

□活断層による内陸直下地震と地震災害リスク

東北大学災害科学国際研究所 遠田 晋次

1. はじめに

大正12年（1923年）9月1日の関東大地震（関東大震災）に象徴されるように、地震による大火災は建物倒壊以上に被害を拡大させます。平成7年（1995年）兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）でも神戸市長田区を中心に7,843棟が火災に巻き込まれました。多数の黒煙をとらえた空撮映像が今も忘れられません。

その後は東北地方太平洋沖地震（以下、3.11）の津波火災はともかく、地震による大規模延焼火災は幸いにして発生していません。インフラの強靱化や各種対策に加え、熊本地震のように発生時間帯が幸いしたのかもしれませんが、人々の脳裏から地震火災の恐ろしさが消えていることが懸念されます。

しかし今後はそうはいかないでしょう。日本列島は本格的な地震活動期に入っているという認識が必要です。東日本は、3.11後に地面に加わる力のバランスが変わり、余震や誘発地震が継続中です。一方で、西日本は次の南海トラフ巨大地震へ向かって地盤が圧縮され続けていて、内陸地震が起きやすくなっています。特に、去年は4月の熊本地震、10月の鳥取県中部地震、11月の福島県沖地震、12月の茨城県北部地震というように、内陸直下地震の多い年でした。

以下本稿では、活断層研究者として熊本の現場で見てきたことを簡単に紹介し、内陸地震の発生のしくみとその特長を紹介します。

2. 熊本地震：元凶である断層が現れた内陸大地震

平成28年4月16日午前1時25分、熊本市東部の



図1 熊本地震で出現した地表地震断層
(a. 益城町堂園、b. 南阿蘇村立野、c. 御船町小坂)

直下12 kmを震源とするマグニチュード (M) 7.3の熊本地震が発生し、益城町・西原村を震度7の激震が襲いました。熊本市や南阿蘇村でも震度6強を観測し、建物倒壊などが広域で発生し、50名もの犠牲者を出す惨事となりました（関連死も含めると152名）。

この熊本地震は、22年前の1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）以来の本格的な活断層型の被害地震となりました。

兵庫県南部地震では淡路島北部に地震を引き起こした野島断層が出現しましたが、熊本地震でも、御船町・益城町・西原村・南阿蘇村にかけて、全長約30kmにわたって地表に断層が出現しました（図1）。写真のように、断層を境に、畑の畦や畝が明瞭に食い違い、地面が最大約2 mも水平にず

れました。まさに、熊本地震を引き起こした犯人（断層）が姿を現したのです。この断層は、以前から知られていた布田川断層と日奈久断層でした（図2）。

このように地表に現れたズレを地震断層といいます。地下数 km～十数 kmの深さで地震波を放出した断層が地表に顔を出したものです（図3）。日本列島の場合、地震断層は約M7以上の内陸地震で出現します。断層の長さやズレの量は、地震のマグニチュード (M) に比例して大きくなります。M6.5地震で断層の長さ約10 km、M7.0で約20 km、M7.5で約40 km、M8.0で約80 kmといった具合です。また、ズレは目安として、M6.5で0.8 m、M7.0で1.6 m、M7.5で3.2 m、M8.0で6.3mです。日本最大の内陸地震である1891年濃尾地震（死者

