

「孤立した短い活断層」の評価と 「震源を特定せず策定する地震動」を見直すべき

大阪府立大学大学院工学研究科 長沢啓行 (生産管理システム)

昨年11月の日本活断層学会2008年度秋季学術大会で発表された島崎邦彦の論文[1]が、原子力安全委員会および原子力安全・保安院の原発耐震バックチェック審議で物議をかもしている。なぜなら、ほとんどすべての原発で問題となるM7前後の地震をもたらず震源断層の評価で、これまでの原子力安全委員会や原子力安全・保安院の考え方を覆すような見解を示し、震源断層評価の提言を行ったからである。

それは図1に示される3種類の断層、(a)震源断層長と同じ長さの長大な活断層(図1の中央)、(b)孤立した短い活断層(図1の上図)、(c)予め特定できない震源(図1の下図)のすべてにわたる。

M7.5以上の地震をもたらず活断層の長さは
地下の震源断層とほぼ同じ長さ

(a)震源断層長と同じ長さの長大な活断層について、島崎は「この関係が成り立つ範囲ではグーテンベルク・リヒター式からの類推により、震源断層長(=活断層の長さ)は指数分布に従うことが予想され」、図2の主要活断層帯長(活動区間の長さ)の累積頻

度分布(縦軸は累積数の常用対数)から「ほぼ長さ40km以上、松田の経験式によればM7.5以上で、予想された関係が成り立っている」[1]とした。つまり、M7.5未満の地震を引き起こす震源断層の数が期待値より少ないのは、震源断層の長さが活断層の長さより実際には長いにもかかわらず短く評価されているためではないかと指摘したのである。

M7.5未満の地震をもたらず短い活断層では
震源断層の長さが活断層より長い可能性があり、
最大M7.4程度の地震を起こす可能性がある

この事実から、(b)孤立した短い活断層について、M7.5未満であれば震源断層長が活断層長より長い可能性があるとし、「短い活断層で発生する地震の最大規模はM7.4程度と予想される」[1]とした。これより先、島崎[2]は短い活断層による地震の下限をM6.9としており、これと合わせて孤立した短い活断層ではM6.9～M7.4と評価すべきだと主張している。島崎の新しい発見[1]によれば、「孤立した短い活断層による地震の想定に当たっては」「少なくともM6.8

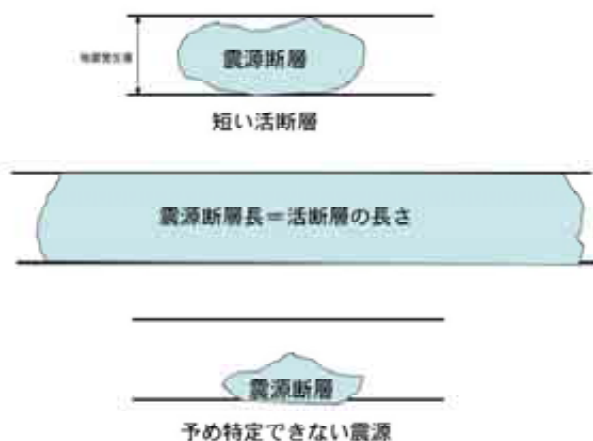


図1. 震源断層と活断層との関係[1]

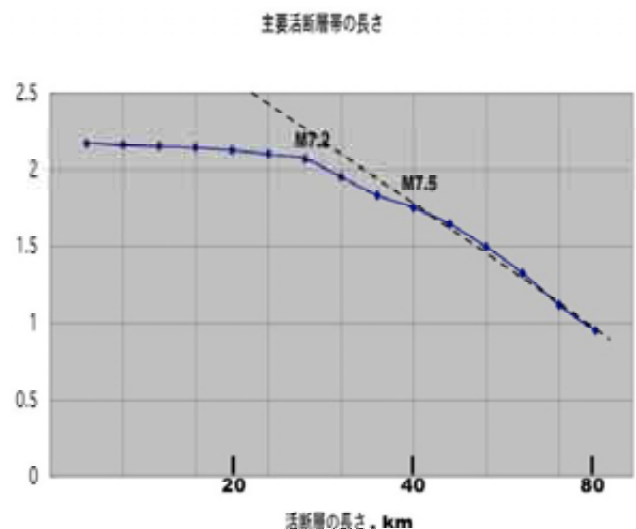


図2. 活断層の長さ分布[1]

