日本地震工学会誌

Bulletin of JAEE

No.23

Oct.2014

特　集：過去に学び、未来に備える

第4回「日本海東縁部の地震を考える」

JAEE

http://www.jaee.gr.jp/

公益社団法人 日本地震工学会

Japan Association for Earthquake Engineering

〒108-0014東京都港区芝5-26-20建築会館

Tel:03-5730-2831　Fax:03-5730-2830

日本地震工学会誌（第23号 2014年10月）
Bulletin of JAEE（No.23 October.2014）

INDEX

巻頭言：

特集「過去に学び、未来に備える」の連載と
第４回「日本海東縁部の地震を考える」について／久田　嘉章 …… 1

特集：過去に学び、未来に備える　第４回「日本海東縁部の地震を考える」

地震探査から見る日本海東部における地殻構造
／野　　徹雄、佐藤　　壮、小平　秀一、高橋　成実 …… 2
日本海の津波と被害／首藤　伸夫…… 8
1964年新潟地震と川岸町における強震記録／工藤　一嘉 …… 14
1964年新潟地震の被害を再考する／若松 加寿江 …… 20
新潟地震当日を振り返って／竹内　　寛 …… 24
積雪寒冷地における地震災害と防災／水田　敏彦 …… 26
新潟地震と地震保険の創設／永島 伊知郎 …… 30

シリーズ：TOHOKUナウ 復興に向けて（５）

東日本大震災からの地域産業復興／増田　　聡 …… 34

学会ニュース：

第1回震災対策技術展(大阪) 併催セミナー「命を守る避難の課題」
― 巨大地震災害に大阪はどう立ち向かうか ―　開催報告／小山　真紀 …… 37
「東日本大震災合同報告共通編3編」刊行記念シンポジウム
「地震災害再考、ファンダメンタルをふまえて」開催報告／本田　利器 …… 39
第５回震災対策技術展（宮城）併催セミナー
「次の津波からどう逃げるか」－渋滞リスクを減らす－開催報告／村上 ひとみ …… 41
本学会に関する詳細はWeb上で／会誌への原稿投稿のお願い／問い合わせ先 …… 43

編集後記

巻頭言

特集「過去に学び、未来に備える」の連載と第４回「日本海東縁部の地震を考える」について

久田　嘉章
●会誌編集委員会 委員長／工学院大学 教授

１．はじめに

特集「過去に学び、未来に備える」では「首都直下の大地震を考える（20号）」で始まり、「南海トラフ地震を考える（21・22号）」を経て、今回は「日本海東縁部の地震を考える」を企画しました。今年で50年目となる1964年新潟地震に関する話題が中心となりますが、新潟地震の代名詞となっている液状化現象だけでなく、日本海東縁部のひずみ集中帯や、津波・強震動・積雪・地震保険に関する最新の知見をその分野の第一人者に解説して頂きました。

２．日本海東縁部の地震について

日本海東縁部では、1964年新潟地震（M7.5）、1983年日本海中部地震（M7.7）、1993年北海道南西沖地震（M7.8）などの巨大地震に加え、その南の内陸側では2004年新潟県中越地震（M6.8）、2007年能登半島沖地震（M6.9）、2007年新潟県中越沖地震（M6.8）など顕著な被害地震が連続して発生しており、現在では地震が起こりやすい「日本海東縁部ひずみ集中帯」と呼ばれています（例えば[1]）。この地域ではユーラシアプレートと北米プレートという陸のプレート同士がぶつかり合っており、かつて（2,000 ～ 1,500万年前）に日本海が拡大した時代の引張場で生じた多くの正断層が、現在の圧縮場では逆断層として活動しているなど、非常に複雑な背景を持っています。一方、地震工学の分野では今回の特集で指摘されているように強震動や長周期地震動、液状化に加え、津波や積雪など地域特性に配慮した複合災害への対応が必要になる地域でもあります。

３．第４回「日本海東縁部の地震を考える」

今回の特集では、新潟地震や日本海中部地震などの震源像を理解するため、はじめに日本海東部における地殻構造の最新の成果を紹介して頂きます（野・佐藤・小平・高橋氏）。続いて、歴史地震から近年の地震による日本海の津波と被害の状況を解説して頂きます（首藤氏）。かつて日本海側には津波は来ない、などと言われた時代があったと言われていますが、新潟地震をはじめ、これまで数多くの津波被害があったことが分かります。さらに、1964年新潟地震で液状化を記録したとして有名な川岸町の強震記録の現在での解釈の紹介が続きます（工藤氏）。この記録は我が国初の大地震による強震記録であり、液状化だけでなく、スロッシングによる石油タンクの延焼火災の原因ともなった新潟平野の長周期地震動を記録した波形としての非常に貴重なデータであることが分かります。続いて新潟地震による液状化被害とこの地震が示唆する地震防災に関する課題（若松氏）、及び、当時の貴重な写真と体験談（竹内氏）を紹介します（竹内氏による写真集は日本地震工学会のホームページで公開中）。強震動や液状化に加えて津波により複合化した当時の状況が分かりやすく紹介されています。続いて雪国に特有な積雪寒冷期における雪国の地震災害と防災対策に関する解説（水田氏）、そして最後に、新潟地震を契機に発足した地震保険制度の変遷を解説して頂きます（永島氏）。

４．おわりに

日本海東縁部の地震に関して、「過去に学び、未来に備える」ため様々な取り組みが行われていますが、今回の特集がこの地域の特性を理解し、有効な対策への一助になればと考えています。なお、次号では1995年兵庫県南部地震20周年を迎えるにあたり「活断層帯の地震を考える」として特集する予定です。もし希望される内容や、紹介して頂ける記事などをお持ちでしたら、会誌委員または事務局まで一報頂けると幸いです。

参考文献

1) 小原一成：内陸地震の発生が相次いだひずみ集中帯の地震像を解明、地震調査研究の最前線・第１回、http://www.jishin.go.jp/main/herpnews/series/2008/0805_02.html

久田　嘉章
1984年早稲田大学卒業後、同大修了・助手、南カルフォルニア大学助手、工学院大学専任講師・助教授を経て、現職。工学博士、専門は地震工学・地震防災

地震探査から見る日本海東部における地殻構造

野　　徹雄／佐藤　　壮／小平　秀一（センター長）／高橋　成実（センター長代理）
●独立行政法人海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター

1．はじめに

日本海は、日本海拡大時に形成された正断層が逆断層に転換するテクトニクス（インバージョンテクトニクス）によって、背斜や逆断層のような短縮変形した構造が顕著に発達し[1]、それらの多くが、日本海東縁に複数の帯状に分布して、「ひずみ集中帯」とよばれる変動帯を形成している[2) 3)]。その変動帯の中で、1833年庄内沖地震（M7.5）、1964年新潟地震（M_J7.5）、1983年日本海中部地震（M_J7.7）、1993年北海道南西沖地震（M_J7.8）などM7を超える逆断層のメカニズムで被害地震が生じた[3) 4)]。さらに、2000年以降もひずみ集中帯付近では2004年新潟県中越地震（M_J6.8）や2007年新潟県中越沖地震（M_J6.8）などの被害地震が相次いで発生したが、これまで明確な調査対象としては位置付けられてこなかったため、地震調査観測の空白域となっていた[5]。

独立行政法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）は、2007年から2012年まで、能登半島沖から西津軽沖にかけての日本海東部において、JAMSTECの深海調査研究船「かいれい」と海洋調査船「かいよう」を用いたマルチチャンネル反射法地震（MCS）探査と海底地震計（OBS）による屈折法・広角反射法地震探査を実施した（図１）。得られた結果から各々の測線の地殻構造イメージングを行い、日本海東部における活構造の形状・分布や地震波速度の絶対値等を明らかにする研究を行ってきた[6) 7) 8) 9) 10)]。

本書では、No et al. (2014) [9]とSato et al. (2014) [8]をもとに、「西津軽沖大陸棚～ 1983年日本海中部地震震源域～日本海盆」と「新潟県粟島沖（1964年新潟地震震源域）～大和海盆」の地殻構造イメージングの結果について記す。

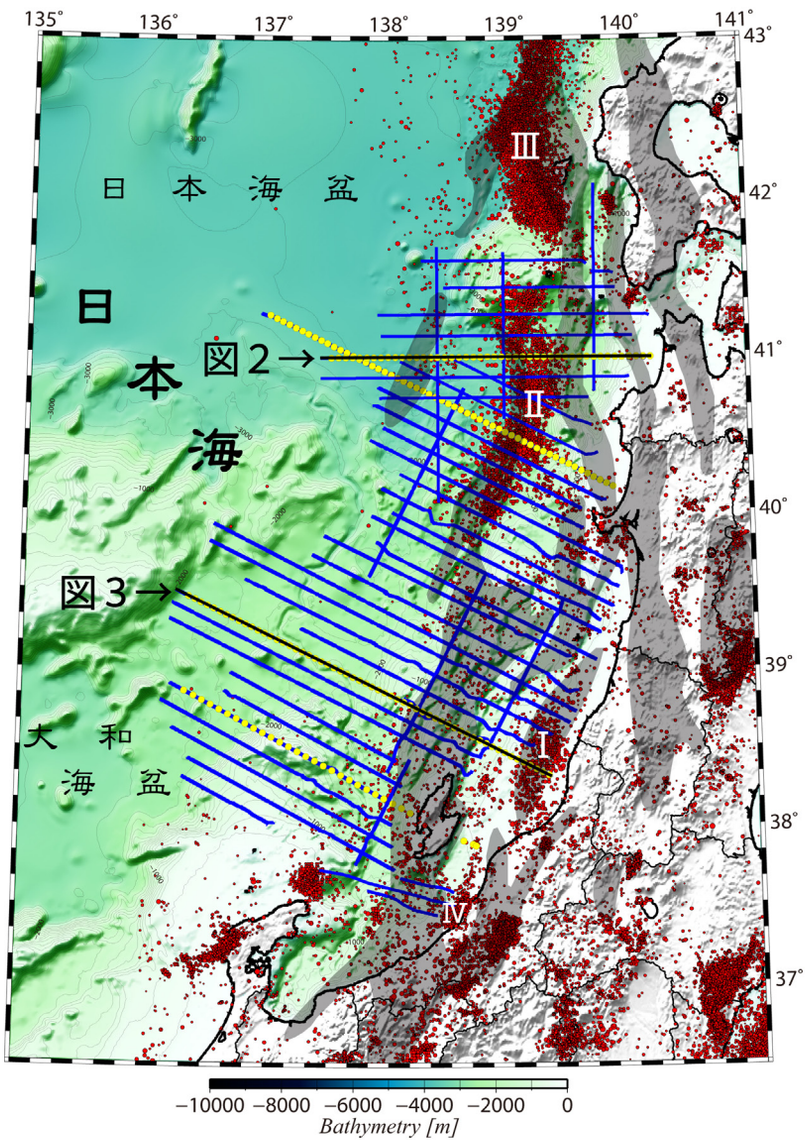


図１　2007年～ 2012年においてJAMSTECが実施した地震探査測線[6) 7) 8) 9) 10)]。実線がMCS測線、丸印がOBS設置点。灰色の領域がひずみ集中帯の分布[3)]。点が1925 ～ 2012年の震源分布（M ≧ 2.0, 深さ ≦ 50 km）[19)]。Ⅰ：1964年新潟地震 (M_J 7.5)、Ⅱ：1983年日本海中部地震 (M_J 7.7)、Ⅲ：1993年北海道南西沖地震 (M_J 7.8)、Ⅳ：新潟県中越沖地震(M_J 6.8)。

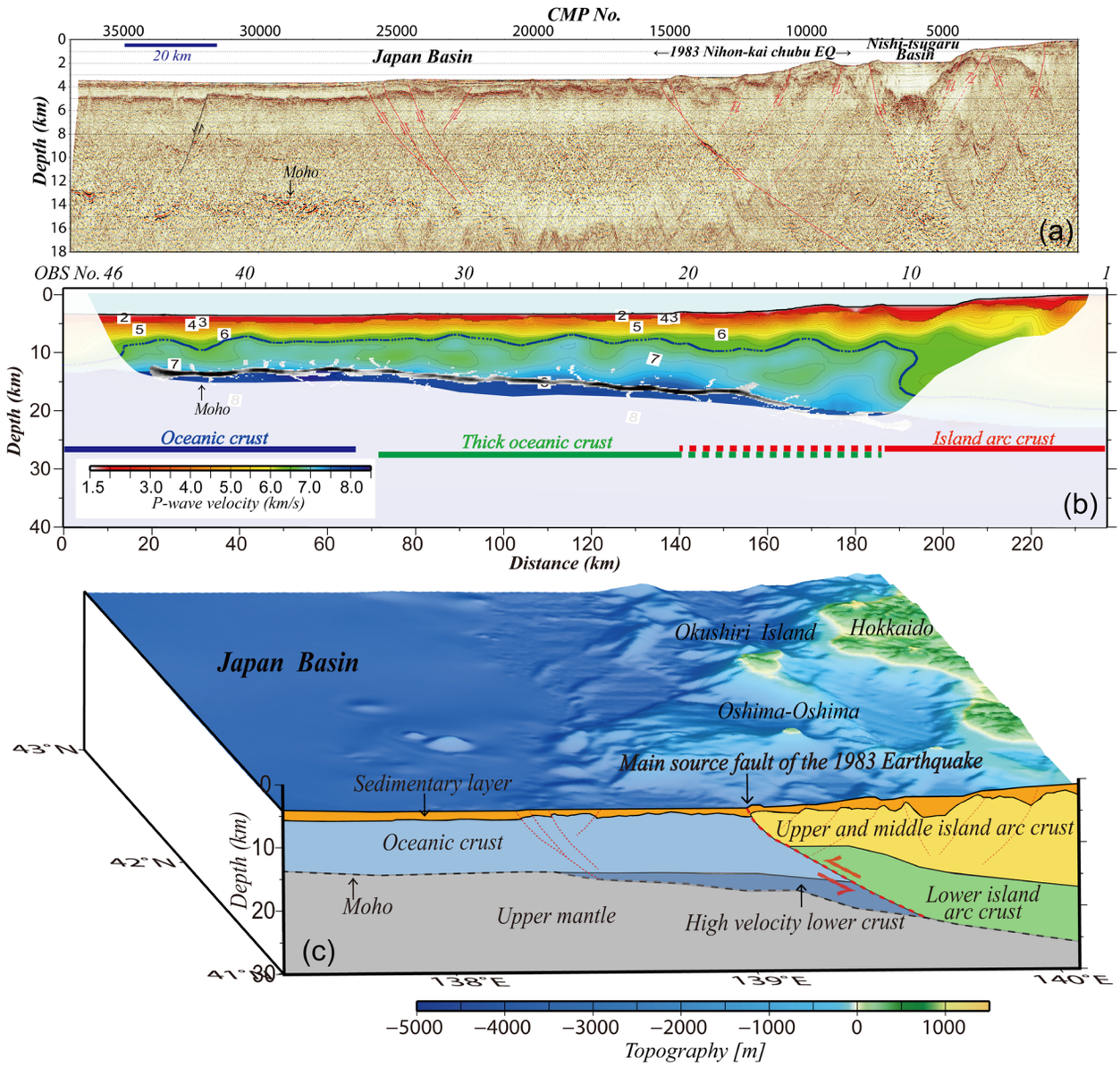


図２　No et al. (2014) [9]による「西津軽沖大陸棚～ 1983年日本海中部地震震源域～日本海盆」における地殻構造イメージングの結果。(a)　MCS探査の結果。(b) 屈折法・広角反射法地震探査（OBS探査）によって得られたP波速度構造と反射波マッピングの結果。点線が6.6 km/sの等速度線。(c)(a)と(b)の結果から推定される概念図。

２．「西津軽沖大陸棚～ 1983年日本海中部地震震源域～日本海盆」の地殻構造（No et al. 2014の結果）

図２は、西津軽沖大陸棚から西津軽海盆を経て、1983年日本海中部地震の震源域を横切り、日本海盆に至る測線で得られた地殻構造イメージングの結果である。この測線の中で生じた日本海中部地震はその震源域が秋田沖付近の日本海東縁変動帯に南北約160 kmに渡っており、余震分布の走向は久六島付近を境に南部では北東－南西方向、北部では北西－南東方向へと変わる[11) 12)]。また、余震分布や発震機構の解析によって、この地震は東傾斜の逆断層で引き起こされたという結果が得られている[13) 14)]。さらに、この震源域付近では、1964年に男鹿半島沖地震（M_J6.9）が発生し[15)]、2011年東北地方太平洋沖地震の翌日にはM_J6.4の地震が起きており[16)]、現在日本海の中でも地震活動が活発な海域の１つである。

今回の探査結果から、海洋地殻や島弧地殻の先行研究をもとに、この調査海域における地殻構造について島弧地殻・厚い海洋地殻・海洋地殻の3つに区分した。島弧地殻（図２(b)のIsland arc crustの部分）は大陸棚の

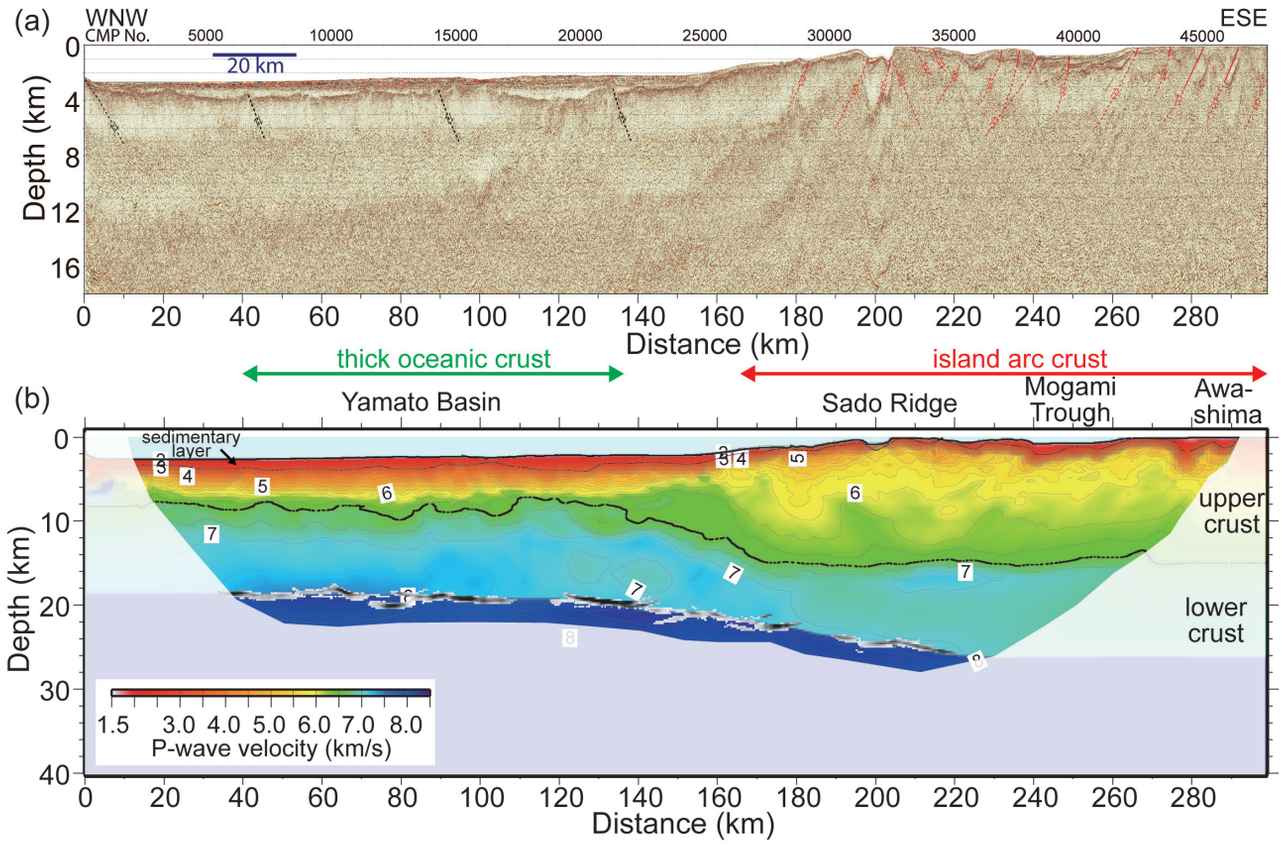


図３　Sato et al. (2014) [8]による「新潟県粟島沖～大和海盆」の地殻構造イメージングの結果。(a)　MCS探査の結果。(b) 屈折法・広角反射法地震探査（OBS探査）によって得られたP波速度構造と反射波マッピングの結果。点線が6.6 km/sの等速度線。

領域に分布し、厚い海洋地殻（図２(b)のThick oceanic custの部分）は日本海中部地震震源域付近～日本海盆南東部（松前海台と大和堆の間）に位置し、海洋地殻（図２(b)のOceanic crustの部分）は日本海盆（厚い海洋地殻の領域より西側）に分布する。

まず、島弧地殻を形成している西津軽沖大陸棚～西津軽海盆では、OBS探査で得られた速度構造が東北日本の島弧地殻[17]や朝鮮半島の大陸地殻[18]の特徴に沿っている。この領域では、上部地殻（P波速度3.5 ～ 6.6 km/s）が最大約15 kmに達し、他の領域と比べても明らかに上部地殻が厚い。ただし、下部地殻の部分は波線が十分に達していないために、十分な結果が得られてない。この島弧地殻となっている大陸棚の堆積層の層厚は、最も厚いところで3 kmを超えている部分もあり、堆積層内に短縮変形した背斜と西傾斜の逆断層がイメージされている。短縮した構造はイメージされているが、現在の地震活動は低調で[19]、歴史地震も現時点で確認されていない[20]。また、大陸棚の西側に位置する西津軽海盆においては、堆積層の層厚が最大で3 kmに達し、海盆中央部では、海底地形に現れるような短縮変形した構造は認められない。しかし、海盆東縁及び西縁の海盆両縁は、海底地形にも現れている短縮変形した構造が発達し、背斜とそれに関連した逆断層の形成が認められる。

海洋地殻に区分した日本海盆では約8 kmの厚さであり、速度構造の特徴が海洋底拡大で形成した標準的な海洋地殻[21) 22]とほぼ同じである。堆積層は1 ～ 1.5 kmの層厚で、基盤下の地殻内の反射面やモホ面が明瞭にイメージされている。その中で、松前海台と大和堆の間までの領域において、背斜とそれに関連した逆断層の構造が地形や堆積層中に確認できる。この構造に接続する形で、地殻内には断層とみられる明瞭な反射面としてイメージされており、その一部はモホ面近傍まで達している。このような地殻全体を横切るような断層は複数の測線で認められ、空間的に連続している。この構造に沿った地震活動の詳細は陸上観測網から遠

すぎるため分からず、歴史地震も現段階では確認されていない[20]が、今後十分に検討する必要がある。

日本海盆の東部から陸域に向かって、地殻は緩やかに厚くなっていく。この領域の地殻は後述する大和海盆の地殻よりも薄いが、速度分布は類似し、さらに標準的な海洋地殻[21) 22)]に近似している。これらの特徴から、この地殻構造は後述する大和海盆と同様に、厚い海洋地殻と区分した。また、この領域の地殻下部には、P波速度7.1 km/s以上の高速度の部分が付加しているのも特徴の１つである。

そして、日本海中部地震の震源域付近に関しては、震源域の西端に位置する部分で、東傾斜の逆断層を伴った非対称な背斜の発達が認められる。この背斜に対応する東へ傾斜する明瞭な強反射面が地殻内にイメージングされた。日本海中部地震発生直後に実施された海底地震観測と陸上観測網の統合処理によって得られた余震分布[12)]と比較すると、東へ傾斜する震源分布とよく対応する。この地殻内の東傾斜の反射面は、余震分布との対応や接続する非対称な背斜の地形上の分布を合わせて考察すると、日本海中部地震の主断層である可能性が高い。さらに、P波速度構造の結果から、主断層とみられる反射面を境に、地殻構造の境界となっているとみられ、上盤側は島弧地殻、下盤側は厚い海洋地殻を形成していると推定される。以上から、日本海中部地震の主断層は厚い海洋地殻と島弧地殻の境界に生じた逆断層が作用した地震として評価できる。また、もし、日本海中部地震がインバージョンテクトニクスによって形成された断層が作用した地震であるとすると、日本海盆を形成した西傾斜の正断層が反転して、日本海盆側に西傾斜の逆断層を伴った背斜を形成させるようなテクトニクスが考えられるが、得られたMCS探査結果のイメージでは、そのようになっておらず、日本海中部地震の主断層はインバージョンテクトニクスによって形成された断層ではないと推定される。

