

## 平成27（2015）年度イカナゴ類宗谷海峡の資源評価

責任担当水研：北海道区水産研究所（岡本俊、加賀敏樹、船本鉄一郎、山下紀生）

参画機関：北海道立総合研究機構稚内水産試験場

## 要 約

本資源の資源状態について、沖合底びき網漁業の標準化CPUEに基づいて評価した。1996年以降の標準化CPUEの推移から、資源水準は低位であると判断した。また、直近5年間（2010～2014年）の標準化CPUEの変化から、資源動向は減少と判断した。

沖合底びき網漁業による漁獲量は、2010年まで10千トン以上で推移していたが、2011年以降はそれを下回り、2014年には過去最低の429トンに減少した。沿岸漁業も含めた総漁獲量も過去最低の443トンであった。漁獲努力量は近年減少し、2014年に過去最低となったが、資源状態が良くなっているとは判断できないため、現行の「我が国の海洋生物資源の資源管理指針」の下、これまでの資源回復計画での取り組み（操業期間の短縮、休漁日の設定）を継続しながら、今後の加入状況に十分注視していく必要がある。

| 年    | 資源量（トン） | 漁獲量（トン） | F 値 | 漁獲割合 |
|------|---------|---------|-----|------|
| 2013 | —       | 7,020   | —   | —    |
| 2014 | —       | 443     | —   | —    |

水準：低位      動向：減少

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

| データセット | 基礎情報、関係調査等                                   |
|--------|----------------------------------------------|
| 漁獲量    | 北海道沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁）<br>主要港漁業種類別水揚げ量（北海道） |
| 資源量指標値 | 北海道沖合底びき網漁業の標準化 CPUE（水研セ）                    |
| 漁獲物組成  | 月別体長組成調査（北海道）<br>・市場測定                       |
| 漁獲努力量  | 北海道沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁）                      |

## 1. まえがき

宗谷海峡周辺のイカナゴ類は、主に宗谷海峡東方海域で沖合底びき網漁業（以下、「沖底」という）によって漁獲されている（図1）。本資源にはイカナゴとキタイカナゴの2種が存在するとされていたが（三宅 2003）、近年、DNA解析により、新種として記載されたオオイカナゴも本資源に含まれることが明らかとなった（Orr et al. 2015）。オオイカナゴが新種として加わる以前は、耳石の特徴によってイカナゴとキタイカナゴの2タイプの判別が可能とされてきた（田中 2004）。判別の結果、漁獲物に占めるキタイカナゴタイプの割合は減少傾向にあり、2003年には20.4%であったのに対し、2012年、2013年にはそれぞれ0.3、1.1%と非常に小さかった（稚内水産試験場 2014）。これらは漁獲統計上では区別されてお

らず、形態形質などによる簡便な種判別法も現段階では開発されていないため、本評価では3種をイカナゴ類として一括して扱った。宗谷海峡のイカナゴ類は2004年に資源回復計画の対象魚種に指定され、操業期間の短縮（6～10月を6～9月に1ヶ月短縮）、底びき網漁業の休漁（7～9月に月1回連続3日間の休漁）、減船の措置が実施されてきた。漁獲努力量の削減を図るため、オッタートロール船を2004年に2隻、2011年にさらに1隻を減船した。2012年度以降は、現行の「我が国の海洋生物資源の資源管理指針」（水産庁 2014）の下、資源回復計画で実施した漁獲努力量削減の取り組みを継続している。

## 2. 生態

### (1) 分布・回遊

イカナゴは日本各地の沿岸、オオイカナゴは宗谷海峡周辺海域や三陸沿岸、キタイカナゴはサハリンや千島列島などからベーリング海を経てカナダ西岸にかけての沿岸に分布する（Lindberg 1937、松原 1955、Mecklenburg et al. 2002、Orr et al. 2015）。宗谷海峡周辺に分布するイカナゴ類は、水深40～80mの砂礫地帯に生息している（稚内水産試験場 2014）。また、宗谷海峡周辺のイカナゴは、沖底の漁期中（夏季）、水温の上昇にともない北へ移動するが、その後産卵のため南下回遊すると考えられている（稚内水産試験場 2014）。なお、イカナゴの生態として一般に、高水温期には砂に潜って夏眠を行うが、宗谷海峡のイカナゴは夏眠を行わない（三宅 2003）。新種のオオイカナゴについては現在のところ情報が乏しいため不明であるが、これまで知見が蓄積されてきたイカナゴ類の試料にはオオイカナゴも含まれていたことが想定されるため、既存の知見と大きな相違はないと推察される。

### (2) 年齢・成長

イカナゴは、1歳で体長18 cm、2歳で20 cm、3歳で22 cm、4歳で23 cm、5歳で24 cm、6歳で24 cmに成長する（図2：稚内水産試験場（2014）を改変）。寿命は6歳以上である（三宅 2003）。キタイカナゴの成長もほぼ同様である（三宅 2003）。オオイカナゴの詳細は不明であるが、イカナゴ類に関する既存の知見と大きな相違はないと推察される。

### (3) 成熟・産卵

イカナゴとキタイカナゴはともに、多くが満3歳で成熟する（三宅 2003）。イカナゴの産卵場は稚内、枝幸および利尻島、礼文島周辺の沿岸域である（稚内水産試験場 2014）。キタイカナゴの産卵場はサハリン周辺の沿岸域と考えられているが、詳細は不明である（稚内水産試験場 2014）。産卵期は、イカナゴが春（3月下旬～5月上旬）で、キタイカナゴが初冬（11月下旬～12月）である（Okamoto et al. 1989）。オオイカナゴの詳細は不明であるが、イカナゴ類に関する既存の知見と大きく相違することはないと推察される。