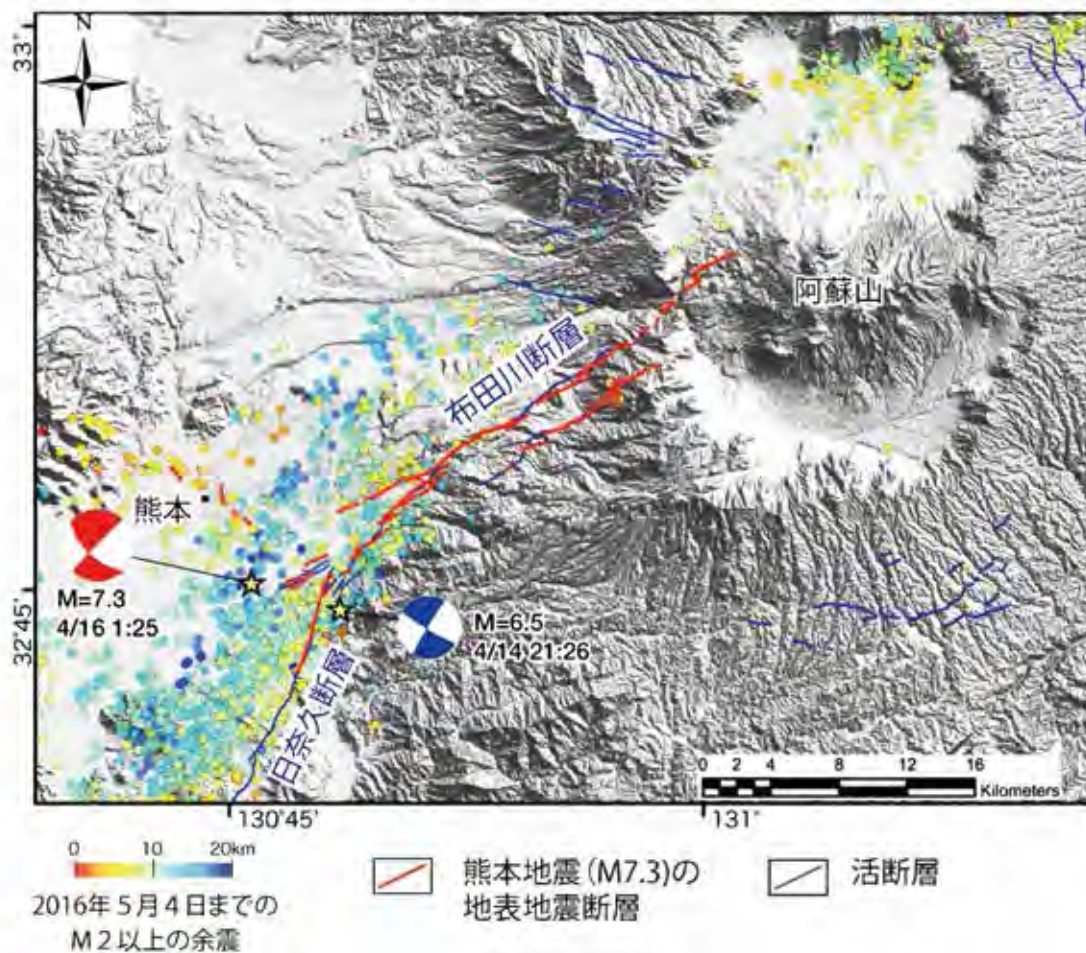


図2 熊本地震の地震断層の分布

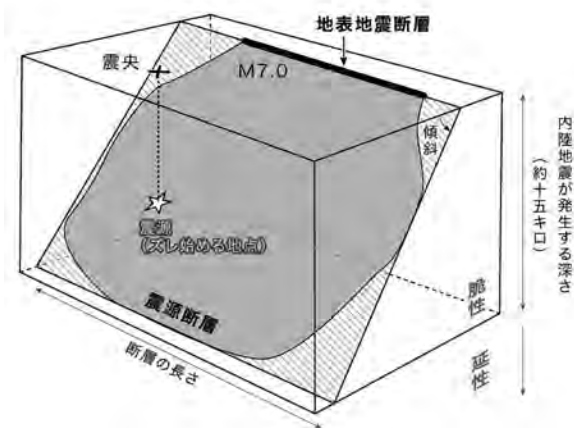


図3 震源と地下の震源断層、地表地震断層との関係

約7273人、M8.0) では、比高6 mもの崖 (ズレ) が当時の写真に収められています。

3. 内陸大地震の特長

兵庫県南部地震や熊本地震は、いわゆる「直下型地震」です。「直下型地震」「直下地震」はマスコミ用語で、本当は内陸地殻内地震、短縮して内陸地震と呼びます。一方で、3.11や南海トラフ巨大地震は「海溝型地震」といいます。震源の場所や深さ、発生メカニズムや規模、被害の様相などが内陸地震と海溝型地震とは異なります。

