

## 2 (3) 千島海溝沿いの巨大地震

「千島海溝沿いの巨大地震」総合研究グループリーダー 高橋浩晃  
(北海道大学大学院理学研究院)

### 1. はじめに

太平洋プレートが沈み込む千島海溝南部では、縄文海進以降に津波堆積物が追跡可能である約 6,500 年間に繰り返し巨大津波が発生していることが確認されている。国の地震調査研究推進本部の長期評価では、M8.8 程度以上の超巨大地震の平均発生間隔は約 340-380 年、最新発生時期は 17 世紀前半、30 年間発生確率が 7~40%と発生が切迫していると評価している。国の中央防災会議（内閣府）は、2021 年 12 月 21 日に最大クラスの地震による被害想定を、2022 年 3 月 22 日にはその対策についての報告書を公表した。千島海溝モデルの場合、太平洋沿岸部で最大震度 7 の揺れとなり、地震発生後 20~30 分で高さ 20m を超える津波が到達する結果、最大約 10 万人の死者が発生し、その大半は津波によるものとした。また、低体温症要対処者数が 2 万人に上ることが明らかになった。一方、避難の迅速化や、津波緊急避難施設の活用・整備、建物の耐震化を進めることで、死者数が約 1 万 9 千人に減少するともした。加えて、M7 クラス以上の地震が発生した場合には、M9 クラスの巨大地震への注意を促す情報発表を行うこととした。

総合研究グループでは、千島海溝沿いの巨大地震をターゲットとした課題の成果に加え、建議研究で行われている様々な課題から得られるハザード評価手法や防災リテラシー研究の成果を有機的かつ総合的に取り入れることで、超巨大地震による地震動や津波による災害の軽減に必要な技術や評価手法の開発を進めている。リスク軽減に向け、津波被害の最小化に向けた津波避難の定量的な評価、リスク評価に必要な予測の振幅を内包した地震動と津波浸水の事前予測手法の高度化、津波発生ポテンシャル評価や地殻活動評価を支える観測やデータ解析、古地震や古津波の様相を記録する津波堆積物や遺跡液状痕跡データなど、関係課題の成果の統合化から地域の防災施策を支えるアウトプットの創出を目指す。

北海道太平洋沿岸部では、津波避難施設の整備や指定が進められているが、今般の国や道の被害想定をうけ、各市町で施設整備等の検討が加速すると見られる。一方、津波緊急避難場所は、収容人数や施設の空間密度だけではその機能を的確に評価することはできず、施設への津波到達時刻や周辺人口、人流速度などを考慮した評価手法を確立することが求められている。加えて、地震防災対策は長期的な取り組みが必要であり、人口減少下の厳しい自治体財源の中で、長中期的な財政安定化を見据えた最大効率化の要件を満たす必要がある。特に、北海道は人口の分散・低密度や広い土地という他地域とは異なる地理的特徴があり、徒歩原則による避難場所への移動を基本としながら、車利用避難のリスク・ベネフィットを評価することで、死者数最小化と財政負担最小化の両条件をクリアするモデルを検討することが必要である。

社会的な境界条件のもとにリスク評価を行うには、津波や地震動などハザード予測の振幅の情報に発生確率が加味された被害想定が必要となる。特に、津波浸水の時空間的なデータは、避難のリードタイムを検討する上で決定的な指標であり、起こり得る最悪ケースと、確率的に最も起こり得るケースとの差異を評価することが、避難困難区域

での施設整備や避難計画の重要な指標となる。また、中央防災会議の被害想定では、低体温症対策が死者数に大きく影響する可能性が示されたが、大量に発生する要対処者への対策はこれからの大きな課題である。現実的には、発災直後の医療アクセスは困難であることから、要対処者数を地区別に推計したうえで、自治体の地区ごとの備蓄体制に反映させる必要があり、きめ細かな検討が必要となってくる。

