

Planning Lecture | Technical division and Network : Nuclear Safety Division

📅 Fri. Sep 13, 2024 1:00 PM - 2:30 PM JST | Fri. Sep 13, 2024 4:00 AM - 5:30 AM UTC 🏛️ Room E(Recture RoomsA 2F A200)

[3E_PL] Safety of Nuclear Power Plants against Earthquakes and Tsunamis -Implementation of the Lessons Learned from The 2024 Noto Peninsula Earthquake-

Chair:Akio Yamamoto(Nagoya Univ.)

[3E_PL01]

Situation at Sika Nuclear Power Station

*Toshihiro Aida¹ (1. RIKUDEN)

[3E_PL02]

Noto Peninsula Earthquake in Light of Recent Standardization Activities

*Tatsuya Itoi¹ (1. UTokyo)

[3E_PL03]

Discussion

原子力安全部会セッション

地震・津波に対する原子力発電所の安全性～能登半島地震の教訓の具体化～
Safety of Nuclear Power Plants against Earthquakes and Tsunamis - Implementation of the Lessons
Learned from The 2024 Noto Peninsula Earthquake

(1) 志賀原子力発電所の状況

(1) Situation at Sika Nuclear Power Station

*四十田 俊裕¹, 坂口 英之¹, 辰尾 光一¹, 徳田 将人¹¹北陸電力株式会社

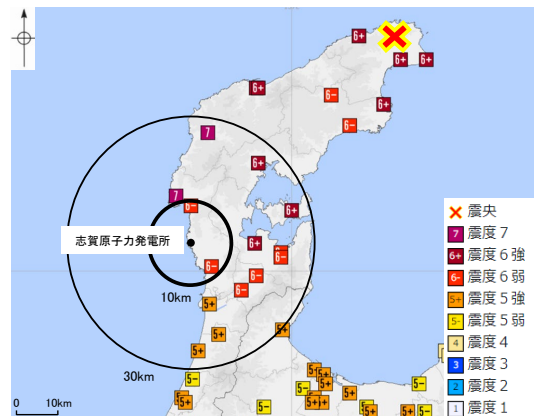
1. はじめに

2024年1月1日16時10分に石川県能登地方の深さ16kmでM7.6の地震が発生。この地震により石川県輪島市や志賀町で最大震度7を観測したほか、能登地方の広い範囲で震度6強や6弱の揺れを観測。

その後も多数の余震が連続的に観測されており、北陸エリアの死者・負傷者は1,551名、家屋倒壊（全壊・半壊・一部破損）106,076棟と能登地域を中心に各地で甚大な被害が発生した。

[7月1日現在、政府公表値]

ここでは、能登半島地震による北陸電力（株）志賀原子力発電所における影響について紹介する。



能登半島各地の震度（気象庁HP資料に加筆）

2. 志賀原子力発電所への影響について

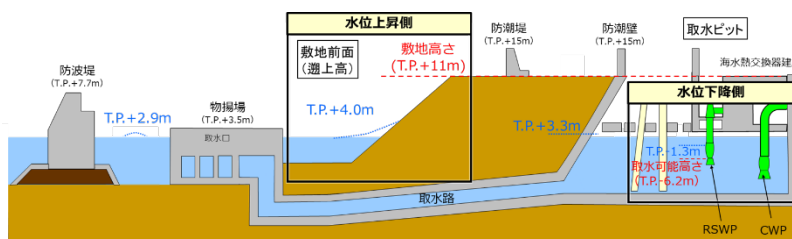
2-1. 志賀原子力発電所で観測された地震、津波

2-1-1. 地震

1号機 原子炉建屋地下2階にて、震度5強、地震加速度399.3galが観測された。

2-1-2. 津波

敷地前面の遡上高の解析値はT.P.+4mであり、敷地高さT.P.+11mを下回るとともに、取水ピット内の観測値はT.P.-1.3mであり、取水可能高さT.P.-6.2mを上回り、今回の津波に対して施設の安全性は確保されている。



今回の津波高さと敷地高さ、取水可能高さとの比較

2-2. 発電所設備への影響

1、2号機とも停止中で、外部電源や必要な監視設備、冷却設備および非常用電源等の機能を確保しており、原子炉施設の安全確保に問題はなかった。敷地内のモニタリングポストの数値に変化はなく、外部への放射能の影響もなかった。

発生した事象の詳細を以下に示す。

2-2-1. 変圧器

1号機起動変圧器のNo.4放熱器上部配管接続部が損傷し絶縁油が漏えいした。漏えいした絶縁油（雨水等含め約4,200ℓ）は回収済。また、放圧板動作およびコンサバータ内のゴム袋の損傷を確認した。



1号機 起動変圧器の損傷

2号機主変圧器のNo. 11 冷却器上部配管接続部等が損傷し絶縁油が漏えいした。漏えいした絶縁油（雨水等含め約 24,600 ㍓）は回収済。放圧板が動作したことから詳細点検により、変圧器内部に放電跡および損傷が確認されている。

