

石川県能登島沖に放流されたマダラ人工種苗の成長と移動

メタデータ	言語: Japanese
	出版者:
	公開日: 2025-04-24
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 森岡, 泰三, 山本, 和久, 堀田, 和夫, 大槻, 観三
	メールアドレス:
URL	所属:
	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014491

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



石川県能登島沖に放流されたマダラ人工種苗の成長と移動

森岡 泰三^{*1}・山本 和久^{*1}・堀田 和夫^{*2}・大槻 観三^{*1}

Growth and Migration of Cultured Cod Juveniles *Gadus macrocephalus* Released Off Notojima in Ishikawa Prefecture

Taizo MORIOKA, Kazuhisa YAMAMOTO,
Kazuo HOTTA, and Kanzo OTSUKI

1998年7月2日受理

マダラ (*Gadus macrocephalus*) は、北部太平洋・日本海・黄海・オホーツク海・ベーリング海に分布する冷水系の底棲性魚類である。本種の生息域の南限近くに位置する石川県の漁獲量は、表1に示すように1993年以降盛時の20%程度に相当する200-300トン台に低迷しており、マダラ漁専門の定置網(鱈網)が廃業するなどの問題が生じている。

我が国東北地方の日本海沿岸から北海道周辺海域に生息するマダラの移動・分布については、藤沢ら¹⁾、福田ら²⁾、早川ら³⁾などが報告しており、標識放流の結果から本種が産卵場への回帰性を有する魚種であることを示唆している。また、三宅ら⁴⁾、柴田⁵⁾、桜井ら⁶⁾は、日本海武蔵堆海域、青森県-秋田県沿岸、および青森県陸奥湾に來遊するマダラの年齢と成長の関係を明らかにしている。

一方、石川県能登島周辺の水深60m帯を中心とした海域には本種の産卵場があり、毎冬期に成熟した成魚が刺し網や定置網で漁獲され、1月下旬から3月上旬が産卵期であると推定されている⁷⁾。この海域に來遊するマダラの移動経路については、漁場の季節別分布に基づく推定⁸⁾および天然魚の標識放流調査からの推定⁹⁾があるが、完全な実態解明には至っていない。また、日本海マダラの成長式に関する記載もある⁸⁾が、能登半島周辺海

域に特定したものではなく、他資料¹⁰⁾からの引用であると思われる。

(社)日本栽培漁業協会能登島事業場では、1983年から本種資源の回復を目的に種苗生産技術開発¹¹⁾に取り組み、1985年から人工種苗の放流追跡調査を実施してきた¹²⁾。当時の放流追跡調査に用いた種苗の大部分は、放流直後から1-2カ月間の生態の解明を目的とした、全長約3cm-5cmの当歳魚であった。さらに、より長期にわたる移動・分布の解明を目的として1994年までの間に7回、6cm-25cmサイズの種苗の標識放流を実施した。しかし脱落率の高い標識を採用したこと、放流の尾数が少なかったことなどのために期待したような情報はほとんど得られなかった¹³⁾。

表1. 過去10年間のマダラ漁獲量(石川県)*

漁獲年 (年)	漁獲量 (トン)	漁獲年 (年)	漁獲量 (トン)
1986	983	1991	1,277
1987	1,101	1992	672
1988	843	1993	376
1989	1,192	1994	234
1990	1,415	1995	365

*石川県農林水産統計年報。

^{*1} 日本栽培漁業協会能登島事業場 〒926-0216 石川県鹿島郡能登島町字曲 (Japan Sea-Farming Association, Notojima, Ishikawa 926-0216, Japan).

^{*2} 富山県水産試験場 〒936-8536 富山県滑川市高塚 364.

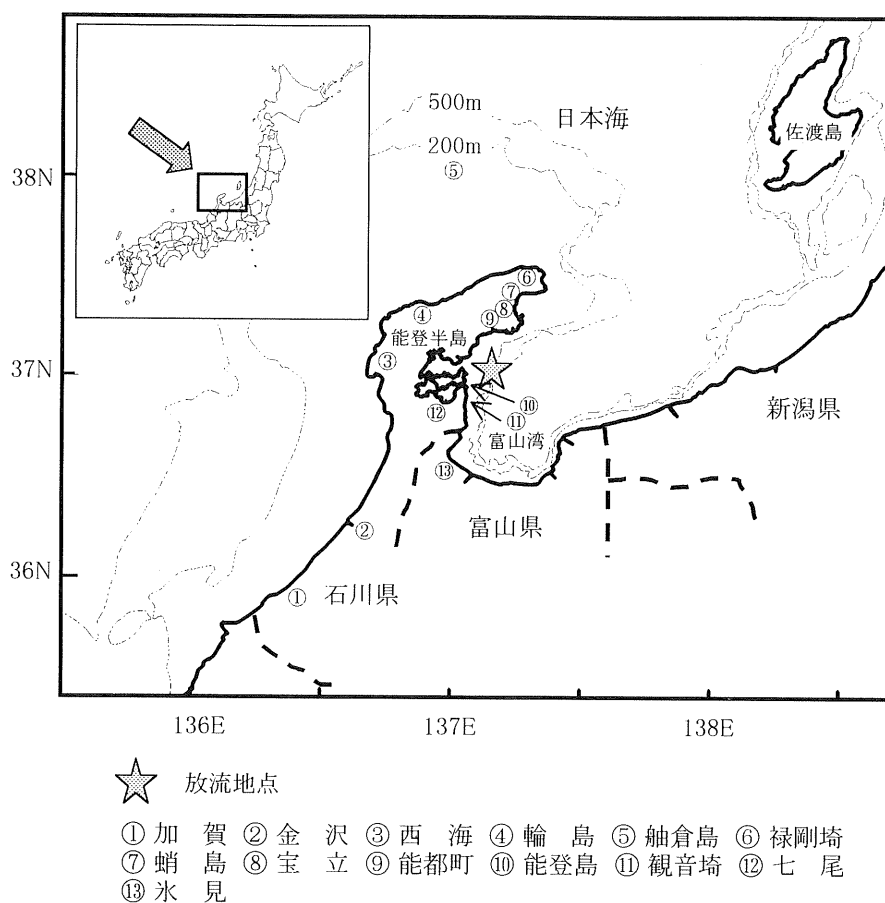


図 1. 放流地点および本報告で引用される主な地名

タグ標識は魚体への負担は大きいですが、漁業者からの再捕報告により、放流魚の移動や分布を把握できる利点がある。能登島事業場では冷却水槽を使用して種苗の越夏養成を行ってきたが、この結果では翌年 2 月の満 1 歳に達する時には全長 20 cm–25 cm に成長する。この 1 歳魚種苗にタグ標識を装着し、能登島沖の産卵場から産卵期に放流を行った事例が 1985 年–1995 年の間に 4 例ある。このうち 1995 年 2 月にタグ標識を装着して放流した 1,000 尾の 1 歳魚から、1997 年の春までに合計 79 尾が再捕され、富山湾から能登半島周辺海域のマダラの移動・分布の一端を知ることができた。また、この放流群と同じ群を富山県の深層水利用施設^{*3}で継続飼育しており¹⁴⁾、成長や成熟について放流魚と比較することができた。そこで、これまでに得られた知見を一旦取りまとめ、以下に報告することとした。

材料と方法

供試魚 放流に用いたマダラ人工種苗は、1994 年に能登島事業場の陸上水槽で生産し、水温 10℃ に機械冷却した循環濾過海水を用いて越夏養成したものである。越夏

表 2. マダラ 1 歳魚の放流実施状況

年月日	場所	平均全長	尾数	標識
1995 年 2 月 16 日	能登島沖 富山湾 (水深 70 m)	25.0 ±2.46 cm	1,000 尾	背骨型 ディスク 「ノト 95」刻印

養成では 30 尾/m³ の密度で飼育し、週 5 回、飽食量のオキアミおよびイカナゴを給餌した。1995 年 2 月 12 日、1 歳魚 1,000 尾を約 10 尾単位で麻酔しながら全長・体重を測定し、第 2、第 3 背鰭間の背筋部に「ノト 95」と刻印した背骨型ディスク標識を装着した。標識装着後、これらの放流用種苗を事業場の海上小割網生簀 (3×3×3 m, 実水量 20 m³) に収容し、4 日間オキアミ・イカナゴにより蓄養した。また、放流魚と同時に生産した種苗 50 尾を 6 月まで能登島事業場の陸上水槽で継続飼育した。

種苗放流 放流地点を図 1 に、放流実施状況を表 2 に示す。1995 年 2 月 16 日、海上小割網生簀で蓄養した上記放流用種苗 1,000 尾 (平均全長 25.0 cm) を日本海区水産研究所調査船「みずほ」丸 (156 トン) の甲板に設置した 1 m³ 水槽 3 基に均等に収用し、海水の掛け流しにより換水が続けながら能登島東方沖富山湾の放流地点 (水深 70 m) まで輸送し、海面上に放流した。

