

北部九州の海岸地区における音環境の 基本的特性に関する計測調査

FIELD MEASUREMENT ON FUNDAMENTAL CHARACTERISTICS
OF ACOUSTIC ENVIRONMENT IN NORTHERN KYUSHU COASTAL ZONE

片山正敏¹

Masatoshi KATAYAMA

¹正会員 工博 九州共立大学教授 工学部土木工学科 (〒 807-8585 北九州市八幡西区自由ヶ丘 1-8)

To develop a waterfront area as an attractive space, it is essential to ensure that the area has a comfortable natural environment. In other words, it is important to study how physical factors and phenomena that greatly influence the natural environment, and human beings, are interrelated; and to compile, based on study findings, necessary concepts and techniques for realizing waterfront areas that are urban environments highly compatible with human activities.

From the above viewpoint, as a study of the waterfront environment, basic investigation and a questionnaire survey were conducted in a waterfront area in Northern Kyushu to collect data on its acoustic environmental comfort, as reported in detail previously. Subsequent to the previous report, a field measurement was conducted and analyzed to investigate the fundamental characteristics of acoustic environment (sound of waves) in Northern Kyushu coastal zone.

Key Words : *Field measurement, acoustic environment, comfortable natural environment, Northern Kyushu coastal zone*

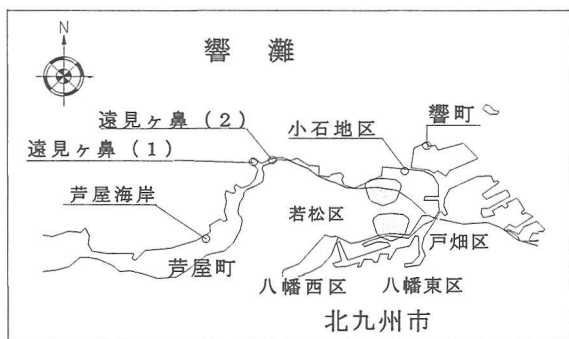
1. はじめに

近年、沿岸域（ウォーターフロント）は不特定多数の人々を対象とする人間活動や住居の場として、その利用が活発となってきた。これにともなう、沿岸域における活動性・居住性・快適性に対して、沿岸域であるがための環境に関わる諸問題が表面化してきている。このような沿岸域の開発にあたって、魅力ある空間を作り出すためには、快適な自然環境の創出が重要である。すなわち、環境に大きく影響を与えている物理的要素や現象と人間の係わりを明らかにして、快適で住みやすく、使いやすい都市環境を実現するために必要な考え方や手法をまとめて行くことが大切である。

沿岸域での快適性に係わる環境問題として、海洋建築分野では、視環境、動揺環境、光環境、風環境について計画資料としてまとめられているが、音環境の快適性についてはまだのようである。¹⁾ また、海洋土木分野では、海岸環境における快適性の要因としての波の音の音色・リズム性・周期と快適性の

関係や徳島県沿岸における計測調査研究²⁾、人間にとっての海岸環境を構成する要素としての波の音の果たす役割や波らしさのリズム特性に関する基礎的研究³⁾、魚礁から発生する水中音に関する実験的研究⁴⁾、波により潜水着底式構造物から発生する音の特性に関する実験的研究⁵⁾、潜水構造物より発生する波動音圧に関する実験的研究⁶⁾ などがある。さらに、都市住民の音環境に関する対環境行動についてサウンドマップやしずけさコンテストの事例報告など⁷⁾ もある。

海岸線近くでの波の音や風の音は、時として心地よく感じることもあれば、不快に感じることもある。この観点から、北部九州の沿岸域における音環境の快適性に関する基礎的調査の一環として、住民意識や海岸線近傍での波や風の音の基本的特性についての調査検討を行い、その結果についてはすでに報告した。⁸⁾ 引き続いて、本研究では、5つの異なる海岸形態の海岸地区（沿岸域）において発生する波の音の基本的な特性について計測調査を行うこととした。すなわち、北部九州の自然砂浜、自然岩場、(砂



小石地区：人工海岸（垂直岸壁）地区
 響町：人工海岸（垂直岸壁＋消波ブロック）地区
 遠見ヶ鼻（1）：自然岩場海岸地区
 遠見ヶ鼻（2）：自然砂浜海岸地区
 芦屋海岸：（砂浜＋離岸堤）海岸地区

