

平成 22 年度マダラ日本海系群の資源評価

責任担当水研：日本海区水産研究所（後藤常夫、廣瀬太郎、藤原邦浩）

参 画 機 関：青森県産業技術センター水産総合研究所、秋田県農林水産技術センター水産振興センター、山形県水産試験場、新潟県水産海洋研究所、富山県農林水産総合技術センター水産研究所、石川県水産総合センター

要 約

マダラ日本海系群は、県別漁獲量（青森県～石川県）並びに沖合底びき網（1 そうびき）の漁獲動向から判断して、1990 年代に入り、それ以前よりも漁場（産卵場）がより北部の海域を中心に形成されるようになったと推察される。漁獲量は、2001 年以降 1,300 トン前後で安定していたが、2004 年に増加し、2007 年に 3,669 トンに達したのち、翌 2008 年は 2,737 トンに減少した。しかし、2009 年は再び 3,203 トンに増加した。また、沖合底びき網の資源量指数は 1998 年以降減少傾向にあったが、2004 年に急増し、以後高い水準にある。2010 年 1～3 月の漁獲量は、前年同期を 18%上回った。2010 年 1～2 月の沖合底びき網の資源量指数は前年の約 70%であったが、近年では 2009・2005 年に次ぐ高い値であった。また、小型底びき網の CPUE は、2002 年以降低い水準で微増傾向にあったが、2005 年に急増した。2009 年は近年では低かったものの、2010 年には前年を 15%上回った。本系群は高位水準にあり、2010 年 1～3 月の漁獲量並びにその他の指数も増える傾向にあることから、資源の動向は増加と判断した。2011 年の主漁期は、卓越年級群と目される 2006 年級群（被鱗体長 60cm 台、体重約 4kg）が中心となる。この年級群を中心に過度の漁獲圧が掛からぬように注意し、資源水準の大きな低下を防ぐことを管理目標とする。ABClimit は、最近 3 年間の平均漁獲量に係数をかけて算出した。係数は、増加と判断される資源動向と卓越年級群の本格的な漁獲加入を考慮する一方、努力量が大きく増えることのないよう配慮して 1.1 とした。ABCtarget は、ABClimit に 0.8 を乗じて求め、それぞれ 35 百トン、28 百トンとする。

	2011 年 ABC (百トン)	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	35	1.1Cavg3-yr	—	—
ABCtarget	28	0.8・1.1Cavg3-yr	—	—

年	資源量 (トン)	漁獲量 (百トン)	F 値	漁獲割合
2008	—	27	—	—
2009	—	32	—	—

水準：高位 動向：増加

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年別（月別）漁獲量	漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省） 生物情報収集調査（青森～石川（6）県）
漁業種類別漁獲量	各県農林水産統計年報（農林水産省）
資源量指数等	漁場別漁獲状況調査
・ 沖合底びき網	沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁）
・ 小型底びき網	小型底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁）
漁獲物体長組成	生物情報収集調査（青森県・山形県・石川県）

1. まえがき

我が国のマダラの漁獲量は近年 2～4 万トン台で推移しており、そのうち日本海系群の漁獲（日本海北区：青森県～石川県）が占める割合は 3～8%である。当海域のマダラは、冬季の重要魚種であり、沖合底びき網、小型底びき網、刺し網、定置網、釣り、延縄などにより漁獲される。

2. 生態

(1) 分布・回遊

本州の日本海側におけるマダラの成魚は、青森県から山陰地方（鳥取県および島根県）にいたる水深 200～400m 前後に広く分布する（図 1：三島 1989、水産庁 1989）。産卵期にいくぶん浅い海域に移動するとされるが（三島 1989、水産庁 1989）、回遊・集団構造に関する知見は少ない（菅野ら 2001）。広域移動を行う個体がいる一方、比較的限られた海域でローカルな地域個体群を形成するものもいると考えられている。

(2) 年齢・成長

1 歳で被鱗体長（以下、体長と略記）18cm、2 歳で 32cm、3 歳で 44cm、5 歳で 63cm、8 歳で 81cm に達する（柴田 1994：図 2）。寿命は 10 歳と推定されている（水産庁 1989）。

(3) 成熟・産卵

雌では体長 50cm 以上で成熟すると考えられ（中田ら 1995）、成熟年齢は 4 歳と推察される。産卵期は 1～3 月であり、産卵場は局所的に分布する。なお、その底質は、卵が採集された場所から判断して、泥底、砂泥底、礫砂底、礫底と考えられる（與世田ら 1992）。また、飼育実験から、産卵は一回の放卵で完了することが報告されている（桜井・吉田 1990）。

(4) 被捕食関係

未成魚、成魚ともに魚類、頭足類、甲殻類（エビ類）を主な餌としている（水産庁 1989、柴田 1994、中田ら 1995）。なお、本種の捕食者は明らかではない。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

沖合底びき網、小型底びき網、刺し網が主要な漁業種である。日本海北区（青森県～石

川県)における漁業種類別漁獲量について、過去 14 年間(1996～2009 年)では、沖合底びき網による漁獲量が全体の 15～42%、小型底びき網が 18～39%、刺し網が 24～42%を占めていた(図 3:ただし 2009 年は概数値)。残りは、定置網、釣り、延縄などによるものであった。また、12～3 月の産卵回遊期が主な漁期となるため、体長 50～70cm 台の魚が漁獲の主対象となり、これらは 4～6 歳魚と推察される(柴田 1994)。

(2) 漁獲量の推移

日本海における漁獲量について、青森県～石川県の日本海北区と福井県～鳥取県の日本海西区でみると、1970 年代から 1990 年までは日本海西区で数百トンレベルの水揚げがあった。しかし 1990 年代は数十トンレベルで推移し、現在全体の 90%以上が日本海北区で漁獲されている。なお日本海西区の漁獲量は、1999 年以降微増傾向にある(図 4、表 1)。

日本海西区の漁獲量が少ない一方、日本海北区における漁獲量は、1964 年以降 1980 年代末までは 2,000 トンを底に周期的な変動を示してきた(図 5、表 1)。1989 年の 5,174 トンをピークとする急増は、1984 年の卓越年級群の発生によると捉えられている(梨田・金丸 1991)。その後漁獲量は、1964 年以降最低の 1,038 トン(1993 年)にまで急落した。それ以後 1997 年まで増加したのち、再び減少傾向にあったが、2004 年から増加に転じ、2007 年は 3,669 トンに達した。翌 2008 年は 2,737 トンに減少したが、2009 年は再び 3 千トン台となった(3,203 トン)。なお 1997 年の漁獲量のピークは、1992 年の卓越年級群の発生(河村 1995)によると考えられ、近年の急増も 2001 年に発生した卓越年級群に由来すると考えられる(後述)。以前は石川県の漁獲量が当海域の半分以上を占めたが、1990 年代に著しく減少し、その分を補うように、青森・秋田両県の割合が高くなった(図 5)。1998 年以降、再び石川県による漁獲の占める割合が増加したが、2004 年をピークに減少し、増減があるものの 10%台で推移している。

2008 年 1 月から 2010 年 3 月までの月別漁獲量を図 6 に示す(速報値)。年間漁獲量の 7 割前後を占める 1 月から 3 月の漁獲量を見ると、2010 年は 2008 年(1,462 トン)を 36%、前年(1,682 トン)を 18%、それぞれ上回る 1,981 トンであった。

日本海北区における各県の漁業種類別漁獲量の経年変化(1996～2009 年:ただし 2009 年は概数値)を図 7 に示す。青森県と新潟県は、底びき網と刺し網で 80%前後～90%台を、秋田県と山形県では、底びき網のみで 70～80%台を占めていた。富山県は漁獲量が少なく、年により主となる漁業種類は異なっているが、ここ 7 年間は刺し網が主である。石川県は、底びき網と刺し網で 80%前後～90%台を占めている。2001 年まで刺し網が主体であったが、2002 年から 2004 年まで底びき網の割合が増した。2005 年以降再び刺し網の割合が増したが、2008 年に底びき網の割合が増した。しかし、2009 年には、刺し網が全体の半分を占めた。

山形県では、マダラの幼魚(1～3 歳魚が主体:銘柄 アマコ)が底びき網や延縄などにより混獲されてきた。マダラ幼魚の漁獲量の経年変化を図 8 に示す(石向(2004)に山形水試によるデータを追加)。幼魚の漁獲量は、2001 年以降着実に増加し、2004 年には前年の 3.2 倍に達した。2001 年級群の発生量が多かったと報告されていることから(石向(2002)ほか 各県試験研究機関からの情報より)、2004 年の漁獲急増の主体をなす 2001 年級は卓越年級群であると判断される。一方、2005 年以降も 2004 年には及ばないものの

2003 年時よりも多い。これまで漁獲の主体となっていた 2001 年級群は、2005 年以降産卵群として主漁期に漁獲されるようになったと考え、2005～2009 年における幼魚の漁獲量の増加は、2002 年以降に発生した年級群が、1990 年代と比べ多いと同時に、順調に成育していることを示唆している。ただし 2004 年以降、産卵期以外にマダラを狙った漁業も行われている点(アマコ銘柄で水揚げ)に注意する必要がある(山形県水産試験場 私信)。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

