

# 長期的な気象・海況変化に伴う仙台湾におけるイカナゴの 資源状況

|       |                                   |
|-------|-----------------------------------|
| 誌名    | 宮城県水産研究報告                         |
| ISSN  | 13464329                          |
| 著者名   | 佐伯,光広<br>稲田,真一<br>小野寺,毅<br>小野寺,恵一 |
| 発行元   | 宮城県水産研究開発センター                     |
| 巻/号   | 17号                               |
| 巻号補足  |                                   |
| 掲載ページ | p. 17-27                          |
| 発行年月  | 2017年3月                           |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 長期的な気象・海況変化に伴う仙台湾におけるイカナゴの資源状況

佐伯 光広<sup>\*1</sup>・稲田 真一<sup>\*2</sup>・小野寺 毅<sup>\*3</sup>・小野寺 恵一<sup>\*1</sup>

The situation of resources of the sand lance in Sendai Bay with long-term weather and sea conditions change

Mitsuhiro SAEKI<sup>\*1</sup>, Masakatsu INADA<sup>\*2</sup>, Takeshi ONODERA<sup>\*3</sup> and Keiichi ONODERA<sup>\*1</sup>

キーワード：イカナゴ，資源状況，海洋環境

宮城県のイカナゴ漁業は牡鹿半島以南の仙台湾が主漁場となっており，イカナゴ当歳魚（コウナゴ）は火光利用敷網漁業，イカナゴ成魚（メロード）はすくい網漁業で漁獲されている。本県のイカナゴ漁獲量はこれまで著しい変動を繰り返してきた。

ここでは，宮城県における仙台湾を中心としたイカナゴ漁獲量の変動要因について検討し，現在の資源状況について考察した結果について報告する。

なお，仙台湾に分布するイカナゴは，これまで異なる脊椎骨数のモードを持つ群の存在が指摘されており<sup>1) 2)</sup>，近年，*Ammodytes japonicus*と*Ammodytes heian*の2種が存在していることが遺伝形質，計量形質，計数形質の調査から報告されているが<sup>3)</sup>，仙台湾で漁獲されるイカナゴのほとんどが瀬戸内海や伊勢湾と同種の脊椎骨モードが62本の*Ammodytes japonicus*であり，本報告の漁獲統計及び解析に用いたデータ，解析結果は区別しないで扱っている。

### 材料と方法

#### 1 イカナゴ漁獲量

1960年から2016年までの宮城県におけるイカナゴの漁獲量を整理した。データは永島<sup>4)</sup>が報告した宮城県内の魚市場水揚げ統計に2004年以降のデータを追加した。

#### 2 ボンゴネットによる当歳魚分布密度調査

1999年から2016年までの毎年1月下旬にボンゴネット（口径35 cm）による発生直後の当歳魚分布密度調査を実施した。使用した調査船は1999年から2014年までは宮城県漁業指導調査船「拓洋丸（120トン）」，2015年から2016年は宮城県漁業指導調査船「みやしお（199トン）」である。調査海域は図1に示す仙台湾20点である。いずれの調査船でも調査方法は以下の方法で実施した。

- 1) ワープ長：水深×1.414を基準として，50m/分の速度で繰り出し，傾角45°を維持するように風下に向かって直線距離を航走した。
- 2) 曳網方法：ワープセットが完了してから，30秒間航走后，巻き上げを開始した。
- 3) 仔魚分布密度の算出：ネットを海中に投入した位置からネットが海面から上がった時の緯度・経度を船内のGPSプリンタで記録し，曳網距離と網口面積から濾水量を調査点毎に算出した。次に各調査点の採捕尾数を濾水量で除して1m<sup>3</sup>当たりの仔魚密度を算出した。全体の仔魚分布密度は全調査点の採捕尾数の合計を各調査点の濾水量の合計で除して加重平均値を算出した。

<sup>\*1</sup>水産技術総合センター，<sup>\*2</sup>宮城県農林水産部水産業振興課，<sup>\*3</sup>仙台地方振興事務所

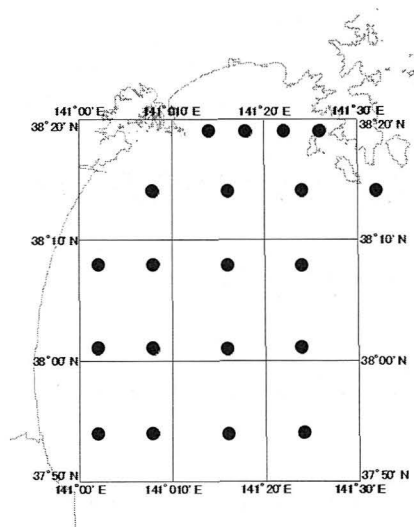


図1 ボンゴネット調査点

### 3 ボンゴネットによる当歳魚分布密度と火光利用敷網による当歳魚漁獲量の関係

全項のボンゴネット調査で得られた当歳魚の平均分布密度（1月下旬）とその年の火光利用敷網漁業による当歳魚漁獲量（漁期：3月下旬から5月）の関係を不漁が顕著になっている2002年以降のデータを用い、単回帰分析によって調べた。ただし東日本大震災による被災により、休漁となった2011年と漁船勢力が回復していなかった2012年を除外した。説明変数として水温も検討したが、後述のとおり当歳魚の分布密度との多重共線性の影響が考えられたため、重回帰分析は行わなかった。なお1990年以降、1万トンの漁獲自主規制が開始されたが、解析期間の2002年から2016年の間は漁獲枠上限には達していない。

### 4 夏眠期イカナゴの分布密度調査

仙台湾のイカナゴは水温が15℃に達すると潜砂し、仙台湾中央部の中砂から礫となっている水深20～50 mの海底に集中して分布する<sup>1)5)</sup>。この生態を利用し、9月～11月の間に夏眠期のイカナゴの分布密度調査を実施した。使用した調査船は1989年から1995年までは宮城県漁業指導調査船「新大東丸（145トン）」、1996年から2014年までは拓洋丸（120トン）、2015年から2016年は宮城県漁業指導調査船「みやしお（199トン）」である。

