

令和 4（2022）年度マダラ北海道日本海の 管理基準値等に関する研究機関会議資料

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

要 約

令和 4 年度の本資源の資源評価データを用いて、「令和 4（2022）年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」の 2 系資源の管理規則を適用した際の目標水準案および限界水準案等を検討した。検討には、平衡状態を仮定しない余剰生産モデル（プロダクションモデル）に基づき推定された 1985～2021 年漁期の資源量相対値を、現在の環境下における資源状態を反映する資源量指標値として用いた。本資源では、近年の生産力の大幅な上昇が起きた可能性が考えられている。そこで今後生産力が過去と同水準まで戻る場合でも獲りすぎになることを防ぐことができる漁獲管理規則として、資源量指標値に累積正規分布を適用して計算した 91%水準を目標水準、その 7 割にあたる 63.7%水準を限界水準として、調整係数 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 をそれぞれ 1.11、1.0、1.0 とした漁獲管理規則を提案する。この漁獲管理規則案は、本資源の余剰生産モデルでの資源動態の推定結果を用いたシミュレーションに基づき、将来的に生産力の大幅な低下が起きた場合でも資源崩壊を招かないことを確認している。目標水準案および限界水準案は、令和 4 年度評価で用いられた資源量指標値ではそれぞれ 2.24 および 1.32 に相当する。この漁獲管理規則案を用いて、仮に現状の資源量指標値から次期 ABC を算出するとした場合、2021 年漁期の資源量指標値は 100%水準（3.86）であるため、ABC を算出する際に直近 5 年（2017～2021 年漁期）平均の漁獲量に乗じる係数は 1.105 になる。

	資源量 水準	漁獲量を増減 させる係数 (α)	資源量指標値 (令和 4 年度評価)	説 明
目標水準案 *	91%	1.000	2.24	資源量指標値の時系列を累積正規分布に当てはめた場合に 91%水準に相当する値
限界水準案 **	63.7%	0.739	1.32	目標水準案の 7 割にあたる値(63.7%水準に相当する)
現状の値 (2021 年漁期)	100%	1.105	3.86	ABC を算出する際に過去 5 年間の漁獲量に掛ける係数は、目標水準案と限界水準案に対する現状の値の水準によって規定される

* 目標管理基準値案に相当する。

** 限界管理基準値案に相当する。

1. まえがき

マダラは北太平洋沿岸に広く生息する冷水性の魚種である。日本近海では主に北海道周辺海域に分布する。分布の南限は、太平洋側では茨城県、日本海側では島根県である（三島 1989）。北海道周辺における系群構造はよく分かっていないが、産卵場は北海道の沿岸域全体に散在し、各繁殖群の回遊範囲は限定されていると考えられている（服部 1994）。また、マダラの資源変動様式は、生息環境の違いから、北海道の太平洋、日本海、オホーツク海の海域間で異なることが想定される。本資源では、北海道日本海からサハリン西岸にかけての沿岸および陸棚斜面域に分布するマダラを評価単位として扱い、「マダラ北海道日本海」と呼称する。漁獲量の集計範囲は沖合底びき網漁業（以下、「沖底」という）の中海区北海道日本海ならびに沿岸漁業の稚内市から松前町までとした。

本資源は非 TAC 種であり漁獲可能量の管理は行われていないが、これまで資源評価報告書では ABC を算出している。近年では 2017~2019 年漁期に資源量が急増したと推定されており、その原因として主に 2014 年級群およびその前後の年級群の加入が多かったことが考えられている。加入量増加のメカニズムは明らかではなく、令和 4 年度の資源評価での余剰生産モデルを用いた資源解析では、近年生産力の大幅な上昇が起きたとする仮定も用いられている（境ほか 2022）。現在の増加した資源を持続的に利用していくには、増大した資源に過度な漁獲圧をかけずに親魚量を維持し、安定した加入量の確保につなげることが重要と考えられる。なお、北海道の資源管理指針では、北海道周辺のマダラ資源の資源管理目標を「漁獲状況は概ね安定して推移していることから、今後も資源状況に即した適切な資源管理を通じ、資源の維持を目標とする」と定められている（北海道 2022）。

2. 使用するデータセットおよび計算方法

本資源の目標水準等の検討には「令和 4（2022）年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2022-ABCWG02-01）」に従い、以下のデータセットを使用して実施した。本資源では評価海域の漁獲物を代表する年齢組成の情報蓄積が十分ではないため、VPA 等の年齢構造を考慮した資源評価モデルが使用できない。そのため令和 4 年度の資源評価からは、沖底の標準化 CPUE（FRA-SA2022-RC07-101）と総漁獲量を用いた余剰生産モデル（FRA-SA2022-RC07-201）を導入し、推定された資源量相対値を資源量指標値として資源状態を評価した。本年度の資源評価後、余剰生産モデルでの資源解析において漁獲効率 q や環境収容力 K への事前分布を付与するなど更なる改善を進めているが（FRA-SA2022-BRP11-021）、本年度の資源評価結果の修正に至るような結果の変化は起きていない（補足資料 1）。

資源量指標値の解析では、同指針の 2 系資源での解析方法に従い、累積正規分布を適用して誤差の影響を軽減するための平滑化を行った上で、基準となる水準の検討を行った。2 系資源の漁獲管理規則は、基準となる水準に対する資源量指標値の大小関係に基づき、近年の平均漁獲量から次漁期の漁獲量を計算するための係数を求める仕組みである（補足資料 2）。資源量指標値が目標水準となる値以上であれば次漁期の漁獲量は平均漁獲量よりも増加させるが、目標水準よりも低ければ次漁期の漁獲量は平均漁獲量よりも削減する。

限界水準よりも低ければ、より大きく漁獲量を削減して資源の回復を促すことになる。

本資源では近年の資源増大が生産力の大幅な上昇に起因していた可能性があり、その生産力が今後過去と同水準まで戻るような変動が生じた場合でも、過大な漁獲が生じないような漁獲管理規則を提案することが重要と考えられる。2系資源では、80%水準に相当する値を目標水準案、その7割にあたる水準（56%水準）を限界水準案とした漁獲管理規則案を用いることを基本としているが、本資源では、余剰生産モデルでの資源解析結果を用いたシミュレーション結果に基づき、本資源に特化して調整した漁獲管理規則を提案する（補足資料2）。提案する目標水準は91%水準、限界水準はその7割にあたる63.7%であり、漁獲管理規則は資源減少が起きた場合に迅速に漁獲を削減できるように調整係数 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 にそれぞれ1.11、1.0、1.0を提案する。詳細は後述する。解析にはRパッケージ `frasyr23` (v1.00)（HCRの適用）と自作のプログラム（シミュレーションに使用）を用いた。

データセット	基礎情報、関係調査等
漁獲量、資源量指標値(余剰生産モデルで推定された資源量相対値)	令和4(2022)年度 マダラ北海道日本海の資源評価(水産庁・水産機構)

3. 資源量水準案および漁獲管理規則案

3-1) 適用する管理規則

本資源で使用可能なデータは漁獲量と資源量指標値である。したがって、「令和4(2022)年度 漁獲管理規則およびABC算定のための基本指針（FRA-SA2022-ABCWG02-01）」の2系資源の管理規則を適用する。

3-2) 資源量水準案

本資源の資源評価では、評価対象海域の沖底および沿岸漁業の漁獲量と、北海道を根拠とした沖底の標準化した1網あたりのマダラ漁獲量（沖底標準化CPUE）から、平衡状態を仮定しない余剰生産モデル（プロダクションモデル）により求めた1985～2021年漁期（漁期は4月～翌年3月）の資源量相対値を使用している。令和4年度の資源評価にて用いられた資源量相対値は、異なる4つのモデル設定で推定された資源量相対値の単純平均値であり、これを現在の環境下における資源状態を反映する資源量指標値としている。資源量指標値は2000年代半ばまでは緩やかな減少傾向にあり、その後、低い水準にて横ばいで推移していたが、2014年漁期に過去最低水準まで減少した後に急増している。直近5年間（2017～2021年漁期）の資源量指標値の動向は増加傾向であり、2021年漁期は過去最高値を更新した（図1）。資源量指標値の年変動の大きさを示す指標AAV（Average Annual Value）は0.241であり、平均的には資源量指標値が毎年24%程度上昇もしくは低下する傾向があることを示す。

資源量指標値に累積正規分布を適用して計算した目標水準案および限界水準案を表1に示す。本資源では、余剰生産モデルに基づくシミュレーションにより、目標水準を80～93%まで変更した場合の漁獲管理規則の性能比較を行った。その結果、目標水準として91%水準を用いた場合には、今後生産力が過去と同水準まで低下した場合でも資源保護に失敗し

ない（資源を崩壊させない）漁獲管理規則となることが明らかとなった（補足資料2）。なお、目標水準を変化させた性能評価の際、限界水準にはいずれも目標水準の7割に相当する水準を用いた。また、漁獲管理規則で算出される漁獲量を増減させる係数（ α ）の上限値は、一般的なシミュレーションにより提案されている基本の漁獲管理規則での値（1.105）に合わせた。

本資源で提案する目標水準は資源量指標値の91%水準、限界水準は63.7%水準である。令和4年度の資源評価で用いられた資源量指標値では、それぞれ2.24および1.32に相当する。現状（2022年漁期）の資源量指標値は3.86であり、目標水準案および限界水準案を上回る100%水準であった。

3-3) 漁獲管理規則案

2系資源の管理規則における漁獲管理規則（HCR）では、直近の資源量指標値の水準（ D_t ）が目標水準（ B_T ）を上回る場合は漁獲量を増加させ、下回る場合は漁獲量を削減するように、漁獲量を増減させる係数（ α ）を設定する。限界水準（ B_L ）を下回った場合には、資源量指標値を目標水準により早く近づけるように α を大きく引き下げる（図2）。現状の漁獲量（直近5年間の漁獲量平均値）に係数 α を乗じたものがABCとなる。

漁獲管理規則における漁獲量を増減速度は、係数 α に含まれる調整係数 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 による。一般的なシミュレーションにより提案されている基本の漁獲管理規則では、 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 にそれぞれ0.5、0.4、0.4を用いているが、本資源では余剰生産モデルに基づくシミュレーションに基づき、 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 にそれぞれ1.11、1.0、1.0を用いることを提案する。漁獲量を増減させる係数（ α ）の上限値は、目標水準 B_T と δ_1 により一意に定まる。漁獲管理規則の δ_1 を1.11としているのは、今回提案する目標水準91%のもとでも、 α の上限値を基本の漁獲管理規則（ B_T が80%、 δ_1 が0.5）と同様の1.105にするためである。 δ_2 は資源が少ない場合の漁獲量の削減（すなわち回復速度）、 δ_3 は資源量指標値の年変動（AAV）が大きい場合に漁獲量を抑える係数である。本資源の場合は、現在の増大した資源が急速に減少した場合に漁獲量を適切に削減させることが重要と考えられるため、 δ_2 および δ_3 はそれぞれ1としている。この漁獲管理規則案の下では、目標水準案および限界水準案における α はそれぞれ1.000および0.739となる（図2）。

4. まとめ

本資源では、1985～2021年漁期の資源量指標値に累積正規分布を適用して計算した資源量指標値の91%水準（2.24）を目標水準、その7割である63.7%水準（1.32）を限界水準として提案する。仮に現状の資源量指標値から次期ABCを算出するとした場合、2021年漁期の資源量指標値（3.86）は100%水準であるため、漁獲量に乗じる係数は1.105となる。すなわち、令和4（2022）年度資源評価において今回提案する漁獲管理規則を適用した場合、直近5年（2017～2021年漁期）平均の漁獲量（10,452トン）に1.105を乗じた11.5千トンが2023年ABC試算値として算出される。

5. 今後の検討事項

本資源では2015年漁期以降、資源量指標値の増加傾向が続いており、資源の再生産の状

況が近年大きく変化した可能性が考えられる。この変化が一過性のものか、あるいは今後もしばらく継続するか等、本資源を取り巻く環境を含め動向を注視する必要がある。本資料では令和 4 (2022) 年度の本資源の資源評価に用いた余剰生産モデルを基礎としたシミュレーションに基づき目標水準案、限界水準案、および漁獲管理規則案を設定した。今後資源評価の更新に併せて余剰生産モデルの改善も進めていくなかで、今回検討に用いたシミュレーションの更なる検討も重要になると考えられる。

6. 引用文献

ABCWG (2022) 令和 4(2022)年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2022-ABCWG02-01.

服部 努 (1994) マダラの成長、成熟および繁殖生態に関する研究. 北海道大学博士号論文, 140 pp.

北海道 (2022) 北海道資源管理指針.北海道. 38pp.

<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/ggk/sisin.html> (last accessed 2022/11/03)

三島清吉 (1989) 日本周辺におけるマダラ (*Gadus macrocephalus* TILESUS) の資源とその生物学的特性. 北太平洋漁業国際委員会研究報告, **42**, 172-179.

境 磨・千村昌之・千葉悟・濱津友紀 (2022) 令和 4 (2022) 年度マダラ北海道日本海の資源評価. (FRA-SA2022-RC07-08) 令和 4 年度我が国周辺の漁業資源評価, 水産庁, 水産研究・教育機構, 23 pp.

境 磨・千村昌之・千葉 悟・濱津友紀 (2022) 令和 4 (2022) 年度マダラ北海道日本海の資源評価 沖合底びき網漁業 (かけまわし漁法) の CPUE 標準化について. (FRA-SA2022-RC07-101), 33 pp.

境 磨・千村昌之・千葉 悟・濱津友紀 (2022) 令和 4 (2022) 年度マダラ北海道日本海の状態空間余剰生産モデルによる資源解析. (FRA-SA2022-RC07-201), 29 pp.

境 磨・千村昌之・千葉 悟・濱津友紀 (2022) 令和 4 (2022) 年度マダラ北海道日本海の状態空間余剰生産モデルによる資源解析の追加検討. (FRA-SA2022-RC11-021), 29 pp.

