

## 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

千島海溝は地震活動が活発であり、有史以来多くのM8クラス地震の発生が知られている。津波堆積物研究の進展から、歴史記録による地震活動履歴が辿れる19世紀以前に、巨大津波を伴うイベントの存在が明らかにされてきた。地震本部は、2017年の千島海溝沿いの長期評価（第三版）において、M8.8程度以上の超巨大地震の評価を示し、発生が切迫していると評価した。中央防災会議は、2021年に発表した被害想定において、最大クラスの地震により最大約10万人の死者が発生し、冬季間は積雪寒冷条件のため約2万人の低体温症要対処者が生じるとした。人的被害の大部分は津波によるものと想定されている。

千島海溝南部の巨大地震による人的被害を軽減するためには、津波からの的確な避難が最も重要である。国による被害想定と、それに基づく特別措置法の改正が2022年に行われ、自治体等による地震津波対策は新たなフェーズに入っており、現在、津波避難施設や津波避難道路の整備等が進められている。また、千島海溝・日本海溝では過去に先発地震後により大きな後発地震が発生した事例があることから、気象庁と内閣府は2022年より、北海道・三陸沖後発地震注意情報の運用を開始しており、対象地域でMw7.0以上の地震が発生した場合には情報発表が行われる。

千島海溝沿いの巨大地震総合研究グループは、今期の建議から開始された新たな研究グループである。津波堆積物の調査や、地殻活動の現況把握に関する手法の高度化、地震動・津波の事前評価及び即時予測など、地域防災力の向上を目指した総合的研究を実施するとされている。総合研究グループでは、リスク管理やリスク評価を支える情報の創出を目標として、関連課題から得られるハザード評価等に関する成果を有機的に連結することで、災害軽減に貢献する戦略のもと活動を行っている。地域防災対策の強化を支える地震動や津波予測等のハザード予測の高度化を進めるとともに、実際に避難行動を行う人間の行動特性や避難用施設の受容性能の評価、防災情報の高度化を目指した地殻活動モニタリングの拡充などを総合して、複線的な防災対策の強化に貢献する学際的な研究を行ってきた。

### 2. 令和5年度の主な成果

これまで実施してきたGISを用いた津波浸水被害や津波避難行動解析の成果に基づき、災害情報流通に関する分析を実施した。また、高校「地理総合」での防災リテラシーの向上に向けたシンポジウムを開催し、学校現場での課題について検討を行った（北海道大学[課題番号: HKD\_07]）。自動車避難の可能性を検討するため、実験に基づきシミュレーション条件の設定に関する検討を実施した（北海道立総合研究機構[課題番号: HR0\_02]）。北海道・三陸沖後発地震注意情報の認知度調査を行った（北海道大学[課題番号: HKD\_01]）。

胆振地方の厚真町とむかわ町で面的な津波堆積物調査を実施し、堆積物の層厚・粒度の空間分布を明らかにした。トレンチによる2次元的な津波堆積物分布から、層厚が短

波長の不均質性を持つ可能性が示された。また、津波堆積物層内の隣接する凸凹部で得られたサンプルにおいて年代が100年程度異なることが示された（北海道大学[課題番号：HKD\_01]）。

根室沖に設置した海底地殻変動基準局3点で船舶及びウエーブグライダーでの観測を実施した。データを解析した結果、昨年までの傾向と同じくプレート相対運動方向の変位が検出され、プレート境界浅部まで強く固着している可能性が示された（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]）。応力条件を付加する手法でプレート境界面の固着状況の推定が行われ、摩擦的な固着はプレート境界深さ20-30 km付近で見られ、それに伴う運動学的固着が海溝軸付近のプレート境界浅部に達していることが示唆された（北海道大学[課題番号：HKD\_09]）。また、海溝軸付近のウェッジ部は高間隙圧状態で低剛性となっている可能性が示された（東京大学地震研究所[課題番号：ERI\_05]）。千島海溝からカムチャツカ・日本海溝の広域的な地震活動度を過去に遡るかたちで調査したところ、十勝根室沖から千島海溝南部が静穏化の状態であることが示された（北海道大学[課題番号：HKD\_09]）。

