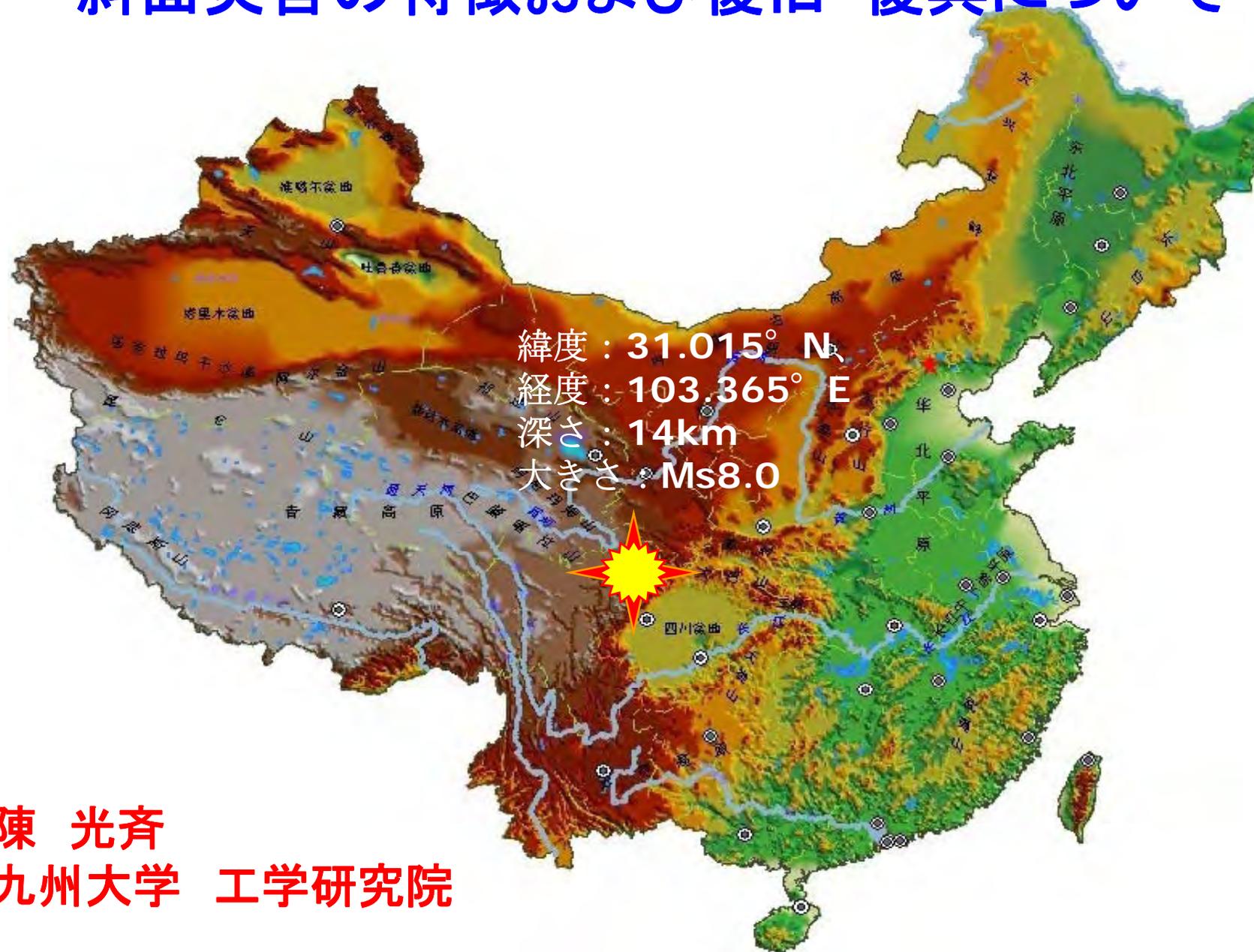
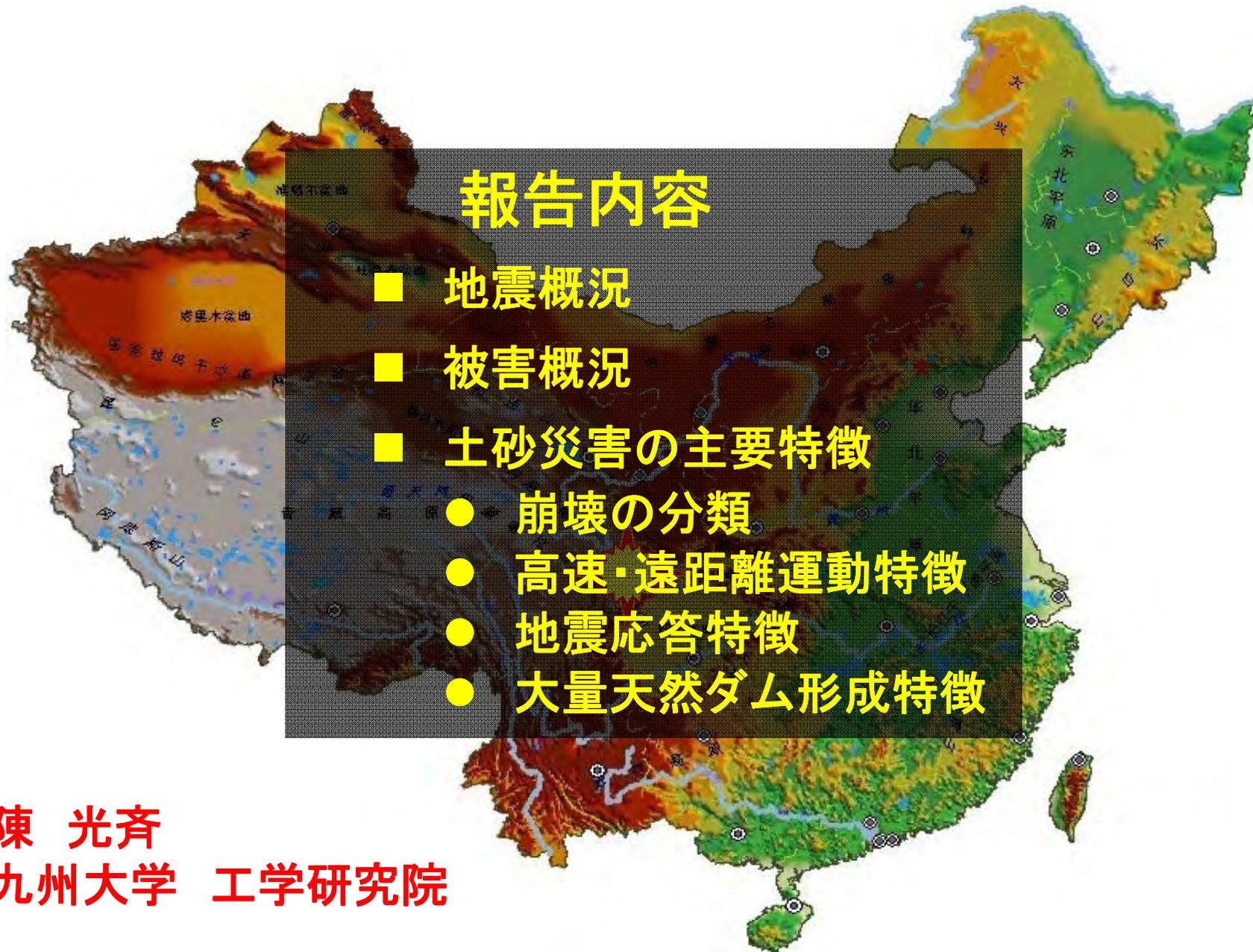


汶川大地震における 斜面災害の特徴および復旧・復興について



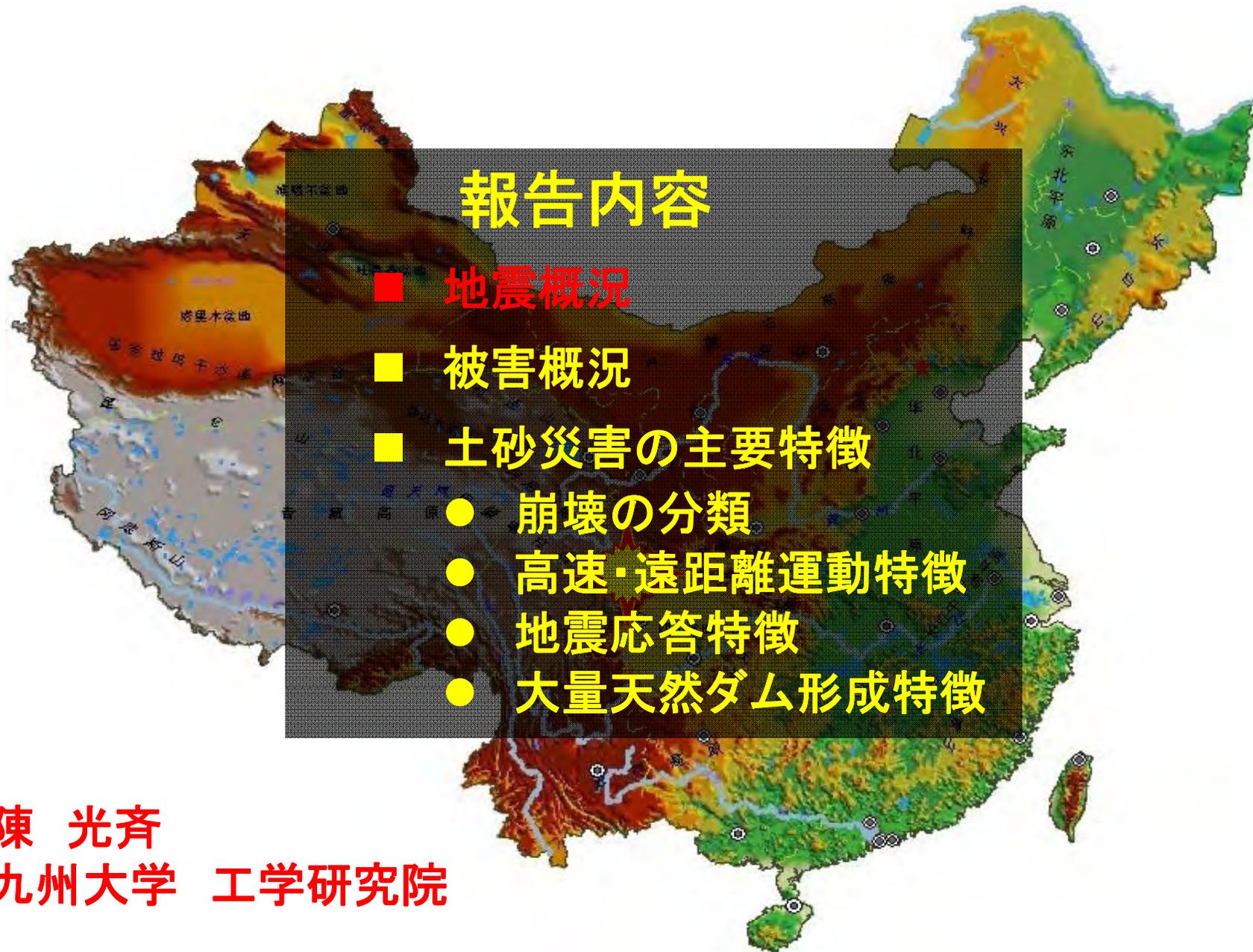
陳 光齊
九州大学 工学研究院

汶川大地震における土砂災害特徴について



陳 光齊
九州大学 工学研究院

汶川大地震における土砂災害特徴について



陳 光齊
九州大学 工学研究院

地震情報

時間：2008-05-12 14:28

場所：四川省汶川県
(成都から北西75km)

