

東北地方太平洋岸のプレート境界地震と津波災害

奥村晃史（広島大学大学院文学研究科）

2011年3月11日14時46分、宮古沖から銚子沖までの日本海溝に沿って長さ約500 km、幅約200 kmのプレート境界断層が活動し、M 9.0（気象庁）、Mw 8.9（USGS）という日本周辺では過去最大の地震が発生した。

地震調査研究推進本部（2009a）による三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価で、今回の震源断層は過去の地震活動をもとに6つの震源域に区分され、個別に発生するM 7.4からM 8.2の地震が予測されていた。3月11日の地震は連動型巨大地震として3つのサブイベントによって6つの震源域が一気に破壊された。

この地震による津波は地震発生後10分以内に小規模な第一波として青森県から千葉県海岸に達し、15時10分から30分にかけて到達した巨大な押し波が沿岸地域に壊滅的な被害をもたらした（東京大学地震研究所と海上保安庁の資料による）。

三陸海岸は、1896年の沈み込み地震、1933年のアウターライズ（日本海溝東斜面）地震、さらに1960年チリ地震によって大きな被害を受け、津波への対策が進んでいる地域であったが、今回の津波遡上を食い止めることはできなかった。1896年、1933年の津波の高さは岩手県内の三陸海岸で10 mを大きく上回って甚大な被害をもたらしたが、宮城県内の三陸海岸では5 m未満の地点が多く、被害も岩手県に比べると小さかった。さらに牡鹿半島より西の石巻湾と仙台湾および常磐海岸では概ね2 m未満であった（渡辺、1985）。

宮城県内や福島県の津波被害想定はこれら近年の地震による津波をもとに行われてきたが、今回のような巨大な津波は予想されていなかった。しかし、歴史記録からは、1611年慶長三陸地震津波により仙台平野と福島県北部に高さ6～8 mの津波が押し寄せて甚大な被害をもたらしたことが知られている（渡辺、1985）。これらの津波に関する歴史記録は情報量が少ないためか、津波被害想定に取り入れられることはなかった。

最近、澤井ほか（2007）、宍倉ほか（2007）、地震調査研究推進本部（2009b）は石巻平野・仙台平野・常磐海岸の海岸低地の表層地質を調査して、貞観津波による津波堆積物の分布を明らかにしつつある。これらの調査では、ジオスライサーを用いた表層2 m程度の堆積物試料の採取と年代層序分析を海岸線に直行する測線上

で高い密度で行い、当時の海岸線の位置と海浜地形、津波堆積物の分布および年代が面的に解明されている。また、貞観津波堆積物は、915年に十和田カルデラから噴出した広域火山灰 Towada-a テフラの直下に位置するため、確実な認定を容易に行うことができる。

貞観津波は、石巻平野において、現在の海岸線から内陸 0.8--1.3 km に存在した当時の海岸線から、2.5--3.0 km 内陸まで浸水させた（穴倉ほか、2007）。仙台平野では仙台市から名取市にかけて、現在の海岸線から 3 km 程度内陸まで、貞観津波の津波堆積物とみられる砂層が確認されている（澤井ほか、2007）。福島県北部の松川浦では内陸約 2 km、浪江では内陸約 1.5 km、標高 3.6 m の地点まで津波が達したものと考えられている地震調査研究推進本部（2009b）。これらの資料は、石巻平野・仙台平野・常磐海岸北部での貞観津波が今回の津波に匹敵する規模を持っていたことを示している。慶長三陸地震津波の堆積物も一部で確認されているが、ごく表層にあって人工改変によって失われていることが多く、精度よい放射性炭素同位体年代測定も困難なことから、情報は断片的である。

佐竹ほか（2008）は澤井ほか（2007）、穴倉ほか（2007）等の資料を用いて貞観津波のシミュレーションを行った。その結果、貞観津波の浸水域を復元する震源断層モデルとして以下の2つのモデルが適切であることが示された。いずれもプレート境界メガスラストを震源とし、一つは仙台湾沖合の延長 100 km、幅 100 km の断層面に 10 m のすべりを与えたモデル、いま一つは牡鹿半島沖から小名浜沖にかけての延長 200 km、幅 100 km の断層面に 7 m のすべりを与えたモデルである。これらのモデルの規模は Mw 8.1--8.4 程度である。