使用漁具と曳網方法は永島<sup>4)</sup>と同様であり、以下のとおりである。

- 1) 調査海域：図2に示す底質が中砂から粗砂となっている仙台湾の海域から無作為に20点を抽出した。
- 2) 使用漁具：開口幅1m、高さ43 cm、爪の長さ17 cm、爪間隔5 cmの爪付き桁網（図3）を使用した。
- 3) 曳網方法：着底後30秒間曳網した。曳網開始時と揚網開始時の緯度経度を船内のGPSプリンタで記録し、曳網面積を算出した。
- 4) 漁具効率の推定：全調査点の調査終了後、最多採捕調査点において3回にわたって爪付き桁網を曳網し、平均採捕密度を算出した。さらに同調査点でエクマンバージ採泥器（0.1m<sup>2</sup>）を使って底砂と共に潜砂しているイカナゴを10回採集し、平均採集値を算出した。エクマンバージ採泥器の漁獲効率を100%と仮定して、爪付き桁網の漁具効率を算出し、爪付き桁網による曳網面積当たりの採集尾数の補正値を算出した。
- 5) 資源尾数の算出：既往の底質分布調査結果から、夏眠海域の中砂から粗砂域の面積を401 km<sup>2</sup>とし、全調査点の爪付き桁網によるイカナゴ採集尾数補正値の合計を各調査点の曳網面積の合計で除して求めた加重平均分布密度との積から資源尾数を算出した。資源量は爪付き桁網で採捕されたイカナゴの平均体重と資源尾数との積によって算出した。2003年以降の調査サンプルについては耳石によって年齢査定を行い、年齢別の資源尾数を算出した。さらに自然死亡率を推定するために、東日本大震災の影響により漁獲が全く行われていなかった2011年の当歳魚から4歳魚までの合計資源尾数を2012年の2歳魚から5歳魚までの合計資源尾数で除して1年間の生残率を算出し、その補数を自然死亡率とした。

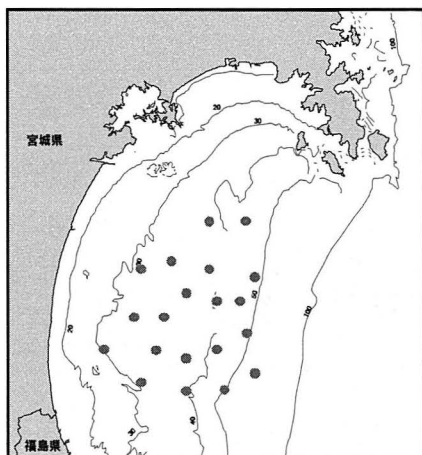


図2 夏眠期調査点

※ 調査点は無作為に選んだ2012年の調査点を示した。

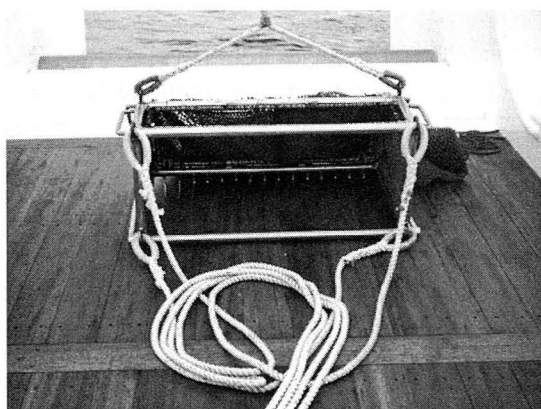


図3 夏眠期調査に使用した爪曳網

## 5 海水温のトレンド分析

当歳魚の水揚量は漁場水温と関係していることが報告されている<sup>4)5)6)7)8)9)</sup>。そこで、主たる漁場である仙台湾における水温の長期的な変化傾向について調べるため、1973年から2015年までの43年間にわたり実施された定点海洋観測結果から、月別（1月、3月、5月、7月、9月、11月）、水深別（10m深、20m深、30m深）に仙台湾内にあたる11調査点（浅海定線8調査点、沿岸定線3調査点（図4））の水温観測データを等価平均したデータセットを用いて、トレンドの有無をマン・ケンドール検定によって調べた。

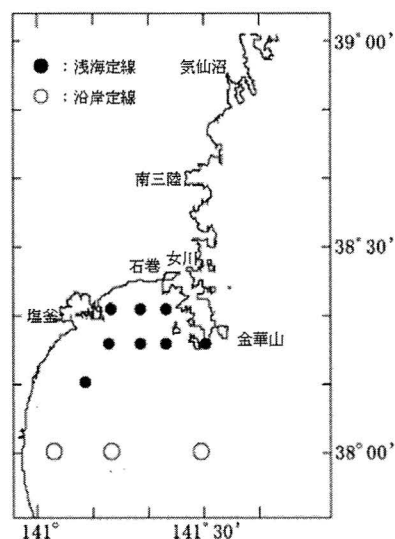


図4 海洋観測位置

## 6 気温のトレンド分析

浅海域の水温は気温による影響が大きく、本県海域では、気温との関係からワカメ養殖及びノリ養殖漁場の水温予測が実用化されている。

([http://www.jma-net.go.jp/sendai/wadai/umi/taio\\_jiture.html](http://www.jma-net.go.jp/sendai/wadai/umi/taio_jiture.html)).

そこで海水温と同様に気温のトレンドの有無について調べた。使用したのは長期の観測記録が残る宮城県仙台湾気象台、及び石巻市泉町の石巻測候所の観測データである（図5）

(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>).

