



Gadus chalcogrammus

スケトウダラ太平洋系群

国立研究開発方針 水産研究・教育機構
水産資源研究所 水産資源研究センター 底魚資源部
境 磨

背景：漁業法の改正（これまで）

法律

漁業法 水産資源保護法

海洋生物資源の保存及び
管理に関する法律

農林水産大臣
(水産庁)

海洋生物資源の保存及び
管理に関する基本計画

- ・ 資源の動向
- ・ 中期的管理方針
- ・ 漁獲可能量 (TAC)

諮問 ⇄ 答申

水産政策審議会

研究機関
(評価事業JV)

資源評価会議

- ・ 水準・動向判断
- ・ 将来予測
- ・ ABC算出

ステークホルダー
(漁業者ほか)

パブリックコメント

意見

意見

社会経済的要因

背景：漁業法の改正（現在）

法律

漁業法
(改正漁業法)

農林水産大臣
(水産庁)

資源管理基本方針
・ 資源管理目標
・ 漁獲シナリオ

漁獲可能量 TAC

諮問 ⇄ 答申

水産政策審議会

研究機関
(評価事業JV)

研究機関会議
・ 管理基準値案
・ 漁獲管理規則案
・ 将来予測

資源評価会議
・ 水準・動向判断
・ 将来予測
・ 漁獲シナリオに
基づくABC算出

資源管理方針に
関する検討会
・ 漁獲シナリオ取りまとめ

意見

ステークホルダー
(漁業者ほか)

パブリックコメント

※ 改正漁業法の施行から1年間は、海洋生物資源の保存及び管理に関する基本計画が有効

タイムライン

会合	スケトウダラ 太平洋系群	スケトウダラ 日本海北部系群	ホッケ 道北系群
2019年4月 研究機関会議	2018年度の資源評価に基づき 管理基準値・漁獲管理規則案を検討		
2019年9月 資源評価会議	プラスグループ延長 リッジVPA導入		沖底CPUEでのチューニングで、 その漁獲量の割合での補正手 法を導入（Ω法）
2020年8月 資源管理方針に 関する検討会①	2019年4月の研究機関会議での提案を説明。最新評価の反映、 βのさらなる探索、漁獲量一定方策、繰り越しの検討依頼。		
2020年9月上旬 資源評価会議	直近3年の加入量を調査から 仮定		リッジVPA導入
2020年9月下旬 研究機関会議	依頼事項に対する試算結果を検討。		
2020年11月 資源管理方針に 関する検討会②	検討会①での依頼事項に対する試算結果を説明。太平洋系群 について、漁獲量一定方策の検討依頼。		レビュー頂いた資料
2020年12月上旬 研究機関会議	依頼事項に対する試算結果を検討。		
2020年12月 資源管理方針に 関する検討会③	依頼事項に対する試算結果を説明。 漁獲シナリオの取りまとめ（日本海北部系群2案、太平洋系群1 案に絞り込み）。		
2021年1月 水産政策審議会	資源管理方針に関する検討会での議論を踏まえて資源管理基 本方針に漁獲シナリオを記載。 選択した漁獲シナリオに従い、2021年漁期のTACを設定。		

松石先生からの全体への質問

- 公表された資料に「本資料における管理基準値等については、資源管理方針に関する検討会（ステークホルダー会合）における検討材料として、研究機関会議において暫定的に提案されたものである。これらについては、ステークホルダー会合を経て最終化される。」といった文言が記載されています。2019年評価書にもこのような表記が記載されたままになっています。いつ最終化されるのでしょうか。

回答

スケトウダラ太平洋系群、スケトウダラ日本海北部系群、ホッケ道北系群は、新漁業法に対応したMSYベースの管理基準値の導入に向けた先行検討魚種として、平成31（2019）年4月に開催された研究機関会議にて管理基準値案および漁獲管理規則案の検討が行われました。本来であれば、その後ただちに「資源管理方針に関する検討会（いわゆるステークホルダー会議）」が開催され、研究機関から提案された目標管理基準値や漁獲管理規則に基づき「漁獲シナリオ」が取り纏められ、水産政策審議会を経て資源管理基本方針に書き込まれることで漁獲管理への運用が開始されます。しかし、スケトウダラ太平洋系群およびスケトウダラ日本海北部系群ではステークホルダー会議が令和2（2020）年8月まで開催されず、資源管理基本方針に漁獲シナリオが定められた（＝最終化された）のは令和3年2月22日でした。そのため、それ以前に公表された資料では、「管理基準値等は・・・暫定的に提案されたものである」との赤字の注釈が付いています。ホッケ道北系群については、未だステークホルダー会議が開催されていないため、しばらくは当該の注釈が付いたままになります。

松石先生からの全体への質問

- ピアレビューは最終版に対して行うべきものと思いますが、なぜ「暫定的に提案されたもの」をピアレビューの対象とするのでしょうか。ピアレビューの結果、修正を経て最終版を作成するのでしょうか。

回答

今回のピアレビューは、現在の資源評価報告書およびMSY管理基準値の検討に関わる研究機関会議資料について、その検討内容をご確認いただき、さらなる改善に向けたご提案を頂きたいというのが趣旨です。そのためレビューいただいた内容は今回公表されている資料そのものの最終化ではなく、今後毎年実施する資源評価や、定期的な管理基準値の見直しにおける科学的検討において反映することになります。

なお、今回ご検討いただいた資料自体は、JV機関での検討により最終化される性格のものであり、その後、ステークホルダー会議や水産政策審議会、および本レビューで最終化されるものではありません。科学的検討は行政的な検討とは切り離して考えるべきと考えられることから、ステークホルダー会議や水産政策審議会での検討が終了していない段階でもレビューいただくことには科学的側面からは問題ないものと考えます。

- 「資源管理方針に関する検討会（ステークホルダー会合）」「資源管理目標等に関する研究機関会議」「（系群名）の資源管理基準等に関する研究機関会議」「〇〇ブロック資源評価会議」「〇〇ブロック新ABC算定規則に係る資源評価関係会議」「水産政策審議会 資源管理分科会 資源管理手法検討部会」と様々な会議体があり、その関係がよくわかりません。整理して教えてください。

回答

現在、従来型の資源評価から、新漁業法に基づくMSY管理基準値を基準とした新たな資源評価へ順次以降している最中です。従来型の資源評価を行うものは「〇〇ブロック資源評価会議」にて資源評価内容が検討されます。新たな資源評価を行うものは「〇〇ブロック新ABC算定規則に係る資源評価関係会議」にて資源評価内容が検討されます。従来型評価から新たな評価に移行するに当たり、MSYに関わる管理基準値や漁獲管理規則を科学的側面から検討するのが「資源管理目標等に関する研究機関会議」「（系群名）の資源管理基準等に関する研究機関会議」であり、これらの会議からの提案を受けて、漁業者・行政官を含むステークホルダーが議論を行うのが「資源管理方針に関する検討会（ステークホルダー会合）」です。この検討会での議論を踏まえて、「水産政策審議会 資源管理分科会」にて漁獲シナリオが諮問され、資源管理基本方針が改訂されます。ただし、研究機関会議からの科学的提案をいきなり漁業者や行政官がステークホルダー会議にて検討するには難しすぎること、および、ステークホルダー会議で諮る前に予め研究機関側に更なる検討を指示する仕組みが必要との観点から、令和3年度からは「水産政策審議会 資源管理分科会」の下に「資源管理手法検討部会」が新設されました。この部会では水産庁、水産研究・教育機構の他、関係する都道府県の試験研究機関や漁業者らが意見表明を行う参考人として出席し、ステークホルダー会議での議論に向けた論点および意見の整理を行っています。資料は水産庁Webサイトで公開されます。



Gadus chalcogrammus

スケトウダラ太平洋系群

国立研究開発方針 水産研究・教育機構
水産資源研究所 水産資源研究センター 底魚資源部
境 磨

コンテンツ

- 頂いたコメントへの回答（一部）
- 生物情報と資源評価
- 再生産関係
- 管理基準値, KOBEプロット
- 漁獲管理規則, 将来予測

松石先生からのスケトウダラ太平洋系群へのコメント

- 【重大な指摘】P8 4.(3) VPAの結果（補足資料4）について，2007年～2016年の8歳の漁獲尾数と10+の漁獲尾数が完全に等しくなっています。また，2017～19年の10+歳の漁獲尾数が等しくなっています。2013年ごろまでは，何らかの修正がされているようですが，近年は，信じられない10+の資源量が算出されており，親魚量の計算に影響を与えているようです。

回答

大変申し訳ありません。これは資料作成時のコピーアンドペーストのミスに基づく誤植です。「資源管理方針に関する検討会関連情報」のWebページに資料を評価会議後直ちに公表する際に大きな誤植が残ったままになってしまったのが原因です。ご確認頂いた資料（http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_suketou_p_20201014.pdf）は、いわば速報版であり、年度末（3月）に誤植のない最終版を「我が国周辺の水産資源の現状を知るために」の「資源評価」のページに掲載しています。本来、ご確認頂く資料は最終版でお願いすべきところ、機構内の連絡に不備があり、このような状況になってしまったこと、深くお詫びいたします。最終的な資料として2021年3月公開の資源評価報告書をご確認いただけますと幸いです（<http://abchan.fra.go.jp/digests2020/details/202012.pdf>）。

松石先生からのスケトウダラ太平洋系群へのコメント

誤)

年齢別漁獲尾数 (千尾)

漁期年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	6,045	23,733	106,104	35,453	39,169	30,360	5,983	11,325	3,979	6,177	7,012	164	2,170
1歳	10,602	4,092	28,654	24,789	1,810	10,115	1,198	6,114	4,664	5,988	5,897	3,938	2,370
2歳	86,920	7,312	19,908	26,866	18,367	12,865	5,172	19,759	28,019	10,295	6,242	5,618	19,591
3歳	25,017	118,764	26,208	34,131	37,725	28,163	9,471	16,239	18,946	10,099	28,681	7,651	45,781
4歳	88,392	43,795	192,822	55,943	93,150	58,028	97,712	13,366	19,752	37,272	29,555	34,129	18,114
5歳	56,202	81,685	61,453	197,168	78,636	91,388	61,399	90,110	12,066	29,090	34,999	29,864	40,482
6歳	48,918	38,650	43,000	28,608	98,311	38,778	61,438	43,699	55,641	8,916	18,703	23,342	27,087
7歳	26,290	24,471	6,367	9,816	10,681	52,755	17,421	51,820	23,217	29,736	5,308	6,880	10,967
8歳	6,937	12,951	3,763	1,305	4,085	5,628	35,931	13,845	35,626	11,006	18,461	1,721	2,946
9歳	1,658	1,185	2,899	1,310	1,421	2,766	1,964	21,618	6,997	18,942	6,237	8,624	1,419
10+歳	6,937	12,951	3,763	1,305	4,085	5,628	35,931	13,845	35,626	11,006	18,458	18,458	18,458
合計	363,919	369,588	494,939	416,694	387,439	336,475	333,621	301,741	244,534	178,525	179,552	140,389	189,385

正)

年齢別漁獲尾数 (千尾)

漁期年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	6,045	23,733	106,104	35,453	39,169	30,360	5,983	11,325	3,979	6,177	7,012	164	2,170
1歳	10,602	4,092	28,654	24,789	1,810	10,115	1,198	6,114	4,664	5,988	5,897	3,938	2,370
2歳	86,920	7,312	19,908	26,866	18,367	12,865	5,172	19,759	28,019	10,295	6,242	5,618	19,591
3歳	25,017	118,764	26,208	34,131	37,725	28,163	9,471	16,239	18,946	10,099	28,681	7,651	45,781
4歳	88,392	43,795	192,822	55,943	93,150	58,028	97,712	13,366	19,752	37,272	29,555	34,129	18,114
5歳	56,202	81,685	61,453	197,168	78,636	91,388	61,399	90,110	12,066	29,090	34,999	29,864	40,482
6歳	48,918	38,650	43,000	28,608	98,311	38,778	61,438	43,699	55,641	8,916	18,703	23,342	27,087
7歳	26,290	24,471	6,367	9,816	10,681	52,755	17,421	51,820	23,217	29,736	5,308	6,880	10,967
8歳	6,937	12,951	3,763	1,305	4,085	5,628	35,931	13,845	35,626	11,006	18,461	1,721	2,946
9歳	1,658	1,185	2,899	1,310	1,421	2,766	1,964	21,618	6,997	18,942	6,237	8,624	1,419
10+歳	1,078	1,035	461	995	1,741	1,830	1,054	4,497	17,138	16,171	12,679	11,172	14,479
合計	358,059	357,673	491,639	416,384	385,096	332,676	298,743	292,392	226,045	183,692	173,774	133,103	185,406

大変失礼しました。コピーアンドペーストは補足資料4をワードで作成する過程で発生しましたので、評価計算の結果には影響ありません。

松石先生からのスケトウダラ太平洋系群へのコメント

- P1 要約「909千～ 1,400千トンの範囲で安定して推移していた」とありますが、1,400千トンは1,413千トン（表4-1 2009年）でしょうか。

回答

その通りです。数値の丸め処理に一貫性が無く申し訳ございません。以後気をつけます。

- P6 3. (2)「2018年漁期には 77千トンまで減少した。」とあり、表3-1では76,950トンとなっていますが、表4-1では76千トンとなっています？ 表4-1の誤りですか？

回答

その通りです。表4-1作成時の四捨五入の数値処理のミスです。以後気をつけます。

🏠 これ以外のコメントへの回答はプレゼンでの各項目の説明に交えて行います。

コンテンツ

- 頂いたコメントへの回答（一部）
- **生物情報と資源評価**
分布, 回遊, 成長, 漁獲量, 年齢別漁獲尾数 (CAA), 資源量指標値, 自然死亡係数 (M), リッジVPA
- 再生産関係
- 管理基準値, KOBEプロット
- 漁獲管理規則, 将来予測



(From Honda et al. 2004)

[北方領土に関する日本の基本的立場]

北方領土はロシアによる不法占拠が続いているが、日本固有の領土である。北方領土においてあたかもロシア側の管轄権に服した/前提としたかのごとき行為を行うこと等は我が国の立場と相いれず容認できない。

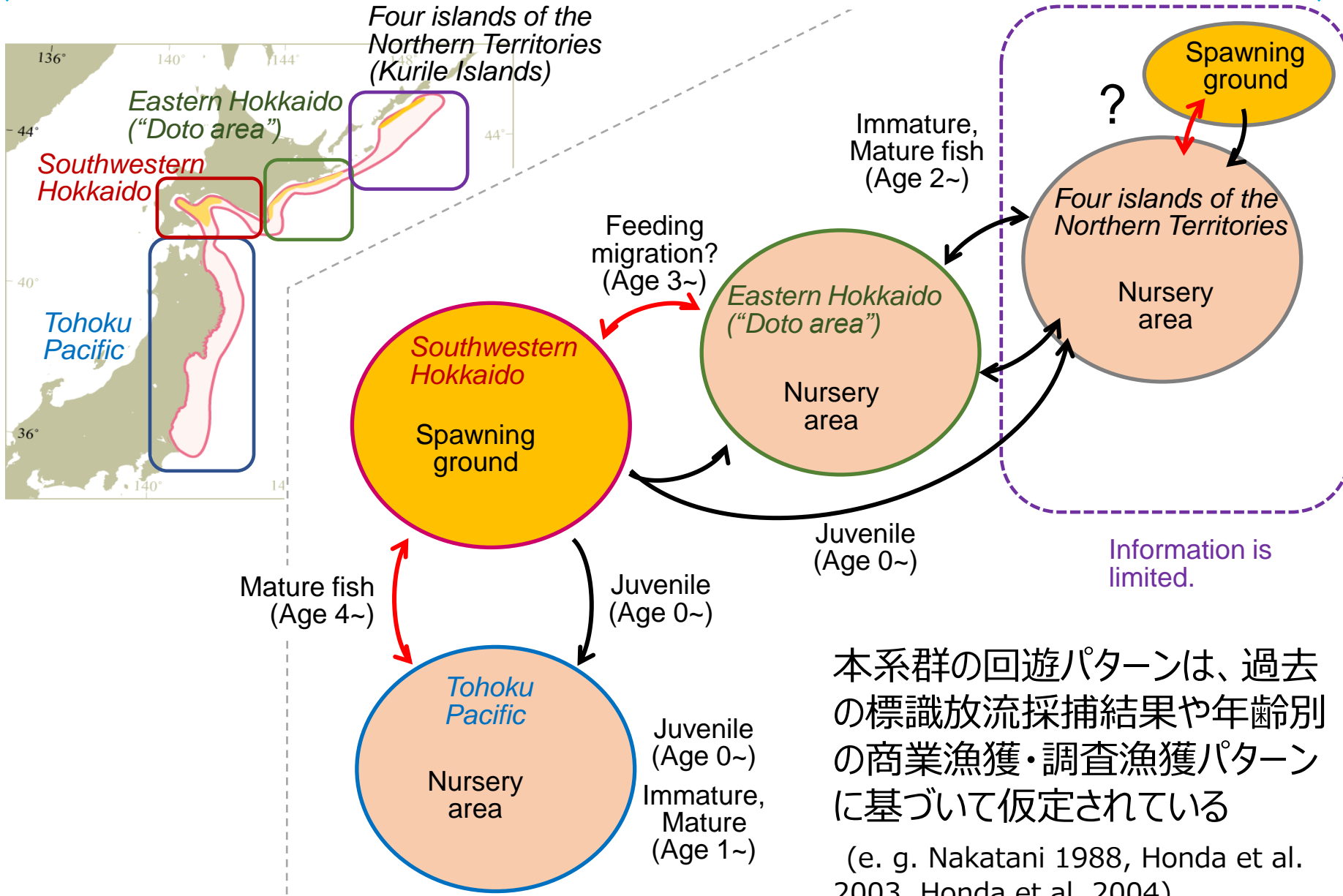
(Ministry of Foreign Affairs of Japan 2011)

スケトウダラ太平洋系群は日本の太平洋沿岸に分布する。

産卵場は複数存在するが、主たる産卵場は噴火湾の周辺海域である。

陸棚海域は仔稚魚の重要な生育場であると考えられる(東北, 道東, および北方四島水域)。

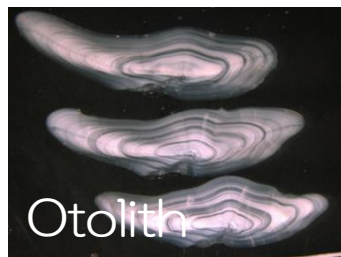
回遊



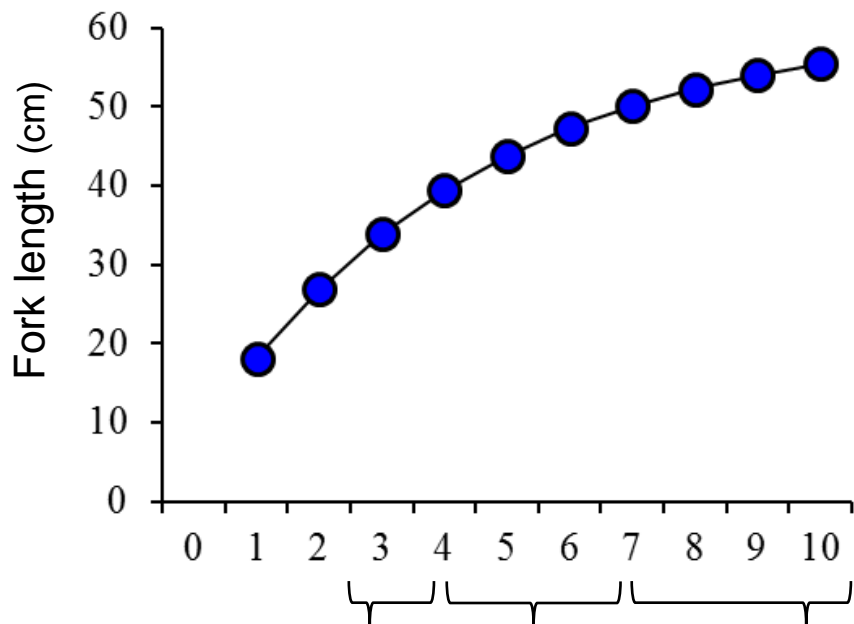
本系群の回遊パターンは、過去の標識放流採捕結果や年齢別の商業漁獲・調査漁獲パターンに基づいて仮定されている

(e. g. Nakatani 1988, Honda et al. 2003, Honda et al. 2004).

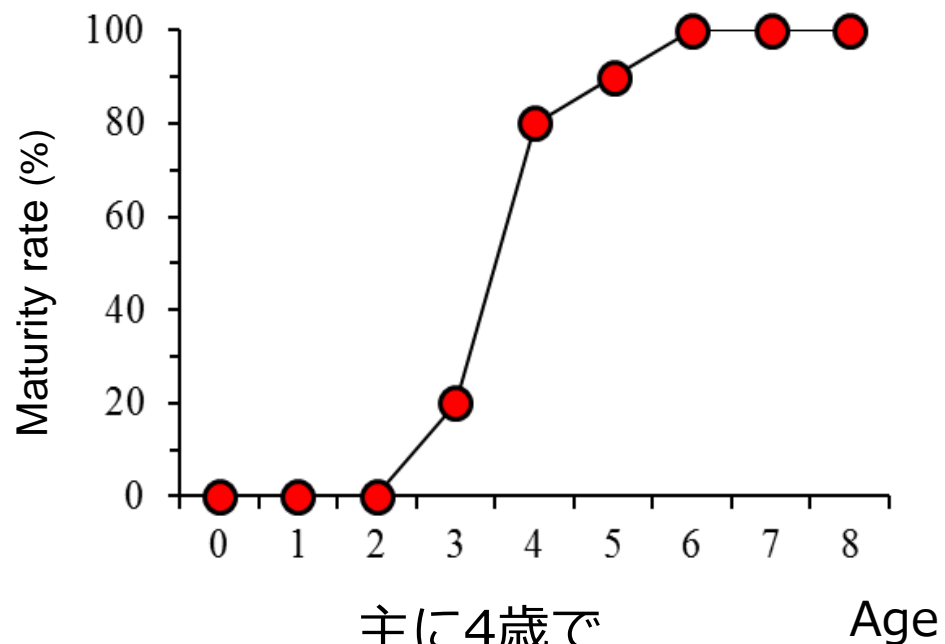
尾叉長
Fork length



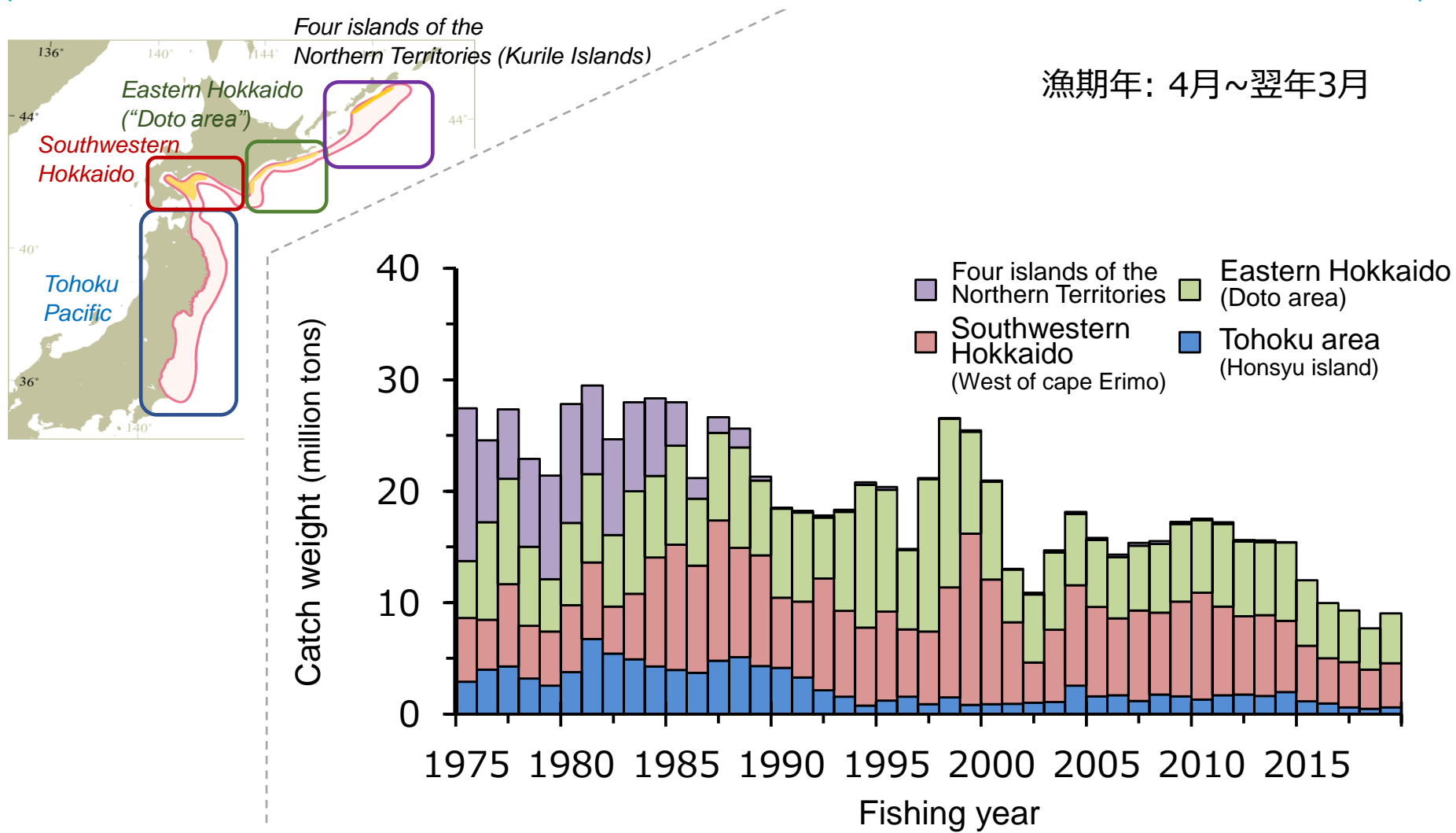
成熟
Maturity



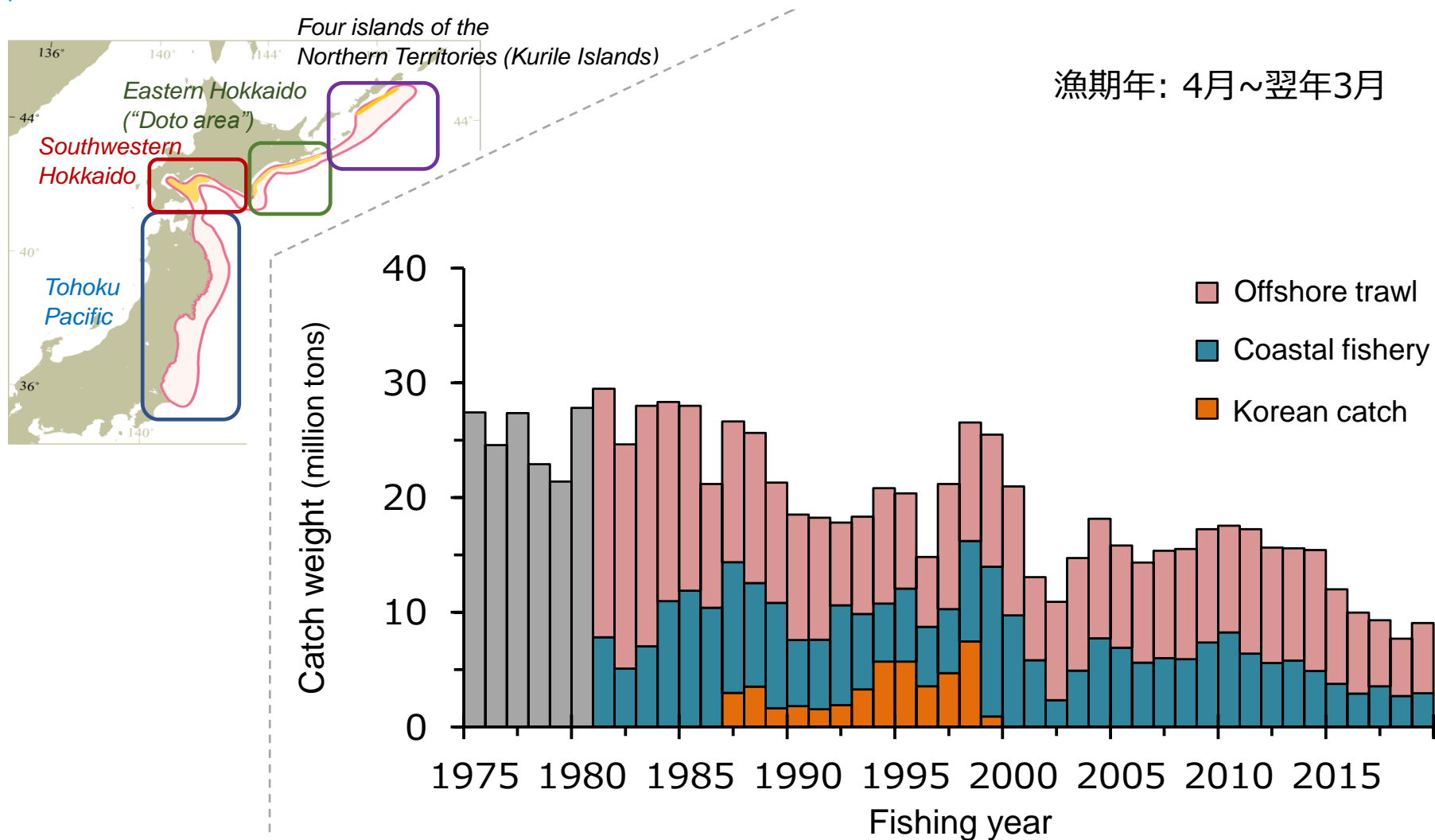
3~4歳 4~7歳 7~8歳
30~40cm 40~50cm 50cm~



主に4歳で
多くが成熟する。
(40cm~)

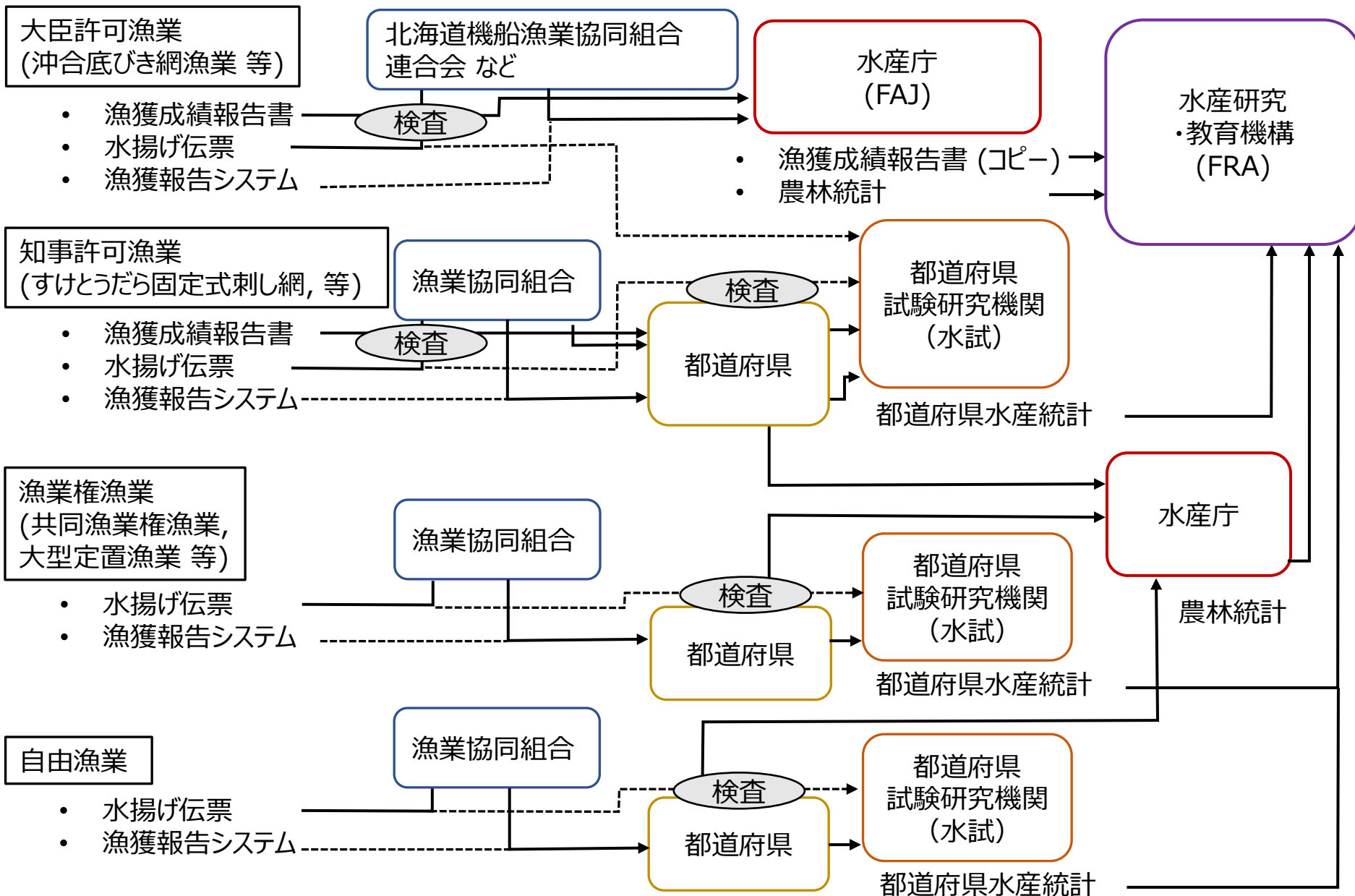


近年は襟裳以西（道南）および道東海域の漁獲量が殆どを占める。
 資源評価データには日本漁船による北方四島水域での漁獲量が含まれる。
 （ロシア漁船の漁獲量は含まれない）



漁業は、沖合底びき網漁業（沖底）と沿岸漁業に大別される。
資源評価データには日本EEZ内の韓国のトロール漁船による漁獲が含まれる。

日本の漁獲報告の仕組み



公式統計は一般に公開されています...

