

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-171411

(P2014-171411A)

(43) 公開日 平成26年9月22日 (2014.9.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>AO1M 29/16</b> (2011.01)	AO1M 29/16	2B121
<b>B63B 43/18</b> (2006.01)	B63B 43/18	
<b>B63H 9/04</b> (2006.01)	B63H 9/04	Z
<b>B63B 1/18</b> (2006.01)	B63B 1/18	Z

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2013-44949 (P2013-44949)  
 (22) 出願日 平成25年3月7日 (2013.3.7)

(71) 出願人 504196300  
 国立大学法人東京海洋大学  
 東京都港区港南4丁目5番7号  
 (74) 代理人 100089635  
 弁理士 清水 守  
 (72) 発明者 加藤 秀弘  
 東京都港区港南4-5-7 国立大学法人  
 東京海洋大学内  
 (72) 発明者 松永 裕子  
 東京都港区港南4-5-7 国立大学法人  
 東京海洋大学内  
 Fターム(参考) 2B121 AA06 DA51 DA59 DA62 EA30  
 FA13

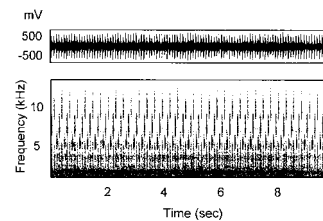
(54) 【発明の名称】 鯨類忌避音水中発生方法及びその鯨類忌避音水中発生装置

(57) 【要約】

【課題】 広範な種類の鯨類に有効な鯨類忌避音水中発生方法及びその鯨類忌避音水中発生装置を提供する。

【解決手段】 鯨類忌避音水中発生方法において、鯨類に忌避効果のある忌避音として鯨類の可聴周波数帯域内で忌避効果のある捕鯨船の走行音と、鯨類の追い込み漁に使用する鯨類忌避効果のあるカンカン棒の音源を調整して合成するようにした。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

鯨類に忌避効果のある忌避音として鯨類の可聴周波数帯域内で忌避効果のある捕鯨船の走行音と、鯨類の追い込み漁に使用する鯨類忌避効果のあるカンカン棒の音源を調整して合成したことを特徴とする鯨類忌避音水中発生方法。

## 【請求項 2】

請求項 1 記載の鯨類忌避音水中発生方法において、前記捕鯨船の走行音と前記カンカン棒の周波数を 8.00 kHz に変調したものを合成した固定周波数型としたことを特徴とする鯨類忌避音水中発生方法。

## 【請求項 3】

請求項 2 記載の鯨類忌避音水中発生方法において、前記固定周波数型の周波数特性は、0.79 kHz と 8.00 kHz の 2 つのピーク周波数があることを特徴とする鯨類忌避音水中発生方法。

## 【請求項 4】

請求項 1 記載の鯨類忌避音水中発生方法において、前記捕鯨船の走行音と前記カンカン棒の周波数を 5 kHz、8 kHz、10 kHz に音間隔を 0.09 秒に変調したものを合成した変動周波数型としたことを特徴とする鯨類忌避音水中発生方法。

## 【請求項 5】

請求項 4 記載の鯨類忌避音水中発生方法において、前記変動周波数型の周波数特性は、5.04 kHz、8.00 kHz、10.08 kHz の 3 つのピーク周波数があることを特徴とする鯨類忌避音水中発生方法。

## 【請求項 6】

鯨類に忌避効果のある忌避音として鯨類の可聴周波数帯域内で忌避効果のある船舶の走行音と、鯨類の追い込み漁に使用する鯨類忌避効果のあるカンカン棒の音源を調整して合成したことを特徴とする鯨類忌避音水中発生装置。

## 【請求項 7】

請求項 6 記載の鯨類忌避音水中発生装置において、前記鯨類忌避音水中発生装置を備えた船舶が捕鯨船であることを特徴とする鯨類忌避音水中発生装置。

## 【請求項 8】

請求項 6 記載の鯨類忌避音水中発生装置において、前記鯨類忌避音水中発生装置を備えた船舶が超高速船であることを特徴とする鯨類忌避音水中発生装置。

## 【請求項 9】

請求項 6 記載の鯨類忌避音水中発生装置において、前記鯨類忌避音水中発生装置を備えた船舶がヨットであることを特徴とする鯨類忌避音水中発生装置。

## 【請求項 10】

請求項 6 記載の鯨類忌避音水中発生装置において、水中に配置される発電装置や養殖装置の周囲に鯨類を寄り付かせないようにしたことを特徴とする鯨類忌避音水中発生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、鯨類忌避音水中発生方法及びその鯨類忌避音水中発生装置に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

鯨類が船舶（超高速船）、発電装置、養殖装置等に近づくのを回避するため、かかる船舶等には、鯨類忌避を目的とした Under Water Speaker (UWS) が装備されている（下記特許文献 1 参照）。

さらに、鯨類等の海洋哺乳類を含む哺乳類が音響驚愕反応を示す音を元にして、哺乳類が近づくのを抑止する方法及びシステムが提案されているが、海洋哺乳類の嫌悪感に関する音データがなく、これを明らかにする課題があると記載されている（下記特許文献 2 参

10

20

30

40

50

照)。

【0003】

従って、鯨類が船舶等へ衝突するのを防止するために、更なる鯨類忌避対策を講じる必要がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第2572698号公報