### (4) 被捕食関係

未成魚は、カイアシ類などの浮遊性甲殻類や珪藻類を捕食し、成魚は、カイアシ類、端脚類、オキアミ類、十脚類、ヤムシ類、魚類を捕食している（北口 1977、水産庁研究部 1989）。一方、捕食者としては、魚類、海獣類のトドなどが考えられている（三宅 2003）。

### 3. 漁業の状況

#### (1) 漁業の概要

宗谷海峡周辺のイカナゴ類の大部分は沖底によって漁獲され、日本水域の漁場は、沖底の漁期中におけるイカナゴ資源の分布域の南限に当たる。ロシア水域における着底トロールの操業は1988年に禁止となり、さらに2002年には第IV水域（二丈岩・宗谷海峡）におけるイカナゴ類の漁獲割り当てもなくなった。現在のイカナゴ類を対象とした沖底漁業は、主に宗谷海峡東方海域（稚内イース場）において、1～6歳魚の索餌群を漁獲対象として6～9月に実施されている。このうちオッタートロール船の主漁場は、サハリン島～北海道の中間ラインとオッタートロール禁止ラインに囲まれた水域である。一方、かけまわし船は、猿払～枝幸の沿岸海域を主漁場としている。同漁場では6月末頃までケガニかご漁業を行っているため、イカナゴ漁はそれ以降に開始している。

さらに沖底以外の小型定置網、すくい網および敷網などの沿岸漁業でも漁獲されるが、その量は少ない（図3、表1）。沿岸漁業では、利尻島・礼文島周辺海域や稚内沿岸において、0～3歳魚を4～7月に漁獲している。

#### (2) 漁獲量の推移

沖底の漁獲量は、1982年以降減少傾向を示し、1987年には12千トンに落ち込んだが、その後増加に転じ、1995年には52千トンに回復した（図3、表1）。2000年以降に再び漁獲量は減少し、2006年に31千トンに増加したものの、2010年までは10千～20千トンの低い水準で推移した。2011年以降の漁獲量は10千トンを下回り、2014年には過去最低の429トンに減少した（前年比6%）。

沿岸漁業の漁獲量は、沖底と比較して少ない。1980年代後半～1990年代中頃は1,400～5,600トン程度の漁獲量であったが、2000年以降は50～1,200トンと低い水準となった。2014年には過去最低の14トン（前年比9%）となり、沖底も含めた総漁獲量も過去最低の443トンとなった（前年比6%）。

#### (3) 漁獲努力量

漁獲の主体を占めるオホーツク海域での沖底の漁獲努力量（有漁網数）は、1980年代以降減少傾向を示した（図4、表1）。そのうちオッタートロールの漁獲努力量は、1986～2001年は900～1,800網程度であったが、2002年に減少し、2011年まで概ね200～700網程度の低い水準で推移した（2006年は紋別根拠の漁船が加入したことが影響して網数が増加した）。2013年には過去最低の56網に減少し、2014年はやや増加して172網であった。かけまわしの漁獲努力量は、1982年に6,322網に増加したが、1983年以降減少し、1994年には0網となった。その後、1995～1998年は1,000網を越える程度に増加したものの、2000年に256網まで落ち込んだ。それ以降再び増加し、2003～2011年は1,000網前後で推移していたが、2012年から減少に転じた。2014年は7月上旬の漁期序盤から漁模様が極めて悪く、操業が7月中旬で早期終了したため（稚内水産試験場 2015）、143網まで減少した（前年比29%）。

#### 4. 資源の状態

##### (1) 資源評価の方法

資源評価は、補足資料1に示した流れで実施した。資源状態の判断には、昨年度まではオホーツク海におけるオッタートロールおよびかけまわしのノミナルCPUE（総漁獲量/総漁獲努力量）を使用していたが、今年度から標準化CPUEに変更した。この変更と標準化CPUEの推定方法に関する詳細は補足資料2に記す。標準化には一般化線形混合モデルを適用し、年、月、漁法（オッタートロール、かけまわし）、漁区を説明変数とした候補モデルからベイズ情報量規準を用いてモデル選択した結果、下式のモデルが選択された。

$$\log(CPUE_{ijk}) = \alpha + Year_i + Gear_k + (Year \times Gear)_{ik} + a_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$\alpha$ は切片、 $Year_i$ は年の効果、 $Gear_k$ は漁法の効果、 $(Year \times Gear)_{ik}$ は年と漁法の交互作用、 $a_{ij}$ は年と月の交互作用、 $\varepsilon_{ijk}$ は*i*年、*j*月、漁法*k*での残差を表す。上記モデルの残差分布には等分散性と正規性を確認できた。年効果のLSmean（Least squares mean: 最小二乗平均）を計算することで、年以外の効果を除去した標準化CPUEを推定し、資源量指標値とした。ただし、宗谷海峡周辺のイカナゴ類は日本水域とロシア水域に跨って分布しているため、CPUEに基づく資源状態の判断には不確実性が伴う。なお、北海道沖合底びき網漁業漁獲成績報告書の日別船別漁区別統計値をデータとして使用したため、解析期間はデータが存在する1996年以降である。

##### (2) 資源量指標値の推移

資源量指標値として使用した標準化CPUEの推移を図5、表1に示した。1996年に12.7トン/網であった標準化CPUEは、2000年にかけて5.2トン/網まで減少した。その後、2003年に極小値5.7トン/網を取りながらも増加傾向を示し、2006年には12.8トン/網となった。それ以降再び減少傾向に転じ、直近4年間は3.3トン/網以下の特に低い値で推移している。2014年は過去最低の0.8トン/網であった（前年比28%）。

