

原始惑星系円盤の化学

東京大学 理学部天文学科 教授

相川 祐理

(お問い合わせ先) E-MAIL : aikawa@astron.s.u-tokyo.ac.jp



研究の背景

太陽のような星（恒星）は、銀河内を漂うガスが互いの重力で集まり、収縮することで形成されます。生まれたばかりの星は円盤状のガス（原始惑星系円盤）に取り囲まれており、惑星系はこの円盤の中で形成されます。

現在、チリにあるアタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計（ALMA望遠鏡）によって円盤内の分子ガスの観測が進められており、円盤の分子組成は一様ではなく、分子種や天体ごとに分布が異なることが示されています。

研究の成果

私たちは、原始惑星系円盤の組成を化学反応速度式の数値シミュレーションによって求め、これを観測結果と比較することで、惑星系材料物質の解明を目指しています。ここでは、このうち重水素を含む分子についての研究成果を紹介します。

重水素は水素の同位体です。元素としては水素1個に対して重水素が 10^{-5} 個の割合で存在しますが、太陽系では重水素を含む割合が元素の比よりも高い分子がしばしば観測されます。たとえば地球の海水や彗星では、水分子のうち重水素を含む水分子の割合は 10^{-4} です。惑星系形成の現場である原始惑星系円盤において重水素を含む分子がどのように生成され分布しているのかは、私たちの太陽系物質の起源の解明につながると考えられています。

私たちは、原始惑星系円盤内での「重水素を含む分子の生成、破壊」を数値シミュレーションによって解明しました。分子の中に重水素を取り込む反応は、基本的に、低温な環境での発熱反応によって進行します。円盤内では温度やガス密度、電離度などが場所によって異なり、これらの環境に応じて重水素を分子に取り込む反応も異なることを定量的に示しました。

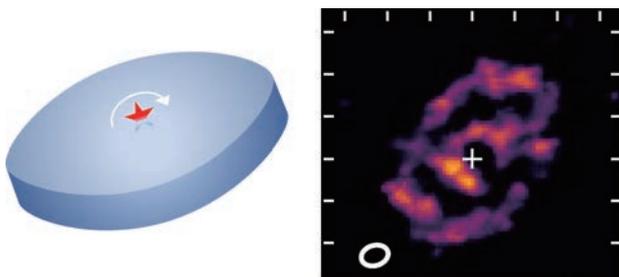


図1 円盤の模式図(左)と原始惑星系円盤で観測されたDCO⁺の輝線強度分布(右)。輝線強度の強い領域が2つのリング状になっている。(Huang et al. 2017 から一部転載)

シミュレーションで得られた分子の分布は、図1のような観測結果も再現します(図2参照)。また、数値シミュレーションの結果の解析から、よく観測される分子の重水素と水素の割合を簡単な数式(解析解)で表すことにも成功しました。このような数式は、観測との比較を容易にし、観測から円盤温度などを推定する際にも利用できると考えられます。

今後の展望

ALMA望遠鏡では、現在、5つの原始惑星系円盤においてさまざまな分子輝線をより高い空間分解能で観測する国際プロジェクトが進められています。私たちはこのプロジェクトで重水素を含む分子の解析を担当しています。観測結果とシミュレーションを組み合わせ、惑星物質の起源に迫ることが期待されます。

関連する科研費

2016-2017年度 新学術領域研究(研究領域提案型)「星・惑星系形成過程における気相と固相の化学：天体構造の観測指標と物質進化」

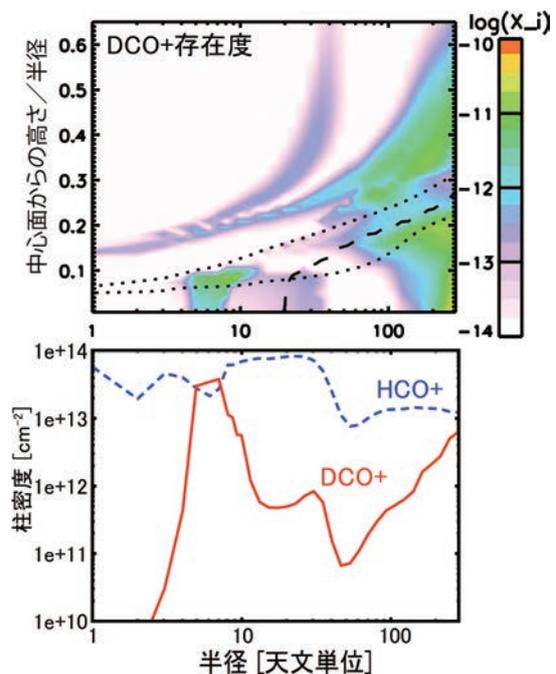


図2 数値シミュレーションで得られた原始惑星系円盤内のDCO⁺の空間分布。(Aikawa et al. 2018から一部改変)