日本地震工学会誌

Bulletin of JAEE

No.47

Oct.2022

特　集：2022 年 3 月福島県沖の地震と地震防災の課題

JAEE

https://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 47 号 2022 年 10 月）

Bulletin of JAEE（No.47 Oct.2022）

INDEX

巻頭言：

特集「2022年3月福島県沖の地震と地震防災の課題」について／入江さやか、宮津　裕次 …… 1

特集：2022年3月福島県沖の地震と地震防災の課題

2022年福島県沖の地震の発生背景と地震ハザードの時間変化／遠田　晋次 …… 2
強震観測点周辺の被害調査と発生した地震動の性質
／汐満　将史、中澤　駿佑、境　有紀、江口　直希、藤田　雄大 …… 6
橋梁・高架橋の被害／植村　佳大、井上　和真 …… 10
2022年の福島県沖地震による港湾施設とその周辺の被害／志賀　正崇 …… 14
2022年3月福島県沖地震後の電力需給ひっ迫警報の発令について／浅野　浩志 …… 18
2022年福島県沖の地震等のBCP改善の教訓／丸谷　浩明 …… 22
COVID-19対策を踏まえた災害時避難の知恵と現状／千葉　洋平、佐野　浩彬 …… 26

学会ニュース：

オンライン講習会「第2回 機械学習・深層学習のプログラミング講習と
地震工学での事例紹介」の報告／肥田　剛典 …… 30
「津波荷重の評価技術と体系化の心得に関する研究委員会」成果報告会／有川　太郎 …… 32

お知らせ：

お知らせ …… 34
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／登録メールアドレスご確認のお願い
／ JAEE Newsletter 第11巻 第3号（通算第34号）が2022年12月下旬に発刊されます／問い合わせ先

編集後記

◇本学会誌は、Web上でカラーでご覧いただけます（発行から1年間は会員への限定公開）。

巻頭言

特集「2022年3月福島県沖の地震と地震防災の課題」について

入江さやか　／宮津　裕次
●松本大学 教授／会誌編集委員 幹事　●東京理科大学 准教授／会誌編集委員 幹事

2022年3月16日午後11時36分、福島県沖を震源とするマグニチュード7.4の地震が発生し、福島県相馬市・南相馬市・国見町と宮城県登米市・蔵王町で震度6強を観測した。この地震で、住家111棟が全壊、1,285棟が半壊し、3人が亡くなった[1)]。東北新幹線が福島駅と白石蔵王駅の間で脱線したほか、各地の橋梁や高架橋、港湾などにも被害がみられた[2)]。また、関東・東北地方で運転中の火力発電所11か所（14基）、水力発電所25か所が停止したことにより、東京電力と東北電力管内で最大約220万戸が停電した[3)]。発電所の復旧の途上、東日本に寒波が襲来し、電力の大幅な供給力の不足が見込まれたことから、資源エネルギー庁は3月21日に東京電力管内の1都8県に初の「電力需給ひっ迫警報」を発表した。福島県沖の地震は、地震動による建築物や構造物への直接的な被害だけでなく、電力供給停止による間接的な影響など地震防災をめぐるさまざまな課題を浮き彫りにした。

本特集では、福島県沖の地震とその被害や影響について、地震学、地震工学の枠を越え、多彩なメンバーにご執筆をお願いした。

まず、東北大学の遠田晋次先生には、地震学の観点から、今回の地震と2011年東北地方太平洋沖地震前後の地震活動との関係、時間変化にともなう地震ハザード評価のあり方について解説していただいた。

山形大学の汐満将史先生、宇都宮大学の中澤駿佑先生、京都大学の境有紀先生のチームには、震度6強・6弱を観測した強震観測点周辺の被害調査の結果と、得られた今回の地震動の特徴について報告していただいた。今回被害を受けた橋梁・高架橋を調査された京都大学の植村佳大先生と群馬工業高等専門学校の井上和真先生からは、豊富な写真とともに、過去の地震の補修痕のある横梁で多くの被害が確認されたことをご報告いただいた。東京大学の志賀正崇先生には、港湾施設やその周辺の被害について現地調査と事後調査の結果を報告していただいた。

岐阜大学の浅野浩志先生からは、初の「電力需給ひっ迫警報」発令の原因と背景について電力需給システムの観点からの解説を寄せていただいた。東北大学の丸谷浩明先生には、今回の地震と2021年の福島県沖の地震から得られる企業のBCP（Business Continuity Plan）の教訓について論じていただいた。

また、今回の地震は新型コロナウィルス感染症（COVID-19）が拡大している状況下で発生した。感染症対応に配慮した災害時避難の現状について、防災科学技術研究所の千葉洋平氏、佐野浩彬氏に報告いただいた。

日本地震工学会誌で特定の地震に関して特集を組むのは、2016年熊本地震（第29号）以来である。ハード・ソフト両面からの考察は、多様な分野の研究者・実務者からなる日本地震工学会ならではの特集といえるのではないだろうか。皆様にぜひご一読いただければ幸いである。

最後に、ご多忙中にも関わらず原稿をお寄せいただいた執筆者の皆さまに、会誌編集委員会を代表して感謝の意を表したい。

参考文献

1) 内閣府「福島県沖を震源とする地震に係る被害状況等について」https://www.bousai.go.jp/updates/r4fukushima_eq_0317/pdf/r4fukushima_eq_0317_08.pdf
2) 国土交通省「福島沖を震源とする地震について」https://www.mlit.go.jp/saigai/saigai_220316.html
3) 経済産業省電気設備自然災害対策WG「福島県沖地震の被害状況と 当WGにおける検討のポイント」https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/denki_setsubi/pdf/015_01_00.pdf

入江さやか（いりえ さやか）
1987年一橋大学社会学部卒業。修士（社会情報学）。読売新聞社、米・スタンフォード大学を経て2000年にNHKに入局。報道局記者、放送文化研究所上級研究員などを務める。2022年4月より現職。今年度より日本地震工学会理事（広報）。専門は災害報道・災害情報。

宮津 裕次（みやづ ゆうじ）
2005年早稲田大学理工学部建築学科卒業。博士（工学）。早稲田大学助手、同大学理工学研究所次席研究員、広島大学助教、東京理科大学講師を経て2022年より現職。専門は、建築分野における木質構造、制振・免震構造、耐震工学など。

2022年福島県沖の地震の発生背景と地震ハザードの時間変化

遠田　晋次
●東北大学災害科学国際研究所 教授

1．はじめに

2022年（令和4年）3月16日に発生した福島県沖の地震（マグニチュードM7.4、図1、以下、2022年福島県沖地震）では、宮城県登米市、蔵王町、福島県国見町、相馬市、南相馬市で最大震度6強を観測し[1]、福島県および宮城県の太平洋岸沿いを中心に、死者3名、負傷者247名などの人的被害と49,624件の住宅被害などをもたらした[2]。また、この地震で東北新幹線が脱線し、架線、高架橋の被害などもあって復旧に約1ヵ月を要するなど、生活インフラにも多くの被害が生じた。

同地震の発震機構は西北西―東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、震源の位置、57kmという深さから沈み込む太平洋プレート内上部で発生した地震、いわゆるスラブ内地震とみられる（図2）。

約13ヵ月前の2021年2月13日にも、ほぼ同規模の福島県沖の地震（以下、2021年福島県沖地震、M7.3）が発生し、この時にも宮城県蔵王町、福島県国見町、相馬市、新地町で最大震度6強を観測した。2022年地震は、その記憶が鮮明な状況での同様の地震であった。

本稿では、2022年福島県沖地震の発生に至った地震活動、特に2011年東北地方太平洋沖地震（M9、以下、東北沖地震）前後の地震活動の変化を概説し、同地震を東北沖地震以降の一連の活動の1つとして位置づける。また、このような続発するスラブ内地震を受け、地震ハザードの時間変化の重要性を強調したい。

2．東北沖地震後の3つのスラブ内大地震

宮城県沖から福島県沖では、今回の2022年福島県沖地震を含め、東北沖地震以降わずか11年ほどで、3つのM7以上のスラブ内地震が発生した（図1）。これらの地震は、陸に近い海域の50-70kmの深さを震源とし、北北東もしくは北東走向の逆断層である。このようなスラブ内地震は、いわゆる海溝型地震の1つであるが（図2）、沿岸域への震源距離が最短50kmほどとなり、地盤増幅率の高い地域では震度6弱以上の強震に見舞われるのが特徴である。

3つのスラブ内地震の震度分布を比較すると（図3）、沿岸都市への震源距離は3つともほぼ変化がなく震度6弱以上の地域が南北100～150kmの範囲に広がる。一方で、震源断層の南北方向の移動によって、その範囲が移り変わっている。全体としては、地震規模を反映してか、2022年福島県沖地震が最大で、今回の福島県太平洋側の震度や構造物被害は、2011年東北沖地震時を上回る[5]。

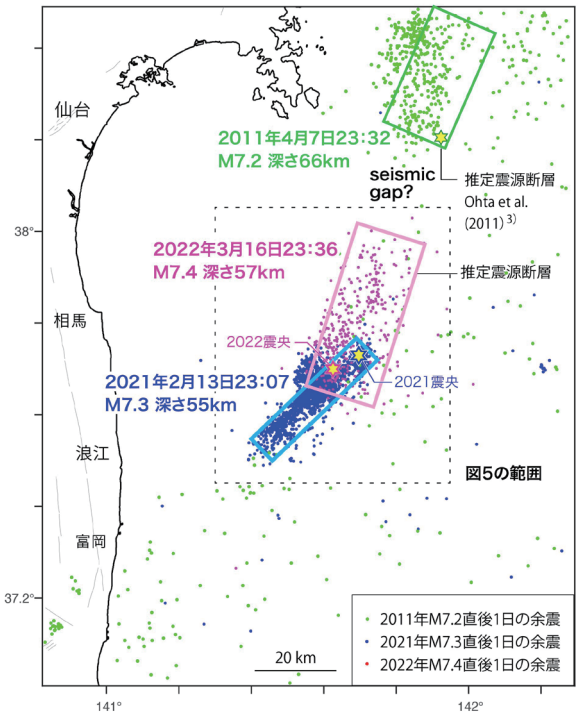


図1　2011年東北沖地震後に発生した3つのM7級スラブ内地震の推定震源断層[3]と直後の余震分布

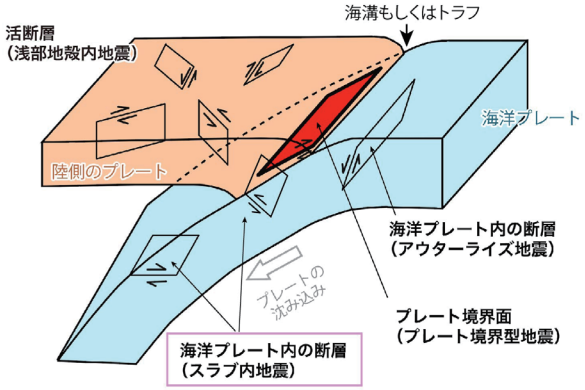


図2　日本列島で発生する大地震のタイプ。（地震調査研究推進本部、2009[4]に加筆）

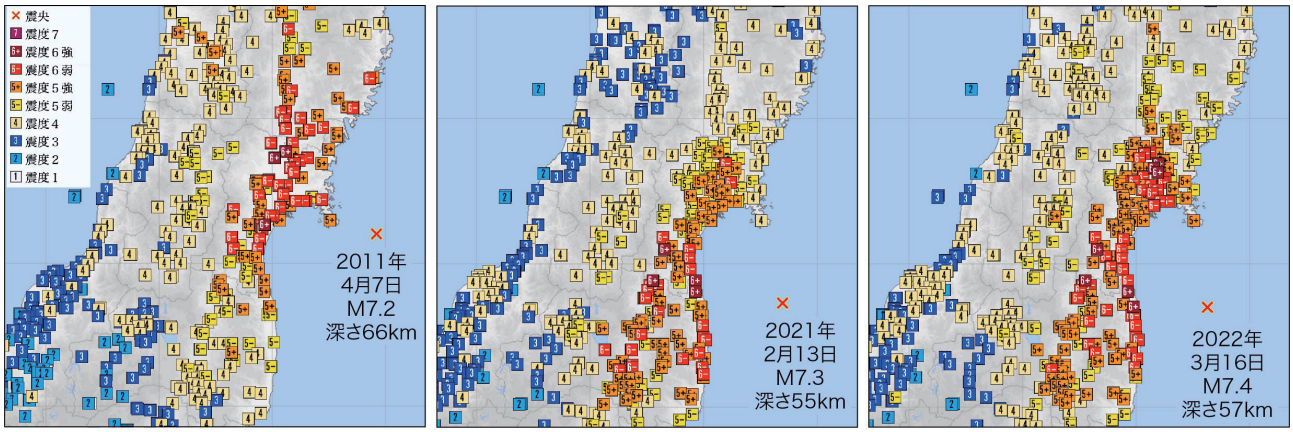


図３　2011年東北沖地震後に発生した3つのスラブ内地震による震度分布（気象庁震度データベース[6]に加筆）

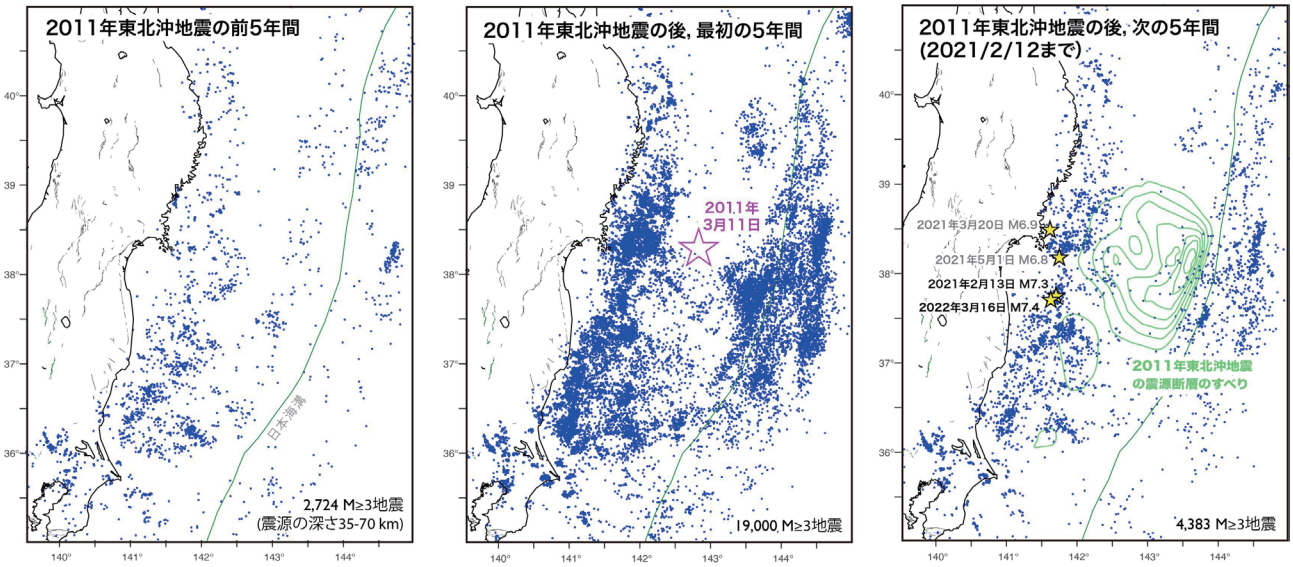


図４　2011年東北沖地震前後の地震活動。深さ35-70kmのM3以上の震央分布。右図中の星印は2021年以降のM6.8以上の地震。気象庁一元化震源を使用。

３．東北沖地震の広域余震活動とスラブ内地震

なぜスラブ内地震が狭い地域に短期間に集中的に発生したのか。その答えの1つは、2011年東北沖地震前後の地震活動の変化、東北沖地震の余震継続期間の地域性にある。

図4には、東北沖地震の前5年、同地震後をさらに前半5年（2011年3月11日～2016年3月10日）と後半約5年（2016年3月11日～2021年2月12日、2021年福島県沖地震直前まで）に2分割した3期間に区切ってM3以上の深さ35km～70kmの震央を示した。

東北沖地震前（図4左側）には、震央分布の空間不均質性は小さかったが、M9本震後に本震震源断層を含め広域で余震活動が活発化した（図4中央）。その後、後半5年間の地震活動は、本震前に比べても震源域中心部で静穏化し、周辺域で活発な状態が続いている（図4右側）。東北沖地震の大すべり域[7]（図4右側の等高線）を取り囲むように、その後の余震活動が長期化していることがわかる。特に、(1) 陸に近い海域、(2) 日本海溝軸とその東側、この2地域でそれぞれ南北帯状に活動が活発である。図4右側の星印は、2021年2月13日以降のM≥6.8地震を示すが、2021年福島県沖地震、2022年福島県沖地震のスラブ内地震のみならず、プレート境界型の2021年3月20日宮城県沖の地震（M6.9、深さ59km）、2021年5月1日宮城県沖の地震（M6.8、深さ51km）も (1) の活動域で発生した。

Toda and Stein (2022) [8] は、東北沖地震の余震活動の広がりと地域毎の減衰傾向について詳細に調べ、本震前約13年間と比較して「地震活動度変化」としてマッピングしている。その結果、図4と同様、最近5年間の地震活動は震源断層の中心部（大きくズレ動いた部分）で本震前よりも顕著に低く、それを取り巻く青森東方沖～房総半島沖で高い状態が続いていることを明らかにした。後者には、スラブ内地震、日本海溝付近から沖合のアウターライズ地震（図2）なども含まれる。

このような時空間パターンは東北沖地震の本震による応力伝播モデルで再現でき、中心部の静穏化は百年以上、周辺域の活発化は数十年以上続くと指摘している。データの質・量ともに落ちるものの、同様の傾向は他の超巨大地震にも認められる共通の特徴とされる。図4右側の地震活動の空間傾向は今後も長期間継続する可能性が高い。

4．2021年地震の「余震」としての2022年地震

2022年福島県沖地震の破壊開始点は、2021年福島県沖地震の余震域内にあり、両者の震源はわずか7.5kmしか離れていない（図1）。縮尺の小さなマップでは両者の震央は重なる。典型的な「双子地震（earthquake doublet）」ともいえ、世界中で同様な事例が多く報告されている[9]。

しかし、2022年地震は震源から北方へ破壊が広がり、これとは対称的に2021年地震では主として南西へ破壊が進展した。余震分布や陸域地殻変動[10]から、両断層とも南東傾斜の逆断層と推定され、1つの断層帯での部分破壊が遅れて生じたとみることもできる。スケールこそ異なるが、1944年12月7日東南海地震（M7.9）と1946年12月21日南海地震（M8.0）の関係に相当する。

