K-TEC 2020年6月9日(火) こうべまちづくり会館

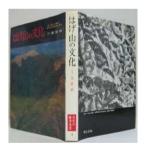
六甲山の成り立ちに由来する、 神戸で警戒すべき土砂災害

NPO法人都市災害に備える技術者の会 理事 太田英将

(有限会社太田ジオリサーチ)

内容

1. 六甲山の成り立ち 今も六甲山は成長中!



2. 六甲山の土石流災害

薪と禿山、人間都合の線引きが招いた災害

3. 神戸の宅地の土砂災害 造成盛土の地すべり、人間都合の平坦化

NPO法人都市災害に備える技術者の会 のご紹介

- 2004年4月 内閣府認証NPOとして発足 初代理事長 笹山売神戸市長
- 二代理事長 室崎益輝先生
- 三代理事長 伊藤東洋雄
- 四代理事長 山田信祐

(1)防災出前授業、講師派遣等

(2)技術研修会

(3)行政等に協力:2006年宅地造成等規制法改正に協力

(4)発災直後対応ではなく、平常時の事前対策の啓発を主として行う

詳しくはhttp://www.toshisaigai.net に掲載しています

1.六甲山の地形と地質



1. 神戸の地盤の成り立ち

六甲山は火山?死火山?火山ではないけど「火成岩」
火山岩(溶岩)があるかどうか ②有馬層群(溶結是灰岩:超大規模火砕流) / 白亜紀火山灰(1億年前)、火山岩的な堆積岩

日亜紀ズ山灰(1億年前)、大山石的な堆積石 (6) 段丘層(レキ・砂) 洪積層 でく最近(10~3万年)の増積物 ① 丹波帯(頁岩)・ルーラベンダント 中生代ジュラ紀付加体 (2億年前) 堆積岩 白亜紀薬成岩(1億年前)、地下深部でゆっくり固まったマグマ

④神戸層群(レキ岩・砂岩・泥岩・凝灰岩)

古第三紀 (5000万年前) 堆積岩

⑤大阪層群 (レキ岩・砂岩・泥岩 第四期 (200万年前) 堆積岩 1万年〜現代の堆積物

⑦白抜きの場所、沖積層

扇狀地·沖積低地

深成岩



火成岩

火山岩はマグマが急速に冷えた石、火成岩はゆっくり冷えた石

六甲山を構成する花崗岩は、 火山岩ではないので、火山ではない

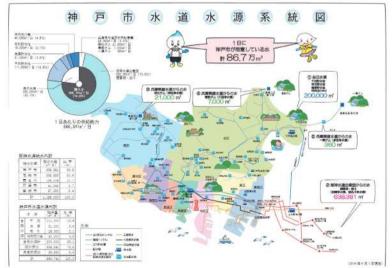
細粒・緻密

4444	L 11990 IIII							
	分類	塩基性岩	中性岩	酸性岩				
	火山岩 (溶岩)	玄武岩 (玄武洞の石) _{玄武→亀の形→柱状節理} basalt	安山岩 (アンデス山脈の石) Andesite	流紋岩 (流れ模様の入った石) Rhyolite				
	深成岩	斑れい岩 (黒い斑点のある石) Gabbro	閃緑岩 (角閃石を含み緑がかった石) Diolite	花崗岩 (花のように綺麗で剛な石) Granite				
粗粒・結晶質 黒っぽい(SiO ₂ 少ない) 白っぽい(SiO ₂ 多い)								
	玄武岩	の柱状節理	花崗岩の風化(ゴロゴロ岳)	花崗岩				

神戸市の水は淀川の水

ピンク色: 正長石、白色: 斜長石、鼠色: 石英、黒色: 黒雲母

六甲のおいしい水の量では神戸市民の生活には不十分



火成岩の性質一良透水性地盤

(土木系の方がよく間違える)

