

日本工営株式会社 ○井上公夫・深沢浩・高野繁昭・今村隆正
 京都府立大学農学部林学科砂防工学研究室 石川芳治
 建設省土木研究所砂防研究室 小山内信智
 (財)砂防・地すべり技術センター研究所 阿部宗平・高浜淳一郎

はじめに

地震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、それらの発生素因と誘因をきちんと分析する必要がある。ここでは、地震と地震後の降雨に起因して発生したことが判明した大規模な土砂移動(土砂災害)の事例について、文献を収集・整理し、それらの事例と地震や地震後の降雨との関連を考察した。収集した事例(江戸時代以前が 10^6 m^3 以上、明治以降は 10^5 m^3 以上を原則)は、全国で37地震105事例である。これらの事例については、1/25000地形図や航空写真で土砂移動の状況を確認し、カルテ表に整理した。主な事例については、現地調査を行うとともに、地元(教育委員会)や大学などの研究者と意見交換を行った。また、関東大地震(1923)については、大規模土砂移動だけでなく、崩壊面積率や降雨による土砂移動の事例も分析した。

1 江戸時代以前の地震災害と史料調査

我々が古い歴史災害を知ろうとするときには、関連する史料の発掘を行い、可能な範囲内で入手した史料の信憑性を検討する。そして、死傷者・焼失・流出・倒壊等の数値を目安に、その災害をイメージする。しかし、注意しなければならないことは、これらの史料内容の記載がたとえ正しかったとしても、それは「後世のために記されたのではなく、その社会にとって重要であると判断されたことだけを必要に応じた形で書き留めたものである」ということである(北原糸子, 1994)。

例えば、被災状況は支配下農民に対する年貢の免除・救済を要望する視点から記されたものが多く、書き手と送り手の違い(庄屋→代官, 代官→藩主, 藩主→幕府)に注意しなければならない。また、旗本などの武士階級の人的被害を記した史料はほとんど見られないが、これは武士階級にとっては地震等で「死すこと自体が恥」であるという建て前により、記録されなかった為である。また、政治的行政区分による相違・歴史の経過により表現方法も異なる。しかし、江戸時代も後期になると自由にもものが書ける人たちが増え、エッセイ風にかかれた文章や瓦板などの絵図が多く残されるようになった。また、島原四月朔地震(1792)の島原藩や善光寺地震(1847)の松代藩のように、藩主が常日頃から教育・文化の高揚に努め、程度の高い絵師を抱えていたため、非常に精度の高い災害記録が残されている場合も多い。

自然科学的事実として地震の規模が大きく(地震に関する記録は多い)、大規模土砂移動が多く発生したと予想されても、①集落のない地域であった、②記録する必要のない地域であった、③あえて記録を拒んだ、為に史料に記載がないもの等が考えられる。従って、地震の規模の大きさと史料(土砂災害に関する記述)の量は必ずしも比例しない。また、一次記録でない伝聞記録や後世の記録では、どうしても誇大に記載されている可能性が強い。しかし、これらのことを踏まえた上で、現存する史料を手がかりとして自然科学的調査を実施し、土砂移動の特性を把握することは、今後の地震による土砂災害対策を検討する上で非常に重要であると考える。

2 カルテ表の作成方法

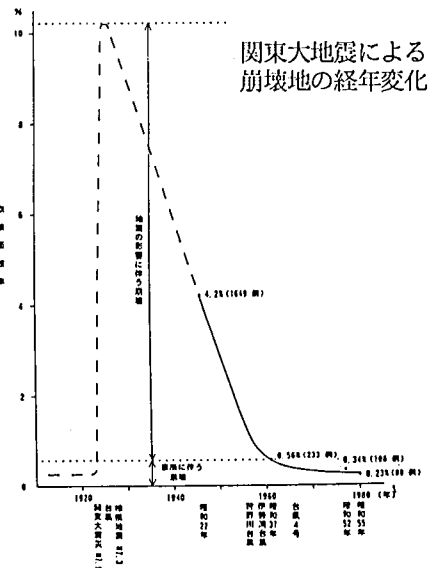
本調査においては、宇佐美(1987)や理科年表(1994)等で重要な地震を抽出し、手持ちの参考文献や東大地震研究所・国会図書館・防災専門図書館等に収められている史料・郷土誌等(文献一覧表の作成)をもとに、土砂災害のデータを整理しカルテ表を作成した。また、当時の被災状況をイメージするため、可能な限りの図表示を試みた。我々が災害記録の収集に当たって壁に当たったのは、地震の記録や漠然とした被害記録は多いものの、特定の場所で起こった土砂災害の記録はほとんどないということであった。大規模な土砂移動が起きたとしても記録が発見できなければ、我々には調査の仕様がなない。戦後のように、航空写真があって面的に土砂移動状況を把握できれば問題ないのであるが、戦前や江戸時代の土砂移動は、記録に残されたものに限られる。各事例については、諸条件を地形図などから計測し、別紙のカルテ表を作成した。