また、1、2号機とも破断面観察および構造解析を実施し、損傷原因を共振によるものと推定。

なお、1号機主変圧器、所内変圧器、2号機励磁電源変圧器の放圧板および放圧弁の動作が確認されたが、正常動作であり問題はない。



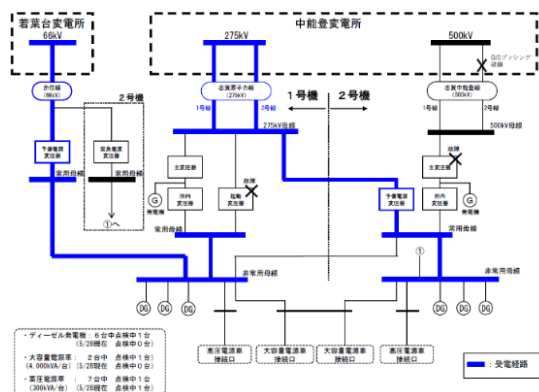
2号機 主変圧器の損傷

2-2-2. 外部電源関連

2号機主変圧器の故障および中能登変電所のガス絶縁開閉装置（GIS）の一部損傷により、外部電源5回線のうち志賀中能登線 500kV 2回線が使用不可となったものの、3回線が使用可能で、安全確保に問題はない。

2-2-3. 絶縁油流出関連

2号機主変圧器の噴霧消火設備の作動により飛散し、その後の降雨で側溝等を通じ1月7日に前面海域に流れた絶縁油（推定約 0.1 ㍓）について処理・回収済。その後、1月10日に再び前面海域に絶縁油（推定約 6 ㍓）が流出したことを受け、側溝の油吸着マットの設置方法の改善等を実施。その後、油が飛散した防油堤外の砕石部、側溝および道路（舗装部）を油流出源と特定し、砕石の除去、洗浄を実施。



2-2-4. 非常用ディーゼル発電機の停止

1月16日に発生した志賀町震度5弱の地震後の保安確認措置として1号機高圧炉心スプレイディーゼル発電機の試運転を実施したところ、自動停止した。

原因調査の結果、設備の故障ではないことを確認し、試運転を実施のうえで待機状態とした。

2-2-5. タービン・発電機関連

停止中の2号機低圧タービンにおいて「伸び差大」警報が発生。これまでに低圧タービンおよび高圧タービンの動翼と静翼との接触痕や、発電機回転検出器の損傷等を確認した。

2-2-6. 使用済燃料貯蔵プール関連

1号機、2号機使用済燃料貯蔵プール水が波打ち現象（スロッシング）により床面に飛散（1号機：約 95 ㍓、2号機：約 326 ㍓）。飛散水はふき取り済。

2号機使用済燃料貯蔵プール内に保管してあった原子炉冷却材再循環ポンプの検査装置の一部がプール底部に落下していることを確認。落下物は回収済。

2-2-7. 冷却水・補給水関連

1号機タービン補機冷却水系サージタンク、純水タンクの水位低下が確認されたものの、いずれも原因を特定し弁の閉止により水位低下は停止。1号機タービン補機冷却水系は、漏えい箇所を補修済で、純水タンクの漏えい箇所の補修は2024年度中に実施予定。

2-2-8. 1号機制御棒駆動機構ハウジング支持部品の脱落

発電設備全般に対する耐震健全性点検（3月1日～27日実施）にて1号機制御棒駆動機構ハウジングが落下した場合に支持する部品の脱落を確認。脱落した部品は回収、取付け済。

2-2-9. 敷地地盤の変状

敷地内において、盛土・埋戻土の範囲及び舗装部に変状（沈下、舗装の亀裂）が確認されている。これらの変状は、掘削調査により、表層のみに発生したもので深部の岩盤に連続しないことを確認しており、地震に伴う盛土・埋戻土の揺すり込み沈下や地震力を受けた舗装の変形が原因と考えられる。

重要施設は十分な支持性能を有する岩盤に直接支持されていることから、発電所施設の機能に影響をあたえるものではない。

2-2-10. 上水道の断水

地震の影響により、志賀町で断水が発生したため、トイレ、洗面の使用制限を行うとともに、バイオトイレを活用した。トイレ用水としては雑用水を活用し、中央制御室のトイレについては、中央制御室近傍の消火栓からトイレ用水を確保した。

また、発電所で使用する生活用水や上水を志賀町の浄水場と富山県高岡市の浄水場で確保する調整を行い、1月12日から発電所員が直接出向いて水を確保し、各建物の給水タンクに補給を行って必要な水を確保していた。

