

総合講演・報告 3 「『断層の活動性と工学的なリスク評価』調査専門委員会活動報告」

(4) 調査専門委員会の検討状況（中間報告）

(4) An Interim Report of the Investigation Committee

*百々 隆¹, 奈良林 直²¹原子力安全推進協会, 調査専門委員会委員, ²北海道大学, 調査専門委員会主査

1. はじめに

「断層の活動性と工学的なリスク評価」調査専門委員会の中間報告として、講演(1)の内容に加えて、以下、総論的な内容を述べる。

なお、評価手法や適用の考え方などについては、講演当日までの検討成果を紹介する。

2. 断層変位について

2-1. 断層変位という自然現象の理解

本調査専門委員会で対象とするのは、施設の設置地盤に変位（ずれ）が生じる自然現象である。これを、ここでは“断層変位”と呼称する。

断層変位を生ずる代表的なものは、地震をもたらす震源断層によるずれが地表にも及んだ場合の変位（主断層）や、主断層の周辺に副次的に生じる変位（副断層）がある。そのほか、重力性の地すべりなど、地震とは関係のない成因によって生じる変位も知られている（講演(1)図 2 参照）。

以下、特に断りのない限り、ここでは地震に起因する断層変位を代表として論じる。

断層変位という現象を理解した上で、不確実さを考慮して、変位の想定、施設への影響評価のプロセスの中に考慮していくことが必要である。

断層変位という現象の特徴として、主に以下の点が挙げられる。

頻度：非常に低い…活動履歴の情報が少なく、定量的に扱い難い

場所：震源断層の直上や近傍で、狭い幅に限定…既存の岩盤中の弱面を活用

性状：局所的なせん断変形、ランダム性があり複雑

タイミング：地震時

断層の活動性や連続性を評価するために、自然に残された痕跡を対象に地形・地質の調査が行われるが、専門家の間でも評価が異なる場合があり、それぐらい難しい自然現象であるという認識に立つ必要が要る。

一方、断層変位は、自然に残された痕跡を有効に活用し得る対象であるということも言え、過去に生じた断層変位のデータを蓄積する努力がなされている。これまでの知見、経験を踏まえて、どのようなことが起こり得るかはある程度説明することができる。得られている知見は可能な限り活用する姿勢が重要である。

断層変位が認められる自然露頭において、それが主断層による変位なのか副断層による変位なのかの認定が困難な場合もあるが、施設への影響評価の観点からは、その他の成因も含めて、当該変位の成因の検討は重要である。すなわち、断層変位は様々な成因によって生じるので、成因によって、変位の発生する位置、変位量、繰り返し発生するか否か、変位が生じる速度（瞬時的なのか否か）などが異なる。原子力安全の観点から施設への影響を検討する際には、単に変位の有無に着目するのではなく、その成因が重要な

*Takashi Dodo¹ and Tadashi Narabayashi²

¹Japan Nuclear Safety Institute, Member of the Committee, ²Hokkaido University, Chairman of the Committee

意味をもつ。

2-2. 対象となる断層変位量のイメージ

過去における断層変位の痕跡は、自然の地層、地盤中に残っている場合があり、その情報を最大限活用して、断層変位量のイメージを整理してみる。

主断層は1回のずれの量が大きく、過去に繰り返し動いた痕跡を地形・地質に残している。ただし、1回当たりの変位量が小さい場合は、地形・地質への痕跡が残り難い場合があり得る。

これまでの地形・地質分野の知見からは、日本の主断層の1回当たりの変位量は、～数十 cm～数 m～10m 程度と言える。主断層（活断層）の活動間隔は、短いもので数百年、平均的には数千年、長いもので数万年である。

なお、実際の現場では、主断層なのか副断層なのかの区別が難しい場合があるが、副断層の変位量は、当該副断層の起因となる主断層の変位量以下と考えることが適当と言える。

原子力施設を建設する際には、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）における断層の存在、活動性等が精度の高い情報によって把握される。

主断層のように1回当たり数十 cm 以上の変位は、数千年～数万年前の変位の痕跡を、詳細な地形・地質調査により施設建設前に把握することが十分にできると考えられる。

一方、1回当たり数十 cm 以下の変位は、過去の浸食等の影響により地形・地質に痕跡が残らず、詳細な地形・地質調査によっても把握することが困難な場合があり得る。変位が最後に生じた時期（最新活動時期）が古いほど、堆積層中のその痕跡は残り難くなる。

これらの知見等を踏まえると、個々の原子力施設の事案において慎重な評価を行うことが必要であるが、既設炉の重要施設等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～十万年に1回出現したような頻度のものと整理できるのではないかと。

