

報 告

# 着床式洋上風力発電施設の建設時における水中放射音の調査

## Survey on the underwater noise from the fixed offshore wind turbine during construction

塩莉 恵\*・今里 元信\*・宮田 修\*\*・岡野 雅史\*\*\*  
Megumi SHIOKARI, Motonobu IMASATO,  
Osamu MIYATA and Masafumi OKANO

**要旨：**本研究では、洋上風力発電施設からの水中放射音による環境影響評価手法の構築に貢献することを目的とし、日本国内の着床式洋上風力発電施設の建設時（モノパイル基礎打設時）における水中音観測を実施した。この観測データの解析により、打設時の水中放射音の時刻歴及び周波数特性や、打設の有無による水中音レベルの変化を捉えることができた。また、当該海域における水中音伝搬特性の把握を目的とし、打設地点付近の海域において打設作業の停止中に水中スピーカーで再生した単一周波数音の観測を行い、この観測データを基に当該海域における水中音の減衰曲線を推定した。この減衰曲線を利用して、打設時の水中放射音観測データと打設地点から観測点までの距離を基に、打設地点での水中放射音の音源音圧を推定した。さらに、この推定音源音圧と打設時の打撃エネルギーとの間に正の相関関係があることを確認した。

**キーワード：**洋上風力発電、建設、水中音、伝搬特性、音源音圧推定

## 1. 序論

### 1.1 本研究の背景および目的

近年、再生可能エネルギーへの関心の高まりに伴い、賦存量の大きい風力発電への期待が高まっている。風力発電の近年の動向として、大型化・大規模化及び洋上への展開が挙げられ、国内でも洋上に大型の風力発電施設が建設されている箇所が多く見受けられるようになってきた。

一方で、施設の建設時に発生する水中放射音による付近の海棲生物等への影響が懸念されている。魚類の水中音に対する反応は、聴覚閾値、誘致レベル、威嚇レベル、損傷レベルの4段階の音圧レ

ベルで考えられる<sup>1)</sup>。施設の建設によって威嚇・損傷レベルの水中音が放射され、魚類の逃避行動や致死につながるのではないかと懸念がある一方、施設の存在は漁礁効果をもたらし、魚類等の海棲生物の誘致につながる可能性もある。

しかし、現段階では施設建設時の水中音による明確な影響は確認されておらず、また、建設時に放射される水中音の音圧や周波数特性等も明らかにされていない。

そこで本研究では、洋上風力発電施設建設時の水中放射音に関する環境影響評価手法構築への貢献を目的とし、着床式洋上風力発電施設の建設時

\* 正会員 独立行政法人海上技術安全研究所 洋上再生エネルギー開発系 \*\* 非会員 独立行政法人海上技術安全研究所 環境・動力系 \*\*\* 非会員 東光電気工事株式会社 新エネルギー事業部技術第二部

における水中放射音の観測を行い、水中放射音の時刻歴特性や周波数特性を調査した。また、水中スピーカーを用いて当該海域における水中音伝搬特性を調べ、これらの調査結果から、建設時水中放射音の音源音圧推定を行った。

## 1.2 観測対象

本研究の観測対象は、茨城県神栖市北浜沿岸に建設中の着床式洋上風力発電施設、ウィンド・パワーかみす第2洋上風力発電所<sup>2)</sup>7号機のモノパイル基礎打設時における水中放射音である。

## 2. 打設時水中音観測

### 2.1 観測日時と気象・海象条件

本観測は平成24年6月18日12:30頃～14:00頃に実施した。当日の気象条件は晴れ、風向は南東、風速は4.6 m/sであった(気象庁、銚子、13:00)。海象条件は、有義波高約1.0 m(港湾局)、満潮時刻および満潮時の潮位は2:03に225 cm、16:36に210 cmであり、干潮時刻および干潮時の潮位は9:31に107 cm、21:28に181 cmであった(いずれも気象庁、銚子)。また、月齢は28.1(国立天文台、水戸、正午)であった。

### 2.2 観測機器

本観測では、以下の機器を使用した。これらの機器は全て乾電池で駆動可能であり、水中マイクによる計測音をリニアPCMレコーダーに記録した。GPSロガーとレーザー距離計は相対距離計測のために用いた。

- ・水中マイク(オキシテック社製、OST2130)
- ・リニアPCMレコーダー
- ・GPSロガー
- ・レーザー距離計

### 2.3 観測手法

打設音の距離減衰の様子を捉えるため、打設地点からの距離を変えて複数地点で観測を行った。打設地点から300 m、200 m、500 m、700 mの順に目標とする距離を変えて移動し、各地点で数分間観測した。ただし、観測中は観測船自体が発する水中音の混入防止を目的とし、観測船をブラックアウトさせたため、風・波・潮流によって観測船が観測中に移動しており、必ずしも目標とする距離では観測ができていない。実際に観測を行った地点と打設点の位置関係を図1に示す。これら

