

# 沖縄県海域で漁獲されたハマダイの年齢別漁獲尾数の推移 (アオダイ等資源回復推進調査, 生物情報収集調査)

海老沢明彦\*, 平手康市, 山田真之

## Transitions of Age Components in Catch in *Etelis coruscans* Caught Off the Ryukyu Islands

Akihiko EBISAWA\*, Kouichi HIRATE and Saneyuki YAMADA

2001年から得られているハマダイの体長組成を EXCEL のソルバー関数を用いて正規分解し、それを基に体長一年齢変換表を作成し、年齢組成を推定した。2004年から得られている漁場別漁獲量とその年齢組成をもちいて宝山・大九曾根から八重山・与那国に至る海域での年齢別漁獲尾数を求めた。近年の漁獲量および1航海当たり漁獲量の増大は2003年から2006年生まれが比較的大きい年級群であることが原因であることが判った。

ハマダイは沖縄県では重要な水産資源であるが、その漁獲量は1980年を境に急減している。そのためハマダイを含む深海性フエダイ科魚類4種(ハマダイ, アオダイ, ヒメダイおよびオオヒメ)で資源回復計画が策定され、本県と鹿児島県および国が共同し、南西諸島海域全体でその資源回復を計っている。この回復計画策定に先立ち、本県では2001年から本種の主要水揚げ市場である県漁連、および那覇地区漁協で体長測定を開始し(福田, 海老沢, 2002), また2004年からは漁場別漁獲量が集計されている(福田, 2005)。体長組成にはいくつかのモードが認められ、複数の年級群で構成されていることが判っている。しかしそのモード位置は同じ月でも年によって大きくことなり、例えば宝山・大九曾根の2006年4月の体長組成は27cmと36cmにモードが認められるが(松尾, 海老沢, 2007), 2007年4月ではそれらの中間の33cmにモードが認められている(平手ほか, 2008)。資源評価あるいは資源管理手法の効果予測などをおこなう場合、対象種の年齢組成が得られている必要がある。しかしこのようにモード位置が毎年大きく変動する体長組成を、1つの固定した成長式で年齢組成に変換すると、変換誤差が大きいことが判っている(海老沢ほか, 2005)。そこで若齢期は成長式にたよらず体長組成を正規分解する方法で年齢組成に分離し、分離できない体長範囲では成長式に基づいて分解する方法で全体の年齢組成を推定した。

### 材料および方法

宝山・大九曾根〜与那国にかけて琉球列島海域で漁獲されたハマダイで、沖縄県漁連、那覇地区漁協およびその両者のセリが統合された泊魚市に出荷されたハマダイの体長を用いた。

体長組成の推定方法は過去の報告書のとおりである(福田, 海老沢, 2002)。体長データは2001年4月から2009年3月までの月別体長組成で、3ヶ月毎(4-6月, 7-9月, 10-12月, および1-3月)にまとめた。各年級群の体長は正規分布をすると仮定した。そして期間別の体長組成に認められ

