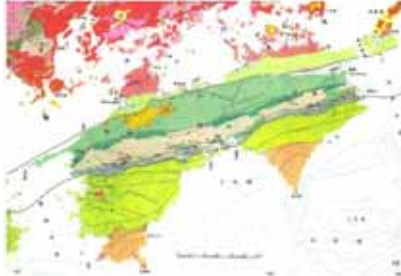


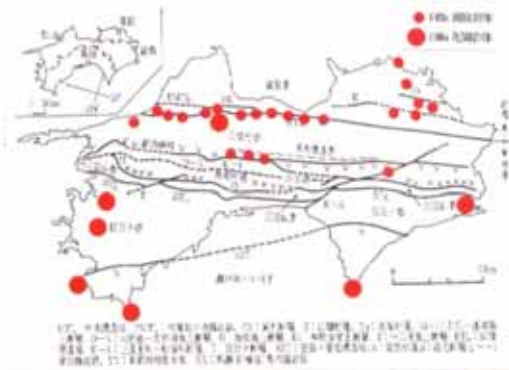
土木学会地盤工学委員会斜面工学研究小委員会 (2003, 12, 18)

山体の隆起と解体の黒幕としての 中期中新世花崗岩体



長谷川修一 (香川大学工学部)

中期中新世珪長質火成岩体の分布



仮定: 西南日本外帯の地下には
中期中新世花崗岩体が伏在

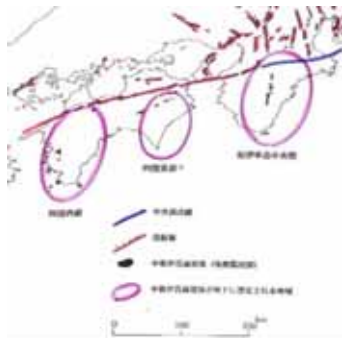
- 活断層の分布
- 南海地震の活動区
- 大地形と地殻変動
- 岩盤劣化の素因
- 破砕帯の工学的性質
- 斜面災害
- 地殻熱流量と温泉

地質現象の黒幕

花崗岩体の規模

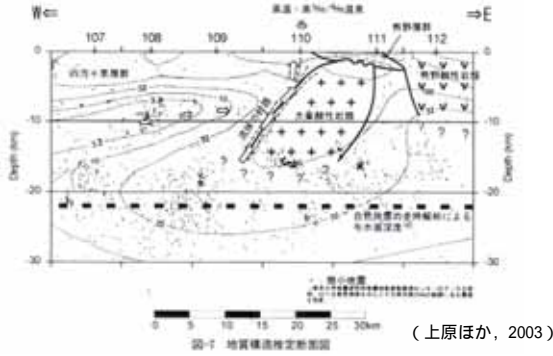
- 紀伊半島 > 四国西部 > 四国東部
- 半島の規模に比例
- 中央構造線活断層系の分布形態
- 南海トラフの地震区の境界

活断層の分布を規制する 中期中新世花崗岩



地質調査所
(1982) に加筆

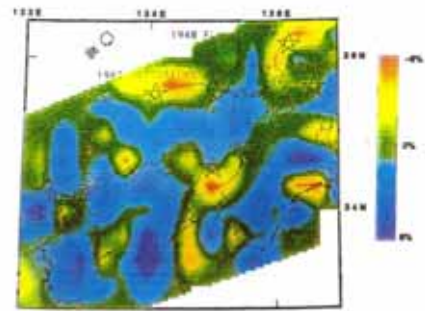
MT法による紀伊半島南部の 深部地下構造



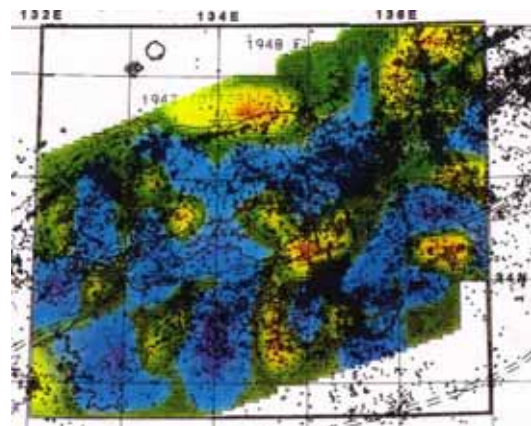
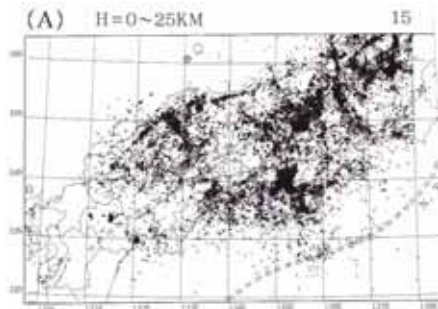
四国の主な活断層



