

# 第6回自然地理学オンラインセミナー

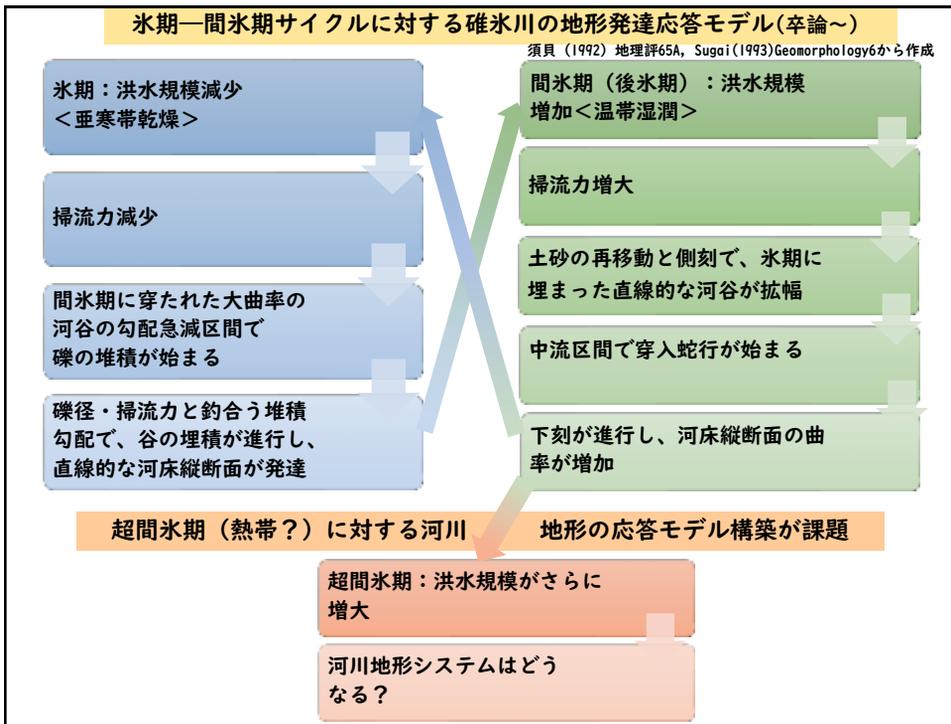


- ・自己紹介
- ・大規模地形変化とは？
- トピック1 マスマーブメント
- 2 河川洪水
- 3 津波
- 4 気候変動と湖水位変動
- 5 海進・海退と平野形成

