

利用东太平洋海温距平预报鳗苗捕获量*

黄永进

(江苏省海洋渔业指挥部,南通)

提 要 本文研究了预报鳗苗捕获量的方法。非埃尔·尼诺年以后发生埃尔·尼诺的次年属于鳗鱼捕获量的增加年度。捕获量的增加量与东太平洋海温距平间存在显著的相关关系,以全世界的捕获量为例,其关系式为: $\Delta C_n = 31.4T_{n-1} + 22$ (吨) ($\Delta T \leq 4.0$) 或 $\Delta C_n = -31.4T_{n-1} + 270$ (吨) ($\Delta T > 4.0$)

关键词 距平,鳗苗,相关,预报

鳗鲡(*Anguilla japonica*)的经济价值很高,很需要也很适合人工养殖。由于鳗苗的人工繁殖还未得到解决,苗种供应完全依赖捕捞渤河的鳗苗,因此捕获量波动很大。自七十年代以来,鳗苗捕获量的预报就一直是迫切需要解决的重要课题^{1}。笔者拟从埃尔·尼诺现象着手,依据鳗鲡的生物学特性⁽²⁾,采用统计等方法,发现东太平洋海温距平同鳗苗捕获量的增减密切相关,并采用最近三年的数据进行了分析验证。

分 析 过 程

与东亚各国和地区有关的鳗鲡产卵场大致在北纬20°以北,从台湾东海岸到冲绳(包括琉球海沟),经过南北大东岛连结冲大东岛这样一个基本为椭圆形的海域内^[2]。环境因子受到黑潮的巨大影响。黑潮是起源于东太平洋的北太平洋赤道流的主要分支。因此研究鳗鲡的繁殖有必要和东太平洋海况结合起来。

北太平洋赤道流流速0.4~1.7海里/时,黑潮在台湾外海流速1.0~2.0海里/时^[3]。因此,东太平洋海况变化特征要比产卵场环境受影响超前约八个月。

鳗鲡产卵在18.5~24.5°C的范围内,产卵百分率随温度的上升而提高^[2]。鱼苗生长随适温范围内水温的升高而加快,从而增强了对环境的适应能力和相对提高了成活率。一般来说,在适温范围内,温度越高,鳗苗也将越多,最终捕获量也会增多。

一、从埃尔·尼诺现象看鳗苗捕获量变动情况及其他影响

东太平洋的海温变化在赤道附近用南纬0°~10°、西经180~90°海域的海水温度距

* 本研究得到国家海洋局海洋环境预报中心高士英工程师、江苏省海洋水产研究所许 璞助理研究员、濮皓农高级工程师、陈永法副研究员的大力支持,特此致谢。

收稿年月:1988年11月;1989年7月修改。

(1) 中国农林科学院科技情报所,1973。日本养鳗技术。国外渔业参考资料,(4):6-23。

(2) 厦门水产学院、福建省水产研究所河鳗人工繁殖研究组,1980。河鳗的早期发育。水产科技文集,(1):112-125。

平来衡量。埃尔·尼诺是赤道东太平洋海温异常升高现象。它来临时,海面温度一般较常年偏高 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 以上,甚至 $5\sim 6^{\circ}\text{C}$ 。最近的几次埃尔·尼诺发生在1969、1972、1976、1982~1983、1986年^[3,4]。

自1960年以来,日本鳗苗一直供不应求。1981~1987年度的捕获量见图1。日本静冈是鳗苗主要产地之一,其捕获量的增减也大致反映了日本的产况,1968~1980年度的鳗苗捕获量见图2。

