

魚種（海域）：スケトウダラ（日本海海域）

担当：稚内水産試験場（美坂 正，鈴木 祐太郎），中央水産試験場（本間隆之（現釧路水産試験場），星野 昇），函館水産試験場（渡野邊 雅道）

要約

評価年度：2016 年度（2016 年 4 月～2017 年 3 月）

2016 年度の漁獲量：5,964 トン（前年比 1.14）

資源量の指標	資源水準	資源動向
産卵親魚量	低水準	増加

1990 年度前後の漁獲量は 12 万トンを超えていたが、その後減少傾向が続き、2013 年度以降は 1 万トンを下回っている。2016 年度は TAC 7,900 トンに対して、漁獲量は 5,964 トンであった。資源量の指標とした産卵親魚量は 1990 年度の約 29 万トンから 2008 年度の約 3.2 万トンまで減少が続いた。比較的高豊度な 2006 年級の加入により 2009～2011 年度は一時的に増加したが、その後再び減少し、現在まで低水準となっている。2006 年級に次いで高豊度な 2012 年級の成熟により、2016 年度の産卵親魚量は増加し、2017 年度も増加する見込みである。2014～2016 年度の漁獲強度は F_{med} 相当に低下しており、資源回復を図る上で適正な水準であったと考えられる。今後も漁獲強度を F_{med} 程度に維持することにより資源回復を図っていく必要がある。

1. 資源の分布・生態的特徴**(1) 分布・回遊**

石川県以北からサハリン西岸および北部沿海州にかけて分布する¹⁻⁴⁾。北海道周辺海域の産卵場で産出された卵、仔稚魚は表層域に分布し、海流によって北海道北部沿岸域に輸送される⁵⁻¹⁰⁾。孵化した年の夏～秋期にかけて浮遊期の主分布域とほぼ重なる北海道側沿岸の海底付近に分布域を移し（着底）、3 歳くらいまでの未成魚期を雄冬から利尻礼文島までの北海道側大陸棚斜面域と武蔵堆周辺海域の中底層で過ごす¹¹⁾。成熟魚は産卵期に産卵場周辺に回遊し、産卵後再び索餌回遊する^{1-4, 12-17)}。

(2) 年齢・成長（加齢の基準日：4 月 1 日）

満年齢	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳	6 歳	7 歳	8 歳	9 歳	10 歳以上
尾叉長 (cm)	13	25	31	36	39	41	43	43	44	46
体長 (cm)	9	21	27	32	35	38	39	40	41	43
体重 (g)	15	113	178	290	377	465	518	538	581	640

1995～2002 年 3～5 月の漁獲物測定資料を用いた。ただし、1 歳は 2005 年 3 月におけ

る試験調査船おやしお丸の標本測定資料を用いた。体長は尾叉長から推定した値である。

(3) 成熟年齢・成熟体長（年齢は11～1月時点を示す）

満年齢	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上
成熟率：雄（%）	0	18	65	90	100	100
成熟率：雌（%）	0	0	31	89	99	100

2歳から成熟する個体がみられ、5歳でほとんどの個体が成熟する¹⁸⁾。

(4) 産卵期・産卵場

- ・産卵期：12月～3月、産卵の盛期は南で早く、北で遅い傾向がある。
- ・産卵場：檜山沿岸、岩内湾、石狩湾、雄冬沖、武蔵堆、利尻島・礼文島周辺にあるとされる。資源が大きく減少した現在、主要な産卵場は、檜山沿岸、岩内湾、石狩湾で、雄冬以北の産卵場は小規模と考えられる。

2. 漁業の概要

(1) 操業実勢

漁業	漁期	漁場	着業隻数（2016年度）
沖合底びき網	周年、 6/16～9/15 禁漁	積丹半島以北の沖底 禁止ラインより沖合	稚内 6隻 小樽 4隻
すけとうだらはえ縄	11～1月	後志海域（岩内） 檜山海域	後志 3隻 檜山 19隻
すけとうだら刺し網 各種刺し網（混獲）	周年、主漁期は 11～3月	沿岸各地、主漁場は 後志海域	後志 25隻 檜山 4隻（試験操業）

最近の漁業別漁獲量割合を図1に、主要漁業における操業隻数の推移を表1に示す。

(2) 資源管理に関する取り組み

- ア) 1997年よりTAC対象種に指定されている（表2）。2014年度まで我が国周辺水域の漁業資源評価¹⁹⁾（以下、我が国評価と表す）のABCを上回るTACが設定されていたが、2015年度からはABCに対応したTACが設定されている。
- イ) 未成魚保護のための資源管理協定に基づく体長制限（体長30cm又は全長34cm未満）。体長30cm又は全長34cm未満の漁獲は20%を超えてはならず、20%を超える場合は漁場移動等の措置を講ずることとなっている。
- ウ) 檜山海域では産卵直前から産卵期に現れる透明卵（水子）の出現状態に応じて漁を切り上げて、親魚の保護と産卵の助長を図っている。また産卵場に禁漁区が設けられている。

エ) 国は、漁業経営を維持継続しつつ実施可能な最大限の漁獲抑制措置をとることにより、資源の減少に歯止めをかけることを目標とした「スケトウダラ日本海北部系群資源回復計画」を2007年3月に策定し、下記の取り組みを実施した。

- ・北海道沖合底びき網漁業：スケトウダラを目的とした操業を一部削減する（2003～2005年の操業隻日実績平均数の1割削減）。小型魚の漁獲割合や総水揚量が一定量を超えた場合には、操業を自粛する。資源の良好な加入が確認された場合には、期間を定めた休漁等を検討実施する。
- ・北海道沿岸漁業（すけとうだら固定式刺し網漁業、すけとうだらはえ縄漁業）：産卵親魚の保護等、従来から行っている資源管理措置を充実させる。
- ・本州日本海北部漁業：現状の操業を維持し、漁獲努力量が高まるような操業は行わないよう努める。

オ) 上記エ) に基づき、当計画の円滑な推進を図り、本資源の維持・回復を図るため、スケトウダラ日本海北部系群資源回復計画漁業者協議会（沿岸・沖底・道・国）が設置され、沖底漁業者から下記のさらなる自主的な取り組みが提案され、2008～2011年の事業実施期間後も取り組みを継続することが合意された。

- ・上記エ) におけるスケトウダラ目的の操業隻日数1割削減を2割削減とする。
- ・一揚網当たり、体長30cm未満又は全長34cm未満のスケトウダラの漁獲量が、当該揚網におけるスケトウダラ総漁獲量の20%を超えた場合には、漁場移動を速やかに行うが、移動後の揚網においても同様の場合には、当該航海の残りの操業はスケトウダラを目的とする操業を自粛する。
- ・20%を超えた場合の漁場移動については「他の漁区（農林漁区番号）」へ移動する。この場合、曳網日時、緯度経度、操業していた漁区番号、漁場移動した漁区番号、スケトウダラの漁獲量及び体長30cm未満又は全長34cm未満のスケトウダラの漁獲量を回復計画に参加している関係機関に報告する。
- ・北海道沖合の日本海での沖底の1日当たりのスケトウダラ総水揚量が一定量（当面1千トンを目安）を超えた場合、翌操業日には沖底各船はスケトウダラ目的の操業を自粛することになっているが、自主的に一定量を800トンまで引き下げる。

カ) スケトウダラを採捕する「その他漁業」について、関係漁業協同組合および関係地区・管内漁業協同組合長会の合意により、2010年度から、相当量のスケトウダラの来遊がある場合に備え、スケトウダラの漁獲が一定量程度に収まるよう、関係漁協等において、次の①～③による取り組みを行うこととした（2015年度一部改正）。

- ①道が算定した地域別若干見合量を基に関係総合振興局又は振興局から示された漁協別若干見合量を目安として、採捕量抑制に向けた取組みを行う。
- ②今後の取り組みに係る参考データとするため、関係漁協は「その他漁業」のスケトウダラの採捕状況を常時把握するとともに、漁協別若干見合量の70%に達した場合は、関係総合振興局又は振興局へ旬毎に速やかに報告する。

③日本海北部系群の資源回復の必要性を踏まえ、関係漁協は、資源管理協定に準じた小型魚保護の取り組みについて、漁業者を指導する。

キ) 2011 年度から資源管理・漁業所得補償対策により、後志振興局管内島牧漁協のすけとうだら固定式刺し網漁業、檜山振興局管内ひやま漁協のすけとうだらはえ縄漁業について、強度資源管理タイプの総操業日数の上限設定を実施し、漁獲努力量削減の取り組みを行っている。

3. 漁獲量および漁獲努力量の推移

(1) 漁獲量

・ TAC の推移

北海道日本海海域における TAC は、制度が始まった 1997 年度から 2004 年度まで 63,000～73,000 トンであったが、2005 年度以降資源の悪化に伴って減少し、2011～2014 年度は 12,500 トンとなった。2015～2017 年度は ABC に対応した TAC が設定され、それぞれ 7,000 トン、7,900 トン、5,900 トンとなった（表 2）。

・ 漁獲量の推移

北海道日本海海域における漁獲量は 1990 年度前後には 12 万トンを超えていたが、その後は減少傾向が続き、2008 年度以降は TAC の減少により TAC 割当に近い漁獲量となった。2013 年度は 1 万トンを下回る 9,553 トン、TAC が ABC 相当に削減された 2015 年度は 5,233 トン、2016 年度は 5,964 トンとなった（表 3、図 2）。