3. 断層変位に対する既設炉の評価手順

図1は、現在検討中の断層変位に対する既設炉の評価手順である。

本講演では、施設に対する影響評価を中心に述べる

3-1. 本調査専門委員会での「リスク評価」について

原子力学会標準委員会において、「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」が制定されている。

この実施基準では、「全ての外部ハザードに対して確率論的リスク評価（PRA）等の詳細なリスク評価が必要ではなく、リスク評価方法としては、定性的な評価、ハザード分析（発生頻度又は影響）、裕度評価、決定論的な炉心損傷頻度（CDF）評価など、様々な方法が考えられます」としている。そして、定量的リスク評価方法として、①ハザード発生頻度分析若しくは影響度分析によるリスク判断、②裕度評価、③決定論的な CDF 評価（以下、ここでは「条件付き CDF 評価」と呼称する。）、④PRA 等の詳細なリスク評価の四つの方法を挙げている。

本調査専門委員会としては、この実施基準の考え方、四つの定量的リスク評価方法を踏襲し、断層変位に対する施設影響評価の評価フローの中に位置づけて検討を進めている。

四つの方法により評価されるリスクのイメージを図2に示す。

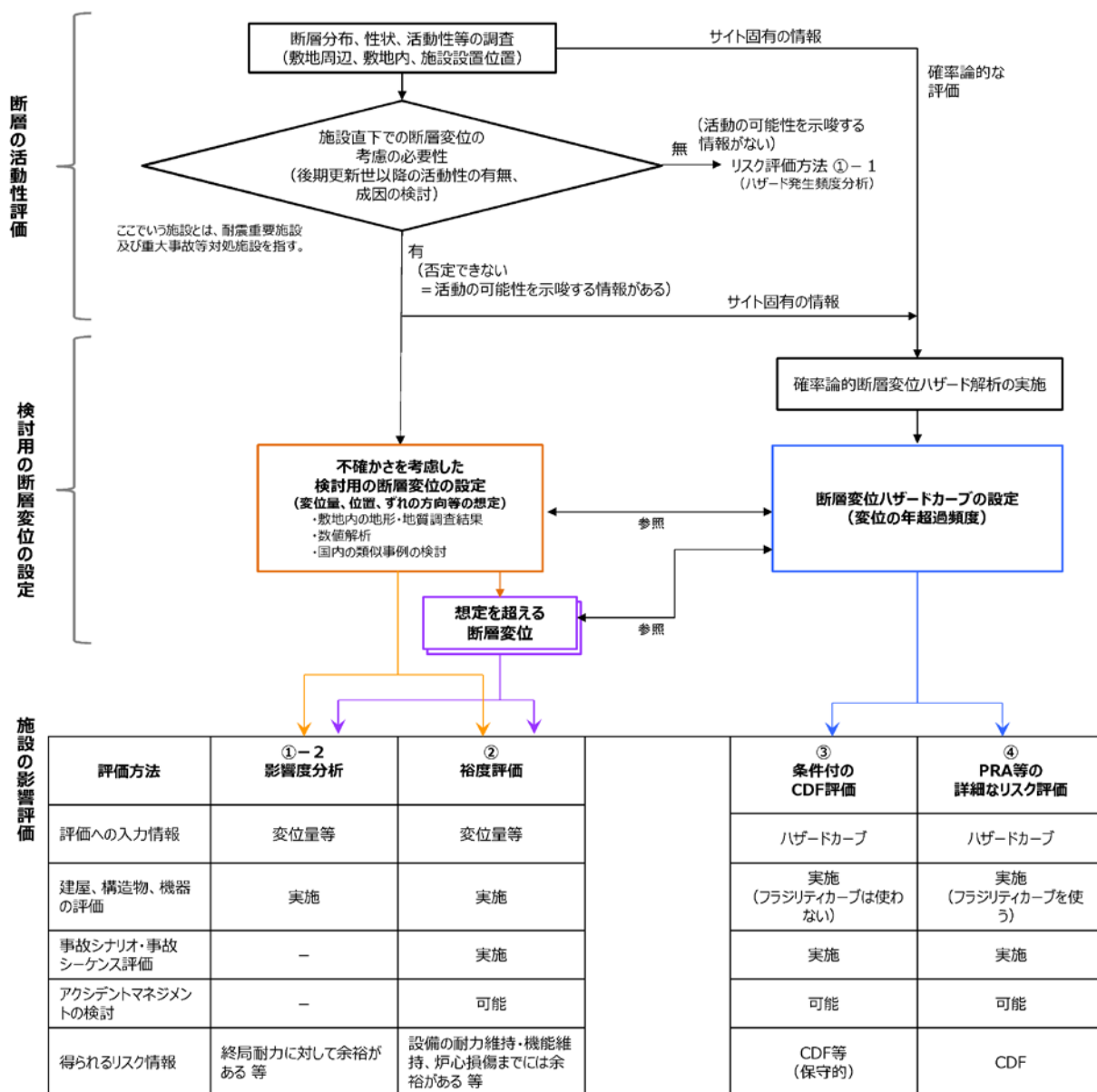


図1 既設炉の評価手順（検討中）

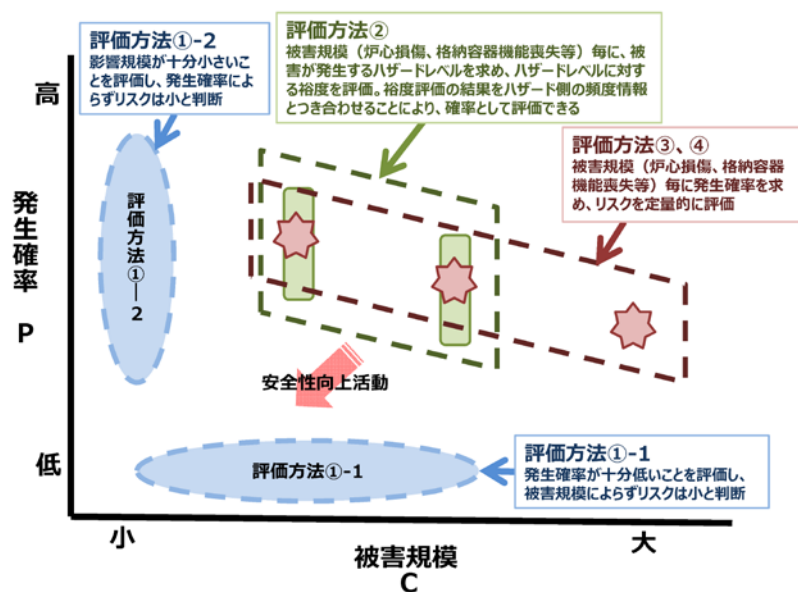


図2 四つの方法により評価されるリスクのイメージ

3-2. 評価方法の適用性

断層変位の影響に対して四つの評価方法を適用する際には、それぞれの評価方法の限界や成熟度に応じて適用することが重要であり、また、活用できる技術情報が限定される場合は、評価が安全側となるような工学的な条件を付して、施設に対する影響の評価結果を得ていくことになる。

