

断層変位に対する原子力安全の基本的考え方

The Basic Thinking of Nuclear Safety for Fault Displacement

日本原子力発電(株) 神谷 昌伸 Masanobu KAMIYA

The influence of the fault displacement on the facility should be evaluated not only by the activity of the fault but also by obtaining risk information by considering scenarios including such as the degree and the frequency of the hazard, which should be an appropriate approach for nuclear safety. In this paper, the basic thinking of nuclear safety for fault displacement utilizing the concept of defense-in-depth and risk evaluation approach is proposed.

Keywords: nuclear safety, fault displacement, defense-in-depth, risk evaluation approach

1. はじめに

既設の原子力発電所において、施設直下の断層¹の活動性評価が大きな問題となっている。これは、2.2 で記すように、断層の活動性の有無のみで判断をしようとする現在の規制要求に起因している。

しかし、原子力施設の安全性評価に際しては、単に断層の活動性の有無のみで判断するのではなく、ハザード（本稿では断層変位を対象）の性状（変位量、発生頻度等）、当該ハザードが施設に与える影響のシナリオ（施設の状態、事故シーケンス等）に基づき、その結果をリスク情報として得て、意思決定に繋げていくことが理に適ったアプローチであると考えられる。

本稿は、断層変位に対する現在の規制要求に関して、規制体系やこれまでの経緯等も含めた幾つかの視点からの論点もあらためて解き起こした上で、断層変位に対する原子力安全の基本的考え方について整理を試みたものである。

断層変位とは、地層や岩盤に変位（ずれ）が生じる現象で、主なものには地震を起こす震源断層が地表付近に現れたもの（主断層）や、主断層の活動に伴って副次的に生じる断層（副断層）が知られている。ほかには、重力性の地すべりなどがある。主な断層変位を図1¹⁾に示す。

なお、「活断層」という用語は専門家の間でも様々な定義があり²⁾、一部の研究者においては、主断層の活動に伴

って副次的に動くもので地震を起こさないものまでを含めて呼んでいる場合がある³⁾。

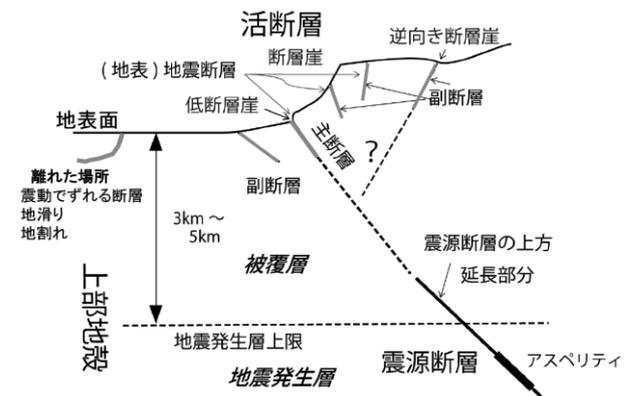


図1 主な断層変位 (参考文献 一部加筆)

2. 関係法令等

まず、我が国の原子力規制法令における関連する条文や原子力規制委員会（以下「規制委員会」という。）の規制要求の現状等について整理する。

2.1 関連法

(1) 原子力基本法

第1条において、法の目的を「原子力の研究、開発及び利用（以下「原子力利用」という。）を推進することによって、将来におけるエネルギー資源を確保し、学術の進歩と産業の振興とを図り、もって人類社会の福祉と国民生活の水準向上とに寄与する」とし、第2条で基本方針として、「原子力利用は、平和の目的に限り、安全の確保を旨として、民主的な運営の下に、自主的にこれを行

連絡先: 神谷昌伸、〒101-0053 千代田区神田美土代町
1-1 美土代ビル、日本原子力発電(株)開発計画室
E-mail: masanobu-kamiya@japc.co.jp

¹ 発電所によっては「破碎帯」等のように、それぞれ識別のための呼称を用いている場合がある。

うものとし、その成果を公開し、進んで国際協力に資するものとする」、「安全確保については、確立された国際的な基準を踏まえ、国民の生命、健康及び財産の保護、環境の保全並びに我が国の安全保障に資することを目的として、行うものとする」とされている。