沖底漁業の漁獲量は、1992 年度まで 4～10 万トンの間で変動しながら推移したが、1993 年度以降、減少傾向が続き、2015 年度は 2,814 トンにまで減少した。2016 年度は 3,387 トンとなり、2015 年度より若干増加した。韓国トロール漁船は 1987～1998 年度に沖底漁業と重複する海域で操業し、1992 年度には 1.9 万トンを漁獲したが、1999 年度以降は操業していない。

沿岸漁業の漁獲量は、1979 年度の 5.7 万トンを最高に減少傾向で推移し、2005 年度に 1 万トンを下回った。2016 年度は 2,577 トンとなり、2015 年度より若干増加した。沿岸漁業の主要海域について見ると、後志海域では 1985 年度まで 3 万トンを超えていたが、1990 年代にかけて急激に減少し、2000 年度以降は低い水準で推移している。2016 年度は後志北部（石狩湾およびその周辺）で 879 トン、後志南部（岩内湾およびその周辺）で 1,106 トンであった。檜山海域では 1988～2002 年度まで概ね 1 万トン以上で推移していたが、その後は減少傾向が続き、2016 年度は 3 年連続で 1 千トンを下回る 401 トンとなった。

・ 漁獲金額および単価の推移

沿岸漁業における 1975 年度以降の漁獲金額は、1981 年度の 83 億円を最高に漁獲量とともに減少傾向となり、2016 年度は 3.3 億円であった。1977～2009 年度の単価は 105～217 円/kg の範囲で変動しており、うち 2000～2008 年度は比較的高い 153～201 円/kg で

推移した。2010～2016年度は88～118円/kgと低めに推移している。

(2) 漁獲努力量

沖底漁業の着業隻数は漁場の縮小や資源の悪化に伴い1981年度以降大幅に減少してきた。1985年度までは計79隻、1987年度には35隻、2001年度には19隻となり、その後も数年おきに減少し、2016年度は10隻であった(表1)。かけまわし船によるスケトウダラを対象とした曳網回数は、減船とTACによる漁獲制限を反映して、1996年度の約7千回から減少傾向で、2008年度以降は1千回を下回っている(図3a)。全曳網に占めるスケトウダラ対象曳網の割合は1997～2006年度には概ね15%以上で推移していたが、2007年度以降は10%前後に低下している。

沿岸漁業の操業隻数は、後志北部古平地区の刺し網船では1988年度の59隻から2006年度の7隻まで減少した後、休漁した2014年度を除き8～15隻で推移した(表1)。また、後志南部岩内地区のはえ縄船では1986年度の85隻から2013～2016年度の3隻まで大幅に減少した。檜山海域のはえ縄漁業における延べ出漁隻数は1997年度の6,661日・隻から減少が続き、2016年度は219日・隻となった(図3b)。檜山海域の乙部町豊浜地区における延べ使用縄数も同様に減少傾向にあり、2016年度は1998年度の4%(5,130鉢)に減少した。

4. 資源状態

(1) 現在までの資源動向

・漁獲尾数

1981～1987年度の漁獲尾数は1.8億～3.0億尾であったが、1988～1992年度には4.0～5.9億尾に増加した(図4a)。1993年度以降は3.0億尾未満で減少が続いたが、1998年級が加入した2001、2002年度、2006年級が加入した2008、2009年度は一時的に増加した。2011年度以降は2,900万尾未満で推移しており、2016年度は1,746万尾であった。2016年度の年齢構成は、尾数では4歳(2012年級)が44%、6歳(2010年級)が11%、10歳以上(多くは2006年級)が17%(図5a)、重量では4歳(2012年級)が34%、6歳(2010年級)が16%、10歳以上(多くは2006年級)が29%であった。

・資源重量(2歳以上)

1980年代後半の資源重量は高豊度な1984～1988年級の連続加入により増加し、1987～1992年度の資源重量は50万トンを超えたが、1990年代以降は減少傾向が続き、2007年度は7.5万トンとなった(図4b, 4c)。2006年級の加入により2008年度は増加したが、2009年度から再び減少が続き、2013年度には過去最低の6.6万トンとなった。2014年度以降は2012年級の加入により緩やかな増加傾向となっており、2016年度の資源重量は7.8万トンとなった(図5b, 5c)。

・ 加入量の動向

4月の仔稚魚分布調査により推定された0歳魚の現存尾数は、2006年級389億尾、2016年級328億尾、2012年級220億尾が多く、2010、2015年級は中程度、2011、2013、2014年級はそれより少ない(表4、図6a)。2007~2009年級はさらに少なく、16~42億尾であった。また、8~9月の未成魚分布調査により推定された1歳魚の現存尾数は、2006年級4,182万尾と2012年級2,717万尾が多く、次に2010、2005、2011年級が続く、その他の年級は少なかった(表4、図6b)。これらの調査による年級豊度の順位は概ね一致しているが、2015年級については2015年4月調査による0歳時現存尾数が中程度の豊度と推定された一方で、2016年8~9月調査による1歳時現存尾数は8,025万尾とこれまでになく多く推定されたことから、今後、2015年級の漁獲動向を注視していく必要がある。

2014年級までの2歳加入尾数(VPAによる資源尾数)を見ると、1981年級以降では1988年級の18億尾が最高である(図7a)。その後は2歳時に10億尾を超える高豊度年級は見られず、加入量は徐々に減少した。2002年級以降は1億尾に満たない低豊度年級が多くなっているが、2006、2012年級のように約2~4億尾の比較的高豊度な年級も発生している。

・ 産卵親魚量の動向

10月の産卵群漁期前分布調査により推定された産卵親魚現存量は、1999年度の25万トンピークに減少傾向を示し、2008年度には4.7万トンとなった(表4、図6c)。2010年度には8.9万トンまで回復したが、再び減少した後、低位で推移している。2016年度は6.2万トンと推定された。檜山海域の12月漁期中調査により推定された産卵親魚現存量も日本海全体と同様に近年は低位で推移している(表4、図6d)。

資源解析により求めた産卵親魚量($y-1$ 年度の冬に産卵し、 y 年級を生み出した親魚量を y 年度の親魚量とした)は、1990年度の29万トンピークに2002年度まで10万トン以上を維持していたが、加入量の低迷により減少を続け、2008年度は最低水準の3.2万トンとなった(図7)。その後、近年としては高豊度な2006年級の成熟により2011年度には6.9万トンに回復したが、その後減少し、2014、2015年度は3.7万トンとなった。比較的高豊度な2012年級の成熟により、2016年度は4.3万トンに増加し、2017年度は5.3万トンに増加する見込みである。

資源減少のきっかけとなった加入量の減少は、初期減耗の影響が大きいとされ、海洋環境との関係が指摘されている²⁰⁻²²⁾。ただし、本資源は加入量が親魚量に依存する関係が見られること²³⁾から、親魚量を極度に減らしたことが近年の加入量を少なくしたと考えられる。特に2007~2009年度の産卵親魚量は4万トンを下回っており、それらが生み出した2007~2009年級はこれまでになく低豊度であったことに注目すべきである。

(2) 2016 年度の資源水準：低水準

沿岸漁業の主な漁獲対象は 4 歳以上の産卵親魚であり、沖底漁業でも資源管理協定による全長 34 cm未満（日本海では概ね 4 歳未満）の未成魚保護策が実施されていること、我が国評価¹⁹⁾におけるBlimit（資源回復措置をとる閾値）およびBban（禁漁あるいはそれに準じた措置を提言する閾値）は親魚量水準で設定されていることから、産卵親魚量を資源水準の指標とした。また、産卵親魚量は 1996 年度以降減少傾向が続いていることから、過去に増加傾向で推移した期間を含む過去 30 年間（1985～2014 年度）における産卵親魚量の平均値を 100 とし、 100 ± 40 の範囲を中水準、その上と下を高水準と低水準とした（図 8）。2016 年度の資源水準指数は 37 となり低水準と判断した。

(3) 今後の資源動向：増加

2017 年度の産卵親魚量 5.3 万トンと 2016 年度の 4.3 万トンと比較することによって資源動向を判断した。2016 年度から 2017 年度の増減率 0.23 は 1985～2014 年度の平均増減率 0.17 を上回ったため、資源動向は増加とした。

5. 資源の利用状況

(1) 漁獲割合

重量ベースで計算した 2 歳以上の漁獲割合は 1981 年度から 2013 年度まで 12～29 % の範囲で推移したが、2014～2016 年度は 7.2～9.1 %であった（図 9）。また、尾数ベースで計算した 2 歳以上の漁獲係数 F についても、2014～2016 年度は 0.074～0.076 と推定され、漁獲割合と同様に 1981～2013 年度と比較して低く推移した。これらのことから、2014～2016 年度の漁獲強度はそれ以前と比較して大きく低下したと考えられる。

