

渤海湾海河口区大肠菌群的数量分布及其 与水域有机污染程度的相关性*

钱振儒 张景镛

(中国科学院海洋研究所)

大肠菌群寄居于人和其他温血动物的肠道之中,是其粪便中的主要细菌,应用大肠菌群作为饮用水的卫生质量和是否受粪便污染的指示生物,已有较长历史。目前已逐渐建立起一整套比较成熟的确定样品中大肠菌群密度的方法,这些方法已公认为对不同用途水的卫生质量进行细菌学检验的标准方法(A. P. H. A., A. W. W. A. & W. P. C. F., 1971)。

大量调查研究结果表明,生活污水中存在着数量惊人的肠道类细菌。这些肠道类细菌随污水进入海洋后,由于环境条件的骤然改变,以及海洋微生物的拮抗作用和抗菌素的产生,它们会在短时间内大量死亡(Jones, 1971; Lessard & Sieburth, 1983; 钱振儒、张景镛, 1985a, 1985b)。然而,仍有一定数量的肠道类细菌能在海水里存活一段时间,特别是在有机物质含量丰富的污染海水中,其存活时间更长些(薛廷耀, 1962)。

所以,在海洋环境污染的监测和评价中,尤其对河口近岸水域以及养殖水体、海水浴场的污染监测和评价时,把海水的大肠菌群密度作为一项监测和评价项目,不仅是可能的,而且也是必要的。为此,世界多数国家已作了明确规定,一般海水每升水样中大肠菌群数不得超过10000个(此标准也适用于与人体直接接触的浴场海水),而养殖水体则每升不得超过700个。我国也作了同样的规定。但是在我国海洋环境污染监测和评价的实际工作中,运用生物监测手段的工作,包括大肠菌群的监测,不仅做得不多,而且尚未受到普遍重视。

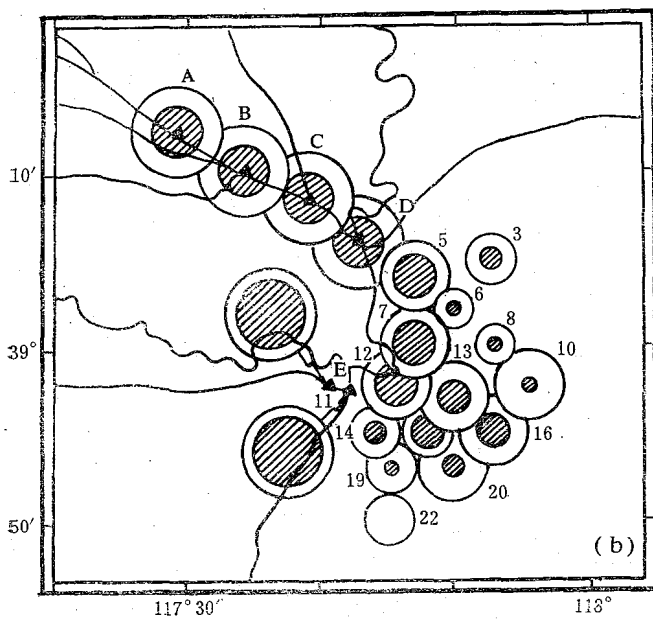
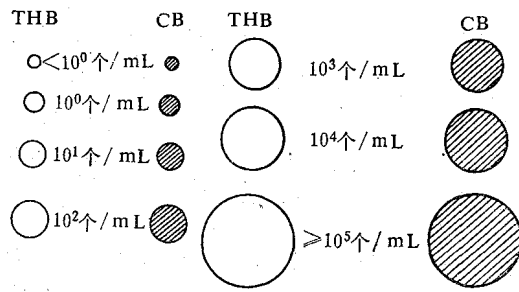
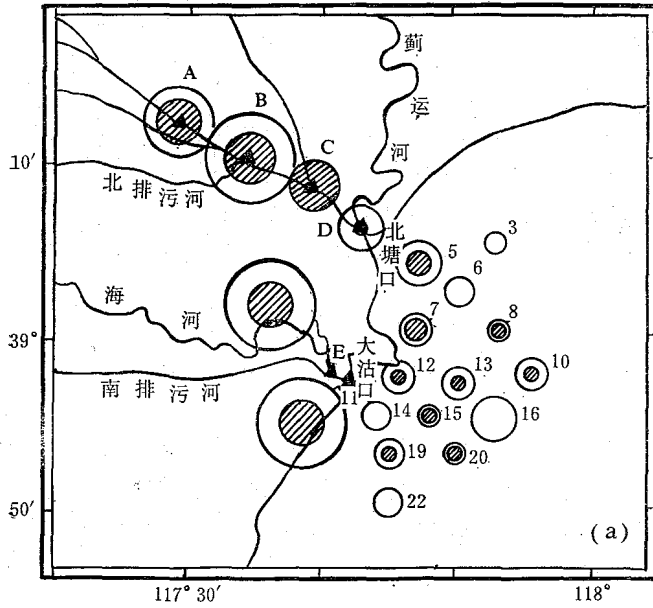
本文是1984年海河口区有机污染现状调查和评价中有关大肠菌群数量分布及其与水域有机污染程度相关分析的总结,试图通过海河口区这一典型实例,来论证大肠菌群作为河口海域有机污染的指示生物是完全可行的。