緯度：31.015°

経度：103.365°

深さ：15 Km

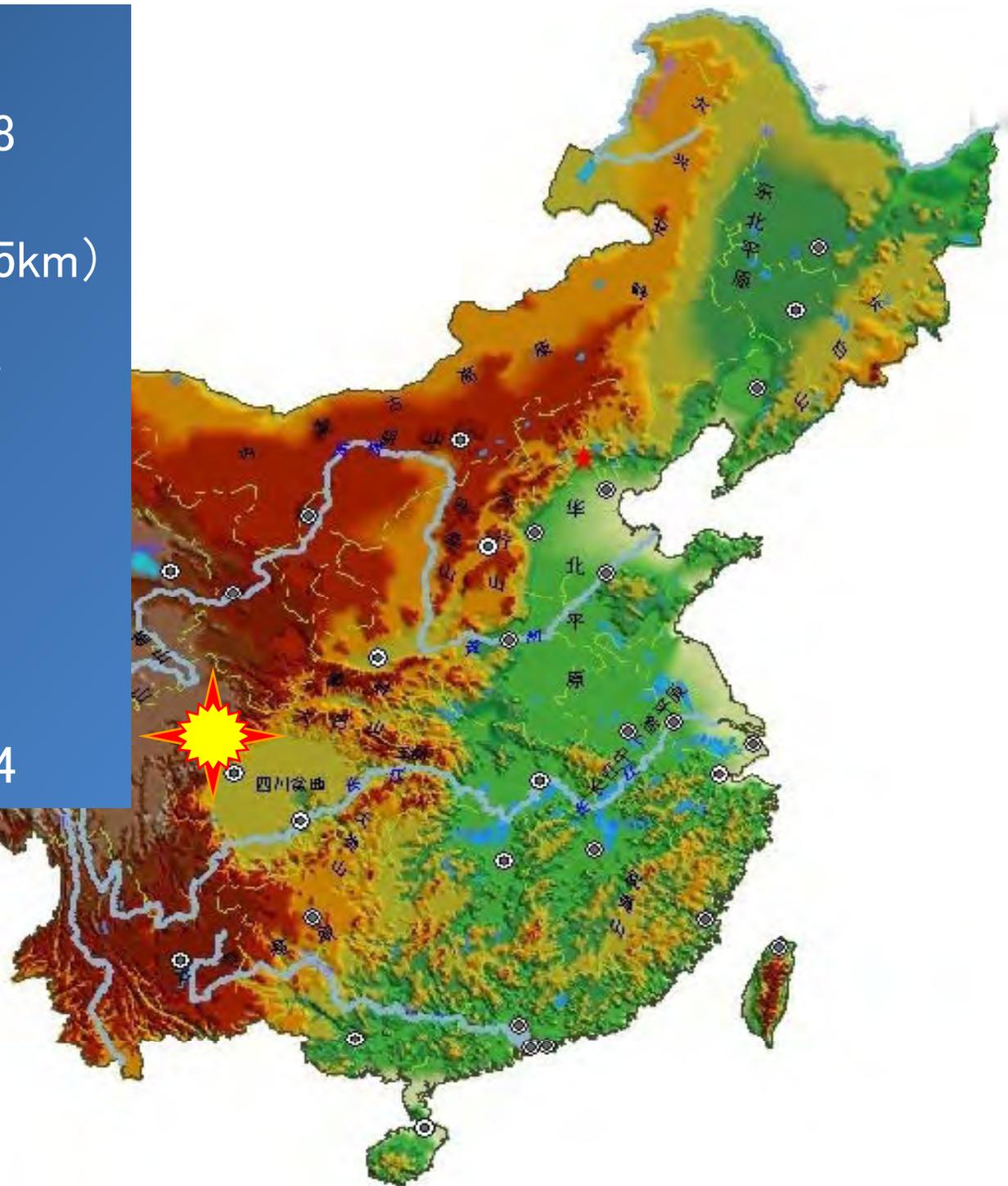
規模：Ms8.0

余震：27,000回以上

M5以上：39回

M6以上：8回

最大余震：M6.4

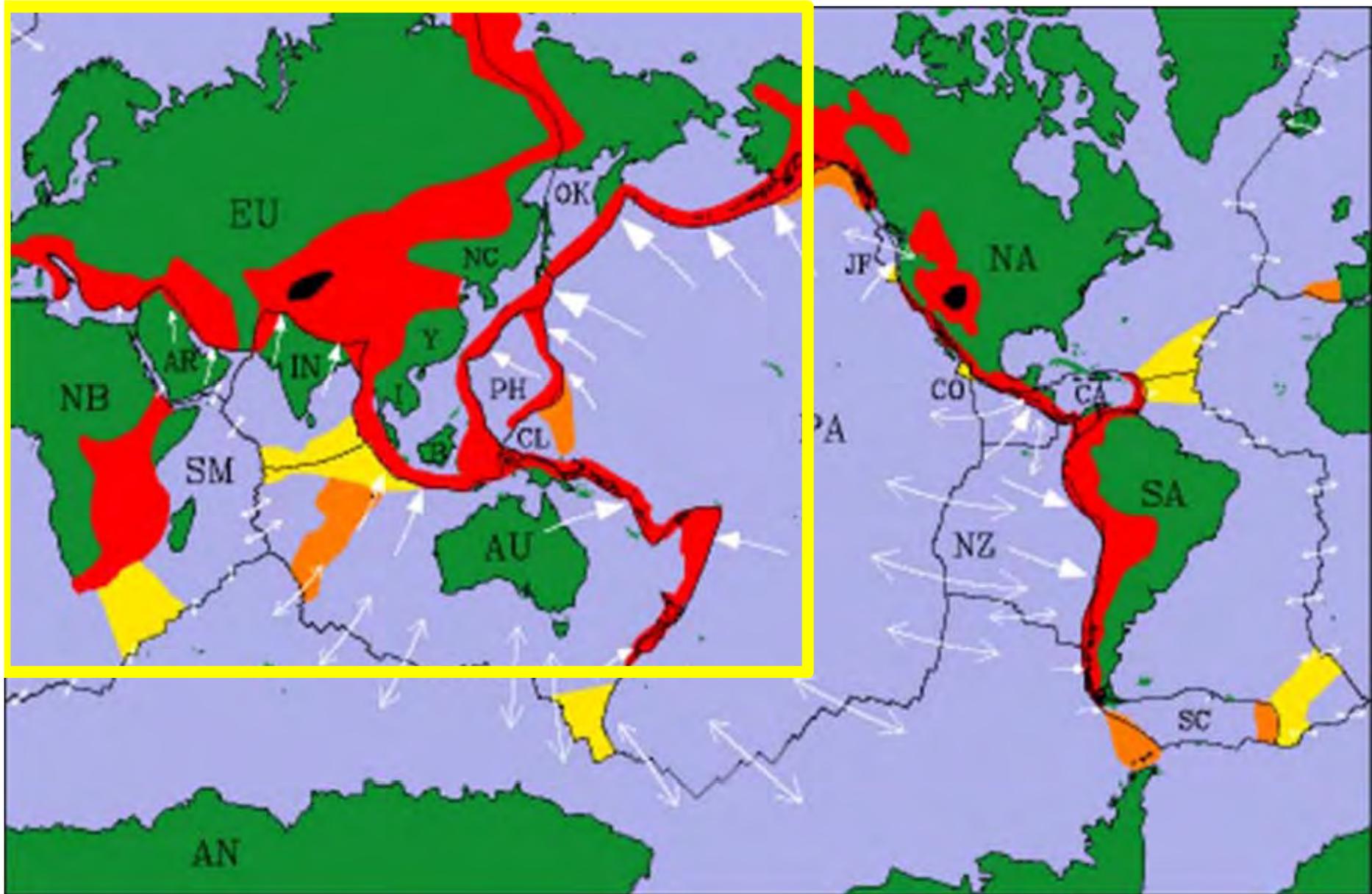


資料：

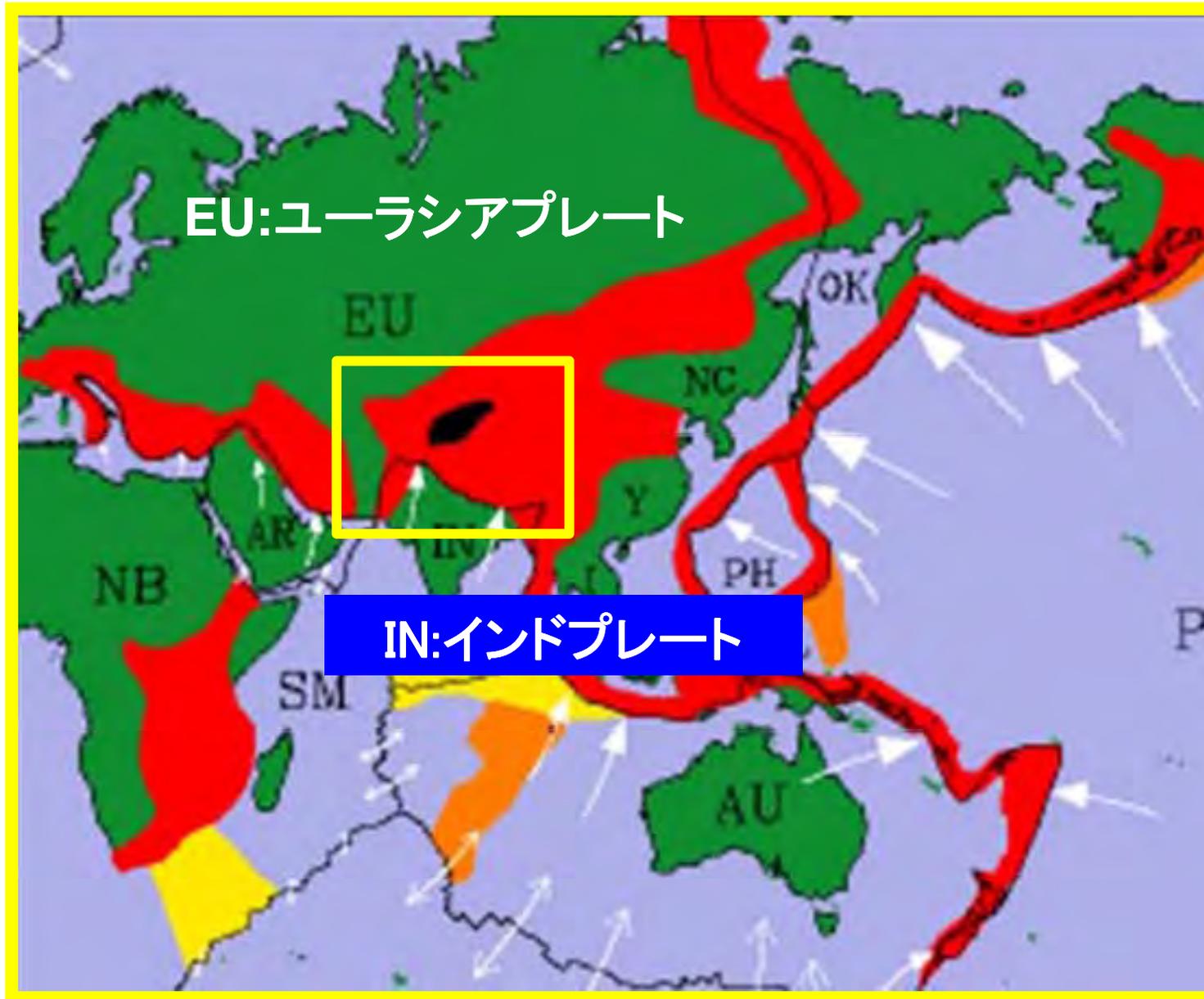
2008年9月4日に中国国务院新闻办：「四川汶川地震及灾害损失评估情况」记者会見会

