

令和4年度 マダイ瀬戸内海東部系群の資源評価



水産研究・教育機構 水産資源研究所

和歌山県水産試験場

兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター

徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課

香川県水産試験場

漁業情報サービスセンター

全国豊かな海づくり推進協会

本日の説明項目

- 分布・生態・生物学的特性に関する情報
- 漁業、漁獲量に関する情報
- コホート解析による資源量推定
- MSY推定と管理目標の設定
- 漁獲シナリオと将来予測
- その他（事前にいただいた質問に対する回答）

分布域と生物学的特性①



分布域

マダイは北海道から九州にかけて広範囲に分布し、我が国に6系群が分布する。

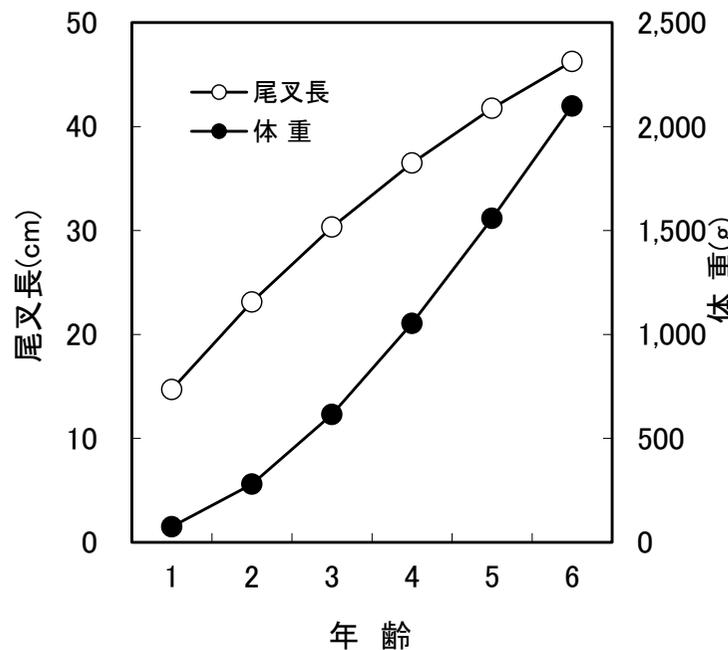
本系群はこのうち瀬戸内海東部海域（赤線）を中心に分布する群である。

生物学的特性

- 寿命: 15~20年
- 成熟開始年齢: 3歳(50%)、4歳(100%)
- 産卵期・産卵場:
4~5月(紀伊水道、大阪湾、播磨灘)
5~6月(瀬戸内海中央部)
- 食性: 甲殻類、多毛類、尾虫類、魚類など
- 捕食者: 稚幼魚期には魚食性魚類に捕食される

