、仙台平野、福島県南相馬市小高地区及び同浪江町請戸地区における津波堆積物の分布域と、プレート間地震の 6 種類の断層モデルにより計算された浸水域とを比較した。このうち、断層の長さが 200 km、幅が 100 km、及びすべり量が 7 m 以上の断層モデルによる浸水域は、いずれの地域もおおむね津波堆積物の分布域を再現することができた。一方、断層の長さが 100 km、幅が 100 km、及びすべり量が 10 m の断層モデルは、すべての津波堆積物の分布域まで計算浸水域が広がらないことが明らかになった。

(b) 業務の実施方法

過去の巨大津波の再来間隔を精度よく復元するため、大型ジオスライサーを用いた連続堆積物試料の採取を行った。掘削場所は、これまでの調査で津波堆積物の保存が最も良いと考えられる仙台市若林区と亶理郡山元町とした（図 1）。仙台市と山元町ではそれぞれ 2 孔の掘削を行い、深さ 2.9 m（仙台市）、深さ 3.3 m（山元町）までの連続堆積物を確認した。得られた試料は実験室において分割し、津波堆積物の上下の層準から年代測定のための試料を選出した。得られた放射性炭素年代測定の結果から津波堆積物の年代を推定した。

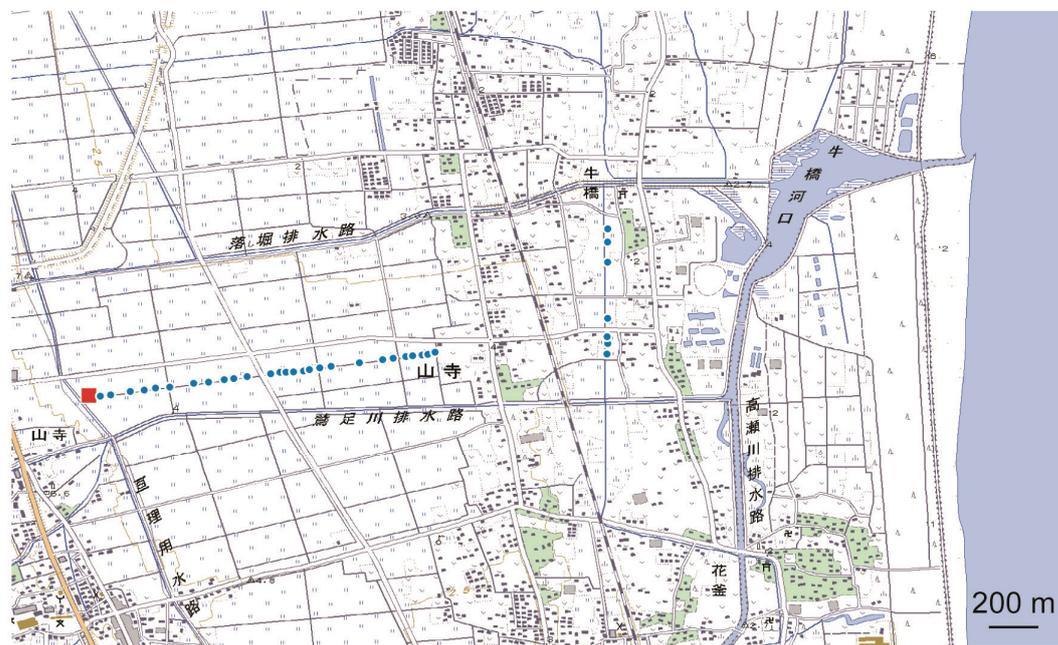
常磐海岸における過去の地殻変動を復元するため、南相馬市小高区において採取された連続堆積物を対象として珪藻化石の分析を行った。珪藻化石は、津波堆積物の上下の層準から抽出され、各層準で 200 個体以上の同定・計数を行った。下位から上位にかけての化石群集の変化から当時の地殻変動を推定した。

津波シミュレーションに関しては、石巻平野及び仙台平野の津波堆積物の分布域を良く再現する 2 つの断層モデル（平成 19 年度本業務）を出発点に、それぞれの断層モデルの位置を変えた場合の浸水域を石巻平野、仙台平野、及び福島県沿岸について計算した。さらに、シミュレーションによる浸水域と各地の津波堆積物の分布域を比較し、よく一致するモデルを検討した。

仙台市



山元町



- 平成 21 年度の掘削地点（大型ジオスライサー）
- 平成 20 年度以前の掘削地点

図 1 仙台市及び山元町沿岸の津波堆積物調査地点（国土地理院発行 1/2.5 万地形図「仙台東南部」「山下」を使用）。

(c) 業務の成果

1) 仙台平野における津波堆積物の年代決定

平成 20 年度までの津波堆積物の調査は、イベント堆積物の平面的な広がり把握することに主眼を置いていたため、主に年代測定を地点間の対比に用いてきた。平成 21 年度は、津波堆積物が多く記録されている場所で連続堆積物試料を採取し、そこでの年代測定を細かく行うことでイベント年代の決定を行った。仙台市若林区と亶理郡山元町における調査結果は以下のとおりである。

a) 仙台市若林区

仙台市若林区では 2 孔の掘削を行い（図 1）、深さ 295 cm、深さ 290 cm の連続堆積物を観察できた。このうち、津波堆積物が肉眼でより明瞭に認められる深さ 290 cm までの試料について詳細に検討した（図 2）。試料を観察した結果、深さ 0-15 cm には現在の耕作土が分布することが確認できた。この耕作土の直下あるいは耕作土に含まれる状態で、明瞭な火山灰層が見られた。この火山灰層は、その化学組成などから十和田 a 火山灰（To-a：西暦 915 年）に対比される。火山灰層の直下には薄い砂層がパッチ上に分布するのが認められた。深さ 15-50 cm は泥炭質の堆積物からなるが、そのうち深さ 25-40 cm には石英質の細粒砂が見られる。この細粒砂は上方細粒化しており、深さ 40 cm 付近では若干粒度が荒くなる。深さ 60-70 cm 付近には中粒から細粒の砂層が分布し、下層の地層境界では火炎構造が見られた。深さ 70 cm 付近から深さ 145 cm にかけては、有機質粘土層あるいは泥炭層が分布し、このうち深さ 116-117 cm、深さ 125-133 cm、深さ 138-139 cm、深さ 143-144 cm には明瞭な細粒砂層が認められた。深さ 145-290 cm では、細粒～粗粒砂が分布し、深さ 180 cm 以深では平行葉理が観察できた。以上のように、本地点では合計 7 層の有機質層に挟まれた砂層が確認できた。これら全ての砂層は、これまでの調査（澤井・他、2007、2008）^{1)、2)}から判断して平面的な広がりがある程度持つものであり、過去の津波が残した津波堆積物であると考えて年代の推定を行った。