仙台湾の海水温トレンド分析の調査期間と同様に、1973年から2015年までの43年間にわたるデータを使用し、年平均値及び月別の平均値のトレンドの有無をマン・ケンドール検定によって調べた。

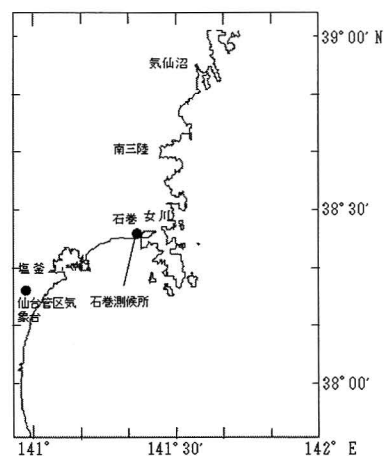


図5 気象観測位置

## 7 気温と海水温との関係

気温が海水温に与える影響を調べるため、海水温及び気温のトレンド分析で用いたデータセットにより、イカナゴの再生産期、稚仔魚期に重要と考えられる、仙台湾の10m深、20m深、30m深の11月、1月、3月の水温平均値と気温平均値との関係を相関分析によって調べた。原則として海水温観測は月初めに実施していることから、気象データは海水温観測を行った前月及び海水温観測を行った月の両者を相関の対象とした。

## 8 海水温と当歳魚水揚げ量との関係

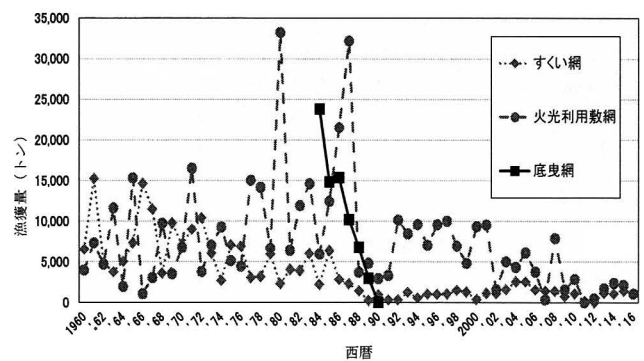
前項と同じ海水温のデータセットを用いて、海水温と対応する各年の火光利用敷網漁業による当歳魚総漁獲量の関係を相関分析によって調べた。ただし、1990年以降、1万トンの漁獲自主規制が開始されたため、上限まで漁獲された年の1992年（漁獲量10,142トン）及び1997年（漁獲量9,999トン）の漁獲データ、水温データは除外して解析を行った。

## 結 果

### 1 イカナゴ漁獲量

イカナゴ当歳魚の火光利用敷網漁業による漁獲量推移をみると（図6）、2001年までは8,000tを超える年が多かったが、2002年から2016年まで（2011年は東日本大震災により休漁）は5,000tを超えた年は3ヵ年だけであり、近年は不漁年が頻発するようになった。成魚のすくい網による漁獲量（図6）は、1985年以前は、5,000tを超える漁獲があったが、沖合底曳網が漁獲に参入してから5年目の1988年には1,431tとなり、翌1989年に218tまで減少した。1990年以降は沖合底曳網が漁獲自粛しているが、2016年現在まで、2004年と2005年が2,000トン台となった以外は1,000トン台の漁獲量となっている。沖合底曳網は1984年から成魚の漁獲に参入したが、初年度の23,800tを最大に減少し、1989年には2,984tまで急激に低下した（図6）。その後1990年に沿岸小型漁船漁業者との操業調整が成立し、2016年現在まで沖合底

曳網による漁業は行われていない。



※2011年、2012年はすくい網の漁獲無し

※2011年は火光利用敷網の漁獲無し

※1990年以降、沖合底曳網は操業自粛、火光利用敷網の漁獲量の上限は1万トンの自主規制

図6 イカナゴ漁獲量の推移

### 2 ボンゴネットによる当歳魚分布密度調査

図7に仙台湾におけるイカナゴ当歳魚平均分布密度の推移、図8に分布状況（過去12年間のみ）を示した。分布域の中心は仙台湾奥の石巻湾周辺、仙台湾南部の亶理沖の海域となっていた。1999年から2009年までは2002年を除き、3尾/m<sup>3</sup>を超える平均密度であったが、2010年以降は、2012年を除き、3尾/m<sup>3</sup>未満となっていた。特に直近の2013年から2016年の4年間は0.15～1.83尾/m<sup>3</sup>と低くなっていた。

