

### 4.3 水中音の状況

#### 4.3.1 調査項目

調査項目は、打撃工法による打設工事時における水中音の状況とした。

#### 4.3.2 調査時期

調査日時及び調査対象とした杭番号は表 4-15、対象風車の杭配置は図 4-22 のとおりである。

表 4-15 調査日時

調査内容		調査対象		調査日時
測定項目	工法	風車番号	杭番号	
水中音	バイブロハンマー	A-11	A2-1 B1-1	2024年5月10日(金)16:00~18:00
	油圧ハンマー		A2-1 B1-1	2024年5月11日(土)9:00~11:14

注. 調査日時は、測定データの分析時間のみを示している。

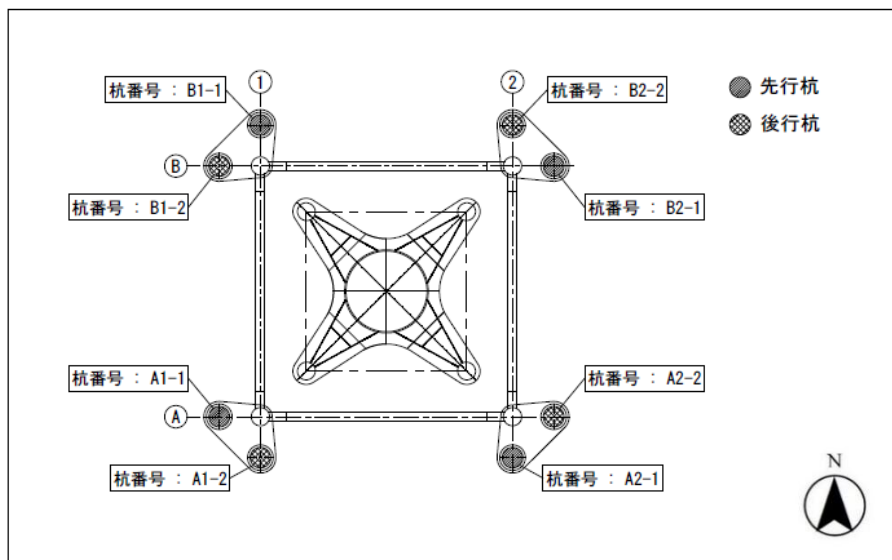


図 4-22 杭配置

#### 4.3.3 調査地点

「海中音の計測手法・評価手法のガイダンス」（海洋音響学会、令和3年3月、以下ガイダンス）に準拠し、打設地点を中心に「浅くなる沿岸方向」、「等深線に沿った方向」、「深くなる沖合方向」（以降、沿岸方向、等深線方向、沖合方向で示す）の3方向を調査船で移動しながら水中の打設音を調査した。

調査地点の模式図は図 4-23、調査地点は図 4-24 のとおりである。

測定距離（打設杭中心から調査地点までの距離）はバイブロハンマーが 250m、375m、750m、1,500m 及び 3,000m の 5 地点、油圧ハンマーが 250m、375m、750m、1,500m、3,000m 及び 6,000m の 6 地点を設定した。油圧ハンマー測定点で沿岸方向 6,000m については防波堤内になり、調査が実施できないことから 5,000m とした。ガイダンスによれば、水深 20m 程度の海域では打設地点からの最近接測定距離が 188m となっているが、調査の安全面を考慮し、250m とした。

また、打設開始から終了までの一連の音の発生状況を把握するために、移動しない水中音の基準点を設けた。水中音測定では標準的に調査される距離として 750m が広く使われているが、基準点に用いた音圧計の測定最大音圧レベルを超えない距離として、バイブロハンマーが 750m、油圧ハンマーが 1,000m とした。

すべての調査船には GPS レシーバで現在地を把握しながら調査地点に向かうこととしたが、風・潮流・工事に係る船舶及び他の船舶の航行によって設定した場所に近寄れない場合は可能な限りその近くで調査を行うこととした。