相当の地震規模を想定すること」[6]という原子力安全・保安院の指示では不十分であり、M6.9～M7.4の可能性を検討すべきだということになる。

島崎は、このような短い活断層について、震源断層長が活断層の長さより長い可能性があることを念頭に置き、「地質図や重量異常図を用いること」[2]および「活断層の分布を日本列島全体の変形の中に位置づけた上で、一步踏み出した解釈が必要であろう」[1]と提言している。ただし、火山周辺の短い活断層は例外で、ここでは地震発生層が薄く浅部のみの破壊が考えられるため、震源断層長は短いとしている。

島崎が短い活断層による地震規模の下限をM6.9とした理由は次の通りである。

「最近の2005年福岡県西方沖の地震(M7.0)や2007年新潟県中越沖地震(M6.8)では海底に顕著なずれは認められていない。武村(1998)はM6.8以上では地震断層の出現率は100%近いと述べているが、用いられたデータには単なる地変が多く含まれている。再検討すると、震源断層の延長部と考えられる地表地震断層の出現はM6.8の地震で1例(1945年三河地震)しかない。」「よって、地震発生層全体を破壊する震源はM6.9以上と考える」[2]。

他方、Stirling et al.(2002)[5]によれば、地表地震断層の長さが小さくても震源断層の長さは約20km付近に漸近し、それ以上は小さくならない。この知見によれば、短い活断層の震源断層の長さは20km以上、松田式でM7.0以上ということになる。したがって、これを島崎[1]と合わせて考えれば、短い活断層についてはM7.0～M7.4の可能性を検討すべきだということになる。

予め震源が特定できない地震の最大規模は
M7.1程度と考えられる

さらに、(c)予め特定できない震源について、島崎はつい最近までの自説「震源規模がM6.9以上となれば震源域の一部は地表に達する」との見解[2]を撤回し、「予め震源が特定できない地震の最大規模

はM7.1程度と考えられる」と修正した。その理由は、地震調査研究推進本部がこれまで長さ20km、松田式でM7.0以上の地震に対応する活断層(帯)を主要活断層帯として評価してきたが、「M7.2未満に対応する長さの活断層(活動区間)が著しく少ない」ことからである。

島崎の先の論文[2]では次のように記していた。

「深部だけの破壊では地表に痕跡を残さず、M6.9未満の地震が発生しうる。また、繰り返し発生していても、活断層とは認められない。一方、震源規模がM6.9以上となれば、たとえ深部にずれが集中していても、震源域の一部は地表に達し、繰り返し活動することによって活断層が生ずるものと思われる。この場合、活断層の長さは、必ずしも震源域の長さを示してはいない。すなわち、火山周辺以外の短い活断層は、このようにして生じたものと考えられ、すくなくともM6.9以上の規模を持つ震源断層が地下に存在するものと考えられる。」[2]

このうち短い活断層の下限をM6.9とする見解は撤回せず、予め特定できない地震の上限をM6.9とする見解だけを撤回したのである。つまり、M6.9～M7.1の間は、活断層が認められず予め特定できない震源の場合もあるし、短い活断層になる場合もあるというのである。

島崎の主張によれば、予め震源を特定できない地震についてはM7.1までの地震を想定すべきであるということになる。しかも、このタイプの震源については、島崎が短い活断層の評価に対して提言しているような地質図や重力異常図によって、また、広域的な日本列島全体の変形の中に位置づけた評価によってその可能性の有無を必ず判断できるとは思われない。原発の立地点周辺をくまなく調べたからと言ってこのタイプの震源の存在の可能性を否定できるものではない。したがって、「震源を特定せず策定する地震動」でよく用いられる加藤らの応答スペクトル[3]をM7.1までの地震を考慮した応答スペクトルへ抜本的に変更する必要がある。

この点で、加藤らの応答スペクトルの共同提案者

である武村の最新の見解は注目すべきであろう。すなわち、武村[4]は「地形・地質データからは、震源の位置も規模も特定できない地震」すなわち予め特定できない地震の上限を「M6.7(Mの不連続を認めるならばM6.5でも良い)」としているのである。これは島崎のM7.1と比べてかなり小さい。