(執筆者：境 磨、千村昌之、千葉悟、濱津友紀)

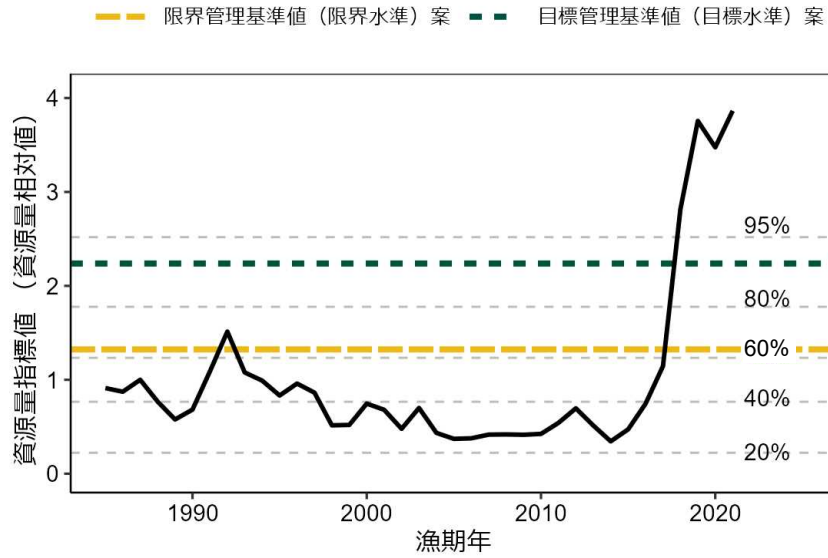


図 1. 資源量指標値の推移・水準および目標水準案・限界水準案

灰点線は、資源量指標値（黒線）に累積正規分布を適用したときの資源量水準を示す。
 緑破線と黄破線はそれぞれ目標水準案と限界水準案を示す。

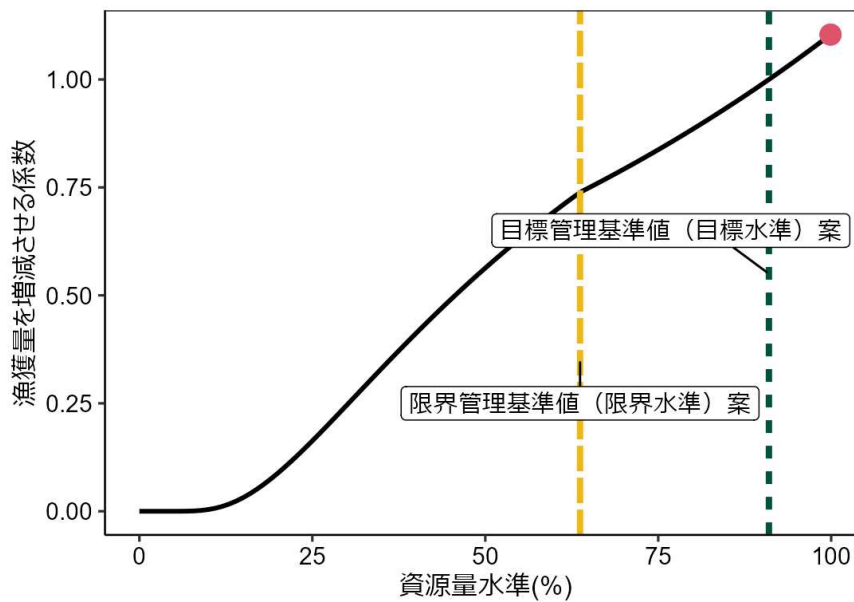


図 2. 漁獲管理規則案

黒線は前年の漁獲量に対する翌年の漁獲量の増減率（ α ）であり、ABC を算出する際に基準となる直近の漁獲量の 5 年平均値に乗じて漁獲量を増減させる係数を示す。緑破線と黄破線によりそれぞれ示される目標水準案および限界水準案に対する現状の資源量水準の位置関係から、翌年の漁獲量の算出に用いるべき α が決まる。赤丸は 2021 年漁期の資源量水準から定められる α を示す。

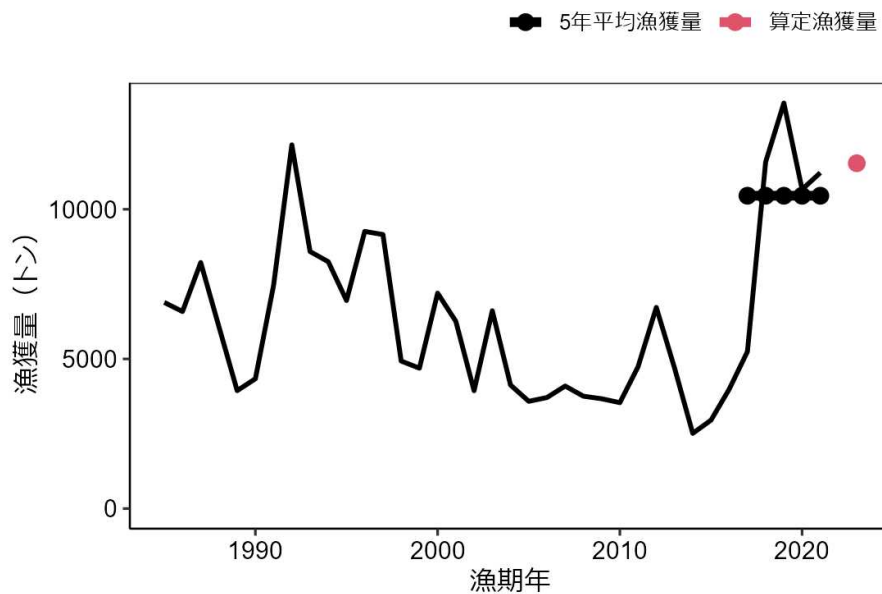


図3. 過去の漁獲量の推移と試算された2023年漁期の算定漁獲量

黒実線は過去の漁獲量を、黒丸と黒太線は直近5年間（2017～2021年漁期）の平均漁獲量を示す。仮に現状の資源量指標値から次期ABCを算出するとした場合、赤丸が直近5年間の平均漁獲量と漁獲量に乘じる係数から計算される2023年漁期の算定漁獲量（ABC試算値）となる。

表 1. 各種資源量水準案、資源量指標値の年変動指標および漁獲量に乘じる係数

	資源量水準	漁獲量を増減させる係数(α)	資源量指標値 (令和4年度評価)	説明
目標水準案 *	91%	1.000	2.24	資源量指標値の時系列を累積正規分布に当てはめた場合に91%水準に相当する値
限界水準案 **	63.7%	0.739	1.32	目標水準案の7割にあたる値(63.7%水準に相当する)
現状の値 (2021年漁期)	100%	1.105	3.86	ABCを算出する際に過去5年間の漁獲量に掛ける係数は、目標水準案と限界水準案に対する現状の値の水準によって規定される
資源量指標値 の変動指標 AAV	0.241			資源量指標値は平均で毎年24%程度上昇もしくは低下している

* 目標管理基準値案に相当する。

** 限界管理基準値案に相当する。

補足資料 1 資源評価で用いた余剰生産モデルの追加検討

(1) はじめに

本資源の令和4年度資源評価では、平衡状態を仮定しない Pella-Tomlinson 型余剰生産モデル（プロダクションモデル）である SPiCT（連続時間における確率的な状態空間余剰生産モデル：Pedersen and Berg 2017）により推定された資源量の相対値を資源量指標値として資源状態の評価が行われた。本資源では余剰生産モデルのパラメータ推定において、過去に行われた VPA の結果（星野 2010）を事前分布として用いた追加検討も進めているため、その結果を補足資料として掲載する。

(2) 再現した VPA からの事前情報に用いる漁獲効率 q と環境収容力 K の算出

VPA による資源解析結果を余剰生産モデルのパラメータ推定の事前分布として使用する方法として、以下の2通りを用いた；

- 1) 余剰生産モデルでの漁獲効率 q に、VPA から算出される前年の残存資源量と余剰生産モデルでの指標値の関係から事前情報を与える。
- 2) 余剰生産モデルでの環境収容力 K に、VPA の各種情報を用いて算出される B_0 を用いて事前情報を与える。

星野（2010）の図より各種情報を読み取り、VPA を再現して上記情報を算出した結果、漁獲効率 q は 7.65×10^{-5} となった。また環境収容力 K に対応する B_0 は 59,585 トンとなった。これらの値は、資源評価に用いた4つの設定での余剰生産モデルで推定された q および K に比較的近い値であった。

(3) 余剰生産モデルへの漁獲効率 q と環境収容力 K の事前情報の追加の影響

資源評価にて検討した余剰生産モデル（Model 6、Model 7、Model 8、Model 9）について環境収容力 K 、漁獲効率 q 、および K と q の両方に事前分布を与えたところ、いずれのモデルでも安定したパラメータ推定値が得られた（補足表 1-1）。推定された資源量相対値は、 K および q の事前分布の有無により殆ど違いは見られず、資源量相対値の推定値への影響は極めて軽微であり（補足図 1-1）、本年度の資源評価結果の修正に至るような結果の変化は起きていないといえる。

余剰生産モデルで推定される資源量の絶対値には、Model 6 と Model 7~9 とでは 1.7~1.8 倍の差がある（補足図 1-2）。環境収容力 K および漁獲効率 q に事前分布を与えることで、モデル間の推定値の差は一部軽減されることが確認されたが、Model 6 と Model 7~9 とでの差異は解消できないことが明らかとなった。

神戸プロットによる直近年（2021年漁期）の資源状態の判断への影響を補足図 1-3 に示す。Model 6 では漁獲効率 q に事前分布を与えると直近年の資源量が B_{msy} を上回る結果となった。ただし、信頼区間は B_{msy} および F_{msy} を跨いでおり、資源状態の判断に用いるには不確実性の高い結果だといえた。Model 7~9 では、 K や q への事前分布の有無によって資源状態の判断に影響する変化は起きず、直近年は信頼区間を含めて漁獲圧が F_{msy} を下回り、資源量が B_{msy} を上回った。

(4) 漁獲効率 q と環境収容力 K の事前情報の追加の利点と今後の検討課題

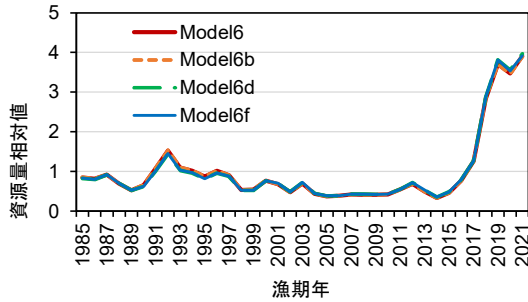
レトロスペクティブ解析では、漁獲効率 q に事前分布を与えると資源量の絶対値の推定の安定性が大きく改善し、環境収容力 K に事前分布を与えると B_{msy} の推定の安定性が改善する（補足図 1-4）。漁獲効率 q および環境収容力 K に事前情報を与えることで、データの更新による資源量の絶対値の推定値の大幅な変化や、 MSY 水準に対応した資源状態の解積が大きく変わることが避けられると期待される。ただし、両者に事前分布を与えることで既存のデータとの整合性が悪くなるとパラメータ推定そのものが困難になる場合も有り得ることに注意が必要である。

なお、今回の解析で環境収容力 K の事前分布として用いた B_0 は、 VPA での加入量の推定値に依存する。再現した VPA では近年の資源増大が起きる以前の加入情報しかカバーしておらず、また親魚量の増減による加入量の変化（再生産関係）も考慮していない。本資源の余剰生産モデルの改善にあたり、事前分布に使用する情報の妥当性については、引き続き検討が必要な課題である。

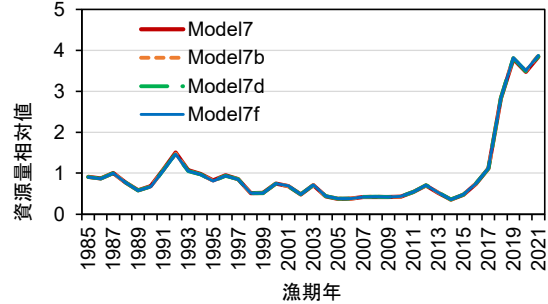
引用文献

- 星野 昇 (2010) 北海道日本海におけるマダラの資源状態について. 北水試研報, 78, 41-49
- Pedersen, M. W., & Berg, C. W. (2017) A stochastic surplus production model in continuous time. Fish and Fisheries, 18, 226-243.

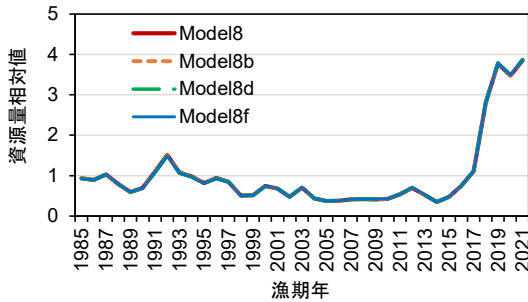
・ Model 6 ベースの比較



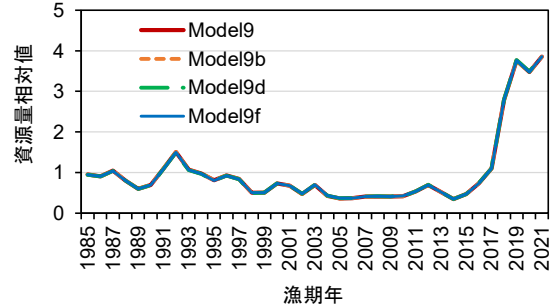
・ Model 7 ベースの比較



・ Model 8 ベースの比較



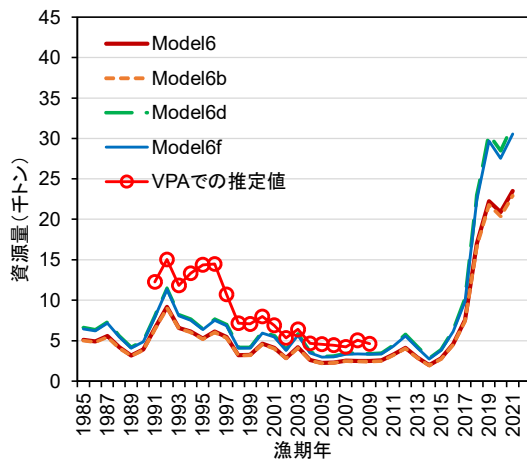
・ Model 9 ベースの比較



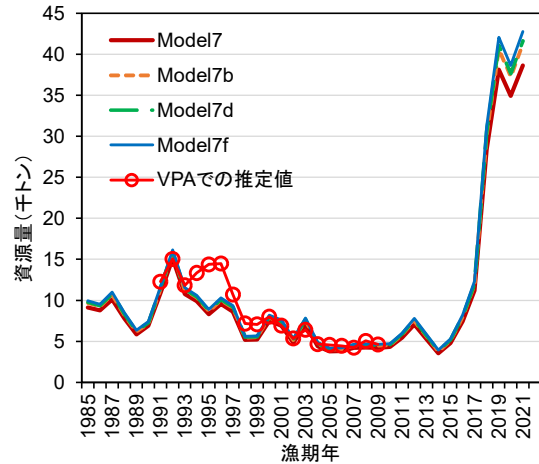
補足図 2-1. 余剰生産モデルで K と q に事前分布を与えて推定した資源量相対値の各モデルでの比較

令和 4 年度資源評価での余剰生産モデルでは、形状パラメータ n に 1.19 を、内的自然増加率 r に尤度プロファイルで負の対数尤度が最小となる値を与えた場合 (Model 6)、および生産力の年変化を仮定し、形状パラメータ n の事前分布に 2 を与えた場合 (Model 7)、1.46 を与えた場合 (Model 8)、1.19 を与えた場合 (Model 9) の 4 通りを用いた。これらの 4 通りのモデルのそれぞれについて、環境収容力 K に事前分布を与えた場合 (モデル名末尾 b)、漁獲効率 q に事前分布を与えた場合 (モデル名末尾 d)、 K と q の両方に事前分布を与えた場合 (モデル名末尾 f) の結果を示した。事前分布は標準偏差を 0.5 とした対数正規分布とした。

