

公益社団法人日本地すべり学会関東支部
平成30年度シンポジウム

「地形・地質からみた関東の地すべり」

概要集



期日：平成30年5月7日
場所：東京大学武田先端知ホール

公益社団法人日本地すべり学会関東支部
平成30年度シンポジウム「地形・地質からみた関東の地すべり」

期日：平成30年5月7日（月）12:45～16:45（総会終了後）

場所：東京大学工学部武田先端知ビル5階 武田先端知ホール
東京都文京区弥生2-11-16 武田先端知ビル5F
東京地下鉄南北線「東大前」駅下車 徒歩8分、千代田線「根津」駅下車 徒歩5分

会費：支部会員・一般 2,000円
学生 無料

次第：

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| (1)開会 | 12:45 |
| (2)支部長挨拶 | |
| (3)シンポジウム 地形・地質からみた関東の地すべり | |
| 講演 | 12:50～13:35 |
| 関東の地質と斜面災害 | |
| | 稲垣秀輝（株環境地質） |
| 講演 | 13:35～14:20 |
| 空から見る関東地方の地すべり地形 | |
| | 井口 隆（防災科学技術研究所） |
| 休憩 | 14:20～14:30 |
| 講演 | 14:30～15:15 |
| 群馬県烏川中流域の巨大地すべり地形 | |
| | 中里裕臣
（農研機構 農村工学研究部門） |
| 講演 | 15:15～16:00 |
| 箱根神山の水蒸気爆発と岩屑流 | |
| | 中村三郎（防衛大学校名誉教授） |
| 総合討論（コーディネーター：櫻井正明） | 16:00～16:45 |
| (4)閉会 | 16:45 |

著者略歴

稲垣秀輝（いながき ひでき）（株式会社 環境地質）

1979年 東京大学理学系大学院地質修士終了

1979年 応用地質株式会社入社

1991年 株式会社環境地質創業

2014年 株式会社環境地質サービス併設創業

現在、技術士資格を総合技術監理・応用理学・建設・森林の4部門で取得、2004年には、博士（工学）取得。

2014年～2017年京大防災研非常勤講師。2017年～山梨大非常勤講師。

井口 隆（いのくち たかし）（国立研究開発法人 防災科学技術研究所）

1976年 北海道大学理学部地質学鉱物学科卒

1978年 科学技術庁国立防災科学技術センター入所

同研究所主任研究官・総括主任研究員・部門長等を歴任

2004年 千葉大学にて博士（理学）取得

2012年 定年退職、現 同客員研究員

中里裕臣（なかざと ひろおみ）（国立研究開発法人 農研機構 農村工学研究部門）

1987年 千葉大学大学院理学研究科修了

1987年 農林水産省入省

1994年 農業工学研究所に転任

農村工学研究所を経て現職

2003年 博士（理学）（千葉大学より授与）

中村三郎（なかむら さぶろう）（防衛大学校 名誉教授）

東北大・理卒（理博）、国土地理院、防衛大教授、国・県防災検討委員会委員長他、日本学術会議研連委員会副委員長、元地すべり学会会長、横浜市大・早稲田大・法大等大学院講師他歴任

関東の地質と 斜面災害

関東はいろいろな地質があり、斜面災害の多いところです

火山性の土砂災害や、都市斜面の土砂災害にも注目しましょう



株式会社環境地質: 稲垣秀輝
博士 (工学)
技術士 (総合技術監理・応用
理学・建設・森林)
地盤品質判定士
於いて東大 (2018.5)

略歴

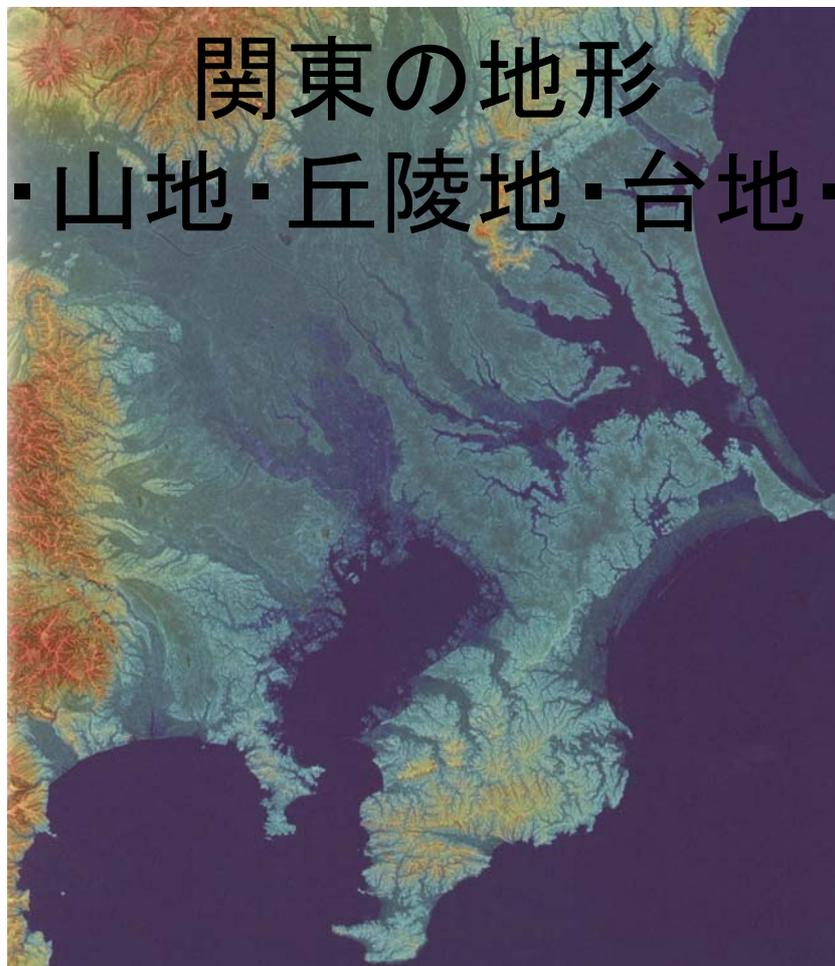
1954年滋賀県生まれ。
1979年東京大学理学系大学院地質修士修了、同年応用地質株式会社入社。
1991年株式会社環境地質創業。2014年株式会社環境地質サービス併設創業
現在、技術士資格を総合技術監理・応用理学・建設・森林の4部門で取得、2004年には、博士(工学)取得。2014年～2017年京大防災研非常勤講師。2017年～山梨大非常勤講師。土木学会出版の「知っておきたい斜面のはなしQ&A」・「家族を守る斜面の知識」・「火山とつきあうQ&A」・「火山工学入門」・「火山工学入門応用編」・「地盤調査の手引き」・「土木模型実験学習本」、地盤工学会出版の「役立つ地盤リスクの知識」・「地盤調査の方法と解説」・「防災・環境・維持管理の地形・地質」、日本応用地質学会の「原点からみる応用地質学—その理論と実用」・「応用地形セミナー空中写真判読演習」、建設知識の「もし大地震がきたら・47都道府県危険度マップ」・「地震に負けない地盤がわかる本」などの共著を含む本(29冊)、学術論文(99編)、研究発表(193編)などあり。地盤工学会「地盤リスクと法・訴訟等の社会システムに関する事例研究委員会委員長」、日本応用地質学会「環境地質研究部会長」、土木学会「斜面工学研究小委員会・火山工学研究小委員会幹事」、技術士会「広報委員・応用理学部会幹事」を始め、土木学会・地盤工学会・応用地質学会・地すべり学会など多くの学術学会の委員会活動多数。市民向けのシンポジウム・フォーラムでの講演多数。地盤関連の裁判での鑑定・意見書作成など多数。日本応用地質学会論文賞、日本地すべり学会技術報告賞、技術士会会長表彰など表彰多数
現在、「インフラの維持管理に役立つ地学」、「新しい物理探査法」、「技術士合格講座」他執筆中
専門分野: 環境地質学



㈱環境地質(since1991)の自然災害調査			
種別	年代	災害名	論文発表等
豪雨	1998.8	白河土砂災害	○
	1998.9	七宗土砂災害	○
	2004.10	水俣土砂災害	○
	2009.7	山口土砂災害	○
	2010.7	中濃土砂災害	○
	2010.7	庄原土砂災害	○
	2010.7	島根土砂災害	
	2010.9	足柄・小山土砂災害	○
	2011.7	新潟・福島土砂災害	
	2011.9	紀伊半島土砂災害	○
	2012.8	九州北部土砂災害	○
	2013.8	岩手・秋田土砂災害	
	2013.9	京都・滋賀・福井土砂災害	○
	2013.1	伊豆大島土砂災害	○
	2014.7	南木曾土砂災害	
	2014.8	広島土砂災害	○
	2014.10	横浜土砂災害	○
	2015.9	鬼怒川土砂災害	
2017.7	福岡・大分土砂災害	○	
融雪	2010.7	七五三掛地すべり災害	
	2011.3	国川地すべり災害	○
	2017.1	上百瀬地すべり災害	○
地震	1995.1	阪神、淡路大震災	○
	2000.7	伊豆諸島地震	○
	2000.10	鳥取県西部地震	
	2004.10	新潟県中越地震	○
	2007.3	能登半島沖地震	○
	2007.7	中越沖地震	○
	2008.6	岩手、宮城内陸地震	○
	2011.3	東日本大地震	○
	2011.3	長野北部地震	○
	2011.4	いわき地震	○
	2014.11	長野県神代断層地震	○
火山噴火	2016.4	熊本地震	○
	1991.6	雲仙普賢岳	○
	2000.3	有珠山	○
	2000.8	三宅島	○
	2011.1	新燃岳	○
2014.9	御嶽山	○	

関東の地形

火山・山地・丘陵地・台地・平野

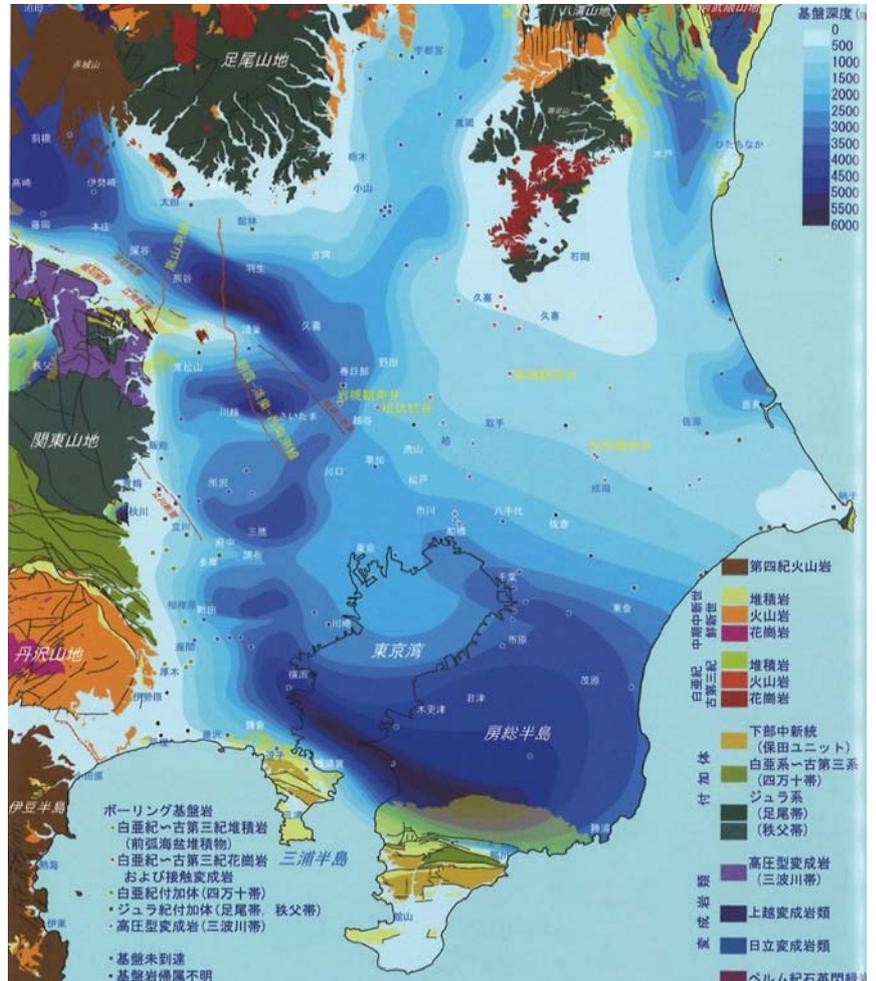


地形の種類

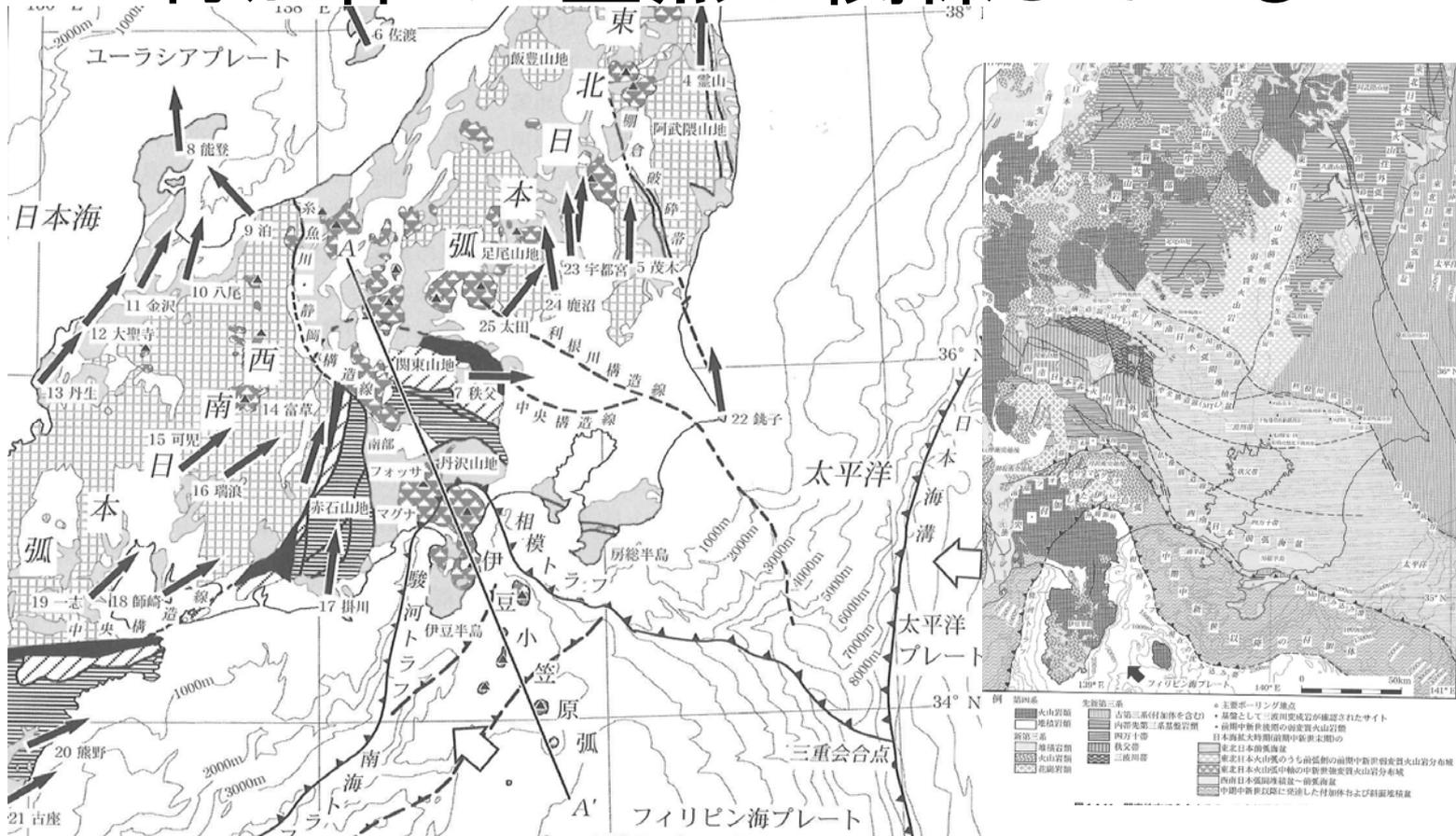


いろいろな地質

山地には
硬岩
都市には
軟岩・未固
結層



付加体の3重点が関係している



エクスナレッジムック

**もし大地震が
来たら?**

最新 47都道府県 危険度マップ

稲垣秀輝 著
Inagaki Hideaki

Geo-risk Map
for Mega-quake
in Japan

**赤い地域は
要注意!**

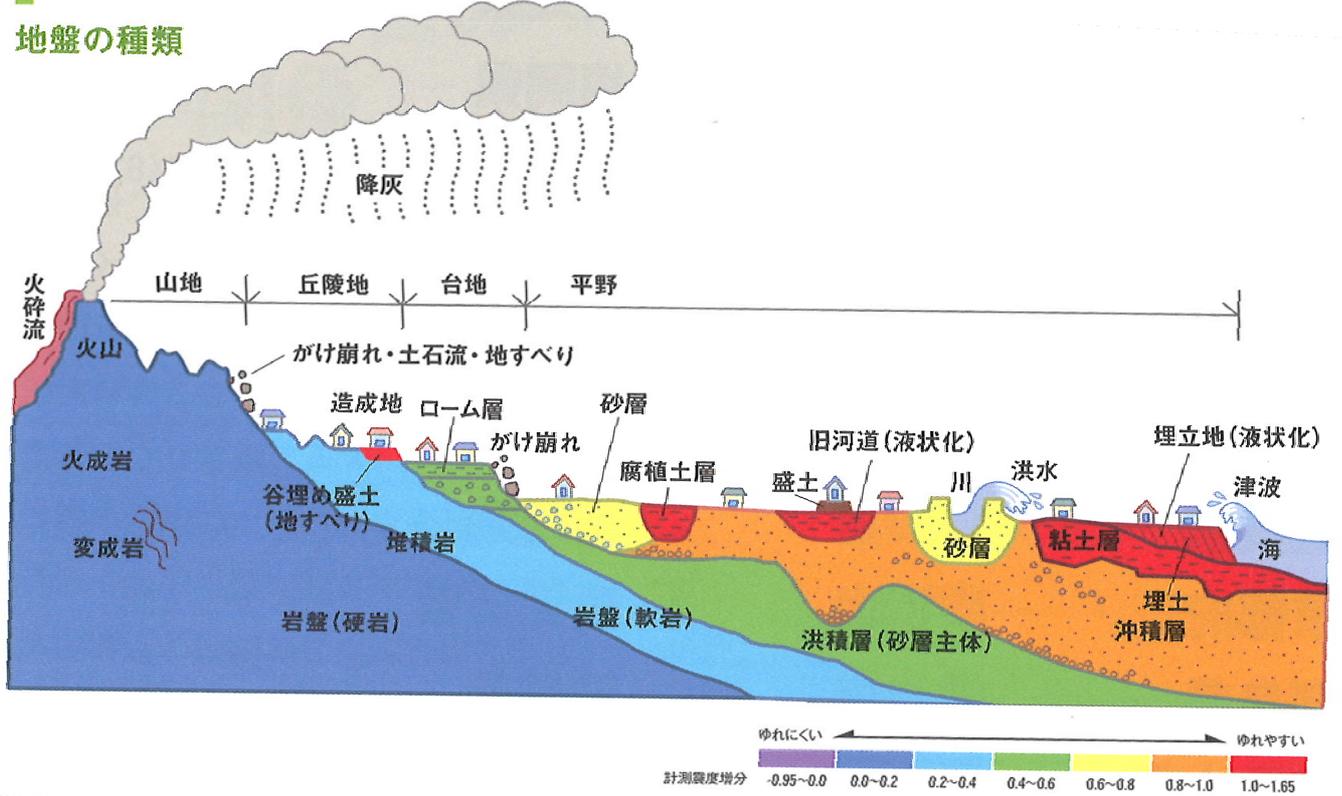
内閣府発表「表層地盤のゆれやすさ
全国マップ」をもとに地盤調査の
エキスパートが教える、
危険な地盤マップの決定版。
地震・液状化・地すべり・水害など、
あらゆる自然災害の危険度を
地域別に詳解

X-Knowledge

自然災害のモード

次に各県ごとの特徴を示す

地盤の種類



群馬県

活断層がないため
直下型地震は少ない



群馬県の地震

818 (宝永)年	関東諸国に被害：M7.5〜/死者多数
1923 (大正12)年	関東大震災：M7.9/家屋倒壊24棟
1931 (昭和6)年	西埼玉地震：M6.9/死者35人、家屋全壊13棟
2011 (平成23)年	東日本大震災：M9.0/死者42人、家屋半壊7棟

ゆれにくい ← → ゆれやすい
計測震度増分 -0.95~0.0 0.0~0.2 0.2~0.4 0.4~0.6 0.6~0.8 0.8~1.0 1.0~1.05

前橋の地盤 昔と今

台地と低地からなる前橋は、もともと台地に築いた旧市街地が近年は低地と周辺の台地に急拡大している。台地上には浅間山がおよそ2万年前に噴火した際の
前橋流の堆積物があるため、微低地では地盤が悪い。