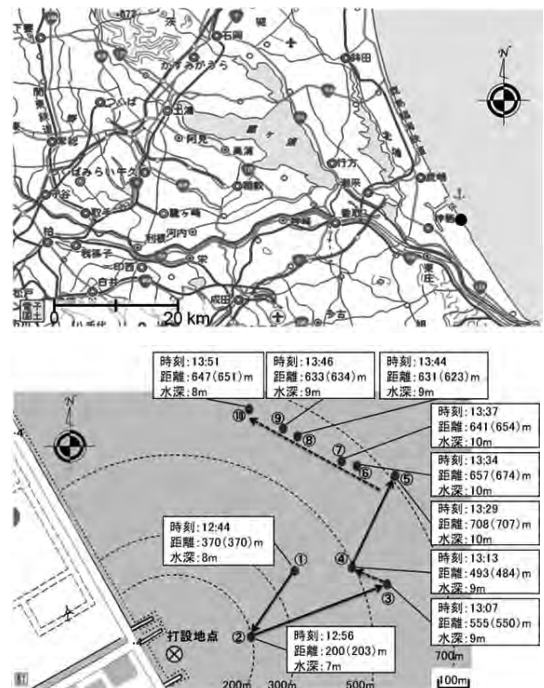


図1 打設地点及び観測位置(上下図とも電子国土(<http://cyberjapan.jp/>)のデータに加筆。下図は上図の●付近の拡大図。各点の位置はGPSロガーの緯度経度データより、打設地点からの距離は緯度経度から算出、()内はレーザー距離計による参考値。水深は航海用電子海図AlphaMap Proのデータより、観測点②の水深を7 m、⑤の水深を10 mとし、その他は内挿によって求めた。)

の観測点を便宜上、計測時間の順に観測点①～⑩とする。移動の軌跡を示す矢印の実線は意図的な移動、点線は風・波・潮流による意図せぬ移動を意味する。

水中音伝搬状況の深度による差を比較するため、水中マイクは2セット用意した。波や潮流に流されるのを防ぐため、水中マイクを錘付きロープで保持し、ロープを観測船の舷側クリートに固縛して、観測地点の水深も考慮し、水中マイクの水深がそれぞれ3 mと5 mになるように設置した。

リニア PCM レコーダーの記録設定は、WAVE形式、サンプリング周波数 48kHz、分解能 16bitとし、連続記録を行った。

### 3. 観測結果

#### 3.1 時刻歴特性

観測点②、④、⑥、⑦においては観測音が水中マイクの受波感度レベルを超過(レベルオーバー)しており、波形の振幅の上下が一部切れている。一例として観測点②及び③における観測データをそれぞれ図2及び図3に示す。

全観測点での観測データの波形を見ると、打設の時間間隔について、観測点①及び②での観測時には6秒間で6回、それ以降は6秒間に5回の打設音の波形が現れており、それぞれ約0.95秒と1.2秒の間隔で発生していることが分かった。これは作業船の打設作業ログからも確認することができた。

観測点①及び②における打設音の波形を見ると、打設音発生直後からそれぞれ約0.2秒間及び約0.08秒間は振幅が大きい状態が続いている。これは打設開始直後であったことから、モノパイル打設直後の残響により発生音の残存時間が長くなったと考えられる。それ以降は減衰が早くなっており、振幅も徐々に小さくなった。

なお、水深3 mに設置したマイクによるデータ

は、水深5 mに設置したマイクによるデータに比べて振幅がやや小さいが、波形には大きな違いはなかった。両者の若干の差について、詳細な検討は今後の課題であるが、次節に示す周波数特性でも大きな差はなく、Over All (OA) 値での両マイクのデータの差は平均3.3 dB、最大で5.1 dBであり(表1)、以下で検討する距離減衰に対しては無視できる差と判断した。ここでは、大きめの音圧が出ている水深5 mに設置したマイクのデータで以下の議論を進めることとする。