- 岩質は硬いが、液体状のマグマが冷えて固まったものなので、 体積収縮を起こし開口節理面が発達する(柱状節理もその一つ)。
- このため火成岩は「良透水性地盤」である。六甲のおいしい水
- 堆積岩は密着性節理面となるので「難透水性地盤」になることが 多い。
- 例外的なものが、溶結凝灰岩。 これは堆積後に一度溶融してから固結するため火山岩と同じ性 質を持つ。有馬層群





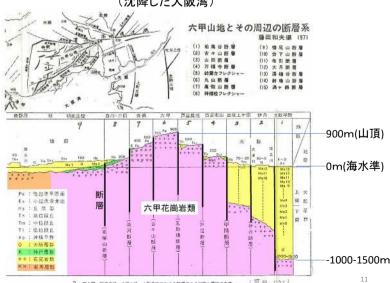
花崗岩のコアストーン



溶結凝灰岩(堆積岩)の柱状節理

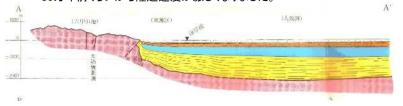
断層によって隆起した六甲山

(沈降した大阪湾)



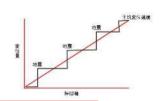
六甲山の隆起

六甲山の隆起(陸化)は100万年以上前から始まっていたようですが、 50万年前くらいから降起速度が激しくなりました。



1000m隆起するのに50万年かかったとすると・・・・ 1,000,000mm÷500,000年=2mm/年

で、現在も隆起を続けています。実際には地震(断層活動)で時々まとめて隆起します。1回に20cm隆起するならば、100年に一度、2m隆起するならば1000年に一度の地震がある、と計算します。

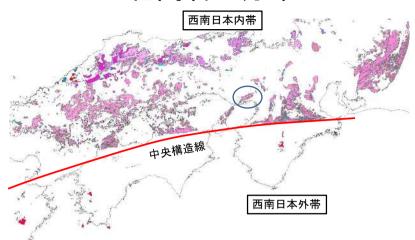


阪神・淡路大震災のとき六甲山は15cm隆起したらしい(たったの) 150mm÷2mm/y=75年分の隆起量にすぎない

活発な隆起は30~50万年前くらいから



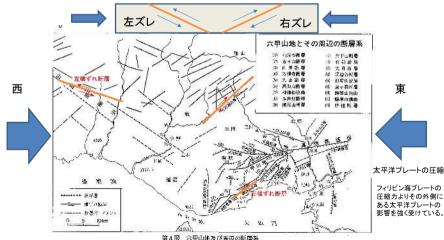
花崗岩の分布



六甲花崗岩や領家花崗岩、広島花崗岩など非常に大きな花崗岩体が西南日本には分布しています。 これらは、かつて海嶺が沈み込んだ際に大陸地殻を溶かしてできたと言われています。その当時は凄 い火山活動だったでしょう。・・・1億年前は火山だった(すでにその形跡はなくなっていますが) また、その当時は日本海が開いておらず、日本はアジア大陸の一部でした。

13

六甲山周辺は横ずれ断層が多い



Fault system of the Rokko Mountains and their neighbouring areas.

マサ(風化花崗岩)とマサ土

2.風化花崗岩

花崗岩は風化しやすい一面を持っており(写真-4)、これが原因で崩壊が多発することがある。花崗岩の 風化でよくいわれるのは、地表があるいは地下水によって鉱物が独土鉱物に変化し、これによって岩石港 度が低下する。これは崩壊の主要な要因である。という見解である。在崗岩が風化して砂伏になると、 「マサ」と呼ばれる。これが傾填したのが「マサナ」である。マサ土とマサは同じものではない。マサは あくまで風化花崗岩であって、岩石としての組織を残している。後者は風化花竜岩から分離して堆積した ものである。両者を環回している場合をしばしば見受けられ、間違った記載が見られる場合も多い。例え は、地層によって風化花崗岩山地は崩壊しやすいが、崩壊するのはマサ土であって、風化花崗岩はそれほ ど崩壊を起こしていない。しかし、これを花崗岩の前頃として報告している例が多く、このようなことが 誤解を起たしていない。しかし、これを花崗岩の前頃として報告している例が多く、このようなことが 誤解をもたらした。