３．「新潟県粟島沖（1964年新潟地震震源域）～大和海盆」の地殻構造（Sato et al. 2014の結果）

図３は、新潟県粟島沖の大陸棚から最上トラフ、佐渡海嶺を経て、大和海盆に至る地殻構造イメージングの結果である。この測線の東南東端は1964年新潟地震の震源域と重なっている。新潟地震は、新潟県粟島南方沖を震源として発生し、明治以降新潟沖で発生した地震の中では最大のマグニチュードである。当時取得された地震・地殻変動・津波などのデータをもとに断層モデルの推定が実施されたが、西傾斜の逆断層のモデル[23) 24)]と東傾斜の逆断層のモデル[25) 26)]が提案されている。また、震源域を含む新潟沖において実施された浅層地震探査によって推定された地質構造から、新潟地震の震源断層は西傾斜の逆断層と考察されている[27)]。

地殻構造イメージングの結果から、前述の「西津軽沖大陸棚～ 1983年日本海中部地震震源域～日本海盆」の地殻構造と同様に、海洋地殻や島弧地殻の先行研究をもとに、地殻構造の分類を行い、粟島沖大陸棚～最上トラフ～佐渡海嶺にかけての領域では島弧地殻（図３のIslnad arc crustの部分）、大和海盆では厚い海洋地殻（図３のThick oceanic crustの部分）に区分できることが分かった。

島弧地殻に分類した粟島沖大陸棚～最上トラフ～佐渡海嶺にかけての領域の地殻構造は、厚さ約1 ～ 3 kmの堆積層、厚さ約10 ～ 12 kmのP波速度約5.5 ～ 6.4 km/sの部分、厚さ約11 kmの約6.7 ～ 7.0 km/sの部分に分けられる。この速度構造は東北日本の島弧地殻[17)]や朝鮮半島の大陸地殻[18)]の特徴に沿っている。約22 ～ 23.5 kmを示す堆積層を含めた地殻全体の厚さは朝鮮半島や東北日本弧より薄いことより、リフトした大陸及び島弧地殻であることが推測される。この領域の地殻上部には、多くの活構造が分布している[10)]。

一方、大和海盆北部の地殻構造は、堆積層、厚さ約5 kmで速度勾配が大きい音響基盤からP波速度約6.5 km/sまでの地殻上部と、厚さ約10 kmで速度勾配が小さい約6.7 km/s以上の地殻下部に分けられる。また海盆域の中央部の地殻最下部には、厚さ約2 ～ 3 kmのP波速度約7.2 km/s以上の高速度部が存在し、これは海盆形成時の高いマントル温度によって形成したmeltの付加や貫入の影響を示している可能性がある。大陸地殻や島弧地殻の上部に対応するP波速度約5.5 ～ 6.4 km/sの部分はほとんど存在しないこと、また海洋底拡大で

形成した標準的な海洋地殻[21) 22)]と比べて、地殻は厚いが、P波速度分布は類似していることから、大和海盆北部は厚い海洋地殻が存在していることが推測される。MCS探査の結果から、大和海盆では活構造が確認できなかった[10)]。

４．今後の展開

2013年度から文部科学省の「日本海地震・津波調査プロジェクト」がスタートし、JAMSTECは日本海において十分に調査が進んでいない能登半島沖以西や北海道西方沖において、2014年度から地震探査を始めている。新たに得られるデータを加えて、日本海での地殻構造研究を実施し、日本海の震源断層の位置や大きさの精度を向上させる。さらに、日本海の地殻構造や構造発達史を組み込んだ日本海における地震発生帯の全体像をとらえたい。

謝辞

本書は、文部科学省の科学技術試験研究委託事業による委託業務「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究」において、その代表機関である独立行政法人防災科学技術研究所からの受託研究として実施したデータを用いました。データを取得した調査航海においては、JAMSTECの深海調査研究船「かいれい」・海洋調査船「かいよう」の乗組員の皆様、及び日本海洋事業株式会社海洋科学部の観測技術員の皆様にお世話になりましたことを感謝申し上げます。地図の作図にはGMT[28)]を用いました。

参考文献

1) Okamura, Y., M. Watanabe, R. Morijiri, and M. Satoh: Rifting and basin inversion in the eastern margin of the Japan Sea, The Island Arc, 4, 166-181, 1995.

2) 岡村行信: 新第三期以降の歪み集中帯, 大竹政和・平朝彦・太田陽子（編）、日本海東縁の活断層と地震テクトニクス、東京大学出版会、111-121, 2002.

3) 岡村行信:日本海東縁の地質構造と震源断層との関係、地質学雑誌、116、11、582-591、2010.

4) Ohtake, M: A seismic gap in the eastern margin of the Japan Sea as inferred from the time-space distribution of past seismicity, The Island Arc, 4, 156-165, 1995.

5) 小原一成：ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究、月刊地球、32、6、339-345、2010.

6) No, T., N. Takahashi, S. Kodaira, K. Obana, and Y. Kaneda: Tectonic processes off Niigata Prefecture deduced by seismic reflection imaging, Earth Planets Space, 61, 1111-1115, 2009.

7) 海洋研究開発機構: マルチチャンネル等による海域地殻構造調査、ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究総括成果報告書、文部科学省研究開発局・独立行政法人防災科学技術研究所、65-72、2013.

8) Sato, T., T. No, S. Kodaira, N. Takahashi, and Y. Kaneda: Seismic constraints of the formation process on the back-arc basin in the southeastern Japan Sea, Japan Sea, J. Geophys. Res., 119, 1563–1579, doi:10.1002/2013JB010643, 2014.

9) No, T., T. Sato, S. Kodaira, T. Ishiyama, H. Sato, N. Takahashi, and Y. Kaneda: The source fault of the 1983 Nihonkai-Chubu earthquake revealed by seismic imaging, Earth and Planetary Science Letters, 400, 14-25, DOI: 10.1016/j.epsl.2014.05.026, 2014.

10) 野徹雄・佐藤壮・小平秀一・高橋成実・石山達也・佐藤比呂志・金田義行: 日本海東部におけるマルチチャンネル反射法地震探査、JAMSTEC Rep. Res. Dev.、19、29–47、2014.

11) 海野徳仁・長谷川昭・小原一成・松沢暢・清水洋・高木章雄・田中和夫・小菅正裕: 1983年日本海中部地震の前震と余震の震源分布、地震2、38、399-410、1985.

12) Nosaka, M., K. Suyehiro, and T. Urabe: Aftershock distribution of the 1983 Japan Sea earthquake revealed by ocean-bottom and land-based station. J. Phys. Earth, 35, 209–224, 1987.

13) Satake, K.: The mechanism of the 1983 Japan Sea earthquake as inferred from long-period surface waves and tsunamis. Phys. Earth Planet. Inter., 37, 249–260, 1985.

14) Sato, T.: Rupture characteristics of the 1983 Nihonkai-Chubu (Japan Sea) earthquake as inferred from strong

motion accelerograms. J. Phys. Earth 33, 525–557, 1985.

15) Fukao, Y., and M. Furumoto: Mechanism of large earthquakes along the Eastern Margin of the Japan Sea. Tectonophysics, 25, 247–266, 1975.

16) Hirose, F., K. Miyaoka, N. Hayashimoto, T. Yamazaki, and M. Nakamura: Outline of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (Mw 9.0) —Seismicity: foreshocks, mainshock, aftershocks, and induced activity—, Earth Planets Space, 63, 513–518, 2011.

17) Iwasaki, T., W. Kato, T. Moriya, A. Hasemi, N. Umino, T. Okada, K. Miyashita, T. Mizogami, T. Takeda, S. Sekine, T. Matsushima, K. Tashiro, and H. Miyamachi: Extensional structure in northern Hoshu Arc as inferred from seismic refraction/wide-angle reflection profiling. Geophys. Res. Lett. 28, 2329–2332, 2001.

18) Cho, H.-M., C.-E. Baag, J. M. Lee, W. H. Moon, H. Jung, K. Y. Kim, and I. Asudeh: Crustal velocity structure across the southern Korean Peninsula from seismic refraction survey. Geophys. Res. Lett. 33, doi:10.1029/2005GL025145, 2006.

19) 気象庁: 地震年報（The Annual Seismological Bulletin of Japan for 2012）、24、2014.

20) 地震予知総合研究振興会: 近世以降の地震活動に関する観測記録等の収集と解析、ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究総括成果報告書，文部科学省研究開発局・独立行政法人防災科学技術研究所、95-98、2013.

21) Spudich, P., and J. Orcutt: A new look at the seismic velocity structure of the oceanic crust. Rev. Geophys. Space Phys. 18, 627–645, 1980.

22) White, R.S., D. McKenzie, and R.K. O'Nions: Oceanic crustal thickness from seismic measurements and rare earth element inversions. J. Geophys. Res. 97, 19683–19715, 1992.

23) Abe, K.: Re-examination of the fault model for the Niigata earthquake of 1964, J. Phys. Earth, 23, 349-366, 1975.

24) 草野富二雄・浜田信生: 1964年新潟地震の余震分布再調査結果について、地震2、44、305-313、1991.

25) Satake, K. and K. Abe: A fault model for the Niigata, Japan, earthquake of June 16, 1964, J. Phys. Earth, 31, 217-223, 1983.

26) Mori, J. and T. Born: Seismological evidence indicating rupture along an eastward dipping fault plane for the 1964 Niigata, Japan Earthquake, J.Phys. Earth, 33, 227-240, 1985.

27) 岡村行信・佐藤幹夫・宮崎純一: 新潟沖大陸棚の活構造－とくに新潟地震との関係について－、地震2、46、413-423、1994.

28) Wessel, P., and W. H. F. Smith: Free software helps map and display data, Eos Trans. AGU, 72, 441, 1991.

野　　徹雄（の てつお）

独立行政法人海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センタープレート構造研究グループ所属。現在日本海地震・津波調査プロジェクトの担当。

佐藤　　壮（さとう たけし）

独立行政法人海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センタープレート構造研究グループ所属。現在日本海地震・津波調査プロジェクトの担当。

小平　秀一（こだいら しゅういち）

独立行政法人海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター センター長。上席研究員。AGU（American Geophysical Union）フェロー。

高橋　成実（たかはし なるみ）

独立行政法人海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター センター長代理。上席技術研究員。

日本海の津波と被害

首藤　伸夫
●東北大学 名誉教授

１．はじめに

今はネットを通じて情報を集めることが簡単にできる。日本海、津波の2語で検索すれば、津波の年表などは容易に参照できるから、ここでは羅列することをやめ、特徴に従っての解説を試みる。

２．掘り出された津波

２．１　1341年興国2年津波

昭和22年（1947年）8月、青森県五所川原市の旧家和田家の天井裏で『東日流外三郡誌』が発見された。これに興国2年の津波に関する記述が幾つかあり、多くは江戸時代のものであるが、一番古い天文元年12月（1533年1月）付けの磯崎嘉衛門[1)]のものは次のようである。

「興国二年之大津浪　辰の刻北海沖に風波なきに、三丈余の大高浪起こる。路歩む人の地震感覚し、家路を急ぐより十三浦沖に近く襲いける高浪の潮涛速く、見るがうさに浜明神人浪に呑消し、百石船の木の葉の如く浪涛に漂砕す。

十三湊十三の軒並は一涛に消滅し、大浪は福島城上濠迄に達し・・・」

これは偽書ではないかとの疑いをもたれた事もあるが、この津波の存在を柱状試料の分析など地質学的調査から確認したのが箕浦・中谷（1990）[2)]である。鉛同位体法により、西暦1340年±20年、及び1748年±20年に津波の影響があったとした。前者が興国津波、後者が寛保元年（1741年）の津波に対応する。これ以降、津波堆積物調査が過去の津波を知る上での有力な手段となった。

２．２　1026年万寿三年の津波

事の始まりは、柿本人麻呂の終焉の地に関する論争であった。斉藤茂吉は島根県山間部の邑智郡美郷町湯抱の鴨島であるとしたが、梅原猛は益田市沖合の鴨島だとする。しかし、鴨島は万寿の津波で沈んだと云われ、現在は見ることが出来ない。万寿津波が実際に発生していたかを科学的に検証しようと、鴨島伝承総合学術調査団が組織され、結果を報告したのが平成7年（1995年）である。

文献で、明確に津波と書いたものは、発生から700年も経過した1774年など江戸時代のものである[3)]。津波浸水先の伝承のある地点は、およそ20m以上25m以下の高さであった[4)]。

一方、トレンチ調査[5)]及び柱状試料[6)]の結果、万寿津波の存在は確かめられたものの、口承で伝えられる高さよりかなり小さかった可能性が強いとされた。

３．地震に先行した津波

３．１　地震前の引き潮

今村明恒[7)]は、日本海側に関しては、寛政４年西津軽、享和２年佐渡小木、明治５年浜田地震、昭和14年男鹿地震の4つを挙げている。

寛政4年12月28日（1793年2月8日）昼八時（1時半頃）、鰺ヶ沢から秋田の能代まで大地震で土地が高くなり、深浦辺りでは200m近く岸が遠くなった。

鰺ヶ沢では、地震に先立ち海が引いたので、そのうち大波が来るぞと用心していた所への大地震であったので浜へ逃げたところ、大波が襲来して子供等が流死した[8)]。

「地震があったら浜へ避難」と云うのは、「浜崖の崩壊が危険なので崖から離れて浜へ逃げる。崩壊が一段落したら津波が来るから浜から離れる」と2段階からなっていたものが、長いうちに後段が忘れられたものだと、1983年日本海中部地震津波の後で再確認された。

この時の人間行動について鰺ヶ沢町史には、「鰺ヶ沢に地震のあった時津浪がおこり初は海水が遠く沖の方に引いたので町民や馬方などは争うて遠浅の洲に下りたち、貝や魚を拾うていたが間もなく大浪は遥かおきから襲いかかり逃げおくれた人々は多く溺死した。」とある[9)]。

享和2年11月15日（1802年12月9日）、「（佐渡）小木湊では朝方潮が大きく引き津波かと驚いていると地震が起こり家が潰れすぐ出火した。」[10)]（橘鶴堂文庫）

明治5年2月6日（1872年3月14日）の浜田地震では、「地震に先だって潮がひき、鶴島の岩の根まで露出したので、漁夫は鮑を手取りにして帰って来た時大震と共に津波が襲来したという。鶴島は海岸から約140ｍの沖にある岩礁で、水深10尺位であるから地震に先だっておよそ小半時7~8尺ないし2~3尺の減水があったと考えられる。」[7)]

昭和14年（1939年）5月1日男鹿地震では、潮位記録

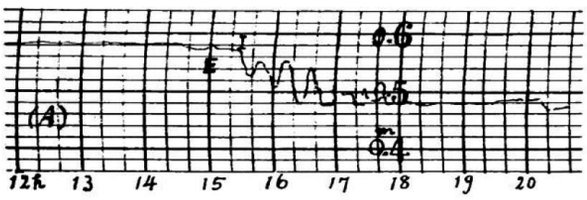


図１　男鹿地震に先行する引き潮（今村[11]）

に明確にみられる。図-1中、E（15時）に地震が発生したが、それに先立つ30分頃から引き潮が始まっている。

３．２　早すぎる第1波

1983年日本海中部地震の主断層は東下がりと推定されている。これで決まる津波波源は西端で最大鉛直変位1.5mとなるが、これでは沿岸での津波の大きさを説明できず、最大鉛直変位を4mとしなくてはならなかった。さらに到達時刻に関しても大きな疑問が残った。上記波源からとする第1波の到着時間より10分早く現実の津波が到達したのである。この日は、無風で快晴、海面は非常に穏やかであったから、津波を見間違えることはなかった。それに加え、深浦地点の海底におかれた超音波式波高計にもはっきりと記録されている。波源より陸側に大規模地滑りがあったのか、震動を伴わないプレスリップがあったのか、まだ判っていない[12]。

しかも、この第1波は押しで始まった。男鹿半島入道埼で畠漁港を襲う第1波が写真１である。港内は全く静か、港外にも渦部分を除いて乱れは少ない。いきなり防波堤を越えて流れ込んでいる。続く写真で港内が荒れ狂っていく。

写真１　畠漁港の第1波（佐々木文雄氏撮影[13]）

似たようなことが1993年北海道南西沖地震津波でも発生した。この津波に対しては、いろいろな地点での地震波から様々な断層モデルが提案された。地震・津波・地盤変位を満たすものとして得られた初期波形でも、沿岸での到達時間に関しては不満足な結果しか与えなかった。例えば北海道西岸の瀬棚町では、船を引き上げようとしていた漁業者4人が、地震後3 ～ 5分で襲来した津波で命を落としたのだが、最適の初期波形を使った計算では到着時間は約10分後であり、この5分の差は未だ説明出来ていない[14]。

４．島と津波

４．１　遠い島への影響

寛保元年7月13日（1741年8月23日）渡島大島が大噴火。その影響で佐渡島の相川の海辺に高波が押し寄せ、引き潮は１丁余もあった。その他の集落でも家が大半流される大波で、佐渡では前代未聞のことだと佐渡年代記[15]に記されている（増訂　第2巻、 p.356）。

IidaのTsunami Catalogueには、「Houses washed away at Sado. Tsunami height was said to be 60~90 m.」[16]とするが、その根拠ははっきりしない。波源に近い北海道でも乙部で10 ～ 15mでしかないから、佐渡で60mを越えたとは思えないのである。

羽鳥・片山（1977）[17]は、渡島大島津波かは判然とはしないとしながらも、「波源から350km離れた佐渡にも押し寄せ、鷲崎・相川に被害を与えた。その状況から、4 ～ 5mの波高に達したと思われる。両津の加茂湖北側（向高野、北河内）に船が打上がり、“三艘舟”という津波に由来した地名がある。いまの海岸から800mの内陸で、標高8mほどの地域である。」

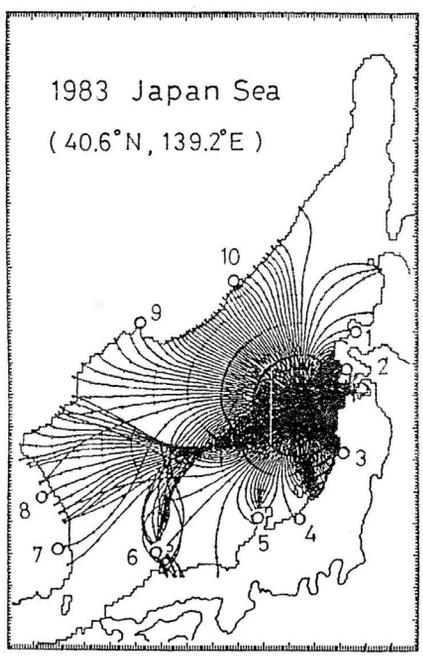


図２　隠岐へ集まる日本海中部地震津波[18]

1983年日本海中部地震津波は、秋田県沖で発生したが、遠く離れた隠岐でも船が流され橋に衝突して破壊する被害が生じた。隠岐で津波が大きくなったのには、日本海の海底地形が効いたのである。日本海は水深ほぼ3,000m程の平らな盆地状の地形をしているが、この中央部に高さ2,000m級の日本海嶺がある。これは大きく分けると大和堆と、北西側の北大和堆にわかれ、それぞれ幅数10キロ、長さ200km位で北東から南西方向に連なっている。大和堆の南西端には隠岐海脚がつながっている。

こうした浅瀬を伝わって行く1983年津波の進行方向を連ねた波向線を佐竹[18]が計算したのが図２である。

図中番号６の地点に隠岐があり、そこへ向けて何本もの波向線が集中し、津波が大きくなったことを説明している。

４．２　島周りの津波

いったん島にたどり着くと、津波は回折と屈折の効果で島の背後にも回り込み、島にとらえられる。その様相を円形島の周辺について理論的に解いたものを図３に示す。島は海面で半径ｒ^0、海底面でｒ^{1}の円錐台となっており、ここへ入射する波向線群が示されている。

こうして島に捕捉された津波は時計回りのものと逆回りのものが重なり合い、その高さは波打つような分布をする。

1993年北海道南西沖地震津波の奥尻島周辺の様相を図４に示す。曲線は左図のように奥尻島を円形島と近似したときの理論解で、○印は実測値である。

右回り左回りの津波が出会う時間は場所によって異なる。その状況は日本海中部地震津波に見舞われた佐渡島で克明に記録された。図５[20]がそれで、佐渡島の最大波高の出現時間を示している。津波は図の右斜め上方から来た。

まず東岸に沿って北から南へたどると、北端の鷲崎で13時40分、和木で13時30分、白瀬で14時、両津で13時17分、赤泊で13時52分、羽茂で13時45分、小木で14時57分であり、西岸に沿っては高下で14時、北川内で13時30分、達者で13時34分、稲鯨で13時24分となっている。

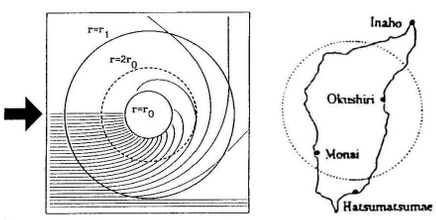


図３　円形島での津波波向線（藤間・後藤[19]）

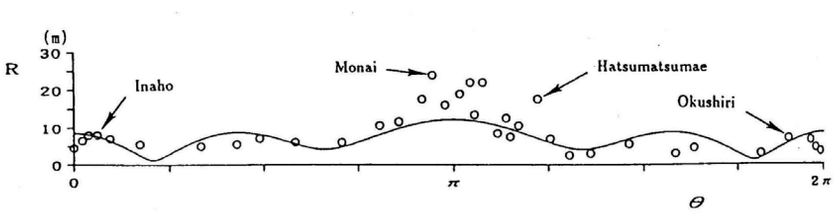


図４　奥尻島周りの1993年津波（藤間・後藤[19]）

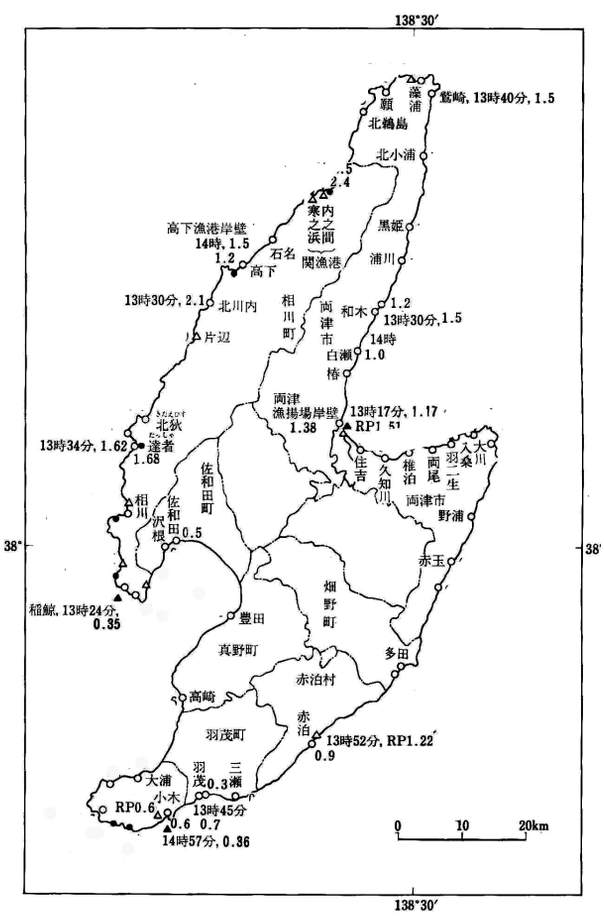


図５　佐渡島の1983年津波（文献20に一部加筆）

島に捕捉された津波の出会い状況から最大波高の出現時間が決まる。島影だからとの油断もさることながら、津波が過ぎ去ったからと見くびると危険である。

４．３　島の対岸

島の効果はこれだけではない。沖に島を持つ沿岸に津波を集めるレンズ効果を持つ。島によって2つに分かれた波がそれぞれ周囲の浅瀬によって島の中心方向に屈折して同じ位相で重ね合わさるからであると説明されている（阿部[21]）。1993年北海道南西沖地震津波の場合、奥尻島対岸にあたる北海道沿岸での極大値は、島がない場合の1.2倍から3.1倍に達した。