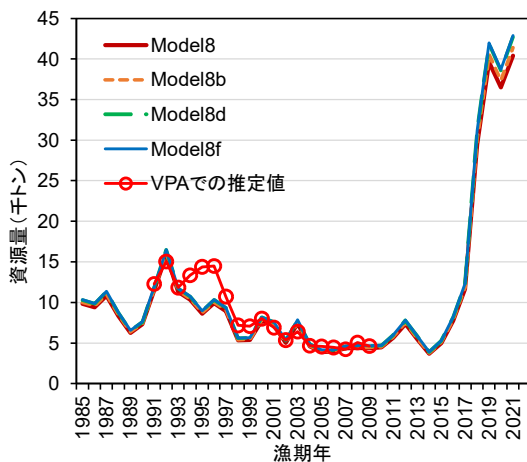
・ Model 6 ベースの比較



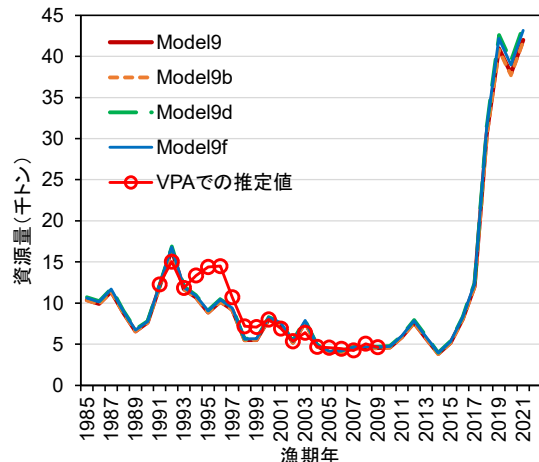
・ Model 7 ベースの比較



・ Model 8 ベースの比較



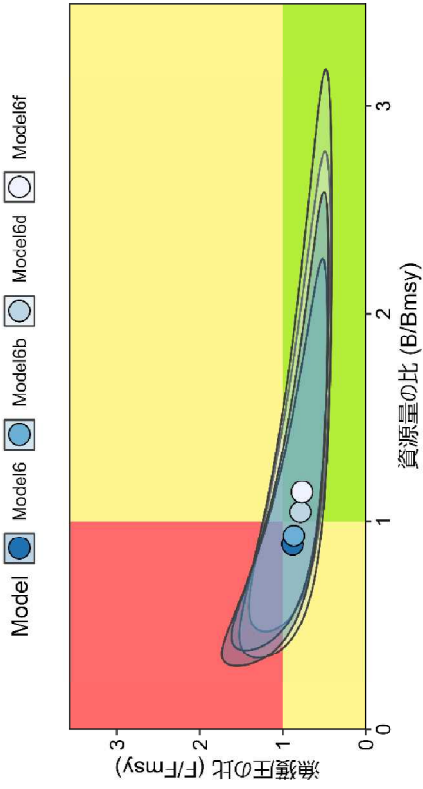
・ Model 9 ベースの比較



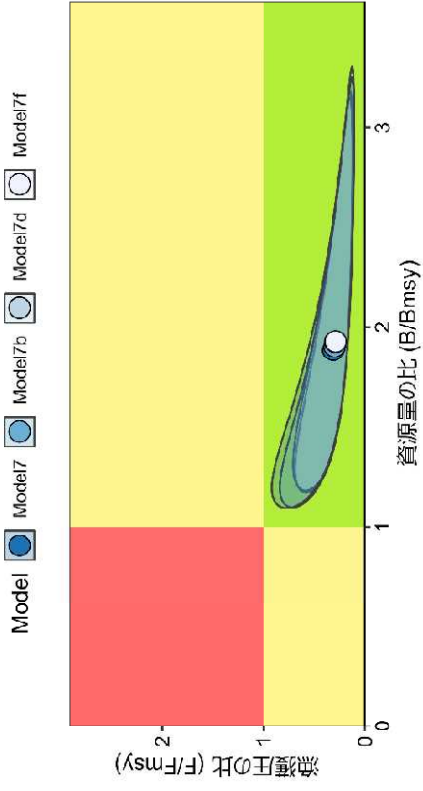
補足図 2-2. 余剰生産モデルで K と q に事前分布を与えて推定した資源量絶対値と過去の VPA の結果との各モデルでの比較

令和 4 年度資源評価での余剰生産モデルでは、形状パラメータ n に 1.19 を、内的自然増加率 r に尤度プロファイルで負の対数尤度が最小となる値を与えた場合 (Model 6)、および生産力の年変化を仮定し、形状パラメータ n の事前分布に 2 を与えた場合 (Model 7)、1.46 を与えた場合 (Model 8)、1.19 を与えた場合 (Model 9) の 4 通りを用いた。これらの 4 通りのモデルのそれぞれについて、環境収容力 K に事前分布を与えた場合 (モデル名末尾 b)、漁獲効率 q に事前分布を与えた場合 (モデル名末尾 d)、 K と q の両方に事前分布を与えた場合 (モデル名末尾 f) の結果を示した。事前分布は標準偏差を 0.5 とした対数正規分布とした。過去の VPA (星野 2010) を再現して算出した残存資源量を併せて示した。

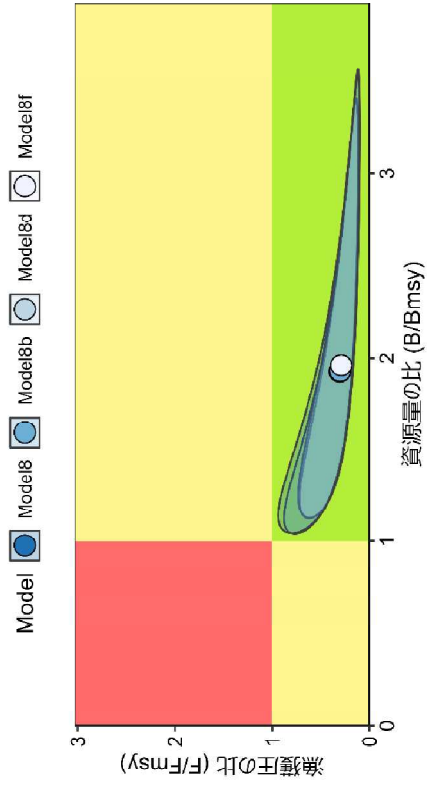
• Model 6 ベースの比較



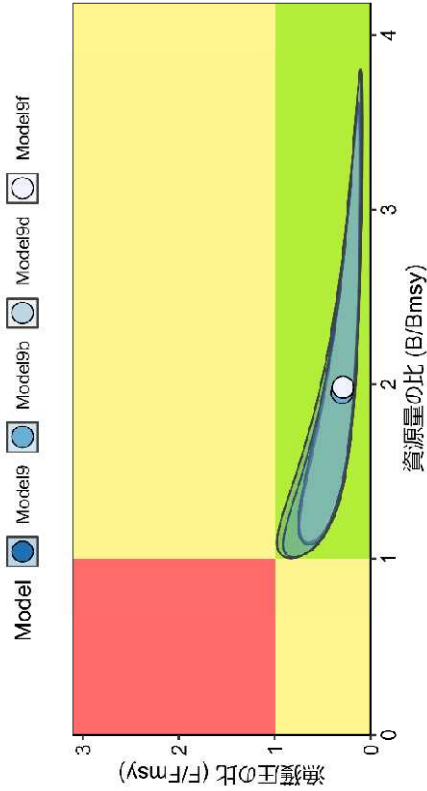
• Model 7 ベースの比較



• Model 8 ベースの比較

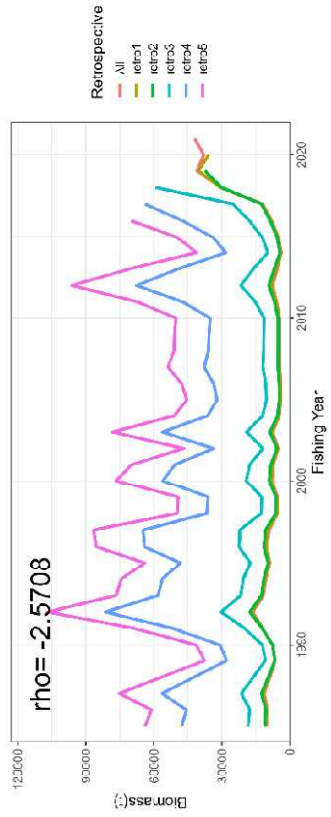


• Model 9 ベースの比較

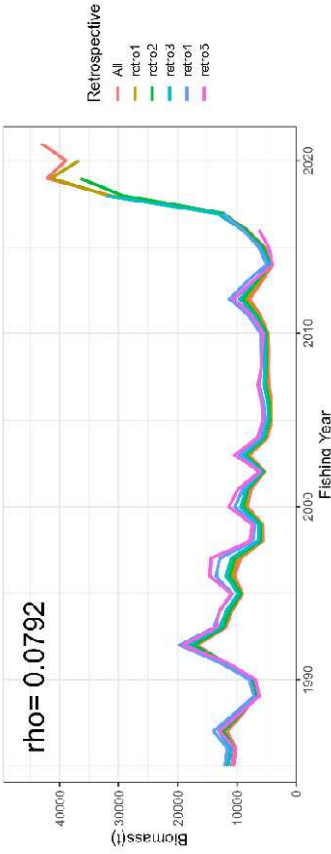


補足図 1-3. 余剰生産モデルで K と q に事前分布を与えた場合の神戸プロットへの影響

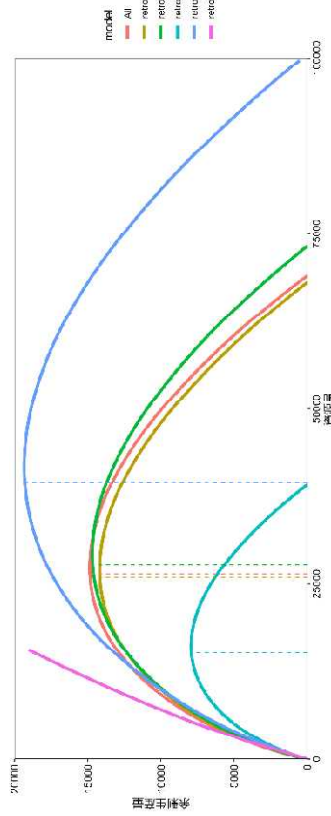
• Model 9 (K や q の事前分布なし) の資源量絶対値



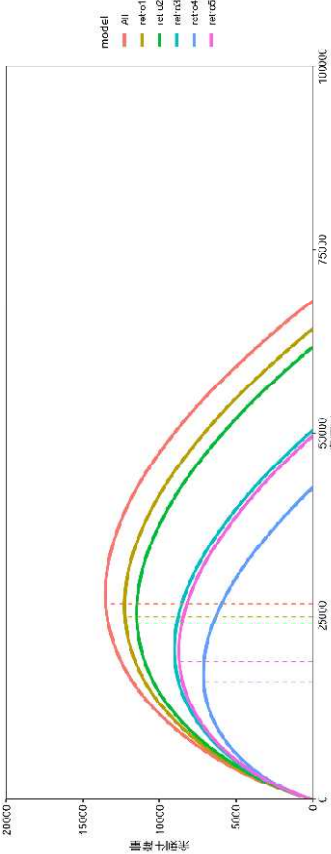
• Model 9f (K と q に事前分布を与える) の資源量絶対値



• Model 6 (K や q の事前分布なし) の余剰生産量曲線



• Model 6f (K と q に事前分布を与える) の余剰生産量曲線



補足図 1-4. 余剰生産モデルで K と q に事前分布を与えた場合のレトロスペクティブ解析の一例

生産力の年変化を仮定し形状パラメータ n の事前分布に 1.19 を与えた場合 (Model 9) の資源量絶対値 (上段)、および、形状パラメータ n に 1.19、内的自然増加率 r に尤度プロファイルで負の対数尤度が最小となる値を与えた場合 (Model 6) の余剰生産量曲線 (下段) について、K および q に事前情報を与えない場合 (左列) と両パラメータに事前分布を与えた場合 (右列) の比較。

補足表 1-1. 各モデルのパラメータ

モデル名	Model 6 (資源評価に使用)			Model 6b		
事前分布の設定	<ul style="list-style-type: none"> 形状パラメータには $n=1.19$ を平均値とした狭い事前分布 ($SD=0.5$) を与えた。 内的自然増加率 r には尤度プロファイルが負の対数尤度が最小となる値 (0.530) を平均値とした狭い事前分布 ($SD=0.5$) を与えた。 			<ul style="list-style-type: none"> Model 6 かつ環境収容力 K に狭い事前分布 ($SD=0.5$) を与えた。 		
	下限 5%	推定値	上限 5%	下限 5%	推定値	上限 5%
r	0.254	0.634	1.581	0.332	0.672	1.361
K	2.74E+04	6.90E+04	1.74E+05	3.50E+04	6.37E+04	1.16E+05
n	0.828	1.166	1.641	0.864	1.184	1.622
σ_B	0.123	0.224	0.409	0.118	0.221	0.413
σ_F	0.098	0.139	0.196	0.098	0.139	0.196
q	7.48E-05	1.46E-04	2.87E-04	7.85E-05	1.50E-04	2.85E-04
σ_I	0.189	0.254	0.343	0.190	0.255	0.343
$bkfrac$	0.025	0.074	0.221	0.033	0.079	0.185

モデル名	Model 6d			Model 6f		
事前分布の設定	<ul style="list-style-type: none"> Model 6 かつ漁獲効率 q に狭い事前分布 ($SD=0.5$) を与えた。 			<ul style="list-style-type: none"> Model 6 かつ漁獲効率 q および環境収容力 K に狭い事前分布 ($SD=0.5$) を与えた。 		
	下限 5%	推定値	上限 5%	下限 5%	推定値	上限 5%
r	0.242	0.563	1.307	0.300	0.612	1.247
K	3.18E+04	7.80E+04	1.92E+05	3.85E+04	6.80E+04	1.20E+05
n	0.851	1.242	1.814	0.883	1.269	1.823
σ_B	0.176	0.257	0.376	0.174	0.256	0.377
σ_F	0.098	0.139	0.198	0.097	0.138	0.197
q	5.84E-05	1.08E-04	1.99E-04	6.11E-05	1.11E-04	2.01E-04
σ_I	0.181	0.247	0.336	0.183	0.248	0.337
$bkfrac$	0.027	0.085	0.269	0.039	0.095	0.230

補足表 1-1. 各モデルのパラメータ (続き)

いずれのモデルでも、2010年代中盤以降に生産力の年変化が起きたと仮定した。様々な区切り年での年変化を検討した結果、いずれのモデルでも 2016~2017 年漁期に年変化が起きたとした場合にモデルの AIC が最も小さくなったため、内的自然増加率に関するパラメータを 2017 年漁期より前と後とで分けて求めることとした。

モデル名	Model 7(資源評価に使用)			Model 7b		
事前分布の設定	<ul style="list-style-type: none"> 形状パラメータには $n=2$ を平均値とした狭い事前分布 ($SD=0.5$) を与えた。 生産力の年変化が起きたと仮定し、内的自然増加率は変化した年の前後で分けて推定した ($r1, r2$)。 			<ul style="list-style-type: none"> Model 7 かつ環境収容力 K に狭い事前分布 ($SD=0.5$) を与えた。 		
	下限 5%	推定値	上限 5%	下限 5%	推定値	上限 5%
$r1$	0.141	0.488	1.686	0.164	0.452	1.249
$r2$	0.467	1.075	2.478	0.480	1.034	2.227
K	2.46E+04	5.19E+04	1.10E+05	3.13E+04	5.54E+04	9.80E+04
n	0.698	1.156	1.915	0.692	1.136	1.864
σ_B	0.153	0.227	0.336	0.159	0.230	0.332
σ_F	0.096	0.140	0.204	0.097	0.141	0.204
q	3.83E-05	8.82E-05	2.03E-04	4.02E-05	8.32E-05	1.72E-04
σ_I	0.187	0.254	0.346	0.186	0.252	0.343
$bkfrac$	0.086	0.176	0.359	0.084	0.174	0.359

