

白令海阿留申海盆区狭鳕当年 生幼鱼数量分布的调查研究

唐启升 金显仕 李富国 陈聚法
王为祥 陈毓桢 赵宪勇 代芳群

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266003)

提 要 1993年夏季白令海狭鳕资源调查期间, 作者等应用声学/拖网评估调查方法, 首次发现阿留申海盆区有大量当年生狭鳕幼鱼分布。研究结果表明: (1) 当年生幼鱼主要分布在海盆区东北部, 密集区位于东白令海陆架斜坡与公海区之间, 呈西北东南走向; (2) 鱼群主要栖息于中上层80—120米处, 有明显的昼夜垂直移动现象; (3) 7月份海盆区东北部幼鱼鱼体长度为29—47毫米, 而南部波哥斯洛夫岛附近的鱼体长度仅为11—17毫米, 系两个不同产卵期鱼群的子代; (4) 幼鱼主要栖息层的水温为3—5℃, 盐度为32.9—33.1, 其分布与陆架斜坡地理环境和饵料生物关系较密切。

关键词 阿留申海盆, 狭鳕, 当年生幼鱼, 数量分布, 垂直移动

狭鳕 (*Theragra chalcogramma*) 广泛分布于北太平洋, 是世界海洋资源最为丰富的经济生物种类之一。1990年世界狭鳕渔业总产量为579万吨, 其中白令海产量为305万吨。我国于1985年开始开发利用这一资源, 是远洋大型拖网渔船的主要捕捞对象。自1988年以来, 随着东白令海美国专属经济区狭鳕渔业美国化, 白令海公海狭鳕渔场国际化, 渔业开发利用明显加强, 捕捞与管理、沿岸国与捕鱼国的矛盾激化。因此, 狭鳕渔业生物学问题成为引人注目的区域性国际研究议题。

1993年夏季, 根据农业部下达的科研任务, 在“北斗”号渔业调查船对白令海阿留申海盆区狭鳕资源进行评估调查过程中, 我们使用声学/拖网调查方法, 首次发现阿留申海盆区有大量当年生狭鳕幼鱼分布。这一发现不仅对当年生狭鳕幼鱼的数量分布有了新的认识, 同时也为白令海狭鳕群体结构、资源分布和资源评估与管理带来新的思考。现将主要调查研究结果报告如下, 它包括地理分布、栖息水层、垂直移动、生长状况、资源密度以及与环境和其他幼鱼的关系等。

材料和方法

(一) 调查设计

收稿日期: 1994-03-15。

采用走航式声学积分、中层拖网取样和定点环境观测方式对阿留申海盆区狭鳕分布和环境进行调查。“北斗”号的调查航线和站位设置如图 1, 其中在波哥斯洛夫 (Bogslaf) 岛附近的航线间距为 22 海里, 其他海区为 44 海里, 环境调查站间距为 $1^{\circ}\text{N} \times 2^{\circ}\text{E}$ (或 W)。

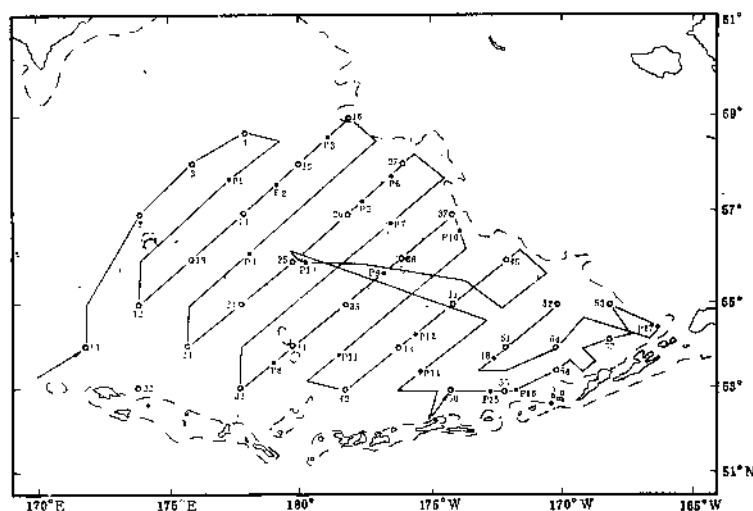


图 1 白令海阿留申海盆区狭鳕资源声学评估/中层拖网和环境调查航线及站位图

(图中实线为 1993 年 6 月 28 日至 7 月 24 日的调查航线, 虚线为白令海公海区; ○为环境调查站, ●为中层拖网站)

Fig. 1 Track line and positions of midwater trawl (●) and hydrography (○) operations in the acoustic/midwater trawl survey for walleye pollock in the Aleutian Basin, June 28—July 24, 1993.

