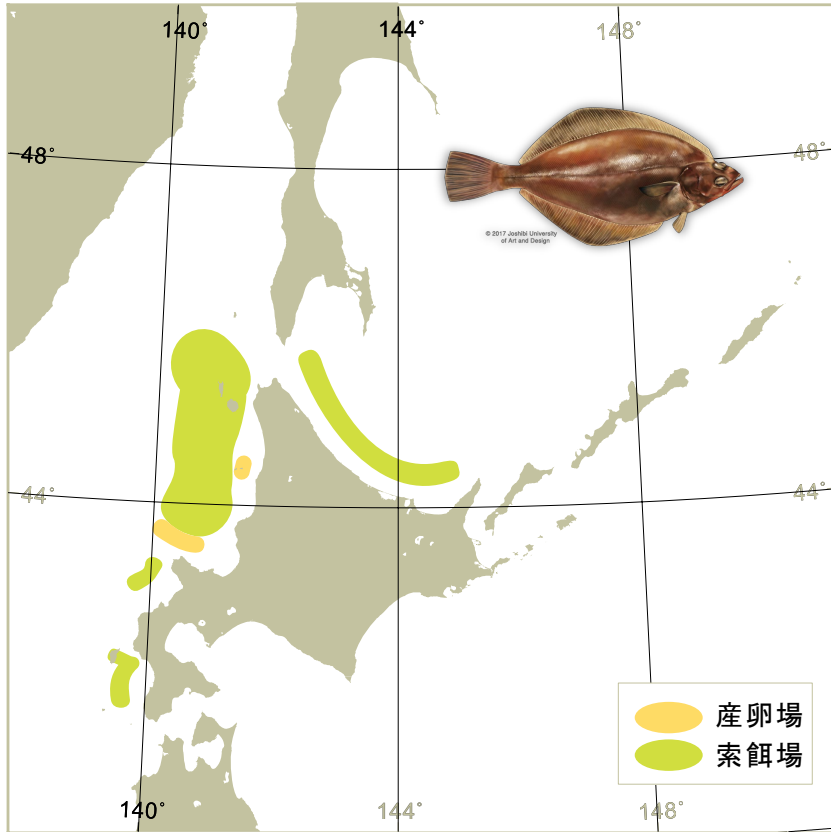


北海道資源評価説明会 ソウハチ北海道北部系群

国立研究開発法人 水産研究・教育機構

本日の説明対象資源

評価対象のソウハチ資源



※ 本日説明対象となる資源

- 生息海域で評価単位を2区分
- 産卵場は分布域に局在

□ 北海道北部系群

日本海とオホーツク海の北海道沿岸

□ 日本海南西部系群

兵庫県～山口県

北海道水産資源管理協議会委託事業の資源評価書

□ 道南太平洋

襟裳岬から噴火湾および恵山岬

新漁業法に対応した資源評価の改善

【これまで】

- ・ 漁獲量
- ・ 資源量指標値 (CPUE)

- ・ 資源水準・動向判断

※ ABC算定

旧ルール
(ABC算定規則 2-1)

【今回】

- ・ 漁獲量
- ・ 標準化CPUE
- ・ コホート解析 (引用)

- ・ 余剰生産モデルでの資源解析
- ・ 資源量推定
- ・ 最大持続生産量MSYの推定

※ 漁獲シナリオの検討材料

改正漁業法に対応した
“1系ルール”の適用を提案

資源評価で使用したデータ

基データ

沿岸漁業漁獲量
(北海道水産現勢)

沖合底びき網漁業
(沖底) 漁獲成績報告書

引用情報

コホート解析の資源量推定値

参考情報

生物学的知見

【資源解析 (資源評価結果)】

- ・ 漁獲量
- ・ 標準化CPUE
- ・ コホート解析 (引用)

余剰生産モデルでの資源解析

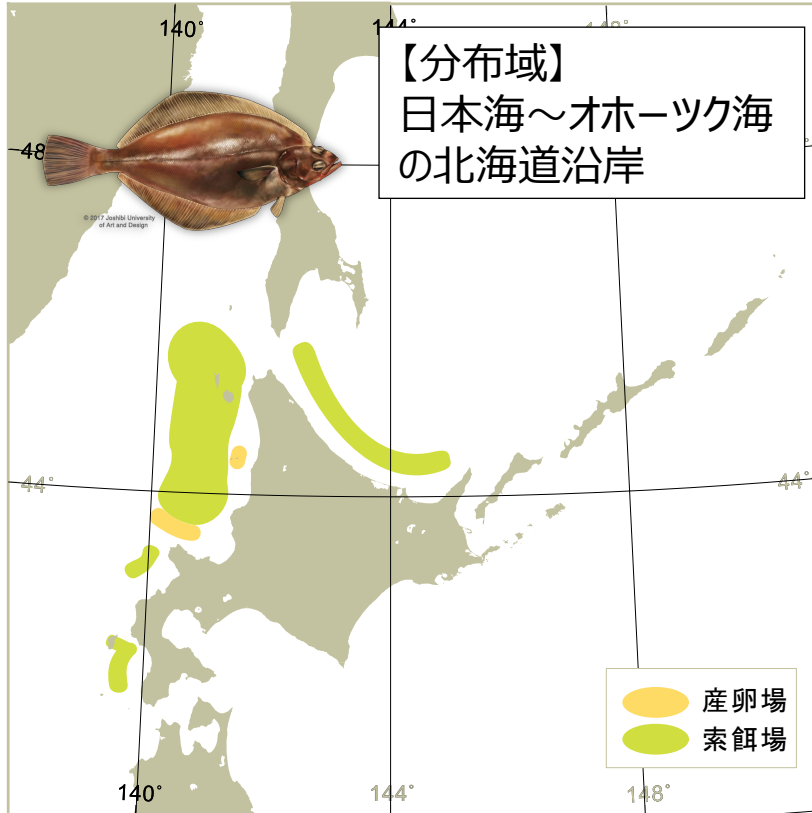
- ・ 資源量推定
- ・ 最大持続生産量MSYの推定

【研究機関会議からの提案】

改正漁業法に対応した
“1系ルール”の適用を提案

令和4年度ソウ八チ北海道北部系群 資源評価結果

分布域と生物学的特性



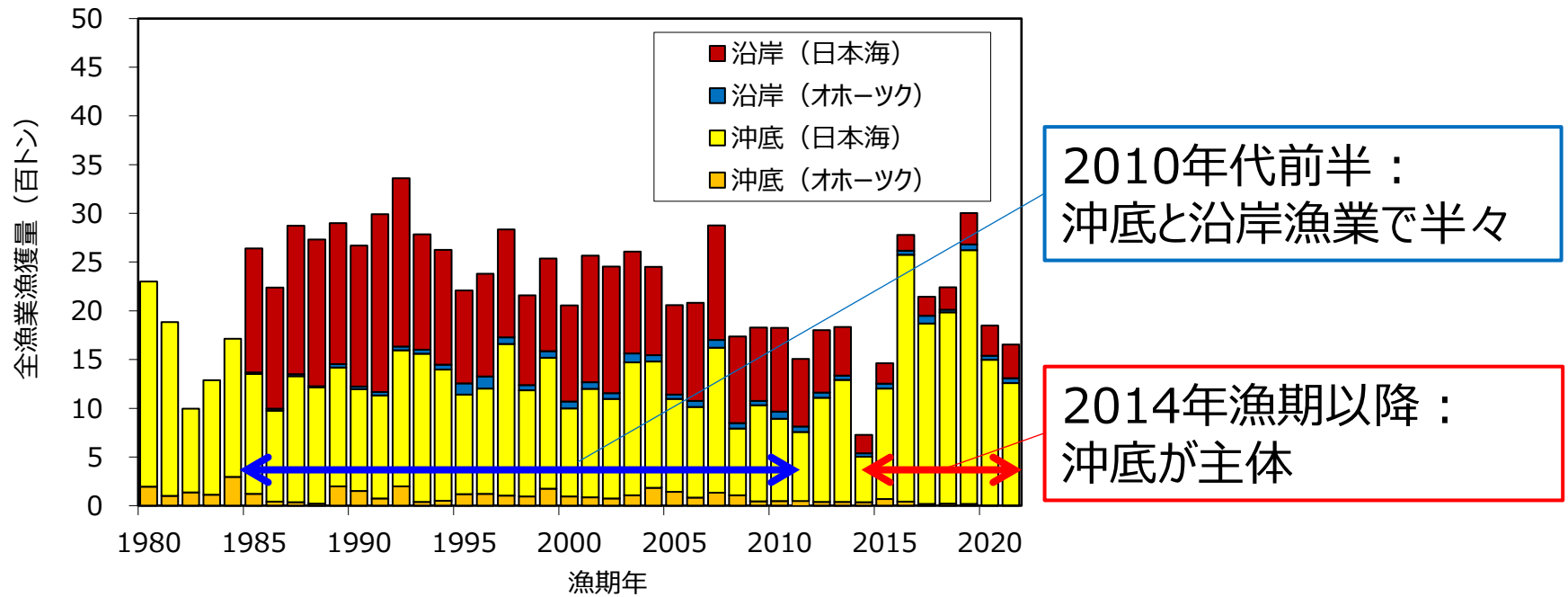
生物学的特性

- 回遊：卵・仔魚期にオホーツク海に輸送され産卵のために日本海に回遊する群れと日本海に留まる群れがある
- 寿命：7歳以上
- 50%成熟：雌3歳22cm、雄2歳17cm
- 産卵期：5～9月（中心は7月）
- 産卵場：積丹半島沖、増毛・留萌沖の水深50～80m
- 食性：小型魚類、オキアミ、クモヒトデ、多毛類、イカ、エビ、二枚貝
- 捕食者：海獣類

