



2025 年 12 月 3 日

報道機関 各位

## 世界初、石英の結晶度・粒径・被熱温度の関係を解明 地球史の解明に寄与する新たな「地質温度計」として期待

### 【本研究のポイント】

- ・石英(せきえい)の結晶度<sup>注 1)</sup>、粒径、被熱温度<sup>注 2)</sup>の間に、以下の一般法則があることを世界で初めて、明らかにした。  
結晶度 =  $3.57 \times \ln(\text{粒径}) + 6.46$   
被熱温度 =  $18.3 \times \text{結晶度} + 170$   
被熱温度 =  $71.0 \times \ln(\text{粒径}) + 285$
- ・光学顕微鏡や簡易型電子顕微鏡によって、比較的簡便に石英の被熱温度を求めることができる。今後「石英を用いた地質温度計<sup>注 3)</sup>」として途上国を含めた世界中で汎用され、地球史の解明が大いに進展する可能性。
- ・将来的には地学分野だけではなく、石英の材料科学の観点から応用される可能性も。

### 【研究概要】

名古屋大学博物館および大学院環境学研究科の束田 和弘 准教授の研究グループは、モンゴル科学アカデミー、モンゴル科学技術大学との共同研究で、石英の結晶度、粒径、被熱温度の関係について一般法則を見出すことに成功しました。

石英の結晶度と粒径は、被熱温度の上昇とともに上昇することが経験的に知られていましたが、その具体的な関係は未解明でした。本研究では、日本、モンゴル、ロシアの生物源チャート<sup>注 4)</sup>試料を分析・比較し、石英の結晶度、粒径、被熱温度の間に以下の関係式が成立することを明らかにしました。

- ・結晶度 =  $3.57 \times \ln(\text{粒径}) + 6.46$
- ・被熱温度 =  $18.3 \times \text{結晶度} + 170$
- ・被熱温度 =  $71.0 \times \ln(\text{粒径}) + 285$

本研究の特徴の一つは、光学顕微鏡や簡易型電子顕微鏡、X 線回折装置によって、比較的簡便に石英の被熱温度を求めることができることです。したがって今後、「石英を用いた地質温度計」として、途上国を含めた世界中で汎用され(データの蓄積が加速化し)、地球史の解明に大いに寄与することが期待されます。

また本研究は地学分野だけではなく、将来的には石英の材料科学の観点からも応用される可能性を秘めています。

本研究成果は、2025 年 11 月 28 日付、Springer Nature 社の科学誌「Scientific Reports」にてオンライン公開されました。

## 【研究背景】



図1 尾根状に露出する生物源チャート(モンゴル)

岩石の被熱温度を知ることは、地球史を紐解く上でとても重要です。そのために、これまでさまざまな「地質温度計」が開発されてきました。岩石の被熱温度の推定には、一般に泥岩が用いられます。しかし大陸内部などの侵食作用<sup>注5)</sup>があまりない地域では、多くの岩石が表土に覆われており、被熱温度の推定は困難でした(図1)。

一方で、生物源チャートは風化に対する抵抗性が高く、そのような地域で

も尾根状によく露出しています。したがって、もし生物源チャートを利用した地質温度計を開発できれば、大陸内部などにおける地質研究が大きく前進する可能性があります。

## 【内容】

生物源チャートは、昔の深海底で、放散虫<sup>注6)</sup>というプランクトンが堆積してできた岩石です。放散虫の骨格は、非晶質の石英(ガラス)でできています。石英の結晶度と粒径は、被熱温度の上昇とともに上昇することが知られていましたが、その具体的な関係は未解明でした。これらの関係を解明すれば、「生物源チャートを利用した地質温度計」を開発することができます。

また、せっかく地質温度計を開発しても広く使ってもらえなければあまり意味がありません。本研究では「できるだけ安価で簡便に測定できる方法」をコンセプトに、途上国でも利用が可能であろう機器(光学顕微鏡, 簡易型電子顕微鏡, X線回折装置)を使用して開発を進めることにしました。

