



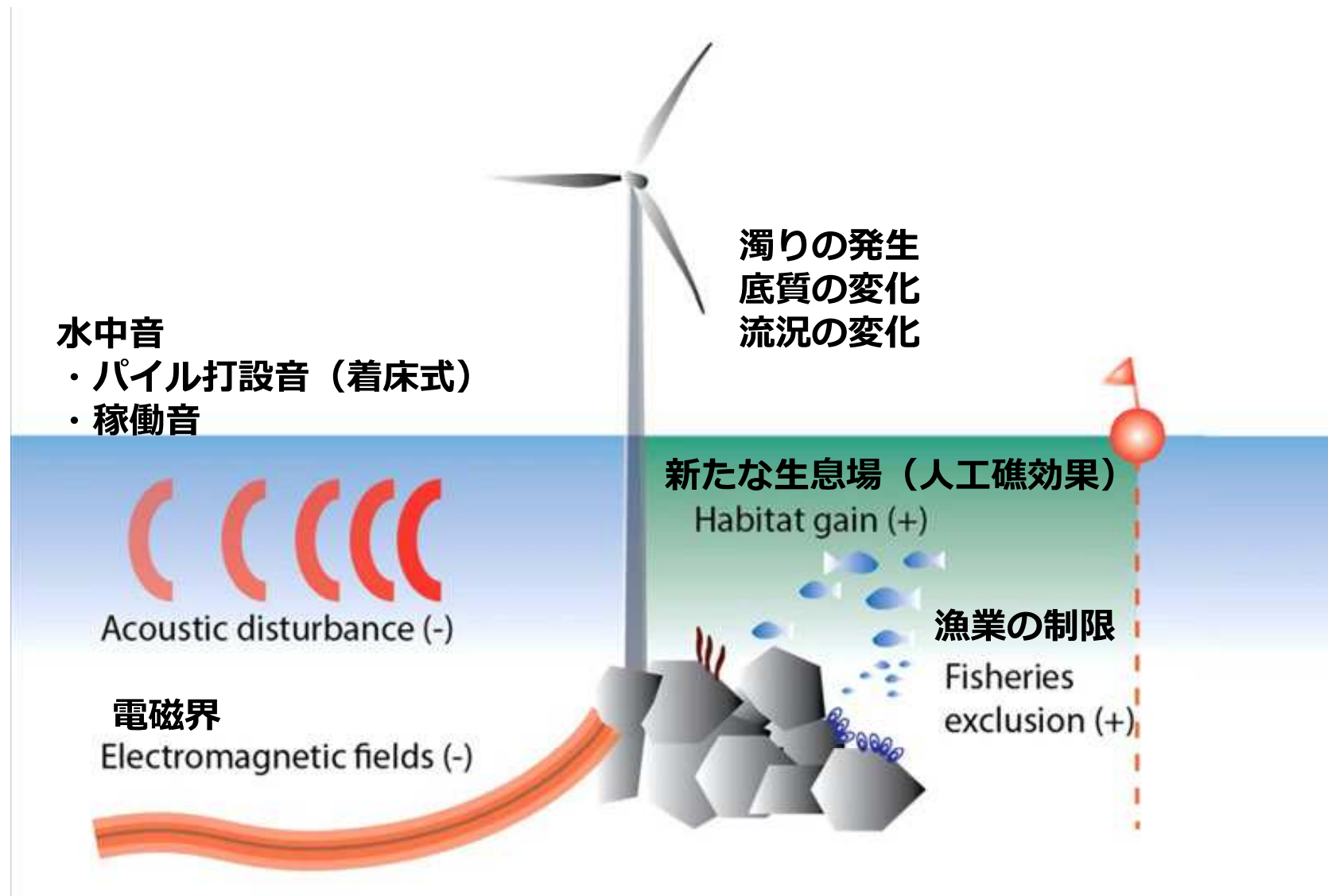
洋上風力発電の魚類等への影響について

2023年

公益財団法人 海洋生物環境研究所

