資源評価調査委託事業・マダイ

杉浦大介

目　的

我が国周辺水域の資源評価対象種のうち青森県沿岸のマダイ（日本海北・中部系群）を対象に、資源評価を行うための漁業及び生物学的データを収集し、資源状態の判断に必要な解析を行う。なお、本調査は水産庁の水産資源調査・評価推進委託事業の一環として実施した。

材料と方法

1. 漁獲データの収集・整理

青森県海面漁業に関する調査結果書(以下、県統計と称す)を用いて、青森県沿岸における各漁協の 1960-2024 年の「たい」の漁獲量を集計し、年別・海域別の漁獲動向を調べた。

2. 漁獲物の銘柄別魚体測定

マダイは、2024 年 5-6 月及び 12 月に日本海の新深浦町漁業協同組合から計 64 尾、2024 年 5 月に陸奥湾の横浜町漁業協同組合から 10 尾を銘柄毎に購入した。尾叉長、全重量、生殖腺重量を測定し、雌雄を判別し、耳石を採取した。

採取した耳石を用いて、耳石横断切片法による年齢査定を行った。耳石はエポキシ樹脂に包埋し、硬組織切断機を用いて厚さ約 300μm の横断切片を作成した。耳石断面に交互に形成される透明帯と不透明帯のうち、不透明帯の内縁を年齢形質として、1 月 1 日を年齢起算日として年齢を推定した。すなわち本県におけるマダイの産卵期[3]と耳石の不透明帯形成時期[2]が暦年の中間付近の夏季にあることから、夏季以前に採集された耳石縁辺に不透明帯未形成の個体は 1 齢加算した。2024 年の魚体測定データと先行研究[1-6]のデータを込みにして、以下の解析に供した。

3. 年齢別漁獲尾数及び資源量の推定

2018-2023 年の Age-銘柄 key[6]に極端な年変動は認められなかったことから、前述の魚体測定で得られた 2024 年の年齢データを 2018-2023 年のデータ[1-6]に追加して、1 歳から 20 歳以上プラスグループの範囲で Age-銘柄 key を作成した。銘柄は、2007-2024 年は漁協銘柄から青森県漁業協同組合連合会規格（以下、県漁連統一規格と称す）の対応する銘柄に変換した（表 1)。1979-2006 年には規格が異なる期間が含まれるため、1979-1994 年の深浦漁協における標本船調査時の銘柄とした（表 1)。銘柄別平均体重は、2007-2024 年は 2018-2024 年の魚体測定データより平均値を求めた（付表 1)。1979-2006 年は個体測定データが不足しており、1.5kg 以上は各区分の中間を基準とし、1.5kg 未満は 2007 年以降の県漁連統一規格の区分の中間付近を基準に定めた（付表 1)。

表 1. Age-銘柄 key の作成に用いたマダイ銘柄区分

期間	銘柄									
2006年以前 *1	4kg以上		3-4kg	1.5-3kg	1.5kg未満					
2007年以降 *2	特 6kg以上	大大 4-6kg	大 3-4kg	中 1.5-3kg	半1 0.8-1.5kg	半2 0.5-0.8kg	小 0.3-0.5kg	笹 14-23尾/4kg	P 24-33尾/4kg	2P 34尾以上/4kg

*1　1979-1994年の深浦漁協における標本船調査時の銘柄

*2　県漁連統一規格

県内全域の銘柄別マダイ漁獲量は、一部の漁協で集計されたマダイ銘柄別漁獲量を県内の合計マダイ漁獲量に引き伸ばして求めた。県内の合計マダイ漁獲量は、1979-2024 年の県統計における「たい」の漁獲量を基準として暦年集計した。一部の漁協のマダイ銘柄別漁獲量は、1979-1988 年は深浦漁協における定置網漁業、1989-2006 年は旧大戸瀬漁協（現在は新深浦町漁協大戸瀬本所）[7]、2007-2024 年は水総研調べによる県内主要 10 漁業協同組合及び支所（新深浦町漁協及び同岩崎支所、深浦漁協、鰺ヶ沢町漁協、小泊漁協、横浜町漁協、脇野沢村漁協、佐井村漁協、大畑町漁協、関根浜漁協）について集計した。銘柄区分は表 1 に従った。チダイの混入を考慮するため、一部の漁協のマダイ銘柄別漁獲量を県内全体の合計マダイ漁獲量に引き伸ばす前に、それぞれにマダイ率を乗じて補正を行った。一部の漁協のマダイ銘柄別漁獲量には、測定データのない 1979-1988 年を除き、銘柄毎に混入したチダイ重量を購入銘柄の全体量から差し引いて銘柄別のマダイ重量割合を求め、この割合を乗じて補正した。1989-2006 年の銘柄別のマダイ重量割合は、1992-1998 年の旧大戸瀬漁協における市場調査結果[7]より、1.5kg 以上は 100%、1.5kg 未満は 70%とした。2007-2024 年については、新深浦町漁協における 2019-2023 年の市場調査結果[1-6]と 2024 年の調査結果を込みにして銘柄別のマダイ重量割合を求めた。県内全体の合計マダイ漁獲量には、この期間の平均的なマダイ重量割合として 0.95 を乗じた。

得られた銘柄別漁獲量を銘柄別平均体重で除算することで銘柄別漁獲尾数を求め、Age－銘柄 key をもとに年齢別漁獲尾数を推定した。また、マダイの尾叉長と全重量の関係式[3]及び成長式[3]を用いて年齢別平均体重を求めた。得られた年齢別平均体重を年齢別漁獲尾数に乗じることで年齢別漁獲量を算出した。

算出した年齢別漁獲尾数、年齢別平均体重を用いて、チューニング VPA（Virtual Population Analysis）[8]によりマダイの資源量を推定した。VPA は統計解析環境 R（ver 4.4.2）[9]と frasyr パッケージ[10]を用いて行った。この際、Pope（1972）の近似[11]を行い、選択率更新法を用いた。チューニングのための資源量指数の候補として、1981-2024 年の青森県日本海における底建網・小型定置網 CPUE（kg/許可件数）、大型定置網 CPUE（kg/免許数）、沖合底びき網漁業 CPUE（kg/操業隻数）を暦年単位で求め、それぞれを用いて推定された資源量の妥当性を検証した。CPUE 算出のための漁獲量は、県統計より日本海の当該漁法による漁獲量を引用し、1979-2024 年の平均的なマダイ重量割合として 0.95 を乗じた値を用いた。チューニング VPA を行う際、資源量指数と資源量予測値の関係を示す非線形項 b の推定は行わず、b = 1 で固定した。VPA のコホートは 1 歳から 20 歳以上プラスグループとした。年齢別成熟率は小谷（2020）[3]による日本海と陸奥湾を込みにした雌の年齢と成熟率の関係式を用いた。ターミナル F には直近 3 年間の平均値を用いた。自然死亡係数 M は、寿命を 20 歳と仮定して田内・田中の式[12]より M ＝ 0.125 とした。モデル診断として、八木ら（2024）[13]を参考に、パラメータ推定が適切になされたかの確認（ジッター解析）と残差分析、5 年間のレトロスペクティブ解析を行った。また感度分析として M を 20%増減させ、推定結果に及ぼす影響を調べた。

結果と考察

1. 漁獲データの収集・整理

県統計に基づいた「たい」の海域別漁獲量の推移を図 1、付表 2 に示した。1960 年以降の青森県における「たい」の漁獲量は、1964 年に過去最高の 701 トンを記録してから 1988 年の 43 トンまで減少した。1989 年以降は徐々に増加し、2012 年に 626 トンと過去 2 番目の漁獲量を記録した後は横ばい傾向にあり、2024 年の漁獲量は 396 トンであった。海域別では、日本海の漁獲量が 30-409 トンと最も多く、県全体の 42-90%を占めていた（図 1）。