### 3.2 周波数特性

#### 3.2.1 解析方法

モノパイル打設中の水中音観測データについて、1打ごとのスペクトル解析を行い、連続30打の平均パワースペクトルを算出した。

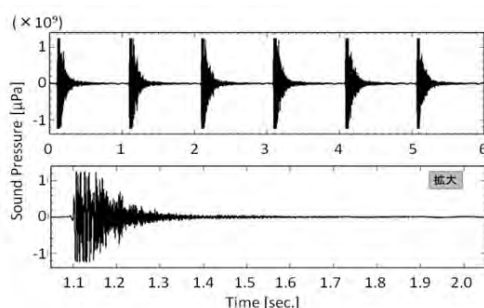


図2 観測点②における水中音データの時刻歴特性  
(マイク水深5m, 下図は上図の横軸方向拡大)

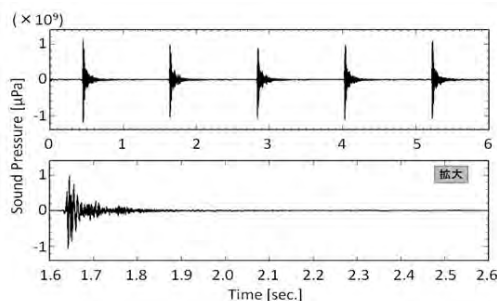


図3 観測点③における水中音データの時刻歴特性  
(マイク水深5m, 下図は上図の横軸方向拡大)

### 3.2.2 解析結果

全観測点における水中音データについて上記の解析を行った結果を図 4 に示す。打設開始直後の平均パワースペクトルでは、318 Hz 付近のパワーが、観測点①においては打設停止中の水中音に比べて約 54 dB、観測点②においては約 58 dB 増加した。これらの観測点では約 111 Hz、217 Hz、318 Hz のピーク周波数が現れた (144~145 dB)。一方、観測点④以降では、800~1600 Hz の周波数成分のパワーが小さくなる傾向があった。

また、全観測点でのデータに共通して 670 Hz 付近のピーク周波数が現れた。

### 3.3 水中音 Over All 値の時間変化

解析結果より、24kHz までの OA 値を算出した。表 1 に打設時および打設停止中の水中音 OA 値を

時間順に示す。この表で打設有無による水中音の OA 値を比較すると、モノパイル打設により OA 値は 18~36 dB 増加したことが分かる。

## 4. 水中音伝搬特性の調査

### 4.1 調査概要

打設地点の周辺海域における水中音の伝搬特性を調査するため、打設音の観測前日、打設地点付近で作業船より水中スピーカーを水深約 1 m に降下し、予め準備していた模擬音源 (単一周波数音) を再生した。このスピーカー降下地点から約 100 m 及び約 300 m 離れた地点で観測船より水中マイクを降下し、スピーカーからの再生音を収録した。打設音の観測時と同様に、水中マイク設置水深は 3 m と 5 m、観測中は観測船をブラックアウトした。