本資源の評価は、主に沖合底びき網漁業から得られる統計資料(詳細については、補足資料を参照)を用い、これに小型底びき網漁業による漁獲動向(CPUE など)も考慮した。なお、この統計資料では資源量の指標値として 2 種類(資源量指数・資源密度指数)が示されている。本系群の場合、後述のように 1980 年代末から 1990 年代にかけて漁場がより北部を中心に形成されるとともに、漁獲量も減少した。そこで経年的な資源量の変化を見る指標としては、漁場の広がり(有漁漁区数の増減)も加味した資源量指数が適当であると判断し、この指数を用いた。また、漁獲の主体となる年級群を推定するために、生物情報収集調査による漁獲物の体長組成を用いた。

(2) 資源量指標値の推移

1979 年以降の沖合底びき網(1 そうびき)による漁獲動向を図 9 並びに表 2 に示す。漁獲量は 2001 年から 2004 年まで 2 百トン台で安定していたが、2005 年に急増し、以後増減を繰り返しつつ、2009 年は約 6 百トンに達した。また、資源量指数は 2003 年を底に増加し、2009 年は 1979 年以降では 1989 年に次ぐ高い値を示した。一方、有効漁獲努力量は 2004 年以降微増傾向にあったが、2008～2009 年は減少した。海区別で見ると、漁獲量は 1990 年代半ば以降、男鹿(北部と南部)が全体の 80%以上を占め、この海域で極めて多いことがわかる(図 10)。さらに資源量指数を見ると、2009 年は男鹿の北部と南部で急増し、その他の海区も増加した。2009 年の有効漁獲努力量は、能登沖で若干増加したものの、その他の海区では減少した。

主漁期である 1～2 月について、1993 年以降 2010 年までの沖合底びき網(1 そうびき)による漁獲動向を図 11 に示す。漁獲量は、男鹿(北部と南部)が全体のほぼ 90%以上を占め、漁獲の主体をなす海域であることがわかる。資源量指数もこれらの海域で極めて高かったが、どちらの海区も 2010 年は前年を下回った。全海区で見ると、2010 年の資源量指数は前年の 5,421 から 3,872 へと約 30%減少したものの、ここ 10 年間では 2009・2005 年に次ぐ高い値であった(図 12)。2010 年の努力量は、前年の 130%と増加したものの 2003 年以前の高い時代と比較すると依然低い状態であった(図 12)。また、1997 年以降、1～2 月に小型底びき網で常にマダラの漁獲が認められた男鹿南部加茂沖(漁区番号 29 と 135)での本種の CPUE(kg/網)と網数の経年変化を図 13 に示す。2008 年から 2009 年にかけて CPUE は急減したが、2010 年は前年と比べ 15%増加した。一方 2010 年の網数は、1997 年以降では 2005 年に次いで最も低かった。

(3) 漁獲物の体長組成

青森県（刺し網）、石川県（刺し網・底びき網）及び山形県（底びき網）において、2009年12月から2010年2月にかけての主漁期に水揚げされたマダラの体長組成を図14～16に示す。青森県では、2009年と比べて、1月に50cm台後半の4歳魚が多くを占めていた（図14）。一方、石川県では、漁業種類に関係なく50cm台から60cm台前半の4～5歳魚が主体をなしていた（図15）。山形県では、4歳に相当する50cm台後半の魚が中心であったものの、60cm台の5～6歳魚並びにそれ以上の高齢魚も漁獲されており（図16）、卓越年級の2001年級群がかつて4歳魚として漁獲加入した2005年時とは異なっていた。

(4) 資源の水準・動向

2001～2003年の漁獲量は1,300トン前後で低位安定であったが、2004年に増加し、2007年は3,600トンを超えた（図5）。2008年は2,700トン台に急減したが、2009年は3千トンを超えた（3,203トン）。沖合底びき網の資源量指数は、2004年に急増し、2009年は1979年以降最も高かった1989年に次ぐ高い値であった（図9）。また、2010年1～2月における沖合底びき網の資源量指数並びに小型底びき網のCPUEも高かった（図12～13）。以上のことから、資源水準は高位と判断した。そして、2010年1～3月の漁獲量が前年同期を上回り、さらに1～2月の沖合底びき網の資源量指数が増加傾向で小型底びき網のCPUEも前年を上回ったことから、動向は増加と判断した。

5. 資源管理の方策

1964年以降の漁獲量の推移から判断して、当海域の資源量は周期的に変動していると思われる（図5）。少なくとも1980年代後半以降に見られた漁獲量の著しい増減は、1984年と1992年、さらに近年では2001年に発生した卓越年級群に依拠していたものと考えられる。卓越年級群の発生の有無が、資源量の変動、ひいては漁獲量の大きな変動に深く関わると判断される。したがって、卓越年級群の発生・漁獲加入の状況を把握した上でそれに見合った漁獲を行う必要がある。

年齢—体重関係（図2）を用いて、加入1個体あたり漁獲量（YPR）について、漁獲係数 F を横軸に、漁獲開始年齢を縦軸に、等量線図を作成した（図17）。この図から、YPRを大きくするには、漁獲係数が大きい場合、漁獲開始年齢を5～6歳にする必要があることがわかる。しかし、漁獲係数がさほど大きくない場合、漁獲開始年齢を早める方がよいと考えられる。同様の横軸、縦軸を用い、等産卵資源量図を作成した（図18）。この図より、一般的に推奨される30～40%SPR（松宮 1996）を達成するための漁獲開始年齢は、漁獲係数が低い場合を除き4～6歳となる。高い漁獲係数に対応できるためには、5歳以上が望ましい。以上2つの図から、漁獲開始年齢は5歳が適切であると判断される。

山形県の小型底びき網で2002年以降1月下旬に漁獲されたマダラの体長組成を図16に示す。卓越年級である2001年級群が4歳魚となって加入した2005年を除き、漁獲の主体は、体長60cm以上の5～6歳魚であった。上記解析結果を踏まえると、資源量が少なかった2000年代前半の当海域では、高い漁獲圧であったとしても産卵親魚を適度に残す漁獲が行われていたものと考えられる。また、漁獲量が急増した2000年代後半以降においては、卓越年級群が漁獲加入した2005年（4歳魚）を除いては、5歳魚以上の高齢魚が漁

獲の主体であり、適切な漁獲が行われていると判断される。

2010 年現在の資源水準は高位で、その動向は増加と判断される。2011 年の主漁期（1～2 月）には、卓越年級群と目される 2006 年級群（被鱗体長 60cm 台、体重約 4kg）が産卵群として本格的に漁獲加入する（後述）。さらに、2002 年以降の年級群が 2000 年以前と比べると多いと判断される（図 8）。したがって、2006 年級群を中心に過度の漁獲圧が掛かることのないように注意し、資源水準の大きな低下を防ぐことを管理目標とする。

6. 2011 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

全体の漁獲量や沖合底びき網の漁獲動向、さらに小型底びき網の CPUE の推移などを考慮すると、資源水準は高位、動向は増加と判断される。2002 年以降の年級群が 2000 年以前と比べて多いことに加えて、2011 年に卓越年級群と目される 2006 年級群が産卵群として本格的に漁獲加入する。資源水準を大きく下げないためには、現状の努力量を大きく増加させないことが重要である。

(2) ABC の算定

ABC の算定には、ABC 算定規則 2-2)-(1)を適用した。式は、下記のとおりである。

$$ABClimit = C_{avg} \times \delta_1$$

$$ABCtarget = ABClimit \times \alpha$$

本系群は、卓越年級群の発生の有無により、資源量が変動、ひいては漁獲量が大きく変動すると考えられる。したがって、資源量変動に対応して、卓越年級群を中心とする漁獲を行う必要がある。

2005～2011 年の漁獲量（相対値）と年齢別漁獲重量比、2001～2012 年の産卵親魚重量（相対値）の経年変化について、以下のような当歳魚の出現状況に関する情報から仮定した当歳魚資源個体数をもとに算出した結果を図 19 に示す（計算方法と仮定事項は、補足資料 2. を参照）。当歳魚資源個体数については、山形県におけるマダラ幼魚の漁獲状況（図 8）に加えて、主に試験操業により得られた稚魚・幼魚の採集状況に基づいた（工藤 2009、安沢 2009、廣瀬 私信）。また、2007 年は好天により努力量が高めであったこと（図 9、図 12～13）、さらに 2011 年には 2006 年級群（卓越年級）の本格的な漁獲加入が見込まれることを考慮し、漁獲死亡係数（F）を高めに設定した。2011 年に漁獲量全体に占める 2006 年級群（5 歳魚）の割合は、約 45%と試算された（図 19 の B）。また、2007～2009 年の平均漁獲量あるいは 2009 年の漁獲量から 2011 年にかけての漁獲量の変化率は、漁獲死亡係数が 0.4 のとき、それぞれ 100%と 120%と見積られた（図 19 の A）。さらに、2011 年の漁獲後に残る産卵親魚の重量（2012 年）は、どの漁獲死亡係数でもかつて卓越年級群を生み出した 2001 年時の産卵親魚重量を上回る試算結果が得られた（図 19 の C）。卵数が親魚重量に比例すると仮定すると、2012 年には卓越年級群を生み出すだけの産卵親魚が残ると考えられ、2011 年の漁獲死亡係数をやや高めに設定しても問題ないと判断される。