海溝型地震は、プレートとプレートの境界で発生します。地球の表面は、プレートといわれる厚さ10-50km程度の岩盤 (地殻) が十数枚ジグソーパズルの様に組み合わさっています。これらのプレートがマントル (ドロドロの物質) の対流で水平に動くことによって、プレートの境界に歪が蓄積します。地球の半径が6300kmですから、地球を卵に例えるとプレートは卵の殻のようなものです。

一方でプレートはガチガチに硬いもの (剛体) ではなく、内部にも歪が蓄積され、多数の断裂をともなって変形し山脈ができます。極端な例はヒマラヤ山脈です。日本列島の起伏に富む地形もプレートが変形してできたものです。この変形を

担っているのが活断層なのです。

また、日本列島は火山列島でもあり、温泉に象徴されるように地面を掘削すると深さとともに温度が高くなります。陸域では深さ15kmくらいになると400~500℃になり岩石が溶け始めます。そうすると岩石が水飴のように変形して、歪をためることができなくなります。そのため、日本列島内陸では地震の発生する深さは15 km よりも浅いのです。兵庫県南部地震の震源の深さが14km、熊本地震が12kmです。これが内陸地震といわれるゆえんです。

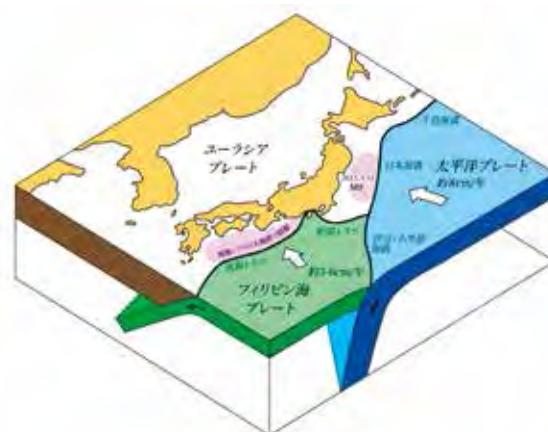


図4 日本列島を取り巻くプレート (地震調査研究推進本部の資料に加筆)

このように、内陸地震は震源が浅いため、被害が局地的かつ甚大になります。図5には巨大海溝型地震の典型である3.11と2つの内陸地震の震度分布を同じスケールで比較してみました。震度6以上の揺れの範囲は比較にもなりません、震度7の面積を比較すると、ほぼ同程度かむしろ内陸地震の方が広いことがわかります。ちなみに、エネルギー比だと、3.11は兵庫県南部地震や熊本地震の約1000倍もあります。

内陸地震の揺れの強さは、活断層からの距離とともに、表層地質にも影響されます。地盤が強固か軟弱かということです。通常は、揺れ (地震波) は断層からの距離の2乗に反比例して弱まりますが、地表付近に軟弱な堆積物が存在すると弱

