

## 固体メタンの高圧相変化と氷惑星内部における状態の推定

## Phase Changes of Solid Methane under High Pressure and their Implications in Interior of Icy Planets

# 小長井 敬介 [1]; 平井 寿子 [2]; 町田 真一 [3]; 八木 健彦 [4]  
# Keisuke Konagai[1]; Hisako Hirai[2]; Shin-ichi Machida[3]; Takehiko Yagi[4]

[1] 筑波大・生命環境; [2] 筑波大 地球; [3] 筑波大・生命環境; [4] 東大・物性研  
[1] Life and Environmental Sci., Tsukuba Univ.; [2] Geoscience, Tsukuba Univ.; [3] Life and Environmental Sci., Tsukuba Univ;  
[4] Inst. Solid State Phys, Univ. Tokyo

## [はじめに]

メタンは固相から気相まで様々な状態で地球や太陽系に存在しており、起源と進化を知るために広い温度・圧力条件下での研究が必要とされる。その中で固体メタンは、分子の配向の違いにより様々な相を持つことが知られている。室温下では、1.6GPaで流体から結晶化し 相 (fcc 構造)、5.2GPaで A 相 (菱面体)、10~18GPaで B 相 (立方晶)、25GPa付近で HP 相 (立方晶)に変化することが、X 線回折やラマン分光などによって報告されてきたが、それ以上の圧力域では相変化は知られていない。一方、理論計算によって100GPa・4000Kでメタン分子は重合すること(エタン・プロパン生成)が示されたが、これに反し、一例の高温実験(50GPa・2000K)では、分子解離すること(ダイヤモンド生成)が報告されている。しかしながら、高温・高圧下でのメタンの振る舞いは解明されていない。

天王星・海王星のような氷惑星深部の氷層中にメタンが大量に存在することが考えられてきたが、そこでメタンが、どのような状態として存在し、また、分子自身が保持されるのか重合あるいは解離するのかは、興味ある問題である。本研究では、室温下で86GPaまでの相変化を調べ、加熱による高温高圧下での分子の状態を検討した。また、これらの温度・圧力域に相当する氷惑星内部のメタンの状態について推定した。

## [実験方法]

圧力発生にはレバー式 DAC を用い、圧力測定にはルビー蛍光の圧力シフトを用いた。加熱は、CO<sub>2</sub>・YAG の 2 種類のレーザーを試料に直接照射して行なった。試料は、メタンガス(99.99%)を室温高圧(1000気圧)で充填した。評価は、放射光(KEK - PF)を用いた X 線回折とラマン分光によって行なった。

## [結果・考察]

室温下では、B 相に転移後、X 線回折パターンに大きな変化は見られないが、単位胞体積の圧力変化の傾きが不連続に変化した。一方、ラマン分光では、分子内振動のスプリットなどスペクトルが顕著に変化した。X 線回折とラマン分光の両者から、25GPa 付近(過去に報告あり)と、38GPa 付近と 60GPa 付近で相変化が生じ、新たな 2 つの高圧相 (HP2・HP3) の存在を見出した。新たな高圧相は、HP 相と同様に立方晶で指数付けることができるが、基本構造は変化せず、構造内部での分子の配向や分子間の相互作用に変化が起きる相転移と考えられる。

A 相-B 相転移に関しては sluggish な転移として知られているが、この転移は XRD によって追跡されたことはない。本研究では X 線回折によって両相の間に準安定相 (Pre-B 相と呼ぶ) が存在することを見出した。Pre-B 相は、立方晶で指数付けられるが、B 相とは出現するピーク及び相対強度が異なる。ラマン分光でも B 相のような 1・3 ピークのスプリットは観察されず、原子配置や分子内での振動状態が異なることが示唆される。さらに、pre-B 相は 81GPa までの間に B 相の相転移とは異なる 3 回の相変化を示した。

53or81GPa・~2500K に加熱後の試料は溶融したような組織が見られ、結晶構造のアモルファス化が見られたが、メタン分子は保持されていた。この結果は、従来の報告(メタン分子の重合・解離)とは異なったものであった。このような高温実験から、天王星・海王星内部の氷層浅部では、分子重合や解離せずに、メタン分子として存在している可能性がある。また、局所的に溶融した氷層から、大気層へメタンを供給しているかも知れない。さらなる高温・高圧領域での実験は、氷惑星のエネルギー収支問題の理解にも役立つと考えられる。