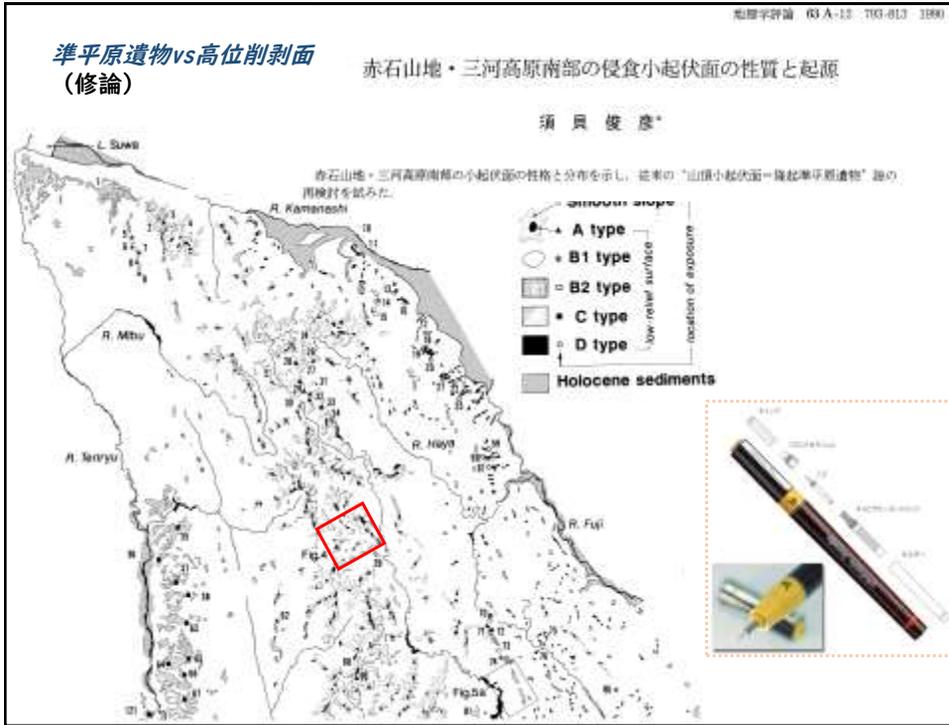
## 大規模地形変化と地形学

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

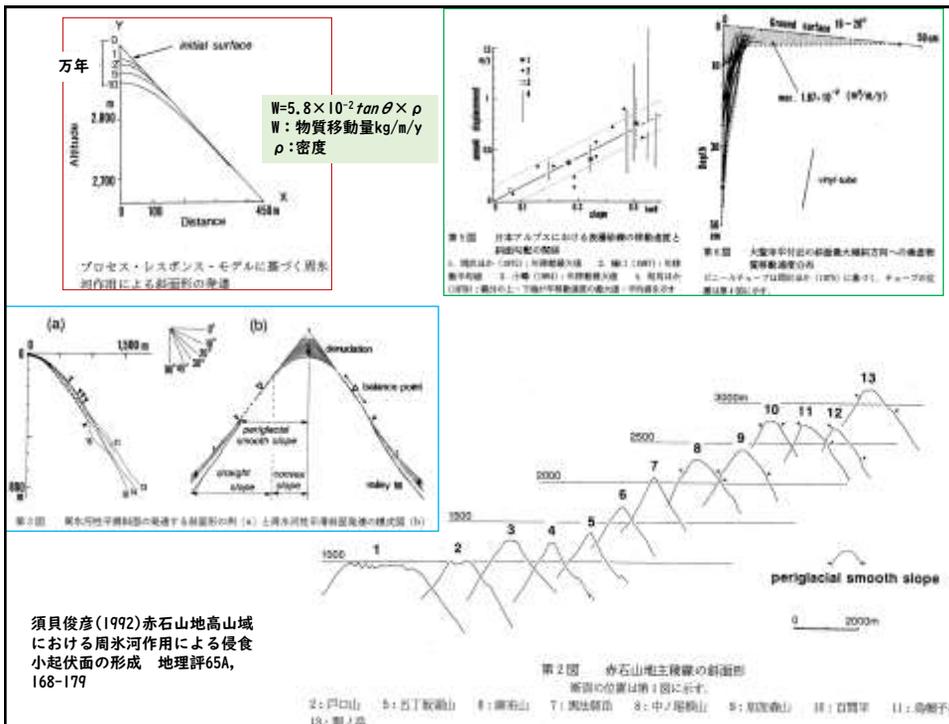
1



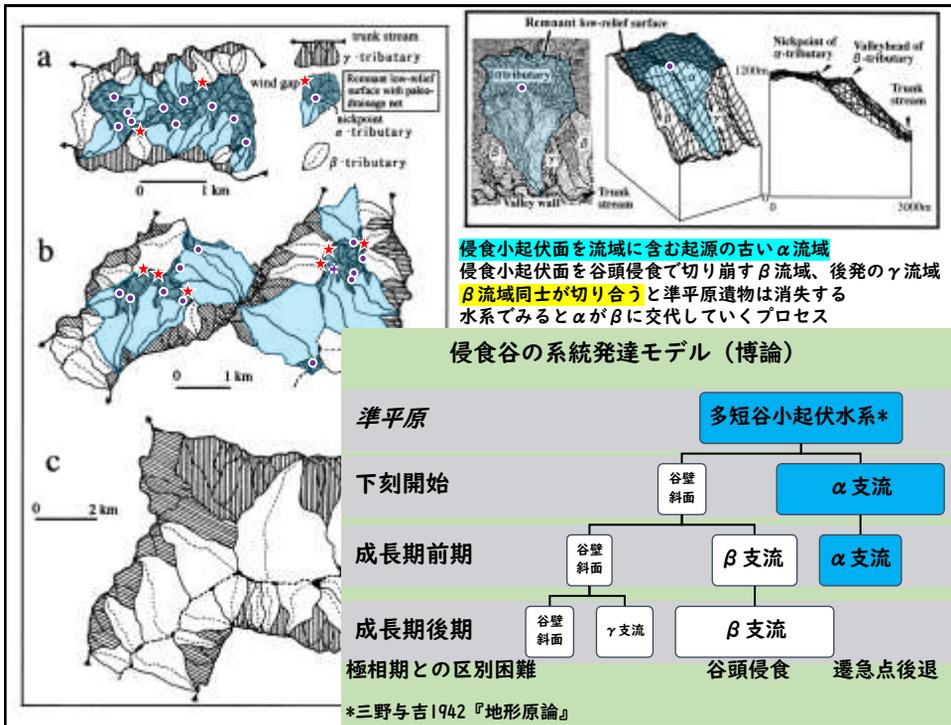
2



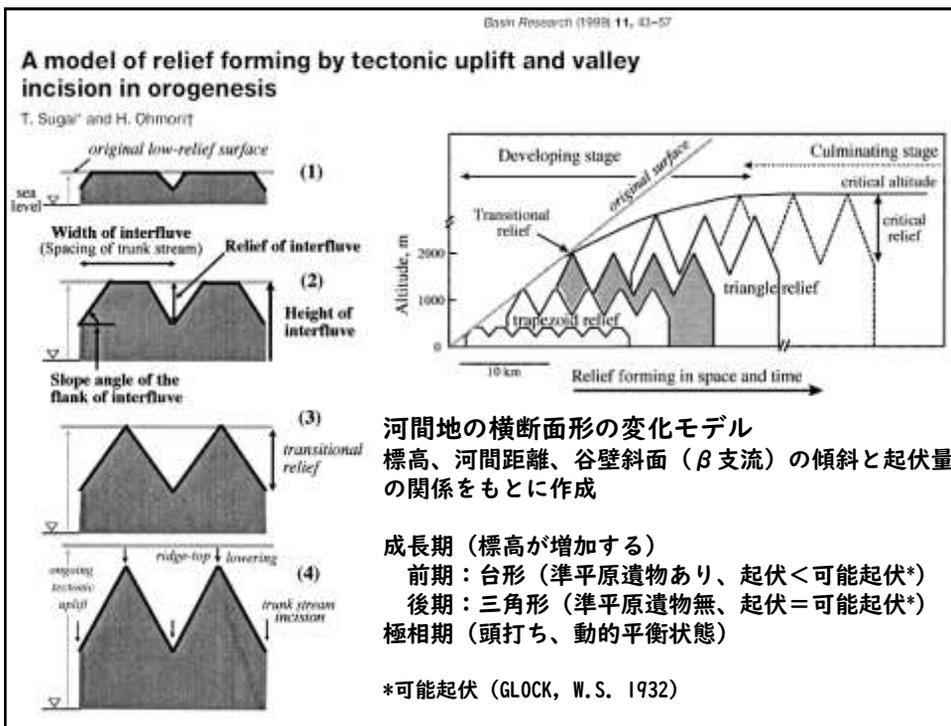
3



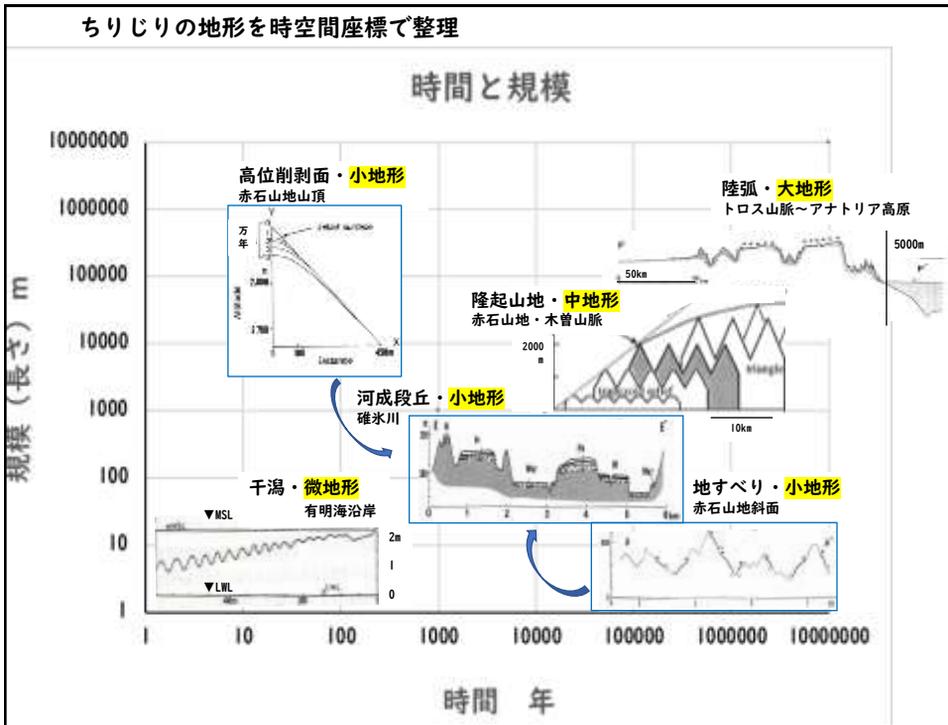
4



5



6



7

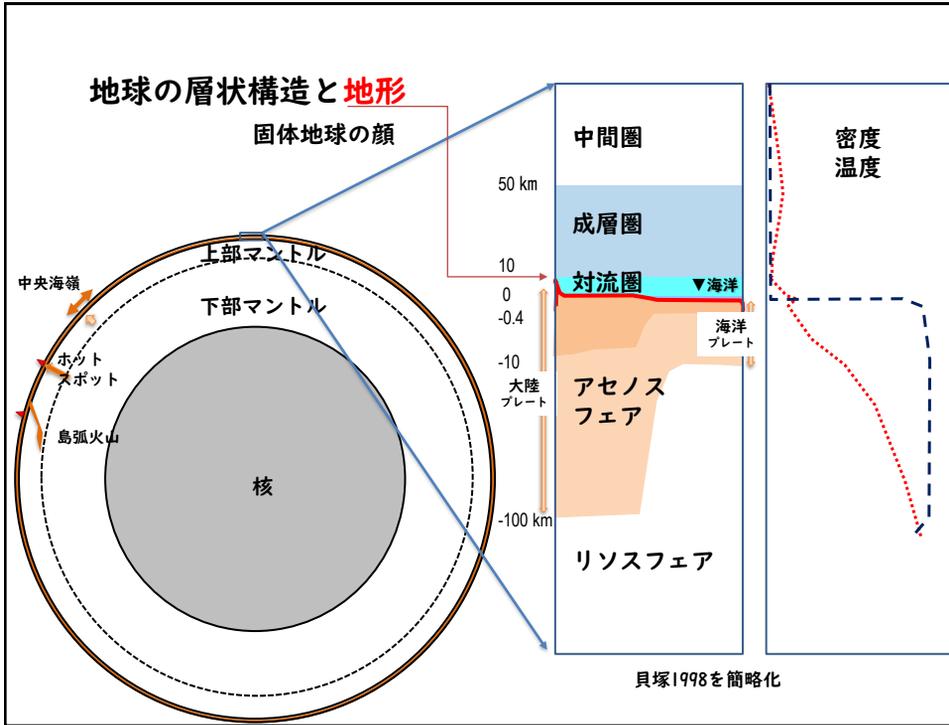
### 1.1. 地形とは？

- ✓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

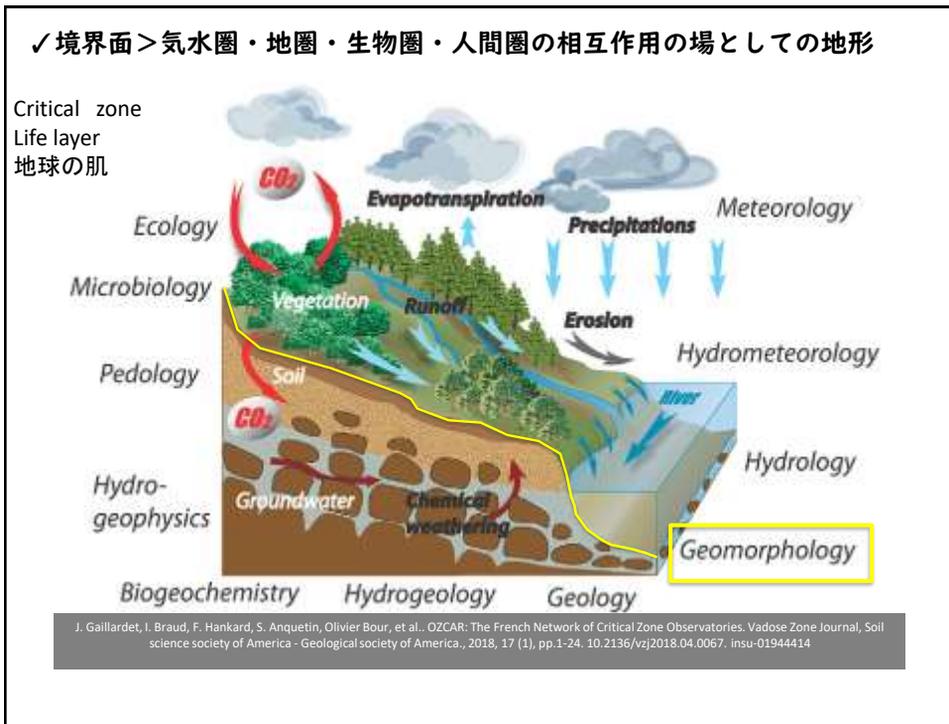
### 1.2. 大規模地形変化とは？

- ✓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

尾尾地下に続く

### 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

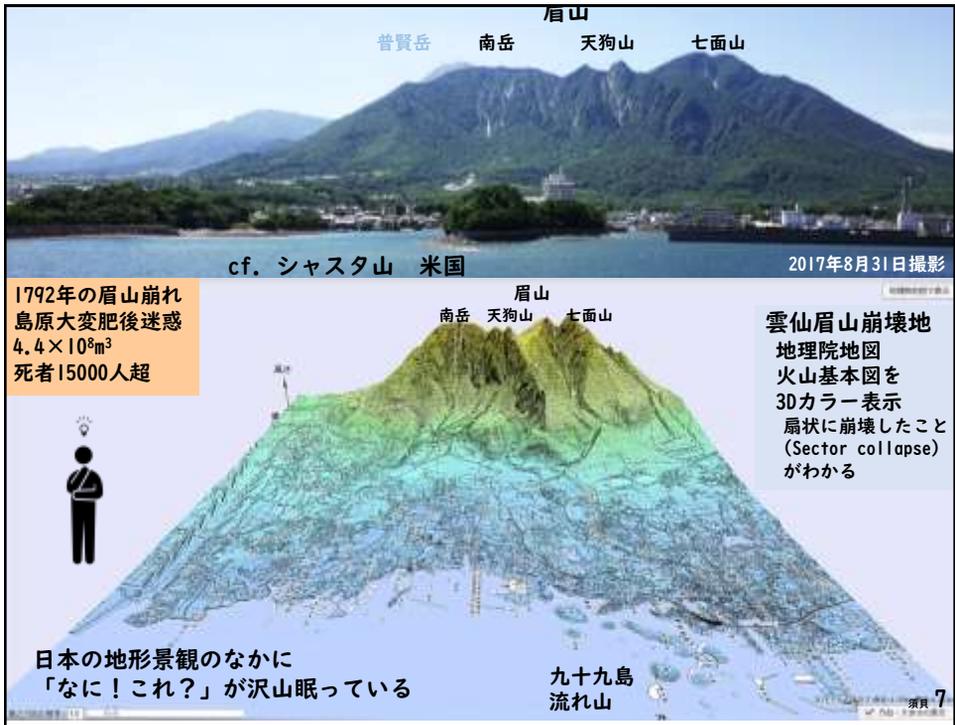
**山崎 直方 (1870-1929)**  
1898-1901年ドイツ・オーストリアで地理学研究。A. Penckに学ぶ。

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。

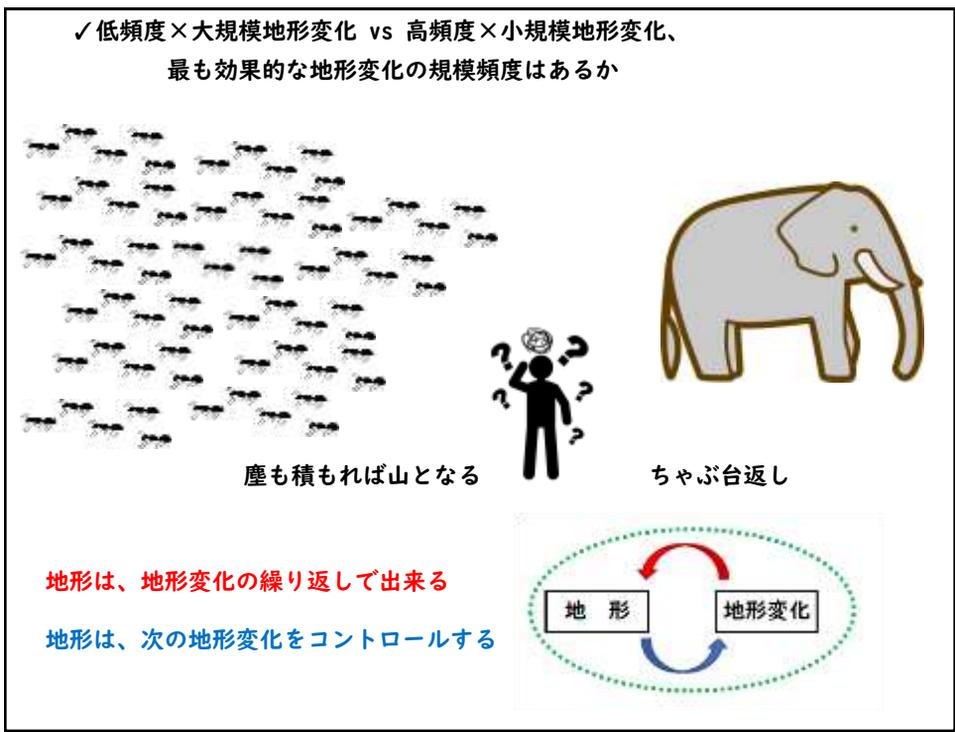
1902年「氷河果たして本邦に存在せざりしか」を発表し、氷河論争の口火を切る。

**立山 山崎カール**

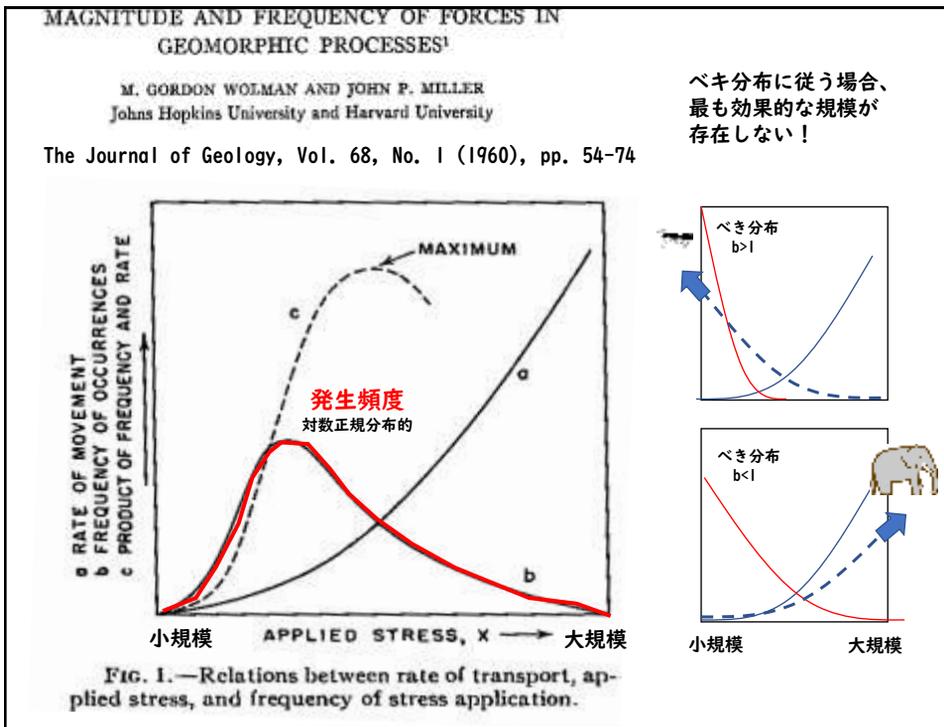
12



13



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)

