



活断層情報を社会に生かすために

山口 勝*

Active fault in mass media : How we can use the active fault study and information for our society

Masaru Yamaguchi*

Abstract

“Active fault” is a technical term used in the field of geosciences, but it has become familiar among the Japanese society since the January 17, 1995 Kobe earthquake, which attacked the southern part of Hyogo Prefecture, resulting in a terrible disaster, because the seismogenetic fault for that earthquake just appeared on the already mapped active fault. The decade after the Kobe earthquake can be defined as “the time when active fault has commonly has been accepted and its significance has been generally understood”. One of important concept is that the active faults have been repeatedly occurred on the same fault traces, and then those traces will be active in future. Thus we need to know the nature, magnitude and frequency of faulting for the understanding of future earthquakes as the fundamental data to reduce the possible disaster. In this paper I review the active fault research introduced by mass media and mention what kind of information on active faults are necessary for confirming the safety of critical facilities or safe town planning. In 2007, Japanese Society of Active Fault Studies was established, as the first academic society of active fault studies in the world. I expect that this society can contribute for disaster mitigation, urban design, social infrastructures, and safety for nuclear power plant, based on accurate scientific data.

はじめに

活断層という言葉がマスメディアで大きく取り上げられ一般社会に広がるきっかけとなったのは、1995年の阪神淡路大震災である。この震災後、政府に地震調査研究推進本部が設けられ、約100の主要活断層について長期評価がおこなわれた。その結果、活断層に対する情報はこの10年で飛躍的に増加した。しかし、その活断層情報は、必ずしも防災や街づくり、都市や建築計画などに十分生かされているとはいえない。また、原子力発電所の耐震性にかかわる活断層認定で見落としが相次ぎ、昨年の新潟県中越沖地震では、原発震災が現実のものとなった。本稿では、マスメディアで活断層がどう扱われてきたかを概観するとともに

に、防災上の観点などから社会はどのような活断層情報を求めるのか、日本活断層学会をはじめとする学術団体がどのような研究、調査、社会貢献を進めていくべきかを検討する。

ニュースの中の“活断層”

1. “活断層が社会化した時代”

“活断層”という言葉は今から80年前の多田（1927）によって定義された。「極めて近き時代まで地殻運動を繰り返した断層であり今後も尚活動すべき可能性が大なる断層を活断層と云う。この活断層が地形に現れるには二通りあるようである」と地形から認定できることを示している。さらにその例として、1891年濃尾地震を起こした根尾谷断

* 日本放送協会

* NHK Japan Broadcasting Corporation

層（崖）や柳ヶ瀬断層（崖），1925年（北）但馬地震の際、再起した丸山川に沿う断層崖，その年（1927年）おきた奥丹後（北丹後）地震の山田断層，郷村断層などを挙げている。これらの地震は、死傷者が1,500人から2万人以上の大震災となった。その後も活断層による地震（以下活断層地震）が相次いだ。いわゆる内陸活断層の活動期ともいえる時代だった。1930年には、丹那断層による北伊豆地震が、1948年には25,000人以上の死傷者を出した福井地震が起きている。しかし、人や社会は災害をすぐに忘れ、災害を起こした地震も、ましてや地震を起こした活断層のことも忘れ去ってしまうようである。

マスメディアで“活断層”という言葉はどのように流通してきたのだろうか。このことについてNHKニュースを参考に概観する。

日経テレコン21の記事検索機能を利用し“活断層”をキーワードにして“NHKニュース”から検索期間“全期間”で調べると合計328件のニュースがヒットした（第1図）。各ニュースは、タイトル見出しから「学術」「地震」「原発」「評価」「防災」「その他」の6つのカテゴリーに分類した。「学術」は、トレンチ調査や地下探査など学術研究関連のニュースで、「地震」は、その時発生した地震に関連したニュースである。「原発」は、原子力発電所や核廃棄物処理場などの立地や耐震性、裁判などにかかわるニュースが、「評価」には、政府の地震調査委員会や自治体などが行った活断層の地震発生確率や地震動予測などの長期評価に関するニュースが含まれる。「防災」は、前4分類以外の防災関連ニュースで、いずれにもあてはまらないニュースを「その他」にした。

