

論文審査の結果の要旨

氏名 森 珠実

本論文は近・中間赤外線にある未同定赤外 (UIR) バンド放射を測定し、星間空間における芳香族炭化水素(PAH)の変性や組成に関して研究を行ったものである。

本論文は6章および補遺からなる。第一章は序章である。星間空間における物質循環と UIR バンド放射についてのこれまでの知見がまとめられている。UIR バンドの各放射が PAH 内の様々なモードに対応しており、放射強度比がサイズや組成、構造などに対応することが述べられ、これを測定することで星間空間における PAH の特性や変性などに迫ることが本論文の目的であることが説明されている。

第二章は赤外線天文衛星「あかり」の説明である。衛星全体の説明ののち、特に本研究で用いる近中間赤外線スリット分光モードについて詳述されている。

第三章は大マゼラン雲における UIR バンド放射の観測結果が述べられている。大マゼラン雲中で UV 環境が異なる 9 ポジションについてスリット分光を行い、2–13 μm の赤外線スペクトルを得、UIR バンド放射強度比が示されている。得られた強度比は環境の UV 強度によって2つに大別される。UV が弱い環境では 3.3 μm /11.3 μm 強度比は UV 強度に比例して強くなる。これは UV 強度によって PAH の電離状態が変化することで説明できる。一方、UV 強度が強くなるとこの比例関係から外れ、3.3 μm /11.3 μm 強度比は小さな値を取る。これは強い UV によってサイズの小さな PAH が破壊されたと考えれば解釈できる。この傾向は申請者が中心となって開発した放射モデルによっても定量的に再現されており、UIR 放射強度比から星間空間における PAH の電離・破壊の様子を観測的に明らかにした点で重要である。

第四章は銀河系内天体の 2–5 μm の UIR 放射について分析した結果について述べている。分析にはあかり衛星で得られた銀河系内 HII 領域 36 天体、総計 61 ポジションの赤外線分光データを用いている。結果、UV 強度が強くなるにしたがって(3.4–3.5) μm /3.3 μm 強度比が小さくなる傾向が見られた。3.4–3.5 μm 放射は PAH のうち脂肪族(aliphatic)のものから、3.3 μm 放射は芳香族(aromatic)のものから放射されると考えられており、この傾向は aliphatic な構造が星間 UV 放射によって aromatic な構造に変性したためと解釈できる。このような変性が個別の天体内で起きることは知られていたが、多種多様な天体で系統的に変性が見つかったのは今研究が初めてであり、PAH の星間空間での進化を知るうえで重要な発見である。また、多くの天体スペクトルで 5.25 μm に弱い放射構造があることを確認した。この放射の強度が 3.3 μm や 3.4–3.5 μm 放射強度とよく相関することから、5.25 μm 放射は PAH の C-H 振動に起因することが示唆される。

第五章は重水素化した PAH(PAD)の合成実験について述べたものである。星間空間では有意な量の重水素が PAH 中に取り込まれていることが予想されているが、PAD 起因の放射はいまだ未検出である。これは PAD の存在量が少ないのか、あるいは PAD の放射効率が予想より悪いのか、区別がつけられなかった。申請者は重水素量を変えた PAD の生成実験を行い、赤外線分光でその放射効率を計測した。結果、水素が重水素に置き換わることで 3.3 μm 放射強度の放射効率は 0.56 倍に

なることが明らかとなった。これは星間空間で PAD が未検出であることを説明できるほど小さな値ではなく、PAD の存在量が想定より低いことを示唆する結果である。ただし $3.3\mu\text{m}$ の放射はサイズの小さい PAH から強く放射されるので、大きな PAH に重水素が大量に取り込まれている可能性は残る。本論文はそれを指摘したうえで、大きなサイズの PAH の重水素量を調べるツールとして、本実験で発見された $20.4\mu\text{m}$ の放射が有用であることを提案している。これは今後の PAD 観測にとって有用な提言である。

第六章はまとめであり、本研究の成果が要約されている。また補遺では PAH 放射を再現するモデルや分散が異なる分光データの取り扱い、HII 領域で得られた赤外スペクトルについて詳しく述べられている。

以上、本論文は赤外線天文衛星「あかり」を用いた近・中間赤外線分光観測で星間空間における PAH の変化について調査し、また実験室での合成実験によって重水素化された PAH の放射を明らかにした研究である。大規模な天体スペクトルデータを用い UIR 放射強度比に一般的な傾向があることを見出した点、また実験室データから重水素化量測定に基礎的なデータを与えた点などは、今後の PAH 研究の基礎をなす重要な成果だと言える。本論文は尾中敬、左近樹、石原大助、下西隆、大澤亮、金田英宏、梅畑豪紀、Aaron C. Bell との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析および考察を行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。よって、博士（理学）の学位を授与できると認める。