

トロール網の離着底時の挙動の解析

武田篤史^{1*}, 不破 茂², 江幡恵吾²

Behavior of trawl net at touched and left bottom

Atsushi Takeda^{1*}, Shigeru Fuwa², Keigo Ebata²

Key words: Trawl net, Behavior of trawl net at touched and left bottom
Head rope, Ground rope,

Abstract

This research is focused on the problem of environment destruction at the seabed due to fishing by bottom trawls. The aim of this research is to reduce the damage to the seabed by fishing gear.

Experiments were conducted in the East China Sea between June 16, 2007, and June 18, 2007, by Training ship Kagoshima-maru. In the experiments, a self-recording depth meter was fitted on a bottom trawl net on the head and ground ropes for clarifying the motion of the net. The experiments were conducted during a normal fishing operation and a hove-up, let-go warp (in this, the warp is first normally set, then is hove up three times every 20 m, and is then let go three times every 20 m).

The motion of the bottom trawl net can be clarified by analyzing the data acquired by the self-recording depth meter. In future, the motion of the bottom trawl gear including otter boards need to be clarified; the experiments and analysis methods need to be improved: - and more data need to be recorded. If these goals are fulfilled, this research will provide useful data for developing a fishing method using a bottom trawl, that would cause reduce damage to the seabed.

緒 言

底びき網漁業の生産量は1972年にピークを迎え、その後減少傾向にあるものの、2013年でも海面漁業生産量の約21%を生産する重要な漁業種である。¹⁾ (農林水産統計Web: http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/pdf/gyogyou_seisan_13s_141010.pdf) しかし、底びき網漁業には混獲・投棄の問題、海底生息場への影響などの問題がある。これまでの底びき網漁業技術は効率と利益を目的として発達してきた背景がある。しかし、現在は海洋生態系への悪影響を最小限に抑えながら生産活動を行うように転換を求められている。2006

年、10月～11月にかけて開催された国連非公式協議において、IUU (違法・無報告・無規制) 漁業や過剰漁獲能力問題への的確な対応や、底びき網等が公海深海底の生態系に影響を与えている問題に関し、各国が個別にあるいは地域漁業機関を通じて緊急に行動することを求める「持続的漁業決議」がまとめられた。²⁾ このように底びき網漁業の生態系への影響は国際的な問題である。底びき網漁具が海底と接触しながら曳網されると、通過した範囲に分布した生物を取り去るだけでなく、海底地形の改変³⁾ や堆積物の再拡散⁴⁾ など、底生生物群集の生息場を変化させる可能性⁵⁾ も指摘されている。このように

1 鹿児島大学水産学部附属練習船かごしま丸 (Training Ship Kagoshima-maru, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 4-50-20 Shimoarata, Kagoshima 890-0056, Japan)

* Corresponding author, Email: takeda@fish.kagoshima-u.ac.jp

2 鹿児島大学水産学部漁業工学分野 (Fisheries Engineering Field, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 4-50-20 Shimoarata, Kagoshima 890-0056, Japan)

海底生息場への影響が問題とされ始めた。この問題解決のために、離着底兼用トロール網の開発⁶⁾やオッターボードの性能評価と新型オッターボードの提案⁷⁾や微離底曳網⁸⁾が研究されている。

これらはどれも新しい漁具の開発だが、本研究では着底曳網が海底生産場へ影響する問題を解決する簡便な方法として既存の漁具で曳網速力の増加や、ワープの巻き取りにより漁具を強制的に浮上させる離底曳き⁹⁾を応用し、漁具を離底するかしないかぎりぎりの条件で曳網することにより、漁獲の減少を抑えて海底に与える影響を緩和する方法を考えた。そこで本研究では漁具に自記式深度計を装着して、漁具の深度を解析することにより、離着底時の漁具の挙動を推定し、底びき漁具の海底に与える影響を緩和することを目的とした。

材料及び方法

通常操業実験

鹿児島大学附属練習船かごしま丸（総トン数1297.08トン）で東シナ海において2007年6月16日～18日に6回のトロール操業を行った。操業の概略はTable 1.に掲げた。ワープ伸出量（ワープ長）を1,2回目は水深の3.1倍の420m、3回目は水深の3.2倍の400m、4, 5回目は水深の3.3倍の400m、6回目は水深の3.2倍の460mとした。トロール網の展開図をFig. 1に示す。この網は一般的な6枚構成網であり全長33.0 m、ヘッドロープ長