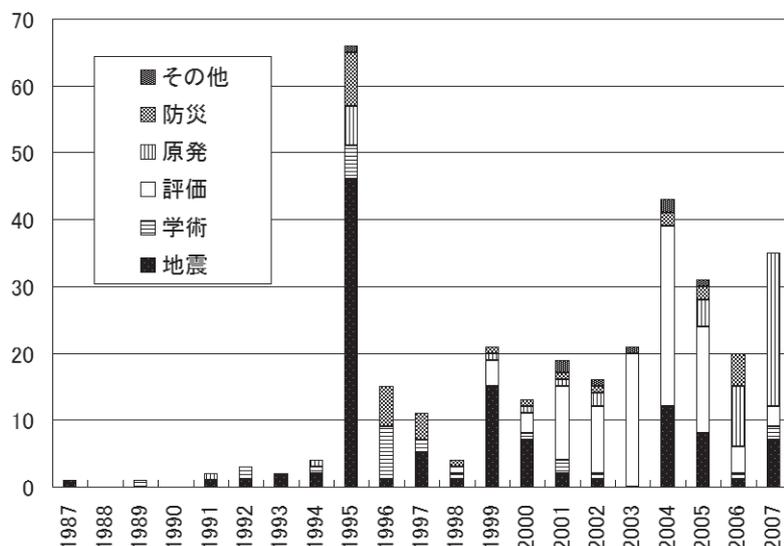
NHKニュースで、“活断層”という言葉が最初に使われ

たのがいつかは確かではないが、上記検索からは、1987年のロス地震のニュースが最初である。しかし、少なくとも1975年には、関東平野地下の活断層調査や、山崎断層調査が報じられ、1978年にも伊豆大島近海地震により東伊豆に活断層に沿って地表地震断層が現れたことがニュースになっていたようである。1987年から1994年までは、活断層を扱うニュースは、年間0から4件と極めて少ない。ピークは阪神淡路大震災があった1995年の66件である。6,400人以上が亡くなり、淡路島では活断層である野島断層に沿って、地上にくっきりと崖や食い違いが現れた。

兵庫県南部地震は活断層によって引き起こされた地震であることが、その崖や道路、畑の畝や田んぼの畦道が食い違う映像とともに一般市民に広く認知される機会となった。この年の活断層関係のニュースの内訳は「地震」が46件、「防災」が8件であった。活断層と住宅建築規制の海外の事例紹介や、神奈川県横須賀市で活断層を避けた住宅建築の都市計画案が了承されたニュースなど、事後の災害報道だけでなく、活断層情報を生かす事前の防災報道もある。

「原発」も6件と増えた。最大震度7を記録した阪神淡路大震災を受けて原子力発電所の耐震設計指針をチェックする動きや、放射性廃棄物埋蔵処分安全面について課題を指摘する海外専門家の意見、女川原発公開ヒアリングなどに関するニュースである。

しかし翌年から、活断層に関するニュースは3年続けて減少する。1996年は15件、1997年は11件、1998年は4件で、3年で1995年以前の水準に戻ったことになる。ここでも、社会はいかに早く地震や活断層のことを忘れてしまうかがわかる。ところが、1999年に再び21件に増加する。これは



第1図 “活断層”ニュースの件数

台湾とトルコで大きな被害を出した活断層地震が発生したこと、阪神淡路大震災後に始まった政府の地震調査委員会による全国の主要活断層に対する長期「評価」の結果が出はじめたことが主な要因である。

この「評価」のニュースは、2000年の3件、2001年の11件、2002年の10件、2003年の20件、2004年の27件、2005年の16件、2006年の4件、2007年の3件と、2000年以降の活断層ニュースの中心となる。

また、「地震」のニュースに着目すると、1999年は、台湾とトルコで地震があり15件、2000年は、鳥取県西部地震があり7件、2004年は、新潟県中越地震とスマトラ沖地震があり12件、2005年は福岡県西方沖地震とパキスタン地震を中心に8件となった。この期間、活断層に関連する地震が続いたことがわかる。

「原発」のニュースは、原子力発電所の耐震指針の見直しを中心に、2005年に4件、改定が行われた2006年に9件あった。2007年には、世界最大の柏崎刈羽原子力発電所が新潟県中越沖地震により被災し、23件となった。

この約20年間のNHKの活断層関連のニュースを見ると、次の様に整理できる。すなわち、初めの10年間は毎年0-4件と少ないが、1995年の阪神淡路大震災で一機に66件と増加した。以後も、活断層に関連する地震が国内外で発生したことや、政府が国の政策として主要活断層の長期評価を進めたことから、関連ニュースが増えた。2005年以降は、原発の耐震設計指針改定や、2007年の新潟県中越沖地震による原発の放射能漏れ事故があり、原発の安全性と活断層をめぐる問題が現実化した。この10年余りは、“活断層が社会化した時代”といえる。

2. 活断層情報をわかりやすく伝える工夫をつづけよう

地震調査研究推進本部地震調査委員会「長期評価部会」や同政策委員会「成果を社会に生かす部会」などが、得られた活断層情報を、どうすれば国民に理解してもらえるかを検討し、表現を工夫してきたことを高く評価したい。

前節では、2000年以降、「評価」のニュースが増えてきたことを述べた。政府の責任で各地域のリスク情報が次々に発表されたのだからマスメディアがそれを伝えたのは当然かもしれないが、一般にも理解されるよう表現が工夫されたこと（例えば島崎、2000など）も大きな助けとなっている。

成果を社会に生かす部会長を務めた東京大学の故廣井脩教授は、1999年に静岡県内の市町村や消防にアンケート調査を実施した。その結果、「数百年以内に大地震が起きる可能性が高い」と指摘された場合、「何らかの対策をとる」と答えたのは、わずか28%で、「対策はとりたいがとりようがない」41%、「おそらく対策はとらないだろう」7%