５．1964年新潟地震

この地震では、地盤の流動化とそれに起因する被害が際立っていた。土木学会がまとめた新潟地震震害調査報告は900頁にも達する報告書であるが、津波に関してはわずか6ページ半でしかない。穏やかに押し寄せてゆっくりと海面昇降を繰り返したところが多く、浸水被害はあったものの、家屋の破壊流失はほぼ皆無との記録であった。

しかし、現代社会の特徴と云わねばならない被害が2件発生している。

５．１　新潟空港

阿賀野川河口付近左岸の新潟空港は、地震で噴出し

た地下水と沈下した堤防部分から侵入した津波とで一面水浸しとなった[22]。誘導路の大部分凹凸となり破壊浸水、大破損。駐機場は沈下浸水、破壊　大破損。ターミナルビルは1m沈下して階下浸水となった。

これが空港の津波被害第1例である。第2例は2004年インド洋大津波時のタイ・プケット国際空港、第3例は2011年東日本大震災での仙台空港、自衛隊松島基地である。

５．２　津波・可燃物・火災

昭和石油新潟製油所では、地震とともに北東隅にあったタンクから発火した。この火事は図６の右下の一角にあるタンク5基とその周辺の狭い範囲に影響しただけに終わった。

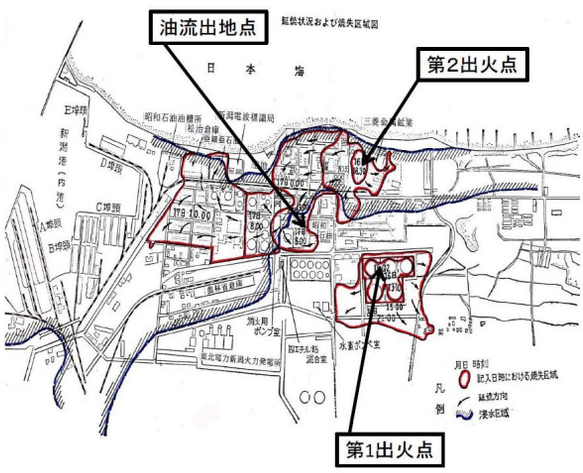


図６　石油関連の火災範囲（文献23に一部加筆）

一方、海に近い区域では、図の斜線部で示される広い範囲に、地震で噴き出た地下水と侵入してきた津波とが湛水した。タンク下部のパイプが折れ、そこから漏れ出た油が湛水面上を広がった。

地震から約5時間後、原因不明の火が発生し、水面を広がった油を伝わって約100基のタンクを次々と誘爆炎上させ、家屋約300軒も焼失した。

この年、1964年のアラスカ大地震でも、アラスカのSeward, Valdez, Whittier, また遠く離れたカリフォルニア・クレセント市で油と津波の関連した火災が発生した[24]。

６．1983年日本海中部地震津波

６．１　津波諸相

昭和58年（1983年）5月26日12時3秒前に発生した。当日は無風無波浪快晴で、潮位変化の小さい日本海では、何か海上に異常があれば、全て地震と関係のあるものであった。これらが写真や、当時普及し始めたビデオで記録され、津波の様々な形態が明らかとなった[25]。

岸に近づいて来た津波は砕波段波に、川に入ると波状段波になる事が多い。しかし、海上でも波状段波が発生することが、極めて明確に記録された。この事実は、津波の計算を沖では線形長波理論、岸に近づくに従って非線形性を取り入れた浅水理論（砕波段波にも適用可能）、さらに波状段波には非線形分散波理論へと切り替えて行かねばならないことを強く示唆するものであった。砕波段波が岸沿いに走るエッジ・ボアも連続写真として記録された。波峰方向へのエネルギー輸送の大きいボアは、その屈折や回折が通常の波とかなり異なって居り、これに適用できる理論は未だ存在しない。

６．２　海底地形の影響

この津波の最大打ち上げ高は能代を中心とする、延長ほぼ55kmのなだらかな海岸線の中央部分で発生し、屈曲の激しいリアス式海岸の湾奥で大きくなるとの常識を覆した。前面海底にレンズ状の浅瀬があったのである。当時の海図では。水深80m程度と思われていたが、この津波を契機に全国周辺海域の詳細な測量が始まり、これは約40mであると修正された。

この海岸の南端男鹿半島の崖の上から見ていた人は、津波は１波だけ来たといい、岸辺にいた人は２波来たという。ところが、能代の沖合で船に乗っていた人は、どんなに少なく数えても７波は来たと経験している。崖海岸から反射された津波は、沖へ戻らず、浅いほうへと曲がりこみ、反射されてはまた浅いほうへと曲がりこんだ結果である。

６．３　記録計の欠陥

潮位計から送られてくる津波高に比べ、各地から伝えられる被害があまりにも大きいのが問題となった。原因は、風波の影響を切り捨てるようにした潮位観測井戸の構造にあった。水理フィルターが秒単位の風波を記録しないだけでなく、数分程度の周期の津波にも効いたのである（Satakeほか[26]）。もちろん10秒程度の波状段波は全く記録されなかった。能代港の工事現場では、波状段波となった津波でケーソンが動かされ、人がさらわれて死傷していた時間帯の潮位記録には、何らの水位変化も記録されていない。ちなみに移動したケーソンの一部は移動後の位置でそのまま使われて居り、現在も見ることが出来る。

６．４　人命被害

後に能代火力発電所の敷地となる埋め立て地の前面護岸の建設中であった。海中に孤立した構造物であったため、地震があっても陸地に避難することは出来なかった。そこでの人命被害をまとめたのが表１である。構造物上に居た人は全て津波さらわれ、無事だったの

はわずか１０％。大型船に乗り構造物から離れていれば、無被害であった。

表１　港湾工事での居場所別被害率[27]

居　場　所			津波時に居た人数	海中転落	死亡	負傷者	死傷者計	
船舶	(注1) 海上構造物上		53名	(注3) 53名(100)	24(45)	24(45)	48(91)	
	(注1) 中接岸	小型船乗船者	35	31(89)	3 (9)	15(43)	18(51)	15隻中13隻転覆
		大型船乗船者	64	2 (3)	3 (5)	16(25)	19(30)	9隻中1隻転覆
	(注2) 直離後岸	小型船乗船者	29	8 (28)	3 (10)	3 (10)	5 (21)	11隻中3隻転覆
		大型船乗船者	5	0 (－)	0 (－)	1 (20)	1 (20)	1隻、転覆なし
	(注3) 後離岸	小型船乗船者	29	5 (17)	1 (3)	5 (17)	6 (21)	12隻中2隻転覆
		大型船乗船者	62	0 (－)	0 (－)	0 (－)	0 (－)	12隻、転覆なし

（注）1.　離岸堤等海上構造物の上
2.　海上構造物に接岸中、離岸直後、離岸後100m以上離れた船舶上
3.　(　　)内は%
4.　数値は本調査により決定

いったん津波にさらわれても、救命胴衣を着用して居れば助かる。救命胴衣を着けていながら命を失ったのは１名だけ。その人は膨張式（ガス式）胴衣を着用していたが、胴衣が裂け、ガスが抜けたのが原因であった[28]。

７．1993年北海道南西沖地震津波

７．１　効果のない構造物

平成5年（1993年）7月12日22時17分、奥尻島の北北西80km深さ25kmを震源として地震が発生。奥尻島南端部の砂州上にある青苗5区は、まず西側から来襲した第1波に襲われ壊滅した。ここは日本海中部地震津波の後、高さ4.5mの防潮壁で保護されていた。構造物はほぼ無傷で残ったものの、家屋群は全滅した。11mと推定される津波に対して、高さ4.5mの構造物は全く効果を発揮できなかった。

これが契機となって津波対策に関連する7省庁（国土庁・農水省構造改善局・農水省水産庁・運輸省・気象庁・建設省・消防庁）が「地域防災計画における津波対策の手引き」に合意する。防災構造物・津波に強いまち作り・防災体制の三つを組み合わせて津波対策を行うのである。この原型は、昭和58年（1983年）に建設省河川局と水産庁が作った「津波常襲地域総合防災対策指針（案）である。それから10年後の実体験から、構造物だけが津波対策ではないことが確認された。

７．２　津波と火事に強い建物

南端にある青苗5区とは異なり、青苗４～１区は丘に守られて、西からの第１波を受けることはなかった。が、島の東側に回り込んだ津波が青苗漁港の漁船に防波堤を越えて襲い、船が発火したのが22時25分頃である。市街地の第1発火点は津波が侵入した場所で、22時35分頃、市街地の第2火災は翌日の0時15分頃と推定されている[29]。

この火事で、津波浸水域外のものを含めて3，4区が全焼した。この廃墟の中で、1軒の鉄筋コンクリート造土蔵が生き残った。屋根の一部は折れ、窓は破られ、鉄扉は押し曲げられたが、中を覗いて見ると、浸水線は床上20cm程度でしかなかった。津波にも火事にも強い建物も作りうる例である。

写真２　廃墟の中、生き残った土蔵（首藤撮影）

東日本大震災で壊滅した女川でも町立生涯教育センターは生き残り、5階ににあった窓のないボイラー室に逃げ込んだ28人が救われた。

青苗地区の火事の原因は、暖房用灯油ストーブなどがあげられたが、確認は出来なかった。東日本大震災では、日本火災学会の最近の調べ[30]によると、火災総件数371件中、津波型が159件と云う。特定できた出火原因は、車両35件、電力計9件、電源盤と配線器具がそれぞれ5件、その他2件であった。

７．３　陸上地形に大きく影響された津波遡上

奥尻島西岸藻内の急勾配谷状地形の奥で最高遡上高が確認された。入り口幅は50m程度と狭く、入り口両岸での痕跡は23 ～ 25mでしかないのに、入り口から50mほど行った地点で最高値が31.2mとなっていた。

こうした状況は、通常津波の計算で使われている長波近似の式では扱えず、鉛直加速度を完全に取り入れた式に依らねばならない[31]。局所的には3次元性を十分に取り入れ、その他では長波近似式を使い、両方をつなぎ合わせて計算する2D-3Dハイブリッド計算法が開発される契機となった。

８．おわりに

1983年日本海中部地震津波が発生したとき、日本海でもかと驚かれた。

しかし、頻度は少ないものの、日本海でも津波は昔からあった。人間が忘れて居ただけである。それへの対策が最も重要であろう[32]。

参考文献

１）市浦村史編纂委員会：みちのくのあけぼの　市浦村史資料編上巻　東日流三郡誌、昭和50年。

２）箕浦幸治・中谷周：津軽十三湖及び周辺湖沼の成り立ち、地質学論集、第36号、pp.71-87、1990.

３）都司嘉宣・加藤健二・日野貴之：万寿地震津波を伝える文書・伝承とその書誌学的考察、鴨島伝承総合学術調査団：鴨島学術調査最終報告書柿本人麻呂伝承と万寿地震津波、pp.7-41、1995.

４）都司嘉宣・加藤健二：万寿石見津波の浸水高の現地調査、鴨島学術調査最終報告書、pp.42-57、1995.

５）中田　高ほか：津波堆積物のトレンチ発掘調査、鴨島学術調査最終報告書、pp.107-139、1995.

６）箕浦幸治・中田　高：万寿津波と津波堆積物、鴨島学術調査最終報告書、pp.140-154, 1995.

７）那須信治編：大地震の前兆に関する資料、―今村明恒博士遺稿、震災予防協会、170p. 昭和25年。

８）津軽年表、増訂大日本地震史料、第3巻，p.105, 昭和61年。

９）鰺ヶ沢町史、新収日本地震史料、第4巻、pp.42-43, 昭和59年。

１０）橘鶴堂文庫、新収日本地震史料、第4巻、p.147、昭和59年。

１１）今村明恒：男鹿地震と海水及び魚族の異常状況、地震、第１輯、Vol.11, No.10, pp.470-480、1939.

１２）Shuto, N., K. Chida and F. Imamura: Generation mechanism of the 1983 Nihonkai-Chubu Earthquake Tsunami, Tsunami ’93, Proc. International Tsunami Symposium, pp.9-21, 1993.

１３）例えば、漁港漁村建設技術研究所：日本海中部地震(津波)調査報告書、p.秋-17、1985.

１４）Takahashi, To., Ta. Takahashi, N. Shuto, F. Imamura and M. Ortiz: Source models for the 1993 Hokkaido Nansei-oki Earthquake Tsunami, Pure an Applied Geophysics, Vol.144, Nos.3/4,pp.747-767, 1995.

１５）佐渡年代記、増訂大日本地震史料　第2巻、p.356

１６）Iida, K: Catalog of Tsunamis in Japan and Its Neighboring Countries, p.9, Aichi Institute of Technology, 1984.

１７）羽鳥徳太郎・片山通子：日本海沿岸における歴史津波の挙動とその波源域、地震研究所彙報、Vol.52, pp.49-70, 1977.

１８）佐竹健治：波線追跡法による津波伝播の詳細と波高、科研費研究成果No.A-63-1　日本海中部地震津波の発生・増幅機構と破壊力、pp.47-49、昭和63年

１９）藤間功司・後藤智明：円錐形の島に捕捉された長波の特性、土木学会論文集、No.497/II-29, pp.101-110, 1994.

２０）土木学会：1983年日本海中部地震震害調査報告書、第3編　p.130、昭和61年。

２１）阿部邦昭：津波に対する島のレンズ効果､その１. 1993年北海道南西沖地震津波、地震第2輯、第49巻、pp.1-9, 1996.

２２）土木学会新潟震災調査委員会：昭和39年新潟地震震害調査報告　第9編　港湾・漁港・空港、pp.497-588, 昭和41年。

２３）消防庁：新潟地震火災に関する研究、非常火災対策の調査研究報告書、224p., 昭和39年。

２４）首藤伸夫：津波来襲時の石油に関連する災害、東北大学工学部津波防災実験所研究報告　第4号, pp.42-60, 1987.

２５）首藤伸夫：秋田県北部海岸における日本海中部地震津波、第31回海岸工学講演会論文集、pp.247-251, 1984.

２６）Satake, K., M. Okada and K. Abe: Tide gauge response to tsunamis: Measurements at 40 tide gauge station in Japan, J. Marin Research, Vol.46, pp.557-571, 1988.

２７）国土庁：日本海中部地震の総合的調査報告書、188p、昭和59年。

２８）川村　浩：七　津波から身を守るには、秋田県つり連合会編「大津波に襲われた釣り人が証言する日本海中部地震」pp.289-293,　昭和58年。

２９）室崎益輝：1993年北海道南西沖地震における奥尻火災、科研費報告書(No.05306012)「平成5年北海道南西沖地震・津波とその被害に関する調査研究」、pp.161-170,平成6年。

３０）（2014年05月06日火曜日　河北新報）

３１）米山望・松山昌史。田中寛好：1993年北海道南西沖地震津波における局所遡上の数値解析、土木学会論文集No.705/II-59,　pp.139-150, 2002.

３２）首藤伸夫:記憶の持続性-災害文化の継承に関連して-、津波工学研究報告、第25号、pp.175-184, 2008.

首藤　伸夫（しゅとう のぶお）

1957年東京大学卒、建設省、中央大学、国際機関アジア工科大学院、東北大学、岩手県立大学、日本大学など歴任。津波防災の総合的研究に対し、平成26年度学士院賞受賞。

1964年新潟地震と川岸町における強震記録

工藤　一嘉
●日本大学生産工学部 非常勤講師、東電設計株式会社 顧問

1．はじめに

地震学・地震工学研究者にとって、調査研究対象とした地震には、必ずと言って良いほど調査観測での逸話的な思い出があり、専門以外の事柄にも関心をもったことが多い筈である。1964年新潟地震は、私が地震学を志すほんの少し前に発生した地震であるが、かなり後になって少し勉強した程度であるため、50周年を記念して寄稿させていただくのはおこがましい限りだが、お許しいただきたい。

1964年新潟地震（M7.5）といえば、液状化の代名詞と言えるほどに、新潟市内を中心として大規模な液状化が発生し、それに伴って大きな災害に発展したことが特筆される。その他に石油タンクの火災、津波などの被害が顕著であったが、被害の問題から少し離れた話題の中から、幾つか大事にしたい事柄を書きとめてみた。一つは、新潟地震が、現在の地震発生源の基礎的理解としている断層モデルの原点的存在であり、また我が国では震源近傍での初めての強震記録が得られたことなどである。特に後者の強震記録に関しては、地震直後の報告書などを除けば、その後あまり利用されることがなかったが、当時は強震記録に見られる長周期の成分は液状化によるとして説明され、地震動の性質にはほとんど言及されなかったようである。その後、記録を数値化し検討を試みた内容を振り返り、記録の周辺事情などともに書き記してみたい。

2．地震現象の解明：断層モデルの初の検証

新潟地震が断層モデルの原点的存在と先に書いたが、紹介するまでもないがそれは論文Aki(1966a, b)[1), 2)] を指す。安芸敬一先生が生前に「震災予防、No.199」に寄稿された[3)]一部を再掲させていただく。

「決定論的手法による私の地震学研究で最も重要な成果は、おそらく地震モーメントの導入だと思います。それはWWSSN（World- Wide Standardized Seismic Network：地下核実験を発見するために政治目的で世界中に展開された地震計ネットワーク）で観測された1964年新潟地震の波形記録に長周期地震学を適用する際に、必然的に導かれたものです。遠地の波形記録から計算された地震モーメントと、地質・測地・地震学を用いた近地データから評価されたモーメントと定量的に一致したことにより、地震が断層運動によって生じることを確信しました。私たちはついに地震の数学的モデルを得て、地震学を工学に応用し、地震ハザードを低減するための基礎を得たのだと考えました。私は正しかったと思います」。

それまでは、地震波の解析からは、震源がダブルカップル力として解釈されることと、一方では地震は地表に断層が現われる地学現象としての説明（断層反発説）がそれぞれになされていたが、両者を統一的に説明する物理モデルがMaruyama（1963）[4)]によって発見された直後であった。前掲のAki(1966a,b)[1), 2)]で、地震波（WWSSN記録）と震源近傍の地殻変動データが初めて統一的に説明され、その後断層モデルのシンプルな表現へ、そしてより複雑な震源過程の理解へと発展してきた。

1964年新潟地震は現代地震学の初めてのターゲットとなったが、1970 ～ 90年代にAki(1966a, b)[1), 2)]とは異なる断層モデルが幾つか提案されているが、特に断層面が西傾斜なのか東傾斜なのか必ずしも決着していないようである。近年の震源過程の研究の多くは、近地の強震記録や地殻変動データの他に、中・遠距離の記録を用い、広帯域での逆解析により検討される。1964年新潟地震では、震源域で振り切れ無い唯一の記録が新潟市内で得られたが、液状化した地盤上の建物に設置された強震計(SMAC-A、DC型加速度計)記録であったためと考えられるが、震源の解析に使われることがなかった。最近、Shiba and Uetake(2011)[5)]による気象庁の変位型強震計（通称1倍強震計）記録を用いた震源の逆解析では、震源再決定資料に重きを置き、西傾斜が採用されている。震源域の強震記録として新潟地方気象台の1倍強震計記録が用いられているが、SMAC記録が使われなかった点については後段で少し議論を試みる。

3．県営アパートでの強震計記録の解析と周辺事情

3.1　強震記録の周辺事情

我が国の強震観測はSMAC（Strong Motion Accelerometer Committee）型強震計の開発（1953年）に始まるが、強震観測発展の歴史については、小林[6)]、田

中（1995）[7]、田中（2005）[8]などを参照されたい。1964年当時は強震観測が開始されてから10年程度と短い期間のため、設置強震計は200台未満（設置個所は100未満）と数少なかった（田中（2005）[8]の図13）。震源近傍では新潟市川岸町の県営アパート2号棟4階建ての半地下室B1Fと屋上階（RF）の記録が得られた。この強震計は建設省が1956~57年にSMAC－A型11台、DC型14台を全国主要都市の建物に設置した中の一つであり、建築研究所が所管し、新潟県建築課が保守したとある（中川・和泉（1964）[9]）。ちなみに、秋田市（県庁）、仙台市（東北大学）、東京（約20カ所）などでもトリガーされており、いずれも地震研究所に残されており、記録総数は45ほどである。

当時は各観測機関の推進連絡機構として強震測定委員会（後の強震観測事業連絡会議の前身ともいうべき組織）が設置されており、地震研究所に事務局が置かれ、建築研究所、日本国有鉄道（現JR）、日本電信電話公社（現NTT）などの多くの機関の観測記録の原本が地震研究所に集められ、密着コピー（初めは人がトレース）を原寸大（A2サイズ）で印刷して公開した。一括保管する役目も地震研究所に与えられていた。新潟地震では人手によるトレースの結果が出版されている。今や地震研究所以外では印刷物を直接見ることは難しいと思われるので、その表紙と川岸町でのトレースされたSMAC記録を掲載する（2頁にわたっているが1頁のみ）。トレースはきわめて忠実に行われているものの、波形の読み取りなどには問題があろう。驚くべきことであるが、記録紙の地の色が原本は乳白色であり、ペン先の引っ掻き跡を見るには透過光でわずかなコントラストに頼らざるを得ず、写真やコピーを本誌上に掲載することは困難である。秋田や仙台での記録紙の地は着色されており透過光による密着コピーは明瞭であるが、なぜ新潟だけが乳白色であったのか、不明である。当時は使用する材質・色などに様々な試行が行われたようである。屋上はDC型の煤書き記録で原本のコピーをスキャナーで取り込んだものである。不鮮明であるが、なるべく原本に近い形で見ていただきたくこの写真とした。このDC型には上下動成分は装備されていない。これらを図1-1 ～ 1-3に示す。

川岸町県営アパートの周辺は大規模な液状化に見舞われ、RC造3、4階建ての幾つかは大きく傾いたり沈んだりした。強震計が設置されていた2号棟の傾斜は少ないものの沈下し、床が水浸しになった。新潟県建築課の強震計を担当された方がすみやかに記録を回収したおかげで水没からから免れたとのことである（中川・和泉（1964）[9]）。

