

### (1) 調査課題名

## 放流マダラの保護育成礁造成技術の開発

### (2) 実施機関名、部局名及び担当者名

青森県漁業振興課漁場整備班  
主査 白取 尚実  
青森県水産試験場漁業開発部  
部長 小田切 譲二  
青森県水産増殖センター魚類部  
部長 塩垣 優

### (3) 調査実施年度

平成9年度から平成11年度

### (4) 緒言

青森県陸奥湾に産卵回遊するマダラは、青森県では主に陸奥湾入口部分東側にあたる佐井村、脇野沢村で毎年12月下旬から2月上旬頃にかけて漁獲されている。陸奥湾で漁獲されるマダラは、身も含めて卵巣や精巣が正月用食材として需要が強く、単価も4千円/kgを上回ることがあることから、この時期のマダラ漁獲量減少は佐井村や脇野沢村漁業者の生活に重大な影響を与えている。

陸奥湾全体におけるマダラ漁獲量は、昭和61年には2,566トン(6億9千万円)あったが、平成8年以降は200トンを割り込んで平成10年は154トン(1億1千万円、図1)にまで減少しており、本調査は沿岸漁場整備開発事業によるマダラ資源の増大の可能性を生物面、物理環境面から調査検討するものである。

なお、青森県では、マダラ資源管理型漁業の展開を図るため、マ

ダラ資源増大対策事業を平成7年度から10年度までの間実施し、青森県で漁獲されるマダラの系群の判別と資源量推定を行うとともに、栽培漁業としてもマダラの種苗放流技術開発を昭和54年から着手し、平成3年から9年までに78万6千尾(63.7mm~87.0mmサイズ)の放流実績をあげている。このように、青森県ではマダラの資源回復及び増加を図るために、栽培、保護増殖場造成、資源管理という種作り、場作り、人作りの三面(ヒラメ資源回復成功の事例を参考として)からの対応を行うこととしている。

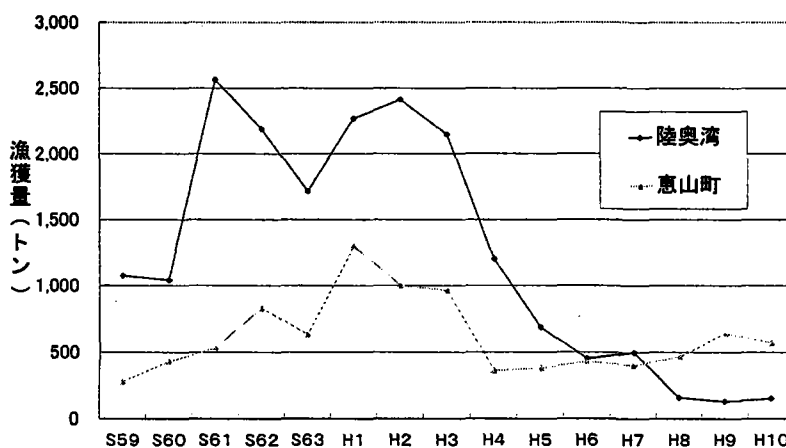
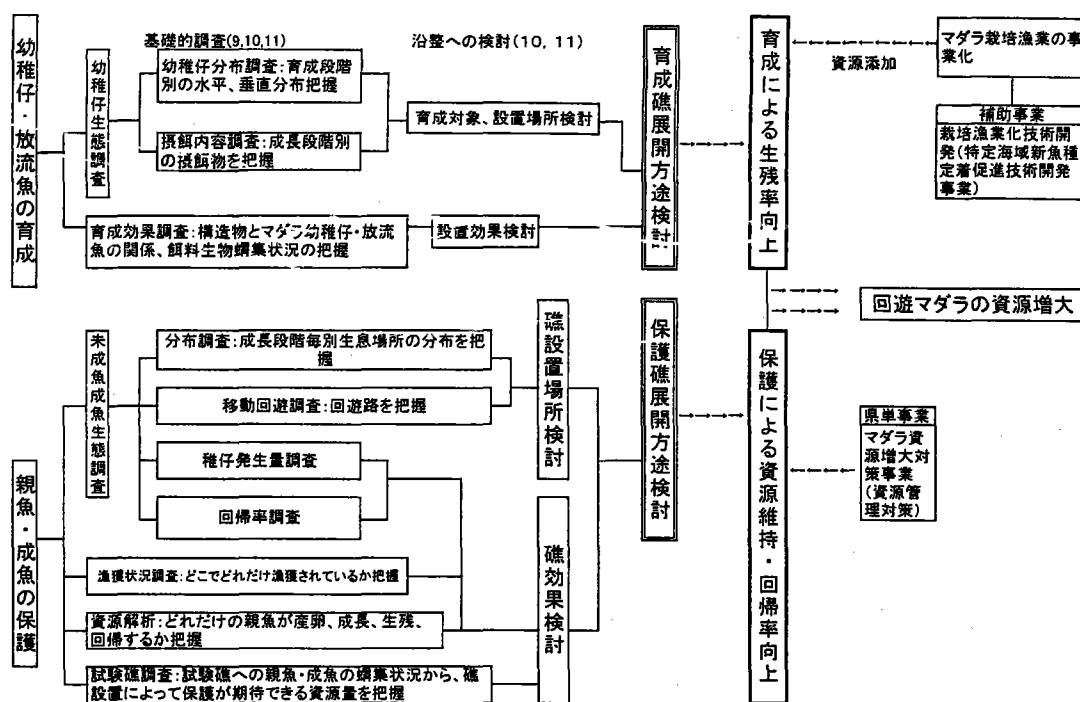


図1 陸奥湾と恵山町のマダラ漁獲量変化

### (5) 調査方法

本調査の目的は、沿岸漁場整備開発事業としてマダラを対象とした増殖場造成が可能かどうかを検討することである。そこでまず、マダラの成長過程に合わせて、Ⅰ 幼稚仔（天然に放流種苗も含んだもの）の育成、Ⅱ 親魚・成魚（産卵予備群である未成魚も含む）保護の2項目の調査計画を立てた。（表1）

表1 調査フローチャート



### Ⅰ 幼稚仔・放流魚育成方法の検討

- ・幼稚仔魚の生態調査として、移動経路と想定される陸奥湾から津軽海峡での桁曳、ビームトロール、オッタートロール調査及び混獲調査を行い、幼稚仔の移動、生息状況及び胃内容物を調査して、育成礁の設置条件等を検討する。
- ・地元漁業者からの聞き取りに基づき、マダラ幼稚仔が分布する場所に試験礁を設置してマダラ稚仔魚や餌料動物の蛸集を確認し、育成礁の効果判定を行う。

### Ⅱ 親魚・成魚保護方法の検討

- ・親魚の回帰状況と稚仔の発生状況を比較することでマダラ親魚保護による効果を把握する。
- ・津軽海峡から太平洋側にかけて、ビームトロール、オッタートロールの試験操業、地元一本釣漁業者からのアンケート調査及び釣や延縄試験により、主に津軽海峡東部海域での成魚、未成魚の時期的分布を把握し、保護礁設置条件等を検討する。
- ・陸奥湾産卵系群の移動、回遊経路とその生活圏域を、過去の標識放流の結果や漁獲量の変動状況の連動性等の資料から整理し、保護対象とする系群の判別とその分布域を明らかにして、保護効果の受益範囲を特定する。
- ・人工種苗の回帰率や資源解析から、保護による資源増大への貢献を検討する。
- ・試験礁を想定される回遊経路上に設置し、マダラの蛸集状況を確認することで、礁設置による保護効果を検討する。

以上の調査を、平成9年度から11年度の3カ年で実施し、各年度の調査結果については、北海道大学や国、北海道、青森県等の各研究機関等の専門家を委員とした検討会に諮り、計画指導、調査結果評価を受けた。

## (6) 調査結果

# I 幼稚仔・人工種苗放流魚関連調査

## ① 幼稚仔の移動について

過去3カ年にわたり、陸奥湾入口東側佐井地区及び津軽海峡東部大畑地区で用船による桁曳調査及び試験船によるビームトロール（平成9、10年度）・オッタートロール（平成11年度）調査を、5月から11月にかけて実施した。その結果を要約すると、陸奥湾からの主群は6月下旬頃、全長60mm台で湾外へ移動し、佐井村沖を15日～20日の短期間で通過し、一方沿岸のコウナゴ定置網や桁網で採集されたマダラ稚魚の全長は50mm台であることから、小型魚はより沿岸域に生息し、北上しながら成長に合わせて沖合化すると考えられた。

移動原因としては、水温要因が考えられた。高津<sup>1)</sup>の報告では陸奥湾内の生息分布は水温上限が12℃で、発生したマダラ稚魚の生残率が良い条件として、陸奥湾内の4～6月の水温が低温で維持され、かつ湾外へ

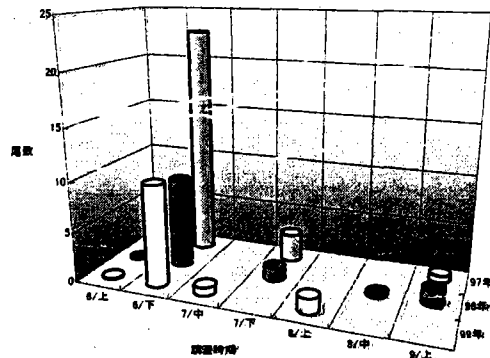


図2 1曳網当り入網尾数(佐井 マダラ稚魚)

の移動時に湾口部の水温があまり高くないことと、水温環境との密接な関係を述べている。高津<sup>2)</sup>が実施した調査からは、陸奥湾内で生息していたときよりも陸奥湾湾口部や津軽海峡域では痩せることもあるとの結果が出ている。陸奥湾には、津軽暖流が流れ込み、また閉鎖的な湾のため気温上昇の影響を受けやすく、こうしたことから水温の低い餌料環境の良い所へと速やかに移動するのではないかと考えられる。

これら稚魚は、その後何処へ移動するのか、現在の所正確な移動先や回遊経路は不明である。可能性がある1海域のデータとして、北海道釧路水産試験場の道東釧路、十勝管内水域9月のシシャモ漁期前調査結果（1995）と比較すると、その調査時に混獲されたマダラ幼魚の平均尾叉長が150mmであった。陸奥湾産卵系群は6月時点で平均体長が60mmであり、室内飼育例（富山県水産試験場、日本栽培漁業協会能登島事業場での深層水+濾過海水（9℃）利用事例）を参考に考察すると、群の中でも成長の早い稚魚だけが到達可能であり、これだけでは陸奥湾産卵系群と断定するには至らなかった。

表2 幼魚用オッタートロール網(底曳)で採集されたマダラ稚魚の平均豊度と海域面積(水深20m以深)で補正済の個体数

	平均 CPUE 値(オッタートロール10分間曳網 あたりの採集個体数の平均値, A)				陸奥湾全体の個体数(掃 海法, 単位:100万尾B)			
	5月	6月	7月	順位	5月	6月	7月	順位
1989年	113.2		21.0	—	26.2		2.2	—
1990年		20.1		7		5.7		7
1991年		650.9		1		152.9		1
1992年		—		—		—		—
1993年		44.9		6		11.2		6
1994年		18.9		8		4.6		8
1995年		242.7		3		33.3		4
1996年		100.6		5		18.0		5
1997年		326.8		2		78.2		2
1998年		—		—		—		—
1999年		182.9		4		47.7		3

②稚魚の発生資源量について (表2)

陸奥湾における稚魚の近年の資源量は、高津<sup>3)</sup>が実施した調査によると、1991年から1994年にかけて落ち込み、その後若干の回復傾向にある。しかし、1999年も陸奥湾への津軽暖流水が例年とは異なり底層から侵入したため、表層に分布する仔魚は陸奥湾外へ搬出され、また下層に分布して陸奥湾内に搬入された個体も、初期餌料であるかいあし類ノープリウスが少ない津軽暖流系水に分布したため、発生後の生存環境は不利にあったと考えられる。近年の暖冬傾向が続く限り、マダラ稚魚の生残にとり、不利な環境が続くことが予想された。

③稚魚の食性について

高津<sup>2) 3)</sup>の調査結果によると、6月上旬佐井村沖のマダラ稚魚の主な胃内容物はオキアミ目、カラヌス目、ヤムシ目で、カラヌス目はその殆どが冷水性大型かいあし類であった。同じ佐井村沖6月下旬では底生性端脚目、アミ目、カラヌス目で、アミ目は目が退化した深海性種で、カラヌス目は6月上旬と同じであった。

6月下旬大畑沖での稚魚は底生性端脚目が主体であり、以上のことから、湾内の稚魚期には浮遊性の甲殻類プランクトンを捕食し、湾外への移動期には底生性のヨコエビ類も重要な餌となっていることが判明した。

④育成試験礁調査結果

陸奥湾の湾口部脇野沢穴間地先沖水深20,40,60mの各地点に、ハニカムH3UQ-Tを各1基ずつ設置し(図3)、主として潜水による目視調査を2ヵ年間6月頃に実施したが、いずれもマダラ稚魚群やその餌料動物の蛸集を確認することが出来なかった。

これまでの調査結果から、陸奥湾内の水温が上昇し冷水性の餌が少なくなることで湾内から湾外へと移動するマダラ稚魚が、陸奥湾周辺域に滞留する理由は考えにくく、それら移動期の幼稚仔を陸奥湾周辺域で蛸集保護する施設は現時点では効果が無いと考えられた。

