

マダイの資源管理手法と高鮮度処理技術の開発

小谷 健二

目 的

本県沿岸漁業者の漁業経営の底支えとなる、安定した漁獲収入源の創出を図るため、青森県産マダイを対象に、資源管理手法（小型魚・産卵親魚の保護）の開発、また、資源管理の効果をシミュレーションする手法の開発、さらに、一般成分分析、破断強度分析や色調分析によるエビデンスを付加した高鮮度処理技術と、活魚出荷のための長期蓄養技術を開発することを目的に実施した。本研究所では、その内、資源管理手法、資源管理の効果をシミュレーションする手法、活魚出荷のための長期蓄養技術の開発を行った。

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、青森県沿岸の各漁業協同組合における1981年～2019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。

日本海及び陸奥湾におけるマダイ水揚げの主要港である新深浦町漁業協同組合及び横浜町漁業協同組合を対象に、2000年～2019年のマダイ漁獲量を集計し、銘柄別の漁獲動向を調べた。

また、新深浦町漁業協同組合では、マダイの小銘柄～3P銘柄(全重量0.4kg未満)にチダイがしばしば混入されているため、左記銘柄の盛漁期である5月、11月～12月にかけて銘柄毎に2箱(1箱3kg入り)を購入し、前年¹⁾のデータも加えて各銘柄のチダイの混入率を調べた。

2. 漁獲物の銘柄別魚体測定

マダイは、2019年4月～2020年3月に日本海の4漁業協同組合(深浦、新深浦町、鱒ヶ沢、小泊)、2019年6月と10月に陸奥湾の横浜町漁業協同組合から銘柄毎に毎月1個体～50個体購入した。得られた日本海787個体及び陸奥湾65個体の計852個体に加え、2020年3月に試験船青鵬丸のオッタートロール調査にて日本海の出来島沖で採取された1個体について尾叉長、全重量、生殖腺重量の測定を行った。生殖腺熟度指数(以下、GSIと称す)を、次式 $GSI = \frac{\text{生殖腺重量}}{\text{全重量} - \text{生殖腺重量}} \times 10^3$ から求め、目視観察により生殖腺から性別を判別し、雌の卵巢について、小嶋²⁾の成熟度区分に従い、卵巢の成熟度をA型：卵粒が卵巢表面からまだ認められないもの、B型：卵粒が卵巢表面から認められるもの、C型：卵粒中に成熟卵である透明卵が混在し、卵巢表面からそれが認められるもの、D型：透明卵が卵巢腔に排出されている、もしくは卵巢の萎縮程度が進行し、明確に産卵進行中であると認められるものとして4つに区分し、その内、C型及びD型を成熟と判断した。また、マダイの産卵と生息域の水温の間に関係性がある²⁾ことから、日本海の深浦町沖に設置された水温自動観測ブイ(以下、大戸瀬ブイと称す)の10m及び20mの日平均水温と、陸奥湾内に設置された3基の海況自動観測ブイ(平館ブイ、青森ブイ、東湾ブイ。以下、各ブイをまとめてブイロボと称す。)の15m、30m、45mの日平均水温を各水深で平均した値の推移を調べた。

得られたデータに前年のデータ¹⁾を加え、それらを基に日本海及び陸奥湾におけるマダイの成熟時期、産卵時期及び年齢起算日の推定、GSI及び生物学的最小形を基にした成熟個体の判断基準の検証、尾叉長と全重量の関係について関係式の推定を再度行った。なお、尾叉長と全重量の関係については、小谷¹⁾が雌雄による成長差がないことを報告していることから、性別を区別せずに推定を行った。

また、前述のデータの内、推定した成熟時期に含まれる日本海の雌303個体と雄256個体、陸奥湾の雌52個体と雄35個体のデータを基に、尾叉長と成熟率の関係について雌雄別に関係式の推定を行った。関

係式は、尾叉長を 5mm 毎に階級区分し、階級毎に各個体を当てはめた後、3 個体以上の階級を対象に各階級の成熟率を求めて階級の中央値に対して散布図を描き、この関係に Microsoft Excel のソルバー機能を用いて最小二乗法によりパラメータを探索し、ロジスティック曲線を推定して求めた。

3. 年齢査定技術の実用化

材料は、前述の県内の 5 漁業協同組合から購入したマダイ 852 個体及びオッタートロール調査にて採取された 1 個体を用いた。年齢査定は、出刃包丁もしくは電動鋸により頭蓋骨を切除して耳石を採取し、耳石を硬組織切断機(ライカ社製 ゼーゲミクロトーム SP1600)を用いて耳石の核を通るように横軸方向に厚さ 250 μm の薄片を作成した後、実体顕微鏡下で耳石内の輪紋数を計数することとして行った。なお、小谷¹⁾は耳石の輪紋が年 1 回 6~8 月頃形成し、暫定的に年齢形質としての耳石の有効性を示しているが、その有効性はまだ十分に明らかにされているとは言い難い。そこで、2019 年 4 月~2020 年 3 月に日本海の 4 漁業協同組合で購入した 787 個体と小谷¹⁾が用いた 547 個体を併せて用い、耳石薄片から耳石径(核から耳石背側の最端部までの距離)及び輪紋径(核から耳石背側の最外輪紋の最端部までの距離)を測定(図 1)し、縁辺成長率(以下、MGI と称す)を次式 $MGI = (\text{耳石径} - \text{輪紋径}) / \text{耳石径} \times 100$ で求め、輪紋数が同じ個体でグループ(以下、輪群と称す)を分け、包括的に MGI のデータが得られた 3 輪群~6 輪群について輪群別に MGI の月別変化を調べ、輪紋形成時期の推定と年齢形質としての有効性の検証を再度行った。

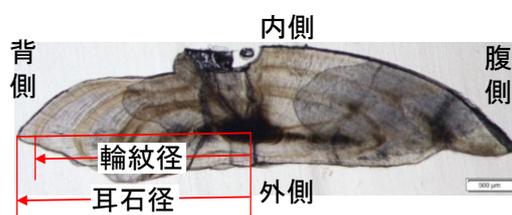


図 1. 耳石径と輪紋径の測定部位

前述で推定された年齢起算日を基に、得られた尾叉長と年齢査定のデータに前年のデータ¹⁾を加え、年齢と尾叉長の関係式を推定した。関係式は、標本の入手年月毎に輪紋数別に年齢起算日を加算した年齢と尾叉長の平均値を求めて散布図を描き、その関係に Microsoft Excel のソルバー機能を用いて最小二乗法によりパラメータを探索し、ベルタランフィの成長曲線を求めた。

前述の尾叉長と成熟率の関係と同様のデータ及び手法を用いて、雌雄別に年齢と成熟率の関係式を推定した。なお、年齢は、前述で推定された年齢起算日を満年齢とした。

前述で推定された年齢起算日を基に得られた年齢査定のデータを用いて、日本海の新深浦町漁業協同組合と陸奥湾の横浜町漁業協同組合の銘柄別年齢比率を推定した。なお、小谷¹⁾が雌雄による成長差がないことを報告していることから、性別を区別せずに推定を行った。

