

過去の地震災害事例からみた土砂移動現象と生産土砂量

日本工営(株)総合砂防推進センター 井上公夫

はじめに

地震などに起因した大規模土砂移動の発生要因とその後の対応策を検討するためには、過去の事例を収集・整理し、それらの発生要因と誘因をきちんと分析する必要がある。演者は、1995年の兵庫県南部地震を契機として、地震と震後の降雨に起因して発生した日本全国の事例を調査している。ここでは、宇佐美(1987)や土木研究所資料(1997, 第3501号)などをもとに、地震の発生頻度が最も高く、土砂災害が発生しやすい中部地方について、地震に起因した土砂災害の特徴を説明するとともに、生産土砂量の推定を行う。

1 中部地方の活断層と地震の分布と土砂災害の特徴

中部地方は、3,000m級の山岳地帯と濃尾平野などの平野部からなり、日本でもっとも起伏に富む地域である。また、非常に多くの活断層と起震断層があり、他の地域に比べてそれらの密度は極めて高い。このような起伏の激しい地形は、第四紀(180万年前以降)の激しい地盤運動の結果形成されたものである。

中部地方は、北米太平洋、フィリピン海、ユーラシアの4つのプレートが重なり合っており、非常に大きな圧縮応力が働いている地域である。このため、中部地方に働く最大圧縮応力軸はほぼ東西となっており、この圧縮応力に対応した共役の活断層(北東-南西向きは右ずれ断層、北西-南東向きは左ずれ断層)が多く発達している。このような応力状態のもとで、規模の大きな直下型地震が引き起こされてきた。太平洋に面したプレートの境界部では、海底の岩盤であるプレートが、日本列島の下に沈み込む現象が起きているため、その反動が海溝性巨大地震となっており、このようなプレートの影響から、中部地方の山岳地帯は数cm/年ずつ上昇を続けている。

表-1は、中部圏における地震災害の履歴と地震の分類との関係を整理したものである。過去の地震災害の記録をみると、震度Vから土砂災害が発生し始め、震度VI, VIIの地域で土砂災害が多く発生している。また、内陸直下型地震では、M=5.8以上で土砂災害が発生している。一方、海溝型地震では、M=7.0以上の大規模な地震でないと土砂災害は発生していない。直下型地震では、規模が小さくても震源の深さが浅く、土砂災害発生地点までの距離が短いので、震度が大きく土砂災害が発生しやすい。これに対し、海溝型の地震では、一般に規模が大きくても震源距離までの距離が長いので、土砂災害は比較的少ない。

土砂災害の発生地点は、震央から5km~30kmの区間に集中している。起震断層からの距離では、距離0~5kmまでの箇所がピークで、徐々に頻度を減じる傾向にあり、距離10kmまでが全体の約70%を占めている。

個々の活断層の活動間隔は数百年から数万年であるが、中部地方には活断層が非常に多いので、M=7.0前後の直下型地震の発生確率は、数十年に一回程度である。この規模の地震では、震度VI, VIIの範囲は活断層沿いに現れ、土砂災害の範囲は震度V以上の半径40~50kmと考えられる。M=7.4~8.0の直下型地震の発生確率は、数百年に一回程度であるが、土砂災害の範囲は震度V以上の半径70~150kmで、被害も極めて甚大である。

中部地方では、南海トラフの地区で、M=8.0~8.5の海溝型巨大地震が数百年間隔に発生する。数日~数年以内に東海沖と南海沖で巨大地震が双発で発生するケースが多い。また、これらの地震の後に富士山などの火山が噴火する可能性がある。土砂災害の範囲は半径250~300kmで、被害も極めて甚大である。震源が陸地から比較的離れていることもあって、震度V以上の地域は極めて広い。

なお、関東大地震(1923, M=7.9)は、海溝型地震であるが、陸地に近かったため、南関東を中心に崩壊や土石流が多発し、極めて大きな被害が発生した。この地震の余震は、南関東・相模湾内・房総半島沖などかなり広い範囲で発生したが、兵庫県南部地震と同じ規模の余震が0箇所近く発生している。4.5月後には、最大余震である相模地震(M=7.3)が発生し、震央に近い丹沢山地北東部では、崩壊が1割程度増大した。

