

桑沟湾大型底栖动物的次级生产力*

王宗兴¹ 孙丕喜^{1**} 刘彩霞² 张新军³ 代欣欣³ 周颖敏³

(¹国家海洋局第一海洋研究所 青岛 266061)

(²山东出入境检验检疫局检验检疫技术中心 青岛 266002)

(³山东省荣成市渔业技术推广站 威海 264309)

摘要 根据2009年夏季和冬季在桑沟湾9个大面站进行的大型底栖动物定量采集样品资料,利用Brey (1990)的经验公式对调查海区进行了大型底栖动物丰度、生物量、次级生产力和P/B值的研究计算.结果表明,该海域大型底栖动物年平均丰度为1 226.7 ind m⁻²,年平均生物量为3.62 g(AFDW) m⁻²,年平均生产力为4.76 g(AFDW) m⁻² a⁻¹, P/B值平均为1.45 a⁻¹.调查期间由湾口到湾底,次级生产力呈明显的梯度升高.相关分析表明,水深和水温是影响次级生产力的重要环境因子.通过比较,发现桑沟湾大型底栖动物次级生产力与南黄海相近,高于东海、长江口和深沪湾,低于渤海、胶州湾、大亚湾和海坛海峡;P/B值低于长江口、海坛海峡和深沪湾,高于其它海区,说明桑沟湾大型底栖动物群落中,个体小、生活史短、代谢快的种类所占比例低于海坛海峡和深沪湾,高于其它海区.图2 表3 参25

关键词 大型底栖动物; 丰度; 生物量; 次级生产力; P/B值; 桑沟湾

CLC Q958.894

Secondary Production of Macrobenthos in the Sanggou Bay, Shandong, China*

WANG Zongxing¹, SUN Pixi^{1**}, LIU Caixia², ZHANG Xinjun³, DAI Xinxin³ & ZHOU Yingmin³

(¹First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration of China, Qingdao 266061, Shandong, China)

(²Technical Center of Inspection and Quarantine, Shandong Administration for Entry-Exit Inspection and Quarantine, Qingdao 266002, Shandong, China)

(³Fisheries Technical Extension Station, Rongcheng Fishery and Ocean Bureau, Weihai 264309, Shandong, China)

Abstract Based on the data collected in 9 sites from Summer to Winter in 2009, the abundance, biomass, secondary production, and P/B ratio of the macrobenthos in the Sanggou Bay, Shandong, China, were analyzed using Brey's empirical formula (first drawn by Brey in 1990). The results showed that the mean abundance was 1 226.7 ind m⁻², the mean biomass in AFDW (ash free dry weight) was 3.62 g m⁻², the mean secondary production in AFDW was 4.76 g m⁻² a⁻¹, and the mean P/B ratio was 1.45 a⁻¹. Our results indicated that the secondary production in the Sanggou Bay increased gradually from the opening bay to bottom. Correlation analysis indicated that water depth and temperature were the important environmental factors affecting the secondary production. Compared to previous research, the secondary production in the Sanggou Bay was higher than that in the East China Sea, Yangtze River Estuary and Shenhu Bay, but lower than that in the Bohai Sea, Southern Yellow Sea, Haitan Strait, Daya Bay and Jiaozhou Bay. The P/B ratio in the Sanggou Bay was lower than that in the Yangtze River Estuary, Haitan Strait and Shenhu Bay, but higher than others. Results showed that the species with small body size, short life and quick metabolism were the major macrobenthos in the Sanggou Bay. Fig 2, Tab3, Ref 25

Keywords macrobenthos; abundance; biomass; secondary production; P/B ratio; Sanggou Bay

CLC Q958.894

大型底栖动物主要包括软体动物、环节动物、甲壳动物、棘皮动物、鱼类以及腔肠动物等,种类繁多,是海洋生态系统中次级生产力的主要贡献者之一,在整个海洋生态系统的物质和能量循环过程中都扮演着极其重要的角色,历来受到生态学研究者的重视^[1].探讨大型底栖动物群落的次级生产力,有利于了解海洋生态系统中的物质和能量动态,也是海洋生物资源的持续利用及海洋生态系统动力学过程深入研究必不可少的研究内容^[2],目前国内外众多海洋学者广泛开展了大型底栖动物次级生产力的研究^[1, 3-16].