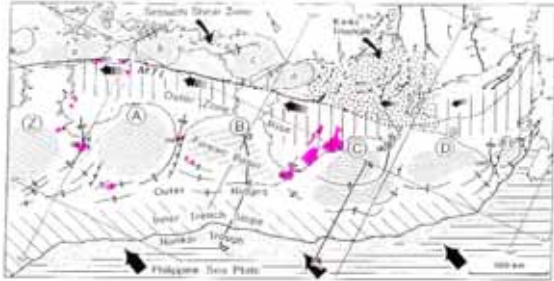
地震波トモグラフィは 南北方向の花崗岩体を示唆



花崗岩体想定域は 地震活動が低調



中期中新世花崗岩類は
南海地震の活動区を規制する



(杉山, 1992)

地震性地殻変動で
地形を説明できるか？

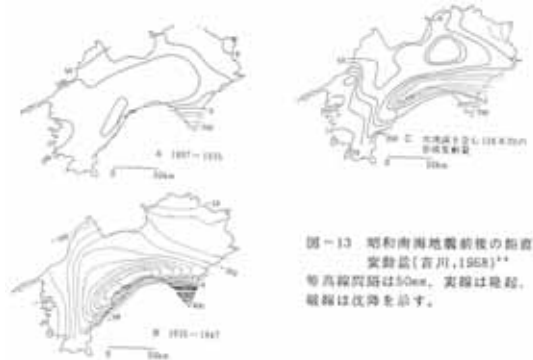
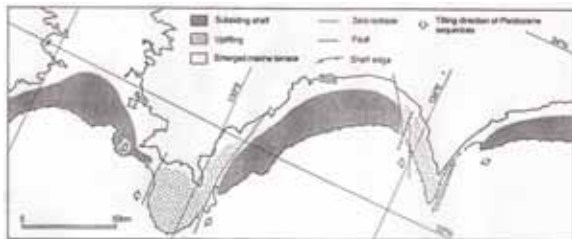


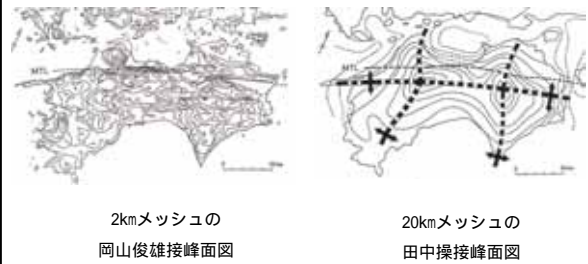
図-13 昭和南海地震前後の断面変動量(吉川, 1998)**
等高線間隔は50m, 実測は隆起, 戦前は沈降を示す。

四国沖の海底の隆起・沈降域



(岡村, 1990)

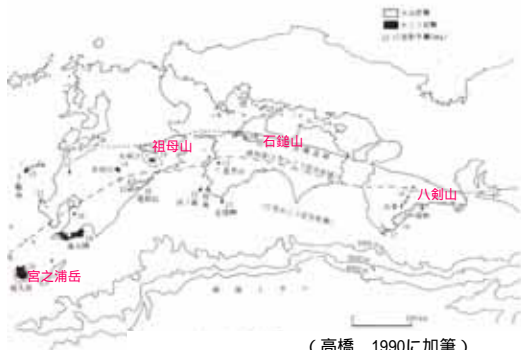
活断層と大地形



2kmメッシュの
岡山俊雄接峰面図

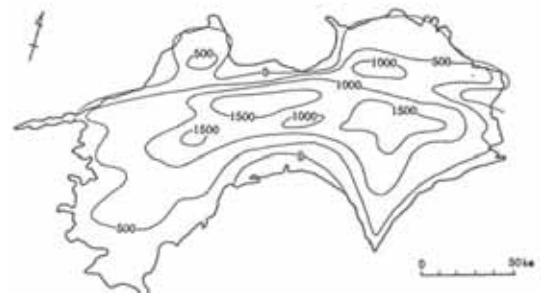
20kmメッシュの
田中操接峰面図

西南日本外帯の山はなぜ高い？



(高橋, 1990に加筆)

