

# 落網型小型定置網における箱網の目合い拡大に伴う網吹かれと流況との関係（ノート）

舛田大作，山田雄太

The effect of increasing mesh size of bag net in small trap-net “Otoshiami” and the relationship between the net depth and currents

DAISAKU MASUDA AND YUTA YAMADA

落網は、明治時代後期に開発され大正時代に普及した日高式大謀網や上野式大謀網等に昇網や箱網を取り付けることで陥穽機能を強化したもので、日々の操業では身網の一部である箱網のみを揚網することで、操業に要する作業人員や労力をそれまでよりも大幅に削減しており、昭和以降、多くの定置網漁場で導入されている漁具である。落網における箱網は、網の規模と漁獲量との関係についてまとめた報告事例<sup>1,2)</sup>のように、定置網による漁獲の最終段階に関与し、箱網の規模が大きければ入網した魚の網内への滞留割合が高くなることが期待できる。その反面、操業コストの面では、箱網の漁具費用や日々の操業、保守管理に要する労力は、定置網の他の部分に比べると多いため、箱網は小規模であることが望ましい。このことから、箱網の規模について検討する場合には、期待する漁獲量とともに漁具費用や操業する漁船規模、操業人員等についても考慮する必要がある。また、箱網は入網した魚群を滞留させ、日々の操業により箱網内に滞留した魚群を魚取へ集積させる必要があることから、箱網の目合いは操業時に網内の魚群が通過しないよう他の部分と比べて細かい網地が使用されるため、潮流による網の変形が発生しやすい。このことから、定置網の漁獲増大を図ることを目的として取り組まれた過去の事例には、箱網の流れによる変形に関する報告<sup>3-11)</sup>や網の変形を抑制するために目合いを拡大した報告<sup>12,13)</sup>がある。

長崎県が令和2年度から4年度に実施した定置

網漁業育成強化事業は、大型台風や急潮等の気象変化に対応した定置網漁業の経営モデル確立を事業目的としており、大規模な気象変化に対応するために漁具の改良等を行う漁業者を支援し、漁具改良の効果を地域に普及させる事業であった。当該事業では、漁具の改良効果を検証するために、総合水産試験場が改良前後において漁場の流況と漁具の深度を調査し、その調査結果を取りまとめ、漁具の改良前後における流況に対する漁具深度の状況を漁業者へ報告してきた。これまで、流れによる箱網の変形を抑制するための目合い拡大の取り組みは、大型定置網を対象として行われることが多かったが、当該事業では小型定置網でも取り組まれた。本報告では、小型定置網の箱網の目合い拡大による効果を取りまとめるとともに、当該定置網の箱網の潮流等による網吹かれに及ぼす影響についても検討した。

## 材料および方法

**漁場および漁具改良** 箱網の改良を行った定置網は、平戸市田平町北部地先の水深約 18 m の場所に、身網が南北方向に敷設されており、網型は垣網、運動場、昇網、箱網からなる両端口片落網で、北側に配置された箱網の全長は約 60 m である。改良前の箱網には、魚取部やその周辺を除いて目合い 10 節 (34 mm) の網地を大部分で使用していたものを、改良後には 10 節の網地の 8 割程度を 8 節 (43 mm) に拡大するとともに、網糸の本数を 18 本から 25 本に増やして網糸の強化

を図った(表 1, 図 1)。なお, 10 節から 8 節に目合いを拡大した箇所では, 使用した網地の長さと同掛け目, 箱網の仕立て上がりの長さを改良前から変更していないことから, 改良前後で縮結は変わ

らず, 目合いの増加に対応して網地の広がり幅も増え, 網丈は改良前に比べて約 1.3 倍増加したものと推定される。

表 1 箱網の漁具仕様

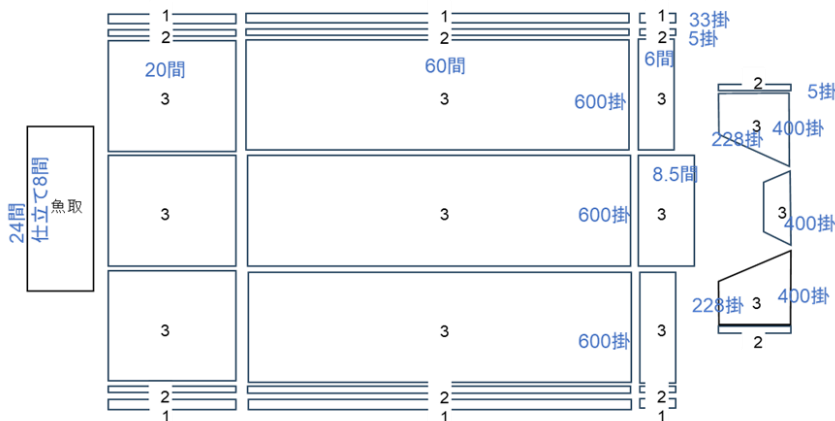
改良前

No	網地素材	目合い
1	ポリエチレン 30 本 結節	6 節
2	ポリエチレン 45 本 結節	5 節
3	テトロン 18 本 無結節	10 節
魚取	テトロン 18 本 ラッセル	12 節
	テトロン 20 本 ラッセル	16 節

改良後

No	網素材	目合い
1	ポリエチレン 30 本 結節	6 節
2	ポリエチレン 45 本 結節	5 節
3	テトロン 18 本 無結節	10 節
3'	テトロン 25 本 無結節	8 節
魚取	テトロン 18 本 ラッセル	12 節
	テトロン 20 本 ラッセル	16 節