背景

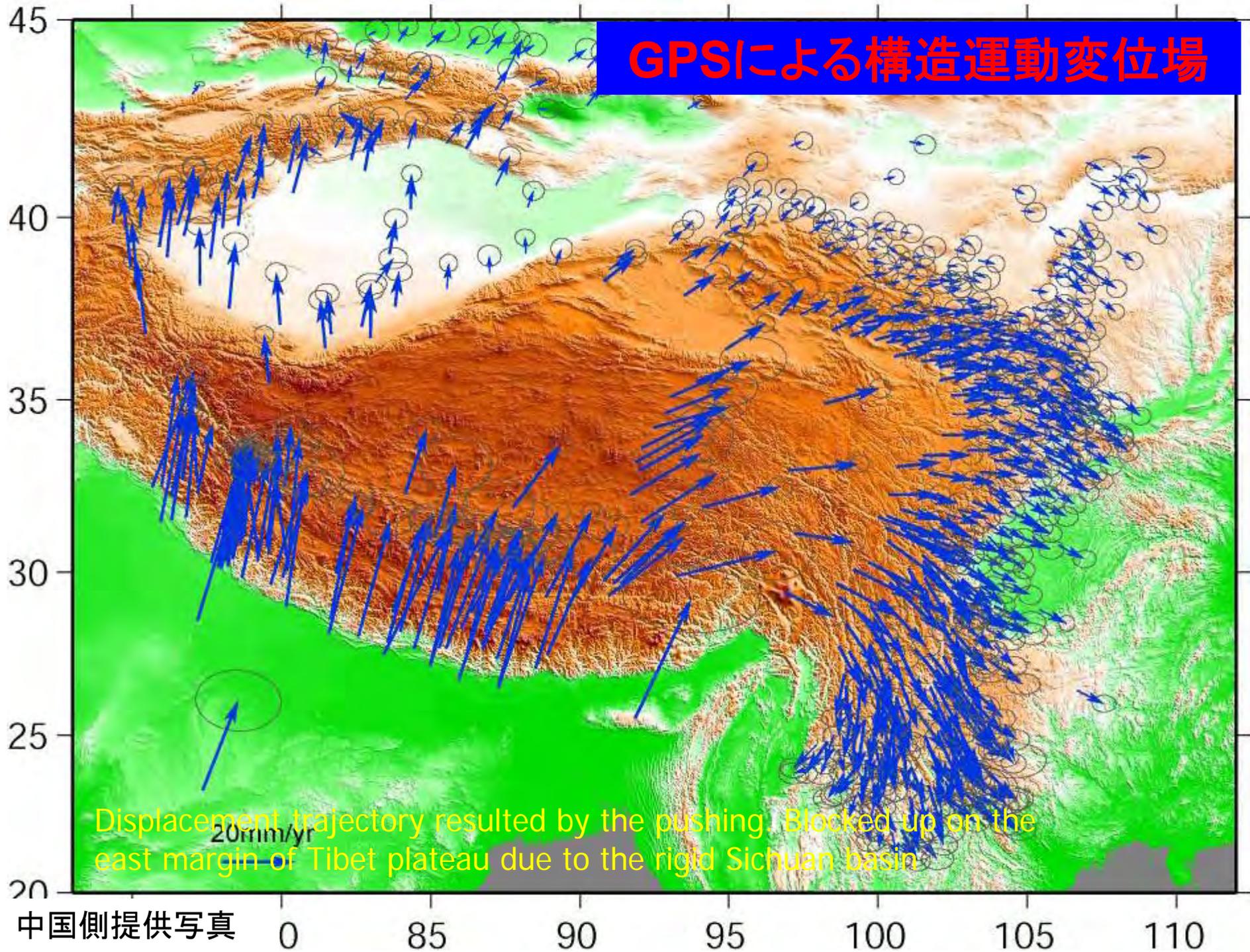
プレート構造運動

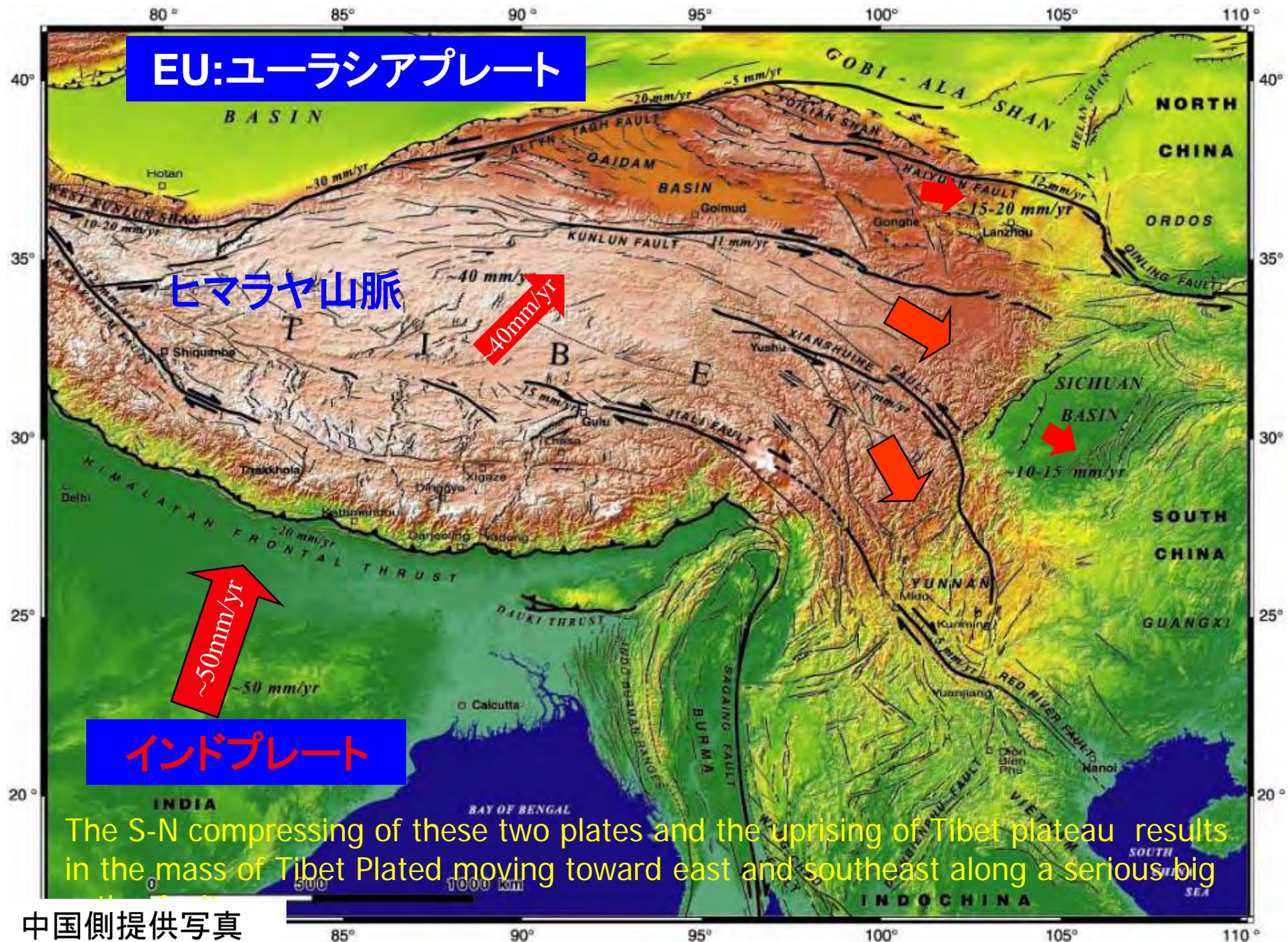


プレート構造運動



GPSによる構造運動変位場

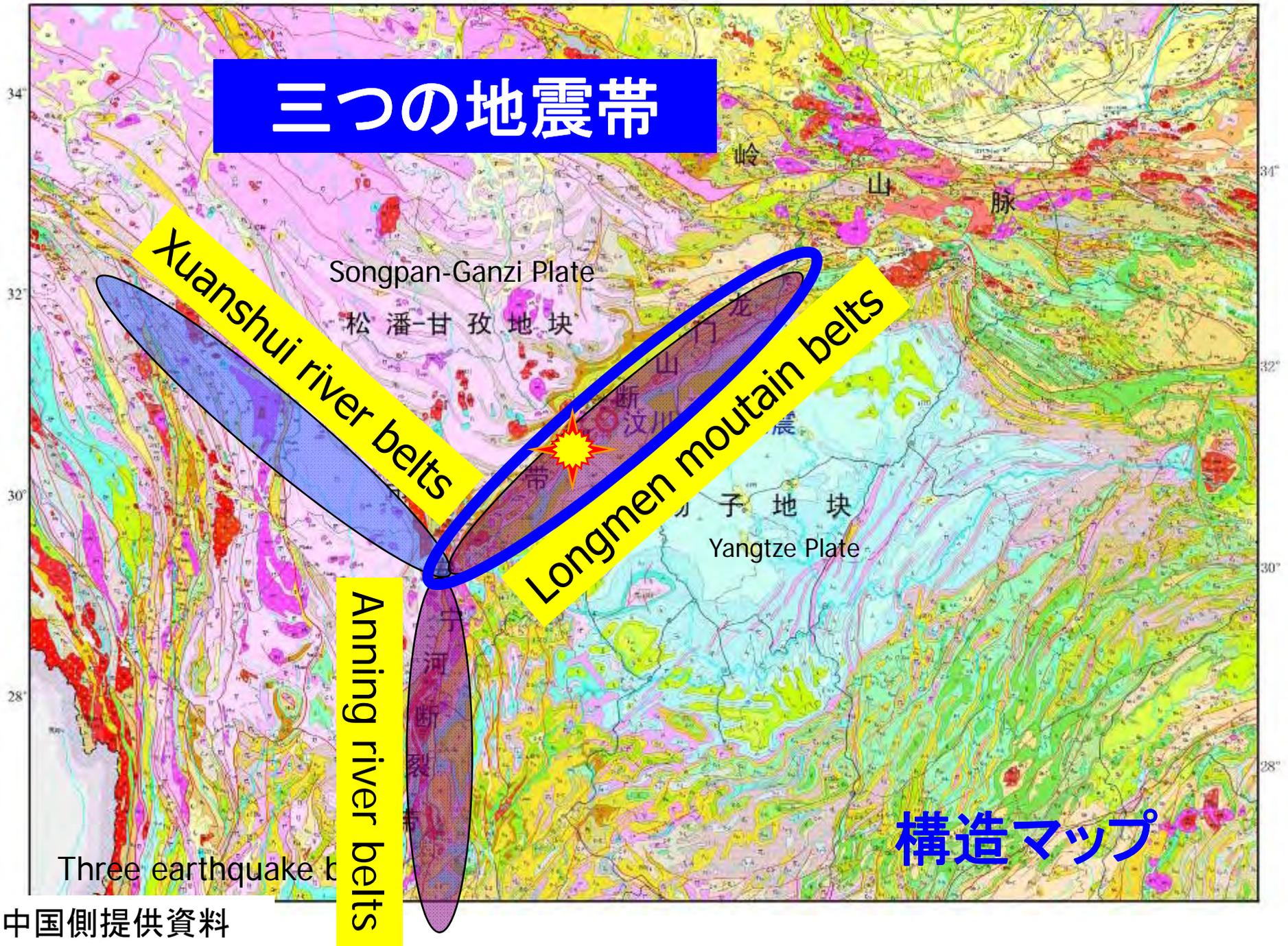




The S-N compressing of these two plates and the uprising of Tibet plateau results in the mass of Tibet Plated moving toward east and southeast along a serious big

中国側提供写真

三つの地震帯

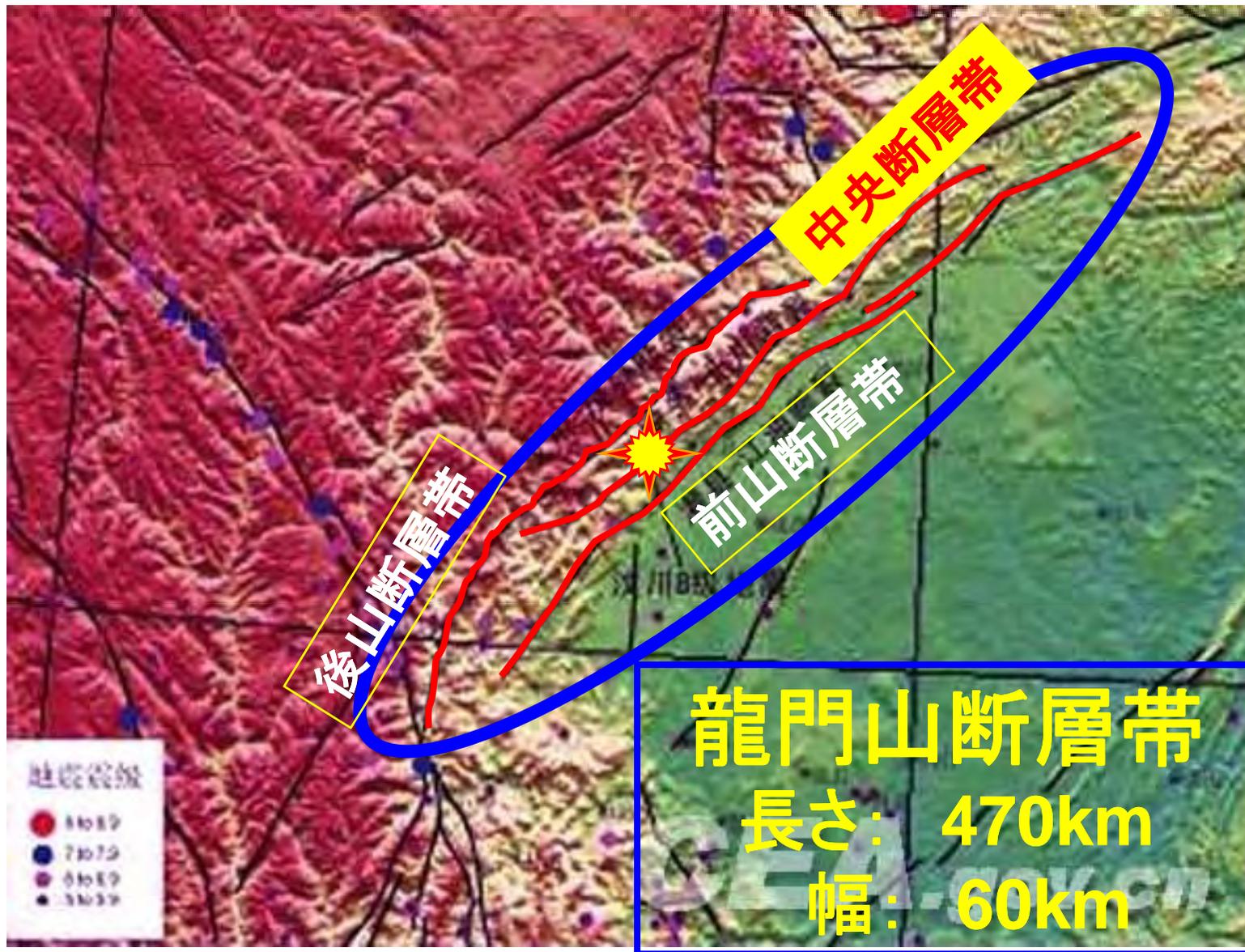


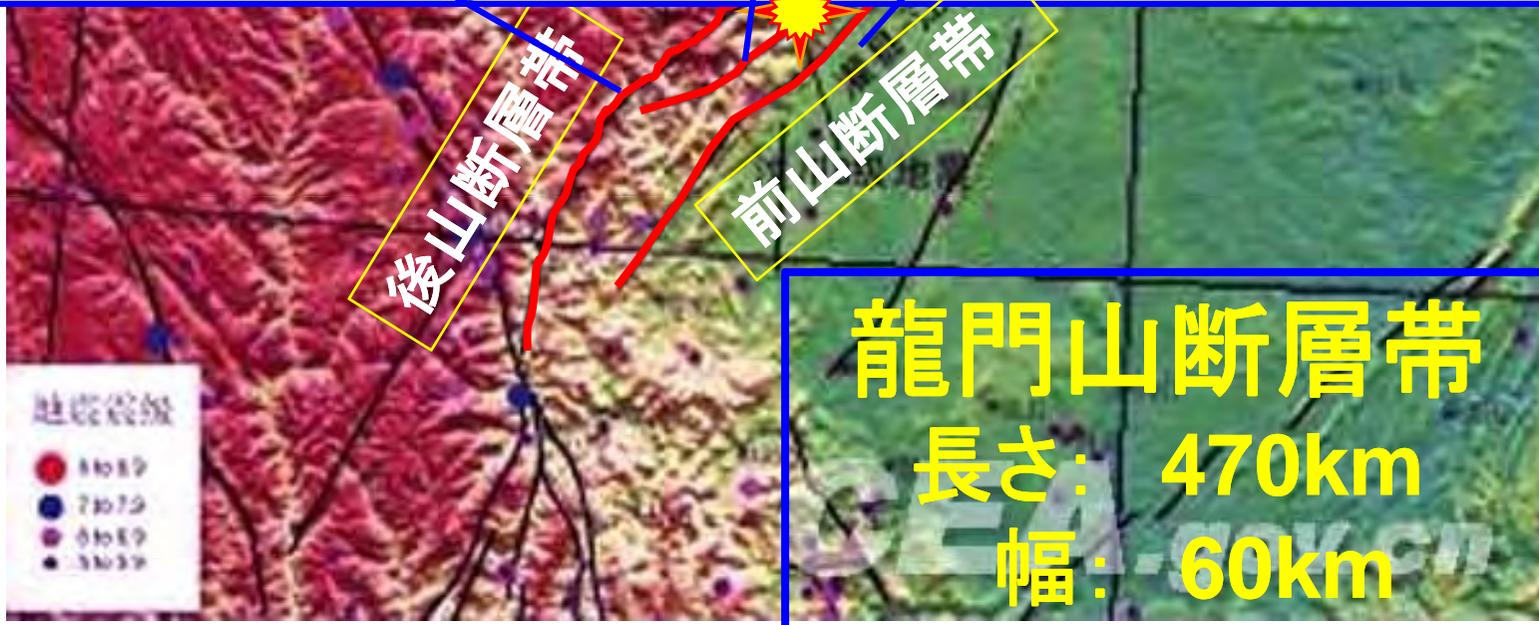
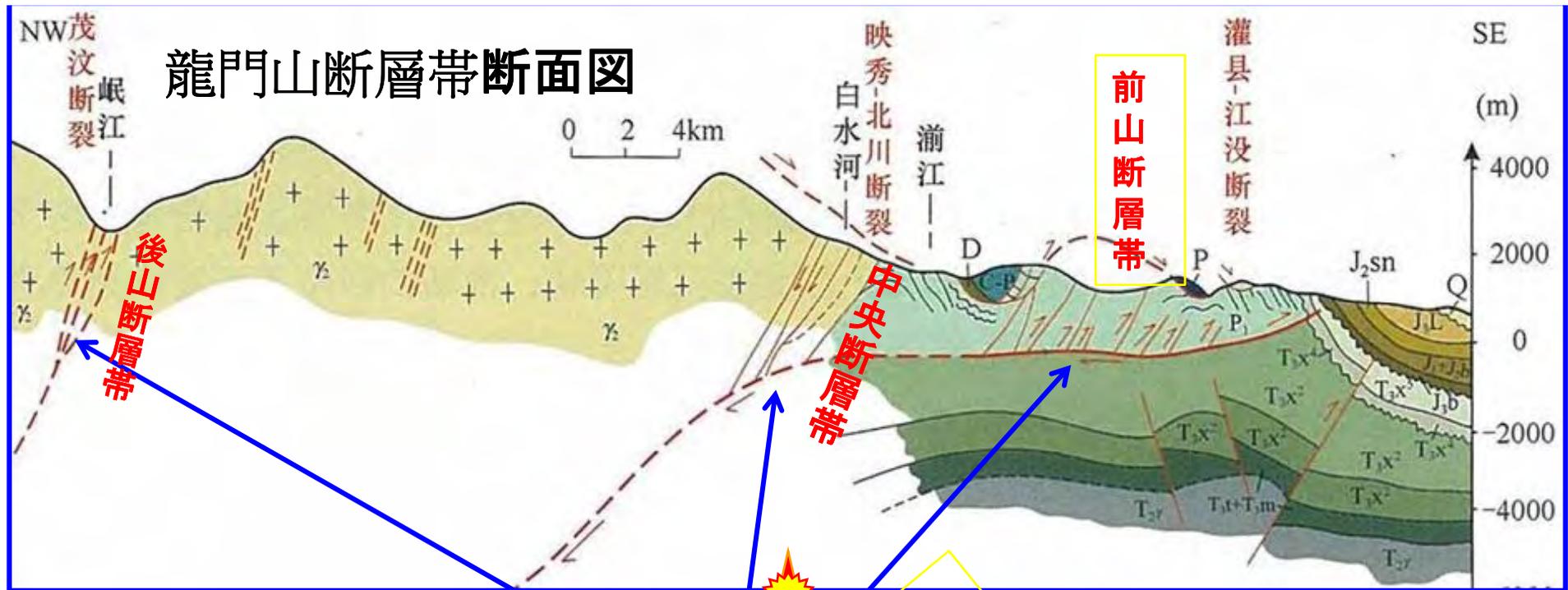
Three earthquake belts

