

带鱼生长的研究*

吴鹤洲 成贵书 周建魁 王建飞

(中国科学院海洋研究所, 青岛)

提 要

本文根据带鱼耳石横断面切片的显微观测和鱼体测量结果, 着重分析物种数量分布中心海区的主体种群和不同季节出生群的生长特征, 并对种群生长的地理差异以及年代差异与渔业资源的合理利用问题进行了探讨。

带鱼 *Trichiurus haumela* (Forskål) 是我国海洋渔业主要的捕捞对象, 了解其生长特性及其变动状况, 可为掌握种群动态规律和渔业资源的科学利用提供重要依据。

一、材料与方 法

主体种群生物学测定样本取自东海北部海域, 自1977年5月至1978年6月, 周年连续逐月取样共4,025尾, 观测耳石样本3,418尾; 补测大个体样本系由李城华同志提供的取自相邻年份的带鱼生殖力研究样本。用于比较分析海区生长差异的部分样本, 系相近年份取自南海、东海南部及渤、黄海区¹⁾。

耳石经切割成横断面薄片后, 在 8×4 解剖显微镜下逐个测量其自中心点至侧外缘的半径(R)和自中心点至各窄带外缘的投影距离(r_n), 测量单位为目微尺格数, $1 \text{格} = 0.033\text{mm}$ 。

体长(L), 为自吻端至肛门前缘的直线距离 (mm)。

体重(W), 为剔除内脏和性腺的纯体重 (g)。

对于不同季节出生带鱼的生长问题, 作者¹⁾曾根据1龄鱼的体长和轮径测定值的多峰型频率分布曲线的众数峰值, 估计春季(5月前后)出生者经过10个月至第一轮形成时的体长为200mm左右, 秋季(9月前后)约经6个月体长可达120mm左右, 而夏季(7月前后)约经8个月左右体长达160mm左右。本文将全部样本的生长测定值进行定量分析时, 依第1轮径测定值频率分布曲线上较明显的峰谷界面, 将 $r_1 \leq 0.72\text{mm}$ 者划归晚生群(秋季出生), $r_1 > 0.72\text{mm}$ 者划归早生群(春夏季出生), 进行不同季节出生群生长的比较分析。

为便于渔业资源评估工作的一般需要, 本文对整体种群(确定出生世代, 但不分出生季节)的生长, 则依据混合样本予以分析。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第1135号。

收稿日期: 1982年4月8日。

1) 吴鹤洲等, 关于带鱼年龄鉴定问题的探讨。待刊稿。

二、耳石增长与鱼体生长的关系

1. 耳石增长

东海北部带鱼轮径 (\bar{r}_n) 测定值如表 1 所示。A 群(秋季出生者)与 S 群(春夏季出生者)之间在 2 龄以前存在着显著性差异, 但随年龄的增高而趋近一致; 雌鱼轮径虽略大于雄鱼, 但无明显差异。

表 1 不同性别早生群(S)与晚生群(A)耳石轮径(\bar{r}_n)及其差异显著性测定

	r_1			r_2			r_3			r_4			r_5		
	M	s	N	M	s	N	M	s	N	M	s	N	M	s	N
A	♂	19.38	1.34	6	32.33	1.53	3								
	♀	19.83	1.36	7	35.30	2.58	5	45.29	2.36	5	52.0	3.0	3	61.0	
	♀+♂	19.09	2.07	11	34.62	2.66	7	45.29	2.36	5	52.0	3.0	3	61.0	1
S	♂	29.22	3.43	16	39.49	3.01	16	50.71	4.07	6					
	♀	30.06	3.37	18	40.60	3.70	23	48.64	3.72	19	54.75	4.17	14	58.43	4.32
	♂+♀	29.53	3.50	18	40.39	3.60	23	48.78	3.76	20	54.75	4.17	14	58.43	4.32
A+S	♂	28.51	4.18	22	39.26	3.23	17	50.57	3.78	6					
	♀	29.75	3.76	25	40.46	3.77	23	48.43	3.73	19	54.51	4.12	14	57.75	4.10
	♂+♀	28.80	4.34	29	40.23	3.70	24	48.56	3.75	19	54.51	4.12	14	57.75	4.10
t_a	0.05	0.01		0.05	0.01		0.05	0.01		0.05	0.01		0.05	0.01	
♂/♀	A	-	-		-	-		-	-		-	-		-	-
	S	-	-		-	-		-	-		-	-		-	-
	A+S	-	-		-	-		-	-		-	-		-	-
A/S	♂	+			+	+		-	-		-	-		-	-
	♀	+			+	+		-	-		-	-		-	-
	♂+♀	+			+	+		-	-		-	-		-	-

