

メタンハイドレートのシミュレーション材料としての氷の力学特性

山口大学大学院 学生会員 南條勇太 ○松尾知佳
山口大学工学部 正会員 兵動正幸 中田幸男 村田秀一
（株）計測リサーチコンサルタント 正会員 久保和子
大阪ガス（株）開発研究部 中村和夫

1. まえがき 世界のエネルギーの使用量は年々増加し続けている。しかし、実際にはこれらの資源には限りが見え始めている。また化石燃料の燃焼により、温暖化や大気汚染の原因となる二酸化炭素や硫黄酸化物、窒素酸化物などを排出するため、使用についての問題が議論されるようになってきている。そこで新しいエネルギー資源、かつクリーンなエネルギーとして注目されているのがメタンハイドレートである。メタンハイドレートは、包接氷の中にメタンガス分子が取り込まれた物質で、低温高压で安定状態となる性質を持つ。その性質から永久凍土領域及び、大陸棚周辺の深海底領域に存在し、日本近海においても分布が確認されている¹⁾。しかしながら、天然のメタンハイドレートの採取は現状では容易なことではなく、また、人工的に合成することもかなりの労力とコストを要することから、多くの実験個数をこなすことは困難を伴う。そこで本研究において、氷を対象に実験を行い、人工メタンハイドレートの実験結果と比較することにより、メタンハイドレートのシミュレーション材料としての可能性について検討を行った²⁾。

2. 試料及び実験方法 これまでの陸域の試錘及び深海掘削の結果、表 1 に示すようにメタンハイドレートと氷の物理的性質については非常に類似していることが明らかにされている³⁾。人工メタンハイドレート供試体は、メタン・水を原材料として合成装置によって低温高压下(10℃, 10MPa)で粉末状ハイドレートに合成し、更に圧力晶析装置により高压下(160MPa)で余剰水分を脱離して作製した。氷供試体は、蒸留後イオン交換樹脂を通して精製処理した水を凍らせ、かき氷機で粉碎し、その後 1 層につき 15 回づつ突き固めながら 3 層に分けてモールドに詰め、-30℃の冷凍庫で 3 時間放置し、端面を整形することにより作製した。かき氷に粉碎した理由はメタンハイドレートと同様の結晶の精製を期待したことによる。作製したメタンハイドレート及び精製氷の供試体寸法は直径 15mm、高さ 30mm である。本研究では三軸セル内の温度を-34℃まで下げることが可能で、かつセル内の圧力を 10MPa まで上げることが可能な低温高压三軸圧縮試験機を用いた。試験中の温度はペDESTAL 上部と下部及びセル中央部の三カ所に取り付けたサーモスタットによって計測を行う。実験はひずみ制御で、ひずみ速度 1.0%/min、0.1%/min、温度(T=0, -5, -10, -20, -30℃)、拘束圧($\sigma_c=0, 2, 4, 6, 8\text{MPa}$)のもとで行った。

表 1 メタンハイドレートと氷の物理的性質³⁾(奥田ら)

	メタンハイドレート	氷
弾性波速度 (km/sec)	2.5~3.8	3.23
密度(g/cm ³)	1.1	0.917

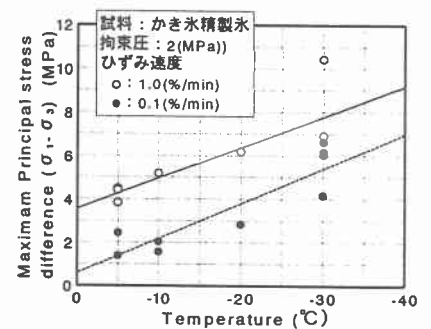


図 1 最大主応力差と温度の関係

3. 実験結果と考察 図 1 に、拘束圧 2MPa での各温度条件について行った三軸試験から得られた最大主応力差と温度の関係を示す。図中プロットは 2 種類のひずみ速度で行った結果である。図中に示す直線は、それぞれの温度条件下の実験結果を回帰したものであるが、実線がひずみ速度 1.0%/min、破線がひずみ速度 0.1%/min に対応する。図より、いずれの温度条件下においても、ひずみ速度が大きいほうが、最大主応力差は大きくなる傾向が認められる。次に、メタンハイドレートの主要な性質である温度・拘束圧依存性が、氷にも存在するのかを調べた。まず、温度依存性について検討する。図 2 に-5℃と-30℃の温度下における主応力差と軸ひずみの関係をそれぞれ示す。(a)は拘束圧条件 4MPa、(b)は 8MPa の結果であり、それぞれ実験の再現性を評価するために、同じ条件で行ったいくつかの実験結果を並べた。図より、いずれの拘束圧条件においても、低い温度（-30℃）の方

