

超大型マダイの年齢とその出現確率

誌名	広島県水産試験場研究報告
ISSN	03876039
著者名	猪子,嘉生
発行元	広島県水産試験場
巻/号	17号
掲載ページ	p. 51-57
発行年月	1992年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



超大型マダイの年齢とその出現確率

猪子嘉生

Probable Age and Occurring Probability of Large-sized Red Sea Bream

Yoshio INOKO

The standard normal deviate of large-sized red sea bream larger than 60cm in fork length was calculated using mean length at age (l_t) from a growth equation and assumed S.D., while the population number at age being calculated assuming constant recruitment (10^7 fish) and survival rates (0.4~0.5). Those two values were multiplied to obtain the expected number of large fish. The age specific expected number of large fish rises to a maximum within the range of Age 7 to Age 11. It indicates that the probable age of those fish is rather young than that estimated from length-age relationship without considering the difference in growth rates among individuals. Therefore, Age estimation using a growth equation have a bias toward overestimation at ages of those large fish.

広島県の豊島漁場では尾叉長60cm以上の大型マダイが年間数尾程度漁獲される*。紀伊水道では約1,000尾の標本収集のなかで6尾が収集されている¹⁾。このような特別な大型魚の年齢は、一般に相当な高年齢と考えられることが多い。そこでは暗黙のうちに、成長曲線からの逆推定(体長→年齢)が行われている。しかし、逆推定は極限体長以上のサイズに適用できないし、点推定であり、確からしさも不明である。

マダイ以外の魚種で特大魚または最大体長の年齢に関する報告があるが²⁻³⁾、個体変異を考慮はしているものの、出現確率の計算はなされていない。計算体長に標準偏差を与え、個体変異に基づく超大型魚出現尾数の計算を試み、若干の結果を得たので、報告する。

方 法

計算に採用した基本数値と計算手順は次のとおりである。

(1) 計算体長: Bertalanffyの成長式のパラメタが得られている既往報告のうち4例を採用し、成長式に順次 t を当てはめ計算体長(尾叉長、以下体長という)を得た。前2者は外海域の優成長またはそれに近いもの^{1,4)}、後2者は内海域の劣成長またはそれに近いものである⁵⁻⁶⁾(表1)。

(脚注) * 豊浜町漁業協同組合漁場監視員、西藤吉正氏による。

表1. 計算に用いた成長解析例 (Bertalanffy の成長係数)

区分	報 告 者	海 域	k	t_0	L _{cm}	W _g
a	阪本等	紀伊水道	0.232	- 0.04	623	5,027
b	広島水試 S 56	芸予瀬戸	0.165	- 0.42	590	4,231
c	広島水試 S 58	芸予瀬戸	0.160	- 0.55	538	3,300
d	国行等	広島中部	0.180	- 0.42	485	2,638

(2) 標準偏差：年齢及び体長に関係なく変動係数を一定とし、計算体長に変動係数を乗じて各計算体長の標準偏差とした。仔稚魚⁷⁻⁸⁾、幼魚、未成魚等、多くの魚体測定結果を勘案し、変動係数は20, 15, 10%の3水準とした。

(3) 規準化偏差値と正規確率：前項までで年齢別に計算体長と標準偏差長が得られるので、これから規準化偏差値を計算し、正規分布表により正規確率を得た。これは生残尾数を考慮しない各年齢魚群のなかでの超大型魚(60cm級以上)の出現確率にはかならない。

計算の1例を示す。

$$\begin{aligned}
 \text{満10年魚の計算体長 (cm)} & l_t = & = 484 \\
 \text{同上変動係数10%のときの標準偏差} & l_s = 484 \times 0.10 & = 48.4 \\
 \text{60cm級超大型魚の規準化偏差値} & x = (600 - 484) / 48.4 & = 2.40 \\
 \text{正規確率 (累積和)} & Q(x) = & = 0.9918025 \\
 \text{正規確率 (山 補)} & 1 - Q(x) = & = 0.0081975
 \end{aligned}$$

正規確率 $Q(x)$ の計算には Hasting の近似式⁹⁾を用いた。ただし、この近似式による計算誤差は $\epsilon = 7.5 \times 10^{-8}$ とされており、 $x > 5.00$ では精度が不足したので、その部分は統計数値表¹⁰⁾によった。

(4) 年齢別生残尾数：年生残率を累乗し各年生残率を求め、これに加入尾数を乗じ、年齢別生残尾数を求めた。年生残率は既往の資源解析例¹¹⁻¹³⁾から 0.5, 0.45, 0.40 の3水準とした。