声学积分调查使用的主探鱼仪为 SIMRAD EK400/38 千赫探鱼仪, 它与 SIMRAD QD 回声积分仪相联接, 每 5 海里计算机输出一声鱼群映像积分值 (或称 M 值), 以此作为被探测到鱼群的相对资源量指标。声学仪器校正采用在 38 千赫的频率下, 用直径 60 毫米铜球为标准反射体的校正方法^[1,2], 在调查前后进行两次校正, 结果无显著差异。“北斗”号声学仪器的主要技术指标详见表 1。

(二) 生物学取样和环境因子观测

“北斗”号调查船因不具备特制的中层取样网具采集栖息于较深水层的狭鳕幼鱼, 因此本次调查直接采用中层拖网, 以单船变水层尾拖式作业采集幼鱼样品。“北斗”号使用的中层拖网为四片式 162 目 $\times$ 400 厘米, 囊网网目为 4 厘米, 网口高度为 38—40 米, 网板扩张间距为 121—123 米。实践证明, 所采用的取样方法效果较好, 拖网 30 分钟, 上网后囊网留存的幼鱼达 4 公斤 (约 8000 尾), 幼鱼种类达 5 种之多, 达到了鉴定鱼种的目的。另外, 也使用直径 80 厘米的水平网取得少量幼鱼样品。

理化环境主要观测因子为水温、盐度和溶解氧。除 5 米层水温用 EA2POO 型水温计

进行走航式连续观测外,其他要素的观测均按调查站定点进行,观测层次分别为表层、25、50、100、150、200、250、300 和 500 米。

表 1 “北斗”号声学仪器的技术数据和设定参数

Table 1 Technical data and settings of acoustic equipment during the R/V Bei Dou survey from 28 June to 2 August, 1993

探鱼仪型号 Echo sounders	SIMRAD EK 400	SIMRAD EK400
工作频率 Frequency	38 KHz	120 KHz
记录器增益 Recorder gain	9	5
时变增益控制 TVG and gain	20 Log R-20	20 Log R
脉冲宽度 Pulse duration	1.0 ms	1.0 ms
带宽 Bandwidth	3.3 KHz	3.3 KHz
换能器指向角 Transducer	$7.9^{\circ} \times 8.4^{\circ}$	$10^{\circ} \times 10^{\circ}$
等效波束孔径角 Equivalent beam angle (10 Log)	-20.1 dB	-17.6 dB
发射功率(假负载 60 欧) Transmitting power (dummy 60 ohm)	3500 W	500 W
声源级+电压响应 Source level+ voltage response	139.8 dB	113.2 dB
声学校正仪器常数 Calculated instrument constant C_t (for survey settings, ref. 20 dB)	$1.77 \text{ m}^2/\text{nm}^2, \text{mm}$	$1.2 \text{ m}^2/\text{nm}^2, \text{mm}$
主量程 Basic range	0—300 m	0—300 m
接收机增益校准 Receiver gain calibration: U RG	D -49.1 dB -35.4 dB 84.5 dB	-49.1 dB -34.9 dB 84.0 dB
积分仪型号 Integrator	SIMRAD QD/38 KHz	
积分阈电平 Integrator threshold	13.8 mV	
积分仪增益 Integrator gain	-22.49 dB	
积分取样水层 Depth intervals	5—100/100—150/150—175/175—200/200— 225/225—250/250—300/300—581 m	

结 果

(一) 地理分布

如图 1 所示, 声学走航调查包括整个东白令海阿留申海盆区, 资源评估覆盖面积达 71 万平方公里。结果表明, 狭鳕当年生幼鱼分布于阿留申海盆区的北部和东部 (图 2), 分布区由陆架边缘向海盆区延伸, 零界线与陆架边缘等深线大致平行, 距 200 米等深线约 100 海里左右。其主要分布区位于海盆区的东北部, 偏向陆架斜坡一侧, 密集中心位于北纬 $57^{\circ}30'$ 、西经 175° , 最高声学积分值 (M 值) 达 498, M 值超过 100 的海区达 3 万平方公里, 表明有大量当年生狭鳕幼鱼分布在阿留申海盆区。另外, 在海盆区的东南角有另一个狭鳕幼鱼分布区, 中心区位于波哥斯洛夫岛附近, 但是其资源密度明显较低, M 值多在 100 以下。如图 2 所示, 在阿留申海盆区西部广大海区未发现狭鳕幼鱼分布, 该区域为狭鳕成鱼 (4—20 龄) 的分布区, 如公海区的中北部和海盆区的东南部为成鱼的主要分布区。因此, 狭鳕幼鱼与成鱼分布区虽有交叉, 但密集区互不重叠。调查中在海盆区未发现 1—3 龄未性成熟的狭鳕。