モデル名	Model 7d			Model 7f		
事前分布の設定	<ul style="list-style-type: none"> Model 7 かつ漁獲効率 q に狭い事前分布 ($SD=0.5$) を与えた。 			<ul style="list-style-type: none"> Model 7 かつ漁獲効率 q および環境収容力 K に狭い事前分布 ($SD=0.5$) を与えた。 		
	下限 5%	推定値	上限 5%	下限 5%	推定値	上限 5%
$r1$	0.158	0.457	1.323	0.173	0.441	1.129
$r2$	0.467	1.057	2.396	0.481	1.034	2.222
K	2.95E+04	5.49E+04	1.02E+05	3.42E+04	5.66E+04	9.36E+04
n	0.690	1.149	1.915	0.690	1.138	1.876
σ_B	0.162	0.231	0.328	0.164	0.232	0.327
σ_F	0.096	0.140	0.204	0.097	0.140	0.204
q	4.47E-05	8.19E-05	1.50E-04	4.62E-05	8.02E-05	1.39E-04
σ_I	0.186	0.253	0.344	0.185	0.252	0.342
$bkfrac$	0.087	0.178	0.364	0.087	0.176	0.357

補足表 1-1. 各モデルのパラメータ (続き)

いずれのモデルでも、2010年代中盤以降に生産力の年変化が起きたと仮定した。様々な区切り年での年変化を検討した結果、いずれのモデルでも 2016~2017年漁期に年変化が起きたとした場合にモデルの AIC が最も小さくなったため、内的自然増加率に関するパラメータを 2017年漁期より前と後とで分けて求めることとした。

モデル名	Model 8 (資源評価に使用)			Model 8b		
事前分布の設定	<ul style="list-style-type: none"> 形状パラメータには $n=1.46$ を平均値とした狭い事前分布 ($SD=0.5$) を与えた。 生産力の年変化が起きたと仮定し、内的自然増加率は変化した年の前後で分けて推定した ($r1, r2$)。 			<ul style="list-style-type: none"> Model 8 かつ環境収容力 K に狭い事前分布 ($SD=0.5$) を与えた。 		
	下限 5%	推定値	上限 5%	下限 5%	推定値	上限 5%
$r1$	0.113	0.400	1.413	0.140	0.388	1.075
$r2$	0.385	0.933	2.262	0.419	0.917	2.008
K	2.63E+04	5.65E+04	1.21E+05	3.28E+04	5.79E+04	1.02E+05
n	0.607	1.023	1.724	0.619	1.015	1.662
σ_B	0.157	0.228	0.332	0.159	0.229	0.329
σ_F	0.097	0.142	0.206	0.098	0.142	0.206
q	3.74E-05	8.50E-05	1.93E-04	4.09E-05	8.33E-05	1.70E-04
σ_I	0.186	0.253	0.346	0.186	0.253	0.344
$bkfrac$	0.079	0.174	0.382	0.079	0.173	0.376

モデル名	Model 8d			Model 8f		
事前分布の設定	<ul style="list-style-type: none"> Model 8 かつ漁獲効率 q に狭い事前分布 ($SD=0.5$) を与えた。 			<ul style="list-style-type: none"> Model 8 かつ漁獲効率 q および環境収容力 K に狭い事前分布 ($SD=0.5$) を与えた。 		
	下限 5%	推定値	上限 5%	下限 5%	推定値	上限 5%
$r1$	0.128	0.381	1.135	0.148	0.378	0.969
$r2$	0.386	0.921	2.199	0.420	0.917	2.001
K	3.06E+04	5.87E+04	1.13E+05	3.54E+04	5.91E+04	9.85E+04
n	0.603	1.016	1.712	0.616	1.014	1.668
σ_B	0.163	0.231	0.325	0.164	0.231	0.325
σ_F	0.097	0.142	0.207	0.097	0.142	0.206
q	4.43E-05	8.06E-05	1.46E-04	4.66E-05	8.03E-05	1.38E-04
σ_I	0.185	0.252	0.345	0.185	0.252	0.344
$bkfrac$	0.080	0.175	0.385	0.082	0.175	0.373

補足表 1-1. 各モデルのパラメータ (続き)

いずれのモデルでも、2010年代中盤以降に生産力の年変化が起きたと仮定した。様々な区切り年での年変化を検討した結果、いずれのモデルでも2016~2017年漁期に年変化が起きたとした場合にモデルのAICが最も小さくなったため、内的自然増加率に関するパラメータを2017年漁期より前と後とで分けて求めることとした。

モデル名	Model 9 (資源評価に使用)			Model 9b		
事前分布の設定	<ul style="list-style-type: none"> 形状パラメータには $n=1.19$ を平均値とした狭い事前分布 ($SD=0.5$) を与えた。 生産力の年変化が起きたと仮定し、内的自然増加率は変化した年の前後で分けて推定した ($r1, r2$)。 			<ul style="list-style-type: none"> Model 9 かつ環境収容力 K に狭い事前分布 ($SD=0.5$) を与えた。 		
	下限 5%	推定値	上限 5%	下限 5%	推定値	上限 5%
$r1$	0.094	0.347	1.276	0.125	0.350	0.976
$r2$	0.331	0.844	2.151	0.382	0.848	1.882
K	2.72E+04	6.04E+04	1.34E+05	3.39E+04	6.00E+04	1.06E+05
n	0.546	0.940	1.616	0.572	0.942	1.551
σ_B	0.159	0.229	0.331	0.160	0.229	0.328
σ_F	0.098	0.143	0.208	0.098	0.143	0.208
q	3.58E-05	8.23E-05	1.89E-04	4.07E-05	8.27E-05	1.68E-04
σ_I	0.184	0.253	0.347	0.185	0.253	0.345
$bkfrac$	0.074	0.172	0.401	0.076	0.172	0.389

モデル名	Model 9d			Model 9f		
事前分布の設定	<ul style="list-style-type: none"> Model 9 かつ漁獲効率 q に狭い事前分布 ($SD=0.5$) を与えた。 			<ul style="list-style-type: none"> Model 9 かつ漁獲効率 q および環境収容力 K に狭い事前分布 ($SD=0.5$) を与えた。 		
	下限 5%	推定値	上限 5%	下限 5%	推定値	上限 5%
$r1$	0.109	0.335	1.033	0.094	0.347	1.276
$r2$	0.333	0.836	2.098	0.331	0.844	2.151
K	3.13E+04	6.20E+04	1.23E+05	2.72E+04	6.04E+04	1.34E+05
n	0.545	0.934	1.598	0.546	0.940	1.616
σ_B	0.165	0.231	0.325	0.159	0.229	0.331
σ_F	0.098	0.143	0.208	0.098	0.143	0.208
q	4.36E-05	7.93E-05	1.44E-04	3.58E-05	8.23E-05	1.89E-04
σ_I	0.184	0.252	0.345	0.184	0.253	0.347
$bkfrac$	0.074	0.173	0.403	0.074	0.172	0.401

補足資料2 シミュレーションを用いた漁獲管理規則案のパラメータ設定

(1) はじめに

令和4年度資源評価では、本資源は2017～2019年漁期に資源量が急増したと推定されている。資源量の急増には2014年級群およびその前後の年級群の加入が多かったことが考えられているが、そのメカニズムは明らかではない。資源評価で用いた4つの設定の余剰生産モデルでの解析においては、うち3つ（Model 7、Model 8、Model 9）で生産力の年変化が起きたとする仮定を置いているが、実際に本資源の再生産に係わるプロセスでどのような変化が起きたか否かについては知見がない。なぜ資源が増大したのか明らかではない以上、今後、資源が増大前の水準まで急減する可能性についても十分に留意が必要である。本資源で提案する2系の漁獲管理規則では、資源の急減に対し過大な漁獲量を示さず、資源の崩壊を防ぐ性能が求められる。

漁獲管理規則の性能の確認には、将来予測と同様の数値シミュレーションを行うことが必要である。本資源では資源評価において余剰生産モデルを使用しているため、そのモデルの推定パラメータを用いて、漁獲に対する資源の反応をシミュレートすることが可能である。また、資源評価で用いた余剰生産モデルでは、3つのモデルで2016～2017年漁期に生産力の増大を仮定しており、将来的にこの生産力が2016年漁期以前と同様の状態に戻る仮定を置いたシミュレーションも可能である。

「令和4（2022）年度漁獲管理規則およびABC算定のための基本指針（FRA-SA2022-ABCWG02-01）」にあるように、管理基準値や漁獲管理規則については、個々の資源の特徴を勘案した上でより適切な手法を科学的説明と関係研究機関の合意の下で提案することが認められている。2系の漁獲管理規則では、一般的なシミュレーションに基づき、様々な状況下で資源を適切に管理できる規則として、目標水準BTを80%水準、限界水準を56%水準（目標水準の7割）、漁獲管理規則の調整係数 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 を0.5、0.4、0.4とする設定を基本としているが、この基本的漁獲管理規則が本資源の漁獲管理に適切ではない場合には、本資源に特化した水準値や調整係数に変更することが必要と考えられる。

そこで本資料では、本資源の余剰生産モデルの結果を用いて2系の漁獲管理規則で漁獲した場合の将来予測シミュレーションを行い、1) 上記の基本的漁獲管理規則が本資源の管理に足る性能があるか、2) 性能が不十分な場合はどの設定を変更することが必要かを検討した。検討の結果は、本資料での各水準および漁獲管理規則の提案に用いた。

(2) 将来予測シミュレーションの方法

資源評価では、平衡状態を仮定しないPella-Tomlinson型余剰生産モデル（プロダクションモデル）であるSPiCT（連続時間における確率的な状態空間余剰生産モデル：Pedersen and Berg 2017）を使用している。この余剰生産モデルで推定されたパラメータに基づき、シミュレーションでは下式による前進計算を行い資源量Bの将来予測を行った。

$$B_{t+1} = \left(B_t + \gamma m \frac{B_t}{K} - \gamma m \left[\frac{B_t}{K} \right]^n - C_t \right) \exp(\varepsilon_t) \quad (1)$$

ここで、 $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_B^2)$ であり資源量の確率変動を与える。Kは環境収容力、nは形状パラメータである。C_tはt年の漁獲量であり、漁獲管理規則により与える。

また、 γ は (2) 式、 m は (3) 式の通りである。

$$\gamma = n^{n/(n-1)}/(n-1) \quad (2)$$

$$m = \frac{rK}{n^{n/(n-1)}} \quad (3)$$

ここで r は内的自然増加率である。

各パラメータは、令和 4 年度資源評価で用いた余剰生産モデルに漁獲効率 q と環境収容力 K への事前分布を加えたモデル (Model 6f、Model 7f、Model 8f、Model 9f) での推定結果から与えた。シミュレーションで検討したシナリオは以下の 3 通りである；

シナリオ 1) 過去も将来も生産力の年変化は起きていない

- ・ Model 6f のパラメータを使用する。

シナリオ 2) 2016～2017 年漁期に上昇した生産力は、将来にわたり維持される

- ・ Model 7f、8f、9f のパラメータを使用する。
- ・ 内的自然増加率 r は生産力の年変化が起きた後のパラメータを用いる。

シナリオ 3) 2016～2017 年漁期に上昇した生産力は、2026～2028 年漁期に低下し 2029 年漁期には 2016 年漁期以前の生産力に戻る

- ・ Model 7f、8f、9f のパラメータを使用する。
- ・ 内的自然増加率 r には 2025 年漁期まで 2017 年漁期以降のパラメータを、2029 年漁期以降は 2016 年以前のパラメータを用いる。
- ・ 2026～2028 年漁期の内的自然増加率は、高い r から低い r へ直線的に減少したと仮定する。

いずれのシナリオでも、将来予測期間は漁獲管理規則での管理開始から 20 年間とし、繰り返し計算数は 10,000 回とした。そのうち 1 回は資源量の確率変動を与えない決定論的な予測とした。資源量の確率変動や漁獲管理規則を適用する将来予測シミュレーションは 2023 年漁期からとして、2022 年漁期の資源量は余剰生産モデルの単純な前進計算から与えた。また、2022 年漁期は 2021 年漁期の漁獲圧 (F) と同じ F を仮定し漁獲量を与えた。なお、今回のシミュレーションでは資源量指標値の観測誤差や、漁獲管理の実行に係わる誤差を考慮していない。資源量の前進計算には SPiCT の R パッケージ `spict` に実装されているシミュレーション関数 `sim.R` を改変して用いた。

(3) 性能評価に用いる 2 系漁獲管理規則の設定

将来予測シミュレーションでは、一般的なシミュレーションに基づき設定されている基本的漁獲管理規則 (目標水準は 80%水準) と、目標水準を 80～93%まで変更した場合の漁獲管理規則の性能評価を行った。限界水準は目標水準の 7 割に相当する値とした。2 系資源の管理規則における漁獲管理規則 (HCR) では、直近の資源量指標値の水準 (D_t) が目標水準 (B_T) を上回る場合は漁獲量を増加させ、下回る場合は漁獲量を削減するように、漁獲量を増減させる係数 (α) を設定する。限界水準 (B_L) を下回った場合には、資源量指標値を目標水準により早く近づけるように α を大きく引き下げる。現状の漁獲量 (近年の漁獲量平均値) に係数 α を乗じたものが ABC となる。係数 β は漁獲管理規則で算出される ABC を調整する値である。

$$ABC = \alpha_t \cdot \beta \cdot \bar{C}_t = \exp [k_t(D_t - B_T)] \cdot \beta \cdot \bar{C}_t \quad (4)$$

ここで、 k_t は、以下の通りとなる。

$$k_t = \begin{cases} \delta_1 & \dots D_t > B_L \\ \delta_1 + \delta_2 \exp[\delta_3 \log(AAV_t^2 + 1)] \frac{B_L - D_t}{D_t - B_B} & \dots B_B < D_t \leq B_L \\ \infty & \dots D_t \leq B_B \end{cases} \quad (5)$$

漁獲量の増減速度は、調整係数 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 による。ここで δ_2 は資源が少ない場合の漁獲量の削減（すなわち回復速度）、 δ_3 は資源量指標値の年変動（AAV）が大きい場合に漁獲量を抑える係数である。

本資源の場合は、現在の増大した資源が急速に減少した場合に漁獲量を適切に削減させることが重要と考えられるため、目標水準を 80~93%まで変更した場合の漁獲管理規則での δ_2 および δ_3 はそれぞれ 1 とした。漁獲量を増減させる係数 (α) の上限値は、目標水準 B_T と δ_1 により一意に定まる。基本の漁獲管理規則では B_T が 80%、 δ_1 が 0.5 であるため、 α の上限値は 1.105 となる。目標水準を 80%よりも大きい値に変更した際に δ_1 を当初の 0.5 で固定したままでは、 α の上限値が下がってしまうため、本検討では、目標水準を 80~93%まで変更した場合の漁獲管理規則では、いずれの B_T を用いた場合でも α の上限値が 1.105 になるように δ_1 を 0.5~1.44 の範囲で調整した。ABC の算出の際に α に乗じる平均漁獲量として、直近 5 年間の平均の他、直近 3 年間の平均を用いた場合についても検討した。なお、係数 β はデフォルト値の 1 で固定した。性能評価に供した各水準値および漁獲管理規則の設定の一覧を補足表 2-1 に、漁獲管理規則を図示したものを補足図 2-1 に示す。

(4) パフォーマンス指標値

検討した漁獲管理規則の性能評価にあたり、2 系の基本的漁獲管理規則の検討に用いられた一般的なシミュレーションでも採用されている指標（FRA-SA2022-ABCWG02-11）を模して、以下の指標値を算出した；

