

中国地方の活断層と地震による地盤災害

Active Faults and Ground Disasters due to Earthquakes in Chugoku District

藤 村 尚 (ふじむら ひさし)

鳥取大学 名誉教授

奥 村 晃 史 (おくむら こうじ)

広島大学大学院教授 文学研究科

1. 活断層について

活断層とは最近数万年～数十万年の間に繰り返し大地震を発生させた断層で、表層の地形・地質に断層変位の痕跡を残して、将来にも活動すると予測される。プレート内部の地下深くで発生する地震のうち、地表まで断層が達する大地震はおおむね M6.5 以上、最大 M8.0 程度の規模をもち、1995 年兵庫県南部地震のような激甚な地震災害を引き起こす可能性がある。地表に残された断層運動の痕跡はこのようリスクの存在を認識し、地震発生と地震動の予測を可能としている。中国地方は日本列島の中では比較的活断層や地震の少ない地域である。しかし、1943 年鳥取地震や 2000 年鳥取県西部地震の被害や活断層を震源とする地震の可能性を考えると、地震への備えは不可欠といえる。ここでは、中国地方の都市に近接する活断層と沿岸海域の活断層を中心に最新の調査研究成果を交えて概観する。以下に述べる活断層調査と地震動評価は地震調査研究推進本部 (<http://www.jishin.go.jp/main/index.html>) および防災科学技術研究所、地震ハザードステーション J-SHIS (<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>) から詳細なデータが公表されている。煩雑を避けるため、個々の引用をここには示さないが、個別に出典を示した引用以外は上記のウェブサイトを参照されたい。

2. 主要都市に近接する活断層

中国地方とその周辺の活断層と過去の震央の分布を図 1 に示した。同図の作成に当たっては、文献 2)～4) 7), 9), 10) と気象庁資料から M6.0 以上の震央を抽出し、地形については国土地理院作成の 50 m メッシュ標高データを用いた。岡山市を除く県庁所在地と主要都市のいくつかが活断層の近傍に位置している。都市近傍で活断層を震源とする地震が引き起こす地震災害の典型的な例が 1943 年鳥取地震である。地震の規模は M7.2 で最大震度 6 (当時の最大値) が記録され、死者 1 083 名に達した。この地震の震源断層の一部は鳥取市街西方に鹿野断層 (延長約 7.3 km)、吉岡断層 (延長約 5.2 km) として現れた。これの小規模な活断層に加えて、鳥取市街東方の地下にも震源断層が分布したとみられる¹⁾。

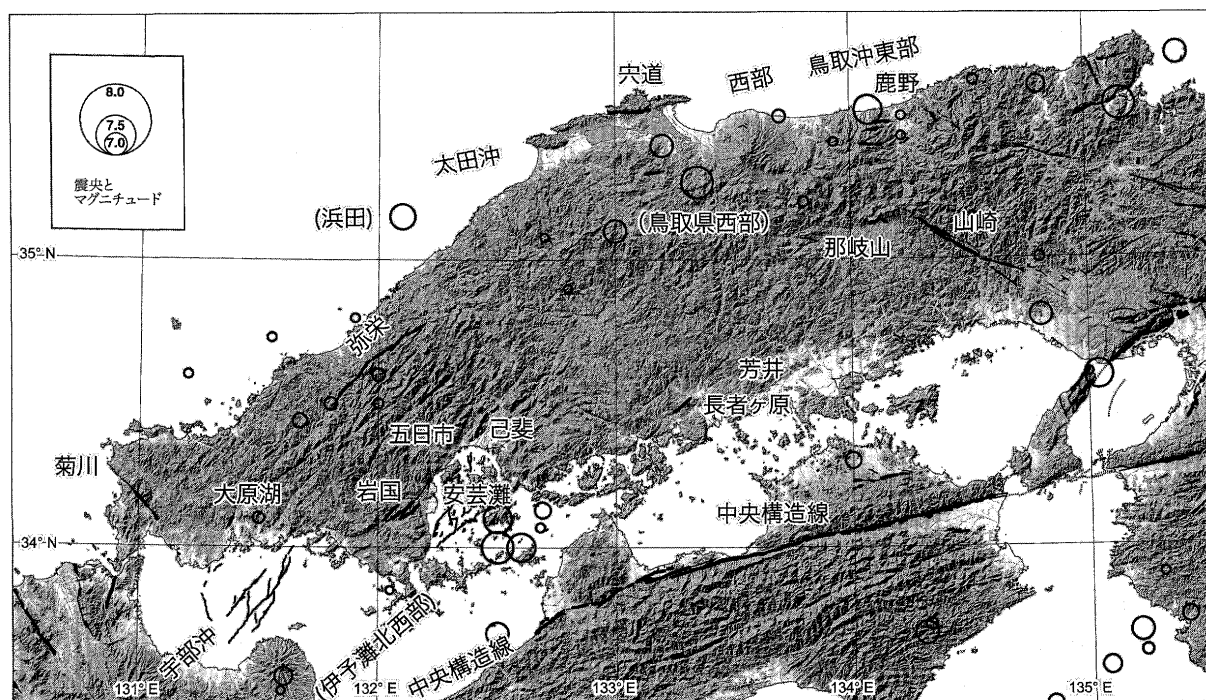
広島市西部に分布する五日市断層帯は広島市・廿日市市直下に存在し、広島大都市圏の地震災害を検討する上