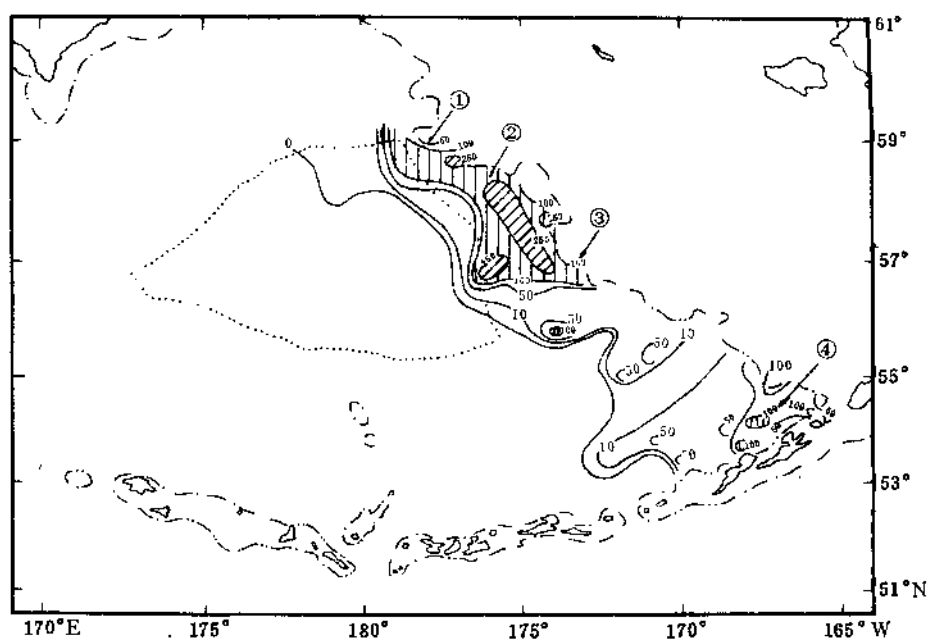


图 2 阿留申海盆区狭鳕幼鱼分布及其相对密度 (M 值)

(图内标号 1—4 为取样点; 平均叉长: ①36 毫米②40 毫米③43 毫米④14 毫米)

Fig. 2 Distribution and relative density (M value) of juvenile walleye pollock in the Aleutian Basin:

(①, ②, ③ and ④ are sampling stations; Mean fork length: ① 36mm, ② 40mm, ③ 43mm, ④ 14mm)

(二) 垂直移动

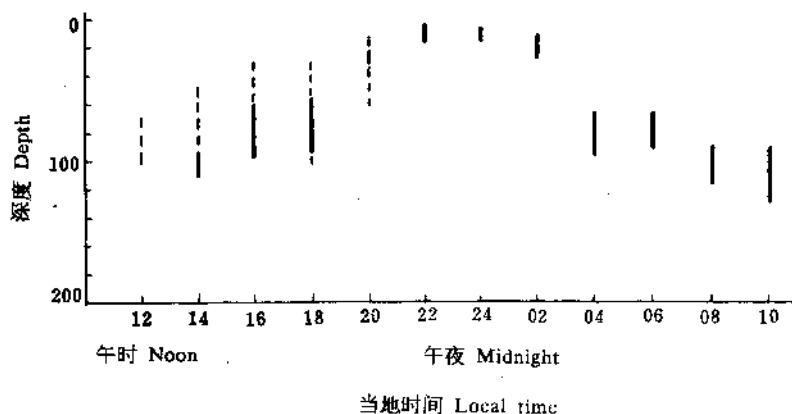


图 3 阿留申海盆区北部狭鳕幼鱼分布水层和昼夜垂直移动

Fig. 3 Day and night variation of distribution of juvenile walleye pollock in the northern Aleutian Basin

