

## Contents

● 平安の人々が見た巨大津波を再現するー西暦 869 年貞観津波ー … 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ー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 ー西暦 869 年貞観津波ー

宍倉正展・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いたします。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

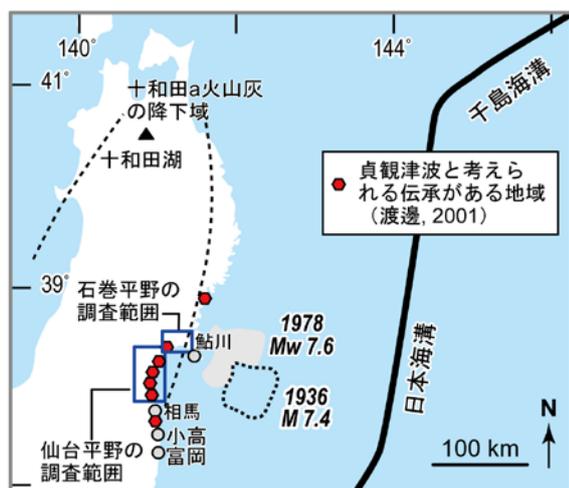


図 1 東北地方の地図。貞観地震津波の伝承がある地域と十和田 a 火山灰の降灰域および調査範囲(地点)を示した。

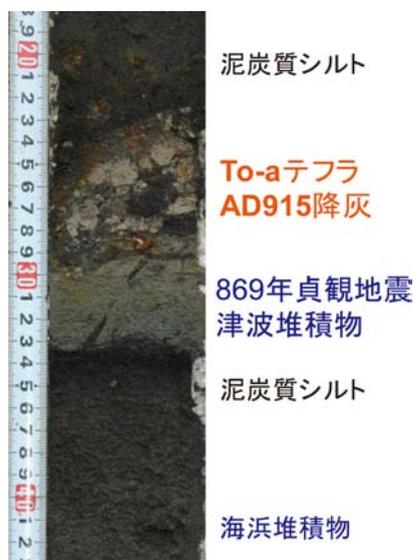


図 2 十和田 a 火山灰とその下位に分布する貞観地震の津波堆積物の写真。

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。

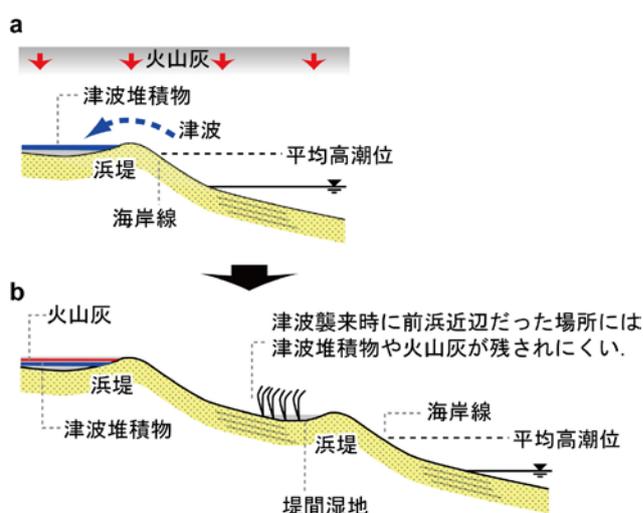


図 3 浜堤の模式断面。浜堤の前進過程(a→b)とその際の津波堆積物および火山灰の堆積、保存の過程を示した。

〔石巻平野〕（穴倉ほか，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。

亘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、亘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 宮城県亘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、亘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ので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、沼沢一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5~6mm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(Macaronichunus 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1km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が読み取れました(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。