^{*3} 海洋産業研究会 (1991) 平成 2 年度・富山県委託事業「海洋深層水利用に関する調査」報告書。

表 3. 放流魚の個体別再捕記録*

個体 no.	再捕された 年 (年齢)	再捕された 月	経過 日数 (日)	再捕された場所								漁法	全長 (cm)
				東経		北緯		距離 (km)	水深 (m)				
1	1995 年 (1 歳)	2 月	1	137°	7′	39.7″	37°	9′	40.0″	4.0	80	刺網	
2			3	137°	14′	4.9″	37°	16′	13.8″	19.3	130	刺網	26
3			3	136°	59′	2.8″	37°	8′	59.3″	9.7	25	定置網	27
4			3	136°	59′	4.9″	37°	9′	1.1″	9.7	25	定置網	28
5			3	137°	10′	35.4″	37°	17′	37.0″	18.8	20	定置網	30
6			4	137°	6′	21.2″	37°	7′	6.6″	−2.4	75	刺網	31
7			4	137°	6′	23.0″	37°	7′	8.4″	−2.4	75	刺網	26
8			4	137°	5′	44.2″	37°	5′	10.0″	−5.8	30	定置網	
9			5	137°	10′	4.4″	37°	15′	52.6″	15.6	50	刺網	24
10			5	137°	12′	4.7″	37°	15′	37.1″	16.6	200	刺網	27
11			5	137°	3′	45.4″	37°	7′	42.6″	−2.9	37	定置網	23
12			5	137°	6′	7.9″	37°	14′	56.8″	12.4	8	定置網	24
13			5	137°	10′	27.8″	37°	16′	35.4″	17.0	65	定置網	31
14			6	137°	3′	42.5″	37°	11′	33.0″	6.7	18	定置網	25
15			6	137°	3′	58.3″	37°	11′	58.2″	7.2	18	定置網	21
16			6	137°	6′	29.2″	37°	6′	19.4″	−3.9	50	定置網	30
17			6	137°	6′	29.5″	37°	6′	19.8″	−3.9	70	定置網	
18			6	137°	1′	40.4″	37°	10′	48.7″	7.4	12	定置網	28
19			6	137°	4′	44.0″	37°	9′	17.6″	2.3	30	定置網	23
20			7	137°	10′	25.3″	37°	10′	26.0″	8.2	10	刺網	
21			7	137°	3′	47.2″	37°	7′	44.4″	−2.8	37	定置網	23
22			10	137°	12′	38.2″	37°	15′	26.3″	16.8	225	刺網	31
23			11	136°	59′	38.4″	37°	9′	59.4″	9.3	30	定置網	28
24			11	137°	3′	33.5″	37°	8′	0.2″	−3.0	30	定置網	24
25			12	137°	2′	46.3″	37°	6′	44.3″	−5.0	30	刺網	28
26			12	137°	4′	12.0″	37°	12′	23.8″	7.9	15	定置網	27
27		3 月	13	137°	13′	19.6″	37°	15′	9.0″	17.1	270	刺網	
28	13		137°	7′	31.1″	37°	12′	24.1″	8.2	80	刺網		
29	13		137°	11′	58.6″	37°	16′	59.2″	18.7	42	底ふくべ	29	
30	14		137°	11′	28.0″	37°	12′	35.6″	11.8	195	刺網	27	
31	14		137°	3′	2.9″	37°	12′	4.7″	8.0	4	刺網	25	
32	14		137°	7′	49.1″	37°	11′	16.1″	6.4	80	刺網		
33	15		137°	9′	43.9″	37°	10′	16.7″	7.1	200	刺網	25	
34	17		137°	4′	31.4″	37°	12′	31.7″	8.0	22	定置網		
35	18		137°	28′	2.6″	37°	19′	23.2″	39.0	230	刺網	31	
36	19		137°	15′	0.0″	37°	16′	29.6″	20.6	180	刺網		
37	19		137°	4′	9.8″	37°	12′	6.1″	7.4	22	定置網		
38	27		137°	21′	0.7″	37°	18′	11.5″	29.2	210	小型底曳	24	
39	27		137°	21′	2.5″	37°	18′	13.7″	29.3	210	小型底曳	28	
40	28		137°	12′	18.4″	37°	16′	4.1″	17.5	160	刺網	23	
41	28		137°	12′	22.3″	37°	15′	33.8″	16.8	160	刺網	26	
42		4 月	48	137°	12′	6.8″	37°	14′	15.0″	14.7	225	刺網	23
43	60		137°	15′	41.8″	37°	15′	55.1″	20.5	300	刺網	30	
44	73		137°	34′	0.1″	37°	25′	0.1″	52.1	250	小型底曳	28	
45		5 月	78	138°	5′	27.6″	37°	12′	18.4″	88.5	350	小型底曳	30
46	87		137°	31′	59.5″	37°	27′	4.3″	52.2	240	小型底曳	25	
47	87		137°	32′	42.0″	37°	27′	52.2″	54.0	260	小型底曳		
48	89		137°	15′	2.2″	37°	15′	16.9″	19.0	400	小型底曳	30	
49		9 月	209	137°	6′	6.8″	36°	50′	37.7″	−32.7	300	小型底曳	30
50		12 月	301	137°	9′	10.8″	37°	6′	52.9″	−5.9	200	刺網	35
51	306		137°	9′	10.4″	37°	9′	30.6″	5.8	200	刺網	35	
52	308		137°	9′	34.2″	37°	8′	40.2″	5.9	250	刺網		

表3のつづき

個体 no.	再捕された 年 (年齢)	月	経過 日数 (日)	再 捕 さ れ た 場 所								漁法	全長 (cm)
				東経		北緯		距離 (km)	水深 (m)				
53	1996 年 (2 歳)	1 月	328	137°	6′	55.4″	37°	3′	55.8″	−8.3	350	刺網	32
54			328	137°	6′	14.0″	37°	3′	21.2″	−9.2	350	刺網	35
55			335	137°	11′	51.4″	37°	12′	59.4″	12.7	230	刺網	38
56			336	137°	8′	15.7″	37°	6′	0.0″	−5.8	188	刺網	37
57			337	137°	11′	48.8″	37°	15′	57.6″	16.9	120	刺網	42
58			340	137°	12′	26.3″	37°	15′	49.7″	17.2	120	刺網	42
59			344	137°	9′	49.0″	37°	12′	57.6″	10.7	150	刺網	41
60			347	137°	19′	8.4″	37°	17′	40.9″	26.5	300	刺網	
61		2 月	369	137°	25′	40.1″	37°	33′	29.9″	55.3	320	刺網	38
62			372	137°	11′	1.0″	37°	15′	12.2″	15.1	120	刺網	
63			377	137°	13′	33.2″	37°	16′	22.4″	19.0	150	刺網	45
64		3 月	388	137°	6′	34.2″	36°	57′	27.0″	−20.1	250	延縄	40
65			397	137°	31′	41.2″	37°	27′	33.5″	52.5	210	小型底曳	43
66		4 月	440	137°	23′	29.0″	37°	51′	58.3″	85.1	200	小型底曳	
67		6 月	477	137°	34′	33.2″	37°	27′	20.2″	55.4	255	小型底曳	49
68		7 月	515	137°	9′	50.8″	37°	9′	45.4″	6.9	300	刺網	
69			515	137°	51′	38.5″	37°	4′	12.0″	−68.2	230	刺網	
70		12 月	662	137°	7′	58.8″	37°	6′	47.9″	−4.5	150	刺網	55
71			666	137°	8′	6.0″	37°	6′	0.4″	−5.6	150	刺網	51
72			680	137°	8′	30.1″	37°	5′	13.2″	−7.1	300	刺網	54
73			680	137°	8′	42.0″	37°	5′	16.8″	−7.2	300	刺網	
74			680	137°	8′	36.6″	37°	5′	6.0″	−7.4	300	刺網	
75	1997 年 (3 歳)	1 月	704	137°	9′	0.0″	37°	7′	0.1″	−5.6	220	刺網	56
76			706	137°	31′	0.1″	37°	21′	0.0″	44.2	250	刺網	
77		2 月	728	137°	19′	59.9″	37°	18′	0.0″	27.8	300	刺網	
78			729	137°	31′	0.1″	36°	58′	59.9″	−41.2	200	刺網	62
79		3 月	769	137°	25′	59.9″	37°	48′	0.0″	79.5	210	小型底曳	54

*経過日数は放流後の経過日数を示す。

距離は放流点と再捕地点との間の直線距離を示し、南方で再捕された個体に負(−)の値を用いた。

深層水利用施設における飼育 1995年6月22日、能登島事業場での継続飼育で生き残った1歳魚38尾(平均全長34.7cm)を富山県水産試験場(富山県滑川市)に陸上輸送し、20m³屋外円形水槽(実水量15m³, 95%遮光ネット付き)に収容した。そして海洋深層水(水深321mから取水、水温3–6℃)を用い、同水試と共同で成長・成熟試験を実施した(以降、深層水飼育群と称す)。飼育では1日当たり100m³の海水をかけ流し、イカ・オキアミ・イカナゴを1日2回魚体重の3%を目安に給餌した。各個体の背筋部にピットタグを打注し、個体識別を可能とした。

深層水飼育群の成長、成熟調査および性比の推定 上記深層水飼育群について以下の要領で情報を収集した。

1. 成長 1997年3月6日まで、約3カ月に1回の間隔で全個体の全長・体重を測定した。

2. 成熟 上記測定時に腹部を軽く圧迫して放卵・放精の有無を観察し、さらにこの観察結果を確認するために1997年3月6日および3月31日から各15日間、腹部を軽く押すだけで放精する雄3尾と腹部が膨満している雌

3尾を35m³水槽に収容し、自然産卵の有無を観察した。これらの観察の結果、放卵・放精や自然産卵を行う個体と行わない個体が認められた。ここでは、腹部圧迫による放卵・放精または自然産卵が認められた個体を成熟個体とみなした。

3. 性比 腹部圧迫による放卵・放精の確認、および斃死魚の生殖腺の観察結果から雌雄比を推定した。

放流魚の追跡調査 漁業者の再捕報告による追跡調査を実施した。標識放流に際し、福井県から青森県にかけての試験研究機関、および福井県から新潟県にかけての漁業協同組合に文書で追跡調査の協力を要請した。放流魚が再捕された場合は、再捕した年月日、全長、場所と水深、漁法および再捕者の氏名、連絡先を記入した再捕報告用紙を、日本栽培漁業協会あるいは最寄りの試験研究機関に送付するよう依頼した。また、1995年2月–3月、1996年および1997年の1月–3月には、放流点付近の鰻目漁協市場(現、ななか漁協鰻目支所、以下同様)で放流魚の水揚状況調査を実施した。この調査では再捕された個体の成熟状況および天然魚との混獲状況を確認し

た。

満年齢時の設定 放流群の誕生日, すなわち 1994 年 1 月 27 日を年齢の区切りに用いることが考えられる。しかしながら, 本報告の主な目的は富山湾に生息する天然マダラの資源生態を解明するための情報を得ることにある。このため天然魚の年齢の区切り方に基づいて満年齢を設定することにした。天然魚では, 例えばマダイ¹⁵⁾のように, 産卵期のピークに誕生日を設定することが一般的である。一方, 冬期に産卵が行われる魚種については, 便宜上 1 月 1 日を年齢の区切りに用いることがあり, マダラについても適用されている¹⁶⁾。以上の理由から, 本報告においても 1 月 1 日を年齢の区切りに用いて解析を進めることにする。