【特許文献2】特表2010-524451号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】加藤秀弘、鯨類と超高速船の衝突回避に向けて、Ships & Ocean Newsletter No. 217, p. 4-7 (2009)

【非特許文献2】古河太郎、聴覚、「魚類生理」(川本信之編)、恒星社厚生閣、1970, pp. 462-481

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

発明者は過去10年間の船舶に衝突した鯨類の種類数を調査したところ、ヒゲクジラ類に属するミンククジラが一番多いことをつきとめた。鯨類はヒゲクジラ類とハクジラ類に分類することができ、それぞれ可聴周波数が異なる(上記非特許文献1参照)。鯨類の可聴周波数を考慮すると、ハクジラ類だけでなくヒゲクジラ類にも有効な忌避音が必要なことを発見した。

【0007】

また、海洋中には食用生物である魚類があり、魚類に影響を与えることは環境的・経済的にも悪影響があり、魚類に影響を与えないことが望ましい。

魚の可聴周波数範囲は、16~5,000Hzであるとの報告があり、この周波数外で鯨類の忌避音を開発する必要がある。

本発明は、上記状況に鑑みて、魚に影響を及ぼすことのない広範な種類の鯨類に有効な鯨類忌避音水中発生方法及びその鯨類忌避音水中発生装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕鯨類忌避音水中発生方法において、鯨類に忌避効果のある忌避音として鯨類の可聴周波数帯域内で忌避効果のある捕鯨船の走行音と、鯨類の追い込み漁に使用する鯨類忌避効果のあるカンカン棒の音源を調整して合成したことを特徴とする。

〔2〕上記〔1〕記載の鯨類忌避音水中発生方法において、前記捕鯨船の走行音と前記カンカン棒の周波数を8.00kHzに変調したものを合成した固定周波数型としたことを特徴とする。

【0009】

〔3〕上記〔2〕記載の鯨類忌避音水中発生方法において、前記固定周波数型の周波数特性は、0.79kHzと8.00kHzの2つのピーク周波数があることを特徴とする。

〔4〕上記〔1〕記載の鯨類忌避音水中発生方法において、前記捕鯨船の走行音と前記カンカン棒の周波数を5kHz、8kHz、10kHzに音間隔を0.09秒に変調したものを合成した変動周波数型としたことを特徴とする。

【0010】

〔5〕上記〔4〕記載の鯨類忌避音水中発生方法において、前記変動周波数型の周波数特性は、5.04kHz、8.00kHz、10.08kHzの3つのピーク周波数があることを特徴とする。

10

20

30

40

50

〔 6 〕 鯨類忌避音水中発生装置において、鯨類に忌避効果のある忌避音として鯨類の可聴周波数帯域内で忌避効果のある船舶の走行音と、鯨類の追い込み漁に使用する鯨類忌避効果のあるカンカン棒の音源を調整して合成したことを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

〔 7 〕 上記〔 6 〕記載の鯨類忌避音水中発生装置において、前記鯨類忌避音水中発生装置を備えた船舶が捕鯨船であることを特徴とする。

〔 8 〕 上記〔 6 〕記載の鯨類忌避音水中発生装置において、前記鯨類忌避音水中発生装置を備えた船舶が超高速船であることを特徴とする。

〔 9 〕 上記〔 6 〕記載の鯨類忌避音水中発生装置において、前記鯨類忌避音水中発生装置を備えた船舶がヨットであることを特徴とする。

10

【 0 0 1 2 】

〔 1 0 〕 上記〔 6 〕記載の鯨類忌避音水中発生装置において、水中に配置される発電装置や養殖装置の周囲に鯨類を寄り付かせないようにしたことを特徴とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 3 】

本発明によれば、広範な種類の鯨類に対して有効な忌避音を発生させる方法及び装置を提供することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 4 】

【 図 1 】 本発明に係る超高速船とクジラ類の忌避の模式図である。

20

【 図 2 】 本発明の第 1 実施例による U W S 1 のソナグラムを示す図である。

【 図 3 】 本発明の第 1 実施例による U W S 1 の 1 / 3 オクターブバンドの定比分析を行ったスペクトラムを示す図である。

【 図 4 】 本発明の第 2 実施例による U W S 2 のソナグラムを示す図である。

【 図 5 】 本発明の第 2 実施例による U W S 2 の 1 / 3 オクターブバンドの定比分析を行ったスペクトラムを示す図である。

【 図 6 】 本発明の第 1 実施例を示す U W S、本発明の第 2 実施例を示す U W S を搭載した船舶の走行音をそれぞれソナグラムにした図である。

【 図 7 】 各船舶の走行音を 1 0 秒間ずつ各音源で切り出し、それらをパワースペクトラムにした図である。

30

【 図 8 】 非走行時の各音源比較図である。

【 図 9 】 走行時の各音源比較図である。

【 図 1 0 】 非走行時と走行時の本発明の実施例の音響特性比較を行った図である。

【 図 1 1 】 船舶ごとに本発明の第 1 実施例を示す固定周波数型の U W S と本発明の第 2 実施例を示す変動周波数型の U W S を比較した図である。

【 図 1 2 】 船舶の違いによる本発明の U W S の音響特性の比較を行った図である。

【 図 1 3 】 走行音 1 1 0 秒分をソナグラムに示した図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 5 】

