

2016年熊本地震を教訓とする 活断層防災の課題と提言

鈴木康弘・渡辺満久・中田 高

すずき やすひろ・わたなべ みつひさ・なかた たかし
名古屋大学・東洋大学・広島大学名誉教授

2016年熊本地震は活断層の脅威を明らかにした。益城町や西原村では震度7が観測され、地震断層に近い限られた場所が壊滅的な被害を受けた。復旧を断念せざるを得ない集落も出始めているという。南阿蘇村では、揺れにより自動車が横転する驚愕の現象が確認され、多くの建物が倒壊し大規模な斜面崩壊も起きた。阪神淡路大震災以後に続けられてきた地震本部や地方自治体の取り組みにより、震源となった活断層の存在があらかじめ住民に周知されていたことの意義は大きい。しかしながら実際の被害軽減にどれほど結びついたかは疑問である。地震発生予測や防災対策の課題を整理し、今後の地震防災の方向性を早急に見極める必要がある。

活断層の脅威

1995年の兵庫県南部地震以降、政府の地震本部は活断層の存在を公表し、地震防災に活かす取り組みを続けてきた。2016年熊本地震は、地震本部が約100の主要活断層としてとくに注目してきた布田川・日奈久断層が起こし、その北東部に地表地震断層が現れた(図1)¹。近年、主要活断層が起こした直下地震としては、2004年新潟県中越地震、2005年福岡県西方沖地震、2014年長野県神城断層地震などがあったが、それらはいずれも活断層のごく一部(もしくは延長部)が起こした「ひとまわり小さな地震」であり、事前に予測された規模に相当する地震は兵庫県南部地震以降21年間起こっていなかった。

この間の活断層に関する地震本部の取り組みは、個々の活断層の長さや活動履歴、活動度に関する基盤的調査と、その結果にもとづく確率論的地震

発生予測および強震動予測であった。今回、被災地住民の多くが布田川・日奈久断層の存在を知っていたということは画期的で、活断層に注目した地震本部や地元自治体の取り組みの成果は大きい。しかし、それが具体的な防災・減災対策に必ずしも結びつかなかったところに問題の本質があり、今後の防災対策上の課題を呈している。

4月14日の前震(M6.5)の2日後に起きた16日の本震(M7.3)の規模は、1995年兵庫県南部地震に匹敵した。地震本部は、2013年に公表した活断層評価(地震発生長期予測)にもとづいてこの地震を解説しているが²、予測通りであったとは言えない点も多い。局所的かつ甚大な被害は、改めて活断層の脅威を再認識させるものであり、従来の予測の問題点や限界を確認して今後の地震防災に活かすべきである。

一連の活断層が起こした2016年熊本地震

地震本部によれば、4月14日と16日の地震は、日奈久断層と布田川断層という別々の断層が活動したものであるとされている。しかし両地震の活動範囲は重複していることから、その説明には疑問がある。

今回の地震の震源となった活断層は、地震本部により2002年と2013年の二度にわたって長期評価されている(図2)。2002年の評価³では、阿蘇から八代海にかけて延びる延長100kmの断層を一連の活断層ととらえ、布田川・日奈久断層と呼んだ。これに対し、2013年の評価⁴では、地下探査結果により熊本平野内にも断層が確認されることを重視して、布田川断層は阿蘇から熊本平野を

