

防災科学技術委員会による防災科学技術に 関する研究開発課題の事後評価結果

令和 3 年 7 月

防災科学技術委員会

防災科学技術委員会委員

	氏名	所属・職名
主 査		
上 村 靖 司	長岡技術科学大学工学部機械創造工学専攻	教授
委 員		
大 原 美 保	国立研究開発法人土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター	主任研究員
大 湊 隆 雄	東京大学地震研究所	教授
小 原 一 成	東京大学地震研究所	教授
熊 谷 智 子	神奈川県川崎市消防局高津消防署	署長
小 室 広佐子	東京国際大学	副学長 言語コミュニケーション学部学部長 教授
鈴 木 博 人	東日本旅客鉄道株式会社	JR東日本研究開発センター 担当部長（防災）
鈴 木 靖	一般財団法人日本気象協会	執行役員 最高技術責任者/最高情報責任者
関 口 春 子	京都大学防災研究所	社会防災研究部門 准教授
中 北 英 一	京都大学防災研究所	所長
永 松 伸 吾	関西大学社会安全学部・大学院社会安全研究科	教授
前 阪 一 彰	兵庫県企画県民部防災企画局	防災企画課長
前 田 裕 二	日本電信電話株式会社	宇宙環境エネルギー研究所 所長
三 隅 良 平	国立研究開発法人防災科学技術研究所	総括主任研究員／水・土砂防災研究部門長
目 黒 公 郎	東京大学大学院情報学環	総合防災情報研究センター長・教授
森 岡 千 穂	松山大学人文学部	准教授

日本海地震・津波調査プロジェクト課題の概要

1. 課題実施期間及び評価実施時期

平成 25 年度～令和 2 年度

中間評価 平成 29 年 2 月、事後評価 令和 3 年 7 月

2. 研究開発概要・目的

日本海側には、津波や強震動を引き起こす活断層が多数分布しているにもかかわらず、震源断層モデルや津波波源モデルを決定するための観測データが十分に得られていない。このため、日本海の沖合から沿岸域及び陸域にかけての領域で観測データを取得し、観測結果に基づく日本海の津波波源モデルや沿岸・陸域における震源断層モデルを構築する。また、これらのモデルを用いて津波・強震動シミュレーションを行い、防災対策をとる上での基礎資料を提供する。地震調査研究推進本部の実施する長期評価・強震動評価・津波評価に資する基礎データを提供するとともに、地域研究会を立ち上げ、調査・研究成果に基づいて防災リテラシーの向上を図る。本研究では、調査観測の進展に伴い、モデル精度及び予測精度が向上することが期待され、それらの結果を地域研究会に反映させる。

3. 研究開発の必要性等

必要性：

太平洋側と比較して調査観測データが乏しい日本海側を対象にした、構造探査や津波履歴調査など6つの調査観測により得られたデータに基づいて震源断層モデルや津波波源モデルを構築し、さらに強震動や津波のシミュレーションを行い、防災対策の基礎資料を提供するという本プロジェクトの必要性は依然極めて高いと言える。

有効性：

断層モデル等については、自治体の被害推定・防災対策のための基礎資料として提供しているほか、地震調査研究推進本部の地震調査委員会の長期評価に資する成果が期待できる。また、地域研究会等においてその成果を情報提供することで、津波避難のあり方等について有益な議論がなされ、地域の防災リテラシー向上に大いに貢献している。

効率性：

構造探査などの観測データに加えて、既存の陸域観測網によるデータも活用し、歴史分野である史料地震学の知見や地質分野である津波堆積物の調査結果なども参考にして、より高度化された現実的な震源断層モデルや津波波源モデルの構築が進んでいる。このように様々な研究分野の文理連携の協働が見られ、研究体制の効率性は満たされていると考えられる。

4. 予算（執行額）の変遷

(単位：百万円)