(2) 加入量あたりの漁獲量

再生産関係図および YPR・SPR 解析の結果を用いて、 F_{cur} （現状の F 、2012～2016 年度における 2 歳以上の F の平均値）を、管理基準値 F_{sus} および F_{med} と比較した（設定は表 5 に示した）。 $F_{cur} = 0.098$ は $F_{sus} = 0.136$ より小さく、 $F_{med} = 0.068$ より大きかった（図 10a）が、2014～2016 年度の F は 0.074～0.076 に低下しており（図 9）、 F_{med} に近い値であった。過去の再生産関係（1981～2014 年度の RPS）が今後も続く場合、RPS 平均値に基づく F_{sus} で漁獲を続けると資源は横ばいで推移する。本資源では RPS の高い年級が低頻度で出現し、資源を支えてきたことから、RPS 中央値に基づく F_{med} は F_{sus} より小さな値となり、より安全な管理基準値となる。また、 F_{cur} での %SPR = 49 %は F_{sus} での 39 %より大きく、 F_{med} での 59 %より小さかった（図 10b）が、2014～2016 年度の F における %SPR は 56～59 %で、 F_{med} における %SPR に近い値であった。これらのことから、2014～2016 年度の漁獲強度は資源回復を図る上で適正な水準であったと考えられる。今後も漁獲強度を F_{med} 程度に維持することにより資源回復を図っていく必要がある。

評価方法とデータ

(1) 資源評価に用いた漁獲統計

沖底漁獲量	・北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計年報（北水研・水産庁）の 中海区「北海道日本海」
沿岸漁獲量	・漁業生産高報告（1980～2015 年度，ただし，2016 年 1～3 月は水 試集計速報値），集計範囲は宗谷管内稚内市～渡島管内福島町 ・TAC 報告集計による暫定値（2016 年度）

(2) 漁獲努力量

沖底漁業の努力量を示す指標として、1996 年度以降のスケトウダラ対象（漁獲量の 50 %以上を占める）の曳網回数を集計した。なお、2015 年度から稚内・小樽地区とも、もうかる漁業創設支援事業（経営多角化支援事業）を活用した操業合理化や付加価値向上等への取り組みが実施されており、すべての操業が試験操業区分となったため、過去にさかのぼって曳網回数は試験操業を加えて集計した。

また、檜山海域すけとうだらはえ縄漁業の努力量を示す指標として、延べ出漁隻数と乙部町豊浜地区の延べ使用縄数を集計した。

(3) 調査船調査

加入量および親魚量の調査（新規加入量調査）を次のとおり実施している。

- ア) 仔稚魚分布調査^{10, 24)}：0 歳魚を対象とした音響資源調査およびフレームトロール (FMT) 調査を 2005～2016 年度の 4 月に石狩湾以北の日本海海域で北洋丸・おやしお丸により実施。後述のチューニングVPAでは 2006～2014 年級の 0 歳魚現存尾数推定値を指標値 I_0 として用いた。
- イ) 未成魚分布調査：0～2 歳魚を対象とした音響資源調査およびトロール調査を 2005～2016 年度の 8～9 月に武蔵堆周辺海域で北洋丸により実施。後述のチューニングVPAでは 2006～2014 年級の 1 歳魚現存尾数推定値を指標値 I_1 として用いた。
- ウ) 産卵群漁期前分布調査^{20, 25)}：産卵親魚を対象とした音響資源調査およびトロール調査を 1998～2016 年度の 10 月に北海道日本海全域で北洋丸・おやしお丸・金星丸により実施。後述のチューニングVPAでは 1998 年度以降の産卵親魚現存量推定値を指標値 I_5 として用いた。ただし、荒天により調査範囲が充分ではなかった 2002, 2012 年度の値は使用しなかった。
- エ) 檜山海域漁期中調査²⁶⁾：産卵親魚を対象とした音響資源調査およびトロール調査を 2002～2016 年度の 12 月に檜山海域で金星丸により実施。

(4) 年齢別漁獲尾数

年齢別漁獲尾数は、沖底漁業（稚内港と小樽港），はえ縄漁業（後志・檜山海域），

刺し網漁業（後志・檜山海域）、底建網漁業（後志海域）の漁獲物標本測定結果と、地区別漁業別漁獲量を使用して推定した。沖底漁業の漁獲物標本にはまれに1歳魚が混入するが、本稿の資源解析では1歳魚の漁獲尾数を0尾とした。上記以外の漁業の年齢別漁獲尾数は、漁獲物の組成が類似していると考えられる漁業の測定データを用いて推定した。

(5) 資源尾数、資源重量および産卵親魚量

解析に用いたパラメータおよび方法を表6に示す。年齢別資源尾数はPopeの近似式²⁷⁾を用いて、チューニングVPA²⁸⁾により算出した。年齢別資源重量は年齢別資源尾数に年齢別平均体重を乗じて算出した。1歳と2歳の自然死亡係数 M は、我が国評価¹⁹⁾に準じて0.3とし、3歳以上は田内・田中の方法²⁹⁾による0.25とした。

各年度の年齢別資源尾数 $N_{a,y}$ は(1)式により求めた。ただし、9歳と10歳以上のプラスグループにはそれぞれ(2)式、(3)式を用いた。また、最近年を除く各年度の年齢別漁獲係数 $F_{a,y}$ は(4)式で求め、最近年の資源尾数 $N_{a,2016}$ は最近年の漁獲係数 $F_{a,2016}$ を用いて(5)式により求めた。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \cdot e^{M_a} + C_{a,y} \cdot e^{M_a/2} \quad (1)$$

$$N_{9,y} = \frac{C_{9,y}}{C_{10+,y} + C_{9,y}} N_{10+,y+1} \cdot e^{M_9} + C_{9,y} \cdot e^{M_9/2} \quad (2)$$

$$N_{10+,y} = \frac{C_{10+,y}}{C_{9,y}} N_{9,y} \quad (3)$$

$$F_{a,y} = -\ln \left(1 - \frac{C_{a,y} \cdot e^{M_a/2}}{N_{a,y}} \right) \quad (4)$$

$$N_{a,2016} = \frac{C_{a,2016}}{1 - e^{-F_{a,2016}}} \cdot e^{M_a/2} \quad (5)$$

ここで、 a は年齢階級、 y は年度、 $N_{a,y}$ は資源尾数、 $C_{a,y}$ は漁獲尾数、 M_a は自然死亡係数、 $F_{a,y}$ は漁獲係数である。

最近年の漁獲係数 $F_{a,2016}$ は2段階の最適化により推定した。チューニング指標値には、調査船調査による親魚量指標値 I_S 、0歳魚資源尾数指標値 I_0 、1歳魚資源尾数指標値 I_1 を用いた。第1段階の最適化では、最高齢10+歳の F と9歳の F は等しいと仮定、2~8歳の $F_{a,2016}$ は(6)式で計算し、親魚量指標値 I_S を用いた(7)式のSSQ_Sを最小化する $F_{10+,2016}$ を推定した。 y 年度親魚量 S_y (y 年級を生み出した親魚量)は産卵期が漁期の終盤にあることから(8)式のとおり y 年度漁期はじめ資源重量と前年度時点の成熟率から算出した。

$$F_{a,2016} = \frac{\sum_{y=2008}^{2015} F_{a,y}}{\sum_{y=2008}^{2015} F_{10+,y}} \cdot F_{10+,2016} \quad (6)$$

$$SSQ_S = \sum_{y=1998}^{2016} [\ln(I_{S,y}) - \ln(q_S \cdot S_{y+1})]^2 \quad (7)$$

$$S_y = \sum_{a=2}^{10^+} N_{a,y} \cdot w_a \cdot m_{a-1} \quad (8)$$

ここで、 q_S は $I_{S,y}/S_y$ の幾何平均、 w_a は a 歳の平均体重、 m_a は a 歳の成熟率である。

第2段階の最適化では、第1段階と同様に最高齢10+歳の F と9歳の F は等しいと仮定、第1段階で推定した $F_{a,2016}$ の最大値を上限として、 $F_{a,2016}$ の大きさ順を変えない制約のもとで(9)式のSSQを最小化する2~9歳の $F_{a,2016}$ を推定した。(7)式のSSQ_Sは重量指標による値、(10)式のSSQ₀と(11)式のSSQ₁は尾数指標による値であるため、SSQ_SとSSQ₀+SSQ₁の桁を合わせるため、SSQ₀とSSQ₁の重みは1/10とした。

$$SSQ = SSQ_S + (SSQ_0 + SSQ_1) / 10 \quad (9)$$

$$SSQ_0 = \sum_{y=2007}^{2015} [\ln(I_{0,y-1}) - \ln(q_0 \cdot N_{1,y})]^2 \quad (10)$$

$$SSQ_1 = \sum_{y=2007}^{2015} [\ln(I_{1,y}) - \ln(q_1 \cdot N_{1,y})]^2 \quad (11)$$

ここで、 q_0 、 q_1 はそれぞれ $I_{0,y-1}/N_{1,y}$ 、 $I_{1,y}/N_{1,y}$ の幾何平均である。

文献

- 1) 田中富重: 北部日本海海域におけるスケトウダラの漁業生物学的研究 1 集団行動と構造についての一考察. 北水試研報, 12, 1-11 (1970)
- 2) 辻敏: 北海道周辺のスケトウダラの系統群について. 北水試月報, 35, 1-57 (1978)
- 3) Tsuji, S.: Alaska pollack population, *Theragra chalcogramma*, of Japan and its adjacent waters, I: Japanese fisheries and population studies. *Mar. Behav. Physiol.*, 15, 147-205 (1989)
- 4) 前田辰昭, 高木省吾, 亀井佳彦, 梶原善之, 目黒敏美, 中谷敏邦: スケトウダラ調査研究の歴史と問題点. 北水試研報, 42, 1-14 (1993)
- 5) 金丸信一: 北海道周辺海域のスケトウダラ稚仔魚の分布特性. 漁業資源研究会議北日本底魚部会報, 18, 12-23 (1985)
- 6) 前田辰昭, 高橋豊美, 中谷敏邦: 北海道桧山沖合におけるスケトウダラ成魚群の分布回遊と産卵場について. 北大水産彙報, 39, 216-229 (1988)
- 7) 夏目雅史, 佐々木正義: 北海道北部日本海のスケトウダラ稚仔魚の生態—I 水平分布と孵化時期. 北水試研報, 42, 135-142 (1993)
- 8) 夏目雅史, 佐々木正義: 北海道北部海域のスケトウダラ稚仔魚の分布. 北水試研報, 47, 33-40 (1995)

