

八重山海域におけるフエフキダイ属魚類の 資源量減少に伴う成長の変化 (沖縄沿岸域の統合的な利活用推進事業)

秋田雄一*, 海老沢明彦

Changes of growth parameters in *Lethrinus* species associate with population decline off Yaeyama Islands

Yuichi AKITA* and Akihiko EBISAWA

八重山海域で漁獲されたイソフエフキ、タデシマフエフキ、ハナフエフキ、マトフエフキの4種について、耳石薄切標本から年齢を査定し、成長式を推定した。その成長式を既存の研究と比較したところ、1990年代に比べ2010年代では、イソフエフキとタデシマフエフキの高年齢時に体サイズが小型化していることが明らかになった。このような成長特性の変化は、漁獲量や漁獲体長組成から資源量を推定する際、資源量や増減傾向の推定結果に影響を与えることが懸念され、対象種の生態的特性の変化を把握することの重要性が示唆された。

1

本県における沿岸漁業の漁獲物のうち、フエフキダイ科魚類は、ハタ科、ブダイ科と並び重要な漁獲対象である。県内でも重要な漁場の一つである八重山周辺海域では、イソフエフキ *Lethrinus atkinsoni* やハマフエフキ *L. nebulosus* の漁獲量が多く、これらの重要性が高い(太田, 2008; 秋田ほか, 2011)。しかしながら、フエフキダイ科魚類の漁獲量ならびにCPUEは、この20年あまりで約半分にまで減少しており(水産海洋技術センター漁獲統計)、資源の合理的利用が求められている。資源管理をおこなっていく上では、管理の実施とその効果の評価が必要であるが、そのためには、成長式や体長体重関係などの生態的な情報が必要となってくる。魚類の成長や成熟は、漁獲などによる個体群密度の変化の影響を受けることが報告されており(Reznick *et al.* 1990; Zhao and McGovern, 1997; Zhao *et al.* 1997)、CPUEを指標とした資源水準が激減した近年において、過去の知見をそのまま利用できるかは検証する必要がある。そこで本研究では、フエフキダイ属魚類4種の年齢、成長といった生態的情報を収集し、1980年代から1990年代前半に標本の収集をおこなった先行研究(Ebisawa and Ozawa, 2009)と比較することで経年的な生態的特性の変化を検証することを目的とした。

材料及び方法

本報告では、2013年10月までに購入したイソフエフキ合計756個体、タデシマフエフキ *L. obsoletus* 合計198個体、

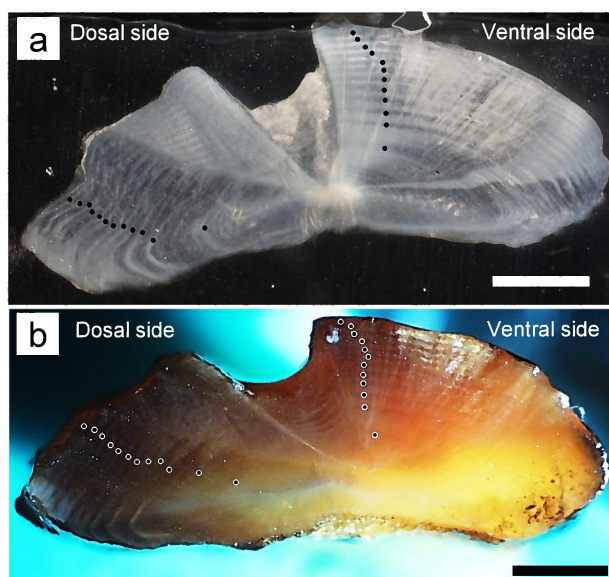


図1. a: 切片法により作成したイソフエフキ(体長278 mm, 12歳, 雄)の耳石試料, b: Brake and Burn法により作成したイソフエフキ(aと同一個体)の耳石試料. なおaは, bと比較するために画像を左右反転している。

