

2023年8月8日

新潟大学

## ヒマラヤ山脈で約6億年前の海水と有機物を発見

－大気の酸素増加とカンブリア大爆発との関連－

新潟大学自然科学系（理学部）の M. Satish-Kumar 教授と自然科学研究科博士後期課程の Sasidharan Kiran（大学院生）は、インド理工科大学の Krishnan Sajeew 教授（新潟大学リエゾンプロフェッサー（注））の研究グループと共同で、ヒマラヤ山脈の高地で、約6億年前の古海洋起源の炭酸塩鉱物に閉じ込められた海水を発見しました。有機物の痕跡を示すストロマトライトを含む炭酸カルシウムと炭酸マグネシウムの鉱物内に閉じ込められた海水を、スペクトル解析、炭素酸素同位体分析、微量元素組成解析により、地球史上重要なイベントである全球凍結に伴う酸素増加について手がかりを得ました。

### 【本研究成果のポイント】

- ヒマラヤ山脈の高地で炭酸塩鉱物に閉じ込められた約6億年前の海水を発見した。
- 約6億年前の全球凍結による過酷な環境下におけるシアノバクテリアの活発な活動の痕跡を明らかにした。
- カンブリア紀の大爆発と大気中の酸素増加の関係を明らかにした。

### 1. 研究の背景

地球環境と生命の共進化は、生命誕生から35億年以上の長きにわたり微生物が主役でした。その生態系が作り出す微生物マットは、炭酸塩と碎屑物の互層からなる「ストロマトライト」を痕跡として残します。海洋で生成される炭酸塩岩は、地球表層のプレート移動によって陸へと運搬され、大陸や山脈に保存されます。つまり、地球環境変動や地球上の生命進化を理解するために必要な地球化学的情報が、これら炭酸塩岩やストロマトライトに記録されています。

地球上で最高峰のヒマラヤ山脈は、ユーラシア大陸とインド大陸の衝突により形成されました。衝突前の大陸の間には、テチス海と呼ばれる海が存在し、この海で起こった地球や生命の歴史がヒマラヤ山脈に残されています。特に、約6億年前の全球凍結に伴う地球環境変動や、その直後のカンブリア紀に起こった生物の多様化現象「カ

ンブリア大爆発」が近年注目されています。そこで、インド理科大学院大学と新潟大学は、ヒマラヤ山脈に産する炭酸塩岩やストロマトライトに着目し、約6億年前の海洋環境解明の手がかりとなる研究を開始しました。

## II. 研究の概要と成果

インド理科大学院大学の研究グループが、ヒマラヤ山脈のクマオン地域で地質調査を実施しました（図1A）。採取した試料の詳細な電子顕微鏡観察、鉱物の化学分析、鉱物内に閉じ込められた流体包有物の加熱冷却分析、スペクトル解析をインド理科大学院大学で行い、炭酸塩鉱物の炭素酸素同位体比分析および微量元素分析を新潟大学で行いました。その結果、約6億年前の海水から炭酸塩鉱物（マグネサイト単結晶）が直接沈殿していたことが判明しました。マグネサイトの単結晶内の詳細な観察をしたところ、気泡に液体が残存していました。これら流体包有物（図1B）の赤外分光分析、ラマン分光分析や加熱冷却分析により、塩分濃度が海水に相当していることが明らかになりました。一般的には、海水から方解石（ $\text{CaCO}_3$ ）が沈殿しますが、マグネサイト（ $\text{MgCO}_3$ ）が沈殿するこの環境は非常に特殊であり、海水中のカルシウムが不足したことを示唆しています。つまり、陸から海へのカルシウムや栄養塩の供給が減少したことを示しており、これは約6億年前におきた全球凍結により陸や河川が凍結し、海水へのカルシウムの供給を妨げた証拠になります。しかしながら、マグネサイトを含む炭酸塩岩の地層には、大量に有機物の痕跡がストロマトライトとして残っています（図1C）。栄養塩の不足した環境下で、シアノバクテリアの活発な活動が認められ、大気中の酸素増加やカンブリア紀の生命の大爆発につながった可能性を示しています。

