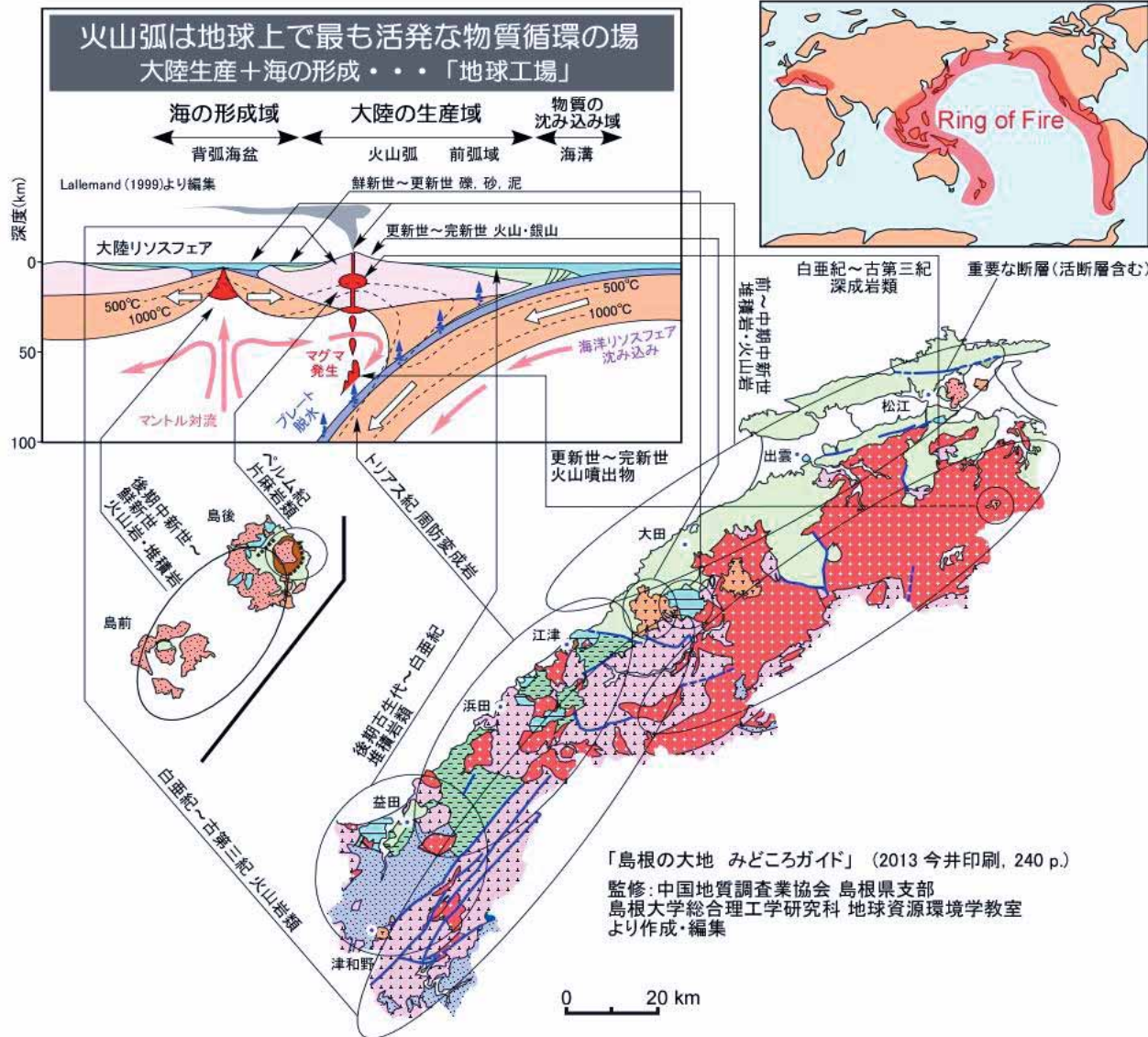


# 花崗岩の風化度に関する研究 ～特に化学的な解析～

亀井淳志

# 沈み込みシステム全容解明 ☆島根からの挑戦☆

## そして、火山弧で起こる災害要因解明へ



島根県土木部砂防課

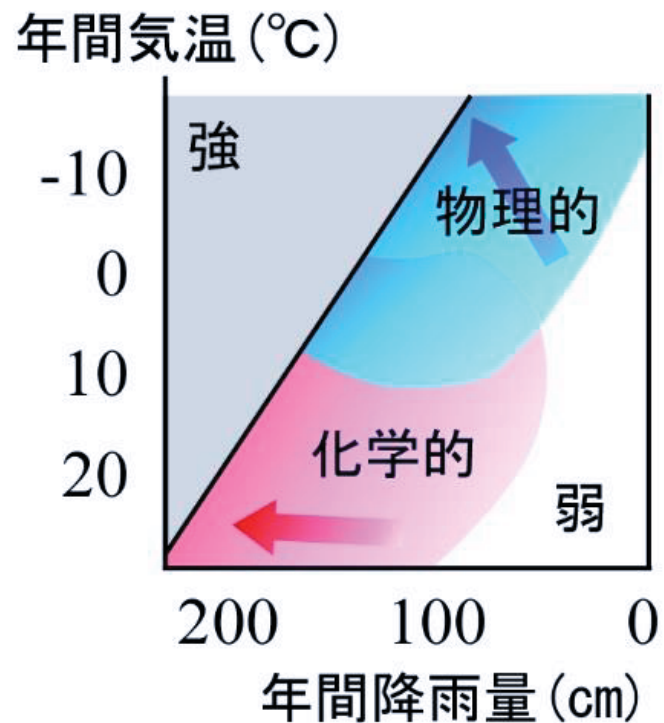
花崗岩マサ土の崩落

### 本日の内容

岩石学・地球化学(理学)の  
応用研究例:

花崗岩の風化度に関する研究  
(福島県 阿武隈花崗岩)

# 岩石の風化作用



気象と岩石風化の関係  
(Pelitier, 1950)



日本の岩石風化は基本的に  
「水—岩石 化学反応」で進む

# 花崗岩の化学的風化研究（依頼をうける）

## ●地球の環境史研究 (Nesbitt and Markovics, 1997; Panahi et al., 2000 など)

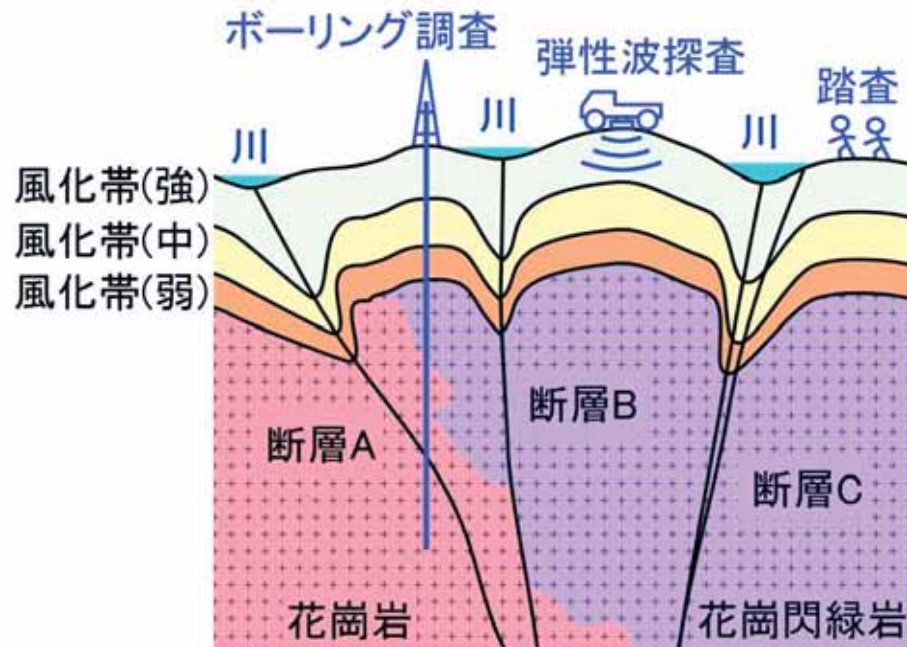
大陸地殻の化学的変遷, 古土壌・古気候の解析など

## ●地盤防災研究 (Hencher and McNicholl, 1995; Irfan 1996 など)

岩盤崩壊, 地すべりなど

## ●地層処分研究 (天然岩盤研究 まだ進んでいない)

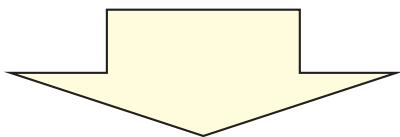
地下地質3次元モデル



島根県土木部砂防課

# 目標：花崗岩の化学的風化度の計測技術の開発

- ☆ 花崗岩の化学的風化度を的確に【数値化】できる方法
- ☆ 建設系・土質系の地質専門でない技術者に扱いやすい方法
- ☆ なるべく 安価かつ迅速 な方法



## 岩石の「主成分化学組成」を使おう

- 蛍光X線分析装置で測定可.
- 測定方法が簡便.
- 外注：1試料あたり1万円以下.



