

## 糞便性 汚染細菌類의 淡水 및 海水에 대한 抵抗性

崔 相·金 健 治

韓國科學技術研究所·水產資源研究室

### THE EFFECT OF SEAWATER CONCENTRATION OF THE SURVIVAL OF FECAL POLLUTION BACTERIA

*Sang Choe and Geon Chee Kim*

Fishery Resources Lab., Korea Institute of Science and Technology, Seoul, Korea

#### ABSTRACT

The effect of fresh water and various concentrations of aged seawater on the survival of fecal pollution bacteria, *Escherichia coli*, type I, *Aerobacter aerogenes*, type I, and *Streptococcus faecalis* type were determined. Survivals of bacteria were measured by the membrane filter technique. Three species of bacteria indicate more tolerance in fresh water than in seawater. After 14-day incubation in fresh water, survival rates of bacteria were 90% with *E. coli*, 20% with *A. aerogenes*, and 0.6% with *Str. faecalis*. However, the survival rate of fecal pollution bacteria decreases as the concentration of seawater is increased. Generally, the death rate of *E. coli* is least affected by concentration of seawater. *A. aerogenes* is eliminated more rapidly with higher concentration of seawater, while *Str. faecalis* marks rather slight variation of elimination in various concentrations of seawater. In 100-percent seawater (Cl 18.1‰), the days required for 99.9% elimination of bacteria were 4.5 days with *A. aerogenes*, and 6.5 days with *E. coli* and *Str. faecalis*.

#### 머 리 말

地上의 각 河川水系는 적지않은 細菌類에 의한 汚染을 받고 있어, 이것은 우리의 環境衛生 또는 保健衛生面에서 큰 關心事가 될 뿐 아니라 이것들은 결국 海域으로 流入되어 이곳에 棲息하는 각종 沿岸水族을 汚染하여 우리의 食品衛生面에서도 많은 注意를 喚起시키고 있다.

環境水の 細菌汚染에는 여러가지가 있으나 여기서는 糞便性 汚染細菌에만 限定한다. 環境水에 混入되는 糞便性 汚染細菌에는 大腸菌群, 大腸菌 및 腸球菌 등이 있으며, 이것은 우리나라의 河川水에도 적지않은 量이 出現하고 있으며 (崔·金, 1970), 특히 都市廢水의 注入이 많은 곳에서는 이것들에 의한 汚染이 甚大할 것이 豫想된다. 그러나 이러한 細菌들은 淡水 및 海水에서 由來되는

것이 아니므로, 淡水域에 있어서 또는 海域으로 流入된 後의 動態가 매우 興味롭다.

糞便性 汚染細菌類의 淡水 및 海水에 대한 抵抗性에 관한 研究는 그다지 많지 않다. 이것들에 는 Carlucci and Pramer (1960)의 大腸菌의 海水濃度에 대한 抵抗性에 관한 研究, 堀江 (1960)의 大腸菌群과 腸球菌의 糞물, 海水 및 下水에 있어서의 生存 및 發育能에 관한 研究, Hanes and Fragala (1967)의 大腸菌群, 大腸菌 및 腸球菌의 海水濃度에 대한 抵抗性에 관한 研究 등이 알려져 있을 정도이고, 이것들의 淡水 및 海水에 대한 抵抗性은 아직 明白하지 않은 것 같다.

우리는 우리나라 河川水系의 糞便性 汚染細菌類의 出現狀況을 調査하고 있으나 이 調査의 一環으로서 우리나라의 河川水系에서 分離한 糞便性 汚染細菌類 (*Escherichia coli* I型, *Aerobacter*

*aerogenes* I型 및 *Streptococcus faecalis*型 등)의  
담수와 각종 海水濃도에 대한 抵抗力을 調査하  
였으며, 여기에 그結果에 대해서 報告한다.

### 材料 및 方法

**海水**—使用된 海水는 1970年 2月初旬 仁川  
外港에서 採取하여 약 80日間 常溫에서 貯藏한  
것이며, 使用直前に Glass Filter로 懸濁物質을 除  
去하고, 糞便性 汚染細菌類가 陰性인 것을 確認  
하여 使用하였으며, 原海水의 鹽素量(以下 Cl로  
略記함)은 18.07%이었다.

