

# 市内 藥水岫 水質 汚染度 調査 研究

疫學調査科

閔尚基・朴李珍・盧在淳・吳盛郁・河相泰・李秉圭

## A sanitary study on the mountain water in Pusan area

Epidemiology Division

S. K. Min, H. J. Park, J. S. Roh, S. U. Oh, S. T. Ha, B. G. Lee

### Abstracts

We surveyed the mountain water (so called jaksu) distributed in Busan area during spring term(4~5month) and Summer term (7~8month).

The results were as follows.

1. The 23 sample out of total 88 were neighbored with contaminatable sources.
2. No. of unestablished waterpipe and gathering basin was respectively 8(9%), 28(30%), so seemed exist of secondary contaminatable possibility.
3. Spring term 33(37.5%), Summer term 54(67.5%) samples exceeded the criteria for potable water.
4. The detected coliform species from human feces were *E. coli*, *K. oxytoca*, *C. freurdii* but from mountain water were *E. coli*, *E. aerogenes*, *C. deversus* in order.
5. The cross reactions between BGLB/44.5°C and EC/44.5°C of isolated fecal coliforms showed almost same results.

6. The antimicrobial susceptibility test of isolated fecal coliform showed that almost agent but Bacitracin, Carbenicillin, Penicillin were sensitive
7. The isolated *E. coli* from mountain water was not pathogenic by serological tests.
8. The coliform group detection methods is seeming revised because the group contains so many non fecal species and diversity.

## I. 緒 論

近年 産業化 工業化에 의한 上水 源水의 汚染은 市民들이 水道水를 不信하기에 充分하였고, 이에 市民들은 俗稱 藥水라 일컫는 山間水를 食水로서 利用하고 있다. 그런데 이 俗稱 藥水는 周邊의 地形의 人爲的 環境 要人으로 因한 汚染原 流入 可能性, 管理 疎忽 등으로 자칫 保健 衛生學的 見地에서 오히려 危險性이 露出되어 있을 수도 있다.<sup>1,2</sup> 이에 市에서는 週期的으로 飲用適否 試驗을 實施하여 一時的인 汚染 狀態인가 아니면 源水 自體가 飲用水 規格에 맞지 않는가를 試驗하여 管理하고 있다. 이에 細菌學的 檢査의 一環으로 一般細菌數와 大腸菌群 檢査가 實施되고 있는데 이들 檢査는 腸管内 起源 病原 細菌의 汚染 可能性을 間接的으로 推定하는 生物學的 指標로서 意義가 있다. 一般細菌數의 境遇 飲用水 水質基準에 依據한 實驗 規定上 100CFU/ml以下로 規定하고 있으나 食品公典에 나타난 아이스 크림 등의 乳製品에서는 100,000CFU/ml以下로 規格이 緩化되어 있는 點 등으로 미루어 이 數值 自體가 衛生 危害를 誘發한다고 斷定 못하고, 단지 깊은 地下水源 같이 動搖되지 않은 水質은 地表水와 달리 固有한 細菌叢을 가지므로 菌數와 菌種이 多樣해지면 地表層 等の 外部로 부터 汚染 物質 流入이란 推定이 可能하다. 大腸菌群도 飲用水 水質 基準에선 糞便 汚染의 指標로서 檢査되어 지지만 이 菌群에 屬하는 菌種도 多樣하여 非糞便 由來가 많은걸로 밝혀져 있다. 한편 大腸 菌群의 範圍는 사람 動物의 糞原에서 由來하는 *Escherichia*屬 *Klebsiella*屬 等の 一部와 木 菌 植物 等の 非糞原性 自然界에서 由來하는 *Citrobacter*屬 *Hafnia*屬 *Serratia*屬 *Erwinia*屬 *Arizona*屬 등과 糞便 菌 等の 中間 位置에 棲息하는 *Enterobacter*屬의 一部分으로 大分되어 넓은 菌種을 包含한다는 報告도 있다.<sup>3,4</sup> 또 推定試驗 確定試驗 完全試驗을 마친 大腸菌群의 MPN치 (TC)와 EC/44.5°C gas(+)로 부터 完全試驗을 마친 糞便性 大腸菌群 試驗法의 MPN치(FC)를 比較한 實驗을 통해 TC/FC의 比率이 水原에 따라 相當한 差異를 보이고<sup>5</sup> 確定試驗까지 마친 MPN試驗에서 分離된 菌種도 Coliforms가 아닌 菌種도 檢出된다는 報告<sup>6</sup> (Austin, et al, 1981) 및 BGLB/44.5°C法이 EC/44.5°C法 보다 糞便系 大腸菌群 選擇性이 높다는 報告<sup>7</sup> 등으로 미루어 大腸菌群 中 糞便 由來 菌種의 同定이 不明確하고 그 分離同定法도 確立되지 않은것 같다. 따라서 糞便 汚染 指標菌으로서의 大腸菌群에 關해서는 그 衛生學的 意義 附與에 矛盾된 點과