四国における第四紀隆起量は
何を表しているのか？



(第四紀地殻変動研究グループ, 1968, 1969)

石鎚“断層崖”は中央構造線の
第四紀断層活動の前に形成された



(国土地理院20万分の1地形図「高知」の一部をカシミール3Dで表示し、加筆)

100万年間の平均隆起量速度
(大森,1990)は本当か?



剣山は100万年間で
約1000m侵食されたか?



剣山山頂の火山灰土壌



四国西部、高月山北麓の谷に
分布する鮮新-更新統水分層



(国土地理院20万分の1地形図「宇和島」の一部をカシミール3Dで表示し、加筆)

西南日本外帯のネオテクトニクスを
支配する中期中新世花崗岩体

- 大地形: 中期中新世花崗岩体を反映
- 外帯の半島: 花崗岩体の大きさ反映
- 高い山: 花崗岩体の隆起部
- 隆起活動: 第四紀より前にほぼ完成
- 活断層の分布: 花崗岩体が規制
- 南海トラフの地震活動区: 花崗岩体が規制
- 半島沖の南北方向の波曲: 花崗岩体に対応

四国山地の形成

- 四国山地は、中期中新世花崗岩体が隆起して、第四紀までにほぼできあがった。
- 四国山地は侵食速度と比較して急速に隆起をし、隆起した山地は時間をかけて侵食される。
- 四国山地は、年mmオーダーの隆起と侵食がつりあって山地高度が保たれているのではない。

地すべりの素因としての 中期中新世火成活動

- 山地を形成
浮力による隆起
重力の作用
- 山地の解体の素地の形成
熱水変質作用による岩盤劣化

中期中新世火成活動に伴う 熱水変質作用

- 浅熱水性鉱床：水銀・アンチモン
- 熱水変質帯：貫入岩・大規模断層沿い
貫入岩：セリサイト帯、カオリナイト帯
中央構造線：スメクタイト帯、混合層帯
- 広域的な熱水変質作用：
未風化岩中の緑泥石もわずかにスメクタイト生成(宮原他, 2003)

熱水変質帯の分類

熱水変質帯の温度と溶液の化学的条件による分類

熱水帯	中 性 帯		アルカリ性帯		
鉄質塩類	硫酸塩類	K-系	Ca-Mg系	Ca-系	Na-系
銅質・鉛質	バロバシト帯	ネリ島石帯	アロピライト帯 (緑泥石・黄鉄石・ 緑閃石等)	ワイクア流石帯	曹長石帯
	ザイカイト チタナイト帯	銅質帯	アロピライト帯 (緑泥石・黄鉄石等)	流石帯	
	ネオチタイト帯	混合層粘土鉱物帯 (絹雲母/スメクタイト-緑泥石/ スメクタイト帯)	流石帯	方沸石帯	
銅質・ 鉛質	ハロイサイト帯	スメクタイト帯	流石帯	ホルン流石帯	

(歌田, 1995)

中期中新世の火成活動と関係する 浅熱水性 水銀・アンチモン鉱床



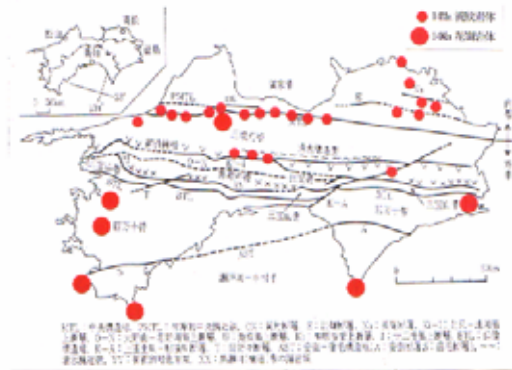
(渡辺ほか, 1973)

輝安鉱(愛媛県西条市市ノ川鉱山)