鯨類忌避音水中発生方法は、鯨類に忌避効果のある忌避音として鯨類の可聴周波数帯域内で忌避効果のある捕鯨船の走行音と、鯨類の追い込み漁に使用する鯨類忌避効果のあるカンカン棒の音源を調整して合成するようにした。

40

【 実施例 】

【 0 0 1 6 】

以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

図 1 は本発明に係る超高速船とクジラ類の忌避の模式図である。

この図において、超高速船 1 は鯨類 3 に有効な鯨類忌避音水中発生装置 U W S 2 を具備しており、鯨類忌避音水中発生装置 2 より鯨類 3 に有効な鯨類忌避音を発生することで主に鯨類 3 に対する超高速船 1 の衝突を回避するようにしている。

【 0 0 1 7 】

50

より実効性の高い鯨類忌避音水中発生装置UWSを調整するための調査を行った。

本発明の鯨類忌避音水中発生装置の各特性については、以下の通りである。

本発明の鯨類忌避音水中発生装置の音響刺激は2種類作成した。音響刺激は、これまで鯨類との衝突事故例がなく、更に調査員の観察事例から忌避効果が高いと考えられる捕鯨船の走行音と、鯨類の追い込み漁に使用する鯨類忌避効果のある棒（カンカン棒）の音源を調整して合成した。また、これらの音を音源とし、今までに推定された各危険鯨種の可聴周波数と、現行の水中放声装置送波音圧の最大感度にあたる8kHz～20kHzに合わせて、周波数を調整した。

【0018】

以下、本発明のUWSの比較（表1）と、本発明のUWSの音響特性及び周波数特性の詳細について記載する。

10

【0019】

【表1】

新UWS	
音響特性	捕鯨船と、鯨類の追い込み漁に使用する鯨類忌避効果のある棒（カンカン棒）の音源を調整して合成
周波数	種類① 8.00kHz；固定周波数型 種類② 5.04kHz, 8.00kHz, 10.08kHz；変動周波数型
音圧	190dB <i>re</i> 1μPa

【0020】

20

〔A〕第1実施例（UWS1：固定周波数型）

（1）まず、本発明の第1実施例（UWS1）の音響特性について説明する。

図2は本発明の第1実施例によるUWS1のソナグラムを示す図であり、縦軸を周波数（kHz）、横軸を時間（秒）として音を図式化している。縦に入った黒線はカンカン棒の音を示し、背景の灰色部分は汽船Aの走行音を示している。

【0021】

汽船Aの走行音（エンジン音）は、最大速力時（16.7kt, 200rpm）走行音に0.12kHzのハイパスフィルターをかけ、カンカン棒の原音（音源）は卓越周波数2.00kHzを8.00kHz付近に変調したものを合成して、周波数8kHz（固定周波数）、音間隔0.52秒とした。

30

（2）次に、本発明の第1実施例（UWS1）の周波数特性について説明する。

【0022】

図3は本発明の第1実施例によるUWS1の1/3オクターブバンドの定比分析を行ったスペクトラムを示す図であり、縦軸を音圧（dB）、横軸を周波数（kHz）として音の周波数分布を示している。黒の実線は本発明のUWS1の周波数特性を示している。

この図に示すように、UWS1は、0.79kHz及び8.00kHzの二箇所にピーク周波数があり、0.79kHzのピークは汽船Aの走行音の周波数を示すものであるが、周波数の変調が困難なことからそのまま使用した。

【0023】

UWS1は8.00kHzに変調した。これは、衝突危険鯨種の可聴周波数（マッコウクジラ0.29～47.75kHz、ツチクジラ0.2～33kHz、ナガスクジラ科鯨類15kHz以下）と現行の水中放声装置の最大感度に合わせて調整したものである。

40

〔B〕第2実施例（UWS2：変動周波数型）

（1）まず、本発明の第2実施例（UWS2）の音響特性について説明する。

【0024】

図4は本発明の第2実施例によるUWS2のソナグラムを示す図であり、縦に入った黒線は変調させたカンカン棒の音を示し、背景の灰色部分は汽船Aの走行音を示している。

汽船Aの走行音（エンジン音）は、最大速力時（16.7kt, 200rpm）走行音に0.12kHzのハイパスフィルターをかけ、カンカン棒の原音（音源）は卓越周波数2.00kHzを5.00kHz、8.00kHz、及び10.00kHzに変調し、そ

50

これらの3つの周波数を交互に配列して、鯨類の優位可聴周波数（マッコウクジラ2～5 kHz、ツチクジラ0.2～3.3 kHz、ナガスクジラ科鯨類15 kHz以下）と現行の水中放声装置の最大感度に合わせて調整した。音間隔については、原音の0.52秒を汽船Aの接近速力時のディーゼルノック音の間隔に合わせて約0.09秒に変調した。

【0025】

（2）次に、本発明の第2実施例（UWS2）の周波数特性について説明する。

図5は本発明の第2実施例によるUWS2の1/3オクターブバンドの定比分析を行ったスペクトラムを示す図である。図5に示すように、UWS2は5.04 kHz、8.00 kHz、及び10.08 kHzの三箇所にピーク周波数があり、これらの周波数特性は、鯨類の優位可聴周波数（マッコウクジラ2～5 kHz、ツチクジラ0.2～3.3 kHz、ナガスクジラ科鯨類15 kHz以下）の範囲内である。

