

岡山大学 惑星物質研究所 共同利用・共同研究 成果報告書

受入年度：2023 年度 前期

提出日： 2024 年 5 月 9 日

共同利用研究の種類： 国際共同研究・一般共同研究・設備共同利用・ワークショップ

課題名： モンゴルおよび中国内蒙古半乾燥地の土壌の変動

共同研究員氏名： 田村 憲司

所属・職名： 筑波大学生命環境系・教授

分担者氏名： Teni Geer (特尼 格尔)

所属・職名： 筑波大学大学院生命地球科学研究群環境科学学位プログラム・大学院生

分担者氏名： 田中 亮吏

所属・職名： 岡山大学惑星物質研究所・教授

研究報告：

研究目的

モンゴル国や中国内蒙古自治区からの風成塵は春先の強風によって巻き上げられ、東アジアのモンスーン全体に広がっていく。それはついに日本や太平洋までに広がっていく可能性があり、それは日本の土壌中にも蓄積されてきた。東アジアにおける風成堆積物の生産、輸送、堆積プロセスは、さまざまな地質学のおよび気候的環境で集中的に調査されてきた。それで、さまざまな風成堆積物は、世界規模での黄砂と気候の相互作用の変遷を理解するための大きな可能性を持っている。本研究では、中国内蒙古自治区とモンゴル国の7つ地点の土壌試料から分離された石英の酸素同位体組成を測定した。東アジアと中央アジアの土壌中の石英中の酸素同位体組成を比較することにより、風成塵の起源、変動についての基礎的知見に寄与することを本研究の目的とした。

試料及び方法

合計 16 の表層土壌サンプルが、ウクライナ (U)、カザフスタン (K)、モンゴル (M)、中国の新疆ウイグル自治区 (X) および内モンゴル自治区 (I) において採取された表層土壌 16 試料を分析に供した。

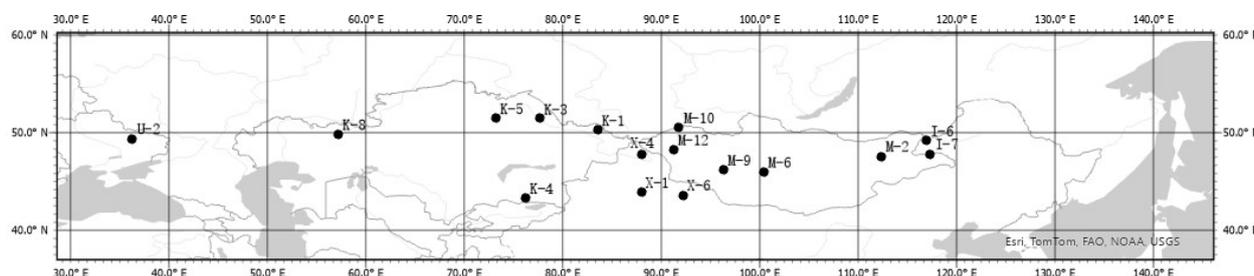


図1 土壌試料の採取地点

土壌試料中の有機物、鉄酸化物、および層状ケイ酸塩は、 H_2O_2 および HCl によって除去した。各土壌試料は、沈降法と湿式篩別法を使用して、 <2 、 $2\sim 10$ 、 $10\sim 20$ 、 $20\sim 50\ \mu m$ の4つの画分に分画した。

土壌試料中の石英は、溶融した $Na_2S_2O_7$ と H_2SiF_6 によって精製した。200 mg の土壌試料を粉末 $Na_2S_2O_7$ と混合して、シリカ製のるつぼに入れ、マッフル炉にて $500^\circ C$ で5分間加熱した。 $Na_2S_2O_7$ と反応した粒子は、層状のアモルファスケイ酸塩と残っている長石を除去する可能性があった。冷却後、 $Na_2S_2O_7$ を $3MHCl$ で溶解した。 H_2SiF_6 は、石英以外の残りのケイ酸塩を除去するために使用された。 H_2SiF_6 を石英試料に加え、2~3日間置いて、余分なケイ酸塩を除去した。次に、 $0.1MHF$ で洗浄し、乾燥後、重量を測定した。

偏光顕微鏡とX線回折装置 (XRD) を使用して、ケイ酸塩と長石の層が完全に除去され、残りの粒子は純粋な石英であることを確認した。石英試料中の不純物が完全に除去さ

れた後に、次のステップに進んだ。不純物が見られた場合には、試料を H_2SiF_6 によって再処理し、同様の手順を行った。

酸素同位体測定は、岡山大学惑星物質研究所共同利用施設に設置された、安定同位体質量分析計 (MAT253, Thermo Fisher, Germany) および二酸化炭素 (CO_2) レーザー-五フッ化臭素 (BrF_5) フッ素化システムを使用して行った。技術的な詳細は Tanaka & Nakamura (2013) によった。

