

高圧下での PAH とケロジェンの安定性とその氷天体内部への適用

The stability of PAH and kerogen at high pressure: implications for interior of icy bodies.

赤川 健一[1], 大谷 栄治[2], 近藤 忠[3], 香内 晃[4], 鈴木 徳行[5]

Kenichi Akagawa[1], Eiji Ohtani[2], Tadashi Kondo[3], Akira Kouchi[4], Noriyuki Suzuki[5]

[1] 東北大・理・地球物質科学, [2] 東北大、理、地球物質科学, [3] 東北大・理, [4] 北大・低温研, [5] 北大・理・地球惑星

[1] Faculty of Science, Tohoku Univ., [2] Institute of Mineralogy, Petrology, and Economic Geology, Tohoku University, [3] Sci., Tohoku Univ., [4] Inst. Low Temp. Sci., Hokkaido Univ, [5] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ.

今回の研究では宇宙に存在する有機物の候補として、以下の2つの有機物を選択し、その安定性を調べるために高温高圧実験と赤外吸収スペクトルの測定を行なった。1つは、宇宙空間でも安定に存在すると考えられている多環芳香族炭化水素；PAHのなかのコロネン(C₂₄H₁₂)で、もう1つは炭素質コンドライト中の有機物と類似した構造を持つケロジェンである。常温においてコロネンは12GPaまで、ケロジェンは9GPaまで安定に存在する。また、コロネンは~3.3GPa, 300 Kまで安定に存在するが、ケロジェンは1.5GPa, 250 Kで分解した。これらの有機物は低温高圧条件が実現するタイタンのような氷天体内部で安定に存在する可能性がある。

宇宙空間において炭素がどのような形で存在し、何処に蓄えられているかということは天体の形成、進化について重要な意味をもつ。今回の研究では宇宙に存在する有機物の候補として、以下の2つの有機物に着目した。1つは、宇宙空間でも安定に存在すると考えられている多環芳香族炭化水素；PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon) のなかで、彗星のコマなどからその存在が確認されているコロネン(C₂₄H₁₂)という物質で、もう1つは炭素が濃集した巨大分子と考えられており、炭素質コンドライト中の有機物と類似した構造を持つケロジェンである。太陽から遠く離れた氷天体の内部では炭素は、メタン氷やメタンハイドレートとして存在していると考えられているが、これらの有機物が層構造をなして存在している可能性もある。そのため今回の実験では、上記の2つの有機物について高温高圧下における安定性を調べるために、高温高圧実験を行なった。

高圧発生にはクランプ式ダイヤモンドアンビルセルを用い、試料の構造を調べるために、FT-IRによる赤外吸収スペクトルを測定した。このときアンビルは赤外光の吸収が少ないタイプIIaの薄いダイヤモンドで、キュレット面の直径が600 μmのものを使用した。これにより、コロネンでは~6GPa、ケロジェンでは~3GPaの領域で、高圧下での赤外吸収スペクトルを測定することができた。さらにレバー式ダイヤモンドアンビルセルを用いた補足的な実験として、より高圧条件を発生させ、その回収試料の赤外吸収スペクトルの測定も行なった。コロネンは針状の多結晶体を、ケロジェンは粉末状の試料を用いた。また、圧媒体にはKBr, H₂Oを使用した。

上記の2つのダイヤモンドアンビルセルを用いて、コロネンは常温で12GPaまでの加圧実験、また1.3~3.3GPaの圧力範囲で、300 Kまで温度を上げた加熱実験を行なった。ケロジェンは常温で9GPaまで加圧実験と1.5GPa, 250 Kの加熱実験を行なった。コロネンの高圧下での赤外吸収スペクトルにおいて、最大で5.6cm⁻¹/GPaの高波数側へのピークシフトが見られた。しかしそれ以外、どちらも常温での赤外吸収スペクトルに有意な変化はなかった。加熱実験では、コロネンに有意な変化はないが、ケロジェンでは(1.5GPa, 250 K)熱分解して脂肪族の結合が切れるのが確認された。尚、ケロジェンは常圧では200 K以上で熱分解を開始することが知られており、今回の分解も常圧のそれと類似するものであった。これより、コロネンは今回の実験条件の範囲では、圧力による分解反応や縮合反応はなく、化学的に安定に存在しうることが分かった。ケロジェンについては、室温において圧力に対しては9GPaまで安定であるが、高圧下でも少なくとも250 Kの高温では容易に分解すると思われる。

この結果をもとに、今回は土星の衛星であるタイタン内部における有機物層の存在可能性を検討した。タイタンは半径約2500km、中心圧力約3GPaといわれている。今回の実験よりコロネンとケロジェンはタイタン内部に安定に存在する可能性がある。