

天文学研究室(松本)

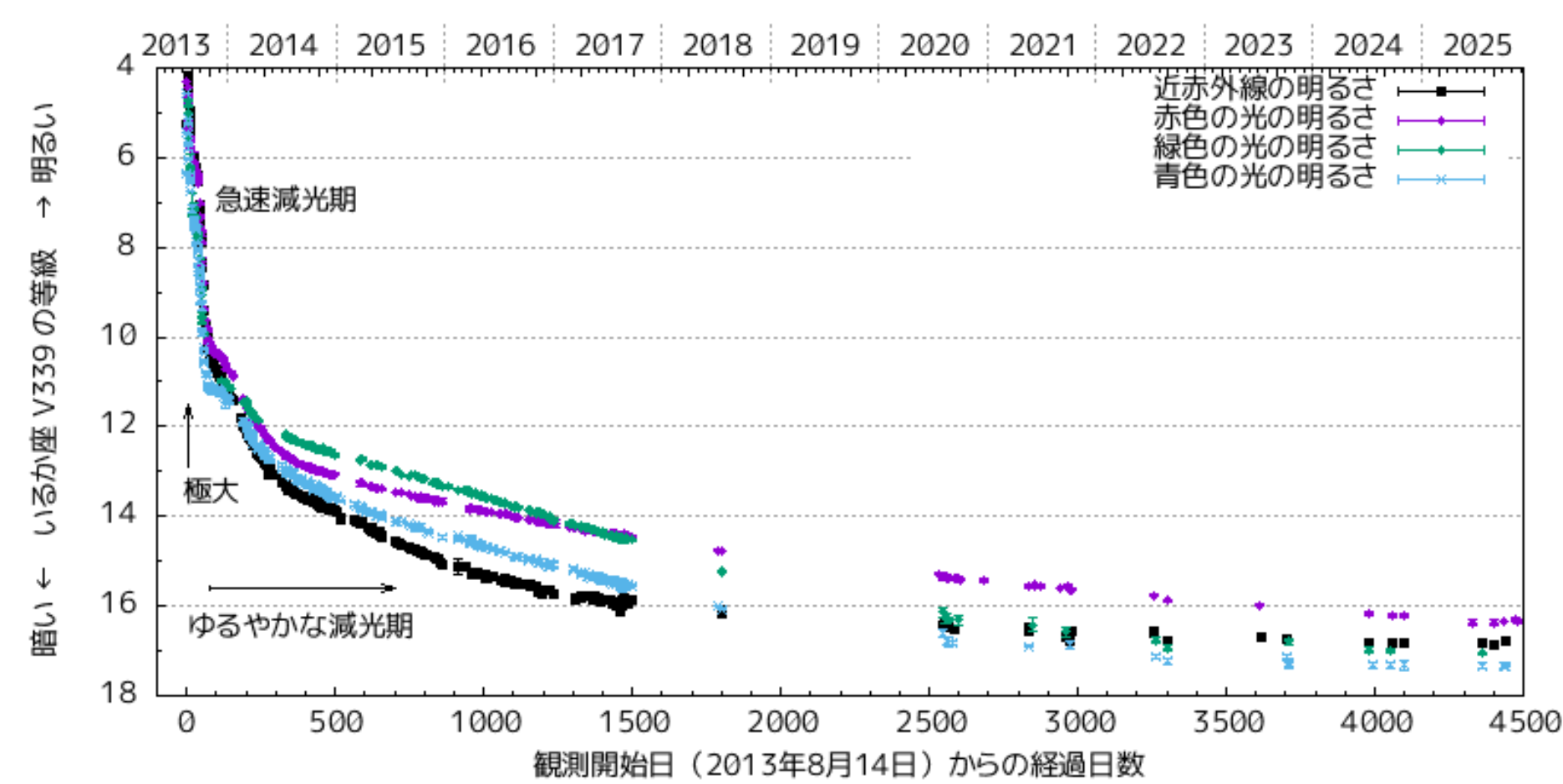
研究对象

天文学研究室では、柏原キャンパスの天文台で観測可能な様々な天体現象を研究対象としています。特に、**激変星、超新星、ブラックホール天体(X線星や活動銀河核)**などの**活動的天体現象**が挙げられます。また学校や社会における**広い意味での天文教育**の研究や実践を行っています。