昭和7年

利根川沿いに台地と低地がある。旧市街地は利根川左岸の台地上に発展した。ただし、台地上には「前橋流」が分布しているため、集落は地盤のよい微低地に集中した。



平成22年

東の低地に急増した工場や宅地の一部は軟弱地盤の上に建った。台地に拡大した新興住宅地は、微低地に軟らかい地盤が広がる。直下型地震は少ないが、ともに地震時の揺れがやや大きくなるので警戒も。



栃木県

火山性地盤の崖崩れや活火山の噴火に備えよう



男体山
男体山の噴出物が大谷川をせき止め、中野寺湖をつくった。せき止めた火山岩の溶岩は湖の湧をつくっている。写真は男体山中腹の火山噴出物。崖崩れなどを起こしやすい地盤である



冠尾山脈
中・古生層の硬い岩盤が分布しており、揺れは小さい。冠尾山脈は山の生産によって明治の発展に寄与したが、多くの公害問題も引き起こした。売切山となった山への植林が今も続いている



出流湯舟天池
日本名水百選の池で、古生代の石灰岩の洞穴洞から湧水している



鬼怒川峡
付近に温泉街が広がる

日光東照宮
地盤はよいが火山地域であり、土砂災害の懸念がある。世界遺産としても有名な

中禅寺湖周辺
ここにはゆるい地盤が多く、地震時に揺れやすい

冠尾山脈
中・古生層の硬い岩盤が分布しており、揺れは小さい

渡良瀬川流域
下流部は利根川との合流付近の低地となるため、粘土や砂が厚く堆積しており地盤がゆるい。地震時は揺れが大きくなり、液状化の懸念がある

遊水池
遊水池で揺れが大きくなる

閉谷断層

1653年の日光地震の際に活動した活断層といわれている。このとき閉谷層は破壊、その後再結した。周辺の地盤は硬いが、閉谷断層が活動すれば断層周辺に被害が及ぶ

栃木県の地震

1659(万治2)年	岩代・下野・M6.0/温泉温泉一村(政府)が土砂に埋まり死者多数
1683(天和3)年	日光地震: M7.0/男体山の噴火など土砂災害多数、せき止めた湖の決壊で死者(個人)
1923(大正12)年	関東大震災: M7.9/家屋全壊3棟
1949(昭和24)年	今市地震: M6.2-6.4/死傷者173人、家屋全壊290棟
2011(平成23)年	東日本大震災: M9.0/死傷者136人、家屋全壊265棟



東日本大震災で斜面が崩壊、土砂が宅地に溜ったが、かろうじて止まった。人的被害はなかったが、家畜の牛が多数土砂に埋まった



東日本大震災で斜面崩壊が発生し、2人が亡くなった

地盤は比較的よい。地震の揺れも小さい

栃木県は北に火山山地、東に八溝山地、西に冠尾山地が位置する。中央～南は関東平野の北端にあたる。関東平野の北端は台地が多く、軟らかい地層の堆積する低地が少ないのが特徴。山地、台地とも地盤はよく、地震による揺れは大きくならない。渡良瀬川の遊水池は軟弱地盤だが、人家がないのが救いである。

活断層に関しては、県北に位置する閉谷断層が活動した場合に発生する直下型地震に注意したい。また、地震による火山性地盤の崖崩れや那須岳などの活火山の噴火にも注意が必要である。



茨城県

低地が多い県南部は揺れが大きくなる

活断層はないが、海溝型の地震と津波の脅威にさらされている

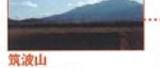
茨城県は北は山地と丘陵地からなり、南は台地と低地からなる。このため、地震の揺れは県南で大きくなり、特に利根川などの河川沿いの低地は大きく揺れやすい。液状化の被害は低地の旧河道や旧湖沼で起きやすい。東日本大震災では、水郷地帯である潮来に液状化の被害が、利根川の堤防に地すべりの被害が発生した。

活断層がないため、直下型地震の心配は少ない。しかし海溝に鹿島海山(太平洋プレートに乗ってやってきた古い火山島)が引っかかっているためか、海溝型地震に関連した小地震が多い。東日本大震災のような海溝型地震と、それに伴う津波に備えておきたい。



碓田の滝
日本三大名瀑の1つで、高さ120m、幅73m。岩壁を4段に分かれて落下するので「四段の滝」とも呼ばれる。比較的硬い凝灰岩や凝灰角礫岩からなる地質で、地震の揺れは比較的小さい

硬い中・古生層からできており、地震の揺れは小さい



筑波山
関東平野を象徴するランドマーク。花崗岩や硬い岩といいた硬い岩盤からなり、揺れは小さい。特に球状花崗岩は、県の天然記念物に指定されている

低地の軟弱地盤

県南は利根川を中心に低地を形成しており、ここは軟らかい粘土や砂が堆積している。このため、地震の揺れが大きくなり、液状化も起きやすい。特に赤色の土壌は超軟弱な腐植土などが分布している。ここには高速道路などが通っているが、これらの軟らかい地盤を覆い、下にある硬い地盤に支持させたり、軟らかい地盤に改良を施すなどして、その対策としている



小貝川流域
1986年、台風10号により氾濫を引き起こし、多くの水田、家屋が水没した

取手市
旧市街地は台地上にあるが、周辺には利根川と小貝川に挟まれた軟弱な地盤がある。地震の揺れが大きくなりやすく、液状化の懸念もある

利根川流域
川沿いに軟弱地盤が多い。流域面積16,840km²で日本一の河川。坂東大浦と呼ばれる暴れ川の1つである

硬い花崗岩からできており、地震の揺れは小さい

北茨城市

日立市

久慈川流域
川沿いに軟弱地盤があり、揺れが大きくなりやすい

東海原子力発電所

水戸市
旧市街地は台地の良好な地盤の上にあるが、千波湖や那珂川沿いの新興市街地には軟弱地盤が多い。借家園は硬質な台地にある

那珂川流域
川沿いに軟弱地盤があり、揺れが大きくなる

霞ヶ浦
日本で2番目に大きな湖だが、最大水深は7mと深い。湖の周辺には軟らかい砂や粘土層が分布し、揺れが大きくなる

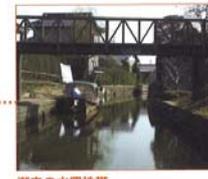
神神市の地盤
海岸沿いの地盤が「新砂丘」で液状化しやすい

津波
東日本大震災で海沿いは津波被害を受けた。今後は、予想される茨城県沖、房総半島沖地震による津波の懸念がある

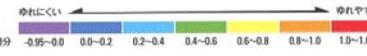
潮来の水郷地帯
潮来の水郷地帯は湿地が多いため、特に地盤が悪い。砂や礫の供給が少なく、ゆっくりと堆積する粘土が厚く積もっている。地震の揺れが大きくなりやすい



鹿島神宮
日本全国に約600社ある鹿島神社の総本社で、神宮内にある「磐石」は大部分が地中に埋まった磐石で、地震を鎮めると言われている。なお、隣接する新宮にもある磐石にも、もう一つの「磐石」がある。もともと鹿島神社の磐石は凹型で、香取神社の磐石は凸型で凹型になっているのが不思議である



潮来の水郷地帯は湿地が多いため、特に地盤が悪い。砂や礫の供給が少なく、ゆっくりと堆積する粘土が厚く積もっている。地震の揺れが大きくなりやすい



埼玉県

中川沿いの低地に注意
大宮台地の谷も要注意



峽
硬い結晶片岩からなる峽谷で、観光地として訪れる人も多し。地質学的には貴重な岩石である紅崖片岩と侵食地形のポットホールで有名

秩父盆地
比較的若い新第三紀の地層からなる盆地で、揺れは比較的小さい。盆地が方形になっているのは、山地と盆地の間に古い活断層があるためである



秩父山地
硬い中・古生代の岩盤からなり、揺れは小さい。ただし、山間地のため、豪雨時などは崖崩れや土石流が発生しやすい

直下型地震が近いといわれている。被害を軽減する準備が急務

埼玉県は東の関東平野と西の秩父山地からなる。関東平野は地盤のよい台地と地盤の悪い低地に分けられるが、台地内でも谷が入り込んでいるところは軟弱地盤となるので要注意。秩父山地は硬い中・古生代の岩盤からなり、揺れは小さい。ただし、山間地のため豪雨などによる崖崩れや土石流の危険はある。平野と山地の間に位置する丘陵地や扇状地の地盤は比較的良好。

関東平野には、北西-南東方向の活断層が認められており、これらが活動すると県内の主要都市に甚大な被害が出る。かねてより懸念されている首都圏直下型地震の震源は、これらの活断層が動く可能性が高いとみられていることである。海溝型の大地震が起こった場合は、台地部の被害は小さいが、中川低地など地盤のきわめて軟らかいところでは被害が予想される。

① 深谷の地盤
活断層図 → P53

② 大宮の地盤
活断層図 → P53

③ 浦和の地盤
今昔図 → P52

④ 荒川低地
荒川流域で軟弱地盤がある。荒川沿いには荒川断層が走り、一部遊水地化している

⑤ 武蔵野台地
台地で地盤も良好。園木田独歩の作品に出ているような、武蔵野のコナラ林が残る

⑥ 秩父断層
地帯での断層露頭は多く、とう曲した地表の高低差で判別される。活動しても地表に露出しない可能性があるが、周辺の揺れは甚大となる

⑦ 利根川流域
川沿いに軟らかい砂や泥が堆積しており、地震時の揺れが大きくなりやすい。一部、液状化の懸念もある

⑧ 大宮台地
全体に地盤はよいが、台地に谷が入り込むところでは軟らかい粘土が堆積しており、地盤沈下が発生したり地盤の揺れが大きくなりやすい。ここに何の対策もなく盛土をすると、地震時に谷埋めがすすむことがある

⑨ 中川低地
軟らかい粘土層が厚く堆積している地域。水需要が多く、地下水抽水による地盤沈下がまだに収まっていない

⑩ 利根川断層
活動度は中位であるが、活動した場合の周辺地域への影響は甚大

⑪ 利根川低地(利根川流域)
水氾濫地域で地質が悪い。東日本大震災の際も、一部液状化被害があった

⑫ 津波に注意
太平洋に面した九十九里浜や鶴川の低地などは、津波による被害が予想される

⑬ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある

⑭ 白浜海岸
1923年の関東大震災で海岸線が隆起した。ここは大地震のために隆起し、海成段丘が複数形成されている。付近には古い海底地すべり堆積物の露出も見られる(撮影:上野野司)

⑮ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある

⑯ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある



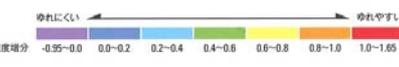
1855(安政2)年	安政(江戸)地震: M6.9/死者1,727人、家屋倒壊3,243棟
1923(大正12)年	関東大震災: M7.9/死者・行方不明者343人、家屋倒壊4,759棟
1931(昭和6)年	西埼玉地震: M6.9/死者125人、家屋全壊63棟
2011(平成23)年	東日本大震災: M9.0/死者104人、家屋全壊22棟

① 危ない地盤が多い
かつての利根川が東京湾に注いでいた流域には、利根川が運んできた軟らかい泥や砂が厚く堆積しているため軟弱地盤が多い。江戸時代に利根川の太平洋銚子沖への転流が行われたため、もともとの利根川は現在中川として河川規模を縮小している

② 大宮の地盤
活断層図 → P53

③ 利根川断層
活動度は中位であるが、活動した場合の周辺地域への影響は甚大

④ 荒川低地
荒川流域で軟弱地盤がある。荒川沿いには荒川断層が走り、一部遊水地化している



千葉県

房総半島沖地震や
首都圏直下型地震に注意



① 東京湾岸低地
東日本大震災では、浦安や毛根海岸での液状化が大きな問題となった

② 東京アクアライン
1997年に開通した。東京湾を横断する海底トンネルと橋梁からなる道路。トンネルは地盤のよい土層(砂質粘土が堆積し、時間をかけて強く固化した地層)につくられた。橋梁の基礎は、砂礫層に建てられている

③ 利根川低地(利根川流域)
水氾濫地域で地質が悪い。東日本大震災の際も、一部液状化被害があった

④ 津波に注意
太平洋に面した九十九里浜や鶴川の低地などは、津波による被害が予想される

⑤ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある

⑥ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある

⑦ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある

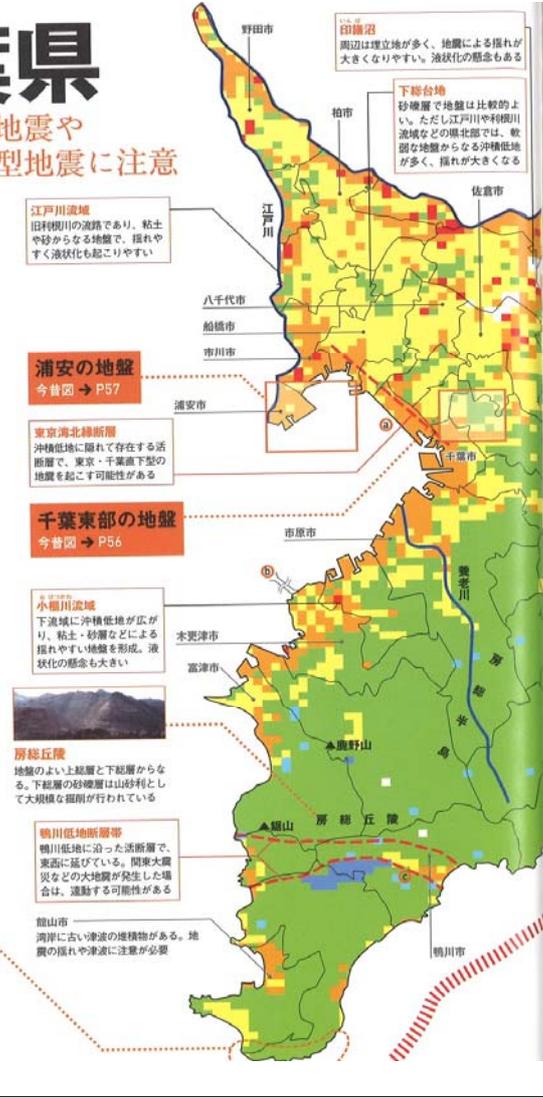
⑧ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある

⑨ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある

⑩ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある

⑪ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある

⑫ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある



① 津波に注意
太平洋に面した九十九里浜や鶴川の低地などは、津波による被害が予想される

② 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある

③ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある

④ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある

⑤ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある

⑥ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある

⑦ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある

⑧ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある

⑨ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある

⑩ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある

⑪ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある

⑫ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある

⑬ 利根川断層
利根川沿いに古い活断層があり、東大震災の際には、関東大震災などの大地震が発生した場合は、運動する可能性がある



1703(宝永16)年	元禄地震: M7.9-8.2/死者6,534人、家屋倒壊61,610棟
1923(大正12)年	関東大震災: M7.9/死者・行方不明者1,346人、家屋倒壊13,767棟
1987(昭和62)年	千葉県東方沖地震: M6.7/死者146人、家屋全壊16棟
2011(平成23)年	東日本大震災: M9.0/死者273人、家屋全壊798棟

造成地の谷埋め盛土の地すべり

浦和の地盤 昔と今

市街地は地盤のよい台地に開発されたが、時代が進むにつれ周辺の低地や台地の谷にも住宅地が広がってきた。地震に対する危険度が高くなる都市構造へと変化している。



昭和元年
大宮も浦和も、旧市街地は地盤のよい台地上に立地された。軟らかい地盤のある荒川低地や、台地内の谷に広がる住宅地や太田道などは水田として利用されているケースが多い。



平成18年
台地上に広がった市街地が、現在は低地や台地の谷にまで拡大してきている。台地内の谷には軟らかい地盤が堆積しているため、地震時の揺れが大きくなりやすい。谷埋め盛土のすべりも心配されている。

千葉東部の地盤 昔と今

千葉東部はなだらかな起伏が続く下総台地が多くを占めるため、地盤は比較的良好。しかし、台地内に点在する沖積低地では地震の揺れが大きくなりやすい。一見、台地上にあると思われる宅地でも谷埋め盛土の地すべりの危険は大きい。



大正14年
千葉旧市街地は、地盤の比較的良好な下総台地上に立地した。四街道旧市街地や車庫野も、地盤のよい谷や川沿いの地盤には水田が多かった。



平成21年
地盤の悪い川沿いの沖積低地にも市街地が急激に広がっている。この低地には軟らかい泥や砂が堆積しており、揺れやすさ、液状化もしやすい。一方、台地内の谷は、地盤時に液状化の恐れがある。

東京都

相模トラフと立川断層による地震に備えたい

立川の地盤
活断層 → P63

多摩の地盤
今昔図 → P62

東京湾岸部の地盤
今昔図 → P61

丸の内地盤
比谷谷の入り江を埋土しているため地盤が悪い

液状化に注意
下町の低地には軟らかい砂や泥が厚く堆積した軟弱地盤が多く、一部液状化の心配がある。図の赤色は湿地や埋立地で、腐植土を伴った軟らかい堆積物が分布している場所である

東京都の地震

1703(元禄16)年 元禄地震: M7.9~8.2/死者340人、家屋全壊22棟

1855(安政2)年 江戸地震: M6.9/死者7,000人余、家屋全壊14,346棟

1923(大正12)年 関東大震災: M7.9/死者・行方不明者70,387人

2011(平成23)年 東日本大震災: M9.0/死者傷者124人、家屋全壊13棟

首都直下型地震と海溝型地震、両方の備えを

東京都は、東側に荒川低地、中央部に武蔵野台地と狭山・多摩丘陵地、西側に関東山地を擁する。荒川低地は軟らかい泥や砂が厚く堆積して揺れやすく、一部液状化の危険もある。武蔵野台地と狭山・多摩丘陵地はよく締まった礫層や土丹層が分布しており、揺れは比較的小さい。ただし、谷埋め盛土を行っている場所では、地震時にすべりが発生する危険がある。硬い岩盤が分布する関東山地の揺れは小さい。

直下型の震源となる可能性がある平野内の活断層が動いた場合、その被害は甚大となるだろう。関東大震災の再来となる相模トラフなどの海溝型地震が発生した際も、地盤の悪い荒川低地を中心に被害が大きくなりやすい。

狭山丘陵 よく締まった礫層や土丹層と呼ばれる実岩からなる。活動した場合、甚大な被害が避けられない

立川断層 多摩地域を横断する活断層で、周辺には住宅地が密集している。活動した場合、甚大な被害が避けられない

荒川流域 川沿いに軟らかい地層が堆積した沖積低地が広がる

多摩川流域 多摩川沿いの地盤には、軟らかい砂や泥が堆積しており、揺れやすい地盤が多い

東京タワー 1958年に竣工した。高さ333mの電波塔。地盤のよい台地上に、最新の技術の特を備えて建設された

羽田空港 多摩川河口の軟らかい泥などが堆積した場所。沖合には比較的堅固なマヨネーズのような地層がある。羽田の沖合開闢に関わった現場の人たちの間では「マヨネーズ層」と呼ばれていた

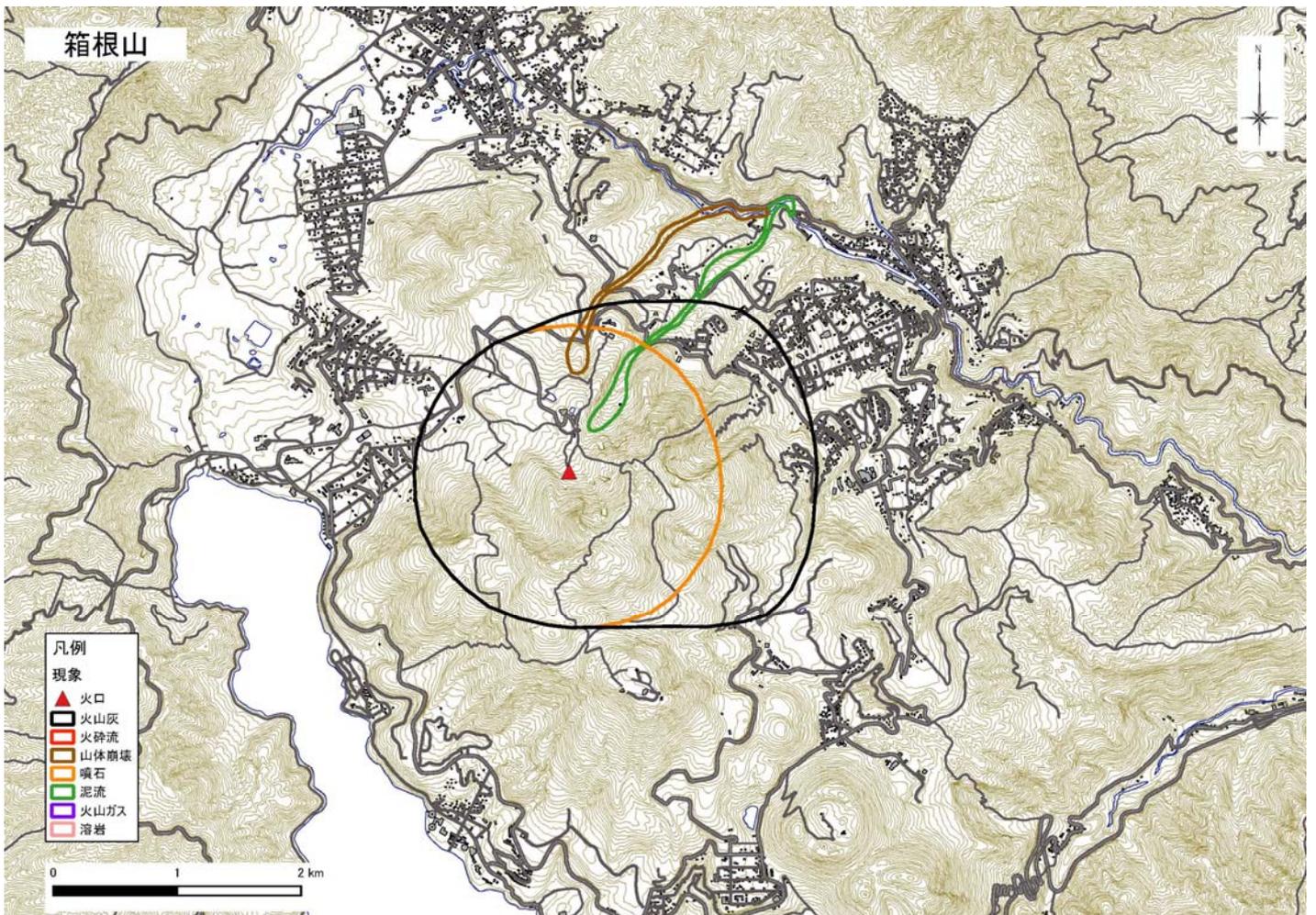
伊豆諸島 大島、利島、式根島、新島、神津島、三宅島、御蔵島、八丈島、青ヶ島、小笠原諸島、父島、母島