沖合底びき網漁業

大臣許可漁業

- “北海道沖合底曳網漁業漁獲統計年報”
- “太平洋北区沖合底曳網漁業漁獲統計年報”
- ✓ 統計情報は漁獲成績報告書に基づく。
- ✓ 水産庁および水産研究・教育機構から冊子体の年報として公表。

沿岸漁業

知事許可漁業
(すけとうだら固定式刺し網 等)

漁業権漁業
(共同漁業権漁業,
大型定置漁業 等)

自由漁業

- 都道府県の水産統計はWebもしくは冊子体で各都道府県から公表。

例)

北海道: “北海道水産現勢”

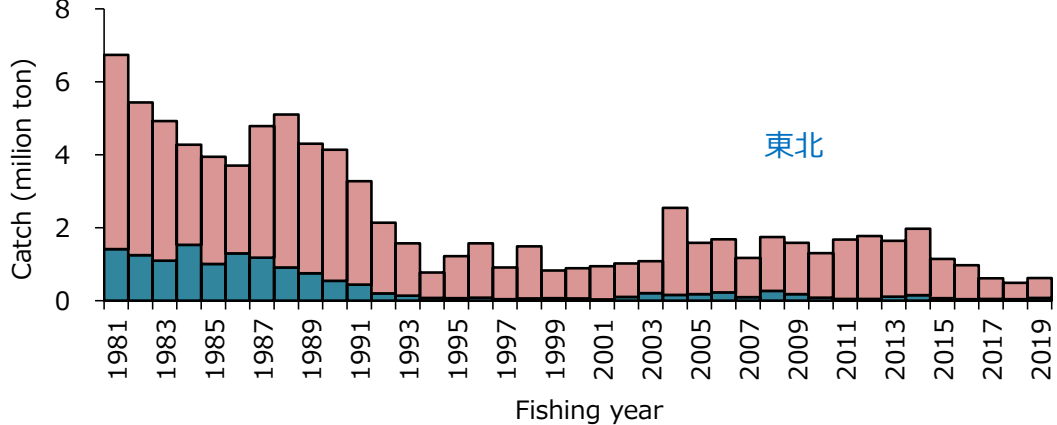
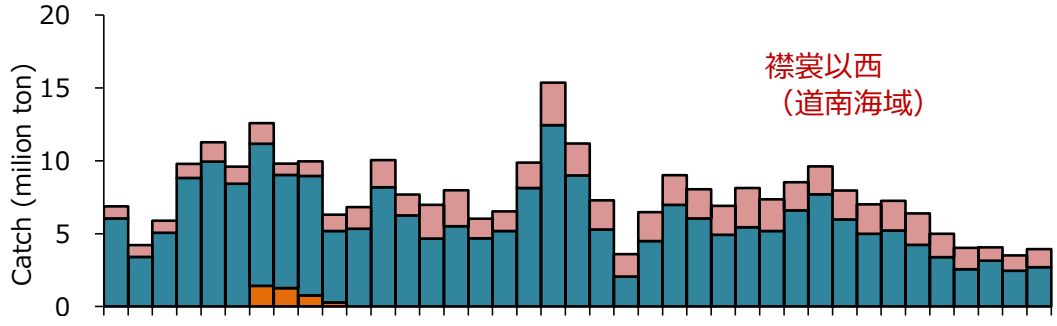
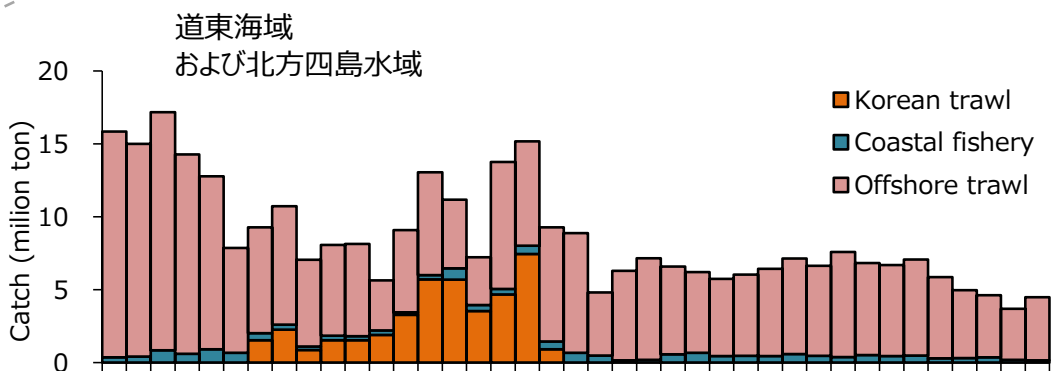
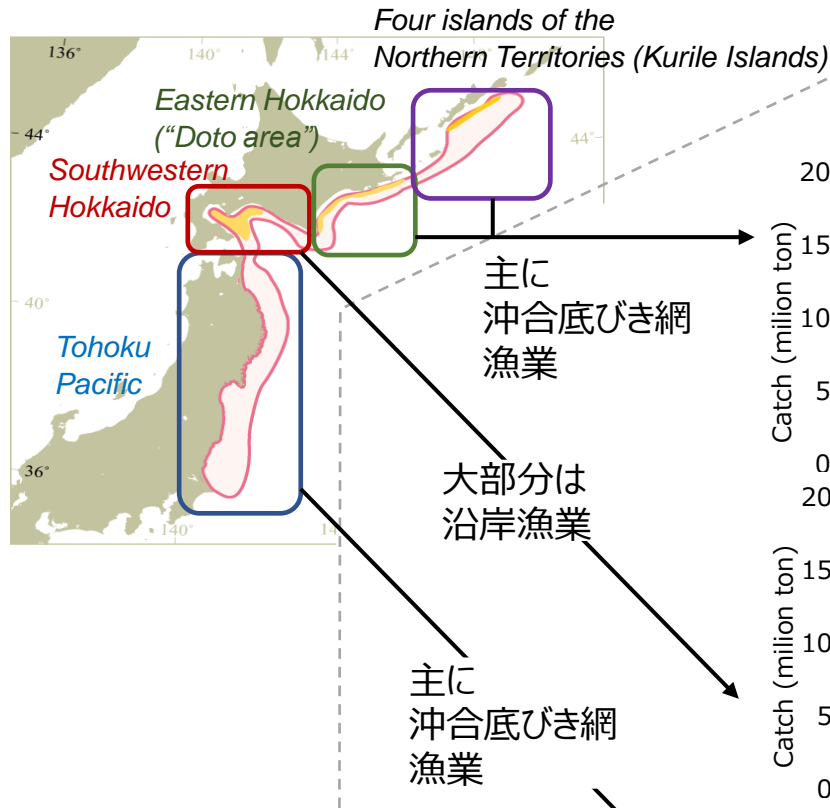
<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/sum/03kanrig/sui-toukei/suitoukei.html>

青森県: “青森県漁業統計”

https://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/nourin/sshinko/suisan_top.html

岩手県: “岩手の統計”

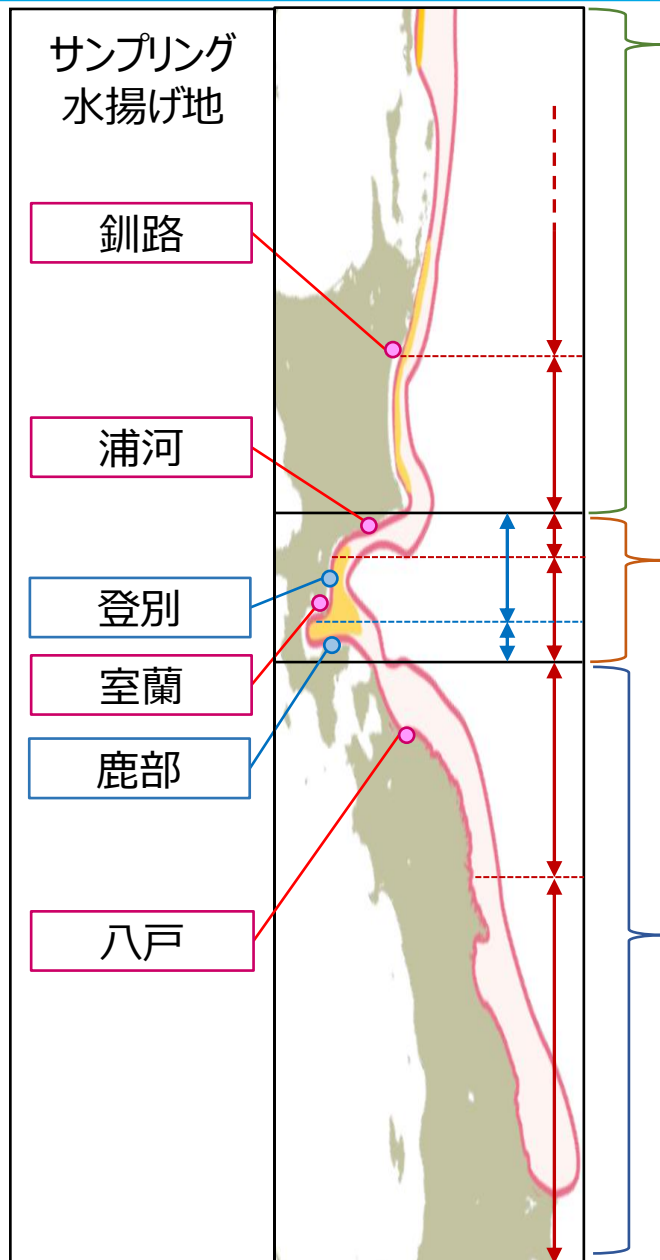
<http://www3.pref.iwate.jp/webdb/view/outside/s14Tokei/top.html>



本系群の資源評価では、
年齢別漁獲尾数 (CAA) の元データの収集は
海域ごとに各地域の試験研究機関が実施

- 道東海域:
水産研究・教育機構 (FRA) 釧路庁舎
- 道南海域:
道総研 (HRO) &
水産研究・教育機構 (FRA) 釧路庁舎
- 東北:
水産研究・教育機構 (FRA) 八戸庁舎

年齢別漁獲尾数 (CAA) の推定



道東海域

東西に2つのサブエリアに分け、沖合底びき網漁業の主要水揚げ港である釧路にて、両海域の水揚げ物からのサンプルを月別に漁法ごと（かけまわし・オッター）に収集しCAAの推定に使用.

襟裳以西（道南海域）

多くの沿岸漁業があるが、その漁獲物年齢組成は2つに分けた海域の各主要水揚げ港（室蘭・鹿部）での漁獲物サンプルから推定.

沖合底びき網漁業についても、2つに分けた海域の各主要水揚げ港（浦河・室蘭）での漁獲物サンプルから推定.

東北

南北に分けたサブエリアのそれぞれにて、各県が収集した体長組成データにAge-Length-Key (ALK)を当てはめて漁獲物の年齢組成を推定. ALKは八戸でのサンプリング（1月・2月）と調査船調査（4月・10月）にて得た情報に基づく.

年齢査定とCAAの推定

道東でのCAA推定の例;

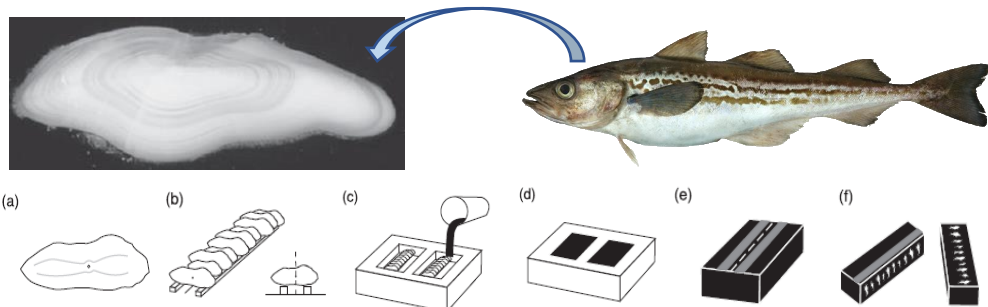
各サブエリア・漁法について、月別にポートサンプリングを実施.

得られたサンプルについて、体長・体重・耳石の摘出を実施

耳石からの年齢査定（ブラック・レジンを使用）. 査定者は2〜3名.

各サンプルの年齢組成を算出（各サンプルについて、それぞれおおよそ100尾の年齢査定データに基づく）

それぞれのサブエリア・漁法について、漁獲量と年齢組成の情報からCAAを算出する.



ブラックレジン法 (Kooka and Yabuki 2008)

漁法, 月, サブエリアの層別に...

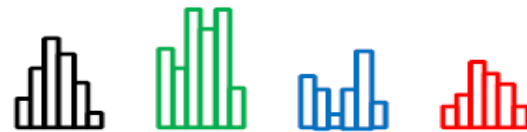
年齢組成:



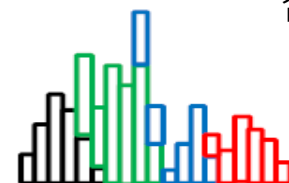
漁獲量:

XX t YY t ZZ t VV t

サンプリングの層別にCAAを推定



VPAの入力データとして、各層のCAAを足し合わせたものを作成



掛け合わせ

合計

道東海域でのサンプリングの例

CAAは層別（漁法，サブエリア，月）の漁獲重量と年齢組成に基づき算出される。サンプルの得られなかった層については，隣接する層の年齢組成の情報を用いてCAAを算出した。

2016	Month	Apr.		May		Sep.		Oct.		Nov.		Dec		Jan.		Feb		Mar.		Coastal fishery
	Sub-area	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	
	Catch of Otter trawl (t)	26	785	10	13	1,565	1,565	744	941	259	584	227	220	1,023	57	617	285	643	372	3,141
	Sample from Otter trawl	substitution	X	X	X	X	X	X	substitution	X	substitution	X	X	X	substitution	X	X	substitution	X	substitute
	Catch of Danish seine (t)	426	2,604	557	796	7,843	1,790	1,587	1,821	2,066	655	3,392	716	3,406	247	2,116	1,580	1,682	3,380	
	Sample from Danish seine	substitution	substitution	substitution	substitution	X	X	X	substitution	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

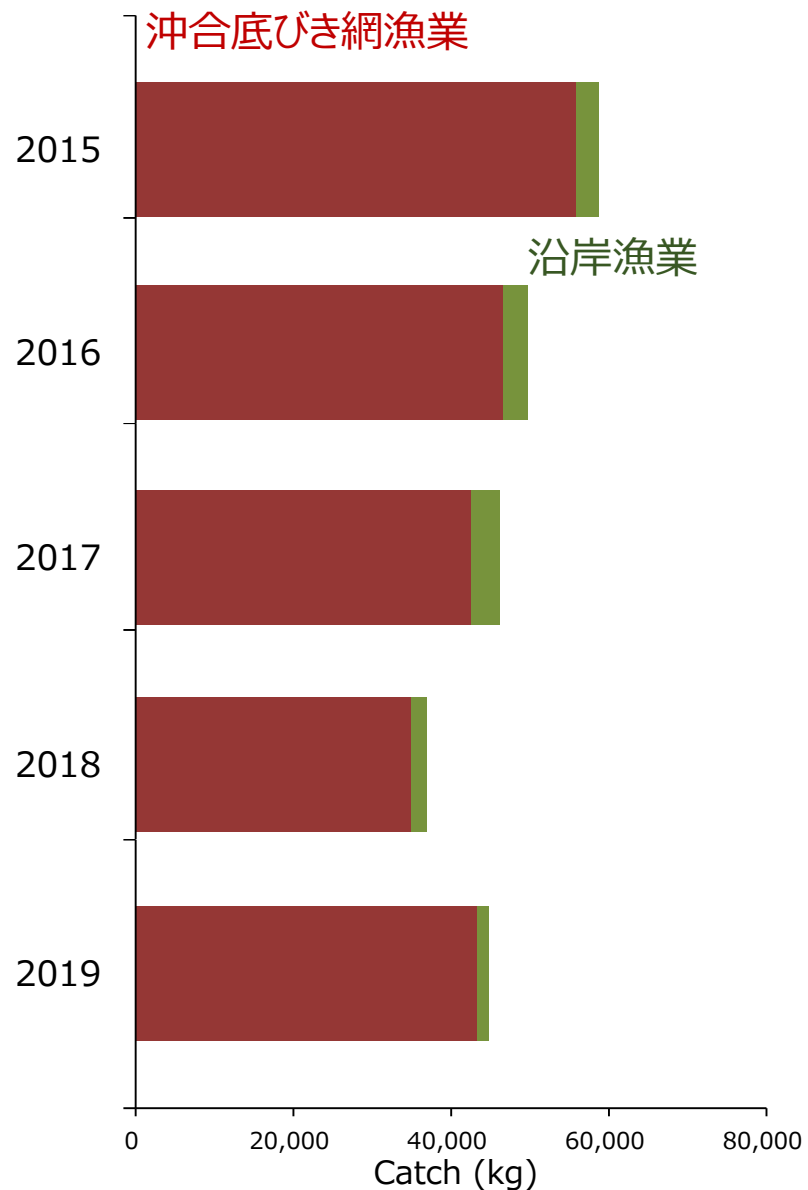
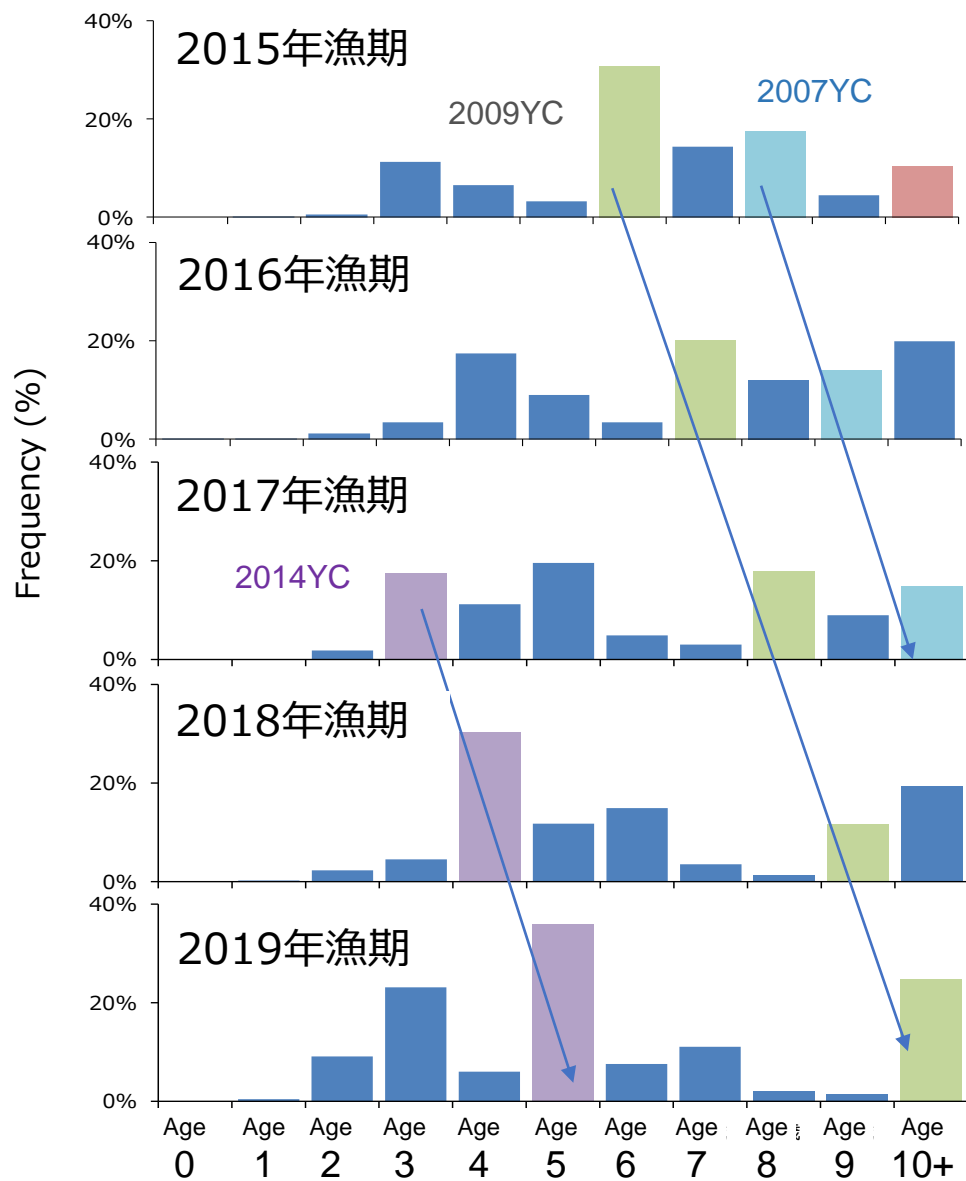
2017	Month	Apr.		May		Sep.		Oct.		Nov.		Dec		Jan.		Feb		Mar.		Coastal fishery
	Sub-area	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	
	Catch of Otter trawl (t)	549	59	86	181	1,401	1,148	959	1,031	306	574	395	392	518	321	586	263	290	463	3,607
	Sample from Otter trawl	substitution	X	X	X	X	X	X	substitution	X	substitution	X	X	X	substitution	X	X	substitution	X	substitute
	Catch of Danish seine (t)	663	1,044	424	1,669	5,344	6,262	4,161	1,310	1,533	823	2,193	317	2,456	191	1,130	877	960	1,685	
	Sample from Danish seine	substitution	X	substitution	X	X	X	X	X	X	substitution	X	X	X	X	substitution	X	substitution	X	

2018	Month	Apr.		May		Sep.		Oct.		Nov.		Dec		Jan.		Feb		Mar.		Coastal fishery
	Sub-area	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	
	Catch of Otter trawl (t)	132	140	295	441	1,742	273	939	848	88	917	325	56	405	174	378	360	489	274	1,919
	Sample from Otter trawl	X	X	X	X	X	substitution	X	X	substitution	X	X	substitution	X	X	X	X	X	X	substitute
	Catch of Danish seine (t)	127	678	471	3,151	5,472	1,973	3,419	1,654	1,625	880	1,789	62	1,154	109	1,345	511	634	1,637	
	Sample from Danish seine	substitution	X	substitution	substitution	X	X	substitution	X	X	substitution	X	substitution	X	X	X	X	substitution	X	

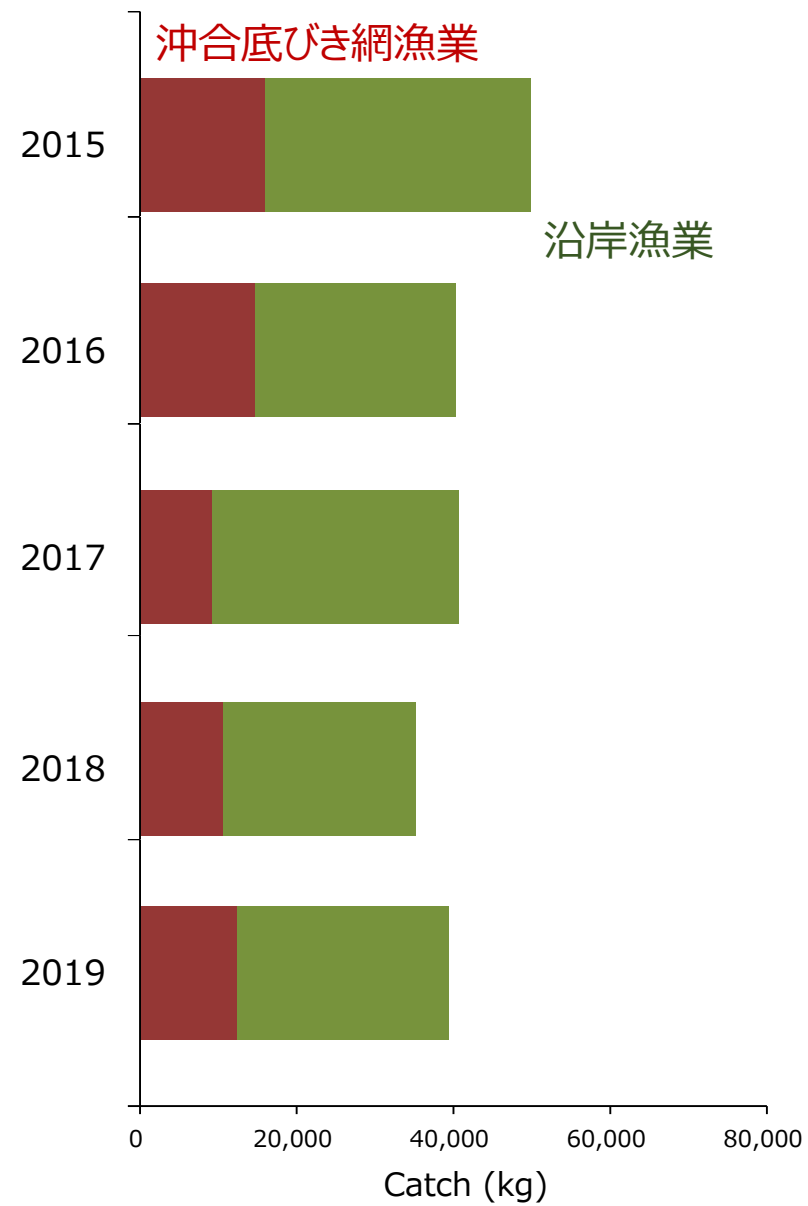
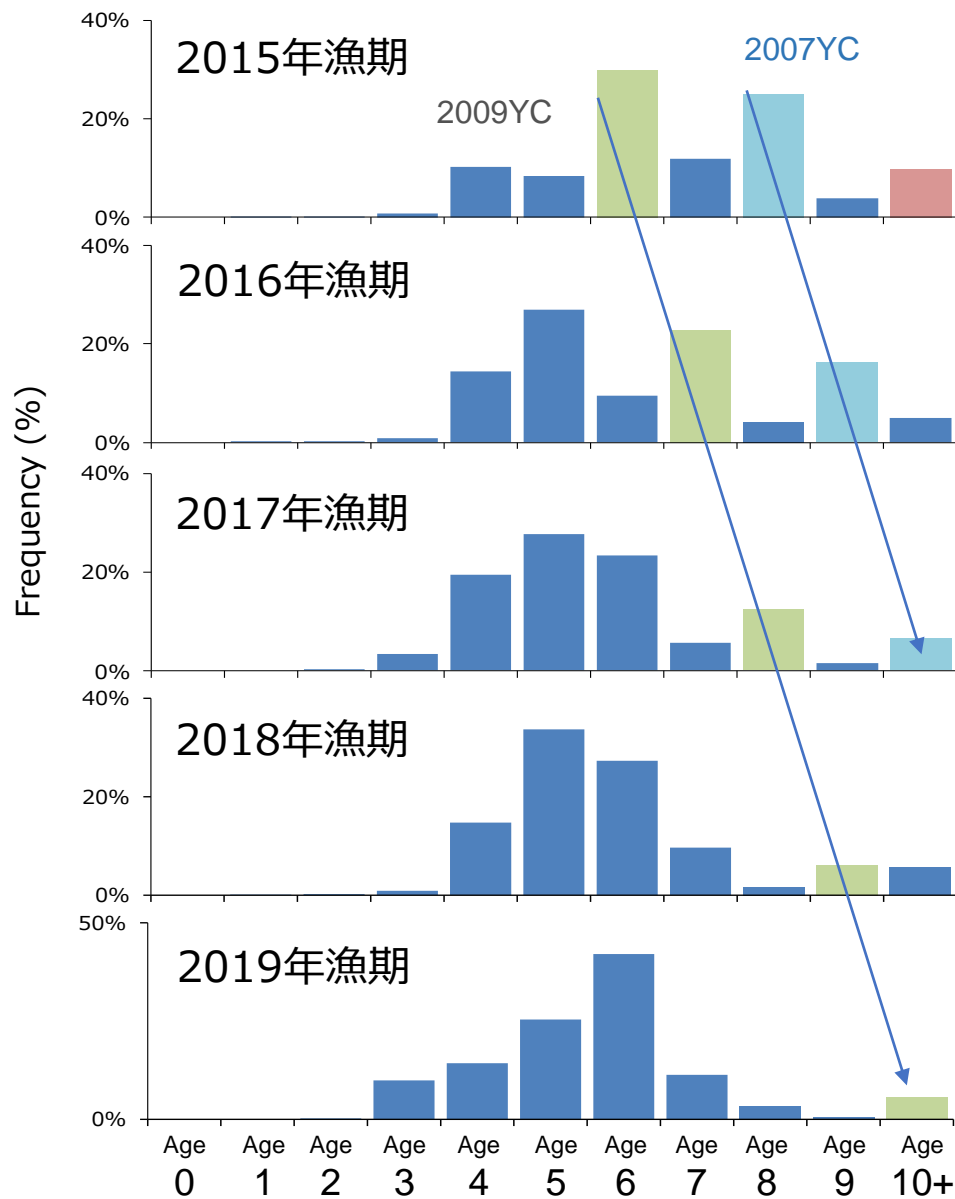
2019	Month	Apr.		May		Sep.		Oct.		Nov.		Dec		Jan.		Feb		Mar.		Coastal fishery
	Sub-area	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	
	Catch of Otter trawl (t)	276	180	144	294	1,975	673	1,353	409	665	166	185	377	83	997	632	421	394	462	1,485
	Sample from Otter trawl	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	substitution	X	X	X	X	X	substitute
	Catch of Danish seine (t)	184	1,733	595	2,422	7,909	1,139	2,683	1,139	1,763	470	1,216	547	375	2,623	877	3,590	883	3,467	
	Sample from Danish seine	substitution	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	substitution	substitution	X	X	X	substitution	X	

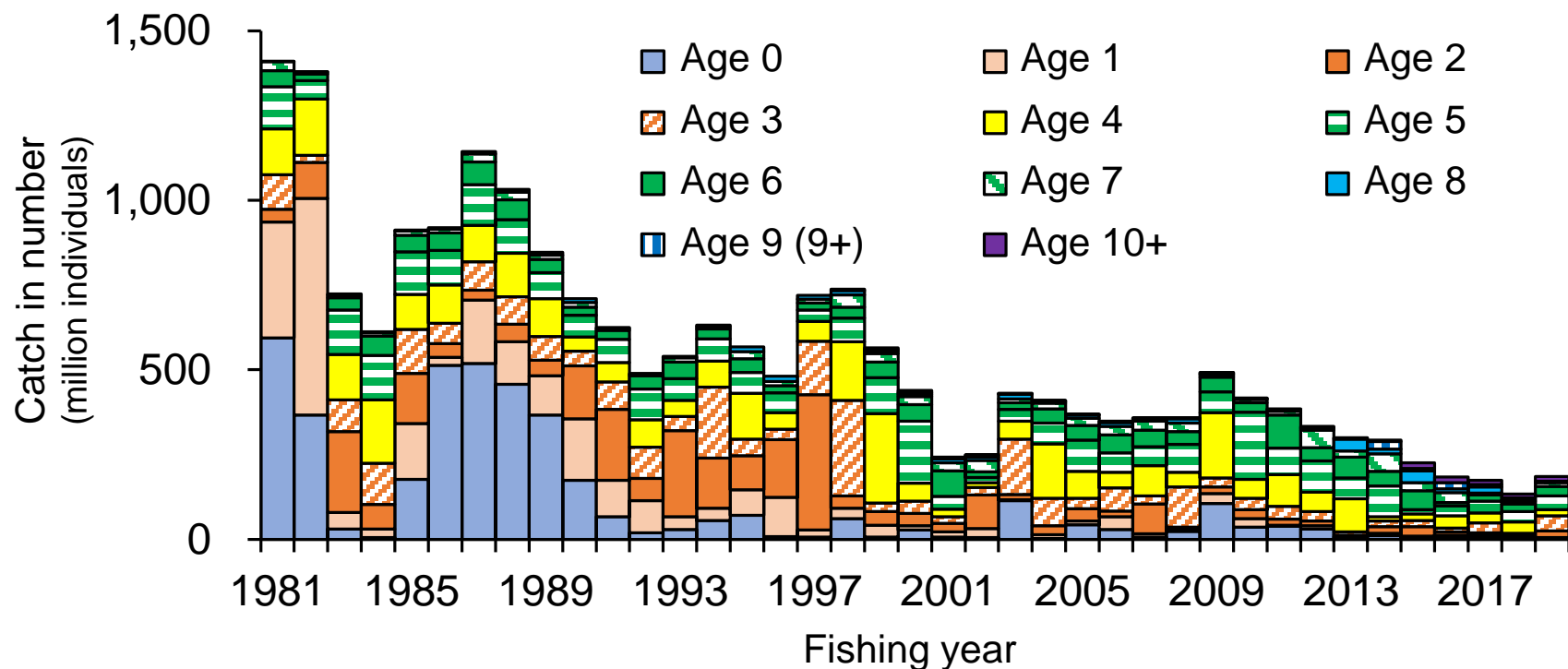
7月-8月：沖合底びき網漁業の休漁シーズン

近年5年間のCAA (道東海域)



近年5年間のCAA（襟裳以西（道南海域））





- プラスグループを1997-1999年に8歳+から10歳+に延長。
 - 1997年までは、プラスグループは8歳+.
 - 1998年は、プラスグループは9歳+.
 - 1999年からは、プラスグループは10歳+.

