

第6回自然地理学オンラインセミナー

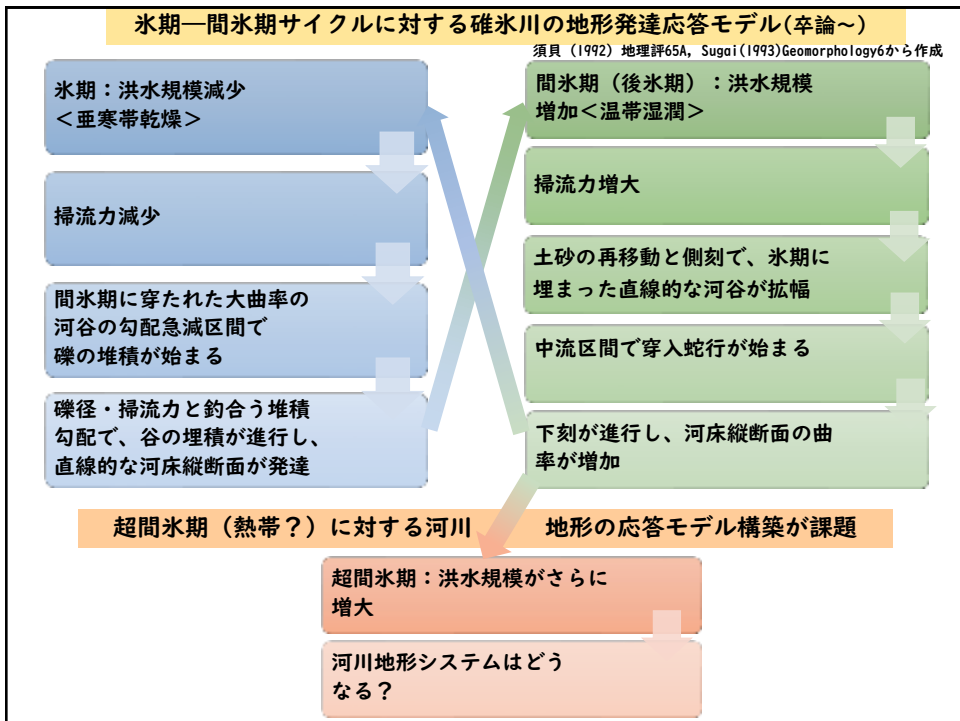


- ・自己紹介
- ・大規模地形変化とは？
- トピック1 マスマーブメント
- 2 河川洪水
- 3 津波
- 4 気候変動と湖水位変動
- 5 海進・海退と平野形成

大規模地形変化と地形学

東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻 須貝俊彦

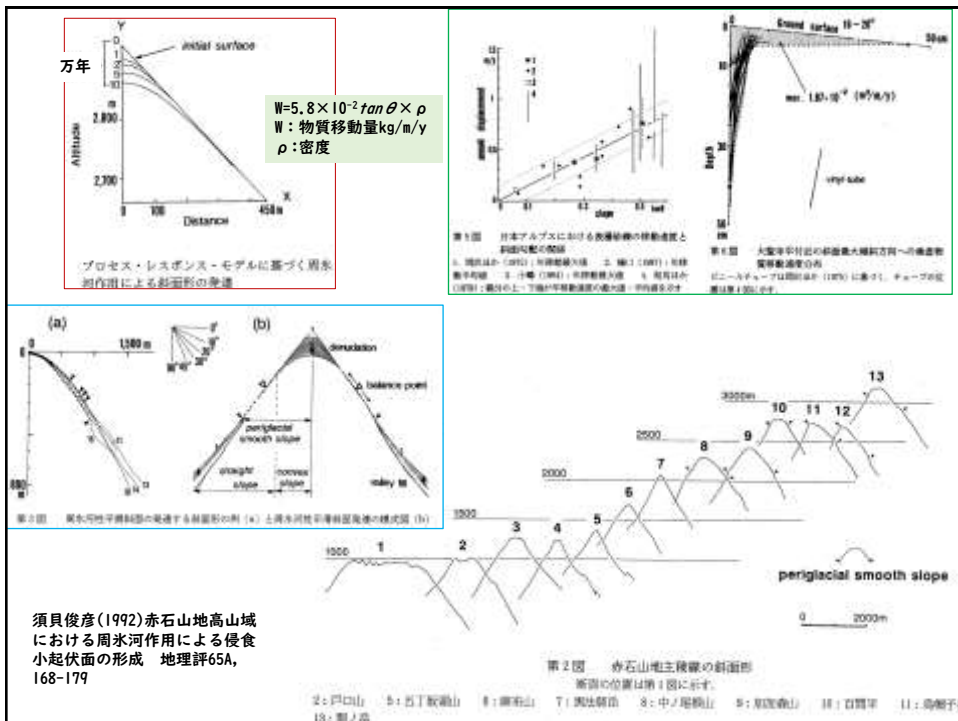
1



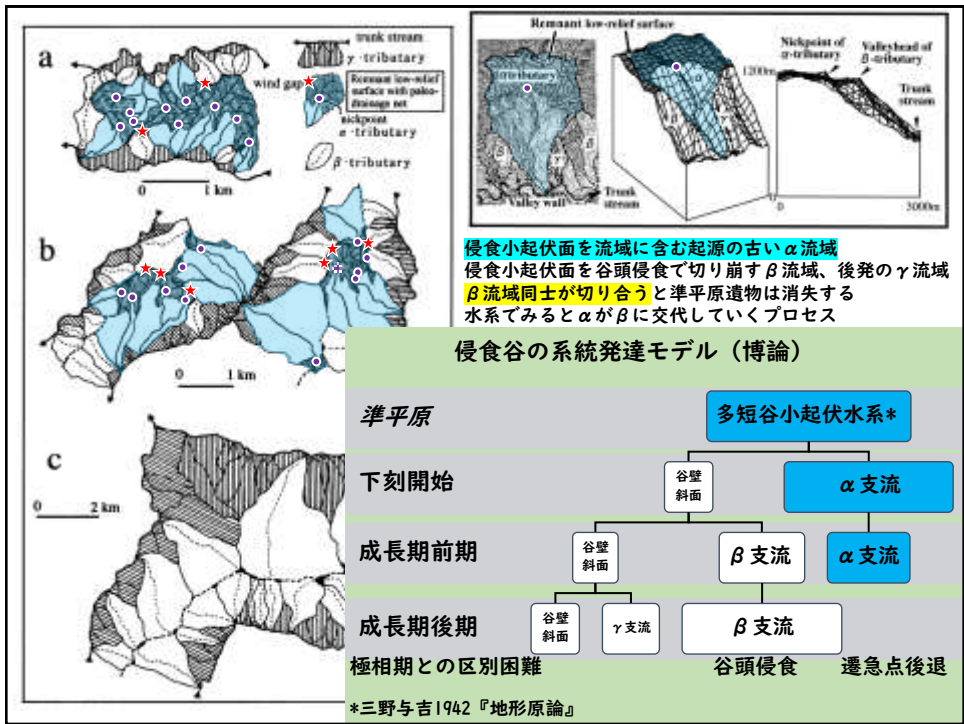
2



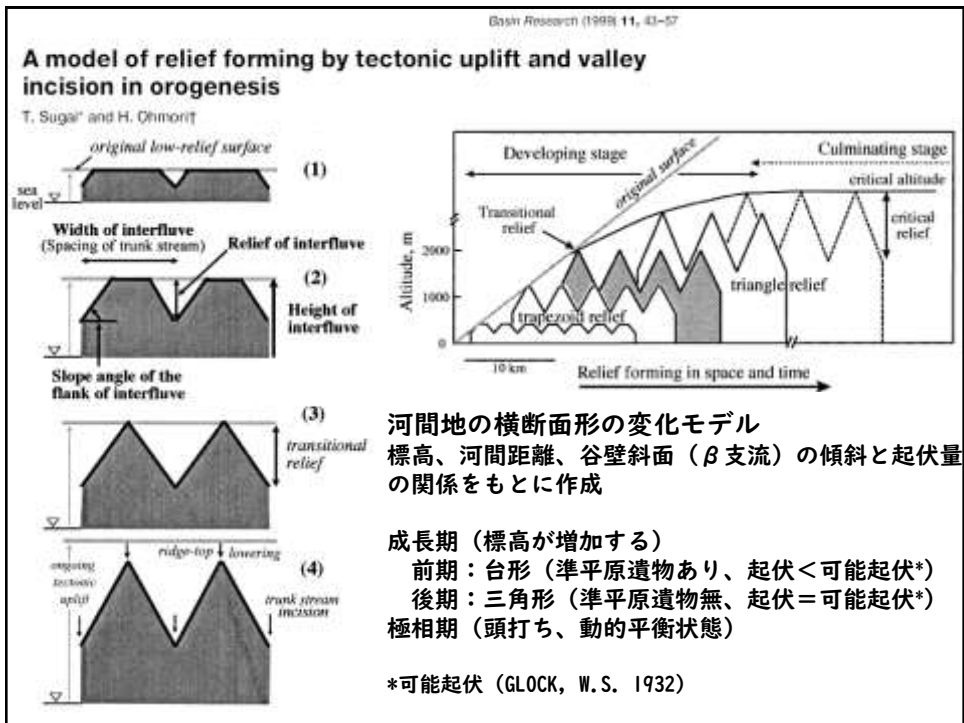
3



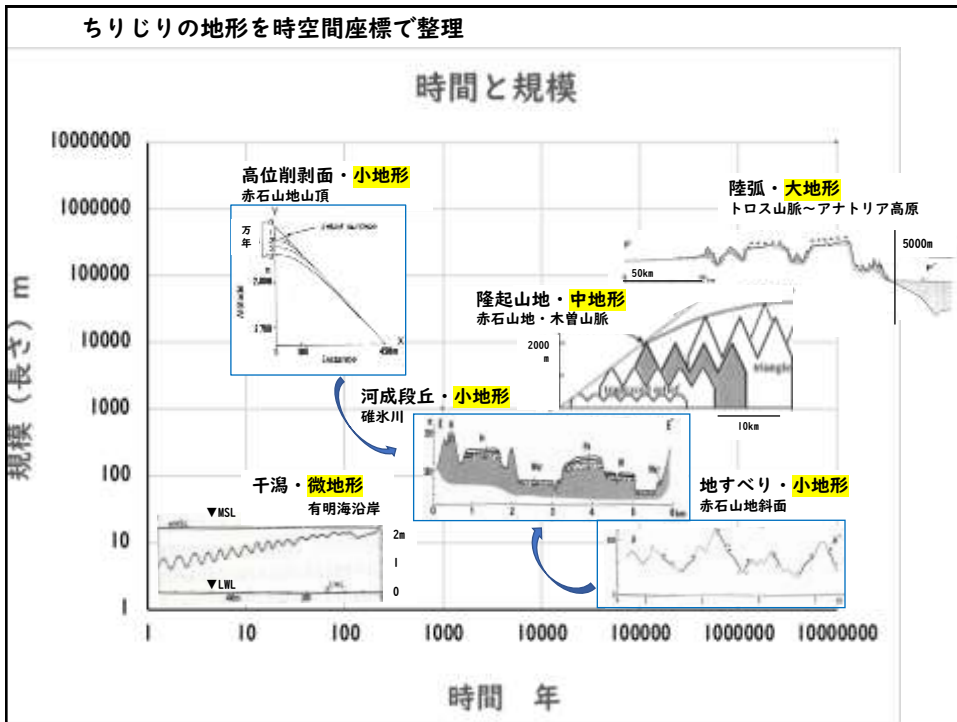
4



5



6



7

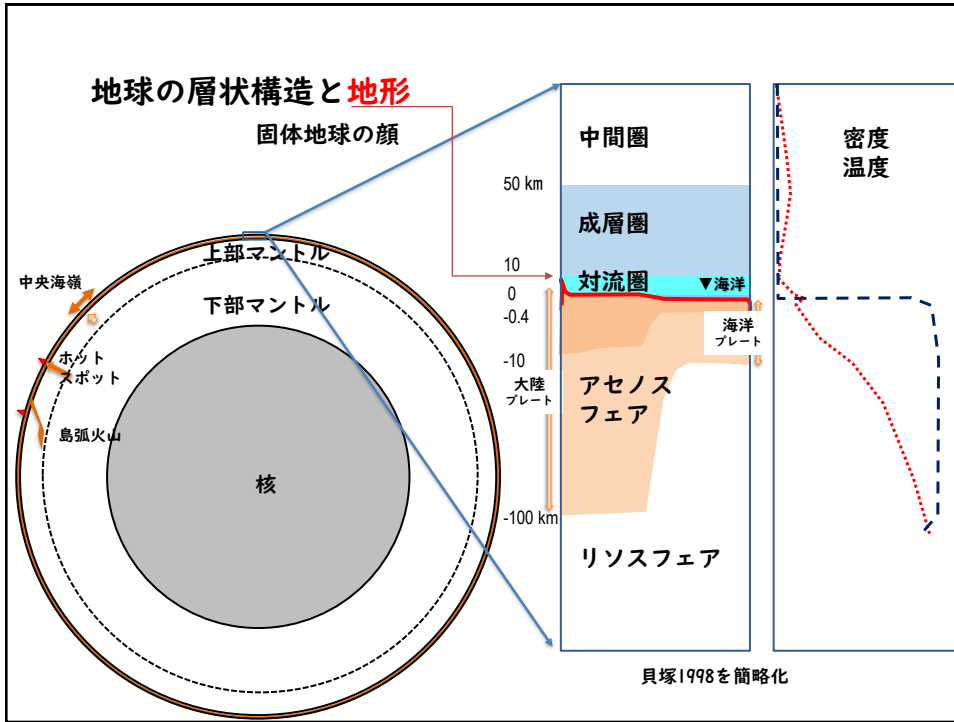
1.1. 地形とは？

- ✓地球の顔> (内的・外的・人為営力による) 地球変動の証/指標・・自然地理学
- ✓境界面> 気水圏・地圏・生物圏・人間圏の相互作用の場/記録・・環境地理学
- ✓両面性> 社会に恵みと災いをもたらす/資源・・人文地理学

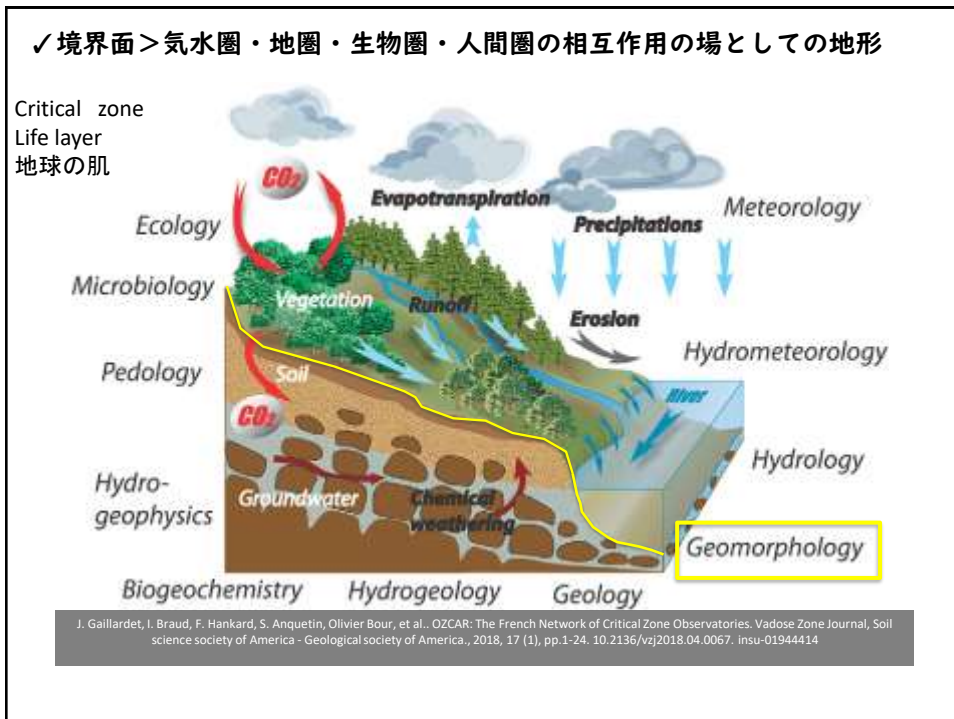
1.2. 大規模地形変化とは？

- ✓人間からみた大規模地形変化・・風景/地形観を変える出来事
 - 「見えどもみえず、聞けども聞こえず」と「なに！これ？」は紙一重
 - 「想定外」の災害リスクに備える勘所
- ✓低頻度×大規模地形変化 vs 高頻度×小規模地形変化
 - 最も効果的な地形変化の規模・頻度はあるのか？
- ✓大規模な地形×変化する地形・・変化の影響範囲、変化の準備過程も考える
 - ゆっくりした大規模変動がつくる地形にも注目 (トピックで)

8



9



10



11

濃尾地下に続く

ヨーロッパアルプス4氷期説

Penck and Bruckner (1909)
square-wave model for
Quaternary glacial-
interglacial cycles.

