

おわりに

1 双子地震と防災上の課題

第1章で述べたように、寛文近江・若狭地震は、二つの大きな地震が続発した続発型の双子地震というべきものであった可能性が高い。このような地震は特殊なものなのだろうか。地震学の知見と歴史地震の記録から探してみよう。

「双子地震」とは、同じような原因により、震源域を異にする二つの地震が同時又は若干の時間間隔をおいて発生する地震のことである。そのようなタイプの地震は、実はマグニチュード (M) 約7以上の大地震ではむしろ普通のものである。例えば、1995 (平成7) 年の兵庫県南部地震は一般には一つの地震と捉えられているが、地震波の解析からは三つの断層がそれぞれ数秒の時間差をおいて、次々と動いた3連発型の地震であったことが明らかにされている (図6-1)。

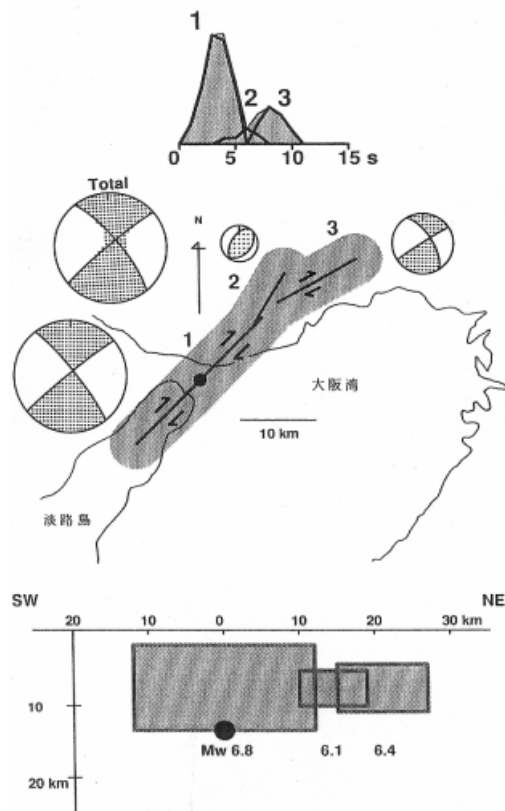


図6-1 地震波の解析から明らかになった兵庫県南部地震の震源断層とその動き (菊地、1995より引用)

注) 1. 上段: 各震源断層の動きの時間分布 中段: 震源断層の位置と運動方向 下段: 震源断層の断面形とモーメントマグニチュード (Mw)
2. 数秒の間隔をおいて地下の断層が次々と割れていったことが示されている。

通常の浅い地震の震源断層の幅は 10～20 km 程度であり（それよりも幅が広い＝地下深くに到達する＝断層は地下深部が熱く、浅部に比べて粘性的という物理的性質をもつために、地震時に破壊的な動きをすることはない）、長さもそれに規定されて内陸（プレート内部）地震における単一の震源断層では数十km未満となることが多い。極端に細長い震源断層は生じにくいのである。このことから、最近の地震学ではマグニチュード 7 以上の地震時には、複数の長さ 20～30 km 未満の断層が次々と割れ動くようにして、結果的に長大な震源断層が活動するように見えると考えられている。大地震で双子地震タイプのものが多い理由は、このように説明できる。

防災上問題となるのは、複数の震源断層が割れ動く時間間隔によって、地震の揺れ方に差が出ることである。すなわち、震源断層の破壊が次々と短時間に生じた場合、先に始まった断層の破壊によって生じる地震波と、次の断層の破壊によって生じる地震波が重ね合わされて単一の震源断層が動いたときよりも大きな揺れを生じることがある。逆に、先の震源断層の破壊による揺れが収まってから次の断層が割れ動く場合には、地震波が重ね合わせられないことがないため極端に大きな揺れとなることはない。しかし、その場合には、最初の地震によって損傷を受けた建物が次の地震によって倒壊に至ったり、最初の地震によって岩盤が亀裂が入った後に次の地震で大崩壊が引き起こされたりするなど、二次的災害が多発する可能性があると考えられる。現実には 2004（平成 16）年の新潟県中越地震では、本震の十数分後に生じた大余震によって家屋が倒壊した例がある。