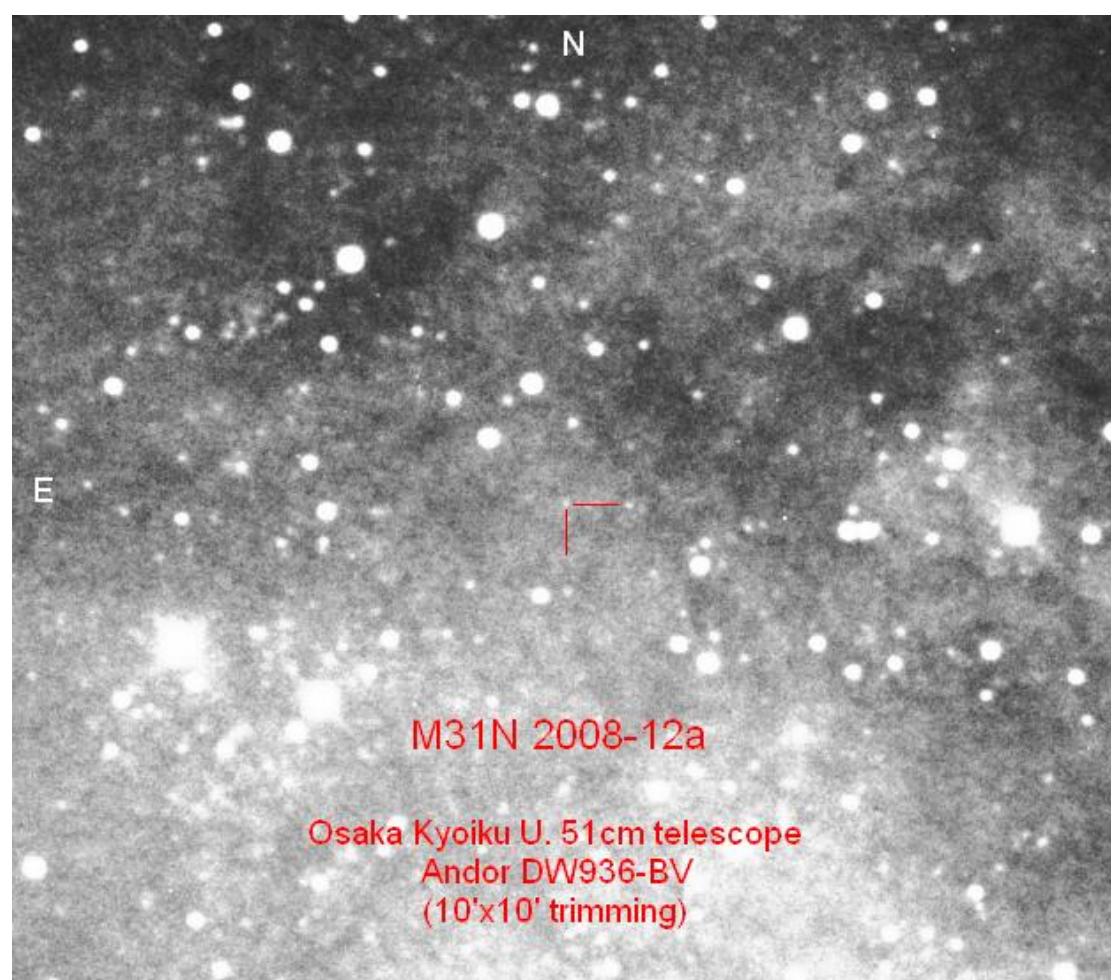
激変星とは、白色矮星と、ロッシュローブを満たした恒星からなる連星系の総称です(右図)。白色矮星の周囲には恒星側から流入する物質でできた降着円盤が形成されています。白色矮星の表面の降着物質が臨界値を超え暴走的な核燃焼を起こす現象が新星爆発です。降着円盤が不安定になり重力エネルギーを解放することで増光を起こす激変星は矮新星と呼ばれます。

ブラックホールは一般相対性理論から予言された特殊な天体で、周辺の物質と相互作用し様々な活動性を帯びることがあります。その質量と大きさ(シュヴァルツシルト半径)には比例関係があり、重いブラックホールほど巨大といえます。太陽質量の数倍～数十倍の**恒星質量ブラックホール**と、星の大集団である銀河の中心部に存在する太陽質量の10万倍を超える**超巨大ブラックホール**の存在が知られています。銀河のうち顕著な活動性を示す活動銀河は、中心部の超巨大ブラックホールや高速噴流(ジェット)からなる活動銀河核により特徴付けられます。

激变星(新星、矮新星)