● 雌は雄よりも大きい（カレイ・ヒラメの仲間に多い特徴）

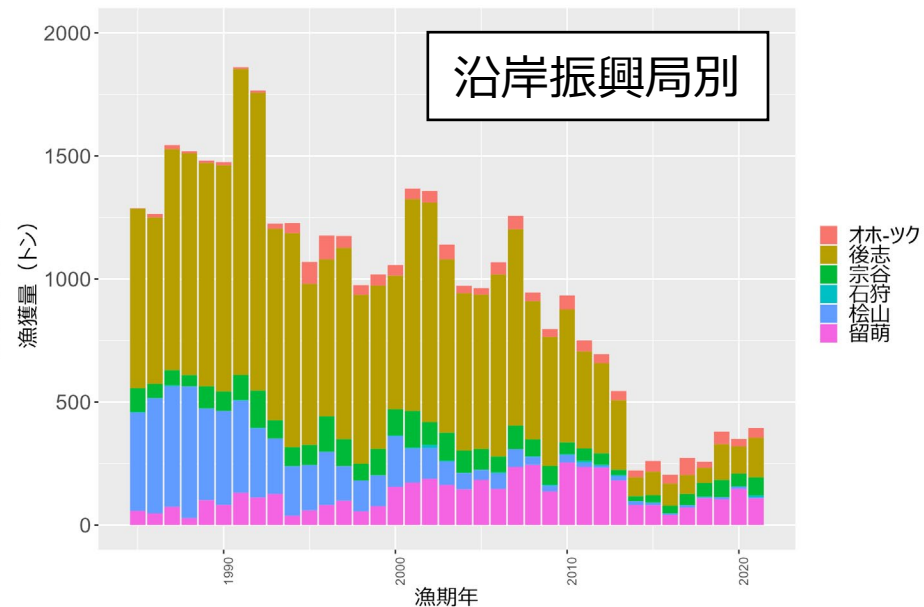
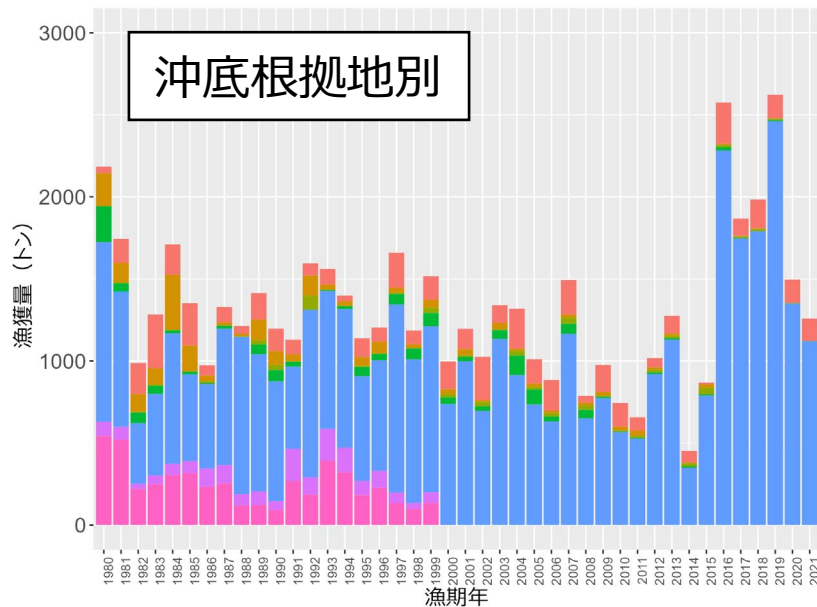
—雌は性成熟が遅く高齢まで成長が続いて大型化する

漁獲量の年推移



- 漁期年（8月～翌年7月）で集計
- 主に日本海の沖合底びき網漁業と刺網などの沿岸漁業で漁獲
- 2014年漁期にかけて減少し、その後は2018年漁期まで増加

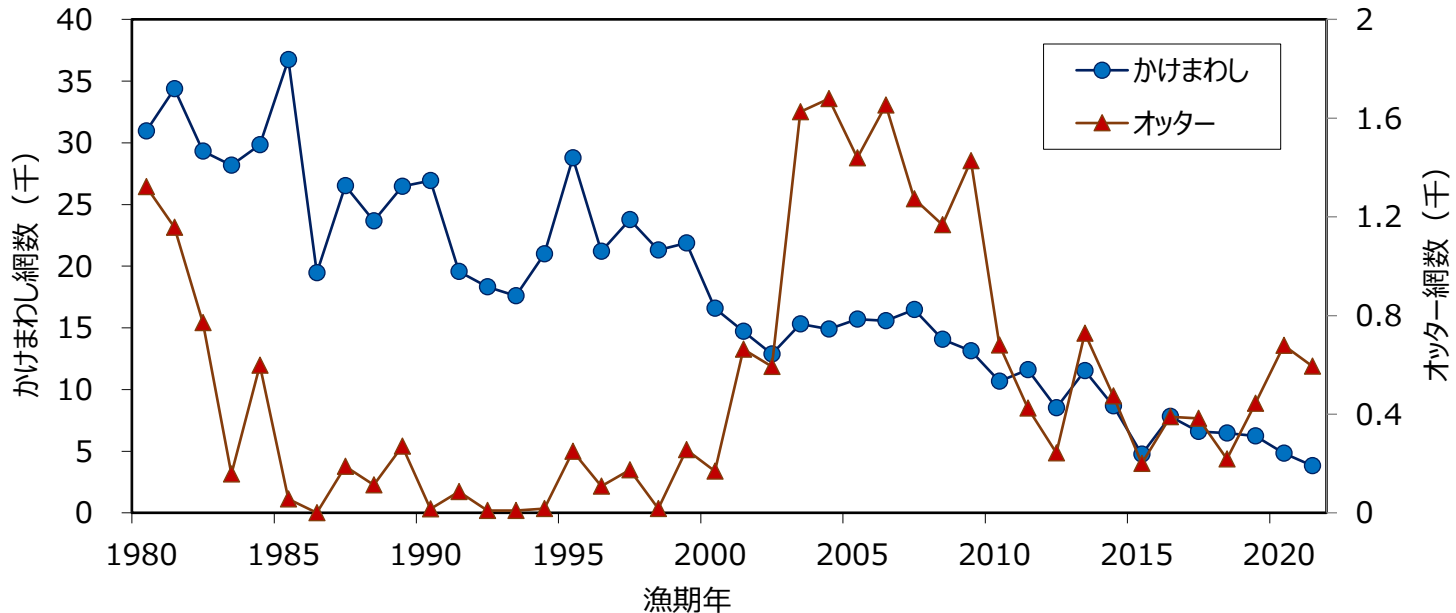
漁業別地域別の漁獲量



- 沖底の漁獲量は2016、2019年漁期に急増
- 沖底では小樽根拠船の漁獲量が多い
- 沿岸の漁獲量は2014年漁期以降大きく減少
- 沿岸では後志と檜山（～2000年）、留萌（2000年～）の漁獲量が多い

沖底の漁獲努力量の年推移

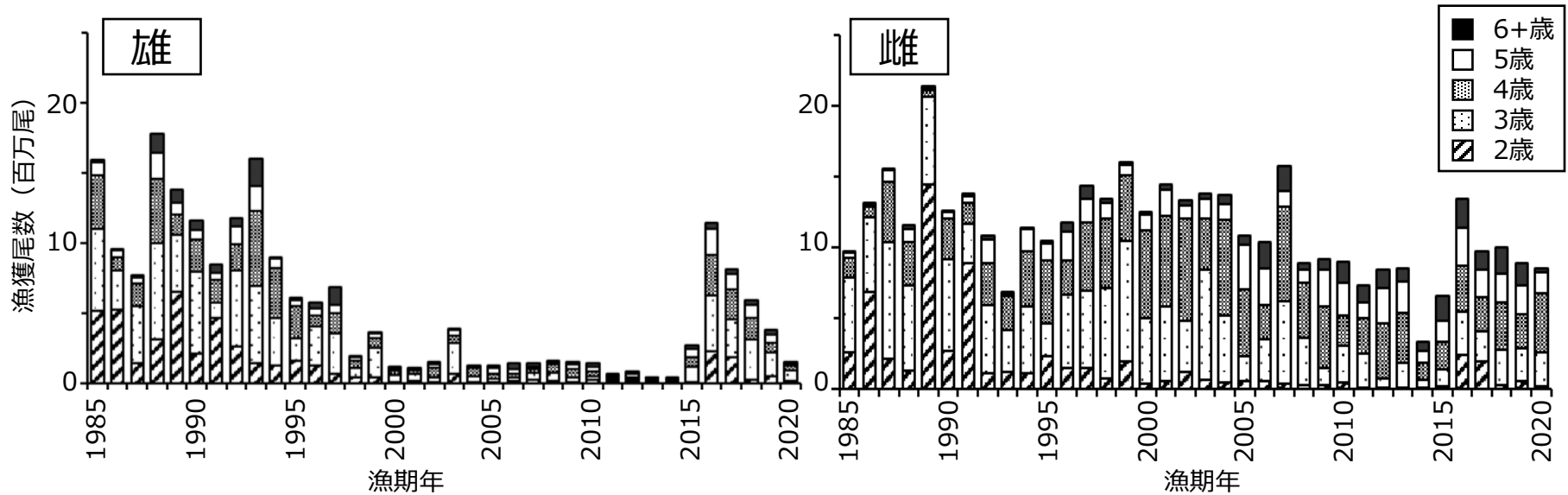
有漁網数：漁獲成績報告書にソウハチの漁獲が記録されている網数



- 漁獲の主体のかけまわしで努力量の減少が継続
- オッターの努力量は増減するがソウハチの漁獲に占める割合は低い

雌雄別年齢別漁獲尾数

北海道水産資源管理協議会委託事業
の評価書より



- 2歳から漁獲対象として加入
- 雌は1990年代に漁獲の中心が2～3歳から3～4歳に移行
- 1990年代から小型魚を避けた漁獲に移行（自主管理の成果）
- 雄は2000年代～2010年代中盤まで漁獲が避けられた

単位努力量あたり漁獲量 (CPUE)

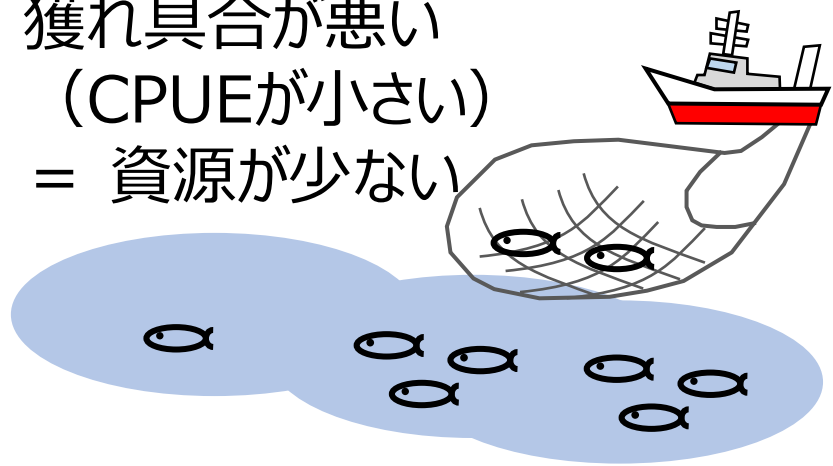
[CPUEデータの解析]

- 獲れ方の増減が資源量の変化を反映していると仮定
- 対象資源に関係する操業データの抽出
- 操業の仕方に関わる獲れ方の違いや、季節・海域ごとの獲れ方の違いの影響を取り除く (標準化)