沖合底びき網漁業 (道東海域～襟裳以西)

- 年齢別標準化CPUE
 - ✓ 3, 4, 5, 6, および7歳の資源尾数に対応したチューニング指数
 - ✓ 1999-2019年漁期

すけとうだら固定式刺し網 (襟裳以西)

- 操業日誌に基づく標準化CPUE
 - ✓ 親魚量 (SSB) に対応したチューニング指数
 - ✓ 2010-2019年漁期
- 北海道の漁獲成績報告書に基づく資源量指標値
 - ✓ 親魚量 (SSB) に対応したチューニング指数
 - ✓ 2003-2019年漁期

調査データ (道東海域～襟裳以西)

- 音響トロール調査 (6月-7月)
 - ✓ 1歳および2歳の資源尾数を推定.
 - ✓ 2005-2019年漁期

VPAの
チューニング指数

道総研 (HRO)
から提供される

直近3年の年級群の
加入量の推定に使用

松石先生からのコメント

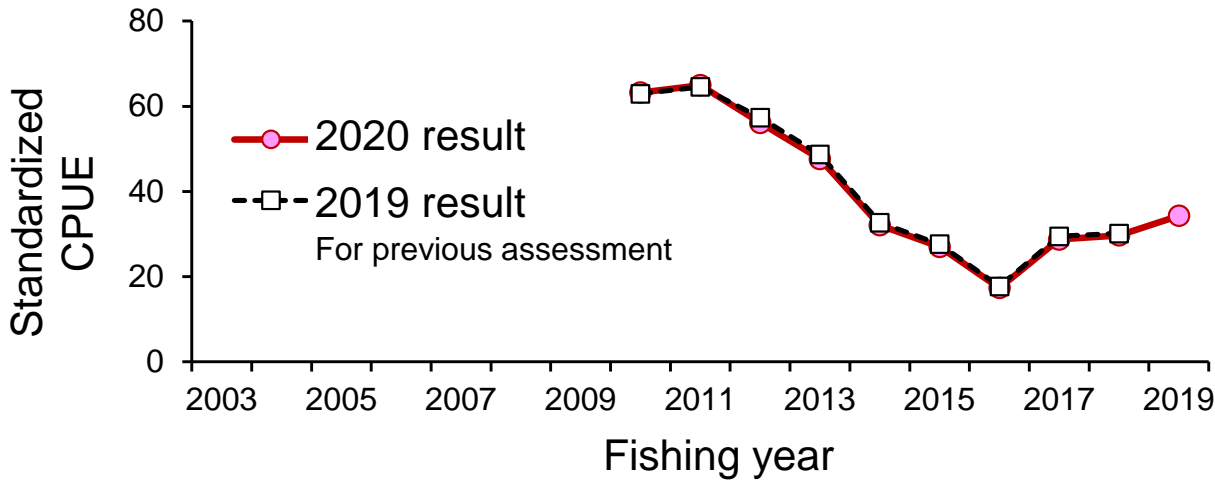
- P7 4. (2) 「資源量指標値」「産卵親魚の来遊量の指標」「標準化 CPUE」「別の面からみた産卵親魚の来遊量の指標」の関係がわかりにくいです。CPUEそのものを資源量指標値ということもありますし、VPAのチューニングに使うCPUE以外の者も含む様々な指標を資源量指標値と言うこともあります。今回、CPUEの合計というあらたな指標値をVPAのチューニングに使っており、不用意に「標準化CPUE（資源量指標値）」などと書かれているので、混乱します。用語の整理が必要ではないでしょうか。

回答

本資源評価報告書では単位努力量あたり漁獲量（CPUE）等の資源量を反映する指標値の総称として「資源量指標値」の語を使用しています。これは新漁業法の下での管理を説明した水産庁の公表資料（たとえば「資源管理目標を定めるための新たな資源評価手法の検討状況（2019年3月）」（<https://www.jfa.maff.go.jp/j/council/seisaku/kanri/attach/pdf/190307-6.pdf>）での用語の使い方や、学術誌（例えば市野川・岡村（2014）水産海洋研究78(2) 104-113）での表記に準じています。資源評価報告書の3ページ目のデータセットの表を見て頂ければ、資源量指標値の種類として産卵量指標値、加入量指標値、親魚量指標値があり、それぞれの指標値の中に調査結果や標準化CPUEが含まれると整理されることをご理解いただけたと思います。「漁獲成績報告書から得られる資源量指標値」が「操業日誌から得られる標準化CPUE」などと同列にあるのがわかりにくいとのご指摘かと思いますが、「漁獲成績報告書から得られる資源量指標値」は北海道が固定式刺し網の漁獲成績報告から求めた月別CPUEの累積値として求めた指標値であり、単純なCPUEとも性質の異なるものですので、今のところ表記のような表現ぶりが適切ではないかと考えています。表現ぶりについては引き続き読み手の混乱を招かないように気をつけて参ります。

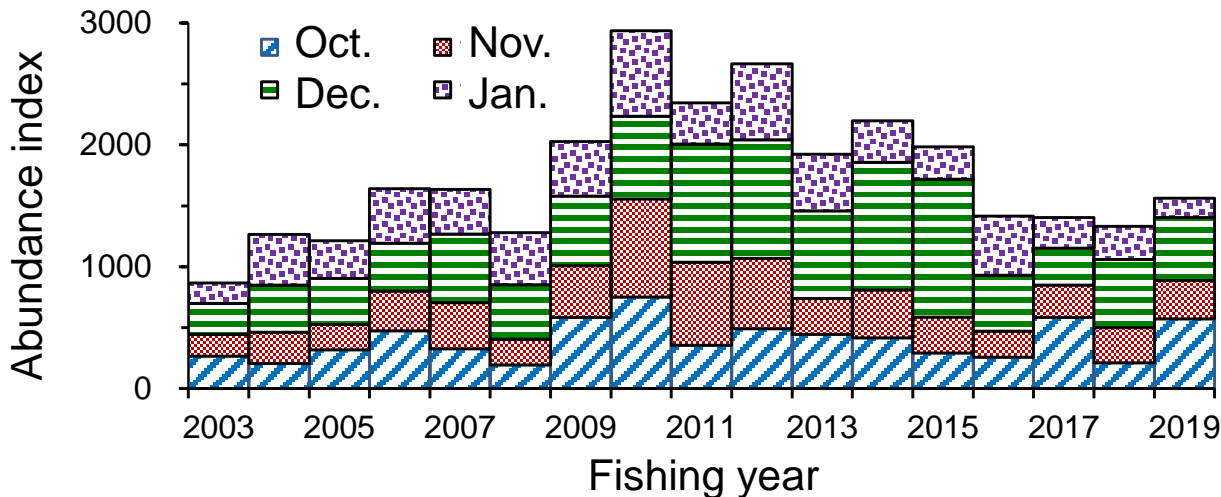
すけとうだら固定式刺し網からの資源量指標値

操業日誌に基づく標準化CPUE



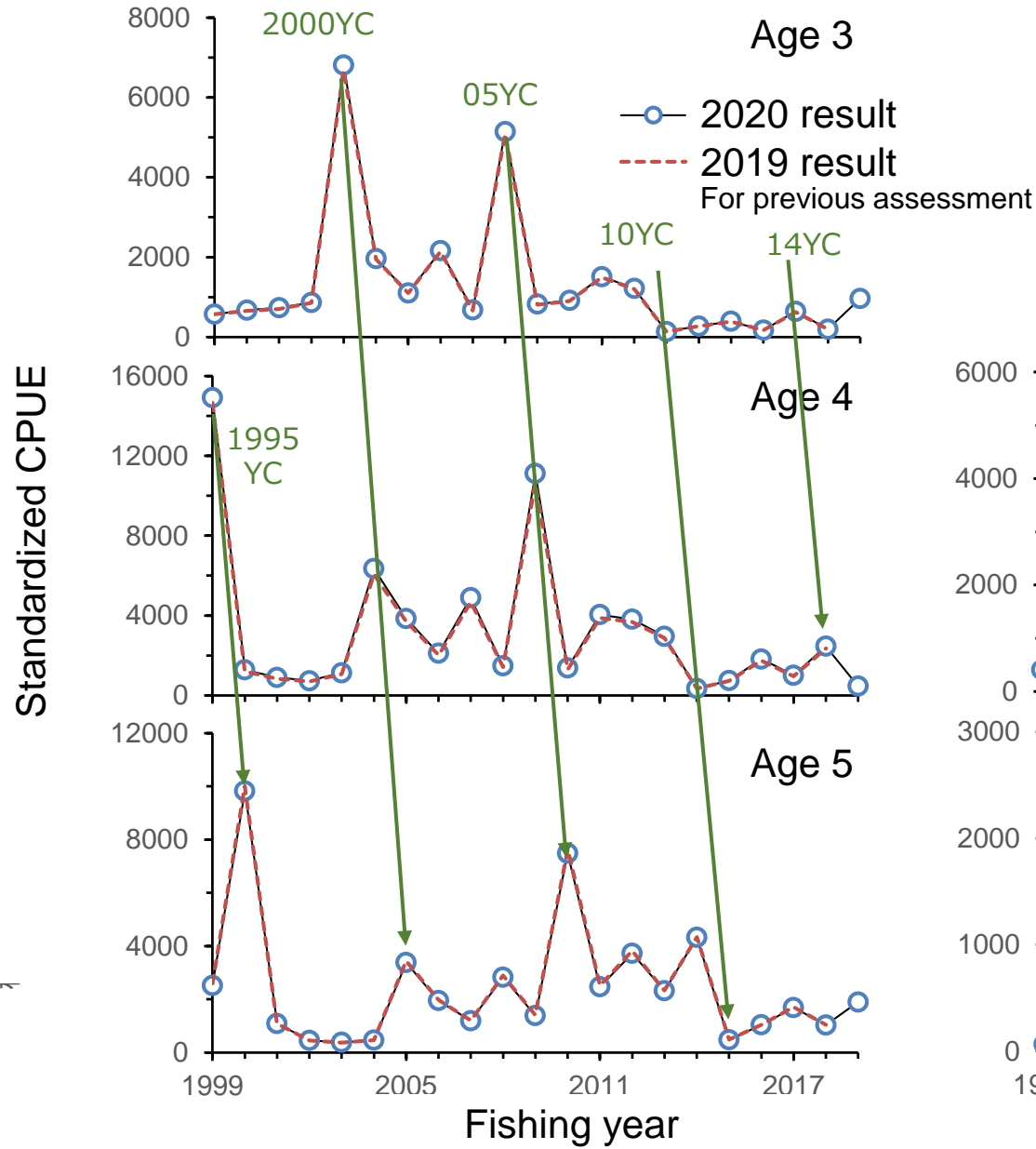
- ✓ 18~19隻の代表船/年
- ✓ 約800操業/年
- ✓ CPUE (漁獲量/網数) は GLMを用いて標準化

北海道の漁獲成績報告書に基づく資源量指標値



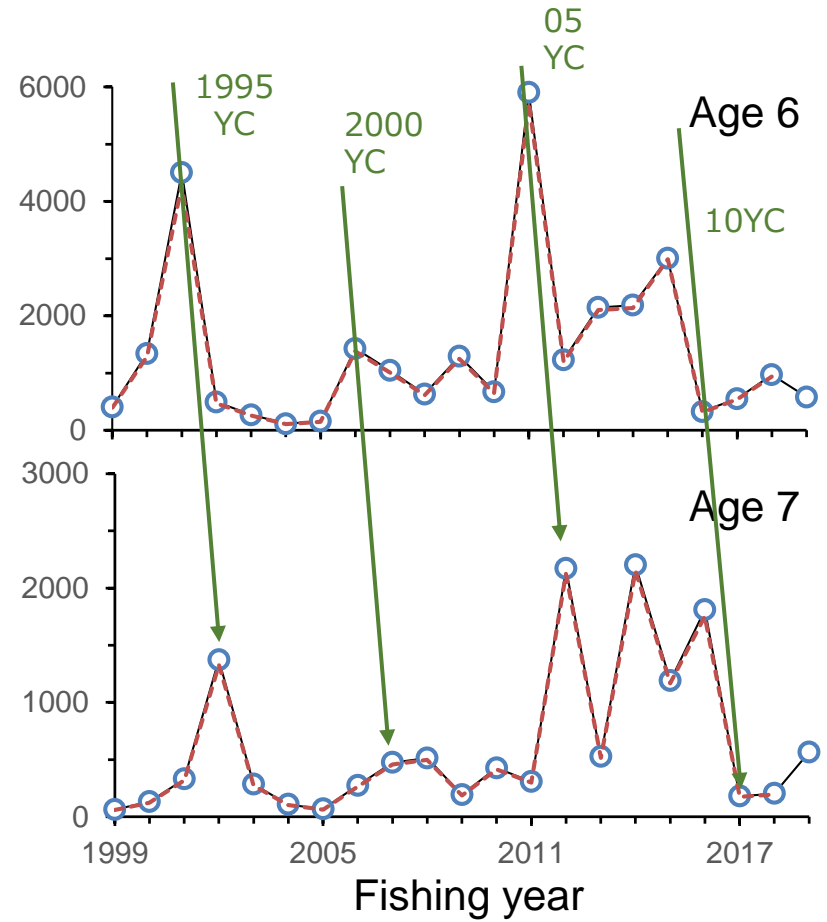
- ✓ 約500隻の許可船があるが、毎年全ての船が稼働しているわけではない(2019年漁期は268隻が稼働)。
- ✓ 月別のCPUE (漁獲量/網数) の累積として計算。

沖合底びき網漁業からの資源量指標値



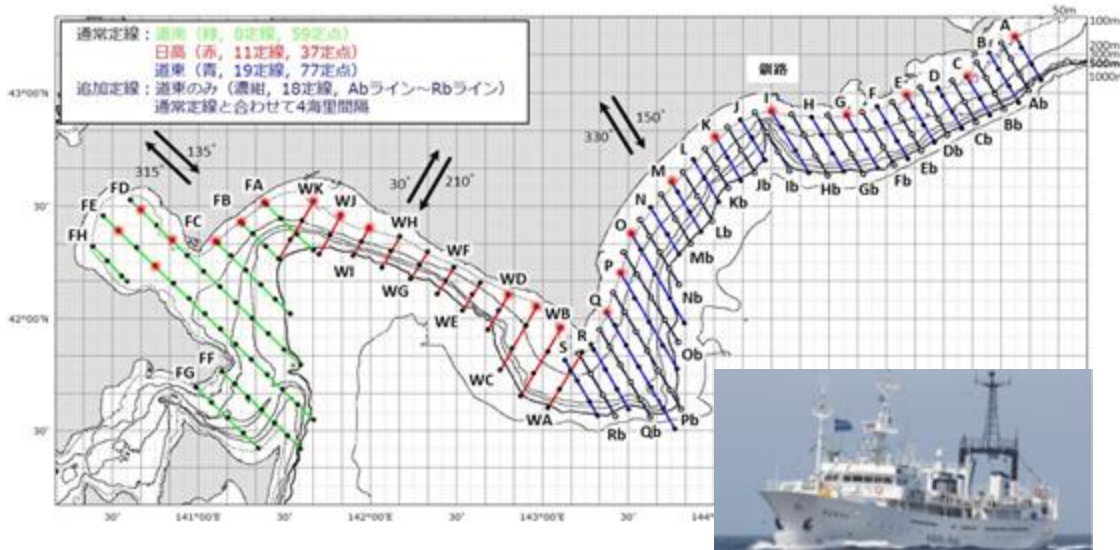
年齢別の標準化CPUE

- ✓ 近年は16隻/年
- ✓ CPUE (漁獲尾数/操業網数) はデルタ型2段階モデルにて標準化



音響トロール調査 (6~7月)

- ✓ 計量魚探を使用
- ✓ 魚種及び魚体サイズ (年齢) の確認のためトロールを実施



[質問・コメント] CPUE標準化について

2種類のCPUE 標準化（資料A：p.33-34）における説明要因について、連続変数とカテゴリカル変数の定義が一部の変数しか書かれていないため、全てにおいて記述してほしい。

沖底底曳き網漁業の年齢別CPUE 標準化で説明変数の取舍選択にBIC (Schwarz, 1978) を使用している理由は何か？再生産曲線の推定ではAIC系統のc-AICを利用しているため、統一されていない。一般に、CPUE標準化に代表される一般化線形モデル（回帰分析や分散分析、共分散分析を含む）において、AICは実際（シミュレーションにおける真のモデル）よりも説明変数の数を多く、BICは説明変数の数を少なく推定する傾向がある（Shono, 2005）。ただし、VPAにチューニング指標として組み込む場合には、影響はこの点だけに留まらない。例えば、AICとBICにより選択された2種類のモデルで年トレンドを抽出し、その違いが微少なものであっても、これらをチューニング指標としてVPAに組み込んだ場合に、年別年齢別資源尾数の推定値が大きく異なることも起こりうる。そのため、異なる情報量規準により推定された複数モデルからの抽出年トレンドを用いてVPA 計算を行い、結果を比較するなどの感度解析を状況に応じて推奨したい。

回答

説明変数の定義に関するご質問は、33ページの補注1の沖合底びき網漁業の年齢別標準化CPUEに関するものだと思います。当該CPUEについては、別途標準化に関する詳細資料（FRA-SA2020-SC03-101）を作成しており、資源評価会議ではJV機関および外部有識者と共有しています。当該資料の2ページ目にあるように、説明変数は全てカテゴリカル変数です。漁期年は1999～2019年の21年、月は1～5、9～12月の9ヵ月、年齢は2歳以下、3歳、4歳、5歳、6歳、7歳、8歳以上、海域は道東-東、道東-西、道南-東、道南-西の4海域、船IDは39隻分、馬力は3カテゴリーに分けられます。

説明変数 7つの主効果と、それらの1次の交互作用を検討。
すべてカテゴリカル変数。一部の交互作用は欠損が多く使用不可。

- 1) 漁期年 : 1999-2019
- 2) 月 : 1~5、9~12月の9か月
- 3) 年齢 : 2-歳、3歳、4歳、5歳、6歳、7歳、8+歳
- 4) 漁法 : オッター、かけまわし
- 5) 海域 : 道東-東、道東-西、道南-東、道南-西の4海域
- 6) 船ID : 39隻分
- 7) 馬力 : 400-500、500-600、600-700の3カテゴリー

※ 第一段階では1~5、第2段階では1~7の説明変数を候補とする

最終的なモデル

第1段階: (BIC=2823.66)

Positive rate = intercept + Year×Age + Year + Age + Area + error,

第2段階: (BIC=46480.43)

Log (CPUE) = intercept + Year×Age + Year + Age + Area + Month
VesselID + Age×Month + Age×Area + error

CPUE標準化での説明変数の取捨選択の基準としてベイズ情報量規準（BIC）を使用しています。BICを用いた理由として、CPUE標準化のような大標本の分析においてはAICよりもBICのような一致性のある規準のほうが適切との理解に基づきます（Shono 2005、庄野 2006）。ご指摘のように再生産関係式のモデル選択ではAICcを用いていますが、これは再生産関係式の推定に用いるデータセットは50点に満たない小標本に依るため、小サンプルでの性能が良いとされる情報量規準を用いるのが適切との理解に基づきます。

当該CPUEの標準化ではデルタ型2段階モデルを使用していますが、ご指摘の通り、AICをモデル選択の基準に使用すると、1段階目のモデルではBICを使用した場合よりも説明変数の多いモデルが選択されました。

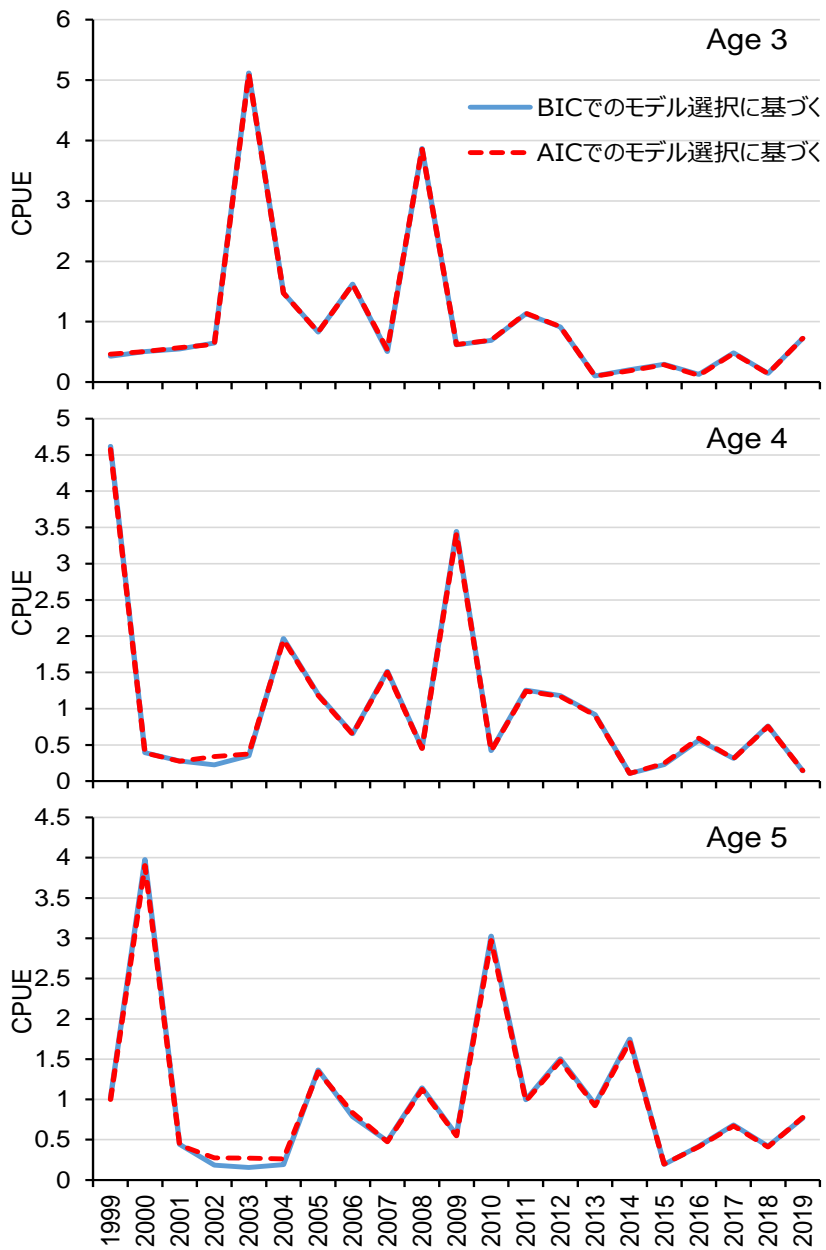
第1段階: (BICを基準にモデル選択した場合)

$$\text{Positive rate} = \text{intercept} + \text{Year} \times \text{Age} + \text{Year} + \text{Age} + \text{Area} + \text{error},$$

第1段階: (AICを基準にモデル選択した場合)

$$\text{Positive rate} = \text{intercept} + \text{Year} \times \text{Age} + \text{Month} \times \text{Age} + \text{Area} \times \text{Age} + \text{Year} + \text{Age} + \text{Area} + \text{Month} + \text{error},$$

2段階目のモデルでは、モデル選択にAICとBICのいずれを使用した場合でも結果は変わりませんでした。これは、欠損値がある交互作用項を候補とする説明変数から除いたことも影響していると考えます。



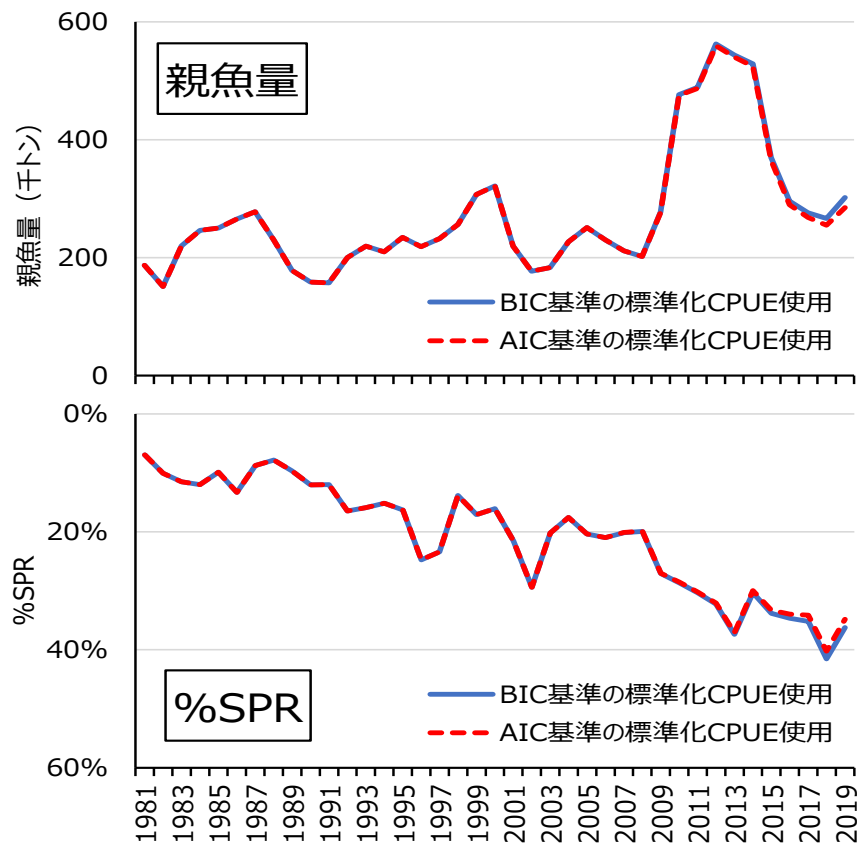
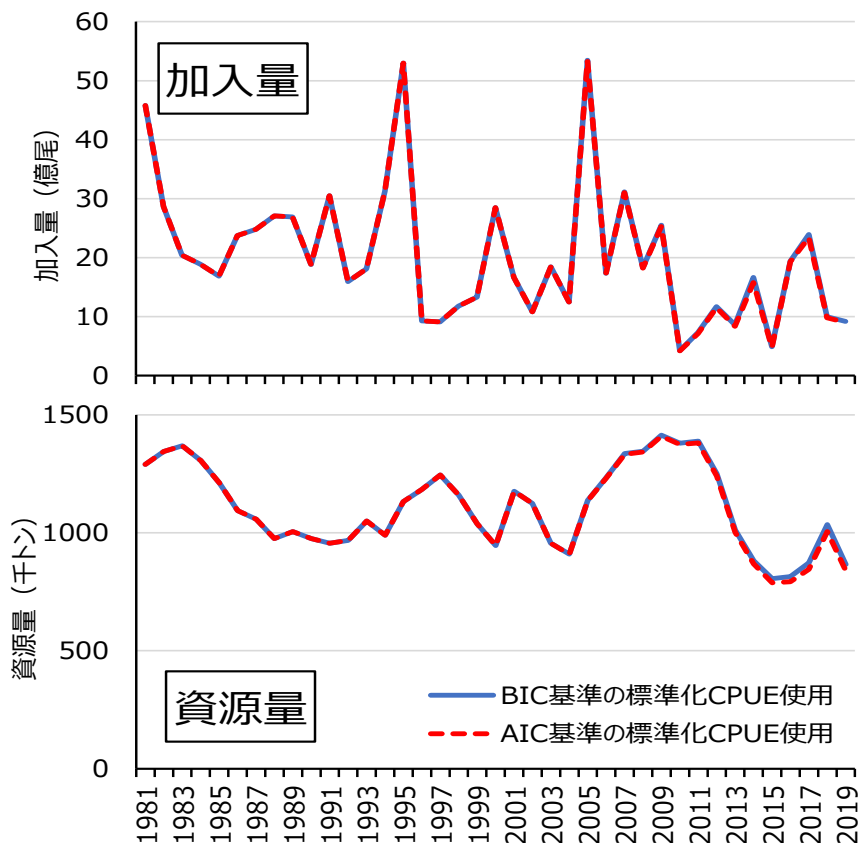
年齢別の標準化CPUE

- ✓ 青：BICでのモデル選択
- ✓ 赤：AICでのモデル選択
- ✓ 得られる標準化CPUEの違いは非常に小さい



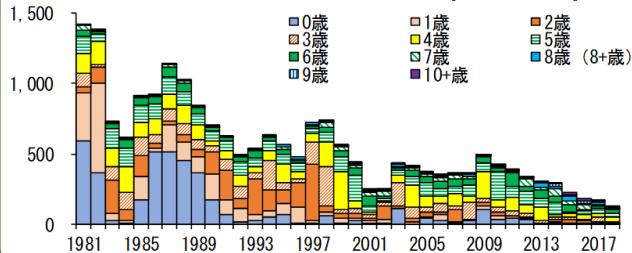
それぞれの標準化CPUEをチューニングに用いた場合

それぞれの標準化CPUEでチューニングしたVPAの結果を比較すると、得られた資源量推定値の差は最大3%程度に留まりました。

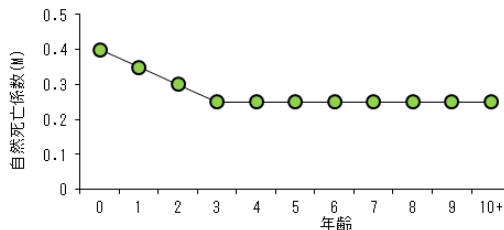


代替のCPUEをチューニングに用いた感度分析は、用いるCPUEに異論があった場合には非常に重要な検討事項であると認識しています。状況に応じて、異なる情報量規準を用いたモデル選択による標準化CPUEを用いる感度分析についても検討の材料として参りたいと思います。

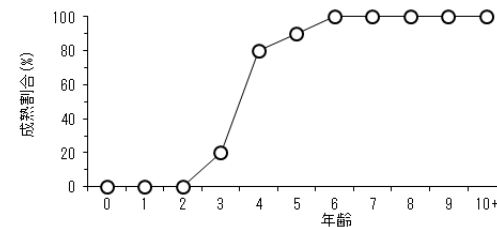
年齢別漁獲尾数 (CAA)



自然死亡係数 (M)

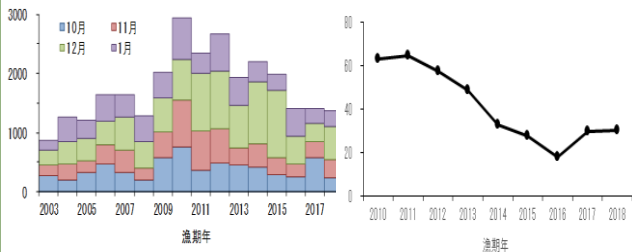


成熟割合

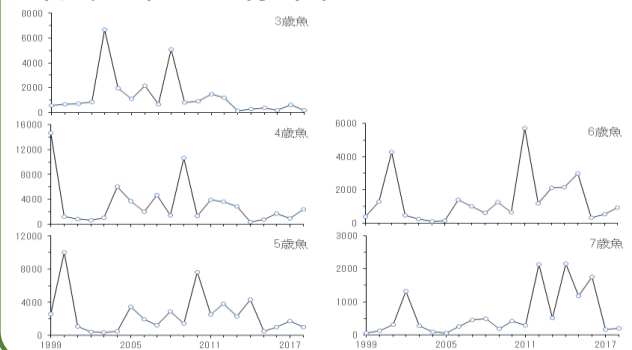


チューニング指数

すけとうだら固定式刺し網



沖底の年齢別標準化CPUE



コホート解析

- ✓ Popeの近似式を用いたVPA
- ✓ 直近3年間の加入量は調査データから推定.