調査船 1 が基準点、調査船 2 が沿岸方向、調査船 3 が等深線方向、調査船 4 が沖合方向の 4 隻で実施した。

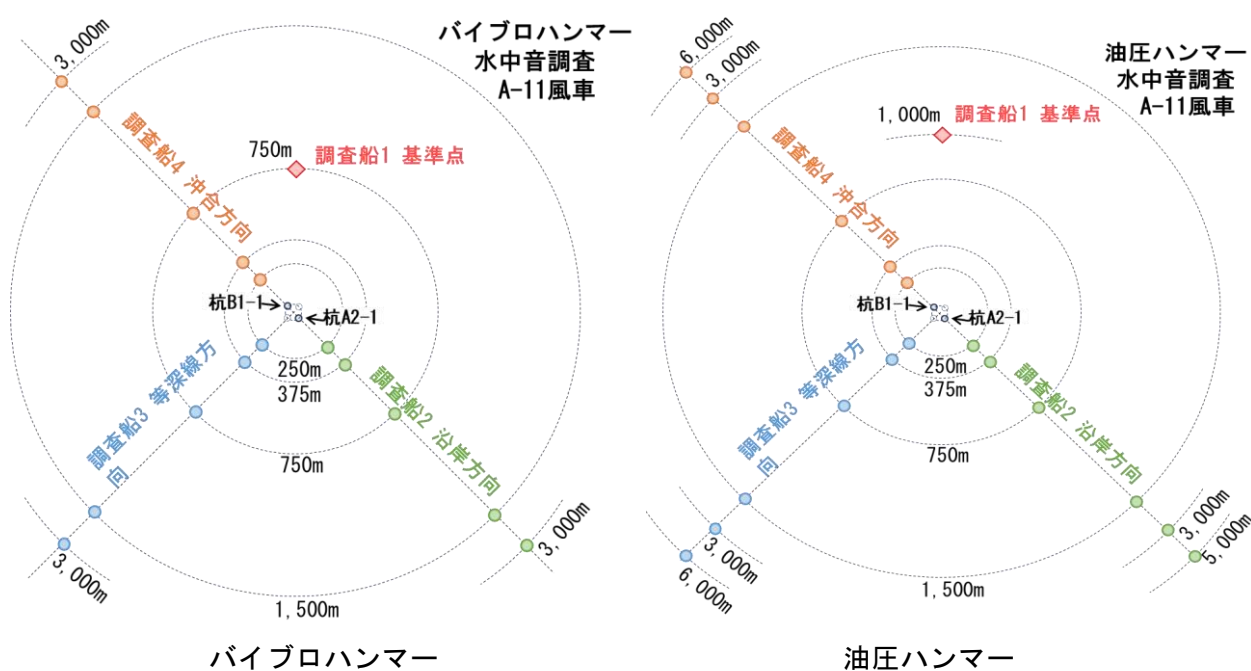


図 4-23 水中音の調査地点図

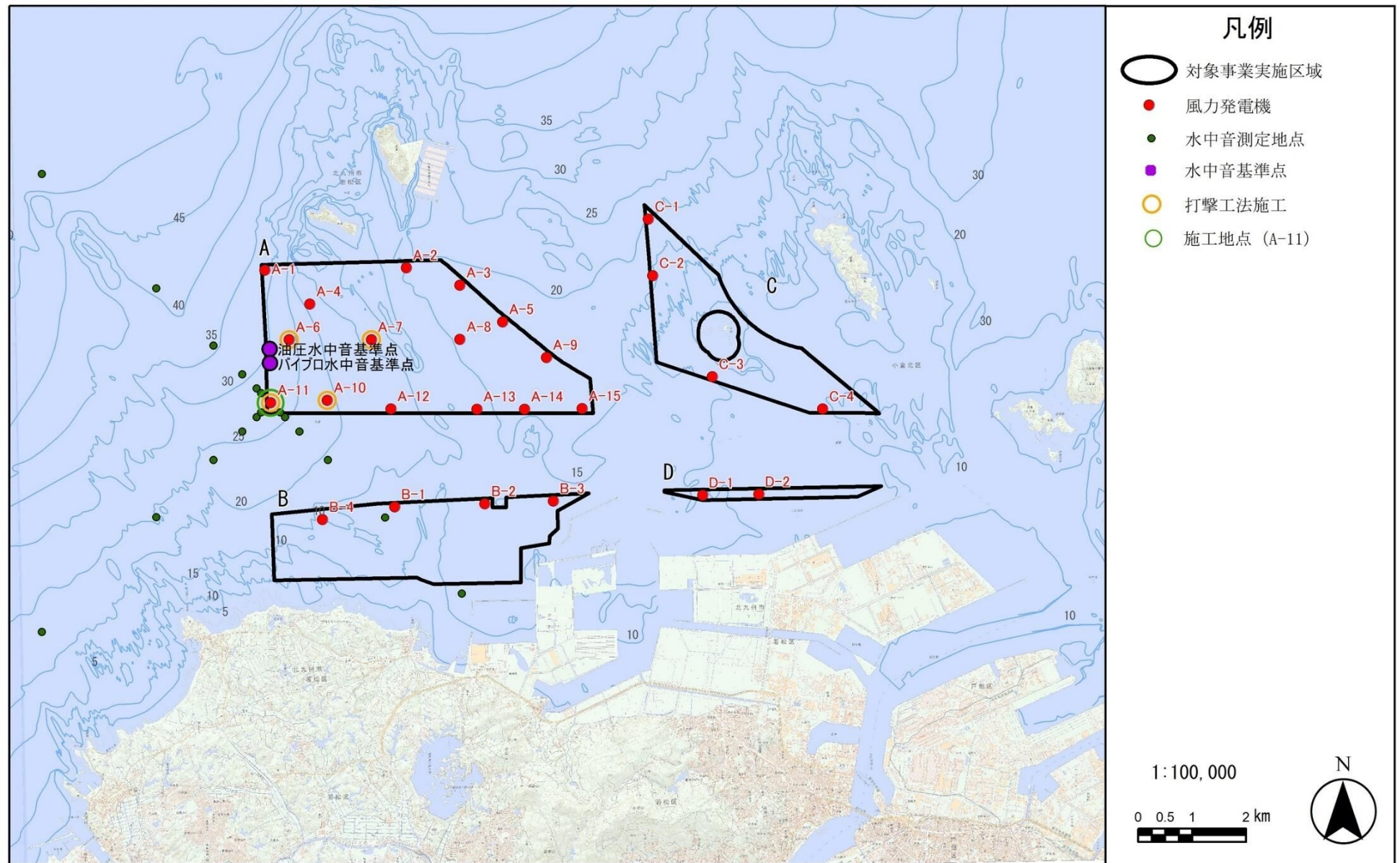


図 4-24 調査地点（水中音調査）

#### 4.3.4調査方法

水中音の調査方法の模式図は、図 4-25 のとおりである。調査船 1 は基準点においてアンカーで係留後に水中音圧計を水深 1/2 深さに垂下し、内蔵のデータレコーダに録音記録した。調査船 2~4 は設定した調査地点を移動しながら測定を実施した。調査船は各調査地点においてアンカーで係留せず、マイクロホンを垂下し、船上で水中音の実音聴取及びレベルレコーダで音圧レベル変動を書き出して目視で確認しながら、データレコーダに録音記録した。移動測定の際の調査水深はガイダンスに沿った深さ（水深 20m 以深では打設位置の水深の 1/2、水深 20m 未満は測定位置の水深の 1/2）とした。