と、半数近くが対策をとらないと答えた。数百年という幅を持った情報では防災対策や政策に結びつきにくいことがわかったとした（1999年11月27日NHKニュース）。検討した結果、活断層の長期評価の結果を、それまでの「数百年以内にM8の地震が発生する」といった表現から、30年以内の地震発生確率で表し（地震調査委員会、2001）、さらに%という数字だけでなく「国内の主な活断層の中では高いグループ、やや高いグループ、それ以外」と3段階の相対評価を加え表すことにした。30年間の地震発生確率〇%といわれても一般の人には、びんとこないが、「高いグループ」といわれると、直感的に注意しなければいけないと感じる。そして、30年という期間は、我々の人生の時間感覚として、他の災害リスクと比較する上で適当である。

長期評価部会長を務める東京大学地震研究所の島崎邦彦教授は、火事や交通事故にあう確率と比べて、活断層地震の発生確率が決して無視できるほど低いものではないことを伝えてくれる。「ある人が30年間で火災に遭う確率は2%。交通事故に遭う確率は20%、そのために死ぬ確率は0.2%です。神縄国府津松田断層が30年以内に大地震を発生させる確率は16%。これは、あなたが交通事故で死ぬ確率よりも、火災にあう確率よりも高い。火災や交通事故には保険に入るなどして備えていますよね。活断層に対する対策はとらなくていいのでしょうか？」といわれると、「なるほど、何かしなければいけない」と思えてくる。全国約100の主要活断層の4分の1は火災に遭う確率より高い確率で30年以内に地震を起こすことがわかった（地震調査委員会、2001）。メディアにとっても、社会にとっても、活断層情報をわかりやすく伝える工夫を続けることが必要だ。

社会に求められる活断層の情報とは

1. 「活断層を避けて家を建てたいのですが？」に答えられる詳細な活断層分布図を全国に

どんな活断層の情報が社会や国民から求められるのだろうか。兵庫県南部地震が起きたとき、多くの国民が「危ない活断層はどこにあるの？、私の家は大丈夫？」と感じたはずだ。まず、活断層の位置情報が必要になった。

当時、その答えは「新編日本の活断層」(活断層研究会、1991)にしかなかった。ただし、この活断層図は、20万分の1地勢図をベースマップとしているため、その位置情報の詳細度に限界があった。「私の市町村に活断層があるかないか」はすぐにわかっても、引かれた断層線の幅の中のどこに実際の断層が通っているのか、「私の家は断層の上にあるのか、外れているのか」までは、わからなかったのである。

阪神淡路大震災をうけて、1995年から国土地理院が整備を進めている都市圏活断層図は、三大都市圏、政令指定都市、県庁所在都市及びその周辺について縮尺2万5千分の1の地形図をベースマップに活断層の位置を示している。住宅や構造物が少ない郊外では断層の位置を把握し、断層を避けて宅地を選ぶのに有効である。しかし、その名前のおり、この図がカバーする範囲は、都市部に限られている。

各都道府県や市町村などの自治体レベルで、活断層調査を行い、ハザードマップにまとめて市民に配布し地域防災計画や体制づくりに効果を上げているところもある。長野県松本市は、家や敷地がわかる大縮尺で断層位置を表現し、防災拠点なども明記して地域防災計画や防災力強化につなげており、活断層情報を有効活用している例として特筆したい（松本市防災マップ、<http://www.city.matsumoto.nagano.jp/bosai/bosai/bousaimap1/index.html>）。

「活断層詳細デジタルマップ」(中田・今泉編、2002)はDVDに収められており、PCを利用して全国を最大縮尺約1万5千分の1で閲覧することができる詳細で便利なものである。ただし、住宅や建物の情報が少ないことから、実際の場所と比較しにくい。また撓曲崖などの凡例表現で覆われると、その範囲の情報が見えなくなり、地形や建物との関係が確認できない。デジタルマップなのでこれらが、簡単にon, off選択できるようになればより便利である。

都市部で人口も活断層も密集した場所では、より大縮尺な活断層図が求められる。実際、筆者が取材した中には、敷地内の活断層を避けて園舎を建替えようとした京都市内の幼稚園が、既述の活断層地図では正確な位置が把握できず、専門家に調査を依頼し直した事例がある。全国の活断層図は、都市圏活断層図のように縮尺2万5千分の1でカバーし、さらに人口や建築物、活断層が密集する地域では判読する空中写真と同様、縮尺1万分の1の地形図をベースに表現し、それらの閲覧はホームページなどでもできるようになれば便利である。そのためにも、公式な活断層基本図が政府事業として整備されることが望まれる。

2. 原発と活断層—繰り返される認定の問題—

「原発」関連のニュースでしばしば取り上げられてきたのが、原子力発電所の耐震性と活断層の認定の問題である。電力会社の調査や政府の審査では、存在しないとされた活断層が、専門家の調査により見つかるケースが次々と明らかになった。例えば、中国電力島根原発周辺の活断層についての佐藤・中田(2002)、渡辺ほか(2006)などで示されている。このような問題が発生する最大の理由を、中田ほか(2006)は、変動地形学的手法などの活断層研究と、原発における活断層認定が、まったく別の世界で行われて

