

専門家フォーラムには断層認定の専門家が1名しか参加していません。しかし、地質・地形・地震学の専門家の間には様々な見解や意見があります。ここでは、原子力規制委員会が、様々な不確実性の下でどのように断層を認定しようとしているかについての見解を、鈴木康弘教授にご協力いただき、著書『原発と活断層 「想定外」は許されない』の要約及び鈴木教授へのインタビューから紹介します。

内容

原子力規制委員会における断層認定の考え方	2
1. これまでの断層評価の何が問題か.....	2
①活断層の見落とし.....	2
②原発の安全性を確保するための活断層の定義.....	2
③過去の問題点.....	3
④原発直下の断層・破砕帯問題.....	3
⑤活断層が軽視されてきた原因.....	4
2. 原子力規制委員会の取り組み.....	5
①客観性・中立性の高い評価.....	5
②事業者側からの批判.....	5
3. これからどうすべきか?	6
①新規制基準の考え方.....	6
②原子力規制委員会の体制強化と信頼性確保.....	7
③活断層にどこまで備えるべきかの判断は社会的に合意すべき	7
インタビュー記録より	8
原子力規制委員会の専門家による調査計画の吟味が必要.....	8
敷地内断層調査の経緯と“活断層”の定義の問題.....	9
調査の限界 ～原子力土木委員会はなぜ断層認定を誤ったのか～	10
活断層調査は変位量を予測できるか.....	11
調査と判断基準の明確化が必要.....	11
利益相反の重大さ.....	12
国民に伝え、議論すべきこと	13
「想定外」を避けるために ～確率論の危うさ～	13
科学の限界を考慮して	14

原子力規制委員会における断層認定の考え方

「活断層の定義を曖昧にしたまま規制委員会の検討が進んでいて信頼できない」とか、「(活断層の有無より) どこまでのリスクに耐えられるかが重要である」といった主張があるが、これは、新規制基準を十分理解せずに展開されていると言わざるを得ない。新規制基準は短期間で作られたが、その内容は、従来の耐震審査指針(2006年の改訂指針)にほぼ準拠している。改訂指針は2001年以降長期間にわたって多くの専門家が議論して作りあげたものであり、その内容は現状において妥当性が高い。ただし、審査指針は内規であり、外部に対する強制力がなく、2006年以降のバックチェックにおいても十分遵守されなかったところに最大の問題がある。

『原発と活断層—想定外は許されない—』(鈴木康弘著、岩波書店)は、活断層に関する安全審査をめぐってこれまで何が問題であったかを検証し、いかに解決すべきかを論じている。活断層調査にも解明し得る限界があり、科学の限界を考慮して、いかに適切な判断をするかは難しい問題である。トランスサイエンスの問題でもあり、理学と工学および社会との関係も改めて問われる。この問題を乗り越えて、原発の安全規制を軌道修正できるかどうか、今問われている。

1. これまでの断層評価の何が問題か

福島第一原子力発電所の事故は、「想定外」の津波が原因とされているが、巨大津波が起こりえるという指摘は以前からあり、福島第一の津波の高さが設計を超えるとの試算を、東電や原子力安全・保安院も行った上で、対策をとっていなかった。低頻度であるということを理由に想定から外し、科学的な想定が必ずしも工学的想定につながらないという現状が明らかとなった。

①活断層の見落とし

活断層の活動も低頻度であるが、起きれば大きな災害を起こし得る。1995年の阪神淡路大震災を機に、原発の耐震性に関する見直しが始まった。1978年に制定されたまま、20年以上も見直されていなかった発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針の改訂の議論も始まった。指針は2006年に改訂されたが、同年、島根原発の近くで中田高氏(広島大学名誉教授)が、中国電力が活断層ではないとしていた場所で活断層を確認したことから、従来の審査指針の下に行われてきた活断層評価に問題があることが明らかとなった。これにより改訂指針において活断層評価のルールが厳格化された。しかし、その後も2007年には、能登半島地震と新潟県中越沖地震が起き、これまでの調査で見逃していた断層が動いた。さらに、2011年4月11日に福島県浜通りで起きた地震は活断層によるものであったが、この断層を、東京電力は「活断層ではない」と主張し、国もその見解を妥当としていた。「正断層であり、断層破砕帯は固結している」ことがその根拠だった。この問題を受けて、敷地内の破砕帯も含め、既存資料から原子力保安院によって問題がありそうだとされた原発について、詳細な断層調査が開始された。それが2012年秋以降、原子力規制委員会に引き継がれた。

②原発の安全性を確保するための活断層の定義

1978年に定められた旧指針(「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」)では、「活断層とは、第四紀(約180万年前以降)に活動した断層であって、将来も活動する可能性のある断層」とされた。

しかし別途、「評価上考慮する活断層」を5万年前以降に活動したものとした。当時は活断層の活動間隔は長くても5万年程度であるとされ、活断層であれば最近5万年間のうちに必ず活動しているはずであるから、5万年間を調べれば活断層を見逃すことがないと考えられていた。

これに対し、2006年の改訂指針では、活動間隔が5万年を超えるものもありうることや、5万年前の地層や地形は（自然や人為的作用により）必ずしも明確に判断できない場合が多いことから、「耐震設計上考慮する活断層」を、「後期更新世（12～13万年前）以降の活動が否定できないもの」とした。（改訂指針における活断層の定義は、「最近の地質時代に繰り返し活動し、将来も活動する可能性のある断層」である。）

