

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2011.00083

两种玉筋鱼形态学与生物学特征比较

张辉¹, 戴伟湘¹, 张岩², 高天翔¹, 吉田英雄³

1. 中国海洋大学 水产学院, 山东 青岛 266003;
2. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 2660671;
3. 日本北海道立稚内水产试验场, 日本 北海道 稚内 0970001

摘要: 对采自日本北海道宗谷近海的玉筋鱼 (*Ammodytes personatus*) 和北方玉筋鱼 (*A. hexaperus*) 进行了部分形态学和生物学特征的分析比较。2种玉筋鱼在体长体质量关系式、性腺成熟系数等生物学特征上存在显著差异, 单因子方差分析表明, 2种玉筋鱼的脊椎骨数存在极显著差异 ($P < 0.01$), 但有较高的重叠率(70%)。采用耳石角度对2种玉筋鱼进行研究, 发现玉筋鱼耳石角度的平均值 [$86.8 \pm 0.4^\circ$] 显著小于北方玉筋鱼 [$93.0 \pm 0.5^\circ$] ($P < 0.05$)。利用耳石角度对2种玉筋鱼的判别准确率较高, 平均为 84.3%, 可以作为鉴别2种玉筋鱼的1个形态学参数。[中国水产科学, 2011, 18(1): 83-88]

关键词: 玉筋鱼; 北方玉筋鱼; 形态学; 生物学; 耳石角度

中图分类号: S917

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2011)01-0083-06

玉筋鱼属(*Ammodytes*)鱼类隶属于鲈形目(Perciformes)、玉筋鱼亚目(*Ammodytoidei*)、玉筋鱼科(*Ammodytidae*), 在世界范围内共有7种, 分布于地中海、北大西洋、北太平洋的亚洲和美洲沿海, 为冷温性小型经济鱼类^[1]。中国只有玉筋鱼(*Ammodytes personatus* Girard)1种^[2], 日本有玉筋鱼和北方玉筋鱼(*Ammodytes hexaperus* Pallas)2种^[3]。

玉筋鱼属鱼类作为一种重要的饵料鱼类, 对海洋渔业的可持续发展有着重要的作用。近几年, 由于捕捞强度的加大和环境变化, 其资源量日益减少, 亟需对其进行合理的利用和保护^[1,4]。迄今, 国内学者对玉筋鱼的繁殖习性、饵料、摄食转换效率进行了研究^[5-7], 遗传学方面也有同工酶^[8]以及线粒体DNA^[9]等研究。日本学者除在形态学与生物学方面有较多研究外, 还对其种群鉴别、群

体划分等方面进行了较多研究。如Hashimoto^[3]进行了日本沿海玉筋鱼种群同工酶分析, 认为日本沿海分布的3个玉筋鱼群体可能是3个亚种。

耳石是硬骨鱼类在生长过程中沉积在内耳中的结石, 主要成分是CaCO₃, 起声音接收和平衡定向的作用^[10], 目前耳石研究主要包括耳石形态、年龄鉴定、显微结构分析和微化学分析等内容^[11-14]。田中伸幸^[13]利用耳石轮纹密度对玉筋鱼和北方玉筋鱼进行了比较分析, 其鉴别2种鱼的准确率较高; 张国华等^[15]用传统形态分析方法测量了长江6种鲤科(Cyprinidae)鱼类的星耳石和微耳石并建立了判别方程, 无论微耳石或星耳石的性状, 还是两者的联合性状, 对6种鱼类都有很高的判别成功率。但采用耳石角度进行鱼类分类的研究尚未见报道。

收稿日期: 2009-12-08; 修订日期: 2010-03-01.

基金项目: 农业部公益性行业(农业)科研专项(200903005).