きたことによると指摘する。

変動地形学的手法とは、地形から地下に断層活動を想定しなければ説明がつかないような、崖や谷の連続、系統的な河川の横ずれなどから活断層を認定する方法で、活断層研究会(1980)で確立している。

一方「原発のための活断層認定」は、土木学会が1985年にまとめた基準によって、リニアメントがどのくらい直線的かなどを基準とした独特の手法で行われてきたという(中田ほか、2006)。これは、30年以上前の活断層判定基準の一部であったものを、認定のためのすべてであるかように単純化(マニュアル化)し、基準として置き換えてしまったものといえる。合理的な複数の認定基準も、その後の科学的な研究成果も、まったく取り入れられず、「原発のための活断層認定」は、多くの活断層研究者の認識の外で行われてきた。

その結果、変動地形学的調査など、科学的成果を取り入れて進められてきた政府の地震調査委員会の活断層評価や国土地理院の都市圏活断層図と、電力会社や政府の原子力・安全保安院の調査・審査結果とが大きく異なる事態となった。活断層の長さや活動範囲の認定をめぐる論争がおり、裁判でその採否が問われるケースも出ている。

例えば、2006年3月判決の金沢地裁、北陸電力志賀原発2号機の運転差し止めを求めた裁判がある。この裁判では、原発近くの邑知潟断層帯について政府の地震調査委員会が「全体が1区画として活動すればM7.6程度の地震が起きる可能性がある」としたことを採用した。そのため、営業中の原発としては初めて、原発の運転停止を命ずる判決が出た(被告控訴中)。

一方、2005年11月判決の東京高裁、東京電力柏崎刈羽原発の設置許可取り消しを求めた裁判では、様相が異なる。原発近くの長岡平野西縁断層帯について、政府の地震調査委員会は、「M8程度の地震が起きる危険性がある」という評価している。ところが、判決では、「原発の安全審査では断層帯に含まれるそれぞれの活断層について詳しく検討されている。地震調査委員会が指摘するように全体が一斉活動する可能性については必ずしも詳しい調査を基に判断されているわけではない」と控訴を棄却している(原告上告中)。

2007年7月16日、その柏崎刈羽原発をM6.8の地震が襲った。放射能漏れを含む原発震災が現実のものとなり、世界最大の原子力発電所は、2008年2月現在止まったままである。2008年1月11日、地震調査委員会は、この地震の震源断層を、大局的には南東傾斜(海から陸に向かって深くなる傾斜)の逆断層であるとした。また、震源域北東部では、北西傾斜(陸から海に向かって深くなる傾斜)の断層も活動した可能性があるとしている。海底での地震断層は

確認できなかったが、「余震分布から推定される南東傾斜の断層面の浅部延長は、既知の活断層に連続している可能性がある」と公表した ([http:// www.jishin.go.jp/main/chousa/08jan_chuetsu_oki/index.htm](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/08jan_chuetsu_oki/index.htm))。

東京電力は、この新潟県中越沖地震の震源とみられる海底活断層について、1981年の設置許可申請時に海底音波探査を実施しながら、断層の一部しか認定せず、その長さを8 kmと判断した。国も審査でその結果を認めていた。東京電力は2003年の再調査で長さが20kmの活断層である可能性を認識していたものの想定する地震規模を見直す必要はないと公表せず、地震後の2007年12月5日になってその大部分が海底活断層であったと訂正した。

しかし、渡辺ほか(2007)、鈴木ほか(2008)は、1981年の設置申請時の海底探査のデータを見直したところ、当時の活断層認定基準(例えば活断層研究会, 1980)に従って判読すれば、見落とすはずがない変位地形の連続があることを示した。連続する活断層をあえて断片的にして、原発にとって考慮する必要がない長さにする“活断層の値切り”がおこなわれ、それが国の審査でも見過ごされてきたと指摘している。原発サイトにおける活断層認定は、原発の安全性を確保するために、厳密に行われるべきである。杜撰な見過ごしや“値切り”は許されない。既存の原発について、新たに適正な基準で見直すバックチェックを行うとともに、安全側に立った調査、審査が強く求められる。

活断層の専門家が集まり、理学、工学を含めて設立された日本活断層学会は、原発関連の活断層調査についても、研究成果を取り入れた公正で科学的な調査や審査が行われるよう、専門学会として提言するとともに指導力を発揮すべきである。

ところで東京電力と国は、活断層を見逃したことによる損失をどう考えているのだろうか。原発予定地近傍に活断層がない、あるいは、活断層を短く“値切った”ことで、原発の建設が可能になったり、建設費用が安くなったりしたかもしれない。しかし、安全が脅かされ、柏崎刈羽原発での発電事業が継続できなくなった。東京電力が2007年10月末に発表した2008年3月期の業績予想は、28年ぶりの赤字となった。柏崎刈羽原発の復旧や代替火力など、燃料増加分の地震関連の損失は、6,030億円と見込まれている。この損失見込みは、当初の見込み2820億円より大幅に増えており、原油価格高騰が続く中、損失はさらに増大するという指摘もある。