그 妥當性 및 確實性도 依如된 點이 있다고 思料된다. 그러나 腸管内 細菌叢의 主力 常在菌인 絶對嫌氣性菌의 檢出보다 標準化된 大腸菌群 檢出이 實際 腸内 病原性 細菌 檢出과 더 높은 相關性이 있다는 報告<sup>14)</sup> 등으로 糞便 汚染 指標로서 大腸菌群의 評價 意義는 低下될 수 없다.

本 研究에서는 藥水터 水源에서 大腸菌群 各 菌屬의 分離 同定과 그 糞原性 有無를 人糞에서 分離 同定한 80株의 糞便性 大腸菌群을 對照菌群으로 使用하여 밭혔고 덧붙여 水質 汚染의 糞便 汚染 指標 微生物인 大腸菌群을 糞便性 大腸菌群으로의 改定 可能性과 分離된 大腸菌群을 現行 糞便性 大腸菌 試驗法인 EC/44.5℃法과 BGLB/44.5℃法에서 Cross培養하여 兩 試驗法의 大腸菌群 分離 選擇性을 比較해 봤다.

## II. 調查對象 및 實驗方法

### 1. 調查對象

市内 散在하는 一日 平均 利用客數 50人 以上の 藥水터 88個所를 4~5月, 7~8月 各 2회에 걸쳐 滅菌 廣口 採水瓶으로 採水하였고, 糞便系 大腸菌群 對照菌群으로 人糞에서 分離한 80株와 國立 保健院으로 부터 分讓받은 E. coli ATCC 25922, Enterobacter cloacae ATCC 13047, Citrobacter freundii ATCC 6750, Klebsiella pneumonia ATCC 10031, Proteus vulgaris ATCC 6380, Enterobacter aerogenes ATCC 13408, Providencia alcalifaciens ATCC 12013, Serratia marcescens ATCC 13880를 大腸菌群 對照菌株로 使用했다.

### 2. 實驗方法

1) 一般細菌數 測定: 試料 속에 生存하는 中溫性 好氣性 通性嫌氣性 有機營養性 細菌(mesophilic, aerobic or facultative anaerobic, chemoheterotrophic bacteria)의 數를 말하는 것으로 plate上에 30~300CFU/ml程度 計數되도록 原試料를 適當 段階 稀釋 後 滅菌 petri dish에 1ml 加한 後 미리 高壓 滅菌되어 45℃程度로 식혀진 Bacto plate count agar(Difco)14±2ml씩을 分注하여 冷却 凝固 後 뒤집어 37±1℃에서 46±2hr 培養後 Fisher colony counter로 計數하였다.

2) 大腸菌群 試驗: Gram(-), 無芽胞 桿菌으로 乳糖을 分解하여 acid와 gas를 生成하는 모든 好氣性 通性 嫌氣性菌을 包含한다. 試驗 方法은 保社部 制定 飲用水 水質 檢査法에 準해 實施했다. 分離된 菌株 中 Nitrate reduction test(+) Oxidase test(-)을 大腸菌群屬으로 推定하여 IMViC test, H<sub>2</sub>S生成, Gelatin液化 및 44.5℃에서 發育을 調查하여 菌型을 分類했다.

3) 糞便系 大腸菌群: Standard Methods(APHA-AWWA-WPCF)에 依한 m-FC法으로 行了다.