##### (3) 漁獲物の体長・年齢組成

2011～2014年に沖底で漁獲されたイカナゴ類の体長組成を図6に示した。漁期前半の6～7月には体長21～25 cmの大型魚が主体となる傾向があったが、2013年7月には体長20 cm以下の中小型魚の割合が大型魚に匹敵し、双峰性の組成となった。漁期後半の8～9月には中小型魚の漁獲割合が増し、幅広い体長範囲のイカナゴ類が漁獲対象となる傾向があった。2014年の6～7月は24 cmの大型魚が主体で、中小型魚の割合は低かった。2014年はイカナゴ漁が早期に終了したため、漁獲物の体長組成は上記の6～7月のみであった。

若齢魚の加入状況を検討するために、稚内水産試験場から提供を受けたイカナゴ類（イカナゴタイプ）の年齢別漁獲尾数を調べた（図7：稚内水産試験場（2015）を改変）。2012年の1、2歳魚（2011、2010年級群）の漁獲尾数はそれぞれ0.4、0.5千万尾で、2003年以降で低い水準であった。2013年の1、2歳魚（2012、2011年級群）の漁獲尾数は2012年に比べて増加したが、2003年以降では低い水準であった。2014年には1歳以上の年齢別漁獲尾数が全て過去最低となった。以上のことから、2010～2012年級群の豊度は低いと推察される。

#### (4) 資源の水準・動向

標準化CPUEの推移から資源水準および動向を判断した。1996～2014年の標準化CPUEの平均値を50として、各年の相対値を水準指数とした。水準指数30未満を低位、30以上70未満を中位、70以上を高位とした。2014年の水準指数は6であったため、資源水準は低位と判断した(図5)。また、2010～2014年の標準化CPUEの推移から、資源動向は減少と判断した。

#### 5. 資源管理の方策

近年のイカナゴ類の資源水準が低位に留まっているのは、豊度の高い年級群が加入していないことが要因と考えられる。2014年までの漁獲状況から、2010～2012年級群の加入状況は良くないと推察される。そのような状況の下、稚内根拠のオッタートロール船の隻数は2011年度までの資源回復計画によって現在では1隻となり(2004年に2隻、2011年に1隻を減船)、かけまわし船は漁模様次第で自主的に操業を規制している(稚内水産試験場2014)。沖底による漁獲努力量は2014年に過去最低となったが、標準化CPUEは低下しており、資源状態が良くなっているとは判断できないため、現行の「我が国の海洋生物資源の資源管理指針」(水産庁 2014)の下、これまでの資源回復計画での取り組み(操業期間の短縮、休漁日の設定)を継続しながら、今後の加入状況に十分注視していく必要がある。

#### 6. 引用文献

- 北口孝郎 (1977) 宗谷海峡周辺水域のイカナゴ漁業と若干の生物学的知見. 北水試月報, 34(2), 1-12.
- Lindberg, G. U. (1937) On the classification and distribution of sand-lances genus *Ammodytes* (Pisces). Bull. Far. East. Branch Acad. Sci. USSR, 27, 85-93.
- 松原喜代松 (1955) 魚類の形態と検索, 石崎書店, 東京, 1605 pp.
- Mecklenburg, C. W., T. A. Mecklenburg and L. K. Lyman (2002) Fishes of Alaska, 1037 pp.
- 三宅博哉 (2003) イカナゴ. 新北のさかなたち(水島敏博・鳥澤 雅(監修)), 北海道新聞社, 北海道, 220-223.
- Okamoto, H., H. Sato and K. Shimazaki (1989) Comparison of reproductive cycle between two genetically distinctive groups of sand lance (genus *Ammodytes*) from northern Hokkaido. Nippon Suisan Gakkaishi, 55(11), 1935-1940.
- Orr, J. W., S. Wildes, Y. Kai, N. Raring, T. Nakabo, O. Katugin and J. Guyon (2015) Systematics of North Pacific sand lances of the genus *Ammodytes* based on molecular and morphological evidence, with the description of a new species from Japan. Fishery Bulletin, 113, 129-156.
- 水産庁 (2014) 我が国の海洋生物資源の資源管理指針.  
<http://www.jfa.maff.go.jp/form/pdf/sisin.pdf>.
- 水産庁研究部 (1989) 我が国漁獲対象魚種の資源特性 (I), 76 pp.
- 田中伸幸 (2004) 耳石を用いたイカナゴ属2種の種判別. 北水誌研報, 67, 109-111.
- 稚内水産試験場 (2014) イカナゴ類(宗谷海峡海域). 2014年度水産資源管理会議評価書, 北海道立総合研究機構水産研究本部, <http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/>

kanri/SigenHyoka/Kokai/2014hyouka/31\_ikanagosp\_soyach\_2014.pdf.

稚内水産試験場 (2015) イカナゴ類(宗谷海峡海域). 2015年度水産資源管理会議評価書,  
北海道立総合研究機構水産研究本部,

<http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai>.