*Email: akitaych@pref.okinawa.lg.jp 支所

表1. 本研究に用いたフエフキダイ属4種の年齢別標本数と雌雄別平均尾叉長および標準偏差

Age	イソフエフキ <i>L. aikinsoni</i>			タテシマフエフキ <i>L. obsolens</i>			ハナフエフキ <i>L. ornatus</i>			マトフエフキ <i>L. harak</i>		
	n	female	male	n	female	male	n	female	male	n	female	male
1	2	182.1±2.8		1		196				1	246	
2	73	197.5±11.8	199±9.9	12	240.9±12.1	239	10	187±6.6	198	17	244.7±12.3	251.4±8
3	105	215.8±13.1	211.5±10.7	34	246.9±8.9	252±14.4	7	205.8±7.4	222	10	261±16.5	269±7.8
4	86	225.3±10.4	226.3±11.9	31	264.5±10.8	259.2±12.6	5	211.7±7.3	224	16	269.6±25.1	254.7±14.1
5	83	240.3±13.9	234.1±11.9	9	271.9±5.5	264±6.2	4	215±8.5	226	8	308±19.7	273.8±7.8
6	42	252.4±21.4	242.5±13.4	10	273.1±12.5	261.7±3.2	15	223.3±9.3	230.7±13	11	282.2±17.8	279.9±17.5
7	40	261.9±12.8	249.4±15.1	15	274.1±7.8	281.8±10.9	13	224±6.4	236.2±11.4	3	259	263±29.7
8	52	268.5±15.8	253.4±15.7	12	278.2±5.5	292±13.5	11	228.4±8.8	231.2±15.9	5	287.5±9.2	259.3±15.3
9	54	264.1±16.9	255.6±10.5	15	288.6±4	292.3±12.1	7	224	240.5±12	3		282.3±16.5
10	30	276.1±19.7	254±10.8	14	283.8±17.2	286.8±7.4	6	221.8±9.2	239.7±17.1			
11	24	280±22.9	258±8.4	13	284.4±14.2	288±21.6	6	228.3	234±14.8			
12	42	285±22	267.9±16.3	8	295.5±9.5	290.2±10.7	6	244	240±12.3			
13	37	290.9±23.2	272.4±12.6	5	302	304.5±27.2	7	232	235.8±8.1			
14	21	290.5±25.2	268.6±26.6	6	293±5.6	297.2±2.5	7	225	244.7±14.6	1	276	
15	20	294.1±25	271.6±10	2		296.5±3.5	8		242.2±13.7			
16	21	308.5±18.3	278.2±12.8	6	286.9±19	291.2±9.7	1		258			
17	4	322.9±3.6	297.4±12.5	1	299		4	224	245.9±14.6			
18	9	302.6±28.6	274.3±16.5	2	303	304.2	1		237			
19	6	298.5±15.2	270.7±21.7	1	289							
20	1		303.5	1	283							
21	2	363.8±37.1										
22	1	353.7										
23	1	332.0										
Total	756			198			118			75		

ハナフエフキ *L. ornatus* 合計 118 個体, マトフエフキ *L. harak* 合計 75 個体を用いた。標本は、尾叉長（以下、体長と表記）を mm 単位で計測したのち、頭部から耳石（扁平石）を摘出し、生殖腺の外観から性を判別した。耳石は、乾燥後ポリエステル樹脂（ポリキュート）に包埋した後、バンドソーで核を通り長径方向と垂直になるよう厚さ約 0.3 mm の切片を切り出し、透明マニキュアでスライドグラスへ張り付けた（以下、この方法を切片法と記述）。作成した耳石切片を実体顕微鏡で 15～20 倍に拡大し、透過光で観察時に白色不透明に見える輪紋（不透明帯）を計数した。またこの輪紋が、Ebisawa and Ozawa (2009) の Brake and Burn 法に見られる褐色透明帯と同様に年齢形質として適用可能であることを確認するため、同一個体の耳石を、切片法（図 1-a）と Brake and Burn 法（図 1-b）の両方で試料を作成し、輪紋形成位置と輪紋数の確認をした。この後、耳石背側の不透明帯を年齢形質として採用し、Ebisawa and Ozawa (2009) に従い、3 月を加齢月として 1 か月ごとの月齢を加算した年齢を算出した。本研究では、雌雄合わせた年齢と体長の関係を下記の von Bertalanffy の成長式に当てはめ、統計解析ソフト R (R Development Core Team, 2012) を用いて非線形最小二乗法によりパラメータを推定した。

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

(L_t : t 歳時の体長, L_{∞} : 極限体長, k : 成長係数, t_0 : 体長 0 mm 時の年齢)

推定した種ごとの各パラメータは、Ebisawa and Ozawa (2009) のパラメータと有意差が認められるかを統計解析ソフト R のパッケージ Fish methods (Gary A. Nelson (2012) fish methods: Fisheries Methods and Models in R. R package version 1.3-0.