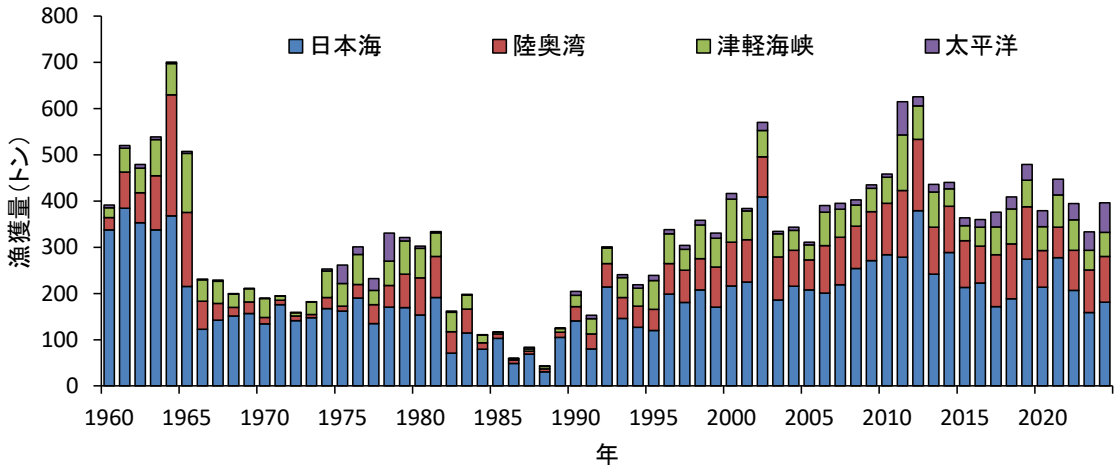


図 1. 青森県海面漁業調査結果書による「たい」の海域別漁獲量

2. 漁獲物の銘柄別魚体測定

図 2 に 2024 年の新深浦町漁協及び横浜町漁協のマダイの年齢別サイズ組成を、付表 3 に魚体測定結果をそれぞれ示す。

新深浦町漁協においては尾叉長 200mm 級から 600mm 級、年齢は 2-23 歳の幅広い範囲にあった。横浜町漁協においては尾叉長 400mm 級から 600mm 級の中型から大型に偏っていた。これは、新深浦町漁協では漁法が小型定置網または底建網だったのに対し、横浜町漁協では釣りだったためである。

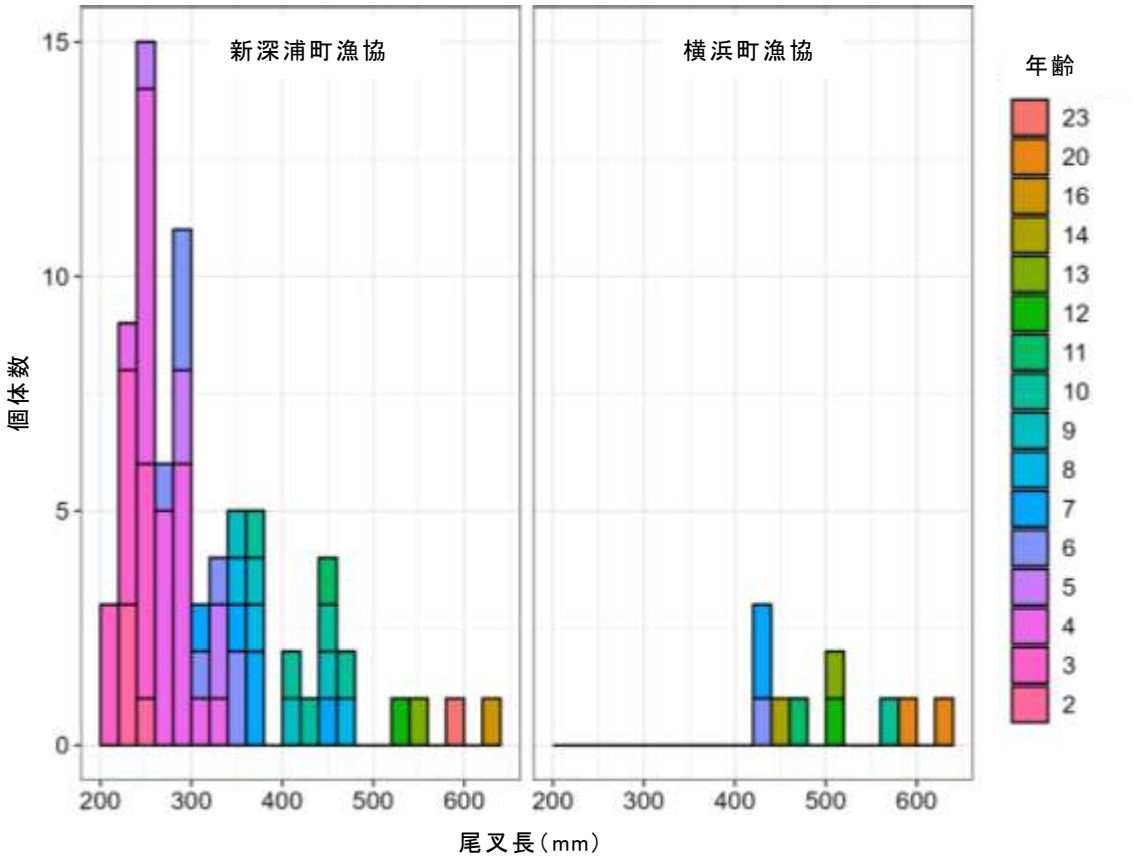


図 2. 2024 年に採集されたマダイの年齢別サイズ組成

3. 年齢別漁獲尾数及び資源量の推定

表 2 に混入チダイを除いた銘柄別マダイ重量割合を示す。チダイは夏季を中心に、サイズが小さいほど混入率が高い傾向があり、中銘柄よりも上のサイズにおいては混入が確認されなかった。

表 3 に県漁連統一規格の Age-銘柄 key を、表 4 に銘柄が 4 区分（表 1）の場合の Age-銘柄 key を示す。各銘柄を構成する主要な年齢は、県漁連 2P 銘柄では 2 歳、P 及び笹銘柄では 3 歳、小銘柄では 4 歳、半 2 銘柄では 5 歳、半 1 銘柄では 6-8 歳、中銘柄では 10-12 歳、大・大大・特の各銘柄では 20 歳以上だった。銘柄が 4 区分の場合の主要年齢は、1.5kg 未満では 3-4 歳、1.5-3kg では 10-12 歳、3-4kg 及び 4kg 以上では 20 歳以上だった。

表 2. 新深浦町漁協測定マダイにおける月ごとの銘柄別マダイ重量割合

	月							
	4	5	6	7	10	11	12	平均
特		100%	100%					100%
大大		100%	100%	100%	100%	100%		100%
大		100%	100%	100%	100%			100%
中		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
半1		100%	96%	100%	100%	100%	100%	99%
半2	91%	79%	68%	64%	72%	100%	94%	81%
小	100%	70%	64%	63%	100%	93%	63%	79%
笹	96%	68%	48%	34%	100%	100%	64%	73%
P		61%	20%	3%		74%	30%	38%
3P	89%	41%	30%	12%		81%	43%	49%

表 3. マダイの Age-銘柄 key（青森県内 5 漁協の 2018-2024 年のデータ込み、県漁連統一規格）

銘柄 *2	個体数	年齢 *1																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20+
特	12																			0.083	0.917
大大	74												0.027	0.014	0.041	0.027	0.027	0.027	0.081	0.041	0.716
大	102						0.010				0.020	0.020	0.020	0.078	0.059	0.098	0.098	0.049	0.078	0.049	0.422
中	402					0.002	0.007	0.035	0.082	0.092	0.139	0.144	0.112	0.087	0.087	0.052	0.052	0.032	0.012	0.017	0.045
半1	635				0.033	0.132	0.192	0.170	0.172	0.120	0.096	0.036	0.025	0.014	0.005	0.003	0.002				
半2	619			0.061	0.288	0.414	0.150	0.045	0.031	0.006	0.002	0.002	0.002								
小	670		0.030	0.184	0.597	0.166	0.021	0.001	0.001												
笹	560	0.004	0.163	0.554	0.252	0.027	0.002														
P	337	0.036	0.214	0.665	0.083	0.003															
2P	525	0.225	0.510	0.240	0.023	0.002															

*1 採集年に到達する満年齢
*2 県漁連統一規格

表 4. マダイの Age-銘柄 key（青森県内 5 漁協の 2018-2024 年のデータ込み、2006 年以前の解析用）

銘柄	個体数	年齢																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20+
4kg以上	86												0.023	0.012	0.035	0.023	0.023	0.023	0.070	0.047	0.744
3-4kg	102						0.010				0.020	0.020	0.020	0.078	0.059	0.098	0.098	0.049	0.078	0.049	0.422
1.5-3kg	402					0.002	0.007	0.035	0.082	0.092	0.139	0.144	0.112	0.087	0.087	0.052	0.052	0.032	0.012	0.017	0.045
1.5kg未満	3346	0.039	0.135	0.245	0.233	0.140	0.069	0.041	0.039	0.024	0.019	0.007	0.005	0.003	0.001	0.001	0.000				