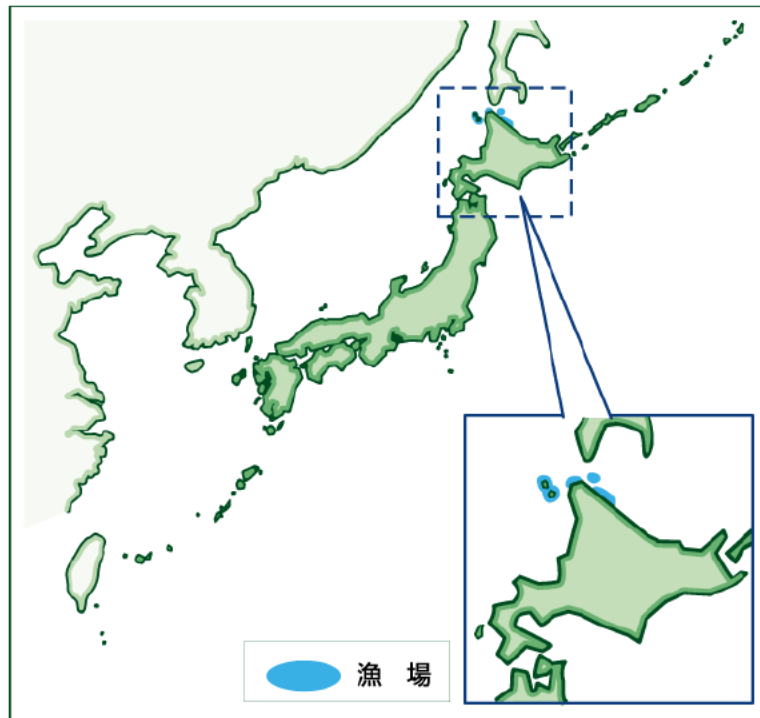


図1. イカナゴ類宗谷海峡の漁場図

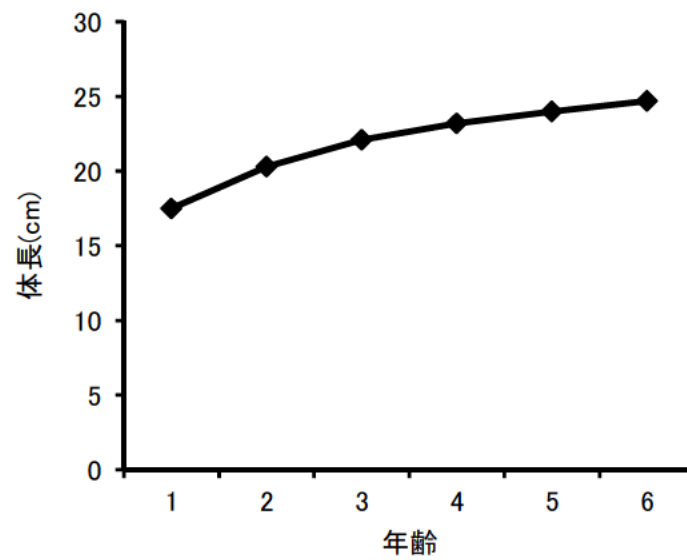


図2. イカナゴ類宗谷海峡の成長（稚内水産試験場（2014）を改変）

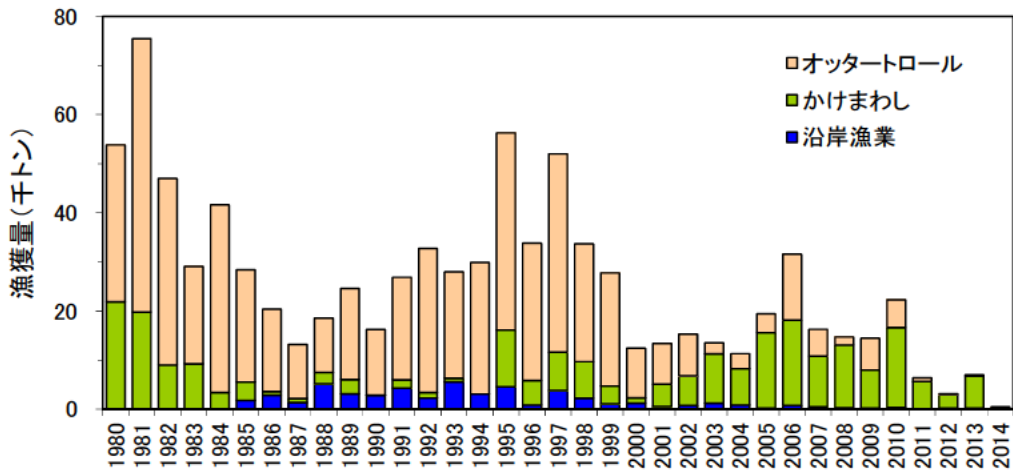


図3. イカナゴ類宗谷海峡の漁獲量 沿岸漁業の漁獲量は1985年以降の数値。

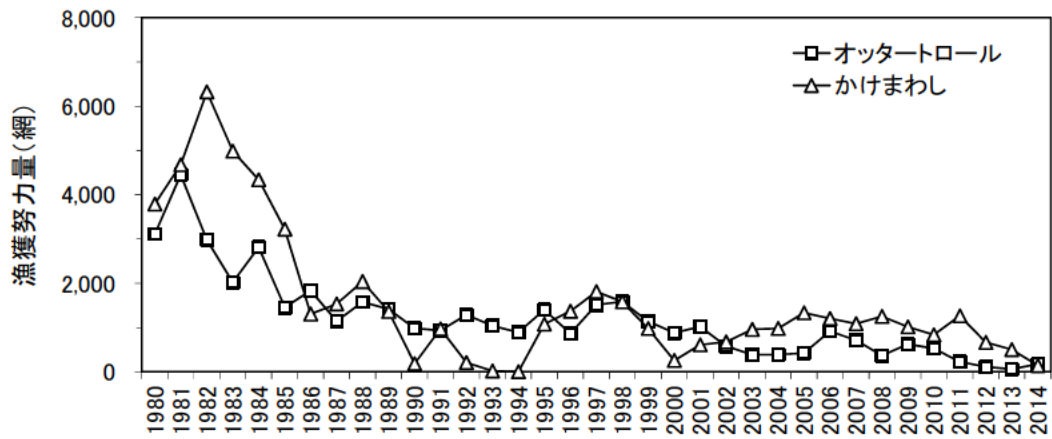


図4. イカナゴ類宗谷海峡に対する沖底の漁獲努力量（有漁網数）

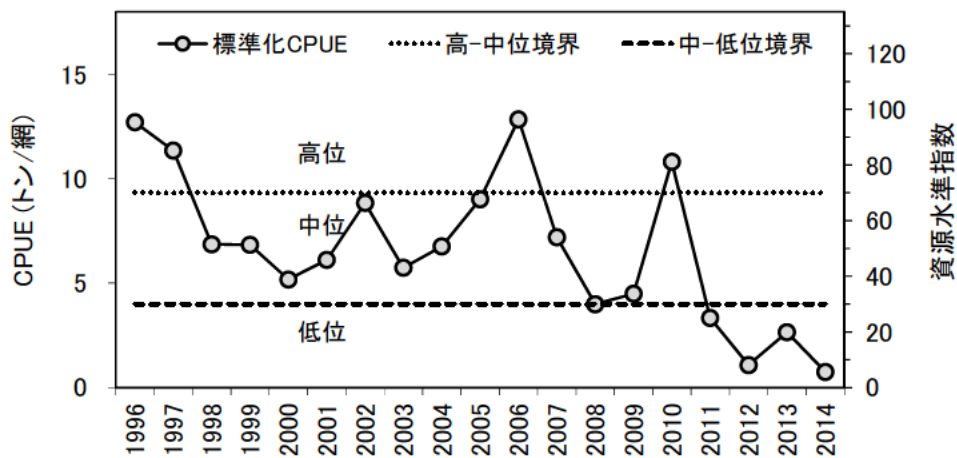


図5. イカナゴ類宗谷海峡の標準化CPUEの推移と資源水準



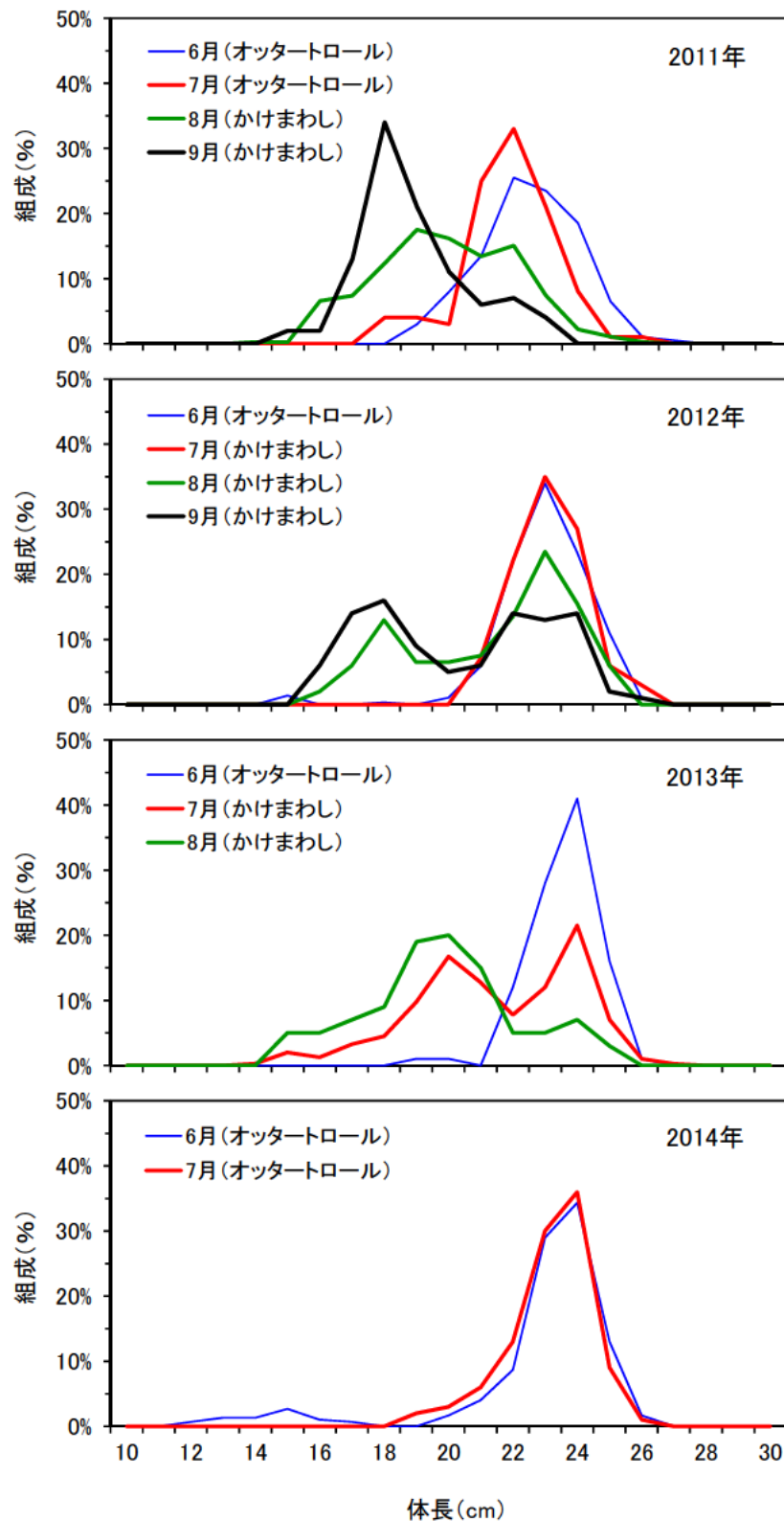


図6. 宗谷海峡周辺において沖底により漁獲されたイカナゴ類の6～9月の体長組成（稚内水産試験場 未発表資料）

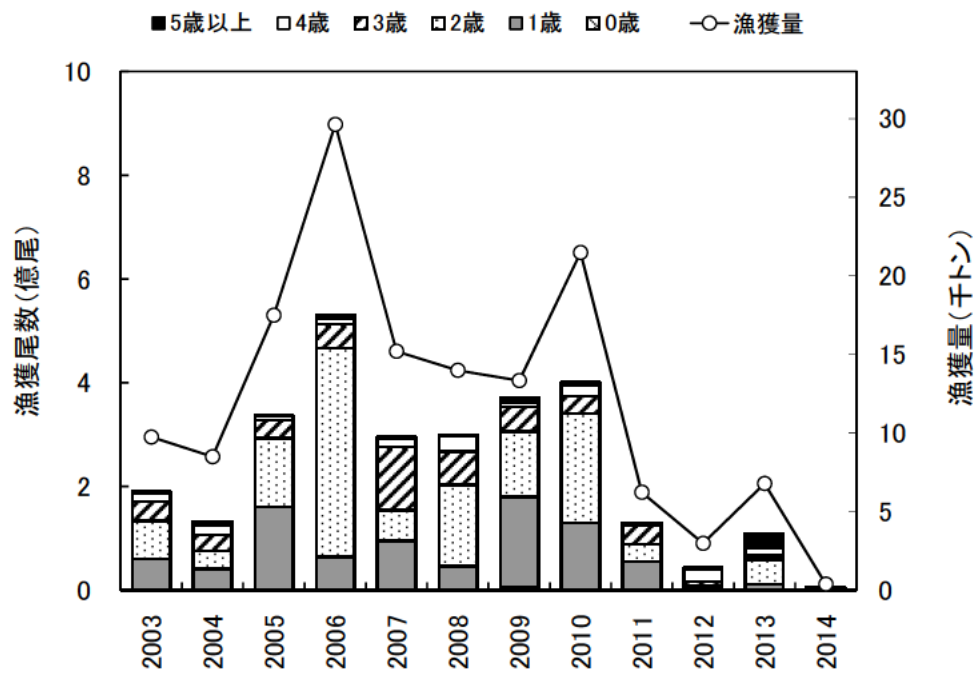


図7. 宗谷海峡周辺において沖底により漁獲されたイカナゴ類（イカナゴタイプ）の年齢別漁獲尾数および漁獲量の推移（稚内水産試験場（2015）を改変）

表1. 宗谷海峡周辺海域におけるイカナゴ類の漁獲動向

| 年    | 漁獲量（トン）      |             |           |             |       | 努力量（網） |                      | CPUE（トン/網） |                      |           |      |
|------|--------------|-------------|-----------|-------------|-------|--------|----------------------|------------|----------------------|-----------|------|
|      | 沖底           |             |           |             | 沿岸    | 合計     | 沖底<br>（オホーツク）        |            | 沖底<br>（オホーツク）        |           | 標準化  |
|      | オッター<br>トロール |             | かけまわし     |             |       |        | オッ<br>ター<br>トロ<br>ール | かけ<br>まわし  | オッ<br>ター<br>トロ<br>ール | かけ<br>まわし |      |
|      | オホー<br>ツク    | 日<br>本<br>海 | オホー<br>ツク | 日<br>本<br>海 |       |        |                      |            |                      |           |      |
| 1980 | 31,910       | 436         | 21,873    | 0           | -     | 54,219 | 3,112                | 3,789      | 10.3                 | 5.8       | -    |
| 1981 | 55,697       | 85          | 19,767    | 0           | -     | 75,549 | 4,453                | 4,679      | 12.5                 | 4.2       | -    |
| 1982 | 37,975       | 0           | 8,983     | 12          | -     | 46,970 | 2,979                | 6,322      | 12.7                 | 1.4       | -    |
| 1983 | 19,809       | 29          | 9,268     | 6           | -     | 29,112 | 2,020                | 4,983      | 9.8                  | 1.9       | -    |
| 1984 | 38,251       | 0           | 3,352     | 14          | -     | 41,617 | 2,812                | 4,339      | 13.6                 | 0.8       | -    |
| 1985 | 22,852       | 0           | 3,769     | 69          | 1,764 | 28,454 | 1,455                | 3,222      | 15.7                 | 1.2       | -    |
