



日本における活断層調査研究の現状と展望

岡田篤正*

Recent trend and perspective for the active fault studies in Japan

Atsumasa Okada*

Abstract

After the 1995 Hyogoken-Nanbu (Kobe M7.3) earthquake, intensive studies for the active faults in Japan have been carried out especially to the 98 fault zones having potentials of the M7 class or greater earthquakes. And then long-term predictions for these zones have been evaluated on the future large earthquakes. The author briefly reviewed about such items as the active fault maps in urban area on the scale of 1:25,000 organized by the Geographical Survey Institute, strip maps of the major active faults published from the Geological Survey of Japan, trench excavation surveys, drillings, seismic reflection surveys, segmentation and grouping problems for the long traced active faults, comprehensive atlases and books, long-term evaluation for the major faults (zones), and seismological assessment for the nuclear power plant. Present-day perspectives for the active fault studies in Japan were widely described in this article.

はじめに

1995年兵庫県南部地震（M7.3）は大都市神戸付近の直下で発生した浅発の大地震であり、6400名を越す多大な犠牲者と都市機能の喪失・麻痺をもたらした。その原因となった野島断層が淡路島北西部の山麓沿いに約10kmにもわたって現われた（粟田・水野，1998；中田・岡田編，1999）。この明瞭な地震断層の出現は地震の恐怖を広く知らせるとともに、一般の人にも活断層の詳細な調査が我が日本列島の自然環境の理解にとって、いかに重要であるかを改めて認識させた。

関東地震以来の大災害を契機として、地震調査研究推進本部が設立され、その中に多くの委員会が組織された。とくに、基盤的調査観測の対象活断層として日本全国に分布する主要活断層（帯）98本が選定された。これらから起こる大地震の活動履歴、発生時期の予測、地震規模、強震動

の予測などを解明するために、各種関係機関や大学などが中心となって多くの調査研究が以来実施されたが、約10年にわたるこうした活断層調査もほぼ終了した。

こうして得られた膨大な調査成果が取りまとめられ、98活断層（帯）について大地震の長期的な評価が2005年末頃までにほぼ全て公表され、一部では改定も行われてきた。また、これら活断層（帯）と海溝沿いの海底活断層（帯）から発生する強震動の予測についても、「全国を概観した地震動予測地図」が刊行され、主な活断層帯について強震動評価も実施されている。

2006年度から98活断層帯にさらに13活断層帯が追加されて、基盤的調査観測の対象活断層数が増加し、それらの調査が現在も継続している。さらに、近い将来の大地震発生が懸念される糸魚川-静岡構造線活断層帯の重点的な調査が始まった。また、長期評価で将来の発生確率が高いとされた活断層（帯）や、高い精度の評価が得られなかった重要な活断層（帯）について、補完的・追加的な調査も開始

* 立命館大学COE推進機構・歴史都市防災研究センター

* Research Center for Disaster Mitigation of Urban Cultural Heritage
Ritsumeikan University

されてきた。

上述のような経過の中で、日本活断層学会が2007年9月に設立されたが、兵庫県南部地震以降も各地で大地震が連続発生し、原子力発電所のような重要施設も被災する事態となり、活断層の調査研究は社会的にも依然として重要視され注目を受けている。活断層研究にとって、現在は大きな節目に当たる時期に来ており、この分野をさらに発展・変革していくためにも、日本における活断層研究の現状と課題や将来の展望などが本号で取り上げられる意義は大きい。いくつかの項目に分けて概略的な私見を以下に述べ、巻頭論文としたい。

縮尺2.5万分の1都市圏活断層図

日本の都市域は人口や産業の集中が近年とみに激しく、直下型の大地震が発生した場合には、活断層は甚大な災害要因となる。こうした都市域における活断層の詳細な位置や性状を調べて、潜在的な危険度を把握し、地震災害対策を立案する必要がある。そうした基礎図の作成と都市計画や耐震対策などのためにも、活断層の詳しい分布に関する情報提供はきわめて重要である。

活断層や地形面・地すべりなどの分布を縮尺2.5万分の1地形図上に示した『都市圏活断層図』が国土地理院から1996年以降に刊行され、その数は2007年度までに総計133面に達している。主要都市域での活断層図の作成計画は2005年度ではほぼ終了する予定であったが、地方都市や山地域を含めた主要活断層帯の図化も重要と認識され、それら活断層帯全体の分布状況を詳しく解明するような計画へと移行した。

