

論文審査の結果の要旨

氏名 山口 貴弘

ミリ波帯の電波観測により、星間空間で発生する衝撃波領域には、しばしば豊富な星間分子種が存在することが知られている。従来その説明として、衝撃波によるガス加熱が気相での化学反応を促進するという考えと、すでにダスト表層で多くの分子が合成されており、衝撃波でその表層が蒸発した結果だとする説が提唱され、決着がついていなかった。申請者の研究課題は、3つの衝撃波天体を電波観測することで、これら二説の優劣を切り分け、もって星間化学における衝撃波の役割を特定することである。

本論文は全8章からなる。第1章の導入部で上述の問題提起がなされたのち、衝撃波の基礎および星間空間での化学についての基礎知識がまとめられる。第2章では、用いた野辺山45m電波望遠鏡、およびその出力から電波スペクトルを抽出する電波分光計の説明がなされ、第3章で第1の天体であるL1157 B1の観測が提示される。これは低質量星の原始星IRAS 20386+6751が噴き出す双極分子流の青方偏移成分が作る衝撃波領域で、紫外線放射圧の影響が強い大質量星の形成領域などに比して、より純粋に衝撃波の影響を特定できると期待される。300時間に及ぶ観測の結果、78-116 GHzにわたる広帯域スペクトルが取得され、その中に29種類の分子が放射する総計130本の輝線(回転準位間の遷移)が同定された。さらにリン化合物(第4章)や静かな分子雲に特徴的と思われてきた炭素鎖分子などが、新たに発見された。

申請者は個々の分子輝線を、青方偏移速度 V と速度幅 Δv の平面上にプロットする手法をこの種の天体に初めて適用し、L1157 B1の観測結果を整理したところ、検出された分子種が、(1) V も Δv も大きいSiOなど、(2) V も Δv も中程度の CH_3OH (メタノール)など、(3) V も Δv も小さいCOなど、という系列を成すことを初めて発見した。SiOは衝撃波によるダスト破壊の生成物と考えられ、メタノールは気相反応では生成できず、衝撃波によるダスト外層の蒸発により放出されたと考えられる。またCOは衝撃波領域の気相に存在すると考えられる。これらの結果は、ダストの外層や本体が衝撃波で壊された結果としてよく説明できる。さらに検出された各分子の V や Δv は、それらのダストからの離脱エネルギーと無相関であった。よって各分子がそれぞれ特定の温度でダスト表層から蒸発したのではなく、表層全体が衝撃波によって蒸発し、結果としてその中の分子がすべて気相中に放たれたものと解釈される。

続いて第5章では第2の天体として、同じく低質量原始星が作る衝撃波領域で、衝撃波速度がL1157 B1に比べ4倍も大きなL1448 B1/R1が選ばれた。もし衝撃波により気

相反応が促進されるなら、この天体では、より多くの分子種が検出されると期待される。しかし 80 時間の観測で得られた広帯域スペクトルでは、衝撃波に付随する分子として 3 種類 (CO, SiO, SO) のみ検出され、衝撃波領域に特徴的とされるメタノールが検出されなかった。これらの結果は、この天体のダスト外層に含まれる分子の量が L1157 B1 の場合より少ないとすれば容易に説明ができる。第 6 章では第 3 の天体として、古い超新星残骸 IC 443 に浮かぶ分子雲 GI が同様に観測され、メタノールを含め 14 種類の分子が検出されたが、その存在量は L1157 のものに比べ有意に低かった。つまり第 1 と第 2 の天体の中間的な性質をもつことが判明した。

第 7 章では、以上の観測結果に対する考察がなされ、それを踏まえて第 8 章で、以下の三点が結論される。(1) 上述のように、衝撃波領域で豊富な星間分子が観測される主たる理由は、予めダスト表層に形成されていた分子が、衝撃波によるダスト表層の蒸発で放出されるためである。(2) 3 天体で見られた化合物の種類や量の違いは、衝撃波を経験する以前にダスト表層が持っていた化合物の違いに帰着できる。(3) L1157 B1 で観測された各分子の量を、化学反応ネットワークモデルによる計算と比較すると(第 7 章)、系統的なずれが見られるので、現在用いられているモデルには改良の余地が大きいことが示された。

以上のように本研究は、出発点となった二説の優劣に明確な答えを与えるだけでなく、衝撃波領域の電波観測を行えば、それ以前に星間ダストの表層において形成されていた分子の種類や量を特定できる、という新しい考えを開拓することに成功した。よって審査員の全員一致により、博士(理学)の学位を授与できると認定した。なお本論文は複数の研究者との共同研究であるが、論文提出者が主体となって観測、データ解析、および結果の解釈を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断され、同意承諾書も完備している。