⑤人工種苗標識放流魚再捕結果

陸奥湾からは、これまで平成2年度から9年度にかけて人工生産種苗の標識魚(腹鰭切除)放流により58万4千4百尾放流されている(表3)。再捕率は平成2年が0.42%、以降平成6年まで0.28、0.04、0.08、0.01%と放流尾数が3千8百尾、5千尾、2万9千6百尾、2万8千尾、15万6千尾と増加するにつれて減少しているが、これが天然マダラ資源の減少と原因が同じなのか、それ

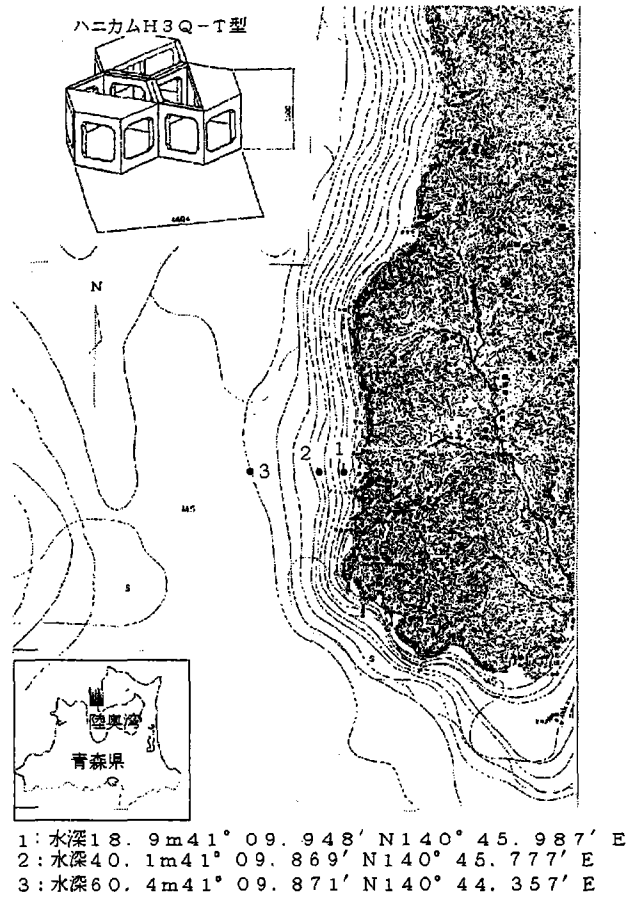


図3 育成試験礁の設置位置と試験礁姿図

表3 マダラ人工種苗放流、回収率

種苗生産年度	放流年月日	放流尾数	平均全長(mm)	放流場所	標識方法	累積再捕率
2	H3.6.15	3,800	63.7	脇野沢村沖	腹鰭切除	0.42
3	H4.6.16	5,000	67.0	脇野沢村沖	右腹鰭切除	0.28
4	H5.6.15	1,600	68.0	野辺地沖	左腹鰭切除	合計0.04
4	H5.6.17	28,000	69.0	脇野沢村沖	左腹鰭切除	
5	H6.6.17	15,000	76.0	脇野沢村沖	右腹鰭切除	合計0.08
5	H6.6.17	13,000	38.0	脇野沢村沖	右腹鰭切除	
6	H7.6.19	60,000	75.0	脇野沢村沖	左腹鰭切除	合計0.01
6	H7.6.19	25,000	70.0	脇野沢村沖	左腹鰭切除	
6	H7.6.19	33,000	68.0	脇野沢村沖	左腹鰭切除	
6	H7.6.19	5,000	61.0	脇野沢村沖	左腹鰭切除	
6	H7.6.19	33,000	68.0	脇野沢村沖	左腹鰭切除	
6	H7.6.19	33,000	68.0	脇野沢村沖	左腹鰭切除	
7	H8.6.13	230,000	67.7	脇野沢村沖	右腹鰭切除(12万尾)	
7	H8.6.13	6,500	55.5	脇野沢村沖	無標識	
7	H8.6.13	8,500	55.5	脇野沢村沖	無標識	
8	H9.6.13	40,000	64.0	脇野沢村沖	52千尾右腹鰭切除	
8	H9.6.13	40,000	73.0	脇野沢村沖		
8	H9.6.13	28,000	69.0	脇野沢村沖		
8	H9.6.13	10,000	65.0	脇野沢村沖		
8	H9.6.13	15,000	72.0	脇野沢村沖	無標識	
9	H10.6.19	28,400	55.0	脇野沢村沖	55千尾左腹鰭切除	
9	H10.6.19	39,300	48.0	脇野沢村沖		
9	H10.6.19	26,000	51.0	脇野沢村沖		
9	H10.6.19	27,000	52.0	脇野沢村沖		
9	H10.6.19	20,000	55.0	脇野沢村沖		
9	H10.6.19	45,000	53.0	脇野沢村沖		
計		786,100				

平成9、10年度に57尾の再捕が確認されており、累積再捕率は若干これより上昇する。

とも生産種苗そのものや放流技術に原因があるのか不明である。

しかし、再捕率が向上しない原因として、青森県側の漁法では、冬季成魚として産卵回帰する親魚のみを漁獲対象としているため、当歳魚、1歳魚を混獲する漁法が無く、幼魚、未成魚時期の再捕情報が入手しにくい事があげられる。陸奥湾産卵系群の移動回遊先と思われる北海道恵山日浦沖では1998年4月に初めて1尾産卵後の人工種苗が確認されており、今後この再捕率の向上のためには、北海道恵山周辺水域を含めた北海道側の市場

調査等を実施して標識魚発見に努める必要があると考えられた。

## II 親魚・成魚保護関連調査結果

### ①親魚の回帰状況と稚仔の発生について

陸奥湾での漁獲量の推移(図1)と、前述した高津<sup>3)</sup>の陸奥湾内でのマダラ稚魚の資源量指数(表2)を比較すると、

1995年(平成7年)の産卵親魚漁獲量がここ近年

では若干増加した年であるが、その年のマダラ稚魚豊度は過去8カ年中第4番目と決して高い値ではなく、むしろその後産卵親魚の漁獲量が減少しているにもかかわらず、稚魚豊度は上向いている。結果としては、親魚の回帰量(陸奥湾での漁獲量)と稚仔の資源量に相関は見られていない。

マダラの放卵数量は莫大な数であり、放卵後の孵化率や孵化した稚仔魚の生残率の方がむしろ稚仔魚のその後の資源量を左右すると考えられる。このことから、ある程度の親魚、卵数が確保され、環境要因が良ければ一気に資源が回復して卓越年級群が発生する可能性もあると考えられた。

マダラは冷水性の魚類で、近年の暖冬傾向にある中で陸奥湾産卵系群マダラの資源水準は全体として低位にある。産卵親魚は桜井ら<sup>4)</sup>によると、陸奥湾への来遊適水温は11.5℃で、湾内の水温が高く、津軽海峡と陸奥湾との間に甚だしい不連続線があれば、マダラは湾外で産卵して去ることもあると報告している他、涌坪<sup>5)</sup>が、陸奥湾でマダラ漁獲量と冬季平均気温(図4)には明確な関係があると述

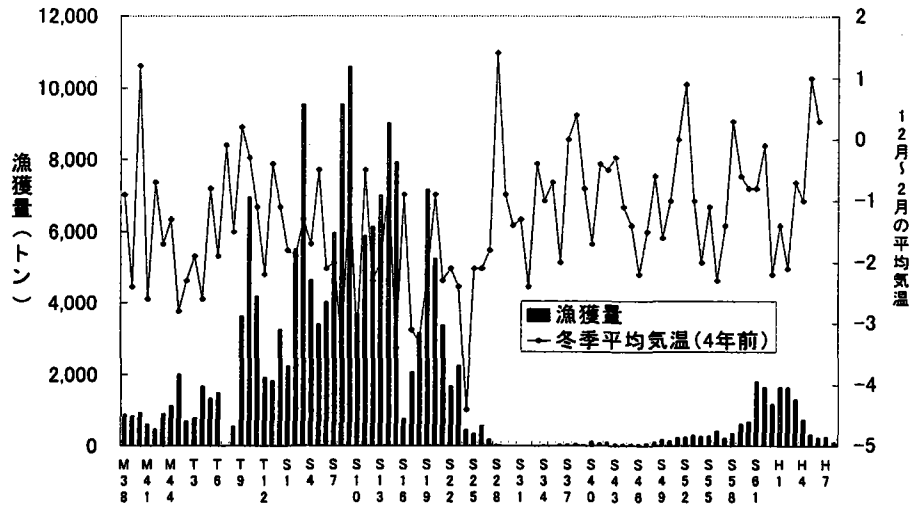


図4 陸奥湾内のマダラ漁獲量と4年間ずらした冬季平均気温関係

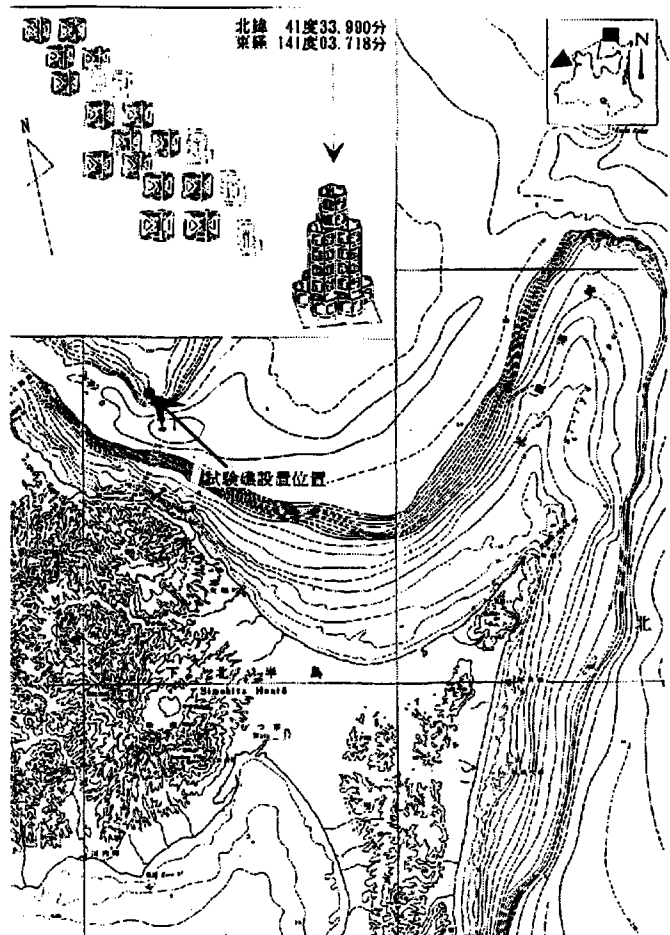


図5 保護試験礁設置位置

べており、親魚の産卵回遊にしても稚仔の発生、生存にしても気象海況が影響を与えていると考えられる。昭和 59 年に観測された冬季間の異常冷水の接岸以降、海況はエルニーニョ現象の長期多発にもみられるとおり冬季間の温暖化傾向が見られ、このような海洋環境が親魚の来遊阻止や、冬季間の高水温が春季にまで影響し、冷水性餌料プランク

トンの生産力低下や孵化稚魚が十分に陸奥湾内で摂餌成長する前に生息上限水温になり湾外へ移動しなければならぬ事態等マダラ稚

仔魚にとり悪い状況にあったのではないかと推察された。つまり、気候変動はマダラ資源の再生産に強いインパクトを与えるものと考えられる。②成魚、未成魚分布調査結果

試験船によるオッターロール調査では、津軽海峡東口で 1998 年 3 月に産卵後の雌親魚（全長 712mm）と他 2 尾の未成魚（全長 410mm、208mm）、1999 年 6 月には 10 尾（全長 160~210mm）、11 月 1 尾（0 歳魚）、2000 年 2 月には大畑沖北海道側で 7 尾（全長 375~685mm）が漁獲された。

また、親魚保護育成礁施設（図 5）で 3 ヶ年実施した ROV による調査ではマダラの魚影は確認出来なかった。漁業者による釣獲試験（1998 年 4 月から 1999 年 12 月）では、保護試験礁周辺で 2 月 1 尾（全長 35cm）、5 月 3 尾（全長 35~40cm）、7 月 1 尾（全長 45cm）、8 月 1 尾（全長 60cm）、9 月 6 尾（全長 40~60cm）、11 月 1 尾（全長 60cm）、12 月 2 尾（全長 40~60cm）の漁獲があった。また津軽海峡尻屋崎以西大間崎以东間の天然礁でも 7 月 6 尾（全長 45~100cm）、8 月 1 尾（全長 60cm）、10 月 4 尾（全長 30~80cm）の釣獲がみられ、1, 3, 4 月を除く通年、マダラの分布が確認された。この他、大畑一本釣協議会の会員 8 名にアンケート調査（1998 年 1 月から 1999 年 1 月対象、図 6, 7）結果からも、津軽海峡東部には周年マダラが分布していること、水深の浅い所にある人工魚礁漁場（大型魚礁、人工魚礁で水深 80m 付近）では、10 月から 12 月にかけて 4kg 以上の大型魚が漁獲され、4kg 以下の小型魚は 6 月から 8 月にかけて主に漁獲されていたがほぼ周年見られ、水深の深い所（180m 以深）にある天然礁では、4kg 以上の大型魚はやはり 12 月に多く漁獲されていたが 6 月から 10 月にも漁獲されており、その時期には 4kg 以下の未成魚も 6 月から 8 月頃に漁獲されることが判明した。