4. 長期蓄養試験

試験は、2019 年 6 月 21 日~8 月 9 日の 50 日間実施した。2019 年 6 月 11 日と 21 日に平内町漁協茂浦支所所属の漁船を備船し、陸奥湾の平内町沖にて尾叉長 392mm~580mm のマダイ 12 個体を釣獲し、個体識別の為にスパゲッティタグを各個体に取り付けた。12 個体の内、6 個体について、空気抜き用の道具を用い、鰾から空気を抜いた。空気を抜いた個体を空気抜き区、抜かなかった個体を対照区とし、採集したマダイを研究所内の 1 トン屋外水槽へ収容した後、試験を開始した。試験期間中は、濾過海水を 2 トン/時の掛け流しで給水し、酸欠によるへい死を防止するための給気を行った。また、1 日 1 回釣り餌用の冷凍エビもしくは冷凍マイワシを給餌し、へい死個体の有無を観察した。

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 2、付表 1 に示した。1981 年以降の青森県における「たい」の漁獲量は、1981 年の 334 トンから減少し、1986 年~1988 年にかけて 43 トン~60 トンと 100 トン未満まで低迷した。その後、1989 年から増加に転じ、2012 年に 626 トンと過去最高を記録した後、2013

年以降は 360 トン～440 トンと 400 トン程度で推移しており、2019 年の漁獲量は 479 トンであった。各海域の漁獲量は、いずれの海域も県全体の漁獲量と概ね同様に推移し、日本海の漁獲量が 30 トン～409 トンと最も多く、県全体の 40%～90% を占めていた(図 2)。

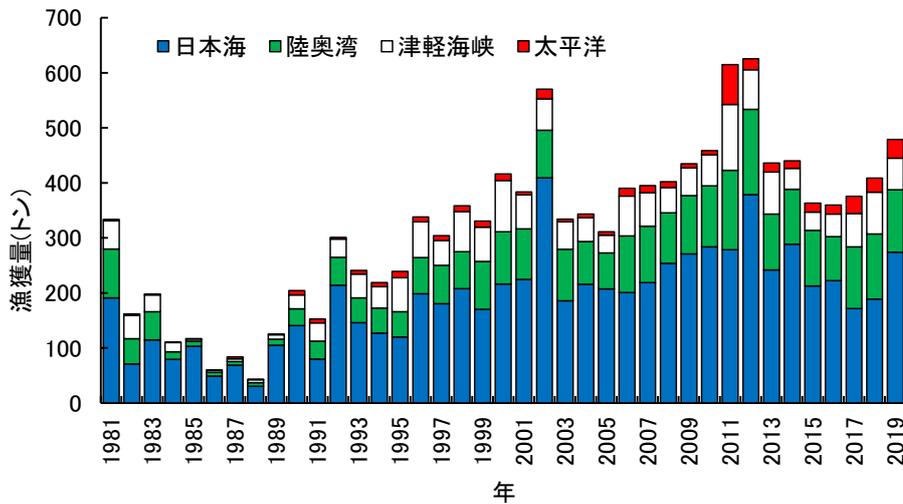


図 2. 「たい」の海域別漁獲量

日本海の新深浦町漁業協同組合と陸奥湾の横浜町漁業協同組合におけるマダイの銘柄別漁獲量の割合の推移を図 3、4、付表 2、3、各銘柄と規格重量を表 1、2 に示した。銘柄別漁獲量は、新深浦町漁業協同組合では 2015 年を除き、3P～小銘柄(0.4kg 未満)の漁獲量が全体の 46%～82% を占めていたのに対し、横浜町漁業協同組合ではいずれも中～特大銘柄(1.5kg 以上)の漁獲量が全体の 44%～96% を占めていた。

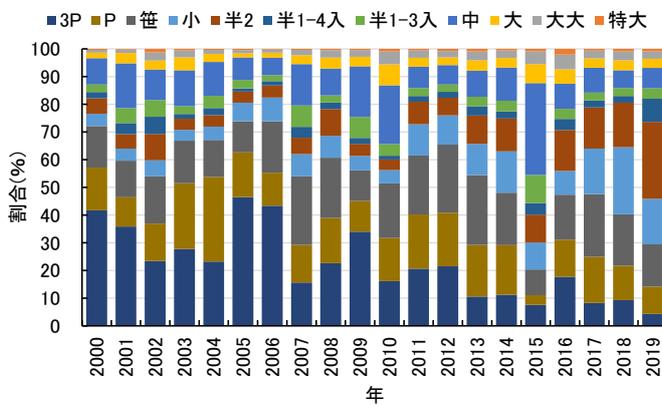


図 3. 新深浦町漁業協同組合の銘柄別漁獲量の割合の推移

表 1. 新深浦町漁業協同組合のマダイの銘柄と規格重量

銘柄	規格重量
特大	6kg以上
大大	4kg以上6kg未満
大	3kg以上4kg未満
中	1.5kg以上3kg未満
半1-3入	1kg以上1.5kg未満
半1-4入	0.7kg以上1kg未満
半2	0.4kg以上0.7kg未満
小	0.3kg以上0.4kg未満
笹	0.2kg以上0.3kg未満
P	0.1kg以上0.2kg未満
3P	0.1kg未満

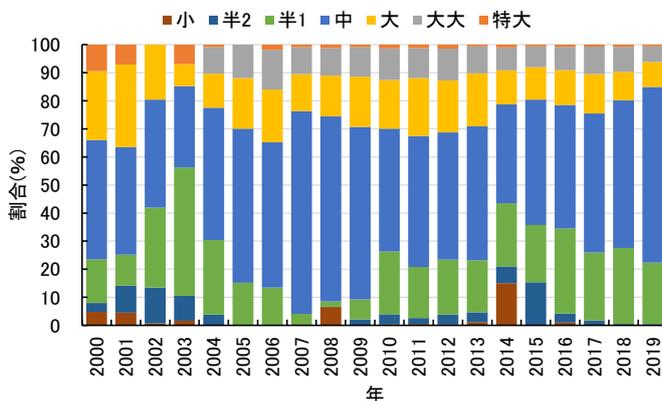


図 4. 横浜町漁業協同組合の銘柄別漁獲量の割合の推移

表 2. 横浜町漁業協同組合のマダイの銘柄と規格重量

銘柄	規格重量
特大	6kg以上
大大	4kg以上6kg未満
大	3kg以上4kg未満
中	1.5kg以上3kg未満
半1	0.8kg以上1.5kg未満
半2	0.6kg以上0.9kg未満
小	0.6kg未満

新深浦町漁業協同組合のマダイ3P銘柄～小銘柄における銘柄別のチダイ混入率を表3に示した。

チダイの混入率は、5月、11月及び12月の平均値で小銘柄が31.8%、笹銘柄が11.0%、P銘柄が42.7%、3P銘柄が28.8%であり、小銘柄及びP銘柄では5月の混入率が11月よりも高く、笹銘柄では12月の混入率が最も高い値を示した。また、特半2銘柄～大銘柄では、チダイの混入は確認されなかった。

