参考１

能登半島地震に係る
地震・津波分野の検証について

原子力エネルギー協議会

Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

はじめに

- ATENAとして2024年2月に立ち上げた能登半島地震知見整理SWG（活断層・地盤、地震・地震動、津波）を通じ、これまで適時的確に当該地震に関する最新情報を入手し、現時点における従来のハザード評価に対して反映すべき情報の有無、今後、明らかになると考えられる知見について整理を行ったので報告する。
- なお、今後、国等の研究機関、有識者による研究が整理・公開されると考えられることから、引き続き最新情報を入手し、その影響についても自主的かつ継続して検討を進めていく。

Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

活動方法

■ 情報収集の対象分野を大きく**「活断層・地盤、地震・地震動、津波」**に分類し、**週1回の頻度でリスト化**を行い、内容を検証した。情報収集の対象とする学会、各大学、国の研究機関等は別紙のとおりとし、新聞等の速報的な情報も確認しつつ、網羅的に収集を行った。

■ 能登半島地震知見整理SWGの傘下に「活断層・地盤作業会」「地震・地震動作業会」「津波作業会」の三つの作業会を設け、それぞれ電中研の有識者も交えて収集した情報について検討を行った。

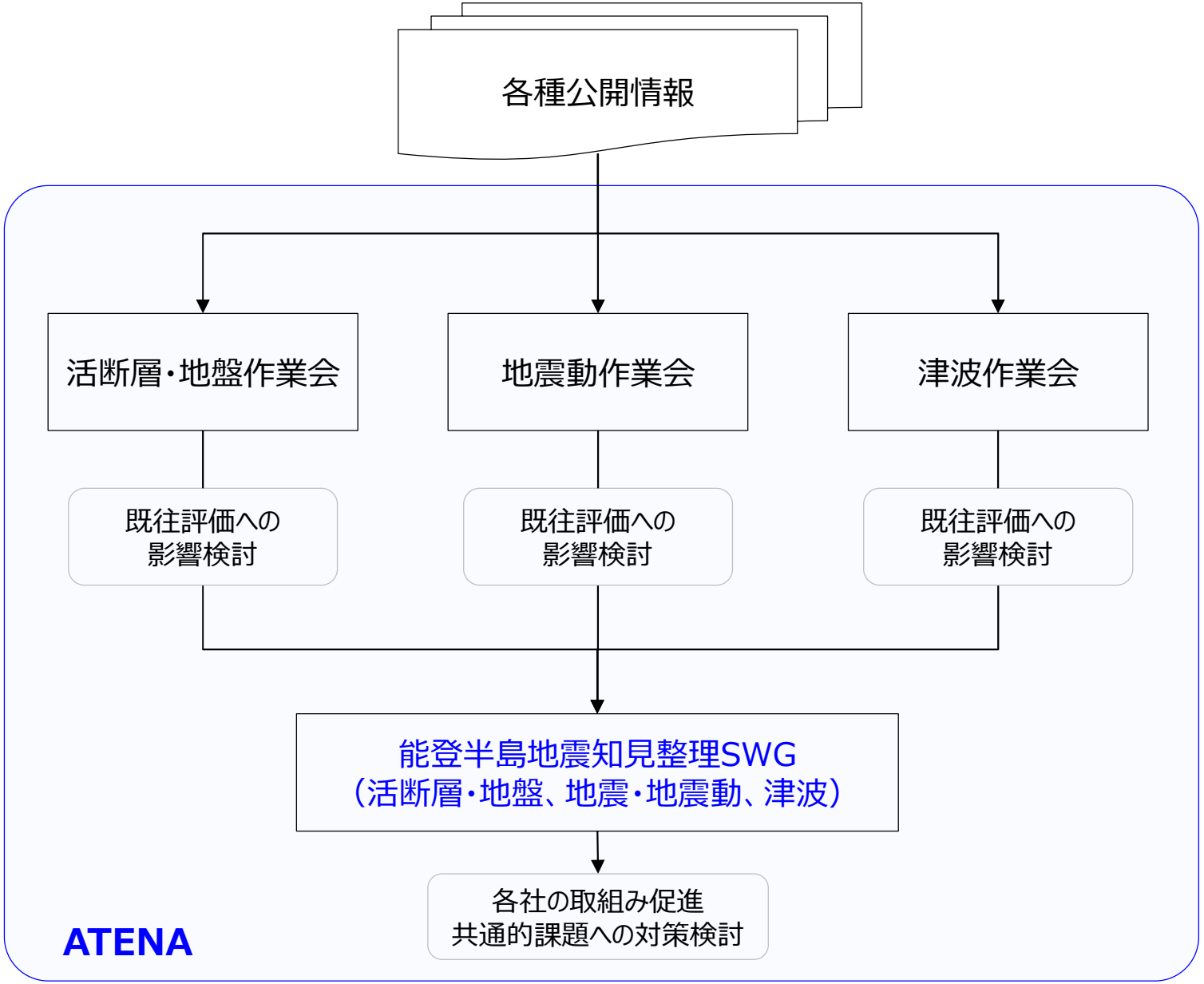
■ 収集した情報に対し、原子力発電所で設計上想定する地震動及び津波の評価（以下、「地震動・津波評価」という。）に対する影響を確認するため、以下の観点を中心に当該情報に関する従来の知見と今回の最新情報から地震動・津波評価の見直しの要否について検討を行った。