Model for relationships
between glacial moraines and
outwash terraces in the Danube
drainage of southern Germany.

1893年夏撮影

平川訳 1985 Budel 著 Climate Geomorphology 古今書院

山崎 直方 (1870-1929)
1898-1901年ドイツ・オーストリアで地理学研究。A. Penckに学ぶ。

山崎カールの発見、日本の氷河地形研究、日本アルプス研究。
1925年日本地理学会創設。

1902年「氷河果たして本邦に存在せざりしか」を発表し、氷河論争の口火を切る。

立山 山崎カール

12

眉山
普賢岳 南岳 天狗山 七面山

cf. シヤスタ山 米国 2017年8月31日撮影

1792年の眉山崩れ
島原大変肥後迷惑
 $4.4 \times 10^9 \text{m}^3$
死者15000人超

眉山
南岳 天狗山 七面山

雲仙眉山崩壊地
地理院地図
火山基本図を
3Dカラー表示
扇状に崩壊したこと
(Sector collapse)
がわかる

日本の地形景観のなかに
「なに！これ？」が沢山眠っている

九十九島
流れ山 7

13

✓ 低頻度×大規模地形変化 vs 高頻度×小規模地形変化、
最も効果的な地形変化の規模頻度はあるか

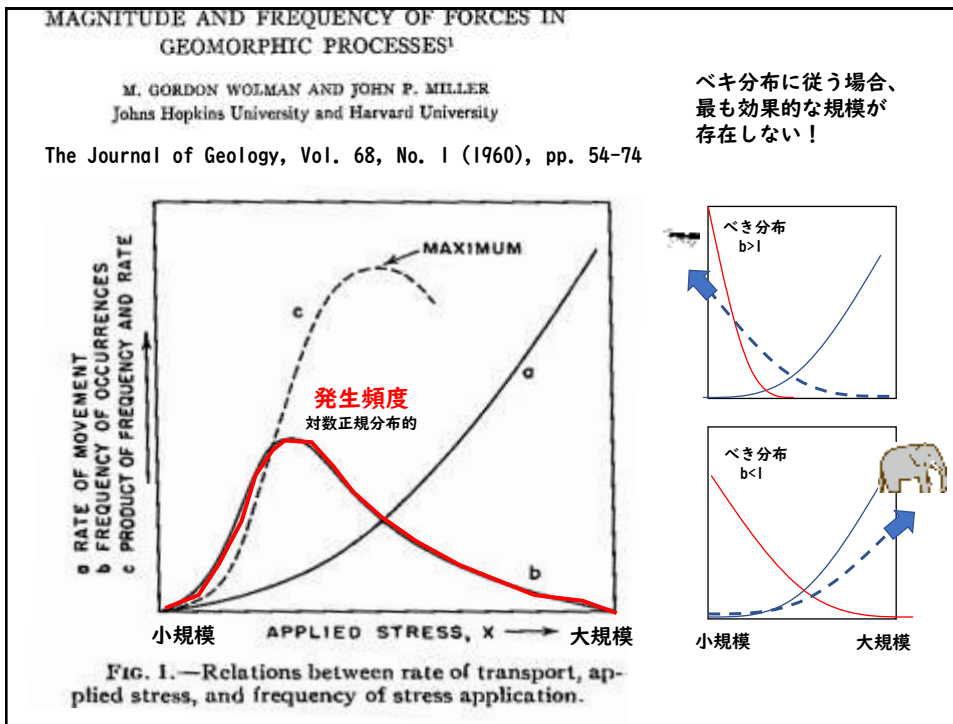
塵も積もれば山となる

ちやぶ台返し

地形は、地形変化の繰り返して出来る

地形は、次の地形変化をコントロールする

14



15

べき分布的 (べき乗則)

- ✓ クレータ
- ✓ 地震 (GR則) $b=1$ が基本
- ✓ 地すべり土塊 (次に)
- ✓ 都市 (人口順位規模法則)
- ✓ 収入 (パレートの法則)

全国のアメダス地点 (比較可能な902地点) で観測された降水量の総和
(1982年1月上旬から2018年7月上旬における各年の値の数値分布)

中村尚(2018) 学術防災連携体緊急発表会ppt資料

対数正規分布的

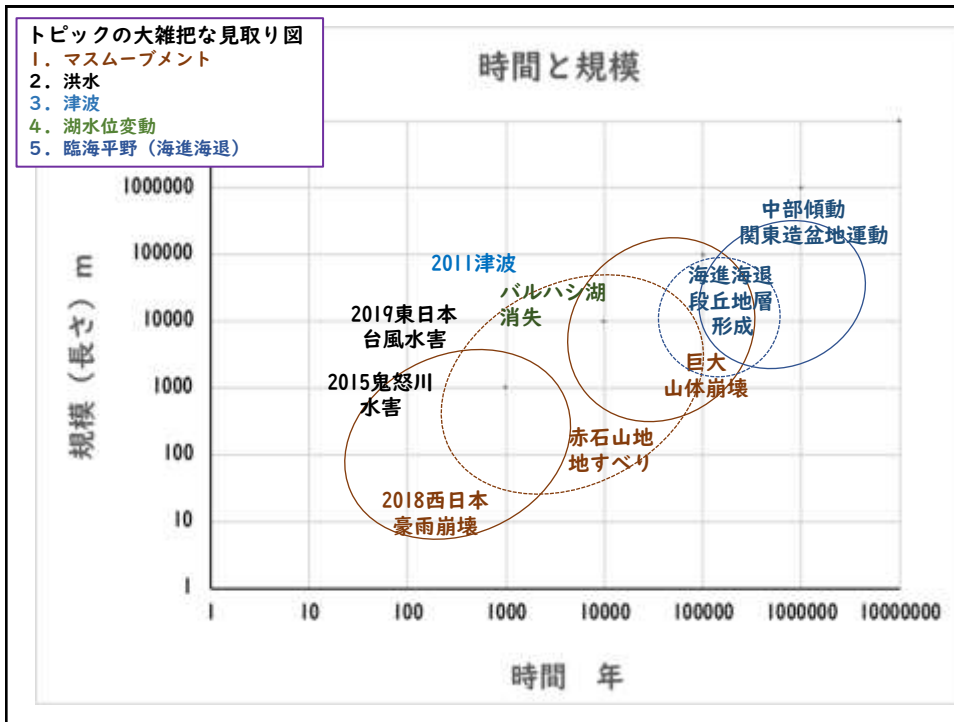
- ✓ 降水量分布
- ✓ 碎屑物の粒度分布

日本の各地の海岸や河川の砂粒のサイズ分布
Itamiya ほか(2019)PEPS

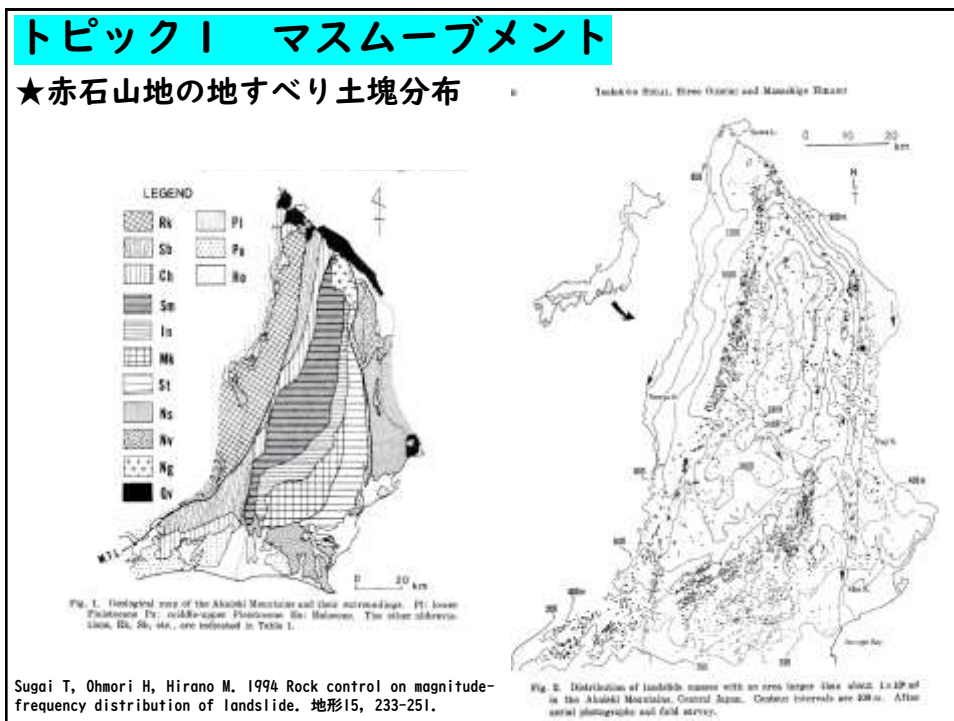
50 500 5000
粒径(μm)
対数目盛

普通目盛

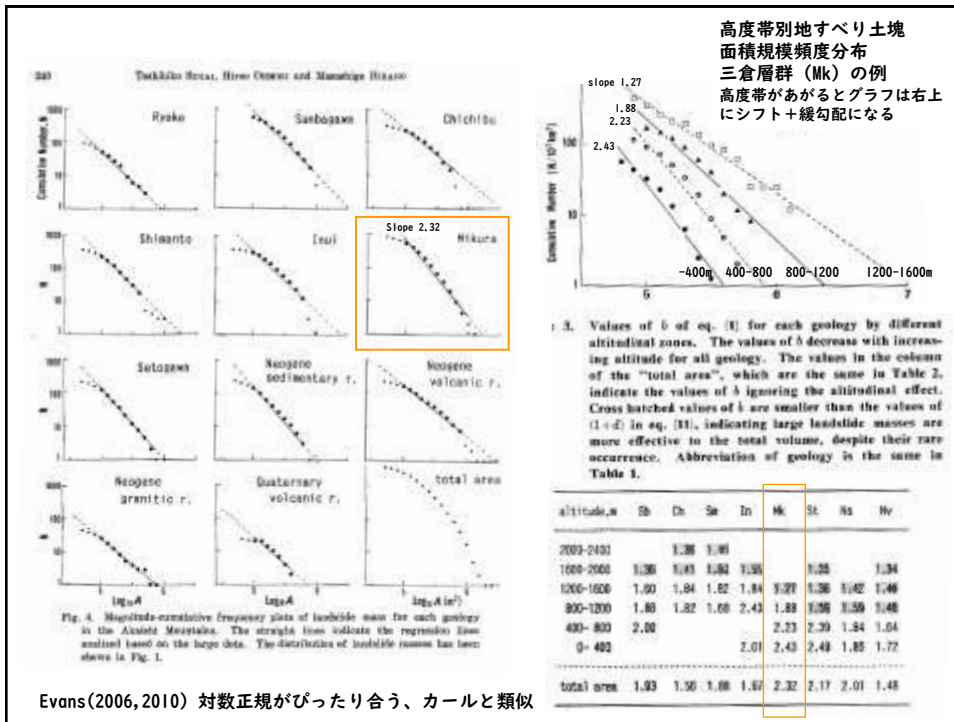
16



17



18



19

★巨大山体崩壊 重力によって地形物質が集団移動する“マスマーブメント”の一種

何が崩れる？ 学術防災連携体2020.3.18発表

火山体 (守屋 1979 ; Ui 1983) / 非火山性山地 (Hue 1975)