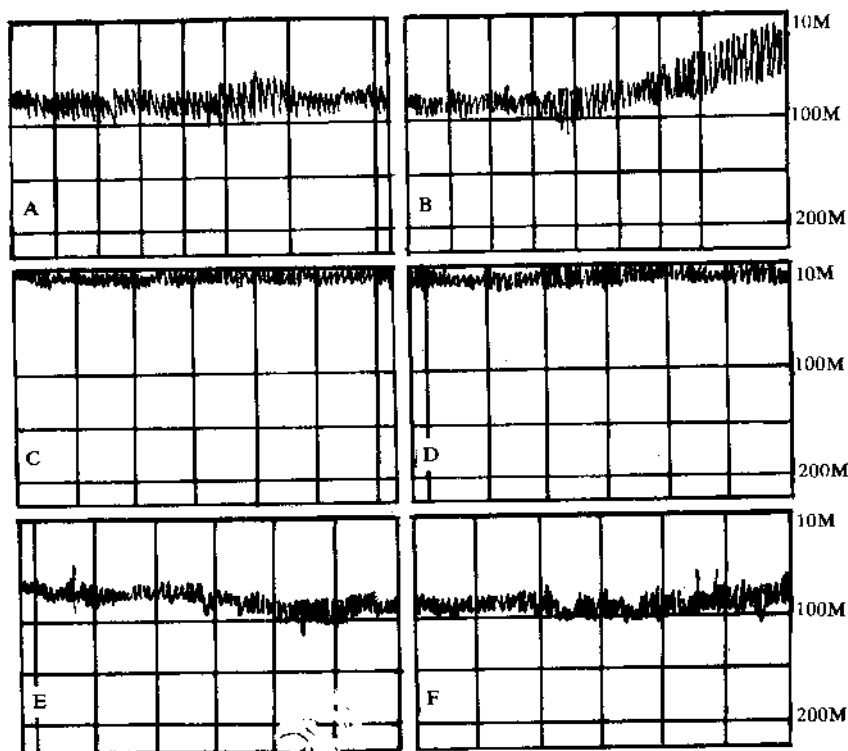


图 4 阿留申海盆区北部狭鳕幼鱼垂直移动映象

Fig. 4 Echogram of vertical migration of juvenile walleye pollock in the northern Aleutian Basin

当地时间 local time: (A. 1510—1535, B. 1650—1720, C. 2105—2125,

D. 0140—0205, E. 0615—0640, F. 1050—1115)

夏季阿留申海盆区狭鳕当年生幼鱼主要栖息在水深 100 米上下的水层,昼夜垂直移动现象十分明显。如图 3—4 所示,日间(当地时间 08—14 时)幼鱼主要栖息在 80—120 米层,上下移动幅度不大,映象呈连续的山峰状,下午 16 时后鱼群逐渐向上移动,大约在 20 时鱼群上升至 20—60 米层,午夜(22—02 时)鱼群密集在表层至 10 米层,风浪小时,水平网可拖到幼鱼。位于高纬度的白令海区 3—4 时已出现晨光,此时鱼群迅速下移至 60—90 米层,并逐渐稳定在 100 米层上下。从图 4 可以看出,不论鱼群分布在哪一个水层,夏季当年生狭鳕幼鱼具有集群的习性,鱼群密度较高,厚度一般为 10—20 米。

因白令海夏季多雾,夜间少有晴天,月光难得一见,狭鳕幼鱼的垂直移动现象难以与趋光性相联系。根据声学映象资料分析,狭鳕幼鱼昼夜垂直移动现象与浮游生物移动规律颇为一致,故这一习性可能与索食有关。

(三) 生物学状况

分布于阿留申海盆区东北部的狭鳕当年生幼鱼叉长分布范围为 29—47 毫米,优势长度组为 36—44 毫米,平均叉长 40.2 毫米,平均体重为 0.43 克(图 5A)。该区域 3 个不同地理位置取样点的幼鱼个体大小略有差异,自西北向东南分别为平均叉长 36 毫米,平均体重 0.28 克(①: 7 月 4 日);平均叉长 40 毫米,平均体重 0.38 克(②a: 7 月 7 日);平均叉长 41 毫米,平均体重 0.49 克(②b: 7 月 8 日);平均叉长 43 毫米,平均体重 0.54 克(③: 7 月 11 日)。而 7 月 23 日在南部波哥斯洛夫岛附近捕到的幼鱼,个体明显偏小,叉长范围为 11—17 毫米,优势长度为 13—15 毫米,平均为 13.8 毫米,平均体重 0.03 克(图 5B)。根据狭鳕幼鱼鱼体长度与日龄关系式推测^[3],北部幼鱼系 3 月下旬产卵的个体,南部幼鱼系 5 月下旬产卵的个体。显然,南北两个狭鳕幼鱼群是两个不同产卵期群体的子代。

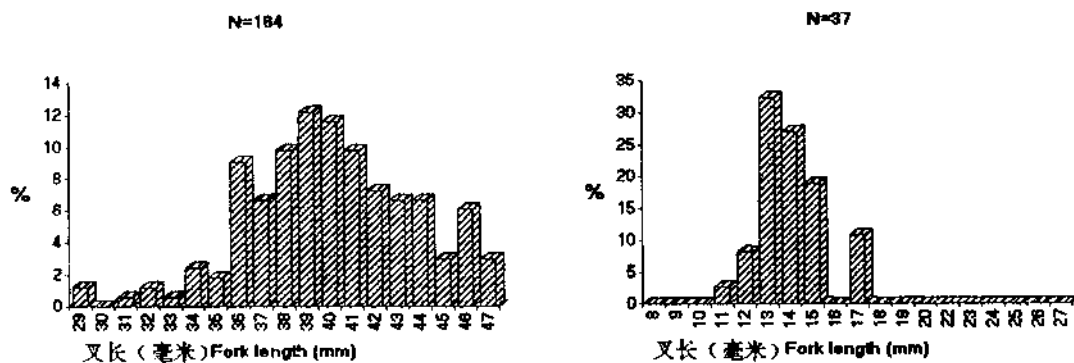


图 5 阿留申海盆区东北部 (A) 和波哥斯洛夫海域 (B) 狭鳕幼鱼叉长分布

Fig. 5 Length distribution of juvenile walleye pollock in the northeastern Aleutian Basin (A) and the northeastern Bogslof waters (B)