で重要な活断層である。予測される地震の規模は M7.0 程度で、最大震度は 6 強とみられる。これまでの調査から中世にも活動したことが知られているが、繰返し間隔はわかっていない。河川の後背湿地や海岸の埋土地で表層地盤の軟弱な場所では局地的にこれより大きな地震動が発生する可能性が高く、液状化も広汎に発生すると予想される。五日市断層からの地震発生確率は大きくはないが、断層帯の一部だけが破壊した場合でも、人口が密集する市街地に強い地震動をもたらす危険は大きい。

松江市に近接して、宍道断層^{2), 3)}が島根半島を東西に横切っている。宍道断層を震源とする地震は、松江市を中心とする地域に大きな地震災害をもたらす可能性をもつが、断層に近接して立地する中国電力島根原子力発電所にとっても耐震安全性を考慮する上で重要な活断層である。宍道断層は断層長が短いため政府による地震動評価の対象とはなっていないが、島根原子力発電所の耐震安全性の検討では延長 22 km、予測される地震の規模は M7.1 とされている⁴⁾。活断層の長さは地震規模を予測するための基本的な指標の一つであるが、地形・地質調査とそれに基づいて、宍道断層では 8 km から 30 km まで大きな幅をもつ複数の認定が行われてきた。活断層認定の主要な根拠となる表層の地震痕跡は浸食、堆積、人工改変によって不鮮明となり消滅していく。このため不安定な地表の環境から震源断層を特定することは困難な場合が多く、慎重な調査と活動性の判定が必要となる。

山口県南部には、岩国市から徳山市にいたる岩国断層帯、山口市付近の大原湖断層帯、下関市北方の菊川断層帯が分布する。岩国断層帯と菊川断層帯からは最大 M7.6 程度の地震が予測され、局地的に震度 6 強に達する強い揺れが想定されている。断層に近接した海岸低地や内陸の軟弱地盤が分布する地域では特に強い地震動の発生する危険が高い。大原湖断層帯は山口市から宇部市東部にかけて分布することが指摘されているが、活動の痕跡は不明瞭である。しかし山口盆地の地下に活断層が伏在する可能性は否定できず、山口市直下で M7 クラスの地震が発生する可能性も否定できない⁵⁾。

福山市北西部には延長 8 km の長者ヶ原断層が存在する^{2), 3)}。その北東延長上の神辺平野で条里制の地割を斜めに横断する小崖が見いだされ、弥生時代以降に地震を発生させた活断層であることが明らかとなった。断層変位地形から長者ヶ原断層はさらに北東方に連続して総延長 28 km 程度となり、M7.0 以上の地震発生が予測され

図-1 中国地方の地震と活断層^{2)~4),7),9),10)}

る⁶⁾。

3. 海底活断層と地震

海底の活断層は連続的に堆積する地層の中に良好に保存されることが多く、一旦存在が知られれば詳細な活動史の解明が可能である。しかし、広大な海域を高い精度で網羅的に調査することは難しく、未知の海底活断層や、データ不足のため評価に至っていない海底活断層が存在する。