どのくらい崩れる？

崩壊土砂体積量にして10⁸m³ 以上！

どう崩れ去る？

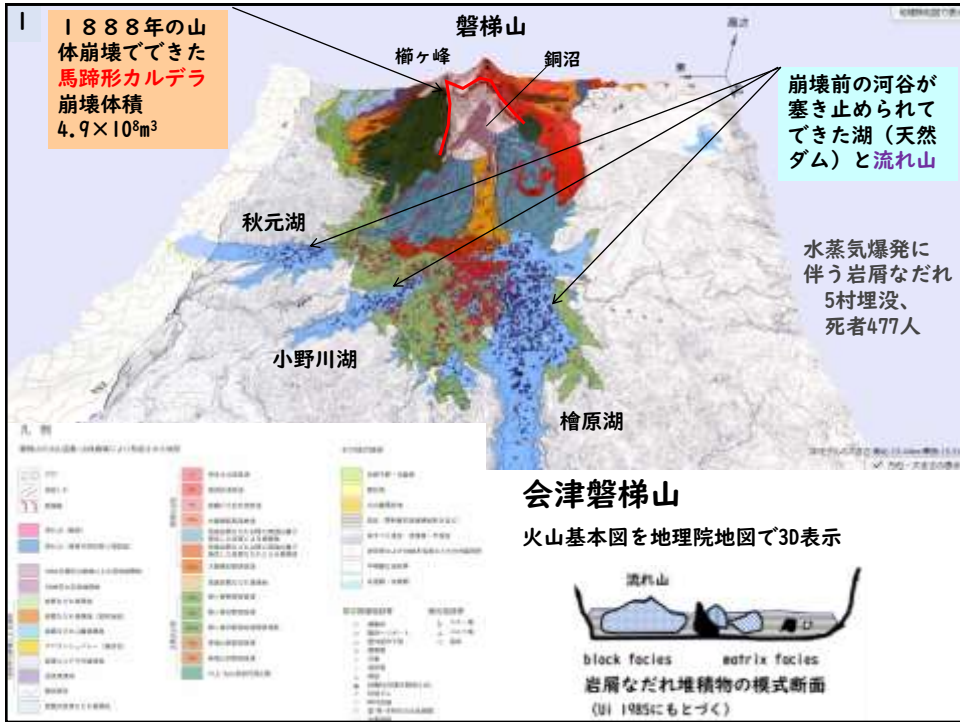
新幹線並みの速さで、～数十km遠くまで

どんな地形を創り出す？

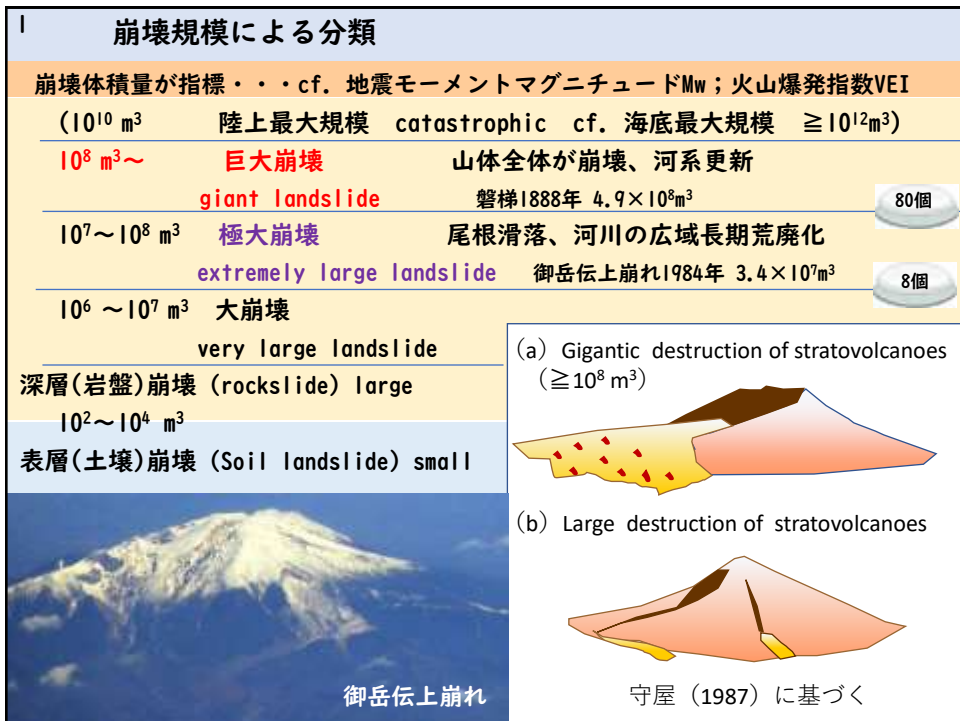
典型は、成層火山体の巨大崩壊 (セクターコラプス) によって、
馬蹄形カルデラと**流れ山**ができる (侵食地形と堆積地形のセット)
 (1792年雲仙眉山、1888年磐梯山)

cf. 0次谷の表層崩壊によって、土石流扇状地ができる
 個々の規模は小さいが、高頻度でしばしば同時多発、近年、超広域化
 (2014年広島豪雨、2017年九州北部豪雨、2018年西日本豪雨、2019年台風19号災害)

20



21



22

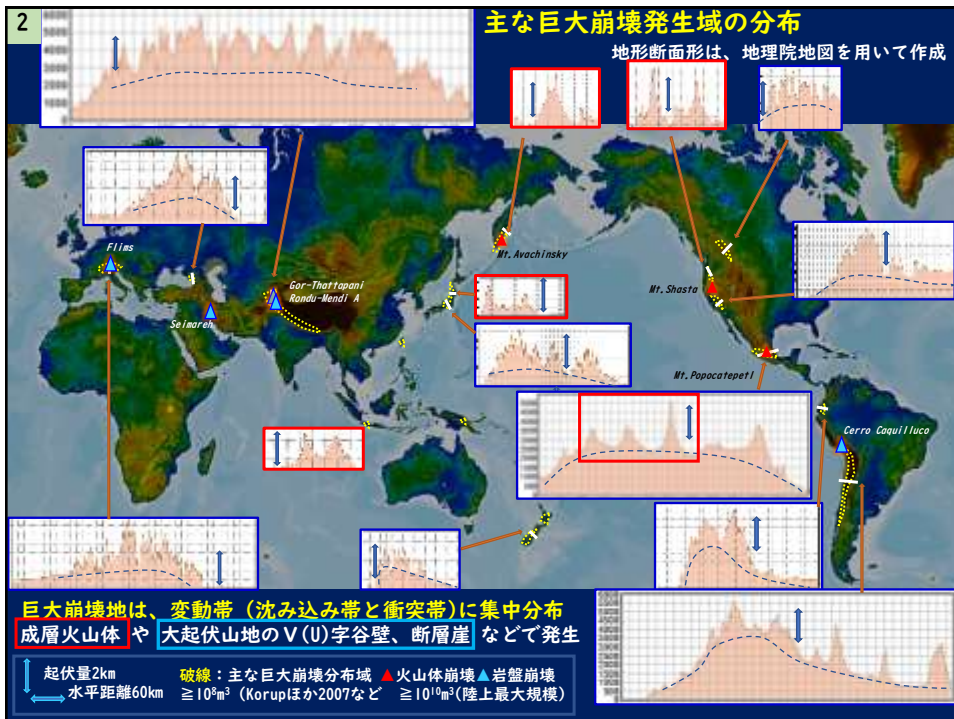
1 流動速度による分類			
速度階級	記載	典型的な速度m/秒	破壊インパクト
破局的	7 極高速	5~50 18~180km/時	壊滅的、避難極めて困難 死者多数、建物倒壊
中間的	6 高速	$5 \times 10^{-2} \sim 5$ ~m/分 - m/秒	死者有、避難難、建物倒壊
	5 やや高速	$5 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-2}$ ~m/時 - m/分	避難可能、構造物損壊
緩慢	4 中速	$5 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-4}$ ~m/週 - m/時	構造物適宜メンテ可能
	3 やや低速	$5 \times 10^{-8} \sim 5 \times 10^{-6}$ ~m/年 - m/週	
	2 低速	$5 \times 10^{-10} \sim 5 \times 10^{-8}$ ~m/100年 - m/年	
	1 極低速	$< 5 \times 10^{-10}$ <m/100年	高精度計器によって検出可能レベル

マスマーブメントの速度分類 (Cruden Varnes, 1996にもとづく)

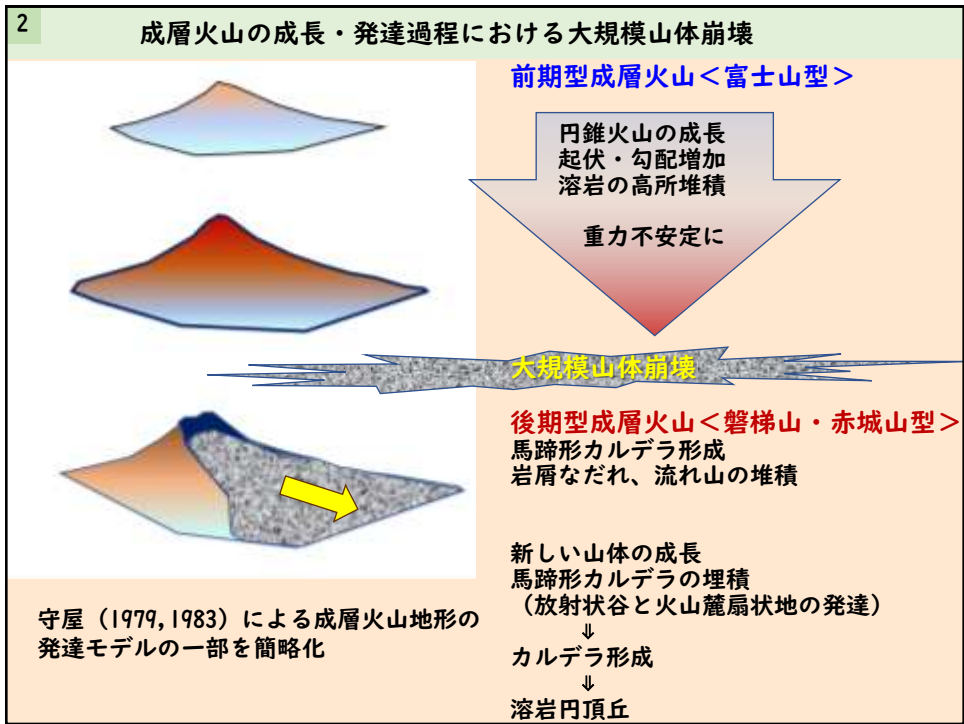
岩屑なだれは、破局的な流動速度で移動する高速地すべり

- ・Ui ほか1986のmodelでは、鳥海山の岩屑なだれは5分で30km、磐梯山は3分強で10km流下
- ・1980年のセントヘレンズ火山の岩屑なだれは、初期に時速50km、加速して10分で22km (180km/時) 流下 (Voightほか1981)
- ・1984年の御岳伝上崩れでは、8分で12km (90km/時) 流下 (松田・有山1985)