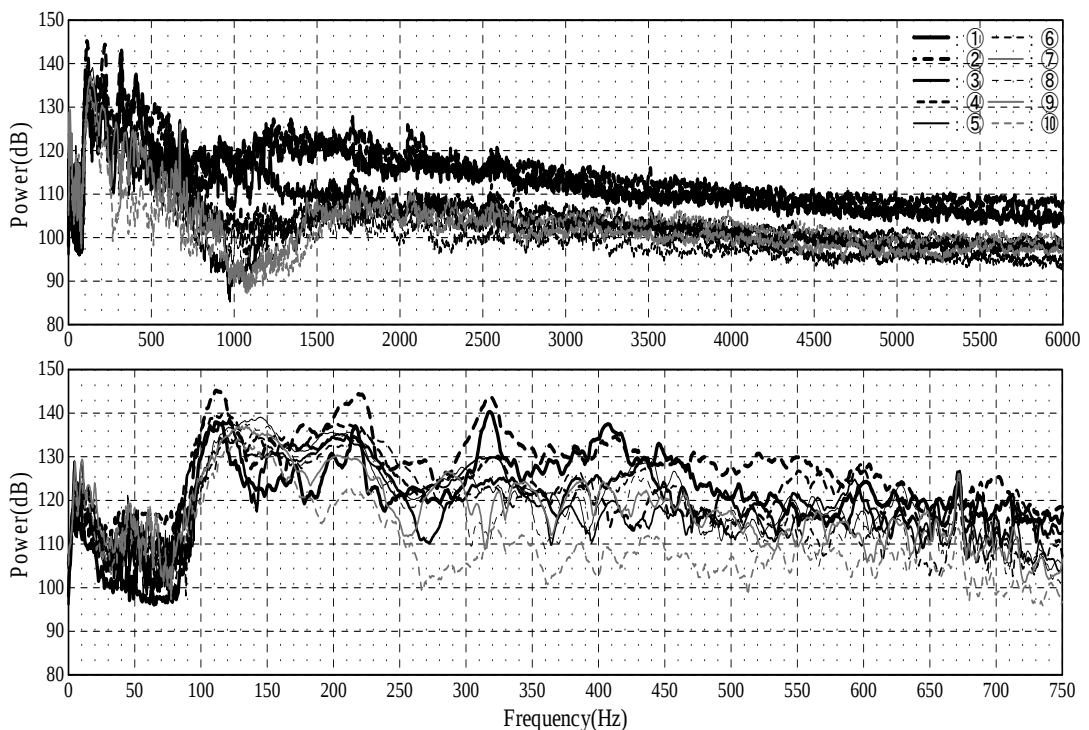


図 4 全観測点における水中音データの周波数特性 (マイク水深 5 m、各地点 30 打の平均、下図は上図の横軸方向拡大、凡例の番号は観測点番号を示す。)

表 1 観測した水中音 Over All 値の時間変化

| 観測点<br>番号 | 時刻    | 打設地点から<br>の距離[m] | 打設有無 | Over All 値[dB] |              |
|-----------|-------|------------------|------|----------------|--------------|
|           |       |                  |      | マイク水深 3m       | マイク水深 5m     |
| -         | 12:39 | 393              | 無    | 125.5          | 128.1        |
| ①         | 12:44 | 370              | 有    | <b>157.5</b>   | <b>159.5</b> |
| -         | 12:49 | 333              | 無    | 132.4          | 132.8        |
| ②         | 12:56 | 200              | 有    | <b>162.3</b>   | <b>164.7</b> |
| ③         | 13:07 | 555              | 有    | <b>153.3</b>   | <b>157.4</b> |
| ④         | 13:13 | 493              | 有    | <b>155.3</b>   | <b>159.7</b> |
| -         | 13:20 | 785              | 無    | 132.3          | 132.6        |
| ⑤         | 13:29 | 708              | 有    | <b>151.5</b>   | <b>155.9</b> |
| ⑥         | 13:34 | 657              | 有    | <b>152.8</b>   | <b>156.4</b> |
| ⑦         | 13:37 | 641              | 有    | <b>154.5</b>   | <b>158.5</b> |
| -         | 13:42 | 633              | 無    | 131.9          | 137.0        |
| ⑧         | 13:44 | 631              | 有    | <b>153.0</b>   | <b>157.2</b> |
| ⑨         | 13:46 | 633              | 有    | <b>151.6</b>   | <b>155.8</b> |
| ⑩         | 13:51 | 647              | 有    | <b>147.2</b>   | <b>151.4</b> |
| -         | 13:54 | 663              | 無    | 129.7          | 133.7        |
| -         | 13:55 | 668              | 無    | 128.2          | 131.4        |

なお、この作業船は船体から 4 本のレグを出して自己昇降が可能であり、本観測時にも船体は海面より上部に出ていたため、スピーカーから放射された水中音が船体に反射することはない。また、レグによる反射は小さく無視できるものと考えた。

また、観測の後日、著者らが所有する水槽内において、水中マイクとスピーカーの距離を 1 m に設定して実験を行い、これを音源音圧の基準として上記の観測データと合わせ、水中音伝搬特性の評価に用いた。

このとき使用した水槽の大きさは 25 m×15 m、底面は深さが 1.5 m～3.0 m である。水中マイクとスピーカーは水深 1.5 m 側に、図 5 に示すように設置した。水槽壁面や底面からの反射が懸念されるので、反射の影響が少なくなるように水中音

の再生時間を短く設定した。観測した波形は作成したものと同一の単一周波数波形を示し、位相遅れ等の反射波の影響と思われる波形が混入していなかったことから、本実験においても反射の影響はほとんどないと考えられる。

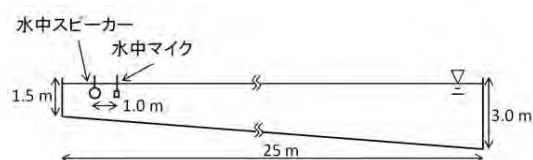


図 5 水中スピーカー再生音の音源音圧推定実験の概要

## 4.2 調査結果と伝搬特性の評価

前節の観測及び実験によって得られたデータを

表 2 に示す。このうち、スピーカーからの距離 1 m において計測したデータを音源音圧に設定し、音源音圧からの減衰を計算した。減衰の計算式を以下のように定義した。

$$p(r) = p_0 - TL(r) \quad (1)$$

ここで、 $r$  は音源からの距離[m]を表わし、 $p(r)$  は距離  $r$  における音圧[dB]、 $p_0$  は音源音圧[dB]、 $TL(r)$  は距離  $r$  に到達するまでの音圧の減衰量[dB]を示す。