普通目盛

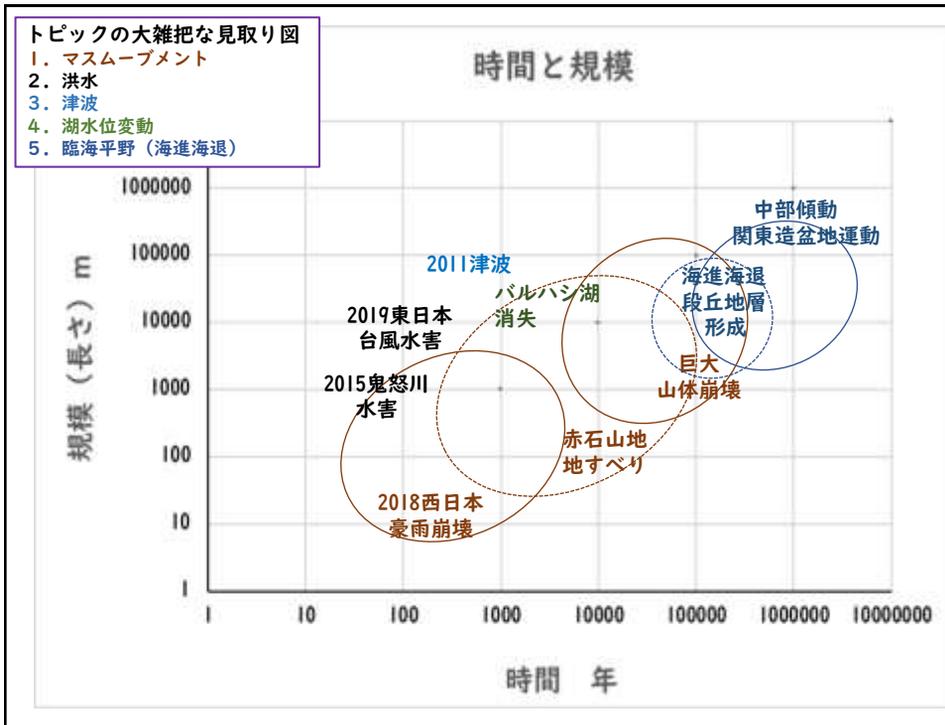
**対数正規分布的**

- ✓ 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

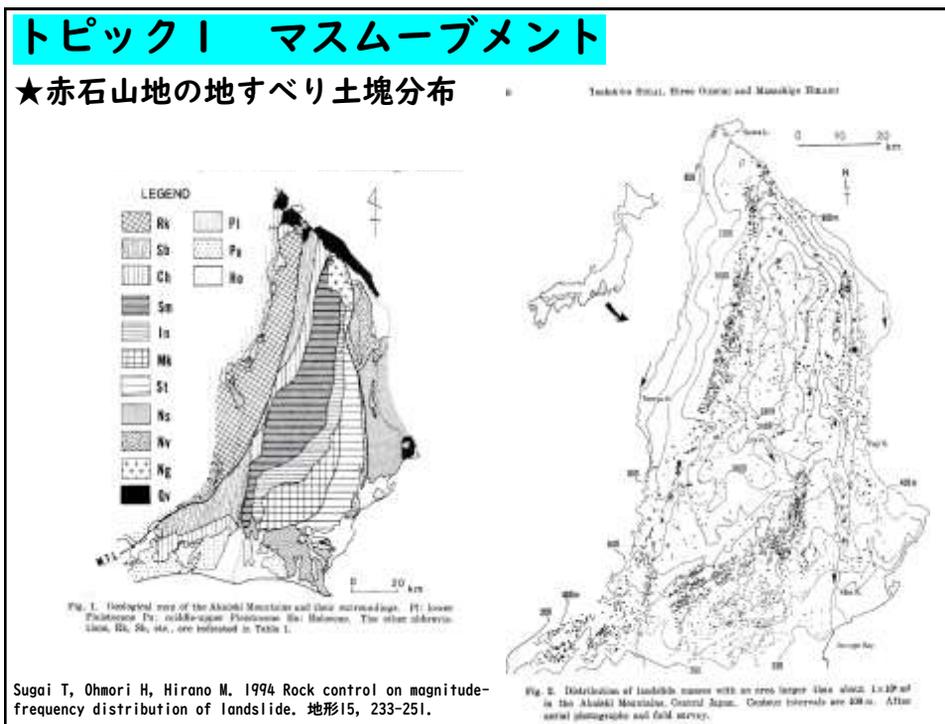
50 500 5000  
粒径(μm)  
対数目盛

中村尚(2018) 学術防災連携体緊急発表会ppt資料

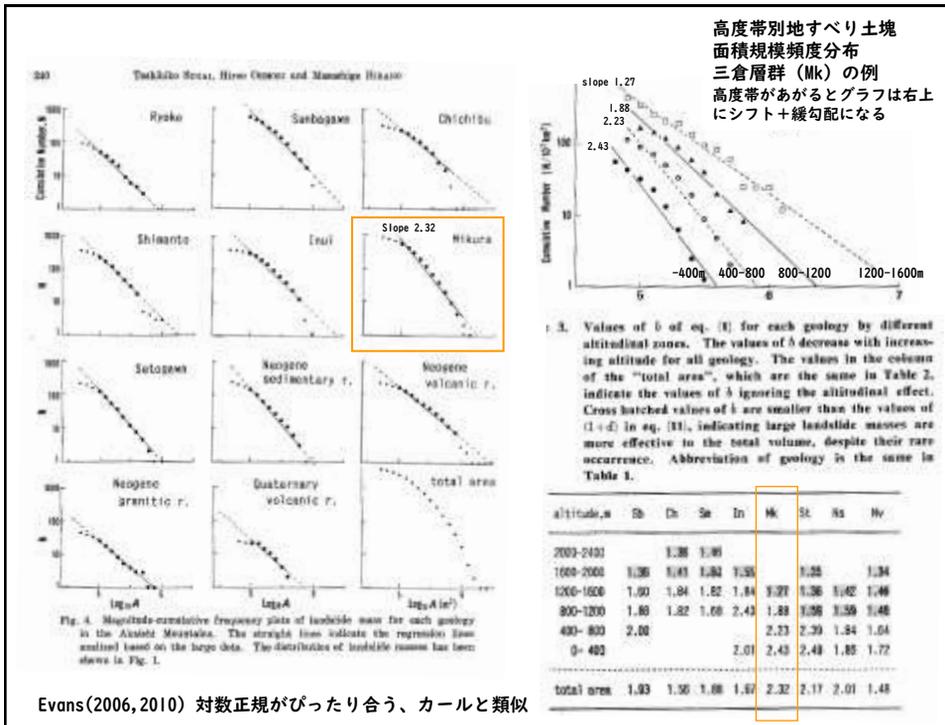
16



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  
学術防災連携体2020. 3. 18発表

何が崩れる？  
火山体 (守屋 1979 ; Ui 1983) / 非火山性山地 (Hue 1975)

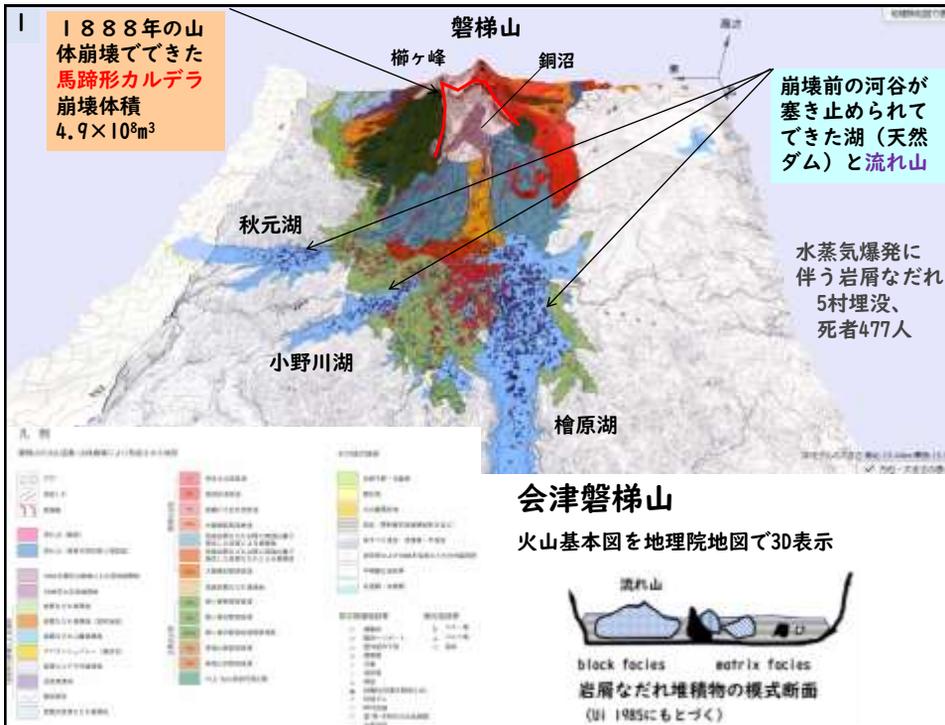
どのくらい崩れる？  
崩壊土砂体積量にして10<sup>8</sup>m<sup>3</sup> 以上！

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

崩壊規模による分類		
崩壊体積量が指標・・・cf. 地震モーメントマグニチュードMw；火山爆発指数VEI		
$(10^{10} \text{m}^3)$	陸上最大規模 catastrophic cf. 海底最大規模 $\geq 10^{12} \text{m}^3$	
$10^8 \text{m}^3 \sim$	巨大崩壊 giant landslide 山体全体が崩壊、河系更新 磐梯1888年 $4.9 \times 10^8 \text{m}^3$	80個
$10^7 \sim 10^8 \text{m}^3$	極大崩壊 extremely large landslide 尾根滑落、河川の広域長期荒廃化 御岳伝上崩れ1984年 $3.4 \times 10^7 \text{m}^3$	8個
$10^6 \sim 10^7 \text{m}^3$	大崩壊 very large landslide	
深層(岩盤)崩壊 (rockslide) large		
$10^2 \sim 10^4 \text{m}^3$	表層(土壌)崩壊 (Soil landslide) small	

御岳伝上崩れ

(a) Gigantic destruction of stratovolcanoes ( $\geq 10^8 \text{m}^3$ )

(b) Large destruction of stratovolcanoes

守屋 (1987) に基づく

22

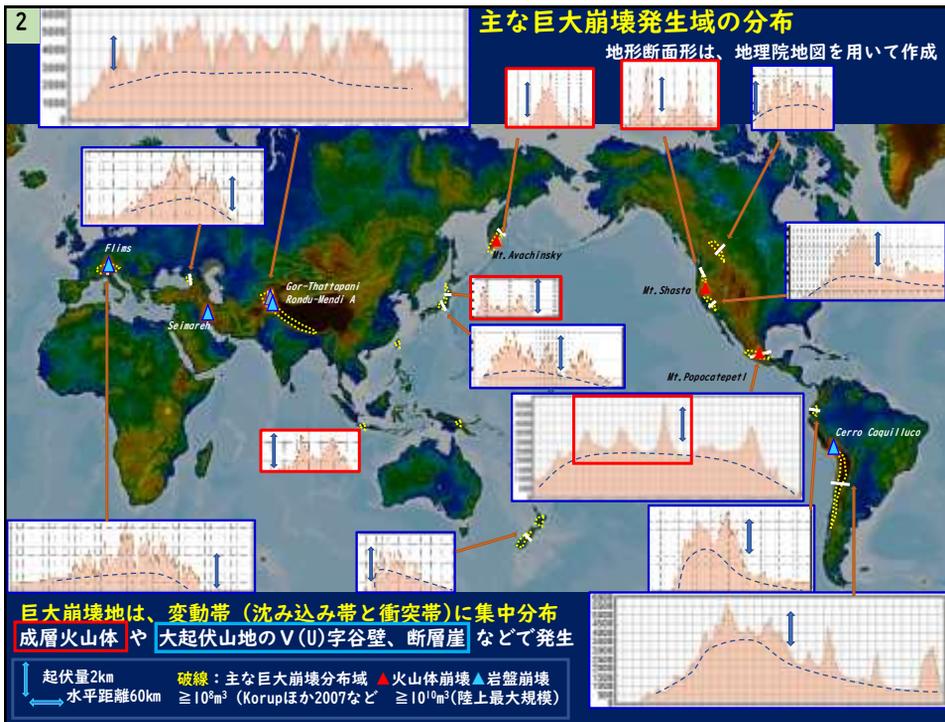
1 流動速度による分類			
速度階級	記載	典型的な速度m/秒	破壊インパクト 
破局的	7 極高速	5~50 18~180km/時	壊滅的、避難極めて困難  死者多数、建物倒壊
中間的	6 高速	$5 \times 10^{-2} \sim 5$ ~m/分 - m/秒	死者有、避難難、建物倒壊 
	5 やや高速	$5 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-2}$ ~m/時 - m/分	避難可能、構造物損壊 
緩慢	4 中速	$5 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-4}$ ~m/週 - m/時	構造物適宜メンテ可能 
	3 やや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

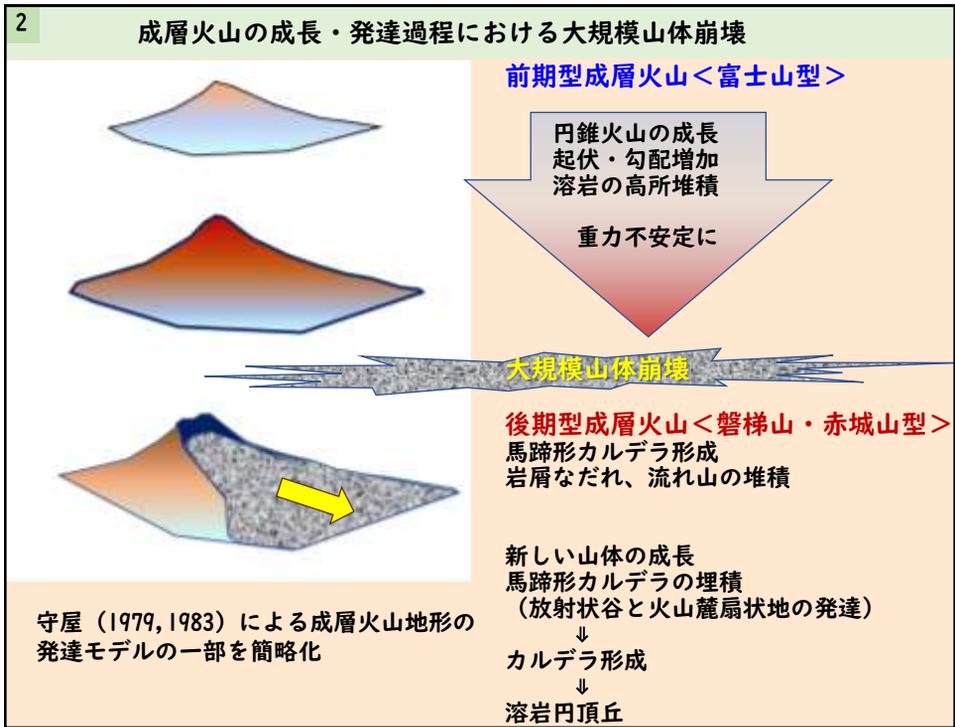
**岩屑なだれは、破局的な流動速度で移動する高速地すべり**

- ・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)