年度	H25 (初年度)	H26	H27	H28	H29	H30	H31 (R1)	R2	総額
予算額	585.0	580.6	470.3	430.3	387.3	365.5	310.7	255.3	3,385
執行額	583.1	579.7	470.0	427.1	384.3	358.1	308.0	249.0	3,359
(内訳)	設備備品費 37.3 人件費 11.4 業務実施費 481.4 一般管理費 53.0	設備備品費 8.0 人件費 44.4 業務実施費 474.6 一般管理費 52.7	設備備品費 3.2 人件費 46.9 業務実施費 377.3 一般管理費 42.7	設備備品費 1.5 人件費 54.9 業務実 施費 331.8 一般管理費 38.8	物品費 12.3 人件費・ 謝金 61.0 旅費 14.5 その他 261.6 一般管理費 34.9	物品費 12.8 人件費・ 謝金 51.7 旅費 10.5 その他 250.6 一般管理 費 32.6	物品費 8.5 人件費・ 謝金 52.4 旅費 7.9 その他 211.2 一般管理費 28.0	物品費 5.6 人件費・ 謝金 47.3 旅費 1.4 その他 172.0 一般管理費 22.6	設備備品費 49.9 人件費 157.6 業務実施費 1,665.1 物品費 39.2 人件費・ 謝金 212.4 旅費 34.2 その他 895.4 一般管理費 305.4

5. 課題実施機関・体制

研究代表者

東京大学 地震研究所 教授 篠原 雅尚

課題担当責任者

サブテーマ(1) :

東京大学 情報学環 准教授 関谷 直也

東京大学 大学院工学系研究科 准教授 下園 武範

東京大学 地震研究所 教授 佐藤 比呂志

サブテーマ(2) :

東京大学 地震研究所 教授 佐竹 健治

東京大学 地震研究所 教授 篠原 雅尚

東京大学 地震研究所 教授 佐藤 比呂志

東京大学 地震研究所 准教授 石山 達也

新潟大学 災害・復興科学研究所 教授 卜部 厚志

海洋研究開発機構 部門長 小平 秀一

防災科学技術研究所 主任研究員 松原 誠

横浜国立大学 教授 石川 正弘

サブテーマ(3) :

東京大学 地震研究所 教授 佐竹 健治

京都大学 防災研究所 教授 岩田 知孝

事後評価票

(令和3年7月現在)

1. 課題名 日本海地震・津波調査プロジェクト（平成25年度～令和2年度）

2. 上位施策（研究開発計画又はその他の分野別戦略・計画）との関係

施策目標：安全・安心の確保に関する課題への対応

大目標（概要）：

我が国は、地震・津波、水害・土砂災害、火山噴火などの大規模な自然災害により数多くの被害を受けてきた。南海トラフ地震や首都直下地震などの巨大災害の切迫性が指摘され、一度発生すれば国家存亡の危機を招くおそれもある。また、これまでの災害から得られた教訓を今後の大規模自然災害等への備えに生かすことが強く求められている。

このため、このような自然災害に対して、安全・安心を確保するべく、従来の研究手法に加えIoT、ビッグデータ、AI等の先端科学技術を活かした研究開発を推進し、災害に対する予測力・予防力・対応力のバランスがとれたレジリエントな社会を構築する。

中目標（概要）：

1. 防災科学技術分野（予測力・予防力の向上）

自然災害を的確に観測・予測することで、人命と財産の被害を最大限予防し、事業継続能力の向上と社会の持続的発展を保つため、国土強靱(きょうじん)化に向けた調査観測やシミュレーション技術及び災害リスク評価手法の高度化を図る。

重点的に推進すべき研究開発の取組（概要）：

1. (1) 自然災害の正体を知りこれを予測する技術の研究開発
- (2) 自然災害に負けない建築物・インフラを構築する技術の研究開発
- (3) 不確実かつ多様な災害リスクの評価と、それに対応する技術の研究開発

本課題が関係するアウトプット指標：

1. (1) 基盤的観測体制の整備（稼働率）、火山データの一元化、極端気象災害や複合連鎖型災害の発生過程の解明、データ公開の充実
- (3) 防災リテラシー向上のための教育・啓発手法の開発及びそれによる被害軽減効果の定量化の確立
- (4) 査読付き論文数、研究成果報道発表数