砂層の堆積年代を推定するため、砂層の上下の地層から大型植物化石（種子、果実など）を拾い出し、放射性炭素年代測定を行った。放射性炭素年代測定結果と十和田 a 火山灰層（To-a）の降下年代を用い、コンピュータプログラム OxCal version 3.10 を用いてベイズ理論に基づく堆積年代の推定を行ったところ、上位からそれぞれ 500AD-920AD（貞観津波相当層）、280AD-560AD、700BC-460BC、1200BC-940BC、1430BC-1090BC、1680BC-1350BC、1810BC-1560BC という結果を得た。

b) 亶理郡山元町

亶理郡山元町では 2 孔の掘削を行い（図 1）、深さ 260 cm 及び深さ 330 cm までの連続堆積物を観察できた。このうち、津波堆積物がより明瞭に観察できた深さ 330 cm までの試料について詳細に検討した（図 2）。試料を観察した結果、深さ 0-30 cm は現在の耕作土が分布することが確認できた。深さ 30-185 cm には有機質粘土層あるいは泥炭層が厚く分布するが、このうち深さ 128-129 cm、深さ 157-159 cm、深さ 178-182 cm には明瞭な砂層が挟まれる。深さ 185-330 cm は細粒～粗粒砂が分布し、深さ 270 cm

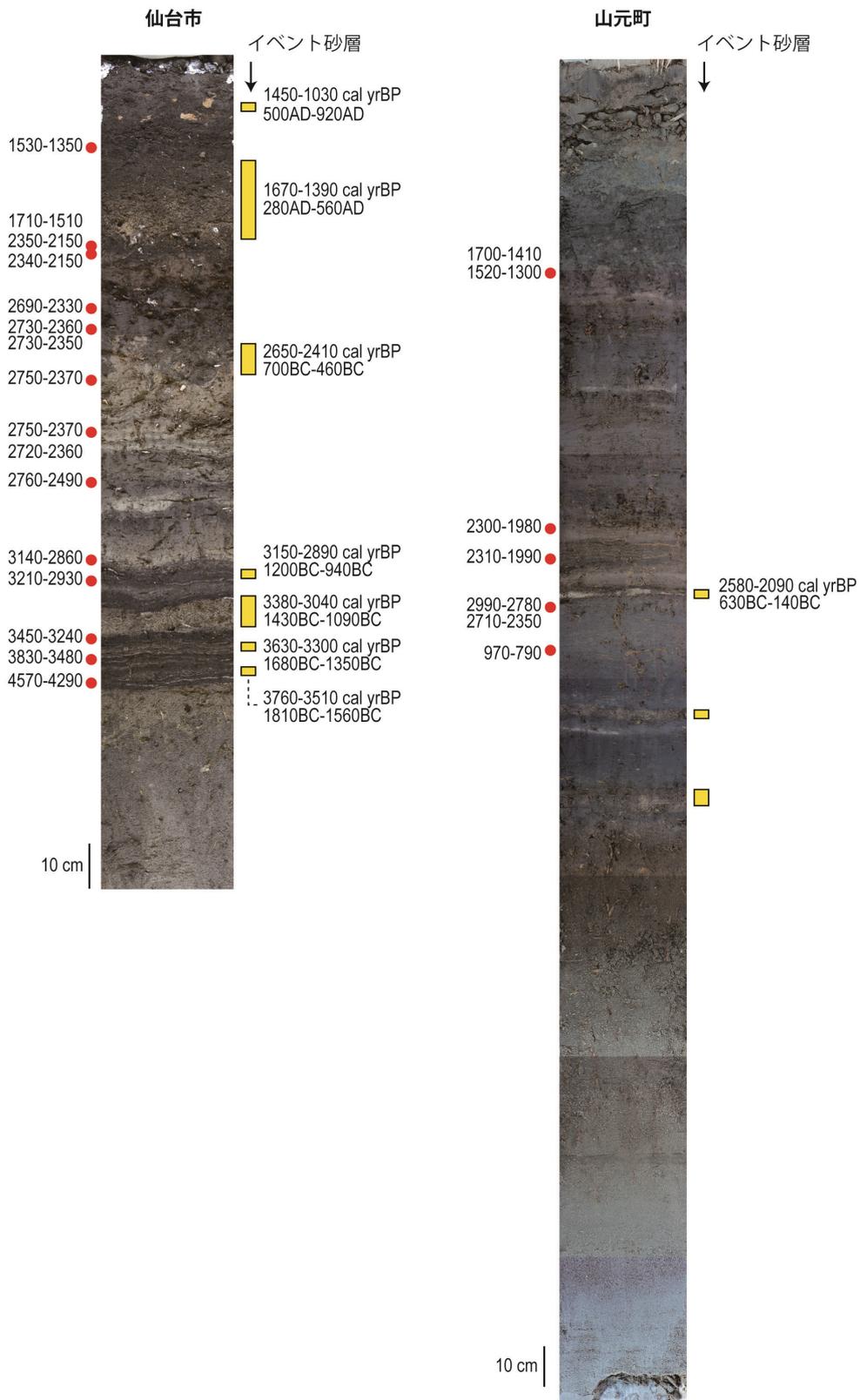


図 2 仙台市及び山元町において採取されたジオスライサー試料とその放射性炭素年代値。

以深では平行葉理が認められた。以上のように、本地点では合計3層の有機質層に挟まれた砂層が確認できた。これらの砂層は、これまでの調査(澤井・他、2007、2008)^{1)、2)}から判断して平面的な広がりがある程度持つものであり、過去の津波が残した津波堆積物であると考えて年代の推定を行った。

砂層の堆積年代を推定するため、砂層の上下の地層から大型植物化石(種子、果実など)や炭素片を拾い出し、放射性炭素年代測定を行った。放射性炭素年代測定結果を用い、仙台市若林区と同様にOxCal version 3.10を用いて堆積年代を計算したところ、最上位の砂層の堆積年代が630BC-140BCと推定された。下位にある2つの砂層の堆積年代は、年代測定に適した試料が見つけれなかったため、本研究で推定することはできなかった。

2) 南相馬市における地震性地殻変動の復元

独立行政法人産業技術総合研究所は、2009年度に南相馬市小高区において大型ジオスライサー試料を採取した(藤原・他、2010)³⁾。その試料に含まれる大型植物化石の放射性炭素年代測定結果によれば、400年前以前の堆積物が連続的に記録されていると考えられる。さらに、そこに含まれる津波堆積物の年代をOxCal version 3.10により推定したところ、730AD-970AD、550AD-680AD、700BC-200ADという結果が得られている。この年代から、最上位の砂層は貞観津波相当層と推定される。これらの津波の襲来に伴って当時の環境がどのように変化したのかを知るため、砂層の上下の地層から沿岸の指標生物である珪藻化石を抽出して観察した(図3)。