GSJ standard	JG-3
SiO <sub>2</sub> (wt%)	67.29
TiO <sub>2</sub>	0.48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.48
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.69
MnO	0.071
MgO	1.79
CaO	3.69
Na <sub>2</sub> O	3.96
K <sub>2</sub> O	2.64
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.122
LOI	0.84
Total	100.05

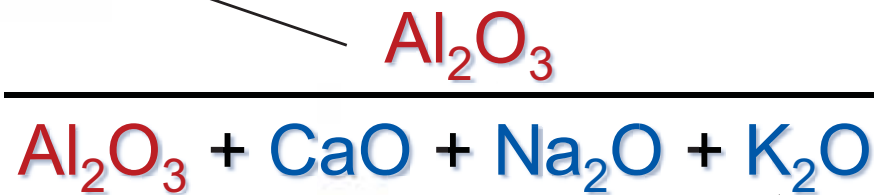
# 文献調査(その1)：岩石の化学的風化指標の基本構造

Chemical Index of Alteration (CIA: Nesbitt and Young, 1982 Nature) の例

GSJ standard	JG-3
SiO <sub>2</sub> (wt%)	67.29
TiO <sub>2</sub>	0.48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.48
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.69
MnO	0.071
MgO	1.79
CaO	3.69
Na <sub>2</sub> O	3.96
K <sub>2</sub> O	2.64
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.122
LOI	0.84
Total	100.05

(重量比)

残留成分

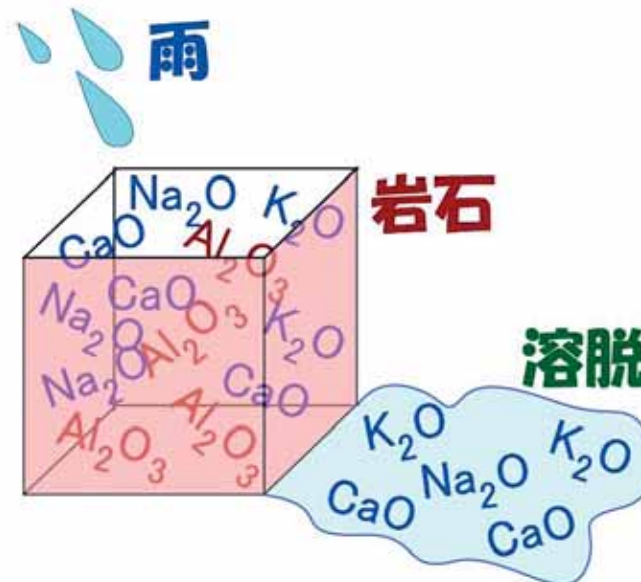


× 100

(モル比)

溶脱成分

(新鮮な岩石は50,  
風化するほど100へ)



# 文献調査 (その2) : 既存の風化指標

1900年代初頭より, 30種類を超える指標がある

(e.g. Duzgoren-Aydin and Malpas, 2002 Eng.Geol; Price and Velbel, 2003 Chem.Geol.)

$$\text{CIW (Chemical Index of Weathering)} = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O}} \times 100 \quad \text{Harnois (1988)}$$

$$\text{MWPI (Modified Weathering Potential Index)} = \frac{\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O}} \times 100 \quad \text{Vogel (1975)}$$