雨による土砂災害が起きると、

「マサ土は危ない!」 といわれるが、土木材料 としては最高の材料

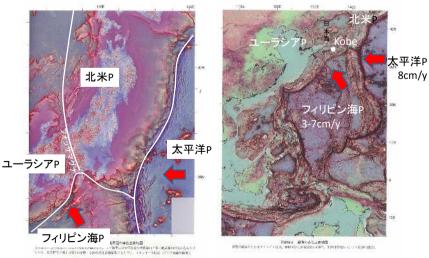


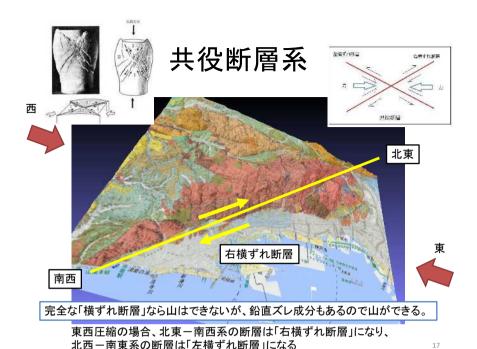
写真-4 六甲山における花崗岩の風化の例

https://www.jasdim.or.jp/gijutsu/ganseki/fujita/index.html

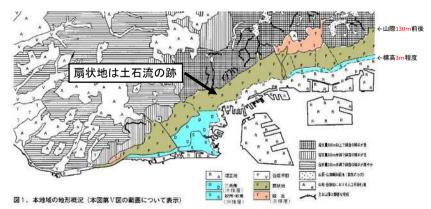
1

断層の原動力はプレート運動





海水準の変動と沖積層形成



- 18000年前(最終氷期)には、海水面は今より100m以上低かった (六甲山は海抜1000m以上)。
- 6000年前(縄文海進)は海面は今より3m前後高かった。海岸沿いに堆積させた土が三角州・砂州として沖積層を形成している

2. 六甲山の土石流災害

山が隆起して起きることは3つだけそれを知っていれば被災せずに済む



- 侵食作用・・・崩壊・崖崩れ・地すべり・河岸侵食など
- •▎運搬作用・・・土石流・土砂流
- 堆積作用•••扇状地形成•天井川(人為)•沖積平野
- ・ 目的地は・・・<u>海(侵食基準面)</u>

18

六甲山地の地盤防災

山地から住宅地に土砂が出るのを防ぐ

- (自然現象)隆起山地の侵食作用 隆起量が大きいと侵食量も大きい 断層破砕帯は岩盤が脆弱化し崩壊しやすい
- (人為現象) 禿山の土砂流出 里山としての利用により禿山化が進んでいた 平地の河川では河床が上がるため、河道維 持の為に「天井川」化が進んだ





明治初期: 禿山の六甲山

歌川広重の東海道五十三次は 禿山の絵ばかり(日本中禿山)









『項料を素づしこと/ 2000 F U 』 / 全事 、工事 、



「山が荒れている」は嘘

エネルギー源が「薪」だった時代。山の木は燃料として使われ、日本中が 禿山だった。(現代は日本の歴史上、最も森林が豊かな時代!)

