

氷置換法によるメタンハイドレート試料の作成

清水建設 正会員 ○西尾 伸也 安部 透
 同上 正会員 荻迫 栄治 若林 成樹
 北海道大学 正会員 赤川 敏

1. はじめに メタンハイドレートは石油・天然ガスに代わる次世代資源として脚光を浴びている。日本周辺海域にも、日本の天然ガスの年間消費量の100倍のメタンハイドレートが賦存しており、それを安全にしかも経済的に産出する技術の開発が求められている。経済産業省が策定した「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」に基づき、「メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム」が組織され、(財)エンジニアリング振興協会が環境影響評価に関する研究開発を行っており、筆者らは、この中で、メタンハイドレート生産に伴う海底地盤の変形の可能性について検討を進めている。メタンハイドレートが分布する大水深海域の海底地盤からコアサンプルを採取する機会は限られており、対象地盤の力学的性質を調べる上で、室内における試料の作成方法が重要な位置付けとなる。地盤中におけるメタンハイドレートの存在状態は、その起源や地層条件により大きく異なることが知られており、それを室内で再現する試料作成方法の確立が重要となる。本研究では、細粒分を含む砂試料中の氷にメタンガス圧を作用させてメタンハイドレート試料を作成する方法について検討を行った。

2. 試料と実験手順 メタンハイドレートの広域的分布が確認された南海トラフにおいて基礎試錘が実施され、物理探査手法を用いた詳細な検討が行われている¹⁾。採取したコアで測定した粒径加積曲線を図-1に示した。

図中の採取深度は、海面からの深度であり、海底面の深度は945mである。メタンハイドレートが分布する深度は、1152m～1210m程度とされており、全てのコアはメタンハイドレート分布深度から採取されたものである。図中に併記した豊浦砂の粒度分布と比較すると、平均粒径はほぼ同一であるが、細粒分含有率が大きく異なる。すなわち、粒度組成としては、細粒分混じり砂および細粒分質砂に分類され、概ね粒度分布の良い試料である。また、X線回折分析により、細粒分に含まれる粘土鉱物は雲母類と緑泥石であることを確認した。

以上を踏まえ、ここでは豊浦砂に市販の緑泥石を混合した試料、および、比較のため豊浦砂にNSF粘土を混合した試料を用いることとした。用いた緑泥石およびNSF粘土の粒径加積曲線を図-2に示す。

試料は、乾燥した豊浦砂に所定の含水比、細粒分含有率となるよう乾燥した粘土粉末および水分を混合し、内径：50mmのプランジャー内で目標密度まで締固めて作成し、-30℃の冷凍庫内で凍結させた。試料作成時の初期含水比は5～12%、細粒分含有率は5～15%の範囲で設定した。

氷置換法²⁾によるメタンハイドレートの生成手順は以下の通りである。①約-8℃に冷却した圧力容器内に凍結試料を設置した後、メタンガスを16MPaまで加圧する。②等体積条件下で圧力容器の温度を2℃～5℃まで加温し、圧力が一定となるまで保

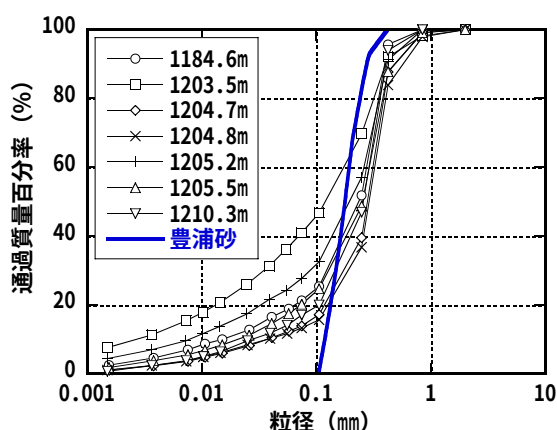


図-1 南海トラフのコアの粒径加積曲線

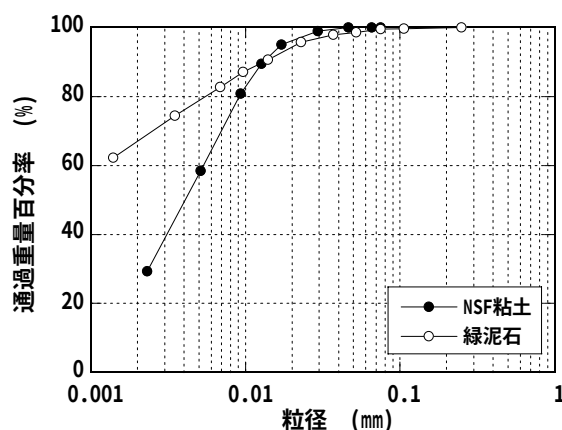


図-2 用いた細粒分の粒径加積曲線

キーワード：メタンハイドレート、細粒分、砂質土、氷

連絡先：〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設（株）技術研究所 TEL03-3820-6475

持する。ここで試料内の氷が融解し、周囲のメタンガスと接触してメタンハイドレートが生成される。③約-8℃まで再度冷却する。④減圧して試料を取り出す。なお、ここで用いたメタンハイドレート生成装置については文献3)に詳しい。

3. 実験結果と考察 図-3 に、豊浦砂試料の初期含水比と容積倍率の関係を示す。ここに容積倍率とは、メタンハイドレート容積に対する、分解によって生じるメタンガス容積（0℃、101.3kPa）の比を表すものである。理論的には全ての水がメタンハイドレート化した場合の容積倍率は172 となる。