沖合の岩礁域、海域毎に点在

分離浮遊卵



1歳: 14.7cm 尾叉長

2歳: 23.1cm

3歳: 30.3cm

4歳: 36.5cm

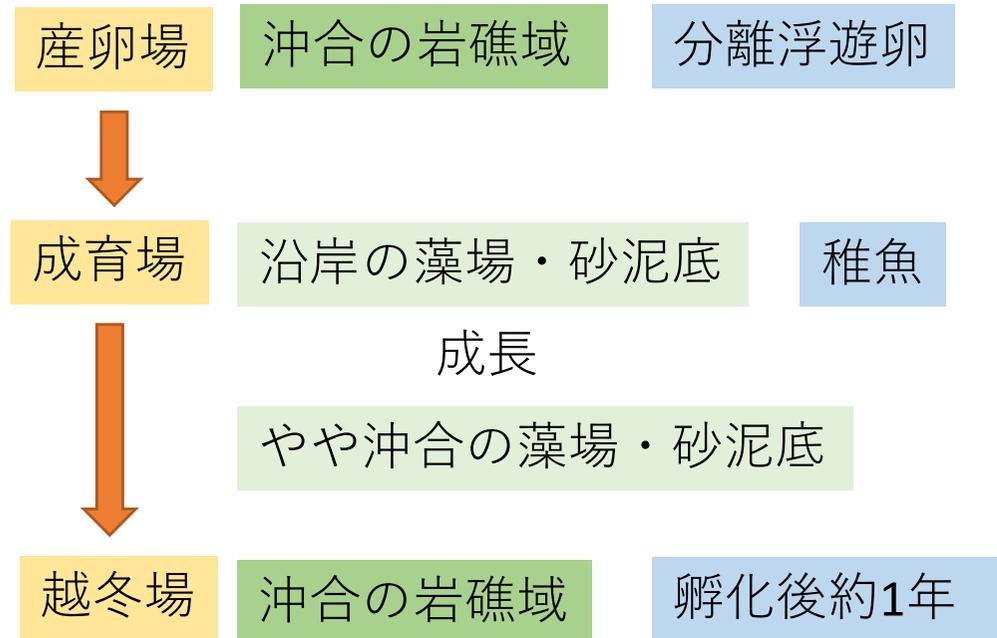
5歳: 41.8cm

6歳: 46.3cm

満年齢5月

分布域と生物学的特性②

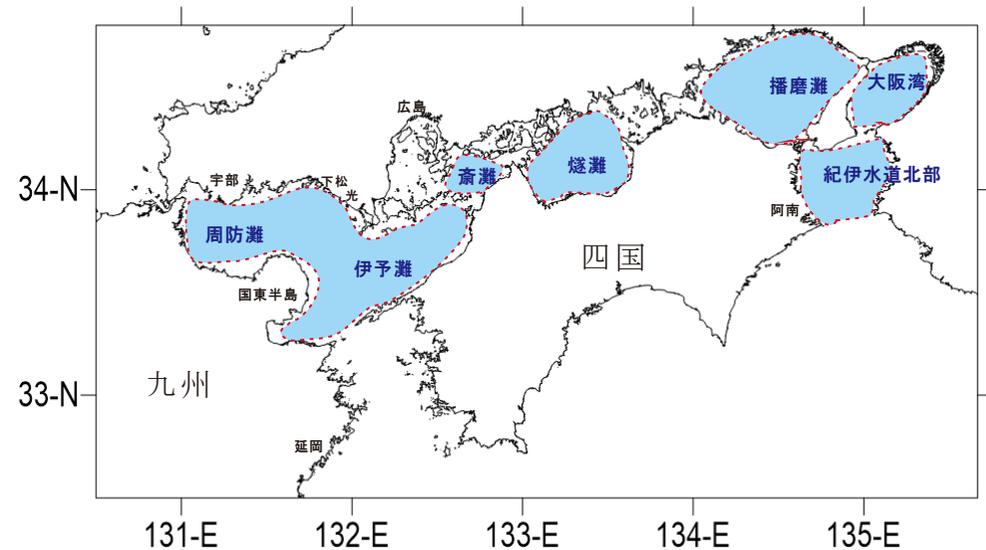
生活史



以降、岩礁域に生息する

体サイズにより棲み分ける（漁業からの情報）

移動・回遊



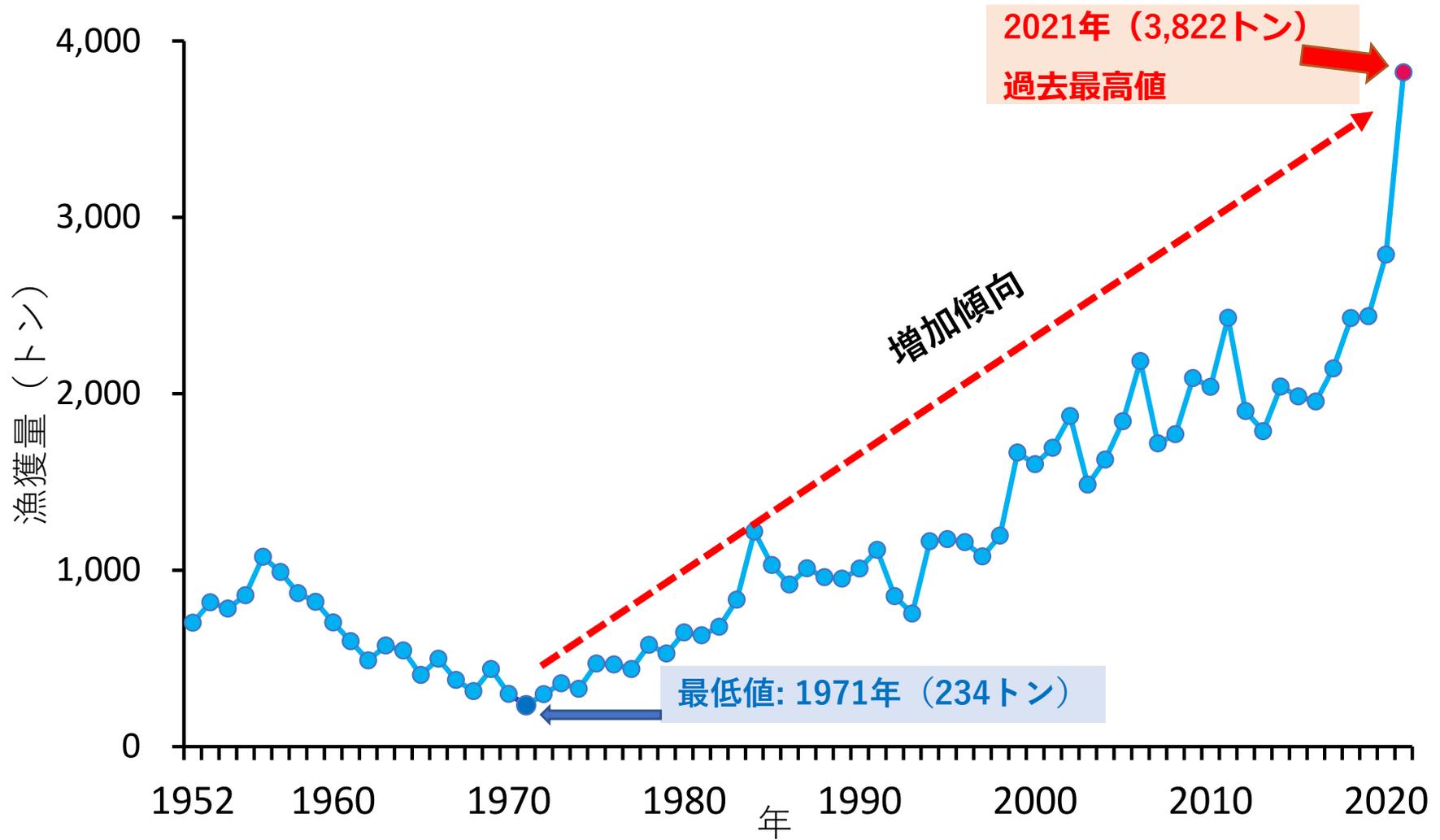
着底後の移動性は高くない

- 灘等地形的に区分された海域の個体群はほとんど交流しない（内部寄生虫相から）。
- 大阪湾-紀伊水道水道部では越冬移動がある。

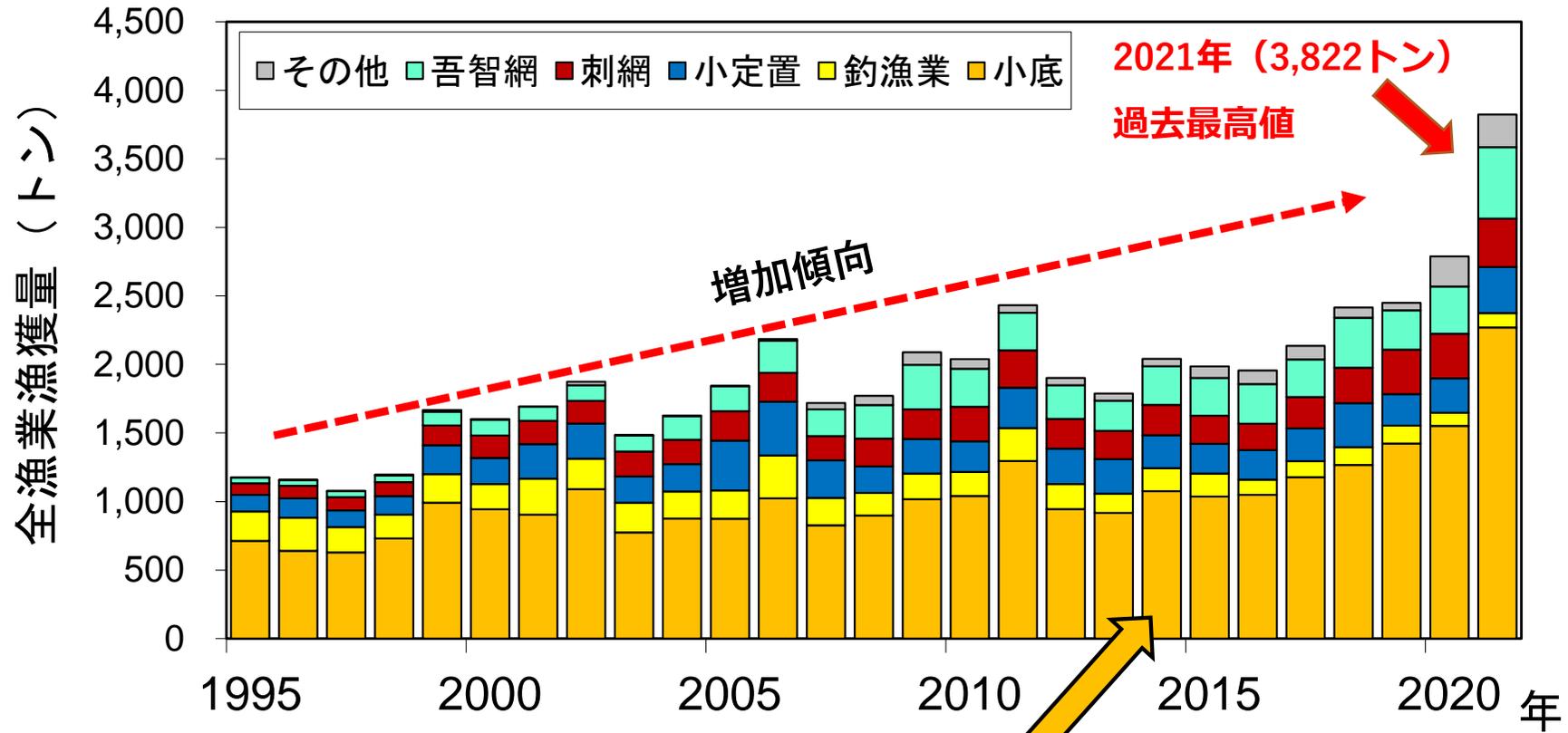
本日の説明項目

- 分布・生態に関する情報
- **漁業、漁獲量に関する情報**
- コホート解析による資源量推定
- MSY推定と管理目標の設定
- 漁獲シナリオと将来予測
- その他（事前にいただいた質問に対する回答）

漁獲量の推移①



漁獲量の推移②



最低値: 1971年 (234トン)