これらの結果から、陸奥湾産卵系群かどうかは不明であるが、少なくとも津軽海峡東部海域には周年マダラが存在していることが判明した。

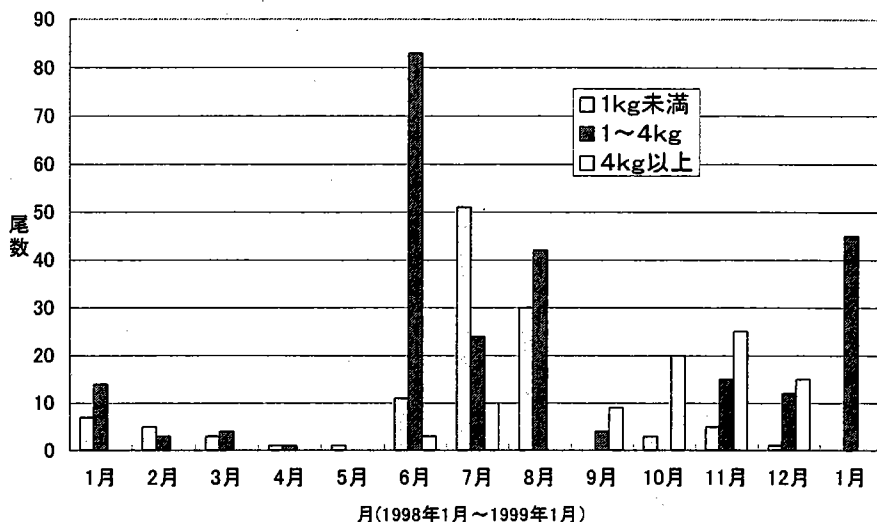


図6 大畑沿岸の人工魚礁漁場で釣獲されたマダラの月別体重範囲別個体数

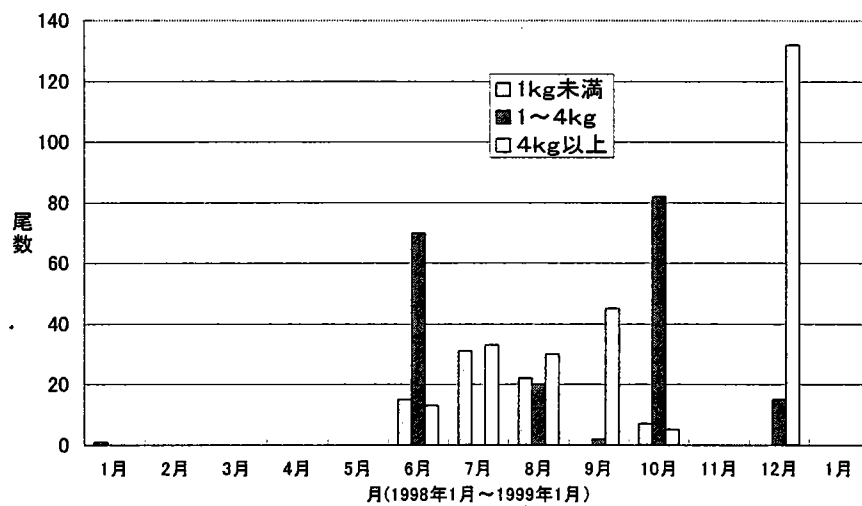


図7 大畑沿岸の天然礁で釣獲されたマダラの月別体重範囲別個体数

また、陸奥湾産卵系群の移動回遊先の可能性があると考えられる釧路市場及び釧路機船漁業協同組合の水揚げ記録を調査した結果、本県では陸奥湾や日本海側でも漁獲されない1kg未満（全長46cm程度）やささらに小さい0.5kg前後（全長41cm）の小型サイズが漁獲されていることが判明した。これらの漁獲データと購入したマダラの年齢査定

発生年級	マダラ年級別水揚げ尾数							釧路市場	
	7才	6才	5才	4才	3才	2才	1才	計	
1984年	109	2,914	15,580	158,507	421,012	533,287	95,580	1,226,988	1.00
1985年	114	2,939	15,580	158,507	421,012	533,287	95,580	1,227,019	1.00
1986年	106	3,355	17,572	158,507	421,012	533,287	95,580	1,229,420	1.00
1987年	92	2,668	19,198	199,685	421,012	533,287	95,580	1,271,527	1.04
1988年	81	2,257	11,737	185,229	545,428	533,287	95,580	1,373,610	1.12
1989年	117	3,098	9,135	95,649	417,911	643,665	95,580	1,265,119	1.03
1990年	103	2,648	16,094	143,617	264,928	430,727	77,098	935,230	0.76
1991年	103	3,430	20,831	206,170	455,909	510,580	76,350	1,273,373	1.04
1992年	103	2,914	14,491	184,371	580,234	561,198	64,626	1,407,936	1.15
1993年	103	2,914	15,580	94,831	312,173	609,382	78,996	1,113,978	0.91
1994年	103	2,914	15,580	158,507	370,500	389,547	75,265	1,012,415	0.83
1995年	103	2,914	15,580	158,507	421,012	587,908	184,058	1,370,081	1.12
1996年	103	2,914	15,580	158,507	421,012	533,287	112,667	1,244,069	1.01
小計	718	20,395	109,059	1,109,551	2,947,083	3,733,007	669,060	15,950,765	
平均	103	2,914	15,580	158,507	421,012	533,287	95,580	1,226,982	1.00

但し年齢は漁獲時の年齢  
結果から、1997年9月～1999年5月までの釧路市場でのマダラの年級別水揚げ数量を推定したところ（表4）、1992年級群がおよそ140万尾、1995年級が137万尾と比較的多い年であったが、表2と比較しても陸奥湾での稚魚の発生量との関連は見られなかった。

### ③親魚保護試験礁設置試験

前述したとおり、親魚保護育成礁での釣獲試験や、北海道大学水産学部生産システム設計学講座に委託して行った底延縄試験（2000年3月調査時に保護試験礁から600m以内でマダラ2尾釣獲）により、マダラ親魚未成魚の海中構築物への蟄集効果が確認された。ROVによる調査では、現在までマダラを確認してはいないが、北海道後志支庁島牧村沖で行われた特定魚種漁場整備開発調査マダラ調査報告書<sup>6)</sup>でも同じように面構造を持つ施設にマダラが蟄集する結果が出ており蟄集効果はあると判断される。

しかし、北海道島牧村の事例<sup>7)</sup>では、島牧沖に産卵回遊に来るマダラ系群は一つであり、マダラが強い産卵回帰性を持つことから、産卵期前後の親魚蟄集と、索餌期の親魚で沖合を大回遊せずに天然礁に根付く根ダラを蟄集増殖することで、産卵親魚の確保及び漁獲向上を期待しているが、これまで本県では、津軽海峡内のマダラについての調査は殆どされていない。この海峡内のマダラの系群が陸奥湾産卵系群なのかどうか、陸奥湾産卵系群も島牧村の事例のとおり根ダラとして津軽海峡内に留まるのかどうか全く不明であり、前述したとおり現状では幼稚仔保護礁としての沿整事業展開が難しいことを考えると、この2点を早急に解明して北海道方式での沿整事業化が最も現実的と判断される。

### ④陸奥湾産卵系群の回遊経路と系群判別について

青森県水産増殖センターが主体となり、昭和53年から平成8年（データが紛失した昭和59年から60年を除く）の間に陸奥湾（主として佐井村南部と脇野沢村）から2,658尾、太平洋側百石沖から121尾、日本海側岩崎沖から129尾の親魚標識放流を実施している。

陸奥湾から放流された2,658尾のうち、再捕個体が237尾（不明1尾除く）で再捕率は8.9%と人工種苗標識放流魚の再捕率よりもかなり高い結果であった（表5、図8）。このことからマダラ成魚への漁獲圧が相当高いことが推察された。再捕個体の報告率が変わらず標識の脱落が無いものと仮定して、陸奥湾内で翌漁期の再捕が61尾2.37%、翌々漁期以降の再捕が4尾で0.15%なので、この再捕率の減少率を陸奥湾とその回遊海域での資源減少率（自然死亡+漁獲）と考えると、資源減少率は $(2.37-0.15) / 2.37 \times 100 = 93.7\%$ となり、かなり高い資源減少率と考えられた。特に親魚は害敵が少ないことから自然死亡率は小さいものと思われ、この資源減少率の殆どは漁獲によるものと考えられた。陸奥湾以外では、51尾が再捕され、そのうち恵山周辺から室蘭、襟裳岬以西では28尾1.05%、道東海域で10尾0.37%、松前以西で11尾0.45%であった。特に恵山周辺での再捕が多く、恵山周辺での再捕日数をみると放流後1、2ヶ月目と翌漁期の再捕が多く、このことから陸奥湾産卵群が恵山周辺沖を通過経路にしていると判断された。また、その後の再捕日数の推移をみると室蘭から襟裳岬周辺では2、3ヶ月後、道東釧路沖合に3ヶ月後と、道東海域まで3ヶ月程度かけて移動していたものと判断される。ただし、道東沖での再捕は陸奥

湾産卵系群の資源状態が比較的良かった昭和 63 年以前に限られていた。このことから、道東海域への陸奥湾産卵系群の回遊量と資源量とは密接に関連していると考えられる。その他、室蘭沖の 137 日目や恵山沖の 111 目など回遊時期から外れて漁獲されている個体もあり、根ダラとして居着く可能性も窺えた。

表5 陸奥湾からのマダラ成魚標識放流、再捕状況表

放流年次	放流尾数	再捕尾数	再捕率	再捕場所別の再捕状況				放流場所以外での再捕状況(3割程度以上1年以内で再捕されている)																	
				陸奥湾内	室蘭沖	日高湾	襟裳岬	不州	日本海側	太平洋側	渡島半島	青森県	陸奥湾	日高	襟裳岬	計									
553	15	5	33.3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
554	95	11	11.6	3	3	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
555	90	6	6.7	4	1	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
556	57	12	21.1	8	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
557	377	32	8.5	21	6	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
591	318	2	0.6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
592	320	14	4.4	14	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
593	371	80	21.6	21	13	0	0	35	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
594	150	26	17.3	8	3	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
595	121	16	13.2	6	2	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
596	345	24	6.9	13	7	0	0	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
597	98	7	7.1	2	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
598	198	12	6.1	3	4	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
599	20	11	55.0	3	4	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
599	56	2	3.6	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	2,828	197	6.9	121	61	0	0	182	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

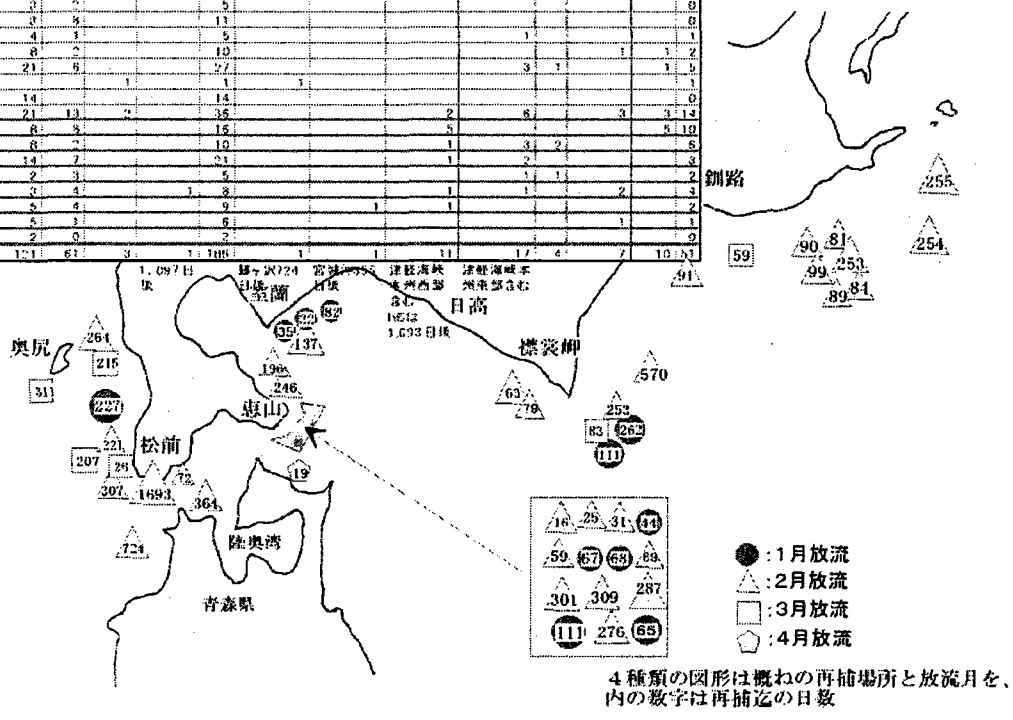


図8 陸奥湾放流群の湾外再捕状況 355 宮城県沖

また、陸奥湾産卵系群マダラの大半は北海道太平洋側に回遊するが、一部は北海道道南日本海側にも回遊し、太平洋側の回遊群は1月に、また日本海に回遊する群はそれより遅い3月頃に産卵回帰のピークがあることが判明した。

菅野ら<sup>6)</sup>によると、青森県周辺のマダラ系群を脊椎骨数で判別した結果、陸奥湾産卵系群は陸奥湾から恵山、襟裳岬までの陸奥湾日高湾系群で、襟裳岬以東の系群とは別であること、青森県日本海側の系群も恵山付近の系群とは異なると述べている。しかし前述した標識放流結果では陸奥湾産卵系群の親魚は渡島半島西部以北日本海側や襟裳岬