改訂指針では、確認すべき地層の年代が拡張されたが、それ以上に重要なことは“**否定できないもの**”との文言に変わったことである。旧指針では、活動した証拠がなければ活断層ではないとしたが、改訂指針は、活動しなかった証拠を確認することを求めた。また、科学の限界も考慮して、可能性が否定できなければ、活断層であるとして対策を求めた。すなわちグレーはクロと判断するというルールが示されたことになる（原子力規制委員会の検討委員会議事録にも明記されている）。さらに、従来は不十分だった変動地形学的調査の本格的導入の必要性も明記された。

③過去の問題点

しかし、改訂指針後の審査（バックチェック等）でこのルールは徹底されなかった。なぜ改訂指針や、2008年に作成された「手引き」は守られなかったのか。

第一に、そもそも審査ルールを明確にするために定めてきた指針や手引きの文言や、その背景にある精神が蔑ろにされてきた。これが最大の問題である。例えば、過去の安全審査に関わった人は、「活断層は起震断層（自ら地震を起こす比較的大規模な断層）に限定される」と主張するが、そのような限定はどこにも書かれていない。むしろ「手引き」には、主断層（起震断層）だけでなく副断層も含めると明記されている。それにもかかわらず、従来の審査では、審査に関わる専門家個人の意見や相場観が認められ、規制当局（事務局）は問題を感じつつも、ルールに準じた厳格な審査を必ずしも徹底するよう求めなかったのではないか。

第二に、指針（あるいは手引き）の表現が曖昧であり、解釈の余地を許した点が問題だった。例えば、活断層調査手法はさまざまあり、手法によって結論が異なる場合、「いずれかの手法により活断層の存在が確認された場合には、他の方法を以て否定することは適切でない」とすべきであった。しかし、手引きにおいては「総合的に判断する」という表現になってしまった。これでは改訂指針の精神が守られない。島根原発の活断層調査で起きた誤りは、変動地形学的に確実だと認められるにも関わらず、該当箇所を掘っても断層露頭が見つからなかったから活断層は無いとしてきたことだった。

④原発直下の断層・破碎帯問題

「活断層の直上には原発を作らない」ということをこれまで国民向けのパンフレット等で強調していた。しかしそのことが規定上明確ではなかった。「原子炉立地審査指針」（1964年原子力委員会決定）では、「大きな事故の誘因となるような事象が過去においてなかったことはもちろんであるが、将来においてもあるとは考えられないこと」とあり、これが直上への原発建設を禁じてきたかどうかも定かではない。安全審査の手引きを策定する際、この点について問題提起された。

すなわち、重要建造物の真下には「耐震設計上考慮すべき活断層」がないことを確認すること、という内容を手引きに明記すべきという意見であった。これに対して、「施設自体の工学的な安全性が重要」であり、直上を一概に禁止する必要はないといった様々な反論もあった

この時、活断層の定義も再確認された。活断層のうち大規模なものは自ら主体的に活動して地震を起こす。小規模なものは自ら地震を起こすわけではないが、地震の際に一緒にずれる。理学的立場からは、どの程度変位・変形するかを正確に予測することは難しい。国際原子力機関 (IAEA) も、capable fault (ずれを生じさせる可能性のある断層) を考慮すべきとガイドラインに示している。

こうしたことを考慮して、最終的に「建物・構築物が設置される地盤の支持性能を評価する際には、活断層の活動により生成される強震動のみでなく、地震発生に伴う断層変位も評価する必要がある」との考えに従って、「耐震設計上考慮する活断層」は、「地震を発生させる断層 (主断層) の他、主断層と構造的に関係する副断層」とし、「主断層の活動と関連して変位を生ずる可能性が否定できない場合、これを適切に評価する必要がある」とされた。

ただし、明確な禁止規定としては書かれず、「耐震設計上考慮する活断層の露頭が確認された場合、その直上に耐震設計上の重要度分類 S クラスの建物・構築物を設置することは想定していないことから、『地盤の支持性能の評価』に規定する事項については適用しない」と記載された。つまり、「重要建造物が活断層の真上にあるような事態はそもそもあり得ず、万が一あった場合には、断層が動いても大丈夫なら良いとの判断はしない」ということが示された。

以上により、「耐震設計上考慮する活断層」の定義が、「可能性のあるもの」であり、「主断層 (起震断層) のみではない」として明確化されるとともに、その直上には重要建造物の建設をしないことも明確化され、2008 年までに審査ルールはほぼ完成していたと言える。

⑤活断層が軽視されてきた原因

活断層の過小評価は全国の原因で起きてきた。このように活断層が軽視された原因は、活断層の危険性に対する認識の低さにあった。活断層は概ね千年に一度活動するのに対して、原発の運転期間は数十年であり、運転中に活断層が活動する確率は一般に低い。また、原発は硬い地盤に設置され、厳しい耐震基準で設計されているため、地震による被害も受けにくい。原発建設から 95 年の阪神淡路大震災まで大きな地震に見舞われなかったこともある。しかしながら、それ以降、内陸活断層による地震被害が相次ぎ、想定した地震動をたびたび上回り、中越沖地震でも実際に原発が被災した。

