

2015年4月2日

2015年度 前期第6回 地球科学輻合ゼミナールレポート

「砂の歳」と「岩の歳」：宇宙線生成核種でわかる地球表層プロセス

講演者：京都大学防災研究所 地盤災害研究部 山地災害環境分野

松四 雄騎 先生

報告者：京都大学大学院理学研究科 地球惑星科学専攻

地質学鉱物学分野 宇宙地球化学講座

修士1回生 榎納好岐

I. Outline

1. はじめに

宇宙線生成核種とは

2. 応用例

2-1.カルスト地形の形成

2-2.土層の形成と流域の浸食

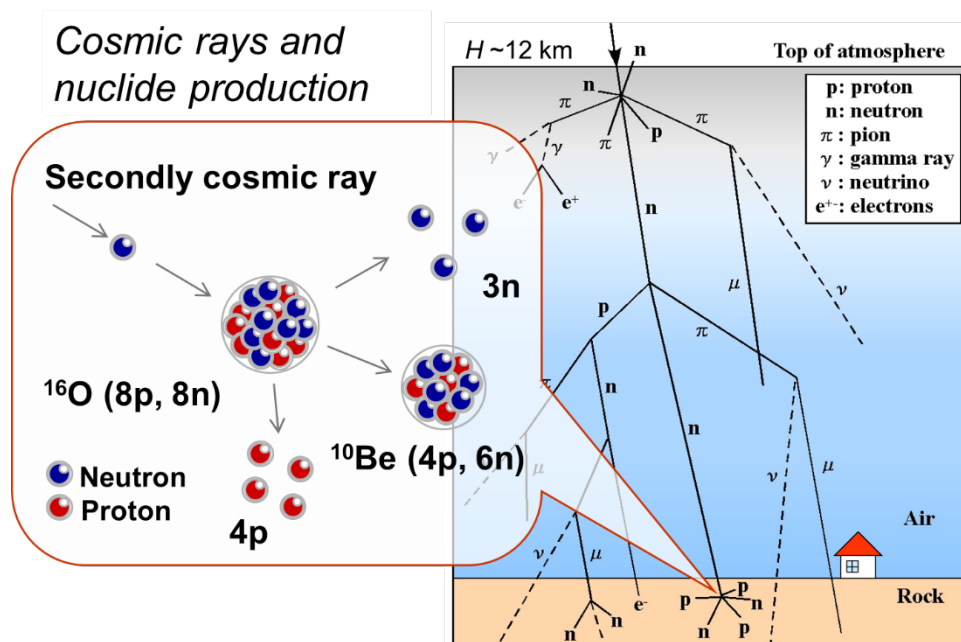
2-3.岩盤崩壊の発生年代

3. まとめ

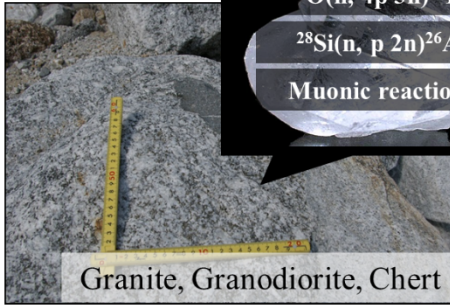
II. 講演内容

1. はじめに

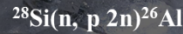
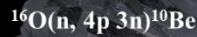
宇宙線生成核種(Terrestrial Cosmogenic Nuclides)とは？



Silicates

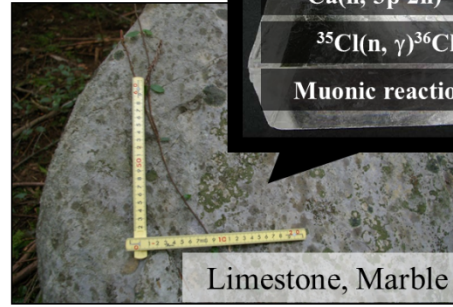


Quartz

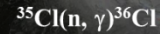
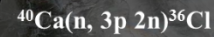