表6 日本海側からのマダラ成魚標識放流、再捕状況表

放流年次	放流尾数	再捕尾数	再捕率	放流漁場付近での再捕(放流尾数の)	放流場所以外での再捕状況(3割程度以上1年以内で再捕されている)	
					北海道日本海側	不州日本海側
592	109	16	14.7	8	1	7
593	22	3	13.6	0	1	1
594	21	1	4.8	1	0	0
計	152	20	13.2	10	2	8

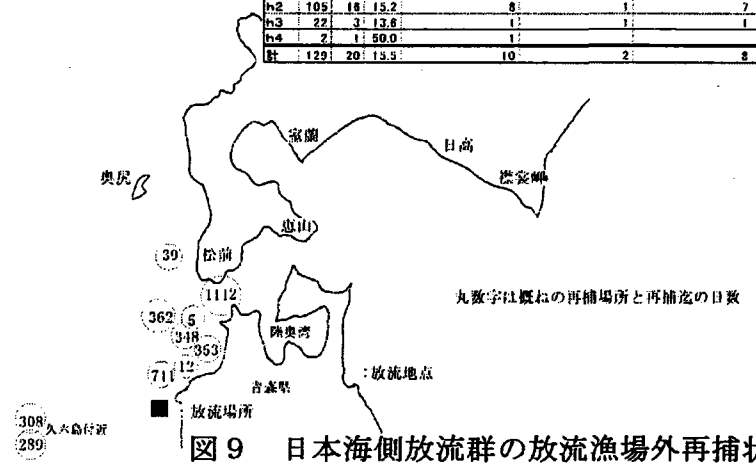


図9 日本海側放流群の放流漁場外再捕状況

以東へも移動しており、これら海域では異なる系群が入り交じっている可能性も示唆された。

このほか、太平洋百石沖で放流された個体の再捕状況は再捕数が少ないため明確な傾向はつかめないが、



日本海岩崎村沖の放流結果(表6、図9)では、本州日本海北部の系群は陸奥湾産卵群とは分布域が異なると思われた。

⑤陸奥湾産卵系群の資源量について

本調査では、道東釧路海域の資源も陸奥湾産卵系群と考えて調査を実施したため、これまでの調査で判明した陸奥湾産卵系群マダラの最近の分布回遊域である襟裳岬以西～北海道渡島半島南部の海域についての漁獲動向を把握しておらず、この海域の資源量推定には至っていない。しかし、青森県が別の事業で委託した事業による菅野ら<sup>6)</sup>の報告によると、陸奥湾産卵系群としての陸奥湾・日高湾系群(陸奥湾から恵山、胆振周辺海域を主な分布域とする系群)の資源量は、重量では1991年に8,700トあった資源量が1997年には4,100トまで減少していた(図10)。これを資源尾数でみると1991年には370万尾で1996年に250万尾まで減少したが1997年には97年生れの資源尾数が増えて320万尾に若干増加したという結果がでている(図11)。近年漁獲量は低位横這いであるが、資源量は減少しており、このことは前述の標識魚再捕結果での結果でも述べたとおりかなり過度の漁獲圧力が陸奥湾産卵系群にかかっているためと判断された。

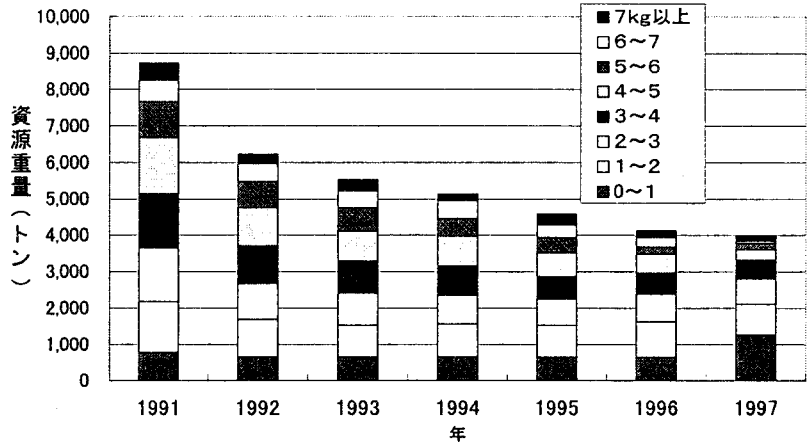


図10 WPAIにより推定されたマダラ陸奥湾日高湾系群の資源量

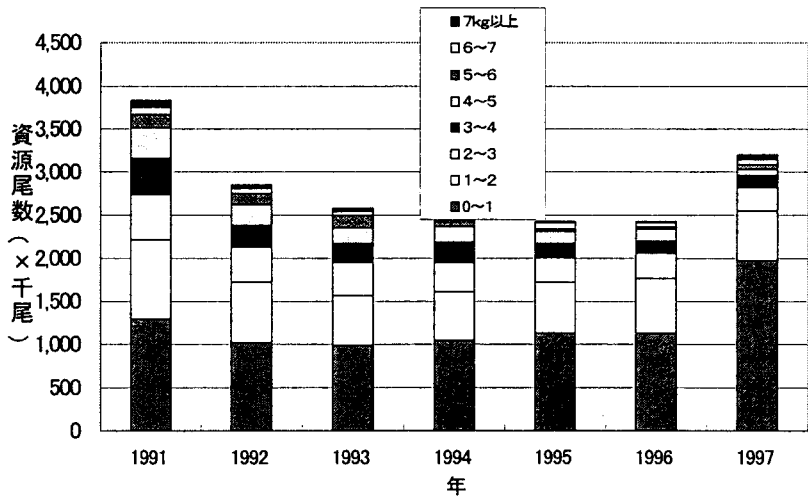


図11 WPAIにより推定されたマダラ陸奥湾日高湾系群の資源尾数

青森県のヒラメの場合を例にとると、近年漁獲量が増加した要因として大規模な種苗放流も一因であるが、段階的に漁獲全長制限を引き上げて(25cmから30cmを経て現在は35cm)漁獲開始年齢を遅らせることで最低でも1度は親として再生産(放卵放精)に関与させるという資源管理が現場まで浸透し実施されたからと考える。つまり、漁獲開始年齢を引き上げることで資源添加量を増加させ、さらに自然環境要因も追い風状態であったので順調に資源回復、漁獲量増加につながったと考えられる。菅野ら<sup>6)</sup>はマダラの場合も資源回復のためには漁獲開始年齢を引き上げる事が資源の適正な管理のために有効であると報告しており、沿岸漁場整備事業に加えてこのような管理を行う人づくりが重要と思われる。

以上親魚・成魚保護関連調査では、未成魚も含めて津軽海峡内での沿岸漁場造成事業による人工魚礁への蟄集効果が期待できると思われる。しかし、津軽海峡で天然礁や人工魚礁に根付いている親魚・成魚や未成魚が陸奥湾産卵系群であるのどうか不明であり、北海道島牧村の事例<sup>7)</sup>のように費用対効果を算定するためにはその部分のデータが不足していると考えられる。

なお、資源量が減少している陸奥湾産卵系群を産卵回遊経路に礁体を設置して蟄集、漁獲すれば今以上の資源の乱獲につながるため、資源管理対策も併せて検討しなければ効果は得られないと思われる。

## (7) 考察

本マダラ調査事業の期間内において、事業効果算定に必要なデータは得られなかった。その原因としては、当初目的の一つであるマダラ幼稚仔の保護育成で期待していた結果が全く得られなかったこと、親魚成魚保護育成礁にしても、陸奥湾産卵系群に関してある程度の移動経路や分布域のデータは得られたが、当初の目的が北海道道東も含めた広範囲な海域での保護増殖礁設置にあったため、実際近年の陸奥湾産卵系群マダラの資源量が減少した段階を反映した生息分布域内の調査を実施しなかったことによる。また、系群や生態は不明であるが、津軽海峡内に周年生息しているマダラの詳細な調査まで手が回らず、現実的な北海道島牧村での事例<sup>7)</sup>のような魚礁設置事業対応に必要なデータが得られなかったことによる。

## (8) 摘要

これまでの3カ年の調査結果概要と残された課題は表7のとおりである。青森県では水産庁の補助を受けて平成12年度より2カ年間の基礎調査を実施し、残された課題の究明にあたることとしている。

表7 大規模砂泥域開発調査及び関連調査でこれまでに得られた知見

項目	明らかになった事項・確認された事項	残された課題
幼稚仔	<ul style="list-style-type: none"> <li>稚魚は、6～7月に陸奥湾から佐井沖を経由し大間崎に至り、北上して道側に至る。主群は6月下旬頃全長60mmサイズで極めて短期間に佐井沖から移動する。</li> <li>移動時期には水温(浮遊性、底性甲殻類等餌環境)が影響し、陸奥湾内での分布上限水温は12℃である。</li> <li>陸奥湾口や津軽海峡への移動中及び移動後の稚魚は、餌料環境の悪化にともない成長、生残率が低下する。また、餌料に関わらず、水温上昇に伴う基礎代謝量の増大のため、陸奥湾生息時より痩せることがある。</li> <li>陸奥湾における1997年生まれの稚魚は、極めて高い資源水準にあるが、1999年生まれば平年並みであった。</li> <li>脇野沢沖水深20.40.60mに設置した試験礁では、幼稚仔の蠣殻が確認出来なかったことから、礁体設置による育成効果は期待出来ない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>陸奥湾産卵系群稚魚の北海道側での移動、分布生態、生残率</li> <li>陸奥湾でのマダラ稚仔発生量とその後の漁獲動向との関連とその原因(自然+人為)</li> </ul>
人工種苗放流魚	<ul style="list-style-type: none"> <li>脇野沢で放流した稚魚は、産卵親魚となって陸奥湾に回帰するが、その回帰率は0.01～0.42%とかなり低水準である。北海道側で成魚での人工種苗の再捕が確認されている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>北海道側で人工種苗の採捕状況</li> <li>種苗放流、標識技術の改善</li> </ul>
未成魚	<ul style="list-style-type: none"> <li>津軽海峡の試験礁(161m)や天然礁(200～300m)にはほぼ周年にわたり未成魚が生息し、特に夏期に分布が確認されている。</li> <li>* 渡島、胆振では、延縄漁業等で0～2kgの未成魚を主体に漁獲している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>礁体単位空立米あたりのマダラ未成魚、成魚の蠣殻量</li> </ul>
成魚	<ul style="list-style-type: none"> <li>津軽海峡の人工魚礁漁場(100m前後)には、冬期に成魚が蠣殻している。</li> <li>津軽海峡の水深200m以深の天然礁には、夏期にも成魚が生息している。</li> <li>* 陸奥湾では底連網等で3～5齢の成魚を主体に漁獲している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>津軽海峡内に夏期に分布するマダラの系群確認及び回遊時期に礁体に蠣殻するマダラの回遊経路の把握</li> </ul>
来遊親魚	<ul style="list-style-type: none"> <li>陸奥湾への親魚来遊時期や回帰尾数は、その経路である津軽海峡東部周辺に左右される可能性が高い。</li> <li>標識放流データから、陸奥湾産卵系群は道東釧路沖まで移動する群と量的に少ないが北海道渡島半島南部日本海側へ移動する群があり、陸奥湾での漁獲量が減少し始めた平成2年以降襟裳以東での採捕は確認できなかったことから、現状での陸奥湾産卵系群の分布域は北海道渡島半島南部日本海側から襟裳以西と考えられる。</li> <li>陸奥湾産卵系群の生活域の海況が温暖化傾向にある中で、陸奥湾産卵系群の資源量は減少傾向にある。</li> <li>来遊には「早い来遊」と「遅い来遊」の2パターンがあり、早期は道東回遊群、晩期は日本海回遊群が主体をなすと考えられる。早期群と晩期群の漁獲ピークが重複する傾向にある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>陸奥湾の漁獲増大には、早期群の増加が最も有効であるが、暖冬傾向等気象の影響や太平洋側より漁獲圧力が低い日本海回遊系群の増殖方法も考慮しながら対応する。</li> </ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>青森県沿岸には、陸奥湾産卵系群の他に、北部日本海系群、下北半島以南群があり、それぞれ独立した群である。</li> <li>* 陸奥湾、津軽海峡、渡島、胆振を1つの系群として考えた場合WAP法により推定した資源量は、平成3年度に8,700トンあったが、9年度には4,100トンまで減少した。</li> <li>* この系群の漁獲利用率は22～40%の範囲にあり、平成9年度の漁獲利用率の95%は北海道側によるものである。</li> <li>* この系群の漁獲量(来遊量)の増大には、漁獲開始年齢の引き上げが効果的であることが示された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>効果的な資源保護のためのソフト面での対応</li> </ul>

\*は青森県漁業管理課またら資源増大対策事業結果に基づく

## (9) 引用文献

- 1) 高津哲也(1998)：陸奥湾におけるマダラ稚魚の生残過程 「水産海洋研究」62(2), 151～155
- 2) 高津哲也(1999)：マダラ稚魚胃内容物調査の結果報告 平成10年度第2回海域特性総合利用技術開発調査事業解析検討会資料
- 3) 高津哲也(2000)：マダラ稚魚餌生物環境調査報告 平成11年度第2回大規模砂泥域開発調査事業解