本研究では、日本(ペルム紀～中期ジュラ紀:約 2.7～1.7 億年前)、モンゴル(後期シルル紀～後期デボン紀:約 4.2～3.6 億年前)、ロシア(中期三畳紀～中期ジュラ紀:約 2.4～1.7 億年前)の生物源チャートを研究対象としました。77 地点の生物源チャート試料の石英結晶度と粒径を測定したところ、両者の間には以下の関係があることが分かりまし

た(図2)。

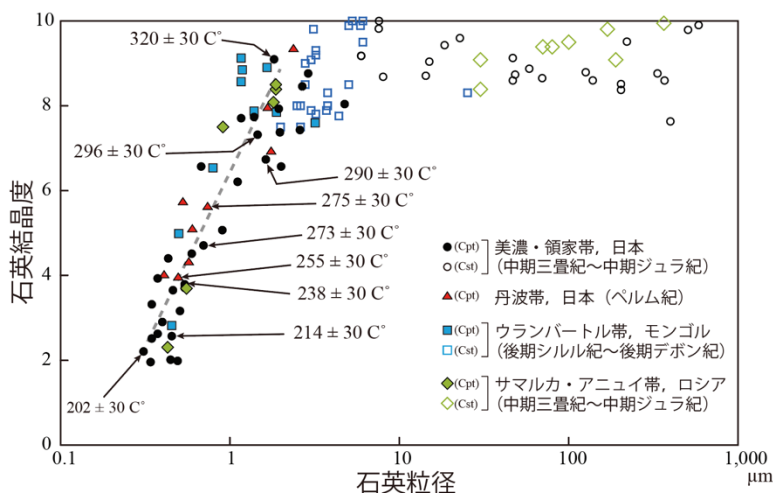


図2 石英結晶度と粒径の関係

$$\begin{aligned} \text{結晶度} &= 3.57 \times \ln(\text{粒径}) \\ &+ 6.46 \\ &(\text{粒径} \leq 1.94 \mu\text{m}) \end{aligned}$$

粒径が 1.94  $\mu\text{m}$  までは粒径と結晶度は対数関係にあります(上記の式)、粒径が 1.94  $\mu\text{m}$  を超えると、結晶度は頭打ちになり、粒径だけが増大していきます(図2)。

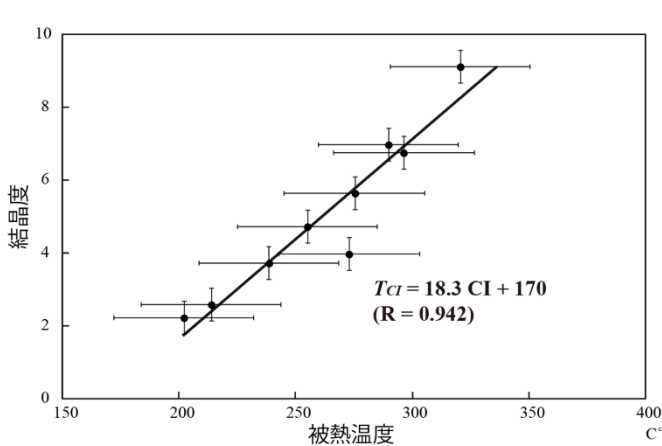


図3 石英結晶度と被熱温度の関係

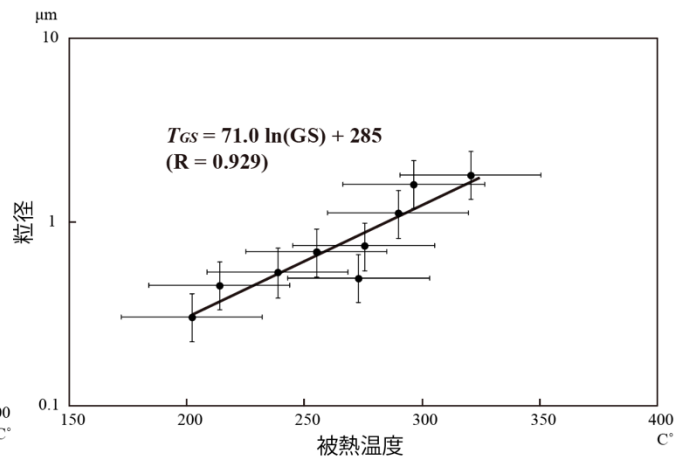


図4 石英粒径と被熱温度の関係

また、生物源チャート試料の結晶度・粒径とその近傍の泥岩の被熱温度を対応・比較したところ、図3,4のように結晶度・粒径と被熱温度は、それぞれ線形・対数関係にあることが分かりました。