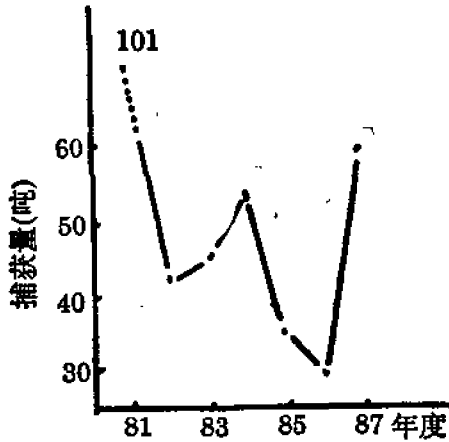


图1 1981—1978年日本鳗苗捕获量的变动

Fig. 1 The fluctuation of eel fry catch during 1981-1987 in Japan

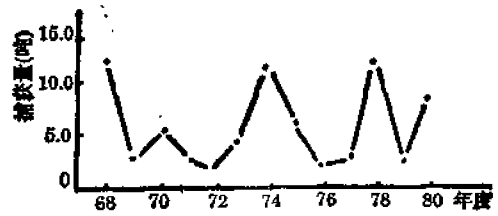


图2 1968—1980年静冈鳗苗捕获量的变动

Fig. 2 The fluctuation of eel fry catch during 1968-1980 in Shizuoka

从图中可以看出,非埃尔·尼诺年后发生埃尔·尼诺的次年(例如静冈的1970年),总是捕获量的增加年度。

埃尔·尼诺一般开始于2~7月,在当年12月时达到高潮^[4,5]。从生产鳗苗的中国大陆、台湾、日本、南朝鲜来看,鳗苗的捕捞汛期在10月~(次年)5月。所以从东太平洋升温开始到鳗苗增产,最多为一年左右时间。产卵场受影响要比捕捞鳗苗时间提早近四个月。

若鳗苗从产后到接近海岸的时间为二个月(这与实际情况相近),则繁殖时期还要提早二个月,即8~5月。考虑到一般主要捕苗期在12~3月,所以可以认为主要繁殖时期在10~3月,对应于东太平洋海况变化时间为10月前的2~7月。

埃尔·尼诺的影响有水温 and 气流等因素,但主要是水温。至于发生埃尔·尼诺时东太平洋海温的升高能使产卵场水温怎样相应升高,现在还不清楚。我们直接分析的是东太平洋海温距平与鳗苗捕获量的关系。

二、静冈七十年代鳗苗捕获量和东太平洋海温距平的关系

为研究之便,我们将东太平洋月平均海温距平2~7月的和称距平变化值,用 ΔT 表示,鳗苗捕获量用 C 表示,比上一年度的增加量用 ΔC 表示。年度均标记于右下角,例1980年的 ΔT 记为 ΔT_{80} 。

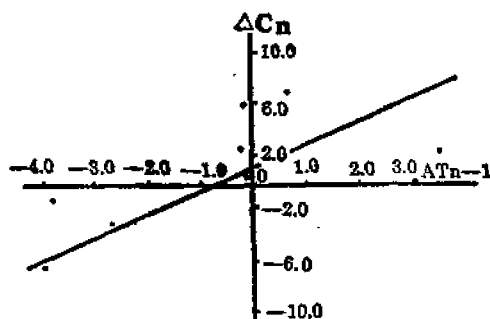
静冈1968~1980年鳗苗捕获量见表1。

作出 $\Delta C_n - \Delta T_{n-1}$ 关系图(见图3)。因此可以发现,当 $\Delta T_{n-1} > -0.3$ 时,坐标点总

表1 1968~1980年的距平变化值和静岡的鳗苗捕获量

Table 1 The AT and eel fry catch in Shizuoka during 1968-1980

年度 项目	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
AT	-4.0	3.5	-1.0	-3.8	-0.2	0.6	-4.0	-2.6	-0.1	2.1	-1.2	-0.1	
C(吨)	12.0	2.8	5.2	2.8	1.6	4.4	11.6	5.6	2.4	2.8	12.0	2.4	8.4
ΔC (吨)		-9.2	2.4	-2.4	-1.2	2.8	7.2	-6.0	-3.2	0.4	9.2	-9.6	6.0

图3 ΔC_n 和 AT_{n-1} 的关系Fig. 3 The relation between ΔC_n and AT_{n-1}

在纵轴之上, 该年是捕获量增加年度; 当 $AT_{n-1} < -0.9$ 时, 坐标点总在纵轴之下, 属减少年度, $-0.9 - (-0.3)$ 是一个大致的分界范围。

采用表1数据, 得距平变化值和鳗苗捕获量的增加量的相关系数为:

$$r = \frac{\sum(\overline{AT}_{n-1} - \overline{AT})(\Delta C_n - \overline{\Delta C})}{\sqrt{\sum(\overline{AT}_{n-1} - \overline{AT})^2 \cdot \sum(\Delta C_n - \overline{\Delta C})^2}} = 0.7127$$

这里自由度为 $12 - 2 = 10$ 。查自由度为 10, 显著性水准为 0.01 的相关系数为 0.7079, 所以自由度为 10, $r = 0.7127$ 的显著性水准小于 0.01, 相关很显著。