非線形を考慮した津波波形インバージョン法を2003年十勝沖地震に適用したところ、後続波の再現性能が向上し地震モーメントと最大すべり量が増加した。測地的な即時震源断層モデルと津波データ同化を組み合わせた即時津波予測手法を検討し、震源近傍の津波観測点を除いた場合でも有効であることを数値実験で検証した。震源特性の調査が継続され、スペクトルインバージョン法で地域性や深さ依存性の調査が行われた（北海道大学[課題番号：HKD\_09]）。

### 3. 5か年の主な成果

津波避難に焦点を当てた地理空間情報を活用した研究が行われ、津波避難困難区域の空間分析法の開発、集団実験による津波避難の実証試験、VR技術を活用した疑似避難訓練システムの開発等を実施した。積雪や道路ネットワークの途絶を含めた現実的なシミュレーションから、避難困難人口が道路網や人口密度などの地域特性に大きく影響を受けて増減する可能性が定量的に示された。集団避難実験やマルチエージェント解析から、混雑時の避難速度や、津波避難ビルの階段歩行速度の見積が行われ、津波避難施設の分散配置等を検討する必要があることが示された。また、高校総合地理においてGISを用いた防災リテラシー教育を実践するための副読本を出版した。（北海道大学[課題番号：HKD\_07]）。モデル自治体で避難実験を行い、歩行速度を実測して避難困難地域を抽出し、避難を可能とする新たな避難路を整備につなげた。車避難実験を実施して渋滞予想地域や歩行者との輻輳地域の抽出を行い、シミュレーションを通じて車避難の検討を進めた（北海道立総合研究機構[課題番号：HRO\_02]）。

津波堆積物の調査から、十勝地方の沿岸部の約千年間にわたる長期間の地殻上下変動時系列が解明され、地震前には沈降が継続し、地震時には上下変動は小さく、地震後に時間をかけて隆起する特徴が明らかになった。この情報は、すべり域下端の情報を与えるとともに、地震間地殻変動のモデル化に大きく貢献する成果である。また、胆振地方東部の沿岸部では、いわゆる17世紀前半の津波と、1640年北海道駒ヶ岳山体崩壊津波が別のイベントであることが明らかになった。一方、胆振地方東部では17世紀イベントの前に

は数千年間にわたり津波堆積物は見出されておらず、津波波源の多様性を示唆する情報である（北海道大学[課題番号：HKD\_01]）。

千島海溝で初めてとなる海底地殻変動観測が開始された。根室沖のプレート沈み込み方向に3か所の基準局が設置され、船舶及びウエーブグライダーを用いた測定が毎年実施された。5年間の観測から速度ベクトルが求められ、海溝軸に近い観測点でもプレート間相対運動速度に近い値が得られた。海中音速構造が不安定な時期があり、測定誤差の評価が必要ではあるが、得られた速度ベクトルはプレート境界浅部までが強く固着している可能性を示唆しており、津波ポテンシャル評価に大きく貢献するデータである。また、根室沖プレート境界浅部の詳細な構造が調査され、東北沖地震の大すべり域に類似したプレート境界の強反射やウェッジの低剛性高間隙水圧状態等が明らかにされた（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]）。千島海溝周辺の長期的な地震活動度の時間変化が調査された。過去に遡って静穏化を判定すると、予測精度が2倍程度向上した（北海道大学[課題番号：HKD\_09]）。

北海道では史料が限られており、19世紀以前の古地震履歴のデータが本州以南に比べ極めて少ない。全道の遺跡発掘報告書を網羅的に調査し、噴砂・断層・亀裂等の地震性液化化痕跡と考える記述を調べ、過去数千年にわたる強震動履歴に関する情報を収集した。3,587件の調査報告書が調べられた結果、全道で231件の噴砂・亀裂・地すべり痕跡が抽出された。道東地域の痕跡年代コンパイルからは、津波堆積物イベントに比べ液化化は発生頻度が低い特徴が見られている。また、道央の活断層系等に対応すると考えられる痕跡の情報も多く収集された（北海道大学[課題番号：HKD\_09]）。十勝根室沖で発生する地震の震源特性の調査が進められ、地域や深さによる違いが見られる可能性が示唆された（北海道大学[課題番号：HKD\_09]）。