依 Walford 生长转换法, 将各年龄群的轮距测定值 (\bar{r}_n) 描绘定差图, 其各坐标点的排列呈一直线, 表明带鱼的耳石轮径与年龄的增量成等比关系^[15,17,19]。用最小二乘法求得的回归关系式为线性方程:

$$A \text{ 群 } r_{n+1} = 22.0334 + 0.6648r_n \quad (r = 0.9997) \quad (1)$$

$$S \text{ 群 } r_{n+1} = 19.4071 + 0.7191r_n \quad (r = 0.9990) \quad (2)$$

$$A+S \text{ 群 } r_{n+1} = 19.5486 + 0.7197r_n \quad (r = 0.99998) \quad (3)$$

回归线与 45° 对角线相交于 $r_{n+1} = r_n$, 即 r_{∞} 。带鱼耳石增长的拟合方程为:

$$A \text{ 群 } r_t = 65.73[1 - e^{-0.4082(t-0.1619)}] \quad (4)$$

$$S \text{ 群 } r_t = 69.09[1 - e^{-0.3298(t+0.6834)}] \quad (5)$$

$$A+S \text{ 群 } r_t = 69.74[1 - e^{-0.3289(t+0.6186)}] \quad (6)$$

2. 耳石增长与鱼体线性生长的关系

带鱼耳石横向半径 (R) 与鱼体长度 (L) 呈幂函数曲线或直线相关(图 1), 但以幂函数曲线拟合更好(相关系数较大, 标准差较小), 因而依 $R = aL^b$ 式由耳石轮径测定值

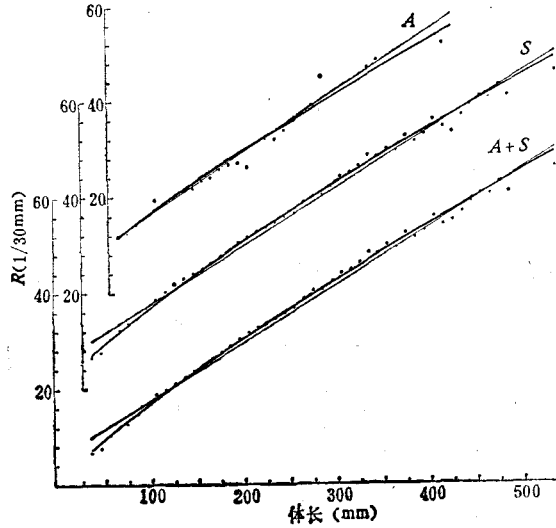


图1 耳石与鱼体长度生长的关系

求返算体长可得更准确的结果。

三、东海北部带鱼种群的生长

1. 返算体长及其数值分析

东海北部带鱼的返算体长 (L_n) 测定值如表 2 所示: 早生群和晚生群第 1 及第 2 轮

表 2 不同性别早生群与晚生群返算体长 (\bar{L}_n) 及其差异显著性

		L_1			L_2			L_3			L_4			L_5		
		M	s	N	M	s	N	M	s	N	M	s	N	M	s	N
A	♂	122.97	10.93	6	240.08	14.86	3									
	♀	132.12	9.78	7	247.80	19.88	5	325.10	18.47	5	378.99	23.78	3	449.79		1
	♂+♀	119.74	15.01	11	242.35	22.31	7	333.19	20.58	5	392.55	26.85	3	474.25		1
S	♂	185.17	25.31	16	263.31	23.52	16	352.85	33.24	6						
	♀	194.62	27.02	18	283.22	32.34	23	354.89	33.95	19	411.44	38.93	14	446.21	41.35	6
	♂+♀	192.53	27.33	18	280.48	30.11	23	350.71	32.34	20	404.25	37.10	14	437.30	38.98	6
A+S	♂	182.84	30.08	22	262.33	24.44	17	349.35	29.58	6						
	♀	195.17	29.51	25	283.44	32.17	23	352.56	33.10	19	407.21	37.30	14	446.04	37.76	6
	♂+♀	187.79	33.51	29	279.77	30.82	24	350.27	32.42	19	402.28	36.24	14	439.89	36.76	6
t_0		0.05	0.01		0.05	0.01		0.05	0.01		0.05	0.01		0.05	0.01	
♂/♀	A	-	-		-	-										
	S	-	-		+	-		-	-							
	A+S	-	-		+	-		-	-							
A/S	♂	+	+		-	-										
	♀	+	+		-	-		-	-		-	-		-	-	
	♂+♀	+	+		+	+		-	-		-	-		-	-	

表 3 返算体长与瞬时增长率

	年龄	样本 (尾)	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	群体生长			个体平均生长				
									年龄 差距	体长差距	对数 差	瞬时 增长率 (G _*)	体长差距	对数 差	瞬时 增长率 (G)	
A	1	183	119.3													
	2	6	126.4	242.7					1-2	119.3-242.7	0.710	2.131	126.4-242.7	0.652	1.957	
	3	4	124.5	245.4	339.3				2-3	242.7-339.3	0.335	1.005	245.4-339.3	0.324	0.972	
	4	2	118.9	241.3	317.6	379.1			3-4	339.3-379.1	0.111	0.333	317.6-379.1	0.177	0.531	
	5	1	104.2	228.9	339.3	392.6	474.3									
	平均			119.5	242.3	333.1	392.6	474.3								
S	1	2135	191.1													
	2	359	198.7	281.4					1-2	191.1-281.4	0.387	1.161	198.7-281.4	0.348	1.044	
	3	76	196.2	279.5	356.8				2-3	281.4-356.8	0.237	0.712	279.5-356.8	0.244	0.733	
	4	25	189.6	272.0	343.6	408.5			3-4	356.8-408.5	0.135	0.406	343.6-408.5	0.173	0.519	
	5	6	171.3	254.9	324.9	388.6	436.2		4-5	408.5-436.2	0.066	0.197	388.6-436.2	0.116	0.347	
	6	1	195.9	260.4	327.7	388.6	442.2	496.9								
平均			192.2	280.2	351.7	404.1	437.1	496.9								
A+S	1	2318	185.6													
	2	365	198.1	281.2					1-2	185.6-281.2	0.415	1.246	198.1-281.2	0.350	1.051	
	3	80	192.9	277.9	355.6				2-3	281.2-355.6	0.235	0.704	277.9-355.6	0.247	0.740	
	4	27	184.5	269.6	341.1	405.3			3-4	355.6-405.3	0.131	0.392	341.1-405.3	0.172	0.517	
	5	7	161.4	250.5	325.6	391.2	439.3		4-5	405.3-439.3	0.081	0.242	391.2-439.3	0.116	0.348	
	6	1	196.7	261.0	328.1	388.7	441.9	496.2								
平均			187.4	279.5	350.1	402.0	439.6	496.2								