瀬戸内海では宇部沖断層群からは最大 M7.6、安芸灘断層群からは最大 M7.4程度の地震が予測され、今後50年間の地震発生確率は日本の活断層の中では比較的高いものとされる。海陸境界部での断層の連続性の検討は不十分で、海陸を総合した地震危険度評価が必要である。上関原子力発電所の耐震設計のための調査で発見された伊予灘北西部の断層は70 km以上にわたって連続し、瀬戸内海で最も長大な断層帯を構成する⁷⁾。その断層は上関原子力発電所の耐震設計にとって最も重要な活断層とみなされている。2010年末時点、原子力安全・保安院の意見聴取とそれに基づく再調査が行われている。

日本海海底には若狭湾北方から島根県沖に延びる日本海南部断層帯の存在が知られている⁸⁾。中新世前期の日本海拡大期に形成された正断層が鮮新世以降の圧縮応力場で逆断層成分をもつ右横ずれ断層として再活動したもので、前述の宍道断層、1872年浜田地震の震源断層もこれに含まれる。また、島根原子力発電所の耐震設計に関わる調査においても、日本海南部断層帯の一部が鳥取沖東部断層、鳥取県西部沖断層として検討された。また、島根半島西方には大田沖断層が認定されている⁴⁾。日本海南部断層帯とそれに関連する海底・陸上の活断層については、学術的な調査や地震危険度の評価はほとんど行われていない。海岸近くに長大な活断層が存在し、

1872年浜田地震 (M7.1) では大きな被害も出ていることから、広域的な地震災害軽減の見地から今後調査研究が進展することが期待される。

4. 鳥取西部地震と被害¹¹⁾

平成12年10月6日に鳥取県西部地震 (M7.3) が発生した。特に、山陰地方は1990年以降、地震が多発している。鳥取県は20世紀に東部 (1944) と西部 (2000) に M7 以上の被害地震が発生した日本では唯一の県である。二つの地震災害は昭和、平成の時代を隔て、その被害の様子は大いに異なっている。

ここでは、鳥取県西部地震による被害の特徴について述べる。また、地震前に作成したハザードマップの有効性を例示する。

4.1 平成の地震の活動期

平成7年の兵庫県南部地震以降、山口、鳥取、広島、新潟県中越地震 (平成16年)、福岡県西方沖の地震 (平成17年)、大分県中部の地震 (平成18年)、能登半島地震 (平成19年)、新潟県中越沖の地震 (平成19年)、平成20年の岩手・宮城内陸地震の九つの地震が発生して、そのうち中国地方では平成9年の山口県北部の地震 (M7.7)、鳥取県西部地震、平成13年の芸予地震 (M6.4) の三つの地震によって大きな被害が出た。

4.2 2000年鳥取県西部地震と被害

2000年鳥取県西部地震は山間部に発生した地震でありながら、鳥取県西部を中心に大きな被害をもたらした。しかし、幸いにも亡くなった人がいない、火災の発生がゼロ件、全壊家屋が少ないなど、兵庫県南部地震による阪神・淡路大震災とは規模が同じでありながら大きな違いを示している。震度分布の特徴は、山間部の日野町と沿岸部の境港が震度6強を記録していること、震度の大きな地域が岡山県から四国まで、南側に広がっている

報 告

こと、鳥取、松江、出雲など震源までの距離が近いところで、震度が小さいことなどである。

被害は震度6の地域に集中しており、被害の種類として、家屋の倒壊、山間部での斜面崩壊、落石など地震動による被害と沿岸部での液状化現象による地盤災害があった。山間部のトンネル、ダム、送電線鉄塔基礎や建物被害は軽微であったが、道路や鉄道は大きな被害を受け、不通箇所が多く出た。境港市、米子市では都市型の被害として港湾岸壁の変状、マンホールの抜け上がり・沈下、電信柱の沈下、建物の半壊・傾斜、ライフラインの被害が随所に見られた。

4.3 鳥取地震（1943）と鳥取県西部地震（2000）

表一1は鳥取地震と鳥取県西部地震の概要を示している。鳥取県西部地震はいろいろな意味で被害の少ない地震であった。このことは、地震が発生した午後1時30分という昼食後の時間、震源が山間部で強震地域が人家の少ない場所であったこと、良好な地盤や堅牢な建物に起因した。一方、昭和18年の鳥取地震の被害は大きかった。発生時刻が午後5時35分の夕食前であったこと、建物が耐震構造でなかったこと、震源断層が鳥取市の直下を通り、激震域が鳥取市であったこと、鳥取低平地が軟弱地盤で至るところで噴砂現象が観察され、被害が大きくなった。このように、鳥取県の西と東で時間を隔てて起きた大地震による被害の様子は大きく異なっている。