ゆれにくい ← 0.95~0.0 0.0~0.2 0.2~0.4 0.4~0.6 0.6~0.8 0.8~1.0 1.0~1.65 → ゆれやすい

神奈川県活断層図

横須賀・三崎には三浦半島を横切る北武断層や武山断層があり、関東大震災の際、一部運動したといわれている。小田原は大磯丘陵の西端に国府津・松田断層があるため、断層を横切る東海道新幹線、東名高速道路の被害が懸念される。

- 上位段丘面 山地
- 中位段丘面
- 下位段丘面
- 沖積低地
- 扇状地
- 埋立地・干拓地
- 地すべり
- 変位した谷線
- 火口・カルデラ
- 火砕流堆積面



山梨県

糸魚川—静岡構造線の地震と富士山の噴火に細心の注意を



御坂山地

火山性の噴火からなり、比較的薄く、揺れは小さい。登壇のロックガーデンをつくっているところもある

赤石山脈

中生代の硬い岩盤からなり、揺れは小さいが崖崩れが多い

糸魚川—静岡構造線

日本を東西に分ける一帯の大地層である。県内では甲府盆地の西縁を画す

甲府盆地(笛吹川+釜無川流域)

両川の間に軟弱地盤が広がるが、各地自然の起伏により、地盤の硬さは異なる

七面山大崩れ

七面山の東側の斜面には七面山大崩れといわれる崩壊地がある。この大崩壊は1854年の安政東海地震によって起きたといわれてきたが、鎌倉時代の絵図にも記載があり、それ以前から崩れが始まっていたようである

富士山

日本の三大急流のうち、流出が多い。上流の釜無川や笛吹川を合流、武田氏による治水事業(堰堤・壩)が盛んであった。最近では甲府盆地出口の狭窄部を大きく開削し、河川水がすやかに下流に流れる治水対策がとられている

山梨県の地震

1707(宝永4)年	宝永地震: M8.4/死者24人、家屋全壊7,397棟
1854(安政元)年	安政東海地震: M8.4/甲府で町家の7割が家屋全壊
1923(大正12)年	関東大震災: M7.9/死者20人、家屋全壊1,761棟
1924(大正13)年	丹沢地震: M7.3/負傷者30人、全壊家屋10棟



甲斐信ヶ岳
名前のとおり、甲州(山梨)・武州(埼玉)・信濃(長野)の3県を分ける山。硬い火山岩からなり、揺れは比較的小さい

厩坂トンネル
このトンネルが開通したおかげで山梨県と北関東が近くなった。工事は花崗岩や中・古生代の硬い岩盤を抜く難工事だったという。中・古生代の地層の中には石炭が含まれており、トンネル掘削中に鍾乳洞が見つかった

管根丘陵層
甲府盆地の南を画する活断層で、活動した場合には、盆地内の主要都市に甚大な被害が予想される。写真は甲府盆地から望む管根丘陵層

青木ヶ原樹海
864年、富士山の北西麓で噴出した膨大な玄武岩溶岩により形成された台地が、その後樹林化した。最近、この樹林の中で多くの噴火口が見つかっている。864年の噴火前までは、この地に海と呼ばれた大きな湖があったが、溶岩流が湖の多くを埋めた結果、現在はわずかに西湖と精進湖を残すのみとなっている

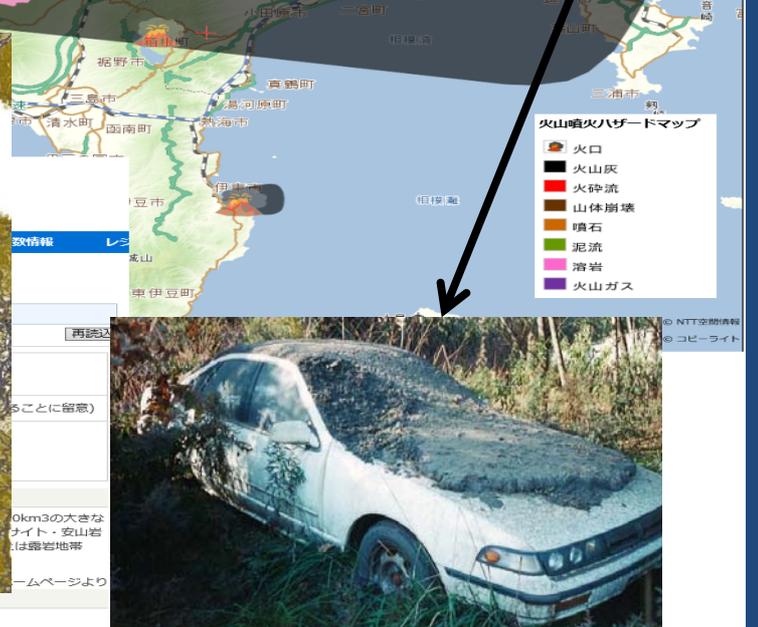
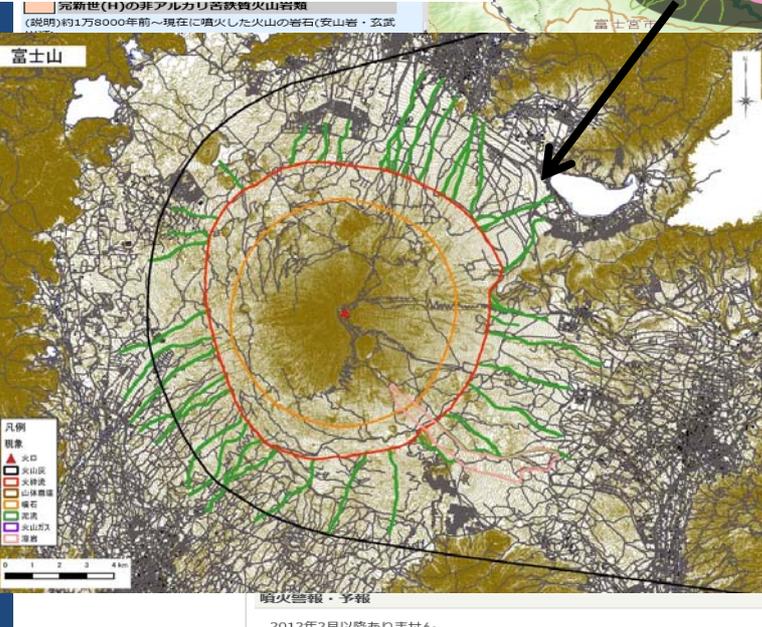
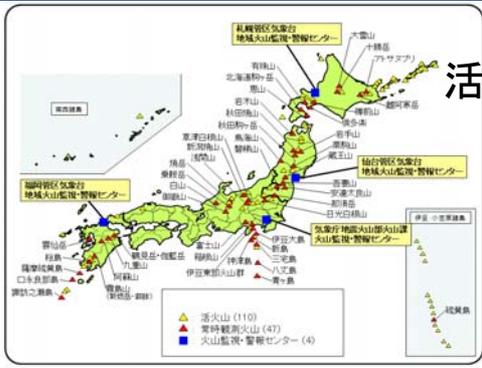
恵林寺
武田信玄の菩提寺で、盆地の地盤がよい層状地に立地している

富士に地盤はよいが、甲府盆地の一部に軟弱地盤が残る

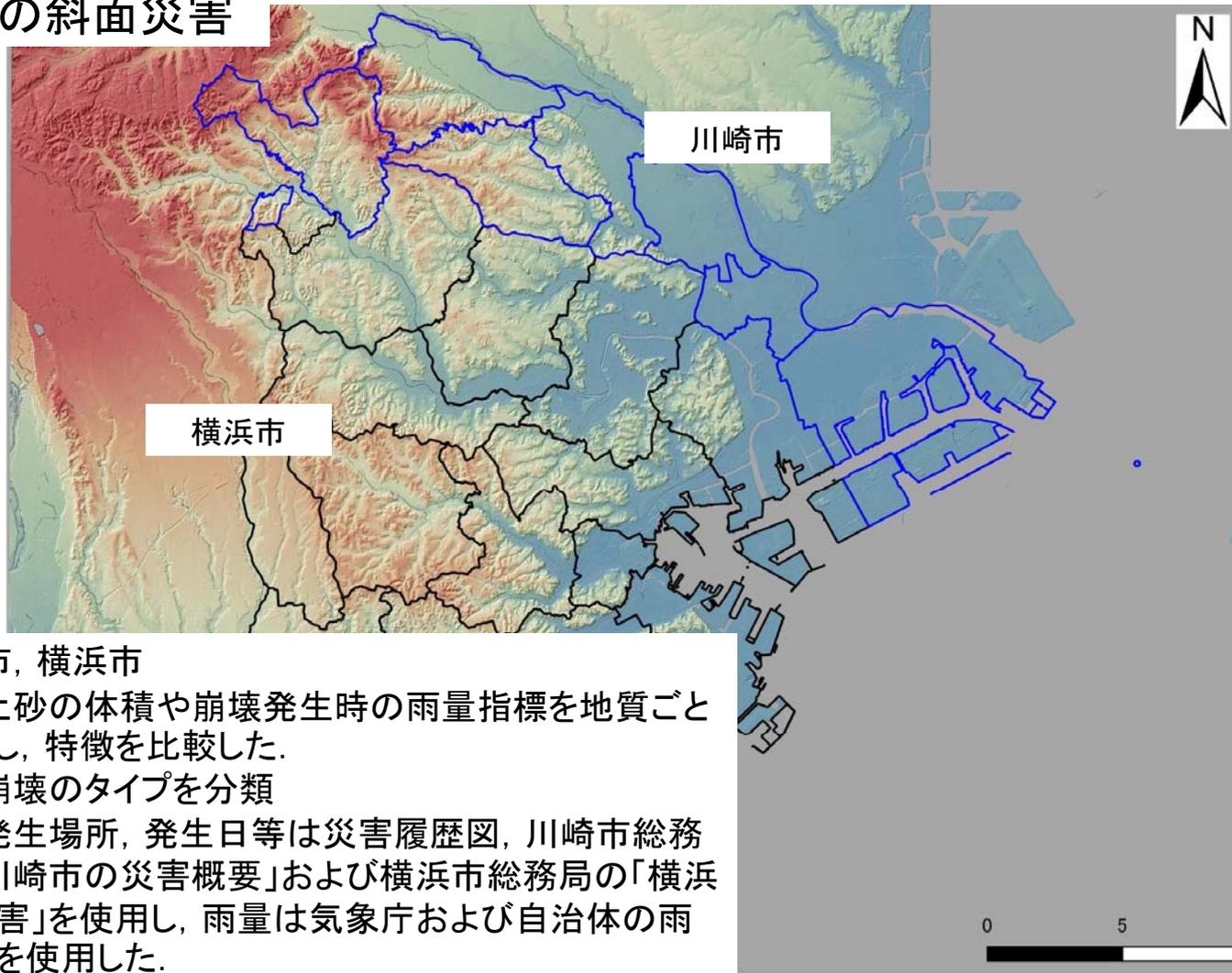
山梨県は、中央に甲府盆地があり、その周囲を山地を取り囲んでいる。南の御坂山地と北のハケ岳は火山性の岩盤からなり、比較的揺れにくい。西の赤石山脈と東の関東山地は、中・古生代の硬い堆積岩と花崗岩などからなる。揺れは小さいが崖崩れが多く、河川への土砂流出が問題となっている。特に七面山の大崩壊は有名で、1854年の安政東海地震では甚大な被害を受けた。現在、流出する土砂を止める防砂事業が精力的に続けられている。甲府盆地は、笛吹川と釜無川の扇状地からなり、地盤は礫を主体とすることから地震の揺れは比較的小さい。しかし、両河川の背後には軟らかい砂や泥が堆積した低地が若干あり、ここでは揺れが大きくなるとともに、一部液状化の懸念もある。甲府盆地を取り囲む活断層(糸魚川—静岡構造線など)が活動した場合には、盆地内の主要都市で被害が予想される。なお、1707年の宝永噴火以降は噴火が起きていない活火山、富士山の活動にも注意が必要である。

揺れにくい ← 揺れやすい
計測震度分布: -0.95-0.0 0.0-0.2 0.2-0.4 0.4-0.6 0.6-0.8 0.8-1.0 1.0-1.5

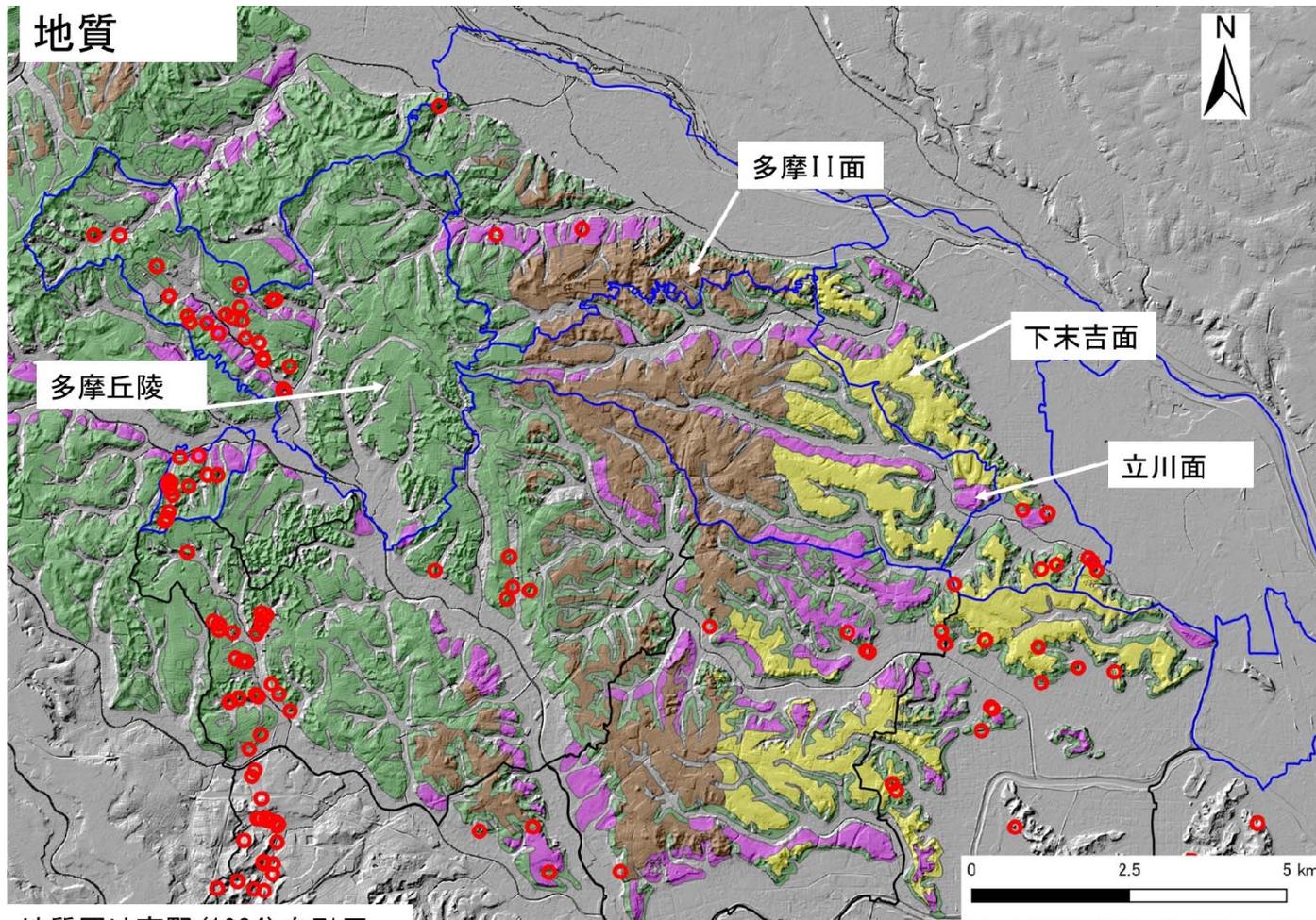
富士山噴火: 市民のためのハザードマップ



都市の斜面災害



- ・川崎市, 横浜市
- ・崩壊土砂の体積や崩壊発生時の雨量指標を地質ごとに調査し, 特徴を比較した.
- ・斜面崩壊のタイプを分類
- ・崩壊発生場所, 発生日等は災害履歴図, 川崎市総務局の「川崎市の災害概要」および横浜市総務局の「横浜市の災害」を使用し, 雨量は気象庁および自治体の雨量記録を使用した.