最下層の無機質泥層では、沿岸に広く分布する*Paralia sulcata*や干潟に特徴的に生育する*Tryblionella granulata*や*Diploneis smithii*が優占する。このことから、当時は干潟に近い環境であったと推定される。最下位の砂層の上の層準では、珪藻群集が大きく変化し、淡水環境に生育する*Diploneis elliptica*や*Pinnularia*属の数種が多産するようになる。このような変化は、当時の環境が海退とともに陸化していく過程を表している可能性がある。中位の砂層の上の層準では、淡水生の珪藻種が減少し、汽水～海水生種である*Diploneis smithii*が多産するようになる。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示している。珪藻化石群集は、上位の層準になるに従って再び*Diploneis elliptica*などの淡水生種が優占するようになる。貞観津波に相当する砂層の堆積後、*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*が若干増加する。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示している。以上のように、珪藻化石群集は、最上位の砂層(貞観津波)と中位の砂層の堆積に伴って、海水の影響が大きくなったことを示している。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ないが、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、地震による地殻変動によって沈水したと考えるほうが妥当である。

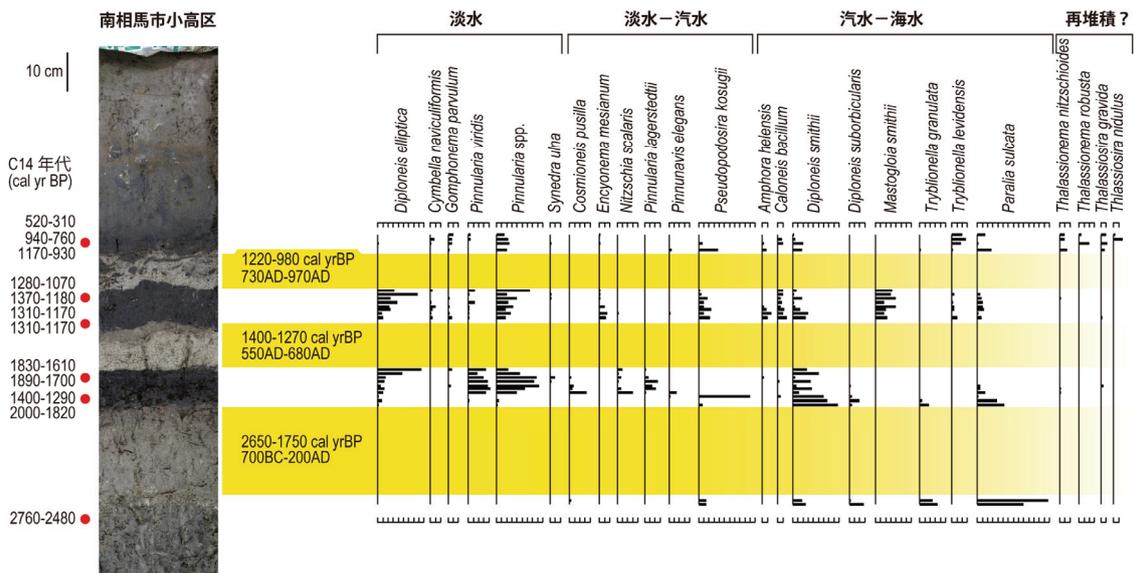


図3 南相馬市小高区における珪藻化石群集の変化。

3) 津波浸水シミュレーション

貞観津波を発生させた地震の断層モデルとして、平成19年度に2種類のプレート間地震モデル、すなわち、長さ100 km、幅100 km及びすべり量10 mの断層モデル (Model 8 とする) と、長さ200 km、幅100 km及びすべり量7 mの断層モデル (Model 10 とする) が、仙台平野と石巻平野の津波堆積物の分布域まで浸水することが報告され、佐竹・他 (2008)³⁾でも詳しく説明されている。最近になって福島県浪江町舘戸 (平成19、20年度本業務) 及び同南相馬市小高 (藤原・他、2010)⁴⁾で貞観津波の堆積物が発見された。石巻平野及び仙台平野の津波堆積物部の分布域を再現するModel 8及びModel 10を出発点に、それぞれの断層の形状は変化させずに位置を変えて、石巻平野、仙台平野及び福島県沿岸で津波の浸水計算を行った。具体的には、Model 8 (深さ31 km) を南側にずらしたModel 8A、深さ15 kmへ浅くしたModel 8B、Model 8Bを南側にずらしたModel 8C、及びModel 10 (深さ15 km) を深さ31 kmに深くしたModel 10Aである。これらの断層の位置を図4に、及び断層パラメーターを表1に示す。

津波シミュレーションの方法は、基本的には平成19年度本業務での手法に従った。すなわち、断層モデルによる海底・海岸の地殻上下変動をMansinha and Smylie (1971)⁵⁾の式で計算して、津波発生初期条件とした。津波の伝播は、基本的には非線形長波式 (浅水理論) で、移流項・海底摩擦項を含む運動方程式と連続の式を有限差分法で解いた。ただし、外海においては線形長波式を解いた。差分の格子間隔は外海では約2025 m (この範囲のみ線形計算) で、海岸に近づくにつれ675 m、225 m、75 m、25 mと次第に細かくした。仙台、石巻両平野と福島県沿岸での遡上計算には最小の25 m格子を用いた。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。海底地形データは、日本水路協会が発行しているデジタル水深データ (M7000 シリーズ、JTOP030) から直交座標に変換して利用した。陸上の地形データは、なるべく貞観当時の地形を再現するように、基本的には現在の地形から人工物を取り除