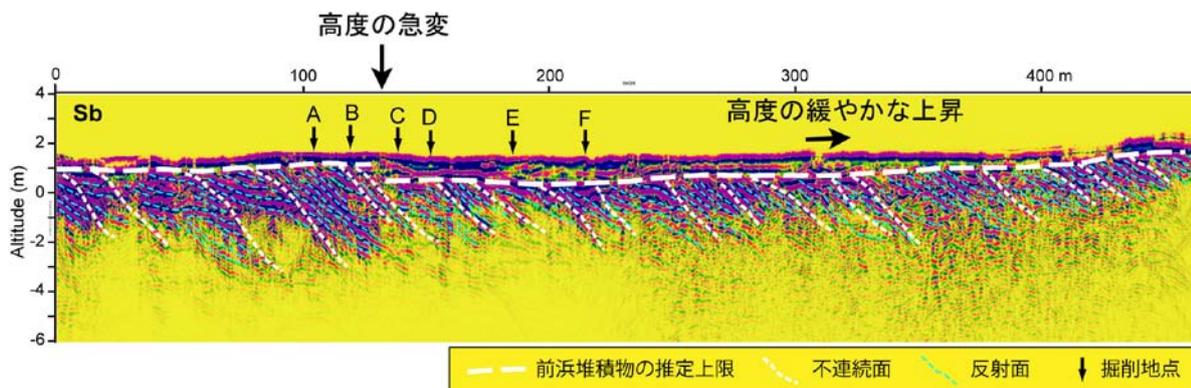


図9 GPR 探査による地下構造イメージの解釈断面。

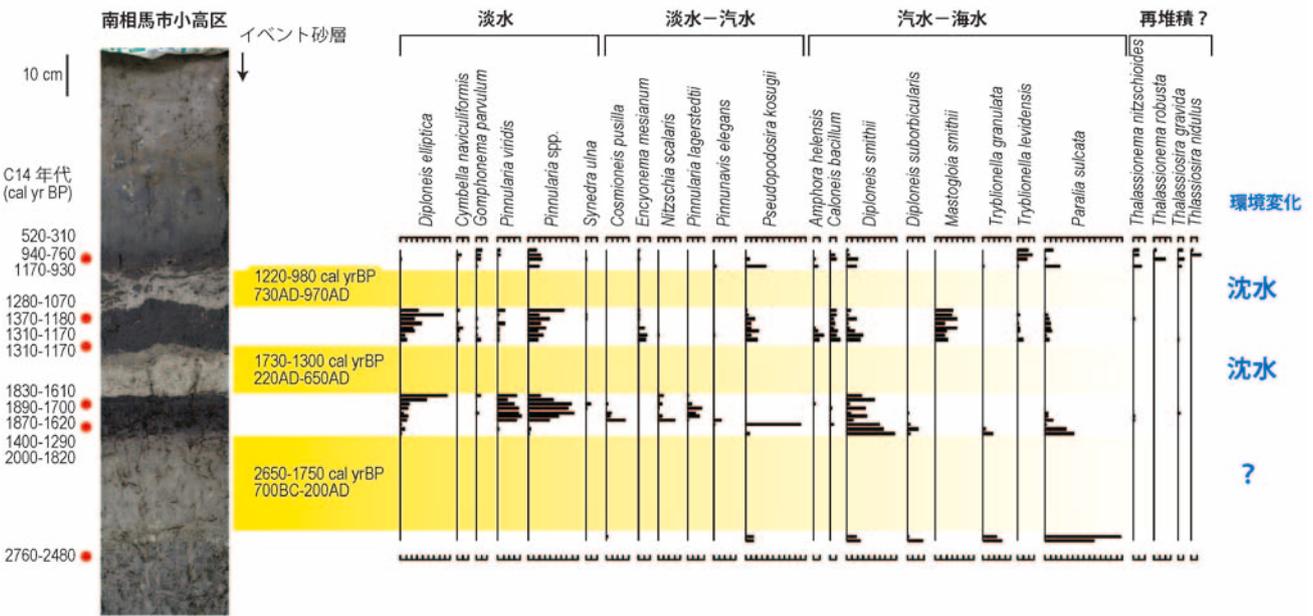


図 10 福島県南相馬市小高区における珪藻化石群集の変化とそこから推定される過去の環境変動。

【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  $202^\circ$  とし、傾斜角  $45^\circ$  で西に傾く断層面を仮定しました。断層の長さ 200 km、幅 50 km、上端が日本海溝のやや東側の海底（深さ 0 km）に位置し、すべり量は 5 m 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通の地震活動の低いところがすべることによって発生すると仮定し、走向は  $202^\circ$  で沈み込む太平洋プレートに沿って傾斜角  $18^\circ$  の逆断層とし、断層の長さは 200 km、幅は 50 km（深さは海底から 15 km まで）、すべり量は 5 m 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 40 km、幅 20 km、傾斜角  $45^\circ$ 、すべり量 5 m 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 15~50 km 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  $202^\circ$  とし、地震活動に対応するように傾