作者简介: 张辉(1986-), 博士研究生, 研究方向为海洋鱼类种群遗传学和分子系统地理学. E-mail: zhanghuifirst@gmail.com

通讯作者: 高天翔(1962-), 教授, 博士生导师, 研究方向为海洋鱼类种群遗传学、分子分类学、分子系统地理学. E-mail: gaozhang@ouc.edu.cn

本研究对采自日本北海道宗谷近海的玉筋鱼和北方玉筋鱼进行了生物学测定、可量可数性状的测量以及形态学比较分析,并首次采用耳石角度对两者进行了鉴别研究,以期玉筋鱼研究提供基础性资料,为保护和合理利用玉筋鱼资源提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

本研究所用样品分别于 2004 年 7 月和 2006 年 6 月采自日本北海道宗谷近海,样本信息见表 1。

表 1 玉筋鱼样品采样地点、数量及时间

Tab. 1 Location, number and collection date of *Ammodytes* samples

种名 species	采集地点 location	样本数/ind number	采集时间 collection date
玉筋鱼		57	2004-7
<i>A. personatus</i>	日本宗谷近海	438	2006-6
北方玉筋鱼	Soya sea area	43	2004-7
<i>A. hexaperus</i>		38	2006-6

1.2 方法

1.2.1 形态学与生物学测量 对样品的体长、体质量、性腺重、脊椎骨数、耳石角度进行了测量。体长采用精度为 0.1 mm 的刻度尺进行测量;体质量和性腺质量的测量采用精度为 0.1 g 的电子天平;鱼体解剖后对脊椎骨数直接计数;取各标本的矢耳石进行耳石角度测量,为比较不同性别间的差异,对雌雄个体分别进行测量。

耳石角度的测量方法如下:过耳石的中心点做到顶点的连线 A,通过中心点做耳石的横切轴 B,得到横切轴与耳石顶点的角度;测量时做一条与 B 平行的直线 C,后逆时针旋转到直线 A,旋转的角度即为耳石角度(图 1)。

1.2.2 数据处理

(1) 体长和体质量的关系用幂函数拟合,其表达式: $W = aL^b$ 。式中: W 为体质量(g); L 为体长(mm), a 为生长的条件因子, b 为幂指数系数,幂函数拟合在 Excel 中完成,同时对体长与体质量的相关性进行分析,给出相关系数 R 。

(2) 性成熟系数(Gonadosomatic Index, GSI)采

用如下公式计算: $GSI(\%) = (\text{性腺质量}/\text{体质量}) \times 1000$ 。

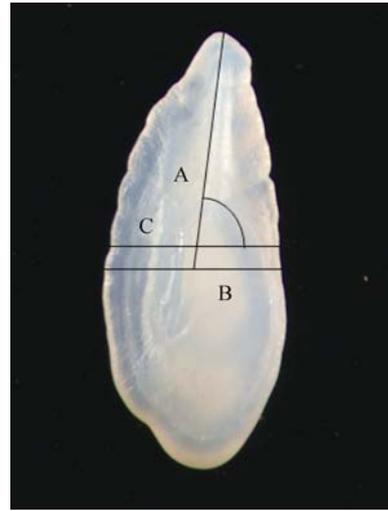


图 1 耳石角度测量示意图

Fig. 1 Measurement of otolith angle

(3) 应用 SPSS11.0 的单因子方差分析(one-way ANOVA)法对 2 种玉筋鱼脊椎骨数以及耳石角度的差异进行分析。

2 结果与分析

2.1 体长与体质量关系

本研究测量了 495 条玉筋鱼和 81 条北方玉筋鱼的体长与体质量。玉筋鱼的体长范围为 140~255 mm,平均值为 (203.7 ± 5.2) mm,体质量范围为 15.3~81.6 g,平均值为 (47.6 ± 4.0) g;北方玉筋鱼的体长范围为 185~263 mm,平均值为 (227.6 ± 4.1) mm,体质量范围为 34.4~77.1 g,平均值为 (51.1 ± 3.3) g。体长体质量关系见图 2。