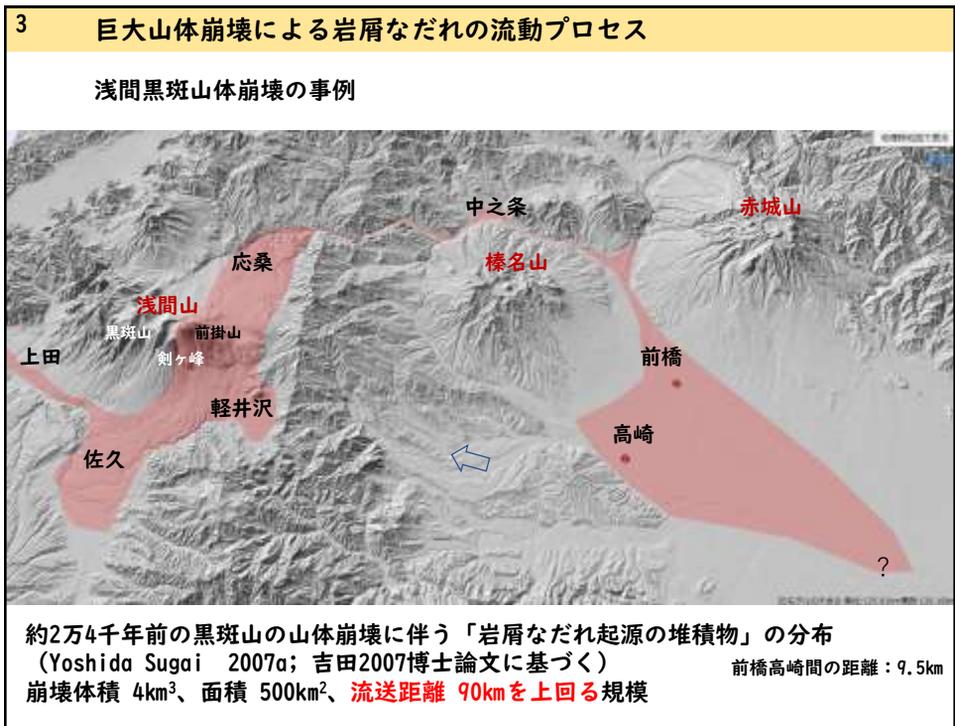
23



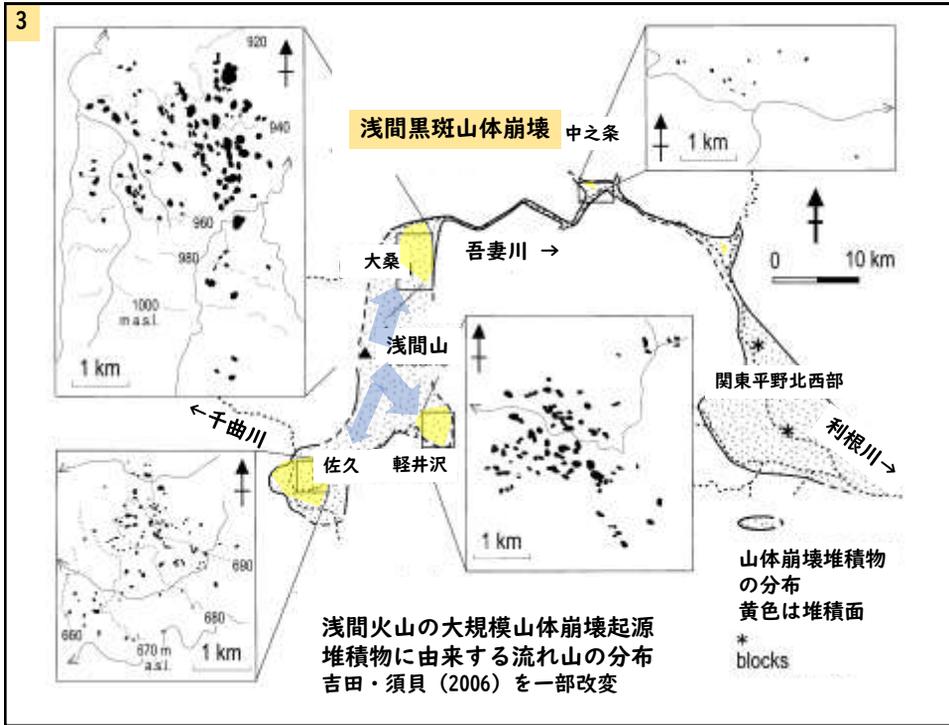
24



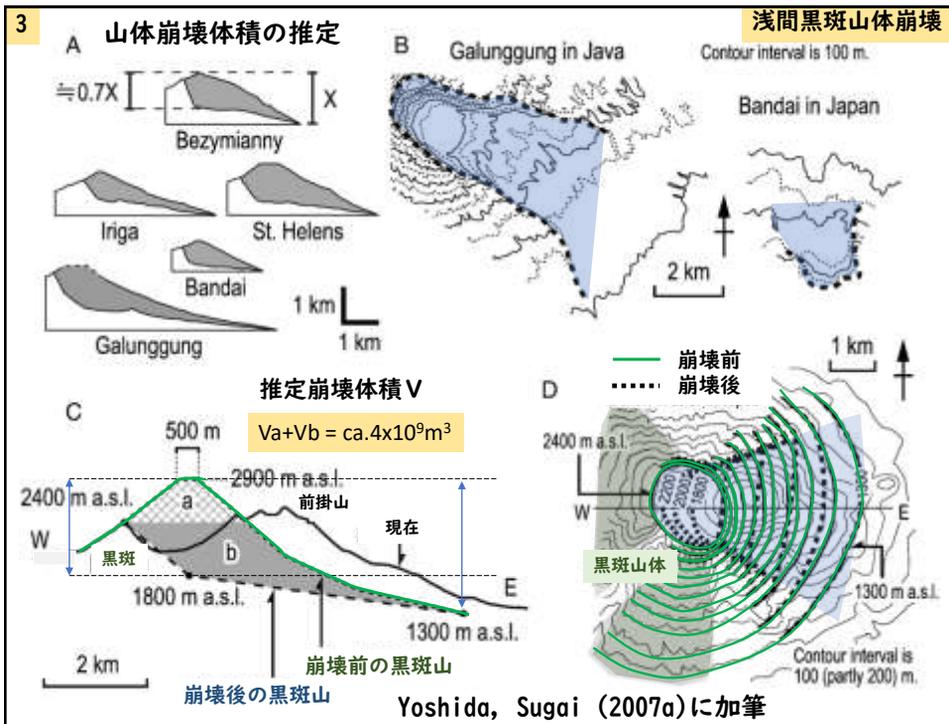
25



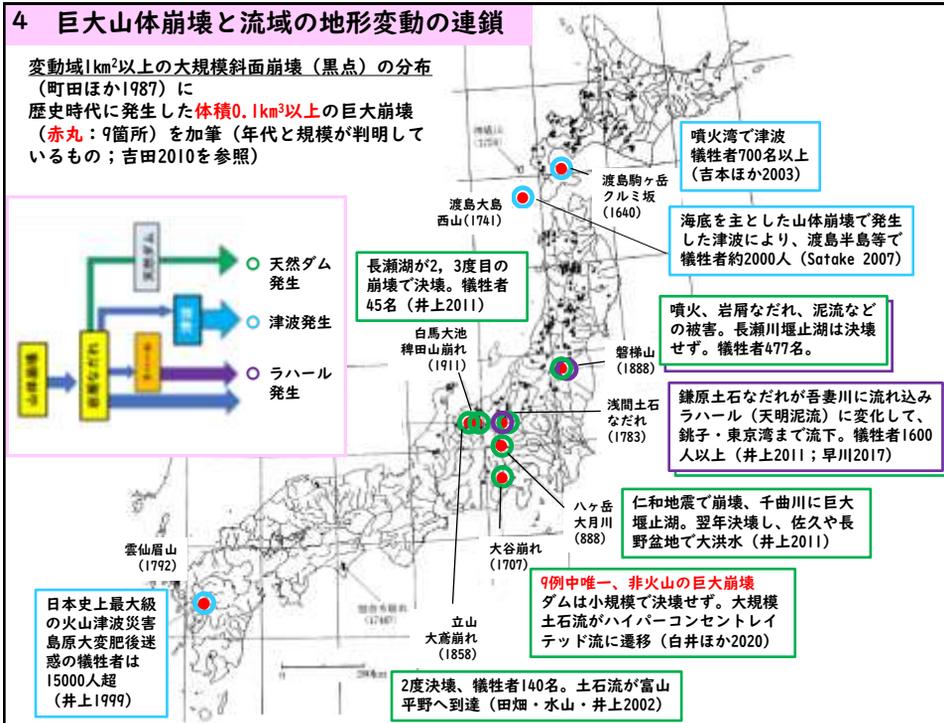
26



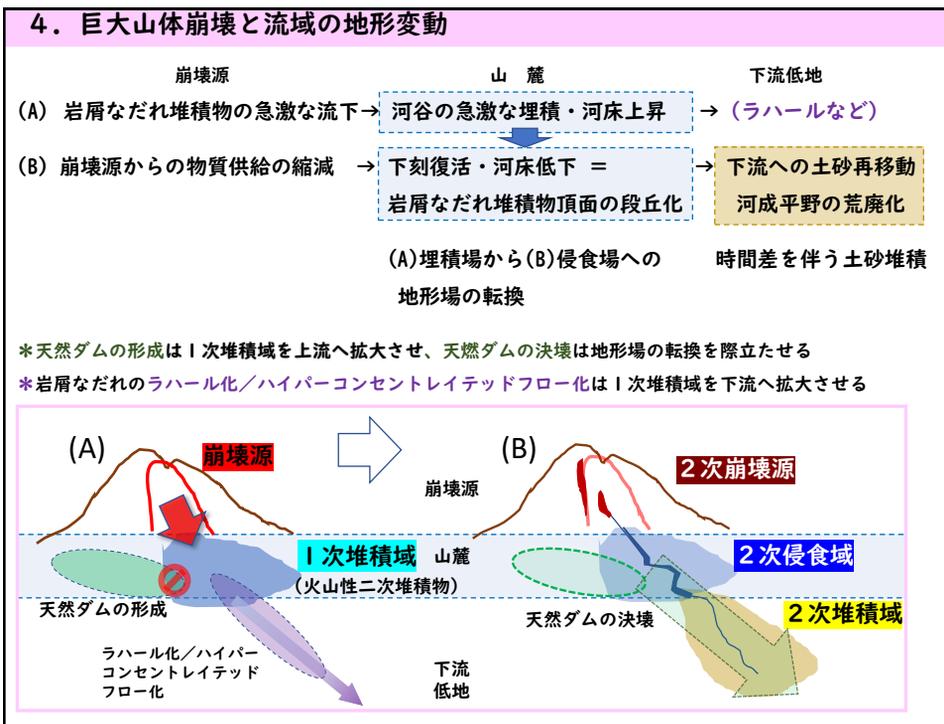
27



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 10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>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)は、日本における

- (1) 変動域1km<sup>2</sup>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10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>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

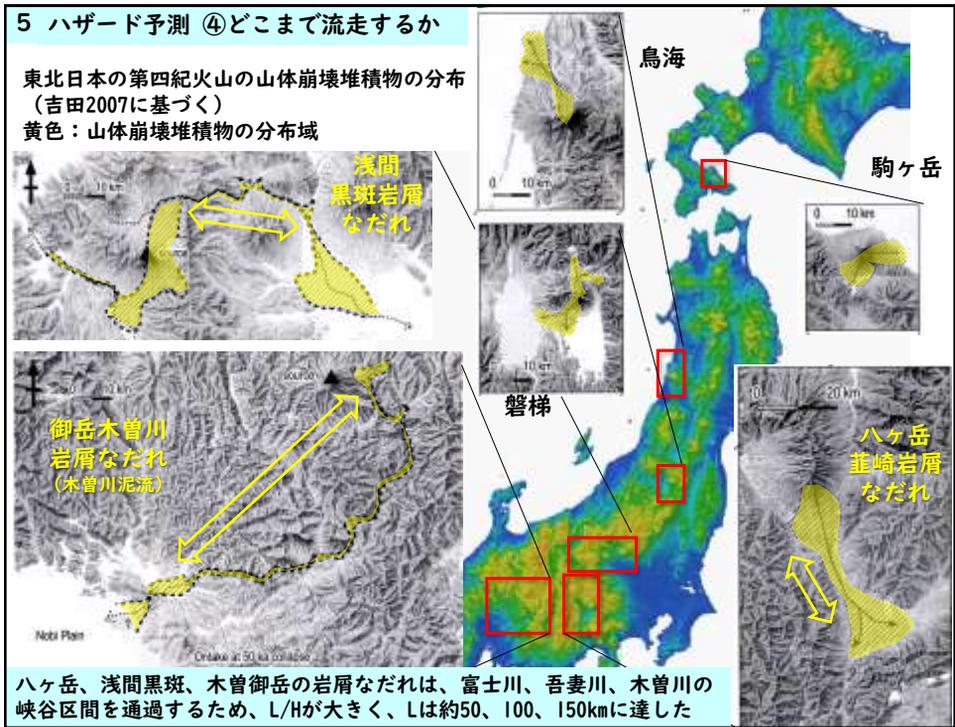
- ① ベキ分布に従い、規模増加に対する頻度低下(GR則のb値に相当)は0.8 (< 1) ある
- ② 想定最大規模は6.3x10<sup>10</sup>m<sup>3</sup>で、世界の陸域最大崩壊とオーダーが一致し、候補は富士山とした。