改良前



改良後

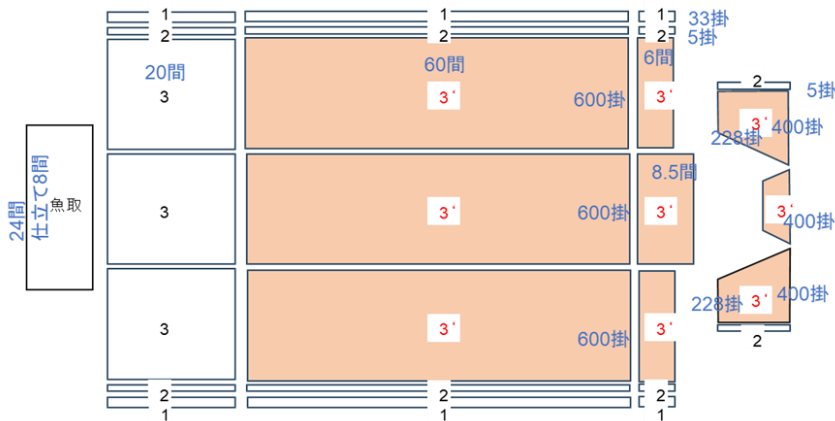


図.1 箱網の漁具展開図

**漁場および漁具調査** 目合いの拡大効果を検証するため、漁具の改良前後において箱網周辺の流況と網底部の深度をそれぞれ計測した。箱網魚取の沖の海底から 10 m の中層に流向流速計 (INFINITY-EM, JFE アレック社製) を設置し、箱網底面 4 箇所(1)に深度計 (DEFI2-D20, JFE アレ

ック社製) を取り付けて、それらの流向流速計と深度計を同時刻に 10 分間隔で計測、記録するように設定した。なお、改良前の観測では、流向流速計を固定するための錨付近にも深度計を取り付けて、漁場の水深変化についても併せて確認した(表 2, 図 2)。

表 2 流向流速および網深度の観測概要

箱網	調査期間	観測項目	観測数
改良前 10 節	2022 年 2 月 26 日 10:00 ～3 月 21 日 4:50	流向流速	3282
		網深度 4 カ所	3282
		漁場水位	3282
改良後 8 節	2022 年 4 月 9 日 10:00 ～5 月 7 日 5:50	流向流速	4008
		網深度 4 カ所	4008

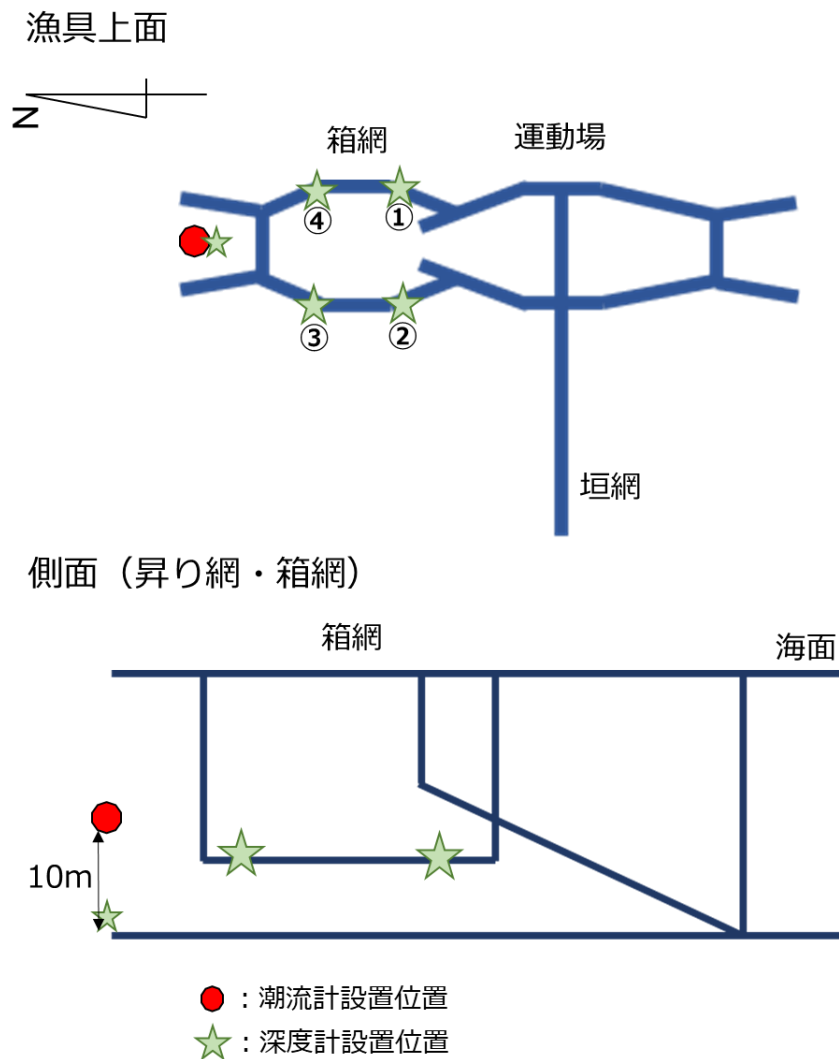


図.2 観測機器設置位置図

**漁具改良効果の推定** 箱網の目合い拡大の効果を検討するため、調査期間中の箱網底部4箇所の網深度を求めるモデルを仮定して解析を行った。モデル解析の説明変数には、流向流速計の観測結果に加えて、漁具改良前後の目合い、風向、風速（気象庁平戸観測所データ）を設定した。解析では、まず、箱網底部の深度の変化についてどの説明変数が重要な要因であるのか検出するため樹木モデル<sup>14)</sup>によって確認した。樹木モデルは次式のとおりである。

$$\text{depth} \sim \text{Net} + \text{Current\_spe} + \text{Current\_dir} + \text{Wind\_spe} + \text{Wind\_dir} + \text{Position}$$