試料 100ml을 滅菌 milipore filter paper(pore size 0.45 $\mu$ m)에 濾過하여 濾過紙를 미리 高壓 滅菌되어 굳혀진 m-FC Agar(Difco) plate petri dish( $\phi$  47mm)위에 얹어 44.5 $^{\circ}$ C에서 24 $\pm$  2hr incubation하여 푸른색을 띠는 colony를 鈞菌하여 一旦 糞便系 大腸菌群으로 판단 KIA배지 (A/A GAS+)에서 純粹 分離 後 IMVIC시험을 중심으로 LDC, PPA, Gelatine液化 試驗을 행했고 最終 同定은 API 20E를 使用했다. 最終 確認된 균주는 EC/44.5 $^{\circ}$ C와 BGLB/44.5 $^{\circ}$ C에서 cross培養하여 각 시험법의 檢出率을 比較했다.

4) 糞便系 大腸菌群의 抗菌劑 感受性 試驗: 抗生劑에 抵抗性을 갖고 있는 大腸菌群은 藥劑 耐性 R-plasmid를 隣接한 病原菌에도 傳達할 수 있으므로 그 檢出率 感受性 試驗은 意義가 있다.<sup>10)</sup> 試驗 方法은 市販 Sensi Disk(Difco)를 使用한 Disk diffusion method로 그 感受性 및 耐性도를 測定했다. 시험된 化學療法劑는 Polymyxin B(300units), Chloramphenicol(30mcg), Nalidixic acid(30mcg), Bacitracin(10units), Tetracycline (30mcg), Ampicillin(10mcg), Colistin (10mcg), Gentamycin(10mcg), Carbenicillin(50mcg), Erythromycin(15mcg), Neomycin(30 mcg), Penicillin(10units), Kannamycin(30mcg), Cephalothin(30mcg)이다.

5) 大腸菌의 血清學的 試驗: m-FC에서 分離되어 生化學 試驗에서 E. coli로 同定된 菌株을 Bacto-E. coli OK Poly A B C D E Antiserum(Difco)으로 slide凝集 反應을 보아 血清型을 決定했다.

6) 理化學的 實驗(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N의 5개 項目): 保社部 制定 飲用水 水質 檢査法에 準해 實驗했다.

### III. 結果 및 考察

1) 藥水터 周邊 汚染原 疫學 調查: 釜山 市內 藥水터 88개소를 對象으로 周邊 30m이내의 隣接 環境汚染原(化粧室, 燒却場, 住宅, 農耕地, 家畜舍 有無 등)과 環境 衛生 施設(集水槽, 流水管 設置 與否, 유수관의 材質 등)을 調查한 結果는 Table 1 및 Table 2와 같다.

Table 1. Distribution of environmental pollution sources in 30m

No of sample	Source of pollution				Total(%)
	Toilet(%)	Burning area(%)	Farming aera(%)	Residence aera(%)	
88	2(2.2%)	6(6.8%)	5(5.6%)	10(11.3%)	23(26.1%)

Table 2. Distribution of gathering basin and flowing water pipe establishment.

No of sample	Flowing water pipe				Total
	stainless (%)	PVC (%)	Pump (%)	Unestablished (%)	
88	30 (34.1%)	49 (55.7%)	1 (1.1%)	8 (9.1%)	88 (100%)

總 88個所 中 23個所(26.1%)가 汚染源이 隣接한 것으로 나타나 周邊 環境 衛生이 아직 未備하여 汚染 可能性이 存在하는 것으로 나타났고 藥水를 採取 方式에 있어서 流水管 未設置도 8個所(9.1%)로 Pipe를 通하여 直接 받지 않고 고여 있는 물을 바가지 등을 利用하여 採取하여야 하므로 使用者들에 의한 2차 汚染 可能性이 높았다.

### 2) 一般細菌數

上半期 88個所 下半期 80個所 藥水의 一般細菌數 汚染度를 調査한 結果는 Table 3과 같다.

Table 3. General viable bacterial count in each season

SPC Level (CFU/ml)	No of detected sample	
	Spring(4-5month)	Summer(7-8month)
Below 30	44(50%)	19(23.7%)
30-100	22(25.5%)	20(25%)
100-1000	15(16.5%)	28(35.0%)
1000 over	7(8.0%)	13(16.3%)
Total	88(100%)	80(100%)

우리나라와 日本 등에서 정한 一般細菌數의 飲用水 規格 基準은 100CFU/ml以下인데 本 調査에선 上半期 24.5%, 下半期 51.3%가 이 規格 基準을 超過했다. 특히, 下半期 水質이 더 不適合率이 높은 것은 好適한 氣溫 上昇으로 細菌 增殖度의 增加와 豪雨 등으로 인한 地表層 汚染物의 流入 可能性이 增加된 것에 起因한 것이라 思料된다.