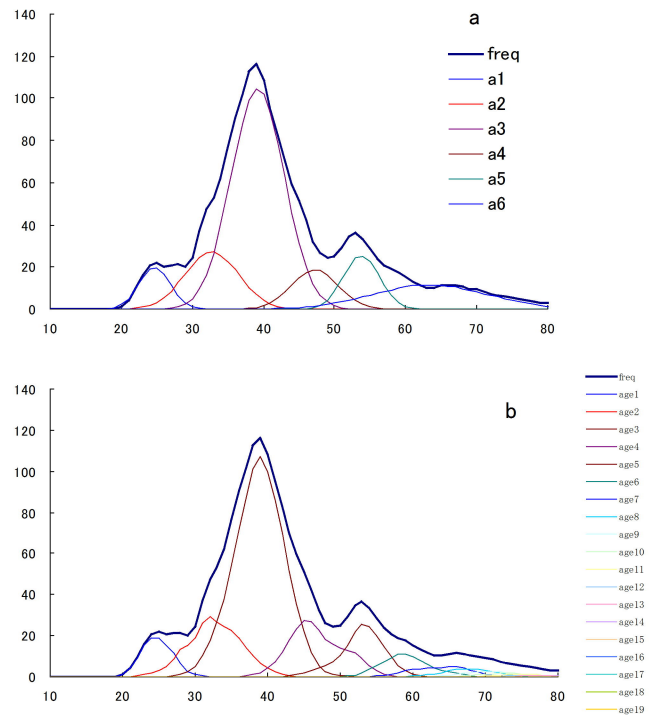


図1 a ソルバー関数で体長組成を分解した各年級群のモード、b aを基に作成した体長一年齢変換表で変換した年齢組成と年齢別体長組成の一例

\* Email: [ebisawaa@pref.okinawa.lg.jp](mailto:ebisawaa@pref.okinawa.lg.jp), 本所

表 1 体長組成の分解結果 (FL, 尾叉長; stdev, 標準偏差; n, 個体数)

期間	最小モード			2番目			3番目			4番目		
	FL	stdev	n	FL	stdev	n	FL	stdev	個体数	FL	stdev	n
4-6/2001	29.4	2.70	814	35.4	2.41	713	43.6	3.62	918	54.9	4.35	346
7-9/2001	29.8	2.46	638	36.2	2.51	454	44.8	3.59	324	54.5	4.71	203
10-12/2001	30.6	2.83	528	36.4	2.88	377	46.7	3.89	313	57.9	3.10	112
1-3/2002	25.3	1.15	50	32.9	3.57	822	42.7	5.13	294	52.4	4.55	197
4-6/2002	27.2	1.91	79	34.0	3.29	822	43.4	3.76	227	51.8	3.68	128
7-9/2002	24.1	2.45	66	31.3	3.55	207	36.4	2.63	928	41.6	2.91	180
10-12/2002	24.7	2.22	109	32.7	2.38	256	39.2	3.74	979	47.2	3.27	153
1-3/2003	27.0	2.32	206	36.9	3.76	367	42.5	3.15	316	50.7	2.97	111
4-6/2003	29.2	2.26	332	36.9	2.87	539	42.6	2.61	321	47.9	2.11	124
7-9/2003	25.1	1.33	77	30.7	2.50	564	37.4	3.14	257	43.4	2.31	154
10-12/2003	23.6	1.59	139	30.4	2.50	1011	36.2	3.20	517	42.9	2.85	322
1-3/2004	25.4	2.11	979	31.4	2.77	922	36.2	3.62	373	45.1	3.82	225
4-6/2004	26.3	2.14	490	32.3	2.95	708	38.0	2.17	219	46.0	3.52	207
7-9/2004	24.5	2.10	150	31.3	2.65	1200	37.7	2.53	501	46.7	3.80	208
10-12/2004	26.4	2.15	168	31.3	2.98	655	38.1	3.00	311			
1-3/2005	27.7	1.80	157	33.9	2.35	391	41.0	2.63	196			
4-6/2005	29.2	2.87	733	36.5	3.10	850	43.8	2.02	141	51.0	2.93	112
7-9/2005	31.1	2.80	1141	37.6	3.21	1355	45.6	1.76	134	52.3	3.50	115
10-12/2005	23.9	1.15	26	32.6	2.88	1399	39.2	2.40	573	45.1	2.63	233
1-3/2006	25.2	1.76	91	33.2	2.84	821	39.6	2.63	322	46.8	3.16	178
4-6/2006	27.0	2.56	1289	36.7	3.39	1834	42.9	3.47	544	49.0	3.33	138
7-9/2006	28.1	2.62	2103	37.1	3.38	2717	44.3	2.49	573	50.3	2.24	174
10-12/2006	18.6	1.83	77	29.8	3.28	2446	39.9	2.94	1497	45.7	2.43	191
1-3/2007	19.9	1.03	19	30.6	3.19	1782	40.5	3.22	888	48.1	2.93	265
4-6/2007	21.5	1.36	20	32.7	3.33	5997	42.6	2.84	1499	48.9	3.23	599
7-9/2007	24.3	3.19	302	33.5	3.13	3357	42.2	2.71	508	47.8	2.58	326
10-12/2007	24.6	2.68	810	35.2	3.55	2746	47.2	3.60	447			
1-3/2008	16.6	0.69	2	26.3	2.67	702	36.6	3.42	1223	46.8	4.38	329
4-6/2008	28.0	2.75	2506	37.1	3.10	2683	42.1	2.64	682	48.5	2.87	381
7-9/2008	23.7	1.86	501	29.9	2.39	5001	38.8	3.12	3002	42.7	2.20	602
10-12/2008	23.6	1.73	551	30.9	2.58	3344	40.1	2.79	1365	44.9	2.11	439
1-3/2009	25.5	2.17	1132	32.9	2.85	3368	42.7	3.40	1230	49.6	2.03	133