3. 原発の耐震指針改定後の問題点—M6.8以上を引き起こす活断層は、すべて見つけられるのか—

2006年9月に28年ぶりに改定された原子力発電所の耐震設計指針では、鈴木(2006)、中田(2006)、渡辺(2006)

による学術的なパブリックコメントをきっかけに、原発の活断層調査に変動地形学的手法を加えることが明記された。今後この手法を含め最新の活断層研究の成果を取り入れて、既存の原発についても確実にバックチェックが行われること望みたい。

活断層の認定にあたっては、学術的に判定基準や手法を設けた上で、さらに個人による認定の差を埋め、客観性と合理性を担保するために複数の研究者でクロスチェックして、評価するという手法が従来から行われてきた。例えば、活断層研究会(1980)は「日本の活断層」をまとめるにあたって、既にこの手法を取り入れている。地震調査委員会が進めてきた活断層の長期評価や国土地理院の都市圏活断層図作成においても、この研究手法は継承されており、評価検討会も開かれている。これは学問の“暗黙知”となっている。

土木学会が原発の活断層調査のために作成した手引きは、単純にリニアメントの長さを測るという、一見、誰でも客観的にできる方法にみえる。しかし、ここでは、技術のための単純化(マニュアル化)が優先され、認定の信頼性は低く、活断層の見落としが多発することになった。本来、技術の中にこそ、“暗黙知”が必要である。変動地形学をはじめとする、活断層研究者が用いてきた、複数の研究者によって、時に公開の場でクロスチェックを行うという評価手法を、“学問的暗黙知”として評価し、原発の調査・審査でも取り入れていくべきである。

一方で、地下の活断層が、どこまで事前にわかるのかについては、学問的限界を探る必要がある。活断層がない場所で想定すべき直下型地震として、旧指針では、M6.5(深さ10km)程度の地震に耐えられることが求められていた。しかし、新指針では、単純な数値の提示は避けられているが、概ねM6.8程度が基準とされ、2-3割想定が大きくなった。

ところが、2000年の鳥取県西部地震では、従来活断層が見つかっていなかった場所で、M7.3の地震が起きた。ここでは、地震断層は明瞭ではないが、ぎりぎり地表付近まで達していた可能性が高い(例えば、伏島ほか, 2002)。現在の活断層研究の成果を用いたとしても、M6.8以上の地震を起こす活断層をすべて見つけ出すことは困難である。原子力発電所のような、重要保安施設の設計にあたっては、活断層がなくても、想定すべき地震を少なくともM7.3程度に引き上げる必要があると考える。

さらに、揺れに対する耐震性を向上させても対応することができない、活断層による特有の“ずれによる災害”をどう見積り、備えるのかという観点も必要である。例えば原子力発電所が免震化されたとしても、活断層の“ずれによる災害”をキャンセルすることはできないからである。

また、これまでの研究から、プレートの沈み込みによって常に圧縮応力を受けている日本列島には、低角逆断層が多いことがわかっている。さらに、活褶曲の地下に活断層が存在することも、既に常識となっている。“原発の敷地に活断層がないこと”を見極めるためには、地表付近の変形、変位を糸口としながらも、地下の広い範囲に斜めに断層面が存在する可能性を常に考慮すべきである。

2007年新潟県中越沖地震を起こした断層上部は海底近くにあるが、深部は柏崎刈羽原発の真下にまで延びている。この地域が活褶曲帯であることを考え合わせると、今回動いていない活断層も含めて、柏崎刈羽原発は活断層帯の真上に立地している可能性が高い。運転再開か廃炉かの議論にあたっては、このことも考慮すべきである。新潟県中越沖地震では、地震調査委員会がM8程度の地震を起こすと指摘している長岡西縁断層帯は、活動していなかった。つまりM8程度の地震のエネルギーは開放されておらず、今も柏崎刈羽原発のすぐ近くで巨大な地震のエネルギーが蓄え続けられていると認識すべきである。

この10年とこれからの10年

阪神淡路大震災後の10年、政府の地震調査推進本部地震調査委員会によって、約100の活断層やその地震発生確率などの情報が蓄積されてきた。その成果の一つである確率的地震動予測地図は、2006年の地震保険基準料率改定に利用された。しかし、他に防災計画や政策、制度設計などに十分生かされているとはいえない。

これからの10年は、活断層情報を拡充させるとともに、既述のように原子力安全に反映させたり、防災や都市計画、街づくりに生かしたりする努力が必要だろう。

1. 活断層特有の災害像と対策の共有化

阪神淡路大震災から得た災害像と教訓は、「建物や家具に殺されないこと」だった。建物や構造物の耐震性を向上させ、家具を固定するという“揺れ”への対策は、社会で共有され浸透してきた。しかし、活断層特有の“ずれ”による災害像と対策は、まだ共有されていない。断層変位・変形に伴う災害像を明確に提示して、社会的に教訓として共有化し、具体的な対策の可能性を示していくことが重要だ。