$$\text{被熱温度} = 18.3 \times \text{結晶度} + 170 \dots (1)$$

$$\text{被熱温度} = 71.0 \times \ln(\text{粒径}) + 285 \dots (2)$$

この方法の利点は、(1)と(2)で算出した2つの被熱温度を比較することにより、結果のクロスチェックが可能なことです。現在は粒径  $\leq 1.94 \mu\text{m}$  の領域のみで適用可能ですが、今後より大きな粒径についても被熱温度との関係を明らかにし、高温域についても検討を行う予定です。

## 【成果の意義】

本研究によって石英結晶度、粒径、被熱温度の相関関係が明らかになり、また生物源チャートの被熱温度を推定することが可能となりました。今後この温度計を利用することによって大陸内部の構造発達史の理解が進めば、地球史解明への大きな貢献となります。

本研究の一部は、2023年度伊藤忠兵衛基金と Joint research project of the Mongolia-Japan Higher Engineering Education Project (MJEED-JR22B15)により、サポートを受けました。

## 【用語説明】

注 1) 石英結晶度:

石英結晶(二酸化ケイ素:  $\text{SiO}_2$ )は必ずしも原子や分子が規則正しく配列しているとは限らない。結晶構造を持たず、原子や分子が不規則にばらばらに配列しているものを「非晶質(アモルファス/ガラス)」と、規則正しく配列しているものを「結晶」と呼ぶ。「石英結晶度」は原子や分子がどれだけ規則正しく配列しているかを示す指標のこと。

注 2)被熱温度:

砂や泥などの堆積物は、続成作用や変成作用などを通じて長い時間をかけて熱や圧力を被ることによって「岩石」となる。その時に被った温度を「被熱温度」と呼ぶ。

注 3)地質温度計:

ある鉱物の結晶度や化学組成は温度によって規則的に変化する。それらの鉱物の性質を利用して岩石の被熱温度を推定する手法を「地質温度計」と呼ぶ。地質温度計は岩石の成り立ちを知るための手掛りを与えてくれるため地球科学の研究の上で重要である。

注 4)生物源チャート:

ほとんど細粒緻密な石英からなる岩石を「チャート」と呼ぶ。その中で石英骨格のプランクトン化石が密集するチャートを「生物源チャート」と呼ぶ。石英は非常に硬いので侵食に強く、チャートはしばしば尾根を形成する。

注 5)侵食作用:

流水などにより岩石や地面が削り取られる作用を「浸食作用」と呼ぶ。海から遠く離れた大陸内部では、降水量が少なく流水による侵食作用があまり活発ではない。したがって、そこで生じた土砂や表土は削り取られる(運ばれる)ことがなく、岩石(岩盤)を厚く覆ってしまう。

注 6)放散虫:

非晶質石英の骨格をもつ海洋の動物プランクトン。放散虫は約 5 億年前に初めて出現し、形を変えながら現在まで生息している。

## 【論文情報】

雑誌名:Scientific Reports

論文タイトル:Development of a quartz-based geothermometer for biogenic chert

著者:田中 空(環境学研究科卒業生)<sup>1</sup>, Sharav Davaanyam(元環境学研究科大学院生)<sup>2</sup>, Bayart Nadmid(元環境学研究科大学院生)<sup>1</sup>, 束田和弘<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科

<sup>2</sup> モンゴル科学アカデミー地質学研究所

<sup>3</sup> 名古屋大学博物館(環境学研究科兼任)

\* 責任著者

DOI: 10.1038/s41598-025-29140-w

URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-025-29140-w>



東海国立大学機構は、岐阜大学と名古屋大学を運営する国立大学法人です。  
国際的な競争力向上と地域創生への貢献を両輪とした発展を目指します。

東海国立大学機構 HP <https://www.thers.ac.jp/>