多くの海域で **1kg** よりも大きな魚がターゲットとされるが、より小さいサイズに需要がある地域も存在する。

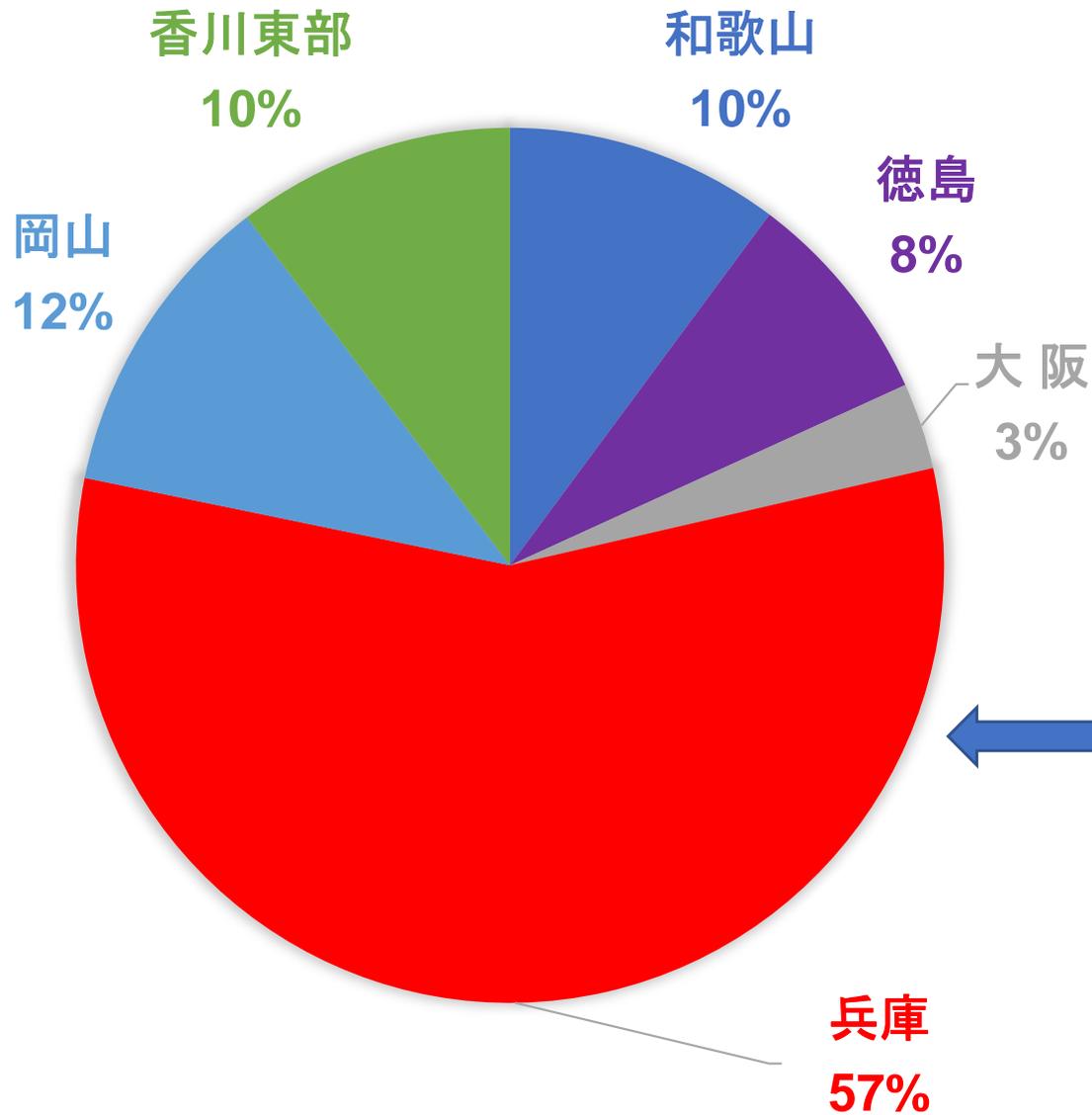
小型底びき網漁業のシェアが大きい

活魚として水揚げ

中・西部系群のマダイ吾智網漁業と共通点

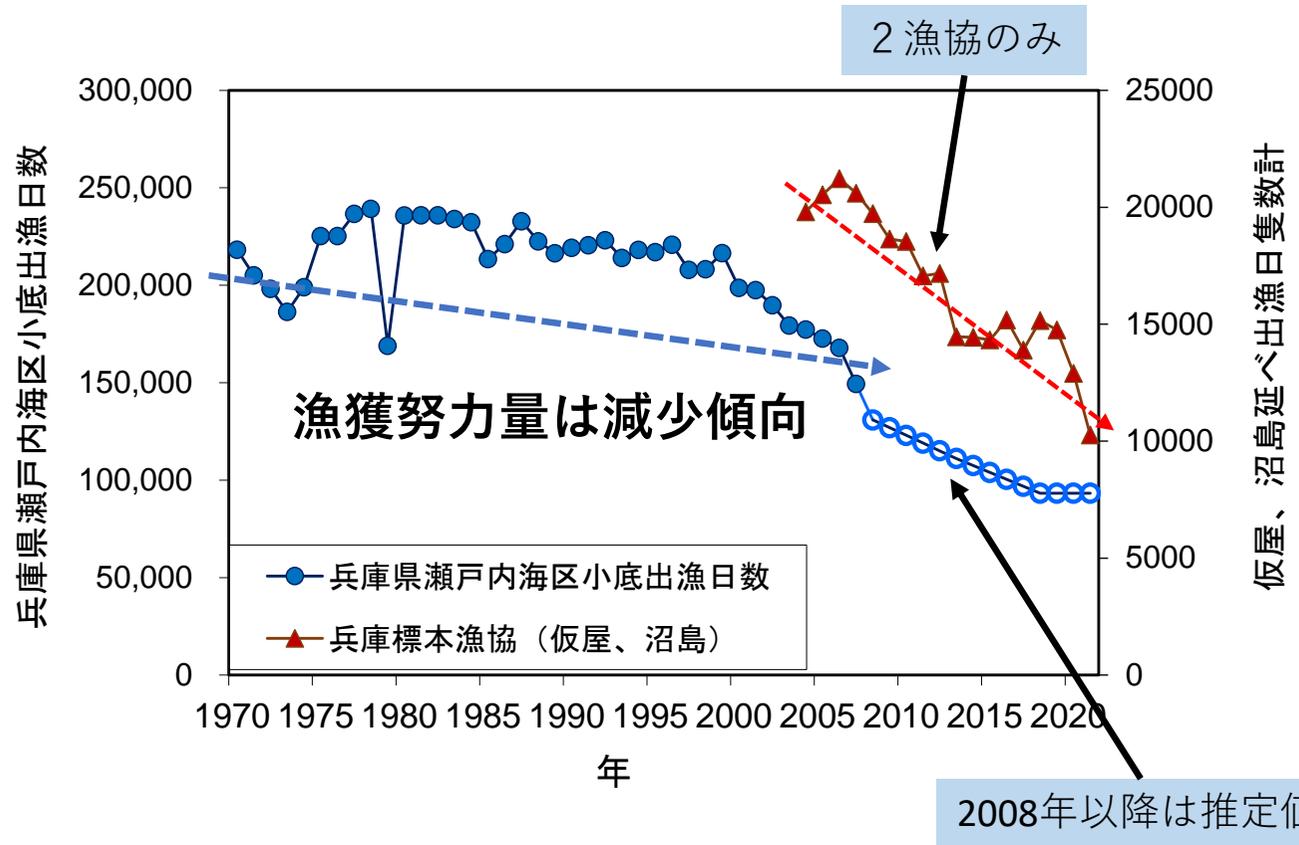
県別漁獲割合

2021年 総漁獲量
3,822トン



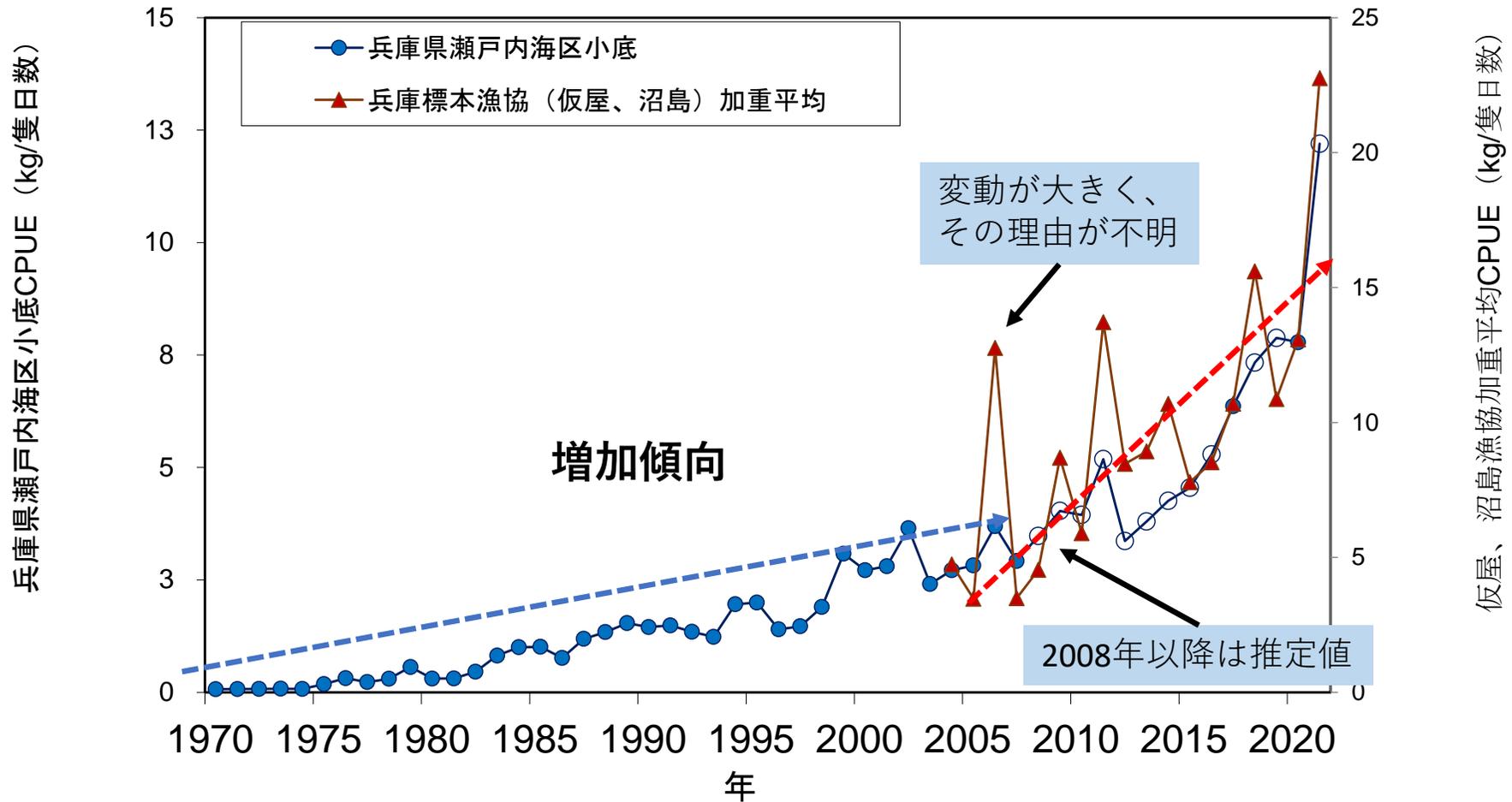
兵庫県が約半分を漁獲する。
その約半数が小型底びき網漁業による漁獲となる

漁獲努力量



兵庫縣瀬戸内海区および標本漁協の小型底びき網漁業の延べ出漁隻日数の推移(1977~2021年)

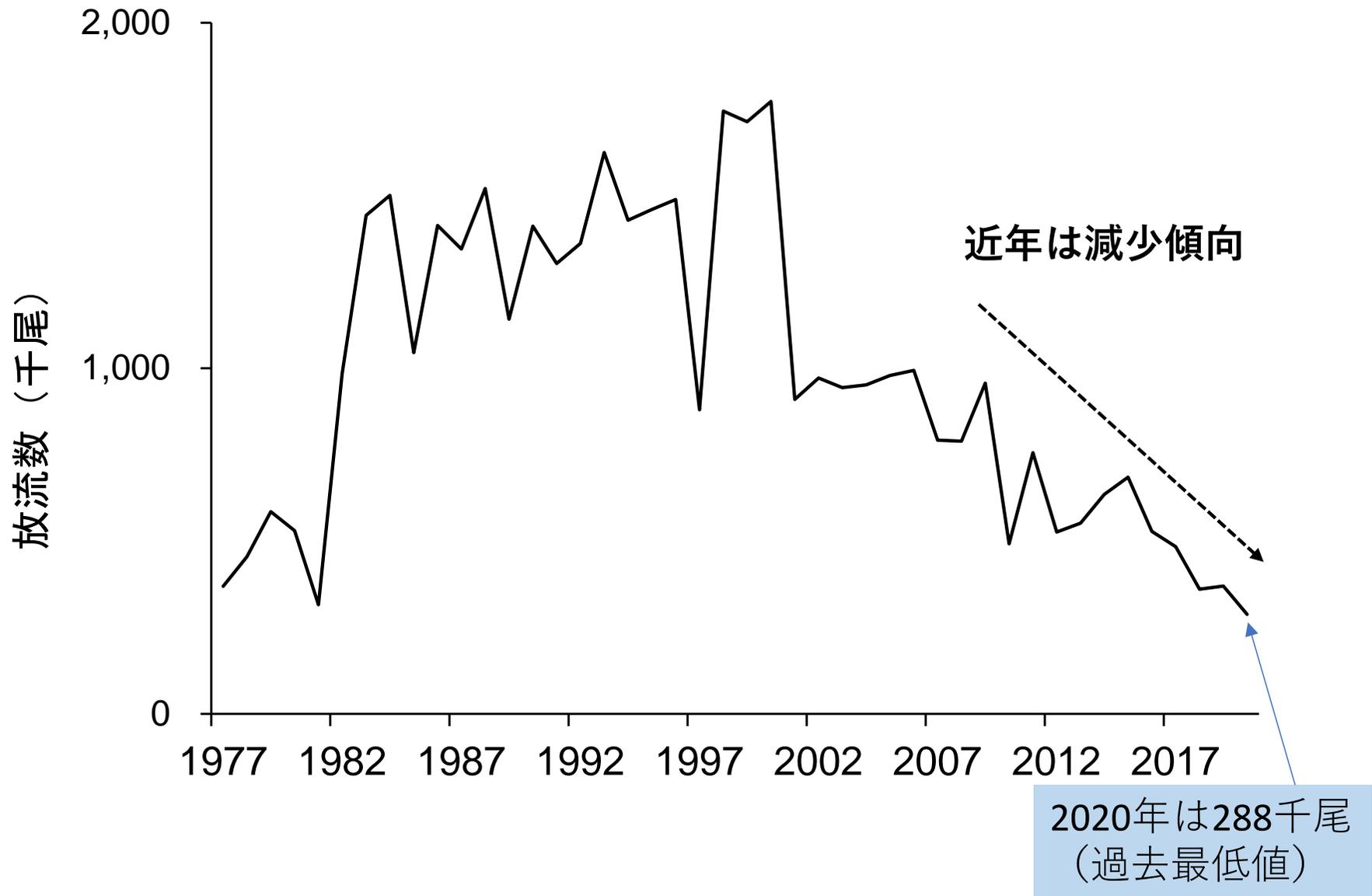
小型底びき網漁業のCPUEの推移



兵庫県瀬戸内海区および標本漁協の小型底びき網漁業のCPUEの推移

獲れ具合(資源量の指標)の推移

瀬戸内海東部におけるマダイ人工種苗の放流尾数の推移



本日の説明項目

- 分布・生態に関する情報
- 漁業、漁獲量に関する情報
- **コホート解析による資源量推定** ※ 年級群(コホート)の年齢ごとの尾数の推移を漁獲死亡(年齢別漁獲尾数)のデータを用い、それ以外の死亡(自然死亡)を仮定して数式で表して資源量を見積もる方法
- MSY推定と管理目標の設定
- 漁獲シナリオと将来予測
- その他 (事前にいただいた質問に対する回答)

