

北部湾东侧沉积物硫酸盐还原菌含量及其意义

陈皓文 徐家声

摘要 用MPN(the Most Probable Number)法测定了北部湾东侧沉积物硫酸盐还原菌(SRB)含量,表层沉积物SRB的检出率约76.3%。浅层(表层下0.5 m ~ 3.7 m)中是31.3%。表层和浅层中各自的SRB平均含量分别是1 760.0个每克(湿重,下同)和344.4个每克。分析了测区不同区域的SRB含量分布。讨论了SRB含量与硫化物(W^{2-}_s)、Eh、T()、pH值间的关系和对腐蚀环境评价的意义。

关键词 硫酸盐还原菌 北部湾 沉积物 腐蚀 环境

中图法分类号 P 736.21

Content of Sulphate-Reducing Bacteria in the Sediment on the East Side of Beibu Gulf and Its Significance

Chen Haowen Xu Jiasheng

(First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao, 266003)

Abstract The content of sulphate reducing bacteria(SRB) in the sediment on the east side of Beibu Gulf was determined by using the most probable number (MPN) method. The percentage detection of SRB in the surface sediment was about 76.3%, that in the shallow layer of the sediment(0.5 m ~ 3.7 m under the surface sediment) was 31.3%. Average content of the SRB were 1 760.0 cells·g⁻¹(wetbasis), (the same below) and 344.4 cells·g⁻¹ in the surface sediment and the shallow one respectively. The content distribution of the SRB was analysed in the different area determined. The relationships among SRB content and sulphide(W^{2-}_s)、Eh、T()、pH value were discussed, and the significance of SRB to evaluate the environmental corrosion was also explained.

Key words sulphate reducing bacteria, Beibu Gulf, sediment, corrosion, environment

大多数硫酸盐还原菌(SRB)生存于厌氧环境,其生化活动的一个重要产物—硫化物腐蚀工程、水产养殖设施的金属等构件,使石油变质,气体堆积^[1]。SRB成了环境腐蚀的主因^[2]。环境监测、海洋工程等均要将防SRB引起的腐蚀问题列为重要项目之一,因此,就特定海洋环境中SRB含量变化的研究既是寻找其自身生态规律的必需,也是海洋经济建设所必要。

北部湾位于热带,其东侧区沉积物SRB处于较高的温度、较丰富的营养及渐增的

海洋开发活动影响之下。本文就该海区沉积物SRB含量及对环境腐蚀的意义作一分析研究。

1 环境概况

研究区域位于广西北海市和海南临高县连线间约158 km²的范围中(E109° 00' ~ 109° 40', N20° 10' ~ 21° 15')。共设21个测站,其15个测站位于N21° 30', E109° 06' 和N19° 50', E109° 36' 两点的中轴线上(它们分别为No.2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、17、18、19站)。该线两侧各平行扩展0.4km成东西两线,每线设定3个测站。东线有No.7、20、21等3站。西线有No.1、15、16等3站,或将No.1~7的7个站划为北区, No.15~21的7个站划为南区,其余7个站划为中区,详见图1。

测区表层沉积物类型以粘质粉土为多见,约占47.1%,其次为粉砂、粘土、粗砂质各占17.6%,浅层沉积物类型以淤泥质较多,约占47.1%,次为粉砂、淤泥质粉质粘土,各占23.5%,次砂质沉积物占5.9%。详见表1。

