

平成 22 年 5 月 31 日現在

研究種目：若手研究(B)

研究期間：平成 20 年度 ~ 平成 21 年度

課題番号：20750017

研究課題名（和文）可視光領域の実験室高分解能分光による星間物質の解明

研究課題名（英文）Laboratory high resolution spectroscopy for Interstellar matter
in the optical region

研究代表者

東京理科大学 理学部第一部 化学科（助教）荒木 光典

研究者番号：90453604

研究成果の概要（和文）：

星間空間に存在する分子からの吸収線 Diffuse Interstellar Bands (DIBs)は、1922 年に発見されて以来、いまだに解明されていない。宇宙空間の物質進化のミッシングリンクとなっている。それを解明するため、DIBs の分光的な同定を目指している。放電を用いて宇宙空間(特に Diffuse clouds)で生存できる分子だけを選択的に生成し、その発光スペクトルを高分解能モノクロメーターで測定し、その可視光領域の電子遷移スペクトルを高分解能で得るとともに分子構造を明らかにすることを目指している。本研究では、これを実現する装置を開発した。今後、DIBs の起源として予想している分子イオン種に対してこの装置を用い、得られた一連の情報から、Diffuse Interstellar Bands の同定を行うことが可能となった。この装置では、ホロカソードを用いて 1500V で放電を行い、ラジカルやイオンを生成することが出来た。その発光を高分解能分光器 HORIBA Jobin Yvon iHR320 (200-800 nm、1200 ~ 1800 本/mm 回折格子 3 枚)もしくは、Actron Research Corporation Spectro pro275 (可視 ~ 1600 nm、600 本/mm)を用いて分光を行なった。光電子増倍管を用いて検出された信号は、位相敏感検波器 Femto LIA-MV-200-L を介して計算機に記録された。観測の結果、アルゴンイオンのスペクトルが強く観測された。イオンを効率よく生成し測定できる分光器が開発できた。

研究成果の概要（英文）：

The diffuse interstellar bands (DIBs) were first discovered in the optical absorption spectra on stars in 1922. Although several hundreds DIBs were detected already, DIBs still remain the longest standing unsolved problem in spectroscopy. It has not been known that what kind molecules have these absorptions. One of the best approaches to identify DIBs can be the following procedure: 1) a generation of a DIBs candidate molecule in laboratory, 2) measurements of frequencies of electronic transitions of the molecule, and 3) comparisons between the frequencies and astronomically observed

spectra.

To be able to solve the DIBs problem, we have been developed a discharge-emission spectrometer system. A hollow cathode was used to generate molecular ions in a discharge, since it has been suggested that molecular ions can be probable candidates of DIBs origins. The discharge was produced by a pulsed voltage of 1500V. A wide wavelength range of our system was covered by two spectrometers HORIBA Jobin Yvon iHR320 (the 200-800 nm wavelength range using three gratings having groove densities 1200 and 1800 gr/mm) and Actron Research Corporation Spectro pro275 (the visible - 1600 nm wavelength range, 600 gr/mm). The dispersed discharge-emission was detected by a photomultiplier and recorded via the lock-in amplifier (Femto LIA-MV-200-L).

In observing a discharge of Argon gas, optical transitions of Argon ion were strongly detected having comparable intensities with those of Argon neutral. The ion can be effectively produced by the hollow-cathode effect in the discharge.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
20年度	2,400,000	720,000	3,120,000
21年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：基礎化学・物理化学

キーワード：Diffuse Interstellar Bands、星間、高分解能、分光、炭素鎖分子

1. 研究開始当初の背景

宇宙の物質進化を明らかにすることは、科学の基本的な課題である。恒星内部で作られた元素が、星間空間で、小さな分子から大きな分子に成長し惑星の原料になる

物質進化の過程は、その一つであり興味深い。可視光領域には、Diffuse Interstellar Bands (DIBs: ぼやけた星間線) と呼ばれる未知の吸収線が存在する。これらは Diffuse Cloud と呼ばれる希薄な分子雲で、背後にある恒星を光源にした、可視から近赤外領域の吸収スペク

トルの中に観測される。Diffuse Cloud の構成物質による吸収線のことである。1922年に最初に検出され、現在、その数は400本を超える。その起源は、比較的大きな気相分子であるといわれているが、発見以来80年以上経過した現在でも明らかになっていない。物質進化のミッシングリンクである。

2. 研究の目的

DIBsが見られる Diffuse Cloud では、星間紫外線に安定な分子しか生存できない。

DIBs 候補分子は、この条件を満たす分子である。星間紫外線に安定な分子を選び出す機能を持つ高分解能発光分光システムの開発を目指している。そして、気相のイオンやラジカル状態の分子の可視～近赤外領域のスペクトルを測定する。星間紫外線に安定でかつその電子遷移が DIBs と一致する分子種を探し、DIBs を同定する。この研究により、星間空間の物質進化のミッシングリンクをつなげる。