- ・手法①-2「影響度分析」は、検討用の断層変位のずれ量が小さい場合において、例えば確立された構造強度の評価体系の中で、施設設置時における耐震設計の裕度などの範囲内で評価することができる。
- ・手法②「裕度評価」は、検討用の断層変位のずれ量が大きい場合において、また、断層変位の影響が空間的に限定され SSC の分散配置の効果を把握する場合において、一部の施設が機能喪失に至っている状態も含めて評価する場合に有効な手法である。

機能喪失状態を十分に模擬できない場合や評価のための技術情報が不足する場合は、評価が安全側となるような工学的な条件を付し、プラントシステム全体の状態を事故シーケンスとして評価することにより、例えば炉心損傷までの余裕などのリスク情報を得ることができる。

この手法では、事故に備えて用意している可搬型設備などの活用によるアクシデントマネジメントも含めて評価することができる。

手法②は、いわば欧州のストレステストに類似した手法であり、断層変位のような外部事象に対するプラントの脆弱性を把握し、必要に応じて改善策を検討するのに有効である。想定を超える断層変位に対する評価にも適している。

- ・手法③「条件付の CDF 評価」と手法④「PRA 等の詳細なリスク評価」は、確率論的な手法（PRA）であり、炉心損傷頻度（CDF）などの確率論的なリスク指標を評価できる手法である。

断層変位に対する PRA は、断層変位に対する施設のフラジリティ評価等に係るデータ拡充の段階にあるが、手法③では、安全側の条件を付して事故シーケンスを整理することにより、感度解析としてのリスク情報を得ていく場合に有効で、例えば他の内部事象や外部事象による炉心損傷頻度と比較することにより、リスクの程度を把握することができる。

断層変位に関する PRA の適用の考え方と課題については、原子力学会標準「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」にとりまとめられている。

4. 評価方法の適用イメージ

講演では、上記の手法②「裕度評価」を適用した場合の検討状況を紹介する。