活断層災害の特徴は、直下の激しい揺れだけでなく、“ずれ”災害であり、その場所は、活断層上のきわめて狭い範囲にあらかじめ特定されている点にある。亀裂、水平・垂直方向の変位、変形とそれに伴う地滑りなどの土砂災害、断層をまたぐ建築構造物やケーブル、水道、ガス、電気、道路、橋、鉄道などのライフラインの断絶が主なものとし

て挙げられる。

“ずれる”災害は、揺れに対する耐震性を向上させても、対応できない。教訓の第一は「活断層の真上はさけること」である。また逆断層では、断層線の真上とともに隆起側の撓曲している範囲をさけることが大切である。避けられない場合、どのような対策が可能なのか。過去に起きた活断層災害や対策を、以下のように収集し提示できないだろうか。

1) 30年目の勝利—2002年Denali Fault地震とアラスカ横断石油パイプライン—

2002年11月3日、アラスカでM7.9のDenali Fault地震が起きた。地表地震断層が、約334kmに渡って現れ、活断層に沿って水平方向に最大8.8m、垂直方向に最大4mの変位が確認された。この地震発生に先立つ約30年前の1970年代、この活断層を横切るように北極海から太平洋に抜けるアラスカ横断石油パイプラインが敷設された。ここには、毎日アメリカ国内供給の17%分、2500万ドル分の石油が流れている。パイプラインは、幅1,900mにわたって活断層を横断しているため、断層変位がパイプラインを破壊しないように工夫が施されたのである。

具体的には写真1のように、断層を横切る場所には、横方向にSlider beamというレールを引き、その上にTeflon shoeという滑りやすく加工した足台を置いてパイプラインが横滑りするようにした。パイプもフレキシブルにし、垂直方向の変位にも対応できるようにパイプを支える足台にダンパーをつけた。断層変位は、垂直方向に1.5m、水平方向に6mに達すると予想していたが、2002年の実際の変位は、垂直方向に75cm、水平方向に4.2mであった。この工

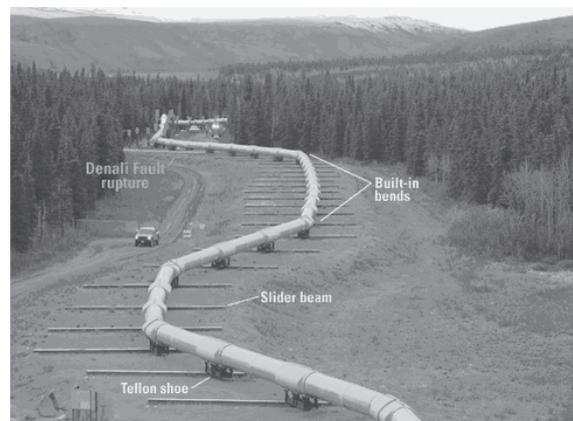


写真1 アラスカ横断石油パイプラインの活断層対策
建設から約30年後の2002年11月3日M7.9 Denali Fault地震で3m以上水平ずれがあったがパイプは、あらかじめ設けられたレール上を滑り破壊されずに守られた。
アメリカ地質調査所のホームページより (<http://pubs.usgs.gov/fs/2003/fs014-03/pipeline.html>)

夫によりパイプラインの破損は免れた。石油が永久凍土の大地に流れ出し、環境破壊や経済的損失を招くことを防いだのである。

USGSは、「30年前の300万ドルの投資で、パイプラインの破断による1億ドル以上の損失を防ぐことができた。科学と技術の勝利である」とウェブページで高らかに宣言している (<http://pubs.usgs.gov/fs/2003/fs014-03/pipeline.html>)。損害額に対してわずか0.3%の投資である。

2)「サハリン2」の教訓

日本企業などが加わって行われている、国際石油ガス開発プロジェクト「サハリン2」に対し、2006年9月、ロシア政府は環境対策の不備から開発中止命令を出した。その理由の中には、パイプラインが活断層を横断する複数箇所対策がとられておらず、地震が起きればオイル漏れを起こすことなどが含まれていた。結果として、ロシアの国策企業ガスプロムが同プロジェクトで権益を拡大し、日本企業やオイルメジャーの権益が半減することになったことは、教訓にすべきことである。

3) 1999年集集地震取材の教訓—ほんのわずか活断層を避けていれば—

1999年9月に台湾中部で発生した集集地震の発生直後、ヘリコプターで上空から観察したところ、断層の真上に立っていた建物は、断層に沿うように帯状にことごとく破壊されていた。特に断層直上に建つマンションとそうでないマンションの被害の違いは明瞭で、地震断層の直上だけが串の歯が欠けたように、マンションが傾いたり、壊れたりしていた。

活断層をわずかに避けて家を建てたことで、難を免れた家屋もあった。その家主は、子供のころ1935年新竹・台中地震を経験し、家は丈夫にしようと、通常より多くの鉄筋とコンクリートを使って平屋を建てた。敷地内に小さな崖があったので、家はそこからできるだけ離れた。この崖が一瞬にして10mもの高さの断層崖になるとは思ってもみなかったそうだが、人的被害はなく、家自体にも構造的被害がなかった。家が断層の隆起側にあったため、まるで一晩で高台に引っ越したようだったという。

