

弾性波減衰情報に着目したメタンハイドレート賦存層評価手法の確立に向けて -現象理解・実験的検証・理論構築-

Toward the estimation of methane hydrate from seismic attenuation through field observation, experimental and theoretical studies

松島 潤 [1]

Jun Matsushima[1]

[1] 東大

[1] UOT

メタンハイドレート（以下 MH と略す）とは、水分子が水素結合でつくる籠状構造の中にメタン分子が取り込まれた氷状の固体物質であり、特定の温度・圧力条件下で安定して存在する。高緯度地域の永久凍土地帯や海底下 500メートル以深では、上記のような MH 生成条件を満たすとされている。MH 自体の物理的性質（密度、弾性波速度、比抵抗、自然ガンマ線、中性子など）は氷のそれと非常に近いことがわかっている。MH が地層中に存在する形態としては、孔隙内を充填する場合（孔隙充填型）と MH の結晶集合体として存在する場合（塊状型）があるが、現在のところ孔隙充填型が多いとされる。

孔隙充填型の場合、MH がどのような形態で孔隙を充填するか（孔隙内を浮遊して存在するのか、グレインに付着するのか、それともグレイン同士をセメンチングするのか）によって、MH を含む地層（以下 MH 層）の P 波ならびに S 波速度特性が異なってくる。とりわけ、グレインに付着する形態の場合は、マトリックス部分の弾性率を向上する作用がある。この場合、数%の MH 濃集率でも、MH 層の弾性波速度は飛躍的に大きくなることが知られている。

物理的な直感によれば、弾性波速度が大きな物質の減衰は小さいと考えられるが、このような直感に反して、近年 MH 層での弾性波減衰が大きいことが音波検層記録あるいは坑井間地震探査記録等により観測されている。MH 層における弾性波の減衰メカニズムについては、孔隙スケールでの粒子と孔隙中に存在する流体との相互作用であることが指摘されているものの、現状未解明である。

本研究の全体構想は、MH 賦存層の弾性波減衰特性に着目することにより、MH 層の資源量評価に資する情報（MH 飽和率など）を推定する方法論を現象理解（観測データ解析）・室内実験・理論構築の一連の検討により包括的に確立することである。本講演では、全体研究のうち、現象理解（観測データ解析）ならびに室内実験の進捗結果につき報告する。

現象理解（観測データ解析）については、実フィールド記録を用いて、弾性波減衰特性に着目した MH 飽和率推定の可能性を調べることを目標とし、1999年基礎試錐「南海トラフ」において取得された音波検層・VSPの各データから弾性波減衰特性を求め、MH 飽和率と減衰値との定量的関係式を導出した。音波検層記録を用いた減衰解析では、kHz オーダー帯域における MH 賦存層における P 波と S 波の減衰特性を解明した。さらに、ゼロオフセット VSP 記録（30-110Hz）を用いて弾性波減衰解析を実施した結果、当該周波数帯域においては、MH 賦存層の有意な減衰効果は見られず、MH 賦存層における弾性波減衰特性の周波数依存性を示唆した。

室内実験については、予察的に弾性波減衰現象を観測し、波動伝播にともなう流体と固体との相互作用が減衰効果に寄与していることを確認した。具体的な実験方法は、塩水より氷が生成されていく過程（20 から -15 の温度範囲）における音響パルスの伝播特性を観察した。なお、当該温度範囲においては、塩水は液体系から固体-液体共存系へと変化するの、固体-液体共存系における弾性波減衰現象と流体部分（不凍水）の減少との関係に着目した。使用した周波数帯域は 150kHz ~ 500kHz である。結果として、弾性波速度については、液体系から固体-液体共存系に遷移する際に急激に増大し、最終的には液体状態の弾性波速度の 2 倍以上までに達した。減衰特性については、液体系から固体-液体共存系に遷移する過程において急激に低下し、さらに不凍水が減少するに従い減衰増大が続いた。以上より、高速度でありながら高減衰特性を有する現象を、固体-液体共存系における音響パルス伝播特性実験によって観察することができ、流体と固体との相互作用が減衰効果に寄与していることがわかった。