形成时的体长差异十分明显,但随着年龄的增长而趋向一致。雌鱼的体长略大于雄鱼,但差异不显著,因而对带鱼群体生长进行分析时,可将两性样本合并处理。

将各年龄组(不同世代)的轮距测定值 (\bar{L}_n) 依 7—9 式:

$$A \text{ 群 } R = 0.3380L^{0.8432} \quad (r = 0.9909) \quad (7)$$

$$S \text{ 群 } R = 0.3740L^{0.8308} \quad (r = 0.9981) \quad (8)$$

$$A + S \text{ 群 } R = 0.3632L^{0.8357} \quad (r = 0.9985) \quad (9)$$

求返算体长所得结果列于表 3。可以看出,1 龄以上的带鱼中存在着李氏现象,这可从选择性死亡的结果得到解释^[17]。如表 3 所示,带鱼的个体平均瞬时增长率 (G) 在一定阶段大于群体瞬时增长率 (G_{*}) 的状况,乃是带鱼受相当程度的选择死亡(较大个体先于较小个体的捕捞死亡)的影响的结果^[17]。但是,由于带鱼群体的补充能力很强,从而抵消了选择死亡在低龄时对群体生长的不利影响,以致早生群自 2 龄以后及晚生群自 3 龄以后才明显地表现出其所受捕捞压力的影响。

2. 生长特征曲线与方程

经选用某些生长表达方式^[13,15-21] 进行比较分析表明,以 Von Bertalanffy 方程可最接近正确地表示带鱼的年间生长过程。

(1) 带鱼的体长生长

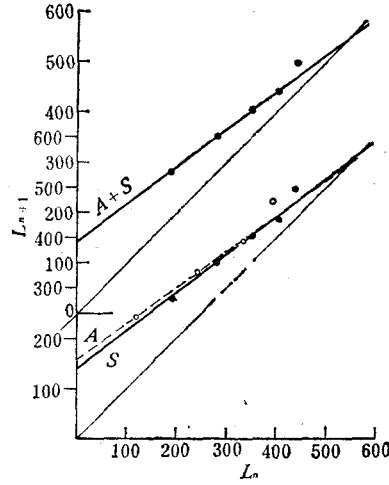


图2 体长生长定差图

依返算体长 (\bar{L}_n) 描绘 Walford 生长定差图 (图 2), 并用最小二乘法求得 \bar{L}_n 与 \bar{L}_{n+1} 之间的回归关系式为线性方程:

$$A \text{ 群 } L_{n+1} = 159.2053 + 0.7057L_n \quad (r = 0.9994) \quad (10)$$

$$S \text{ 群 } L_{n+1} = 139.8465 + 0.7439L_n \quad (r = 0.9987) \quad (11)$$

$$A + S \text{ 群 } L_{n+1} = 140.4087 + 0.7462L_n \quad (r = 0.9999) \quad (12)$$

表明带鱼的返算体长与年龄的增量成等比关系, 符合 von Bertalanffy 生长方程的基本条件。经测定 $L_t = L_\infty[1 - e^{-k(t-t_0)}]$ 方程的各项参数: L_∞ ——渐近体长; k ——曲率; t_0 ——体长为零时的推算年龄, 则东海北部带鱼种群生长的拟合曲线方程为:

$$A \text{ 群 } L_t = 541.0[1 - e^{-0.3486(t-0.2873)}] \quad (13)$$

$$S \text{ 群 } L_t = 546.1[1 - e^{-0.2958(t+0.4536)}] \quad (14)$$

$$A + S \text{ 群 } L_t = 553.2[1 - e^{-0.2928(t+0.4106)}] \quad (15)$$

代入 t 值, 得计算体长 (L_t)。据表 4 所列各项 L_t 值描图所得的是一条没有拐点的上部趋向渐近值的总生长曲线(图 3a—b)。

表 4 轮形成时的计算体长(L_t)及周岁估算体长(L_T)

	L_t					
	1	2	3	4	5	6
A	119.0	243.2	330.9	392.7	436.4	467.2
S	190.8	281.8	349.5	399.8	437.3	465.2
A+S	186.4	280.1	349.4	401.1	439.7	468.5
	L_T					
	I	II	III	IV	V	VI
A	186.5	290.9	364.5	416.4	453.1	479.0
S	216.2	300.7	363.5	410.3	445.0	470.9
A+S	215.0	300.8	364.9	412.7	448.4	475.0