$TL(r)$  を伝搬損失(Transmission Loss)といい、以下のように表わされる<sup>3)</sup>。

$$TL(r) = 10 \log r + \alpha r \quad (2)$$

式(2)の第 1 項は拡散損失を表わし、当該海域は水深が浅いため円筒拡散が適切であると判断した。 $\alpha$  は減衰定数であり、これを含む第 2 項は海水中的イオン等による吸収損失を示すものである。

減衰定数を求めるためによく用いられる Thorp の式<sup>4)</sup>や Schulkin and Marsh の式<sup>5)</sup>等では、適用できる水深や周波数域が限定的であり、また、これらは海水中的イオン等による吸収のみを考慮しているが、当該海域は水深が浅く、海面や海底面による吸収の影響が大きいと考えられるため、これらの実験式をそのまま用いることはできない。

そこで、減衰定数をパラメータとして変化させ、当該海域の伝搬特性の表現に適した減衰定数を推定する。ただし音源音圧(スピーカーからの距離 1 m における計測値)にもばらつきがあるため、これを計測値の範囲内で 1 dB ずつ変化させ、減衰定数と同様にフィッティングパラメータとして利用する。

図 6 は 125 Hz の音源について、約 100 m および 300 m 地点で計測された水中音圧データに合うように減衰定数を調整した結果である。最小二乗法により、減衰曲線上の理論値と各計測点 4 回分の計測値との誤差の合計が最小になるときの減衰定数を求めた。他の周波数音源についても同様

に推定した。各周波数の減衰定数推定結果を表 3 に示す。このとき、水中音圧は前章で示したデータと同じく水深 5 m に設置した水中マイクのデータを用いた。

表 2 各観測点における周波数ごとの水中音圧[dB]  
(距離は目標値であり、()内は実際の観測中の GPS ロガーによる音源との相対距離)

| 周波数[Hz]→<br>↓ 距離[m] | 125         | 250         | 500         | 1000        |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1                   | 139～<br>153 | 130～<br>140 | 119～<br>138 | 139～<br>146 |
| 100<br>(125～127)    | 115～<br>124 | 113～<br>116 | 105～<br>108 | 106～<br>113 |
| 300<br>(276～289)    | 101～<br>109 | 103～<br>107 | 100～<br>102 | 109～<br>113 |

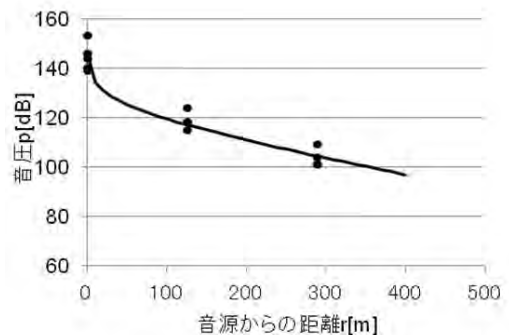


図 6 減衰定数  $\alpha$  推定の様子 (125 Hz の音源について。点は計測値、曲線は減衰曲線。)

表 3 各周波数の減衰定数推定結果とその平均値

| 周波数[Hz] | 減衰定数  |
|---------|-------|
| 125     | 0.055 |
| 250     | 0.017 |
| 500     | 0.005 |
| 1000    | 0.026 |
| 全周波数平均  | 0.026 |

## 5. 打設音の音源音圧推定

### 5.1 推定手法

前章で推定された減衰定数の全周波数平均値を式(2)の $\alpha$ に代入してTLを求め、これを式(1)に代入することで減衰曲線の式を得る。この式の $p_0$ を変化させ、減衰曲線が任意の観測点における水中音圧のデータに合うように調整することで、その観測時刻における打設地点での音源音圧 $p_0$ が推定される。これを全観測点のデータについて行う。

図7は表1のデータのうち、水深5mに設置した水中マイクによる打設中の水中音データを点で示し、前章で推定された減衰曲線を利用して各点の観測時刻における音源音圧の推定を行っている

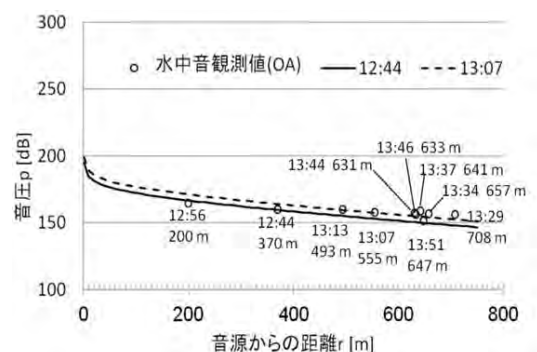


図7 各観測点における水中音データからの音源音圧推定作業の例 ( $\alpha = 0.026$  の場合)

