The Journal of the Oceanological Society of Korea
Vol. 5, No. 2, p. 59—64, December 1970

衣岩땜 下流水域의 糞便性 汚染細菌類의 分布

崔　　相・金　健　治
韓國科學技術研究所・水產資源研究室

OCCURRENCE OF FECAL POLLUTION BACTERIA IN THE WATER OF LAKE EUI-AM

Sang Choe and Geon Chee Kim
Fishery Resources Lab., Korea Institute of Science and Technology,
Seoul, Korea

ABSTRACT

The purpose of the study was to gather basic bacteriological data regarding the quality of Korean surface waters. Total coliforms, fecal coliforms and fecal Streptococci survey in the water of Lake Eui-Am were undertaken by the membrane filter technique. A total of 37 samples were collected in August 14, 1970. Total coliforms were detected in all samples, fecal coliforms and fecal Streptococci were detected in 68% and 82% of samples, respectively. Bacterial densities of the lake water were varied by station and depth. The numbers of bacteria per 100 ml of the lake water were: 8-225 (65.3 average) for the total coliforms, 0-112 (26.2 average) for the fecal coliforms, 0-77 (25.8 average) for the fecal Streptococci, and 8-302 (91.1 average) for the total number of total coliforms and fecal Streptococci. These results suggest that the Eui-Am lake water is only lightly polluted and indicate that the lake water, properly maintained, is a source of raw water of good bacteriological quality. Three forms of fecal pollution bacteria tend to increase with depth. This is believed that the suspended matter with conglomerated bacteria plays an important role in regulating of bacterial densities in summer season.

머　리　말

地表를 스치며 많은 分, 支流가 모여 이루어지는 각 河川水에는 적지않은 數量의 細菌類가 混入된다. 이것들은 결국 바다로 流入되어 沿岸 動, 植物에 攝取되거나 또는 附着되어 또다시 우리의 食生活에 移入되는 循環을 거듭하고 있고, 이러한 過程에서 각종 疾病의 原因이 誘發되는 수가 적지 않다. 이러한 관점에서 環境水의 細菌汚染은 우리의 保健衛生面에서, 家庭用水 또는 產業用水의 利用面에서 매우 重要한 意義를 갖는 것이라고 하겠다.

環境水에 나타나는 糞便性 汚染細菌類 (以下 汚染細菌類라고 한다)에는 大腸菌群과 糞便性 腸球菌이 있으며, 大腸菌群에는 *Escherichia coli*, *Aerobacter aerogenes*, *Klebsiella aerogenes*, *K. clocae*, *Citrobacter freundii* 등이 있으나 主로 *Escherichia coli* 와 *Aerobacter aerogenes* 로 이루어 지고, 이중 *Escherichia coli* 는 사람과 溫血動物의 糞便 중에 가장 많은 量이 存在하는 典型的인 糞便細菌이다. 그리고 *Aerobacter aerogenes* 는 人蓄의 糞便에도 少量은 存在하지만 穀類, 植物體, 土壤 속에 널리 分布하여 소위 糞便汚染과 關係가 없는 곳에도 相當한 量이 存在한다.

한편 糞便性 腸球菌에는 *Streptococcus faecalis*, *S. liquefaciens*, *S. durans*, *S. equinus*, *S. bovis* 등이

包含되며, 이것들은 이미 Houston (1900), Winslow and Hunnewell (1902)에 의하여 모든 溫血動物의 糞便 속에 반드시 發見된다는 것이 指摘되었고, 그後 Cooper and Ramadon (1955), Bartley and Slanetz (1960), Kenner et al. (1960), Geldreich and Kenner (1969), 堀江 (1969) 등에 의하여 家畜類, 개, 고양이 및 각종 野生動物의 糞便 속에 大腸菌보다 더 많은 量이 排泄되는 것이 밝혀져, 環境水의 有力한 汚染指標細菌으로 使用할 수 있을 것을 主張하고 있다.