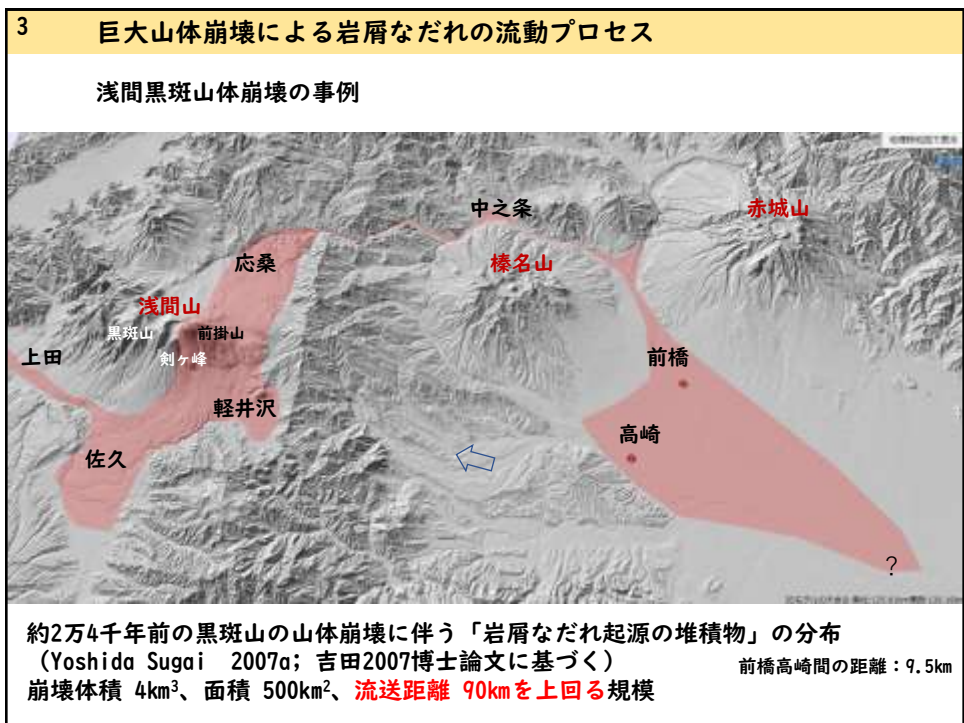
23



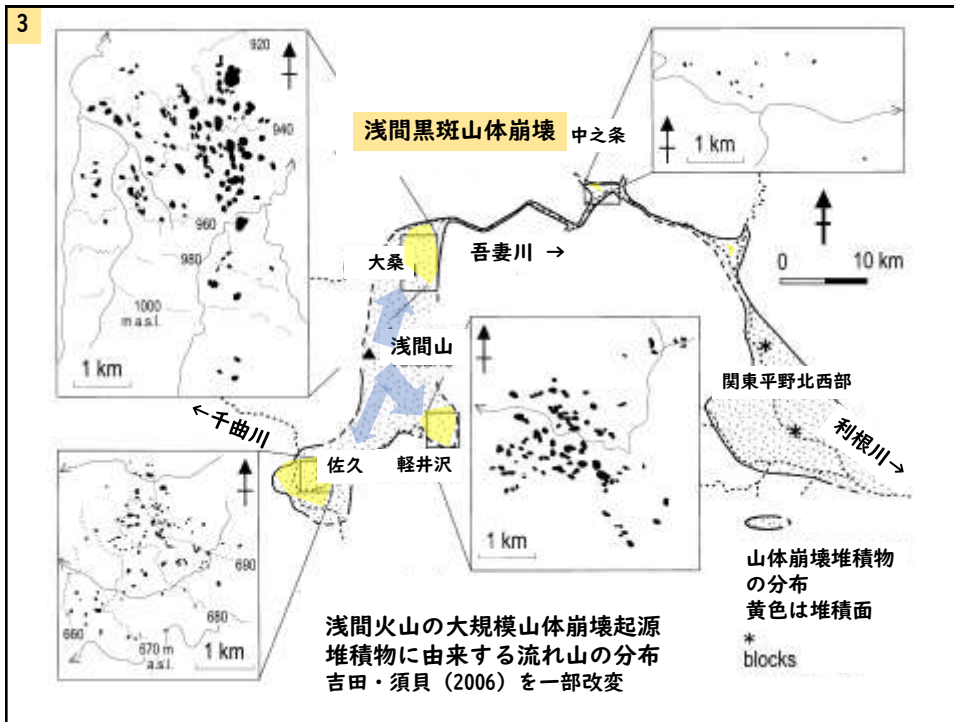
24



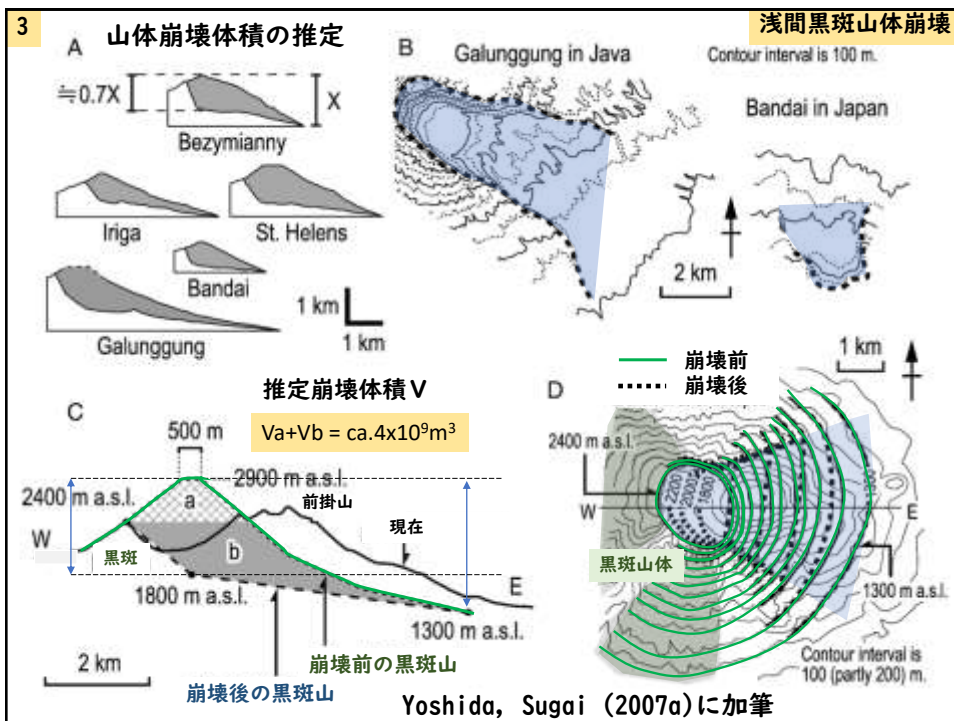
25



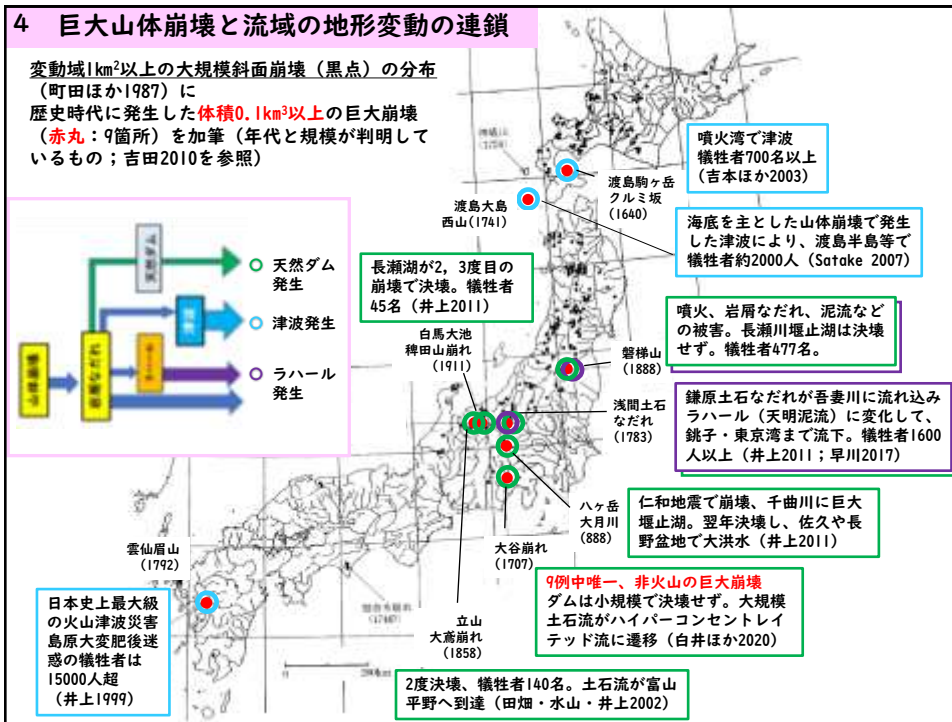
26



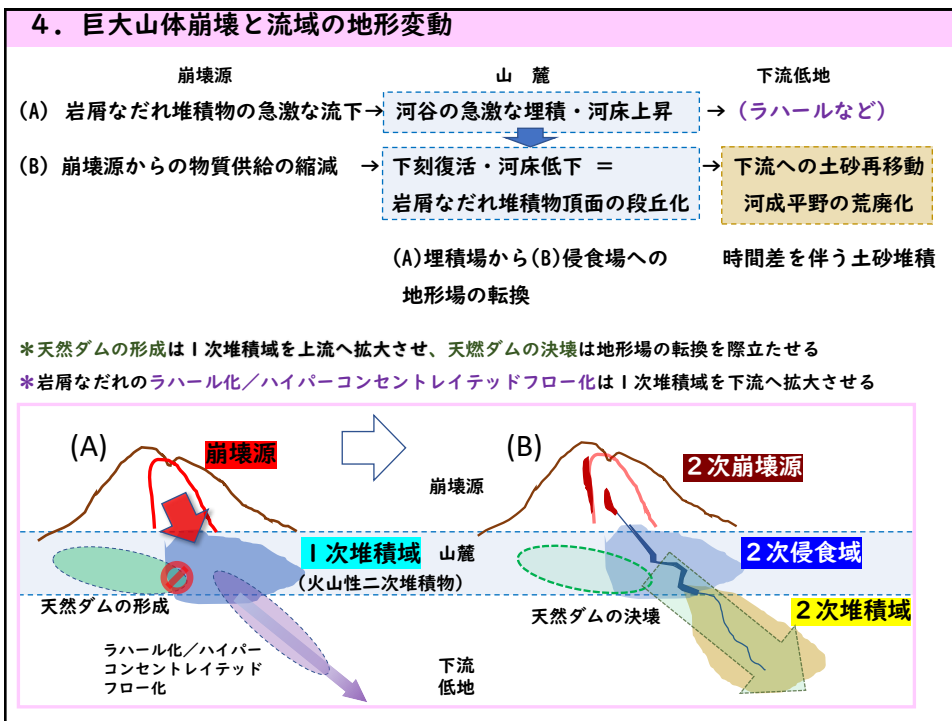
27



28



29



30

5 防災への示唆

ハザード予測 ①いつ ②どこで ③どの規模で崩れ ④ どこまで流走するか

大谷崩と加奈木崩は1707年宝永地震誘因説を採用。ともに付加体堆積岩が崩壊。他は、火山体が崩壊。

伝上崩れと荒砥沢地すべりは、崩壊体積が小さく、かつ、後者は地すべり土塊の再滑動であったが、参考にした。

① 10⁸m³を超える巨大山体崩壊は、過去400年間に8回、50年に一度程度生じてきたが、稗田山崩れを最後に、過去100年間以上、発生していない。

② 崩壊場所：火山では前期型(A型2期)の成層火山(守屋1983)で生じやすく、非火山では地質構造や地形遷急線に規制されやすい(千木良2007)

31

5 防災への示唆

ハザード予測 ③どの規模で崩れるか

Yoshida H (2016b)

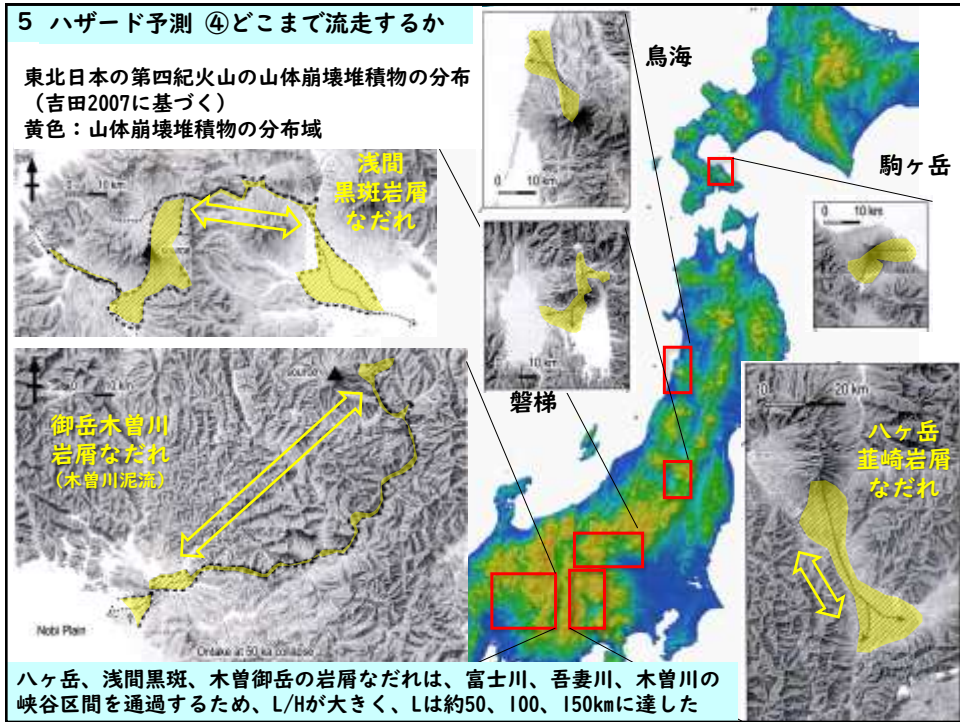
Yoshida H (2016b)は、日本における
 (1) 変動域1km²以上の大規模斜面崩壊332 (町田ほか1987)を対象に崩壊体積を推定し、
 (2) 体積10⁸m³以上の崩壊67(吉田2010)を含む103の巨大崩壊データセットを作成し、
 (3) (1)(2)を統合して、過去80万年間に発生した総計423の大規模～巨大崩壊を対象にして規模頻度分布特性を明かにした(左図)。

すなわち
 ① ベキ分布に従い、規模増加に対する頻度低下(GR則のb値に相当)は0.8 (< 1)ある
 ② 想定最大規模は6.3x10¹⁰m³で、世界の陸域最大崩壊とオーダーが一致し、候補は富士山とした。

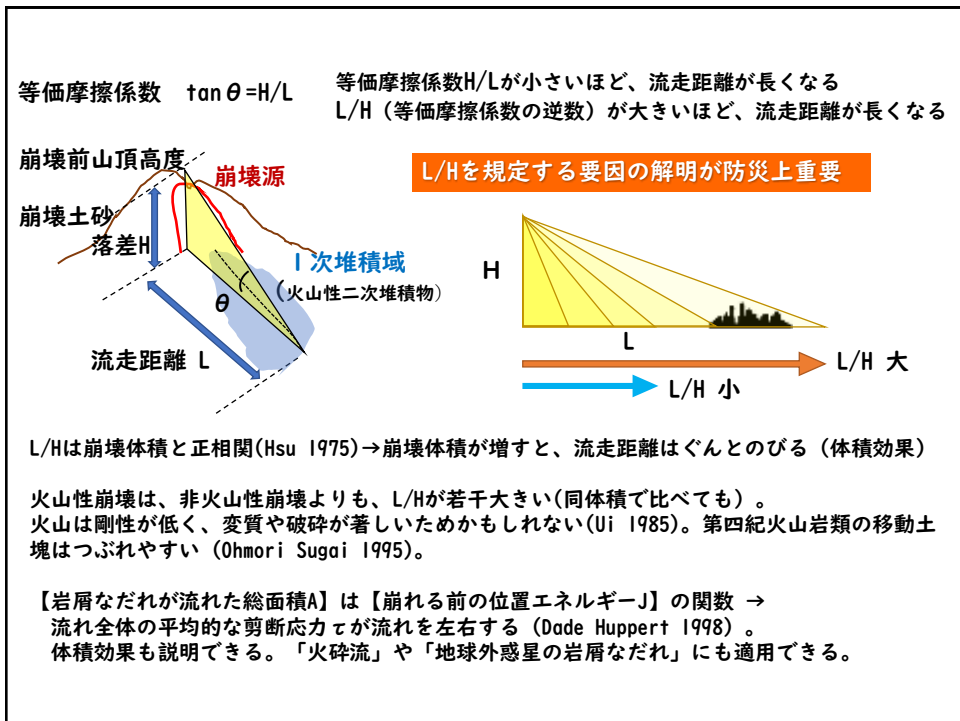
地すべりなどの斜面変動の最大規模は、尾根-谷起伏量によって制限される

2019年8月5日撮影

32



33



34

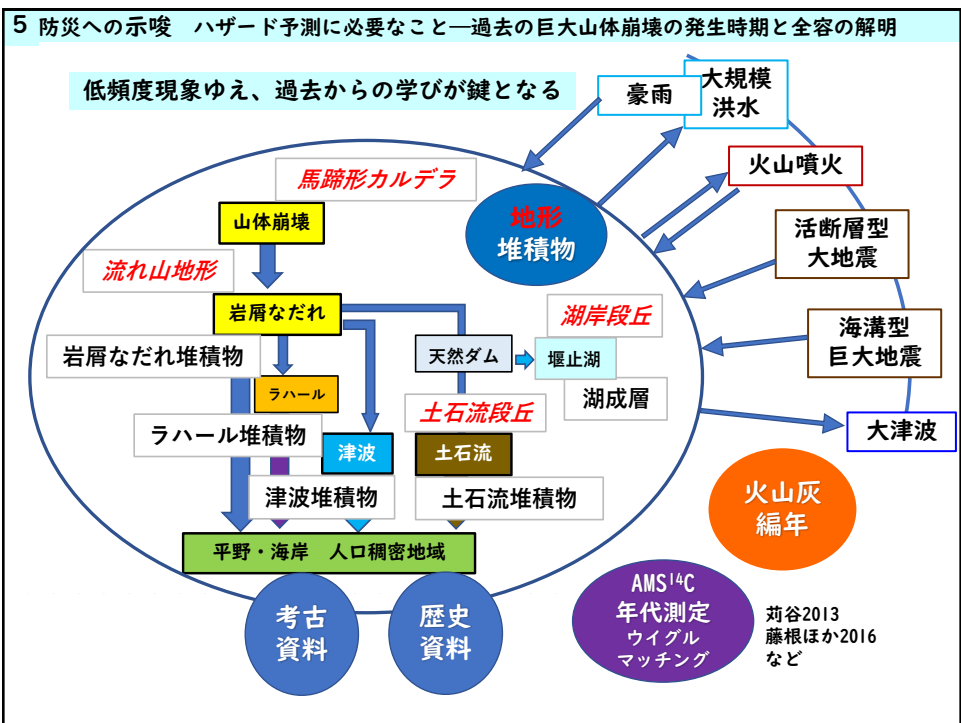
5 防災への示唆・発災時の対応；平時の対応

発災時の対応
 物理的防御は、ほぼ不可能。
 避難困難（岩屑なだれは自動車～新幹線並みの速さ）、ただし、岩屑なだれが数十km以上流走する場合、下流では最長10分単位の避難時間がある。ラハール化、ハイパーコンセントレイテッドフロー化すると、遠地まで一気に到達。下流地域では、海や湖からの津波にも備える。
 山間地域では、天然ダムができやすく、ダムの決壊に備える。
 連鎖災害への対応が不可避だが、連鎖のしかたは地形等の地域特性に規定されるため、地域ごとに大きく異なる対応を要す。

平時の対応
 地域性をふまえた地形変動と災害連鎖に関する知識共有。
 リスクを減らし、大規模土砂移動と共生するための土地利用の工夫。
 高頻度で発生する小規模崩壊を含めた包括的な土砂災害ハザードマップの作製。
 富士山型成層火山の山麓部および火山を含む流域の下流平野における土地評価。
 約30万人が居住する甲府盆地は、24～20万年前の葦崎岩屑なだれの上にあり、約50万人が住む前橋高崎台地は、2.4万年前の黒斑岩屑なだれが形成した土地。
 洪水や高潮・津波などに対しては、土地が嵩上げされた分、安全。

「虚心坦懐に状況証拠を俯瞰的に見る地理学の視点（鈴木2016）」は
 大規模山体崩壊を考えるうえでも重要

35



36

5 防災への示唆 ハザード予測を減災につなげる鍵は防災地理教育 @地理総合

岩石循環と水循環の連結

山(海)から平野へ土砂(水)移動

平野は山の付属物
平野は都市の土台

大規模山体崩壊は
内的営力が集中する変動帯に特有の
ダイナミズムの象徴

1m高くなる場合、5000mの山と50mの丘では、位置エネルギーの増加量が桁違い!