表 1 地震災害の履歴と分類

地震のタイプ	直下型地震				海溝型巨大地震							
	M=7.0前後 (M=7.0の場合)		M=7.4~8.0前後 (M=7.5の場合) (M=8.0の場合)		M=8.0~8.5前後 (M=8.5の場合)							
E;地震波として出されたエネルギー(erg)	2.00×10 ²²		1.12×10 ²³ 6.30×10 ²³		3.55×10 ²⁴							
被害の範囲 (震度V以上の範囲)	県単位以下で影響を受ける 半径40~50km		中部圏の大部分が影響を受ける 半径70~150km		関東地方から四国地方までの沿岸部 半径250~300km							
回帰パターン	数十年間隔		数百年間隔		数百年間隔							
	地震名	発生日月	マグニチュード	被害(死者)	地震名	発生日月	マグニチュード	被害(死者)	地震名	発生日月	マグニチュード	被害(死者)
中部圏に影響を及ぼした過去の主な被害地震	遠江・三河	1688.10.3	6.5~7.0	死者あり	天正	1586.1.18	7.8	多数死	元禄	1703.12.31	7.9~8.2	約6,700
	三河・伊那	1718.8.22	7.0	64余				(震源が2箇所の双発地震)	宝永	1707.10.26	8.4	20,000以上
	高田	1751.5.21	6.6	2000余	琵琶湖西岸	1662.6.16	7.25~7.6	827余	安政東海	1854.12.23	8.4	2~3,000
	伊勢・美濃・近江	1819.8.2	7.0~7.5	75	善光寺	1847.5.8	7.4	5,947+	安政南海	1854.12.24	8.4	約8,150
	伊賀・伊勢・大和	1854.7.9	7.0~7.5	1,700以上	(善光寺参拝者)			7,000以上	東南海	1844.12.7	7.9	998
	紀伊半島東南部	1893.3.7	7.0	7	濃尾	1891.10.28	8.0	7,273				
	江濃(姉川)	1909.8.14	6.8	41								
	北伊豆	1930.11.26	7.0	272								
	三河	1945.1.13	6.8	1,961								
	福井	1948.5.28	7.1	3,719								
	伊豆大島近海	1978.1.14	7.0	25								
	長野県西部	1984.9.14	6.8	11								
	(兵庫県南部)	1995.1.17	7.2	6,300	(関東)	1923.9.1	7.9	140,000				

E:地震波として出されたエネルギー(単位は erg)
log E = 11.8 + 1.5M (Gutenberg-Richter)

データ出典) 新編 日本被害地震総覧, 宇佐美龍夫, 東京大学出版会

2 地震規模と崩壊面積率、生産土砂量

ある規模の地震が発生した時に(地震後の降雨によるものを含めて)、どの程度の崩壊が発生し、**生産土砂量が増加するかを想定できれば、砂防計画上大変役に立つ。**

地震規模と崩壊箇所数との関係を見ると、ばらつきも大きいですが、地震規模が大きくなるにつれて崩壊箇所数が増加するという傾向が見られる。調査方法や精度が異なるため厳密な比較はできないが、大村・戸塚・都築(1980)によれば、主な地震の崩壊面積率は、1923年の**関東大地震(20~30%)**や1930年の**伊豆地震(7%)**を除いて、いずれも崩壊面積率は1%以下となっている。今仮に、崩壊深を1mと仮定すると、1km²当たりの生産土砂量は、**1%の崩壊面積率で1万m³/km²、10%で10万m³/km²、30%で30万m³/km²**となる。

建設省河川局監修(1986)の「改訂建設省河川砂防基準(案)計画編」の2.4 計画で扱う土砂量によれば、**計画流出土砂量は、土石流区域標準面積 1km²**の場合(地すべり性大規模崩壊の発生が予想されない場合)、

- 1) 花崗岩地帯で、5~15万m³/km²/1洪水
- 2) 火山噴出物地帯で、8~20万m³/km²/1洪水
- 3) 第三紀層地帯で、4~10万m³/km²/1洪水
- 4) 破碎帯地帯で、10~20万m³/km²/1洪水 とされている。

従って、大規模崩壊や地すべりが発生せず、地震による新規崩壊地の面積率が1%以下であれば、生産土砂量の増加分は、10%以下である。しかし、**関東大地震(1923)**や**北伊豆地震(1910)**では、崩壊面積率が高いだけでなく、大規模崩壊も各地で発生しており、生産土砂量ももっと大きいと判断される。

3 関東大地震や地震前後の降雨と土砂災害との関連

丹沢山地周辺では、関東大地震前日の8月31日と、2週間後の9月12~15日にかなりの豪雨があった。このため、地震の直撃で多数の崩壊が発生しただけでなく、**2週間後の豪雨**によって、多くの土石流が発生した。