42.4 m、グランドロープ長53.7 mである。

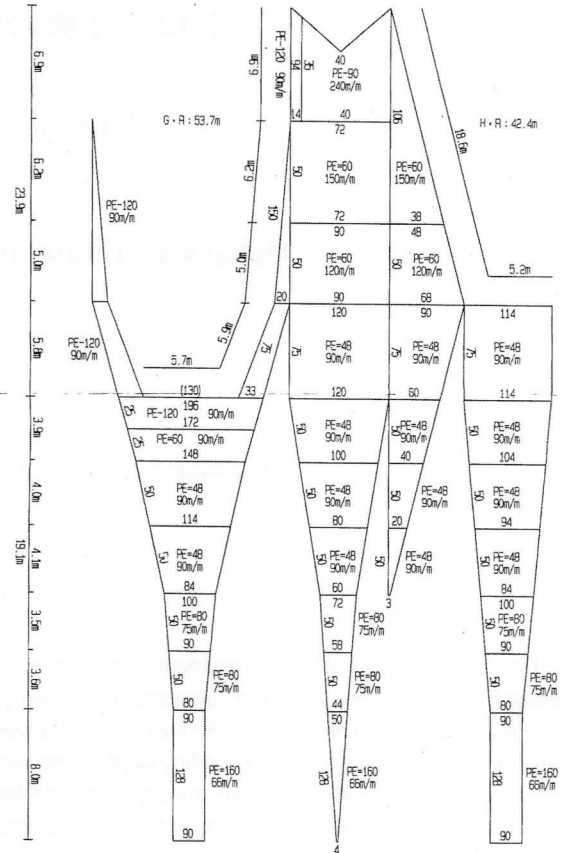


Fig. 1: Design of the bottom trawl net used in the study

Table 1 Specification on the experimental towing

Operation No.		Position	Ship speed (kt)	Warp:L(m)	Depth:Dep (m)	L/Dep
1	Deployment	31°42.0N 127°36.4E	3.0	420	137	3.1
	Hauling up	31°31.8N 127°40.3E				
2	Deployment	31°31.1N 127°40.3E	3	420	134	3.1
	Hauling up	31°24.2N 127°35.7E				
3	Deployment	30°49.1N 127°29.9E	3.3	400	125	3.2
	Hauling up	30°38.9N 127°26.9E				
4	Deployment	30°38.8N 127°26.7E	3.2	400	122	3.3
	Hauling up	30°32.4N 127°26.5E				
5	Deployment	30°35.1N 127°26.2E	3	400	122	3.3
	Hauling up	30°41.4N 127°25.5E				
6	Deployment	32°09.2N 127°44.4E	3	460	143	3.2
	Hauling up	32°01.6N 127°41.5E				

操業時には漁具の挙動を把握するため、自記式深度計(アレック電子株式会社製 MDS-MKV/D)をヘッドロープ、グランドロープの右袖先、右袖中央、網口中央及び左袖先とした。自記式深度計の装着概略図はFig. 1にA~Fで示す。自記式深度計は測定間隔を1秒とし、操業時の衝撃から保護するために鉄パイプの内部に収納して網に装着した。操業時には着底/離底時の条件を把握するために水深・ワープ張力・主機関回転数・対地速力・ピッチ角・ワープ長・網口高さを1分間隔で野帳に記録した。
ワープ巻き上げ、巻き出し実験

トロール網の離着底時の挙動を把握するため6回目の操業時にはワープを460m伸出させ曳網した後、ワープ長440mで10分間曳網し、次にワープ長420mで10分間曳網し、次にワープ長400mで10分間曳網し、次にワープ長420mで10分間曳網し、次にワープ長440mで10分間曳網し、次にワープ長460mで10分間曳網するというをした。概要をFig. 2に示す。この時曳網速力は3.0ktで一定とした。また自記式深度計は、通常操業実験時と同様に装着し曳網条件も同様に記録した。

結 果

通常操業実験

着底/離底時の推定

自記式深度計から得られたデータをパソコンに取り込み、まず操業日ごとに区分した。次に計測機器番号より、右袖先グランドロープ側、ヘッドロープ側、右袖中央

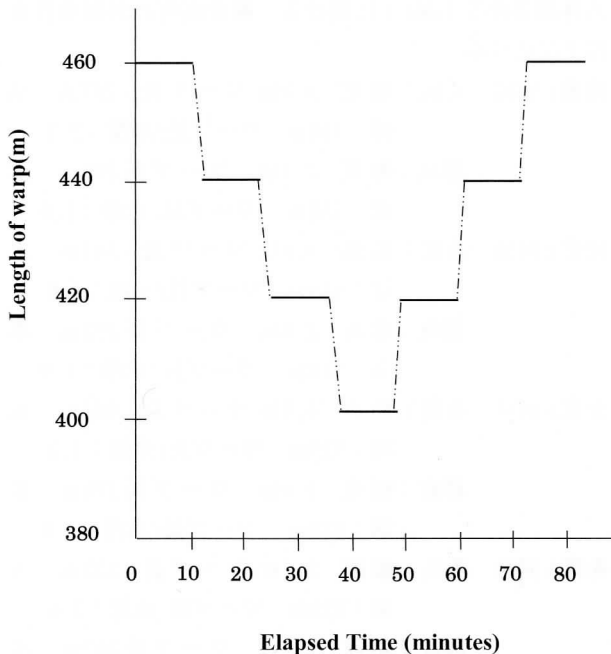


Fig. 2: The time series of change on the experimental long of the warp

グランドロープ側、ヘッドロープ側、網口中央グランドロープ側、ヘッドロープ側及び左袖先グランドロープ側、ヘッドロープ側に整理し、解析した。操業1回目と操業2回目で2台の深度計が故障し、右袖先、網口中央、左袖先だけのデータとなった。3回目以降は深度計の数が減ったので装着位置を変更した。装着位置は右袖先、右袖中央、網口中央とした。

大まかな離着底時を把握するために、操業別・装着場所毎に深度の経時変化グラフを作成した。一例をFig. 3に示す。このグラフにおいて着底時、離底時を次のように決定した。着底時は深度変化率が増加からほぼ一定になる時刻、離底時は深度変化率が一定から増加する時刻とした。この時刻の前後10分を着底または離底時の深度データとしてピックアップした。次に、ピックアップした深度データは1秒間隔なので、野帳の計測間隔と合わせて1分間ごとの平均を求め、1分ごとの深度データとした。このデータから離着底時の時刻を次に述べるような方法で確定しようとした。着底時には網高さが減