本課題が関係するアウトカム指標：

1. (1) 被害の軽減につながる予測手法の確立
- (3) 自然災害の不確実性と社会の多様性を踏まえたリスク評価手法の確立

アウトプット指標

1. (1)

日本海沿岸域では発達した砂丘の存在により津波に対して自然的に強靱な地域と脆弱な地域が混在していることが明らかとなり、津波に対して脆弱な地域に集中的に防災投資を提案した。構造調査により北海道北西沖～鳥取沖における新たな地殻構造データと震源断層の形状特性に関する資料を得ることができ、海底地震観測からは、日本海海域下のプレート構造を明らかにした。堆積平野と沿岸海域で、新たな伏在活断層を見いだした。これらの結果と既存調査結果をもとに、日本海とその沿岸地域の断層モデルを構築した。また、津波堆積物の調査を行い、約 7,000～8,000 年前までの津波堆積物の記録数が検討できた。

1. (3)

防災リテラシーの高度化を図るため、アンケート調査などの手法を用いて、日本海側住民の想定・確率評価に関する調査・分析を実施した。防災リテラシーの向上と研究成果の還元を目的とした地域研究会を、北海道、青森県、山形県、新潟県、富山県、京都府、鳥取県、福岡県、東京において、日本海側の沿岸防災関係者・ライフライン事業者・地域の研究者の参加を得て計 55 回開催した。

1. (4)

査読付き論文数 77、研究成果報道発表数 107
(平成 25 年度から令和 2 年度までの 8 年間総数)

アウトカム指標

1. (1)

本プロジェクトで構築した断層モデルを元に、シナリオ型の津波シミュレーション、強震動シミュレーションを行った。津波シミュレーションに関しては、津波高の確率的な評価も行っている。

1. (3)

津波波源域の推定のために、震源が知られている 20 世紀に発生した大地震の地震・津波記録の再解析により、断層モデルの検証を行うとともに、日本海沿岸域での歴史資料の解析から、歴史地震の地震像を明らかにした。津波堆積物調査では、日本海沿岸域の数千年から約 8,000 年間の津波履歴が明らかとなった。また、沿岸防災手法の工学的評価により、日本海沿岸域では発達した砂丘の存在により津波に対して自然的に強靱な地域と港湾周辺域及び河口周辺域のように相対的に脆弱な地域が混在していることがわかった。さらに、脆弱域のうち、港湾周辺域については港湾防波堤が津波被害を低減させる可能性があることが、河口周辺域については中小規模の河川・水路への津波の侵入を可能な限り抑制するための水門の建設等が合理的な津波対策と考えられることが示された。

※各々の指標について過去 3 年程度の状況を簡潔に記載し、評価の参考とする。

3. 評価結果

(1) 課題の達成状況

課題の所期の目標は達成されている。

これまで調査が不十分であった日本海側の沖合・沿岸・海陸境界域において、多様な研究手法による地震資料の収集や地質調査・構造調査などが着実に進められ、津波波源モデル・震源断層モデルの構築と、これに基づく津波波高予測や強震動予測がなされ、地震発生ポテンシャルの評価についても着実に進展した。また、これらの成果を地域の防災リテラシー向上に役立てるため、地域研究会等の活動が行われ、地方自治体から高い評価が得られていることから、課題の所期の目標は達成されたと評価できる。

<必要性>

【評価項目及び評価基準】

- ・日本海側の領域について地震・津波調査体制を充実させ、観測等を計画的に実施しているか。

【評価結果】

太平洋側と比較して調査観測データが乏しい日本海側を対象にして構造探査、津波履歴調査、長期海底地震連続観測など6つの地震・津波調査観測を掲げ、計画通り進められた。その得られたデータに基づいて震源断層モデル・津波波源モデルを構築し、さらに強震動や津波のシミュレーションを行い、防災対策の基礎資料を提供したことは評価できる。研究期間中に、活断層により引き起こされた熊本地震や山形県沖地震などの発災もあり、本プロジェクトは社会的にも注目され研究遂行の意義は大きい。また、海底地震計を用いた大和海盆及び日本海盆下の深部速度構造調査や、地殻構成岩石モデルの検討など、基礎的な研究も並行して推進されており、日本海側における地震発生のメカニズムを体系的に理解するために必要となる結果が得られた。構築された震源断層モデル・津波波源モデルにより、地震動や沿岸での津波高を想定し、各地域にどのような影響が起こりうるのかを明確にする必要性は広く認識されており、地域研究会を通して、これらの結果の普及を図った。