最近では、阿寺断層とその周辺「萩原」「下呂」「坂下」「白川」(岡田ほか, 2006)、境峠-神谷断層帯とその周辺「梓湖」「塩尻」「木曾駒高原」(岡田ほか, 2007)、庄内平野東縁断層帯とその周辺「庄内北部」「庄内南部」(今泉・東郷, 2007)が解説書付きのセット販売で刊行され、高山・大原断層帯とその周辺、岩国断層帯とその周辺も現在調査が進められている。

こうした活断層図の作業にあたっては、現在使用できる全ての空中写真類や既往の資料が使用され、活断層の分布位置や認定基準の高精度化に向けて努力されてきた。その結果、従来判明していなかった活断層が各地でいくつも見つかっており、活断層の発見時代はなお終了していない。新発見の活断層は沖積面や低位段丘面などを変位させる微妙な低崖や撓曲崖の地形として表現されていることが多い。既往の調査資料だけでは精度が低く、認定基準となる変位地形に対する認識がなお不十分であったことが判明してきた。

活断層研究会編(1980)の『日本の活断層』や活断層研究会編(1991)の『新編 日本の活断層』では、基本的には縮尺約4万分の1空中写真類で判読されたため、比高数m以下の低断層崖や撓曲崖は見逃された部分もある。『都市圏活断層図』での新しい変位地形の発見により、連続性(延長距離)が意外に長く、規模の大きい地震を起こし得る活断層帯と判ってきたものがある。

例えば、上町断層帯は以前には長さ数km程度とみなされていたが、段丘面群を変位させる撓曲崖が延々と認められ、総延長は約42kmにも達する長大な逆断層帯であることが判明した。都市圏活断層図の刊行後直ちに、図示された活断層は地質調査所・大阪府・大阪市などによる上町断層帯の調査計画に取り入れられ、反射法地震探査や群列ボーリング調査が多くの測線で実施され、これらの実在性や詳しい性質が解明された。この他にも各地で同様の事例が多くあり、都市圏活断層図の重要性が再認識されてきた。

現在、その後の調査で判明した活断層やトレンチ調査場所などを追加したり、部分的な修正の作業が図られたりして、第2版が刊行された図幅もある。また、電子媒体での公表も予定されている。

活断層ストリップマップ (縮尺:1~10万分1の活断層図)

産業技術総合研究所活断層研究センター(旧地質調査所)では、いくつかの重要な活断層について、ストリップマップ(短冊図)を刊行してきた。それらの図では、兵庫県南部地震に伴う地震断層(野島・小倉及び灘川地震断層)が縮尺1万分の1、四国と近畿西部の中央構造線活断層系・阿寺断層系・花折断層系などが縮尺2.5万分の1、糸魚川-静岡構造線断層系や柳瀬-養老断層系などの長大な活断層帯が縮尺10万分の1で編集され、縮尺や精度は個々の断層(系)で大きく異なる。また、解説書付きと地図だけのものがある。しかし、どの図でも地質基図の上に断層・活断層・地震断層などを表現し、活動性評価の基準となる変位地形や断層露頭などの特徴も併記されている。

これらストリップマップは当該の断層系の全体像から細部まで、地質基図と共に活断層を理解する上で貴重な資料となっているが、最近10年間の刊行は少ない。兵庫県南部地震以前に出版された図面では、それ以後に実施された詳細な調査の成果を取り入れて、修正や追加が必要な箇所が見受けられるので、改訂版の刊行が急がれる。

なお、近年刊行されている地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)では、活断層や撓曲などの活構造を色分けして地質図に記入し、それらの記載も解説書で詳述されている図幅が多くなってきた。社会的な要請に答えようと努

めているが、図幅間での表現差や発行年次による精度・情報量の相違が見受けられる。

詳細活断層図・変位量予測図 (縮尺: 1 万分 1 程度) 刊行の重要性

上述した程度の縮尺の活断層図がすでに刊行されている場合には、さらに大縮尺の活断層図が必要となる。一方、未刊行の場合には縮尺2.5万分の1程度の活断層図の作成は各種の調査や地震防災などの基礎的な資料として最低限でも要請されるので、今後も何らかの方法でその刊行が継続されるべきであろう。