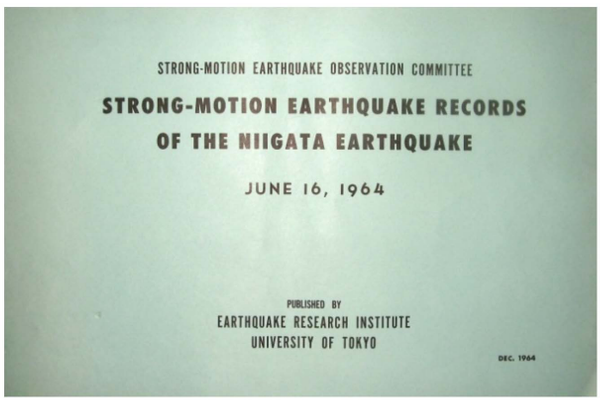


図１－１　1964年新潟地震の強震記録集の表紙

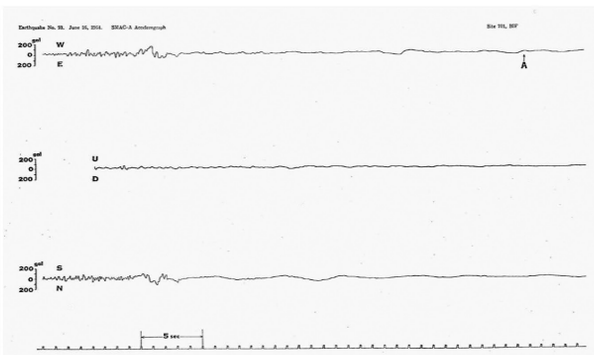


図１－２　川岸町県営アパート１Ｆの強震記録（トレース）

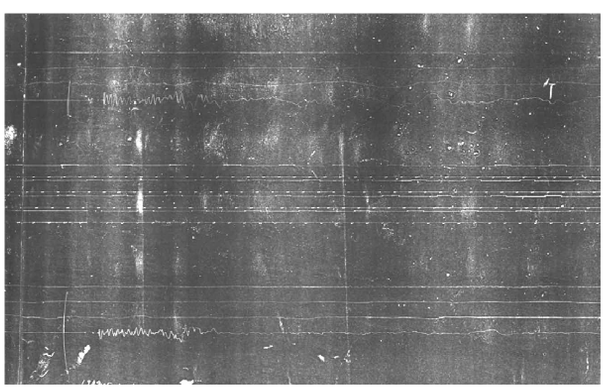


図１－３　川岸町県営アパートRF(屋上)のDC型強震計記録

3.2　SMAC、DC型強震記録の数値化

川岸町のSMAC型強震計記録の最初の解析は、中川・和泉（1965）[9]によると考えられる。数値化や解析方法の詳細は示されていないが、川岸町と秋田県庁の記録から加速度応答スペクトルが提示されている。その後、時松（1989）[10]により時刻歴の速度（最大50㎝/s程度）、変位（最大40㎝程度）及びフーリエスペクトルなどが発表されているが、記録の数値化そのものへの言及はないので、詳細は分からない。数値化そのものはかなり以前に行われたと考えられるが、初めて数値データが公開されたのは吉沢（1991）[11]であろう。

以上のように記録を取得した時点から記録の工学的視点からの検討は行われてきた。しかし、地震波動の視点からはそれまで言及されていなかった。屋上のDC型記録は数値化されていないこと、B1Fの数値化が60秒間であることから、長周期・長時間の地震動の性質を把握したいこと等を考え、B1FとRFを共に約120秒間を数値化した（Kudo et al, 2000）[12]。120秒後でもまだゆっくりとした動きが見えるが、時間と費用の関係からこの記録長とした。2000年に地震研究所のwebで公開したが、現在はアドレスが変更され地震研究所の強震データベースの一つとして公開されている（http://smsd.eri.u-tokyo.ac.jp/smad/?action_1964niigata=true）。 数値化の前に、原本を傷めないために密着コピーが必要である。忘れかけた記憶のため多少不正確な点があると思うが、当時（1994~5年頃）地震研では約60㎝（60秒程度）が透視器の利用できる最長の長さで、それ以上の場合は専門業者に依頼しなければならなかった。数値化は通称SMAC―Readerを用いて行われるが、目でカーソルを合わせてその位置の読み取り値が紙の計算機用カードに作孔される仕組みであった。読み取りは明豊エンジニアリング（株）に委託したが、委託した理由の一つが読み取り台の長さ50㎝程度の制限でもあった。なお、費用の関係から読み取り数は制限することとし、SMAC記録を3部分（20、30秒、60秒）に分けて後半ほどサンプリング時間を長く（粗く）した（0.02、0.05、0.1秒）。DCは前半と後半の2種類のサンプリングとした。上記ウェブサイトのREADMEにも掲載されている。

3.3　液状化との関連を議論する前に

先にも触れたがこの記録に関しては、地震波動研究の対象にはされてこなかった。SMAC記録には絶対時刻が入っておらず、建物内の観測である事、さらに周りの棟の多くが液状化で傾斜・沈下し、地盤の非線形性の影響を大きく受けていることはあきらかであり、地震学的には極めて使いにくいのは当然であろう。中川・和泉（1964）[9]は記録開始の直後から約7秒までとそれ以降の卓越する振動数の大きな違いに着目し、「始動後7秒程度でその振動性状が顕著に変わっていて、この前後でLiquifactionの影響が大きく表れてきたと推定される。」と述べている。その後、時松（1989）[10]もこの記録を解析し「約6秒前後で地盤が液状化したことにより地盤の応答性状が急変したことが推察される。」と記している。Kudo et al. (2000)[12]のおさらいのようで恐縮だが、それまでの定説を確認するために、ごく基本的な検討である揺れの震動方向を描いてみた。図2に示すように、6~7秒で震動性状が大きく変わっていることは明瞭である。震動方向を見ると初めの6秒までは到来方向は震源（粟島付近）の北北西に直線的振動し、6 ～ 7秒以降の震動は明らかに進行方向に直交する成分が見られ、大きく円を描くようになっている。これは6~7秒まではP波でそれ以降はS波が到来したと判断し、液状化による影響はさておき、時間幅3~4秒程の長周期パルスはS波であると推定した。また、新潟地方気象台でのS-P時間は7.1秒と報告されており(気象庁、1965) [13]、SMAC記録はP波の到来とともにトリガーしたと考え、トリガーして記録紙のモータが動き出すまでの1秒程度の遅れを考慮すれば、7秒程度のS-P時間は信濃川対岸の地震学データと良く符合する。また、液状化の発生とは無関係の地震記録で、P波部分は短周期が卓越し、S波部分の周期がP波に比べて長くなるのは、加速度記録にはかなり一般的に見られる現象である。ついでながら、この区間では建物の上と下で、時間差は正確には分からないのだが、波形は良く一致している。NS成分（建物短辺方向）はRFの振幅が若干大きくなっているが、EW（長手方向）は極めて良く一致している。

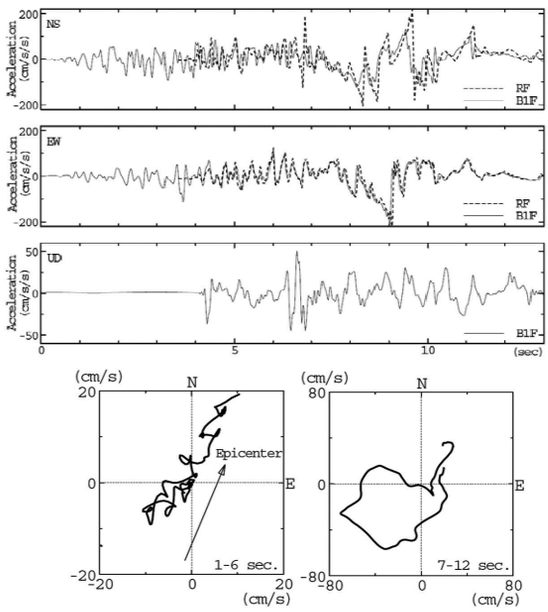


図２　上部は始めの部分（開始から13秒）のB1Fの加速度波形(実線)にRFを波形（破線）の相似性をもとに上書きし、下部は水平2成分の速度（加速度記録を積分）による粒子軌跡を描いた（Kudo et al., 2000）[12]

3.4　液状化は何時発生したのか？

推定1：Kudo et al. (2000) [12]は建物の伝達関数と相互作用に注目した。図3はB1FとRFのスペクトル比を時間移動させて見たもので、上部がB1FとRFの加速度波形を重ね書した。破線がRFである。その下に横棒が

引いてあり、矢印の先がその区間のスペクトル比を表す。詳細は原著に譲るが、短辺方向（NS）はS波の直後（13秒以降）から周期の長い成分も含めて急激に上部は増幅されているので、この時間帯以降は地盤建物の相互作用（ロッキング）を考慮すると地盤の剛性低下が13秒以降に生じたと指定した。ロッキングのない長辺方向はどの時間帯でも上下とも同一の運動をしたと推定される。

推定2：吉田・工藤（2000）[14]はB1Fの記録から重複反射理論を用いて基盤（深さ70m、Vs-350m/s）における入射波を求め、それを入力として有効応力地震応答解析（YUSAYUSA）[15]を行った。もし、液状化が発生していなければ上記の計算で求めた地表（B1F）の地震動と同じになり、液状化していれば違った波形になる筈であるとの論点から液状化の発生時点を探っている。図4は観測と計算波形を並べて描いてあるが、11秒付近からの相違から液状化発生と推定している。

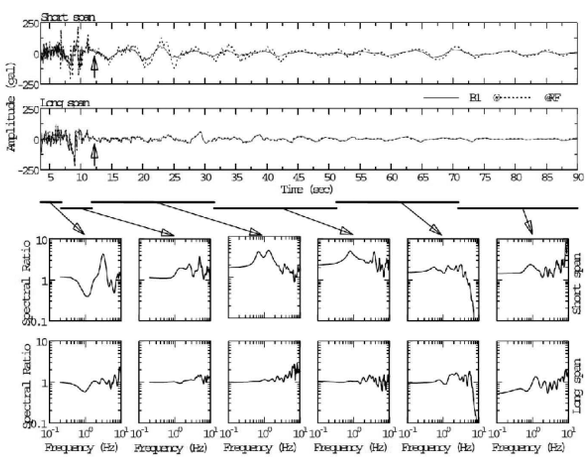


図３　スペクトル比（RF/B1F）の時間的推移。短辺方向で13秒以降のスペクトル比に変化が大きい一方で長辺方向には常に1（上下同じ揺れ）を示す[12]

推定1、2に1~2秒程度の差はあるものの、S波の大パルスの直後に液状化が発生したと推定される。

川岸町から東北東約2.7km位置する新潟地方気象台構内（当時）も液状化し、その様子が報告されている（気象庁、1965）[13]。一部を紹介すると、地震計台は発震後40秒ぐらいで傾き、構内の噴砂現象は報告の中で最も早いのは約40秒後、1分後あるいはもっと遅い報告もあり、場所によって発現時間が異なったことを指摘している。噴砂が始まった時点などは種々の映像からも推定されているかと推測していたが、そのような試みはなされていないようである（吉田[16]）。強震記録と気象台で記述[14]だけではあるが、地盤の液状化が始まってから30秒近く経過してから噴砂が始まったようで、噴砂とほぼ同時に傾斜や沈下が始まったと推定される。

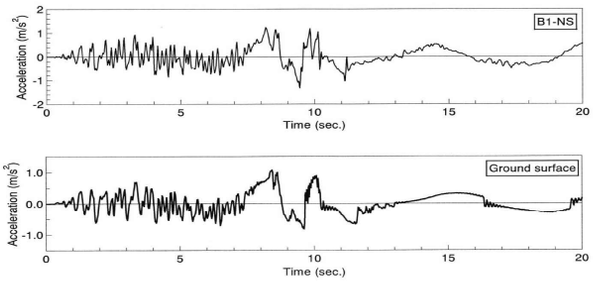


図４　上：B1Fでの観測記録（NS成分）、下:有効応力解析で得られた地表（B1F）の加速度[14]

４．強震記録に残る疑問

S波到達直後から液状化が始まったとして、短周期の地震動が極端に減少することは素直に理解できるが、図3に示す後半に続く長周期の地震動はどのように解釈すべきか。液状化による剛性低下の説明が定説となっていたが、この長時間の揺れにまで考慮しての議論だったのだろうか？工学系の議論をあまり勉強しないままに全体波形を検討してみた。当時の資料を少し引っ張り出し、全体の波形、と言っても120秒弱の揺れであるが、疑似速度応答スペクトルを図5に示す。

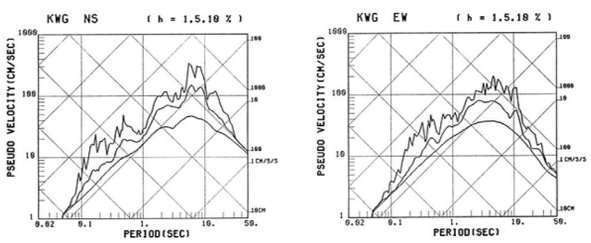


図５　B1Fの水平2成分の疑似速度応答スペクトル

周期2秒から10数秒まで大きな応答を示す。このような長い周期の地震動は液状化の影響を相当程度受けているにしても新潟平野の厚い堆積層を伝わる表面波であろうというのが、Kudo et al.(2000)[12]の推定である。その点を少し議論したい。図６はランニングスペクトルの一種であるが、速度波形Radial, UD成分ともにS波に引続き開始時点から15 ～ 40秒間、60~80秒間に大きなエネルギーの塊を示している。前者は周期5~6秒が、後者は周期7~8秒が卓越している。あまり顕著には見えないがいずれも分散（群速度）が見られること、震央距離40km程度なので速度を見積もると前者は3~1km/s、後者は600m/s程度で伝播してきたと推定できる。剛性低下による影響は当然大きいであろうが、波長は少なくとも数km以上というオーダーであるから、定性的な議論ではあるが、新潟平野の厚い堆積層

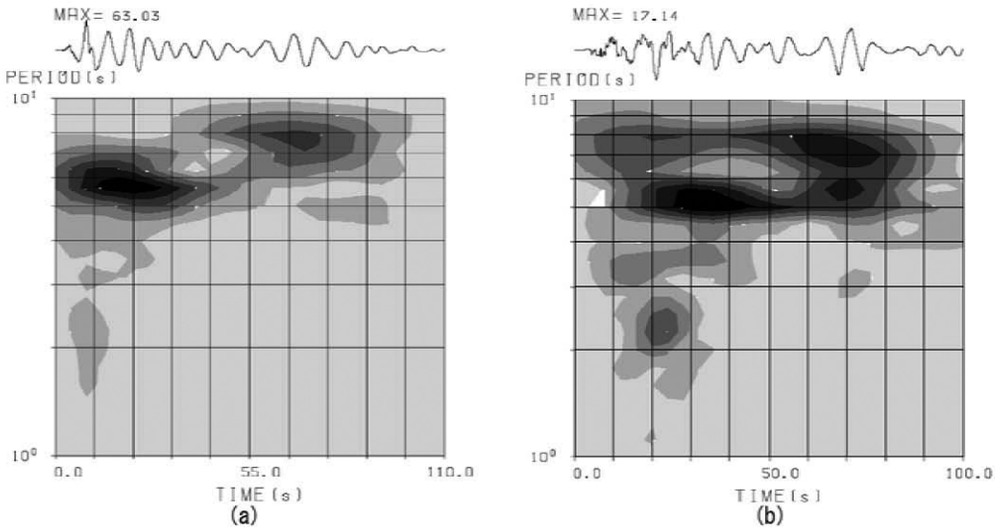


図６　SMAC記録の積分による速度波形のランニングスペクトル[12)]
a) Radial成分、b) UD成分

を伝播した表面波、図6の例では分散性Rayleigh波と推定している。

Shiba and Uetake(2011) [5)] は先に紹介したように気象庁1倍強震計記録を用いて震源逆解析を行っている。その中で、新潟地方気象台の1倍強震計記録と川岸町のSMAC記録の積分変位波形が比較されているが、あまりにも差が大きいので、少しコメントさせていただく。もちろん１倍強震計記録は振り切れているから最大値の比較をしても意味がないが、1倍強震計の読み取りを行った部分だけの比較でも、特に水平動の差は極めて大きい。先にも触れたが、気象台は水平距離3km弱の位置で、長周期に限っては地震動がそれほど大きく違わないことが期待される。当時解析して引き出しの中にあった未発表の図を引き合いに出してみた。図7はSMAC記録を気象庁1倍強震計の特性に入れて、片振幅30㎜でストッパーに当たる（ストッパーでの反発は無視している）という条件で計算し、1倍強震計記録と比較したものである。SMAC記録からの合成波形は記録開始から大振幅までの時間がやや少ない印象があるが、かなり雰囲気は似ているように見える。ひいき目で見たからかもしれない。勿論、気象庁1倍強震計とSMAC加速度計との周期帯によって異なる精度の問題があり比較の難しさはあるが、まだ釈然としない問題の一つとして紹介させていただいた。

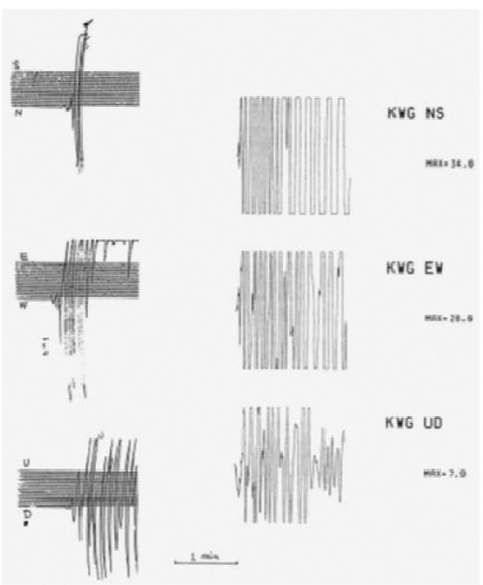


図７　新潟地方気象台1倍強震計記録（左）とSMAC記録を1倍強震計に入力した時の応答波形

５．おわりに

簡単に記録の紹介と思ってお引き受けした本稿であったが、書いているうちに、本来は解決できているべきことに幾つかぶつかり、長々と書きすぎたきらいがあるがお許し頂きたい。繰り返しになるが、川岸町の強震記録は、我が国で初めて大地震の震源域で得られた貴重な記録であるにもかかわらず、少なくとも地震学的には利用さることがなかったのは残念である。

S波の到達から少し後までの地震動については工学的視点から解析されているが、強震動全体（少なくとも120秒程度）にわたり、液状化がどのように影響したかは残念ながらまだ十分には解析されていない。現在の強震観測に比べて絶対量が極端に少ないため、現

代的解析に適合させることが難しいとは想像できるが、新しい視点からの検討をお願いしたいところである。

長周期地震動の問題は1968年十勝沖地震での八戸や青森の強震計記録が端緒となったが、その4年前の新潟地震が本来はその役だったのではないだろうか。1983年日本海中部地震で新潟の大型石油タンクから油が溢流した。筆者も、その原因の長周期地震動を検討する中で1964年の川岸町の強震記録に興味を持った次第であり、長周期地震動研究の原点的な印象を持っている。

６．謝辞

既発表の図など多く用いているが、筆者が地震研究所に在籍しているときに利用した資料で、多くを当時の同僚の坂上実氏の協力に依存している。また現在地震研究所から数値記録が公開されているが、三宅弘恵博士のご尽力によるところが大である。脱稿後に東北学院大学・吉田望教授、電力中央研究所・芝良昭博士に貴重なコメントをいただき一部改善させていただいた。各位に厚く御礼申し上げる。なお、東京電力・植竹富一博士からごく最近の研究である、野津・他（2014）[17]を紹介して頂いた。しかし、時はすでに校正の段階で、参考文献として記載するにとどめざるを得ないが、論文では観測記録の特徴がかなり再現されている。記して各位に厚く御礼申し上げる。また、執筆の機会を与えてくださった久田嘉章教授、お世話頂いた幹事の山崎義弘博士をはじめ編集委員会に感謝します。

参考文献

1) Aki, K.：Generation and propagation of G waves from the Niigata earthquake of June 16, 1964. Part 1: A statistical analysis, B. E. R. I., 44, 23–72 , 1966a.

2) Aki, K. : Generation and propagation of G waves from the Niigata earthquake of June 16, 1964. Part 2: Estimation of earthquake moment, released energy, and stress-strain drop from G wave spectrum, B. E. R. I., 44, 73–88,1966b.

3) 安芸敬一：近代地震学から地震予知工学へ（その1），震災予防，199号，19-22，2004.（http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/Mr.AkiHomepage/chosakuyori/sono1.1.htm ～ sono1.4.htmで見ることができます）

4) Maruyama, T.: On the force equivalents of dynamical elastic dislocation with reference to the earthquake mechanism, B. E. R. I., 41, 467-86, 1963.

5) Shiba, Y. and T. Uetake: Rupture process of the 1964 M_{JMA} 7.5 Niigata Earthquake Estimated from Regional Strong-Motion Records, Bull. Seism. Soc. Am. ,101, 1871–1884, 2011.

6) 小林啓美:日本の強震観測の歩み, http://www.k-net.bosai.go.jp/KYOUKAN/index/.（オリジナルは地震学会ニュースレター）.

7) 田中貞二：日本における強震計の開発と初期の強震観測，強震データの活用に関するシンポジウム，日本建築学会，39-48，1995.

8) 田中貞二：我が国の強震観測事始めを振り返って－加速度強震計の開発と初期および発展期の強震観測—，記念シンポジウム「日本の強震観測50年」－歴史と展望－，防災科学技術研究所研究資料，264号，7 – 16，2005. (http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/)

9) 中川恭二次・和泉正哲：建物の地震応答（第6章），新潟地震調査報告，日本建築学会，p168-174，1964.

10) 時松孝次：1964年新潟地震による川岸町アパートの被害と強震記録，地盤と土構造物の地震時の挙動に関するシンポジウム発表論文集，土質工学会 pp44-49，1989.

11) 吉澤 静代：強震記録のディジタル・データ，地震研究所，pp91，1991。

12) Kudo, K., T. Uetake, and T. Kanno：Re-evaluation of nonlinear site response during the 1964 Niigata earthquake using the strong motion records at Kawagishi-cho, Niigata city, Proc. 12 World Conf. Earthq. Eng., no. 0969, 2000.

13) 気象庁：昭和39年6月16日新潟地震調査報告，気象庁技術報告，第45号，1965.

14) 吉田望・工藤一嘉：1964 年新潟地震における川岸町の液状化に関する地盤工学的再検討，日本建築学会学術講演概要集（東北）構造II，pp. 293-294，2000.

15) 吉田望・東畑郁生：YUSAYUSA-2・SIMMDL-2理論と使用法,佐藤工業・東京大学,1995年改訂.

16) 吉田望：私信（2014年9月）

17) 野津厚・安田将人・石本健治・山田雅行：1964年新潟地震の際の新潟市の工学的基盤における地震動の推定，第49回地盤工学研究会（北九州），pp.1697-1698，2014.