우리는 우리나라의 地表水系의 汚染細菌에 의한 河川水의 汚染정도를 調査하고 있으나 그 一環으로서 1970年 盛夏期를 택하여 漢江水系 衣岩땜水의 糞便性 汚染細菌類의 分布狀況을 調査하였으며, 여기에 그 結果에 관해서 報告한다.

調 査 方 法

採水 衣岩땜 下流水域의 汚染細菌類의 分布狀況과 出現數를 調査하기 위하여 땜 제방에 竝行하여 上流쪽으로 100m, 600m 및 1,000m 거리에 A, B, C의 3個定線을 만들어 각 定線上에 60~120 m 간격으로 3-4個의 定點을 配置하여 모두 10個의 定點을 設定하였다. 땜 下流水域의 地形과 각 定點의 位置는 第1圖와 같다.

細菌測定用 採水는1970年 8月 14日, 11~14時에 이루어졌으며, 각定點에서 表層(30 cm 下), 5 m, 10 m 및 底層의 각水層에서 滅菌한 Kitahara 採水器로 각 1*l*의 檢水를 採取하여 滅菌한 폴리에칠렌병에 옮겨, 2時間 以內에 實驗室로 운반되어 細菌調査에 應하였다.

汚染細菌의 測定 大腸菌群과 糞便性 大腸菌 및 糞便性 腸球菌은 각각 다음의 方法에 의해서 菌數를 測定하였다.

大腸菌群(Total coliforms)—Standard Methods (1965)에 의해서 檢水 100 ml를 無菌的으로 Millipore Filter (HA type, pore size 0.45μ, 以下 같음)에 濾過하여 集菌된 Millipore Filter를 M-Endo 培地에서 37°C, 18時間 培養 後 나타나는 金屬光澤의 暗赤褐色 集落을 計數하였다.

糞便性 大腸菌 (Fecal coliforms)—Geldreich *et al.* (1965)에 의해서 無菌的으로 檢水 100ml 중의 細菌을 Millipore Filter에 集菌하여 M-FC 培地에서 44.5°C, 18-24時間 培養하여 나타나는 青色 集落을 計數하였다.

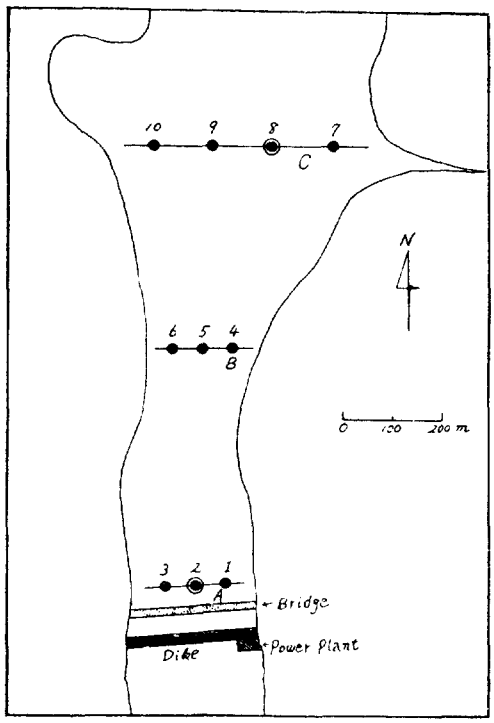

Fig. 1. Map of the lower part of Lake Eui-Am and sampling stations. Water temperature and oxygen were measured at sts. 2 and 8 (double circles).

糞便性 腸球菌(Fecal Streptococci)—Standard Methods(1965)에 의해서 역시 無菌的으로 檢水 100 ml 중의 細菌을 Millipore Filter에 集菌하여 M-Enterococcus agar 培地에서 37°C, 48時間 培養하여 분홍색 또는 붉은 集落을 計數하였다.

이상의 각 細菌類의 調査結果는 2回씩 되풀이한 平均値로 나타냈다.