地質図は高野(1994)を引用

横浜・川崎の崩壊(崖崩れは多いし、急傾斜危険箇所も多い)

- 1958: 821箇所、260死亡、287mm
- 1961: 873箇所、111死亡、280mm(宅地造成等規制法制定の契機)
- 1965: 川崎久末崩壊、24死亡
- 1966: 横浜南区・磯子区、34死亡
- 1971: 川崎生田、崩壊実験、15死亡
- 1972: 299箇所、27死亡
- 1974: 横須賀1610箇所
- 1982: 横浜10箇所18死亡
- 1989: 川崎蟹ヶ谷、6死亡
- 2000: 崖崩れ
- 2002: 崖崩れ
- 2004: 182箇所、1死亡
- 2005: 崖崩れ
- 2007: 9箇所
- 2011: 2箇所(保土ヶ谷)
- 2014: 2か所、2死亡

斜面の変遷

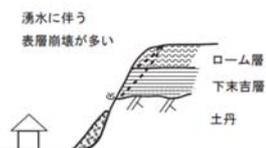
・ 台地の上、低地の開発 → 斜面の造成

・ 人工的な斜面

・ 造成時期の異なる法面

鵜沢・稲垣他(2015)による

経済高度成長前(1940年代)



経済高度成長後(1970年代)



現在(1990~2000年代)



崖崩れのパターン

横浜市・川崎市の斜面崩壊を、その地質構造や位置から、

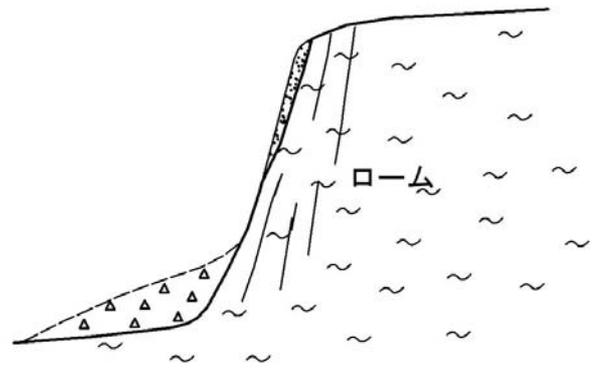
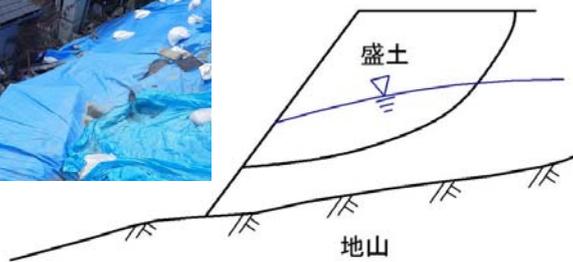
- ①盛土の崩壊
- ②ロームの表層崩壊
- ③相模層群の表層崩壊
- ④上総層群の表層崩壊
- ⑤③と④の複合

に分類した

鵜沢・稲垣(2017):都市斜面における土砂崩壊形態の分類とその特徴、平成29年度応用地質学会研究発表会講演論文集による

斜面崩壊の形態	地質		主な要因	崩壊の頻度	規模	危険度	模式図
①	盛土	砂礫・粘土	施工不良, 地下水, 表流水	中	中～大	高	
②	ローム	火山灰質粘土	地山の風化	小	小	小	
③	相模層群	砂礫	未固結で地下水位が高い	中	中	高	
④	上総層群	泥岩	地山の風化	高	中	中	
⑤	相模層群 上総層群	砂礫 泥岩	③と④の複合	小	大	高	

①、②



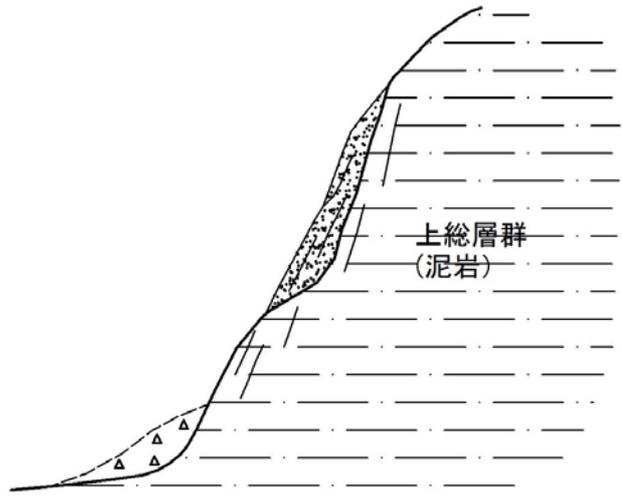
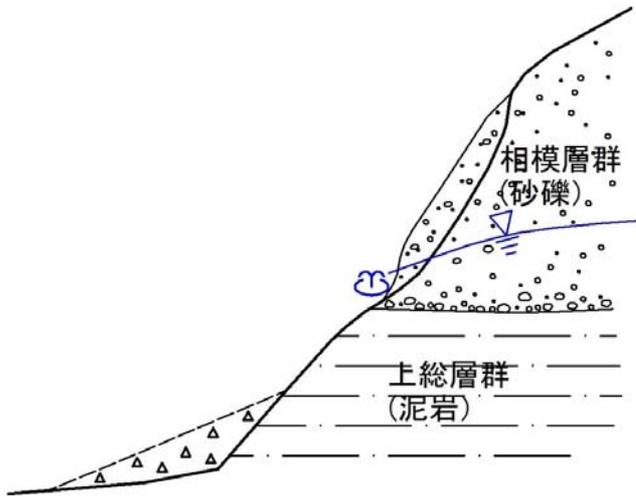
①盛土の崩壊

- ・法規制前の施工時期が古い盛土は注意を要し、盛土の土質や強度などを詳細に調査する必要がある。
- ・地表排水の処理や、谷埋め部分の地下水の処理が適切でないと豪雨時にも盛土内の水位が上がり不安定になる。
- ・崩壊は比較的規模が大きくなりやすく、危険度が高い。

②ロームの表層崩壊

- ・無対策箇所は侵食に弱く、風化により法面に縦クラックが生じる
- ・剥離型の表層崩壊が発生しやすい。剥離の深さは数10cm～1m程度
- ・大規模な崩壊は少なく、崩壊土砂も斜面下付近に留まる。

③、④



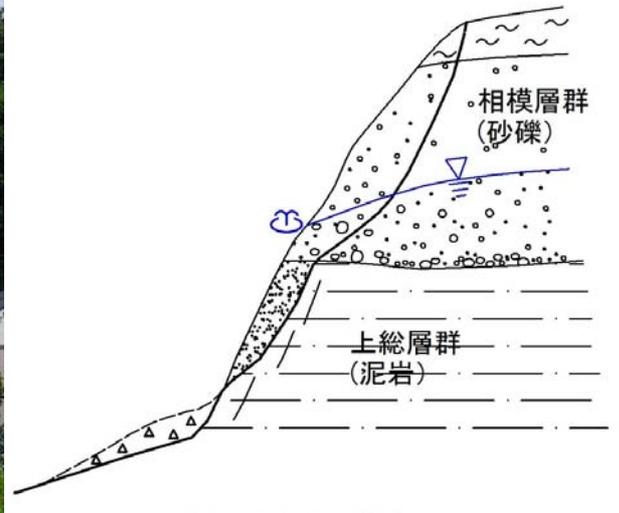
③相模層群の表層崩壊

- ・下位は泥岩であるため、地層内に地下水面を持っている。
- ・崩壊土砂は水を多く含みやすいため、崩壊規模は比較的大きくなることもあり、その崩壊土砂は相対的に遠くまで届きやすい。

④上総層群の表層崩壊

- ・法面は泥岩の風化が進行して、浮石や剥離が発生している。
- ・崩壊規模は中規模のものが多く、その崩壊土砂は斜面付近に留まることが多い。

⑤

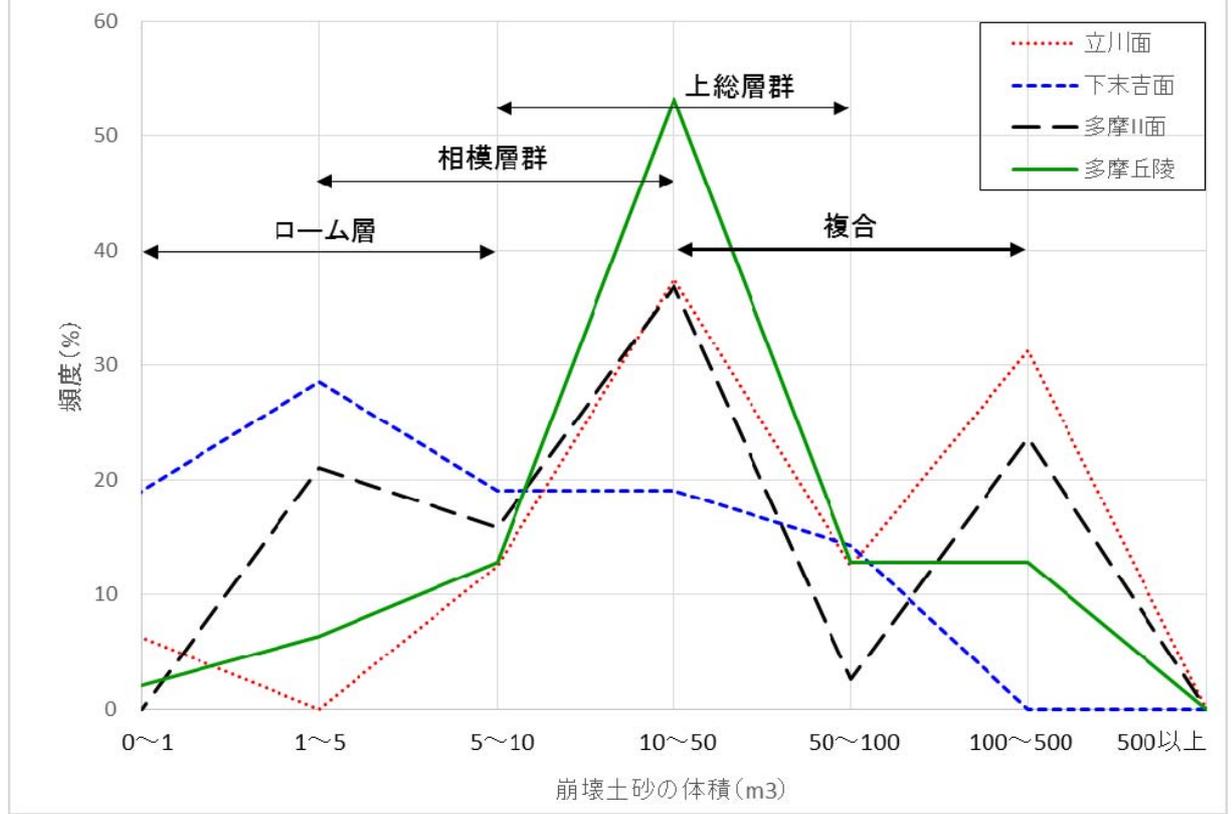


⑤ ③と④の複合

- ・模層群と上総層群の崩壊の複合
- ・崩壊土砂は水を多く含みやすく、崩壊規模が大きくなり、その崩壊土砂はより遠方に到達する。
- ・横浜市・川崎市の斜面崩壊の中でも、危険度が高い

地質と崩壊規模

鷗沢・稲垣 (2017)による

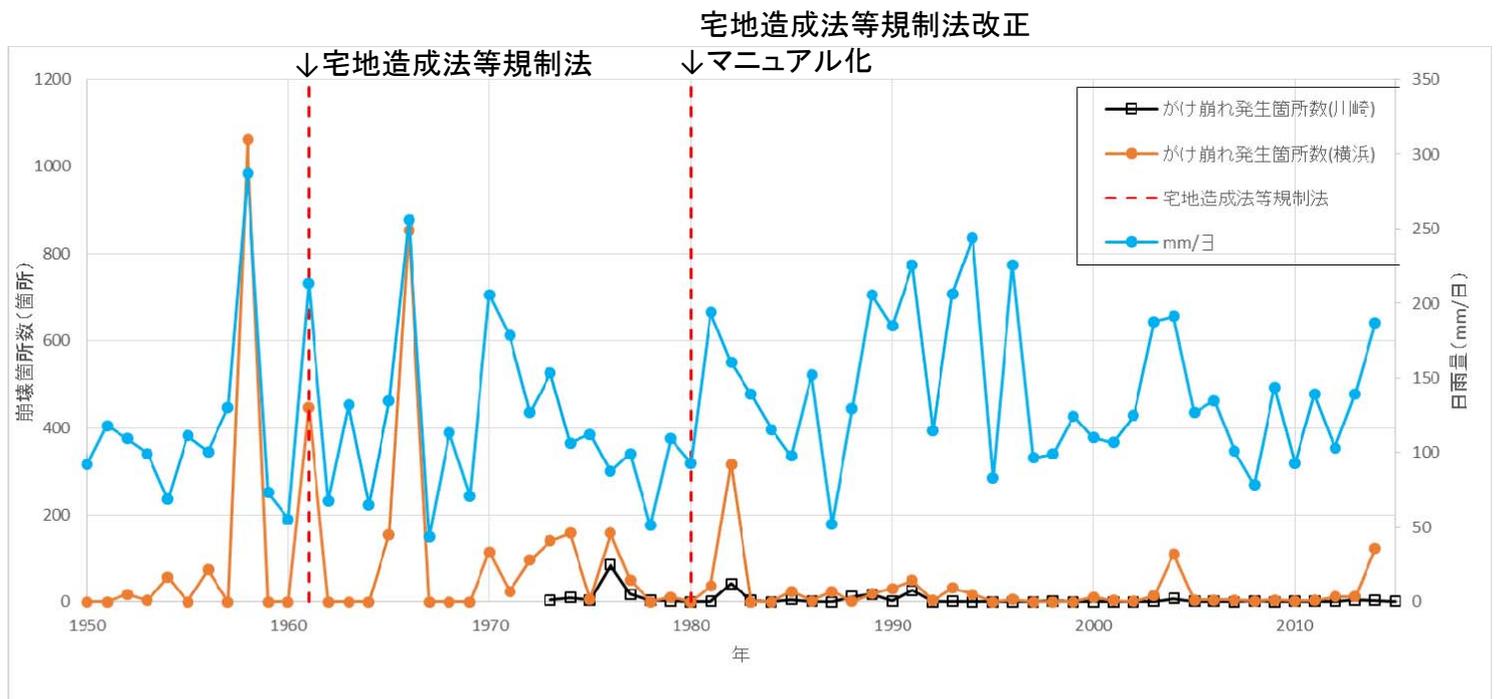


- ・下末吉面の崖では、50m³以下の小～中規模の崩壊多い(ローム層・相模層群)
 - ・多摩丘陵の崖では、10～50m³の中規模の崩壊が最も多い(上総層群)
 - ・立川面や多摩II面の崖では、10～50m³の中規模崩壊と100～500m³の大規模な崩壊が多くなる。
- 大規模な崩壊は、相模層群と上総層群の崩壊が複合して発生したものと考えられる。

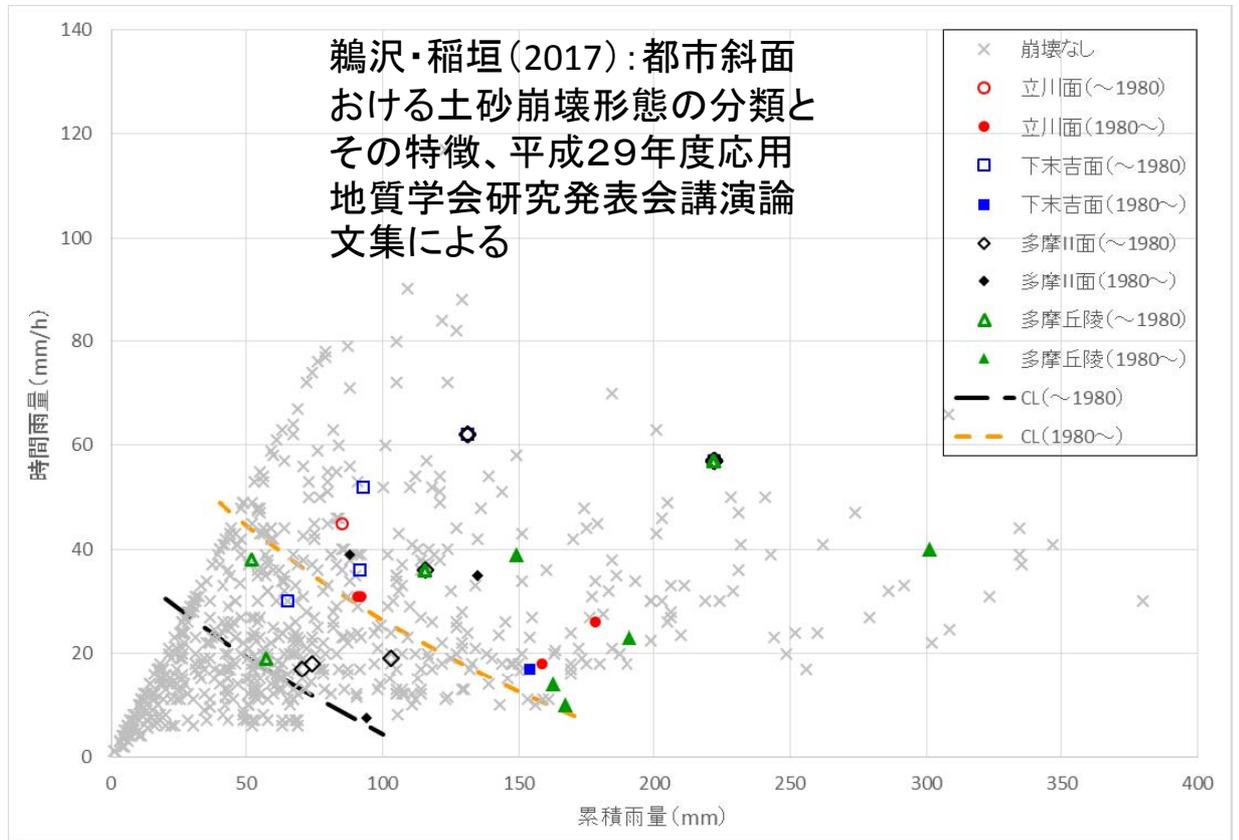
年代による土砂災害の変化と法規制

- ・宅地造成法等規制法 (1961年)
横浜市や神戸市で多発した造成崖の土砂災害がきっかけ

鷗沢・稲垣 (2017)による



降水量と崩壊の関係 (どのくらいの雨を注意したらよいか)



- ・ 崩壊発生時の時間雨量と連続雨量を年代で比較するとCLが変化している
- ・ 法律や技術基準が整備される以前の1980年代までは、連続雨量50mm・時間雨量20mm
- ・ 整備後の1980年代以降は**連続雨量100mm・時間雨量30mm**程度

法制度により、崩壊に対する崖の強靱化が進んでいるようである

横浜市の例: この崖は安全ですか

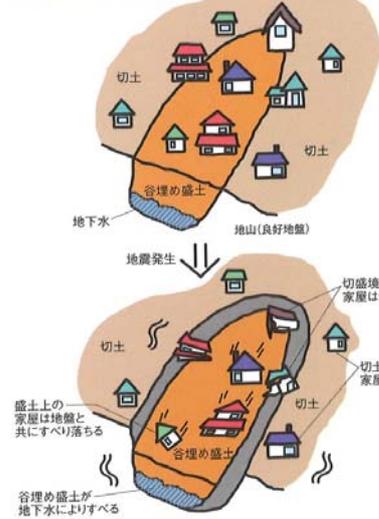


正面

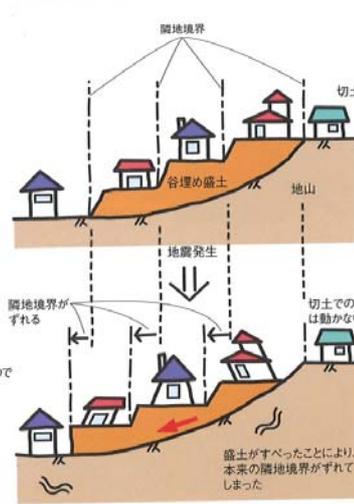
断面

都市の造成地の盛り土地すべり

地すべりと住宅被害



隣地境界のずれ

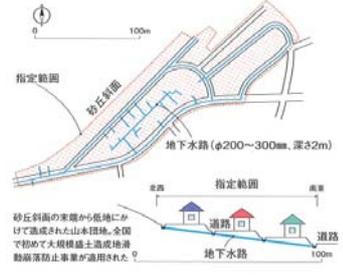


既存住宅の地すべり対策

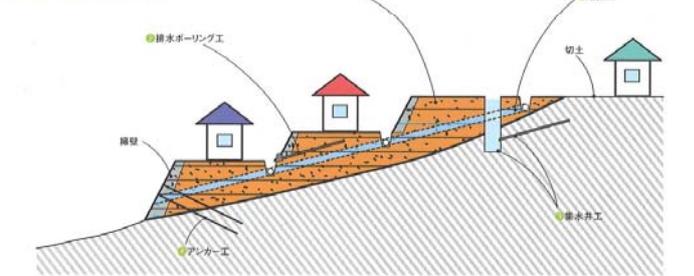
既存の住宅でできる対策は主に地下水路をつくること（暗渠工）だが、地盤の上に住宅があるため、大規模な施工はなかなか行えない。住宅を避けた周囲の空き地や公共道路などしか施工できないため、地下水路の配置も効率が悪く、新規に比べてコストもかかってしまうことが多い。

ただし現在は、いくつかの条件に合致していれば、工事費用の一部を国が補助する大規模盛土造成地滑動崩落防止事業が適用される。2004年の新潟県中越地震で被災した新潟県柏崎市の山本団地は、全国で初めて適用された例で、住宅の周辺に大規模な地下水路が施工された。

山本団地の暗渠工



既存の宅地での対策



- 既存宅地で暗渠を設ける場合は、新規造成時とは異なり、既存住宅を避けながらの作業となり、排水効率が落ち、費用もかかる
- 既存宅地で排水ボーリング工を設ける場合も、新規造成時とは異なり、既存住宅への影響に配慮する必要がある
- 盛土に井戸を掘ることで地下水を抜く工法。仙台市緑が丘などで実施されている
- 盛土全体に力を加えて地山に固定する工法。盛土のすべり対策としては効果が高いが、費用が高額で施工難度が高い

役立つ!!