チューニング

- ✓ 資源評価最終年のF (ターミナルF) を年齢別に推定 (3~9歳)
- ✓ 推定の不安定性の軽減のためRidge VPAを使用

資源評価結果

- 資源量 (バイオマス)
- 加入量
- 親魚量
- 漁獲死亡係数 F

将来予測 & ABCの算出

自然死亡係数 (M)

- 本系群では、自然死亡係数 (M) には Widrig (1954) の手法で推定した値を1995年から使用してきた (第1回 資源評価より)。日本海北部系群では太平洋系群に準じてMを設定している。

- Widrig (1954) の手法;

全死亡 (Z) は漁獲死亡 (F) と自然死亡 (M) で表現できる。

漁獲死亡 (F) は漁獲努力量 (X) に比例するだろう。

もし漁獲努力量 (X) と自然死亡 (Z) が既知であれば、以下の数式からの線形関係で表現できる。

$$Z = F + M$$

$$F = q \cdot X \quad \text{ここで } q \text{ は比例定数 (i.e. catchability).}$$

$$Z = q \cdot X + M$$

この考え方に基づけば、自然死亡 (M) と catchability (q) は簡単な線形回帰により得ることが出来る。

- 1995年の資源評価では、全死亡 (Z) は恐らく沖合底びき網漁業の年齢別のCPUEに基づき、以下のRicker (1975)の式から計算されたと考えられる。

$$Z = \frac{1}{y_{t+1} - y_t} \ln \frac{CPUE_{a,t}}{CPUE_{a+1,t+1}}$$

ここで、CPUEは操業当たり漁獲尾数、y は漁期年、a は年齢である。

Widrig (1954) の手法でのMの推定

- 詳細資料が残っていないため、これは当時の資料から再計算した結果である。
- 1986-1993年の沖合底びき網漁業の年齢別漁獲尾数と漁獲努力量に基づく;

Effort	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
	41768	46783	43119	35472	53346	37700	24841	27251

CAA	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Age0	53355	51942	46567	37475	17767	6810	2008	2867
Age1	2502	16639	11030	10163	18161	10563	7455	3168
Age2	4207	2660	4592	4170	12078	17310	5025	16751
Age3	6215	7431	7077	6058	3412	6673	6074	2994
Age4	11665	9649	11185	10204	3744	5557	7391	3686
Age5	10613	10651	8777	7289	6145	6691	9246	6054
Age6	5354	5944	5156	3551	2423	2663	3937	4523
Age7	1242	2078	1912	1273	1323	583	436	2373
Age8	381	677	796	743	1024	227	261	365

1. 年齢別漁獲尾数 CAA と漁獲努力量（操業網数）からCPUEを計算.
2. CPUEから、年齢別のZを計算.
3. 各年齢のZ (1~7歳)を平均.
4. Mを推定.

(From assessment report in 1995)

Widrig (1954) の手法でのMの推定

- 詳細資料が残っていないため、これは当時の資料から再計算した結果である。
- 1986-1993年の沖合底びき網漁業の年齢別漁獲尾数と漁獲努力量に基づく；

CPUE	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Age0	1.277	1.110	1.080	1.056	0.333	0.181	0.081	0.105
Age1	0.060	0.356	0.256	0.287	0.340	0.280	0.300	0.116
Age2	0.101	0.057	0.106	0.118	0.226	0.459	0.202	0.615
Age3	0.149	0.159	0.164	0.171	0.064	0.177	0.245	0.110
Age4	0.279	0.206	0.259	0.288	0.070	0.147	0.298	0.135
Age5	0.254	0.228	0.204	0.205	0.115	0.177	0.372	0.222
Age6	0.128	0.127	0.120	0.100	0.045	0.071	0.158	0.166
Age7	0.030	0.044	0.044	0.036	0.025	0.015	0.018	0.087
Age8	0.009	0.014	0.018	0.021	0.019	0.006	0.011	0.013

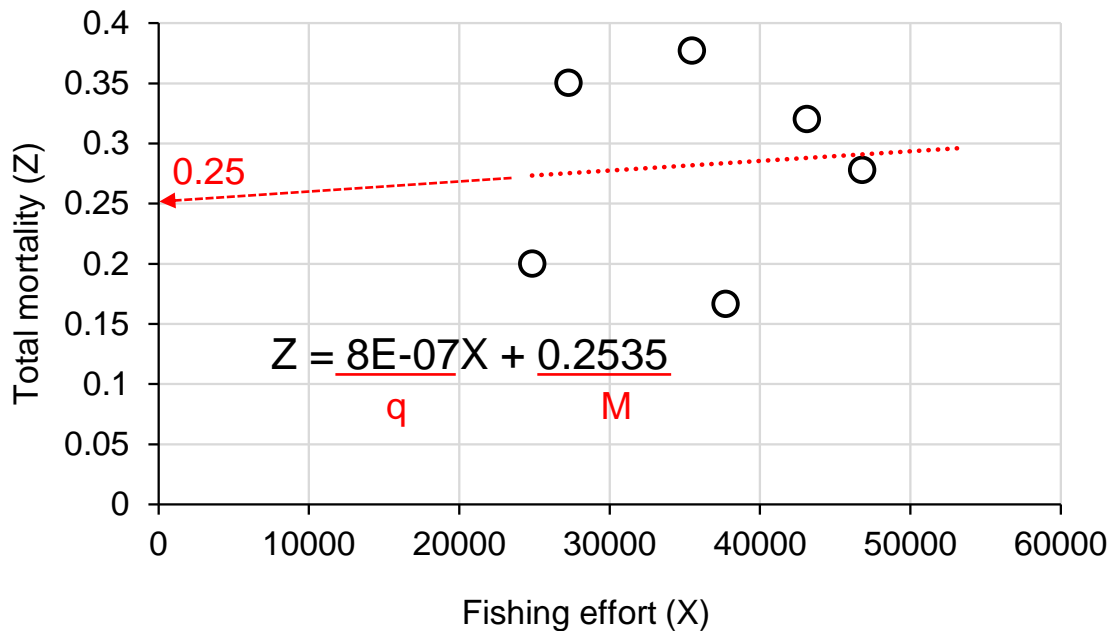
Z	1986-87	1987-88	1988-89	1989-90	1990-91	1991-92	1992-93
Age0-1	1.279	1.468	1.327	1.132	0.173	-0.508	-0.363
Age1-2	0.052	1.206	0.777	0.235	-0.299	0.326	-0.717
Age2-3	-0.456	-1.060	-0.472	0.609	0.246	0.630	0.610
Age3-4	-0.326	-0.490	-0.561	0.889	-0.835	-0.519	0.592
Age4-5	0.204	0.013	0.233	0.915	-0.928	-0.926	0.292
Age5-6	0.693	0.644	0.710	1.509	0.489	0.113	0.808
Age6-7	1.060	1.053	1.204	1.395	1.077	1.392	0.599
Age7-8	0.720	0.878	0.750	0.626	1.416	0.387	0.270

1. 年齢別漁獲尾数 CAA と漁獲努力量（操業網数）からCPUEを計算.
2. CPUEから、年齢別のZを計算.
3. 各年齢のZ (1~7歳)を平均.
4. Mを推定.

Widrig (1954) の手法でのMの推定

- 詳細資料が残っていないため、これは当時の資料から再計算した結果である。
- 1986-1993年の沖合底びき網漁業の年齢別漁獲尾数と漁獲努力量に基づく；

Average Z	1986-87	1987-88	1988-89	1989-90	1990-91	1991-92	1992-93
Age1-	0.278	0.320	0.377	0.883	0.167	0.200	0.351



1. 年齢別漁獲尾数 CAA と漁獲努力量（操業網数）からCPUEを計算.
2. CPUEから、年齢別のZを計算.
3. 各年齢のZ（1～7歳）を平均.
4. Mを推定.
5. **M=0.25**

* The value of 1989-90 was dropped as the outlier.

3歳未満のMの仮定

- 一般的に若齢魚のMは高いと考えられるため、1997年の資源評価（第3回資源評価）より0-2歳のMは3歳以上のMよりも高い値が仮定されている。
- 当時の詳細な検討資料は残存していない。
- 他海域の同魚種資源での資源評価を参考に仮定したものと思われる (i.e. 米国の東部ベーリング海のスケトウダラ資源評価)。

Age	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Japanese Pacific Stock (This assessment)	0.40	0.35	0.30	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25						
Eastern Bering sea (Wespestad and Terry 1984) *		0.85	0.45	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.40	0.40	0.40	0.50	0.50	0.60
Eastern Bering sea (current assessment: Ianelli et al. 2020)		0.90	0.45	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

* Originally, the value from Bakkala et al. 1980 (INPFC doc. 2337) was referred.

その他の推定手法でのM値

- 本系群では評価の一貫性の観点から1997年以降，同じM値を資源評価で仮定している。
- 他の手法でMを推定するとどのようになるか？

Source	Formula	Note
1) Pauly (1980)	$\log_{10}(M) = -0.0066 - 0.279\log_{10} + 0.6543\log_{10}(k) + 0.4634\log_{10}(Temp)$	Constant M
2) Hoenig (1983)	$\ln M = 1.46 - 1.01 \ln(t_{max})$	Constant M
3) Chen and Watanabe (1989)	$M(t) = \begin{cases} k/(1 - e^{-k(t-t_0)}), & t \leq t_M \\ k/(a_0 + a_1(t - t_M) + a_2(t - t_M)^2), & t > t_M \end{cases}$ $t_M = -\frac{1}{k}(\ln 1 - e^{kt_0} + t_0)$ $\begin{cases} a_0 = 1 - e^{-k(t_M-t_0)} \\ a_1 = ke^{-k(t_M-t_0)} \\ a_2 = -\frac{1}{2}(k^2e^{-k(t_M-t_0)}) \end{cases}$	Age specific M
4) Gislason et al. (2010)	$\ln M(t) = 0.55 - 1.61 \ln(L(t)) + 1.44 \ln(L^\infty) + \ln(k)$	Age specific M

Parameters;

Parameter	Source
a) Growth (Von Bertalanffy)	$L^\infty = 57.3, \quad k = 0.23, \quad t_0 = -0.49$ Yabuki (unpubl. data)
b) Maximum age	$t_{max} = 22$ Yabuki et al. (1993)
c) Water temperature	2~6°C Shida (2011)

その他の推定手法でのM値

- その他の手法を用いて推定したM値は、特に3歳以上については現在使用しているM値と比べて極端に異なるわけではない;

Age	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10+
Assumption for the assessment	0.40	0.35	0.30	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
[The other method]											
1) Pauly (1980) : 2-6°C	0.17 ~ 0.28										
2) Hoenig (1983)	0.19										
3) Chen and Watanabe (1989)	-	0.79	0.53	0.42	0.36	0.32	0.30	0.28	0.27	0.26	0.21
4) Gislason et al. (2010)	-	1.47	0.76	0.52	0.41	0.34	0.30	0.27	0.26	0.24	0.23

- ただし、国外レビューからの指摘にあるように“正確なMを知ることはできず、推定値にはFの影響もある (したがって資源豊度も…)”ため、引き続き改善に向けた検討が必要。
- 特に若齢魚のMについては、音響トロール調査で得られた現存量の情報に基づき、カルフォルニアのPacific sardineで用いられた手法 (Zwolinski and Demer 2013) を参考に直接推定できないか検討中である。

VPAの数式（プラスグループ）

- プラスグループは1997年漁期までは8歳+, 1998年漁期は9歳+, 1999年漁期以降は10歳+である (1998~1999年漁期に8歳+ から 10歳+ へ延長).
- 延長部分を含むプラスグループの数式は以下の通り;

Estimation of N

Age	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
0								
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8(+)								
9(+)	No data	No data	No data	No data				
10+	No data	No data	No data	No data	No data			

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$$N_{7,y} = \left(\frac{C_{7,y}}{C_{8+,y} + C_{7,y}}\right) N_{8+,y+1} \exp(M) + C_{7,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$$N_{8+,y} = \left(\frac{C_{8+,y}}{C_{8+,y} + C_{7,y}}\right) N_{8+,y+1} \exp(M) + C_{8+,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$$N_{9,y} = \left(\frac{C_{9,y}}{C_{10+,y} + C_{9,y}}\right) N_{10+,y+1} \exp(M) + C_{9,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$$N_{10+,y} = \left(\frac{C_{10+,y}}{C_{10+,y} + C_{9,y}}\right) N_{10+,y+1} \exp(M) + C_{10+,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M_a}{2}\right)}{N_{a,y}}\right)$$
 ただし1997年漁期と1998年漁期を除き、プラスグループのFは一つ前の年齢のFと同じと仮定。

VPAの最終年（ターミナル年）の数式

- この資源評価では、ターミナル年は 2019 年漁期。
- 直近3年級群については調査データで仮定（黄色部分）。

Estimation of N

Age	~	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0								
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10+								

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$$N_{9,y} = \left(\frac{C_{9,y}}{C_{10+,y} + C_{9,y}} \right) N_{10+,y+1} \exp(M) + C_{9,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$$N_{10+,y} = \left(\frac{C_{10+,y}}{C_{10+,y} + C_{9,y}} \right) N_{10+,y+1} \exp(M) + C_{10+,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M_a}{2}\right)}{N_{a,y}}\right)$$

ただし、プラスグループのFは一つ前の年齢のFと同じと仮定。

$$N_{a,Y} = \frac{C_{a,Y} \exp\left(\frac{M_a}{2}\right)}{(1 - \exp(-F_{a,Y}))}$$

3~9歳のターミナル年のF（ターミナルF）をチューニングの過程で最尤推定した。プラスグループのF（10歳+）は一つ前の年齢のF（9歳）と同じと仮定した。

[質問・コメント] VPAのプラスグループのFと1歳前のFの関係の α について

- VPAにおけるプラスグループの最低年齢と1歳若い年齢のFの比率であるF-ratio (α) について、どのような条件設定をしたのかが述べられていない。追記を推奨するとともに F ratio の考え方については「ホッケ道北系群ピア・レビューレポート」を参照されたい。なお、Ridge VPA についても ホッケ道北系群ピア・レビューレポート第 5 節を参照されたい。

ホッケ道北系群でのコメントより；

- (ホッケ道北系群の例で論じると) 全期間を通じて等しい、すなわち $F_{3,y} = F_{4+,y}$ というのは、あまりに強すぎる非現実的な制約条件ではないだろうか (ホッケのプラスグループは4+歳)。Catch at age を見ても等しいとは思えないし、年によってかなり変化している。毎年のF ratio ($\alpha_{y} = F_{4+,y} / F_{3,y}$) を推定するのが望ましいし、最低限年に依存しない値 ($\alpha = F_{4+} / F_3$) か、出来れば数年毎など F ratio が一定と考えられる期間毎の値を推定すべきではないか。これは、 α をRidge VPAの未知パラメータとして、年別年齢別漁獲係数Fと一緒に推定する、という意味である。

回答

評価報告書に記載している通り、プラスグループとその前の年齢のFは同じ (すなわち $\alpha=1$) と仮定しています。恐らく、十分なチューニング指数があれば α を未知パラメータとしてターミナルFと同時推定することは可能と考えます。ただし、スケトウダラ太平洋系群の場合は1998～1999年にプラスグループを8+歳から10+歳に延長しており、チューニングの構造上、延長前の期間を α_1 、延長後の期間を α_2 とすると、チューニングの効かない α_1 は推定することが出来ません。仮に延長前後で α は同じ ($\alpha_1 = \alpha_2$) と仮定するならば α の推定は不可能ではないと考えますが、異なるプラスグループの定義に同じ α を使用することには妥当性の面で逆に疑問が生じると考えます。そのため、現在の資源評価では過去の評価との一貫性の観点から $\alpha=1$ とする仮定を使用し続けています。

VPAにてF-ratio (α) を1以外にする場合

- プラスグループとその一つ前の年齢のNの数式にαを反映.
- 直近3年級群についてはは調査データで仮定 (黄色部分) .

Estimation of N

Age	~	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0	←	←	←	←	←	←	←	←
1	←	←	←	←	←	←	←	←
2	←	←	←	←	←	←	←	←
3	←	←	←	←	←	←	←	←
4	←	←	←	←	←	←	←	←
5	←	←	←	←	←	←	←	←
6	←	←	←	←	←	←	←	←
7	←	←	←	←	←	←	←	←
8	←	←	←	←	←	←	←	←
9	←	←	←	←	←	←	←	←
10+	←	←	←	←	←	←	←	←

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$$N_{9,y} = \left(\frac{\alpha \cdot C_{9,y}}{C_{10+,y} + \alpha \cdot C_{9,y}} \right) N_{10+,y+1} \exp(M) + C_{9,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$$N_{10+,y} = \left(\frac{C_{10+,y}}{C_{10+,y} + \alpha \cdot C_{9,y}} \right) N_{10+,y+1} \exp(M) + C_{10+,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

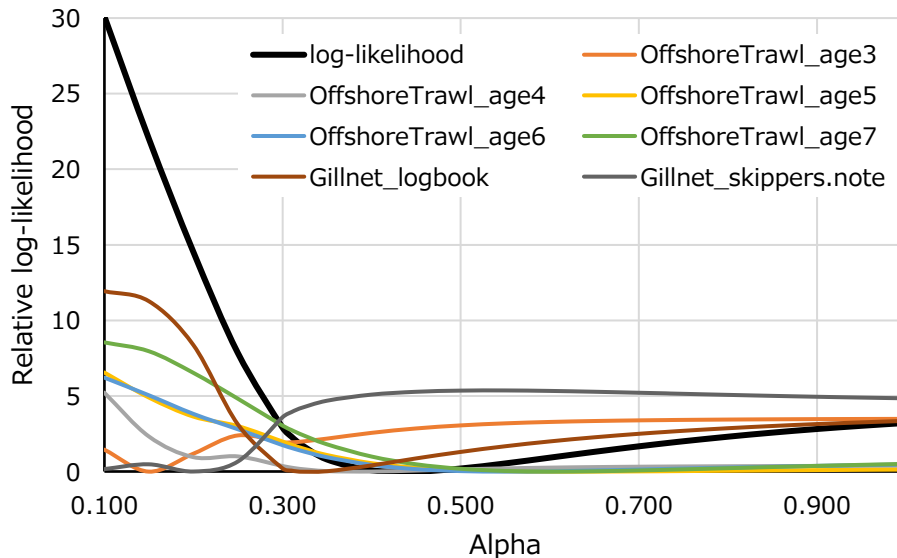
プラスグループ以外	プラスグループ
$F_{a,y} = -\ln \left(1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M_a}{2}\right)}{N_{a,y}} \right)$	$F_{a,y} = \alpha \cdot F_{a-1,y}$

$$N_{a,Y} = \frac{C_{a,Y} \exp\left(\frac{M_a}{2}\right)}{(1 - \exp(-F_{a,Y}))}$$

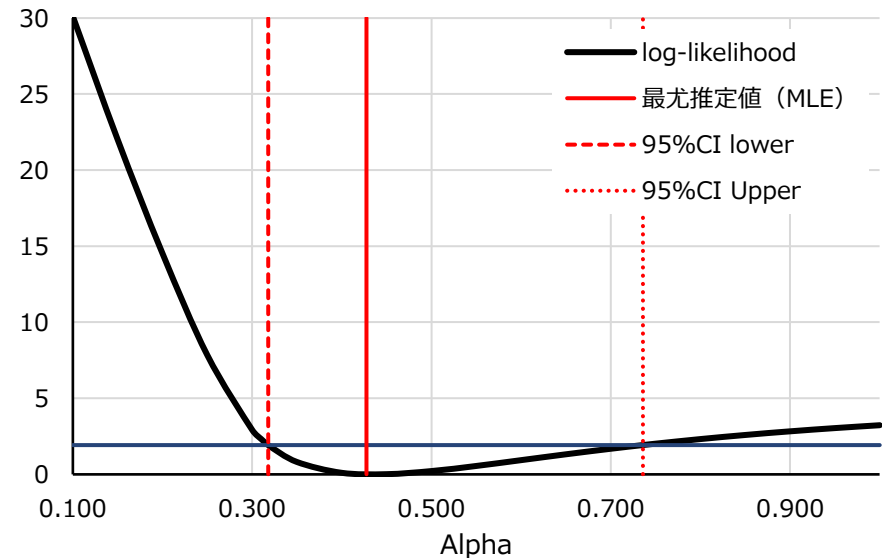
3~9歳のターミナル年のF (ターミナルF) をチューニングの過程で最尤推定した. **プラスグループのF (10歳+)** は一つ前の年齢のF (9歳) にαを掛けた値と仮定した.

VPAの構造上、年ごとにαを推定するのは現状のデータセットでは困難と考えています。未知パラメータとしての推定では安定した推定値が得られない場合には、これを様々に変更して尤度プロファイル等を比較検討することで、最適なα値を得るという方法も可能と考えます。スケトウダラ太平洋系群について、全期間のαを一定として推定した場合、最尤推定値は0.4275となります。尤度プロファイルからは、高齡の沖底CPUEが大きなαを、若齡の沖底CPUEと固定式刺し網の指標値が小さなαを好む傾向があると解釈されます。尤度プロファイル95%信頼区間は0.318~0.736でした。

● チューニング指標値ごとの尤度プロファイル



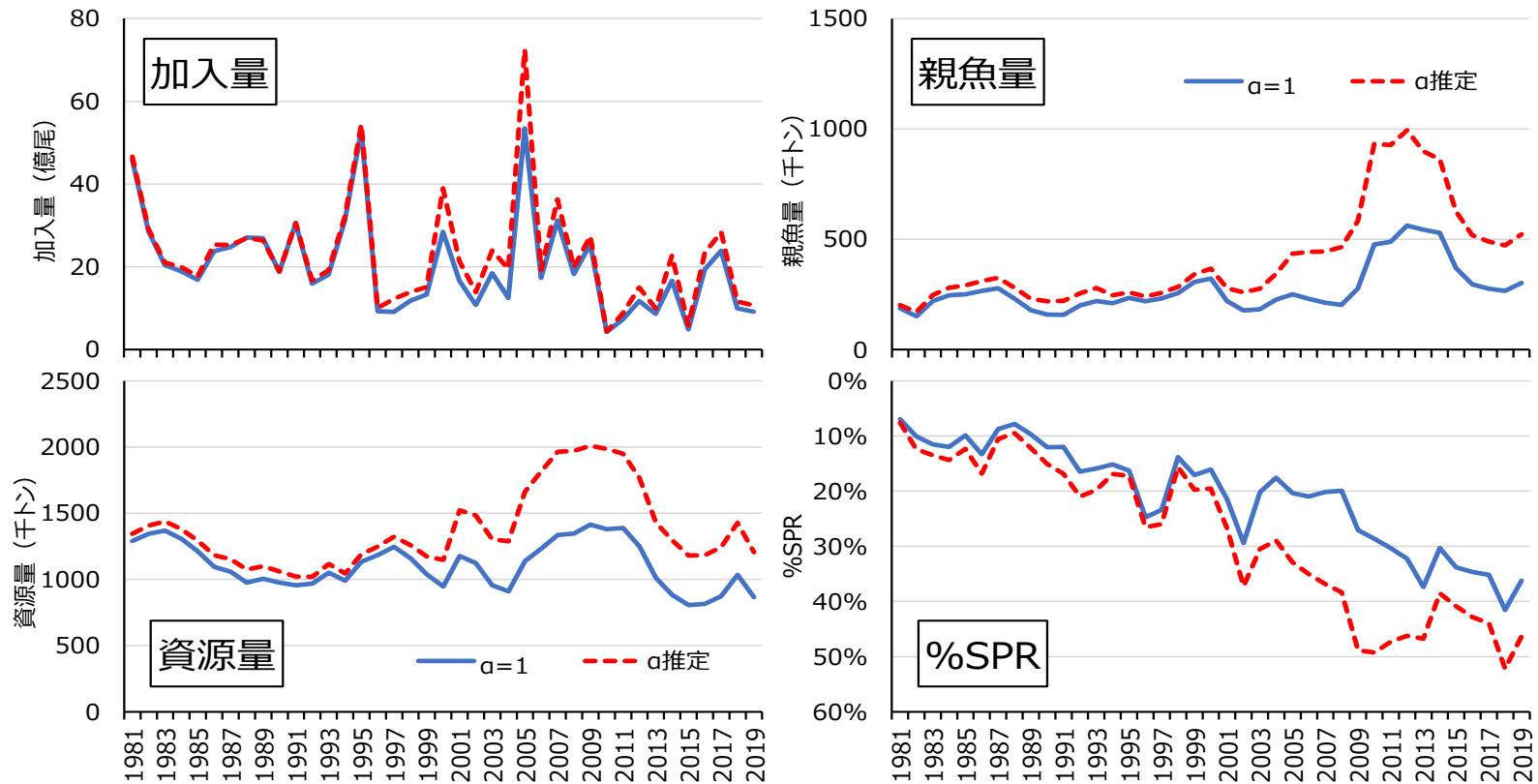
● 尤度プロファイル95%信頼区間



尤度プロファイル95%信頼区間：

相対的な尤度の差がカイ二乗分布で $(1-0.95) * 100\%$ 点を示す値よりも小さい範囲

α を推定した資源計算との比較



ターミナルFと同時に α を推定した場合、推定された年齢別の資源量をみると、高齢魚が多く資源として残る形となります。そのため親魚量推定値は全体的にスケールアップします。一般的に、十分に高齢魚まで年齢が分解されていればプラスグループのFと1歳前のFを等しいと仮定すること ($\alpha=1$) で資源評価に甚大な問題は生じないと認識していますが、ご指摘の通り、親魚量、資源量、漁獲圧等の推定値は α の仮定により変わりえるため、現在機構では異なる α を使用した感度試験の実施を推奨しているところです。今後とも検討を続けて参りたいと思います。

VPAのチューニング部分の数式

- ターミナルF (3-9歳) はチューニング指数と、それに対応する資源尾数および親魚量とが合うように最尤推定した。

Estimation of N

Age	~	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0	←	←	←	←	←	←	←	←
1	←	←	←	←	←	←	←	←
2	←	←	←	←	←	←	←	←
3	←	←	←	←	←	←	←	←
4	←	←	←	←	←	←	←	←
5	←	←	←	←	←	←	←	←
6	←	←	←	←	←	←	←	←
7	←	←	←	←	←	←	←	←
8	←	←	←	←	←	←	←	←
9	←	←	←	←	←	←	←	←
10+	←	←	←	←	←	←	←	←

負の対数尤度

$$\begin{aligned}
 -\ln L = & \sum_a \sum_y \left[\frac{[\ln I_{a,y} - (b_a \ln D_{a,y} + \ln q_a)]^2}{2\sigma_a^2} - \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_a} \right) \right] \\
 & + \sum_y \left[\frac{[\ln J_y - (b' \ln S_y + \ln q')]^2}{2\sigma'^2} - \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma'} \right) \right] \\
 & + \sum_y \left[\frac{[\ln K_y - (b'' \ln S_y + \ln q'')]^2}{2\sigma''^2} - \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma''} \right) \right]
 \end{aligned}$$

沖合底びき網漁業の年齢別標準化 CPUE (I_a) は対応する年齢 (3~7歳) の資源尾数 (D_a) にそれぞれフィットさせた。

すけどうだら固定式刺し網の漁獲成績報告書に基づく資源量指標値 (J) と、操業日誌に基づく標準化 CPUE (K) は、いずれも親魚量 (S) にフィットさせた。

チューニング指数と、それに対応する資源尾数および親魚量とはべき乗関係を仮定 (パラメータ b)。

[質問・コメント] チューニングについて

- 資源量計算方法の説明（資料A p.29後半）では2種類のCPUEをチューニングに使用したと書かれているが、p.31式（12）によると刺し網による標準化CPU Eの K_y は、資源尾数ではなく何故か親魚量とフィッティングされている。これは間違いではないだろうか？また、刺し網による資源量指標値（ J_y ）と標準化CPUE（ K_y ）は異なるものか？説明が必要である。

回答

刺し網による資源量指標値（ J_y ）と標準化CPUE（ K_y ）はそれぞれ異なるチューニング指数です。両者ともに親魚量にフィッティングします。これは両指数が産卵場における重量ベースの指標値であり親魚の資源量の推移を反映した資源量指標値であると考えられるためです。各指標値の一覧は資源評価報告書の3ページ目のデータセットの説明や、7～8ページの「4.資源の状況」「（2）資源量指標値の推移」にあります。