桑沟湾地处山东半岛东端,面临黄海,为半封闭型海湾,是我国著名的海珍品和大型藻类养殖基地^[17-18],这一海域大型底栖动物群落生态学的研究仍然偏少,尚未见有关大型底栖动物次级生产力的研究报道.2009年我们对桑沟湾9个站位进行了2个季度的大型底栖动物调查并分析这些调查资料,尝试研究桑沟湾海域底栖动物次级生产力的时空变化,并同其它海区的次级生产力研究进行了比较分析,以期桑沟湾大型底栖动物资源的合理利用、生态环境保护提供依据和积累资料.

收稿日期: 2010-09-06 接受日期: 2010-10-25

*国家海洋公益性行业科研专项经费(No. 200805031)资助 Supported by the Special Fund of China for Scientific Research (Marine Science) in Public Service Sector (No. 200805031)

**通讯作者 Corresponding author (E-mail: pxsun@fio.org.cn)

1 材料与方法

1.1 研究海域与站位布设

2009年7月和12月对桑沟湾海域的9个站位进行了2个航次的底栖动物调查,调查站位分布见图1,湾内共设8个取样

站,其中C5站位于贝类养殖区,C6和C8站位于藻类养殖区,C2、C3、C4、C7和C9站位于贝藻混养区^[19],湾外设C1站作为对照。

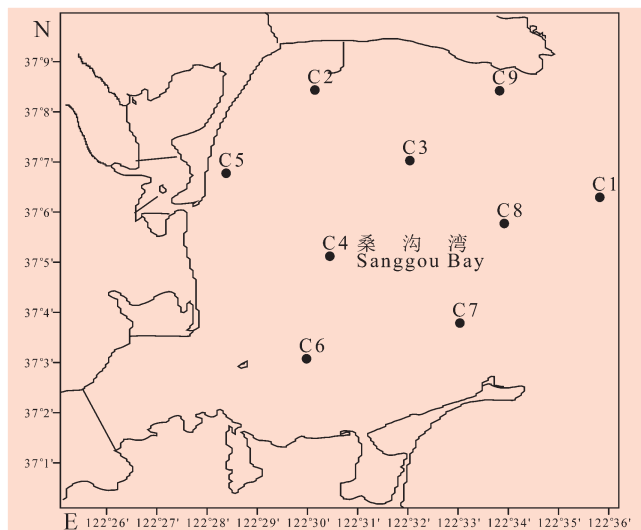


图1 桑沟湾取样站位示意图
Fig. 1 Map of sampling stations in the Sanggou Bay

1.2 取样方法

用0.05 m²抓斗式采泥器在调查站位定量采集沉积物样品,每个站3个重复样,用1 mm和0.5 mm孔径的套筛进行筛选,样品的采集、处理、保存、计数、称重等均按《海洋调查规范》^[20]和相关国际规范^[21-22]进行。

1.3 大型底栖动物次级生产力的计算

采用Brey (1990) ^[23]的经验公式:

$$\lg P = -0.4 + 1.007 \lg B - 0.27 \lg M$$

为便于计算,将上述公式转换为^[18]:

$$\lg P = 0.27 \lg A + 0.737 \lg B - 0.4$$

式中: P 为每站大型底栖动物次级生产力 $[\text{g}(\text{AFDM}) \text{ m}^{-2} \text{ a}^{-1}]$, A 为年平均栖息丰度 (ind m^{-2}) , B 为年平均生物量 $[\text{g}(\text{AFDM}) \text{ m}^{-2}]$, M 为年平均个体质量 $[\text{g}(\text{AFDM})]$ 。

2009年7月和12月分别代表夏季和冬季,我们将2个季度的丰度和生物量平均作为年平均丰度和年平均生物量,然后应用上述公式逐种计算年平均生产力,最后将所有种类(本研究共采获大型底栖动物83种)的平均生产力相加,得到整个群落年平均生产力。生物量鲜质量转换为干质量的比例采用5:1,干质量转换为去灰干质量(AFDM)的比例采用10:9^[21]。

2 结果与分析

2.1 栖息丰度和生物量

桑沟湾9个站位大型底栖动物的年平均丰度、生物量、

生产力、P/B值见表1。整个研究海域大型底栖动物年平均丰度为1 226.7 ind m⁻²,年平均生物量为3.62 g(AFDM) m⁻²。

2.2 次级生产力和P/B值

桑沟湾大型底栖动物年平均生产力为4.76 g(AFDM) m⁻² a⁻¹, P/B值平均为1.45 a⁻¹。由表1和图2可以看出,在调查期间湾内的大型底栖动物次级生产力明显高于湾外附近海域,而在湾内,由湾口到湾底,次级生产力呈明显的梯度升高。次级生产力最高的站位出现在湾底的C6站,最低值出现在中北部的C3站。