第二の原因は、活断層研究の進歩が、原発開発の開始に間に合っていなかったという科学史的問題にある。原発の立地選定や耐震設計は 1960~70 年代に集中しているが、実証的な活断層研究が進んだのはそれ以降であった。やや後発の活断層研究が成果として 1980 年に出した『日本の活断層』は波紋を呼んだ。これに対して、1985 年に土木学会原子力土木委員会は、同書が確実度 I とした 11 の断層を取り上げて再調査し、全体が活断層であると追認できるものは 1 本のみで、その他は誤認であるとの報告書を出版した。これは『日本の活断層』を支えた変動地形学的手法を否定することにつながり、その導入が遅れる原因となった。なお上記の 11 の断層は 1 本を除いてすべて実際には活断層であり、地震調査研究推進本部は地震発生長期予測情報を公表している。

おそらく調査・審査体制の問題も活断層軽視に関わりがある。第一に、活断層調査は、立地審査の

段階では行われず、施設の配置や設計を決める耐震審査の中でしか行われない。第二に、活断層調査は事業者が行い、第三者による検証が行われない。第三に、審査をする原子力安全委員会や原子力安全・保安院の審査は事業者の報告を確認するだけであった。その審査委員の選任基準も明確ではなく、長期間、ごく一部の専門家に委ねられてきた。さらに、審査のルールがあいまいであったり、判断基準が客観的に示されていないなかったりした。それらを反省して厳格な表現をした安全審査の手引きが遵守されなかったという運用上の問題もあった。

2. 原子力規制委員会の取り組み

①客観性・中立性の高い評価

2011年4月11日の地震を受けて、原子力安全・保安院は、同年9月地震・津波に関する意見聴取会を設置し、2012年4月からは敷地内断層の議論を開始した。これは、その年の9月に発足した原子力規制委員会に引き継がれ、規制委員会のルールに基づいた敷地内断層調査が開始された。

規制基準への適合性審査は、規制委員および規制庁職員が実施する。耐震性の確認自体はこの審査（バックフィット）の中で行われるが、敷地内断層調査はその前段階である。ここで重要視されたのは、従来の審査における「相場観」のようなものを排除して、予断を持たない客観的審査を実現することであった。そのため、審査に関わる専門家を設定するにあたり、関連4学会に協力を要請し、従来の個別の安全審査に関わっていない者の中から適任者の推薦を求めた。島崎原子力規制委員（当時）からは「調査団のミッションはあくまで科学的な判断であり、社会的・経済的な背景は一切念頭に置かないように。万が一にも、科学的でない判断をした場合には糾弾される」との訓示があった。また、調査団メンバーは学会代表ではないことも確認された。このような透明性のある手続きの中で選ばれたメンバーの意見分布こそが、真理に近いものとして重視されることとなった。

②事業者側からの批判

「専門性が偏っている」との批判は当たっていない。変動地形学を専門とする調査メンバーが多いが、一般に変動地形学は、地形を構成する地層についても研究対象にしており、後期更新世の地層研究のかなりの部分を担っている。また、ピアレビューによって、構造地質や地質学の研究者によっても結論は支持され、補強されている。

「安全側判断に偏っている」との批判も的を射ていない。改訂指針以来、安全側判断が求められている。問題は、安全側判断が過剰か否かである。規制基準は、「科学の限界を考慮した安全側判断」を求めている。つまり、あくまで科学的に客観的評価を追求し、それでもなお残る不確実性に対しては、それを無視せず、一定のルールに従って安全側判断をすることが求められている。

「科学的でない」ともよく言われるが、そもそも「科学」が誤用されている。そもそも科学とは真理を追究することであり、真理をつかむことは容易ではなく、単純に割り切ることが科学ではない。断層はまっすぐに伸びると決めつけ、少し向きが変わっていれば別物と主張することは科学に反する。通常の学界の議論では認められない主張は科学的な判断ではない。

3. これからどうすべきか？

①新規制基準の考え方

原子力規制庁内にも、かつての審査のやり方に疑問をもつ人は多い。新規制基準の作成にあたっては、曲解が生じないように努力された。これは、規制委員会発足後の短期間の議論で作られたが、長年かけて作られてきた改訂指針や手引きの内容や精神を尊重し、基本的にこれに準拠するものとなった。

規制基準の重要な点は、法令上も強い拘束力を持ち、既存施設もこの基準に合致しなければ運転を認められない（バックフィットルール）ことである。しかし、こと活断層に関して言えば、いきなり従来より厳しい基準になったわけではなく、改訂指針が守られていれば基本的に大きな問題は生じないはずのものであった。

規制基準では、極めてまれではあるが起こり得る最悪の事態を無視しないことが徹底された。地震動や断層活動を予測する科学の限界も考慮して、断層の真上などのように、何が起こるか十分に予測できない場所は「避ける」という精神を明確に示した。活断層だけでなく、基盤の岩石を切るような地すべりの上も避けることとなっている。「断層の真上でも工学的に耐えられると判断できればよしとすべき」との意見は、少なくとも現在の科学技術の現状では十分な信頼性をもって保障できるものではないとして退けられた。