[質問・コメント] チューニングについて

- なお、仮に2種類の標準化CPUE を使用した場合、沖底は年齢別 CPUE (3~7歳の5 つ?)、刺し網は年齢込みのCPUEが1つとなっており、それぞれのCPUEの自然対数値の観測誤差に対して仮定している正規分布の分散の逆数で重み付けをしているが、5本の沖底CPUEと1本の刺し網CPUEを同じ比重でフィッティングしている (分散が全て等しいとすると5対1)。もっとも、各々の計算期間が異なるため一概には言えないが、この条件設定は妥当なのか? 資源量指標値 J_y の親魚量とのフィッティングの妥当性と合わせて検討してほしい。

回答

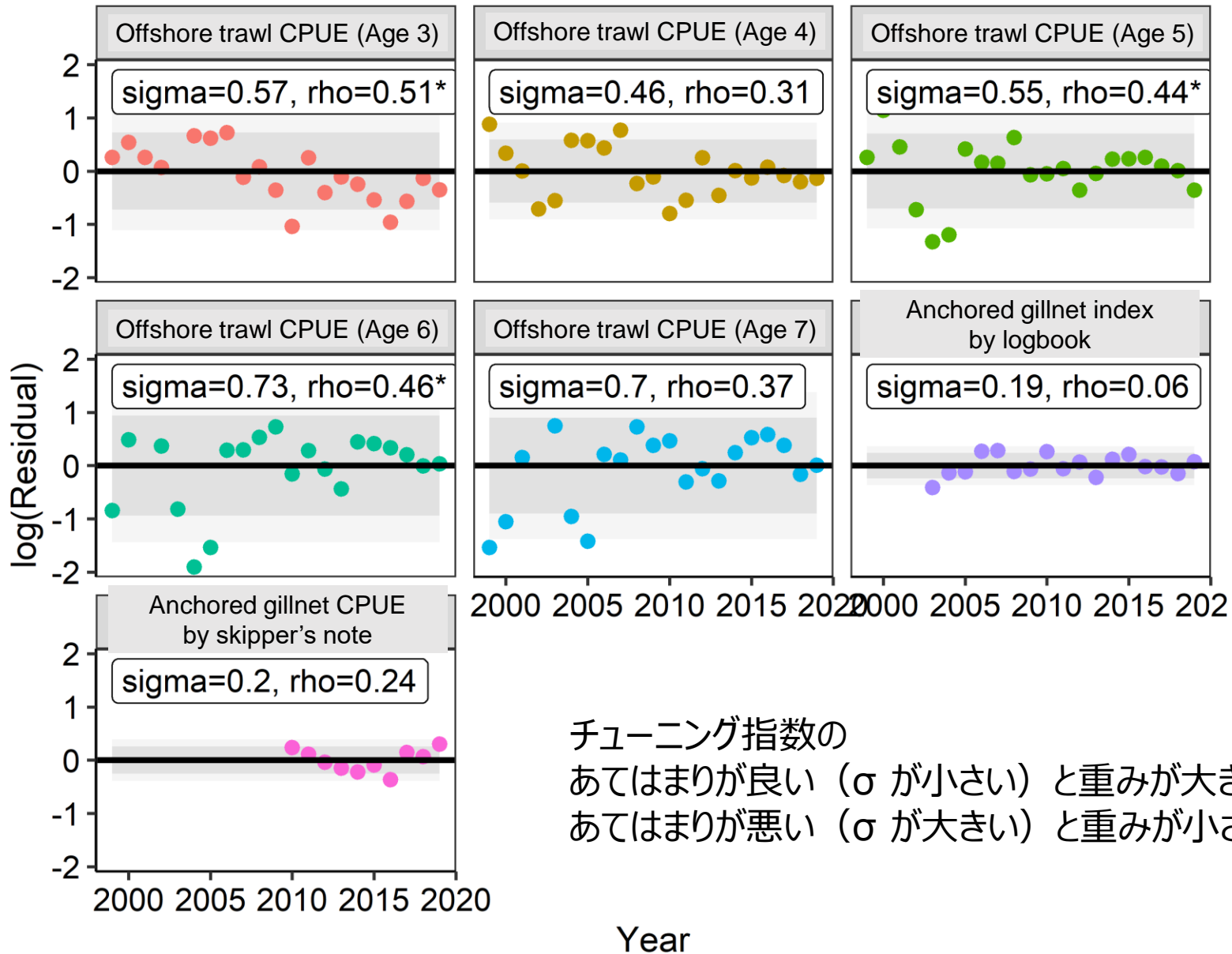
各指標値のチューニングは、31ページの12式の尤度関数にあるように、チューニング指数と、それに対応する資源尾数やSSBの数値とのVarianceである σ^2 の大きさを重みづけされます。つまり、当てはまりの良い (σ の小さい) チューニング指数の重みは自動的に高くなり、当てはまりの悪い (σ の大きい) チューニング指数の重みは自動的に低くなります。これは日本の資源評価で使用されているVPAでは一般的になりつつある手法でありHashimoto et al. (2018) にて解説されています。

負の
対数尤度

$$\begin{aligned}
 -\ln L = & \sum_a \sum_y \left[\frac{[\ln I_{a,y} - (b_a \ln D_{a,y} + \ln q_a)]^2}{2\sigma_a^2} - \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_a} \right) \right] \\
 & + \sum_y \left[\frac{[\ln J_y - (b' \ln S_y + \ln q')]^2}{2\sigma'^2} - \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma'} \right) \right] \\
 & + \sum_y \left[\frac{[\ln K_y - (b'' \ln S_y + \ln q'')]^2}{2\sigma''^2} - \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma''} \right) \right]
 \end{aligned}$$

沖合及びき網漁業の年齢別標準化CPUE (I_a) は対応する年齢 (3~7歳) の資源尾数 (D_a) にそれぞれフィットさせた。

すけとら固定式刺し網の漁獲成績報告書に基づく資源量指標値 (J) と、操業日誌に基づく標準化CPUE (K) は、いずれも親魚量 (S) にフィットさせた。



リッジペナルティの重みの探索

ペナルティの λ ($0 \leq \lambda < 1$) および η ($0 \leq \eta \leq 1$) の組み合わせは、それぞれ0~1の範囲において0.05区切りで探索し、親魚量および各年齢F値のRMSPEの平均が最小となった組み合わせの周囲をさらに0.005区切りで探索して得た。

0.05区切りで探索した結果： $\lambda=0.55$, $\eta=0.95$ で最小

RMSPE		Lambda																			
		0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95
Eta	0	0.309	0.227	0.213	0.228	0.236	0.252	0.270	0.258	0.296	0.300	0.337	0.329	0.374	0.442	0.672	0.960	1.120	1.244	6.363	10.123
	0.05	0.309	0.225	0.219	0.226	0.237	0.257	0.251	0.267	0.277	0.282	0.308	0.331	0.392	0.385	0.631	0.889	1.179	1.442	3.456	1.2E+08
	0.1	0.309	0.226	0.218	0.234	0.236	0.268	0.250	0.285	0.283	0.333	0.301	0.347	0.367	0.418	0.415	0.876	0.996	1.531	3.356	1.1E+08
	0.15	0.309	0.228	0.220	0.229	0.231	0.244	0.236	0.270	0.268	0.307	0.302	0.380	0.442	0.392	0.402	0.752	0.947	1.255	3.233	5E+08
	0.2	0.309	0.227	0.225	0.225	0.228	0.241	0.257	0.289	0.302	0.277	0.306	0.302	0.342	0.379	0.467	0.658	0.847	1.109	1.437	1.9E+09
	0.25	0.309	0.228	0.220	0.220	0.252	0.243	0.256	0.260	0.283	0.266	0.304	0.292	0.339	0.352	0.377	0.624	0.797	1.264	1.362	2.3E+08
	0.3	0.309	0.220	0.228	0.233	0.223	0.235	0.247	0.279	0.257	0.263	0.297	0.289	0.365	0.337	0.403	0.589	0.779	1.035	1.288	Inf
	0.35	0.309	0.222	0.222	0.229	0.233	0.225	0.249	0.245	0.273	0.257	0.284	0.282	0.331	0.394	0.344	0.459	0.723	0.955	1.213	8.216
	0.4	0.309	0.224	0.229	0.220	0.235	0.246	0.256	0.257	0.255	0.268	0.267	0.303	0.294	0.320	0.326	0.522	0.719	0.970	1.136	7.699
	0.45	0.309	0.226	0.229	0.224	0.238	0.225	0.257	0.276	0.257	0.253	0.284	0.279	0.294	0.331	0.333	0.417	0.606	0.846	1.354	7.190
	0.5	0.309	0.225	0.224	0.216	0.227	0.228	0.236	0.233	0.245	0.273	0.269	0.272	0.287	0.309	0.364	0.389	0.403	0.753	1.123	6.676
	0.55	0.309	0.306	0.224	0.221	0.237	0.226	0.230	0.239	0.254	0.248	0.275	0.260	0.283	0.286	0.317	0.325	0.424	0.706	1.042	6.145
	0.6	0.309	0.293	0.227	0.217	0.222	0.230	0.233	0.228	0.233	0.241	0.263	0.256	0.270	0.281	0.310	0.333	0.411	0.639	0.949	3.521
	0.65	0.309	0.307	0.228	0.223	0.211	0.221	0.226	0.229	0.240	0.241	0.240	0.250	0.282	0.291	0.300	0.322	0.432	0.574	0.826	1.355
	0.7	0.309	0.321	0.232	0.218	0.217	0.218	0.234	0.225	0.219	0.225	0.236	0.256	0.283	0.263	0.288	0.305	0.348	0.384	0.821	1.183
	0.75	0.309	0.309	0.222	0.218	0.226	0.220	0.226	0.225	0.225	0.234	0.229	0.223	0.253	0.242	0.267	0.311	0.312	0.468	2.591	3.893
	0.8	0.309	0.304	0.231	0.221	0.224	0.228	0.214	0.221	0.222	0.230	0.232	0.231	0.240	0.238	0.244	0.308	0.281	0.314	2.339	3.417
	0.85	0.309	0.323	0.234	0.223	0.230	0.225	0.215	0.221	0.216	0.221	0.234	0.229	0.234	0.230	0.239	0.258	0.268	0.381	0.354	3.050
	0.9	0.309	0.315	0.240	0.231	0.230	0.237	0.225	0.227	0.220	0.215	0.219	0.218	0.224	0.227	0.229	0.238	0.239	0.248	0.306	2.379
	0.95	0.309	0.335	0.250	0.232	0.228	0.235	0.233	0.230	0.219	0.223	0.229	0.207	0.211	0.209	0.218	0.213	0.210	0.223	0.254	0.302
1	0.309	0.370	0.292	0.287	0.294	0.288	0.291	0.282	0.281	0.281	0.296	0.290	0.279	0.285	0.293	0.275	0.282	0.274	0.270	0.273	

リッジペナルティの重みの探索

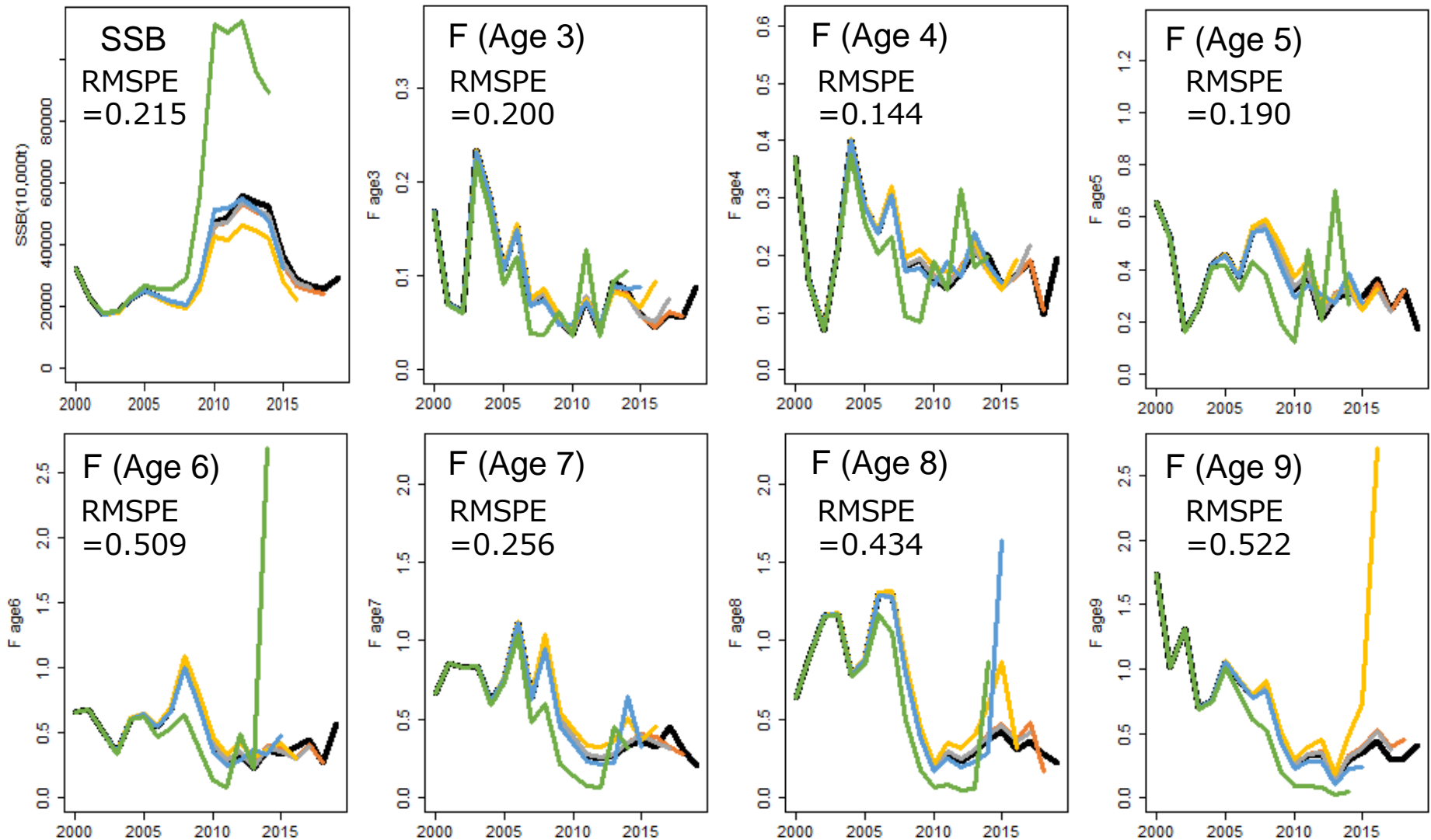
ペナルティの λ ($0 \leq \lambda < 1$) および η ($0 \leq \eta \leq 1$) の組み合わせは、それぞれ0~1の範囲において0.05区切りで探索し、親魚量および各年齢F値のRMSPEの平均が最小となった組み合わせの周囲をさらに0.005区切りで探索して得た。

$\lambda=0.55$, $\eta=0.95$ の周囲をさらに0.005区切りで探索した結果： $\lambda=0.540$, $\eta=0.945$ で最小

RMSPE	Eta	Lambda																				
		0.500	0.505	0.510	0.515	0.520	0.525	0.530	0.535	0.540	0.545	0.550	0.555	0.560	0.565	0.570	0.575	0.580	0.585	0.590	0.595	0.600
	0.905	0.214	0.213	0.212	0.215	0.213	0.214	0.213	0.219	0.214	0.214	0.216	0.221	0.224	0.218	0.227	0.228	0.219	0.238	0.225	0.224	0.221
	0.910	0.211	0.211	0.213	0.213	0.217	0.216	0.216	0.220	0.217	0.215	0.215	0.215	0.216	0.219	0.217	0.217	0.221	0.217	0.228	0.233	0.221
	0.915	0.210	0.217	0.223	0.217	0.218	0.219	0.224	0.216	0.225	0.218	0.217	0.219	0.220	0.219	0.218	0.217	0.220	0.219	0.225	0.225	0.213
	0.920	0.211	0.216	0.208	0.208	0.216	0.217	0.219	0.220	0.220	0.220	0.219	0.219	0.220	0.220	0.221	0.216	0.218	0.218	0.216	0.220	0.232
	0.925	0.212	0.209	0.218	0.219	0.215	0.218	0.217	0.211	0.224	0.223	0.222	0.222	0.222	0.220	0.218	0.222	0.218	0.218	0.221	0.216	0.220
	0.930	0.208	0.202	0.209	0.215	0.209	0.211	0.215	0.213	0.214	0.214	0.215	0.224	0.224	0.224	0.223	0.219	0.219	0.222	0.222	0.226	0.217
	0.935	0.207	0.207	0.211	0.207	0.209	0.207	0.216	0.216	0.215	0.221	0.217	0.214	0.214	0.218	0.224	0.224	0.223	0.216	0.225	0.220	0.227
	0.940	0.207	0.208	0.210	0.208	0.208	0.209	0.206	0.211	0.212	0.213	0.213	0.213	0.213	0.213	0.214	0.217	0.213	0.209	0.211	0.213	0.210
	0.945	0.227	0.218	0.209	0.209	0.209	0.208	0.210	0.209	0.199	0.210	0.210	0.212	0.213	0.215	0.215	0.215	0.215	0.211	0.207	0.211	0.207
	0.950	0.229	0.220	0.221	0.211	0.209	0.209	0.207	0.210	0.213	0.210	0.207	0.202	0.212	0.211	0.214	0.215	0.209	0.214	0.208	0.205	0.211
	0.955	0.222	0.229	0.225	0.220	0.216	0.213	0.209	0.209	0.208	0.210	0.208	0.211	0.211	0.212	0.213	0.214	0.215	0.213	0.214	0.206	0.204
	0.960	0.223	0.226	0.224	0.231	0.229	0.216	0.218	0.210	0.209	0.208	0.219	0.214	0.210	0.211	0.213	0.214	0.214	0.214	0.213	0.215	0.205
	0.965	0.231	0.226	0.226	0.226	0.225	0.223	0.221	0.219	0.215	0.211	0.209	0.209	0.214	0.207	0.207	0.210	0.213	0.214	0.214	0.214	0.214
	0.970	0.228	0.231	0.232	0.229	0.225	0.223	0.234	0.226	0.221	0.218	0.214	0.211	0.212	0.210	0.208	0.208	0.208	0.207	0.207	0.214	0.216
	0.975	0.239	0.228	0.232	0.233	0.226	0.226	0.225	0.230	0.233	0.224	0.220	0.215	0.215	0.212	0.220	0.209	0.209	0.209	0.209	0.209	0.209
	0.980	0.238	0.242	0.234	0.232	0.235	0.234	0.230	0.228	0.226	0.238	0.223	0.231	0.221	0.217	0.218	0.213	0.212	0.212	0.211	0.211	0.211
	0.985	0.233	0.232	0.234	0.241	0.235	0.248	0.230	0.232	0.231	0.228	0.229	0.229	0.227	0.229	0.221	0.226	0.217	0.214	0.214	0.214	0.215
	0.990	0.238	0.238	0.248	0.238	0.247	0.247	0.243	0.242	0.237	0.238	0.234	0.233	0.233	0.233	0.227	0.219	0.224	0.223	0.221	0.217	0.220
	0.995	0.242	0.259	0.253	0.259	0.260	0.255	0.260	0.250	0.252	0.246	0.247	0.244	0.241	0.243	0.240	0.233	0.241	0.233	0.231	0.230	0.229

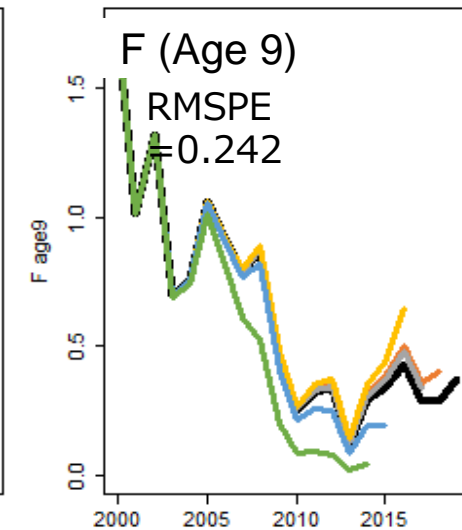
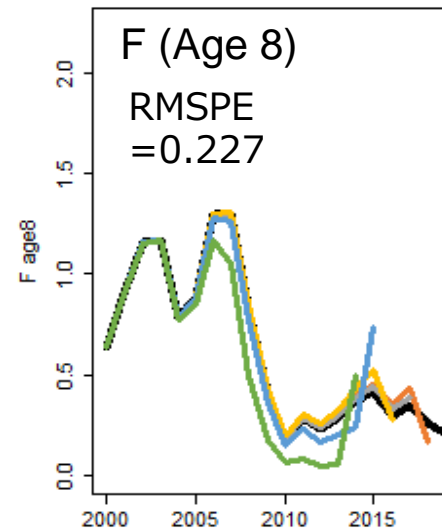
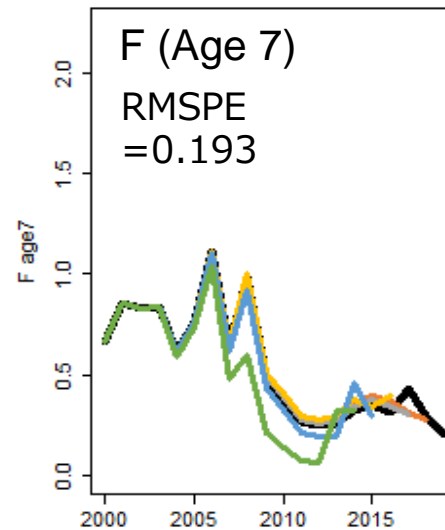
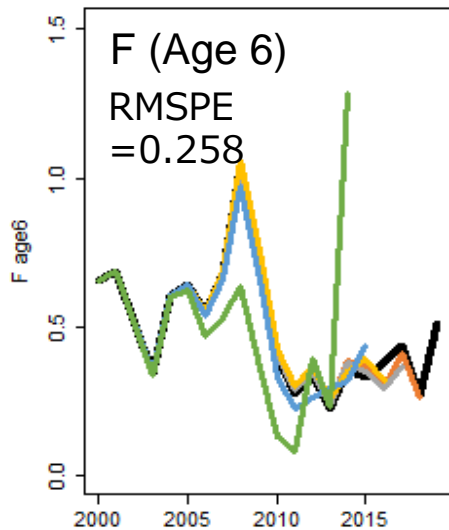
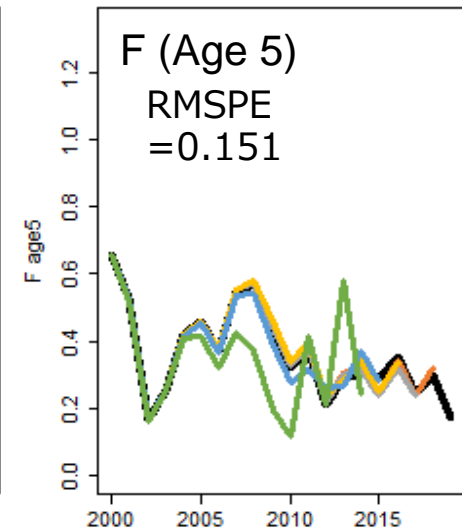
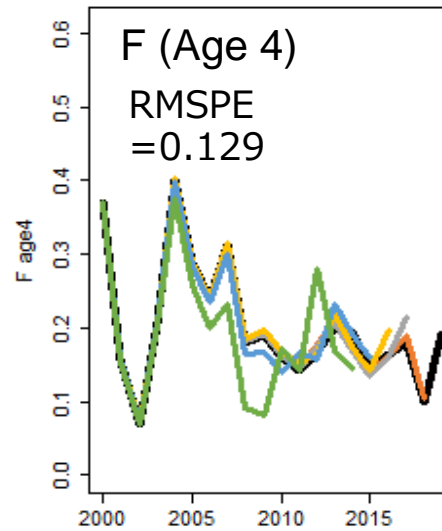
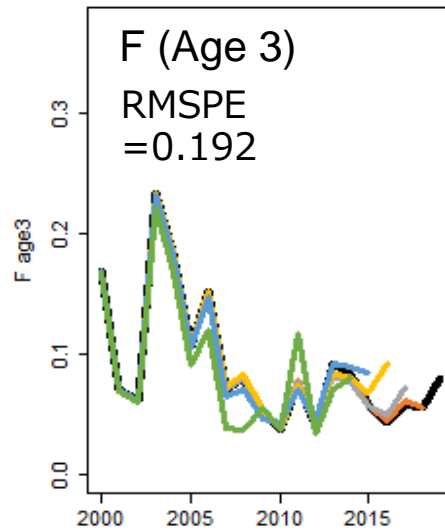
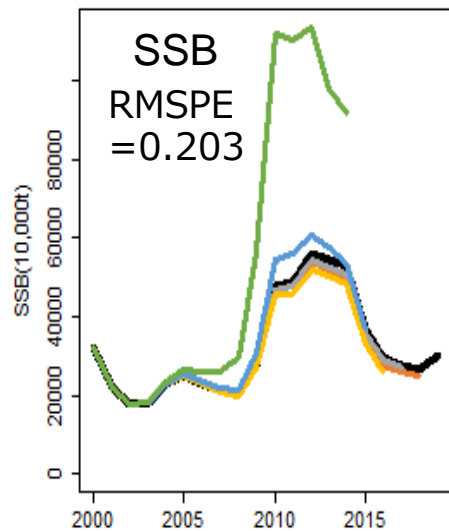
レトロスペクティブ分析結果比較

ペナルティを与えなかった場合



レトロスペクティブ分析結果比較

ペナルティの重み λ を0.540、 η を0.945とした場合



〔質問・コメント〕 ホッケ道北系群でのRidge VPAの妥当性へのコメント（1）

今回のRidge VPAとその理論的な根拠となるRidge回帰（Hoerl and Kennard, 1970：2編の学術論文）では、下記に示す3つの点が大きく異なっている。

1点目は、Ridge回帰では線形モデルを取り上げているため、目的関数における各々の観測値に対応するモデルからの推定値が未知パラメータの線形結合になっているのに対し、Ridge VPAでは未知パラメータである年別年齢別漁獲係数（F）の非線形関数になっている点である。この点を「目的関数の線形性が満たされていない or 目的関数の非線形性の問題」と呼ぶことにする（Ridge回帰の概略については付録の統計一口メモなどを参照されたい）。

後述するLASSO（Tibshirani, 1992）やElastic Net（Zou and Hastie, 2007）でも同様だが、目的関数の線形性が保たれていない場合は、未知パラメータの2乗の和をペナルティ項に設定しても、Ridge回帰の利点であるパラメータ推定値の安定性が担保されるのかどうか、判断が難しい。そのため、実際の漁業データに基づくk-fold cross validationや仮想データに基づくsimulationを通じて長期的なスパンで検証されたら良いのではないだろうか。

VPAにおける漁獲係数 F の非線形関数である CPUE のフィッティング、すなわち観測された対数 CPUE と対応するモデルからの対数 CPUE の二乗和の最小化という目的関数に代えてFによるフィッティングを行った場合にはこの問題が解決されるが、そうするとVPAのモデル構造自体が全く異なったものになり、現実的に意味をなさないのかもしれない。

回答

Ridge VPAに関する一連のご質問・ご指摘について、本手法の提案者から以下の通り見解を頂きました。

『VPAに対するRidge型のペナルティの付与は、従来からXSA (Extended Survivor Analysis: Shepherd 1999) をはじめとしたチューニングVPAの中で行われてきたものです (Lassen & Medley 2001) 。ひとつの問題として、そのようなペナルティの重みをどのように決定するか、がありました (Nielsen & Berg 2014) 。それに対するひとつの提案を行ったのがOkamura et al.