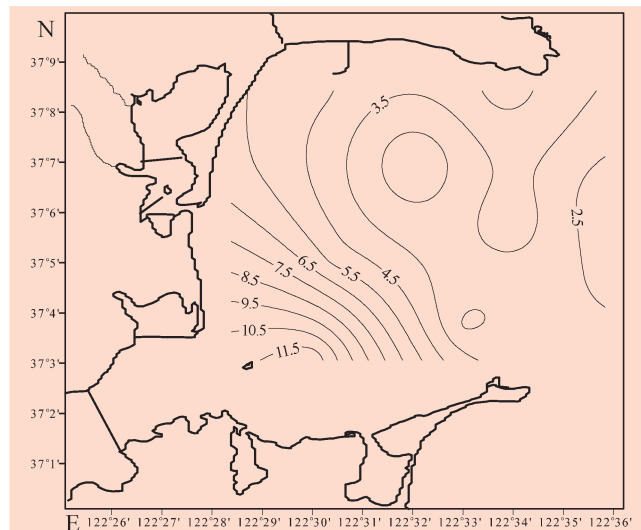


图2 桑沟湾大型底栖动物次级生产力分布
Fig. 2 Distribution of secondary production of macrobenthos in the Sanggou Bay

2.3 次级生产力与环境因子的关系

大型底栖动物的次级生产力受各种环境因子的影响,如水深、水温、盐度、沉积物中值粒径等。桑沟湾大型底栖动物的次级生产力与生物量、丰度、水深、水温、盐度、沉积物中值粒径等环境因子相关分析的结果见表2。从表2可以看出,生物量、丰度、水深、水温、中值粒径对次级生产力均有一定影响,但影响程度不同,其中次级生产力与丰度、生物量呈极显著正相关($P < 0.01$),与水温呈正相关,与水深呈较强负相关。

3 讨论

3.1 桑沟湾次级生产力分布格局分析

桑沟湾由湾口到湾底大型底栖动物次级生产力空间分布为湾底>湾中>湾口(表1,图2),呈明显的梯度升高,这一次级生产力的分布模式与底栖环境密切相关。桑沟湾是一个半封闭海湾,湾内外水交换过程中水流速度在湾口较大,向

表1 桑沟湾大型底栖动物年平均栖息丰度、年平均生物量、次级生产力和P/B值

Table1 The abundance, biomass, secondary production and P/B ratio of macrobenthos at different stations in the Sanggou Bay

站位 Station	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	平均 Mean
丰度 Abundance (n/ind m ⁻²)	1300	1665	500	1370	1195	2805	100	485	720	1126.7
生物量 Biomass [ρ/g(AFDM) m ⁻²]	0.70	2.44	0.92	4.10	4.66	7.20	3.64	3.44	5.47	3.62
次级生产力 Secondary production [ρ/g(AFDM) m ⁻² a ⁻¹]	1.71	4.78	1.50	5.05	5.92	12.32	2.33	4.23	4.98	4.76
P/B值 P/B ratio	2.44	1.96	1.62	1.23	1.27	1.71	0.64	1.23	0.91	1.45

表2 次级生产力与环境因子的相关性
Table 2 Correlations between secondary production of macrobenthos and environmental factors

参数 Parameter	次级生产力 Secondary production	丰度 Abundance	生物量 Biomass	水深 Water depth	水温 Temperature	盐度 Salinit	中值粒径 Mdφ	硫化物 Sulfide
次级生产力 Secondary production	1							
丰度 Abundance	0.813**	1						
生物量 Biomass	0.858**	0.452	1					
水深 Water depth	-0.533	-0.560	-0.326	1				
水温 Temperature	0.414	0.444	0.352	-0.536	1			
盐度 Salinit	-0.012	-0.101	-0.055	0.199	-0.504	1		
中值粒径 Mdφ	-0.200	-0.166	-0.0703	-0.478	0.468	-0.356	1	
硫化物 Sulfide	-0.059	-0.293	-0.034	0.361	-0.153	0.137	-0.610	1

* $P<0.05$, ** $P<0.01$

表3 桑沟湾与其它海域大型底栖动物平均生产力及P/B值比较
Table 3 Comparison of secondary production of macrobenthos and P/B ratio in the Sanggou Bay with other seas