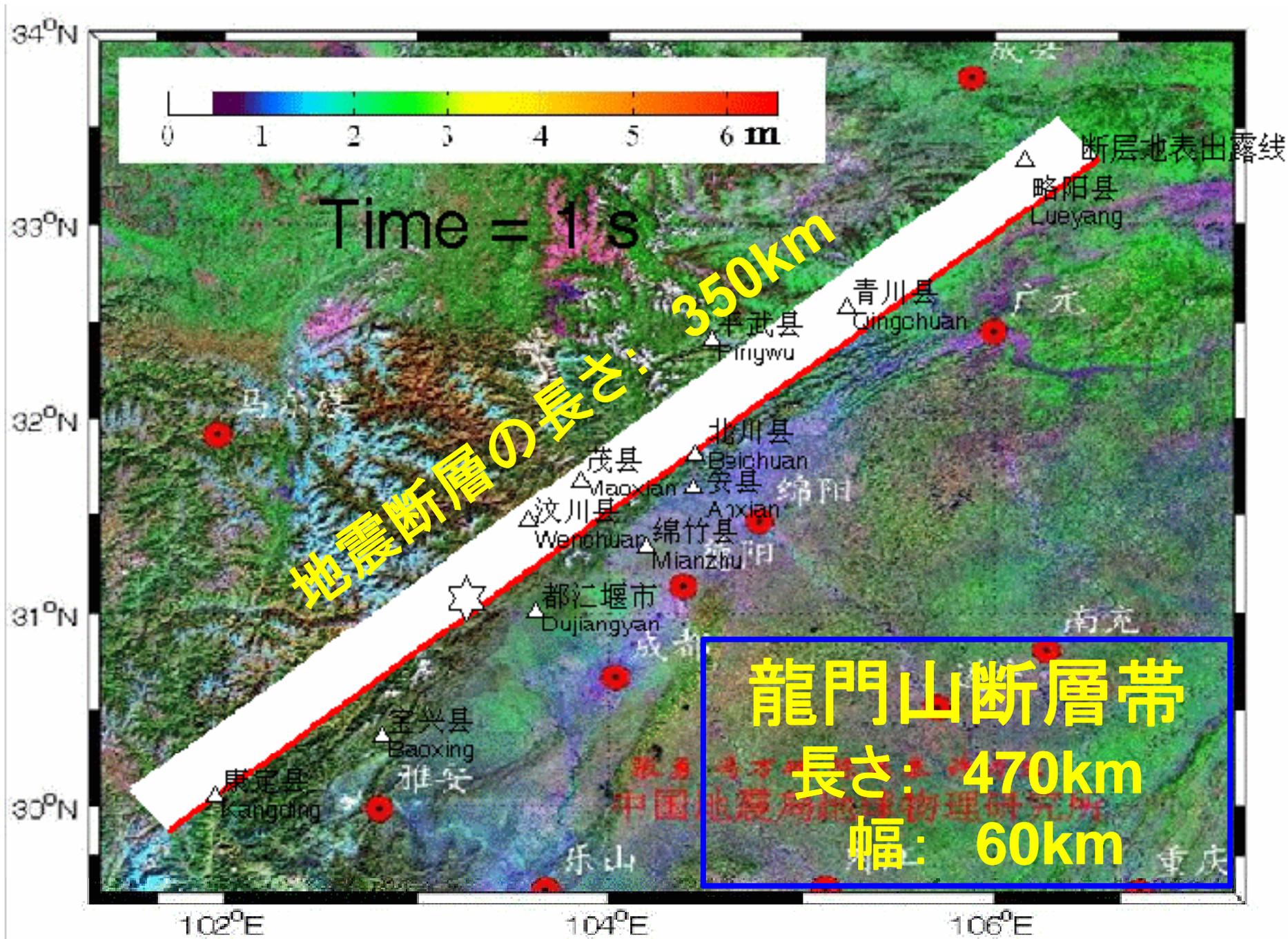
構造マップ

中国側提供資料

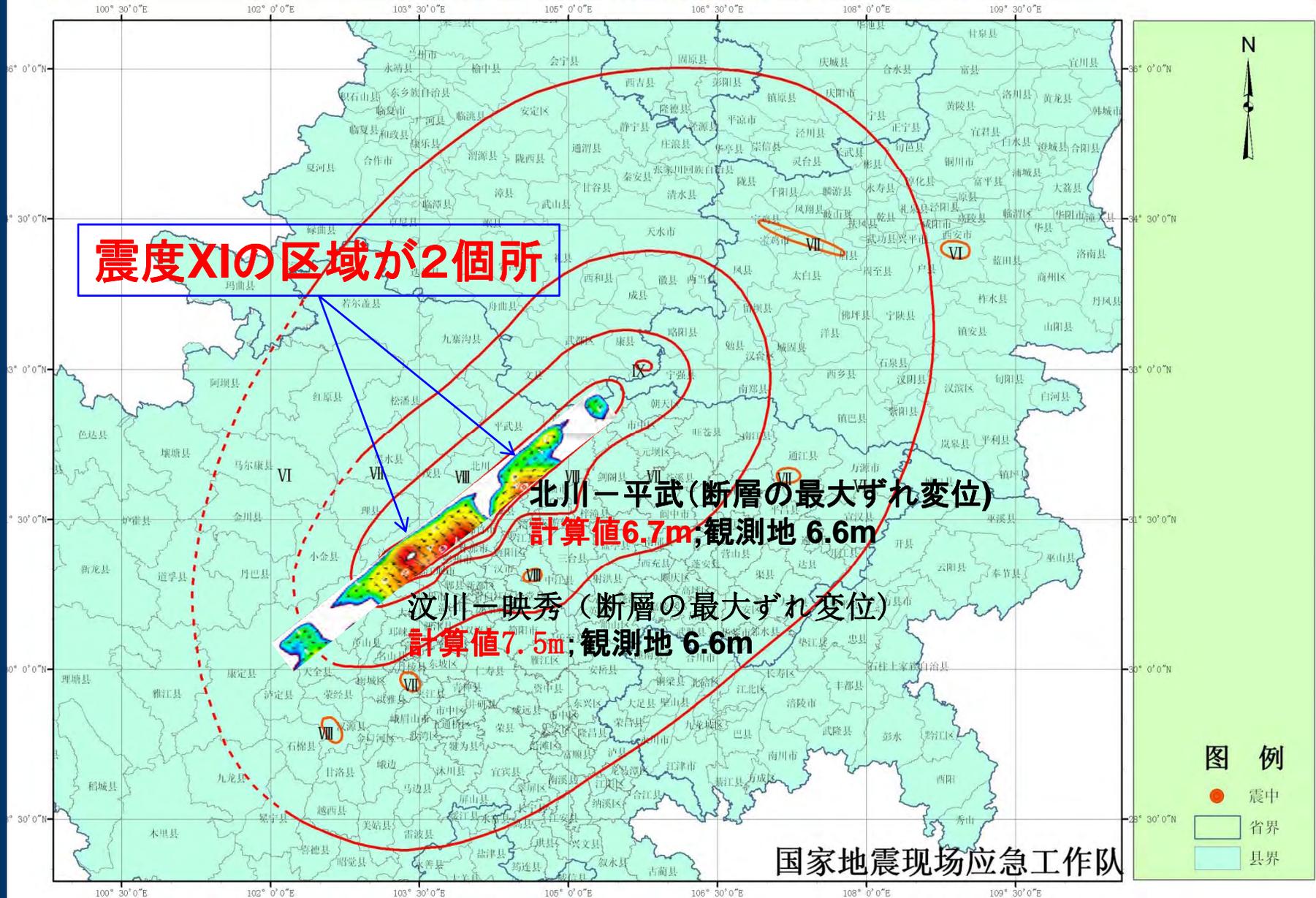
2008年5月12日汶川大地震Ms8.0の地質構造





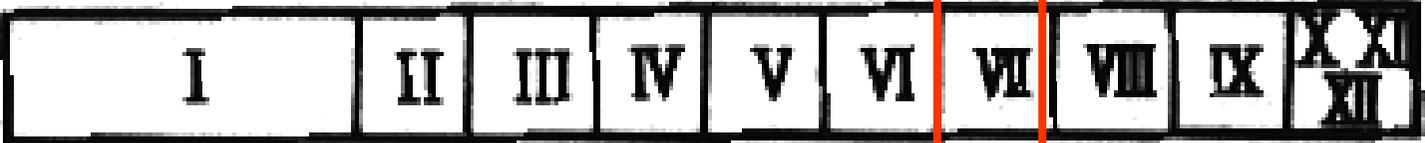


震度分布図、最大震度地域における最大断層ずれ変位



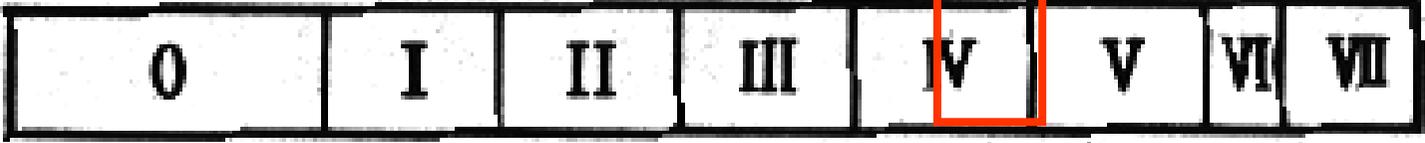
気象庁震度階級JMAと改正メルカリ震度階MMIとの関係

国際
中国

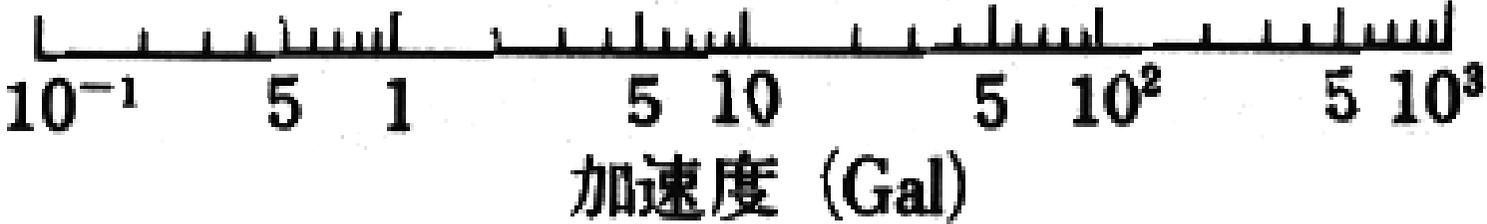


改正メルカリ震度階 MMI

日本



気象庁震度階 JMA



JMAの震度6はMMIの震度9と相当

四、汶川地震的成灾机理



都江堰虹口地震断层坎显示出逆冲-右旋运动，水平与垂直位移各**4.7m**

北川擂鼓镇赵家沟(走向 150°)沟头坪上二组，地震断层将冲沟西侧T2高阶地面断错，形成走向 60° 北高南低的断层陡坎，最大垂直错距 $(4.3 \pm 0.2)\text{m}$ ，破裂带较低阶地面要宽