図 3､4 にマダイの年齢別漁獲尾数及び年齢別漁獲量をそれぞれ示す｡2024 年のマダイ総漁獲尾数は 49.9 万尾で､年齢別にみると 4 歳魚が最も多い 11.0 万尾と試算され､全体の 22.1%を占めた（図 3､付表 4)。

次いで 3 歳魚が多く、9.9 万尾で全体の 19.9%を占めた。2024 年の漁獲量についても 4 歳魚が最も多く、41.8 トンと全体の 8.4%を占めていた（図 4）。次いで 5 歳魚が多く、40.2 トンで全体の 8.1%を占めた。漁獲量に占める 1-5 歳魚の割合は、1986 年までは 0.1-11.0%と低かったが、1987 年以降は 2015 年を除いて 30%以上で推移した。1986 年までは 20 歳以上プラスグループの占める割合が 31.4-47.4%と多い傾向にあった。

図 5 に青森県日本海における主要漁法によるマダイ CPUE の推移を示す。底建網・小型定置網の CPUE は比較的安定していた。他方、大型定置網と沖合底びき網では 1990 年代初頭までは非常に低い水準にあり、前者では 1995 年以降、後者では 2004 年以降になると増加に転じたが、その後の年変動は非常に大きかった。

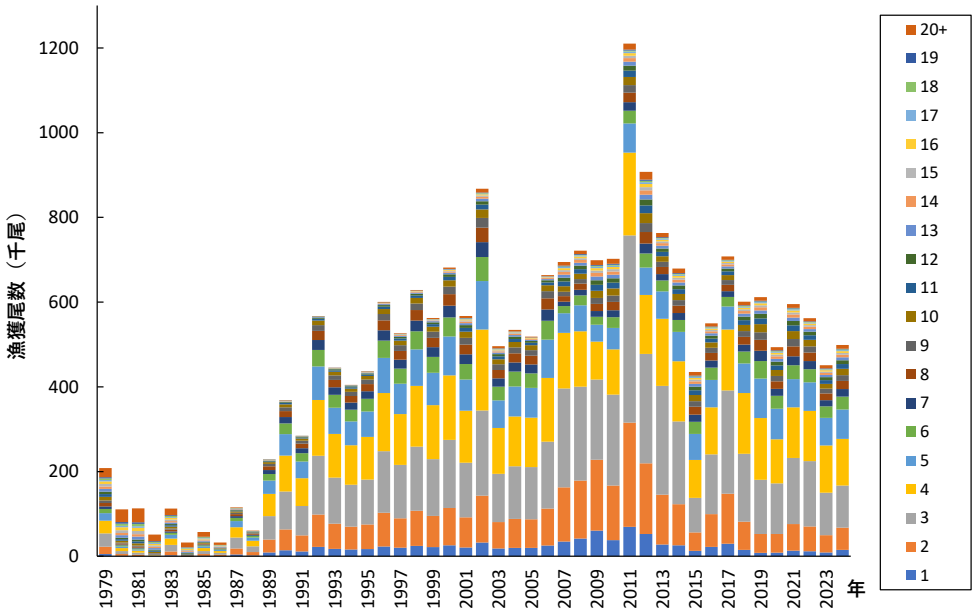


図 3. 青森県におけるマダイの年齢別漁獲尾数の推移

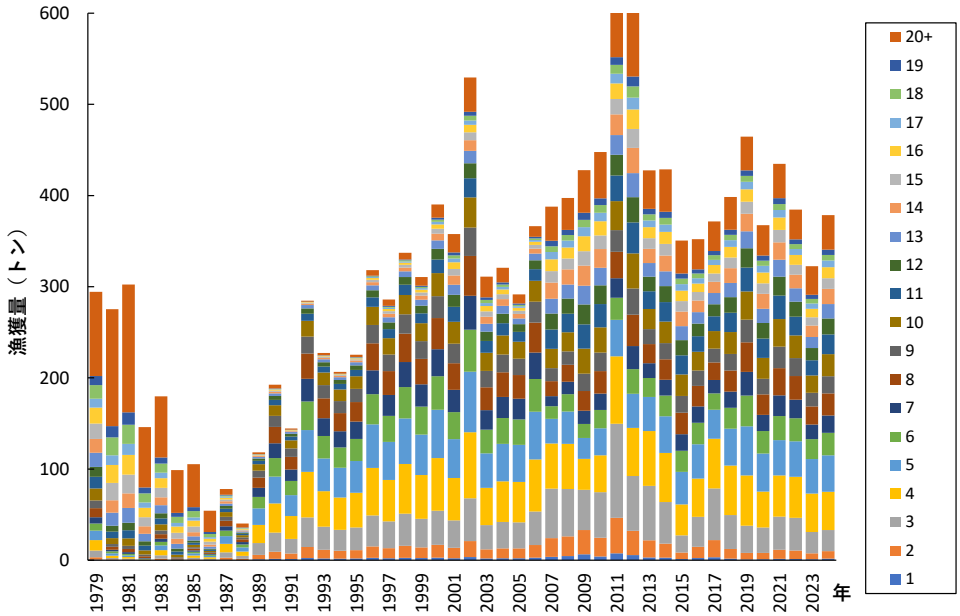


図 4. 青森県におけるマダイの年齢別漁獲量の推移

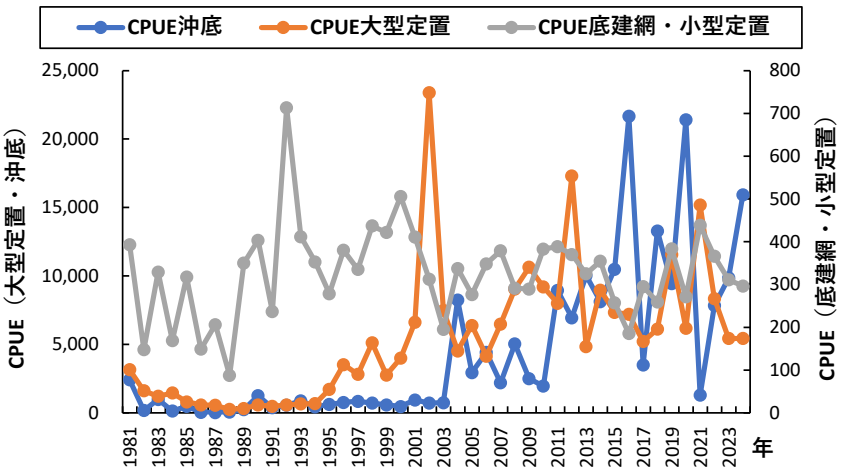


図 5. 青森県日本海における主要漁法によるマダイ CPUE の推移

（沖底：kg/操業隻数、大型定置：kg/免許数、底建網・小型定置網：kg/許可件数）

得られた年齢別漁獲尾数を基に、青森県日本海における主要各漁法の CPUE を資源量指数に用いてマダイの年齢別漁獲尾数を推定したところ、大型定置網または沖合底びき網の CPUE を用いた場合、資源量が単調に増加し、漁獲量の年変動（図 1）と傾向が一致しなかったほか、資源量推定値が 10 億トン以上に達したため、非現実的と判断した。資源量指数として底建網・小型定置網 CPUE を用いた場合、資源量推定結果は漁獲量（図 1）と同様に、1980 年代初頭に減少した後で増加に転じる傾向を示した。以上より、青森県日本海の底建網・小型定置網 CPUE を資源量指数に用いることとした。

図 6、7 に青森県のマダイの年齢別資源尾数及び資源量をそれぞれ示す。マダイ資源尾数の推移は、1981 年に最低の 298 万尾まで減少した後で増加に転じた。1995 年に 700 万尾台に達し、それ以降は横ばい傾向で推移した。2011 年に最大の 819 万尾に達してからは緩やかな減少傾向を示し、2024 年は 428 万尾と推定された（図 6、付表 5）。各年の年齢組成を見ると、資源尾数に占める 1-3 歳魚の割合が高い傾向があり、特に 1984-2021 年までは全体の 45%以上を占めていた。10 歳魚以上の資源尾数は、全体の 12.6-37.0%であった。1979-1984 年と 2023 年、2024 年は 20%以上であり、その他の年は 20%を下回った。