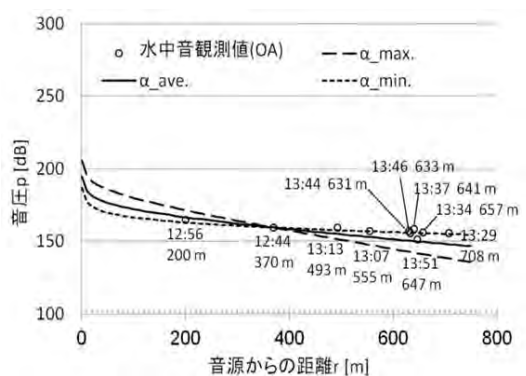


図8 減衰定数 $\alpha$ の値の違いによる12:44の音源音圧推定結果の差 ( $\alpha_{\max.} = 0.055$ ,  $\alpha_{\text{ave.}} = 0.026$ ,  $\alpha_{\min.} = 0.005$ )

の様子の一部である。この推定手法には減衰定数の違いによる不確実性を伴うため、前章で算出した全周波数の平均値のみでなく、最大値(125 Hzのデータから推定された $\alpha = 0.055$ )及び最小値(500 Hzのデータから推定された $\alpha = 0.005$ )についても同様の音源音圧推定作業を行った。

図8は12:44の計測データについて、減衰定数を最大値、平均値、最小値の3通りに変化させ、音源音圧の推定結果にどの程度の差が現れるかを示したものである。音源からの距離が大きくなるほど減衰定数の違いによる推定結果の差も大きくなり、最大で約35 dBの差が生じた(表4)。

### 5.2 推定結果と考察

前節の手順で、各観測時刻における音源音圧(OA値)を推定した。表4及び図9にその結果を示す。これらの図表より、音源音圧は打設開始から徐々に大きくなり、打設終了前には少し小さくなったことが分かる。この結果と水中マイクのレベルオーバーの発生を関連付けて考察すると、この音源音圧の時間変化の理由として、打設開始直後はモノパイルが海底に深く貫入していなかったため水中に放射される音が小さく、観測点①では水中マイクのレベルオーバーが発生しなかったが、その後、貫入深度が深くなるにつれ徐々に放射音が大きくなり、観測点②, ④, ⑥, ⑦での計測時にはレベルオーバーが発生したと考えられる。

また貫入深度だけではなく、打設位置の高さによる影響も考えられ、開始直後には海面との距離が大きく水中に伝わる音が小さかったが、しばらく経過してモノパイルが海底に深く入ると打設位置が低くなり、海面との距離も小さくなるので、水中に伝わる音も大きくなったという可能性も考えられる。

一方、次節で検証するように、油圧ハンマー打設ログの打撃エネルギー時間変化によれば、打設時

表 4 各観測時刻における音源音圧の推定結果

| 計測時刻  | 距離 [m] | 推定音源音圧(OA 値)[dB]            |                                   |                             |
|-------|--------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
|       |        | $\alpha_{\max.}$<br>(0.055) | $\alpha_{\text{ave.}}$<br>(0.026) | $\alpha_{\min.}$<br>(0.005) |
| 12:44 | 370    | 205.5                       | 194.8                             | 187.0                       |
| 12:56 | 200    | 198.7                       | 192.9                             | 188.7                       |
| 13:07 | 555    | 215.4                       | 199.3                             | 187.6                       |
| 13:13 | 493    | 213.7                       | 199.4                             | 189.1                       |
| 13:29 | 708    | 223.3                       | 202.8                             | 187.9                       |
| 13:34 | 657    | 220.7                       | 201.7                             | 187.9                       |
| 13:37 | 641    | 221.8                       | 203.2                             | 189.8                       |
| 13:44 | 631    | 219.9                       | 201.6                             | 188.4                       |
| 13:46 | 633    | 218.6                       | 200.3                             | 187.0                       |
| 13:51 | 647    | 215.1                       | 196.3                             | 182.7                       |