10

【0026】

〔C〕調査

以下、新潟・佐渡で行った鯨類忌避音の調査について説明する。

本願発明者らは、UWSの新音源を搭載する際の重要点として本発明のUWSの水中伝播特性を明確化し、より実効性の高い音響刺激に調整する必要があるとの考えに基づき、本発明のUWSを水中で再生した際の音と、UWSを再生している時の走行音とを録音し、その伝播特性について解析を行った。

【0027】

この調査では、より実効性の高いUWSに調整するために、非走行時及び走行時に本発明のUWSの水中録音を実施し、本発明のUWS（固定周波数型と変動周波数型）の音響伝播特性について明確にするようにした。

20

（調査方法）

（1）非走行時及び走行時の本発明のUWSの録音

（a）非走行時における本発明のUWSの録音

新潟港・万代島第1バースより水中マイクロフォンを水中へ投下し、第2又は第3バースに停泊している船舶から本発明のUWSを再生して水中録音を行った。その際、船舶AからUWS1（固定周波数型）を、船舶BからUWS2（変動周波数型）を再生した。録音前後でマイク深度と同様深度における水温を記録し、レーザー距離計を用いて録音位置から船舶までの距離を計測した。

30

【0028】

（b）走行時における本発明のUWS及び従来のUWSの船舶走行音録音

両津湊地区の棧橋より水中マイクロフォンを水中へ投下し、本発明のUWS音源及び従来のUWS音源を再生している3隻を対象として、両津港に入港する船舶及び港から出港する船舶の走行音録音を行った。出入港時刻10分前から録音スタンバイし、船舶からの距離が目測で1.5 kmになった時点から録音を開始した。船舶が録音場所を通過する際にレーザー距離計を使用して船舶までの最短距離を計測した。また、録音前後でマイク深度と同様深度における水温を記録した。

【0029】

使用録音機材については、無指向性の無指向性のハイドロフォン（OKISEATEC model OST2130、受波周波数範囲10 Hz～100 kHz、受波感度約 $-174 \pm 3$  dB re  $1 \text{ V} / \mu \text{Pa}$ 、ケーブル長15 m）にプリアンプ（受波周波数範囲20 Hz～20 kHz）及びデジタルレコーダー（Sony PCM-D50、16 bit、44.1 kHz）を接続して使用した。この録音系の受波周波数範囲は20 Hz～20 kHzの定周波数であった。また、予備の録音機器としてホエールフォン（静岡沖電気 周波数範囲100 Hz～20 kHz、受波感度 $-195$  dB  $1 \text{ V} / 1 \mu \text{Pa}$  at 1 kHz以上、無指向性、ケーブル10 m）も用意した。船舶までの距離はレーザー距離計（Laser Rangefinder ELITE1500、Bushnell社製）を使用して計測した。水温は、ペッテンコーヘル式（採水器式）のものを使用して、マイク深度と同様深度で計測した。

40

50

## 【 0 0 3 0 】

## ( 2 ) 調査結果

調査は準備を含めて6日間実施し、計5時間38分8秒の録音調査を行うことができた。非走行時及び走行時それぞれの調査録音データの内容は以下の表2及び表3の通りである。

## 【 0 0 3 1 】

## 【表2】

日付	録音内容	UWS種類	録音 総時間	録音時刻	船舶からの 出力(dB)	船舶からの 距離(m)	マイク 深度(m)
2011/9/10	船舶A	新UWS①	03:35	09:00:00-	-10	100	3
2011/9/10	船舶A	新UWS①	03:25	09:05:17-	-10	100	3
2011/9/10	船舶A	新UWS①	03:40	09:22:55-	-10	100	3
2011/9/10	船舶A エンジン音	-	02:13	09:58:43-	-10	57	3
2011/9/10	船舶B	新UWS②	05:21	10:19:19-	-10	57	3
2011/9/10	船舶B	新UWS②	00:10	10:45:30-	-10	57	3
2011/9/10	船舶B	新UWS②	03:46	10:46:44-	-10	57	3
2011/9/10	船舶B	新UWS②	03:45	10:55:55-	-14	57	3
2011/9/10	船舶A	新UWS①	03:47	12:40:55-	-14	58	3
2011/9/10	船舶A	新UWS①	03:41	12:46:59-	-14	58	3
2011/9/10	船舶B	新UWS②	03:47	14:27:50-	-14	58	3
2011/9/10	船舶B	新UWS②	03:45	14:33:30-	-14	58	3