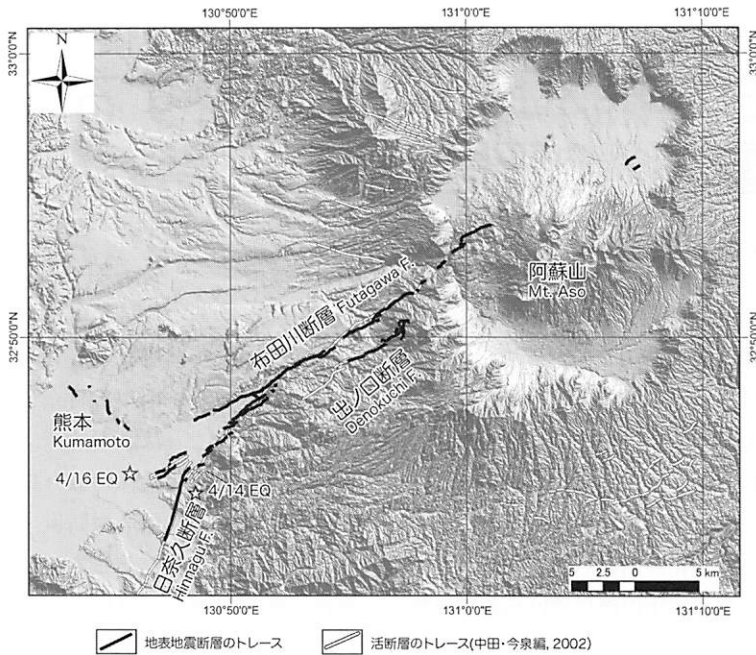


図1—2016年熊本地震の地震断層(熊原ほか, 2016)

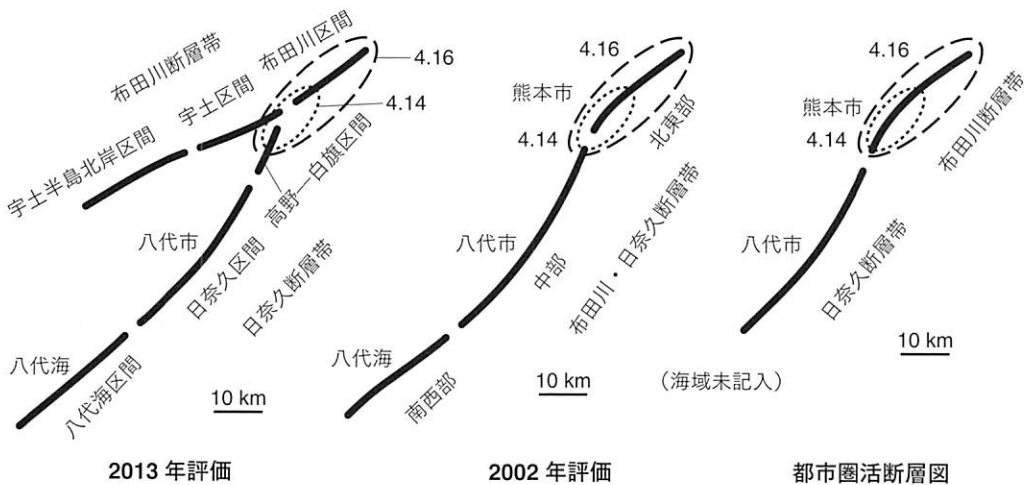


図2—布田川・日奈久断層に関する2度の長期評価と都市圏活断層図の比較
 楕円は前震(4月14日)と本震(4月16日)の主な断層活動域

通り島原湾へ至るとした。一方、御船町高木(上高野)付近から八代海までを日奈久断層と改称した。国土地理院の都市圏活断層図⁹⁾は、布田川断層の変位地形は御船町よりさらに南方へスムーズにつながることから、布田川断層の範囲を南阿蘇村付近から甲佐町白旗付近までとした。断層名称において見解が分かれるのは、2013年評価において日奈久断層の「高野—白旗区間」(約18 km)と呼ば

れた範囲であり、まさにここが14日の震源域となった。

2002年の評価にもとづけば、14日と16日の地震は、布田川・日奈久断層の「北東部」が連続的に活動して起こしたものであるということになる。一方、2013年の評価によれば、14日には日奈久断層の最北部の一部(高野—白旗区間)が、16日には布田川断層の一部(布田川区間)が主に活動したという

言い方もあろう。

何を重視するかによって断層名の命名法は異なるが、地震発生長期予測のための活断層評価においては、一連の地震を起こすものを一括りにすべきである。その意味で、地震発生により適否が検証される。先述のとおり、14日と16日の地震は活動範囲が重複していることから、別々の断層の2区間が不規則に連動したという見方は困難であり、ひとつの断層が活動範囲を拡大しつつ一連の地震活動を起こしたと理解すべきである。