とくに、ある活断層の活動性や地震予測を目標にする、更新世末期から完新世における活動の状況が最重要であるので、この期間における活動性を詳細に把握する必要がある。それらの指標となる沖積面や低位段丘面の変位の有無や地形表現を明確にし、縮尺1万分の1程度の詳細な地形図に地形区分や断層変位を表記する作業が今後重要となる。さらに、都市域では、建物や交通路などとの関係がよく判る程度の大縮尺活断層図や、次の地震時の変位量予測分布図などを作成する作業を開始することが望まれる。

トレンチ調査

活断層の諸性質のうちとくに、その最新活動時期や活動間隔の解明は、長期的な地震発生の可能性を評価する上で必須の知識である。これら項目の究明のためには、トレンチ掘削調査かこれに換わるような精密な地質断面の解明以外には今のところ方法がない。また、活断層の実在性、地下浅部での断層微細構造、延長方向などを把握するにも、トレンチ調査はもっとも有効である。

日本は温帯湿潤地域でかつ火山国であるので、乾燥地域の多い外国に比べて、年代試料はかなり豊富である。したがって、新鮮な地質断面を露出させれば、年代値を入れることは相対的に容易である。トレンチ調査の有効性が証明されたのは、日本でも1978年以来であり、比較的歴史は浅いが、この初期の調査以降に事例が急激に増え、現在でも急速に多くの資料が得られている。日本での調査事例が増えてきた理由に、具体的な年代値が数多く入るので、活断層の活動時期予測に必須と認識されてきたからである。しかし一方で、日本には高度の土地利用・複雑な地形・地質構造・活断層分布などがあり、トレンチ調査は以下に述べるようないくつかの問題も抱えている。

1) 急激な隆起を伴った顕著な断層崖麓では、厚い扇状地や崖錐などが広く発達し、これらは年代試料をほとんど含まない粗粒の堆積物で構成されている(例えば、六甲山南

麓・琵琶湖西岸・養老山地東麓など)。山麓部から段丘化した地形面が広がり、数万年より古い堆積物が広く発達する場所も多い(例えば、六甲山南麓・伊那谷など)。またこうした場所は工法の難しさや適地選定の困難が常に伴われる。2) 人工改変が行われたり、市街地化が進行したりした地域では、調査場所の選定や使用許可そのものが至難である。3) 測定試料を含む堆積物や試料そのものによって、年代値に相当幅のある誤差が伴われ、活動時期の限定や年代幅の縮小が難しい、等々である。

トレンチ調査だけが万能である訳でないが、この手法の改善・他の調査との併用なども検討して、今後も重要な調査方法として継続が望まれる。また、多くの資料の収集・蓄積により、周辺に分布する活断層相互の関係や長大な活断層帯の活動区分、活動間隔のバラツキなども議論できるようになってきた。こうして得られた資料と地下構造との関係などを総合的に考察し、さらに多くの資料を得て、再点検や相互比較すべき時期に来ていると言えよう。

上述したトレンチ調査の困難を克服する手法として、1) 高密度のボーリング(群列ボーリング)調査、2) ジオスライサー(中田・島崎、1997)などによる試料採取なども考案され、すでに数多くの調査が実施されてきた。とくに、ジオスライサー調査は世界で最初に開発されたが、かなりよい成果も得られつつあり、市街地・埋地・河道・沿岸部など、従来調査が困難とされてきた場所での活用が目目される。

琵琶湖西岸断層帯南部に位置する堅田断層では、地表付近の地形面やその構成層が幅広い撓曲変形を受けているので、トレンチ調査に不向きな場所が多く、精度の高い活動履歴は得られていなかった。2007年に金田平太郎氏(産業技術総合研究所活断層研究センター)らが実施したジオスライサーとボーリングを併用した調査では、大規模な地層の撓曲が把握され、多くの年代資料も入手できたので、最新活動時期や活動間隔に関する貴重な成果が得られ、この情報の公表が予定されている。この調査では幅約100mの間に34本もの柱状地質資料を得て、詳しい地層対比と年代値の導入が計られた。琵琶湖西岸断層帯は将来の地震発生確率が高いと公表され、注目されている活断層であることから、これらの成果は貴重であると言える。

今後、この手法を普及させて行くには、高額の経費や多くの調査人員・長い調査期間などをいかに軽減させるかの努力も必要である。また、この手法も挿入時や引き抜き時における地層変形をどう除去するか、それらの対応も急がれる。さらに、複数の掘削断面相互の比較・対比や、イベント解読の認定基準をどう確立していくかなど、いくつかの問題点を克服する必要がある。