10

## 【 0 0 3 2 】

## 【表3】

日付	録音内容	UWS種類	マイク 種類	録音 総時間	録音時刻	船舶からの距離 (m) (最接近時)	マイク 深度(m)
2012/9/11	背景雑音	-	ホエールフォン	00:53	13:44:40-	-	2
2012/9/11	船舶D	-	ホエールフォン	02:55	14:50:25-	-	2
2012/9/11	船舶B	新UWS②	ホエールフォン	03:28	14:57:32-	117	2
2012/9/12	船舶B	新UWS②	0ki	00:24	10:54:30-	ND	2
2012/9/12	船舶B	新UWS②	0ki	01:20	10:58:27-	113	2
2012/9/12	船舶B	新UWS②	0ki	00:19	11:33:48-	760	2
2012/9/12	船舶B	新UWS②	0ki	03:50	11:36:00-	142	2
2012/9/12	船舶B	新UWS②	ホエールフォン	04:03	13:55:02-	131	2
2012/9/12	船舶B	新UWS②	0ki	03:40	14:34:30-	126	2
2012/9/12	船舶A	新UWS①	0ki	04:49	14:56:46-	124	2
2012/9/12	船舶A	新UWS①	0ki	03:52	15:34:18-	153	2
2012/9/12	船舶B	新UWS①	0ki	03:42	17:00:45-	149	2
2012/9/13	船舶A	新UWS②	0ki	03:54	10:57:33-	143	2
2012/9/13	船舶A	新UWS②	0ki	03:45	11:34:34-	138	2
2012/9/13	船舶B	新UWS①	0ki	03:53	12:27:38-	154	2
2012/9/13	船舶B	新UWS①	0ki	03:41	13:23:50-	118	2
2012/9/13	船舶A	新UWS②	0ki	03:49	13:55:33-	121	2
2012/9/13	船舶A	新UWS②	0ki	03:42	13:24:05-	126	2
2012/9/13	船舶B	新UWS①	0ki	03:48	15:53:54-	131	2
2012/9/13	船舶B	新UWS①	0ki	03:48	16:35:09-	140	2
2012/9/13	船舶A	新UWS②	0ki	03:41	17:01:00-	142	2
2012/9/14	船舶A	新UWS①	0ki	03:46	07:53:33-	140	2

20

30

## 【 0 0 3 3 】

## ( a ) 本発明のUWS音響特性

図6は本発明の第1実施例を示すUWS1及びUWS2を搭載した船舶の走行音をそれぞれソナグラムで示す図である。図6(a)は船舶A(本発明のUWS1、140m地点)、図6(b)は船舶B(本発明のUWS2、126m地点)の走行音ソナグラムであり、それぞれ最接近時を含めた20秒間を示している(FFT length = 512, Frame size = 100% Overlap = 0% Hamming window)。

## 【 0 0 3 4 】

図7は各船舶の走行音を各音源で10秒間ずつ切り出してパワースペクトラムで示す図である。図7(a)は船舶A(UWS1)、図7(b)は船舶B(UWS2)の走行音を

40

50

それぞれ示している。なお、走行音と背景雑音を比較するため、通過前の背景雑音についても10秒間切り出し、パワースペクトラムで示している。

図6に示すように、本発明のUWS1及びUWS2では、5～10kHzの範囲でカンカン棒の音圧が走行音と比較して高い傾向が見られ、さらに、図7のパワースペクトラムから分かるように、UWS1では8kHz、UWS2では5kHz、8kHz、10kHzと、カンカン棒に対応する周波数で音圧が高い傾向が見られた。

#### 【0035】

(b)本発明のUWSの音圧と各音源の音響特性比較

各船舶の非走行時音と走行音を1/3オクターブバンドの定比分析を行い、各船舶及び各音源音圧を比較した。図8は非走行時の各音源比較図、図9は走行時の各音源比較図である。

図8に示されるように、非走行時は5.04～8.00kHzにおいてピークが見られ、特にUWS2ではカンカン棒の周波数の音圧が高いことが分かった。一方で、低周波数ではCD音源と比較して音圧が低くなっていることから、スピーカー特性によって5kHz以下の低周波数は再生音圧が下がることが明確となった。

#### 【0036】

一方、走行時においては、図9に示されるように、本発明のUWSを搭載した船舶はいずれも、0.16kHzと0.63kHz、及び6.35kHzにピークがあることが分かった。

図10は本発明のUWSの非走行時と走行時の音響特性比較図であり、図10(a)はUWS1、図10(b)はUWS2の音響特性をそれぞれ比較した図を示している。この図に示されるように、非走行時ではカンカン棒の周波数に対応する部分の音圧が高くなるが、走行時はより低周波数の部分で音圧が高くなることが分かった。

#### 【0037】

図11は本発明のUWS1及びUWS2の走行時の音響特性を船舶ごとに比較した図であり、図11(a)は船舶B、図11(b)は船舶Aの走行時の比較図である。この図に示されるように、どちらの船舶においてもUWS2の方がUWS1よりも音圧が高い傾向が見られ、船舶Bでは最高5.5dB(0.16kHz)、船舶Aでは最高9.6dB(6.3kHz)、UWS2の方が高い音圧を示した。すなわち、鯨類の船舶判別可能距離が、UWS2の方がより遠くなる可能性があることが分かった。

#### 【0038】

図12は船舶の違いによる本発明のUWSの音響特性の比較を行った図であり、図12(a)は走行時の船舶B(UWS1)と船舶A(UWS2)との音響特性の比較を行った図であり、図12(b)は走行時の船舶B(UWS1)と船舶A(UWS2)との音響特性の比較を行った図である。

この図より、船舶Bよりも船舶Aのカンカン棒の音の音圧が、本発明のUWS1では約5dB、本発明のUWS2では約6dB高くなっており、船舶A(UWS2)の方がカンカン棒の音がより聞こえやすくなっていることが分かった。船舶A(UWS2)を搭載した際は、本来60%である船舶のアンプ出力を70%に上げたために、そのことも考慮に入れるが、UWS1で比較した場合においても、船舶Aが搭載されているときの方が音圧は強いため、船舶Aの方が音はより遠くまで聞こえると言える。