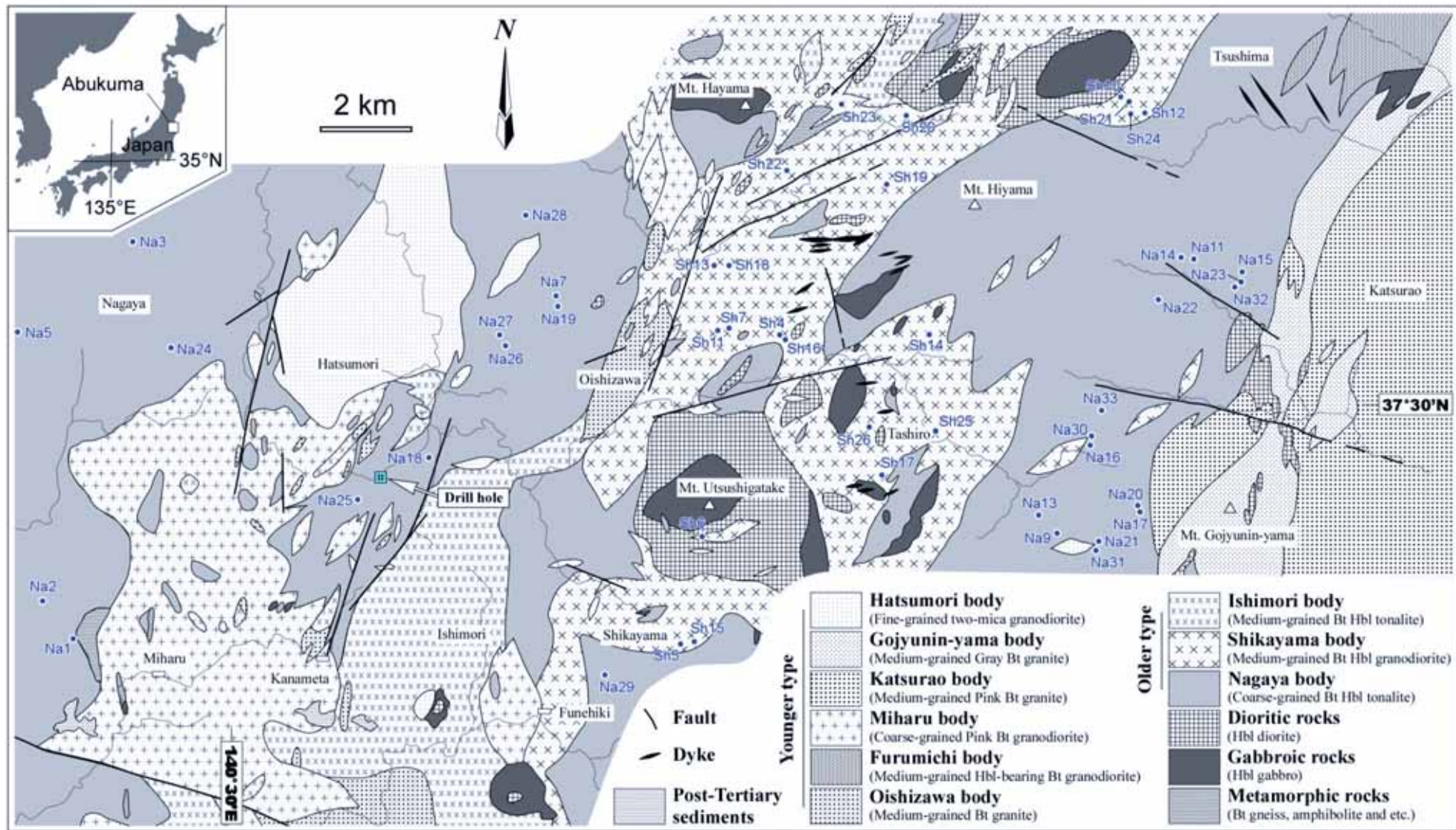
$$\text{BasesAl (Bases to Alumina ratio)} = \frac{\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O}}{\text{Al}_2\text{O}_3} \quad \text{Colman (1982)}$$

$$\text{CIA (Chemical Index of Alteration)} = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}^* + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}} \times 100 \quad \text{Nesbitt and Young (1982)}$$

$$\text{PIA (Plagioclase Index of Alteration)} = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O}}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}^* + \text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}} \times 100 \quad \text{Fedo et al. (1995)}$$

CaO\* represents Ca in silicate-bearing minerals only;  $\text{mol CaO}_{\text{whole-rock}} - \text{mol CO}_2_{\text{calcite}} - 0.5 \times \text{mol CO}_2_{\text{dolomite}} - (10/3) \times \text{mol P}_2\text{O}_5_{\text{apatite}}$