3 関東大地震前後の降雨と土砂災害との関連

関東大地震は、1923年9月1日に発生したM=7.9の大規模地震で、南関東一帯に大きな被害をもたらした。震央は相模湾内の相模トラフ沿いの海溝型地震であるが、陸地に近かったため、極めて大きな被害が発生した(死者・行方不明14万人、全壊13万戸、焼失44万戸)。この地震に伴う余震は、南関東全域・相模湾内・房総半島沖等広い範囲で発生しており、兵庫県南部地震と同程度のM=7.0前後の地震が10箇所近くある。関東大地震では、南関東の山地・丘陵地と伊豆半島で崩壊が多発し、特に丹沢山地と箱根火山では著しい山崩れや土石流が発生している。地震前日にはかなりの降雨があり、山地斜面は降雨で飽和状態であった。また、2週間後の台風に伴う豪雨時に丹沢山地の各地で土石流が発生し、家屋・田畑が埋没した。翌年の24年1月15日には、丹沢山地を震源とするM=7.3の相模地震(最大余震)が発生し、崩壊地が1割程度増大したと言われている。

神奈川県企画部企画総務室(1987, 88, 91)の「自然災害履歴図(1/5万)」をもとに、関東大地震後の崩壊面積率を求めると、丹沢山地の中央部で20%を超える流域が多く、特に丹沢山地南面の流域で40%以上(寄沢48%、水無川41%~少し多めの数値になっている可能性が強い)を示した。

井上(1995)は、丹沢山地の中津川流域のある区域で、関東大地震後の崩壊個数の推移(1947, 62, 77, 80年)を検討している。自然災害履歴図によれば、この区域の関東大地震後の崩壊面積率は、10.2%(少し多めの数値に



なっている)であった。47年の崩壊地は、4時期のうちでも最も多く1649個(面積率4.2%)存在したが、関東大地震時の崩壊地のかかなりの部分が残っていたためと考えられる。しかし、62年時の崩壊地は233個(同0.56%)と1/7に減少し、77年時は108個(同0.34%)、80年時は80個(同0.23%)と徐々に減少していた。以上の変化をもとに関東大地震以後の崩壊地変化のモデルを検討した。旧版地形図等によれば、関東大地震前の調査地域は大部分が天皇の御料林で崩壊地がほとんどなく、非常に安定した林地であった。しかし、大地震によって、表層土(富士山宝永噴火などのテフラ)や風化層が緩み、多くの崩壊地が発生した。これらの崩壊土砂は斜面下部や渓床部に堆積し、渓流を堰止めた箇所も多かった。そして、2週間後の集中豪雨によってこれらの土砂は土石流となって一気に流下した。前述したように、4.5月後の相模地震(M=7.3)によって、崩壊地が1割以上増加したという。

その後、神奈川県によって砂防工事や治山工事が積極的に進められたが、10~15年間は崩壊地裸地斜面が多く荒廃した状態が続いた。また、1930年の北伊豆地震(M=7.0)によっても崩壊地は増加したと言われている。さらに、41年7月12~13日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。その後、戦争中の混乱や戦争直後に襲ったいくつかの台風によって、丹沢山地は荒廃がさらに進んだものと考えられる。従って、ある程度の植生の回復があったとしても、47年当時の丹沢山地の荒廃状態は関東大地震当時と大きくは変わらなかったであろう。

その後、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の数は急速に減少していった。58年の狩野川台風や59年の伊勢湾台風の影響で、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、降雨による影響よりも大きかったものと考えられる。

4 むすび

ポスターセッションに示した図表は、地震に起因した大規模土砂移動の事例について作成したものである。これらの図表や文献以外にも現地を良くご存知の方は教えて頂きたい。また、我々もできるだけ多くの現地に行ってさらにデータを収集・整理したいと考えている。特に、大規模土砂移動によって河道が堰止められて天然ダムが形成されそれが決壊すると、上・下流域に多大の被害が発生する。これらのことについても調査を進めたいと考えている。

