



Title	ホタテ貝養殖漁船における漁労作業用係留装置の改良：緩衝材の利用とその効果
Author(s)	津村, 良祐; 木村, 暢夫; 藤森, 康澄; 岩森, 利弘
Citation	北海道大学水産科学研究彙報, 57(1-2), 19-24
Issue Date	2006-11
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/32482">http://hdl.handle.net/2115/32482</a>
Type	bulletin (article)
File Information	P21-26.pdf



[Instructions for use](#)

## ホタテ貝養殖漁船における漁労作業用係留装置の改良 —— 緩衝材の利用とその効果 ——

津村 良祐<sup>1)</sup>・木村 暢夫<sup>2)</sup>・藤森 康澄<sup>2)</sup>・岩森 利弘<sup>3)</sup>

(2006年5月1日受付, 2006年11月1日受理)

## Improving a Mooring Device of Fishing Boat for Scallop Cultivation —— Utilization of a buffer material and its effect ——

Ryosuke TSUMURA<sup>1)</sup>, Nobuo KIMURA<sup>2)</sup>, Yasuzumi FUJIMORI<sup>2)</sup>  
and Toshihiro IWAMORI<sup>3)</sup>

### Abstract

Ship motions on the small fishing boats for scallop cultivation in *Funka-Bay, Hokkaido*, are usually influenced by the dynamic force of large scale cultivation facilities. On the rough sea condition, it would generate fatal ship motions like large amplitude rolling motion. To reduce such ship motions under fishing conditions, we designed a new type of mooring device with buffer materials used as absorber for ship motions. We carried out the tank experiment used the model in the wave conditions corresponded to the actual fishing operation to confirm the effect of reducing ship motion.

For the waves in the long-period frequently generated under rough sea, the damping effect of the absorber was effective to reduce rolling motion, and accounting for nothing less than 10.0% compared with the normal mooring device without the absorber. As a result, the mooring device with absorber is effective for the improvement of seakeeping qualities of the fishing boats for scallop cultivation.

**Key words**: mooring device, buffer material, small fishing boat, scallop cultivation

### はじめに

ホタテ貝は北海道と青森県とでそのほとんどが生産されており、養殖による生産はその約4割を占めている(農林水産省, 2004)。ホタテ貝の養殖法は垂下式養殖と呼ばれ、採苗から出荷までを海中に張ったロープに垂下して行われる。この養殖方法には、貝殻を直接ロープに取り付けて垂下する耳吊り養殖と養殖カゴにホタテ貝を入れ垂下するカゴ養殖の2種類があるが、いずれの場合でも、長く張られた幹繩にホタテあるいはカゴが付けられた枝繩が取り付けられる。特にジャンボタイプと呼ばれる大型の施設では、幹繩は200mにおよび、その間に多数のホタテあるいはカゴが取り付けられる。なお、幹繩は水深約10mに位置するように調整される(Fig. 1)。

操業時には、これらの枝繩を海面上まで上げて作業を行う。その手順としては、まず幹繩を引き揚げる。その際、幹

繩の両端は海底に固定されていることに加えて、多くの枝繩が吊り下げられているため、作業の間船の片舷側に非常に大きな力がかかった状態となる。また、ホタテの成長にともない枝繩の重量が増加するため、採取時期の作業中ではその重みで船体は6~10度傾斜した状態になる。このような状況下では船体の運動は自由度を失うため、特にうねりや長周期の波を受けた際には非常に危険な状態になることが予想される。

北海道大学練習船うしお丸を用いた波浪計測によると、鹿部漁港の沖合で観測されたホタテ貝採取時期である冬の波の状態について、パワースペクトルの形状が単峰型のみをみると、周期が10秒程度のものが30%、4秒程度のものが47%、3.5秒以下のものが23%である(阿部島直哉, 1999)。これら観測された波、特に長周期の5秒よりも長い波がホタテ貝養殖漁船に及ぼす影響を軽減することは、ホタテ養殖における操業時安全性の向上につながるも