結 果

1. 水温과 溶存酸素量

採水時 定點 2와 8에서 測定한 水温과 溶存酸素量의 垂直分布는 第2圖와 같다.

水温은 表層에서 29.0~30.5°C를 나타내나 水深에 따라 계속 低下하여 水深 12~14 m에서 最低水温 21.0°C를 記錄하고 그 以深部에서 다시 水温이 上昇하는 特異한 水温分布를 나타내고 있

Table 1. Total coliforms, fecal coliforms and fecal Streptococci densities in the water of Lake Eui-Am, August 14, 1970.

(Density-No. per 100 ml)

Line	St.	Depth (m)	Total Coliforms (C)	Fecal Coliforms (FC)	Fecal Streptococci(FS)	C+FS	FC/FS
A	1	0.3	15	0	3	18	0
		5.0	15	4	37	52	0.11
		10.0	30	14	44	74	0.32
		16.0	75	43	72	147	0.60
	2	0.3	15	0	2	17	0
		5.0	15	1	23	38	0.04
		10.0	75	2	17	92	0.12
		17.0	15	4	19	34	0.21
	3	0.3	8	0	0	8	0
		5.0	8	0	7	15	0
		10.0	15	0	13	28	0
		15.2	75	0	18	93	0
B	4	0.3	75	0	1	76	0
		5.0	150	71	45	195	1.58
		10.0	150	67	43	193	1.56
		15.8	150	63	18	168	3.50
	5	0.3	15	0	1	16	0
		5.0	225	112	77	302	6.33
		10.0	75	46	30	105	1.53
		14.0	75	53	27	102	1.96
	6	0.3	30	0	1	31	0
		5.0	150	70	18	168	3.89
		10.0	75	41	27	102	1.52
		14.2	75	49	54	129	0.91
C	7	0.3	75	0	0	75	0
		5.0	45	20	35	80	0.57
		9.8	15	5	68	83	0.07
	8	0.3	15	0	1	16	0
		5.0	75	48	20	95	2.40
		12.8	30	10	46	76	0.22
	9	0.3	15	0	1	16	0
		5.0	150	62	23	173	2.70
		10.0	75	39	33	108	1.18
		14.0	60	22	30	90	0.73
	10	0.3	30	1	0	30	0
		5.0	150	79	46	196	1.72
		10.3	75	44	56	131	0.79
Mean			65.3	26.2	25.8	91.1	0.93

다. 衣岩 땜은 湖沼와 같은 完全한 停滯水域이 아니고 항상 一定方向으로 다소의 물의 흐름이 形成되는 것이므로 이와 같은 特異한 夏季의 水温分布가 이루어진 것이 아닌가 생각된다.

溶存酸素量은 兩定點에서 水深 2m以淺에서는 6.1~6.4 ml/l인 것이 水深 2~4m까지 5.1~5.7ml/l로 低下되고, 그 以深水域에서 거의 變動이 없는 溶存酸素量이 維持되어, 底層部에서의 酸素欠乏은 나타나지 않는다.

이것을 酸素飽和度로 본다면 兩定點에서 生產層(透明度 1.2m이었음)에서는 106~114%의 過飽和狀態를 나타내고, 이것이 水深 6m까지 85~94% 정도로 低下되어 그 以深水域에서도 거의 變動이 없는 酸素飽和度가 維持된다. 그리고 兩定點의 溶存酸素量은 定點 2에서 다소 높았다.

Table 2. Vertical distribution of total coliforms, fecal coliforms and fecal Streptococci in the water of Lake Eui-Am on August 14, 1970.