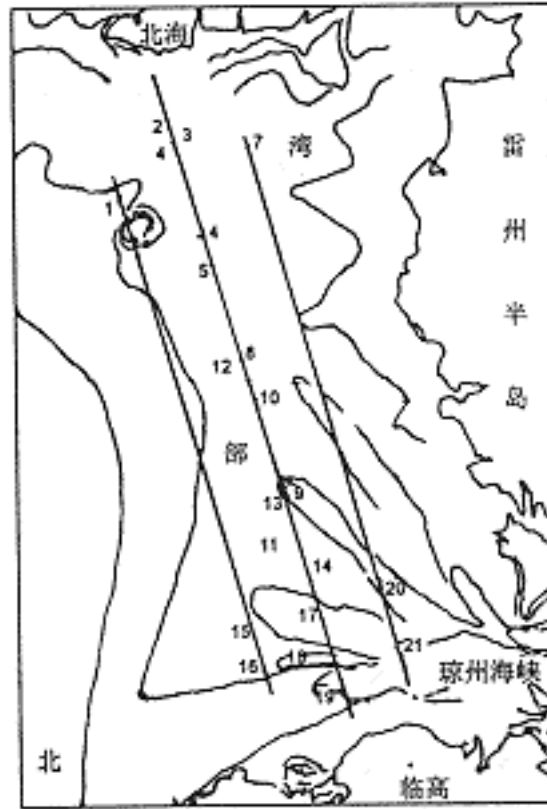


图1 硫酸盐还原菌采样站点示意图

测时所得表层样品的温度(T), 酸碱度(pH值), 氧化还原电位(Eh), 硫化物活度($W_2^- \cdot 10^{-6}$)分别为20.3(变幅: 19.2 ~ 22.0)、7.56(变幅: 7.37 ~ 7.89)、90.63(变幅: 56.00 ~ 173.00)、24.79(变幅: 9.76 ~ 44.96)。相应地, 浅层这4个参数分别为23.0(变幅: 22.5 ~ 24.5)、7.70(变幅: 7.37 ~ 8.40)、99.3(变幅: 55.00 ~ 272.00)、177.13(变幅: 101.68 ~ 238.40), 这表明表层的4个参数各自的均值均比浅层的低, 各自的变幅除温度外, 也均比浅层的小, 说明表层的这3个因子变化较小, 而浅层温度较高且稳定。

2 材料和方法

2.1 取样

表层沉积物用青岛产HNM型蚌式采泥器取样，浅层沉积物(表层下0.5 m ~ 4.0 m间)用青岛产重力活塞柱状取样器(带塑料衬管)取得。

2.2 测定

2.2.1 SRB 在船上实验室按需挑取采样瓶中少量沉积物依文献 [3] 要求用MPN法稀释、培养后,计算样品中的细胞数。为了对照,取表层水样作同样处理。各个步骤均须无菌操作。

2.2.2 理化参数 样品温度：当样品来到船甲板上时即刻测定其温度(T)。pH值：用CP5943-05型pH/mV计测。Eh：用铂—甘汞电极对测。HS⁻：所需样品先封存于聚乙烯塑料袋中(-20)，再用碘量法测。

3 结果和讨论

3.1 表层沉积物SRB含量

经计算所得表层和浅层的SRB含量均列入表2之中，由该表可得出，表层沉积物的SRB检出率为76.3%，SRB含量变幅是0 ~ 11 000.0个每克，平均值为1 760.0个每克，有6个站的SRB含量大于这一平均值。最高值出现于北区近岸的No.1站，未检出站计5个(主要分布于(中)南区)。这一结果与东海测区比，可以发现SRB检出率较低，但SRB含量较高(浙江陆架沉积物SRB的含量分析，待发表)。

表1 北部湾东侧沉积物SRB的环境参数

站号	层次(m)	土质类型	pH值	Eh(mv)	W _s ²⁻ (10 ⁻⁶)	T()	经纬度
1	0	粗砂	/	/	/	/	E109 ° 04 18.43 , N21 ° 07 13.48
2	0	粘土	7.37	66	27.52	20.0	E109 ° 10 24.37 ,N21 ° 13 32.02
	0.7	粉砂	/	/	/	/	
3	0	粉质粘土	7.61	75	28.12	19.2	E109 ° 10 49.06 ,N21 ° 13 41.18
	0.8	淤泥质粉质粘土	7.55	109	184.60	23.0	
4	0	粉质粘土	7.44	84	44.09	20.0	E109 ° 14 09.89 ,N21 ° 01 13.49
	1.5	粘土	7.61	78	197.08	22.5	
	3.7	粘土	/	/	/	/	
5	0	粉质粘土	7.50	99	44.96	20.2	E109 ° 15 48.0 , N20 ° 57 05.80
6	1.5	淤泥	7.75	109	184.60	23.0	E109 ° 14 58.00 , N21 ° 01 22.29
7	0	粗砂	7.70	65	20.53	19.3	E109 ° 20 04.18 , N21 ° 11 11.35
8	0	粉质粘土	7.46	109	15.06	20.2	E109 ° 19 13.08 , N20 ° 45 09.82