また、4月14日の地震では明瞭な地震断層が出現していないことから、地震直後(本震が起きる前)の時点で、高野―白旗区間で想定通りの地震(固有地震)が起きたと考えることはできない。そもそも固有地震とは過去の地震断層の痕跡にもとづいて想定されるものであるから、地震断層が現れないものは対象外である。14日に地震活動があった場所で明瞭な地震断層が出現したのは、16日の本震の際であった¹。

防災上重要な点は、もしも14日の地震を「ひとまわり小さな地震」と認識すれば、さらに大きな地震が起こる可能性をより多くの研究者や防災担当者が指摘できた可能性が高いという点にある。

実際にそのように考えた研究者も少なくない。石橋⁶も述べているように、いくつかの報道記事にも反映されている(「断層帯は非常に長く、まだ割れ残っている部分が段階的にずれていくことも考えられる。規模が小さくなり、収束していくという考えが通用しないタイプの地震かもしれない」(15日午後の取材にもとづく読売新聞4月16日朝刊における筆者(鈴木)のコメント)もその一例)。

「震災の帯」と強震動

益城町では震度7を二度記録したが、16日の本震に伴う揺れのほうが大きく、建物被害も甚大である。その被害域は東西に延び、南北幅約500m程度以下の「震災の帯」を出現させた⁷。耐震性が低くない比較的新しい建物までもが壊滅的な被害を受けた⁸。また「震災の帯」の中には地震断層が出現した(図3)。16日の強震動は、この場所に出現した地震断層の活動に伴うものであった。被害域が帯状に広がる第一の理由は強震動であるが、断層の変位(ズレ)や、液状化等による地盤変状の影響も大きい(写真1)。

布田川断層沿いは壊滅的な被害を受け、その範囲はほぼ断層近傍に限定される。活断層直上のほ

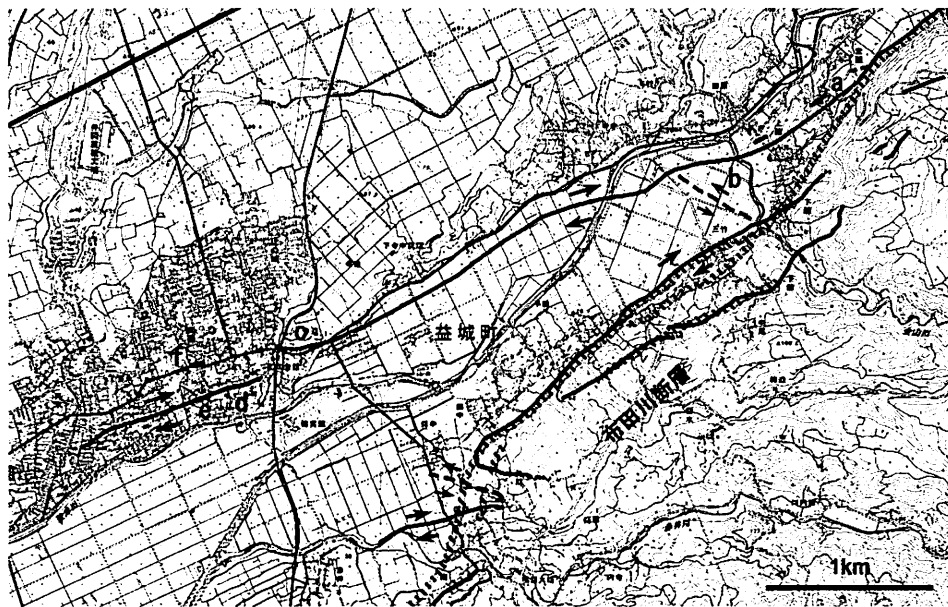


図3—益城町付近の地震断層(a~fは写真1の撮影位置。破線は共役。網掛け斜線は活断層図。地震断層は熊原ほか(2016)¹による)