Muonic reactions

Carbonates



Calcite



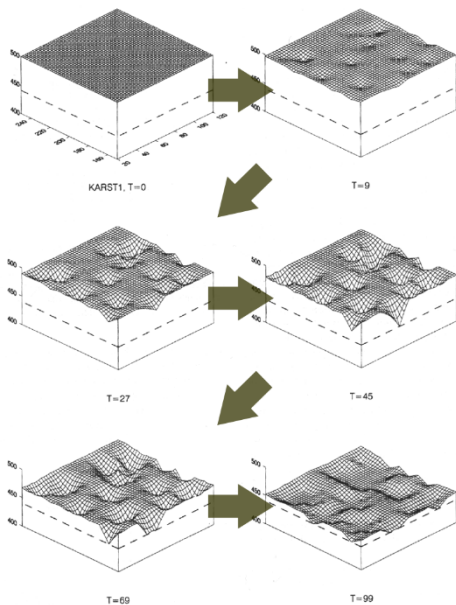
Muonic reactions

宇宙線生成核種とは、宇宙線により原子壊変を起こし生成される核種である。対象とする試料は、単純な化学組成、標的元素(Si, O, Ca)の豊富さ、核種生成率がわかっている、などの理由から Quartz や Calcite が選ばれる。そして Quartz や Calcite 内の宇宙線生成核種を分析することにより、地表面に対する時間情報のラベリングを行うことができる。(Ex.イベント面⇒露出年代, 定常浸食面⇒削剥速度)。

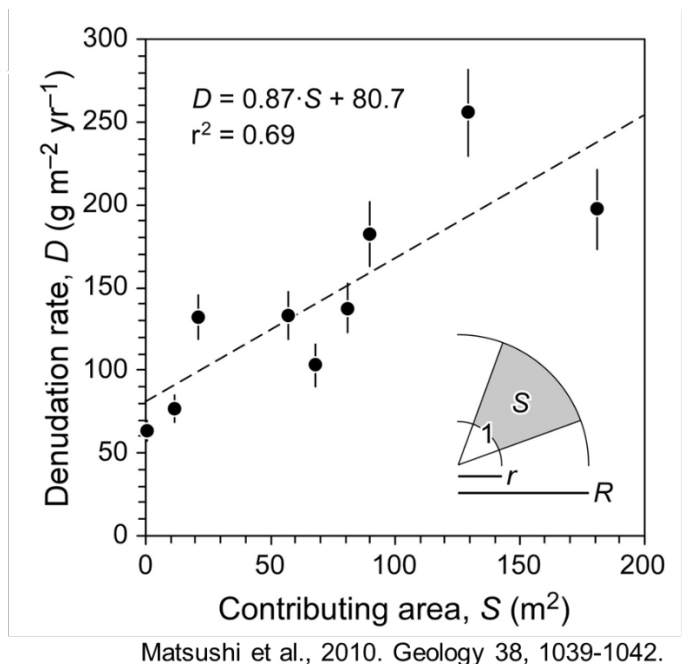
核種の分析には AMS (Accelerator Mass Spectrometry) を用いることで、 $10^5\sim 10^6$ at/g 程度の宇宙線生成核種 ^{36}Cl を検出することができる。

2. 応用例

2-1.karusutotikeinkeisei



Ahnert and Williams, 1997; Ahnert and Williams, 1997, Z Geomorphologie SB 108, 63-80.



ドリーネとはカルスト地形の一つで、直径~160m,深さ~20m 程度の窪地である。

シミュレーションではドリーネの形成条件(地表低下速度)は集水量(面積)に比例することが示唆された。このシミュレーション結果を検証するため、宇宙線生成核種の分析から削剥速度を求めたところ、地表低下速度が集水量に比例するという仮説を検証することが出来た。