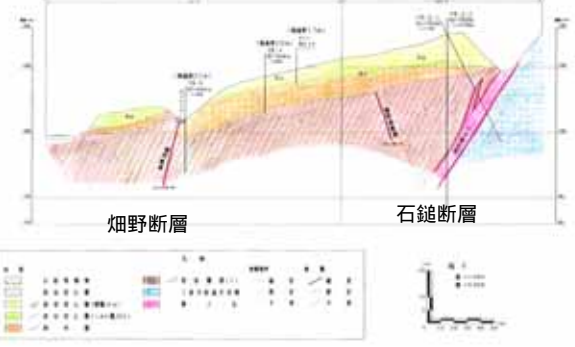


東京大学総合研究資料館

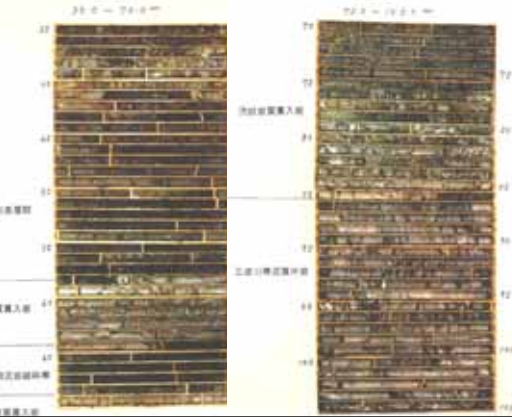
中期中新世珪長質火成岩体の分布



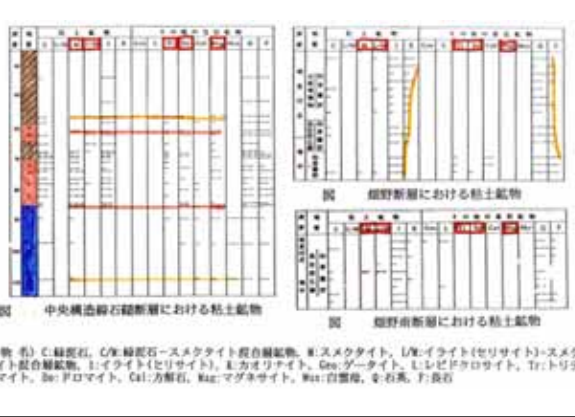
中央構造線活断層系 石鎚断層と畑野断層の地質断面



中央構造線石鎚断層を貫く糸のボーロニア



中央構造線石鎚断層を貫く糸のボーロニア



粘土鉱物の成因

1. スメクタイトに富む破碎帯：
中新世貫入岩に伴う熱水変質作用
(ドロマイト、マグネサイト随伴)
2. スメクタイトを含まない破碎帯：
地表付近の風化変質作用

断層の熱水変質有無の理由

- 石鎚断層：有
地質境界断層に貫入・熱水変質
- 畑野断層：無
貫入・熱水変質後に新たに形成

調査地点

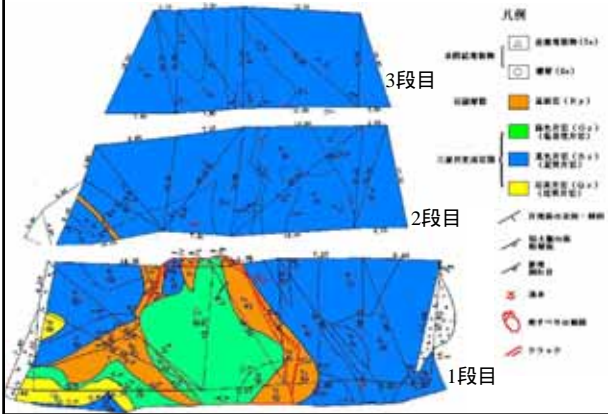


図 四国の地質と高速道路と調査地点（横山ほか2000に加筆）

流紋岩に伴う熱水変質帯



法面の地質状況



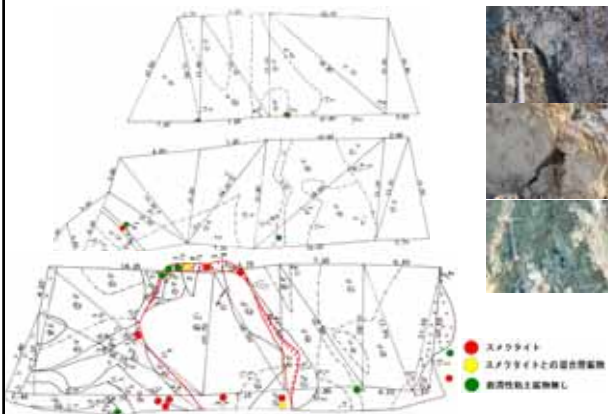
法面の岩級区分

地下ほど岩盤が劣化している

- 岩級区分
- △ 産層堆積物 (Te)
 - 礫層 (Go)
 - C.L級 (岩盤状)
 - D.H級 (岩片状)
 - D.M級 (細片状・粘土化)
 - D.L級 (粘土状)



粘土鉱物分析結果



リングせん断試験

<目的> 本法面を構成する代表的なすべり面付近の粘土脈を対象にリングせん断試験を行い、強度特性を分析する。



<試験結果> 愛媛大学矢田部研究室