豊浦砂試料における容積倍率は含水比:5%で140であるが、含水比の増加とともに低下し、含水比:20%では約40となる。これは、含水比が高くなることにより透気性が低下し、試料内部のメタンハイドレート化が抑制されたためと考えられる。

図-4 に緑泥石混合豊浦砂試料における、細粒分含有率および初期含水比と容積倍率の関係を示す。含水比:8%程度までは、細粒分含有率によらず140程度の高い容積倍率の試料が得られた。

一方、含水比:12%の場合は、細粒分含有率の増加とともに容積倍率は低下する。図-5 にNSF粘土混合豊浦砂試料における、細粒分含有率および初期含水比と容積倍率の関係を比較して示した。緑泥石試料に比べ、容積倍率は若干低下するものの、やはり、含水比:10%程度までは、細粒分含有率によらず120程度の高い容積倍率の試料が得られた。また、細粒分含有率の増加に伴う容積倍率の低下は緑泥石に比べ少ない。メタンハイドレート生成には含有する粘土鉱物表面の物理化学的性質が寄与している可能性が示唆された。メタンハイドレート試料の作成に際しては、粒径分布のみならず物理化学的性質についても留意することが重要である。

4. おわりに 水置換法は、ここで示した土粒子固着型のメタンハイドレート試料だけではなく、間隙浮遊型のメタンハイドレート試料を作成することも可能である。今後、作成する試料のメタンハイドレート飽和率、細粒分含有率に対する水置換法の適用範囲について検討を進める予定である。

(参考文献)

- 1) 平成11年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎試錘「南海トラフ」調査報告書、石油公団、2000。
- 2) Stern, L.A., Kirby S. H. and Durham, W. B.: Polycrystalline Methane Hydrate: Synthesis from Superheated Ice, and Low-Temperature Mechanical Properties, Energy & Fuels, Vol.12, No.2, p.201-211, 1998.
- 3) 安部・西尾・若林・荻迫・傳田・赤川、「砂質土試料中におけるメタンハイドレートの生成」、第39回地盤工学研究発表会講演集、2004。(投稿中)

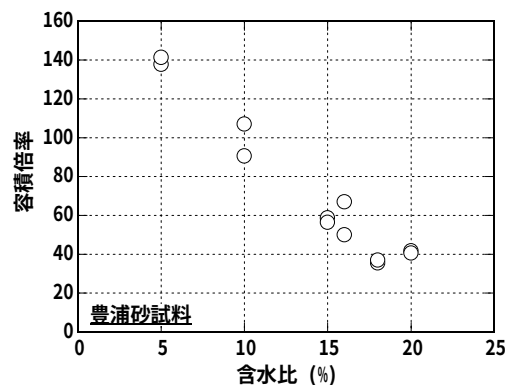


図-3 豊浦砂試料の含水比～容積倍率の関係

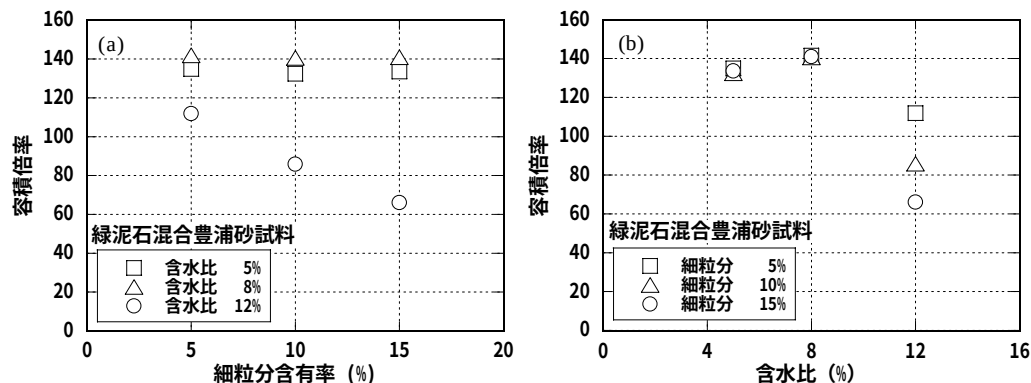


図-4 緑泥石混合豊浦砂試料 (a)細粒分含有率～容積倍率 (b)含水比～容積倍率

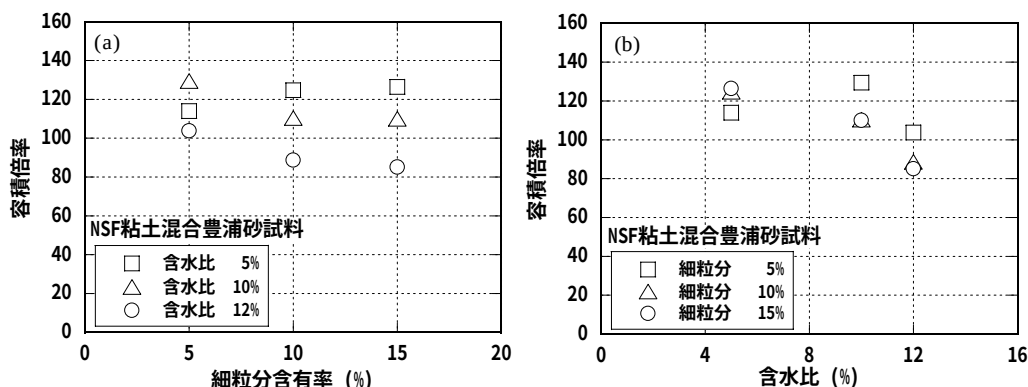


図-5 NSF粘土混合豊浦砂試料 (a)細粒分含有率～容積倍率 (b)含水比～容積倍率