<http://CRAN.R-project.org/package=fishmethods>) 内の尤度比検定 (Kimura, 1980) により検討した。

結果

切片法で見られる白色不透明な輪紋数を Brake and Burn 法の褐色透明な輪紋数と比較したところ、両方法で輪紋数は一致したため、年齢形質として利用できると判断した。また、切片法では、耳石背側に見られる白色不透明な輪紋が多く、個体で鮮明に観察された。したがって本研究では、耳石背側の輪紋を主に計数し、判読が困難な場合は耳石腹側の輪紋を計数した。本研究に用いた標本の体長範囲と年齢範囲は、イソフエフキが 182～390 mm, 1～23 歳, タテシマフエフキが 196～330 mm, 2～20 歳, ハナフエフキが 170～275 mm, 2～18 歳, マトフエフキが 203～324 mm, 2～14 歳であった。各年齢の標本数、平均体長および標準偏差を表 1 に整理した。これら 4 種の体長と年齢から推定した von Bertalanffy の成長式を以下に表す（図 2）。

$$\text{イソフエフキ: } L_t = 307.6(1 - e^{-0.14(t+5.23)})$$

$$\text{タテシマフエフキ: } L_t = 291.4(1 - e^{-0.25(t+4.64)})$$

$$\text{ハナフエフキ: } L_t = 243.9(1 - e^{-0.28(t+3.21)})$$

$$\text{マトフエフキ: } L_t = 280.7(1 - e^{-0.52(t+1.25)})$$

これらの成長式の各パラメータについて、Ebisawa and Ozawa (2009) のパラメータと比較したところ、イソフエフキではすべてのパラメータに、タテシマフエフキでは極限体長に有意差が見られ、90 年代に比べ小型化していることが明らかになった。一方、ハナフエフキ、マトフエフキでは成長式に有意差は見られなかった（表 2）。

表2. 本研究とEbisawa and Ozawa(2009)におけるフエフキダイ属4種の成長式の3定数, およびそれらが両研究間でそれぞれ等しいと仮定した帰無仮説の検定結果 (尤度比検定)

パラメータ/ 帰無仮説	イソフエフキ <i>L. atkinsoni</i>			タデシマフエフキ <i>L. obsoletus</i>		
	Ebisawa and Ozawa(2009)	本研究	<i>P</i> -value	Ebisawa and Ozawa(2009)	本研究	<i>P</i> -value
$L_{inf} / L_{inf1}=L_{inf2}$	324.00	307.57	0.009**	314.22	291.36	0.000***
$k / k_1=k_2$	0.19	0.14	0.000***	0.25	0.25	0.920
$t_0 / t_{01}=t_{02}$	-2.83	-5.23	0.000***	-3.32	-4.64	0.560
$L_{inf1}=L_{inf2}, k_1=k_2, t_{01}=t_{02}$			0.000***			0.000***

パラメータ/ 帰無仮説	ハナフエフキ <i>L. ornatus</i>			マトフエフキ <i>L. harak</i>		
	Ebisawa and Ozawa(2009)	本研究	<i>P</i> -value	Ebisawa and Ozawa(2009)	本研究	<i>P</i> -value
$L_{inf} / L_{inf1}=L_{inf2}$	244.75	243.86	0.862	283.98	280.74	0.572
$k / k_1=k_2$	0.43	0.28	0.086	0.51	0.52	0.920
$t_0 / t_{01}=t_{02}$	-1.54	-3.21	0.119	-0.83	-1.25	0.632
$L_{inf1}=L_{inf2}, k_1=k_2, t_{01}=t_{02}$			0.000***			0.050