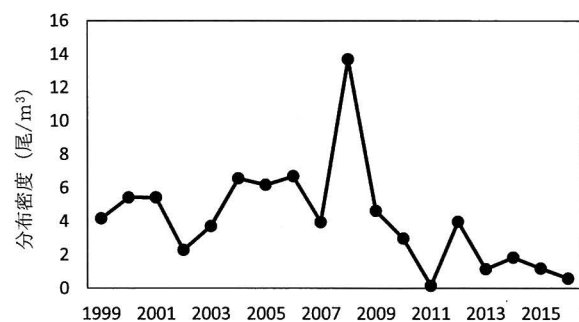


図7 ボンゴネット調査における当歳魚平均分布密度の推移

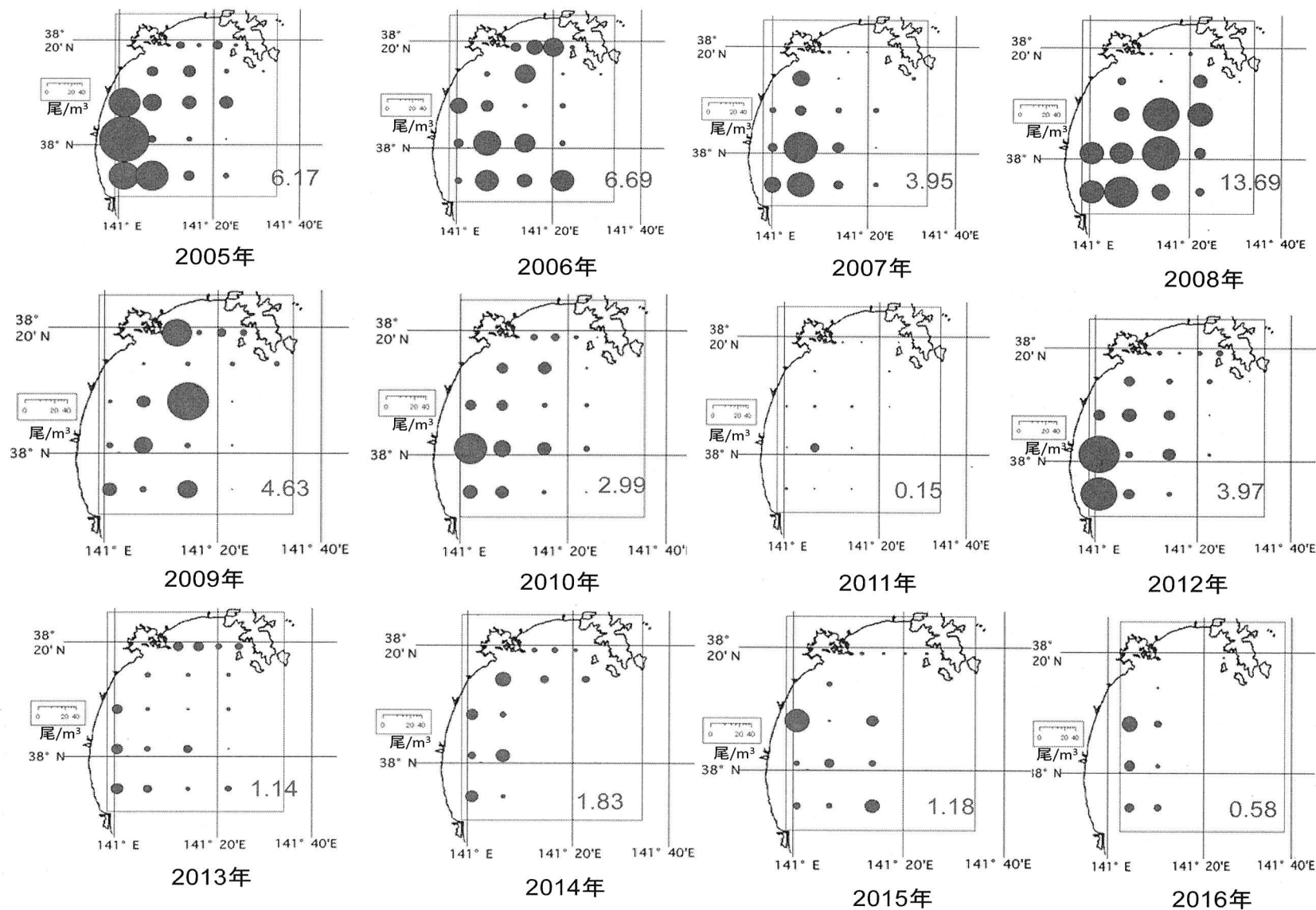


図8 仙台湾におけるボンゴネットによるイカナゴ仔魚調査結果 (1月)

※ 図中の数字は各年の平均分布密度を示す

### 3 ボンゴネットによる当歳魚分布密度と火光利用敷網による当歳魚漁獲量の関係

図9に示すとおり、ボンゴネットによる1月下旬のイカナゴ仔魚平均採集密度と3月下旬から5月の火光利用敷網漁業によるイカナゴ当歳魚総漁獲量には有意な回帰がみられた ( $P < 0.001$ )。分布密度が4尾/ $m^3$ 以上の場合、回帰直線からの残差が大きい年もあったが、2010年以降の分布密度が3尾/ $m^3$ 未満の年は、回帰直線からの残差が小さくなった。このことは、漁期前の仙台湾全域を網羅する調査による仔魚発生量の多寡は、その後の漁獲量に反映すると考えられる。しかしながら、仔魚分布密度が比較的多い年でも水揚量が少ない年もみられ、仙台湾外から流入する沖合水による湾外流出によってイカナゴ仔魚の分布密度が低下する年<sup>10)</sup>や北上暖水とともに来遊する浮魚等の捕食の影響も考えられる<sup>11)</sup>。早乙女等<sup>7)</sup>は同じ仙台湾のイカナゴの系統群と考えられる福島県沿岸のコウナゴ漁獲予測の説明変数として、仔魚発生年の前年12月水温と2月クロロフィルa濃度を用いた場合が最も決定係数が高く、AICが最も低いと報告しており、発生量と共に仔魚期の餌の量も漁期前の生残に影響を与えていると考えられるが、この結果は、当歳魚の漁獲量が顕著に減少傾向となっている1999年から2016年までの解析に基づいており、今後さらにデータを蓄積し、精度を高めていく必要があると思われる。

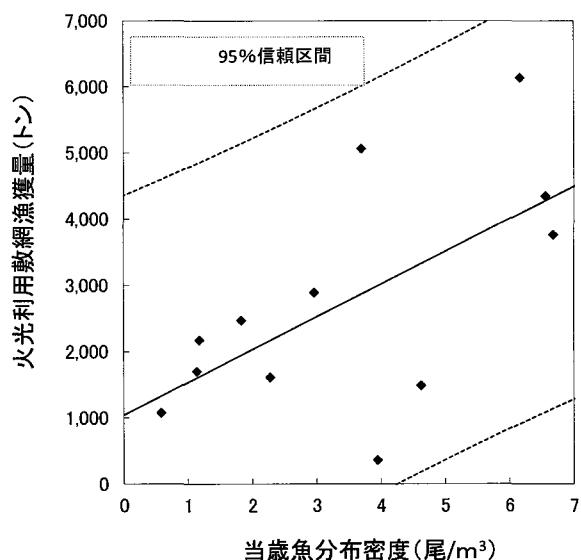


図9 ボンゴネット仔魚採集密度と火光利用敷網による当歳魚の漁獲量の関係

### 4 夏眠期イカナゴの分布密度調査

1989年からの夏眠期分布密度を図10示した。1989年～1991年までは1尾/ $m^2$ 台の低密度となっており、1989年まで操業していた沖合底曳網による漁獲圧による影響と推定された。1990年から沖合底曳網の操業が自粛されてから3年目の1992年には9.6尾/ $m^2$ まで増加したが、1998年の14.1尾を最高に減少傾向となった。その後、2007年、2010年のように1尾/ $m^2$ 台を下回る年が出現し、沖合底曳網の影響が及んでいた年よりも低下した。東日本大震災の影響により成魚を漁獲対象にした漁業は2011～2012年、当歳魚を漁獲対象にした漁業は2011年に休漁したが、2011年、2012年の夏眠期分布密度に大幅な増加はなく、漁獲が再開された2013年に11.6尾/ $m^2$ まで増加し、2014年以降は再び減少傾向となった。資源量は分布密度の変動を反映して、2004年の35,000トンを超えて2011年まで減少傾向になり、2013年に15,000tまで一旦回復したものの、2014年以降は再び減少傾向となった (図11)。