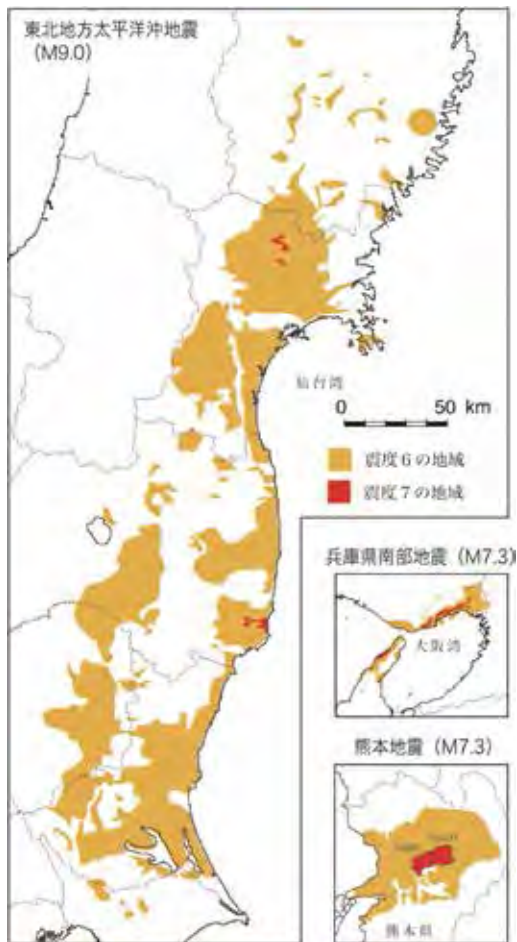


図5 海溝型巨大地震と内陸地震の強震動域の比較（気象庁発表の震度分布を編集）。海溝型巨大地震と内陸地震の強震動域の比較。熊本地震は震度7の広がり未だわかっていないので、震度7を計測した益城町と西原村を塗りつぶしている。

まった波が増幅して再び強まります。熊本地震で益城町の被害が大きかったのは、布田川断層に近かったことに加えて、阿蘇山から流れてきた火山灰や軽石など柔らかい火山性堆積物が揺れを強めたのです。震度7の揺れは、活断層に近くて地盤が軟弱という場合に起こります。

内陸地震の震源の近さは、直前に身構えられるかどうかにも影響します。緊急地震速報は、P波とS波という速度の異なる2種類の波と、全国約100カ所に設置された地震計網を利用して、強い揺れが襲ってくる前に携帯電話、テレビ、ラジオなどで警報を発するものです。東日本大震災とその余震では頻繁に緊急地震速報が流されました。速報後すぐに身構えることで難を逃れた地震もあり、緊急地震速報の有用性が証明されました。3.11では、速報から主要振動の到達まで仙台で15秒、東京では1分も身構える時間がありました（図6）。震央と仙台は約150km、東京は約300kmも離れているためです。しかし、内陸地震の場合、震度6以上の地域は震源域の真上にあり、速報よりも揺れの方が先にやってきます。図6を見て頂くとわかるように、熊本地震の震度7、震度6強の地域は、猶予時間が0秒以下です。つまり速報が間に合わないということです。机の下に隠れる、

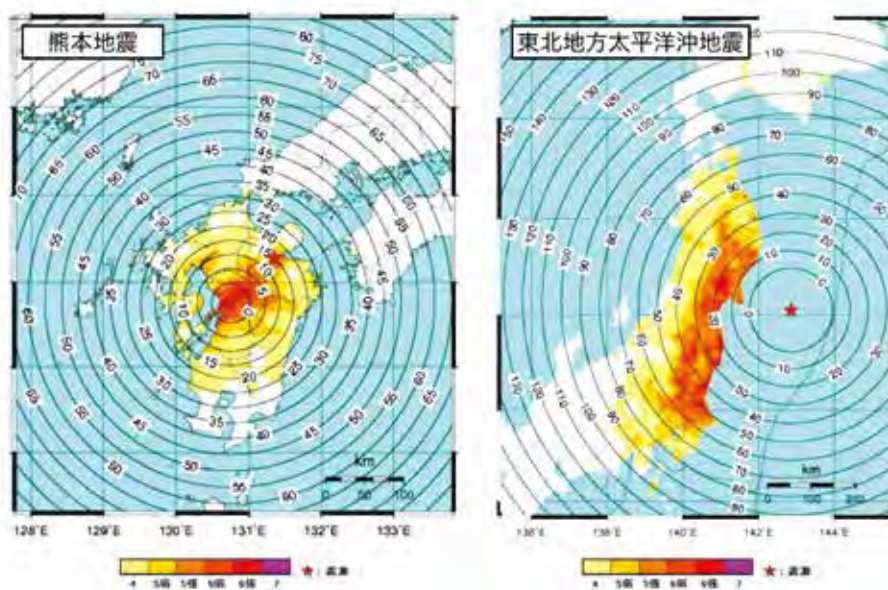


図6 熊本地震と東北沖地震での速報からの猶予時間（秒）。気象庁資料を編集。

建物から飛び出る、といった行動を起こす時間はありません。残念ながら、原理的に内陸地震には緊急地震速報は無効です。内陸地震における対策は、不意の強い揺れから命を守ることだとわかります。