一、河口水中大肠菌群的数量分布

(一) 调查站位和方法

按枯水期、丰水期和平水期,于1984年5月、8月和10月各进行一次现场取样。调

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第1378号。
收稿日期:1986年10月15日。



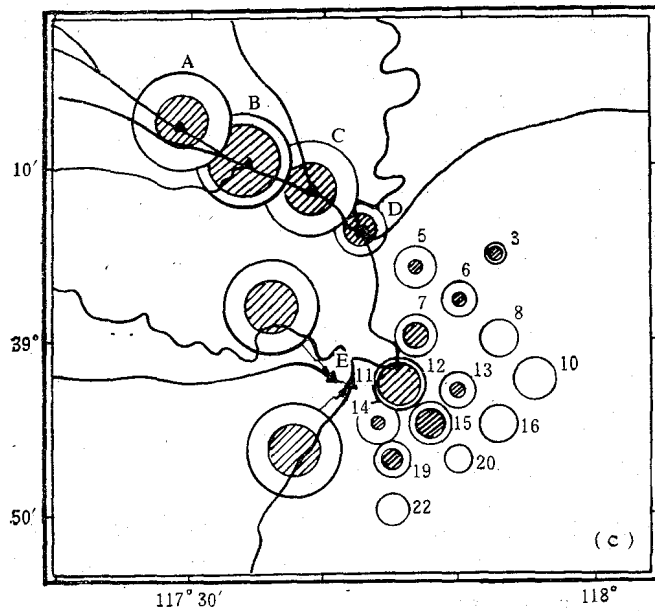


图1 海河口区表层水样中的异养细菌数量 (MPN) 分布
 (a) 枯水期 (1984.5); (b) 丰水期 (1984.8); (c) 平水期 (1984.10)
 图中数码与字母为调查站站号

查站位如图1所示, 根据站位自然条件, 可将调查区划分为两个不同类型的区块, 即河口

表1 培养基一览表

组分 含量	培养基	A. 营养肉汤	B. 乳糖肉汤	C. 亮绿乳糖胆盐肉汤	D. 远藤氏琼脂
牛肉膏 (g)		3.0	3.0		
蛋白胨 (g)		5.0	5.0	10.0	10.0
乳糖 (g)			5.0	10.0	10.0
磷酸二氢钾 (g)					3.5
亚硫酸钠 (g)					2.5
猪胆盐 (g)				10.0	
亮绿 (g)				0.0133	
碱性品红 (g)					0.5
琼脂 (g)					15.0
蒸馏水 (L)		1	1	1	1
pH		6.8—7.0	6.8—7.0	7.2	7.4

注: A. 作陆源淡水型异养细菌计数用; B. 作大肠菌群的推测性试验用; C. 作大肠菌群的确信试验用; D. 作大肠菌群的完成试验用。

段——入海河流受潮汐影响的河段,和河口外近岸海区——北塘口、大沽口及其口外海域。

按微生物学常规方法采取表层(水深1m处)水样(関文威,1976)。样品取得后随即在船上按总大肠菌群最可能数(MPN)试验的三管发酵标准方法(A. P. H. A., A. W. W. A. & W. P. C. E., 1971)进行操作处理;陆源淡水型异养细菌总数的测定也采用MPN三管法同时进行。如样品未能在船上处理完毕,则暂用冰瓶低温保存,送往岸上实验室进行分析,其间隔不超过6h。