図-1 調査地点



写真-1 自然砂浜海岸



写真-2 自然岩場海岸



写真-3 （砂浜＋離岸堤）海岸

浜＋消波ブロック）、人工（垂直岸壁）、人工（垂直岸壁＋消波ブロック）の5つの異なる海岸形態の海岸地区において、海象条件（波浪）、気象条件（気温、湿度、風速）、波の音の基本的特性（音圧スペクトル）の計測を行って、海岸形態とその相互関係について調査した。

本論文では、計測調査方法の概要について簡単に述べるとともに、波の音に関する計測結果とその特性について詳しく述べる。

2. 調査方法の概要

(1) 基本的な調査方法

北九州市近郊の若松、芦屋地区の沿岸域において、海象条件（波浪）、気象条件（気温、湿度、風速）、音（強さ、周波数特性）の計測を行って、海岸形態とその相互関係を調査した。

(2) 調査地点

北九州市若松区の玄海国定公園内の遠見ヶ鼻（1）の自然岩場海岸と同（2）の自然砂浜海岸、同じく北九州市若松区小石地区の人工海岸（垂直岸壁）、同じく若松区響町の人工海岸（垂直岸壁＋消波ブロック）、福岡県遠賀郡芦屋町の芦屋海岸の（砂浜＋離岸堤）海岸の計5地点において、発生する波の音などの計測を行った。（図-1 参照）

a) 自然砂浜海岸

幅30～50m程度の砂浜で、長さ約600mの響灘に面した自然砂浜海岸である。（写真-1 参照）

b) 自然岩場海岸

幅20～50m程度の岩場で、高さ約10～20mの岩壁がある響灘に面した自然岩場海岸である。（写真-2 参照）

c) （砂浜＋離岸堤）海岸

砂浜の幅約100m程度、長さが約2kmの海水浴

場であり、沖合に消波ブロックによる離岸堤群のある響灘に面した砂浜海岸である。（写真-3 参照）

d) 人工海岸（垂直岸壁）

人工の垂直岸壁で、海岸線の長さ約2kmの海岸で左右に埋め立て造成地が建設中であり、消波ブロックはまだ設置されていない、響灘に面した人工海岸である。（写真-4 参照）

e) 人工海岸（垂直岸壁＋消波ブロック）



写真-4 人工海岸（垂直岸壁）



写真-5 人工海岸（垂直岸壁+消波ブロック）

人工の垂直岸壁の前面に消波ブロックが設置され、海岸線の長さ約3kmの響灘に面した人工海岸である。（写真-5 参照）

(3) 計測方法

a) 海象条件（波浪）

波高の計測は、事前に電話などで天気予報を聞き、目測で行った。周期はストップウォッチによった。

b) 気象条件（気温、湿度、風速）

気温、湿度はデジタル温湿度計にて瞬時値を読みとった。風速は、手持式風向・風速計にて瞬時値を読みとった。

c) 音環境

音環境は、リオン(株)製の1/3オクターブ実時間分析器（SA-27）と積分形精密騒音計（NL-15）をともにF特性として接続し、0.1秒間隔の瞬時値を連続1000画面（100秒間）計測した。また、マイクロフォンは、海岸線から約10m、高さ約1.2mに設定して収録した。

(4) 解析方法

リオン(株)製のSA-27用三次元表示ソフト

Ver 3.01を用いて連続1000画面のパワー平均演算を行った。演算には、A特性を用いた。

3. 計測結果および考察

波の音の主要な発生原因は、沖合いでの砕波ならびに海岸に波があたったときの砕波によるものと思われる。

灘岡らによると、沖合いでの波の音の発生原因は砕波による乱れの生成にともなう気泡の連行ならびにその後の水面からの気泡の消滅によるものと考えられている。砕波による乱れ、とくに大規模渦の生成は、ボア（bore）の波峰（crest）付近に集中するため、当然ながら音源分布としても、波峰付近に集中した形状になるものと考えられている。³⁾

一方、海岸に波があたったときの砕波による音の発生は、当然のことながら、海岸形態と密接に関係してくることとなる。

(1) 波の音の波高と音圧レベルの関係

a) 自然砂浜海岸

自然砂浜海岸における波高と波の音圧スペクトルの関係を図-2に示す。

自然砂浜海岸では、25Hz～1.0kHz程度までの低中周波数帯域では、波高の増加とともに音圧レベルが高くなる傾向にあるが、1.0～20kHzまでの中高周波数帯域では逆の傾向がみられる。