(Density—No. per 100 ml)

Line	Depth (m)	Total Coliforms		Fecal Coliforms		Fecal Streptococci	
		Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
A	0.3	8—15	12.7	0	0	0—3	1.7
	5.0	8—15	12.7	0—4	1.7	7—37	22.3
	10.0	15—75	40.0	0—14	5.3	13—44	24.7
	16.1*	15—75	55.0	0—43	15.7	18—72	36.3
B	0.3	15—75	40.0	0	0	1	1.0
	5.0	150—225	175.0	70—112	84.3	18—77	46.7
	10.0	75—150	100.0	41—67	51.3	27—43	33.3
	14.7*	75—150	100.0	49—63	55.0	18—54	33.0
C	0.3	15—75	33.8	0—1	0.3	0—1	0.5
	5.0	45—150	105.0	20—79	52.3	20—46	33.5
	10.0	75	75.0	39	39.0	33	33.0
	11.7*	15—75	45.0	5—44	20.3	30—68	50.0

* Bottom

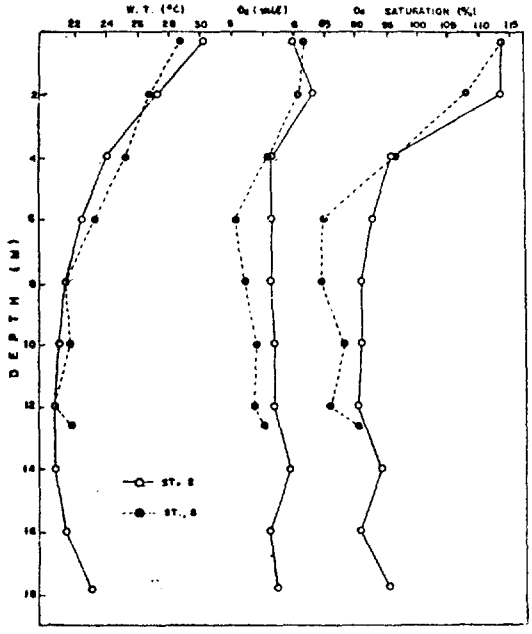

Fig. 2. Vertical distribution of water temperature, oxygen and oxygen saturation of Lake Eui-Am in summer.

2. 糞便性 汚染細菌의 出現量

定點別, 水深別 汚染細菌數에 出現狀況은 第1表와 같다. 각 定點의 각 水層에서 採取한 全 37個所 檢水에서 大腸菌群은 全部 出現하였으나, 糞便性 大腸菌은 12個所 檢水(32.3%)에서, 糞便性 腸球菌은 3個所 檢水((8.1%)에서 出現하지 않았다.

이중 大腸菌群은 8～225 個/100ml(平均 65.3 個/100 ml), 糞便性 大腸菌은 0～112個/100ml (26.2個/100ml), 糞便性 腸球菌은 0～77 個/100ml (25.8 個/100ml)의 範圍로 出現하고, 大腸菌群과 糞便性 腸球菌을 合한 것은 8～302 個/100ml (平均 91.1 個/100 ml)의 範圍로 出現하여, 定點과 水深에 따라 相當한 出現數의 差異를 보여 주고 있으나 比較的 出現數가 적은 것이 注目된다. 糞便性 腸球菌에 대한 糞便性 大腸菌의 比 (FC/FS; 第1表 參照)는 0～6.33 으로 變動하고 그 平均値는 0.93 이었다.

第1表의 汚染細菌類의 出現結果를 定線에 따른 水深別로 整理하면 第2表와 같다. 大腸菌群은 A定線에서 8～75 個/100 ml, B定線에서 15～225 個/100 ml, C定線에서 15～150 個/100 ml가 出現하고, 糞便性 大腸菌은 A定線에서 0～43 個/100 ml, B定線에서 0～112 個/100 ml, C定線에서 0～79 個/100 ml가 나타났으며, 糞便性 腸球菌은 A定線에서 0～72 個/100 ml, B定線에서 1～77 個/100 ml, C定線에서 0～68 個/100 ml로서 모두 B定線에서의 出現量이 가장 크게 나타나고 있다.

그리고 각종 汚染細菌類는 定線 B, C의 5 m層

에 다소 많은 量이 나타난 것을 除外하면 大體的으로 表層에 적고 深部에 갈수록 出現量이 增加하는 傾向이 있다.