さらに、熊本地震で見られたように内陸地震では地表に地震断層が出現することがあります。つまり、活断層沿いの限られた範囲とはいえ、断層のズレ（変位）による被害も無視できません。熊本地震でも、道路や住宅などが多数を受けました

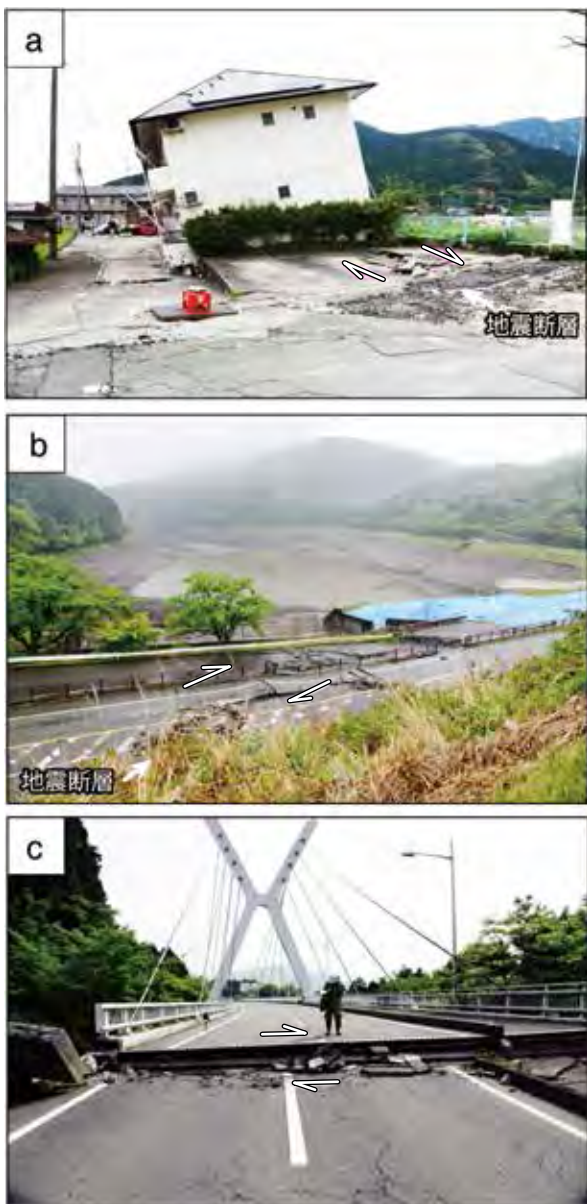


図7 熊本地震の地表地震断層による構造物被害
 (a. 南阿蘇村河陽の学生アパート、
 b. 西原村大切畑ダム、c. 西原村桑鶴大橋)

(図7a)。西原村では、農業用の大切畑ダムという農業用ダムを断層が横切り、堤体を約1.5メートル右横ずれさせました(図7b)。また、同村にある吊り橋の桑鶴大橋も断層のズレによって橋脚付け根部分が被害を受けました(図7c)。

なお、米国カリフォルニアでは、サンアンドレアス断層という大断層が1,000km以上にわたって縦断していて、活断層から片側約15mに新しく建物を建てることを禁止する法律があります。断層のズレを予め避けるための規制です。日本でも徳島県が平成25年(2013年)に中央構造線活断層帯沿いに「特定活断層調査区域」を設定する条例を制定しました。「特定活断層調査区域」とは、同地域内で学校や病院、火薬・石油類など危険物を貯蔵する施設の新築を行う場合に、事業者は活断層調査を実施し、直上をさけて建築しなければならないとする区域です。