- 9) 三宅博哉, 板谷和彦, 浅見大樹, 嶋田宏, 渡野邊雅道, 武藤卓志, 中谷邦敏: 卵分布からみた北海道西部日本海におけるスケトウダラ産卵場形成の現状. 水産海洋研究, 72, 265-272 (2008)
- 10) 板谷和彦: 北海道日本海・オホーツク海沿岸域におけるスケトウダラ仔稚魚の分布. 水産海洋研究, 73, 80-89 (2009)
- 11) 佐々木正義, 夏目雅史: 武蔵堆およびその周辺水域におけるスケトウダラ若年魚の分布. 日水誌, 56, 1063-1068 (1990)
- 12) 石垣富夫: 産卵後のスケトウダラは何処へ (予報). 北水試月報, 17, 13-25 (1960)
- 13) 田中富重: 北部日本海におけるスケトウダラ産卵群の生活 1 移動回遊についての知見. 北水試月報, 25, 2-11 (1968)
- 14) 辻敏: 檜山支庁沿岸のスケトウダラ調査. 北水試月報, 32, 1-20 (1975)
- 15) 田中富重, 及川久一: 昭和 45 年度岩内漁場のスケトウダラ調査について 産卵群の分布様式. 北水試月報, 28, 2-8 (1968)
- 16) Tsuji, S.: Alaska pollack population, *Theragra chalcogramma*, of Japan and its adjacent waters, II: Reproductive ecology and problems in population studies. *Mar. Behav. Physiol.*, 15, 147-205 (1989)
- 17) 前田辰昭, 中谷敏邦, 高橋豊美, 高木省吾, 梶原善之, 目黒敏美: 北海道南西部の日本海岸におけるスケトウダラの回遊について. 水産海洋研究, 53, 38-43 (1989)
- 18) 美坂正, 鈴木祐太郎: スケトウダラ. 平成 26 年度北海道立総合研究機構稚内水産試験場事業報告書, 22-26 (2015)
- 19) 千村昌之, 山下夕帆, 田中寛繁, 船本鉄一郎: 平成 28 年度スケトウダラ日本海北部系群の資源評価, 平成 28 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第 1 分冊. 東京, 水産庁増殖推進部・独立行政法人水産研究センター, 299-362 (2017)
- 20) 三宅博哉: 音響学的手法を用いたスケトウダラ北部日本海系群の資源動態評価と産卵場形成に関する研究. 北海道大学博士論文, 136 p. (2008)
- 21) Funamoto, T.: Temperature-dependent stock-recruitment model for walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) around northern Japan. *Fish. Oceanogr.* 16, 515-525 (2007)
- 22) Funamoto, T., Yamamura, O., Shida, O., Itaya, K., Mori, K., Hiyama, Y., Sakurai, Y.: Comparison of factors affecting recruitment variability of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the Pacific Ocean and the Sea of Japan off northern Japan. *Fish. Sci.*, 80, 117-126 (2014)
- 23) Funamoto, T.: Causes of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) recruitment decline in the northern Sea of Japan: implications for stock management. *Fish. Oceanogr.*, 20, 95-103 (2011)
- 24) 板谷和彦, 三宅博哉, 貞安一廣, 宮下和士: 計量魚群探知機により観察された北海道日本海におけるスケトウダラ仔稚魚の日周鉛直移動と昼夜間の音響的特徴. 水産海洋

- 研究, 78, 97-103 (2014)
- 25) 志田修, 三原行雄, 山口幹人, 鈴木孝行: スケトウダラ. 平成 21 年度北海道立中央水産試験場事業報告書, 6-14 (2010)
- 26) 渡野邊雅道, 本間隆之: スケトウダラ. 平成 21 年度北海道立函館水産試験場事業報告書, 22-26 (2010)
- 27) Pope, J.G.: An Investigation of accuracy of virtual population analysis using Cohort Analysis. *Res. Bull. int. Comm. Northw. Atlant. Fish.*, 9, 65-74 (1972)
- 28) 平松一彦: VPA (Virtual Population Analysis). 平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書 -資源解析手法教科書-. 東京, 日本水産資源保護協会, 104-128 (2001)
- 29) 田中昌一: 水産生物の population dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, 28, 1-200 (1960)

表1 主要なスケトウダラ漁業における操業隻数の推移

年度	沖合底びき網漁業				刺し網漁業		はえ縄漁業		
	小樽	稚内	留萌	合計	古平	積丹	岩内	檜山	
1981	22	51	6	79	-	-	-	-	[270]
1982	22	51	6	79	-	-	-	-	[265]
1983	22	51	6	79	-	-	-	-	[264]
1984	22	51	6	79	-	-	95	-	[241]
1985	22	51	6	79	-	-	-	-	[233]
1986	10	24	3	37	55	19	85	-	[228]
1987	10	22	3	35	54	19	63	-	[227]
1988	10	22	3	35	59	19	52	-	[224]
1989	10	22	3	35	-	-	49	-	[217]
1990	10	22	3	35	25	11	37	-	[213]
1991	10	22	3	35	27	12	33	-	[210]
1992	10	22	3	35	27	10	33	-	[213]
1993	10	22	3	35	28	8	22	-	[188]
1994	10	22	3	35	29	7	7	-	[178]
1995	10	22	3	35	24	7	6	-	[170]
1996	10	22	3	35	27	6	6	-	[159]
1997	9	18	3	30	-	-	6	-	[156]
1998	9	18	3	30	25	5	5	-	[153]
1999	9	15	3	27	28	4	5	-	[144]
2000	8	15	0	23	17	6	6	-	[138]
2001	8	11	0	19	15	4	6	-	[104]
2002	9	10	0	19	19	4	6	-	[105]
2003	9	10	0	19	20	4	6	-	[120]
2004	9	8	0	17	11	8	6	-	[116]
2005	9	8	0	17	9	5	6	95	[113]
2006	9	8	0	17	7	5	6	89	[95]
2007	9	8	0	17	8	5	6	86	[93]
2008	6	8	0	14	9	3	6	82	[88]
2009	6	8	0	14	9	2	6	79	[83]
2010	6	8 (7)	0	14 (13)	9	2	6	75	[81]
2011	6	7	0	13	8	1	4	71	[78]
2012	6 (4)	7	0	13 (11)	10	2	4	56	[67]
2013	4	7	0	11	11	4	3	49	[60]
2014	4	7 (6)	0	11 (10)	0	0	3	36	[60]
2015	4	6	0	10	15	2	3	25	[35]
2016	4	6	0	10	15	1	3	19	[31]

資料：水産試験場調べ、()内は漁期中に変更された値、[]内は許可隻数、「-」は資料なし。

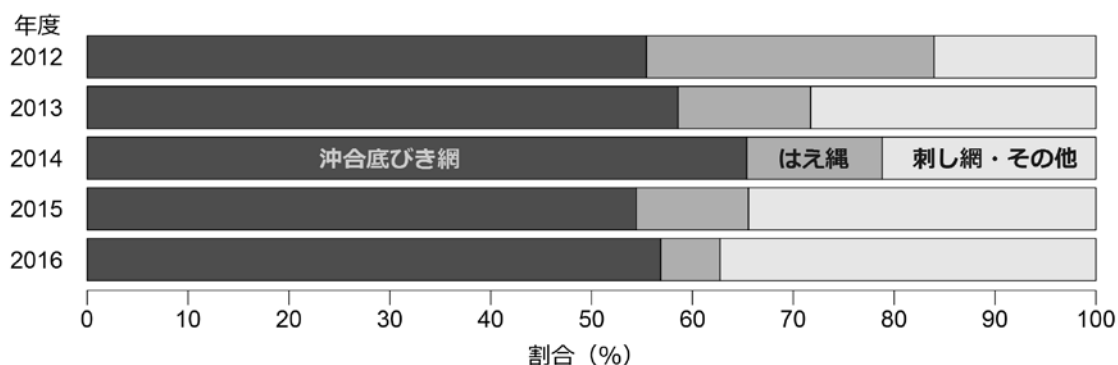


図1 北海道日本海海域におけるスケトウダラの漁業別漁獲割合 (2012～2016 年度)

表2 北海道日本海海域におけるスケトウダラ TAC の推移 (単位: トン)