ている年級群と思われるモードをEXCELのソルバー関数を用いて分離した。通常体長組成にはモードが複数個観察されるが、ソルバー関数で分離するモードを6個とし、それら個々の平均値、標準偏差とその個体数を変数として、実際の体長組成と各正規分布の合成値の残差平方和が最小となる値を探した。ソルバーで得られた平均値、標準偏差およびその個体数から年級群別の体長組成を作図し、全体の体長組成と比較して概ね合致できていると判断できた場合はそれらを用いた。合致していないと判断された場合は初期値を適宜変化させ、ソルバーの実行を繰り返した。通常モードは4-5個分離できたが、最小モードから4番目以上のモードの標準偏差が著しく大きい場合が、多くのケースで認められた(図1a)。それらのモードを時系列にプロットしたところ、モード位置は連続的に増大する傾向が明瞭であった(図2)。ただし2001年4-6月から2004年4-6月にかけてのモード推移はその後のモード推移ほど明瞭でなかった。連続的に推移するモードを1つの年級群とした。最小のモードの体長が小さくなり、その個体数が減少した場合

に1歳若い年齢群の新規加入とした(表1:2004年7-9月, 2005年10-12月, 2006年10-12月, 2008年1-3月)。海老沢, 前田(2006)の後に解析した標本の年齢-体長データを加えて求めたバータランフィ어의成長式の3定数( $L_{\infty}=83.3$ ,  $k=0.177$ ,  $t_0=0.45$ )から期間毎の体長を1-20歳ま