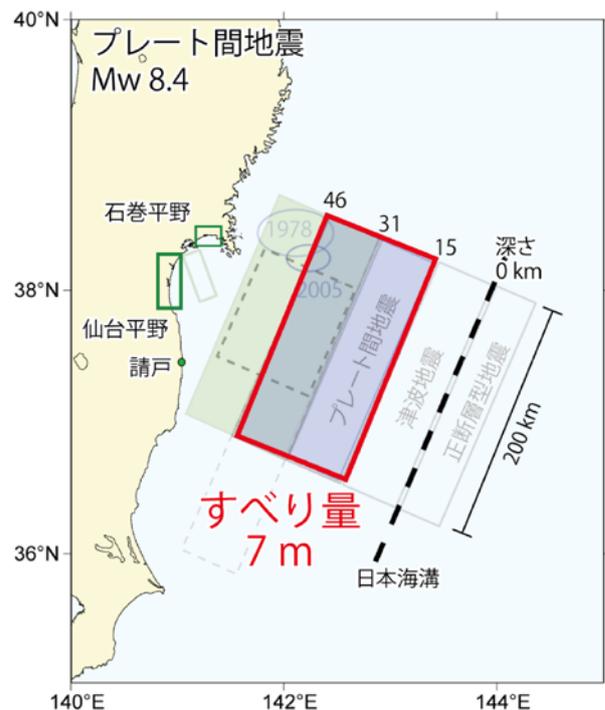


図 11 断層の長さ 200 km、幅 100 km、すべり量 7 m、上端深さ 15 km とした貞観地震の断層モデル（赤矩形）。背景に描かれた矩形は、本研究で検討を行った貞観地震の他の断層モデルを表す。1978 および 2005 と記された楕円の位置は、それぞれ 1978 年宮城県沖地震、および 2005 年に発生した宮城県沖の地震の震源域を表す。

斜角を  $18^\circ$ ，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。その他，断層の長さを 300 km としたもので，断層の長さ及び幅を 100 km としすべり量を 10 m としたもので，断層の長さ 200 km，幅 100 km ですべり量を 7 m としたものとなども試しました。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，津波発生の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。底面摩擦はマン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）を用いて直角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，断層の南北の広がり（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。