**希釋水**—原海水를 希釋하여 각종 鹽分濃度の  
試水를 만드는 希釋水는 韓國科學技術研究所의  
構內에 있는 井水를 使用하였으며, 이것에는 다  
소의 大腸菌群이 나타나고 있으므로 15 Lbs, 20  
分間 加壓滅菌한 다음 使用하였다.

**試水の 調製**—上記의 原海水와 希釋水를 使  
用하여 0, 25, 50, 75 및 100%의 海水溶液을 만  
들었으며, 그鹽素量은 각각 0, 4.5, 9.0, 13.5 및  
18.1%이었다.

**供試菌種**—糞便性 汚染細菌의 菌株는 모두  
우리나라의 河口域과 沿岸水域에서 分離 培養하  
여 保存한 것들이며, *Escherichia coli* I型和 *Streptococcus faecalis*型은 1970年 1월에 洛東江 河口  
에서 分離하였고, *Aerobacter aerogenes* I型은 19  
70年 2월에 莞島의 海苔漁場에서 分離하였다. 이  
것들은 모두 現場에서 分離하여 實驗室에서 繼代  
培養하여 純粹하게 保存한 것들이다.

**菌株의 接種**—*E. coli* I型和 *A. aerogenes* I型  
은 Nutrient Broth (Beef Ext. 0.5%, Peptone  
1%, NaCl 0.5%)에서 24時間 培養하여 增殖시  
킨 後에, *Streptococcus faecalis*型은 Yeast Dextrose  
Broth (Polypeptone 1%, Yeast Ext. 0.3%, Dex-  
trose 1%, NaCl 0.5%)에서 48時間 培養하여 增  
殖시킨 後에, 각각 遠心分離하여 沈澱物을 取하여  
滅菌한 0.85% 生理食鹽水 200ml에 懸濁시킨것  
을 接種菌의 原液으로 하였으며, 이것을 각 海水  
濃度別 試水 2,000ml에 1ml씩 添加하였다. 鹽  
分濃도가 없는 淡水의 試水는 希釋水를 그대로  
使用하였다.

**菌數의 測定**—上記의 각종 試水를 22~25°C

의 室溫에 保存하면서 각 細菌類의 生存菌數의  
經時變化를 Millipore Filter法 (Standard Methods,  
1965)에 의해서 調査하였다. 使用한 Millipore  
Filter는 pore size 0.45 $\mu$ , HA型, 直徑 47mm이었  
고, *E. coli* I型和 *A. aerogenes* I型은 M-Endo培  
地에서 *Str. faecalis*型은 M-Enterococcus Agar培  
地에서 각각 培養하여 生存細菌數를 測定하였으  
며, 調査結果는 모두 2회씩 測定한 平均値로 나  
타냈다.

### 結 果

#### 1. *Escherichia coli* I型

담수와 각 鹽分濃度 海水에 있어서 21日間에  
걸쳐 이루어진 *E. coli* I型의 生存率曲線은 第1圖  
와 같다. *E. coli* I型은 淡水에서는 약 12日間に  
걸쳐 오히려 약간의 增殖現象이 나타나 接種 8  
~9日後에 最高 약 20%정도의 增殖이 있는 後에  
死滅하기 시작한다.

이것에 대해 각종 鹽分濃度 海水에서는 接種  
2~3日後부터 顯著的한 死滅이 일어나 大體적으로  
각 鹽分濃度에서 비슷한 傾向으로 生菌數의 減少  
가 일어난다. 그러나 海水의 鹽分濃도가 높을 수  
록 生存率이 적어지며, 따라서 鹽分濃度の 增加  
에 따라 *E. coli* I型의 抵抗力이 적어지는 것을  
알수 있다.