先行する2021年地震の余震域から2022年地震の動きが始まったという点では、2016年熊本地震（4月14日M6.5、28時間後の4月16日M7.3）にも似ている。さらに、2022年本震の約2分前には、本震震央の南西2.3km、深さも同じ57kmでM6.1の地震が発生した（宮城県石巻市、福島県相馬市で最大震度5弱）。このM6.1地震を前兆としての「前震」と解釈することも可能であるが、むしろこの地震が本震の直接の引き金となった可能性が高い。

図5には、2021年と2022年震源域での、M3以上の地震発生の時系列を示した。前節でも記したように、東北沖地震によって常時地震活動が励起され、その活発な地震活動の中で2021年福島県沖地震が発生し、さらに地震活動がブーストされたことがわかる。2021年地震を東北沖地震の余震とするならば、2021年2月13日以降の地震活動は東北沖地震の二次余震ともみなせる。区別困難ではあるが、現実的には、三次余震、四次余震と連鎖・伝播（Epidemic Type Aftershock-Sequence, ETAS [11]）していき、全体として総余震数を増やすとともに、東北沖地震の余震継続期間を延ばすことにもつながる。

以上のことから、2022年福島県沖地震は2021年福島県沖地震の「余震」の1つと考えることもでき、2011年東北沖地震と2021年福島県沖地震の相乗効果の現れとみることができる。なお、厄介なことにプレート間地震の余震に比べ、スラブ内地震やアウターライズ地震などプレート内の余震活動・誘発地震活動は数十年規模で長期化する[12]。したがって、2011年東北沖地震の影響に加えて、これらのM7スラブ内地震群の余震活動も周辺海域のM7、M8地震発生に影響を与えると考えられる。

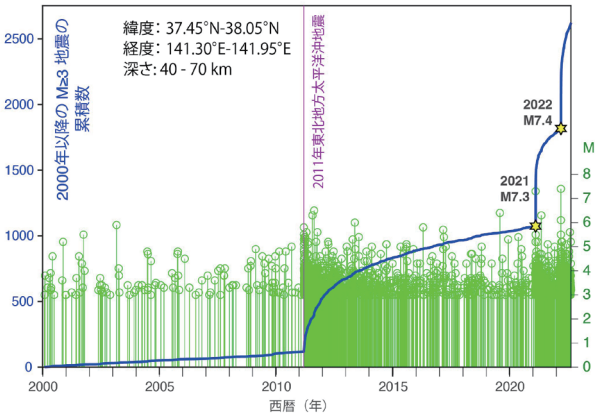


図５　2021-2022年福島県沖地震の余震域周辺の地震活動の時系列。該当範囲は図1を参照。

5. おわりに（地震ハザード評価の観点から）

地震本部（2021）[13]は、「次の青森県東方沖及び岩手県沖北部から茨城県沖にかけての沈み込んだプレート内の地震の発生確率等」について、今後10年以内の発生確率を30～40％と試算している。この値は、1923年から2011年3月11日（東北沖地震本震）までの約88年間にM7.0以上の地震が3～4回発生した事実を踏まえ、発生頻度を22.0～29.4年に1回と判断したことに基づく。この確率値は青森県東方～茨城県沖にかけての広い範囲であることから、図1に示すような宮城県沖・福島県沖に限るとこの値よりも低くなる。この評価は、東北沖地震後11年間に3地震というハイペースと矛盾し、早急な見直しが求められる。なお、同評価では、「東北地方太平洋沖地震以降、当該地震が高い頻度で発生していることから、発生確率はより高い可能性がある。」との注意書きは記されている。

このように、すでに震度6強を短期間で3回被った宮城県ではあるが、東北沖地震の影響の長期化を考えると、M7級スラブ内地震の可能性は依然高い。東北沖地震後の3つのスラブ内地震震源域を並べると、2022年震源断層と2011年震源断層間にギャップがみられる（図1）。プレート境界や長大な活断層系と異なり、スラブ内の断裂が100km以上も連続するとは限らないが、地震空白域仮説（seismic gap hypothesis）[14]に基づくと要注意の海域と考えられる。

加えて、より仙台湾に近いスラブ内地震も想定しておく必要がある。現在検討が進んでいる宮城県第五次地震被害想定調査[15]では、より仙台湾に近いM7.5のスラブ内地震を想定地震の1つにしている。その結果、全体として2022年地震よりも震度が大きくなり、一部

地域は震度7となる計算結果が示されている。

ところで、今回の2022年福島県沖地震では、仙台城跡の石垣が複数個所で崩落した。東北沖地震でも石垣の崩落や変形被害が発生し、修復に4年かかっている。1601年に伊達政宗によって築城された仙台城は、これまで数々の大地震を経験しており、仙台湾を襲った津波被害などとともに、多くの歴史地震を記録してきた。いわゆる「宮城県沖地震（M7.4程度）」の発生評価にも仙台城被害の記録が深く関与してきたが、これまでの歴史地震のほとんどがプレート間（プレート境界型）地震との仮定で評価されている。想定に反して超巨大地震となった2011年東北沖地震の反省もあり、宮城県沖地震の再評価の向きはあるが、あらためてスラブ内地震の可能性も含めた歴史記録の見直しは重要である。平均37年間隔で繰り返し発生してきたという宮城県沖地震の再評価だけではなく、スラブ内地震、アウターライズ地震など、他の海溝型地震も含めた総合的な地震ハザード評価を充実させていく必要があろう。

いずれにせよ、地震ハザードは近傍での巨大地震・大地震の発生などを受けて、中長期的にも変化する。今回の2022年福島県沖地震など一連のスラブ内地震や東北沖地震の長引く影響などを鑑みると、宮城県・福島県の地震ハザードの見直しは差し迫った課題といえる。

謝辞：地震活動の解析には、気象庁一元化震源データ（一部暫定値、2022年8月28日時点）を用いた。

参考文献

1) 気象庁：令和4年3月16日23時36分頃の福島県沖の地震について、https://www.jma.go.jp/jma/press/2203/17a/202203170130.html, 2022.
2) 消防庁応急対策室：福島県沖を震源とする地震による被害及び消防機関等の対応状況（第22報）、https://www.fdma.go.jp/disaster/info/items/8f74dec5859b361472306c115a2ffbdd05386806.pdf、2022.
3) Ohta, Y., Miura, S., Kita, S., Iinuma, T., Demachi, T. Tachibana, K., Nakayama, T., Hirahara, S., Suzuki, S., Sato, T., Uchida, N., Hasegawa, A., and Umino, N. : Large intraslab earthquake (2011 April 7, M 7.1) after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (M9.0): Coseismic fault model beased on the dense GPS network data, Earth Planets Space, 63, 1207-1211, 2011.
4) 地震調査研究推進本部：「日本の地震活動–被害地震からみた地域別の特徴–＜第2版＞」、https://www.jishin.go.jp/resource/seismicity_japan/、2009.
5) 柴山明寛、森口周二、大野晋、佐藤健、令和4年3月16日23時36分頃福島県沖の地震、現地調査報告、https://irides.tohoku.ac.jp/media/files/earthquake/eq/20220316_fukushima_eq/20220316fks-eq_shibayama.pdf, 2022.
6) 気象庁：震度データベース検索、https://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.html, 2022.
7) Iinuma, T., Hino, R., Kido, M., Inazu, D., Osada, Y., Ito, Y., Ohzono, M., Tsushima, H., Suzuki, S., Fujimoto, H., and Miura, S.: Coseismic slip distribution of the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake (M9.0) refined by means of seafloor geodetic data, J. Geophys. Res., doi: 101029/2012JB009186, 2012.
8) Toda, S. and Stein, R. S. : Central shutdown and surrounding activation of aftershocks from megathrust earthquake stress transfer, Nature Geoscience, doi:10.1038/s41561-022-00954-x, 2022.
9) Kagan, Y. Y., and D. D. Jackson : Worldwide doublets of large shallow earthquakes, Bull. Seismol. Soc. Am., 89, 1147–1155, 1999.
10) 国土地理院：2021年2月13日福島県沖の地震の震源断層モデル、地震予知連絡会会報,106, 117, 2021.
11) Ogata, Y. : Statistical models for earthquake occurrences and residual analysis for point processes, J. Amer. Statist. Assoc., 83, 401, 9-27, 1988.
12) 遠田晋次：余震はいつまで続くか、地震ジャーナル、70、11-19、2020.
13) 地震調査研究推進本部：日本海溝沿いの地震活動の長期評価（令和3年16日訂正版）https://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou_pdf/japan_trench.pdf, 2021.
14) Sykes, L. R.: Aftershock zones of great earthquakes, seismicity gaps, and earthquake prediction for Alaska and the Aleutians, J. Geophys. Res., 76, 8021-8041, 1971.
15) 宮城県：第五次地震被害想定調査、資料2 地震動・津波計算について（その2）、https://www.pref.miyagi.jp/documents/31407/05sirryou-2-2-3.pdf, 2022.

遠田 晋次（とおだ しんじ）

1989年鹿児島大学理学部卒業、1991年東北大学大学院理学研究科前期博士課程卒業（修士）、（財）電力中央研究所、東京大学地震研究所助手、（独）産業技術総合研究所活断層研究センター研究員、京都大学防災研究所准教授を経て2012年10月より現職。博士（理学）、専門分野は地震地質学。

強震観測点周辺の被害調査と発生した地震動の性質

汐満　将史／中澤　駿佑　／境　有紀　／江口　直希　／藤田　雄大
●山形大学 助教　●宇都宮大学 助教　●京都大学防災研究所 教授　●山形大学大学院 大学院生　●京都大学大学院 大学院生

1．はじめに

2022年3月16日に発生した福島県沖の地震では、最大震度6強の強い揺れが観測された。そこで筆者らは、調査検討時点で震度情報が得られている観測点を対象として、震度6弱を記録した一部、震度6強を記録したすべての強震観測点周辺の被害調査を行った。本稿では、被害調査結果と、発生した地震動の性質との対応性について述べる。

2．被害調査の概要

2．1調査を行った観測点

今回の地震では、震度6弱以上を記録した観測点が58点と多く、すべてを調査するのが困難なため、観測点の絞り込みを行った。具体的には、

・震度6強を記録したすべての観測点
・震度6弱を記録した観測点のうち、強震記録が調査検討時点で既に公開されていた、かつ、周辺に建物が多く（80棟以上）存在している

とした。その結果、調査を行ったのは震度6強10点、震度6弱8点の計18点である。調査を行った観測点の位置図を図1に示す。

2．2被害調査の方法

調査範囲は強震観測点から半径200m以内とし、範囲内のすべての建物について、外観から被害レベル（全壊[1]・大破[2]という大きな被害のみ）、構造種別（木造、非木造）を判定した。例として、K-NET相馬周辺の建物分布図を図2に示す。なお、寺社、倉庫、蔵などや地盤被害、基礎の被害を受けた建物は対象外とし、建物棟数と被害棟数にはカウントせず、建物分布図にも記載していない。つまり、調査範囲内の寺社や倉庫などを除くすべての建物の、振動による上部構造の被害を対象とした。定量的な被害データは建物のみであるが、地盤等の建物以外の被害についても調査、記録は行った。

3．被害調査結果

3．1観測点周辺の様子

ここでは紙面の都合上、震度6強を記録した一部の観測点周辺の様子を記す。その他の観測点については、ウェブサイト[3]に公開しているため、そちらを参照されたい。なお、いくつかの観測点は昨年の2021年2月13日に発生した福島県沖の地震においても調査を行っている[4]。

図１　調査した観測点の位置図

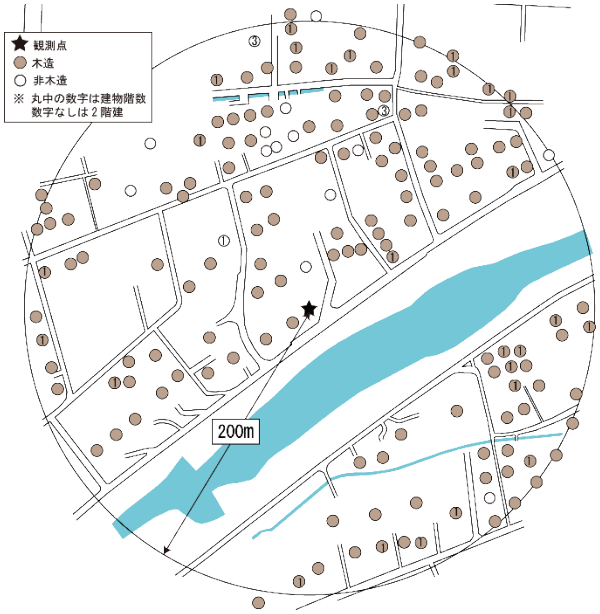


図２　建物分布図の例（K-NET相馬）

(1) 登米市迫町震度計

観測点は、登米市役所の側にある登米市迫保健センター（写真1）の入口前の広場に設置されている（写真

写真１　登米市迫保健センター

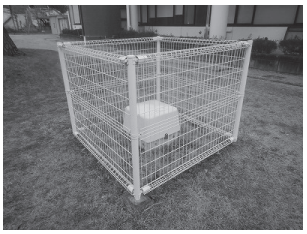


写真２　登米市迫町震度計

写真３　周辺の様子

写真４　外壁の被害

2)。周辺は住宅や店舗が並び（写真3）、外壁の被害（写真4）、ポンプ室の傾斜、舗装の被害は見られたが、全壊・大破といった大きな被害を受けた建物は見られなかった。

(2) 相馬市中村震度計（2021年2月の地震でも調査）

観測点は相馬市役所（写真5）の駐車場内の一角に設置されている（写真6）。市役所建物周辺の舗装タイルに被害（写真7）が見られたが、これは市役所建物が免震構造のため、免震層の変形が原因と考えられる。周辺（写真8）には約150棟の建物があり、瓦屋根の被害（写真9）、外壁の被害（写真10）、建物以外ではブロック塀の被害などが見られたが、全壊・大破といった大きな被害を受けた建物は見られなかった。

(3) K-NET相馬（2021年2月の地震でも調査）

観測点は相馬市役所から南に約280mの所にある川原町児童センター（写真11）の敷地内に設置されており、南に高さ約2mの擁壁がある（写真12）。範囲の一部は相馬市中村震度計と重複している。周辺（写真13）では外壁の被害（写真14）、瓦屋根の被害、建物以外では墓石の転倒、石積みの塀の被害、舗装の被害などが見られたが、全壊・大破といった大きな被害を受けた建物は見られなかった。

(4) 南相馬市鹿島区西町震度計

観測点は南相馬市鹿島区役所（写真15）の入り口に設置されており（写真16）、周りは土が盛られている。周辺には約120棟の建物があり（写真17）、土壁の被害（写真18）、瓦屋根、ガラス、外壁の被害などが見られ

写真５　相馬市役所

写真６　相馬市中村震度計

写真７　相馬市役所外周の舗装タイルの被害

写真８　周辺の様子

写真９　瓦屋根の被害

写真10　外壁の被害

写真11　川原町児童センター

写真12　K-NET相馬

写真13　周辺の様子

写真14　外壁の被害

たが、全壊・大破といった大きな被害を受けた建物は見られなかった。

３．２調査結果のまとめ

調査結果を表1に示す。調査の結果、瓦屋根や外壁の被害といった軽微な被害は見られたものの、ここで紹介できなかった観測点周辺も含めて[3)]、全壊・大破といった大きな被害を受けた建物は見られなかった。

４．発生した地震動の性質と被害調査結果との対応性

ここでは、今回の地震で発生した地震動の性質を分析し、被害調査結果との対応性について述べる。表1に執筆時点で波形が公開されている強震記録の地震動強さを、図3に弾性加速度応答スペクトル（水平2方向ベクトル和）を示す。弾性加速度応答スペクトルは、一般的な減衰定数5%の場合を左に、全壊時の履歴減衰を考慮した20%[5]の場合を右に示している。図4には、過去の強震記録として1995年兵庫県南部地震のJR鷹取、2004年新潟県中越地震のJMA小千谷、2011年東北地方太平洋沖地震のK-NET築館（K-NET築館は観測点が移設されたため、今回とは観測位置が異なる）と、今回の地震で得られた強震記録の中で計測震度が最も大きいKiK-net三春と、建物の大きな被害と相関がある周期1-1.5秒の平均加速度応答[5]（以下、1-1.5秒応答）が最も大きいK-NET相馬を合わせて示している。図3より、今回発生した地震動の多くは、震度と相関がある周期0-1秒の短周期[6]の応答が大きい一方、建物の大きな被害と相関がある1-1.5秒応答の大きさは、全壊・大破といった大きな被害を受けた建物が見られなかった2011年東北地方太平洋沖地震のK-NET築館[5]と同程度、もしくはそれ以下である。ただし、K-NET相馬、K-NET石巻、K-NET角田は、1-1.5秒応答がK-NET築館（2011年東北地方太平洋沖地震）よりも大きいが、全壊・大破率が1.2%であった2004年新潟県中越地震JMA小千谷の約7 ～ 9割であることを鑑みると、大きな被害を受けた建物が生じるか生じないかの境界程度の大きさであったと言える。

以上より、今回発生した地震動の多くは、震度と相関がある周期1秒以下の短周期の成分が大きい一方、建物の大きな被害と相関がある周期1-1.5秒の成分は小さかった。そのため、震度6弱以上という震度の大きさにも関わらず、全壊・大破といった大きな被害を受けた建物が見られなかったと考えられる。

５．まとめ

2022年3月16日に発生した福島県沖の地震において、震度6弱を観測した一部、震度6強を観測したすべての強震観測点周辺の建物被害調査を行った。その結果、瓦屋根や外壁の被害といった軽微な建物被害は見られたものの、全壊・大破といった大きな被害を受けた建物は見られなかった。発生した地震動の性質について分析したところ、今回発生した地震動の多くは、震度と相関がある周期1秒以下の短周期の成分が大きい一方、建物の大きな被害と相関がある周期1-1.5秒の成分

