

洋上風力発電施設の水生環境調査 ～北海道瀬棚町を事例として～

WATER AREA RESEARCH AT OFFSHORE WIND FARM ～ CASE OF SETANA-CHOU, HOKKAIDO ～

宍戸達行¹・三好宏昌²・島田克也³・柴垣太郎⁴・隅田耕二⁵・堂端重雄⁶
Tatsuyuki SHISHIDO, Hiromasa MIYOSHI, Katsuya SHIMADA, Taro SHIBAGAKI, Kouji
SUMIDA and Shigeo DOUBATA

- ¹正会員 (財)沿岸技術研究センター 専務理事(〒102-0092 東京都千代田区隼町3-16 住友半蔵門ビル)
²非会員 (財)沿岸技術研究センター 調査部(〒102-0092 東京都千代田区隼町3-16 住友半蔵門ビル)
^{3,4}非会員 国土環境株式会社 環境技術グループ(〒224-0025 神奈川県横浜市早渕2-2-2)
⁵非会員 大旺建設株式会社 風力発電事業本部(〒140-0011 東京都品川区東大井5-26-8)
⁶非会員 北海道瀬棚町役場(〒049-4812 北海道瀬棚郡瀬棚町字本町719)

This research attempted to understand the characteristics of offshore wind farm's sound pressure level and the impact that offshore wind farm's foundation works on aquatic community. The method was survey on the sound pressure level and frequency analysis, and survey on aquatic community. The results are summarized as below:

- The wind speed was 0—10 m/s and underwater sound pressure level was 109 ～ 140 dB.
- Underwater sound pressure level's frequency was 6 — 10 Hz, in strong winds. This frequency is a strong resemblance to wave disturbance. So, this is attributed to the fact that wave disturbance was made by strong wind and breakwater.
- The species number of fish community did not show any difference between 2003 and 2004, while individual number increased in 2004.

Key Words : Offshore wind farm, sound pressure level, frequency analysis, aquatic community

1. はじめに

わが国の風力発電施設の多くは陸域に設置されており、港湾・沿岸域での事例はほとんどない。港湾・沿岸域は陸域に比べ風速が大きく、風の乱れが少ない安定した環境にあるといわれ、わが国の限られた国土において風況の良い陸域の適地が少なくなっている現在、洋上への風力発電施設の拡充が期待されている(図-1)。

しかしながら、港湾・沿岸域に風力発電施設を設置する場合、陸域での設置と異なった環境影響が生じる可能性も想定され、港湾・沿岸域特有の環境に着目した環境影響評価の必要性が生じることが予想される。

そこで、本研究では今後、建設が進められる可能性の高い洋上風力発電施設の設置による港湾・沿岸域の環境影響を考える上での基礎的知見を得るため、風力発電施設の稼働による水中音圧の特性及び水生生物への影響について調査した。

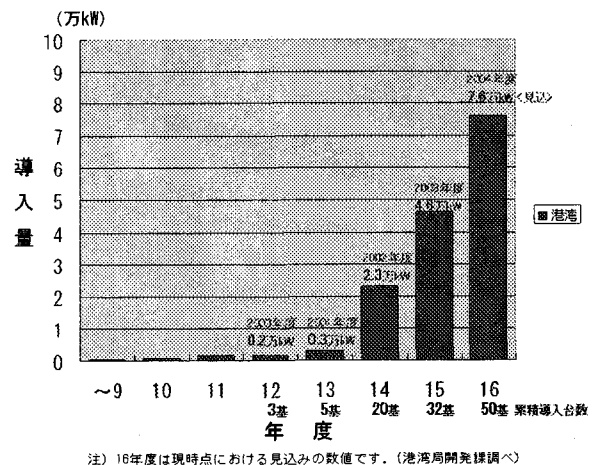


図-1 港湾における風力発電導入の推移 (2004年3月14日現在)¹⁾

2. 調査方法

風力発電施設の稼働による水中音圧の特性及び水生生物への影響を把握するため、本研究では、水中音圧に関する調査（以下、水中音圧調査）及び水生生物に関する調査（以下、水生生物調査）を行った。