## 2. 令和3年度の主な成果

津波避難ビルなど、安全な高さまで階段を上る必要がある津波緊急避難場所の整備を行うには、津波到達までに浸水深よりも高層階に物理的に移動できる実人数を評価する必要がある。釧路市中心部にある収容人数1,000名の大規模な津波緊急避難ビルを対象に、マルチ・エージェント・シミュレーションを用いた避難行動分析を実施した。津波到達時（地震発生後30分）までに安全な階まで階段を上れるのは、ビルに到着した避難住民の3分の1程度であることが明らかにされた。津波緊急避難施設に物理的に十分な収容能力があり、津波到達時間までに住民が施設の前まで到着できたとしても、安全階まで避難できない住民が相当数出る可能性を示した重要な結果である。避難困難度の評価には、津波避難場所までの距離に加え、避難施設が持つ特性を評価する必要がある（北海道大学[課題番号：HKD\_07]）。また、津波避難訓練時の災害情報伝達手段についてアンケート調査を実施し、エリアメールよりも、従来型の屋外スピーカーや個別受信機により避難スイッチが入った事例が多いことが明らかにされた。近年、エリアメールでの災害情報伝達が一般的であるが、屋外スピーカーの有用性が再確認された興味深い結果である（北海道立総合研究機構[課題番号：HR0\_02]）。

道路網が複雑である市街地での津波緊急避難施設への避難経路の検討や、施設の耐津波性能設計の仕様を検討する上で、防潮堤を越流した津波の市街地での浸水拡大パターンや、流速・流量・浸水深等の動的パラメータの検討を進める必要があるが、現状では実測データが限られている。ライブカメラから得られる動画映像は、2次元空間に配置された各ピクセルの輝度値の時系列変化データと捉えることが出来る。市街地に設置されているテレビ局の天気情報用ライブカメラを用い、2011年東北地方太平洋沖地震時に釧路市で撮影された映像を解析し、護岸に沿った津波水位の時間変化を抽出することに成功した（北海道大学[課題番号：HKD\_09]）。

津波の死者を減らす上で、低体温症対策が極めて重要なパラメータであることが国の被害想定から示された。全世界の沈み込み帯を対象とし、被害津波を引き起こした過去の地震発生履歴、都市分布と人口、津波浸水予測範囲、各都市の月平均気温から、低体温症が発生する可能性を調査し、世界の中で北日本の都市のみが高い低体温症発生ポテンシャルを有することを明らかにした。津波災害における低体温症対策は日本独特の課題であるとともに、北日本の太平洋側・日本海側の都市部での対策の必要性が定量的に示された（Ohshiro et al. 2022）。

プレート間のすべり遅れの空間分布は、津波励起の空間特性に関係している可能性があり、津波浸水事前予測の観点で重要な情報である。令和元年度に根室沖に設置された3か所の海底地殻変動基準局において3回目の測定が実施され、予察的な変位ベクトルの推定が行われた。海溝軸付近のプレート境界浅部まで強く固着している可能性が示唆されたものの、観測時に海水温擾乱が見られ測定誤差が大きな結果となったため、誤

差評価を含めた変位ベクトルの評価は来年度以降のデータ蓄積を待つ必要がある（東北大学災害科学国際研究所[課題番号：IRID02]）（東京大学地震研究所[課題番号：ERI\_05]）（北海道大学[課題番号：HKD\_09]）。

十勝地方沿岸部において、珪藻等を用いて淡水・汽水・海水環境の時間変化から、過去約1,000年間の地殻上下変動時系列を明らかにする調査が継続された。標高の違う3地点間の比較を行うことで信頼性の向上が図られた。地震前には沈降が継続し、地震時の変動量は小さいこと、地震後に時間をかけて隆起が継続し、その後、沈降に転じて現在に至るといふ、地殻上下変動時系列の特徴が複数の地点で確認された（北海道大学[課題番号：HKD\_01]）。

