

放射光を用いたガスハイドレートおよび氷の低温 X 線 μ CT 法による 3 次元観察

X-ray micro-CT imaging of gas hydrate and ice at lower temperature using synchrotron radiation

谷 篤史[1]; 上杉 健太郎[2]; 石川 謙二[3]; 土山 明[1]; 中野 司[4]

Atsushi Tani[1]; Kentaro Uesugi[2]; Kenji Ishikawa[3]; Akira Tsuchiyama[1]; Tsukasa Nakano[4]

[1] 阪大・理・宇宙地球; [2] JASRI; [3] 阪大・理・物理; [4] 産総研 地球科学情報研究部門

[1] Earth and Space Sci., Osaka Univ.; [2] JASRI; [3] Physics Sci., Osaka Univ.; [4] Geological Survey of Japan/AIST

<http://quartz.ess.sci.osaka-u.ac.jp/~taniat/>

メタンハイドレートは、水分子が水素結合によって作るカゴにメタン分子を閉じこめてできた固体で、燃える氷ともいわれる。深海底の堆積物や永久凍土に存在していることが知られており、資源として注目を集めている。一方、大気圧下のメタンハイドレートは -80 以上で不安定となり分解するが、 -5 から -30 では分解速度が遅くなることが報告されており、自己保存性といわれている (Yakushev and Istomin, 1992)。この特性を利用して、液化ガスを用いてきたメタンガスの運搬にメタンハイドレートを用いる研究も行われている。自己保存性に関する研究は、分解による発生ガス量の計測の他、X 線回折 (Takeya et al. 2001) やラマン分光 (Uchida et al. 2003)、電子スピン共鳴 (Takeya et al. 2004) などの分光学からの研究が行われている。ところが、なぜメタンハイドレートに自己保存性が存在するのか、また、そのメカニズムは何かという本質的な疑問はいまだ解明されていない。メタンハイドレートの自己保存性の本質を追求することは、その分解過程を明らかにすることにほかならない。そのためには、各分光法に加え、分解の様子を高分解能 3 次元その場観測することは大きな知見を与えうると考える。そこで、本研究ではガスハイドレートと氷の X 線の線吸収係数の違いに着目し、高輝度放射光を用いた単色 X 線による低温 μ CT 法を開発し、測定を行った。放射光施設での μ CT 法を用いたのは、単色 X 線による高分解能 CT 像から、各画素での線吸収係数の定量的な評価が可能となる、つまり、ハイドレートと氷、及びガスを区別できると考えられるためである。

試料には 3 種のガスハイドレート (メタン、四フッ化メタン、キセノン) および氷を用いた。各試料の大きさは高分解能での撮影 (1 画素 $0.47 \mu\text{m}$) を目指したため、直径が $0.5 \sim 1\text{mm}$ のものを用いた。温度は液体窒素からの蒸発気体を利用して $-100 \sim -20$ に制御した。使用した X 線のエネルギーはキセノンハイドレートでは 13keV 、その他は 10keV を用いた。

実験当初、乾燥窒素の吹きつけにより試料が動く可能性があり、きれいな CT 像が得られない可能性も指摘されていたが、今回の実験ではその影響は見られなかった。また、測定温度によっては試料の昇華や霜の発生が見られたため、今後の測定ではセルの開発が必要であることがわかった。キセノンハイドレートでは、X 線の線吸収係数が氷と大きく違うことから、氷とキセノンハイドレート、および空隙 (ガス) を識別することができた。しかし、メタンハイドレートでは氷とメタンハイドレートの違いは明瞭でなかった。発表では昇温実験の結果とあわせて報告する。