### 3) 大腸菌群(TC) 및 糞便性 大腸菌群(FC) 檢出率

前章 實驗 方法에 의한 大腸菌群 및 糞便性 大腸菌群의 汚染 程度는 Table. 4와 같다.

Table.4 Contamination of total coliforms and fecal coliforms in each season

No of sample	TC(+)/50ml	FC(+)/100ml	Rate of TC/FC
Spring(88)	30(34%)	11(12.5%)	2.7
Summer(80)	53(66%)	15(18.7%)	4.4
Total (168)	83(49%)	26(13.8%)	3.1

大腸菌群에 대한 韓國 및 日本의 飲用水 規格 基準에는 50ml당 不檢出로 規定되어 있어 本 調査에서는 總 試料의 49%가 飲用水 規格 基準에 不適合하였고 糞便性 大腸菌群 汚染率도 總 試料의 13.8%로 나타났다.

그러나 水質에서의 細菌 試驗은 常在 細菌叢의 一過性(transient), 他地性(allochthonous)으로 原水 自體의 汚染源 把握은 長期的이고 定期的인 疫學調査 뒤에 判斷되어야 할 結果 思料된다.

Table 5. Biochemical characteristics of coliforms that isolated from human feces and mountain water.

Biochemical characteristics						No of coliforms			Subgroups (representative species)
Indol	MR	VP	Citrate	Growth at 44.5°C	Gelatin liquefaction	Isolated from human feces	Spring (%)	summer (%)	
+	+	-	-	+	-	38 (47.5%)	7 (23)	12 (22.6)	E.coli I (Escherichia coli)
-	+	-	-	-	-	2 (2.5%)	2 (6.6)	4 (7.5)	E.coli II
+	+	-	-	-	-	2 (2.5%)	1 (3)	3 (5.6)	E.coli III
-	+	-	+	V	-	9 (11.2%)	3 (10)	3 (5.6)	C.freundii I (C.freundii)
+	+	-	+	-	-	5 (6.2%)	3 (10)	9 (16.9)	C.freundii II (C.deversus)
-	-	+	+	V	V	4 (5%)	6 (20)	8 (15)	K.aerogenes I (E.aerogenes)
+	V	+	+	-	-	12 (15%)	1 (3)	0 (0)	K.aerogenes II (K.oxytoca)
-	-	+	+	-	+	1 (1.2%)	3 (10)	4 (7.5)	K.cloacea (E.cloacea)
-	-	+	+	-	+	2 (2.5%)	2 (6.6)	2 (3.7)	E.cartovora
Atypical						5 (6.2%)	2 (6.6)	8 (15)	
Total						80 (100%)	30 (100)	53 (100)	

(V) : 10% to 89.9% positive within 48hrs

4) 分離된 大腸菌群의 型別 分類: 人糞에서 分離한 80株와 上半期에 分離된 30株 下半期에 分離된 53株의 大腸菌群을 主要 生化學의 特徵을 통해 型別 分類한 結果는 Table.5와 같다.

大腸菌群의 糞便 有無 對照菌群으로 使用된 人糞에서 分離한 80株는 4菌屬 9菌型으로 大別되어 그 중 E. coli가 47.5%로 가장 많고 K. oxytoca, C. freundii順이었으며 藥水터에서 分離한 大腸菌群도 E. coli, E. aerogens, C. deversus 順으로 많이 검출되었다.

여기에서 現行 EC/44.5℃을 통한 E. coli만을 糞便 由來로서 衛生學的 意義를 附與하는 것은 本 實驗을 통해 C. freundii, K. oxytoca등의 菌型도 糞便에서 分離 된다는 點과 E. coli중에는 乳糖을 늦게 또는 非酸酵性 菌株가 있고 또 乳糖 酸酵性 E. coli중에서도 가스 비생성 菌株가 10.4 % 存在한다는 報告 등으로 미루어 菌型 判別에 의한 衛生學的 意義는 확실치 않은 點이 있다고 思料된다.