年齢別漁獲尾数の算出

標本漁協の小底の銘柄別季節別漁獲物年齢組成

年齢-尾叉長の関係

↓
海域を代表する標本漁協の月別年齢組成をそれぞれの海域の標本漁協の月別漁獲量で引き延ばす
(夏季: 4~9月、秋季: 10~12月、冬季: 1~3月)

↓
尾叉長別年齢組成表
を作成

↓
大坂湾、紀伊水道北部の小底の漁獲物年齢組成

↓
海域ごとの漁獲量で重みづけして**小底の系群全体の漁獲物年齢組成**を計算
吾智網、釣り、小型定置、その他の漁法は2015年までに求めた組成データを使用

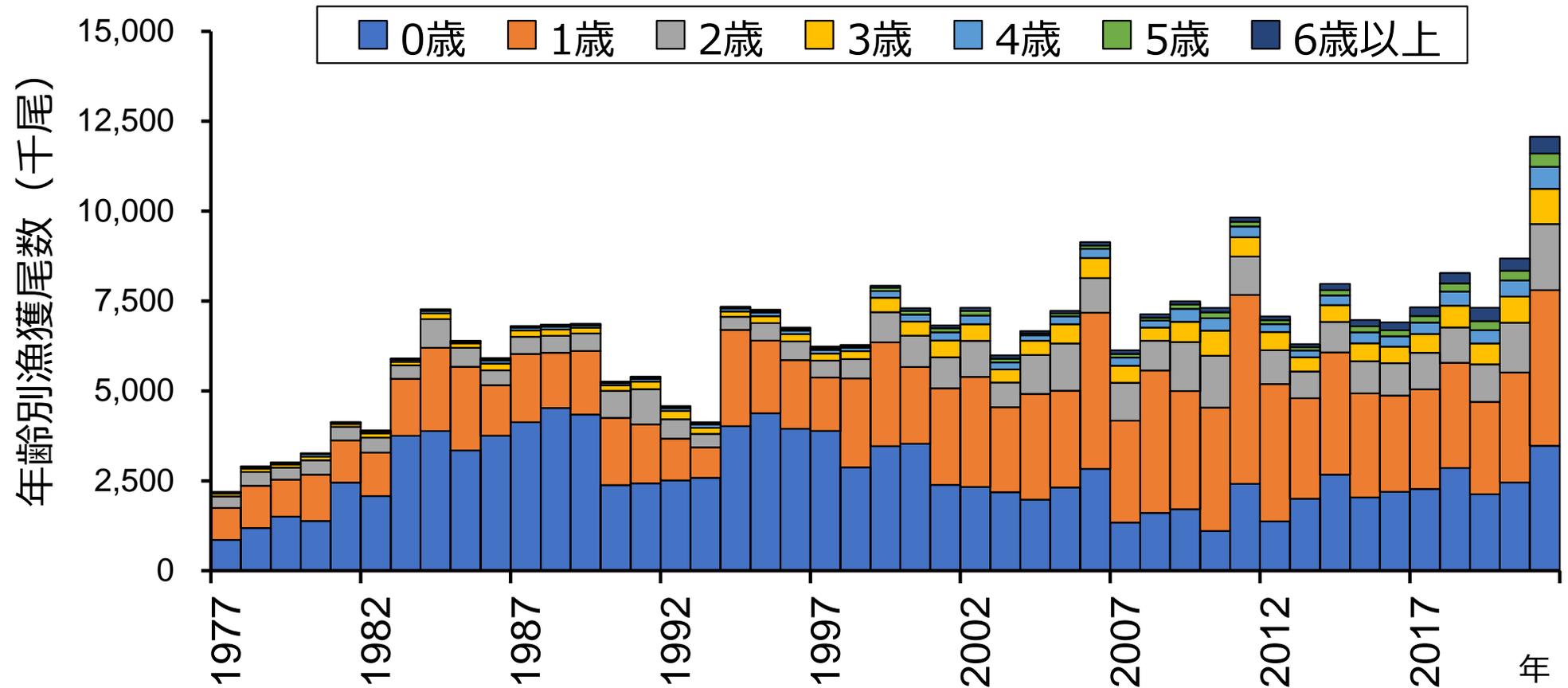
↓
その年の漁法別漁獲物年齢組成

↓
関係県毎に県別漁法別漁獲量で年齢別漁獲尾数に引き延ばす

↓
全ての関係県の年齢別漁獲尾数を合算

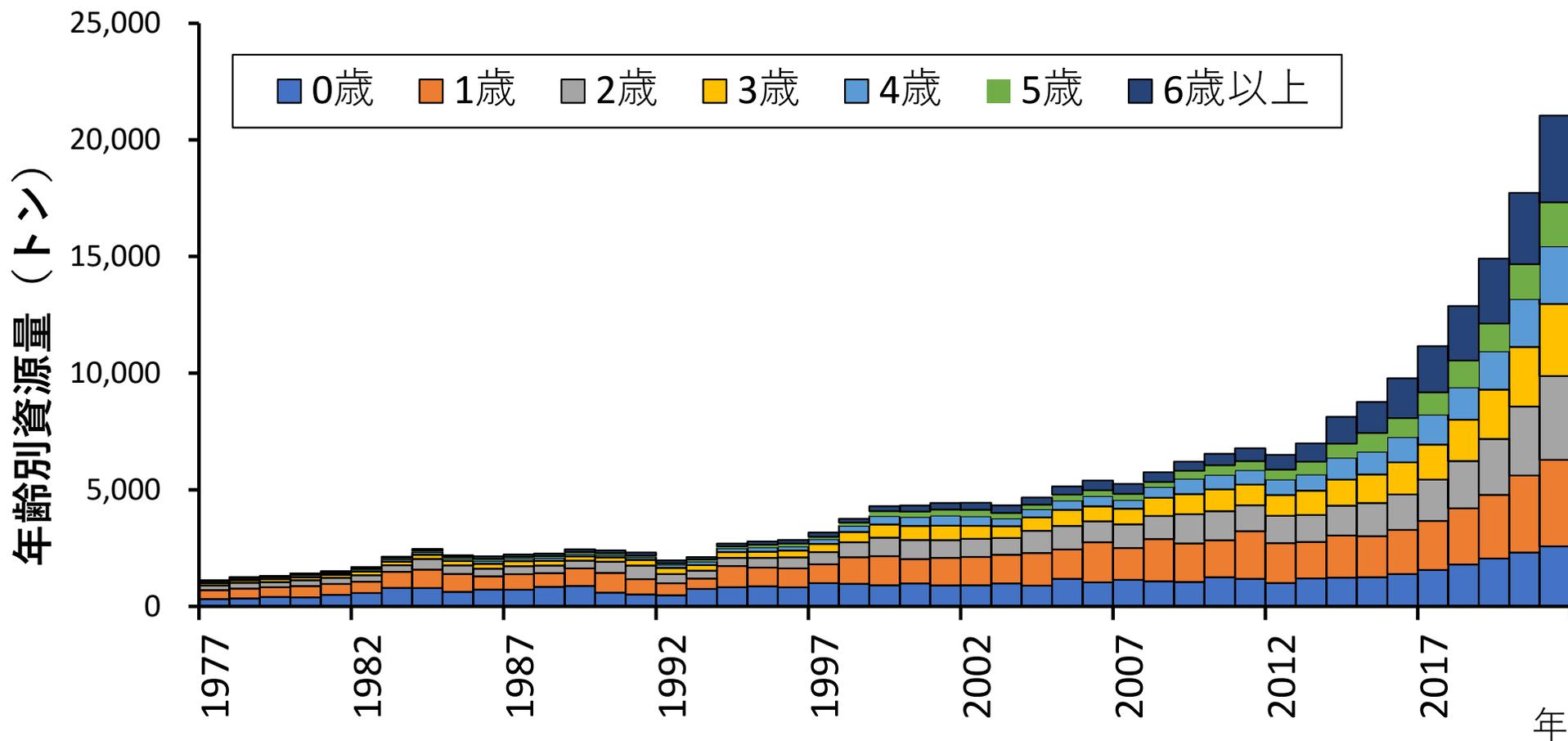
↓
その年の系群全体の年齢別漁獲尾数

年齢別漁獲尾数の推移



漁獲物の年齢構成は、1977～2004年まで、0歳と1歳が全漁獲尾数の81～95%を占めた。2005年以降は、0歳と1歳の漁獲の割合が減少し、2019～2021年は61～65%となった。