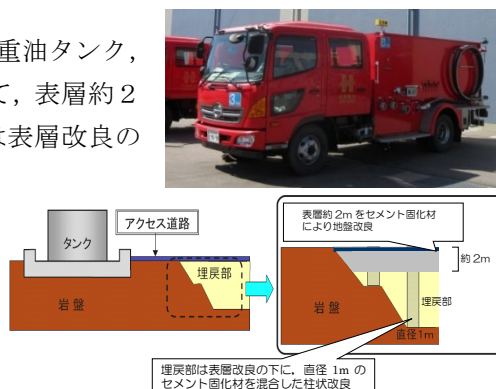
3. 過去の大規模地震の教訓が活かされた事例

3-1. 能登半島地震(2007年3月25日)の教訓

- ・各建屋運転階の水銀灯について、軸の接続部が回転することで振動や揺れが緩和できる可動式タイプの器具に取り替えたことにより、今回の地震における水銀灯の落下を防止した。
- ・能登半島地震後に、陸域については、地震の震源域において地表地質踏査を実施するとともに、航空レーザ計測を実施し、広域的な地殻変動量の解析を行った。海域についても、当社の地質・地質構造調査に基づく各種データを提供するなど、各種研究機関で実施する調査研究と連携した。これらの調査検討により得られた知見について、その後の耐震安全評価における基準地震動 S_s の策定等に適切に反映した。

3-2. 新潟県中越沖地震(2007年7月16日)の教訓

- ・化学消防車を導入するとともに、化学消防車が消火対象物（重油タンク、軽油タンク、変圧器）へアクセスする道路（埋設部）について、表層約2mをセメント固化材により地盤改良するとともに、埋設部は表層改良の下に、直径1mのセメント固化材を混合した柱状改良を実施した。
- ・能登半島地震、中越沖地震を踏まえ、相対的に裕度の比較的小さい配管類、電路類の耐震性裕度向上工事（耐震補強材の追加等）を実施した。



3-3. 東日本大震災(2011年3月11日)の教訓

- ・免震構造の緊急時対策棟を使用することで、今回の地震における要員の円滑な活動を支えた。
- ・全ての送電線を各号機の非常用母線に接続するため、1号機には500kV送電線（志賀中能登線）から、2号機には66kV送電線（赤住線）から接続できるよう電路を新設しており、今回の地震時の外部電源の確保に活用できた。
- ・バックアップ電源として、非常用ディーゼル発電機に加えて、大容量電源車（4,000kVA/台）を2台（1台点検中）、高圧電源車（300kVA/台）を7台（1台点検中）確保していた。非常用ディーゼル発電機の燃料は3台定格運転で7日間分を確保し、実負荷なら1台運転で1号は約24日間、2号は約42日間運転継続可能であった。
- ・使用済燃料貯蔵プールに注水可能な消防車を10台配備（中越沖地震の教訓として配備したものを含む）し、注水時の水源として耐震性の高い大容量淡水貯水槽を設置し、約1万 m^3 の淡水を確保していた。
- ・休日・夜間中に万一発電所で事故が発生しても速やかに対処できるよう、原子力防災組織の初動対応要員39名のうち23名、連絡当番者3名の要員が発電所に24時間常駐する体制を整備しており、今回の地震発生時には運転当直員及び初動対応要員合わせて44名が発電所で活動し、4時間後には89名の体制で対応した。



・対外対応（国、プレス対応等）を行う原子力部としては、2021年12月頃から石川県珠洲市付近で群発地震が続いていたことから、地震時の初動対応の強化のため、2022年7月以降、原子力部の休日の連絡当番者（待機当番）を1名から2名に増員しており、今回、最寄りの拠点に分散して参集し、4時間後には45名の体制で対応した。

4. 新規制基準適合性審査（敷地地盤）への影響

4-1. 敷地内断層の確認結果

敷地内断層については、今回の地震に伴い活動した痕跡(上載地層の変位変形など)がないことを確認済。

敷地内で生じた沈下・亀裂(79箇所)は、埋戻土等の沈下が原因で敷地内断層によるものでないことを確認済。よって、敷地内断層の活動性評価については、審査会合での結論（活断層ではない）に影響はない。

4-2. 敷地地盤の変動量の確認結果

敷地地盤における鉛直方向の変動量は「平均0.04mの沈降」(水平方向の変動量は「西南西方向に平均0.12m」)であり、震源域周辺での大きな隆起（輪島で約4m隆起）に比べ、小さい。

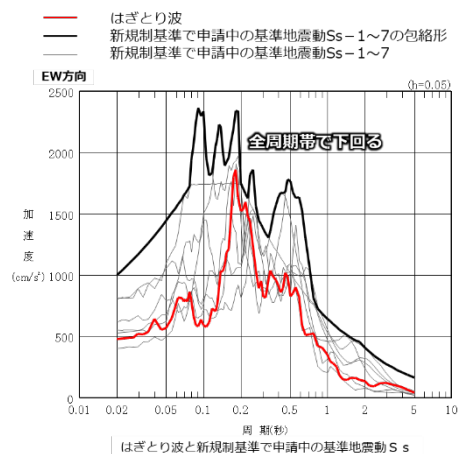
原子炉建屋を挟んだ変動に伴う傾斜は1/100,000以下であり、審査ガイドの基準（1/2,000）を下回ることから、敷地地盤の変動による影響はない。

