

## 論文の内容の要旨

論文題目 音波検層によるメタンハイドレート賦存層の地震波減衰評価

氏 名 鈴木 博之

永久凍土層の地層下、および日本近海を含む世界各地の海底下において存在が確認されているハイドレート濃集帯の指標として、存在下限を示していると考えられている海底疑似反射面(Bottom Simulating Reflector、以下 BSR)の探査が広く行われている。しかし、BSR からは濃集帯の層厚を測定することはできず、また、下部にガス層がない場所ではハイドレート層との特性の差が明瞭ではないため BSR が記録に現れてこないと考えられ、資源量の算定には不十分である。そのため、近年では BSR 以外の物理的特性を併せての探査が行われている。ハイドレート層では地震波速度が高くなることが知られており、速度と飽和率の相関を用いることが多いが、ハイドレート飽和率による速度上昇の程度はハイドレートの孔隙内における存在形式により異なるといった課題がある。

現在では BSR や速度以外の物理的特性に関する研究も行われている。ハイドレート層においては減衰値も高くなることが検層波形から確認されているため、その減衰情報を基にして資源量を評価するというものもその一つである。新たに特性として減衰を併せることにより、より安定的な探査が可能になると考えられるが、減衰は多くの影響が複合して起こる現象であり、データから算出した結果には不確実性があると考えられる。現在広く用いられている計算手法はノイズに非常に敏感であり、新たに提案されている手法もその不確実性を見積もることはできない。

そこで、本研究では、従来の減衰算出手法で考えられるノイズに対する安定性、計算結果の不確実性の見積もりといった問題点に対応した新たな手法の提案を目的とした。本論文では、地層の調査や物理的特性の計測に広く用いられている物理検層、その一種である音波検層により取得されたデータから減衰を算出することとした。発震器から発せられた波形を距離の異なる複数の受振器で取得することで特性を計測する手法である。

はじめに、広く用いられている減衰算出手法である Spectral ratio(以下 SR)、及び Centroid frequency shift(以下 CFS)のレビューとその問題点を考察した。次いで安定的な減衰算出手法である Median frequency shift(以下 MFS)を検証した。先述のように、SR 及

び CFS はノイズの影響を非常に強く受け、MFS はノイズによる影響は抑制されるが、計算に用いる値に任意性があるため、結果の信頼性に問題があることが示唆された。その任意性を考慮した手法(以下 MFS-1、MFS-2)に関しても検証したが、計算結果の不確実性を見積もることは出来ないことが確認された。

それらの問題点を考慮し、本論文では MFS を基に任意性を取り除き、結果の不確実性も見積もることが可能な手法を 3 種(以下 MFS-3、MFS-4、MFS-5)提案した。MFS-3、MFS-4 は計算に必要な受振器の組み合わせを任意に選択する手法であるが、任意の値を設定する必要はない。MFS-5 は受振器の組み合わせにも計算に用いる値にも任意に設定、選択する要素はないという特徴を有している。

まず簡単なモデル波形を作成し、SR、CFS、MFS-1~5 の各手法で性能評価を行った。その結果、どの手法もノイズがまったくない場合は正確に値を算出できるが、ノイズが加わると SR、CFS と影響を受けやすい手法では結果が著しく不安定になることが分かった。MFS-1~5 は安定した値をとったが、用いる値に任意性がある MFS-1 ではその値に結果が大きく依存することが示された。今回提案した手法(MFS-3~5)は他の手法と異なり標準偏差を算出することが可能であり、MFS-5 は標準偏差が特に小さく、安定的な手法であることが示唆された。受振器の選択に任意性のある手法(SR、CFS、MFS-1、MFS-3、MFS-4)に関してはその影響も検証した。

この結果を踏まえ、次の段階として実際のデータで減衰の算出を行った。石油天然ガス・金属鉱物資源機構より借用した平成 11 年度基礎試錐「南海トラフ」検層データから、2 本の坑井で取得された検層データに各手法(SR、CFS、MFS1~5)を用いて比較した結果、モデル波形で検証した際と同様の傾向が見られた。

実データには速度やハイドレート飽和率などのデータがあったため、MFS-5 で求めた減衰の値と各種データで相関を見たところ、速度と飽和率の間には比較的強い相関が、また、減衰と飽和率との間には速度と飽和率との間の相関と同程度、ある程度の相関があった。速度と減衰が完全な相関になっていないにもかかわらず飽和率とはどちらも同程度の相関を持っていることから、減衰を加えることでハイドレート探査の安定性が増大する可能性が示唆された。

算出された減衰値が比較的大きいものだったことから、その理由の一つとして散乱減衰による影響を考え、不均質性について計算を行ったが、今回用いた実データの精度では散乱減衰を正しく見積もることが出来なかった。そこで、更に精密なデータの取得、また、震源カップリング効果や幾何発散による影響を考慮すること、減衰の周波数依存性や音波検層以外のデータへの本提案手法の適用などを今後の展望として掲げた。