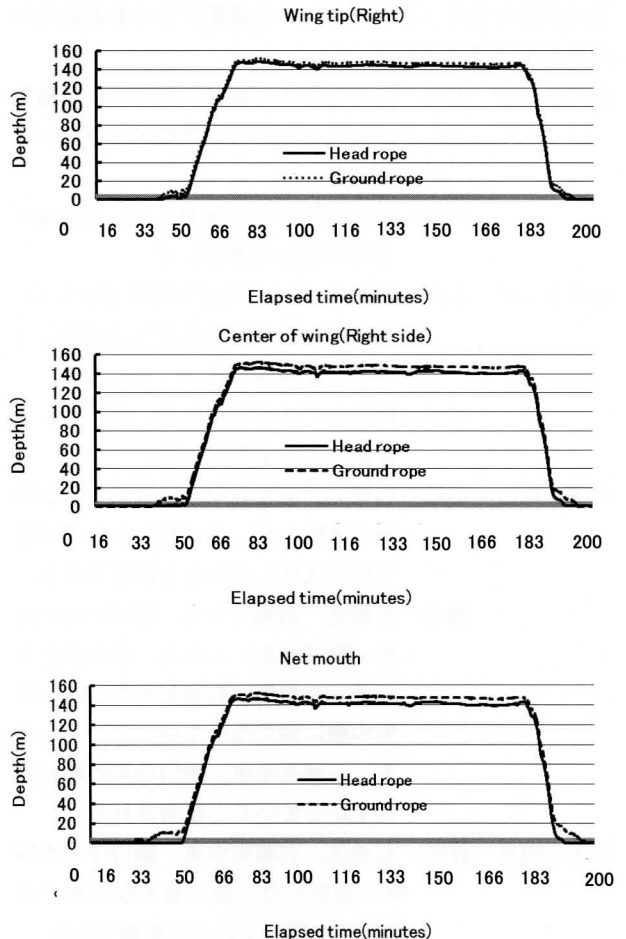


Fig. 3 Relationship between depth and elapsed time

少し、離底時には網高さが増加すると考えられるので、グランドロープ深度 (DG) とヘッドロープ深度 (DH) の深度差を網高さ (NH) として時刻ごとのグラフを作成した。網高さ (NH) は (1) 式で定義した。

$$NH = DG - DH \quad (1)$$

NH : 網高さ (m) DH : ヘッドロープ側深度 (m)

DG : グランドロープ側深度 (m)

しかし、網高さ (NH) の変化が明確でなく、離着底時を確定出来なかった。そこで離着底時は深度変化量が著しく変化するであろうと考えグランドロープ深度の変化量に着目した。深度変化量 (以後 ΔDG とする) は (2) 式で定義した。着底時は ΔDG がプラスから0になった時刻、離底時は ΔDG がマイナスから0になった時と定義した。

$$\Delta DG = DG_{t-1} - DG_t \quad (2)$$

DG_{t-1} : 時刻 $t-1$ のグランドロープ深度 (m)

DG_t : 時刻 t のグランドロープ深度 (m)

ΔDG : 深度変化量 (m)

深度変化量と時刻のグラフを Fig. 4.1 ~ Fig. 4.4 に示す。この図よりどの部分から離着底したかが読み取られ、漁具の挙動を知ることが出来た。各操業ごとの離着底時の漁具の挙動は以下に述べる。

操業1回目 着底: 左袖先がまず着底。約1分後右袖先が着底。その約1分後網口中央が着底した。

離底: 網口中央がまず離底した。その約1分後両袖先が離底した。

操業2回目 着底: 両袖先、網口中央が同時に着底した。故に袖先から網口は平行に沈降していると推察される。

離底: 両袖先がまず離底した。その約1分後網口中央が離底した。

操業3回目 着底: 右袖先、右袖先中央、網口中央が同時に着底した。故に袖先から網口は平行に沈降していると推察される。

離底: 右袖先、右袖先中央、網口中央が同時に離底した。しかし、深度変化量の値が右袖先、右袖先中央、網口中央の順に高くなっているため、右袖先、右袖先中央、網口中央の順に浮き上がっていくと推察される。

操業4回目 着底: 右袖先、右袖先中央、網口中央が同時に着底した。故に袖先から網口は平行に沈降していると推察される。

離底: 右袖先、右袖先中央、網口中央が同

時に離底した。しかし、深度変化量の値が右袖先、右袖先中央、網口中央の順に高くなっているため、右袖先、右袖先中央、網口中央の順に浮き上がっていくと推察される。

操業5回目 着底: 右袖先、右袖先中央、網口中央が同時に着底した。故に袖先から網口は平行に沈降していると推察される。

離底: 右袖先、右袖先中央、網口中央が同時に離底した。しかし、深度変化量の値が右袖先、右袖先中央、網口中央の順に高くなっているため、右袖先、右袖先中央、網口中央の順に浮き上がっていくと推察される。

操業番号6 着底: 右袖先、右袖先中央、網口中央が同時に着底した。故に袖先から網口は平行に沈降していると推察される。

離底: 右袖先、右袖先中央、網口中央が同時に離底した。しかし、深度変化量の値が右袖先、右袖先中央、網口中央の順に高くなっているため、右袖先、右袖先中央、網口中央の順に浮き上がっていくと推察される。

離着底時の外部条件

離着底時の推定で離着底時刻を明らかに出来たのでその時刻を野帳と照らし合わせて、離着底時の外部条件の影響を検討した。着底時の外部条件を Table 2 離底時の外部条件を Table 3 に掲げる。離着底時の外部条件を以下に述べる。