ここで、漁具(Net)の改良によって漁具の深度が変化しているものと仮定して、漁具の改良前と改良後に分類した。流向流速計による観測結果である流速(Current\_spe)は連続変数、流向(Current\_dir)は8方位のカテゴリに分類した。風速(Wind\_spe)と風向(Wind\_dir)は、気象庁長崎地方気象台平戸観測所における気象データから1時間毎の平均風速と風向を求め、風速は連続変数、風向は16方位のうち北北西と北、北北東方向を北(N)、北東から南東方向を東(E)、南南東から南南西を南(S)、南西から北

西を西(W)と無風(F)の5のカテゴリに分類した。また、深度計を取り付けた位置(Position)によって深度が異なるものと仮定した(表3)。次に、樹木モデルによって検出された要因毎に、網深度を求める一般化線形モデル (Generalized Linear Models, GLM) を仮定して、それぞれの要因の条件下における網深度の変化に及ぼす流速等の影響について解析した。網深度モデルは次式のとおりである。網深度モデル：

$$\text{depth} \sim N(\mu, \sigma^2)$$

$$\mu = \alpha + \text{Net} + \text{Current\_spe} + \text{Current\_dir} + \text{Wind\_spe} + \text{Wind\_dir} + \text{Position}$$

解析には、統計解析ソフト R ver.4.3.3 により、樹木モデルでは rpart パッケージの rpart 関数、GLM では mgcv パッケージの glm 関数を用いた。説明変数の選択は AIC (Akaike's information criterion) を選択基準値とし、MuMIn の dredge 関数を用いて最小 AIC 値を求め、最小値のモデルを最適モデルとして選択した。また、最適モデルに含まれる説明変数それぞれの影響を調べるため、その説明変数を減らしたことによって変化した AIC 値の差 ( $\Delta\text{AIC}$ )<sup>15)</sup>を求めた。

表3 樹木モデル解析と一般化線形モデル (GLM) 解析の説明変数

説明変数	因子
Net	2 カテゴリ (改良前, 改良後)
Current_speed	連続変数 (0~0.39)
Current_direction	8 カテゴリ (N,NE,E,SE,S,SW,W,NW)
Wind_speed	連続変数 (0.19~19.05)
Wind_direction	5 カテゴリ (N,E,S,W,F)
Position	4 カテゴリ (1,2,3,4)

## 結果

### 漁場の流況

改良前の漁具を敷設した期間中 (2022年2月26日~3月21日) に観測した流向は、北と北西が約57%を占め、これらの方向の流れが主体であった。流速は、落網の作業が困難になるといわれている0.4ノット (20.58 cm s<sup>-1</sup>) を超える流れは観測されなかったものの、南東方

向への流れが最大0.27ノット (13.89 cm s<sup>-1</sup>) となるなど、頻度は少ないものの北、東、南東、北西の方向で0.2ノット (10.29 cm s<sup>-1</sup>) を超える流れが観測された。改良後の漁具を敷設した期間中 (2022年4月9日~5月7日) の流向は、北と北西が約40%を占め、これらの方向の流れが主体であった。流速は、改良前の期間と同様に0.4ノット