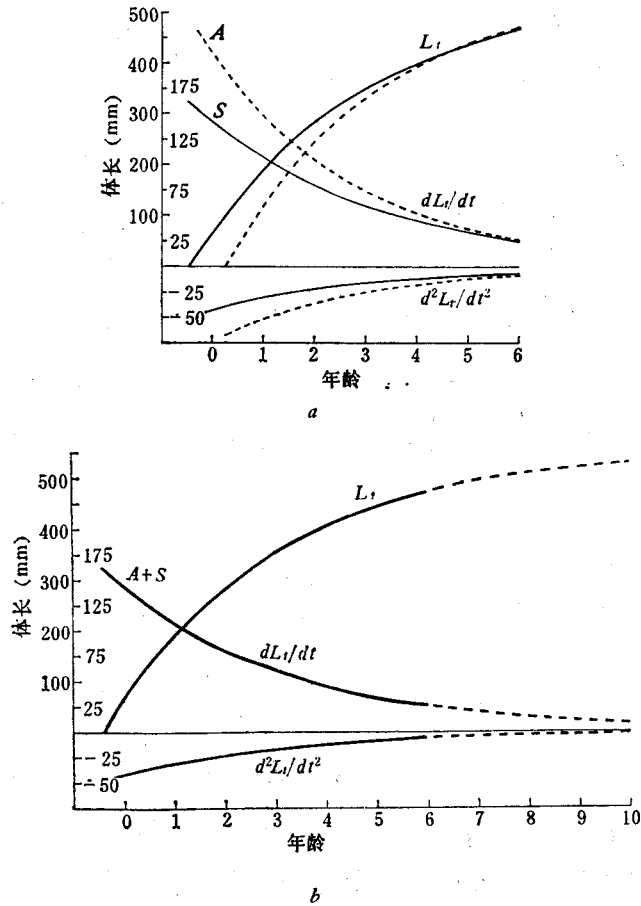


图 3

a. 不同季节出生群体生长曲线比较 b. 东海北部带鱼种群生长曲线

早生群体长生长曲线与 x 轴的交点为负值 ($t_0 = -0.4536$), 晚生群则为正值 ($t_0 = 0.2873$); 早生群的生长量在低龄时明显地高于晚生群, 但随着年龄的增高而逐渐接近地趋向相似的极限 ($L_\infty = 546.1/541.0$)。

不同季节出生群形成年轮的季节相同, 但形成第 1 轮之前的生长期不同, 看来当系 A 群和 S 群轮形成时体长生长测定值差异的主要原因。为估计各群带鱼足龄时的体长 (L_T), 可将 13—15 式中的 $(t-t_0)$ 项分别加以 0.5, 0.25 和 0.27, 而改变为:

$$A \text{ 群 } L_T = 541.0 [1 - e^{-0.3486(T+0.2127)}] \quad (16)$$

$$S \text{ 群 } L_T = 546.1 [1 - e^{-0.2958(T+0.7036)}] \quad (17)$$

$$A + S \text{ 群 } L_T = 553.2 [1 - e^{-0.2928(T+0.6806)}] \quad (18)$$

代入 T 值, 得各项周岁时的估算体长(表 4)。不同季节出生群之间生长的差异仅较明显地表现在 1 周岁时所达到的长度, 晚生群 (L_1) 小于早生群的原因为幼体早期生活阶段生态环境的季节差别。晚生群生长速度较快, 至 2 周岁时达到早生群相近的体长, 并随后与早生群保持相近的生长速度。

求体长生长方程 (13—15 式) 的一阶、二阶导数, 得带鱼体长生长速度和生长加速度

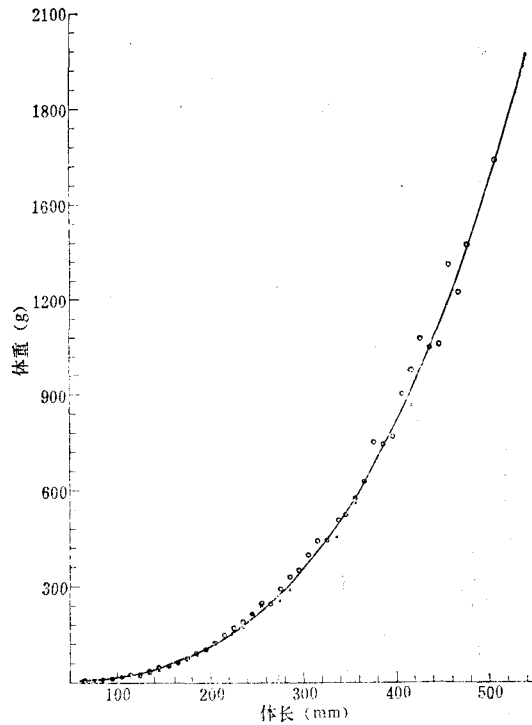


图4 体长与体重关系

方程,并代入 t 值所得 dL_t/dt 和 d^2L_t/dt^2 系列数值描绘曲线(图3),则显而易见,带鱼的体长增长速度随年龄的增长而降低和负加速度逐渐减小,沿正负两个方面至高龄时趋近 x 轴。