镜向N



断層下盤

映秀断層

断層上盤

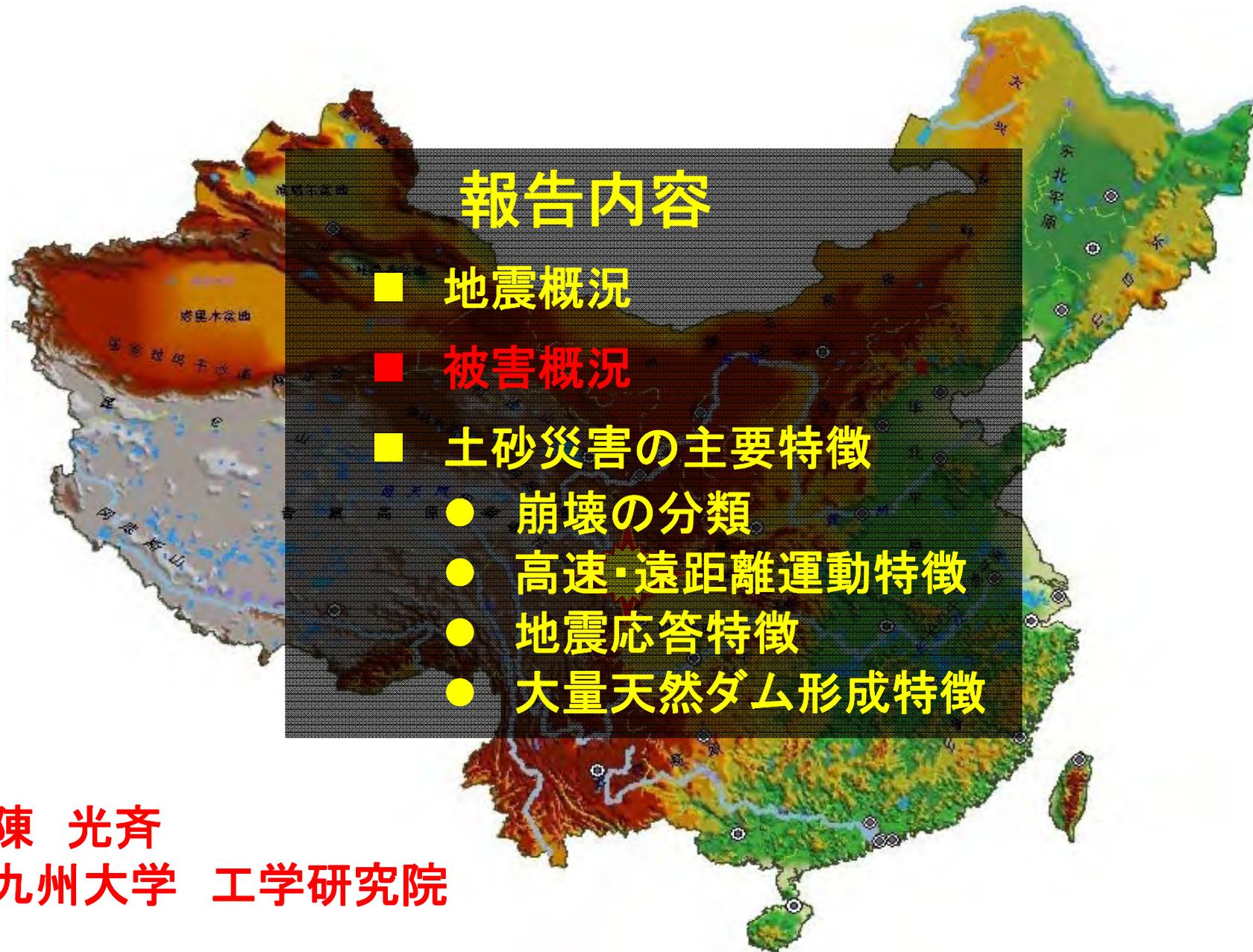


断層を通った場所は建物の倒壊が著しい（北川県所在地）



断層を通った場所は建物の倒壊が著しい（北川県所在地）

汶川大地震における土砂災害特徴について



陳 光齊
九州大学 工学研究院



住宅被害: 27.4%



学校や病院など住宅以外の
の建物被害: 20.4%

被災状況

死者・行方不明者: 87,149人

死者: 69226人

行方不明者: 17923人

直接経済損失: 8451億元
(> 13兆円)



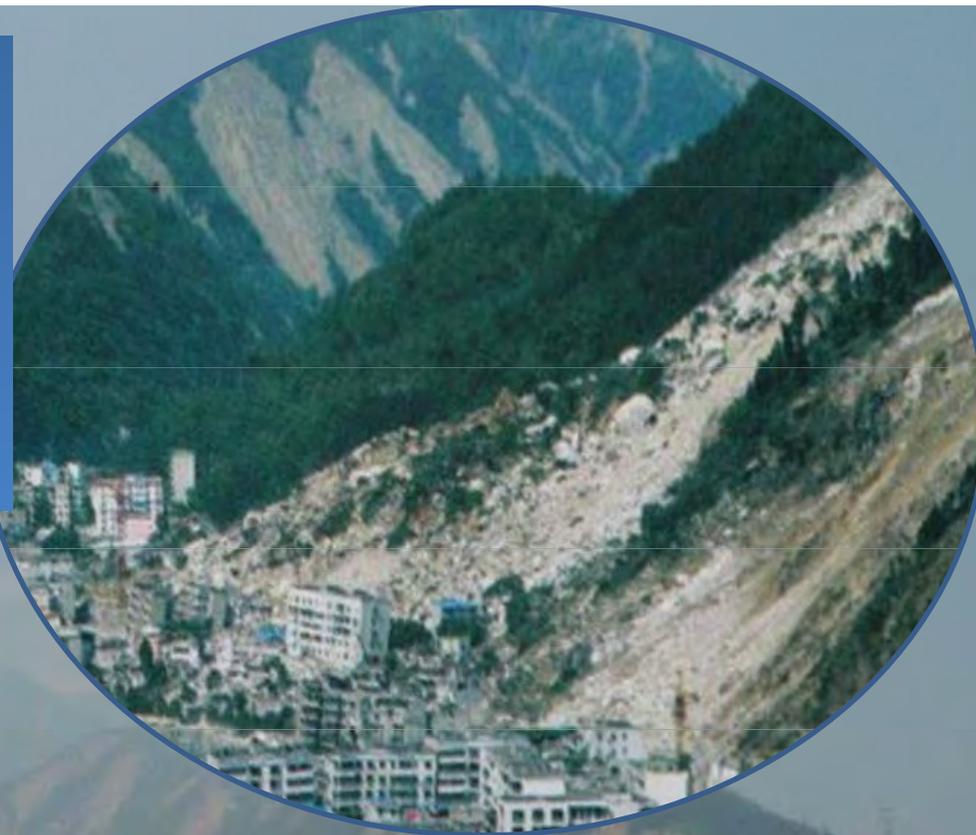
道路、橋およびライフラインの
被害: 21.9%



その他: 30.3%

総損失の中、1/3は2次災害
の土砂災害によるものである

即ち、土砂災害による損失：
2817億円(4.3兆円)