地震に起因した大規模土砂移動一覧表

カルテ番号	地名	地震発生タイプ	地震発生年月日	マグニチュード	大規模土砂移動の名称および地名	土砂移動発生日	地質	斜面型	新層との距離(km)	震源との距離(km)	水平加速度度(g)	面積m ²	土砂量m ³	長さm	最大幅m	傾斜度	比高m	天然ダムの有無
1-1	関東鎮西	真下型	818	7.5	赤旗山南麓(三夜沢)	同日	火	直線型	29	650	4.80E+05	6.30E+07	750	1,300	35	300		
2-1	白山太	真下型	1586.01.18	7.8	白川村保木隘(磨雲山)	同日	火	凸形扇型	25	1001	5.00E+05	2.50E+07	1,000	500	35	450	有	
3-1	豊後	真下型	1597.09.10	6.4	鶴見岳北側斜面	同日	火	直線型	15	535	6.00E+05	9.00E+06	600	1,500	45	650		
4-2	会津	真下型	1611.09.27	6.9	西会津町下谷泥浮山	同日	三	直線扇型	10.0	12	918	8.00E+05	1.60E+08	600	2,000	30	200	
4-3	会津	真下型	1611.09.27	6.9	西会津町野倉貫坂	同日	火	直線扇型	10.0	11	958	4.00E+05	4.80E+07	500	1,200	35	200	
4-5	会津	真下型	1611.09.27	6.9	熱湯加納村大平	同日	火	直線扇型	4.0	16	761	4.00E+05	3.00E+07	800	750	35	300	有
5-1	琵琶湖西岸	真下型	1662.06.16	7.6	比良山地野原	同日	中・古	直線扇型	13	1536	6.00E+05	4.00E+06	1,000	800	30	650	有	
6-1	日光	真下型	1683.06.18	6.5	男体山大塚崩れ	同日	火	直線直線型	15	580	7.00E+05	7.00E+06	2,500	400	27	1,400		
7-1	天和	真下型	1683.10.20	7.0	姥倉山	同日	火	凸形直線型	3	1322	1.30E+05	3.30E+06	800	1,000	40	220	有	
8-1	羽後・津軽	真下型	1704.05.27	6.9	十三湖崩れ	同日	三	直線直線型	17	725	1.10E+06	1.10E+08	800	2,000	35	300	有	
9-1	安永	海溝型	1707.10.28	8.4	大谷崩れ	同日	中・古	凹形谷型	305	18	1.20E+06	1.20E+08	1,000	1,800	30	1,100	有	
9-2	安永	海溝型	1707.10.28	8.4	白鳥山	同日	三	直線扇型	316	17	1.00E+05	5.00E+06	400	250	35	350	有	
10-1	高田	真下型	1751.05.21	6.6	名立崩れ	同日	三	凸形扇型	11	754	1.30E+05	4.00E+07	200	1,000	15	80		
11-1	鳥取四月初	真下型	1792.05.21	6.4	願山	同日	中・古	凸形直線型	6	768	1.40E+05	3.40E+08	2,000	1,000	35	600		
12-1	善光寺	真下型	1847.05.08	7.4	虫倉山・殿沢	同日	三	凹形谷型	9.0	17	1081	4.00E+05	3.00E+06	1,200	500	35	300	
12-3	善光寺	真下型	1847.05.08	7.4	陣馬山・倉井	同日	三	凹形谷型	4.0	11	1430	1.30E+05	2.70E+06	650	300	30	300	
12-4	善光寺	真下型	1847.05.08	7.4	岩倉山・涌池	同日	三	凸形扇型	5.0	18	1029	8.40E+05	3.00E+07	1,300	750	15	300	有
12-6	善光寺	真下型	1847.05.08	7.4	棚久保	同日	三	凸形直線型	15.0	26	692	1.20E+05	9.00E+06	900	350	25	180	有
12-7	善光寺	真下型	1847.05.08	7.4	五十里	同日	三	凹形谷型	4.0	15	1192	8.00E+04	1.20E+06	800	150	30	250	有
13-1	安政東海	海溝型	1854.12.23	8.4	富士川流域・七面山	同日	三	直線扇型	22.0	162	62	7.00E+05	6.60E+07	1,400	750	40	900	
13-2	安政東海	海溝型	1854.12.23	8.4	富士川流域・白鳥山	同日	三	直線直線型	8.0	152	71	3.80E+04	6.00E+05	250	200	35	250	有
14-1	須賀	真下型	1858.04.09	7.1	高瀬川(真川・満川)	同日	火	凹形谷型	40	293	1.30E+06	4.10E+08	1,500	1,200	30	860	有	
16-1	須賀	真下型	1891.10.28	8.0	根野村水倉	同日	中・古	凹形谷型	0.5	3	2943							有