資源尾数は36億尾から1.2億尾の間で推移していた (表1)。漁獲が行われなかった2011年と2012年の資源尾数から算出した自然死亡率は、66.0%となった。漁獲が行われなかったにもかかわらず、震災後の2年間にわたり、分布密度、資源量、資源尾数があまり増加しなかったのは、他の生物による捕食による影響が大きかったと考えられた。その後、漁業が開始された以降の漁獲死亡を合わせた全死亡率は、2014年/2013年は74.7%、2015年/2014年は84.8%、2015年/2016年は75.9%となった。イカナゴを捕食していた魚類の漁獲も開始されていることから、全死亡率を漁獲死亡と自然死亡要因に分離することは困難であると考えられた。

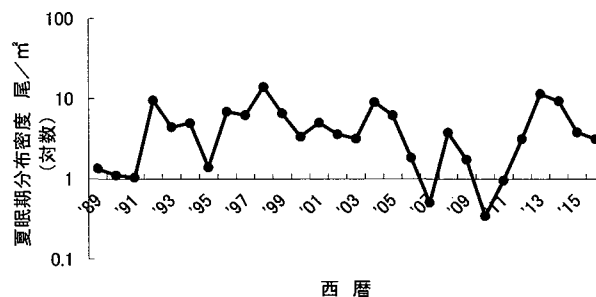


図10 イカナゴ夏眠期分布密度の推移

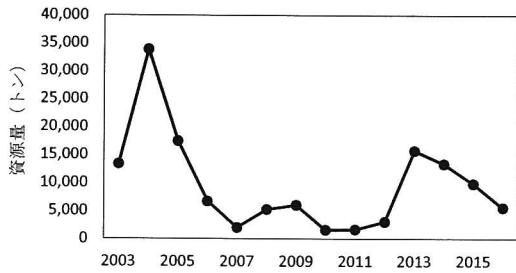


表1 イカナゴ夏眠期資源尾数の推移

| 西暦   | 単位:百万尾 |     |     |     |     |            |       |
|------|--------|-----|-----|-----|-----|------------|-------|
|      | 0歳     | 1歳  | 2歳  | 3歳  | 4歳  | 5歳プラスグループ計 |       |
| 2002 | 65     | 504 | 553 | 81  | 98  | 146        | 1,448 |
| 2003 | 463    | 68  | 418 | 190 | 53  | 84         | 1,275 |
| 2004 | 1,605  | 611 | 140 | 872 | 262 | 157        | 3,646 |
| 2005 | 1,634  | 292 | 277 | 88  | 117 | 88         | 2,495 |
| 2006 | 51     | 392 | 25  | 81  | 56  | 132        | 738   |
| 2007 | 28     | 55  | 100 | 11  | 6   | 6          | 205   |
| 2008 | 1,225  | 169 | 65  | 50  | 10  | 5          | 1,524 |
| 2009 | 11     | 590 | 66  | 39  | 0   | 0          | 706   |
| 2010 | 15     | 38  | 53  | 15  | 11  | 8          | 140   |
| 2011 | 264    | 35  | 15  | 55  | 17  | 0          | 386   |
| 2012 | 1,134  | 90  | 27  | 7   | 7   | 7          | 1,272 |
| 2013 | 4,311  | 232 | 70  | 19  | 0   | 4          | 4,635 |
| 2014 | 3,043  | 539 | 121 | 39  | 6   | 17         | 3,764 |
| 2015 | 628    | 628 | 201 | 62  | 12  | 8          | 1,539 |
| 2016 | 906    | 124 | 141 | 65  | 24  | 6          | 1,265 |

※網掛けは東日本大震災により漁獲の影響がなく、自然死亡率の計算に用いた。

## 5 海洋環境調査

表2に仙台湾の10m深、20m深及び30m深の水温のトレンド分析の結果を示した。有意な上昇トレンドを示したのは、いずれの水深も1月 ( $p < 0.1$ ), 11月 ( $p < 0.01$ )であった。3月, 9月はいずれの水深も有意ではないが上昇トレンドであった。5月の水温は有意ではないが全ての水深で下降トレンドであった。7月の水温は、10m深が有意ではない上昇トレンド, 20mは有意ではない下降トレンド, 30m深が有意な下降トレンドであった ( $p < 0.1$ )。

表2 仙台湾水温のトレンド分析結果

|     | 10m |    | 20m |    | 30m |    |
|-----|-----|----|-----|----|-----|----|
|     | 検定  | 傾向 | 検定  | 傾向 | 検定  | 傾向 |
| 1月  | *   | +  | *   | +  | *   | +  |
| 3月  | -   | +  | -   | +  | -   | +  |
| 5月  | -   | -  | -   | -  | -   | -  |
| 7月  | -   | +  | -   | -  | *   | -  |
| 9月  | -   | +  | -   | +  | -   | +  |
| 11月 | *** | +  | *** | +  | *** | +  |

検定の有意水準は, \*\*\*:  $P < 0.01$ , \*\*:  $P < 0.05$ , \*:  $P < 0.1$   
傾向は+は上昇トレンド, -は下降トレンドを示す

## 6 気温のトレンド分析

表3に気温のトレンド分析の結果を示した。仙台市, 石巻市の観測地点共に, 年平均気温は有意な上昇トレンドとなった ( $p < 0.01$ )。月別にみると, 両市とも3月, 6月, 9~11月が有意な上昇トレンドを示した。仙台市, 石巻市とも同様な気温の傾向を示したことは全体的に同様な現象が起こっていることを示しており, 仙台湾の海面上の気温も傾向は同様であると考えられた。

表3 気温のトレンド分析結果

|     | 仙台市気温 |    | 石巻市気温 |    |
|-----|-------|----|-------|----|
|     | 検定    | 傾向 | 検定    | 傾向 |
| 年平均 | ***   | +  | ***   | +  |
| 1月  | -     | +  | -     | +  |
| 2月  | -     | +  | -     | +  |
| 3月  | ***   | +  | ***   | +  |
| 4月  | -     | +  | -     | +  |
| 5月  | *     | +  | *     | +  |
| 6月  | ***   | +  | **    | +  |
| 7月  | *     | +  | -     | +  |
| 8月  | -     | +  | -     | +  |
| 9月  | ***   | +  | ***   | +  |
| 10月 | ***   | +  | ***   | +  |
| 11月 | **    | +  | **    | +  |
| 12月 | -     | +  | -     | +  |

