

<科目名>  
構造化学α

<担当教員名>  
羽馬 哲也

<講義題目>  
化学で切り開く宇宙の科学 (アドバンスト理科 基礎科目)



### 【授業の目標・概要】

「化学」の定義を簡潔に述べると「元素で記述できる物質に関する科学」です。これだけでは簡潔すぎてわかりにくいかもしれませんが、つまり試験管の中の溶液はもちろん、地球に存在する物質だけでなく、宇宙の物質も化学の研究対象となります。

20世紀以降、紫外線から電波領域までの広い波長での観測が可能になると、

星間空間（星と星とのあいだの暗い空間）には290種類を超える分子や「星間塵」と呼ばれる鉱物や氷の微粒子が存在していることが明らかになりました。「宇宙にはなぜこれほど多くの分子が存在しているのか？」を知ることは物理・化学的に興味深いだけでなく、星や太陽系を含む惑星系の形成を理解するために重要な手掛かりとなるうえに、地球や生命の存在が特殊なのか普遍的なのかという問いを考えるための根拠をなすでしょう。

### 【講義の内容】

それでは宇宙では具体的にどのような化学反応がおきているのでしょうか？星間空間は、高密度な領域として知られる「星間分子雲（ $H_2$ を筆頭に多くの星間分子が存在することからその名がつけられている。星間分子雲がさらに重力収縮することで新たに恒星や惑星系が誕生する）」でさえ $H_2$ の密度は $10^4-10^5 \text{ cm}^{-3}$ であり(図1)、1気圧における気体分子の密度がおおよそ $10^{19} \text{ cm}^{-3}$ であることを考えると、星間分子雲は極めて希薄な超高真空環境です。また、星間分子雲内には熱源となる恒星はまだ存在しないため、その温度はおおよそ10 K(-296℃)まで下がります。このような超高真空・極低温環境では、活性化エネルギーをもつ中性分子同士の化学反応は極端におこりにくくなるため「星間空間ではどのような化学反応によって290種類を超える分子が生まれているのか？」という問いは、これまで多くの天文学者だけでなく化学者も魅了してきました。

そこで本講義では星間化学、つまり宇宙でおきている化学反応と星や惑星系の形成にお

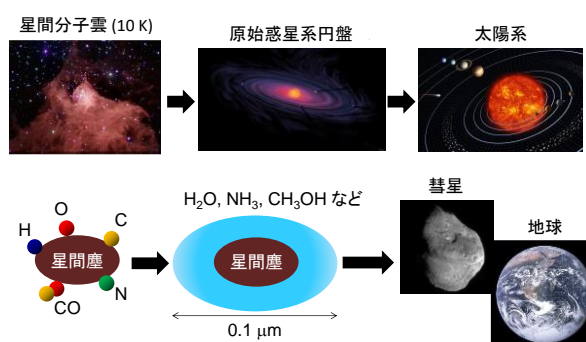


図1：天体の進化と物質の進化

けるその意義について概説します。参考として、昨年度の講義内容を以下に記します。

- (1) ガイダンス
- (2) 化学のはじまり：ビッグバンの観測的証拠と元素合成
- (3) 星形成についての概説：原子や分子の放射冷却の重要性
- (4) 初期宇宙における星形成：初代の星を作る化学反応は何か？最新の実験研究を紹介。
- (5) 星間分子の観測：宇宙には何種類の分子が存在するか？
- (6) 宇宙から地球へ届く未知の光：Diffuse interstellar bands
- (7) 電子遷移（可視）から振動遷移（赤外）へ。星間塵の赤外スペクトル。  
星間塵の模擬物質について実験するための超高真空・極低温の実験装置の製作。
- (8) 分子間力：イオン同士のクーロン力から分散力まで。
- (9) 水素結合。惑星系の形成における分子間力の重要性。
- (10) 宇宙の気相化学反応の主役：イオン-分子反応
- (11) 低温なイオン-分子反応：量子トンネル効果の重要性
- (12) 星間塵の表面化学反応：星を作る H<sub>2</sub> 生成，量子トンネル効果，光化学反応など
- (13) 最終回。これまでの講義の総括。

以上です。本年度もおおよそ上記の内容について講義を行う予定ですが、受講生の興味などに応じて昨年度と異なる内容の講義をする可能性もあります。また、実際に羽馬研究室で使用されている機器を用いて星間化学に関する実験も行う予定です。講義では「地球科学や天文学の問題が化学の最先端の問題につながる」という異分野間の結びつきや、「何がわかっているか？」だけでなく「何がまだわかっていないか？」についても解説を試みます。

#### 【授業ガイダンス】

受講者数を 20 名程度に制限するため、第一回講義でガイダンスをおこなったのち、構造化学や学習意欲に関する小テスト（あるいはレポート課題）を行います。その結果から、第 2 回以降の受講対象者の学生証番号を先進科学研究機構のホームページを通して発表します。第一回[10/5(木)と 10/6(金)]のガイダンスの URL は下記のとおりです。

<https://u-tokyo-ac-jp.zoom.us/j/97610732613?pwd=SW8yVzkyL1pJcytEOEdJSDV0SEFMZz09>

ミーティング ID: 976 1073 2613 パスコード: 347216

#### 【履修者へのメッセージ】

本講義では、宇宙でおきている化学を例として、今後の化学の可能性の一端を伝えられればと思います。受講にあたり天文学や地球科学に関する予備知識は不要です。化学については専門的な内容に踏み込むこともあるので、構造化学をはじめとする基礎知識があると良いです。ある問題に対して自分なりに考えて議論できる方を歓迎します。本講義では受講者数を制限していますが、講義の内容に興味がありましたら、いつでも羽馬にご連絡ください。

#### 【参考情報】

研究室 HP : <http://www.hamalab.c.u-tokyo.ac.jp/>