漁期年度	大臣管理分	北海道知事管理分			計	集計期間
	沖合底びき網	海域計	すけとうだら固定式刺し網 すけとうだらはえ縄	その他漁業		
1997 H9	50,000	22,000	20,700	若干	72,000	暦年
1998 H10	50,000	22,000	20,400	若干	72,000	暦年
1999 H11	50,000	22,000	20,400	若干	72,000	暦年
2000 H12	50,000	23,000	21,400	若干	73,000	暦年
2001 H13	43,000	20,000	18,700	若干	63,000	年度
2002 H14	43,000	20,000	18,800	若干	63,000	年度
2003 H15	40,000	23,000	21,200	若干	63,000	年度
2004 H16	40,000	23,000	21,200	若干	63,000	年度
2005 H17	36,000	20,000	18,800	若干	56,000	年度
2006 H18	21,000	16,000	12,000	若干	37,000	年度
2007 H19	14,000	12,000	8,300	若干	26,000	年度
2008 H20	11,000	8,000	6,600	若干	19,000	年度
2009 H21	8,000	7,000	5,500	若干	15,000	年度
2010 H22	8,000	7,000	5,500	若干	15,000	年度
2011 H23	6,600	5,900	4,490	若干	12,500	年度
2012 H24	6,600	5,900	4,490	若干	12,500	年度
2013 H25	6,600	5,900	4,490	若干	12,500	年度
2014 H26	6,600	5,900	4,490	若干	12,500	年度
2015 H27	3,700	3,300	2,990	若干	7,000	年度
2016 H28	4,200	3,700	2,990	若干	7,900	年度
2017 H29	3,400	2,500	2,200	若干	5,900	年度

集計期間の暦年は1～12月、年度は4～翌年3月。

表3 北海道日本海海域におけるスケトウダラ漁獲量の推移（単位：トン）

年度	合計	沖合底びき網漁業	沿岸漁業	沿岸漁業の海域別漁獲量							韓国漁船
				宗谷	留萌	石狩	後志北	後志南	檜山	渡島	
1976	94,373	69,914	24,458	646	295	0	11,094	10,229	2,194	0	-
1977	102,191	51,789	50,402	6,337	340	0	18,090	18,844	6,764	28	-
1978	149,058	93,058	56,001	7,732	174	0	20,545	15,494	12,031	26	-
1979	159,831	102,903	56,928	2,944	372	0	20,710	18,277	14,602	23	-
1980	134,741	82,928	51,813	1,908	467	0	18,187	19,202	12,035	15	-
1981	110,266	54,341	55,925	1,629	103	0	19,178	18,543	16,444	28	-
1982	91,092	41,969	49,123	1,540	158	0	15,576	18,904	12,820	125	-
1983	86,614	43,278	43,335	1,215	132	0	14,147	17,778	9,961	102	-
1984	114,229	71,997	42,232	888	200	0	16,004	16,511	7,908	720	-
1985	110,676	68,874	41,802	632	196	1	15,641	16,355	8,615	362	-
1986	76,363	43,140	33,224	550	88	4	13,688	11,817	6,534	543	-
1987	88,058	51,936	25,318	521	144	1	6,946	7,641	9,765	301	10,804
1988	126,032	80,777	33,069	307	224	0	8,349	10,073	13,730	386	12,186
1989	134,493	94,019	28,838	1,346	143	0	5,304	8,020	13,838	187	11,635
1990	125,439	90,429	30,333	919	232	0	6,163	5,919	16,820	280	4,677
1991	137,056	90,502	30,103	1,643	206	0	6,266	4,179	17,179	630	16,451
1992	139,229	97,459	22,984	382	648	0	3,616	2,385	15,482	471	18,786
1993	85,498	47,386	23,102	231	288	0	3,329	1,338	17,770	146	15,011
1994	66,819	41,018	20,027	401	212	1	4,490	1,106	13,686	130	5,774
1995	66,573	41,116	19,917	888	89	1	3,102	863	14,910	65	5,540
1996	86,559	58,693	18,482	229	183	0	5,086	1,207	11,578	199	9,384
1997	72,122	43,158	24,107	858	195	0	4,418	1,537	16,754	344	4,857
1998	55,076	36,430	16,527	747	35	0	3,372	1,282	10,808	283	2,119
1999	48,535	32,482	16,053	335	101	0	2,333	1,593	11,374	317	-
2000	39,157	25,952	13,204	173	28	0	1,613	975	9,934	481	-
2001	42,603	24,646	17,957	230	65	0	901	1,864	13,707	1,190	-
2002	57,309	39,733	17,576	446	105	0	1,239	2,523	11,587	1,676	-
2003	31,267	15,209	16,058	378	85	0	2,056	2,327	9,838	1,374	-
2004	32,266	20,717	11,549	109	42	0	1,349	1,519	8,129	400	-
2005	24,624	15,134	9,490	70	68	0	612	1,392	7,310	38	-
2006	19,883	12,605	7,278	50	169	0	356	1,434	5,267	1	-
2007	16,870	8,506	8,364	160	87	0	501	2,686	4,928	2	-
2008	17,550	10,383	7,167	295	174	0	832	2,557	3,306	3	-
2009	13,970	7,894	6,075	269	436	0	704	1,432	3,230	5	-
2010	14,662	7,768	6,894	353	763	0	617	1,963	3,189	8	-
2011	10,248	6,395	3,853	223	186	0	1,137	1,246	1,058	2	-
2012	11,524	6,375	5,150	176	167	0	765	1,013	3,018	11	-
2013	9,553	5,595	3,957	93	149	0	1,235	1,363	1,114	3	-
2014	6,858	4,484	2,374	131	134	0	132	1,239	720	18	-
2015	5,233	2,814	2,420	99	71	0	770	868	611	1	-
2016	5,964	3,387	2,577	128	59	0	879	1,106	401	4	-

資料：沖合底びき網は北海道沖合底曳網漁業漁獲統計年報の中海区「北海道日本海」、沿岸漁業は漁業生産高報告（2016年1～3月は水試集計速報値、2016年4月～2017年3月はTAC報告集計値）、集計期間は4～翌年3月。

沿岸漁業の海域区分：[宗谷] 宗谷管内稚内市以西（1985年1月以降は宗谷漁協地区を除く）、[留萌] 留萌管内、[石狩] 石狩管内、[後志北] 後志管内小樽市～積丹町、[後志南] 後志管内神恵内村～島牧村、[檜山] 檜山管内、渡島管内八雲町熊石地区、[渡島] 渡島管内松前町、福島町。