瀬戸内海中西部におけるマダイの産卵期は5月、加入時期は8~10月、従って0年魚の期間(月数)は12か月に満たないが、年生残率は同じとした。

加入尾数は1,600~2,300万尾という推定と約2,500万尾という推定がある¹⁴⁻¹⁵⁾。最近の調査¹⁶⁾では数百万尾の年も多いので、ここでは計算を簡単にするため、1,000万尾とした。

(5) 年齢別超大型魚出現期待尾数：最後に(1)~(3)で求めた出現確率と(4)で求めた年齢別生残尾数の積を求めた。これは60cm級超大型魚の出現期待数と呼ぶべきものである。

以上を成長係数4種、変動係数3水準、生残率3水準についてそれぞれ年齢別に計算した。各計算要素の変化の影響を見るとき、他の要素はいずれも中水準のものに固定した。

結 果

(1) 成長係数による変化

最優成長の場合でも3年までの低年齢では期待尾数が1尾を越えず、4年目から計算値が得られた。5、6年目に急速に増加し、7年目に極大が示された(図1A, 表1)。対数グラフでは

表2. 年齢別超大型マダイ出現期待尾数(成長係数による変化)

Table. 2. Effect of variation in Growth Parameter on expected numbers of Red Sea Bream larger than 60 centimeters in successive years

年齢	L_∞	623	590	538	485
	k	0.232	0.165	0.160	0.180
	t_0	-0.040	-0.420	-0.550	-0.420
1		—	—	—	—
2		—	—	—	—
3		—	—	—	—
4		41.1	—	—	—
5		1,490.2	0.3	0.0	—
6		5,285.9	17.0	0.1	0.0
7		7,045.0	123.5	3.0	0.2
8		5,896.7	302.9	15.4	1.5
9		3,874.6	404.8	34.7	4.3
10		2,223.7	377.8	47.2	6.9
11		1,177.8	282.1	46.6	7.8
12		593.4	182.3	37.3	6.8
13		289.4	107.0	25.7	5.1
14		138.1	58.7	16.1	3.4
15		64.9	30.8	9.3	2.0

表3. 年齢別超大型マダイ出現期待尾数(変動係数, 生残率による変化)

Table. 3. Effect of variation in Coefficient of Variance of size and Survival Rate on expected numbers of Red Sea Bream larger than 60 centimeters in successive years

年齢	変動係数(%)			生残率		
	20	15	10	0.20	0.15	0.10
1	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—
4	0.6	—	—	—	—	—
5	57.6	0.3	—	0.5	0.3	0.2
6	444.2	17.0	0.0	31.9	17.0	8.4
7	1,030.3	123.5	0.4	258.3	123.5	54.2
8	1,279.0	302.9	6.5	703.7	302.9	118.1
9	1,116.7	404.8	28.6	1,044.9	404.8	140.2
10	789.6	377.8	57.2	1,083.4	377.8	116.3
11	489.0	282.1	71.0	898.8	282.1	77.2
12	277.6	182.3	64.9	645.4	182.3	44.4
13	148.5	107.0	48.5	420.8	107.0	23.1
14	76.2	58.7	31.7	256.7	58.7	11.3
15	38.0	30.8	18.8	149.4	30.8	5.3

極大はなだらかな山に見えるが、実数表示（表2）ではかなり明確な山である。また、極大以後のは減少カーブはいずれも増加時より緩やかながら、10年以後では明らかな出現確率の低下がみられる。

劣成長の場合は9～11年と極大年が遅れ、期待尾数も激減した。成長係数が異なるごとに期待尾数は1桁ずつ少ない尾数となった。ただし、曲線の増減パターンは大差ない。

(2) 変動係数による変化

変動係数が20, 15, 10% (a, b, c) の順に、極大年が8, 9, 11年と前後3年の差が示された（図1B, 表2）。期待尾数はab, bc間では数倍、ac間では約18倍の差となった。全体的変化のパターンは図1Aと同様であった。

(3) 生残率による変化

当然ながら極大年はいずれも9年目で、変わらない。生残率50%の場合だけが僅かな差で10年目となっているが、数値は9年目とほとんど変わらない（図1C, 表2）。年生残率にして5%の差は、年々加算累積され、極大年の9～10年目には約2倍の差となった。