北海道・三陸沖後発地震注意情報の認知度等の時間・属性変化をモニターするためのアンケート調査が実施された。また、自治体・インフラ産業・報道機関の防災施策への助言を行ったほか、職員向け・一般住民向けのセミナーや公開講座、勉強会を主催して実施した（北海道大学[課題番号：HKD\_09]）。

#### 4. 今後の展望

地震津波の災害軽減へは多様なアプローチが必要とされる。総合研究グループでは、関連課題から得られる成果をハザード評価とリスク評価の視点から整理し、災害軽減へのロードマップの上で期待される役割を示している。防災施策の基本となる被害想定は、地震動と津波の事前予測に基づき推計が行われており、これらのハザードの事前予測の高度化は着実に推進する必要がある。これまでの研究から、地震動や津波浸水範囲は地盤や地形などのローカルな地域特性が大きく影響することが示されており、非線形性がアンサンブルメンバーに及ぼす影響などを含めた予測幅の定量的な検討が必要である。また、S-netを活用したデータ同化等による津波即時予測手法の検討が進められたが、防災情報システムとしての確実性・堅牢性を含めた開発を進める必要がある。令和4年から開始された北海道・三陸沖後発地震注意情報の認知度調査で6割程度の人が実際に後発地震が発生すると考えている結果は、この情報に地震予知的な過大な期待があることを示している。確度が低く・あいまい・発表頻度が低い情報の取り扱いについて引き続き

検討していく必要がある。地域防災力の向上には学校での防災教育が極めて効果的であり、必修化された高校地理のカリキュラムでの具体的な活用方法の提示や地域教材の開発等も重要である。

現在進められている津波避難タワーなどのハード整備や、避難訓練などのソフト対策について、それらの効果を現実的な条件下で定量的に評価し、課題を明らかにしていく取り組みが必要となる。本計画で行われた高層避難施設での人流停滞シミュレーションや、積雪凍結時の歩行速度の低減に基づく避難可能範囲縮小評価、車避難の評価など、実際の社会環境下でもロバスト性が担保される避難を実現するための取組を進めて行く必要がある。また、人口減少が急速に進む中で地域を継続させるためには、被災後の復興を迅速に進めることが必須である。ハザードが地域にもたらす被害の全体像を地域経済を含めて分析し、多段的な輸送網やサプライチェーンの整備につなげるような検討も開始すべきである。また、復旧復興の基盤となる道路や上下水道、送電網等の社会インフラについても、経験的予測に加え、演繹的な手法を組み合わせたピンポイントな被害予測手法を検討する必要がある。

海底地殻変動観測から、根室沖ではプレート境界浅部まで強く固着している可能性を示唆するデータが得られ、津波が効率よく励起される可能性が示された。観測領域を十勝沖まで拡張し、プレート境界の固着状況の空間的な分布を明らかにする必要がある。また、千島海溝南部と日本海溝北部との連動可能性評価は未達であり、関係するデータの取得を行う必要がある。根室沖の強い固着を示す領域は、東北沖地震の大すべり域と同様の構造的な特徴を有していることも明らかになっている。スローイベントを含めた地震活動と構造との関係を調査することが必要である。長期広域的な地震活動からは、静穏化と巨大地震との統計的な関係が示唆されており、プレート間固着や地下構造との空間的な関係性を含めた検討を進める必要がある。

津波堆積物調査や遺跡の液状化痕跡等から、古地震・古津波に関するデータが得られつつあるが、広域的な津波浸水範囲や、断層モデル、強震動特性などの地震像を復元する手法は未達である。地域ごとの災害履歴として防災対策に活用する手法の検討も必要である。また、遺跡から見出された液状化痕跡データを地震動予測に組み込むスキームについても検討を始める必要がある。

地震津波災害は多面的な様相で発生し、その対策も複線かつ重層的に進める必要がある。総合研究グループで対象としている要素は限られているものの、ハザードやリスク評価に貢献可能な成果が着実に得られている。北海道・三陸沖後発地震注意情報のような、地殻活動の推移予測に関する情報は、多くのエンドメンバーが想定され、可能性のあるシナリオ也多岐に渡る。社会のリスク管理に対し、どのようなリスク評価を提供していけるのかという視点から、観測研究を進めて行くことも必要である。