Yoshida H (2016b)

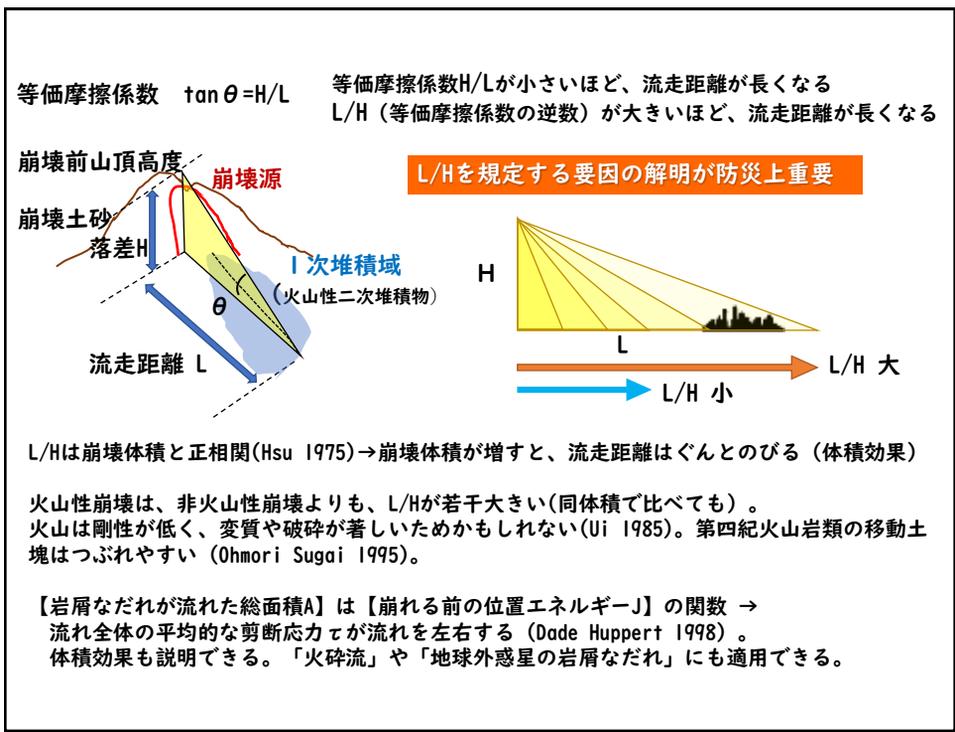
地すべりなどの斜面変動の最大規模は、尾根-谷起伏量によって制限される

2019年8月5日撮影

32



33



34



**5 防災への示唆 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) 震研彙報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.

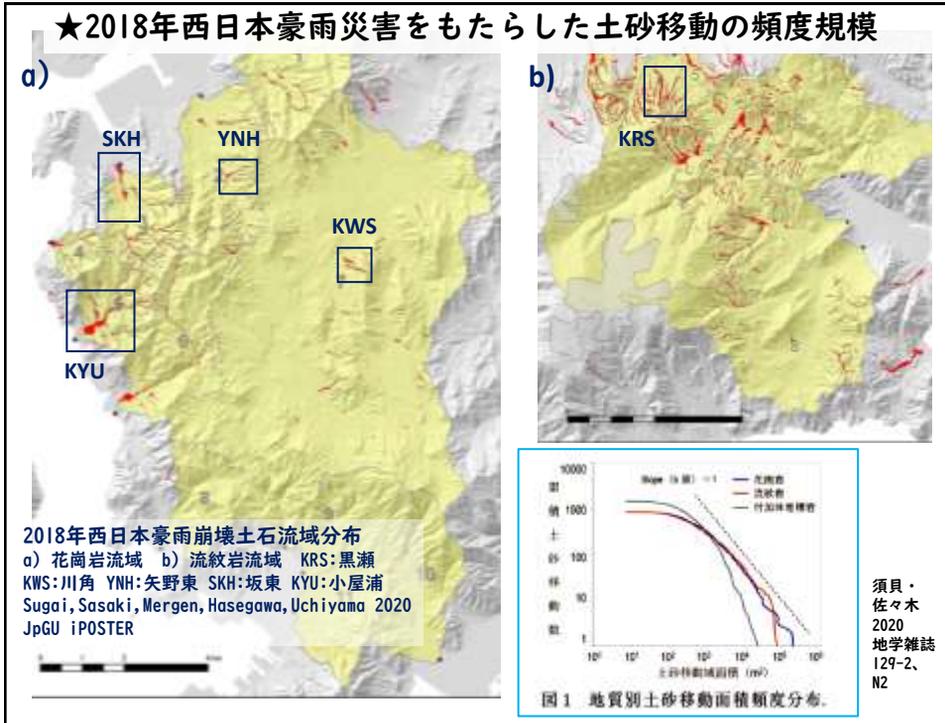
Yoshida H (2016b) *Updates in Volcanology*, 191-218. *Intec*.DOI:10.5772/63131.

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.

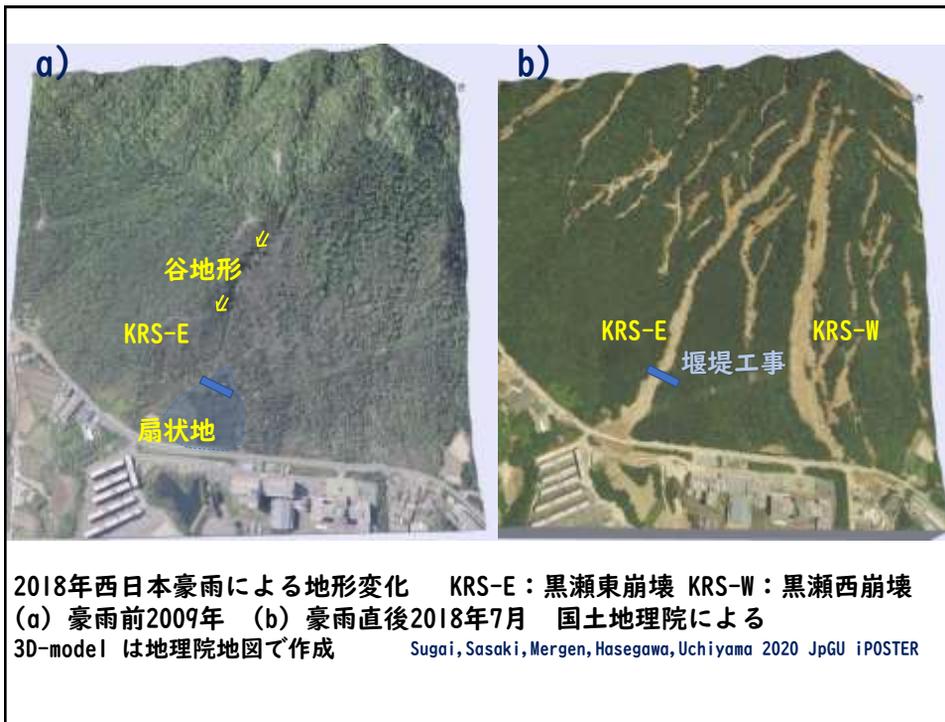
吉本充宏ほか (2003) 地質学雑誌109, 595-606.

**巨大山体崩壊に関連した文献**

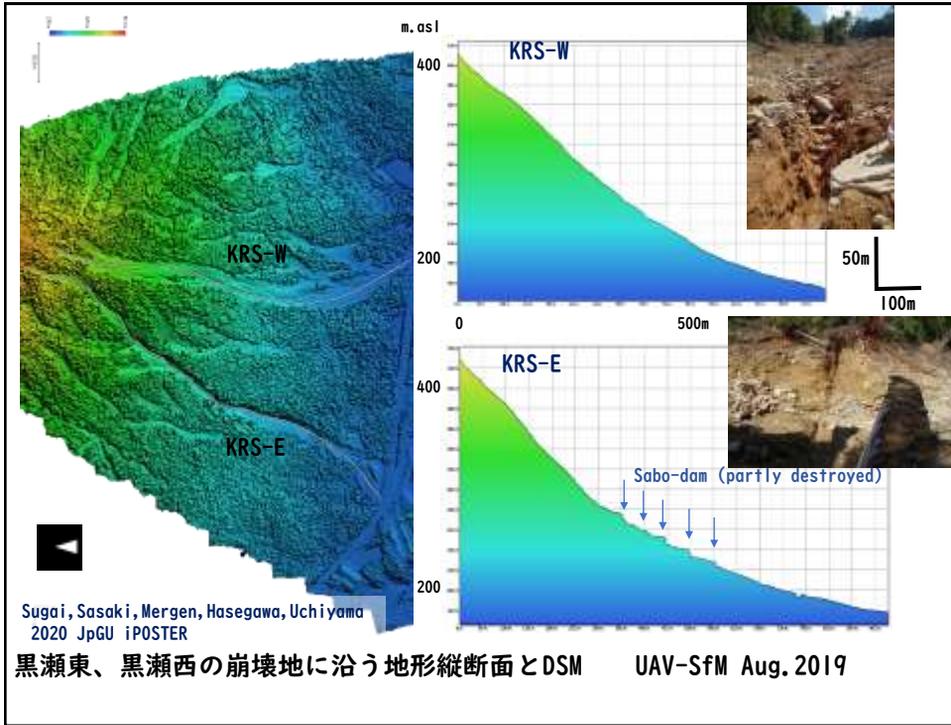
38



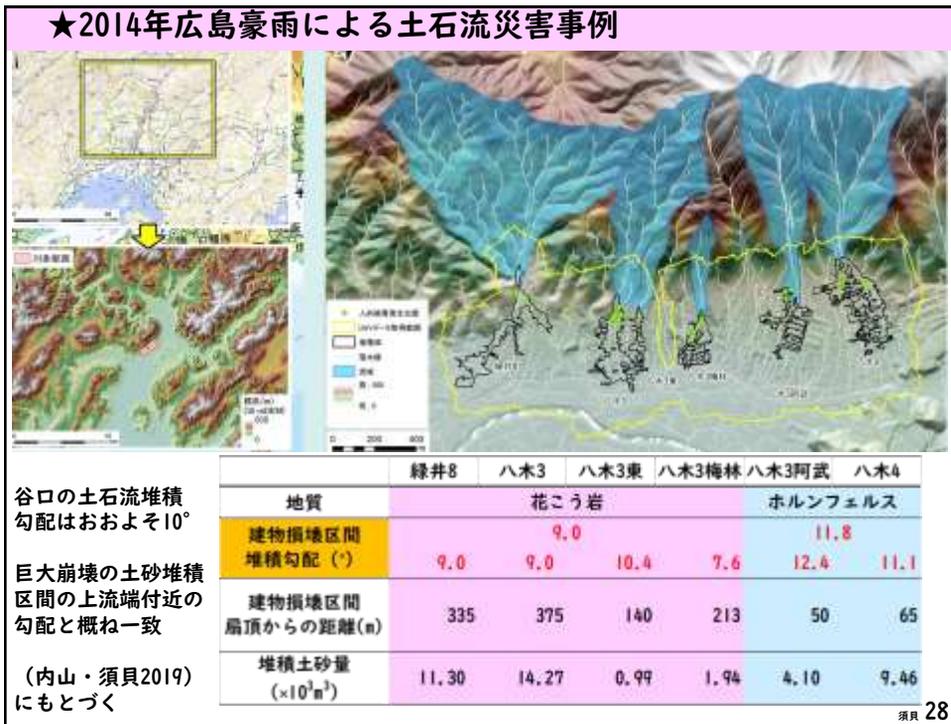
39



40



41



42

## トピック2 河川洪水 破堤と流路変化

★2019年東日本台風による渡良瀬川流域永野川、思川の外水氾濫

思川・永野川の河床断面勾配と破壊地点

思川・永野川の河床断面図と破壊地点

調査地域位置図(永野川、思川)  
★破堤氾濫箇所(越水、顕著な堤防損傷箇所)

国土地理院 栃木県5mDEM に加筆

須貝・Mergen Kungaa・宮本樹・寺田龍矢 (2019) 地理学会緊急報告会 @早大

2019年10月12-13日、台風19号豪雨により堤防の決壊(破堤)が広域で同時多発。同一河川の礫床区間の複数箇所所で破堤。堤防高、河道湾曲、支流、旧河道、橋梁、流木が影響。クレバス地形、河道短絡、河岸後退多発。地形分類図があれば、破堤箇所を予見できた可能性も。