山体崩壊は重力が駆動する一連の地形物質の流れであり(左)岩石・水循環の連結部に位置付けられる(右)

37

千木良雅弘 (2007) 崩壊の場所—大規模崩壊の発生場所予測, 近未来社

Dade WB, Huppert HE (1998) *Geology*26, 803-806.

藤根 久ほか (2016) 第四紀研究55, 253-270.

早川由紀夫 (2017) 地理2017年8月号, 4-9.

Hsu KJ (1975) *Geol. Soc. Am. Bull.* 86, 129-140.

井口隆 (1988) 国立防災科学技術センター研究報告41, 163-275.

井上公夫 (1999) 砂防学会誌52, 45-54.

井上公夫 (2011) 日本の天然ダムと対応策, 古今書院, 第2章.

羽谷愛彦 (2013) 地すべり学会誌50, 113-120.

羽谷愛彦ほか (2015) E-journal GEO 10, 37-41.

Korup Oほか (2007) *Earth and Planetary Science Letters*261, 578-589.

町田洋 (1959) 地理学評論32, 520-531.

町田洋 (1962) 地理学評論35, 157-174.

町田洋 (1964) 地理学評論37, 477-487.

町田洋 (1984) 地形学, 155-178.

町田洋ほか (1987) 56年度科研報告書165-208, 253-262.

松田時彦・有山智雄 (1985) 震研業報60, 281-316.

守屋以智雄 (1979) 地理学評論52, 479-501.

守屋以智雄 (1983) 日本の火山地形, 東大出版会.

守屋以智雄 (1987) 地形学, 67-82.

Ohmori H Sugai T (1995) *Z. Geomorph. N.F. Suppl.* Bd101, 149-164.

Satake K (2007) *Earth, Planets and Space* 59, 381-390.

白井正明・宇津川喬子・渡辺万葉 (2020) 第四紀研究59, 17-29.

Sugai T, Ohmori H, Hirano M (1994) 地形学, 233-251.

鈴木康弘 (2016) リレーエッセイ地球を俯瞰する自然地理学, 科学86, 407-409.

田川茂清・水山高久・井上公夫 (2002) 天然ダムと災害, 古今書院.

内山庄一郎・須貝俊彦 (2019) 自然災害科学38特別号, 57-79.

Ui T (1983) *J. Volcano. Geotherm. Res.* 18, 135-150.

Ui T, Yamamoto H, Suzuki-Kamata K (1986) *J. Volcano. Geotherm. Res.* 29, 231-243.

Voightほか (1981) The 1980 Eruptions of Mount St. Helens, Washington USGS prof paper 347-377.

吉田英嗣 (2004) 地理学評論77, 544-562.

吉田英嗣・須貝俊彦 (2006) 地学雑誌115, 638-646.

吉田英嗣 (2007) 火山体の崩壊に伴う大規模土砂移動と流域の地圏環境変動 東京大学博士論文

Yoshida H, Sugai T (2007a) *Geomorphology* 86, 61-72.

Yoshida H, Sugai T (2007b) *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 3, 217-224.

吉田英嗣 (2010) 地学雑誌119, 568-578.

Yoshida H, Sugai T, Ohmori H (2012) *Geomorphology* 136, 76-87.

Yoshida H (2016a) *Geosciences*2016; 6, 5; doi:10.3390/geosciences6010005.

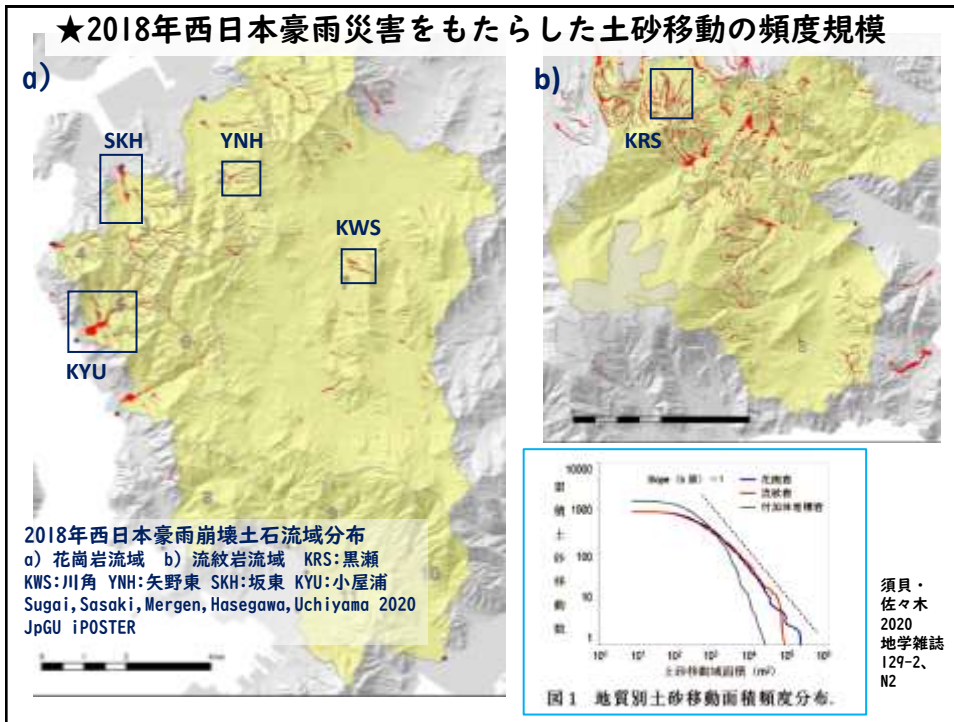
Yoshida H (2016b) *Updates in Volcanology*, 191-218. *Intec*.DOI:10.5772/63131.

吉田英嗣 (2018) リレーエッセイ地球を俯瞰する自然地理学, 科学88, 449-452.

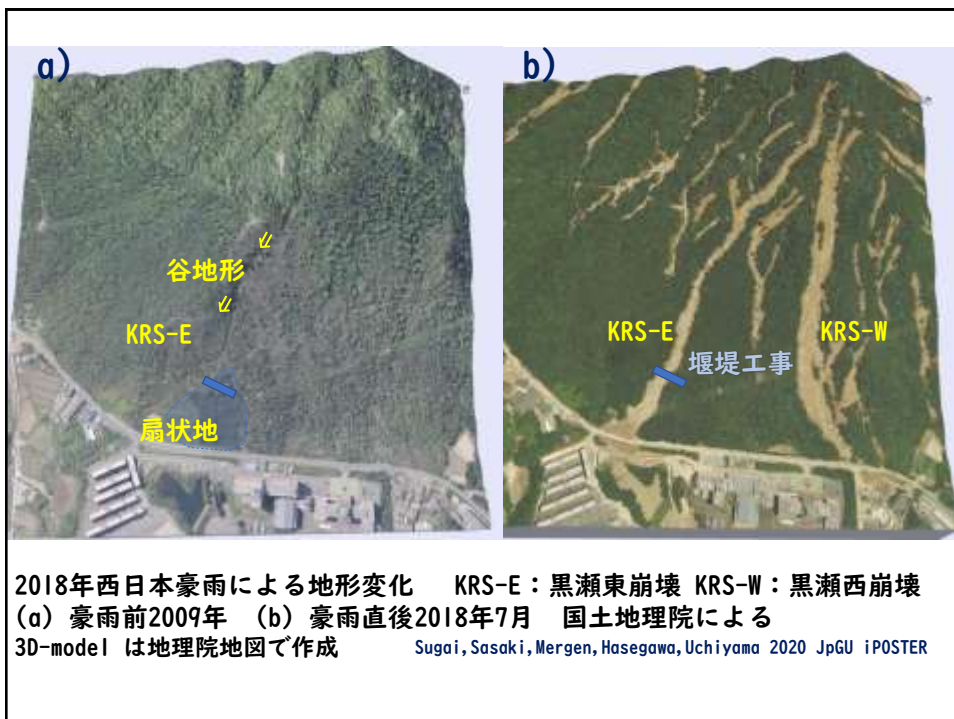
吉本充宏ほか (2003) 地質学雑誌109, 595-606.