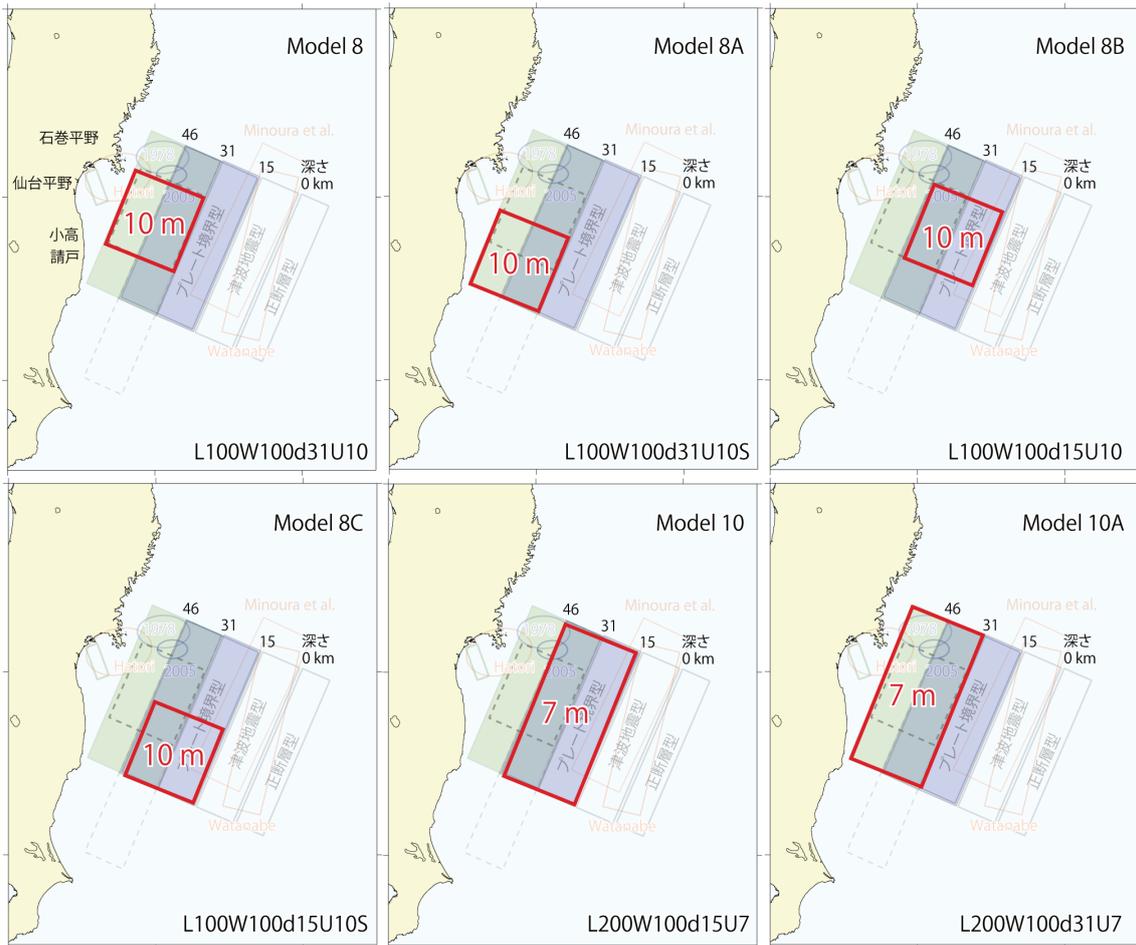


図 4 検討した貞観地震の断層モデル。赤色矩形が断層の位置を表し、中の赤数字はすべり量を表す。

表 1 検討を行った貞観津波の断層モデル。

Model	Fault type	断層位置		Depth km	Length km	Width km	Strike deg	Dip deg	Strike deg	Rake deg	Slip m	Mo Nm	Mw
		deg. N	deg. E										
8	L100W100d31U10	38.00	142.68	31	100	100	202	18	202	90	10	4.0E+21	8.3
10	L200W100d15U7	38.24	143.41	15	200	100	202	18	202	90	7	5.6E+21	8.4
10A	L200W100d31U7	38.41	142.91	31	200	100	202	18	202	90	7	5.6E+21	8.4
8A	L100W100d31U10S	37.59	142.45	31	100	100	202	18	202	90	10	4.0E+21	8.3
8B	L100W100d15U10	37.83	143.18	15	100	100	202	18	202	90	10	4.0E+21	8.3
8C	L100W100d15U10S	37.42	142.95	15	100	100	202	18	202	90	10	4.0E+21	8.3

くなどの作業を経た地形を用いた。ただし、石巻平野については当時の海岸線を現在の海岸線から約 1~1.5 km 内陸に設定し、仙台平野については当時の海岸線を現在の海岸線から約 1 km 内陸に設定した。福島県沿岸については、国土地理院（「海岸における 3D 電子地図」）および福島県（「福島県沿岸部地形データ」）から提供して戴いた陸上地形データを用いた。

各モデルにより得られた最大浸水深（地盤上の津波高）と津波堆積物の分布域を比較したものを、石巻平野については図 5 に、仙台平野については図 6 に、福島県南相馬市小高地区については図 7 に、福島県双葉郡浪江町請戸地区については図 8 に示す。また、福島県沿岸北部における津波浸水域を図 9 に、福島県沿岸南部における津波浸水域を図 10 に示す。なお、小高地区における津波堆積物の位置は、藤原ほか（2010）⁴⁾を、請戸地区における津波堆積物の位置は、平成 19、20 年度の本業務（東北大学担当分）の結果を参考にした。

石巻・仙台平野の津波堆積物の分布域を再現する Model 8 に着目すると、小高地区での津波浸水域は津波堆積物の分布域に比べ過小評価となった。請戸地区での津波浸水域は、堆積物の分布域に対して大幅な過小評価となっており、Model 8 は貞観津波のモデルとして妥当ではないことが示された。そこで、Model 8 を福島県寄りに南側へ移動させた Model 8A や深さ 15 km に浅くした Model 8B 及び Model 8C を検討したところ、小高地区や請戸地区での計算浸水域は再現性が良くなった。しかしながら、逆に石巻平野や仙台平野での計算浸水域は過小評価の傾向となった。

つぎに、同じく石巻・仙台平野の津波堆積物の分布域を再現する Model 10 に着目すると、小高や請戸で計算された浸水域は津波堆積物の分布域を概ね良く再現した。Model 10 の深さを 15 km から 31 km に深くした Model 10A についても、石巻・仙台平野、小高地区、及び請戸地区いずれにおいても概ね良い再現ができた。

以上のことから、石巻平野・仙台平野・小高・請戸での津波堆積物の分布域を説明するためには、長さ 200 km、幅 100 km、及びすべり量 7 m 以上の場合が適当であると考えられる。このほか、福島県沿岸南部の津波浸水域に着目すると深さの異なる Model 10 及び Model 10A では、とくに四倉などで浸水域に差が出るので（図 10）、今後の福島県南部あるいはそれ以南の津波堆積物の調査結果などを行いより詳細な検討を行う必要がある。