海域 Sea area	平均水深 Mean depth (δ/m)	次级生产力 Secondary production [$\rho/\text{g}(\text{AFDM}) \text{m}^{-2} \text{a}^{-1}$]	(P/B)/ a^{-1}
渤海 Bohai Sea [6]	19	6.49	0.82
桑沟湾 Sanggou Bay	7	4.76	1.45
南黄海 Southern Yellow Sea [9]	50.6	4.98	1.1
胶州湾 Jiaozhou Bay [11]	7	13.41	1.05
长江口 Yangtze River Estuary [16]	-	2.48	1.48
东海 East Sea [12]	74.7	1.62	1.41
海坛海峡 Haitan Strait [14]	10.8	10.58	1.8
深沪湾 Shenhui Bay [13]	-	0.6	1.56
大亚湾 Daya Bay [15]	12	10.22	0.85

湾底逐渐减小,湾底水流速度慢、水深小,底质为粘土质粉沙,适于大型底栖动物栖息.浮游生物及其形成的营养颗粒、有机大分子沉降到海底的速度和数量均远远大于湾口,使湾底及其附近海域底质营养物质远较湾口丰富,造成湾底大型底栖动物次级生产力高于湾口.此外,养殖活动对桑沟湾湾底底栖环境的“耕种”效果,也使大型底栖动物数量上升,造成生产力增加.

3.2 次级生产力与环境因子的关系

影响底栖动物群落生产力的因子很多,各因子对底栖动物中不同类群的作用不同,不同海域影响底栖动物群落生产力的因子的主要环境因子也不同.相关分析表明,水温和水深是影响桑沟湾大型底栖动物次级生产力的重要环境因子,大型底栖动物的次级生产力有随水深增加而下降的趋势,这与Brey等有关大型底栖动物次级生产力随水深增加而下降的推论[23]相符.

3.3 次级生产力与其他海域的比较

将2000年以来有关我国大型底栖动物次级生产力的部分历史资料与本研究进行比较(表3),发现桑沟湾大型底栖动物次级生产力与南黄海[9]相近,高于东海[12]、深沪湾[13]和长江口[16],低于渤海[6]、胶州湾[11]、海坛海峡[14]和大亚湾[15].这与桑沟湾大型底栖动物群落结构组成有关,桑沟湾的大型底栖动物丰度组成中生活史较短、个体较小的多毛类占到80%以上,造成桑沟湾大型底栖动物次级生产力较低而P/B值较高;此外,本文所依据的资料来源于夏冬2个季节,对于次级生产力估算要求有全年的观测资料而言,本文结果可能存在误差,低于实际次级生产力水平.

P/B值是生产力与生物量之比,被认为是种群最大可生产量的指示值,它指示了生物量轮回的次数,其值高低与生

物的生命周期有关[21].个体小、生活史短、繁殖较快、对环境变化适应性强的物种P/B值较高;反之,该值较低.P/B值也反应了一个生态群落内物种新陈代谢的高低和世代更替的快慢.桑沟湾大型底栖动物的P/B值为1.45 a^{-1} ,其物种的平均世代更替速度大约每年1.5代,低于深沪湾[13]、海坛海峡[14]和长江口[16],高于其它海区[6, 9, 11~12, 15],说明桑沟湾大型底栖动物群落中,个体小、生活史短、代谢快的种类所占比例低于深沪湾、海坛海峡和长江口,高于其它海区.

References

1 Zhou J (周进), Li XZ (李新正), Li BQ (李宝泉). Secondary productivity of macrobenthos from the *Calanus sinicus* over-summer area in the Yellow Sea. *Acta Zool Sin* (动物学报), 2008, **54** (3): 436~441

2 Tang QS (唐启升), Su JL (苏纪兰). Study on Ecosystem Dynamics in Coastal Ocean, China (I). Beijing, China: Science Press (北京: 科学出版社), 2000

3 Wu BL (吴宝铃), Qiu JW (丘建文). Production of *Perinereis nuntia* (Savigny) at a Qingdao Beach. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 1992, **12** (1): 61~67

4 Qiu JW (丘建文), Wu BL (吴宝铃). Population dynamics and production of *Neanthes japonica* (Izuka) in a shrimp pond. *Chin J Oceanol & Limnol* (中国海洋湖沼学报), 1993, **11** (4): 360~367

5 Zhou YB (周一兵), Xie ZH (谢祥浑). Secondary production of *Neanthes japonica* in shrimp ponds. *J Fish China* (水产学报), 1995, **19** (2): 140~150