析検討会資料

- 4) 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」  
36(1), 40-54
- 5) 涌坪敏明(1997)：青森県陸奥湾におけるマダラ漁獲量および水温・気温の経年変動について、  
「水産海洋研究」61(1), 81-83
- 6) 菅野泰次、松石隆、上田祐司(1999)、まだら資源増大対策事業研究結果報告
- 7) 特定魚種漁場整備開発調査マダラ調査報告書(1995)、(社)全国沿岸漁業振興開発協会

参考文献

- ・マダラ増殖試験(1984)、青森県水産増殖センター事業報告 13、244-252
- ・福田慎作(1985)：マダラの生態と増殖、「昭和 59 年度東北ブロック増養殖研究連絡会議報告書」43-48

### (1) 調査課題名

## 放流マダラの保護育成礁造成技術の開発

### (2) 実施機関名、部局名及び担当者名

青森県漁業振興課漁場整備班  
主査 白取 尚実  
青森県水産試験場漁業開発部  
部長 小田切 譲二  
青森県水産増殖センター魚類部  
部長 塩垣 優

### (3) 調査実施年度

平成9年度から平成11年度

### (4) 緒言

青森県陸奥湾に産卵回遊するマダラは、青森県では主に陸奥湾入口部分東側にあたる佐井村、脇野沢村で毎年12月下旬から2月上旬頃にかけて漁獲されている。陸奥湾で漁獲されるマダラは、身も含めて卵巣や精巣が正月用食材として需要が強く、単価も4千円/kgを上回ることがあることから、この時期のマダラ漁獲量減少は佐井村や脇野沢村漁業者の生活に重大な影響を与えている。

陸奥湾全体におけるマダラ漁獲量は、昭和61年には2,566ト(6億9千万円)あったが、平成8年以降は200トを割り込んで平成10年は154ト(1億1千万円、図1)にまで減少しており、本調査は沿岸漁場整備開発事業によるマダラ資源の増大の可能性を生物面、物理環境面から調査検討するものである。

なお、青森県では、マダラ資源管理型漁業の展開を図るため、マ

ダラ資源増大対策事業を平成7年度から10年度までの間実施し、青森県で漁獲されるマダラの系群の判別と資源量推定を行うとともに、栽培漁業としてもマダラの種苗放流技術開発を昭和54年から着手し、平成3年から9年までに78万6千百尾(63.7mm~87.0mmサイズ)の放流実績をあげている。このように、青森県ではマダラの資源回復及び増加を図るために、栽培、保護増殖場造成、資源管理という種作り、場作り、人作りの三面(ヒラメ資源回復成功の事例を参考として)からの対応を行うこととしている。

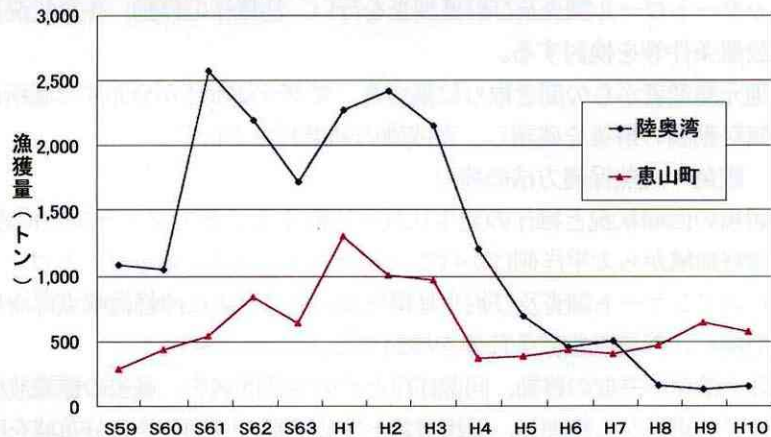
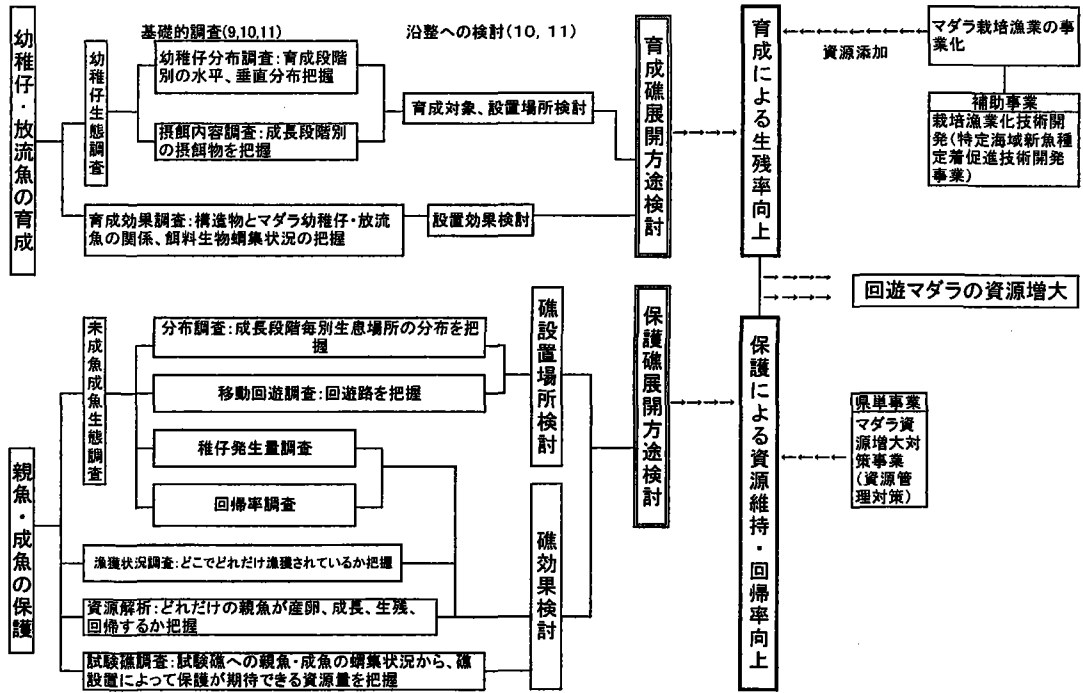


図1 陸奥湾と恵山町のマダラ漁獲量変化

### (5) 調査方法

本調査の目的は、沿岸漁場整備開発事業としてマダラを対象とした増殖場造成が可能かどうかを検討することである。そこでまず、マダラの成長過程に合わせて、Ⅰ幼稚仔（天然に放流種苗も含んだもの）の育成、Ⅱ親魚・成魚（産卵予備群である未成魚も含む）保護の2項目の調査計画を立てた。（表1）

表1 調査フローチャート



Ⅰ 幼稚仔・放流魚育成方法の検討

- ・幼稚仔魚の生態調査として、移動経路と想定される陸奥湾から津軽海峡での桁曳、ビームトロール、オッタートロール調査及び混獲調査を行い、幼稚仔の移動、生息状況及び胃内容物を調査して、育成礁の設置条件等を検討する。
- ・地元漁業者からの聞き取りに基づき、マダラ幼稚仔が分布する場所に試験礁を設置してマダラ稚仔魚や餌料動物の蛸集を確認し、育成礁の効果判定を行う。

Ⅱ 親魚・成魚保護方法の検討

- ・親魚の回帰状況と稚仔の発生状況を比較することでマダラ親魚保護による効果を把握する。
- ・津軽海峡から太平洋側にかけて、ビームトロール、オッタートロールの試験操業、地元一本釣漁業者からのアンケート調査及び釣や延縄試験により、主に津軽海峡東部海域での成魚、未成魚の時期的分布を把握し、保護礁設置条件等を検討する。
- ・陸奥湾産卵系群の移動、回遊経路とその生活圏域を、過去の標識放流の結果や漁獲量の変動状況の連動性等の資料から整理し、保護対象とする系群の判別とその分布域を明らかにして、保護効果の受益範囲を特定する。
- ・人工種苗の回帰率や資源解析から、保護による資源増大への貢献を検討する。
- ・試験礁を想定される回遊経路上に設置し、マダラの蛸集状況を確認することで、礁設置による保護効果を検討する。

以上の調査を、平成9年度から11年度の3ヵ年で実施し、各年度の調査結果については、北海道大学や国、北海道、青森県等の各研究機関等の専門家を委員とした検討会に諮り、計画指導、調査結果評価を受けた。

(6) 調査結果

# I 幼稚仔・人工種苗放流魚関連調査

## ① 幼稚仔の移動について

過去3カ年にわたり、陸奥湾入口東側佐井地区及び津軽海峡東部大畑地区で用船による桁曳調査及び試験船によるビームトロール（平成9、10年度）・オッタートロール（平成11年度）調査を、5月から11月にかけて実施した。その結果を要約すると、陸奥湾からの主群は6月下旬頃、全長60mm台で湾外へ移動し、佐井村沖を15日～20日の短期間で通過し、一方沿岸のコウナゴ定置網や桁網で採集されたマダラ稚魚の全長は50mm台であることから、小型魚はより沿岸域に生息し、北上しながら成長に合わせて沖合化すると考えられた。

移動原因としては、水温要因が考えられた。高津<sup>1)</sup>の報告では陸奥湾内の生息分布は水温上限が12℃で、発生したマダラ稚魚の生残率が良い条件として、陸奥湾内の4～6月の水温が低温で維持され、かつ湾外への

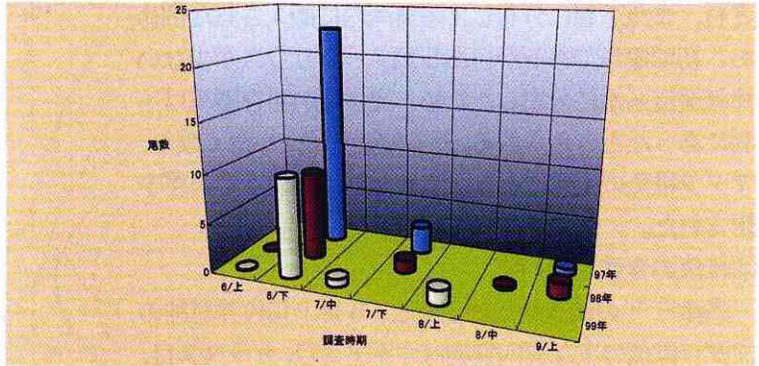


図2 1曳網当り入網尾数(佐井 マダラ稚魚)

の移動時に湾口部の水温があまり高くないことと、水温環境との密接な関係を述べている。高津<sup>2)</sup>が実施した調査からは、陸奥湾内で生息していたときよりも陸奥湾湾口部や津軽海峡域では痩せることもあるとの結果が出ている。陸奥湾には、津軽暖流が流れ込み、また閉鎖的な湾のため気温上昇の影響を受けやすく、こうしたことから水温の低い餌料環境の良い所へと速やかに移動するのではないかと考えられる。

これら稚魚は、その後何処へ移動するのか、現在の所正確な移動先や回遊経路は不明である。可能性のある1海域のデータとして、北海道釧路水産試験場の道東釧路、十勝管内水域9月のシシャモ漁期前調査結果（1995）と比較すると、その調査時に混獲されたマダラ幼魚の平均尾叉長が150mmであった。陸奥湾産卵系群は6月時点で平均体長が60mmであり、室内飼育例（富山県水産試験場、日本栽培漁業協会能登島事業場での深層水+濾過海水（9℃）利用事例）を参考に考察すると、群の中でも成長の早い稚魚だけが到達可能であり、これだけでは陸奥湾産卵系群と断定するには至らなかった。

表2 幼魚用オッタートロール網(底曳)で採集されたマダラ稚魚の平均豊度と海域面積(水深20m以深)で補正済の個体数

	平均CPUE値(オッタートロール10分間曳網 あたりの採集個体数の平均値, A)				陸奥湾全体の個体数(掃 海法, 単位:100万尾B)			
	5月	6月	7月	順位	5月	6月	7月	順位
	1989年	113.2		21.0	—	26.2		2.2
1990年		20.1		7		5.7		7
1991年		650.9		1		152.9		1
1992年		—		—		—		—
1993年		44.9		6		11.2		6
1994年		18.9		8		4.6		8
1995年		242.7		3		33.3		4
1996年		100.6		5		18.0		5
1997年		326.8		2		78.2		2
1998年		—		—		—		—
1999年		182.9		4		47.7		3

②稚魚の発生資源量について (表2)

陸奥湾における稚魚の近年の資源量は、高津<sup>3)</sup>が実施した調査によると、1991年から1994年にかけて落ち込み、その後若干の回復傾向にある。しかし、1999年も陸奥湾への津軽暖流水が例年とは異なり底層から侵入したため、表層に分布する仔魚は陸奥湾外へ搬出され、また下層に分布して陸奥湾内に搬入された個体も、初期餌料であるかいあし類ノープリウスが少ない津軽暖流水系に分布したため、発生後の生存環境は不利にあったと考えられる。近年の暖冬傾向が続く限り、マダラ稚魚の生残にとり、不利な環境が続くことが予想された。

③稚魚の食性について

高津<sup>2) 3)</sup>の調査結果によると、6月上旬佐井村沖のマダラ稚魚の主な胃内容物はオキアミ目、カラヌス目、ヤムシ目で、カラヌス目はその殆どが冷水性大型かいあし類であった。同じ佐井村沖6月下旬では底生性端脚目、アミ目、カラヌス目で、アミ目は目が退化した深海性種で、カラヌス目は6月上旬と同じであった。