<sup>1)</sup> 北海道大学大学院水産科学院海洋産業科学講座

(Chair of Marine Industrial Science and Technology, Graduate school of Fisheries Sciences, Hokkaido University)

<sup>2)</sup> 北海道大学大学院水産科学院海洋産業科学分野

(Laboratory of Marine Industrial Science and Technology, Graduate school of Fisheries Sciences, Hokkaido University)

<sup>3)</sup> 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター

(Field Science center for Northern Biosphere, Hokkaido University)

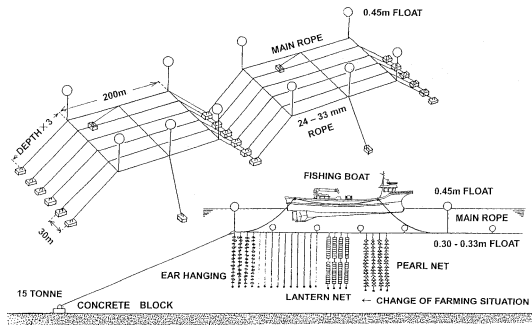


Fig. 1. Cultivation facilities called as "jumbo type".

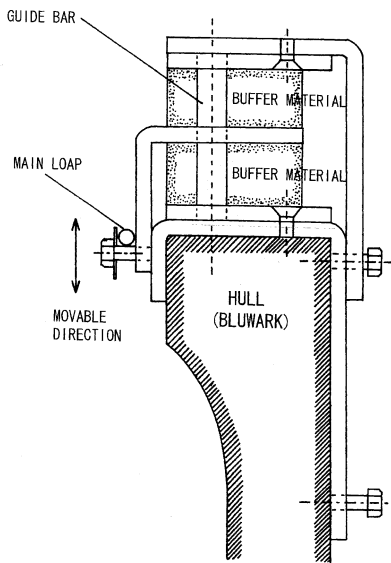


Fig. 2. Mooring devise with the buffer material.

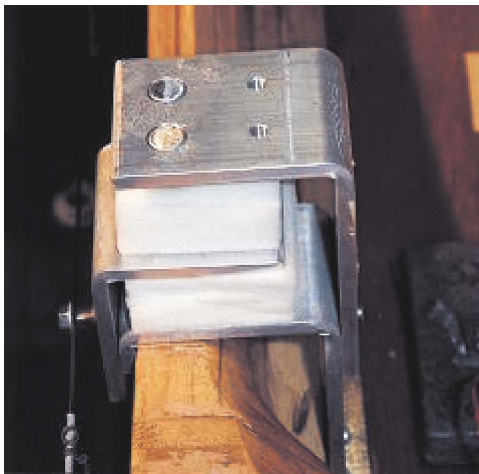


Fig. 3. Picture of mooring device used in the experiment.

のと考えられる。

そこで本研究では、緩衝材を利用して係留ローラーを改良し、長周期の波やうねりの船上作業への影響の軽減を図る事を目的とし、模型実験により改良型ローラー使用時の船体動揺を調べ、その効果について検討した。

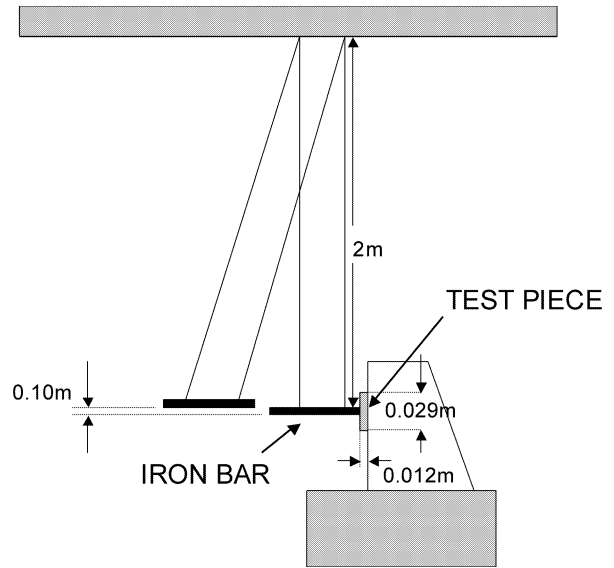


Fig. 4. Schematics of rupke type repulsion elasticity test.