ABClimit は、最近 3 年間の平均漁獲量（ $C_{avg3-yr}$ ：2007～2009 年、3,203 トン）に係数（ δ_1 ）をかけて算出した。係数は、資源動向と卓越年級群の本格的な漁獲加入を考慮す

る一方、努力量が大きく増えることのないよう配慮して 1.1 とした（図 19 の試算結果も参照）。また ABC target は、安全率 α を 0.8 とおいて算出した。

$$ABClimit = C_{avg3-yr} \times 1.1 = 3,523$$

$$ABCtarget = ABClimit \times 0.8 = 2,819$$

百トン未満を四捨五入して、それぞれ 35 百トン、28 百トンとする。

	2011年ABC（百トン）	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	35	1.1C _{avg3-yr}	—	—
ABCtarget	28	0.8・1.1C _{avg3-yr}	—	—

(3) ABC の再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2008年漁獲量確定値	2008年漁獲量の確定

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	資源量 (百トン)	ABClimit (百トン)	ABCtarget (百トン)	漁獲量 (百トン)
2009年（当初）	0.7C ₂₀₀₇	-	26	21	
2009年（2009年再評価）	0.7C ₂₀₀₇	-	26	21	
2009年（2010年再評価）	0.7C ₂₀₀₇	-	26	21	32
2010年（当初）	1.0C ₂₀₀₈	-	27	22	
2010年（2010年再評価）	1.0C ₂₀₀₈	-	27	22	

7. ABC 以外の管理方策の提言

卓越年級群の出現によって顕著な量的変化を示す本資源に対しては、卓越年級群の発生の有無をより早期に把握することで、その後有効に利用することが可能であろう。以下に記したように、卓越年級発生時には若齢魚が通常よりも多く漁獲される。このことは卓越年級群の発生状況を把握する上で有益な情報となる一方、若齢魚への漁獲圧が高じると資源量は容易に増加しない（成松ら 2010）。したがって、若齢魚に対して専獲は常に控え、混獲程度とし、網目の拡大等によって 5 歳以上の高齢魚を漁獲すべきである（5. 資源管理の方策 を参照）。2006 年級群については、1) 能登島栽培漁業センターにより 2006 年 3～6 月に能登島周辺海域で行われた底びき網調査や定置網乗船調査で、マダラ稚魚が大量に採集されたこと（手塚ら 2007）、2) 石川県の底びき網漁船による漁獲物（1～2 月）によると、2007 年においては体長 10cm 台の 1 歳魚が、2008 年には体長 30cm 台の 2 歳魚が多獲され、2009 年に体長 40cm 台の 3 歳魚が、さらに 2010 年には体長 50cm 台後半の 4 歳魚が見られている（図 15、図 20）。以上のように、順調に成育していることから、2001 年級以来の卓越年級群と判断される。したがって、この年級群の動向に注目していくことが肝要である。さらに、本資源全体の動向を押さえるには、幼稚魚を含む若齢魚の混獲状況等の情報から、2006 年以降の年級群の資源水準把握に努めていくことが重要である。

資源量変動に大きく関与すると思われる卓越年級群の発生機構については、「本州北部日本海において、3 月の気温が“はなはだ低く”（水温が平均値－標準偏差×2 以下）なることで、仔魚～稚魚期の生息水深の水温が“はなはだ低い”状態が続き、餌生物の発生量が多

くなって仔魚～稚魚期の生残条件が向上し、卓越年級群が発生する」という仮説が提示されている（石向ら 2002）。一方、1979 年以降における沖合底びき網による海区分の漁獲量、資源量指数及び漁獲努力量の経年変化によると（図 10）、各海区とも 1990 年代は努力量が比較的安定していたにもかかわらず（ただし、新潟沖と能登沖では 1990 年代後半にやや減少傾向）、漁獲量と資源量指数は、能登沖と加賀沖では低い状態が続き、新潟以北では顕著な増減が認められた。また、石川県の漁獲量が 1990 年代初めに急減し、以後低いレベルで推移している（図 5）。これらのことから、1990 年代に入って、漁場（産卵場）がより北の海域を中心に形成されるようになったと推察される。このような産卵親魚の分布域を北偏させる要因の一つとして、冬期における水温の変化が考えられている（石向 2001）。以上のように、日本海における本種の資源量変動と分布域の変化には、海洋環境、特に冬期から春期にかけての海洋環境が大きく関わっていると推察される。

8. 引用文献

- 安沢 弥（2009）来期は豊漁？マダラの漁況予報について．平成 21 年度 水産海洋研究所 調査研究発表会 講演要旨，新潟県水産海洋研究所．
- 石向修一（2001）北部日本海における定地水温の長期変動とマダラ分布域の北偏化．水産海洋学会研究発表大会 講演要旨集，水産海洋学会，50．
- 石向修一（2002）今期のマダラ漁獲の見通しについて．すいさん山形，第 242 号，9．
- 石向修一（2004）今期のマダラ漁の見通しについて．すいさん山形，第 254 号，8．
- 石向修一・土田織恵・広田祐一・長谷川誠三・南 卓志（2002）本州北部日本海におけるマダラ卓越年級群発生機構．水産海洋学会研究発表大会 講演要旨集，水産海洋学会，184-185．
- 菅野泰次・上田祐司・松石 隆（2001）東北地方および北海道太平洋側海域におけるマダラの系群構造．Nippon Suisan Gakkaishi，67， 67-77．
- 河村智志（1995）地域重要新技術開発促進事業—マダラの生態と資源に関する研究—．平成 5 年度 新潟県水産試験場年報，60-66．
- 工藤裕紀（2009）水産資源変動要因調査（マダラ稚魚調査）．平成 19 年度 秋田県農林水産技術センター水産振興センター事業報告書，27-33．
- 松宮義晴（1996）水産資源管理概論．水産研究叢書，46，1-78．
- 三島清吉（1989）日本周辺におけるマダラ（*Gadus macrocephalus* TILESIIUS）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．
- 中田凱久・早川 豊・佐藤恭成（1995）まだらの生態と資源に関する研究（まだら資源高度利用管理技術開発研究）．平成 5 年度 青森県水産試験場事業報告，170-174．
- 成松庸二・伊藤正木・服部 努・奥田武弘（2010）平成 21 年度マダラ太平洋北部系群の資源評価．平成 21 年度我が国周辺水域の漁業資源評価，水産庁・水産総合研究センター，851-866．
- 梨田一也・金丸信一（1991）日本海中部海域における底魚類の初期生態と海洋環境．水産海洋研究，55，218-224．
- 日本海区水産研究所（2008）日本海区沖合底びき網漁業漁場別漁獲統計調査資料 2007 年（平成 19 年）．日本海区水産研究所，1-91．

- 桜井泰憲・福田慎作（1984）陸奥湾に來遊するマダラの年齢と成長．青森県水産増殖センター研報，3，9-14.
- 桜井泰憲・吉田英雄（1990）我が国におけるマダラ資源とその生態．水産技術と経営，40-54.
- 柴田 理（1994）地先資源漁場形成要因研究事業（マダラの生態と資源に関する研究）．平成5年度 秋田県水産振興センター事業報告書，103-111.
- 水産庁（1989）我が国漁獲対象魚種の資源特性（Ⅱ）．水産庁研究部，1-96.
- 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.
- 手塚信弘・荒井大介・小磯雅彦・友田 努・島 康洋（2007）七尾湾におけるマダラ天然稚魚の移動と成長．栽培漁業センター技報，6，50-53.
- 與世田兼三・広川 潤・長倉義智・有瀧真人・小林真人（1992）石川県能登島周辺海域におけるマダラ成魚の成熟状況と卵・稚仔魚の分布．栽培技研，21，21-30.