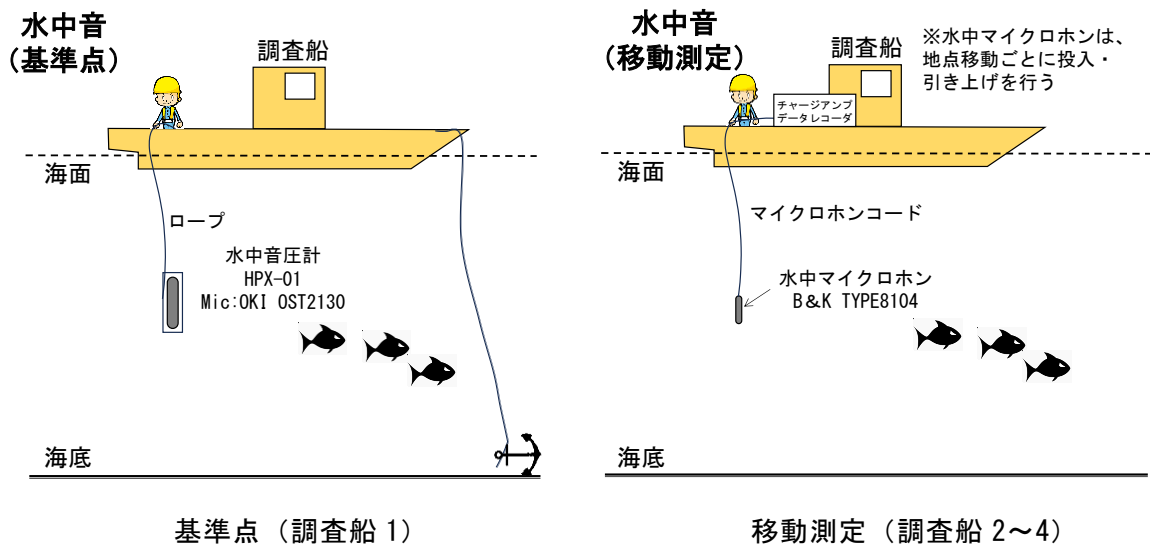


図 4-25 水中音の調査方法

#### 4.3.5 調査機器

調査機器の仕様は、表 4-16 のとおりである。水中マイクロホンは調査前に他のマイクロホンとの感度比較やピストンホンを用いて、感度の低下や故障がないことを確認した。基準点の調査機器は打設に伴う工事音がデータレコーダの録音レンジを超えないように予め十分なレンジを設定して使用した。移動測定の調査機器は適切な録音レベルとなるように、調査地点ごとにマイクロホンアンプの測定レンジを調整した。

表 4-16 水中音の調査機器の仕様

項目	仕 様	
	調査船 1 (基準点)	調査船 2, 3, 4 (移動測定)
調査地点	調査船 1 (基準点)	調査船 2, 3, 4 (移動測定)
測定器名称	HPX-01	-
受波器 (マイクロホン)	OKI コムエコーズ社 OST2130 (プリアンプ内蔵, 電圧出力型)	Bruel & kjaer 社 TYPE8104
マイクロホン アンプ	HPX-01 に内蔵	Bruel & kjaer 社 TYPE2635
受波感度	-176.5 dB re 1V/ $\mu$ Pa @ 1 kHz	調査船 2 : -207.0 dB re 1V/ $\mu$ Pa 調査船 3 : -209.3 dB re 1V/ $\mu$ Pa 調査船 4 : -209.4 dB re 1V/ $\mu$ Pa
測定可能 最大音圧レベル	190 dB re 1 $\mu$ Pa 程度	-
データレコーダ	RION 社 NL-62 (音圧計本体をデータレコーダとして使用)	
周波数範囲	10 Hz ~ 20 kHz (1/3 オクターブバンド)	
記録形式	リニア PCM (WAV 形式)	
サンプリング 周波数	48 kHz	
量子化 bit 数	24 bit	
水中マイクロホンの レベル校正	出荷時の検査成績書に記載された受波感度から音圧レベルを求めている。調査前に、Bruel & Kjaer 社 Type8104 (ハイドロホン) と音圧レベル比較を行い、受波器の故障や感度低下がないことを確認して調査に用いている。なお、Type8104 は、Hydrophone Calibrator Type4229 でレベル確認 (250Hz) を行っている。	Hydrophone Calibrator Type4229 でレベル確認 (250Hz) を行い受波器の故障や感度低下がないことを確認して調査に用いている。

### 4.3.6分析項目

分析項目は、表 4-17 のとおりである。OA 値（オーバーオール値）については環境影響評価時の評価量とした 20Hz～20kHz（この報告書内では OA1 と表示する）及びガイダンスに示された周波数範囲 10Hz～1kHz（この報告書内では OA2 と表示する）の 2 種類とした。周波数特性として、1/3 オクターブバンド音圧レベル、FFT を用いた狭帯域分析したスペクトログラムを图示した。また、水中音の伝搬状況について OA 値及び 1/3 オクターブバンド音圧レベルの距離減衰特性を求めた。

表 4-17 水中音の分析項目

項目	内容
OA 値	OA 値 20 Hz～20 kHz (OA1 と表示) ※環境影響評価時の評価量 10 Hz～1 kHz (OA2 と表示) ※ガイダンスに示された周波数範囲
周波数特性	1/3 オクターブバンド音圧レベル (中心周波数 10 Hz～20 kHz) 注：周波数分析器は、RION 社 AS-70 を使用 (JIS C 1514:2002, IEC 61260-1:2014 に準拠) 狭帯域分析 (FFT を用いた周波数分析) スペクトログラム
評価値	時間平均音圧レベル $L_{peq}$ (背景音, バイブロハンマー) 0-to-peak 音圧レベル $L_{p,0-pk}$ (油圧ハンマー) $L_{p,0-pk}$ の実効値 $L_{p,0-pk,rms}$ (油圧ハンマー) 音響暴露レベル $L_{E,p}$ または SEL (バイブロハンマー, 油圧ハンマー)
距離減衰特性	打設地点を中心とした水中音の距離減衰特性 沿岸方向、等深線方向、沖合方向の 3 方向 OA 値及び 1/3 オクターブバンド音圧レベル
データ整理方法	「海中音の計測手法・評価手法のガイダンス」(海洋音響学会、令和 3 年 3 月、以下ガイダンス) に準拠