鳗苗捕获量的增加量对距平变化值的直线回归方程的回归系数为:

$$b = r \sqrt{\frac{\sum(\Delta C_n - \overline{\Delta C})^2}{\sum(\overline{AT}_{n-1} - \overline{AT})^2}} = 1.8$$

回归方程为:

$$\widehat{\Delta C}_n - \overline{\Delta C} = b \cdot (\overline{AT}_{n-1} - \overline{AT})$$

即: $\widehat{\Delta C}_n = 1.8 \overline{AT}_{n-1} + 1.3$ (吨) ($r = 0.7127$)

令 $\widehat{\Delta C}_n = 0$, 则 $\overline{AT}_{n-1} = -0.7$, 这是增、减产的理论分界点。可见是在前面得出的 $-0.9 - (-0.3)$ 的范围内。

三、各产地鳗苗捕获量的比例关系和增减的同步性

世界、中国大陆、江苏、日本 1983~1987 年的鳗苗捕获量见表 2, 相互比例见表 3。从中可以看出, 它们的比例关系依次大致为 100:35:10:45, 而且标准差系数较小, 表明关系比较稳定。

根据表 2, 我们作出了过去五年捕获量变动情况图(见图 4)。由图可见, 除中国大陆 1985 年稍有不符合外, 其余全部同步。由于中国大陆 1985 年的产量是估测数, 或许其值也是符合的。

这样, 世界、中国大陆、江苏就差不多同时成比例地增、减产。江苏是中国大陆的鳗苗主要产地。由此推论, 世界、日本、静岡鳗苗捕获量也应成比例同步增减。这与世界各地鳗苗出现同时丰欠的现象相符合^[1]。

表 2 1982~1987 年的距平变化值和几个产地的鳗苗捕获量(估测)
Table 2 The AT values and eel fry catch in several production areas during 1982-1987 (reckoned)

项 目 \ 年 度	82	83	84	85	86	87	平均值
ΔT	0.6	7.6	0.5	-1.3	0.8		
世界捕获量(吨)		73	121	87	65	183	97
中国大陆捕获量(吨)		17	39	40	24	53	35
其中:江苏捕获量*(吨)		5.2	10	7.6	3.3	17	8.6
日本捕获量(吨)		45	53	85	29	59	44

* 没有估测收购量以外的捕获量。

表 3 几个产地的鳗苗捕获量比例
Table 3 The proportion of eel fry catch in several production areas

产 地 \ 年 度	83	84	85	86	87	平均值	标准差系数 (%)
世 界	100	100	100	100	100	100	
中国大陆	23.3	32.2	46.0	36.9	38.4	35.4	24
其中:江苏	7.1	8.3	8.7	5.1	12.3	8.3	32
日 本	61.6	43.8	40.2	44.6	42.8	46.6	18

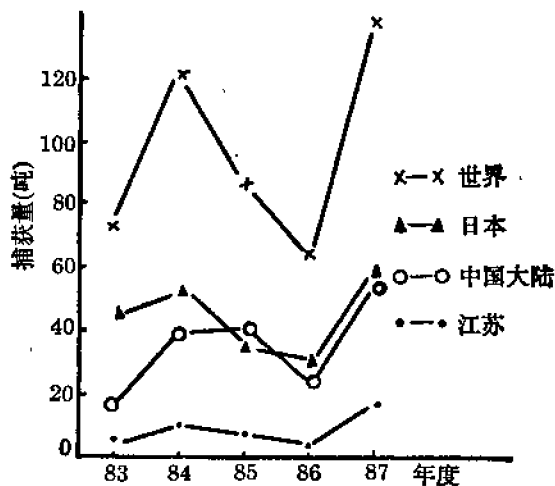


图 4 1983~1987 年鳗苗捕获量的变动情况

Fig. 4 The fluctuation of eel fry catch during 1983-1987

四、世界、中国大陆、日本鳗苗捕获量的预报

从静冈 1968~1980 年的鳗苗捕获情况看,平均的年度捕获量为 5.7 吨。若世界鳗苗平均年度捕获量取 97 吨,则是静冈的 17 倍。依据前面的分析,得回归方程为:

$$\hat{A}Q_n = 17 \times (1.8\Delta T_{n-1} + 1.3)$$

即,

$$\hat{\Delta C}_n = 31AT_{n-1} + 22 \text{ (吨)}$$

同理可求得中国大陆、日本的鳗苗捕获量的增加量的回归方程(见表4)。由于鳗苗的丰欠是由世界总体海况决定的,而中国大陆和日本又是主要的产地,所以可推出以下三个方程。

表4 世界、中国大陆、日本鳗苗捕获量的增加量预报方程和检验
Table 4 The regression equation and inspect of forecast for the catch of eel fry in world, mainland of China and Japan