- 活断層、地盤：断層長さ、断層傾斜角、連動、地盤変動量
- 地震動　　：各地の地震動レベルとの比較　等
- 津波　　：津波痕跡、津波評価、長大断層におけるすべり量の飽和、海底地すべりとの重畳、波力、黒い津波、津波漂流物

■ 作業会の検討結果を集約した上で、能登半島地震知見整理SWG（活断層・地盤、地震・地震動、津波）で総合的に検討を行い現時点での整理として取りまとめた。

Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

活動フロー



- ✓ 週1回リスト化し共有
- ✓ 最新情報を確認
  （各作業会の評価項目ごと）
- ✓ 従来ハザード評価に反映すべき情報の有無、今後明らかになると考えられる知見の整理
  （各作業会ごとに）
- ✓ 作業会での影響検討結果の分析
- ✓ 今後明らかになると考えられる知見への対応方針検討

ATENA Atomic Energy Association

Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

能登半島地震に係る耐震知見の調査結果　概要

■ 現時点における各評価項目に関する調査結果は以下のとおりであり、既往知見に基づき概ね評価できるものと考える。

■ ただし、今後、国等の研究機関、有識者による研究が整理・公開されると考えられることから、引き続き最新情報を入手し、その影響についても自主的かつ継続して検討を進めていく。

➢ 活断層評価

- 地震を起こした活断層の分布は、各種機関の調査で事前に想定されていたものであり、従来の調査・探査により確認可能であると考えられる。
- 今回の地震で活動した活断層の長さ、断層傾斜角、連動のメカニズムについては今後の各種研究機関の成果が待たれる。
- 一方、事業者が地震動・津波評価を行う上での活断層の連動の考え方については、各サイトの地域性等も考慮して個社で引き続き検討を行う必要がある。
- なお、内陸部に生じた地表変状については、その成因も含めて、今後の情報を踏まえ検討を行う。

➢ 地盤隆起の評価

- 今回の地震規模と平均すべり量の関係は従前の評価式と整合的である。一方、隆起量の不均質性（輪島市西部：4m隆起、珠洲市北部：２m隆起）のメカニズムについては今後の各種研究機関の成果が待たれる。
- 地盤隆起については、発電所敷地が大きく隆起することはないことを確認し、その影響は各サイトで設計上考慮済みである。

Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

能登半島地震に係る耐震知見の調査結果　概要

- 地震動評価
  - 全国の強震観測網（K-NET等）において、地表で1000ガルを超える大加速度を含め多くの観測記録が得られており、既存の距離減衰式（経験式）との比較より、これまでに経験してきた内陸地殻内地震の特徴と概ね整合するとされている。