結 果

再捕の概要 放流魚の再捕状況を表 3 に示す。1 歳時に 52 尾, 2 歳時に 22 尾, 3 歳時に 5 尾が再捕され, 調査期間内に合計 79 尾(再捕率 7.9%) が再捕された。再捕尾数は時間経過とともに減少したが, 冬期(12 月-3 月)に多く, それ以外の時期に少ない傾向が認められた。漁法別の再捕割合は, 刺し網が 58.2% と最も高く, 以下, 定置網 24.1%, 小型底曳き網 15.2%, その他 2.5% の順であった。

鰻目漁協市場における調査から, 放流魚は放流後 10 日以内に水深 75 m-80 m 帯の刺し網で 3 尾が, 水深 30 m 帯の定置網で 1 尾が再捕されたことがわかった。また, 1995 年(放流年) 12 月に 1 歳魚 2 尾, 翌年の 1996 年

12 月に 2 歳魚 2 尾が水深 150 m-200 m 帯の刺し網で再捕されたことがわかった。12 月に再捕された放流魚は, いずれも複数の天然魚と混獲されたことを聞き取りにより確認した。さらに, 3 歳に達した 1997 年 1 月 20 日に水深 220 m 帯の刺し網で雄 1 尾が 6 尾の天然魚(全長 40 cm-70 cm)とともに再捕されたことを確認した。

再捕魚の成長 放流群および深層水飼育群の再捕(測定)時期と全長との関係を図 2 に示す。

放流時平均全長 25.0 cm であった放流群は, 満 2 歳で約 37.4 cm (1995 年 12 月-翌年 1 月までの再捕データの平均値) に達し, 満 3 歳前後で約 54.0 cm (同, 1996 年 12 月-翌年 1 月の再捕データの平均値) に達した。

放流後再捕されるまでの経過日数(t)と再捕時全長(TL)と間には, 近似的に

$$TL = 26.21 \times e^{0.0012t} \quad (0 \leq t \leq 774)$$

の関係が成立した。 $t=0$ は放流した日であり, $t=774$ は調査終了日(1997 年 3 月 31 日)である。

一方深層水飼育群は, 飼育を開始した 1995 年 6 月 22 日に平均全長 34.7 cm であったものが, 2 歳の 2 月 29 日に 46.5 cm に達し, 3 歳の 3 月 6 日で 62.1 cm に達した。

深層水飼育群では, 近似的に

$$TL = 30.68 \times e^{0.0011t} \quad (126 \leq t \leq 749)$$

の関係が成立した。 $t=126$ は飼育開始日であり, $t=749$ は最終測定日である。

両群の回帰式を対数変換して得た直線式(放流群については $R^2=0.82$, 深層水飼育群では $R^2=0.81$)について, 回帰係数と切片の差の有意性を共分散分析¹⁷⁾により検討したところ, 後者にのみ有意差が認められた($p < 0.01$)。深層水利用施設で飼育を開始した時点における放流群および深層水飼育群の計算全長は 30.5 cm および 35.2 cm, 両者の差は 4.7 cm であった。

再捕の時空分布

1. 再捕水深 再捕時期と再捕水深との関係を図 3 に示

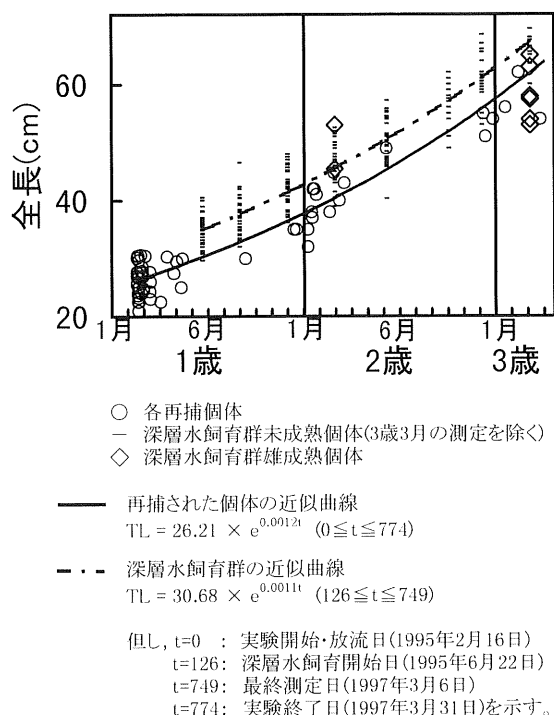


図 2. 再捕(測定)時期と全長との関係

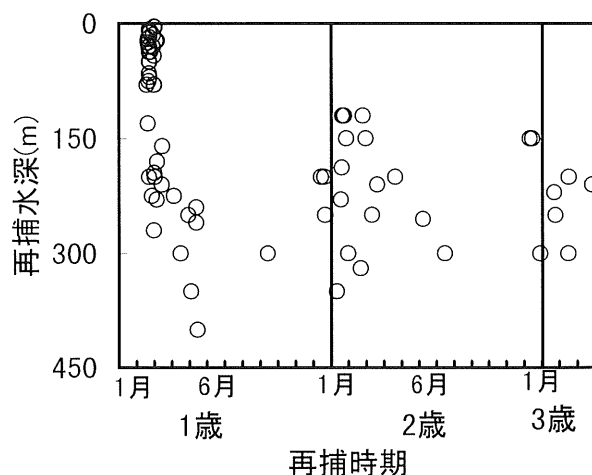
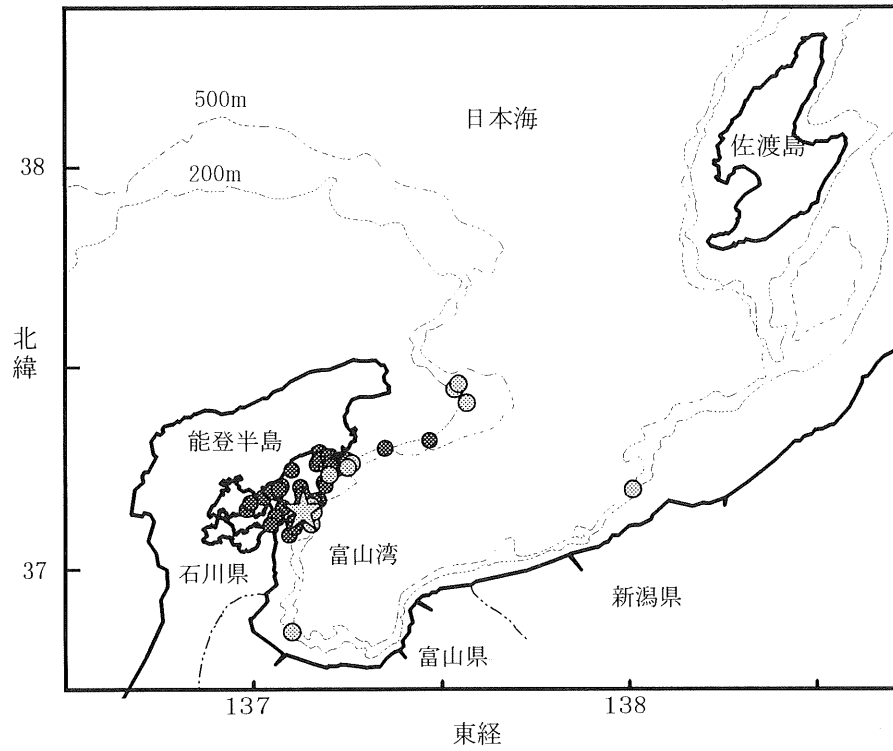
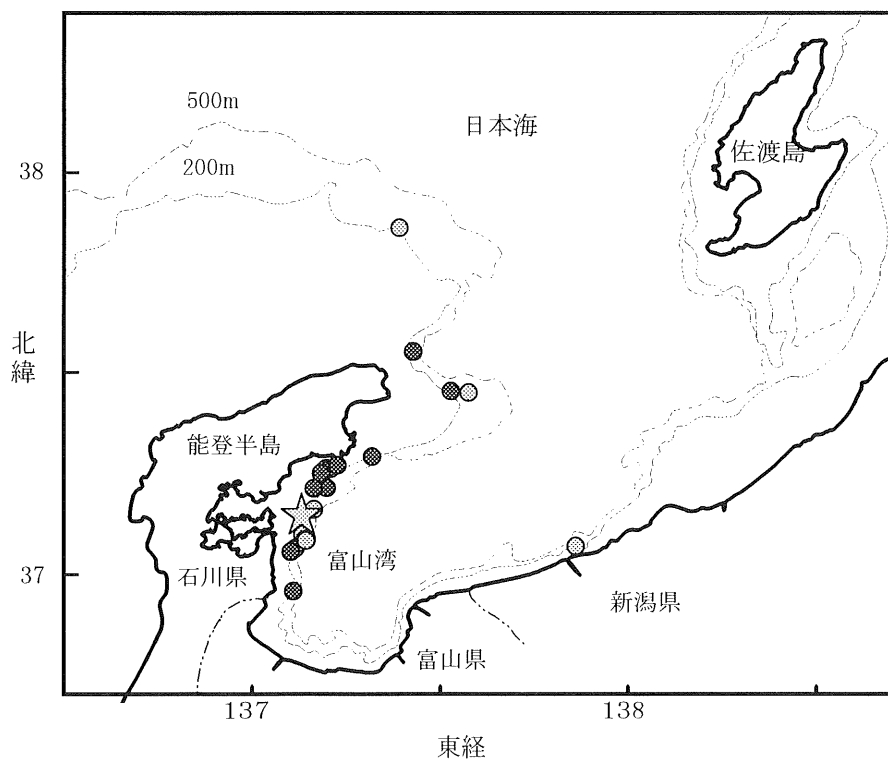