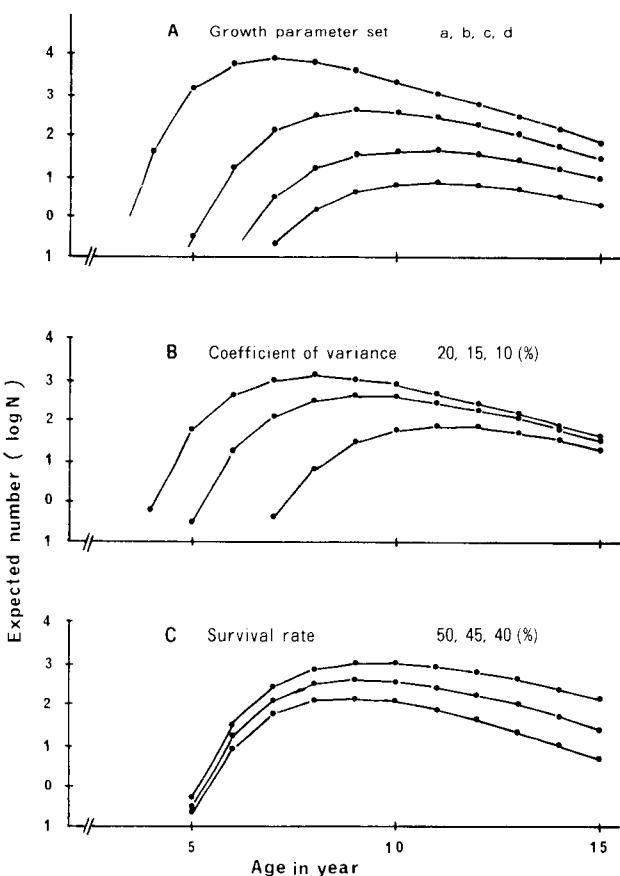


図1. 年齢別超大型マダイ出現期待尾数

A : 成長係数による変化

B : 変動係数による変化

C : 生残率による変化

Figure 1. Logarithms of expected numbers of Red Sea Bream larger than 60 centimeters in successive years.

(A) Changes in growth parameters;

(B) Changes in coefficients of variance in size;

(C) Changes in survival rates

考 察

(1) 極大年 成長曲線は増加関数であり、生残曲線は減少関数だから、その積が山形曲線になることは容易に想像できる。実際に数値を入れて計算した結果、早い場合は7～8年、遅い場合でも10～11年の比較的低い高年において極大年が出現した。

本報の計算は、成長係数（パラメーター）と生残率と大きさのバラツキを計算要素として結果を比較したものである。どの場合も、マダイの寿命とされている18年、20年付近ではもちろん、15年を越えない範囲でも生残尾数が少なくなるうえ、年々の成長量が少なくなるため超大型魚の出現確率は小さくなつた。ある程度の尾数が残存し、漁獲物のなかにある程度の出現が認められる「上記通常程度の」高年魚において、個体変異の大きいものが超大型魚として出現する確率の方が高い結果となつた。

始めに述べたとおり極限体長以上の大型魚については個体変異の考慮なしに年齢も体長も決められない。もちろん年齢が分かれば、その年齢の計算体長と比べ、どの程度の個体変異かも明かとなるが、成長曲線からの逆推定、すなわち超大型魚を即超高年とする通念は早計であり、否定されたといえる。

過去、広島県豊島漁場で入手した3尾の鱗標本を検輪した結果¹⁷⁾は、64cm-9年、63cm-9年、59cm-11年であった。いずれも9~10年の範囲で、やはり超高年とはいひ難い年齢であり、しかも、年齢と大きさが並行しないものであった。僅か3尾の例ながら、これは上記の結論によく符合する。

(2) 成長係数 上記計算結果に成長係数が大きく関係するのは、もちろんである。最優成長の場合は7年目の早期に極大年が現れ、やや早すぎるかにみえるが、それはkが大きく、初期成長が大きいためで、その分これらは15~20年近傍の成長が緩やかであることに注意を要する。高知県下海域ではここに用いた成長係数以上のkとL_{MAX}が報告されており、実際、例年80cm級の大型魚が測定されている^{18~20)}。これら超大型魚は瀬戸内海中部では考えられない大型魚であっても、本報の最優成長以上の成長係数であればむしろ当然で、上記よりさらに低い年齢で超大型魚が出現すると考えられる。

(3) 変動係数（標準偏差） 成長係数に次いで出現期待尾数に効くのは変動係数である。よく管理された人工種苗生産における仔稚魚で変動係数は10%程度である。多少管理が抜けるとたちまちそれが15%以上となる^{7~8)}。従つて、自然界で15%，場合によっては20%を見積ることも無理ではなかろう。

県下の超大型マダイ採捕記録としては74cmの測定例があり、全国では1.14m²¹⁾がある。後者の例でもある高年の計算体長（平均体長）が70cmとし、変動係数を15%とすると、規準化偏差値は4.19となり、出現確率は0.0000139となる。これは約10万分の1の確率であり、10年に1度1万分の1程度の確率で出現すると解釈できる。個体変異を考慮することにより、このような超大型魚の出現確率も現実的にありうる範囲のものとして説明することができる。