4-3. 耐震健全性確認結果

4-3-1. 敷地地盤の地震観測記録の分析

基準地震動は、表層地盤のない地表面での地震動として策定している。そのため、今回観測した岩盤中の地震動は、解析により表層地盤の影響を取り除いたうえで、新規制基準で申請中の基準地震動と比較した。

比較の結果、表層地盤の影響を取り除いた地震動(はざとり波)は、新規制基準で申請中の基準地震動Ss-1～7の包絡形を下回ることを確認した。



4-3-2. 原子炉建屋

今回の地震に対する原子炉建屋の耐震健全性の確認は、原子炉建屋の地下2階に設置された地震計の観測記録を用いて、主要な耐震要素である耐震壁に発生した力（層せん断力）と許容値を比較することで行った。

その結果、各階の耐震壁に発生した層せん断力が許容値を下回っていることから、原子炉建屋の耐震健全性が確保されていることを確認した。

4-3-3. タービン建屋、海水熱交換器建屋等

タービン建屋、海水熱交換器建屋の耐震健全性を確認した結果、各階の耐震壁に発生した層せん断力は許容値を下回っていることから、タービン建屋、海水熱交換器建屋の耐震健全性が確保されていることを確認した。

また、屋外施設（排気筒、土木構造物）の耐震健全性を確認した結果、各部材の発生応力は許容値を下回っていることから、屋外施設（排気筒、土木構造物）は耐震健全性が確保されていることを確認した。

4-3-4. 原子炉建屋内主要設備

1号機および2号機原子炉建屋内の各階に設置された地震計の観測記録を用いて、原子炉建屋内の主要設備について、加わった力や作用した加速度を算出し、構造強度評価および動的機能維持評価を実施した。

その結果、各設備に加わった力や作用した加速度が全て許容値以下であることから、原子炉建屋内主要設備の耐震健全性が確保されていることを確認した。

4-3-5. 海水熱交換器建屋内主要設備等

海水熱交換器建屋内の主要設備等について構造強度評価及び動的機能維持評価を実施した結果、各設備に加わった力（応力）や作用した加速度は全て許容値以下であることから、設備の耐震健全性が確保されていることを確認した。

5. おわりに

2024 年 1 月に発生した能登半島地震により、志賀原子力発電所は、外部電源や必要な監視設備、冷却設備および非常用電源等の機能は確保されており、原子炉施設の安全確保に問題はなかった。

地震後の設備点検は、概ね全て終了し、復旧完了あるいは応急処置済みであるが、一部復旧に時間を有する設備については、今後、計画的に復旧していく。

また、原子炉建屋、タービン建屋、海水熱交換器建屋、屋外施設（排気筒、土木構造物）と各建屋内主要設備の耐震健全性確認を行った結果、いずれも耐震健全性が確保されていることを確認した。

今回の地震の「震源断層」や「地震や津波の発生メカニズム」について、大学・研究機関が各種の調査・研究を進めている。当社としても、これらの調査・研究の動向を把握しつつ、志賀原子力発電所の断層、津波、地震動等の評価に必要な項目について追加調査を実施しているところである。これらの調査・研究から得られる新たな知見を的確に評価に反映し、安全性の向上に努めていく。

*Toshihiro Aida¹ and Hideyuki Sakaguchi¹ and Koichi Tatsuo¹ and Masato Tokuda¹

¹Hokuriku Electric Power Company

原子力安全部会セッション

地震・津波に対する原子力発電所の安全性～能登半島地震の教訓の具体化～
Safety of Nuclear Power Plants against Earthquakes and Tsunamis - Implementation of the Lessons
Learned from The 2024 Noto Peninsula Earthquake

(2) 学協会における最近の活動からみた能登半島地震

(2) Noto Peninsula Earthquake in Light of Recent Standardization Activities

*糸井 達哉¹¹ 東京大学

1. はじめに

福島第一原子力発電所事故の直接的な教訓を踏まえて策定された現行の原子力安全規制では、事故前と比較して高い堅牢性を要求され、加えて、重大事故等対処施設や特定重大事故等対処施設などの追加設備も新たに要求されるようになった。しかし、外部ハザード、特に規模が大きく発生頻度が稀な自然ハザードには、発生時の規模、発生頻度、性状の予測に大きな不確かさがあるため、許認可時に想定した範囲を超える事象が発生する可能性（特に、設備設計の想定を超える事象が発生する可能性）は小さくなったにしても残っており、適切な備えが必要である。また、研究開発による新たな知見の積み重ねや安全対策の見直しは、今後も継続して行うことが必要である¹⁾。学術的な知見の蓄積はそのための不可欠な基盤である。