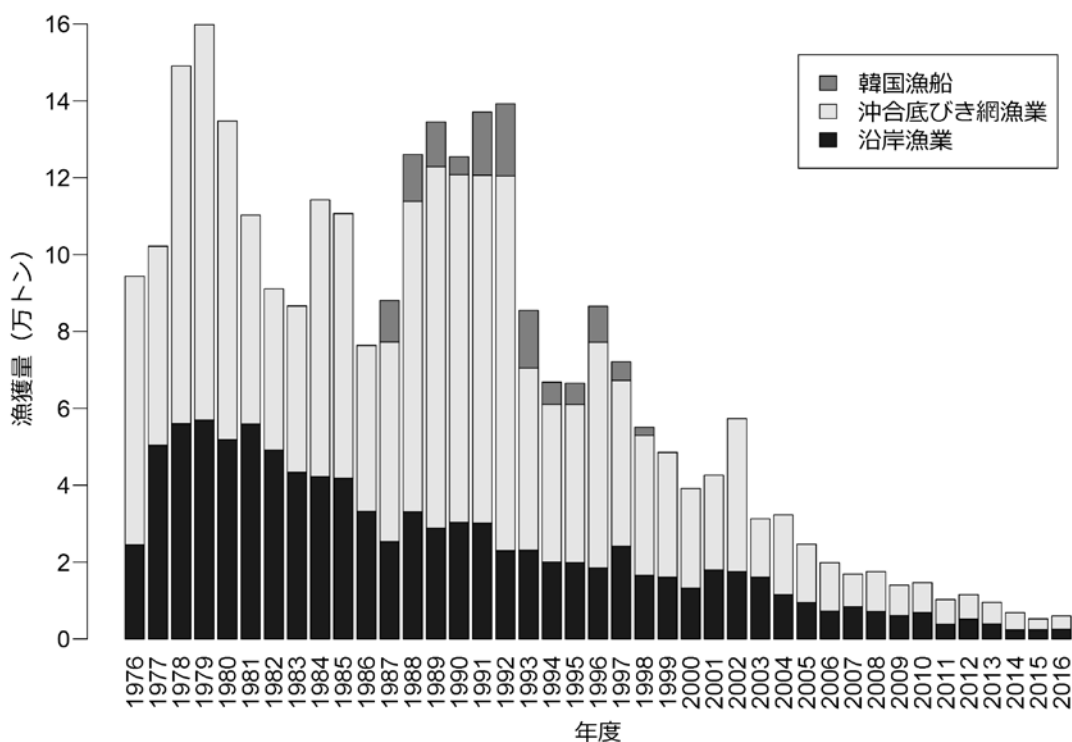


図2 北海道日本海海域におけるスケトウダラ漁獲量の推移

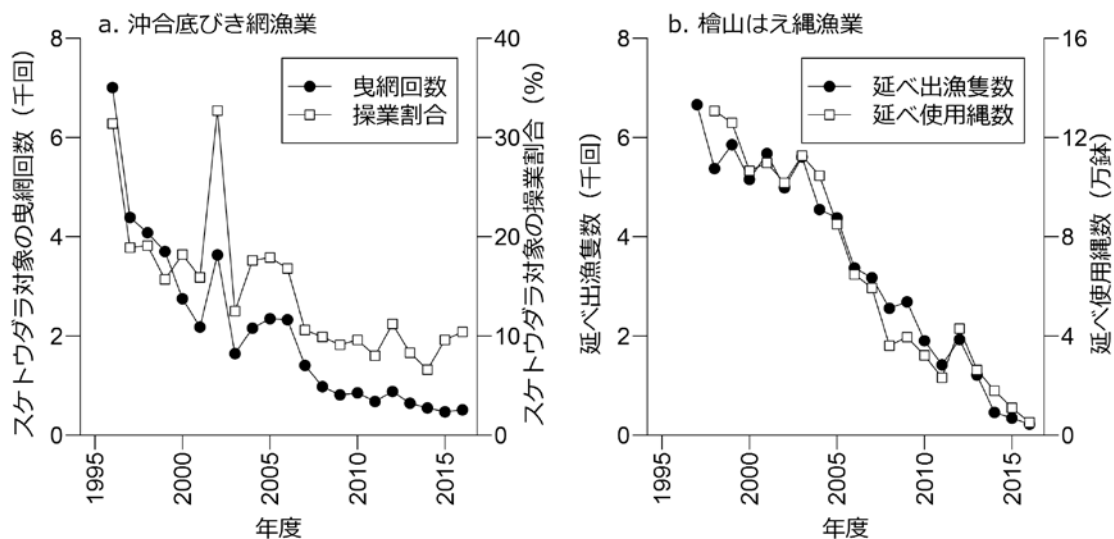


図3 北海道日本海海域のスケトウダラ漁業における漁獲努力量の推移 a. 沖合底びき網漁業（かけまわし）におけるスケトウダラ対象（漁獲量の50%以上を占める）の曳網回数と全曳網回数に占める割合（1996～2016年度，資料：北海道沖合底曳網漁業漁獲統計年報） b. 檜山海域すけとうだらはえ縄漁業における延べ出漁隻数と乙部町豊浜地区における延べ使用縄数（1997～2016年度，資料：水産試験場調べ）

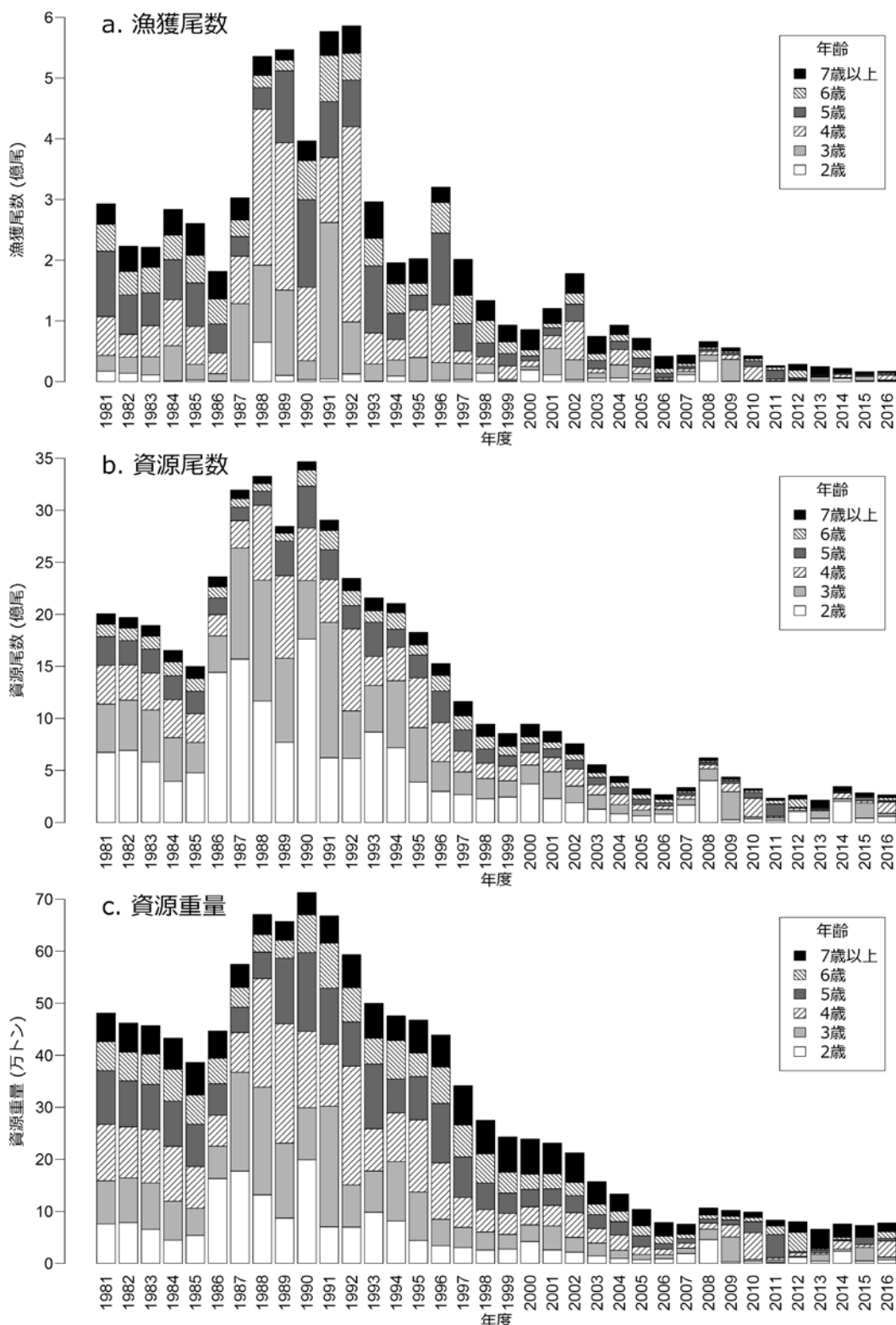


図4 北海道日本海海域におけるスケトウダラの年齢別漁獲尾数(a), 年齢別資源尾数(b), 年齢別資源重量(c)の推移(1981~2016年度)

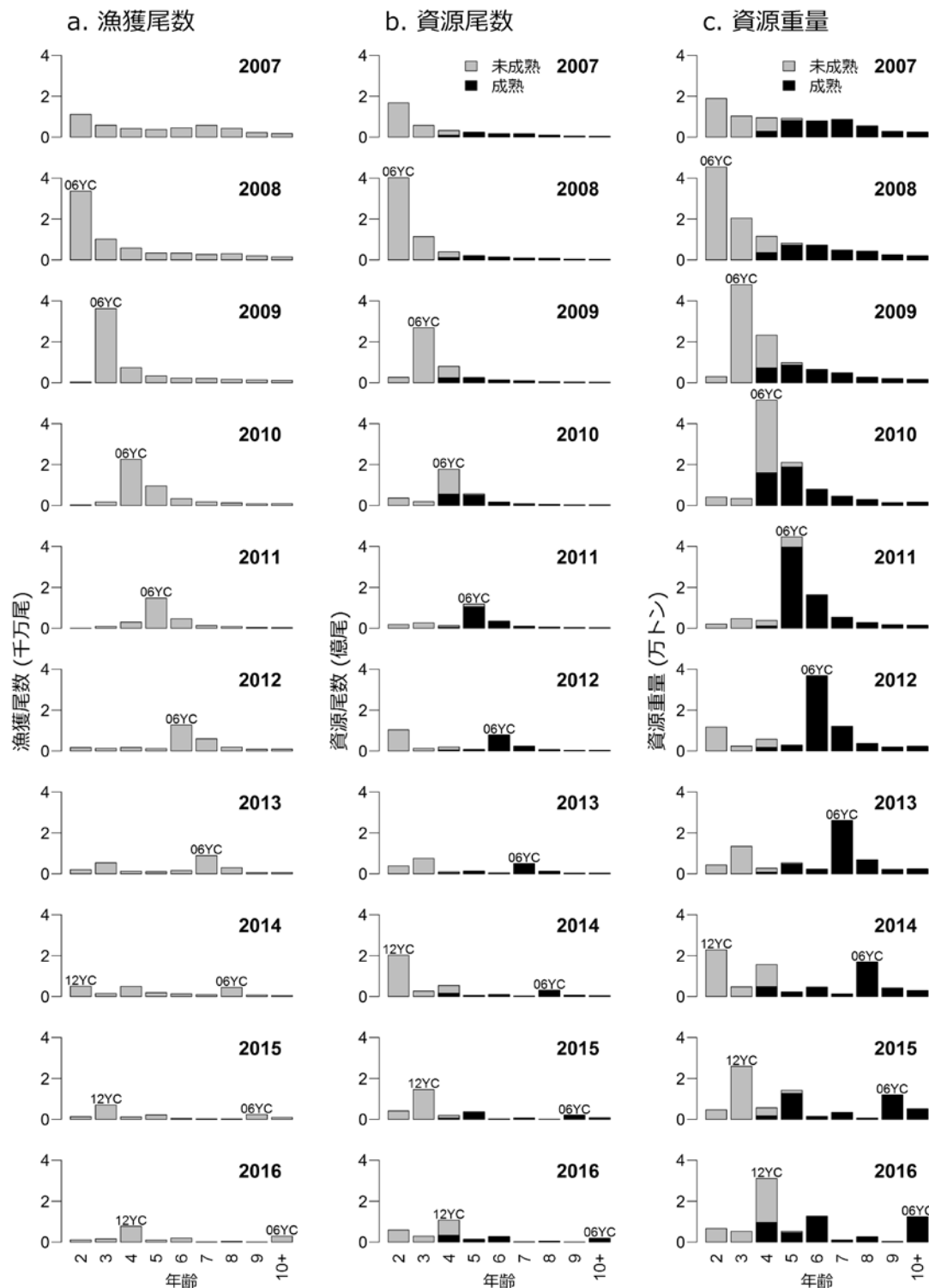


図5 北海道日本海海域におけるスケトウダラの年齢別漁獲尾数(a), 年齢別資源尾数(b), 年齢別資源重量(c)の推移(2007~2016年度) 06YC:2006年級, 12YC:2012年級
資源尾数と資源重量は前年度の年齢別成熟率を用いて未成熟・成熟別に示した