经检验,取样时间与性别对体长体质量关系的幂函数没有显著影响,故用全部样本的数据进行幂函数的拟合,拟合得到 2 种玉筋鱼的体长(L)体质量(W)关系分别为:

$$\text{玉筋鱼: } W = 0.00003L^{2.6722}, (R = 0.9697);$$

$$\text{北方玉筋鱼: } W = 0.0001L^{2.3421}, (R = 0.9368)。$$

通过方差检验,在 $P = 0.05$ 水平,2 种玉筋鱼的生长存在显著的差异($P < 0.05$), b 值均显著偏离 3($P < 0.05$)。

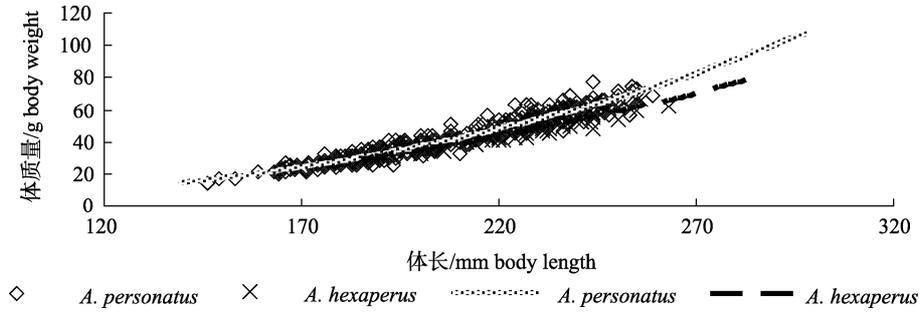


图 2 两种玉筋鱼体长与体质量的关系

Fig. 2 Body length-weight relationship of *Ammodytes personatus* and *A. hexaperus*

2.2 性成熟系数

测量了所有样本的性腺质量, 并计算了 2 种玉筋鱼的性成熟系数。玉筋鱼雌性个体性成熟系数分布在 4.4‰~81.7‰, 约有 90% 的个体在 4.4‰~10.1‰ 之间; 雄性个体性成熟系数分布在 1.4‰~75.2‰, 约有 90% 的个体在 1.4‰~10.1‰ 之间。雌雄个体之间没有显著差异 ($P < 0.05$)。北方玉筋鱼雌性个体性成熟系数均匀分布在 3.1‰~151.3‰, 雄性个体均匀分布在 2.5‰~45.1‰, 雄性个体性成熟系数小于雌性个体。以上结果显示: 在样本采集季节(6 月, 7 月), 玉筋鱼的性成熟系数较低, 约有 90% 的个体在 1.4‰~10.1‰; 而北方玉筋鱼的性成熟系数范围较广且较均匀, 最小的为 2.5‰, 最大的为 151.3‰。

2.3 脊椎骨数

对所有标本脊椎骨的测量结果显示, 玉筋鱼的脊椎骨数范围为 58~67, 以 63~66 占绝对优势, 约占所有个体数的 96.8%, 平均值为 64.6 ± 1.1 ($n = 495$); 而北方玉筋鱼的脊椎骨数范围为 64~69, 集中在 66~69 之间, 约占所有个体数的 87.9%, 平均值为 66.8 ± 1.4 ($n = 81$)。玉筋鱼脊椎骨数明显少于北方玉筋鱼 ($P < 0.01$), 但两者在 64~67 之间存在重叠, 重叠个体数达到 70%。

对 2 种玉筋鱼雌鱼、雄鱼的脊椎骨数进行单因子方差分析, 并对 6 组数据进行多重比较, 具有方差齐性的变量采用 LSD 法, 不具有方差齐性的变量采用 Tamhane's T2 法, 分析结果如表 2 所示。2 种玉筋鱼在脊椎骨数量上不存在显著的性别差异 ($P > 0.05$); 玉筋鱼和北方玉筋鱼脊椎骨数平均值分别为 64.6 和 66.8, 玉筋鱼的脊椎骨数显著少于北方玉筋鱼 ($P < 0.01$)。

表 2 2 种玉筋鱼的脊椎骨数比较分析结果

Tab. 2 Comparison of vertebrate numbers between *Ammodytes personatus* and *A. hexaperus*

种名 species	n=576; $\bar{x} \pm SD$		
	雄性 male	雌性 female	总体 total
玉筋鱼 <i>A. personatus</i>	64.6 ± 1.120^a	64.6 ± 1.082^a	64.6 ± 1.127^a
北方玉筋鱼 <i>A. hexaperus</i>	66.5 ± 1.401^b	67.1 ± 1.339^b	66.8 ± 1.431^b

注: 上标字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Different superscripts mean significant difference between two *Ammodytes* fishes ($P < 0.05$).