試料採取位置	試料番号	層状	色調		ポ-リングNo.	深さ (0k.-m)	層状	色調						
			d	r				d	r					
法面 (地すべり土塊)														
A	黒色片岩起源の粘土脈	黒色	32.5	31.6	No.1	9.5-10.0	黒色片岩起源の粘土脈	黒色	25.1	24.4				
			B	緑色片岩起源の粘土脈	白色	25.1			24.5	No.2	4.5-5.0	黒色	25.9	25.8
			C	黒色片岩起源の粘土脈	黄白色	22.7			21.8	No.3	6.0-6.5	黒色片岩起源の粘土脈	黒色 (やや黄)	25.0

d: ピーク状態におけるせん断抵抗角
r: 残留状態におけるせん断抵抗角

地すべりとは？

- 表層部より強度の小さな層が地下にあり、すべり面となる
- すべり面の成因は？
粘土層などの堆積層・堆積岩
風化作用
断層破碎帯
熱水変質粘土

移動岩体は著しく風化を受けている
場合が多い



(上野, 2002)

すべり面は風化でできたのか？



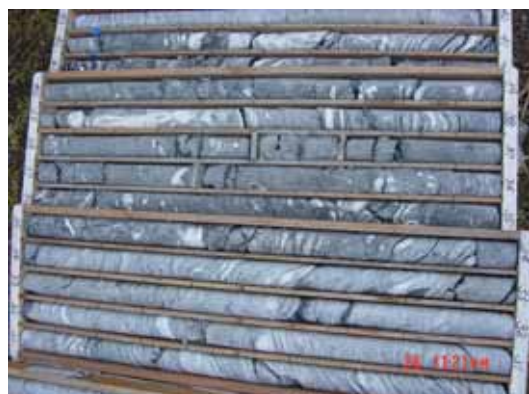
(上野, 2002)



強風化岩？



これも強風化岩？



深いすべり面の成因？

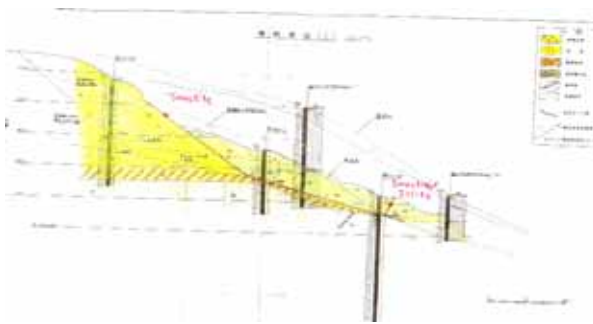
- 風化だけでは説明しにくい
- 破碎帯の存在
断層破碎帯
熱水変質帯

中央構造線沿いには熱水変質粘土
に起因する地すべりが多い



徳島県土成町

熱水変質帯がすべり面粘土を形成



四国における岩盤劣化の素因

犯人：スメクタイトを含む熱水変質帯
犯罪組織：中期中新世熱水変質作用
黒幕：中期中新世（14Ma）花崗岩体
↓
斜面：大規模岩盤すべりのすべり面
トンネル：膨張性破碎帯