用于进行样品细菌学检验的培养基,列于表1。

(二) 调查结果和讨论

1. 陆源淡水型异养细菌的数量分布特点

一般说来,在用蒸馏水(或自来水)配制的培养基中,只能生长陆源淡水型细菌(孙国玉、陈世阳,1982)。所以,我们调查中用蒸馏水配制的营养肉汤培养所得的异养细菌就是陆源淡水型异养细菌类群(THB)。

现场调查结果(图1)表明,河口段各测站表层水中THB数量毫无例外地均大于河口外近岸海区各测站,丰水期又比平水期和枯水期高。

THB随着河川径流入海,在河口区得到稀释以及随泥沙或悬浮物等凝聚、沉降,并有相当多的部分入海后即迅速消亡,因而河口外近岸海区海水中的THB密度总要比河口段河水中的小得多。另外,河川径流的季节变化明显地支配着河口区THB的数量变化,因而出现丰水期高于枯水期的情况。

2. 大肠菌群的数量分布特点

三次调查中的所有河口段测站的大肠菌群数(CB),除5月份有一个数据偏低外,其余全部都超过我国《地面水环境质量标准》和《海水水质标准》中的规定,达到 4.6×10^3 — 4.6×10^6 个/100mL(图1)。在河口外近岸海区,情况则大不相同:枯水期的5月份,各站CB在 2.3×10^2 个/100mL以下,均未超过标准;平水期的10月份也只有大沽口外的第12号站超标(达 2.4×10^4 个/100mL);只是到丰水期的8月份,才在大沽口(如12, 13, 15, 和16号站)和北塘口(如5和7号站)的一些站上CB值超过 10^3 个/100mL。

不同季节CB值的差异相当大。通常,丰水期(河口段平均为 1.6×10^6 个/100mL,河口近岸海区平均为 3.6×10^3 个/100mL)是平水期(平均值分别为 7.0×10^5 个/100mL和 1.8×10^3 个/100mL)的二倍,是枯水期(平均值分别为 5.6×10^4 个/100mL和51个/100mL)的数十倍。这种差异显然与排污河径流量的变化有关,例如天津北排污河污水排放量在1984年8月约2700多万吨,10月约1400万吨,而5月仅800万吨。

大肠菌群数量的这种时空分布特点表明它们与陆源排污直接相关。从图2可以清楚看到,在由天津南、北排污河口分别向外延伸的两个断面上,大肠菌群数的最大值往往就在排污口处,并随离排污口距离的增加而逐渐降低,污水入海后其数值显著减小。这表明河口水中的大肠菌群主要来源于排泄河。所以,在污水河排放量较少的枯水期,大肠菌群

的超标区仅限于接纳污水的河口区段及其邻近水域；到了污水河排放量剧增的丰水期，超标区则扩展到河口外近岸海区。

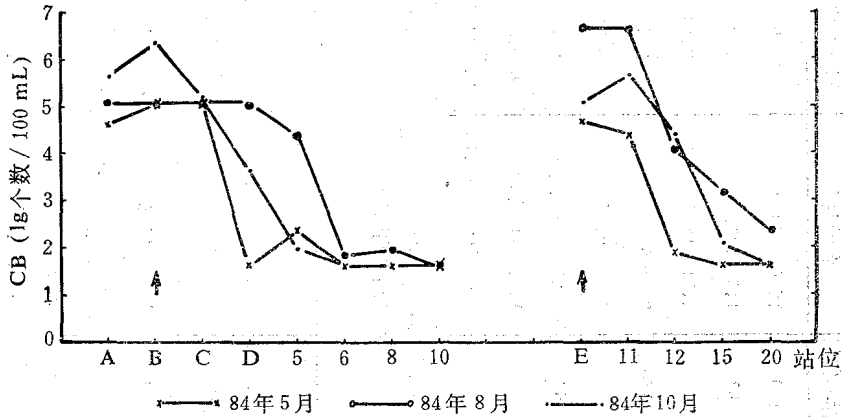


图2 在北塘口和大沽口两个断面上大肠菌群 (CB) 的数量分布曲线
箭头所指处分别是天津南、北排污河口

二、大肠菌群数量分布与水域有机污染程度的相关性分析

在调查河口表层水中大肠菌群数量分布的同时，对有机污染的一些主要检测指标进行了同步测定，统计数据分别列于表 2, 3 中。表中超标率一项是根据我国《地面水环境质量标准》和《海水水质标准》规定的下列标准计算所得：COD——3mg/L, BOD₅——5mg/L, 无机氮 (TIN)——0.1mg/L, 无机磷 (TIP)——0.015mg/L, 大肠菌群 (CB)——10000 个/L。