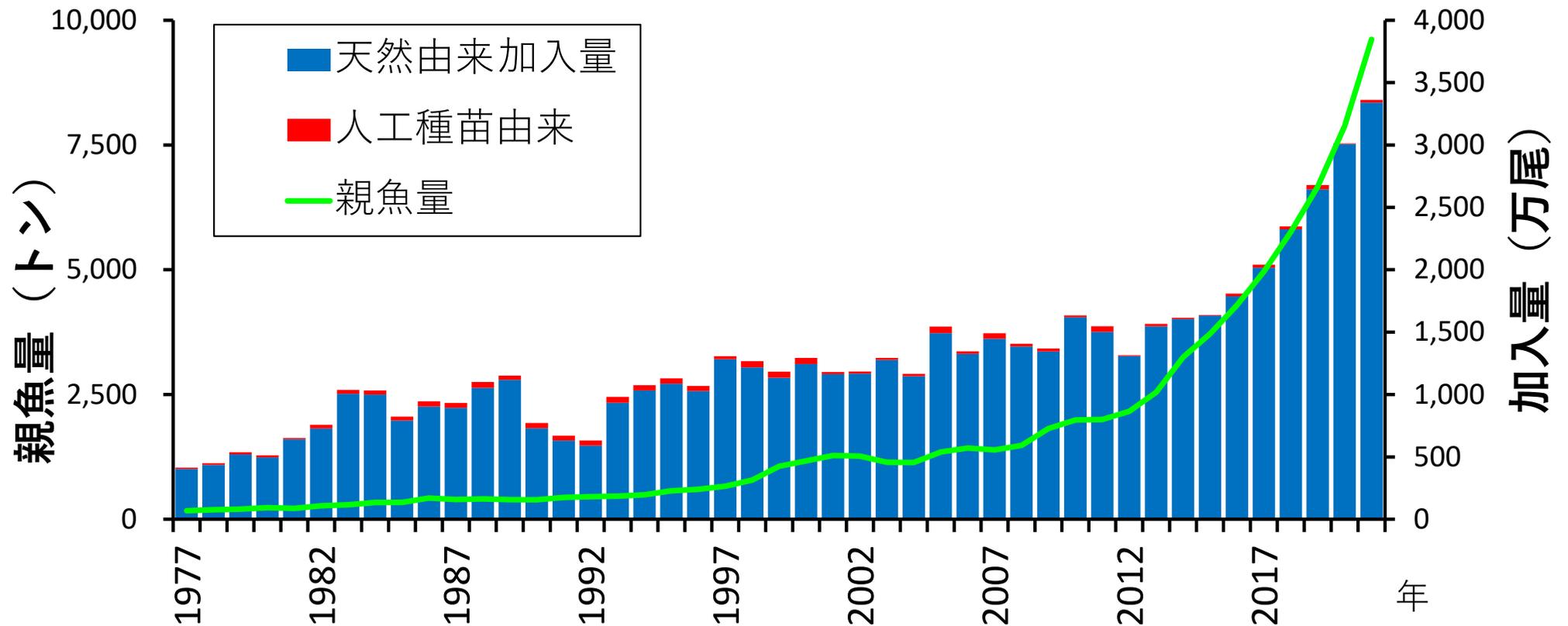
コホート解析による資源量推定①



年齢別資源量の推移

資源量は1977年以降、増加傾向で推移し、2021年に最高値の21,040トンとなった。
2021年の年齢別の資源尾数の割合は、0歳：44.4%、1歳：24.3%、2歳：13.4%、3歳：7.6%、4歳：4.4%、5歳：2.7%、6歳以上：3.2%であった。

コホート解析による資源量推定②



加入量と親魚量の推移

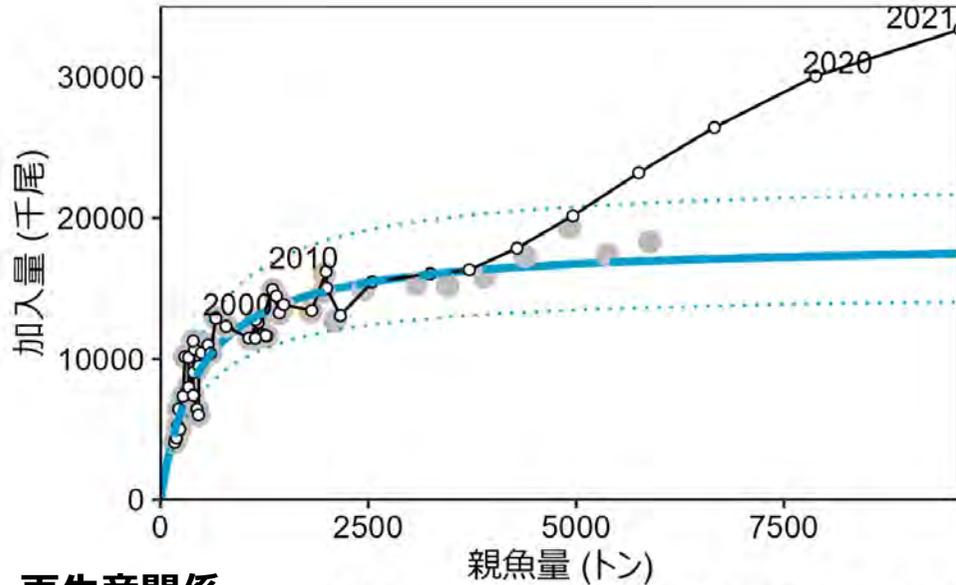
加入量（0歳魚資源尾数）は、小幅な増減を繰り返すものの、増加傾向で推移した。特に2015年からは急激に増加している。2021年は3361万尾であった。このうち最近5年間（2016～2020年）の人工種苗由来の加入量は4.5万～34.5万尾であった。

親魚量は1977年以降、増加傾向で推移し、2021年に最高値の9,620トンとなった。特に、2013年からの増加が著しく、2021年は2013年の3.8倍となった。

本日の説明項目

- 分布・生態・生物学的特性に関する情報
- 漁業、漁獲量に関する情報
- コホート解析による資源量推定
- **MSY推定と管理目標の設定**
- **漁獲シナリオと将来予測**
- その他（事前にいただいた質問に対する回答）

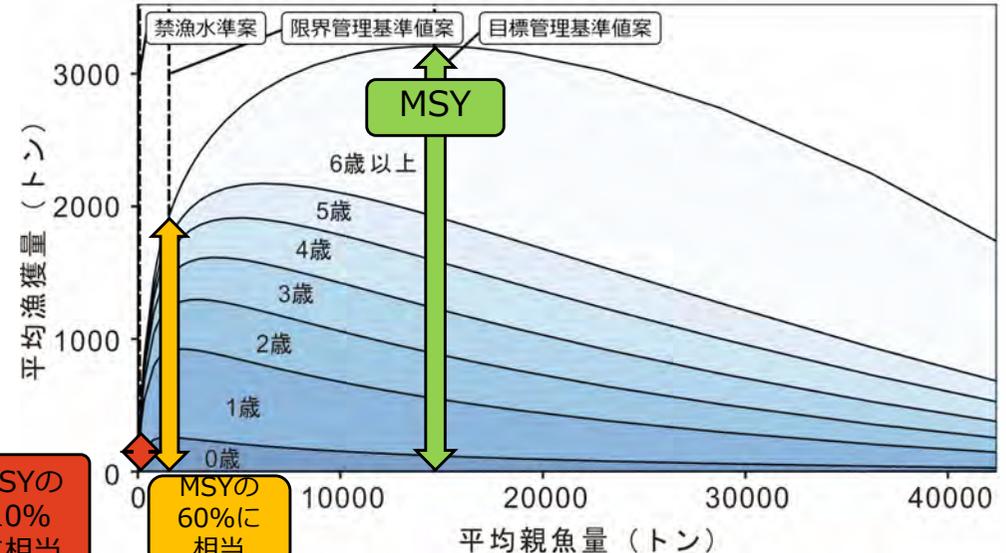
MSYと管理目標の設定①



再生産関係

関数形: BH, 自己相関: 1, 最適化法L2, AICc: -44.09

1977～2020年の親魚量と天然由来の加入量に対し、加入量の変動傾向（再生産関係から予測されるよりも良い加入（悪い加入）が一定期間続く効果）を考慮したベバートン・ホルト型再生産関係（青太線）を適用した。青点線は観察データの90%が含まれると推定される範囲である。灰色丸は推定に用いた値（1977～2020年の年齢別漁獲尾数による資源量推定値）、白抜き黒丸は1977～2021年の年齢別漁獲尾数による資源量推定値である。



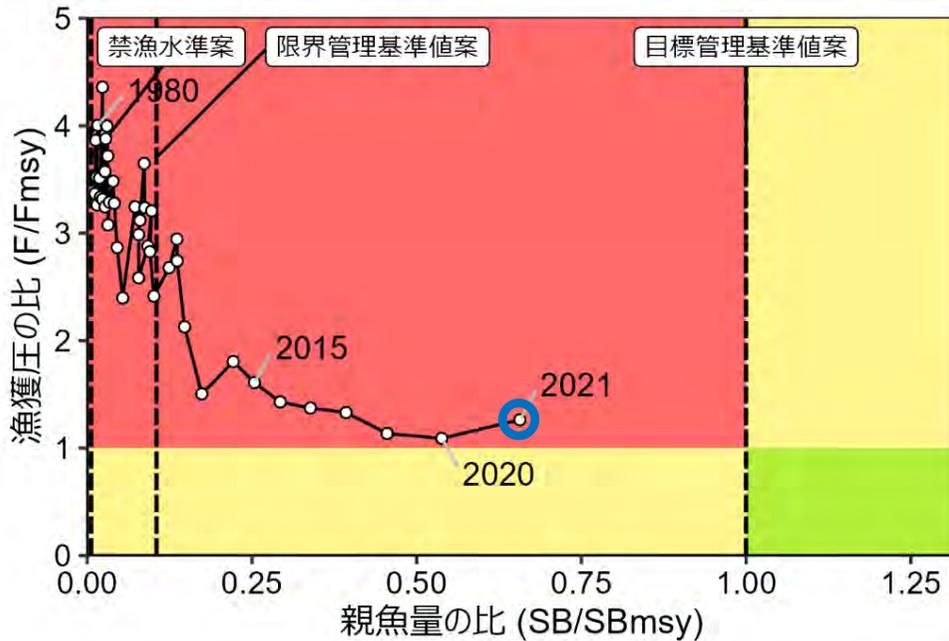
管理基準値案と禁漁水準案

最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy）は14,700トンと算定される。目標管理基準値としてはSBmsy、限界管理基準値としてはMSYの60%の漁獲量が得られる親魚量、禁漁水準としてはMSYの10%の漁獲量が得られる親魚量を提案する。