43

### 思川中流 破堤4か所★、河道直線化>>すべて屈曲部

地理院地図3Dモデルに加筆

Area TochigiDeast

Area TochigiDeast

44

### 永野川上流



地理院地図  
により作成

- ① 上流右岸が破堤し、② 連動して、下流左岸が破堤した可能性  
⇒ 河道短絡未遂か
- ③ 手前のロープ状砂礫堆の先端近くは流軸（凹地）がY字に分岐  
⇒ 複列砂礫堆（うろこ状礫州、網状流路）の萌芽の可能性

ロープ状砂礫堆は  
縦断勾配約7‰、層厚  
60cmでシート状に堆積



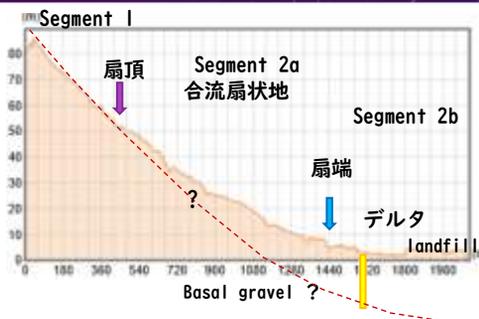

45

### ★2018年西日本豪雨による広島県坂町総頭川の氾濫とクレバス地形形成

Sugai, Sasaki, Mergen, Hasegawa, Uchiyama  
2020 JpGU iPOSTER



扇端



Segment 1  
扇頂

Segment 2a  
合流扇状地

Segment 2b

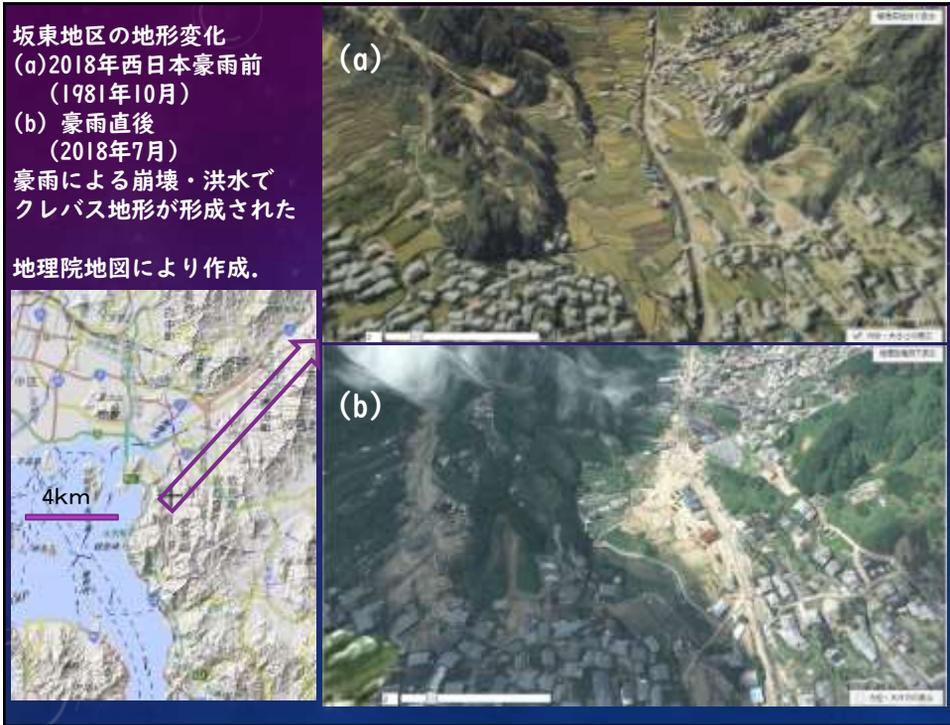
扇端

デルタ

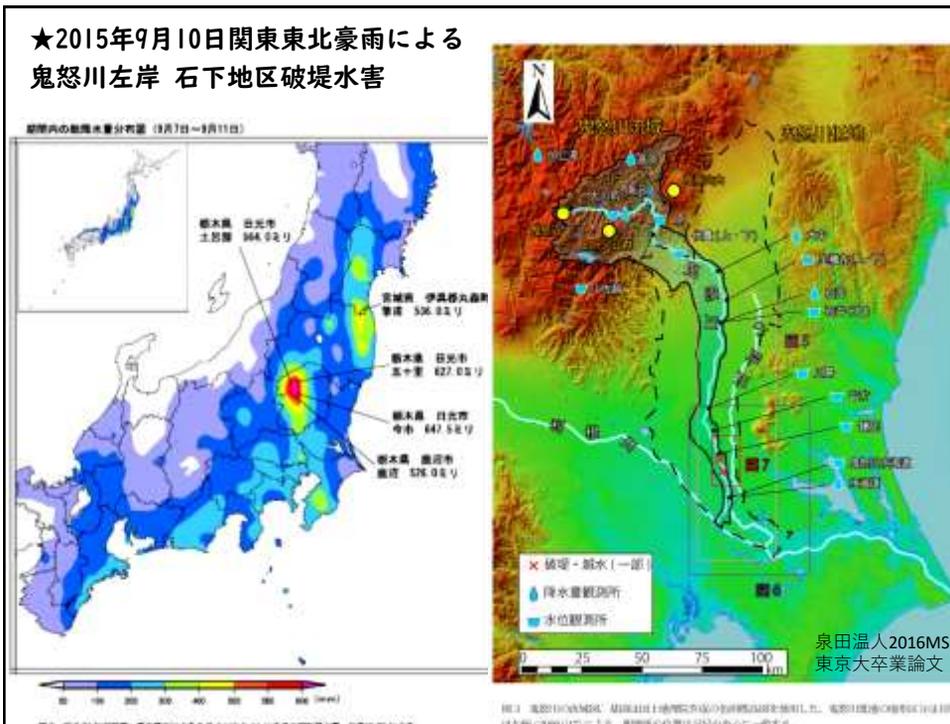
landfill

Basal gravel ?