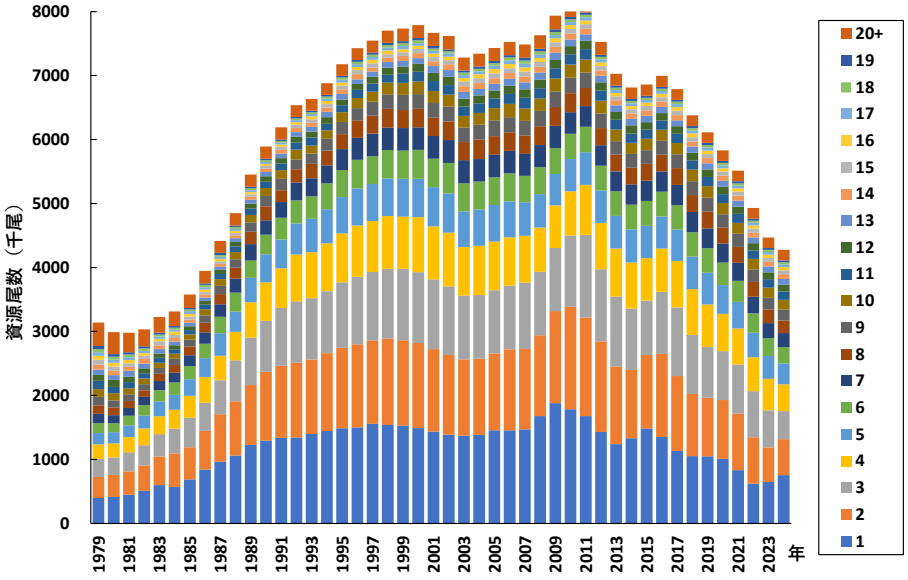


図 6. 青森県におけるマダイの年齢別資源尾数の推移

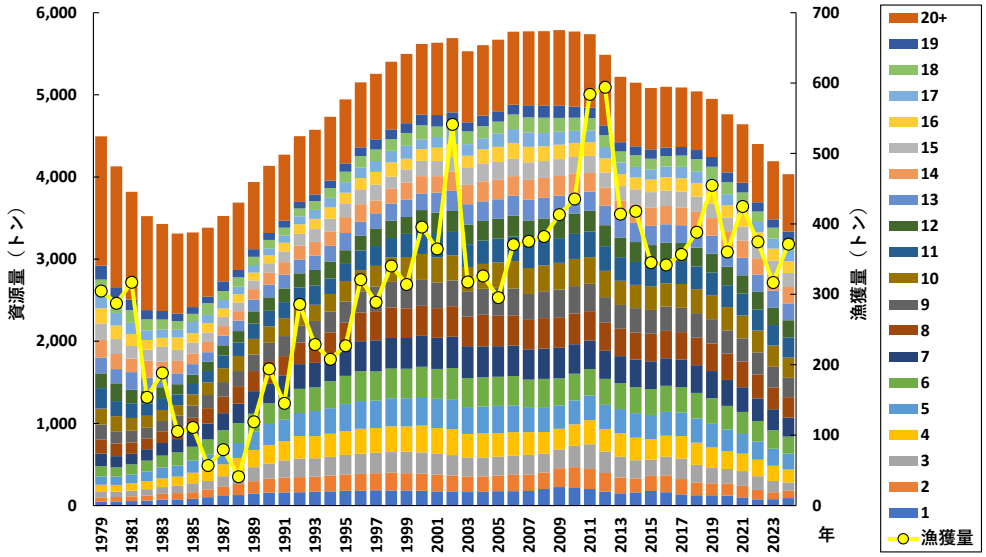


図 7. 青森県におけるマダイの年齢別資源量と漁獲量の推移

漁獲量は青森県海面漁業に関する調査結果書「たい」に平均マダイ率 0.95 を乗じた値

マダイの資源量は、1979 年の 4,495 トンから 1984 年の 3,312 トンまで減少した（図 7、付表 6)。そこから徐々に増加し、2002 年に 5,690 トンに達して以降は概ね横ばいで推移した。2011 年に 5,739 トンを記録して以降は緩やかに減少し続け、2024 年は 4,034 トンと推定された。資源量に対する漁獲量（県統計「たい」にマダイ率 0.95 を乗じた値）の割合は 1.1-10.8%の間で推移し、2024 年は資源量の 9.2%にあたる 371 トンの漁獲量であった（図 7)。

マダイ日本海北・中部系群（青森県から兵庫県）の資源評価においては、大型定置網の漁獲量及び漁労体あたり漁獲量に基づき、2023 年の資源の動向は横ばい、水準は中位と判断されている [14)]。他方、本研究において VPA により推定された 2024 年の青森県全体のマダイ資源量は過去 5 年間で減少傾向を示した。これは、2010 年以降の年齢別漁獲尾数が横ばいから漸減傾向（図 3)、同期間に資源量指数が緩やかな減少傾向（付図 2）を示したためである。ただし、2010 年以降に陸奥湾や太平洋の漁獲量が減少しているとは考えにくい（図 1)。本研究では、資源量指数として青森県日本海の底建網・小型定置網 CPUE を用いたが、青森県内全域のマダイ資源動向を適切に反映できているかどうか不明であり、今後の課題として、県内の日本海以外の海域を含めた CPUE の動向を把握し、資源量指数としての妥当性を検証することが挙げられる。また本研究では遊漁によるマダイの釣獲の影響を考慮しておらず、その推定方法も課題である。

VPA のモデル診断結果について、まず VPA のパラメータ推定は収束しており、ジッター解析の結果、推定値は大域解であることが確認された。残差分析の結果、残差の時系列プロット（付図 1）では大半の年で観測値の 95%区間内に収まっており、外れ値は少なかった。2000 年代は残差が負に偏っていたが、残差の自己相関は有意ではなかったことから、残差の独立の仮定は満たされていると判断された。またモデルの予測値は 2020 年以降の資源量指数の年変動を平均化して緩やかな減少傾向を示したが、期間全体の年変動を比較的よく表していた（付図 2)。以上から、VPA によるパラメータ推定は概ね適切に行われたと判断された。

レトロスペクティブ解析の結果、各レトロモデルとフルモデルの推定値の差が大きかった期間は、親魚量と資源量では直近年から 1980 年代までの広い年代であり、加入量でも 1990 年代から 2000 年代半ばまで及び 2010 年以降の長期にわたった（付図 3)。また直近 1 年のみデータを除いた 2023 年レトロモデルでは推定値が上方に推定されたのに対し、2 年以上データを除去した場合、各レトロモデルで推定値の下方への修正量が増大していくレトロスペクティブパターンが認められた。長寿命種としては Mohn’s rho の

絶対値が大きく（付図 3)、資源量指数または年齢別漁獲尾数のバイアスの可能性がある。年齢別漁獲尾数の分解能が年代間で異なること（表 3、4）の影響が考えられた。対策としては年齢別漁獲尾数の推定における多項ロジスティックモデルの使用や、リッジ VPA の使用等が挙げられる。

自然死亡係数 M についての感度分析の結果、基準値（M=0.125）の 0.8 倍の場合には親魚量、資源量、加入量の減少幅は小さかった（付図 4)。基準値の 1.2 倍の場合には、親魚量、資源量、加入量は大きく増加した。VPA による推定結果は自然死亡係数に対して敏感であることが示唆されたが、資源状態を過度に楽観的に推定することを防ぐ観点からは、本研究で用いた基準値はある程度、妥当であると考えられた。