2.4 耳石角度

本研究测量了体长大于 220 mm 的玉筋鱼 59 尾、北方玉筋鱼 21 尾共 80 个样本的矢耳石角度(图 3)。玉筋鱼耳石角度平均值为 $(86.8 \pm 0.4)^\circ$, 分布于 $80 \sim 92^\circ$, $80 \sim 90^\circ$ 的个体占总数比例为 92.2%; 而北方玉筋鱼的耳石角度平均值为 $(93.0 \pm 0.5)^\circ$, 且全部分布在 $90 \sim 97^\circ$ 之间(图 4)。

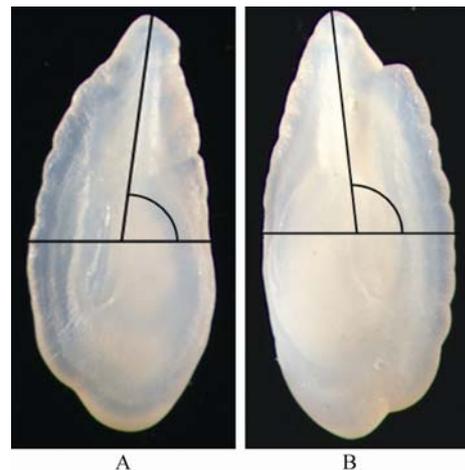


图 3 两种玉筋鱼的耳石角度

A: 玉筋鱼; B: 北方玉筋鱼

Fig. 3 Otolith angle of *Ammodytes personatus* and *A. hexaperus*
A: *A. personatus*; B: *A. hexaperus*

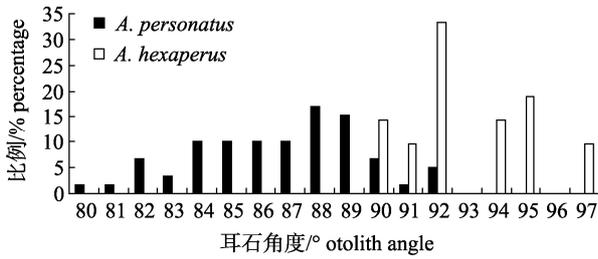


图 4 两种玉筋鱼耳石角度的频数分布

Fig. 4 Frequency distribution of otolith angle of *Ammodytes personatus* and *A. hexaperus*

对 2 种玉筋鱼雌鱼、雄鱼的耳石角度进行单因子方差分析, 并对 6 组数据进行多重比较, 具有方差齐性的变量采用 LSD 法, 不具有方差齐性的变量采用 Tamhane's T2 法, 分析结果如表 3 所示。玉筋鱼和北方玉筋鱼种内雌与雄个体之间的耳石角度无显著差异 ($P>0.05$), 但两种雌性、雄性及总体个体间的耳石角度都存在极显著的差异 ($P<0.01$); 两性混合后耳石角度的平均值分别为 (86.8 ± 0.4)° 和 (93.0 ± 0.5)°, 前者显著小于后者 ($P<0.01$)。

表 3 2 种玉筋鱼耳石角度的比较分析结果

Tab. 3 Comparison of otolith angle between *Ammodytes personatus* and *A. hexaperus*

种名 species	n=80; $\bar{x}\pm SD$; °		
	雄性 male	雌性 female	总体 total
玉筋鱼 <i>A. personatus</i>	87.333±0.497 ^a	86.135±0.604 ^a	86.805±0.389 ^a
北方玉筋鱼 <i>A. hexaperus</i>	93.115±0.561 ^b	92.813±0.855 ^b	93.000±0.464 ^b

注: 上标字母不同表示差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Different superscripts mean significant difference between two *Ammodytes* fishes ($P<0.05$).