(2017) の論文になります。

ご指摘の通りRidge回帰と言いますと、線形回帰モデルの拡張になるもので、今回のような非線形モデルの場合はL2型のregularizationと呼ぶほうが一般的かもしれませんが、ridgeのほうが一般読者に親しみやすかろうと考えたため、このようなネーミングになりました。推定の安定性などについて、今後も検討を重ねていきたいと考えております。』

[質問・コメント] ホッケ道北系群でのRidge VPAの妥当性へのコメント (2)

2点目は、Ridge VPA におけるペナルティ項の重みに相当する λ の設定方法の問題である。Ridge回帰では、目的関数における未知パラメータと λ の同時推定、もしくは λ の0~1間のグリッドサーチを利用した逐次推定（グリッドサーチで設定した λ の値ごとに目的関数を最適化して未知パラメータを推定し、全ての場合を比較して最適な目的関数の値、すなわち目的関数が最小になる場合の λ を採用する）により λ の値を決めているのに対し、Ridge VPAではretrospective bias (Mohn, 1999)と呼ばれる最近年から1年ずつデータを削除していくretrospective analysisにおけるFの相対的な変化の度合いに基づいて λ を決定している。このような外部情報に基づいて重み λ を固定した場合は、たとえVPAにおける未知パラメータFの値を利用する設定方法とはいえ、往々にして客観性が失われる客観性が失われるケースがある（Ridge回帰のグリッドサーチは上記のそれと性質が全く異なることに注意が必要）。

それでは、どうすればよいのか。すぐに思い付くのはRidge VPAの最適化プロセスで年別年齢別漁獲係数Fと λ を同時推定する方法である。この点はOkamura et.al (2017)でも触れられており、うまく推定されないケースがあるかもしれない。次に、上記の意味でのグリッドサーチに基づく逐次推定は一案であり、試してみる価値があると思われる。外部情報により λ の値を付与する方法は主観的になりがちであり、最近年のFに着目するあまり、 λ の値に依存するが本来の目的であるCPUEのフィッティングが悪くなる場合も起こりうる。

回答

Ridge VPAに関する二点目のご質問・ご指摘についても、本手法の提案者から以下の通り見解を頂きました。

『Ridge VPAのλパラメータの選択に関して、3つのポイントがあるかと考えております。ひとつはVPAの特徴との整合性、次に時系列モデルとしての評価、最後に資源診断の問題です。最初のVPAの特徴ですが、VPAでは最近年の仮定によって近年の資源量は大きく変化する一方で、過去の資源量は漁獲量の累積により決まり、ほとんど変化しません。この特徴により、最近年の資源量推定に重みづけた指標が効果的であると考えられます。次に、VPAの時系列モデルとしての特徴です。年の途中で欠測を生じさせると推定が困難になります。また、動態方程式により連続した年の資源量は関係しているため、ランダムな欠損は資源量推定に問題をもたらします。そこで時系列を考慮した時系列クロスバリデーションのような手法が必要と考えられます。最後に、資源診断ですが、VPA等による資源評価ではレトロスペクティブ解析の結果が重視される場合が多いです（Punt et al. 2020）。そのため、レトロスペクティブバイアスを小さくするような資源評価結果は好ましいものと考えられます。以上のような理由から、Okamura et al. (2017) のλ選択手法には、上記3つの問題に対処するものとしてレトロスペクティブバイアス最小化が採用されています。なおレトロスペクティブ解析は、予測誤差のひとつの（近似的な）指標と考えられ、資源評価の情報から決定されるため、独立な外部情報を使用しているわけではありません（レトロスペクティブバイアスは内部情報（資源評価に使用した情報）だけから決定されます）。』

[質問・コメント] ホッケ道北系群でのRidge VPAの妥当性へのコメント (3)

3点目は、Ridge回帰のペナルティ項に用いる未知パラメータの問題である。Ridge回帰では、全ての未知パラメータをペナルティ項に含めている一方、Ridge VPAでは一部のパラメータ、すなわち最近年のFのみを使用している。最近年のFの個数および全体に割合は非常に少なく、未知パラメータの大半を占める計算期間における基準年齢のF (i. e. プラスグループより1歳少ない年齢における毎年のF) をペナルティ項から外している。実は、目的関数の線形性が満たされている場合は、目的関数の形から推察するに、この問題の与える影響はそれほど大きくない。つまり、目的関数の非線形性ゆえに大きな影響を与える、言い換えるとペナルティ項として全てのパラメータの2乗和を取る場合と一部のパラメータの2乗和を取る場合の結果が異なる、すなわち目的関数の最小値および個々の未知パラメータの推定値が大きく異なる場合が起こりうる。関心があるパラメータのみに着目したという主張も一理あるが、Ridge回帰のコンセプトとの大幅な乖離が認められるため、一部の未知パラメータのみをペナルティ項に含めることの妥当性についての検証が必要である。

加えて、最近年のFのみならず全ての未知パラメータをペナルティ項に取り入れた Ridge VPAについてもRidge回帰の思想を踏まえてrobustness testの一環として計算し、最近年のFのみをペナルティ項に使用した場合と結果を比較してみたら良いのではないだろうか。

回答

Ridge VPAに関する三点目のご質問・ご指摘についても、本手法の提案者から以下の通り見解を頂きました。

『VPAにおいては、最終年の年齢別漁獲係数が推定パラメータとなり、他の年齢の漁獲係数は仮定と個体群動態モデルから芋づる式に決定されることとなります（Lassen & Medley 2001）。それ故、最終年の漁獲係数をどのように決めるかが重要な課題となりますが、最終年の漁獲係数の決定（推定）には一般に強い仮定が必要となり、年齢別に漁獲係数を推定する場合には、特に年齢別資源量指標値がないとき、推定結果が非常に不安定になるという問題がありました。実際の資源で最終年の年齢別漁獲係数を推定しようとする、一部の年齢の漁獲係数が非常に大きい値となり、次年には獲り尽くしてしまうという結果になってしまう場合がしばしば見られます。これは、実際にそうだというわけではなく（実際、翌年にはその年級に対する漁獲が行われ、資源量が枯渇したとは考えられないことが確かめられます）、VPAが過剰適合を起こしやすい方法であるため、情報が不足しているような場合には、そのような事態が生じやすいということだと考えられます。そこで、漁獲係数の発散を抑えるペナルティをつけることが考えられました。これは上記にもあるようにXSAなどで従来から行われてきたことです。他のパラメータについても同様にpenaltyをつけて扱うことも可能ですが、VPAのような非線形モデルの場合、線形回帰モデルと異なり、基準化が難しいため、性質の異なるパラメータによってペナルティの大きさは異なるものと考えられ、計算負荷がかなり大きくなると考えられます。性質的に最終年の漁獲係数が非常に発散しやすく、問題となる場合が多いですので、最終年のFに対してペナルティをつける方式で実用上問題ないと考えられますが、他のペナルティのつけ方についても今後検討を進めていきたいと考えております。なおOkamura et al. (2018) では、シミュレーションによってSAMや従来型のVPAとの比較検討がなされており、一般的な観点でのridge VPAの頑健性が評価されております。』

【質問・コメント】 ホッケ道北系群でのRidge VPAの妥当性へのコメント（4）

最後に、Okamura et.al (2017)では、LASSO型VPAの実用性についても、言及している（ただし、上記文献はLASSOのオリジナル論文のみならずRidge回帰のオリジナル論文も引用しておらず、違和感を覚えた。特段の事情がない限り、マナー違反に該当すると感じる）。これまでの問題とは異なり、目的関数の線形性が満たされていないゆえにLASSO 型のメリットが生じる可能性がある。実際、目的関数の線形性が満たされている場合、例えばCPUEの代わりに年別年齢別漁獲係数（F）の2乗和を目的関数とした場合は0 に近い値を取るF、また必ずしも0に近い値でなくとも「F=0」という帰無仮説が棄却されないようなFを0と判断してしまい、VPAの最適化計算に支障が起こる可能性が高い。しかし、目的関数の非線形性の問題ゆえにこの現象が自動的に回避されるため、検証の価値がある、と考えられる。ただし、実用性の観点から言えばRidge回帰とLASSOの両方を融合したElastic Net 型VPAの方がより効果的ではないか、と感じており、 λ や α の設定方法の検討も重要である。以上、これらの問題点の検証や手法の改良について、各魚種の資源評価担当者のみならずRidge VPAの提案者らともコラボして長期的な視野に立って進めていくことを推奨したい。

回答

この件について、Okamura et.al (2017) の主著者に確認をとりました。

『ご指摘ありがとうございます。Lasso型、Elastic Net型など検討を進めていきたいと考えております。なお、引用については、一般的な手法として確立したものについては必ずしもオリジナル論文を引用しないでも、入手しやすい教科書などを引用するのでも良いと考えておりました。Ridge回帰もLasso回帰も現在では広く使用され、一般的な理解も得られているものですので、広く読まれている教科書の引用で済ませています。「ベイズ法や最尤法はベイズやフィッシャーのオリジナル論文を引用すべきである」「正規分布を使うならガウスやラプラスの原著論文を引用しないとマナー違反である」という意見もあるでしょうが、そのような広く知られた確立した方法は広く読まれている教科書の引用などでも良いと考える人もいるでしょう。私ですと、AICもかつては赤池先生のオリジナル論文を引用していましたが、近年はBurnham and Andersonの教科書の引用などで済ませています。AICがそれだけ確立した一般的な知識となっているかと思えますので。どこまでが一般の知識となっているかは、個々人によって判断の異なるところかと思えますが、今後の参考にさせていただきます。』

とのことでした。

我が国資源評価では、個々の魚種の担当者と解析手法の高度化を図る部署の研究者とが協力して、新たな解析のアイデアや工夫を進める体制になっています。また個々の魚種の評価で明らかになった問題点等は、魚種系群横断的に共有していく形となっています。今後とも長期的視野に立ち、本ピアレビューでご指摘頂いた内容を含めて共有し、改善を進めて参りたいと思います。

直近3年級群の加入量

- 直近3年級群の加入量は、6～7月の調査船調査（音響トロール調査）による過去の1歳魚の現存尾数指標値とVPAからの推定値との線形関係に基づき仮定。

2017年までの調査での現存尾数指標値とVPAからの推定値を対数変換して線形関係を得る。

直近3年級群（2017-2019年の加入量）について線形関係から推定。

Estimation of N

Age	2006	~	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0									
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10+									

後進計算

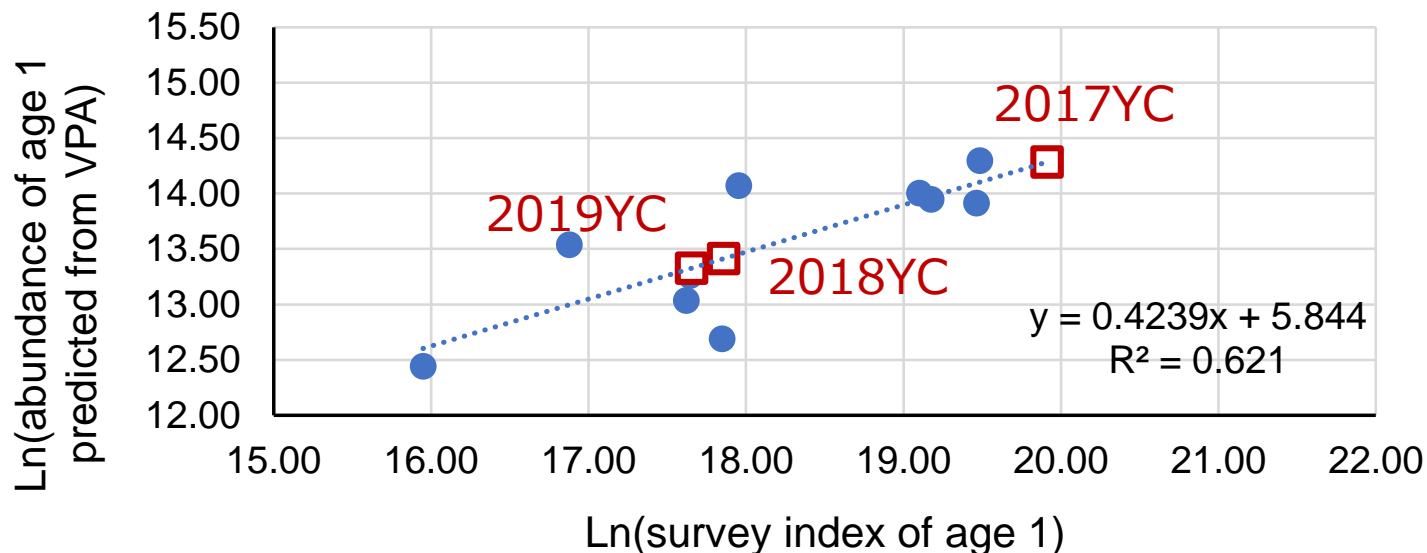
$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

前進計算

$$N_{a+1,y+1} = (N_{a,y} \exp\left(-\frac{M_a}{2}\right) - C_{a,y}) \exp\left(-\frac{M_a}{2}\right)$$

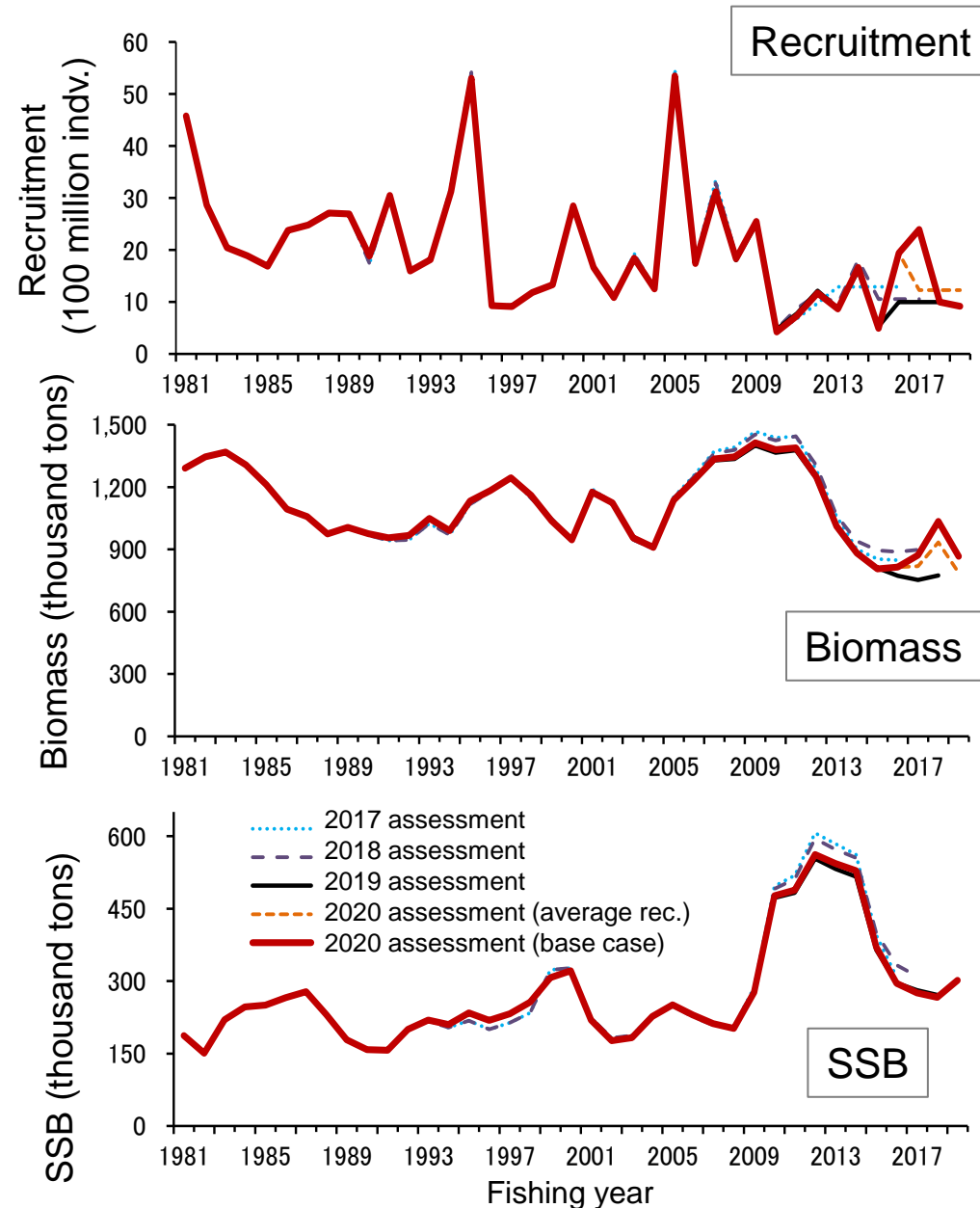
直近3年級群の加入量

コホート計算での過去の1歳魚尾数の推定値と調査での現存尾数指標値から、直近3年間の1歳魚資源尾数を線形外挿。



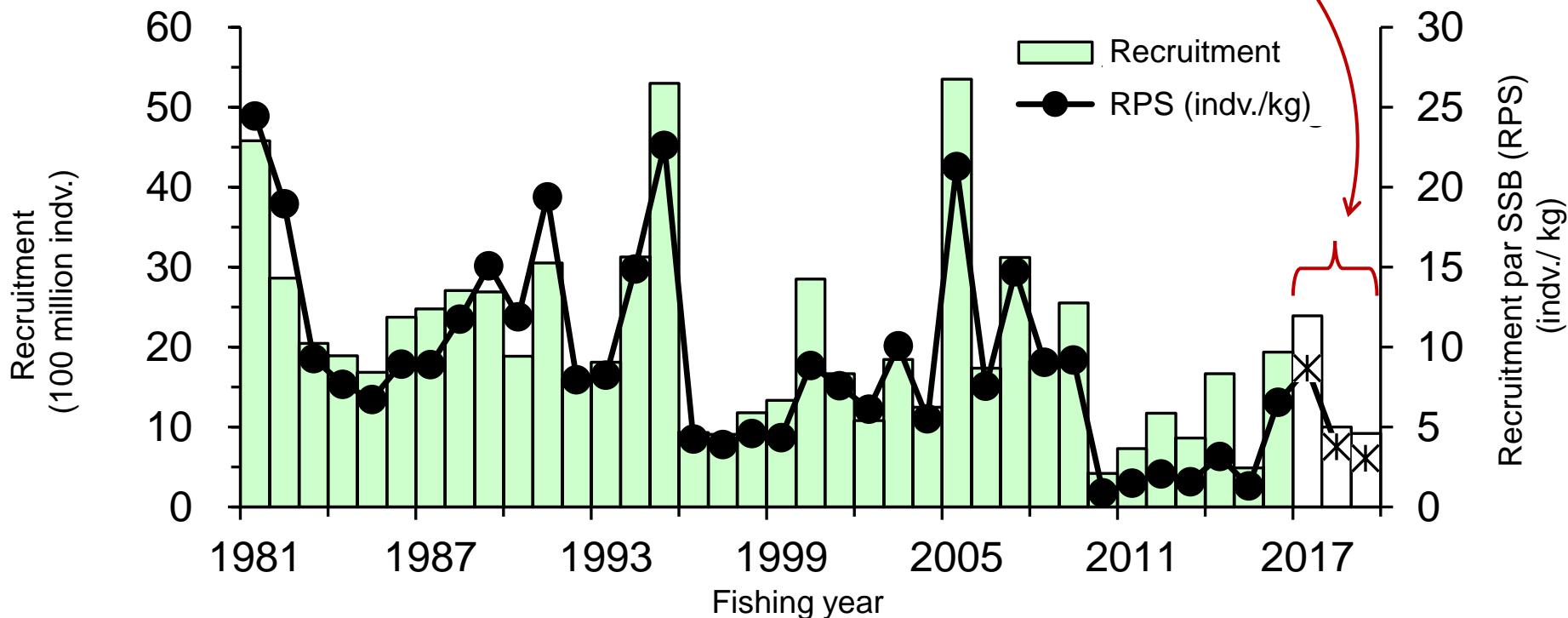
Age	2017YC	2018YC	2019YC
0(recruitment)	2,391 百万尾	997 百万尾	918 百万尾
1	1,597 百万尾	668 百万尾	613 百万尾

直近の加入量について代替の手法との比較



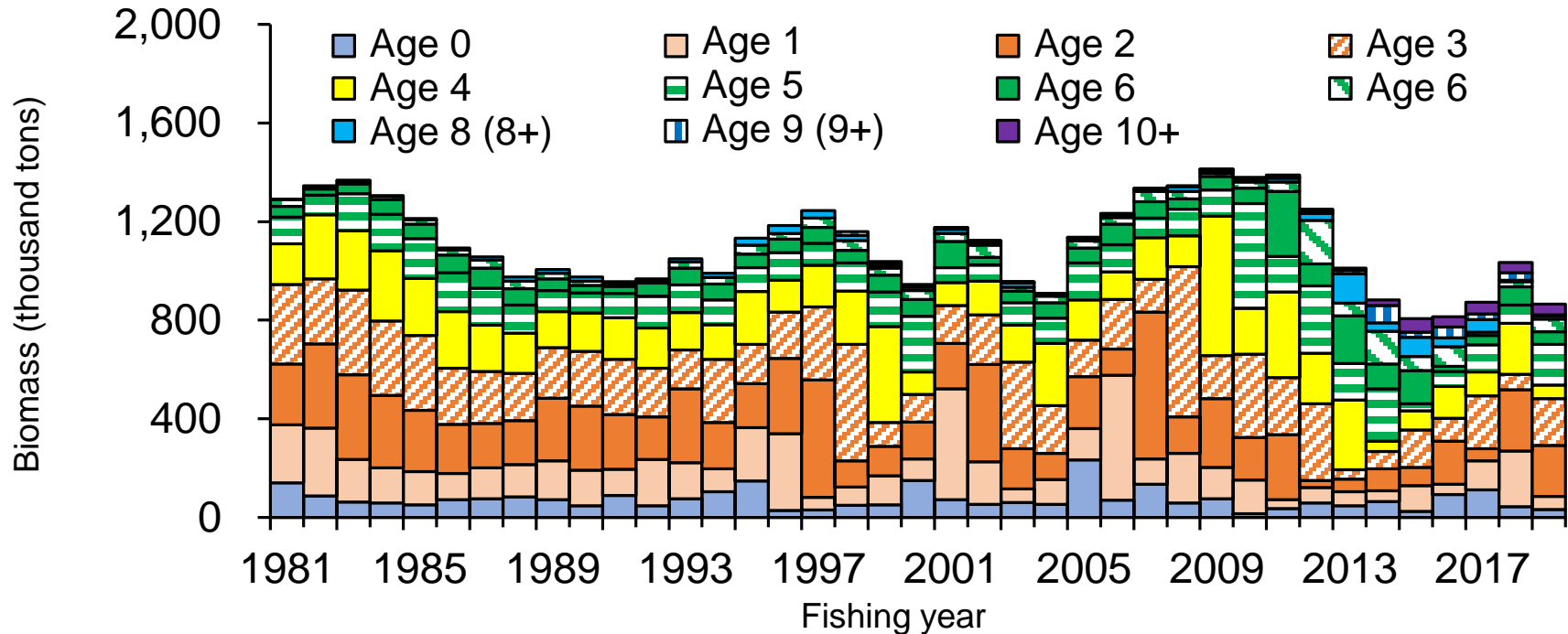
- 2019年度の資源評価まで、直近3年の加入量はその前5年間の加入量の平均値で仮定していた。2019年度の評価では2016-2018年の加入量は2011-2015年の加入量の平均値である**998 百万尾**とされた。
- もし、本評価でも同じ仮定手法を使用したならば、2017-2019年の加入量は **1225 百万尾**となる。
- 本評価では調査データで加入量を仮定しており、2017, 2018, および2019年の加入量はそれぞれ **2391百万尾, 997百万尾, 918百万尾**となる。
- 本評価で用いている仮定は、現状で入手可能な科学的データを最大限に利用しており、適切であると考えている。

2017~19年級群は
6~7月調査の結果から仮定

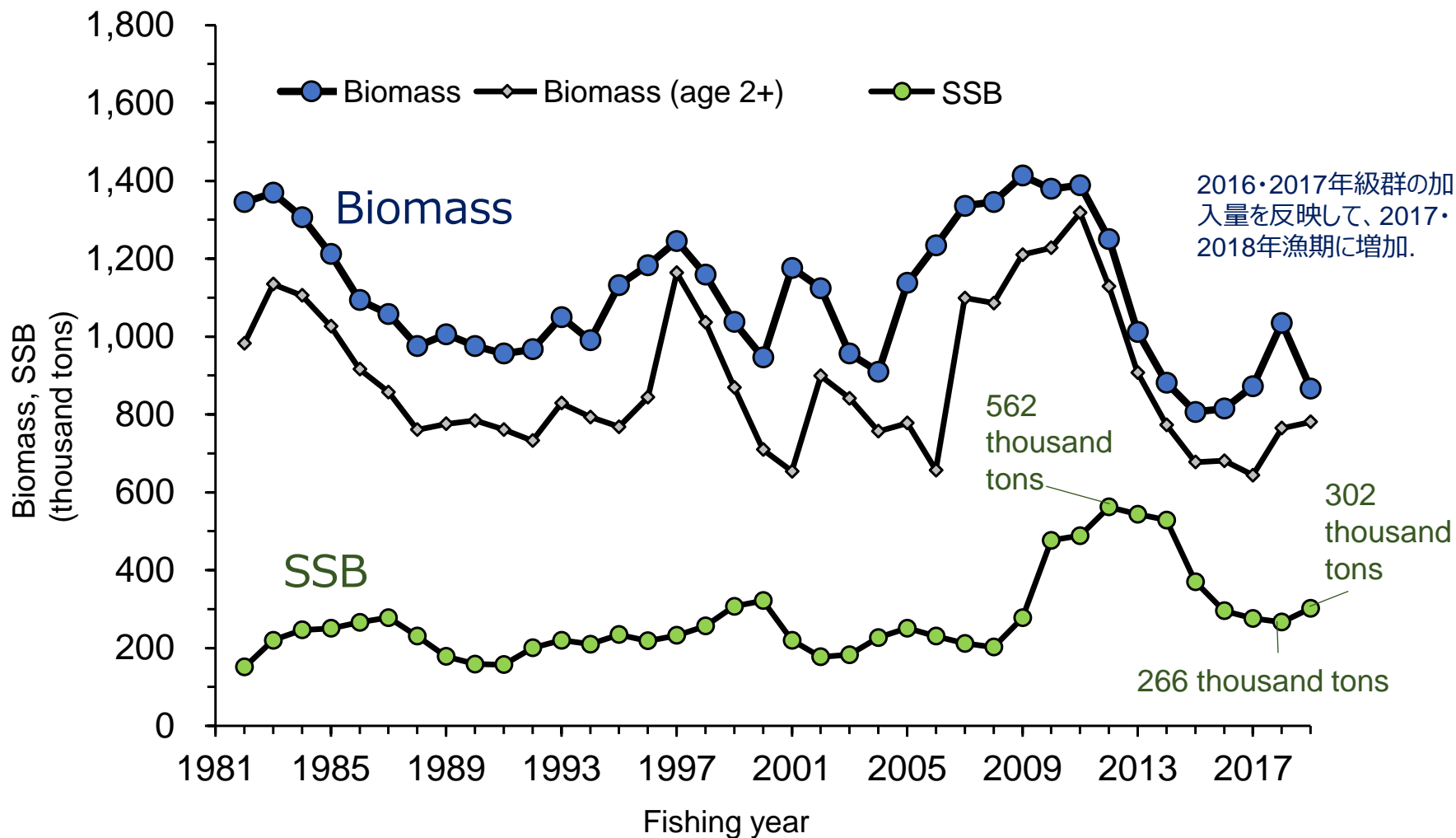


- ✓ コホート計算で推定された加入量について、
 - 近年で多いのは、**2014年級群**（17億尾）・**2016年級群**（19億尾）。
 - 特に少ないのは、**2010年級群**・**2015年級群**（5億尾以下）。

年齢別資源重量 (資源量)

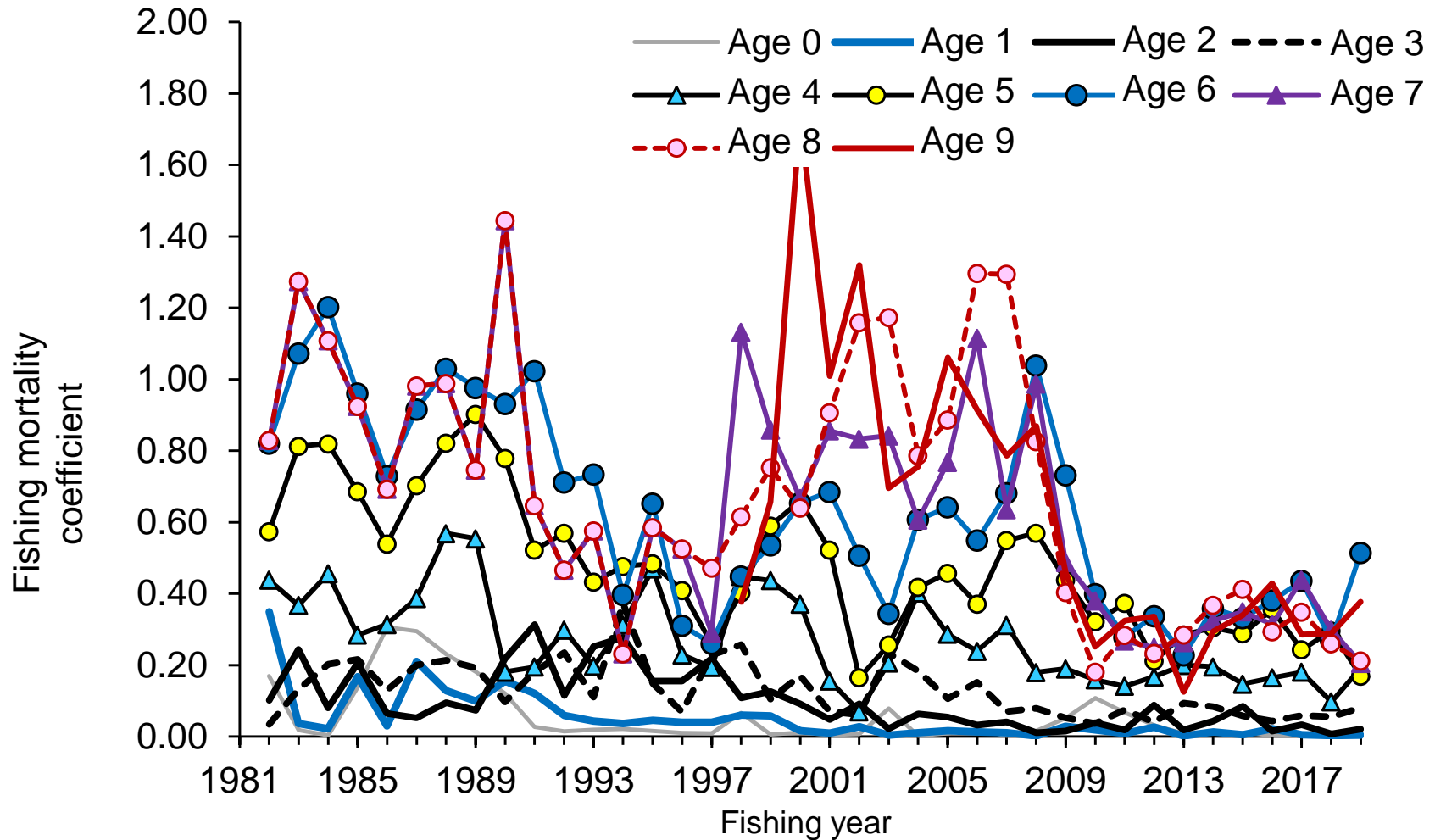


- ✓ 2012年漁期から資源量は減少に転ずる.
- ✓ 2014年以降、2018年漁期を除き800千トン台で推移.
- ✓ 2019年漁期は866千トンと推定された.



✓ 親魚量は2018年漁期に266千トンまで減少し、2019年漁期は302千トンに微増。

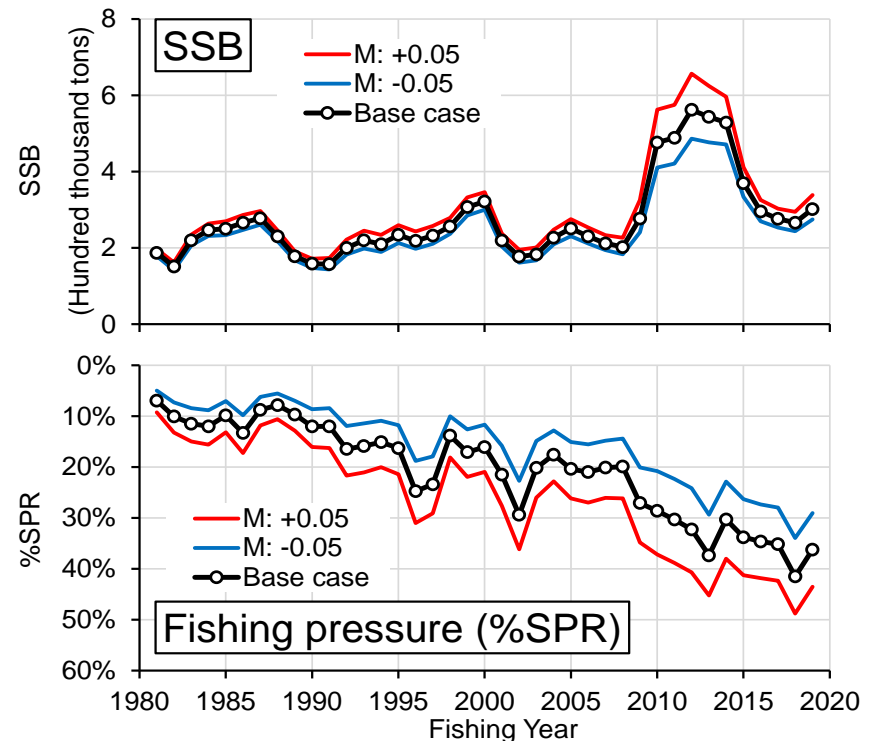
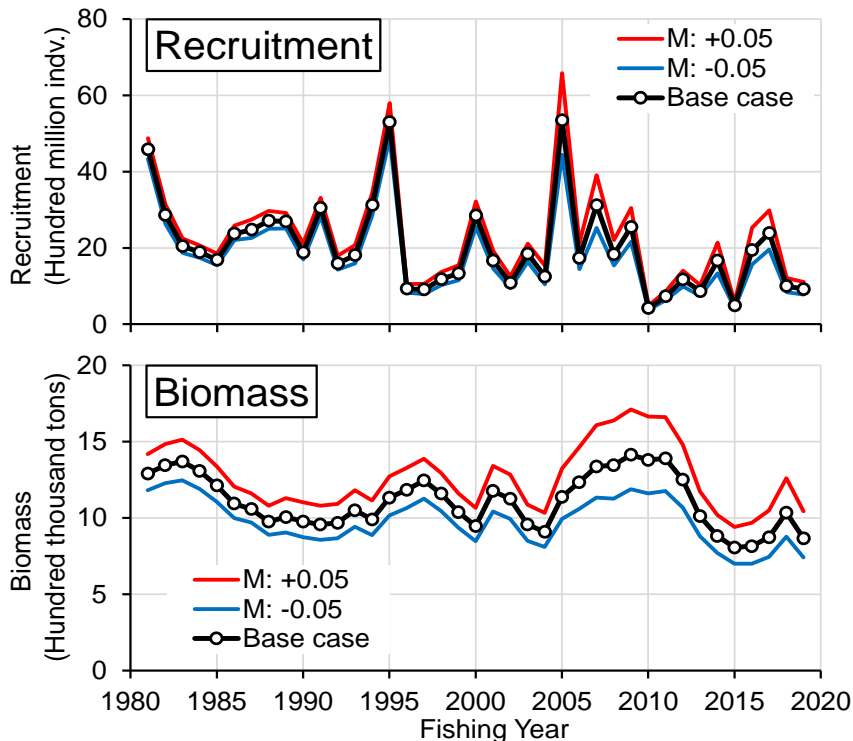
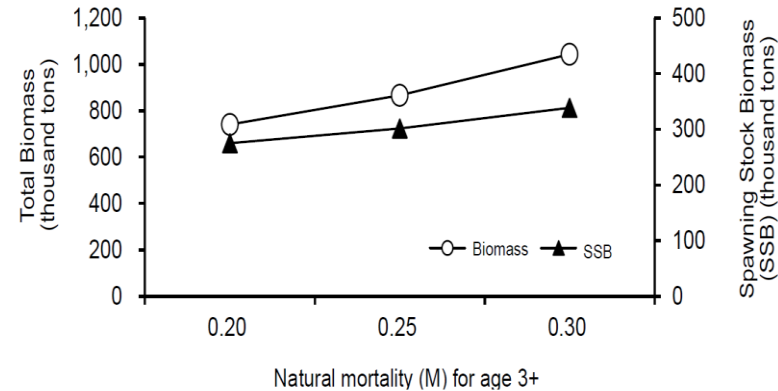
年齢別Fの推移



- ✓ 2010年漁期以降はいずれの年齢のF値も低下.
- ✓ 高齢魚のF（6歳以上）でも低いF値で安定して推移.