※算出された値については、100トン単位で四捨五入しています。

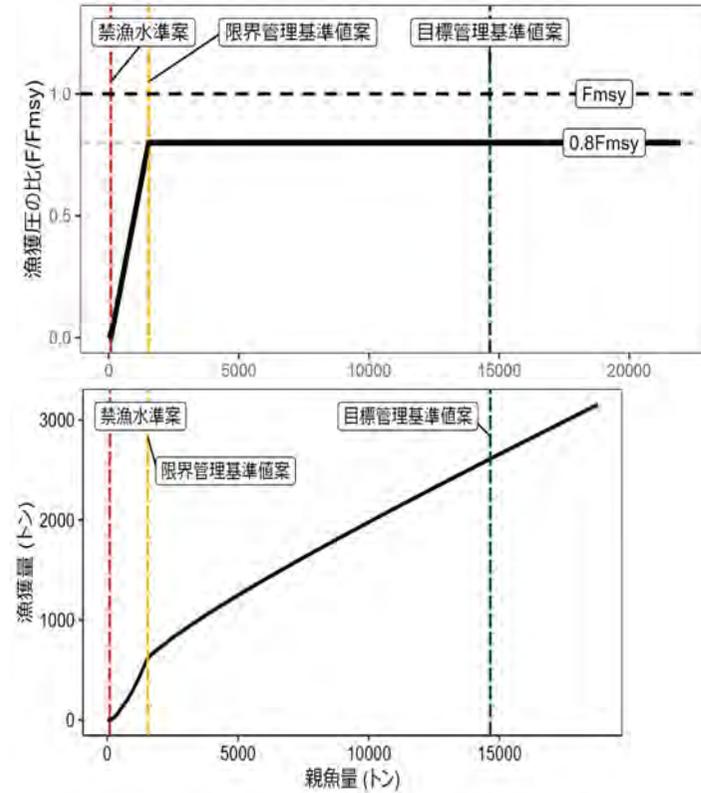
目標管理基準値案	限界管理基準値案	禁漁水準案	2021年の親魚量	MSY	2021年の漁獲量
14,700トン	1,500トン	100トン	9,600トン	3,200トン	3,822トン

MSYと管理目標の設定②



神戸プロット (神戸チャート)

漁獲圧 (F) は、1977～2021年では最大持続生産量 (MSY) を実現する漁獲圧 (Fmsy) を上回ると判断される。しかし、F値は減少傾向で推移しており、近年はFmsyに近接している。2021年の親魚量 (SB) は最大持続生産量を実現する親魚量 (SBmsy) を下回っている。

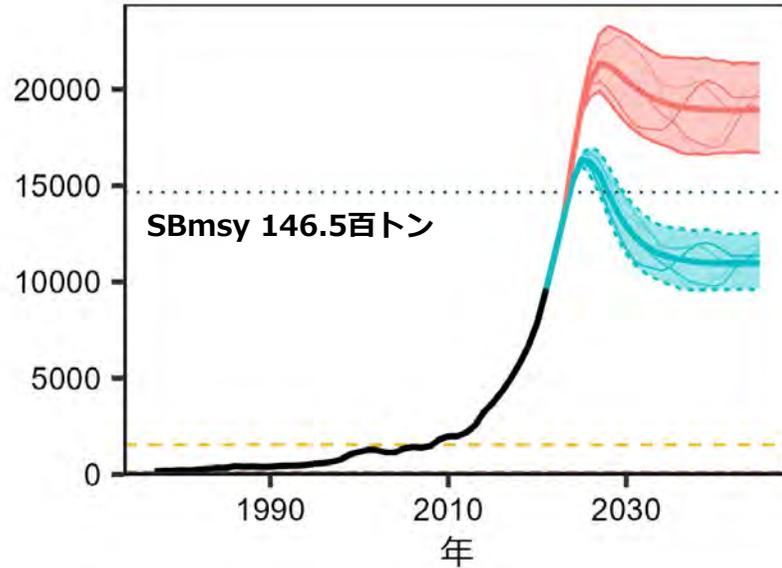


漁獲管理規則案 (上図：縦軸は漁獲圧、下図：縦軸は漁獲量)

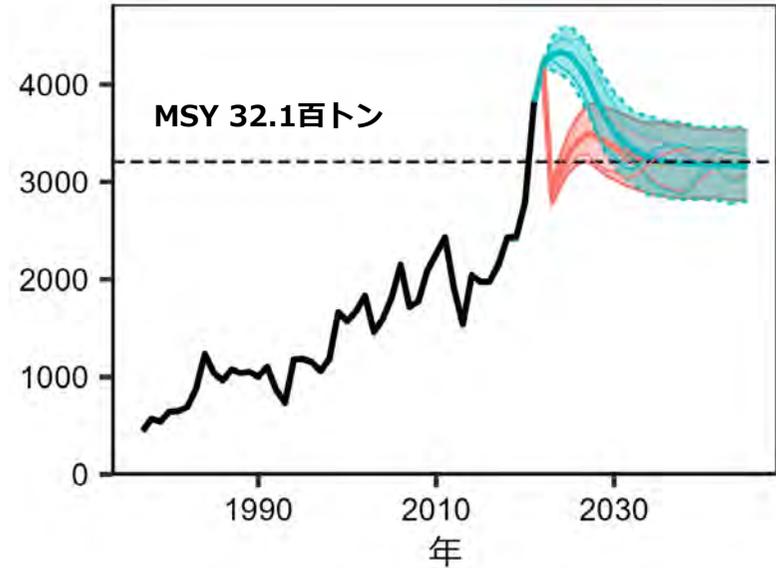
Fmsyに乗じる調整係数である β を0.8とした場合の漁獲管理規則案を黒い太線で示す。下図の漁獲量については、平均的な年齢組成の場合の漁獲量を示した。

漁獲シナリオと将来予測①

将来の親魚量 (トン)



将来の漁獲量 (トン)



漁獲管理規則案の下での親魚量と漁獲量の将来予測 (現状の漁獲圧は参考)

β を0.8、将来の加入量を再生産関係による加入のみとした場合の漁獲管理規則案に基づく将来予測結果を示す。

0.8Fmsyでの漁獲を継続した場合、平均値としては、親魚量は目標管理基準案を上回る水準で推移し、漁獲量は一旦MSY水準を超えるものの、その後はMSY水準で推移する。

■ 漁獲管理規則案に基づく将来予測 ($\beta=0.8$ の場合)

■ 現状の漁獲圧に基づく将来予測

実線は予測結果の平均値を、網掛けは予測結果 (1万回のシミュレーションを試行) の90%が含まれる範囲を示す。

----- MSY

..... 目標管理基準値案

----- 限界管理基準値案

----- 禁漁水準案

漁獲シナリオと将来予測②

表1. 将来の平均親魚量 (百トン)

β	2033年に親魚量が目標管理基準値案 (147百トン) を上回る確率													
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	
1.0	96	115	134	160	178	185	186	180	173	166	161	157	154	73%
0.9	96	115	134	162	185	195	199	195	190	184	180	176	174	99%
0.8	96	115	134	165	191	206	213	212	209	205	201	198	195	100%
0.7	96	115	134	168	198	217	229	231	230	227	224	222	220	100%
現状の漁獲圧	96	115	134	153	163	162	156	146	136	129	123	119	116	0%

表2. 将来の平均漁獲量 (百トン)

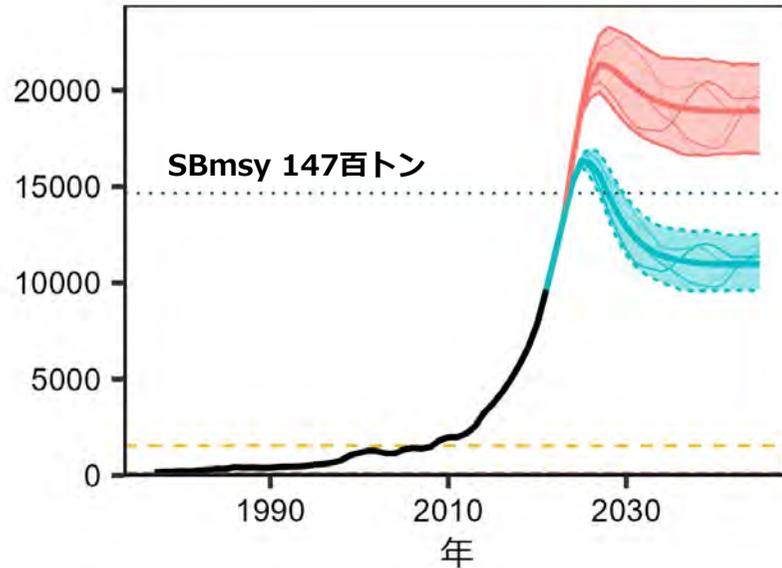
β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
1.0	38	42	35	37	38	38	38	37	36	35	34	34	33
0.9	38	42	32	34	36	36	37	36	35	34	34	33	33
0.8	38	42	29	31	33	34	35	35	34	34	33	33	32
0.7	38	42	25	28	30	32	33	33	33	32	32	32	32
現状の漁獲圧	38	42	43	43	43	42	41	38	37	35	34	33	33

漁獲管理規則案に基づく将来予測において、将来の加入量を再生産関係による加入のみとし、 β を0.7~1.0の範囲で変更した場合と現状の漁獲圧 (管理基準値案の算出と同じ条件下で、令和4年度資源評価における $F_{current}$ の漁獲圧に対応する%SPR を与える F 値： $\beta=1.25$) の場合の平均親魚量と平均漁獲量の推移を示す。2022年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧により仮定し、2023年から漁獲管理規則案に基づく漁獲を開始する。 $\beta=0.8$ とした場合、2023年の平均漁獲量は2,900トン、2033年に親魚量が目標管理基準値案を上回る確率は100%と予測される。

※ 表の値は今後の資源評価により更新される。

漁獲シナリオと将来予測③

将来の親魚量 (トン)



将来の漁獲量 (トン)