水中音圧調査及び水生生物調査は、図-2に示す北海道瀬棚町の瀬棚港港内の東防波堤内側に立地する洋上風力発電施設（600kw×2基）を対象とした。

(1) 水中音圧調査の概要

水中音圧調査は、平成16年8月16日12:00～17日12:00に調査を実施した。調査項目は、洋上風力発電施設周辺の水中における音圧レベル及び卓越周波数、空中における音圧レベル及び卓越周波数とした。調査地点は、図-3に示す風車基礎部2ヶ所（St. 1及びSt. 4）、風車から50m地点2ヶ所（St. 2及びSt. 5）、風車から200m地点2ヶ所（St. 3及びSt. 6）の計6地点とした。

測定は24時間連続調査とし、測定データは10分間ごとに音圧レベルを集計した。集計結果については、風力発電施設の稼働（稼働、停止）の状況や風速の状況と対比し、比較検討を行うとともに、周波数分析を行い、風力発電施設周辺の水中音の特性について調べた。

周波数分析は1分間のデータを使用し、風速のデータは風車に設置してある風速計のデータを用いた。また、周波数分析を行う際、表-1に示す風速の違い並びに風向の違いによる分析条件に基づいて、代表的と考えられる時間帯について分析を行った。

(2) 水生生物調査の概要

水生生物調査は風車建設前の平成15年8月18日、19日及び風車建設後の平成16年8月15日に実施した。調査項目は魚類の生息状況とした。調査地点は図-4に示す風車基礎部2ヶ所（St. 1及びSt. 4）、風車から200m地点2ヶ所（St. 3及びSt. 6）、風車近傍の天然岩礁域1ヶ所（St. 7）、風車近傍の防波堤1ヶ所（St. 8）の計6地点とした。調査は、各地点の半径約10mの範囲を潜水土による水生生物の観察及び記録を行い、平成16年（風車建設後）と平成15年（風車建設前）を比較した。