ボーリング調査・反射法地震探査

上述のように、活断層調査においては空中写真や詳細地形図の判読に基づく地形調査に始まり、場所の特定が出来るから、詳細な性質の解明に向けて各種の地質調査や物理探査などを実施することが基本的な流れ（フロー）である。闇雲に調査をすることは時間・経費の無駄であり、要所を押さえることができない。今日においても、こうした過程の重要性は変わらない。

しかしながら、都市とその周辺においては人工的に改変された場所も多く、自然の地形や表層地質の状況が判らなくなった平野部が広く発達する。とくに、厚い未固結の堆積層で広く覆われた新期の沖積平野や海底・湖底などでは、活断層はそれらの地下に伏在している。こうした場所では、ボーリングや各種の物理探査などに依存せざるを得ないが、新手法の開発・高精度化などにより精度の高い地下地質情報の入手が急がれる。こうした資料の蓄積により、活断層情報も整備され、その性格の解明が可能となる。

反射法地震探査は石油・ガス資源などの開発で有効性を発揮してきたが、とりわけ厚い堆積層で覆われて、地下の地質状況を解読しにくい平野部や海底・湖底などの調査に有用であることが判明してきた。また、それは神戸や大阪市街地などのように人工改変や土地利用が高度に進んだ場所では、ボーリングと共に地下構造を探るための必須の調査手法となった。各地の活断層調査・地下構造調査でも大きな成果をあげてきたが、浅層・深層・超深層などの各構造探査手法によって、解像度がそれぞれ異なるので、相互の利点を補完し合い、ボーリングとの整合性を高めていく必要がある。

活断層のセグメント区分・グルーピング

日本列島にも中央構造線活断層帯や糸魚川-静岡構造線活断層帯のように、延長200km以上にわたって長く連続する活断層帯があり、これが端から端まで一時に動くのか、あるいは幾つかの活動区間（セグメント）に分かれて動くのか、地下構造の連続性はどのようになっているか、どこから破壊が開始されるのか、アスペリティーの位置はどこか、などの重要な課題が残されている。

岡田（1992）やTsutsumi and Okada（1996）は活断層の走向・平均変位速度・傾斜・最新活動時期・活動間隔などを考慮して、中央構造線活断層帯が幾つかの活動区に分けられ、各区で起こり得る地震規模の想定などを提案した。こうした提案の主な根拠は、紀伊半島西部（和泉山脈南麓）と四国（讃岐山脈南麓・石鎚山脈北麓）との中央構造線活断層帯が平均変位速度や最新活動時期の点で大きく

異なることに気づいたからである。これら活動区の区分はその後に行われた詳細活断層調査でも更に具体的な年代値や活動時期が数多く得られ、活動履歴に関する資料が補強されてきた。とくに、四国域の中央構造線では1596年慶長伏見地震とその前後に活動した（岡田，2006）が、紀伊半島西部における中央構造線の最新活動時期は約2000年前であり、最新活動時期や活動間隔・平均変位速度が大きく相違する。

慶長伏見地震（ $M>7.5$ ）では、有馬-高槻断層帯・伊丹断層帯・六甲南縁断層帯・東浦断層・先山断層・四国の中央構造線活断層帯が動いた証拠がでてきた（岡田，2006）が、その時の変位量分布を求める調査も行われてきた（堤ほか，2004）。しかし、まだ個々の活断層がどの程度の地震規模で活動し、どの程度の時間差があったのか具体的な資料はまだ得られておらず、より正確な地震像を求める調査・研究が必要である。

中田・後藤（1998）は四国の中央構造線活断層帯を対象として分岐形態や雁行配列に注目し、破壊開始点や伝搬方向などを推定している。断層面がほぼ直立する横ずれ活断層の地表形態や変位様式を中心に議論しているが、紀伊半島西部のように北傾斜した断層面をもつ活断層の事例の場合どのようなか、地下構造をも取り入れた考察が今後重要となろう。まだ、実際の地震断層事例との比較は数少なく、地表形態だけでなく、断層面の形状を含めた検証が今後重要となる。