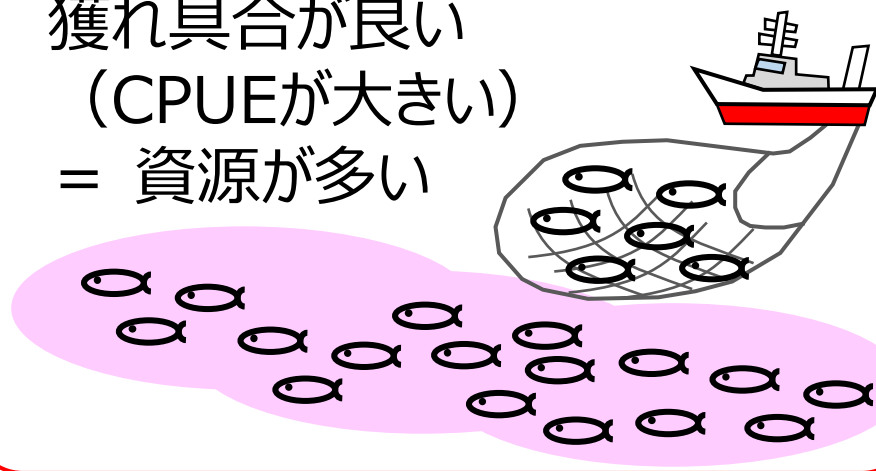


資源量そのものの
変化の年推移を推定

獲れ具合が悪い
(CPUEが小さい)
= 資源が少ない

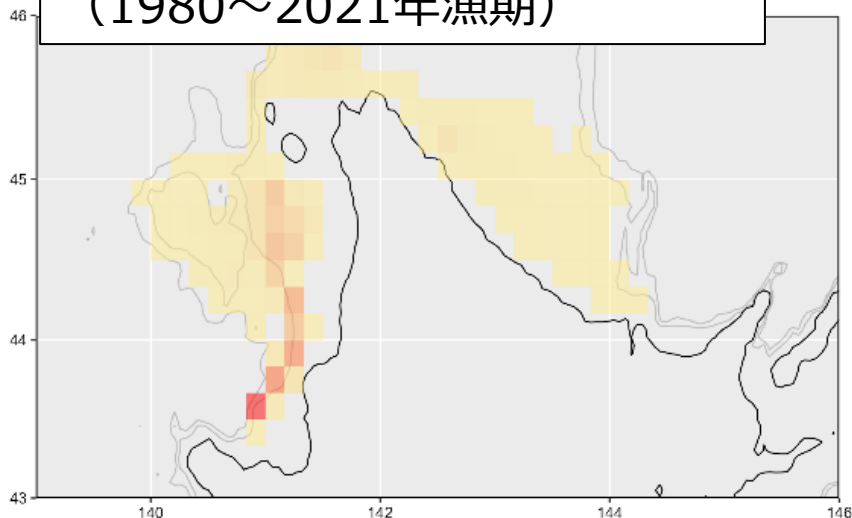


獲れ具合が良い
(CPUEが大きい)
= 資源が多い

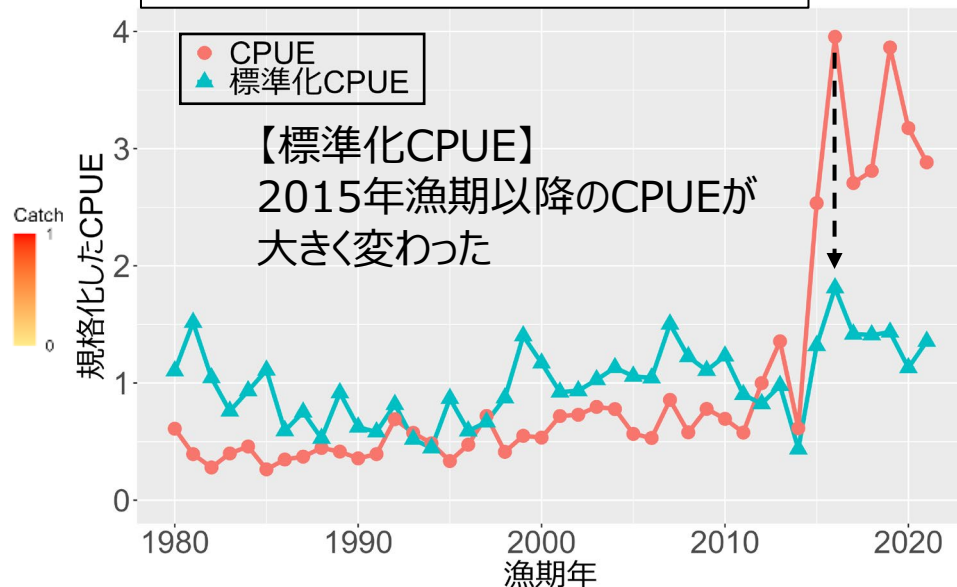


沖底（かけまわし操業）の標準化CPUE

月別データに基づく漁獲量
(1980～2021年漁期)



ソウハチの標準化CPUE

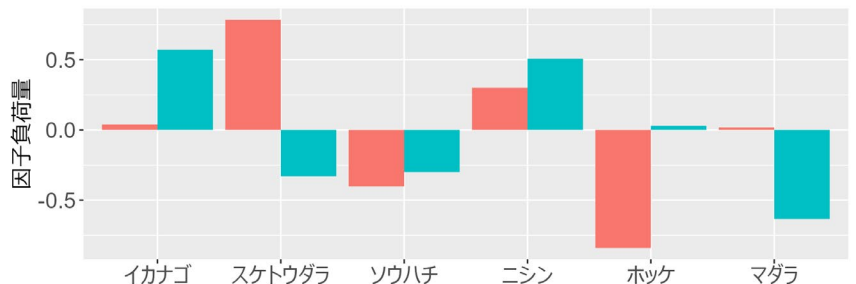


- 水深340m以浅、稚内・枝幸・小樽根拠船の情報を抽出
- ソウハチのほかスケトウダラ・マダラ・ホッケ・ニシン・イカナゴの漁獲割合を主成分分析でモデル化して漁獲物組成の影響を考慮 (DPC)
- 季節や操業位置、根拠地、漁船の大きさ、気候変動がCPUEに与える影響を取り除き、ソウハチの無漁獲操業も考慮 (一般化加法モデル)

ソウハチ割合の多寡による漁獲物組成の違い

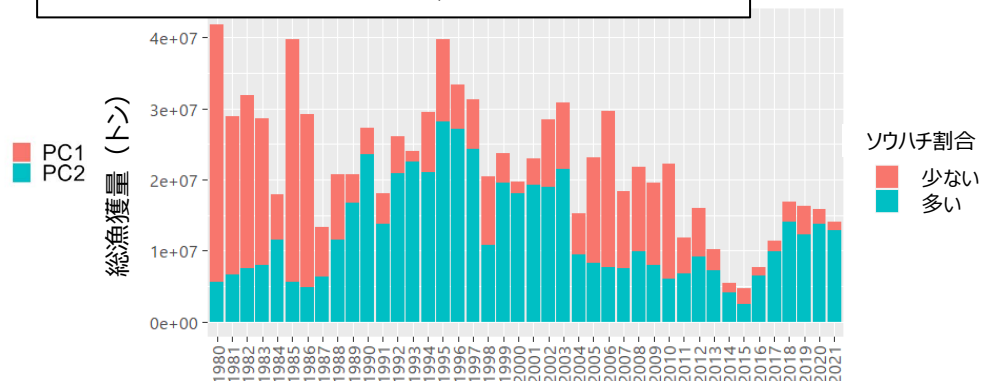
(2022年度資源評価会議の時に頂いた質問)

