

●特集● 環境の考古学・歴史学の現在

活断層をどう考えるか — 12～13 万年前か 40 万年前か

活断層とは将来、動きうる断層のことであり、活断層であるか否かは、最近数万年間の活動性で確認できる。しかし、原子力の世界では、活断層を否定しようとする調査・審査が進む危険性があるため、より厳しい基準を設定する必要がある。現在の応力場が支配的となった約 40 万年前以降の活動性で判断することによって、調査や議論の無駄を省き、原子力の安全性を確保するための審査を効率的に進めることができる。



渡辺満久

はじめに

2011 年 3 月 11 日の福島第一原子力発電所の深刻な事故は、原子力安全性評価に大きな欠陥があったことを国民にはっきりと認識させた事故であった。

安全審査委員会¹⁾は、過去の原子力施設周辺における活断層評価が杜撰であったことを認め、原子力の安全審査に関するさまざまな見直しを行うことを決定した。

その中で活断層に関しては、大飯・美浜・もんじゅ・敦賀・志賀・東通の六つの施設の活断層評価をやり直すことを決定した²⁾。これらは、重要施設直下に活断層が存在する可能性がある施設であり、外部から指摘され続けてきた問題のうち最も深刻な事態につながりかねないものであった。

この活断層の再評価は、2012 年 9 月に発足した原子力規制委員会（以下、規制委員会と略称する）に引き継がれた。規制委員会では

●渡辺満久（わたなべ・みつひさ）●

東京大学大学院理学系研究科修了、理学博士。所属：東洋大学社会学部。専門：地形学、自然地理学。著書：『活断層地形判読』（古今書院、1998）ほか。

キーワード：活断層（active fault）、定義（definition）、原子力安全審査（nuclear safety review）、中期更新世（middle Pleistocene）

は、原子力の安全性に関わるさまざまな取り組みを行っている。

その過程において、活断層の定義に関する問題が提起され、注目を浴びた。これまでは、後期更新世以降（12～13 万年前以降）に活動してきたものを活断層と定義してきたのであるが、これを中期更新世の 40 万年前まで遡らせよう、という提案である。以下では、この活断層の定義に関して、詳しく述べることにする。

1 活断層とは何か

(1) 活断層と応力場

断層とは、地層などが食い違ったり変形したりしている構造、あるいはそれらをもたらす動きのことである。

活断層とは、「活きている」断層のことであるが、「活きている」とは、「ズルズルと定常的に動いている」ということではない。日本では、地表付近でそのような動きをしている活断層は確認されていない。「活きている」とは、普段はまったく動いていないが、近い将来に動くという意味である。

近い将来に動くかどうかは、「地質学的最近」において活動を繰り返しているかどうかで判断する。「地質学的最近」とは、約 200 万年前以降とする研究者もいるが、通常は、数 10 万年前以降を指すことが多い。

活断層を動かすには、強い力が加わる必要がある。ある場所に加わっている力の大きさと方向のことを、応力場という。日本列島の応力場は、周辺プレートの動く速度や方向などによって、変化してきたことが知られている。

日本列島において、現在と同じ応力場となったのは、数 10 万年前であると考えられている。東北地方の地形の成り立ちから、筆者は約 70 万年前以降と推定しているが、近畿地方では、約 50 万年前以降であるとも考えられている³⁾。「活断層」とは、現在の応力場のもとで動くものであり、数 10 万年間以降は、同じような動きを繰り返してきたと考えられるのである。

日本列島において、現在と同じ応力場となったのは、数 10 万年前であると考えられている。東北地方の地形の成り立ちから、筆者は約 70 万年前以降と推定しているが、近畿地方では、約 50 万年前以降であるとも考えられている³⁾。「活断層」とは、現在の応力場のもとで動くものであり、数 10 万年間以降は、同じような動きを繰り返してきたと考えられるのである。

(2) 地質学的認定と地形学的認定

上記したように、活断層とは数 10 万年前以降、現在の応力場のもとで動いている断層である。活断層であるかどうかを判定するためには、数 10 万年前以降に動いた痕跡を探すことになる。