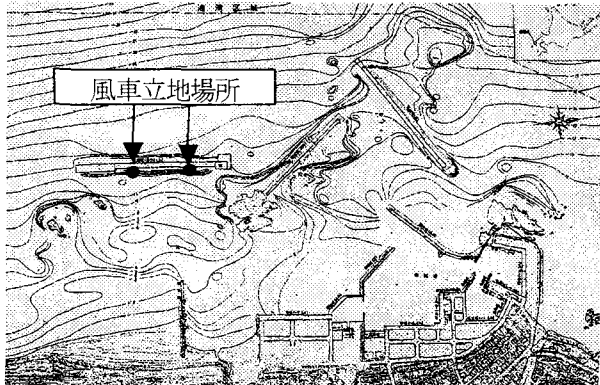


図-2 風車立地場所

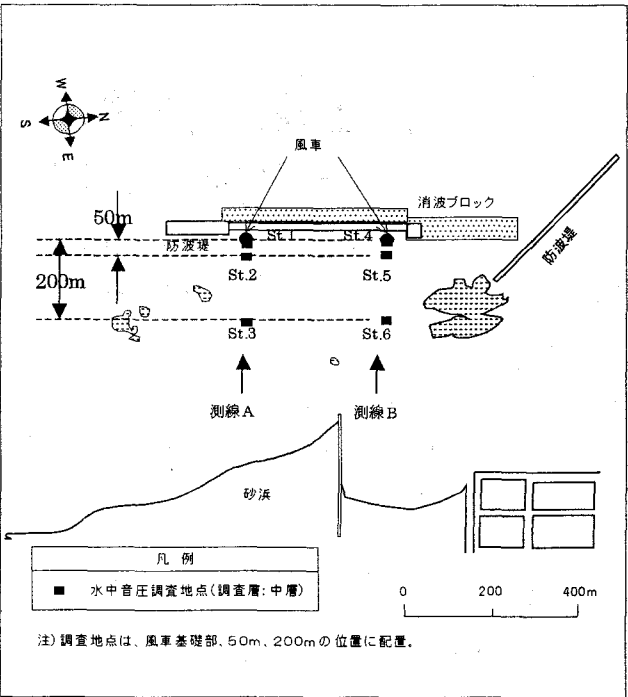


図-3 水中音圧測定地点

表-1 周波数分析の分析条件

分析条件	側線A (St. 1～St. 3)	側線B (St. 4～St. 6)	設定理由
強風時(風速 7m/s以上)	ケース1-1	ケース1-2	風速の強い時 と弱い時を比 較するため
風車停止時	ケース2-1	ケース2-2	
海風(風速 4m/s程度)	ケース3-1	ケース3-2	風向きの違い を比較するた め
陸風(風速 4m/s程度)	ケース4-1	ケース4-2	

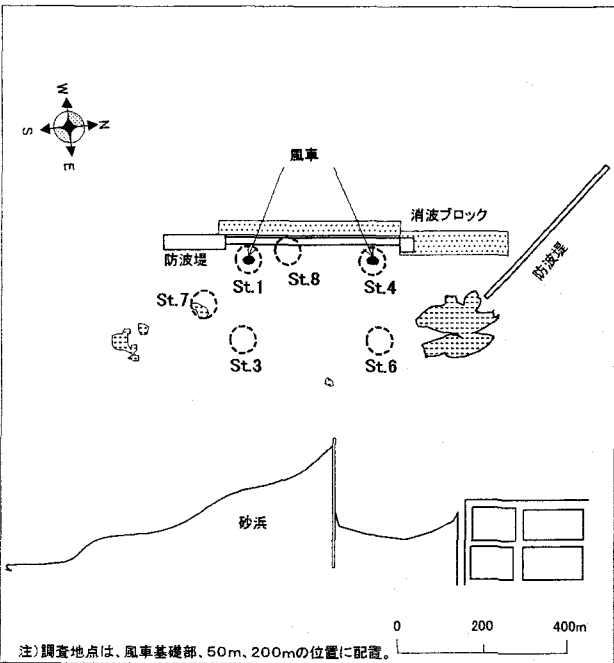


図-4 水生生物観察地点

3. 調査結果及び考察

(1) 水中音圧調査結果及び考察

a) 水中音圧レベルと風速の関係

毎正時10分間の水中音圧レベル最大値と平均風速は図-5に示すとおりである。なお、分析する際、近隣を通過する漁船や通船の影響で水中音圧レベルが高くなった時間帯は分析の対象から外した。

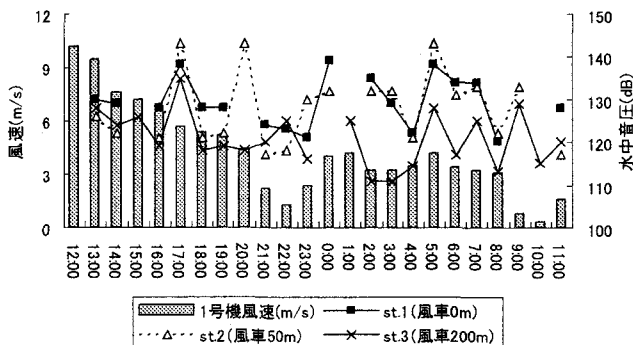
調査時の風速は、0～10m/sの範囲であった。調査開始時(12:00)～15:00頃までは7m/s以上の強風が吹いていたが、その後は時間がたつにつれて弱くなり21:00頃には2.0m/sまで弱まった。その後、風は海風(西風)から陸風(東風)になり、2.0～4.0m/sで推移した。