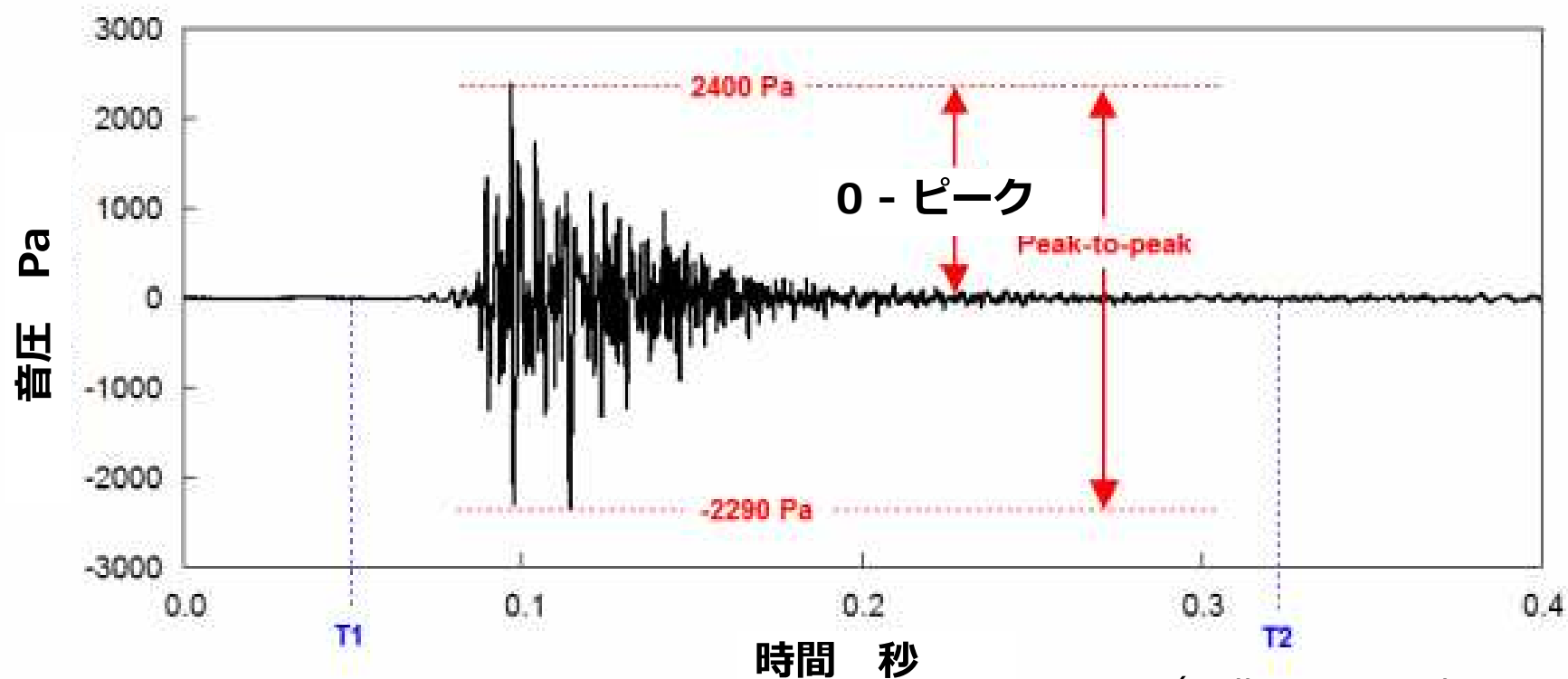
海洋生物グループ 島 隆夫

洋上風力発電所建設で想定される影響要因



Bergström et al. (2014) を改変