3 讨论

3.1 体长与体质量的关系及性成熟系数

Ricker^[16]认为, 体长体质量关系式中的幂指数 b 可以用来判断鱼类是否处于等速生长, 当 b 等于 3 时, 表明该鱼类的生长方式为等速生长, 即个体 3 个线度长、宽、高方向生长速度相等; 当 b 不等于 3 时, 表示该鱼类为异速生长, 即 3 个线度方向生长的速度不等, 生长过程中其体形和比重重要发生变化。本研究中 2 种玉筋鱼的 b 值均偏离 3, 并且拟合函数的相关系数都很高, 说明 2 种玉筋鱼的生长均为异速生长^[17]。陈昌海^[1]、董靖等

^[18]拟合的玉筋鱼体长 (L) 和体质量 (W) 的关系式分别为: $W=0.001906L^{3.170}$ ³⁹ ($R=0.999$ 3), $W=0.7\times 10^{-5}L^{2.924}$ ⁴ ($R=0.967$ 3), 与本研究拟合的玉筋鱼体长体质量关系有较大的差异, 可能是由于样品采集地点的不同所导致。这是否说明黄海海区与日本宗谷近海的玉筋鱼群体间有着显著的生长差异, 还需要进一步的研究证实。韩志强^[9]运用线粒体控制区序列探讨了中日不同地点玉筋鱼的遗传结构, 发现不同地点的玉筋鱼群体间存在明显的遗传分化, 这也可能是这种体长与体质量关系差异产生的根本原因。

性成熟系数可以用来判断鱼类的性腺发育程度, 作为性腺发育的重要指标, 也可以反映其繁殖情况^[19]。本研究中玉筋鱼与北方玉筋鱼亲缘关系较近, 尽管采集时间与地点相同 (表 1), 且体长分布范围基本一致 (分别为 140~255 mm 和 185~263 mm), 但两者的性成熟系数具有明显差异, 其主要原因应为 2 种玉筋鱼繁殖季节的不同导致, 这可能是 2 种玉筋鱼繁殖策略不同的体现。

3.2 脊椎骨数

脊椎骨数是鱼类分类中的重要特征之一。日本许多学者对玉筋鱼脊椎骨数进行过研究。如北口孝郎^[20]在对北海道北部水域的玉筋鱼分类研究中发现, 玉筋鱼的脊椎骨数为 65 或 66, 北方玉筋鱼的脊椎骨数为 68。Hatanaka 等^[21]和 Hashimoto^[22]根据脊椎骨数把玉筋鱼分为 2 个组群, 其脊椎骨数平均为 65 和 63。Hashimoto^[3]对采自日本沿海 20 个不同水域的玉筋鱼标本进行了分析比较, 将其划分为 3 个组群, 其脊椎骨数分别为 67、65~66、63, 并认为第 1 个组群属北方玉筋鱼, 后 2 个组群属玉筋鱼。田中伸幸^[13]对日本北海道周围水域玉筋鱼群体的研究发现, 玉筋鱼和北方玉筋鱼的脊椎骨数分别为 61~67 和 63~70, 两者间存在高达 88% 的重叠率, 认为仅凭脊椎骨数等特征很难将这 2 种玉筋鱼区分。本研究中玉筋鱼和北方玉筋鱼的脊椎骨数平均值分别为 64 和 66, 两者存在极显著的差异, 但 2 种间的重叠率达到 70%, 仅靠脊椎骨数并不能有效的将玉筋鱼和北方玉筋鱼区分, 这与田中伸幸^[13]的研究结果相一致。