新しいルールでは、「**否定できないもの**」として、グレーはクロとして安全側判断をするという判断基準を作った。すなわち、「活断層ではない」ことを示すには、後期更新世以降に「活動していない」証拠を示す必要がある。「ない」ことの証明は原理的に困難という指摘もあるが、当該時期の地層の存在など、一定の条件が整えば十分可能であることは活断層研究の常識である。

ただし「**活動していない証拠**」を示す際には慎重な検証が必要である。例えば、1995年に活動した野島断層を地震直後に掘っても、断層の上載層が切れていない場所もある。地層の切断の有無だけでは判断し損なう。切れなくても地層に変形が起こる。その変形が検出できるか否かも慎重にチェックしなければならない。12～13万年前の地層の調査で決着しなければ、40万年前の地層まで検討することが求められた。40万年前以降に動いていれば、通常、学術的には活断層であると判断するからである。40万年前以降に活動していることが確実なら、12～13万年前以降に活動している証拠がなくても、単に証拠がよく見えないだけである可能性が高い。

活断層の見落としや不適切な運用を避けるために、活断層の定義を一般の科学的理解に近づけて「最近40万年間に活動したもの」することも検討されたが、そのような直接的な表現は見送られた。これまでの活断層見落としの原因が活断層の定義にあったのではなく、ルールが順守されないことにあると判断されたためでもあった。しかし、その後、敦賀原発など敷地内に見つかった断層が、15万年前の地層は切れているのに、12万年前以降の地層には明瞭な切断が見えないから、考慮しなくて良いという主張が延々と続いていることは残念である。

最後に、活断層の定義にまつわる問題が残らないように、新規制基準では活断層という表現を用いることをやめた点も重要である。従来の「耐震設計上考慮する活断層」とほぼ同義のものを、「将来活動する可能性のある断層等」という表現に統一した。従来通り正断層や副断層が含まれることは言う

までもなく、基盤を切る地すべりも含まれるという点だけは新しい。この概念は、IAEA の *capable fault* と同義であり、もともと IAEA はここまでを検討対象として求めている。新規制基準をもってやっと世界標準に追いついたということになる。

②原子力規制委員会の体制強化と信頼性確保

従来は、調査から評価までのすべてが事業者に託され、規制当局はその妥当性を確認するだけだったが、今後は、国民から負託された規制委員会が安全性を判断することになる。その判断のための審査には、高い「専門性」と、確固たる「中立性」、公正な「透明性」が担保される必要がある。

活断層調査の結果の成否は、調査計画の妥当性に依存する。調査計画の立案から実施までをすべて事業者に依存しては、有効な審査ができるとは思えない。本来は、規制委員会もしくは完全に中立的な第三者機関が調査することが望ましい。規制庁は、早急に専門的独立性を高め、活断層調査を独自に行うべきである。その実現に時間がかかるとすれば、早急に実現可能な方策を提案したい。

- 1) 活断層を見つけられるかどうかの鍵を握る調査計画の立案は、規制委員会が主導すべきである。
- 2) 事業者が実施する調査は、規制委員会の「代行」であることを明確にすべきである。

③活断層にどこまで備えるべきかの判断は社会的に合意すべき

活断層に備えることは、隕石落下に備えるようなもので荒唐無稽だという人もいる。隕石はどこに落ちるか分からず対策も不可能であるが、活断層はそうではない。あらかじめどこに活断層があるかが分かれば、その場所を避けることができる。つまり、活断層のリスクは慎重な対策によって回避可能である。「予測可能性」「回避可能性」があるものと、ないものは峻別する必要がある。このことが意味することは、単純な確率論でリスクを足切りしてはいけないということである。低確率でも、いつかは必ず事故が起こることがわかっていることに対して、回避策をとらないことに正当性はない。確率の真の意味を考えるべきである。

どこまで対策をとるべきかは、専門家だけが勝手に決めるものではなく、社会的に合意すべきことである。電力会社が決めることでもない。自民党政権は、事故対策は国が責任をもつと述べたとおり、電力会社がすべての責任を負えない。電力会社の主張は「希望的推論」の場合が多い。営利企業なら仕方ないとの見方もあるが、それでは国民は困る。

重要なことはその時点の判断ルールを明確化し、それを遵守すること以外にない。現時点の規制委員会の判断に異を唱えるなら、ルールを具体的にどのように書き換えるべきかを提示し、国民の判断を仰ぐべきである。福島事故を経験した後で、長年かけて築いてきた改訂指針の精神を後退させることはあり得ない。

今後の原子力安全規制においては、客観性とその時点の科学水準に照らした妥当性を担保すべきである。それには「ルールに書いた国民への約束を真摯に果たす」しかない。

インタビュー記録より

原子力規制委員会の専門家による調査計画の吟味が必要

土屋：米国の規制委員会は独自に調査ができる専門家を有していると聞いている。そういう仕組みは日本においても必要か？

A：米国の原子力規制は、電力会社から費用を徴収して実施している。日本の場合、国が費用を確保するのはおかしいというところで議論が止まってしまっている。

土屋：規制庁が調査をすれば、国が責任をもって判断することにつながり、その調査結果と電力の調査結果を突き合せ、専門家の先生方にどちらの主張が適切かを判断していただくという仕組みにすることも可能ではないか。