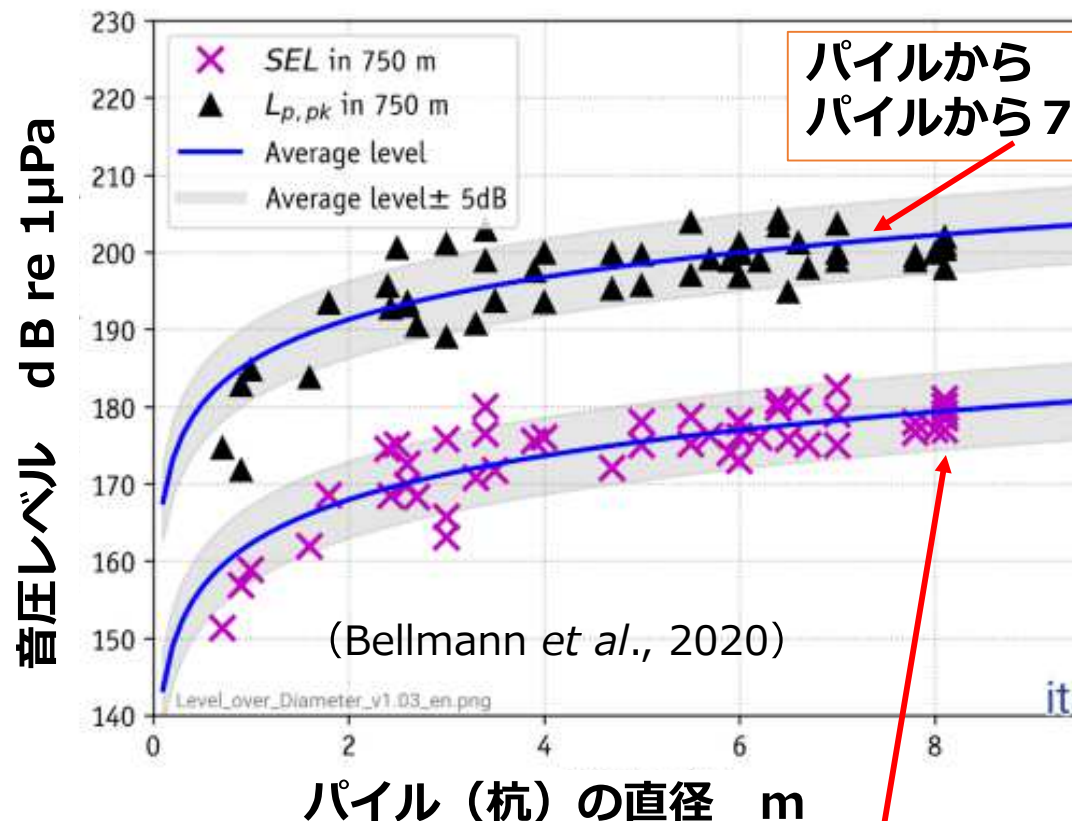
洋上風力から発生する水中音 パイル打設音



(Bellmann et al., 2020)

