

砂を含んだメタンハイドレートの力学特性

山口大学

（株）復建調査設計

山口大学大学院

大阪ガス（株）研究開発部

正 員 中田幸男 兵動正幸

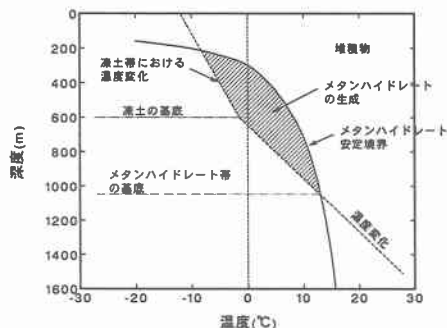
正 員○福永誠

学生員 久保和子

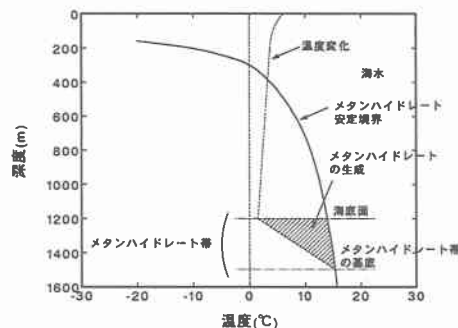
中村和夫 山田研治

1.序論 20 世紀に入り、人類の生活活動が活発となり、経済が高度に成長して人々の生活スタイルが大きく変化してきたことに伴って、世界のエネルギー使用量は急速に増加している。また、1980 年代後半からの化石燃料の使用による大気中の炭酸ガスの増加から、温室効果による地球温暖化や乾燥化、地球生態系の破壊までも引き起こるといわれている。こうしたエネルギー問題及び環境問題の 1 つの対策としてメタンハイドレートに代表される非在来型天然ガスが注目されている。メタンハイドレートは水分子が作る籠状構造の中にメタン分子が取り込まれた物質で、一定の温度、高圧力下で氷状の安定状態を保ち、氷が溶ける 0℃ 以上でも高圧であれば安定であるという性質から、日本を含む世界各地の海底地盤や永久凍土地帯に分布している(図-1) ¹⁾。このメタンハイドレートを実際に安全に採取可能であるかを検討するために、力学特性を把握する必要がある。しかし、メタンハイドレートの力学特性に関する従来の研究のほとんどは一軸圧縮試験が中心に行われているが、実地盤を想定すると低温常圧から常温高圧下と幅広い温度及び拘束圧条件下で力学試験を行う必要がある。また、実地盤では純粋なメタンハイドレートだけで層を成していることはまれで、砂とメタンハイドレートが混合して存在していることが多い。本研究は、低温高圧三軸圧縮試験機の開発を行うとともに、その試験機を用いて、砂を含んだメタンハイドレート及び比較となる氷を対象に試験を行い、砂を含んだメタンハイドレートの力学特性を明らかにすることを目的とする。

2.試験の概要 試験に用いた試料は、砂混じりメタンハイドレート及びその比較となる砂混じり精製氷である。砂混じりメタンハイドレートは、メタン・水を原材料としてメタンハイドレート合成装置によって低温高圧下(10℃,10MPa)で顆粒状のハイドレートを合成し、そのサンプルに砂を混入して、圧力晶析装置で更に高圧下(160MPa)で余剰水分を脱離して作成される。砂混じり精製氷は、蒸留後イオン交換樹脂を通して精製処理した水に砂を混入して凍らせたものである。作成した砂混じりメタンハイドレート及び砂混じり精製氷の供試体寸法は直径 15mm、高さ 30mm である。用いた試験機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圧三軸圧縮試験機である。試験中の温度はペダスタル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することができ、荷重載荷方法はひずみ制御式である。試験条件は、ひずみ速度 1.0%/min、温度(T=-5,-30℃)、拘束圧($\sigma_c=0,2,4\text{MPa}$)である。



図(a)凍土



図(b)海底

図-1 メタンハイドレートの生成領域

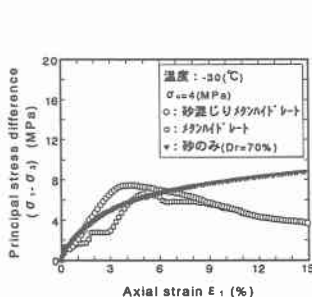
3.結果と考察 図-2 は軸ひずみと主応力差関係を示したものである。図には、砂のみの試料の三軸圧縮試験結果も併せて載せている。図より、メタンハイドレートと砂混じりメタンハイドレートを比較すると、主応力差にあまり差がないことがわかる。これは、混入した砂が少ないため砂の影響が現れにくかったためと考えられる。精製水と砂混じり精製水を比較すると、砂混じり精製水の方が精製水よりも主応力差は大きくなっていることがわかる。