*E. coli* I型의 50%死滅 所要日數는 Cl 4.5~  
18.1%에서 1.4~2.7日이고, 90%死滅의 경우는  
2.4~3.7日, 99%死滅에는 Cl 4.5%에서 약 11日  
Cl 9.0%에서 약 8.6日, Cl 13.5%에서 약 5日,  
Cl 18.1%에서 약 3.8日이 된다. 이와같이 *E. coli*  
I型은 淡水에서는 相當한 期日동안 生存하지만  
海水의 鹽分濃도가 높을수록 빠른 死滅經過를 밟  
게 된다.

#### 2. *Aerobacter aerogenes* I型

담수와 각 鹽分濃度 海水에 있어서 17日間に  
걸쳐 이루어진 *A. aerogenes* I型의 生存率曲線은  
第2圖와 같다.

*A. aerogenes* I型은 淡水에서도 漸次的으로 死  
滅現象이 나타나고, 각종 鹽分濃度の 海水에서는  
淡水에서 보다 한층 더 顯著的한 死滅이 일어나고  
있으나, Cl 4.5%의 海水에서는 接種後 1~2日間

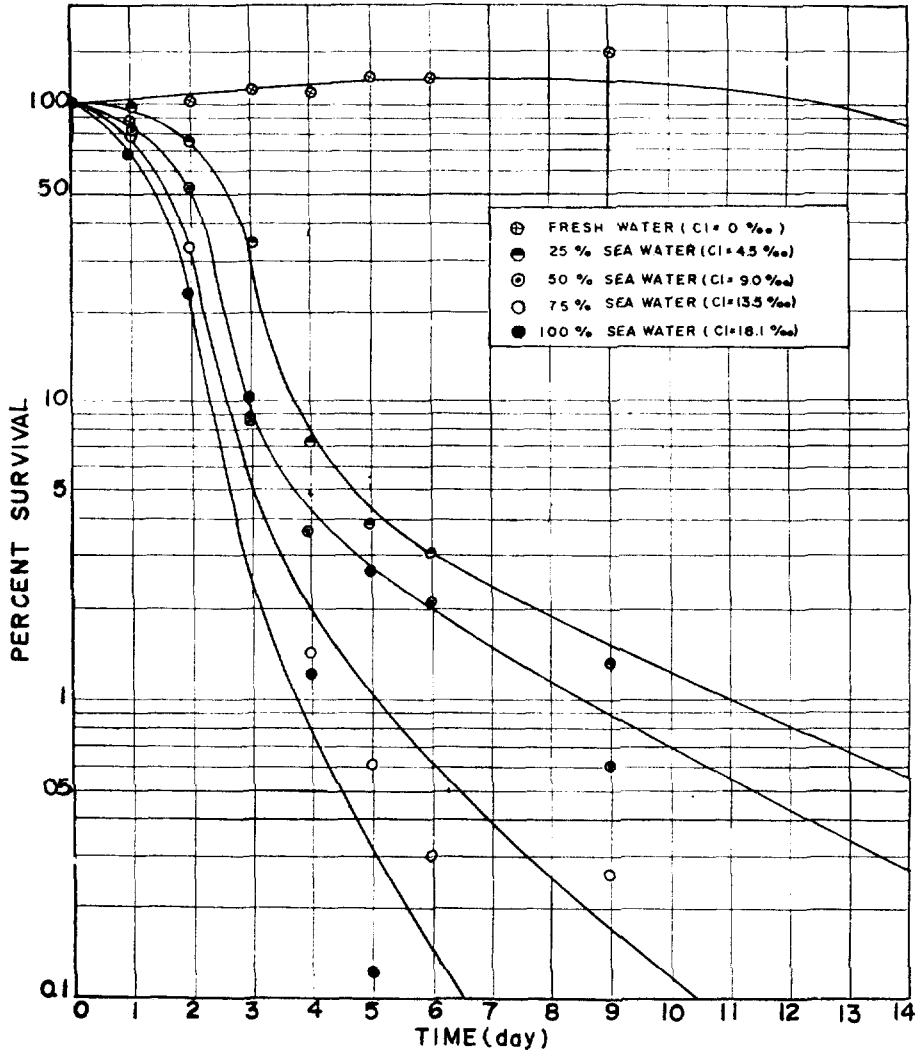


Fig. 1. Survival curves for *Escherichia coli*, type 1, in fresh water and various concentrations of seawater.