後者のようなタイプの地震を続発型の双子地震として、歴史上の大地震の事例について考えてみる。16 世紀末期以降に我が国に大きな被害をもたらした続発型の双子地震（数分から数日の間に二つ以上の地震が起こった場合とする）の事例を表 6-1 にまとめる。

発生年月日(西暦)	地震名	マグニチュード	激震域・震源断層	地震の間隔
1586年1月16日・18日	天正地震	7.8程度	越中・飛騨～東濃(御母衣断層・阿寺断層)・北勢(養老断層など)	2日間 (越中では16日、他地域では18日深夜)
1596年9月1日・5日	慶長豊後地震 慶長伏見地震	7.0程度 7.5程度	別府湾周辺 京都盆地～四国東部(有馬高槻断層など)	4日間 (豊後は1日夕刻、京都方面では5日深夜)
1662年6月16日	寛文近江若狭地震	6.5～7.0 7.5程度	若狭(日向断層) 近江西部(花折断層北部)	1～2時間程度 (若狭では巳刻、近江では午刻)
1854年12月23日・24日	安政東海地震 安政南海地震	8.4 8.4	駿河湾～紀伊半島沖 紀伊半島沖～四国沖	31時間 (東海地震は23日午前9時過ぎ、南海地震は24日午後4時頃)
1939年5月1日	男鹿地震	6.8 6.7	男鹿半島近海	2分

表 6-1 我が国における 16 世紀末以降の大規模な続発型の双子地震の例（作成：小松原琢）（宇佐美、2003 に基づいて作成）

この表には代表例のみを示したが、より小規模な地震や群発地震と呼ばれる中小規模の地震が数日～数年間にわたって多発するもの、数日以上の間隔をおいて地震が続発するものまで含める

と、かなりの数の地震が続発型の双子地震に相当するものとしてあげられる。また海外でも、例えば、北米内陸部で史上最大といわれる、1811 年 12 月から翌年 2 月にかけて三度発生したニューマドリッド地震（マグニチュードは各 8 前後）など、続発型の大地震の事例は少なくない。このように見てみると、寛文地震のようなタイプの地震は決して特異なものとはいえない。むしろマグニチュード 7 クラス以上の大地震では、しばしば見られるタイプのものであるといった方がよいだろう。

近畿地方北部をはじめとして中部～西日本の内陸部には長さ数 km～30 km 程度の活断層がわずかな間隔をおいて密集している地帯が少なくない。こうした地域では双子地震が生じる可能性が高いのではないだろうか。このことから、特にこのタイプの地震への注意が喚起されるべきと考えられる。

現在の地震発生予測では、ある程度、続発型の地震に関する震動予測が行われるようになってきた。しかし、複数回の強震動による崩壊や家屋などの倒壊の危険性、地震が続発する場合の時間間隔、どの断層が組み合わさって続発型の地震を引き起こすかなど、いまだ研究途上の課題が多く残されている。地震災害の予測・軽減のために進められるべき課題の一つであろう。

参考文献

宇佐美龍夫：最新版日本被害地震総覧 [416] -2001, 東京大学出版会, p. 605, 2003.
菊地正幸：遠地実体波による震源のメカニズム, 月刊地球号外 13, pp. 47-53, 1995.