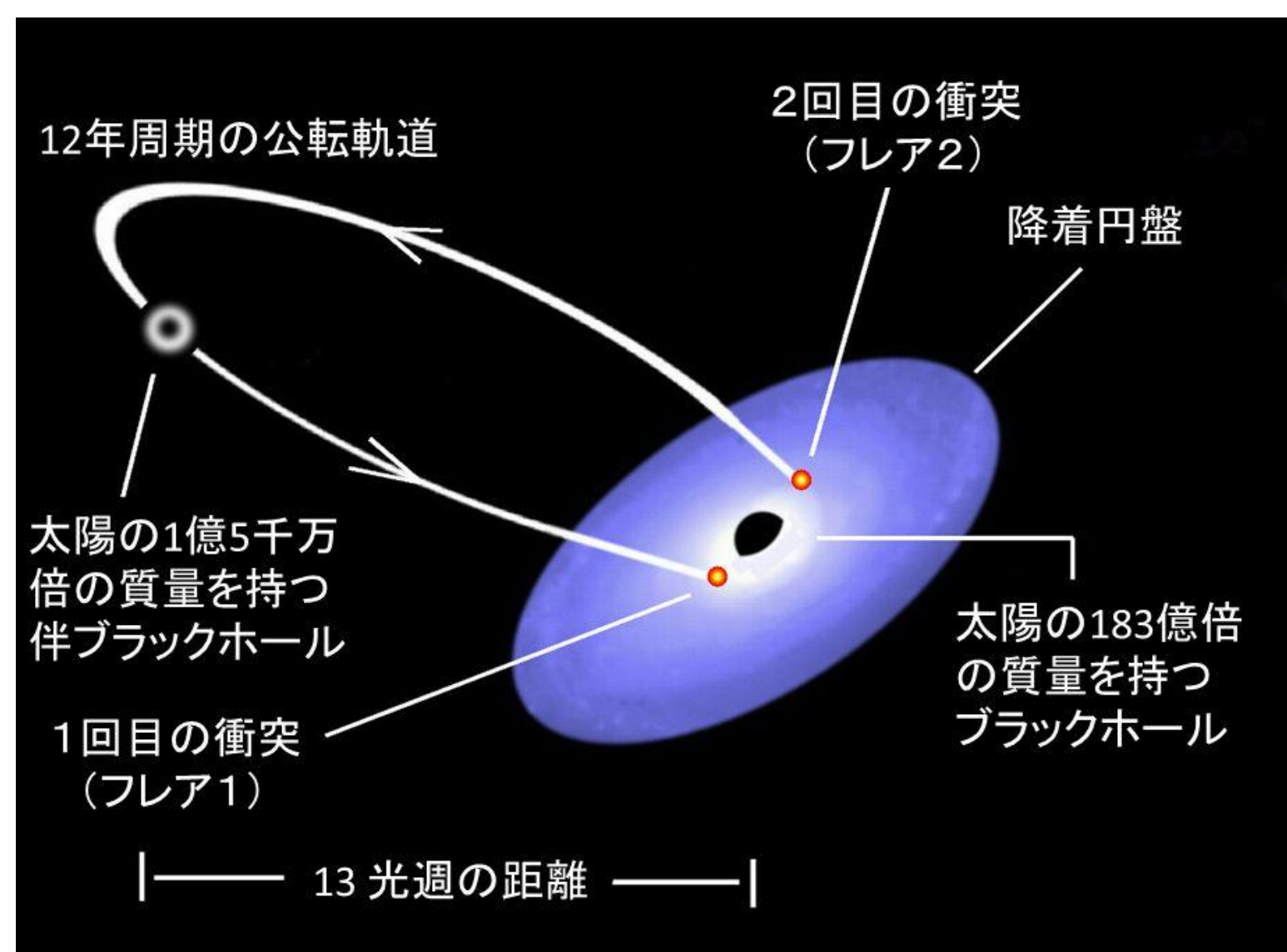
上の図は2013年に爆発した新星「いるか座V339」の明るさの変化です。発見の4時間半後から観測を始めることに成功しました。現在でもまだゆるやかな減光を続けており、観測を継続しています。



上の図はアンドロメダ銀河で爆発した新星で、既知の天体のなかで最も早くIa型超新星になりそうな天体です(51cm望遠鏡による観測画像)