漁獲物組成の分析結果

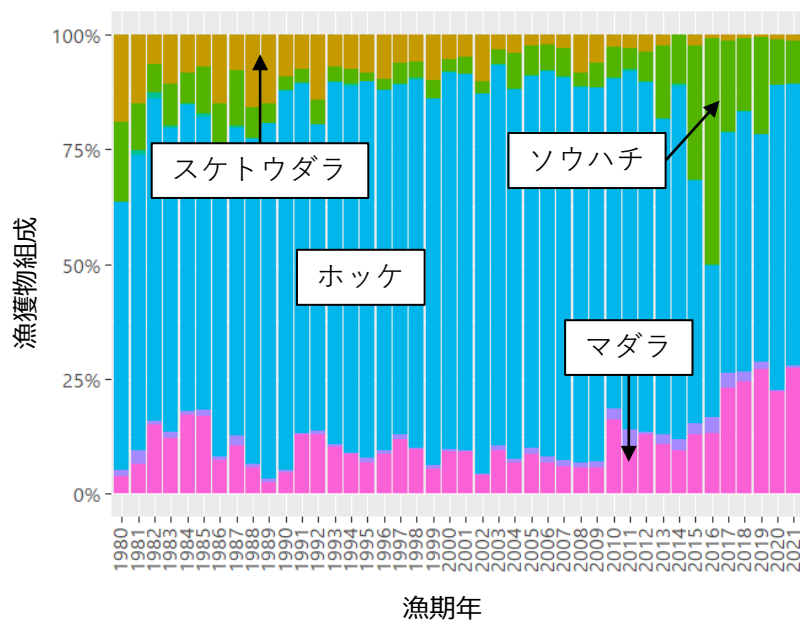


※PC1、PC2共に負の記録をソウハチ割合が多い操業と定義

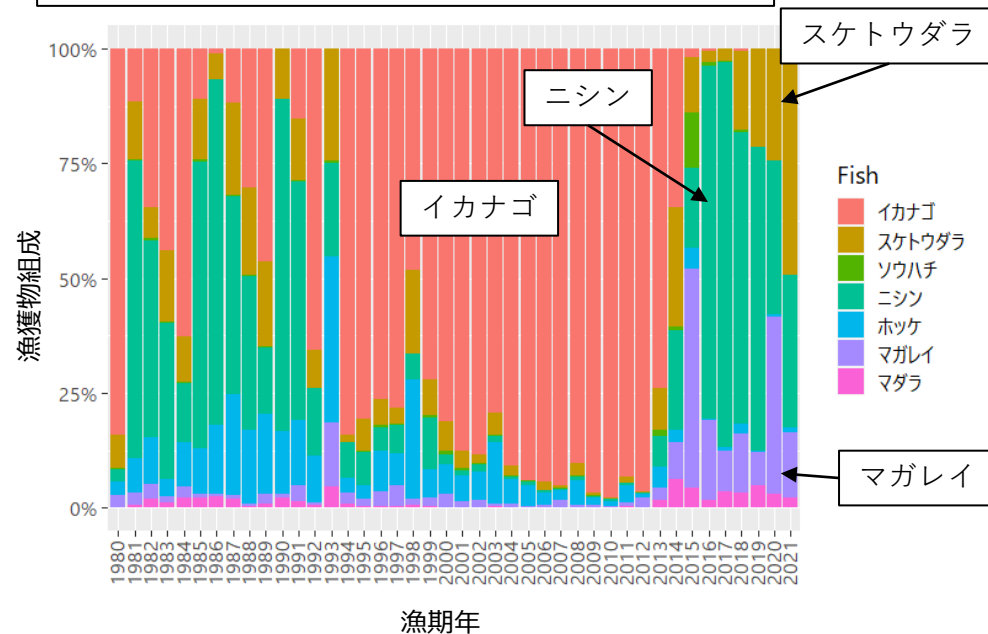
ソウハチ割合別の全魚種総漁獲量



ソウハチが多い操業の漁獲物組成

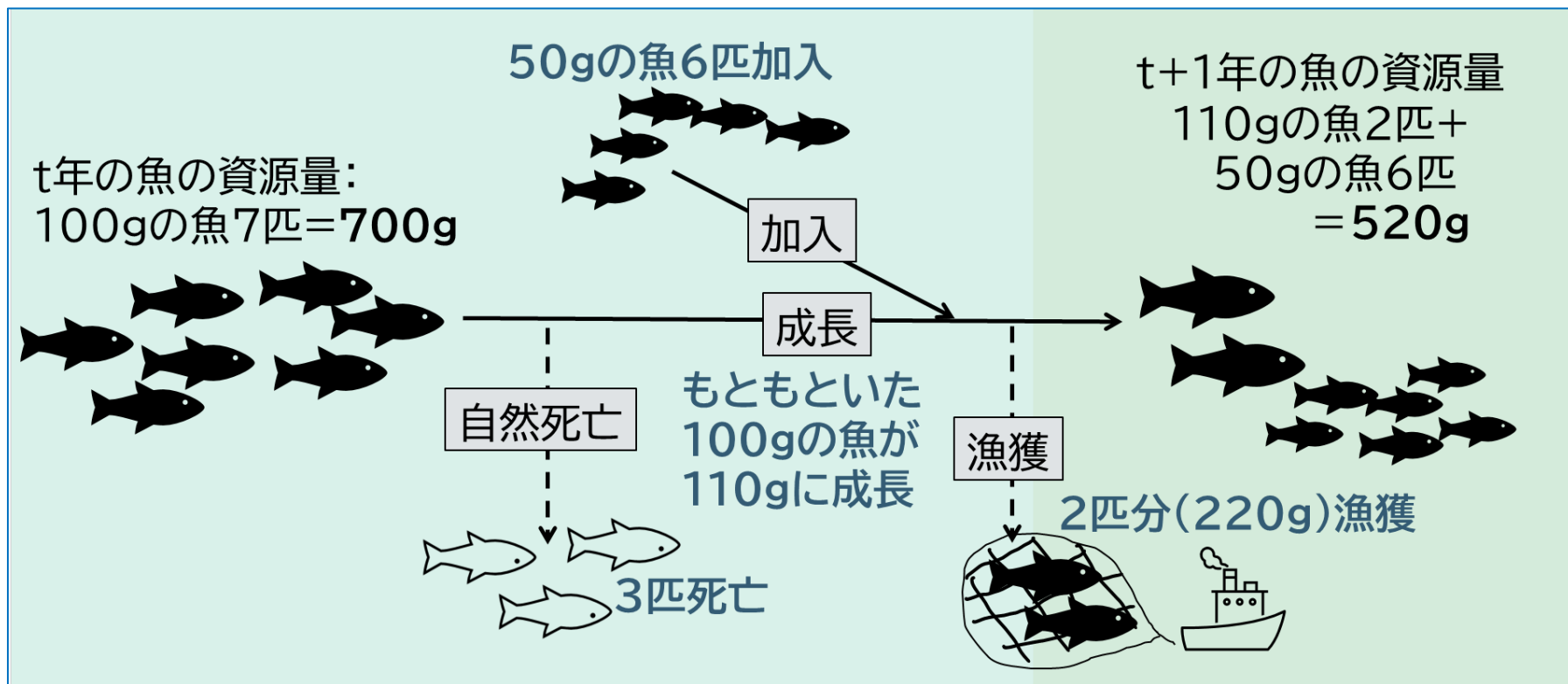


ソウハチが少ない操業の漁獲物組成



余剰生産モデルを用いた資源解析

- 漁獲量やCPUEの推移の背景にある「資源量」の年変化を推定

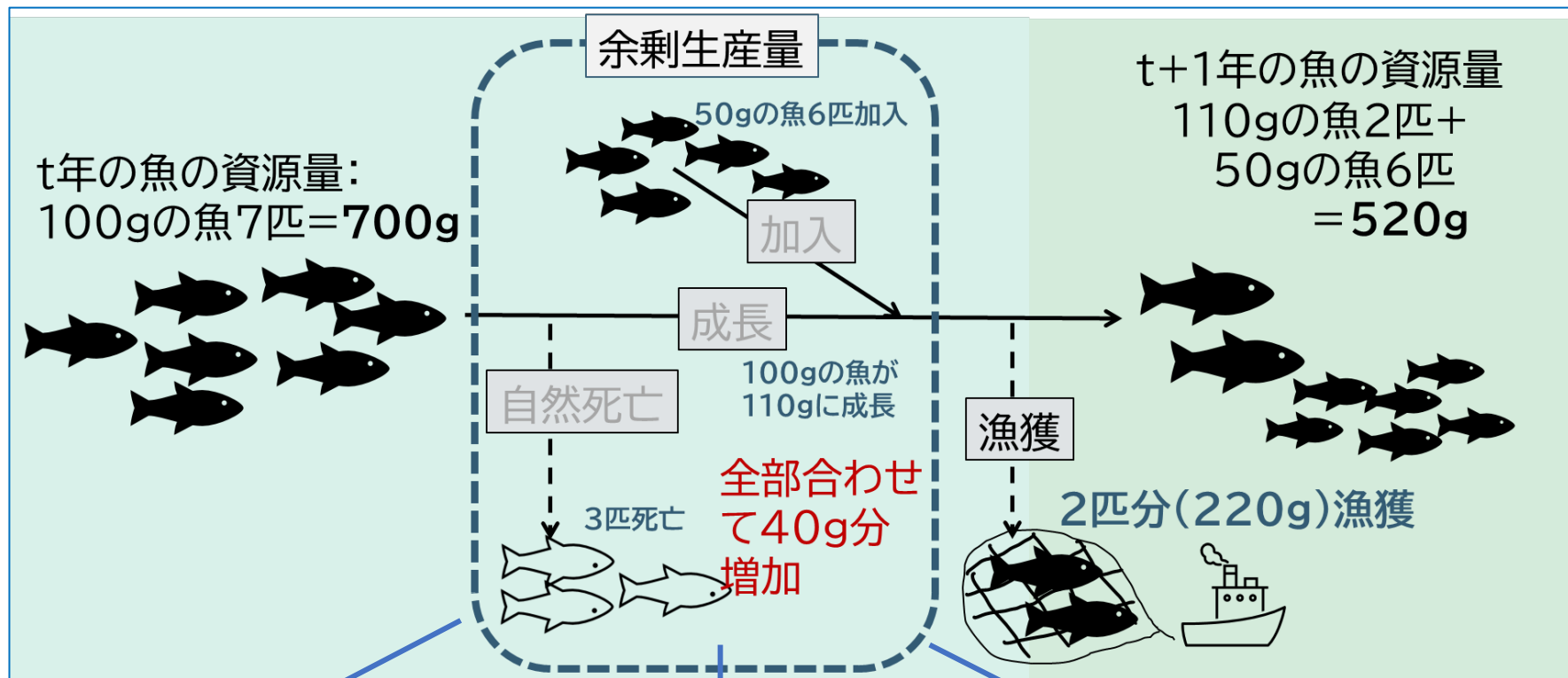


(資源評価高度化作業部会資料から抜粋)

年齢を用いず自然死亡、成長、加入を合わせて「**余剰生産量**」として扱う

余剰生産モデルを用いた資源解析

- 自然死亡・成長・加入を合わせて「余剰生産量」として扱う



密度が小さすぎる場合

1匹あたりの生残や成長は良いが、もともとの数が少ない

➔ 余剰生産少ない

密度がちょうどよい場合

もともとの数はある程度いる & 成長や加入もそこまで悪くない

➔ 余剰生産多い
(最大となる余剰生産=MSY)

密度が高すぎる場合

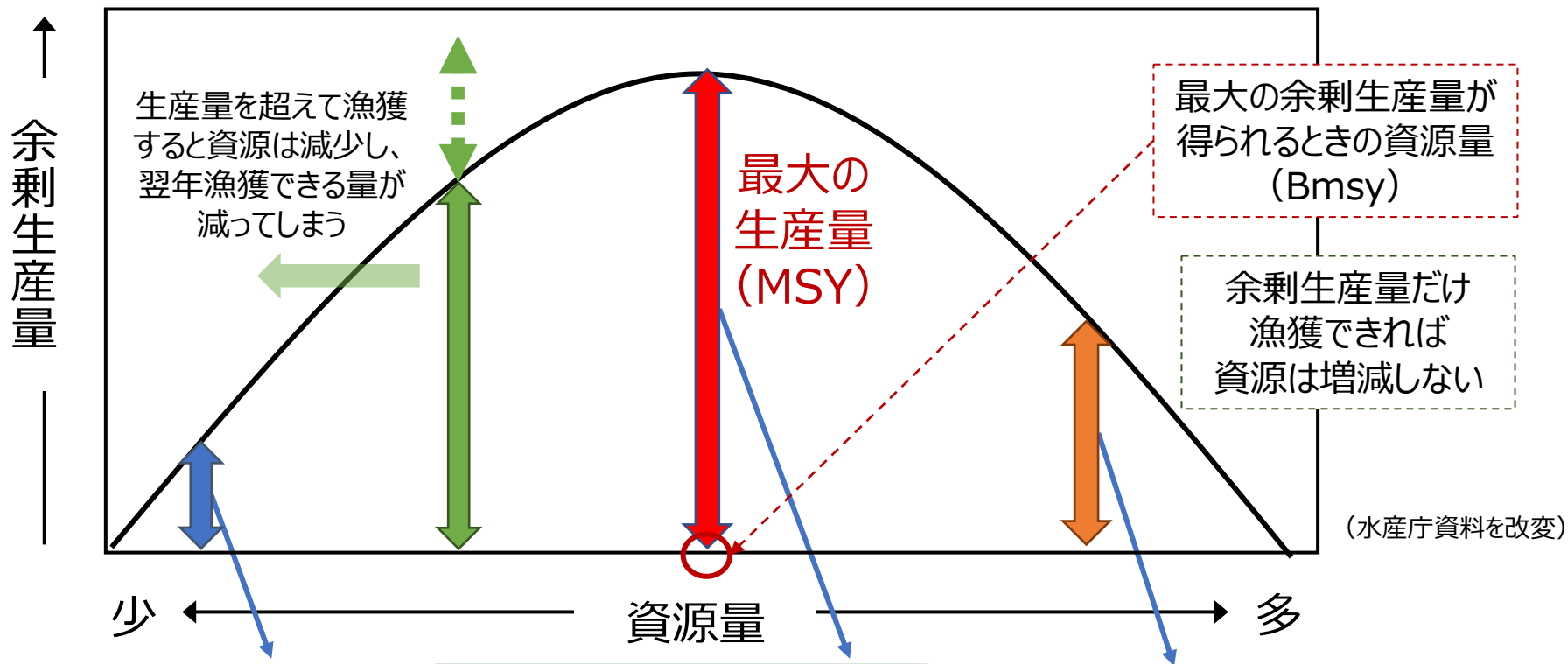
餌やスペースが足りずに加入が少なくなる/成長が鈍くなる/自然死亡数が高くなる

➔ 余剰生産少ない

(資源評価高度化作業部会資料より抜粋)

余剰生産量とMSY（最大持続生産量）

資源量と余剰生産量の関係（余剰生産量曲線）を推定



密度が小さすぎる場合

1匹あたりの生残や成長は良いが、もともとの数が少ない

➔ 余剰生産少ない

密度がちょうどよい場合

もともとの数はある程度いる & 成長や加入もそこまで悪くない

➔ 余剰生産多い
(最大となる余剰生産 = MSY)