石巻平野

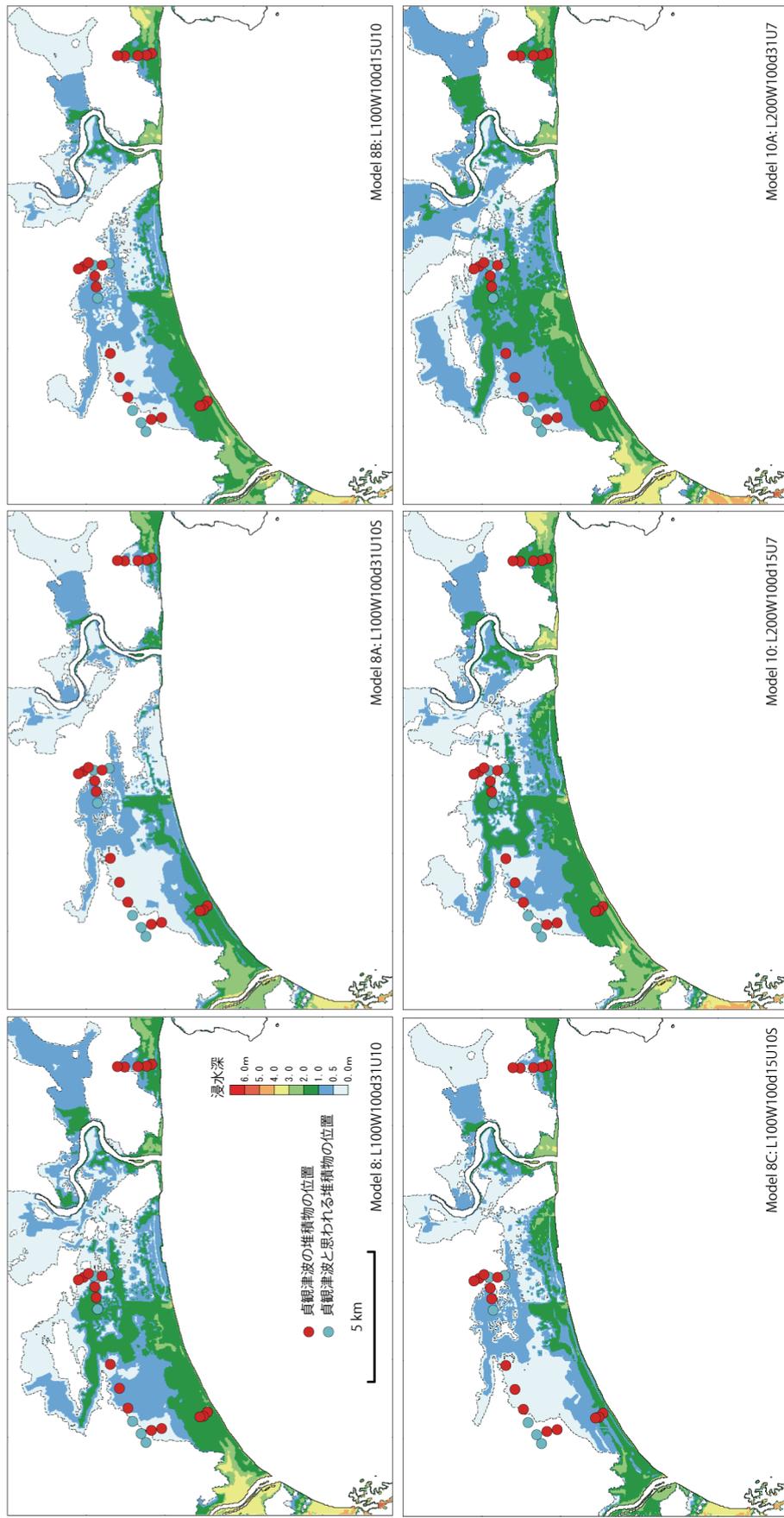


図5 各モデルによる石巻平野の津波浸水域と津波堆積物の分布域。

仙台平野

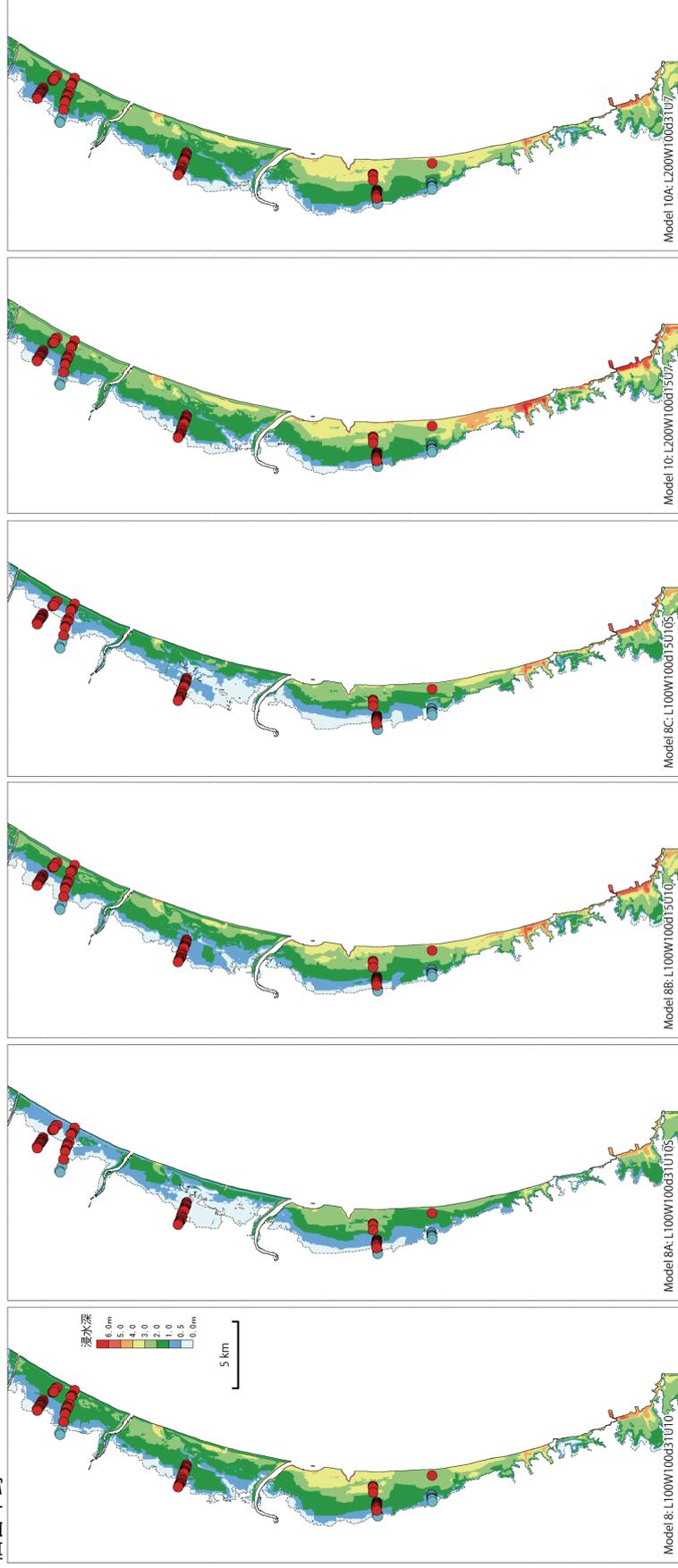


図 6 各モデルによる仙台平野の津波浸水域と津波堆積物の分布域。

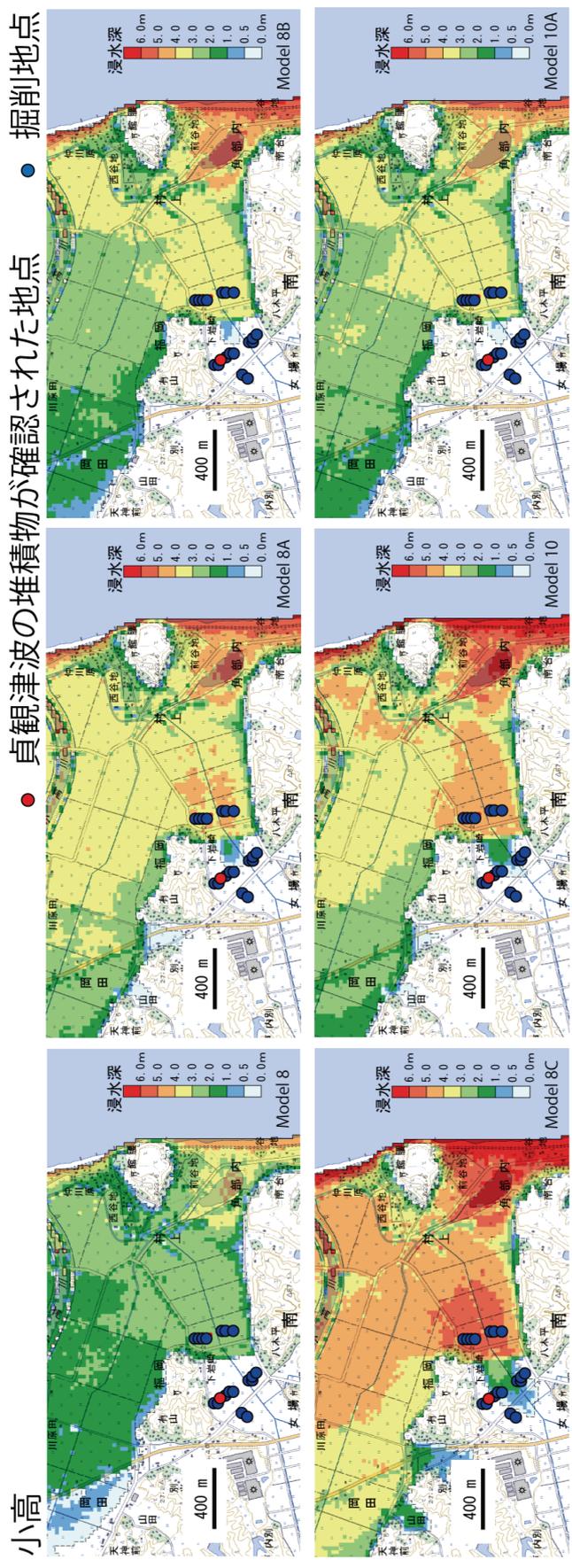


図7 各モデルによる小高地区の津波浸水域と津波堆積物の分布域（国土地理院発行1/2.5万地形図「塚原」を使用）。

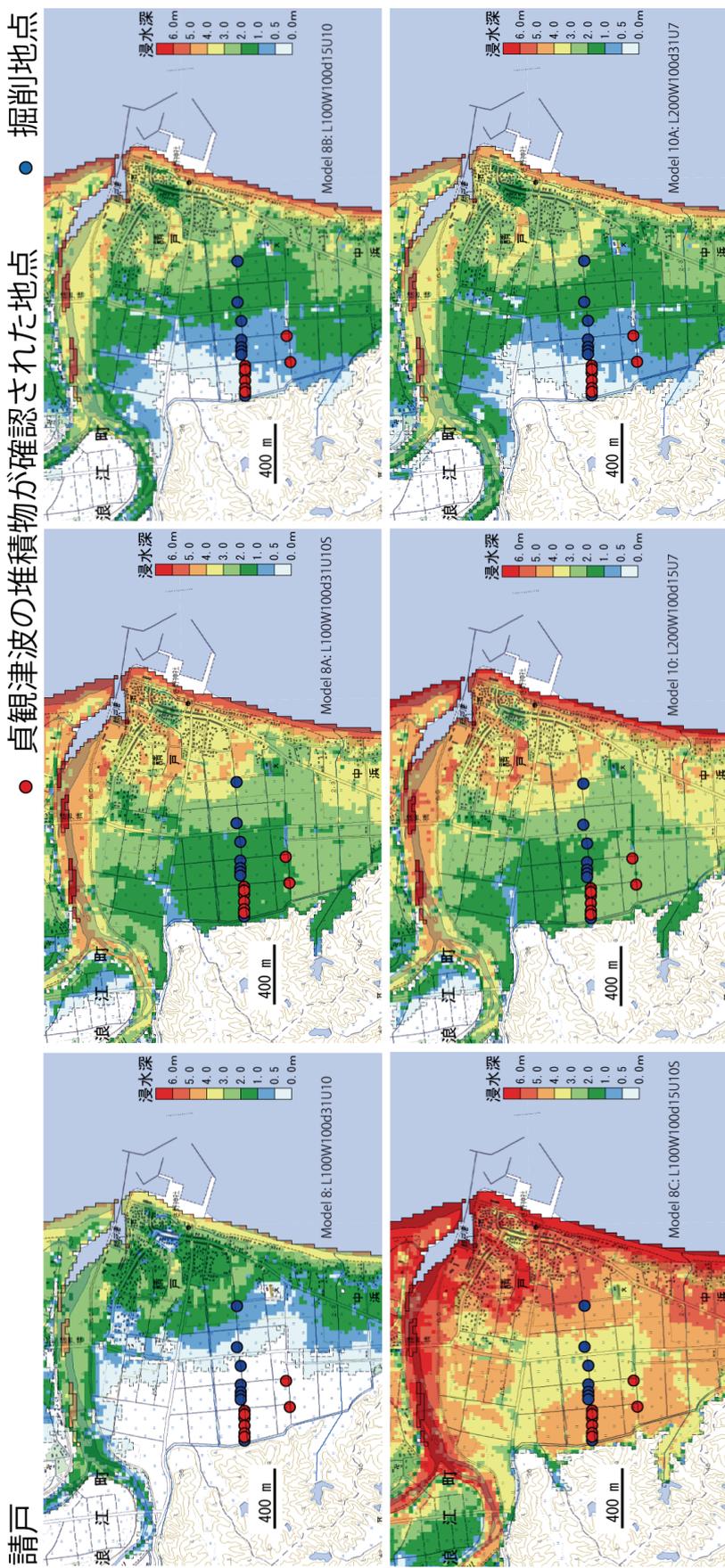


図8 各モデルによる請戸地区の津波浸水域と津波堆積物の分布域（国土地理院発行1/2.5万地形図「磐城双葉」を使用）。

福島県沿岸北部

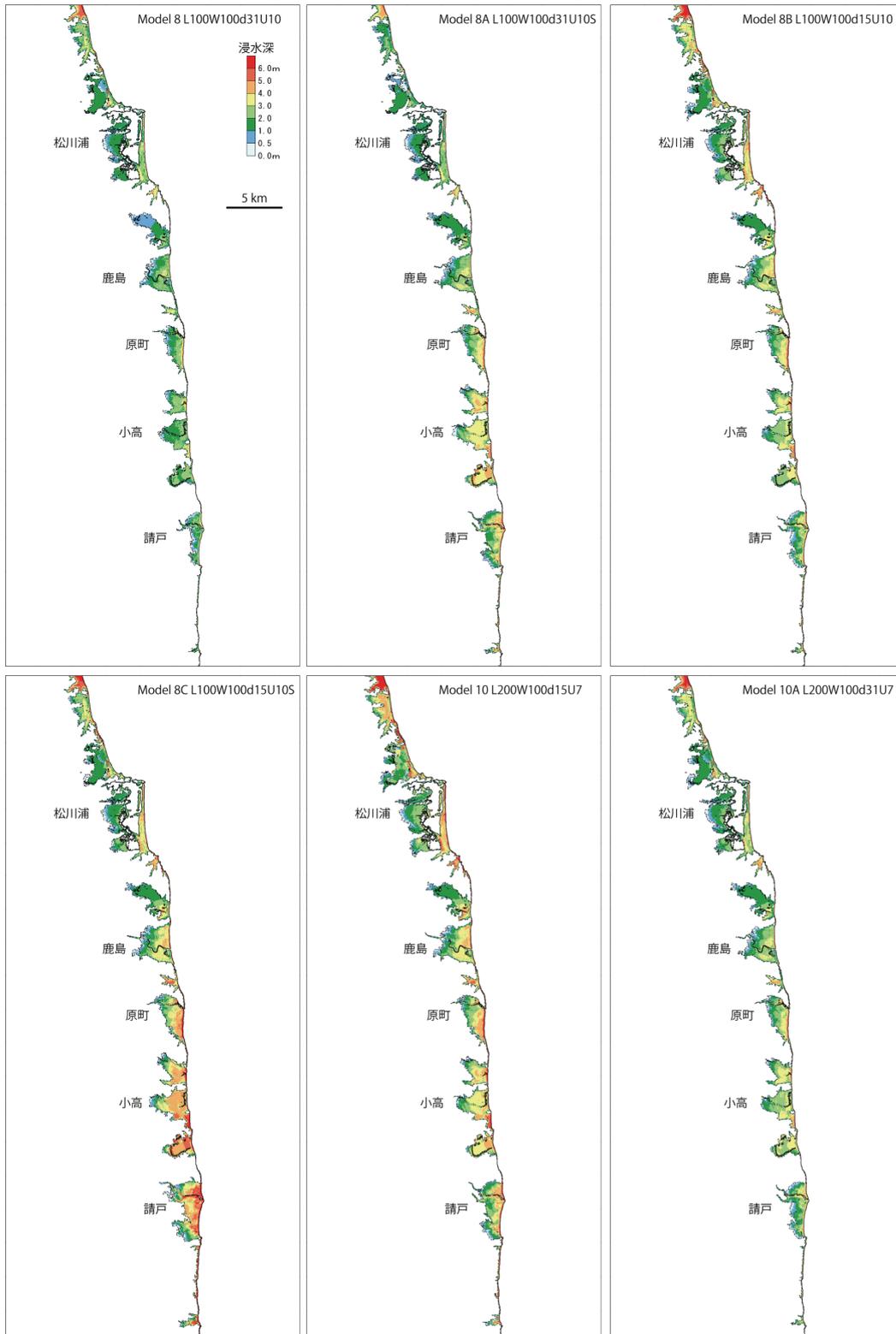


図9 各モデルによる福島県沿岸北部の津波浸水域。

福島県沿岸南部

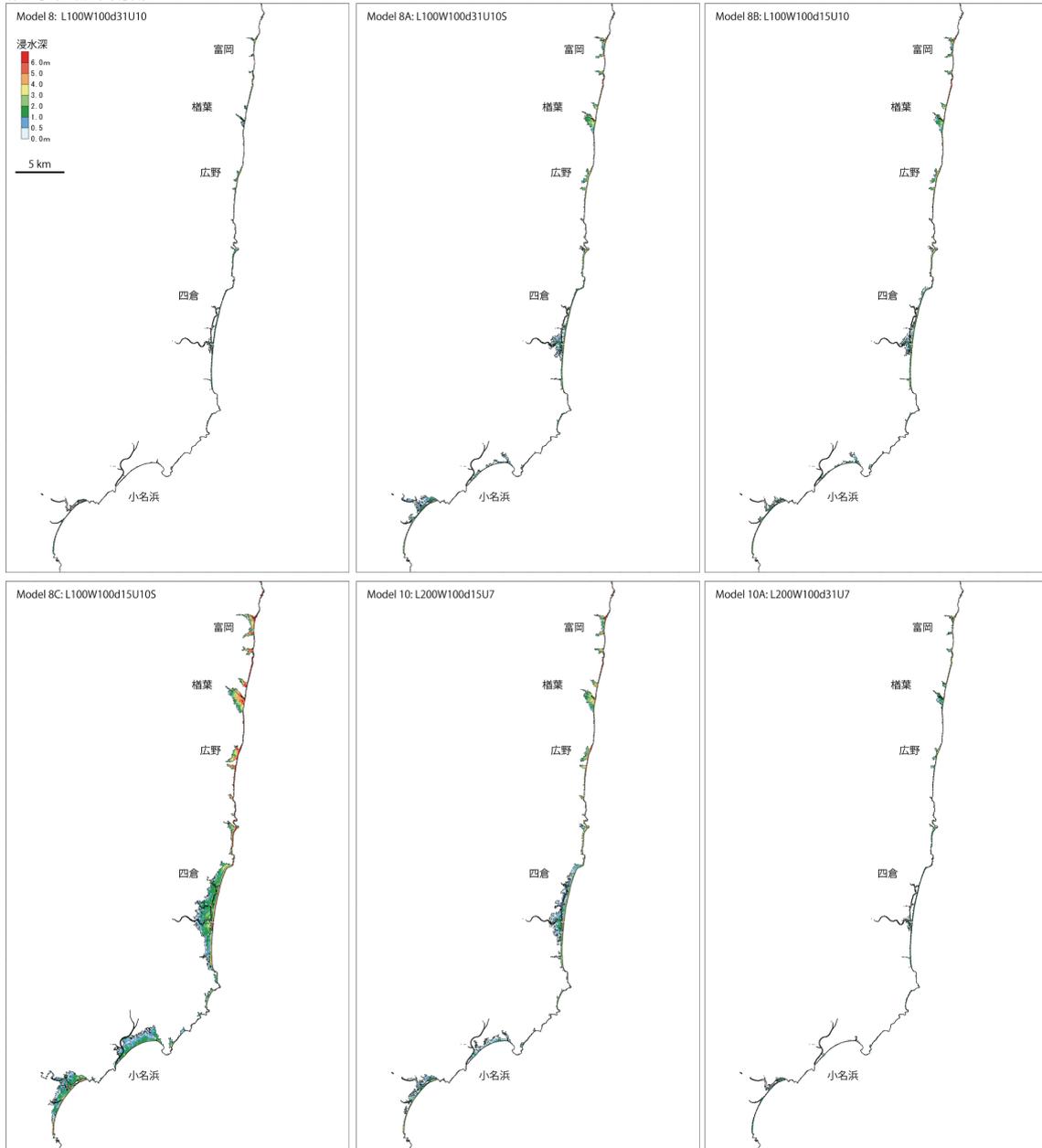


図 10 各モデルによる福島県沿岸南部の津波浸水域。

(d) 結論ならびに今後の課題

宮城県仙台市若林区と亶理郡山元町において大型ジオスライサー試料の採取を行い、過去の巨大津波の襲来時期を精度良く推定した。その結果、仙台市における津波堆積物の年代は 500AD-920AD (貞観津波)、280AD-560AD、700BC-460BC、1200BC-940BC、1430BC-1090BC、1680BC-1350BC、1810BC-1560BC と推定された。また、山元町における津波堆積物の年代は、630BC-140BC と推定された。

南相馬市小高区では、珪藻化石による古環境変遷の復元を行った結果、貞観津波とそのひとつ前の巨大津波に伴い、海岸が沈水していることが推定された。この沈水は、地震時の地殻変動を示す可能性がある。

