

# 水中音と魚類の行動

## —海生研シンポジウム2017より—

### はじめに

風力発電は再生可能エネルギーの中でも、発電ポテンシャル面から有力な電力供給源であり、近年、陸域に加え洋上風力発電所の開発が進んでいます。洋上風力発電施設からは、低周波数帯域に特徴的な周波数ピークを持つ水中音が発生することが報告されています。このような低周波水中音は洋上風力発電施設が稼働している間、周辺海域に絶えず発生し続けると考えられますが、低周波水中音の長期的な影響については国内外を含めほとんど検討されていないのが現状であり、「海域の生態系に関する調査・予測・評価の手法について引き続き知見を集積するとともに、海域生態系の環境影響評価に関する考え方をさらに検討していく必要がある。」と環境省の「洋上風力発電所等に係る環境影響評価の基本的考え方に関する検討会報告書」(環境省, 2017)の中で提言されています。

洋上風力発電施設から発生する低周波水中音が魚類に及ぼす影響を考える場合、①回遊魚など、洋上風力発電施設周辺に一時的に出現する魚種への影響と、②洋上風力発電施設周辺で一生を過ごす沿岸性の強い魚種への影響を分けて考える必要があると考えられます。①の場合、洋上風力発電施設から発生する低周波水中音のある海域を忌避する場合、回遊ルートが変わることが懸念されます。②の場合、低周波水中音が定常的に発生している海域での生活史全般への影響が懸念されます。

そこで、海生研では国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・海上技術安全研究所と共同で上記②の場合を想定し、低周波水中音長期的曝露が魚類の摂餌行動、成長、および再生産に与える影響を解明することを目的とした研究を行いました(科学研究費助成事業(JSPS)基盤研究(C)15K00575)。今回のシンポジウムではその内容の一部についてご紹介しました。

### 研究内容

#### 1. 低周波水中音がマダイ稚魚の摂餌リズム、摂餌要求量等の摂餌行動および成長におよぼす影響

試験は600 L水槽4基に水中スピーカーを取り付け、100Hz音のパワースペクトルレベルが音源から1mの距離で140dB re 1  $\mu$ Pa/ $\sqrt$ Hz, 120dB re 1  $\mu$ P/ $\sqrt$ Hzおよび100dB re 1  $\mu$ P/ $\sqrt$ Hzとなるようにした音データを連続再生することにより低周波水中音連続曝露をおこないました。このパワースペクトルレベルは風力発電施設が140 dB re 1  $\mu$ Pa/ $\sqrt$ Hzの点音源であり、水中音の拡散が球面拡散であると仮定した場合、それぞれ、風力発電施設の直近、10 m, 100 mの距離における音圧レベルに相当します。残りの1水槽は水中音を再生しないコントロールとしました(100 Hz, 80 dB re 1  $\mu$ Pa/ $\sqrt$ Hz)。各水槽内には自発摂餌装置を備えた35Lの水槽を4基設置しマダイ稚魚(初期体重2.4 g, 37尾/水槽)を収容し、43日間飼育しました。

水中音をスピーカーから水槽内に放音する方法には、一つ問題があります。それは、スピーカーから発せられた水中音が水面や水槽壁に反射し音圧の減衰が起ることです(Akamatsu et al., 2002)。本試験の場合、水槽内の音圧レベル分布を実測した結果、最大値は設定した音圧レベルよりも10 dB高く、最小値は15 dB低くなっていました(図1)。実際の海域で

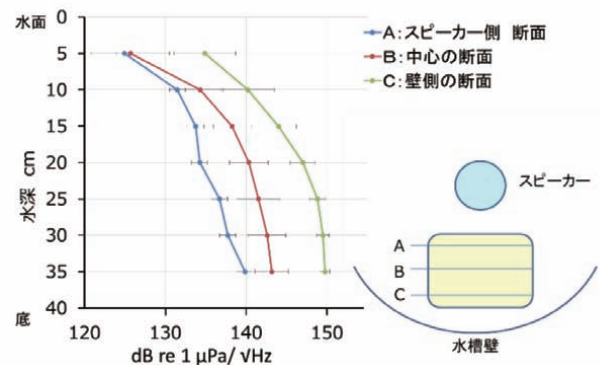


図1 140 dB区試験水槽内における100 Hz音のパワースペクトルレベル

このように狭い範囲で急激に音圧レベルが変化することは考えにくいことに留意する必要があります。

飼育開始5日目から試験終了までの期間、低周波水中音に連続曝露しました。低周波水中音に曝露した直後では、140 dB区のみで驚愕反応が認められ、約40分間自発摂餌が認められませんでした(図2)。しかし、それ以降では試験終了まで摂餌日周リズムや摂餌量に試験区間に目立った差は確認されず、飼育成績にも差は認められませんでした(表1)。