表1. 日本海におけるマダラ漁獲量（単位：トン）

年	青森	秋田	山形	新潟	富山	石川	北区計	西区 ^{*1}
1964	85	555	134	210	536	1,837	3,357	1,022
1965	63	347	158	337	557	2,421	3,883	587
1966	57	277	231	438	402	1,745	3,150	403
1967	58	428	364	444	141	1,154	2,589	256
1968	37	306	300	431	127	1,057	2,258	529
1969	19	471	301	479	126	988	2,384	1,113
1970	19	332	178	341	59	746	1,675	77
1971	45	497	154	398	70	835	1,999	37
1972	37	329	130	331	181	872	1,880	18
1973	73	313	155	432	126	730	1,829	119
1974	123	453	301	588	110	711	2,286	416
1975	128	989	515	483	148	900	3,163	270
1976	299	1,161	519	671	127	1,225	4,002	216
1977	468	1,498	407	558	108	1,178	4,217	229
1978	351	895	445	425	107	1,691	3,914	138
1979	355	790	500	482	50	1,180	3,357	250
1980	421	818	330	229	66	858	2,722	276
1981	407	811	250	276	55	985	2,784	462
1982	508	528	209	280	83	1,967	3,575	359
1983	289	451	182	266	51	950	2,189	169
1984	658	457	293	287	39	874	2,608	148
1985	368	291	261	377	50	895	2,242	105
1986	245	201	148	340	72	1,101	2,107	106
1987	240	238	150	464	127	843	2,062	197
1988	484	508	507	832	110	1,192	3,633	156
1989	1,055	750	715	1,159	80	1,415	5,174	161
1990	945	762	493	883	77	1,277	4,437	116
1991	603	368	202	397	29	672	2,271	54
1992	368	214	140	240	17	376	1,355	39
1993	314	161	85	235	9	234	1,038	27
1994	331	230	98	193	19	365	1,236	25
1995	456	350	149	198	12	312	1,477	28
1996	490	448	277	320	7	203	1,745	24
1997	617	674	344	347	4	154	2,140	27
1998	685	608	265	166	5	113	1,842	29
1999	790	596	171	156	19	174	1,906	26
2000	569	436	204	198	11	263	1,681	30
2001	275	384	174	222	12	217	1,284	35
2002	199	457	157	187	13	239	1,252	66
2003	252	348	188	203	24	299	1,314	92
2004	277	412	367	339	22	542	1,959	108
2005	484	684	655	766	27	408	3,024	140
2006	352	559	644	896	14	590	3,055	233
2007	410	998	717	1,112	8	424	3,669	264
2008	352	649	509	796	9	422	2,737	336
2009 ^{*2}	447	799	422	949	8	578	3,203	292

各府県の農林水産統計年報に基づく。

*1 福井～鳥取。

*2 速報値。

表2. 沖合底びき網（1 そうびき）によるマダラの漁獲動向

年	漁獲量（トン）	有効漁獲努力量 ^{*1}	有漁漁区数 ^{*1}	資源量指数 ^{*1}
1979	779	51,702	562	7,597
1980	835	62,132	498	6,969
1981	740	53,627	462	6,540
1982	632	62,652	473	6,463
1983	453	69,502	481	4,197
1984	503	60,965	454	4,471
1985	393	64,732	423	2,529
1986	267	52,983	430	3,625
1987	383	49,327	430	5,318
1988	684	49,267	504	8,222
1989	1,357	58,923	590	13,041
1990	966	52,641	568	10,451
1991	521	50,353	510	4,745
1992	259	39,899	431	2,628
1993	228	33,898	379	2,496
1994	257	33,550	426	2,938
1995	355	32,500	383	4,670
1996	435	34,327	398	5,729
1997	576	30,326	371	7,571
1998	518	32,603	356	4,572
1999	663	31,646	332	5,390
2000	427	29,430	346	3,498
2001	263	26,939	331	4,190
2002	247	23,819	335	3,365
2003	238	24,151	294	2,799
2004	254	20,069	315	5,533
2005	554	21,927	305	8,811
2006	381	24,677	303	6,376
2007	638	29,154	281	6,271
2008	463	23,608	290	7,068
2009	598	20,152	301	11,561