巨大山体崩壊に関連した文献

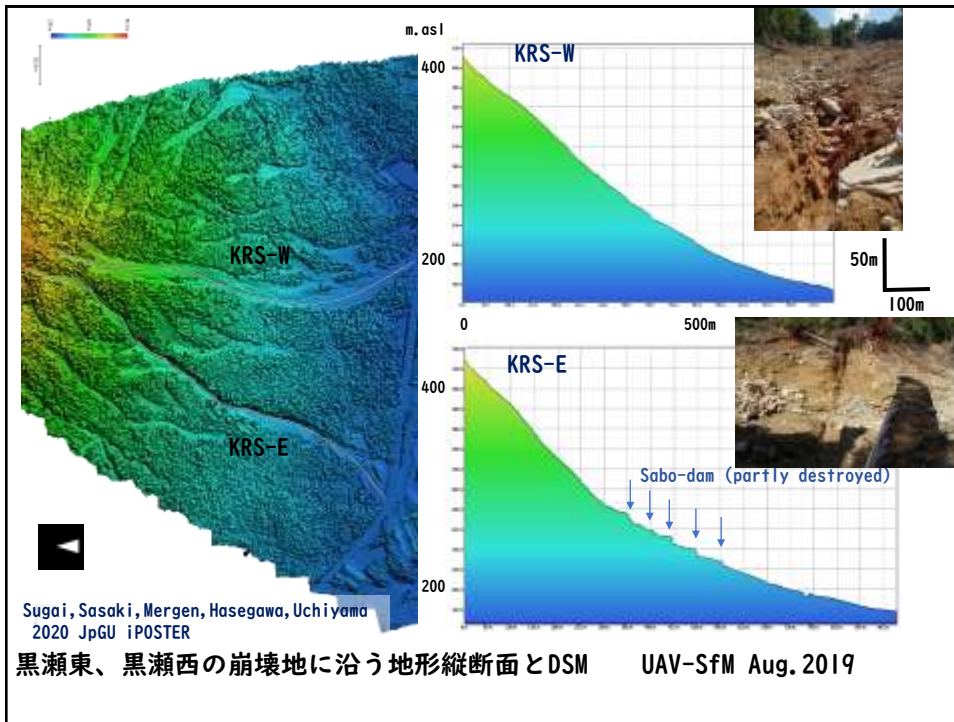
38



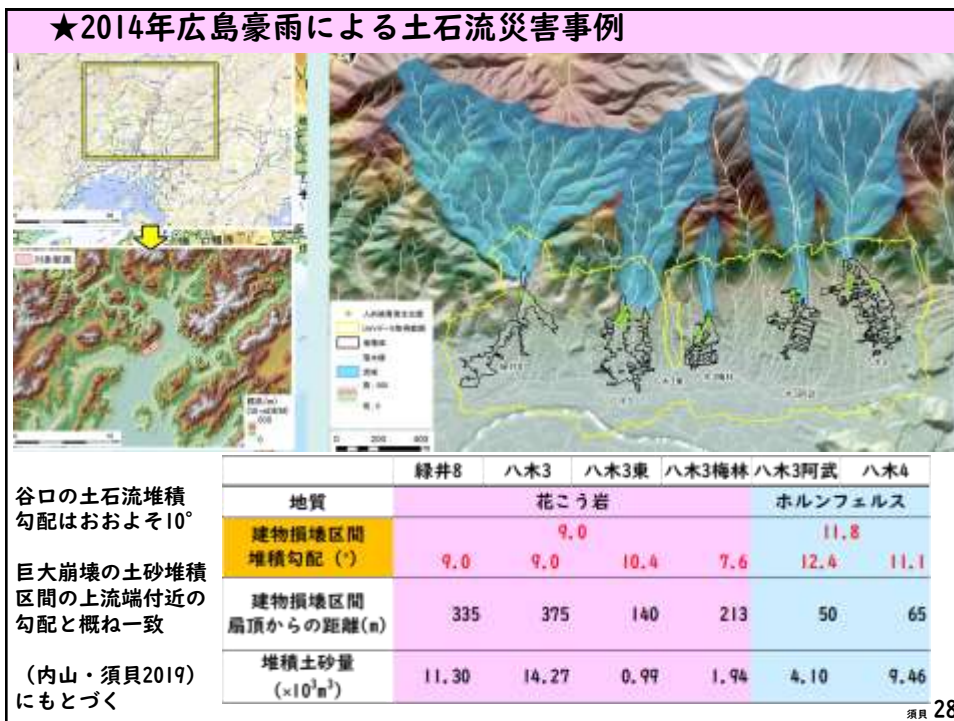
39



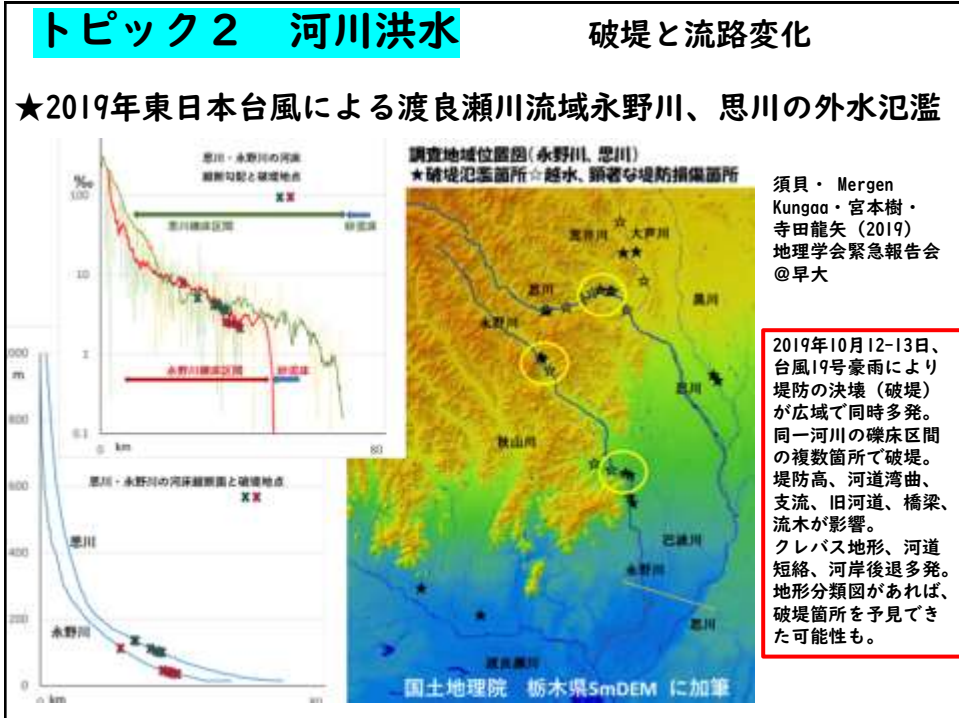
40



41



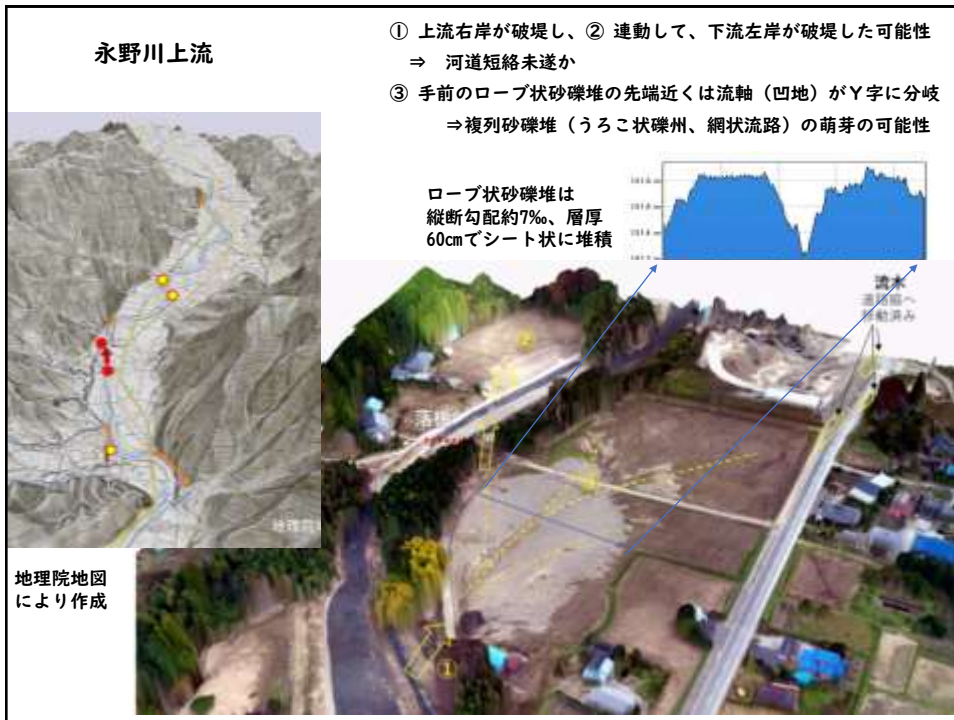
42



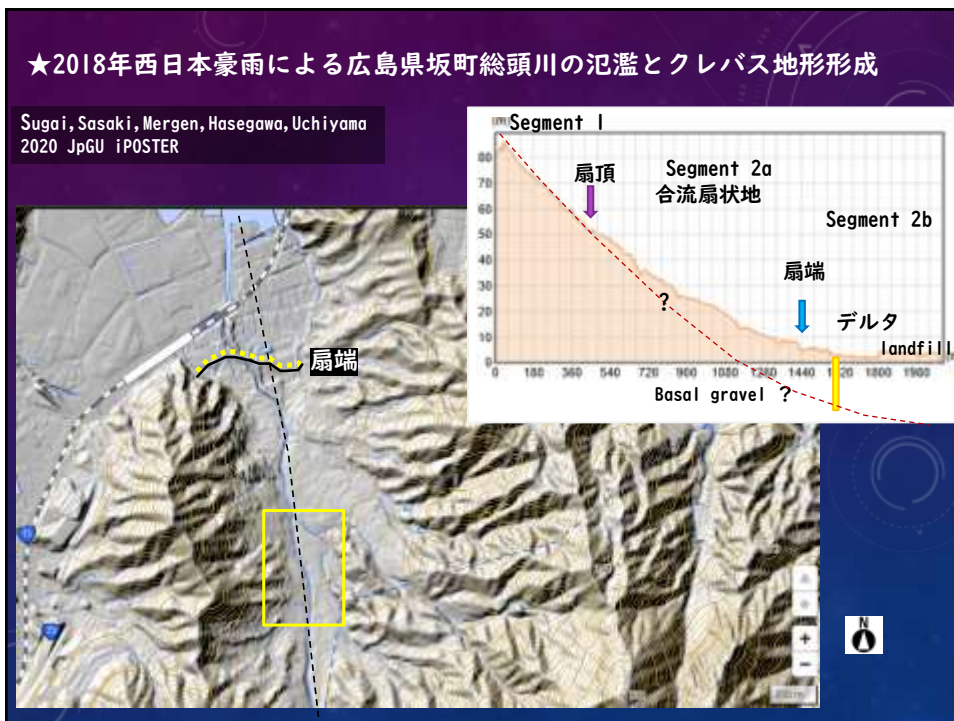
43



44



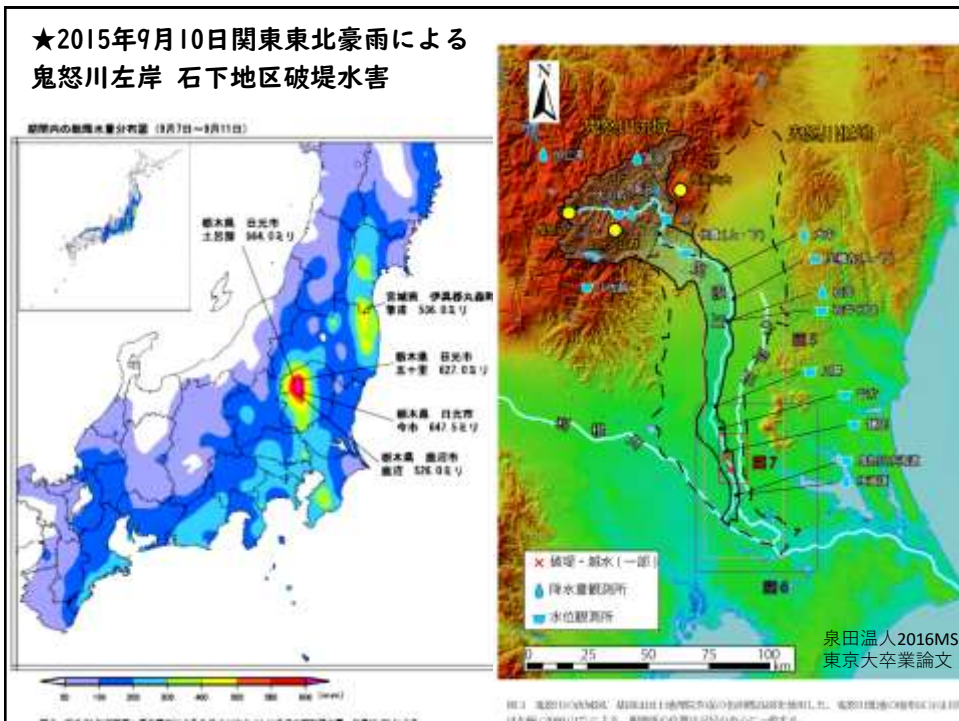
45



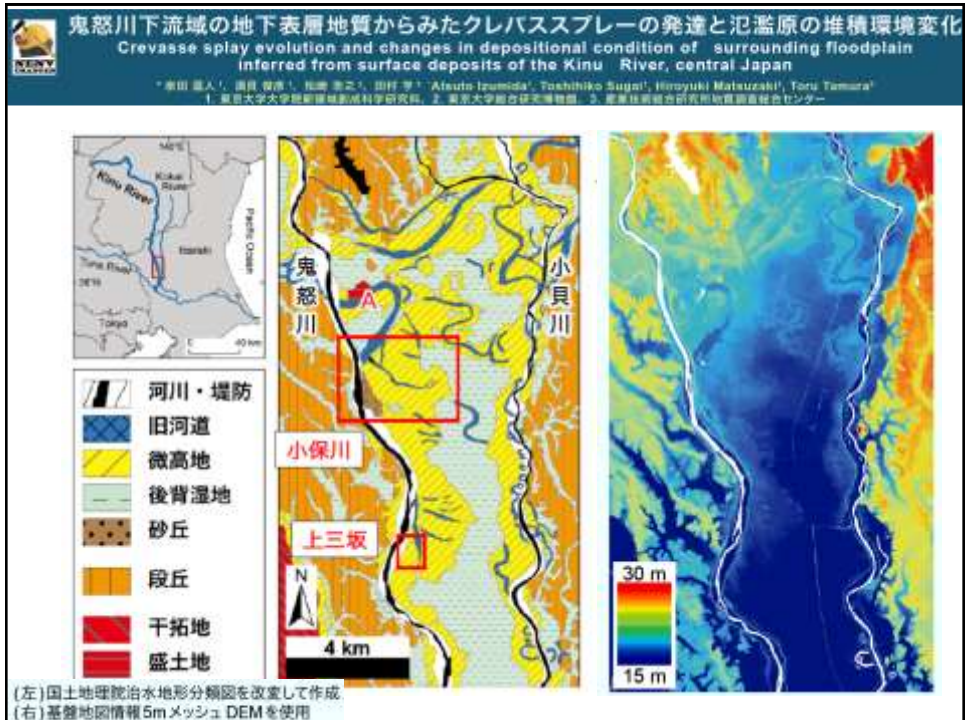
46



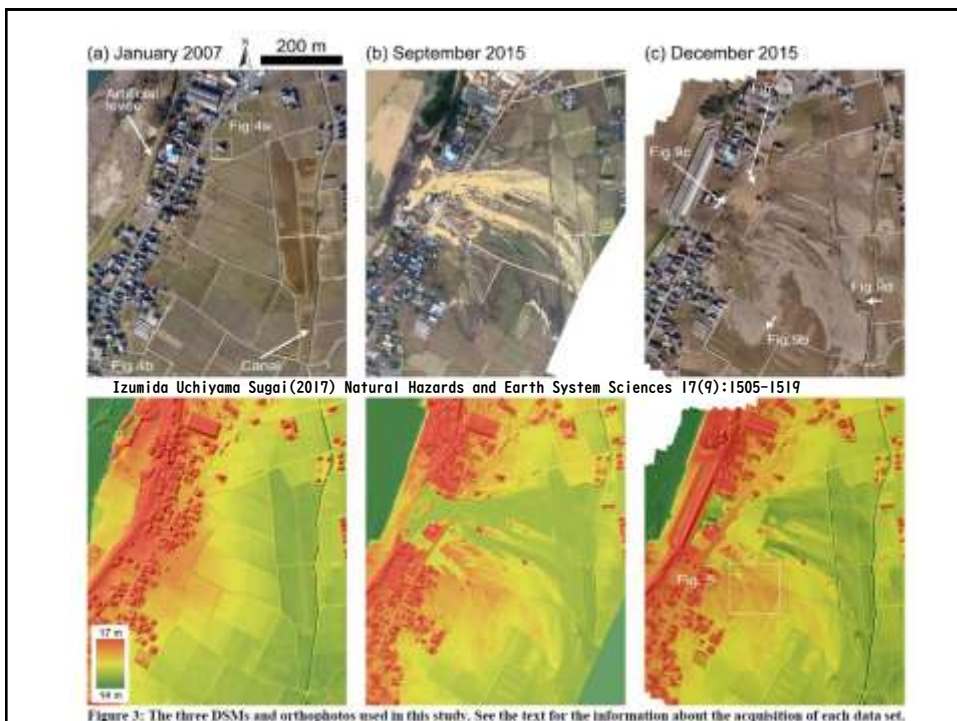
47



48



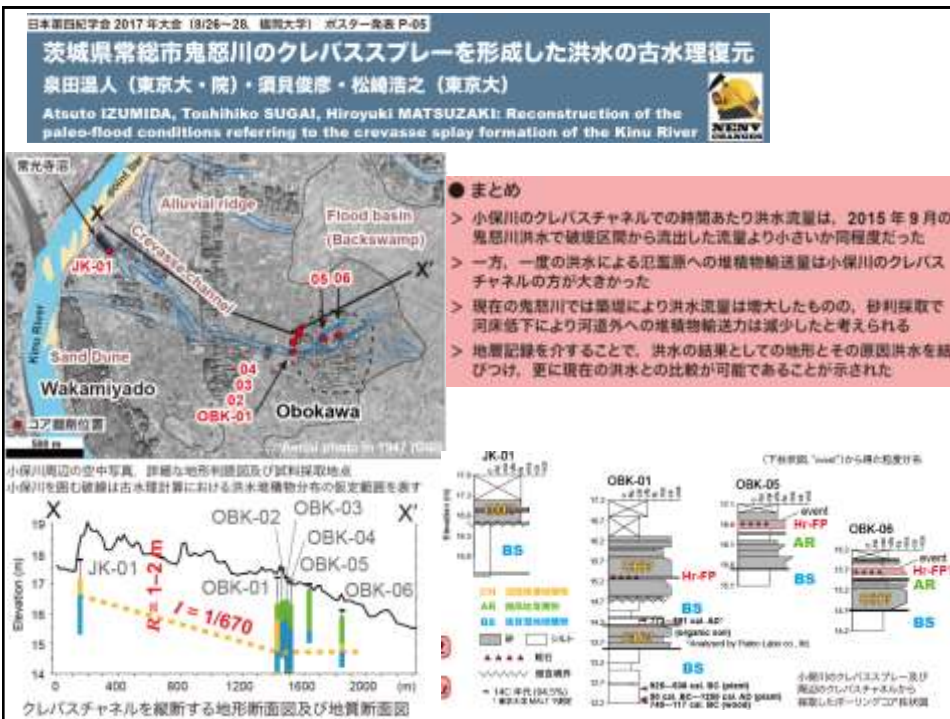
49



50