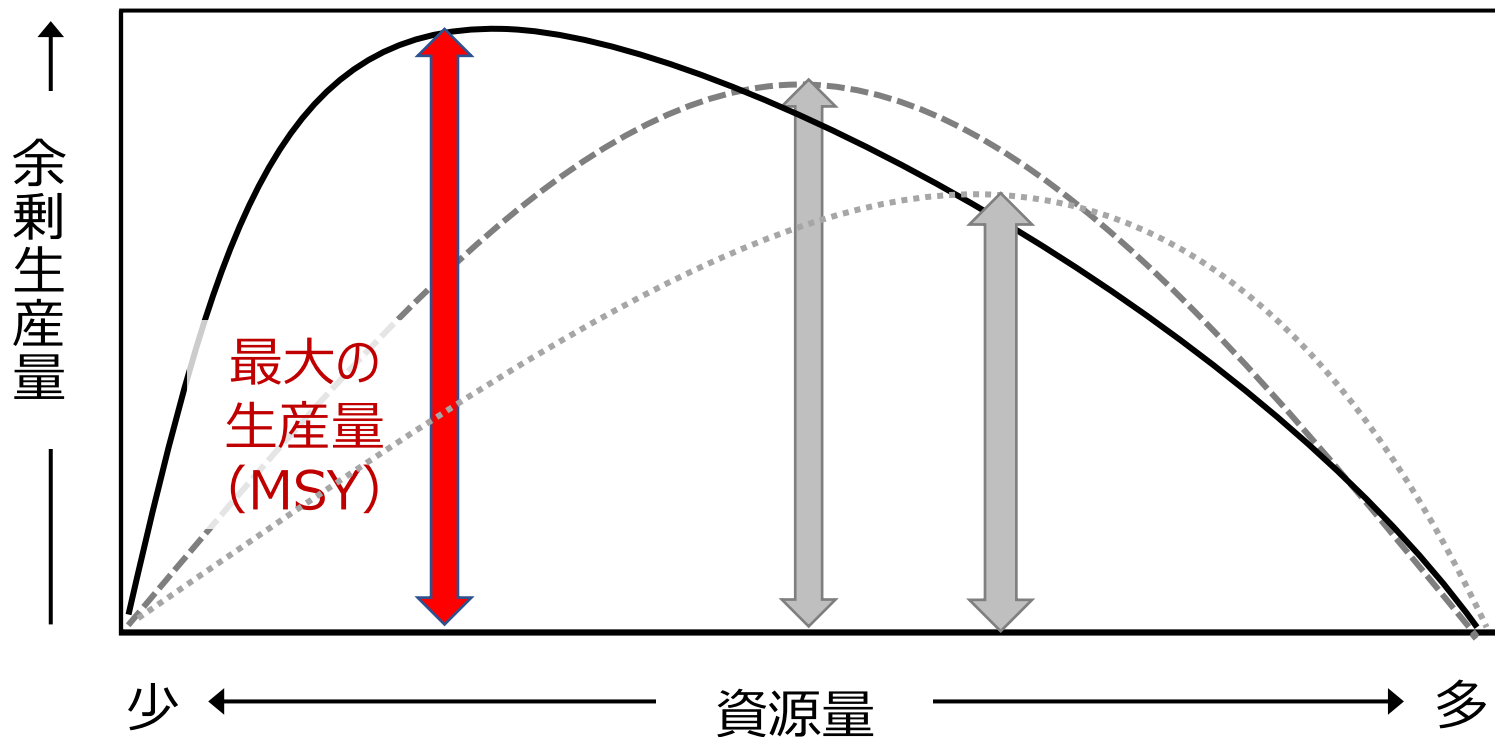
密度が高すぎる場合

餌やスペースが足りずに加入が少なくなる / 成長が鈍くなる / 自然死亡数が高くなる

➔ 余剰生産少ない

余剰生産量とMSY（最大持続生産量）

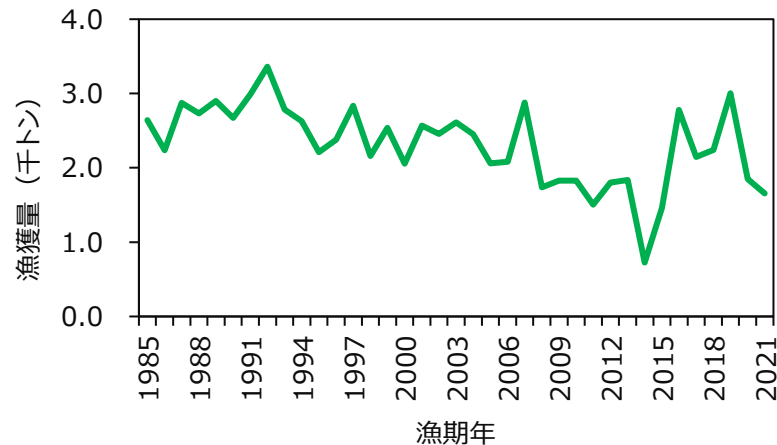
資源量と余剰生産量の関係を推定



- 余剰生産量曲線の形や高さは評価対象資源ごとに異なる
- それぞれの評価対象資源のデータや、対象資源に対応したモデル設定を用いて、資源量や漁獲圧の推移と共に推定

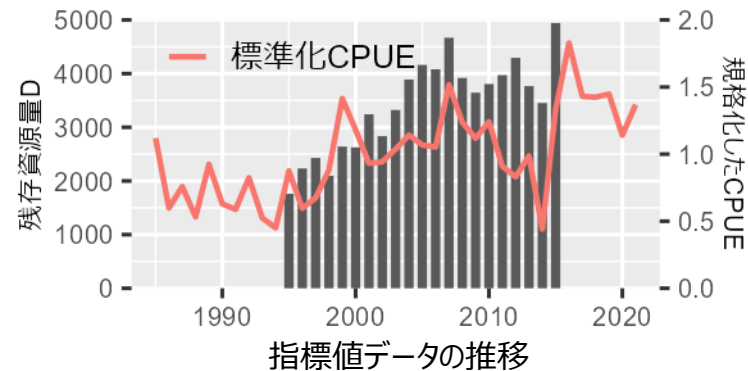
余剰生産モデルでの解析—入力データ

●漁獲量（沿岸+沖底）



余剰生産モデルによる資源計算
(1985～2021年漁期)

●指標値1-沖底標準化CPUE



●指標値2-残存資源量

コホート解析による“雌資源量”を余剰生産モデルの“資源量=残存資源量”に換算

- ① 雌の資源重量を雌雄の資源重量に換算
- ② コホート解析と余剰生産モデルの資源量の考え方の違い

(仮定) 雌雄の個体数比1:1、雌雄の体重比1:0.8

$$\text{雌雄の資源重量 } B = B_{\text{雌}} \times (1 + 0.8)$$

$$\text{残存資源量 } D_y = \left(\underbrace{B_{y-1}}_{\text{前年の資源重量}} \cdot \underbrace{e^{-\frac{M}{2}}}_{\text{自然死亡係数}} - \underbrace{C_{y-1}}_{\text{前年の漁獲量}} \right) e^{-\frac{M}{2}}$$

前年の資源重量 自然死亡係数 前年の漁獲量

モデルの設定

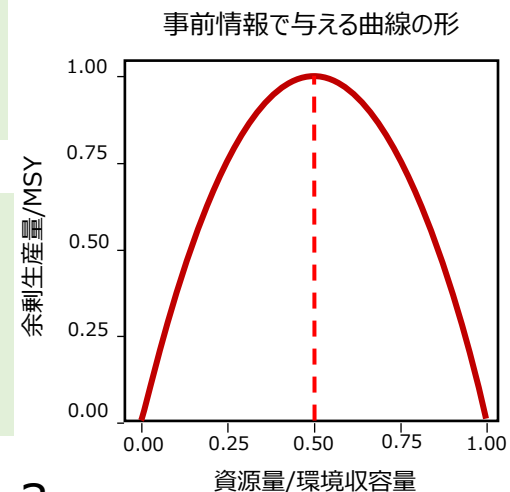
設定1

- 余剰生産量曲線の形を定めるパラメータ $n=2.0$, 標準偏差 = **1.0**
- 生産力のパラメータ $r=0.321$, 標準偏差 = **1.0**

設定2

- 余剰生産量曲線の形を定めるパラメータ $n=2.0$, 標準偏差 = **0.5**
- 生産力のパラメータ $r=0.321$, 標準偏差 = **0.5**

※共通設定：指標値2の漁獲効率パラメータ $q=1.0$, 標準偏差 = **0.3**

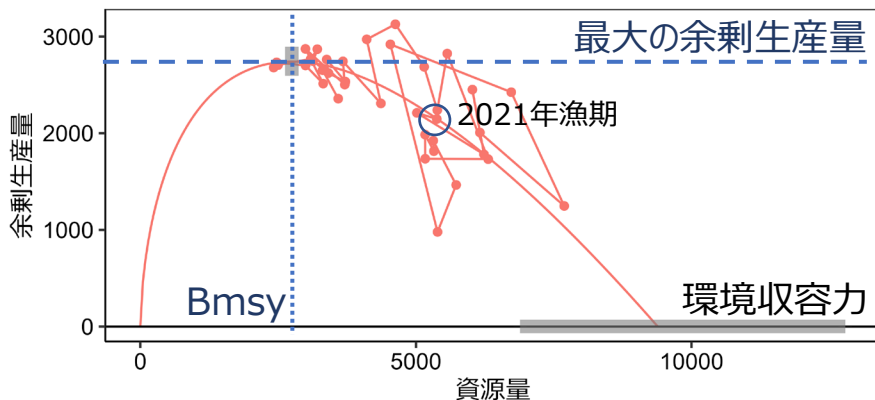


- 余剰生産量曲線の形の安定した推定のため、 n と r にはソウハチの一般的な値（FishLifeから引用）を事前情報として与える（ベイズ推定での事前分布）
- 指標値2（残存資源量）の q に事前情報を与えることで信頼性向上