表3. 新深浦町漁業協同組合のマダイ小銘柄～3P銘柄における銘柄別のチダイ混入率

銘柄	単位:%			
	5月	11月	12月	平均
小	53.0	10.5	-	31.8
笹	8.3	0.0	24.8	11.0
P	48.6	36.7	-	42.7
3P	-	-	28.8	28.8

2. 漁獲物の銘柄別魚体測定

日本海及び陸奥湾におけるマダイ雌個体の卵巣の成熟度の推移をそれぞれ図5、6、大戸瀬ブイの10m及び20mの日平均水温の5月～9月の推移を図7、ブイロボの15m、30m、45mの日平均水温を各水深で平均した値の5月～9月の推移を図8、日本海及び陸奥湾における雌雄別のGSIの推移をそれぞれ図9、10に示した。卵巣内に透明卵を有する個体は、日本海では雌746個体の内、尾叉長255mm～690mmの34個体、陸奥湾では雌86個体の内、尾叉長361mm～690mmの雌36個体で確認され、日本海では5月～7月、陸奥湾では5月～8月にかけて採集した個体であった。日本海の卵巣の成熟度は、1月～3月ではA型のみで構成され、4月ではA型に加えB型が出現し、5月～7月にかけて成熟段階であるC型及びD型を含む全ての成熟度が出現し、標本を採集できなかった9月を除く8月～12月では再びA型のみで構成された(図5)。陸奥湾の成熟度は、標本を採集した5月～10月において、5月～7月ではB型及びC型が出現し、8月になるとB型とC型が消失し、A型及びD型が出現し、9月、10月ではいずれもA型のみで構成された(図6)。C型もしくはD型が出現した時期を成熟時期と判断し、青森県産マダイの成熟時期は、日本海では5月～7月、陸奥湾では5月～8月と推定された。

マダイの産卵は、産卵期間中に成熟個体が毎日産卵を行う^{3,4)}こと、生息域の水温が14℃～15℃に上昇すると産卵を開始し、21℃～23℃になると終了する³⁾ことが知られている。前述のC型もしくはD型が出現した時期を産卵時期と仮定すると、産卵時期は、日本海では5月～7月、陸奥湾では5月～8月であると推定された。また、大戸瀬ブイの10m及び20mの日平均水温について2007年～2019年の平均値を、ブイロボの15m、30m、45mの日平均水温を各水深で平均した値について2000年～2019年の平均値を求め、成熟時期を含む5月から9月における推移を調べたところ、大戸瀬ブイは、5月22日に10m、5月31日に20mの水温が14℃に達し、7月25日に10m、7月28日に20mの水温が23℃に到達した(図7)。ブイロボは、6月18日に15m、7月1日に30m、7月17日に45mの水温が14℃に達し、9月5日に15mの水温が23℃に到達したが、その他の水深では水温が期間中23℃まで上昇しなかった(図8)。このことから、水温を基にした産卵時期は、日本海では5月下旬～7月下旬、陸奥湾では6月中旬～9月上旬と推定された。以上のことから、青森県産マダイの産卵時期は、日本海では5月下旬～7月、陸奥湾では6月中旬～8月であり、年齢起算日は日本海が6月1日、陸奥湾が7月1日と推定された。

日本海のGSIは、1月～3月では雌雄ともに20未満で推移し、4月では20を超える個体が出現し始め、5月～7月にかけて20を超える個体が多く出現したが、8月以降では再び20未満で推移した(図9)。陸奥湾のGSIは、雌雄ともに5月～7月にかけて20を超える個体のみが確認され、8月以降では8月に雌の1個体が20を超えていたものの、概ね20未満で推移した(図10)。また、雌の卵巣の成熟度とGSIの関係をみると、日本海ではA型のGSIが20未満、B型が2.6～68.6、C型が16.0～133.2、D型が39.2～130.4、陸奥湾ではA型のGSIが20未満、B型が27.7～78.6、C型が46.7～171.8、D型が44.4と、成熟段階であるC型もしくはD型のGSIは日本海では16以上、陸奥湾では40以上であった(図9、10)。GSIを用いた成

熟個体の基準は、島本ら⁵⁾が雌雄ともに GSI が 15 以上、田代⁶⁾が雌では 35 以上、雄では 20 以上の個体をそれぞれ成熟個体としており、本研究の結果は島本らが示した基準に最も類似していた。また、透明卵を有していた雌の最小個体は、尾叉長 255mm であった。島本ら⁵⁾は、生物学的最小形に関する日本各地の報告を基に、マダイの生物学的最小形が尾叉長 240mm~250mm と示しており、本研究で確認された当最小個体はそれによく類似していた。以上のことから、GSI 及び生物学的最小形を基にした青森県産マダイの成熟個体の基準は、日本海、陸奥湾いずれも GSI が 15 以上かつ、尾叉長が 250mm 以上の個体とすることが適当であると考えられた。