(四) 与其他幼鱼的关系

在狭鳕幼鱼中层拖网和水平网取样中,同时还捕获到鱼体长度约 2—6 厘米的其他幼鱼,如马舌鲽、深海鳕科鱼类、银鳕以及头足类幼体等(表 2)。其中马舌鲽数量较多,分

布范围也较大，特别是在海盆区东北角第 1 取样点附近（图 2），其种类组成尾数百分比为 11.3，表明该处是马舌鲽当年生幼鱼密集区之一，其鱼体体长范围为 26—42 毫米，平均体长 33 毫米，平均体重 0.28 克。另外，深海鲷科当年生幼鱼数量也较多，但是，它是一个种还是二个种，目前尚无法辨清。在东北角第 1 取样点采集的样品中，其尾数组成 6.1%，鱼体体长范围为 40—51 毫米，平均体长 45 毫米，平均体重 0.77 克。在波哥斯洛夫岛附近（第 4 取样点），其尾数组成达 72.1%，鱼体明显偏小，体长范围为 6—13 毫米，平均体长 11 毫米，平均体重为 0.017 克。以上几种幼鱼的分布范围和密度显然比当年生狭鳕幼鱼小得多。

表 2 阿留申海盆区幼鱼种类组成(%)

Table 2 Species composition (%) of juvenile fish in the Aleutian Basin

种 类	取 样 点*									
	1		2a		2b		3		4	
	尾数%	重量%	尾数%	重量%	尾数%	重量%	尾数%	重量%	尾数%	重量%
狭 鳕 <i>Theragra chalcogramma</i>	78.8	69.4	97.6	98.3	98.7	99.0	100	100	27.2	61.6
马舌鲽 <i>Remhardtus nipposoides</i>	11.3	9.9	2.4	1.7	1.3	1.0	—	—	—	—
深海鲷 <i>Bathymaster signatus</i>	6.1	14.8	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Bathymaster spp.?</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	72.1	28.6
银 鳕 <i>Anoplopoma fimbria</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	0.7	9.8
头足类 <i>Tenthoidea squid</i>	3.8	5.9	—	—	—	—	—	—	—	—

* 位置同图 3。取样点 1—3 位于阿留申海盆区东北部，为中层拖网取样；4 位于波哥斯洛夫岛附近，为水平网取样。

（五）与环境的关系

狭鳕当年生幼鱼分布区表层水温为 7—9℃，盐度为 32.5—33.0，溶解氧含量为 10mg/L 左右；50 米层水温为 3—6℃，盐度为 32.6—33.0，溶解氧含量为 8—10mg/L；100 米层水温在 2—5℃，盐度为 32.9—33.2，溶解氧含量为 7—10mg/L；鱼群密集区 100 米层水温为 3—5℃，盐度为 32.9—33.1，溶解氧含量为 8—9mg/L。温盐断面资料表明（图 6），当年生狭鳕幼鱼主要栖息在温跃层（位于 25—50 米层左右）之下、100—200 米冷水团上部水层。但是，温跃层并不妨碍幼鱼的垂直移动活动，如夜间鱼群可迅速通过跃层，到达水温 7—9℃的表层活动；从水温水平分布来看（图 7），阿留申海盆区水温分布趋势为东高西低。虽然幼鱼分布区位于温度偏高的区域，但是，同样是 3℃等温线区，在东部是幼鱼的密集区，而在西部则为无鱼区。可见，温度并不是幼鱼分布的直接限制因子。对比盐度水平分布资料，可以比较直接的发现狭鳕当年生幼鱼分布区位于阿留申海盆区等盐线最为密集的区域（图 8），此处系海盆高盐水与东白令海大陆架低盐水的混合区，区内海水辐合度较大，营养盐类丰富，同时，该区域又背依东白令海大陆斜坡，较为特殊的地理条件形成一支西北向海流，流域内为浮游生物高密集区^[4]。因此，良好的地理环境和丰富的饵料生物使得该区域成为当年生狭鳕幼鱼重要的栖息场所。