#### 【0039】

更に、各周波数における音源から100～500m離れた際の海中における音の減衰と推定到達音圧を求めた。球面拡散 $TL_s = 20 \log r$ (dB)、吸収減衰はFrancois & Garrison 1982の式を使用し、計算条件は送波水深2m(走行時スピーカー深度)、界面水温20、塩分濃度35%：pH8として計算を行った。

#### 【0040】

その結果は、以下の表4(その1)～表6(その3)にまとめた。

#### 【0041】

10

20

30

40

50



【表 4】

0.1kHz					
音源からの 距離(m)	減衰音圧 (dB)	船舶B UWS①	船舶B UWS②	船舶A UWS①	船舶A UWS②
100	-40.00	92.77	94.21	91.34	92.89
120	-41.58	91.19	92.63	89.76	91.31
150	-43.52	89.25	90.69	87.82	89.37
200	-46.02	86.75	88.19	85.32	86.87
300	-49.54	83.23	84.67	81.80	83.35
500	-53.98	78.79	80.23	77.36	78.91

10

0.5kHz					
音源からの 距離(m)	減衰音圧 (dB)	船舶B UWS①	船舶B UWS②	船舶A UWS①	船舶A UWS②
100	-40.00	101.64	103.73	102.59	104.76
120	-41.59	100.05	102.14	101.00	103.17
150	-43.52	98.12	100.21	99.07	101.24
200	-46.02	95.62	97.71	96.57	98.74
300	-49.55	92.09	94.18	93.04	95.21
500	-53.99	87.65	89.74	88.60	90.77

1kHz					
音源からの 距離(m)	減衰音圧 (dB)	船舶B UWS①	船舶B UWS②	船舶A UWS①	船舶A UWS②
100	-40.00	94.97	95.85	96.19	98.96
120	-41.59	93.38	94.26	94.60	97.37
150	-43.53	91.44	92.32	92.66	95.43
200	-46.03	88.94	89.82	90.16	92.93
300	-49.56	85.41	86.29	86.63	89.40
500	-54.01	80.96	81.84	82.18	84.95

20

3kHz					
音源からの 距離(m)	減衰音圧 (dB)	船舶B UWS①	船舶B UWS②	船舶A UWS①	船舶A UWS②
100	-40.02	99.61	99.63	99.69	101.33
120	-41.60	98.03	98.05	98.11	99.75
150	-43.55	96.08	96.10	96.16	97.80
200	-46.06	93.57	93.59	93.65	95.29
300	-49.60	90.03	90.05	90.11	91.75
500	-54.07	85.56	85.58	85.64	87.28

30

【 0 0 4 2 】

【表 5】

4kHz					
音源からの 距離(m)	減衰音圧 (dB)	船舶B UWS①	船舶B UWS②	船舶A UWS①	船舶A UWS②
100	-40.02	102.39	102.85	101.41	103.78
120	-41.61	100.80	101.26	99.82	102.19
150	-43.56	98.85	99.31	97.87	100.24
200	-46.07	96.34	96.80	95.36	97.73
300	-49.61	92.80	93.26	91.82	94.19
500	-54.10	88.31	88.77	87.33	89.70

10

5kHz					
音源からの 距離(m)	減衰音圧 (dB)	船舶B UWS①	船舶B UWS②	船舶A UWS①	船舶A UWS②
100	-40.03	101.96	106.62	102.61	112.23
120	-41.62	100.37	105.03	101.02	110.64
150	-43.57	98.42	103.08	99.07	108.69
200	-46.08	95.91	100.57	96.56	106.18
300	-49.63	92.36	97.02	93.01	102.63
500	-54.13	87.86	92.52	88.51	98.13

6kHz					
音源からの 距離(m)	減衰音圧 (dB)	船舶B UWS①	船舶B UWS②	船舶A UWS①	船舶A UWS②
100	-40.04	105.49	108.08	107.79	114.19
120	-41.63	103.90	106.49	106.20	112.60
150	-43.58	101.95	104.54	104.25	110.65
200	-46.09	99.44	102.03	101.74	108.14
300	-49.65	95.88	98.47	98.18	104.58
500	-54.16	91.37	93.96	93.67	100.07

20

8kHz					
音源からの 距離(m)	減衰音圧 (dB)	船舶B UWS①	船舶B UWS②	船舶A UWS①	船舶A UWS②
100	-40.05	104.63	106.45	109.14	111.86
120	-41.65	103.03	104.85	107.54	110.26
150	-43.60	101.08	102.90	105.59	108.31
200	-46.13	98.55	100.37	103.06	105.78
300	-49.70	94.98	96.80	99.49	102.21
500	-54.24	90.44	92.26	94.95	97.67

30

【 0 0 4 3 】

【表 6】

10kHz					
音源からの 距離(m)	減衰音圧 (dB)	船舶B UWS①	船舶B UWS②	船舶A UWS①	船舶A UWS②
100	-40.07	100.19	102.31	101.91	106.84
120	-41.67	98.59	100.71	100.31	105.24
150	-43.60	96.66	98.78	98.38	103.31
200	-46.17	94.09	96.21	95.81	100.74
300	-49.76	90.50	92.62	92.22	97.15
500	-54.36	85.90	88.02	87.62	92.55