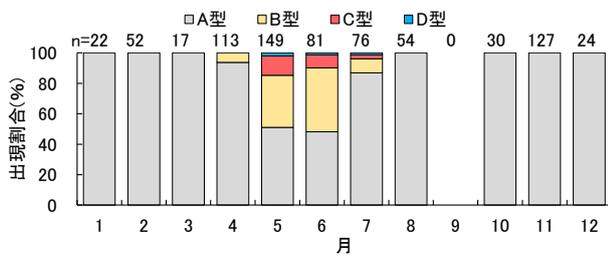


図 5. 日本海におけるマダイ 卵巣の成熟度の推移

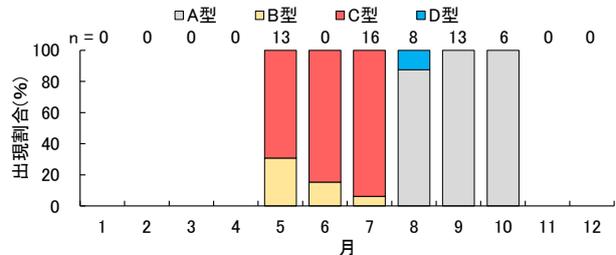


図 6. 陸奥湾におけるマダイ 卵巣の成熟度の推移

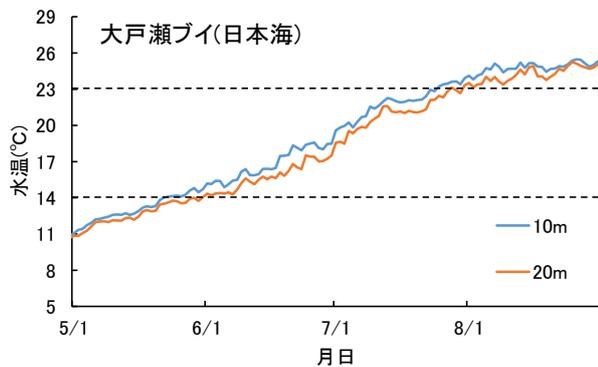


図 7. 大戸瀬ブイにおける 10m 及び 20m の水温 (2007 年~2019 年の平均値) の推移

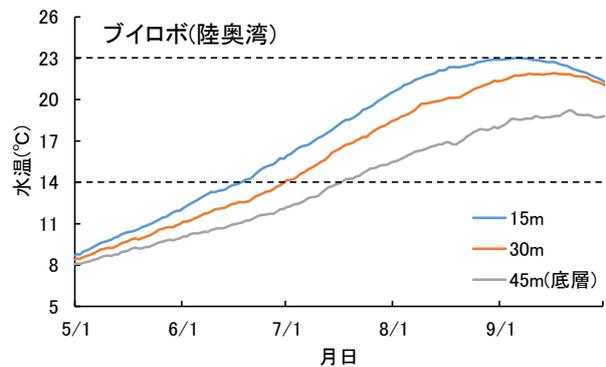


図 8. ブイロボにおける 15m、30m、45m の水温 (2000 年~2019 年の平均値) の推移

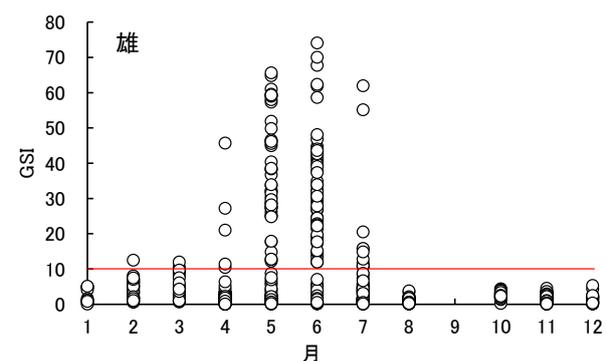
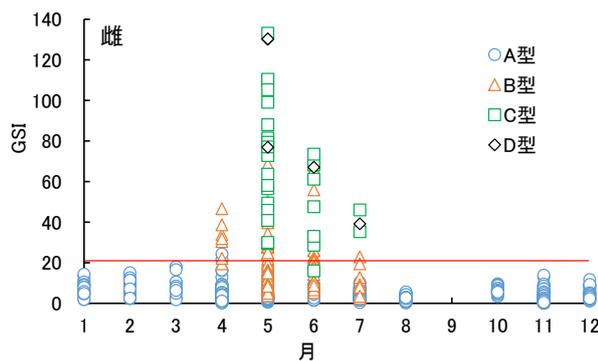


図 9. 日本海におけるマダイ GSI の推移 (雌のグラフの凡例は成熟度を示す)

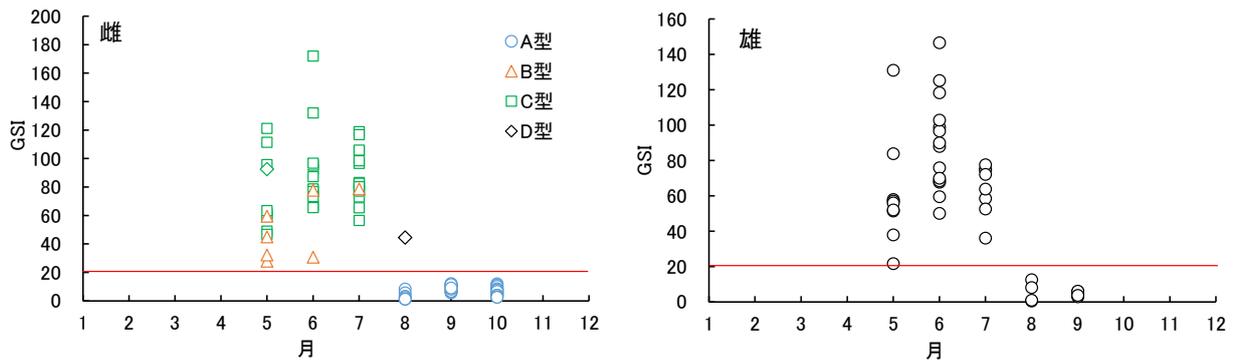


図 10. 陸奥湾におけるマダイ GSI の推移
(雌のグラフの凡例は成熟度を示す)

日本海及び陸奥湾におけるマダイの尾叉長と全重量の関係を図 11、12 に示した。尾叉長(X)と全重量(Y)の関係について両海域の関係式を推定したところ、日本海が $Y = 3.6 \times 10^{-5} \times X^{2.900}$ ($R^2 = 0.988$)、陸奥湾が $Y = 4.6 \times 10^{-5} \times X^{2.864}$ ($R^2 = 0.987$)の式が得られた。(図 11、12)。

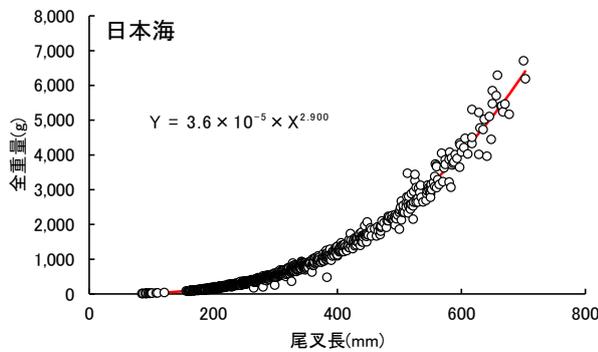


図 11. 日本海における尾叉長と全重量の関係
(赤線は得られた関係式の曲線)

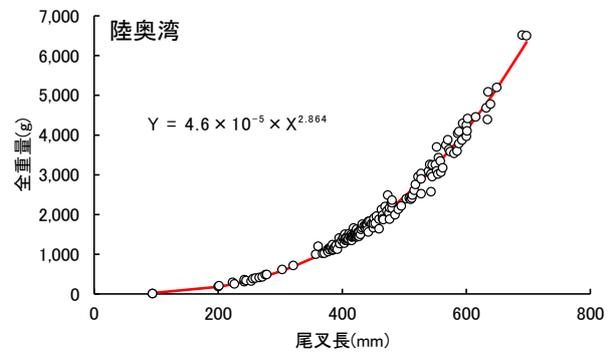


図 12. 陸奥湾における尾叉長と全重量の関係
(赤線は得られた関係式の曲線)

日本海におけるマダイの雌雄毎の尾叉長と成熟率の関係を図 13 に示した。前述の GSI が 15 以上かつ、尾叉長 250mm 以上の個体を成熟と判断し、尾叉長(X)と成熟率(Y)の関係について雌雄別の関係式を推定したところ、雌では $Y = 100 / [1 + \exp\{-0.025 \times (X - 336.133)\}]$ 、雄では $Y = 100 / [1 + \exp\{-0.030 \times (X - 335.469)\}]$ の式が得られた。また、得られた関係式から 50%成熟尾叉長を求めたところ、雌が尾叉長 336mm、雄が 335mm と推定された。また、雌は尾叉長 544mm 以上、雄は 513mm 以上で全個体が成熟すると推定された。一方、陸奥湾についてはデータ不足により、関係式を推定できなかった。50%成熟尾叉長については、田代⁶⁾、長野ら⁷⁾がいずれも宮崎県日向灘のマダイを用いて推定し、前者では雌が尾叉長 280mm、雄が 230mm、後者では性別を区別せずに尾叉長 368mm としており、本研究の結果は、概ね類似していた。