2-2.土層の形成と流域の侵食

斜面が土層に覆われた状態で削剥されるとき

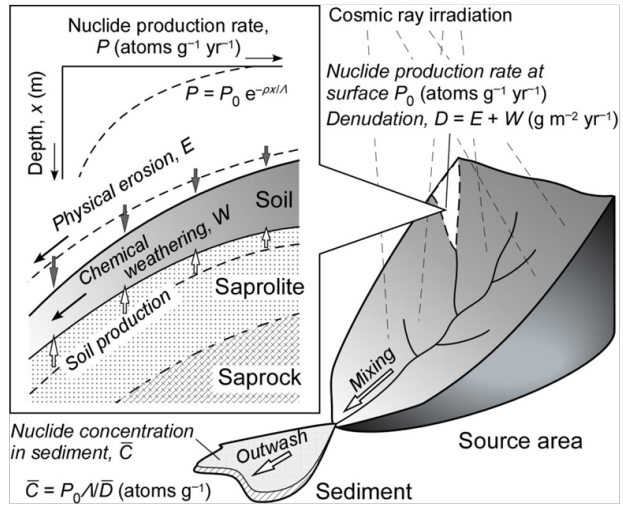
$$C = C_b + P_s \cdot t_s$$

$$= \frac{P_0 \Lambda}{D} \cdot e^{-\frac{\rho x_s}{\Lambda}} + \left[\frac{P_0 \Lambda}{\rho x_s} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\rho x_s}{\Lambda}} \right) \right] \cdot \frac{\rho x_s}{D}$$

$$= \frac{P_0 \Lambda}{D} \quad \because D/\Lambda \gg \lambda$$

After Granger et al., 1996
J. Geol. 104, 249–257.

- C: nuclide conc. (atoms g⁻¹)
- C_b: nucl. conc. at saprolite (at. g⁻¹)
- P_s: avg. nucl. production rate in soil layer (atoms g⁻¹ yr⁻¹)
- t_s: soil residence time (yr)
- P₀: nuclide production rate at land surface (atoms g⁻¹ yr⁻¹)
- x_s: local soil depth (m)
- ρ: material density (g m⁻³)
- Λ: cosmic-ray attenuation length (g m⁻²)
- D: denudation rate (g m⁻² yr⁻¹)