3.3 耳石角度

鱼类耳石由于形态特征稳定, 被广泛用于科、亚科、属以及鱼种的鉴别中^[23]。Gaemer^[24]利用耳石形态对丽鱼科的种类进行了分类地位的探讨, 结果表明丽鱼科与隆头鱼科内的唇鱼亚科(Cheilinae)和伸口鱼亚科(Epibulinae)的亲缘关系最近, 认为耳石可以用于丽鱼科内各级分类水平的鉴定。张国华等^[15]通过对 6 种鲤科鱼类微耳石和星耳石的形态研究, 认为耳石可以用于其亚科、属和种水平的鉴定, 亲缘关系越近, 耳石的形态可能越相似。田中伸幸^[13]研究了玉筋鱼和北方玉筋鱼的耳石, 发现运用耳石第 1 透明带带幅的宽度能够有效地将 2 种玉筋鱼区分, 其分辨率高达 90%。

本研究首次采用耳石角度对日本北海道宗谷的玉筋鱼进行了研究。根据研究结果, 将玉筋鱼耳石角度分为: (1) $<90^\circ$; (2) $90^\circ\sim 92^\circ$ (含 90° 与 92°); (3) $>92^\circ$ 。当耳石角度在范围(1)时, 为玉筋鱼, 判别的准确率为 100%; 当耳石角度在范围(3)时, 为北方玉筋鱼, 判别准确率为 100%; 当耳石角度在范围(2)时, 判别准确率较低, 为 53%, 需要借助于遗传学等其他方法进行区分^[13]。总体上, 运用耳石角度对 2 种玉筋鱼进行区分的平均准确率为 84.3%。

形态学和生物学方法是鱼类种群研究中最基本、最主要的研究方法之一。本研究从体长与体质量关系、性成熟系数、脊椎骨数以及耳石角度 4 个方面对日本北海道宗谷的玉筋鱼和北方玉筋鱼进行了比较研究。结果表明 2 种玉筋鱼在以上 4 个方面均存在一定程度的差异, 其中耳石角度作为 1 个新的形态学指标对 2 种玉筋鱼的鉴别具有较高的准确率, 可以作为鉴别 2 种玉筋鱼的形态特征之一。但由于形态学与生物学特征在测量过程中会存在一定的局限性, 因此, 需要结合分子生物学等手段(如 DNA Barcoding)对 2 种玉筋鱼进行更准确的鉴别。

致谢: 感谢日本北海道大学水产学部樱井泰宪教授在采样方面的帮助。

参考文献:

- [1] 陈昌海. 黄海玉筋鱼资源及其可持续利用[J]. 水产学报, 2004, 28(5): 603-607.
- [2] 孟庆闻, 苏锦祥, 缪学祖. 鱼类分类学[M]. 北京, 中国农业出版社, 1995: 840-842.
- [3] Hashimoto H. Population structure of the sandeel around Japan [J]. Bull Jpn Soc Sci Fish, 1984, 8:1357-1365.
- [4] 许兆滨. 玉筋鱼保护迫在眉睫, 提前休渔利在长远[J]. 中国水产, 2001, 9: 22-23.
- [5] 陈昌海. 黄海玉筋鱼繁殖习性的初步研究[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(2): 15-22.
- [6] 刘勇, 孙耀, 唐启升. 饵料粒度对玉筋鱼摄食生长和生态转换效率的影响[J]. 海洋学报, 2006, 28(6): 139-143.
- [7] 孙耀, 于森, 张秀梅, 等. 室内模拟条件下的胃含物法测定玉筋鱼摄食与生态转换效率[J]. 海洋水产研究, 2004, 25(1): 41-47.
- [8] 纪毓鹏, 高天翔, 陈艳翠, 等. 玉筋鱼群体的形态学和遗传学比较研究[J]. 中国海洋大学学报, 2006, 36: 77-83.
- [9] 韩志强. Molecular phylogeography of three marine fishes [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008: 79-103.
- [10] 窦硕增. 鱼类的耳石信息分析及生活史重建——理论、方法与应用[J]. 海洋科学集刊, 2007, 5(48): 93-113.
- [11] Elsdon T S, Gillanders B M. Reconstructing migratory patterns of fish based on environmental influences on otolith chemistry [J]. Rev Fish Biol Fish, 2003, 13: 219-235.
- [12] Begg G A, Campana S E, Fowler A J, et al. Fish otolith research and application: Proceedings of the 3rd international symposium on fish otolith research and application[J]. Mar Freshw Res, 2005, 56: 477-814.
- [13] 田中伸幸. 耳石を用いたイカナゴ属 2 種の種判別(短報)[J]. 北海道立水产試験場研究报告, 2004, 67: 109-111.
- [14] 叶振江, 孟晓梦, 高天翔, 等. 两种花鲈(*Lateolabrax* sp.) 耳石形态的地理变异[J]. 海洋与湖沼, 2007, 7(38): 356-360.
- [15] 张国华, 但胜国, 苗志国, 等. 6 种鲤科鱼类耳石形态以及在种类和种群识别中的应用[J]. 水生生物学报, 1999, 23(6): 683-688.
- [16] Ricker W E. Computations and interpretation of biological statistics of fish populations[J]. Bull Fish Res Board Can, 1975, 191: 290-293.
- [17] 詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 18-22.
- [18] 董婧, 王冲, 唐明芝, 等. 黄海区玉筋鱼体长和体重的关系[J]. 水产科学, 2004, 23(10): 9-11.
- [19] 陈大刚. 渔业资源生物学[M]. 中国农业出版社, 1997: 9-19, 64.