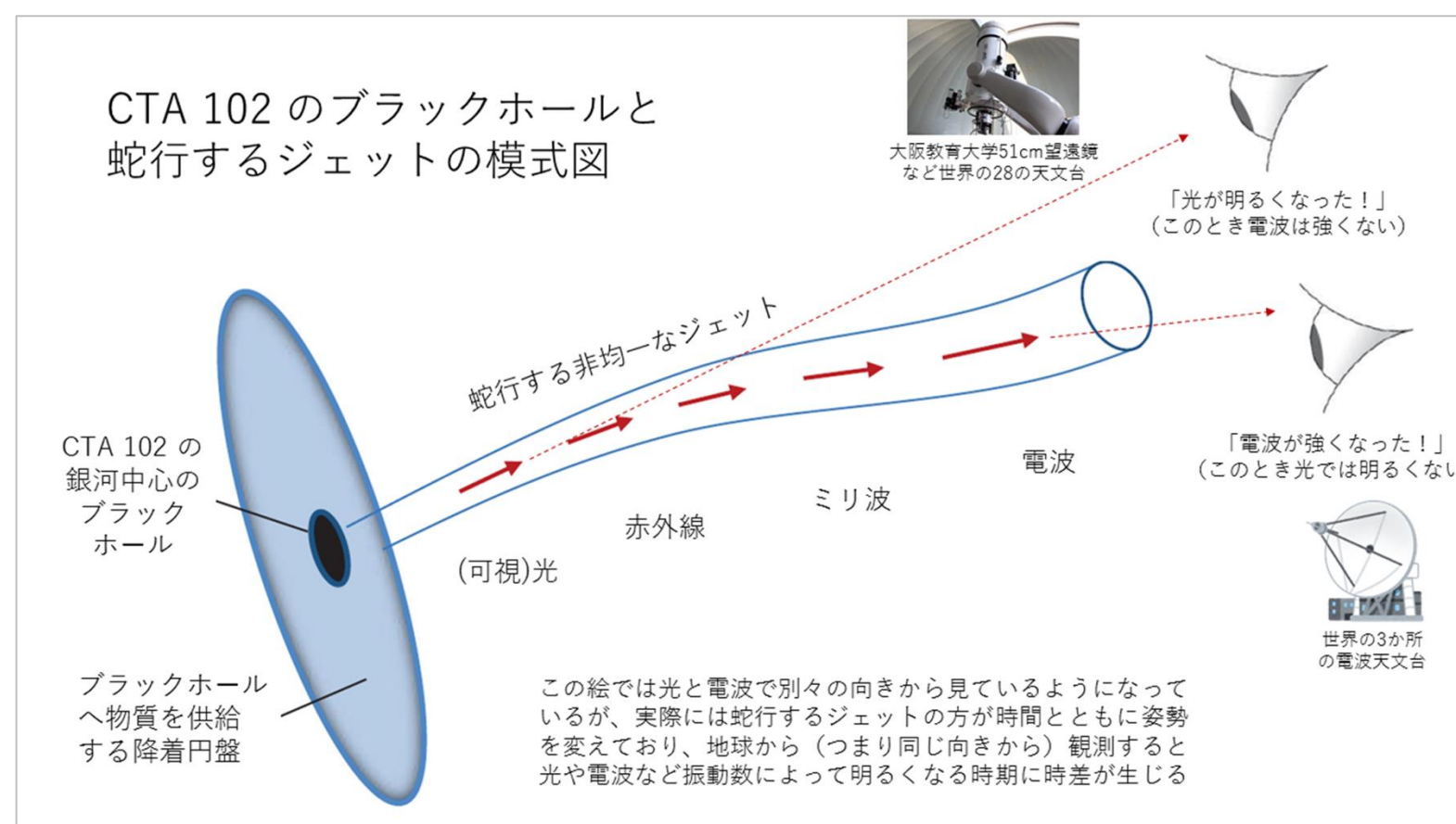
宇宙最大級の超巨大ブラックホール連星 OJ 287

OJ 287は活動銀河核の一種で、地球から約36億光年の距離にあります。この天体の極めて特異な点は、約12年ごとに2回のフレア(急激に明るくなること)を繰り返していることです。この謎を鮮やかに解決したのが、右図の歳差連星ブラックホールモデルです。我々を含む国際共同研究によって、OJ 287の中心部には**太陽の183億倍と1億5000万倍の質量を持つ2つの超巨大ブラックホール**が潜んでいることがわかりました。