16-3	須賀	真下型	1891.10.28	8.0	ナンノ谷	4年後(8/5)	中・古	凹形谷型	18.0	23	1296	1.60E+05	1.60E+06	580	420	35	450	有
16-4	須賀	真下型	1891.10.28	8.0	徳山白谷	74年後(9月)	中・古	直線扇型	5.0	14	2020	7.50E+04	1.80E+06	200	250	37	170	有
16-5	須賀	真下型	1891.10.28	8.0	根野白谷	74年後(9月)	中・古	凹形谷型	3.0	10	2407	8.50E+04	1.10E+07	1,150	425	39	500	有
18-1	庄内	真下型	1894.10.22	7.0	矢野沢大平1	同日	三	凹形谷型	7	1205	7.20E+04	2.20E+05	600	150	10	100		
18-5	庄内	真下型	1894.10.22	7.0	真室川西川3	同日	火	凹形谷型	22	612	3.90E+04	9.30E+05	215	360	25	100		
19-1	陸羽	真下型	1896.08.31	7.2	磐梯山麓ノ薄赤石台	同日	三	凹形	6.0	8	1368	7.00E+04	1.40E+06	350	200	32	140	有
23-4	秋田仙北	真下型	1914.03.15	7.1	西仙北町布又	同日	三	凸形扇型	9	1218	1.00E+04	2.60E+05	110	95	28	55	有	
23-5	秋田仙北	真下型	1914.03.15	7.1	西仙北町戸川1	同日	三	直線扇型	8	1263	3.20E+03	3.20E+04	40	80	25	23	有	
26-2	関東	海溝型	1923.09.01	7.9	白糸川上流・大洞	同日	火	凸形扇型	18	1535	1.40E+06	1.00E+06	500	800		250		
26-3	関東	海溝型	1923.09.01	7.9	根府川駅西側斜面	同日	火	凹形谷型	15	1778	2.50E+05	7.5E+06	250	500		30		
26-6	関東	海溝型	1923.09.01	7.9	双生湖	同日	四	直線扇型	19	1460	2.00E+04	3.40E+05	100	200		20	有	
26-9	関東	海溝型	1923.09.01	7.9	山北町玄倉南方の向沢	同日	三	凸形扇型	30	855	6.30E+04	3.00E+06	350	250	30	200	有	
26-13	関東	海溝型	1923.09.01	7.9	大山川・大山南東斜面	同日・14日後			26	1033								有
26-15	関東	海溝型	1923.09.01	7.9	津久井町鳥居高石	同日	三	凸形扇型	39	578	4.00E+04	5.00E+05	200	200	35		有	
28-1	北伊豆	真下型	1927.03.07	7.3	鳥津村遊	同日	三	凹形谷型	12.0	25	671	4.00E+04	3.20E+05	400	100			有
29-1	北伊豆	真下型	1930.11.26	7.3	三島市山中新田	同日	火	直線	2.0	6	1577	3.00E+04	2.00E+05	150	200	50	100	有
29-3	北伊豆	真下型	1930.11.26	7.3	大仁町大野畑山	同日	火	凸形	0.0	11	1320	2.40E+04	1.50E+05	160	150	40	60	有
29-5	北伊豆	真下型	1930.11.26	7.3	天城湯ヶ森野山	同日	三	凹形	0.2	18	850	4.70E+04	4.00E+05	150	150	50	100	有
32-2	男鹿	真下型	1939.05.01	6.8	男鹿市北流2	同日	三	直線扇型	15.0	30	355	9.20E+04	1.80E+06	200	460	12	42	
32-6	男鹿	真下型	1939.05.01	6.8	五里合安田	同日	三	凸形扇型	8.0	33	310	2.20E+04	9.00E+05	160	140	14	38	
35-1	福井	真下型	1940.06.28	7.1	北湖村坂根1	同日	四	直線扇型	4.0	14	983	1.60E+04	2.00E+05	120	130	30	30	
36-1	長野県西群	真下型	1984.09.14	6.8	野嶺山(伝土崩れ)	同日	火	凸形扇型	7	1017	4.00E+05	3.40E+07	800	650	35	650	有	
36-3	長野県西群	真下型	1984.09.14	6.8	松越	同日	火	凸形直線型	3	1116	3.00E+04	2.90E+05	180	150	35	50		
37-1	兵庫県南群	真下型	1995.01.17	7.2	西宮市仁川	同日	珪深	直線直線型	2.0	37	293	1.10E+04	1.10E+05	110	100	15	30	有

(注) 地質分類: 火:火山噴出岩、中・古:中・古生界、三:第三系、四:第四系、珪深:珪長質珪深岩
 水平加速度: Cose11(1988)の式 $a=2000e^{-0.005M}/(D1^2+400)$ M:マグニチュード、D1:震元からの距離、h:震源の深さ