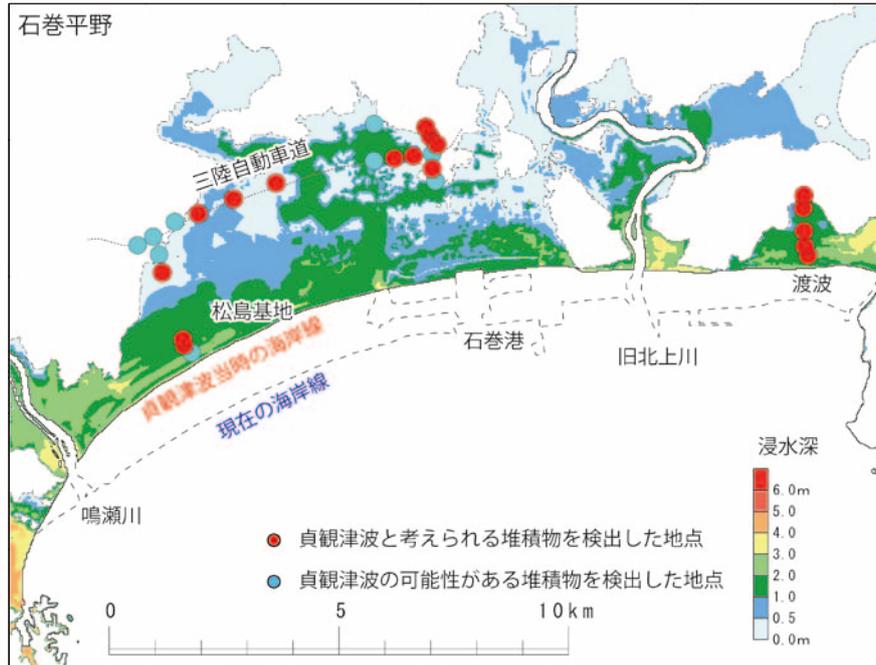


図12 図11の断層モデル(赤矩形)により計算された、石巻平野における津波浸水域と、津波堆積物の位置。

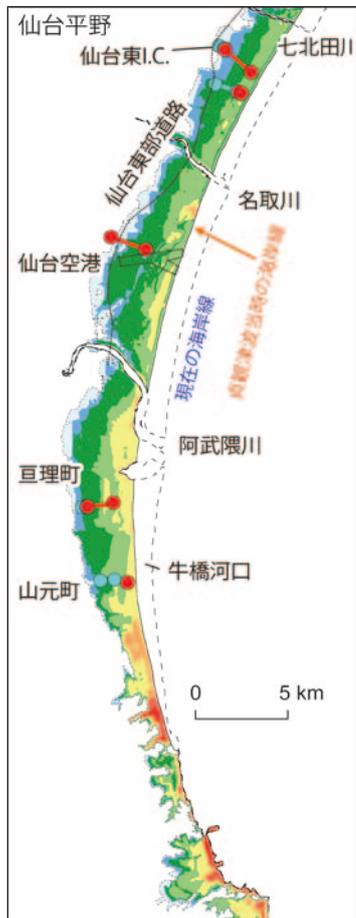


図13 図11の断層モデル(赤矩形)により計算された、仙台平野における津波浸水域と、津波堆積物の位置。

### 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くくまなく調べ、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が、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ー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



# 産総研一般公開「地震を測ってみよう」の報告

吉見雅行・行谷佑一・今西和俊・岡村行信・桑原保人・武田直人

2010年7月24日(土)に産総研一般公開が開催されました。活断層・地震研究センターでは体験型展示として、今年も地震計を用いた展示を行いました。用意した展示は2種類。地震計の応答特性と地盤の増幅効果のデモンストレーションです(パネル)。

応答特性のデモでは、広帯域地震計、1Hz地震計、4.5Hz地震計の3種類の地震計を机に載せ、モニター画面に上下動成分の波形が表示されるようにしました。広帯域地震計は他2つの地震計に比べ、低周波数領域の揺れにまで反応します。そこで、地面に体重をじわじわかけるような加振をすれば波形は違って見えるはず・・・でしたが、広帯域地震計の波形が表示枠からはみ出して見えなくなることが多く、波形の違いはあまり見ていただけませんでした。とはいえ、地面に体重をかけたり足踏みしたり飛び跳ねたりするたびに変化する波形に、大人も子供も方々も興味を抱き、楽しそうにしてくれました。地震計が小さな揺れに敏感なことを実感していただけただけでも展示の意義はあったと考えています。

地盤増幅のデモでは、台車に強震計(強い揺れにも対応した地震計)を2台載せ、一方には柔らかい地盤を想定したスポンジを敷きました。強震計の上には2層と4層の建物模型(名古屋大学福和研究室開発の「紙ぶるる」:紙製)を貼りつけ、モニターには強震計の出力波形が表示されるようにし、模型の揺れとモニター波形の双方で揺れの違いが観察できるようにしました。建物模型の効果は大きかったようで、台車を揺らすと往來の人々が興味を持って足を停めてくれました。波形と建物模型の揺れを示しながら、柔らかい地盤ではゆっくりした成分の波が増幅され継続時間も延びるという事項を説明しました。また、高周波の揺れを与えて波形の違いを見たり、建物模型の片方だけを揺らすように台車を揺すってみるなど、いろいろな「遊び」も交えました。その甲斐あってか、多くの方に地盤増幅や揺れの特性の説明に納得、あるいは、喜んでいただけたようです。

同様な展示をこれまでも行ってきましたが、地盤増幅の説明の後には、決まって多くの方々が住居の



図1 展示の説明パネル

AFERC NEWS No.16





## 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

松本則夫・北川有一（地震地下水研究チーム）

地震地下水研究チームでは、今年度の産総研つくばセンター一般公開にて「東海・東南海・南海地震を地下水で予測する」というタイトルで展示を行いました。この展示には研究チーム員全員が参加・分担しました。

展示では2つのテーマについてわかりやすく説明しました。まず、「地下水観測－東海地震予知を目指して－」と題したパネルでは、東海地震予知を目指した産総研の地下水位観測を紹介し、東海地震前に、想定されている震源域の一部でゆっくりとしたすべりが起こった場合に予想される地下水位変化を紹介しました。また、「東南海・南海地震予測のための地下水観測」と題したパネルでは、南海地震と東南海地震が約1300年間で9回記録されていること、南海・東南海地震前に繰り返し見られている地下水変化があること、さらに、産総研では南海・東南海地震発生予測のための観測点を新たに14か所設置し、研究を進めていることを紹介しました。

説明にあたってはパネルのほかに説明用のパンフレットや観測井掘削の際のボーリングコアなどを用意し、また、小学生用にあらかじめ簡単な説明などをあらかじめ考えていました。しかし、現在進行中の研究を小学生から一般の方までわかりやすく説明することはとてもむずかしいということを改めて感じました。