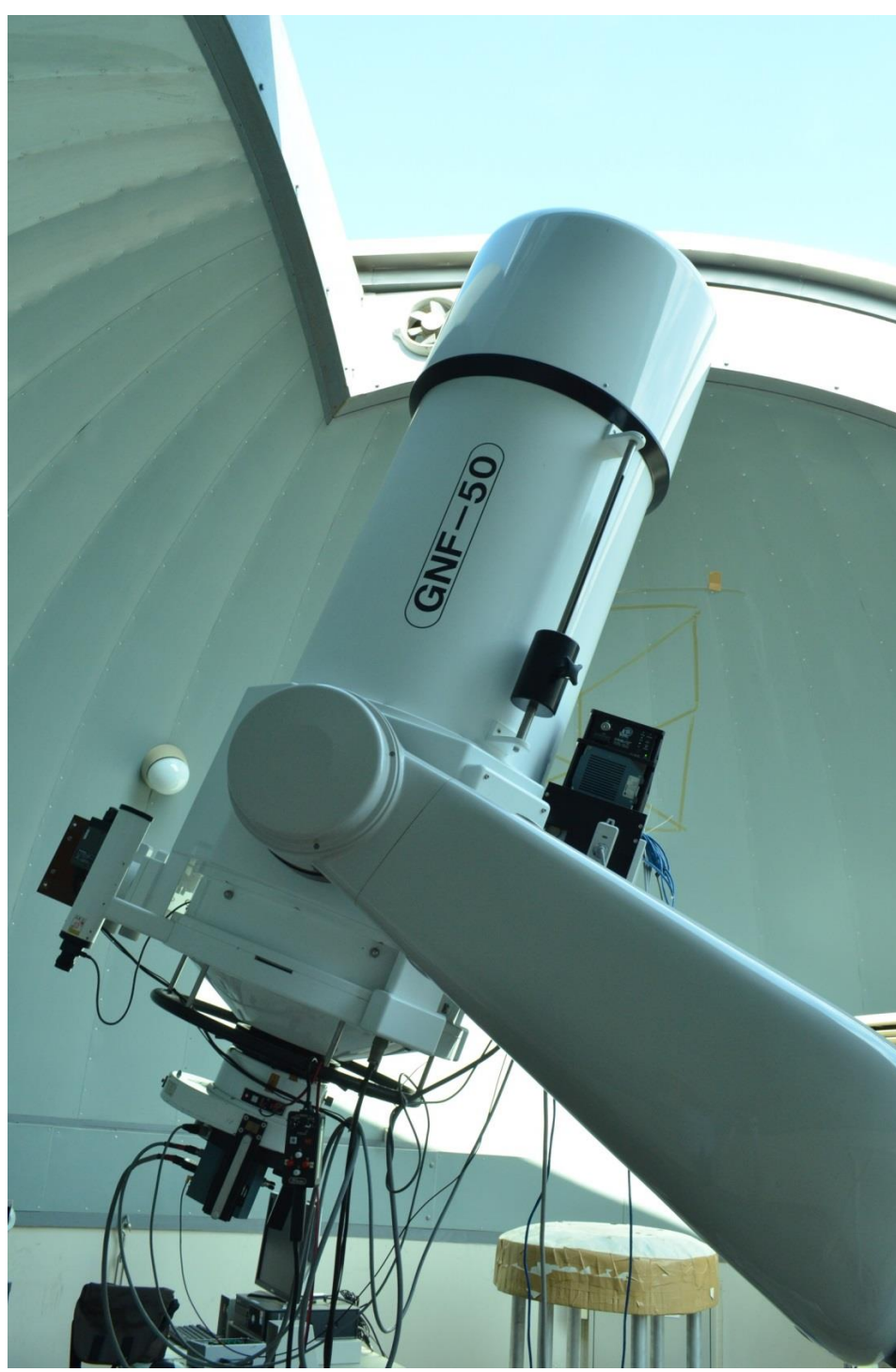
CTA 102 の蛇行するジェット

CTA 102 は**活動銀河核**の一種で、約110億光年の距離にあります。活動銀河核の活動性のうち、物理的な常識を超える急激な明るさの変化がなぜ起こるのか議論が続いていました。我々を含む国際共同研究は、CTA 102 の**超巨大ブラックホール**から噴き出す**ジェット**がヘビのように蛇行しながら地球へ向いており、その一般相対論の効果によって説明できることを世界で初めて解明しました(右図)。この成果はNature 誌に発表されました。



天文台と観測装置

柏原キャンパスの天文台には、口径51cm反射式望遠鏡とCCDカメラからなる天体観測設備が備えられています。カメラには特定の波長域の光を通す複数の干渉フィルタが付随し、天体の明るさと共に温度に関する情報を得ることができます。また、学生実習や天体観察会で使用する小型望遠鏡も数台備えています。天文台では、柏原市の小・中学生を対象とした天体観察会を、年に数回実施しています(右の写真)。天文学研究室的な学生も運営に参加します。また中・高校生の観測実習を受け入れることもあります。



地球惑星科学研究所(平川)