40

【 0 0 4 4 】

表 4 (その 1) ~ 表 6 (その 3) の灰色で塗り潰したセルは、ヒゲクジラ垂目ナガスクジラ (*Megaptera novaeangliae*) が反応する最低の音圧 102 dB re 1  $\mu$ Pa (Frankel et al. 1995) 以上の音圧であることを

50

示している。

以上のことを踏まえ、音源から100m以上離れた地点で鯨類の反応を誘発する音圧で伝播するUWSが有効であると判断し、この調査の結果から6kHzの音は150mまでの範囲ならば全ての船舶から発せられた本発明のUWSが有効であると判断する。8kHzについても120mまでの範囲ならば全船舶の本発明のUWSが有効である。固定周波数型のUWS1は6-8kHzの周波数帯で最低120m(全周波数)、最高200m(8kHz)まで、変動周波数型UWS2は0.5kHzと4-10kHzの周波数帯で最低120m(全周波数)、最高300m(5-8kHz)まで鯨類の反応を誘発できる音圧で再生された。これらの周波数は、ミンククジラ(可聴周波数帯0.12-15.93kHz、優位周波数帯0.5-9.4kHz)とツチクジラ(可聴周波数帯0.27-33.09kHz、優位周波数帯4.00-8.00kHz)と重複している。

10

#### 【0045】

この調査により、船舶Aに搭載した際、本発明の変動型周波数型のUWSでの鯨類可聴周波数の音圧が高かったため、鯨類に船舶を認知させるという点では最も優れていることが分かった。

また、本発明の変動型周波数型のUWSは、低周波数である0.5、4~10kHzまで有効の範囲が広がった。この調査においては、音圧を含め、本発明のUWSの音響特性が鯨類に有効であることが明確となった。

#### 【0046】

上記したように、本発明によれば、鯨類忌避音水中発生装置において、鯨類に忌避効果のある忌避音として鯨類の可聴周波数帯域内で忌避効果のある船舶の走行音と、鯨類の追い込み漁に使用する鯨類忌避効果のあるカンカン棒の音源を調整して合成した。

20

その鯨類忌避音水中発生装置を備えた船舶は例えば捕鯨船である。

また、鯨類忌避音水中発生装置を備えた船舶は例えば超高速船である。

#### 【0047】

さらに、鯨類忌避音水中発生装置を備えた船舶が例えばヨットである。

また、鯨類忌避音水中発生装置によって、水中に配置される発電装置や養殖装置の周囲に鯨類を寄り付かせないように構成することができる。

上記から明らかなように、

(1)固定周波数型のUWS1は、6-8kHzの周波数帯で最低120m(全周波数)、最高200m(8kHz)まで鯨類の反応を誘発できる音圧で再生された。一方、変動周波数型のUWS2は、0.5kHzと4-10kHzの周波数帯で最低120m(全周波数)、最高300m(5-8kHz)まで鯨類の反応を誘発できる音圧で再生された。両UWSは、6kHzにおいては150m、8kHzにおいては120m先までならば船舶の全てのケースにおいて、周波数帯が鯨類(この場合にはミンククジラ・ツチクジラ)の可聴域帯と重複した。また、変動周波数型のUWS2の方がより遠くから船舶の存在を鯨類に認知させる可能性があることが明らかとなった。

30

#### 【0048】

(2)新UWS1、新UWS2の到達距離を比較すると、鯨類の反応を誘発できる有効範囲が、固定周波数型のUWS1は、6-8kHz、変動周波数型のUWS2は0.5、4-10kHzである。

40

(3)各船舶によって音響特性がやや異なり、同じタイプのUWSであっても船舶Aの方が船舶Bよりも高い音圧で再生される傾向があった。また、スピーカーの特性により5kHz以下の低周波数では再生音圧が低下することが明らかとなった。

#### 【0049】

なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づき種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0050】

本発明の鯨類忌避音水中発生方法及びその鯨類忌避音水中発生装置は、広範な種類の鯨

50

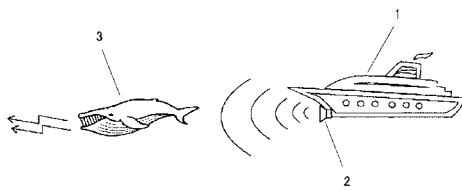
類に有効な忌避音を提供することが可能であり、例えば走行ノイズをあまり発生させない高速走行船と鯨類との衝突を回避して安全走行を図るとともに、鯨類の保護を図り、環境保護に利用可能である。