에는 약간의 增殖現象이 일어나 그 以後에 死滅하기 시작한다.

각종 鹽分濃度の 海水에 있어서의 死滅傾向은 거의 비슷하나 특히 Cl 9.0‰ 以上の 海水에 있어서의 死滅速度가 큰것이 注目된다.

*A. aerogenes* I型的의 50% 死滅 所要日數는 Cl 4.5‰의 약 3.2日을 除外하면 淡水와 각 鹽分濃度 海水에서 1.0~1.9日이 되고, 90% 死滅 所要日數는 Cl 4.5‰에서 약 5.6日, Cl 9.0‰에서 약 3日, Cl 13.5‰에서 약 2.5日, Cl 18.1‰에서 약 2日이 된다. 그리고 99% 死滅 所要日數는 Cl 4.5‰에서 약 9.3日, Cl 9.0‰에서 약 4.6日, Cl

13.5‰에서 약 3.8日, Cl 18.1‰에서 약 3日이 된다.

한편 淡水에서는 實驗期間 17日間을 통해서 약 15%가 生存하였으나 *A. aerogenes* I型도 鹽分濃度가 增加함에 따라 生存率이 減少된다.

### 3. *Streptococcus faecalis* 型

淡水와 각 鹽分濃度 海水에 있어서 15日間에 걸쳐 이루어진 *Str. faecalis* 型的의 生存率曲線은 第3圖와 같다.

*Str. faecalis* 型은 淡水에서도 比較的 빠른 死滅이 일어나고, 각 鹽分濃度の 海水에서는 淡水에서 보다 한층 더 顯著的한 死滅現象이 일어난다.