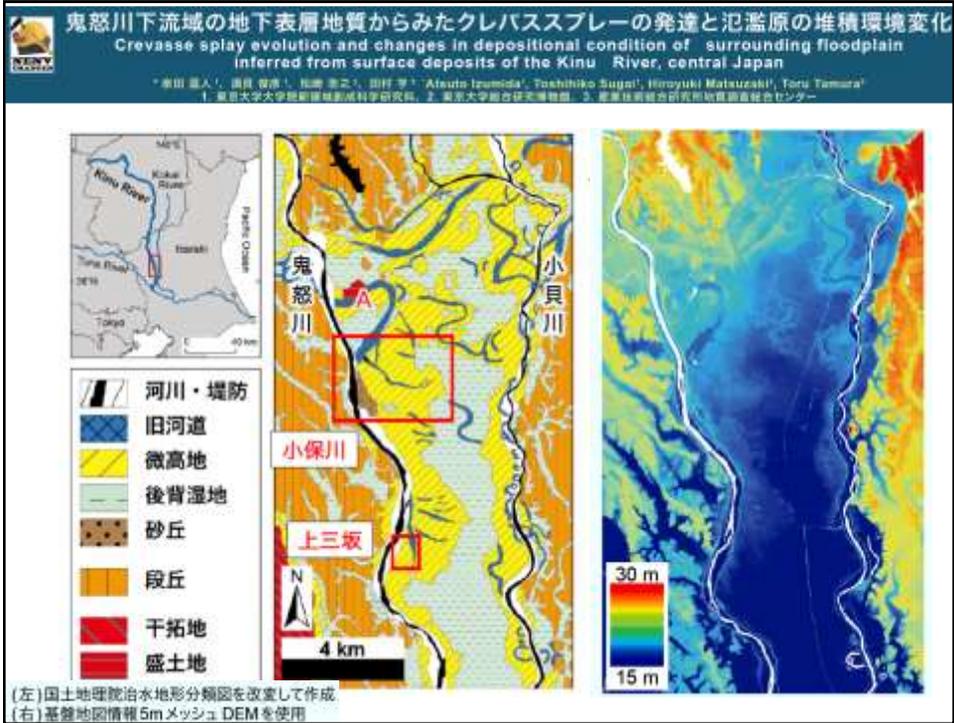
46



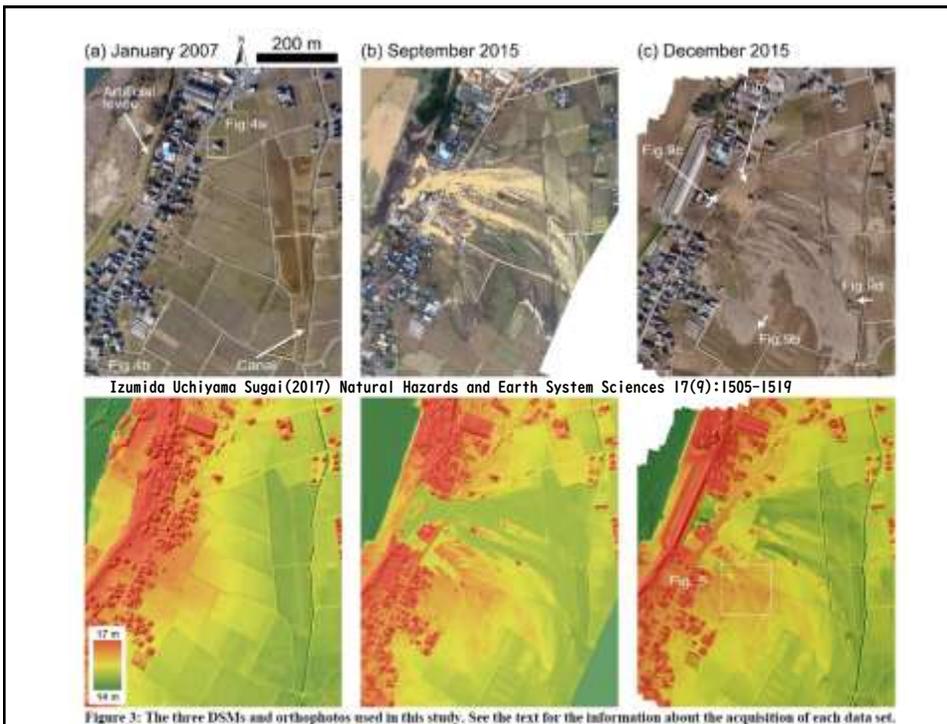
47



48



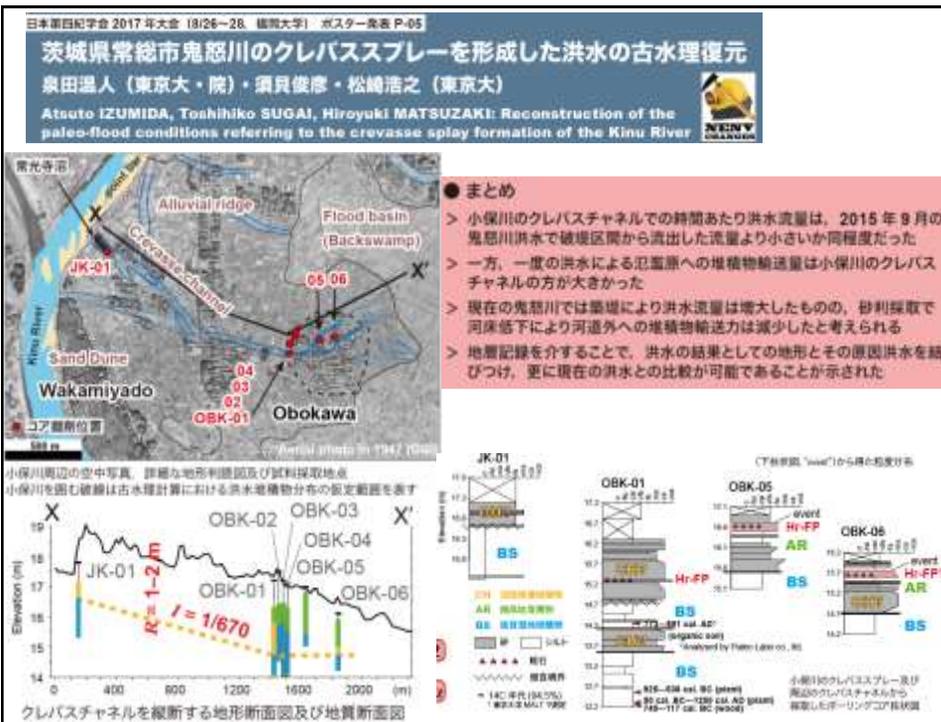
49



50



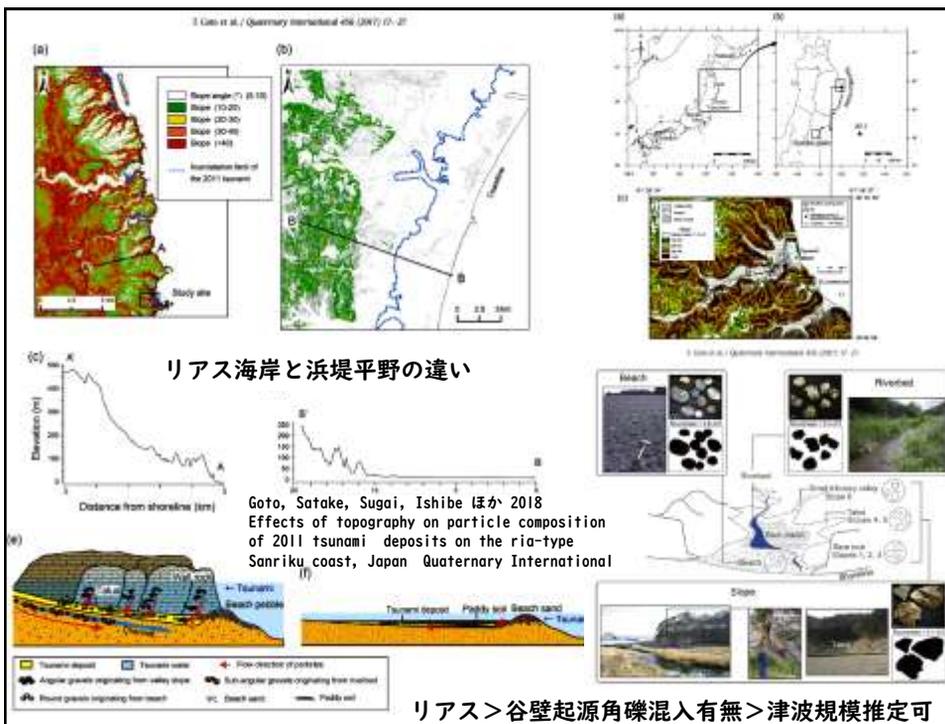
51



52

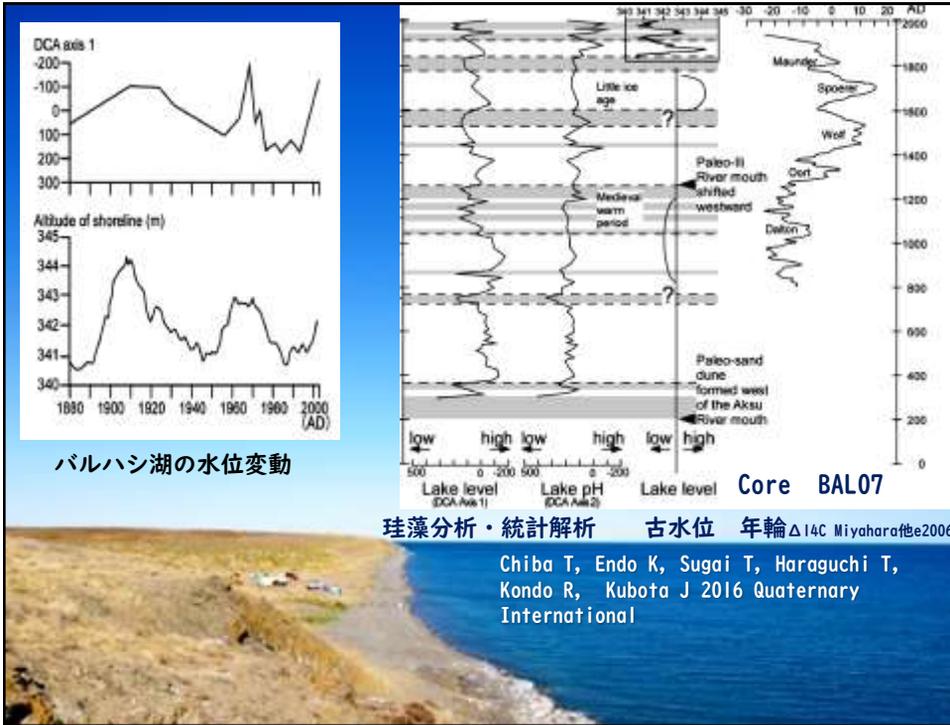


53

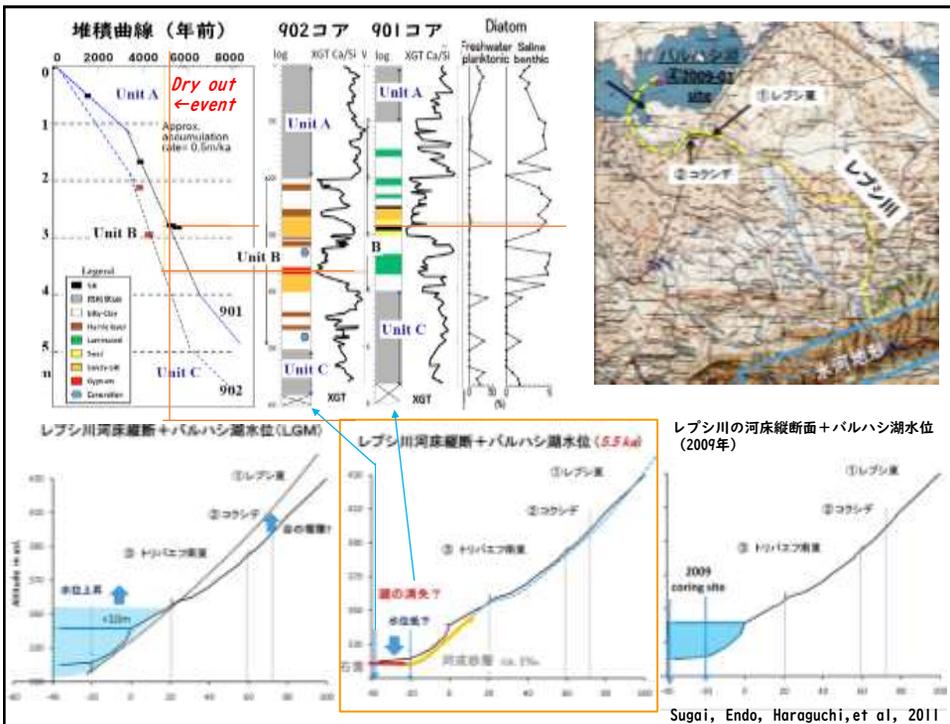


54





57

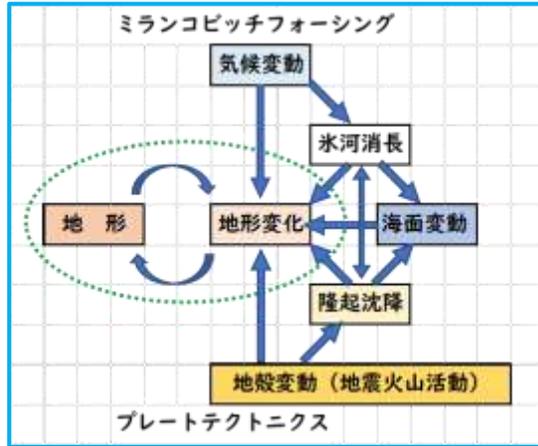


58

## 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

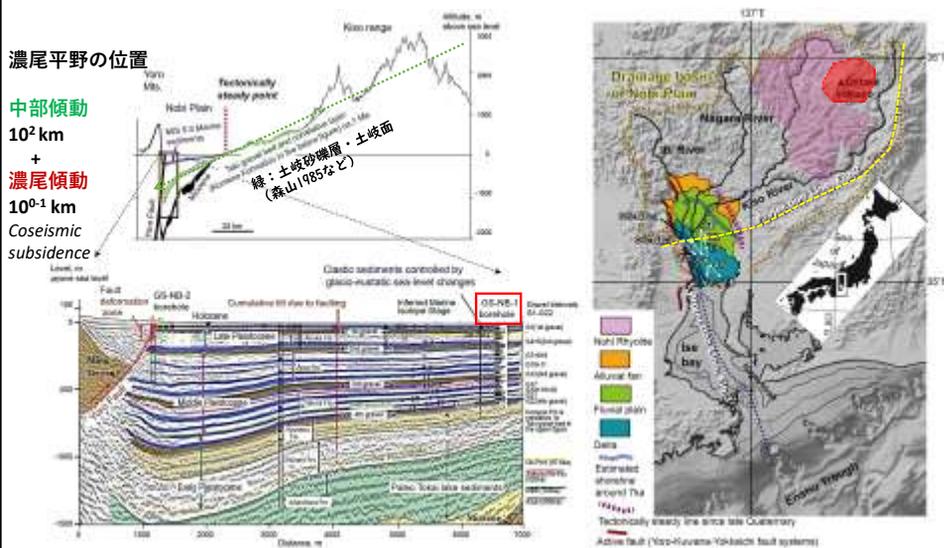
海退規模  
の復元  
&  
海進規模  
の復元



59

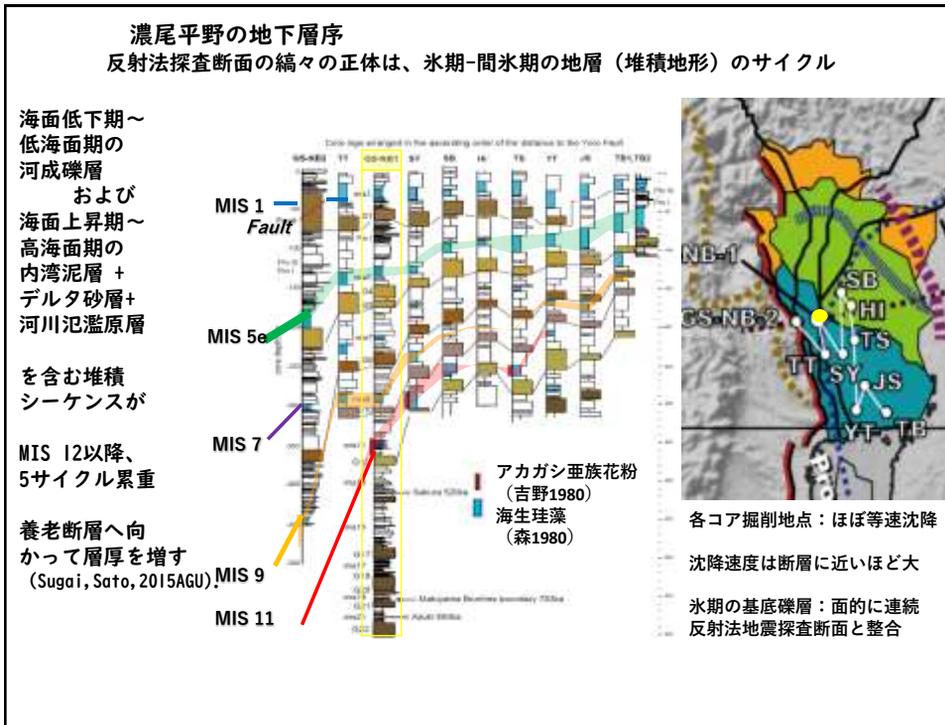
### ★ 濃尾平野の地形発達史

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

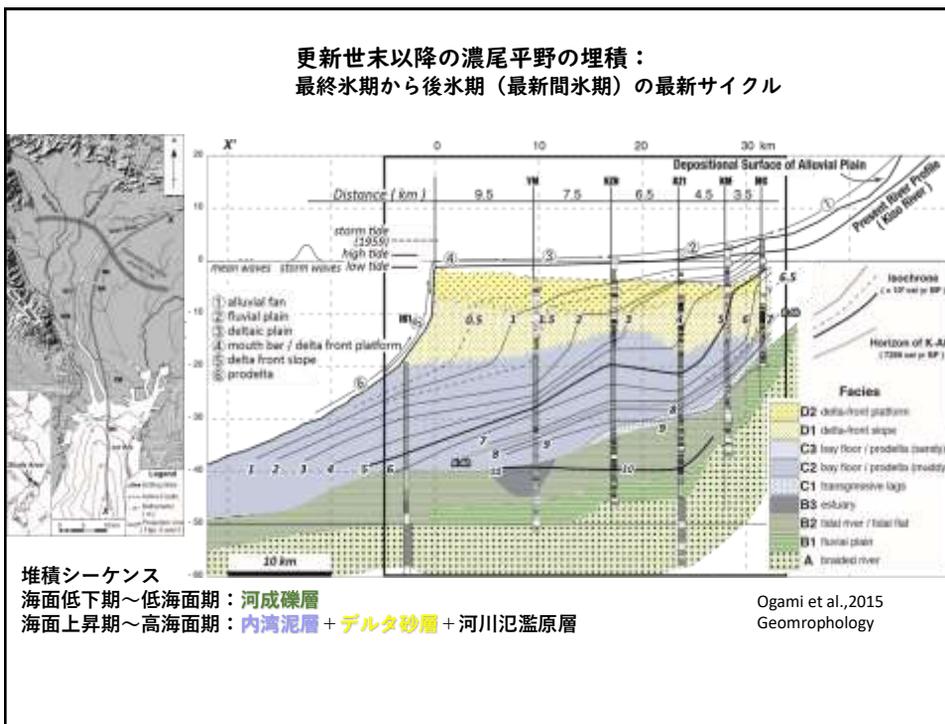


反射法地震探査によるイメージに地質柱状図データを加えて解釈 (須貝・杉山1999に加筆)