図 3. 再捕時期と再捕水深との関係



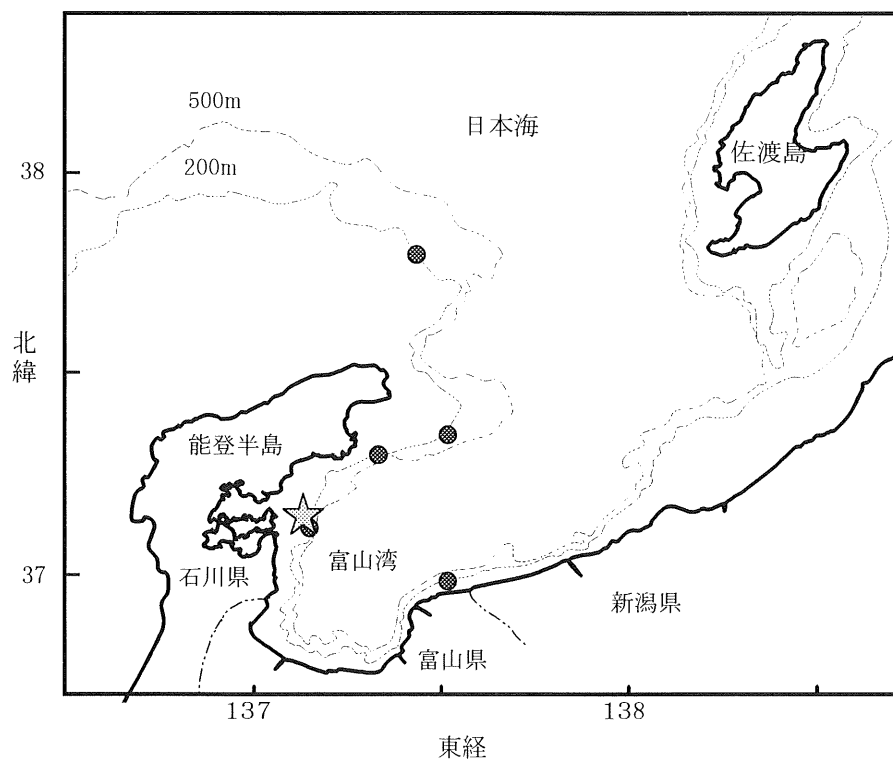
☆ 放流地点 ● 産卵期の再捕地点 ○ 産卵期以外の再捕地点

図4. 1歳魚の再捕地点



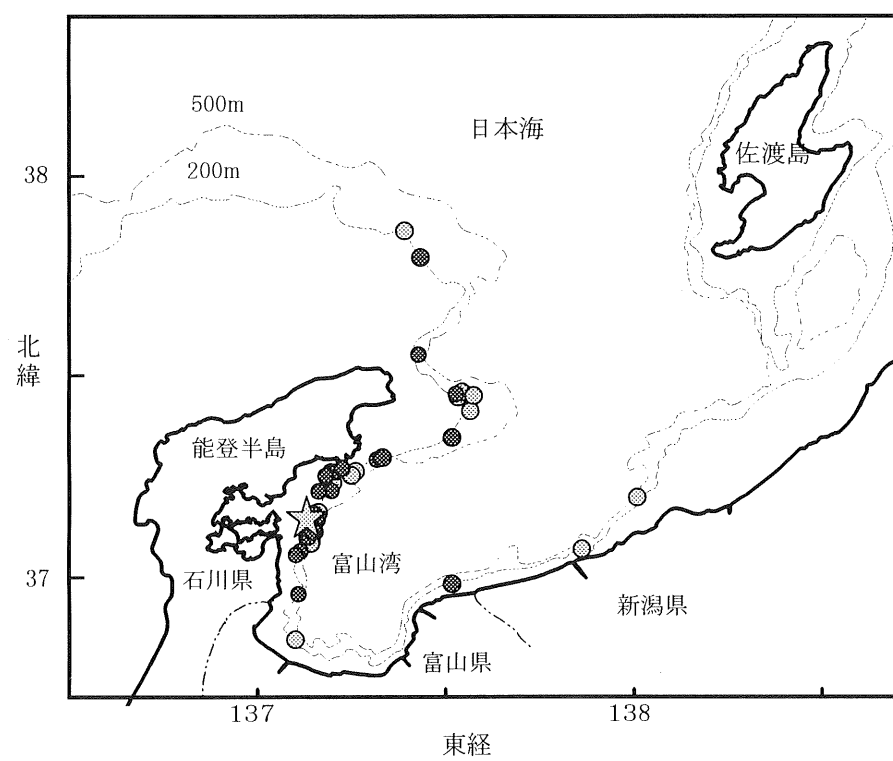
☆ 放流地点 ● 産卵期の再捕地点 ○ 産卵期以外の再捕地点

図5. 2歳魚の再捕地点



☆ 放流地点 ● 産卵期の再捕地点

図6. 3歳魚の再捕地点



☆ 放流地点 ● 産卵期の再捕地点 ○ 産卵期以外の再捕地点

図7. 放流年4月以降満3歳に達するまでの間での全ての再捕地点

す。放流した直後の2月には26尾中23尾が放流点周辺の100 m以浅で再捕されたが、3月には15尾中9尾が160 m-270 m帯で再捕された。4月以降12月までは11尾中10尾が200 m-400 mで再捕された。2歳魚となった1996年の産卵期には7尾が210 m-350 m帯で、また、6尾が産卵場に極めて近い海域の水深120 m-180 m帯で再捕された。4月以降水深帯は200 m-300 mとなったが、12月に3尾が300 m帯で、さらに2尾が産卵場に極めて近い海域の150 m帯で再捕された。3歳魚となった1997年の産卵期には5尾が200 m-300 mで再捕されたが、200 m以浅からの再捕報告は得られなかった。

2. 再捕水域の拡がり 1歳、2歳および3歳時の再捕地点を、産卵期とそれ以外の時期に分けて図4、図5、図6に示す。1歳魚は放流後約1カ月間放流点付近で再捕され、産卵期以外の時期は能登半島東部沖-新潟県西部沖にかけての陸棚辺縁部-斜面で再捕された。2歳時の産卵期には能登半島東部沖で再捕され、放流点を中心とした15 km以内の再捕がこの時期の50%を占めた。それ以降再捕海域は再び拡大し、能登半島北東沖-新潟県西部沖にかけての陸棚辺縁部-斜面で再捕された。3歳時の産卵期には、能登半島北東沖-富山・新潟県境沖の陸棚辺縁部-斜面で再捕された。

以上、放流後約1カ月間の再捕は放流地点付近に集中したが、その後満3歳に達するまでの間は、図7に示すように、能登半島北東沖-半島東部沖の陸棚辺縁部-斜面が主たる再捕域であり、その拡がりの東縁は新潟県西部沖であった。

成熟 鰻目漁協市場調査において、2歳時の1996年1月に2尾（雌全長32 cm、雄35 cm）、3歳時の1997年1月20日に1尾（雄56 cm）の再捕魚を得たが、これらの個体に成熟卵、放精は認められず、成熟は確認されなかつ

た（表3中、53番、54番、75番の個体）。

深層水飼育群について、2歳以降の成長および成熟個体の全長を雌雄別に表4、図2に示す。2歳の2月29日の測定時に、雄11尾（全長43.5-53.0 cm）中2尾（53 cm、45.5 cm）の放精が確認され、3歳の3月6日には、8尾全ての雄（全長53.0-63.0 cm）の放精が確認された。雌は3歳の3月6日の測定時および自然産卵試験で、11尾中（全長60.0-69.5 cm）3尾の放卵が確認されたが、取り扱いが産卵に及ぼす影響を考慮し、全長測定は行わなかった。上記測定時に、残りすべての雌の腹部にも膨満が認められたが、放卵を確認することはできなかった。1歳魚を含め、上記以外の測定時に成熟は認められなかった。

考 察

成長 成長式が適用される期間は、放流群の場合1995年2月16日の放流時から1997年3月31日までである。深層水飼育群の場合は、1995年6月22日の飼育開始時から1997年3月6日（最終測定日）までである。両群の成長式を対数変換して得た直線式の傾きには、有為差が認められなかった。このことから、両群は環境が異なるにも関わらず、同じ速度で成長したと考えられる。また、両群には平均全長に有意差が認められた。その差は、深層水利用施設に収容した時点で4.7 cmと計算された。深層水を用いて水温4℃と10℃で飼育した場合、マダラは後者の成長が良いとの結果が得られている（富山水試との共同研究、未発表）。深層水飼育群は、深層水利用施設に収容される6月22日まで能登島事業場の陸上水槽において、10℃の水温で飼育されていた。一方、放流魚は図3に示すように放流1カ月後には150 m以深に

表4. 深層水飼育群の成熟調査結果*

測定年 (年齢)	月	雌全体		雌成熟個体	
		平均全長 (cm)	最小-最大 (cm) (cm)	平均全長 (cm)	最小-最大 (cm) (cm)
1996 (2歳)	2. 29	48.1±2.94	43.0-52.0 (11)		(0)
	6. 7	53.0±3.01	46.8-57.2 (11)		(0)
	10. 2	58.1±2.55	54.0-62.0 (11)		(0)
	12. 5	63.5±3.09	59.0-68.5 (11)		(0)
1997 (3歳)	3. 6	64.6±3.37	60.0-69.5 (11)	不明	(3)
測定年 (年齢)	月	雄全体		雄成熟個体	
		平均全長 (cm)	最小-最大 (cm) (cm)	平均全長 (cm)	最小-最大 (cm) (cm)
1996 (2歳)	2. 29	46.6±2.89	43.5-53.0 (11)	49.3±5.30	45.5-53.0 (2)
	6. 7	49.7±2.74	46.2-54.5 (11)		(0)
	10. 2	53.6±2.87	49.0-58.0 (10)		(0)
	12. 5	57.5±3.38	53.0-61.5 (10)		(0)
1997 (3歳)	3. 6	57.8±3.78	53.0-63.0 (8)	57.8±3.78	53.0-63.0 (8)

*平均全長±標準偏差、()内は測定個体数または成熟個体数を示す。

移動しており、その生息水温は約 5℃（1994 年 6 月、能登島沖水深 200 m）⁹⁾と推定される。したがって、成長差が生じた原因は、2 月 16 日から 6 月 22 日までの間の生活環境の水温差によるものであると思われる。