本稿では、2024 年能登半島地震の経験を踏まえて、外部ハザードに対する学術的知見の体系化という観点で最近の学協会における標準化に関わる活動などを整理する。また、整理した結果について議論することで、今後の課題を議論する。なお、このような議論では、志賀原子力発電所とその周辺地域の地震時の挙動がどうだったのかという観点での議論に限定せず、原子力発電所が立地しうるサイトやその近傍においてどのようなことが起こりうるのかという観点でより幅広い検討を行うことが、将来的な原子力安全の確保という観点では必須と考えられる。本稿もそのような立場から議論を行う。

2. 近年の学協会における取り組み

2-1. 日本地震工学会と本会標準委員会の協働

日本地震工学会では、本会標準委員会、土木学会原子力土木委員会との協力のもと、原子力安全のための耐津波工学の体系化に関する調査委員会(2012～2015 年)を設置し、福島第一原子力発電所事故の直接な原因となった津波について、工学的的方法論の体系化、個別技術とシステム評価技術の的確な融合、工学の責任の明確化などを目的に議論を行い、活動成果を報告書「原子力安全のための耐津波工学—地震・津波防御の総合技術体系を目指して—」²⁾として取り纏めた。報告書では、事故の主要な原因のひとつとして、原子力安全に関し、学術分野における分野横断的視野の欠如していたことを共通の認識とし、地震工学・津波工学・原子力安全工学の分野の横断的討議が不可欠であることを、技術ガバナンスという観点からとりまとめたことにその特徴がある。

上記の成果を踏まえる形で、日本地震工学会と本会標準委員会が協働し、「原子力発電所の地震安全の基本原則に関わる研究委員会」(2016 年～2019 年)が設置された。そこでは、津波に限らない地震安全に関わる基本原則を明確にし、共有化した上で、原子力発電所の安全確保の実践に関する検討が行われた。その中で次の点を具体的な設計の方法も含めて報告書としてとりまとめた。

- ・ 地震安全に関する性能を満足させるために、設備集合、組織、マネジメント及び人的要因（発電所敷地外における事故時の備えも含む）に対し、バランスや多様性も含めた適切な余裕を考慮しなければならない
- ・ 社会に安定した電力を供給することが原子力発電所の社会的役割である。原子力発電所が社会で受け入れられるためには、地震に対してそれを供用期間中に継続的に果たすこと（「供用性」）が重要であり、そのような観点でのリスク情報を活用した性能規定型の設計・評価の方法論を構築することが必要である

- ・ 地震による揺れに加えて、余震、津波、斜面崩壊や地盤の変位・変形等が随伴して生じる（随伴性）ことを考慮する必要がある
- ・ また、地震事象の評価には極めて大きな不確かさが介在すること（不確かさ）、地震による影響は極めて広範囲となること（広域性）、多くの設備、構築物などに共通して作用すること（共通原因）を前提とする必要がある

2-2.原子力安全部会

原子力安全部会では、今回の企画セッションを含め、継続的に外部ハザードに対する原子力安全の現状と課題を議論している。2021年には、これまでの議論を踏まえて、経過報告書を取りまとめた¹⁾。その中で、① 外部ハザード（自然ハザード、人為ハザードなど）に特有の大きな不確かさを踏まえたリスクマネジメントの在り方（プラント設備の頑健化や設備の増強という対策を大きく上回った場合の備えも含む）、② 新知見などの継続的な検討と迅速に対応する体制の確立、③ PRA などのリスク評価手法を活用した外部ハザードに対する安全対策の向上の3項目について、今後検討を進めるべき課題として挙げた。原子力安全の立場から、外部ハザードを、他分野の検討項目として境界条件（入力条件）とせず、主体的に検討するこのような活動は、今後も継続的に行うことが望まれる。

2-3. 本会標準委員会

標準委員会では、安全検討会傘下の外的事象分科会とリスク活用分科会において、地震、津波、強風、低温、高潮等の外部ハザードに対する原子力安全の基本的な考え方を議論し、その実行にかかる課題と対応として必要な規格・標準の制改定、対策の高度化、研究・技術開発事項の抽出につながる事項をまとめ⁴⁾、またリスク情報の活用に関する基本的な考え方をとりまとめた⁵⁾。

また、外部ハザードに関わる標準についても整備を進めている。外部ハザードに関わるリスク評価の入口的な標準である「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準」（技術レポートでの提言⁴⁾を受けて改定中）⁶⁾では、外部ハザードをその複合（combined hazard）を含めて原子力安全にかかわる外部ハザードを網羅的に抽出し、リスクの特徴を踏まえて、グレーデッドアプローチの観点から PRA を含めた適切なリスク評価手法を選定するための標準である。安全性向上評価届出制度では、外部ハザードに対する網羅的評価は、現状決定論的な観点からの評価が主であるが、リスクに基づく評価への拡張も含め実務での活用が期待される。