(2) 带鱼的体重生长

带鱼的体重和体长两变量呈幂函数曲线相关(图4),雌雄两性间不存在显著性差异。因而可依两性混合样本的体长-体重关系式:

$$A \text{ 群 } W = 1.3579 \times 10^{-5} L^{2.9908} \quad (r = 0.9985) \quad (19)$$

$$S \text{ 群 } W = 2.0929 \times 10^{-5} L^{2.9194} \quad (r = 0.9976) \quad (20)$$

$$A + S \text{ 群 } W = 1.9972 \times 10^{-5} L^{2.9266} \quad (r = 0.9977) \quad (21)$$

将 L_∞ 换算 W_∞ , 并代入 b 值,则得体重生长方程:

$$A \text{ 群 } W_t = 2029.2 [1 - e^{-0.3466(t-0.2875)}]^{2.9908} \quad (22)$$

$$S \text{ 群 } W_t = 2050.9 [1 - e^{-0.2958(t+0.4536)}]^{2.9194} \quad (23)$$

$$A + S \text{ 群 } W_t = 2126.9 [1 - e^{-0.2978(t+0.4106)}]^{2.9266} \quad (24)$$

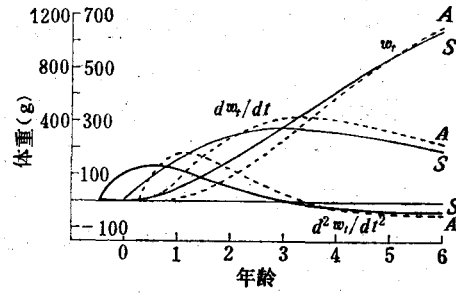
代入 t 值,依所得计算重量(表5)描绘的带鱼体重生长曲线(图5),则为不同于长度生长曲线的非对称S型曲线。体重生长曲线的拐点坐标(t_i), A群为3.43; S群为3.17; A+S群为3.26。

求体重生长方程的一阶、二阶导数,依

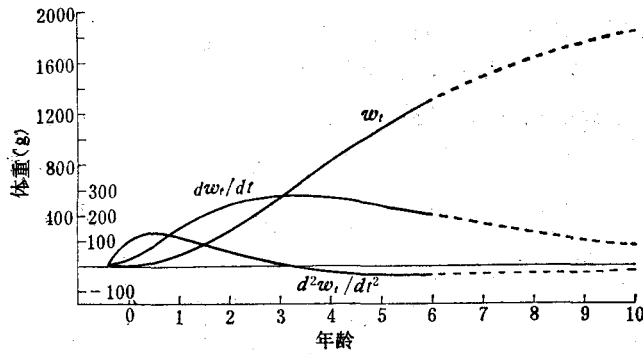
$$dW_t/dt = bkW_\infty e^{-k(t-t_0)} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^{b-1}$$

表 5 轮形成时的计算体重 (W_t) 及周岁估算体重 (W_T)

	W_t					
	1	2	3	4	5	6
A	21.9	185.7	466.3	778.4	1066.9	1308.3
S	95.3	297.3	557.3	825.4	1072.0	1283.9
A+S	89.2	290.2	554.3	830.3	1086.4	1308.0
	W_T					
	I	II	III	IV	V	VI
A	84.0	317.1	622.7	927.7	1194.0	1409.7
S	137.1	359.1	625.0	889.9	1128.5	1330.9
A+S	133.8	357.7	629.3	902.3	1149.9	1361.3



a



b

图 5

a. 早生群(S)与晚生群(A)体重生长曲线 b. 东海北部带鱼种群的体重生长曲线

$$d^2W_t/dt^2 = bk^2W_\infty e^{-k(t-t_0)} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^{b-2} [be^{-k(t-t_0)} - 1]$$

代入 t 值和各项参数, 得体重生长速度和生长加速度的系列数值描绘的曲线 (图 5a—b)。图示带鱼群体整个生命周期中的体重生长的数量变化规律及其阶段特征: (1) 体重随年龄的增大而处于不断增长的过程中; (2) 体重生长速度在拐点年龄前处在不断上升的阶段, 拐点年龄后进入渐次下降的阶段; (3) 生长加速度的最高点出现在 $t = 1/2$ 龄时 (A

群较 S 群晚半年),零点出现在达到种群平均最大体重的 1/3 (拐点年龄)处,此后的体重生长加速度则为负值,但因阻碍生长因素的反作用强度不大,致带鱼群体体重生长速度的逐年减小仍有一个缓慢发展的阶段,体重的年间绝对增长量继续保持较高的水平(图 6);(4) $t = 6$ 龄时,生长的负加速度达到最大数值,负因素总和的作用变为最大,体重增长明显减小,但却在缓慢的过程中进入生长的衰滞阶段。

晚生群与早生群的体重生长节律有一定程度的差异,其差异特点主要表现在生长加速度的变动幅度及时间稍有先后,如图 5a 所示,晚生群体重生长加速度最高点 ($d^2W_t/dt^2 = 171.0$) 出现在 $t = 1$ 处,而早生群的最大数值 (130.7) 则出现在 $t = 0.5$ 处。晚生群一、二周岁时的生长量较早生群偏低(表 5),但两者的拐点年龄 (2.97/2.92 周岁)和体重生长的渐近值 (2029/2051 克)等则颇相近似。