これを、本稿との関連で筆者なりに要約すれば、“安全の確保等を前提に、原子力利用の推進により人類・国民生活の向上に寄与することを目指す。安全の確保については、国際的な基準も踏まえる。”となる。

(2) 原子力規制委員会設置法

第1条の目的で、「原子力利用における事故の発生を常に想定し、その防止に最善かつ最大の努力をしなければならぬ」という認識に立って、確立された国際的な基準を踏まえて原子力利用における安全の確保を図るため必要な施策を策定し」とされている。

原子力基本法と同様の趣旨が謳われていると理解できる。

(3) 原子炉等規制法

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」を本稿では「原子炉等規制法」と呼称する。

第1条の目的で、「この法律は、原子力基本法の本質にのっとり、…(中略)…原子炉による災害を防止し、…(中略)…必要な規制を行う」とされている。

原子力基本法及び原子力規制委員会設置法の本質・目的に則って、原子炉等規制法に基づき具体的な規制が行われることになる。

発電用原子炉の規制に関しては、第43条の3の6において、原子炉の設置許可の基準の一つとして、「災害の防止上支障がないものとして原子力規制委員会規則で定める基準に適合するものであること」とされている。この「原子力規制委員会規則」が、2013年7月に施行されたいわゆる新規制基準のことである(正式名称は「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」で、以下、「設置許可基準」という。)

2.2 設置許可基準

本稿で論じる断層変位について、設置許可基準では、第3条第3項で「耐震重要施設は、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない²とされている。

この条文の解釈として、規制委員会の内規(正式名称は「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」で、以下、「設置許可基準解釈」という。)では、次の解釈・要求がなされている。

- ・第3条第3項に規定する「変位」とは、将来活動する可能性のある断層等が活動することにより、地盤に与えるずれをいう。
- ・「将来活動する可能性のある断層等」とは、後期更新世以降(約12~13万年前以降)の活動が否定できない断層等とする。
- ・その認定に当たって、後期更新世(約12~13万年前)の地形面又は地層が欠如する等、後期更新世以降の活動性が明確に判断できない場合には、中期更新世以降(約40万年前以降)まで遡って地形、地質・地質構造及び応力場等を総合的に検討した上で活動性を評価すること。
- ・活動性の評価に当たって、設置面での確認が困難な場合には、当該断層の延長部で確認される断層等の性状等により、安全側に判断すること。
- ・「将来活動する可能性のある断層等」には、震源として考慮する活断層のほか、地震活動に伴って永久変位が生じる断層に加え、支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面を含む。

また、設置許可基準第3条第3項のような規制要求としている理由について、設置許可基準解釈において、

- ・耐震重要施設が将来活動する可能性のある断層等の露頭がある地盤に設置された場合、その断層等の活動によって安全機能に重大な影響を与えるおそれがあるため、当該施設を将来活動する可能性のある断層等の露頭が無いことを確認した地盤に設置することをいう。

としている。

規制委員会が新規制基準の「概要」としてホームページに掲載している資料⁴⁾を図2に示すが、ここでは、「設置許可基準解釈とはやや異なる表現(「活断層が動いた場合に」「建屋が損傷し、内部の機器等が損傷するおそれがあることから」「活断層等の露頭がない地盤に」「ずれや変形の量や、地盤が押し上げる力の大きさを予測することは困難)を用いている。

² 設置許可基準第38条第3項にも「重大事故等対処施設は、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない」との規定がある。

