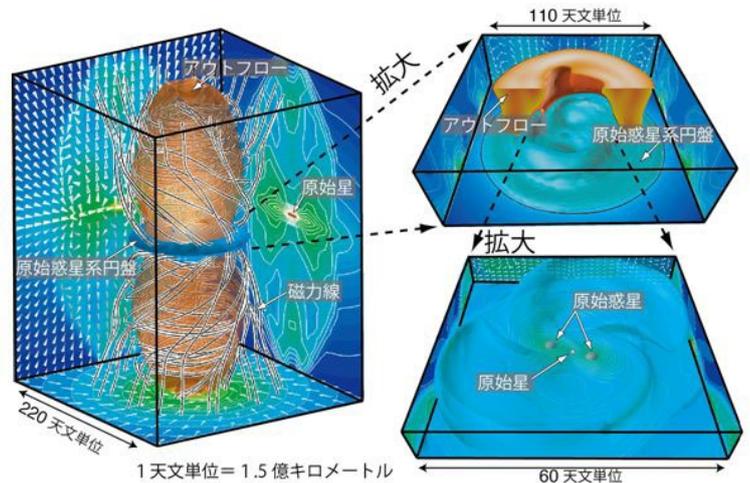


スタッフ 教授 町田 正博 (理論系)  
 准教授 岡崎 隆司 (分析系)  
 助教 山本 大貴 (実験系)

太陽系は、太陽という中心星のまわりを公転する惑星、準惑星、小惑星、太陽系外縁天体などや、惑星のまわりを公転する衛星などから成る「惑星系」の一つです。最近の天文観測の発展により、太陽系以外にも中心星のまわりを惑星が公転する惑星系が多数あることが分かってきました。当研究分野では、惑星系の形成・進化過程を解明することを目指して、以下のような研究を行っています。

### (1) 星と惑星が誕生する過程の数値シミュレーションと観測による研究

星や惑星系は、分子雲が自分自身の重力によって収縮することにより形成します。右図は、その過程をスーパーコンピューターで数値シミュレーションした結果です。図中左側のパネルで、白と黒の線は磁力線を、オレンジ色の部分は原始星アウトフローを示しています。星は誕生する瞬間に、磁場の力によってガスを放出します。このガスの速度は時速10万キロメートル以上です。図のオレンジ色の部分が放出されたガスに対応します。また、右下の



パネルから円盤の中で木星のようなガス惑星が2つ誕生しているのが分かります。このように分子雲コアの中で星が誕生し、星の周りに原始惑星系円盤が形成し、さらにその

円盤中で惑星が生まれるまでを計算し、様々な惑星系が形成過程を改名しています。

左の図は、我々がオリオン星形成領域で行ったALMA望遠鏡観測の模式図です。図の中心から左上と右上方向に生まれたばかりの原始星が存在しており、原始星からガスが激しく放出されている様子が分かります。また、アウトフローの先端(右下の部分)では、新しい星が誕生しつつあることが分かっています。このように数値シミュレーションと観測を比較することによって、星と惑星の誕生を解明しています。

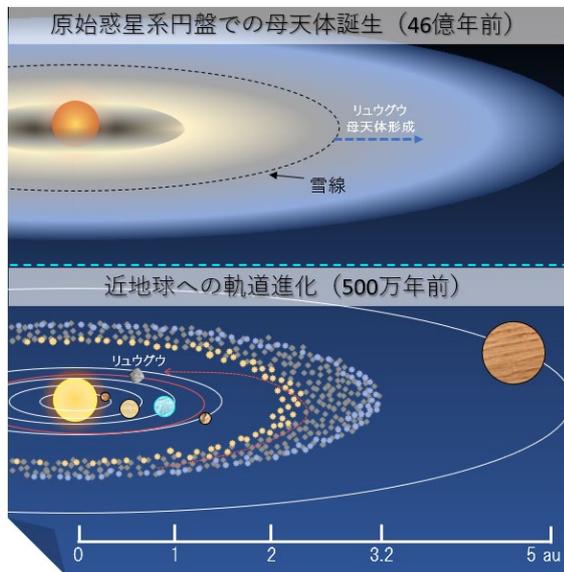


Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO),  
A. Sato et al.

