

FEP解析を応用した火山噴火シナリオ構築手法の検討 - その具体例の提示 - A study on a methodology of volcanic scenario analysis applying FEP analysis - A case study -

村上 亮¹, 川村 淳^{2*}, 牧野 仁史³, 下司 信夫⁴, 及川 輝樹⁴, 西村 卓也⁵, 梅田 浩司³, 佐々木 寿⁶, 瀬尾 俊弘³, 大井 貴夫⁷

Makoto Murakami¹, Makoto Kawamura^{2*}, Hitoshi Makino³, Nobuo Geshi⁴, Teruki Oikawa⁴, Takuya Nishimura⁵, Koji Umeda³, Hisashi Sasaki⁶, Toshihiro Seo³, Takao Ohi⁷

¹北海道大学, ²三菱マテリアルテクノ, ³原子力機構, ⁴産総研, ⁵国土地理院, ⁶国際航業, ⁷原環機構

¹Hokkaido Uni., ²MMTEC, ³JAEA, ⁴AIST, ⁵GSI, ⁶KKC, ⁷NUMO

【背景・目的】火山噴火活動の全期間を通じた時系列的な予測に関しては、火山噴火シナリオの適用による予測手法が注目されてきている [1]。火山噴火シナリオは、これまでは主として対象とする火山の活動について、現象や観測事実の推移に着目した経験論的な検討がなされてきた。

ここで、その都度得られる観測情報などから推定される火山活動の状況と火山噴火シナリオとのリアルタイムな比較によりその後の推移を予測・評価することができれば、その時点の最適な防災対策を選択できると考えられる。このことは、発生の可能性のある火山噴火現象を原因と結果の連鎖として記述する「詳細な火山噴火シナリオ」を準備し、必要に応じてリアルタイムにシナリオを修正・補正可能にすることで実現できる可能性がある。また、このようなシナリオを対象とする火山だけでなく他の事例も含め、事前に可能な限り幅広く準備できれば、更に有効なものになるであろう。そこで、本研究ではそれに資するための火山噴火シナリオ構築手法の開発を目的とした。

【アプローチ】原因と結果の連鎖としてシナリオを構築することの先行的な検討としては、高レベル放射性廃棄物地層処分における長期的な安全評価を目的としたものがある。それは「FEP解析」と呼ばれ、処分場閉鎖後の超長期に亘る処分システムやそれを取り巻く地質環境および安全性に係わる放射性核種の移行に係わる状態・特性 (Feature) がどのようなイベント (Event) やプロセス (Process) (それらを総称して「FEP」とよぶ) を経て変遷していくかを分析・検討し、シナリオを構築する手法である。また、この手法では、上記のような変遷を記述するための要素となる多数のFEPを適切な設定とともに、それらの相互関係の過不足ない設定が重要となる。そのための、FEPの相互関係を一定のルールに従いマトリクス上に構造的に整理し、検索機能等により相互関係の連鎖を効率的に分析できるツールも開発されている [2]。

火山噴火時の予測評価は短期間の現象を取り扱うため、求められる精度や対象は、長期の現象を取り扱う地層処分の安全評価に求められるそれらと必ずしも同じではないが、地下深部のマグマ活動 (Event) により、地下の状況や状態 (Feature) が変化し、それがどのようなプロセス (Process) として観測されるかという形で、複雑な現象を、それを構成する要素と相互関係として解きほぐし論理的に取り扱えるようにする方法論は共通すると考える。本研究では、上記の違いを認識した上で、地層処分の研究分野でのFEP解析の方法論を火山活動に発展的に応用することにより、火山活動の進展の予測に資する火山噴火シナリオ構築手法の開発を目的とした。

【検討内容】火山活動では、地殻変動をはじめ地震、重力変化など多くの観測項目が地表で観測されるが、これらは、地下のマグマの位置やその活動状況を反映したものである。そこで我々は既存火山の事例を参照し、火山活動を構成すると考えられる現象を素過程に分解するとともに、それらを

- ・前提となる「場の環境、条件 (x1)」
- ・事象発生の状況を示す「発端 (x2)」
- ・事象発生の結果を示す「帰着 (x3)」
- ・事象の発生に伴う「観測・観察される事項 (d)」

に分類・要素化し、さらにそれらの関係を「 $f(x1, x2, d) \rightarrow x3$ 」のように論理関数論的に整理し、活動の展開を関数の連鎖として表現することを基本コンセプトとした。

例えば、「地下水の存在する領域にマグマが貫入し水蒸気圧が上昇する。それが地震増加として観測される。」という素過程は、

$f(x1: \text{地下水の存在}, x2: \text{マグマの貫入}, d: \text{地震増加}) \rightarrow x3: \text{地下水の水蒸気圧の上昇}$

という関数で示す。このような関数を数多くの素過程について用意し、発生場所の違いなども考慮しながら時系列的に組み合わせることにより火山活動の一連の詳細なシナリオを構築できる。また、同じ $x2$ から異なる $x3$ への帰着を表現することにより、現象連鎖の分岐も表現可能であり、一般的なシナリオのフォーマットとして受け入れられているツリー図とも互換可能であるとともに、事象の分岐の判断に資する素過程の同定やそれに関わる条件などの情報の提示が可能である。一方、要素化した事象の連鎖の組合せの可能性を検討することから、今まで気づけなかった展開も推定で

きる可能性がある。上記のような関数の連鎖を前述の地層処分分野で開発したツールを用いてマトリクス上に展開することで、検索機能を活用した連鎖分析の支援が可能になる。

本検討により、想定される活動推移を可能な限り列挙した火山噴火シナリオをシステムチックに構築できる見通しを得た。また、本検討を観測にフィードバックすることにより、火山噴火の前兆現象の検出や、噴火の推移を予測するために有効な観測手法の選択にも資するものと考えられる。

【引用文献】[1] 科学技術・学術審議会 (2008): 建議 [2] 牧野他 (2007): JAEA-Data/Code 2007-005.

キーワード: 火山噴火シナリオ, FEP: 状態・イベント・プロセス, FEP 解析, 素過程, 関数形, マトリクス
Keywords: Volcanic Scenario, FEP: Feature, Event, Process, FEP Analysis, Single-process, Function, Matrix