検定の有意水準は, \*\*\*:  $P < 0.01$ , \*\*:  $P < 0.05$ , \*:  $P < 0.1$   
傾向は+は上昇トレンド, -は下降トレンドを示す

## 7 気温と海水温との関係

1月, 3月, 11月ともに仙台湾の各水深層平均水温は海洋観測前月気温もしくは海洋観測当月気温と高い有意な正の相関を示し, 気温が海水温に影響を与えることを示唆した(表4)。3月と11月は海洋観測当月よりも海洋観測前月の気温との相関が強く, 1月は海洋観測当月との相関が強かった。この要因としては, 海洋観測は月初めに観測を行う方針となっており, 天候が比較的安定している3月, 11月は月初めに海洋観測を行う年が多く, 天候が安定しない1月は, 中旬に海洋観測を行う年が多いためと考えられた。

表4 気温と水温の相関

| 1月    |  | 1月10m深水温 |        | 1月20m深水温 |        | 1月30m深水温 |        |
|-------|--|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| 気温観測月 |  | r        | p値     | r        | p値     | r        | p値     |
| 前年12月 |  | 0.392    | 0.011  | 0.361    | 0.021  | 0.574    | <0.001 |
| 1月    |  | 0.601    | <0.001 | 0.556    | <0.001 | 0.506    | <0.001 |

| 3月    |  | 3月10m深水温 |        | 3月20m深水温 |        | 3月30m深水温 |        |
|-------|--|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| 気温観測月 |  | r        | p値     | r        | p値     | r        | p値     |
| 2月    |  | 0.659    | <0.001 | 0.655    | <0.001 | 0.663    | <0.001 |
| 3月    |  | 0.406    | 0.010  | 0.448    | 0.003  | 0.450    | 0.003  |

| 11月   |  | 11月10m深水温 |        | 11月20m深水温 |        | 11月30m深水温 |        |
|-------|--|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| 気温観測月 |  | r         | p値     | r         | p値     | r         | p値     |
| 10月   |  | 0.694     | <0.001 | 0.671     | <0.001 | 0.663     | <0.001 |
| 11月   |  | 0.385     | 0.014  | 0.385     | 0.012  | 0.395     | 0.010  |

※網掛けは有意水準10%未満(両側)で相関があったことを示す。

## 7 海水温と当歳魚漁獲量の関係

仙台湾の10m深、20m深及び30m深の月別平均水温と火光利用敷網漁業による当歳魚総漁獲量との相関分析による相関係数及びp値を表5に示した。1月及び3月はいずれの水深も有意な負の相関がみられた。前年11月は10m深及び20m深で有意な負の相関がみられた。5月は10m深、20m深は無相関であったが、30m深は負の相関がみられた。7月と9月はいずれの水深も無相関であった。以上のことから、1月、3月及び前年11月の水温が低いと当歳魚漁獲量が多くなる傾向を示した。

表5 仙台湾海水温と当歳魚漁獲量との関係

| 観測月   | 仙台湾10m深水温 |       | 仙台湾20m深水温 |       | 仙台湾30m深水温 |       |
|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
|       | r         | p値    | r         | p値    | r         | p値    |
| 1月    | -0.292    | 0.038 | -0.264    | 0.052 | -0.249    | 0.069 |
| 3月    | -0.246    | 0.077 | -0.220    | 0.091 | -0.247    | 0.064 |
| 5月    | -0.078    | 0.321 | -0.147    | 0.187 | -0.225    | 0.082 |
| 前年7月  | -0.070    | 0.339 | 0.078     | 0.676 | 0.051     | 0.620 |
| 前年9月  | -0.073    | 0.331 | 0.085     | 0.698 | 0.147     | 0.814 |
| 前年11月 | -0.305    | 0.037 | -0.271    | 0.054 | -0.217    | 0.102 |

※網掛けは有意水準10%未満(両側)で相関があったことを示す

## 考 察

児玉<sup>11)</sup>は仙台湾において、親魚の前年資源量と翌年の当歳魚の漁獲量に関係がみられないことから、親子関係以外の要因によって当歳魚の漁獲量が制限されるとしており、その要因として金華山の北方5海里にある江島の5月水温を挙げ、漁獲量との間に負の相関が見ら

れることを示した。また、江島の5月の水温が低い年は初春から親潮系冷水の影響を受け、水温が低い年が多いことを指摘している。

永島<sup>4)</sup>は児玉同様にイカナゴには親子関係が認められず、夏眠期イカナゴ当歳魚の分布密度と前年11月から当年漁獲10月までの水温の相関関係を月別に調べた結果、前年12月から当年1～3月の生息水温と有意な負の相関があることを示し、当歳魚の漁獲加入量は受精卵発生期から孵化期、浮遊仔魚の1～3月の生息水温が重要であることを示した。

また、親潮の影響を受けない伊勢湾においても、水温と漁獲加入量との関係について、富山等<sup>9)</sup>は、1～2月の水温が低いほど漁獲加入が多いことを示し、その理由として冬季の伊勢湾は、水温が低いほどイカナゴ仔稚魚の主餌料である *Acartia omorii Parucalanus* sp. の現存量が多いことから<sup>12)</sup>、低水温の年に好適な餌料環境が形成され、高い加入資源量につながったと推定している。これらの研究はいずれも冬季の水温が高いほど、イカナゴ当歳魚の加入量、漁獲量が減ることを示している。

本研究の結果から、気温については年平均値、各月平均値共に上昇トレンドとなっており、相関分析の結果から気温と正の相関関係にある仙台湾の海水温も上昇トレンドにある。このことから、イカナゴ孵化期から稚仔魚期の仙台湾冬季水温は暖水化の傾向にあり、イカナゴの加入水準に対してマイナスに影響していることが示された。