日本海の天然マダラの成長については、青森県-秋田県沖⁵⁾、陸奥湾⁶⁾、などで報告されており、桜井ら⁶⁾により体長を全長に変換^{*4}すると、1 歳魚は 15 cm-19 cm、2 歳魚は 35 cm-39 cm、3 歳魚は 48 cm-57 cm に達する。北方の武蔵堆海域⁴⁾では、1 歳魚 13 cm、2 歳魚 25 cm および 3 歳魚 36 cm と計算される。これらに対し、放流魚は放流時の平均全長 25.0 cm であったものが、満 2 歳の前後で平均 37.4 cm に、満 3 歳の前後で 54.0 cm に達している。これらのことから、能登島からの放流魚の成長速度は青森県-秋田県沖⁵⁾や陸奥湾⁶⁾で推定された天然魚の成長速度とほぼ等しいものと推察される。

一方、以下に示す成長式と年齢別の体長が幾つかの資料^{8, 10, 18)}に記載されており、日本海全域のマダラに適用されている。

$$L_t = 912.6 \{1 - e^{-0.284(t+0.171)}\}$$

この式を用いて各年齢における体長 (B.L) を計算し、これを全長に変換^{*4}すると 1 歳で 27.8 cm、2 歳で 45.2 cm、3 歳で 58.3 cm に達すると計算される。これによると、日本海の天然魚は今回の放流魚よりもやや大型という結論になる。このように、既に報告されている天然魚の成長には研究者間で多少の差が見出される場合がある。したがって、今後数年に渡って人工種苗の放流、天然魚の耳石による年齢推定のデータを蓄積し、より妥当な成長式を求めてゆく必要がある。

移動 本調査の結果、能登島沖に標識放流されたマダラは満 3 歳に達するまでの間に、主に能登半島北東-東部沖で再捕され、再捕域の拡がりの東縁は新潟県西部沖であることが判った。再捕水深帯についてみると、放流後

1 カ月間は放流点付近の 100 m 以浅で多く再捕され、その後再捕水深帯は深くなり、200 m-300 m を中心に最大水深は 400 m にまで達した。一方冬期には再捕水深帯が 200 m 以浅、120 m まで拡大することが確認された。また、再捕尾数は冬期に多く、それ以外の季節に少ない特徴が認められた。

ここで、再捕時期と放流点から再捕地点までの直線距離との関係を図 8 に示す。再捕地点までの直線距離（以降、再捕距離と称す）は、放流した年の 3 月中旬まで、33 尾中 23 尾が 10 km 以内であった。しかし 4 月からは急速に増大し、最も遠方では 5 月に北方 89 km、9 月に南方 33 km に達した。1 歳時の 12 月および 2 歳時の 1 月には再捕距離が減少し、11 尾中 6 尾が半径 10 km 以内で再捕された。2 月以降距離は再び急速に増大し、4 月に北方 85 km、7 月に南方 68 km に達した。これとほぼ同じような再捕距離の減少・増大が 2 歳時の 12 月から 3 歳の調査終了までにも認められた。このように放流魚の再捕距離には、12 月-1 月に減少し、それ以外で増大するというパターンが認められた。

以上のように、再捕尾数、再捕水深帯、放流点からの再捕距離が季節によって規則的に変化した。このことから、放流魚の分布は、放流水域を起点にして季節的に拡大・縮小することが示唆される。

ここで、このような結果と、実際の漁業者の経験との対比を行ってみた。

「タラ刺し網」はマダラを主目的とした漁業であるが、放流点近くの能都町や七尾市で刺し網を営む漁業者からの聞き取りによると、マダラは通常 200 m-400 m 帯に周年生息している。冬期にその一部が 100 m 以浅の水域に産卵のために移動するが、400 m 以深には殆ど移動も生息もしないとのことである。このような漁業者の体験談からは、今回の標識魚の再捕結果に基づいた著者等の推定よりは、マダラの定着性が強いという印象を受ける。勿論、漁業者の体験には移動を裏付けるような知見もある。特に、口の周辺に「はえなわ」の釣り糸が付いたマダラが能登半島東部の刺し網漁場で漁獲されることは注目される。はえなわ漁業が主として行われるのは能登半島の外海側である。そして、ある漁業者は輪島市の水揚げ状況と、能登島沖での釣り糸付きのマダラの漁獲量が比例関係にある。そして、能登島沖で漁獲されるマダラのなかには外海側から回遊してきた個体が含まれていると考えている。とすれば、仮に定着性が強いとしても、移動する場合には、その移動距離はかなりの距離に及ぶことも有り得るということである。

漁業者の考え方と再捕結果に基づいた著者等の解釈との間には、冬期産卵場への移動を想定する点で共通する部分もあるが、相違点も示唆される。すなわち、マダラの季節的な移動・集散のパターンを考えるなかで、漁業

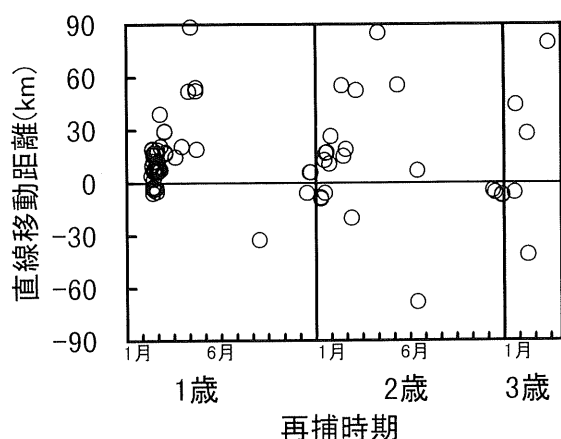


図 8. 放流魚の再捕時期と再捕地点からの直線距離との関係*

*正の距離は放流点以北における再捕を、負の距離は放流点以南における再捕を示す。

*4 BL=0.929TL-0.388 で計算した。

者の方が分布の季節的な変化を小さく評価しているように思われる。標識魚の再捕データからみて、産卵期には、年齢に係わらず（成熟魚、未成熟魚に係わらず）魚群は放流点付近に集まってくるというのが著者等の一応の解釈であるが、この解釈には不自然さが否定できない。産卵期に成熟群だけが戻ってくる方がむしろ自然であり、漁業者の体験的な考え方がそれに近いように見える。それだけに、能登半島東沖で漁獲される釣り糸付きのマダラの成熟度と、それに釣り糸が掛かった地点の確認は極めて重要な意味を持っている。

もう一つ、産卵期に放流点の周辺で再捕された3歳前後の個体に成熟の確証が得られていないこと、あるいは成熟についての考証を行うだけの生物学的な知見が得られていないことも、再捕結果の解釈を困難にしている。

このようにして、今回我々の得た結果の解釈には不自然さと、不分明さが否定出来ない。今、我々に求められていることは、産卵期に放流点付近で再捕数が増えるにしても、この中の見かけ上の増加分を除去するとともに、実質増加があれば、その生物学的条件を明らかにする手だてを探索することであろう。

このような視点から、我々の再捕情報にノイズが導入される背景の分析を試みることにした。

まず、マダラを漁獲する各種漁業の操業様式は季節によって変化するが、これが放流魚の再捕パターンに「見かけ上」の季節変化をもたらす可能性があるのではないかと考えた。そこで、石川県水産総合センターから提供された漁獲資料、および漁協職員や漁業者から聞き取りで得た情報に基づき、全再捕の95%を占める石川県沖

表5. 1996年におけるマダラの漁協別・漁業種類別・月別漁獲量（石川県水産総合センター提供、単位 kg）*

漁業種類	地区	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計	漁獲割合 (%)	
															(漁法内)	(全体)
底曳網	加賀市	40	185	160	90	55	35	0	0	5	5	15	5	595	1.7	0.5
	漁連金沢	28	112	44	4	24	44	0	0	16	20	4	0	296	0.8	0.3
	南浦金沢港	495	424	415	355	545	110	0	0	515	395	180	115	3,549	10.0	3.1
	西海	3	37	9	21	0	0	0	0	3	0	7	11	91	0.3	0.1
	輪島市	1,780	1,336	4,619	3,373	6,401	3,905	0	0	329	320	1,229	2,905	26,197	73.9	22.6
	蛸島	1,124	379	1,265	374	441	336	0	0	77	220	168	203	4,587	12.9	4.0
	宝立町	53	33	51	2	0	0	0	0	0	5	13	1	158	0.4	0.1
	小計	3,523	2,506	6,563	4,219	7,466	4,430	0	0	945	965	1,616	3,240	35,473		30.7
刺網	加賀市	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0.0	0.0
	漁連金沢	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
	西海	309	790	60	0	0	0	0	0	0	0	8	522	1,689	3.5	1.5
	輪島市	353	93	102	23	11	30	27	6	7	62	113	84	911	1.9	0.8
	蛸島	11	318	79	40	0	0	0	0	0	0	0	0	448	0.9	0.4
	宝立町	5,588	1,396	94	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7,079	14.7	6.1
	内浦	18	1,376	381	14	0	0	0	0	0	0	0	0	1,789	3.7	1.5
	能都町	5,097	24,526	1,181	37	0	0	23	7	12	55	4	307	31,249	65.2	27.1
	七尾市	324	3,611	830	39	0	0	0	0	0	2	12	42	4,860	10.1	4.2
	小計	11,700	32,115	2,732	158	12	30	50	13	19	119	137	955	48,040		41.6
釣	西海	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0.1	0.0
	輪島市	970	0	0	9	0	0	0	0	0	0	10,445	1,987	13,411	99.7	11.6
	宝立町	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0.2	0.0
	小計	1,015	0	0	9	0	0	0	0	0	0	10,445	1,987	13,456		11.6
定置網	加賀市	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0.0	0.0
	漁連金沢	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.0	0.0
	西海	0	0	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	8	0.0	0.0
	輪島市	0	0	0	2	13	0	0	0	0	0	0	0	15	0.1	0.0
	蛸島	40	500	223	69	0	0	0	0	0	0	0	7	839	4.5	0.7
	宝立町	7	186	134	12	0	0	0	0	0	0	0	3	342	1.8	0.3
	内浦	10	87	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0.9	0.1
	能都町	354	5,343	2,383	287	18	0	0	0	0	0	0	4	8,389	45.3	7.3
	七尾市	267	6,991	1,358	162	2	0	0	0	0	0	0	0	8,780	45.4	7.7
	小計	678	13,107	4,169	535	43	0	0	0	0	0	0	14	18,546		16.1
その他	輪島市	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10	100.0	0.0
総計		16,916	47,728	13,464	4,921	7,521	4,460	60	13	964	1,084	12,198	6,196	115,525		100.0
全体に対する割合 (%)		14.6	41.2	11.7	4.3	6.5	3.9	0.1	0.0	0.8	0.9	10.6	5.4	100.0		