【符号の説明】

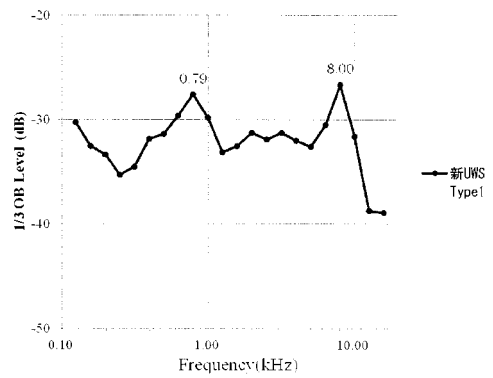
【0051】

- 1 超高速船
- 2 鯨類忌避音水中発生装置
- 3 鯨類

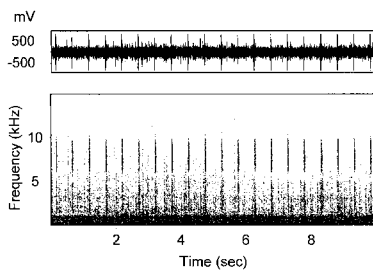
【図1】



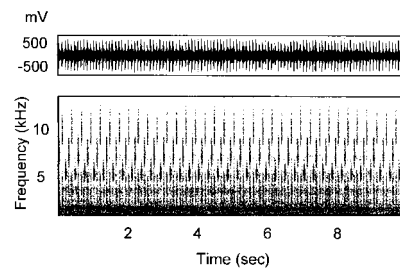
【図3】



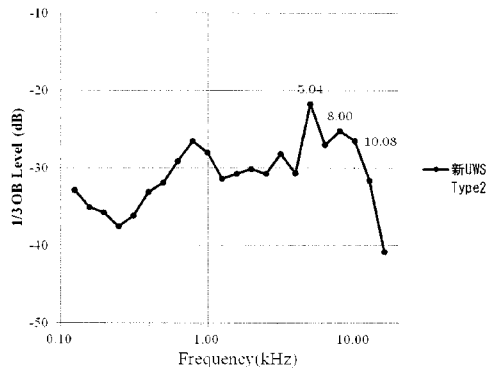
【図2】



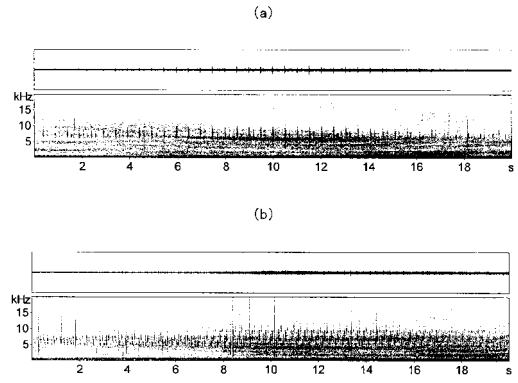
【図4】



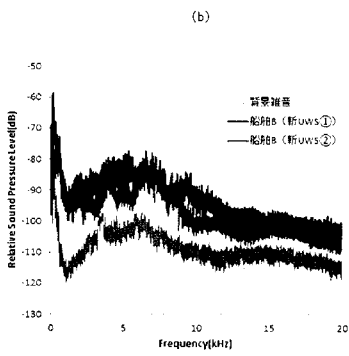
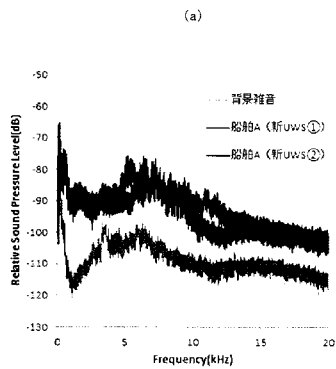
【 図 5 】



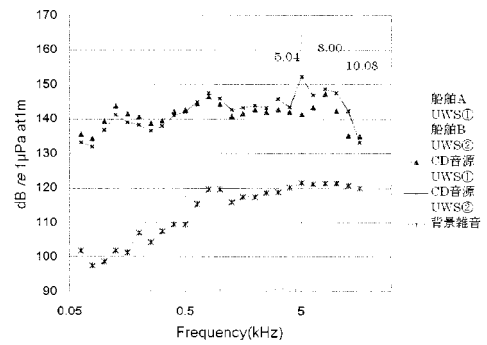
【 図 6 】



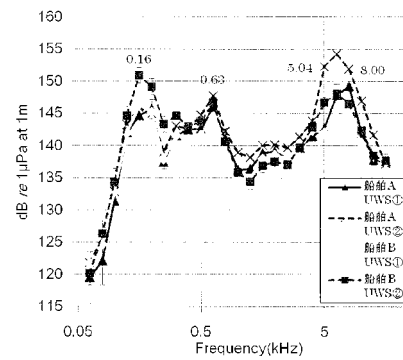
【 図 7 】



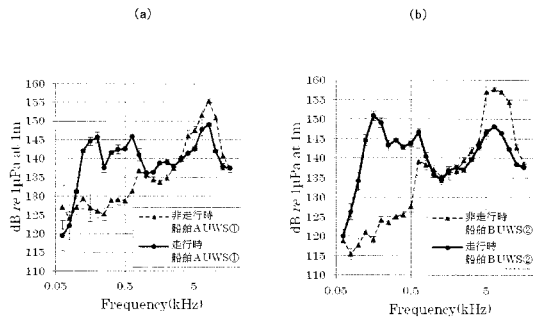
【 図 8 】



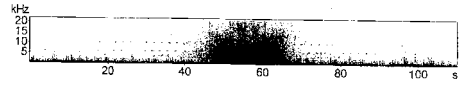
【 図 9 】



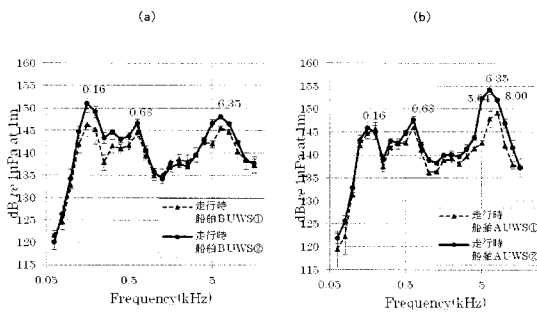
【 図 1 0 】



【 図 1 3 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