操業1回目 着底: 船速 3.0kt ワープ長: 287m 水深: 134m ワープ長/水深: 2.1

離底: 船速 2.3kt ワープ長 259m 水深: 135m ワープ長/水深: 1.9

操業2回目 着底: 船速 3.8kt ワープ長: 347m 水深: 133m ワープ長/水深: 2.6

離底: 船速 2.6kt ワープ長 252m 水深: 134m ワープ長/水深: 1.9

操業3回目 着底: 船速 4.5kt ワープ長: 401m 水深: 125m ワープ長/水深: 3.2

離底: 船速 1.9kt ワープ長 371m 水深: 123m ワープ長/水深: 3.0

操業4回目 着底: 船速 3.7kt ワープ長: 322m 水深: 122m ワープ長/水深: 2.6

離底: 船速 1.7kt ワープ長 282m 水深: 123m ワープ長/水深: 2.3

操業5回目 着底：船速 3.7kt ワープ長：365m 水
深：122m ワープ長/水深：3.0

離底：船速 1.6kt ワープ長214m 水
深：120m ワープ長/水深：1.8

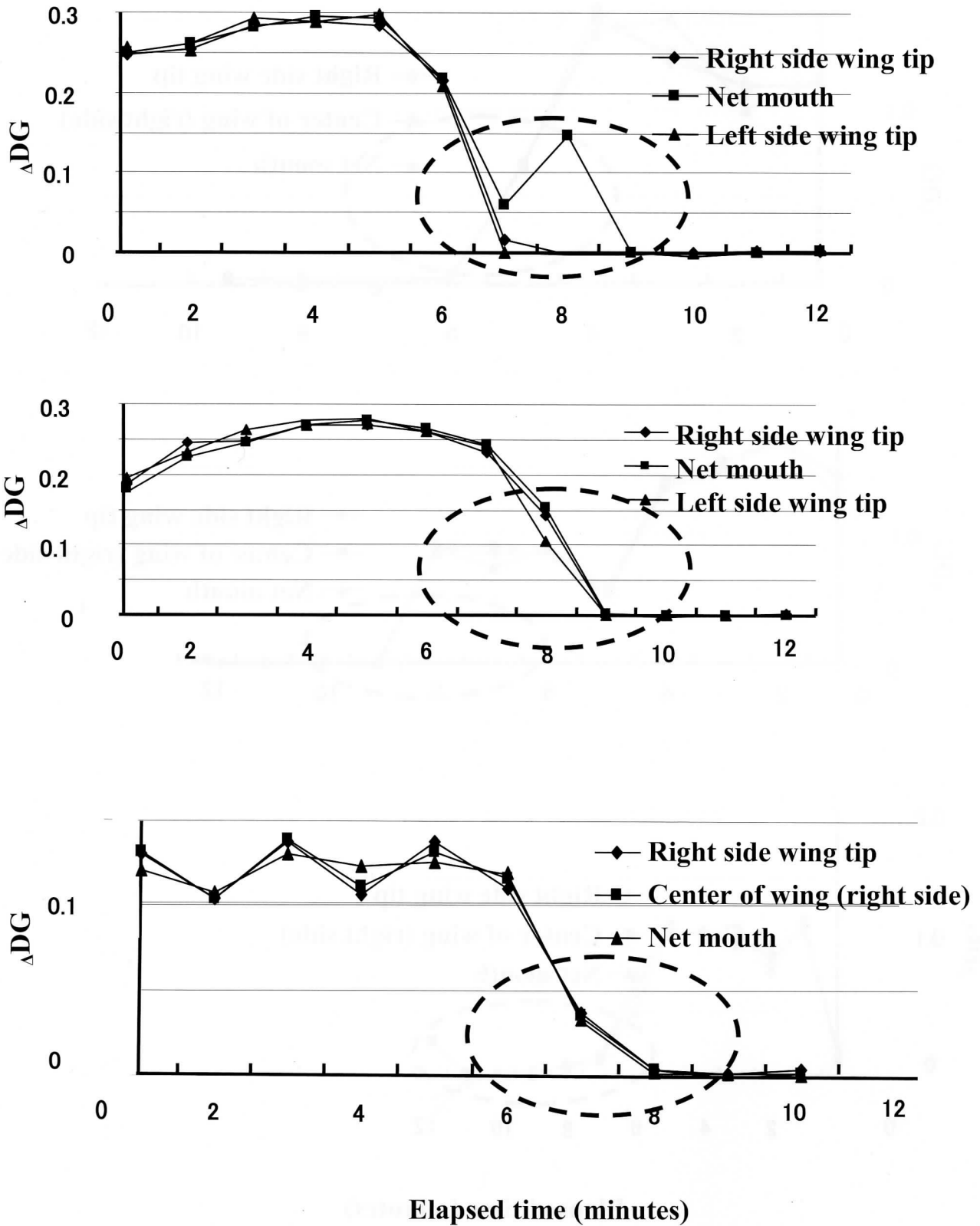


Fig. 4.1: Change of ΔDG at touched on bottom. Dotted circle shows that time of touched bottom. First time operation, touched bottom (top). Second times operation, touched bottom (middle). Third times operation, touched bottom (bottom).