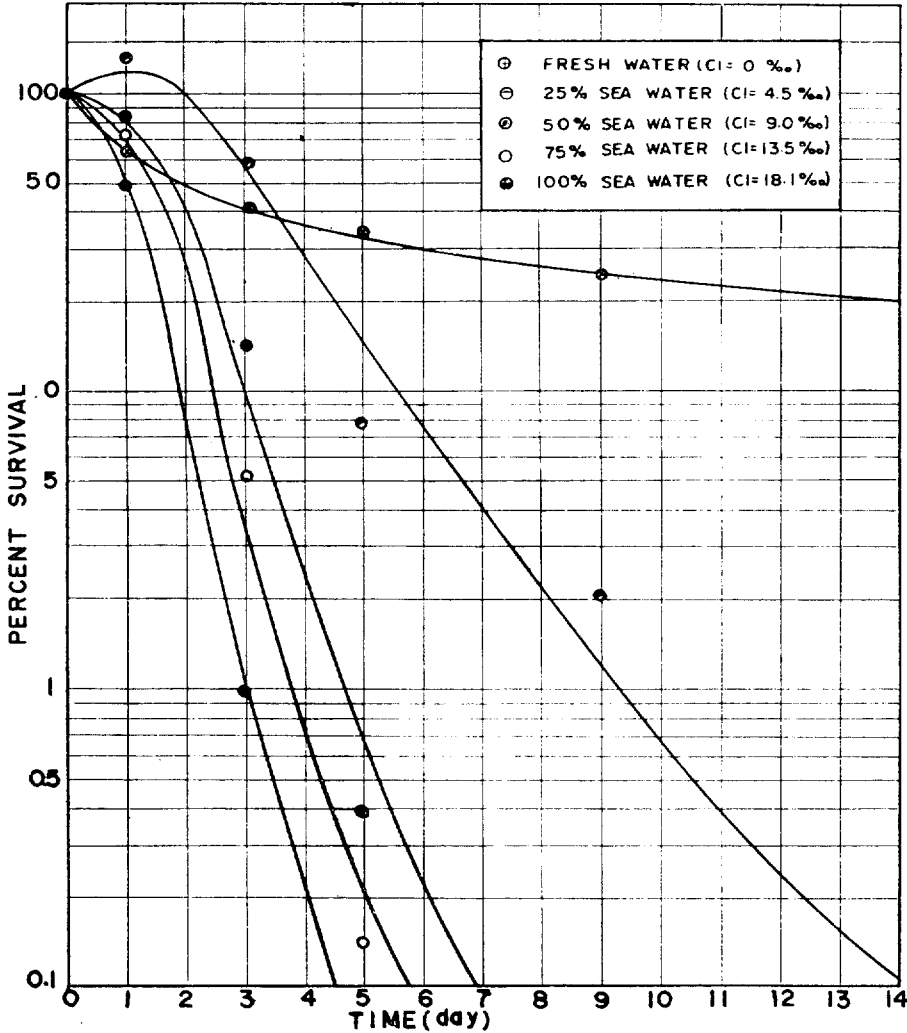


Fig. 2. Survival curves for *Aerobacter aerogenes*, type I, in fresh water and various concentrations of seawater.

海水에서의 死滅速度는 Cl 4.5‰에서는 약간 遲延되나 Cl 9.0‰ 以上の 海水에서는 거의 비슷한 速度로 死滅하고, *Str. faecalis* 型은 특히 Cl 9.0‰ 以上の 海水에 대한 抵抗性이 적은 것이 注目된다.

*Str. faecalis* 型の 50%死滅 所要日數는 淡水에서 3.2日, Cl 4.5‰ 以上の 海水에서 0.7~1.0日이며, 90%死滅의 경우 淡水에서 약 8日이고 Cl 4.5‰ 以上の 海水에서는 2.4~3.0日이었다. 또 99%死滅 所要日數는 淡水에서 약 13日, Cl 4.5‰에서 약 5.7日, Cl 9.0‰ 以上の 海水에서 약 4.5日이 되며, *Str. faecalis* 型도 鹽分濃度가 增加됨

에 따라 生存率이 적어지나 Cl 9.0‰ 以上の 海水에서는 거의 差異가 없는 것이 特徵이다.

#### 4. 各 鹽分濃度 海水에 있어서의 糞便性 汚染細菌의 抵抗性 比較

淡水와 각 鹽分濃度 海水에 있어서의 *E. coli* I型, *A. aerogenes* I型 및 *Str. faecalis* 型の 生存率曲線은 각각 第4~8圖와 같다.

淡水에 있어서는 實驗期間 14日에 걸쳐 *E. coli* I型은 약 90%, *A. aerogenes* I型은 약 20%, *Str. faecalis* 型은 약 0.6%가 살아남아, *E. coli* I型이 가장 強한 抵抗性을 보여주고, 다음이 *A. aerogenes* I型이며, *Str. faecalis* 型이 가장 弱한 抵抗