佐竹ほか（2008）のモデルは、仙台湾沿岸の貞観津波堆積物分布のみに基づいて作られており、貞観津波堆積物がより広い地域から見いだされた場合、地震と津波の規模も大きくなることが予想されている。地震調査研究推進本部（2009b）による松川浦と浪江の貞観津波堆積物の存在は、延長 200 km のモデルで説明することができそうである。一方三陸海岸からは、貞観津波を示す堆積物はこれまで見いだされていない地震調査研究推進本部（2009b）。しかし、明治・昭和の津波に匹敵する規模をもつ慶長三陸地震津波の堆積物も見いだされていないことから、貞観津波が三陸海岸に及ばなかったと判断することはできない。貞観津波、慶長三陸地震津波の全体像はまだ明らかではないが、明治・昭和の津波をはるかに上回る規模の津波が過去に存在したこと、そしてその浸水域の広がり、すでに解明されつつあった。しかし、その情報が地震災害予測に活かされる前に3月11日の巨大地震と津波が発生してしまった。

今回の連動型巨大地震とそれにとまなう大規模な津波、それに先行する可能性のある貞観津波の関連は、北海道東部太平洋岸をおそった17世紀の巨大津波の解明を

想起させる。北海道東部の千島海溝では、十勝沖地震（1843年，1952年，2003年；M 8.0-8.2）と根室沖地震（1893年，1973年；M 7.9とM7.4）が50～110年間隔で発生している。1952年，1973年，2003年の地震で北海道東部太平洋岸は例外なく沈降し，小規模な津波が海岸低地の限られた範囲を浸水させた。

Nanayama et al. (2003) は北海道東部の海岸低地のほぼ全域で，現在の海岸線から内陸1～4 km まで分布する津波堆積物を見いだした。最新のイベントは火山灰との関係から17世紀とされ，過去2000-7000年間に約500年に一回大規模な津波の遡上があったことを示した。この津波を説明するためには，十勝沖地震と根室沖地震の震源域が同時に活動し，かつ，プレート境界メガスラストのより深部まで食い違わせることが必要であることがわかった。このことにより，津波波源域は陸側に拡大して，津波の規模は大きくなるとともに津波到達時間が短くなることが予想できる。

Sawai et al. (2004) は津波堆積物上下の泥質堆積物の化石珪藻群集を詳細に調査して地震前の沈降と地震後の緩慢な隆起を明らかにした。この隆起を説明するためには，メガスラスト最深部に加えてマントルウェッジとの境界での余効的なすべりが必要との考えが示された。北海道東部は更新世海成層・海成段丘の分布から見て長期的に隆起傾向にあることは明らかであるが，近年の地震と地震間の地殻変動は一様な沈降を示していた。数百年に1回起こる連動型巨大地震では，メガスラスト浅部のM 8前後の震源断層が連動すると同時に，M 8前後の地震では食い違わないメガスラスト深部まで活動が起こる。地震調査研究推進本部（2004）は連動した場合の地震規模をM 8.3と推定している。また，連動型巨大地震による津波はM 8前後の地震と比べて著しく大きな規模となる。

仙台湾とその周辺における貞観津波の調査研究は，北海道東部の連動型巨大地震と類似した地震活動が，東北地方太平洋岸に存在することを示唆している。

文献：

地震調査研究推進本部（2004）：千島海溝沿いの地震活動の長期評価（第二版）について。

地震調査研究推進本部（2009a）：三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価の一部改訂について

地震調査研究推進本部（2009b）：宮城県沖地震における重点的な調査観測 平成17-21年度 統括成果報告書。 http://www.jishin.go.jp/main/chousakenkyuu/miyagi_juten/index.htm [http://www.jishin.go.jp/main/chousakenkyuu/miyagi_juten/h17_21/h17-21_3_3.pdf]

Nanayama, F., K. Satake, R. Furukawa, K. Shimokawa, B. F. Atwater, K. Shigeno and S. Yamaki (2003): Unusually large earthquakes inferred from tsunami deposits along the Kuril trench, Nature, Vol. 424, 6949, 7 August 2003, 660-663.

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, p. 71-89, 2008.

Sawai, Y., K. Satake, T. Kamataki, H. Nasu, M. Shishikura, B.F. Atwater, B.P. Horton, H. Kelsey, T. Nagumo and M. Yamaguchi (2004) Transient uplift after a 17th-century earthquake along the Kuril subduction zone. *Science*, 306, 1918-1920.

澤井祐紀・穴倉正展・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.

穴倉正展・澤井祐紀・岡村行信・小松原純子・AUNGThanTin・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.

渡邊偉夫, 1998, 日本被害津波総覧【第2版】, 206 p., 東京大学出版会.

資料

東京大学地震研究所: http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/eqvolc/201103_tohoku/

海上保安庁: http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TIDE/real_time_tide/sel/index.htm