また、説明を差し上げた方から次のような感想をいただきました。

- ・初めて地震予知のために地下水を観測していることを知りました。
- ・このごろ住んでいる場所で地震が多いので、地震予知に興味をもちました。

当日は酷暑というべき暑さでした。それにもかかわらず、一般公開にご来場いただき、私どもの展示をご覧いただいた方々に御礼申し上げます。また、地下水による地震予測研究の概要説明や毎日1回更新される観測データのグラフは、インターネットで公開されています。地震に関連する地下水観測データベース”Well Web” <http://riodb02.ibase.aist.go.jp/gxwell/GSJ/index.shtml> をご覧ください。

地下水観測ネットワークには、たくさんの方のご協力をいただいております。特に、観測に関しては地元自治体や、住民の方のご協力が欠かせません。ここに記して感謝の意を表します。



産総研つくばセンター一般公開「東海・東南海・南海地震を地下水で予測する」ブースの様子（撮影：川畑 晶）。



## 第7回 AOGS (Asia Oceania Geoscience Society) 参加報告

宍倉正展 (海溝型地震履歴研究チーム)

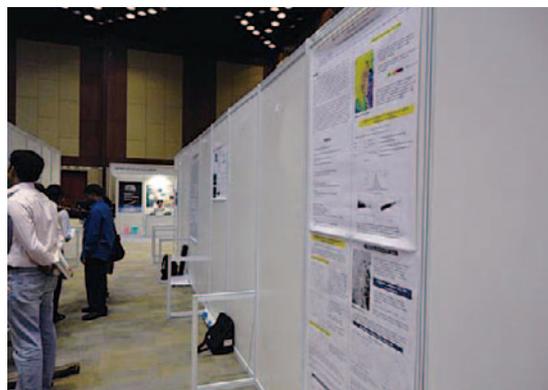
毎年7月または8月に開催されている Asia Oceania Geoscience Society (AOGS; アジア・オセアニア地球科学会) は今年で第7回を迎えた。シンガポールを拠点(事務局)とするこの学会は、第1~3回をシンガポールで開催したが、第4回以降はシンガポールを離れ、バンコク、ソウルで行い、昨年は再びシンガポールで開催された。3年に1回はシンガポールで行い、それ以外はアジア・オセアニア内の各地で開催するという方針の下、本年はインドのハイデラバードにあるコンベンションセンターを会場に行われた。実は今年の大会の開催地に関しては日本も立候補していたのだが、インドと競合して敗れたという経緯がある。

活断層・地震研究センターからは宍倉のみの参加であり、しかも5日間の開催日程のうち、活断層、古地震に関連するセッションのある2日間のみでの参加であったので、正確な実態はわからないが、概して例年よりも日本人参加者が少ないような印象を受けた。当センターでもそうであるが、多くの日本人は6月下旬に台湾で開催された WPGM (AFERC ニュース6月号の増田による報告および7月号の小泉による報告を参照) の方に参加したためではないかと思われる。

AOGS と言えば、発足当初は参加者が少なく、エントリーしてもドタキャンが多くてセッションが成り立たないといったことがよくあったが、年を追う毎に参加者は増えていき、ドタキャンも減っていったと思う。しかし今年の大会では、ドタキャン率の低い日本人の参加者が少なかったことと、中国人参加予定者の多くがビザの関係でインドに入国できなかったことなどが影響し、かつての AOGS に逆戻りしてしまったかのような印象を受けてしまった。オーガナイザーの手際は悪くなかったと思うが、人の少なさと相まって、国際学会の華やかさのようなものがやや希薄であったことが残念であった。

さて、活断層・古地震セッションの報告であるが、筆者の発表したポスターセッションは、キャンセルによる真っ白いボードが目立ち、コアタイムでも人がまばらで寂しい限りであった(写真参照)。それでも私のポスターはインド領のアンダマン諸島の海岸段丘に関する発表だったので、地元インドの参加者に集まっていただけた。特に今回、アンダマンにある大学の研究者と知り合えたことは大きな収穫であった。今後は現地調査でのロジスティクスなど交渉事を頼めそうな雰囲気であった。オーラルセッションでもいくつかキャンセルがあり、特に目を引く発表もなかったが、そんな中ひとり気を吐いて、いずれの発表にも質問を重ねていたのは、最近シンガポールの EOS に移籍した堆積学者の Adam Swizer であった。津波堆積物の研究で有名な彼であるが、学会後に一緒に飲んだ際、不惑の筆者より年下と知って驚いた。逆に筆者など彼のポスターから「お前は Kenji Satake の学生か?」と尋ねられたくらいである。もっと国際誌に論文を書いて名前を覚えてもらわないと、と改めて思い知らされたエピソードである。