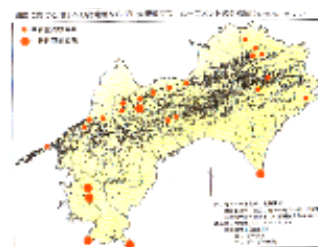
熱水変質による岩盤劣化

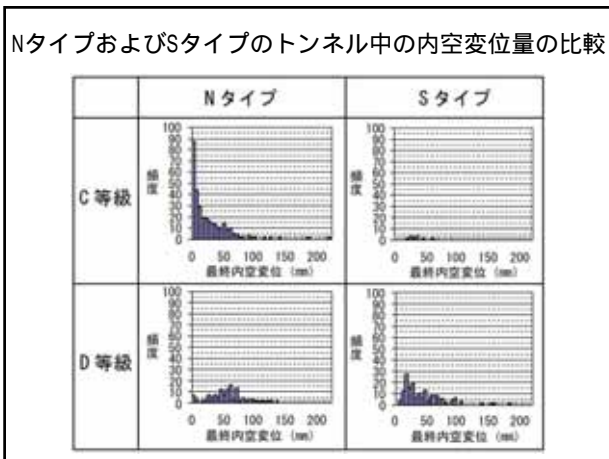
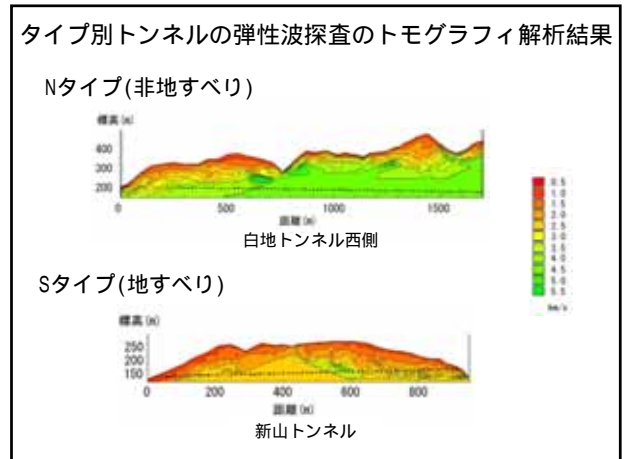
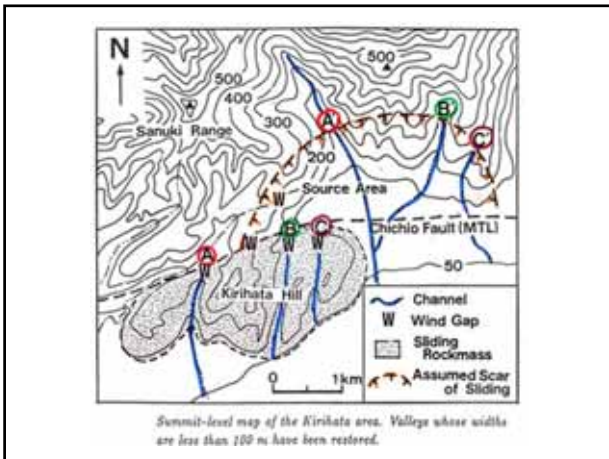
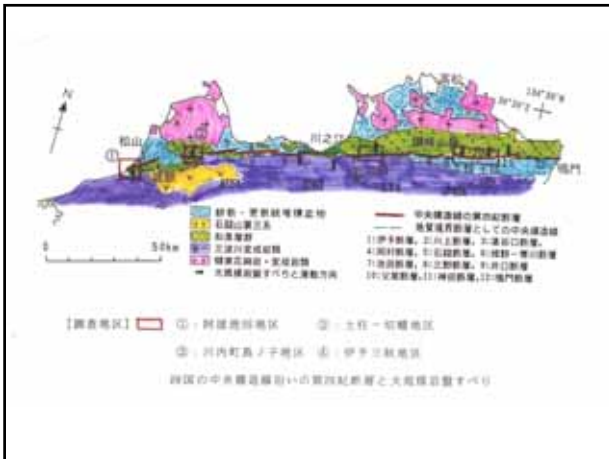
- 広域的：
 - ・未風化・未変質に見える母岩中にも
 - ・非火山地帯でも：
地下に中新世花崗岩体の伏在する外帯
(関東山地から九州まで)
- 局所的：粘土脈、変質帯、鉱脈
地下ほど岩盤が悪い場合もある