ちなみに、この家の娘さんは神戸に住んでおり、1995年に阪神淡路大震災に遭遇した。彼女は、中秋の休暇で帰省中の1999年、集集地震にも遭遇したが、無事であった。活断層の真上と逆断層の隆起側の撓曲範囲を避けるだけで、被害は大きく違うのである。

4) 台湾の地震で海底ケーブル損傷—国際回線の障害—

2006年12月26日、台湾南部の海底を震源とする地震で海

底ケーブルが破損し、東アジアの国際通信回線に障害が起こった。電話やインターネット、株式注文などに影響が出て、完全復旧には約1ヶ月かかった。この原因は、断層の変位によるものか、地震動によって海底地すべりなどが誘発されたものかは特定できていない。しかし、線状のインフラが活断層を横断する場所では、地震発生時の地変に対する注意が必要ことがわかった事件であった。

以上のような、具体的に教訓となるような活断層災害像と対策事例を集め、情報発信していくことも、日本活断層学会として意味のあることだろう。

2. 優先度の高い場所で“ずれる災害”対策をシミュレーションし技術開発や活断層法など施策を進めよう

従来、活断層はめったに動かないのだから対策は後回しでいいといった意見や、技術がないからできないという意見もあった。しかし、状況は変化している。

前述のように地震調査委員会(2001)の活断層の長期評価によれば、30年以内の“地震発生確率”が“火災にあう確率”より高いとした活断層だけでも、主要な約100断層の4分の1以上に及んでいる。地震発生確率が高く、想定される被害の大きい活断層を選んで、そこでどんな技術的対策や施策が可能かをシミュレーションし、社会にアピールできないだろうか。

例えば、神縄国府津松田断層は、政府の長期評価によれば、30年以内の地震発生確率は最大16%で、M7.5クラスの大地震を起こしてきた。その際、断層の東側が縦に3mずれ上がるとされている。この活断層は、東海道新幹線や東名高速道といった、日本の交通インフラの大動脈と交差している。東海道新幹線は、ほぼ1-3分おきに行き交っている。東名高速道や小田原厚木道路などこの活断層を横切る自動車道路は、1日14万台以上の車が通過している。ずれが発生すると想定される場所は、東海道新幹線と小田原厚木道路の弁天山トンネルの西側出口付近である。

現状において、どのような対策がとられているだろうか。以下の各機関、専門家のコメントは著者が2007年3月8日に放送したNHKニュース番組の取材に基づくものである。JR東海は、「阪神淡路大震災後、橋脚や盛土部分の補強を行ったが、断層部分で3m縦にずれると構造物だけで被害を抑えるのは難しい。新幹線は、最高速度270kmから停止するまでに約1分半かかる。地震の揺れをすばやくキャッチして列車を早く止め、そこに差し掛からないよう努力している。2007年3月までに従来の倍となる沿線10kmに1箇所の割合で地震計を設置した」という。リアルタイム地震学を利用して、情報で災害軽減を図ろうとしている。

では自動車道路はどうか。道路でずれの被害を最小限にするためには、高架式よりも盛土構造のほうがクッション

となつて被害が少なくなると考えられている。ところが、中日本高速道路株式会社は、「活断層の数メートルのずれに追随するような構造はとっていない。既に開通している区間で橋梁区間を盛土に直すとお金もかかる。そこまで必要な状況も、学術的に明確になっていない」と対策に否定的だった。

しかし、本当に技術はなく、費用対効果はみ合わないのだろうか。新幹線が導入しているリアルタイム地震情報を小田原厚木道路のトンネル入口の掲示板に連動させ、「進入禁止！この先危険！」などと表示することは可能なはずである。また、日ごろから、どこで活断層を横切るのがか表示があれば、ドライバーにいざというときの心構えや、スピード出しすぎを防ぐ効果があるかもしれない。「トンネル出口付近、第一級の活断層あり」などと表示すべきである。

広島工業大学の中田高教授は、既存の技術の組み合わせでできる対策もあると指摘する。活断層防災の第一は、活断層上をさけることである。道路でまたぐ場合は、できるだけ盛土構造にする。橋で断層をまたがなければならないときは、断層が食い違う場所から橋脚をできるだけ離して、ロングスパンにして、ずれを長い距離で吸収することが必要である。同時に、橋脚と橋梁の間などは、フレキシブルな構造でつないだり、のりしろを大きくとったり、今ある技術の応用で被害を軽減できることも多いという。

さらに、横浜国立大学大学院工学研究院の谷和夫教授は、トンネルと活断層が交差する場所で、ずれを緩和するユニークなコンクリート“多殻モルタル”の研究開発（若尾ほか、2006）を行っている。断層交差部に、ピンポン球のような中空なものを混ぜたコンクリートを使い、普段は強く、ずれが生じたときには、中空部分がつぶれて、ずれを吸収する。いわば、クラッシュャブル構造である。