考 察

美國의 National Technical Advisory Committe on Water Quality Criteria (1967)는 Mead 湖, Moovalaya 湖, Colorado 江, Whitaman 江 및 Merrimack 江 등의 實態調査에서 休養 및 遊園地 環境水의 汚染細菌基準을 糞便性 大腸菌數를 100 ml 當 200 個 以下로 할 것을 勸告하고 있다. 또 Geldreich and Kenner (1969)는 그들의 廣範하고 詳細한 河川水系의 糞便性 腸球菌의 調査에서 休養 및 遊園地 用水로서는 糞便性 腸球菌數가 100 ml 當 100 個 以下로 할 것을 提案하고 있다.

한편 Rosebery (1964)는 美國의 有名한 休養 및 遊園地로 되어있는 Forrest 湖水의 大腸菌群 및 腸球菌을 調査하였으며, 그중 1958年 夏期의 例를 들면 湖水 100 ml 當 表層에서 194 個, 10 ft 層에서 294 個, 20 ft 層에서 490 個, 全定點을 통해서 最高 2,000 個까지의 大腸菌群이 나타나고, 腸球菌은 각각 68 個, 227 個, 229 個의 範圍로 나타났으나 全定點을 통해서는 最高 2,435 個의 腸球菌이 出現한 곳도 있었음을 報告하고 있다.

이러한 結果에 비추어 볼 때 1970年 8月의 우리의 衣岩땜水의 汚染細菌類의 出現數는 100 ml 當 大腸菌群은 8~225 個 (平均 65.3 個), 糞便性 大腸菌은 0~112 個 (26.2 個), 糞便性 腸球菌은 0~77 個 (25.8 個)로서 豫想 外로 汚染이 적은 것을 알았다.

Wilson (1957)에 의하면 天然의 地表水系에 있어서의 細菌類의 出現은 많은 降雨가 있은 후에 가장 많은 數가 나타난다고 하였으며, 夏期는 우리나라의 洪水期에 該當되어 相當한 降雨가 계속되는 것이므로 8月은 우리나라의 河川水系에서도 가장 많은 細菌類가 나타나는 時期에 該當될 것이다.

Geldreich and Kenner (1969)에 依하면 사람의 糞便에서 糞便性 大腸菌과 糞便性 腸球菌의 出現比(FC/FS)는 4.0~4.4 이며, 다른 溫血動物의 경우는 0.7 以下로서 이것은 河川水에 있어서 糞便性 汚染源을 推測하는 重要한 尺度로 提議하고 있다.

1970年 8月 衣岩땜水의 FC/FS는 0~6.33으로 變動하고, 그 平均値는 0.93이었으며, FC/FS가 0.7 以下인 곳이 全調査定點 37 個所중에서 21 個所나 나타나, 上記 Geldreich and Kenner의 資料와 比較할 때 一般 溫血動物의 糞便에 依한 汚染도 적지 않다는 것을 推測할 수 있다.

그리고 上下水層의 交流가 적은 停滯水域의 汚染細菌類의 分布는 마땅히 場所와 水深에 따라 出現量에 相當한 差異가 있을 것이 豫想되는 것이지만, Rosebery (1964)의 Forrest 湖水에서의 結果에서도 특히 夏季에는 細菌類는 表層에 적고 水深이 깊어질 수록 增加하는 傾向이 있는 것을 指摘하고 있고, 특히 水溫躍層 以深部에서 이러한 現象이 顯著하다고 하였다. 衣岩땜에서도 夏季의 調査例 이지만 몇몇 定點의 5 m 水層에서 다소 많은 數가 나타난 것을 除外하면 大體的으로 水深에 따라 細菌類의 出現量이 增加하고 있으며, 夏季에서와 같이 뚜렷한 水溫躍層이 形成될 적에는 上下水의 交流가 이루어지지 못하는데다 각종 水中懸濁物質에 凝集된 細菌類가 底層部에 集結되어 이러한 現象이 나타나는 것이라고 하겠다. 이때 同時에 測定한 鐵分量의 分布는 崔·郭(1970)의 報告가 있다.