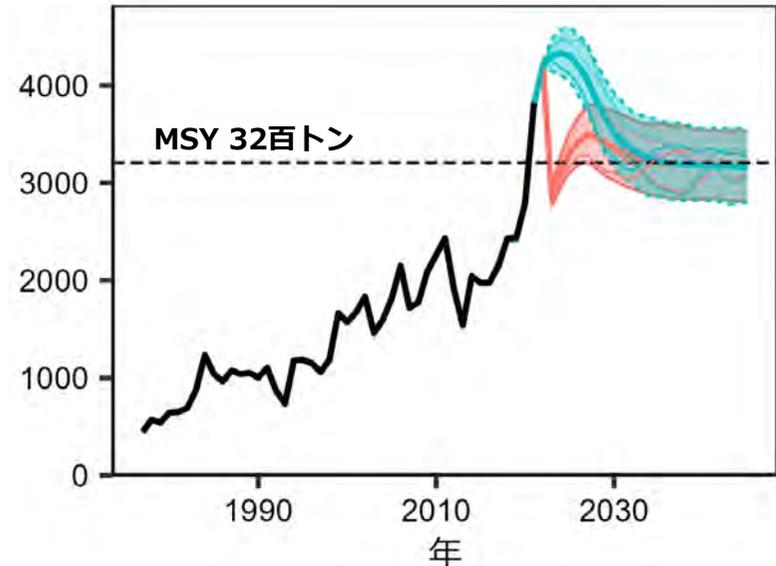


図11 種苗放流を想定した場合の漁獲管理規則案の下での親魚量と漁獲量の将来予測（現状の漁獲圧は参考）

β を0.8とし、人工種苗由来の加入を加算した場合の将来予測結果を示す。人工種苗由来の加入尾数は2017～2021年の平均値（21.9万尾）とした。

0.8Fmsyでの漁獲を継続した場合、平均値としては、親魚量は目標管理基準案を上回る水準で推移し、漁獲量は一旦MSY水準を超えるものの、その後はMSY水準で推移する。

- 漁獲管理規則案に基づく将来予測 ($\beta=0.8$ の場合)
- 現状の漁獲圧に基づく将来予測

実線は予測結果の平均値を、網掛けは予測結果（1万回のシミュレーションを試行）の90%が含まれる範囲を示す。

- MSY
- 目標管理基準値案
- 限界管理基準値案
- 禁漁水準案

漁獲シナリオと将来予測④

表3. 種苗放流を想定した場合の将来の平均親魚量（百トン）

β	2033年に親魚量が目標管理基準値案（147百トン）を上回る確率													
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	
1.0	96	115	134	160	178	185	186	180	173	167	161	158	155	74%
0.9	96	115	134	162	185	195	199	195	190	185	180	177	174	99%
0.8	96	115	134	165	191	206	213	212	209	205	201	198	195	100%
0.7	96	115	134	168	198	217	229	231	230	227	225	222	220	100%
現状の漁獲圧	96	115	134	153	163	162	156	146	136	129	123	119	116	0%

表4. 種苗放流を想定した場合の将来の平均漁獲量（百トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
1.0	38	42	35	37	38	38	38	37	36	35	34	34	33
0.9	38	42	32	34	36	37	37	36	35	35	34	33	33
0.8	38	42	29	31	33	34	35	35	34	34	33	33	33
0.7	38	42	25	28	30	32	33	33	33	32	32	32	32
現状の漁獲圧	38	42	43	43	43	42	41	38	37	35	34	33	33

漁獲管理規則案に基づく将来予測において、人工種苗由来の加入を想定し、 β を0.7～1.0の範囲で変更した場合と現状の漁獲圧（管理基準値案の算出と同じ条件下で、令和4年度資源評価における $F_{current}$ の漁獲圧に対応する%SPRを与える F 値： $\beta=1.25$ ）の場合の平均親魚量と平均漁獲量の推移を示す。2022年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧により仮定し、2023年から漁獲管理規則案に基づく漁獲を開始する。 $\beta=0.8$ とした場合、2023年の平均漁獲量は2,900トン、2033年に親魚量が目標管理基準値案を上回る確率は100%と予測される。人工種苗由来の加入尾数は2017～2021年の平均値（21.9万尾）とした。

※ 表の値は今後の資源評価により更新される。

漁獲シナリオと将来予測⑤

表5. 放流シナリオごとの将来予測結果

		2033年に親魚量が目標管理基準値案（147百トン）を上回る確率					
将来の加入の想定	β	予測平均親魚量（百トン）		予測平均漁獲量（百トン）			
		5年後 (2028年)	10年後 (2033年)	管理開始年 (2023年)	5年後 (2028年)	10年後 (2033年)	
再生産関係による 加入のみ	1	180	154	35	37	33	73%
	0.9	195	174	32	36	33	99%
	0.8	212	195	29	35	32	100%
	0.7	231	220	25	33	32	100%
	現状の漁獲圧	146	116	43	38	33	0%
種苗放流を考慮 (人工種苗由来加 入尾数21.9万尾)	1	180	155	35	37	33	74%
	0.9	195	174	32	36	33	99%
	0.8	212	195	29	35	33	100%
	0.7	231	220	25	33	32	100%
	現状の漁獲圧	146	116	43	39	33	0%

漁獲管理規則案に基づく将来予測において、放流シナリオごとの概要について β を0.7～1.0の範囲で変更した場合と現状の漁獲圧（管理基準値案の算出と同じ条件下で、令和4年度資源評価における $F_{current}$ の漁獲圧に対応する%SPRを与える F 値： $\beta = 1.25$ ）の場合の平均親魚量と平均漁獲量を示す。2022年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧により仮定し、2023年から漁獲管理規則案に基づく漁獲を開始する。 $\beta = 0.8$ とした場合、2033年に親魚量が目標管理基準値案を上回る確率は、再生産関係による加入のみの場合は100%、放流を想定し人工種苗由来の加入尾数を2017～2021年の平均値（21.9万尾）と仮定した場合は100%と予測される。表の値は今後の資源評価により更新される。

本日の説明項目

- 分布・生態・生物学的特性に関する情報
- 漁業、漁獲量に関する情報
- コホート解析による資源量推定
- MSY推定と管理目標の設定
- 漁獲シナリオと将来予測
- その他（資源評価に関する検討への回答）

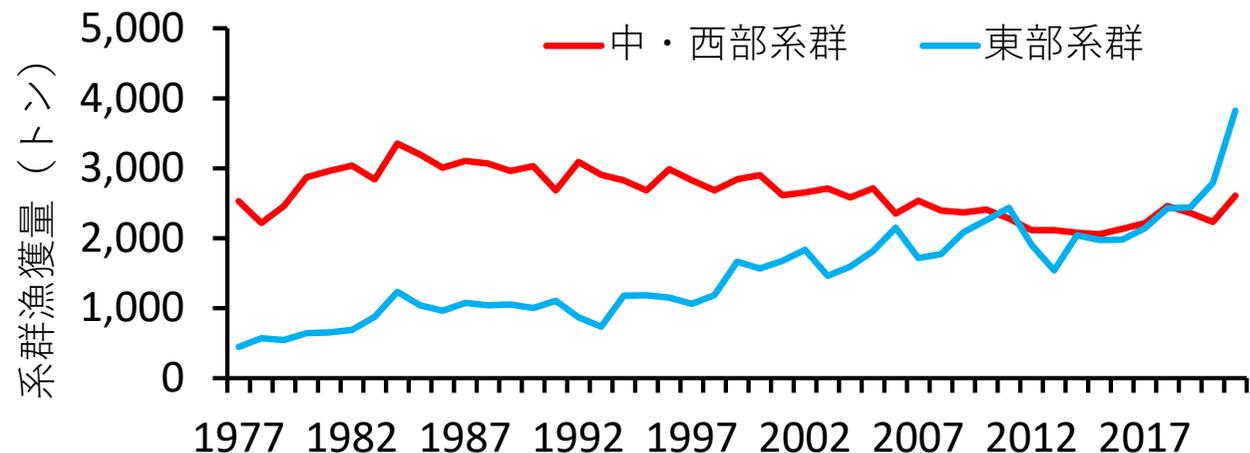
質問に対する回答①

瀬戸内海中・西部系群（SCW）と瀬戸内海東部系群（SE）とで資源状況に違いが生じている要因

再生産曲線（親子関係）は、SCW系群ではリッカー型が、SE系群ではベバートン・フォルト型がそれぞれ採用され、資源状況が異なります。

系群漁獲量の推移を比べると、SCW系群では1977年以降ほぼ横ばいで推移していますが、SE系群では1970～1990年代にかけて低い状態（不漁）で推移し、その後、増加傾向にあり、資源量の増加によるものと推定されています。

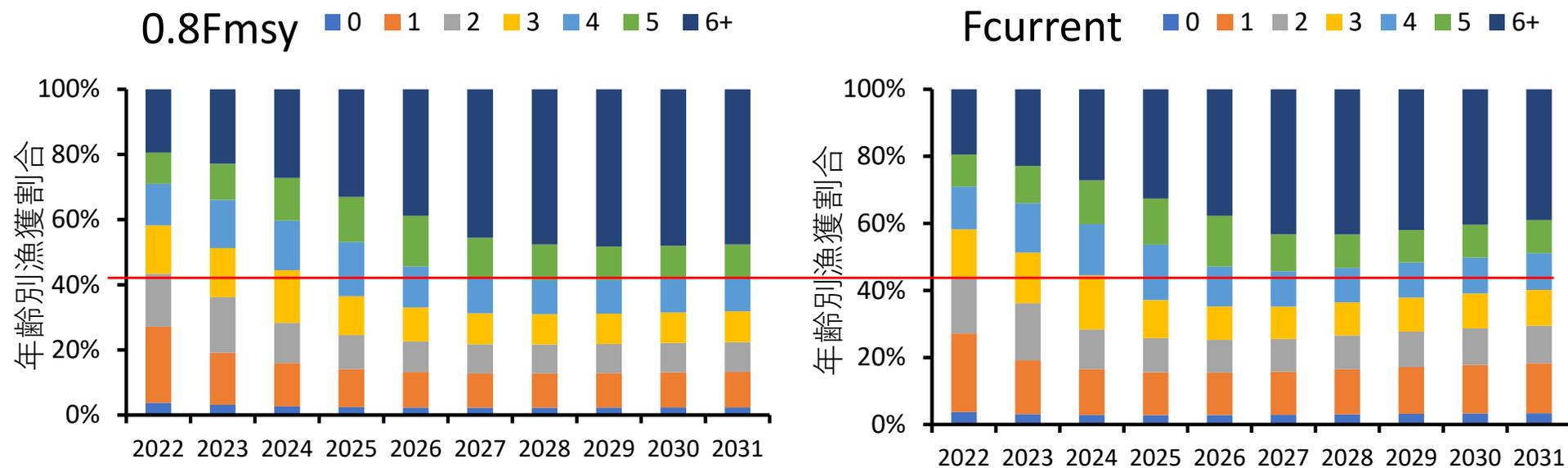
この不漁の原因は、瀬戸内海東部は中・西部に比べて大都市や工業地帯に近いことから、1960～1970年代にかけての都市化や産業発展に伴う海洋汚染、1970～1980年代にかけての沿岸地帯の埋め立てや1960～1990年代に起きた海砂採取、くわえて、1963年、1984年の異常低温現象などが複合して影響したと考えられています。