四、带鱼生长的海区差异和年代差异的比较分析

同种鱼类因栖息水域生活环境的不同,会形成具有生态、形态相对稳定差异的种群。因此,我们在对物种数量分布中心区的东海北部带鱼种群进行重点系统研究的基础上,对在南海、东海南部中国近岸及渤、黄海一些地区所收集的带鱼群体样本进行了比较分析,发现各地带鱼耳石的轮纹结构相似,因而采用同样的技术方法对之进行了耳石半径和轮距的测定,并分别求得各地鱼群的 $R = aL^b$ 关系式,据以进行生长返算,以着重了解其最初几年的生长概况。初步分析查明,带鱼生长的海区差异仅较明显地表现在亚热带海区与温带海区之间。南海各个鱼群的耳石半径和轮距测定值均较东海及渤、黄海鱼群各相应体长者小,但体长增长则较之显著为快(图 7);而自南海北缘的台湾海峡南端至渤海之间(跨越 16° 纬线)的整个温带海域各地鱼群的体长增长,则相当接近(无显著性差异)。

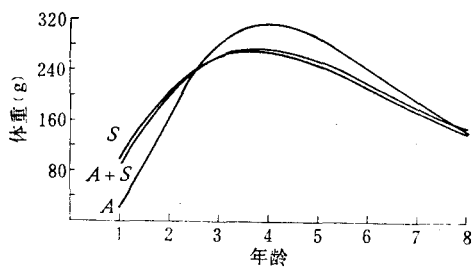


图 6 带鱼体重绝对增长量曲线

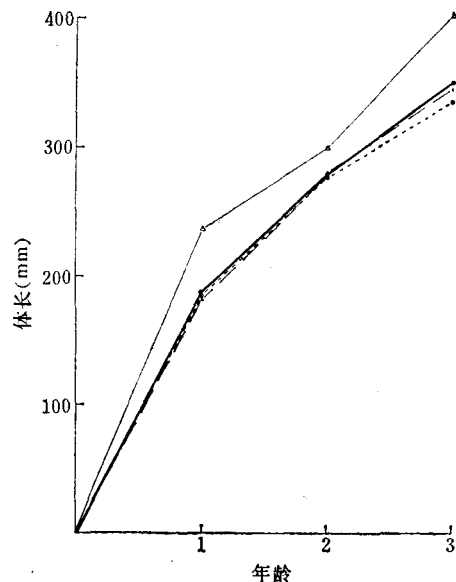


图 7 海区生长概况比较

×--× 渤海(莱州湾) ●—● 东海北部(海礁)
○---○ 东海南部(台湾浅滩) △—△ 南海
(瓠州岛南)

比较相近纬度不同经度地带的中国和日本近海带鱼的生长测定资料(图 8),可以看出: (1) 日本纪伊水道带鱼“春仔群”^[12]与东海北部带鱼早生群的体长生长曲线十分相

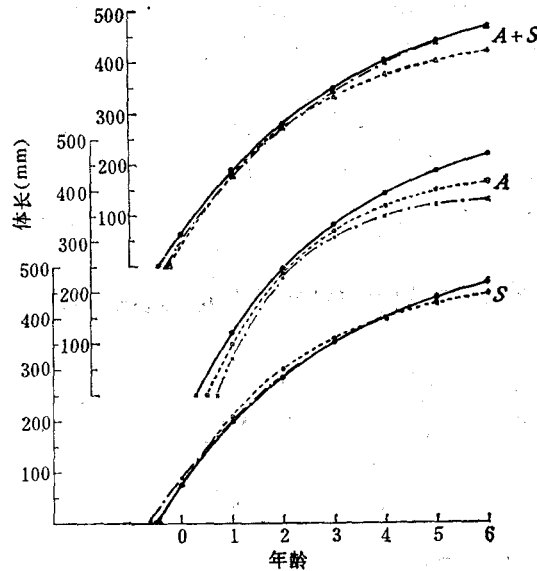


图 8 带鱼体长生长曲线比较

●——● 作者 ×——× 阪本俊雄 ○——○ 铃木 ▲——▲ 吴家骥 △——△ 三栖 宽

近, 日本熊野滩带鱼“春仔群”^[14]的体长生长在低龄时微大于、高龄时微小于东海北部种群, 但亦无显著性差异; (2) 日本近海带鱼“秋仔群”的体长生长测定值较东海北部带鱼晚生群略为偏小。

比较同一海区不同年代带鱼种群生长状况可见, 作者七十年代后期测定的东海北部种群的体长生长与吴家骥等^[1]于六十年代初期和三栖宽^[9,11]五十年代测定的结果相比(图 8, A + S), 三条曲线所表示的带鱼种群生长趋势相同, 但各龄鱼的体长测定值之间存在着单向差异, 即七十年代带鱼种群生长较六十年代为快, 六十年代又较五十年代为快(三栖氏的测定值 \bar{L}_n 中混有少量晚生群的 \bar{L}_{n+1} , 致较实际生长状况已稍偏高)。由于五十年代以来, 东海带鱼被不同程度地开发利用, 种群数量与生长状况必然处在相互影响的变动过程中, 七十年代带鱼种群生长速度的明显加快, 可解释为种群数量在高强度捕捞压力下趋向减少的生态效应。