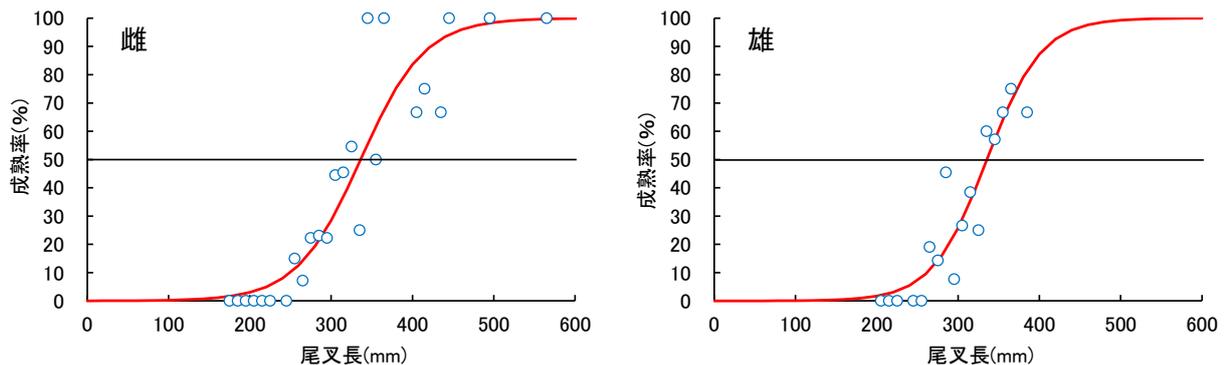


図 13. 日本海における尾叉長と成熟度の関係(赤線は得られた関係式の曲線)

3. 年齢査定技術の実用化

3 輪群～6 輪群における MGI が 0 の個体(耳石縁辺に輪紋が形成された個体)の出現割合の月別の推移を図 14 に示した。各輪群における MGI が 0 の個体の出現割合を調べたところ、MGI が 0 の個体は、標本を採集できなかった 9 月を除き、いずれの輪群も概ね 6 月から 8 月にかけて認められ、7 月に最も多く出現し、その他の月では確認されなかった(図 14)。

これらのことから、青森県産マダイの耳石の輪紋は年 1 回 6 月～8 月に形成され、輪紋形成の盛期は 7 月であること、耳石の輪紋数は暫定的に年齢形質として有効であると考えられた。

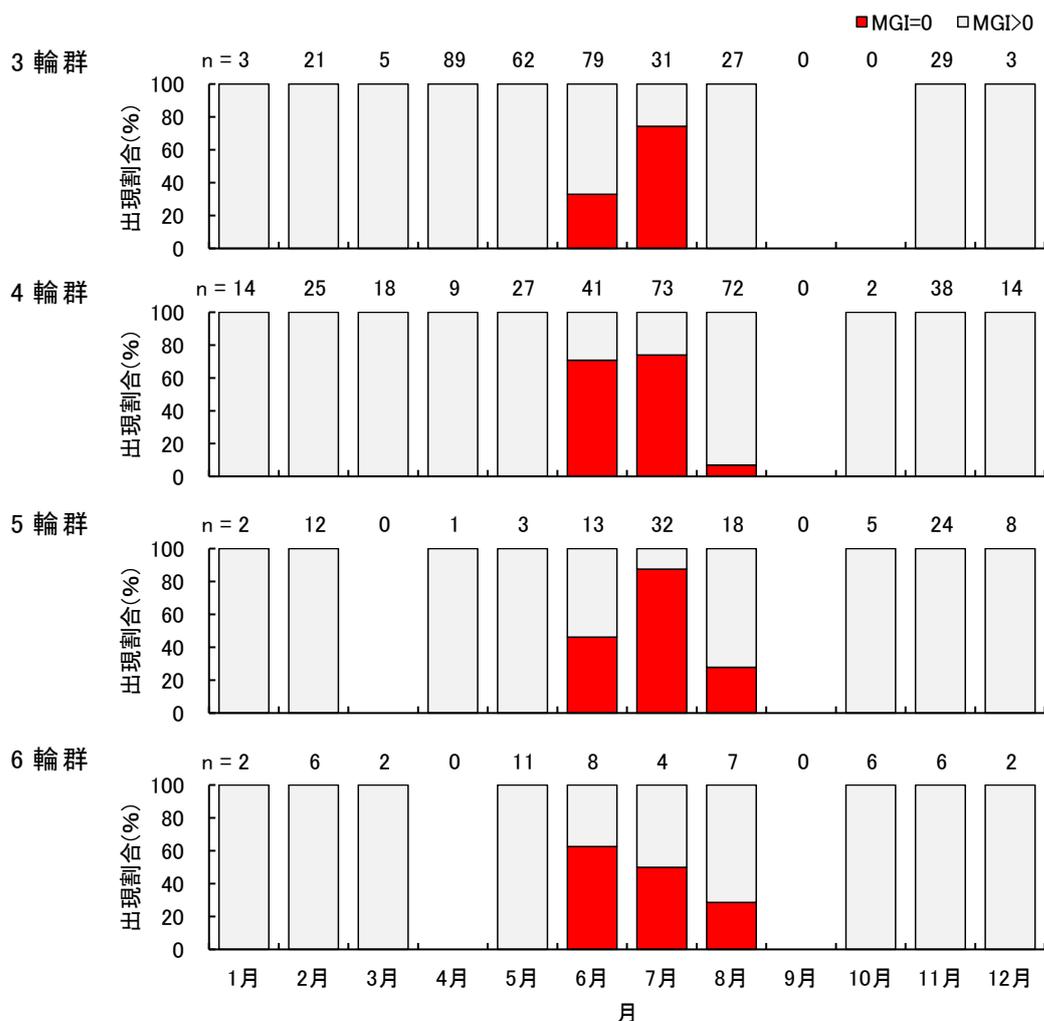


図 14. 3 輪群～6 輪群の MGI が 0 の個体の出現割合の推移

日本海及び陸奥湾におけるマダイの年齢と尾叉長の関係を図 15、16 に示した。前述の各海域の年齢起算日を基に、年齢(t)と尾叉長(Y)の関係について雌雄別の関係式(以下、成長式と称す。)を推定したところ、日本海では雌が $Y = 601.8 \times [1 - \exp\{-0.141 \times (t+0.024)\}]$ ($R^2 = 0.911$)、雄が $Y = 610.1 \times [1 - \exp\{-0.138 \times (t+0.024)\}]$ ($R^2 = 0.912$)、陸奥湾では雌が $Y = 643.4 \times [1 - \exp\{-0.138 \times (t+0.023)\}]$ ($R^2 = 0.955$)、雄が $Y = 603.0 \times [1 - \exp\{-0.166 \times (t+0.020)\}]$ ($R^2 = 0.957$)の式がそれぞれ得られた。得られた成長式について海域毎に雌雄間で差が見られるか F 検定を行った結果、日本海、陸奥湾ともに有意な差($p < 0.05$)は認められなかった。従って、各海域で雌雄を区別せずに成長式を推定した結果、日本海が $Y = 609.4 \times [1 - \exp\{-0.138 \times (t+0.024)\}]$ ($R^2 = 0.914$)、陸奥湾が $Y = 627.2 \times [1 - \exp\{-0.148 \times (t+0.022)\}]$ ($R^2 = 0.950$)の式がそれぞれ得られた(図 15、16)。また、得られた成長式について海域間で差が見られるか F 検定を行った結果、日本海、陸奥湾の間で