2 将来起こり得る京滋地域の地震とそれに対する備え

本節では、特に京都周辺から琵琶湖西岸地域を含む寛文地震の被害地域における地震危険度に関して考察する。第 1 章第 3 節で記したように、花折断層は北部だけが寛文地震時に活動し、京都市街東部を走る断層南部は活動していない。この部分は吉岡ほか（2002）のトレンチ調査によると、約 1,500～2,500 年にわたって活動していないため、北部とは異なって大きな歪みエネルギーを蓄えている可能性が高い。いわば 340 年前の地震の割れ残りの部分なのである。同様に琵琶湖西岸断層帯も最近 2 千数百年にわたって活動していないため、大きな歪みエネルギーを持っている可能性が高い。特に後者は最新の活動以降、既に平均活動間隔（1,900～4,500 年程度；地震調査研究推進本部、2003）に匹敵する時間が経過しており、次の地震がいつ起きてもおかしくないとされている。仮にこれらの断層が活動した場合、京都や大津を中心とする地域で、地震災害が生じることが懸念される。しかし、現在の地震学の水準では、次の地震がいつ起こるか予知することは難しい。このため、いつ地震が生じても被害を最小限にとどめられる努力が求められる。

仮に現在、寛文地震並みの地震が当地を襲った場合には、建築基準の改善により新しい建造物の耐震性は強化されたものの、土地の集約的利用が進んだこと、都市域が地盤の軟弱な郊外にまで拡大したこと、地域外への依存度が高まったことなど、江戸時代に比べて不利な要因が多くあ

ることも否定できない。また、寛文地震では発生しなかった市街地大規模火災の危険性は無視できないだろう。また、優れた歴史景観をもち重要な文化財建造物が活断層直近に数多く建てられている地域でもあり、地震被害が重要な歴史的文化財の損失につながる恐れも指摘される。同時に、戦災を受けなかったために古い建築物が多く残されていることは、耐震性・耐火性に弱い建物が多いこととも直結する。

このような京滋地域の特性を考慮して、文化財や歴史景観の保全と両立した地域防災力の強化が求められているといえる。被害軽減にあたって、ハード面では①上記の断層近傍や軟弱地盤地域など「地震に弱い場所」を適正に利用する都市計画、②古い家屋が密集する旧市街地や文化財に対する耐震・防火対策、③京都盆地中～南部や湖西線沿線などの新興住宅地（多くは旧市街に比べ地盤が軟弱な場所に位置する）を中心とする住宅の耐震性向上、などが求められている。同時に、地域住民や旅行などで当地を来訪する者が地震に対する心構えをもつことや、自主防災・地域学習活動などソフト面の対応も災害軽減に大きく貢献し得る。現在、京都市によりＪＲ京都駅前において災害への心構えを呼びかける文字放送が常時流されているが、旅行者にも注意を喚起し得る有効な災害軽減策の一つと評価できよう。また、優れた歴史景観をもつ当地域においては、地域の歴史や自然に関する学習機会や組織は豊富にあり、それらが結果的に災害軽減に寄与する可能性をもつと期待できる。

大地震のような突発的、広域的かつ甚大な災害時に対しては、「自助・共助・公助」と称されるように、遠方からの救援よりもまず自分たちが防災・救援活動の主役となることが知られている。この点に留意しつつ、地域のもつよい特長を生かして、災害軽減への道筋を作ることが求められているように感じる。

参考文献

地震調査研究推進本部：琵琶湖西岸断層帯の長期評価について（地震調査推進本部ホームページ），2003。
吉岡敏和，穴倉正展，細矢卓志，徳田博明，山口弘志：花折断層南部の過去 2 回の活動時期——京都市修学院地区におけるトレンチ調査結果，活断層研究，21，pp.59-65，2002。

3 巨大崩壊に対する急性期治療と慢性期治療

寛文地震による災害で、特筆すべきものの一つとして町居崩れがあげられる。第2章で述べたように、この崩壊は我が国の歴史上屈指の巨大崩壊であるのみならず、天然ダムの形成と決壊によって安曇川中流域まで長期にわたる二次災害を引き起こしたことから、寛文地震による災害の中でも最も悲惨な様相を呈するものであったといえる。この崩壊の跡地はいまだ完全には植生が回復せず、小規模な崩壊が繰り返されている。このような「山の怪我」に対する人間による治療行為ともいえる治山事業は、崩壊発生から 300 年以上経過した現在でも継続的に行われている。