石英サンプルからの O_2 は、酸化剤として BrF_5 を使用した CO_2 レーザーを使用して抽出された。抽出された O_2 は抽出ラインで精製され、液体窒素の温度で 13\AA のモレキュラーシーブでトラップされた。抽出された O_2 ガスの同位体比は、デュアルインレットモードの安定同位体質量分析計を使用して決定された。作動参照ガスは VSMOW2 および SLAP2 によって校正され、すべてのデータは、VSMOW2/SLAP2 スケールを使用して表された。試料の 180/160 は、VSMOW2 (ウィーン標準平均海水) に対する一般的な δ 表記として下記のとおり、 $\delta^{18}\text{O}$ として表された。:

$$\delta^{18}\text{O} = \frac{\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{sample}}}{\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{VSMOW 2}}} - 1$$

結果及び考察

H_2O_2 および HCl 処理前の乾燥土壌に対する処理後の土壌 (硬質土壌) の重量%の範囲は、最も低い K-8 の 55% から I-7 の 89% であった。その中で、内モンゴルとモンゴルの採取地の回収率が最も高く、約 80% となっていた。ウクライナとカザフスタンはサンプル数が最も少なく、大多数が 50% から 70% の間であった。違いとしては、ウクライナとカザフスタンの調査地の表土には、より高いレベルの有機物、炭酸カルシウム、および一部の粘土鉱物が含まれており、これらは実験中に除去された。

粉塵粒子サイズが $20\ \mu\text{m}$ より小さいほど長距離輸送能力が高く、 $10\ \mu\text{m}$ 以下の土壌粒子もエアロゾルサイズの土壌として定義される。この場合、カザフスタンと新疆ウイグル自治区の土壌のいくつかは濃度が高く、これも、風成粉塵の大きな発生源となる可能性がある。同時にこのことは、ウクライナの U-2、モンゴルの M-9、内モンゴルの I-6 にも反映されていた。

16 の調査サイトすべてにおいて、粒子サイズの増加に伴って石英の含有量が増加する傾向があり、粗粒石英の含有量は細粒石英の含有量より多く、これは以前の結果と一致していた。石英の含有量も 0.24~0.63 と大きく異なっていた。最大値はウクライナの試料で、新疆とカザフスタンがその次に、最小範囲は中国内蒙古自治区とモンゴルの地点の試料であった (図 2)。

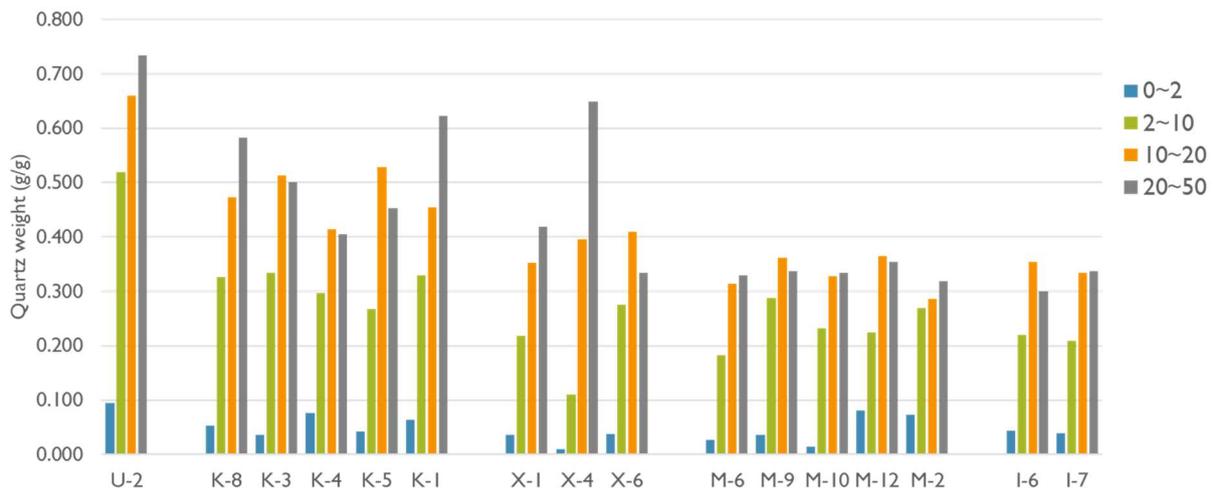


図2 各石英試料の粒径別画分割

粗粒石英は細粒石英よりも体系的に $\delta^{18}\text{O}$ 値が低く、これは前回の結果と一致していたが、新疆の X-4 を除いて逆の傾向となった。 $\delta^{18}\text{O}$ 値の範囲は、M-2 で 8~14‰ と最も大きく、X-4 で約 19~20‰ と低い値を示した。0-2 μm 画分では、カザフスタンの K-5 で最も高い値が見られ、20‰ に達した。全体としては、カザフスタンの採取地が最も高い値を示し、内モンゴルの採取地とモンゴル M-2 が最も低い値を示した (図3)。