- 1) 資源崩壊の確率（zeroB）：
 - 繰り返し計算のうち、資源の枯渇（資源量ゼロ）に至った計算の割合
- 2) 資源量が 0.5Bmsy を下回る確率（Pr（B<0.5Bmsy））：
 - 繰り返し計算のうち、シミュレーション期間中（20 年）に一度でも資源量が Bmsy の 50%を下回る計算の割合
- 3) MSY 水準を実現する漁獲圧 Fmsy に対する F の比の平均（F/Fmsy mean）：
 - シミュレーション期間中の各年の漁獲圧 F の Fmsy に対する比の、全年（20 年）の平均の、全繰り返し計算での平均
- 4) 漁獲量の年変動（AAV）：
 - シミュレーション期間中（20 年）の漁獲量の年変化の大きさ（AAV）の全繰り返し計算での平均
- 5) 漁獲管理導入初年度の漁獲量を前々年の漁獲量で割った値（ABCimpact）
 - 最初の ABC 算出による 2023 年漁期の漁獲量予測値の、2021 年漁期の漁獲量に対する比

(5) 結果

各シナリオでのシミュレーションの結果を補足表 2-2~2-4 に示す。2 系の基本的漁獲管理規則 (BT=80%、BL=56%、 $\delta_1=0.5$ 、 $\delta_2=0.4$ 、 $\delta_3=0.4$) で漁獲管理した場合、Model6f を用いた生産力の年変化が起きていないとするシナリオ 1 では資源の崩壊確率が 48%となり (補足表 2-2、補足図 2-2)、上昇した生産力が元に戻ると仮定したシナリオ 3 では Model7f、8f、9f のいずれを用いた場合でも資源の崩壊確率が 95%以上となるなど (補足表 3-3、補足図 2-4)、本資源に基本的漁獲管理規則を適用するには資源保護におけるリスクが著しく高いことが明らかとなった。漁獲管理規則の設定を変えた検討では、目標水準 BT が高いほど資源崩壊の確率は下がるが、一方で算出される漁獲量の F は F_{msy} に対し小さくなり、漁獲量の年変動 AAV が小さくなった。また、どの漁獲管理規則の設定でも、同じ目標水準 BT の設定で直近の漁獲量の平均を直近 5 年間とした場合と直近 3 年間とした場合とを比較すると、直近 3 年間の平均の漁獲量を使用した場合での資源保護の性能が劣ることが明らかとなった。生産力が高い状態で維持されるシナリオ 2 では、どのような漁獲管理規則でも資源を崩壊させる可能性は低い (補足図 2-3)。ただし、シナリオ 2 でも目標水準 BT を高く設定するほど漁獲量の年変動 AAV が大きくなる傾向がみられる (補足表 2-3)。

一般的なシミュレーションによる性能評価では、パフォーマンスが高いと評価された漁獲管理規則での資源の崩壊確率はいずれも 10%未満である (FRA-SA2022-ABCWG02-11)。この基準を用いると、直近の漁獲量を 5 年平均とする場合では、どのシナリオでも資源の崩壊確率を 10%未満にするには目標水準 BT を 91%以上にすることが必要であるといえる (補足表 2-2~2-4、補足図 2-5~2-7)。漁獲量を 3 年平均にした場合は漁獲管理規則の性能が低下し、目標水準 BT を 93%以上にしなければいずれかのシナリオで資源の崩壊確率が 10%を上回る。

目標水準 BT を 91%とした漁獲管理規則での結果について、シナリオ 1 で基本的漁獲管理規則の結果と比較すると、資源量が $0.5B_{msy}$ を下回る確率や漁獲量の AAV については半分程度に抑えることが出来ている。目標水準 BT を 91%とした漁獲管理規則では、シナリオ 1 およびシナリオ 3 のいずれでも、漁獲量の年変動の平均値は 20%以下であり、2 系の漁獲管理規則の導入により、毎年極端な漁獲量の変化を強いられることは少ないものと考えられる。なお、どの漁獲管理規則でも α の上限値が同じになるように δ_1 を与えているので、直近の資源量指標値が過去最高値となっている都合上、初年度の漁獲量を前年の漁獲量で割った値 (ABC impact) に漁獲管理規則間で差はない。

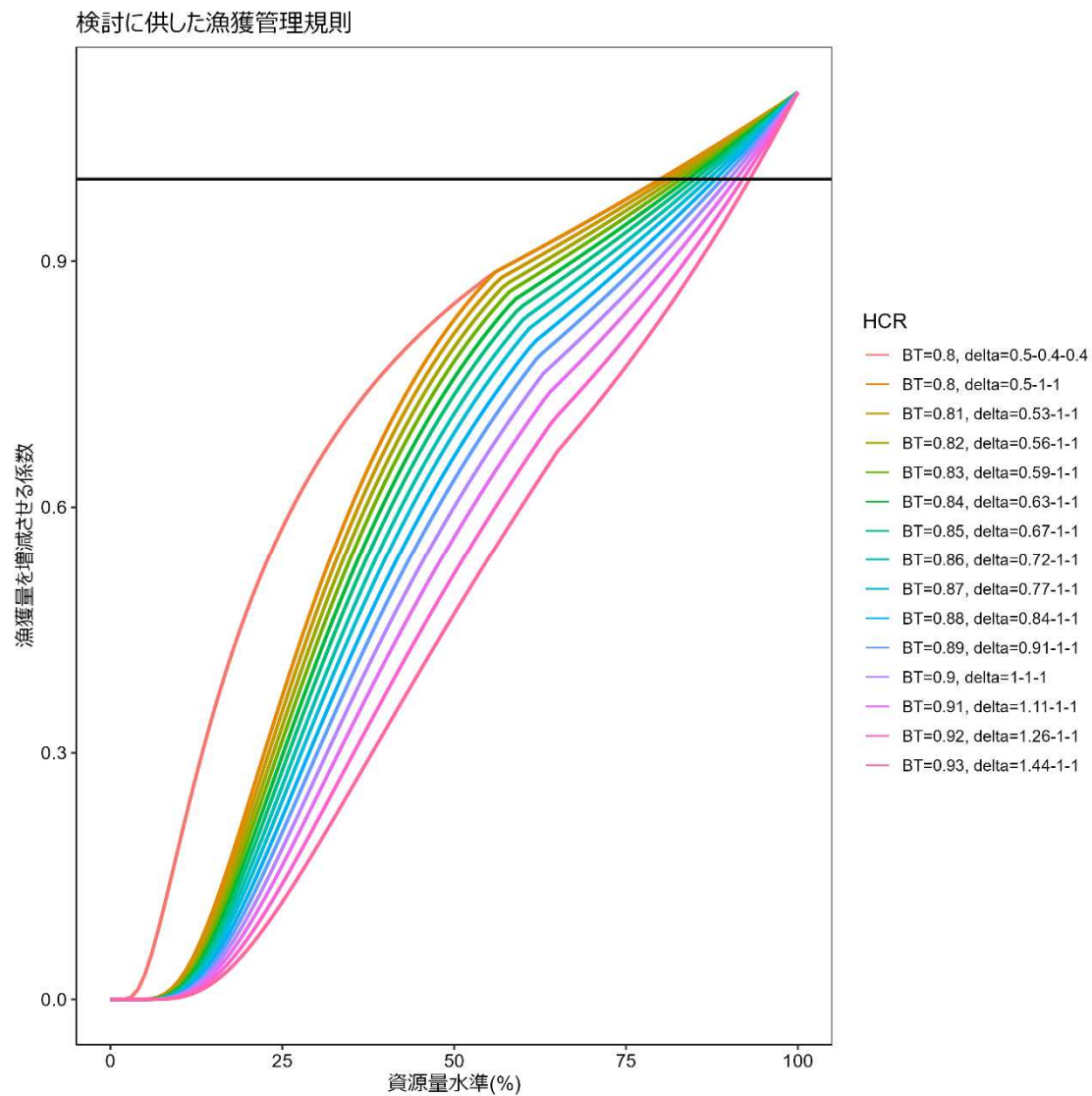
これらの結果を踏まえると、本資源の 2 系の漁獲管理規則としては、基本的漁獲管理規則をそのまま適用するのは資源の保護の観点から適切ではなく、目標水準 BT を引き上げた設定を用いることが望ましいといえる。特に、今後生産力の年変化で資源減少が起きた場合にも、これに追随して漁獲量の十分な引き下げを提示し、資源の崩壊確率を 10%未満に抑えることができる漁獲管理規則としては、少なくとも目標水準 BT を 91%とする設定を用いることが必要と考えられる。

本資源では、2017 年漁期ごろから急激に資源量指数が増加し、直近数年の資源量指数はそれ以前に対し大幅に高くなった。資源評価に用いた余剰生産モデルでは、この資源量指数の急増を、最近年に極端な正のプロセス誤差がたて続けに起こった (Model 6 に相当)

か、資源の生産力が大きく変化した（Model 7～9 に相当）か、のどちらかで説明するものである。このような資源動態は、基本的漁獲管理規則の開発で用いられた一般的なシミュレーション（MSE）では想定されておらず、結果として、基本的漁獲管理規則で提案されている調整係数のもとでは、本資源を想定したシミュレーションにおいて十分な資源保護のパフォーマンスが発揮されなかったものと考えられる。Model 6 では資源の生産力が明示的に変化しているわけではないため、これをベースにしたシナリオ 1 では基本的漁獲管理規則でも十分なパフォーマンスが得られることが期待されたが、近年の極端な正のプロセス誤差の連続は基本的漁獲管理規則の開発で用いられた MSE での想定からは外れる事象であったため、基本的漁獲管理規則ではパフォーマンスが悪くなったと考えられる。このようなプロセス誤差の傾向は自己相関構造と解することが出来るが、基本的漁獲管理規則の検討と同じシミュレーションモデルを用いた市野川ら（2015）では、プロセス誤差に自己相関構造を導入した感度分析では、どのような漁獲管理規則でも全体的に資源保護のパフォーマンスが悪くなることが示されている。2 系の基本的漁獲管理規則の適用の際には、生産力の明示的な変化がない場合においても、プロセス誤差に自己相関構造があると基本的漁獲管理規則の資源保護のパフォーマンスが悪くなる可能性があることに注意が必要である。

引用文献

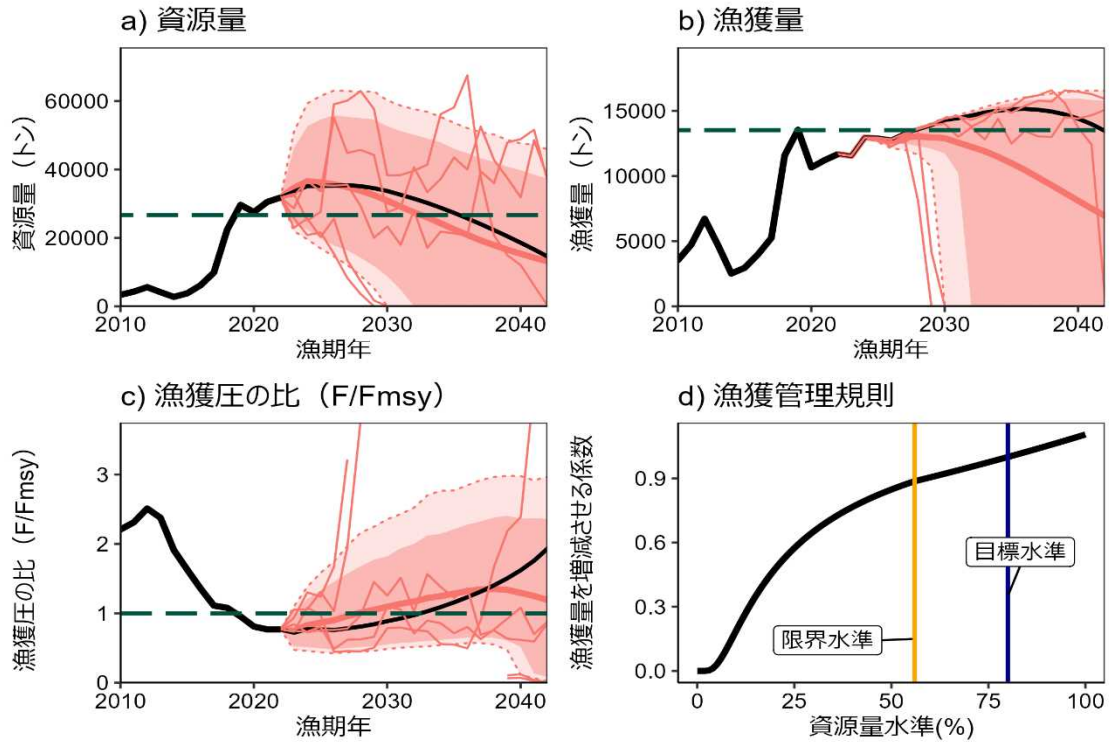
- ABCWG (2022) 令和 4(2022)年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2022-ABCWG02-01.
- 福井 眞、市野川桃子、平尾 章 (2022) 新 2 系ルールについての追加計算とその結果. FRA-SA2022-ABCWG02-11
- 市野川 桃子・岡村 寛・黒田啓行・由上龍嗣・田中寛繁・柴田泰宙・大下誠二 (2015) 管理目標の数値化による最適な ABC 算定規則の探索. 日本水産学会誌, 81, 206–218.
- Pedersen, M. W., & Berg, C. W. (2017) A stochastic surplus production model in continuous time. *Fish and Fisheries*, 18, 226-243.