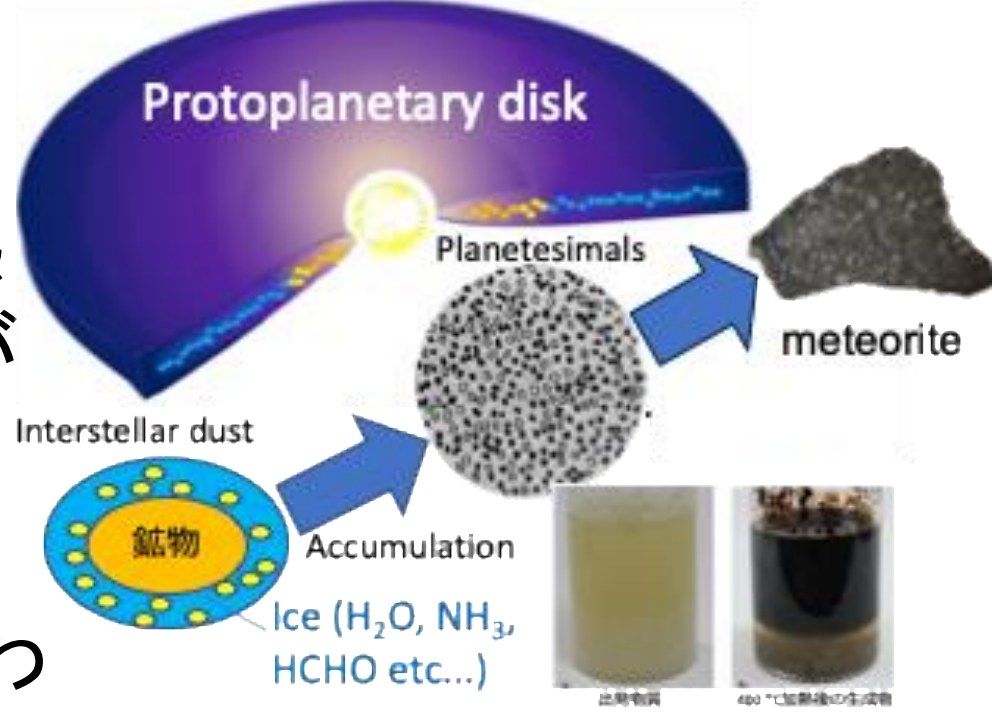
研究对象

地球惑星科学研究室では、隕石や小惑星などを対象として、初期太陽系における物質進化の過程を研究しています。特に、**小天体内部で進行した有機物と鉱物の相互作用**に着目し、実験的手法を用いながら、太陽系初期にどのような化学反応や変質作用が生じたのかを明らかにしようとしています。また、こうした研究成果をもとに、**物質科学の視点から太陽系形成史を理解するための教材開発や学習枠組みの構築**にも取り組み、学校現場への実装を目指しています。

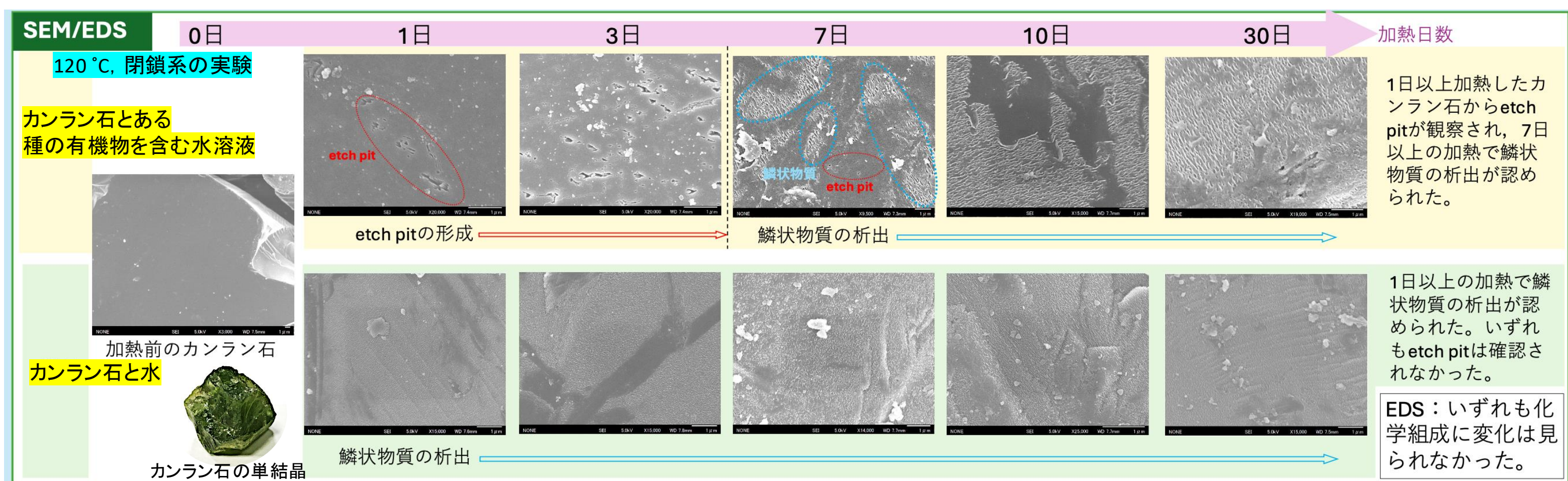
初期太陽系では、ガスや塵からなる原始太陽系円盤の中で微粒子が集積し、微惑星が形成されました。これらの微惑星内部では、水や熱の影響によって鉱物や有機物の変質が進行し、両者の相互作用を伴いながら多様な化学反応が生じたと考えられています。特に、**含水環境における有機物と鉱物の相互作用**は、生命の材料物質の形成や進化にも関わる可能性があり、**アストロバイオロジー**の観点からも重要な研究テーマとなっています。

The diagram illustrates the formation of planetesimals and meteorites. It shows a protoplanetary disk with a central star. Interstellar dust and gas (labeled 'Interstellar dust' and 'Gas') are shown entering the disk. The disk is composed of 'Planetesimals' and 'Gas'. The process of 'Accumulation' is shown, leading to the formation of 'Planetesimals' and 'Meteorites'. The diagram also shows the presence of 'Ice (H₂O, NH₃, HCHO etc.)' and 'Organic matter' (有機物) within the planetesimals. The diagram is labeled 'Protoplanetary disk' and 'Planetesimals'.