これは、砂混じりメタンハイドレートの場合と異なり、混入した砂が多かったため精製水よりも砂混じり精製水の方が強度が大きくなったと考えられる。図-3 は砂混じりメタンハイドレートにおける拘束圧と最大主応力差の関係を示したものである。図より、砂混じりメタンハイドレートはメタンハイドレートと同様、拘束圧の増加に伴い最大主応力差が増加していることがわかる。また、拘束圧の増加に伴う最大主応力差の増加割合は両試料に明確な差は見られない。図-4 は砂混じり精製水における拘束圧と最大主応力差の関係を示したものである。図より、いずれの温度条件においても、砂混じり精製水は精製水と同様、拘束圧の増加に伴い最大主応力差が増加していることがわかる。また、拘束圧の増加に伴う最大主応力差の増加割合は精製水よりも砂混じり精製水の方が大きいことがわかる。

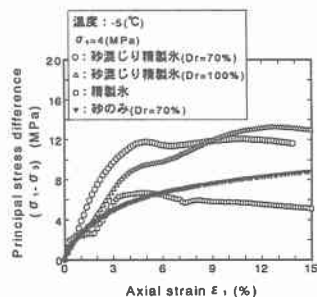
図-5 は拘束圧と変形係数の関係を示したものである。図より、砂混じりメタンハイドレートとメタンハイドレートを比較すると両試料とも変形係数に明確な差はなく、また、拘束圧によらず変形係数はほぼ一定の値を示していることがわかる。砂混じり精製水と精製水を比較すると両試料とも変形係数に明確な差はなく、また、拘束圧によらず変形係数はほぼ一定の値を示していることがわかる。

4.結論 本研究は、今回新たに開発した低温高圧三軸圧縮試験機を用い、温度、拘束圧、砂の有無がメタンハイドレートの力学特性に与える影響を実験的に考察した。その結果、温度、拘束圧、砂の有無はメタンハイドレートの強度には影響を与えるが、変形係数には影響を与えないことがわかった。

【参考文献】1) 松本良・奥田義久・青木豊(1993):メタンハイドレート(Methane Hydrate)～21世紀の巨大天然ガス資源～, pp. 9-



図(a) 砂混じりメタンハイドレート



図(b) 砂混じり精製水

図-2 軸ひずみ～主応力差関係

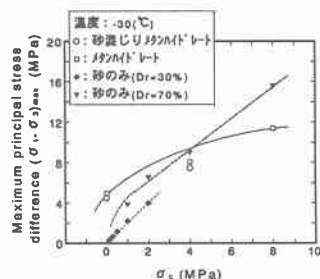
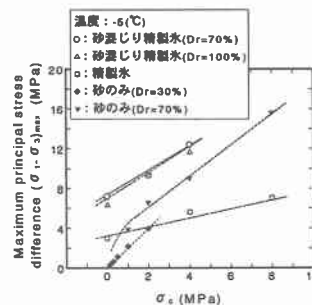
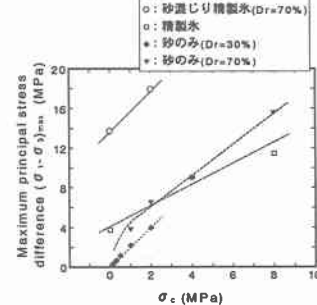


図-3 拘束圧～最大主応力差関係

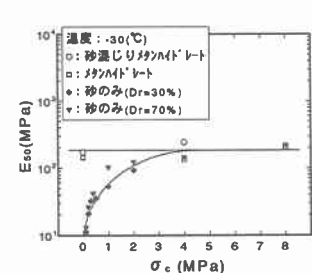


図(a) 温度-5°C

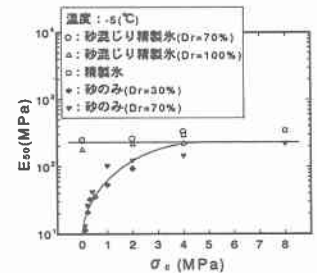


図(b) 温度-30°C

図-4 拘束圧～最大主応力差関係



図(a) 砂混じりメタンハイドレート



図(b) 砂混じり精製水

図-5 拘束圧～変形係数関係