5) 分離된 大腸菌群의 BGLB/44.5℃法과 EC/44.5℃法에서의 Cross培養

現行 食品 公典에 의한 分변계 大腸菌 實驗法은 EC/44.5℃法으로 規定되어 있으나 BGLB培地 造成이 Brilliant green 의한 Gram(+)균의 阻害로 大腸菌群의 選擇性이 높다는 보고에 따라 兩 培地를 44.5℃에서 比較實驗한 結果는 Fig. 1과 같다.

E. coli (57주)	94.7 %	6.3 %	EC/44.5℃
	96.5 %	3.3 %	BGLB/44.5℃
Citrobacter spp (15주)	93 %	7 %	EC/44.5℃
	86 %	1.4 %	BGLB/44.5℃
Klebsiella spp (19주)	78 %	22 %	EC/44.5℃
	84 %	16 %	BGLB/44.5℃

Gas(+)/growth     
  Gas(-)/growth

Fig. 1 Comparison of EC/44.5℃ and BGLB/44.5℃ as fecal coliform detection methods.

Fig. 1에서와 같이 分離된 大腸菌群의 BGLB/44.5℃와 EC/44.5℃ 양시험에서 가스 生成率을 比較한 結果 Citrobacter spp를 除外하고 BGLB/44.5℃에서 E. coli는 1.8% Klebsiella spp는 6%씩 각각 높은 結果로 나타났다. 이것은 各本 浩一의 實驗 結果<sup>10)</sup>와 거의 差異가 없었으며 BGLB/44.5℃법도 分변계 大腸菌군 檢出 試驗에 適合한 結果로 思料된다.

6) 分離된 糞便系 大腸菌群의 抗菌劑 感受性 試驗 結果

分離된 大腸菌群은 大部分의 항균제에 감수성이 있으나 Bacitracin, Carbenicillin, Penicillin에는 抵抗性 있는걸로 나타나 이들 藥劑에는 耐性 R-plasmid를 가진 걸로 推測된다.

7) E. coli의 血清學的 試驗 結果

E. coli의 血清型은 腸內 病因性 大腸菌의 특징과 一致하진 않으나 密接한 關係가 있다는 報告에 따라 본 실험은 行해졌다. 그 結果는 Table. 6과 같다.

Table. 6 Serotype of E. coli isolated from human feces and mountain water.

Serogroup	Containing serotypes	No of culture	
		Feces (38)	Mountain water
OK Poly A	* o26 : k60, * o55 : k59 * o111 : k58, * o127 : k63	0	0
OK Poly B	* o86 : k61, * o119 : k69 o124 : k72, ** o125 : k70 * o126 : k71, o128 : k67	2(5.3%)	0
OK Poly C	* o18 : k77, * o20 : k61 o20 : k84, ** o28 : k73 o44 : k74	0	0
OK Poly D	o2 : k56, *** o8 : k25 o9 : k57, o18 : k76	1(2.6%)	0
OK Poly E	* o112 : k68, o113 : k75 * o127 : k65, ** o136 : k78	1(2.6%)	0
Non agglutination		34(89.5%)	19(100%)

\* : EPEC(entropathogenic E. coli)

\*\* : EIEC(entroinvasive E. coli)

\*\*\* : ETEC(entrotoxicogenic E. coli)

Table. 6에서와 같이 人糞에서 분리된 E. coli의 10.5%가 病原性 大腸菌으로 나타났고 藥水에서 分離된 E. coli 19주에서는 病原性 大腸菌이 檢出되지 않아 市內 일원의 약수 중 病原性 大腸菌의 汚染은 나타나지 않았다.



8) 理化學的 試驗 不適合率: 시내 散在 약수터 上半期 88개소 下半期 80개소의 이화학적 시험 결과는 Table. 7과 같다.

Table. 7 Undrinkable rates by physical and chemical tests

No of sample	Items standard	taste	order	color	turbidity	ammonia-N	nitrate-N
		NO <sup>23</sup>	NO	5°	2°	0.5ppm	10ppm
Spring(88)		0	0	0	2(2.2%)	2(2.2%)	0
Autumn(80)		0	0	1(1%)	5(6.3%)	2(2.5%)	0
total(168)		0	0	1	7(4.1%)	4(2.3%)	0

(1) NO : Non Offensive

上半期 下半期 全體 試料 168개소 중 이화학적 要因에 의한 飲用 不適合率은 色度 1개소 (0.6%) 濁度 7개소 (4.1%) 암모니아성 窒素 4개소(2.3%)로 나타나 전체 12개소 (7.1%)로 세균 시험 부 작용에 비해 훨씬 낮았다.