本研究室では、こうした初期太陽系環境を模擬した実験を通して、小天体内部で生じた物質進化の理解を目指しています。実験生成物に対して、電子顕微鏡による微細組織観察やX線回折を用いた結晶構造解析、赤外分光法などを組み合わせることで、鉱物や有機物の変化を微視的なスケールから追跡し、初期太陽系環境における物質進化の過程を探っています。

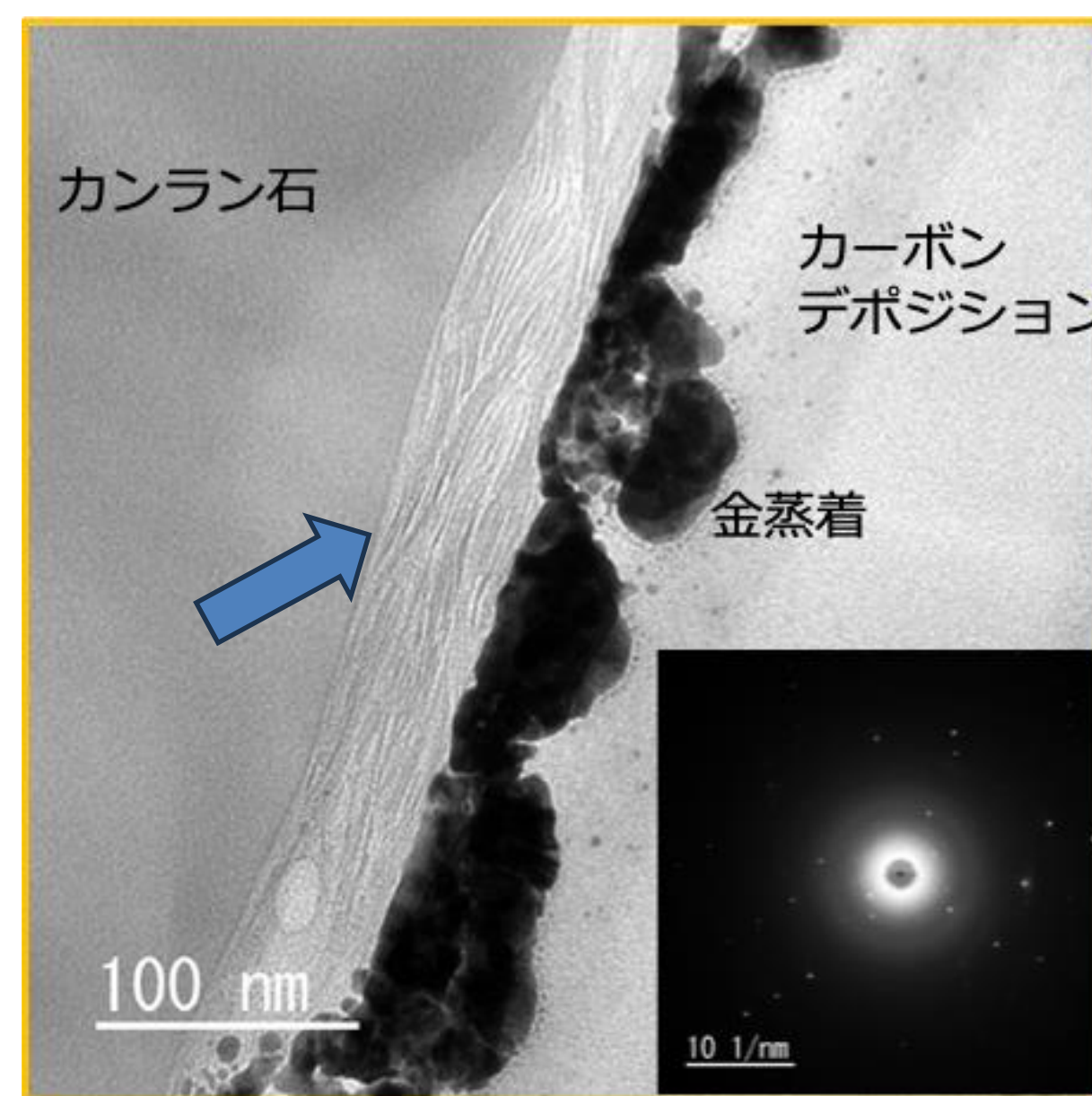


小天体内部を模した水溶液と鉱物の化学反応



上図は、隕石に普遍的に含まれるカンラン石を出発物質とし、小天体内部において想定される水熱条件下で実験的に処理した際の表面組織変化を示したものです。ある種の有機物の共存の有無による比較を行っており、その結果、有機物の反応が溶液のpH変化を引き起こし、それに伴ってカンラン石の変質過程および表面組織の発達に影響を及ぼすことが示唆されました。