水中音圧レベルの変化は、109dB～140dBの範囲であった。12:00～14:00の風速の強い時間帯の風車基礎部(St.1及びSt.4)で129dB～140dB程度とやや高い音圧レベルを記録しているが、風速3m/s程度と弱い時間帯(6:00～7:00)でも134dB程度の音圧レベルを記録しており、風速の強弱と水中音圧レベルの変動について明確な関係はみられなかった。

b) 周波数分析結果(強風時と風車停止時)

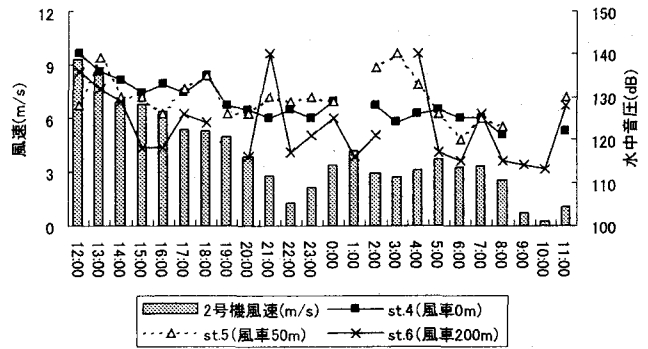
ケース1-1(強風時の測線A)及びケース1-2(強風時の測線B)の周波数分析結果は、図-6に示すとおりである。ケース1-1についてみると、風車基礎部(St.1)では6～10Hzにピークがあるが、50m地点(St.2)及び200m地点(St.3)では、明確なピークは見られない。ケース1-2についてみると、風車基礎部(St.4)で6～10Hzにピークがあり、50m地点(St.5)及び200m地点(St.6)でも、6～10Hzでやや高くなる傾向がみられた。

ケース2-1(風車停止時の測線A)及びケース2-2(風車停止時の測線B)の分析結果は、図-7に示すとおりである。風車基礎部(St.1及びSt.4)と50m地点(St.2及びSt.5)とでは似た周波数特性を示しており、200m地点(St.3及びSt.6)はやや異なる周波数特性を示している。強風時(ケース1-1及びケース1-2)と風車停止時(ケース2-1及びケース2-2)とを比較すると、6～10Hz周波数帯で強風時にピークが現れており、この周波数帯で風の強さに関連する要因により音圧の変化を受けている可能性が考えられた。



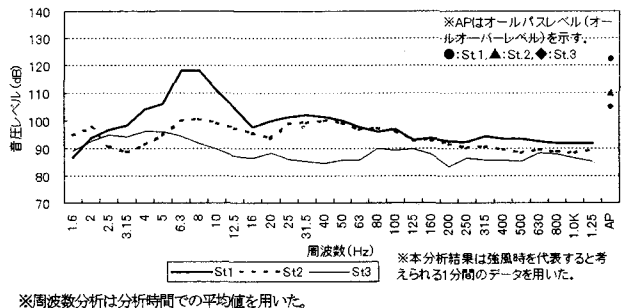
※水中音圧は調査時間帯の最大値である。

図-5(1) 風速と水中音圧レベルの関係(測線A)



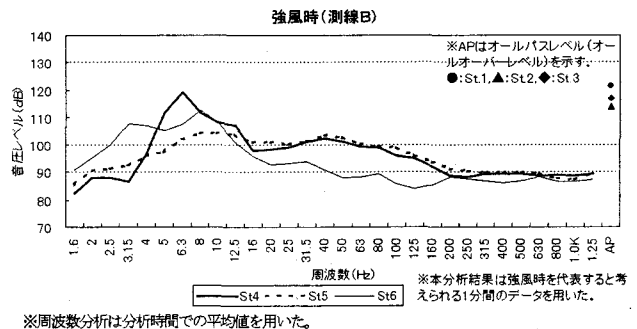
※水中音圧は調査時間帯の最大値である。

図-5(2) 風速と水中音圧レベルの関係(測線B)