A：“活断層があったら大変だから見落としのないように調査しよう”と行って行う調査と、“何とか無いことにしよう”と行って行うものとは、中身が全然違う。活断層調査とは、掘る場所を少しでも間違えてしまえば見つからないという調査である。大飯原発で巨大土木工事のようなトレンチ調査を行ったが、有識者会合委員が求めた長さや場所とは異なり、事前了解があったわけでもない。「一生懸命掘りました、夜も寝ずに調査しました」と言う主張ではなく、調査地点が違うのではないかという委員の疑問に対して、合理的な回答が必要である。問題は、この調査内容で活断層でないと言い切れるかどうかに関して、疑いの余地を残すことである。調査規模や場所について確認をとって、委員会に「いいです」ということを事前に言わせるべき。

土屋：そういう手続きを得ていれば、了承された方法で調べたけれども活断層は見つからなかったと、電力側も主張できるのでは？

A：しかし、それ（調査方法の確認）をやらないで、そこはあくまで電力側のフリーハンドになっている。そのやり方を守り通そうとしていることが非常に問題である。

土屋：原子力規制委員会に調査計画をチェックする権限はないのだろうか？

A：委員会で何度もチェックすべきだと言っているが、なぜやらないのかは分からない。規制庁側に体制がないというのが、やらない理由かもしれない。でも、専門的な能力をもつ人を集めようとしているので、今後は当然やれるようになるはずだろう。調査計画を合意してから行うというのが大事で、本当はそこ（調査計画の妥当性の議論）をすべき。調査結果の解釈については異なることはありえるので、まずは委員会の解釈が尊重されるべき。幅のある解釈の中でどのように判断すべきかと考えてみても、電力会社の「ない」という解釈だけでOKになることは原理的にあり得ない。それで良いという外部専門家が仮にいたとしても答えは変わらないのではないか。

土屋：調査計画をしっかりと吟味していただくという手続きの方が、電力にとってもよほどコスト削減になるのではないか。大飯原発では、問題になった場所ではない所を調査していたのでは？

A：大飯原発の敷地内断層調査は結論がわかりにくかった。当初議論になった海岸の露頭は、最終的に問題のF-6ではないということになった。F-6の連続性に関する見解を事業者が途中で変更したためだ。海岸の露頭で見えるものが断層か地滑りかで議論になったら、そもそも新規規制基準で規制対象となった「将来活動する可能性のある断層等」には地すべりも含まれるため、これがF-6なら「ダメ」という結論になる。分布図という基本的な前提条件がこれほど大きく変わってしま

うことについては、規制委員会の調査として無力感を感じるとともに、事業者の調査の不十分さを痛感してしまう。規制委員会は用意された露頭確認しかできず、分布図の作成に関与できない。

敷地内断層調査の経緯と“活断層”の定義の問題

土屋：敦賀原発では敷地内の小さな断層よりも、そばに浦底断層があるということが問題。大飯にしても、敷地全体をみて、どこが最もリスクが高いかを判断した上で、議論をはじめればよかったのではないかと。有識者会合などでは、そういった調査の優先順位の議論はなされないのか？

A：「なぜ敷地内破碎帯のような些細な問題を議論しているのか」という人が多い。そこには経緯がある。原子力安全・保安院が、4.11（4/11 に発生した福島県浜通りの地震 M7.0、湯の岳断層と井戸沢断層の正断層が動いた）の直後に、「正断層だから動かない」という（過去の）判断はまずいと気づき、同様の例が他にないかどうかの確認を命じた。それが敦賀の敷地内破碎帯の問題につながった。その後、保安院の審査委員が現地を訪れ、（その後規制委員会が問題とする）D-1 ではない別の断層について、「活断層の可能性が非常に高い」という見解を出した。志賀原発では、設置許可申請時の資料が再確認され、ある委員は「これは典型的な活断層。なぜこんなものが審査に通ったのか。」と言った。他にも問題が見つかった。そこで、保安院は敷地内断層調査の重要性が高いと判断したが、その後、保安院がなくなったため原子力規制委員会にそのまま引き継がれた。そして規制委員会の最初の宿題になった。このことが過度に注目されたため、もっと他にも重要なことがあるではないかという意見も当然出てくることになった。

土屋：その経緯についての説明が不十分だったということか。

A：敦賀はもしも敷地内断層の問題がないということになったら、次に、規制基準適合性審査の中で、浦底断層も含めた活断層の再調査が始まることになるはず。ちなみに新規基準には断層直近の場合は、評価が極めて難しいので従来以上に慎重にやるべしと書いてある。震源の断層直近の強震動評価には十分な精度がないが、従来はエイヤで決めていた。今後はそれでは済まされない。推定の「不確実さ」を様々に重ね合わせて、最悪のケースを見極める必要がある。よほど余裕をもって最悪ケースを様々考えてやらないとだめではないかということ複数の専門家が発言している。敦賀の場合は、敷地内断層の次の段階も見通しが立たない。