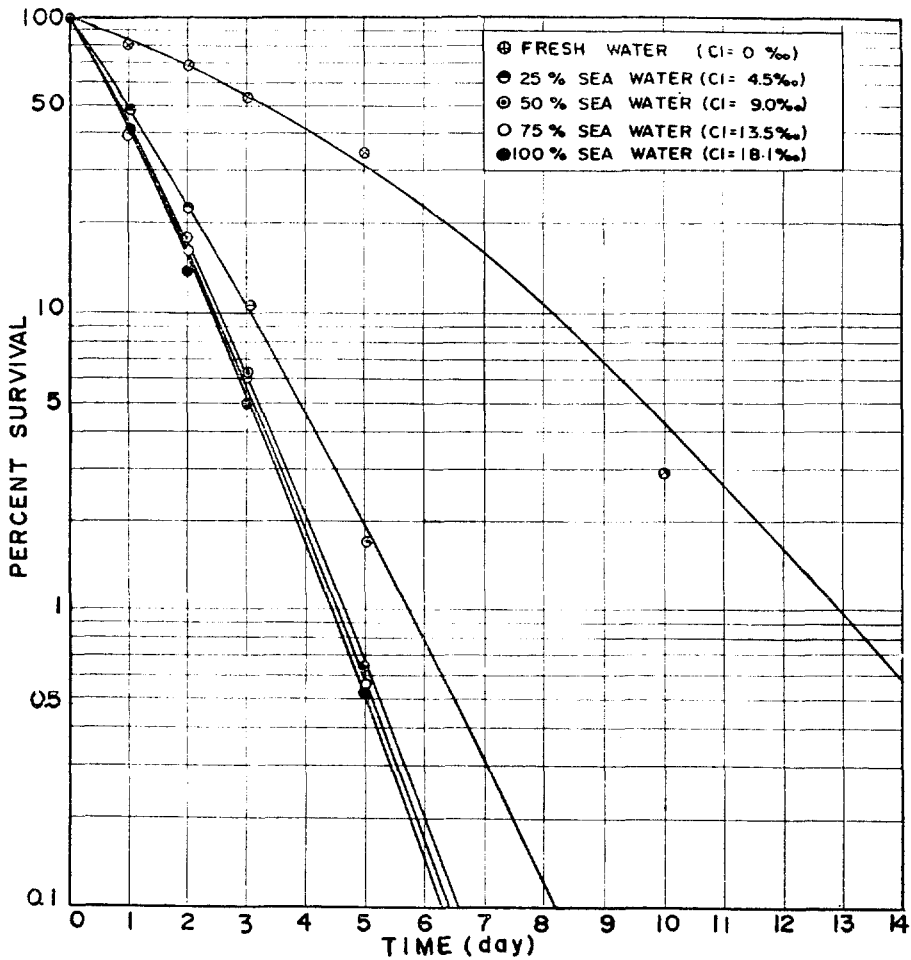


Fig. 3. Survival curves for *Streptococcus faecalis* type in fresh water and various concentrations of seawater.

성을 보여주고 있다.

CI 4.5‰의 海水에 있어서는 약 8日頃까지는 *A. aerogenes* I型이 가장 抵抗性이 強하고, 다음이 *E. coli* I型, *Str. faecalis*型이 가장 弱한 抵抗性을 보여주고 있으나 그 以後의 經過를 보면 淡水에서와 같이 *E. coli* I型 > *A. aerogenes* I型 > *Str. faecalis*型의 順序로 抵抗性이 바뀌어 진다.

CI 9.0‰의 海水에 있어서는 약 3日頃까지는 *E. coli* I型和 *A. aerogenes* I型の 抵抗性이 비슷하고 *Str. faecalis*型이 弱한 抵抗性을 나타내고 있으나 그 以後는 *A. aerogenes* I型的 抵抗性이 激減되어 *Str. faecalis*型의 그것과 비슷하게 되는 데에 비해 *E. coli* I型的 抵抗性이 相對的으로 크게 나타나고 있다.

그리고 CI 13.5‰ 以上の 海水에 있어서는 *E. coli* I型的 抵抗性이 크게 나타나는 反面에 *A. aerogenes* I型的 抵抗性이 한층 弱化되는 것이 뚜렷하게 나타나고 있고, 細菌의 種類에 따라서 海水의 鹽分濃度에 대한 抵抗性이 각각 틀리는 事實을 보여주고 있다.

이리하여 3種類의 糞便性 汚染細菌의 淡水 및 각 鹽分濃度 海水에 대한 抵抗性을 總體的으로 比較하면 淡水에서는 *E. coli* I型이 월등하게 強한 抵抗性을 보여주고, 다음이 *A. aerogenes* I型이며, *Str. faecalis*型이 가장 弱한 抵抗性을 나타내며, 海水에서는 다소 樣相이 바뀌어져 大體的으로 *E. coli* I型이 각 鹽分濃度의 海水에 대해서 強한 抵抗性을 나타내는 것은 틀림이 없으나 鹽