不言而喻，河口段由于直接接纳排污河污水，无论从各有机污染指标的检测值，还是从超标率看，其水质显然要比河口外近岸海区坏得多。

根据在北塘口和大沽口两个断面各站所测得的大肠菌群数和几种有机污染检测项目的实测数据，得到图 3 所表示曲线。从这曲线图可以发现，CB 的密度变化，同水中 TN, TP, COD, BOD₅ 和 AS 实测值的变化趋势十分一致。这表明它们之间存在着一定的相关关系。

河口表层水中大肠菌群和陆源淡水型异养细菌的数量分布同各环境参数的相关分析¹⁾结果列于表 4。

从表 4 可以清楚看到：

(1) 河口表层水中大肠菌群和陆源淡水型异养细菌的密度都与盐度成负相关。

(2) 这两类异养细菌的数量与水中总氮浓度间的正相关关系显著，但与无机氮浓度间的正相关关系比较差。

从表 2 和表 3 可以发现，河口表层水中，特别是在河口区段，总氮的含量远比无机氮

1) 相关系数的计算系由本所平仲良同志完成。

表 2 河口段水质有机污染状况

项 目	5 月			8 月			10 月		
	含量范围	平均值	超标率(%)	含量范围	平均值	超标率(%)	含量范围	平均值	超标率(%)
COD (mg/L)	10.1—47.7	20.4	100	7.6—21.6	15.3	100	16.0—238.0	69.9	100
BOD ₅ (mg/L)	—	—	—	4.9—163.2	37.8	88	1.5—132.3	31.9	63
TN (mg/L)	1.48—2.59	2.08	—	3.25—8.46	5.02	—	3.71—12.53	9.43	—
TIN (mg/L)	0.02—1.66	0.79	62	0.07—2.32	1.33	75	0—1.61	0.44	43
TP (mg/L)	0.11—1.30	0.60	—	0.07—0.46	0.19	—	0.09—0.75	0.31	—
TIP (mg/L)	0.05—0.38	0.20	100	0.004—0.15	0.08	63	0.01—0.38	0.16	71
AS (μg/L)	—	—	—	18.0—185.0	128.4	—	107.5—1800.0	680.6	—
CB (个/mL)	4.0×10 ³ —1.1×10 ⁵	4.8×10 ⁴	86	1.1×10 ⁵ —4.6×10 ⁶	1.6×10 ⁶	100	4.6×10 ³ —2.4×10 ⁶	6.7×10 ⁵	100

注: 本表和表 3 中 TN 为总氮; TIN 为总无机态氮, 即 NH₄-N, NO₂-N 和 NO₃-N 三态氮之和; TP 为总磷; TIP 为无机态磷; AS 为阴离子表面活性剂, 上述数据均分别引自本集古堂秀、徐贤义等, 戴敏英、周陈年等, 吴景阳等文。表中空格表示未计算; 表中划“—”表示无数据。(后表同)

表 3 河口外近岸海区水质有机污染状况

项 目	5 月			8 月			10 月		
	含量范围	平均值	超标率(%)	含量范围	平均值	超标率(%)	含量范围	平均值	超标率(%)
COD (mg/L)	1.04—2.88	1.69	0	1.12—5.68	2.57	30	1.30—14.08	2.49	6
BOD ₅ (mg/L)	0.31—1.34	0.78	0	0.11—1.65	0.75	0	0.08—2.88	0.49	0
TN (mg/L)	0.30—0.83	0.57	—	0.25—6.47	2.60	—	0.69—2.13	1.09	—
TIN (mg/L)	0.03—0.35	0.22	89	0.07—1.62	0.37	77	0.13—0.64	0.22	100
TP (mg/L)	0.01—0.06	0.04	—	0.02—0.20	0.05	—	0.03—0.05	0.03	—
TIP (mg/L)	0.001—0.033	0.020	74	0.01—0.12	0.03	82	0.01—0.05	0.025	94
AS (μg/L)	—	—	—	2.25—24.45	6.67	—	1.60—19.9	5.66	—
CB (个/100mL)	未检出—2.3×10 ²	5.1×10 ¹	0	未检出—2.4×10 ⁴	3.6×10 ³	41	未检出—2.4×10 ⁴	1.8×10 ³	7