石巻平野と仙台平野、福島県南相馬市小高地区、及び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の分布域と、6種類の断層モデルによる浸水計算結果とを比較した。その結果、プレート間地震で、長さ 200 km、幅 100 km、及びすべり量 7 m 以上の場合 (Model 10 および Model 10A) の浸水域が、津波堆積物の分布をおおむね再現できた。ただし、断層の深さ及び南限を決定するためには、福島県沿岸南部あるいはそれ以南の地質調査のデータが必要である。断層の長さ 100 km のモデルについては、その波源の位置によって浸水域が津波堆積物の分布域に対して過小評価となる地域もあった。なお、今回使用した陸上地形データに関して、石巻・仙台平野については貞観当時の海岸線を再現したが、福島県沿岸については海岸線が大きく変動した証拠がないため、現在の海岸線から人工物を取り除いたデータを用いた。今後、当時の海岸線が現在と異なることが明らかになった場合には修正が必要である。このほか、珪藻化石から推定された海岸の沈水データも加味して断層モデルを議論することが望まれる。

(e) 引用文献

- 1) 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: 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・亶理町・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, 2007
- 2) 澤井祐紀, 宍倉正展, 小松原純子: 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・亶理町・山元町) における古津波痕跡調査, 活断層・古地震研究報告, 8, 17-70, 2008
- 3) 佐竹健治, 行谷佑一, 山木 滋: 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, 2008