文　献

1) 小谷健二 (2020) マダイの資源管理手法と高鮮度処理技術の開発, 平成 30 年度青森県産業技術センター 水産総合研究所事業報告. 1-12.
2) 小谷健二 (2021) マダイの資源管理手法と高鮮度処理技術の開発, 2019 年度青森県産業技術センター 水産総合研究所事業報告. 1-12.
3) 小谷健二 (2022) マダイの資源管理手法と高鮮度処理技術の開発, 2020 年度青森県産業技術センター 水産総合研究所事業報告. 1-31.
4) 傳法利行 (2023) マダイの資源管理手法と高鮮度処理技術の開発・資源管理手法, 2021 年度青森県産業技術センター 水産総合研究所事業報告. 1-12.
5) 傳法利行 (2024) マダイの資源管理手法と高鮮度処理技術の開発・資源管理手法, 2022 年度青森県産業技術センター 水産総合研究所事業報告. 1-12.
6) 傳法利行 (2025) 資源評価調査委託事業・マダイ, 2023 年度青森県産業技術センター 水産総合研究所事業報告. 65-75.
7) 伊藤欣吾 (1999) IV マダイ（日本海海域・第 I 期対象魚種). 平成 10 年度資源管理型漁業推進総合対策事業報告書, 61-65.
8) 平松一彦 (2001) VPA (Virtual Population Analysis). 「平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書－資源解析手法教科書－」社団法人日本水産資源保護協会, 東京, 104-128.
9) R Core Team (2024) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
10) Ichinokawa M, Miyagawa M, Hamabe K, Nishijima S (2025) frasyr: Fisheries Research Agency (FRA) provides the method for calculating sustainable yield (SY) with R. R package version 2.4.0.0
11) Pope JG (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. ICNAF Research Bulletin, 9, 65-74.
12) 田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研研報, 28, 1-200.
13) 八木達紀・濵邉昂平・市野川桃子 (2024) 令和 6(2024)年度 資源評価におけるモデル診断の手順と診断結果の提供指針. FRA-SA2024-ABCWG02-03
14) 水産研究・教育機構 (2025) 令和 6 (2024) 年度資源評価調査報告書 (拡大種) マダイ日本海北・中部. FRA-SA2025-RE03-13

付表 1.　資源量計算に用いたマダイの銘柄別体重

単位:kg

2006年以前		2007年以降	
4kg以上	5.00	特	6.37
		大大	4.71
3-4kg	3.50	大大	3.60
1.5-3kg	2.25	中	2.12
		半1	1.07
		半2	0.55
1.5kg未満	0.50	小	0.36
		笹	0.25
		P	0.18
		2P	0.12

銘柄区分は表1に従った。

付表 2.　青森県における「たい」の海域別漁獲量（県統計）

単位:トン

	日本海	陸奥湾	津軽海峡	太平洋	計
1960	337	27	21	6	391
1961	385	78	52	6	520
1962	353	65	53	8	479
1963	338	117	78	6	539
1964	368	262	67	3	701
1965	215	160	128	4	507
1966	123	60	47	1	231
1967	142	36	48	3	229
1968	151	19	29	1	200
1969	157	25	28	1	211
1970	134	14	41	1	190
1971	176	10	9	0	195
1972	141	11	7	1	159
1973	148	7	27	0	182
1974	167	24	58	4	253
1975	162	11	49	40	261
1976	190	30	65	17	301
1977	135	41	31	25	232
1978	171	46	53	61	331
1979	169	72	72	7	321
1980	153	80	64	5	302
1981	191	89	51	3	334
1982	71	46	42	3	162
1983	115	51	30	2	198
1984	79	14	17	1	111
1985	103	9	4	1	117
1986	49	7	4	0	60
1987	69	7	5	4	84
1988	30	7	5	1	43
1989	105	11	8	1	125
1990	141	31	25	8	204
1991	80	32	33	7	153
1992	214	51	33	3	301
1993	146	45	43	6	241
1994	127	46	39	7	219
1995	120	46	62	11	239
1996	198	66	65	9	338
1997	180	70	45	9	304
1998	208	67	73	10	358
1999	171	87	62	11	331
2000	216	95	93	12	416
2001	225	92	62	5	384
2002	409	87	57	17	570
2003	186	93	50	5	334
2004	216	78	43	7	343
2005	208	65	32	6	311
2006	201	103	72	14	390
2007	219	102	61	13	395
2008	254	92	46	11	402
2009	271	106	50	8	435
2010	284	111	56	7	458
2011	279	144	120	72	615
2012	379	155	72	20	626
2013	242	101	77	16	436
2014	289	100	38	14	440
2015	213	101	33	17	363
2016	222	80	41	17	360
2017	172	112	60	32	376
2018	189	118	76	26	409
2019	274	113	58	34	479
2020	214	79	52	35	379
2021	277	66	70	34	447
2022	207	87	66	35	394
2023	159	92	43	40	334
2024	176	99	52	64	391

付表 3.　2024 年のマダイ魚体測定結果

（新深浦町漁協水揚げ）

	雄							雌						
	個体数	尾叉長（mm）			体重（g）			個体数	尾叉長（mm）			体重（g）		
銘柄		最小	最大	平均	最小	最大	平均		最小	最大	平均	最小	最大	平均
特大大								1	630	630	630	4,681	4,681	4,681
大	1	592	592	592	3,534	3,534	3,534							
中	4	422	459	443	1,563	1,987	1,723	5	455	541	495	1,608	2,958	2,282
半1	6	330	411	364	724	1,100	876	9	327	403	357	742	1,261	911
半2	10	255	326	288	371	638	475	6	275	316	292	396	596	483
小	8	240	276	254	284	366	321	10	242	293	260	295	504	360
笹	3	221	237	227	209	287	244	6	230	249	235	246	312	267
P	3	218	223	221	210	222	215	1	211	211	211	174	174	174
2P														
全体	313	65	700	279	49	6,887	606	306	130	729	280	46	7,702	622

（横浜町漁協水揚げ）

	雄							雌						
	個体数	尾叉長（mm）			体重（g）			個体数	尾叉長（mm）			体重（g）		
銘柄		最小	最大	平均	最小	最大	平均		最小	最大	平均	最小	最大	平均
特大大								1	624	624	624	4,609	4,609	4,609
大								2	561	581	571	3,632	3,866	3,749
中	3	453	509	488	2,184	2,480	2,374	1	461	461	461	1,932	1,932	1,932
半1	2	421	438	430	1,456	1,691	1,573	1	426	426	426	1,593	1,593	1,593
半2														
小														
全体	245	266	658	449	393	5,761	1,909	21	277	697	451	444	6,518	1,992