- **着床式風車の建設時に発生**
- 音の出ている時間は短い（1 / 10秒以下）
- 瞬時の最大音圧で表される（0-ピーク）
- 毎分15~60回

洋上風力から発生する水中音 パイル打設音



パイルから 1mで、250 dB re 1 μ Pa_{0-p}
パイルから 750mで、200 dB re 1 μ Pa_{0-p}

バブルカーテンなどの緩和措置
により $\sim$ 20 dB低減

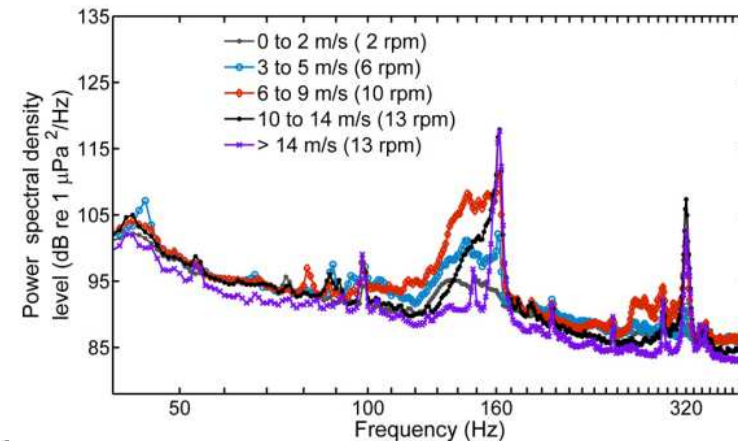
- 音響曝露レベル (SEL) : 一回の打設と等しいエネルギーを持つ1秒間のエネルギーレベル(dB re 1 μ Pa²s)



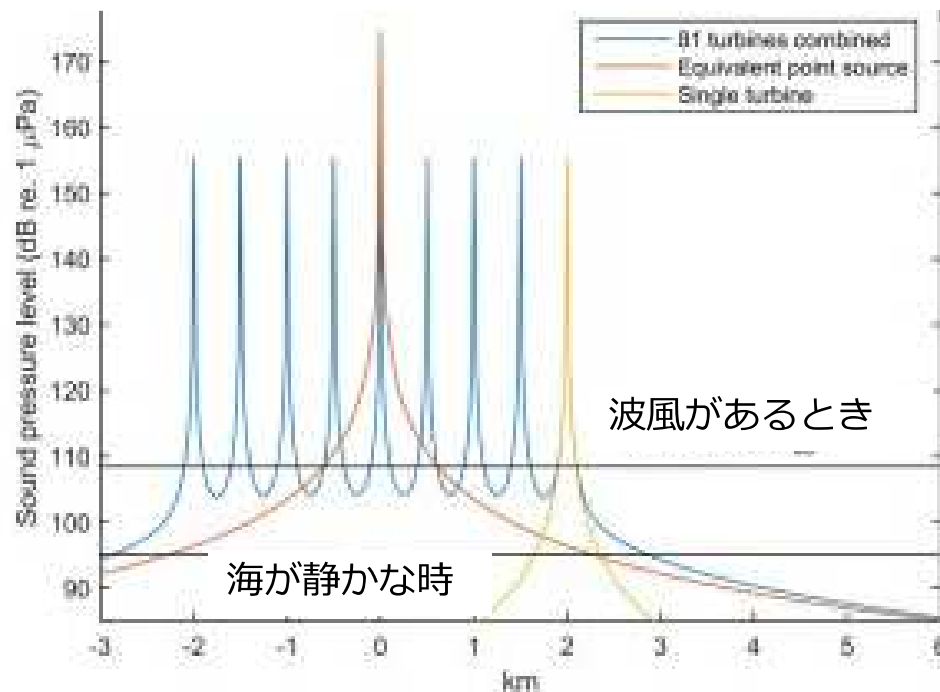
(RUMES *et al.* 2016)

洋上風力から発生する水中音 稼働音

- ・ **着床式、浮体式の両方で発生**
- ・ 500 Hz以下の**連続音**
時間平均した値で表される
- ・ 音源音圧レベルは～**155 dB re 1 μ Pa @1m (RMS)**



(Pangerc *et al.*, 2016)