トを超える流れはなく、北東方向への流れが最大  
0.39 ノット ( $20.06 \text{ cm s}^{-1}$ ) となり、北、北東、東、

南東、南、南西の方向で 0.2 ノットを超える流れ  
が観測された(図 3)。

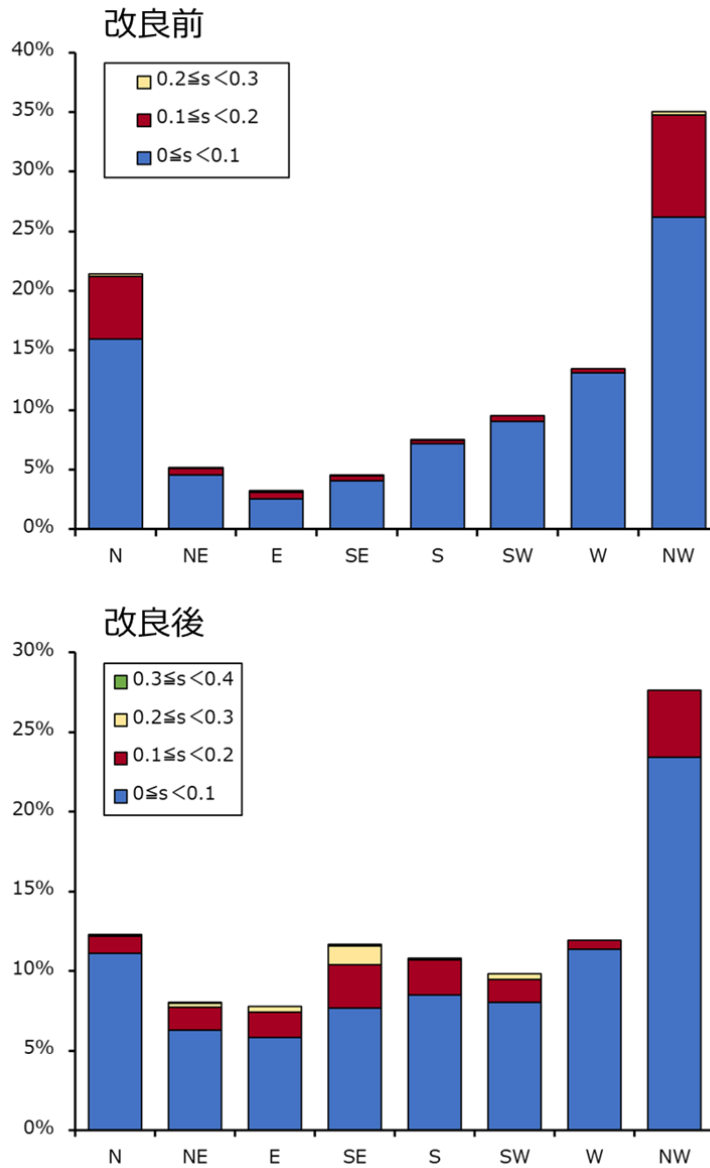


図.3 流向流速頻度分布

**箱網底面の漁具深度** 箱網底面 4 箇所の深度計の深度は、改良前よりも改良後のほうが深くなり、流速 0.1 ノット未満時の箱網底面 4 箇所の平均深度は、改良前が 11.2m (標準偏差 1.06) から 13.5m (標準偏差 0.93)、改良後が 19.2m (標準偏差 0.99) から 19.4m (標準偏差 1.02) であった。流速 0.1 ノット以上の場合には、流速が速くなるに従って網深度の浅くなる頻度が高くなり、流速 0.1 ノット未満時に比べて、0.2 ノットの流速時には、改良

前の網では 2.2m から 4.0m、改良後の網では 4.9m から 9.1m 平均深度が浅くなった(表 4, 図 4)。また、0.2 ノット以上の速い流れが確認された東と南東、南方向では、速い流れに対して著しく網深度が変化した(図 5)。

なお、改良前の漁具を敷設した期間に、流向流速計を固定する錨付近で観測した深度計の深度は、平均 18.2m (最小 16.9m, 最大 19.5m) で、当該漁場の水深と一致した。

表4 箱網の網深度の観測結果

改良前					改良後				
位置	流速	観測数	平均(m)	標準偏差	位置	流速	観測数	平均(m)	標準偏差
1	0.1未満	2718	11.2	1.06	1	0.1未満	3296	19.4	1.02
	0.1~0.2	539	9.7	1.26		0.1~0.2	612	18.5	2.38
	0.2~0.3	25	9.0	1.15		0.2~0.3	93	14.5	3.81
	0.3~0.4					0.3~0.4	7	13.0	3.31
2	0.1未満	2718	12.1	0.97	2	0.1未満	3296	19.3	1.55
	0.1~0.2	539	11.8	1.61		0.1~0.2	612	16.9	3.64
	0.2~0.3	25	9.7	2.38		0.2~0.3	93	10.9	4.15
	0.3~0.4					0.3~0.4	7	8.5	2.88
3	0.1未満	2718	11.6	1.18	3	0.1未満	3296	19.3	1.41
	0.1~0.2	539	9.2	1.79		0.1~0.2	612	16.9	3.41
	0.2~0.3	25	8.4	2.40		0.2~0.3	93	10.2	3.42
	0.3~0.4					0.3~0.4	7	8.5	1.94
4	0.1未満	2718	13.5	0.93	4	0.1未満	3296	19.2	0.99
	0.1~0.2	539	11.8	1.56		0.1~0.2	612	18.2	2.15
	0.2~0.3	25	9.5	1.26		0.2~0.3	93	13.9	3.27
	0.3~0.4					0.3~0.4	7	12.1	2.55