こうしたセグメント区分は中央構造線だけではなく、近畿や中部日本の長い距離をもつ活断層帯などについても該当し、さらに多くの情報を得て具体的な区分やその要因を考察することが必要であろう。地表では幾つかに分散して配置する活断層群や、雁行状に配列する活断層の系統が一連の動きを示して、大地震を引き起こすことがある。

1891（明治24）年の濃尾地震では、温見・根尾谷・梅原などの雁行状に配列する活断層系統が動いて、 $M8$ の大地震を引き起こした（松田，1974；村松ほか，2002）。温見・根尾谷の断層は地形的にきわめて明瞭な変位地形を伴う。これらの活動履歴調査によれば、平均3000~4000年程度の活動間隔であり、千年に2m程度の左ずれ変位速度をもつ。一方、梅原断層は変位地形が全体として不明瞭であり、1万年以上の活動間隔をもつ（岡田，2006）。しかし、このように性格の異なる活断層が濃尾地震時には連動的に動いたが、これ以前の活動は別の動きをしてきた。すなわち、温見・根尾谷の連動は一般的であったが、梅原断層は活動していない。雁行状に配列する同一系統と思われる活断層でも、ある時は連動し、ある時は別個の活動をしている。各断層の走向や傾斜、さらには活動履歴や変位速度の違いがこうした不均質性をもたらすのか、さらに詳細な究明が

要請される。

天正地震（1586年、 $M \approx 7.8$ ）では、御母衣断層・阿寺断層あるいは養老断層などが活動したとされるが、これには諸説が提示されている（村松ほか、2002）。この正確な地震像も、今までに得られてきた資料だけではまだ十分に解明されたとは言えず、今後もより細かな調査で検討を加えていく必要がある。

濃尾地震や天正地震のような大地震を事前に予測するためには、相互に分散したり、雁行状に配列したりしている活断層のどれとどれとがグループをなして動くのか、すなわちグルーピング（連動破壊）を把握する必要がある。この研究課題の究明のためには、まだ未解明の問題が多くあり、今後の資料（最新活動時期・地下構造など）などをさらに増してゆくことが要請される。

大規模な逆断層（帯）については、地表変形と反射法地震探査からみた地下構造を関連させて、断層構造の解明や形成過程を理解する試みも始まっている。例えば、佐藤・平田（1998）の東北日本の逆断層、Ishiyama, et al. (2004)の養老・桑名断層帯の事例などがある。これらで提示された地下構造を他の方法でどのように検証していくか、起震断層面がどのような地下形状を持つのかは、強震動の予測にとっても実に重要であり、今後の進展が期待される。

日本全体や広域の活断層分布の編集

日本列島と周辺海域の活断層を一様な基準で認定し、分布図と資料表で表現した活断層研究会編（1980）の『日本の活断層』は、地震予知研究・地震災害軽減対策・大規模建造物の建設計画などの上で広く利用されてきた。とくに、活断層研究会編（1991）の『新編 日本の活断層』はトレンチ調査や音波探査・ボーリング調査など、その後に行われた新資料も多く取り入れて、『日本の活断層』を大幅に増補・改訂し、情報量を飛躍的に増加させた。これらは概要を把握したり、やや広域の活断層・歴史地震の分布などを習得したりする上で非常に便利である。すでに刊行後17年を経ているが、利用価値は高い。兵庫県南部地震直後の活断層調査立案や防災対策のために、爆発的な売れ行きをみせたが、なお着実に販売が続いている。分布図と資料が一目で分かり、地域的な特徴がよく理解できる。しかしながら、兵庫県南部地震以後に行われた膨大な活断層成果が取り入れられておらず、またしても大幅な増補・改訂が必要な時期にきている。それだけ活断層の情報量が急激に増大してきたということであり、原図の縮尺を10万分の1程度に拡大し、デジタル化も視野に入れた大幅な改訂作業が必要であろう。

『日本の活断層』・『新編 日本の活断層』の原図は縮尺20

万分の1地勢図であり、使用した空中写真は縮尺約4万分の1であった。したがって、上述したように概要や広域の活断層情報の把握には便利であるが、活断層の詳細位置や変位地形の種類・表現などは詳しく判らない。都市や建造物の計画に活用されるためには、『九州の活構造』（九州活構造研究会、1989）や『近畿の活断層』（岡田・東郷編、2000）のような活断層位置の図示・解説・文献などを示した書籍が必要である。これらの本では、表現された地形図の縮尺は5万分の1に基づき、使用された空中写真類は主として縮尺4万分の1と2万分の1であり、位置表現は詳細さにおいて格段に上回る。これらも刊行時点までの資料や文献に基づいており、解説と共に活断層の性質が理解できる。これらは九州や近畿の地域については詳しく解説されているが、販路に限られ、大冊・高額であるため、出版部数が伸びていない欠点がある。

