

# プロジェクト名：内部液体の吸着特性に着目した多孔体の体積変化に関する研究

プロジェクト代表者：浅本 晋吾（理工学研究科・助教）

## 1 研究目的

本研究では、多孔質材料の収縮機構を、内部にある液体の固体壁面への吸着特性の観点から検討することを目的とした。内部液体の吸脱着による固体表面エネルギー変化に基づく多孔質材料一般の体積変化について検討するため、空隙内部の水分を物性の異なる様々な液体と置き換え、これらの液体が微細空隙内に存在、表面吸着した際の体積変化に着目したのである。

## 2 実験概要

### 2. 1 実験供試体

原材料、空隙分布の異なるセメント硬化体、軽量気泡コンクリート（以下、ALC）、珪藻頁岩の3種類の多孔質体を供試体に用いた。セメント硬化体の供試体には、W/C=60%のセメントペーストを使用した。寸法は40mm×10mm×160mmの平板供試体で、打設1日後に脱型し20°Cで6日間的水中養生を施した。ALC、珪藻頁岩は、市販品で40mm×10mm×120mm、40mm×4mm×120mmの平板供試体を、それぞれ使用した。浸漬に用いた液体は、水以外いずれも有機溶媒で、表面張力、双極子モーメントが異なるものを用いた。なお、DMSOはジメチルスルホキシド（化学式： $(\text{CH}_3)_2\text{SO}$ ）の略で、以下では、略称を用いる。

### 2. 2 実験目的および方法

#### （1）105°C絶乾後各液体への浸漬試験

絶乾により空隙中の水分をすべて逸散させると、固体の表面エネルギーの増大に基づき、収縮が発生すると考えられる。このとき双極子モーメントの大きい液体に浸漬させれば、セメント系材料は表面に電荷をもつため、液体の電氣的表面吸着によって表面エネルギーを大きく低下させ、収縮を大きく回復させる可能性がある。そこで絶乾後、双極子モーメントが異なる各液体に浸漬させた際の収縮回復挙動について検討した。水中養生後のセメント硬化体、ALCを質量変化がなくなるまで105°Cで絶乾させ、熱膨張を排除するため20°C環境下で1日静置した。その後、絶乾による収縮を計測し、20°C環境下で各液体に浸漬させ、長さ変化率を計測した。なお、珪藻頁岩については現在実験中である。

#### （2）養生、飽水後の有機溶媒浸漬実験

水中養生、もしくは、水に浸漬し飽水させたのち、有機溶媒に浸漬させると、多孔質体空隙内の水分が有機溶媒中に溶出し、有機溶媒も内部に浸透する。多孔質体内の吸着水や結合水が有機溶媒によって抽出され有機溶媒と置き換わり、表面エネルギー、さらには結晶が変化することによる収縮挙動を検証するため、養生、飽水後に有機溶媒に浸漬させ、長さ変化率を計測する実験を行った。

## 3. 実験結果および考察

### （1）絶乾後、各種液体に浸漬させたときの長さ変化率

図-1 に絶乾後各液体に浸漬させたときの長さ変化率を示す。セメント硬化体において、極性の高いDMSOに浸漬させても、極性の低いエタノールと同様、わずかしき収縮が回復しなかった。水以外の液体は、固体への吸着作用が小さく、固体壁面に吸着しても表面エネルギーを大きく低下させないために、収縮がさほど回復しなかったと推察される。水の場合は、セメント硬化体表面のOH基と水素結合するため表面への吸着力が強く、固体表面エネルギーの大きく低下させ、さらには結晶水などとしても回復可能で

ゲル結晶の収縮も回復させるため、絶乾による収縮が大きく回復したと考えられる。

ALCを絶乾させた後にエタノール、DMSOに浸漬させると、さらなる収縮が観察された。セメント硬化体と同様に、有機溶媒がALCの空隙表面に吸着し、絶乾により増大した固体表面エネルギーを低下させ収縮は若干でも回復すると予想されたが、実際は再収縮が発生した。これは再実験で結果を検証する必要があると認識しているが、理由としては、ALCを構成するトバモライト結晶において、絶乾でも逸脱しなかった結晶水を有機溶媒が一部抽出・置換した可能性があり、結晶自体が小さくなり、絶乾状態よりもさらに収縮したことが挙げられる。液体の表面張力は、DMSOの方が大きく、固体に吸着すると、エタノールより表面エネルギーを低下させると予想される。一方で、吸水能力はDMSOの方が高く、より多くの水分子を抽出する。よって、固体表面エネルギーの低下の違い、結晶水脱着の違いの影響が相殺され、収縮に大きな相違が生じなかったと考えられる。

