

## 研究課題 『「暴れる気候」と人類の過去・現在・未来』 概要

### 1. 本研究領域の目的と背景

気候の動態には、三つのモードが存在する(図1)。一つ目は気候が徐々に変化する「気候変動」モードであり、地球温暖化などは典型的にこれに該当する。二つ目は、突発的に襲いかかる「異常気象」あるいは「極端気象」モードである。近年多発する豪雨などがこれに該当し、防災の観点から注目が集まっている。

そして三つ目が、気候が慢性的に不安定化し、いわゆる気象災害が頻発するようなモードである。本領域研究では、このような第三のモードを「暴れる気候」と呼称する。

地球にとって、「暴れる気候」は決して珍しい状態ではない。観察する時間スケールにもよるが、たとえば氷期の気候は暴れていることの方が普通だった(図2)。

このことは、人類が氷期に農耕を始めなかったことの原因とする説がある(Nakagawa *et al.*, 2021)。農耕は原則として、「来年の夏は今年の夏と似ている」という期待を根拠に作物を選ぶ。だが気候が「暴れる」モードに入っている場合、期待したような夏が来る保証は得られない。すなわち食料供給は不安定になり、社会は危機的な状況に陥ってしまう。

同様のことは近未来にも起こり得る。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の最新の報告書は、地球温暖化によって「極端気象」の頻度が上昇し、異常気象がもはや「異常」でなくなってしまう可能性について、強い警告を発している(図3)。

以上のような現状認識と危機意識を踏まえ、本領域研究では「暴れる気候」の ①実相とメカニズム、②過去の文明に及ぼしてきた影響、③現代社会に及びつつある影響、そして ④未来に取りうる適応戦略について、文理の垣根を超えた包括的な検討をおこなう。

暴れる気候は人類を翻弄してきた脅威であり、次いつ起こるか分からないにもかかわらず、系統的な研究はおこなわれてこなかった。この知識のギャップを埋め、持続可能な未来に貢献することを真剣に目指す。

### 2. 本研究の革新性と、期待される飛躍的な展開

気候はいつ、なぜ、「暴れる」モードになってしまうのだろう。この問いに答えるには古気候学的な事例研究が必須だが、通常の堆積物記録は年代の解像度が粗く、「ある年と次の年の夏が似ていたか」の検証には適さない場合が多かった。

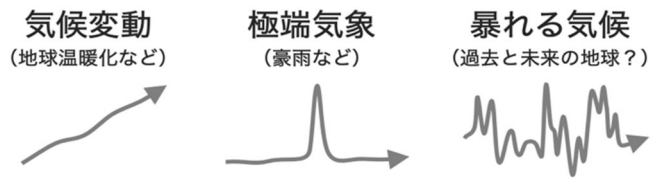


図1：気候システムの三つの動的モード。

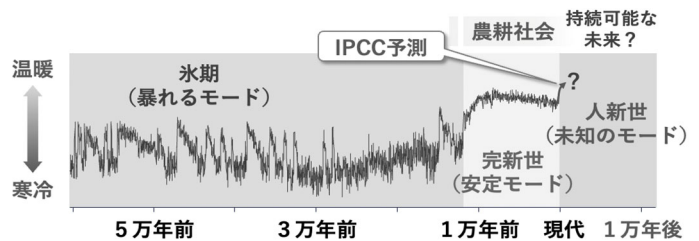


図2：氷期の気候は典型的に暴れていた(グラフはグリーンランドで復元された気候変動)。現代のようなおだやかな時代は、いつまで続くのだろう。

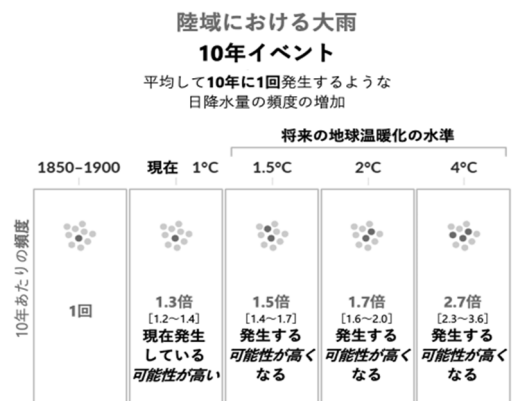


図3：IPCC第6次報告書からの抜粋。温暖化が「暴れる気候」を引き起こす可能性を警告している。

本領域研究では、「年縞」と呼ばれる特殊な地層に注目することで、この限界を突破する。年縞とは一年に一枚ずつ堆積する特殊な地層のことであり、日本の水月湖と中米マヤ地域のペテシュバトゥン湖には、世界最高品質の年縞が存在する(図4、5)。本領域研究ではこれらの年縞を採取し、詳細に分析することで、チャンピオン級のレファレンスデータを手に入れる(水月湖では約10年、ペテシュバトゥン湖では数日の時間解像度を達成する)。