池田ほか（2002）の『第四紀逆断層アトラス』は、北海道・東北地方から近畿地方までの逆断層帯を対象として、高精度の等高線図に活断層分布を示し、地域毎に解説を加えている。長大な逆断層帯の全体像を理解するには、貴重で便利な地図帳である。

中田・今泉編（2003）の『活断層詳細デジタルマップ』も活断層の位置情報を付属のDVDを使用して縮尺2.5万分の1までの分布図に示している。新たに判読され、図示された情報も含まれているが、基本的には上記の書籍のほか、『都市圏活断層図』や『第四紀逆断層アトラス』などからも編集・再録されている。活断層の位置や分布を等高線図と共に把握でき便利である。個々の活断層についての解説や文献などが地図上に十分には示されていないので、上掲の書籍があるような場所では、これらを併用すると、より理解が深まるであろう。

主要活断層帯の長期評価

前述のように地震調査研究推進本部は、全国の主要活断層帯98本を選定し、これらの活断層帯について詳しい調査を実施した。産業技術総合研究所活断層研究センター（旧地質調査所）・海上保安庁・国土地理院などの機関が調査を行ってきたが、さらに、政令指定都市や都道府県などの自治体も交付金制度によって活断層調査を実施してきた。また、その他の機関・民間・大学などが調査してきた成果も含めて総点検し、活断層から発生し得る最大地震の規模や長期的な評価が行われてきた。

主要活断層帯について、現時点での諸特性や過去の地震活動・将来の予測（確率）が記され、重要な図表や文献なども付けられており、どの程度の評価材料が現在までに得られているかもよく判る。また、残された問題点も個々に

記されているので、今後の課題が詳しく理解できる。

一方で、未解明な部分が多く残されている活断層でも、幾何学的な形状や一般的な経験則で評価がなされている。活断層間隔が5 km以内であれば、一連の断層帯とみなして、安全サイドで考慮されていると言えよう。しかし、雁行状に配列する断層帯で、詳しい資料が欠如している場合には、連動の可能性があることから、一般に延長距離を長く見積もり、大きな地震規模を想定している場合もある。まずは、第1段階での評価が公表された訳であり、よりきめ細かな評価はこれからの詳細調査によって改善されると心すべきであろう。

このように、長大な活断層のセグメント区分、地下構造、活動履歴（の再検討）は現在でも未解決な問題が多く残され、大地震の予測や大地震の連鎖（連動破壊）は今後も重要な課題として継続して調査・研究すべきである。活断層研究センターによる情報提供（RIO-DB活断層データベース）が図られているが、まだ立ち上がったばかりであり、今後の活用状況が注目される。

大規模な平野・海底部では、伏在活断層はまだ充分には解明されていない。活断層に伴った断層破碎帯と断層物質、地震災害予測と活断層・地質情報、などについても重要な研究課題であるが、不十分な解明しかなされていない。活断層の分布状況や諸性質の解明が急速に図られてきたが、概要がやっと明らかにされた程度であるとも理解され、個々の活断層の詳細な活動履歴や精度の高い地下構造などの解明はまだ十分であるとは言えない。

兵庫県南部地震以降に詳しい調査が行われてきたことは、画期的な成果であるとは言えるが、防災に役にたつ活断層の詳細情報の提供はまだ道のりが遠い。こうした諸調査は独立行政法人を含めた国の研究機関、大学、民間が一体となって常に究明を図る必要がある。一朝一夕にして解明できるものではない。今後も、詳細な活断層の分布から始まり、その諸特性の解明に向けての努力が重要である。活断層の長期評価を行う際に、活動履歴や平均変位速度などの基本的な事柄の解明も必要であり、セグメント区分やグルーピング問題などの最重要の課題として指摘した。