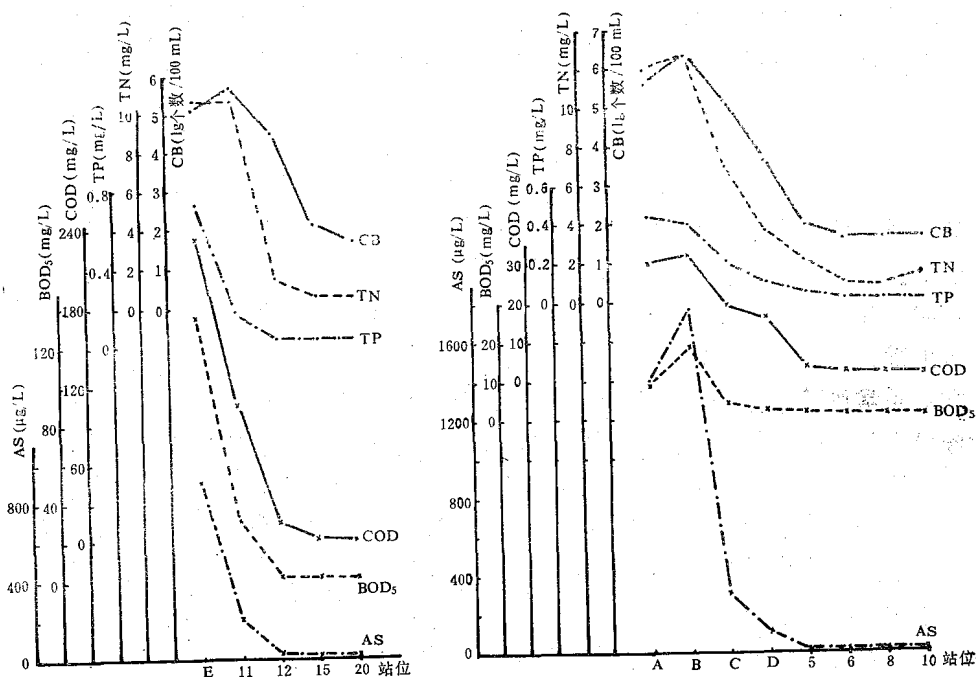


图3 大沽口(左)和北塘口(右)两个断面水中各有机污染检测项目实测值的变化
(根据1984年10月实测数据)

表4 不同异养细菌类群的数量分布与各环境参数间的相关系数

细菌类群	盐度	COD	BOD ₅	TN	TIN	TP	TIP	AS
大肠菌群	-0.6373	0.8997	0.9021	0.6961	0.1572	0.7689	0.7618	0.6955
陆源淡水型异养细菌	-0.6904	0.2780	0.3066	0.7707	0.3388	0.4186	0.4001	0.6874

注：除 AS 项目自由度为 19 外，其余各项自由度均为 56。

大得多。这表明在总氮里，无机氮所占比重较小，其他形式的氮，特别是有机氮所占的比重要大得多。这也就意味着，海河口区所接纳的含氮污染物中，氮的主要存在形式是有机态氮。污水中的大肠菌群和其他淡水型异养细菌与有机态氮一起进入河口水，在富含有机物质的环境中，数以亿万计的异养细菌不仅参与有机氮的氧化和分解过程，并借此迅速繁殖，因而保持相当高的数量；这样，有机氮不断地被转化为无机氮，其浓度就随之不断降低(无机氮的浓度则逐渐升高)，加上海水的稀释扩散，水中异养细菌的密度也就随之逐渐减小。所以，河口中各类群异养细菌的数量变化与水中有机氮浓度的改变直接相关。

河口水中的无机氮，除了直接进入者外，主要是由水环境中的微生物分解有机氮而形成的。无机氮又是水中浮游植物和其它藻类生长所必需的营养物质。这样，水中无机氮的含量就不仅与微生物的活动有关，而且还与浮游植物的生命活动有关，各类异养细菌的数量变化与无机氮的浓度变化之间的关系就相当复杂。由此也就不难理解河口表层水中各类群异养细菌数量与无机氮浓度的相关关系比较差的缘故了。