このような地震による巨大崩壊は、火山体の崩壊も含め 100 年に一～数回程度の頻度で生じて

いる。今後とも大地震に伴ってかなりの確率で生じ得る、しかも人力によって制御できない現象といえよう。

巨大崩壊自体を防ぐことは不可能でも、それによる二次災害を軽減する手段は確かに蓄積されている。例として御嶽山における治山事業と土砂の流出の関係をあげる。伝上崩れは崩壊土量 3400 万 m^3 という町居崩れに匹敵する巨大崩壊であった（長岡、1985）。この崩壊による不安定土砂の流出と崩壊の拡大を阻止することを目的として、河川上流部で植林が、下流部では砂防堰堤建設などが行われたほか、継続的に土砂移動量の観測と施設状況の監視がなされている（日本工営株式会社編、2004）。その結果、崩壊地の下流に位置する牧尾ダムのダム湖（大滝湖）への土砂流入量は図 6-2 に示すように減少傾向にあり、治山事業が土砂流出の抑制に一定の役割を果たしていることを読み取ることができる。しかし、同時に砂防堰堤などの施設老朽化という問題にも直面しており、なお継続的なモニタリングが必要とされている（日本工営株式会社編、2004）。

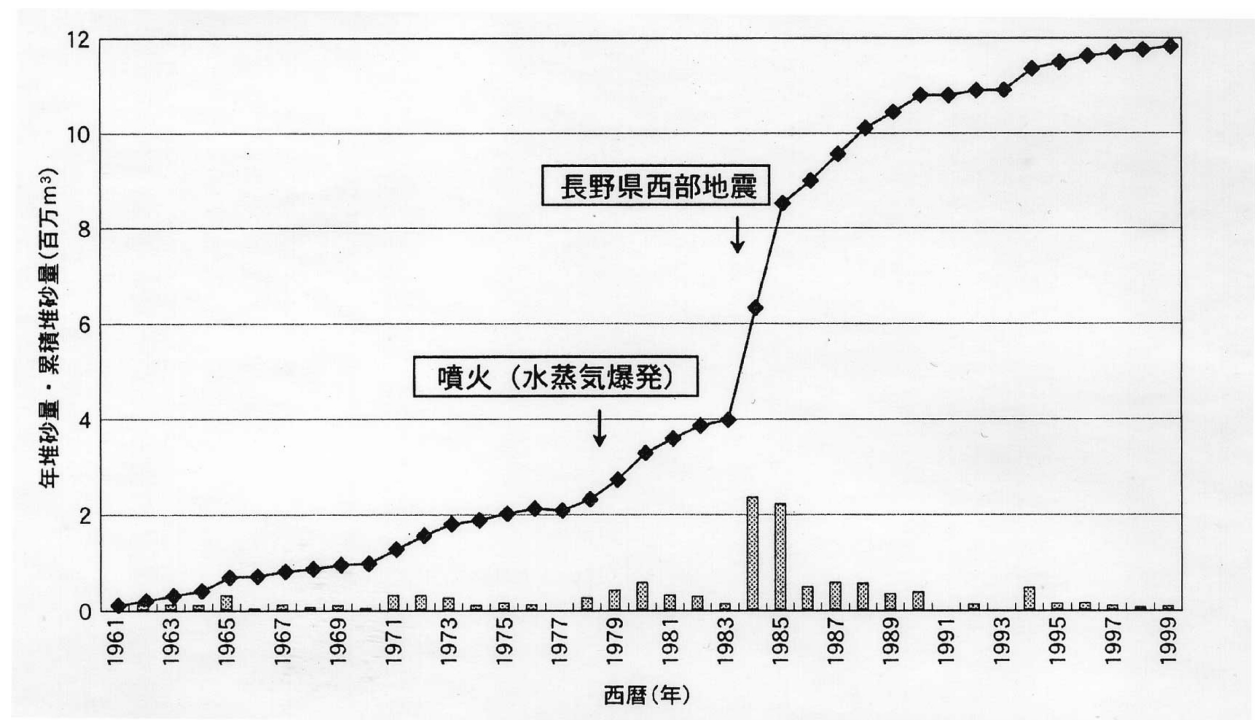


図 6-2 御嶽山伝上崩れの下流・大滝湖の堆砂量の変化（建設省多治見工事事務所、2000 より引用）

注）1984（昭和 59）年の長野県西部地震とその翌年には伝上崩れによって生じた不安定土砂が多量に大滝湖へ流入した。
その後の植生回復や築堤などによって、土砂の流入が次第に抑制されてきている。

このように、巨大崩壊に対する治山事業は、崩壊堆積物の除去や天然ダムの水抜き・取り壊しなどの急性期の治療と、その後の植林をはじめとする各種事業など、慢性期の治療の二段階を要する息の長い治療にたとえられる。町居崩れで現在行われている治山事業は、この慢性期の治療に位置付けられる。この崩壊地に今も多量の不安定土砂が残り、植生の回復も不十分な状況を考

えると、今後とも人為による自然への介入は必要であろう。無駄な事業への批判は当然としても、治山・治水といった防災面のみならず植生回復といった自然環境保全のうえでも効果のある治山事業に対する理解を求めたい。

参考文献

建設省多治見工事事務所：平成 11 年度御嶽山土砂移動特性調査報告書，2000.