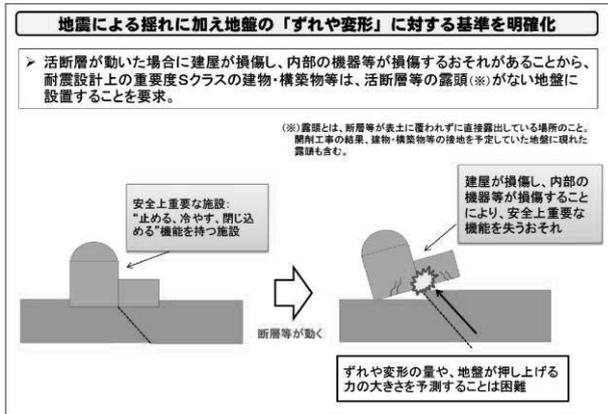


図2 新規規制基準の概要 (抜粋)⁴⁾

3. 断層変位に対する規制要求に係る主な論点

設置許可基準第3条第3項の断層変位に関する規制要求は、ほんの僅かな変位であっても許容しないという、いわば“リスクゼロ”を求める要求と考えられる。

そのような規制要求としている理由を説明する設置許可基準解釈の「その断層等の活動によって安全機能に重大な影響を与えるおそれがあるため」とは、適当な説明になっているのだろうか。

この規制要求に係る経緯や主な論点を以下に整理する。

3.1 旧原子力安全委員会の要求との関係

旧原子力安全委員会の「耐震安全性に関する安全審査の手引き」(2010年12月)では、「建物・構築物が設置される地盤は、想定される地震力及び地震発生に伴う断層変位に対して十分な支持性能をもつ必要がある。…(中略)…ただし、耐震設計上考慮する活断層の露頭が確認された場合、その直上に耐震設計上の重要度分類Sクラスの建物・構築物を設置することは想定していないことから、本章に規定する事項については適用しない。(解説)上記ただし書については、耐震設計上の重要度分類Sクラスの建物・構築物の真下に耐震設計上考慮する活断層の露頭が確認される場合、その活断層の将来の活動によって地盤の支持性能に重大な影響を与えるような断層変位が地表にも生じる可能性を否定できないことから、そのような場所における当該建物・構築物の設置は想定していないという趣旨である。なお、地震を発生させる断層(主断層)と構造的に関係する副断層についても、上記ただし書を適用する。」となっていた。

このうちの「ただし書」は、「活断層の露頭が確認され

た場合」についてなので、震源断層の延長部である活断層が地表に出現すればメートルオーダーの変位量になって施設への影響が大きいと考えられることから「想定していない」、すなわち、筆者なりに言い換えれば、“重要施設は活断層の露頭の直上には設置しない”と理解することができる。

一方、最後の「なお書」の「構造的に関係する副断層についても、上記ただし書を適用する」との箇所は、「構造的に関係する副断層」の定義が不明確で、“主断層と「構造的に関係する」のは分岐断層なので、それは活断層と同等とみなして「ただし書を適用する」のは理解できる」という理解、“一般的に副断層と呼ぶのは主断層と構造的に関係しないものなので、ゆえに「ただし書」は適用されない”という理解も成り立ってしまうと考えられる。

また、上記手引きの要求は、冒頭に「断層変位に対して十分な支持性能をもつ必要がある」としており、少なくともSクラス以外の建物・構築物についての断層変位に対する評価を求めている、すなわち断層変位に対する支持性能の技術的な評価は可能との立場に立脚していると考えられる。

以上のことから、規制委員会の現在の断層変位に対する要求は、旧原子力安全委員会の手引きの要求と同じものであったということではなく、2012年以降の規制体制の見直しや新規規制基準策定の議論の中で、あらためて取り上げられてきたものといえよう。

3.2 パブコメにおける意見

設置許可基準が施行される前の案の段階での意見募集(パブコメ)においては、この変位に対する規制要求に対しては、次のような意見³⁾が寄せられた。

- ・第3条第2項を「…変形あるいは変位した場合においても…」とすること。また、同3項を削除すること。
- ・変位には微小なものから安全機能に影響を及ぼすものもある。一律に除外規定を設けるべきでなく、安全機能への影響の有無について国が総合的に判断する規定にすべき。
- ・原発直下に活断層がある場合のみならず、近傍に活断層がある場合は全て原発の稼働を禁止すべき。
- ・活断層の疑いがあれば原発の再稼働も増設も認めないとするべき。
- ・Sクラスでない構築物を含め、「活断層等がある敷地