6 Yu ZS (于子山), Zhang ZN (张志南), Han J (韩洁). Primary study on secondary production of macrobenthos in Bohai Sea. *Period Ocean Univ China* (中国海洋大学学报), 2001, **31** (6): 867~871

7 Yu ZS (于子山), Zhang ZN (张志南), Wang SH (王诗红). The study on

- the abundance and biomass of macrobenthos of the muddy bottom in the northern part of Jiaozhou Bay. *Period Ocean Univ China* (中国海洋大学学报), 2000, **30** (2): 439~444
- 8 Zhang ZN (张志南), Liu XS (刘晓收), Guy B, Deng K (邓可), Huang Y (黄勇), Yuan W (袁伟). Establishment of a benthic chamber system for production measurement (BCSPM) *in situ* and the preliminary results. *Period Ocean Univ China* (中国海洋大学学报), 2005, **35** (2): 277~282
- 9 Li XZ (李新正), Yu ZS (于子山), Wang JB (王金宝), Wang HF (王洪法). Secondary production of macrobenthos in southern Yellow Sea. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 2005, **11** (6): 702~705
- 10 Li XZ (李新正), Zhang BL (张宝琳), Wang HF (王洪法). Secondary production of macrobenthos from the anchovy spawning ground in the Southern Yellow Sea. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 2005, **11** (3): 324~327
- 11 Li XZ (李新正), Wang HF (王洪法), Zhang BL (张宝琳). The secondary production of macrobenthos in Jiaozhou Bay, Shandong. *Oceanol et Limnol Sin* (海洋与湖沼), 2005, **36** (6): 527~533
- 12 Li XZ (李新正), Wang JB (王金宝), Wang HF (王洪法), Zhang BL (张宝琳). Secondary production of macrobenthos from the East China Sea. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 2005, **11** (4): 459~462
- 13 Lin HS (林和山), Cai LZ (蔡立哲), Liang JY (梁俊彦), Zhou XP (周细平), Fu SJ (傅素晶). Macrobenthic community and its secondary production in Shenhui Bay. *J Oceanogr Taiwan Strait* (台湾海峡), 2009, **28** (4): 520~525
- 14 Lü XM (吕小梅), Fang SH (方少华), Wu PR (吴萍茹). Study on existing state and secondary production of macrobenthos in subtidal zone in the Haitan Strait. *J Xiamen Univ Nat Sci* (厦门大学学报自然科学版), 2008, **47** (4): 591~595
- 15 Du FY (杜飞雁), Wang XH (王雪辉), Li CH (李纯厚), Jia XP (贾晓平). Variation characteristics of macrobenthos productivity in Daya Bay of South China Sea. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 2008, **19** (4): 873~880
- 16 Liu LS (刘录三), Zheng BH (郑丙辉). Secondary production of macrobenthos in the Yangtze River Estuary and its adjacent waters. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 2010, **16** (5): 667~671
- 17 Compilation Committee of Bays in China (中国海湾志编纂委员会). Bays in China Vol. 3. Beijing, China: Ocean Press (北京: 海洋出版社), 1991
- 18 First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration (国家海洋局第一海洋研究所). Comprehensive Investigation and Study of the Environment for Propagation and Aquaculture in the Sanggou Bay. Qingdao, China: Qingdao Press (青岛: 青岛出版社), 1988
- 19 Nunes JP, Ferreira JG, Gazeau F, Lencart-Silva J, Zhang XL, Zhu MY, Fang JG. A model for sustainable management of shellfish polyculture in coastal bays. *Aquaculture*, 2003, **219**: 257~277
- 20 State Bureau of Quality and Technical Supervision (国家质量技术监督局). GB/T 12763.6-2007 Specifications of Oceanographic Survey (Part 6): Marine Biological Survey. Beijing, China: China Standard Press (北京: 中国标准出版社), 2007
- 21 Holme NA, McIntyre AD. Methods for the Study of Marine Benthos. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications, 1984
- 22 Kramer KJM, Brockmann UH, Warwick RM. Tidal estuarine manual of sampling and analytical procedures. [s.l.]: A Blankema/Rotterdam/BrookField, 1994
- 23 Brey T. Estimating production of macrobenthic invertebrates from biomass and mean individual weight. *Mccsforsch*, 1990, **32**: 329~343
- 24 Waters TF. Secondary production in inland waters. *Adv Ecol Res*, 1977, **10**: 91~164
- 25 Brey T, Gerdes D. High Antarctic macrobenthic community production. *J Exp Mar Biol & Ecol*, 1998, **231**: 191~200