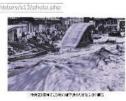
21

昭和13年阪神大水害

このころは、「山が荒れている(樹木不足)」が災害の大きな要因だった













これ以外にも、昭和36年水害、昭和42年水害もある

日本の風水害

8.59	年		死・不	年月日	種目	被害地域
1	1959	昭和34年	4,697	1959. 8.26~9.27	伊勢湾台風	全国(九州を除く)
2	1934	昭和9年	2,702	1934. 9.20~9.21	室戸台風	九州~東北(特に大阪)
3	1945	昭和20年	2,473	1945. 8.17~8.18	枕崎台風	西日本(特に広島)
4	1954	昭和29年	1,361	1954. 9.25~9.27	洞爺丸台風	全国
- 5	1947	昭和22年	1.077	1947. 8.14~8.15	カスリーン台風	東海以北
6	1942	昭和17年	891	1942.8.27~8.29(昭和17年)	台風	九州~近畿(特に山口)
7	1958	昭和33年	888	1958. 8.26~9.28	狩野川台風	近畿以北(特に静岡)
В	1957	昭和32年	856	1957. 7.25~7.28	龍早景雨	九州(特に長崎)
9	1943	昭和18年	768	1943. 8.18~8.20	台風	九州~中国(特に島根)
10	1953	昭和28年	748	1953. 6.25~6.29	大能(前線)	九州~中国(特に熊本)
11	1953	昭和28年	713	1953. 7.16~7.24	南紀豪雨	全国
12	1938	昭和13年	708	1938。6.28~7.5 (版神人水害)	大雨(前線)	近畿~東北(特に長廉)
13	1951	昭和28年	572	1951. 10.13~10.15	ルース台風	全国(特に山口)
14	1948	昭和23年	512	1948. 9.15~9.17	アイオン台風	四国~東北(特に岩手)
15	1972	昭和47年	410	1972. 7.3~7.13(昭和47年)	昭和47年7月景雨	全国
16	1953	昭和28年	393	1953. 9.24~9.26	台風第13号	全国(特に近畿)
17	1945	昭和20年	377	1945. 10.9~10.13	阿久根台風	西日本(特に兵庫)
18	1927	昭和2年	373	1927. 9.11~9.14(昭和 2年)	台風	九州~東北
19	1867	昭和42年	365	1967.7.7~7.10(昭和42年)	827和42年7月豪雨	九州北部~関東(兵庫県100人)
20	1982	昭和57年	337	1982. 7.10~7.28(昭和57年)	昭和57年7月豪雨	関東以西
21	1950	昭和25年	336	1950. 9.2~9.4	ジェーン台風	四国以北(特に大阪)
22	1935	昭和10年	317	1935. 9.23~9.26	台風	全国的(特に詳馬)
23	1961	昭和38年	302	1981- 6.24~7.10	昭和38年梅雨前線豪雨	全国(北海道を除く)(兵庫県41人
24	1953	昭和28年	290	1953. 8.14~8.15	大雨(前線)	東近畿
25	1939	昭和13年	289	1938 - 10.14	台風	南九州
28	1966	昭和41年	275	1986. 9.24~9.25	台風第24-26号	全国(特に山梨)
27	1949	昭和24年	252	1949. 6.20~6.20	チラ台風	九州~東北(特に愛媛)
28	2018	平成30年	245	2018 - 6.28~7.8	平成30年7月豪雨	全国(特に西日本)
29	1963	昭和38年	228	1963。1月(昭和38年)	昭和38年1月豪雪	全国
30	1943	昭和18年	211	1943. 7.22~7.25(昭和18年)	台風	北九州~近畿
31	1938	昭和13年	201	1938, 9, 1	台風	中部~東北

死者・行方不明者数の序列(平成30年7月豪雨は28位にランクイン)