³⁾ 表2参照。

に原子炉施設は建ててはいけない」とすべき。

このような意見に対する規制委員会の回答は、「断層等の活動による将来の「変位」の程度の予測の困難さ、変位に対する設計の妥当性の実証の困難さ、変位の評価手法の発達と設計に関する実証データの蓄積の状況等から変位に対する特別な考慮が必要なこと…（中略）…について議論されたことも踏まえ、規定した」⁹⁾というものであった。この回答が、図2で示した「ずれや変形の量や、地盤が押し上げる力の大きさを予測することは困難」という表現に要約されているのであろう。

しかし、次項で触れる規制委員会の「発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関わる規制基準に関する検討チーム」（以下「検討チーム」という。）における議論では、変位に対する評価技術や研究成果が蓄積されてきているとする説明¹⁰⁾もなされていた。

3.3 新規規制基準検討チームでの議論

規制委員会の断層変位に対する要求は、規制委員会の検討チームの検討事項の一項目として検討がなされた。

2013年4月2日の検討チームでの議論⁷⁾では、検討チームに参加している学識者の中でも意見が大きく分かれていて、最終的に十分な意見の集約が図られなかったように窺える。

主な議論の様相を抜粋して表1に示す。

表1 2013年4月2日検討チームの主な議論の様相⁷⁾

<ul style="list-style-type: none"> ・予測することが容易ではないということは私も認識しているんですけども、工学的な問題として、これが安全かどうかというのは、きちっと照査をしてやるんだというのが、私はもう基本のスタンスだと思っています、そのときに最適の手法を積み上げていって、最終的な判断は、工学的に安全かどうかという判断を専門家がやるんだと。このスタンスをやはり崩してしまっただけは、私はおかしいと思っています。 ・やはり活断層の認定云々、これらについて私は不確かさがあるんじゃないかなと思いますけれども、そこで即立地制限、こういう非常に強い規定というのは、世 	<ul style="list-style-type: none"> ・見えない地盤を解析、解析、高度化とおっしゃいますけど、実際に地下何kmまで潜って見たこともないようなところを、特に弾性のFEM解析をやった説明がつくとか、つかないとかと言っているのは、ちょっともうほとんど信じられないんですけど。…（中略）…あまりうまくいく、うまくいくという話をすればするほど、私みたいな専門家からは、ほとんどナンセンスだとしか見えないと。 ・これまでの学問はまだ未熟なところもあって、…（中略）…今、ターゲットにされている、特に小さいものに行けば行くほど、我々の知識は非常に不十分であって、本当に何センチずれるのか、何十センチずれるのかということ、あるいはどこがずれるのかに関しても、十分な知識を我々は持っていないということを考えていただきたい。 ・確率的な取り扱いもされていますけれども、非常によくわかっていないこと
---	---

<p>界中見回してもないですし、IAEAでも、まず立地制限そのものもないです。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・専門的ないろいろな不確かさがあるわけで、解析の不確かさ、活断層の認定の不確かさ、変位量の予測の不確かさ、地盤モデルの不確かさ、そういうのを全て工学的に判断して、最終的に安全かどうか判断をする。こういう考え方を私は貫くべきだと思っています。 	<p>なんですね。…（中略）…わかっていないところで確率を導入してやっていくというのは、非常に、もともと不確かなデータでありますし、非常に危うい感じがします。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・理学的な評価結果全て出そろった後で、工学的な判断というのを後出しでやられるというところに非常に問題を感じるわけです。 ・理学の結果を受けて工学が判断というだけじゃやっぱりだめで、それがだめだということを知ったのが今回の福島の大災害だったわけで、もう一度、それはフィードバックされるべきだと思います。 ・現状ではまだ早いのではないかとこのチームのこれまでの議論でございまして、…（中略）…今すぐにでも原子力発電所にすぐ使えるんだということまでは、やはり行かなかったと思いますので、さらに研究を、調査を進めていただければと思っています。…（中略）…時間もありませんので、すみませんが、次の議題へ移らせてください。
--	---

3.4 国際基準との整合

2.1で記したように、原子力基本法と原子力規制委員会設置法においては「国際的な基準を踏まえ」ることを求めており、原子炉等規制法は「原子力基本法にのっとり」としている。