## (2) 養生、飽水後に、各液体に浸漬させたときの長さ変化率

セメント硬化体を水中養生後、水、エタノール、DMSOに浸漬させたときの長さ変化率の経時変化を図-2に示す。材齢7日まで水中養生した直後は、空隙は水で概ね飽和していると推察される。この状態から、エタノール、DMSOといった有機溶媒に浸漬させると、徐々に収縮した。各有機溶媒が細孔内水分を抽出し、水分と置き換わったために固体の表面エネルギーを増大させ、収縮したと考えられる。特に、DMSOは非常に吸湿性の高い溶媒として知られており、吸着水、層間水や化学的結合水の一部まで抽出するために大きな収縮を呈したと考えられる。

ALC、珪藻頁岩を飽水したのち、エタノール、DMSOに浸漬した結果を図-3示す。セメント硬化体の水和物と組成および構造が類似するトバモライト結晶からなるALCについては、どちらの有機溶媒に浸漬しても収縮し、DMSOに浸漬させると収縮が大きくなったため、上記セメント硬化体と同様に、固体表面エネルギーの増大が収縮の要因で、それは溶媒の吸湿性能に依存するものと考えられる。珪藻頁岩については、エタノールについては収縮したが、DMSOについては、大きな膨張挙動がみられる。珪藻頁岩は、ナノメートルスケールの小粒子が連結した球状粒子で構成されており、層状結晶で、層間に水分子数個が挟まれているセメント硬化体、ALCの結晶とは、構造が異なっている。この小粒子間の微細な空間にDMSOが入り込み、分離圧で結晶を大きくしたことなどが、DMSO浸漬後の珪藻頁岩の膨張理由に考えられるが、これについては未検証であり、今後の課題としたい。

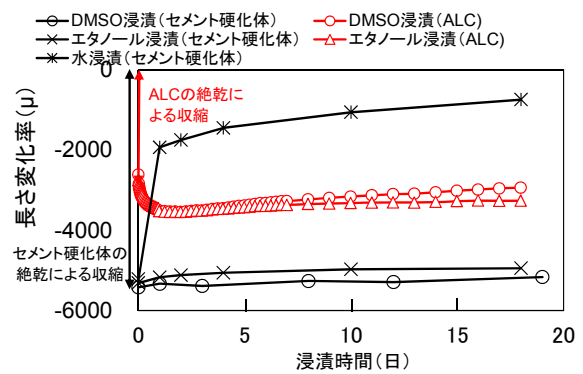


図-1 セメント硬化体、ALCを絶乾後各液体に浸漬させたときの収縮ひずみ変化 (珪藻頁岩については実験中)

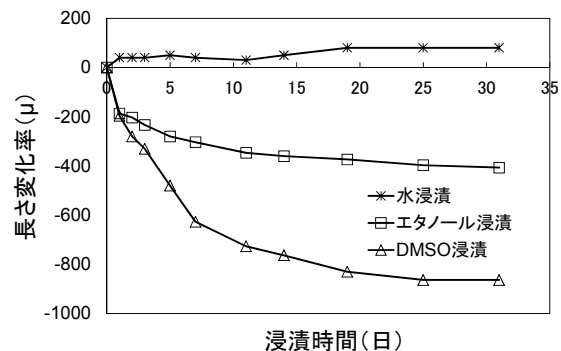


図-2 セメント硬化体を飽水後各液体に浸漬させたときの長さ変化率

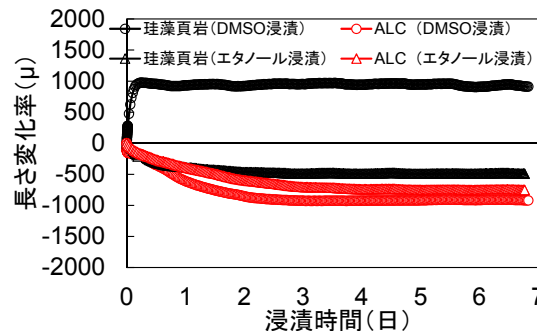


図-3 珪藻頁岩、ALCを飽水後各液体に浸漬させたときの長さ変化率