崖などでは、地層の一部が露出していて地層を観察できる場合がある。このような場所を露頭という。露頭における地層観察によって、数 10 万年前以降の地層を変形させる断層構造が確認されれば、それは活断層と認定される。しかし、都合よく露頭があることは少なく、露頭があっても若い地層を確認できない場合も多い。そのため、地質調査のみによって活断層を認定することは、実は容易ではない。

筆者が専門としている変動地形学では、断層活動によって形成される起伏（変動地形）に注目して、活断層を認定している（図 1）。

地形学では、地表面を一続きの「地形面」に区分して、成り立ちを解析する。古い地形面は、浸蝕が進んで凹凸に富むが、数 10 万年前以降に形成された地形面は平坦面（原型）を残していることが多い。このため、地層を確認しなくても、地形面に注目することで「地質学的最近」を判断することが可能となる。

露頭とは異なり、地形面は平面的に連続して分布しているの、地表の形成過程を理解できるようになれば、活断層の認定・評価が容易となる。

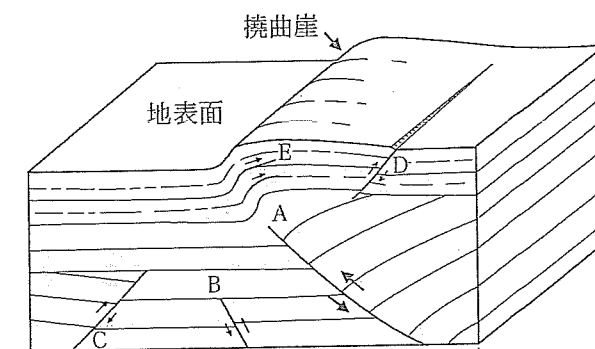


図 1 変動地形と活断層

「断層」というと、地層が切れて食い違いしている状態を思い浮かべる方も多いであろう。しかし、地表面付近には柔らかい地層が堆積していることが多く、地層は切れずに曲がっている（撓曲している）場合が多い。

図 1 では、もともとは一続きであった平坦な地表（地形面）が曲がって（撓曲して）おり、その下の若い地層も同じように変形している。このような変形は、断層 A の延長にみられるのであり、断層 A の活動によって生じたものである。撓曲崖は、逆断層に特有な変動地形の 1 つである。

このように、図 1 の断層 A は平坦面（原型）を残している若い地形面を変形させていることから、数 10 万年前以降に活動している「活断層」であると判断できる。活断層 A の周辺には、その活動にともなって生ずる小規模な活断層 D・活断層 E（以下、小規模断層と

呼ぶ)が確認されることも多い、一方、断層 B や断層 C は、古い地層を变形させているが地表や地表付近の地層には变形が見られず、最近では活動していない可能性が高い。

(3) ボーリング調査とトレンチ調査

若い堆積物で埋積されて起伏に乏しい地点では、ボーリング調査によって地下地質の分布高度を明らかにし、活断層の確認を行うという手法がとられることも多い。しかし、この方法には致命的な欠陥があり、活断層の認定方法としては不適切である(図2)。ボーリングとは、広い範囲を針のような細いものを刺して地下を推定しようとする方法である。わかることは、針で刺した部分の状況だけであり、2本のボーリング地点間の地層分布は推定に頼らざるを得ない。