断層変位に関する国際原子力機関（IAEA）のSpecific Safety Guide No.SSG-9“Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations”では、断層変位に対して、新設プラント（at a new site）と既設プラント（at an existing plant）を区別した要求とした上で、既設プラントに対しては、「既存施設に疑いのある構造が見いだされた場合、決定論的手法に基づく詳細な調査が必要である。しかし、調査によって確実な判断ができない場合、確率論的手法によって地表やその直下に発生する断層変位の大きさと年間超過確率を検討すべきである」¹⁰⁾としている。

各国の規制要求の詳細はそれぞれの国情に応じて決められるところがあるとは考えるが、規制委員会の断層変位に対する要求（設置許可基準）は、原子力安全に係る基本的な要求規定として、IAEAの要求（SSG-9）の考え方とは乖離していると考えられる。

3. 新規規制基準内での整合

表2に、設置許可基準の外部ハザードに対する主な要

求を示す。

表2から分かるように、変位以外はすべて機能維持を求める性能要求となっており、変位のみが特異な要求となっている。

表2 設置許可基準の外部ハザードに対する主な要求

<p>(設計基準対象施設の地震)</p> <p>第3条 設計基準対象施設は、次条第2項の規定により算定する地震力…(中略)…が作用した場合においても当該設計基準対象施設を十分に支持することができる地震に設けなければならない。</p> <p>2 耐震重要施設は、変形した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地震に設けなければならない。</p> <p>3 耐震重要施設は、変位が生ずるおそれがない地震に設けなければならない。</p> <p>(地震による損傷の防止)</p> <p>第4条 設計基準対象施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。</p> <p>2 前項の地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定しなければならない。</p> <p>3 耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力…(中略)…に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p> <p>4 耐震重要施設は、前項の地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p> <p>(津波による損傷の防止)</p> <p>第5条 設計基準対象施設は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波…(中略)…に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p> <p>(外部からの衝撃による損傷の防止)</p> <p>第6条 安全施設は、想定される自然現象…(中略)…が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。</p> <p>2 重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。</p> <p>3 安全施設は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの(故意によるものを除く。)に対して安全機能を損なわないものでなければならない。</p>

なお、パブコメの際の意見にもあったが、設置許可基準では、変形と変位に対して、第3条の第2項と第3項でそれぞれを区別した要求としている。これは、変位が生じるとせん断による力が作用するので特別視しているためのようだが、実際には変形と変位の両方を併せ持つような自然現象として生じるので、施設に対する影響として変形と変位をあえて区別せずに、併せた形での要求

にする方が理に適っていると考えられる。

4. 断層変位に対する原子力安全のアプローチ

4.1 福島第一原子力発電所事故の教訓の反映

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う東京電力(株)福島第一原子力発電所の過酷事故(以下「福島第一事故」という。)の要因として、津波の想定が不十分であったことや、想定を超える事象に対する備えができていなかったことなどが指摘されている^[9]。この事故を教訓として考えるべきことの一つに、不確実さの大きい自然現象に対する原子力発電所のリスク管理の取組みがある。そして、福島第一事故の反省の上に立てば、対象とする自然現象がどれだけ分かっている、不確実さがどの程度あるかについて専門的な知見を総動員し、施設の安全性評価の観点から幅広い分野の意見を集約し、科学的に多面的・多角的な検討を行うことが必要である。いわば「利用可能な最善の知識」^[10]を活用したすべての努力がなされることが求められている。

そして、最新の知見を反映した想定を行ったとしても、想定を超えることが起こりえるものとして備えをしておかねばならない。科学的想像力を持ち、あらゆる対応策を使ってそれに備えるという発想が求められている。想定外をなくすには、多面的な検討を行うしかない^[11]。

想定を超えた領域への対処には、リスク評価に基づく手法によって検討を行い、その評価結果から得られる情報を活用して施設の安全性向上等のための意思決定を行うことが重要である。リスク評価は、想定を超える外力に無防備になるのを防ぐために意義がある^[12]。また、リスク評価は、原子力安全の基本概念である深層防護^[13]の有効性を確認することにもなる。