付表 4.　青森県産マダイの年齢別漁獲尾数の推移

単位：千尾

年	年齢																				計
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20+	
1979	5.07	17.32	31.53	29.95	18.06	9.50	6.47	7.81	6.28	8.05	6.77	5.45	6.68	5.71	6.06	6.02	3.24	3.93	2.80	21.55	208.25
1980	1.16	3.96	7.20	6.84	4.15	2.71	1.78	2.49	2.22	3.99	3.74	3.29	6.18	5.12	6.76	6.75	3.55	5.22	3.44	29.96	110.53
1981	0.80	2.75	5.00	4.75	2.91	2.18	1.66	2.74	2.68	4.89	4.78	4.15	7.01	5.96	7.43	7.42	3.95	5.64	3.78	32.70	113.19
1982	0.17	0.57	1.04	0.99	0.63	0.67	0.71	1.42	1.51	2.75	2.77	2.37	3.53	3.09	3.58	3.58	1.93	2.64	1.81	15.44	51.20
1983	2.53	8.64	15.73	14.94	9.01	4.80	3.21	3.86	3.09	4.07	3.43	2.85	3.83	3.29	3.69	3.67	1.99	2.67	1.84	15.67	112.79
1984	0.01	0.05	0.09	0.08	0.08	0.27	0.37	0.86	0.96	1.78	1.83	1.59	2.32	2.07	2.35	2.35	1.29	1.79	1.23	10.93	32.29
1985	1.17	3.99	7.27	6.91	4.16	2.26	1.38	1.53	1.14	1.58	1.27	1.14	2.03	1.69	2.22	2.22	1.18	1.82	1.19	11.05	57.18
1986	0.75	2.55	4.64	4.41	2.65	1.41	0.85	0.90	0.64	0.83	0.63	0.56	1.03	0.84	1.13	1.12	0.59	0.92	0.60	5.48	32.51
1987	4.14	14.13	25.72	24.44	14.68	7.29	4.57	4.70	3.24	3.11	1.96	1.48	1.17	0.94	0.72	0.69	0.38	0.30	0.26	1.47	115.40
1988	2.21	7.54	13.73	13.04	7.83	3.88	2.39	2.40	1.61	1.46	0.84	0.64	0.50	0.39	0.31	0.30	0.16	0.16	0.13	1.00	60.54
1989	8.90	30.40	55.35	52.58	31.55	15.52	9.29	8.83	5.54	4.41	1.86	1.34	0.78	0.38	0.27	0.20	0.08	0.07	0.06	0.45	227.87
1990	14.36	49.05	89.28	84.83	50.90	25.04	14.99	14.25	8.94	7.13	3.01	2.18	1.28	0.63	0.46	0.35	0.14	0.15	0.12	0.97	368.05
1991	11.14	38.07	69.30	65.84	39.51	19.42	11.60	10.96	6.84	5.37	2.16	1.55	0.86	0.35	0.25	0.16	0.05	0.05	0.04	0.30	283.82
1992	22.31	76.22	138.75	131.82	79.10	38.88	23.18	21.86	13.58	10.58	4.16	2.96	1.60	0.58	0.40	0.23	0.04	0.04	0.03	0.25	566.56
1993	17.45	59.62	108.52	103.11	61.87	30.42	18.17	17.19	10.73	8.43	3.42	2.45	1.38	0.59	0.41	0.28	0.09	0.09	0.07	0.61	444.89
1994	15.85	54.17	98.60	93.68	56.21	27.64	16.52	15.65	9.78	7.72	3.16	2.27	1.27	0.55	0.37	0.25	0.08	0.07	0.06	0.45	404.38
1995	17.02	58.16	105.87	100.58	60.36	29.69	17.79	16.92	10.63	8.48	3.60	2.60	1.50	0.73	0.49	0.36	0.14	0.10	0.10	0.65	435.75
1996	23.30	79.62	144.94	137.70	82.64	40.67	24.47	23.44	14.87	12.09	5.42	3.94	2.37	1.32	0.88	0.71	0.33	0.23	0.23	1.39	600.58
1997	20.28	69.28	126.12	119.82	71.92	35.42	21.41	20.66	13.24	10.99	5.20	3.81	2.39	1.47	0.99	0.84	0.42	0.29	0.28	1.61	526.44
1998	24.31	83.07	151.21	143.66	86.22	42.45	25.59	24.60	15.68	12.87	5.92	4.32	2.67	1.56	1.06	0.88	0.42	0.30	0.29	1.71	628.79
1999	21.56	73.65	134.08	127.38	76.46	37.68	22.82	22.12	14.25	11.95	5.81	4.28	2.75	1.76	1.21	1.05	0.53	0.38	0.37	2.18	562.28
2000	25.82	88.22	160.60	152.58	91.60	45.19	27.58	27.07	17.71	15.31	7.99	5.93	3.97	2.77	1.90	1.70	0.91	0.62	0.61	3.37	681.45
2001	20.77	70.98	129.20	122.75	73.74	36.50	22.74	23.09	15.72	14.59	8.78	6.61	4.79	3.78	2.62	2.46	1.38	0.92	0.91	4.71	567.04
2002	32.34	110.50	201.16	191.12	#####	56.68	34.79	34.49	22.83	20.21	11.07	8.36	5.84	4.38	3.10	2.86	1.59	1.37	1.21	8.77	867.44
2003	18.32	62.58	113.92	108.23	65.00	32.15	19.84	19.85	13.29	12.02	6.87	5.19	3.78	2.90	2.12	1.98	1.10	0.91	0.80	5.28	496.10
2004	19.96	68.19	124.12	117.93	70.81	34.98	21.53	21.43	14.26	12.72	7.09	5.31	3.71	2.77	1.93	1.77	0.98	0.69	0.66	3.73	534.56
2005	19.77	67.56	122.99	116.85	70.14	34.58	21.03	20.51	13.31	11.33	5.71	4.23	2.76	1.85	1.25	1.10	0.58	0.40	0.39	2.31	518.67
2006	25.45	86.97	158.31	150.41	90.28	44.48	26.92	26.05	16.75	14.00	6.75	4.97	3.21	2.03	1.42	1.23	0.62	0.48	0.44	2.75	663.52
2007	34.91	127.90	233.33	131.09	46.48	16.97	10.45	12.95	10.52	12.86	11.26	8.78	7.03	6.67	4.49	4.43	2.66	1.69	1.71	8.71	694.88
2008	41.86	136.78	221.84	130.78	61.36	23.40	12.83	14.57	10.93	12.74	10.80	8.41	6.67	6.24	4.24	4.18	2.49	1.59	1.60	8.19	721.47
2009	60.68	167.23	189.43	89.43	39.61	18.84	13.62	16.97	13.98	16.74	14.18	11.01	8.88	8.29	5.67	5.59	3.32	2.15	2.14	10.93	698.71
2010	38.27	128.53	214.94	106.50	51.05	24.90	16.78	19.39	15.02	16.91	13.42	10.42	8.39	7.67	5.39	5.28	3.11	2.22	2.09	11.83	702.11
2011	69.70	245.68	442.17	195.57	68.77	30.01	19.96	22.83	17.51	19.33	14.90	11.55	9.37	8.45	6.05	5.93	3.47	2.58	2.37	13.94	1210.13
2012	52.49	166.84	258.16	139.40	64.69	33.20	23.58	27.23	21.14	23.41	18.01	13.99	11.45	10.33	7.48	7.33	4.28	3.32	2.98	18.15	907.46
2013	27.71	117.89	256.67	158.60	64.65	25.65	15.02	16.58	12.19	13.35	10.35	8.05	6.49	5.87	4.20	4.11	2.41	1.81	1.66	9.88	763.12
2014	25.90	97.07	195.29	142.16	69.39	28.06	16.13	17.78	13.04	14.39	11.32	8.82	7.09	6.47	4.59	4.50	2.65	1.98	1.82	10.89	679.35
2015	12.60	43.67	81.49	89.50	61.40	28.52	17.11	18.57	13.47	14.45	11.02	8.52	6.62	5.97	4.09	3.99	2.35	1.59	1.55	8.44	434.92
2016	22.34	77.19	141.15	110.73	64.96	29.01	16.86	17.67	12.35	12.63	9.05	6.99	5.41	4.75	3.33	3.23	1.89	1.39	1.29	7.71	549.95
2017	29.83	117.83	243.66	143.79	54.73	22.27	13.75	15.10	11.11	11.76	8.66	6.70	5.25	4.68	3.27	3.18	1.87	1.37	1.27	7.56	707.62
2018	15.33	66.41	160.25	143.35	69.68	28.18	16.58	18.29	13.44	14.58	11.21	8.68	6.73	6.10	4.14	4.04	2.39	1.58	1.56	8.36	600.89
2019	8.16	44.48	128.08	145.74	92.90	41.53	24.22	25.70	18.18	18.90	13.89	10.68	8.08	7.17	4.79	4.65	2.74	1.69	1.74	8.62	611.93
2020	8.71	43.82	119.49	104.32	71.86	30.51	16.53	17.75	12.62	13.91	11.18	8.67	6.72	6.18	4.15	4.07	2.42	1.52	1.55	7.79	493.78
2021	13.20	63.00	156.00	119.54	66.49	32.63	21.30	23.47	17.40	18.44	13.63	10.46	8.06	7.15	4.84	4.70	2.76	1.73	1.77	8.79	595.36
2022	11.88	58.70	154.18	118.50	67.32	31.15	19.04	20.36	14.59	15.07	10.86	8.35	6.38	5.61	3.82	3.70	2.17	1.44	1.43	7.67	562.24
2023	8.98	40.72	100.35	111.49	65.25	27.02	14.90	15.74	11.02	11.61	8.75	6.78	5.26	4.73	3.27	3.19	1.88	1.32	1.27	7.35	450.88
2024	14.94	52.72	99.31	110.36	69.29	30.42	17.68	19.13	13.80	14.85	11.41	8.84	6.85	6.21	4.22	4.13	2.44	1.64	1.61	8.84	498.70