- [20] 北口孝郎. 北海道北部沿岸水域に分布するイカナゴ属 (Genus *Ammodytes*) の分類学的考察[J]. 北海道立水产試験場研究报告, 1979, 2: 17–30.
- [21] Hatanaka M, Okamoto R. Studies on populations of the Japanese sand lance (*Ammodytes personatus* Girard) [J]. Tohoku J Agric Res, 1950, 1: 57–67.
- [22] Hashimoto H. Two subpopulations of the sandeel found off Tottori Pref [J]. Bull Jpn Soc of Sci Fish, 1983, 4: 597–599.
- [23] 郑文莲. 我国鲆科等鱼类耳石形态的比较研究[C]//中国鱼类学会编辑, 鱼类学论文集(第二辑). 北京: 科学出版社, 1981: 39–46.
- [24] Gaemer P A M. Taxonomic position of Cichlidae (Pisces, Perciforms) as demonstrated by the morphology of their otoliths[J]. Netherl J Zool, 1984, 34: 556–595.

Comparative study on morphological and biological characters of two sand lances

ZHANG Hui¹, DAI Weixiang¹, ZHANG Yan², GAO Tianxiang¹, Yoshida Hideo³

1. Fisheries College Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;
2. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;
3. Hokkaido Wakkanai Fisheries Experiment Station, Wakkanai 097-0001, Japan

Abstract: Morphological and biological characters of *Ammodytes personatus* and *A. hexaperus* from the waters nearby Soya in Japan were measured. The results indicated that there was some variance between the two species based on the function of body length and body weight and gonadosomatic index(GSI). One-way ANOVA results showed that though there was great (70%) overlap in vertebra numbers, difference between the two *Ammodytes* species in vertebra numbers was extremely significant ($P < 0.01$). The otolith angle was firstly used for identification of the two species. The average otolith angle of *A. personatus* [$(86.8 \pm 0.4)^\circ$] was significantly lower than that of *A. hexaperus* [$(93.0 \pm 0.5)^\circ$] ($P < 0.05$). The exact discriminant rate (84.3% on average) was high based on otolith angle to identify the two species. It was suggested that otolith angle could be used for identifying *A. personatus* and *A. hexaperus* efficiently. [Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(1): 83–88]

Key words: *Ammodytes personatus*; *Ammodytes hexaperus*; morphology; biology; otolith angle

Corresponding author: GAO Tianxiang. E-mail: gaozhang@ouc.edu.cn