長岡正利：1984 年御嶽くずれの地形特性と発生条件，地形，8，pp.95-112，1985.

日本工営株式会社編集：資料集御岳崩れ，国土交通省中部地方整備局多治見砂防国道工事事務所発行，p. 263，2004.

4 寛文近江・若狭地震の教訓

(1) 地震の実態について

本専門調査会は、新たな学術上の知見を提示することを目的とするものではないが、本報告書においては、寛文近江・若狭地震の実態を明らかにすべく、地質学者・地震学者と歴史学者が共同して検討を行った結果、この地震の実態について新たに得られた知見がいくつかある。

一つは、寛文近江・若狭地震が一つの地震ではなく、二つの地震が相次いで発生した「双子地震」であったという新たな地震像の可能性を提示したことである。この見解は、第 1 章第 2 節 2 に記したように、寛文近江・若狭地震について記述している当時の多くの史料（図 1-9）から、発生時間や地震の様相に関する記録を抽出し、それらを整理して地域ごとの傾向を把握・分析するとともに、その結果を地域別の両地震の震度差の推計データと突き合わせることで、一つの可能性として浮かび上がってきたものである。寛文近江・若狭地震において、長時間にわたり強い揺れが継続したという記述は、いくつかの史料で見出される。今回の検討結果は、二つの地震がやや時間をあけて続発したことが、長時間にわたる強い揺れをもたらした原因であった可能性を提示している。

地震の続発については、本章第 1 節で記したように、ほかにもいくつか事例があることが明らかになっており、研究途上の課題も多い。本報告書における新たな地震像の可能性の提示が、今後の研究の推進に資すれば幸いである。また、余震も含め大地震が発生した場合の大きな揺れの継続は、地震対策の検討に際して当然前提にすべきことであるが、地震の続発の可能性も考慮に入れ、相当長期にわたり強い揺れが継続する可能性に留意する必要がある。

本報告書における検討が明らかにしたもう一つの点は、最近の研究で、寛文近江・若狭地震は、若狭国と近江国西部の断層の活動によるものであり、琵琶湖西岸の活断層帯は動いていなかったことを示す証拠が見られるが（第 1 章第 2 節 1 参照）、当時の史料の分析によって、これらの研究結果を支持する結論を得たことである。これは、寛文近江・若狭地震を挟む二つの検地帳や当時