## (2) 地球外物質の元素・同位体分析による実験的研究

理論的研究や天文観測で得られる恒星や原始惑星系円盤、惑星系進化に関する情報と、我々の太陽系を比較・理解することは重要です。太陽系46億年の進化は、地球外物質の化学組成や同位体組成に記録されています。本研究室は微量（原子数で5000個あれば検出可能）の希ガス同位体分析が可能な分析装置を有する、世界でも珍しい研究室です。希ガス同位体は物質の起源を

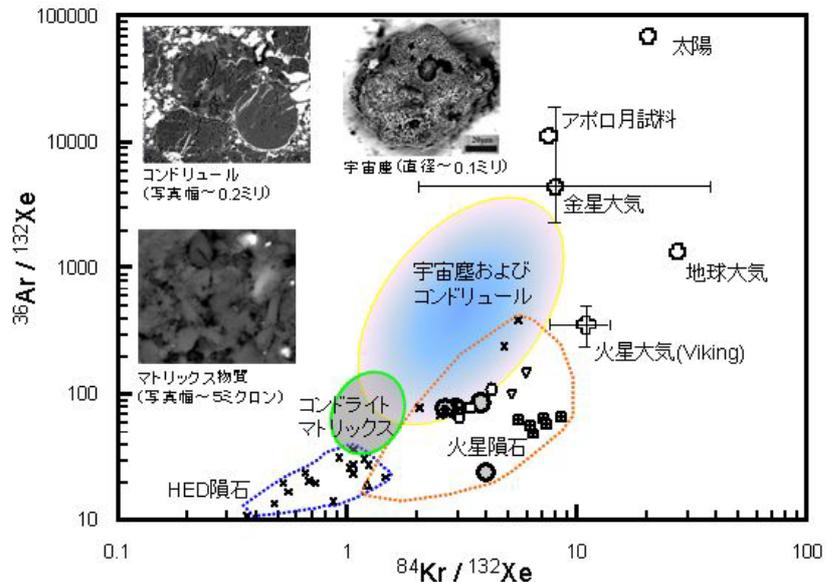
決めるのに非常に有力な情報になります。例えば、太陽と地球大気、火星起源の隕石などは異なる元素組成を持っています（右上図）。また、希ガス同位体を「時計」として用いることで、天体が形成した年代や天体同士の衝突加熱の起きた年代、隕石が小惑星などの元々の天体から放出されて地球に落下するまでに宇宙空間を浮遊していた期間などを決めることができます。



これまでの、隕石試料や探査機「はやぶさ」および「はやぶさ2」の回収試料の分析や、日本に落下した隕石の鑑定などを行っています。はやぶさ2の探査した小惑星リュウグウの元天体（母天体）がどのような環境で誕生し、いつ地球に近づいてきたか、などがわかってきました（左図）。

この他にも、コンドライト隕石や小惑星ベスタや火星起源隕石の年代測定なども行っており、太陽系材料物質の起源、小惑星・惑星などの

形成と進化過程の解明に向けた研究をすすめています。



### (3) 宇宙環境を模擬した室内加熱実験

およそ 46 億年前の太陽系には、希薄なガスと固体物質ダストからなる“原始太陽系円盤”と呼ばれる段階が存在し、その中で起こった様々な化学反応を通じた惑星材料物質の形成・進化は、現在の太陽系の化学的多様性に反映されています。本研究室では、原始太陽系円盤で起こる様々な化学反応に注目し、太陽系固体模擬物質を用いて宇宙環境を模した環境下での加熱実験をおこない、隕石などの天然サンプルの分析結果から初期太陽系の情報を読み解く試みをしています。具体的には、初期太陽系円盤はガス圧や時には温度が低く、化学反応は熱力学的平衡に容易に到達しないことから、化学反応速度論を用いた解釈が必要となります。そのため、実験後のサンプルの化学的・組織的分析から反応速度を支配している化学反応プロセスの速度パラメータを取得し、隕石などの分析からだけでは見えてこなかった初期太陽系の環境を復元する試みをおこなっています。一例として太陽系で最初に作られた物質である難揮発性包有物 CAI の酸素同位体組成に注目した実験的研究の結果を示します。この研究では、熔融を経験しメルト状態から結晶化した CAI と円盤環境を模した低圧ガスとの酸素同位体交換実験をおこない(上図)、天然熔融 CAI の酸素同位体組成分析の結果を踏まえて、最高温度 (~1400°C) での加熱継続時間と円盤全圧 (~水素圧) を定量的に推定しました(下図)。