補足図 2-1. 性能評価に用いた 2 系の漁獲管理規則

黒線は漁獲量を増減させる係数 (α) が 1 となるラインを示す。このラインとの交点が各漁獲管理規則 (HCR) の目標水準 (BT) である。漁獲管理規則の図示にあたり、資源量指標値の AAV には 2021 年漁期までの値 (0.241) を用いた。

Model6f (BT0.8, BL0.56, beta1, Ave.5years)
 delta= (0.5, 0.4, 0.4)

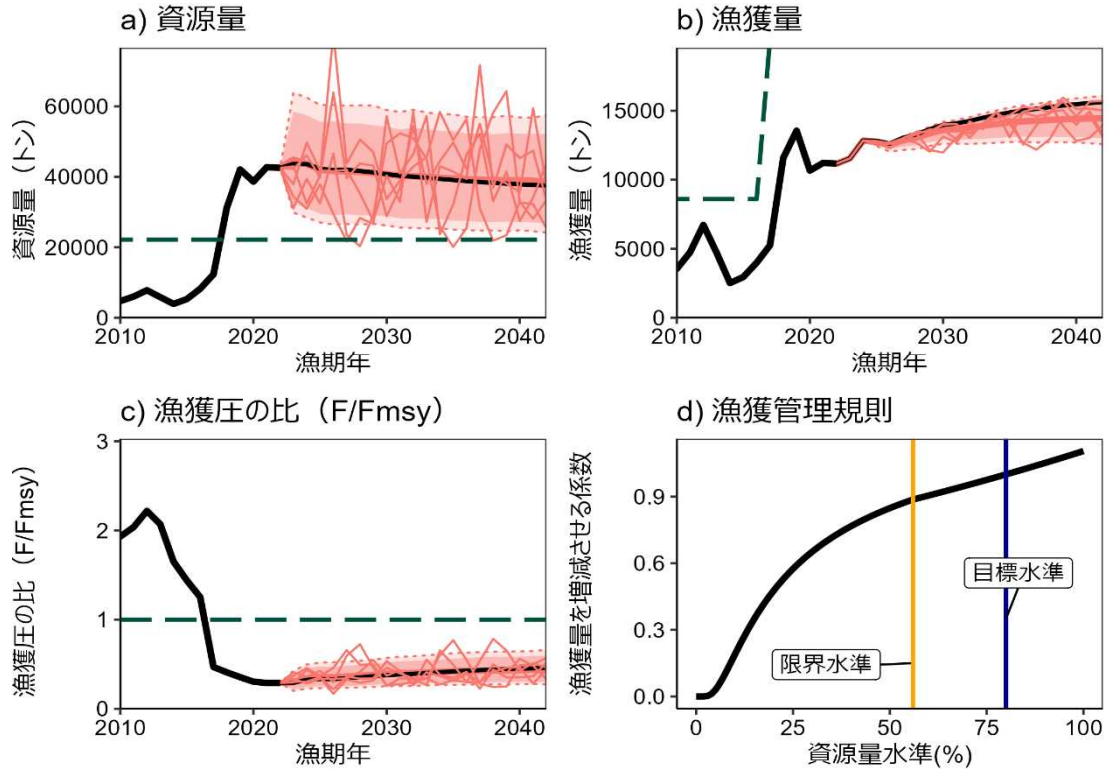


補足図 2-2. シナリオ 1 で基本的漁獲管理規則を用いた場合のシミュレーション結果

a)、b)、c)について、緑破線は MSY 水準を示す。赤の濃い網掛けは 80%信頼区間を、赤の薄い網掛けは 90%信頼区間を示す。予測期間の黒実線は資源量の確率変動を考慮しない場合の予測結果（決定論的予測）、赤の太実線は予測平均値、赤の細線は 5 つの計算結果の例示である。d)の漁獲管理規則の図示にあたり、資源量指標値の AAV には 2021 年漁期までの値 (0.241) を用いた。

基本的漁獲管理規則での漁獲管理では、資源量の確率変動に対し漁獲量を十分に増減できず、最終的に過大な漁獲量を与えることで資源の崩壊を招くリスクが高い。

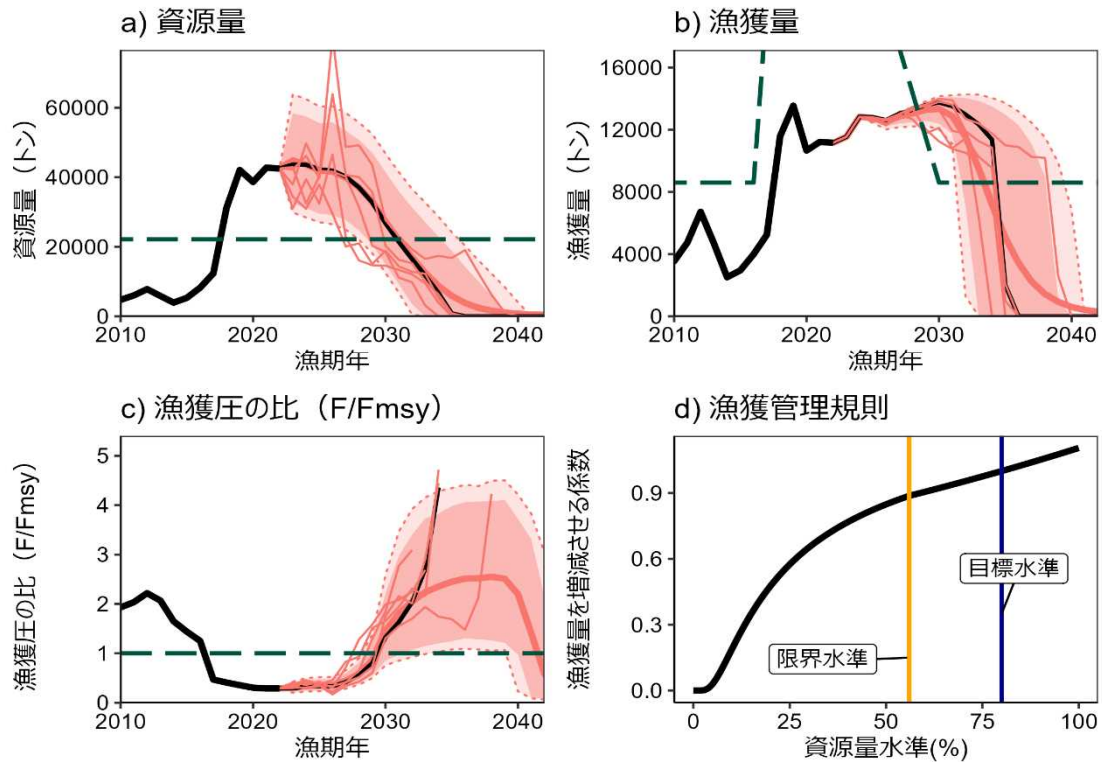
Model7f (BT0.8, BL0.56, beta1, Ave.5years)
 delta= (0.5, 0.4, 0.4)



補足図 2-3. シナリオ 2 で基本的漁獲管理規則を用いた場合のシミュレーション結果 (Model 7f を使用した場合)

a)、b)、c)について、緑破線は MSY 水準を示す。赤の濃い網掛けは 80%信頼区間を、赤の薄い網掛けは 90%信頼区間を示す。予測期間の黒実線は資源量の確率変動を考慮しない場合の予測結果（決定論的予測）、赤の太実線は予測平均値、赤の細線は5つの計算結果の例示である。d)の漁獲管理規則の図示にあたり、資源量指標値の AAV には 2021 年漁期までの値 (0.241) を用いた。
 生産力が高い状態で推移するシナリオ 2 では、基本的漁獲管理規則の下でも資源は安定的に維持される。

Model7f_regime-change3 (BT0.8, BL0.56, beta1, Ave.5years)
 delta= (0.5, 0.4, 0.4)

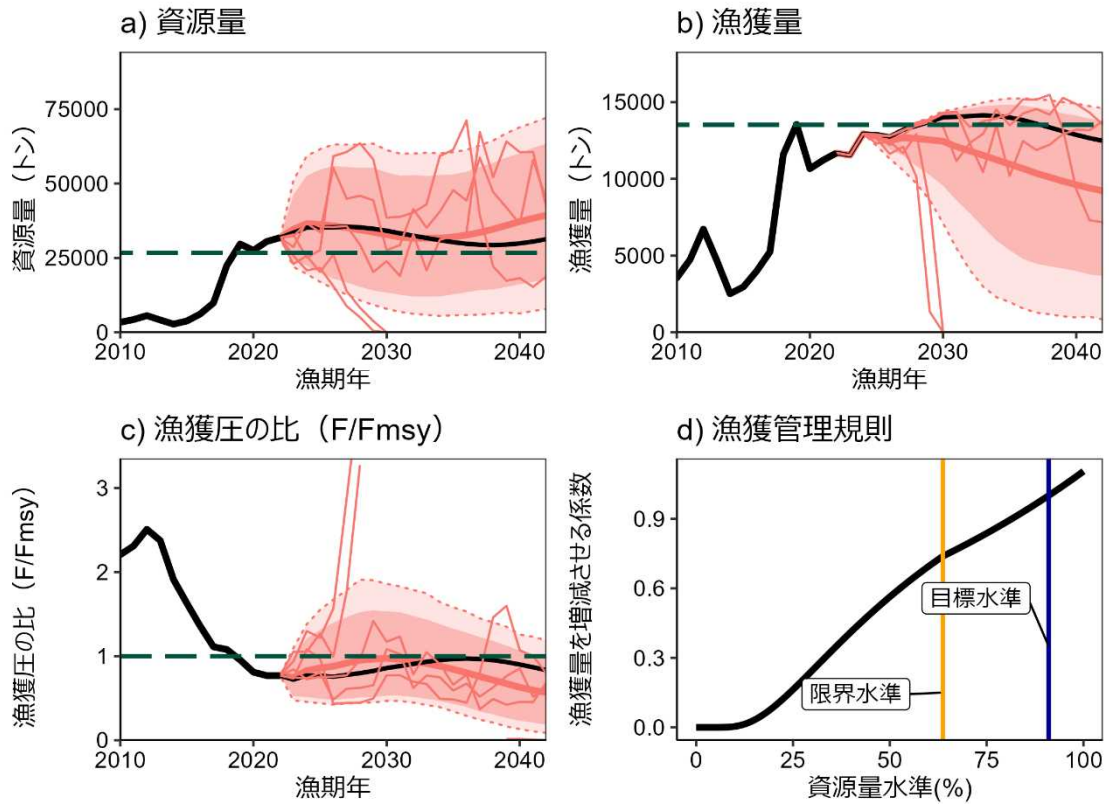


補足図 2-4. シナリオ 3 で基本的漁獲管理規則を用いた場合のシミュレーション結果 (Model 7f を使用した場合)

a)、b)、c)について、緑破線は MSY 水準を示す。赤の濃い網掛けは 80%信頼区間を、赤の薄い網掛けは 90%信頼区間を示す。予測期間の黒実線は資源量の確率変動を考慮しない場合の予測結果 (決定論的予測)、赤の太実線は予測平均値、赤の細線は 5 つの計算結果の例示である。d)の漁獲管理規則の図示にあたり、資源量指標値の AAV には 2021 年漁期までの値 (0.241) を用いた。

シナリオ 3 では資源量の低下に漁獲管理規則が対応しきれず、資源の崩壊を招いた。

Model6f (BT0.91, BL0.637, beta1, Ave.5years)
 delta= (1.11, 1, 1)

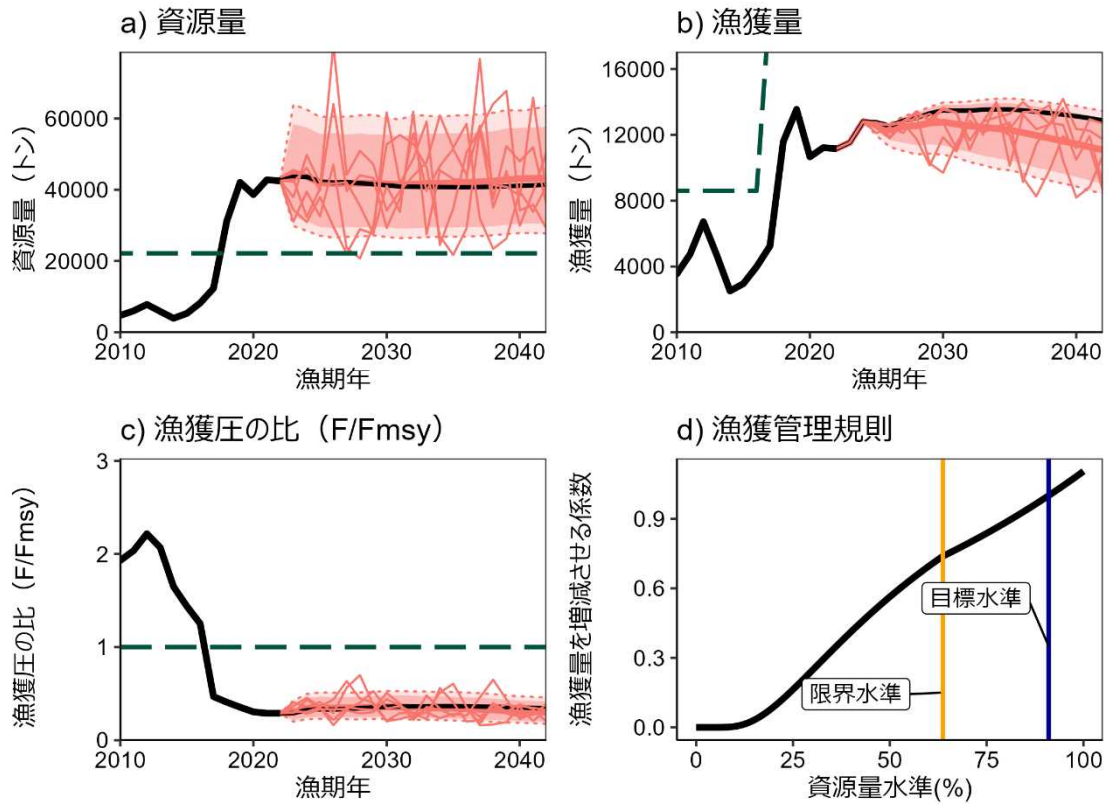


補足図 2-5. シナリオ 1 で目標水準 BT を 91%とした漁獲管理規則を用いた場合のシミュレーション結果

a), b), c)について、緑破線は MSY 水準を示す。赤の濃い網掛けは 80%信頼区間を、赤の薄い網掛けは 90%信頼区間を示す。予測期間の黒実線は資源量の確率変動を考慮しない場合の予測結果（決定論的予測）、赤の太実線は予測平均値、赤の細線は5つの計算結果の例示である。d)の漁獲管理規則の図示にあたり、資源量指標値の AAV には 2021 年漁期までの値 (0.241) を用いた。

BT を 90%とした漁獲管理規則での漁獲管理では、資源量の確率変動に追従して漁獲量を増減することで、資源の崩壊は防がれる。

Model7f (BT0.91, BL0.637, beta1, Ave.5years)
 delta= (1.11, 1, 1)

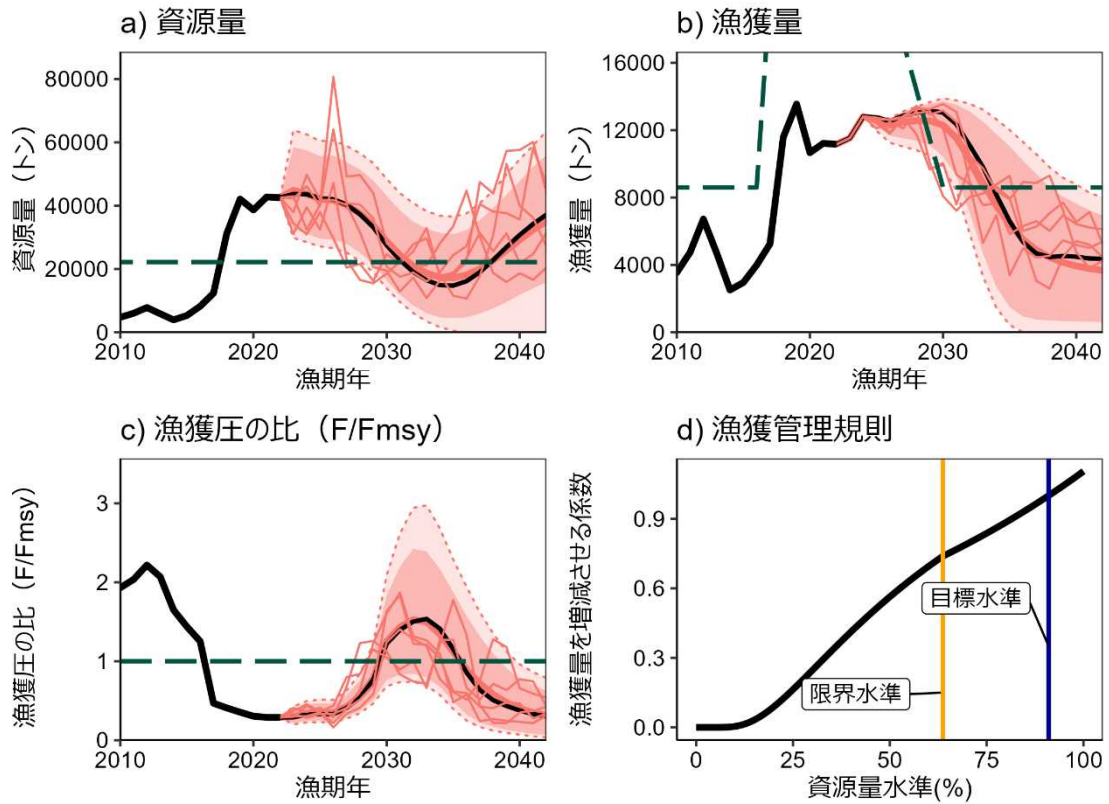


補足図 2-6. シナリオ 2 で目標水準 BT を 91%とした漁獲管理規則を用いた場合のシミュレーション結果

a), b), c)について、緑破線は MSY 水準を示す。赤の濃い網掛けは 80%信頼区間を、赤の薄い網掛けは 90%信頼区間を示す。予測期間の黒実線は資源量の確率変動を考慮しない場合の予測結果（決定論的予測）、赤の太実線は予測平均値、赤の細線は5つの計算結果の例示である。d)の漁獲管理規則の図示にあたり、資源量指標値の AAV には 2021 年漁期までの値 (0.241) を用いた。