	1.5	淤泥	7.58	160	141.59	23.0	
9	0	粉质粘土	7.56	173	28.50	20.0	E109 ° 24 27.76 , N20 ° 28 13.82
	1.2	淤泥	/	/	/	/	
10	0	粉质粘土	7.45	100	15.99	21.0	E109 ° 20 58.50 , N20 ° 40 38.20
	1.5	淤泥	7.39	101	185.28	23.2	
11	0	粉砂	7.58	105	23.07	21.4	E109 ° 26 06.02 , N20 ° 24 10.13
	1.5	淤泥质粉质粘土	7.81	107	169.63	23.5	
12	0	粘土	7.52	86	18.00	20.4	E109 ° 19 54.03 , N20 ° 44 57.00
	1.5	淤泥	7.61	104	210.99	24.5	
13	0	粘土	7.54	84	27.78	19.8	E109 ° 24 46.51 , N20 ° 28 41.69
	1.5	淤泥	7.37	87	108.69	22.5	
14	0	粉质粘土	7.50	100	23.71	19.5	E109 ° 28 54.01 , N20 ° 16 00.55
	1.06	淤泥质粉质粘土	8.40	272	101.68	/	
15	0	/	/	/	/	/	E109 ° 20 08.09 , N20 ° 12 09.52
16	0	/	/	/	/	/	E109 ° 21 37.13 , N20 ° 07 19.81
17	0	粉质粘土	7.48	56	53.41	20.7	E109 ° 28 22.07 , N20 ° 15 50.69
	1.5	淤泥	7.45	-55	238.40	23.0	
18	0	粉砂	7.89	83	9.76	20.5	E109 ° 30 53.55 , N20 ° 07 35.25
	1.04	淤泥质粉质粘土	7.66	112	177.01	22.6	
19	0	/	/	/	/	/	E109 ° 32 42.06 , N20 ° 03 25.66
	1.5	淤泥	7.82	39	272.07	/	
20	0	粉砂	7.63	63	16.19	22.0	E109 ° 29 42.07 , N20 ° 11 44.44
	0.8	粉砂	8.06	68	131.09	22.5	
21	0	粗砂	7.73	102	11.45	20.0	E109 ° 40 11.72 , N20 ° 09 33.45

*pH值、Eh、 W^{2-} 、T分别为氢离子浓度、氧化-还原电位、硫离子活度、温度，下同。

以3条测线分，可知东线SRB的平均含量是2 533.3个每克、中线为1 224.5个每克、西线为3 690.0个每克，即显出西>东>中线之势。以南北分，则北、中、南3区的SRB平均含量分别为2 834.4个每克、1 873.1个每克和583.6个每克，即北>中>南。因此，测区的西北侧SRB含量较高，这可能与近岸、近岛及较多的海洋开发活动有关。

研究表明，在严格的实验条件下，SRB的活动使硫酸盐被还原，硫化物含量增加，氧化还原电位(Eh)降低。同时SRB也与其他微生物类似，即环境中的温度适当增高，将促进它们的生长繁殖。SRB活动的结果之一可能使 H^+ 浓度增高，从而降低pH值。但SRB含量在一定条件下又可能显出与pH值呈相逆之势^[4, 5]。