操業6回目 着底：船速 2.5kt ワープ長：420m 水
深：147m ワープ長/水深：2.9

離底：船速 2.8kt ワープ長428m 水
深：145m ワープ長/水深：3.0

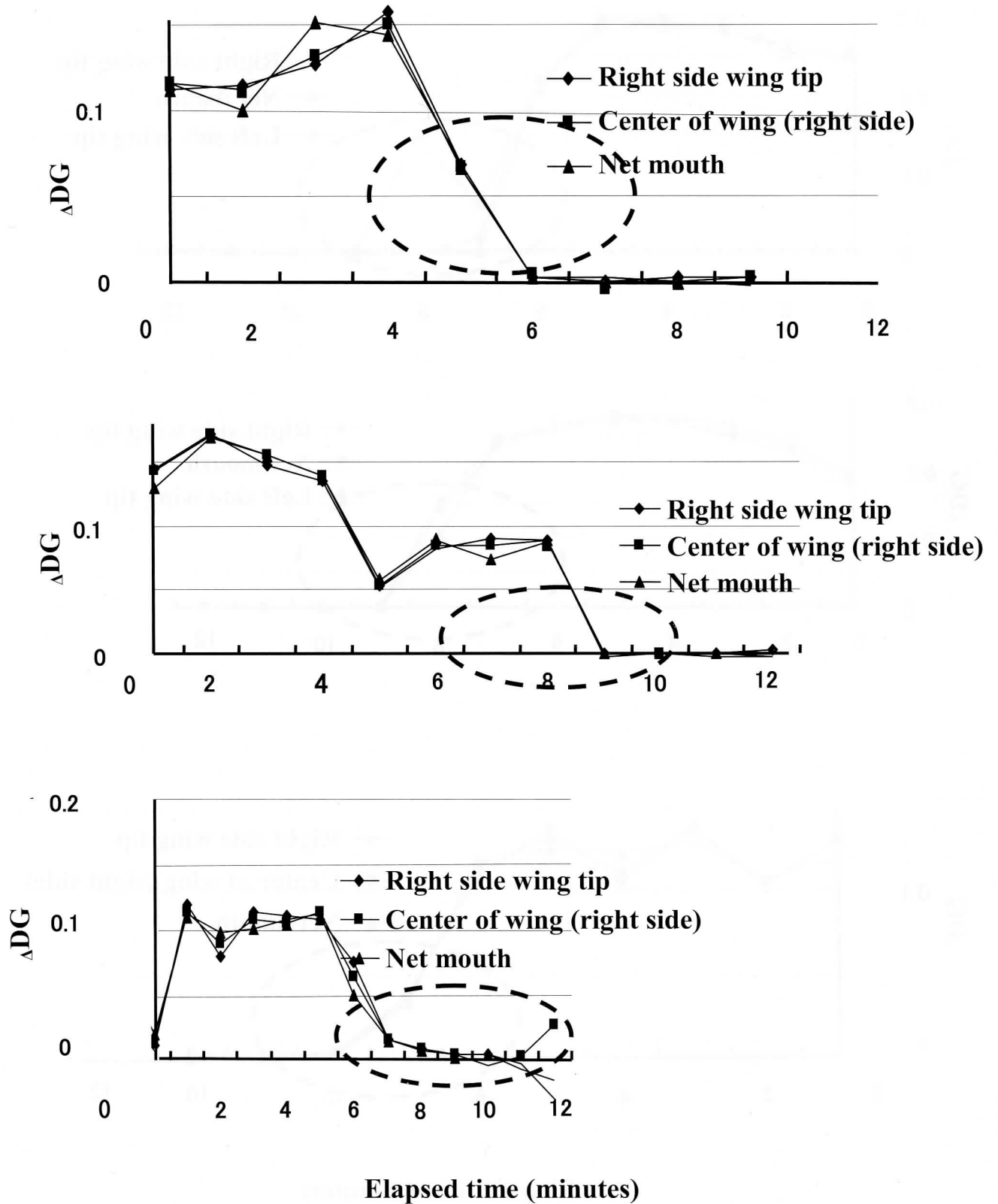


Fig. 4.2: Change of ΔDG at touched on bottom. Dotted circle shows that time of touched bottom. Fourth times operation, touched bottom (top). Fifth times operation, touched bottom (middle). Sixth times operation, touched bottom (bottom).

ワープ巻き上げ、巻き出し実験

野帳からワープ長を変化させた大略の時刻に対応する深度計の深度データから1分間ごとの平均を求め、1分間の深度データとした。着底時は ΔDG が0からプラス

の値を示す時刻、離底時は ΔDG が0からマイナスの値を示す時刻と定義した。 ΔDG と時刻の関係をFig. 5に示す。Fig. 5よりワープ長巻き上げでは離着底の定義から漁具は一度離底するが、すぐに着底する。ワープ繰り