付表 5.　青森県産マダイの年齢別資源尾数の推移

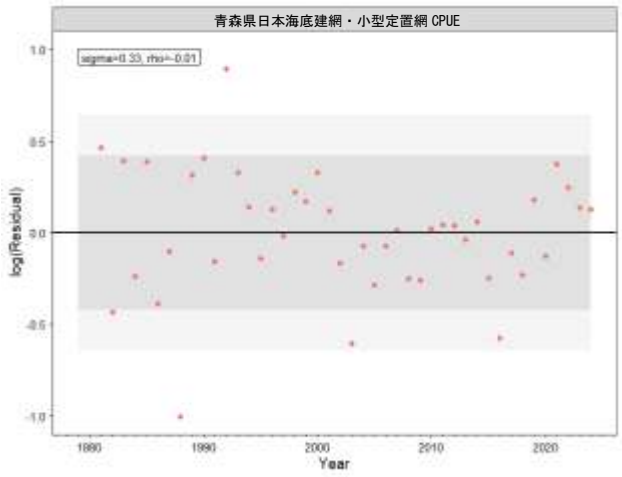
単位：千尾

年	年齢																				計
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20+	
1979	397	328	282	229	177	153	144	134	134	120	132	91	84	80	72	64	55	49	48	367	3,140
1980	413	345	274	219	174	139	127	121	110	112	98	110	75	68	65	58	51	46	39	343	2,989
1981	448	364	301	235	187	149	120	110	104	95	95	83	94	61	55	51	45	41	35	306	2,982
1982	509	394	318	261	203	162	130	105	94	90	80	79	69	77	48	42	38	36	31	267	3,034
1983	598	449	348	280	229	178	143	114	91	82	77	68	68	58	65	39	34	32	29	247	3,227
1984	569	525	388	292	233	194	153	123	97	77	69	64	57	56	48	54	31	28	26	228	3,311
1985	687	502	464	343	258	206	171	135	108	85	67	59	55	48	48	40	45	26	23	212	3,579
1986	841	605	439	402	296	223	179	149	117	94	73	58	51	47	41	40	33	39	21	196	3,946
1987	964	742	532	383	351	259	196	157	131	103	82	64	50	44	41	35	34	29	33	186	4,416
1988	1061	847	641	445	315	296	221	168	135	113	88	71	55	43	38	35	30	30	25	192	4,850
1989	1229	935	740	553	380	271	257	193	146	117	98	77	62	48	38	33	31	27	26	190	5,452
1990	1294	1076	796	601	439	306	225	218	162	124	99	85	66	54	42	33	29	27	23	191	5,891
1991	1337	1129	903	619	451	339	247	184	179	135	103	85	73	57	47	37	29	25	24	188	6,190
1992	1342	1169	960	732	484	361	281	207	152	152	114	89	73	63	50	41	32	25	22	186	6,538
1993	1397	1163	960	717	522	353	282	226	162	122	124	97	75	63	55	44	36	28	22	184	6,634
1994	1443	1216	971	745	536	403	283	232	184	133	99	106	83	65	55	48	39	32	25	182	6,880
1995	1486	1259	1022	764	570	420	329	234	190	153	110	85	92	72	57	48	43	34	28	182	7,178
1996	1503	1296	1056	803	580	446	343	274	191	157	127	94	72	79	63	50	42	37	30	184	7,428
1997	1556	1304	1069	796	579	434	355	280	220	154	128	107	79	62	69	55	43	37	33	188	7,547
1998	1538	1354	1086	825	590	443	350	294	227	182	126	108	91	67	53	60	47	38	32	193	7,704
1999	1527	1334	1117	816	593	440	352	285	236	186	148	106	91	78	58	46	52	41	33	197	7,735
2000	1491	1327	1108	860	601	451	353	289	230	195	153	125	89	78	67	50	39	45	36	201	7,789
2001	1434	1292	1089	827	615	444	356	285	229	187	158	127	105	75	66	57	43	34	39	205	7,667
2002	1386	1246	1073	839	615	474	358	293	230	188	151	131	106	88	63	56	48	36	29	211	7,620
2003	1371	1193	996	758	561	435	365	283	226	182	147	123	108	88	74	52	47	41	31	202	7,281
2004	1382	1193	994	772	567	434	353	303	231	187	149	123	104	91	75	63	44	40	35	200	7,341
2005	1455	1201	989	760	570	434	350	292	248	190	153	125	104	88	78	64	54	38	35	203	7,432
2006	1454	1266	996	757	561	437	351	289	238	206	157	130	106	89	76	68	56	47	33	208	7,525
2007	1469	1260	1035	731	527	411	344	284	231	194	169	133	110	91	76	66	59	49	41	210	7,487
2008	1677	1263	991	694	522	421	346	294	239	194	159	138	109	90	74	63	54	49	41	212	7,631
2009	1879	1440	987	667	490	403	350	294	246	200	159	131	114	90	74	61	52	45	42	214	7,935
2010	1784	1601	1114	693	504	395	338	296	243	204	161	127	105	92	71	60	49	43	38	214	8,130
2011	1679	1538	1292	781	511	397	325	282	243	201	164	130	102	85	74	58	48	40	36	209	8,194
2012	1431	1416	1127	725	506	387	322	268	228	198	159	131	103	82	67	60	46	39	33	200	7,525
2013	1239	1213	1093	752	509	386	310	262	211	181	153	123	102	81	62	52	46	36	31	186	7,027
2014	1330	1067	960	723	514	388	316	259	216	175	147	125	101	84	66	51	42	38	30	181	6,815
2015	1483	1150	851	664	505	389	316	264	212	178	141	119	102	83	68	54	41	35	32	174	6,859
2016	1351	1297	974	674	502	388	316	263	215	175	144	114	97	84	67	56	43	34	29	173	6,996
2017	1132	1171	1072	727	491	382	315	263	216	178	142	118	94	81	69	56	47	37	28	169	6,789
2018	1051	971	923	717	506	382	316	265	218	180	146	117	98	78	67	58	47	39	31	166	6,378
2019	1049	914	794	664	498	381	311	263	217	180	145	119	95	80	63	55	48	39	33	165	6,113
2020	1011	918	764	581	449	353	297	251	208	174	141	115	95	77	64	51	44	39	33	165	5,831
2021	832	884	769	562	414	329	282	247	205	172	141	114	93	77	62	53	41	37	33	166	5,515
2022	622	722	721	532	384	303	260	229	196	165	134	111	91	75	62	50	42	34	31	166	4,929
2023	648	538	582	492	358	276	238	211	183	159	131	108	90	74	61	51	41	35	29	165	4,470
2024	754	563	436	419	329	255	218	196	172	151	130	108	89	75	61	50	42	34	30	163	4,275