これは、海岸の地形から、比較的水深の深い沖合いで砕波（いわゆる白波）により低周波数帯域の音を発生し、比較的水深の浅いところで中高周波数帯域の音を発生しているためと思われる。

周波数500Hz～1.5kHz程度になだらかな音圧スペクトルのピークがみられる。

b) 自然岩場海岸

自然岩場海岸における波高と波の音圧スペクトルの関係を図-3に示す。

自然岩場海岸では、25Hz～1.0kHz程度までの低中周波数帯域では、波高の増加とともに音圧レベルが高くなる傾向にあるが、1.0～20kHzまでの中高周波数帯域ではかならずしもこの傾向はみられない。（波高0.5mと1.5mのとき）

これは、計測時の潮位が異なっていて、とくに自然岩場海岸では、海岸に波があたったときの砕波の状況が異なることが大きな要因の1つと思われる。

（写真-2 参照）今後の検討課題としたい。

周波数500Hz～1.0kHz程度になだらかな音圧スペクトルのピークがみられる。

c) （砂浜+離岸堤）海岸

（砂浜+離岸堤）海岸における波高と波の音圧スペクトルの関係を図-4に示す。

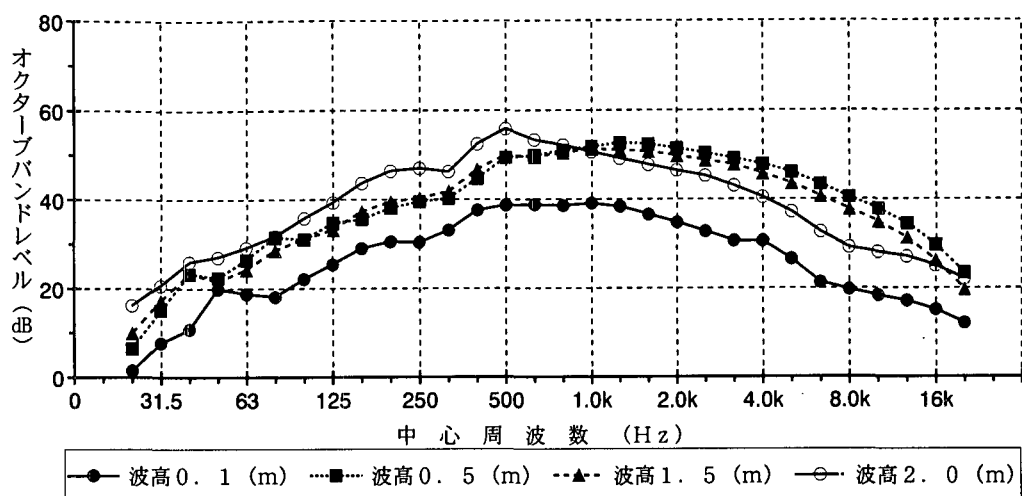


図-2 自然砂浜海岸における波の音圧スペクトル

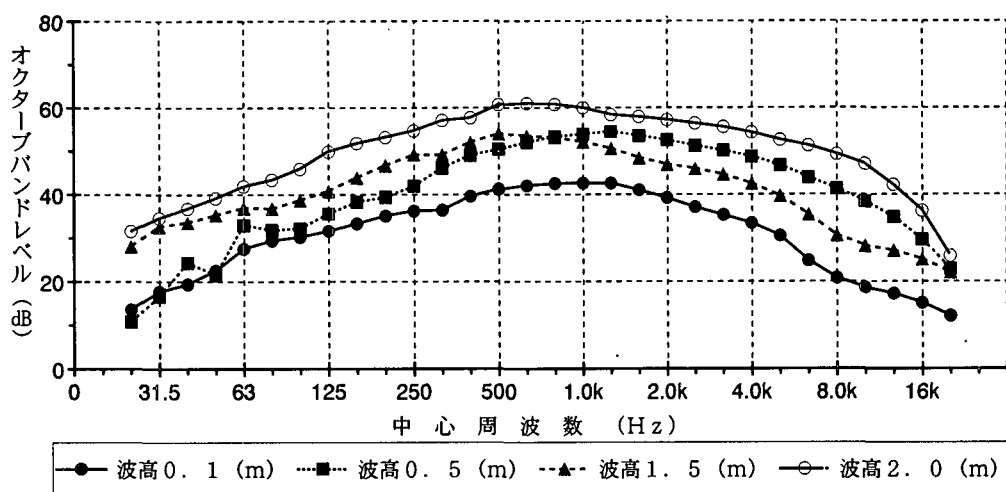


図-3 自然岩場海岸における波の音圧スペクトル

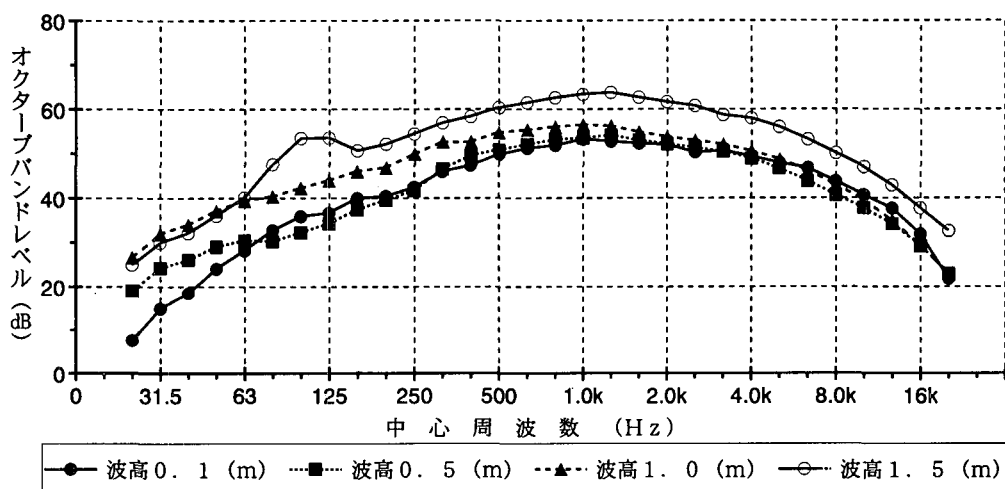


図-4 (砂浜+離岸堤)海岸における波の音圧スペクトル

(砂浜+離岸堤)海岸では、比較的全周波数帯域にわたって、波高の増加とともに音圧レベルが高くなる傾向がみられる。これは、沖合いの離岸堤群(消波ブロック)に沖波があたって、比較的幅広い周波数帯域の音を発生しているためと思われる。

周波数1.0kHz程度になだらかな音圧スペクトルのピークがみられ、比較的ピンクノイズに近い形をしている。

d) 人工海岸(垂直岸壁)