#### IV. 結 論

釜山 市内 散在 藥水터를 1次(4~5월) 88個所, 2次(7~8월) 80個所를 調査 및 實驗한 바 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 30m以内 藥水터 隣接 汚染源의 疫學 調査 結果 全體 88個所 中 23個所(26.1%)가 汚染源과 隣接에 있었다.
2. 全體 藥水터 88個所 中 流水管이 未設置된곳은 8개소(9%)이었으며 集水槽 未設置는 28개소로 나타나 使用者에 의한 2次 汚染 可能性이 尙存했다.
3. 一般 細菌數는 上半期 24.5% 下半期 51.3%가 飲用水 規格 基準를 超過했다.
4. 大腸菌群은 上半期 34% 下半期 66% 各各 飲用水 規格 基準에 不適合했다.
5. 理化學的 試驗(Ammonia-N의 5개 項目)結果 全體 168개소중 12개소(7.1%)가 음용수 規格 기준을 超過했다.
6. 上記 3項目이 取合된 飲用 不適合 件數는 上半기 33개소(37.5%) 下半기 54개소(67.5%) 全體 87건(51.7%)로 나타났다.
7. 糞便系 大腸菌群 檢出에 대한 大腸菌群 檢出 比率은 上 下半期 全體 平均 3.1%로 나타났다.
8. 人糞에서 分離한 大腸菌群은 E. coli, K. oxytoca, C. freudii順으로 많았고 水原에서 分離한 大腸菌群은 E. coli, E. aerogenes, C. deversus順으로 많이 檢出되었다.

9. 分離된 糞便系 大腸菌群의 BGLB/44.5℃法과 EC/44.5℃法の Cross 培養 結果 BGLB/44.5℃法도 分변계 大腸菌群 檢出 試驗에 適合하다고 思料된다.
10. 分離된 分변계 大腸菌群의 항생제 감수성 시험 結果 Bacitracin, Carbencillin, Penicillin제를 제외한 거의 모든 항균제에 感受性이 있는 結果로 나타났다.
11. 藥水에서 分離된 E. coli의 血清學的 試驗 結果 病原性 大腸菌은 檢출되지 않았다.
12. 大腸菌群의 넓은 菌種 포함으로 糞便 由來 菌種의 보다 精確한 실험방법이 再考되어야 할것로 思料된다.

### 參 考 文 獻

1. 서울특별시 보건 환경 연구소보, 제19권(1983), 시판 생수 및 약수의 성분에 관한 조사
2. 서울특별시 보건 환경 연구소보, 제22권(1986), 동산로변 샘터물의 시계별 오염도 변화에 관한 조사
3. 김용관 외 1명, 부산 시내에 산재하는 몇몇 약수터 약수의 수질, 현수지18(6), 1985.
4. 정갑열 외1명, 부산 일부 동산 지역 음료수원의 수질 상태에 관한 조사, 부산 의대 잡지 제21권 제6호, 1985.
5. 서울특별시 보건 환경 연구소보, 제22권(1986), 서울시 일원 약수의 위생학적 조사
6. 부산 전문 대학 논문집 제12집(1989), 부산 시내 일부 약수터 약수의 Microflora.
7. 渡部 一仁 외 4인, 微生物を 生物 指標とした 淀川 水系の水質 調査, 日本 公衛誌 第28권 第28호
8. 角野 匡 외 1인, 食品 環境 および 糞便 由來 大腸菌に, ついて, 日本 公衛誌 第33권 第8호
9. いわゆる 大腸菌群の菌種 同定 システム API 20ECの評価, 日本 食衛誌 Vol 28 No 2.
10. Marcel Dekker inc, New method for indicator organisms, 1st Basic symposium series, 1986.
11. 各本 浩一 외1인, 環境 水域に おける 糞便性 大腸菌群に 關する 研究, 日本 公衛誌 第31권 第5호
12. 都留 信也 編著, 微生物と その應用 6, 環境と微生物, 公立 出版, p. 189.
13. 오염 수역과 청정 수역에서 Coliform bacterial plasmids 분포에 관한 연구, 한양 대학교 석사 논문집 1985.