写真15　南相馬市鹿島区役所

写真16　南相馬市鹿島区西町震度計

写真17　周辺の様子

写真18　土壁の被害

表１　被害調査結果と地震動強さ

地震名	観測点名	全壊・大破率[%]	木造全壊率[%]	計測震度	PGA※1 [cm/s^2]	PGV※2 [cm/s]	1-1.5秒平均加速度応答 (h:20%)[cm/s^2]
2022年福島県沖の地震	K-NET相馬	0.0	0.0	6.17	744.4	73.2	544.2
	K-NET原町	0.0	0.0	5.59	626.1	36.8	186.6
	K-NET築館	0.0	0.0	5.62	524.0	39.4	212.1
	K-NET石巻	0.0	0.0	5.84	391.8	65.1	512.0
	K-NET角田	0.0	0.0	5.82	396.2	54.5	428.4
	KiK-net三春	0.0	0.0	6.20	767.2	53.7	229.6
	KiK-net山元	0.0	0.0	6.01	993.2	75.2	293.9
	JMA大崎市古川三日町	0.0	0.0	5.62	309.6	44.2	343.1
	JMA南相馬市原町区三島町	0.0	0.0	5.59	646.4	33.9	224.8
	JMA涌谷町新町裏	0.0	0.0	5.51	324.8	41.6	263.5
	JMA田村市船引町	0.0	0.0	5.50	629.0	21.2	80.9
	登米市迫町震度計	0.0	0.0	強震記録未公開			
	登米市南方町震度計	0.0	0.0				
	登米市米山町震度計	0.0	0.0				
	蔵王町円田震度計	0.0	0.0				
	国見町藤田震度計	0.0	0.0				
	相馬市中村震度計	0.0	0.0				
	南相馬市鹿島区西町震度計	0.0	0.0				
1995年兵庫県南部地震	JR鷹取	34.9	59.4	6.48	741.6	157.2	1227.1
2004年新潟県中越地震	JMA小千谷	1.2	1.8	6.34	975.0	93.6	616.0
2011年東北地方太平洋沖地震	K-NET築館	0.0	0.0	6.67	2765.2	105.8	332.1

*1：地動最大加速度（水平2方向ベクトル合成）
*2：地動最大速度（加速度波形に0.1-10Hzのバンドパスフィルタをかけて積分し水平2方向ベクトル合成したものの最大値）

は小さかった。そのため、震度6弱以上という震度の大きさにも関わらず、全壊・大破といった大きな被害を受けた建物が見られなかったと考えられる。

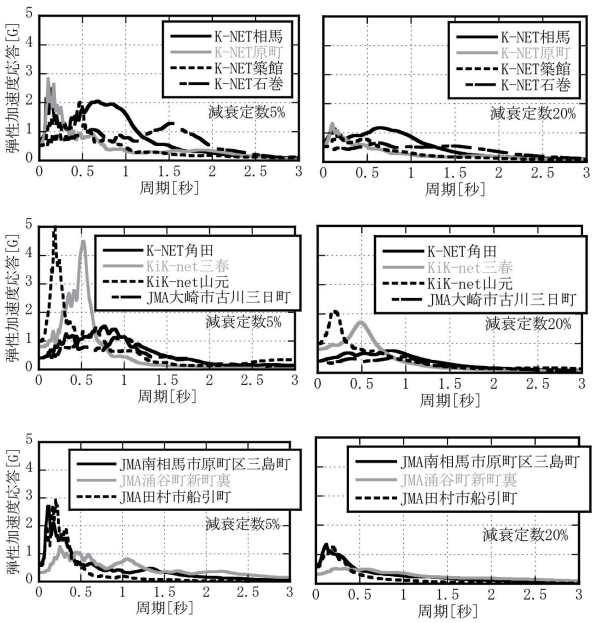


図３　弾性加速度応答スペクトル
（水平2方向ベクトル和）

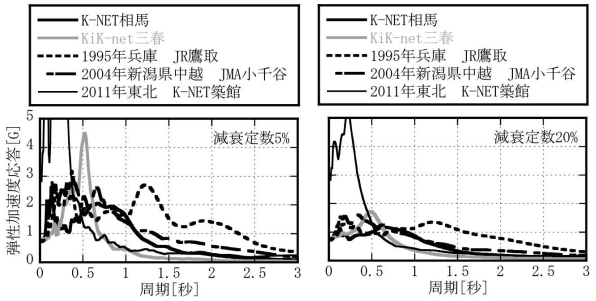


図４　弾性加速度応答スペクトルの
過去の強震記録との比較（水平2方向ベクトル和）

謝辞

強震記録は防災科学技術研究所、気象庁、鉄道総合技術研究所より提供していただきました。現地調査にあたり、自然災害研究協議会より援助をいただきました。調査の際、現地の方々には、被災されているにも関わらず、様々なご協力をいただきました。

参考文献

1) 岡田成幸, 高井伸雄：地震被害調査のための建物分類と破壊パターン, 日本建築学会構造系論文集，第524号, pp.65-72, 1999.
2) 1978年宮城県沖地震災害調査報告，日本建築学会，908p，1980.
3) 2022年3月16日福島県沖の地震：http://nakazawa.main.jp/eq/2022fks.html（2022/08/29参照）
4) 2021年2月福島県沖の地震における強震観測点周辺の被害調査：http://shiomitsu.site/eq/2102fksm.html（2022/08/29参照）
5) 境有紀：2011年東北地方太平洋沖地震で発生した地震動と建物被害の対応性－建物の大きな被害をより正確に推定する地震動強さ指標－, 日本建築学会構造系論文集, 第683号, pp.35-40, 2013.
6) 境有紀, 神野達夫, 纐纈一起：建物被害と人体感覚を考慮した震度算定方法の提案, 第11回日本地震工学シンポジウム論文集, CD-ROM, 2002.

汐満 将史（しおみつ まさし）

筑波大学卒、同学大学院博士前期課程を修了後、大和ハウス工業株式会社、退職し同学博士後期課程に入学．同学研究員を経て現職。博士（工学）

中澤 駿佑（なかざわ しゅんすけ）

筑波大学卒、同学大学院博士前期課程、博士後期課程、研究員を経て現職。博士（工学）

境 有紀（さかい ゆうき）

東京大学卒、東京大学地震研究所、筑波大学を経て現職。工学博士

江口 直希（えぐち なおき）

山形大学卒、山形大学大学院博士前期課程在学。

藤田 雄大（ふじた ゆうだい）

京都大学卒、京都大学大学院博士前期課程在学。

橋梁・高架橋の被害

植村　佳大　／井上　和真
●京都大学大学院工学研究科 助教　●群馬工業高等専門学校 環境都市工学科 准教授

1．はじめに

2022年3月16日に発生した福島県沖地震 (以下、「2022年福島県沖地震」とする) において、道路構造物や鉄道構造物における橋梁・高架橋の被害が多数発生した。著者らは、2022年福島県沖地震の発生後に橋梁・高架橋の被害に関する現地調査を実施しており、本稿はその被害調査結果およびそこから見える我が国の地震防災の課題に関して記すものである。

被害調査は、2022年3月18日・19日と4月4日・5日の2回実施しており、ともに、福島県中部から宮城県南部にかけて、阿武隈川に架かる橋梁および東北新幹線の高架橋・橋梁についての被害調査を行った。調査対象地域では、過去に1978年宮城県沖地震や、2003年三陸南地震、2011年東北地方太平洋沖地震などの地震が発生しており、直近では2021年2月13日にM7.3の地震が発生している。そのため、2022年福島県沖地震における被害調査では、過去の地震による補修・補強履歴を踏まえた上で構造物被害を評価する必要がある。

2．阿武隈川に架かる橋梁における被害

2．1　調査概要

調査を実施した阿武隈川に架かる17ヶ所の橋梁を表1にまとめる。表1より、三本木橋以南の橋梁では被害が確認されなかったものの、文知摺橋以北の多くの橋梁で被害が確認された。そこで次節にて、それら被害についての詳細を示す。

表1　調査を実施した阿武隈川に架かる橋梁
(北に位置する橋梁から順に記載)

橋梁名	竣工	被害の有無
枝野橋	昭和43年	被害あり
梁川橋	平成20年	被害なし
徳江大橋	昭和59年	被害なし
伊達崎橋	昭和36年	被害あり
昭和大橋	平成5年	被害あり
大正橋	昭和47年	被害あり
伊達橋	昭和42年	被害あり
第一阿武隈橋梁	昭和42年	被害あり
月の輪大橋	平成7年	被害あり
鎌田大橋	昭和48年	被害なし
文知摺橋	昭和54年	被害あり
三本木橋	昭和53年	被害なし
渡利橋	平成7年	被害なし
大仏橋	昭和47年(下り線) 昭和48年(上り線)	被害なし
天神橋	昭和39年	被害なし
弁天橋	昭和47年(下り線) 昭和49年(上り線)	被害なし
蓬莱橋	平成3年	被害なし

2．2　被害詳細

図1～図4に阿武隈川に架かる橋梁で確認された被害の状況を示す。図に示すように、枝野橋や第一阿武隈橋梁において、柱部での軸方向鉄筋の座屈変形やコンクリートの剥落が確認された。特に枝野橋では、複数本の橋脚においてコンクリートのひび割れを伴う被害が発生していた。また、昭和大橋では複数の支承においてピンの破断・抜け出しが、伊達橋では複数の支承の損傷・逸脱が確認された。また、上記の事例に比べると被害は軽微であったが、伊達崎橋や大正橋では路面の段差が発生し、月の輪大橋では路面・桁端部でのコンクリートのひび割れが、文知摺橋では落橋防止装置固定部でのコンクリートの損傷が確認された。

図1　枝野橋 (昭和43年竣工) における被害

図２　第一阿武隈橋梁 (昭和42年竣工) における被害

図３　昭和大橋 (平成5年竣工) における被害

図４　伊達橋 (昭和42年竣工) における被害

以上のように、数多くの道路橋で被害が発生しており、地震直後、伊達崎橋から伊達橋にかけて、南北に連続して位置する橋梁が通行止めとなっていた。しかし、その中でも大正橋は2022年3月17日の調査の時点で仮復旧を終えて通行可能となっており、地域住民にとって迂回路として重要な役割を担っていた。このように、地震直後の復旧や地域住民の生活への影響を考える上で、長期的に通行が困難となる橋梁の被害が多数発生したとしても、通行可能な橋梁を一部確実に維持することは重要といえる。

３．鉄道構造物における被害

３．１　調査概要

福島県郡山市から宮城県名取市にかけて、東北新幹線における橋梁・高架橋を調査した。JR白石蔵王駅以北では、顕著な被害は確認されなかった一方、JR郡山駅からJR白石蔵王駅間にかけて、コンクリートの剥落や鉄筋の露出を伴う構造物被害が点在していた。以下に被害の詳細を示す。

３．２　柱部の被害

本地震で確認された最も顕著な鉄道構造物の被害として、国見IC付近に位置する第一小坂街道架道橋の柱部のせん断破壊が挙げられる (図5)。この構造では、鋼板巻き立て補強が施されている上部柱では損傷が発生しておらず、未補強の下部柱においてせん断破壊が発生した (2022年3月18日・19日の調査の時点で損傷個所がブルーシートで覆われていた。被害の詳細は参考文献[1] で確認されたい。)。図5を見てもわかる通り、本地震により高架橋柱部で軸沈下が発生しており、高架橋全体が傾いていることがわかる。

また同様に、架道橋柱部における被害が斉川架道橋で確認されている(図6)。斉川架道橋では、図6に示すような柱基部での軸方向鉄筋の座屈が発生しており、曲げ破壊型の損傷が発生したことがわかる。ここで、第一小坂街道架道橋と斉川架道橋の構造比較を図7に示す。図に示すように、両構造とも重量の大きなPC桁を支持していることがわかる。このことから、これらの構造では、周辺の構造物と死荷重支持状況が異なり、地震時により大きな慣性力が発生したと考えられる。また、PC桁を支持している真下の柱で最も顕著な被害が確認されていることから、各柱間での死荷重支持性状の差異や、地震時における軸力変動の影響も含め、今後、被害のメカニズムが検討されるべきであるといえる。

また、上記被害の他にも、図8に示すような高架橋柱部の曲げ損傷の被害が福島県北部から宮城県南部にかけて点在していた。しかしその一方で、被害が確認された柱は全て未補強の部材であり、鋼板巻き立てにより耐震補強済の柱における被害は確認されなかった。

３．３　横梁の被害

本地震では、2層式RCラーメン高架橋横梁の被害が福島県中部から宮城県南部における広い地域で確認された。中には、図9に示すような、コンクリートが剥落して鉄筋が露出するといった顕著な損傷も発生しており、新幹線の脱線事故が発生した宮城県南部の大平高架橋においても、多くの高架橋横梁で被害が確認された。また、今回の地震では、過去の地震被害による補修痕がある横梁で多数被害が確認された。例えば、図

図５　第一小坂街道架道橋の被害

図６　斉川架道橋の被害

10に示す福島県郡山市の日和田高架橋では、補修痕がない高架橋で被害が確認されなかった一方で、補修痕がある横梁において、コンクリート剥落を伴う被害が確認された。これは、要因のひとつとして、過去に耐震補修が施された部材の耐震性能が、補修履歴がない部材に比べて低下している可能性を示しているといえる。

また、宮城県白石市の新白石高架橋では、過去に2011年東北地方太平洋沖地震と2021年の福島県沖を震源とする地震で高架橋横梁が損傷しており、今回の2022年福島県沖地震でも同様の被害が発生した。すなわち、この高架橋の横梁では、今回の地震を含め、地震による損傷と補修を多数回繰り返していることがわかる。既往の研究[2)]において、ひび割れ注入などの耐震補修の効果が実験的に検証されているものの、それは一度の地震被害に対する補修効果を検証したものであり、複数回、損傷と補修を繰り返した場合の補修効果を保証するものではないといえる。そのため、複数回

(a)　第一小坂街道架道橋

(b)　斉川架道橋

図７　顕著な被害が発生した構造物の比較

図８　高架橋柱部の被害 (JR伊達駅－JR桑折駅間)

の地震被害と耐震補修を経験した場合の部材の耐震性について、検討の余地が残されているといえる。

４．まとめ

2022年福島県沖地震では、阿武隈川に架かる橋梁で、柱部や支承部における被害が発生した。特に、伊達崎橋から伊達橋にかけて、南北に連続して位置する橋梁が通行止めとなった。しかしながら、2022年3月17日の調査の時点で、大正橋が仮復旧を終えて通行可能となっており、地域住民にとって迂回路として重要な役割を担っていた。

鉄道構造物においては、重量の大きなPC桁を支える架道橋の柱で軸沈下を伴う顕著な被害が確認された。また、2層式RCラーメン高架橋の横梁において、コン

図９　2層式RCラーメン高架橋における横梁の損傷
（伊達高架橋）

(a) 補修痕あり

(b) 補修痕なし

図10　補修痕の有無による被害の違い

クリートの剥落や鉄筋の露出を伴う顕著な損傷が発生しており、特に、過去の地震による補修痕がある横梁で被害が多く確認された。中には、これまでに地震による損傷と補修を複数回繰り返していると考えられる部材も存在しており、補修後の部材の耐震性について、検討の余地が残されているといえる。

参考文献

1)東日本旅客鉄道株式会社：https://www.jreast.co.jp/press/2021/20220317_ho01.pdf

2)仁平達也、谷村幸裕、岡本大、田所敏弥：曲げ損傷を受けたRC柱の補修後の部材特性に関する実験的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.28、No.2、2006.

(a) 2011年東北地方太平洋沖地震後

(b) 2021年2月の福島県沖を震源とする地震後

(c) 2022年福島県沖地震後

図11　地震による被害と補修を複数回繰り返した例

植村 佳大（うえむら けいた）

2020年京都大学大学院工学研究科 博士後期課程修了後、現職、博士（工学）、専門分野は橋梁をはじめとする土木構造物の耐震性評価。特に、設計時の想定を超える地震に対処可能な新たな構造技術や設計法の確立に向けた研究に従事。

井上 和真（いのうえ かずま）

2011年京都大学大学院博士前期課程修了後、大成建設株式会社で7年間の勤務を経て、2018年に群馬工業高等専門学校の教員に着任、現在に至る。博士（工学）。2022年度日本地震工学会理事（事業・企画）。専門は構造物・地盤の地震応答評価をはじめとした地震工学。

2022年の福島県沖地震による港湾施設とその周辺の被害

志賀　正崇
●東京大学生産技術研究所 基礎系部門 助教

1．はじめに

2022年3月16日23時36分頃、福島県沖の深さ約55kmを震源とするマグニチュード7.4の地震が発生した(以後この地震を2022年福島県沖地震と称する)。この地震により宮城県及び福島県で最大震度6強を観測し、各地に多くの被害をもたらした。

本稿では当該地震で発生した港湾施設やその周辺の被害に着目し、現地調査と簡易的な事後調査の結果を報告する。

2．地震概要

2022年福島県沖地震の諸元を表1に示す。地震の発震機構は西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレート内部で発生した地震であった[1)]。震源は福島県沖であり、付近では2021年2月13日に西北西 約8kmの地点においてM7.3の地震、2011年4月7日には北北東約60kmの地点おいてM7.2の地震が発生している。

三成分合成の最大地表面加速度はKiK-net川崎(MYGH07)で観測された1232.7galであった[2)]。また本稿での対象とする荒浜漁港と相馬港に近い地震計ではそれぞれ1007.1gal(KiK-net山元)と745.4gal(K-NET相馬)を観測した。図1に2021年と2022年の地震におけるKiK-net山元とK-NET相馬で観測された時刻歴加速度波形を示す。E-W成分に着目するとKiK-net 山元では2021年の最大加速度は15%程度大きい一方、K-NET相馬では2022年の方が最大加速度は30%程度大きかった。

3．地震直後の簡易現地調査

著者が所属する研究室では2022年福島県沖地震の発生を受け、3月21日と22日に福島県と宮城県南部の地盤被害調査を実施した。全体の調査結果は既報[4)]に譲り、本稿では主に荒浜漁港、相馬港、松川浦漁港の被害に絞って概説する。なお調査途中の降雪のため、被害実態を隈なく抽出できている訳ではない点に留意していただきたい。

荒浜漁港では東端の埋立地上で舗装のひび割れや段差などが散見されたが、全体としての被害は軽微であった(図2)。また地元住民は付近の鳥の海公園にて、2021年福島県沖地震と同様の液状化によるもの[5)]と思われる噴砂とひび割れ痕を発見している。

表1　2022年福島県沖地震の諸元[1)]

発生日時	2022年3月16日 23時46分
マグニチュード	Mj7.4, Mw7.3
震源位置	37°41.8'N 141°37.3'E
震源深さ	57km
発震機構	西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型
最大震度	6強 (宮城県登米市・蔵王町、福島県相馬市・南相馬市・国見町)
死者・負傷者	3人・247人[3)]