異なるMでのシナリオ (感度試験)

- 資源評価報告書には代替のM (3歳以上のMを+0.05もしくは-0.05する)での感度試験の結果を収録している. この結果では2019年の資源量や親魚量はMが大きいほど大きな値となり, Mが小さいほど小さな値となる.
- これを過去についても比較した結果は以下の通り; いずれのMを用いても, 経年的なトレンドは変わらないが, 資源や漁獲圧のスケールには影響する.



コンテンツ

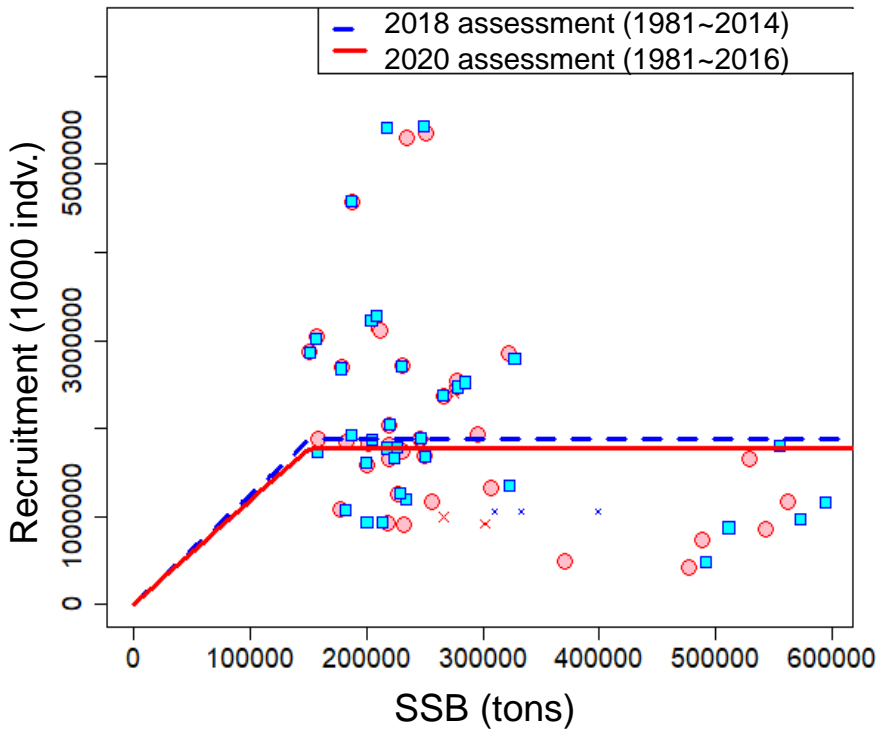
- 頂いたコメントへの回答（一部）
- 生物情報と資源評価
- 再生産関係
再生産（SR）関係式について, その他のモデルとの比較
- 管理基準値, KOBEプロット
- 漁獲管理規則, 将来予測

● 本評価結果を用いてホッケー・スティック型再生産関係式を再推定

- ホッケー・スティック (HS) 型
- 最小二乗法でパラメータ推定
- 加入残差の自己相関は考慮なし
- 直近3年のデータは使用しない (加入量の仮定値を置いているため) .

Blue: H31(2019)研究機関会議での結果 (H30(2018)資源評価結果に基づく)

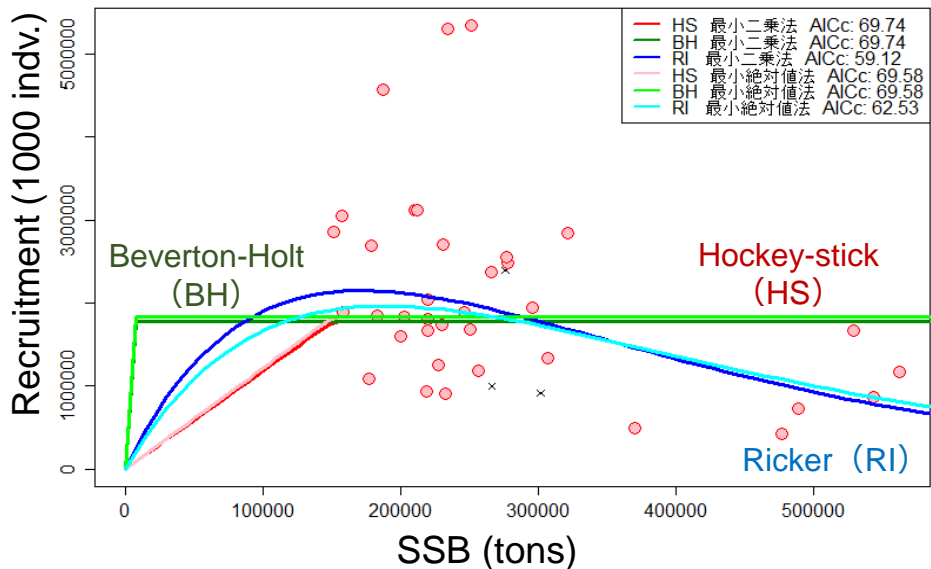
Red: R2(2020)に更新した再生産関係 (R2(2020)資源評価結果に基づく)



	関係式	最適化	自己相関	a	b	S.D.
前回	ホッケー・スティック (HS)	最小二乗法	なし	12.455	150,944	0.532
今回	ホッケー・スティック (HS)	最小二乗法	なし	11.795	150,944	0.580

● 再生産関係式を再推定

データ: 1981-2016年漁期



- ベバートンホルト (BH) ・リッカー (RI) 型の再生産関係式と比べてHS型は親魚量が少ない場合の加入量の予測値が保守的.
- 最小二乗法と最小絶対値法とでAICcの差はほぼ無い.
- 再生産関係式や最適化法を、あえて変更する必要は認められない.

関係式	最適化	自己相関	a	b	S.D.	AICc
HS	最小二乗法	なし	11.795	150,944	0.532	69.74
RI	最小二乗法	なし	33.988	5.82x10 ⁻⁶	0.501	59.12
BH	最小二乗法	なし	1.18x10 ⁷	6.636	0.580	69.74
HS	最小絶対値法	なし	12.172	150,944	0.581	69.58
RI	最小絶対値法	なし	28.275	5.30x10 ⁻⁶	0.506	62.53
BH	最小絶対値法	なし	4.44x10 ¹⁹	2.42x10 ¹³	0.581	69.58

[質問・コメント] AICcの計算について

再生産曲線（H-K, B-H, Ricker）の比較（資料A：補足表10-1, 補足図10-2）について、情報量規準の値が間違っている、もしくは無意味な数値になっている可能性がある。なぜならば、情報量規準は具体的な確率分布に基づく対数尤度の値をもとに算出しており、最小二乗法および最小絶対値法（の項のみ）で最適化を実施した場合、最尤法になっていないからである。ただし、最小二乗和が対数尤度関数の一部となっている場合はありうる（下記）。

例えば、「対数残差」とのこと、Ricker 型再生産曲線の場合、加入量の残差に対数正規分布、すなわち加入量の自然対数値の残差に正規分布を仮定した場合、次のように表される。

$$\hat{R}_y = \alpha S_{y-n} \exp(-\beta S_{y-n})$$

($\hat{}$ (ハット) は観測値 R_y に対応するモデルからの推定値を表す)

$$\log \hat{R}_y = \log R_y + \varepsilon, \varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$$

(N：正規分布, y ：年 ($y=2019, \dots$?) , n ：加入年齢 (タイムラグ))

このとき、以下のように最小二乗項が正規分布の尤度関数の一部となっているため、最小二乗法に基づく場合はAICc の値が計算出来るが、最小絶対値法では尤度にならないため、機械的に算出したAICc の値は意味を持たない。

$$\prod_y \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left\{-\frac{(\log R_y - \log \hat{R}_y)^2}{\sigma^2}\right\}$$

以上、再度計算過程を確認の上、正しい値が得られるケースのみ記載し、第3者による検算を容易にするため、最大対数尤度および未知パラメータ数の補足表への追記を希望する。さらに、資料B の表A-1(p.17)についてもAICc の計算過程についての検証を推奨する。

[質問・コメント] AICcの計算について（続き）

関連して、補足表10-1などにおけるAICcというのは、小標本の場合のAIC に有限修正を施したc-AIC (Sugiura, 1978; Shono, 2000 etc.) という理解で正しいか？ 今一度確認をお願いしたい。なお、AICc という表現は、一致性と呼ばれる標本数を無限大にした場合に統計量が真の値に近づく性質を持つ別の情報量規準 (Bozdogan, 1987 : CAICと表されることが多いが、AICCという表記も使用されている) と混同する可能性があるため、オリジナルのSugiura (1978) にならってc-AIC に統一すべきである。

また、ホッケースティック (H-K) 型では、傾きが正の直線と傾きゼロの直線の交点 (以降は変化点と呼ぶ) で微分可能でないため、対数尤度の最大化などのプロセスについて、変化点未満の部分と変化点以上の部分で項を分けて考える必要がある。このことがなされているかどうかのチェックを希望する (定式化の段階では変化点の位置を決めるための変数を未知パラメータとして含んではいるが…) 。

回答

本資料での再生産関係の検討における考え方は、機構のWebページで公開している「再生産関係の推定・管理基準値計算・将来シミュレーションに関する技術ノート」の通りです

(http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/FRA-SA2020-ABCWG01-02.pdf)。

また、再生産関係式のパラメータ推定に用いたプログラムは統計プログラムRで利用できるfrasyrパッケージとして一般に公開されており (<https://github.com/ichimomo/frasyr>)、このgithubページ内で再生産関係の検討手順についても詳細な説明をご確認いただけます

(<https://github.com/ichimomo/frasyr/wiki/Diagnostics-for-Stock-Recruitment-Relationships>)。

これらの情報にあるように、再生産関係式の検討に使用しているAICcは「Akaike Information Criterion corrected for small samples」であり、計算式は $AICc = AIC + 2K(K + 1) / (n - K - 1)$ となります (Kはパラメータ数、nは観測値の数)。正しい記載方法はc-AICであるべきとのご意見については、これらの技術ノートやプログラムの執筆者にお伝えして参ります。私の理解ではAICcの表記はHurvich and Tsai (1989) に倣っているのではないかと思います。また、Vaida and Blanchard (2005) のcAIC (条件付赤池情報量 conditional Akaike information) との混同を避ける意図もあるのではないかと思います。

回答

再生産関係の推定において、ご指摘の通り、例えば最小二乗法の場合はAIC等の情報量基準で使用される尤度関数の数式の一部が残差平方和になります。これに対数残差に正規分布を仮定して得られた標準偏差を踏まえて対数尤度が算出されます。最小絶対値法の場合は、正規分布の代わりにラプラス分布を用います。これは前述の技術ノートの2ページに記載してあります。ご指摘の通り、第三者による検算を容易にするには、最大対数尤度および未知パラメータ数について示した表を資料に記載すべきと考えますので、今後、他魚種・系群横断的に対応を検討して参ります。

ホッケースティック型再生産関係式のパラメータ推定のプロセスについては、前述の通り推定に用いたプログラムをgithubのサイトにてご確認頂くことが可能です。ここに収録されているスクリプト `stock_recruit.r` が該当する計算に用いられている部分となります。

コンテンツ

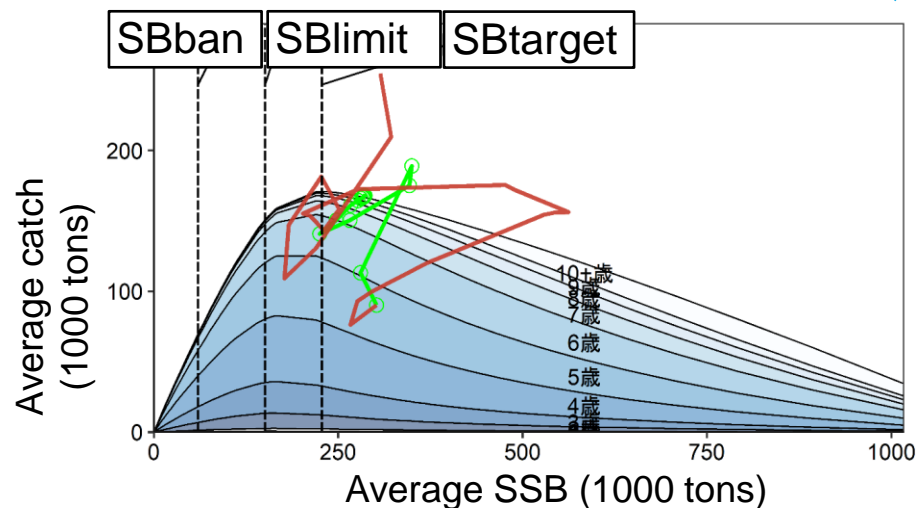
- 頂いたコメントへの回答（一部）
- 生物情報と資源評価
- 再生産関係
- 管理基準値, KOBEプロット
MSY管理基準値, シミュレーションによる禁漁水準候補の検討, KOBEプロット
- 漁獲管理規則, 将来予測

管理基準値案・禁漁水準案の更新

● 更新した再生産関係式に基づく

MSYベースの管理基準値の算出方法

- 平衡状態を世代時間（8.46年）×20年間のシミュレーション後の状態と仮定
- 用いる年齢別Fの選択率は2015-2019年漁期の平均とする。
- 年齢別の平均重量等の生物パラメータも2015-2019年漁期の平均とする。



提案	項目	定義	親魚量(t)	SSB/SB0	漁獲量(t)
前回	目標管理基準値	SBmsy	220 千	0.19	176 千
今回	目標管理基準値 (案)	(MSYを実現する親魚量)	228 千	0.19	171 千
前回	限界管理基準値	SB min	151 千	0.13	157 千
今回	限界管理基準値 (案)	(これまでの最小親魚量)	151 千	0.13	151 千
前回	禁漁水準	漁獲管理規則案($\beta=0.8$)での漁獲の下で, 50%の確率で目標管理基準値案に10年間で回復する閾値	70 千	0.06	83 千
今回	禁漁水準 (案)		60 千	0.05	70 千

[質問・コメント] 参照する年の範囲について

MSY指標の推定などに利用したWeight at age（およびFcurrentなど）の値について、直近年あるいは直近からの数年間ではなく、2013～2017の5年平均を使用した理由は何か？一方で、将来予測やMSY管理基準値の計算では2015～2019（コメントでは2013～2017と記載されていましたが、2015～2019のことかと思えます）の5年平均を利用している（資料A：補足表9-1；補足表10-3）。この違いがあっても、整合性は保たれるのか？

回答

本系群でのMSYに関係した管理基準値の推定は、まず2019年4月に開催された研究機関会議で2018年度の資源評価結果に基づき実施されました。このとき、2018年度の資源評価は2017年漁期までのデータに基づき行われましたので、**当時の直近5年間は2013～2017年漁期**でした。

本来は、2019年の研究機関会議にて提案された管理基準値案は直ちにステークホルダー会議に諮られるべきものでしたが、当該会議の開催は2020年8月にずれ込んでしまいました。2020年8月のステークホルダー会議では、同年に更新される最新の資源評価の結果を用いて管理基準値案の数値を更新することが会議出席者から要望されましたので、**2020年度の資源評価での最新5年間の情報となる2015～2019年漁期のWeight at age やF値を用いたMSY管理基準値の更新**が行われました。

この更新により、直近の生物情報や漁獲の特徴に整合する推定値が得られたものと考えます。

[質問・コメント]

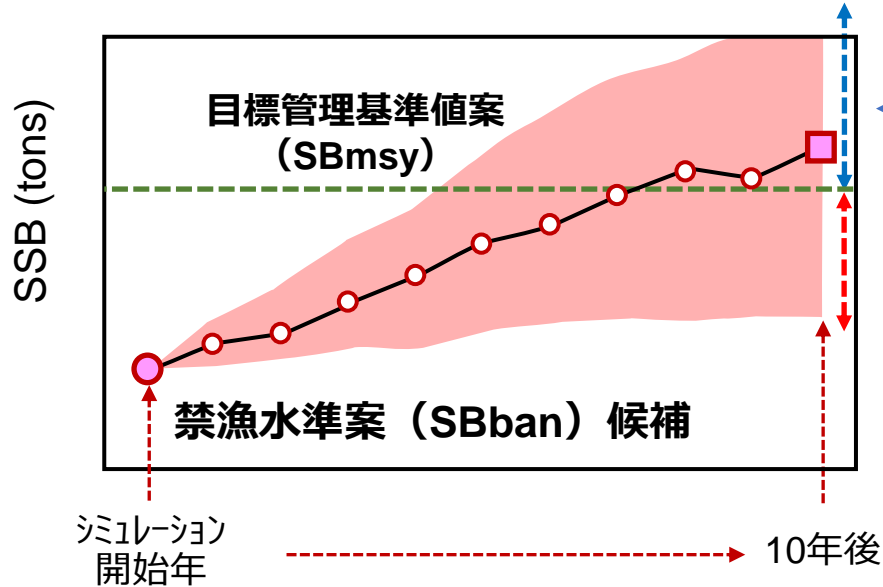
資料A における補足表9-1 や補足表10-3 のWeight-at-age およびFcurrent の値が微妙に異なっている。どのように使い分けているのか？可能な範囲で説明してほしい。

回答

前述の通り、2020年8月のステークホルダー会議にて、管理基準値案については同年9月の資源評価の結果に基づき改訂することが求められました。この要請に対する対応として、資源評価会議にて補足資料9までの資源評価報告書（資料A）を確定させた後、研究機関会議を開催してステークホルダー会議から要請された検討事項への回答資料（資料B）を作成するという合意形成プロセスを踏みました。その際、資料Bの一部を資料Aの補足資料10の形で追記することで、資料Aのみを読む読者にも管理基準値等が最新の資源評価結果を用いて改定されたことが分かるようにしました。

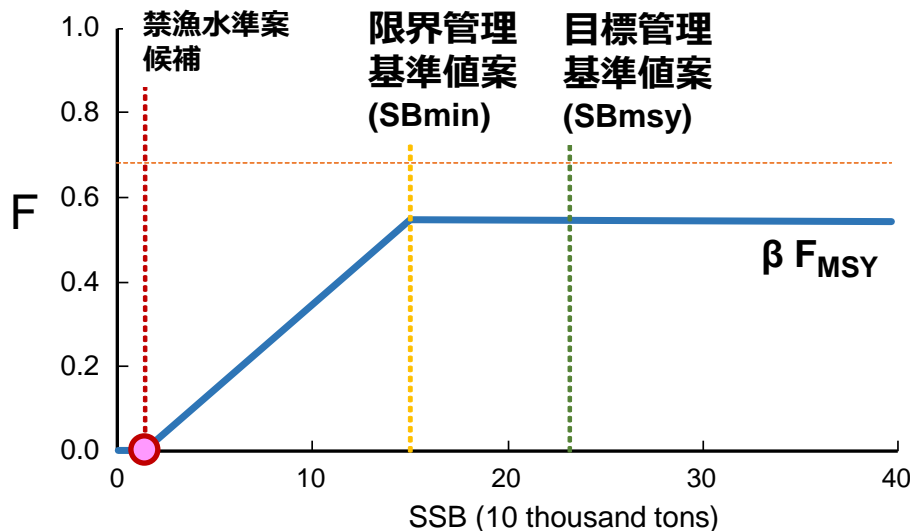
このような経緯から、資源評価報告書（資料A）の補足資料9では2019年当時にMSY管理基準値を推定した際に用いたパラメータが、補足資料10では2020年に最新の資源評価結果でMSY管理基準値を更新した際に用いたパラメータが記載されています。このようなステークホルダー会議からの要請事項とそれに対する対応は、資源評価報告書の65ページの補足資料10「1.はじめに」に概略が記載されています。

● 候補となる親魚量からスタートする回復シミュレーション



候補となる親魚量からスタートして漁獲管理規則案に基づき10年間漁獲を行った後の親魚量が、50%以上の確率で目標管理基準値案まで回復している閾値を探索。漁獲管理規則案そのものも、禁漁水準案候補とする親魚量の値により規定される。

- 10,000回の試行。
- シミュレーション開始時点の年齢組成、選択率、および年齢別平均体重は1981～2019年漁期の観察値からランダムに選択。
- 回復期間の漁獲死亡は各年の親魚量で定まる漁獲管理規則に基づく。
- 禁漁水準案候補として、5,000トン～150,000トンの間で5,000トン刻みに変化させた親魚量を検討。



禁漁水準案の検討

禁漁水準案候補ごとの10年後に親魚量が目標管理基準値案を上回る確率

(%)

回復開始時点の親魚量 (禁漁水準の候補: thousand tons)																														
β	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150
1.0	0	0	1	2	5	8	11	15	20	23	27	30	34	36	38	41	42	44	46	47	49	50	51	52	53	55	55	56	57	57
0.9	0	0	1	3	7	11	17	22	27	32	36	40	44	47	49	51	54	56	58	60	61	63	64	65	66	67	67	69	69	70
0.8	0	0	2	5	10	17	24	30	36	42	47	51	55	58	61	64	66	69	71	72	74	75	77	77	78	79	80	81	81	81
0.7	0	0	3	7	15	23	32	40	47	53	58	63	66	70	73	76	78	80	82	84	85	86	87	88	89	89	89	90	90	91
0.6	0	1	4	11	21	32	42	50	58	64	69	74	77	81	83	86	88	90	91	92	93	94	94	95	95	96	96	96	96	
0.5	0	1	6	16	30	42	52	61	69	74	79	83	86	89	91	93	95	96	96	97	97	98	98	98	98	99	99	99	99	
0.4	0	2	9	24	39	52	63	71	78	83	87	90	93	95	96	97	98	98	99	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	
0.3	0	3	14	33	49	63	73	80	86	90	93	95	97	98	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.2	0	4	20	42	60	73	81	87	92	95	97	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.1	0	6	30	54	70	81	88	93	96	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.0	0	10	40	64	79	87	93	96	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

*灰色で網掛けした β ・禁漁水準候補の組み合わせでは、10年で目標管理基準値案まで回復しない

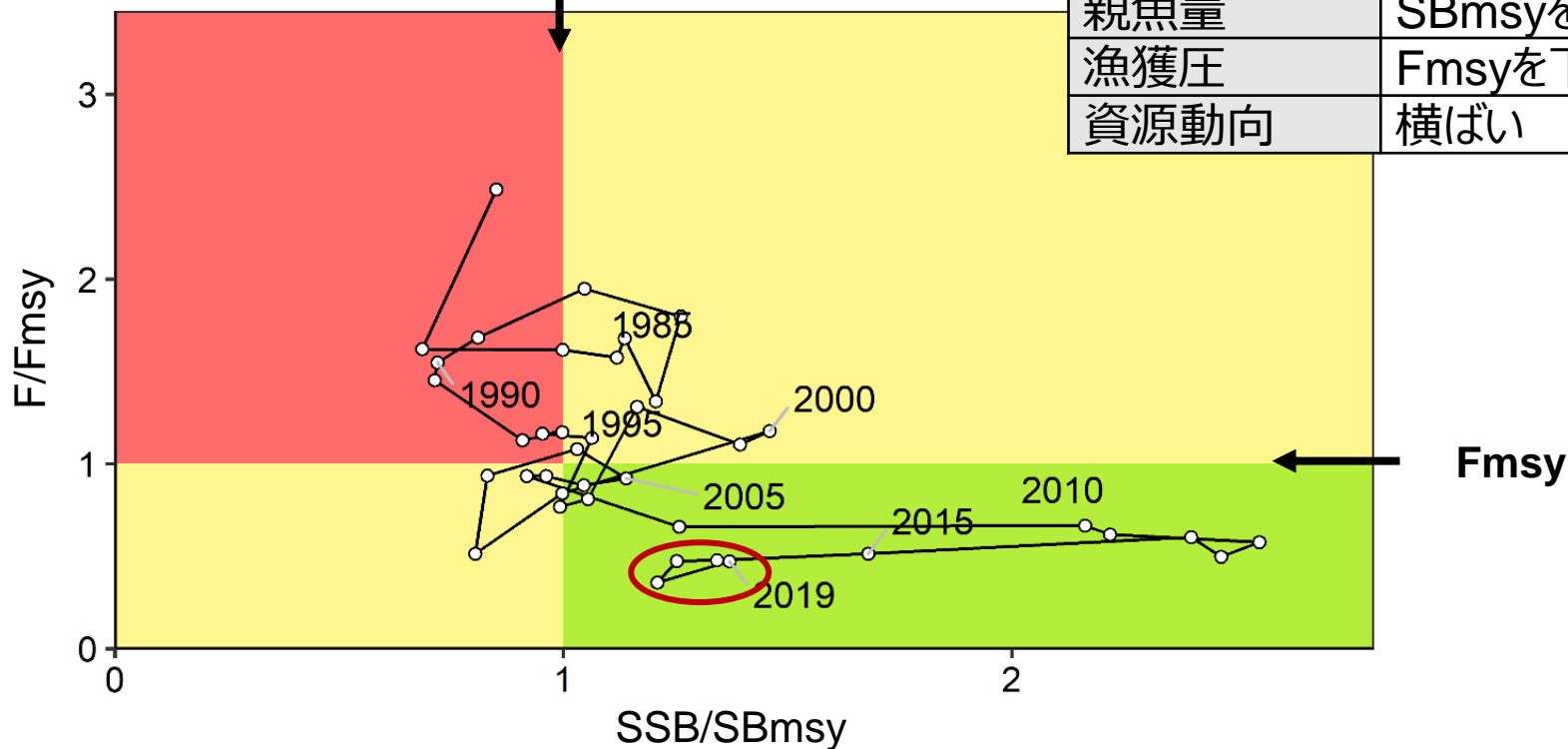
- 調整係数 $\beta=0.8$ の漁獲管理規則案で漁獲を続けながら10年後に目標管理基準値案へ50%以上の確率で回復する親魚量の閾値を条件とすると、**禁漁水準案は "60千トン"** になる。

KOBEプロットによる資源状態の判断

目標管理基準値 (SBmsy)

Stock status:

親魚量	SBmsyを上回る
漁獲圧	Fmsyを下回る
資源動向	横ばい



管理基準値案

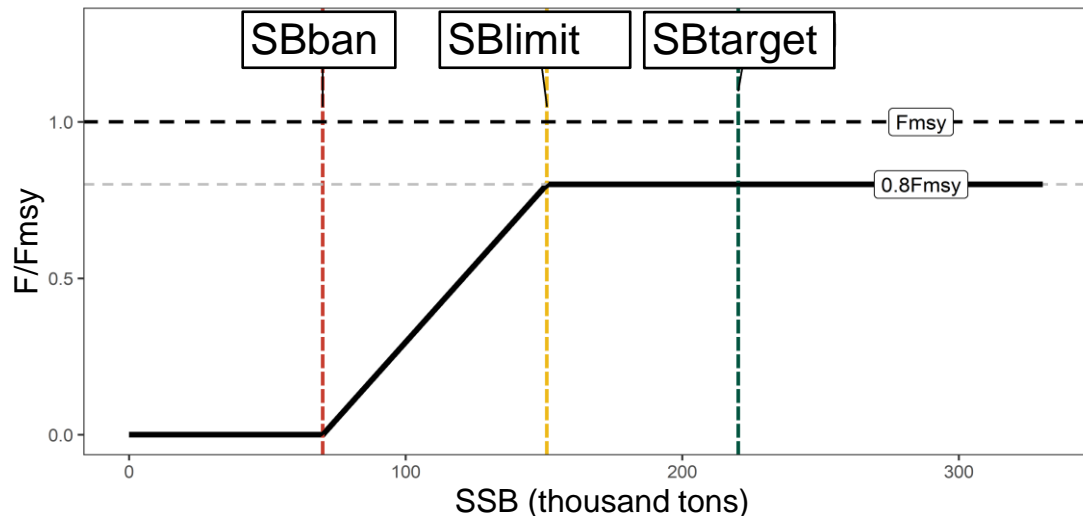
目標管理基準値案	SB msy	228 千トン
限界管理基準値案	SB min	151 千トン
禁漁水準案	漁獲管理規則案($\beta=0.8$)での漁獲の下で, 50%の確率で目標管理基準値案に10年間で回復する閾値	60 千トン

コンテンツ

- 頂いたコメントへの回答（一部）
- 生物情報と資源評価
- 再生産関係
- 管理基準値, KOBEプロット
- **漁獲管理規則, 将来予測**
デフォルトの漁獲管理規則, デフォルトの漁獲管理規則を用いた将来予測,
漁獲量一定方策での将来予測, 合意された漁獲シナリオ

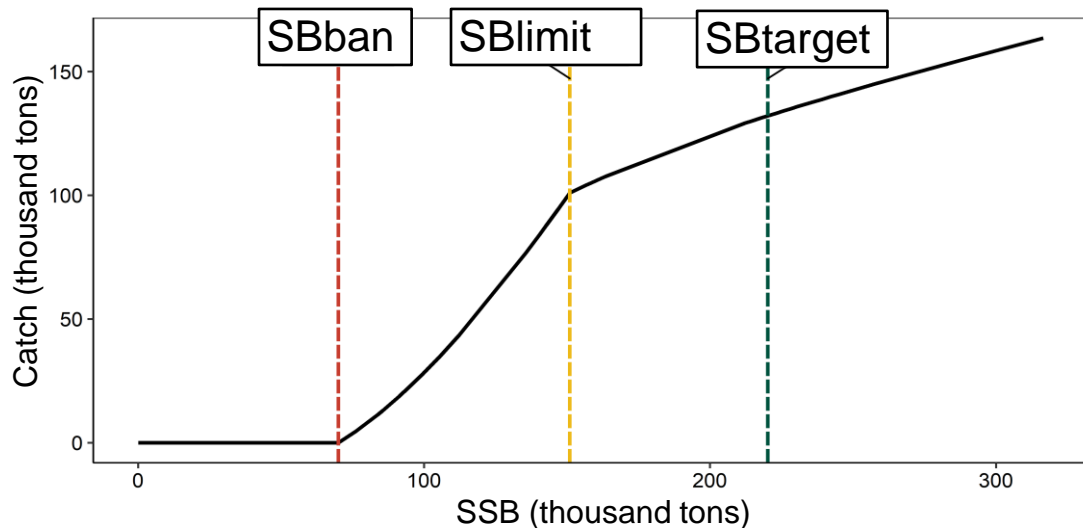
デフォルトのルール:

親魚量に応じてFを変更するルール. 親魚量が限界管理基準値を下回ったら禁漁水準まで直線的に漁獲圧を削減する. Fの上限は F_{msy} に調整係数 β を乗じた値になる.