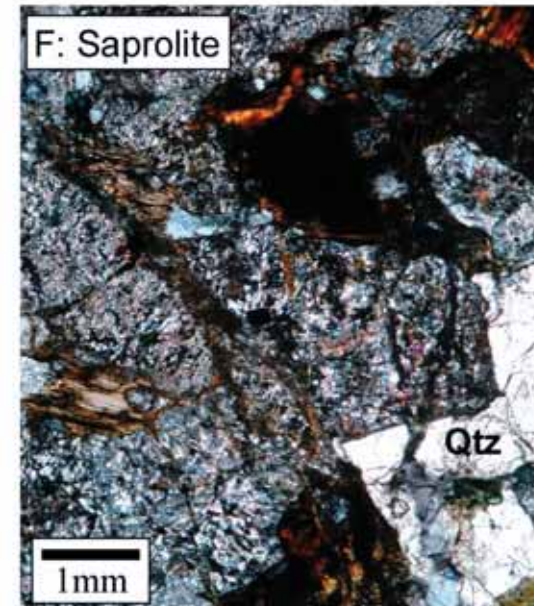
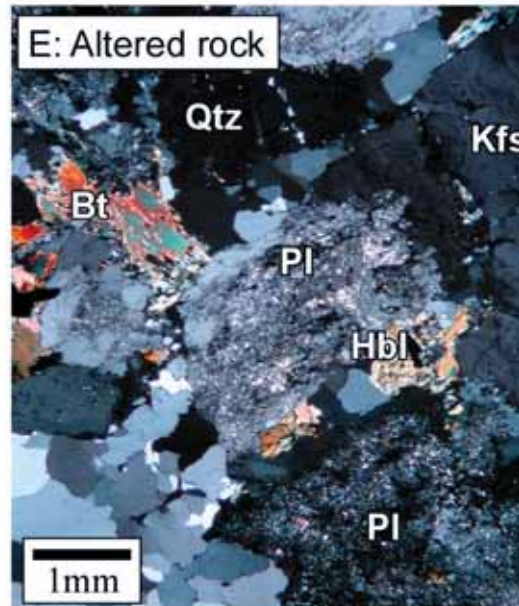
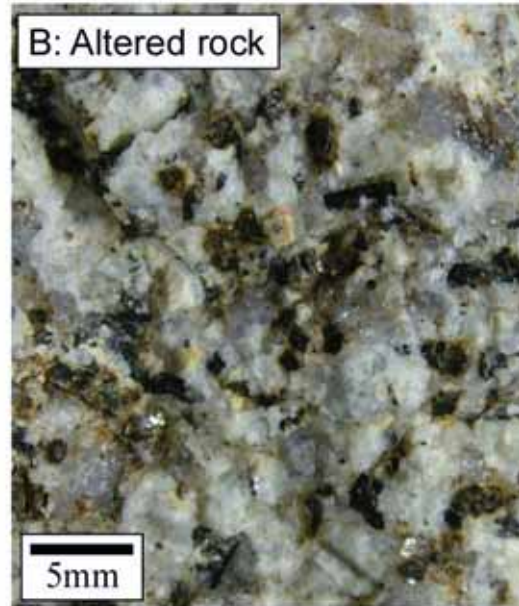
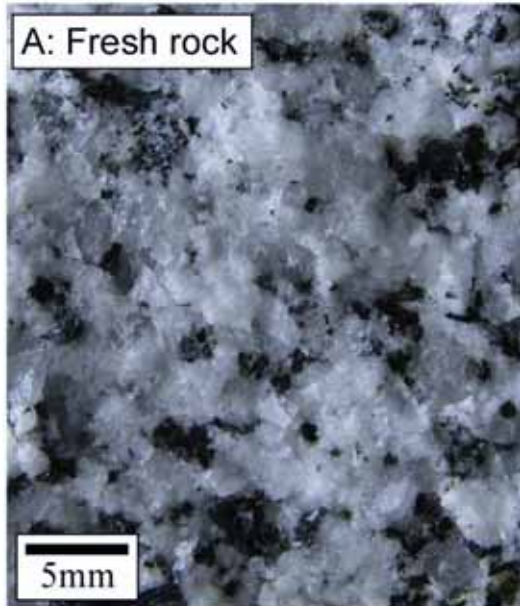
# 試料採取範囲：福島県 阿武隈花崗岩