表 4 試験調査船によるスケトウダラ調査の結果

調査年度	4月仔稚魚分布調査	8-9月未成魚分布調査			10月親魚分布調査	12月檜山漁期中調査
	現存尾数(百万尾)	現存尾数(千尾)			現存量(トン)	現存量(トン)
	0歳	0歳	1歳	2歳	(未成魚除く)	
1998					243,745	
1999					254,470	
2000					239,238	
2001					137,923	
2002					95,823	29,804
2003					163,874	27,055
2004					144,515	17,407
2005	6,142	33,411	1,315	16,980	131,948	14,176
2006	38,905	70,840	15,446	4,876	85,818	13,426
2007	1,641	30	41,820	21,645	76,630	22,406
2008	3,396	12,630	1,489	88,579	47,037	11,899
2009	4,176	12,870	7,998	1,150	67,840	
2010	11,476	30,850	4,548	2,642	88,916	6,177
2011	7,739	23,799	18,169	1,787	77,264	4,928
2012	21,966	163,015	11,386	17,147	53,971	2,949
2013	6,651	10,441	27,168	2,327	60,748	3,669
2014	7,103	7,934	5,092	23,291	62,091	3,599
2015	17,340	165,682	9,279	11,739	59,183	4,731
2016	32,827	166,997	80,251	4,573	61,981	4,459

灰色背景の値を VPA のチューニング指標値として使用

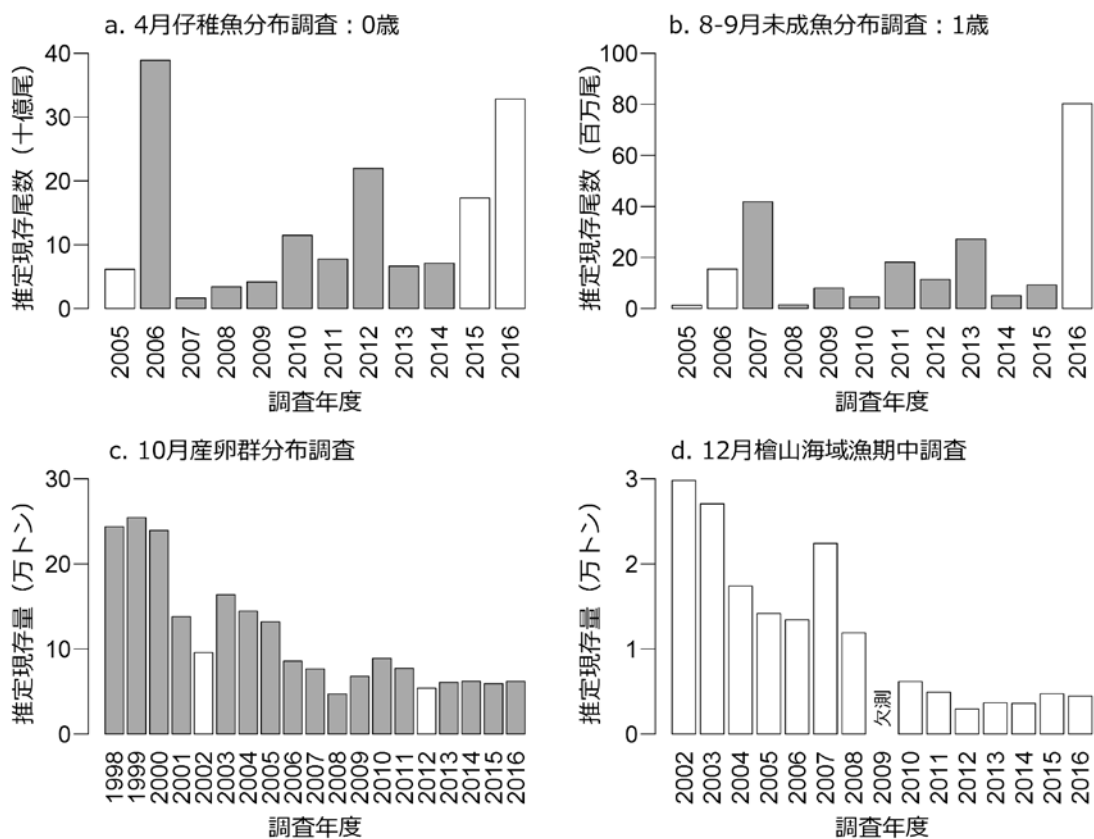


図 6 調査船調査の結果から推定したスケトウダラ現存量の推移 a. 仔稚魚分布調査による 0 歳魚の推定現存尾数, b. 未成魚分布調査による 1 歳魚の推定現存尾数, c. 産卵群漁期前分布調査による産卵親魚の推定現存量, d. 檜山海域産卵群分布調査による産卵親魚の推定現存量, 色付きは VPA のチューニング指標値として使用した値

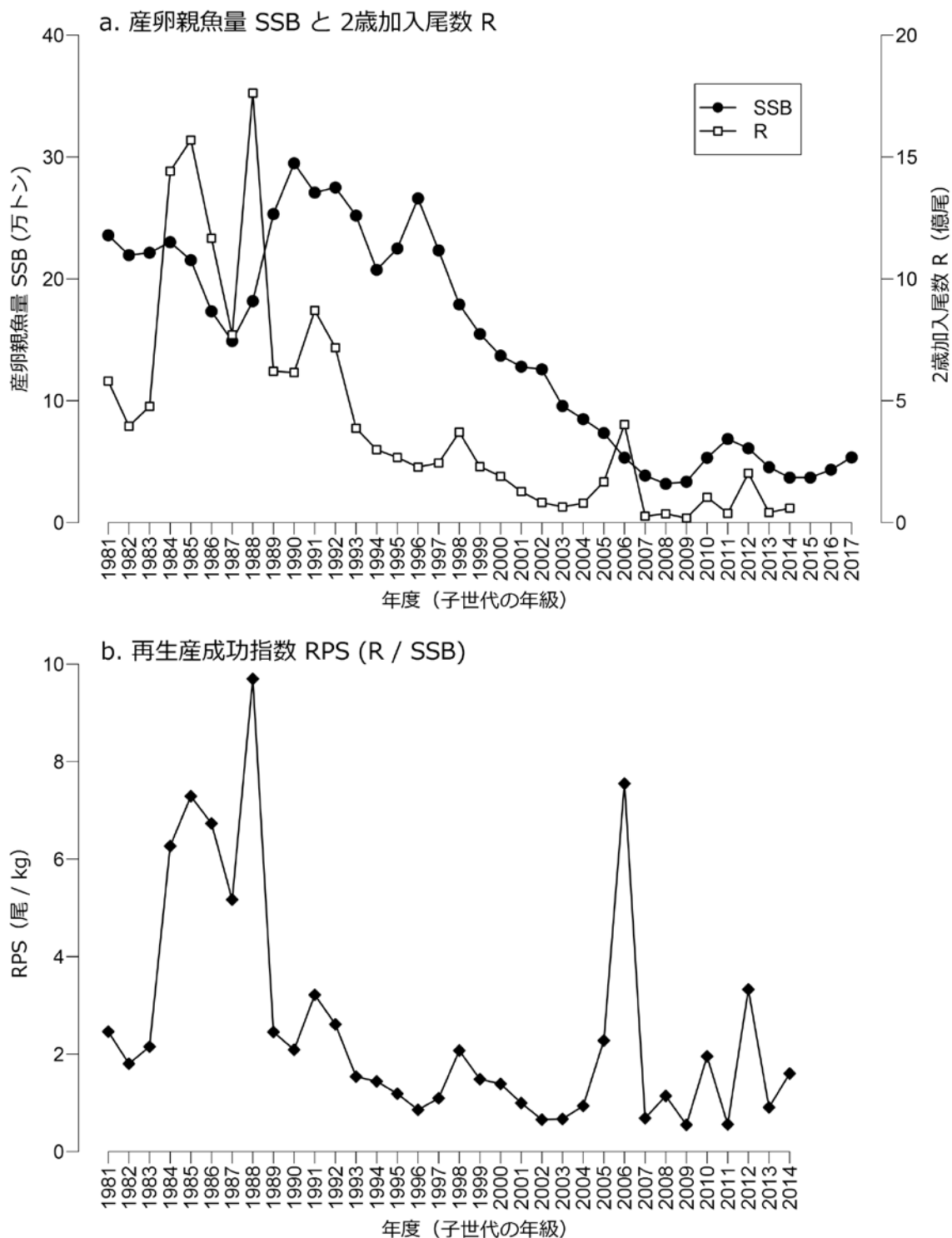


図7 北海道日本海海域におけるスケトウダラの産卵親魚量 SSB と 2歳加入尾数 R の推移 (a) および再生産成功指数 RPS (R / SSB) の推移 (b)