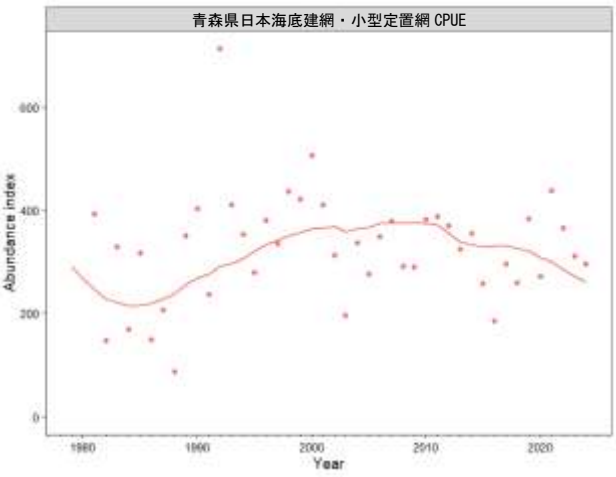
付表 6.　青森県におけるマダイの年齢別資源量の推移

単位：トン

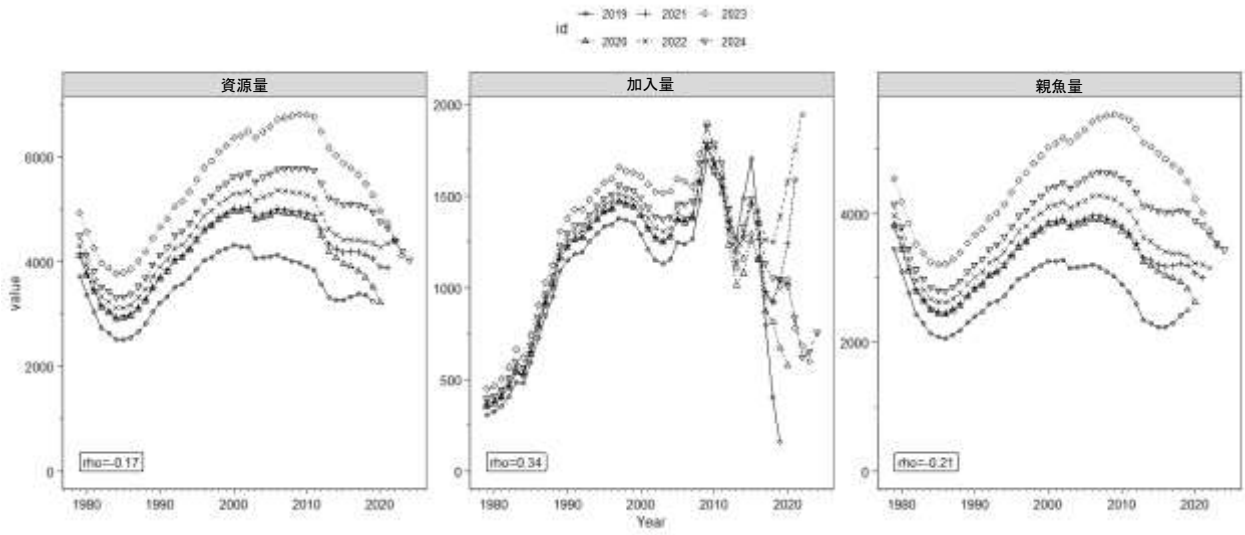
年	年齢																				計
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1979	48	52	66	86	103	125	153	169	183	195	250	178	194	214	201	183	167	183	172	1,573	4,495
1980	50	55	64	83	101	114	135	154	151	182	186	215	173	183	182	166	153	171	142	1,471	4,128
1981	54	58	70	89	109	122	128	139	143	155	180	162	216	163	155	146	135	156	127	1,313	3,819
1982	61	62	74	99	118	133	138	133	129	146	151	155	159	205	134	120	115	134	113	1,145	3,524
1983	72	71	81	106	133	146	152	145	125	133	145	132	156	155	180	112	102	120	105	1,060	3,428
1984	68	83	90	110	135	158	163	156	133	126	130	126	131	151	134	153	94	104	92	975	3,312
1985	82	79	108	129	149	168	182	171	147	138	126	115	127	129	133	115	136	98	82	908	3,323
1986	101	96	102	152	172	182	191	190	161	153	139	112	117	126	114	114	101	145	77	839	3,382
1987	116	117	124	145	204	211	209	200	179	167	155	125	116	117	113	100	104	109	120	796	3,526
1988	127	134	149	168	183	241	236	214	184	183	166	138	127	116	105	101	91	112	91	821	3,688
1989	147	148	172	209	221	221	274	245	200	191	185	150	142	129	106	95	93	100	94	816	3,937
1990	155	170	185	227	255	250	239	277	222	202	188	165	153	144	118	95	88	102	84	817	4,135
1991	160	179	210	234	262	277	263	233	246	219	194	165	167	154	131	105	87	96	85	805	4,272
1992	161	185	224	277	281	295	299	262	208	247	215	173	169	170	140	118	98	96	81	799	4,496
1993	167	184	224	271	303	288	300	287	222	198	235	188	173	169	154	126	109	107	81	788	4,575
1994	173	192	226	282	311	329	301	294	251	216	188	207	190	175	154	139	117	119	90	778	4,733
1995	178	199	238	289	331	343	351	297	260	249	208	165	211	193	159	139	129	128	100	779	4,944
1996	180	205	246	303	336	364	365	348	261	256	240	183	166	213	175	143	128	140	108	790	5,152
1997	187	206	249	301	336	354	379	355	301	251	241	209	181	165	192	156	131	139	118	804	5,255
1998	184	214	253	312	342	362	372	372	311	295	238	210	209	181	148	171	143	142	117	826	5,404
1999	183	211	260	309	344	359	374	361	323	302	280	206	209	208	162	131	157	155	119	844	5,498
2000	179	210	258	325	348	368	375	366	315	317	289	244	205	208	186	143	119	170	130	860	5,618
2001	172	204	254	313	357	362	379	362	314	303	298	249	241	201	184	164	129	127	142	879	5,634
2002	166	197	250	317	357	387	381	371	315	305	286	255	244	236	174	160	146	136	105	903	5,690
2003	164	189	232	287	326	355	389	359	309	295	278	240	247	236	205	150	141	154	111	866	5,531
2004	166	189	232	292	329	354	376	385	316	304	282	240	238	245	210	180	134	150	127	856	5,604
2005	174	190	230	287	331	354	373	370	339	310	289	243	238	236	218	184	163	143	125	872	5,670
2006	174	200	232	286	326	357	373	367	326	335	298	253	244	238	212	194	169	177	120	889	5,769
2007	176	199	241	276	306	335	366	360	316	316	319	259	252	243	213	188	177	183	148	898	5,772
2008	201	200	231	262	303	344	369	373	327	315	302	270	250	242	206	181	162	185	149	906	5,776
2009	225	228	230	252	284	329	372	372	336	326	301	255	262	240	206	175	157	169	151	917	5,787
2010	214	253	260	262	293	323	360	375	333	331	305	248	241	247	199	171	147	160	136	915	5,771
2011	201	243	301	295	297	324	346	358	332	326	310	253	235	227	207	166	144	150	128	894	5,739
2012	172	224	262	274	293	316	343	340	312	322	301	255	238	218	186	171	138	146	118	858	5,486
2013	149	192	255	284	295	315	330	332	289	294	289	240	235	216	174	148	139	136	112	796	5,220
2014	160	169	224	273	298	317	337	329	295	284	279	244	232	225	183	146	127	144	109	774	5,148
2015	178	182	198	251	293	317	337	335	290	290	267	233	234	221	190	153	123	130	115	747	5,083
2016	162	205	227	255	291	317	337	334	295	284	272	222	223	224	188	161	131	127	104	739	5,098
2017	136	185	250	275	285	312	335	334	295	290	269	231	216	216	194	161	141	137	103	726	5,090
2018	126	154	215	271	294	312	336	336	299	292	277	229	225	209	186	167	141	148	112	713	5,041
2019	126	145	185	251	289	311	331	334	297	292	274	232	219	215	176	158	144	146	120	706	4,950
2020	121	145	178	220	261	288	317	319	285	283	267	224	218	205	179	146	134	148	118	707	4,762
2021	100	140	179	213	240	268	301	313	281	279	266	222	214	207	172	151	125	138	120	711	4,641
2022	75	114	168	201	223	248	276	291	268	268	254	217	208	200	171	143	127	127	111	711	4,402
2023	78	85	136	186	208	225	254	268	251	259	248	211	208	198	169	145	123	132	103	707	4,192
2024	90	89	102	159	191	208	232	249	235	246	245	210	205	200	170	144	126	128	107	697	4,034



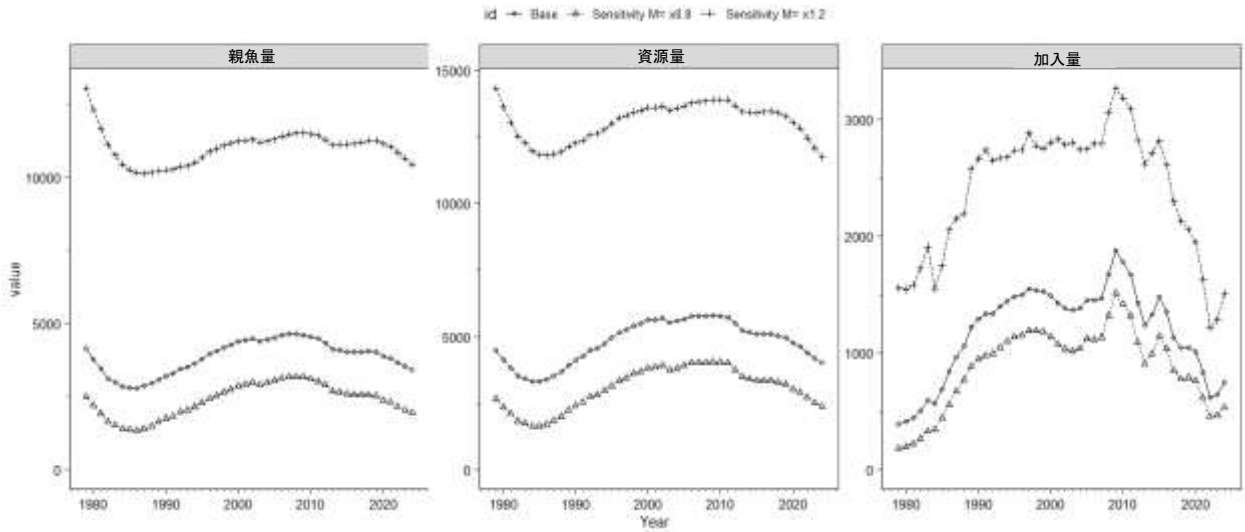
付図 1. 資源量指数の残差の時系列
σ：観測誤差の大きさ、ρ：1 次の自己相関係数



付図 2. 資源量指数（●）及びその予測値（実線）の時系列



付図 3. レトロスペクティブ解析の結果（図中に Mohn’s rho の値を示す）



付図 4. 自然死亡係数 M を基準値（0.125）から 20%増減させた場合の感度分析結果