表3列出的是测区东、中、西3线和北、中、南3区SRB含量与 W^{2-}_s 、pH值、Eh、T等之间的比较结果。

由表3可知,在东、中、西3线上,SRB含量差异与Eh差异、与 W^{2-}_s 差异相逆，而与T差异、pH值差异同向地增减，其中只是SRB含量与Eh、T、pH值间的关系似合乎正常。在北、中、南3区，SRB含量与Eh均显出中>北>南；相反T和pH值均为南>中。 W^{2-}_s 则是北>中>南，其中只有SRB含量与 W^{2-}_s 的变量方向间近似理想状态。

3.2 浅层沉积物SRB含量

表2中也列出了浅层沉积物SRB含量状况,综观0.5 m ~ 3.7 m这段浅层沉积物，其SRB检出率约31.3%，平均SRB含量为21.5个每克。与表层比，无论是检出率和平均含量，浅层SRB均显示为较低。无论是表层，还是浅层，本测区SRB有关参数也比东海测区的低(浙江陆架沉积物SRB的含量分析，待发表)。

表2 北部湾东侧沉积物SRB含量

站号	层次	SRB (个每克)	站号	层次	SRB (个每克)
1	S	11 000.0		1.5m	0
2	S	4 600.0	12	S	0.4
	0.7m	9.0		1.5m	0
3	S	11.0	13	S	11.0
	0.5m	0		1.5m	0
4	S	360.0	14	S	0.4
	1.5m	0		1.0m	0.4
	3.7m	280.0	15	S	0
5	S	160.0	16	S	70.0
6	S	110.0	17	S	0
	1.5m	0		1.5m	15.0

7	S	3 600.0	18	S	15.0
8	S	1 500.0		1.5m	0
	1.5m	0	19	S	0
9	S	7 000.0		1.5m	0
	1.2m	40.0	20	S	0
10	S	4 600.0		0.5m	0
	1.5m	0	21	S	4 000.0
11	S	0			

S表层沉积物。

该测区浅层SRB含量似显出随样品所在深度的下降而呈跳跃式地变化(增高)之势,这表明本区与东海测区的SRB生存环境有所差别[6]。

水样中未测出SRB,联系到以往的研究,可以推测本区水中一般不易测出SRB,除非有SRB合适的生存条件(广西涠洲岛海区海水微生物调查结果,1996-10)。

3.3 SRB与一些环境参数间的相关分析

据表1有关数据,对SRB含量与 W^{2-}_s 等4个参数分别作相关分析(表4)。由表4可见,表层SRB与pH值、 W^{2-}_s 间各有不显著的负相关。与Eh、T间各有一定的正相关性。由于浅层SRB的检出率较低,因而未单独进行此层SRB与有关参数间的相差分析。将浅层与表层样品统算,SRB与这4个参数间各自的相关系数与表层的相比时,就发生了变化。

将前述按测线和测区分析SRB含量及其与环境参数间关系分析的结果比较,大体可以看出SRB含量的增加可能促使环境中硫化物(包括硫化氢)的增多之端倪[4]。

3.4 SRB含量状况对环境腐蚀的意义

已知SRB确是环境的重要腐蚀因子[2],其含量的高低意味着腐蚀性的强弱。据此,可以分析本测区的腐蚀环境。如果以SRB含量达1 000个每克~10 000个每克的环境属强腐蚀区,<1 000为腐蚀中区,<100为腐蚀弱区,<1的为基本无腐蚀区的话,那么可以看到测区33.33%的表层样品代表所在环境为强腐蚀区,另有33.33%样品为中度腐蚀区,而仅有9.52%为腐蚀弱区。总体看,尚有23.82%为无腐蚀区。表层样品的66.67%有中度以上的腐蚀可能发生。浅层样品的腐蚀状况轻于表层,有6.31%显中等腐蚀,但从 W^{2-}_s 含量看,浅层比表层的高,仍表明那儿有一定的腐蚀作用。25.00%为弱腐蚀区,尚有68.75%为无腐蚀区。