沖合底びき網統計による（加賀沖以北を集計）。

*1 各項目については、補足資料 1. を参照。



図 1. 本州日本海側におけるマダラの主要分布域

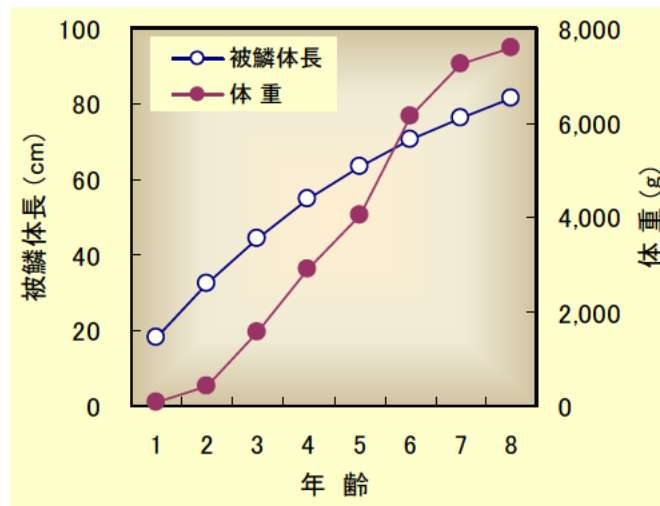


図 2. 日本海におけるマダラの成長様式

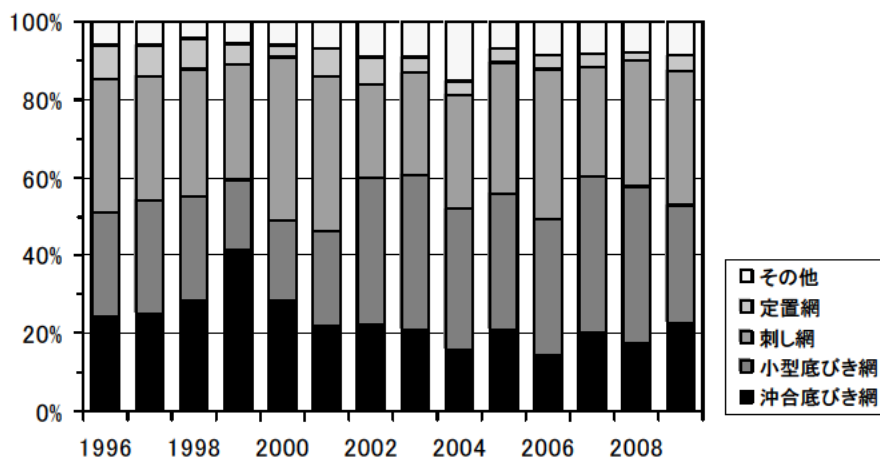


図 3. 日本海北区（青森県～石川県）におけるマダラの漁業種類別漁獲割合の経年変化

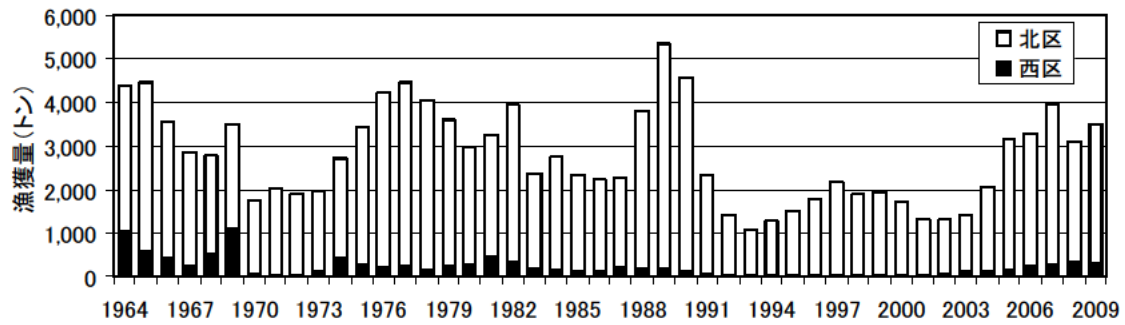


図 4. 日本海におけるマダラ漁獲量の経年変化

北区：青森県～石川県、西区：福井県～鳥取県。

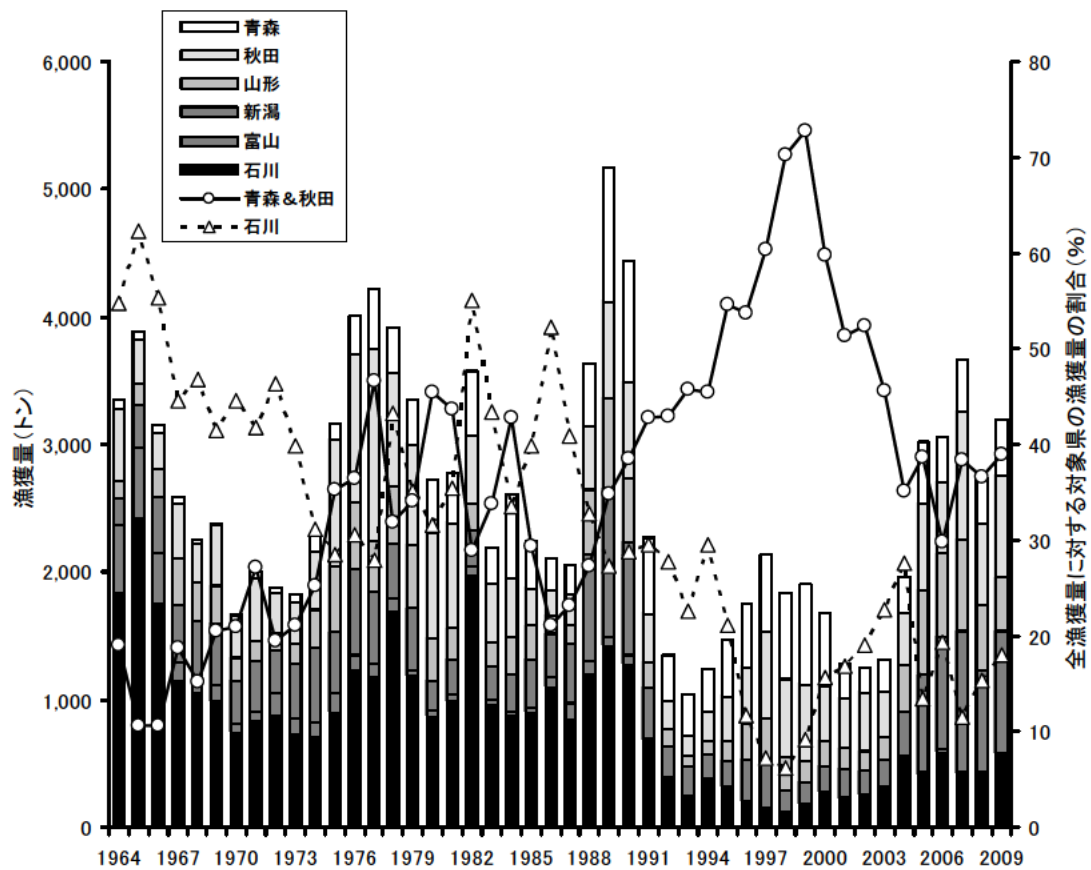


図 5. 日本海北区におけるマダラ漁獲量の経年変化

左軸：棒グラフ、右軸：折れ線グラフ。

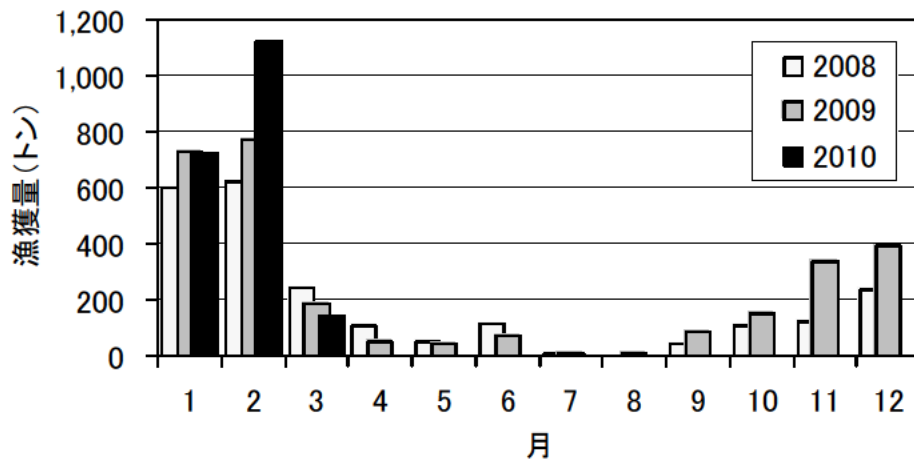


図 6. 日本海北区におけるマダラの月別漁獲量（速報値）

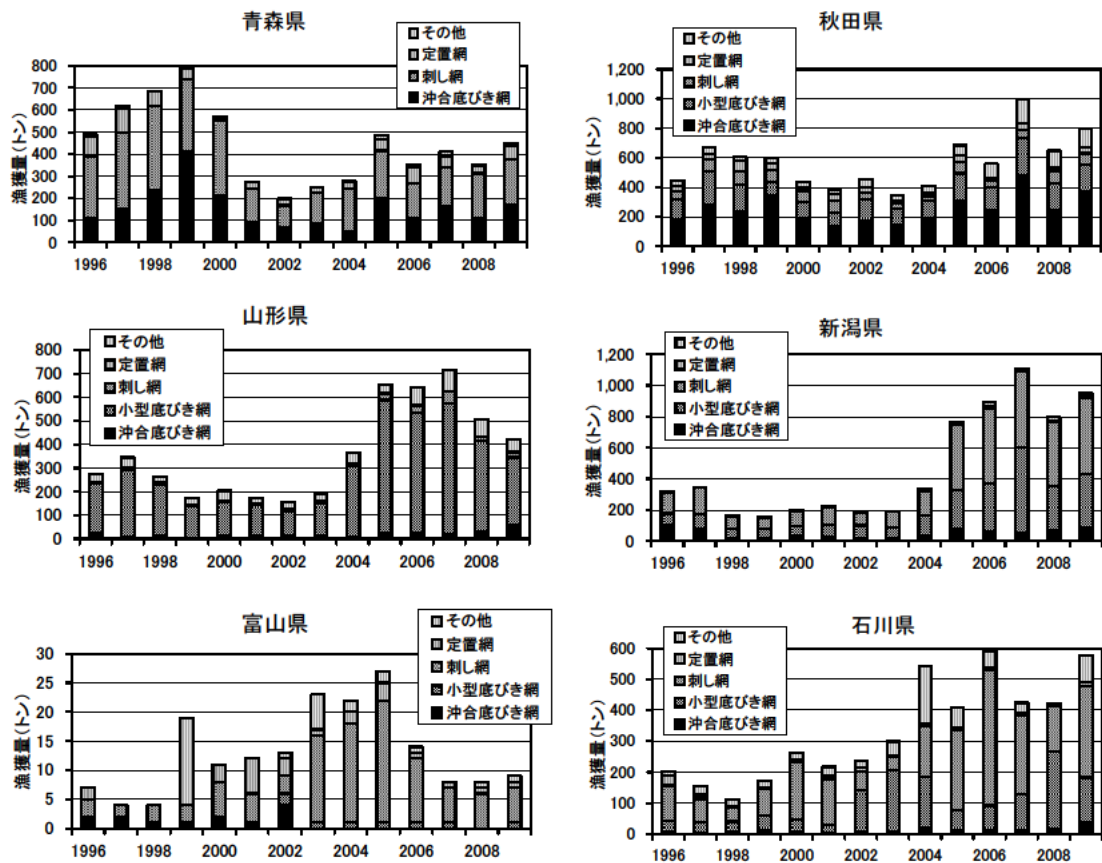


図 7. 各県におけるマダラの漁業種類別漁獲量の経年変化

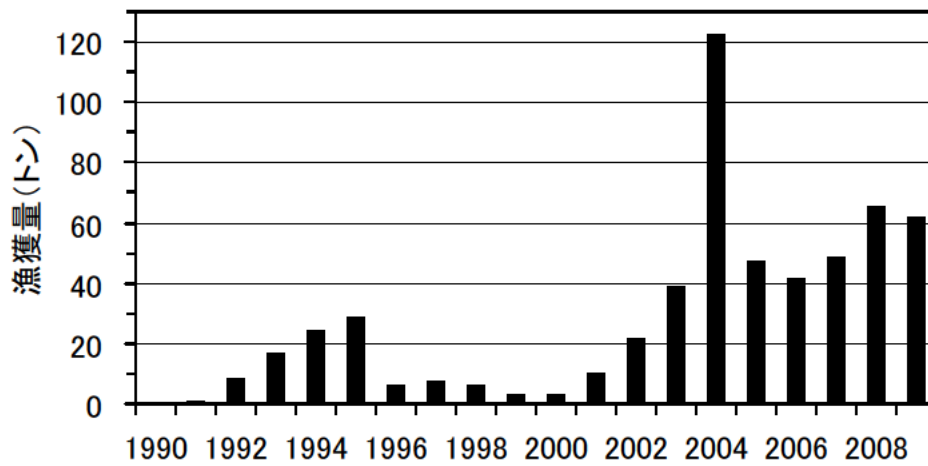