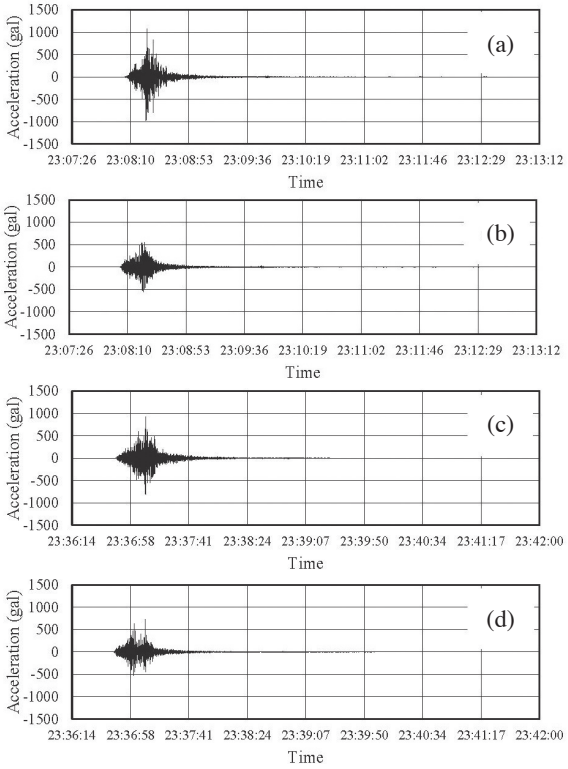


図1　E-W成分の加速度波形 (a) KiK-net 山元 (2021年) (b) K-NET 相馬 (2021年) (c) KiK-net 山元 (2022年) (d) K-NET 相馬 (2022年)

相馬港では岸壁背後地盤の沈下や岸壁躯体の目地開き、揚炭機の被害が目立った。図3, 4は2号ふ頭1号岸壁および1号2号ふ頭間港湾関連用地(以後関連用地と称する)で発生した被害である。2号ふ頭1号岸壁では、複数の亀裂や段差が接岸面と平行な方向に走り、厚さ5m程度の岸壁ブロックは20~30cm程度海側へ傾いてい

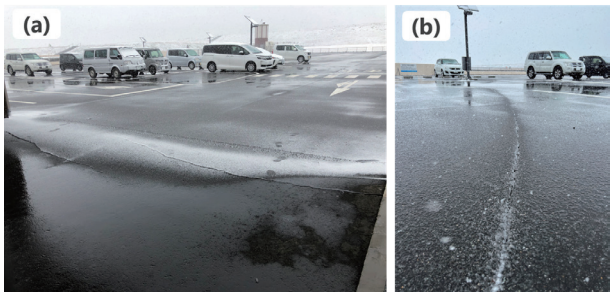


図２　荒浜漁港東縁部の変状 (a)舗装の不陸 (b)駐車場舗装の亀裂

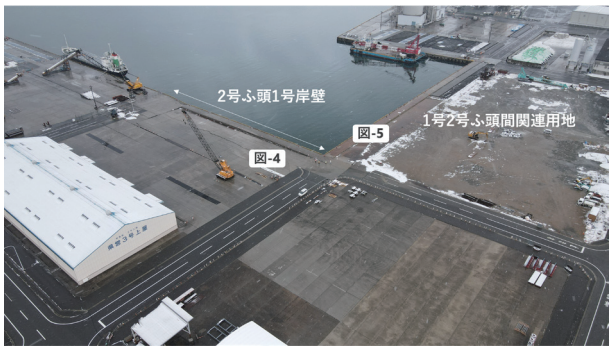


図３　相馬港2号ふ頭1号岸壁ならびに関連用地の変状全体図

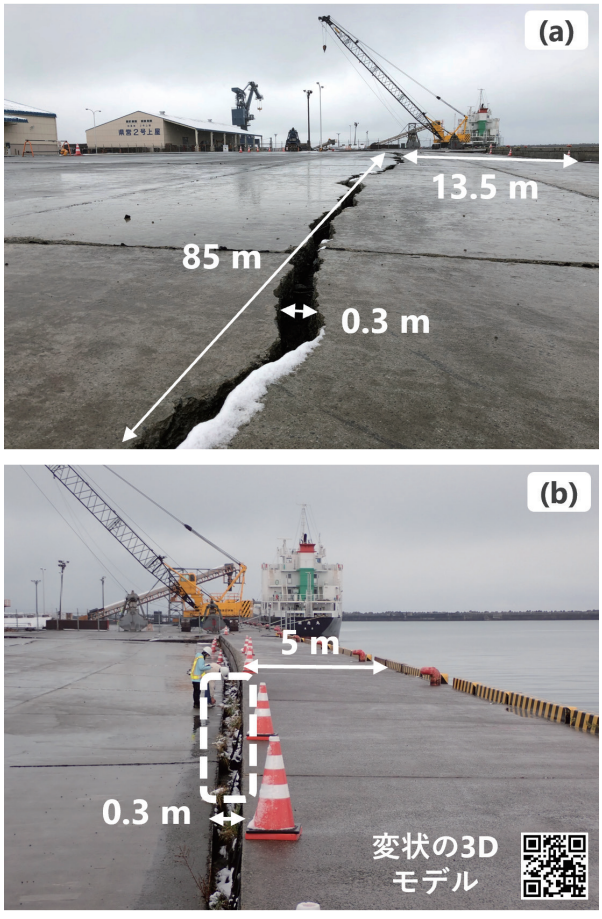


図４　相馬港2号ふ頭1号岸壁の変状 (a) 生じた亀裂 (b) 岸壁の海側への移動

た。段差の最大高さは1m程度であり、亀裂の長さは約85mであった。

関連用地では岸壁ブロックと背後地盤上に敷かれた鋼板の間に亀裂が生じ、一部の範囲では噴砂が確認された。この噴砂を採取し粒度試験を行った結果を図5に示す。噴砂と液状化した地盤の粒度分布は異なることに留意する必要があるものの、採取した試料の平均粒径D_{50}は0.15 mmであり、粒径加積曲線は港湾空港技術研究所[6]が示す「特に液状化の可能性あり」の範囲内に存在していた。

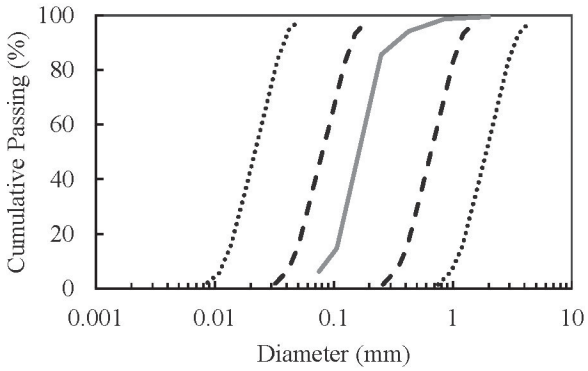


図５　関連用地で採取した噴砂の粒径加積曲線 (点線内が「液状化の可能性あり」、破線内が「特に液状化可能性あり」の範囲)

図６　(a) 5号ふ頭の北側岸壁で観察された亀裂 (b) 被災した揚炭機

2号ふ頭1号岸壁および関連用地は2021年の福島県沖地震でも岸壁ブロックの海側への倒れ込みや噴砂などが観察されていたが、変状の程度は2022年時のものがより大きかった。

図6(a)は5号ふ頭の北側岸壁で見られた道路上の変状である。道路上に長さ130m程度、幅10cm程度の亀裂が生じていたが、北側の岸壁ブロックには目立った変状は見られなかった。また4機の揚炭機のうち2機が崩壊していた(図6(b))。この崩壊により隣接する新地火力発電所の操業が停止し、2022年3月下旬の関東地方の電力需給逼迫の遠因となった。

松川浦漁港では岸壁の海側への移動や背後地盤の沈下等が散見された。発生した段差は大きくとも20cm程度であった。また松川浦漁港から700m東南東に位置する鵜ノ尾岬トンネルの北側開口部では、高さ20m程度の露頭面が幅15mに渡り崩落し、電柱や道路の一部に被害が生じた(図7)。岩塊は最大で直径5m程度であり、一部に風化の痕跡が存在した。

図７　鵜ノ尾岬トンネル北側開口部付近で発生した落石

４．事後文献調査

荒浜漁港は昭和26年から造成が開始され、平成23年までに第9次整備計画が終了している。若松[5]によると過去の衛星写真から判読された主だった埋め立て時期は、西側から順に1952~1961年、1949年~1952年、1961年~1975年である。この内、2021年と2022年福島県沖地震で液状化による噴砂、ひび割れが発生した地点は、1961年~1975年の最も新しい埋立地内に存在する。こうした埋立年代による液状化被害の差異は2011年東北地方太平洋沖地震の際に浦安市でも顕著に見られた[7]。

2011年東北地方太平洋沖地震や2021年福島県沖地震による相馬港の被害と事後検証は多くの既往文献に見られる。中垣ら[8]は解析的検討を用いて、2011年地震動による直接的な岸壁への被害は少なかった一方で、津波による強制的な間隙水圧の上昇が、背後地盤の有効応力を低下させ、タイワイヤーを降伏させた点を指摘した。西澤ら[9]は相馬港3号ふ頭岸壁について、2021年と2022年の両地震における被害を当該岸壁の耐震設計と絡めた考察を行っている。2011年東北地方太平洋沖地震発生時に相馬港3号ふ頭岸壁は施工中であり、はらみだしや傾斜などの軽微な損傷が発生した。2011年の地震後、将来的に同規模の地震が発生した際に被害が出ることを想定し、エプロン舗装の路盤・路床部分にコンクリートを打設し、堤体重量を増加させた。この結果として2021年福島県沖地震では微小なひび割れに被害はとどまったものの、2022年福島県沖地震ではエプロン部が最大1.5m沈下する被害が出た。これらの文献はいずれもある時点での外力作用が、次の変状発生に少なからず影響を及ぼした事例に言及しているとも言える。その作用間隔や種類に差はあるものの、構造物の供用期間中に動的に変化する外的環境をどのように設計時に考慮するかは今後の課題となりうる。

5号ふ頭の揚炭機は2011年の地震でも被災しているが、被災過程は大きく異なっている。2011年の際には、荷役中の2機の揚炭機の先端部が、津波の引き波によって石炭船が沖合に引っ張られる過程で破壊され、揚炭機全体の重量バランスが崩れることによって倒壊した[10]。湯山は火力発電所の機能を9つのサブシステムに分割し、ある損傷確率を与える津波浸水深を求めたが、津波に対して最も脆弱であるのが揚炭機やローディングアームを含む「港湾・荷役設備」であった[11]。一方2022年の地震では、火力発電所の耐震設計規定(196gal)を超える1500gal以上の東西方向加速度が揚炭機に作用した。その結果として、バランシングレバーと呼ばれる吊り橋の主塔に当たる部材に許容応力度を超える応力が発生し、倒壊に至ったとされる[12]。2018年の苫東厚真発電所1、2、4号機の停止を契機として、国内では火力発電所の耐震性確保に係る既定の明確化が行われている[13]。こうした流れの延長で、災害発生時にある構造物やある部材の損傷が発電所の全体系への運用に影響を与えないようにする、冗長的な技術基準の規定や適用を模索していく必要があるといえる。

産業総合技術研究所発行の地質図[14]によると、鵜ノ尾岬トンネルの崩壊地周辺は鮮新統の大年寺泥岩層に相当する。産業総合技術研究所[15]によると2021年福島県沖地震でも今回の地点から西に300mの地点で同様の落石が発生しており、大隅ら[16]は同地点での崩落岩塊に対して生化学的な分析を実施し、微生物による化学的風化を崩壊原因の一つとして挙げている。

５．結論

本稿は2022年福島県沖地震で発生した港湾施設とその周辺の地震被害を荒浜漁港、相馬港、松川浦漁港に絞って概説した。全体として2021年と比較して同等かやや程度の大きい変状が見られたが、港湾機能を大きく失わせる被害は見受けられなかった。一方で複合的かつ多重的な災害発生による冗長的な構造物設計の重要性を再認識することとなった。

参考文献

1) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：2022 年３月16日福島県沖の地震の評価、2022. https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2022/20220316_fukushima_2.pdf

2)防災科学技術研究所: 地震選択&ダウンロード. https://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/quake/

3) 消防庁 応急対策室: 福島県沖を震源とする地震による被害及び 消防機関等の対応状況（第22報）、2022. https://www.fdma.go.jp/disaster/info/items/8f74dec5859b361472306c115a2ffbdd05386806.pdf

4) Shiga, M., Lau, K.K., Hsieh, P.C. and Kiyota T.: Geotechnical Preliminary Report of The Mj 7.3 Fukushima Earthquake on March 16, 2022, Journal of Disaster FactSheets of JSCE. https://committees.jsce.or.jp/disaster/system/files/FS2022-E-0002.pdf

5) 若松 加寿江: 2021年2月13日福島県沖の地震による再液状化（宮城県亘理町の事例）、令和3年2月福島県沖の地震に関する被害調査報告会 発表資料、2021. https://www.jaee.gr.jp/jp/wp-content/uploads/2021/02/210213liquefaction.pdf

6) 日本港湾協会: 港湾の施設の技術上の基準・同解説(上巻)、2018.

7) 石井 一郎、平舘 亮一、東畑 郁生、中井 正一、関口 徹、澤田 俊一、濱田 善弘: 2011年東北地方太平洋沖地震で液状化被害を受けた浦安市の地盤特性、地盤工学ジャーナル、Vol.12、No.1、pp.91-107、2017. doi.org/10.3208/jgs.12.91

8) 中垣 規子、小濱 英司、楠 謙吾、村上 功: 2011年東北地方太平洋沖地震における相馬港鋼矢板岸壁の被災要因に関する数値計算、土木学会論文集A1（構造・地震工学）、Vol.72、No.4、p. I_856-I_870、2016. doi.org/10.2208/jscejseee.72.I_856

9) 西澤 友明、渡部 大寛: 福島県沖地震における相馬港耐震強化岸壁の被害について、http://www.thr.mlit.go.jp/Bumon/B00097/K00360/happyoukai/R4/list1/1-11.pdf

10) 金田 文孝: 火力発電所揚運炭設備の震災復旧について、IHI技 報、Vol.53、No.1、pp.63-65、2013. https://www.ihi.co.jp/var/ezwebin_site/storage/original/application/ff00f1cd3ded008e38b85bc82060a100.pdf

11) 湯山 安由美: 巨大複合災害時における火力発電所の供給リスク評価、筑波大学博士論文、2019. http://hdl.handle.net/2241/00158058

12) 相馬共同火力発電株式会社: 新地発電所 揚炭機損壊メカニズムと対策について、2022. https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/denki_setsubi/pdf/016_02_00.pdf

13) 経済産業省 産業保安グループ 電力安全課: 火力発電に係る安全規制の最近の動向について、2020. https://www.safety-shikoku.meti.go.jp/skh_d8/07_gyouji/04_gijutsusha_kaigi/R2_gizyutusha_kaigi/karyokuhatudennsetubinoannzennkisei.pdf

14) 産業総合技術研究所: 5万分の1地質図幅「相馬中村」、2018.

15) 産業総合技術研究所 地質情報研究部門: 2021年2月13日23時07分の地震による福島県相馬市内の崩壊地の地質、土砂災害研究情報、2021. https://www.gsj.jp/hazards/landslide/20210213-disaster.html

16) 大隅 恒雄、水井 良暢、池田 真幸、松原 仁: 2021年に発生した地震による災害調査報告（2021年3月20日～23日）：松川浦，新地町（2月福島県沖の地震）および相馬市・新地町・山元町・塩竈市（3月宮城県沖の地震）、防災科学技術研究所 主要災害 調 査、Vol.59、pp.29-40、2022. doi.org/10.24732/NIED.00003379

志賀 正崇（しが まさたか）

2020年東京大学卒、東京大学生産技術研究所助教、専門分野：地盤液状化の簡易判定法、土質要素試験、災害調査

2022年3月福島県沖地震後の電力需給ひっ迫警報の発令について

浅野　浩志
●東海国立大学機構 岐阜大学高等研究院 特任教授

1．はじめに

2022年3月16日深夜に発生した福島県沖地震により、東北電力および東京電力エリアの14基、合計約6.5 GWの火力発電所が発電停止した。その翌週、3.3GW以上の火力停止による供給力が欠ける中、3月後半に珍しい寒気により、暖房需要の急増が予測され、3月22日に東京電力エリアに対して日本初の需給ひっ迫警報が発令された。大口需要家の自家用発電設備（以後、自家発）や共同火力の焚き増しなど供給力対策と需要家の節電協力により最悪の事態（ブラックアウト）を回避できた。

火力による供給力が不十分であれば、長期的なカーボンニュートラル実現に向けて太陽光発電（PV）を始めとする再生可能エネルギーを主力電源化したときの安定供給の難しさを広く国民に知らしめた事象であった。単に自然災害に起因する需給ひっ迫に止まらず、2011年3月以降安定的なベースロード電源を失ってきて、電力供給システムが脆弱化してきた構造的な需給問題である。

2．日本初の電力需給ひっ迫警報の発令

2.1 電力需給ひっ迫警報

2011年東北地方太平洋沖地震の影響による電力供給不足について、政府としての対応を総合的かつ強力に推進するため、政府は電力需給に関する検討会合（関係閣僚会合）を設置した。本会合（2012年6月22日）において、需要家の節電への協力にもかかわらず、電力需給がひっ迫する可能性がある場合には、予めひっ迫が想定される特定の電力会社管内に「電力需給ひっ迫警報」を発令し、緊急節電要請を行うこととしている。電力の需給バランスが乱れると予想される場合に事前に国民に向けて節電への協力の呼びかけを行い、計画停電やいわゆる「ブラックアウト」などの大規模停電を防ぐことが目的である。この警報は3月の事案のように、発電所の故障や天候不順などで需給のバランスが乱れると事前に予想できるときに発表するものであり、地震などで突然需給バランスが乱れた場合はこの警報を発表せずに、UFR（周波数低下保護装置）による自動的な負荷遮断や計画停電などを行う場合もある。実際、福島県沖地震直後には、運転中火力の出力増加や揚水発電の出力増加までの間、東北電力、東京電力エリアでUFRによる負荷遮断で停電が生じた。

3月22日の前日18時、電力広域的運営推進機関（略称：広域機関）による電力融通指示等あらゆる需給対策を講じても、複数エリア（今回、東北、東京エリア）で予備率が3％を下回る見通しとなったため、事前に登録されているメディアに対して資源エネルギー庁が東京エリアを対象に警報（第1報）を発令した。3月22日11:30に第2報として、東北エリアを対象に追加した。23:00に第3報として、東北エリアの警報を解除し、23日11:00に最終報として東京エリアの警報を解除した。