写真 1—益城町における地震断層と被害(矢印の位置に地震断層, 撮影位置は図1に示す)

とんどの建物は全壊し、近傍においても強震動や地盤変状による建物被害が著しい。詳細に見ると、ごく近傍でも(地震断層が直線的な場所などで)建物被害が倒壊に至らなかった地域も一部あるが、そのことが断層直上で地震動が強まらなかったことを示すわけではない。

阿蘇カルデラ内の南阿蘇村においては地震断層が複数並走し、地震断層直上および近傍ではほとんどの建物が倒壊して多くの犠牲者を出した(写真2)。また少なくとも5台の自動車が北～北西方向

へ横倒しとなった(写真3)。倒壊方向が断層線と直交するため、横ずれ断層に伴う断層直交方向のS波により転倒したと推定される。自動車が横転する現象は、阪神淡路大震災でも前例がない。南阿蘇村では地震断層の近くに地震計がなかったため、揺れが計測されていないが、被害の特徴から明らかに震度7相当であり、それが大規模な斜面崩壊の引き金にもなった可能性が高い(4月16日に震度6強を記録した南阿蘇村河陽の観測点は、地震断層から南へ約3km離れた南阿蘇村役場長陽庁舎内に設置されている)。



写真2—南阿蘇村河陽・黒川地区における地震断層と建物被害(矢印の位置に地震断層)

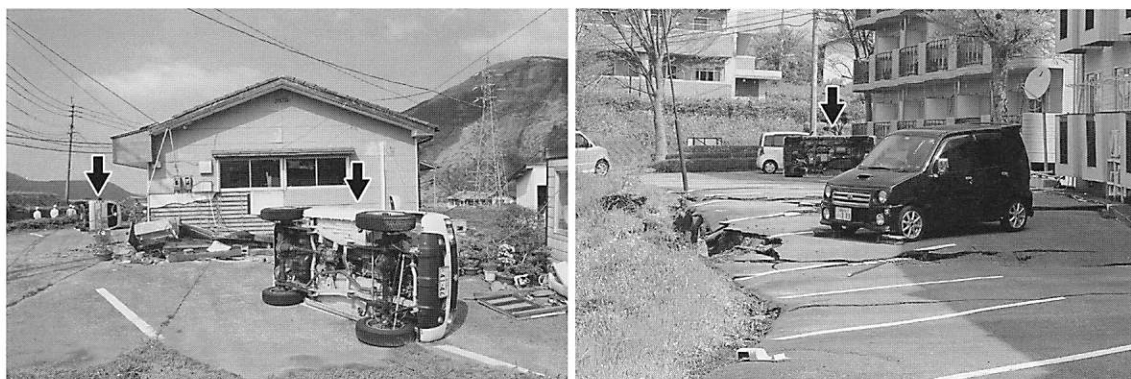


写真3—南阿蘇村河陽・黒川地区における自動車の横転

今回、益城町では震度7が二度起きたことが建物の倒壊を激しくしたことは間違いないが、そのことを強調しすぎるには問題がある。震度7が二度起きたのは益城町宮園だけであり、西原村や南阿蘇では一回きりである(西原村の前震は震度6弱、南阿蘇村は5弱)。仮に前震がなかったとしても本震において大きな被害が出たことは明らかである。

活断層認定の問題

布田川・日奈久断層の位置は『都市圏活断層図』(国土地理院)に詳細に示され、大部分の地震断層は活断層線上に現れた。しかし、地図上に示されていない副次的な断層が現れた箇所もある。とくに益城町堂園から益城町宮園へ総延長4kmの