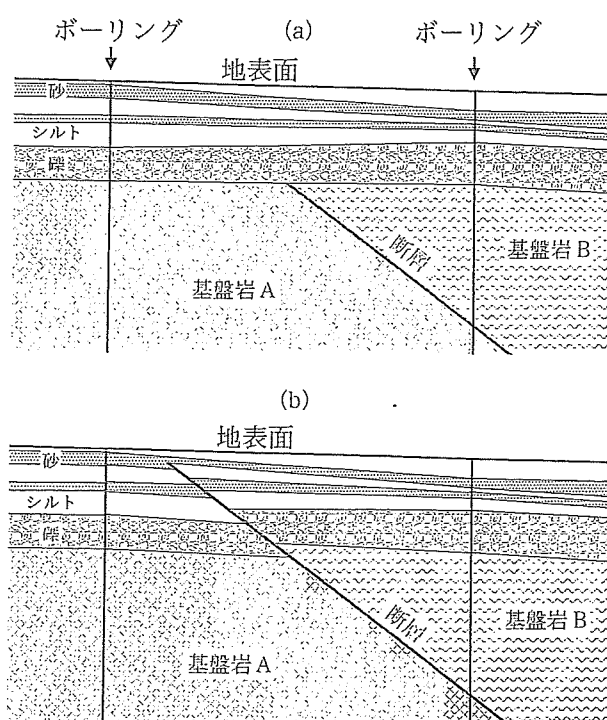


図2 ボーリング調査の欠点

図2(a)に示された構造は、断層は基盤岩を切っているものの新しい地層(礫・砂・シルト)には变形がなく、活断層の可能性は小さいことを示している。しかし、図2(b)に示したように、ボーリング地点でわかったことは同じでも、まったく異なる図を描くこと

が可能である。図2(b)の場合は、活断層が認定されることになる。

このように、ボーリング調査によって活断層であるかどうかを判定することは、ほぼ不可能であると考えられる。実は、原子力施設周辺では、このような不適切な調査が行われている例が非常に多い。ボーリング調査自体は有効な調査方法であるが、その適用限界をよく理解する必要がある。

図2(a)が正しいか、図2(b)が正しいかは、その範囲を連続的に掘削しない限りわからない。活断層を正しく認定するためには、ボーリング調査だけに頼らず、トレンチ(溝)を掘削して連続的に地層を露出させる必要がある。ちなみに、図1の小規模活断層は、活断層Aの近傍を掘削してみないと確認できないことも多い。

なお、地下深部を対象とする物理探査では、一般には地表付近の構造がわからないことが多い。すでに述べたように、活断層であるかどうかを判定するためには、地形や地表付近の若い地層が变形しているかどうかことが最も重要な情報となる。このため、活断層の認定においては、地下深部を主な調査対象とする手法に頼ることは不適切である。物理探査は、地形・地質学的に認定された活断層の、地下への連続性を知るための強力な調査方法である。

(4) 活断層の活動間隔

図1の活断層Aのように、地表面を大きく变形させて長く連続するような活断層は、地震発生層と呼ばれるような地下深部(10数km)から連続していることが多い。このような活断層は、いわゆる起震断層と呼ぶべきものである。図1の小規模活断層は、地下深部から連続するような活断層ではなく、起震断層の活動にともなう付随的に活動するものである。

活断層を、地下から連続する起震断層に限定する見方もある。しかし、変動地形学における定義⁴⁾では、地震を発生させるかどうかではなく、活動時期が重視されている。本論でも、活断層をそのように定義し、IAEAや規制委員会が定義する「将来動きうる断層」と同じ意味で用いる。

これまでの起震断層の掘削調査結果によると、その活動間隔は数千年程度であることが多く、数万年を超えることはほとんどない。

一方、起震断層周辺の小規模活断層は、複数回の活動履歴を示すこともあるが、起震断層の活動時に必ず動くとは限らない。したがって、小規模活断層に関して、平均的な活動間隔を想定することには大きな意味はない。

2 なぜ「40万年前」なのか(誤魔化しの歴史)

(1) 5万年前

筆者らは、敦賀原子力発電所の敷地には、第1級の活断層である浦底断層が確実に存在することを、2008年に報告した⁵⁾。浦底断層は、遅くとも1991年には、存在が指摘されていた活断層であるが、日本原子力発電株式会社と安全審査委員会は、2008年に至るまで浦底断層が活断層であることを認めていなかった。浦底断層の存在は知っていたのであるが、活断層ではないと誤魔化してきたのである。

2006年までの旧安全指針では、5万年前以降に活動している断層が活断層であるとされてきた。これを正しく適用していれば、浦底断層が無視されることはなかった。

たとえば、浦底断層が切断している地層の年代が、5.5万年前より古いと計測された⁶⁾。これをもって、「浦底断層は活断層ではない」と結論されてきた。地層の年代は5.5万年前より古いとしても、それを切断した時代は