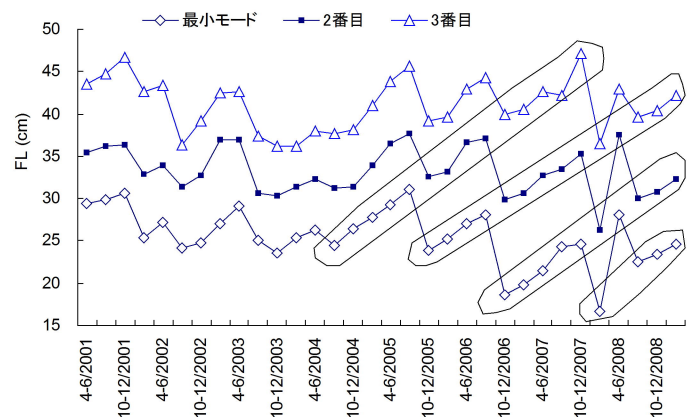


図2 ハマダイの体長組成を正規分解して得られたモード位置の変化

表2 琉球列島海域で漁獲されたハマダイの測定体長から推定した年齢組成

	2001				2002				2003				2004			
	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3
1				50		65	105	206		80	136	1,035		150	194	159
2	814	638	528	822	79	211	256	372	327	569	1,117	836	382	1,185	718	387
3	713	454	377	294	822	947	909	293	562	257	537	408	604	552	277	185
4	918	324	313	197	227	252	236	131	354	188	278	212	410	191	111	107
5	346	203	112	123	128	182	176	108	128	133	117	120	206	91	58	59
6	148	90	73	62	93	80	89	63	105	58	54	59	89	42	27	32
7	74	45	37	31	47	33	50	44	56	30	31	39	38	22	16	21
8	37	23	18	15	23	19	34	34	32	19	21	27	23	14	11	17
9	19	11	9	8	12	12	24	26	20	14	17	19	15	9	8	14
10	9	6	5	4	6	8	16	18	12	11	15	14	10	6	6	10
11	5	3	2	2	3	5	11	12	7	9	12	9	7	4	5	7
12	2	1	1	1	1	2	7	8	4	7	9	6	6	4	4	5
13	1	1	1	0	1	1	5	5	2	5	6	4	4	3	3	3
14	1	0	0	0	0	1	3	3	1	3	4	2	3	3	2	2
15	0	0	0	0	0	0	2	2	1	2	2	1	2	2	1	1
16	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1
17	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0			0	0	0	0	0				0			

	2005				2006				2007				2008			
	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3
1			25	93	1		70	20				1				
2	675	1,061	1,395	822	1,301	2,213	2,271	1,640	28	158	786	640		535	597	1,160
3	839	1,294	588	313	2,006	2,847	1,595	785	5,318	3,272	2,596	1,193	2,430	5,123	3,378	3,385
4	144	162	248	161	408	487	182	340	1,512	766	407	308	2,541	3,192	1,425	1,235
5	122	117	177	75	138	197	116	84	807	445	235	152	692	666	478	134
6	65	68	92	43	64	103	43	68	130	59	94	60	284	450	228	110
7	35	34	68	33	35	72	16	33	74	41	36	36	160	190	159	41
8	21	20	58	26	18	54	10	22	49	26	23	29	74	41	44	19
9	12	15	48	21	11	41	7	20	35	18	17	21	33	20	23	10
10	7	12	38	16	7	32	5	12	25	13	12	14	18	15	19	6
11	5	9	28	11	4	24	4	7	18	10	8	9	11	12	17	3
12	4	6	19	7	3	19	2	4	14	8	6	5	7	9	13	2
13	2	4	13	4	2	14	1	3	11	6	4	3	4	6	9	1
14	2	2	8	3	1	10	1	2	8	4	2	2	2	4	6	1
15	1	1	5	2	1	7	1	1	5	2	2	1	1	2	4	0
16	1	1	3	1	1	5	0	1	4	1	1	0	1	2	2	0
17	1	0	2	1	0	3	0	0	2	1	1	0	0	1	1	0
18	1	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
19	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0				1			1	0	0		0	0	0	0

で計算し、標準偏差 3.46 (年齢一体長データから曲線回帰で成長式の 3 定数を求めた時に得られた平均平方の平方根) を用いて 1cm の体長幅に含まれる割合を各年齢群毎に計算した (これを便宜的に年齢体長階級表と呼ぶ)。この年齢体長階級表のうち、若齢の 3-4 個のモードについてはソルバーで得られた階級割合で置き換えた。この段階では各年齢毎の階級合計は 1 であり、同一階級でも各年齢間の関係はない。ソルバーで推定されたその若齢の 3-4 個のモードの個体数をそれぞれの年齢の各体長階級に乗じた。これらのモードの個体数をその月の体長組成の合計から差し引いた値 (差分) を、それ以上の年齢群に次のように振り分けた。例えばソルバー関数で得られた個体数を若齢の 3 年齢群まで用いた場合ならば、その上の年齢から 20 歳まで毎年 50% の生残率で減少すると仮定し、それらの年齢群の合計個体数が差分と一致する値を探し、それらを年齢体長階級表のそれぞれ対応する年齢の階級割合に乗じた。この段階で同一階級でそれぞれの年齢