## 材料と方法

### 緩衝材

緩衝材を取り付けた係留ローラーを設計し、アルミ材により製作した (Fig. 2, Fig. 3)。この係留ローラーをホタテ貝養殖漁船の模型船の右舷側船首及び船尾に装着した。緩衝材については低反発素材のポリエステルウレタンフォームとウレタンマットレスを用いた。これは、低反発素材が剛体のバネと違い、吸収した全ての力を反発力に変えるのではなく力を分散させるため、緩衝材に適していると判断したためである。

また、緩衝材の反発特性について、JIS K 6255 で規格化されているリュプケ式反発弾性試験を用いてリュプケ式反発弾性係数  $RL$  を求めた。リュプケ式反発弾性試験の概要を Fig. 4 に示す。試験では長さ 2 m の糸で吊り下げた直径 0.012 m、重さ 0.35 kg の鉄棒を落下高さ ( $L$ ) 0.10 m まで引き上げ、設置した試験片 (厚さ 0.012 m、直径 0.029 m) に当て反発する高さ ( $l$ ) を測定した。緩衝材の反発係数  $RL$  は気温により変化することから、この時の室温を実際のホタテ貝採取時期の冬期での操業環境を考慮して  $0^{\circ}\text{C}$  とした。緩衝材のリュプケ式反発弾性係数  $RL$  は以下の式で求めることができる。

$$RL = 100 \times (l/L) \quad (1)$$

### 模型実験

模型実験は北海道大学水産科学研究院大型水理実験水槽において行った。実験には 7.9GT 型ホタテ貝養殖漁船「丸東丸」の 1/11 縮小模型を用いた (Kimura, 2003; Kimura et al., 2004)。その船体線図を Fig. 5 に、主要目を Table 1 に示す。船体線図から丸東丸は角型、幅広の船型で、

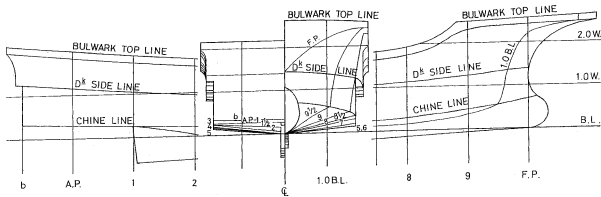


Fig. 5. Lines of scallop cultivation fishing boat "Maruto-Maru".

Table 1 Principal particulars of actual ship and model ship.

	7.9 GT type fishing boat	
	Full Scale	Model
$L_{pp}$ (m)	14.140	1.285
$B$ (m)	3.630	0.330
$D$ (m)	1.250	0.114
$Disp.$ (ton)	17.978	0.013
$d_m$ (m)	0.549	0.050
$Trim$ (m)	0.144	0.013
$KG$ (m)	1.066	0.097
$GM$ (m)	1.207	0.110
$\otimes G$ (m) aft. (+)	1.206	0.110
Model Scale		1/11

張り出し甲板を持ち、乾舷が小さく、ブルワークが相対的に高い小型漁船特有の特徴を有しているのがわかる。今回の実験では採取時期である冬期の半積載状態に相当する3.2tのホタテ貝を甲板上に積んだ状態に設定した。積載がない時と半積載状態時の養殖漁船の静復原てこGZ曲線をFig. 6に示す。半積載状態においても横メタセンタ高さGMが1.207mと十分な初期復原力を有しているが、ブルワークが水没し海水が船上へ浸入すると急激に復原力が悪化する。出荷時期には船体は係留舷側へ6~10度横傾斜した状態で作業することとなり、この状態において大角度振