产地	回归方程	年度	实际捕获量 (吨)	计算捕获量 (吨)	计算误差* (吨)	计算误差率** (%)
世界	$\hat{\Delta C}_n = 31AT_{n-1} + 22$	1986	65	69	4	6
		1987	188	112	-26	19
中国大陆	$\hat{\Delta C}_n = 11.4AT_{n-1} + 8$	1986	24	34	10	42
		1987	58	41	-12	23
日本	$\hat{\Delta C}_n = 14.4AT_{n-1} + 10$	1986	29	27	2	7
		1987	59	50	-9	15

- * 该项中“-”表示计算产量偏低,没有加“-”表示偏高。
- ** 指计算误差绝对值占实际产量的百分率。

用1985~1987年度的鳗苗捕获量对回归方程进行计算验证(见表4),结果基本上正确,说明方程有效。

讨 论

一、对 $3.5 \geq AT \geq -4.0$ 范围外情况的判断

前面只分析到 $3.5 \geq AT \geq -4.0$ 内的情况,在最近五年中, $AT_{85} = 7.6$, 而 ΔC_{85} 却很低,在世界、中国大陆、日本,其增加值仅相当于距平变化值为0.8、1.3、-0.1的水平。

台湾南侧和东侧包括产卵场的广大海域,冬季2月表层水温在23~26°C,且50米层水温下降1°C。现在一般认为鳗鲡产卵是在300~500米水层^[7]。因此那里水温将更低。东太平洋海温距平的高低会通过海流使产卵场及其周围大片海域水温产生同方向的变化。特别是距平变化值较高时,产卵场局部或部分繁殖期间水温可能在适温范围之外,因此鳗苗繁殖量会减少,捕获量也将减少。捕获量的增加量随距平变化值的变动曲线呈现抛物线形。为简明起见,将顶点前后看成两条对称直线。由于前面世界和日本的计算误差属最小,所以与 AT_{85} 相当的点取两者平均0.4,那么,顶点所在处 $AT = 4.0$ 。

$AT < 4.0$ 时,用表4所列方程计算鳗苗捕获量的增加量。

$AT > 4.0$ 时,将 AT 化为对称点值 $(8.0 - AT)$ 代入方程计算。例,世界的捕获量为 $\hat{\Delta C}_n = -31AT_{n-1} + 270$ (吨)。

二、距平变化值连续大于或小于 -0.7 时的情况与增减产周期

用 $\hat{\Delta C}_n = 1.8AT_{n-1} + 1.3$ (吨) 和 1968~1979 年的距平变化值,求出 1969~1980 年的

$\hat{\Delta C}_n$ 值(见表5)。因为 $AT_{67} = -1.4$, 所以距平变化值首次连续大(小)于 -0.7 的年度是 1968、1971、1973、1975、1977 年, 对应实际产量高于计算产量的值平均为 2.1; 而距平变化值首次大于或小于 -0.7 时, 该项值为 -1.1 。因此, 前一种情况在相同距平变化值时增加要多一点。

表5 距平变化值首次或连续大于或小于 -0.7 时的实际产量和计算产量
Table 5 The real catch and the computational catch when AT is larger or smaller than -0.7 at first or in succession

年度	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	平均值
ΔC	-9.2	2.4	-2.4	-1.2	2.8	7.2	-6.0	-3.2	0.4	9.2	-9.6	6.0	
$\hat{\Delta C}$	-5.9	7.6	-0.5	-5.5	0.9	2.4	-5.9	-3.4	1.1	5.1	-0.9	1.1	
$\Delta C - \hat{\Delta C}$	1*	-3.3		4.3		4.8		0.2		4.1			2.1
	2**		-5.2	-1.9		1.9		-0.1		-0.7		-8.7	4.9

- 距平变化值连续大于或小于 -0.7 时的情况。
- 距平变化值首次大于或小于 -0.7 时的情况。

1984 年出现了一次连续三年距平变化值大于 -0.7 的情况, 但 $\Delta C_{84} < 0$ 。由于对鳗繁殖情况还没最后清楚, 以上两点尚不能解释。