また、観測事実の背景にどのようなグローバルなプロセスが存在していたかを解明するためには、モデリングによる再現実験が不可欠である。過去1000年については、国際共同プロジェクトPMIP(Paleo-climate Model Inter-comparison Project)が詳細な検討をおこなっており、その成果はIPCC第6次報告書の「目玉」の一つにもなっている。本領域研究ではこれをさらに延長し、過去2000年の積分計算を実施する。それにより、「暴れる気候」の発生メカニズムと時空間的なパターンを明らかにする。

「暴れる気候」が人類に与える影響を理解するには、超高解像度の古気候データと、それに匹敵する解像度の考古学的な記録を対比することが不可欠である。最高品質の年縞と、考古学の豊富な蓄積の両方を持つ日本とマヤ地域は、この目的にきわめて良く適合している。

日本にはすでに、世界最高水準の相対土器編年がある。本領域研究では、①大規模な気候変動の中で新たな人間活動が展開した縄文時代開始期、②水稻が定着した弥生時代、③火山噴火などによって気候が不安定化した記録が残っており、気候シミュレーションとの比較も容易な近世、の三つの時代に注目する。福井洞窟や唐古・鍵遺跡など、国指定史跡を含む重要な遺跡群の発掘や、既存資料の調査をおこない、文化的・社会的変化と「暴れる気候」の関係を解析する。

マヤ文明は正確な暦を持っており、過去の出来事の日付を大量の碑文に書き記している。本領域研究では、マヤ文明最大・最古の公共建築を持つアグアダ・フェニックス遺跡など、文明の起源と盛衰を考察する上でカギとなる遺跡群を調査する。航空測量や発掘、精密な編年などを軸に、文明盛衰プロセスを「暴れる気候」の視点から考察する。また歴史記録を精査することで、植民地時代以降のマヤ人が、気象災害にどう対応したかを解き明かす。

これらの研究は、新技術を積極的に導入し、「人間の時間感覚」に迫る超高精度編年を構築することではじめて可能になる。放射性炭素( $^{14}\text{C}$ )年代測定は、考古学の分野でもっとも広く用いられる年代決定手法だが、従来は数十年ないし数百年の誤差を伴うことが普通だった。本研究では、化石花粉の純粋抽出と陽イオン質量分析(Positive Ion Mass Spectrometry: PIMS)を組み合わせた年代測定手法(Yamada *et al.*, 2021; Omori *et al.*, in press)を導入し、測定の精度とスピードの両方を飛躍的に(おおむね10~100倍に)向上させる。

「暴れる気候」が脅威である理由の本質は、「人と自然の関係に変容を迫る」という点に集約される。現代社会はこれまで、徐々に進行する温暖化が迫る変容には注目してきた。突発的な異常気象が迫る変容についても、「災害予測」という形で評価がおこなわれている。だが「暴れる気候」の影響と適応策について、系統的な研究はおこなわれていない。本領域研究では、気候が暴れるモードに入った場合に環境や災害リスクがどのように変化するのか、どのような適応策があるのかを、モデリングと地理情報システム(GIS)を用いて検討する。

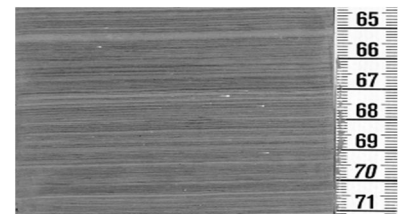


図4：福井県水月湖の年縞。過去7万年の出来事を季節ごとに記録している。

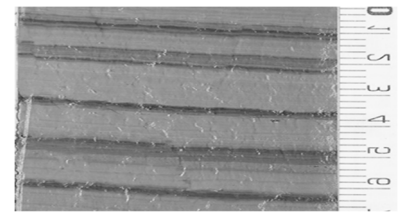


図5：ペテシュバトゥン湖の年縞。水月湖の年縞よりも厚く、より詳細な分析に適している。

## ■ 研究者・研究機関について

中川毅（古気候学研究センター長・総合科学技術研究機構教授）

<https://research-db.ritsumei.ac.jp/rithp/k03/resid/S001226>

<https://rara.ritsumei.ac.jp/fellows/takeshi-nakagawa/>

北場育子（古気候学研究センター副センター長・総合科学技術研究機構准教授）

<https://research-db.ritsumei.ac.jp/rithp/k03/resid/S001246>

<https://rara.ritsumei.ac.jp/fellows/ikuko-kitaba/>

古気候学研究センター

<http://labo.rits-palaeo.com/>

立命館先進研究アカデミー (RARA)

<https://rara.ritsumei.ac.jp/>

## ■ 「学術変革領域研究(A)」について

文部科学省および日本学術振興会が助成する科学研究費助成事業の種目の一つで、多様な研究者の共創と融合により提案された研究領域において、これまでの学術の体系や方向を大きく変革・転換させることを先導するとともに、我が国の学術水準の向上・強化や若手研究者の育成につながる研究領域の創成を目指し、共同研究や設備の共用化等の取組を通じて提案研究領域を発展させる研究です。研究期間は5年間。応募金額は、単年度当たり5,000万円以上3億円までの大型研究です。