3. 研究の方法

星間空間の紫外線の起源は、O 型星・B 型星と呼ばれる、1 万度を超える高温の星である。そのため、90 nm 付近までの紫外線が、Diffuse Cloud 内に進入している。分子は破壊されずかつ、イオン化している可能性が高い。通常、大気中で安定な分子は不対電子を持たない一重項分子であるため、可視光領域の吸収線を持たない。DIBs の起源となる分子は、そのイオン化物 M^+ と考えられている。そこで、放電によりその生成を行う。一般に飽和炭素鎖分子のイオン化エネルギーは 9~10 eV 程度である。可視領域での発光をさせるためにはさらに 2~3 eV の励起が必要である。ホロカソードを用いたグロー放電はこれに十分なエネルギーを分子に与えることができる。この放電内で、電子を放出して励起状態イオン M^{+*} となった分子は、イオン基底状態 M^+ に遷移する際に、DIBs と同じ波長の光を放出する。解離してしまう場合(星間空間で生存できない場合)には、解離生成物を生成する。炭素鎖分子の場合、それは C_2 や CH である。これらの発光スペクトルの有無で解離の状況を確認することができる。

放電では、生成する分子種の予想は難しく、分子種の判定はスペクトルが得られてから行うことになる。したがって、そのスペク

トルの現れる波長を事前に予測することが難しい。エネルギー的に広範囲の測定ができる分光装置が必要である。そこで私は可視領域を広範囲に波長掃引できる高分解能分光器を導入した。具体的には、HORIBA Jobin Yvon iHR320 (200-800 nm、1200~1800 本/mm 回折格子 3 枚)と Actron Research Corporation Spectro pro275 (可視~1600 nm、600 本/mm)を用いた。これらの分光器に光電子増倍管を用い検出された信号を、位相敏感検波器 Femto LIA-MV-200-L を介して A/D 変換器に送った。そこで得られたデータを USB 経由で PC に送り、スペクトルとして表示・記録した。

真空系を回転ポンプにより排気し、サンプルを、流量調整のうえで放電装置に導入した。最大 1500V の電圧により、ホロカソード内でグロー放電を起こすことに成功し、これにより分子あるいは原子が、励起・イオン化され、可視光領域での発光を観測できた。

4. 研究成果

得られたスペクトルは、グロー放電により生成した励起された分子及び励起された原子の電子遷移である。まず、アルゴンイオンのスペクトルが強く観測された。その強度は、中性のアルゴンの 10% 程度もあり、イオンを効率よく生成し測定できる分光装置が開発できたことを確認できた。

一方、分子の測定においては、アセチレンの放電により、CH と C_2 が、強い強度で観測された。CH の回転構造の解析により、放電内の回転温度は 1000K 程度であることがわかった。 C_2 分子の振動構造の解析から、この放電装置は、伸縮振動を $v=3$ 程度まで励起できることがわかった。

また、分解能は最大 1.5cm^{-1} の達していることも確認できた。この分解能で得られたス

ペクトルは、天文観測から得られたスペクトルと、比較するに十分であり、そのスペクトル位置から DIBs の同定が可能である。このようにして、星間空間の物質進化のミッシングリンクをつなげ、星間科学と分子科学の融合的研究を遂行できる分光装置の開発を行なうことが出来た。

今後は、放電電源と A/D 変換器の強化により、感度の向上をはかる。それにより、非直線炭素差分子を中心にした、大型の分子のイオン種を測定する予定である。

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 2 件)

(1) M. ARAKI, M. MIZUMURA, H. YAMABE and K. TSUKIYAMA, “DEVELOPMENT OF A DISCHARGE-EMISSION SPECTROMETER SYSTEM HAVING A HOLLOW-CATHODE DISCHARGE EQUIPMENT”, The 21st International Conference on High Resolution Molecular Spectroscopy, Poznań, Poland, September 7-11, 2010.

(2) M. MIZUMURA, H. YAMABE, M. ARAKI and K. TSUKIYAMA, “Development of a discharge-emission spectrometer system with ion generable equipment”, Pacificchem 2010, Honolulu, Hawaii, USA, December 15-20, 2010.

[その他]

ホームページ等

<http://www.rs.kagu.tus.ac.jp/tsukilab/index.html>

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

東京理科大学 理学部第一部 化学科

(助教) 荒木 光典

研究者番号 : 90453604

(2) 研究分担者 なし