このように地球科学的な調査観測に止まらず成果の社会的な普及・効果を意識して、文理工融合の調査観測体制を構築してプロジェクトの運営を行い、成果を挙げた点が評価される。

<有効性>

【評価項目及び評価基準】

- ・研究成果は沿岸の地方自治体の津波被害推定及び津波防災対策の基礎資料として提供しているか。
- ・地震発生の長期評価の高度化として、数値シミュレーションによる長期予測の手法開発を検討しているか。

- ・震源断層の形状を把握し、内陸地震の発生ポテンシャルの評価にとって基本的な情報を作成しているか。
- ・勉強会・講演活動などによる地域への貢献と、自治体等の防災リテラシーの向上に貢献しているか。
- ・新規手法開発やシミュレーションとの連携等で理学的、技術的革新性の向上と若手人材育成を推進しているか。

【評価結果】

2016年に公開された「日本海における大規模地震に関する調査検討会」による「日本海における最大クラスの津波断層モデル及びすべり量について」では、長さ40km程度以上の断層帯を日本海における最大クラスの津波波源モデルとしているが、本研究では、長さ40km以下の断層も含めた矩形モデル等を構築し、そのモデルや津波想定を自治体の被害推定・防災対策のための基礎資料として提供したことは評価される。地震発生の長期評価の高度化に向けて、数値シミュレーションによる手法開発の推進や、海溝型地震と内陸沿岸地震の関連メカニズムの評価に基づいた内陸地震の発生ポテンシャル評価が進められ、進展が得られている事も評価できる。震源断層モデルについては、海域と沿岸域の堆積平野について多数の構造探査データや構成岩石モデル・地震活動により推定した地震発生層厚さに基づき主として断層形状の検討が行われ、新たに発見された断層を多く含むなど、地震調査研究推進本部の長期評価に資する成果が得られた。地震調査研究推進本部において、日本海南西部海域（おおむね中国地方沖～九州地方沖）の活断層の長期評価の資料として活用されている。

地方自治体、地方整備局、インフラ事業者、研究者と連携した地域研究会等において、震源断層モデル・津波波源モデル等の提供により自治体の津波浸水想定取組等に寄与するとともに、到達時間が非常に短いという日本海側の津波の特性を踏まえた避難のあり方等の課題抽出など、その対策を講じる立場にある地方自治体に対して有益な議論がなされた。特に行政・住民・専門家が一体となった具体的な避難経路作成の重要性が認識された。また防災教育の重要性が再認識され、気象台や教育機関が一体となった防災教育の展開が期待できる。海上保安庁と自治体職員との情報交換により、避難手順が明確になった地域もある。このように地域の防災リテラシー向上に貢献したことは評価できる。

本プロジェクトの遂行にあたっては新規手法開発やシミュレーション（津波遡上モデル・津波・強震動予測・海溝型地震と内陸沿岸地震の関連メカニズムの評価）や地球科学（地震・津波堆積物・構造探査・活構造・断層モデル）において多くの助教・ポスドクなど若手研究者が大きく貢献しており、人材育成にも貢献した。

<効率性>

【評価項目及び評価基準】

- ・構造探査など、新たな資料に基づき震源断層モデルを構築しているか。
- ・日本海側で発生する津波の波高予測と随伴する被害予測を行っているか。
- ・海溝側と背弧域における地震発生メカニズム解明に資するデータ（観測、構造、断層形状など）を計画的に収集しているか。
- ・震源断層モデルと津波波源モデルの構築において歴史分野や地質分野も含めた研究体制