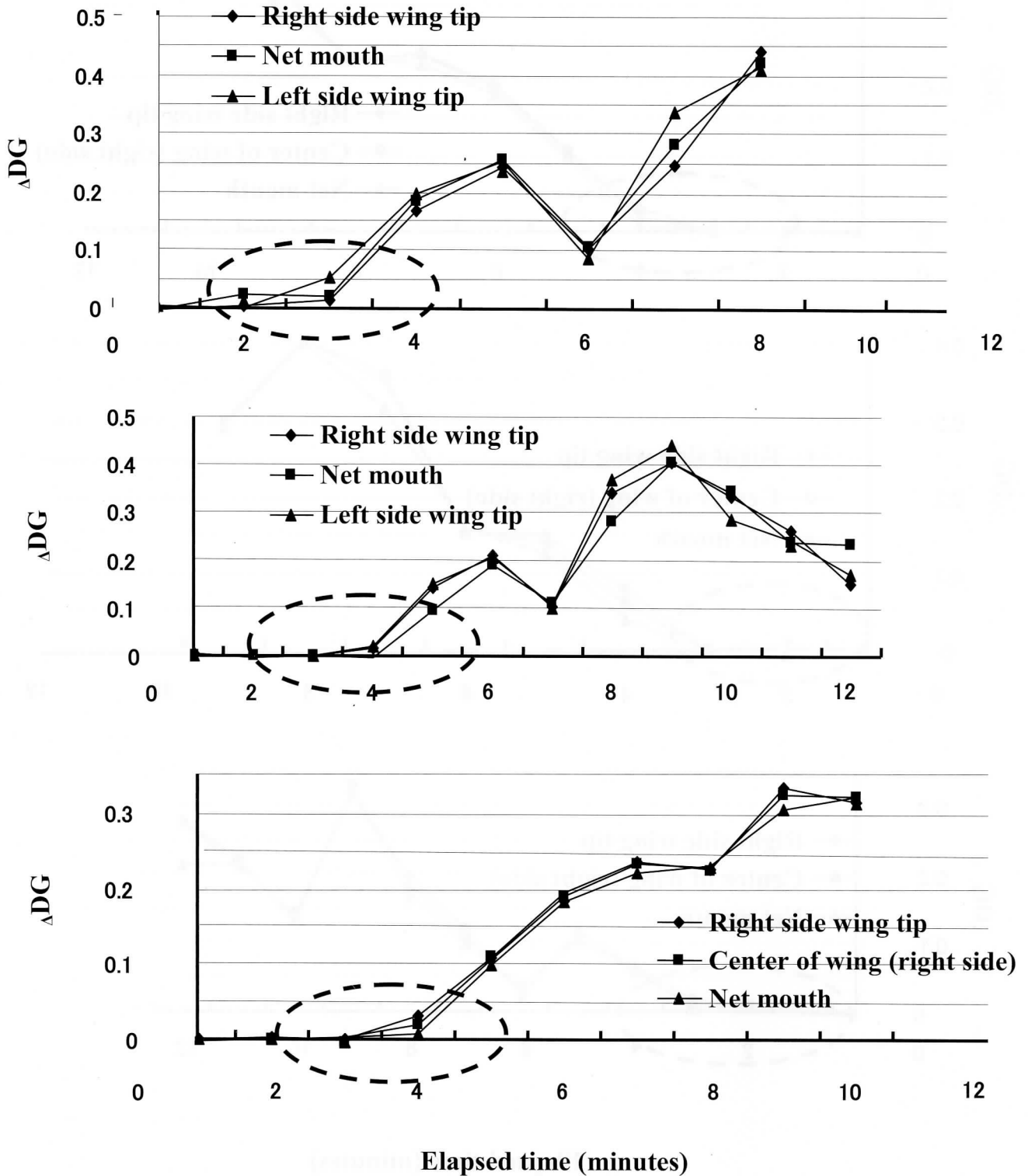


Fig. 4.3: Change of ΔDG at left bottom. Dotted circle shows that time of left bottom. First time operation, left bottom (top). Second times operation, left bottom (middle). Third times operation, left bottom (bottom).