地盤に係わる法令について

地盤リスクの知識

自然災害に負けない地盤がわかる本

ISBN 978-4-88644-092-1
C305 ¥1800E



9784886440921

定価(税別) ¥1,800

8. 地盤と法令 9. 地盤と裁判



123051018000

- 第1章 地盤に関する怖い話
- 第2章 社会情勢の変遷と地盤災害
- 第3章 リスクとリスクマネジメント
- 第4章 地盤リスクの実態とそのマネジメント
- 第5章 地盤と外力のもつ不確実性から引き起こされる地盤リスク
- 第6章 契約と地盤リスク
- 第7章 地盤リスクに対する保険・補償制度
- 第8章 地盤と法令
- 第9章 地盤と裁判
- 第10章 地盤に関する嬉しい話

Column

- 本当にあった不動産の怖い話
- 入札書類のボーリング柱状図で経験した怖い話〜怖い方が悪い〜
- 海外のこわい話〜ローカルの地盤調査結果には要注意〜
- 和算と建設技術
- 和算が生んだ第3海堡と大正関東地震による被災
- 地盤情報の公開
- 天気予測による村祭りのリスクマネジメント
- モデルルームでのやり取り
- 地盤リスクと地質リスク
- 想定外の外力で被害をもたらした東日本大震災の津波
- 建設工事の契約の流れ
- 宅地の契約の準備で忙しい不動産仲介業者の会話
- ドラマでよく見るあのシーン〜家族の生活はどうなるの? (30代会社員の妻が抱える不安)
- 水道分野からみた広域連携の効果
- 地盤リスク関係の法令を読み解くポイント
- 地盤リスクに関わる裁判のポイント
- 宅地の訴訟はどうしておこなう?
- 地震被害を免れた地下構造
- 羽田空港D 滑走路建設工事裏話
- 「地盤品質判定士」は「地盤のホームドクター」

宅地の設計・販売・購入時の必須知識が満載



JGS 公益社団法人 地盤工学会
The Japanese Geotechnical Society

発売所 丸善出版

訴訟について

最近発刊

- とても役立つ本です。

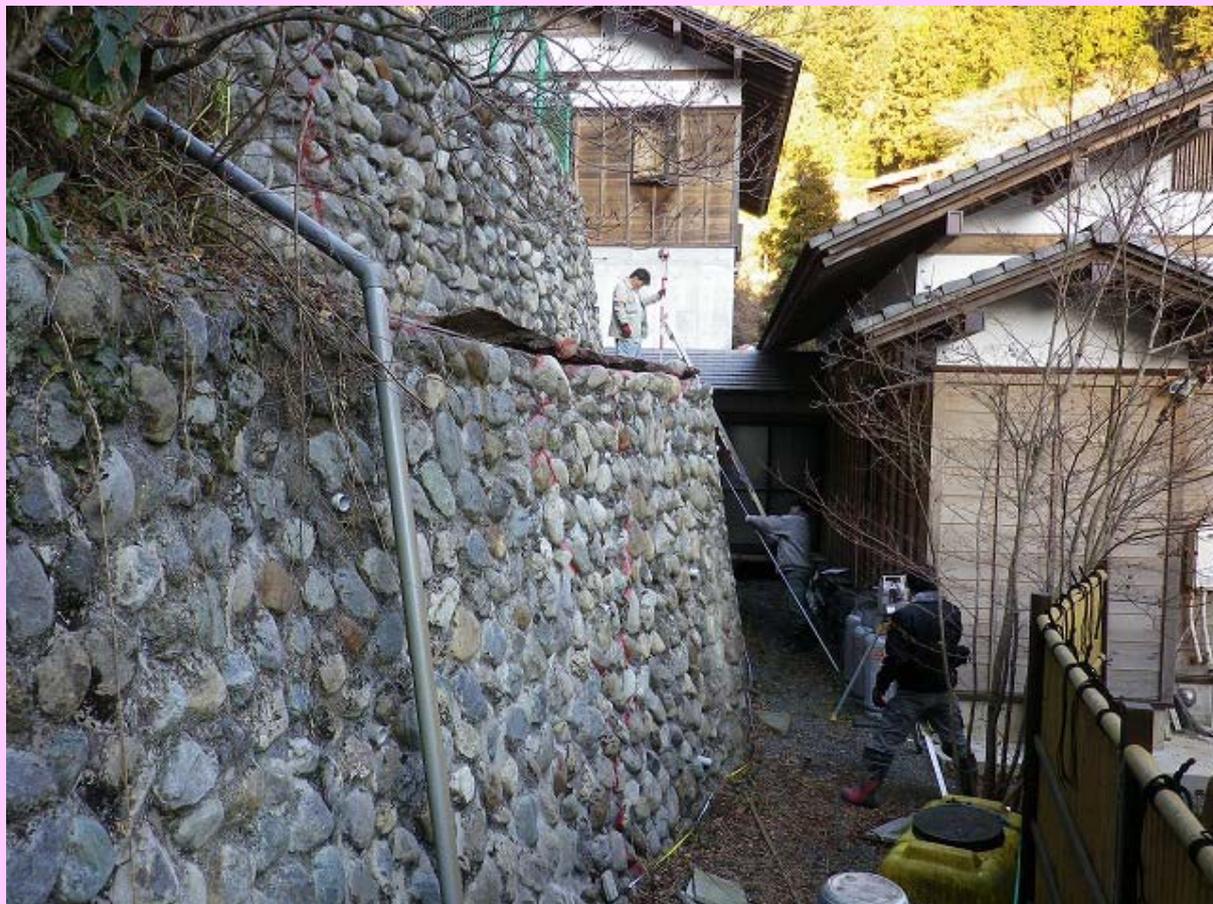
法律家・消費者 のための 住宅地盤Q&A

地盤工学会関東支部地盤リスクと法・訴訟等の
社会システムに関する事例研究委員会 編

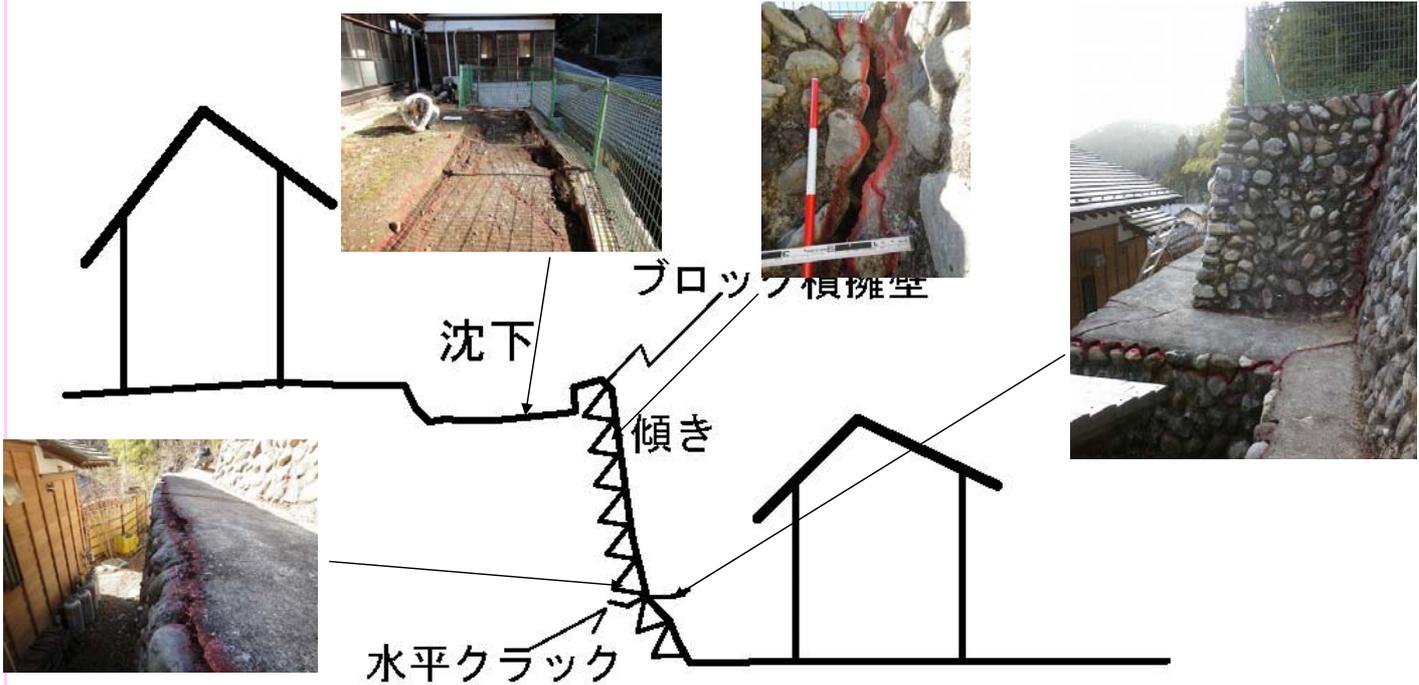


住宅を支える地盤のリスクを知る!

多摩の現場



地盤リスクは何か？

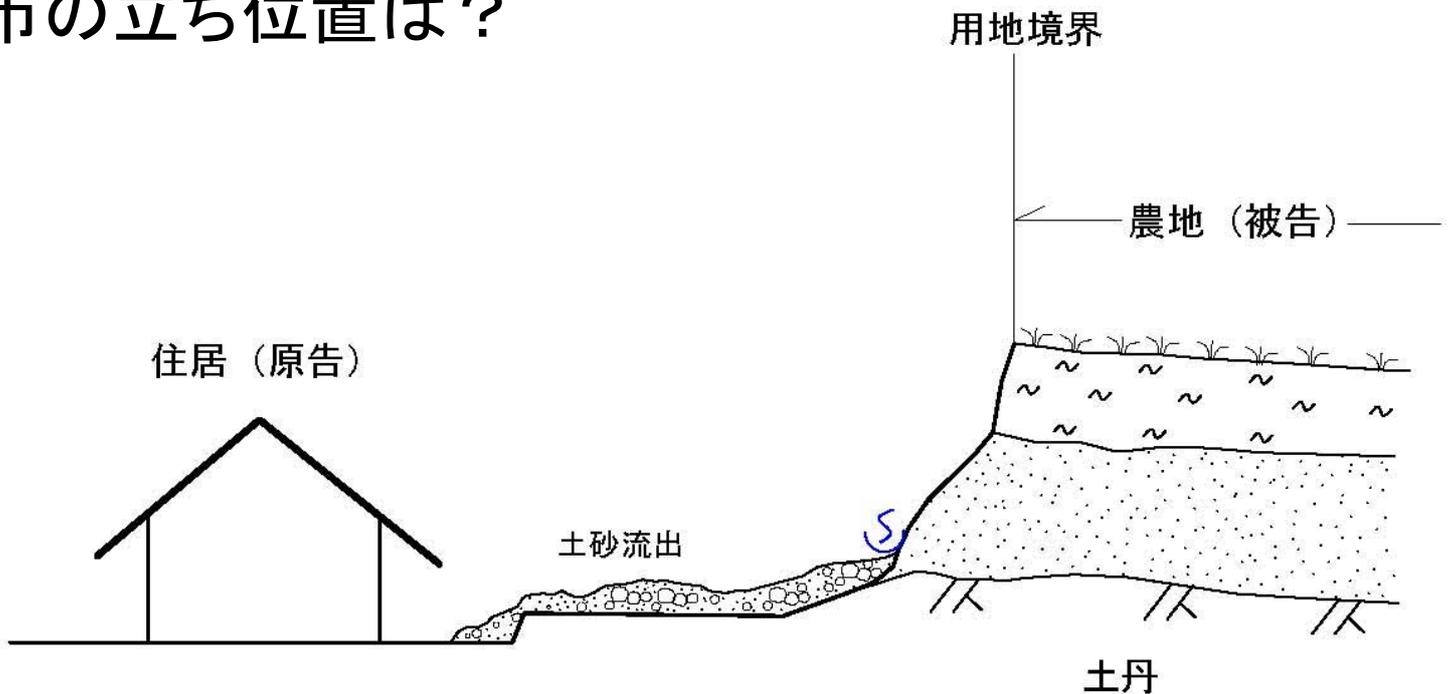


住民が建設業者を訴える
市の立ち位置は？

東金の現場

崖下の住人宅への土砂流出は誰の責任か？

下の住民が崖上の農地所有者を訴える
市の立ち位置は？



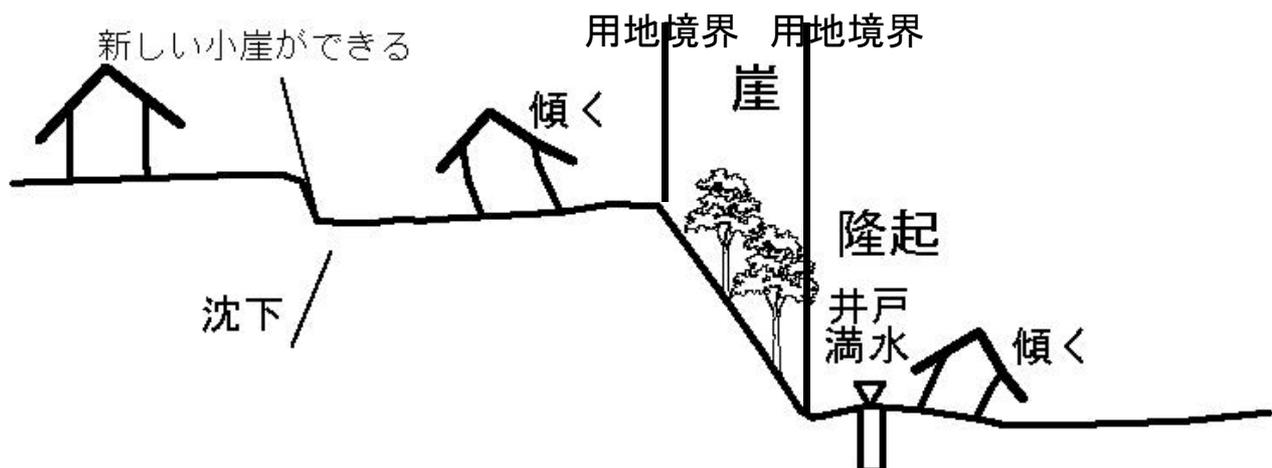
横須賀の現場



崖上と崖下の住民が崖の所有者を
崖管理の瑕疵を求めて訴えた

地盤リスクはどこにあるか？

誰の責任か？ 市は地すべりとして調査を行う
ただし、責任論は静観
恒久対策も行わず



鎌倉の現場

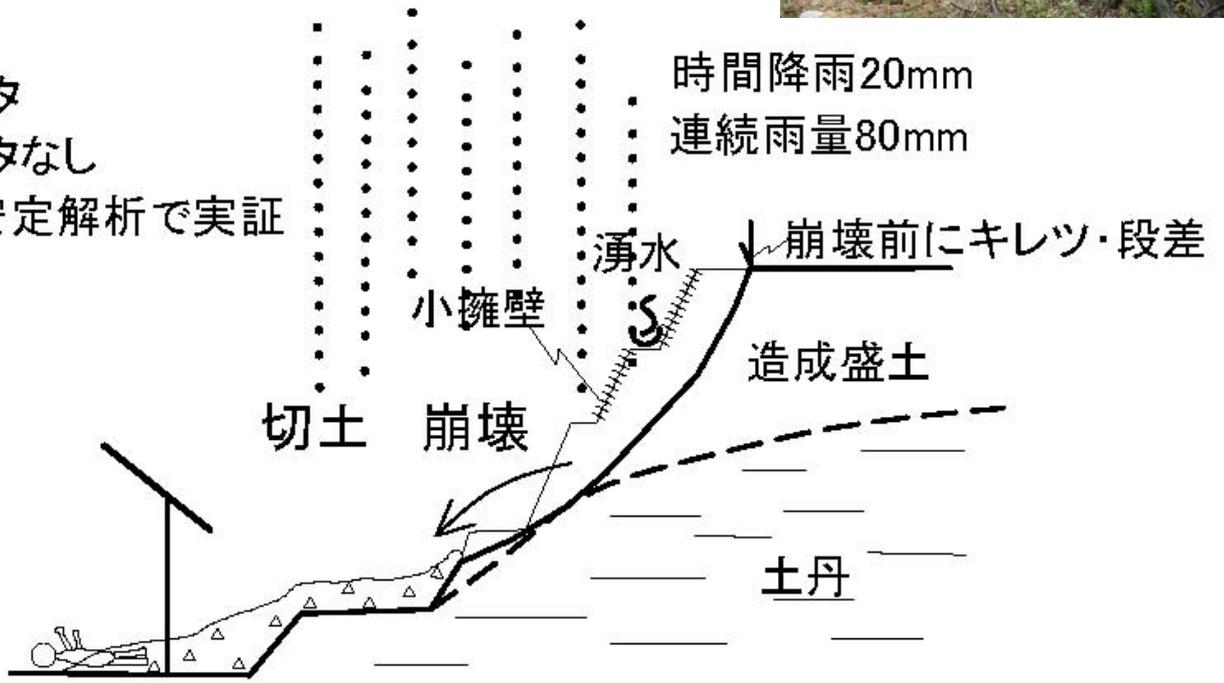


違法造成に如何対応するか (刑事事件)



造成データ
土質データなし
調査し、安定解析で実証

時間降雨20mm
連続雨量80mm



和解や訴えの取り下げの裁判例

- 民事訴訟では、判決以外に和解や取り下げによって終局(裁判が終了)する場合もある
- 民事第一審訴訟では判決で終局したものは約半数で、残りは和解や取り下げによって終局
- 横須賀市で発生した崖の崩壊裁判例では、崖所有者が周辺の住民に損害賠償を訴えられた。しかし、被告側の地盤技術者の意見書により崖の崩壊が、単なる斜面崩壊でなく崖周辺の原告の土地を含む広域な地すべりによることが明らかになり、地すべりの原因が被告・原告ともにあることがわかった。そこで、両者の間で和解が成立し、両者が費用を分担しあうことで決着
- 千葉の段丘崖からの土砂流出をめぐる裁判例では、崖下の原告住民が崖上の被告土地所有者に土砂流出防止の対策と土砂除去の損害賠償を訴えた。ここでも、被告側の地盤技術者が崖からの土砂流出は崖からの湧水が原因で、崖所有者の原告自身に土砂流出の責務があるとした意見書が裁判所に提出された時点で地盤工学上不利を感じた原告が訴えを取り下げた

まとめに換えて

- 日本地すべり学会の技術者は、地盤事故の様々な現場で縁の下の力持ちになっています。
- しかし、実際には市民に向き合う機会は少なく、専門的な知識を地盤相談や地盤訴訟などに生かされていない。
- 地盤工学に係わる知識をわかりやすく消費者や法律家に伝える努力が必要と感じている。
- 今後、いろいろな機会を利用して、法律関係者と協力し合い、実用性のあるものにしていきたい
- ということで、法律家と消費者のための住宅地盤Q&Aを出しました。
- 日本地すべり学会の技術者も業務の中や市民の立場で斜面災害・事故・訴訟を回避する努力をしてください。



和解し、
笑顔の住民

ありがとうございました

空から見る関東地方の地すべり地形

防災科学技術研究所（客員研究員） 井口 隆

1. はじめに

2007年5月より地すべり学会誌に連載を続けてきた「空から見る日本の地すべり地形シリーズ」は昨年11月に掲載した第50回目を区切りとして連載を終えた。連載では会誌の巻頭のお絵ページにカラー写真をスペースに応じて載せ、本文にはその解説記事を書く形で進めてきた。連載に用いた空撮写真は2000年前後より山形大学の八木浩司さんと主に小型の固定翼機（セスナ）を借り上げて行なってきた。空撮では地すべり地形をはじめ火山の山体崩壊地形や地震による斜面変動の発生地、さらには山体重力変形地形や活断層などを対象に数年にわたって空撮を進めてきた。また新潟県中越地震や東日本大震災の翌日に起きた長野県北部地震による地震地すべりなどについても、適宜空撮を行なってきた。

地すべりや大規模な崩壊などは地表での踏査だけではその変動状況の全貌が捉える事が難しく、上空から眺望することによって、その全体像をかなり正確に把握することができる。また地すべりについて馴染みのない一般の方に地すべりや地すべり地形について説明する際には、空撮によって捉えた写真を示すことで実際に滑り落ちてできた地形であることなどを理解して貰え易い経験もあって、地すべり地形分布図の利活用・普及の一環として適宜用いてきた。

本発表では連載の中から関東地方の事例をピックアップして紹介したい。学術的な内容はさほど含まれていないので、ごく気楽な気持ちで講演を聞いて貰えるとありがたい。

2. 空撮シリーズで取り上げた関東地方の「地すべり」

2007年より地すべり学会誌に連載を始めた「空から見る日本の地すべり地形シリーズ」（以下空撮シリーズと呼ぶ）の中で、関東地方の事例を取り上げたのはあまり多くない。シリーズで取り上げた地点を図-1に示したが、東北地方や中部地方に比べて関東地方は白く抜けている。かろうじて日光地震による葛老山地すべり（図-1の25番）、今市地震による野口地すべり（同45番）、大正関東地震による根府川地すべり（同8番）そして早雲山地すべり（同13番）の4か所に過ぎない。以下それぞれについて紹介してみたい。

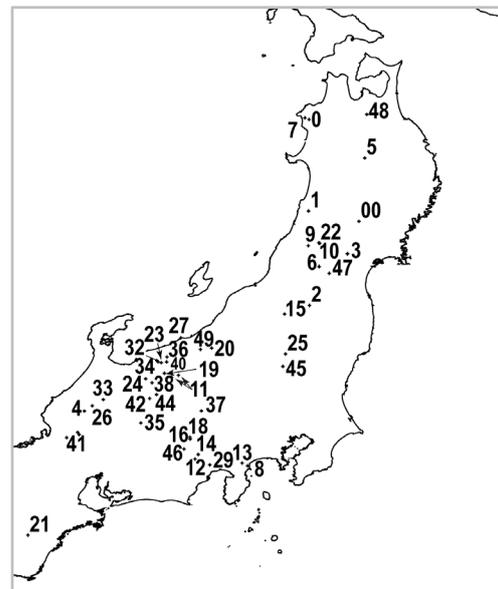


図-1 地すべり学会誌連載の「空から見る日本の地すべり地形」で取り上げた地点（数字は掲載順の番号）

2.1. 関東地震（1923年）による地震地すべり

地すべり学会誌での空撮シリーズ連載は最初に火山体の大規模な崩壊から始めた、そして一巡してから地震による地すべりを取り上げることにした（当初は同じテーマで連続した連載の形式をとっていた）。その2事例目（連載8番目）として1923年の大正関東地震によって発生した地すべり地形を取り上げた。大正関東地震では多数の地すべり・崩壊が発生したが（井上, 2013）、その中で最も有名なものは、当時の片浦村（現小田原市）の熱海鉄道の根府川駅で発生した地すべりとその西脇を流下する白糸川の上流、大洞で発生した大規模崩壊による山津波であり、それを取り上げた。