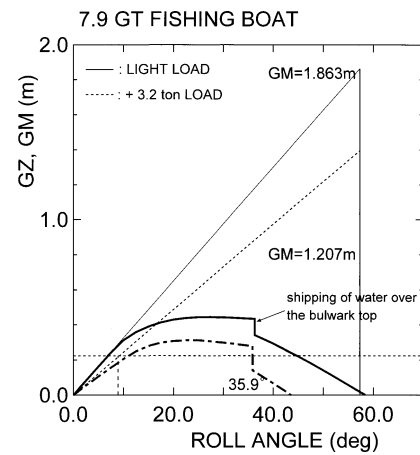


Fig. 6. Restoration lever curve of cultivation fishing boat.

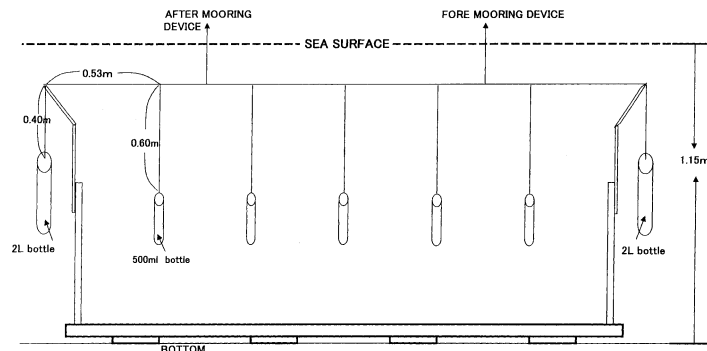


Fig. 7. Model of scallop cultivation facilities.

Table 2 Characteristics of buffer materials.

BUFFER MATERIAL	RL	THICKNESS (m)	THICKNESS UNDER MOORING (m)
NON		0.038	0.038
A1	26.90	0.038	0.027
A2	26.90	0.050	0.035
A3	26.90	0.025	0.010
B1	21.16	0.040	0.017
B2	21.16	0.060	0.035
B3	21.16	0.020	0.012
C1	19.12	0.040	0.028
C2	19.12	0.060	0.035
C3	19.12	0.020	0.010

Table 3 Regular waves in the experiment.

	WAVE LENGTH (m)	WAVE HEIGHT (m)	WAVE PERIOD (s)	WAVE NUMBER
1	6.53	0.12	2.25	0.96
2	6.02	0.13	2.14	1.05
3	5.19	0.14	1.98	1.21
4	4.32	0.11	1.72	1.47
5	3.81	0.09	1.57	1.65
6	3.47	0.06	1.43	1.83
7	2.48	0.04	1.23	2.54
8	1.97	0.03	1.07	3.20
9	1.41	0.03	0.95	4.48
10	1.23	0.02	0.88	5.13