2008年5月12日中国四川大地震M8.0による

土砂災害概況

- ◆ 崩壊箇所： 50,000個所以上
- ◆ 市、村に対する脅威がある崩壊： 4,000個所以上



航空写真で既
確認:7136個所

土砂災害概況

滑坡

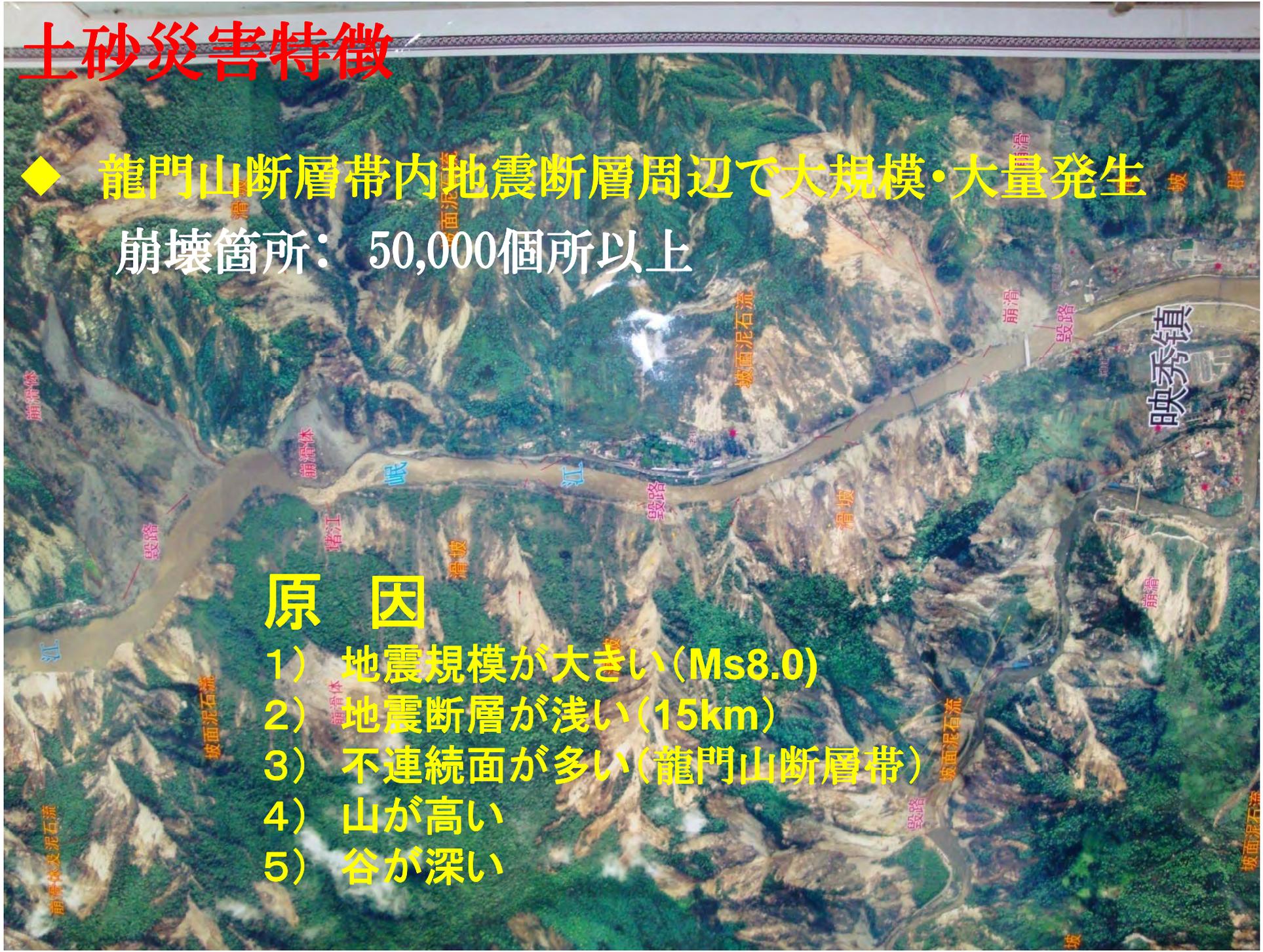
◆ 崩壊箇所: 50,000個所以上

土砂災害特徴

- ◆ 龍門山断層帯内地震断層周辺で大規模・大量発生
崩壊箇所：50,000個所以上

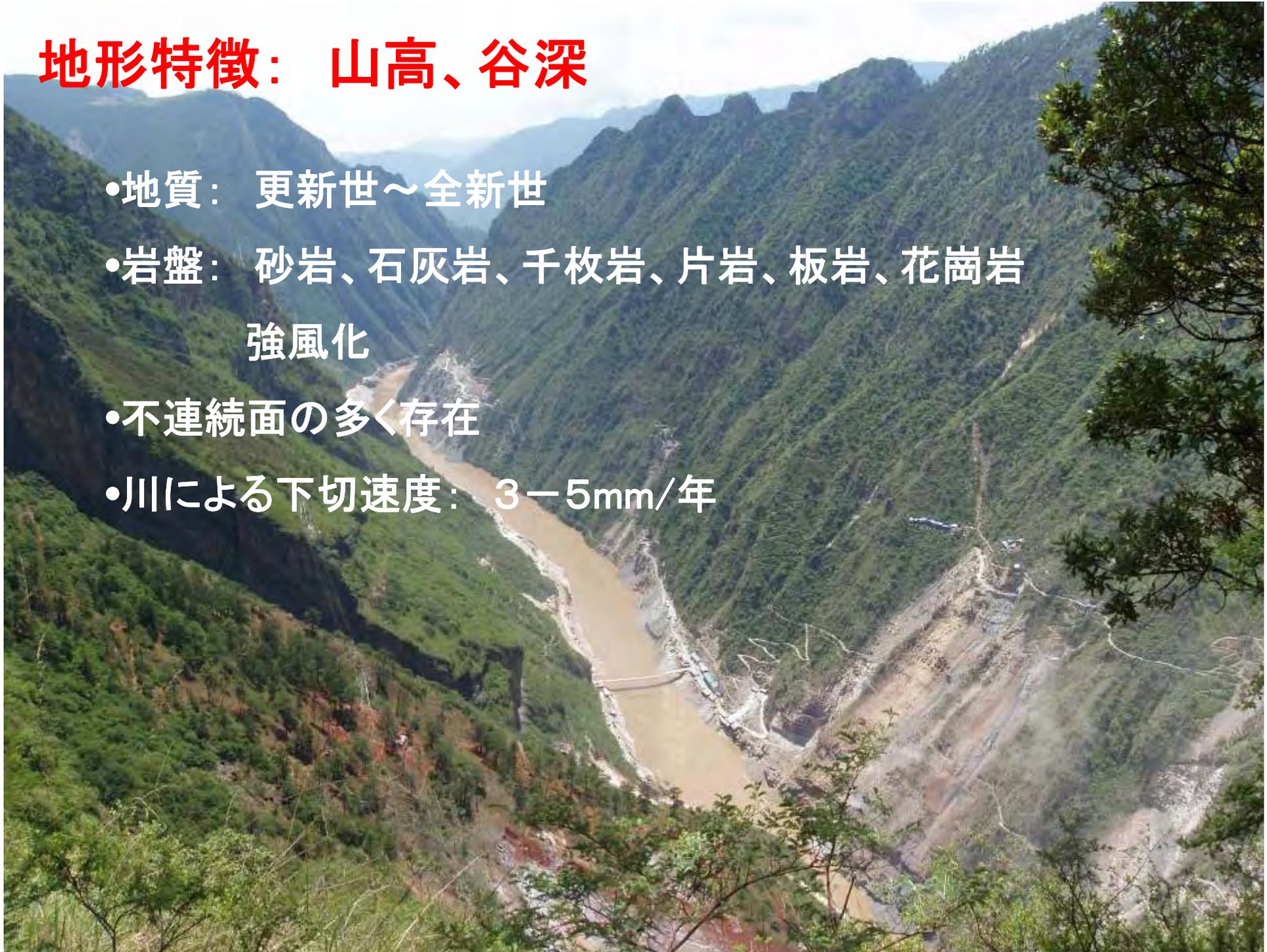
原因

- 1) 地震規模が大きい(Ms8.0)
- 2) 地震断層が浅い(15km)
- 3) 不連続面が多い(龍門山断層帯)
- 4) 山が高い
- 5) 谷が深い

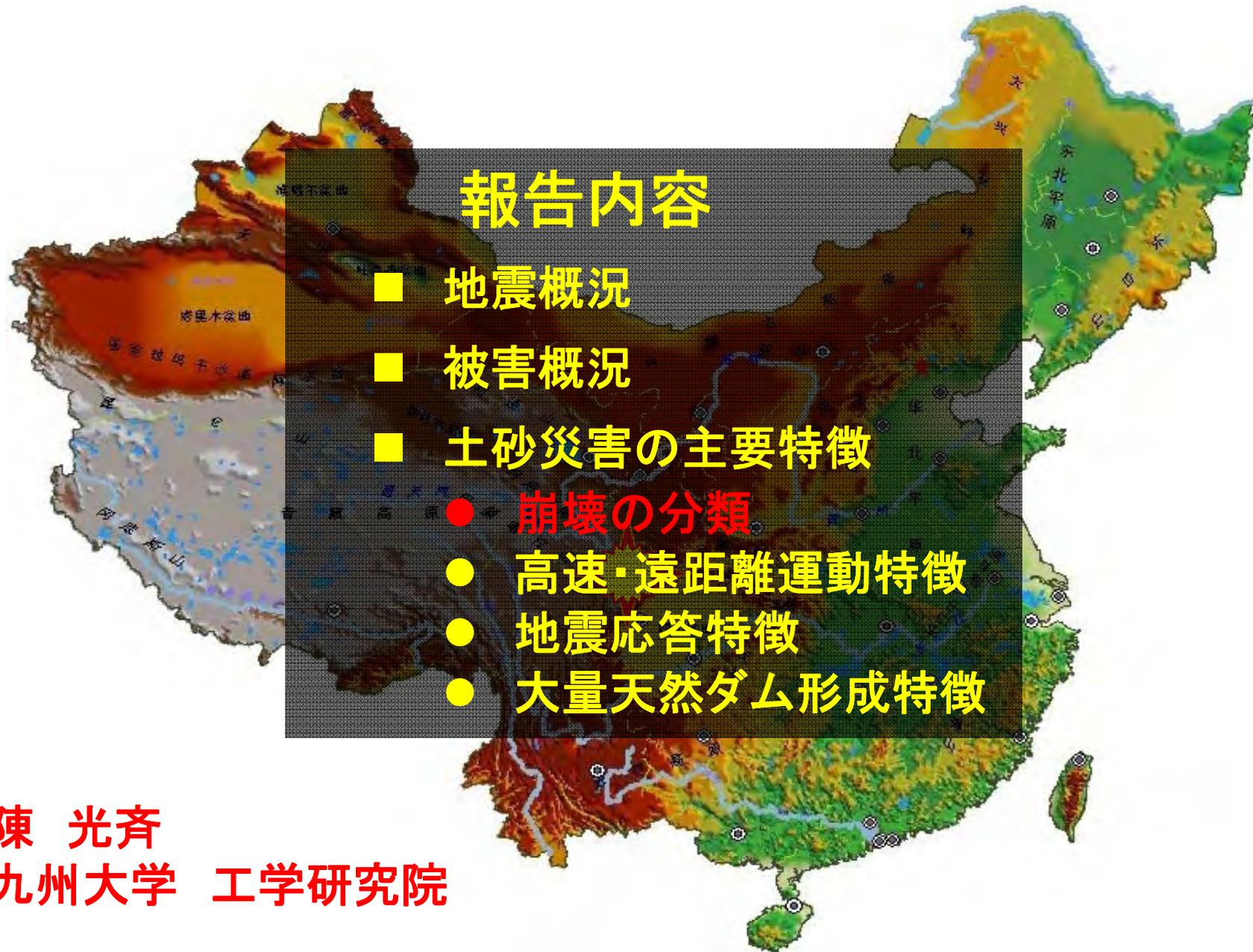


地形特徴：山高、谷深

- 地質：更新世～全新世
- 岩盤：砂岩、石灰岩、千枚岩、片岩、板岩、花崗岩
強風化
- 不連続面の多く存在
- 川による下切速度：3—5mm/年



汶川大地震における土砂災害特徴について



陳 光齊
九州大学 工学研究院

斜面崩壊の分類

- ① Breach Slide Type (深層地すべり型)
- ② Breach Collapse Type (深層崩壊型)
- ③ Ejection Type (飛び出し崩壊型)
- ④ Skinning Type (表層崩壊型)
- ⑤ Shattering Type (震裂山体)

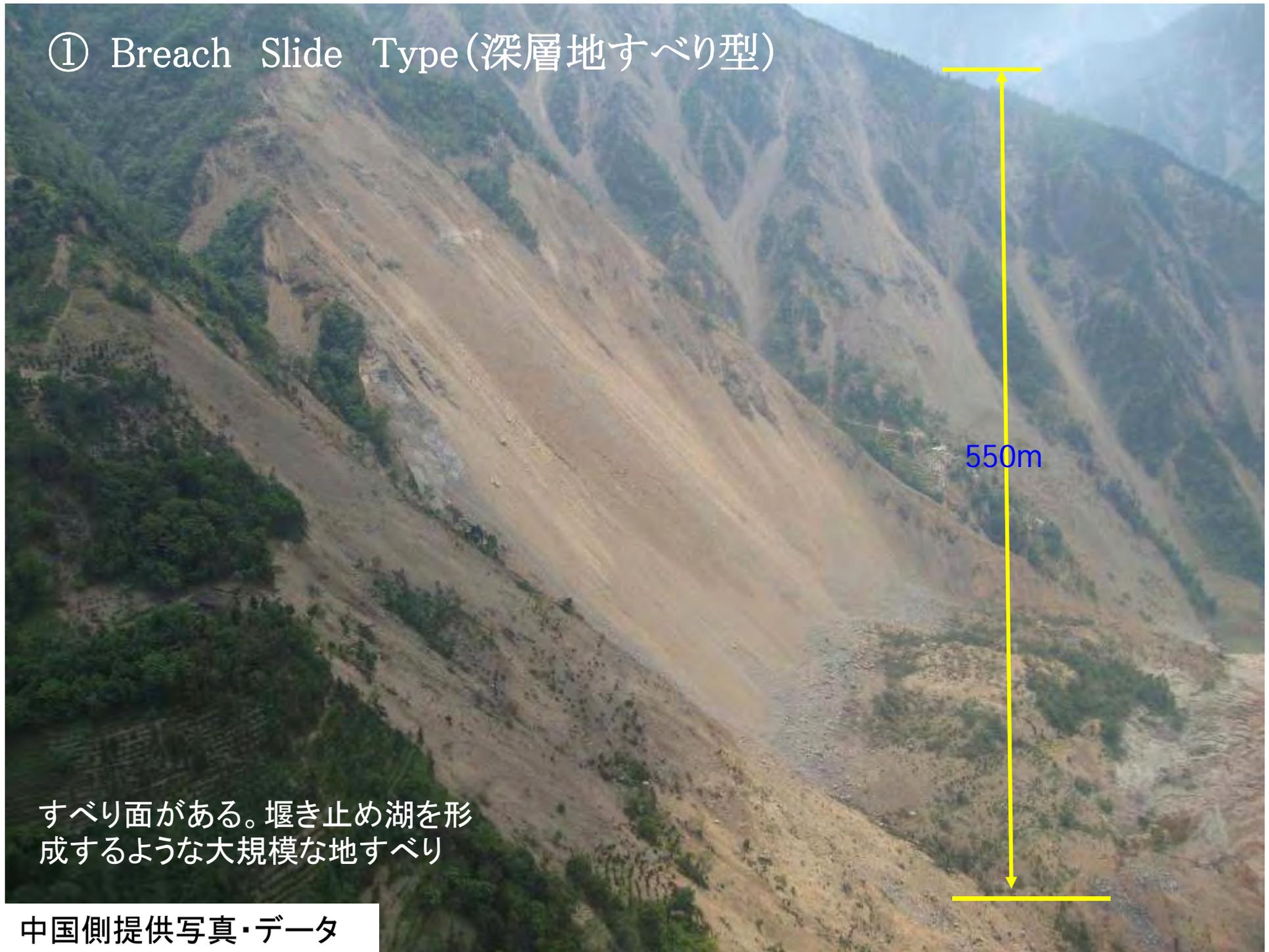
参考： 成都理工大学黄潤秋教授の提案

① Breach Slide Type (深層地すべり型)

550m

すべり面がある。堰き止め湖を形成するような大規模な地すべり

中国側提供写真・データ



① Breach Slide Type
(深層地すべり型)



中国側提供写真・データ

② Breach Collapse Type
(深層崩壊型)



硬質・多亀裂性岩盤などが大規模に崩壊するもので、すべり面が無いのが特徴

② Breach Collapse Type (深層崩壊型)

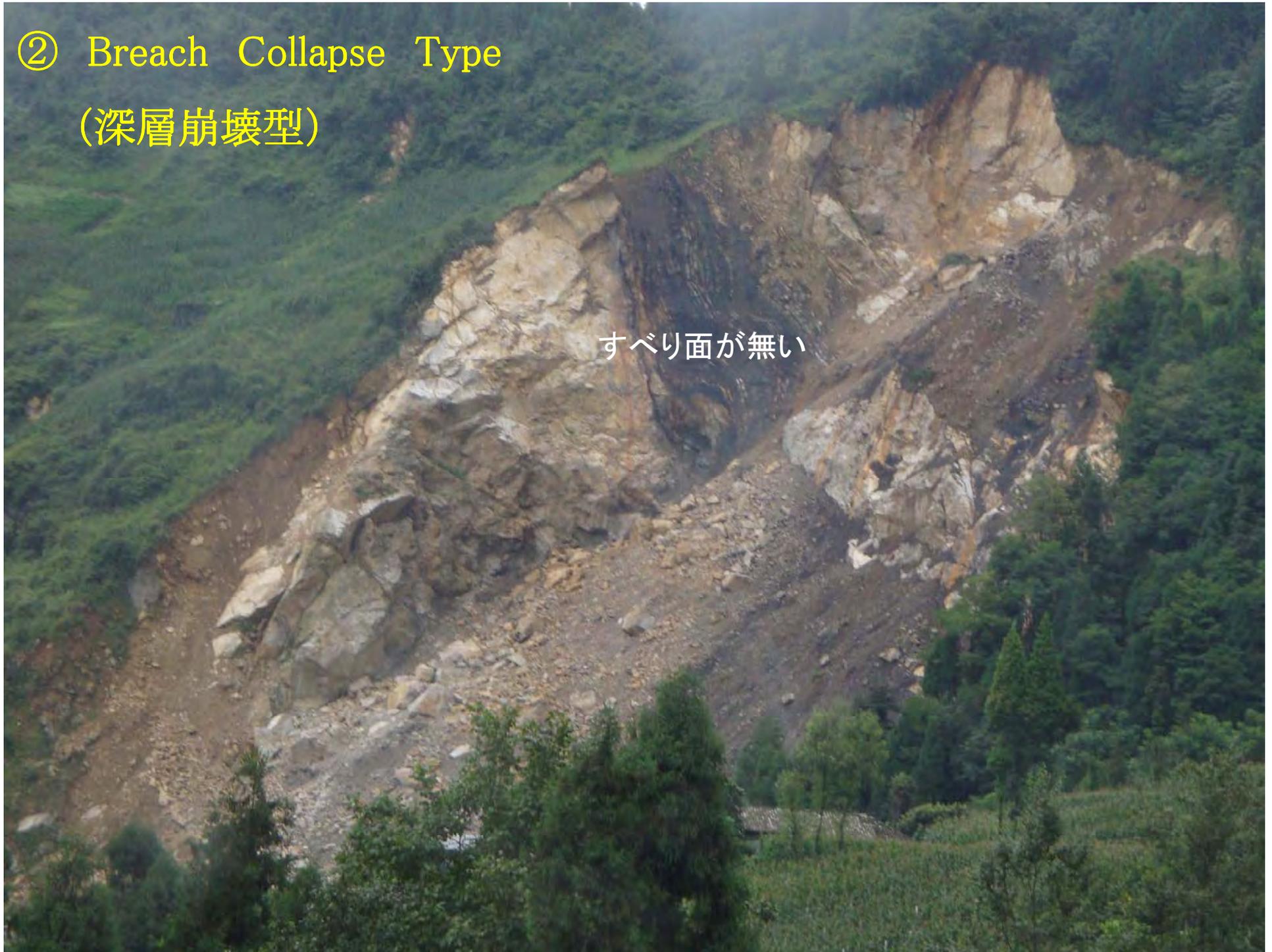
硬質・多亀裂性岩盤などが大規模に崩壊するもので、すべり面が無いのが特徴



② Breach Collapse Type

(深層崩壊型)

すべり面が無い



③ Ejection Type
(飛び出し崩壊型)



地震による強烈な水平力を受け、岩盤
や岩塊の一部が放物線のように飛び出
すような崩壊・崩落



A large, rectangular rock formation, approximately 5m x 5m x 2m, is the central focus of the image. It is a dark, reddish-brown color and has a flat top. The rock is positioned on a rocky, uneven ground. In the background, there is a wide river or valley with a bridge, and mountains in the distance. A car is partially visible on the right side of the image. The sky is clear and blue.