| 1986 | 16,780       | 101         | 707       | 94          | 2,845 | 20,527 | 1,834                | 1,306      | 9.1                  | 0.5       | -    |
| 1987 | 10,944       | 205         | 813       | 0           | 1,366 | 13,328 | 1,142                | 1,530      | 9.6                  | 0.5       | -    |
| 1988 | 11,042       | 0           | 2,406     | 0           | 5,106 | 18,554 | 1,577                | 2,039      | 7.0                  | 1.2       | -    |
| 1989 | 18,566       | 0           | 2,908     | 0           | 3,120 | 24,594 | 1,415                | 1,361      | 13.1                 | 2.1       | -    |
| 1990 | 13,341       | 0           | 1         | 3           | 2,882 | 16,227 | 981                  | 183        | 13.6                 | 0.0       | -    |
| 1991 | 20,898       | 0           | 1,653     | 15          | 4,320 | 26,886 | 933                  | 969        | 22.4                 | 1.7       | -    |
| 1992 | 29,344       | 0           | 1,146     | 0           | 2,237 | 32,728 | 1,284                | 209        | 22.9                 | 5.5       | -    |
| 1993 | 21,665       | 0           | 701       | 0           | 5,586 | 27,953 | 1,037                | 19         | 20.9                 | 36.9      | -    |
| 1994 | 26,757       | 2           | 0         | 0           | 3,087 | 29,846 | 889                  | 0          | 30.1                 | -         | -    |
| 1995 | 40,129       | 0           | 11,602    | 0           | 4,537 | 56,268 | 1,399                | 1,074      | 28.7                 | 10.8      | -    |
| 1996 | 27,907       | 900         | 5,044     | 85          | 815   | 34,751 | 864                  | 1,365      | 32.3                 | 3.7       | 12.7 |
| 1997 | 40,391       | 38          | 7,825     | 45          | 3,781 | 52,081 | 1,510                | 1,807      | 26.7                 | 4.3       | 11.4 |
| 1998 | 24,002       | 0           | 7,436     | 7           | 2,215 | 33,659 | 1,584                | 1,583      | 15.2                 | 4.7       | 6.9  |
| 1999 | 23,037       | 0           | 3,628     | 86          | 1,063 | 27,814 | 1,135                | 979        | 20.3                 | 3.7       | 6.8  |