出しでは400～420m、420～440m、440～460mのどれにおいても深度 ΔDG に変化がみられなかったので漁

具の挙動に変化はなかった。

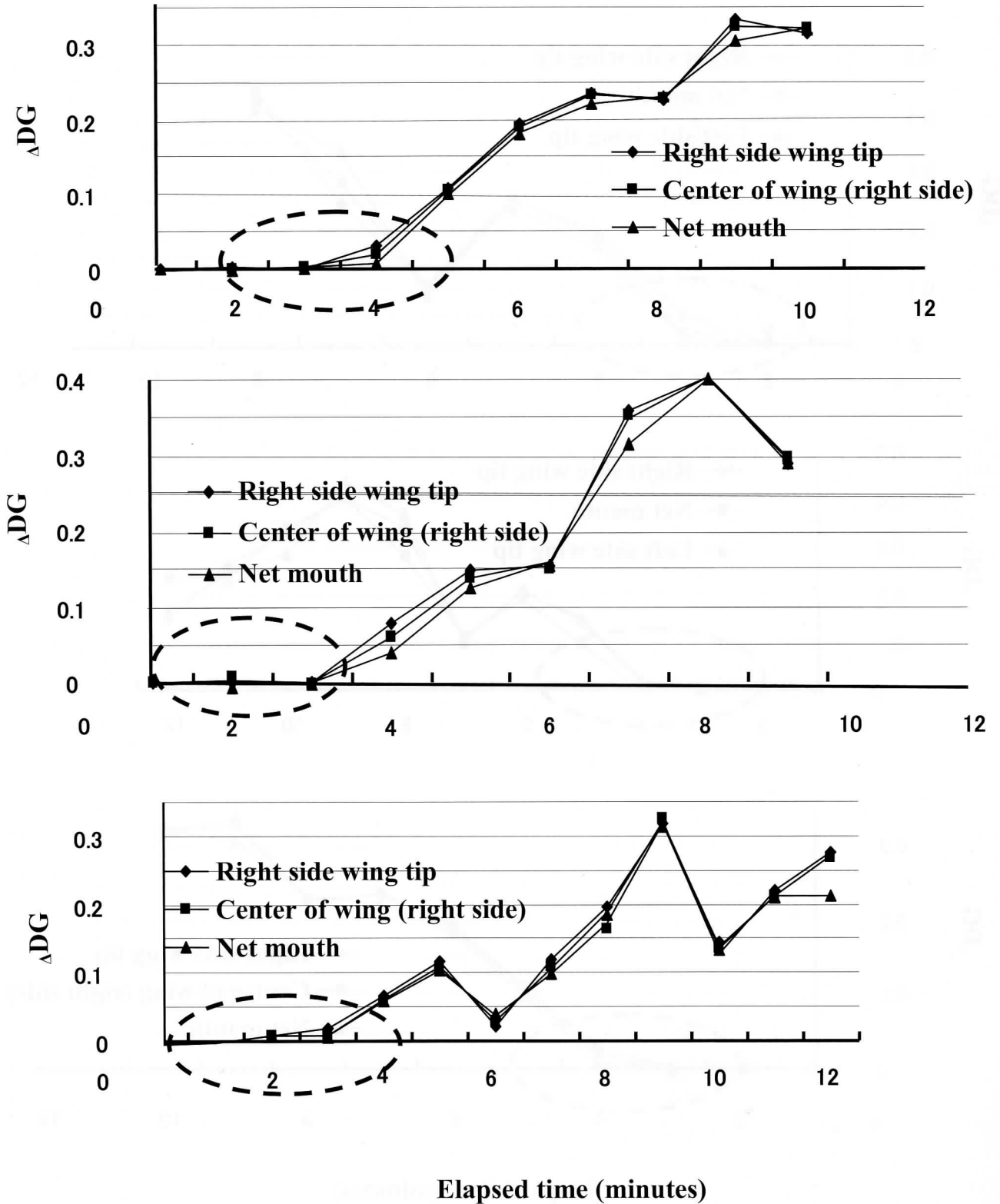


Fig. 4.4: Change of ΔDG at left bottom. Dotted circle shows that time of left bottom. Fourth times operation, left bottom (top). Fifth times operation, left bottom (middle). Sixth times operation, left bottom (bottom).

Table 2 Conditions at a trawl net touched on bottom

Operation No.	Ship speed (kt)	Length of warp Lw (m)	Depth Dep(m)	Lw/Dep
1	3	287	134	2.1
2	3.8	347	133	2.6
3	4.5	401	125	3.2
4	3.7	322	122	2.6
5	3.7	365	122	3
6	2.5	420	147	2.9
Average	3.5		Average	2.7

Table 3 Conditions at a trawl net left off bottom

Operation No.	Ship speed (kt)	Length of warp Lw (m)	Depth Dep(m)	Lw/Dep
1	2.3	259	135	1.9
2	2.6	252	134	1.9
3	1.9	371	123	3
4	1.7	282	123	2.3
5	1.6	214	120	1.8
6	2.8	428	145	3
Average	2.2		Average	2.3

考 察

海底上を曳網するトロール漁具には漁具に働く漁具抵抗（流体抵抗）とワープにかかる張力、ならびに漁具の総重量による沈降力である。このうち漁具の離底、着底に関する要因として、速力がまず考えられる。釣り合い状態にある漁具の曳網速度を次第に上げていくと、漁具抵抗（流体抵抗）の増加によってまずヘッドロープが下降し、グラウンドロープに働く網の引き上げ力（流体抵抗による）が、グラウンドロープの沈降力を超過するとグラウンドロープも浮上し始める。また接地していた手網も海底を離れるようになる。さらに速度が速くなるとワープの張力も増加し、その吊り上げ力がオッターボー

ド（OB）の沈降力を超過してOBが離底し、ついに完全に中層に浮上するに到る。しかし、この方法による網及びグラウンドロープの離底はワープ張力を増加させるので危険を伴うことや速力を細かく変化させて漁具を離底させることは難しい。そこで本研究ではコントロールが容易なワープ長を変化させた場合の漁具の離着底時の挙動を検討した。

本実験結果より着底時の漁具の挙動は平行に沈降していくと考えられる。また、Fig. 4.1~Fig. 4.4を見ると右袖先・左袖先も同時に着底しているので漁具は傾きもなく沈子の沈降力と浮子の浮力により大きく上下に展開し、着底すると徐々に網口が狭まる傾向にある。次に離

底時、漁具は順に袖先、網口中央、身網、袋網の順に離底し浮上していくと考えられる。また離底時の網口中央網高さは急激に増加する。この漁具の挙動から推察するに、平行に海底に着底すれば海底に対する網口の角度はほぼ 0° となる。着底時の条件で曳網すれば海底生息場への影響を軽減する事が出来るかもしれないという見解を見いだす事が出来た。

漁具の挙動に関しては上記のように海底環境への負荷を軽減する操業方法開発に役立ちそうな漁具の挙動を見出す事が出来た。ここで漁具の離底、着底に關与する条件としてLw/Dep (Lw=Length of warp, Dep=Depth) と曳網速力に注目した。平均してワープ長が水深の約2.7倍、曳網速力が約3.5ktで着底する。同様に平均してワープ長が水深の約2.3倍、曳網速力が約2.2ktで離底する。