土屋：そういう風に理解すれば、今の議論の位置づけも納得できる。

A：「敷地内の断層だけが OK ならそれでいいの？」と疑問を持つ人も多い。こういった説明を原子力規制委員会がすれば、もう少しわかりやすくなるかもしれない。規制委員会も手探りのところがある。活断層の定義のばらつきの問題は厄介で、私も敦賀原発調査の事前会合の際にこの点を質した。その段階では規制基準はできておらず、改定指針しか拠り所がなかったので、「(指針の)定義が準用されることになるのか」と質問し、「そうだ」という返答を得た。(指針の定義である)“耐震設計上考慮する活断層”とは、「後期更新世以降の活動が否定できないもの」である。敦賀では K 断層は D-1 とほぼ連続し、後期更新世以降の活動が否定できない。そのため「“耐震設計上考慮する活断層”と判断せざるをえない」と発言した。その後に追加で出てきた資料やデータを見ても、「“耐震設計上考慮する活断層”と判断しなくてもよい」とは考えていない。これに対

して事業者と事業者の肩を持つ一部の専門家は、様々なネガティブキャンペーンを張った。「あの程度の少ない根拠で活断層と判断した原子力規制委員会はけしからん」とか、「短時間で活断層だと判断できない」とか言うが、この批判は事実を曲げている。「耐震設計上考慮する活断層」の定義を正しく理解すれば、批判はできないはずだ。電力側の主張は、「希望的推論」であって、それは通用しない。しかしこうしたことは、“耐震設計上考慮する活断層”とは何かを知らない一般国民には理解できず、電力側の主張にも一理あるかのように映る点が問題である。いかにも科学的な論争であるかのように装う、批判を目的とした議論が、規制委員会の外で行われている。唯一、建設的な議論があるとすれば、規制基準をどのように緩くするのだろうか。福島事故後であって、今までより規制を緩くしていいかを国民に問えば良い。私はもちろんそのような主張には反対する。

調査の限界 ～原子力土木委員会はなぜ断層認定を誤ったのか～

土屋：原子力土木委員会が『日本の活断層』で確実度 I とされた 11 本の活断層のうち、地質調査で追認できるのは 1 本だけ」というレポートを発表したとのことであるが、これは、原子力土木委員会の調査方法が間違っていたためなのか、それとも変動地形学の方法を理解せずにレポートを書いてしまったのか。このような間違いをしてしまう原因は何だとお考えだろうか。

A：原子力土木委員会は地形学的手法は評価せず、地質調査が万能というスタンスをとっていた（実際には双方相補うべきものであるが）。地質踏査をして、全体が活断層ではないとか、一部しか活断層ではないなどと評価した。しかし、これらは 95 年以降、トレンチ調査の対象として地震調査研究推進本部が取り上げ、活動履歴も詳細に確認されているため、原子力土木委員会のミスリーディングだったと言わざるをえない。

土屋：なぜこのような調査結果になったのだろうか？ やはり否定するための調査だったからか？

A：そのように疑われても仕方ない。ただそれだけでなく、活断層調査は地質調査の踏査のみでは難しいということもある。例えば、濃尾平野西縁の第一級の活断層（養老断層）の場合、活断層直上が扇状地に覆われるため、踏査で断層露頭を発見することはできない。もちろん、川沿いに辿って発見できるものもあるだろうが、限界がある。にも関わらず地質調査をすれば分かることを前提にして、結論を出した。養老断層は反射法探査により映像化され、扇状地の変形などが丹念に調べられ、綿密な調査設計を経て、膨大な数のボーリング調査によってやっと全貌がわかった。上部の地層や地形にも同様な変形がわずかにあることを見だし、まさに「あるはずだ」という前提の調査によって真実がわかった。地形の変形は都市圏活断層図にも記されている。

土屋：調査の長所、短所を見極めて適切な調査方法を用いることが必要なのでは？

A：そのとおり。いかに組み合わせるかが肝心だ。一方で、「調査をやれば断層の有無は必ず分かる」という考えも問題である。ある工学系の先生から「必ずわかるものなんですよ？ それがこれまでの前提だった」と言われて、はっとした。理学系の人間はわかることを宣伝し、わからないことは黙るといった性質があることも問題かもしれない。調査や科学に限界があることは当然なのに、かつてはそういうことを言える自由さがなかったのではないか。限界がある場合もやりよう

はある。限界を踏まえて安全側に判断して、次の段階を考えるべき。工学関係者は、こういった（不確実性の）話を嫌がられて、白黒をはっきりさせてくれと言われる。あるいは学会として公式見解を言えとも仰る。無理にまとめようとすれば真実から離れてしまう。

活断層調査は変位量を予測できるか

土屋：活断層が動いたときの影響について、揺れだけでなくズレの問題が議論になっている。ズレの予測はできるとお考えだろうか？

A：予測可能とする根拠は、長さ 10km の断層ならずれは 1m、30km の断層ならずれは 3m 程度、というごくおおざっぱな経験式しかない。この経験式に実用に耐える精度がないことは、式をつかった松田時彦氏自ら何度も繰り返されている。一方、(敦賀の) K 断層では、10 数万年前の地層で見て 1 m 程度のズレがある。それが 1 回で動いたのであれば 1 m 動くはず、という言い方はできる。このようになら、ズレの大きさを言えるのかもしれない。しかし敷地内断層で問われるのは、全長も性状もよくわからない断層に対して、しかも「そこだけ見て」ズレの量を言えるかという問いであり、それに対しては「ノー」としか言えない。「せいぜい数センチ以下でしょ」などという根拠はどこにもない。