| 2000 | 10,134       | 0           | 1,046     | 0           | 1,232 | 12,412 | 878                  | 256        | 11.5                 | 4.1       | 5.2  |
| 2001 | 8,276        | 0           | 4,613     | 0           | 483   | 13,373 | 1,019                | 610        | 8.1                  | 7.6       | 6.1  |
| 2002 | 8,518        | 0           | 6,003     | 0           | 739   | 15,260 | 578                  | 672        | 14.7                 | 8.9       | 8.8  |
| 2003 | 2,210        | 0           | 10,089    | 0           | 1,181 | 13,481 | 383                  | 958        | 5.8                  | 10.5      | 5.7  |
| 2004 | 3,079        | 0           | 7,417     | 0           | 820   | 11,316 | 385                  | 978        | 8.0                  | 7.6       | 6.8  |
| 2005 | 3,820        | 0           | 15,426    | 383         | 148   | 19,777 | 423                  | 1,332      | 9.0                  | 11.6      | 9.0  |
| 2006 | 13,424       | 0           | 17,339    | 345         | 746   | 31,854 | 915                  | 1,204      | 14.7                 | 14.4      | 12.8 |
| 2007 | 5,461        | 0           | 10,353    | 234         | 450   | 16,499 | 709                  | 1,087      | 7.7                  | 9.5       | 7.2  |
| 2008 | 1,651        | 0           | 12,829    | 238         | 233   | 14,951 | 367                  | 1,251      | 4.5                  | 10.3      | 4.0  |
| 2009 | 6,434        | 1           | 7,763     | 0           | 211   | 14,409 | 625                  | 1,015      | 10.3                 | 7.6       | 4.5  |
| 2010 | 5,634        | 0           | 16,297    | 39          | 341   | 22,310 | 525                  | 835        | 10.7                 | 19.5      | 10.8 |
| 2011 | 778          | 0           | 5,575     | 37          | 50    | 6,440  | 225                  | 1,264      | 3.5                  | 4.4       | 3.3  |
| 2012 | 215          | 0           | 2,767     | 0           | 168   | 3,151  | 109                  | 664        | 2.0                  | 4.2       | 1.1  |
| 2013 | 148          | 0           | 6,647     | 74          | 150   | 7,020  | 56                   | 500        | 2.6                  | 13.3      | 2.7  |
| 2014 | 398          | 0           | 31        | 0           | 14    | 443    | 172                  | 143        | 2.3                  | 0.2       | 0.8  |