有意な差($p < 0.01$)が認められた。

青森県と他県・他海域における各成長式を表 4、成長式から得られた成長曲線を図 17 に示した。両海域の成長式を既往の研究の成長式(表 4)と比較したところ、いずれの海域も本県の過去の成長式⁸⁾及び、福岡県と秋田県を除く日本海側の島根県、石川県の成長式²⁾と比較的類似していた(図 17)。

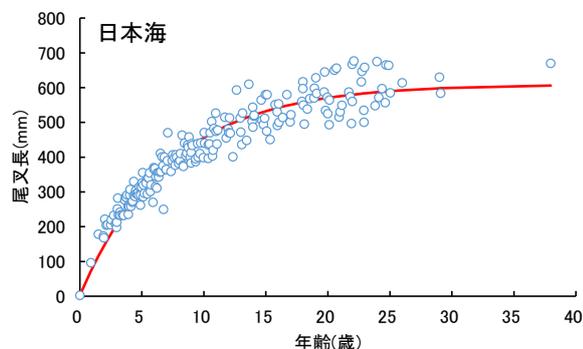


図 15. 日本海における年齢と尾又長の関係
(赤線は得られた関係式の曲線)

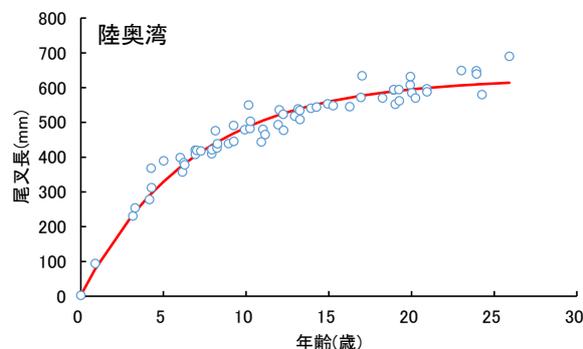


図 16. 陸奥湾における年齢と尾又長の関係
(赤線は得られた関係式の曲線)

表 4. 青森県と他県・他海域における成長成長式

県・海域	成長式
本研究(日本海)	$Y = 609.364 \times [1 - \exp\{-0.138 \times (t+0.024)\}]$
本研究(陸奥湾)	$Y = 627.244 \times [1 - \exp\{-0.148 \times (t+0.022)\}]$
青森県(1991) ⁷⁾	$Y = 541.02 \times [1 - \exp\{-0.2081 \times (t+0.293)\}]$
秋田県 ²⁾	$Y = 862 \times [1 - \exp\{-0.09068 \times (t+0.4255)\}]$
石川県 ²⁾	$Y = 544 \times [1 - \exp\{-0.183 \times (t+0.297)\}]$
島根県 ²⁾	$Y = 569 \times [1 - \exp\{-0.1912 \times (t+0.1648)\}]$
神奈川県 ²⁾	$Y = 1072 \times [1 - \exp\{-0.0811 \times (t+0.9263)\}]$
和歌山県 ²⁾	$Y = 670 \times [1 - \exp\{-0.211 \times (t+0.079)\}]$
兵庫県 ²⁾	$Y = 729 \times [1 - \exp\{-0.1563 \times (t+0.4412)\}]$
福岡県 ²⁾	$Y = 803 \times [1 - \exp\{-0.186 \times (t+0.055)\}]$
東シナ海・黄海 ²⁾	$Y = 740 \times [1 - \exp\{-0.09 \times (t+1.3)\}]$

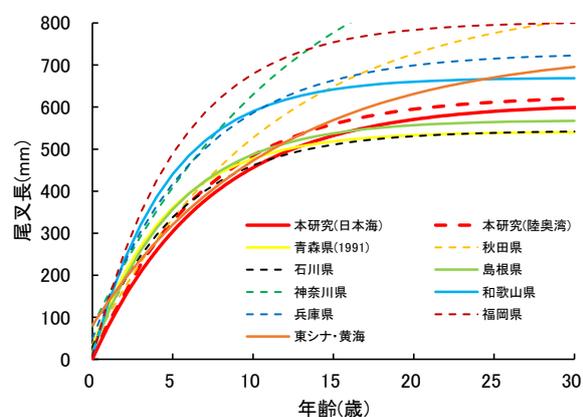


図 17. 青森県と他県・他海域における成長曲線

日本海におけるマダイの雌雄毎の年齢と成熟率の関係を図 18 に示した。前述の GSI が 15 以上かつ、尾又長 250mm 以上の個体を成熟と判断し、前述の各海域の年齢起算日を基に、年齢(t)と成熟率(Y)の関係について雌雄別の関係式を推定したところ、雌では $Y = 100 / [1 + \exp\{-0.586 \times (t-6.543)\}]$ 、雄では $Y = 100 / [1 + \exp\{-1.260 \times (t-5.580)\}]$ の式が得られた。また、得られた関係式から 50% 成熟年齢を求めたところ、雌が満年齢 6 歳～7 歳で成熟率が 33%～63%、雄が満年齢 5 歳～6 歳で成熟率が 42%～57% と推定された。また、雌は満年齢 16 歳以上、雄は満年齢 10 歳以上で全個体が成熟すると推定された。一方、陸奥湾についてはデータ不足により、関係式を推定できなかった。50% 成熟年齢については、田代⁶⁾が宮崎県日向灘のマダイを用いて雌雄ともに 2 歳と推定しており、本研究の結果はそれよりも高齢であった。一方、マダイの成熟は、年齢よりも体サイズが密接に関係していること^{4, 7, 9)}、同年齢に対する体サイズは、水温の低い海域ほど小さい^{3, 10)}こと、生物学的最小形の年齢は、水温の低い海域ほど高い^{3, 4, 10)}ことが報告されている。これらのことから、本研究の結果は、水温の低い海域による年齢の高齢化であり、青森県産マダイの 50% 成熟年齢として妥当であると考えられたものの、今後もデータを蓄積し、検証していく必要がある。

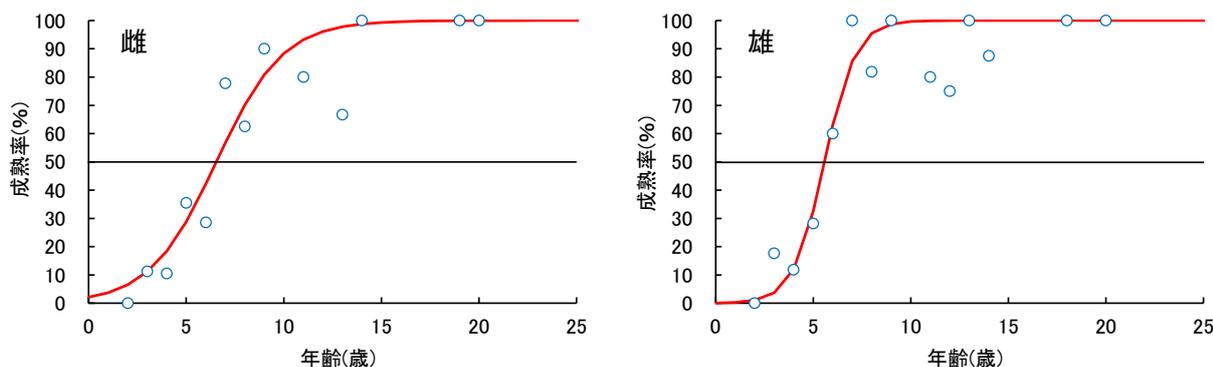


図 18. 日本海における年齢と成熟度の関係(赤線は得られた関係式の曲線)