人工海岸(垂直岸壁)における波高と波の音圧ス

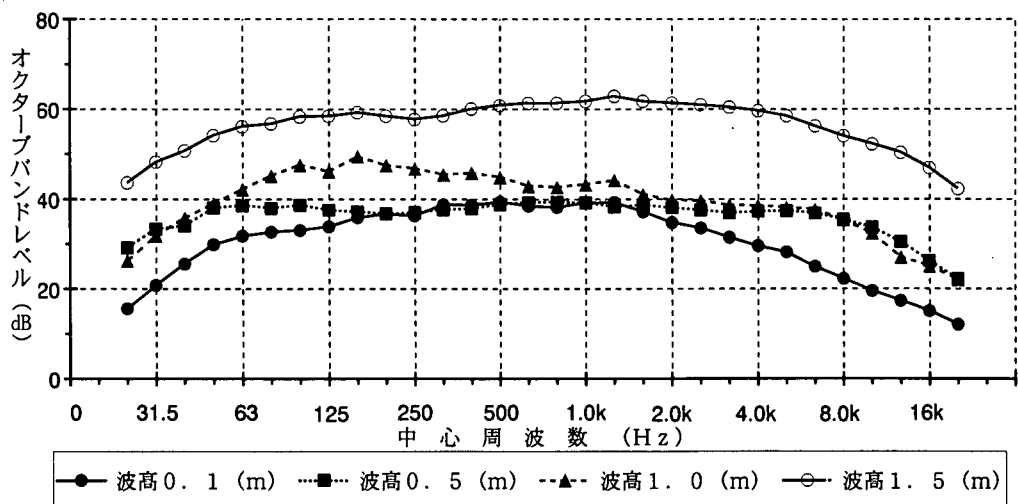


図-5 人工海岸（垂直岸壁）における波の音圧スペクトル

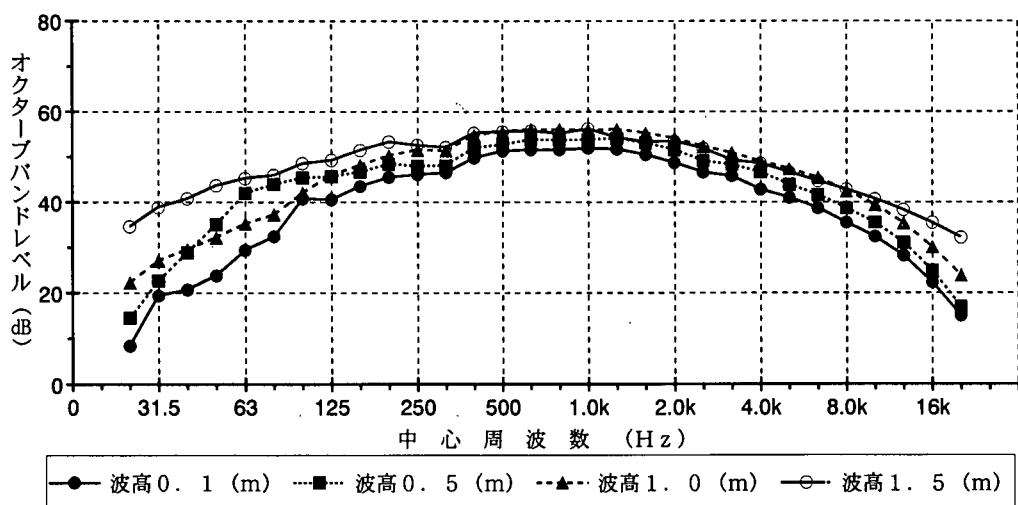


図-6 人工海岸（垂直岸壁+消波ブロック）における波の音圧スペクトル

ペクトルの関係を図-5 に示す。

人工海岸（垂直岸壁）では、波高が高くなるにしたがって音圧レベルも高くなっている。全周波数帯域にわたって比較的音圧レベルの変化が少なく、顕著な音圧スペクトルのピークもみられない。

これは垂直岸壁にあたって発生する碎波の音を中心となっているからと思われる。

e) 人工海岸（垂直岸壁+消波ブロック）

人工海岸（垂直岸壁+消波ブロック）における波高と波の音圧スペクトルの関係を図-6 に示す。

人工海岸（垂直岸壁+消波ブロック）も同様に、全周波数帯域にわたって波高の増加とともに音圧レベルも高くなる傾向にあり、周波数500Hz～1.0kHz程度になだらかな音圧スペクトルのピークがみられ、自然岩場海岸に近くなっている。

これは、消波ブロックでの碎波による波の音の発生によるものと思われ、人工海岸（垂直岸壁）でも消波ブロックを設置することにより、自然岩場海岸に近づけることができることを示している。

(2) その他の海象・気象データと音圧レベルの関係

今般の計測における波周期の計測値は、2.5～8.5秒程度であり、村上らによれば波周期と快適性の間に密接な関係があるようであるが²⁾、今後の検討課題としたい。

また、気温の計測値は、11～24℃程度、湿度の計測値40～69%程度、風速の計測値0.1～9.0m/s程度であったが、いずれも音圧レベルとの間に有意な関係は認められない。

(3) 波の音のリズム性について

灘岡らは、人間にとっての海岸環境を構成する要素として、波の音の果たす役割が意外に大きいことそして”波らしさ”が主として、次式にて定義されるリズム性に依存していることを示している。³⁾