工藤　一嘉（くどう かずよし）

1968年東北大院理学研究科地物専攻修士課程修了、同年東京大学地震研助手、講師、助教授を経て2006年東京大学定年退職、2006年日本大学総合科学研究所教授、東電設計株式会社非常勤顧問、2013年日本大学生産工学部非常勤講師、2012年日本地震工学会名誉会員、理学博士（東北大学、1979年）。専門分野：強震動地震学、地震工学

1964年新潟地震の被害を再考する

若松 加寿江
●関東学院大学理工学部 教授

1．はじめに

新潟地震は、今から50年前の1964年6月16日の13時1分41秒頃に発生した。地震のマグニチュードは7.5、震源は、新潟市の北北東約55km、深さ約34kmの海底である。地震による死者は26名、住家全壊1,960棟、半壊6,640棟、浸水15,297棟であった。

新潟地震は、日本海側の中核都市である新潟に壊滅的な液状化被害をもたらした地震として広く知られている。1964年と言えば、この年の10月に東京オリンピックが開催され、これに合わせて首都高速が建設され東海道新幹線が開通した。太平洋戦争の敗戦から20年近くの時を経て、日本が見事に復興を成し遂げた時期でもある。橋梁・空港など近代的なインフラが多数被災したこと、タンク火災が発生したことなどもあり、これまでとは様相の異なる被害が発生し、新しい都市型災害として注目された。本稿では、新潟地震による液状化被害を振り返ると共に、この地震が示唆する地震防災に関わる新たな課題について考えてみたい。

2．強震計による加速度記録

気象庁による各地の震度は、山形県鶴岡で震度6、新潟・相川・酒田・仙台で震度5であった。新潟、相川、秋田、山形などでは１倍強震計（気象台型変位計）の記録が得られた。また、この地震では、1962年広尾沖地震の釧路気象台の記録に次いで、強震計による良好な加速度記録が新潟市と秋田市で得られた。地下1階と屋上（塔屋）で観測されたもので、最大加速度は表1のとおりである[1)]。この記録は、同一建物内で得られたわが国で初めての完全な記録である。

図1に新潟市川岸町における加速度波形を示す。これは、後述のように液状化被害を受けたアパートの地下に設置された地震計で得られた記録で、世界で最初の液状化サイトでの記録である。この加速度波形を見ると、最初は短周期の振動が続いているが、8 ～ 10秒くらいで様相が一変して周期が5秒以上もあるゆっくりした振動になっている。これは、地盤が液状化したことにより長周期化したためと一般には解釈されており、また液状化が発生したために地盤が非線形化し、加速度の増幅が抑えられたと考えられてきた。その後、川岸町の記録の長周期地動は液状化のみが原因ではなく、7秒付近で最初に現れる長周期の波形は新潟平野のやや深い（数km）軟弱な堆積層により励起された直達S波であるとの説[2)3)]も出された。

表１　強震計で観測された最大加速度（cm/s^2）[1)]

	設置場所（地震計）	NS	EW	UD
新潟市川岸町県営アパート2号棟	地階（SMAC-A型）	155	159	50
	屋上（DC型）	184	150	
秋田市秋田県庁	地階（SMAC-A型）	90.6	81.5	50
	塔屋2階（DC型）	295	240	

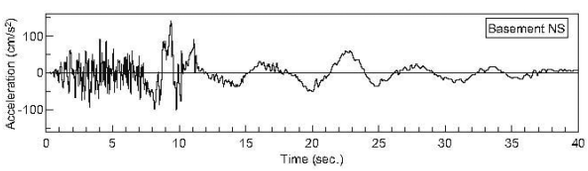


図１　川岸町における強震記録（地階N-S成分）[2)]

3．液状化による被害

新潟地震は、液状化により構造物が甚大な被害を受けることが初めて認識される契機となった地震である。それ以前にも室内実験では現象として確認されていたし、また古い地震でも、被害資料の中に噴砂・噴水などという言葉で記録されていた。しかし、構造物に以下に述べるような被害を引き起こすとは、専門家でも想像していなかった。

液状化による大被害を受けた地域は、市内を流れる信濃川に沿った地域に集中していた（図2）。以下で述べる被害の大部分は、図2中のCに該当する地域で起こっている。C地域は、信濃川が過去300年間に蛇行を繰り返した旧河道とも言える地域で、中でも現在の信濃川沿岸は、1921年の大河津分水の通水を契機に1931 ～ 1952年に埋め立てられた地域である。

被害の状況を示す写真は誌面の関係で多く紹介できないが、地震直後から数日以内にC地域で撮影された写真153枚が、筆者の解説付きで本会ホームページに掲載されている[4)]。撮影者の竹内寛氏の体験談も、本誌24ページに掲載されている。本稿と併せてご参照頂きたい。

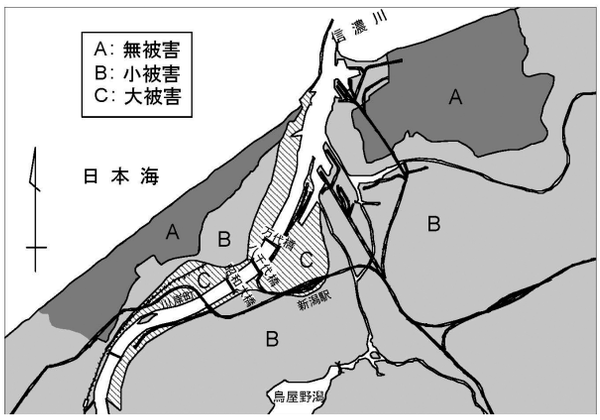


図２　建物の被害程度による地域区分[1)]

新潟市には地震当時1,530棟の鉄筋コンクリート造の建物があり、その22％にあたる340棟が被害を受けた。そのうち、151棟は基礎構造と上部構造の両方に何らかの損傷が認められたが、残りの189棟は、上部構造は全く被害を受けず、そのまま沈下したり、傾斜した[1)]。最も甚だしい被害例が写真1に示す川岸町の県営アパート（全8棟、竣工年不明）である（写真1）。このアパートは地上3ないし4階、半地下1階（5 ～ 8号棟は半地下室なし）の壁式鉄筋コンクリート構造で、連続基礎（布基礎）で支持されていた。このうち、敷地中央に建つ4号棟は無傷のまま完全に横倒しになってしまった。その北側の3号棟（写真左奥）も152cm地中にめりこみ、50度傾斜して転倒寸前の状態になった。1号棟（写真最奥）は大傾斜を免れたが190cm沈下した[1)]。当時は、砂地盤の場合は、3 ～ 4階建てまでは杭を使わず直接基礎で支持させることはよく行われていたらしい。

横倒しになった4号棟の東隣（右隣）に建つ2号棟（沈下量110cm）の地下室に、前述の強震計が据え付けてあり、図1に示した地震記録が得られた。

川岸町アパート以外にも、著しく沈下・傾斜したRC建物は、表2に示すように多数あった。

写真１　転倒・傾斜した川岸町県営アパート[5)]

表２　新潟市内の沈下を生じたRC造建物数[1)]

最大沈下量	棟数（総数に対する比*）
50cm以下	56（3.7）
50 ～ 100cm	35（2.3）
100 ～ 150cm	26（1.7）
150 ～ 200cm	17（1.1）
200cm以上	6（0.4）
計	140（9.2）

*：市内のRC建物の推定総数1,530棟に対する百分率（%）

土木構造物も大きな被害を受けた。当時の最新技術で建設された昭和大橋が竣工後15日で落橋した。昭和大橋は橋長303.9m、12径間の鋼単純桁の鋼管杭で支持された橋である。左岸に近い5径間が落橋した[6)]。昭和大橋の下流に架かる八千代橋も両岸の橋台が川側に押し出されて、取り付け盛土との境界部分で1m余りの段差を生じた（はしごを掛けて通行している様子が、前述の写真集[4)]にも写し出されている）。新潟駅東側に架かる東跨線橋も落橋した。

信濃川の護岸や阿賀野川の堤防は、亀裂・沈下・滑動を生じ、多くの箇所で護岸が川方向に流出した。液状化による側方流動が発生したためである。

鉄道では、越後線関屋―白山駅間、新潟駅、万代駅の被害が顕著で、盛土の流失、波状変形、プラットホームが沈下・陥没した。

市街地の北東、阿賀野川河口に近くにある新潟空港でも激しい液状化が発生した。その様子は新潟市在住の写真家弓削持福夫氏によって8ミリ動画に撮影されている。地震の1年前に完成したばかりの空港ターミナルビルの周りから地下水がガボガボと噴き出して、ビルが見るみるうちに沈んでいく様子が生々しく記録されている（この動画は、代表的な液状化被害として時々テレビで放映される）。

なお、251本の松杭に支持されていた空港ターミナルビルが、なぜ1m以上沈下したかについて、今から10年前の新潟地震40周年の時に大きな議論になった。可能性としては、周辺地盤の液状化に伴って先端支持力が減少して1mめり込んだ、杭の座屈、あるいは杭の打撃貫入が支持層に到達していなかった、などといったことが論議された[7)]。しかし杭の施工時には貫入抵抗の増加（打ち止まり）を確認して打設を終了しており、貫入不足は考えにくい。めり込みか座屈かを判定するためには、空港の現場で当時の杭を発掘して確認する必要があるが、杭は現在供用中のエプロンの下に埋め

殺しされている状態で掘り起こしは困難である。

ライフラインの被害も大きかった。水道管、ガス管、下水管、地中送電線が被災したのは勿論のこと、当時は下水の終末処理場が整備されていなかったために、病院・ホテルなどの敷地には大型の浄化槽が埋設されていたが、これらの浄化槽が1m以上、場所によっては2mも浮き上がった（写真2）。

写真２　車を乗せたまま1.3m浮き上がった浄化槽[5)]

４．新潟地震と地盤調査

現在では、市街地では豊富にあって当たり前のボーリング資料も、当時は希少資料であった。新潟市には天然ガス井や地盤沈下観測井があったが、ボーリング調査結果が豊富にあったわけではない。また、標準貫入試験が一般に普及しだした時代である。建設省建築研究所の呼びかけで、市内111箇所、210本のボーリング資料が収集され、被害と地盤の関係の分析が行われた。

新潟市内の建物の被害程度と基礎の深さとの関係を砂層のN値に注目して調べた結果、深さ8mまでのN値が12未満の地域と大被害を受けた地域（図2のC地域）が一致することが判明した[1)]。このような分析から、1974年に改定された建築基礎構造設計規準・同解説（日本建築学会）に取り込まれた液状化判定法「限界N値」が提案されると共に、地中の一部が液状化しても、その上部をある程度の厚さ以上の非液状化層が存在すれば被害が起こらないという、いわゆる「表層の非液状化層厚」の概念が生まれた[1)]。

地震被害地域で大がかりな常時微動測定が行われたのも、新潟地震が最初である。地震の約2週間後の7月初旬から3測線に沿って計52箇所で常時微動測定が行われた。その結果、常時微動の周期頻度曲線は、新潟市の地盤表層のN値と密接な関係が認められ、図2に示した、A～Cの地域区分とよく対応していた。

５．津波

この地震では、津波も観測された。信濃川河口から約5.5kmにある新潟気象台では、地震の約34分後の13時35分には、高さ55cmの第1波が来襲、18時45分までの間に第12波まで観測された。第3波が最も高く180cmであった[1)]。

津波により新潟市には海水が浸入して多大な被害を生じた。液状化により護岸が流出したこと、地盤沈下が発生したことにより被害を増大させたと考えられる。

当時の写真を見ると津波の波力は比較的小さかったように思われるが、約54,000ヘクタールが浸水し、水深は最も深いところでは1.5mにも達した。新潟市では1955年頃から天然ガス採取に伴う地下水くみ上げ等による地盤沈下が生じており、これによってゼロメートル地帯になった地域を中心に、冠水が1週間以上続いた。新潟駅東方では1ヶ月間にも及んだ。前述の新潟地震直後に撮影された写真集[4)]にも津波で浸水した街の様子が映し出されている。

６．タンク火災

新潟市では9件の出火、うち4件は自力ですぐに消して止められた。残り5件のうち4件は、燃え上がったが大火にならないうちに消防隊などが消火。津波による浸水で自然鎮火したものも1件あった[1)]。

大火になったのは信濃川右岸の河口に近い昭和石油の原油タンクからの出火である。製油所の原油タンク5基が2週間近くにわたって燃え続け、近隣の民家347棟が類焼する大災害となった。3万キロリットル浮屋根式タンクは満液状態であった。出火原因は地震により原油が揺動する、いわゆる「スロッシング現象」によってタンクの浮屋根が側壁に衝突し、火花によって着火したものである。この火災によって1200m^{3}LPG球形タンク2基が火災に包まれ、タンクを支える支柱1本が開口、座屈した。火災で製油所の全施設が被災し、鎮火までに360時間を要した。その後のタンクの耐震設計や危険物施設の火災対策に多くの教訓をもたらした。

東日本大震災でも石油コンビナートでの火災は仙台市や市原市で発生しており、新潟地震から50年、今なお地震対策が完全でないことを示している。

７．新潟地震が教える複合災害の危険

筆者は、前述の新潟地震直後に撮影された写真153枚[4)]の解説をまとめるにあたり、これまで何気なく見てきた写真を子細に観察した。その結果、液状化と津波による複合災害という観点からのいくつかの発見が

あった。例えば、写真3は、液状化で沈下流失した信濃川の護岸に津波が浸入してきた状況である。このようなことが起きていたことは知識としては知っていた。しかし、さらによく見ると、この写真には多くの現象が記録されている。建物は沈下しているだけでなく基礎部や電柱の根元が手前の信濃川側に引っ張られていることから、液状化による側方流動が発生したと推測される。護岸（手前）は液状化により大きく沈下して割れ目が入り、津波が浸入した。液状化で沈下した建物も浸水し、写真両側の車2台が土中深く斜めに沈み込みこんでいる。車の屋根は、建物の床面の高さと余り変わらない。液状化した地盤深くはまり込んだところに津波が浸水したと思われる。

つまり、この場所は津波襲来前から、地盤の液状化により泥沼化し、徒歩でも車でも津波からの避難がきわめて困難な状況にあったと想像される。同様なことを示す写真は他にも数枚あった。液状化の発生は、津波避難の大きな障害となることを浮き彫りにしている。

写真３　万代橋右岸付近の状況（地震当日16時過ぎに竹内寛氏撮影）[4)]

８．おわりに

新潟地震から約半世紀の時を経て、我々は東日本大震災による液状化被害を体験した。液状化の発生範囲は東北・関東地方の13都県、南北約650kmに及び、「世界一の液状化」とも言われた。東日本大震災の液状化は新潟地震を凌ぐ被害とも思えた。しかし、本稿をまとめるにあたり、50年前の被害を改めて振り返ると、被害程度や様相は表2にも示されるように桁違いであり、東日本大震災の液状化被害は新潟地震を凌駕するものではないと感じた。換言すれば、重要な土木構造物や大規模な建物の液状化対策がこの50年間に大きく進歩したことを証明するものであろう。一方で、戸建て住宅への液状火災策が無策であったという大きな課題を突きつけられた。

また、新潟地震は、液状化が発生した地域に津波が襲ってきた場合、液状化で地盤が浸水・泥濘化して避難が極めて困難になることを教えてくれた。南海トラフの巨大地震や首都直下地震など、大規模地震の発生が懸念される中、想定される津波の高さだけにうろたえることなく、地域によっては液状化との複合災害対策に真剣に取り組んでいかねばならない。

新潟地震では36時間燃え続けたものの、幸い死者を出すに至らなかった石油コンビナート火災への対策も、液状化や津波との複合災害の視点からの検討が必要と感じられる。

参考文献

1) 建築研究所：新潟地震による建築物の被害－とくに新潟市における鉄筋コンクリート造建物の被害について－、建築研究報告 No.42、180p、1965.

2) Kudo、K., Uetake, T. and Kanno, T.: Re-evaluation of Nonlinear Site Response During the 1964 Niigata Earthquake Using the Strong Motion Records at Kawagishi-cho, Niigata City, Proc., 12th World Conf. on Earthquake Engineering, Oakland, CD-ROM, Paper No. 0969, 2000.

3) 吉田望、工藤一嘉：1964年新潟地震における川岸町の液状化に関する地盤工学的再検討、日本建築学会学術講演概要集（東北）構造II、pp. 293-294、2000.

4) 日本地震工学会・関東学院大学若松研究室：新潟地震直後に撮影された写真に基づく液状化被害の状況、http://www.jaee.gr.jp/jp/2014/06/09/4771/、2014/6/9公開

5) Editorial Committee of General Report on the Niigata Earthquake: General Report on the Niigata Earthquake、東京電機大学出版会、550p、1968.

6) 土木学会新潟地震災害調査委員会：昭和39年新潟地震震害調査報告、904p、1966.

7) 若松加寿江、田蔵隆、安田進、東畑郁生、吉田望、金谷守、規矩大義、中澤博志：新潟地震40周年特別企画特別セッション「液状化現象の目撃者」、土と基礎、Vol.52、No.12、pp. 15-20、1994.

若松 加寿江（わかまつ かずえ）

関東学院大学理工学部 教授

博士（工学）。早稲田大学理工学研究科建設工学専攻修了。日本地震工学会副会長（2011-2012年）。

日本全国の液状化履歴地点の地形・地盤条件の研究をライフワークとする。

平成25年度日本地震工学会功績賞受賞（全国統一基準による地形・地盤分類250mメッシュマップの構築と提供に関する貢献）

新潟地震当日を振り返って

竹内　　寛

１．はじめに

1964年6月16日（火）に発生した新潟地震から今年で50年目にあたります。10年前の地震40周年の学会行事がご縁で知り合った若松加寿江教授（関東学院大学）に、私が地震直後から数日間にわたって撮影した被害写真153枚を本年6月9日に本会ホームページに公開して頂きました。写真には若松教授の工学的な立場からの解説文が添えられていますが、本文では、上記の写真撮影の経緯と地震体験を振り返りたいと思います。

２．高校で地震に遭遇

50年前のその日は快晴でした。私は17歳。新潟明訓高校（当時は中央区川岸町にあった）3年の初夏、私は校舎4階のベランダにいて教室に戻ろうとしていた、午後1時2分頃に新潟地震が発生しました。

私には地震の経験がなく、何が起きたのかわからず、ただ、踏ん張りながら茫然としていました。周りの生徒達が「ワー」「逃げろー」と叫びながら、一斉に階段へ避難を始めました。私もその流れで、階段まで行きましたが、教室の棚に置いた6月7日に買ったカメラを思い出し、取りに引き返しました。

教室の窓の下にある棚からカメラバックを取って、北隣の白新中学新校舎を見ると、地獄の釜が煮えたぎっているように、いたる所から地下水が噴出していました。声を呑み、後ろを振り向くと教室の中には誰もいませんでした。一瞬、音が消え、時が止まったような静寂の中、逃げ遅れて一人取り残されてしまった事に気付き、何ともいえない恐怖を覚えました。すぐに教室を飛び出し、ベランダに出て、下の校庭を見ると、地割れが横に幾重にも発生していて、地面が壊れると思い、恐怖心が増しました。

校庭には生徒達が避難していました。その中に地割れを横断して、地下水に追われながら避難する女性徒が目に入り、急いで写真を撮りました。

写真を撮り始めてから恐怖心が消え、周囲の写真を撮り続けました。突然、校庭の中央付近で地下水が噴出しはじめたのを見て、驚きと同時に、反射的に撮りました（写真１）。

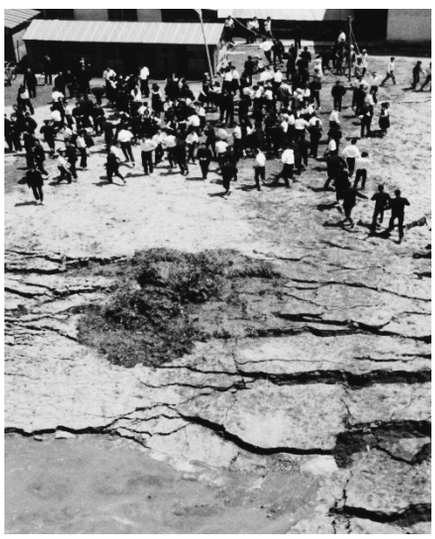


写真１　校庭での突然の噴砂

避難していた校庭が地下水の噴出で浸水し、更に、学校の周りの道路等も冠水して、「地下水の水攻め」に遭い、避難場所がなくなり、冠水していない避難場所を求めて、右往左往していました。いつ終わるかわからない液状化の発生はこれまでの火災を念頭に置いていた防災訓練が全く役に立たないほどでした。

私は、校内と越後線等の学校周辺を1時間程撮り続けました。正門前の道路で冠水していない場所に、生徒や先生が集まっていたので合流しました。

近くにいた年配の先生から1923年の関東大震災の話を聞きました。その後、別の先生が自転車の荷台に乗って生徒達に状況などの説明を始めました。

説明の最中に信濃川の川岸方向から「津波が来るぞー、早く逃げろー」と叫び声が聞こえ、一斉に白山駅方向に避難しました。私は、皆とは逆に、川岸へ向かい、着いてすぐに津波を見ました。波が1m位の段差で、渦を巻き、先頭に丸太を乗せたまま、あっという間に遡って行きました。呆気にとられ、ただ、黙って見ていました。今、思えば、津波の怖さを知らない無謀な行動でした。

白山駅周辺に避難していましたが、全員がばらばらな行動をしていた為、集合する事ができず、皆の安否確認ができないまま自然解散になってしまいました。

私は、途中でフィルムを買い、沼垂の自宅へ写真を

撮りながら約4ｋｍを歩いて帰りました。

上大川前・礎町・万代橋・万代町通りと、途中では冠水や泥水でぬかるんでいましたが、噴出した地下水なのか津波の水なのかはわかりませんでした（写真2）。

写真２　自宅近くの万代町通り

３．被災した自宅

新潟駅の北東にある沼垂の自宅は1階が店でしたが、裏手の地盤が下がってしまい、家全体が後に傾いていました。気張って座らないと前のめりになる位でした。父から、旅行中の兄達が戻れそうにないので、寺尾店（当時は西区寺尾にあった）の様子を見に行くように言われ、更に、父から次の注意と指示を受けました。

1) 水の中へは裸足で入るな。靴をだめにしてよい。
・釘やガラス片でケガをしたら歩けなくなる。
・破傷風になっても、今は治療ができない
（私が靴を持って裸足で帰ってきたのを見ての注意だったと思います）。
2) 寺尾店が無事なら、寺尾で泊まれ
・暗い夜中は無理に出歩くな。
3) 寺尾店が倒壊していたら戻って来い
・ただし、暗くなるようなら寺尾で野宿しろ。
・近所に緊急で困っている人がいたら店の商品を分けてもかまわない。

私は、ズボンの下に、下着の上から海水パンツを重ね穿きして、ナップサックにカメラ道具と靴を入れ、背負い、サンダルを履いて自宅を出発しました。首にタオルを巻き、カメラを持って、帰りと同じ道を通り、約12ｋｍ先の寺尾店へ向かいました。途中、写真を撮って、寄り道をしましたが、日暮れ頃に寺尾に着くことができました。店の中は棚から商品が落ち、びんが割れ、液体がこぼれ、散乱していて、惨憺たる有様でしたが、建物は無事でした。

その夜、蝋燭の灯りで、号外の新聞を食い入るように読みました。灯りを消した、暗い部屋で服を着たまま、横になりました。余震の度に目が覚めましたが、何時の間にか熟睡していました。翌朝は、朝早く、写真を撮りながら、沼垂の自宅へ歩いて戻りました。

４．終わりに

フィルムは、撮れているかどうか不明のまま、1ケ月後の7月中頃になってから2本だけ現像しました。

初めて「べた焼きの写真」を見た時の、予想以上に写っていた驚きと感動は忘れられません。

写真は夏休み中の８月になってから、自分で引き伸ばしをしました。できた写真を見ると、撮影時の記憶が鮮明によみがえりました。今でも、写真を見る度に当時の状況を思い出します。

新潟ではそれまで大地震がなく、高校在学当時は、地震発生を想定した避難訓練・防災訓練などはしていませんでした。新潟地震に遭遇した時は、火災訓練での避難場所が液状化で使用できなくなり、避難場所を求め右往左往し、先生も生徒も各自がばらばらな行動をしてしまいました。その結果、学校側からは津波避難、帰宅指示など何もありませんでした。

私自身も地震に関する知識がなかった為に、校庭で起きた噴砂・湧水などの現象が、地震が原因で起きているという認識はありませんでした。ただ「大変なことが起きている」という思いから夢中でシャッターを切り続けました。その一方、怖さを忘れ、無謀な行動もしてしまいました。

地震に関する災害の知識が無いと、命に関わる無謀な行動を起こしかねません。大地震で何が起き、どうなったのか、伝承することは大切だと考えます。

私が撮影した写真が少しでも今後の地震防災にお役に立てば幸いです。

竹内　　寛（たけうち ゆたか）
1964年当時、新潟明訓高校3年在学中に新潟地震直後の写真を撮影した。現在は、神奈川県相模原市在住。

積雪寒冷地における地震災害と防災

水田　敏彦
●秋田大学地域創生センター 教授

1．はじめに

北海道・東北などの積雪寒冷地においては、冬期地震が発生した場合、堆積雪や屋根雪による被害の拡大が予想される。特に積雪に伴う避難および救助・救急活動といった直後対応には多くの困難が伴う恐れがあり、積雪を前提にした防災対策を推進する必要がある。例えば2011年の東日本大震災や1995年の阪神・淡路大震災は冬の期間に発生した。東日本大震災は3月、阪神・淡路大震災は比較的温暖な地域での震災であったにもかかわらず、寒風の中での救助・救急活動、避難所や被災家屋での採暖の問題や健康の問題まで様々な問題を投げかけた。これらの状況は積雪寒冷地での被災の場合に置き換えられ、様々な問題点が指摘されているところである。また、2004年新潟県中越地震は豪雪地帯の山間部が被災地となった。幸い地震の発生は10月であり積雪期を外れたが、復旧・復興期は積雪期にかかり様々な問題を生じている。しかし、現行の防災計画は夏期を対象としている場合が多く、積雪期の地震災害に関する検討は少ない実情にある。積雪寒冷地の地震防災を考える際、過去の積雪による地震災害の実態を捉え問題点を把握しておくことは重要であると思われる。ここでは、積雪寒冷地における地震被害の実態と教訓を振り返るとともに、秋田県を例に積雪寒冷地の地震防災対策の現状について紹介する。