1000年前でもよいはずである。地層の年代が5.5万年前より古いから、それが切断された時代も5万年前より古い、という論理はまったく不明である。

また、浦底断層を横切って実施されたボーリング調査でも、大きな誤魔化しが指摘された⁵⁾。ボーリング調査結果に対して、きわめて恣意的な解釈を加え、何とか5万年前以降の活動を否定しようとしたのである。

そのような解釈を提示した事業者の見識が疑われることはもちろんであるが、それを容認した安全審査委員会の責任はまことに重大であるといわなければならない。

(2) 後期更新世と変更した後

より安全側に立った審査を行うためという名目で、2006年の指針改定では活断層の定義が変更になった。より古い時代を設定し、12～13万年前以降(後期更新世以降)で判断するようになったのである。

活断層の基準がこの時代に変更されたことには、もう一つ理由がありそうである。それは、12～13万年前という時代は温暖期であり、日本の原子力施設が立地する沿岸域に当時の地形・地層が残っていやすいということである。活断層であるかどうかを判断するための資料が豊富にあるという判断がはたらいた可能性がある。

新指針が施行されても、結局は同じことが繰り返されていた。すなわち、何としても活動時期を12～13万年前より古くしようとする努力が払われてきた。柏崎刈羽原子力発電所敷地内における断層(β断層など)が活断層ではないとするデータ⁷⁾には疑問がある。

また、最近の例でいえば、大飯原子力発電所内のトレンチ調査でも問題が発生した⁸⁾。この地域の海岸部では12～13万年前に形成された地形(海成段丘)と、当時の海底にたまった地層が確認されており、この地形・

地層はトレンチ調査地点まで連続している。トレンチ内には、断層によるずれが確認され地層があり、これが上記の地層と同じものであると思われた。しかし、確たる証拠もないまま、関西電力は、この地層の年代を20数万年前であるとし、活断層ではないことを主張しようとしている。

新指針とその後に行われた「安全審査の手引き」によれば、活断層の可能性を否定できないものは適切に考慮せよと定められている。しかし、事業者と安全審査委員会の主張はこの点を無視し、「活断層ではない可能性」を示せば否定できると勘違いしているようにも見える。

いずれにしても、活断層の定義を少し古くしても、かつてと同様の誤魔化しが横行している可能性が高い。

(3)「40万年前（中期更新世）以降」の意味
地形に大きな痕跡を残す起震断層であれば、その活動間隔は数千年程度であり、活断層の定義は「5万年前以降に活動したもの」で十分であるように思われる。しかし、上記したように、これまでの調査・審査の経緯を見れば、データはいかようにもごまかされ、活断層ではない可能性を示すための無駄な調査が繰り返されてきた。

「12～13万年前より古い可能性」を無理やり探し出す努力は不要のものである。そのような「努力」が続くのであれば、対応策を考えざるを得ない。活断層をさらに古い時代で定義せざるを得ない状況となるのである。

すでに述べたように、数10万年前以降は同じような応力場の中で活断層が活動してきた。しかし、その年代には地域性もあるので、「40万年前」とすればどの地域にも当てはまるであろうとの判断から、この数字が出てきたように思われる。

また、約40万年前も温暖期であるため、

判断の基準となる地形・地質が残っている可能性がある。「40万年前以降の活動」とすることによって、無駄な調査や議論を省いて審査を効率化することができるであろう。

(4) 新安全基準と審査ガイド

真っ当な活断層調査を軽視してきた背景を考慮すれば、活断層の定義を「40万年前以降の活動」と変更することはやむを得ない。ただし、規制委員会が示した「新安全基準」⁹⁾には納得がいかないこともある。

「新安全基準」によれば、「後期更新世の活動性が明確に判断できない場合には、中期更新世以降まで遡って地形、地質・地質構造および応力場等を総合的に検討したうえで活動性を評価する」とされている。

この表現では、中期更新世の活動はあるが後期更新世にはない場合には、活断層ではないという理屈も通ることになる。このような理解は、活断層は少なくとも40万年の間活動してきたとする定義とは矛盾する。

筆者が危惧するのは、図1の小規模活断層の扱いである。小規模活断層が、起震断層の活動にともなって時折動くとすれば、それらは、後期更新世に活動していない可能性がある。これに基づいて「活断層は無い」という結論が導かれ、起震断層の存在を無視する道を残してしまっているのである。