6月下旬大畑沖での稚魚は底生性端脚目が主体であり、以上のことから、湾内の稚魚期には浮遊性の甲殻類プランクトンを捕食し、湾外への移動期には底生性のヨコエビ類も重要な餌となっていることが判明した。

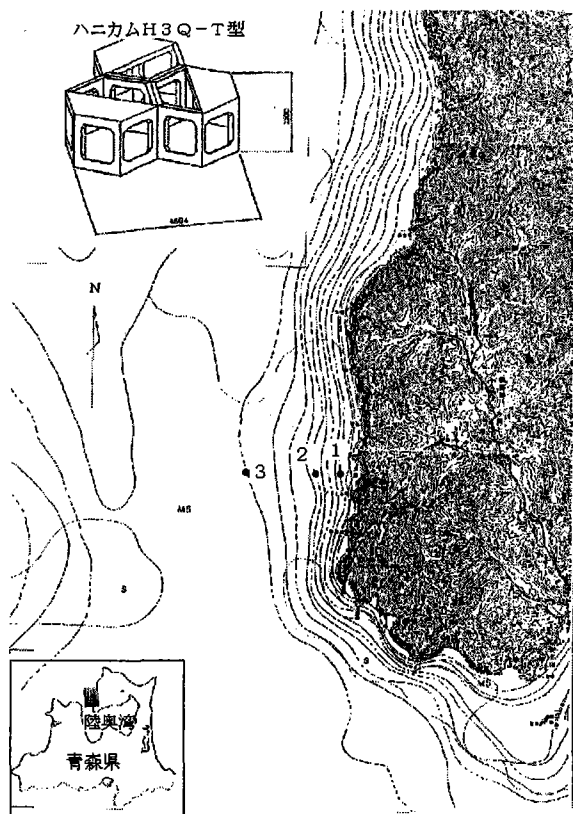
④育成試験礁調査結果

陸奥湾の湾口部脇野沢穴間地先沖水深20,40,60mの各地点に、ハニカムH3UQ-Tを各1基ずつ設置し(図3)、主として潜水による目視調査を2ヵ年間で6月頃に実施したが、いずれもマダラ稚仔魚群やその餌料動物の蟄集を確認することが出来なかった。

これまでの調査結果から、陸奥湾内の水温が上昇し冷水性の餌が少なくなることで湾内から湾外へと移動するマダラ稚魚が、陸奥湾周辺域に滞留する理由は考えにくく、それら移動期の幼稚仔を陸奥湾周辺域で蟄集保護する施設は現時点では効果が無いと考えられた。

⑤人工種苗標識放流魚再捕結果

陸奥湾からは、これまで平成2年度から9年度にかけて人工生産種苗の標識魚(腹鰭切除)放流により58万4千4百尾放流されている(表3)。再捕率は平成2年が0.42%、以降平成6年まで0.28、0.04、0.08、0.01%と放流尾数が3千8百尾、5千尾、2万9千6百尾、2万8千尾、15万6千尾と増加するにつれて減少しているが、これが天然マダラ資源の減少と原因が同じなのか、それ



1: 水深18.9m 41°09.948' N 140°45.987' E  
 2: 水深40.1m 41°09.869' N 140°45.777' E  
 3: 水深60.4m 41°09.871' N 140°44.357' E

図3 育成試験礁の設置位置と試験礁姿図

表3 マダラ人工種苗放流、回収率

種苗生産年度	放流年月日	放流尾数	平均全長(mm)	放流場所	標識方法	累積再捕率
2	H3.6.15	3,800	63.7	脇野沢村沖	腹鰭切除	0.42
3	H4.6.16	5,000	87.0	脇野沢村沖	右腹鰭切除	0.28
4	H5.6.15	1,600	68.0	野辺地沖	左腹鰭切除	合計0.04
4	H5.6.17	28,000	69.0	脇野沢村沖	左腹鰭切除	
5	H6.6.17	15,000	76.0	脇野沢村沖	右腹鰭切除	合計0.08
5	H6.6.17	13,000	38.0	脇野沢村沖	右腹鰭切除	
6	H7.6.19	60,000	75.0	脇野沢村沖	左腹鰭切除	合計0.01
6	H7.6.19	25,000	70.0	脇野沢村沖	左腹鰭切除	
6	H7.6.19	33,000	68.0	脇野沢村沖	左腹鰭切除	
6	H7.6.19	5,000	61.0	脇野沢村沖	左腹鰭切除	
6	H7.6.19	33,000	68.0	脇野沢村沖	左腹鰭切除	
6	H7.6.19	33,000	68.0	脇野沢村沖	左腹鰭切除	
7	H8.6.13	230,000	67.7	脇野沢村沖	右腹鰭切除(12万尾)	合計0.01
7	H8.6.13	6,500	55.5	脇野沢村沖	無標識	
7	H8.6.13	8,500	55.5	脇野沢村沖	無標識	
8	H9.6.13	40,000	64.0	脇野沢村沖	52千尾右腹鰭切除	合計0.01
8	H9.6.13	40,000	73.0	脇野沢村沖	52千尾右腹鰭切除	
8	H9.6.13	28,000	69.0	脇野沢村沖	無標識	
8	H9.6.13	10,000	65.0	脇野沢村沖	無標識	
8	H9.6.13	15,000	72.0	脇野沢村沖	無標識	
8	H9.6.13	15,000	72.0	脇野沢村沖	無標識	
9	H10.6.19	28,400	55.0	脇野沢村沖	55千尾左腹鰭切除	合計0.01
9	H10.6.19	39,300	48.0	脇野沢村沖	55千尾左腹鰭切除	
9	H10.6.19	26,000	51.0	脇野沢村沖	無標識	
9	H10.6.19	27,000	52.0	脇野沢村沖	無標識	
9	H10.6.19	20,000	55.0	脇野沢村沖	無標識	
9	H10.6.19	45,000	53.0	脇野沢村沖	無標識	
計		786,100				

平成9、10年度に57尾の再捕が確認されており、累積再捕率は若干これより上昇する。

とも生産種苗そのものや放流技術に原因があるのか不明である。

しかし、再捕率が向上しない原因として、青森県側の漁法では、冬季成魚として産卵回帰する親魚のみを漁獲対象としているため、当歳魚、1歳魚を混獲する漁法が無く、幼魚、未成魚時期の再捕情報が入手しにくい事があげられる。陸奥湾産卵系群の移動回遊先と思われる北海道恵山日浦沖では1998年4月に初めて1尾産卵後の人工種苗が確認されており、今後この再捕率の向上のためには、北海道恵山周辺水域を含めた北海道側の市場調査等を実施して標識魚発見に努める必要があると考えられた。

## II 親魚・成魚保護関連調査結果

### ① 親魚の回帰状況と稚仔の発生について

陸奥湾での漁獲量の推移(図1)と、前述した高津<sup>3)</sup>の陸奥湾内でのマダラ稚魚の資源量指数(表2)を比較すると、

1995年(平成7年)の産卵親魚漁獲量がここ近年

では若干増加した年であるが、その年のマダラ稚魚豊度は過去8カ年中第4番目と決して高い値ではなく、むしろその後産卵親魚の漁獲量が減少しているにもかかわらず、稚魚豊度は上向いている。結果としては、親魚の回帰量(陸奥湾での漁獲量)と稚仔の資源量に相関は見られていない。

マダラの放卵数量は莫大な数であり、放卵後の孵化率や孵化した稚仔魚の生残率の方がむしろ稚仔魚のその後の資源量を左右すると考えられる。このことから、ある程度の親魚、卵数が確保され、環境要因が良ければ一気に資源が回復して卓越年級群が発生する可能性もあると考えられた。

マダラは冷水性の魚類で、近年の暖冬傾向にある中で陸奥湾産卵系群マダラの資源水準は全体として低位にある。産卵親魚は桜井ら<sup>4)</sup>によると、陸奥湾への来遊適水温は11.5℃で、湾内の水温が高く、津軽海峡と陸奥湾との間に甚だしい不連続線があれば、マダラは湾外で産卵して去ることもあると報告している他、涌坪<sup>5)</sup>が、陸奥湾でマダラ漁獲量と冬季平均気温(図4)には明確な関係があると述

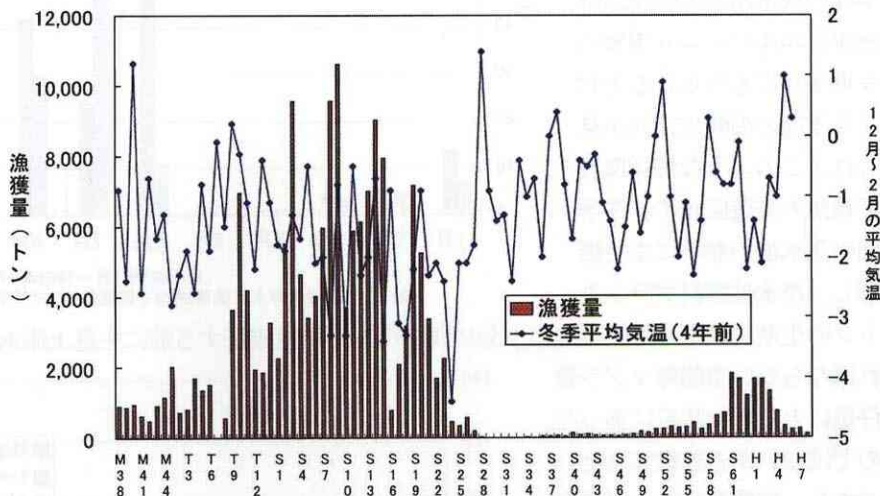


図4 陸奥湾内のマダラ漁獲量と4年間ずらした冬季平均気温関係

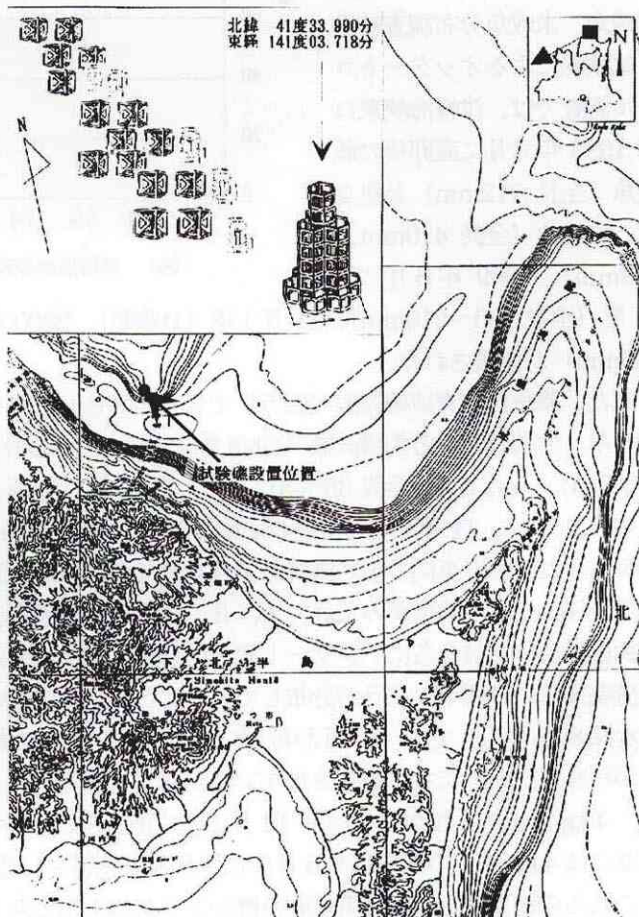


図5 保護試験礁設置位置



べており、親魚の産卵回遊にしても稚仔の発生、生存にしても気象海況が影響を与えていると考えられる。昭和 59 年に観測された冬季間の異常冷水の接岸以降、海況はエルニーニョ現象の長期多発にもみられるとおり冬季間の温暖化傾向が見られ、このような海洋環境が親魚の来遊阻止や、冬季間の高水温が春季にまで影響し、冷水性餌料プランク

トンの生産力低下や孵化稚魚が十分に陸奥湾内で摂餌成長する前に生息上限水温になり湾外へ移動しなければならぬ事態等マダラ稚

仔魚にとり悪い状況にあったのではないかと推察された。つまり、気候変動はマダラ資源の再生産に強いインパクトを与えるものと考えられる。

#### ②成魚、未成魚分布調査結果

試験船によるオッターロール調査では、津軽海峡東口で 1998 年 3 月に産卵後の雌親魚（全長 712mm）と他 2 尾の未成魚（全長 410mm、208mm）、1999 年 6 月には 10 尾（全長 160~210mm）、11 月 1 尾（0 歳魚）、2000 年 2 月には大畑沖北海道側で 7 尾（全長 375~685mm）が漁獲された。

また、親魚保護育成礁施設（図 5）で 3 ヶ年実施した ROV による調査ではマダラの魚影は確認出来なかった。漁業者による釣獲試験（1998 年 4 月から 1999 年 12 月）では、保護試験礁周辺で 2 月 1 尾（全長 35cm）、5 月 3 尾（全長 35~40cm）、7 月 1 尾（全長 45cm）、8 月 1 尾（全長 60cm）、9 月 6 尾（全長 40~60cm）、11 月 1 尾（全長 60cm）、12 月 2 尾（全長 40~60cm）の漁獲があった。また津軽海峡尻屋崎以西大間崎以東間の天然礁でも 7 月 6 尾（全長 45~100cm）、8 月 1 尾（全長 60cm）、10 月 4 尾（全長 30~80cm）の釣獲がみられ、1, 3, 4 月を除く通年、マダラの分布が確認された。この他、大畑一本釣協議会の会員 8 名にアンケート調査（1998 年 1 月から 1999 年 1 月対象、図 6, 7）結果からも、津軽海峡東部には周年マダラが分布していること、水深の浅い所にある人工魚礁漁場（大型魚礁、人工魚礁で水深 80m 付近）では、10 月から 12 月にかけて 4kg 以上の大型魚が漁獲され、4kg 以下の小型魚は 6 月から 8 月にかけて主に漁獲されていたがほぼ周年見られ、水深の深い所（180m 以深）にある天然礁では、4kg 以上の大型魚はやはり 12 月に多く漁獲されていたが 6 月から 10 月にも漁獲されており、その時期には 4kg 以下の未成魚も 6 月から 8 月頃に漁獲されることが判明した。