図 8. 山形県におけるマダラ幼魚（1～3 歳魚が主体）の漁獲量の経年変化
（石向（2004）に山形水試によるデータを追加）

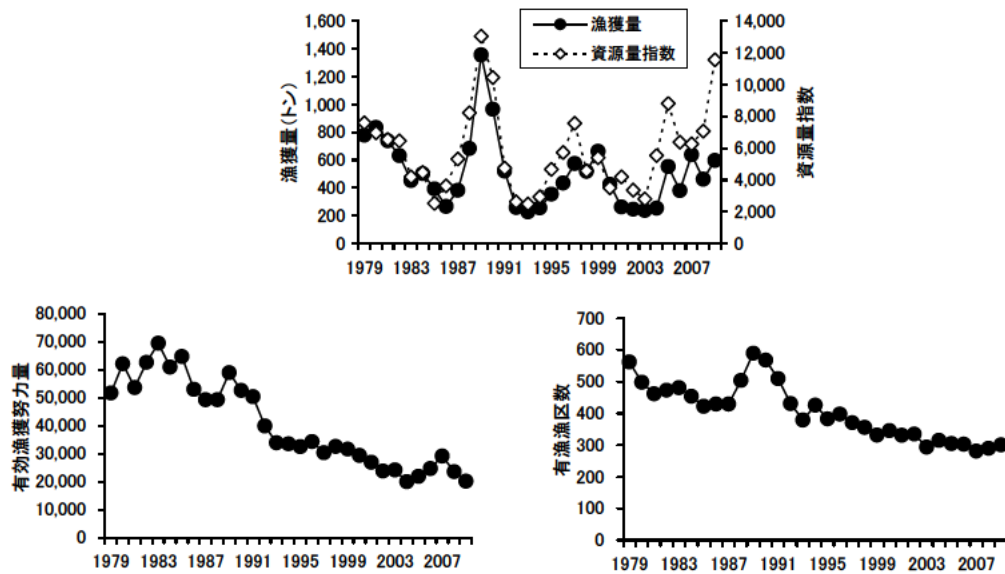


図 9. 沖合底びき網（1 そうびき）によるマダラの漁獲動向

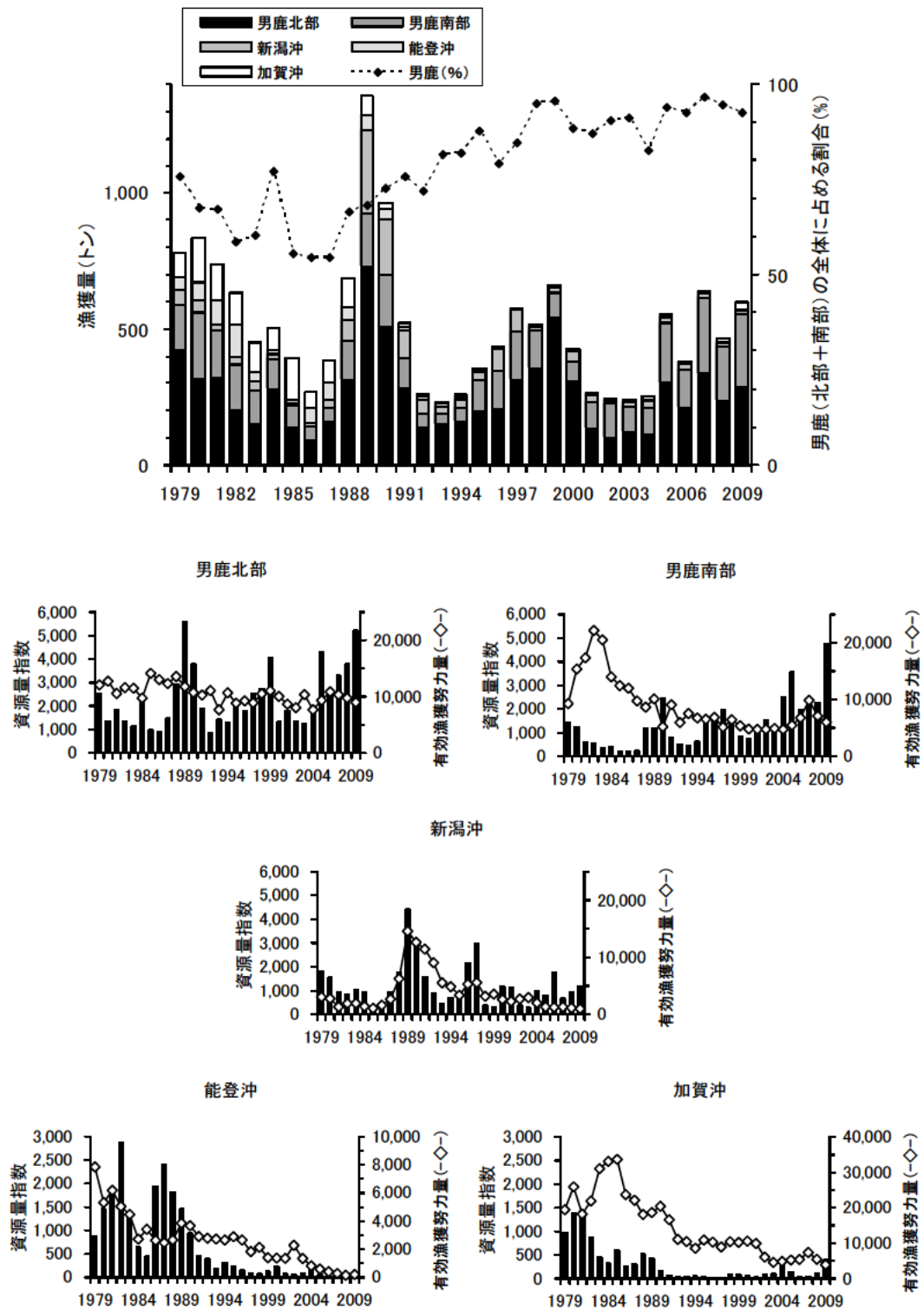


図 10. 沖合底びき網 (1 そうびき) によるマダラの海区別の漁獲動向
 能登沖と加賀沖の資源量指数のスケールが、他の海区の 1/2 であることに注意。
 能登沖と加賀沖の有効漁獲努力量のスケールが、他の海区と異なっていることに注意。
 海区：日本海区水産研究所 (2008) に基づく。

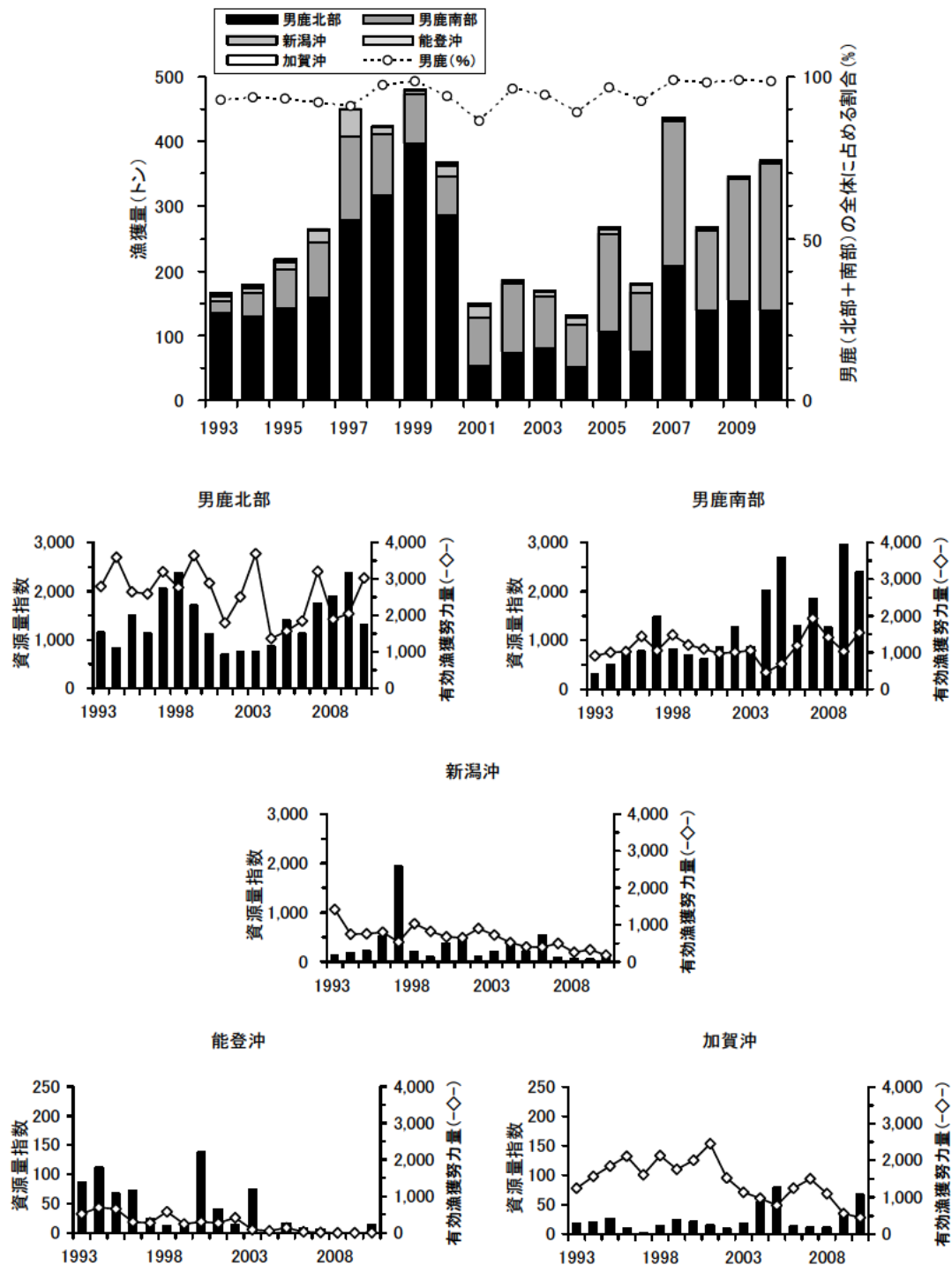


図 11. 1～2 月の沖合底びき網（1 そうびき）によるマダラの海区別漁獲動向

ただし、2008～2010 年の男鹿北部において、極端に漁獲量が多いまたは CPUE が高い操業結果（1 月：2008 年 3 件・合計 37 トン、2009 年 12 件・合計 38 トン、2010 年 3 件・合計 4 トン、2 月：2008 年 6 件・合計 24 トン、2010 年 3 件・合計 3 トン）は計算対象外とした。