原子力発電所近傍の活断層評価<能登半島地震・中越沖地震・近年の地震の概要>

島根原子力発電所近傍の活断層評価では、1・2号機申請では活断層から起きる地震を想定していなかったが、3号機申請では、鹿島（宍道）断層の延長距離を8 kmの比較的短い断層として申請し承認されていた。この断層帯は活断層研究会編（1980, 1991）でも活断層の疑いのあるリニアメントや活断層として、さらに長く図示していた。

中田ほか（2002）の縮尺2.5万分1都市圏活断層図「松江」では、鹿島断層は長さ約18 kmと図示している。2006年9月に中田 高（広島工大）氏らは松江市上本庄町において、トレンチ掘削調査を行い、明瞭な活断層の断面を露出させ、「松江」図幅で示された活断層の実在を地質断面でも証明した。この断層長を巡って裁判が行われていることから、社会的に大きな注目を受けている。

能登半島西岸に位置する志賀原発2号機では、邑知潟断層帯の長さを北陸電力は8 kmと申請し承認されている。一方、長期評価では邑知潟断層帯は長さ44 kmとしており、想定地震の規模をめぐって裁判となり、金沢地方裁判所（一審）では運転停止の裁定が出されたが、現在控訴審で係争中である。このような最中に次のような地震が発生し、志賀原発では想定を越す震動（約700ガル）が観測された。能登半島地震（M6.9）は2007年3月25日9時42分に能登半島西岸（輪島市門前町とその西方）沖の深さ約10 kmで発生した。この地震では石川県輪島市で最大震度6強が観測され、門前町とその周辺域に多くの被害が生じた。この地震を引き起こした海底断層は北東-南西方向に延びる長さ約20 kmの右ずれ成分を伴った逆断層であり、南東へ傾斜するとされる。この断層の存在は片川ほか（2005）で指摘されていたが、第四紀後期の運動は無いとされていた。なお、産業技術総合研究所（2007）では、この存在は判明していたが、図幅は当時印刷中とされ、一般には周知されていなかった。地震後に行われた産業技術総合研究所による海底音波探査では、長さ18 km以上に達する明瞭な海底活断層の存在が確認され、約2万年前以降にも活動している活断層と認定している。

新潟県中越沖地震（M6.8）は2007年7月16日10時13分に中越沖の深さ約10 kmで発生し、新潟県・長野県の一部で最大震度6強が観測されている。本震の発震機構は北西-南東方向に圧力軸をもつ逆断層型であり、北東-南西方向に延びる長さ20-30 kmの逆断層とされている。南東側への傾斜と、北西側へ傾斜する2つの断層面が想定されているが、これら断層の詳細な位置や断層面の傾きについてはなお多くの議論がある。この地震が発生した海岸部では、数10 cm程度の隆起・沈降が観測され、海底（～陸域）の震源断層との関係が解明されつつある。陸域の各所では、斜面災害や液状化現象などの地盤災害が報告され、住宅・工場・交通網などの詳しい被害の実態・対応も判明してきた。

この震源域南側に東京電力柏崎刈羽原発が位置しており、想定外の地震被害を受けた。7号機までの申請時には、海域の活断層はほとんど指摘されておらず、長さ数 kmの正断層が1本存在するのみとしていた。しかし、2号機以降の申請時に使われた音波探査記録の再解析によれば、大

規模な活断層の存在を示す地形・地質的な証拠があり、その中の北東-南西走向で南東傾斜の逆断層が中越沖地震を引き起こしたと、鈴木ほか(2008)は指摘している。

すでに多くのマスコミで報道されているように、上記の両地震が発生した場所は原子力発電所の近くであった。原発が設置されている場所の周辺は詳しい活断層調査が義務付けられており、審査を受けて設置・運転許可がされているはずである。しかしながら、志賀原発、柏崎刈羽原発ともに、想定外の活断層が動き、想定外の大きな地震動がこれら施設で生じた。調査手法そのものや電力会社の判定-解釈・審査体制など、どこに問題があったのか、日本活断層学会を含めた学界としても大いに議論し、改善に向けて提言する必要がある。厳しい診断や審査が必要な原発施設の周辺で、なぜこうした重大な見過ごしがあったのか、緊急の調査や点検が必要であると考え。また、海岸隆起や斜面災害・液状化など地盤災害、海底および陸上の活断層、地震動など多方面にわたる研究課題も山積しており、日本活断層学会が活発な発表・議論・討論の場となることを期待する。