### 4.3.7音圧レベルの算出について

油圧ハンマーの打設音は図 4-26 のとおり、概ね 1 秒ごとに発生する衝撃音（単発性音源）である。水中音における単発性音源のレベル化方法は、図 4-27 のとおりである。1 打撃ごとの音圧の正圧の最大振幅と負圧の最大振幅  $p_{p, pk-pk}$  をレベル化したものが  $L_{p, pk-pk}$  であり、式(1)で振幅の最大音圧レベル  $L_{p, 0-pk}$ 、式(2)でピーク音圧レベルの実効値  $L_{p, 0-pk, rms}$  を求めた。<sup>2</sup>

正圧の最大振幅と負圧の最大振幅から振幅を算出

$$L_{p, 0-pk} = L_{p, pk-pk} - 6 \text{ [dB]} \quad \dots \text{式(1)}$$

振幅からピーク音圧レベルの実効値を算出

$$L_{p, 0-pk, rms} = L_{p, 0-pk} - 3 \text{ [dB]} \quad \dots \text{式(2)}$$

バイブロハンマー及び背景音等ほぼ一定で変動の少ない定常音、準定常音は一般的な評価方法として時間平均音圧レベル（1 日や数日間の場合は等価音圧レベルと呼ぶ）が用いられ、時間平均時に実効値化される。一方、油圧ハンマーの打設音である単発性音源は平均化の時間幅でレベルが大きく変わってしまう。単発性音源の大きさを比較・評価する方法として、図 4-27 に示すレベル化方法を採用した。

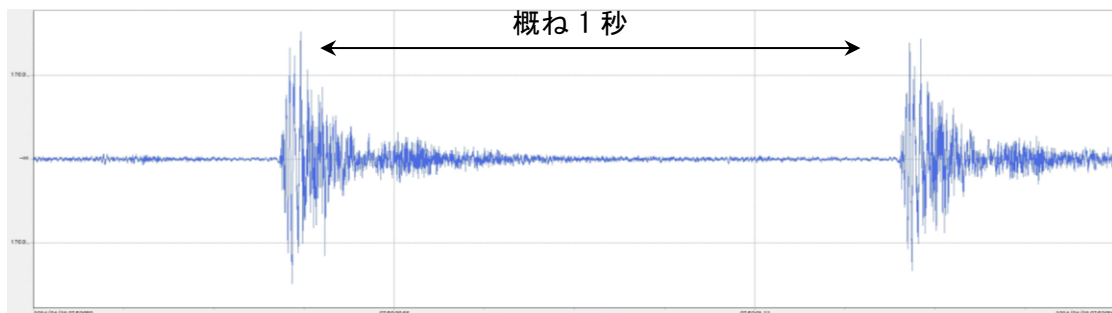


図 4-26 油圧ハンマーの音圧変動波形

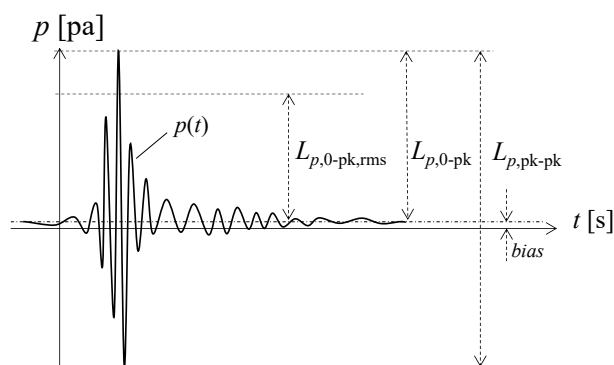


図 4-27 水中音における単発性音源のレベル化方法

<sup>2</sup> 「水中生物音響学 pp. 52-53」(赤松ほか、平成 30 年. 12 月)