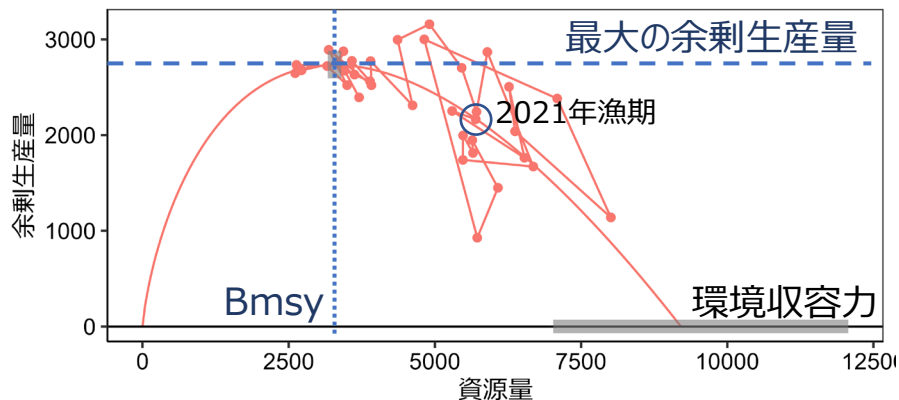
標準偏差は事前情報による制約の強さで数字が大きいほど制約が緩い

推定された余剰生産量曲線

設定1

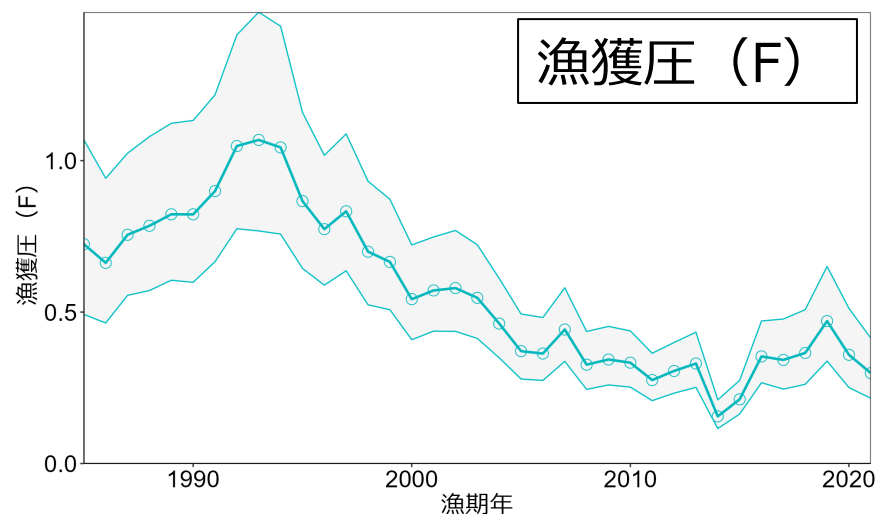
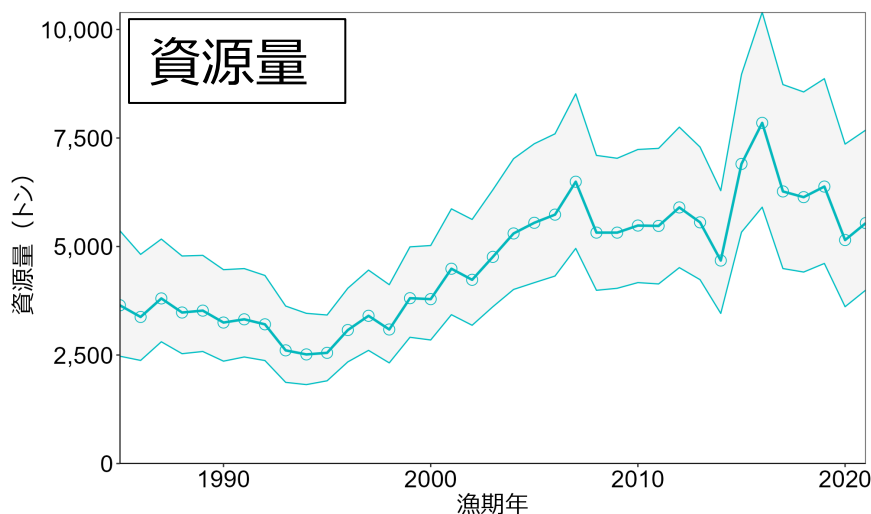


設定2



- 設定1は2に較べて頂点が左による (nが小さい)
- 2021年漁期の資源量は最大持続生産量MSYを実現する資源量Bmsyを超える
- 2つの設定で結果は大きく変わらず、優劣つけがたい
- この後は2つの推定結果を反映させた3万回の反復計算を実施
- 3万回の計算結果の中央値と90%信頼区間で示す

資源量と漁獲圧 (F) の年推移



※丸印と太い線は中央値、網掛けは90%信頼区間（不確実性の大きさ）

- 資源量は90年代中盤から増加傾向、2021年漁期は5.5千トン（90%信頼区間は4.0～7.7千トン、以下同様）
- 漁獲圧は90年代中盤から減少傾向、2015～2019年漁期に若干の増加、2021年漁期は0.30（0.22～0.41）
- 90年代に漁獲圧が低下、資源増加に転じた（自主管理の成果）

令和5年度ソウハチ北海道北部系群 管理基準値等に関する研究機関会議※に おける提案

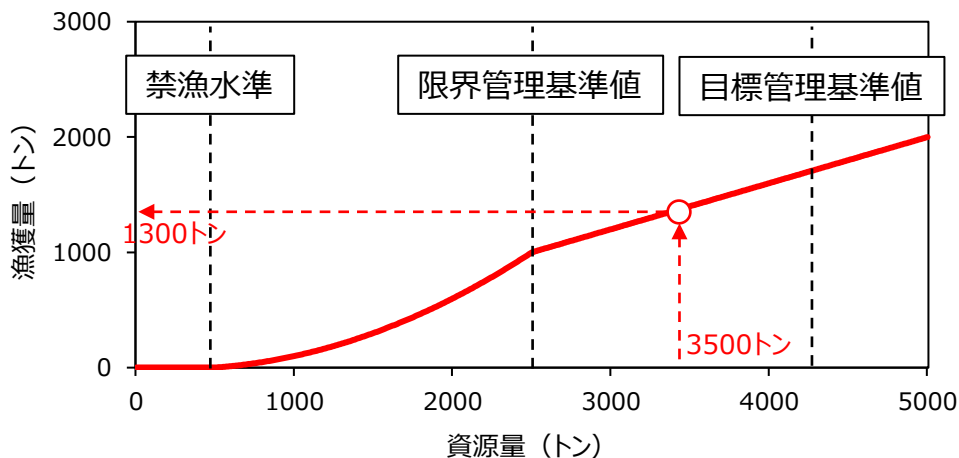
※「資源管理方針に関する検討会」において、ステークホルダーが議論するための材料として必要な、資源管理の目標（案）、現在の資源状態、将来予測による目標達成確率等を提出するため、これらのMSYの考え方に基づく科学的データについて研究機関で議論する会議

これから紹介する管理基準値案や漁獲管理規則案は研究機関会議で暫定的に提案されたもので、ステークホルダー会合を経て最終化されます。

漁獲シナリオとして "1系ルール" を提案

- 改正漁業法の下では、漁獲シナリオの議論のために、**MSYの考え方に基づく漁獲方法の提案**が求められている
- 本資源では、**現在の資源量**や**最大持続生産量MSY**とその**不確実性**が評価された
- 個体群動態モデルと将来予測**が利用可能であるため、**MSYの考え方に基づく管理基準値や漁獲管理規則の使用（1系ルール）**を提案

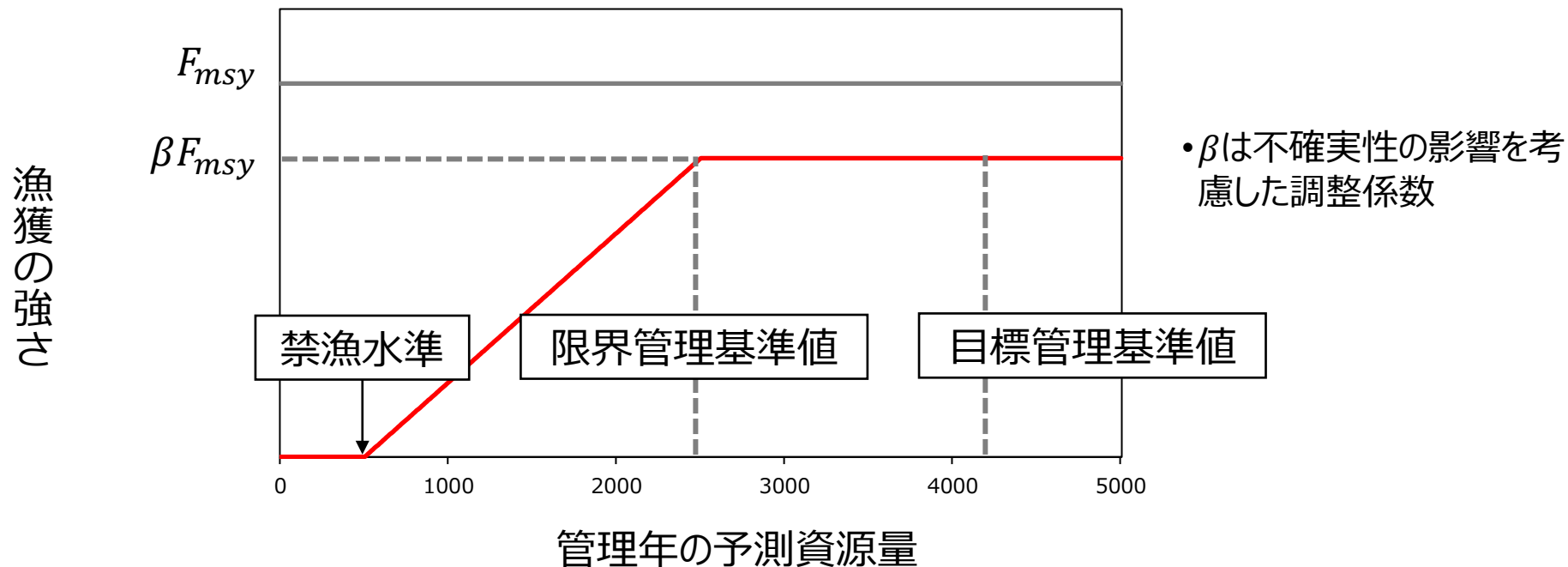
XX年漁期の資源量を"●●●●トン"と予測



XX年漁期の
ABCは…

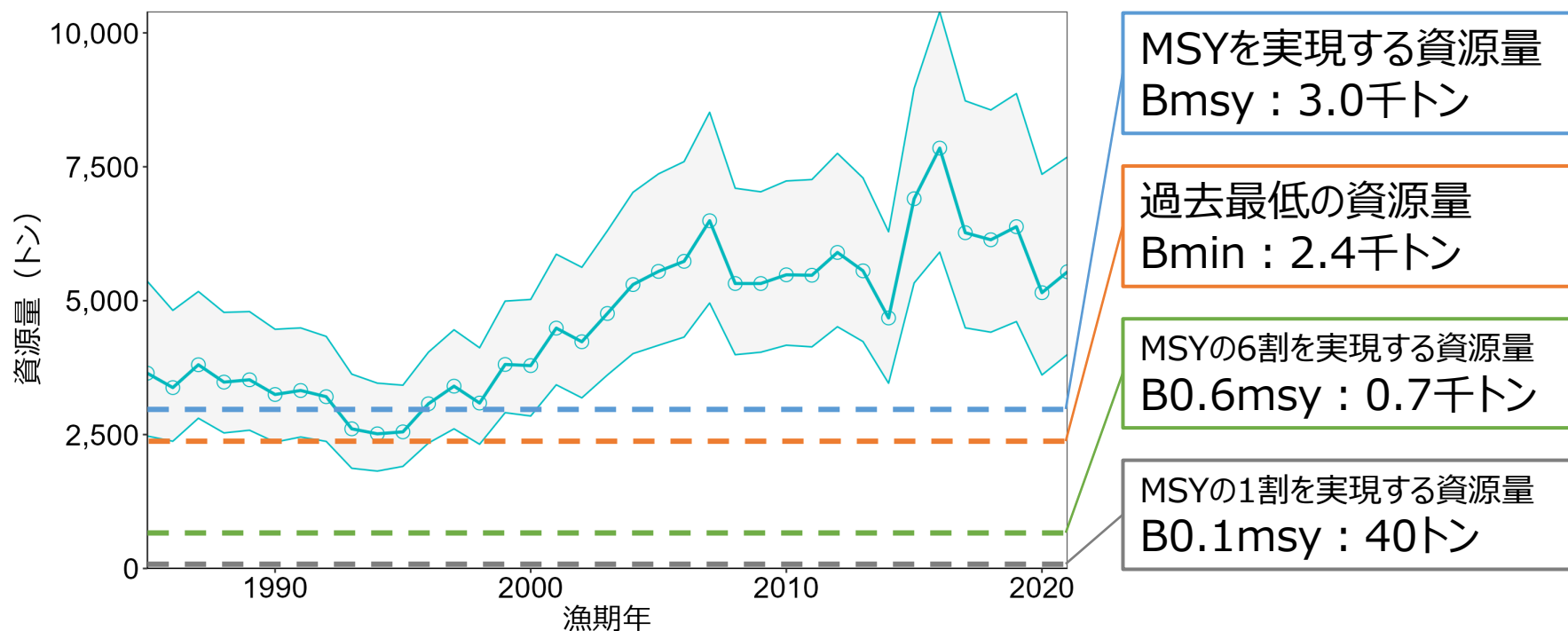
"○○○○トン"