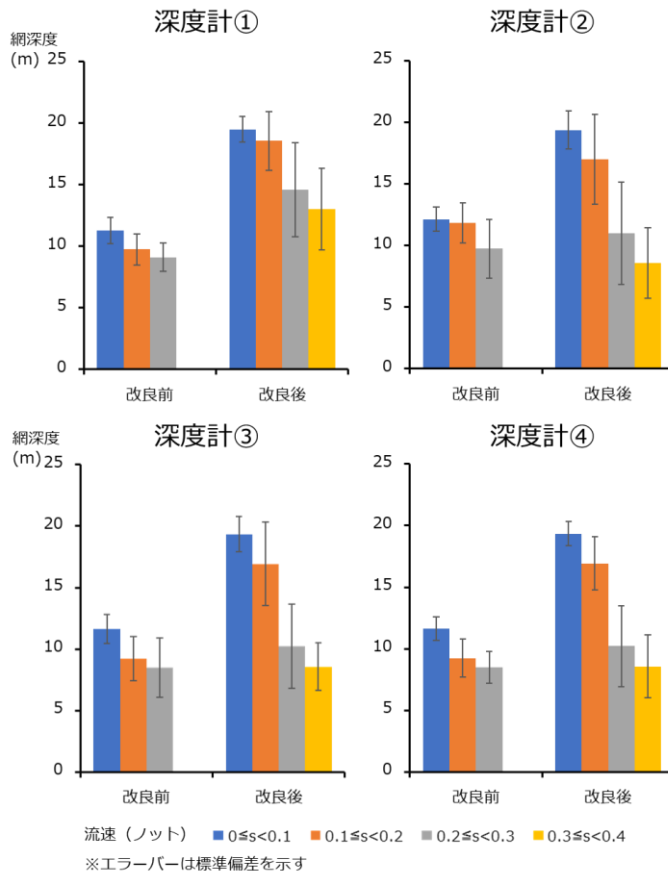


図4 流速階級別の箱網の平均網深度

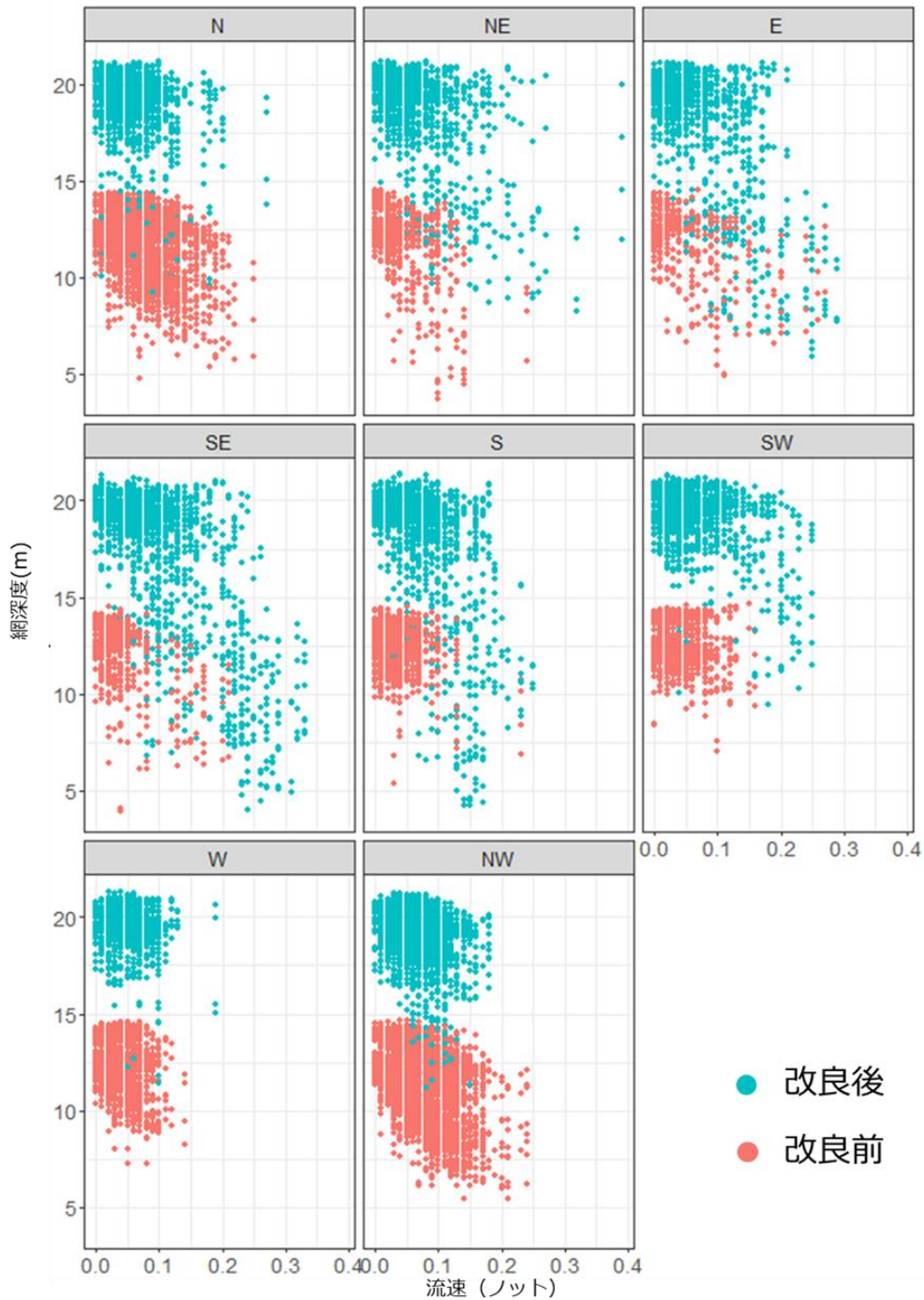
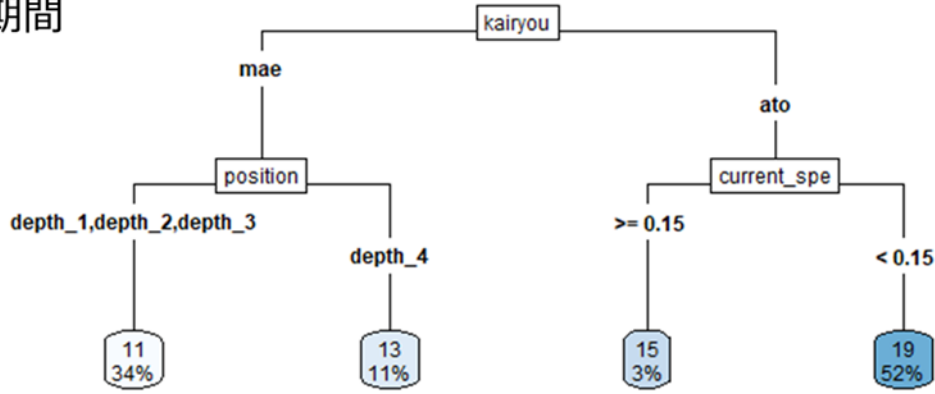