原子力発電所の安全を確保するために重要なハザードについては、確率論的リスク評価（PRA）を行うことになる。標準委員会では、確率論的地震リスク評価（地震 PRA）⁷⁾、確率論的津波リスク評価（津波 PRA）⁸⁾、確率論的断層変位リスク評価（断層変位 PRA）⁹⁾に関する実施基準が策定されている。PRA による複数の事象の重畳に関するリスクの把握では、まず、それぞれの事象に起因するリスクを単独で評価し、そのリスクの大きさ又は重要な事故シナリオを分析し把握することが求められる。その上で、分析結果に基づき重畳に関するリスクを評価することで、効果的にリスクを評価するということが基本的な考え方である。

但し、地震 PRA 標準¹⁰⁾では、津波、地殻変動、断層変位、地震起因の火災・溢水などの揺れと同時に発生しうる事象の重畳や、巨大地震後の余震発生を考慮した事故シナリオの分析について、箇条 5 で要求している。なお、2024 年に改定される地震 PRA 実施基準（印刷中）では、地殻変動（現状はハザード評価のみ）や地震起因の火災・溢水の PRA に関する規定も追加される予定である*。地殻変動（隆起・沈降・傾斜：地震動加速度波形を 2 回積分して得られる変位）と断層変位（断層面に沿って生じる両側の地盤のずれ（食いちがい））はどちらも震源断層の滑りにより生じるものであるが、原子力発電所への影響は異なるものである（図 1）。一般に、両者はそれぞれ別々の現象としてモデル化され評価される^{例えば10)}。原子力学会標準では、地殻変動は地震 PRA 実施標準、断層変位は断層変位 PRA 標準で取り扱われている。地殻変動については、わが国では主に震源断層の滑りにより生じるものが原子力発電所の安全評価の対象となり、現状は耐震設計の一部

* 安全性向上評価届出などで、これらの現象が地震 PRA の中で陽に扱われている例はない（一部ストレステスト的に取り扱われている事例はある）と考えられる。

として決定論的に取り扱われている（JEAC4629-2021 の箇条 6.2）[†]。一方、断層変位については、わが国では将来活動する可能性がある断層等の直上に重要構造物を設置することが認められていないため、立地の適否の評価にとどまっており、原子力発電所の安全性を直接検証した事例は極めて少ない。なお、断層 PRA 標準⁹⁾においては震源断層の延長ではない副断層（図 1 参照、破碎帯などが該当）におけるずれが主な検討対象となる[‡]。なお、2024 年の能登半島地震では、能登半島北西部を中心に最大 4m 程度の隆起が観測されている。また、加えて主断層ではない場所において、地表変状がいくつか観測されている。これらの地表変状が断層変位に該当するかについては今後の議論が待たれる。

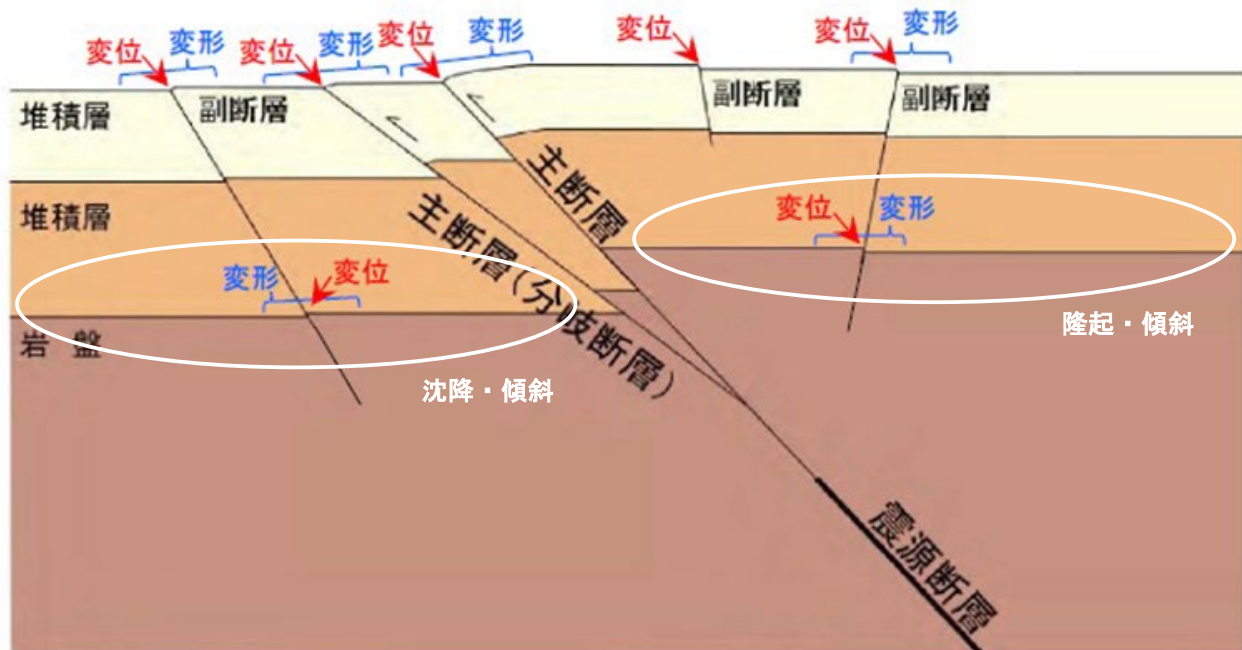


図 1 断層変位と地殻変動の違い（模式図）

地震・津波・断層変位 PRA などにおいては、不確実さ（認識論的不確実さ）の取り扱いについて、その要求事項や評価手順に関する世界的な標準化（例えば SSHAC プロセス）が進んでいる[§]。上記の PRA 標準においては、評価結果の妥当性を確保するため、このような考え方を積極的に取り込む方向で議論が進められている。また、レベル 2PRA 実施基準¹¹⁾についても、地震・津波を発端する事故リスクを評価対象とする形で改定されている。