BT を 90%とした漁獲管理規則での漁獲管理により、資源量は高い水準で維持されると予測される。

Model7f_regime-change3 (BT0.91, BL0.637, beta1, Ave.5years)
 delta= (1.11, 1, 1)



補足図 2-7. シナリオ 3 で目標水準 BT を 91%とした漁獲管理規則を用いた場合のシミュレーション結果

a)、b)、c)について、緑破線は MSY 水準を示す。赤の濃い網掛けは 80%信頼区間を、赤の薄い網掛けは 90%信頼区間を示す。予測期間の黒実線は資源量の確率変動を考慮しない場合の予測結果（決定論的予測）、赤の太実線は予測平均値、赤の細線は5つの計算結果の例示である。d)の漁獲管理規則の図示にあたり、資源量指標値の AAV には 2021 年漁期までの値 (0.241) を用いた。

BT を 90%とした漁獲管理規則により資源の急減に追従した漁獲量が示され、生産力の変化が起きても資源の崩壊を高い確率で防ぐことが出来る。

補足表 2-1. 本資源に特化したシミュレーションによる性能評価に供した 2 系の漁獲管理規則の各種設定

No.	目標水準	限界水準	漁獲管理規則の調整係数			直近の漁獲量
	BT	BL	$\delta 1$	$\delta 2$	$\delta 3$	平均年数
1*	0.80	0.56	0.50	0.4	0.4	5
2	0.80	0.56	0.50	1	1	5
3	0.81	0.567	0.53	1	1	5
4	0.82	0.574	0.56	1	1	5
5	0.83	0.581	0.59	1	1	5
6	0.84	0.588	0.63	1	1	5
7	0.85	0.595	0.67	1	1	5
8	0.86	0.602	0.72	1	1	5
9	0.87	0.609	0.77	1	1	5
10	0.88	0.616	0.84	1	1	5
11	0.89	0.623	0.91	1	1	5
12	0.90	0.63	1.00	1	1	5
13	0.91	0.637	1.11	1	1	5
14	0.92	0.644	1.26	1	1	5
15	0.93	0.651	1.44	1	1	5
16	0.80	0.56	0.50	0.4	0.4	3
17	0.80	0.56	0.50	1	1	3
18	0.81	0.567	0.53	1	1	3
19	0.82	0.574	0.56	1	1	3
20	0.83	0.581	0.59	1	1	3
21	0.84	0.588	0.63	1	1	3
22	0.85	0.595	0.67	1	1	3
23	0.86	0.602	0.72	1	1	3
24	0.87	0.609	0.77	1	1	3
25	0.88	0.616	0.84	1	1	3
26	0.89	0.623	0.91	1	1	3
27	0.90	0.63	1.00	1	1	3
28	0.91	0.637	1.11	1	1	3
29	0.92	0.644	1.26	1	1	3
30	0.93	0.651	1.44	1	1	3

* 一般的なシミュレーションに基づく基本的漁獲管理規則の設定

補足表 2-2. シナリオ 1：過去も将来も生産力の年変化が起きていない場合の 2 系の漁獲管理規則の各種設定ごとの性能評価

資源動態のパラメータには Model6f での推定結果を用いた。基本的漁獲管理規則での設定を灰色で網掛けした。本資料で提案する漁獲管理規則の設定を太字で示した。

使用モデル： Model 6f

目標水準案	限界水準案	漁獲管理規則の調整係数			直近の漁獲量	資源崩壊の確率	資源量が 0.5Bmsy を下回る確率	漁獲圧のFmsy に対する比*	漁獲量の年変動	初年度の漁獲量を前々年の漁獲量で割った値
BT	BL	$\delta 1$	$\delta 2$	$\delta 3$	平均年数	zeroB	Pr(B<0.5Bmsy)	F/Fmsy mean	AAV mean	ABC impact
0.80	0.56	0.50	0.4	0.4	5	0.48	0.64	0.98	0.20	1.03
0.80	0.56	0.50	1	1	5	0.46	0.64	0.99	0.20	1.03
0.81	0.567	0.53	1	1	5	0.43	0.62	0.99	0.20	1.03
0.82	0.574	0.56	1	1	5	0.39	0.60	0.98	0.19	1.03
0.83	0.581	0.59	1	1	5	0.35	0.57	0.98	0.18	1.03
0.84	0.588	0.63	1	1	5	0.31	0.54	0.97	0.17	1.03
0.85	0.595	0.67	1	1	5	0.26	0.51	0.96	0.15	1.03
0.86	0.602	0.72	1	1	5	0.22	0.49	0.94	0.14	1.03
0.87	0.609	0.77	1	1	5	0.18	0.45	0.92	0.13	1.03
0.88	0.616	0.84	1	1	5	0.13	0.42	0.90	0.12	1.03
0.89	0.623	0.91	1	1	5	0.10	0.38	0.87	0.11	1.03
0.90	0.63	1.00	1	1	5	0.07	0.35	0.84	0.10	1.03
0.91	0.637	1.11	1	1	5	0.05	0.31	0.81	0.10	1.03
0.92	0.644	1.26	1	1	5	0.03	0.27	0.78	0.10	1.03
0.93	0.651	1.44	1	1	5	0.02	0.23	0.74	0.10	1.03
0.80	0.56	0.50	0.4	0.4	3	0.77	0.86	1.08	0.32	1.16
0.80	0.56	0.50	1	1	3	0.75	0.86	1.09	0.34	1.16
0.81	0.567	0.53	1	1	3	0.73	0.85	1.09	0.34	1.16
0.82	0.574	0.56	1	1	3	0.69	0.83	1.09	0.32	1.16
0.83	0.581	0.59	1	1	3	0.63	0.80	1.08	0.31	1.16
0.84	0.588	0.63	1	1	3	0.59	0.78	1.07	0.29	1.16
0.85	0.595	0.67	1	1	3	0.53	0.74	1.05	0.28	1.16
0.86	0.602	0.72	1	1	3	0.46	0.71	1.04	0.26	1.16
0.87	0.609	0.77	1	1	3	0.38	0.66	1.01	0.23	1.16
0.88	0.616	0.84	1	1	3	0.31	0.62	0.98	0.21	1.16
0.89	0.623	0.91	1	1	3	0.24	0.57	0.95	0.19	1.16
0.90	0.63	1.00	1	1	3	0.17	0.51	0.91	0.16	1.16
0.91	0.637	1.11	1	1	3	0.12	0.46	0.87	0.15	1.16
0.92	0.644	1.26	1	1	3	0.08	0.40	0.83	0.13	1.16
0.93	0.651	1.44	1	1	3	0.04	0.34	0.78	0.13	1.16

*資源崩壊しなかった計算に限定した平均値

補足表 2-3. シナリオ 2 : 2016~2017 年漁期に上昇した生産力が将来にわたり維持される場合の 2 系の漁獲管理規則の各種設定ごとの性能評価
 資源動態のパラメータとして、表 a) で Model 7f、表 b) で Model 8f、表 c) で Model 9f を用いた場合の推定結果を示した。基本的漁獲管理規則での設定を灰色で網掛けした。本資料で提案する漁獲管理規則の設定を太字で示した。

a) 使用モデル : Model 7f

目標水準案	限界水準案	漁獲管理規則の調整係数			直近の漁獲量	資源崩壊の確率	資源量が 0.5Bmsy を下回る確率	漁獲量の Fmsy に対する比*	漁獲量の年変動	初年度の漁獲量を前々年の漁獲量で割った値
BT	BL	$\delta 1$	$\delta 2$	$\delta 3$	平均年数	zeroB	Pr(B<0.5Bmsy)	F/Fmsy mean	AAV mean	ABC impact
0.80	0.56	0.50	0.4	0.4	5	0.00	0.00	0.40	0.04	1.03
0.80	0.56	0.50	1	1	5	0.00	0.00	0.40	0.05	1.03
0.81	0.567	0.53	1	1	5	0.00	0.00	0.39	0.05	1.03
0.82	0.574	0.56	1	1	5	0.00	0.00	0.39	0.05	1.03
0.83	0.581	0.59	1	1	5	0.00	0.00	0.38	0.05	1.03
0.84	0.588	0.63	1	1	5	0.00	0.00	0.38	0.05	1.03
0.85	0.595	0.67	1	1	5	0.00	0.00	0.38	0.06	1.03
0.86	0.602	0.72	1	1	5	0.00	0.00	0.37	0.06	1.03
0.87	0.609	0.77	1	1	5	0.00	0.00	0.37	0.06	1.03
0.88	0.616	0.84	1	1	5	0.00	0.00	0.36	0.07	1.03
0.89	0.623	0.91	1	1	5	0.00	0.00	0.35	0.07	1.03
0.90	0.63	1.00	1	1	5	0.00	0.00	0.34	0.08	1.03
0.91	0.637	1.11	1	1	5	0.00	0.00	0.34	0.09	1.03
0.92	0.644	1.26	1	1	5	0.00	0.00	0.33	0.10	1.03
0.93	0.651	1.44	1	1	5	0.00	0.00	0.32	0.11	1.03
0.80	0.56	0.50	0.4	0.4	3	0.00	0.00	0.44	0.05	1.16
0.80	0.56	0.50	1	1	3	0.00	0.00	0.44	0.05	1.16
0.81	0.567	0.53	1	1	3	0.00	0.00	0.43	0.06	1.16
0.82	0.574	0.56	1	1	3	0.00	0.00	0.43	0.06	1.16
0.83	0.581	0.59	1	1	3	0.00	0.00	0.42	0.06	1.16
0.84	0.588	0.63	1	1	3	0.00	0.00	0.42	0.06	1.16
0.85	0.595	0.67	1	1	3	0.00	0.00	0.41	0.06	1.16
0.86	0.602	0.72	1	1	3	0.00	0.00	0.40	0.07	1.16
0.87	0.609	0.77	1	1	3	0.00	0.00	0.39	0.07	1.16
0.88	0.616	0.84	1	1	3	0.00	0.00	0.39	0.08	1.16
0.89	0.623	0.91	1	1	3	0.00	0.00	0.38	0.08	1.16
0.90	0.63	1.00	1	1	3	0.00	0.00	0.37	0.09	1.16
0.91	0.637	1.11	1	1	3	0.00	0.00	0.35	0.09	1.16
0.92	0.644	1.26	1	1	3	0.00	0.00	0.34	0.11	1.16
0.93	0.651	1.44	1	1	3	0.00	0.00	0.33	0.12	1.16

*資源崩壊しなかった計算に限定した平均値

補足表 2-3. (続き) シナリオ 2 : 2016~2017 年漁期に上昇した生産力が将来にわたり維持される場合の 2 系の漁獲管理規則の各種設定ごとの性能評価
 資源動態のパラメータとして、表 a)で Model 7f、表 b)で Model 8f、表 c)で Model 9f を用いた場合の推定結果を示した。基本的漁獲管理規則での設定を灰色で網掛けした。本資料で提案する漁獲管理規則の設定を太字で示した。

b) 使用モデル : Model 8f

目標水準案	限界水準案	漁獲管理規則の調整係数			直近の漁獲量	資源崩壊の確率	資源量が 0.5Bmsy を下回る確率	漁獲量の Fmsy に対する比*	漁獲量の年変動	初年度の漁獲量を前々年の漁獲量で割った値
BT	BL	δ1	δ2	δ3	平均年数	zeroB	Pr(B<0.5Bmsy)	F/Fmsy mean	AAV mean	ABC impact
0.80	0.56	0.50	0.4	0.4	5	0.00	0.00	0.39	0.04	1.03
0.80	0.56	0.50	1	1	5	0.00	0.00	0.39	0.04	1.03
0.81	0.567	0.53	1	1	5	0.00	0.00	0.39	0.05	1.03
0.82	0.574	0.56	1	1	5	0.00	0.00	0.39	0.05	1.03
0.83	0.581	0.59	1	1	5	0.00	0.00	0.38	0.05	1.03
0.84	0.588	0.63	1	1	5	0.00	0.00	0.38	0.05	1.03
0.85	0.595	0.67	1	1	5	0.00	0.00	0.37	0.05	1.03
0.86	0.602	0.72	1	1	5	0.00	0.00	0.37	0.06	1.03
0.87	0.609	0.77	1	1	5	0.00	0.00	0.36	0.06	1.03
0.88	0.616	0.84	1	1	5	0.00	0.00	0.36	0.07	1.03
0.89	0.623	0.91	1	1	5	0.00	0.00	0.35	0.07	1.03
0.90	0.63	1.00	1	1	5	0.00	0.00	0.34	0.08	1.03
0.91	0.637	1.11	1	1	5	0.00	0.00	0.33	0.08	1.03
0.92	0.644	1.26	1	1	5	0.00	0.00	0.32	0.09	1.03
0.93	0.651	1.44	1	1	5	0.00	0.00	0.31	0.10	1.03
0.80	0.56	0.50	0.4	0.4	3	0.00	0.00	0.44	0.05	1.16
0.80	0.56	0.50	1	1	3	0.00	0.00	0.44	0.05	1.16
0.81	0.567	0.53	1	1	3	0.00	0.00	0.43	0.05	1.16
0.82	0.574	0.56	1	1	3	0.00	0.00	0.43	0.06	1.16
0.83	0.581	0.59	1	1	3	0.00	0.00	0.42	0.06	1.16
0.84	0.588	0.63	1	1	3	0.00	0.00	0.41	0.06	1.16
0.85	0.595	0.67	1	1	3	0.00	0.00	0.41	0.06	1.16
0.86	0.602	0.72	1	1	3	0.00	0.00	0.40	0.07	1.16
0.87	0.609	0.77	1	1	3	0.00	0.00	0.39	0.07	1.16
0.88	0.616	0.84	1	1	3	0.00	0.00	0.38	0.07	1.16
0.89	0.623	0.91	1	1	3	0.00	0.00	0.37	0.08	1.16
0.90	0.63	1.00	1	1	3	0.00	0.00	0.36	0.08	1.16
0.91	0.637	1.11	1	1	3	0.00	0.00	0.35	0.09	1.16
0.92	0.644	1.26	1	1	3	0.00	0.00	0.34	0.10	1.16
0.93	0.651	1.44	1	1	3	0.00	0.00	0.32	0.11	1.16