群の大きさに応じた重み付けのされた表、すなわち体長一年齢変換表となる。この年齢一体長変換表を用いてその期間の体長組成を年齢組成に変換した (図 1b)。この変換して得られた体長階級毎の年齢の割合を作図すると、その年齢群の体長組成が正規分布から大きくずれた分布となる場合が認められたが、その場合は正規分布に近い分布となるような値に、計算体長から 2.0cm の範囲内で体長を調整した。ハマダイの産卵期は 4 月から始まることから (海老沢, 2007), 加齢月は 4-6 月とした。

上記の計算は年齢別測定尾数を基におこなった。漁場別漁獲量が判っている 2004 年 4 月から 2009 年 3 月までの期間での年齢別漁獲尾数への変換は、期間毎の測定体長から計算した測定重量と、漁場別漁獲量 (福田, 2005; 福田, 2006; 福田, 2007; 松尾, 海老沢, 2007; 平手ほか, 2008; 平手ほか, 2009) から重量測定率を計算し引き伸ばした。モード推移が不規則で年齢への変換が困難であると判断された

2001年4月から2004年6月までのデータは除外した。2004年は7月以後の年齢別漁獲尾数は計算できているが4—6月が除外されたために全てが利用できないのは不都合なので、4—3月までの漁獲量と7—3月までの測定重量を基に全体に引き伸ばして年齢別漁獲尾数を得た。

### 結果と考察

2001年4月から2009年3月までの間の測定魚の期間別年齢組成を表2に、2004年4月から2009年3月までの年間の年齢別漁獲尾数を表3に示した。モード推移が明確である2004年7—9月加入群(2003年生まれ群)、2005年10—12月加入群(2004年産まれ群)、2006年10—12月加入群(2005年産まれ群)は、その後の各期間毎の測定尾数がそれ以前の加入群の同年齢時期と比較すると非常に大きい。年齢別漁獲尾数でもこれらの年級群、すなわち2004年から2006年に1歳であった年級群のその後の漁獲尾数は多い。近年の資源量指数の増大は(海老沢ほか, 2008)、これらの3つの年級群が大きかったことが原因であると推察される。

2004—2006年では2歳魚の漁獲尾数が全体で最も多くを占めたが、2007—2008年は3歳魚が多くを占めた。特に2007年の2歳魚は大きな年級群であるにもかかわらず、漁獲尾数は2004—2006年の2歳魚の漁獲尾数と比較して少なかった。この原因は2007年には、より大型である3歳魚の資源尾数が多く、漁獲圧力が3歳魚に集中したためであると推察される。同様に2008年の1—2歳魚の漁獲尾数が非常に少なかったのも、この年は3—4歳魚に漁獲圧が集中したために小型の1—2歳魚が漁獲されなかったものと推察される。従って2006—2007年産まれ群が特に小さい年級群ではないものと考えられる。

2004年の1歳魚の漁獲尾数が他の年と比較して著しく多い。これは他の年では新規加入群による体長モードの低下が顕著で、加入時期が10—12月、あるいは1—3月で、4—6月にはすぐ2歳として扱われているのに対して、2003—2004年にかけての期間は体長モードの新規加入による低下が顕著でないため、7—9月の最小モードが1歳、その後1—3月までの3期間1歳として扱われたこと、その間のモード個体数(表1)も大きな数値であったことが原因であるが、前述のとおりこの年級群は大きな年級群であり、妥当な推定値なのかもしれない。