*七尾市には、市内の定置網組合の漁獲量が含まれる。

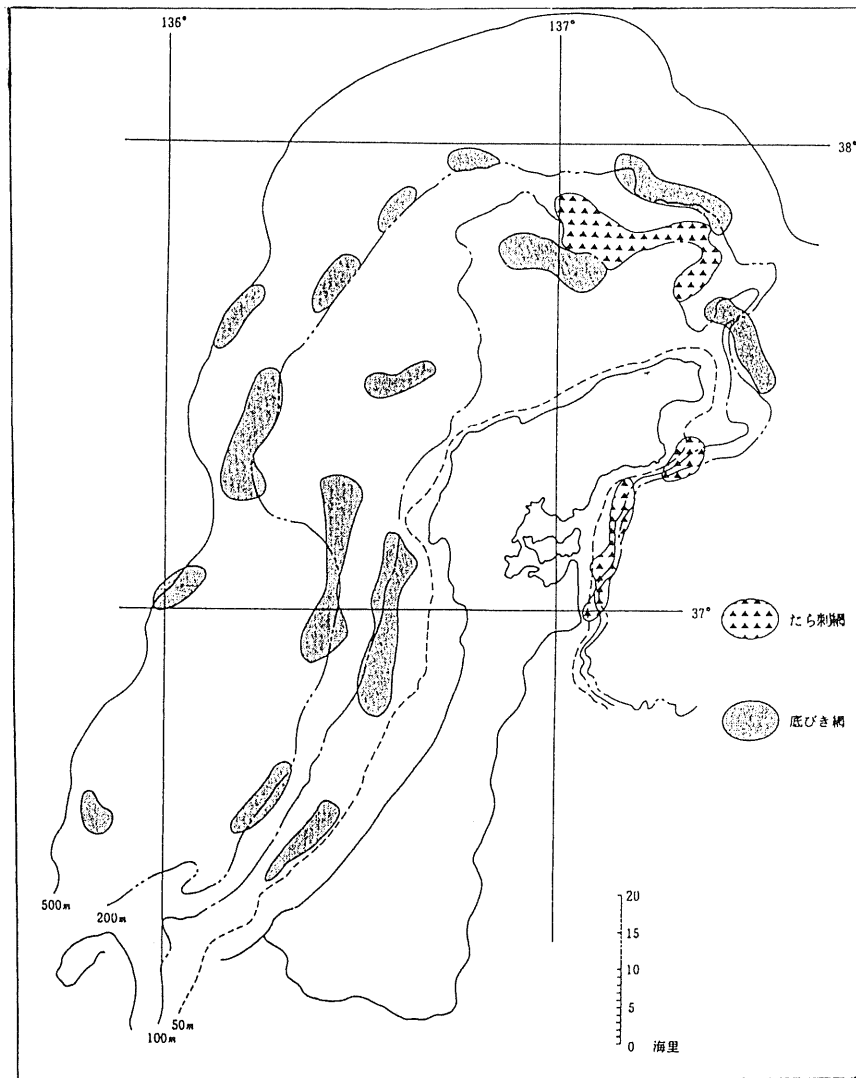


図9. 石川県沖の底曳き網漁場およびタラ刺網漁場（石川県水産統計指標¹⁷⁾から転載）

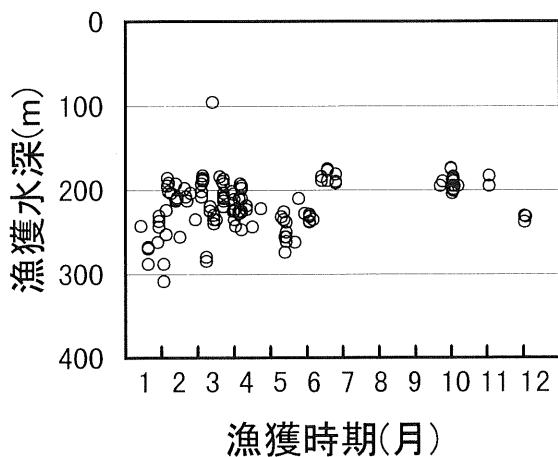


図10. マダラ漁獲時期と再捕水深との関係*
*石川県から提供された底曳き網標本船日誌調査資料（全県規模）から編纂。

のマダラ漁業の年間を通じた操業実態と放流魚の再捕との関連を考えてみた。

石川県の、1996年における漁協別・漁業種類別・月別

マダラ漁獲量を表5に示す。11月～3月に、年間漁獲量の83.6%が漁獲されており、漁獲は冬季に集中している。以下、漁法別に操業様式の季節変化のパターンを追ってみよう。

底曳き網：底曳き網による漁獲量は全体の30.7%を占めるが、11月～2月が平均2.7トン／月、3月～6月が5.7トン／月、7月、8月が0トン、9月、10月が1.0トン／月で、漁獲は冬期よりもむしろ3月～6月に多い。底曳き網の漁場は、図9に示すように、主に能登半島外海側の600m以浅に形成される。そして石川県が実施している標本船調査の操業日誌からみると、マダラの漁獲があるのは図10に示すように、底曳き網漁場のなかでも水深218mを中心に96m～309mの範囲である。一方、漁業制度についてみると、底曳き網は7月、8月には全面禁漁、また、富山湾側の能登島東沖以南の海域では周年禁漁、さらに、図11に示すように、主にズワイガニ保護を目的として春漁期は3月16日～6月30日までの間、秋漁期は9月（10月）1日～11月5日までの間、マダラの漁獲水深の一部にあたる240m～390mの範囲（水深幅

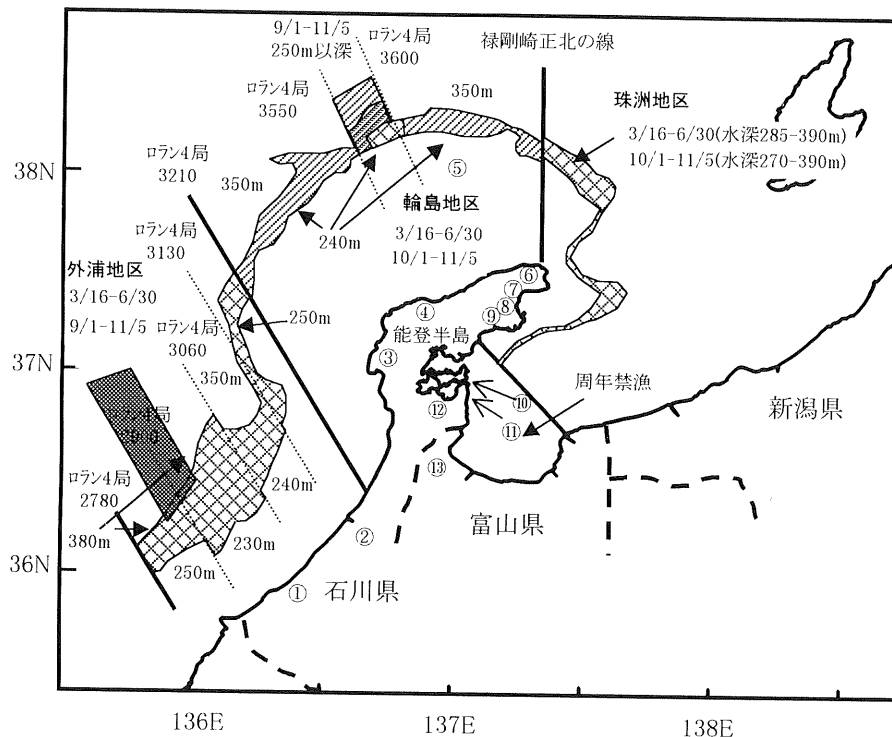


図 11. 石川県沖における底曳網の禁漁区および禁漁時期*
 *石川県漁業協同組合連合会 (1996)¹⁸⁾より編纂.

は、海域により若干異なる)に禁漁水域が設けられる¹⁹⁾。底曳き網による漁獲の 73.9% を占める輪島市では、底曳船の大部分が 10 トン未満の小型船で占められるため、1 月-2 月には、荒天で出漁できない日が多く、禁漁措置がないにも係わらず、漁獲量は 3 月-6 月よりも少なくなる。9 月、10 月に漁獲量が少ない原因については、上記したズワイガニ禁漁水域 (240 m-350 m) を避けて操業するためと考える意見と、よくわからないとする意見がある。以上のことから、底曳き網の場合、マダラは冬の産卵期よりはむしろ春期に能登半島外海域の水深約 200-300 m 帯で多く漁獲されている。

刺し網：マダラ漁を主目的とした‘タラ刺し網’が 12 月 5 日-3 月 10 日までの間許可される。刺し網による年間漁獲量は、48.0 トンと、マダラ総漁獲の 41.6% を占めている。再捕報告においても全体の 58.2% を占める重要な漁業である。刺し網単独でみると、12 月-3 月の漁獲量が年間の 98.9% を占めており、漁獲が冬季に極端に集中していることが特徴である。タラ刺し網の漁場を図 9 に示す。漁業者の聞き取りによれば、漁獲の 14.7% を占める宝立地区の主な漁場は禄剛崎沖、また、漁獲の