- 津波評価
  - 今回の津波痕跡高の調査結果（概ね5m以下）は、能登半島地震発生前に想定されていた津波想定高さ（5m～10m）を下回っており、既往の津波評価に大きな課題は確認されない。
  - 津波評価における波源モデルについては、既往知見に基づき概ね評価できる。
  - 長大断層に関する新たな知見はなく、現段階では、長大断層におけるすべり量の飽和に関する知見を今後も適用できると考えられる。
  - 今回の地震では海底地すべりによる津波が発生したとの報告もあるが、審査ガイドでは、「地すべり津波との重畳」を考慮することとなっている。また、「２方向同時に押し寄せる津波」についても、現行の津波評価において各サイトで考慮されている。
  - 今回の地震に関連して、「波力」、「黒い津波」、「津波漂流物」に関する研究報告は現段階ではみられない。

Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

能登半島地震に係る耐震知見の調査結果（活断層・地盤）　概要

項目	既往知見	能登半島地震に関する最新情報	現時点での検討結果
断層長さ	国交省ほか（2014）「日本海における大規模地震に関する調査検討会」報告書[1)] （能登北岸）F43：94.2km （能登北東沖）F42：55.8km 文科省ほか（2021）「日本海地震・津波調査プロジェクト」報告書[2)] （能登北岸）NT6：42.6km、NT5：21.6km、NT4：19.8km （能登北東沖）NT3：20.0km、NT2：36.6km （能登西岸）NT8：15.1km	余震域の分布と従来から想定されている活断層の分布と整合していると考えられる[3)]。	現時点では特に課題は確認されない。今後も各機関から公表される情報を注視していく。
断層傾斜角	国交省ほか（2014）[1)] （能登北岸）F43：45南傾斜 （能登北東沖）F42：45北傾斜 文科省ほか（2021）[2)] （能登北岸）NT6：60南傾斜、NT5：60南傾斜、NT4：60南傾斜 （能登北東沖）NT3：50北傾斜、NT2：50北傾斜 （能登西岸）NT8：60南傾斜	断層の傾斜角、傾斜方向については、今後の各種研究機関からの成果が待たれる。	現時点では特に課題は確認されない。今後も各機関から公表される情報を注視していく。
連動	文科省ほか（2021）[2)] （能登北岸）NT6＋NT5＋NT4：84km （能登北東沖）NT3＋NT2：56.6km 北陸電力審査資料　96km（F43、NT6+NT5+NT4に対応）	断層の連動のメカニズムについては、今後の各種研究機関からの成果が待たれる。	現時点では特に課題は確認されない。今後も各機関から公表される情報を注視していく。
地盤変動量	スケーリング則に関する武村（1998）[4)]など	隆起量の不均質性（輪島市西部：4m隆起、珠洲市北部：２m隆起[3),5)]）のメカニズムについては、今後の各種研究機関の成果が待たれる。	現時点では特に課題は確認されない。今後も各機関から公表される情報を注視していく。

ATENA Atomic Energy Association

Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

能登半島地震に係る耐震知見の調査結果（地震動）　概要

項目	既往知見	能登半島地震に関する最新情報	現時点での検討結果
各地の地震動レベルとの比較	既存の距離減衰式と比較	観測された地震動は、概ね既存の距離減衰式と整合している[6)]。	現時点では特に課題は確認されない。今後も各機関から公表される情報を注視していく。
地震規模	断層面積と地震モーメントの関係式（入倉・三宅(2001)[7)]、Murotani et al. (2015)[8)] 等）により評価	既存の経験式と整合しないという情報は公表されていない。	現時点では特に課題は確認されない。今後も各機関から公表される情報を注視していく。
地震発生層の深さ	微小地震深さ分布（D10、D90）等を参考に設定	余震は、この地域で想定している地震発生層内に概ね分布している[3)]。	現時点では特に課題は確認されない。今後も各機関から公表される情報を注視していく。

Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

能登半島地震に係る耐震知見の調査結果（津波）　概要

項目	既往知見	能登半島地震に関する最新情報	現時点での検討結果
津波想定高と津波痕跡高	国交省ほか(2014)[1]は、F43断層（延長94㎞）の津波評価に基づき、能登半島の津波想定高は大きなところで5～10mと想定。	地震本部[3]、土木学会（2024）[9), 10)]等による調査の結果、今回の津波痕跡高は概ね5m以下。	今回の津波高は従前の想定を下回っており、現時点では既往の津波評価に特に課題は確認されない。 今後も各機関から公表される情報を注視していく。
津波評価における波源モデル	国交省ほか(2014)[1]は、能登半島地震の震源域に位置するF43断層（延長94km）、F42断層（延長56km）それぞれの津波評価を実施済。	東大地震研[11), 12)]、東北大学[13), 14)]等は、今回の再現解析を実施し、観測記録と概ね整合する断層長さ約100km～150kmの波源モデルを推定している。	今回の震源域の長さに見合う断層モデルは提案されており、現時点では特に課題は確認されない。なお、連動の有無に関しては活断層評価において検討していく。
	国交省ほか(2014)[1]のF43断層の地震規模Mwは7.6。	地震本部[3]、東大地震研[11), 12)]等は、断層モデルの地震規模Mwを7.4～7.6としている。	地震後に提案された断層モデルの地震規模は、既往の国交省ほか(2014)のF43断層の地震規模を下回っており、現時点では特に課題は確認されない。 今後も各機関から公表される情報を注視していく。
長大断層におけるすべり量の飽和	Murotani et al. (2015）[8)]、地震調査委員会（2010）[15)]他では、一般に断層長さが100kmを超える長大断層では地震時の断層すべり量が飽和するとされている。	地震本部[3]、東大地震研[11), 12]等は、断層モデルの最大すべり量を概ね4m～9mとしており、Murotani et al.(2015)[8)]によるすべり量の上限を下回っている。	長大断層におけるすべり量の飽和に関する新たな知見はなく、現時点では特に課題は確認されない。 今後も各機関から公表される情報を注視していく。
海底地すべりとの重畳	新規制基準適合性審査の審査ガイド[16)]上も地震による津波と海底地すべりの組合せを考慮	東北学院大学[17)]は、富山湾岸の津波到達時間が早いことについて断層による津波に加え、海底地すべりの同時発生を考慮することで整合性を確認。なお、海上保安庁[18)]による海底地形探査でも地形変化を確認している地点がある。	審査ガイドに従った従来の評価は海底地すべりについても考慮することとしており、現時点では特に課題は確認されない。 今後も各機関から公表される情報を注視していく。
波力，津波漂流物，黒い津波	2011年東北地方太平洋沖地震津波で大きく着目された知見	露岩地域であることから，新たな研究報告は確認されていない	現時点では特に課題は確認されない。 今後も各機関から公表される情報を注視していく。