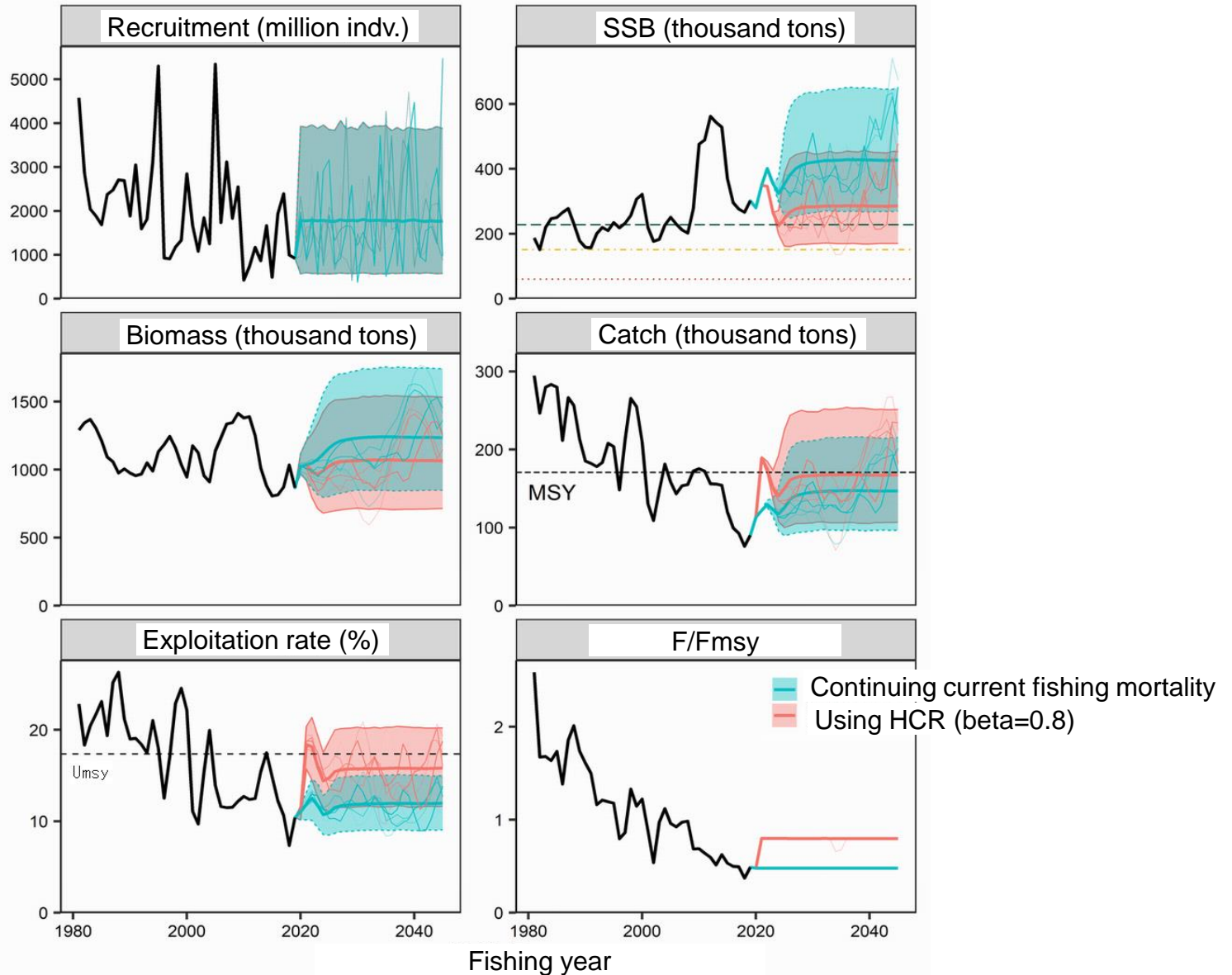
ステークホルダー会合にて, 代替ルール (漁獲量一定方策) の検討が要求された.

代替ルールでは, 2021-2023年漁期 (3年間) もしくは2021-2025年漁期 (5年間)の漁獲量を一定にする場合について検討された. 一定にする漁獲量は140千トン~190千トンである.



ステークホルダー会合を経て, 次の3年間で170千トンで一定とするルールが資源管理基本方針に書き込む漁獲シナリオとして採用された. この方針に基づく漁獲管理は2021年漁期から開始された.

デフォルトのHCRによる将来予測



(Shaded: 5-95% prediction interval; thick solid line: average value; thin solid line: simulated example)

デフォルトのHCRによる将来予測

親魚量が
目標管理基準値案を
上回る確率 (%)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1.0	100	100	100	100	0	5	28	38	43	45	45	44	44
0.9	100	100	100	100	100	13	38	50	55	57	58	58	58
0.8	100	100	100	100	100	33	52	63	68	70	71	72	72
0.7	100	100	100	100	100	88	70	76	80	83	84	84	85
0.6	100	100	100	100	100	100	88	89	91	92	93	94	94
0.5	100	100	100	100	100	100	99	97	98	98	98	98	98

親魚量が
限界管理基準値案を
上回る確率 (%)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1.0	100	100	100	100	100	100	81	88	90	91	90	91	91
0.9	100	100	100	100	100	100	91	93	95	95	95	95	96
0.8	100	100	100	100	100	100	98	97	98	98	98	98	98
0.7	100	100	100	100	100	100	100	99	99	100	99	99	99
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

期待される
平均**親魚量** (千トン)

黄色網掛けは目標管理基準値案
228千トンを下回ることを示す

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1.0	302	280	350	317	224	183	205	223	231	233	234	232	232
0.9	302	280	350	331	244	202	224	243	252	255	256	255	256
0.8	302	280	350	346	266	225	247	267	277	281	284	284	284
0.7	302	280	350	362	290	251	274	296	308	313	316	317	318
0.6	302	280	350	379	317	281	306	330	345	352	357	358	359
0.5	302	280	350	397	348	317	345	372	390	400	406	409	411

期待される
平均**漁獲量** (千トン)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1.0	90	113	226	193	158	148	156	168	172	172	172	171	172
0.9	90	113	208	185	155	145	154	165	168	170	170	170	170
0.8	90	113	189	175	151	141	150	161	164	166	166	167	167
0.7	90	113	169	163	145	136	145	155	159	161	162	162	163
0.6	90	113	148	150	136	129	137	148	152	154	155	156	156
0.5	90	113	127	133	126	120	128	139	143	145	147	147	148

[質問・コメント] 将来予測計算でのシミュレーションについて

将来予測全般について、一例として $\beta=0.8$ の場合について詳しく述べられているが（資料A：補足図10-7；補足表10-2 など）、別の検証で現実的であるなどの理由なのか？それとも単なる一例（そうであれば $\beta=0.7$ でも $\beta=0.9$ でも良いはず）で代表性はないのか？

回答

本資源評価報告書の将来予測で用いられる漁獲管理規則の考え方は、機構のWebページで公開されている「令和2（2020）年度 漁獲管理規則およびABC算定のための基本指針」にある通りです（http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/rule_abc_cat1_2.pdf）。この指針では、一般的なシミュレーション研究に基づき漁獲管理規則に与える調整係数 β には0.8をデフォルトとすべきとされています。これは β を0.8とした場合の漁獲管理規則は米国で用いられている40-10管理規則（SBlimitを0.4SB0、SBbanを0.1SB0とした場合の規則）と長期的な性能が類似していること、短期的性能では40-10管理規則よりも優れていること、不確実性が高く低水準にある資源を平均的に10年以内に回復させるには $\beta=0.8$ とすることが望ましいこと等の結果（Okamura et al. 2020）に基づいています。このような背景から、本資源評価報告書の将来予測でも、まずはデフォルト値である0.8を β に用いた将来予測結果を代表例として示しています。

[質問・コメント] 将来予測計算でのシミュレーションについて (続き)

将来予測 (資料B) シミュレーションの条件設定、乱数発生方法や確率分布形の仮定、実験回数などの記述が見当たらないが、原則「ホッケ道北系群」の場合と同様と考えてよろしいか？ 一例だが、表C-1(a) ($\beta=0.99$) では、300 回のworm plot で2025 年のSSB の値をソートした時に $300 * 0.29 = 87$ 回基準値を上回ったという理解でよろしいか？ さらに、表C-2(a)でも β の値を固定し、各年の時系列プロット300 本のSSB の平均値を表したのか？

回答

資料Bの将来予測シミュレーションにおける条件設定は、同資料の4ページの「6.将来予測」「(1) 将来予測の設定」に記載したとおりです。このセクションの3行目以降にあるように、将来予測における加入量は各年の親魚量から予測される値を再生産関係式から与えています。加入量の不確実性として、対数正規分布に従う誤差を仮定し、10,000回の繰り返し計算を行っています。すなわち、同資料の22ページの表C-1(a)では、 $\beta=0.99$ の場合、2025年には10,000回のうち約2,900回の試行で親魚量が目標管理基準値案を上回ったということになります。表C-2(a)についても、ご指摘の通り、各年の時系列プロット10,000本の親魚量の平均値を示したということです。

漁獲量一定方策 (漁獲量3年間固定)

親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 (%)

(%)

140 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	100	100	100	100	100	60	53	50	47	47	46	45
0.7	100	100	100	100	100	82	81	83	84	84	85	86
0.6	100	100	100	100	100	88	89	91	92	93	94	94
0.5	100	100	100	100	100	93	94	97	97	98	98	98

固定する漁獲量が多いほど、親魚量への影響は大きくなる

150 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	100	100	100	100	100	53	51	49	46	47	46	45
0.9	100	100	100	100	100	60	60	60	59	59	59	59
0.8	100	100	100	100	100	67	69	71	72	72	72	73
0.7	100	100	100	100	100	74	78	81	83	84	84	86
0.6	100	100	100	100	100	96	80	86	90	92	93	94
0.5	100	100	100	100	100	96	86	92	96	97	98	98

親魚量を減少させた場合、その後の回復速度は用いる β により異なる

160 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	100	100	100	100	65	46	48	47	46	46	45	45
0.9	100	100	100	100	65	52	56	58	58	58	59	59
0.8	100	100	100	100	65	59	65	69	71	71	72	73
0.7	100	100	100	100	65	65	74	79	82	83	84	85
0.6	100	100	100	100	65	72	82	89	91	93	93	94
0.5	100	100	100	100	65	78	89	95	97	97	98	98

170 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	100	100	100	100	36	40	44	46	45	46	45	45
0.9	100	100	100	100	36	45	53	56	57	58	58	58
0.8	100	100	100	100	36	51	62	67	70	71	72	72
0.7	100	100	100	100	36	57	70	78	82	83	84	85
0.6	100	100	100	100	36	63	78	87	90	92	93	94
0.5	100	100	100	100	36	70	86	93	96	97	98	98

180 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	100	100	100	100	20	34	41	44	45	46	44	44
0.9	100	100	100	100	20	39	49	55	57	57	58	58
0.8	100	100	100	100	20	44	58	65	69	70	71	72
0.7	100	100	100	100	20	49	66	76	80	83	84	85
0.6	100	100	100	100	20	55	74	85	90	92	93	94
0.5	100	100	100	100	20	61	82	92	96	97	98	98

190 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	100	100	100	100	12	29	38	43	45	45	43	44
0.9	100	100	100	100	12	33	46	53	56	56	57	57
0.8	100	100	100	100	12	37	54	64	68	70	70	72
0.7	100	100	100	100	12	42	62	74	79	82	83	85
0.6	100	100	100	100	12	47	70	83	89	91	92	93
0.5	100	100	100	100	12	52	78	91	95	97	97	98

漁獲量を固定

親魚量に直接影響

2031年漁期への影響は小さい

漁獲量一定方策 (漁獲量3年間固定)

期待される親魚量平均値 (千トン)

黄色網掛けは目標管理基準値案

228千トンを下回ることを示す

(thousand tons)

140 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	280	350	386	332	291	261	250	242	238	236	234	234
0.9	280	350	386	332	291	273	268	263	260	259	257	257
0.8	280	350	386	332	291	285	288	288	286	286	285	284
0.7	280	350	386	332	291	299	310	315	317	318	318	318
0.6	280	350	386	332	291	313	334	347	353	357	358	359
0.5	280	350	386	332	291	327	361	384	396	404	408	410

固定する漁獲量が多いほど、予測される親魚量の平均値は小さくなる。

150 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	280	350	378	316	269	250	244	240	237	236	234	233
0.9	280	350	378	316	269	261	262	260	259	258	257	256
0.8	280	350	378	316	269	273	281	284	285	285	284	284
0.7	280	350	378	316	269	285	302	311	315	317	317	318
0.6	280	350	378	316	269	298	325	342	351	356	357	359
0.5	280	350	378	316	269	322	351	377	392	402	406	409

漁獲管理規則案での漁獲に切り替えると、 β が小さいほどその後の親魚量平均値は大きく、また回復しやすい。

160 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	280	350	370	300	247	239	239	237	236	235	234	233
0.9	280	350	370	300	247	249	256	258	257	258	256	256
0.8	280	350	370	300	247	260	274	281	283	284	284	284
0.7	280	350	370	300	247	272	294	307	313	316	317	318
0.6	280	350	370	300	247	284	316	337	348	354	357	358
0.5	280	350	370	300	247	297	341	371	389	400	405	409

170 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	280	350	362	284	225	228	234	235	235	235	233	232
0.9	280	350	362	284	225	237	249	255	256	257	256	256
0.8	280	350	362	284	225	248	267	277	281	283	283	284
0.7	280	350	362	284	225	259	286	302	310	315	316	317
0.6	280	350	362	284	225	270	307	331	345	353	356	358
0.5	280	350	362	284	225	282	331	365	385	398	404	408

180 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	280	350	354	268	204	216	229	233	234	234	232	232
0.9	280	350	354	268	204	225	244	252	255	256	255	255
0.8	280	350	354	268	204	235	260	273	279	282	282	283
0.7	280	350	354	268	204	245	278	298	308	314	315	317
0.6	280	350	354	268	204	256	298	326	342	351	355	357
0.5	280	350	354	268	204	267	320	358	381	395	402	407

190 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	280	350	345	253	184	206	224	231	233	233	230	231
0.9	280	350	345	253	184	214	238	249	254	255	253	254
0.8	280	350	345	253	184	223	253	270	278	281	281	282
0.7	280	350	345	253	184	232	270	294	305	311	313	316
0.6	280	350	345	253	184	242	289	321	338	348	353	356
0.5	280	350	345	253	184	252	310	352	377	392	400	406

漁獲量を固定

親魚量に直接影響

2031年漁期への影響は小さい

漁獲量一定方策 (漁獲量3年間固定)

期待される漁獲量平均値 (千トン)

(thousand tons)

140 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031		
1	113	140	140	140	201	186	182				173	173		
0.9	113				185	176	177						171	171
0.8	113				168	166	170						167	167
0.7	113				150	153	161						162	163
0.6	113				132	139	149	153	154	155	156	156	156	156
0.5	113				112	123	136	141	144	146	147	147	147	148

4年目に漁獲量が増加

150 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
1	113	150	150	150	190	180	179	176	174	173	173	173	
0.9	113				175	171	174	172	171	171	170	170	171
0.8	113				159	161	167	167	167	167	167	167	167
0.7	113				142	148	158	160	161	162	162	162	163
0.6	113				125	135	147	151	154	155	156	156	156
0.5	113				106	119	133	139	143	145	147	147	148

160 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
1	113	160	160	160	179	175	176	175	174	173	172	173	
0.9	113				165	166	171	171	171	170	170	170	170
0.8	113				150	155	164	166	166	167	167	167	167
0.7	113				134	144	155	162	162	162	162	162	162
0.6	113				117	130	142	153	155	155	156	156	156
0.5	113				100	115	131	141	144	146	146	146	148

4年目に漁獲量が減少
固定する漁獲量が170千トン以上の場合はどんな β でも減少

170 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
1	113	170	170	170	169	168	174	173	173	173	172	172	
0.9	113				155	160	168	170	170	170	170	170	170
0.8	113				141	150	161	164	166	166	166	167	167
0.7	113				126	139	152	157	160	161	162	162	162
0.6	113				110	125	141	148	152	154	155	155	156
0.5	113				94	111	127	136	141	144	146	146	147

180 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
1	113	180	180	180	158	161	171	173	173	172	171	172	
0.9	113				145	153	165	169	170	169	169	169	170
0.8	113				132	144	158	163	165	166	166	166	167
0.7	113				118	133	149	156	159	161	161	161	162
0.6	113				103	121	138	146	151	153	155	155	156
0.5	113				88	106	124	134	140	144	146	146	147

190 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	113	190	190	190	147	155	169	172	172	171	171	171
0.9	113				135	147	163	167	169	169	169	169
0.8	113				122	138	155	161	164	165	165	165
0.7	113				109	128	146	154	158	160	161	162
0.6	113				95	116	135	144	150	152	154	155
0.5	113				81	102	121	132	139	143	145	147

漁獲量を固定

2031年漁期への影響は小さい

漁獲量一定方策 (漁獲量5年間固定)

親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 (%)

100

(%)

140 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	100	100	100	100	100	76	74	66	58	52	48	46
0.7	100	100	100	100	100	76	74	79	83	85	85	85
0.6	100	100	100	100	100	76	74	83	89	92	93	94
0.5	100	100	100	100	100	76	74	86	93	96	97	98

固定する漁獲量が多いほど、親魚量への影響は大きくなる

150 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	100	100	100	100	100	63	64	59	54	50	47	45
0.9	100	100	100	100	100	63	64	64	63	61	60	58
0.8	100	100	100	100	100	63	64	68	71	73	72	72
0.7	100	100	100	100	100	63	64	72	79	82	84	84
0.6	100	100	100	100	96	63	64	76	85	90	92	93
0.5	100	100	100	100	96	63	64	80	90	95	96	97

親魚量を減少させた場合、その後の回復速度は用いる β により異なる

160 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	100	100	100	100	65	51	53	52	50	48	45	43
0.9	100	100	100	100	65	51	53	56	59	59	57	56
0.8	100	100	100	100	65	51	53	60	67	70	70	69
0.7	100	100	100	100	65	51	53	65	75	80	81	82
0.6	100	100	100	100	65	51	53	69	81	88	90	91
0.5	100	100	100	100	65	51	53	73	87	94	95	96

170 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	100	100	100	100	36	40	43	46	47	46	42	39
0.9	100	100	100	100	36	40	43	49	54	57	54	51
0.8	100	100	100	100	36	40	43	54	63	67	66	65
0.7	100	100	100	100	36	40	43	57	70	77	78	77
0.6	100	100	100	100	36	40	43	61	77	86	87	88
0.5	100	100	100	100	36	40	43	65	83	92	93	94

180 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	100	100	100	100	20	31	34	39	44	44	39	35
0.9	100	100	100	100	20	31	34	43	51	54	49	46
0.8	100	100	100	100	20	31	34	46	58	64	61	59
0.7	100	100	100	100	20	31	34	50	66	74	73	71
0.6	100	100	100	100	20	31	34	54	72	82	83	82
0.5	100	100	100	100	20	31	34	57	78	89	90	90

190 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	100	100	100	100	12	23	27	34	40	41	34	31
0.9	100	100	100	100	12	23	27	37	47	50	44	41
0.8	100	100	100	100	12	23	27	40	53	60	55	52
0.7	100	100	100	100	12	23	27	43	60	69	66	64
0.6	100	100	100	100	12	23	27	46	67	78	77	75
0.5	100	100	100	100	12	23	27	49	72	85	85	83

漁獲量を固定

親魚量に直接影響

影響は漁獲量の固定値により異なる

漁獲量一定方策 (漁獲量5年間固定)

期待される親魚量平均値 (千トン)

黄色網掛けは目標管理基準値案

228千トンを下回ることを示す

(thousand tons)

140 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	280	350	386	332	291	306	329	285	259	246	238	235
0.9	280	350	386	332	291	306	329	298	278	268	261	258
0.8	280	350	386	332	291	306	329	313	300	293	288	285
0.7	280	350	386	332	291	306	329	328	324	322	320	318
0.6	280	350	386	332	291	306	329	344	351	356	357	358
0.5	280	350	386	332	291	306	329	360	380	394	401	405

固定する漁獲量が多いほど、予測される親魚量の平均値は小さくなる。

150 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	280	350	378	316	269	279	297	270	252	243	236	233
0.9	280	350	378	316	269	279	297	282	270	264	258	255
0.8	280	350	378	316	269	279	297	295	291	288	285	282
0.7	280	350	378	316	269	279	297	309	313	316	316	315
0.6	280	350	378	316	269	279	297	323	338	348	352	353
0.5	280	350	378	316	269	279	297	338	366	385	395	400

漁獲管理規則案での漁獲に切り替えると、 β が小さいほどその後の親魚量平均値は大きく、また回復しやすい。

160 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	280	350	370	300	247	253	266	255	245	239	233	229
0.9	280	350	370	300	247	253	266	266	262	260	254	251
0.8	280	350	370	300	247	253	266	278	282	283	280	277
0.7	280	350	370	300	247	253	266	290	303	310	310	309
0.6	280	350	370	300	247	253	266	303	326	341	345	346
0.5	280	350	370	300	247	253	266	317	352	376	387	392

170 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	280	350	362	284	225	227	235	241	239	236	227	222
0.9	280	350	362	284	225	227	235	250	255	255	248	244
0.8	280	350	362	284	225	227	235	261	273	278	273	269
0.7	280	350	362	284	225	227	235	271	292	303	302	300
0.6	280	350	362	284	225	227	235	283	313	332	336	336
0.5	280	350	362	284	225	227	235	295	337	366	376	380

180 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	280	350	354	268	204	202	206	226	233	232	220	214
0.9	280	350	354	268	204	202	206	235	247	250	240	234
0.8	280	350	354	268	204	202	206	243	263	272	264	258
0.7	280	350	354	268	204	202	206	253	281	296	292	287
0.6	280	350	354	268	204	202	206	262	301	323	324	322
0.5	280	350	354	268	204	202	206	273	322	354	362	364

190 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	280	350	345	253	184	178	178	211	226	226	210	203
0.9	280	350	345	253	184	178	178	218	239	244	229	221
0.8	280	350	345	253	184	178	178	225	253	264	251	244
0.7	280	350	345	253	184	178	178	233	269	286	278	271
0.6	280	350	345	253	184	178	178	242	287	312	308	304
0.5	280	350	345	253	184	178	178	250	306	341	344	344

漁獲量を固定

親魚量に直接影響

影響は漁獲量の固定値により異なる

漁獲量一定方策 (漁獲量5年間固定)

期待される漁獲量平均値 (千トン)

(thousand tons)

140 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	113	140	140	140	140	140	223	199	185	178	175	174
0.9	113						205	190	172	171		
0.8	113						187	179	168	168		
0.7	113						167	166	163	163		
0.6	113						147	151	155	156		
0.5	113						125	131	140	143	145	147

6年目に漁獲量が
増加

150 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	113	150	150	150	150	150	204	191	182	176	173	172
0.9	113						188	182	176	173	170	170
0.8	113						171	171	169	168	166	166
0.7	113						153	159	160	161	161	161
0.6	113						134	145	149	152	154	154
0.5	113						115	128	136	141	143	145

160 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	113	160	160	160	160	160	184	183	178	174	170	170
0.9	113						170	174	172	170	168	167
0.8	113						154	163	165	165	164	164
0.7	113						138	151	151	151	159	159
0.6	113						121	137	137	137	152	152
0.5	113						103	121	121	121	143	143

6年目に漁獲量が減少固
定する漁獲量が170千トン以上
の場合はどんな β でも減少.

170 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	113	170	170	170	170	170	163	174	174	170	166	166
0.9	113						150	155	168	166	164	163
0.8	113						136	155	161	161	160	160
0.7	113						122	143	152	154	154	155
0.6	113						107	130	140	145	147	149
0.5	113						91	114	127	134	137	139

180 千トン

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	113	180	180	180	180	180	141	164	169	165	160	159
0.9	113						130	156	163	162	158	157
0.8	113						118	145	155	157	154	154
0.7	113						105	134	146	150	149	150
0.6	113						92	121	135	141	142	143
0.5	113						79	106	122	129	132	134

190 千トン

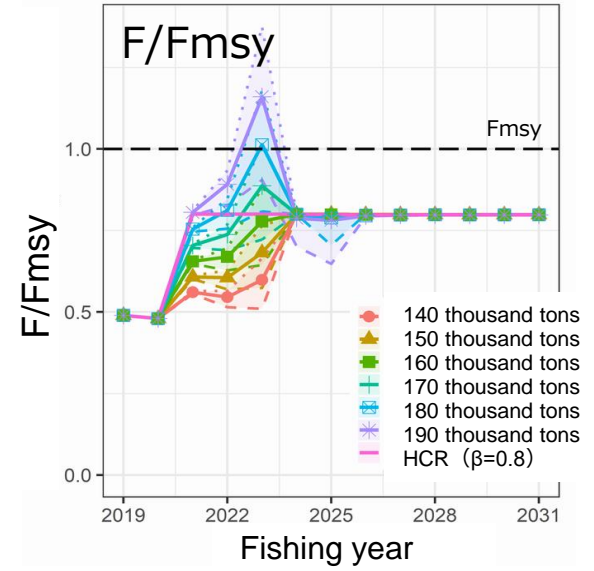
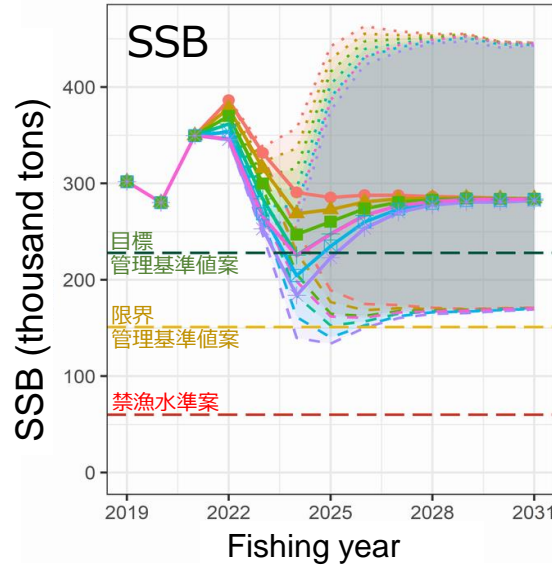
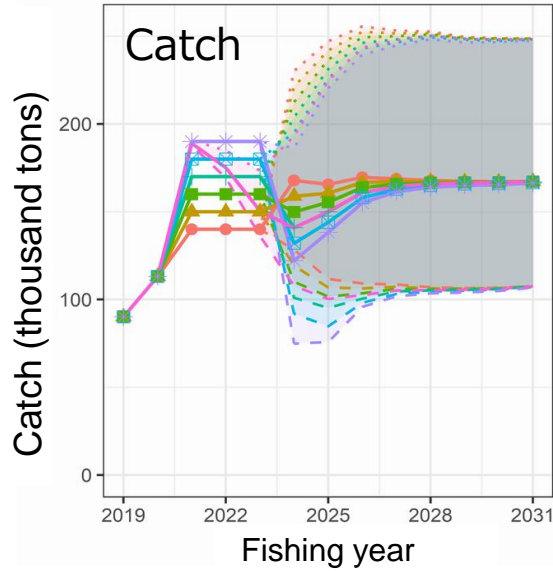
β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1	113	190	190	190	190	190	119	153	163	159	151	150
0.9	113						110	144	157	155	149	149
0.8	113						100	134	149	150	146	146
0.7	113						89	123	140	143	142	142
0.6	113						78	111	129	135	135	136
0.5	113						66	98	116	124	126	128

漁獲量を固定

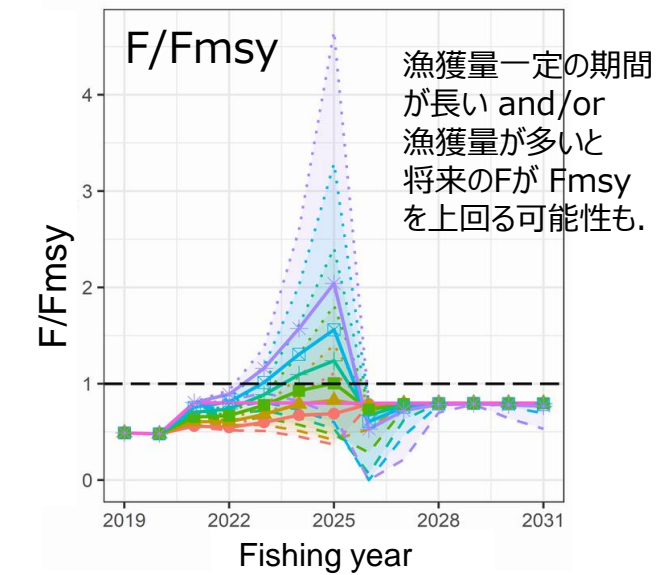
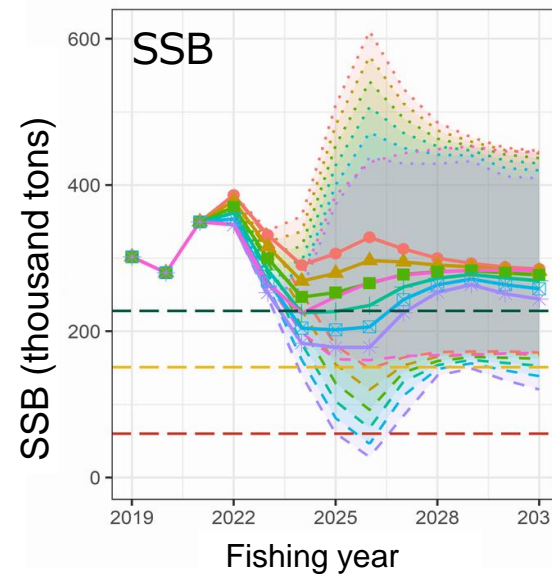
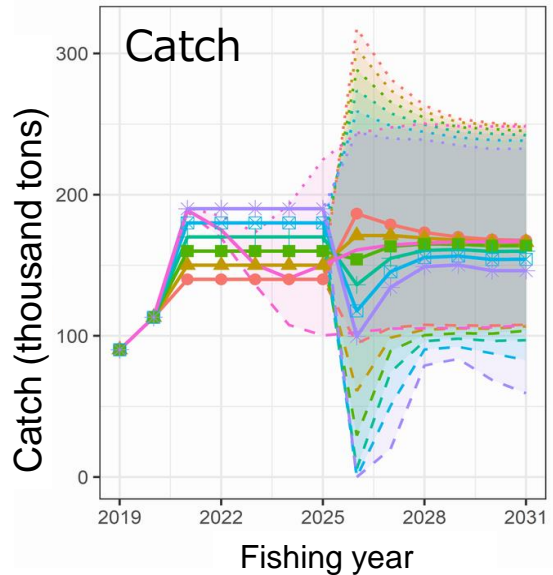
影響は漁獲量の
固定値により異なる

漁獲量3年間固定

* Average and 90%ile



漁獲量5年間固定



(参考) 再生産関係式のAICc, AIC, BIC

	最適化法	loglike	K (パラメータ数)	N (観察数)	AIC	AICc	BIC
HS	最小二乗法	-31.493	3	36	68.9863	69.7363	73.7368
RI	最小二乗法	-26.184	3	36	58.3688	59.1188	63.1194
BH	最小二乗法	-31.493	3	36	68.9863	69.7363	73.7369
HS	最小絶対値法	-31.415	3	36	68.8307	69.5807	73.5812
RI	最小絶対値法	-27.888	3	36	61.776	62.526	66.5265
BH	最小絶対値法	-31.415	3	36	68.8307	69.5807	73.5812