風車が複数基ある場合、1基の場合と比較し、

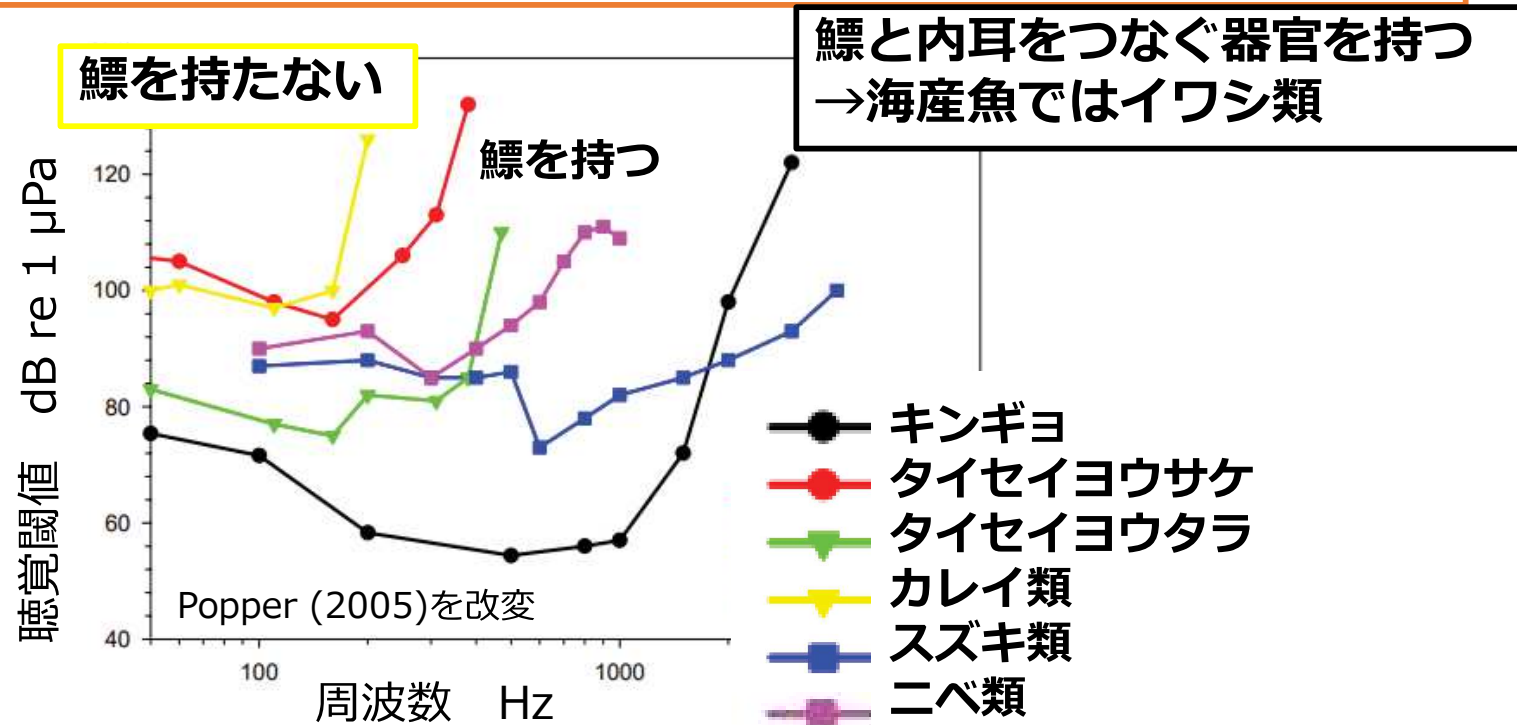
- ・ 最大音圧レベルは変わらない
- ・ 音が届く範囲は広くなる

(Tougaard *et al.*, 2020)。

稼働音が聞こえる範囲は、
最大で風車から1 km程度

水中音の生物影響

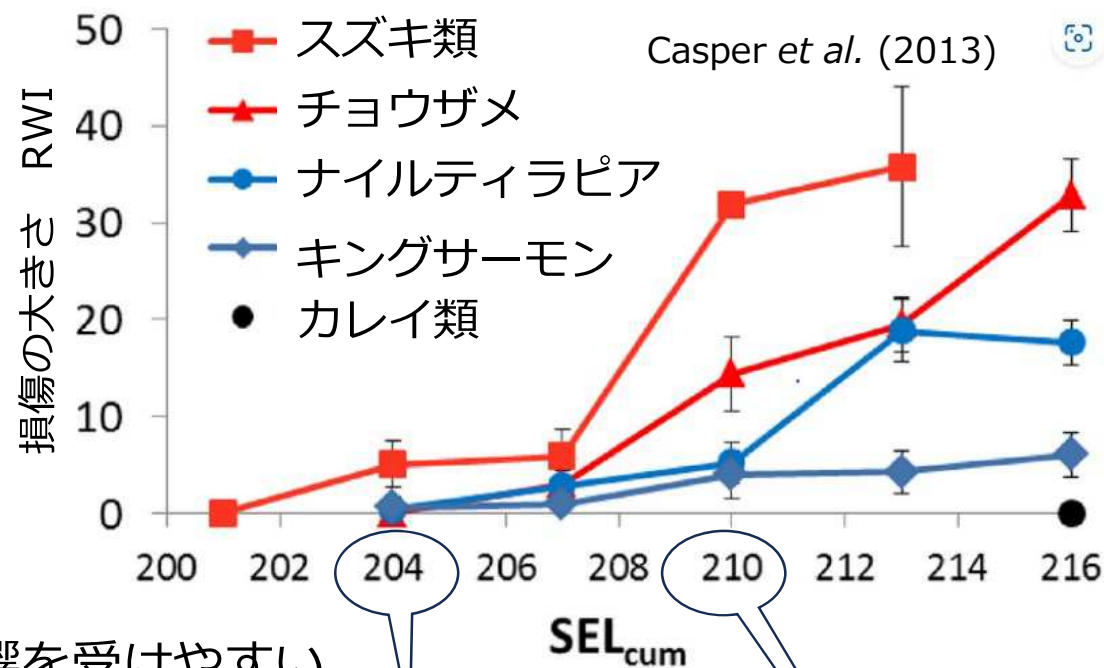
* 聴覚閾値 (=耳の良さ) は、魚種により異なる。
→ 魚種により影響の程度も異なる。



* 水中音は空中音と基準が異なるので単純な比較はできない
例えば…
90 dBの空中音：きわめてうるさい（大声、パチンコ屋の店内など）
90 dBの水中音：きわめて静穏な海況

水中音の生物影響 パイル打設音による障害

着床式風車の建設時のパイル打設音により内臓に血腫、内出血等の障害