図.5 流向別の流速と網深度の関係

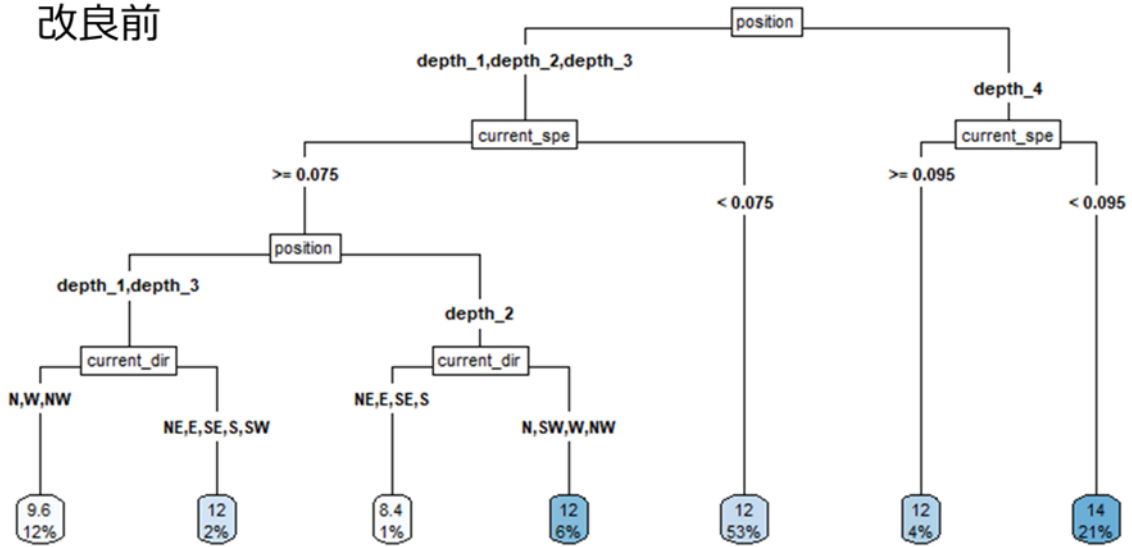
**漁具改良効果の推定** 樹木モデル解析の結果、箱網底部の深度を説明する最も重要な変数は漁具 (*Net*) で、次に、改良前の漁具では深度計の取り付け位置 (*Position*)、改良後の漁具では流速 (*Current\_spe*) が検出された。改良前では、魚取り側に取り付けられた深度計 No.4 がその他の深度計 (No.1, No2, No3) の深度とは異なるものとして分

けられ、改良後では、流速 0.15 ノットを境界値として、流速 0.15 ノット未満の時と 0.15 ノット以上の時とに分けられた。さらに、改良前と改良後それぞれに、樹木モデル解析を行った結果、改良前では深度計の取り付け位置の他に流速、流向が、改良後では流速の他に風速、流向、取り付け位置が検出された(図 6)。

全期間



改良前



改良後

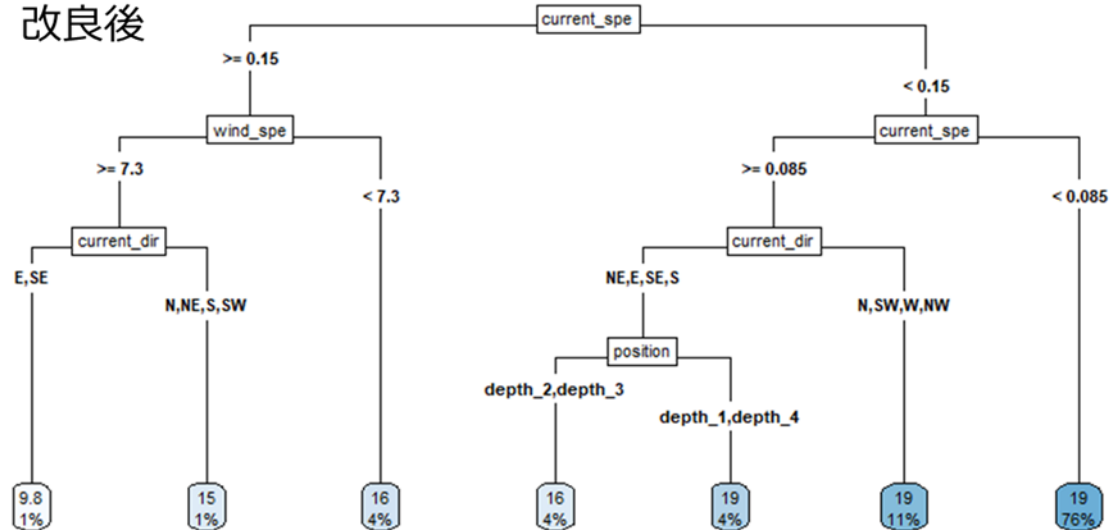


図.6 網深度に対する樹木図

樹木モデル解析によって検出された漁具，改良前漁具の深度計取り付け位置，改良後の流速について，それぞれの条件の下で GLM 解析を行った。

モデル1：改良前深度計 No.1, No2, No3

$$\mu = \alpha + \text{Current\_spe} + \text{Current\_dir} + \text{Wind\_spe} + \text{Wind\_dir} + \text{Position}$$

モデル2：改良前深度計 No.4

$$\mu = \alpha + \text{Current\_spe} + \text{Current\_dir} + \text{Wind\_spe} + \text{Wind\_dir}$$

モデル3：改良後流速 0.15 ノット以上

$$\mu = \alpha + \text{Current\_spe} + \text{Current\_dir} + \text{Wind\_spe} + \text{Wind\_dir} + \text{Position}$$

モデル4：改良後流速 0.15 ノット未満

$$\mu = \alpha + \text{Current\_spe} + \text{Current\_dir} + \text{Wind\_spe} + \text{Wind\_dir} + \text{Position}$$