で検討しているか。

【評価結果】

本プロジェクトによって新たに得られた構造探査・地震活動などの観測データに加えて、既存の陸域観測網によるデータも活用して震源断層モデルを構築した。構築した震源断層モデル・津波波源断層モデルを用いて、地震発生シナリオに基づく津波波高予測を行うとともに、河口部を中心とした工学的な津波被害予測を行った。上述の通り断層形状推定に直結する地殻構造データを8カ年にわたって計画的に収集したほか、長期間の海底地震観測を実施し、自然地震解析によって日本海の地殻・リソスフェア厚さ等のシミュレーションによる地震発生メカニズム解明に資するデータを計画的に収集した。沿岸域・内陸の震源断層モデルについては活構造調査の結果を含めて検討したほか、歴史文書及び20世紀に発生した地震・津波記録の収集・再解析により、震源断層モデルの検証を行った。また、日本海沿岸の広域で津波堆積物調査を系統的に実施し、過去に発生した津波の観点から津波波源モデル及び予測結果を検討した。

このように様々な研究分野の文理工の連携により、研究体制の効率化が図られたことは評価される。また、地震発生メカニズムの解明に資する様々な基礎データを計画的に収集することで、これらの新たな資料に基づいて震源断層モデル・津波波源モデルの構築や津波の波高予測などを進め、想定される津波波源を用いて氾濫予測を実施し津波に対して脆弱な地域を特定するなど、具体的な被害予測へと展開を行った。

(2) 科学技術基本計画又は科学技術・イノベーション基本計画等への貢献状況

第5期「科学技術基本計画」（平成28年1月22日閣議決定）では、自然災害への対応が重要政策課題として設定されており、その解決に向けた取組の一つとして「災害を予測・察知してその正体を知る技術」の研究開発を推進することとされている。本プロジェクトでは、日本海側の地震・津波に関する分野横断的な調査研究を推進することでこれに貢献した。

具体的には、これまで調査が不十分であった日本海側の沖合・沿岸・海陸境界域において、文理融合を含む多様な研究手法により地震資料収集、地質調査、構造調査を進め、津波波源モデル・震源断層モデルを構築した。このモデルは、長さ40km以下の断層も含めた現実的な津波波源モデル・震源断層モデルである。このモデルを用いて、強震動や津波のシミュレーションを行い、防災対策の基礎資料を提供した。また、波源・断層モデルと日本列島規模でのシミュレーションにより、日本海側の地震発生ポテンシャルの評価も進展した。さらに、大和海盆及び日本海盆下の深部速度構造調査や、地殻構成岩石モデルの検討など、基礎的な研究も並行して推進されており、日本海側における地震発生メカニズムの体系的な理解に貢献した。

(3) 総合評価

①総合評価

自治体において地震・津波に対する防災対策を検討するに当たっては、まず対象地域の調査観測によって震源断層モデル・津波波源モデルを構築し、次に同モデルを用いた津波・強震動シミュレーションを行って防災対策をとる上での基礎資料とする必要が有る。さらに、その成果が自治体の防災担当者や住民等の防災対策に活用されるためにはリテラシー向上のための普及啓発活動が不可欠である。本プロジェクトは、津波や強震動を引き起こす活断層が多数分布しているにもかかわらず、震源断層モデルや津波波源モデルを決定するための観測データが十分に得られていなかった日本海側を対象として、モデル構築、シミュレーション及びリテラシー向上の三つのサブテーマを連携して推進することで、同地域の地震津波防災対策に資することを目的としている。

サブテーマ1の「防災教育に対する知識構造的アプローチ」では、心理学的な研究と社会学的な研究から実証的なアプローチを行った。その結果、日本海側では想定される地震発生確率が低いため、地震・津波が発生することや短時間で津波が襲来する等の地域特性についての住民の認知度が低いこと、予算不足・人手不足の中で災害対策に課題が有ること等の知見が得られた。「沿岸防災手法の工学的評価」により発達した砂丘の存在により津波に対して自然的に強靱な地域と脆弱な地域が混在していること等を明らかにし、津波被害を軽減するための具体的な対策手法を示した。本プロジェクトの研究成果から明らかになった地震・津波の情報の他、関係する防災関連機関及び地域の研究者間での情報共有や連携の強化を目的とした地域研究会を継続して開催してきた。さらに、本プロジェクト開始当初はほとんど見られなかった文理工の研究者の連携により分野間の相互理解が深まった。