75.1% を占める能都町・七尾両地区の主な漁場は富山湾内の能都町沖-観音崎沖-富山県境沖にかけてである。今回著者らが実施した鰺目漁協市場における再捕の確認調査では、地元の刺し網漁船が漁期中、ほぼ毎日出漁していることを確認している。これは、この時期、半島北部-北東部沖の底曳き網漁船の出漁日数が荒天のために少なくなることと対照的である。12 月-産卵期初期までは主に 200 m-350 m 帯で操業し、産卵期になると魚群を追って浅場でも操業を行う。4 月-11 月に刺し網による漁獲量が少ないのは、‘タラ刺し網’の許可期間終了後は、カレイ・メバル等を対象に水深 100 m 前後、あるいはそれ以浅の操業に移行し、マダラが周年生息している上記水深帯で操業しないためである。

釣り：マダラを対象とした‘タラ延縄’が、11 月 1 日-1 月 31 日までの間許可される。釣りによる年間漁獲量は、13.5 トンと、総漁獲の 11.6% を占め、11 月-1 月の間に輪島市の釣り船がほぼ単独で漁獲している。その操業海域は、同地区の主力漁法である底曳き網よりも若干深い海域、すなわち半島北東部沖の水深 300 m-400 m の水域である。

表 6. マダラの 50% 成熟成長と成熟開始年齢 (服部ら, 1994²⁰⁾ からの編纂)*

採集場所	雌		雄	
	50% 成熟全長 (cm)	成熟開始年齢 (歳)	50% 成熟全長 (cm)	成熟開始年齢 (歳)
西カムチャッカ	68.2-72.5	6	65.0-69.3	5
北海道太平洋側	61.8-62.9	4	56.4-59.6	3
八戸沖	51.0-56.4	3	49.9	2
岩手沖	57.5	3	52.1	3
金華山沖	48.9-52.1	2	44.6-46.7	2
日本海武蔵堆	52.3-56.6	3	49.1-53.4	3

* 服部ら¹⁶⁾の Table 2. を桜井ら⁶⁾の式を用いて全長に変換した。

定置網: 全漁獲の 16.1% を占め, 冬期に限定された‘鱈網’を除いては 100 m 以浅で, 主に富山湾側の半島東部沿岸において周年操業している。能都町および七尾市の 1 月-3 月の漁獲量が, 16.7 トンと, 定置網漁獲全体の 90.0% を占めている。産卵のために接岸した魚群が主な漁獲の対象である⁷⁾。

以上, 能登半島周辺海域でマダラを対象として行っている各漁業の操業様式をレビューした結果を要約すると,

①半島の富山湾側での代表的なマダラ漁業は刺し網漁業と定置網漁業である。これらの漁獲量は全漁獲量のほぼ 60% 弱のシェアを占め, かつ, その漁獲は冬期, 1 月-3 月の間に集中する。

②外海側の代表的な漁業は底曳き網漁業と釣り漁業である。総漁獲量に対するシェアは 40% 強を占めるが, 冬期には北西季節風が卓越するために底曳き網による漁獲量が減少する。このため, 冬期間の外海側漁獲量の全年間漁獲量に対するシェアは釣りを含めても 22%, すなわち, 富山湾側からの漁獲の半分にも達しない。

③産卵期が終了すると, 定置網でマダラは稀にしか漁獲されなくなる。さらに‘タラ刺し網’の許可期間が終了するので, 刺し網による漁獲量も減少する。一方, 底曳き網は許可制度に基づきながら操業を継続する。この結果, 夏期におけるマダラの漁獲は殆ど外海域からのもので占められることになる。

このように見てくると, 冬期には富山湾側, 換言すれば放流点付近での再捕が, 逆に夏期には外海域での再捕が強調されることになる。その結果, 放流魚が夏期には外海域に分散し, 冬期の産卵期には放流点付近に収斂してくる傾向が実際以上に強調されることになる。この点を考慮すると, 未成熟個体を多く含んだ魚群が, 冬期, 富山湾内の産卵場 (これは放流点でもある) へ回帰してくるという, 今回の再捕結果の解釈については, なお, 今後の検討を要する点が残されている。

付け加えて指摘するならば, 富山湾南部での底曳き網漁業が周年禁止されていることが, 放流点より南側での再捕が少ない原因となっている可能性もある。

成熟 前説で述べたように, 冬期には産卵期を中心に, 放流点付近での放流魚の再捕が増加する傾向がある。し

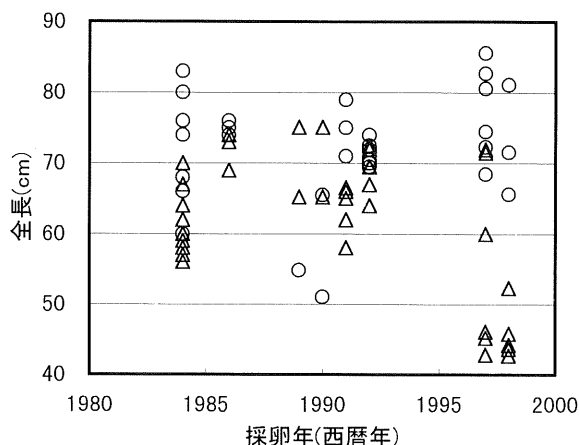


図 12. 過去に能登島沖の定置網で漁獲され, 採卵に用いた親魚の全長測定結果
○雌全長, △雄全長。

かも, 放流後, 満 2 年目には放流魚も成熟年齢に達する筈である。にも係わらず, この時点で放流点周辺で, 再捕個体に成熟の確認された事例がないのは期待に反する。勿論, 放流群の生残率が低く, 十分な再捕個体数が得られなかったこともあるが, その一方で本種の成熟過程に対する知見の不足が, 成熟個体の再捕に関する判断を誤らせている可能性も否定できない。こういう視点から, 成熟に関する過去の知見や, 能登島周辺水域の産卵群について今日まで当事業場に蓄積されたデータを洗い直してみることにした。

服部ら²⁰⁾は, 日本海周辺海域および西カムチャッカ周辺海域におけるマダラの成熟体長および成熟開始年齢について検討した。この体長を桜井ら⁶⁾の式^{*4)}を用いて全長に変換し, 成熟開始年齢とともに表 6 に示す。50%成熟全長 (成熟開始年齢) は, 西カムチャッカで雌 68.2 cm-72.5 cm (6 歳), 雄 65.0 cm-69.3 cm (5 歳), 南下するにしたがい早熟になり, 日本海武蔵堆海域では雌 52.3 cm-56.6 cm (3 歳), 雄 49.1 cm-53.4 cm (3 歳) である。柴田⁵⁾は, 秋田県沖に生息するマダラの成熟全長は, 雄 53.9 cm (体長 500 mm), 雌 59.2 cm (体長 550 mm) 以上と推定している。また, 日本海全域の雌マダラの生物学的最小型について, 全長 65.0 cm (体長 60 cm, 5 歳魚) であると記載した資料¹⁰⁾があり, この値が石川県資料⁸⁾の

中で富山湾のマダラにも適用されている。

ここで、能登島沖の定置網（水深 60 m）で漁獲され、1984 年以降当事業場が採卵に用いた天然成魚の全長測定結果を図 12 に示す。雄成魚の全長範囲は 42.7 cm–75.1 cm であり、雌成魚のそれは 51.0 cm–85.6 cm である。1989 年と 1990 年を除くと、各年の雌の魚体は雄よりもかなり大型であった。1997 年および 1998 年には、全長 40 cm–50 cm の雄が比較的多く水揚げされ、人工授精に用いられた。しかし、これらの雄魚と同年齢と思われる雌の水揚げは、ほぼ毎日の調査にも係わらず確認することができなかった。1992 年の 1 月下旬–3 月上旬にかけて定置網で漁獲され、鰺目漁協市場に水揚げされたマダラの全長組成を図 13 に示す。この測定資料では全長 55 cm 以下の個体が認められず、雌の全長モードは 65 cm–70 cm、雄のそれは 60 cm–65 cm であった。

深層水飼育群の雄では 2 歳（45.5 cm 以上）から一部が成熟し、雌は 3 歳（平均全長 64.6 cm, 60.0–69.5 cm の個体）から一部が成熟することが観察された。

さらに、1997 年および 1998 年に能登島の定置網で漁獲され、人工授精に用いられた全長 40 cm–50 cm の雄 7 尾（図 12）、満 2 歳で成熟が認められた 45.5 cm の深層水飼育の雄（表 4）、および 1989 年および 1990 年に能登島の定置網で漁獲され、採卵に用いられた全長 54.8 cm および 51.0 cm の雌（図 12）は、柴田⁵⁾が秋田県沖で認めたマダラの成熟全長よりも小型であり、特に雌は石川県資料⁸⁾の記述よりも 10 cm 以上小型である。

また、今回の放流魚の再捕調査においては、満 3 歳の産卵期に 5 尾が再捕された。その中の 3 尾（表 3 のうち、75, 78, 79 番の個体）の全長が測定され、54.0 cm–62.0 cm

であることがわかっている。このサイズは、上記した成熟サイズよりも大型である。上記 5 尾のうちの 1 尾、1 月 26 日の鰺目漁協市場の調査で得られた雄放流魚（全長 56.0 cm, 表 3 の 75 番の個体）は未成熟であった。さらに、この時期放流魚は図 6 に示すように産卵場から隔たった能登半島北東部–新潟県・富山県境沖にかけての広い範囲の陸棚辺縁部–陸斜面で再捕されており、これらの再捕個体が産卵のための接岸行動をとったと判断することは困難である。

以上のように、マダラの成熟条件を比較検討してみると、雌雄間で、また同じ雌雄間でも観察事例の間で、成熟段階にいろいろな食い違いが見いだされる。このような経験に基づいて、マダラの成熟をとりあえず以下のように考えておきたい。