写真-1は根府川集落の東にあった熱海鉄道の根府川駅を巻き込んで発生した地すべり（図-3のA）の空撮写真（立体視ペア）である。この地すべりの発生状況については釜井（1991）が図-2に示すような変動があったと解釈している。空撮写真はこの図の右上方向からの撮影である。写真のように現在は鉄道や駅が再建され住宅が立ち並んだため、地形改



写真-1 根府川駅地すべりの空撮写真（立体視ペア写真，平行法）

変も受けているが、大局的には釜井の図（図-2）とほぼ整合的な地形が認められる。この地すべり発生域において、駅の背後に少し離れて続く崖は1923年地すべりの滑落崖と考えられる。駅のすぐ海岸側に地すべり発生前から存在した海食崖が連続するのが認められる。地震直後に地すべり移動体は駅舎や地震発生時に停車中の旅客列車とともに海食崖の下にまですべり落ちて乗客が大勢亡くなるなど大きな被害を生じた。地震当時に駅に停車していた客車の車両の一部は海底部分まで運ばれる状況などから、地すべり移動体は海面下にも達したと考えられている。

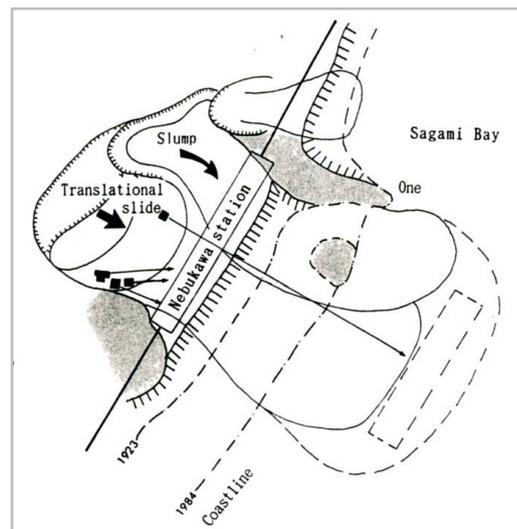


図-2 根府川駅で起きた地すべりの発生状況（釜井,1991）

一方の写真-2は、白糸川を流下した山津波（岩屑なだれ）の崩壊源となった大洞の地すべり地形（図-3のB）の空撮写真（立体視ペア）である。写真中央の白く岩の露出した急崖とその下の急斜面が滑落崖で、その下の緩斜面が崩壊地内に残存している地すべり移動体である。大洞の崩壊規模は最大幅 170 m，奥行き約 350mで、下部に残存している移動体は崩壊源の上部にあった溶岩層がこの位置まで滑り落ちたと見られ、崩壊源の下部を構成していた岩塊が白糸川に流入して高速の岩屑なだれとなって流下したものと推定される。左右の両側方崖はかなりシャープであるが、これは地震動によ

って一気に滑り落ちた状況を物語っているようである。

それから学会誌の連載には掲載する機会はなかったが、大正関東地震によってできた震生湖の空撮も行っている。この講演を機会に震生湖の空撮写真（写真-3）を掲載しておきたい。写真のほぼ中央、やや右下の広い土の平坦地から右手の緑色のネットはゴルフ練習場であるが、大正関東地震で変動し



写真-2 大洞の地すべり地形空撮写真（立体視ペア写真，平行

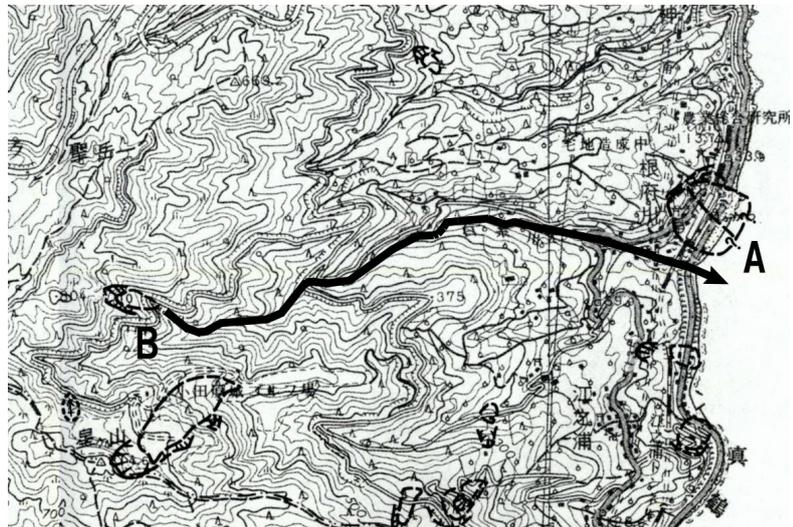


図-3 白糸川周辺の地すべり地形分布図と白糸川の山津波の流下経路（清水ほか，2002 に加筆）



写真-3 空から見た震生湖の全景

た地震地すべりの変動範囲の大半はこのゴルフ場に含まれており、ゴルフ練習場より一回り大きな範囲が地震による変動域である。

2.2 箱根火山早雲山地すべり (1953 年)

箱根火山は神奈川県西部、伊豆半島の付根にある、大規模なカルデラ火山である。南北約 12km、東西 8km のカルデラの中に中央火口丘群を構成する駒ヶ岳、神山、二子山などの溶岩ドームが連なっている。中央火口丘の中に、今回取り上げる早雲山(標高 1153m)がある。箱根火山は温泉保養地として有名であるが、一方で火山性地すべり(小出,1955)の多発地帯で、大湧谷の周辺など今も地すべり対策工事が続けられている。1953 年 7 月に早雲山では 10 名が亡くなる大規模な地すべり災害が発生している。箱根湯本で地すべり学会の研究発表会が開催された年にこの早雲山地すべりを空撮シリーズで取り上げている。

早雲山地すべりは 1953 年 7 月 26 日、朝 10 時過ぎ、箱根火山の中央丘の一つである早雲山の東向きの谷の標高 1000m 付近に地すべりが発生、須之沢の谷沿いに土石流化して押し出し、寺院(道了別院)において死者 10 名、負傷者 16 名を出した。須之沢は箱根火山の中央火口丘の一つである早雲山の爆裂火口跡から開析されて出来た谷である。地すべりを起こしたのはこの谷の谷頭部に近い標高約 1150m から 1000m 付近にかけての急斜面である。ここは水蒸気を噴出する噴気孔が数ヶ所あり、尾根をはさんだ大湧谷とで一連の噴気変質地帯を形成している。過去に何度(約 830 年前、約 400 年前)か地すべりを起こした経歴のある場所である。地すべり土塊の主体は崩壊跡に溜った崖錐堆積物と噴気によって変質



写真-4 早雲山地すべりの実体視空撮写真

した変質火山岩である。

地すべりが発生したのは梅雨が開けて数日後のことである。この年の梅雨は例年より長く、大雨も多かったとされている。梅雨末期の23日間の総雨量は626mmに達していた。前日および前々日には小規模な地すべりが頻発していた模様である。前兆としては、温泉余土の流出があった。発生の

数日前くらいからは、雷鳴のような響きが聞こえていたと言う証言があり、その頃から微量の変動が生じていたと考えられる。発生前後には大湧谷での噴気活動はやや活発であったらしいが、これは噴気活動が活発化していたことによるのか、雨が多く見た目に水蒸気の量が多かったかは分からない（岸上・小坂1955）。

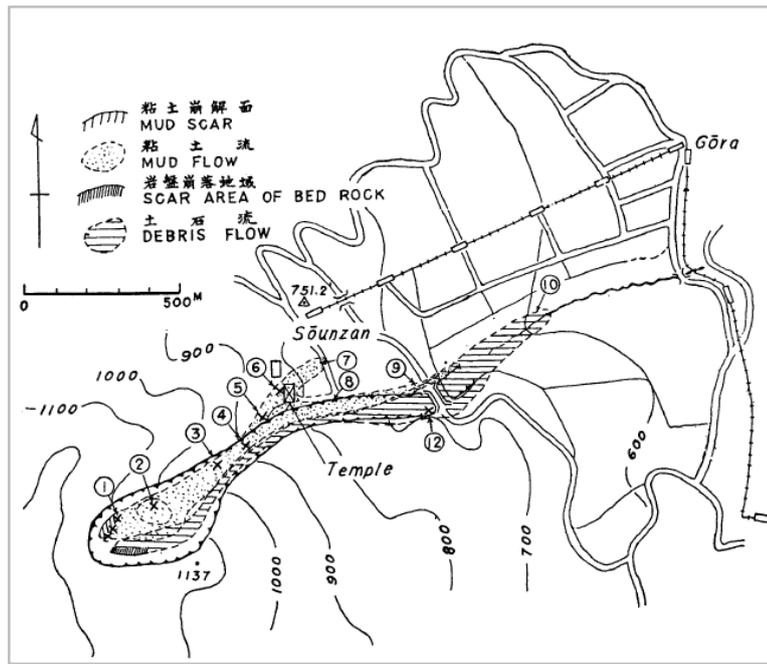


図-4 箱根早雲山地すべり平面図（岸上・小坂,1954）

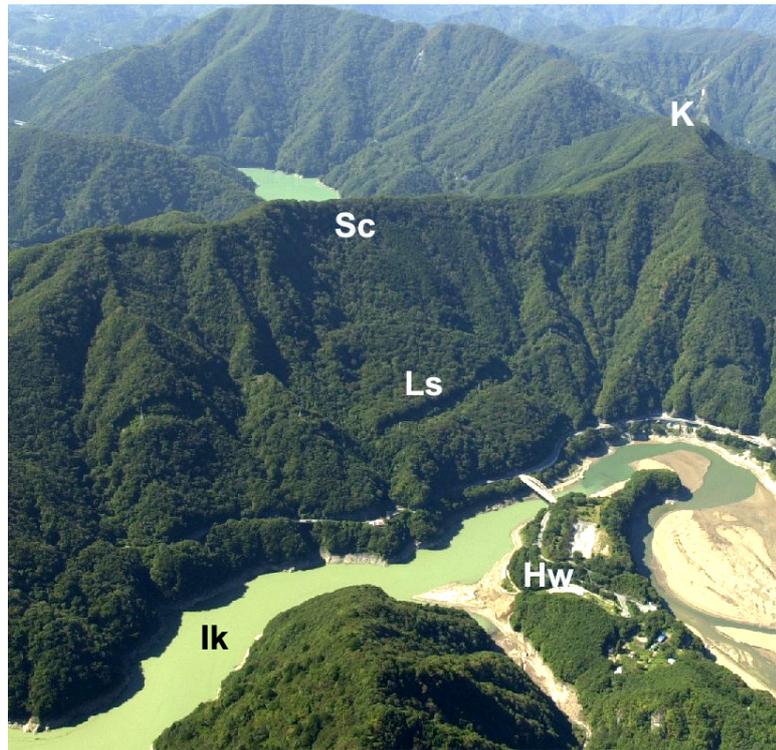
写真-4は、上空から早雲山で発生した地すべりの崩壊源を立体視できるように撮影した空撮写真である。大きくえぐれたように見えるのが須之沢で、地すべりが起きた上部で幅広い谷となっている。地すべりが発生した須之沢の内部では噴気が上がっているのが見える。滑落崖内での崩壊は最近でも続いているらしく裸地が広がっている。谷の中には地すべり移動体はわずかにしか残存していない。防災科学技術研究所が刊行している地すべり地形分布図によると、滑落崖は二重になっており、内側の連続性の良い崖が1953年に発生した地すべりで形成された滑落崖と目される。その外側のものは、それ以前に発生していた地すべりによって形成されたもので、その際の移動体はほとんど残存していない。1953年の地すべりから流下した土砂は広がって堆積しているため、その分布範囲は不明確である。岸上・小坂（1954）による平面図(図-4)ではその分布域はさほど広くない。

2.3 天和日光地震（1683年）による葛老山の地すべり地形

葛老山は栃木県日光市（合併前は栗山村）にある標高1123mの山である。葛老山地すべりはその山頂から南東に延びる尾根の北側斜面、男鹿川の右岸斜面に相当する斜面において発生した（図-5）。

この葛老山地すべりは西暦1683年10月20日（天和三年九月一日）に起きた直下型の天

和日光地震（推定マグニチュード7.0）によって引き起こされた。日本地すべり学会（2012）によると地すべりは震央からは僅か3 kmしか離れておらず、ほぼ直下で起きた地震によってこの地すべりは発生した。葛老山地すべりの移動体は直下を流れる鬼怒川支流の男鹿川を堰き止めて、推定堰止高70 mの地すべりダムを形成した。この地すべりダムは固い流紋岩質の岩塊で構成されていたため長期間の堰止めが続いたが、約40年後の享保八年八月に数日間降



写真－5 葛老山地すべり全景. K: 葛老山山頂, Ls: 葛老山地すべりの移動体, Sc: 滑落崖, Hw: 掘割, Ik: 五十里ダム湖

り続いた雨による河川の増水のために決壊し、その洪水は鬼怒川に沿って流下し、その被害は下流70ヶ村に及んだとされる（宮村, 1974. 佐藤, 1993）。地すべりの約2 km下流の男鹿川には現在、堤高112mの五十里ダムが建設されており、満水時にはかつての地すべりダムの湛水域に近い範囲が湖面となっている。

日本地すべり学会（2012）に収録されている地震地すべりのカルテ票によると、葛老山地すべりが発生した付近の地質は川治カルデラを埋積した鬼怒川流紋岩類とされ、その岩相はデイサイトないし流紋岩質の凝灰角礫岩・火山礫凝灰岩を主体となっている。また発生斜面の地質構造は走向が地すべりの移動方向に直交し、傾斜が斜面と調和的な流れ盤型を呈している。一方、地すべりの地形諸元について最大幅が400m、奥行450m、比高220m、土量は380万 m^3 と記載されている。しかし清水ほか（1997）によって判読された地すべり地形分布図（図－5）に基づいて計測すると、地すべりの幅は520m、奥行き720m、比高380mに達していることから、地すべり土量はさらに



図－5 葛老山付近の地すべり地形

大きくなる可能性がある。

2.4 今市地震（1949 年）によって発生した野口地すべり

今市地震は今から 69 年前の 1949 年 12 月 26 日の朝、旧今市市（現日光市）の鶏鳴山付近を震源として、7 分間隔をおいて発生した M6.2 と M6.4 の連続した地震である（宇佐美，1996）。この地震では、強震動によって各地で建物などに被害が生じるとともに、栃木県内で死者 10 名、負傷 163 名などの被害を生じた（宇佐美，1996）。一方、旧今市市周辺においては急斜面での表層崩壊や緩斜面の火山噴出物で覆われた丘陵での地すべりなど多くの種類の地すべり・崩壊が発生した（小出，1955）。その中でも野口地すべりは最大級の規模の地すべりである。

野口地すべりは日光宇都宮道路の日光口 PA のすぐ背後の丘陵地の北向きの緩斜面で起きており、その規模は幅約 300m、奥行きも 300m ほどである。防災科学技術研究所の地すべり地形分布図（清水ほか，19）にも、地すべり地形が図示されている。しかし、これは 1949 年の今市地震で発生した地すべりではなく、それ以前の時期に発生した地すべりによって形成された地形であり、その規模も幅約 1 km、奥行き約 500m とかなり大きい。今市地震の際にはこの地すべり地形の移動体の西半部の表土層が地震動によって滑ったものである。

写真-7 は大谷川上空付近から南西方向にある野口地すべりを展望した空撮写真である。野口地すべりは Ng の文字のある一帯である。地震後に植林された樹林に覆われているため地すべりの輪郭は明瞭ではないが、濃い緑の針葉樹に覆われた一帯とその左脇の広葉樹からなるあたりが地すべりの範囲である。その背後の木々の合間に見えるゴルフ場の一帯が古い地すべり地形の滑落崖に相当する。

航空機レーザ測量による標高データから作成された図-6（千木良，2015）に示す地形図によって、空撮では植生に覆われた部分の微地形の詳細を知ることができる。

この地形図には、野口地すべり以外にも幅 50m くらいの小規模な地すべりの跡が認められる。それぞれの滑落崖の冠頂部の開析度の違いにより、今市地震で起きた地すべりとそれ以前に起きた地すべりを区別することができる。



写真-6 葛老山地すべりの実体視写真

この今市地震の際には、地表には変状は生じていないが今市市街をふくむ約 3.4 km^2 の範囲において、厚さ $6 \sim 7 \text{ m}$ ほどの表層地盤が約 7 cm 程度水平移動したことが、各所に掘られていた井戸孔の壁面のせん断状況の調査によって見いだされた (Honda, 1951)。

せん断が生じたのは火山灰起源の白色の粘土層である。地表に変状が生じるほどの大きな変位が生じなかったため井戸水が濁った以外の被害は特に生じていないが、Honda (1951) は和文要旨においてこの現象を横断りと称している。この付近の勾配は約 1° と極めて緩傾斜であるが、地すべり変動の一種と考えられる。2016 年熊本地震においては阿蘇カルデラ内の一部において、地盤の水平移動によって陥没性の断裂が生じたことが明らかにされている (日本応用地質学会、2016) が、おそらく類似の現象であろう。写真-8 は今市地震の際に表層地盤が $6 \sim 7 \text{ m}$ の厚さで約 7 cm 下流側に移動した旧今市市街を展望した写真である。写真右手に野口地すべりがあるが、その少し下流

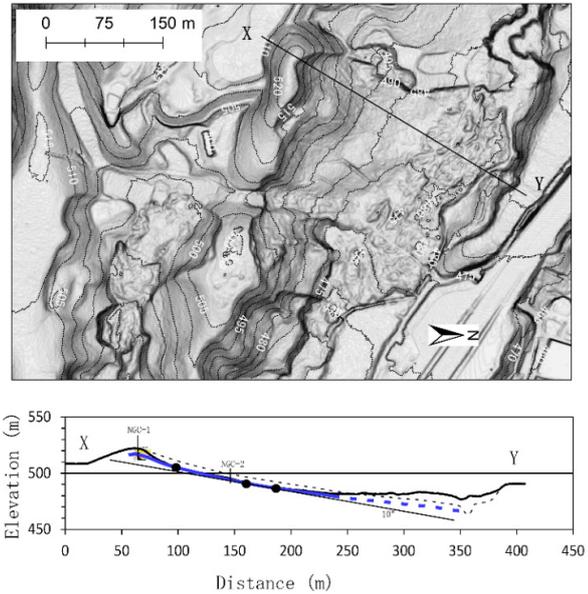


図-6 航空機レーザ測量データによる野口地すべりの陰影地形図 (千木良ほか, 2015)

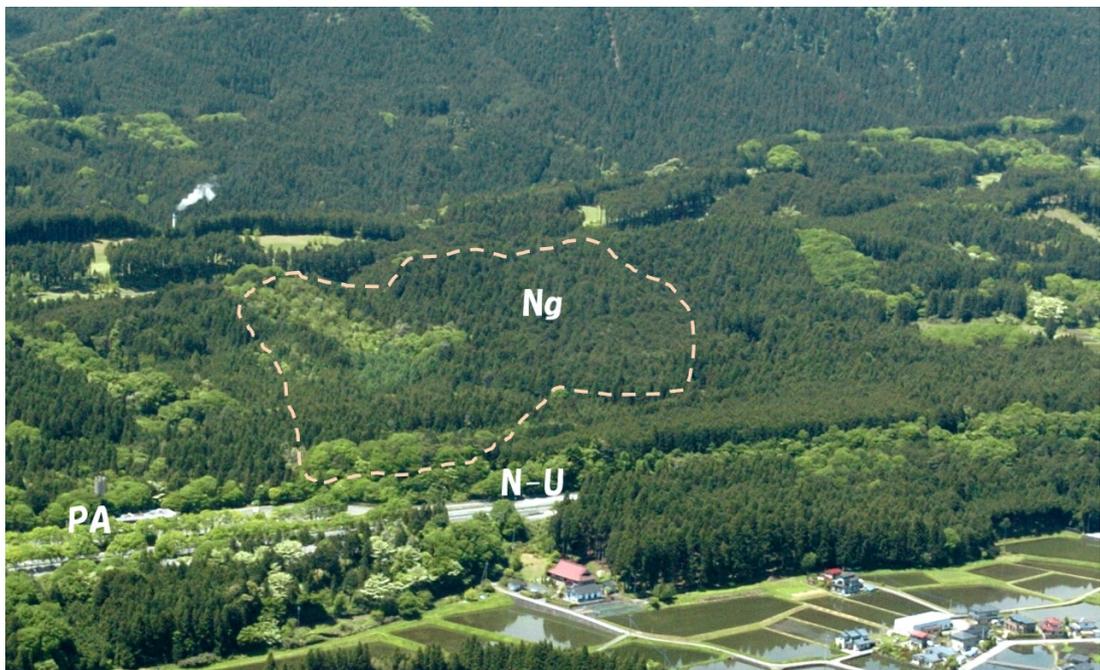


写真-7 野口地すべり付近の空撮写真 破線の範囲が野口地すべり (Ng)。手前に日光—宇都宮道路 (N-U) と日光口 PA が見える。

側の水田地帯（U）から今市の市街地（Im）を経てLにかけての範囲が変動範囲である。地震によって生じる変動はこのようにほとんど水平に見える場所でも起き得るので、今後留意しておく必要がある。

2.5 それ以外の関東地方の空撮写真の紹介

講演集をまとめる段階では掲載スペースの関係でそれ以外の関東地方での地すべりの空撮写真を取りまとめる余裕はなかった。講演時には更にいくつかの地すべり地について紹介を行ないたい。