- 4) 藤原 治, 澤井祐紀, 藤野滋弘, 行谷佑一, 岡村行信: 海溝型地震履歴解明の研究, 平成 21 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 地質調査総合センター, 産業技術総合研究所, 2010 印刷中
- 5) Mansinha, L. and Smylie, D. E. : The displacement fields of inclined faults, Bull. Seism. Soc. Am., 61, 1433-1440, 1971

(f) 成果の論文発表・口頭発表等
なし

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定
なし

(3) 5ヵ年の成果と課題

宮城県中南部と福島県における巨大津波の浸水域と地震に関連した地殻変動の履歴を地質学的な証拠から明らかにするため、主に、石巻平野、仙台平野、南相馬市小高区において地形判読と堆積物試料の採取を行い、仙台平野ではさらに地中レーダー探査も行った。

地形判読と堆積物試料の検討により、石巻平野と仙台平野の全域において、西暦 869 年に発生した貞観津波の遡上距離と津波襲来当時の海岸線の位置を復元することができた。その結果、貞観津波は、場所によっては当時の海岸線から少なくとも 3km 遡上していることが明らかになった。さらに、貞観津波のような巨大な津波は、過去 4000 年間に 4 回以上繰り返して発生していたことも明らかになった。仙台市若林区と亘理郡山元町において検出された津波堆積物の年代を放射性炭素年代測定法と火山灰層序により検討した結果、貞観津波の前には 280AD-560AD 頃と 700BC-460BC 頃に巨大津波が襲来していたことが推定された。