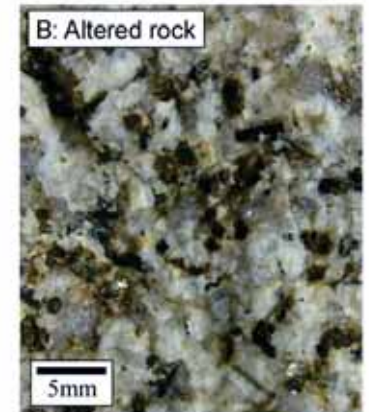
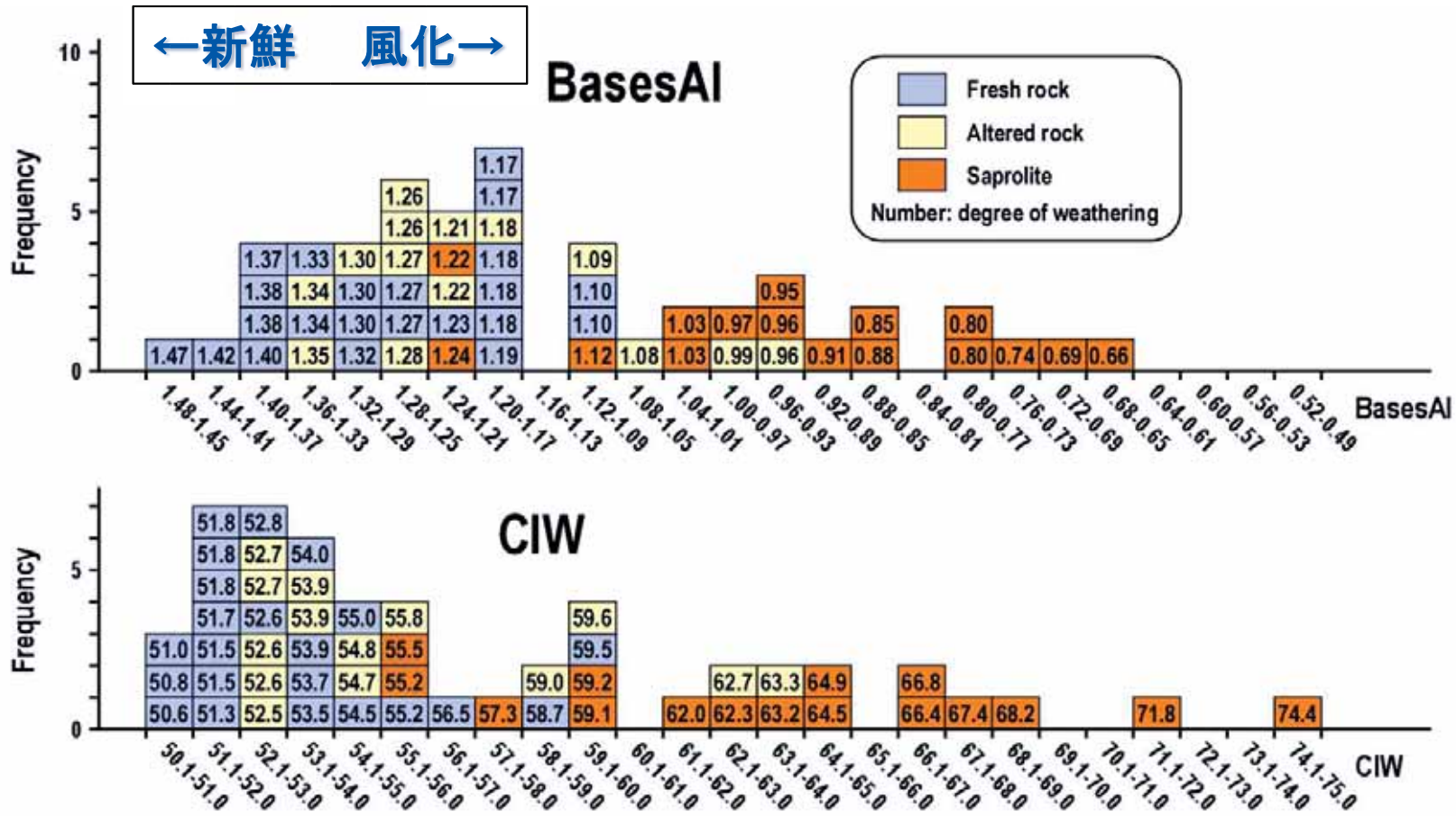
亀井・高木(2003) 亀井ほか(2004)