風水害による死者・行方不明者数

山の植生が豊かになり、対策エも多くなり、土砂災害は激減した。 その根本にはエネルギー源が、薪から化石燃料にかわったことが大きい。



台風の勢力が近年大きくなった証拠はない

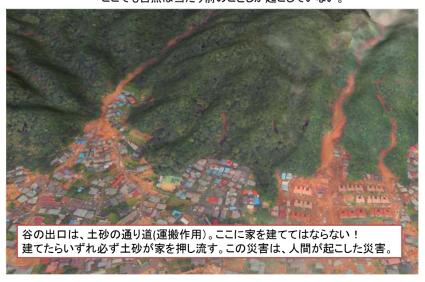
台風の勢力が相対的に小さくなったのも原因の一つかもしれない

順位	台風番号	上陸時気圧 (hPa)	上陸日時	上陸場所 *1
	番外	911.6	1934年9月21日 室戸台風	(室戸岬における観測値
	番外	916.1	1945年9月17日 枕崎台風	(枕崎における観測値)
1	6118	925	1961年9月16日09時過ぎ 第二室戸台風	高知県室戸岬の西
2	5915	929	1959年9月26日18時頃 伊勢湾台風	和歌山県潮岬の西
3	9313	930	1993年9月3日16時前	鹿児島県薩摩半島南部
4	5115	935	1951年10月14日19時頃	鹿児島県串木野市付近
5	9119	940	1991年9月27日16時過ぎ	長崎県佐世保市の南
	7123	940	1971年8月29日23時半頃	鹿児島県大隅半島
	6523	940	1965年9月10日08時頃	高知県安芸市付近
	6420	940	1964年9月24日17時頃	鹿児島県佐多岬付近
	5522	940	1955年9月29日22時頃	鹿児島県薩摩半島
	5405	940	1954年8月18日02時頃	鹿児島県西部

気象庁データ

「線引き」災害

ここでも自然は当たり前のことしか起こしていない。



【神戸の土砂災害】

ずっと前から起きていた 自然現象(侵食・運搬・堆積)

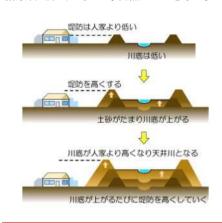
感動的に美しい同心円状の等高線=土石流が作った扇状地



天井川は人間が人間の都合で作った

上流の禿山化(土砂流出)と土地利用・土地所有(土地の固定化)により流路を 変えないために堤防を高くしていった結果、天井川になった。自然ではできない。





天井川の堤内地は常に水害の危険性がある

3. 神戸の宅地の土砂災害

人の生活圏に内在する土砂災害→自己責任・予防が重要

・ (地震時)谷埋め盛土の滑動崩落現象



・ (豪雨時)崖地の表層崩壊現象



• (豪雨時・地震時)擁壁の転倒現象





29



覚悟していなかった災害



大地震時の盛土宅地の地すべりとはどういうものか?

盛土部だけが滑る現象



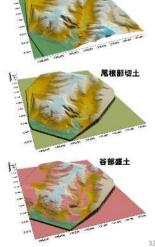
盛土宅地の地すべり変動の特徴

造成地のうち盛土の部分だけが地すべりを起こす

→切土部では発生しない

- 震度6弱以上で発生しはじめる →震度5弱では起きない。5強ではほんの少し 起きる
- 基礎が壊れるので家は壊れる





これまで発生した谷埋め盛土の滑動崩落

- 1968年十勝沖地震
- 谷埋め盛土地すべりの初の犠牲者(中学生4名)
- 1978年宮城県沖地震
- 大規模谷埋め盛土崩落発生(真剣に向き合わなかった)
- 1995年兵庫県南部地震
- 2001年芸予地震 ^{呉市などで斜面住宅の盛土変動}
- 2003年三陸南地震 · 宮城県北部地震

- 2004年新潟県中越地震

- 2006年宅造法改正 宅地耐震化
- 2005年福岡県西方沖地震
- 玄海島などで斜面住宅の盛土変動・擁壁倒壊多数
- 2007年能登半島地震
- 2008年岩手 宮城内陸地震
- 築館地区の谷埋め盛土崩落(2003年の落ち残り)
- 2008年四川大地震
- 仙台を中心に多数滑動崩落発生 • 2011年東北地方太平洋沖地震
- 2016年熊本地震 ^{熊本市を中心に多数滑動崩落}
- 2018年北海道胆振東部地震
- 札幌市を中心に滑動崩落(液状化的)

35



2011年東日本大震災時の福島市内の滑動崩落

日本最初の谷埋め盛土の犠牲者



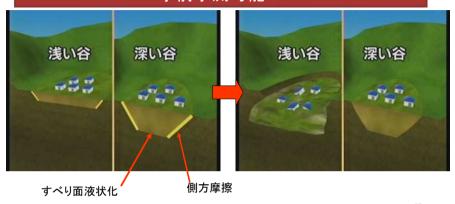
いまわかっていること(水圧で壊れる) そのとき地面の下では何が起きていたのか?