3月22日の警報発令時は、直前過ぎて、需要家側の準備が間に合わないという批判に応え、2022年5月17日、経済産業省は警報に加えて「注意報」および電力会社が発出する「準備情報」を新設する方針であると明らかにした。6月7日、政府は電力需給に関する検討会合を開催し、注意報・準備情報の新設を決定した。6月26日、翌27日の東京電力管内において、当初の想定より気温の上昇が見込まれ、予備率が5%を下回る見通しとなったことから、新設された電力需給ひっ迫注意報が初めて発令された。

表１　電力需給ひっ迫警報の発出基準

名称	予備率	発表のタイミング	発表者
電力需給ひっ迫警報	広域予備率3%以下	前日16時をめど	資源エネルギー庁
電力需給ひっ迫注意報	広域予備率5%以下		
電力需給ひっ迫準備情報	エリア予備率5%以下	前々日18時をめど	一般送配電事業者

2022年度夏季における発出基準は表1の通りである。連系線混雑のない範囲の広域エリアを、「広域ブロック」と呼ぶ。個々のエリア予備率ではなく、需給運用の連系が可能な範囲で広域的な予備率（＝広域ブロック予備率、広域予備率と略す）で供給力が足りているかを判断する。例えば、北海道と本州間の連系容量は900MW、東京・中部間の周波数変換所の容量は2.1GWと東京などのエリア需要と比べると限定的であるため、東北と東京を一つのブロックとすることが多い。

2.2 電力需給ひっ迫の背景と要因

短期的な要因は、福島県沖地震による火力の運転停止である（表2）。地震と関係ないトラブル停止（磯子火力等）も重なった。東京電力エリアで稼働する34.2GWの内、約10％に相当する3.3GW以上が停止しており、これだけで必要な予備力を確保するのが難しいことは明らかである。前日17時で想定された東京電力エリアの最大需要は48.4GWであり、必要な予備力は予備率5％で2.4GW、同3%で1.5GWである。系統運用上安定度を確保するため、東北から東京向けの送電線の運用容量が半減していた（2.5GWの減少）。冬の高需要期（1－2月）終了に伴い、5GW以上の発電所が計画的な補修点検のため停止していた。また、主力電源と期待されていたPVも悪天候のため、最大でも設備容量（17.8GW）の1割程度(1.75GW)しか期待できなかった。改めて、変動電源のkW価値の低さを露呈した。PVの発電状況が電力需給そのものに大きな影響を与える傾向が顕著になった。

この供給力不足に加え、季節外れの寒気により、暖房需要の急増が予測され、厳気象H1需要（10年に1度の稀頻度で発生する最大需要）に対する最小限の予備率3％を維持できない恐れが生じた。

これら短期の需給要因に加えて、構造的な要因として、原子力発電の再稼働遅れ、高経年火力（主に石油火力）の休廃止による供給力の低下がある。電力自由化政策により発電コストを抑制するため、短期限界費用（可変費相当）の高い火力を廃止・長期休止するとことに加えて（図1）、短期限界費用の安価なPVが大量に参入したため、既存火力の退出とともに固定費回収リスクの高い新設火力への投資が鈍化したことが要因と推察される。後者は、いわゆるmissing money problemと呼ばれ、専門家の間では従来から指摘してきた基本的な問題である。十分な供給信頼度を確保するために電源投資インセンテイブが不十分な状況である。2024年度以降は容量市場によりいくらかは緩和されるものの、過渡期において問題が顕在化してしまった。

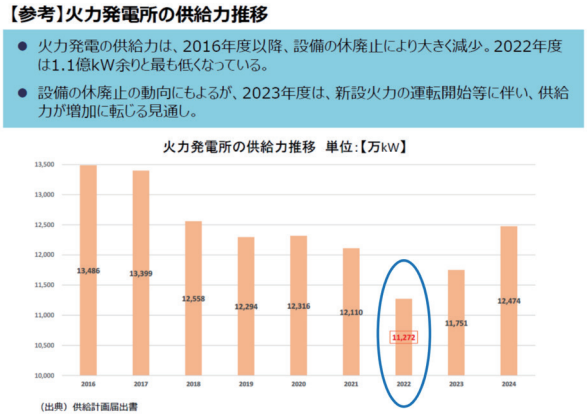


図１　全国の火力発電所の供給力の推移　出所：2)

3．大規模停電を辛うじて回避

3.1 電力需給対策

一部の火力発電所は短時間であれば、定格出力を超えるOver Power運転が可能であり、実際に7か所の発電所合計で265MW増加させた。素材産業など大口需要家は自家発（大規模なものは、日本製鉄の鹿島と君津の発電所）や共同火力を運用しており、焚き増しを行った。補修点検中の発電所も急遽、再稼働させた。

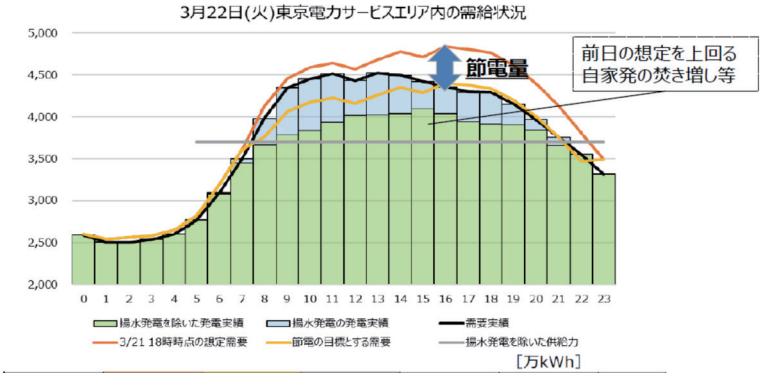
表２　福島県沖地震の影響を受けた発電所の停止・復旧状況　出所：1)

地震の影響による発電所の停止状況（4/25 17:00時点）

送電エリア	発電事業者	発電所名	燃種	ユニット名	認可出力（万kW）	停止日	復旧（予定）日
東北エリア	東北電力株式会社	新仙台火力発電所	LNG	3－1号機	52.3	2022/3/16	2022/3/25
			LNG	3－2号機	52.3	2022/3/16	2022/3/17
		原町火力発電所	石炭	1号機	100.0	2022/3/16	2022/5/10
	相馬エネルギーパーク合同会社	相馬石炭・バイオマス発電所	石炭	単独	11.2	2022/3/16	2022/4/8
	福島ガス発電株式会社	福島天然ガス発電所	LNG	1号機	59.0	2022/3/16	2022/3/19
	福島ガス発電株式会社	福島天然ガス発電所	LNG	2号機	59.0	2022/3/16	2022/3/19
	日本製鉄株式会社	釜石火力発電所	石炭	単独	13.6	2022/3/16	2022/3/18
	日本製紙石巻エネルギーセンター	石巻雲雀野発電所	石炭	1号機	14.9	2022/3/16	2022/3/20
	仙台パワーステーション株式会社	仙台パワーステーション	石炭	単独	11.2	2022/3/16	2022/3/30
東北・東京両エリアに送電	相馬共同火力発電株式会社	新地火力発電所	石炭	1号機	100.0	2022/3/16	未定
東京エリア	株式会社JERA	広野火力発電所	石炭	5号機	60.0	2022/3/16	2022/3/18
			石炭	6号機	60.0	2022/3/16	2022/4/6
	ENEOS株式会社	根岸 ガス化複合発電所	石油	単独	43.1	2022/3/16	2022/3/17
	日立造船株式会社	茨城工場第一発電所	LNG	3号機	11.2	2022/3/16	2022/3/17

※3月17日以降にトラブル停止した火力発電所

送電エリア	発電事業者	発電所名	燃種	ユニット名	認可出力（万kW）	停止日	復旧（予定）日
東京エリア	電源開発株式会社	磯子火力発電所	石炭	1号機	60.0	2022/3/19 ※3/18から出力低下	2022/3/23
	電源開発株式会社	磯子火力発電所	石炭	2号機	60.0	2022/3/20	2022/9/30
	ＪＦＥスチール株式会社	東日本製鉄所(千葉地区) 西発電所	ガス	4号機	14.4	2022/3/17	2022/3/24



［万kWh］

	①想定需要電力量	②目標需要電力量	③実績需要電力量	節電期待量 ①－②	節電実績量 ①－③	達成率
8～15時	31,863	28,995	30,758	2,868	1,105	39%
15～23時	36,088	32,841	32,798	3,247	3,290	101%
8～23時	67,951	61,836	63,556	6,115	4,395	72%

図２　3月22日における東京電力管内の想定需要と節電実績　出所：1)

また、連系線を通じて主に60Hzエリアからの広域融通も受けた。定期点検中の300MWを除く1.8GWの周波数変換設備を経由して、中部エリアから東京側へ送電された。このように可能な限り、供給力を上積みしても、需給バランスを維持するのが困難なため、小売電気事業者から大口需要家への節電要請を行った。

最後は、経産大臣の節電呼び掛け（14:40）と揚水発電をギリギリまで運用したことで大規模停電を回避できた。当日の想定需要、系統運用者が目標とする節電量、実績需要、節電実績を図2に示す。経産大臣の節電呼び掛けの効果が出る前の8－15時の節電達成率は39％に止まったが、16時以降、達成率は100％を超えた。

主な節電の取組みは、

・コンビニエンスストアの看板照明消灯、空調抑制
・工場の稼働停止
・家電量販店内展示商品の電源オフ
・スカイツリー、東京タワーの照明滅
・東京ディズニーランドでの購入電力の自家発への切り替え
・東京メトロは一部エリアの消灯、一部券売機の稼働停止

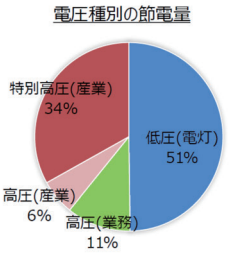
など多方面に亘る。

東京電力エリアにおける電圧種別の推計節電量を表3に示す。一般家庭や小規模な店舗など低圧電灯の節電量が最も多く、51％を占めた。強力な節電要請に応じて、暖房需要などを調整したとみられる。自家発などで需給調整の可能な特別高圧産業用需要家の節電率が最大であり、平均の2.3倍に上る。一方、直前の要請では臨時休業などできないため、経済界からは十分な準備期間を設けるべきとの批判もあった。

東京電力管内には、発電コスト最適化のため、原子力発電所とセットで導入した大容量の揚水発電所が稼働中であった。東京電力リニューアブルパワーの揚水発電所6.33GWの他、電源開発などの設備を含むと、8.5GWもの容量があるが、翌日以降の運用も考慮すれば、ギリギリの運用（21時時点で30％の発電可能容量しか残らなかった、図3）で需給ひっ迫を乗り切った。大臣の呼び掛け以降、節電量が大きくなるにつれて、目標量以上の発電可能量を確保できた。

表３　東京電力エリアにおける電圧種別の推計節電量　出所：3)

(万kWh)	低圧電灯	低圧動力	高圧業務用	特別高圧業務用	高圧産業用	特別高圧産業用	合計
節電前推計需要	37,130 (40%)	3,330 (4%)	19,299 (21%)	5,323 (6%)	11,888 (13%)	15,325 (17%)	92,294 (100%)
需要実績値	35,536	3,376	18,946	5,327	11,694	14,266	89,145
推計節電量	1,594 (51%)	-47 (-1%)	353 (11%)	-4 (0%)	194 (6%)	1,060 (34%)	3,149 (100%)
節電率（節電量／節電前推計需要）	4%	▲1%	2%	0%	2%	7%	3%



※四捨五入の関係上、合計値は100にならない

※東京電力PGのデータをもとに資源エネルギー庁作成　※電力量は送電端に換算

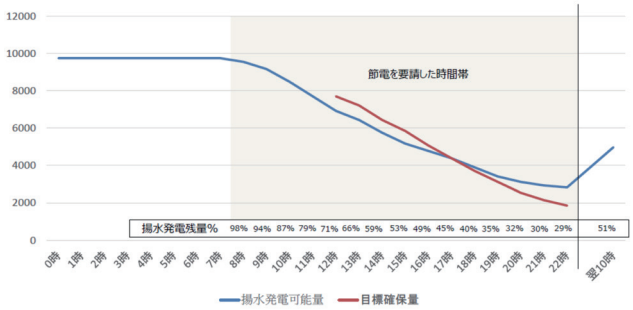


図３　3月22日の東京電力管内揚水発電可能量(万kWh)の推移
出所：2)

3.2 課題と対策案

政府が主な検証すべき課題として指摘したものは、
・供給力確保策（容量市場・追加kW公募、電源投資促進、電源休廃止対策等）
・電力ネットワーク整備（マスタープラン、連系線・周波数変換装置、蓄電池・揚水等）
・電気事業者・広域機関の需給調整対応強化（需要想定、供給側対策・揚水・融通等の活用、需要抑制アプローチ、広域機関・事業者間連携等）
・国の節電要請の手法・タイミング、最終的な需要抑制策の在り方
と多岐に亘る。

3月の需給ひっ迫警報の発令は、これまで目処としていた18時より2時間遅れの20時頃であった。アンケート[3)]によると、事前に対策を策定していた事業者は2割に留まり、殆どの需要家は節電のための十分な準備が出来ていなかった。従って、需要家の積極的な節電行動を促すためには、現在の情報収集の方策やタイミング等を抜本的に見直し、警報の発令時期を前日18時よりできる限り早くする必要がある。また、今回の需要家アンケート等を通じ、「具体的に取るべき行動」や「節電の必要量」、「切迫の度合い」に関する情報が不足していたとの意見が需要家から多く寄せられた。精度は落ちるものの、2日前に電力の需給状況を公開する、対価を伴う節電（下げデマンドレスポンス（DR））の普及拡大などの対策があげられた。

更に、構造的な需給問題として、政府や電気事業者は、コロナ禍による社会や行動の変容を十分把握できていない。そのため、データを蓄積して、需要構造の変化を正確に把握し、予測することが求められる。従来のPVシェアの低い時代の高需要季（夏季と冬季）の供給力確保優先の点検補修スケジュールでは、高需要期以外の突発的な高需要に対応する能力が不十分であり、改善することが必要である。

カーボンニュートラルに向けて、PVの急激な系統連系規模の増大に伴うMissing money problem、大規模な容量でかつ急速に進む高経年火力の休廃止に伴う供給力の減少に備えられる政策の予見性を高めることも必要である。広く需要家の理解を得て、緊急時DRによる需給バランス維持能力の確保、経済DRによる平常時の需給バランスの確保も充実するべきである。長期的な対策として、広域連系の増強、蓄電池・水素などエネルギー貯蔵装置による揚水発電機能（系統柔軟性）の補強にも取り組む必要がある。

４．カーボンニュートラルかつレジリエントな電力システム構築に向けて

国民にとって地震を始めとする大規模自然災害に強い電力需給システムの在り方を考える機会になったであろう。一般送配電事業者は、2023年度開始のレベニューキャップ制度に基づく託送料金収入の上限を申請した。規制当局と一般送配電事業者は、長期的に電力需要の伸びが低迷する中、カーボンニュートラルのためPVをはじめとする再生可能エネルギー電源の大量連系に向けた送配電設備投資の確保とインセンティブ規制に基づく費用効率化の両立を目指している。停電電力量の抑制は達成すべき重要な目標に位置付けられている。

参考文献

1)資源エネルギー庁：2022年度の電力需給対策について、2022年4月26日
2)資源エネルギー庁：2022年3月の東日本における電力需給ひっ迫に係る検証について、2022年3月25日
3)資源エネルギー庁：2022年3月の東日本における電力需給ひっ迫に係る検証について、2022年5月17日

浅野 浩志（あさの ひろし）
東京大学卒業、同大学院修了。博士（工学）。エネルギーシステムの分析と評価に関する研究に従事。1984年電力中央研究所入所以来、東京大学工学部助教授、同大学院教授、早稲田大学大学院理工学術院先進理工学研究科客員教授を経て、現在、東海国立大学機構岐阜大学高等研究院地方創生エネルギーシステム研究センター特任教授、（一財）電力中央研究所研究アドバイザー、東京工業大学科学技術創成研究院ゼロカーボンエネルギー研究所特任教授、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「IoE社会のエネルギーシステム」サブ・プログラムディレクター。第12代エネルギー・資源学会会長、電気学会上級会員、IEEE，CIGRE、IAEE会員。

2022年福島県沖の地震等のBCP改善の教訓

丸谷　浩明
●東北大学災害科学国際研究所 副研究所長 教授

1．はじめに

2022年3月16日に発生した福島県沖の地震（最大震度6強、マグニチュード7.4。以下「2022福島県沖地震」という。）では、幸いなことに企業の生産活動への影響がさほど長引くことはなかったが、幅広い企業で被害点検や比較的軽い被害の復旧のため短期間の操業停止となった。また、自動車生産工場で数日間の操業停止もみられた。東北新幹線の不通が長引いたことによる影響が企業にも広く生じたとみられる。高速道路の通行止め等により短期間ながら物流の遅延も生じた。

本稿では、この地震の企業への影響を2021年2月13日に発生した福島県沖の地震（最大震度6強、マグニチュード7.3。以下「2021福島県沖地震」という。）と合わせて振り返るとともに、近年に発生した風水害への対応も含めて、BCP改善の教訓について論じることとする。

2．福島県沖地震の企業への影響

2.1 福島県沖地震での企業被害の程度

2022福島県沖地震では、全国的な影響をもたらす深刻な企業被害は少なかったが、かなりの数の企業に被害が発生した。

企業の全般的な被害状況の程度を示す資料として、「中小企業等グループ補助金」の被災地域への支給実績を参考にできる。この補助金は、2011年の東日本大震災において創設されたもので、中小企業等のグループが復興事業計画を作成し、地域経済・雇用に重要な役割を果たすものとして県から認定を受けた場合に、原則として、施設・設備の復旧・整備について費用の4分の3（うち国が2分の1、県が4分の1）または2分の1（うち国が3分の1、県が6分の1）等の補助を行う制度である。2022福島県沖地震では、2022年7月29日の段階で、宮城県及び福島県において24グループ66者に対し、39.3億円（うち国費26.2億円）の交付が決定している[1)]。比較として、2016年の熊本地震では、2020年10月段階で、519グループに対し1,429億円（うち国費952億円）の交付が決定している[2)]。2021福島県沖地震では、2021年7月段階で19グループ57者に対し4.7億円（うち国費3.1億円）の交付が決定している[3)]。したがって、2022福島県沖地震の企業被害は、2021福島県沖地震より大きいと推察されるが、熊本地震に比べると一桁小さいイメージといえる。