以上のことから、ヒマラヤ山脈の高地で、地球表層の環境変動や生命の進化に関する重要な痕跡が発見され、約6億年前の地球の姿が大きく置き換わったことが示唆されました。

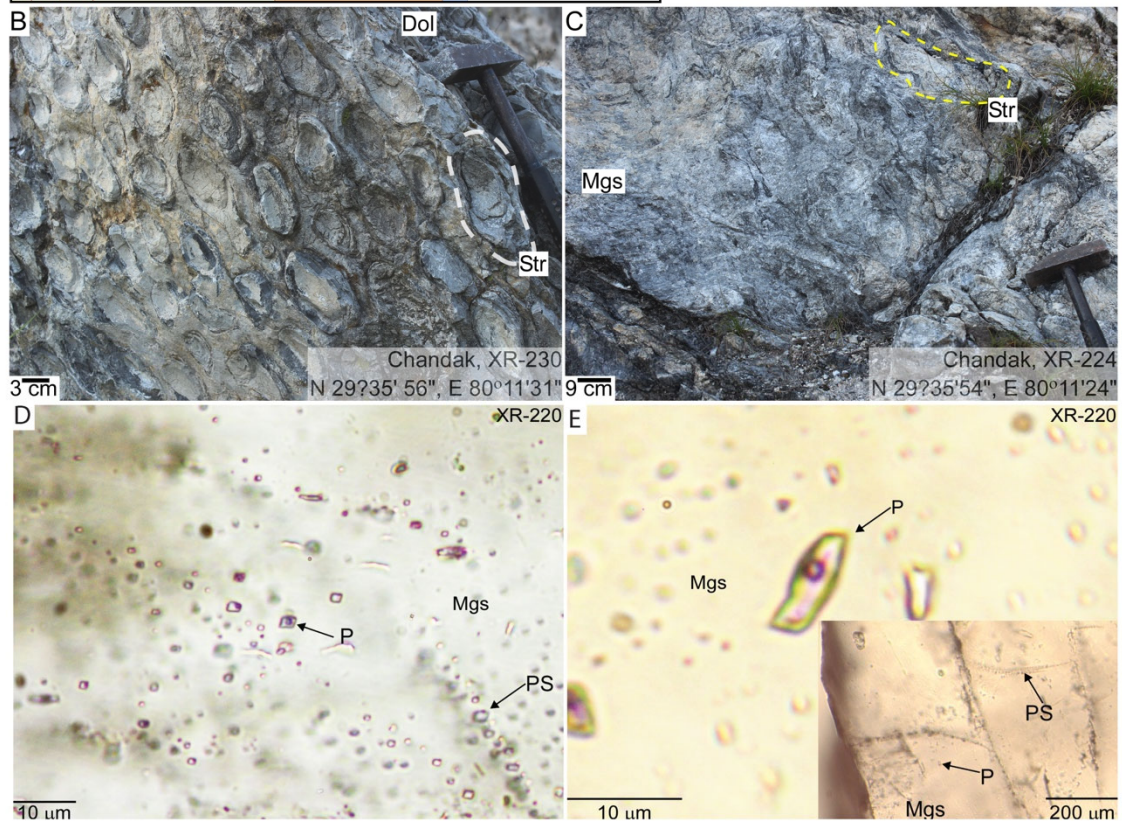
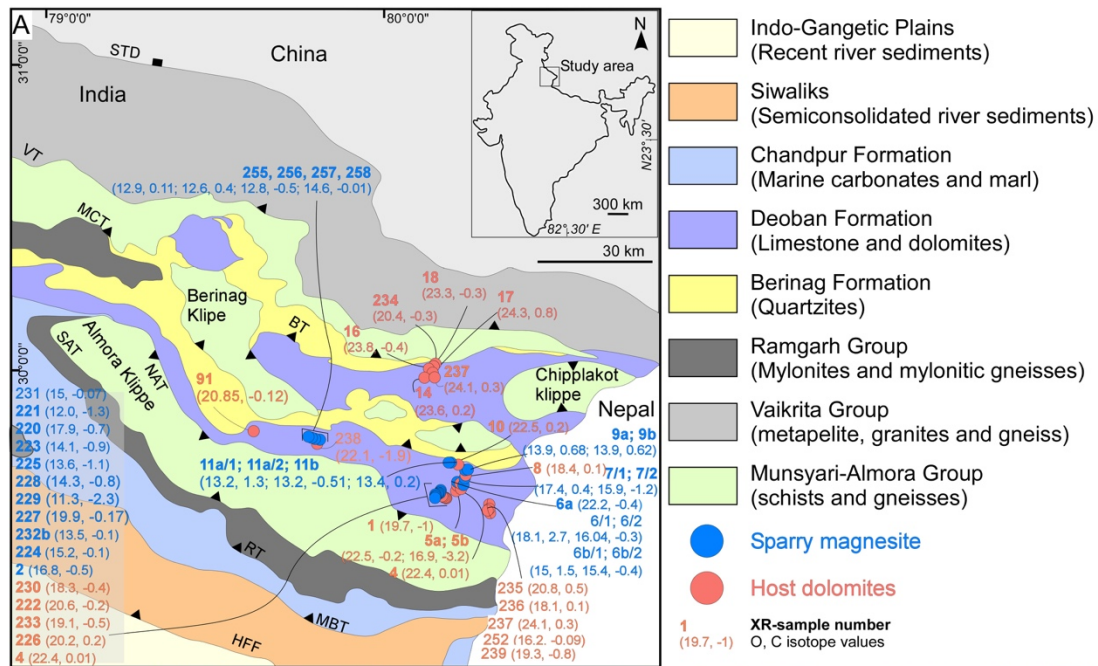