・うきぶくろを持つ魚種は影響を受けやすい

・組織の障害が起こるのは打設地点からおよそ400 m以内

・仔魚に障害は起こらない

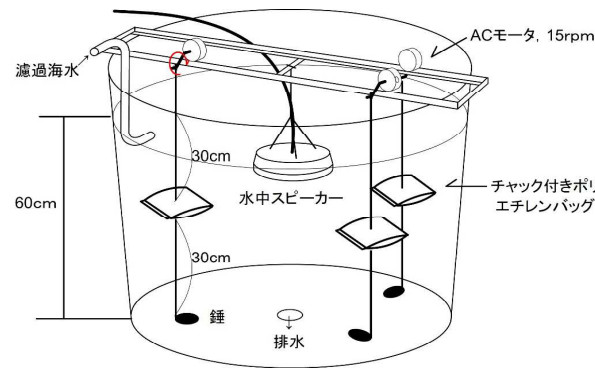
(Bolle et al., 2012、2014)

≒200 dB 0-ピーク × 960回
パイルから750mに相当

≒206dB 0-ピーク × 960回
打設地点から約400m

水中音の生物影響 卵稚仔への影響

卵発生への影響



- ・ **100 Hz, 140dBの連続音(稼働音を想定)**
➡ シロギス卵の発生に影響は認められない

(島ら, 2017)

- ・ **杭打ちから500mに相当する音圧レベル**
➡ コウイカ類の孵化率、稚イカの生残率が低下。

(Solé et al., 2022)