の年貢割付状（年貢の取立高を指示する領主から農民への公文書）の詳細な分析を通じて、断層帯南部の堅田断層の東側（本堅田村）で、寛文地震時における沈水が認められないことから明らかになったものである。そして従来、地震による土地の喪失によってもたらされたと考えられた生産高の減少が、連年の琵琶湖沿岸水損（水浸しによる田畑の収穫不能状態）などほかの要因による可能性が高いことを示すものである（第3章第2節参照）。これまで、琵琶湖西岸の広範な地域での大規模な水没を表すと考えられてきた史料上の記述は、琵琶湖周辺地域でその痕跡が多く見出される（第3章第4節参照）、軟弱地盤の液状化を表現したものであることが考えられる。

そこで、琵琶湖西岸断層が寛文地震時に動いていないとすれば、これまでの研究からこの時期に活動していないことが明らかになっている花折断層南部とともに、中世～現在に至るまで、大きな活動がなく歪みエネルギーが蓄積されている可能性が高い。これらの断層の活動周期などについては明らかにされていない点が多いが、これらのことからすると、今後の活動に注意を要すると考えられる。また、琵琶湖西岸地域においては、軟弱な地盤のために被害が大きくなったと考えられることから（第3章第3節参照）、今後の地震対策の検討に際しては、この問題も十分考慮すべきである。

(2) 土砂災害について

地震に伴い、安曇川上流域の葛川谷では、我が国の歴史上屈指の大規模な土砂崩れである「町居崩れ」により、村落が壊滅するほどの甚大な被害を受けた（第2章参照）。地震に伴う土砂崩れと天然ダム（河道閉塞）の形成は、平成16年（2004）10月23日に発生した新潟県中越地震でも発生したものであり、特に山地における地震に際して注意を要することはいうまでもないが、「町居崩れ」については、変状地形が発達している場所であるために大きな崩壊が生じた可能性があり、このことは、今後の山地における地震防災上留意すべきことと考えられる（第2章第3節参照）。

現在、葛川谷周辺地域では、寛文地震時の「町居崩れ」による大被害の発生については、ある程度認識されているものの、関心は薄れていると思われる。洪水や台風による山崩れは頻繁に発生しており、比較的よく認識されていると考えられるが、地震に伴う土砂崩れによる被害発生の可能性についても、行政や住民は十分な認識をもっておくべきである。

(3) 当時の人々の対応について

この地震に対し、若狭国（福井県南西部）の小浜藩は、破壊された小浜城の修復等に努めるとともに、領内の被害の状況を見分し、年貢の減免などの措置を講じている。また幕府は、被害に関する情報収集に努めており、大きな被害を受けた琵琶湖西岸の大溝藩については、幕府が命じていた御所の建設工事を免除するなどの対策をとっている。

若狭国の三方五湖周辺では、地震に伴う土地の隆起が引き起こした河口の閉塞によって、三方湖の水位が上昇して周辺の田地が冠水した。当時の小浜藩主の命で、郡奉行の指揮により、浦見坂を開削して三方湖の排水路を作る難事業が完成した。干上がった湖岸には新田が開発された。

この事業によって、相当の石高の増加がもたらされたと考えられる（第4章参照）。

これらのことから、震災からの復旧・復興について、当時の藩が、一定の指導的役割を果たしたことが理解される。復興のための共同事業に対する人々の弛まぬ努力が、大きな見返りをもたらしたことは、現代でも参考になると思われる。

なお、当時の史料には、人々がこの震災を一過性の出来事と捉えていたことを示すものも見られる。中でも京都では、この地震が直接の要因となって、次の地震に備えるための制度改変や政策変更を行ったことをうかがわせる証拠は見出せていない（第5章第6節参照）。当時の技術水準や大地震の周期の長さなどからすれば、やむを得ないことと考えられるが、現代においては、政府や地方公共団体のみならず、企業、団体、地域社会や住民が一体となって、来るべき地震に備えて積極的な対応を図るべきことはいうまでもない。