日本海の新深浦町漁業協同組合及び陸奥湾の横浜町漁業協同組合における雌雄比及び年齢比率を図 19、20 に示した。なお、前述の産卵時期の推定から年齢起算日を日本海で 6 月 1 日、陸奥湾で 7 月 1 日と推定したが、漁獲量を暦年単位で集計しているため、以降では年齢起算日を 1 月 1 日として年齢査定を行った。年齢査定結果を基に、各漁業協同組合における銘柄別の年齢比率を推定したところ、新深浦町漁業協同組合は、半 1-4 入銘柄～特大銘柄(重量 0.7kg 以上)の個体が 4 歳～10 歳以上と多様な年齢で構成され(図 19)、その他の銘柄も含めて前年^りと概ね同様の傾向が認められた。また、横浜町漁業協同組合は、小銘柄～半 2 銘柄(重量 0.8kg 未満)、特大銘柄(重量 6kg 以上)の個体がほとんど水揚げされず、入手できなかったものの、半 1 銘柄～大銘柄(重量 0.8kg 以上)の個体が 6 歳～10 歳以上と多様な年齢で構成され(図 20)、新深浦町漁業協同組合と同様、その他の銘柄も含めて前年^りと概ね同様の傾向であった。

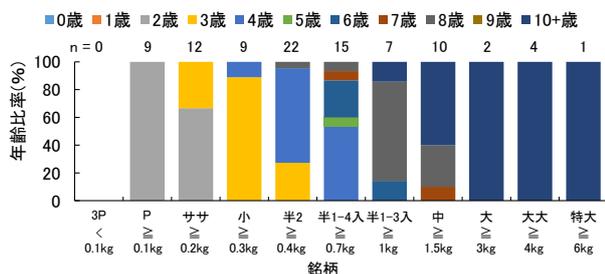


図 19. 各銘柄における年齢比率(新深浦町漁業協同組合)

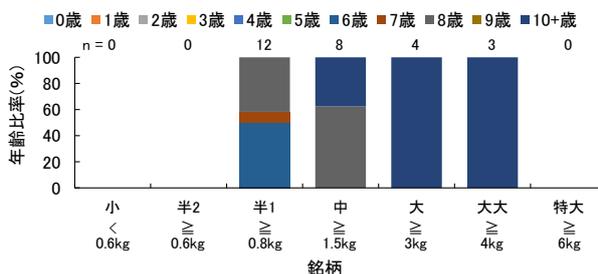


図 20. 各銘柄における年齢比率(横浜町漁業協同組合)

4. 長期蓄養試験

試験期間中のマダイの様子を図 21、試験終了時の各試験区の生残率を図 22 に示した。試験期間中、対照区では、1 個体は背部と腹部がひっくり返り、水面上に浮き上がった状態、3 個体は通常の姿勢にならず、左右のいずれかに体を傾けた状態、もしくは尾部が上方へ持ち上がり、体軸が斜めに傾いた状態で遊泳していたのに対し、空気抜き区も含めた残りの個体は、背を水面に対して垂直に向け、通常の姿勢で遊泳していた(図 21)。試験終了時の生残率は、空気抜き区が 83%、対照区が 17%と、空気抜き区が生残率が高かった(図 22)。また、空気抜き区のへい死した 1 個体を観察したところ、体幹部及び尾柄部の鱗が脱落、もしくは皮膚に藻類が付着して緑色を呈し、出血部が認められた(図 23)。これは、本個体が釣獲時に船上で暴れた際に甲板で体側面を打ち付け、水槽へ移す際に尾柄部を表面に細かい凹凸部分を有するゴム手袋で握ったことで擦れてしまったためと考えられた。

これらのことから、青森県産マダイは、前年の結果^りも考慮し、活魚用に漁獲した際に、腹部が膨張しておらず、通常の姿勢で遊泳する個体については未処理の状態、腹部が膨張した個体については、通常の姿勢で遊泳できる程度に鰾から空気を抜き、11℃～12℃以上の海水の下で給餌を行うことにより、1 年

以上の蓄養が可能であると考えられた。さらに、マダイを漁獲してから蓄養水槽へ移すまでの過程において、マダイの体表面を可能な限り傷つけないように注意する必要があると考えられた。



図 21. 試験期間中の様子

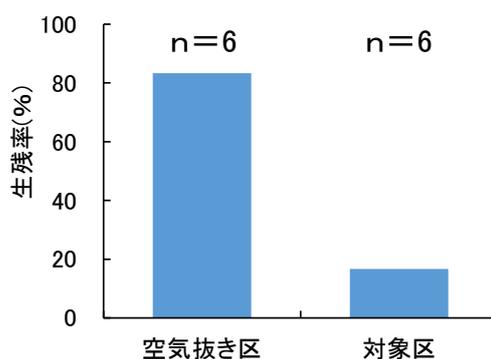


図 22. 試験終了時における各試験区の生残率

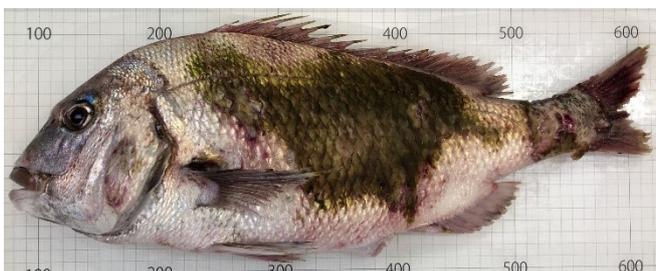


図 23. 空気抜き区のへい死個体(尾叉長 515mm)

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) 小嶋喜久雄 (1981) 老岐及び見島近海におけるマダイの産卵について, 西海区水産研究所研究報告, 56, 71-87.
- 3) 島本信夫 (2004) マダイの生物学 (9)成長と成熟, 海洋と生物, 26, 557-568.
- 4) 北島力 (1978) マダイの採卵と稚魚の量産に関する研究, 長崎県水産試験場論文集, 5, 1-92.
- 5) 島本信夫・堀知寛 (1985) 明石海峡周辺海域におけるマダイの成長と成熟, 兵庫県水産試験場研究報告, 23, 1-12.
- 6) 田代一洋 (1991) 日向灘北部海域におけるマダイの産卵, 水産増殖, 39, 151-159.
- 7) 長野昌子・片山知史 (2015) 日向灘におけるマダイ *Pagrus major* の生活史特性と肥満度の経年変化, 日本水産学会誌, 81, 219-226.
- 8) 青森県 (1991) 平成 2 年度広域資源培養管理推進事業報告書, 51pp.
- 9) 松浦修平 (1972) マダイ卵巣卵の成熟過程と産卵数, 九州大学農学部学芸雑誌, 26, 203-215.
- 10) 秋田県栽培漁業センター・新潟県栽培漁業センター・石川県増殖試験場・福井県栽培漁業センター・京都府立海洋センター・京都府栽培漁業センター (1985) 回遊性魚類共同放流実験調査事業総括報告書 日本海中部マダイ班, pp. 54.