約 要

1970年 8月 14日, 衣岩땜 下流水域의 大腸菌群, 糞便性 大腸菌, 糞便性 腸球菌등 河川水의 汚染細菌類의 出現狀況을 Millipore Filter 法에 의해서 調査하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 全定點을 통하여 물 100 ml 當의 出現 細菌數는 大腸菌群 8~225 個 (平均 65.3 個), 糞便性 大腸菌 0~112 個 (26.2 個), 糞便性 腸球菌 0~77 個 (25.8 個)이었으며, 大腸菌群과 糞便性 腸球菌을 合친 數는 8~302 個 (91.1 個)이었다.

2. 夏季에 있어서의 각 汚染細菌類의 垂直分布는 大體的으로 表層에 적고, 水深이 깊어질 수록 增加하는 傾向이 있고, 이것은 夏季의 水溫分布의 特性上 上下層水의 交流가 없는데다가 水中의 각종 懸濁物質에 凝集된 細菌類가 底層部에 集結

되는 까닭이라고 推測된다.

3. 衣岩맴 水의 糞便性 腸球菌에 대한 糞便性 大腸菌의 比 (FC/FS)는 0～6.33이었으며, 그 平均値는 0.93이었다.

4. 夏季는 年間을 통해서 가장 많은 細菌이 나타나는 時期라는 것을 考慮할 때, 夏季의 衣岩맴水의 汚染細菌類의 出現數는 매우 적었으며, 이것은 美國의 休養 및 遊園地 環境水의 汚染細菌 含量基準 (勸告)을 넘지 않는다.

參 考 文 獻

American Public Health Asso. 1965. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.* 12th ed., pp. 610—615.

Bartley, C. H., and L. W. Slanetz. 1960. Types and sanitary significans of fecal Streptococci isolated from feces, sewage and water. Amer. J. Pub. Health, **50**, 1545.

崔 相·郭熙相. 1970. 衣岩맴 下流水域의 鐵分量과 그 分布. 韓國海洋學會誌, **5**, 52—58.

Cooper, K. E., and F. M. Ramadan. 1955. Studies in the differentiation between human and animal pollution by means of faecal Streptococci. J. Gen. Microbiol., **12**, 180.

Geldreich, E. E., H. F. Clark, C. B. Huff, and L. C. Best. 1965. Fecal-coliform-organism medium for the membrane filter technique. J. Amer. Water Works Asso., **57**, 208.

Geldreich, E. E., and B. A. Kenner. 1969. Concepts of fecal Streptococci in stream pollution. J. Water Pollution Control Fed., **41**, 336.

堀江 進. 1969. 汚染指標細菌とその檢査法. 日本水產學會誌, **35**, 818.

Houston, A. C. 1900. On the value of examination of water for Streptococci and Staphylococci with a view to detection of its recent contamination with animal organic matter. Suppl. 29th Ann. Rep. Local Gov. Bd. containing Rep. Med. Officer 1899—1900, London County Council, England, 458.

Kenner, B. A., H. F. Clark, and P. W. Kabler. 1960. Fecal Streptococci. II. Quantification of Streptococci in feces. Amer. J. Pub. Health, **50**, 1553.

Rosebery, D. A. 1964. Relationship of recreational use to bacterial densities of Forrest lake. J. Amer. Water Works Asso., **56**, 43.

U. S. Dept. of the Interior, Fed. Water Pollution Control Administration. 1967. Interim Report of the National Technical Advisory Committee on water quality criteria. Washington, D. C.

Wilson, G. S. 1957. *Principles of Bacteriology and Immunity.* 4th ed., p. 2290, The Williams and Wilkins Co., Baltimore, Md.

Winslow, C. E., and M. P. Hunnewell. 1902. Streptococci characteristics of sewage and sewage-polluted waters. Science, **15**, 827.