表5 GLM 解析最適モデルのパラメータと  $\Delta$ AIC 値

説明変数	モデル1 Estimate P	モデル2 Estimate P	モデル3 Estimate P	モデル4 Estimate P
選択モデル AIC	30576.4	8656.9	5137.8	53154.5
$\alpha$ (Intercept)	11.95 <0.01	14.24 <0.01	28.85 <0.01	20.37 <0.01
<i>Current_spe</i>	$\Delta$ AIC=1679.8 -13.91 <0.01	$\Delta$ AIC=956.0 -14.77 <0.01	$\Delta$ AIC=194.7 -41.07 <0.01	$\Delta$ AIC=1033.0 -12.75 <0.01
<i>Current_dir</i> (relative to 'N')	$\Delta$ AIC=159.4	$\Delta$ AIC=314.5	$\Delta$ AIC=146.1	$\Delta$ AIC=424.5
NE	-0.08 0.17	-0.66 <0.01	-1.84 <0.01	-0.17 <0.01
E	0.14 0.05	-1.05 <0.01	-3.90 <0.01	-0.35 <0.01
SE	0.16 <0.01	-0.82 <0.01	-3.67 <0.01	-0.26 <0.01
S	0.35 <0.01	-0.30 <0.01	-6.01 <0.01	-0.40 <0.01
SW	0.25 <0.01	0.21 <0.01	-3.34 <0.01	0.15 <0.01
W	0.002 0.95	0.16 <0.01	-0.44 0.79	0.29 <0.01
NW	-0.16 <0.01	-0.01 0.71	-1.56 0.02	0.24 <0.01
<i>Wind_spe</i>	$\Delta$ AIC=23.1 -0.02 <0.01	$\Delta$ AIC=176.6 -0.07 <0.01	$\Delta$ AIC=10.0 -0.11 <0.01	$\Delta$ AIC=244.1 -0.05 <0.01
<i>Wind_dir</i> (relative to 'N')	$\Delta$ AIC=28.3	$\Delta$ AIC=174.4	$\Delta$ AIC=45.1	$\Delta$ AIC=88.5
E	0.08 0.11	-0.009 0.89	-3.34 <0.01	-0.19 <0.01
S	0.02 0.53	0.58 <0.01	2.42 <0.01	0.19 <0.01
W	-0.12 <0.01	0.41 <0.01	1.21 0.03	0.10 <0.01
F	0.04 0.77	0.08 0.70	-	-0.63 0.03
<i>Position</i> (relative to '1')	$\Delta$ AIC=1370.3	-	$\Delta$ AIC=188.3	$\Delta$ AIC=82.3
2	1.05 <0.01	-	-3.07 <0.01	-0.25 <0.01
3	0.22 <0.01	-	-3.47 <0.01	-0.28 <0.01
4	-	-	-0.47 0.10	-0.23 <0.01

GLM 解析の結果、モデル1から4までの全てのモデルにおいて、仮定した説明変数全てを含んだモデルが選択され、それぞれのモデル内の説明変数の影響を求めた $\Delta$ AICは流速の影響が最大となった。続いて $\Delta$ AICの値が大きくなる変数は、流向 (*Current\_dir*) または深度計の取り付け位置であった。改良前の漁具に取り付けた深度計の位置のうち、魚取り側に取り付けた深度計 No.4 の深度を求めたモデル2とその他の位置の深度を求めたモデル1の流向に対する網深度の影響を比べると、モデル2では、北東から東、南東、南方向の流れでモデル1よりも深度が浅くなると推定された。改良後の箱網で流速が0.15ノット以上の網深度を求めるモデル3では、他のモデルに比べて説明変数のパラメータの値が高く、流速が速い場合には網深度の変化が大きくなると推定され、流向は北東から東、南東、南、南西方向の流れで、深度計の取り付け位置はNo2, No3でそれぞれ網深度が浅くなると推定された。風速 (*Wind\_spe*) や風向 (*Wind\_dir*) の影響は潮流の影響に比べるとわずかであるものの、風速が強くなると網深度が浅くなると推定された。深度計の取り付け位置よりも風速風向の影響を強く受けたモデル2とモデル4では、北と東方向の風は南と西方向の風よりも網深度が浅くなると推定された(表5)。

## 考 察

箱網の目合いを拡大する漁具改良を行った小型定置網において、漁具改良前後の箱網底部の網深度と漁場の流況を観測した結果、改良後には箱網底部の網深度が深くなったことが確認され、設計通りに網丈が増したものと推察される。また、流速が0.1ノット未満の時には、改良後の箱網は当該漁場の水深よりも箱網底部の深度が深く、箱網底部は海底に着底しているものと推察される。

調査期間中の箱網底部の網深度変化への影響を求めた樹木モデルとGLM解析結果からも、漁具改良によって網深度が深くなったことにより、調査期間中の箱網底部の網深度は漁具の影響を強く受け、次に漁具改良前では深度計の取り付け位置、