長期的な宮城県周辺の海洋環境について、児玉等<sup>12)</sup>は宮城県の主漁場である金華山近海域の海洋環境は、寒冬で春季に親潮が強勢な時代(冷水期)と暖冬で春季に黒潮が強勢な時代(暖水期)が交替しながら出現し、寒冷な時代にはマイワシ、イカナゴ、ニシン、タラ類が増加し、温暖な時代にはカタクチイワシ、スルメイカ等が増加することを示している。児玉等<sup>12)</sup>にデータを追加し、1910年から2016年までの宮城県江島を指標とした海洋環境条件をみると(図12)、児玉が平成暖水期と区分した1988年以降の暖水期が2005年で終了し、2006年以降は江島4月平均水温が8℃を下回る年が多く出現する冷水期にシフトしていると考えられる。冷水期に増えるマイワシ太平洋系群は2008年から2014

年にかけて比較的良好な加入が続く、2015年には卓越年級群とされ増加傾向になっている

(<http://abchan.fra.go.jp/gk28/20161219.pdf>)。

しかしながら、イカナゴ当歳魚の漁獲量は低位のままであり、同じく浅海域に産卵し、幼稚魚が育つニシンも低位のままである。図12に示すとおり、2006年以降の石巻の1～2月の平均気温は平成暖水と同様に高温が続いており、春期に親潮が強勢となる年が増加しても暖冬のままとなっている。

沖合に分布するマイワシは親潮が黒潮統流域へ南下し、稚仔の生残率が高まり資源量を増やしてきたが、<sup>16)</sup>一方で浅海域に分布する仙台湾のイカナゴ当歳魚は幼稚魚期生息水温の高水温化による餌料環境の悪化や、仙台湾における稚仔魚を捕食する浮魚類の越冬によって加入量が減少していると推定された。

イカナゴ当歳魚の漁獲量変動については、瀬戸内海東部系群において1991年以降、仙台湾同様に減少傾向となっている (<http://abchan.fra.go.jp/digest28/html/2853.html>)。また、伊勢湾・三河湾では、2016年は禁漁となり、要因として夏眠期の高水温によって親魚が衰弱したことや12月の高水温によって産卵期が遅れたことなどが挙げられている (<http://www.pref.aicchi.jp/uploaded/attachment/208238.pdf>)。これらのことはイカナゴの加入量に影響を与える生息域の水温変動が、東北太平洋沿岸域特有の事象である親潮南下等の海況条件ばかりではなく、より広範囲で変動する気温により引き起こされていると考えたと説明が付きやすい。

前年の夏眠期イカナゴ資源量と翌年のイカナゴ当歳魚の加入量には関係はみられないが、イカナゴ当歳魚加入量の減少はイカナゴ成魚の減少をもたらす。

永島<sup>4)</sup>は、成魚のすくい網の漁獲量と水温には正の相関があることを示した。水温が高くなるとイカナゴ成魚を捕食する魚類が増加し、捕食魚によって追われたイカナゴの魚群が海面付近に浮上する「いけ」が形成されやすくなって、すくい網の漁獲量が増加するためである。さらに夏眠期分布密度と底層水温の関係が7月と8月以外は負の相関になったことから、長期的な仙台湾の水温の温暖化はイカナゴ資源水準の低下をもたらすことを指摘している。沖合底曳網漁業によるイカ

ナゴ資源の低下の影響があった年よりも資源量が低下した現在の状況をみると、成魚資源は水温上昇トレンドによって当歳魚の加入減少と捕食により減少してきたと考えられた。捕食の影響は東日本大震災により、親魚の漁獲がなかった2011年と2012年夏眠期の資源尾数の比により推定された自然死亡率の高さからも示唆された。

海洋環境の変化については、水温に代表される物理的指標と共に、生物的指標としての他の魚類の漁獲状況からも示されている。浮魚類の定置網による漁獲期間は2000年以前1月に終漁となっていたものが年々長期化し、2010年以降は3月中下旬まで漁獲されるようになっている (表6)。また、これまであまり仙台湾で漁獲されていなかったサワラ、アカムツ、ガザミ等の暖水性種が多獲されるようになった (図13)。ガザミについては仙台湾で越冬、再生産が行われていると推定されている。

このように、仙台湾の海洋環境は暖水化の傾向が顕著であり、漁獲対象種の変化は漁業の経営に大きな影響を与える。今後、海洋環境の変動と共にイカナゴ当歳魚の発生量、成魚夏眠期資源量の動向及びイカナゴ以外の魚種の動向を注意深くモニタリングしながら、温暖化に対応した宮城県漁業の在り方を検討していく必要がある。

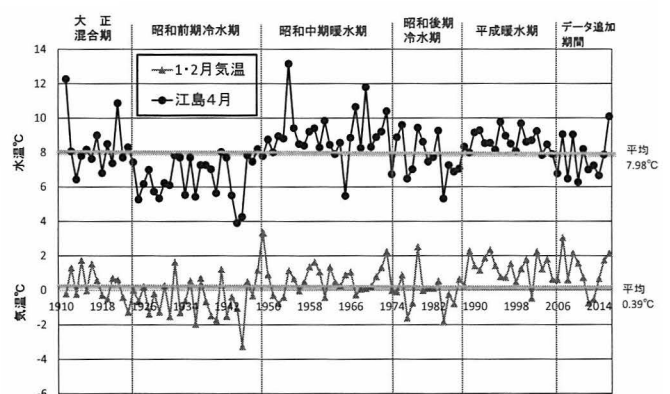


図12 江島4月の定地平均水温と石巻市の1,2月の平均気温 (児玉等<sup>13)</sup> に2007年以降のデータを追加)