表3. 本研究およびEbisawa and Ozawa(2009)で得られたフエフキダイ属4種の標本中の最高齢

	イソフエフキ <i>L. atkinsoni</i>		タデシマフエフキ <i>L. obsoletus</i>		ハナフエフキ <i>L. ornatus</i>		マトフエフキ <i>L. harak</i>	
	Ebisawa and Ozawa(2009)	本研究	Ebisawa and Ozawa(2009)	本研究	Ebisawa and Ozawa(2009)	本研究	Ebisawa and Ozawa(2009)	本研究
雌	22	23	21	20	10	17	14	8
雄	22	20	18	18	12	18	14	14

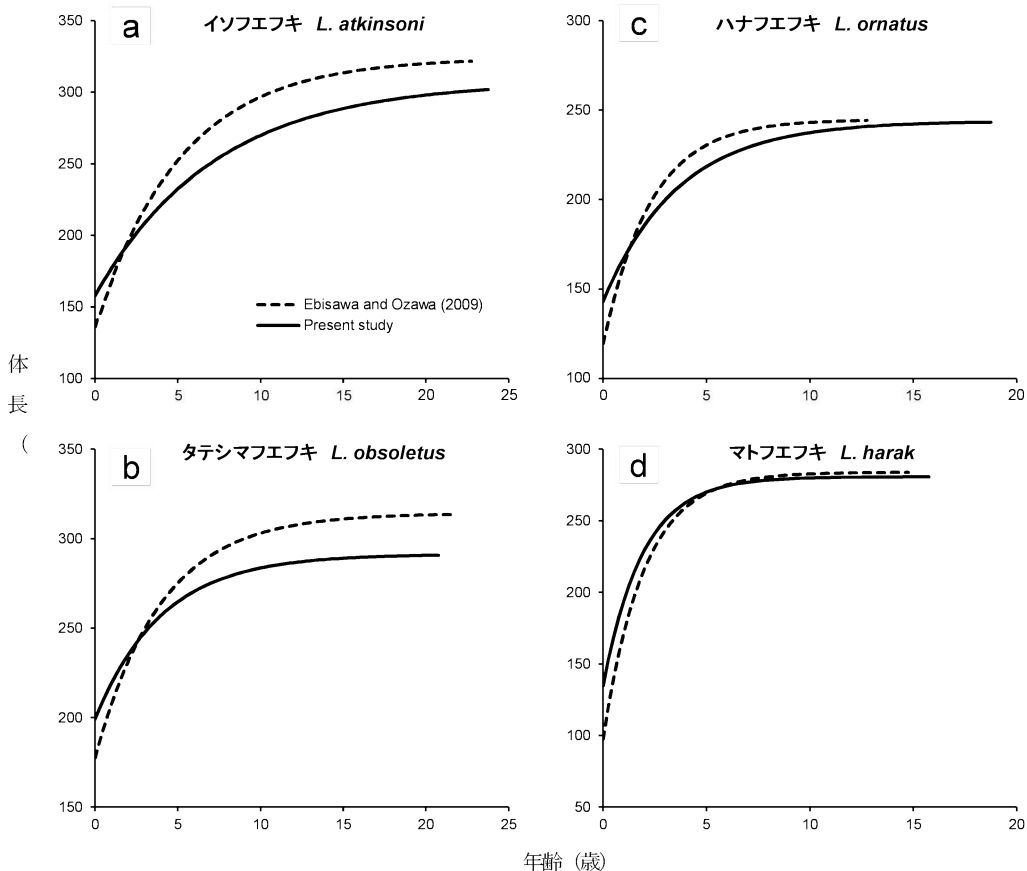


図2. イソフエフキ (a), タデシマフエフキ (b), ハナフエフキ (c) およびマトフエフキ (d) の成長曲線. 実線は本研究, 破線はEbisawa and Ozawa(2009)の成長式を示す.