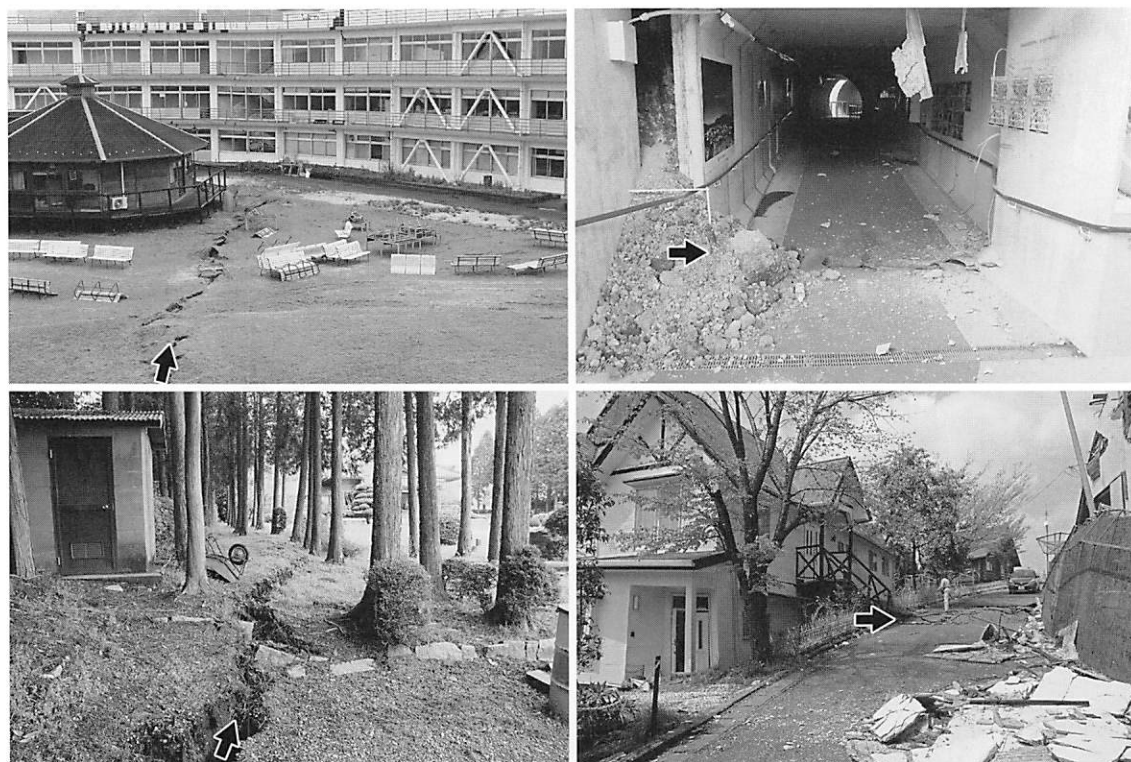


写真4—南阿蘇村河陽北部の地震断層(左上から校舎, 観光施設, 寺院, 別荘地)

地震断層が現れ、益城町市街地に甚大な被害を与えた(図3)。この断層を事前に認定できなかったのは、大半が沖積地内にあるため変動地形的手法が適用しづらかったという理由がある。なお、『新編 日本の活断層』⁹にはほぼこの位置に确实度Ⅱの木山断層が示されているが、今回の地震断層との関連性については精査する必要がある。

益城町へ延びる断層を、鈴木ほか¹⁰は布田川・日奈久断層の主要な構造から枝分かれした分岐断層とした。断層変位の累積が顕著でないため副次的な断層であり、主断層に比べて活動性も低い可能性が高いと推測した。一方、今回の地震断層を評価する視点からは、この断層の変位量は最大値を示すことから、主要な断層であるという判断もあり得る。活断層として見たときには分岐断層と判断されるものが、地震断層としては主断層的に振る舞い得るという点は、防災上重要な知見である。

これまで阿蘇カルデラ内には活断層が認定されていなかったが、カルデラ内の南阿蘇村にも地震



写真5—益城町福原の共役断層(左側は右ずれ60 cm, 右側は左ずれ80 cm, 熊原康博氏(広島大学)提供)

断層が現れ、布田川・日奈久断層が約4 km 延伸することがわかった。カルデラ内は堆積作用が著しく、火山噴出物の影響も大きいため断層変位地形が認定できていなかった。南阿蘇村では地震断層は北東方向へ向かって数本に分岐し、その結果、被害は広範に及び、幅広い「震災の帯」が形成された(写真4)。また、近隣において著しい斜面崩壊を誘発させた。