4. 日本列島の活断層と内陸被害地震

熊本地震で出現した地震断層のズレはわずか2m程度でしたが、継続的に数万年～数十万年間に同じ動きを繰り返すと、数十m～数百mもの比高を持つ崖ができます。さらに長い間活動すると、盆地・平野と山地の形成に至ります。活断層を探するためには、逆にこのような崖地形や地形の起伏に着目します。崖や谷、尾根、段丘の縦方向、横方向のずれなど、大地が動かなければできない地形を探します。このような調査・研究で見出された日本国内の活断層は二千以上にのぼります(図8)。

図8には、1923年から2016年10月までに陸域で発生したM6.5以上の地震をプロットしました。年間発生数は0.4個になり、ほぼ2年に1回起こっています。M7.0以上の地震は年に0.1個で、10年に1回です。35個の内陸地震のうち、地震名を付した15個で地震断層が確認されています。M7.0以上では地震数12に対して地震断層の出現例は10

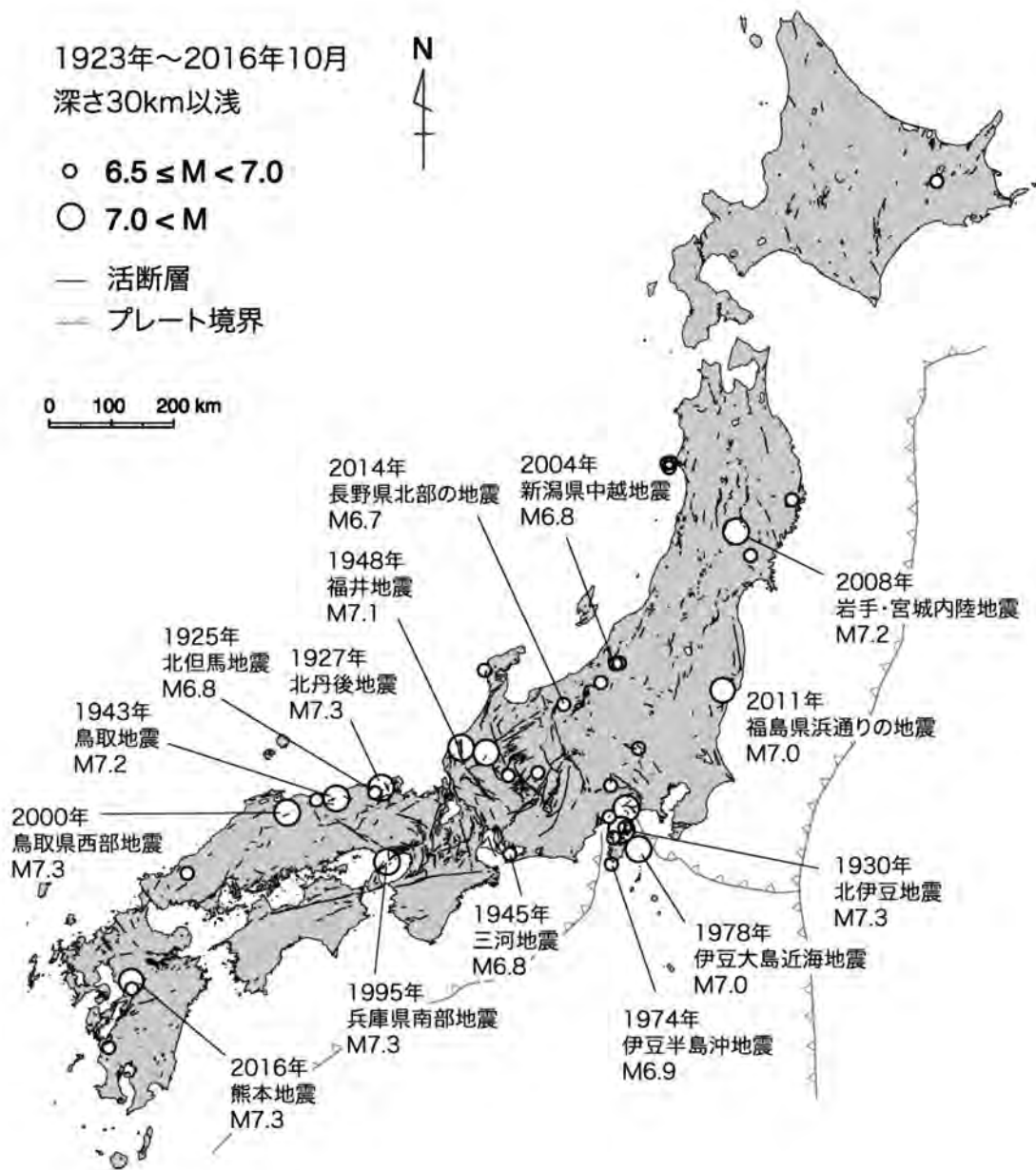


図8 日本の活断層の分布と1923年以降の内陸直下型地震の分布

個です。地質学者は過去の地表の傷（活断層）から地下で発生する地震を予測します。したがって、活断層を見いだすことによって、おおよそ8割くらいの大震災を予測できることとなります。

活断層は、日本列島で均質に分布するわけではありません。分布に濃淡があり、全体的にはプレート境界から一定の距離を隔てて内陸側に集中する傾向があります。中部地域から四国にかけて日本最大級の中央構造線活断層帯がありますが、この

中央構造線よりも海側には活断層はほとんど分布しません。しかし運悪く、活断層の分布と人口密集地が重なる傾向があります。特に中部地域と関西地域の活断層密度は群を抜いています。

日本の主要都市は、平坦な広い土地と生活・農業・工業用水を求めて海岸平野や内陸盆地内に位置します。そのような平坦な地形は、周辺山地から活断層によって画されて形成され、主要河川の堆積物が低地を埋めて軟弱地盤となっています。