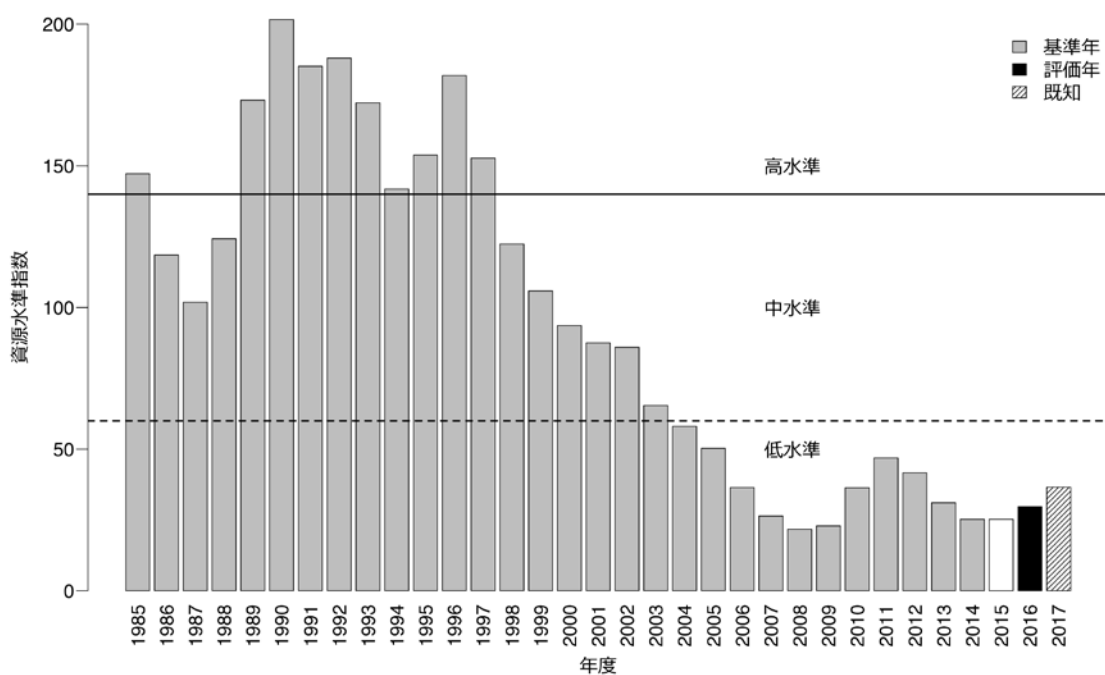


図8 日本海海域におけるスケトウダラの資源水準（資源状態を示す指標：産卵親魚量）

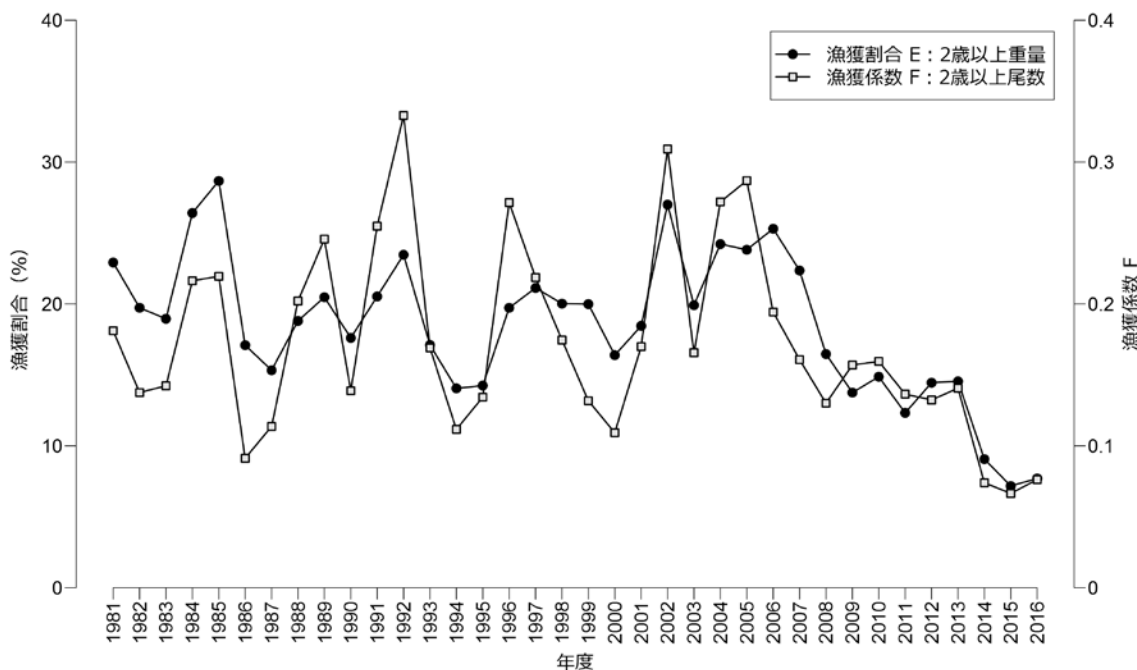


図9 北海道日本海海域におけるスケトウダラの漁獲割合（2歳以上資源重量に対する漁獲量の割合）および漁獲係数 F （2歳以上で算出）の推移

表5 資源管理基準とした F および YPR, SPR の計算方法

項目	設定
Fsus	1981-2014 年級の RPS 平均値の逆数に対応する SPR を維持する F
Fmed	1981-2014 年級の RPS 中央値の逆数に対応する SPR を維持する F
Fcur	現状の F , 2 歳以上漁獲係数の 5 年平均 (2012-2016 年度)
YPR・SPR	VPA と同一パラメータで 2 歳から 15 歳まで計算 Fcur の選択率で F を年齢別に与えた

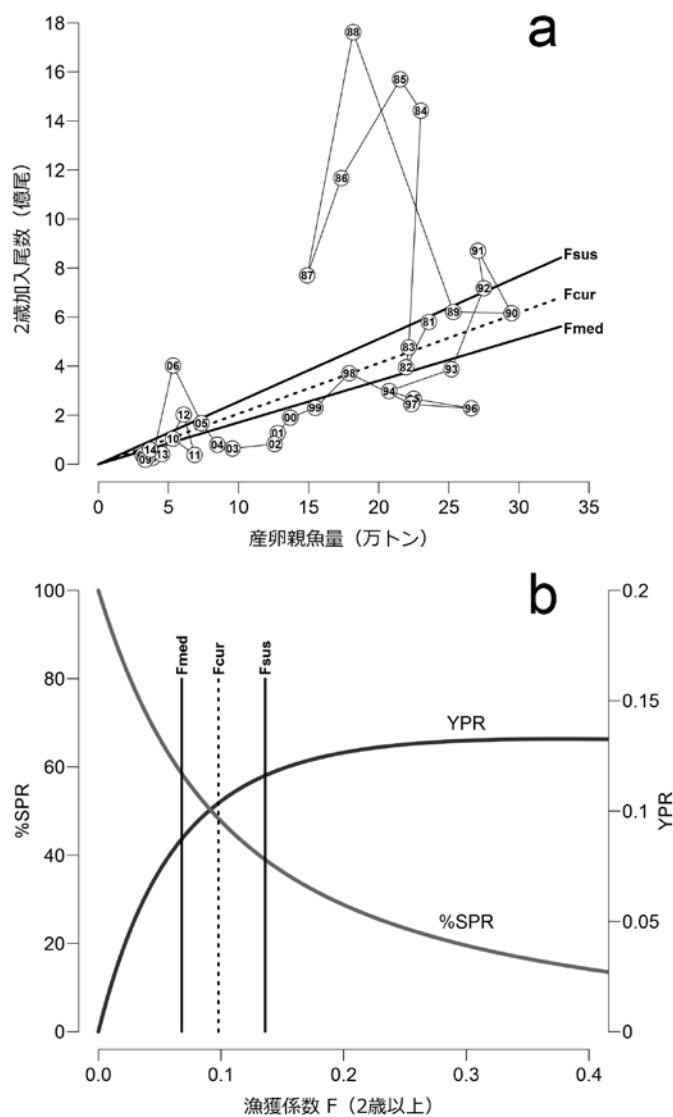


図10 管理基準値 (F_{sus} , F_{med}) と現状の漁獲係数 (F_{cur}) の比較 a. 再生産関係図での比較 (プロット内の数字は西暦下二桁で表した子世代の年級) b. YPR・%SPR 関係図での比較

表 6 資源解析に使用したパラメータおよび方法

項目	値または式	方法・根拠
自然死亡係数 M	1 歳, 2 歳 0.30	千村ら ¹⁹⁾
	3 歳以上 0.25	田内・田中の方法 ²⁹⁾
最高齢の F	最高齢 10 歳, 10 歳以上の F と 9 歳の F は等しいと仮定	平松 ²⁸⁾
最近年の F	2 歳以上の F を 2 段階の ADAPT VPA ²⁸⁾ により推定	詳細は本文
年齢別平均体重 (g)	2 歳 113; 3 歳 178; 4 歳 290; 5 歳 377; 6 歳 465; 7 歳 518; 8 歳 538; 9 歳 581; 10 歳以上 640	漁獲物標本の測定結果 1995~2002 年 3~5 月 沖底漁業, 松前刺し網漁業
年齢別成熟割合	雌(産卵親魚量の計算に使用): 2 歳 0.00; 3 歳 0.31; 4 歳 0.89; 5 歳 0.99; 6 歳以上 1.00	漁獲物標本の測定結果 2007~2013 年度 11~1 月
	雌雄込み(VPA チューニングに使用): 2 歳 0.09; 3 歳 0.48; 4 歳 0.90; 5 歳 0.99; 6 歳以上 1.00	沖底漁業, えびこぎ網漁業