なお、さらに遠方の阿蘇カルデラ北部(阿蘇市内牧付近)でも側方流動による大きな地割れが生じた。この地割れは直線状に延び、その成因に断層運動が関わっている可能性も否定できない。

益城町や西原村などでは、地震断層沿いに副次的な断層を数多く生じた。右ずれの主断層とは異なり、左横ずれ断層や正断層も出現した(写真5)。ずれの量は共役な左ずれ断層で80 cmにも達している。活断層近傍の複雑な現象を予測する困難さを痛感させた。

地震発生および強震動の予測に関する課題

1995年阪神淡路大震災の際の状況に比べれば、活断層の位置と地震発生予測に関する情報公開における進歩はめざましく隔世の感がある。しかしながら未だに課題も多い¹⁰。

第一に、地震発生長期予測において、活断層の活動区間分け(セグメンテーション)を再検討する必要がある。変位地形が連続する活断層を便宜的に細分することは適切ではなく、地震発生を適切に予測できる活断層評価を実現しなくてはならない。日本列島の形成史に遡る古く大きな地質構造が地震発生を規定するという考えもあるが、変位地形に現れている最近の活動の痕跡を丁寧に観察し、その連続性を重視した区間分けがより重要である。断層変位地形は、過去の地震に関する強力な物的証拠であることを再認識すべきである。

第二に、強震動予測においては、今回の地震断層に沿う震度7相当の揺れの分布が従来のモデルで再現できるかどうかを検討する必要がある。従来の強震動モデル¹¹では一般に「浅部(深度約2 km以浅)は強震動を出さない」ことを仮定しているが、今回の震源断層モデル¹²によれば、益城町や西原村付近に見られる顕著なずれは明らかに浅部にある。2014年長野県神城断層地震においても主要なずれは浅部にあり¹³、堀之内集落付近など極めて局地的に震度7相当の揺れが起きている¹⁴。そこでは建物が激しく倒壊するほか、墓地は壊滅的な破壊を被った。同様の現象が今回は断

層全域にわたって確認されるが、その範囲(「震災の帯」)は断層線から概ね数百 m 以内であり、局所的な被害集中が地下数 km 以深で発生した地震動によるとは考えにくい。阪神淡路大震災の際には地下の地盤構造の影響で局地的な増幅が起きたとされた¹⁵が、同様の説明が果たして今回も可能であろうか？

こうした検討を行う上にも、震度7の範囲が公式に認定される必要がある。新しい耐震基準によって建てられた建築物も倒れた事例が多いことから、基準の見直しの必要性が議論されている¹⁶が、深刻な被害は震度7の地域だからこそ起きたことである。すなわち震度7の地域では特別な地震対策が必要であることが明らかとなった。阪神淡路大震災の際にも全国一律の防災対策では最も深刻な被害軽減にはつながらないことが指摘されてきたが¹⁷、対策は講じられてこなかった。

震度7は限られた場所にしか起こっていないにもかかわらず、「強い地震はどこでも起きる」と言われ続けた。広く注意喚起することこそが正しいと一般に信じられてきたが、活断層沿いに「震災の帯」が繰り返し出現した事実を考えれば、ミスリードにつながったと言わざるを得ない。

第三に、いくつかの分岐断層等を事前に認定できなかった理由および背景を検証する必要がある。技術的な問題については活断層研究において今後、慎重に議論されなければならないが、一方で、活断層認定に消極的な社会情勢もある。活断層の事前認定は防災上重要だとして「都市圏活断層図」等が作られてはきたが、その際の手法は安価な航空写真判読に限られ、活断層の存否を確認することを目的とした掘削調査等はほとんど行われてこなかった。そのため現状の活断層図では存否が明確に判断できない「推定活断層」が多い。益城町にも確実度IIの推定活断層が示されていた。

