

浅海域における 3 次元物理探査システム開発

三ヶ田 均*, 武川 順一*¹, 亀井 志織*²

1. 調査の目的

近年、気候変動が急速に進んでいることが確認された (IPCC, 2021)。2015 年の COP パリ会議において議論された通り、2050 年の二酸化炭素排出量実質ゼロを目指し、石油や石炭などのエネルギー資源の消費による温暖化ガスの放出を低減し、実質ゼロにする必要がある。我が国を含む世界のエネルギーの獲得には、脱石油および環境にやさしい再生可能エネルギーへのパラダイム・シフトが進行している。その中で、欧州では盛んに風力発電設備の整備が進み、現在では欧州で最も発電量の大きい再生可能エネルギーとなっている (小方, 2011; 資源エネルギー庁, 2018)。我が国においても、国のエネルギー施策として「エネルギーの創造」が策定され、中でも欧州のような地形や建物による影響が少なく、より安定した風力発電が可能となる洋上風力発電の整備が必要であるとされている (資源エネルギー庁, 2019)。洋上風力発電方式には大きく設備を海底上に建設する着底式、そして海底にアンカーを打つだけの浮体式の 2 種類が海底地盤の状況やコストにより選択される (石原, 2010)。整備されたシステムの安定性の評価には、陸上の構造物同様の地盤調査などを考慮する必要がある。

この事情を反映し、浅海域・沿岸域における海洋開発のニーズが高まりつつある。既存の海底地形調査に加え、海底地盤直下の構造を調査する必要がある。陸上で簡便なボーリング調査により基盤となる地層を同定する方法があるが、海底の未固結層によりボーリングによる調査孔深度が数 10m に達する可能性が高いこと、そしてボーリング孔という 1 次元の情報だけでなく、可能な限り 3 次元情報とすることが望ましいこと、といった理由により、3 次元物理探査システムによる海底下まで含めた調査の高精度化が求められている。これまで、石油や天然ガスなどの炭化水素資源の調査では水深 3,000m を超える水深にある海底下の貯留層の調査を目的とした技術開発が行われてきたが、浅海域での調査を可能とするシステムの構築は今後の課題である。

本調査では、小型 3 次元物理探査システムについて、ハードウェアの機能・性能確認、取得したデータの処理および解析を通じたシステム評価を実施するとともに、最新のデータ取得手法として確立されつつある分散型音響センサ (Distributed Acoustic Sensor, DAS) の本システムへの適用可能性についての試験計画を補助した。

2. 調査の方法

令和 2 年 11 月および令和 3 年 6 月に調査委託元で開発中の小型 3 次元物理探査システムの試験が、静岡県沼津沖で実施された。この試験では、将来の本格的な利用を目指した光ファイバ (DAS) によるデータ取得が行われた。この光ファイバの計測では、同時にハイドロフォンによる音響場測定が行われており、DAS とハイドロフォンセンサの記録を比較し、音響信号が取得されていることを確認することを今年度の調査目的とした。図 1 に、昨年度取得されたデータを示す。震源からは掃引型信号が射出されており、図中の波形は既に相関処理を終えた零位相の信号として認識される。このデータから明らかな通り、本来同一であるべ

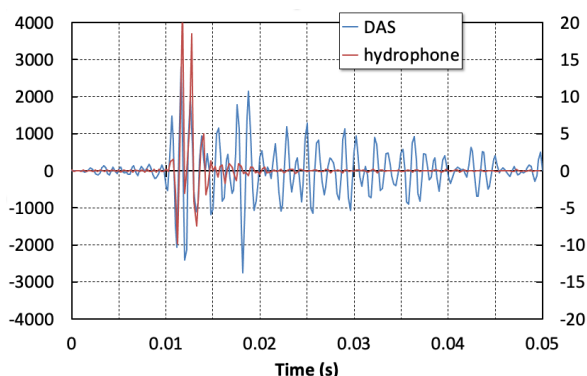


図 1 DAS とハイドロフォンの波形比較。

*京都大学・教授, *¹ 同・助教, *² 同・教務補佐

き信号の DAS 側には、何らかの信号が重畳していることがわかる。この信号の起源が判明すれば、本来の音響信号を取得することが可能であると推察される。

3. 得られた成果

今回用いた DAS は線状のファイバセンサであり、オフセット毎に独立した波形を取り出すことができる。約 20cm おきに受振波形を取り出し、その位置に応じ波形を比較したところ、図 1 には、 ± 4028 m/sec および ± 2119 m/sec でファイバを行き来する定常波が混入していることが判明した。この定常波を除去したところ、図 2 に見られる波形が得られた。最も左側の波形はハイドロフォンで得られた波形であり、そのハイドロフォン記録と同一の波形が、DAS の至る所で観測されていることがわかる。また、この波形からは DAS のセンサの最先端（図中オフセット 3.5m に近い場所の波形）がオフセット 0m より早く信号を受信しており、測定時のケーブルが海中で弧を描くような形状していたことを示唆している。

DAS とハイドロフォンの位相がほぼ合致していることを識別できる。この事実は DAS が将来有望なハイドロフォンとして機能する可能性を示している。今回の処理では、定常波と考えられる波動の振幅が場所によらず一定であるという仮定を置いている。ケーブル材質と海水に相当なインピーダンス差異が存在しているが、この処理を高度化することによりさらに精度の高い記録を得ることが可能である。ケーブルの定常波には、撓みと捻れ双方が考えられる。ケーブル表面を伝播する波動（おそらく固液境界波）の振幅を減じさせること、そして定常波の除去方法についてさらに検討を進めていくことが望ましいと考えられる。

4. 謝辞

本研究は、株式会社アーク・ジオ・サポートからの委託研究として遂行された。関係各位に篤く御礼申し上げます。

発表論文

なし

参考文献

IPCC (2021): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, United Nations, 1300pp.

石原 孟 (2010): 着床式洋上風力発電技術の現状と課題, 風力エネルギー, 34 (2), 78-84.

小方 弘成 (2011): 日本における風力発電の可能性と技術者の役割, 技術倫理研究, 8, 1-16.

資源エネルギー庁 (2018): これからの再エネとして期待される風力発電, <https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/huryokuhatuden.html> (Feb. 22, 2020 参照).

資源エネルギー庁 (2019): 新法施行後、「洋上風力発電」に向けた動きは今どうなっている?, <https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/yojohuryokuhatuden2019.html> (Feb. 22, 2020 参照).

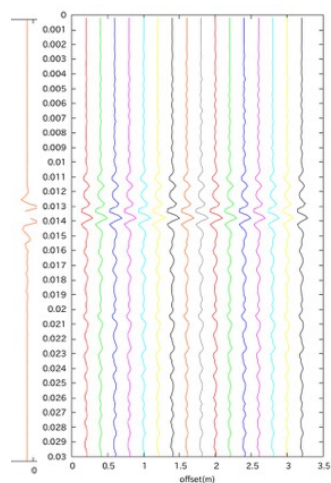


図 2 左端はハイドロフォン記録。Offset 0~3.5m は処理済み DAS 記録である。