付表 1. 青森県における「たい」の海域別漁獲量

年	単位:kg				
	日本海	陸奥湾	津軽海峡	太平洋	青森県全域
1981	191,244	88,719	51,040	2,796	333,799
1982	71,170	45,912	42,289	2,667	162,038
1983	114,675	51,410	30,239	1,943	198,267
1984	79,368	13,850	16,790	875	110,883
1985	103,117	9,425	3,714	550	116,806
1986	48,906	7,148	3,518	335	59,907
1987	68,807	6,534	4,723	3,683	83,747
1988	30,323	6,556	5,306	1,145	43,330
1989	105,036	11,165	7,916	1,348	125,465
1990	140,746	30,622	24,803	8,265	204,436
1991	79,974	32,457	33,141	7,277	152,849
1992	214,094	50,532	33,411	2,896	300,933
1993	145,825	45,392	43,172	6,447	240,836
1994	127,012	45,509	38,836	7,450	218,807
1995	120,005	45,888	61,940	11,188	239,021
1996	198,476	66,068	64,596	8,821	337,961
1997	180,475	69,729	45,260	8,573	304,037
1998	207,766	67,285	72,946	10,418	358,415
1999	170,506	86,962	62,005	11,266	330,739
2000	216,080	95,084	93,127	12,165	416,456
2001	224,725	91,718	61,958	5,336	383,737
2002	409,050	86,713	56,969	17,395	570,127
2003	185,950	93,291	49,878	5,178	334,297
2004	215,933	77,594	43,073	6,829	343,429
2005	207,586	65,019	32,374	6,051	311,030
2006	200,727	103,012	72,188	14,368	390,295
2007	219,038	102,341	60,759	12,978	395,116
2008	253,896	91,548	46,003	10,814	402,261
2009	270,964	106,051	50,261	7,675	434,951
2010	283,640	111,163	56,447	7,180	458,430
2011	278,529	144,354	119,790	72,304	614,977
2012	378,834	154,732	72,011	19,999	625,576
2013	242,051	101,123	76,567	16,189	435,930
2014	288,678	99,943	37,876	13,533	440,030
2015	212,912	101,052	32,758	16,646	363,368
2016	222,456	80,080	40,702	16,687	359,925
2017	171,537	112,276	60,264	31,746	375,823
2018	188,737	118,423	75,835	25,789	408,784
2019	273,993	113,357	57,576	33,876	478,802

付表 2. 新深浦町漁業協同組合におけるマダイの銘柄別漁獲量

年	単位:kg											
	特大	大大	大	中	半1-3入	半1-4入	半2	小	笹	P	3P	計
2000	206	604	1,228	5,706	1,643	1,378	3,350	2,648	9,064	9,291	25,127	60,245
2001	146	790	2,340	10,109	3,431	2,521	3,275	2,716	8,312	6,627	22,496	62,764
2002	374	840	930	3,207	1,746	1,797	2,758	1,673	4,946	3,928	6,781	28,980
2003	158	659	1,244	3,444	768	456	1,077	1,049	4,099	6,334	7,424	26,710
2004	156	579	1,247	5,116	1,853	1,081	1,718	2,005	5,601	12,822	9,728	41,904
2005	146	444	553	3,008	1,140	435	1,478	2,487	4,156	5,963	17,238	37,046
2006	112	573	946	3,304	1,085	824	2,276	4,436	9,614	6,188	22,477	51,835
2007	163	879	1,474	6,872	3,537	1,816	2,727	3,670	11,399	6,238	7,187	45,962
2008	216	1,120	1,691	4,161	1,116	1,004	4,123	3,425	9,326	6,986	9,720	42,889
2009	247	1,420	1,983	10,654	4,425	1,253	2,560	3,023	6,407	6,504	19,822	58,297
2010	488	2,447	3,997	11,170	2,231	707	2,031	2,535	10,396	8,204	8,530	52,736
2011	305	1,468	1,787	4,265	1,599	1,145	4,507	6,288	11,794	10,855	11,447	55,460
2012	336	993	1,219	3,022	1,160	908	2,758	4,612	10,642	8,410	9,324	43,383
2013	375	1,294	1,507	3,855	1,375	1,381	4,133	4,592	10,249	7,589	4,290	40,640
2014	291	1,396	1,729	6,129	1,964	1,321	6,051	7,600	9,682	9,124	5,729	51,016
2015	235	1,351	1,962	9,509	2,951	1,173	2,907	2,779	2,679	1,006	2,168	28,720
2016	387	1,007	980	1,716	686	747	2,797	1,615	3,070	2,535	3,337	18,875
2017	244	1,041	1,252	3,377	1,069	931	5,560	6,165	8,468	6,248	3,087	37,442
2018	217	765	834	1,523	676	565	3,795	5,708	4,396	2,924	2,192	23,595
2019	337	980	1,196	2,721	1,376	3,075	10,234	6,050	5,615	3,631	1,582	36,796

付表 3. 横浜町漁業協同組合におけるマダイの銘柄別漁獲量

年	単位:kg							
	特大	大大	大	中	半1	半2	小	計
2000	37	0	97	169	62	13	19	397
2001	76	0	318	414	120	104	49	1,081
2002	0	0	707	1,391	1,029	462	24	3,614
2003	258	0	290	1,074	1,696	331	59	3,707
2004	107	1,239	1,586	6,143	3,468	495	0	13,038
2005	0	2,951	4,458	13,615	3,739	18	0	24,780
2006	244	1,889	2,517	6,900	1,797	5	0	13,352
2007	410	4,384	6,040	33,031	1,830	20	34	45,748
2008	296	2,303	3,452	15,596	444	16	1,551	23,657
2009	226	2,911	4,916	16,916	1,957	552	20	27,498
2010	604	5,208	8,027	20,247	10,347	1,616	199	46,246
2011	773	6,846	13,221	29,883	11,616	1,348	329	64,015
2012	1,076	8,829	14,435	35,322	15,192	2,820	214	77,888
2013	187	3,068	6,031	15,226	5,906	1,141	348	31,907
2014	371	3,202	4,740	13,771	8,773	2,348	5,856	39,061
2015	362	4,252	6,629	25,730	11,694	8,754	91	57,513
2016	237	2,627	3,909	13,858	9,566	1,002	301	31,500
2017	315	4,487	6,455	22,757	11,119	789	4	45,925
2018	384	4,722	5,294	27,672	14,198	199	72	52,540
2019	291	2,651	4,215	29,706	10,392	102	116	47,473