2．日本における積雪期に発生した被害地震

最初に、積雪寒冷地で冬期間に発生した既往の被害地震について整理してみる。表１は宇佐美の日本被害地震総覧[1)]から、冬期間として12月から3月まで、積雪寒冷地として、北海道、東北の日本海側、北陸、山陰を中心に選び出したものである。番号は日本被害地震総覧の中で付けられている一連の地震番号である。また、図１は表１を基に作成した積雪寒冷地における冬季被害地震の震央分布である。豪雪地帯対策特別措置法に基づく「豪雪地帯」と「特別豪雪地帯」の指定地域も併せて示している。雪・冬期間に対する特記事項があるのは、1666年越後西部の地震、1961年長岡地震、1971年新潟県南部の地震、2011年長野県北部地震のみであり、他の地震については特に雪あるいは冬期間特有の問題などについての記載はない。そこで、＊印を

表１　積雪寒冷地における冬期間の主な被害地震

番号	発生日	M	地震名、領域	主な被害	雪の記載
013	0830.02.03	7.0～7.5	出羽	死15、秋田城被害、地変	
069	1502.01.28	6.5～7.0	越後南西部	直江津で潰屋及び死者多数	
121	1666.02.01	6 ¾	越後西部	死1400～1500	積雪14～15尺
195	1766.03.08	7¼	津軽	潰死979、焼死298、潰れ5328	
216	1793.02.08	6.9～7.1	西津軽	死12、潰れ154	
235	1828.12.18	6.9	越後	三条、燕、長岡などで死1681、全潰13149	
239	1833.12.07	7½	羽前･羽後･越後･佐渡	庄内などで死97、全潰639	
240	1834.02.09	6.4	石狩	ｱｲﾇの家23潰	
251	1848.01.14	6.0	津軽	弘前で小被害	
282*	1872.03.14	7.1	浜田地震	死555、全潰4527	
398*	1914.03.15	7.1	秋田仙北地震	死94、全潰640	
445*	1927.03.07	7.3	北丹後地震	死2912、全潰5024	
525	1952.03.04	8.2	十勝沖地震	死28、全壊815	
526	1952.03.07	6.5	大聖寺沖地震	死7、半壊4	
547*	1961.02.02	5.2	長岡地震	死5、全壊220	積雪は非住家被害を増大
599	1971.02.26	5.5	新潟県南部	傷13、半壊1	雪崩あり
640	1982.03.21	7.1	浦河沖地震	傷167、全壊9	
689	1993.01.15	7.5	釧路沖地震	死2、全壊53	
690	1993.02.07	6.6	能登半島沖地震	重傷1、全壊1	
780	2004.12.14	6.1	留萌支庁南部	軽傷8、破損165	
807	2007.03.25	6.9	能登半島沖地震	死1、全壊686	
842	2011.03.12	6.7	長野県北部地震	死3、全壊73	雪崩、雪除け屋根崩落より通行不能孤立

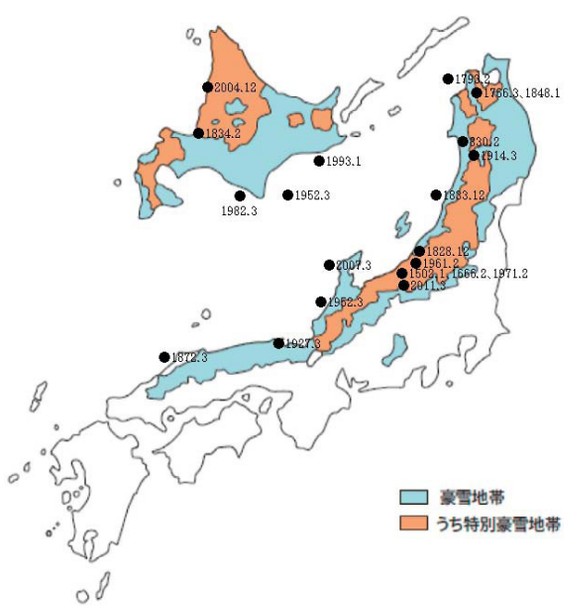


図１　積雪寒冷地における冬季被害地震の震央分布［豪雪地帯及び特別豪雪地帯指定地域（H25防災白書）に加筆］

つけた地震について、さらに既往の調査報告書や新聞記事などを参照し、雪・冬期間に関する項目を抽出した。以下に個別の地震について示す。

1872年浜田地震：3月14日17時頃の発生。震災予防調査会報告第77号に今村の報告[2]がある。山陰地方はこの年は大雪であり『当時の降雪は副原因講究上決して看過すべからざるもの』と記されている。

1914年秋田仙北地震：3月15日4時59分の発生。今年2014年に100周年となる。震災予防調査会報告には雪に関する記載は一切ない。しかし、数は少ないが地震直後に撮影された被害写真には積雪が見られるものもある。救援活動として、県は罹災民救援のため毛布を配給している。また、強首村と淀川村で2件家屋崩壊後火災が発生し、強首村は1名、淀川村は8名の焼死者が生じている。火災は震央から30km程度離れた角館でも発生し3戸が焼失している[3]。

1927年北丹後地震：3月7日18時27分の発生。京丹後市が「京丹後市の災害」を刊行しており、この中に『当時は冬季の厳しい天候のもと平地では厚さ0.3 ～ 1m程度の積雪におおわれていた。ちょうど夕食準備の時間帯にあたり、カマドや風呂、こたつなどの火が入っており、数時間以内に多くの場所から出火、延焼した。家屋の倒壊と直後の火災は多数の犠牲者を出す要因となった』と記されている[4]。被害写真も地震直後に撮影されたものは積雪が見られる。この年は大雪で地震直後の大火で家を失い雪中に避難していた被災者を直撃している。融雪による浸水被害も生じている。

大阪朝日新聞3月8日号外に『倒壊家屋の下から積雪を掘って逃げ出る火の海となった三町村寒気と饑餓とに襲はるる悲惨』の見出しで、『北丹後地方は今でも雪が腰の下位まで積もっており、倒壊家屋の下敷きになった人はその下から匍ひ出して助かった』とある。号外2面には『雪中に露営して不安の夜をあかす苦い経験おののく豊岡』とあり、雪上での避難生活を伝えている。3月9日夕刊には『雪の山路を他郷に去る人々』とあり、住家を失った住民が山道を避難する様子が書かれ、河梨峠（久美浜－豊岡間の県境）で積雪が1丈（約3m）程有り難渋している様子を伝えている。

1961年長岡地震：2月2日3時39分の発生。豪雪地域での被害地震の例としてよく知られている。この年は特に年末からの大雪で新潟地域一帯は雪害に見舞われていた。地震の規模はM5.2で被害地震としては最小の部類である。被害および対応の詳細については鏡味の論文[5]が詳しく、以下いくつかの要点を抜粋する。

長岡市の中心市街地の西側の信濃川をはさんだ川西地区と呼ばれる農村地域の3km四方程度の限られた地域が被災域となった。当時、積雪は2m程度あり、屋根雪荷重と被害との関係が注目された。住家の多くは雪下ろしを行っていたため屋根雪は多くなく、さらに、1階部分が雪に埋もれていたため倒壊を免れた例も多いとしている。一方、雪下ろしのされていなかった納屋など非住家は屋根雪荷重により大きな被害を受けたとしている。積雪の影響は住家の倒壊に影響し、一家4人の死者を出した倒壊家屋では壁土と屋根雪が混じった中から救出が行われた。初動対応では市内で作業にあたっていた県・市の除雪機動力を被災地に振り向けて対応した。復旧に際しては、道路の確保が不可欠で除雪が優先して行われた。地震発生当日7時30分には長岡市・県の合同で長岡地震災害対策本部が設置され、11時に災害救助法が適用された。同20時30分自衛隊に災害派遣要請が出され、翌朝高田、新発田駐屯地より769名が派遣され、国道8号線、県道与板線、市道古正寺－高瀬線の3路線の除雪が行われた。応急仮設住宅の建設については、積雪期であるため着工が難しく着工期限の延長が願い出されている。なお、本地震は積雪2m近い状況で発生したが当日は降雪もなく同年の最多の降雪条件ではなく、地震の規模はM5.2の局発地震であり被害の集中は長岡市の中心部を外れた農村集落で対応が比較的スムーズに行われたことなどを特徴として上げ、積雪下での最悪の条件では決してなかったことを強調している。

３．積雪期地震の被害の特徴と防災上の課題

豪雪地帯対策特別措置法に基づく「豪雪地帯」は日本の半分を占めており、積雪の可能性のある季節は12月から3月の4ヶ月間と1年の1/3にあたる。確率的には1/6の被害地震が雪に遭遇する可能性があるが、2章で示したように大雪下で発生した地震は余り多くない。積雪の一番多かったのは1666年越後西部の地震であり積雪4.5m（約15尺）に及ぶ。次いで1961年長岡地震であり2m近い積雪であった。50cm ～ 1m程度の積雪下で発生した地震には1927年北丹後地震が上げられる。積雪の被害に及ぼす直接の影響として屋根雪荷重の問題がある。1666年越後の地震では多くの倒壊建物が出ており、1961年長岡地震では建物被害と屋根雪荷重の問題が議論されている。大規模な地震火災は1666年越後西部の地震、1766年津軽の地震、1927年北丹後地震で発生しており、雪上での過酷な避難生活など深刻な問題を投げかけている。救助、救援の際の積雪の障害は1961年長岡地震で顕在化している。積雪を考慮した地震時の道路交通障害について、秋田市においてシミュレーションによって推定した例[6]を以下に示す。

対象とした地震は、秋田市直下の地震（天長地震モデル、M7.2）であり、対象地域の地震動強さは沖積層の厚さによって変化させた。また、積雪期は道路両側の堆積雪を考慮し、建物の倒壊率は屋根雪の影響により40％増加するものと仮定した。なお、シミュレーションを100回繰り返し、各道路が閉塞した回数をA、各建物が孤立した回数をB、シミュレーションの繰り返し回数をCとし、道路閉塞率をA ／ C×100、到達不能率をB ／ C×100と定義している。対象とした地域は、建物は比較的新しいが幅員の狭い道路が多く存在する。図２は地震時と積雪期地震時の道路閉塞率の分布である。これをみると、地震時において幅員4m未満道路の一部で閉塞率が30％～ 80％となるものの、ほとんどが30％未満となっている。一方、積雪期地震時には多くの道路が閉塞率30％以上であり、閉塞率80％以上の道路も多くみられる。また、図３は地震時と積雪期地震時の建物孤立危険度の分布である。特に積雪期地震時には孤立する危険性が高い地域が多くみられ、防災上の問題を抱えている実態が示されている。

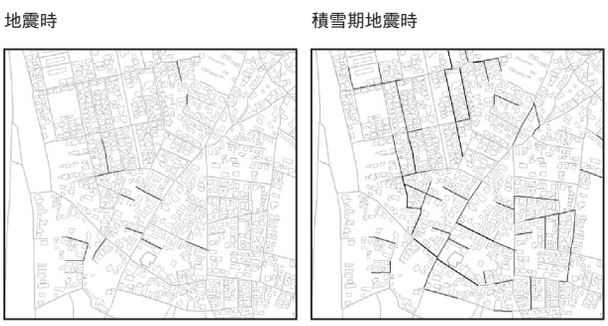


図２　地震時と積雪期地震時の道路閉塞率分布

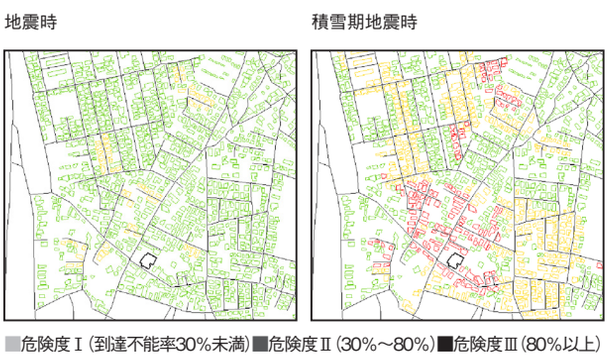


図３　地震時と積雪期地震時の建物孤立危険度分布

４．積雪期の地震防災対策の現状

積雪寒冷地においては積雪期の地震に対する特段の配慮が必要であり、地震防災対策に反映されるべきである。秋田県を例にとり、地域防災計画等を概観し、現状をまとめてみる。

4.1　秋田県の地域防災計画における積雪時の考慮

秋田県地域防災計画2014年度版の地震災害対策編[7]では第1章地震被害想定等第3節に「積雪期の地震」が設けられている。過去の積雪期の地震として830年2月3日天長地震、1914年3月15日秋田仙北地震をあげている。積雪・凍結による地震被害の拡大要因を整理し示している。人的・家屋被害拡大要因として、屋根雪による家屋被害の拡大、雪崩による道路の寸断や積雪による救助隊の遅れ、これによる凍死者や凍傷者の増加をあげ、火災拡大要因として暖房器具の転倒・損傷、暖房用備蓄燃料タンクや給油配管の破損、積雪や雪崩による消防車の通行障害、消防施設の被災・凍結を、その他、雪崩による道路の寸断や通信回線の途絶により、孤立地区（集落）の発生、被害情報収集活動と緊急輸送活動の支障をあげている。

また、第2章災害予防計画第8節に「積雪期の地震災害予防計画」が設けられ、以下の項目が検討項目として掲げられている。

①除排雪・施設整備等の推進：道路の除排雪体制の強化／積雪寒冷地に適した道路整備／除排雪施設等の整備／雪崩防止策／消防水利の整備／克雪住宅の普及等

②災害時要援護者に対する除排雪支援：地域の助け合いによる相互扶助やボランティアなどの協力により屋根の雪下ろしや除排雪に努める。

③除排雪におけるボランティア活動：ボランティア登録者の要件／安全の確保／健康対策／ボランティア活動保険への加入／事業者保険への加入

④緊急活動体制の整備：冬季緊急道路確保路線図の策定／交通手段の確保／通信手段の確保／除排雪・暖房用機材の備蓄

⑤航空輸送の確保：空港の除排雪体制の整備／緊急着陸ヘリポートの整備

⑥スキー場対策：スキー場施設の管理者が行う対策／市町村が行う対策

⑦総合的な雪対策の推進：市町村や関係機関との連携のもと「秋田県豪雪地帯対策基本計画」を着実に実施すること等により、実効性のある「積雪期のおける地震防災対策」の確立を図る。

積雪寒冷地では冬の地震の考慮が必要不可欠であるが、定量的な被害想定手法は必ずしも確立されておらず、定性的な記述、注意の喚起に止まっているのが現状である。被災事例を収集、分析し定量的なモデルを構築していく必要がある。

4.2　豪雪地域横手市の対策例

横手市は秋田県の南東部に位置し、2005年に近隣8

市町村が合併して約人口10万人が暮らす秋田県で第2の都市となっている。日本でも有数の豪雪地帯で冬の「かまくら」が有名である。雪対策に関しては2013年に「横手市総合雪対策基本計画」[8)]が策定されている。緊急時の対策の重点施策の中に「積雪期の地震対策」が設けられている。降雪期の地震に備えた情報の発信、積雪を考慮した避難計画の検討、寒冷対策の推進、積雪期地震への対応策の整備が検討項目として掲げられている。2013年に改訂した秋田県地震被害想定調査の結果を受けて、現在積雪期の地震への対応策を考慮した地域防災計画を作成中であり、これに関連して2014年2月に初めて冬季の地震発生を想定した防災訓練が実施されている（写真１）。厳冬期の本格的な訓練は全国的にも珍しく以下に概要を示す。

テーマ：積雪期の地震災害（孤立集落の救助搬送訓練）
会　場：増田町狙半内（さるはんない）※山間部に位置し横手市の中でもさらに雪深い豪雪地域
内　容：①車両参集訓練
②交通規制訓練
③地域住民による救助・救出・搬送訓練
④現地対策本部設置運用・情報伝達訓練
⑤自衛隊による雪上救助・搬送訓練

写真１　横手市における冬季の地震発生を想定した防災訓練の様子[2014年2月23日水田撮影]

５．おわりに

冬期間の地震時には積雪や低気温などが加わり、直後対応に多くの困難が予想される。特に積雪寒冷地においては冬季の対策を抜きに地震防災計画を立案することは考えられない。積雪寒冷地では積雪期の交通確保が重要な課題であり日常的な除雪体勢がとられ対処している。しかし、一旦豪雪に見舞われると除雪が追いつかず市民生活を麻痺させることもしばしばである。一方、積雪期の地震災害に対しては積雪によるマイナス面のみが強調されるが、積雪期での除雪は市民生活を確保する必要性から昼夜臨戦体制をとっており、1961年長岡地震では待機中の除雪体制が初動対応として有効に活用されている。地震時の初動体制をスムーズに進めるためにも、積雪期の地震災害に対しては除雪計画と地震防災計画の連携など、この潜在的な能力を有効に活かす方策があるはずである。さらに、豪雪地域では過疎化や高齢化が進行しており、積雪寒冷地の地震防災問題を解決するためには、地域の看護・医療関係者との連携も重要である。

参考文献

1) 宇佐美龍夫：日本被害地震総覧、東京大学出版会、694p、2013.
2) 今村明恒：明治五年ノ濱田地震，震災予防調査会報告，第77号，pp.43-77，1913.
3) 水田敏彦、鏡味洋史：1914.3.15秋田仙北（強首）地震による震害に関する文献調査、日本建築学会技術報告集、第27号、pp.347-350、2008.
4) 京丹後市：1927年北丹後地震における被害・救護救援・復興、pp.125-138、2013.
5) 鏡味洋史：積雪期に発生した1961.2.2長岡地震に関する文献調査、日本建築学会技術報告集、第18号、pp.421-424、2003.
6) 水田敏彦：GISを用いた積雪寒冷地の地震災害危険度評価システム、第13回日本地震工学シンポジウム論文集、pp.3920-3927、2010.
7) 秋田県：秋田県地域防災計画、pp.325-389、2014.
8) 横手市：横手市総合雪対策基本計画、p49、2014.

水田　敏彦（みずた としひこ）
2000年東京工業大学大学院総合理工学研究科人間環境システム専攻博士課程修了、秋田工業高等専門学校を経て、現在、秋田大学地域創生センター教授、博士（工学）、専門分野：地震工学・地震防災

新潟地震と地震保険の創設

永島 伊知郎
●損害保険料率算出機構

1．はじめに

日本の地震保険は1966年に創設された。これには50年前に発生した新潟地震が大きく影響している。地震による被害額は民間の損害保険会社等が責任を負うにはリスクが大きく、地震保険は政府の再保険引き受けがあって初めて可能となった。本稿では、地震保険の創設に向けての諸先輩方の努力、新潟地震をきっかけに創設された制度の概要について紹介する。

2．明治時代における地震保険の構想の歴史

明治時代から新潟地震までの間に、大地震が発生するたびに地震保険の構想が浮上し、消えていった。

日本で最初に地震保険の構想を唱えたのはドイツ人のポール・マイエットであった。彼は明治政府が近代化のために招聘された外国人の一人で、ドイツで実施されていた公営の保険制度を参考に、地震、火災、暴風、洪水、戦乱による災害を補償する国営の災害保険制度を提唱した。

彼の提案に目を留めた大蔵卿大隈重信は、大蔵省内に火災保険取調掛を設置し、調査を進め、1881年に官営で強制加入を骨子とする「家屋保険法案」を上申した。しかし、政府内には、ドイツ流の国営保険制度をとる立場とイギリス流の民営保険制度をとる立場の路線対立があり、イギリス流の自由経済主義を標榜する内務省に押し切られ、「家屋保険法案」は退けられた。海外の多くの国々の保険制度では、政府は監督するに止め、民間には干渉しない立場をとっていることから、国民の自治独立に任せることが良いという理由で、当時の松方内務卿は「家屋保険法案」に反対し、国営地震保険制度の設立には至らなかったという経緯がある。

明治時代、日本は近代化の推進にあたり、多くの外国人を招聘した。その一人であるヘルマン･ロエスレルは、ポール・マイエットの保険国営論に対し、保険民営論に立脚して震災による損害を補償する火災保険の必要性を主張した。彼は日本の商法草案の起草を行い、その中で「地震危険も、火災危険と同視すべきである」と述べている。この草案を受けて1890年に旧商法は施行されたが、この第666条において「雷電の危険若しくは機関の破裂、火薬若しくは機関に原因する破裂の危険其の他類似の危険及び震災の危険は、同時に火災の起こりたると否とを問はず、之を火災の危険と同視する、但し他の契約あるときは此の限りにあらず」と規定された。しかしながら震災保険は行われず、将来も行われるか否かが学説でも一定していなかったため、1899年の改正で「震災」の言葉が削られた。

旧商法が施行された翌年1891年には、日本の内陸地震では最大規模の濃尾地震が発生し、この惨状を目の当たりにしたポール・マイエットは再度「災害救済論」を公にし、国営地震保険制度の設立を力説したが、実現するまでには至らなかった。

3．関東地震とそれ以降の動き

近世日本においてもっとも大きな被害をもたらした地震は、1923年に相模湾を震源として発生した関東地震であろう。

この震災で社会問題となったのが地震免責条項である。火災保険では地震による火災損害は免責であることから、その無効を求める多数の訴訟が起こされた。地震免責条項の有効性は大審院で認められ、今日の保険契約にもこの考え方が踏襲されている。しかしながら当時、国内保険会社は社会問題化した火災保険金の支払い請求への対応として、政府から最長50年で融資を受け、被災した契約者にお見舞金を支払った。この政府からの借入金への返済は、保険会社に重い負担として残り、経営を圧迫し続けた。返済が完了したのは戦後のインフレ後、1950年である。

この地震を契機として、再び地震災害を補償する保険制度の必要性が叫ばれ、1926年商工省は損害保険制度調査委員会を設置して地震保険制度創設に関する調査研究を審議した。その後、1927年の北丹後地震、1930年の北伊豆地震、1933年の三陸地震津波と連続して大きな地震災害が発生したため、政府は1934年に火災保険へ強制付帯する「地震保険制度要綱案」をまと

めた。しかし、保険業界が火災保険に国営の地震保険を強制付帯させることに対して反対したため、商工省は法案を議会に提出しなかった。

実は、第二次世界大戦中、1944年に民心の安定および治安維持を目的として制定された「戦時特殊損害保険法」に基づいて、同年4月から翌年12月までの1年8か月にわたって実施された国営の損害保険制度では、一時的にではあるが地震による損害の補償が行われていた。この保険制度は、単独の地震保険と火災保険強制付帯保険契約の2本立てであった。保険としての収支は、保険料収入の8,750万円に対して、1944年12月「東南海地震」、1945年1月「三河地震」等による支払いが2億3,900万円だったため1億5,000万円の赤字となった。

日本は戦中から戦後にかけ大きな地震被害に見舞われている。前述の東南海地震、三河地震のほか、1946年の南海地震、1947年の福井地震などである。南海地震や福井地震は戦後の焦土に与えた影響は計り知れない。こうした地震被害に対して、大蔵省は1949年に地震保険を火災保険に強制付帯させる「地震保険法要綱案」を取りまとめたが、保険業界から強制保険制度に対する反対意見が提出され、また政府の財政上の問題もあったことから、閣議決定には至らなかった。

４．新潟地震と地震保険の創設

前述のように、保険業界は過去、政府の地震保険制度の要綱案に対し、反対の立場を表明してきた。しかしながら保険業界としても地震保険制度の必要性は痛感しており、保険業界においても研究が行われていた。日本損害保険協会は、1952年に地震風水害保険特別委員会を設置して、試案を取りまとめたが、政府が再保険を引き受ける目途が立たなかったため実現しなかった。その後、昭和30年代後半の経済成長期に、保険業界として地震保険制度の検討を再開した。1963年に専門委員会を設け、翌年には保険契約の引受要綱案の取りまとめを行うまで検討を進めている。

このような背景の下、1964年6月に新潟地震が発生した。被災地は新潟県にかぎらず、山形県、秋田県などに広がった広域災害であった。当時、再保険の検討を進めていた保険業界は、この地震の発生を受け、地震保険の実施に向けた本格的な検討をさらに加速させることになった。