質問に対する回答②

将来的に得られる漁獲量が同数であっても漁獲圧の大きさにより漁獲物の年齢組成が異なる事例

例として0.8FmsyとFcurrentのときの2022年から10年間の漁獲物年齢組成を図示しました。



Fcurrent（右）と比較すると、0.8Fmsy（左）では2024年から0-1歳魚の漁獲割合が減少しはじめます。以降、順に高齢に向かって漁獲割合が減少していき、2029年に4歳まで減少します。2031年時点を比較すると、0歳が3割減、6歳以上が2割増しとなります。

赤線は2031年時の0.8Fmsyの5歳以上の漁獲割合の位置を示す



これまでの経緯

旧1系の資源評価 ～2016年（評価年、データは2015年までとなる、以下同じ）

2016年 系群全体に引き延ばす小型底びき網漁業の年齢別漁獲割合のデータが取れなくなった → CAA（年齢別漁獲尾数）が算出不能

代替となるデータが無く、2017年から緊急退避的に旧2系評価に切り替えた

旧2系による資源評価 2017～2021年

兵庫県瀬戸内海区の小底全体と2標本漁協のCPUEを**資源量指標値**として利用

並行して、2つの水揚港で**銘柄別精密測定調査**を行った（2019-2022年に実施）

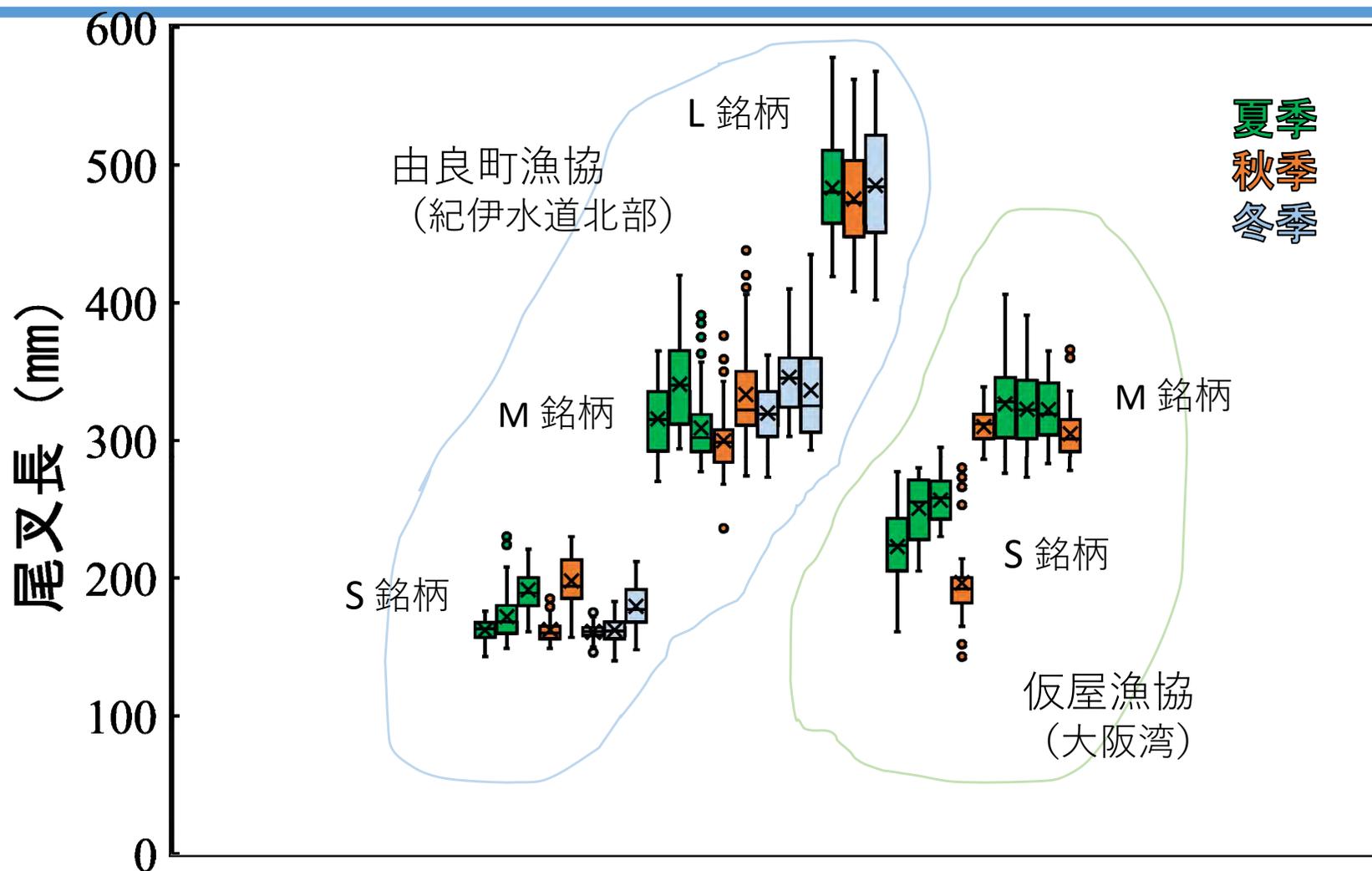
銘柄別月別漁獲量を銘柄別年齢組成で引き延ばして小型底びき網漁業の年齢別漁獲割合を計算 → CAA（年齢別漁獲尾数）を算出



旧1系の資源評価に復帰 2022年（遡って2021年も再計算）

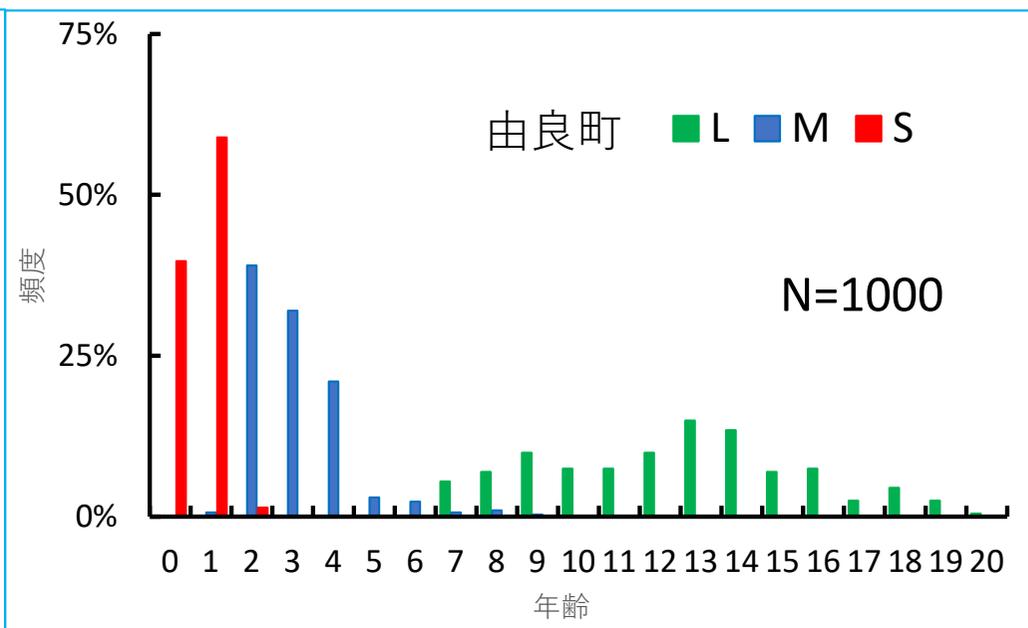
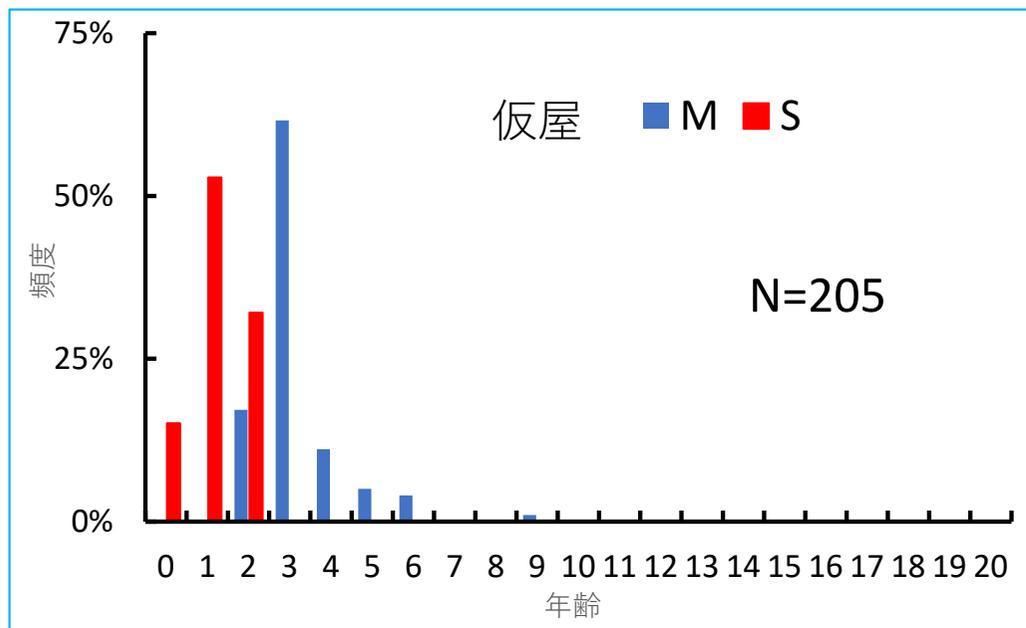
新1系の資源評価に移行 2023年（予定）

銘柄別精密測定調査結果 (尾叉長組成)



銘柄はサイズが規定されている訳ではなく、慣習的に分けられる

銘柄別精密測定調査結果（年齢組成）



耳石の表面法による年齢査定

仮屋では、水揚げされるS銘柄の尾叉長のばらつきが由良町のそれよりも大きいため、年齢分布がずれた