将此按东、中、西3线和北、中、南3区分(表4),腐蚀可能依次是中>北>南区和西>东>中线,即北区和中区处于中等腐蚀区,南部为弱区。3线虽均为中等腐蚀区,但其中以中线的腐蚀强度较弱些,即中线腐蚀较轻。线、区重叠起来看北(西)区的腐蚀可能较其他区的强。

结果还表明 W^{2-}_s 、Eh等参数与SRB含量间有一些不确定的(模糊)关系存在。这表明SRB的生存和发展尚有其他重要因子在影响甚而支配着。

表3 北部湾东侧表层沉积物SRB含量与
相关4个参数在不同地理方向间的比较

地理方向	SRB (个每克)	W^{2-}_s (10^{-6})	Eh (mv)	pH值	T ()
东(n=3)	2 533.3	16.06	76.67	7.69	20.43
中(n=14)	1 312.6	26.52	95.64	7.53	20.21
西(n=3)	3 630.0	/	/	/	/
南(n=4)	1 003.9	17.70	76.00	7.68	20.80
中(n=7)	187.31	21.73	7.52	20.33	/
北(n=6)	1 473.5	32.75	84.67	7.52	17.78

括号中的数字均为样品数。

表4 北部湾东侧沉积物SRB含量与相关参数间的相关分析结果

层次名称	$-W^{2-}_s$	-Eh	-pH值	-T
表	-0.01 ($< 0.5, n=14$)	0.242 ($< 0.5, n=14$)	-0.10 ($< 0.5, n=14$)	0.1752 ($< 0.5, n=14$)
表+浅	0.325 6 ($> 0.5, n=16$)	0.583 6 ($< 0.02, n=16$)	-0.779 3 ($> 0.001, n=16$)	-0.066 7 ($< 0.5, n=16$)

4 结语

用MPN法测量了北部湾东侧表层和浅层沉积物的SRB含量。发现全测区表层和浅层沉积物SRB的检出率、平均含量分别为76.3%、31.3%和1 760.0个每克, 344.4个每克(湿重)。SRB含量的分布状况是东>西>中和北>中>南。表层沉积物中的SRB含量大多高于浅层的。浅层SRB含量呈现出随深度而变化, 偶显增高之势。结合分析样品的SRB、硫化物含量、Eh、pH值和T()等环境参数间的相关关系, 发现SRB含量与 W^{2-}_s 间有相一致变化现象, 表明SRB应是环境硫化物的转换者, 是环境腐蚀的主因之一。由此试图分析测区的腐蚀范围, 即浅层大多为无腐蚀环境, 表层沉积物发生腐蚀的可能性大于浅层。SRB含量与一些环境参数间同时出现某种不确定关系, 意味着SRB的生存与发展受着其他重要因素的制约。

致谢

本文理化参数由国家海洋局第一海洋研究所有关人员测定, 特此致谢。

作者单位: 国家海洋局第一海洋研究所 青岛 266003

参考文献

- 1 Odonr J M. Industrial and environmental concerns with sulphate reducing bacteria. ASM News, 1990, 56: 473 ~ 476.
- 2 Vester F, Ingvorsen K. Improved MPN method to detect sulphate reducing bacteria with natural media and radiotracer. Appl Environ Microbiol, 1998, 64(5): 1700 ~ 1707.
- 3 陈世阳, 包文稚, 李八方等. 乳山湾的污染与异养微生物的调查分析. 山东海洋学院学报, 1987, 17(4): 86 ~ 94.
- 4 角田知己, 秋庭撒郎. 土壌の腐食性评价, すゐにあの视点. Bashaku Gijyusu, 1987, 36: 168 ~ 177.
- 5 Postgate J R. The sulphate reducing bacteria. Cambridge, Great Britain: Cambridge Univ Press. 1984.
- 6 王成厚. 东海海底沉积地球化学. 北京: 海洋出版社, 1995. 171 ~ 172.

(责任编辑: 黎贞崇)

1999-03-31收稿, 1999-05-17修回。