武村[4]はまた、「地表付近に痕跡があり、地形・地質データから、震源の位置はある程度わかるが規模は特定できない地震」の下限をM6.7とし、上限をMuとして「M6.8以上の過去の地震の事例を参考に」これを評価するとしているが、「研究の進展とともにMuがM6.7に収束してゆくことが期待される。」と記していることから判断すれば、短い活断層の震源断層はM6.7～M6.8とすれば十分だと主張しているようにも見える。これも島崎のM6.9～M7.4およびStirling et al.(2002)[5]のM7.0以上とはかなりの開きがある。

いずれが正しいのかは今後の研究成果を待つ以外にないが、短い活断層については、少なくとも安全側に判断して、M7.0～M7.4の可能性を検討すべきであろう。

詳細に調査すれば震源断層は必ず見つかるか

島崎[1]が「震源規模がM6.9以上となれば震源域の一部は地表に達する」との見解[2]を撤回したことは重要である。なぜなら、M6.9以上でも震源域が全く地表に達しない場合があることを認めたことになるからである。原発の耐震安全性評価では、詳細な活断層調査を行えば、あらかじめ特定できない震源や短い活断層の評価も十分行えとの主張がいつも展開される。現実には地震が起きた活断層(正確には「活断層の地下にある震源断層」)については、余震観測などにより、震源断層をかなり正確に評価することができよう。しかし、地震が起きていない震源断層では、音波探査などによる調査に限界があり、震源断層を「見る」ことができない場合もある。震源断層の上端が地下5km以上深く、地表に痕跡が「見られない」場合、これまでは「震源断層はない」と判断されてきた。新指針の下では変動地形学的判断による震源断層の存在の可能性が注目されているが、柏崎刈羽原発の沖合にある「佐渡海盆東縁断層」

については、海上音波探査で地表(海底)に痕跡が見られないことから、その判断が科学的根拠もなく否定されようとしている。島崎[1]の主張によれば「活断層の長さ40km、松田式でそれに相当するM7.5」以上では震源断層の長さと同断層の長さは一致する。したがって、この規模に相当する「佐渡海盆東縁断層」では活断層が見えなければならないことになる。しかし、過去の「佐渡海盆東縁断層」の活動が固有地震によらないものであった可能性もある。「佐渡海盆東縁断層」を構成する地下の複数のセグメントの活動時期がバラバラで、M7程度の地震を繰り返していた可能性もある。現に、阪神・淡路大震災をもたらした野島断層と六甲断層帯では、六甲側で地震断層が現れていないため、六甲断層帯の固有地震ではないと評価されている。「佐渡海盆東縁断層」も、近い将来に全セグメントが一体のものとして、固有規模の地震を起こさないとは言い切れないであろう。

原子力安全委員会や原子力安全・保安院は島崎の問題提起を真摯に受け止め、原発の耐震安全性バックチェックに即刻生かすべきである。

参考文献

- [1]島崎邦彦：「震源断層より短い活断層の長期予測」、日本活断層学会2008年度秋季学術大会予稿集S-05
- [2]島崎邦彦：「活断層で発生する大地震の長期評価：発生頻度推定の課題」、活断層研究、Vol.28、pp.41-51(2008)
- [3]加藤研一・宮腰勝義・武村雅之・井上大栄・上田圭一・壇一男：「震源を事前に特定できない内陸地殻内地震による地震動レベル - 地質学的調査による地震の分類と強震観測記録に基づく上限レベルの検討 -」、日本地震工学会論文集、第4巻、第4号、pp.46-86(2004)
- [4]武村雅之：「強震動予測に期待される活断層研究」、活断層研究、Vol.28、pp.53-63(2008)
- [5]Stirling, M. W. Rhoades, D. and Berryman, K. : “Comparison of Earthquake Scaling Relations Derived from Data of the Instrumental and Preinstrumental Era,” *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.92, pp.812-830(2002)
- [6]原子力安全・保安院：「新潟県中越沖地震を踏まえ原子力発電所等の耐震バックチェックに反映すべき事項の中間取りまとめについて」、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会第8回耐震・構造設計小委員会構造WG、構造W8-2(2007年12月25日)