以上、学会標準における地震に関わる事象のリスク評価手法の検討状況をとりまとめた。2011 年以降様々な取り組みが行われた結果、能登半島地震で見られた現象の多くは、何らかの形で、標準で取り扱われている現状にあると考えられた。一方で、標準としての要求事項、推奨事項の記載が適切かについては、今後の改定作業において継続的に議論を進める必要がある。また、実務においてもこれらの標準が活用され、外部ハザードに対する安全性向上が中心的な課題として進められることを期待したい。

2-4. 本会「安全対策高度化技術検討」特別専門委員会

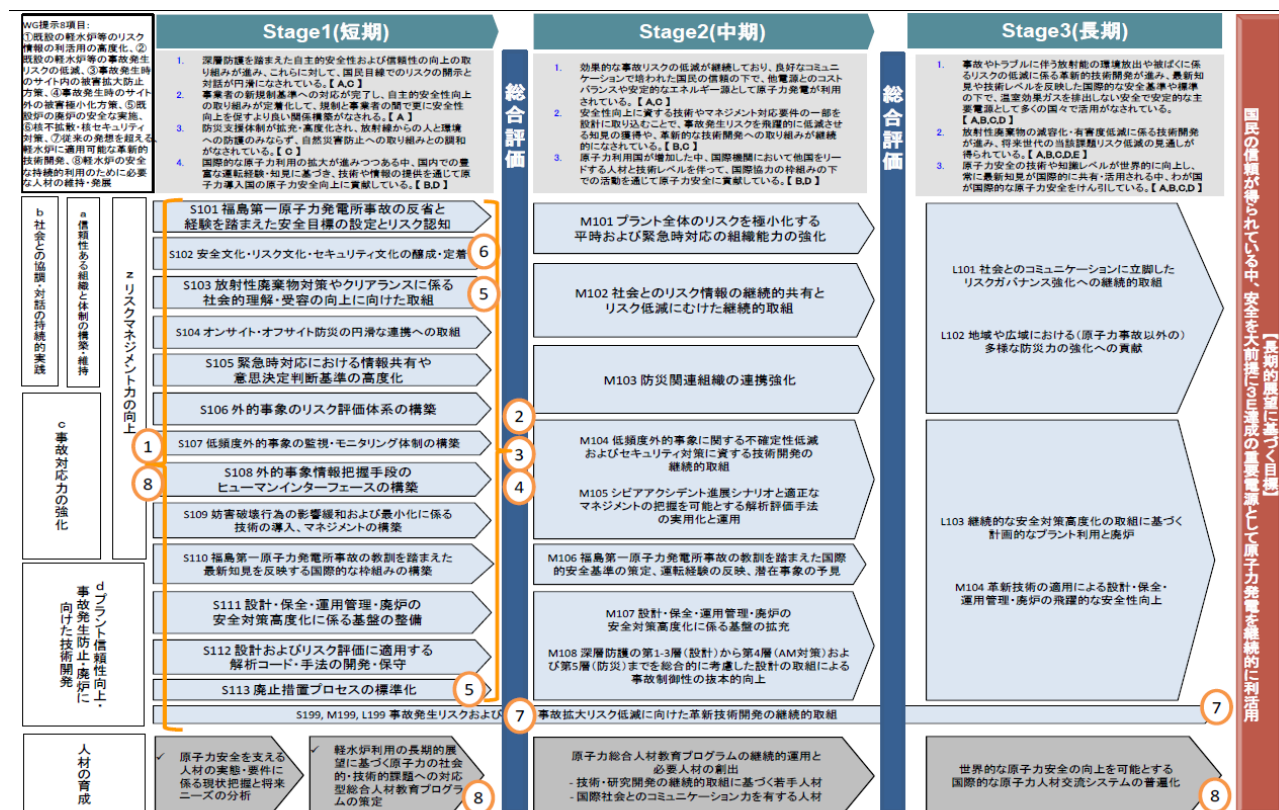
福島第一原子力発電所事故の反省を踏まえ、資源エネルギー庁の委託により、官界、産業界、学術界、学協会の関係者間の役割が明確化された原子力安全技術・人材に関するロードマップが作成された^{12),13)}。原子力発電所の安全性向上を、立地地域や広域における多様な防災力の強化と両輪で進めることがその中の重要