井上(1995)は、丹沢山地の中津川流域のある区域で、図1に示したように、航空写真(1947, 62, 77, 80年)の比較判読で、**関東大地震後の崩壊地個数の推移**を検討している。1947年の崩壊地は、1649個(崩壊面積率4.2%)も存在した。これは関東大地震後に発生した崩壊地の大部分が残っていたためと考えられる。しかし、68年時の崩壊地は233個(同0.56%)で、1/7に減少していた。このうち、47年から継続中の崩壊地は64個で、残りの169個は新規に発生したものである。77年は、108個(同0.34%)とさらに減少しており、68年から継続中の崩壊地は29個で、残りの79個は新規に発生したものである。80年時の崩壊地は80個(同0.23%)とさらに減少している。

図2は、**関東大地震前後の崩壊地変化のモデル**である。旧版地形図などによれば、地震前の関東山地は、大部分が**天皇の御料林**で安定した林地であった。しかし、関東大地震によって、多くの崩壊地が発生し、さらに、2週間後の集中豪雨(4日間連続雨量 200~300mm)によって、崩壊土砂は土石流となって一気に流下した。また、4.5月後の相模地震(M=7.3)によって、崩壊地が1割以上増加した。

このため、神奈川県による砂防工事や治山工事が積極的に進められたが、10~15年間は崩壊地や裸地斜面が多く、荒廃した状態が続いた。また、30年の**北伊豆地震(M=7.0)**によっても崩壊地は増加した。さらに、41年の集中豪雨によって、相模川の支流・玉川流域で多くの土砂災害や洪水氾濫が発生した。そして、戦争中の混乱や戦争直後台風の襲来によって、山地の荒廃がさらに進んだ。従って、47年当時の荒廃状態は、関東大地震直後と大きくは変わらなかった。しかし、砂防工事や治山工事の進捗によって、次第に植生が回復し、崩壊地は急速に減少していった。その間に58年の狩野川台風や59年の伊勢湾台風によって、100箇所程度崩壊地が増加したが、基本的に斜面の安定化傾向は変わらなかった。

それだけ、**関東大地震の影響は通常の降雨よりも大きかったものと考えられる。**

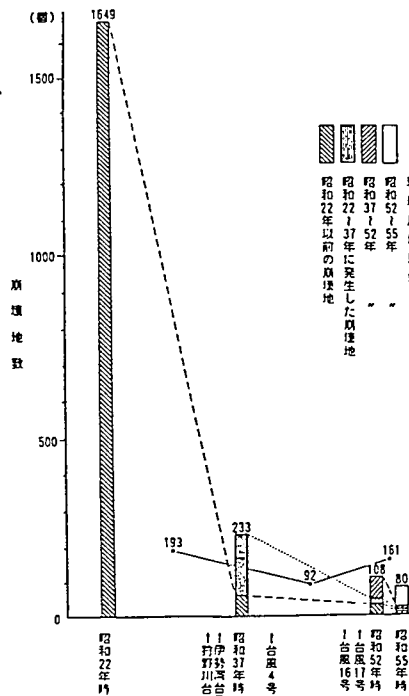


図1 写真判読による丹沢山地での崩壊地個数の変化

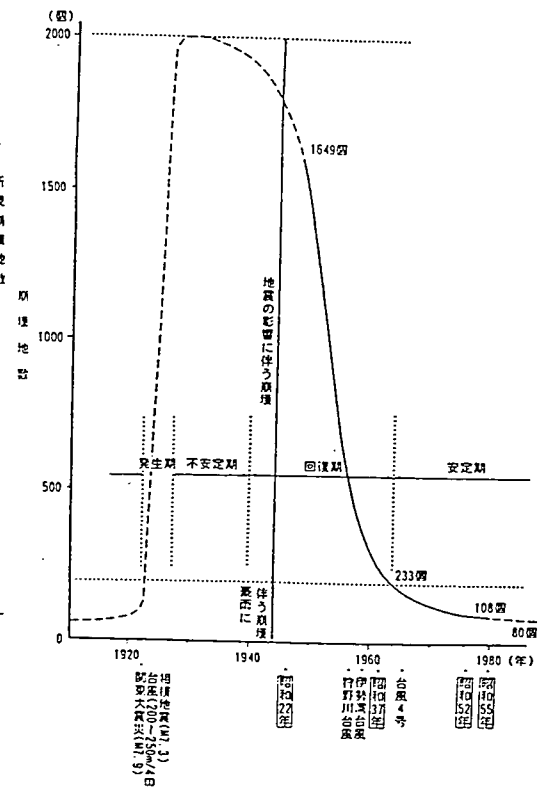


図2 関東地震前後の崩壊地個数の変化のモデル