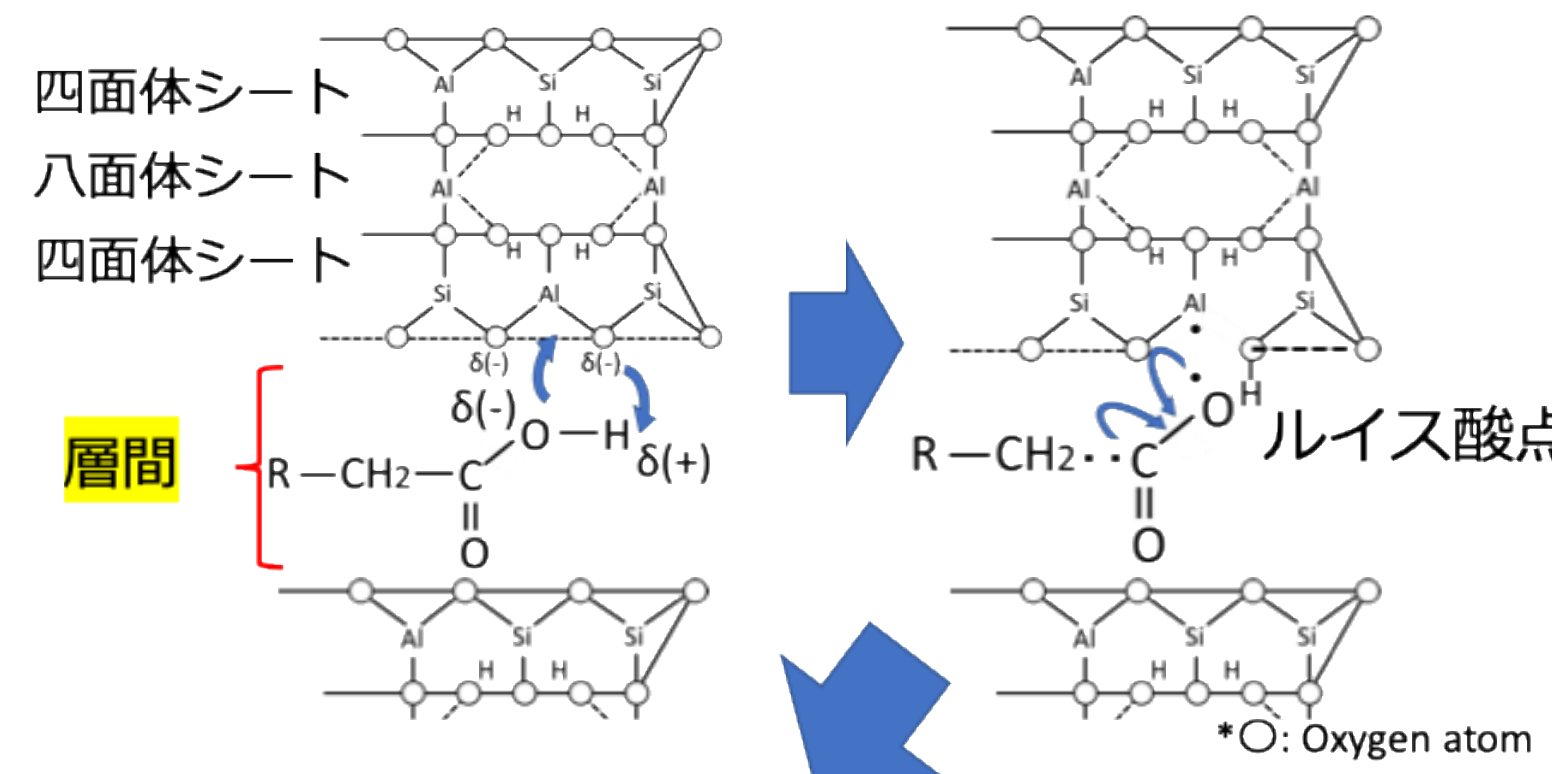
右図は、粒子表面に形成されたチューブ状の組織であり、粘土鉱物へと結晶化が進行する最初期段階(Hirakawa et al. 2021)にあると考えられます。



粘土鉱物と有機物の相互作用による物質進化

ある種の小天体では、水質変質によって形成されたサポナイトなどの粘土鉱物が存在します。粘土鉱物は層状の結晶構造をもつ含水鉱物です。

小天体内部の水環境では、粘土鉱物が有機物を吸着・濃縮し、化学反応の場として働いたと考えられています。特にスメクタイトなどの粘土鉱物は、有機分子の重合や保存、分解などに関与し、生命関連分子の生成・分解にも寄与する可能性があります。右図は粘土鉱物と有機物の反応の例として、カルボン酸の脱炭酸(Almon and Johns 1975)について示しています。



フィロケイ酸塩鉱物により脂肪酸の脱炭酸反応が促進. (Almon and Johns 1975)

スメクタイト(モンモリロナイト)の共存下では200-300 °Cで脱炭酸反応やクラッキングなどの**分解反応**が促進(Hirakawa et al. 2021)

実験・分析について

加熱実験は、大阪教育大学の本研究室で行います。ガンマ線の照射実験は、東京科学大学の施設をお借りしています。分析は、大阪教育大学の走査型電子顕微鏡、透過型電子顕微鏡、X線回折装置、赤外分光分析装置などを活用しています。

そのほか、本研究室では隕石などの地球外物質を活用し、理論と観測が中心の地学教育に物質的なアプローチを加えたアップデートを行いたいと考えています。天体観測会や学校教員研修、連携学校との共同研究など、学校現場と協働できる機会を数多く用意しています。