表 6 石巻魚市場における定置網によるイワシ類の水揚げ期間

網掛けは水揚げがあったことを示す。ただし、マイワシの1991～1994年、カタクチイワシの1980～1984年、1991～1993年の水揚げデータはなし。

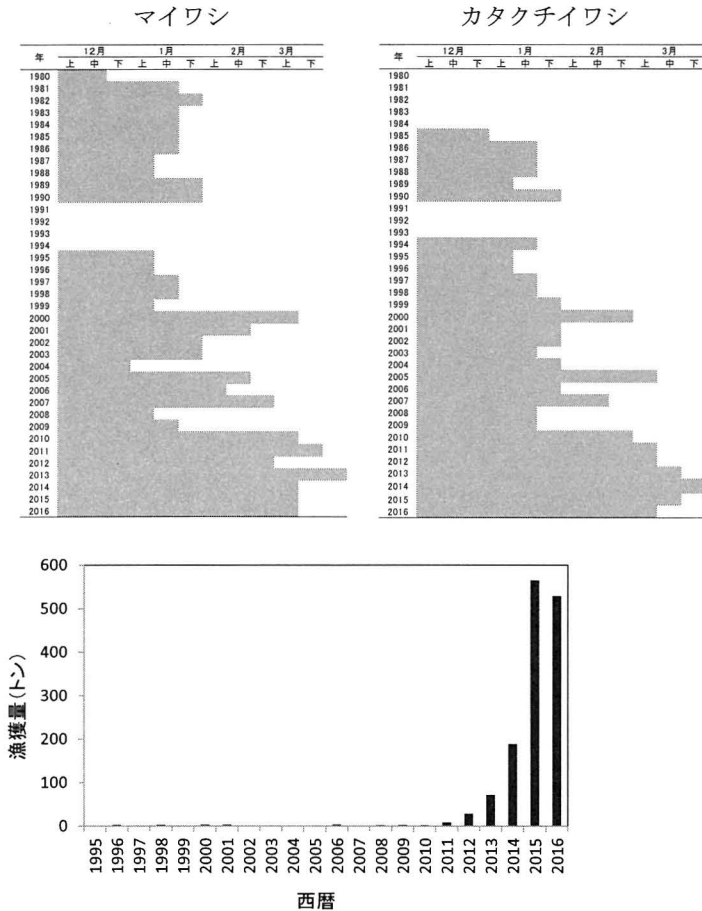


図 13 宮城県におけるガザミ漁獲量の推移

## 要 約

長期にわたり継続しているイカナゴ当歳魚と成魚の漁獲量と資源状況、及び気象・海洋環境のモニタリング調査結果を基に、現在のイカナゴ資源状況について検討した。

1) 当歳魚の火光利用敷網漁業の漁獲量は、2002年以降、5,000トンを超える漁獲量は3ヵ年だけであり、不漁年が頻発するようになっている。成魚のすくい網も沖

合底曳網が操業を自粛した1990年もほとんどの年が1,000トン台と横ばいとなっていた。

- 2) 当歳魚の漁獲量の不調は、ボンゴネットによる1月の仔魚発生量からも示され、仔魚分布密度と当歳魚の漁獲量は正の相関関係にあり、特に2010年以降の不漁年における両者の関係は、単回帰直線に適合していた。
- 3) 夏眠期の分布密度は、沖合底曳網が操業を自粛した1990年以降、一時的に増加したが、2010年から2016年にかけて過去の最低水準まで低下した。
- 4) 当歳魚加入量の減少要因として、気温の上昇に大きな影響を受ける沿岸生息域海水温の上昇が考えられた。このことは、イカナゴ当歳魚の漁獲動向が全国規模で変動する現象を説明することができる。夏眠期資源の減少要因として当歳魚の加入の減少と捕食圧の影響が考えられた。
- 5) 海洋環境の変化は浮魚類の定置網の漁獲期間の長期化やサワラ、アカムツ、ガザミ等の暖水性種が多獲される状況からも示された。
- 6) 今後、海洋環境の変動と共にイカナゴの資源状況、イカナゴ以外の魚種の動向をモニタリングしながら、温暖化に対応した漁業の在り方を検討していく必要がある。

## 謝 辞

本研究の一部は、水産庁事業「資源管理・漁場改善推進事業」により実施した。記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) HATANAKA, M. and R. OKAMOTO (1950) Studies on Population of the Japanese sand lance (*Ammodytes personatus* Girard) . Tohoku Jour. Agri. Res., **1** (1) , 57-67.
- 2) 児玉純一 (1980) 宮城県沿岸に生息するイカナゴの系群構造と資源生態. 宮城県水産試験場研究報告, **10**, 1-41.
- 3) Chikaya Tanaka・Ryota Aoki・Hitoshi Ida・Yuhei Takeya・Masakatsu Inada・Tatsuki Yoshinaga(2016) Molecular genetic identification of Japaneselandalances using mitochondrial DNA cytochrome c oxidase subunit 1 restriction fragment length polymorphisms . Fishery Science, **82**, 887-895.
- 4) 永島宏 (2004) 仙台湾におけるイカナゴの資源変動について. 宮城県水産研究報告, **4**, 51-60.
- 5) 小林徳光・永島宏・児玉純一・菊地喜彦・小林一郎・佐藤孝三 (1995) 宮城県水産研究開発センター研究報告, **14**, 37-49.
- 6) 永島宏 (2006) 沿岸魚類資源の変動にかかわる短～長期的な水温の影響. 月刊海洋**38** (3), 181-186.
- 7) 早乙女忠弘・千代窪孝志・岩上哲也 (2013) 重回帰分析を用いた福島県北部海域のコウナゴ漁況予測手法の検討. 福島県水産試験場研究報告, **16**, 45-62.
- 8) 堀義彦 (1995) 茨城県沿岸のイカナゴ漁況と海況について. 茨城県水産試験場研究報告, **33**, 11-19.
- 9) 富山実・小松輝久 (2006) 水温が伊勢湾産イカナゴ初期生活史の成長と加入資源量に与える影響. 水産海洋研究, **70** (2), 114-121.
- 10) 永島宏 (2002) NOAA-SSTでみるイカナゴ稚仔魚期の仙台湾の海況. 宮城県水産研究報告, **2**, 33-44.
- 11) 児玉純一 (1995) 産卵親魚の量がイカナゴ稚仔の発生量を左右するのか. 水産海洋研究, **59** (3), 314-317.
- 12) 中田薫 (2001) 動物プランクトンと魚の関係—魚類の加入変動要因としての動物プランクトン—. 月刊海洋号外**27**, 238-243.
- 13) 児玉純一・永島宏 (2009) 宮城県地先での海洋環境と漁業生産の長期動向, 日本水産学会東北支部会報,**59**,10-11.
- 14) 海老沢良忠・木下貴博 (1998) 房総～三陸海域の水温環境とマイワシの再生産指数について, 茨城県水産試験場研究報告, **36**, 49-55.