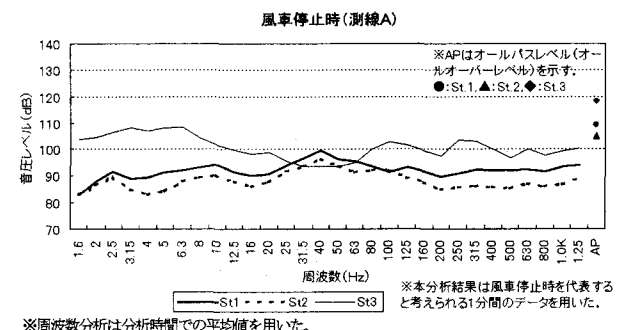
※周波数分析は分析時間での平均値を用いた。

図-6(1) 強風時の周波数分析結果(ケース1-1)



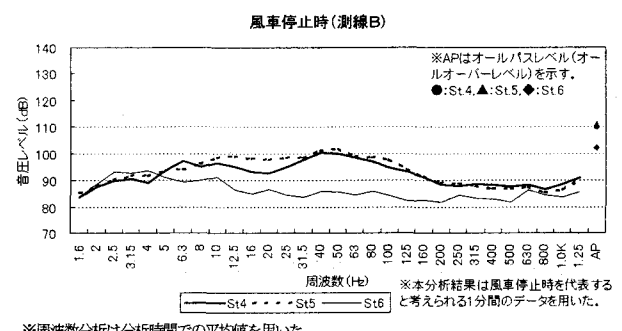
※周波数分析は分析時間での平均値を用いた。

図-6(2) 強風時の周波数分析結果(ケース1-2)



※周波数分析は分析時間での平均値を用いた。

図-7(1) 風車停止時の周波数分析結果(ケース2-1)



※周波数分析は分析時間での平均値を用いた。

図-7(2) 風車停止時の周波数分析結果(ケース2-2)

c) 周波数分析結果（海風と陸風）

ケース3（海風）及びケース4（陸風）の分析結果は、**図-8**及び**図-9**に示すとおりである。

海風、陸風とも風車基礎部（St.1及びSt.4）において6～10Hzでピークが現れており、50m地点（St.2及びSt.5）でも同様の周波数帯でピークが見られるケースが多く確認された。200m地点（St.3及びSt.6）では、明確なピークは見られなかった。

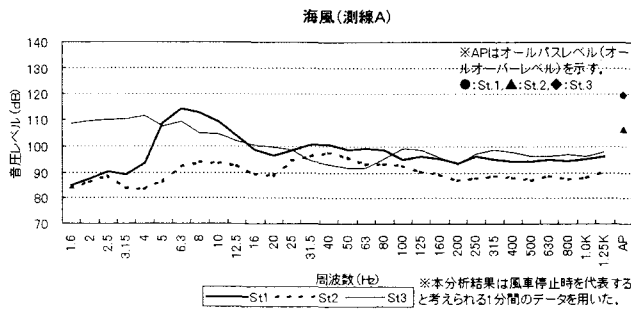


図-8(1) 海風の周波数分析結果(測線A)

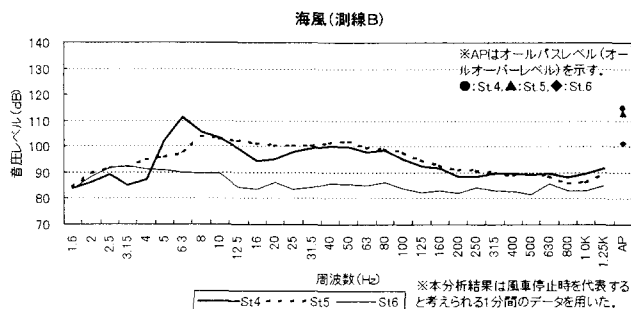


図-8(2) 海風の周波数分析結果(測線B)