参考文献・知見情報のリスト

1) 国土交通省ほか：日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書、2014、https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/ （2024年4月11日参照）
2) 文部科学省（委託元）・東京大学（委託先）：日本海地震・津波調査プロジェクト 令和2年度 成果報告書、2021、https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/Japan_Sea/JSR2Report/index.html （2024年4月11日参照）
3) 地震調査委員会：令和６年能登半島地震＊の評価、https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2024/20240101_noto_3.pdf
4) 武村雅之：日本列島における地殻内地震のスケーリング則－地震断層の影響及び地震被害との関連－、地震2、51、211-228、1998.
5) 国土地理院：「だいち２号」観測データの解析による令和６年能登半島地震に伴う地殻変動（2024年1月19日更新）、https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20240101noto_insar.html （2024年4月11日参照）
6) 後藤浩之：令和6年能登半島地震（M7.6）地震動、土木学会 地震工学委員会 令和6年能登半島地震（M7.6）に関する速報会、https://committees.jsce.or.jp/eec2/system/files/0109GroundMotion.pdf （2024年4月11日参照）
7) 入倉孝次郎・三宅弘恵: シナリオ地震の強震動予測、 地学雑誌、110, 849-875、2001.
8) Murotani, S., S. Matsushima, T. Azuma, K. Irikura, and S. Kitagawa: Scaling relations of source parameters of earthquakes occurring on inland crustal mega-fault systems, Pure and Applied Geophysics, 172, 1371-1381, 2015.
9) 土木学会海岸工学委員会R6年能登半島地震津波調査グループ：https://coastal.jp/wp-content/uploads/2024/01/20240112_Preliminary-field-survey-report_Tsunami-damage-Masatoshi-Yuhi-Eng_small.pdf （2024年4月11日参照）
10) 土木学会 海岸工学委員会：令和6年能登半島地震津波に関する調査報告会、2024、https://coastal.jp/session20240127/ （2024年4月11日参照）
11) 佐竹健治・藤井雄士郎：令和6年能登半島地震の津波波源モデル、2024、https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/eq/20465/ （2024年4月11日参照）
12) Fujii, Y. and Satake. K.: Slip distribution of the 2024 Noto Peninsula earthquake (MJMA 7.6) estimated from tsunami waveforms and GNSS data, Earth, Planets and Space,76, 44, 2024. https://doi.org/10.1186/s40623-024-01991-z （2024年4月11日参照）
13) Bruno Adriano, Erick Mas and Shunichi Koshimura: Preliminary Tsunami Simulation After the Mw7.5 Earthquake of Noto Peninsula, Ishikawa Prefecture, https://irides.tohoku.ac.jp/media/files/disaster/eq/prem_tsunami_sim_adriano_240103_rev.pdf （2024年4月11日参照）
14) 今村文彦：令和6年能登半島地震による津波の発生と被害－今後の課題と教訓、令和6年1月31日 防災学術連携体 令和6年能登半島地震1ヶ月報告会、2024、https://janet-dr.com/050_saigaiji/2024/240131/240131_1_4_imamura2.pdf （2024年4月11日参照）
15) 地震調査委員会：「活断層の長期評価手法」報告書、2010、https://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/katsu_hyokashuho/honpen.pdf （2024年4月11日参照）
16) 原子力規制委員会：基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド、https://www.nra.go.jp/data/000396219.pdf （2024年4月11日参照）
17) 柳澤英明・阿部郁男：2024年能登半島地震津波における海底地すべりの影響、2024、https://www.ipc.tohoku-gakuin.ac.jp/chiikibousai/download/free/2024noto_tsunami.pdf （2024年4月11日参照）
18) 海上保安庁：富山湾の海底で斜面崩壊の痕跡を確認（第２報）、2024、https://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/r6/k240311_2/k240311_2.pdf （2024年4月11日参照）

Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

（別紙）調査対象例（順不同）

国の機関　等	大学･付属機関　等	学協会　等	民間・その他
内閣府	東京大学	日本地球惑星科学連合	北陸電力
原子力規制庁・原子力規制委員会	京都大学	土木学会	東京電力
経済産業省	東北大学	地盤工学会	国際航業株式会社
海上保安庁	名古屋大学	日本地震学会	アジア航測株式会社
気象庁	金沢大学	日本地震工学会	株式会社パスコ
国土交通省・国土地理院	金沢工業大学	日本応用地質学会	朝日航洋株式会社
日本学術会議	広島大学	日本地質学会	中日本航空株式会社
中央防災会議	筑波大学	日本活断層学会	Temblor
防災学術連携体	宇都宮大学	日本建築学会	Earth、 Planets and Space
産業技術総合研究所	東京電気大学	日本地理学会	American Geophysical Union、 USA
防災科研技術研究所	東京都立大学	日本第四紀学会	United States Geological Survey (USGS)、 USA
地震調査研究推進本部	法政大学　他	日本地すべり学会	SEISMOLOGY　他
地震予知連絡会		海洋調査技術学会	
海洋研究開発機構		東京地学協会	
建築研究所		地学団体研究会	
港湾空港技術研究所		東京地学協会	
地学団体研究会		日本水路協会	
宇宙航空研究開発機構(JAXA)		東京地学協会	
防災学術連携体		日本測量協会　他	
石炭天然ガス・金属鉱物資源機構　他			