3. 地すべり地の空撮を行なう際の留意事項

最近各種ドローンの開発が進み、少しの訓練期間で誰でも手軽に空撮写真が撮れる時代になってきた。航空法が改正され、住宅地など都市域での撮影には制限も設けられているため、事前の申請による許可が必要であるが、地すべりの多くが分布している丘陵から山岳地にかけては空港の周辺を除いて法律の範囲内であれば特段の許可を申請することなく撮影がほぼ可能である（但し、離着陸などの用地では土地所有者の許可を得ることはもちろんである）。

しかしドローンには基本的に高度の制限（主として150m）や操縦者が目視できる範囲での飛行に限られるため、高高度からの撮影や広い範囲を短時間で撮影したい場合にはやはり航空機の利用が不可欠となる。航空機を用いた空撮については古今書院から発刊されている応用地形セミナー 空中写真判読演習の本の中に八木・井口の連名で「地すべり・崩壊地形の航空斜め写真撮影技法」と題して述べているので、参考にされたい。



写真－8 「横切り」発生域の空撮写真。Ng：野口地すべり，Dy：大谷川，Im：今市市街，U：変動域の上端，L：変動域の下端

4. さいごに

学会誌に連載してきた空撮シリーズについては八木さんとの共著で書籍として刊行することを目指している。順調に話が進めば来年中には刊行できるかもしれない。

引用文献

- 井上公夫編著 (2013) : 関東大震災と土砂災害. 古今書院
- 釜井俊孝 (1991) : Squeeze 型地すべりの発生機構. 地すべり, Vol. 27, No. 4, pp. 1-8.
- 清水文健・八木浩司・井口 隆・大八木規夫 (2002) : 地すべり地形分布図 (第 15 集)「静岡」. 防災科学技術研究所研究資料, 第 221 号.
- 武村雅之 (2003) : 関東大震災——大東京圏の揺れを知る. 鹿島出版会, 139P.
- 岸上冬彦・小坂丈予 (1954) : 1953 年 7 月 26 日の早雲山山津波の調査. 東大震災彙報, Vol. 33. pp. 153-161.
- 小出 博 (1955) : 日本の地沁り その予知と対策の詳細. 東洋経済新報社, 259.
- 日本地すべり学会 (2012) : 地震地すべり—地震地すべりプロジェクト特別委員会の総括編—. 日本地すべり学会, 302p.
- 佐藤権治 (1983) : 天和の大地震と五十里洪水, 地理, 28 卷 4 号, p. 20-26.
- 清水文健・井口 隆・大八木規夫 (1997) : 5 万分の 1 地すべり地形分布図「日光」. 防災科学技術研究所研究資料, 第 178 号, 16 葉.
- 宮村忠 (1974) : 山地災害Ⅱ, 水理科学, 18 卷 3 号, p. 87-97.
- 千木良雅弘・鈴木毅彦・王功輝・飛田哲男 (2015) : 1949 年今市地震による降下火砕物の崩壊の地質的特徴. 応用地質学会研究発表会講演論文集, pp.
- Honda, T. (1951) : Land Slip in the Imaichi District Revealed from the Breaks in the well-Tubes. Bulletin of the Earthquake Research Institute, Vol. 28, pp. 449-455.
- 小出 博 (1955) : 山崩れ. 古今書院, 形成選書, 205 p.
- 宇佐美龍夫 (1996) : 最新版日本被害地震総覧. 東京大学出版会, 493 p.
- 大八木規夫 (1981) : 地すべり地形分布図の凡例について第 20 回地すべり学会研究発表講演集, 1250, 地すべり学会

群馬県烏川中流域の巨大地すべり地形

Huge-landslide topography in the middle basin of Karasu-gawa River, Gunma Prefecture, central Japan

中里裕臣 (農研機構)

Hiroomi NAKAZATO(NARO)

キーワード：湯殿山地すべり，地すべり地形，テフロクロノロジー

Keywords: Yudonosan huge landslide, landslide topography, tephrochronology

1. はじめに

群馬県烏川中流域では右岸側に分布する秋間丘陵に最大幅約 2.8km，最大長約 1.5km の巨大地すべり地形が分布する (大塚ほか, 1997)。この地すべり地形は湯殿山巨大地すべりと呼ばれ (大塚ほか, 1997;1998 など)，冠頭部付近のテフラの変位層準の認定から 2 回の再活動期が推定され，新しい開口亀裂の存在などから現在も活動する活巨大地すべりとされた (大塚ほか, 1998)。幸いその後の GPS 変位観測 (中里ほか, 2000) や地質調査 (飯島ほか, 2017) では明確な変位は確認されていない。

本稿では大塚ほか(1998)に従い，湯殿山巨大地すべりの地形・地質について紹介すると共に，テフラの変位層準の認定による活動期の推定などについて紹介する。

2. 湯殿山巨大地すべり

烏川中流域の左岸には榛名火山 (標高 1449m) の古期榛名火山扇状地堆積物と，それを覆う新期カルデラ形成期の白川火砕流堆積物 (約 50ka) が広く分布する (下司・竹内, 2012)。烏川右岸には

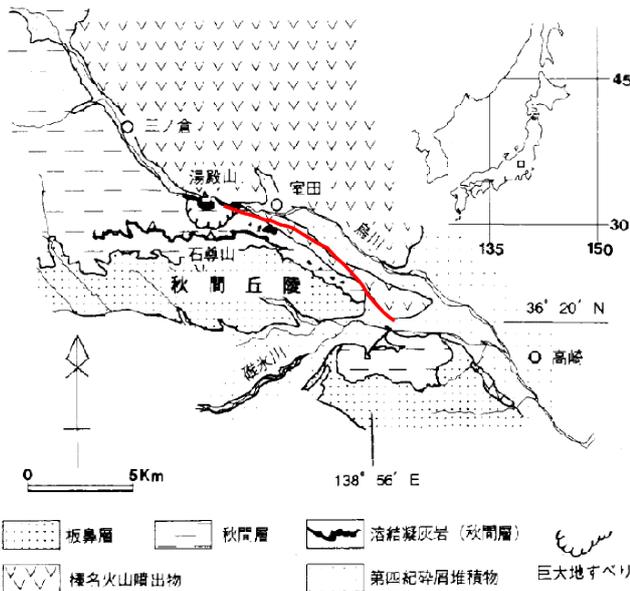


図 1 位置図および地質略図

大塚ほか (1998) に高崎活動セグメントを加筆

新第三系板鼻層および秋間層からなる標高 300～600m の秋間丘陵が北西～南東方向に連なり，石尊山 (標高 570.9m) の北側に湯殿山巨大地すべり地形 (以下，地すべりとする) が分布する (図 1)。地すべりの規模は移動物質量を 10^8m^3 以上と推定し，高浜・伊東(1989)に従い巨大地すべりに区分した。烏川に沿っては関東平野北西縁断層帯の高崎活動セグメント (平均変位速度 0.4m/千年) が本地すべりの東端部まで分布している (図 1；地震調査研究推進本部, 2005)。

湯殿山巨大地すべりでは，冠頭部に明瞭な弧状の滑落崖が認められ，地すべり内部は周囲の斜面に対し緩斜面を示す。また，地すべり上部では引張場を示す地溝・地塁構造が発達する (図 2)。

3. 推定される活動履歴 (大塚ほか, 1998)

本地すべりの西方には浅間火山があり，本地すべりを覆って分布する茶褐色火山灰土～黒色土壤中には As-BP (約 20-25ka), As-YP (約 15-16.5ka), As-C (4 世紀), As-B(1108), As-A(1783) のテフラが挟在し，As-BP の直下には広域テフラである AT(26-29ka) が認められた (テフラの年代は町田・新井, 2003 による)。

地すべり地形上部の地塁・地溝部でこれらのテフラを比較すると (図 3)，地溝部で掘削された井戸跡 (Loc.2) では As-BP がクロスラミナを伴う水成堆積相を示し，地塁上の Loc.1 より厚い As-B が認められた。Loc.2 では As-BP より下位の火山灰土の下限は確認できなかったが，同じ地溝内で Loc.2 の下流 100m で実施したボーリングでは，As-BP の 0.2m 下位に秋間層の凝灰角礫岩が確認された。Loc.2 では As-BP が水成相を示し，凹地での堆積を示唆することと，Loc.3 で Loc.1 より As-BP より下位の火山灰土の層厚が小さいことから Locs.2,3 を含む地溝の形成は As-BP の堆積開始期の少し前，ほぼ AT の降灰期と推定された。そして，本地すべりの初生的な発生時期はそれ以前と推定された。

Loc.1 付近の地塁から地溝にかけてはテフラ層を切る共役正断層が認められた。これらの断層は

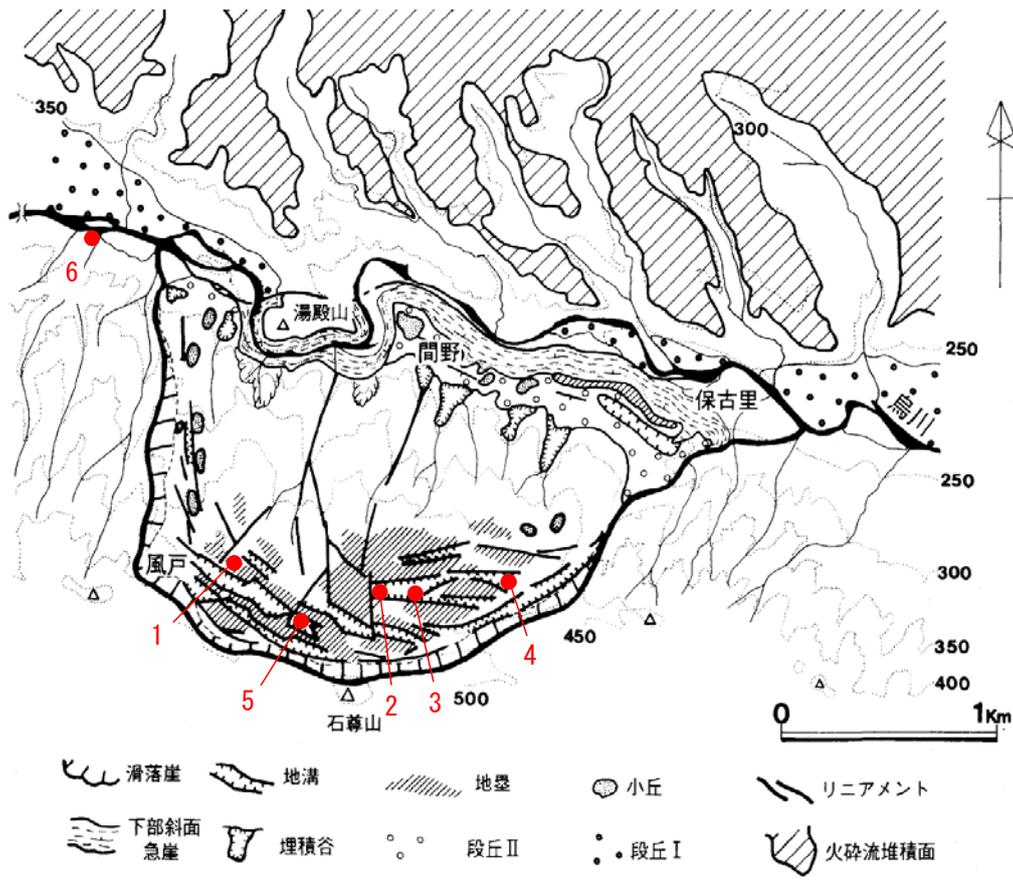


図2 地形区分図および露頭位置図 (大塚ほか, 1998 に加筆)

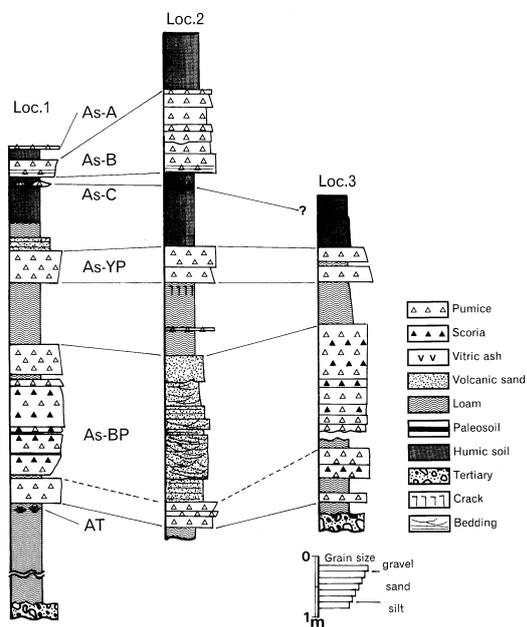


図3 テフラ層柱状図 (大塚ほか, 1998)

As-YP とその直上の細粒火山灰層と火山灰土を変位させるが、それ以上の火山灰土および As-B を変位させない。この断層変位は As-YP/VS 堆積後の再活動を示すと考えられた。

また、Loc.3 の東方では As-B を変位させ、As-A

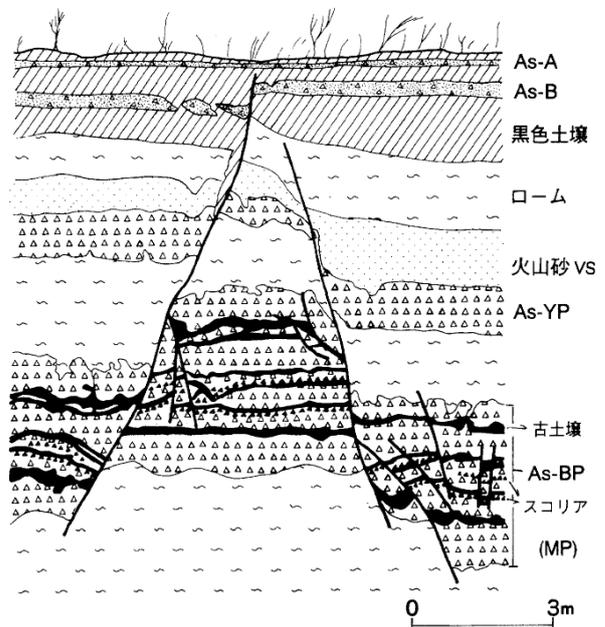


図4 Loc.4に見られる断層 (大塚ほか, 1998)

を変位させない断層も確認された (Loc.4, 図4)。この断層変位は As-B 堆積後、As-A 堆積前の再活動を示すと考えられた。

大塚ほか(1997)は、湯殿山地すべり周辺の火山灰土層から4層準の液状化層準を報告した。それ



図5 Loc. 6に見られるAs-B上位の粘土層

らはAs-BP最下部のみを変形させる層準, As-BP最上部のみを変形させない層準, As-YPを変形させる層準, As-Bを変形させAs-Aを変形させない層準である. 2回の地すべり再活動期は, 上位2層準の液状化層準と一致することから, 地すべりの再活動の要因としては, 火山灰土を液状化させるような地震の発生が考えられる.

大塚ほか(1998)は, 烏川は湯殿山付近で狭い流路を屈曲して流れるが, 地すべりより上流では川幅が広くなることについて, 地すべり活動による烏川のせき止めを示唆した. 地すべり上流のLoc.6では低位段丘構成層中にAs-Bの上位に挟在される礫層および粘土層が認められた(図5). これはこの下流で烏川が一時的にせき止められ, 静穏な環境下で粘土層が堆積したことが考えられ, As-B以降, As-A以前の湯殿山巨大地すべりの再活動に対応する可能性がある. また, 飯島ほか(2014)はLoc.6よりも上流の高標高部でローム層を含む軟質層を報告し, せき止めに伴う湖成層の可能性を指摘した.

4. 最近の変位

Loc.5では地溝中に開口亀裂が確認され, 1996

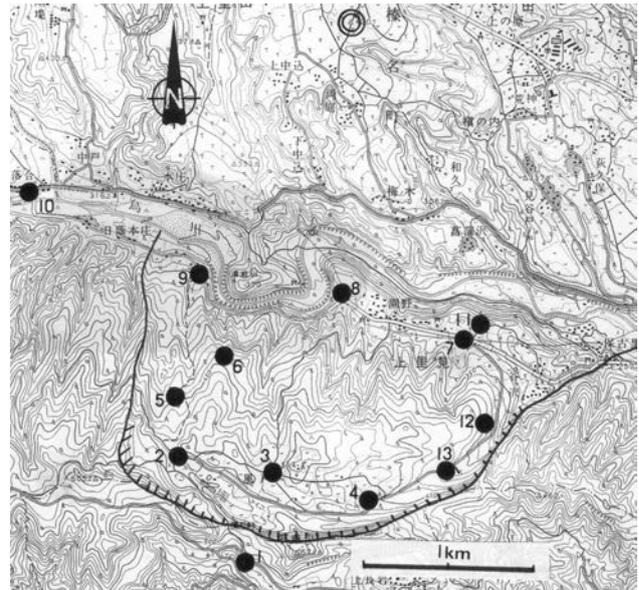


図6 GPS観測点配置(◎基準点, ●移動点)
(国土地理院2万5千分の1三の倉を使用)

年7月から1997年2月にかけて伸縮計による観測を行ったが, 変位は認められなかった. 大塚ほか(1998)は地すべり末端部の構造物の破壊などを最近の変状として報告したが, 飯島ほか(2014)ではこの変状の要因として斜面の局所的な不安定化をあげ, 地すべり全体の活発な動きはないとしている.

中里ほか(2000)では, 烏川右岸の三角点を基準点として, 烏川左岸の湯殿山巨大地すべりの内外13点について, 1周波型GPS受信器を用いた変位観測を1999年9月~2000年3月にかけて6回実施した(図6). その結果, 水平変位では9月を初期値として12月にかけては地すべり地の内外を問わず高標高部ほど基準点から遠ざかり(図7), 12月から3月にかけては基準点に近づく回帰的な動きがとらえられた(図8). これらの動きは基準点と移動点との標高差による対流圏遅延の影響と考えられ, この観測期間では有意な変位はとらえていないと判断された.

5. おわりに

群馬県烏川中流域に見られる湯殿山巨大地すべりを紹介した. 本地すべりは最近の明瞭な変位は確認されていないが, 地震を誘因とすると考えられる2回の再活動期が推定されている. 本地すべりは全体として土砂災害警戒区域等には指定されていないが, 防災科学技術研究所の地すべり地形分布図では地すべり地形として記載されており, J-SHIS Map上での閲覧が可能である. 地すべり地形分布の周知と調査結果の情報共有が, 周辺地

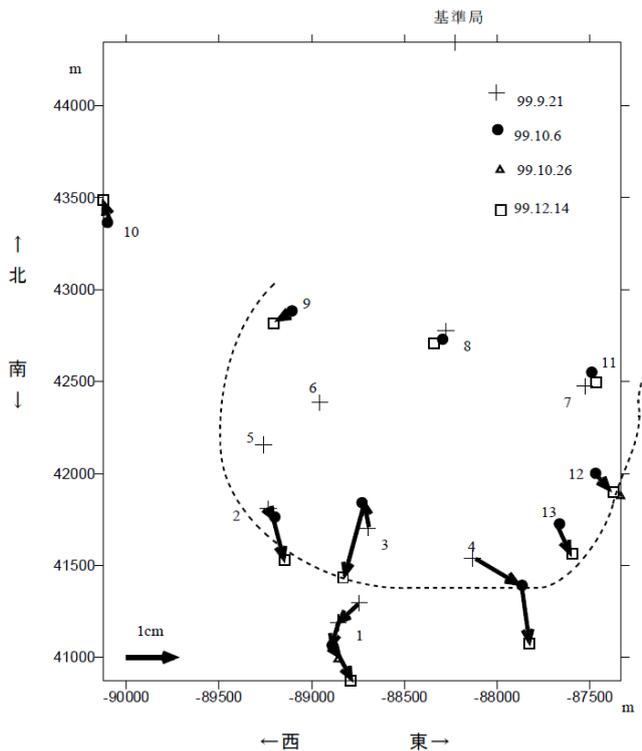


図7 水平変位ベクトル図 (9月→12月)
(観測開始日は測位点によって異なる)

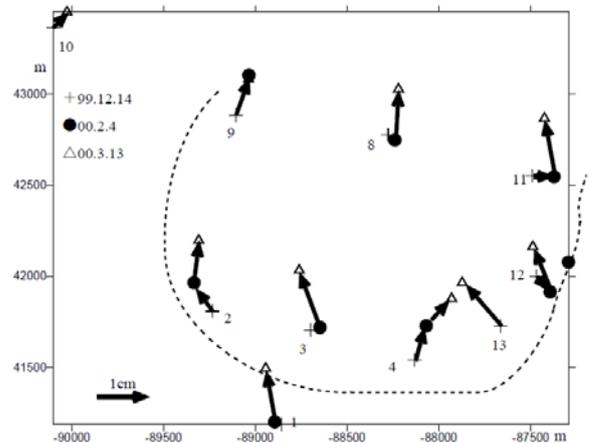


図8 水平変位ベクトル図 (12月→3月)

域の防災減災に資することが期待される。

6. 引用文献

- 下司・竹内(2012)榛名山地域の地質, 79p.
 飯島ほか(2014)良好な自然環境を有する地域学術調査報告書, 40号, 95-105.
 地震調査研究推進本部(2005)主要活断層帯の長期評価, 35, 34p.
 大塚ほか(1997)第四紀研究, 36, 123-136.
 大塚ほか(1998)地球科学, 52, 210-224.
 町田・新井(2003)新編火山灰アトラス, 360p.
 中里ほか(2000)第29回日本地すべり学会研究発表会講演要旨, 167-170.
 高浜・伊東(1989)新潟大積雪地域災害研究センター研究年報, 11, 25-36.