新潟地震が発生した当時、衆議院大蔵委員会では保険業法の一部を改正する法律案が審査されており、この保険業法改正法案を可決するにあたって、次の付帯決議が行われている。

「速やかに地震保険等の制度の確立を根本的に検討し、天災国というべきわが国の損害保険制度の一層の整備充実を図るべきである。」

日本損害保険協会は、既に基礎的研究が終わっていた地震保険の構想について、慎重に審議し、地震保険の創設を決議した。

このような経緯と背景の下で、田中角栄大蔵大臣は、1964年7月13日に保険審議会第16回総会を開催し、不時の地震災害に際しての国民の生活安定に資するための具体的方策について諮問した。

現在まで、戦時の特殊損害保険法による地震保険を除いて普遍的な地震保険が実現しなかった主たる理由は以下の二つである。

①地震災害の発生頻度とその損害の規模が大数の法則にのりにくい
②地震による損害がときに異常巨大なものとなる可能性を持っている

保険審議会では、このような認識に基づいて、まず、地震災害を保険制度により担保することが可能か否かを検討した。審議の結果、長い年月を通じて見ると、地震による損害は火災の損害に比べてそれほど大きなものではなく(当時は大火もあり、火災による損害が大きかった)、巨大な地震災害を除外して考えるならば民営保険でも十分対応することができるという結論に達した。すなわち、民間企業では通常の企業経営ベースを超えた長い期間での保険収支では対応できないが、長い期間での保険収支に対応できる国が関与すること、逆選択(契約者が保険事故の発生する確率が高いことを知りながら、保険を契約しようとすること)防止の措置を講ずること、1回の地震による損害の過大な集積を避けるなどの方法を考えるならば、地震災害を保険制度に組み入れることも必ずしも不可能ではないと考えられるに至った。

そのほか、保険審議会では保険契約の対象や国による再保険の方法等について、下記のとおり答申している。

保険契約の対象については、地震保険制度創設の目的が地震災害に備えて国民一般の生活安定に資することにあるとの見地から、保険の対象を専用住宅と併用

住宅の建物および家財にすることとし、損害査定の困難性などから全損のみを補償することとされた。

逆選択防止のために、住宅総合保険および店舗総合保険(店舗兼住宅が対象)といった総合保険の契約時には必ずセットで地震保険にも加入することとなった。

国が関与する方法としては、国が適正な保険料によって再保険を引き受ける方式が最も合理的であり、その方式としては、地震災害といえども民間の担保力の範囲内の損害については政府の援助を必要としないため、民間保険会社の保有限度が明確である超過損害額再保険方式（一定額を超えた損害の保険責任を国が引き受ける方式）が最も適当であると結論付けられた。

加入保険金額は、付帯される火災保険の契約金額の30％とし、建物については90(現在は5,000)万円、家財については、60(現在は1,000)万円、合計150万円の限度を設けることとなった。これは、支払保険金は地震によって損害を受けた者の復旧に相当程度寄与するものでなければ社会的意味が少なく、他面、保険会社や政府の負担力には限界があること、住宅総合保険および店舗総合保険の契約時に必ずセットで加入することを建前とする以上、地震保険のため契約者に過大な保険料負担を強いることは適当でないこと、非常に高額の個人資産についてまで国が関与する保険によって救済する必要はないこと、なるべく１災害による損害の集積を避ける必要があること等を考慮した結果である。

しかし、個々の加入限度額を設けても、地震災害の場合には異常に大きい損害が発生しないとは限らないため、保険金総支払限度額を設け、その限度額を超える異常災害の時は、支払われるべき保険金総額と保険金総支払限度額の割合に応じて、個々の支払保険金を削減することができるものとした。この保険金総支払限度額については、少なくとも関東大震災程度のものが再来した場合においても、支払保険金が削減されないよう配慮すべきこととなっている。

５．創設当時の地震保険制度とその後の改定

保険審議会の答申に沿って1966年6月1日に認可された地震保険制度の内容は次のとおりである。

①補償される損害

地震、噴火またはこれらによる津波による損害で、全損(経済的全損を含む。)の場合にのみ補償される。

②保険の対象

居住の用に供する建物および生活用動産(家財)とする。

③加入方法

住宅総合保険および店舗総合保険に付帯して加入する。

④保険金額及び加入限度額

住宅総合保険および店舗総合保険の保険金額の30％とする。ただし、建物90万円、家財60万円を加入限度額とする。

⑥保険料率

保険料率および等地区分図を表１ならびに図１に示す。

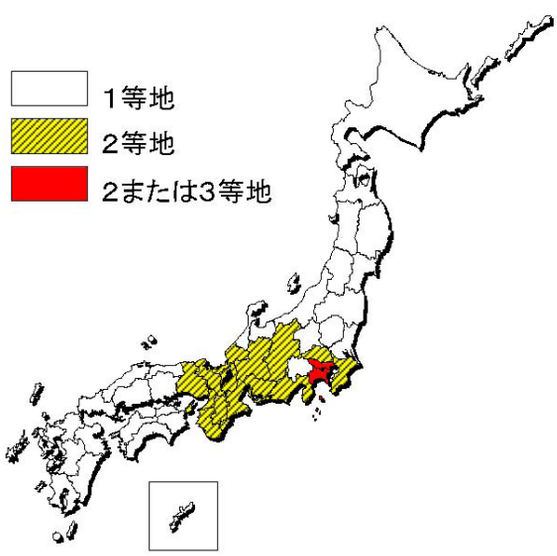
⑤１回の地震等による保険金総支払限度額

3,000億円とする。

表１　地震保険創設時の保険料率および等地

構造 ＼ 等地	イ構造	ロ構造
１等地	0.60 円	2.10 円
２等地	1.35 円	3.60 円
３等地	2.30 円	5.00 円

（保険期間１年、保険金額1,000円につき）
（注）イ構造は耐火構造および準耐火構造の建物、
ロ構造はイ構造以外の建物



（注）３等地は東京都のうち墨田区・江東区・荒川区、神奈川県のうち横浜市の鶴見区・中区・西区および川崎市の東海道線以東の地区

図１　地震保険創設当時の等地区分図

この地震保険制度の創設にあたっては、再保険を専門に取り扱う日本地震再保険株式会社の設立、地震保険に関する法律、同関係省令の制定･施行が行なわれ、認可と同日の1966年(昭和41年)6月1日より引き受けがスタートした。

なお、保険審議会の答申は、「解決すべき問題が多々あるものと思われるが、本質的に困難な問題を含むこの保険について、当初から理想的なものを望むよりは、まず現実的に可能な案による制度の発足を図ることが急務と思われる。政府および損害保険会社は、今後とも一層の熱意をもってその内容をさらに充実したものとし、社会的要請にこたえるよう希望するものである。」と結ばれており、地震保険は創設以降、地震災害等をきっかけとして、何度も制度の改定を行っている。以下に、保険料率(等地別、構造別料率)の改定を含む6回の制度改定についての概要を記す。

①1980年7月（半損補償新設）

1978年に発生した宮城県沖地震により多数発生した半壊および一部破損の被害が、地震保険の補償の対象とならなかったことを受け、半損も補償するよう商品改善を行った。半損に対しては、建物の場合、保険金額の50%が、家財の場合は10%が支払われる。

②1991年4月（一部損補償新設）

1987年に発生した千葉県東方沖地震や1989年の伊豆半島群発地震などにより一部損壊が多数発生したことを受け、一部損も補償するよう商品改善を行った。一部損に対しては、保険金額の5%が支払われる。

③1996年1月（家財損害認定方法変更等）

1995年に発生した兵庫県南部地震を契機として、建物の損害認定（全損、半損、一部損）結果を家財の損害認定に利用することとしていた方法を改め、家財を単独で認定することとした。また、家財の半損に対する支払割合を、保険金額の10%から50%に引き上げた。

④2001年10月（割引制度新設）

1981年6月以降新築された家に対する建築年割引（10%の割引）を導入するとともに、住宅性能表示制度の実施を受け、耐震等級割引（10% ～ 30%の割引）を導入した。

⑤2007年1月（割引制度拡大）

地震調査研究推進本部の確率論的地震動予測地図が公表されたことを受け、地震保険料率の算出手法を大幅に変更するとともに、免震建築物割引（30%の割引）や耐震診断割引（10%の割引）を導入した。

⑥2014年7月（割引率変更等）

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震を受け、地震保険制度の強靭性や商品性を検討するために設置された財務省の「地震保険制度に関するプロジェクトチーム」において、等地区分による保険料率格差の平準化を図る一方、割引率によりメリハリをつけるべき等の言及がなされた。また、地震調査研究推進本部の確率論的地震動予測地図に使われている震源モデルに大きな見直しが行われた。これらを受け、保険料率の改定を行うとともに、耐震等級割引および免震建築物割引率を拡大（最大30％を50％に変更）した。

６．おわりに

本稿は「日本の地震保険」[1]から多くを引用している。紙面の都合から、地震保険制度の創設の経緯や当時の制度を中心として、概略のみを記述した。現在の制度等に関して関心のある方は、「日本の地震保険」を参照されたい。

参考文献

1)損害保険料率算出機構：日本の地震保険、平成26年7月版、213p、2014.

永島 伊知郎（ながしま いちろう）

1977年慶應義塾大学工学部卒業後、同年、損害保険料率算出機構（旧 損害保険料率算定会）に入社、現在に至る。

シリーズ：TOHOKUナウ 復興に向けて（5）

東日本大震災からの地域産業復興

増田　　聡
●東北大学大学院経済学研究科 教授

１．はじめに

東日本大震災・大津波・原発事故の発生から3年半が過ぎ、被災地外に住む人々にとって、この災害は過去の出来事と感じられ始めている。発災当初は、被災地における工場・事業所の損壊や電力不足の影響で部品や素材の供給が滞り、自動車・電気電子・食品産業等のサプライチェーンを通じた全国的な生産活動の停滞が見られた。しかし半年後の2011年後半には既に、震災関連特需による押し上げ効果や一部被災地での経済活動の再開によって全国的な経済情勢は回復基調にあるとされた。2012年以降は、復旧関連工事の本格化や被災住宅の建替え需要も発生し、有効求人倍率に現れているように建設業を中心に人手不足感が強まってきている。

そもそも経済規模で見ると、東北6県を合わせて全国の6～7％で、地震や津波の被害が大きかった地域はさらにその1～2割だとすれば、マクロ的には1％程度を占めるだけであったと考えることもできる。また、経済産業省地域経済産業調査[1)]では、東北地域の全体景況を2013年4-6月期～10-12月期まで3期続けて「東日本大震災からの緩やかな回復が続いている」としていたものの、2014年1-3月期で震災への言及がなくなり「緩やかに改善している」との表現になった。2014年4-6月期には「消費税率引上げに伴う駆け込み需要の反動等により弱含んでいるものの、回復傾向がうかがえる」と記し、直近の全国的課題は、震災復興から消費増税へとシフトしていることを示唆している。

２．産業別・地域別の復興状況

被災地全体での復興状況を俯瞰するために、まず、東北大学経済学研究科震災復興研究センターによる「震災復興企業実態調査」[2)]を紹介したい。本調査は、被災地における企業活動の復興状況をできるだけ詳細に把握し記録に残すことを目的として、被災地（岩手県・宮城県・福島県・八戸市）に本社を持つ企業3万社を対象に2012年7月から開始した。約1万社の企業パネルに対するアンケート調査を、毎年7，8月に継続実施中である。

産業別業況感から被災地企業の復興状況を見ると、地震発生前には最も業況感が悪かった建設業（と不動産業）が2012年に続き堅調で、ここにきて農林水産業と情報・運輸業が前年より回復感が強いが、引き続き、産業間の業況格差は大きいままである。次に、地域別業況感では、産業間ほどのばらつきはないが、津波被災を受けた沿岸部と受けていない内陸部で明らかな相違が見られ、宮城県内陸部と沿岸部で業況回復に一服感がある。さらに福島県浜通りと会津の業況感も回復傾向にあり、全体として業況感の地域間格差は、2013年は縮小に転じた（図１）。

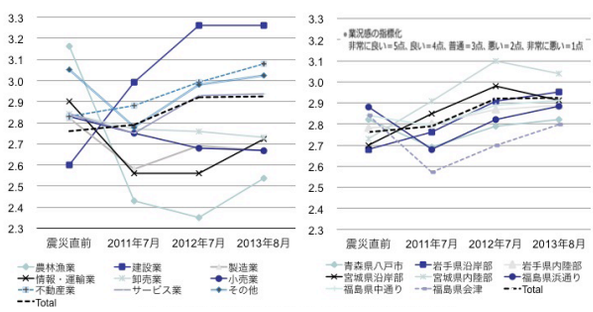


図１　被災地企業の復興状況：産業別・地域別の業況感
（東北大学経済学研究科震災復興研究センター「震災復興企業実態調査」による）

さらにミクロに復興進捗度の地域差を検討するため平成24年経済センサス活動調査の市町村別事業所数・従業者数の動きに着目すると、被災3県の多くで民営事業所数は10％以上減少する傾向にあり、津波被災地以外でも、従業者数が少なかった小都市ほど事業所数の減少率が高い。津波被害が極めて大きかった大槌町、女川町、南三陸町など、地震発生前に比べて7割減～半減してしまった町がある（図２）。企業調査で扱っていない農林水産業・漁業では、福島県で特に原子力災害の影響から、作付けや水揚げの回復遅れが目立つ。

サービス産業や流通業の需要分布を左右する津波被災地や原発避難区域でのまちづくり（集団移転や災害公営住宅の建設、仮の町構想等）が当初想定したペースでは進んでおらず、未だに25万人近い避難者が仮設住宅等での暮らしを強いられている。土地利用計画の見直しや住宅再建の遅れは、仮設店舗で営業している商業者・サービス業者にとって、本格的な営業再開の場所や時期（あるいは廃業）に関する決定を困難にしている。

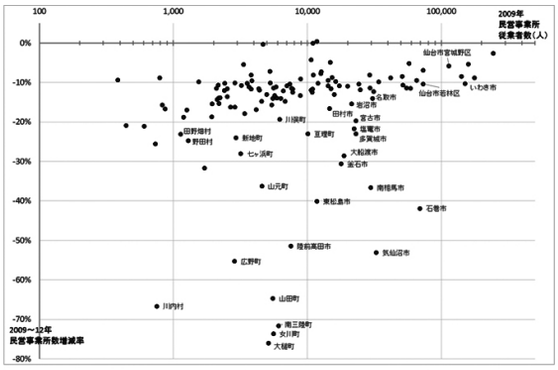


図２　民間事業所に関する被災３県市町村の従業員規模（2009年）と事業所数増減率（2009年～ 12年）
参考文献6),7)により作成

３．製造業の復興状況

次に、製造業における生産回復の動きを県別の鉱工業生産指数で確認すると（図３）、震災直後の生産水準は地震発生前の40 ～ 50％までに落ち込み、特に当初1年間程は宮城県での回復が遅れていた。しかし2013年11月に、東北地域の同指数は地震発生前の水準を超え、日本全体を上回る回復を示すまでになった。とはいえ、東北の地域製造業の最大の課題はその付加価値が全般的に低いことにあり、下請け企業を中心に従業員1人あたり粗付加価値額は全国水準の7 ～ 8割に留まっていた。ここで製造業の業種別・地域別に生産の落ち込みと回復の推移を見ると、別の姿も見えてくる。この間（震災の直接的影響ばかりではないが）、東北経済を牽引する産業も変化しており、リーマンショック以前、東北地域の鉱工業生産の1/3を占めていた電気・電子機械産業は、2012年には1/4以下までシェアを落とし、代わって自動車を中心とする輸送用機械器具産業が1割を超えるまでに成長してきた。特に、比較的早期に地震被害から復旧できた内陸部の製造業は、グローバルな産業構造の変化に対応した動きも見せている[3)]。

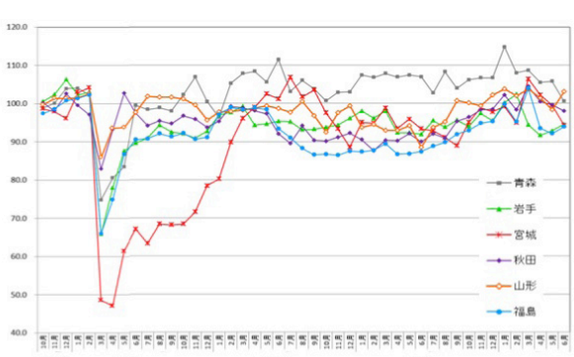


図３　被災県の鉱工業生産指数の推移：季節調整済み（2010年＝100）
参考文献7)により作成

また工場立地の動向を見ると、ここ数年間の件数は増加傾向にあるが、太陽光発電等による電気業が全体の半数近くを占めるとともに、発災直後の2011年には、全立地件数の半数近くの43件が管内での移転立地（自社の既存工場の全部又は一部を廃止する計画を伴う立地）であった（図４）。

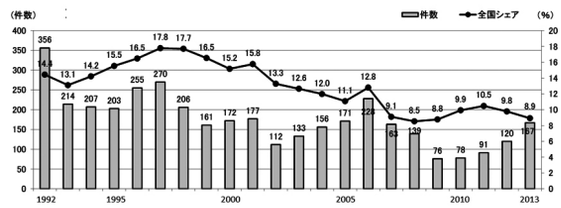


図４　東北地域の工場立地件数及び全国シェアの推移
参考文献8)により作成

最後に、津波被災地域の主要産業である水産加工業の実態を整理しておきたい。地盤沈下に対応した敷地嵩上げや生産関連のインフラ整備が完了したとしても、水産業コンプレックス（あるいはクラスター）が全体として復活して初めて、地域の水産加工業の復興が可能となる。本来、三陸海岸は世界三大漁場として豊富な水産資源を有する地域であり、そこで水揚げされた海産物を加工・出荷する水産加工業も盛んだった。沿岸部に立地していた加工施設の多くは、国や県の手厚い支援を活用して復旧したが、実際には稼働率が高まっていない（図５）。その原因として、被災から復旧までの期間が長期化した結果、以前の取引関係が断絶し、売り場での棚（販路）を回復できない状況があった。さらに、従業員の確保も困難となっており、操業を抑制せざるを得ないケースもある。職住分離型の高台・内陸への住宅移転は、これに拍車をかけてしまった。特に福島県では、原発災害の実被害（放射能汚染）及び風評被害によって、地震発生前の8割超まで売上げを回復できている業者は1割に満たない[4)]。

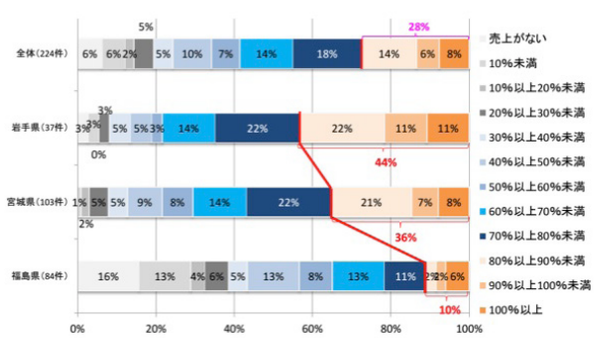


図５　水産加工業の売り上げ回復状況
文献4)により作成

４．復興の政策評価

政府はこれまで、産業振興に関する分野で「中小企業等グループ施設等復旧整備補助事業」（グループ補助金）の制度化、中小企業基盤整備機構における仮設工場・仮設店舗等の無償提供制度の導入、二重ローン対策として産業復興機構等による債権買取制度の導入、ふくしま産業復興企業立地補助金等の支援策を展開してきた。従来制約を部分的ではあるが打破した（あるいは大盤振る舞い過ぎるという批判もあるかも知れない）これらの復興政策については、改めてその効果検証が必要である。例えば、東北の復興においては、域内外でのネットワークを強化することが重要だと考えられ、グループ補助金には、被災地内の（同業・異業種を合わせた）企業同士の連携を促す役割も期待されていた。仮設工場や店舗の共同利用も、東日本大震災を契機に大きく拡充された政策手段である。また域外とのつながりの面では、各種展示会の企画開催や販路開拓のためのマッチング支援なども精力的に行われている。

5.おわりに：東北地域の成長戦略

震災からの復興では、深刻な被災地を地震発生前の姿に戻すこと以上に、従来手が付けられなかった課題の解決に向けて、新たな広域的・長期的な成長条件を整備していくことが必要である。残念ながら、被害想定や事前復興計画の検討が十分ではなかったため、基礎自治体は今回、上記のような対応を地震発生後に白紙から検討しなければならない場面も多かった。また国の支援策も、復興特区制度・グループ補助金等が新たに導入されたものの、その具体化には大きな不確実性が伴っており、基礎自治体は制度構築が揺れている中で、具体の施策を詰めていかなければならなかった。また、復興交付金でも基本の事業は既存ルールの緩和・拡充をベースとするものも多く、縦割り的制約も残っている。

復旧段階が終わろうとしている現在、東北地方競争力協議会が2014年3月にまとめた「地域の資源と企業が輝く東北の舞台づくり」は、これからの戦略テーマとして、①復興からの新産業創出、②地域資源の新たな魅力発掘と発信、③ものづくり産業の戦略的育成の3点を提示した。東北7県及び国の支分部局・産業界からの意見をまとめて、考えられるアイデア出しを行ったものといえ、今後、各事業の優先順位付けや実施体制の精査が必要であろう。

参考文献

1) 東北経済産業局：平成26年4-6月期地域経済産業調査結果、2014.07.29. http://www.tohoku.meti.go.jp/cyosa/tokei/chiiki_keizai/pdf/1407.pdf

2) 西山慎一・増田聡・大澤理沙：被災地企業の復興状況、地域産業復興調査研究プロジェクト編『東日本大震災研究III　震災復興政策の検証と新産業創出への提言：広域的かつ多様な課題を見据えながら「新たな地域モデル」を目指す』、河北新報出版センター、pp.19-35、2014

3) 守本憲弘：大震災から3年を経た東北経済：課題の克服と今後の成長戦略、IIST e-Magazine（貿易研修センター）、http://www.iist.or.jp/jp-m/2014/0230-0927/

4) 水産庁・全国水産加工業協同組合連合会：水産加工業者における東日本大震災からの復興状況アンケート、http://www.jfa.maff.go.jp/j/press/kakou/140416.html、2014.04

5) 総務省統計局：平成24年経済センサス－活動調査、http://www.stat.go.jp/data/e-census/2012/、2014.02

6) 総務省統計局：平成21年経済センサス－基礎調査、http://www.stat.go.jp/data/e-census/2009/kakuho/gaiyou/gaiyou.htm、2011.06

7) 東北経済産業局：管内（東北６県）の経済動向、http://www.tohoku.meti.go.jp/cyosa/tokei/keizai_doko.html

8) 東北経済産業局：平成25年（1月～ 12月）工場立地動向調査(速報)東北版、http://www.tohoku.meti.go.jp/s_ki_richi/pdf/h25_2.pdf、2014.03.28

増田　　聡（ますだ さとる）

1987年東京大学大学院修了（工学博士）、㈱三菱総合研究所研究員、東北大学教養部講師、同大学院情報科学研究科助教授、King's College, London客員教授等を経て現職。専門：都市・地域計画

学会ニュース

第1回震災対策技術展(大阪) 併催セミナー「命を守る避難の課題」— 巨大地震災害に大阪はどう立ち向かうか —　開催報告

小山　真紀
●京都大学大学院工学研究科・医学研究科　安寧の都市ユニット 特定准教授

1．はじめに

毎年2月上旬に横浜で行われていた震災対策技術展が本年度から大阪でも開催される事となった。われわれ「津波等の突発大災害からの避難の課題と対策に関する研究委員会」は2014年2月7日に横浜で開催された震災対策技術展にアウトリーチ活動の一環として「命を守る避難の課題」と題した併催セミナーを開催したという経緯があり、横浜同様に大阪でも併催セミナーを開催する運びとなった。なお、横浜での開催報告については前報（日本地震工学会誌No.22）を参照いただきたい。