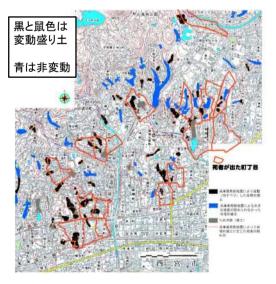
- (いわゆる)液状化、地表面には噴砂
- 地下水が無ければ起きない・・・正しくは「地下水に高い水圧が発生しなければ起きない」

形によって滑り易さが違う

浅くて広い谷は滑り易い、深くて狭い谷は滑りにくい 事前予測可能!



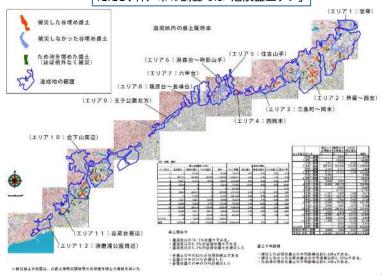
埋もれた「滑動崩落死」



- 地盤工学会関西支部が西宮市の情報提供で、谷埋め盛土の存在位置と、死者が出た町丁目の関係をまとめた。
- 京大釜井先生による 変動盛土(黒色)と重 ねると、(変動)盛土 がある箇所で死者が 出ている傾向が読み 取れる。
- 滑動崩落により家が 倒壊し、亡くなった方 がいると考えられる。

神戸は滑動崩落技術発祥の地

ただし、神戸市の調査では「危険盛土ナシ」



崖崩れ

2020年2月5日逗子の道路沿いの崩壊(女子高生1名死亡)



雨により突然崩壊するパターンが多いが、風化によって崩壊する場合もある。その場合には、クラック等の前兆現象が普通はある。

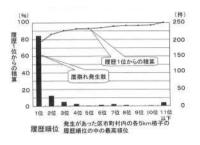
同様の「雨のない時期の崩壊」は、けっこう頻繁に起きている。 その崩壊土砂に人が巻き込まれる確率が低いので注目されていないだけ。



平成30年7月豪雨

大雨の時の崩壊は、普通に起きる。

土壌雨量指数履歴順位第一位相当の 雨が降れば崩壊する。



鈴蘭台高校裏の斜面崩壊(2018.7)

岩は水圧で吹き飛ばされた(仮説)

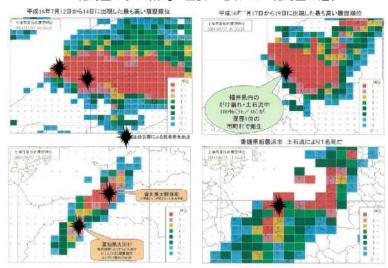




2003年 鹿児島県菱刈町での大雨災害時

土壌雨量指数履歴順位第一位

絶対量でなく「順位」が重要=地域ごとに絶対量は違う



(さいごに)土の破壊は「水圧」で起きる 地下水が吹き出て崩壊が発生



その他. 低地・埋立地の地盤防災

軟弱地盤に関わる現象

- (軟弱粘土)圧密沈下•••(省略)
- ・ (緩い砂層=沖積砂層)液状化







1964年新潟地震から すでに50年以上経過している

45

ご清聴ありがとうございました

- NPO法人都市災害に備える技術者の会
 - 〒651-1432 兵庫県西宮市すみれ台3丁目1番地 (有限会社太田ジオリサーチ内) TEL.078-907-3120
- URL: http://www.toshisaigai.net
- E-mail: office@toshisaigai.net
- 太田英将 ohta@ohta-geo.co.jp 技術士(応用理学・建設・森林・総合技術監理) コンクリート診断士、宅地建物取引士、ブロック塀診断士 JSHIホームインスペクター