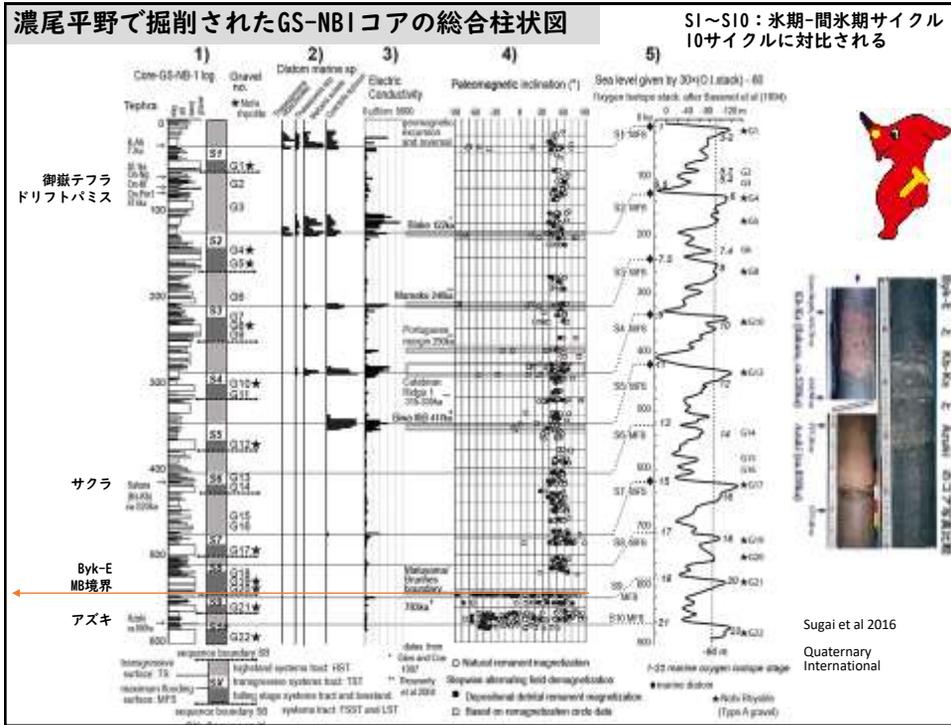
60



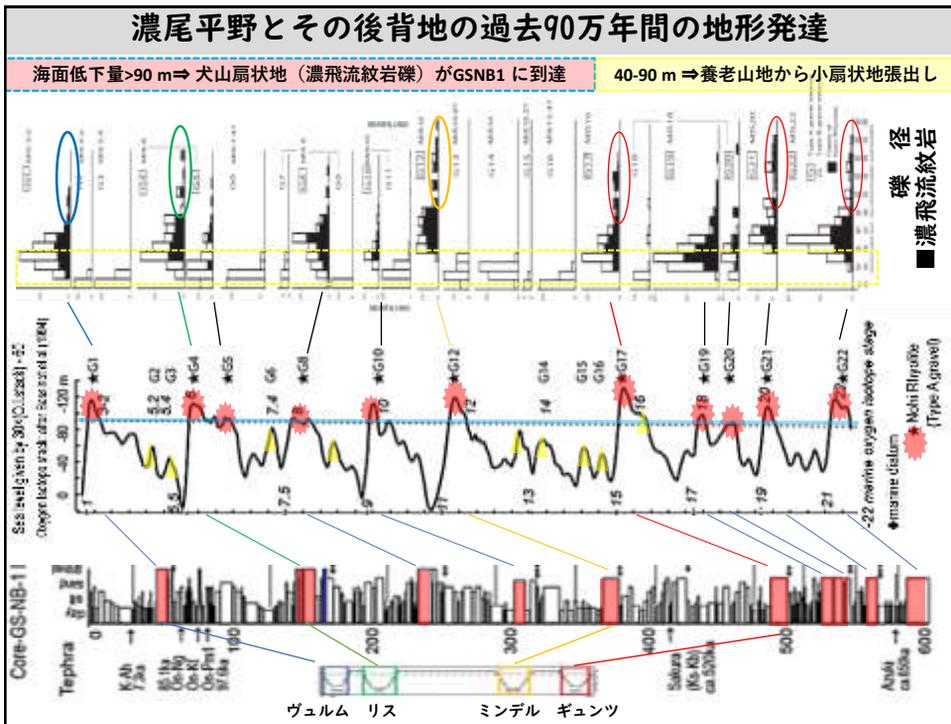
61



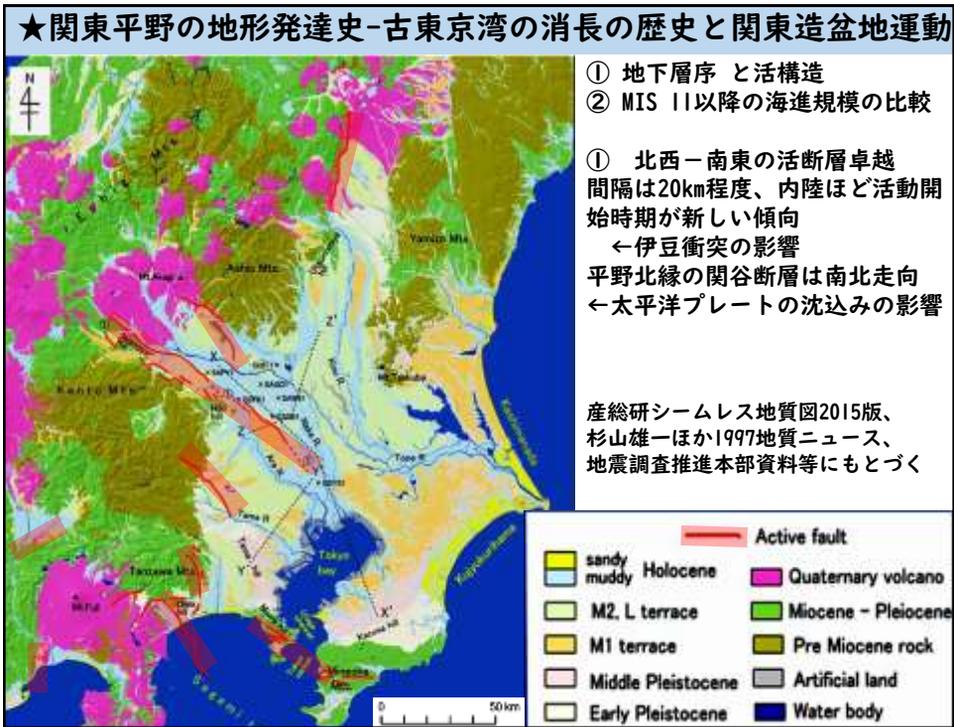
62



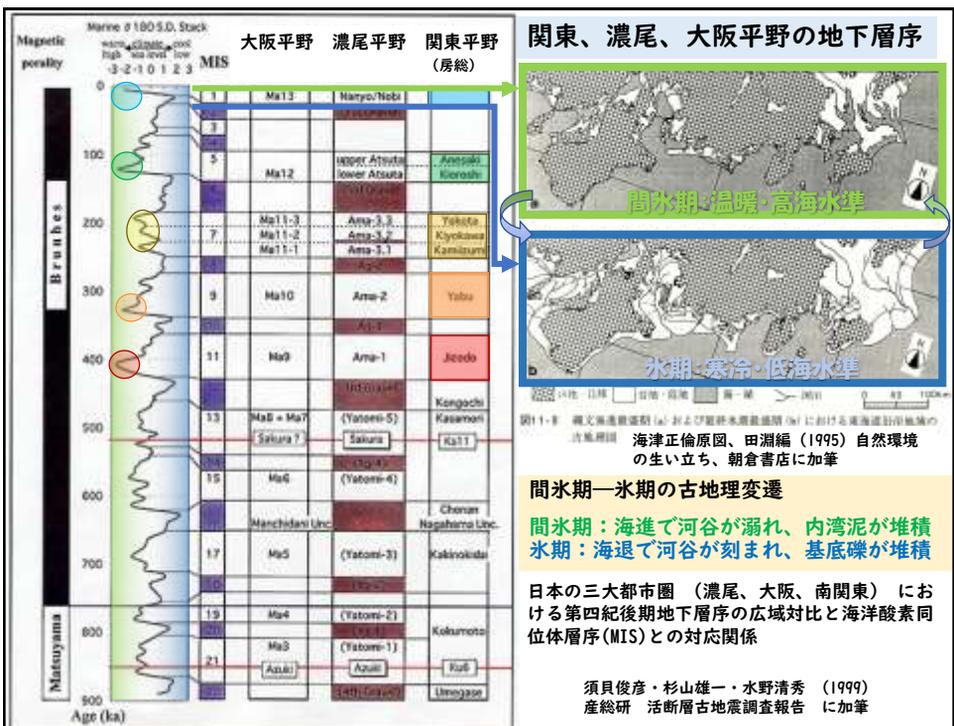
63



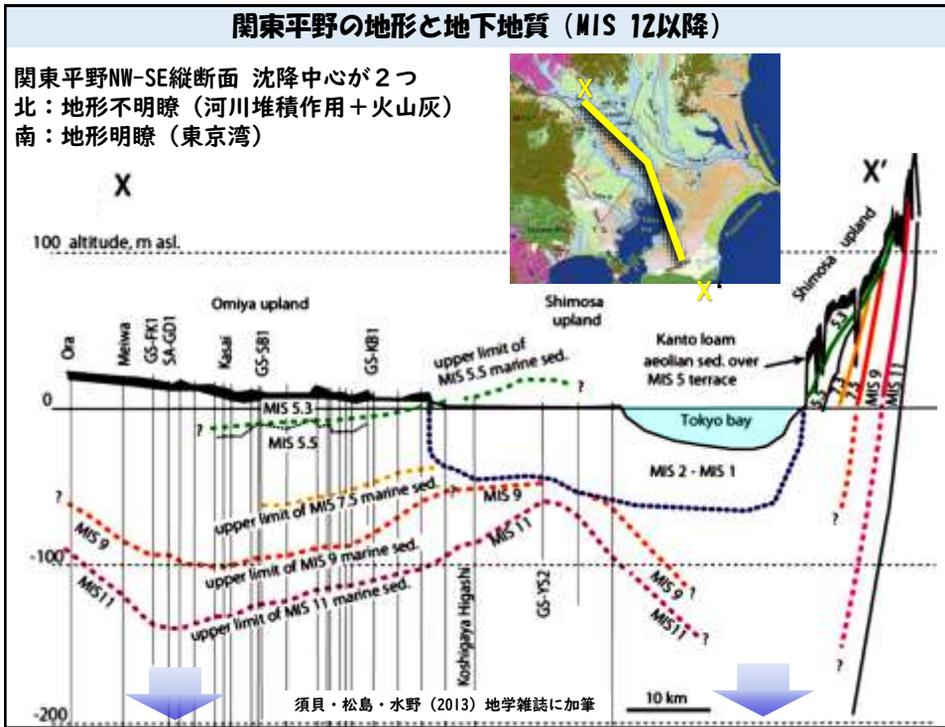
64



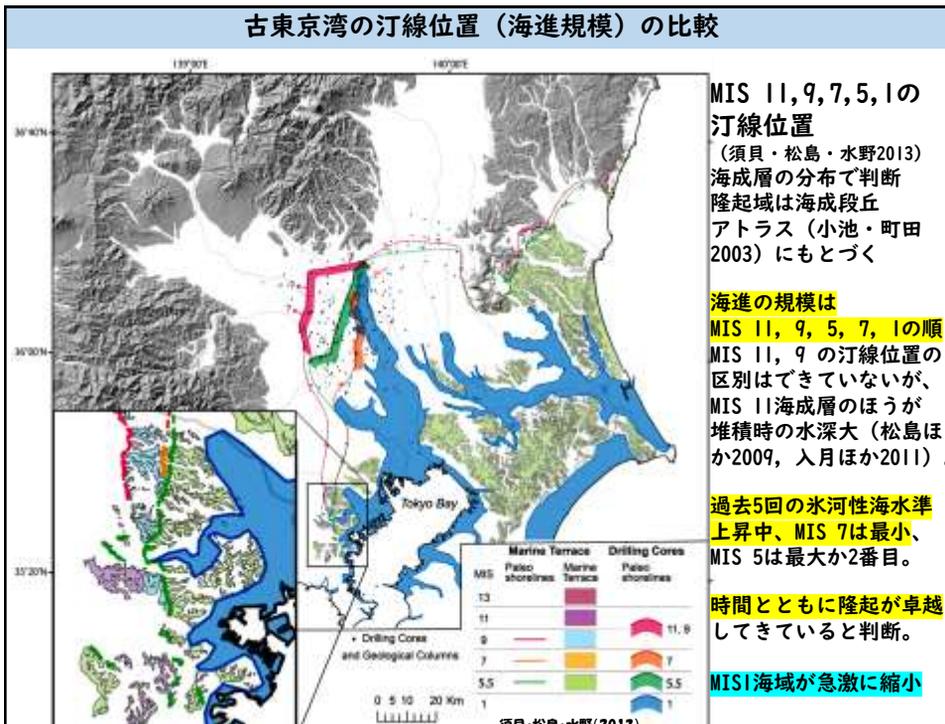
65



66



67



68

### 古東京湾を埋めた古鬼怒川デルタ (復元研究中)

**古東京湾北部の  
湾口(東)から湾奥(西)  
への環境変化に注目**

**ファンデルタ  
エスチュアリー  
潮汐デルタ**

パムリコ湾と古東京湾のベリアー島の比較(同スケール)。1: 世界最大のラグーンとベリアー島が発達するノースカロライナ州のパムリコ湾地域(Barnes, 1980)。位置は第1図のハッタラス岬を参照。2: 鳥居がベリアー島。古地理については渡部ほか(1987)を一部修正。

**増田富士雄(1992)地質ニュースに加筆  
(須貝2018、第四紀学会講演要旨)**

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