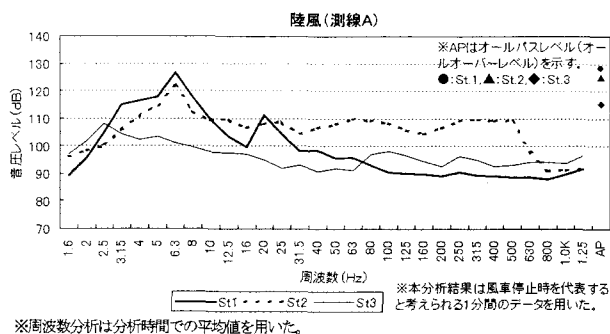


図-9(1) 陸風の周波数分析結果(測線A)

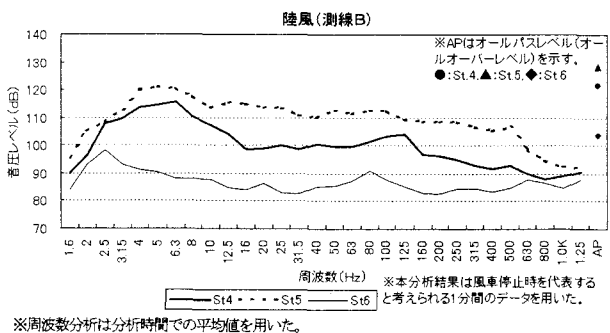


図-9(2) 陸風の周波数分析結果(測線B)

d) 周波数分析結果（風車基礎部の音圧）

風車基礎部の地点（St.1及びSt.4）は、風車の影響を最も強く受ける地点であることから、風車による影響を検討するため、風車基礎部の周波数分析結果を整理して**図-10**に示した。

風車停止時を除くケースの場合は10Hz以下の周波数帯が卓越する傾向がみられ、風車停止時のケースと周波数特性が異なっていた。

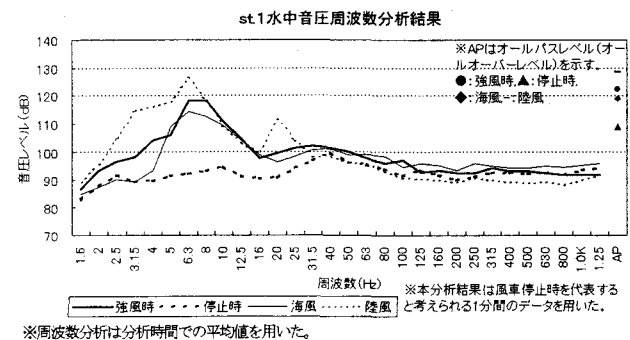


図-10(1) 各条件における周波数分析結果(St.1)

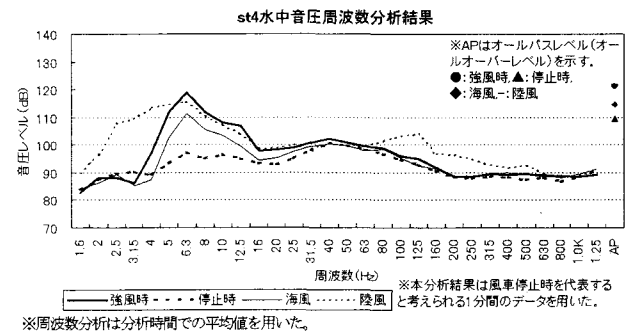


図-10(2) 各条件における周波数分析結果(St.4)

e) 周波数分析結果（空中音圧レベル）

風車の基礎部で測定した空中音圧の周波数分析結果を**図-11**に示した。強風時は100Hz以下の周波数帯で音圧レベルは高くなったが明確なピークは認められなかった。

水中音圧と空中音圧の周波数分析結果を比較すると（**図-10**及び**図-11**），水中音圧は6～10Hzにピークが現れているのに対し、空中音圧は明確なピークが現れなかった。