図 1. ヒマラヤ山脈のクマオン地域の地質図と海水から沈殿した炭酸塩岩の地層の分布 (A)、マグネサイト (Mgs) の結晶に含まれる流体包有物 (P, PS) の顕微鏡写真 (B, C)、マグネサイトに含まれるストロマトライト (Str) の形態 (D, E) )

### III. 今後の展開

カンブリア紀の生命の大爆発の原因解明は、生命の進化を研究する上で、最も注目されている課題のひとつです。約 6 億年前の地層から発見された海水の痕跡から、最

先端の分析技術を駆使し、栄養塩不足の環境下でどのように生命が進化し続けたかを、今後解き明かされることが期待されます。

#### IV. 研究成果の公表

本研究成果は、2023年7月17日、Elsevier社の地球科学分野の著名な科学誌「Precambrian Research」に掲載されました。

**論文タイトル：**Himalayan magnesite records abrupt cyanobacterial growth that plausibly triggered the Neoproterozoic Oxygenation Event

**著者：**Prakash Chandra Arya, Claude Nambaje, S. Kiran, M. Satish-Kumar, K. Sajeev

**Doi:** 10.1016/j.precamres.2023.107129

#### V. 謝辞

本研究は、文部科学省科学研究費助成事業（JP 15H05831, JP 20KK0081）などの研究費の支援を受けて行われました。

##### 【用語解説】

（注）新潟大学リエゾンプロフェッサー

新潟大学の国際ネットワークの構築・強化の取組の一環として、海外の大学等に勤務する教員・研究者の同窓生などで新潟大学の国際交流に大きく貢献している方に付与する名称。

##### 本件に関するお問い合わせ先

新潟大学自然科学系（理学部）

教授 M. Satish-Kumar (M. サティッシュ クマール)

E-mail : satish@geo.sc.niigata-u.ac.jp