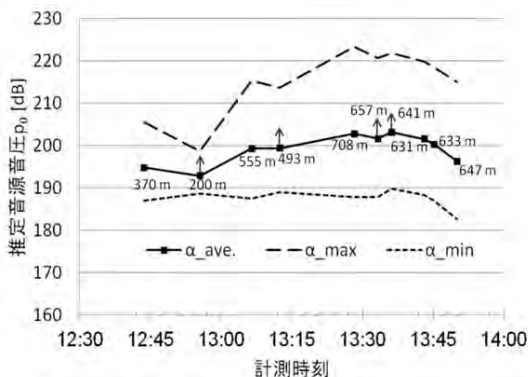


図 9 推定音源音圧 (OA 値) の時間変化 (図中、上向き矢印が記入されている点は、水中マイクのレンジオーバーが発生した観測点であり、実際の音圧は観測値より高い可能性がある。)

の打撃エネルギーが大きかったこともレベルオーバーの一因であると考えられる。

### 5.3 推定音源音圧と打撃エネルギーとの関係

前節で求めた推定音源音圧 (OA 値) と、打設作業船で記録した油圧ハンマーの打撃エネルギーとの関係を検証する。図 9 の推定音源音圧の時間

変化に打設ログから得られた打撃エネルギーの時間変化を追加したものを図 10 に示す。ここで打撃エネルギーの時系列データは、水中音観測の時刻に概ね合わせてログから抽出した。

図 10 から、推定音源音圧と打撃エネルギーは同様の時間変化を辿っていることが分かり、相関関係があることが推測される。そこで特に相関が強いと思われる  $\alpha_{\text{ave.}}$  と  $\alpha_{\max.}$  による推定音源音圧と打撃エネルギーとの相関を調べた。その結果を図 11 及び図 12 に示す。 $\alpha_{\text{ave.}}$  及び  $\alpha_{\max.}$  ともに打撃エネルギーと正の相関関係があることが確認できた。

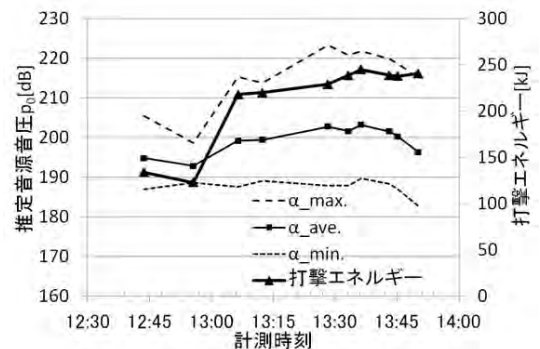


図 10 推定音源音圧 (OA 値) と打撃エネルギーの時間変化

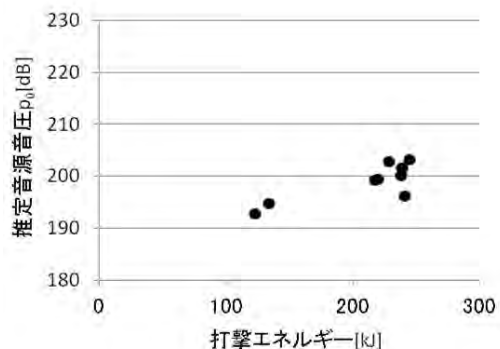


図 11 打撃エネルギーと  $\alpha_{\text{ave.}}$  によって推定された音源音圧 (OA 値) との関係

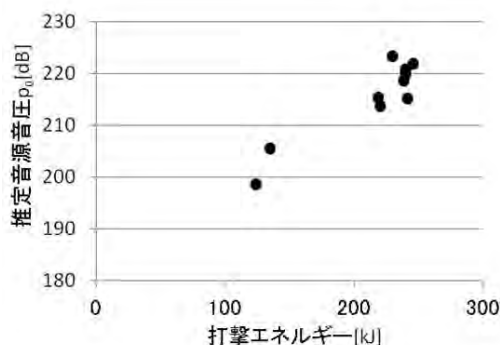


図 12 打撃エネルギーと  $\alpha_{\max}$  によって推定された音源音圧 (0A 値) との関係

## 6. 結論

ウィンド・パワーかみす第 2 洋上風力発電所 7 号機の建設中における水中放射音の観測及びそのデータ解析により、モノパイル打設による水中放射音の時刻歴特性及び周波数特性を明らかにした。

周波数特性に関しては、全ての観測点において打設時に共通して出現した周波数は約 670 Hz であり、打設開始直後のデータ (観測点①及び②) には約 111 Hz, 217 Hz, 318 Hz にもピークが現れ、観測点④における観測時以降のデータでは 800~1600 Hz の周波数成分の音圧レベルが小さくなる傾向があった。

また、水中スピーカーを用いた単一周波数音の観測による当該海域における水中音伝搬特性の推定を行い、当該海域における水中音の吸収損失による距離減衰は、周波数によって差はあるが、平均で 0.026 dB/m であると推定された。