サブテーマ2では、震源が知られている20世紀に発生した大地震の地震・津波記録の再解析による断層モデルの検証や津波堆積物による日本海沿岸の津波履歴の解明などの過去履歴が明らかになった。特に、津波履歴の解明は、日本海沿岸域全体でののはじめての統括的な成果である。また、北海道北西沖～鳥取沖における新たな地殻構造データの取得や海底地震観測による日本海のリソスフェアの厚さ推定、日本海沿岸域の堆積平野の活構造調査などについては日本海及び沿岸における組織的な構造調査である。これらは断層モデルの構築や地震発生ポテンシャル評価において、基礎的なデータとなっている。また、現在までに蓄積されている日本列島上の地震観測データの再解析による地震発生深度の検討や、三次元地震波速度構造の解釈による地殻構成岩石、温度構造及び脆性塑性境界深度の推定も、断層モデルの構築や地震発生ポテンシャル評価において重要である。これらの研究成果を基として、断層モデルの構築や地震発生ポテンシャル評価が実施された。

サブテーマ3では、本プロジェクトで構築された断層モデルを用いた津波シミュレーションにより日本沿岸での津波波高を予測するとともに、個々の断層モデルに基づく確定論的シナリオモデルの他、確率論的な津波予測も実施された。一方、断層モデルと常時微動による堆積平野速度構造調査により、強震動予測を実施した。

以上のように、本プロジェクトにおいて調査観測分野、シミュレーション分野及び防災関係分野がお互いに連携し、さらには文理工融合の研究を実施したことにより、地震津波対策に資する基礎資料が提供できたことは高く評価できる。さらに、地域研究会の取り組みにより、科学成果の活用と被害軽減のための方策に関する地方自治体などとの議論を通

じて、地域の防災力向上に貢献するとともに様々な分野や組織の連携の重要性を示すことができた点は、学術の成果の社会への還元という観点からも大きな意義が有ったと評価できる。

②評価概要

全体計画としてあげられているそれぞれのテーマに対して、各研究グループの確実な取組により成果が得られている。日本海沿岸で発生する地震については、多数存在する震源断層の位置・形状などの基本的情報の整備の遅れが自治体・事業者・住民等の防災対策における懸念材料となっており、このような問題点を解決するために、文理工融合を含む調査観測・シミュレーション・地方自治体を中心とした地域研究会が連携した体制を構築し、想定の基本となる波源・断層モデルの構築、それを用いた地震動及び津波のシミュレーション、さらには、日本列島規模でのシミュレーションによる地震発生ポテンシャル評価研究を行った。さらに、それらの結果を地域研究会に代表する地域連携研究により周知し、地域の防災リテラシー向上に貢献した。このように、研究成果のアウトプット/アウトカムが計画通り得られている。

(4) 今後の展望

本プロジェクトの8カ年の取組の成果として、日本海側の震源断層構造に係る観測データの不足という最大の課題については、同地域を面的にカバーする多項目の調査観測により概ね解消されたと言える。今後は、得られたデータを用いた解析のさらなる高精度化や、成果の社会還元引き続き取組むことが重要である。

具体的には、日本海側の積雪等の特殊な事情を踏まえ、避難さらには復旧計画を地方自治体等が主体となって策定する方策が必要である。震源断層形状の推定精度に関して、構築したモデルと近年発生した地震・津波との対比分析などによってその正確性を示すとともに、新しいデータの取得により、改訂されることが望ましい。波源・断層モデルと日本列島規模での応力場シミュレーションによる個々の断層の地震発生ポテンシャル評価については、地震発生の長期評価手法の高度化に貢献できる可能性が有るため、研究の継続が望まれる。これらの研究の進捗に応じた社会還元を引き続き行うことにより、地域の防災リテラシーの向上に貢献できると思われるため、プロジェクト終了後も研究成果を地域に周知する努力が引き続き必要である。