仙台平野において貞観津波後の地殻変動を明らかにするため、貞観津波が襲来した当時の海岸線と現在の海岸線との間で地中レーダー探査を行い、地下構造のイメージ断面を取得した。また、探査を行った場所でハンディジオスライサー掘削を行い、堆積構造の観察と年代試料の採取を行った。その結果、西暦 1450-1650 年以前に 50cm 程度の相対的海水準の低下が生じている可能性と、その後現在まで緩やかに海水準が上昇していることが推定された。南相馬市小高区では、堆積物中の珪藻化石を観察し、津波が襲来した前後においてどのように環境が変化したのかを推定した。その結果、貞観津波とそのひとつ前の巨大津波が襲来した時期に、調査地周辺が沈水したことが推定された。この沈水現象は、地震時の地殻変動が原因である可能性がある。

貞観地震の断層モデルを検討するため、宮城県石巻平野と仙台平野、福島県沿岸の小高地区ならびに請戸地区における津波堆積物の分布域と、いくつかの断層モデルに基づいた津波シミュレーションによる浸水域とを比較した。浸水計算では、25 m メッシュの地形データを使用し、非線形長波理論による式を差分化することで解いた。地形データは、できるだけ当時の地形に近くなるよう、現在の地形から人工物を取り除き、海岸線も地質データに基づいて推定した。

津波の波源として、プレート間地震で断層の長さを 100 km~300 km、幅を 50 km~100 km、すべり量を 5 m~10 m、断層の深さを 15 km~31 km とした複数のモデルや、スラブ内正断層（海溝軸外側）、津波地震（海溝軸内側）、および仙台湾内の断層によるモデルも検討を行った。その結果、プレート間地震で、断層の長さが 200 km、幅 100 km、すべり量 7 m のときに、石巻平野、仙台平野、小高地区、及び請戸地区での津波堆積物の位置まで津波が概ね浸水することがわかった。

これらの結果は、北は宮城県石巻平野から南は福島県請戸地区にかけての津波堆積物の分布域のみから判断されており、それより北側あるいは南側の情報は考慮されていない。貞観津波の波源域の北限と南限を決めるためには、福島県請戸地区以南や三陸海岸での貞観津波堆積物の有無を確認する必要がある。この他、珪藻化石の分析などから地震に関連

した地殻変動データを用いることによって断層モデルを高度化できると考えられる。