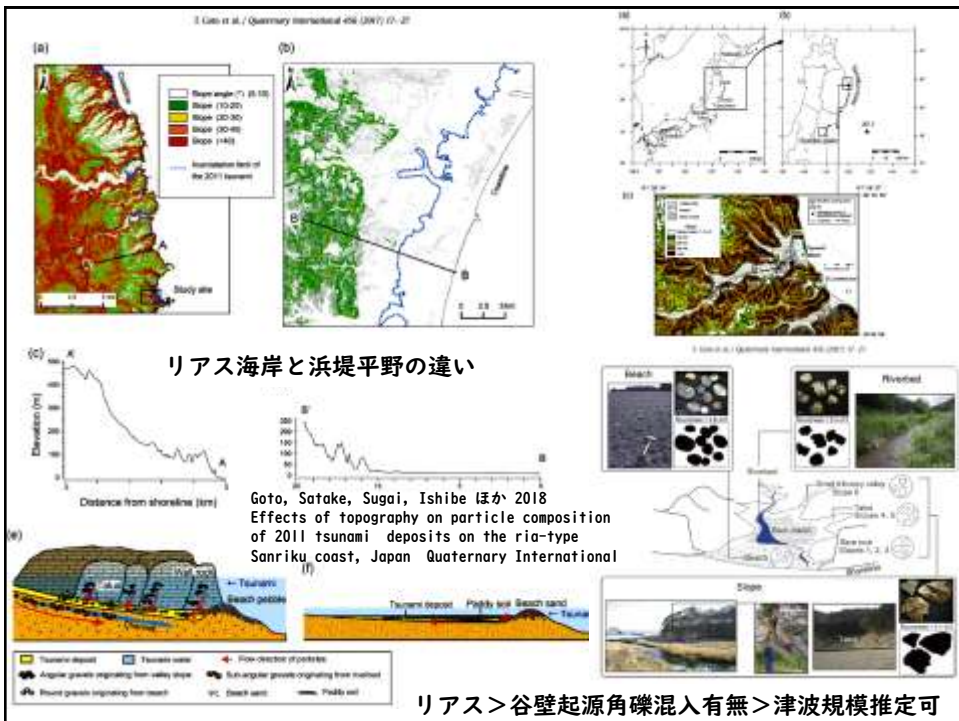
51



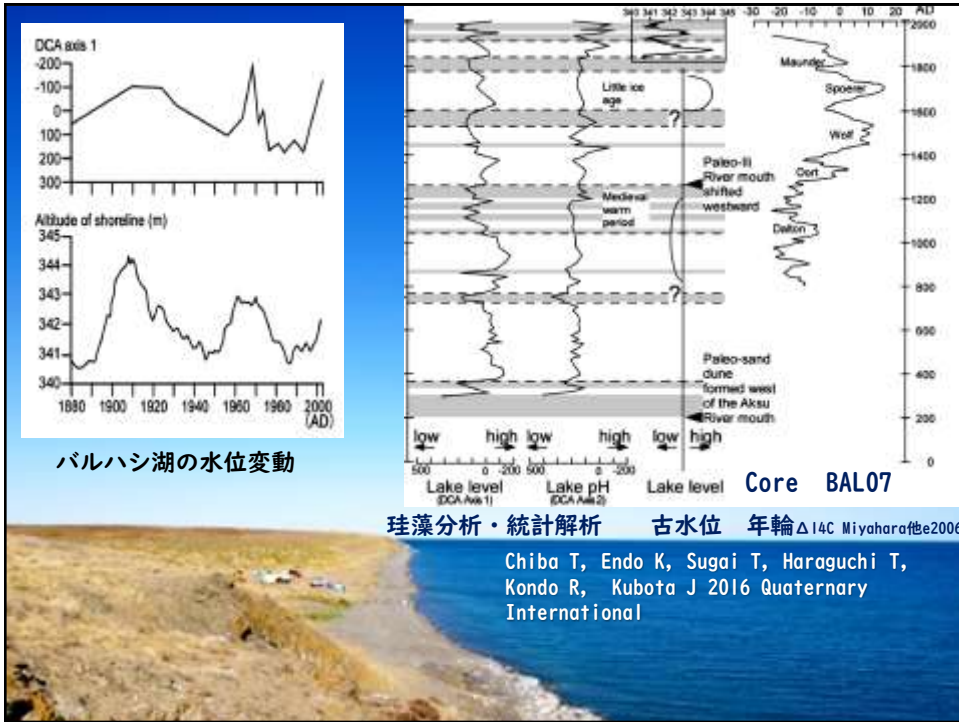
52



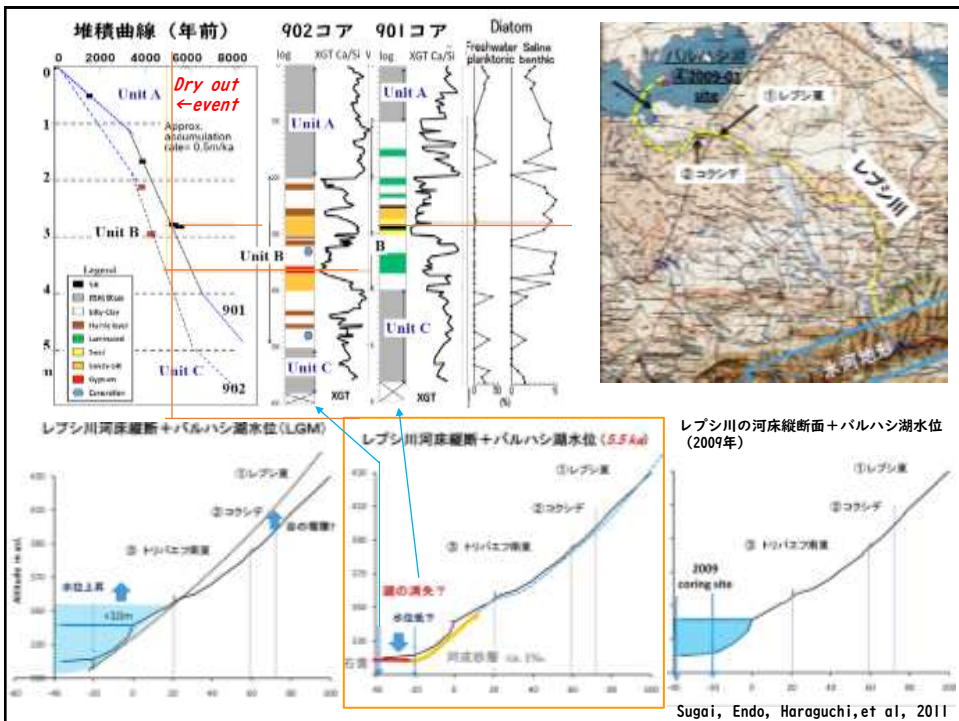
53



54



57

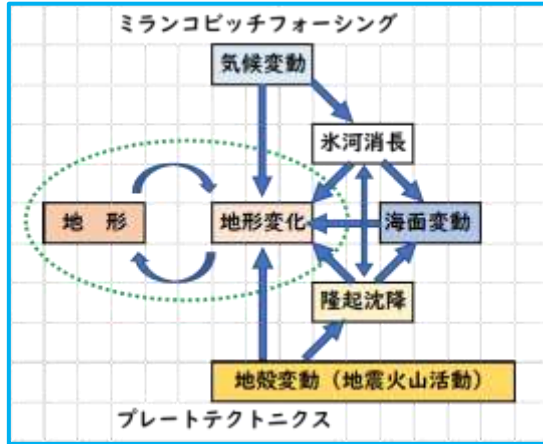


58

トピック5 海進・海退と平野形成

低地卓越
濃尾平野
VS
台地卓越
関東平野

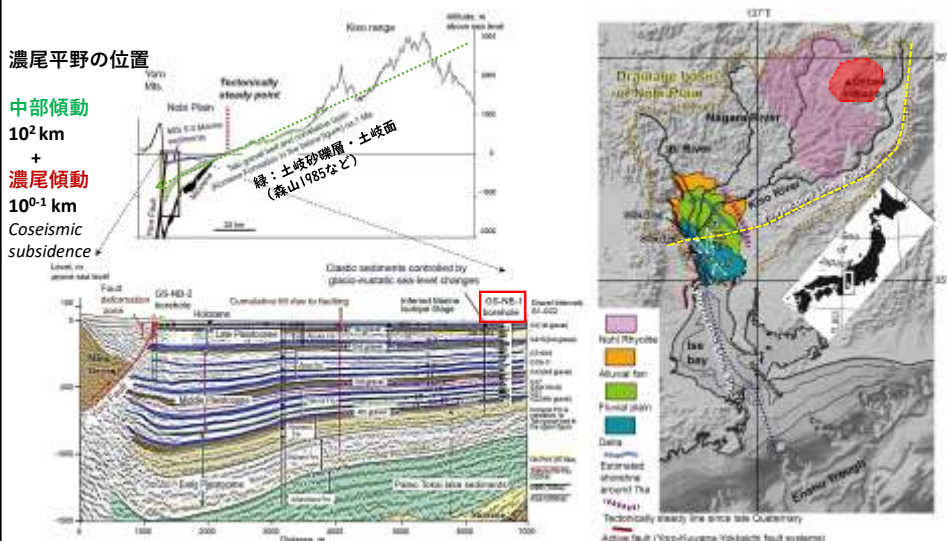
海退規模
の復元
&
海進規模
の復元



59

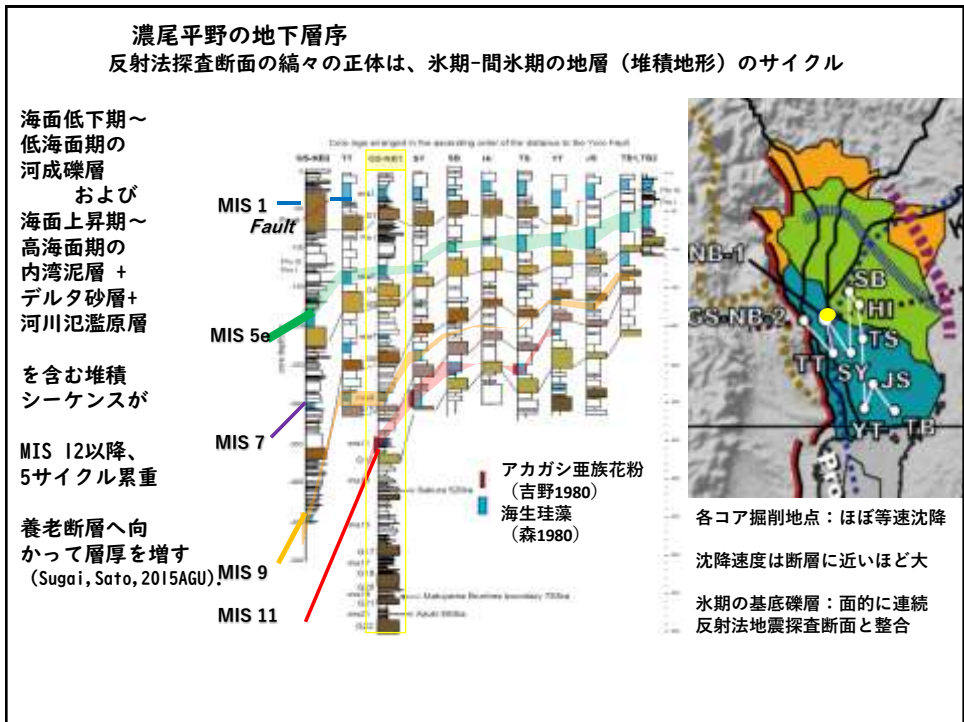
★ 濃尾平野の地形発達史

一等速沈降盆地の地下に記録された氷期-間氷期の海水準変動サイクル

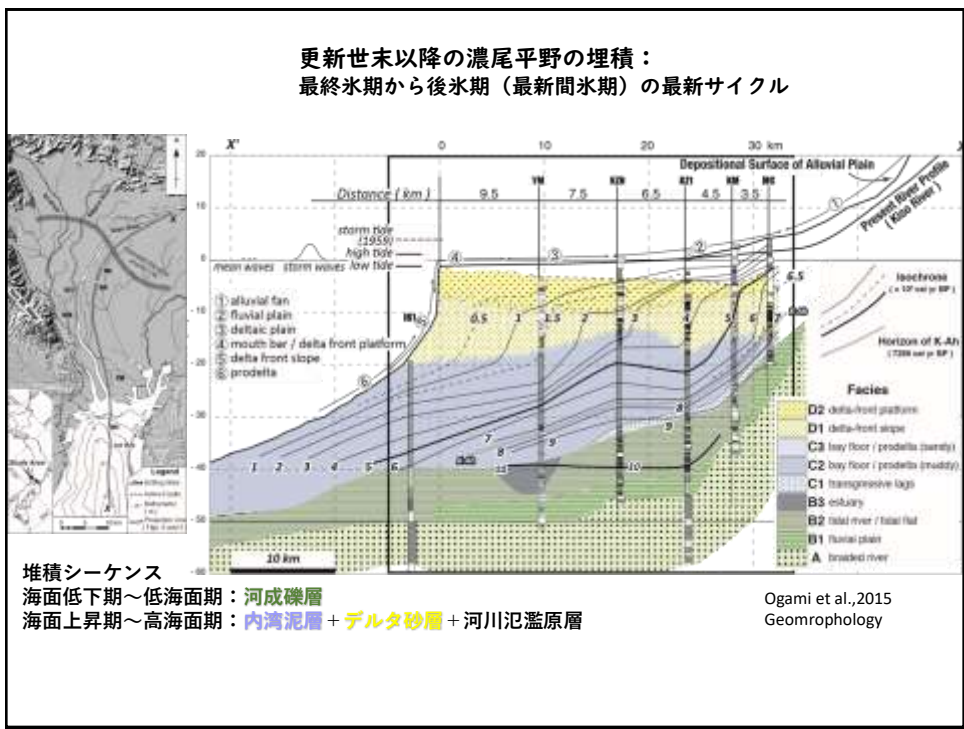


反射法地震探査によるイメージに地質柱状図データを加えて解釈 (須貝・杉山1999に加筆)