(4) 生残率 当然ながら、生残率は成長曲線のパターン及び極大年の位置に全く影響しない。出現期待尾数分布の山の高さに影響するだけで、生残率の変化ではパターンは同じで、高さのみ異なる三つの山が重なる。

(5) 極限体長・最大体長・最大到達体長・最高年齢・寿命 極限体長は土井の指摘²²⁾のとおり、

無限遠時間における実在しない群平均体長である。これを最大体長または最大到達体長とした説明もあるが²³⁻²⁴⁾、まぎらわしい。最大体長は実際に出現した大型個体のなかの最大、つまり最大個体の実例とする方が自然であろう。問題は、最大体長または最大到達体長等の用語のうらに出現しうる最高年齢において最大型魚の出現があるかに暗黙の示唆がある点である。そこでは成長曲線の逆推定が仮定されている。

また、推定された極限体長と実際に入手できた最大体長が近似するのを、年齢・成長の推定の妥当さの証左とするのも疑問である。そこには、有限と無限そして個体と群、二重の意味の混同がある。数値として近似しても、直接比較は問題であろう。

最高年齢を寿命と同一に扱い、それから自然死亡係数または自然死亡率を計算する場合がある²⁵⁾。最大体長を最高年齢と同一視してしまうと、さらに危険である。上述のとおり、超大型魚は通常の高年における大きさの個体変異例に過ぎない。実際年齢が最長寿例であっても、それはあくまでひとつの長寿記録であって、生物の寿命とはいい難い。寿命についてあらためて述べたい。

文 献

- 1) 阪本俊雄：紀伊水道外域産マダイの年齢と成長、日水誌 50(11), 1829-1834, 1984.
- 2) 安達二朗：浜田沖で漁獲された特大マイワシについて、昭和63年度漁業資源評価・漁海況予報会議研究報告、日本海ブロック試験研究集録 18, 1990.
- 3) 木本秀明他：周防灘産メイタガレイの資源管理方策の検討、日水誌 56(12), 1907-1917 (1990).
- 4) 広島水試：昭和56年度回遊性魚類共同放流実験調査事業報告書、豊島地区における追跡、成長、18-19, 1982.
- 5) 広島水試：昭和58年度同報、豊島地区における追跡、年齢と成長、29-32, 1984.
- 6) 国行一正他：瀬戸内海中部海域におけるマダイ未成魚の年齢と成長、南西水研報 8, 81-100, 1975.
- 7) 慶徳尚寿他：昭和59年度広島県栽培漁業協会業報、タイ類種苗生産、1-14, 1985.
- 8) 慶徳尚寿他：昭和62年度同報、タイ類種苗生産、1-14, 1987.
- 9) Hewlett Packard : HP-65 Stat Pac 1, 26-29, 1974.
- 10) 北川敏夫他：新編統計数値表、35-41, 河出書房, 1952.
- 11) 阪本俊雄他：瀬戸内海東部海域におけるマダイの生物情報と資源診断、東海水研報 105, 59-91, 1981.
- 12) 島本信夫他：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-II、漁業と資源、151-166, 1984.
- 13) 高場 稔他：マダイの種苗放流・追跡-IV、豊島地区における放流マダイの漁獲量、広島水試研報 16, 1-18, 1986.

- 14)瀬戸内海栽培漁業協会他：瀬戸内海におけるマダイ資源の培養と種苗放流の在り方，6-10, 1973.
- 15)瀬戸内海西ブロック内海エリア班：平成2年度資源培養管理対策推進事業，西瀬戸ブロック報告書，1991.
- 16)高場 稔他：広島県中東部海域におけるマダイ加入量の推定，中央水研研報 3, 13-24, 1991.
- 17)猪子嘉生他：マダイ鱗の輪紋観察（予報），第12回南西海区ブロック内海漁業研究会報告，71-73, 1980.
- 18)高知水試：昭和57年度回遊性魚類共同放流実験調査事業報告書，標識魚の混獲状況，漁業実態調査，42-62, 1983.
- 19)----：昭和58年度同報，室戸周辺産マダイの年齢と成長，56-63, 1984.
- 20)----：昭和59年度同報，土佐湾産マダイの鱗相と生長，70-76, 1985.
- 21)海老名謙一：真鯛の成長に就て，日水試 4(6), 411-414, 1936.
- 22)土井長之：水産資源力学入門，13-14, 日本資源保護協会，1975.
- 23)鉄 健司：海洋学講座13, 資源生物論, 52-60, 1974.
- 24)能勢幸雄他：水産資源学，年齢と成長，47, 東京大学出版会(1988)
- 25)田中昌一：水産生物のPopulation Dynamicsと漁業資源管理，東海区水産研究所研究報告 28, 164-168, 1960.