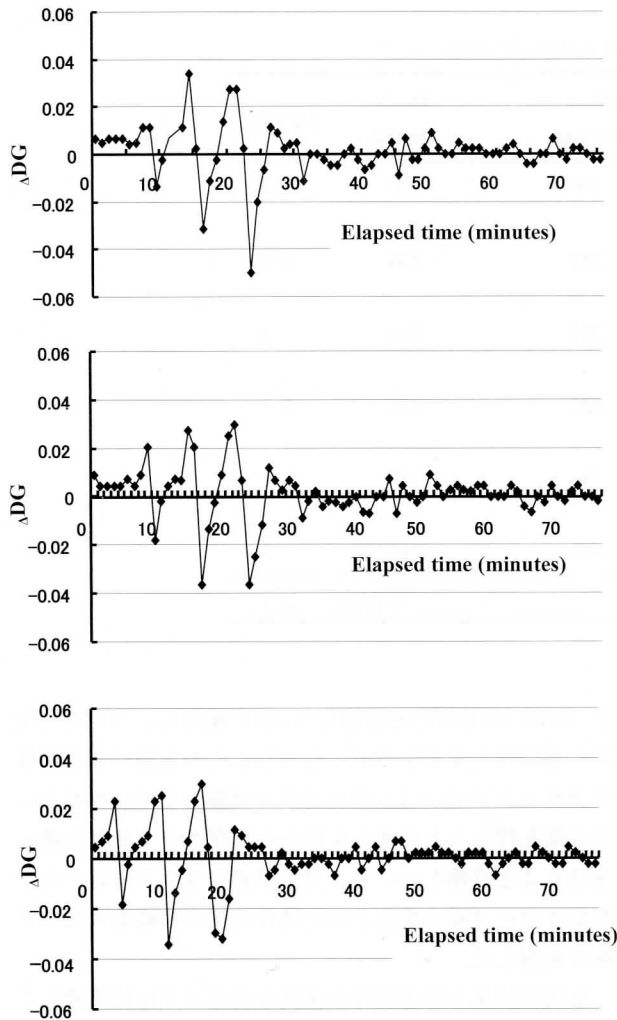
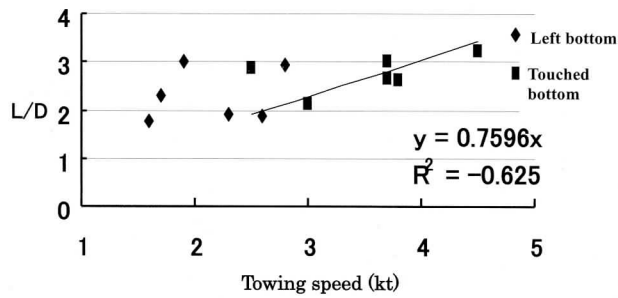


Fig. 5: Change of ΔDG when hove - up , let - go warp (in this, the warp is first normally set, then is hove up three times every 20m, and is then let go three times every 20m). Position is Right side wing tip (top). Position is Center of wing, right side (middle). Position is Net mouth (bottom)

漁具の離底、着底に關与する条件としてLw/Depと曳網速力が考えられるが、この二つの条件はどのように漁具の離底、着底に關与しているのか明らかにするため着底、離底時のワープ長と水深と曳網速力の関係をFig. 6に示す。曳網速力とワープ長と水深の比は弱い正の相関がみられた。またFig. 6で離底に關してのみ着目すると、Lw/Depは1.8~3.0の間、曳網速力は2.5~4.5の間で離底が起きているので、今後この間の値にワープ長を設定することにより離底した状態で曳網し、海底生息場への影響を緩和出来る可能性が見えてきた。今回はデータ数が明らかに少ないので、曳網速力とLw/Depの関係を断定することは出来なかった。今後実験方法、解析方法に更なる工夫を加えデータ数を増やす必要があると考える。しかし、底びき網が海底に及ぼす影響を考えると、グランドロープの水中重量は372.9kgであるのに対し、オッターボード (OB) 1枚の水中重量約1トンであり、グランドロープと比べて重量が大きい。故に海底生息場への影響も大きなものである。また漁具の動態にも大きな影響を与えている。けれども今回OBの計測は行っていないので、今後はOBの計測も行い、トロール漁具の総合的な挙動の解明が必要である。

参考文献

- 1) 農林水産統計 農林水産省 大臣官房統計部 平成26年4月24日公表 平成25年漁業・養殖業生産統計
- 2) 松下 吉樹：底曳網漁業の海洋生態系への影響緩和技術開発, 日本水産学会誌, 73 (5), 835-838 (2007)
- 3) Caddy JF. Underwater observations on tracks of dredges and trawls and some effects of dredging on a scallop ground. J. Fish. Res. Board Can. 1973;30:173-180
- 4) Churchill JH. The effect of commercial trawling on sediment resuspension and transport over the Middle Atlantic Bight continental shelf. Cont. Shelf Res., 1989;9:841-864.
- 5) Auster PJ. A conceptual model of the impacts of fishing gear on the integrity of fish habitats. Conserv. Biol., 1998;12:1198-1203
- 6) 松下 吉樹、熊沢 泰生、富山 実、稲田 博史、武内 要人、藤田 薫、山崎 慎太郎：小型底びき網漁船で使用する離着底兼用トロール網の開発, 日本水産学会誌, 72, 734-732 (2006)
- 7) 山崎 慎太郎、松下 吉樹、川島 敏彦、富山 実、熊沢 泰生、平山 完：伊勢湾底びき網漁業に用いられるオッターボードの性能評価と新型オッターボードの提案, 日本水産学会誌, 73, 220-225 (2007)
- 8) 不破 茂、肥後 伸夫：陸棚斜面漁場における漁具の基礎的研究 - III 離底曳き網の模型実験, 鹿児島大学水産学部紀要, 30, 39-46 (1981)



L=Length of warp
D=Depth
L/D=Length of warp/Depth

Fig. 6: Ratio is towing velocity, length of warp and depth

- 9) 肥後 伸夫、上水樽 豊己：離底曳用底曳網の実用化に関する研究 - (予報) 鹿児島大学水産学部紀要、28, 119-129 (1979)

謝 辞

実験にあたりご協力頂いた 鹿児島大学附属練習船かごしま丸 益満 侃 船長以下乗組員の方々に深く感謝の意を表します。