資料：沖底 北海道沖合底びき網漁業漁獲成績報告書。

沿岸漁業 2013年までの漁業生産高報告、および2014年の水試集計速報値。

集計範囲：沖底 小海区北海道日本海およびオコック沿岸（ロシア水域も含む）。

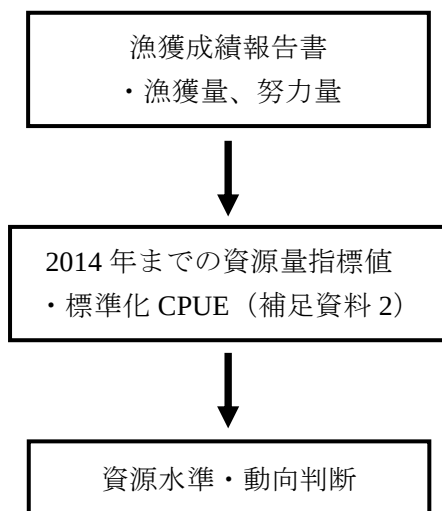
沿岸漁業 宗谷総合振興局（沖底漁獲を除く）。1984年以前は漁業種類別に集計できないため、未集計。

標準化CPUE 日別データを使用しているため、1996年以降に限定。

2014年の数値は暫定値。

# 補足資料1 資源評価の流れ

使用したデータと、資源評価の関係を以下のフローで簡潔に記す。



## 補足資料2 資源量指標値の変更について

本資源の資源量指標値には、昨年度まで沖底のノミナルCPUE（＝総漁獲量／総漁獲努力量）を使用してきたが、漁獲効率は操業月や漁区によって異なる可能性があるため、その影響を除去した標準化CPUEがより適切な資源量指標値であると考えられる。そこで本評価では、以下の方法で標準化CPUEを推定し、資源量指標値として使用することとした。

まず、1996年以降の北海道沖合底びき網漁業漁獲成績報告書の日別船別漁区別統計値を用いて、宗谷海峡周辺海域におけるイカナゴ類の有漁操業データを抽出した。ただし、沖底漁業者へのアンケート結果を参考に、イカナゴ類の漁獲量が全体漁獲量の10%未満のデータを混獲データと見なし、除外した。最終的に抽出された8378データを使用して、CPUEの対数値を応答変数とした一般化線形混合モデルを適用し、年、月、漁法（オッタートロール、かけまわし）、漁区の主効果、およびそれらの交互作用を説明変数（カテゴリカル変数）とした候補モデルを作成した。誤差分布は正規分布に従うと仮定した。ベイズ情報量規準を用いてモデル選択した結果、下式が標準化モデルとして選択された。

$$\log(CPUE_{ijk}) = \alpha + Year_i + Gear_k + (Year \times Gear)_{ik} + a_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$\alpha$ は切片、 $Year_i$ は年の効果、 $Gear_k$ は漁法の効果、 $(Year \times Gear)_{ik}$ は年と漁法の交互作用、 $a_{ij}$ は年と月の交互作用、 $\varepsilon_{ijk}$ は*i*年、*j*月、漁法*k*での残差を表す。年と月の交互作用にはデータの無い組合せが生じ、固定効果として扱うと標準化CPUEを推定できないため、変量効果として扱うことで対処した。なお、漁区の効果は説明変数から除外された。