# 記載による風化区分



# 化学的風化度を測定



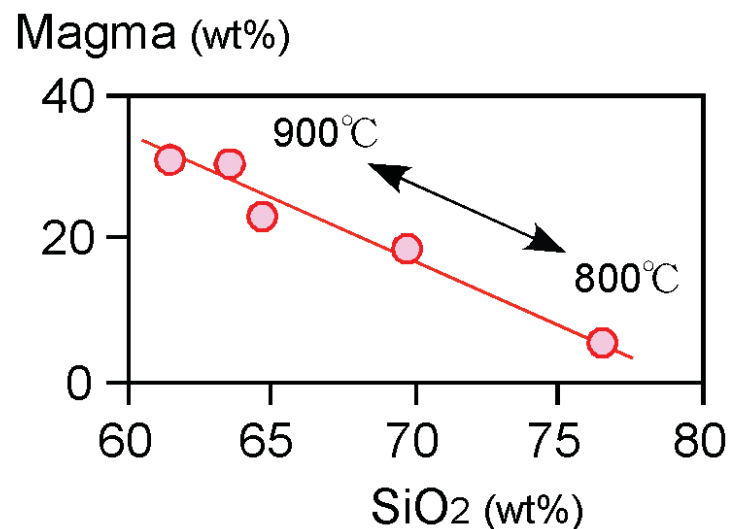
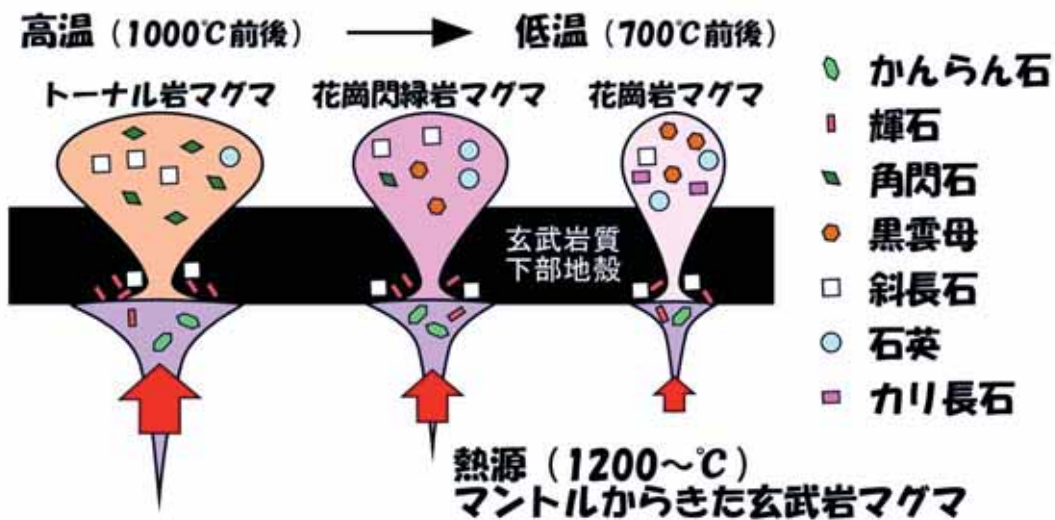
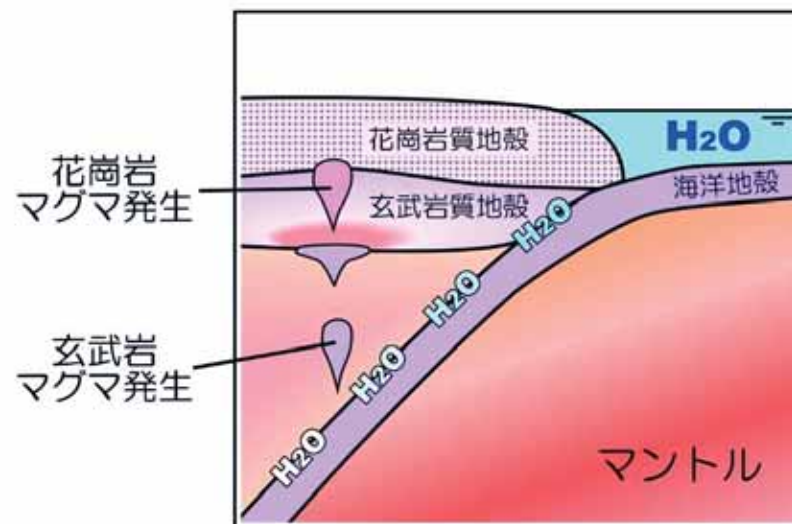
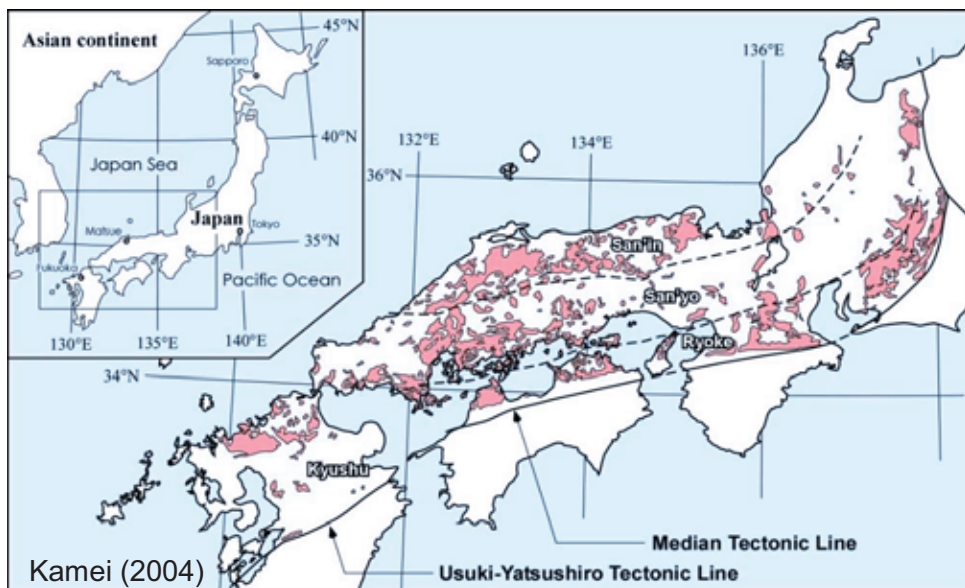
全く上手く行かない