1系ルールで用いる基本的漁獲管理規則



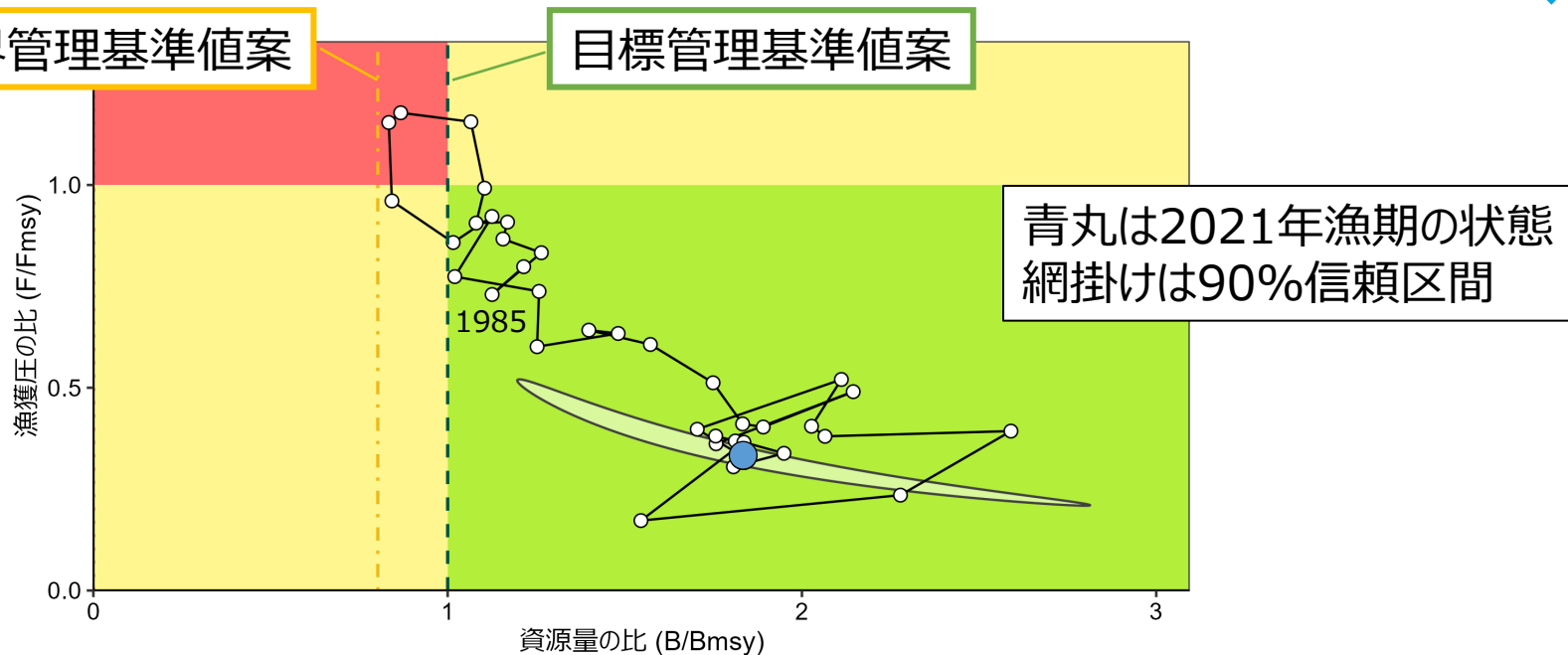
- スケトウダラ等と基本的には同じ漁獲管理規則（親魚量ではなく資源量）
- 限界管理基準値を下回ったら漁獲の強さを下げて資源の回復を促す

提案する管理基準値の候補



- **目標管理基準値案**は最大持続生産量MSYを実現する資源量としてBmsyを提案
- **限界管理基準値案**
 - 1A資源の標準値B0.6msyはBminを大きく下回る未経験の水準
 - 1985～2021年漁期の最低資源量であるBminを提案
- **禁漁水準案**
 - 1A資源の標準値B0.1msyの資源量は非常に低く、到達する確率は低い
 - 0トン提案

管理基準値案と神戸プロット



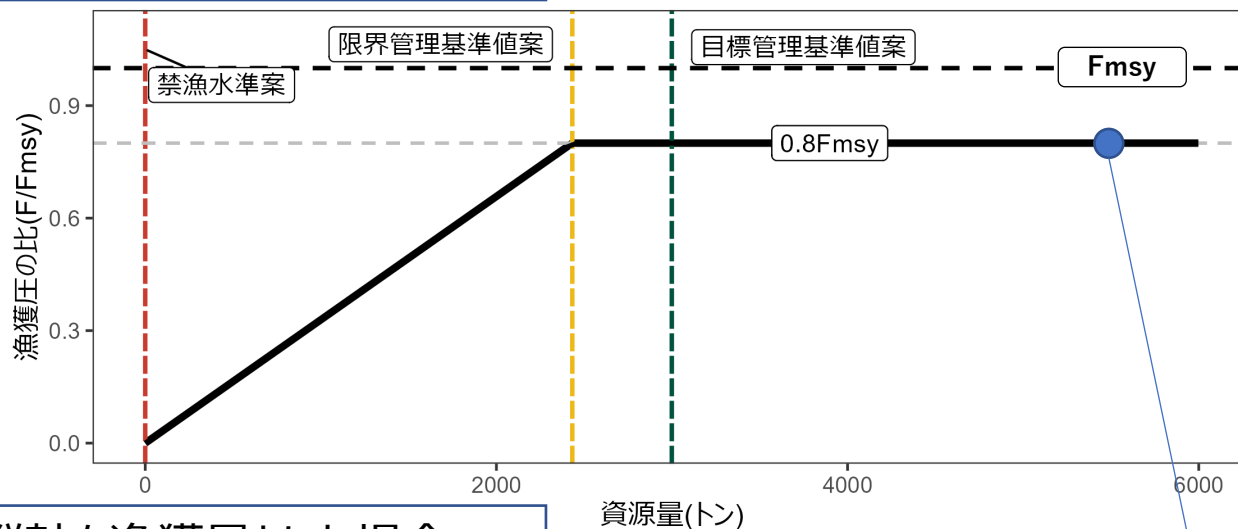
2021年漁期の資源量はBmsyを上回り、漁獲圧はFmsyを下回る

目標管理基準値案 (90%信頼区間)	限界管理基準値案 (90%信頼区間)	禁漁水準案	2021年漁期の資源量 (90%信頼区間)	MSY (90%信頼区間)	2021年漁期の 漁獲量
Bmsy 3.0千トン (1.8千~4.4千トン)	Bmin 2.4千トン (1.8千~3.3千トン)	0トン	5.5千トン (4.0千~7.7千トン)	2.7千トン (2.6千~2.9千トン)	1,653トン

※2021年漁期の漁獲量を除き2022年度資源評価結果に基づく値。今後の資源評価により更新される可能性がある。

提案する漁獲管理規則

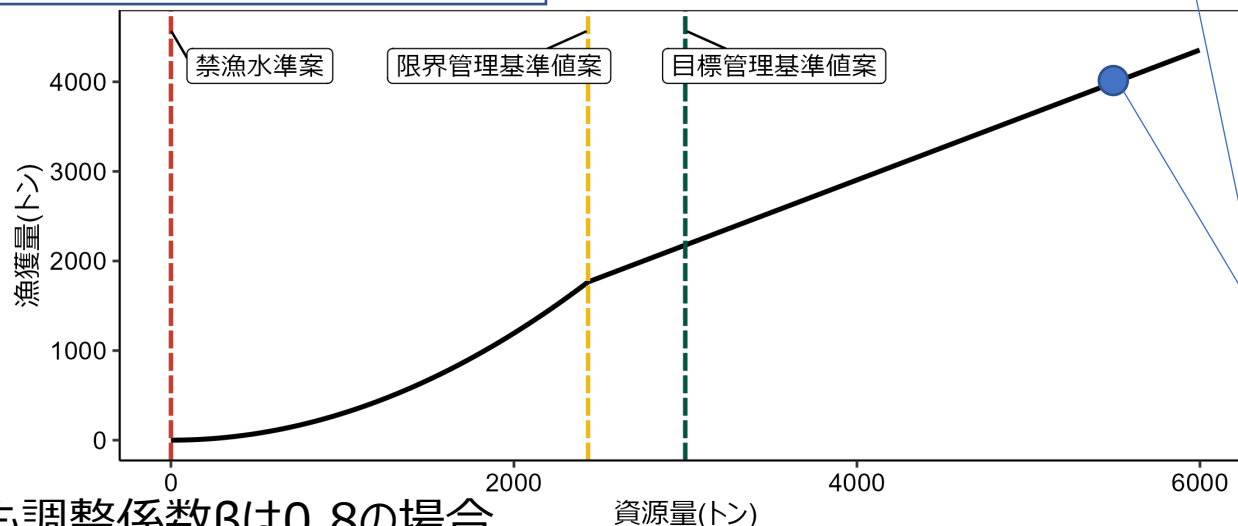
縦軸を漁獲の強さとした場合



目標管理基準値案
Bmsy : 3.0千トン

限界管理基準値案
Bmin : 2.4千トン

縦軸を漁獲量とした場合



禁漁水準案
資源量 : 0トン

(参考)
2021年漁期資源量
5.5千トン

※どちらも調整係数 β は0.8の場合

将来予測



“仮想世界”でソウハチを飼育しながら漁獲
(コンピュータの中の世界)

ソウハチの個体群動態を模した2000通りの仮想データ
(漁獲データ、資源量指標値など)

資源と漁業の仮想世界
(シミュレーション)