こうした状況は、政府の低頻度巨大災害に対する消極姿勢が背景にある。現状の対策では不十分で、対策を強化すれば経済的な負担も大きくなるような、いわば「不都合な真実」に対しては目を閉ざし、地域指定などの抜本的対策を避けてき

た¹⁸。活断層の存在を明確にしてその情報を政府が管理し、責任をもって国民に情報提供しようとしな。研究者も活断層の存否を解明する仕事は学術的価値を見出しにくい。活断層を認定できる専門家の数も20年前に比べてむしろ減り、業務発注が少ないために地質コンサルタント会社のスタッフも増強されない。活断層の存否を解明する努力を怠っているのは、「想定外」を繰り返し、活断層防災は実現できない。

原子力安全規制への影響

分岐断層の出現など、活断層近傍の複雑な現象の予測に不確実性が高いことが明らかになった。従来からその問題は原発の安全規制においても懸案となっていた。

原発建設時には一般に表層の地層をはぎ取って基盤を露出させるため、分岐断層の存在自体は確認されやすい。しかし問題は、「将来活動する可能性のある断層」として判定できたかどうかである。原子力規制庁での活断層評価をめぐる論争を聞く限り、この点は大きな疑問である。今回出現した分岐断層が原子力安全規制のレベルでの調査を行ってれば、事前に正しく評価できたか否かについて、事業者ではなく原子力規制庁による検証結果が示されるべきである。

今回の地震では、主断層の他に共役断層や副次的な断層も数多く出現したが、それは敦賀原発における敷地内断層の事例と似ている(写真6)。敦賀原発では敷地内に長大な活断層(浦底断層)があり、そこから分岐する副断層(K断層)が原子炉直下に達している¹⁹。副断層は主断層が活動する際にも一緒に活動するとは限らず、活動性は相対的に低く、その挙動を予測することが難しい。原子力安全推進協会²⁰は、「副断層が50cm以上ずれる確率は20万年に1度より小さい」とするレポートをまとめているが、その内容には問題が大きい²¹。益城町へ延びる断層以外にも、共役断層や副次的な断層に大きなズレを伴ったものがあったという事実は重い。副断層の活動性が低ければ



写真6—敦賀原発内の浦底断層とK断層(原子力規制庁資料による)

(活動間隔が長ければ)、最近の12万~13万年間だけを活動性を判断するためのスクリーニング期間とする現行の規制基準では不足がある。

活断層直近においては、断層の挙動のみならず地震動予測の不確実性も高い。そのため立地を制限すべきであるという考えが米国原子力規制委員会(NRC)の基準にはあるというが²²、日本の現行基準にはない²³。敷地内に将来活動する可能性のある断層があっても重要構造物の下でなければよいのかという、いわば本丸の議論が日本では一度も行われず、2013年の規制基準においても積み残しになっている。熊本地震の事例を十分に検証して安全規制のあり方を再検討すべきである。

活断層防災に関する提言

今回の熊本地震は、活断層の脅威を改めて示すとともに、それによる被害軽減策を見直す必要性を示した。阪神淡路大震災以降に行ってきた活断層評価の取り組みに一定の成果はあったが、活断層についての基礎知識と、漠然とした地震発生の可能性を伝えるだけでは防災・減災効果は期待できない。今後は具体的な対策につながる以下の取り組みを強化すべきである。

第一に、活断層の見落としを防ぐため、その存否を明らかにするための調査を集中的に実施し、2009年に地震本部が「新たな地震調査研究の推進について」(新総合施策)において目標とした「活断層基本図」(仮称)を、十分な説明責任が果たせる

ものにする。その情報を継続的に更新し、最新データを国民に提供する責任官庁を明確に定めるべきである。この施策を長期的に支えられる人材育成の体制も整備する必要がある。

第二に、「震災の帯」が出現し得る範囲を特定し、活断層防災特別推進地域に指定して、必要な対策を講ずる。徳島県が条例で定める活断層直上のずれ対策²⁴や、福岡市が条例で推進する揺れ対策²⁵が参考になる。双方に共通するのは、対策が必要な地域を線引きしていることである。活断層について風評被害を懸念する意見が根強いが、住民に不利益を生まない政治的配慮はもちろん、別途あってしかるべきである。