福島第一事故を踏まえると、リスク評価の重要性が一層高まっている。リスク評価によって、リスクの程度やプラントの弱点が把握でき、また、多くのシナリオを取り込むことで想定外を少なくすることができる。

すなわち、「どのような望ましくないことが起こるか」というシナリオを幅広く考慮することが重要で、施設にいかなる影響をもたらすかをシナリオとともに評価するアプローチが必須の取組みとなる。その取組みが、原子力安全において価値を生み出す。

このような科学的、技術的に理に適った考え方に基づ

⁴ 本稿では、「リスク評価」を、確率論的リスク評価(PRA)のみに限定せず、確定論的な裕度評価なども含めた広義の概念で使用している。

く取組みを基本として、「人と環境を守る」という原子力安全の目的¹⁴⁾を達成していかねばならないと考える。

4.2 断層変位に対する原子力安全の考え方

本稿で対象としている断層変位も、地震動や津波などと同様に、外部ハザードとなり得る自然現象の一つと捉え、その影響の程度を評価し、施設に如何なる影響をもたらすかをシナリオとともに評価することが原子力安全の考え方に沿った対応となる。

断層変位の可能性の有無のみの判断をしても、原子力安全に関わるリスクを評価したことにはならない。断層変位が生じる頻度や変位量などの性状の不確かさも踏まえて、科学的に分析されたシナリオとともに変位の施設への影響を評価することが、原子力安全に関わるリスク評価となる。評価のための技術は各分野で蓄積されてきている。他の自然現象と同様に、断層変位に対しても、リスクを評価し、リスクを可能な限り低減させる努力を促すことができる考え方が重要である。それにより、原子力安全の取組みが全体として首尾一貫したものになる。

リスクの性質やレベルを適正に評価し、リスクに正面から向き合うという真摯な姿勢が求められている。リスク抑制のための施策は、原子力施設の利用又は活動を、科学的根拠に基づく合理的な理由なく制限するものであってはならない¹⁴⁾。

例えば既設の重要施設において、常に最新の知見を反映していく取組みの中で、新たな情報等によって断層変位の考慮の必要性が生じる場合があり得る。その場合の評価手順としては、あらためて地形・地質調査などから得られる情報に基づき、考慮が必要な断層変位の性状(出現位置、ずれ量、方向、頻度など)を不確かさも考慮して想定し、それに対する施設の影響評価を行う。

さらに、想定を超える場合についても評価を行い、プラントシステムトータルでの裕度あるいは弱点をリスク情報として得る。

「その断層等の活動によって安全機能に重大な影響を与えるおそれがある」として止まるのではなく、「おそれがある」のかどうかを評価することが重要なのである。

断層変位に対する施設の評価に当たっては、他の自然現象と同様に深層防護の概念を適用して対処することが基本であり、有効である。特に、知識やデータが限られ

ている断層変位のような低頻度事象に対し、深層防護は一層重要な戦略となる。

既設の原子力発電所においては、福島第一事故の経験を踏まえ、深層防護の考え方も適用しながら、施設設置当初の設計・評価の範囲の拡張・強化や追加の影響緩和策(アクシデントマネジメント)など、様々な対応策が講じられている。すなわち、事象の早期収束や機能の復旧などのレジリエンスの考え方も含めて、全体として質の高いロバストな対処が図られている。

これらは断層変位を想定して講じられてきているものではないが、福島第一事故以前よりも充実した防護策が講じられていると考えられることから、これらも含めて断層変位に対する評価をしていくことが技術的に理に適っている。

具体的には、すでに講じられている構造強度設計やその設計裕度の範囲において、想定する断層変位に対しても安全上重要な機能を有する施設の要求性能が満足されるかを確認する。また、必要に応じて、福島第一事故後に拡張・強化された対策(アクシデントマネジメントも含む)の有効性についても検討を行う。さらに、想定を超えた断層変位に対してもリスク情報を得ていく。