五、结 语

1. 带鱼耳石的横断面切片上中心点和轮纹结构较整体观测更为清晰, 耳石半径(自中心至上侧外缘)与鱼体长度两变量间呈幂函数曲线相关 ($r \approx 0.99$), 耳石轮径测定值可被有效地用于返算鱼体生长。
2. 雌鱼生长稍快于雄鱼, 但无显著性差异, 研究带鱼群体生长时可将两性样本混合处理。
3. 依轮径测定值频率分布曲线上较明显的峰谷界面, 将 $r_1 \leq 0.72\text{mm}$ 者划归晚生群

1) 吴家骥、王颐良, 1981. 浙江近海渔场带鱼的年龄生长。(油印本)

(秋季出生), $r_1 > 0.72\text{mm}$ 者划归早生群(春夏季出生),比较分析查明,晚生群的轮径和返算体长在低龄时较早生群为小,但3龄以后趋同。

4. 体长和体重的关系式分别列为:

$$\text{晚生群 } W = 1.3579 \times 10^{-5} L^{2.9908} \quad (r = 0.9985)$$

$$\text{早生群 } W = 2.0929 \times 10^{-5} L^{2.9194} \quad (r = 0.9976)$$

$$\text{混合群 } W = 1.9972 \times 10^{-5} L^{2.9266} \quad (r = 0.9977)$$

但不同季节出生群间并无显著性差异。

5. 东海北部带鱼种群及其不同季节出生群的生长过程,可以 von Bertalanffy 方程表示为:

$$\text{晚生群 } L_t = 541.0[1 - e^{-0.3486(t-0.2873)}]$$

$$W_t = 2029.2[1 - e^{-0.3486(t-0.2873)}]^{2.9908}$$

$$\text{早生群 } L_t = 546.1[1 - e^{-0.2958(t+0.4536)}]$$

$$W_t = 2050.9[1 - e^{-0.2958(t+0.4536)}]^{2.9194}$$

$$\text{混合群 } L_t = 553.2[1 - e^{-0.2928(t+0.4106)}]$$

$$W_t = 2126.9[1 - e^{-0.2928(t+0.4106)}]^{2.9266}$$

6. 带鱼的体重生长曲线亦属典型的非对称 S 型曲线,相当于最大生长速度的拐点坐标为 3.26 龄(晚生群为 3.43,早生群为 3.17),出现于种群达到性成熟以后。体重生长曲线方程拐点的测定,对于选择最合理地利用鱼类生产力的时机或规定期能获得较高鱼产量的采捕规格来说,具有重大的实践意义。

7. 带鱼群体的体长和体重生长速度和生长加速度,可分别以 dL_t/dt , d^2L_t/dt^2 , dW_t/dt 与 d^2W_t/dt^2 曲线表示(图 3, 5)。

8. 晚生群与早生群某些生长差异的原因,为生命早期阶段所经历的季节环境不同和第 1 轮形成前的生长期长短悬殊,而非种群差异,况且晚生群的相对数量很少(不超过 10%)^[7],所以,依不分出生季节的混合样本测定的世代生长参数,对东海北部带鱼种群的渔业资源进行评估分析研究时,具有实际应用的价值。

9. 带鱼群体生长的地理差异,仅较明显地反映在地处亚热带的南海近海与其它温带海区之间。

10. 世代生长状况的比较分析表明,七十年代东海北部带鱼种群的生长速度较五十年代和六十年代为快,看来捕捞因素已较明显地影响到种群数量。但带鱼具有较之同一生活区的大黄鱼和小黄鱼等重要经济鱼类生长速度为快的特点^[1,4],加之具有较长的繁殖期和较大的生殖力及其广泛利用水域饵料基础的特性等^[2,3,5,6,8,10],决定其具有较强的增殖能力。因而若能采取调节捕捞等科学利用管理措施,例如推迟捕捞群体中最低两个年龄群至次后一、二年起捕,则带鱼的渔获产量和质量均可望能得到较大的提高。

参 考 文 献

- [1] 王尧耕、熊国强、钱世勤, 1965。 黄海南部、东海北部小黄鱼生长特性的研究。海洋渔业资源论文选集。农业出版社, 72—80 页。
- [2] 李城华, 1982。 东海带鱼卵巢周年变化的初步研究。海洋与湖沼 13(5): 461—472。
- [3] 李城华, 1983。 东海带鱼个体生殖力及其变动的研究。海洋与湖沼 14(3): 220—238。