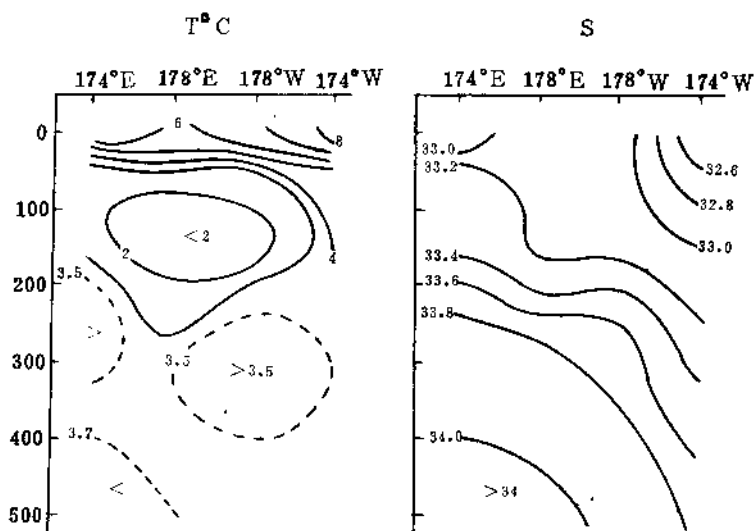


图 6 57°N 断面水温(T°C)和盐度(S)分布

Fig. 6 Vertical distributions of temperature (T°C) and salinity (S) at section of 57°N

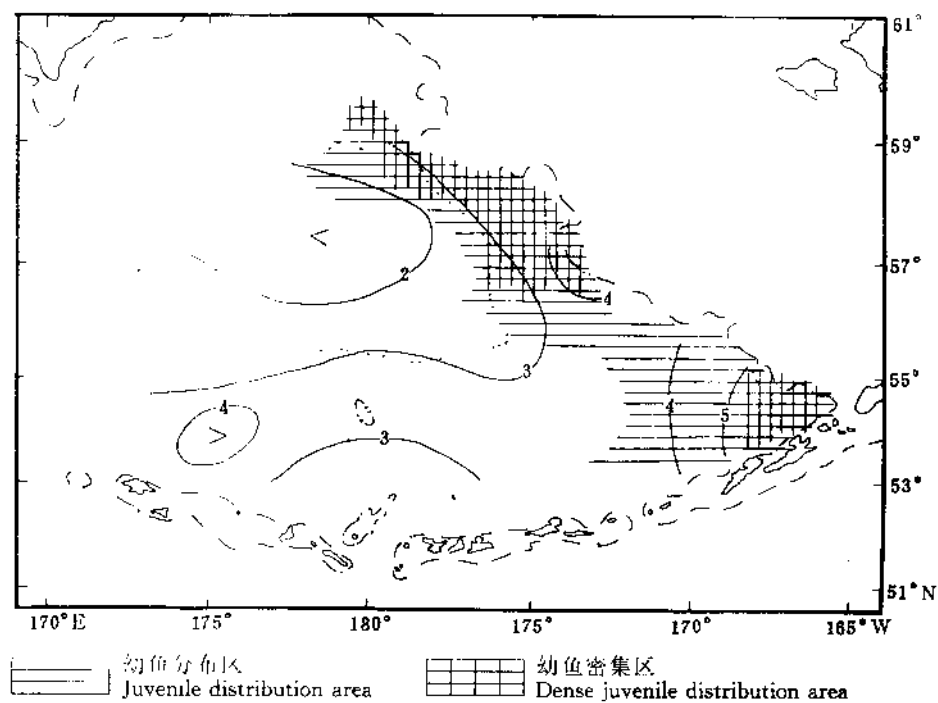


图 7 狭鳕幼鱼分布区与其 100 米层水温之间的关系

Fig. 7 Relationship between the distribution area of juvenile walleye pollock and temperature at 100m depth