漁具改良後では流速0.15ノットの境界値が要因として検出された。改良前の箱網の魚取りの沖側に取り付けた深度計 No.4 の深度を求めるモデル2の場合、箱網の沖から流れてくる南方向や箱網の横から流れてくる北東から南東方向の流れに対して、網深度が浅くなると推定された。すなわち、箱網の沖から流れてくる南方向の流れに対して箱網は吹かれやすく、石戸谷<sup>7)</sup>の報告でも箱網の魚取り側は三枚口付近に比べると網が吹かれやすく、魚取り側から昇網に向かって流れる逆潮時は、真潮時に比べて箱網が吹かれやすくなることが報告されている。改良後の箱網深度を求めるモデル3と4では、流速0.15ノットを境界値として網深度と流速の関係が大きく変化しており、流速0.15ノット以上の流速では著しく網が吹かれると推定された。稲田<sup>9)</sup>や石戸谷<sup>7)</sup>の報告でも流速が $0.1\text{ m s}^{-1}$  (約0.2ノット) 以下の場合には止水時の箱網容積を保持し、それ以上の流速になると箱網の容積は大きく減少することが報告されている。また、流速0.15ノット以上の流れが箱網の横方向から流れてくる北東と東、南東の方向や箱網の沖から流れてくる南方向の速い流れに対して、著しく網深度が変化していることについても稲田<sup>9)</sup>の報告と一致した。すなわち、同じ流速であっても流向によって箱網の吹かれは大きく異なり、箱網は、昇網から魚取り側に向う流れに比べて、箱網の横または魚取り側から流れてくる流れによって変形しやすい。このことから、当該定置網では箱網を北側に配置することで、流れの頻度が高い北と北西方向への流れに対して、箱網の吹かれが軽減されているものと考えられる。

箱網の網深度は潮流以外にも風の影響を受けており、潮流の影響に比べるとわずかではあるが、風が吹くことにより網の深度が浅くなり、流向の影響と同様に箱網の沖から吹く北と東方向の風によって網の深度が浅くなると推定された。このことから、強風時の海面付近では風の力が加わり流況を観測した漁場の中層よりも流速が速くなり、箱網上部の網が変形して網の底部が上昇した可能性も考えられる。

今回、漁具改良前後に流況と網深度を計測した小型定置網の箱網では、0.1ノット前後の流れでも箱網底部の深度が浅くなり、漁具の仕様は異なるものの大型定置網の模型網試験の結果<sup>67)</sup>に比べると比較的緩やかな流れでも網が変形していた。今回の箱網は、漁具の仕様が比較的単純で網地量も少ないため、大型定置網の箱網と比べて網が吹かれやすかったと考えられる。ただし、同程度の流速で漁具の改良前後を比較した場合には、改良後のほうが網深度は総じて深く、漁具の改良によって箱網の容積を改良前の箱網よりも確保でき、速い流れによる箱網の網吹かれが原因となる入網魚群の逸出は軽減されたものと考えられる。

目合いの細かい網地を使用することが多い箱網では、網規模に関わらず比較的緩やかな流れでも網地が変形していると推察され、箱網の目合いを拡大する試みは、網の吹かれを抑制する面では有効な手段の一つであると考えられる。

## 文 献

- 1) 平元泰輔. 鰯漁獲量と箱(袋)網の容積について(予報). ていち 1978 ; 54 : 24-29.
- 2) 石田義久. 定置網の箱網容積と入網漁獲量について. ていち 1982 ; 62 : 54-59.
- 3) 河岸賢, 井上壽, 西岡純, 飯塚覚. 定置網の網成り調査の一例. 京都海セ研報 1984 ; 8 : 15-21.
- 4) 長洞幸夫. 定置網の箱網容積と漁獲量の関係について. 岩手水試年報 1987 ; 142-152.
- 5) 森山豊. 定置網漁場の流況と網成りについて. 千葉水試研報 1992 ; 50 : 1-7.
- 6) 稲田博史, 小池篤, 竹内正一, 平元泰輔, 石戸谷博範. 落とし網の箱網の流れによる容積変化. 東水大研報 1997 ; 83 : 139-152.
- 7) 石戸谷博範. 相模湾における急潮と定置網の防災に関する研究. 神奈川水技セ論文集 2001 ; 1 : 1-108.
- 8) 上野陽一郎, 和田洋藏, 田中雅幸. 定置網の箱網容積と漁獲量の関係. 京都海セ 1998 ; 20 : 48-55.
- 9) Bo-Kyu Hwang, Hyeon-Ok Shin. Analysis on the movement of bag-net in set-net by acoustic telemetry techniques. *Fish. Sci.* 2003; 69: 300-307.
- 10) Jong-Wan Tae, Hyeon-Ok Shin. Acoustic analysis of volume variation in a bag-net within a set-net. *Fish. Res.* 2006; 80: 263-269.
- 11) 野呂英樹, 内田圭一, 秋山清二, 宮本佳則, 東海正, 高松敦, 田中友樹. 超音波テレメトリーでモニターされた大型定置網の箱網容積に及ぼす流況の影響について. 水産工学 2024 ; 60 : 104-116.
- 12) 上野陽一郎, 和田洋藏, 戸嶋孝, 傍島直樹. 落とし網型定置網における漁獲量増加のための一手法-II 第二箱網の目合拡大が漁獲に与える影響. 京都海セ研報 2000 ; 22 : 16-21.
- 13) 上野陽一郎, 久田哲二, 熊木豊, 河岸賢. 大型定置網における第二箱網の目合 脚長 75.8mm の導入効果. 京都海セ研報 2002 ; 25 : 13-18.
- 14) Michael J.Crawley. 統計学: R を用いた入門書(野間口謙太郎, 菊池泰樹訳). 共立出版, 東京. 2009 ; 211-227.
- 15) Masuda D, Kai S, Yamamoto N, Matsushita Y, Suuronen P. The effect of lunar cycle, tidal condition and wind direction on the catches and profitability of Japanese common squid *Todarodes Pacificus* jigging and trap-net fishing. *Fish. Sci.* 2014; 80: 1145-1157.