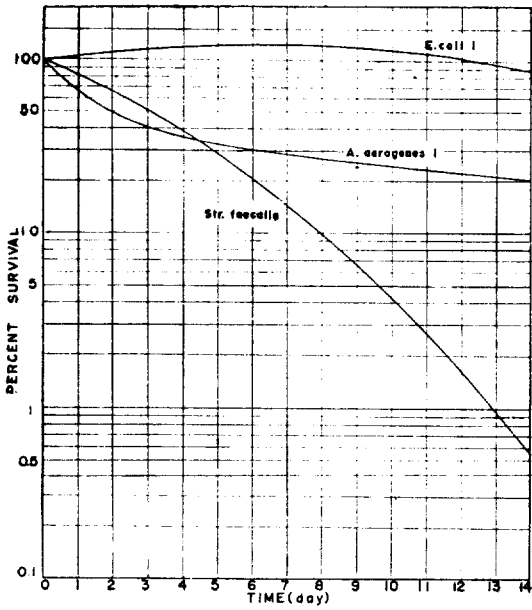


Fig. 4. Survival curves for *Escherichia coli*, type I, *Aerobacter aerogenes*, type I, and *Streptococcus faecalis* type in fresh water.

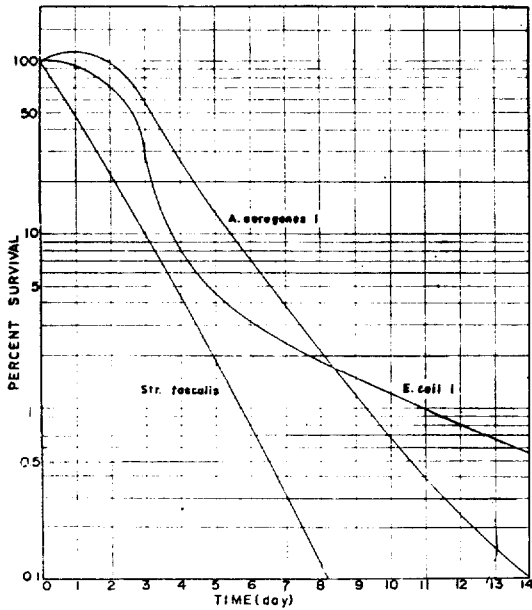


Fig. 5. Survival curves for *Escherichia coli*, type I, *Aerobacter aerogenes*, type I, and *Streptococcus faecalis* type in 25-percent seawater(Cl 4.5%).

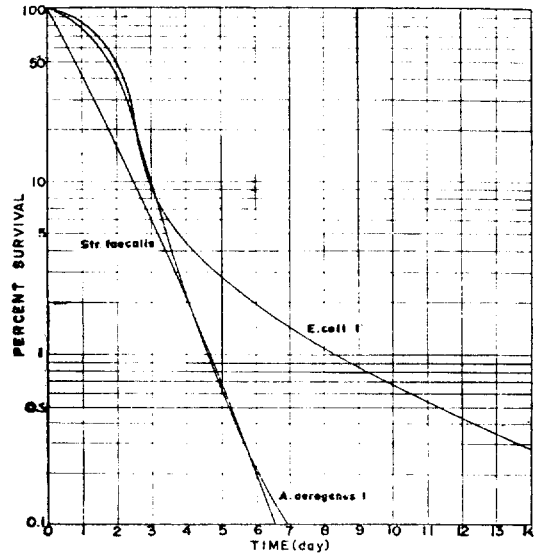


Fig. 6. Survival curves for *Escherichia coli*, type I, *Aerobacter aerogenes*, type I, and *Streptococcus faecalis* type in 50-percent seawater (Cl 9.0 %).