2.2 製造業への影響

2022福島県沖地震では、製造業の工場への被害も一定程度発生した。例えば、WEBサイトで公表されている資料では、トヨタ自動車の自社・関連企業の11工場で部品の欠品により3～5日間の工場のラインが停止し[4)]、ルネサスセミコンダクタマニュファクチュアリング(株)の那珂工場の生産能力の復帰が地震発生10日後となっている[5)]。

このように、2011年の東日本大震災や2016年の熊本地震で発生したような、サプライチェーンを通じて日本経済全体に大きな影響が及ぶような被害発生は見当たらなかったが、一部の企業で復旧に苦労があったことが見受けられる。

2.3 物流への影響

物流については、高速道路の不通により東北・北海道での郵便物や宅配便の遅れが発生したが、高速道路の早期復旧により影響は終息した。一方で、倉庫やトラックターミナルの被害もかなり生じていた。国土交通省の発表資料によれば[6)]、物流関係の被害として、

- ・営業倉庫（宮城県 20 棟、福島県 20 棟、栃木県 1 棟）で荷崩れ発生。
- ・営業倉庫（宮城県 15 棟、福島県 3 棟）で施設被害発生。
- ・福島県のトラックターミナル 1 棟でシャッター開閉不能発生。
- ・宮城県のトラックターミナル 1 棟で天井破損。

と報告されている。

WEBサイトで公表されている被害例としては、アイリスオーヤマの亘理工場での自動倉庫の荷崩れが発生し、被災から5日たった3月22日も復旧作業が続いているとの例があった[7)]。また、公表情報には見当たらないものの、自動倉庫が荷崩れを起こし通常の倉庫以上に復旧に時間がかかった他の事例を、著者は研究活動の中で把握している。

３．企業への影響が大きかったインフラ等の被害

2022福島県沖地震において、企業への間接的な被害をもたらしたライフラインやインフラの主な被害は次のとおりである。

(1)　停電・断水

内閣府の令和4年版防災白書[8]によれば、

・東京電力管内及び東北電力管内で最大223万戸の停電が発生。

・岩手県、宮城県、福島県、埼玉県、千葉県において最大69,999戸の断水が発生。

といった被害が報告されている。

(2)　鉄道の被害

東北新幹線は、福島駅・白石蔵王駅間での新幹線の脱線等による運休等のため3月16日から運休となり、全線での運転再開が4月14日となった。さらに、一部区間の徐行のため、東京・仙台間で所要時間が30分程度長い臨時ダイヤが続き、通常のダイヤに復旧したのが5月13日となった[9]。

JRの在来線では、点検のための運休はかなりあったが、2日後の18日の朝に運行停止となっていたのはJR常磐線のみで、24日に復旧した。また、阿武隈急行線が全線で不通となり、全線が復旧したのは6月27日であった。

(3)　高速道路の被害

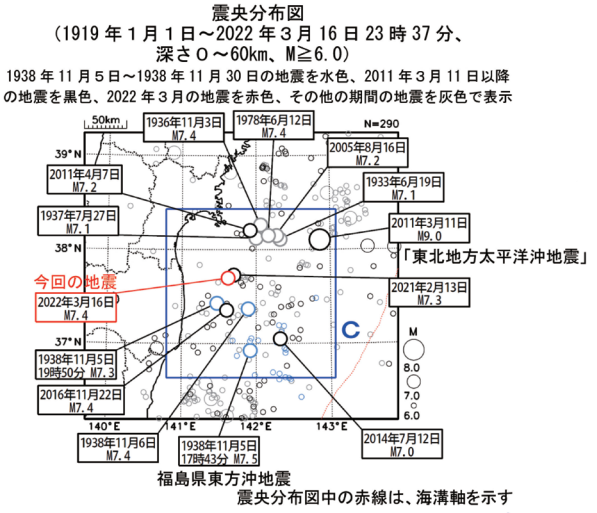
高速道路の通行止めは、東北自動車道、常磐自動車道、磐越自動車道等で発生した。しかし、東日本高速道路(株)及び復旧工事の担い手の建設会社等の迅速な対応により、地震発生後、翌日17日の午後3時半に東北道が全面復旧し[10]、3月18日の昼12時にすべての高速道の通行止めが解除された[11]。

４．ＢＣＰ改善の教訓

2022福島県沖地震が、2021福島県沖地震から約1年1か月後に再度の被害をもたらしたことで、地域の人々に地震リスクがいまだ高いことを実感させた。これらの地震を踏まえたBCP改善への教訓として、著者は、次のような点があると考えている。

4.1 東日本大震災の余震の再認識とBCP

東日本大震災では、岩手県沖から茨城県沖の広い範囲で、太平洋プレートがユーラシアプレートに沈みこむ日本海溝の西側の地震エネルギーが相当程度開放されたが、その後10年以上が経過しても、最大震度6強の地震（2022及び2021福島県沖地震）が近接した震源で2年連続発生した（図１の四角の枠内中央付近）。この前後の時期に発生したより小さい地震を含め、福島県及び宮城県が東日本大震災の余震（気象庁は余震と呼ぶのをやめたが、実質的な意味で）の脅威から脱していないことを認識せざるを得なくなった。地震調査研究推進本部の「2022 年3月 16 日福島県沖の地震の評価」においても、「今回の地震は、『平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震』の余震域で発生した。余震域内の地震活動は全体として東北地方太平洋沖地震前の状態に近づきつつあるが、１年あたりの地震の発生数は、依然として東北地方太平洋沖地震前より多い状態が続いており、現状程度の地震活動は当分の間続くと考えられる。」とされている。そこで、東北の太平洋側の地域では、今後も東日本大震災の余震に備え続ける必要がある。



出典：地震調査研究推進本部[12]

図１　東日本大震災・2022福島県沖地震等の震央分布図

その中で、宮城県や福島県における企業のBCPの策定率が、東日本大震災及びその余震の経験を踏まえて高まっているかと言えば、そうとは言えない。例えば、帝国データバンクの調査によれば、2022年の宮城県企業のBCP策定率は13.5%であり、2年連続で減少しており[13]、同年の福島県企業の策定率は17.3%で、前年比1.6％減であった[14]。一方、全国での策定率は17.7％で、前年比0.1％増である[15]。なお、地震の被災地であってもBCPの策定率がその後高まらない状況は珍しくないというのが、残念ながら著者を含むBCP研究者の認識である。

両県の企業は、地震だけでなく近年頻度が高まり激しさを増す風水害の被害にもあっており、BCPの策定に一層の取り組みが期待される。また、その促進のための行政、経済団体、大学等の一層の支援も望まれるであろう。

4.2 被害がさほどでない場合のBCPの精査

2022福島県沖地震のように企業の被害がさほど大きくない場合、被災企業の生産物やサービスの供給の復旧は、供給先の被害が少ないことから急がされることが多い。つまり、災害等の被害が広域であれば、供給先企業やさらにサプライチェーンの下流の企業も被害を受ける可能性が高く、復旧の時間はその分遅くてもよくなる。また、災害等により社会全体が一時的な需要減となった場合も類似の状況となる。しかし、企業被害が少なければ､そのような状況にはならない。

図2で示すように、被災企業の被害が大きく平常時の拠点での早期復旧が困難な被害であれば（図2の一番上の水平線より上の状況)､コストも時間もかかる代替拠点での操業などが必要となるので、供給先の企業も、復旧に時間を要することをある程度許容せざるを得ない。しかし、被災企業の被害が小さく現地復旧が可能なら、供給先は被災企業の復旧作業を支援することも含めて復旧を急ぐよう強く求めるのが一般的である。そして、期待された復旧スピードが実現できなければ、供給先からの信用を失うことになる。

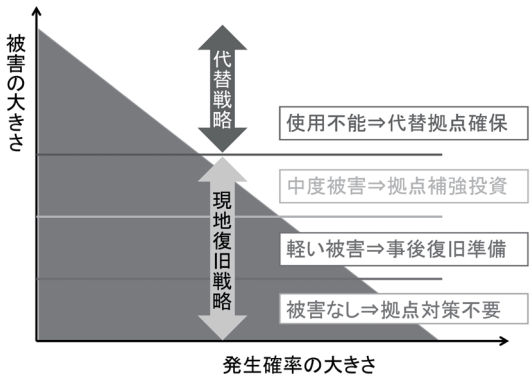


図２　被害の大きさに応じた戦略と対策

したがって、企業は、被害が大きい場合のBCPのみならず、被害が小さい場合の早期復旧のためのBCPも持つ必要がある。政府のBCPガイドラインでも、「可能な範囲でこの被害の想定には段階を付けて（例えば、軽微、甚大、壊滅)､それぞれに戦略及び対策を検討することがより実践的である。」とされている[16)]。

そこで、2022福島県沖地震で操業が止まった企業はもちろん、被害を免れた企業も、今回発生した企業被害、それら企業への取引先からの早期復旧要請、具体的な復旧対応等を教訓として、自社のBCPに、さほど被害が大きくない場合の早期復旧のための自社なりの対応方法を盛り込むことが有効であり、必要ともいえるであろう。

4.3 交通インフラの支障発生の対応

2022福島県沖地震では東北新幹線の復旧に29日間を要し、2021福島県沖地震では東北新幹線の全線復旧に10日間を要した。高架の路線が多い新幹線は、地上を走る在来線に比べて地震被害からの復旧に時間がかかる傾向があるとみられる。

高速道路については、2022福島県沖地震では東北自動車道の復旧に1日、常磐自動車道の復旧による全線復旧が2日間で達成された。一方、2021福島県沖地震では、東北自動車道の復旧は11時間であったが、常磐自動車道に土砂崩れがあったため、全線復旧に4日間を要した。高速道路の復旧の早さは被害の状況に当然依存するが、両地震では新幹線より復旧が早かった。

不通となった新幹線の代替輸送としては、両地震とも、比較的地震に強い航空便の臨時便運航が行われ、高速道路の復旧後は高速バスの増便も行われた。また、2022福島県沖地震では、東北新幹線の不通区間について在来線の臨時快速列車で結ぶ対応も行われた。

そこで、東北地方に重要拠点を置く企業のBCPには、東北新幹線による移動が難しくなった場合の代替手段が両地震でどのように準備されたかをBCPの資料等として記録して、今後の被災の参考として行くことが有効と考えられる。また、類似のことは他の新幹線の不通に関してもある程度当てはまるであろう。

4.4 物流の遅れの可能性の認識

自社事業所の直接被害が大きくなくても、企業活動に影響する支障として物流の遅れを想定することが、両地震の例からも必要になることが再認識された。

物流を主に担うトラック等は、高速道路の通行止めの影響を強く受けるが、2022福島県県沖地震では高速道路の復旧が早く、この面の支障はさほどではなかった。

ただし、荷物の積み替えを担う倉庫等の物流施設の被害が上述のように発生した。荷崩れの発生などの被害が多かったが、特に普及が進んできた自動倉庫は、平常時の業務効率を高められるが、地震で装置の破損を免れても、倉庫内に置いた荷物の位置が地震動でずれることで機械がうまく稼働せず、荷物を全部出して入れ直すことが必要になることもある。

このように、平常時の効率アップのための対応が災害時の脆弱性を高めてしまう例が、物流においても生じていることに留意が必要である。

５．終わりに

本稿では、2022福島県沖地震に加え、2021福島県沖

地震にも注目し、企業の被害がさほど大きくなくても企業のBCPへの教訓が数項目あげられることを示すとともに、被災地域のBCPの普及の遅れの問題点も指摘した。

BCPに関しては、これら地震に加え、発生頻度が高まり、激甚化している風水害にも対応できるBCPが求められ、さらに、新型コロナウイルス感染症に対応した人員不足でも重要業務を止めないBCPも求められている。企業にとって、様々な危機事象への対応を求められる厳しい時代となっている。加えて、BCPが一層求められる理由として、分業化の進展、IT依存の高まり、物流サービスへの依存の高まりなどから、企業活動の災害等への脆弱性が高まっていることもある。

そこで、中小企業を含めた企業のBCPの普及率が10%台にとどまっている状況は早急に改善が必要であり、特に、操業停止による社会的影響の大きい企業は、事業継続の備えを積極的に進めていくべきである。

参考文献

1) 中小企業庁「令和4年福島県沖地震『中小企業等グループ補助金』の交付決定を行いました～宮城県、福島県の24グループ66者を交付決定～」、2022年7月29日、経済産業省庁ウェブサイト、https://www.chusho.meti.go.jp/keiei/shokibo/2022/220729group.html（2022年8月31日閲覧）
2) 経済産業省「熊本地震『中小企業等グループ施設等復旧整備補助事業』の交付決定を行いました」同省ウェブサイト、https://www.meti.go.jp/press/2020/10/20201030004/20201030004.html（2022年8月31日閲覧）
3) 経済産業省「令和3年福島県沖地震『中小企業等グループ補助金（なりわい再建支援事業）』の交付決定を行いました」、2021年7月30日、経済産業省ウェブサイト https://www.meti.go.jp/press/2021/07/20210730007/20210730007.html（2022年8月31日閲覧）
4) トヨタ自動車株式会社「3月の国内工場の稼働について」、同社ウェブサイト、https://global.toyota/jp/newsroom/corporate/37047681.html（2022年8月31日閲覧）
5) ルネサス エレクトロニクス(株)「『福島県沖地震』による当社事業活動への影響について（第四報最終報）」、同社ウェブサイト、https://www.renesas.com/jp/ja/about/press-room/update-4-final-impact-march-16-earthquake-coast-fukushima-prefecture-renesas-operation-1（2022年8月31日閲覧）
6) 国土交通省「福島県沖を震源とする地震について（第15報）」（令和4年4月19日）、国土交通省ウェブサイト、https://www.mlit.go.jp/common/001478477.pdf（2022年8月31日閲覧）
7) アイリスオーヤマ(株)「福島県沖を震源地とする地震の被害状況について（第3報）」、同社ウェブサイト、https://www.irisohyama.co.jp/news/2022/?date=0322_2（2022年8月31日閲覧）
8) 内閣府「令和4年版防災白書（防災に関してとった措置の概況　令和4年度の防災に関する計画）」内閣府防災担当ウェブサイト、https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/pdf/r4_all.pdf（2022年8月31日閲覧）
9) 東日本旅客鉄道(株)「福島県沖地震に伴う東北新幹線の被害と復旧状況等について」、同社ウェブサイト、https://www.jreast.co.jp/press/2022/20220420_ho01.pdf（2022年8月31日閲覧）
10) 東日本高速道路(株)「東北地方の地震による通行止めのお知らせ(3月17日15時30分現在)」、同社ウェブサイト、https://www.e-nexco.co.jp/cms_assets/emergency/2022/03/17/第10報（3月17日15時30分時点）.pdf」（2022年8月31日閲覧）
11) 東日本高速道路(株)「東北地方の地震による通行止め解除のお知らせ(3月18日12時00分現在)」、同社ウェブサイト、https://www.e-nexco.co.jp/important_info/tohoku/20220317.html（2022年8月31日閲覧）
12) 地震調査研究推進本部「2022年3月16日福島県沖の地震の評価」、2022年3月17日、同本部ウェブサイト、https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2022/20220316_fukushima_1.pdf（2022年8月31日閲覧）
13) 帝国データバンク「事業継続計画（BCP）に対する宮城県企業の意識調査（2022年）」、同社ウェブサイト、https://www.tdb.co.jp/report/watching/press/ s220601_10.html（2022年8月31日閲覧）
14) 帝国データバンク「【福島県】事業継続計画（BCP）に対する企業の意識調査（2022年）」、同社ウェブサイト、https://www.tdb.co.jp/report/watching/press/s220602__19.html（2022年8月31日閲覧）
15) 帝国データバンク「事業継続計画（BCP）に対する意識調査（2022年）」、同社ウェブサイト、https://www.tdb.co.jp/report/watching/press/p220606.html（2022年8月31日閲覧）
16) 内閣府「事業継続ガイドライン（令和3年4月）」、p18、脚注48、内閣府防災担当ウェブサイト、https://www.bousai.go.jp/kyoiku/kigyou/keizoku/pdf/guideline202104.pdf（2022年8月31日閲覧）

丸谷 浩明（まるや ひろあき）

東京大学経済学部卒。1983年建設省入省後、京都大学経済研究所教授、内閣府防災担当参事官、国土交通政策研究所政策研究官等を経て現職。経済学博士。専門は事業継続マネジメント、企業・組織の防災、防災政策。

COVID-19対策を踏まえた災害時避難の知恵と現状

千葉　洋平　／佐野　浩彬
●国立研究開発法人 防災科学技術研究所 特別研究員　●国立研究開発法人 防災科学技術研究所 特別研究員

１．はじめに

近年、巨大地震の切迫や気象災害の激甚化といった自然災害の脅威に加えて、新型コロナウイルス感染症（以下、COVID-19）の拡大に伴い、感染症対応をも加味した複合災害に対する社会の備えが加速している。我が国においては、2020年1月に初のCOVID-19感染者が確認されて以来、デルタ株やオミクロン株といった変異株等の影響を受け感染者の急増が繰り返され、緊急事態宣言の発出やワクチン接種等の施策により一時は感染者の減少傾向に転じたものの、2022年8月現在では、全国各地で過去最多となる感染が相次ぎ確認され、感染拡大の第7波に入っている。COVID-19が蔓延する昨今の状況下において、自然災害が発生した際の避難における感染症対策をこれまで以上に考慮した防災政策が推進され、全国各地では避難対策や避難所運営の新たな取り組みが進みつつある。

本稿では、はじめにCOVID-19下の災害時避難に関する政策等の変遷を概観した上で、全国各地でCOVID-19下の災害時避難に向けた取り組みを相互に参照できるようにすることを目的に、国立研究開発法人 防災科学技術研究所（以下、防災科研）総合防災情報センター自然災害情報室が試行的に取り組んだ「COVID-19×災害時避難に関する情報集約サイト（β版）」の研究事例を紹介し、2022年3月福島県沖の地震等の災害時避難について考察する。なお、筆者らの研究事例では「災害時避難」について、安全な場所へ逃げることや安全を確保する「避難（Evacuation）」と、災害によって一時的に自宅等での生活が困難になった場合に行う「避難（Sheltering）」の2種類を取り上げているが、本稿では、地震防災を踏まえて後者の避難（Sheltering）を中心に取り上げたい。