5. 地形・地質調査の重要性

5.1 評価対象となり得る断層変位

断層変位に対する施設影響評価に関して、裕度評価手法の適用概念¹⁵⁾が示されているが、その前段として、対象となり得る変位量の程度を整理する。

想定する断層変位の設定手順については本稿の対象とはしないが、原子力発電所を建設する際には事前に詳細な地形・地質調査が実施され、特に敷地内や重要施設等を設置する地盤(施設の支持基盤=岩盤)における断層の存在やその活動性等が、精度の高い情報として把握される。

この地形・地質調査の取組みは、原子力安全に関わるリスク評価全体の中で、高頻度かつ/あるいは高影響をもたらし得るハザード情報を把握するという、極めて重要なプロセスである。

詳細な地形・地質調査により、いわゆる活断層(主断層)のような、1回の活動当たりの変位量が~数m~10m程度、活動間隔が~数千年~数万年という性状の断層変位は、地形・地質の知見や調査技術のレベルからは、事前の調査で過去の痕跡を把握することが十分可能である

⁵⁾ 「新たな情報等」としては、調査・評価技術の進展や断層変位の出現事例の蓄積、また、それらを踏まえた専門的知見の蓄積・高度化などが考えられる。

と考えられるので、このような変位量の大きい露頭の直上に重要施設が設置されていることはないと考えることが適当である。

一方、主断層の活動に伴って副次的に生じる副断層⁶のように、1回当たりの変位量が小さい場合(数十cm以下)には、数千年～数万年という非常に長期間の間に断層変位の痕跡が侵食等により消失し、詳細な調査によっても把握が困難な場合が考えられる。

したがって、これらの知見等を踏まえると、個々のケースで慎重な評価を行うことが必要であるが、原子力発電所の重要施設の設置位置において考慮が必要となり得る断層変位は、1回当たりの変位量が数十cm以下で、数千年～数万年に1回出現したような低頻度のものと整理できる。

評価対象となり得る断層変位のイメージを図3に示す。

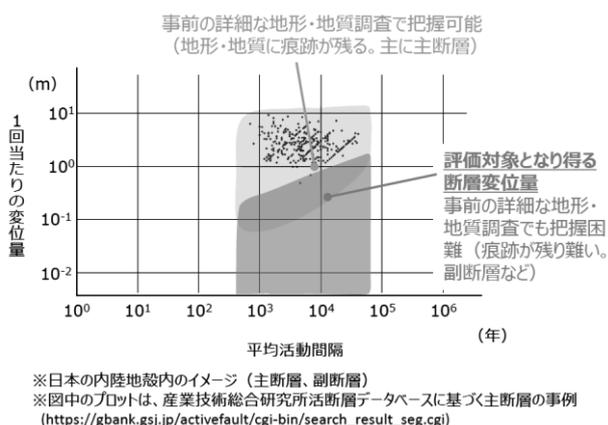


図3 評価対象となり得る断層変位のイメージ

2.2 断層変位の成因の考察の重要性

2.2で記したように、設置許可基準解釈では「将来活動する可能性のある断層等」には、震源として考慮する活断層のほか、地震活動に伴って永久変位が生じる断層に加え、支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面を含む」とされている。これは、設置許可基準第3条第3項が“リスクゼロ”要求なので、もはや変位を生じさせた成因の考察までは必要ないとしているかのようである。