土屋：今おっしゃったズレは地表のズレと考えてよいか？ 他の専門領域の先生の場合、震源断層のズレのことをおっしゃっている場合があり、混乱することがある。

A：地表のズレを言っている。地表面と震源断層でどちらのズレが大きいかについては、いろいろなパターンがあるのではないかと。そもそも事前にわかるのは地表もしくは浅部の活断層だけで、震源断層は事前には見えない。そこでのズレを予測することはまず困難。地表でのズレもある程度おおざっぱにしか言えない。実際には大揺れしなげられる。そういう複合的な状況も考える必要がある。全く予測できないというわけではないが、かなり不確実。地震で揺れたときに副次的に動く場合と、ある程度、能動的に動く場合とでも異なる。「原子炉直下にそういうもの（主体的に動く断層）があるはずがない」という先入観があるが、そうかどうか本当のところはわからない。D-1 はもっと南に続くという指摘もあり、そうなると活断層像は変わってくる。これまで工学の分野では、主体的に動く活断層の変位の予測についてはあまり考えてこなかったのではないかと。断層のズレの予測と一言で片付けられない。

調査と判断基準の明確化が必要

土屋：本の中のコラムで「敷地内の破碎帯が活断層かどうかを早急に見極めなければならないが、決め手となる調査手法や判断基準が明確に示されていない」と書かれているが、破碎帯、あるいは地すべりなどの判断基準は、活断層のようにつくられていないのか？

A：破碎帯の物質を分析して活動時期を特定できるかどうかという議論がある。破碎帯の分析だけで判断することは現状では難しい。ある仮定をおけばこう判断できる、といった議論は仮定次第なので、扱いが難しい。活断層の活動性の有無を巡る議論として重要なことは、本当に否定できる

証拠があるかどうかである。“可能性を否定するかもしれない”というレベルのデータをいくら積み上げても、それでは否定できない。学術論文を査読する場合と同様に、主張を裏付ける確度の高い証拠があるかどうか重要。この場合、データの量は問題ではない。「もし活断層とするなら、この事実に反する」というのが説得力のあるものであり、それ以外のものをいくら積み上げても証拠として不十分。このコラムでは、判断基準をあらかじめ確認してから具体的事実を見る必要性を書いた。上載層による活動性の判断も、厳密な議論をすべきである。本来、地層が重力の影響で動いてしまいかねない斜面では、適用してはいけない。

土屋：今お話があった岩石の分析のようにまだ議論のあるものと、それなりに検証を受けてきた手法とは用いる際に重要度を変えるべきなのではないか。また、斜面には適用しないといった留意事項を明確にしておけば、電力会社が新手の分析を使って反論するという事もなくなくなるだろう。

A：(判断のための調査手法の用い方は) 基準に書かないとだめである。先回の議論の場では、いろいろなデータがでてくるのだけれども、「これは否定できるデータか」を考えながら電力の説明を聞いている。否定できるデータではないと判断したら、細かい説明を聴く必要はない。無視するわけではないが、論文が却下される場合にも、不採択理由はいつもシンプルである。論文査読では、「これは確実な証拠と言いきれない。だから論文として成立していない。」として返すのが許される。原子力ではそういった返答が許されないのだろうか。企業論理や政治的な状況があるため仕方ないとは言え、科学論争と混同させないでほしい。

利益相反の重大さ

A：やはり利益相反のある人が関わるのが問題なのではないか。『科学』（2013年11月号）でも取り上げている。中田さんが利益相反を問題視してから、原子力委員会も動いてかつて見解をまとめた。しかし、事業者からの金銭授受などに限定している。中田さんの指摘は、利益相反はもっと広くとらえて制限すべきということだった。研究者にとって最大の利益相反は自分の学説を受け入れるか、受け入れないかと主張される。そういう特定の組織に関わって長年論文を書いているような人は審査に関わってはいけない。『科学』にもかなり近いことが書かれている。原子力行政における利益相反の再定義が必要だと思う。原発がわからなければ活断層を評価できないかのような意見もあるが、それも有り得ない。

土屋：昨年専門家と市民の意識調査をやって、専門家には最後に利益相反に係る質問をした。つまり、能力があれば利害関係があっても委員とすべきか、それとも利害関係のない人を委員に選ぶべきかという問いに対して、工学系の専門家は能力がある人が関わるべきという意見が多く、理学系の専門家と異なっていた。工学という学問は、世の中の役にたつことを考えるのを基本としていて、最近では御用学者を肯定する主張もでてきている。

A：利害関係があっても良いという工学の考えはよくわからない。「清濁あわせ飲まないといけない」ということだろうか。活断層があるかないかは事実認定の議論なので、中立性がなにより大事。「あつたら困る」かどうかはブラインドでないと中立性が保てない。清濁あわせ飲んで判断を変えるような理学系専門家は、学界からも糾弾される。