能登沖と加賀沖の資源量指数のスケールが、他の海区の 1/12 であることに注意。

海区：日本海区水産研究所（2008）に基づく。

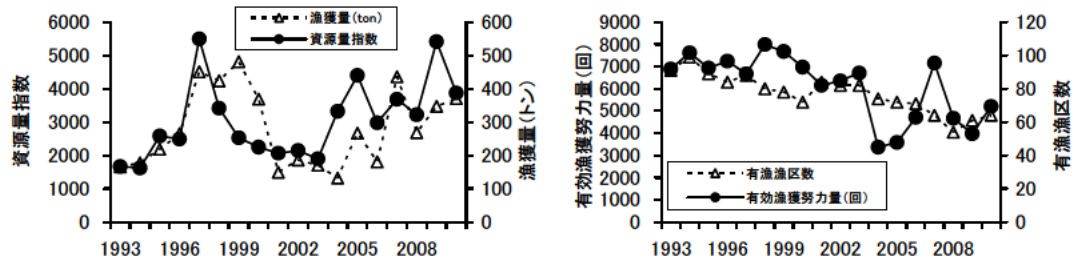


図 12. 日本海における 1～2 月の沖合底びき網（1 そうびき）によるマダラの漁獲動向

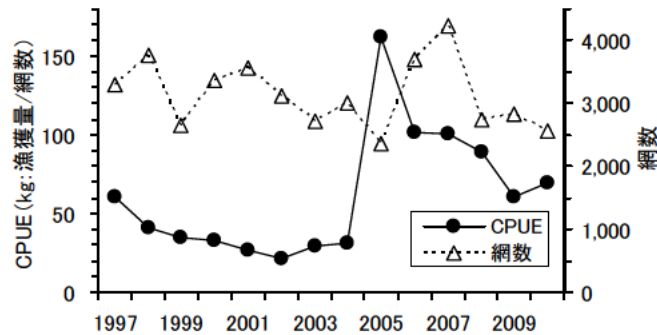


図 13. 山形県の 2 つの漁区（漁区番号 29・135）の 1～2 月における小型底びき網によるマダラの漁獲動向

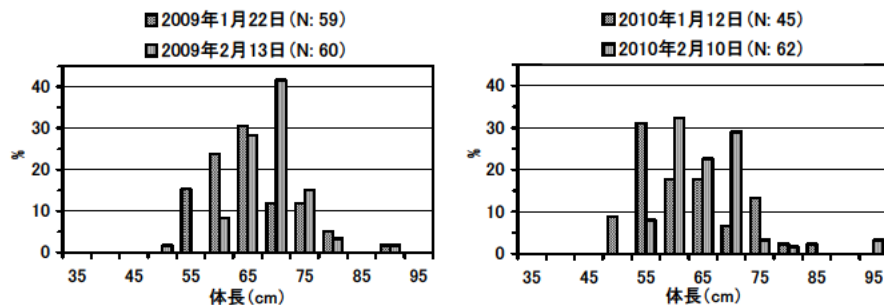


図 14. 青森県の刺し網漁船が漁獲したマダラの体長組成

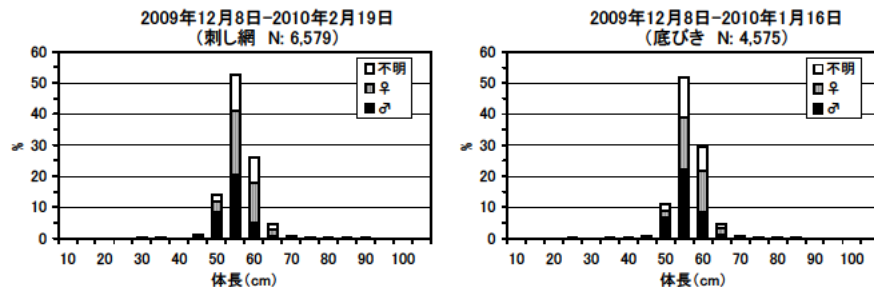


図 15. 石川県の漁船が漁獲したマダラの体長組成

「日本海中部海域マダラ栽培漁業資源回復等対策事業」のデータを一部使用。ただし、全長データは桜井・福田(1984)に基づき体長に換算。

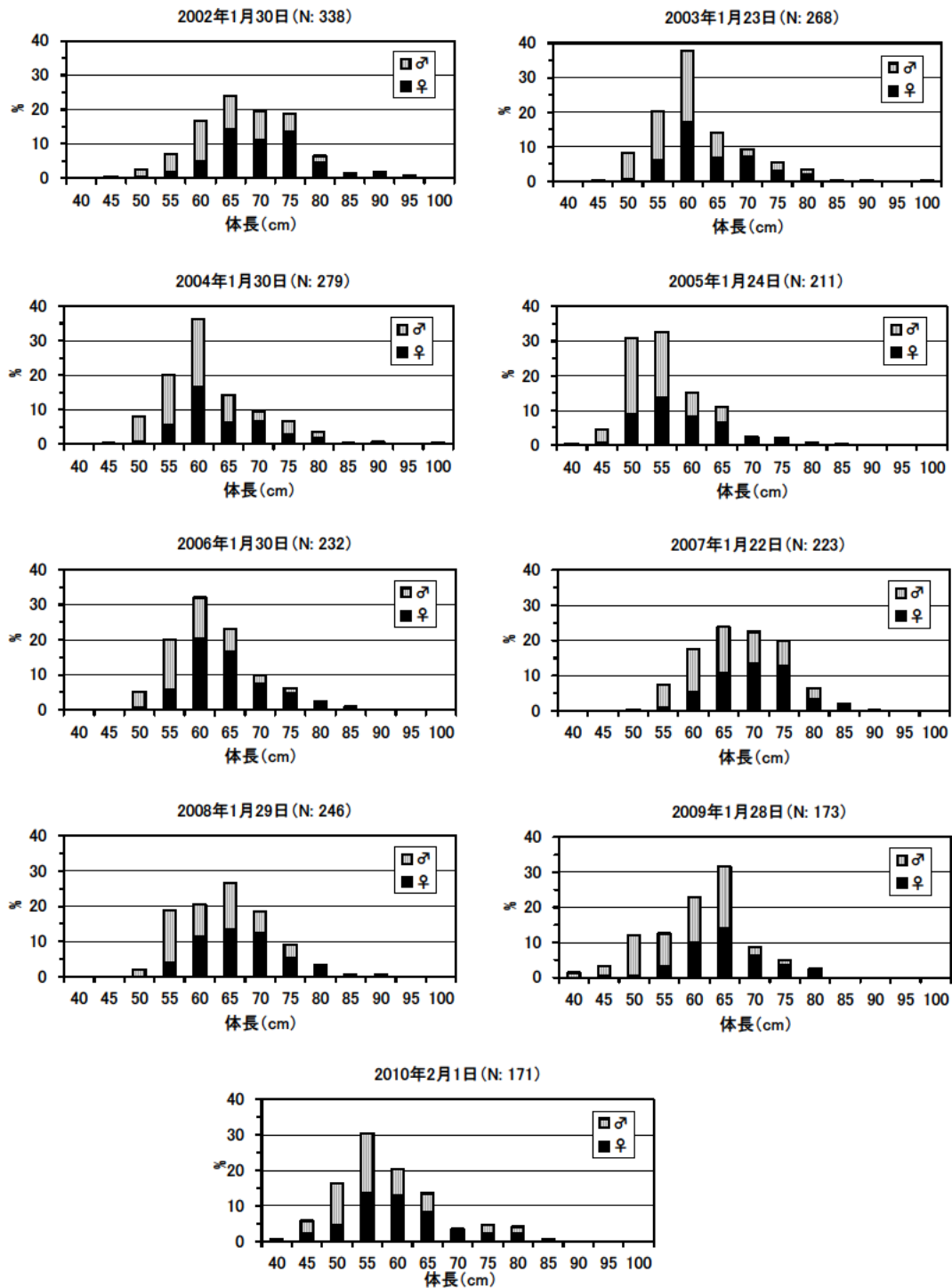


図 16. 山形県の小型底びき網漁船が漁獲したマダラの体長組成

加入1個体あたり漁獲量(相対値)

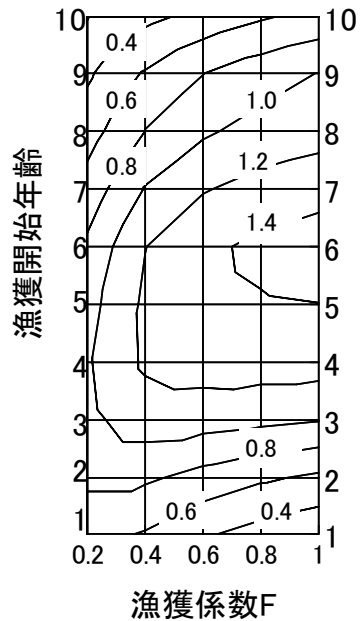


図 17. マダラの等量線図 (等漁獲量曲線)