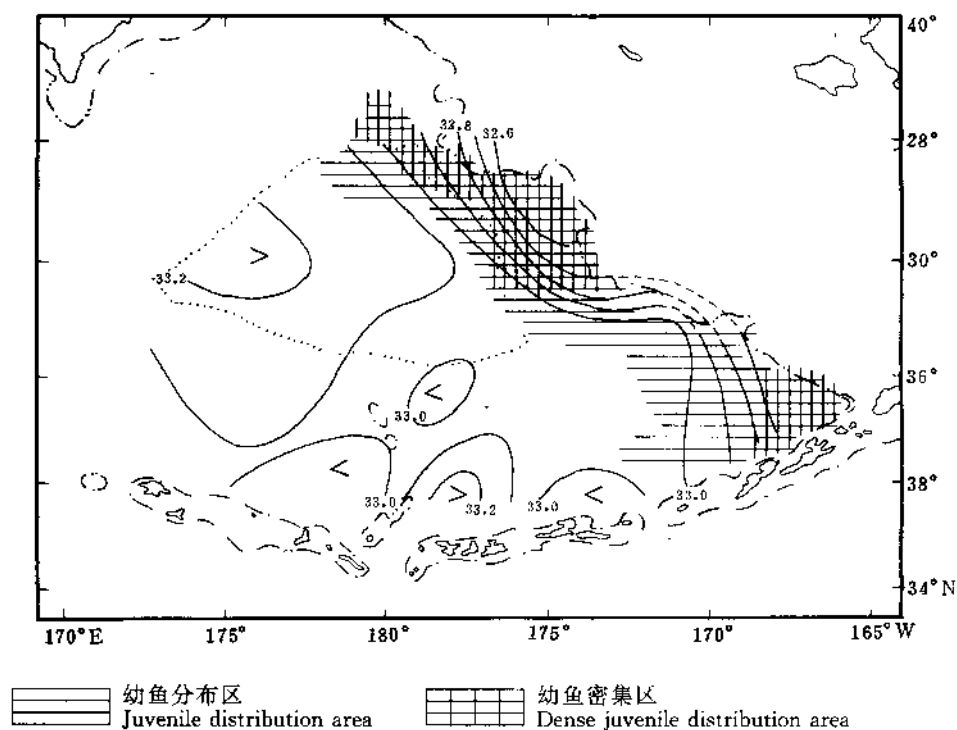


图 8 狭鳕幼鱼分布区与 50 米层盐度之间的关系

Fig. 8 Relationship between the distribution area of juvenile walleye pollock and salinity at 50 m depth

讨 论

(一) 关于阿留申海盆区东北部当年生狭鳕幼鱼的来源

假如使用现行的狭鳕目标强度与鱼体长度关系式^[5]及其有关资料(如 M 值等),来评估阿留申海盆区东北部当年生狭鳕幼鱼,其生物量约 2 万余吨,资源数量约 582 亿尾。这个估计数虽然可能偏高,但是它毕竟是一个巨大的数字。它意味着海盆区东北部、大约 15 万平方公里的海域里,分布着大量当年生狭鳕幼鱼。这样的分布状况不能视为偶然,即阿留申海盆区东北部应是白令海狭鳕当年生幼鱼一个重要的栖息分布区。根据现在对白令海狭鳕群体结构和产卵时间的了解^[8-8],这部分当年生幼鱼有可能来自:(1) 波哥斯洛夫岛附近。该岛区是狭鳕的主要产卵场之一,但是从该区幼鱼个体长度较小以及其分布向北在 55°N、170°W 附近出现中断的情况看(图 2),该岛区的幼鱼似乎不是向西北方向移动,而有向东北陆架区移动的趋势;(2) 东白令海陆架产卵区的仔鱼成长后移入海盆区,如从普里比洛夫岛附近。陆架区狭鳕产卵期主要为 4—6 月,只有部分亲体在早春产卵,如 1993 年日本“开洋丸”的调查资料表明,6 月份鱼体优势长度组为 10 毫米^[9],约为 5 月份产出的鱼。因此,根据海盆区东北部幼鱼个体较大的情况判断,陆架区只可能有少量当年生幼鱼进入海盆区;(3) 分布于海盆区东南部(如公海东南部至阿特卡岛以

北海区)以及东白令海大陆斜坡处的狭鳕主要产卵期为2—3月,根据狭鳕产卵亲体数量、产卵时间以及幼鱼大小从取样点③向①逐渐减少的情况判断(图2),当年生狭鳕幼鱼可能主要来自海盆区东南部产卵区。因此,海盆区东北部的狭鳕当年生幼鱼虽然可能来自多个方位,如陆架区、斜坡区和海盆区等,但主群来自海盆区。这表明海盆区不仅有一个狭鳕产卵群体,同时也有一个当年生幼鱼栖息分布区。这部分幼鱼有可能随海流向西北移动,逐渐进入陆架区发育成长。

(二) 关于调查方法

日本、美国、俄罗斯等国家曾对白令海狭鳕当年生幼鱼作过许多调查研究,共同的结果是其主要分布区在东白令海陆架区东部,而在陆架斜坡处和海盆区仅发现少量当年生狭鳕幼鱼分布^[8-12]。这一方面可能是由于对当年生幼鱼分布范围了解不够全面,使调查区(站)设置偏向陆架区,另一方面与调查方法有关。以往使用的调查方法以拖网取样为主,这样不仅因取样较费时,使调查范围受到限制,同时也由于取样网网口(如直径1.3米)较小,使取样效果易受到随机因素的影响。事实上,本次调查是在海盆区狭鳕成鱼资源声学评估调查中,在水深100米处发现高密度的鱼群映象,使用捕捞用中层拖网采样确认映象为狭鳕当年生幼鱼及其他幼鱼后,迅速扩大调查成果,仅1个星期,即在海盆区较大范围内取得了较为完整的当年生狭鳕幼鱼分布和资源密度资料。这个过程表明声学/拖网评估调查是一个值得发展的调查当年生狭鳕幼鱼的方法。这个方法更适用于分布于较大范围和栖息于较深水层的幼鱼的调查。如果能够测出幼鱼的目标强度,并对拖网囊网网目进行必要地调整,那么,对当年生幼鱼资源量的评估可取得较高的精度。