これらの結果から、陸奥湾産卵系群かどうかは不明であるが、少なくとも津軽海峡東部海域には周年マダラが存在していることが判明した。

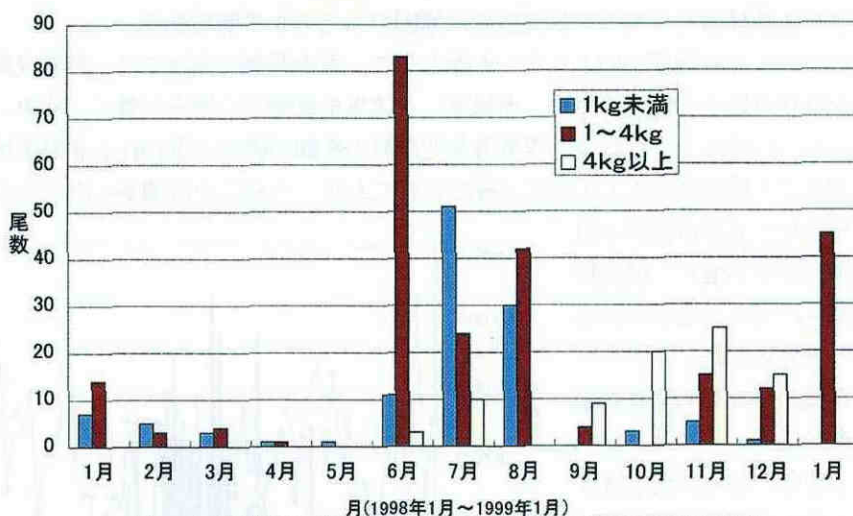


図6 大畑沿岸の人工魚礁漁場で釣獲されたマダラの月別体重範囲別個体数

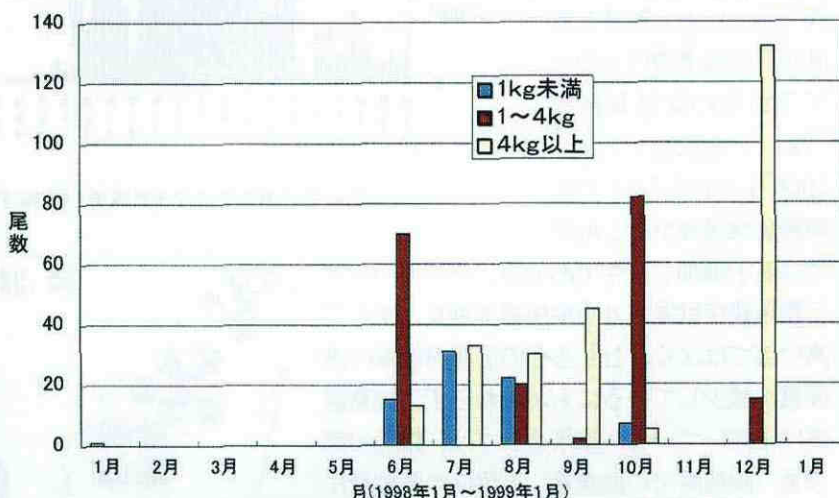


図7 大畑沿岸の天然礁で釣獲されたマダラの月別体重範囲別個体数

また、陸奥湾産卵系群の移動回遊先の可能性があると考えられる釧路市場及び釧路機船漁業協同組合の水揚げ記録を調査した結果、本県では陸奥湾や日本海側でも漁獲されない1kg未満（全長46cm程度）やささらに小さい0.5kg前後（全長41cm）の小型サイズが漁獲されていることが判明した。これらの漁獲データと購入したマダラの年齢査定

発生年級	マダラ年級別水揚げ尾数							釧路市場	
	7才	6才	5才	4才	3才	2才	1才	計	
1984年	109	2,914	15,580	158,507	421,012	533,287	95,580	1,226,988	1.00
1985年	114	2,939	15,580	158,507	421,012	533,287	95,580	1,227,019	1.00
1986年	106	3,355	17,572	158,507	421,012	533,287	95,580	1,229,420	1.00
1987年	92	2,668	19,198	199,685	421,012	533,287	95,580	1,271,527	1.04
1988年	81	2,257	11,737	185,229	545,428	533,287	95,580	1,373,610	1.12
1989年	117	3,098	9,135	95,649	417,911	643,665	95,580	1,265,119	1.03
1990年	103	2,648	16,094	143,617	264,928	430,727	77,098	935,230	0.76
1991年	103	3,430	20,831	206,170	455,909	510,580	76,350	1,273,373	1.04
1992年	103	2,914	14,491	184,371	580,234	561,198	64,626	1,407,936	1.15
1993年	103	2,914	15,580	94,831	312,173	609,382	78,996	1,113,978	0.91
1994年	103	2,914	15,580	158,507	370,500	389,547	75,265	1,012,415	0.83
1995年	103	2,914	15,580	158,507	421,012	587,908	184,058	1,370,081	1.12
1996年	103	2,914	15,580	158,507	421,012	533,287	112,667	1,244,069	1.01
小計	718	20,395	109,059	1,109,551	2,947,083	3,733,007	669,060	15,950,765	
平均	103	2,914	15,580	158,507	421,012	533,287	95,580	1,226,982	1.00

但し年齢は漁獲時の年齢

結果から、1997年9月～1999年5月までの釧路市場でのマダラの年級別水揚げ数量を推定したところ（表4）、1992年級群がおよそ140万尾、1995年級が137万尾と比較的多い年であったが、表2と比較しても陸奥湾での稚魚の発生量との関連は見られなかった。

### ③親魚保護試験礁設置試験

前述したとおり、親魚保護育成礁での釣獲試験や、北海道大学水産学部生産システム設計学講座に委託して行った底延縄試験（2000年3月調査時に保護試験礁から600m以内でマダラ2尾釣獲）により、マダラ親魚未成魚の海中構築物への蝟集効果が確認された。ROVによる調査では、現在までマダラを確認してはいないが、北海道後志支庁島牧村沖で行われた特定魚種漁場整備開発調査マダラ調査報告書<sup>6)</sup>でも同じように面構造を持つ施設にマダラが蝟集する結果が出ており蝟集効果はあると判断される。

しかし、北海道島牧村の事例<sup>7)</sup>では、島牧沖に産卵回遊に来るマダラ系群は一つであり、マダラが強い産卵回帰性を持つことから、産卵期前後の親魚蝟集と、索餌期の親魚で沖合を大回遊せずに天然礁に根付く根ダラを蝟集増殖することで、産卵親魚の確保及び漁獲向上を期待しているが、これまで本県では、津軽海峡内のマダラについての調査は殆どされていない。この海峡内のマダラの系群が陸奥湾産卵系群なのかどうか、陸奥湾産卵系群も島牧村の事例のとおり根ダラとして津軽海峡内に留まるのかどうか全く不明であり、前述したとおり現状では幼稚仔保護礁としての沿整事業展開が難しいことを考えると、この2点を早急に解明して北海道方式での沿整事業化が最も現実的と判断される。

### ④陸奥湾産卵系群の回遊経路と系群判別について

青森県水産増殖センターが主体となり、昭和53年から平成8年（データが紛失した昭和59年から60年を除く）の間に陸奥湾（主として佐井村南部と脇野沢村）から2,658尾、太平洋側百石沖から121尾、日本海側岩崎沖から129尾の親魚標識放流を実施している。

陸奥湾から放流された2,658尾のうち、再捕個体が237尾（不明1尾除く）で再捕率は8.9%と人工種苗標識放流魚の再捕率よりもかなり高い結果であった（表5、図8）。このことからマダラ成魚への漁獲圧が相当高いことが推察された。再捕個体の報告率が変わらず標識の脱落が無いものと仮定して、陸奥湾内で翌漁期の再捕が61尾2.37%、翌々漁期以降の再捕が4尾で0.15%なので、この再捕率の減少率を陸奥湾とその回遊海域での資源減少率（自然死亡+漁獲）と考えると、資源減少率は $(2.37 - 0.15) / 2.37 \times 100 = 93.7\%$ となり、かなり高い資源減少率と考えられた。特に親魚は害敵が少ないことから自然死亡率は小さいものと思われ、この資源減少率の殆どは漁獲によるものと考えられた。陸奥湾以外では、51尾が再捕され、そのうち恵山周辺から室蘭、襟裳岬以西では28尾1.05%、道東海域で10尾0.37%、松前以西で11尾0.45%であった。特に恵山周辺での再捕が多く、恵山周辺での再捕日数をみると放流後1、2ヶ月目と翌漁期の再捕が多く、このことから陸奥湾産卵群が恵山周辺沖を通過経路にしていると判断された。また、その後の再捕日数の推移をみると室蘭から襟裳岬周辺では2、3ヶ月後、道東釧路沖合に3ヶ月後と、道東海域まで3ヶ月程度かけて移動していたものと判断される。ただし、道東沖での再捕は陸奥

湾産卵系群の資源状態が比較的良かった昭和63年以前に限られていた。このことから、道東海域への陸奥湾産卵系群の回遊量と資源量とは密接に関連していると考えられる。その他、室蘭沖の137日目や恵山沖の111目など回遊時期から外れて漁獲されている個体もあり、根ダラとして居着く可能性も窺えた。

表5 陸奥湾からのマダラ成魚標識放流、再捕状況表

放流年度	放流尾数	再捕尾数	再捕率	陸奥湾での再捕状況				陸奥湾以外での再捕状況(例を過ぎ1年以内で再捕されている)															
				放流漁場	近海	遠海	計	本州日本海側	本州太平洋側	渡島半島	道南	道北	道東	道庁	計								
s63	15	5	33.3	3	2		5																0
s64	56	11	19.6	3	8		11																1
s65	80	6	10.0	4	1		5																2
s66	57	12	21.1	8	2		10																5
s67	317	32	10.1	21	8		27																1
s68	319	2	0.6				1																0
s69	320	14	4.4	14			14																0
s60	371	50	13.5	21	13		36																14
h1	150	28	17.3	8	8		16																10
h2	171	18	10.4	8	2		10																6
h3	348	24	6.8	14	7		21																3
h4	98	7	7.3	2	3		5																2
h5	198	12	6.1	3	4		7																4
h6	70	11	15.7	5	4		9																2
h7	58	7	12.1	5	1		6																1
h8	55	2	3.6	2	0		2																0
計	2,858	237	8.9	121	61		188																51

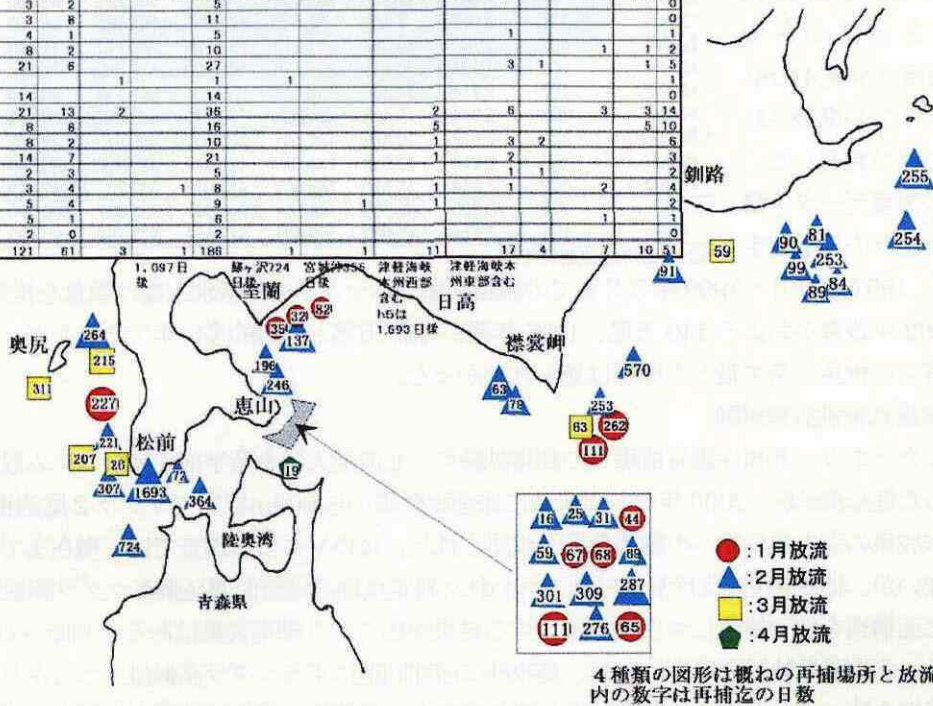


図8 陸奥湾放流群の湾外再捕状況 355 宮城県沖

また、陸奥湾産卵系群マダラの大半は北海道太平洋側に回遊するが、一部は北海道道南日本海側にも回遊し、太平洋側の回遊群は1月に、また日本海に回遊する群はそれより遅い3月頃に産卵回帰のピークがあることが判明した。