(5m × 5m × 2m)
約1/4が地面に突
き刺さっている



傍を通っているときの写真

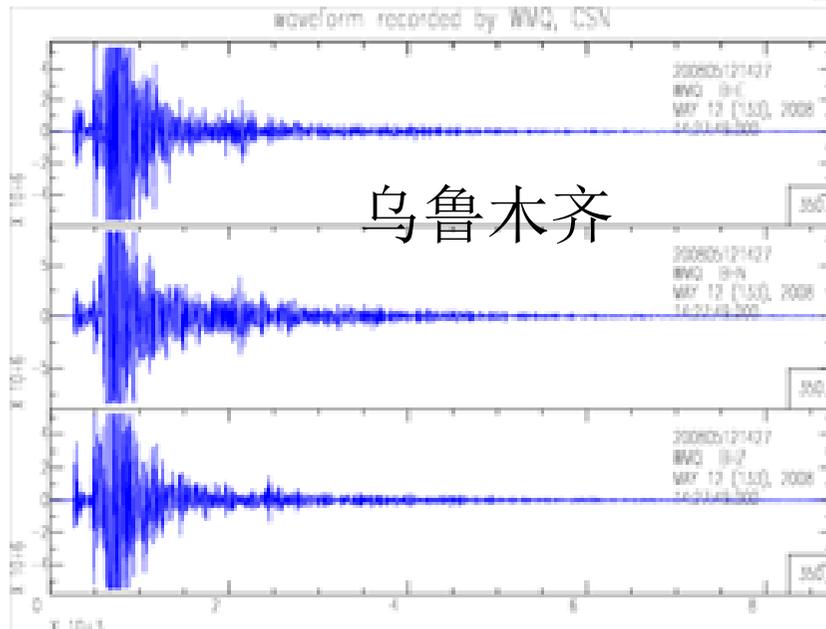
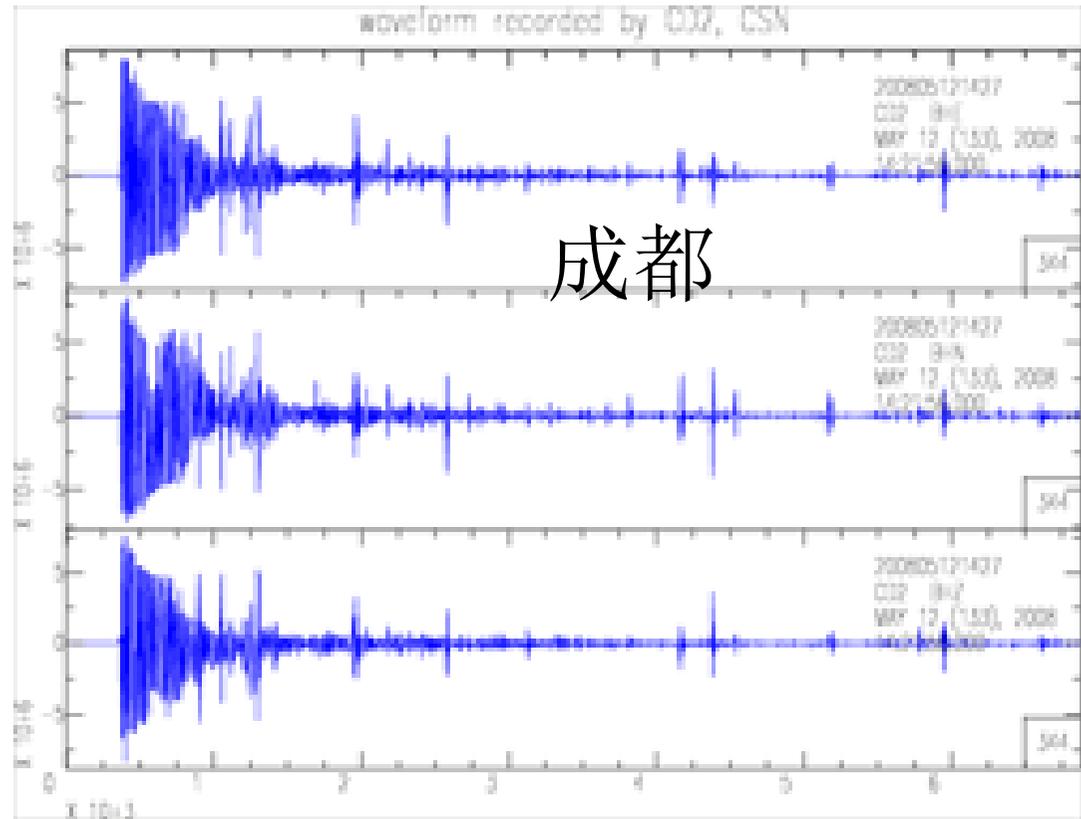
③ Ejection Type (飛び出し崩壊型)



中国側提供写真

地震波（加速度）

最大振動幅は
最初に発生



地震動で激発された
水平初期速度が大きい

④ Skinning Type (表層崩壊型)

尾根部がすべて肌落ちして平滑な直線斜面と化している斜面

V字谷の両岸斜面は勾配が急で表層の風化残積土層が地震動で崩落した。



④ Skinning Type (表層崩壊型)

- 軟弱な千枚岩・板岩は広範囲の表層崩壊、植生破壊、坊主頭になった

六月二八日現在
斜面崩壊後の茂县县城

中国側提供写真



⑤ Shattering Type (震裂山体)

今回の地震動で崩壊
寸前までになった不安
定な斜面



⑤ Shattering Type (震裂山体)



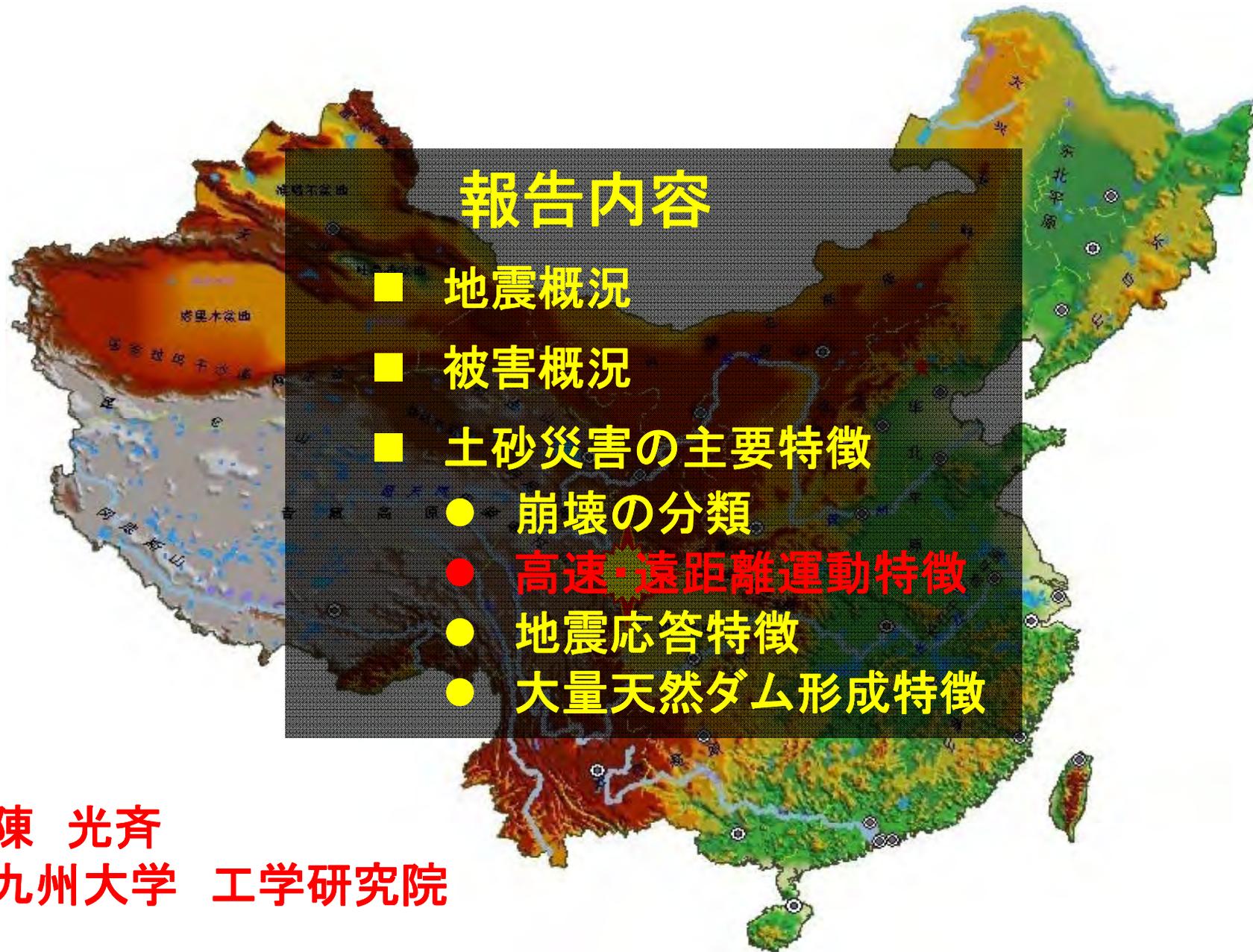
今回の地震動で崩壊寸前までになった不安定な斜面

⑤ Shattering Type (震裂山体)

今回の地震動で崩壊した岩屑・岩塊が堆積で形成された不安定な斜面



汶川大地震における土砂災害特徴について



報告内容

- 地震概況
- 被害概況
- 土砂災害の主要特徴
 - 崩壊の分類
 - 高速・遠距離運動特徴
 - 地震応答特徴
 - 大量天然ダム形成特徴

陳 光齊
九州大学 工学研究院

高速移動、遠距離移動

崩壊頭部

崩壊によって3つの集落が呑み込まれ、
今も400名以上の方々が土砂の下に行方
不明である。堆積土石深さ60～100m



地震前



ここは土砂災害
危険地とは思わ
なかった

高速移動、遠距離移動

地元の住民: 高速で移動して来た土石が地下から湧いてきたと信じている。

根拠:

- ① 目撃者
- ② 土石が非常に熱かった
(足が踏むことができない状態)