从 20 年的情况看, 增、减产周期应为 2~4 年, 和日本方面看法一致^[8]。但由于 1985 年鳗苗捕获量的特殊情况, 这仅是一个大致结论。

三、过度捕捞对预报准确性的影响

鳗苗供应出现紧张的状况, 中国大陆是在最近几年才出现, 日本则开始于六十年代。为防止过度捕捞, 世界大部分产地都实行了限制性捕捞, 前述预报方法就是基于这样的捕捞水平作出的。若捕捞过度, 使资源衰退, 势必会导致预报值偏高。

结 论

1. 非埃尔·尼诺年后发生埃尔·尼诺的次年, 属鳗苗增产年度。距平变化值和鳗苗捕获量的增加量相关显著, 是主要影响因素, 可作为预报鳗苗捕获量增加量的重要依据。

2. 世界、中国大陆、日本等的鳗苗捕获量基本上成比例同步增减。比例大致为 100:35:45。增、减产周期 2~4 年。

3. 距平变化值连续三年以上大于或小于 -0.7 的情况极少。当 $-0.7 \leq AT \leq 3.7$ 时, 鳗苗捕获量将增加, 否则将减少。 $AT \leq 4.0$ 时, 世界鳗苗捕获量增加量预报的回归方程为 $\hat{\Delta C}_n = 31AT_{n-1} + 22$ (吨); 中国大陆的为 $\hat{\Delta C}_n = 11AT_{n-1} + 8$ (吨); 日本的为 $\hat{\Delta C}_n = 14AT_{n-1} + 10$ (吨)。当 $AT > 4.0$ 时, 以 $8.0 - AT$ 代入公式计算。

参 考 文 献

- [1] 大川惠三〔《养鱼世界》(台)编辑部译], 1988。日本的鳗苗供应情况。养鱼世界, 12(3): 93—97。
[2] 王义强等, 1980。河鳗人工繁殖的初步研究。水产学报, 4(2): 147—156。

- [3] 宋家喜,1987.厄·尼诺现象在东太平洋上发生。海洋预报,4(2):76—77。
 [4] 高士英,1987.我国的持续性低温和埃尔-尼诺。海洋预报,4(4):1—9。
 [5] 高士英等,1987.预报 EL Nino 的一个尝试。海洋预报,4(1):42—50。
 [6] 浙江水产学院,1979.海洋学,49—70,95—105.农业出版社(北京)。
 [7] 松井 魁(薄治礼译),1986.揭开鳗鱼一生的神秘之谜。国外水产,(4):147—156。
 [8] 五十岚 保正,1986.シラスウナギの選び方・育て方。养殖,23(9):48—52。

FORECAST OF THE EEL FRY CATCH BY SST ANOMALIES OF EASTERN PACIFIC

Huang Yongjin

(Marine Fisheries Headquarters of Jiangsu Province, Nantong)

ABSTRACT According to the biological characteristics of eel (*Anguilla japonica*) and the phenomenon of El Nino, a study on the relation between eel fry catches and the environment has been attempted. By using statistic method to analyse the data of recent three years, it was found that the fluctuation of the eel fry production correlated with the SST anomalies of eastern Pacific. And also, the increment or reduction of eel fry catch can be affected by El Nino. The year next to El Nino year is the year of increment of eel fry catch. The period of increment or reduction of eel fry catch is 2—4 years. As to the catch level before 1987, the proportion of eel fry catch among the world, mainland of China and Japan is 100: 35: 45. Under the most situation, when $8.7 \geq AT \geq -0.7$, the eel fry catch will increase. Otherwise, it will reduce. The forecast regression equation of the world's eel fry catch can be described as follows,

$$\hat{\Delta C}_n = 31AT_{n-1} + 22 \text{ tons } (AT \leq 4.0)$$

$$\hat{\Delta C}_n = -31T_{n-1} - 270 \text{ tons } (AT > 4.0)$$

KEYWORDS anomaly, eel fry, correlation, forecast

本刊更正

年 卷 期 页 行	误	正
1988 12 4 313 倒6	估计可达1.9亿吨以上	估计可达52万吨以上
1989 13 3 200 2	来自许多国家……这次盛会。	该学术会议在日本召开,来自许多国家……这次盛会。
1989 13 3 241 4	白马	白马井
1989 13 4 313 4	三、崇明长棘吻虫的中间寄主	3. 崇明长棘吻虫的中间寄主
1989 13 4 369 倒12	三结束语	结束语