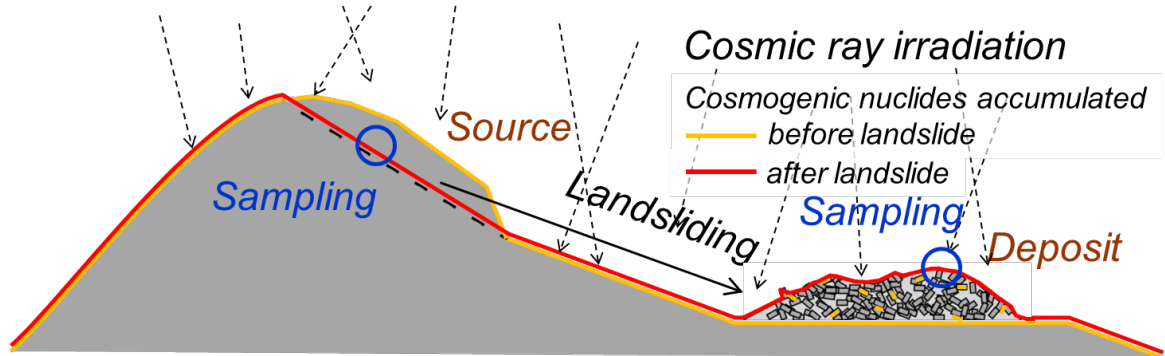


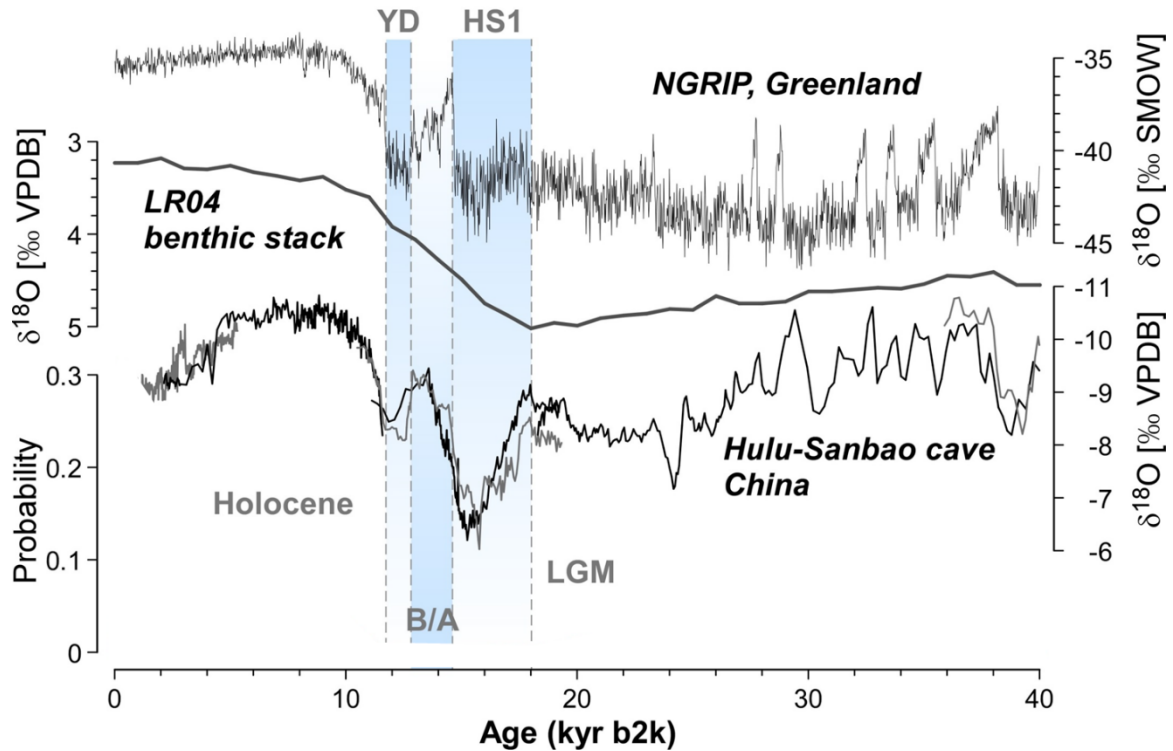
松四ほか 2014, 応用地質 54, 272-280.

サプロライト試料 ⇒ 土層形成速度
 溪流堆砂試料 ⇒ 流域の空間平均侵食速度

土層の侵食速度を知ることで、地形学における種々の気候-水文環境の相互作用や流域地形-テクトニクスと侵食速度の理論を検証ができる。また、流域ごとの土砂排出量の把握は、ダムから河川に還元すべき土砂量の基準設定の指標となるため、砂防施設の効果的な配備に貢献する。

2-3.岩盤崩壊の発生年代





露出年代測定によって堆積物が氷河性であるかどうか、崩壊堆積物だとすれば、崩壊の引き金が地震によるものか、降雨によるものかがわかる。崩壊の深さが巨礫のサイズよりも十分大きいならば、巨礫の露出年代を崩壊の発生年代とみなせる。2つ以上の試料を取って値が一致すれば、同一のイベントであることがわかる。

3. まとめ

- ・宇宙線生成核種の加速器質量分析によって、地表面の露出年代測定や削剥速度の定量化が可能。
- ・その対象は、カルスト地形の形成（方解石中の ^{36}Cl ）や山地における土層の形成・流域の削剥速度、あるいは大規模な岩盤崩壊の発生年代（石英中の ^{10}Be , ^{26}Al ）など多岐にわたる。
- ・これらの情報を得ることで、地表面がどのようなプロセスで、またどのような速度で発達してきたかを明らかにできる。

III 感想

露出年代測定から地表面の変化に至るまで、宇宙線生成核種を用いた分析の応用範囲の広さに驚き、とても面白い分野であると思いました。また、それと同時に AMS のような特殊な分析機を使わなければならないという点で、この分野を研究するハードルの高さを感じました。