5. 地震災害

5.1 建物被害

1995年兵庫県南沖地震等の都市に被害を与えた地震では、都市域に形成されていた大規模な宅地盛土の地すべり現象が生じた。図一2は、米子市内における大規模

宅地や盛土上の建物被害状況を示す¹²⁾。同図の中央に広がる半円状の陰影部分は盛土区域を示している。盛土造成地内および地山と盛土境界部にある矩形状に示す建物に被害が多く見られる。

5.2 斜面災害

今回の地震による斜面崩壊の形態について、以下のよう

- ①著しく風化した表層土が崩壊する斜面崩壊
- ②節理面に沿って岩塊が滑り落ちる岩盤崩壊
- ③斜面崩壊と岩盤崩壊が一緒に発生した斜面・岩盤崩壊
- ④落石
- ⑤吹き付けコンクリートの破損
- ⑥法面崩壊

すべり層厚2～3m以下の表層すべりが多く、柱状や板状節理の発達した岩盤分布域では岩盤すべりや落石が多数発生していた。山腹には多くの亀裂を生じているのが確認されている。

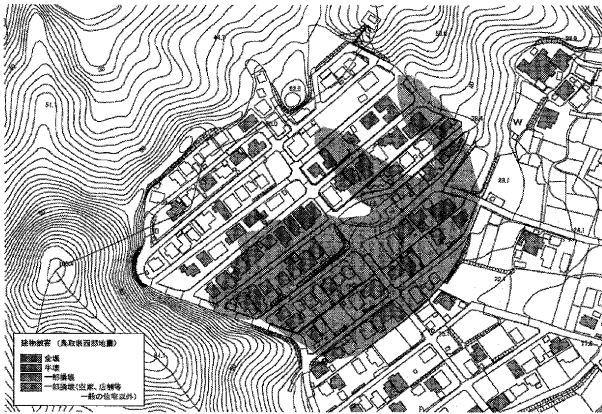
5.3 液状化被害

鳥取県西部地震による液状化の被害は、震源から約35km以内に位置する米子市、日吉津村、境港市、八束町、松江市、安来市の中海臨海地に集中している。

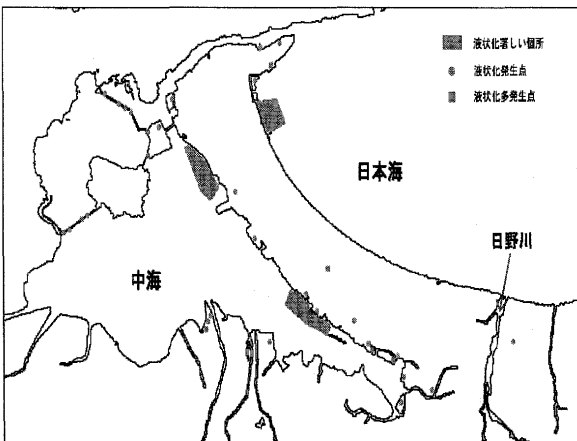
口絵写真一1は、竹内団地と中海を結ぶ、東西方向の地盤断面図を示している¹³⁾。若齢の埋立地盤である最上部粘性土層Umcや上部砂質土層Usに液状化が集中

表一1 鳥取地震（1943）と鳥取県西部地震（2000）の概要

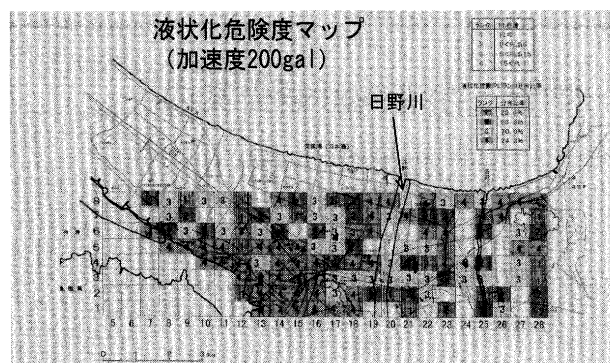
	鳥取地震	鳥取県西部地震
発生年月日	昭和18年9月10日	平成12年10月6日
時分	午後5時35分	午後1時30分
マグニチュード	7.2	7.3
震源断層	右横ずれ断層	左横ずれ断層
地下断層	長さ32km、幅13km	長さ20km、幅10km
断層の平均変位	2.5m	1.4m
震度	震度6：鳥取市、気高郡、岩美郡 震度5：八頭群、岡山県	震度6：日野郡、西伯郡、境港市、米子市、岡山・鳥取県の一部
被害状況	死者 1,214人 家屋全壊 13,295戸 液状化被害多い 鉄道・道路被害（鳥取市、気高郡）	死者 0人 家屋全壊 394戸 液状化被害膨大（埋立地、港湾） 鉄道・道路被害（日野郡、西伯郡）
地震活動	3月に鳥取沖地震（M6.1）が2つ発生。小被害。主な余震は12月までに終わる。	11年前からM5クラスの群発地震が続発。余震は通常通り減衰。
断層	鹿野断層、吉岡断層	特定されていない



