

論文の内容の要旨

論文題目： 断層変位に対する原子力施設の確率論的リスク評価手法の開発と適用性に関する研究

氏名：原口 龍将

原子力発電は、ベースロード電源として我が国の電源構成において極めて重要な地位を占めていたが、**2011年3月11日**に発生した東北地方太平洋沖地震による福島第1原子力発電所における過酷事故の発生以来、社会的な批判により非常に厳しい立場にあると言わざるをえない。一方で、この事故は従来の決定論に基づく規制や設計の考え方の限界を示す契機となった。すなわち、決定論的に設定された条件を前提とすると、どうしても「設計想定外」となる事象が発生し、それに対しては無防備になるというものである。しかしながら、現在の原子力施設の設計は規制当局によって定められた評価条件・基準値を満足するように設備の仕様などを設定する決定論的な考え方に立脚するものであり、規制要求としても、極めて発生頻度が低い事象に対しても決定論的な評価とそれに基づく設計や運用の対応を求める傾向がある。

特に断層変位に対しては、商業用原子力発電炉に係る新規規制基準（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）によって建屋下での活断層の有無のみに着目し、建屋下に活断層があった場合はその素性に関わらず設置許可を認めない規制となっている。これにより、断層変位は、原子力発電所の運用において設置許可取り消しの可能性をはらむ極めてインパクトの大きい事象と考えられる。

このような現状に対する現実的な解のひとつとして、確率論に基づくリスク評価を活用することが近年注目されている。リスク評価によって得られる情報を活用することで、より合理的・現実的な規制体系・設計体系を実現することができるが、リスクの観点に立った議論を行うためには、それを評価するための手法が存在し、その手法が社会的に認められている必要がある。また、その手法は、リスク情報活用の観点から、リスクの大小を定量的に示すだけではなく、他の事象によるリスクとの相対的な比較ができ、有意なリスクに寄与する断層変位量の範囲や寄与度の大きい設備などの要因を抽出できるものでなければならない。このような要求に対して包括的な解を与えることができる方法は確率論的リスク評価（PRA）の他には知られていない。しかしながら、断層変位については、PRAとして体系化された手法は現時点で世界的にも例がないものである。このため、本論文では、断層変位に対するPRAの必要な要素について検討を行い、断層変位PRAとして体系化した手法を提案する。また、その手法で断層変位によるプラントリスクの定量化が可能であることを示し、あわせて、断層変位PRAによって得られる情報の活用の可能性と、実在のプラントで評価を行う場合に発生する課題を明らかにするものである。

第 2 章では、断層変位 **PRA** の手法構築に向けた一連の検討について述べ、体系化した手法として提案する。2.1 節では、断層変位 **PRA** の概念として一連の評価の流れを示し、それに沿って実施することが必要な内容について断層変位 **PRA** の基本方針として示す。続く 2.2 節では、断層変位 **PRA** 手法構築にあたって、断層変位被害事例の調査と、これによって明らかにした設備の損傷モードや事故シナリオの観点から着目すべき事項について示す。2.3 節では、2.1 節において検討した **PRA** の各要素の内容に基づき、実プラントへの適用を意識して開発した具体的な評価手法を示す。なお、確率論的断層変位ハザード評価及び事故シーケンス評価については既往の研究や手法を活用できることから、本研究では事故シナリオの構築とフラジリティ評価、及びそれらに関連する情報収集の考え方（サイト・プラントウォークダウン等）について重点を置いた検討を行い、新たな手法として示す。また、断層変位 **PRA** の説明性向上という観点から、断層変位フラジリティについて利用可能な情報が少ないことを踏まえたうえで、体系的な工学的判断によりフラジリティの妥当性を検討するための方法についても提案する。

第 3 章では、第 2 章で構築した手法が実際に機能するものであることを示すことと、評価において発生する課題を抽出するために、仮想プラントに対して炉心損傷頻度算出を目的として行った試評価について述べる。また、この試評価から得られた結果に関する考察について示し、実機への適用に向けた課題について述べる。

第 4 章では、構築した断層変位 **PRA** 手法によって得られる結果をリスク情報として活用する方法について、主に既設プラントの運用及び新設プラントの建設における意思決定という観点から提案する。また、断層変位 **PRA** を原子力施設以外へ活用することの可能性についてもここで述べる。さらに、実際の施設を対象とした断層変位 **PRA** 実施の目的に応じた、評価の詳細さという観点での評価手法の運用方針について、評価実施に必要なコストの見通しとともに述べる。

第 5 章では、本研究で構築した断層変位単独の事象を対象とした断層変位 **PRA** の将来的な拡張という観点から、断層変位は地震動とともに作用するものであることに着目し、両者を重畳した **PRA** の考え方と、現時点で実施可能な評価方法について提案する。

本論文は、断層変位 **PRA** に関する先駆的なものであり、断層変位発生位置に応じた事故シナリオの分類方法とこれに関する不確実さの評価の精緻化、フラジリティ妥当性検討方法の確立など、手法の更なる高度化に向けた今後の課題がある。一方で、世界で初めて断層変位に対する体系化された一連の **PRA** 手法を構築するとともに、仮想プラントを対象とした試評価によってその実効性を示したものであり、この手法は原子力施設が断層変位に関して直面する問題に対する現実的な解を与えるための極めて有効な手段として今後の活用が期待される。