$$R = \frac{L_{\text{peak}} - L_{\text{ave}}}{L_{\text{ave}}}$$

ここで、R：波の音のリズム性

L_{peak}：音圧レベルの最大値

L_{ave}：音圧レベルの平均値

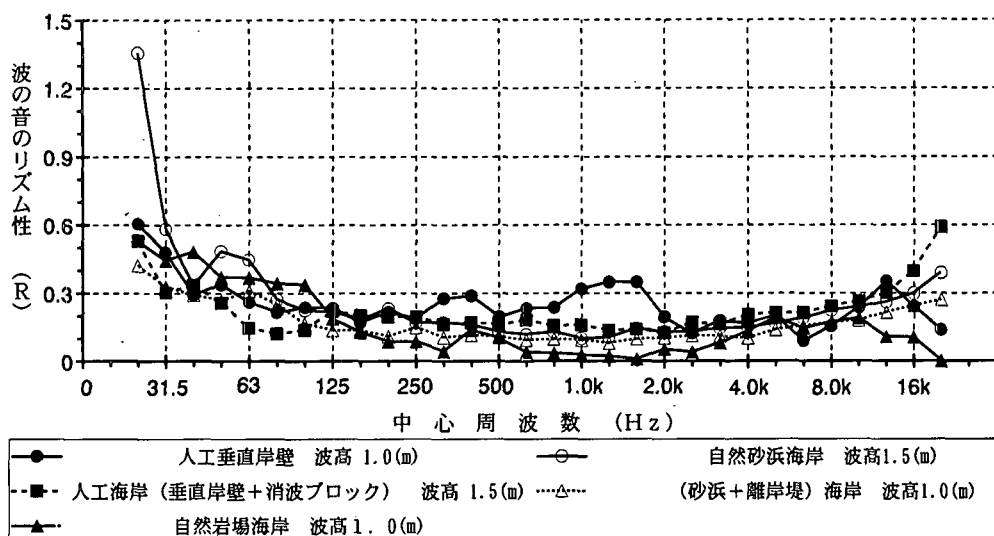


図-7 5計測地点（海岸）での波の音のリズム性

今般の波の音の合計5地点での計測結果から、灘岡らの方法にならって、波の音のリズム性について解析した結果を図-7に示す。

波の音のリズム性は、25～100Hzの低周波数帯域と12～20kHzの高周波数帯域で、ある程度卓越している（ $R \geq 0.3$ ）ことがわかる。

4. まとめ

北部九州の5つの異なる海岸形態の海岸地区における音環境（波の音）の基本的特性に関する計測調査結果についてまとめると、以下のとおりである。

(1) 波の音の波高と音圧レベルの関係について

（砂浜＋離岸堤）海岸、人工海岸（垂直岸壁）、人工海岸（垂直岸壁＋消波ブロック）では、比較的全周波数帯域において、波高の増加にともなって音圧レベルがある程度大きくなる傾向がみられるが、自然砂浜海岸や自然岩場海岸では、かならずしもこのような傾向はみられない。

(2) 波の音の音圧スペクトルについて

（砂浜＋離岸堤）海岸での波の音の音圧スペクトルは、比較的ピンクノイズに近い形をしている。

一方、人工海岸（垂直岸壁）では、比較的フラットな形に近く、顕著な音圧スペクトルのピークもみられない。また、人工海岸（垂直岸壁＋消波ブロック）での音圧スペクトルは、自然岩場海岸に近くなっている。このことは、人工海岸（垂直岸壁）でも消波ブロックを設置することにより、自然岩場海岸に近づけることができ、音環境の快適性といった面からも、自然環境の創出に役立っているといえる。

(3) 波の音のリズム性について

25～100Hz程度の低周波数帯域と12～20kHzの高周波数帯域でリズム性がある程度卓越している。

今後の課題として、各種形態の海岸地区での波や風の音の計測と快適性に関して、アンケート調査などによる評価を進めて行くことが望まれる。

謝辞：最後に、本計測調査にあたって御協力いただいた九州共立大学の関係者に感謝いたします。

参考文献

- 1) 日本建築学会：海洋建築と環境，一計画のための環境の視点一，pp.65-129，1991.
- 2) 村上仁人・細井由彦・上月康則・木下 保：海岸環境における快適性の要因－波の音－に関する一考察，海洋開発論文集，Vol.7，pp.377-380，1991.
- 3) 灘岡和夫・徳見敏夫：海岸の音環境に関する基礎的研究，第35回海岸工学講演会論文集，pp.757-761，1988.
- 4) 松原雄平・野田英明：魚礁から発生する水中音に関する実験的研究，海洋開発論文集，Vol.9，pp.391-396，1993.
- 5) 水谷法美・小島 航・金 俊圭・岩田好一郎：波により潜水着底式構造物から発生する音の特性に関する実験的研究，海洋開発論文集，Vol.12，pp.67-72，1996.
- 6) 水谷法美・金 俊圭・鈴木 篤・富田孝史・岩田好一郎：潜水構造物より発生する波動音圧に関する実験的研究，海洋開発論文集，Vol.13，pp.507-512，1997.
- 7) 大野嘉章：主観的「音」環境記述の意味と役割，環境システム研究，Vol.20，pp.324-332，1992.
- 8) 片山正敏：北部九州の沿岸域における音環境の快適性に関する基礎的調査，海洋開発論文集，Vol.13，pp.501-506，1997.

(1999.4.19受付)