- [4] 吴鹤洲, 1965. 浙江近海大黄鱼性成熟与生长的关系. 海洋与湖沼 7(3): 220—234.
- [5] 张镜海, 1966. 山东沿海带鱼的初步研究. 太平洋西部渔业研究委员会第七次全体会议论文集. 科学出版社, 26—34 页.
- [6] 罗秉征、卢继武、黄颂芳, 1983. 东海北部带鱼性成熟的研究 I. 雌鱼性成熟过程与特性. 海洋与湖沼 14(1): 54—63.
- [7] 罗秉征、黄颂芳、卢继武, 1983. 东海北部带鱼种群结构与特性. 海洋与湖沼 14(2): 148—159.
- [8] 韦晟, 1981. 黄海带鱼的摄食习性. 海洋水产研究 1981(1): 49—58.
- [9] 三栖宽, 1958. 东海、黄海産タチウオ资源の研究. 第一报, 年齢と成長について. 西水研报 15: 1—13.
- [10] 三栖宽, 1959. 东海、黄海産タチウオ资源の研究. 第二报, 成熟と産卵について. 西水研报 16: 21—33.
- [11] 三栖宽, 1964. 东シナ海、黄海産タチウオの渔业生物学的研究. 西水研报 32: 1—58.
- [12] 阪本俊雄, 1976. 纪伊水道産タチウオの年齢と成長. 日水誌 42(1): 1—12.
- [13] 西胁昌治, 1974. 资源生物论. 东京大学出版会, 1—207 页.
- [14] 铃木清, 木村清志, 1980. 熊野滩におけるタチウオの资源生物学的研究. 三重大水产研报 7: 173—192.
- [15] Beverton, R. J. H. and S. J. Holt, 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest., Lond., Ser. 2: 19: 1—533.*
- [16] Hirschhorn, G., 1973. The effect of different age ranges on estimated bertalanffy growth parameters in three fishes and one mollusk of the northeastern Pacific Ocean, The ageing of fish. England: Unwin Brother Ltd. pp. 192—199.
- [17] Ricker, W. E., 1975. Computation and interpretation on biological statistics of fish population. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada.* 191: 1—382.
- [18] Walford, L. A., 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull.* 90 (2): 141—147.
- [19] Weatherley, A. H., 1972. Growth and ecology of fish populations. Academic press. London. 293. pp.
- [20] Абакумов, В. А., 1961. Методика изучения динамики весового и линейного прироста рыб. *Тр. Совещания по динамике численности рыб.* Изд-во АН СССР. стр. 194—201.
- [21] Чугунова. Н. И., 1959. Руководство по изучению Возраста и роста рыб. Изд-во АН СССР. стр. 162.

STUDY ON THE GROWTH OF THE HAIRTAILS *TRICHIURUS HAUMELA* (FORSKÅL)*

Wu Hezhou Cheng Guishu Zhou Jiankui and Wang Jianfei
(Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao)

ABSTRACT

The purpose of the present report is to study the population growth of a highly commercially exploited species, Hairtails, in its major distribution area in order to provide a basis for controlling the population dynamics and considering possible management measures.

The specimens of the main population used for this study were collected in the northern East China Sea from May 1977 to June 1978, but some elder ones were the spawners in 1976 and 1979, and specimens of other populations were collected from 9 fishing grounds located in the South China Sea and the southern East China Sea as well as the

* Contribution No. 1135 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.

Bohai Sea and Huanghai Sea in recent years.

Based on the study of the age, the measurement of the body and its otolith transverse section, the relative growth of otolith and population growth pattern as well as the weight-length relationship of this fish, the problem of geographical differences in population growth in the northern East China Sea and elsewhere is discussed. The results of our study are summarized as follows:

1. The otolith and body growth of this fish are closely related to the form of the power function curve, so that the otolith can be used for back-calculating the fish growth.
2. The females fish grows slightly faster than the males, but the growth differences between the sexes are not significant statistically.
3. Based on the bimodal distribution of first ring radius of otolith and body length of young fish, it may be concluded that the Hairtails generally consist of two or three groups such as spring and summer and autumn broods, but so far as concerns the main population, it may be divided into two groups by the size of the first ring radius, the earlier-born group (spring and summer brood, $r > 0.72$ mm), and late-born group autumn brood, $r \leq 0.72$ mm).
4. The weight-length relationships of the main population ($A+S$) and its earlier-born group (S) and later-born group (A) are expressed in equations 19—21.
5. The growth pattern of this fish could be expressed in equations 13—24.
6. Growth in weight with age for this fish is determined also as a typically asymmetric sigmoid curve, the inflexion corresponding to maximum growth rate occurs at 3.26 age (3.17 for earlier-born group and 3.43 for later-born group). It has been observed that the majority of individuals in 1 age group has attained sexual maturity and all the males and females become sexually mature in 2 years. The significance of the inflexion of the population growth equation by weight should be further noted because the size at instantaneous first capture providing the maximum yield generally lies at around this point.
7. The increment and incremental rate of this fish in standard length and weight are described with dL/dt , d^2L/dt^2 , dW/dt and d^2W/dt^2 curves respectively (F g. 2,4).
8. The obvious growth difference in body length and weight between the earlier and later-born group is found only in first two years, but not so obvious in growth parameters such as the limiting body length, weight and inflexion of growth curve for weight.
9. The geographical difference in population growth is found obvious only between the populations of sub-tropical waters (the South China Sea) and temperate waters.
10. The Hairtails have a more rapid growth rate than the Large Yellow Croaker or the Small Yellow Croaker, and its long breeding period as well as the predatory and mixed feeding habit account for its great productivity. While the number of the other two species of croakers are greatly reduced as a result of heavy fishing pressure, they are still present in significant amount to be the main fish stock of the fishing ground and their growth rate is get higher than years ago. If the fishing of the last two lowest age group can be postponed one or two years later, its population productivity may possibly be increased greatly. Thus, it is very promising to have a further development of this fishery.