問題点

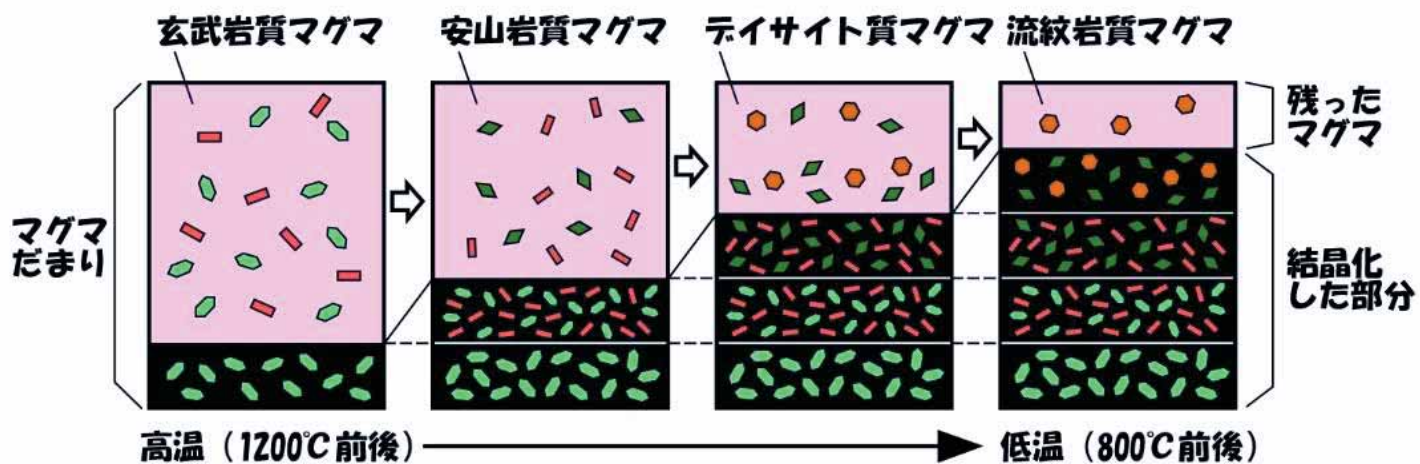
花崗岩は

そもそも均質な物質でない。


# マグマの宿命 1 : マグマ生産量と組成変化



# マグマ宿命2：結晶分化と組成変化



結晶化する範囲 (上のモデルには有色鉱物のみ示す)

有色 鉱物	かんらん石 	_____
	輝石 	_____
	角閃石 	_____
	黒雲母 	_____
無色 鉱物	斜長石 (Caに富む)	_____
	石英	_____ (Naに富む)
	カリ長石	_____