しかし、原子力安全のアプローチにおいては、地形・地質の調査・評価の際に、断層変位の成因を検討することが重要であると考えられる。

すなわち、対象となる断層変位が、主断層なのか、副

⁶ 我が国の副断層の出現事例については、一般社団法人原子力安全推進協会の整理¹⁹⁾が参考になる。

次的なものか、あるいは地震以外の成因によるものなのか、その成因によって原子力安全におけるアプローチが異なると考えられるからである。

表3に、主な断層変位に対する施設影響評価の考え方について整理を試みた。

成因を明らかにする努力が促されて、ハザードに応じた評価が行われることが必要と考える。

表3 主な断層変位に対する施設影響評価の考え方

変位の種類	成因など	施設評価へのアプローチ
主断層、分岐断層(活断層)	地下深部の震源断層の延長が地表付近まで連続して形成されたと考えられる断層	発生頻度、1回当たりの変位量などに基づき評価
副断層	主断層等の周辺で、局所的な応力変化によって生じた地表付近の副次的な断層	同上
地すべり	斜面の一部が重力や地震動を誘因としてすべることにより形成された断層	事象を生じさせた要因が存在しているか否かを考慮した上での評価
火山活動に関連した断層	火山近傍で、マグマの隆起に伴う隆起・沈降などにより形成された断層	火山噴出物など他の火山活動に伴う施設への影響と合わせて評価
圧密、膨潤など	岩盤の体積変化などにより形成された断層	繰返し発生したか否か、現象の進展速度(瞬時か緩慢か)等を考慮した評価

6. まとめ

断層変位の原子力発電所に対する影響について、断層の活動性の有無のみで判断するのではなく、他の外部ハザードとなり得る自然現象と同様に、原子力安全の観点から、深層防護の概念の適用、シナリオを考慮したリスク評価の活用による評価が重要であることを、断層変位に対する原子力安全の基本的考え方として整理した。

具体的なリスク評価の実践に際しては、4.1で記したように、関連する他分野の専門知を総動員し、多面的・多角的な検討を行うことが必要である。

本稿は、様々な機会における学識者との意見交換等も参考にして、筆者の見解も交えてまとめたものである。ここに記して謝辞とする。

参考文献

- [1] 山崎晴雄、“原子力施設と活断層問題”、日本原子力学会「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会特別講演会資料、2015年2月14日。
- [2] 一般社団法人原子力安全推進協会 敷地内断層評価手法検討委員会、“原子力発電所敷地内断層の変位に対する評価手法に関する調査・検討報告書”、2013年9月、付録A。
- [3] 渡辺満久、“土地の「未来」は地形でわかる”、日経

- BP社、2014年12月、pp.80.
- [4] 原子力規制委員会、“実用発電用原子炉に関する新規規制基準について～概要～”、2016年2月16日更新、pp.11.
- [5] 原子力規制委員会 平成25年度第11回資料1-4、“新規制施行に伴う手続き等について、別添3別紙原子力規制委員会設置法の一部の施行に伴う関係規則の整備等に関する規則(案)等に対するご意見への考え方”、2013年6月19日、pp.61-62.
- [6] 原子力規制委員会 発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関わる新安全設計規制基準に関する検討チーム第11回資料11-2-1 事業者説明資料、“断層変位による影響評価への取り組みについて”、2013年4月2日.
- [7] 原子力規制委員会、“発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関わる新安全設計規制基準に関する検討チーム第11回会合 議事録”、2013年4月2日、pp.21-29.
- [8] 奥村晃史、“「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会への期待～国際標準との整合～」、日本原子力学会「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会特別講演会資料、2015年2月14日.
- [9] 東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会、“中間報告(本文編)”、2011年、pp.487-492.
- [10] 澤昭裕、“続・原子力安全規制の最適化に向けて～原子力安全への信頼性回復の道とは～”、21世紀政策研究所、2015年、pp.18-23.
- [11] 原子力発電所過酷事故防止検討会編集委員会、“原子力発電所が二度と過酷事故を起こさないために～国、原子力界は何をなすべきか～”、科学技術国際交流センター、2016年、pp.134.
- [12] 亀田弘行、“原子力発電所の安全に対する地震工学の課題”、Bulletin of JAEE、No.15、Oct、2011年、pp.97-102.
- [13] 日本原子力学会標準委員会、“原子力安全の基本的考え方について 第I編 別冊 深層防護の考え方”、一般社団法人日本原子力学会、2014年.
- [14] 日本原子力学会標準委員会、“原子力安全の基本的考え方について 第I編 原子力安全の目的と基本原則”、一般社団法人日本原子力学会、2013年.
- [15] 神谷昌伸、“断層変位に対する重要施設の影響評価手法～裕度評価手法の適用概念～”、日本保全学会 第13回学術講演会 予稿集、2016年7月.
- [16] 参考文献[2]、付録B.