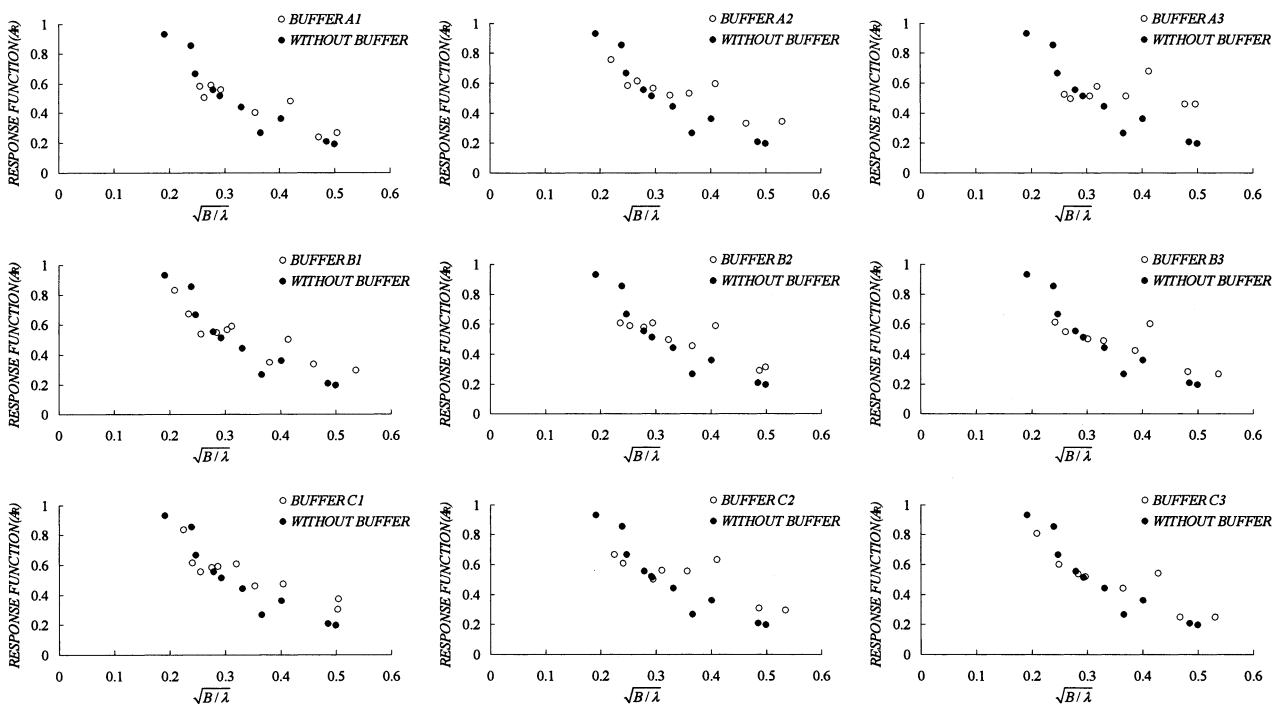


Fig. 8. Roll response function.

幅で横揺れすると、荷崩れや海水の打ち込みなどを引き起こす危険がある。実際、操業中の転覆事故が報告されており、動揺軽減は安全上重要である。

実験は大型水槽に設置した養殖施設モデルに模型船を係留して、右舷側から横波を受ける状態で行った。実験中の模型船は船体6自由度がフリーの状態であった。設置した養殖施設モデルの概要を Fig. 7 に示す。各枝縄にはホタテ貝に相当する重量と抵抗を与えるためのポトルを装着した。実験は、係留ローラーに緩衝材を入れない状態のもの、3種類の緩衝材 A, B, C について厚みが違うものをそれぞれ3種類用意し、計10パターンについて実験を行った。Table 2 に各パターンで使用した緩衝材の特性を示した。実験では、Table 3 に示す10種類の波長の規則波を造波し計100回の計測を行った。造波した波においては、波傾斜がほ

ぼ6°になるように波高を調整した。規則波は0.30 m間隔で設置した容量式波高計2台で計測した。

1回の実験の計測時間は40秒とし、模型船の船体重心に取り付けた動揺計測装置により、Roll角(deg, 以下横揺れとして扱う)、Pitch角(deg), Yaw角(deg), 左右方向の加速度成分(m/s<sup>2</sup>, 以下Sway加速度とする), 上下方向の加速度成分(m/s<sup>2</sup>, 以下Heave加速度とし, 上下揺れ成分として扱う)を計測した。今回はこれらの運動成分のうち、操業時安全性に関連深いRoll角とHeave加速度を対象に解析を行った。

#### 船体運動の解析方法

計測した規則波データについて周期T(s), 波長λ(m), 波速ν(m/s), 波高H(m)および波数kを求める。横揺れに関

Table 4 Effect of each buffer material.