年齢組成の推定で最も信頼できるのは、毎年充分量の標本を入手して年齢査定をおこない、その時の体長組成とその標本の体長—年齢相関表から年齢組成をえる方法である。琉球列島海域で採集されたハマダイの耳石には、明瞭な年輪は形成されていない。そのため耳石微細輪紋を計数しその日齢から成長を推定しているが、日齢を計数できるのは極めて少ない標本に限られている。従って上記の方法で年齢組成を推定することは不可能である。ハマダイの体長組成に認められるモード位置は、同じ時期でも年によって大きく異なるため、固定的な成長式を用いて年齢組成に変換する方法も適用できない。そこで今回おこなったように体長組成から複数の正規

表3 琉球列島海域におけるハマダイの年齢別漁獲尾数の推移

	2004	2005	2006	2007	2008
1	2,196	284	200	3	0
2	9,739	10,011	13,336	4,421	5,483
3	4,261	8,107	12,709	31,384	34,051
4	1,723	1,810	2,454	7,532	19,767
5	877	1,253	939	4,123	4,728
6	424	688	468	884	2,539
7	251	428	246	481	1,330
8	176	307	155	330	430
9	131	236	115	236	210
10	95	177	79	165	144
11	69	128	54	117	107
12	50	86	37	83	75
13	38	56	25	58	50
14	28	35	17	39	32
15	21	22	12	26	20
16	15	14	8	16	12
17	10	9	5	10	8
18	6	6	3	6	5
19	4	4	2	4	3
20	0	1	1	2	1

分布に分解したのであるが、最小の3ヶ程度のモードは比較的正確に分解できているように判断できる。しかし小さな年級群ではその分解も不正確なようである。2004年から2009年3月までは大きな年級群であったため、その推定精度も比較的良好であると判断される。VPAによる資源量推定などでは、連続した長期間の年齢別漁獲尾数が必要である。今後出現する年級群の大きさによっては、十分な推定値が得られないこともあり、VPAが適用できないことも考えられる。

### 文献

- 海老沢明彦, 山本隆司, 福田将数, 2005: 体長組成のモード推移と尾又長—耳石重量関係式から推定したヒメダイの成長式. 沖縄県水産試験場事業報告書, 65, 97—101.
- 海老沢明彦, 前田健, 2006: 日周輪解析によるハマダイ及びヒメダイの成長式推定の試み. 沖縄県水産試験場事業報告書, 66, 78—82.
- 海老沢明彦, 2007: 琉球列島海域に分布するハマダイの産卵期と成熟体長. 沖縄県水産試験場事業報告書, 67, 91—92.
- 海老沢明彦, 平手康市, 山田真之, 2008: 沖縄県水産海洋研究センター漁獲統計データベースを基に推定したアオダイ, ヒメダイ, およびハマダイの種別1航海当り漁獲量の年変化. 沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 69, 39—42.
- 福田将数, 海老沢明彦, 2002: マチ類の漁業管理推進調査. 沖縄県水産試験場事業報告書, 62, 54—57.
- 福田将数, 2005: 県内主要漁場で漁獲されたマチ類4種の体長別漁獲尾数. 沖縄県水産試験場事業報告書, 65, 79—

96.

福田将数, 2006: 沖縄周辺海域におけるマチ類の漁獲状況把握調査. 沖縄県水産試験場事業報告書, 66, 66—77.

福田将数, 2007: 県内主要漁場で漁獲されたマチ類4種の体長別漁獲尾数. 沖縄県水産試験場事業報告書, 67, 72—

90.

平手康市, 海老沢明彦, 山田真之, 2008: 県内主要漁場で漁獲されたマチ類4種の尾叉長別体長組成. 沖縄県水産海

洋研究センター事業報告書, 69, 164—187.

平手康市, 海老沢明彦, 山田真之, 2009: 2008年度に県内主要漁場で漁獲されたマチ類4種の月別・尾叉長毎漁獲尾数. 沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 70, 117—136.

松尾和彦, 海老沢明彦, 2007: 県内主要漁場で漁獲されたマチ類4種の体長別漁獲尾数. 沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 68, 73—90.