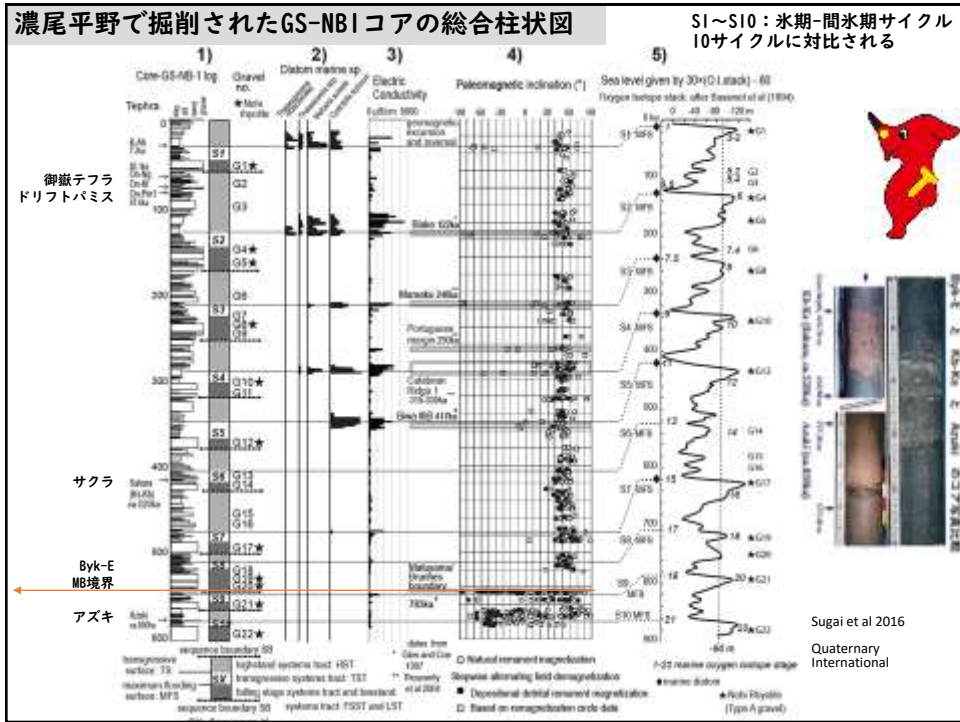
60



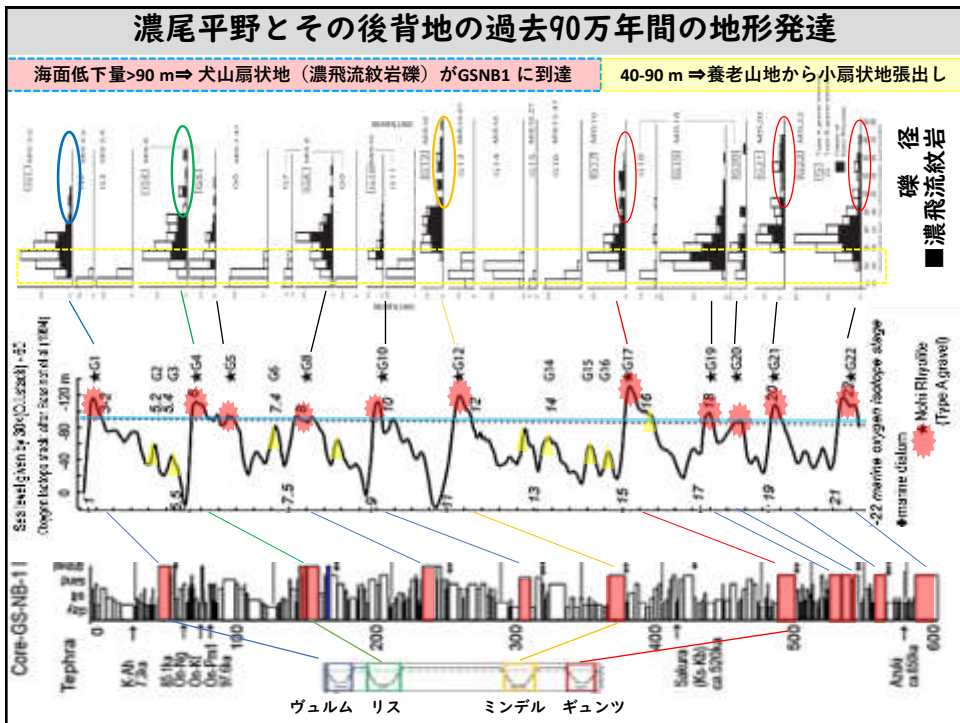
61



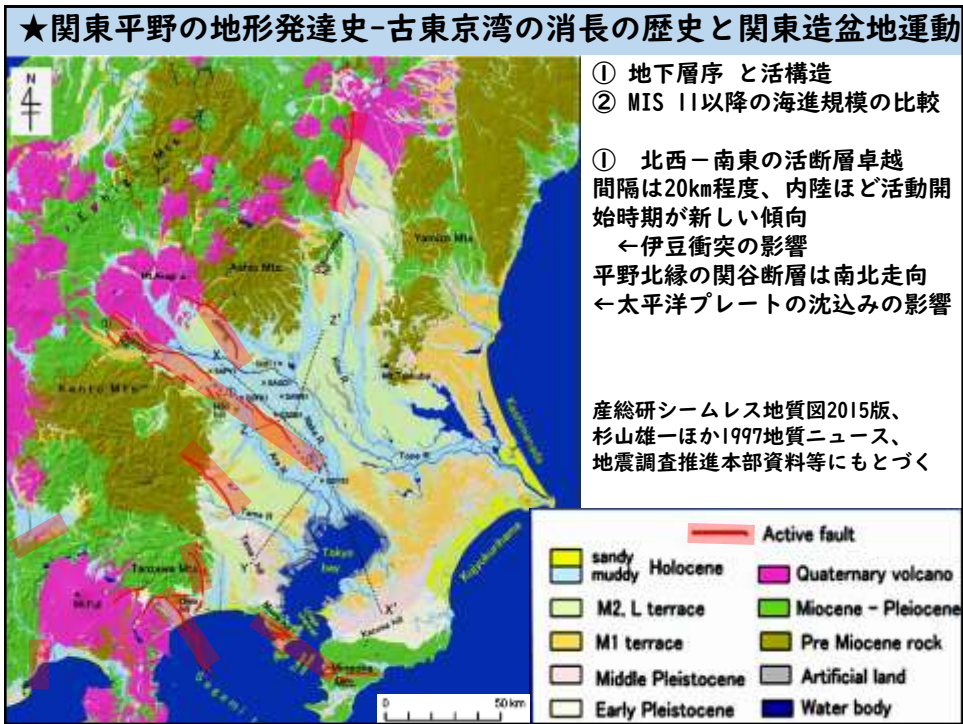
62



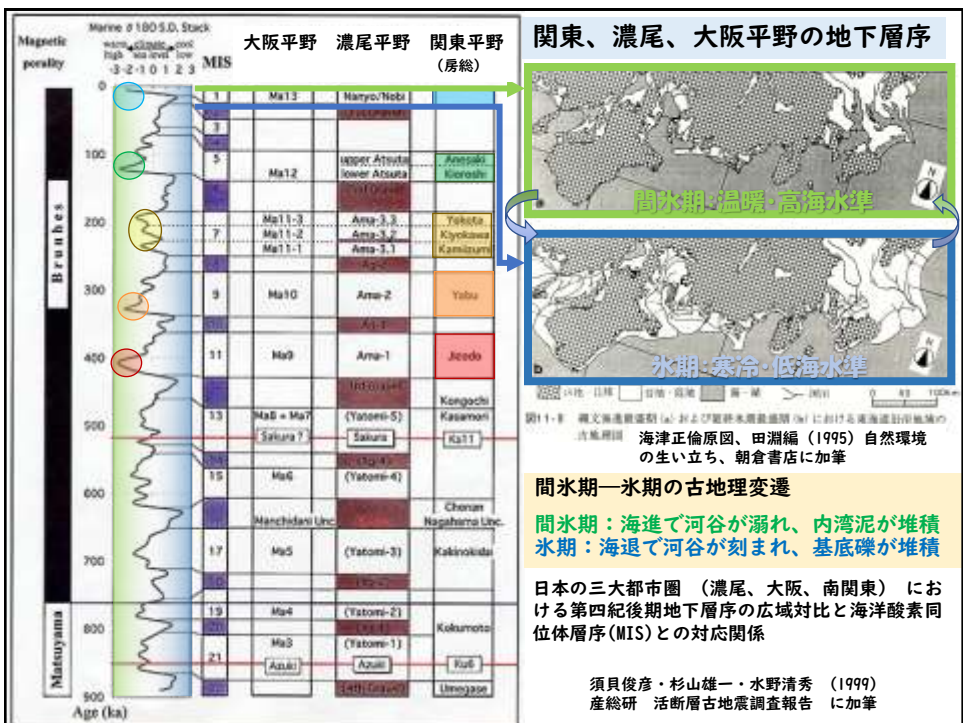
63



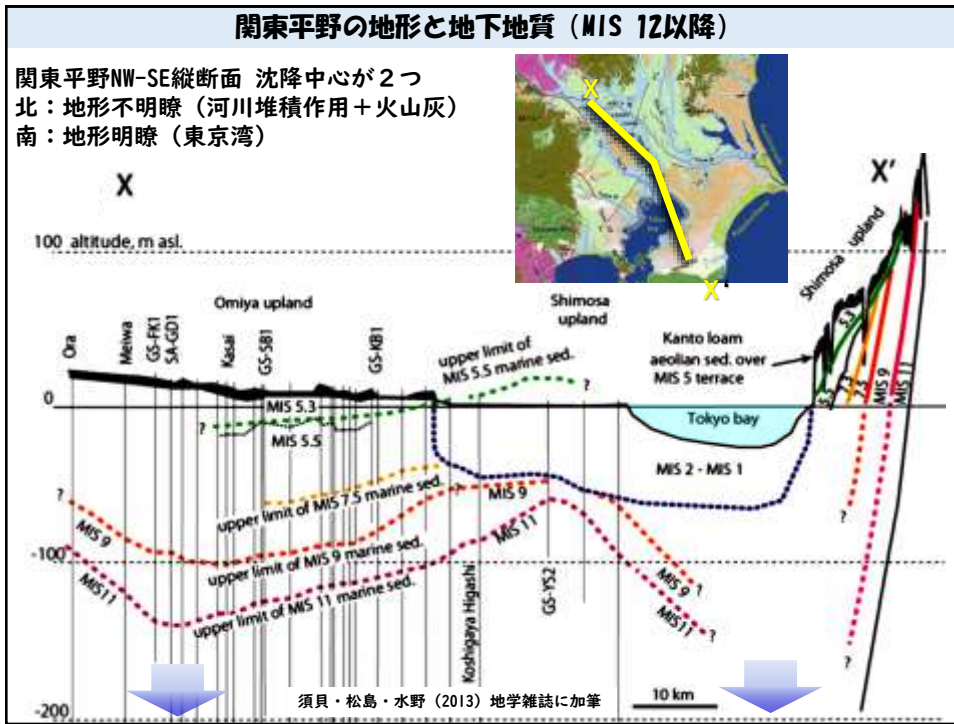
64



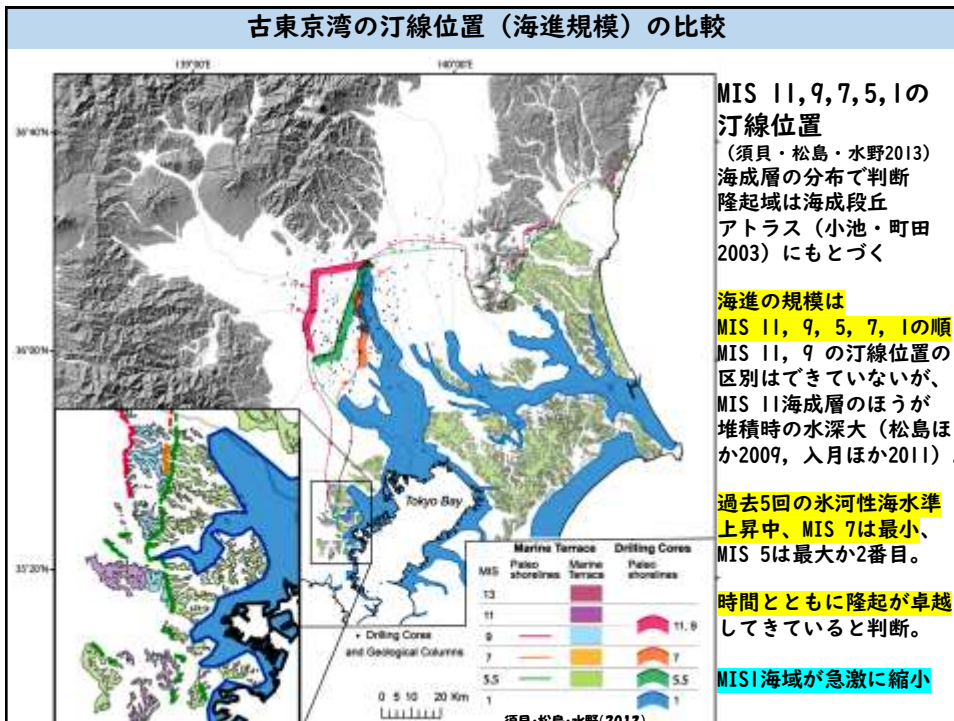
65



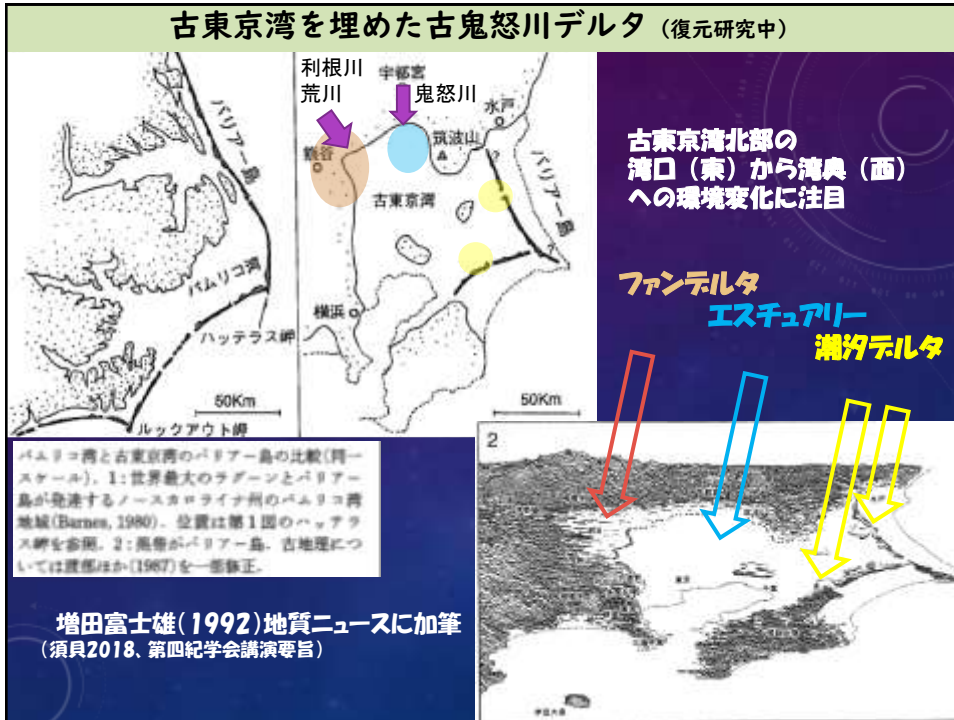
66



67



68



69

おわりに

大規模地形変化：影響は広範に長期に及ぶ、背景(理由)あり
低頻度、「見えども見えず」にならぬよう、日本の地形を見直そう

地理学のごさ：
フィールドワーク・臨床の知、現場感覚をもっている
文理融合、広い視野をもっている・・・文・理の往来は大変です

>先を見通しにくい時代を生き抜く力

地理学と21世紀の4つの人類的課題との強い結びつきを示すモデル

日本地理学会2019年シンポジウム
須貝「自然地理的基礎をどう教えるかー課題と展望」発表要旨集95, 12.

<生活文化>を支える<自然環境>について考える「自然地理学」と、
<自然環境>と調和的な<生活文化>について考える「人文地理学」とによって構成される地理学

3. 自然地理的基礎とは何か

70