第１回震災対策技術展（大阪）は2014年6月17日および18日にグランフロント大阪内のコングレコンベンションセンターで開催された。本セミナーは18日（水）13:00 ～ 16:15に開催され、会場もほぼ満席となるなど大変盛況であった。セミナー参加者は136名以上であり、この内訳は、企業関係者94名、消防・議員を含む地方行政関係者15名、各種団体関係者8名、医療福祉関係者7名、大学等学術関係者7名、個人や自治会などの方が4名、不明が1名である。

大阪のセミナーでは、第1部の特別講演と第2部のパネルディスカッションの2部構成とし、第1部では大規模地震による火災リスク、大阪市における計画と課題について講演頂き、第2部では地下街からの津波避難、要援護者の避難と協働、津波避難施設への避難計画について話題提供頂いた上で、講師と話題提供者を含めたパネルディスカッションを実施した。福祉施設における対策など、実務者レベルで苦慮している問題を取り上げたことも、医療福祉関係者などの実務者に多く参加頂いた事につながっている。

以下、各講演および話題提供の概要について紹介する。

2．講演内容

講演1　来るべき大規模地震による火災リスクに備えて－ 市街地火災の発生を「想定」の視野に入れて －

講師：関澤 愛（東京理科大学大学院 国際火災科学研究科・教授）

大阪府の地震被害想定調査における出火件数および延焼予測を紹介し、その推定の設定条件と実際に想定される状況とのギャップについて指摘し、南海トラフの地震における大阪の火災リスクについて述べられた。次に2011年東日本大震災における出火および延焼状況について紹介され、津波起因火災だけでなく内陸部の地震起因火災も相当数あったこととそのメカニズム解明の重要性について指摘された。

東日本大震災における被災地域と1995年阪神淡路大震災の被災地域の空間的広がりの違いを示した上で、阪神淡路大震災で学んだ同時多発火災の消火の難しさと、これが南海トラフによる地震による広域な被災地で発生した場合の状況について、具体的な数値を示しながら既往の消防力と消火能力の限界、都市防災における自助・共助・公助の連携の重要性について指摘された。

写真１　関澤氏の講演の様子

講演2　大阪市が抱える避難の課題と対策

講師：水野 智雄（大阪市危機管理室・防災計画担当課長）

大阪市では平成25年度に「多様な災害における避難のあり方等検討部会」を設置されており、災害リスクに応じた避難対策を地域単位で検討できるよう「避難フレーム」を構築されている。また、「自助・共助・公助のあり方検討部会」も同時に設置されており、本講演ではこれらの検討結果を紹介されながら、安全・確実な自主避難に向けた「避難フレーム」の枠組みや自助・共助・公助が連携した避難対策の方向性についてお話しいただいた。

写真２　会場の様子

３．話題提供

パネルディスカッションに先立ち、以下の通り話題提供が行われた。

話題提供1 ■大規模地下街からの津波避難
講師：奥村 与志弘（京都大学大学院地球環境学堂・助教）

梅田地下街の空間的概要、利用者数および津波浸水想定結果を示した上で、2011年東日本大震災における南三陸町の事例を紹介し、津波避難モードに切り替えることの難しさと、それによる避難行動開始の遅れについて指摘された。その上で、避難モードになったとしても、人口密集状態での避難の難しさという別の問題があることも指摘され、一人一人が避難について意識することについて述べられた。

話題提供2 ■津波災害における要援護者の避難時間と協働による対応策に向けて －南海トラフの地震を想定して－
講師：三浦 浩史（社会福祉法人 白寿会 在宅部ディレクター）

社会福祉法人白寿会の所在する大阪市西成区を対象地域として、南海トラフの地震における津波想定地域と要援護者数との関係から多数の要援護者避難が求められる状況を指摘された。その上で、避難時間には、要援護者の屋内避難時間（屋内から屋外に出るために必要な時間）、要援護者の屋外避難時間（避難場所までの移動時間）、支援者の被支援者宅への移動時間の3種類の時間が必要な事を示し、施設利用者を想定したシミュレーションにより、南海トラフの地震想定のケースの避難猶予時間の推計結果について報告された。

また、福祉事業者間連携により、現状指定されている避難先以外の避難先の設定の提案とそれによる避難猶予時間の短縮の可能性についても指摘された。

話題提供3 ■津波避難施設への避難計画
講師：生田 英輔（大阪市立大学大学院生活科学研究科・講師）

2011年東日本大震災における避難場所の事例を示し、避難経路の多様性や共助の実情について紹介された。次に大阪市における津波避難施設の現況について紹介され、避難推定人数に対して避難可能人数が少ない地域が残っていることが指摘された。この要因として、平野が広がる都市域における津波避難施設としては行政所有の建物が指定されるケースが多い事、結果として行政所有施設の少ない地域では避難施設が不足するという現状が示された。また、地域を詳細にみると、区単位では充足していても小地域単位ではばらつきがあり、居住地域内で避難が完結しない事例も多く残っていることが指摘された。

４．パネルディスカッション

パネラーとして関澤氏、水野氏、奥村氏、三浦氏、生田氏に登壇頂き、筆者がコーディネーターを務めさせて頂く形でパネルディスカッションを行った。パネルディスカッションではフロアからの質問を回収し、それに沿う形で議論が行われた。火災については、東日本大震災のために揺れによる火災よりも津波による火災に意識が行きすぎていたことと現有消防力の限界から、自助・共助として火災に対応する具体的な方策などについて議論された。また、自助・共助・公助の連携を密にしていくためにはそれぞれができる事、出来ない事を率直に受け止め、共有しながら関係を構築していくことの重要性が確認された。

終了時には多くの参加者が講師に議論を求めるなど大変活発な議論がなされた。終了後アンケートでも約90%が大変満足または満足との回答を頂くなど、来場者からも高い評価を得られたことをご報告する。

写真３　パネルディスカッションの様子

「東日本大震災合同報告共通編3編」刊行記念シンポジウム「地震災害再考、ファンダメンタルをふまえて」開催報告

本田　利器
●東京大学新領域創成科学研究科 教授

1．はじめに

2014年6月13日（金）に、専売会館ホール（東京・港区）において、「東日本大震災合同報告 共通編3編」刊行記念シンポジウムが開催された。当日の様子については、すでにJAEEニュースレター 7月号にて副島 紀代氏（(株)大林組）より報告がなされているので、本稿では、内容について紹介することとする。

日本地震工学会に、日本建築学会、土木学会、地盤工学会、日本機械学会、日本地震学会、日本都市計画学会、原子力学会を加えた合計8学会が協力して東北地方太平洋沖地震の合同調査報告書を刊行するというものである。2017年までかけて全29巻が予定されている。学会毎に造詣の深い分野における報告を担当することとなっているが、「地震･地震動」（幹事学会:日本地震工学会）、「津波の特性と被害」（同：土木学会）及び「地盤災害」（同：地盤工学会）については、内容が本震災の基本的な事項であり、すべての学会が参照すべき内容であるとして、共通編として刊行されることとなっている。これら共通編3編が本年4～6月に刊行されたことを記念し、また、その内容を広く知って頂きたいという希望から、企画されたのがこのシンポジウムである。

2．プログラム

シンポジウムでは、和田章先生（東工大名誉教授）及び川島一彦先生（東工大名誉教授）に、それぞれ開会及び閉会の言葉をお引き受け頂いた。

構成は2部構成で、第1部が各編の内容に基づく説明であった。各編を、統括を担当した方と、執筆者から選ばれたもうひとりの専門家という2名で解説するものであった。各編の内容をまんべんなく説明するのではなく、ポイントとなる点を取り出して詳解することで、本報告書の「つかい方」を御理解頂くことに重きを置くものとした。第2部は、第1部での話題提供者をパネリストにむかえてのパネルディスカッションという構成であった。以下にプログラムを示す。

10:00-10:10　開会　和田 章
（東日本大震災合同調査報告書 編集委員会委員長、東京工業大学名誉教授）
第1部
「東日本大震災合同報告 共通編 」紹介
10:15-11:15「地震・地震動」
「被害につながる地震動をどう考えるか」
本田利器（東京大学）
「本震前・本震時・本震後の地震活動と地殻変動」
田所敬一（名古屋大学）
11:20-12:20「地盤災害」編
「液状化による被害と復旧」　古関潤一（東京大学）
「造成宅地の被害と復旧」　風間基樹（東北大学）
（休 憩）
13:30-14:30「津波の特性と被害」編
「津波の特性と被害、その教訓」
越村俊一（東北大学）
「海岸堤防の被災と粘り強い構造」
加藤史訓（国土交通省国土技術政策総合研究所）
第2部
14:40- 16:10　パネルディスカッション
「ファンダメンタルをふまえた巨大災害対策」
16:15－16:25　閉会　川島一彦
（東日本大震災合同調査報告 編集委員会副委員長、東京工業大学名誉教授）

写真１　当日は満席で参加者の方の関心の高さを感じた

3．議論

3．1　各編の解説

「地震・地震動編」については、まず、本田より、目次構成に基づく内容の概要を解説した後、東北地方太平洋沖地震のような巨大地震の性質と被害の関係についての解説をさせて頂いた。地震や地震動特性についての理解が進む一方で、未解明な事象もあり、それだけで被害程度を評価できるわけではなく、構造物での観測の充実を視野に入れていくことの重要性について話をさせて頂いた。

続いて、今回、理学系からの唯一の話題提供者である田村敬一先生（名古屋大学）により、地殻変動という視点から、東北地方太平洋沖地震の性質についての解説があった。回顧的にみれば、地震学として、このような巨大地震の発生と整合する知見がみられていた一方で、それをもって、地震の予知とすることの難しさ等についての説明があった。

「地盤災害」編については、古関潤一先生（東京大学）より、まず、章構成にもとづく全体の概要の説明があった後、東日本大震災における液状化被害の広域性や、液状化被害が関東に集中していること等の報告があった。また、既存の液状化判定法の適用性と課題、また、私有地（民間住宅）の液状化対策に関する報告もなされた。

続いて、風間基樹先生（東北大学）より、造成宅地の斜面の被害についての報告がなされた。仙台市内での具体的な被害の詳細な説明により、古い時代に開発された地域で被害が大きいことなどが解説された。また、復旧における課題として、行政判断の難しい事例があることや、そもそも、戸建住宅の地盤災害対策の重要性に対する社会的な認識が低いことなどが示された。

その後、昼食の休憩を挟んで「津波の特性と被害」編についての報告がなされた。まず、越村俊一先生（東北大学）から、全体構成の紹介に続いて、東北地方太平洋沖地震の津波災害に関する研究で解明された成果の報告がなされた。また、それらの知見がシミュレーション技術等により東北の復興計画において活用されていることなどが報告された。

続いて、加藤史訓氏（国土技術政策総合研究所）から、海岸堤防の被災メカニズムについて、被災パターン別のメカニズムやそれらの分析で明らかになった対策法の紹介がなされた。また、本震災後の重要な考え方となった堤防の「粘り強い構造」を実現する上での最新の知見について、実験動画などを用いた説明がなされた。

3．2　パネルディスカッション

各編の説明の後、本田が進行役をやらせて頂く形で、上記の話題提供者の方々にパネリストとして参加して頂き、パネルディスカッションがなされた。

まずは、今後の大地震への備えとして、長周期地震動に関する研究動向等について、理学的見地から田所先生の非常に真摯な（分からない点は分からないと明言する）態度で、予知の限界や長周期地震動についての説明がなされ、理学と工学の連携の重要性等へも話が進んだ。

津波に関しては、「粘り強い構造」の概念を導入した海岸堤防の設計について、粘る効果をどう評価するか、といったような工学技術としての難しさにくわえ、火災などとの複合災害や広域災害にも着目することの必要性についても言及があった。

さらに、複合・広域災害という観点から、同様の認識を重視されている古関先生から、広域液状化に対する現状の取り組みとしての衛星画像の活用等の紹介があった。また、再液状化の問題等も挙げられ、余震の影響の大きさが示されると、理学との連携の重要性も再び話題に上った。

風間先生から、複合災害という観点からの話題提供がなされ、津波と液状化の例として女川のRC構造物の転倒事例、地震後の降雨による地盤被害事例等が紹介された。後者は地震後半年経過してからの事例と言うことで、行政的な対応も含めた多様な対応の重要性に関する議論の口火を切る形となった。

最後に、減災・復興の課題として、越村先生から「レベル2」というソフト対策も組み込んだ設計手法やその実現の難しさについての議論が提起された。この点に関しては、阪神淡路大震災以前に、いわば“L2地震動”に相当する設計外力を導入した川島先生にも会場から議論にご参加頂き、それに古関先生が地盤構造物の設計の観点から呼応するなど、これも活発な議論となった。

紙面の都合で全部を紹介できないが、その他も、様々な議論がなされた。瞬く間に過ぎた90分であったように思う。

4．おわりに

本シンポジウムのサブタイトルにある「ファンダメンタル」は、「共通編」の英訳を議論する中で、この報告書の価値が、広範なイシューに関するfundamentalな情報がまとまっていることである、として採用された単語である。この語にふさわしい議論がなされたと感じた。

謝辞

当日の報告はニュースレター 7月号に任せると書いたが、ただ一点、当日は、立ち見も出るほどの盛況であったことだけ報告させて頂く。これは事前告知等に尽力して頂いた地震工学会事務局をはじめとする関係の皆様のおかげである。 5月末で退職された事務局の鴫原氏には、本イベントが6月の開催であったにも関わらず駆けつけて頂くなどご尽力頂いた。紙面を借りて謝意を表させて頂きたい。

参考文献

1) 東日本大震災合同調査報告共通編1「地震・地震動」日本地震工学会, 2014.
2) 東日本大震災合同調査報告共通編2「津波の特性と被害」, 土木学会, 2014.
3) 東日本大震災合同調査報告共通編3「地盤災害」,地盤工学会, 2014.

第５回震災対策技術展（宮城）併催セミナー
「次の津波からどう逃げるか」－渋滞リスクを減らす－開催報告

村上 ひとみ
●山口大学理工学研究科

１．はじめに

毎年8月に仙台市で開催される震災対策技術展には、多くの企業や防災機関が出展し、セミナーが開催される。そこで、本学会「津波などの突発大災害からの避難の課題と対策に関する研究委員会」の主催により、セミナーを開催した。

・日時：2014年8月7日(木)　14：45 ～ 16：15
・場所：ＡＥＲビル　　仙台市青葉区中央１丁目3-1
・テーマ：「次の津波からどう逃げるか」－渋滞リスクを減らす作戦を考える－
・司会：佐藤翔輔先生（東北大学災害科学国際研究所・助教）

開催主旨は以下のとおりである。将来起こりうる宮城県沖地震や三陸沖地震、南海トラフ地震の津波に備えて、車の利用の是非やその危険度、利用条件について、市町村やコミュニティで様々な議論がなされている。仙台平野部でも遠くの高台を目指して車で避難するより、近くの学校など堅牢な建物に避難して助かったコミュニティがある。建物避難を可能にする事前の備えで大切なこと、学校防災への教訓を含め紹介する。

２．講演内容

■講演１：３．１１の津波避難は成功したのか？－学校防災の教訓と未来に向けて―

講師　瀬尾 和大　（宮城教育大学 教育復興支援センター・特任教授、東京工業大学名誉教授）

津波被災地域において、小学校や中学校の校舎は避難場所として期待されている。しかし事前に何の申し合わせもなく、突然に被災者が学校に押し寄せるような場合を想像してみると、学校側ではどのように対応したら良いのか、相当に困難な問題が発生するのではないだろうか。そもそも、学校が津波災害に対して安全な場所なのかどうか、津波防災の専門家でもない学校の教職員に、その重要な判断を委ねること自体に根本的な問題はないだろうか。実際、東日本大震災での事例を調べてみると、結果的に避難行動がうまくできた学校とそうでなかった学校とでは、社会からの評価に大きな違いが現われているようである。しかし本当にそれで良いのだろうか。実のところ、避難行動がうまくできた学校とそうでなかった学校との間には、それほど大きな違いはなく、その差は紙一重だったのではないだろうか。宮城県内の小中学校について、地理的条件、浸水深さ、地域の昼間人口犠牲者率と現地でのヒアリングを重ね合わせ、再考してみる。

写真１　瀬尾先生の講演

■講演２：自転車避難のポテンシャルとその利点、活用条件を考える

講師　村上ひとみ（山口大学大学院 環境共生系専攻・准教授）

名取市や石巻市の津波避難調査を踏まえて、徒歩と自動車に次ぐ第三の選択肢としての、自転車避難のポテンシャルについて、その可能性、利用条件を紹介する。自転車はリアス部より平野部で利用率がやや高く、避難開始が早い、道路の段差など障害に強い利点がみられる。数十年に一度の稀な災害時だけ、避難に特別な移動手段を使うことは困難であり、日常の延長に突然の災害がやってくる。都市でも町村部でも高齢化がすすみ、単身世帯が増え、災害時要援護者（避難行動要支援者）の避難が重大な課題となっている。平常から自転車利用を促進することで、健常度を保ち、自律的に避難できる体力を養う効果も期待できる。車に頼りすぎない持続可能な復興まちづくりの中で、車道の自転車レーン整備についても議論したい。

３．来聴者の反応

参加者は47名と会場がほぼ満席となり、津波避難と車対策への関心の高さが強く感じられた。主な質疑は下記のとおりである。

・自動車避難を抑制するために住民にどう啓発すればよいか？⇒徒歩や自転車の確実性（避難先まで何分かかる見込みと達成確率）に比べ、自動車はリスクが高いこと（渋滞や道路閉塞があれば、津波襲来までに逃げられないリスク）をもっと説明すべきと思う。
・岩沼市では避難訓練に自転車を活用しており、良い事例だ。
・復興都市整備に自転車レーンを導入する際、復興庁にどう申請すれば予算がとおるか、アドバイスを。避難路の拡充など、従来の市街地整備に復興予算が認められず、被災地は苦労している。⇒復興予算に詳しくないが、道路断面の配分で十分工夫できる。歩道ばかり広くして自転車歩行者道に自転車を混在させず、車道に自転車レーンを設けるのが早道。

セミナーの後、仙台市消防局の方から、仙台港付近大型商業地区ではピーク時3000台の車が集まり、車避難の抑止が難しい、住民避難に自転車を活用することは検討の余地がある等のコメントを頂いた。

謝辞

企画支援頂いた後藤洋三先生（東京大学）、山城彰彦氏（震災対策技術展事務局）、講演いただいた瀬尾和大先生（宮城教育大学）に感謝します。

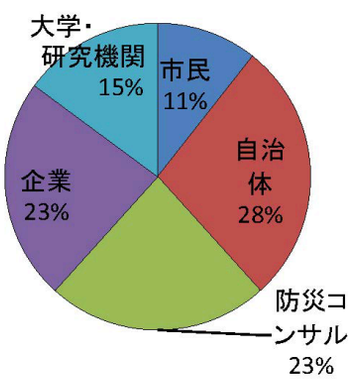


図１　セミナー参加者47名の所属

写真２　セミナー会場

写真３　震災対策技術展の様子

本学会に関する詳細はWeb上で

日本地震工学会とは

日本地震工学会は、建築、土木、地盤、地震、機械等の個別分野ではなく、地震工学としてまとまった活動を行うための学会として2001年1月1日に発足しました。その目的は、地震工学の進歩および地震防災事業の発展を支援し、もって学術文化と技術の進歩と地震災害の防止と軽減に寄与することにあります。

ぜひ、皆様も会員に

本会では、これまでに耐震工学に関わってきた人々は勿論のこと、行政や公益事業に関わる人々、あるいは地域計画や心理学などの人文・社会科学に関する研究者、さらには医療関係者など、地震による災害に関わりのある分野の方々を対象とし、会員（正会員、学生会員、法人会員）を募集しています。本会の会員になることで、各種学会活動、日本地震工学会「JAEE NEWS」のメール配信、地震工学論文集への投稿・発表・ホームページ上での閲覧、講習会等の会員割引など、多くの特典があります。ぜひ皆様も会員に、ホームページからお申込みください。

「学会の動き」欄は、下記のホームページでご覧いただくことにしました。
日本地震工学会の会則、学会組織、役員、行事、委員会活動、出版物の在庫案内など最近の活動状況などの詳しい情報はホームページをご覧下さい。ホームページには、学会の情報の他に、最新の地震情報、日本地震工学会論文集など多くの情報が掲載されています。ぜひご活用ください。

入会方法や入会後の会員情報変更の詳細は本会ホームページ中の「会員ページ」に記載されています。

日本地震工学会ホームページ　http://www.jaee.gr.jp/
会員ページ　http://www.jaee.gr.jp/members.html

会誌への原稿投稿のお願い

日本地震工学会会誌では、「地域での地震防災に関する話題」、「地震工学に関連した各種学術会議・国際学会等への参加報告」、「興味深い実験や技術の紹介」、「当学会や会誌への要望や意見」等に関して、皆様からの原稿を募集しております。なお、投稿原稿は原則として未発表のものに限ります。また、「速報性を重視する内容（原則として年3回の発行であるため）」、「ごく限られた会員のみに関係する内容」、「特定の商品等の宣伝色が濃いもの」はご遠慮下さい。

投稿内容、投稿資格、原稿の書き方・提出方法等の詳細は、本会ホームページ中の「投稿・応募ページ」よりご確認頂けます。

日本地震工学会ホームページ　投稿・応募ページ　http://www.jaee.gr.jp/contribution.html

問い合わせ先

不明な点は、氏名・連絡先を明記の上、下記までお問い合わせ下さい。

日本地震工学会　事務局　〒108-0014 東京都港区芝5-26-20 建築会館
TEL : 03-5730-2831　FAX : 03-5730-2830　電子メールアドレス: office@general.jaee.gr.jp

編集後記：

本紙の編集作業のちょうど佳境であった9月27日に、御嶽山噴火のニュースが飛び込んできました。編集後記を執筆している今現在、2次災害に警戒しながら、行方不明者の懸命な捜索活動が続けられています。火山活動による災害の死者数は雲仙普賢岳の噴火を上回り、戦後最悪の惨事と報じられています。亡くなった方々のご冥福をお祈りいたします。

広く地震を扱う日本地震工学会の会員の皆様にとって、火山活動による災害や、さらには8月に豪雨によって引き起こされた広島の土砂災害には、直接的あるいは間接的には何らかの関係があり、関心を寄せられていたと思われます。特集で竹内氏にご執筆いただいた「新潟地震当日を振り返って」の記事において、『いつ終わるかわからない液状化の発生はこれまでの火災を念頭に置いていた防災訓練が全く役に立たないほどでした』という一文がありましたが、見聞きしたこともない災害に対して、防災の意識をもつことは非常に困難です。地域の特性も考慮しながら、様々なシナリオを想定した防災訓練を実施することは非常に大切であると思いました。また、本紙の特集のタイトルである「過去に学び、未来に備える」ことの重要性も、改めて認識しました。

末筆ではございますが、お忙しい中、本誌の記事をご執筆いただいた著者のみなさま、校正作業にご協力いただいた編集委員会のみなさまや関係各位に厚く御礼申し上げます。

山崎　義弘（東京工業大学）

会誌編集委員会

委員長	久田　嘉章	工学院大学
幹　事	山崎　義弘	東京工業大学
幹　事	上田　恭平	鉄道総合技術研究所
幹　事	山口　　亮	損害保険料率算出機構
委　員	井上　修作	竹中工務店
委　員	桜井　朋樹	新エネルギー・産業技術総合開発機構
委　員	佐藤　　健	東北大学
委　員	高橋　郁夫	清水建設
委　員	平井　　敬	名古屋大学
委　員	松岡　昌志	東京工業大学
委　員	松本　浩幸	海洋研究開発機構
委　員	渡壁　智祥	日本原子力研究開発機構

日本地震工学会誌　第23号　Bulletin of JAEE　No.23

2014年10月30日発行（年３回発行）
編集・発行　公益社団法人 日本地震工学会
〒108－0014　東京都港区芝５－２６－２０　建築会館
TEL　03－5730－2831　FAX　03－5730－2830

©Japan Association for Earthquake Engineering 2014
本誌に掲載されたすべての記事内容は、日本地震工学会の許可なく転載・複写することはできません。
Printed in Japan