崩壊頭部



目撃者

あっという間に土石が高くなってきた。

地元の住民: 遠い山の斜面崩壊から移動してきたという我々の説明に対してとても信じられないといった様子で首を振った。

東河口地すべり

崩壊土石の衝撃によつて樹木が削り取られた

写真の撮影方向



案内人





日本の土砂災害警戒区域

急傾斜地： < 50m

下端から急傾斜地高さの2倍(50mを超える場合は50m)以内

地滑り： < 250m

下端から、地滑り地塊の長さに相当する距離(250mを超える場合は、250m)の範囲内の区域

東河口斜面崩壊：
移動距離 > 1000m

高速移動、遠距離移動

移動距離 > 1000m

- 地震動で激発された水平初期速度が大きい
- 80sの振動期間に継続加速
- エアークッション(air cushion)効果

日本で同様の現象が発生可能か？

日本では土砂災害警戒区域の設定はこのような地震が想定外であるので、大変危険！！

航空写真

崩壊頭部

支川

200m

吊橋

本川

東河口地すべりによる堰き止めダム

石板溝地すべりによる堰き止めダム





東河口地すべりおよび堰き止め湖

銀廠溝の事例

➤ 高速移動、遠距離移動



銀廠溝の事例

- 高速移動、遠距離移動

堆積厚さ： 20m～70m



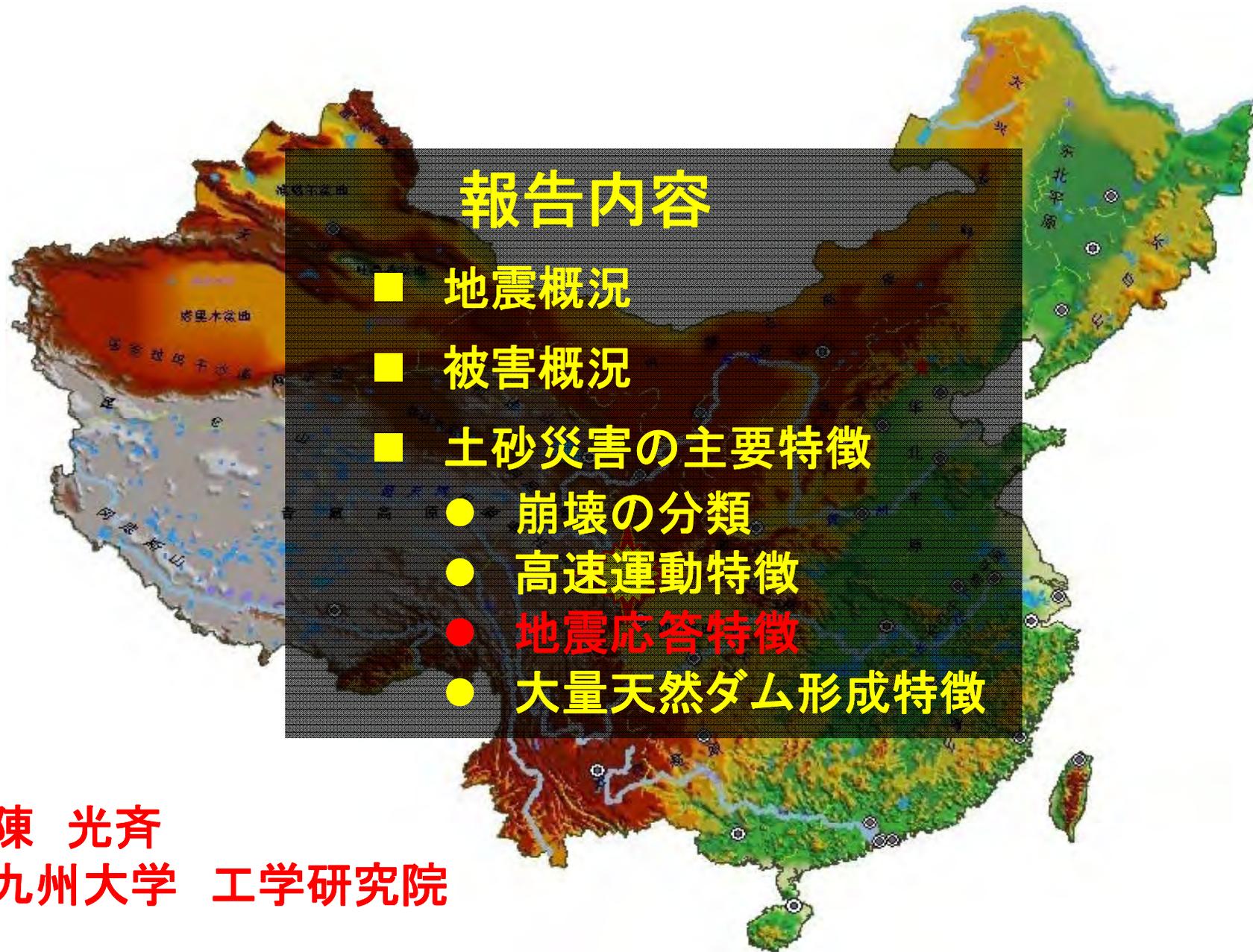
銀廠溝の事例

➤ 高速移動、遠距離移動

崩壊部
で堆積し
ない



汶川大地震における土砂災害特徴について



陳 光齊
九州大学 工学研究院

- 地震応答特徴

狭窄型山は崩壊しやすい



● 地震応答特徴

孤立型山は崩壊しやすい



川による振動減衰の効果がある？

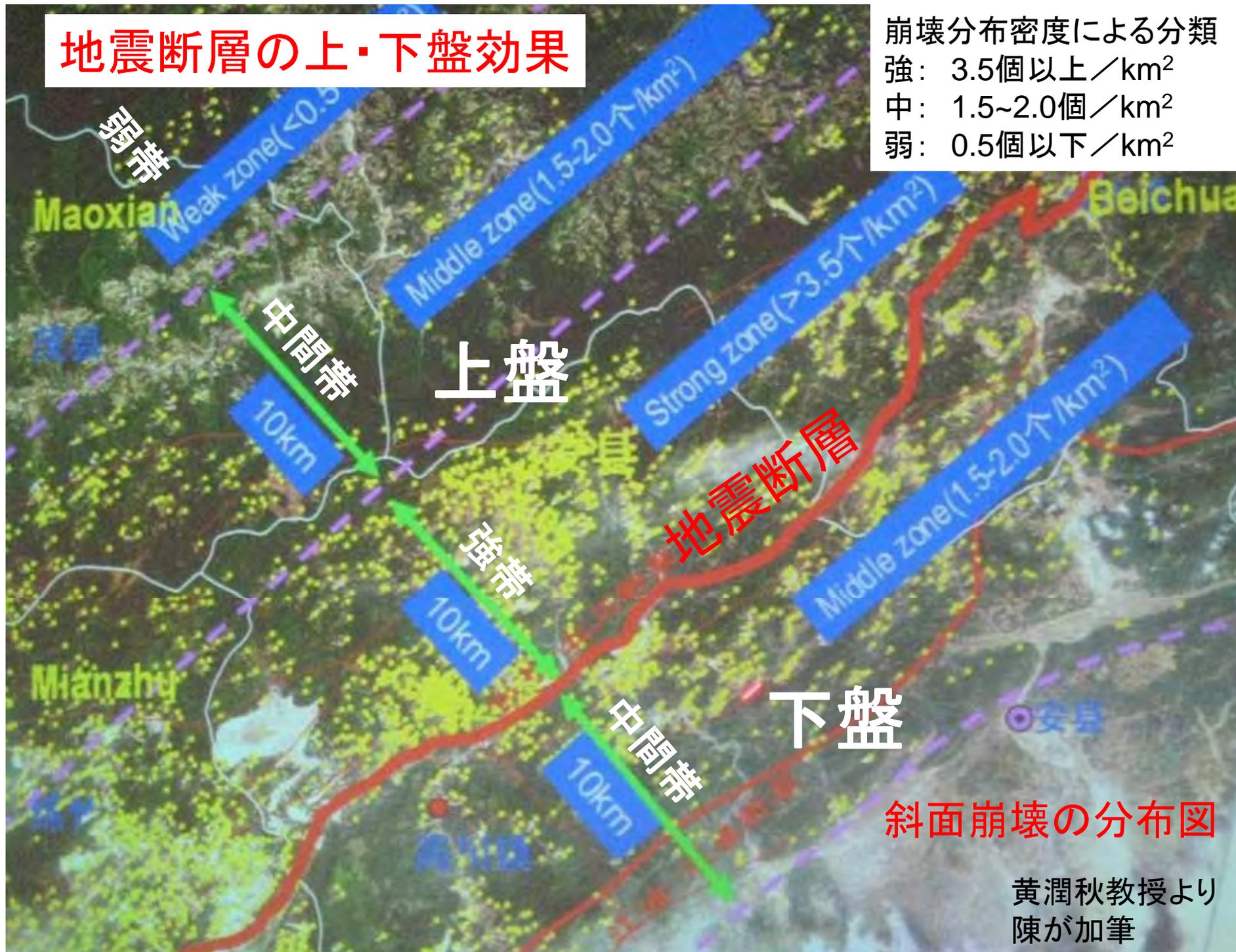
震源側は斜面崩壊が多い

反対側の斜面は崩壊が少ない

姚先生の調査結果
11本の川の内8本は減衰
明瞭、反対ケースなし

地震断層の上・下盤効果

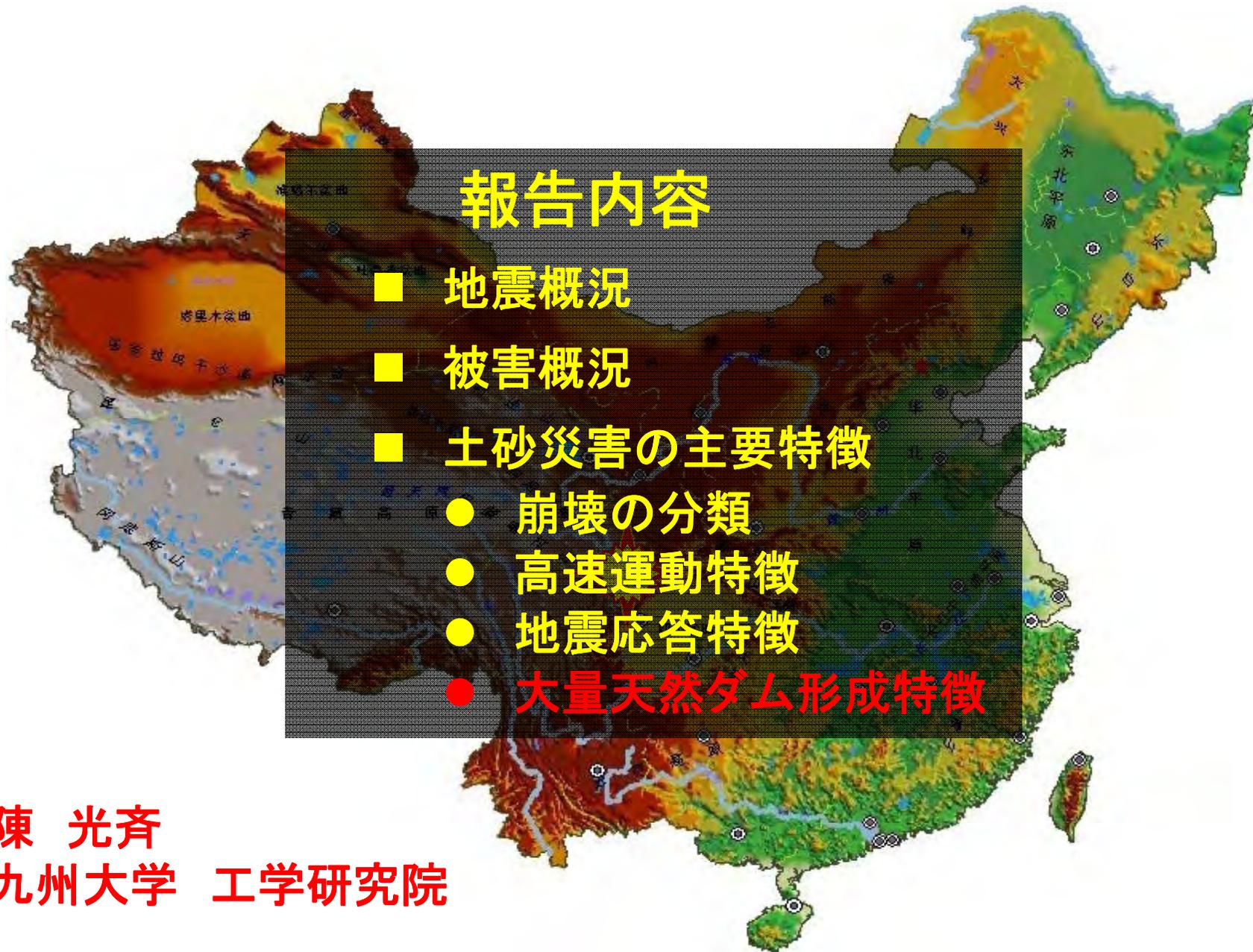
崩壊分布密度による分類
強: 3.5個以上/km²
中: 1.5~2.0個/km²
弱: 0.5個以下/km²



斜面崩壊の分布図

黄潤秋教授より
陳が加筆

汶川大地震における土砂災害特徴について



報告内容

- 地震概況
- 被害概況
- 土砂災害の主要特徴
 - 崩壊の分類
 - 高速運動特徴
 - 地震応答特徴
 - 大量天然ダム形成特徴

陳 光齊
九州大学 工学研究院



斜面崩壊特徴



◆ 3次災害の堰き止めダム(湖): 34箇所
(大きな川を対象)



被害例：唐家山堰き止めダム

崩壊部

撮影方向

。唐家山

水没された村

水没された北
川市街地

。茅坝

Image © 2008 TerraMetrics
© 2008 Europa Technologies

Google

北川县人民政府 © 北川

唐家山堰き止めダム



。唐家山

。茅坝

北川羌族自治县 。

北川县

唐家山堰き止めダム

550m

An aerial photograph of the Tangjia Shan dam site. The image shows a large, steep, brownish-grey slope, likely composed of sediment or rock, leading down to a river valley. A yellow double-headed vertical arrow on the right side of the image indicates a height of 550 meters from the river level to the top of the dam structure. The surrounding area is a mix of brown earth and green vegetation.

中国側提供写真・データ

唐家山堰き止めダム

611.8m

803.4m

ダム高さ: 82.65m

ダム体積: 2037万m³

中国側提供写真・データ



唐家山地滑りよる堰き止めダム(湖)

地震の2日間後

上流被害



May 14, 2006

中国側提供写真

唐家山地滑りよる堰き止めダム(湖)

地震の3日間後

上流被害

May 15, 2008



唐家山地滑りよる堰き止めダム(湖)

地震の1週間後

上流被害



May 19, 2008

中国側提供写真

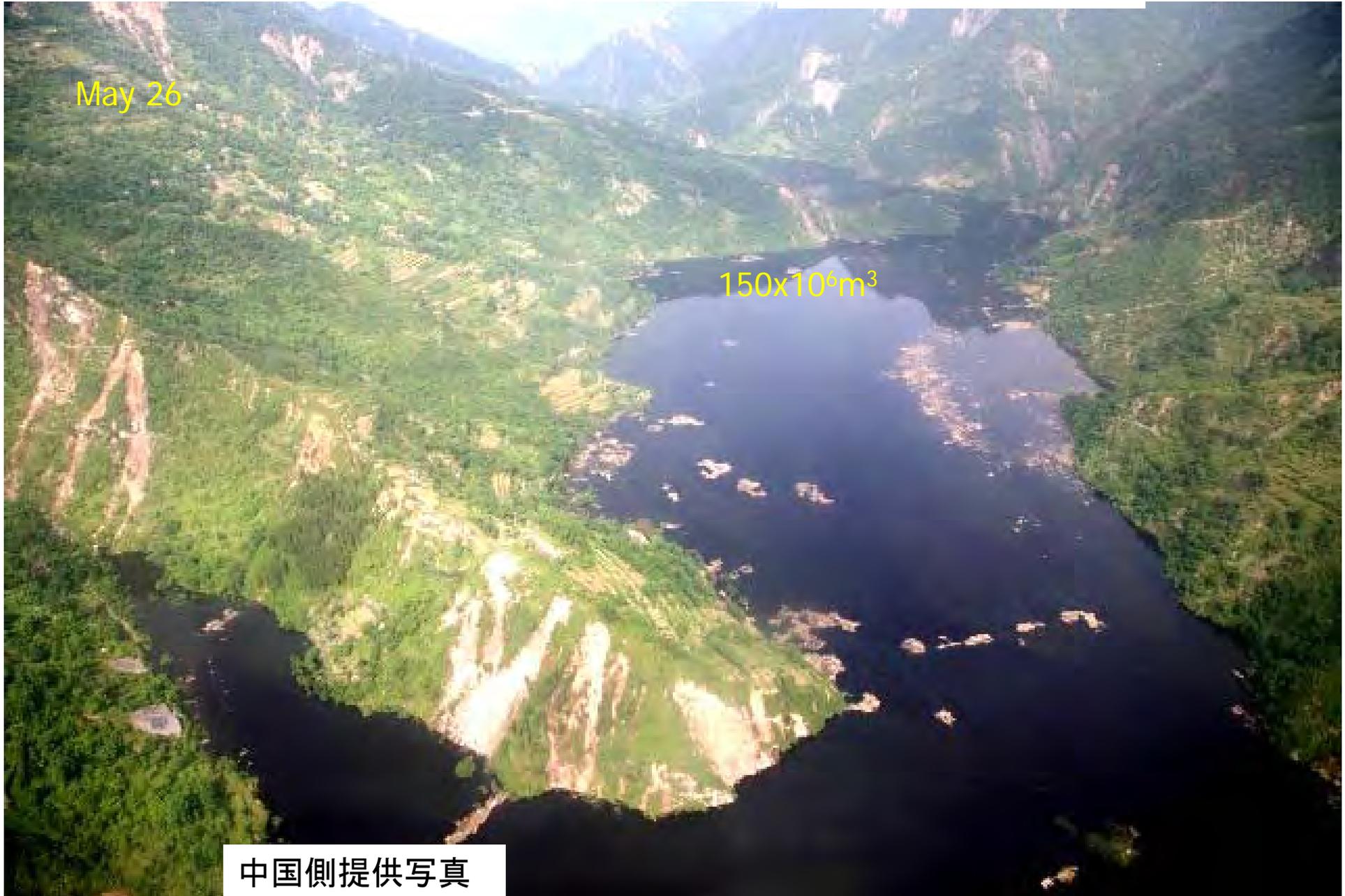
唐家山地滑りよる堰き止めダム(湖)

地震の2週間後

May 26

$150 \times 10^6 \text{m}^3$

中国側提供写真



唐家山堰き止めダム



。唐家山

。茅坝

北川县城

中国側提供写真

北川羌族自治县 。

北川县

Image © 2008 TerraMetrics

地震直後



上流被害

唐家山地滑りによる堰き止めダム(湖)による北川县城の浸水様子

北川县城



县城：县政府所在地

中国側提供写真

唐家山地滑りよる堰き止めダム(湖)

上流被害



北川县城

唐家山地滑りよる堰き止めダム(湖)による下流被害予想



Mianyang city, 80km downstream 危険に曝されている都市:綿陽市

綿陽市
100万以上の住民が強制避難された



中国側提供写真

唐家山地滑りよる堰き止めダム(湖)

避難中



中国側提供写真

唐家山地滑りよる堰き止めダム(湖)



軍隊による排水作業

中国側提供写真

June 10
6000m³/s

中国側提供写真



課題

1. 高速・遠距離移動のメカニズムの解明
2. 土砂災害警戒区域の再検討
3. 天然ダムの形成条件の解明と検討
4. 天然ダムの安定性評価手法の確立

ご静聴、有難うございました