致谢 本项调查研究得到农业部水产司、中国水产科学研究院、中国水产总公司、大连、烟台、青岛、上海、舟山等远洋渔业公司和驻美渔业代表处的支持和指导,“北斗”号调查船船长吕明和、轮机长刘世进以及全体船员的大力协助,美国阿拉斯加渔业研究中心 A·Kendall 和 A·Malarese 博士协助鉴定部分幼鱼种类,谨此致以衷心地感谢。

参 考 文 献

- [1] 朱德山等, 1990. 黄东海鲈鱼及其他经济鱼类资源声学评估的调查研究. 海洋水产研究, 12: 1—142.
- [2] Foote, K. G. *et al.*, 1983. Standard calibration of echo sounders and integrators with optimal copper spheres. *FiskDir. Skr. HavUnders.*, 17: 335—346.
- [3] Nishimura, K., K. Mito and T. Yanagimoto. 1993. Hatch date and growth estimation of juvenile walleye pollock collected in the Bering Sea in 1989 and 1990. Paper for Workshop on the Importance of Prerecruit Walleye Pollock to the Bering Sea and North Pacific Ecosystem, October 28—30, 1993. Seattle, USA.
- [4] Khen, G. V. 1989. Oceanographic conditions and Bering Sea biological productivity. *Proc. Int. Symp. Biol. Mgmt. Walleye Pollock*, Nov. 1988. Anchorage, Alaska, USA, 79—89.
- [5] Traynor, J., 1994. Target strength measurements of walleye pollock and Pacific whiting. Paper for Bering Sea Pollock Cooperative Survey Working Group Meeting. January, 1994, Tokyo, Japan.
- [6] Hinckley, S., 1987. The reproductive biology of walleye pollock in the Bering Sea, with reference to spawning stock structure. *Fish. Bull.*, US 85 (3): 481—498.
- [7] Bulatov, O., 1989. Reproduction and abundance of spawning pollock in the Bering Sea. *Proc. Int. Symp. Biol. Mgmt. Walleye Pollock*, Nov. 1988. Anchorage, Alaska, USA, 199—208.

- [8] Mulligan, T., K. Bailey and S. Hinckley. 1989. The occurrence of larval and juvenile walleye pollock in the Eastern Bering Sea with implications for stock structure. Proc. Int. Symp. Biol. Mgmt. Walleye Pollock. Nov. 1988. Anchorage, Alaska, USA, 471—490.
- [9] National Research Institute of Far Seas Fisheries, Japan. 1994. Preliminary results of larval pollock survey conducted by the kaiyo maru in 1993. Document for Bering Sea pollock survey working group. January 1994, Tokyo, Japan.
- [10] Haryu, T., 1980. Larval distribution of walleye pollock in the Bering Sea, with special reference to morphological changes. Bull. Fac. Fish. Hokkaido. Univ. 31: 121—136.
- [11] Yoshimura, T., 1990. Biological information on pelagic pollock in the Aleutian Basin during the summer of 1988. Compilation of papers presented at the International Symposium of Bering Sea Fisheries. April 2—5, 1990. Khabarovsk, USSR, 261—275.
- [12] Bulatov, O., 1989. Some data on mortality of walleye pollock in the early stages of ontogenesis. Proc. Int. Symp. Biol. Mgmt. Walleye Pollock. Nov. 1988. Anchorage, Alaska, USA, 185—198.

DISTRIBUTION AND ABUNDANCE OF AGE ZERO WALLEYE POLLOCK *THELAGRA CHALCOGRAMMA* IN THE ALEUTIAN BASIN

Tang Qisheng, Jin Xianshi, Li Fuguo, Chen Jufa,
Wang Weixiang, Chen Yuzhen, Zhao Xianyong, Dai Fangqun

(Yellow Sea Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266003)

ABSTRACT During a survey of Bering Sea pollock resources from June to August, 1993, a large concentration of age zero pollock was discovered in the Aleutian Basin by using echo integration/midwater trawl survey method. The study result indicates that: 1) The juvenile were mainly distributed in the northeast part of the Aleutian Basin extending from northwest to southeast, and the densest distribution area was observed between the eastern continental slope and the Bering High Seas; 2) The juveniles mainly inhabited the water layer of 80—120 m depth, and showed a clear vertical migration; 3) During July, the juveniles in the northeast part of the Aleutian Basin ranged from 29—47 mm in fork length, but the juvenile around the Bogoslof Island ranged from only 11—17 mm in fork length, which may be indicative of juveniles of two separate stocks spawning at different times; 4) The temperature and salinity of the water inhabited by juvenile were 3—5℃ and about 33, respectively. There seems to be a good relationship between the concentration of age zero pollock and geographic environment in the continental slope and forage organisms.

KEYWORDS Aleutian Basin, Age zero pollock, Abundance distribution, Vertical migration, Environment