まず、採卵に用いた天然魚および深層水飼育群の成熟状態から推して、富山湾に生息するマダラの生物学的最小型は石川県資料⁸⁾の記述よりも小さいと思われる。したがって、満 3 歳で再捕された放流魚の中にも、成熟サイズに達した個体が含まれていた可能性は否定できない。さらにもっとありそうなことは、成熟開始年齢（サイズ）、あるいは産卵に関与し始める年齢には個体差がかなりあって、100%の個体が成熟するまでにはなお複数年を要し、特に雌については成熟が雄より遅れ、石川県資料⁸⁾のように、5 歳魚以降に初回産卵を行う個体も出てくる可能性がある。その結果、例えば表 3 の 75 番個体については、①翌年以降に成熟する個体という解釈のほかに、②たまたま 1997 年の 1 月中旬、すなわち産卵期直前に再捕されたために成熟が十分に進んでいなかったという幅広い解釈も成り立つのである。このことが、3 歳放流魚の産卵期における再捕地点が必ずしも産卵場に集中しないこと、図 13 に示す定置網漁獲物（主として産卵のために接岸した成魚と考えられる）の全長モードや図 12 の 1997 年、1998 年の採卵用親魚でみられた雌雄の全長分布の較差に反映されたと考えるのである。

今後の課題

以上、1995 年放流群の標識放流調査および深層水利用施設における育成試験を通して、能登半島周辺海域におけるマダラの移動・成長および成熟に関する情報の一端を整理することができた。しかしながら、放流効果を考察する前に解明すべき幾つかの生態学的課題が残されている。これらについて調査実施上の問題点を含めて以下に考察する。

まず、成熟前の移動・回遊について、今回の調査で放流点からの移動先を明らかにすることができた。その一方で、各種漁業に設定された禁漁期間・禁漁区、さらに気象条件の海域間差異等にもなう漁船の操業様式の季節変化が、放流魚の再捕状況に見かけ上の影響を及ぼしている可能性が強いことが指摘された。その結果、現状

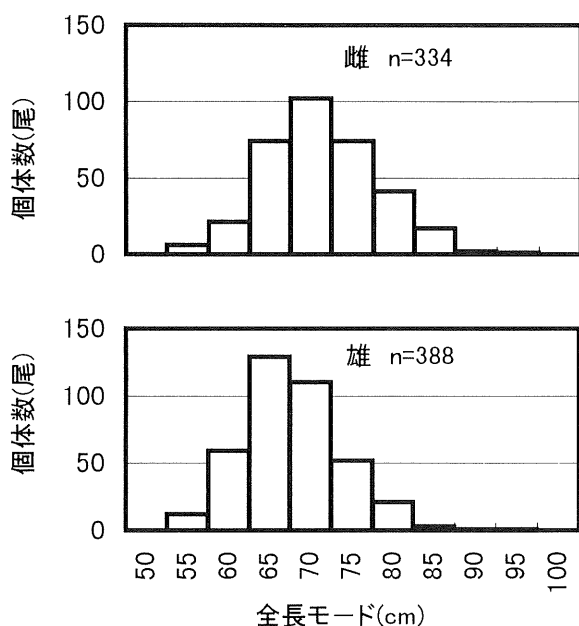


図 13. 1991 年に能登島沿岸の定置網で漁獲されたマダラの全長組成（與世田ら、1992 年⁷⁾の元データより編纂）

では移動先からのマダラの移動、特に産卵場への回帰の実態を解明するには、さらに情報を充実する必要があることが示唆された。また、能登半島北東沖から富山湾に至る海域では、水深 400 m 以深でマダラを漁獲する漁業がほとんどないため、深浅移動の実態や、富山湾の対岸にあたる新潟県西部への移動経路について考察することが困難になっている。関連して、富山湾奥部の再捕尾数が少ない原因は漁業許可制度に関係があると思われるが、その確証は得られていない。これらの移動・回遊の実態解明に特に効果的なことは、移動先からの天然魚の標識放流試験などを組み込むことであろう。ただし、この試験を成功させるためには、かなり生態学的な工夫が必要と思われる。

第 2 点として、過去の採卵実績および深層水飼育試験から推定して、雄は 2 歳から、雌は 3 歳から成熟可能となることは、ほぼ間違いない。しかしながら、上記したように、富山湾のマダラの成熟年齢には個体差が大きく、100%の個体が成熟するまでにはなお複数年を要するものと思われ、それは雌において特に顕著である可能性がある。標識放流調査を継続し、同時に深層水施設での成熟に関する知見を重ねる一方で、天然魚についても年齢と成長・成熟の関係を明らかにする必要がある。特に冬期、産卵場周辺で再捕される個々の放流個体ごとに成熟に関する情報を蓄積することは、産卵回帰のメカニズムを理解する上で重要である。

最後に、放流魚の回収尾数を巡る疑問がある。北田²¹⁾の方法を用いて再捕系列を月毎に区切り、解析期間を満 3 歳の 3 月までとして放流魚の死亡係数を計算すると、 $Z=0.124/\text{月}$ 、生残率は $22.5\%/\text{年}$ と計算される。生残率は低いと言わざるを得ない。また、 $F=0.010$ と推定されるから、 $F/Z=0.08$ となり、天然資源が著しく減少しているにも関わらず放流魚に対する漁獲圧は極めて低い（死亡の大部分は自然死亡に帰せられる）と評価される。しかしながら、放流魚と同じ親起源でかつ同じ速度で成長した深層水飼育群の生残率は極めて高い。また、平均全長 25 cm で放流したマダラを食害する大型魚が天然海に多数生息しているとは考え難いことから、おそらく須田²²⁻²⁴⁾などにより既に指摘されている再捕報告に特有な生残率の偏りに加えて、標識脱落や放流直後の減耗、報告漏れ等が、放流効果の正当な評価を妨げる要因になっているものと思われる。実際、努力はしたが、著者らが万全の状態では標識を装着し、放流できたとは言い難い。それに加えて、再捕報告は石川県水産総合センターのある能都町地区および日本栽培漁業協会がある能登島地区に集中している事実から、報告率は能登島・能都町地区を離れるとともに急速に低下している恐れがある。したがって、標識や放流方法の問題を解決することは当然のことながら、水揚げの実態調査についても将来検討し、放流効果を適正に評価できる調査体勢を整えていく必要がある。

謝 辞

本報告にあたり、深層水施設での飼育実験の機会を与えていただいた松里寿彦前富山県水産試験場場長、及び実験に協力していただいた奈倉 昇次長以下職員諸氏に深謝する。また、関連する資料の提供や掲載を諒承して戴き、さらに適切な助言を賜った永田房雄石川県栽培漁業センター能登島事業所所長、大橋洋一石川県水産総合センター海洋資源部専門員、南 卓志日本海区水産研究所資源管理部底魚研究室長、さらにご多忙にも関わらず再捕報告調査の窓口を務めていただいた池森貴彦石川県水産総合センター海洋資源部技師に深く感謝する。稿を終えるにあたり、資料の解析および取り纏めに終始適切な助言を賜った秋田県水産振興センター杉山秀樹主任専門研究員、当協会の須田 明アドバイザー、伏見 浩元小浜事業場長（現福山大学教授）そして本稿の御稿閲を賜った古沢 徹常務に心より御礼を申し上げる。

参 考 文 献

- 1) 藤沢千秋・夏目雅史 (1995) 木古湾内のマダラ成魚の移動回遊. 北水試研報, **47**, 25-31.
- 2) 福田慎作・横山勝幸・早川 豊・中西広義 (1985) 青森県陸奥湾口部におけるマダラ成魚の標識放流について. 栽培技研, **14**(2), 71-77.
- 3) 早川 豊・中西広義 (1981) マダラ増殖試験. 青水増事業概要. 青森県, **10**, 158-169.
- 4) 三宅博哉・中山信之 (1991) 日本海武蔵堆海域のマダラの年齢と成長. 北水試研報, **37**, 17-25.
- 5) 柴田 理 (1993) 地域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）. H4 年度秋田県水産振興事業報, 90-96.
- 6) 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. 青森県水産増殖セ研報, **3**, 9-14.
- 7) 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.
- 8) 石川県 (1980) 北部日本海域水産資源マップ. 北部日本海ブロック水産試験場連絡協議会, 211, 232.
- 9) 梨田一也・金丸信一・南 卓志 (投稿準備中) 能登半島周辺におけるマダラ成魚の移動. 農林水産技術会議. 特別研究「中回遊型魚類の回帰特性と産卵場形成要因の解明」(H6-8 年度).
- 10) 水産庁研究部 (1979) 我が国漁船の漁獲対象魚種の漁獲量と生物特性 (II). 水産庁研究部, 75.
- 11) 與世田兼三 (1993) マダラ種苗生産技術開発の現状. 日本海 B 試験研究集録, **27**, 33-44.
- 12) 日本栽培漁業協会 (1989) マダラ (能登島事業場). 昭和 62 年度日栽協事業年報, 325.
- 13) 日本栽培漁業協会 (1996) マダラ (能登島事業場). 平成 6 年度日栽協事業年報, 267-270.
- 14) 堀田和夫 (1996) マダラ親魚養成に関する技術開発研究. 平成 7 年度富山水試年報, 94-96.

- 15) 島本信夫 (1984) 淡路島南東部海域におけるマダイの資源増殖に関する研究—I, 兵庫水試研報, **22**, 11-26.
- 16) 服部 努 (1994) マダラの成長, 成熟および繁殖生態に関する研究. 北海道大学水産学部博士課程論文.
- 17) GEORGE, W. S., and W. G. COCHRAN: 統計的方法 (第 6 版) (畑村又好, 奥野忠一, 津村善郎), 岩波書店, 東京, 1985, pp. 394-438.
- 18) 新潟県 (1980) 北部日本海域水産資源マップ. 北部日本海 B 水産試験場連絡協議会, 169.
- 19) 石川県漁業協同組合連合会 (1996) 平成 7 年度資源管理型漁業推進総合対策事業報告書, 11.
- 20) 服部 努・桜井泰憲・島崎健二 (1994) マダラにおける成熟体長の海域間差異. 200 海里水域内漁業資源総合調査. 第 14 回東北海区底魚研究チーム会議報告, **3**, 9-14.
- 21) 北田修一 (1987) 打ち切り型の標識再捕データから死亡係数を推定する BASIC プログラム. 栽培技研, **16**, 133-138.
- 22) 須田 明 (1988) 種苗の放流効果を追って (上). 水産の研究, **7**(2), 50-55.
- 23) 須田 明 (1988) 種苗の放流効果を追って (下). 水産の研究, **7**(3), 44-47.
- 24) 須田 明 (1989) 放流効果の評価をめぐる問題点. 海洋, **21**(5), 306-312.