Buffer material	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
$\sqrt{B/\lambda}$	0.26	0.25	0.27	0.26	0.25	0.26	0.26	0.24	0.25
Reduction rate (%)	17.43	11.93	11.21	11.86	11.76	10.22	9.15	8.79	9.42
Reduced roll angle (deg.)	1.07	0.75	0.71	0.72	0.73	0.63	0.55	0.53	0.59
Measured roll angle (deg.)	5.05	5.54	5.59	5.37	5.49	5.56	5.47	5.47	5.67

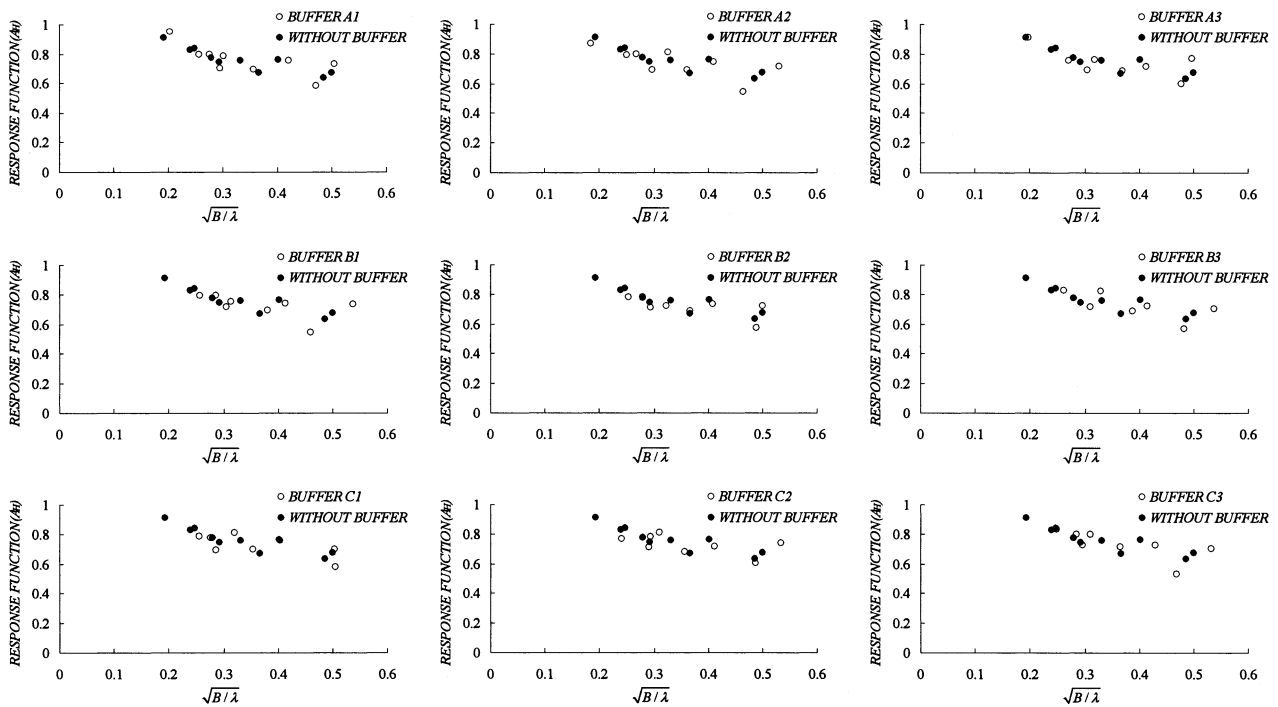


Fig. 9. Heave response function.

しては規則波データと併せて、横揺れ応答関数を、上下揺れも同様に、規則波データと併せて上下揺れ応答関数を求める。推定方法を以下に示す。

$$A_R = \theta_R / kH \quad (2)$$

ここで  $A_R$  は横揺れ応答関数である。 $\theta_R$  は横揺れ倍振幅 (rad),  $k$  は波数 ( $k = 2\pi/\lambda$ ) である。

$$A_H = a_H / ((2\pi/T)^2 \times H) \quad (3)$$

(3) 式中の  $A_H$  は上下揺れ応答関数,  $a_H$  は上下方向の加速度 ( $m/s^2$ ) の倍振幅である。

### 結果と考察

海上において周期 10.0 秒の波は模型スケールに換算すると周期 3.0 秒の波となる。横揺れ応答関数の結果を Fig. 8 に示す。Fig. 8 に示した  $\sqrt{B/\lambda}$  が約 0.25 よりも小さい領域である波長は、模型スケールで 1.4 秒よりも長い周期であり、実際の海上ではこの波よりも波長の長い波の割合が全体の 6 割を占めている (阿部島直哉, 1999)。このことから、