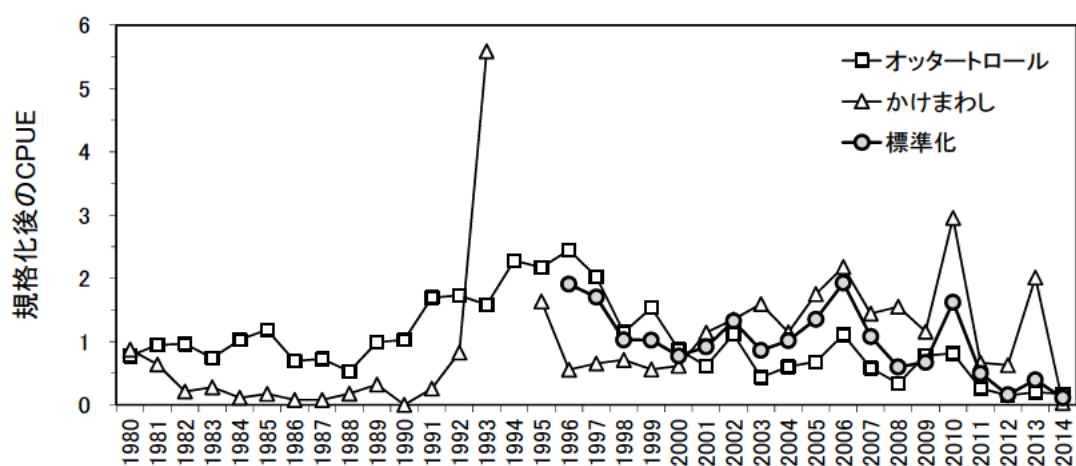
選択されたモデルを検証するため、残差分布の等分散性と正規性を調べたところ、モデルを用いたCPUE推定値と残差、および各説明変数と残差との間には顕著な傾向は見られず、等分散性が確認できた。また、残差の頻度分布から正規性も確認できたことから、CPUE標準化モデルとして妥当であると判断した。

上記モデルから年効果のLSmean (Least squares mean: 最小二乗平均) を計算することで、年以外の効果を除去した標準化CPUEを推定し、昨年度まで使用していたオッタートロールおよびかけまわしのノミナルCPUEと比較した（補足図2-1）。標準化CPUEは増減を繰り返しながら1996年以降近年にかけて減少しており、全体的にはかけまわしCPUEよりもオッタートロールCPUEと似た傾向を示した。2013年のかけまわしCPUEは高い水準であったが、同年は8月上旬にCPUEが突然低下したことにより早期終漁したため（稚内水産試験場2014）、資源量指標値としては過大評価されている可能性もある。標準化CPUEでは操業月の効果を除去しているため、その過大評価は修正されていると考えられる。この他にもノミナルCPUEでは過大・過小評価されている年があると推察されるが、操業月や漁法の効果、あるいは漁法によって異なるCPUEの年効果（補足図2-2）を除去することでより適切な資源量指標値となると考えられるため、標準化CPUEを使用することとした。なお、昨年度と同様にオッタートロールCPUEを用いて資源水準・動向を判断すると「低位・減少」となり、標準化CPUEを使用した場合と相違なかった。

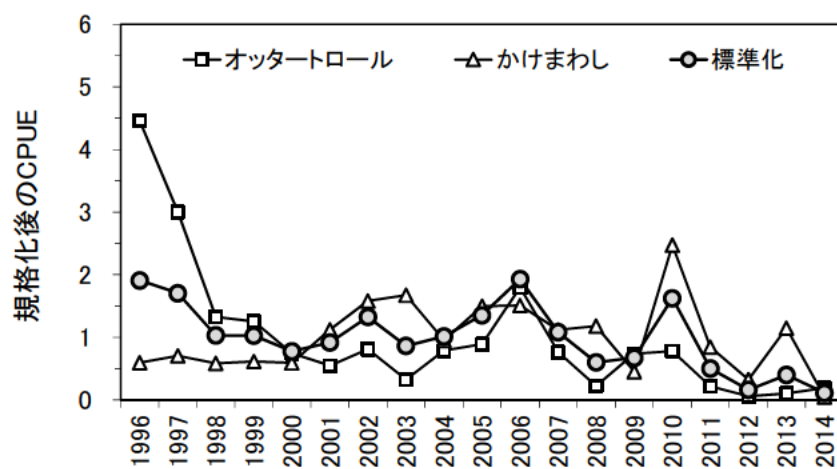
## 引用文献

稚内水産試験場 (2014) イカナゴ類(宗谷海峡海域) . 2014年度水産資源管理会議評価書,

北海道立総合研究機構水産研究本部，[http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/2014hyouka/31\\_ikanagosp\\_soyach\\_2014.pdf](http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/2014hyouka/31_ikanagosp_soyach_2014.pdf).



補足図2-1. オッタートロールおよびかけまわしのノミナルCPUEと標準化CPUEの推移  
それぞれ、平均値で除すことで規格化した。



補足図2-2. 年と漁法の交互作用効果のLSmeanを計算することで推定した漁法別CPUE、および資源量指標値として利用した標準化CPUEの推移  
それぞれ、平均値で除すことで規格化した。