パイル打設地点近くでは影響あり

仔魚・幼生の行動への影響

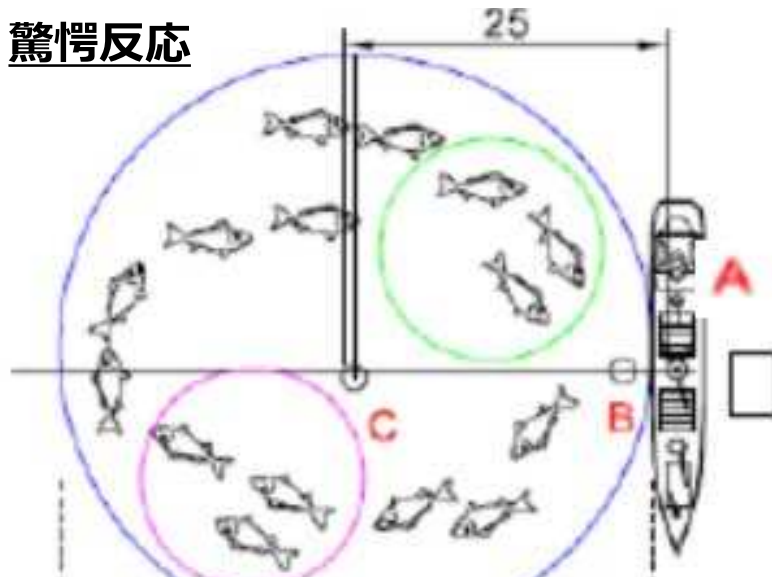
＊ 浮遊期の稚仔・幼生は、水中音を頼りに生息適地に着底する可能性がある

- ・ 145 dB re 1μPaの**風車、波力タービンの稼働音**を聞かせると静穏な泥底に棲むカニ幼生の着底が遅れる (Pine et al., 2015)
- ・ イセエビ幼生は**磯の音**を聞かせると早く着底し、稚エビになる (Stanley et al., 2015)。
- ・ タイセイヨウタラの仔魚は、**100Hzの連続音**に引き付けられる (Cresci et al., 2023)

水中音による仔魚・幼生の行動がかく乱される？

水中音の生物影響 驚愕・逃避反応

驚愕反応



音に対する慣れが生じる

- ・ クロマグロを風車稼働音（ ~ 165 dB re 1 μ Pa）に曝露

➡群れが密になり水面近くを遊泳するが、**3回目の曝露で無反応**

(Espinosa et al., 2014)

- ・ アメリカケンサキカをパイル打設音（ ~ 182 dB re 1 μ Pa 0-P）に曝露

➡体色変化、墨吐き、ダッシュ等の反応が見られるが、**8発目以降は無反応**

(Jones et al., 2019)

逃避行動

- ・ 洋上風力発電所（ドイツ）建設中

➡ファーム内の浮魚類（アジ類、サバ類等）が半減 → 稼働中は回復

(BSH & BMU, 2014)