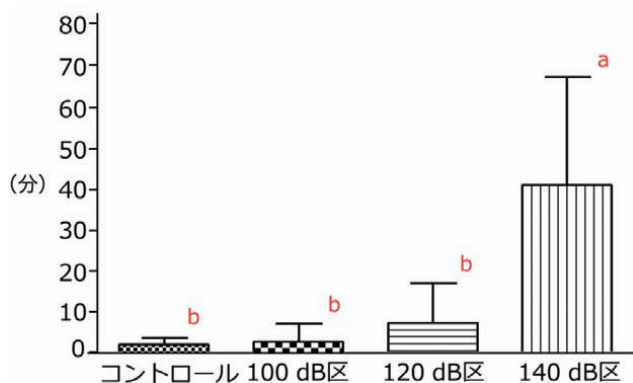


図2 低周波水中音曝露開始後、再び摂餌を開始するまでの時間 異なるアルファベット間には有意差あり (ANOVA,  $P > 0.05$ ).

表1 マダイ稚魚の飼育成績

	実験終了時体重 g	摂餌率 %BW/day	試料効率 %	日間成長率 %BW/day
コントロール区	21.1±0.7	3.07±0.07	120.1±2.7	5.02±0.08
100 dB区	20.7±1.4	3.17±0.14	115.2±5.7	4.98±0.16
120 dB区	20.0±0.8	3.14±0.07	115.3±3.3	4.91±0.09
140 dB区	21.5±0.6	3.21±0.29	115.6±10.6	5.07±0.07

±SD, N=4

## 2. 低周波水中音がシロギスの卵発生におよぼす影響

上述と同様の音圧レベルの試験区を設定し、低周波水中音のシロギス受精卵の卵発生への影響を検討しました。シロギス受精卵は屋外8t水槽に収容したシロギス親魚が自然産卵したものをサンプリングしました。受精卵は50卵ずつ500 mlの濾過海水とともにチャック付きポリエチレン袋(170 mm×120 mm, 厚さ0.04 mm)に収容し、これを1試験区あたり3つつ水槽内に吊り下げました。先に述べたとおり水槽

内の音圧レベルは均質ではないので、吊り下げ位置は100Hz音のパワースペクトルレベルがほぼ100, 120, 140 dB re 1  $\mu\text{Pa}/\sqrt{\text{Hz}}$ となる場所としました。シロギス卵の発生段階はサンプリング直後で未分割~2細胞期、低周波音曝露開始時で桑実胚期でした。39.5時間低周波水中音に連続曝露した後、異常卵数(未発生卵, 死卵等), 異常孵化個体数(奇形, 孵化後死亡等), 正常孵化個体数を求めました。その結果、試験区に差は認められませんでした。

表2 シロギス卵の異常卵率, 異常孵化率および正常孵化率

試験区	異常卵率 (%)	異常孵化率 (%)	正常孵化率 (%)
コントロール区	2.5±2.8	0.6±1.1	96.9±3.8
100 dB区	1.7±0.2	0.6±1.1	97.7±1.2
120 dB区	1.2±1.0	-	98.8±1.0
140 dB区	1.8±1.8	-	98.2±1.8

N=3

## おわりに

今回紹介した研究結果では低周波水中音は摂餌行動等に一時的な影響はあるが、摂餌量, 成長, 卵発生に影響は認められませんでした。しかし、水中音に対する聴覚感度や反応は魚種によりさまざまであると考えられます。また、水槽試験の場合、水中音条件は実海域とは異なるという問題点があります。水中音の生物影響を把握するためには試験手法の開発を含めた、さらなる知見の集積が必要であると思われます。

(中央研究所 海洋生物グループ 島 隆夫)

## 参考文献

- ・ Akamatsu, T., Okumura, T., Novarini, N., Yan, HY. (2002) Empirical refinements applicable to the recording of fish sounds in small tanks. J. Acoust. Soc. Am., 112: 3073-3082.
- ・ 環境省(2017)洋上風力発電所等に係る環境影響評価の基本的考え方に関する検討会報告書。  
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/105434.pdf>