考察

本研究に用いた標本の年齢を Ebisawa and Ozawa (2009) と比較すると、イソフエフキ、タテシマフエフキ、マトフエフキ雄では最高齢の顕著な変化は見られなかったが、ハナフエフキでは最高齢が高く、反対にマトフエフキの雌では最高齢が低かった（表3）。本研究においてハナフエフキの最高齢が高かったのは、比較的大型の標本が得られていたためであると考えられ、反対に、マトフエフキ雌の最高齢が低かったのは、大型の標本が不足していたためだと考えられる。

本研究では、イソフエフキとタテシマフエフキにおいて極限体長の有意な小型化が見られたが、その他の2種については小型化の傾向は見られなかった。八重山海域におけるイソフエフキ、タテシマフエフキは、ハナフエフキ、マトフエフキに比べ漁獲量が多く（太田, 2008 ; 秋田ほか, 2011）、またイソフエフキでは、1994年から2012年にかけて資源量が3分の1にまで減少していると推定されている（秋田ほか, 2014）。次いで漁獲量の多いタテシマフエフキについても近年の漁獲量が急激に減少していることから（太田, 2008 ; 秋田ほか, 2011）、同様に資源状態が悪化しつつあると考えられる。一方、マトフエフキ、ハナフエフキでも、近年の漁獲量は減少しているが、イソフエフキ、タテシマフエフキに比べてもともと漁獲量が少なく、八重山海域での分布密度が低いと考えられる。個体群密度の低下が及ぼす影響については、グッピー *Poecilia reticulata* や Vermilion snapper *Rhomboplites aurorubens* で体サイズの小型化が（Reznick et al., 1990, Zhao et al, 1997）、Vermilion snapper では、早熟化が報告されている（Zhao and McGovern, 1997）。八重山海域のイソフエフキ、タテシマフエフキについても、個体群密度の低下が体サイズの小型化の要因となっている可能性があるが、その要因については成熟開始体長や年齢、孕卵数などの変化を比較し、検討する必要がある。

体サイズ小型化の要因については、さらなる研究が必要であるが、資源量推定や資源診断では成長パラメータの変化が与える影響は軽視できない。秋田ほか（2014）では、1994年から2012年の八重山海域におけるイソフエフキ資源量を推定する際、成長の変化を考慮しないパラメータを使用した場合、資源量の減少傾向および絶対量を過少に見積もる可能性があることを示唆している。従って、漁獲量の減少が著しい

種の資源量を推定する際には、その生態的特性について再検討することが望ましいと考えられた。

謝辞

本研究をおこなうにあたり、県漁連職員、八重山漁協職員の方々、仲買の方々には、漁獲物の計測や購入に際して多くの便宜を図っていただきました。また、標本の処理、特に耳石切片の作成といった精密な作業を丁寧におこなってくださった非常勤職員の方々にも併せて、深く感謝いたします。

文献

- 秋田雄一, 海老沢明彦, 太田 格, 上原匡人, 山田秀秋, 2014 : 八重山海域産イソフエフキの資源量推定（八重山海域の魚類資源管理技術の確立）。平成 24 年度沖縄県水産海洋技術センター事業報告書。00-00.
- 秋田雄一, 太田 格, 海老沢明彦, 2011 : 八重山海域における主要沿岸性魚類の漁獲状況Ⅲ（八重山海域資源管理型漁業推進調査）。平成 22 年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書。17-24.
- Ebisawa A., Ozawa T., 2009 : Life-history traits of eight *Lethrinus* species from two local populations in waters off the Ryukyu Islands. Fisheries Science, 75, 553-556.
- 太田 格, 2008 : 八重山海域における主要沿岸性魚類の漁獲状況Ⅱ（八重山海域資源管理型漁業推進調査）。平成 19 年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書。95-102.
- Kimura D. K., 1980: Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. Fishery Bulletin, 77, 765-776.
- Reznick D. A., Bryga H., Endler J.A., 1990: Experimentally induced life-history evolution in a natural population. Nature, 346, 357-359.
- Zhao. B., McGovern J. C., 1997: Temporal variation in sexual maturity and gear-specific sex ratio of vermilion snapper, *Rhomboplites aurorubens*, in the South Atlantic Bight. Fisheries Bulletin, 95, 837-848.
- Zhao. B., McGovern J. C., Harris P. J., 1997: Age, growth, and temporal change in size at age of the vermilion snapper from the South Atlantic Bight. Transactions of the American Fisheries Society, 126, 181-193.