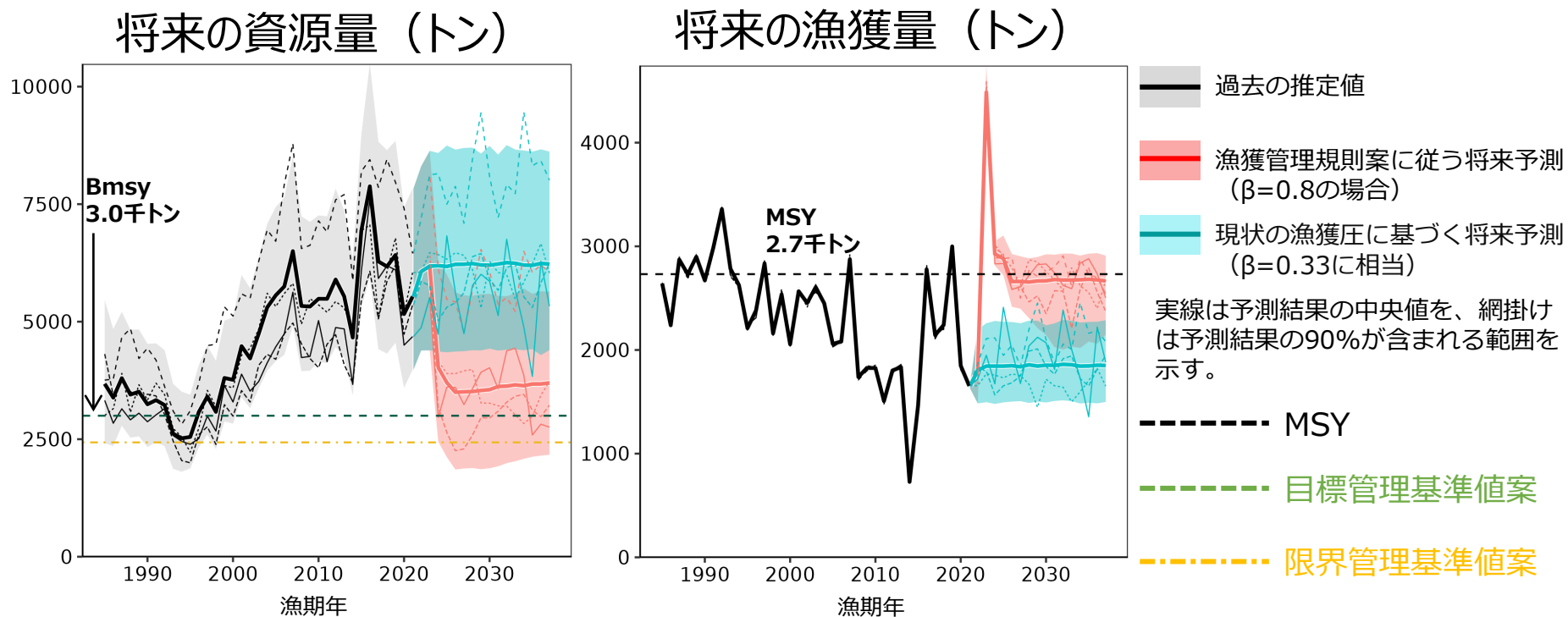
15年先まで予測

漁獲管理規則 (案)
(いろいろな設定案)

仮想ABCにより漁獲

漁業の効率性と、資源の持続可能性を評価

漁獲管理規則案に基づく将来予測



2023年漁期の管理開始から漁獲管理規則案 ($\beta=0.8$) のとおりに漁獲した場合・・・

- 漁獲量は管理開始年 (2023年漁期) に4.5千トンに急増、その後はMSYの2.7千トン付近で推移。90%予測区間は2千～3千トンで推移
- 資源量は2024年漁期以降Bmsyの約1.2倍で推移。90%予測区間の幅は広く一部は目標および限界管理基準値案を下回る (→不確実性が大きい)

漁獲管理規則案に基づく将来予測 ($\beta=0.5\sim 1.0$)

将来の資源量中央値 (千トン)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2033年漁期に資源量が目標管理基準値案Bmsy (3.0千トン※)を上回る確率		
															2033年漁期に資源量が限界管理基準値案Bmin (2.4千トン※)を上回る確率	
1.0	5.5	6.1	6.2	3.4	3.0	2.7	2.7	2.7	2.9	3.0	3.1	3.0	3.1	75%	56%	
0.9	5.5	6.1	6.2	3.7	3.3	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3	85%	68%	
0.8	5.5	6.1	6.2	4.0	3.7	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6	3.6	3.6	3.7	93%	81%	
0.7	5.5	6.1	6.2	4.4	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	98%	91%	
0.6	5.5	6.1	6.2	4.8	4.6	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.6	100%	98%	
0.5	5.5	6.1	6.2	5.3	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	100%	100%	
現状の漁獲圧※2	5.5	6.1	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.3	6.2	100%	100%

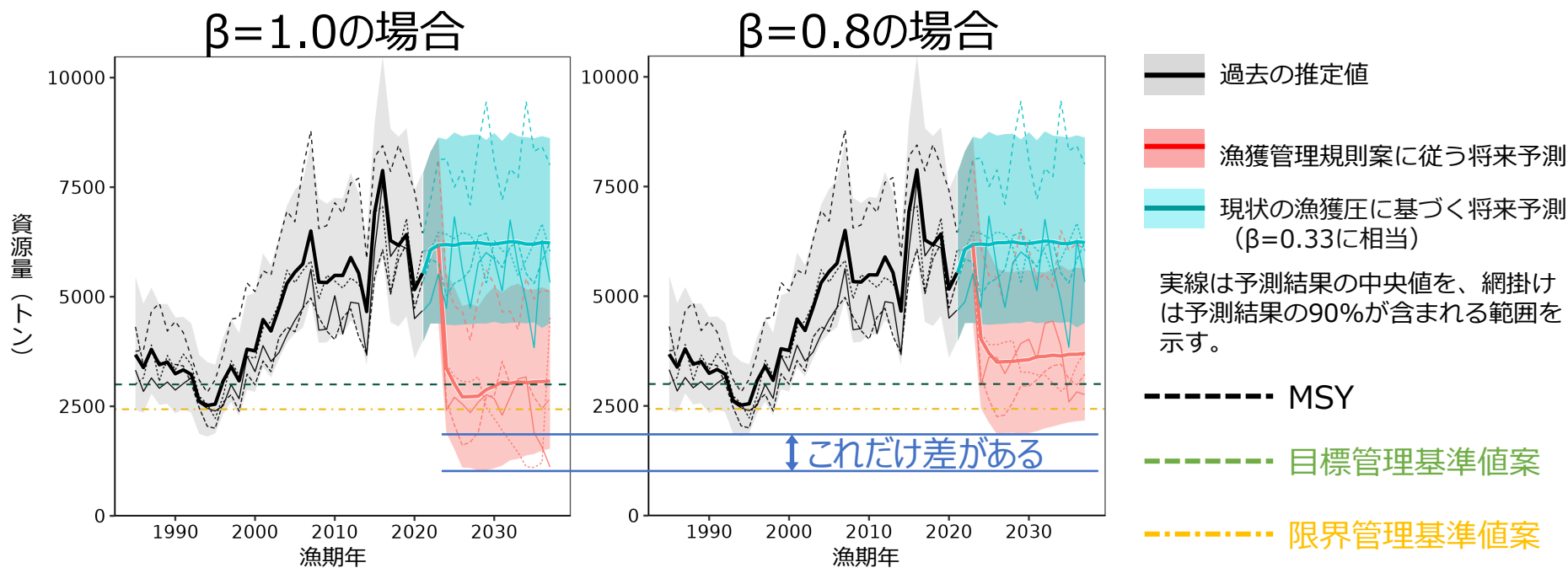
将来の漁獲量中央値 (千トン)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
1.0	1.7	1.8	5.6	3.0	3.0	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.8	2.7	2.7
0.9	1.7	1.8	5.0	3.0	3.0	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
0.8	1.7	1.8	4.5	2.9	2.9	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
0.7	1.7	1.8	3.9	2.8	2.8	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
0.6	1.7	1.8	3.4	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
0.5	1.7	1.8	2.8	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
現状の漁獲圧※2	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9

※1 2022年度資源評価結果に基づく中央値。今後の資源評価により更新される可能性がある。※2 $\beta=0.33$ に相当

- 資源量は $\beta=1.0$ の場合でも管理開始10年後（2033年漁期）に目標管理基準値案を上回る確率は56%、限界管理基準値案を上回る確率は75%
- 漁獲量は管理開始年は β が大きいほど多くなるが、2年目以降は $\beta=0.8\sim 1.0$ でほとんど変わらない

調整係数の違いによる資源量の将来予測



資源評価と将来予測の不確実性を示す90%予測区間が広いため、 β が1.0では将来的に限界管理基準値案を下回る可能性が高く、資源の持続性へのリスクが大きい

限界管理基準値案 = Bmin (=下回りたくない資源量水準)

これまでBminからBmsy以上に回復した実績があるが、Bmin以下は経験したことがない資源量水準であり、将来予測の通りに回復するかは未知

10年に一度でも資源量が水準を下回るリスク

予測資源量が管理基準値案を上回る確率・水準を下回るリスク確率、予測漁獲量のまとめ

β	10年後の目標達成確率		10年間に一度でも資源量が下記の水 準を下回るリスク確率		中長期的な予測漁 獲量の中央値
	資源量が目標管理 基準値案を上回る	資源量が限界管理 基準値案を上回る	限界管理基準値案 (Bmin)	B0.1msy	2028~2032年 漁期平均
1.0	56%	75%	66%	0%	2.7千トン
0.9	68%	85%	44%	0%	2.7千トン
0.8	81%	93%	21%	0%	2.7千トン
0.7	91%	98%	6%	0%	2.6千トン
0.6	98%	100%	1%	0%	2.5千トン
0.5	100%	100%	0%	0%	2.3千トン
推奨	50%以上	90%以上	30%未満	—	—

- β が1.0の場合、資源量が限界管理基準値案のBminを10年間で一度でも下回る確率は66%
- 研究機関会議ではこのリスクを一定以下に抑える閾値として、資源量が10年後にBminを上回る確率を90%以上、かつ、10年に一度でもBminを下回る確率を30%未満にすることを本資源の**漁獲管理規則として推奨する基準**とした
- β が0.8であれば、資源量が2033年漁期にBminを上回る確率が93%に達し、10年間に一度でもBminを下回る確率は21%に抑えられる
- 本資源の目標達成に加えリスクを一定以下に抑えるための β として、**0.8以下を推奨**する
- 中長期的な漁獲量は β を1.0から0.8に引き下げてもほとんど変化しない

まとめ

- ソウハチ北海道北部系群について、1985～2021年漁期の漁獲量、沖合底びき網漁業（かけまわし船）の標準化CPUE、コホート解析で推定された資源量から、余剰生産モデルにより資源量とMSYを推定した
- 2021年漁期の資源量は B_{msy} を上回り、漁獲の強さは F_{msy} を下回る良好な状態にあると評価された
- 限界管理基準値案を過去最低資源量 B_{min} とした将来予測では、 $\beta=1.0$ の場合、10年に一度でも B_{min} を下回る確率が66%と高く、資源の持続性のリスクが高いことが示された
- リスクを一定以下に抑えた漁獲管理規則として $\beta=0.8$ 以下を推奨
- 余剰生産モデルによる資源評価と将来予測は初の試みとなるため、今後とも手法の改善や結果の精査を行いながら資源評価を進める