自然死亡係数 (M) は、田内・田中の式 (田中 1960) を使用し、寿命を 10 歳として、0.25 とした。

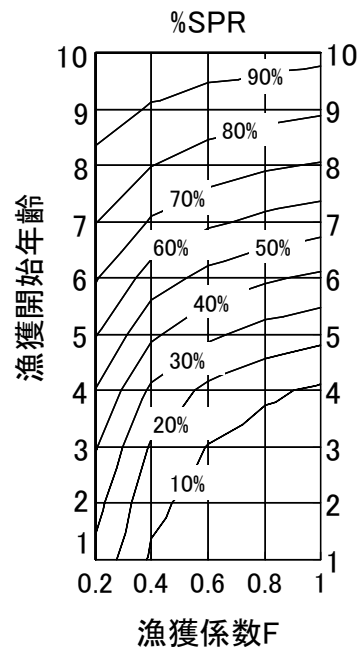


図 18. マダラの等産卵資源量図

図 17 の仮定に加え、4 歳で全ての個体が成熟し、成熟個体 1 尾が産む卵の量 (数) が魚体重に比例すると仮定した。

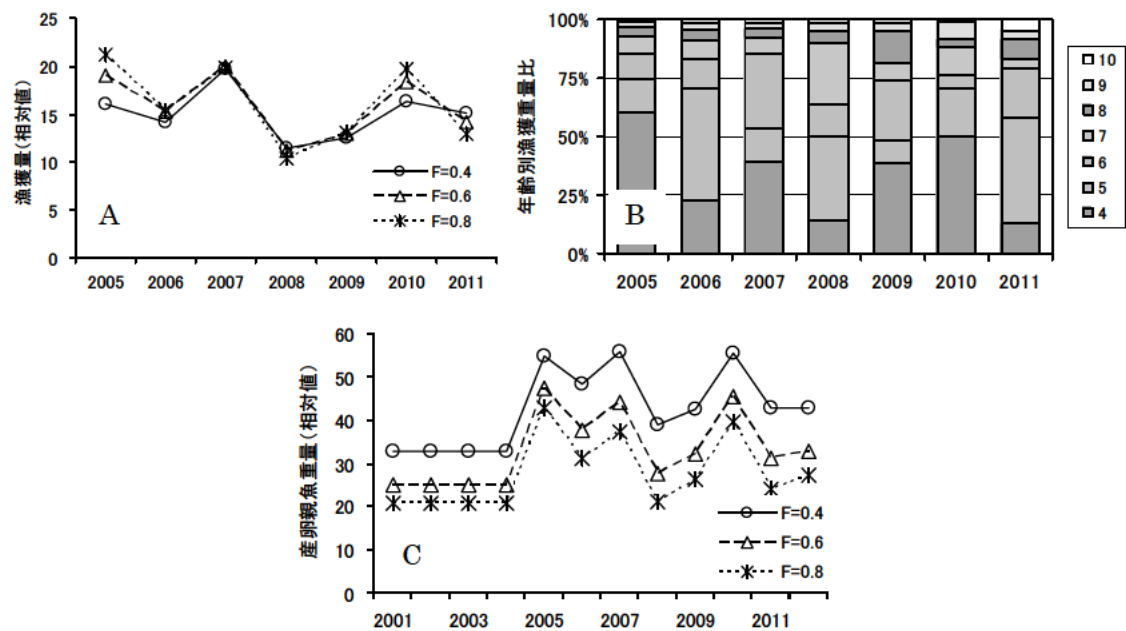


図 19. マダラ当歳魚の資源個体数を年級群別に段階分けしたときに想定される
2005～2011 年の漁獲量 (A)・年齢別漁獲重量比 (B : $F=0.4$) と
2001～2012 年の産卵親魚重量 (C) の経年変化
計算方法と仮定事項については、補足資料 2. を参照。

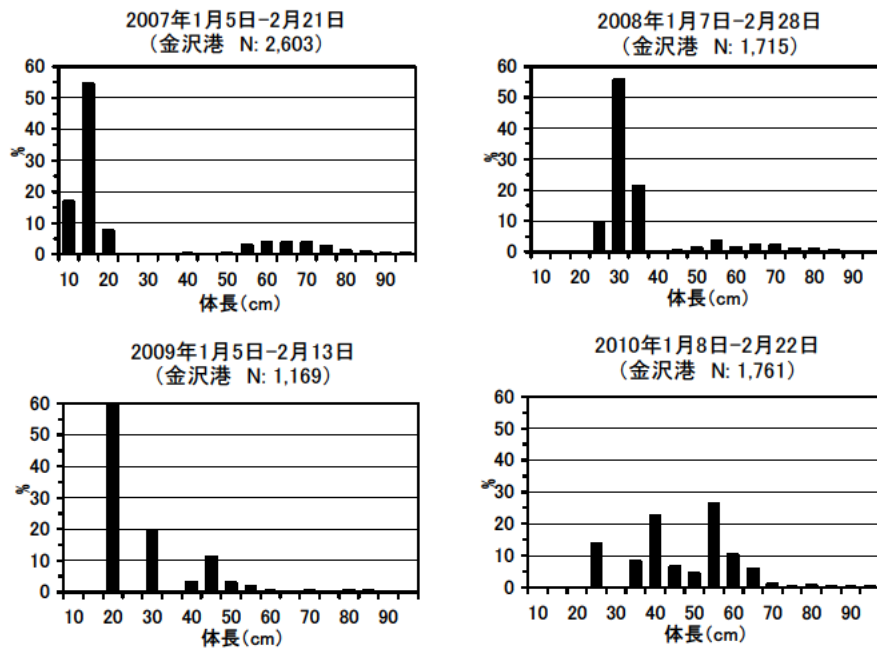


図 20. 2007～2010 年 1～2 月に石川県の底びき網漁船が漁獲したマダラの体長組成
「日本海中部海域マダラ栽培漁業資源回復等対策事業」のデータを一部使用。
ただし、全長データは桜井・福田(1984)に基づき体長に換算。

補足資料 1. 沖底漁獲成績報告書を用いた資源量指標値の算出方法

沖底漁獲成績報告書では、月別漁区（10 分柁目）別の漁獲量と網数が集計されている。これらより、月 i 漁区 j における CPUE (U) は次式で表される。

$$U_{i,j} = \frac{C_{i,j}}{X_{i,j}}$$

上式で C は漁獲量を、 X は努力量（網数）をそれぞれ示す。

集計単位（年または漁期）における資源量指数（ P ）は CPUE の合計として、次式で表される。

$$P = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J U_{i,j}$$

集計単位における有効漁獲努力量（ X' ）と漁獲量（ C ）、資源量指数（ P ）の関係は次式のように表される。

$$P = \frac{CJ}{X'} \quad \text{すなわち} \quad X' = \frac{CJ}{P}$$

上式で J は有漁漁区数であり、資源量指数（ P ）を有漁漁区数（ J ）で除したものが資源密度指数（ D ）である。

$$D = \frac{P}{J} = \frac{C}{X'}$$

本系群では、努力量には有漁漁区または有漁網における値を合計したものを用いている。資源が極めて少ない場合（分布域なのに対象種の漁獲のない操業がある場合）、有漁漁区数や有漁網数を用いると、CPUE が過大推定される可能性がある等の問題がある。しかし、沖底の対象種では、10 分柁目の漁区内に均一に分布していないことがほとんどであり、ある魚種に対する狙い操業下では、同漁区内に分布する他の魚種に対し全く努力が掛からないことが起こり得る。この場合、操業された漁区の全努力量を用いると、他の魚種の CPUE は過小推定になる。沖底が複数の魚種を対象にしていることから、有漁漁区数や有漁網数を用いたほうが、対象種に掛かる努力量として妥当であると考ええる。

補足資料 2. 図 19 のグラフを求めるさいの計算方法と仮定事項

各年の漁獲量、年齢別漁獲重量比、そして産卵親魚重量を求めるにあたり、年級群と当歳魚資源個体数との関係について、次に示す順序で年級群ごとに当歳魚資源個体数の段階分けを行った。

2001 年>2006 年>2003 年>[2005/2008 年]>[2000 年以前/2002 年]>[2004/2007 年]

まず、2000 年以前並びに 2002 年を平年並み（1000 個体）とした。次に、2001 年を平年の 3 倍、2006 年を 2.5 倍、2003 年を 2 倍、2005 年と 2008 年を 1.5 倍とし、2004 年と 2007 年を平年の半分とした。

そして、以下の仮定の下で各年の年齢別の資源個体数と漁獲個体数を算出した。それらに年齢毎の平均体重を掛けて、漁獲重量と産卵親魚重量を算出した。

漁獲死亡係数（F）は、3 種類（0.4・0.6・0.8）を仮定した。ただし、2007 年と 2011 年の F は、高め（+0.1）に設定した。自然死亡係数を 0.25、漁獲開始年齢と産卵開始年齢をともに 4 歳とし、寿命を 10 歳と仮定した。漁獲対象となる 4 歳以降の年齢と平均体重は、以下の関係を用いた。なお、8 歳までは柴田（1994）に基づき、9～10 歳の体重は、推定体長と体長一体重の関係式を用いて算出した。

年齢	4	5	6	7	8	9	10
体重(kg)	3.0	4.0	6.0	7.2	7.6	9.8	11.1