*資源崩壊しなかった計算に限定した平均値

補足表 2-3. (続き) シナリオ 2 : 2016~2017 年漁期に上昇した生産力が将来にわたり維持される場合の 2 系の漁獲管理規則の各種設定ごとの性能評価
 資源動態のパラメータとして、表 a)で Model 7f、表 b)で Model 8f、表 c)で Model 9f を用いた場合の推定結果を示した。基本的漁獲管理規則での設定を灰色で網掛けした。本資料で提案する漁獲管理規則の設定を太字で示した。

c) 使用モデル : Model 9f

目標水準案	限界水準案	漁獲管理規則の調整係数			直近の漁獲量	資源崩壊の確率	資源量が 0.5Bmsy を下回る確率	漁獲量の Fmsy に対する比*	漁獲量の年変動	初年度の漁獲量を前々年の漁獲量で割った値
BT	BL	$\delta 1$	$\delta 2$	$\delta 3$	平均年数	zeroB	Pr(B<0.5Bmsy)	F/Fmsy mean	AAV mean	ABC impact
0.80	0.56	0.50	0.4	0.4	5	0.00	0.00	0.39	0.04	1.03
0.80	0.56	0.50	1	1	5	0.00	0.00	0.39	0.04	1.03
0.81	0.567	0.53	1	1	5	0.00	0.00	0.39	0.04	1.03
0.82	0.574	0.56	1	1	5	0.00	0.00	0.38	0.05	1.03
0.83	0.581	0.59	1	1	5	0.00	0.00	0.38	0.05	1.03
0.84	0.588	0.63	1	1	5	0.00	0.00	0.37	0.05	1.03
0.85	0.595	0.67	1	1	5	0.00	0.00	0.37	0.05	1.03
0.86	0.602	0.72	1	1	5	0.00	0.00	0.36	0.06	1.03
0.87	0.609	0.77	1	1	5	0.00	0.00	0.36	0.06	1.03
0.88	0.616	0.84	1	1	5	0.00	0.00	0.35	0.06	1.03
0.89	0.623	0.91	1	1	5	0.00	0.00	0.35	0.07	1.03
0.90	0.63	1.00	1	1	5	0.00	0.00	0.34	0.07	1.03
0.91	0.637	1.11	1	1	5	0.00	0.00	0.33	0.08	1.03
0.92	0.644	1.26	1	1	5	0.00	0.00	0.32	0.09	1.03
0.93	0.651	1.44	1	1	5	0.00	0.00	0.31	0.10	1.03
0.80	0.56	0.50	0.4	0.4	3	0.00	0.00	0.43	0.05	1.16
0.80	0.56	0.50	1	1	3	0.00	0.00	0.43	0.05	1.16
0.81	0.567	0.53	1	1	3	0.00	0.00	0.43	0.05	1.16
0.82	0.574	0.56	1	1	3	0.00	0.00	0.42	0.05	1.16
0.83	0.581	0.59	1	1	3	0.00	0.00	0.42	0.06	1.16
0.84	0.588	0.63	1	1	3	0.00	0.00	0.41	0.06	1.16
0.85	0.595	0.67	1	1	3	0.00	0.00	0.40	0.06	1.16
0.86	0.602	0.72	1	1	3	0.00	0.00	0.40	0.06	1.16
0.87	0.609	0.77	1	1	3	0.00	0.00	0.39	0.07	1.16
0.88	0.616	0.84	1	1	3	0.00	0.00	0.38	0.07	1.16
0.89	0.623	0.91	1	1	3	0.00	0.00	0.37	0.08	1.16
0.90	0.63	1.00	1	1	3	0.00	0.00	0.36	0.08	1.16
0.91	0.637	1.11	1	1	3	0.00	0.00	0.35	0.09	1.16
0.92	0.644	1.26	1	1	3	0.00	0.00	0.34	0.10	1.16
0.93	0.651	1.44	1	1	3	0.00	0.00	0.32	0.11	1.16

*資源崩壊しなかった計算に限定した平均値

補足表 2-4. シナリオ 3: 2016~2017 年漁期に上昇した生産力が 2026~2028 年漁期に低下し 2029 年漁期には 2016 年漁期以前の生産力に戻る場合の 2 系の漁獲管理規則の各種設定ごとの性能評価

資源動態のパラメータとして、表 a) で Model 7f、表 b) で Model 8f、表 c) で Model 9f を用いた場合の推定結果を示した。基本的漁獲管理規則での設定を灰色で網掛けした。本資料で提案する漁獲管理規則の設定を太字で示した。

a) 使用モデル: Model 7f

目標水準案	限界水準案	漁獲管理規則の調整係数			直近の漁獲量	資源崩壊の確率	資源量が 0.5Bmsy を下回る確率	漁獲圧の Fmsy に対する比*	漁獲量の年変動	初年度の漁獲量を前々年の漁獲量で割った値
BT	BL	$\delta 1$	$\delta 2$	$\delta 3$	平均年数	zeroB	Pr(B<0.5Bmsy)	F/Fmsy mean	AAV mean	ABC impact
0.80	0.56	0.50	0.4	0.4	5	0.96	0.99	1.18	0.33	1.03
0.80	0.56	0.50	1	1	5	0.93	0.98	1.22	0.35	1.03
0.81	0.567	0.53	1	1	5	0.90	0.97	1.21	0.34	1.03
0.82	0.574	0.56	1	1	5	0.85	0.96	1.17	0.33	1.03
0.83	0.581	0.59	1	1	5	0.78	0.95	1.14	0.32	1.03
0.84	0.588	0.63	1	1	5	0.70	0.93	1.10	0.36	1.03
0.85	0.595	0.67	1	1	5	0.60	0.90	1.05	0.25	1.03
0.86	0.602	0.72	1	1	5	0.49	0.86	1.00	0.12	1.03
0.87	0.609	0.77	1	1	5	0.38	0.80	0.95	0.10	1.03
0.88	0.616	0.84	1	1	5	0.27	0.74	0.90	0.08	1.03
0.89	0.623	0.91	1	1	5	0.18	0.67	0.85	0.07	1.03
0.90	0.63	1.00	1	1	5	0.11	0.58	0.79	0.06	1.03
0.91	0.637	1.11	1	1	5	0.06	0.50	0.74	0.06	1.03
0.92	0.644	1.26	1	1	5	0.03	0.39	0.68	0.05	1.03
0.93	0.651	1.44	1	1	5	0.01	0.29	0.63	0.05	1.03
0.80	0.56	0.50	0.4	0.4	3	0.99	1.00	1.24	0.35	1.16
0.80	0.56	0.50	1	1	3	0.99	1.00	1.24	0.41	1.16
0.81	0.567	0.53	1	1	3	0.97	0.99	1.23	0.41	1.16
0.82	0.574	0.56	1	1	3	0.95	0.99	1.21	0.41	1.16
0.83	0.581	0.59	1	1	3	0.92	0.98	1.16	0.45	1.16
0.84	0.588	0.63	1	1	3	0.87	0.97	1.12	0.44	1.16
0.85	0.595	0.67	1	1	3	0.80	0.96	1.06	0.43	1.16
0.86	0.602	0.72	1	1	3	0.72	0.93	1.01	0.42	1.16
0.87	0.609	0.77	1	1	3	0.61	0.89	0.96	0.45	1.16
0.88	0.616	0.84	1	1	3	0.48	0.85	0.91	0.19	1.16
0.89	0.623	0.91	1	1	3	0.36	0.78	0.85	0.13	1.16
0.90	0.63	1.00	1	1	3	0.24	0.70	0.80	0.11	1.16
0.91	0.637	1.11	1	1	3	0.14	0.61	0.74	0.10	1.16
0.92	0.644	1.26	1	1	3	0.08	0.50	0.68	0.09	1.16
0.93	0.651	1.44	1	1	3	0.03	0.38	0.62	0.08	1.16

*資源崩壊しなかった計算に限定した平均値

補足表 2-4. (続き) シナリオ 3 : 2016~2017 年漁期に上昇した生産力が 2026~2028 年漁期に低下し 2029 年漁期には 2016 年漁期以前の生産力に戻る場合の 2 系の漁獲管理規則の各種設定ごとの性能評価

資源動態のパラメータとして、表 a) で Model 7f、表 b) で Model 8f、表 c) で Model 9f を用いた場合の推定結果を示した。基本的漁獲管理規則での設定を灰色で網掛けした。本資料で提案する漁獲管理規則の設定を太字で示した。

b) 使用モデル : Model 8f

目標水準案	限界水準案	漁獲管理規則の調整係数			直近の漁獲量	資源崩壊の確率	資源量が 0.5Bmsy を下回る確率	漁獲量の Fmsy に対する比*	漁獲量の年変動	初年度の漁獲量を前々年の漁獲量で割った値
BT	BL	$\delta 1$	$\delta 2$	$\delta 3$	平均年数	zeroB	Pr(B<0.5Bmsy)	F/Fmsy mean	AAV mean	ABC impact
0.80	0.56	0.50	0.4	0.4	5	0.98	0.99	1.21	0.33	1.03
0.80	0.56	0.50	1	1	5	0.96	0.99	1.29	0.34	1.03
0.81	0.567	0.53	1	1	5	0.93	0.99	1.27	0.34	1.03
0.82	0.574	0.56	1	1	5	0.89	0.98	1.24	0.33	1.03
0.83	0.581	0.59	1	1	5	0.83	0.97	1.20	0.32	1.03
0.84	0.588	0.63	1	1	5	0.76	0.95	1.15	0.31	1.03
0.85	0.595	0.67	1	1	5	0.66	0.93	1.10	0.29	1.03
0.86	0.602	0.72	1	1	5	0.55	0.90	1.05	0.26	1.03
0.87	0.609	0.77	1	1	5	0.44	0.86	0.99	0.24	1.03
0.88	0.616	0.84	1	1	5	0.32	0.80	0.94	0.21	1.03
0.89	0.623	0.91	1	1	5	0.22	0.73	0.88	0.19	1.03
0.90	0.63	1.00	1	1	5	0.13	0.65	0.82	0.17	1.03
0.91	0.637	1.11	1	1	5	0.08	0.56	0.76	0.16	1.03
0.92	0.644	1.26	1	1	5	0.03	0.46	0.70	0.15	1.03
0.93	0.651	1.44	1	1	5	0.01	0.35	0.64	0.15	1.03
0.80	0.56	0.50	0.4	0.4	3	1.00	1.00	1.27	0.39	1.16
0.80	0.56	0.50	1	1	3	0.99	1.00	1.31	0.44	1.16
0.81	0.567	0.53	1	1	3	0.99	1.00	1.28	0.44	1.16
0.82	0.574	0.56	1	1	3	0.97	0.99	1.26	0.44	1.16
0.83	0.581	0.59	1	1	3	0.95	0.99	1.21	0.43	1.16
0.84	0.588	0.63	1	1	3	0.91	0.99	1.17	0.43	1.16
0.85	0.595	0.67	1	1	3	0.85	0.98	1.11	0.41	1.16
0.86	0.602	0.72	1	1	3	0.78	0.96	1.06	0.39	1.16
0.87	0.609	0.77	1	1	3	0.68	0.93	1.01	0.37	1.16
0.88	0.616	0.84	1	1	3	0.56	0.89	0.95	0.33	1.16
0.89	0.623	0.91	1	1	3	0.42	0.84	0.89	0.29	1.16
0.90	0.63	1.00	1	1	3	0.29	0.77	0.83	0.25	1.16
0.91	0.637	1.11	1	1	3	0.18	0.68	0.77	0.22	1.16
0.92	0.644	1.26	1	1	3	0.10	0.57	0.70	0.19	1.16
0.93	0.651	1.44	1	1	3	0.04	0.45	0.64	0.18	1.16

*資源崩壊しなかった計算に限定した平均値

補足表 2-4. (続き) シナリオ 3 : 2016~2017 年漁期に上昇した生産力が 2026~2028 年漁期に低下し 2029 年漁期には 2016 年漁期以前の生産力に戻る場合の 2 系の漁獲管理規則の各種設定ごとの性能評価

資源動態のパラメータとして、表 a) で Model 7f、表 b) で Model 8f、表 c) で Model 9f を用いた場合の推定結果を示した。基本的漁獲管理規則での設定を灰色で網掛けした。本資料で提案する漁獲管理規則の設定を太字で示した。

c) 使用モデル : Model 9f

目標水準案	限界水準案	漁獲管理規則の調整係数			直近の漁獲量	資源崩壊の確率	資源量が 0.5Bmsy を下回る確率	漁獲量の Fmsy に対する比*	漁獲量の年変動	初年度の漁獲量を前々年の漁獲量で割った値
BT	BL	$\delta 1$	$\delta 2$	$\delta 3$	平均年数	zeroB	Pr(B<0.5Bmsy)	F/Fmsy mean	AAV mean	ABC impact
0.80	0.56	0.50	0.4	0.4	5	0.98	0.99	1.22	0.32	1.03
0.80	0.56	0.50	1	1	5	0.96	0.99	1.32	0.32	1.03
0.81	0.567	0.53	1	1	5	0.94	0.99	1.29	0.32	1.03
0.82	0.574	0.56	1	1	5	0.91	0.99	1.27	0.31	1.03
0.83	0.581	0.59	1	1	5	0.85	0.98	1.24	0.30	1.03
0.84	0.588	0.63	1	1	5	0.78	0.96	1.19	0.29	1.03
0.85	0.595	0.67	1	1	5	0.69	0.94	1.13	0.27	1.03
0.86	0.602	0.72	1	1	5	0.58	0.92	1.08	0.25	1.03
0.87	0.609	0.77	1	1	5	0.47	0.88	1.02	0.23	1.03
0.88	0.616	0.84	1	1	5	0.34	0.83	0.96	0.21	1.03
0.89	0.623	0.91	1	1	5	0.23	0.76	0.90	0.19	1.03
0.90	0.63	1.00	1	1	5	0.15	0.68	0.84	0.17	1.03
0.91	0.637	1.11	1	1	5	0.08	0.59	0.78	0.16	1.03
0.92	0.644	1.26	1	1	5	0.04	0.49	0.72	0.15	1.03
0.93	0.651	1.44	1	1	5	0.02	0.38	0.65	0.15	1.03
0.80	0.56	0.50	0.4	0.4	3	1.00	1.00	1.38	0.37	1.16
0.80	0.56	0.50	1	1	3	0.99	1.00	1.33	0.40	1.16
0.81	0.567	0.53	1	1	3	0.99	1.00	1.32	0.40	1.16
0.82	0.574	0.56	1	1	3	0.98	1.00	1.29	0.40	1.16
0.83	0.581	0.59	1	1	3	0.96	0.99	1.25	0.40	1.16
0.84	0.588	0.63	1	1	3	0.93	0.99	1.20	0.40	1.16
0.85	0.595	0.67	1	1	3	0.87	0.98	1.14	0.39	1.16
0.86	0.602	0.72	1	1	3	0.81	0.97	1.08	0.37	1.16
0.87	0.609	0.77	1	1	3	0.71	0.94	1.03	0.35	1.16
0.88	0.616	0.84	1	1	3	0.59	0.91	0.98	0.32	1.16
0.89	0.623	0.91	1	1	3	0.45	0.86	0.92	0.29	1.16
0.90	0.63	1.00	1	1	3	0.32	0.80	0.85	0.25	1.16
0.91	0.637	1.11	1	1	3	0.20	0.71	0.79	0.22	1.16
0.92	0.644	1.26	1	1	3	0.11	0.61	0.72	0.20	1.16
0.93	0.651	1.44	1	1	3	0.05	0.49	0.65	0.18	1.16

*資源崩壊しなかった計算に限定した平均値