対策の必要性を議論する際、いつも問題になるのは、活断層の影響評価をどこまで把握できるかという「予測の不確実性」である。一般防災においては不確実性を強調するあまり、対策が無意味だという人がいる。一方、原発等の重要施設建設の際には不確実性を軽視して「計算上大丈夫」と言い張る。双方共に活断層の脅威を甘く見ることに他ならない。

「対策は必要だが、活断層の位置も震災の帯の範囲も厳密には決められないから、現実的でない」などという総論賛成・各論反対の議論を繰り返しては、百年経っても何も進まない。熊本地震の被災者が「布田川断層が家のそばを通っていることは20年前から知っていたが、どうすればよいかわからなかった……」と無念を語られる。その声に応えようとするかどうか問われている。

文献

- 1—熊原康博ほか(2016): 2016年熊本地震の地表地震断層の分布とその特徴, 地球惑星科学連合大会, MIS34-05.
- 2—地震調査研究推進本部(2016): 平成28年(2016年)熊本地震の評価
- 3—地震調査研究推進本部(2002): 布田川・日奈久断層帯の評価
- 4—地震調査研究推進本部(2013): 布田川断層帯・日奈久断層帯の評価(一部改訂)
- 5—池田安隆ほか(2001): 都市圏活断層図「熊本」, 国土地理院
- 6—石橋克彦(2016): 2016年熊本地震は異例ではない, 科学, 86, 532-540
- 7—渡辺満久ほか(2016): 地震断層と益城町市街地と南阿蘇村の「震災の帯」, 地球惑星科学連合大会, MIS34-P90.

- 8—朝日新聞 2016年5月14日朝刊
- 9—活断層研究会(1991): 「新編 日本の活断層」東京大学出版会
- 10—鈴木康弘ほか(2016): 2016年熊本地震が提起する地震災害予測および防災の課題, 地球惑星科学連合大会, MIS34-10
- 11—地震調査研究推進本部(2009): 震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシビ」)
- 12—防災科学技術研究所(2016): 近地強震記録を用いた平成28年(2016年)熊本地震(4月16日1時25分, M7.3)の震源インバージョン解析(2016/5/12改訂版)
- 13—国土地理院(2015): 「だいち2号」合成開口レーダによる地殻変動分布図と滑り分布モデル(1)(暫定), 第206回地震予知連絡会資料
- 14—鈴木康弘ほか(2015): 長野県神城断層地震が提起する活断層評価の問題, 科学, 84, 175-181
- 15—入倉孝次郎(1996): 阪神・淡路大震災—防災研究への取り組み— 阪神大震災を引き起こした強震動, 京都大学防災研究所年報, 第39号A, 17-33
- 16—朝日新聞 2016年5月30日朝刊
- 17—鈴木康弘(2001): 「活断層大地震に備える」ちくま新書
- 18—鈴木康弘(2016): オピニオン「(東日本大震災5年)科学者の責任」朝日新聞 2016年3月5日朝刊
- 19—原子力規制委員会(2014): 日本原子力発電株式会社敦賀発電所の敷地内破砕帯の評価について(その2)
- 20—原子力安全推進協会敷地内断層評価手法検討委員会(2013): 原子力発電所敷地内断層の歪位に対する評価手法に関する調査・検討報告書
- 21—鈴木康弘(2016): 活断層研究をめぐる学術的・社会的問題—過去30年間の研究史からの問題提起, 地球惑星科学連合大会, HSC16-06
- 22—もっかい事故調(2016): 日本の原子力安全を評価する, 科学, 86, 553-626.
- 23—鈴木康弘(2013): 「原発と活断層—想定外は許されない」, 岩波科学ライブラリー
- 24—徳島県(2012): 徳島県南海トラフ巨大地震等に係る震災に強い社会づくり条例
- 25—福岡市(2008): 福岡市建築基準法施行条例(一部改正)