来年の AOGS は、奇しくも今年 WPGM が開催された台湾で開催される予定である。今年よりも日本人参加者が多くなることを期待したい。



白いままのボードが目立ち、人もまばらなポスターセッション会場。



## 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

栗田泰夫（主幹研究員）

インドネシアは世界第4位の人口2億3千万人と日本の約5倍に当たる190万平方kmの国土を有する島嶼国家であり、インド-オーストラリア・太平洋・ユーラシアプレートの境界に位置していることから、世界でも有数の地震・火山災害の多発国である。このうち首都ジャカルタが位置するジャワ島には、日本の1/3の面積に1億2千万人が住んでおり、火山噴火や大地震発生の度に大きな被害を被ってきた。このため、JST-JICA地球規模課題対応国際科学技術協力事業の一環として、2009年から3カ年の計画で「インドネシアにおける地震火山の総合防災策」（研究代表者：東大地震研、佐竹健治教授）の2国間の共同研究が実施されている。

2010年7月12-14日にインドネシアのバンドン工科大学において開催された International Workshop on Geodynamics and Disaster Mitigation of West Java は、この共同研究のうち、ジャワ島のバンドン市とその周辺地域で研究課題を展開しているサブグループ間の情報交換と研究促進を目的としたもので、事業関係者を中心に日本側から15名、インドネシア側から57名ほかシンガポール・オーストラリアおよび米国から各1名が参加した。

シンポジウムでの発表は、「総合防災策」の名に相応しく、テクトニクスと活断層、強震動と津波災害、津波予測、火山災害および災害社会科学の多岐にわたった。報告者が課題担当者を努めるサブグループ「陸上活断層地震の発生履歴」では、活断層・地震研究センターとインドネシア科学院（LIPI）の地質工学研究センターが共同研究を実施しており、インドネシア第3の都市であるバンドン市の北方約10kmに位置する活断層：Lembang断層の活動履歴とバンドン市周辺の微地形区分について2件の共同

発表を行った。シンポジウムにおいては、ジャワ島の幾つかの活断層を考慮したインドネシアの地震動予測図の改訂版の紹介もあり、調査・研究の成果が速やかに実社会に波及させられる筋道が開かれていることを頼もしく感じた。

シンポジウムの中日には、Lembang断層の半日巡検が企画され、共同研究者のEko Yulianto氏が案内を努めた。Yulianto氏は偶然滞在中の米国地質調査所のAtwater氏とともに巡検に合わせて急遽トレンチの発掘を試みており、これまでの我々の共同研究で数百年前の最新活動層準の可能性があると考えている崩壊堆積物を、参加者の目前に披露してくれた。

本協力事業プロジェクトのワークショップとしては、昨年10月に、2004年のスマトラ沖大地震・津波で壊滅的な被害を被ったスマトラ島のアチェで全体会が開かれ、また、本年11月には神戸において第2回の全体会が開催される予定である。



Lembang断層の巡検において断層崖を遠望する参加者ら。

外部委員会等 活動報告 (2010年8月)

2010年8月6日

地震調査委員会 (岡村出席 / 文科省)

2010年8月18日

第13回中越沖地震における原子力施設に関する調査・対策委員会 (岡村出席 / 経済産業省)

2010年8月18日

原子力安全・保安院 耐震・構造設計小委員会  
地震・津波、地質・地盤合同WG Cサブ (岡村、杉山出席 / 経済産業省)

2010年8月20日

地震予知連絡会 (桑原・小泉出席 / 東京)  
地殻活動概要、プレート境界の固着状態とその変化、重点検討課題 (地震活動について) 等について検討した。

2010年8月23日

原子力安全・保安院 耐震・構造設計小委員会 地震・津波、地質・地盤合同WG (岡村、杉山出席 / 経済産業省)

2010年8月25日

地震調査研究推進本部地震調査委員会第161回長期評価部会 (吉岡出席 / 東京)

2010年8月27日

地震防災対策強化地域判定会 (訓練) 及び同委員打合せ会 (小泉出席 / 気象庁)

訓練の判定会に参加した。東海地方周辺の最近の1ヶ月のデータを持ち寄って検討し、東海地震発生可能性について協議した。