$\sqrt{B/\lambda}$  が 0.25 前後の領域に着目し、同領域において動揺が軽減された割合 (%), 軽減された横揺れ角, 計測された横揺れ角を Table 4 に示した。

Table 4 から最も大きな軽減が見られた緩衝材とその時の厚さは、緩衝材 A で厚さが 0.038 m の時であり、軽減割合は 17% であった。その他の 9 種類の場合においても約 10% の軽減が見られた。以下に横揺れ、上下揺れ別に結果を比較する。

### 横揺れ

Fig. 8 より緩衝材 A~C を用いることにより長周期、( $\sqrt{B/\lambda}$  がおよそ 0.25 よりも小さい領域) では横揺れ倍振幅 ( $\theta_R$ ) が軽減されていることがわかる。軽減の割合は、緩衝材 A においては 11% 以上, 緩衝材 B では 10% 以上, 緩衝材 C では約 9% であった。このように緩衝材を入れることで横揺れを抑えることに成功している。横揺れ角から見ても、6 度を超える揺れを 5 度程度に軽減している。一方、短周期の領域では緩衝材を付けることで応答関数の値自体は大きくなった。これは、実際の条件に実験の波傾斜の条件

を合わせるため、規則波の波高が 0.05 m 以下となり、結果的に横揺れ振幅にあまり差が生じなかったためと考えられる。

緩衝材で比較すると、反発弾性係数が高いものの方が軽減効果が向上した。また厚さの変化による差は、厚いものと薄いものでは、薄くしたもののほうが僅かではあるが軽減率が向上した。

### 上下揺れ

上下揺れについては、Fig. 9 に示したように、横揺れの場合のような明らかな動揺の軽減効果は認められなかった。長周期領域でも短周期領域でも上下揺れ応答関数  $A_H$  はおおよそ 0.70~0.80 の間であった。大きな軽減は得られなかったが揺れの増大も見られず、緩衝材が入ったことによる船体の上下運動への影響はほとんどないものと推測される。

以上のことから、緩衝材を入れることで船体の横揺れ運動の軽減が可能であることが示唆された。また、緩衝材の厚さにより応答に差が出たことから、最も大きな緩衝効果を得ることができる最適な厚さを求める必要があると考えられる。なお、今回用いた緩衝材は低温下では反発係数が

増し、緩衝材としての役目を果たさなくなる。したがって、今後は低反発素材に変わるより適切な素材、あるいは装置についても検討する必要がある。

なお、本研究は科学研究費補助金（基盤研究 B）、文部科学省・日本学術振興会平成 16 年度—平成 18 年度（課題番号 16360430）の一環として行われたことを付記する。

### 参考文献

- 農林水産省 (2004) 平成 16 年漁業・養殖業生産統計。
- 井筒耕平 (2002) ホタテ貝養殖漁船の施設係留時入射波方向と横揺れに関する研究. 日本航海学会論文集, **104**, 117-124.
- 阿部島直哉 (1999) 船舶観測による噴火湾の波浪特性について. 日本航海学会論文集, **98**, 93-101.
- Kimura, N. (2003) On a Forecasting Model of Rolling Motion of Small Fishing Vessels for Scallop Hanging Culture under Fishing Operation —Neural Network Approach for the Non-linear Phenomenon—. 数理水産科学, **1**, 93-102.
- Kimura, N. and Ueno, K. (2004) An Approach by a Neural Network Model for the Estimation of the Rolling Motion on the Fishing Boat. 数理水産科学, **2**, 114-123.