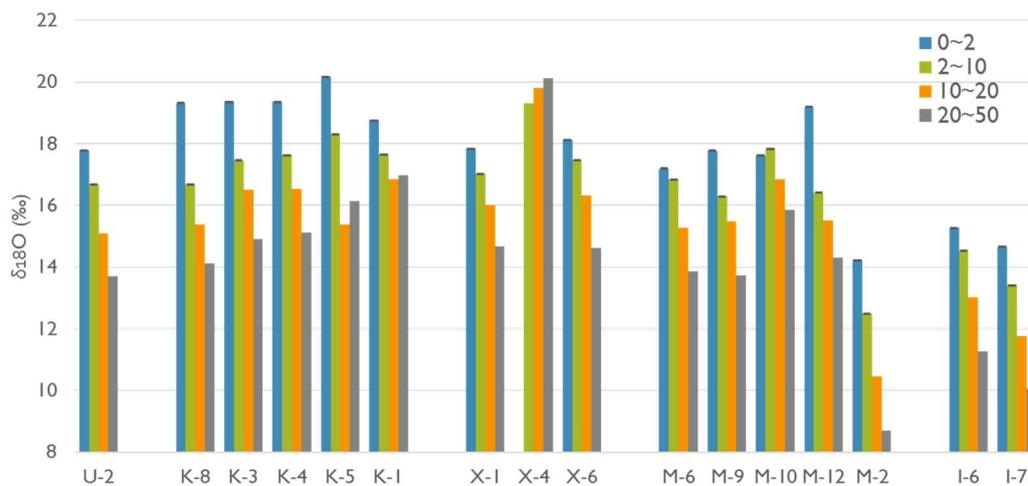


図3 各石英試料の $\delta^{18}\text{O}$ 値

図4は、4つの異なる粒径分画すべてを含む石英重量と $\delta^{18}\text{O}$ 値の関係を示している。各地点の各画分では、両者の関係は負の相関を示した。これは、堆積岩と変成岩が優勢な低温石英の特徴でもある。つまり、低温で形成される石英鉱物では、通常、粒子サイズが小さく、酸素同位体比が高くなる。これに対して、高温で形成される石英鉱物、特に火成岩は粒径が大きく、酸素同位体比が少ないという特徴がある。このことは、石英含有量が増加するにつれて高温石英の割合が増加し、全体の酸素同位体比が低下するという知見にも反映されていた。

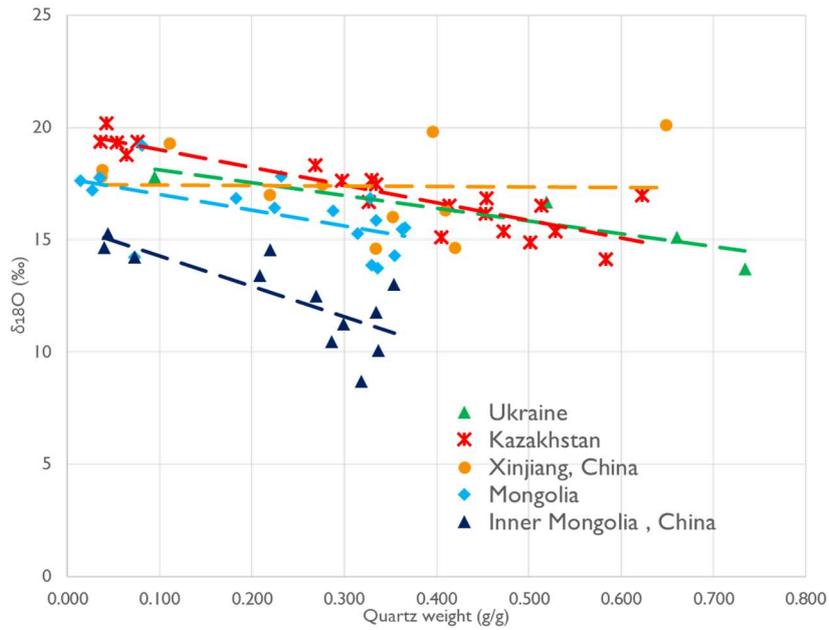


図4 石英重量と石英の $\delta^{18}\text{O}$ 値との関係

引用文献

Eguchi, T, Tanaka, R, Maejima, Y, Tamura, K, The influence of aeolian dust in non-allophanic Andosols on Yakushima Island. *Soil Science and Plant Nutrition*, 58:191-199 (2012)

Tanaka, R, Nakamura, E, Determination of ^{17}O -excess of terrestrial silicate/oxide minerals with respect to Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW). *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 23: 285-297 (2013)