超巨大地震発生時の地震動による被害予測は、建物崩壊による脱出困難者を少なくし津波避難時間を確保する上で重要な課題である。根室沖で発生した地震を用いて、コーナー周波数と震源の深さや地震モーメントの比較がなされたが、プレート境界付近での地震活動が低く、解析に利用できる地震数が少ないため、明瞭な震源スペクトルの特徴の抽出には至っていない。サンプル数を増やすため、より小さな地震を用いた解析にも着手する予定である。遺跡の液状化痕跡からは、過去の強震動の履歴が得られる可能性がある。北海道東部の遺跡痕跡からは、過去約10,000万年間に最大で8回程度の痕跡が認められた。これは、津波堆積物から得られる過去6,500年間の津波発生回数に比べ半数程度である。超巨大地震が起こす地震動が、液状化を起こす割合が小さい可能性を示唆している（北海道大学[課題番号：HKD\_09]）。

十勝沖の地下構造や地殻活動の時空間変化の検出を目指した構造探査データの解析や長期海底地震観測が実施された。十勝沖で見られる浅部微動の活動間隔が、2003年十勝沖地震の余効すべり速度の変化と相関している特徴が見られた。また、地震活動や微動活動に同期して、自己相関関数が増えている可能性が示唆された。これらの現象は、プレート境界の状態変化を反映している可能性があり、地殻活動モニタリングに利用できる可能性がある（東京大学地震研究所[課題番号：ERI\_05]）。

地域防災力の向上を目指し、気象台に協力し自治体職員向けの津波警報に関する勉強会や、自治体のハザードマップ作製支援をオンラインで実施した。昨年来、オンラインでの講習が一般化してきており、対面開催に比べ多くの自治体関係者の参加が見られている。また、事前防災対策に加え、被災後の復旧復興を見据えたトータルな対策を目指した、事前復興に関する情報交換会を北海道庁や北海道開発局の協力のうえ実施した。一般住民を対象とした総合研究の成果を報告するシンポジウムをオンラインで開催し、180名を超える参加者があり、千島海溝沿いの巨大地震への関心の高さが伺われた（北海道大学[課題番号：HKD\_09]）。

### 3. これまでの課題と今後の展望

中央防災会議の報告が発表されたことで、甚大な人的被害の発生可能性が具体的に示された。これを受けて、各市町では津波避難タワーなどの緊急避難施設整備に向けた検討を進めている。浸水予測範囲と人口分布データからは、相当数の避難施設の新設が必要となる地域も予想されるが、財政状況や利用可能な土地の面から、すべての住民を収容できる施設の整備は事実上難しい地域も出てくると考えられる。

津波の到達時間は地区ごとに異なることから、避難施設内移動を含めた避難に要する

時間をある程度定量的に検討することで、たとえば、津波到達時間が速い場合には小規模分散型、到達まである程度時間がある場合には大規模集中型施設を検討するなど、より効果的な避難施設の配置の検討に必要な知見が得られる可能性がある。また、津波避難施設の整備が難しいというえ徒歩避難が困難な場合や、災害対策基本法の改正で努力義務とされた要支援者の個別避難計画を考えた場合、車避難の可能性を具体的に検討する必要がある。これまで行われてきた避難シミュレーション技術を応用し、徒歩避難と車避難の避難方法に加え、避難施設の特性或季節ごとの環境変化や要支援者の人口動態パラメータを組み合わせた検討を行うことが望ましい。

M7以上の地震が発生した場合に発表される後発地震への注意を促す情報は、地殻活動モニタリングに深く関係する課題であり、地震活動や地殻変動データ等の観測データを活用する方策を今後検討すべきである。余効すべり速度に関係すると考えられる浅部微動活動の時間変化は、プレート境界の状態変化を示唆する可能性のある興味深い現象であり、長期的な活動状況をモニタリングしていくことが望ましい。遺跡痕跡から抽出された液状化痕跡の回数が津波堆積物より少ないことは、プレート境界の超巨大地震の震源特性を示す可能性があり、実データを用いた震源スペクトルの特徴との比較検討が望まれる。

## 成果リスト

Oshiro, K., Y. Tanioka, J. Schweizer, K. Zafren, H. Brugger, P. Paal, 2022, Prevention of Hypothermia in the Aftermath of Natural Disasters in Areas at Risk of Avalanches, Earthquakes, Tsunamis and Floods, International Journal of Environmental Research and Public Health, doi: 19,1098,10.3390/ijerph19031098.