このように、既存の情報技術や土木技術の組み合わせ、新技術の開発で、活断層特有の“ずれる災害”に対する技術的対策の可能性は広がっている。

また、対策実施のタイミングも、新たにインフラを作る場合や、経年による大規模改修の機会などをとらえて行うことも、十分に可能である。東海道新幹線や高速道路の多くは、建設から40年以上経過している。30年という活断層の長期評価を、今後30年を見据えた街づくりやインフラ整備、都市計画など、長期計画に生かす行動が求められる。

活断層情報を社会に生かすための重要な施策として、いわゆる活断層法と呼ばれる法律がある。活断層の真上や周辺の開発・利用制限を法や制度によって設けることである。承知のようにアメリカ合衆国・カリフォルニア州やニュージーランド、台湾では既に行われている。日本でも、主要活断層の長期評価が行われ、地震発生確率が高く、災害リスクや優先度の高い断層が明らかになってきた。30年

前に行った「活断層のずれる災害に対する投資」が、巨大損失を防いだ、アラスカ横断石油パイプラインの例のように、今の活断層災害への投資は、30年後、40年後に効いてくるはずである。

阪神淡路大震災からの10年は、“活断層が社会化した時代”と述べた。しかし、過去の経験から“活断層は社会に埋没し、すぐに忘れ去られていく”といえる。これからの10年は、活断層情報を社会に埋没させるのではなく、生かす努力を進めることが求められよう。

謝辞

本稿作成にあたり、横浜国立大学太田陽子名誉教授、広島工業大学中田高教授、東京大学地震研究所島崎邦彦教授、名古屋大学災害対策室長鈴木康弘教授、さらに匿名の査読者から、原稿に対して的確なアドバイスを頂いた。ここに記して感謝します。

文 献

- 伏島祐一郎・吉岡敏和・水野清秀・宍倉正展・井村隆介・小松原 琢・佐々木俊法, 2001, 2000年鳥取県西部地震の地震断層調査, 活断層・古地震研究報告, **1**, 1-26.
- 地震調査委員会, 2001, 長期的な地震発生確率の評価手法について, 46p.
- 活断層研究会, 1980, 「日本の活断層－分布図と資料－」, 東京大学出版会, 363p.
- 活断層研究会, 1991, 「新編日本の活断層－分布図と資料－」, 東京大学出版会, 437p.
- 中田 高, 2006, 第43回原子力安全委員会資料第1-1号「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針(案)」に対する意見募集にご応募いただいたご意見について E033-E034 平成18年6月29日原子力安全委員会事務局, 134p. <http://www.nsc.go.jp/anzen/shidai/genan2006/genan043/siryu11.pdf>
- 中田 高, 今泉俊文 編, 2002, 「活断層詳細デジタルマップ」, 東京大学出版会, DVD版.
- 中田 高・渡辺満久・鈴木康弘, 2006, 原子力発電所設置審査における活断層評価の問題点, 日本地震学会2006年度秋季大会講演予稿集, 51.
- 佐藤高行・中田 高, 2002, 鹿島断層の変位地形—一括活動型活断層のモデルとして—, 活断層研究, **21**, 99-110.
- 島崎邦彦, 2000, 長期的な地震発生確率の評価方法について, RISK, **55**, 18-28.
- 鈴木康弘, 2006, 第43回原子力安全委員会資料第1-1号「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針(案)」に対する意見募集にご応募いただいたご意見について, E030-E032, 平成18年6月29日原子力安全委員会事務局, 134p. <http://www.nsc.go.jp/anzen/shidai/genan2006/genan043/siryu11.pdf>
- 鈴木康弘・中田高・渡辺満久, 2008, 原発耐震安全審査における活断層評価の根本的問題, 科学, **78**, 97-102.
- 多田文男, 1927, 活断層の二種類, 地理学評論, **3**, 61-63.
- 若尾和俊・谷和夫・高橋秀明, 2006, 断層変位を受けるトン

ネルの損傷を緩和するために高圧縮性コンクリートを用いた改良工法, 第35回岩盤力学に関するシンポジウム, 土木学会, 47-52.

渡辺満久, 2006, 第43回原子力安全委員会資料第1-1号「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針(案)」に対する意見募集にご応募いただいたご意見について, E047-E048, 平成18年6月29日, 原子力安全委員会事務局, 134p. <http://www.nsc.go.jp/anzen/shidai/genan2006/genan043/siryo11.pdf>

渡辺満久・中田高・奥村晃史・熊原康博・後藤秀昭・隈元

崇・今泉俊文・徳岡隆夫・吹田歩, 2006, 鹿島断層(島根半島)東部におけるトレンチ調査, 日本地震学会2006年度秋季大会講演予稿集, 50.

渡辺満久・鈴木康弘・中田高, 2007, 2007年新潟県中越沖地震と活構造, 2007年第四紀学会緊急セッション講演要旨ホームページ公開版(公開終了), E2.

(2008年1月27日受付)

(2008年2月26日受理)

キーワード

活断層, 災害, メディア, 社会

Key words : active fault , disaster , media , society