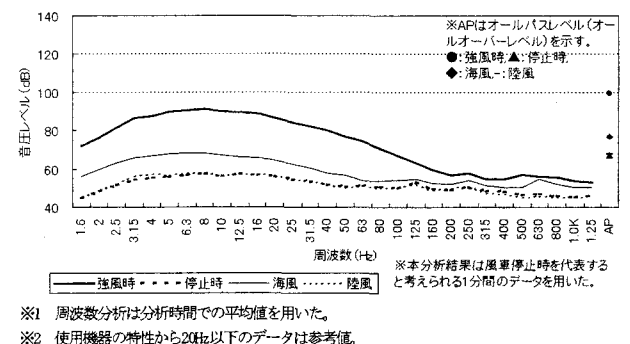
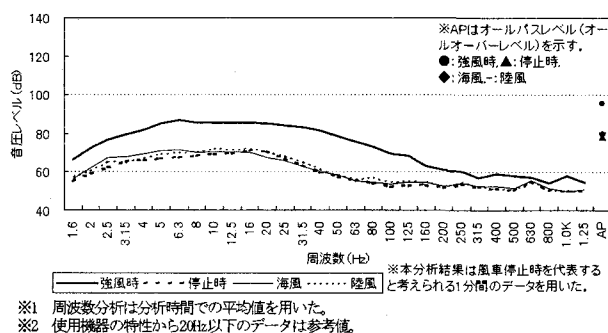


図-11(1) 空中音圧レベルの周波数分析結果(St.1)



f) 水中音圧調査のまとめ

今回の調査結果より以下のような知見が得られた。

- ・風速0~10m/sの範囲では、109~140dBの範囲にあり、風速の違いによる水中音圧の違いは明確ではなかった。
- ・水中音圧の周波数分析を行った結果、強風時には6~10Hzにピークが発生する周波数特性を示した。
- 水中音の発生源の周波数特性については、**図-12**及び**図-13**に示すような既往知見が得られている。今回の調査では、強風時において6~10Hzの周波数帯の音圧が高くなる傾向がみられたが、これは、**図-13**に示す海流のじょう乱による雑音の周波数帯と類似していることから、強風時において、調査海域の流れが強く乱されたことによる影響が現れた可能性が考えられる。

2) 水生生物調査結果及び考察

平成16年に実施した調査結果を表-2に、平成15年に実施した調査結果を表-3に示す。

南側基礎部についてみると、アイナメ、カジカ科及びカレイ科が平成15年と平成16年ともにみられた。また、個体数及び種類数についてみると、平成16年は平成15年よりも多く確認された。

北側基礎部についてみると、アイナメ及びウミタナゴが平成15年と平成16年ともにみられた。また、個体数は、平成16年は平成15年よりも多く確認された。

周辺の調査地点（天然岩礁，防波堤）においては，確認された種は兩年ともほぼ同じ種であり，個体数は平成16年度は平成15年度よりも多く確認されている。

以上のように、風車基礎部において確認された種は平成16年と平成15年で大きな違いは見られず、確認個体数は平成16年の方が多い結果が得られた。ただし、水生生物の生息状況は自然変動も大きく、今回の調査結果のみで結論づけられるものではなく、今後の水生生物の生息状況の変化も注意深くみていく必要がある。