箱根神山の水蒸気爆発と岩屑流

防衛大学校

名誉教授 中村三郎

1. はじめに

9月28日朝自宅前の車の屋根全体に白い灰が載っていた。近所の人々に確かめたところ、前日の27日木曾御嶽山の噴火による火山灰であることが判り驚いた。御嶽山は自宅（伊那盆地側）の西方向、木曾山脈北縁を一山超えて、約35km離れた場所に位置する。この御嶽山の山越えの火山灰をみて改めて火山活動のはげしさを認識させられた。9月27日には御嶽山登山の多くの人々が遭難し、58人の人々が死亡された。このような惨事は、わが国における近年の火山活動としては最悪の惨事といわれている。気象庁によると、「水蒸気爆発」といわれている。箱根火山における神山の水蒸気爆発と「芦ノ湖」と「仙石原」誕生の事件を思い出す。（写真1、2）

2. 箱根火山の今昔

世界でも稀な三重式火山箱根の成り立ちについては、久野（1972）・大木（1972）・袴田（1980）をはじめ多くの研究者の知見があり、おおよそ次のような理解が得られている。

箱根火山は約40～50万年前に活動をはじめ、玄武岩～安山岩質の溶岩・火山砕屑岩を噴出し、富士山型の成層火山を形成した。その後石英安山岩質軽石を大量に噴出して火山体中央部が陥没し、カルデラが生じ、周りに明星ヶ岳・湖尻峠・大観山・白銀山等の古期外輪山が形成された（25万～18万年前）。[この外輪山の形成については、個々の火山の岩層やその構造から、陥没説とは異なる意見（万年、2010）もある]。ひきつづき安山岩質～石英安山岩質溶岩を噴出する火山活動が始まり、溶岩流からなる火山がカルデラ内に形成され、この活動末期に火山体の西側が陥没し、新しいカルデラが形成された（7～5万年前）。加えてこのカルデラ内に火山活動が繰り返され、成層火山の神山・溶岩円頂丘台ヶ岳・小塚山・駒ヶ岳・二子山を生じている（4.5～4万年前）。このような火山活動末期の3100年前頃、神山における「水蒸気爆発」が発生している。

3. 神山の「水蒸気爆発」と「芦の湖」「仙石原」の誕生

箱根における火山活動が一旦静息した末期、地下からの熱エネルギーの運搬者である水蒸気の出口が閉塞され、山体内の水蒸気圧が次第に高まり、神山において遂に水蒸気大爆発・山体大崩壊が発生した（大木他1966）。大規模崩壊による地すべり性の岩なだれ堆積物は一挙に北西方に押し出され、カルデラ床仙石原を二分して早川を堰き止め、上流部に芦ノ湖をつくった。引き続き神山火口内に粘性の高い溶岩岩尖

が隆起し冠ヶ岳が出現した。大涌谷背後の巨大な急崖は、神山の水蒸気大爆発時の爆裂火口壁の跡であり、爆発後も継続する高地熱帯の転移と激しい噴気は岩盤の脆弱化を促進し、古い時代から大規模崩壊が繰り返されている。(図—2)

神山の崩壊岩屑流は、神山々麓から西方向の現早川まで3.3 km、神山から北西方向にほぼ4 kmにまで到達している。岩屑流体は現芦ノ湖の湖尻と台ヶ岳山麓に挟まれたほぼ扇状地状の堆積面をつくっている。堆積面の状況を北方向から眺望すると、3100年前神山山体が崩壊し、岩屑流が堆積した状況の一端を窺えるような気がする。図A-A'・B-B'ゾーンは流山に似た地形である。水蒸気爆発に因る爆裂火口形成の際には、しばしば火山泥流を生じるが、A-A'ゾーンは安山岩溶岩・火山砕屑物あるいは泥流丘の一部であろうか。またこのゾーンの末端には遊水地ができています。この部分は神山の水蒸気爆発以前の仙石原原湖の湖底堆積物地域の一部でもある。

天保3年(1832)以来、広重が描き続けた東海道五十三次絵図には「箱根」が描かれ、箱根の名勝「芦ノ湖」の風景と、険しい山間をゆく大名行列の描写が見られる(図—3)。広重の絵図左の湖畔背後に描かれている緩傾斜の起伏のゾーンは、3100年前の神山大崩壊による岩屑流体が早川へ押し出した部分と考えられる。広重の描画は1832年頃、芦ノ湖の南方向から観察した状態で、いくつかの起伏は段波状に押し出した岩屑流堆の一部(図—2のB-B'部分参照)と考えられる。

4. 神山火口壁(地獄谷)異変

神山の水蒸気大爆発によって形成された爆裂火口の一部である大涌谷と冠ヶ岳の園地周縁では、今日も尚噴気活動が活発で「箱根七湯」などで知られる温泉の最大供給地ともなっている。大涌谷とその周縁の地質は、複輝石安山岩溶岩と、同質凝灰角礫岩が主体である。これらの岩体はマグマ由来の高温熱水・噴気などによる温泉作用により、粘土鉱物と珪酸鉱物よりなる変質帯を作り出し、弱変質・強粘化帯・珪化帯および滑性化帯などとして認識・区分されている(藤井・大八木他1996)。滑性化帯の露頭は指頭で容易に圧縮され潰れ液性状態になり易く、わずかな衝撃でも容易に流動化する性質をもち、この白い滑性化帯の存在は地すべりや岩体崩壊の要因となり易い(写真3)。大涌谷の最上流域および遊歩道園地周縁において、写真濃度画像解析による滑性化帯・強粘化帯ゾーンの追跡を試みた(図—4)。

その結果、滑性化帯・強粘化帯ゾーンは、それぞれの地域で次第に拡大しつつある状況も把握し得た。古い資料(1966年)であるが、(図—5)は大涌谷最上流部における地下1 mの地温分布図である。地熱の分布域変化をみると、90度以上の高地熱帯が次第に(1962年~1966年)谷の上流域(大涌谷園地方向)へと拡大・転移している。このことは高地熱による周縁岩盤の不安定化(温泉余土化)をもたらす訳で、その変化を見守りたいものである。(写真4・5)

井口（1989）によれば、わが国における150以上の火山帯のうち、71火山で140件以上の山体崩壊・岩屑流が発生している。箱根火山も例外でない。

5. 噴気と幻視

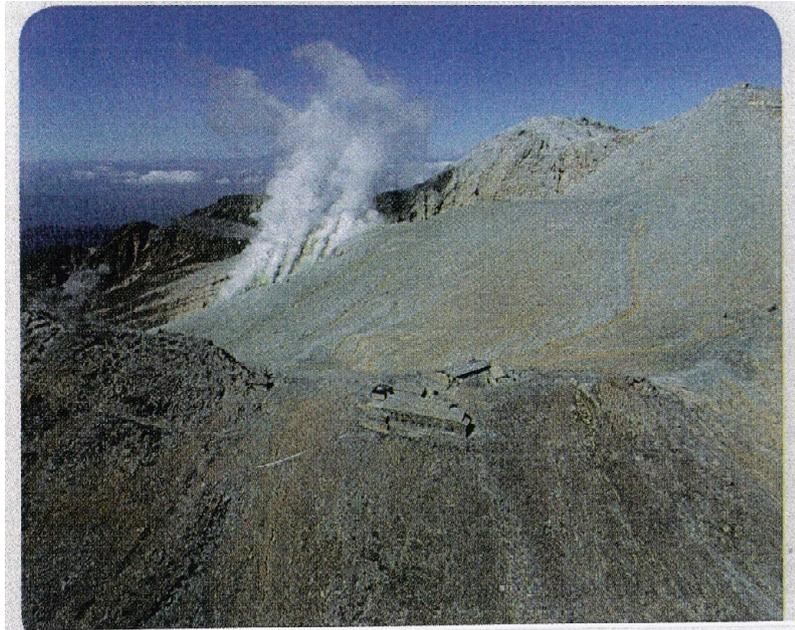
1958－1960年の箱根群発地震を契機に温泉温度の変化も追跡されている。大涌沢・早雲山とその周縁においてはしばしば異常高温が追跡記録されている。荒牧・大木（1975）は、箱根の火山性地震の発生は、マグマ溜りから火道を上昇してくる高温熱水と密接に関係していること、また火山活動と火山性の災害については、常識をはるかに越える規模の現象がしばしば発生すると指摘している。

箱根火山のはるか南東・伊豆小笠原諸島のベヨネーズ列島東の明神礁は、1869－1946の間8回もの海底噴火を繰り返していた。更に最近の1952年以降には大規模な海底噴火が発生しており、海上保安庁観測船第五海洋丸（22名）と大学スタッフ等の調査団（9名）が現地へ赴いた。ところが、9月24日観測船によって調査中大噴火に遭遇し、「マグマ水蒸気型噴火」により観測船と調査団全員31名の方々が遭難し殉職された。数日後ニュースに接した時の驚愕は大きく、しばらく茫然自失であった。私達は当時調査団長であった田山利三郎教授の「海底地形地質学」の講義を受講していた。いつもの名講義のあと、先生は「また来週お会いしましょう」と申され、微笑みつつ講義室から出てゆかれた。それからほぼ旬日後が9月24日の明神礁の噴火であった。長年経った今日も見事な髭をたくわえた長身・巨大な先生のお姿を思い出すことが出来る。

「自然は人間の理解を遥かに超える複雑なシステムを持ち合はせている」ということを改めて認識にしつつ、諸先学の研究成果を学び火山と対応したいものであります。

参考・引用文献

1. 藤井紀之・大八木規夫・武司秀夫他（1966）；箱根大涌谷変質帯の産状および性質、防災科学技研報告、7号
2. 中村三郎（2003）；白に潜む息吹と対応、砂防便り、8号、神奈川県治水砂防協会
3. 神奈川県（2007）；大涌谷地区地すべり対策技術検討委員会資料、神奈川県
4. 万年一剛（2010）；火山災害と地盤、大いなる神奈川の地盤、技報堂出版
5. 中村三郎（2017）；火山のいぶきと道ゆき、sabo、vol.121
6. 広重（1982）；東海道五十三次、NOA 美術館
7. 井口 隆（1990）；日本における火山体の崩壊と岩屑流について、第28回地すべり学会研究発表会講演集、日本地すべり学会
8. 荒牧重雄・大木靖衛（1975）；箱根火山、日本火山学会誌
9. 高橋正樹（2015）；日本の火山図鑑、誠文堂新光社



写真－1 御嶽山の水蒸気爆発（平成26年9月27日）に噴出した火山灰・噴石・火砕質物によって被覆された山頂とその周縁の状況（長野県木曾建設事務所 提供）



写真－2 「鎮魂」 平成26年9・27
水蒸気爆発による噴石等により、山頂付近で58名の人々が遭難逝去された

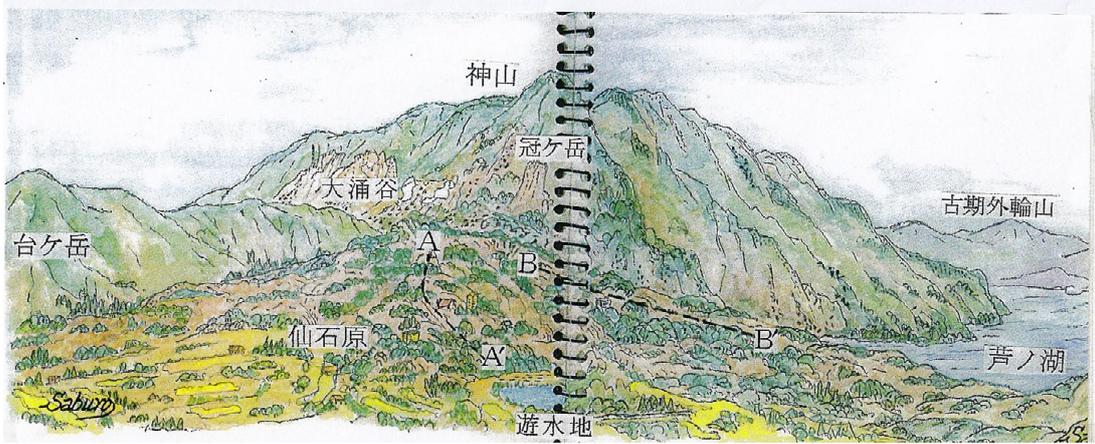


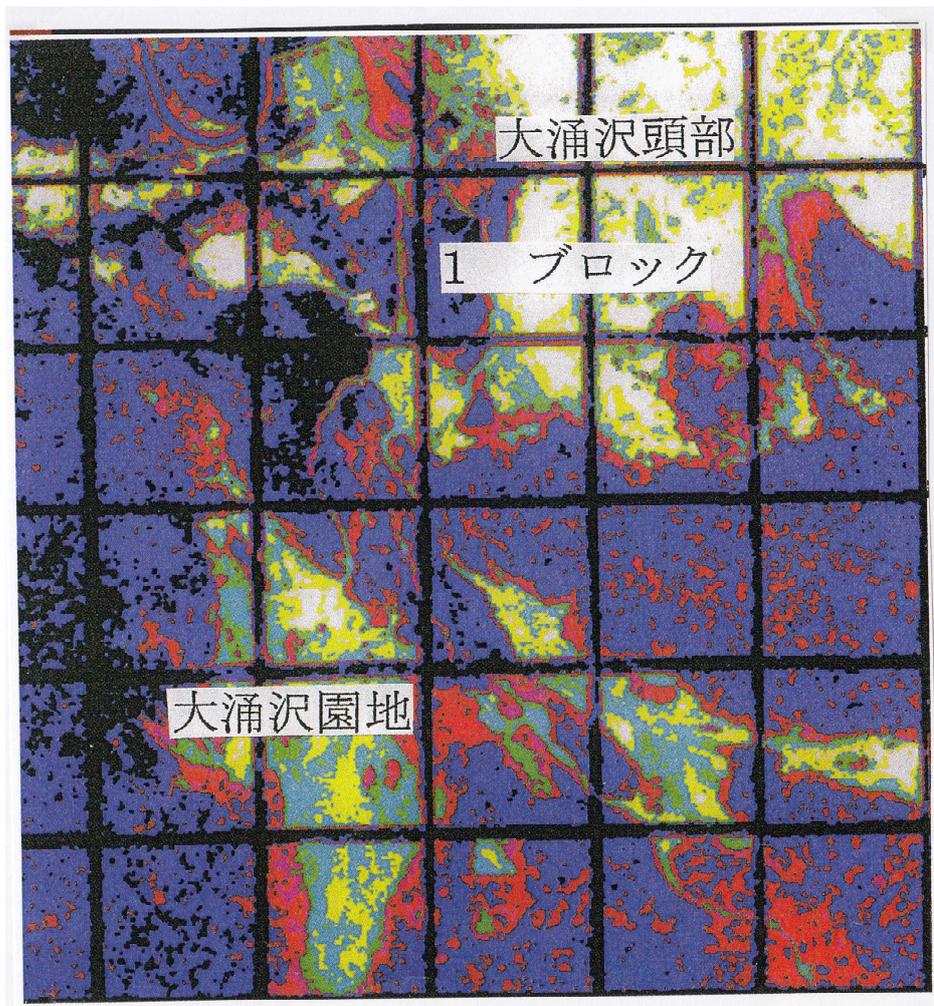
図-2 「神山」水蒸気大爆発による岩屑流は、仙石原へ扇状に押し出し、「芦ノ湖」をつくった。扇状地形の末端は今日ゴルフ場となっている。(2008 中村)



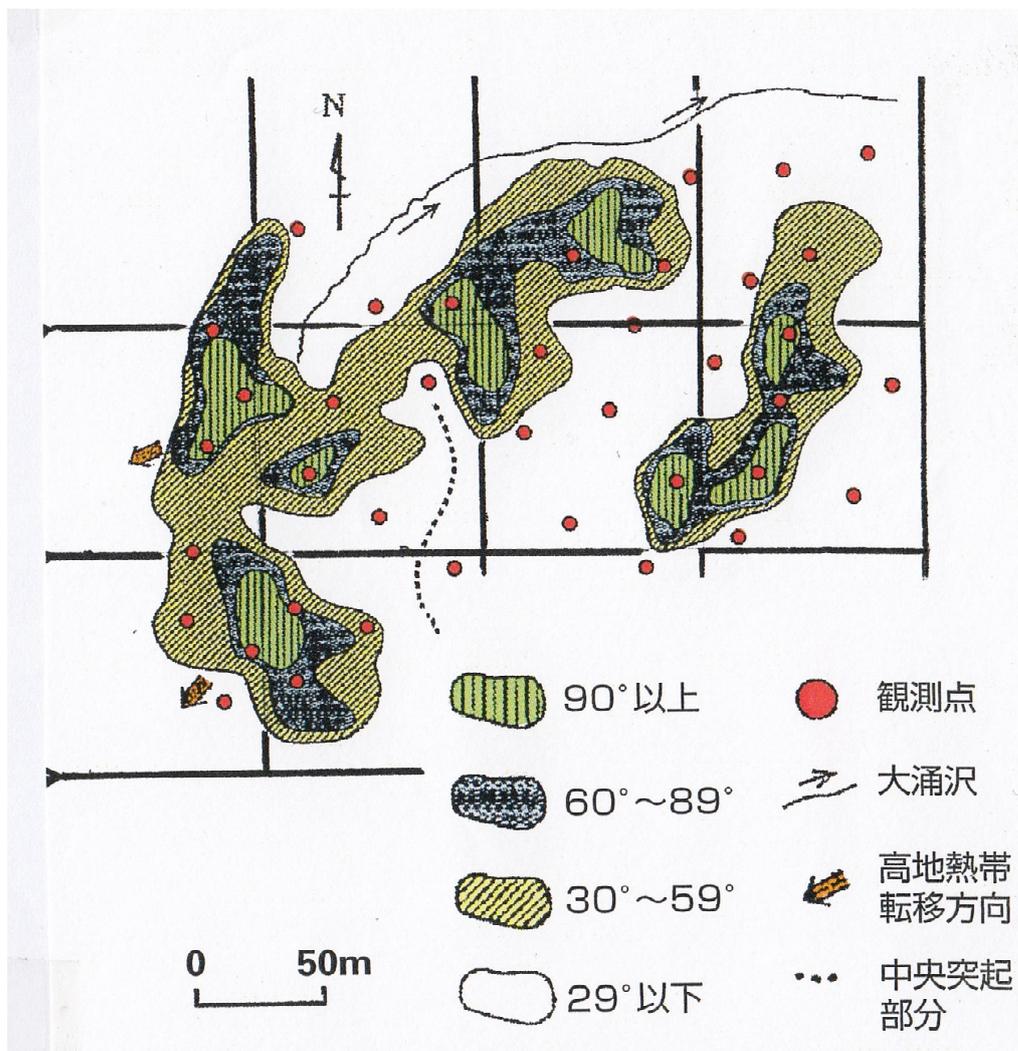
図-3 東海道五十三次之内「箱根」広重（1832）



写真3 大涌谷頭部Iブロック地域(図-4参照)を北東より南東方向にみる(中村、2007)



図一4 写真濃度画像で捉えた大涌沢の温泉余土帯
(黄白色表現部分)、図中Iブロックは図一5の区域(2008中村)



図一5 大涌沢頭部1ブロック (図一4参照) の地下1mの地温分布 (1966年中村)



写真4 大涌谷（地獄谷）の噴気と温泉余土（2007年中村）



写真5 大涌谷名物の温泉「黒たまご」ひとつ食べたら7年長生きするという観光案内（2008年鹿角）

公益社団法人日本地すべり学会関東支部 平成30年度総会・シンポジウム・意見交換会
平成30年5月7日 東京大学（東京都文京区）

スケジュール

11時00分～12時00分	総 会（武田先端知ホール）
12時45分～16時45分	シンポジウム（武田先端知ホール）
	*一般に公開
17時15分～19時15分	意見交換会 （東京大学農学部 レストラン・アブルボア）

会場案内図



東京大学本郷キャンパスマップより

公益社団法人日本地すべり学会関東支部 平成30年度シンポジウム
地形・地質からみた関東の地すべり

平成30年5月7日発行

発行者：公益社団法人日本地すべり学会関東支部（支部長：櫻井正明）

〒377 - 0053 群馬県渋川市北橋町箱田 972-2

TEL：0279 - 52 - 4621 E-mail：ms@fcri.co.jp

Web ページ：https://japan.landslide-soc.org/kanto.html

©2018, Printed in Japan ISBN：978-4-902628-10-4

ISBN: 978-4-902628-10-4
公益社団法人日本地すべり学会
The Japan Landslide Society



Kanto branch

公益社団法人日本地すべり学会関東支部 平成30年度シンポジウム
地形・地質からみた関東の地すべり

平成30年5月7日 公益社団法人日本地すべり学会関東支部発行