文 献

- 栗田康夫・水野清秀, 1998, 兵庫県南部地震に伴う地震断層ストリップマップ-野島・小倉及び灘川地震断層一, 構造図12, 地質調査所, 及び説明書, 74p.
- 池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志編, 2002, 「第四紀逆断層アトラス」, 東京大学出版会, 254p.
- 今泉俊文・東郷正美, 2007, 1:25, 000都市圏活断層図 庄内平野東縁断層帯とその周辺「庄内北部」「庄内南部」解説書, 国土地理院技術資料D・1-No.496.
- Ishiyama, T., Mueller, K., Togo, M., Okada, A. and Takemura, K., 2004, Geomorphology, kinematic history, and earthquake behavior of the active Kuwana wedge-thrust anticline, central Japan, *J. Geophys. Res.*, 109, B12408, doi:10.1029/2003JB002547.
- 片川秀基・浜田昌明・吉田進・廉澤宏・三橋明・河野芳輝・衣笠善博, 2005, 能登半島西方海域の新第三紀~第四紀地質構造形成, *地学雑誌*, 114, 791-810.
- 活断層研究会編, 1980, 「日本の活断層-分布図と資料」, 東京大学出版会, 363p+付図.
- 活断層研究会編, 1991, 「新編日本の活断層-分布図と資料」, 東京大学出版会, 437p+付図.
- 九州活構造研究会編, 1989, 「九州の活構造」, 東京大学出版会, 553p.
- 松田時彦, 1974, 1891年濃尾地震の地震断層, *東京大学地震研究所研究速報*, 13, 85-126.
- 村松郁栄・松田時彦・岡田篤正, 2002, 「濃尾地震と根尾谷断層帯-内陸最大地震と断層の諸性質」, *古今書院*, 340p.
- 中田高・島崎邦彦, 1997, 活断層研究のための地層抜き取り装置, *地学雑誌*, 106, 59-69.
- 中田高・後藤秀昭, 1998, 活断層はどこまで割れるのか?-横ずれ断層の分岐形態に着目したセグメント区分モデル-, *活断層研究*, 17, 43-53.
- 中田高・岡田篤正編, 1999, 「野島断層【写真と解説】兵庫県南部地震の地震断層」, 東京大学出版会, 208p.
- 中田高・今泉俊文・岡田篤正・千田昇・金田平太郎・佐藤高行・高沢信司, 2002, 1:25, 000都市圏活断層図「松江」, *国土地理院技術資料D・1-No.396*.
- 中田高・今泉俊文編, 2003, 「活断層詳細デジタルマップ」, 東京大学出版会, 59p+付図.
- 岡田篤正, 1992, 中央構造線活断層系の活動区の分割試案, *地質学論集*, 40, 15-30.
- 岡田篤正, 2006, 活断層で発生する大地震の連動・連鎖-中央構造線・濃尾断層系・山陰地域の活断層を事例として-, *月刊地球*, 号外54, 5-24.
- 岡田篤正・東郷正美編, 2000, 「近畿の活断層」, 東京大学出版会, 395p+付図.
- 岡田篤正・池田安隆・中田高, 2006, 1:25, 000都市圏活断層図 阿寺断層とその周辺「萩原」「下呂」「坂下」「白川」解説書, *国土地理院技術資料D・1-No.458*.
- 岡田篤正・中田高・池田安隆, 2007, 1:25, 000都市圏活断層図 境峠-神谷断層帯とその周辺「梓湖」「塩尻」「木曾駒高原」解説書, *国土地理院技術資料D・1-No.495*.
- 産業技術総合研究所 地質調査総合センター, 2007, 能登半島西方海底地質図, *海洋地質図 no.61 (CD)*.
- 佐藤比呂志・平田直, 1998, 活断層の深部構造と日本列島の成立, *科学*, 63, 68-71.
- 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-活断層を見逃さないために何が必要か?, *科学*, 78, 97-102.
- Tsutsumi, H. and Okada, A., 1996, Segmentation and Holocene surface faulting on the Median Tectonic Line, southwest Japan, *J. Geophys. Res.*, 101, 5855-5871.
- 堤浩之・後藤秀昭・谷美由紀, 2004, 有馬-高槻断層帯の先史・歴史地震に伴う横ずれ地表変位, *活断層研究*, 24, 157-166.

(2008年1月28日受付)

(2008年2月11日受理)

キーワード

活断層研究, 現状, 展望

Key words : active fault studies, recent trend, perspective