

非常識な星間分子

暗黒の宇宙に光を当て、長い間の人類の疑問であった星の誕生の場である星間分子雲の研究道具である星間分子。その数はついに100を越えた。本稿では星間分子の特徴を解説し、また、最も最近に発見された星間分子である CH_2N を紹介しながら、分子の諸性質を研究対象とする天文学と化学の学際領域である星間化学について触れてみたい。

星間分子

星間分子雲の構成主体である星間分子がまたどんどん見つかっている。未確認のものまで含めるとその数は100を越えた。星間分子は60年代から70年代に次々に発見され、それを道具として用いることにより、宇宙の中でも極低温・低密度の世界—星間分子雲—が実は非常にダイナミックな世界であり星の誕生の場であること、また、死にゆく星がまき散らすガスが分子雲に取り込まれるという宇宙の物質の輪廻の描像を明らかにした。

70年代までに発見された分子は、地球上でも安定に存在する分子がほとんどであった。多種多様な分子が存在していたことは、「分子の結合を壊してしまう紫外線に満ちている宇宙空間に分子が存在するはずがない」と信じていた天文学者の「常識」を覆すには十分であった。

最近発見された分子

80年代に入ると冷却ミキサーの使用や超伝導ミキサーが実用化されたことにより受信機の感度が格段に向上した。このことにより地球上では寿命が短くそれまで誰も予想すらしなかった分子が次々と発見されるようになった。

この1—2年の間に発見された分子は NH , NH_2 , SiN , HCCNC , HNCCC , HC_3NH^+ , MgNC ,

CH_2N である。これらはいずれも不対電子を持ったラジカル、イオンまたは安定分子の異性体であり、それらのスペクトルは最近まで知られていなかったものばかりである。

星間分子には炭素がたくさんつながった部分を骨格として持っているものが多い。これらは直線炭素鎖分子及びそれらの関連分子であり地球上では非常に寿命が短くあっという間にスス（や最近話題の C_{60} ?）になってしまう。このような短寿命の分子は星間分子雲がたいへん低温でかつたいへん低密度であるために存在できているのである。また、炭素は単体としてはダイヤモンドと黒鉛の2種類が知られている。直線状につながった炭素は宇宙における炭素の第3の存在形態ともいえよう。

CH_2N の発見

1993年4月、私はアリゾナ州キットピークの12m電波望遠鏡の前にいた。私にとっては初めてのキットピーク訪問である。この訪問の目的は私の友人である東大の山本さんがマイクロ波分光実験により初めてそのスペクトルを明らかにした CH_2N という分子を星間空間で検出することであった。私は分子科学研究所の齋藤さん、マサチューセッツ大学のビル・アーヴィンさん、ダグ・マックゴナグルさんと観測を開始した。我々はここ10年ほど星間分子検出の仕事を共同で行っているので気心はお互いによく知っている。従って、どんなことがあっても2日間はじっとデータの積算を行う。手法についても何の相談もいらない。望遠鏡のセッティングが済んでしまえば観測自体はオペレーター任せである。我々はサボテン見物に行ったりしながらデータがたまのを待っていた。

そして2日後、データを全て足し合わせ、皆で見つめていたディスプレイに現れたのが図にある CH_2N のスペクトルである。実験で測定したぴったりの周波数に予想通りの強度比で2本のライン

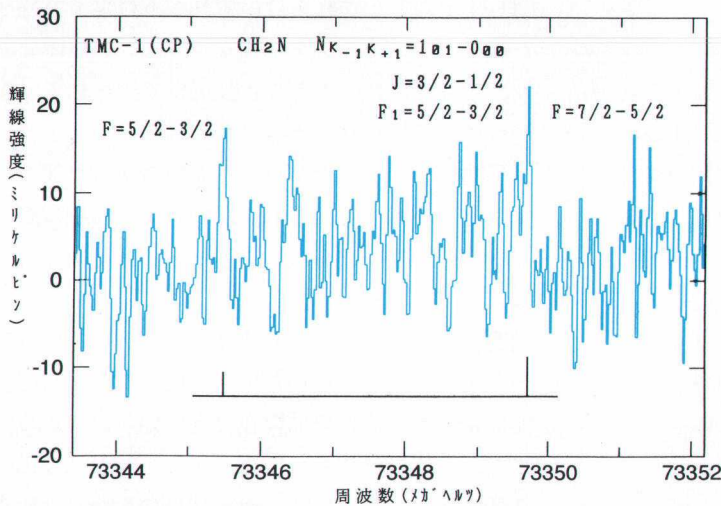


図 おうし座の暗黒星雲 TMC-1 で観測した CH₂N のスペクトル。スペクトル下部の縦の直線は 2 本のスペクトルの予想強度比を表す。

が現れた。「ヤッター！」「We've got it!」オペレーターを含め、皆、大喜びである。

このデータを解析してみると、CH₂N の存在量は水素原子が 1 個少ない分子である HCN (青酸) より 3 ケタも少ないのである。また、水素が 1 個多い CH₂NH (メチレンイミン) や 3 個多い CH₃NH₂ (メチラミン) というふつうの分子も CH₂N より多く存在していることが分かった。CH₂N は不対電子が 1 個余っているラジカルであり、木星大気中での HCN 分子生成の中間生成物であるとも考えられている。通常中間生成物の存在量は少ない。おそらく星間分子雲中でも、CH₂N はより安定な分子を生成する反応の途中の分子として存在しているのであろう。

新物質の研究の場としての宇宙

我々は CH₂N 以外にもこれまでにたくさんの星間分子を発見してきた。それらは：C₂O, C₃O, C₂S, C₃S, C₆H, c-C₃H, CH₂CN, HC₂CHO, HCCNC, HNCCC, MgNC, CH₃NH⁺である。星間分子の回転スペクトル線は波長数ミリのミリ波という電波領域にたくさん集まっている。従って

星間分子の発見も電波望遠鏡を用いたものがほとんどである。ところでこの仕事を行うには天文学者だけではなく、分子そのものを研究している分子科学研究者との連携が非常に重要である。その第一の理由は、目的の分子の実験室での周波数測定あるいは周波数の予測ができていなければならないことにある。マイクロ波分光という手法は 10 kHz もの精度でスペクトル線の周波数を測定できる。我々が電波望遠鏡を用いて観測を行うときの最高の周波数分解能が

10 kHz 程度であるので、精密な測定データがなければとうてい新しい星間分子であるとの結論は出せない。逆に、実験室ではなかなか決定しづらい低い周波数帯でのデータの取得を電波望遠鏡を用いて行うことによって、分子のスペクトルを記述する「分子定数」を決定することもできる。この意味では星間空間はまさに天然の実験室なのである。

もう一つの理由は、分子科学における新しい研究対象の提示である。星間分子には地球上では短寿命な分子が数多くある。ラジカルや分子イオンに関する詳細な研究は以前は多くなかった。しかし短寿命の星間分子の出現によって、多くの分子科学研究者が星間分子を主とする短寿命分子の研究を行い始めたのである。さらには、星間分子の生成機構の研究、新しい星間分子としての可能性を計算機中で調べるなど、星間分子の研究はさまざまな学問領域間の学際研究として発展している。

それにしても不思議なのは、「そんな分子は不安定で存在するはずがない」と分子科学研究者に一喝された分子が次々に出現することである。どうやら非常識なのは人間の方らしい。

大石雅寿 (国立天文台)