(3) 河口表层水中大肠菌群的数量同 COD, BOD₅, 总氮、总磷、无机磷和阴离子表面活性剂的实测值之间，都存在着非常显著的正相关关系(表4)。相比之下，陆源淡水型

异养菌群同上述各有机污染指标的正相关程度大多要比大肠菌群低。这一结果有力地证明,大肠菌群的数量分布可用来作为判断河口水有机污染程度的可靠指标。

三、结 论

通过对海河口区水域有机污染状况和水中大肠菌群数量分布的调查,可以得到以下主要结论:

1. 河口表层水中大肠菌群和水中主要有有机污染检测指标的实测值,无论其区域分布特点还是季节变化规律,都呈现明显的相似性。

在水质常年严重污染的河口段,各主要有有机污染检测项目,如 COD, BOD₅, 氮、磷等的含量水平和超标率都极高,而大肠菌群数也几乎全部超标。在河口外近岸海区,各检测项目实测值不仅显著降低,而且都具有丰水期明显高于平水期和枯水期的季节变化特征。通常,枯水期大部分海域水质尚好,仅在大沽口和北塘口个别测站出现轻度污染,大肠菌群大多未超标;而丰水期污染范围明显扩大,污染程度也有所加重,调查区内大肠菌群超标率达 40% 左右;到平水期,污染范围缩小,污染程度有所降低,大肠菌群密度也下降,只有大沽口外一个测站超标。这些时、空变化特点表明,河口表层水中的大肠菌群和各主要有有机污染物质不仅来源相同,而且还具有在向外海迁移过程中含量逐渐消减的相似规律。

2. 通过不同类群异养细菌数量分布与各环境参数间的相关分析,证实了河口表层水中的大肠菌群和陆源淡水型异养细菌都与盐度成负相关关系,而与有机污染程度之间存在着显著的正相关关系,并且大肠菌群所具有的相关性相比更为显著。据此我们认为,用河口水中大肠菌群的数量分布来作为判断河口水域有机污染程度的指标是完全可行的。

参 考 文 献

- 孙国玉、陈世阳, 1982。海洋微生物种类调查的若干问题。海洋湖沼通报 2: 67—74。
- 钱振儒、张景镛, 1985a。城市生活污水细菌在海水中死亡机制的研究 I。环境科学学报 5(1): 64—69。
- 钱振儒、张景镛, 1985b。城市生活污水细菌在海水中死亡机制的研究 II。海洋环境科学 4(2): 28—33。
- 薛廷耀, 1962。海洋细菌学。科学出版社。
- 関 文威, 1976。水界微生物生态研究法。共立出版株式会社。
- A. P. H. A., A. W. W. A. & W. P. C. F., 1971. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (13th ed.) A. P. H. A., Washington, D. C.
- Jones, G. E., 1971. The fate of freshwater bacteria in the sea. In Development in Industrial Microbiology, Vol. 12. American Institute of Biological Sciences, Washington, D. C. pp. 141—151.
- Lessard, E. J. & J. M. Sieburth 1983. Survival of natural sewage populations of enteric bacteria in diffusion and batch chambers in the marine environment. *Appl. Environ. Microbiol.* 45(3): 950—959.

CORRELATION BETWEEN QUANTITATIVE DISTRIBUTION OF COLIFORM BACTERIA AND THE ORGANIC POLLUTION OVER THE ESTUARY OF HAIHE RIVER*

Qian Zhenru and Zhang Jingyong

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

ABSTRACT

By the worksite investigation over Haihe River mouth it has been discovered that the coliform bacteria have the same distributional feature as that of organic pollution, i.e. the distributional density (or concentration) over the estuary effected by tides is obviously greater than that on the paralic sea outside the river mouth and during the flooding season it is manifestly higher than in ordinary and dry seasons. They came not only from the same source, but also with similar regulation of their changes and migration.

Further analysis shows that the quantitative distribution of coliform bacteria vary positively with the variation of content of the main organic pollutants. Therefore it is feasible to use quantitative distribution of coliform bacteria as a pollution indicator organism.

* Contribution No. 1378 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.