国民に伝え、議論すべきこと

土屋：活断層直上に重要施設を置かないことは、2008年には明文化されていたのか？

A：IAEAはcapable faultとして、地すべりも含めて厳格に対応しようと言っている。2008年の手引きでは地すべりには言及しないまでも、主断層だけでなく副断層も含めて対応することを決めた。ただし、IAEAの基準も既設の原発でそういうものが見つかったらアウトとは言っていないので、これをどうするか議論は今後もあり得る。ただし3.11後の日本で、直上でも良いということが許容できるかどうか。規制基準を検討した委員会の建築系の委員は「ひびがあるとわかっている土台の上に建設することは許されない」と明快に言われ、その設計思想が認められた。

土屋：（ひびがある土台の上に建てる場合）どう対応できるのかという議論はありうるだろうか？

A：「あるべき論」の問題は今後も続けて良いかもしれない。従来はどんなに条件が悪い場所でも技術で克服しないと日本は立ちゆかないという発想だったが、その見直しは必要ではないか。ただし、都合が悪ければ、「ひび（断層）はない」ことにしようというやり方は、こうした冷静な議論をも阻むことを理解すべきだと思う。

土屋：どうあるべきかは、先生方に決めていただくことでも、電力が決めることでもなく、もっとも被害を受けるであろう立地地域の方々や、国民全体で考えることなのではないか。

A：そのとおり。事実認定を正直に行って、その上に議論を積み上げるしかない。

土屋：つまり、現在の規制基準は国民に対して説明責任を果たすルールでもあるということだろうか。

A：そのために作られたものであり、これが機能しなければ再稼働はあり得ない。本来すべきは、国民に対して説明できるのかとどうかの議論だが、「ある／なし」の議論に矮小化されている。中立の立場の委員を個人攻撃したり、規制委員会の取り組み自体を否定するようなことをしたら、全ての努力が水泡に帰すことになる。

「想定外」を避けるために ～確率論の危うさ～

土屋：3.11を経験して、なんと自然は不確実なのか、何もわかっていないのではないかと愕然とした。

しかし、「慎重な対策によって回避可能である」と書かれている。活断層を認定することが回避可能性を高めていく学問分野だという認識で考えれば別の議論になるのではないか。

A：私の考えはまさに言われるとおり。そこの文脈は、活断層が動く確率は低いから無視して良いという考えを問題視したものである。「予測可能性」と「回避可能性」がある活断層と、それらが一切ない隕石とを同列で比較する主張がおかしいと言っている。活動頻度が低いことを理由に、確率論で足切りにする考えに私は全く賛成しない。また、2006年以前の旧耐震審査指針では、考慮すべき活断層は確実に認定されたものだけだったので、見逃されていても免責なのかもしれないが、2006年以降の改訂指針や新規制基準では、推定活断層も対象に入ることはよく理解されるべきだと思う。

土屋：ただ、活断層はいつ動くのかということが不確実だったり、相当長い期間で繰り返すため、発

電所の供用期間と比べて無視できるという主張があったりする。

A: 計算上出てくる結果のばらつきを確率分布曲線で描いて、その裾野をカットするという発想と、活断層の近未来の活動確率とは、全く意味するものが違う。低頻度でもかならず活断層は悪影響を及ぼす。確率論の議論は単に数値で議論すべきではないし、単に百万分の1以下は切り捨てますと言っても国民の理解は得られないのではないか。震動対策の場合は、仮に想定を超える揺れが起きても、構造物の余力でカバーできることがあるという話を聞く。活断層はそうはいかず、動いてしまえば大きな被害を受ける。津波に対しては相当な余裕が必要であり、逆に値切ることはもってのほかだろう。

科学の限界を考慮して

土屋: 他の先生(有識者会合委員)は、「安全側に判断する」のは原子力規制委員会の役割ではないかとおっしゃっていた。その判断を専門家に求めるのは酷ではないかというご意見だった。

A: 安全側に判断するという言葉は、「科学の限界を考慮して」という言葉とセットになっている。何でも安全側に判断しろと言っているわけではない。“科学の限界”を考慮することは専門家にしかできないため、それは重要な責務だ。政治的判断とも違う。マスコミも専門家に対して、「活断層(将来活動する可能性のある断層)ですか?」とたずねるのではなく、「違うと言えますか?」とたずねてほしい。ルール上もそうになっているし、また、事業者のための安全審査ではなく、国民のための安全審査だと気づいたら当然のこと。専門家が答えるべきは、「科学の限界を考慮して、活断層ではないと言えますか?」という問いである。そして万が一、答えが分かれば、その意見分布に基づいて規制委員会が決めればよい。安全側判断とはそういうことだ。特に敷地内破砕帯調査はデータの限界がネックになる。変動地形学や地質学的には判断材料がなく、破砕帯の性状からしか議論できないとして、それを尊重したのが大飯原発の評価会合だった。

土屋: 大飯の評価会合が混乱した印象が強かったのはなぜだろうか?

A: 「活断層だと思うか?」という問いかけになってしまった。本来は、「活断層ではないと言えるか?」が議論の焦点。審査ルールのこれまでの経緯を熟知して、後者を問われていると理解した委員と、そうでない委員が直接議論したため対立したかのように見えた。しかし、最終の評価書には、海岸の露頭は「将来活動する可能性のある断層等にあたる」と正確に記されている。規制委員会の評価会合も軌道修正が図られ、その後の評価会合ではこのような定義不統一による混乱はない。問われているのは、「活断層か否か」ではなく、「“将来活動する可能性のある断層等”か否か」である。