２．防災政策の変遷

２．１ 防災基本計画の修正

2021年5月25日、政府の中央防災会議が開催され、COVID-19の感染拡大を踏まえた防災基本計画の修正決定に伴い、避難所における感染症対策や被災自治体への応援職員等の感染症対策等が強化された。表１は、防災基本計画の「第２編 各災害に共通する対策編（第１章 災害予防）」を例に取り上げ、新たに盛り込まれたCOVID-19対応に関する主な事項を整理したものである。各自治体はこの修正に沿って、地域防災計画等においてCOVID-19対応の促進が求められる。

表１　防災基本計画上のCOVID-19対応の主な追加事項[1) 2)]

箇所	主な追加事項
防災訓練の実施、指導	・感染症対策に配慮した避難所開設・運営訓練の積極的な実施
防災関係機関相互の連携体制	・応援職員等の執務スペースにおいて感染症対策のための適切な空間の確保
避難誘導	・平常時から自宅療養者等が危険エリアに居住しているかの確認 ・自宅療養者等の避難の確保に向けた具体的な検討・調整、情報提供
指定避難所等	・必要十分な指定避難所の指定 ・平常時から、指定避難所の場所・収容人数等について住民への周知徹底 ・災害時の開設状況や混雑状況等の周知も想定し、ホームページやアプリケーション等の多様な手段の整備 ・感染症対策のため平常時から、指定避難所のレイアウトや動線等の確認 ・感染症患者が発生した場合の対応等について防災担当部局と保健福祉担当部局の連携 ・国や独立行政法人等が所有する研修施設、ホテル・旅館等の活用を含めて可能な限り多くの避難所の開設 ・マスク、消毒液に加え、段ボールベッドやパーティション等の感染症対策に必要な物資の備蓄

２．２ COVID-19下の災害時避難に関する政府指針

我が国において、従来の避難所における感染症対策は新型インフルエンザを念頭に置いたものであったが、COVID-19の蔓延に伴い、中央省庁から自治体に対して災害時避難のCOVID-19対応を喚起する様々な通知や通達等が発出されている。表2は、2020年度に発出されたCOVID-19に関する政府通知の一例を示している。その中でも、2020年4月7日に内閣府（防災担当）、消防庁および厚生労働省の連名により通知された「避難所における新型コロナウイルス感染症への更なる対応について[3)]」が注目される。当該通知では、都道府県や保健所等に対して避難所におけるCOVID-19対策に関する9つの対応項目（以下、9項目）が周知された（表3）。これを受けて、都道府県や自治体では、感染症対策を考慮した避難対策の整備が進められている。

表２　COVID-19下の災害時避難に関する政府通知の一例

日付	通知名
2020/4/1	避難所における新型コロナウイルス感染症への対応について
2020/4/7	避難所における新型コロナウイルス感染症への更なる対応について
2020/4/28	新型コロナウイルス感染症対策としての災害時の避難所としてのホテル・旅館等の活用に向けた準備について
2020/5/27	「新型コロナウイルス感染症対策としての災害時の避難所としてのホテル・旅館等の活用に向けた準備について」（令和２年４月28日付け事務連絡）を踏まえた対応について
2020/5/28	高齢者や障害者等の避難の実効性の確保に向けた取組の実施について
2020/6/12	新型コロナウイルス感染症対策及び自然災害対策におけるマスク等の物資の確保と積極的な融通について
2020/12/17	冬期における避難所の新型コロナウイルス感染症等への対応について

表３　「避難所における新型コロナウイルス感染症への更なる対応について」の９項目[3)]

	項目
1	可能な限り多くの避難所の開設
2	親戚や友人の家等への避難の検討
3	自宅療養者等の避難の検討
4	避難者の健康状態の確認
5	手洗い、咳エチケット等の基本的な対策の徹底
6	避難所の衛生環境の確保
7	十分な換気の実施、スペースの確保等
8	発熱、咳等の症状が出た者のための専用のスペースの確保
9	避難者が新型コロナウイルス感染症を発症した場合

３．COVID-19下での災害時避難に関する知の集約

３．１ 背景

COVID-19は、主に人と人との接触によって感染すると言われているが、自然災害発生の緊急時に、人との接触を避けながら避難を行うことは難しい問題である。本来、避難は災害という危険から身を守るために行うものであるが、かえってそれがCOVID-19に感染するリスクを誘発するおそれがある。こうしたジレンマが避難の遅れや見逃しを生み、災害による被害を深刻化させる可能性がある。

COVID-19という突如として突き付けられた課題に対して、我々はどのように対処するべきであろうか。こうした課題に対処していくためには、全国各地で行われている取り組みや経験を集め、それらを参考に自分たちのなすべきことを決めていくことが重要である。そのためには、様々な取り組みや経験を集約し、共有する仕組みが必要であると筆者らは考えた。そこで筆者らは、COVID-19下の災害時避難をテーマに、中央省庁・都道府県・市区町村・マスメディア・研究機関等から発信されている関連情報を収集した。そして、それらを集約・整理したウェブサイトとして、COVID-19×災害時避難に関する情報集約サイト（β版）[4)]を試行的に構築し、2020年5月25日に公開した（図1）。

図１　COVID-19×災害時避難に関する情報集約サイト（β版）[4)]

３．２ 自治体情報の集約と可視化

前述の通り、2020年4月7日に内閣府等から「避難所における新型コロナウイルス感染症への更なる対応について」が都道府県や保健所等に通知された。都道府県や保健所等がこの通知を受けて、COVID-19対策を踏まえた避難の方針を検討していくことになるが、その際に参考となるのは、近隣や他の自治体での取り組みである。先行的に行われている効果的な取り組みは、自らの地域にも導入しやすい。しかし、こうした新たな課題に対する取り組みについて自治体の担当者自らが情報を収集し、その内容を精査した上で実践していくことは負担も大きい。そのため、全国で行われている様々な取り組みを容易に参照できる仕組みがあれば、その負担軽減に資するのではないかと考えた。

そこで筆者らは、全国各地の自治体によるCOVID-19下の災害時避難に関連するウェブサイトでの情報発信を網羅的に調査・収集し、その調査結果を地図で可視化する取り組みを実施した[5)]。情報収集にあたっては、47都道府県および1,741市区町村のウェブサイトへ2週間毎など定期的にアクセスし、COVID-19下の災害時避難に関する情報を発信している自治体を確認した。これにより、近隣の自治体における情報発信を把握することが可能となり、その中で

自らの自治体でも導入することが有効な取り組みを参照できるようにしている。

3．3 課題・対策・実践の一覧化

自治体はCOVID-19下の災害時避難の取り組みを進めるにあたり、様々な苦労や課題に直面している。また、その取り組みでは感染症対策に必要な物資の備蓄や発災を想定した訓練といった平常時における事前の備えと、自然災害に見舞われた際の実際の対応の両面を考慮する必要がある。こうした状況を踏まえて、対応方法に関しては、中央省庁が通知や通達等を通じて啓発しているほか、研究機関や有識者ら等が対応マニュアルや最新の有効な対応方法等を発信している。これらの情報は、ウェブサイトを介して日々発信されており、全国各地の自治体が共通して参考にできるものと考えられる。また、マスメディアを通じて発信される各地の情報も非常に有益であるが、これらの情報は時が経つにつれて、情報が消失したり再度見つけることが困難になることがある。

そこで筆者らは、こうした情報をタイムリーに集約し自治体の関係者等が参考にできるように、ウェブ検索を用いて1週間ごとに収集し、政府通知のほか、収集した情報を課題・対策（手法）・実践事例等のカテゴリに分類した「情報集約リンク集」を作成した。これにより、全国各地が抱えている課題や推奨される対策、平常時や災害時の実践事例に関する発信情報を一覧できるようにした。このリンク集は2020年4月22日に第1報をウェブで公開し、第46報（2021年7月8日）まで継続的に更新した。

3．4 知恵の一覧化

前述の発信情報には、各地の課題解決に活かせる地域独自の様々な実践（以下、知恵）が含まれている。しかし、人々がこれらの情報を一件ずつ読み込んで、内容を理解し活用に至るまでには時間を要したり、今まさに必要とする情報にたどり着けない可能性もある。

そこで筆者らは、こうした発信情報からCOVID-19下の災害時避難に関するノウハウや知恵となる要点のみを整理した「サマリーレポート[6]」を作成した。サマリーレポートは、「避難所における新型コロナウイルス感染症への更なる対応について」の9項目に、自治体との意見交換においてニーズが高かった「在宅避難」を加え、各項目に関連する課題・対策・実践の要点を示すテキスト文を収集情報から抽出し取りまとめたものである（図2）。その際、元のサイトや記事にたどれるよう文末にリンクを記載した。サマリーレポートは2020年5月29日に初版を公開し、第21版（2021年2月19日）まで2週間ごとに継続的に更新した。

新型コロナウイルス感染症の状況下における災害時避難サマリーレポート
第21版（2021.02.19）

国立研究開発法人 防災科学技術研究所
総合防災情報センター 自然災害情報室
問い合わせ：library [at] bosai.go.jp
（[at]は@に変換してください）

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）が流行している状況下、災害時の避難や避難所における感染症対策の備えが急務となっています。本サマリーレポートは、自治体のCOVID-19状況下における災害時避難対策に役立てて頂くために、現在収集している関連ニュース記事、都道府県や地区町村の対応状況等の公開情報をもとに、課題、対策および実践事例に分類しました。

＜方法＞

「COVID-19×災害時避難に関する情報集約サイト（β版）」では、都道府県や市区町村の対応状況をはじめ、関連するニュース記事や中央省庁の通知・通達等を収集しています。本サマリーレポートは、収集したニュース記事や都道府県、市区町村の対応状況に焦点を当て、内閣府等が2020年4月7日付で通知した「避難所における新型コロナウイルス感染症への更なる対応について」の中で示される9項目に、在宅避難を加えた10項目で分類しています。なお、更新時に新たに追加した情報については、黄色ハイライトにしています。

＜「避難所における新型コロナウイルス感染症への更なる対応について」の9項目に、在宅避難を加えた10項目＞

①可能な限り多くの避難所の開設　②親戚や友人の家等への避難の検討　③自宅療養者等の避難の検討　④避難者の健康状態の確認
⑤手洗い、咳エチケット等の基本的な対策の徹底　⑥避難所の良好な環境の確保　⑦十分な換気の実施、スペースの確保等
⑧発熱、咳等の症状が出た者のための専用スペースの確保　⑨避難者が新型コロナウイルス感染症を発症した場合　⑩在宅避難

④避難者の健康状態の確認

○避難者の健康状態の確認	課題	• 検温や問診などの健康チェックをする職員の増員や確保が困難（島根県出雲市、島根県安来市）（読売新聞, 2021/1/17） • 「健康チェックシート」による体調異常の把握に時間を要する（北海道苫子区町）（北海道苫子区町） • 想定を大幅に超える人数の避難者が短時間に来た場合、対策マニュアル通りの受入れ（受入れ時の手指消毒、マスクの配布、検温等）が出来ない（福岡県大牟田市）（NHK, 2020/8/4） • 避難所に医療スタッフが常駐していない（岐阜県美濃加茂市）（日本経済新聞, 2020/5/29） • 避難所における感染対策マニュアルが新型コロナウイルスに対応していない（NHK, 2020/4/16） • 非接触型の体温計の確保のめどが立たない体調について避難者の申告に頼らざるを得ない（NHK, 2020/4/30）
	対策ポイント（内閣府）	• 健康チェックリストを作成し避難所内のどの部屋・スペースに振り分ける判断基準を決めておく、受付担当者はマスク・使い捨て手袋を着用、自宅療養者が一時的に避難した場合に健康チェックリストだけでなくPCR陽性となった月日等を確認、体調の変化が見られた際には避難所の保健担当に連絡するよう周知、避難者が自己アセスメントできるよう紙媒体の記録用紙を準備（スマートフォン・アプリも活用）（内閣府, 2020/06/16）
	対策	• 受付時に避難者の体温や体調の確認・要配慮者の確認・避難者カードを書いてもらう、受付にはクリアフェンスと消毒液を設置、手指の消毒・検温・問診票の提出・避難者カードの提出・避難スペースへ誘導といった動線を準備（内閣府, 2020/06/15） • 正確に体温を測定し、共有を迅速するため、脇下体温計を避難者各自で用意（NHK, 2021/1/26） • 検温場所では3密にならないよう配慮し、対応職員は防護服を着用（佐賀新聞, 2020/12/2） • 避難者の記録、健康状態を伝えるリストバンドを着用（佐賀新聞, 2020/12/2） • 感染症対策について避難者の理解を得るには、心理的なケアも合わせて対応が可能な感染管理認定看護師などが必要（ヒューモニー, 2020/10/5） • 運営スタッフ自身の体温測定と持参しない避難者のため、非接触の体温計を複数準備（高山, 2020/8/30） • 避難所の受付で避難者の体温測定（非接触型の体温計を使用）・問診（症状・最近の行動履歴の聞き取り）の実施（中澤, 2020/4/18；福島民友新聞, 2020/5/11; NHK, 2020/5/13） • 業務後に休暇を与えるなどアフターケアの感染整備（NHK, 2020/5/10） • 37.5度以上の発熱者を別の個室に誘導（高知新聞, 2020/5/1） • 避難所での体温計の用意、避難所開設時の保健師の派遣・巡回態勢の整備（日本経済新聞, 2020/4/13） • 家族単位で感染症・味覚臭覚障害の有無などを避難者名簿に記入（千葉県南房総市）
	実践事例（令和2年7月豪雨）（令和2年台風第9・	山形県：• 山形県大江町：検温・手指消毒のほか健康状態や行動の有無を調べる問診票を記入してもらう（河北新報, 2020/7/30；山形県大江町） 岡山県：• 岡山県倉敷市：避難者一人一人に職員が非接触型の体温計で検温、熱がある人のために別室

図2　サマリーレポート

4．地震災害にみる災害時避難の考察

ここからは、2021年2月と2022年3月にそれぞれ発生した福島県沖の地震を事例に取り上げ、COVID-19下の災害時避難について考えてみたい。

2021年2月13日に発生した福島県沖の地震では、避難所で検温や消毒、テント設営や抗原検査体制の整備等の徹底した感染症対策がとられた。図3は福島県相馬市の避難所の様子であるが、避難所内で間隔をあけてテントを設営することで、接触による感染を極力防ごうとする意図がうかがえる。

2022年3月16日に発生した福島県沖の地震では、宮城県及び福島県で最大震度6強が観測され、3月17日7:30時点において宮城県及び福島県で計255の避難所が開設され、避難者数は1,668名に上った[7]。この地震においても避難所では検温や消毒が徹底され、世帯ごとにテントが用意されるといった感染症対策が講じられたが、地震の影響でテントが格納されている器具庫が開かなくなる等、避難所運営に係る課題も見受けら

れた[8]。今後、東日本大震災と同規模の被災者受け入れを想定した場合にはテントを張る避難所も不足すること、避難所で多数の発熱症状が相次いで確認された場合の対応方法の不明確さ等の課題が散見された[9]。

これらのような避難所における取り組みや実践は、COVID-19蔓延当初はいくつかの自治体による先進的な取り組みとして進められていたが、時間の経過とともに全国各地の経験が共有され、訓練や災害により一般化した取り組みになりつつある。一方で、実災害を機に、新たな課題が浮き彫りになっているのも事実である。次の災害に備える知恵を生むために全国各地が相互に参照できるよう、こうした様々な取り組みや経験を集約し、共有していくことが重要であると考える。

図３　福島県相馬市の避難所の様子
（スポーツアリーナそうま第二体育館、2021年2月16日
防災科研撮影）

５．おわりに

近年のCOVID-19蔓延は、災害時避難のあり方にも大きく影響を与えており、政策面及び現場対応において感染症対策を踏まえた避難対策の見直しが進んでいる。これを機に、全国各地では試行錯誤した経験や新たな課題が日々生まれており、また、平常時の事前の備えや発災時の対応として様々な避難の取り組みが行われている。これらに関する情報はウェブサイトやメディア等を通じて発信されているが、来たる災害に備えるための知恵としてアーカイブされ、適切に次の避難に活かされているとは言いがたい。本稿で紹介した取り組みは、こうした状況を打破するために速報的に行ったものであるが、今後さらに感染症下での災害時避難に関する知恵の蓄積と議論の活性化が望まれる。

謝辞

本稿で紹介した取り組みにあたり、防災科研総合防災情報センター自然災害情報室の皆様の協力を得た。末筆ながら感謝申し上げます。

参考文献

1) 内閣府：防災基本計画修正（令和3年5月）の概要（案）、2021.
2) 内閣府：防災基本計画修正 新旧対照表（案）令和3年、89p、2022.
3) 内閣府・消防庁・厚生労働省：避難所における新型コロナウイルス感染症への更なる対応について（令和２年４月７日事務連絡）、2020.
4) 防災科学技術研究所：COVID-19×災害時避難に関する情報集約サイト（β版）、2020. https://dil.bosai.go.jp/disaster/covid19/index.html（2022.8.7参照）
5) Sano et al., Survey on the dissemination of Web-based information on “evacuation and sheltering” in the context of COVID-19 by the Japanese Government, International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment, 2021. https://doi.org/10.1108/IJDRBE-01-2021-0005
6) 千葉洋平・他：防災に関する取組みを効果的に集約するサマリーレポート構築の実践－コロナ状況下での災害時避難を対象に－、防災科学技術研究所研究資料第470号、46p、2022.
7) 内閣府：福島県沖を震源とする地震に係る被害状況等について（令和４年３月１７日０９時００分現在）、19p、2022.
8) 福島テレビ：地震で避難した人たち コロナ禍での避難所運営の課題《福島県・最大震度６強》、2022年3月17日放送、2022.
9) NHK：震度6強の地震 避難所は感染防止対策を徹底 福島、2021. https://www3.nhk.or.jp/news/html/20210221/k10012879281000.html（2022.8.7参照）

千葉 洋平（ちば ようへい）

2017年京都大学大学院地球環境学舎博士課程修了、あらた監査法人（現PwCあらた有限責任監査法人）、（公財）地球環境戦略研究機関プログラムマネージャー等を経て現職、博士（地球環境学）、専門分野：公共政策、ファイナンス、会計学、気候変動適応