「40万年前以降に活動の有無によって活断層を認定する」という基準を明記すべきである。

2013年4月5日、「敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド」¹⁰⁾に関する議論が終了した。新安全基準を運用するためのマニュアルである。このマニュアルでは、「約40万年前から12～13万年前までの間の活動歴はあるが、12～13万年前以降の活動歴がない場合には、調査位置や手法が不適切である可能性が高い」と定められた。

また、「個別の痕跡のみにとらわれることなく、その起因となる地下深部の震源断層を想定して調査が実施されていることを確認する」という記述も加わった。十分とはいえないまでも、新基準よりさらに踏み込んだ表現となっている。

今回の改訂が、正しい活断層調査＝原子力の安全につながることを、心から祈りたい。

おわりに

活断層であるかどうかの判断は、実は昔のままでもよい。5万年前以降の活動性によって判断できるはずである。ただし、小規模断層に関しては、それらの活動時期ではなく、起震断層の活動性で判断すべきである。

活断層認定の基準となる年代をより古く設定するかどうかは議論される理由は、正当な活断層調査・審査が行われてこなかったことにある。

基準が「厳しすぎる」との意見も仄聞するが、それはかつての調査・審査のいい加減さが招いた結果なのである。原子力を扱う立場として、何としても活断層であることを否定する（活断層ではない可能性を示す）姿勢は間違っている。まず、もしかしたら活断層かも知れない（危険がある）という意識を持つことが重要である。

重要施設の直下に小規模活断層があるだけで、原子力の安全性にとっては致命的な問題となるはずである。ところが、「施設直下の活断層だけではなく、他の要素も考慮して総合的に安全性を判断すべきである」という主張も聞こえてくる。そのような主張に合理性があるとはとても思えない。

どんなに文案を検討しても、問題を完全に網羅することはできないであろう。かつての基準も正しいものであったが、それを運用する場においていい加減なことが行われ、基準

は形骸化して「絵に描いた餅」となってしまった。

これからの活断層評価がどうなるかは、今後の審査に当たる専門家の判断次第となるであろう。再び「絵に描いた餅」とならないように、過去の教訓を生かすことが最大の課題である。

注および参考文献

- 1) 旧原子力安全・保安院と旧原子力安全委員会の総称として用いる。
- 2) 2013年4月の段階の再調査候補地であり、その後追加される可能性がある。
- 3) 藤田和夫『変動する日本列島』（岩波新書、1985）。
- 4) 活断層研究会 編『新編 日本の活断層—分布図と資料—』（東京大学出版会、1991）。
- 5) 渡辺満久、中田高、鈴木康弘「原発耐震審査でなぜ活断層は見落とされるのか？—浦底断層の活動性再評価とその意義—」地球惑星科学関連学会2008年連合大会予稿集、J237（2008）。
- 6) 日本原子力発電株式会社「敦賀発電所3号及び4号炉の安全審査に係わる追加調査報告書」<http://www.jnes.go.jp/atom-lib/docs/article/index/id/9679/cat/1>（2008）。日本原子力発電株式会社「敦賀原子炉設置変更許可申請書（2号炉増設）補正資料」（1980）。
- 7) 東京電力株式会社「柏崎刈羽原子力発電所敷地内の地質・地質構造について」http://www.nsr.go.jp/archive/nisa/shingikai/800/26/2_005/5-11.pdf（2012）。
- 8) 関西電力株式会社「大飯発電所敷地内F-6破碎帯の追加調査—現地調査資料集—」http://www.nsr.go.jp/committee/yuushikisya/ooi-hasaitai/data/0004_02.pdf（2013）。
- 9) 原子力規制委員会[新安全基準（地震・津波）骨子案の修正案] http://www.nsr.go.jp/committee/yuushikisya/shin-taishinkijyun/data/0009_03.pdf（2013）。
- 10) 原子力規制委員会「敷地内及び周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド（案）」http://www.nsr.go.jp/committee/yuushikisya/shin-taishinkijyun/data/0012_02.pdf（2013）。