[†] 米国では確率論的地殻変動ハザード評価に関する標準¹¹⁾が出版されている。

[‡] 他の土木分野では主断層による断層変位が主な検討対象になることから、副断層に関わる研究開発は原子力分野を中心に行う必要がある。

[§] 外部ハザードのリスク評価では、不確実さを減らすことが目的ではなく、不確実さを適切に捉えることが重要である。

課題のひとつとされ、そのために必要な研究開発課題などが整理された(図2)。能登半島地震の経験を踏まえ、改めてその重要性が再認識されたとみることでもある。原子力発電所そのものの安全性向上と比べると取り組みの進捗が必ずしも十分でない部分もあるかと考えられ、現状の課題を整理したうえで、今後の取り組みを行うことが望まれる。



(注)①～⑧は、自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループにより提示された8つの課題別区分に対応。

図2 軽水炉安全技術・人材ロードマップ俯瞰図¹³⁾

3. 考察

学協会における福島第一原子力発電所事故の教訓(直接的な教訓だけでなく間接的な教訓を含む)を踏まえた様々な取り組みによって、2024年能登半島地震で見られた事象の多くは、標準などにおいて、今後さらなる検討が必要と考えられる部分が残るものの、考慮されている状態であったと言える。ただし、責任関係が明確でない課題(周辺分野や境界領域)については、取り組みの進捗が十分でないものも見られ、今後検討を進める必要がある。また、事故の記憶が風化する中でこのような活動を継続できるかも課題である。また、2024年能登半島地震についても、志賀原子力発電所とその周辺地域の地震時の挙動がどうだったのかという観点での議論に限定せず、原子力発電所が立地しうるサイトやその近傍においてどのようなことが起こりうるのかという観点でより議論することが、将来的な原子力安全の確保という観点では必須と考えられるという点を再度強調したい。

参考文献

- 1) 日本原子力学会 原子力安全部会 外的事象に対する安全確保の高度化WG: 外的事象に対する原子力発電所の安全対策に関する経過報告, <http://www.aesj.or.jp/~safety/report.html>, 2021.
- 2) 日本地震工学会原子力安全のための耐津波工学の体系化に関する調査委員会: 報告書「原子力安全のための耐津波工学—地震・津波防御の総合技術体系を目指して—」, 2015.
- 3) 日本原子力学会標準委員会・日本地震工学会原子力発電所の地震安全の基本原則に関わる研究委員会: 原子力発電所の地震安全の原則～地震安全の基本的な考え方とその実践による継続的安全性向上～

(AESJ-SC-TR016 : 2019, 2019.

- 4) 日本原子力学会：外的事象に対する原子力安全の基本的考え方:2021 (AESJ-SC-TR018 : 2021)
 - 5) 日本原子力学会：リスク評価の理解のために：2020 (AESJ-SC-TR011: 2020)
 - 6) 日本原子力学会：外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準：2014 (AESJ-SC-RK008 : 2014)
 - 7) 日本原子力学会：原子力発電所に対する地震を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準：2015 (AESJ-SC-P006:2015)
 - 8) 日本原子力学会：原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準：2016 (AESJ-SC- RK004:2016)
 - 9) 日本原子力学会：原子力発電所に対する断層変位を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準：2021 (AESJ-SC-RK009:2021)
 - 10) American Nuclear Society: Criteria For Assessing Tectonic Surface Fault Rupture And Deformation At Nuclear Facilities, ANSI/ANS-2.30-2015
 - 11) 日本原子力学会：原子力発電所の出力運転状態を対象とした確率論的リスク評価に関する実施基準（レベル 2 PRA 編）：2022 (AESJ-SC-RK012 : 2022)
 - 12) https://www.aesj.net/sp_committee/com_koudoka（参照：2024-07-05）
 - 13) https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/jishuteki_anzensei/index.html（参照：2024-07-05）
-

*Tatsuya Itoi¹

¹Univ. of Tokyo

Planning Lecture | Technical division and Network : Nuclear Safety Division

📅 Fri. Sep 13, 2024 1:00 PM - 2:30 PM JST | Fri. Sep 13, 2024 4:00 AM - 5:30 AM UTC 🏢 Room E(Recture RoomsA 2F A200)

[3E_PL] Safety of Nuclear Power Plants against Earthquakes and Tsunamis -Implementation of the Lessons Learned from The 2024 Noto Peninsula Earthquake-

Chair:Akio Yamamoto(Nagoya Univ.)

[3E_PL03] Discussion

原子力安全部会の企画セッションも、理事会セッションに引き続き、2024年能登半島地震を取り上げます。理事会セッションが本件を包括的に議論するのに対し、原子力安全部会は個別の技術領域に横串を刺すことを意識しながら、特に原子力安全に係る議論を深めます。具体的には、志賀原子力発電所で実際に何があったのか、既存の安全対策の安全余裕、地震リスク評価における想定等に見直すべきことはあるか、等を議論します。