特に、日本の県庁所在地の多くで直下またはごく近傍に活断層を抱えています。

政府の地震調査研究推進本部（地震本部）によると47都道府県のうち、31府県で震度6強もしくは震度7の揺れが想定されています。その中でも、断層が市街地中心部直下を通過する都市は、兵庫県南部地震で被災した神戸市以外にも、北から仙台市、長野市、富山市、福井市、甲府市、名古屋市、岐阜市、京都市、大阪市、和歌山市、福岡市、熊本市です。いくつかの県庁所在地には、強震動をもたらす可能性がある断層帯が複数あります。中京圏から近畿圏の主要都市は、軒並み2つ以上の活断層帯からの影響が懸念されます。

これらの評価結果は、地震本部の評価をもとに作られたJ-SHIS地震ハザードステーションで地図表示として確認することができます。Google等で「地震ハザードステーション」と検索するか、<http://www.j-shis.bosai.go.jp> から直接アクセスしてみてください。

5. おわりに

防災意識の高い人でも、自らが本当に被災者になるとは考えないようです。熊本での調査では、「ここに布田川断層が通っているというのは知っていたが、まさか本当に地震を起こすとは思わなかった」という声をしばしば聞きました。活断層は、数千年に1回程度しか大地震を起こさないから大丈夫だろうと考えてしまうのですが、数千年に一度が今日か明日になるかもしれません。活断層の位置はかなり解明が進みましたが、残念ながら、いつ大地震を起こすのかについてはわかりません。

今回の熊本地震では、地震発生時間が深夜であったこともあり、火災はわずか16件でした（総務省消防庁による）。しかし、22年前の阪神・淡路大震災のように広域火災は大地震につきものです。南海トラフ巨大地震や首都直下地震はたびたび話題に上りますが、活断層は日本全国至る所にあります。予期せぬ内陸直下地震が突然どこで起きかわかりません。どの都市にも地震による火災リスクがあると考えておくべきでしょう。