さらに、これを利用した建設時水中放射音の音源音圧の推定と、この推定音源音圧と打設時の打撃エネルギーとの相関関係を捉えることができた。この結果、本観測時のモノパイル打設による音源音圧は概ね 182.7 dB~223.3 dB 程度であったと推定された。

本研究で推定された減衰定数の数値そのものは

当該海域においてのみ有効なものであるが、この推定手法はどの海域においても適用可能なものであり、減衰定数の推定手法が提案できたと言える。

## 謝辞

本研究では、株式会社 ウィンド・パワー様に大変お世話になりました。心より御礼申し上げます。

## 引用・参考文献

- 1) 畠山良己：魚の聴覚と音に対する反応，電子情報通信学会技術研究報告. US, 超音波, No. 95, Vol. 219, pp.19-26, 1995.8
- 2) 岡野雅史：ウィンド・パワーかみす第 2 風力発電建設工事 (着床式風力発電の建設工事)，日本船舶海洋工学会東部支部ワークショップ, 2013.1
- 3) 鎌田弘志：ソーナー入門，海洋音響の基礎と応用第 4 章，海洋音響学会編，成山堂書店，2004.4
- 4) Thorp, W.H. : Analytic description of the low frequency attenuation coefficient, Journal of the Acoustical Society of America, Vol.33, pp.334-340, 1961
- 5) Schulkin, M and Marsh, H.W. : Sound absorption in seawater, Journal of the Acoustical Society of America, Vol.34, pp.864-86, 1962

## 著者紹介

### 塩莉 恵 (正会員)

独立行政法人海上技術安全研究所 (東京都三鷹市新川 6-38-1), 昭和 62 年 2 月 19 日生まれ, 平成 23 年 3 月 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 海洋技術環境学専攻 修士課程修了, 同年 4 月 海上技術安全研究所に入所, 現在, 同研究所, 洋上再生エネルギー開発系 海洋利用評価研究グループ研究員, 環境学修士, 日本船舶海洋工学会会員。

E-mail : shiokari@nmri.go.jp

<http://www.nmri.go.jp/>

**今里 元信（正会員）**

独立行政法人海上技術安全研究所（東京都三鷹市新川6-38-1）、平成9年3月大阪府立大学大学院工学研究科機械系専攻海洋システム工学分野修士課程修了、同年4月運輸省船舶技術研究所に勤務、平成13年4月独立行政法人海上技術安全研究所へ配置換、現在、同研究所、洋上再生エネルギー開発系 海洋利用評価研究グループ主任研究員。  
E-mail : imasato@nmri.go.jp

**宮田 修（非会員）**

独立行政法人海上技術安全研究所（東京都三鷹市新川6-38-1）、昭和30年生まれ、昭和57年3月電気通信大学

短期大学部通信工学科卒、昭和49年4月船舶技術研究所入所、現在、同研究所、環境・動力系 環境影響評価研究グループ主任研究員。日本マリンエンジニアリング学会会員、日本航海学会会員。

E-mail : miyata@nmri.go.jp

**岡野 雅史（非会員）**

東光電気工事株式会社（東京都千代田区丸の内3-2-3）、昭和46年4月21日生まれ、平成9年3月 足利工業大学大学院機械工学専攻卒、現在、東光電気工事株式会社 新エネルギー事業部工事部工事第一課担当課長。日本風力エネルギー学会会員。

E-mail: okano-ma@act.tokodenko.co.jp

<http://www.tokodenko.co.jp/>

## Survey on the underwater noise from the fixed offshore wind turbine during construction

Megumi SHIOKARI, Motonobu IMASATO,  
Osamu MIYATA and Masafumi OKANO

**ABSTRACT :** The purpose of this study is to make a contribution to the development of the evaluation techniques for environmental impacts of underwater noise from offshore wind turbines. In this study, the authors measured the underwater noise from a fixed offshore wind turbine during construction (installation of monopile foundation). By analyzing the data, the time series and frequency characteristics of underwater noise and the effect of piling on sound levels were clarified. Besides, in order to get the properties of sound propagation in the construction area, the authors measured the regular waves of some frequencies from an underwater speaker while the piling was stopped. From the measured data, the transmission loss was estimated and the attenuation curve was made. With this curve, the sound source pressures were estimated from the measured sound levels and the distances between the piling point and the measuring points. Moreover, it was revealed that there was a correlation between the estimated sound source pressures and the energy of hammering.

**KEYWORDS :** *Offshore wind turbine, construction, underwater noise, properties of sound propagation, sound source pressure estimation*