図一2 建物被害（米子市内）¹²⁾



図一3 液状化地点（弓ヶ浜半島、中海地区）



図—4 液状化危険度マップ (米子市, 1997)



図—5 鳥取県西部地震による液状化発生地点 (米子市, 2000)

した。砂州を構成する更新世の下部砂質土 L_s は N 値が 20 以上で、液状化抵抗が大きく、人工的に改変された箇所以外には変状がみられなかった。

図—3 は、地表踏査で得られた噴砂、地割れや液状化の発生地点の分布を示している。液状化の分布域は日野川の右岸から、中海堤防まで広く分布している。

6. 液状化マップの作成

鳥取地盤研究会のもとで作成された'96鳥取地盤図や地盤データの活利用を目的にして、1997年に鳥取県の東部、中部、西部における地震災害時の地盤変状をマイクロゾーニングと簡易な地理情報システム (GIS) を用いて、地震時の液状化予測へのアプローチを試みた。液状化危険度はボーリング毎に液状化指数 PL で検討し、ゾーニングしたブロック内での最も危険なランクをプロ

ックの代表評価とした。この評価は、図—4 に示すように地形図とオーバーラップさせ、視覚で容易に判別できるようにした。米子市を中心とする地域で想定加速度が 200 gal での液状化危険度分布を示している。埋立地、溺谷を埋め立てた低地において危険度が高い。

図—5 は、今回の鳥取県西部地震により米子市街地において、踏査によって判定した液状化の地域を示したもので、図—4 の液状化危険度が極めて高いランクの分布とよく一致していることがわかる。

参 考 文 献

- 1) 中田 高・隈元 崇・熊原康博・山中佳子：「形態単位モデル」による一括活動型活断層の設定と起震断層の再検討，活断層研究，24，pp. 39～48，2004。
- 2) 活断層研究会：日本の活断層—分布図と資料—，東京大学出版会，p. 363，1980。
- 3) 活断層研究会：新編日本の活断層—分布図と資料—，東京大学出版会，p. 437，1991。
- 4) 中国電力㈱：島根原子力発電所耐震安全性評価結果の中間報告について，2008。
(<http://www.energia.co.jp/atom/chuetu-17.pdf>)
- 5) 水野清秀・小松原琢・下川浩一・金折裕司・森野道夫・三輪敦志・信岡 大：山口盆地地下の伏在断層調査，活断層・古地震研究報告，4，pp. 209～219，2003。
- 6) 熊原康博・中田 高・近藤久雄・安藤聖子：福山市北方に分布する長者ヶ原断層・芳井断層の断層変位地形と最新活動時期の検討，活断層研究，24，pp. 175～184，2004。
- 7) 中国電力㈱：上関原子力発電所 1 号機の原子炉設置許可申請について (概要)，2009。
(<http://www.energia.co.jp/atom/press09/p091218-1e.pdf>)
- 8) Itoh, Y., H. Tsutsumi, H. Yamamoto and H. Aratod: Active right-lateral strike-slip fault zone along the southern margin of the Japan Sea. Tectonophysics, 351, pp. 301～314, 2002。
- 9) 中田 高・今泉俊文編：活断層詳細デジタルマップ。東京大学出版会，DVD-ROM 2 枚・付図 1 葉，p. 60，2002。
- 10) 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。
- 11) 藤村 尚：鳥取県西部地震とその災害，創地盤工学会中国支部，地盤工学会中国支部 50 周年記念誌，pp. 143～153，2009。
- 12) 米子市・鳥取県：資料，2009。
- 13) 96鳥取地盤図：地盤工学会中国支部，1996。

(原稿受理 2010.12.20)