菅野ら<sup>6)</sup>によると、青森県周辺のマダラ系群を脊椎骨数で判別した結果、陸奥湾産卵系群は陸奥湾から恵山、襟裳岬までの陸奥湾日高湾系群で、襟裳岬以東の系群とは別であること、青森県日本海側の系群も恵山付近の系群とは異なると述べている。しかし前述した標識放流結果では陸奥湾産卵系群の親魚は渡島半島西部以北日本海側や襟裳岬

表6 日本海岩崎からのマダラ成魚標識放流、再捕状況表

放流年度	放流尾数	再捕尾数	再捕率	放流漁場付近での再捕(放流直後の)	岩崎以外での再捕状況(例を過ぎ1年以内で再捕されている)		
					北海道日本海側	本州日本海側	計
h2	105	18	15.2	8	1	7	8
h3	22	3	13.6	1	1	1	2
h4	2	1	50.0	1			0
計	129	20	15.5	10	2	8	10



図9 日本海側放流群の放流漁場外再捕状況

以東へも移動しており、これら海域では異なる系群が入り交じっている可能性も示唆された。

このほか、太平洋百石沖で放流された個体の再捕状況は再捕数が少ないため明確な傾向はつかめないが、

日本海岩崎村沖の放流結果(表6、図9)では、本州日本海北部の系群は陸奥湾産卵群とは分布域が異なると思われた。

⑤陸奥湾産卵系群の資源量について

本調査では、道東釧路海域の資源も陸奥湾産卵系群と考えて調査を実施したため、これまでの調査で判明した陸奥湾産卵系群マダラの最近の分布回遊域である襟裳岬以西～北海道渡島半島南部の海域についての漁獲動向を把握しておらず、この海域の資源量推定には至っていない。しかし、青森県が別の事業で委託した事業による菅野ら<sup>6)</sup>の報告によると、陸奥湾産卵系群としての陸奥湾・日高湾系群(陸奥湾から恵山、胆振周辺海域を主な分布域とする系群)の資源量は、重量では1991年に8,700トあった資源量が1997年には4,100トまで減少していた(図10)。これを資源尾数でみると1991年には370万尾で1996年に250万尾まで減少したが1997年には97年生れの資源尾数が増えて320万尾に若干増加したという結果がでている(図11)。近年漁獲量は低位横這いであるが、資源量は減少しており、このことは前述の標識魚再捕結果での結果でも述べたとおりかなり過度の漁獲圧力が陸奥湾産卵系群にかかっているためと判断された。

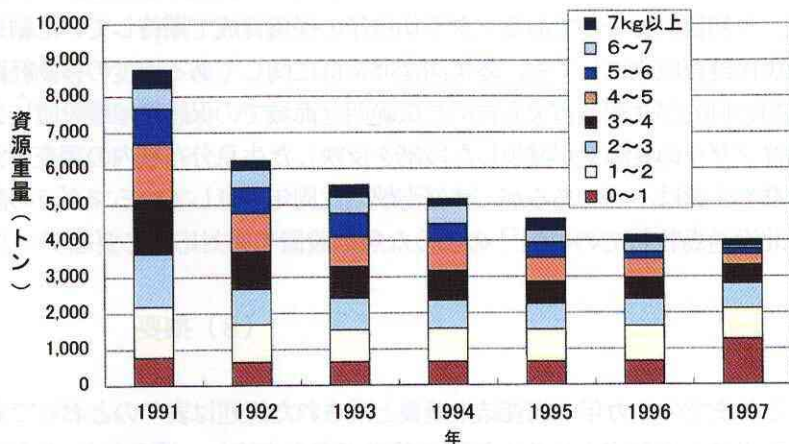


図10 WPAIにより推定されたマダラ陸奥湾日高湾系群の資源量

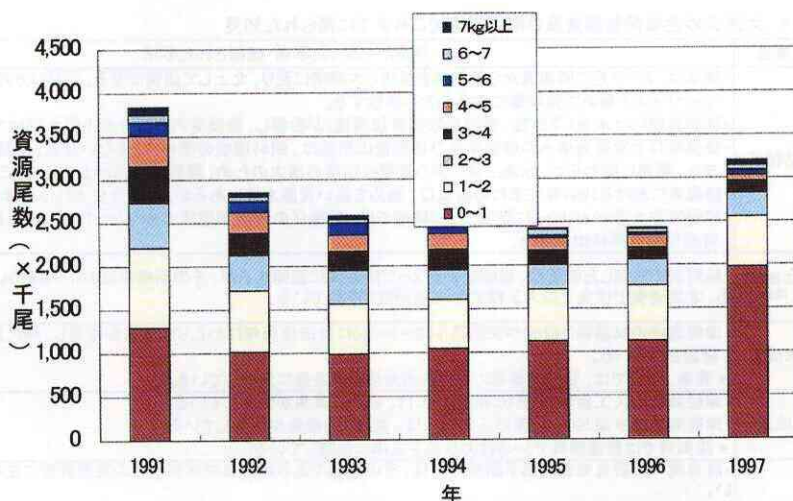


図11 WPAIにより推定されたマダラ陸奥湾日高湾系群の資源尾数

青森県のヒラメの場合を例にとると、近年漁獲量が増加した要因として大規模な種苗放流も一因であるが、段階的に漁獲全長制限を引き上げて(25cmから30cmを経て現在は35cm)漁獲開始年齢を遅らせることで最低でも1度は親として再生産(放卵放精)に関与させるという資源管理が現場まで浸透し実施されたからと考える。つまり、漁獲開始年齢を引き上げることで資源添加量を増加させ、さらに自然環境要因も追い風状態であったので順調に資源回復、漁獲量増加につながったと考えられる。菅野ら<sup>6)</sup>はマダラの場合も資源回復のためには漁獲開始年齢を引き上げる事が資源の適正な管理のために有効であると報告しており、沿岸漁場整備事業に加えてこのような管理を行う人づくりが重要と思われる。

以上親魚・成魚保護関連調査では、未成魚も含めて津軽海峡内での沿岸漁場造成事業による人工魚礁への蝟集効果が期待できると思われる。しかし、津軽海峡で天然礁や人工魚礁に根付いている親魚・成魚や未成魚が陸奥湾産卵系群であるのどうか不明であり、北海道島牧村の事例<sup>7)</sup>のように費用対効果を算定するためにはその部分のデータが不足していると考えられる。

なお、資源量が減少している陸奥湾産卵系群を産卵回遊経路に礁体を設置して蝟集、漁獲すれば今以上の資源の乱獲につながるため、資源管理対策も併せて検討しなければ効果は得られないと思われる。

## (7) 考察

本マダラ調査事業の期間内において、事業効果算定に必要なデータは得られなかった。その原因としては、当初目的の一つであるマダラ幼稚仔の保護育成で期待していた結果が全く得られなかったこと、親魚成魚保護育成礁にしても、陸奥湾産卵系群に関してある程度の移動経路や分布域のデータは得られたが、当初の目的が北海道道東も含めた広範囲な海域での保護増殖礁設置にあったため、実際近年の陸奥湾産卵系群マダラの資源量が減少した段階を反映した生息分布域内の調査を実施しなかったことによる。また、系群や生態は不明であるが、津軽海峡内に周年生息しているマダラの詳細な調査まで手が回らず、現実的な北海道島牧村での事例<sup>7)</sup>のような魚礁設置事業対応に必要なデータが得られなかったことによる。

## (8) 摘要

これまでの3カ年の調査結果概要と残された課題は表7のとおりである。青森県では水産庁の補助を受けて平成12年度より2カ年間の基礎調査を実施し、残された課題の究明にあたることとしている。

表7 大規模砂泥域開発調査及び関連調査でこれまでに得られた知見

項目	明らかになった事項・確認された事項	残された課題
幼稚仔	<ul style="list-style-type: none"> <li>稚魚は、6～7月に陸奥湾から佐井沖を經由し大間崎に至り、北上して道側に至る。主群は6月下旬頃全長60mmサイズで極めて短期間に佐井沖から移動する。</li> <li>移動時期には水温(浮遊性、底性甲殻類等餌環境)が影響し、陸奥湾内での分布上限水温は12℃である。</li> <li>陸奥湾口や津軽海峡への移動中及び移動後の稚魚は、餌料環境の悪化にともない成長、生残率が低下する。また、餌料に関わらず、水温上昇に伴う基礎代謝量の増大のため、陸奥湾生息時より痩せることがある。</li> <li>陸奥湾における1997年生まれの稚魚は、極めて高い資源水準にあるが、1999年生まれば平年並みであった。</li> <li>脇野沢沖水深20.40.60mに設置した試験礁では、幼稚仔の蛹集が確認出来なかったことから、礁体設置による育成効果は期待出来ない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>陸奥湾産卵系群稚魚の北海道側での移動、分布生態、生残率</li> <li>陸奥湾でのマダラ稚仔発生量とその後の漁獲動向との関連とその原因(自然+人為)</li> </ul>
人工種苗放流魚	<ul style="list-style-type: none"> <li>脇野沢で放流した稚魚は、産卵親魚となって陸奥湾に回帰するが、その回帰率は0.01～0.42%とかなり低水準である。北海道側で成魚での人工種苗の再捕が確認されている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>北海道側で人工種苗の採捕状況</li> <li>種苗放流、標識技術の改善</li> </ul>
未成魚	<ul style="list-style-type: none"> <li>津軽海峡の試験礁(161m)や天然礁(200～300m)にはほぼ周年にわたり未成魚が生息し、特に夏期に分布が確認されている。</li> <li>* 渡島、胆振では、延縄漁業等で0～2kgの未成魚を主体に漁獲している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>礁体単位空立米あたりのマダラ未成魚、成魚の蛹集量</li> </ul>
成魚	<ul style="list-style-type: none"> <li>津軽海峡の人工魚礁漁場(100m前後)には、冬期に成魚が蛹集している。</li> <li>津軽海峡の水深200m以深の天然礁には、夏期にも成魚が生息している。</li> <li>* 陸奥湾では底建網等で3～5齢の成魚を主体に漁獲している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>津軽海峡内に夏期に分布するマダラの系群確認及び回遊時期に礁体に蛹集するマダラの回遊経路の把握</li> </ul>
来遊親魚	<ul style="list-style-type: none"> <li>陸奥湾への親魚来遊時期や回帰尾数は、その経路である津軽海峡東部周辺の海況要因に左右される可能性が高い。</li> <li>標識放流データから、陸奥湾産卵群は道東釧路沖まで移動する群と量的に少ないが北海道渡島半島南部日本海側へ移動する群があり、陸奥湾での漁獲量が減少し始めた平成2年以降襟裳以東での採捕は確認できなかったことから、現状での陸奥湾産卵系群の分布域は北海道渡島半島南部日本海側から襟裳崎以西と考えられる。</li> <li>陸奥湾産卵系群の生活域の海況が温暖化傾向にある中で、陸奥湾産卵系群の資源量は減少傾向にある。</li> <li>来遊には「早い来遊」と「遅い来遊」の2パターンがあり、早期は道東回遊群、晚期は日本海回遊群が主体をなすと考えられる。早期群と晚期群の漁獲ピークが重複する傾向にある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>陸奥湾の漁獲増大には、早期群の増加が最も有効であるが、暖冬傾向等気象の影響や太平洋側より漁獲圧力が低い日本海回遊系群の増殖方法も考慮しながら対応する。</li> </ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>青森県沿岸には、陸奥湾産卵系群の他に、北部日本海系群、下北半島以南群があり、それぞれ独立した群である。</li> <li>* 陸奥湾、津軽海峡、渡島、胆振を1つの系群として考えた場合WAP法により推定した資源量は、平成3年度に8,700トンあったが、9年度には4,100トンまで減少した。</li> <li>* この系群の漁獲利用率は22～40%の範囲にあり、平成9年度の漁獲利用率の95%は北海道側によるものである。</li> <li>* この系群の漁獲量(来遊量)の増大には、漁獲開始年齢の引き上げが効果的であることが示された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>効果的な資源保護のためのソフト面での対応</li> </ul>

\*は青森県漁業管理課まだら資源増大対策事業結果に基づく

## (9) 引用文献

- 1) 高津哲也(1998)：陸奥湾におけるマダラ稚魚の生残過程 「水産海洋研究」62(2), 151-155
- 2) 高津哲也(1999)：マダラ稚魚胃内容物調査の結果報告 平成10年度第2回海域特性総合利用技術開発調査事業解析検討会資料
- 3) 高津哲也(2000)：マダラ稚魚餌生物環境調査報告 平成11年度第2回大規模砂泥域開発調査事業解

析検討会資料

- 4) 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」  
36(1), 40-54
- 5) 涌坪敏明(1997)：青森県陸奥湾におけるマダラ漁獲量および水温・気温の経年変動について、  
「水産海洋研究」61(1), 81-83
- 6) 菅野泰次、松石隆、上田祐司(1999)、まだら資源増大対策事業研究結果報告
- 7) 特定魚種漁場整備開発調査マダラ調査報告書(1995)、(社)全国沿岸漁業振興開発協会

参考文献

- ・マダラ増殖試験(1984)、青森県水産増殖センター事業報告 13、244-252
- ・福田慎作(1985)：マダラの生態と増殖、「昭和 59 年度東北ブロック増養殖研究連絡会議報告書」43-48