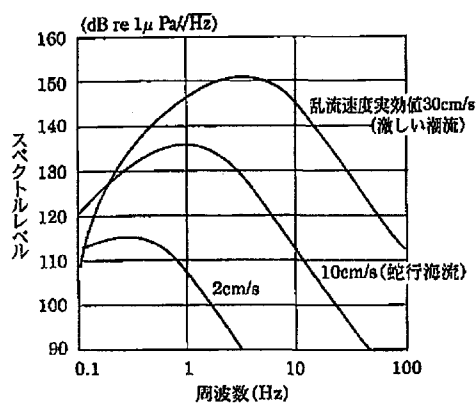
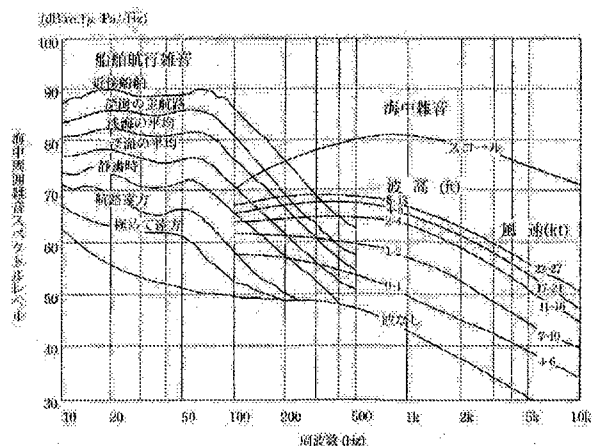


図-13 乱流圧カスペクトル²⁾

表-2 平成16年 水生生物調査結果

		調査日: 1989年9月15日					
種名	学名	St.1	St.4	St.7	St.8	St.3	St.6
		南側基部 (0m)	北側基部 (0m)	天然岩礁	防波堤	南側沖 (200m)	北側沖 (200m)
イトナシ	<i>Hexagrammos otakii</i>	8	4		4		
イシダイ	<i>Quissus shufu fasciatus</i>		8				
ウスバハル	<i>Sebastes thompsoni</i>	40					
ウシガヤ	<i>Dicentra immutabilis</i>	30	10	50	50		
カノノ科	Cottidae	3			4		
カイ科	<i>Pleuronectidae</i>	1				1	3
カノハギ	<i>Stiphodonops curvifolius</i>		1				
クマツ	<i>Takifugu niphobius</i>						25
イサキ	<i>Staridae</i>				4		
ウツシホノ科	<i>Stichaeidae</i>				1		
オソツキ科	<i>Callionymidae</i>						1
ムツクツノハダ	<i>Pterogobius zosteris</i>			20			

表-3 平成15年 水生生物調査結果

		調査日: H15年8月18日, 19日			
種名	学名	南側基部 (0m)	北側基部 (0m)	天然岩礁	防波堤
アイナメ科	<i>Hexagrammidae</i>				1
アイナメ	<i>Hexagrammos otakii</i>	5(1)	2		1
カレイ科	<i>Pleuronectidae</i>	1	2		1
クロシラカイ	<i>Pleuronectes schrenkii</i> (Schmidt)		1		
ウミナゴ	<i>Ditrema temminckii</i> Bleeker		1		2
カンガ科	<i>Cottidae</i>	2(1)		1	2
タウヒギシ科	<i>Stichaeidae</i>				1
リュウグウハゼ	<i>Pterogobius zaccalis</i>			1	
不明(稚魚)	-		多数		

4. おわりに

今回の調査研究においては、洋上風力発電施設が稼働することによる水中音圧の変化並びに水生生物の生息状況への影響は確認されなかった。主な結果は以下のとおりである。

- ①調査時の風速は0～10m/sの範囲であり、水中音圧レベルは109dB～140dBの範囲であった。
- ②水中音圧は、強風時に6～10Hzにピークが発生する周波数特性を示したが、海流の擾乱による雑音の周波数帯と類似しており、本調査においては強風時に近傍の防

波堤により調査海域の流れが強く乱されたことによる影響が大きいと考えられた。

- ③風力発電施設周辺で確認された魚類の種類数は、平成15年と平成16年で大きな変化はみられず、個体数は平成16年の方が大きくなる結果となった。

参考文献

- 1) 国土交通省港湾局：港湾における風力発電施設の立地状況，国土交通省ホームページ (<http://www.mlit.go.jp/kowan/index.html>)
- 2) 海洋音響学会編：海洋音響の基礎と応用，成山堂書店，2004.