- ・ 港湾工事の杭打ち

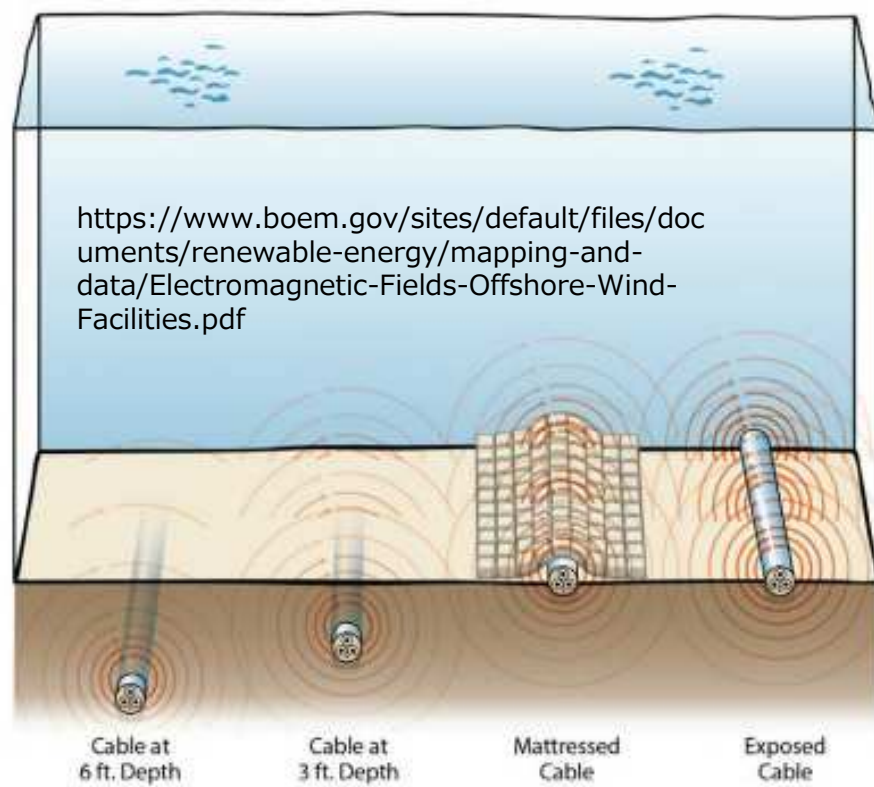
➡タイの一種に生息域の変化は認められない (Iafrate et al., 2016)

浮魚と根につく魚で反応は異なる？

電磁界

電磁界：電流が流れている電線などのまわりに発生する「電界」と「磁界」の総称

- ・ 電流が流れるケーブルの周囲には一定の大きさの磁界が存在する。
- ・ 磁界に誘導され弱い電界が発生する。
- ・ 電磁界の強さは、電流の量により増減する。



- ・ 1600 Aの電流が流れるケーブルの磁界強度は、

表面：3.2 mT（ミリテスラ）

1 m：0.32 mT

4 m：0.11 mT

(Bochert and Zettler 2006)

- ・ 地球の磁界の強さは0.02～0.07 mT
- ・ ピップエレキバン（最強）は200 mT

電磁界の生物影響

電磁界の影響実験

- ヨーロッパエビジャコ、ミナトオオギガニ、ヨーロッパイガイ
➡ 3.7 mTで長期飼育しても生存、酸素消費量、成熟に影響なし (Bochert and Zettler, 2006)
- ヨーロッパイチョウガニ➡ 2.8 mTで活動量の低下 (Scott et al. 2018、2021)。
- ヨーロピアンロブスター➡ 0.225 ± 5 mTの磁界は行動に影響なし (Taormina et al., 2020)
- イカナゴ仔魚➡ 0.050 ~ 0.150 mTで行動に影響なし (Cresci et al., 2022a、b)
- タラの一種の仔魚➡ 0.050 ~ 0.150 mTで遊泳速度が低下する場合がある (Cresci et al., 2022b)

実海域での行動調査

- 産卵回遊中のヨーロッパウナギは130KVのACケーブルを通過するときに遊泳速度が低下する。 (Ohman et al. (2007)
- ガンギイの一種は磁界強度~0.12 mTのHVDCケーブル近くで多くの時間を過ごす (Hutchison et al., 2018)
- キングサーモンの降下稚魚とチョウザメの回遊にDCケーブル (245 nT) は、影響しない (Kavet et al., 2016)

生物影響まとめ

水中音

- パイル打設音による障害の発生は、パイルからおよそ400 m以内
- 稼働音が聞こえる、最大でタービンから1 km以内
- 鰐の有無が水中音影響の程度に関係
- 稼働音レベルの音に対する驚愕反応は一時的
- 浮魚と根につく魚では反応が異なる

電磁界

- 影響に関する情報は少ない

課題

- わが国で懸念される生物種への影響は？
- 生活史段階により影響の程度は異なる？
- 長期曝露による成長/成熟等への影響は？

水中音等により**起こりうる生物影響**について、さらなる情報の蓄積が必要