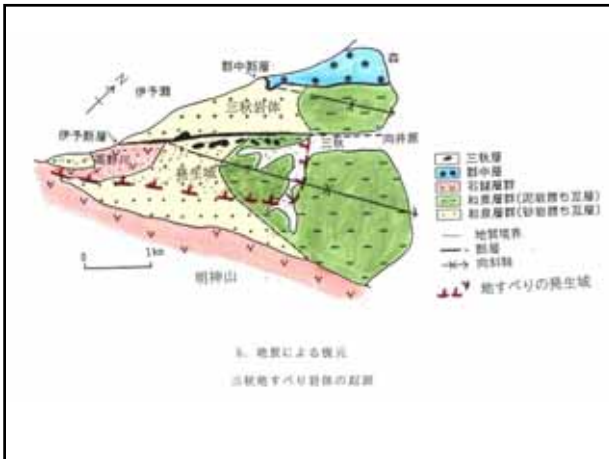
四国における 初生すべりの発生要因

素因：中期中新世火成・熱水変質作用

誘因：MTLによる巨大直下型地震？



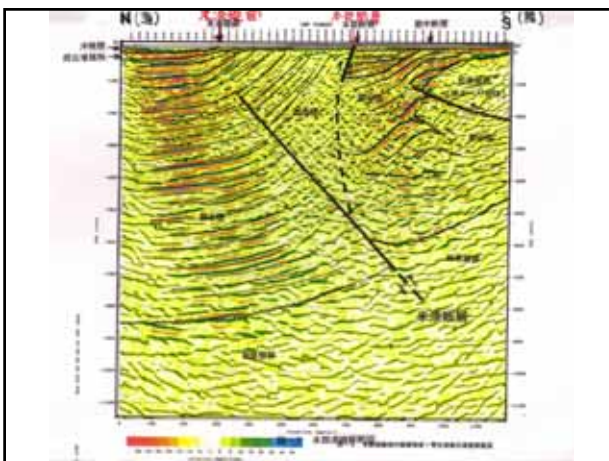




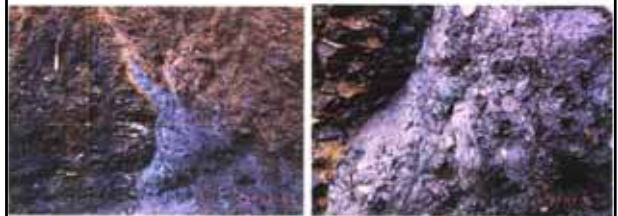
熱水破碎帯

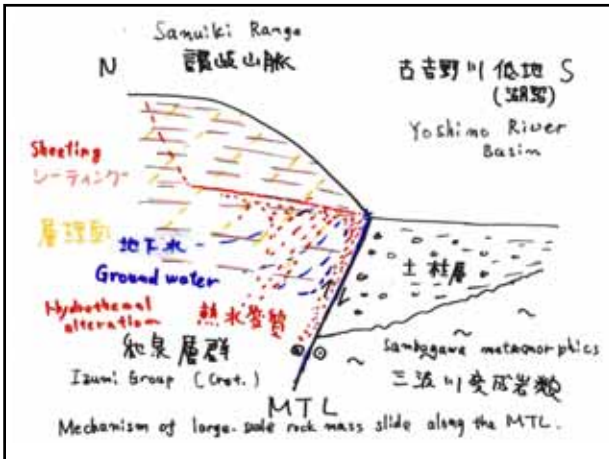


熱水変質粘土脈の貫入



伊予断層





中期中新世花崗岩体
西南日本外帯の地質現象の黒幕

- 西南日本の
ネオテクトニクス
岩盤劣化
斜面変動

統一的に説明

- 実証はこれから



さらに欲をいえば

- 地すべり観を提示し、調査・対策の参考にした
- 対策工は、寿命がある
- 開発途上国に有効な方法は？
- 森の木を切って(企業を潰し)、外来種(外資)で緑化するのは、小泉流の構造改革と同じ手法
- 長く斜面と付き合うには、東洋的な自然観の復活から
- 東洋的な自然観を基にした、斜面工学ができないものだろうか？