佐野 浩彬（さの ひろあき）

2021年筑波大学大学院生命環境科学研究科博士課程修了、2015年防災科学技術研究所入所、博士（理学）、専門分野：地理情報科学、人文地理学、災害情報

学会ニュース

オンライン講習会「第2回 機械学習・深層学習のプログラミング講習と地震工学での事例紹介」の報告

肥田　剛典
●茨城大学 准教授

1. はじめに

2021年5月に、「機械学習・深層学習のプログラミング講習と地震工学での事例紹介」が開催された。多くの方にご参加をいただき、盛況な会となった。これを受け、2022年5月31日に「第2回 機械学習・深層学習のプログラミング講習と地震工学での事例紹介」が開催された。これは第1回の講習会の続編として企画され、機械学習や深層学習などの技術をさらに地震工学の分野に広め、より高度な機械学習技術を用いた研究の促進に資することを目的としたものである。本稿では、この講習会について報告する。

2. 講習会の概要

講習会はオンラインで開催され、71名の参加者があった。内容は下記に示す2部構成とした。

(a) PythonによるAIプログラミング講習会
（10:00 ～ 15:00、休憩1時間）
－講師：滝 勇太 氏（構造計画研究所）
内容
1. AI(機械学習)の基礎理論
2. 機械学習手法の理論と演習
3. 実装時の構成や注意点
4. データ活用事例

(b) 地震工学分野での利用事例の紹介
（15:00 ～ 16:00）
地震動予測分野における機械学習の活用に関して
－講師：久保 久彦 氏（防災科学技術研究所）
深層学習の防災リモートセンシングおよび地盤震動研究への応用
－講師：三浦 弘之 氏（広島大学）

前半の部(a)は、構造計画研究所の滝勇太氏により、機械学習・深層学習に多く用いられているプログラミング言語であるPython[1]とJupyter Notebook[2]を用いたAIプログラミング講習会が行われた。後半の部(b)は、AIの地震工学分野への応用事例の紹介として、防災科学技術研究所の久保久彦氏および広島大学の三浦弘之准教授に研究事例を紹介していただいた。以降、それぞれの講演内容について報告する。

3. PythonによるAIプログラミング講習

前半の部では、下記の内容に関する講習が行われた。

(1)　AI（機械学習）の基礎理論
(2)　機械学習手法の理論と演習
(3)　実装時の構成や注意点
(4)　データ活用事例

(1)では、人工知能研究の歴史や、人工知能・機械学習・深層学習の分類、教師あり学習・教師なし学習・強化学習の違いなど、機械学習の基礎的な内容について解説された。(2)では、PythonおよびJupyter Notebookの利用方法について解説された。さらに、機械学習の基礎やt-SNE (t-distributed Stochastic Neighbor Embedding[3])、SHAP (Shapley Additive exPlanations[4])、Time GAN (Time-series Generative Adversarial Networks[5])といった、新たな機械学習の手法を用いた演習が行われた。この演習は、本講習会の参加者にあらかじめ配布されたPythonのソースコードを元に、Jupyter Notebookを用いて実際に計算のデモンストレーションを行いながら進められた（図1）。

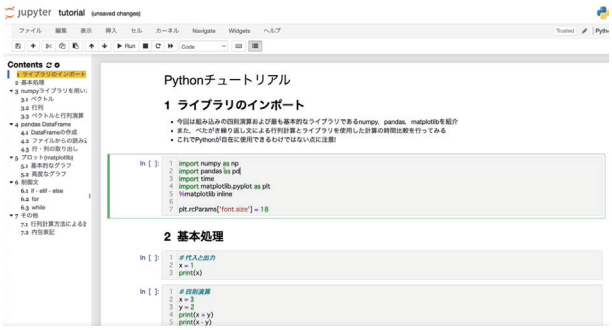


図１　機械学習のオンライン講習会の画面

t-SNEに関する演習では、高次元データを低次元に圧縮する手法が解説された。SHAPに関する演習では、同手法が説明可能AI (XAI: eXplainable AI) の一つであり、AIによる予測に対して、どの特徴量が予測に影響しているかを示すことが可能であることが解説された。

Time GANでは、時系列データに基づいたデータ変換や擬似的なデータ生成を行う手法が紹介された。

(3)では、データベースの構築やその管理、開発環境や実行環境の構築など、業務へのAIの導入時の一連の環境構成の例が示された。その際に、用いるべき手法

の選定や、期待される予測精度の検討、適切な問題設定を行うことなど、導入時に注意すべき点や課題について解説された。

(4)では、建築物の図面を用いたAIによる壁・部屋・間取りの認識や、路面の非破壊診断支援、生産設備の異常検知など、実際に業務としてAIを活用した事例が紹介された。

4. 地震工学分野での利用事例の紹介

後半の部では、2名の講師による地震工学分野の研究でのAI利用事例について紹介がなされた。

防災科学技術研究所の久保氏には、「地震動予測分野における機械学習の活用に関して」と題してご講演をいただいた。まず地震動予測に関するこれまでの研究事例を紹介された。そして地震動指標の予測への機械学習の適用事例[6]を取り上げ、機械学習のみの適用では地震の震源近傍において強震動が過小評価されるという課題を解説するとともに、地震動予測式と機械学習を併用した地表最大加速度の新たな予測手法が紹介され、これにより高い精度で地震動指標を予測することが可能となったことを示された。機械学習を地震工学分野に応用することで、同研究分野の大きな飛躍が期待されるとした上で、学習に用いるデータの分布に偏りが無いかや、適用する範囲をカバーできているのか等、機械学習を用いる際の注意点についても解説がなされた。

広島大学の三浦准教授には、「深層学習の防災リモートセンシングおよび地盤震動研究への応用」と題してご講演をいただいた。この講演の中で、画像認識に特化した畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network, CNN[7])によるリモートセンシングの画像を用いた地震時建物被害判定技術[8]について解説がなされた。1995年兵庫県南部地震および2016年熊本地震時の被災地における空撮画像を用いてCNNの学習を行い、建物の被災度を判定する手法について解説され、良好な精度での被災建物の認識が可能となったことが示された。また、地震時における地盤増幅特性の推定問題に対して機械学習を適用した研究[9] についても紹介された。地盤の単点微動データから、地盤構造の推定を介さず、機械学習により直接地盤増幅特性を推定する手法について解説され、高い精度での予測が可能となったことが示された。

5. まとめ

本稿では、オンライン講習会「第2回 機械学習・深層学習のプログラミング講習と地震工学での事例紹介」について報告した。最後に、大変貴重なご講演をいただいた講師の皆様と、本講習会にご参加いただいた皆様に感謝いたします。

参考文献

1) Python: https://www.python.org/ (2022年8月20日閲覧)
2) Jupyter Notebook: https://jupyter.org/ (2022年8月20日閲覧)
3) Laurens van der Maaten and Geoffrey Hinton: Visualizing Data using t-SNE, Journal of Machine Learning Research, pp. 2579-2605, 2008. 9
4) Scott M. Lundberg and Su-In Lee: A Unified Approach to Interpreting Model Predictions, 31st Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2017), Long Beach, CA, USA.
5) Kaleb Smith and Anthony O. Smith: A Spectral Enabled GAN for Time Series Data Generation, https://arxiv.org/pdf/2103.01904.pdf (2022年8月20日閲覧)
6) Hisahiko Kubo, Takashi Kunugi, Wataru Suzuki, Shingo Suzuki, and Shin Aoi: Hybrid predictor for ground-motion intensity with machine learning and conventional ground motion prediction equation, Scientific Reports, 10, 11871, 2020.
7) Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, and Geoffrey E. Hinton: ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks, Proceedings of the 25th International Conference on Neural Information Processing Systems, Vol. 1, pp. 1097–1105, 2012. 12
8) Hiroyuki Miura, Tomohiro Aridome, and Masashi Matsuoka: Deep Learning-Based Identification of Collapsed, Non-Collapsed and Blue Tarp-Covered Buildings from Post-Disaster Aerial Images, Remote Sens. 12, 2020.
9) Da Pan, Hiroyuki Miura, Tatsuo Kanno, Michiko Shigefuji, and Tetsuo Abiru: Deep-Neural-Network- Based Estimation of Site Amplification Factor from Microtremor H/V Spectral Ratio, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 112(3), pp. 1630-1646, 2022.

「津波荷重の評価技術と体系化の心得に関する研究委員会」成果報告会

有川　太郎
●中央大学 教授

1. はじめに

本委員会は、2004年のスマトラ沖地震津波を契機に、津波被害・災害に対する軽減策を検討する委員会として2005年に立ち上がった。2022年までで16年ほど続いていることになる。

▷　第1期：津波災害の軽減方策に関する研究委員会（2005.6 ～ 2008.5，委員長　松冨英夫）
▷　第2期：津波災害の実務的な軽減方策に関する研究委員会（2008.6~2011.3，委員長　松冨英夫）
▷　第3期：津波対策とその指針に関する研究委員会（2011.4~2014.3，委員長　松冨英夫）
▷　第4期：各種構造物の津波荷重の体系化に関する研究委員会（2015.6~2019.3，委員長：有川太郎）
▷　第5期：津波荷重の評価技術と体系化の心得に関する研究委員会（2019.4~2022.3，委員長：有川太郎）

であり、第5期の成果発表を2022年7月4日にオンラインで行った。ここでは、その報告を行う。研究会のメンバーは以下のとおりである。

表1　研究会メンバー

氏名	所属
有川　太郎（委員長）	中央大学
木原　直人（幹事）	電力中央研究所
浅井　竜也	名古屋大学
池谷　毅	東京海洋大学
井上　修作	竹中工務店
大家　隆行	パシフィックコンサルタンツ
奥田　泰雄	建築研究所
奥野　峻也	構造計画研究所
鴫原　良典	防衛大学校
庄司　学	筑波大学
舘野　公一	鹿島建設
中埜　良昭	東京大学
長谷部　雅伸	清水建設
松冨　英夫	秋田大学
渡部　真史	南洋工科大学

2. 発表プログラムと出席数

プログラムは、次のとおりである。

司会進行 (木原)
15：00 ～ 15：05　開会挨拶および趣旨説明(有川)
15：05 ～ 15：20　津波波圧の評価－先端部荷重－(大家)
15：20 ～ 15：35　同上　－非先端部荷重－(奥野)
15：35 ～ 15：50　同上　－越流時の荷重－(鴫原)
15：50 ～ 16：00　討議
（休　　憩）
16：15 ～ 16：30　漂流物の評価(浅井・木原)
16：30 ～ 16：40　洗掘の評価(浅井)
16：40 ～ 16：50　討議
16：50 ～ 17：20　ブラインドコンテストを通じて得られた津波シミュレーション技術に関する知見(渡部)
17：20 ～ 17：25　講評(中埜)
17：25 ～ 17：30　閉会の挨拶(有川)

参加申込み者は59名であり、参加申込み者には129ページの技術レビュー資料が事前配布された。参加者は約60名（うち委員は14名）であった。

3. 発表概要と議論の様子

本研究委員会では、様々な構造物に作用する津波荷重について、既往の実験および数値計算の知見を整理し、津波力に関する指南書を纏めることを目標として2019年4月 ～ 2022年3月まで活動してきた。2020年度以降は、コロナ禍により通常の委員会活動が制限された中で、第17回世界地震工学会議における企画イベントとして津波ブラインドコンテストを開催し、その事務局を当委員会が務めた。津波ブラインドコンテストでは、参加者が所有する津波シミュレータを用いて実験の再現計算を実施し、その結果を非公開の実験データと比較することにより、その精度を競うものであり、国内外の研究者・技術者に参加を呼びかけた。今回のブラインドコンテストでは、津波の浸水深だけでなく、流速や建物に作用する力についても評価項目としている点が特徴であり、津波の分野においてこのようなブラインドコンテストは世界で初めての試みだと認識している。

表２　本技術レビューで引用した指針・ガイド・技術集一覧

発行者，資料，年度.	津波波力			漂流物	洗掘
	先端部	非先端部	越流時		
（社）日本港湾協会　　港湾の施設の技術上の基準・同解説, 2018.	○	○			
国土交通省港湾局，防波堤の耐津波設計ガイドライン, 2013.	○		○		
国土交通省港湾局，港湾における防潮堤（胸壁）の耐津波設計ガイドライン, 2013.	○		○		
国土交通省　国土技術政策総合研究所，（社）建築性能基準推進協会，津波避難ビル等の構造上の要件の解説, 2012.	○				
国土交通省，港湾の津波避難施設の設計ガイドライン, 2013.		○			
国土交通省下水道部下水道地震・津波対策技術検討委員会，耐津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方, 2012.	○				
国土交通省住宅局長, 津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る追加的知見について(技術的助言), 国住指第 2570 号,2011.				○	○
経済産業省，高圧ガス保安協会，高圧ガス取扱施設における地震・津波時の対応に関する調査報告書, 2013.	○				
水産庁，漁港・漁場の施設の設計参考図書, 2015.			○		
水産庁　漁港漁場整備部　防災漁村課，国土交通省港湾局　海岸・防災課, 津波を考慮した胸壁の設計の考え方（暫定版）, 2015.	○		○		
静岡県吉田町防災課，道路上に設置する津波避難タワーの標準仕様設計基準, 2012.	○				
（社）日本電気協会，原子力発電所耐津波設計技術規程 JEAC4629-2014, 2015.	○				
（社）日本電気協会，原子力発電所耐津波設計技術規程 JEAC4629-2021, 2021.		○			
（社）日本道路協会，道路橋示方書・同解説　Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編, 2012.				○	
土木学会　原子力土木委員会，原子力発電所の津波評価技術 2016, 2016.	○			○	
土木学会　地盤工学委員会，東日本大震災による橋梁等の被害分析小委員会最終報告書, 2015.	○	○			
日本建築学会，建築物荷重指針・同解説, 2015.	○	○		○	○
Federal Emergency Management Agency (FEMA), Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646, 2008.	○	○			
Federal Emergency Management Agency (FEMA), Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646, 2012.				○	○
Federal Emergency Management Agency (FEMA), Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Third Edition, FEMA P-646, 2019.				○	
ASCE, Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, ASCE 7-16, 2016.				○	○
ASCE, Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, ASCE 7-22,2022.		○		○	

本報告会では、津波荷重の体系化のための前段階として集約した各種技術レビューに加えて、ブラインドコンテストで得られた津波シミュレーション技術に関する知見を報告した。報告会はオンラインで開催され、各種提案されている波圧評価式の違いの原因や、評価のために入力する浸水深や流速の定義の違いなどについて議論された。本技術レビューで引用した文献の一覧を表2に示す。

4. まとめと今後の活動

2022年6月より第6期「津波荷重評価技術研究会」がスタートした。ここでは、レビューやシミュレーション技術の知見を踏まえ、かつ、最新の研究成果を加えた技術集の公開を目指している。国際的にも利用されるような技術集となるようにしていきたいと考えており、ご興味のある皆様は、是非、積極的に参加いただければ幸いである。

お知らせ

■ 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、日本地震工学会論文集への投稿・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・各賞受賞者」の下の「入会案内」、「変更・退会手続」に記載されています。

日本地震工学会ホームページ https://www.jaee.gr.jp/jp/

■ 会誌への原稿投稿のお願い

日本地震工学会誌では、「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　https://www.jaee.gr.jp/jp/contribution/

■ 登録メールアドレスご確認のお願い

当学会では、会員の皆様のお役に立つ会員限定のニュースやセミナー情報をメールにて配信させていただいておりますが、メールが届かず戻ってきてしまうケースが散見されます。メールアドレスを変更された方、あるいは、このところ当学会から１通もメールが届いていないという会員の方は、以下の方法で会員登録情報をご変更いただくか、事務局までご連絡いただきますようお願い申し上げます。

【会員登録情報のご変更方法】

日本地震工学会のWEBサイト（https://www.jaee.gr.jp/jp/）の「会員ログイン」より、会員番号とパスワード（７桁　例：0000001）を入力してログインし、「登録情報の変更」を選択して登録情報をご変更ください。尚、会員番号またはパスワードがご不明な方は事務局までお問い合わせください。

■ JAEE Newsletter 第11巻 第3号（通算第34号）が2022年12月下旬に発刊されます。

JAEE Newsletterは、日本地震工学会誌を補完し、タイムリーに情報発信する目的で2012年9月に創刊されました。

2015年より、会誌と連携した情報発信を行うため、会誌と交互となる4月、8月、12月に学会のWebサイト上で発行しています。地震工学に興味を持つ一般の読者も意識したわかりやすい記事を通じて、地震工学と地震防災の一層の普及・発展を目指しています。

JAEE Newsletterについては以下のサイトで掲載しております。

https://www.jaee.gr.jp/jp/stack/1925-2/

最新号(第11巻 第2号)では、功績賞・功労賞・論文賞・論文奨励賞の受賞者の皆様から業績や研究内容等をご寄稿いただきました。オンライン媒体による情報発信で、どなたでも閲覧できますので、ぜひご覧ください。

■ 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：

第47号では、2022年3月に発生した福島県沖の地震をめぐって、地震学、地震工学はもとより、電力需給システムや企業のBCP, 新型コロナウィルス感染症（COVID-19）下における災害時避難などさまざまな分野の方々にご寄稿をいただきました。多分野の専門家からなる日本地震工学会ならではの特集になったのではないかと思いますが、いかがでしょうか。

最後に、ご多用のところ快くご協力いただきました執筆者の皆さま、そしてスムーズに工程を進めていただきました編集委員の皆さまに心より感謝申し上げます。

入江さやか（松本大学）

本号にご寄稿頂きました皆様方には、お忙しい中ご対応いただきましたこと、また特集の意図を汲み取って執筆いただきましたことに心より御礼申し上げます。

私はこの９月から在外研究でカナダに滞在しておりますが、テレビでは大型ハリケーン（Fiona）による水害の様子が連日放送されています。甚大な被害はさることながら、一般的な住宅保険では洪水による損害が補償されないということが大きな問題になっているようです。

今年4月のJAEE NEWSLETTERではリスク情報の活用に関する特集が組まれましたが、防災にはリスク管理や保険システムなどまでを含んだ総合的な議論と対策が必要であることを改めて感じました。

宮津裕次（東京理科大学）

会誌編集委員会

委員長　鳥澤　一晃　関東学院大学
幹　事　入江さやか　松本大学
幹　事　宮津　裕次　東京理科大学

委　員　大野　卓志　高圧ガス保安協会
委　員　小穴　温子　清水建設
委　員　久保　久彦　防災科学技術研究所
委　員　小阪　宏之　戸田建設
委　員　田附　遼太　長谷工コーポレーション
委　員　中村　武史　電力中央研究所
委　員　藤井　　中　竹中工務店
委　員　皆川　佳祐　埼玉工業大学
委　員　松川　和人　東京大学生産技術研究所
委　員　横山　　遼　青島設計
委　員　和田　一範　鉄道総合技術研究所

日本地震工学会誌　第47号　Bulletin of JAEE　No.47

2022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 2022
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