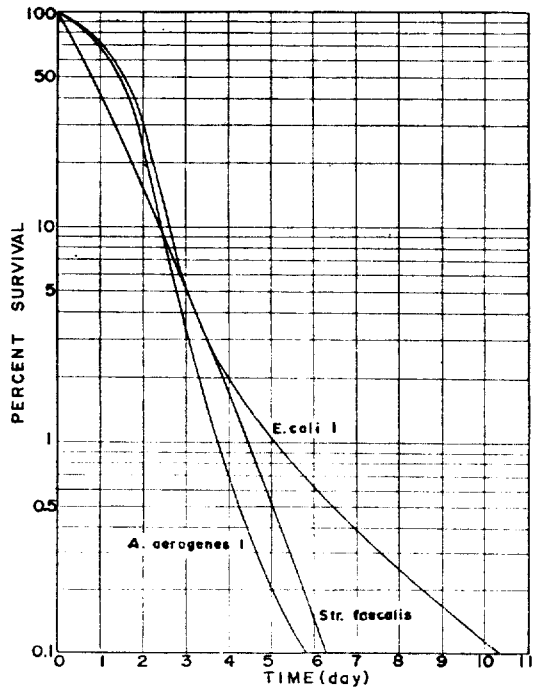


Fig. 7. Survival curves for *Escherichia coli*, type I, *Aerobacter aerogenes*, type I, and *Streptococcus faecalis* type in 75-percent seawater (Cl 13.5%).

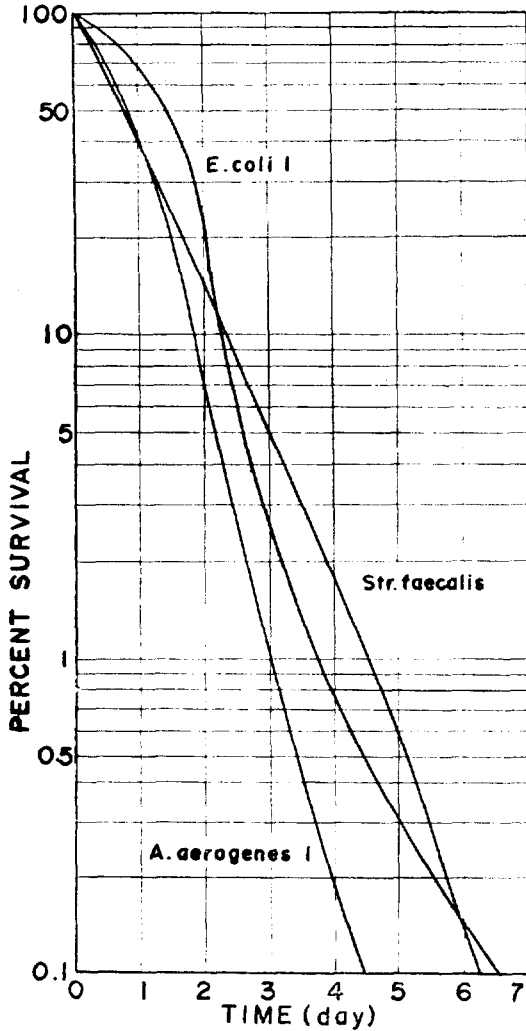


Fig. 8. Survival curves for *Escherichia coli*, type I, *Aerobacter aerogenes*, type I, and *Streptococcus faecalis* type in 100-percent seawater (Cl 18.1%).

分濃度가 커짐에 따라 *A. aerogenes* I 型의 抵抗性이 激減하는 反面에 *Str. faecalis* 型은 각종 鹽分濃度에 대한 抵抗性에 큰 變化가 일어나지 않고 있다.

第8圖에 의하면 우리나라 沿岸水의 鹽分濃度인 Cl 18.1%에서는 *A. aerogenes* I 型은 4.5日에 또 *E. coli* I 型과 *Str. faecalis* 型은 6.5日前後에 流入된 細菌數의 99.9%가 死滅하는 結果를 보여 주고 있다.

考 察

우리나라의 環境衛生狀況의 實態로 보아 各 河川水域 및 沿岸海域에는 적지않은 糞便性 汚染細菌의 汚染이 있을 것이 豫想되고, 事實 漢江의 中流地域에서도 相當量의 汚染細菌이 檢出되고 있다 (崔·金, 1970). 이러한 細菌類가 陸水 및 海水域에 流入될 때 그 顛末이 어떻게 되는가 하는 問題는 매우 興味있는 課題이고, 이것은 또 여러 面으로 重要한 意義를 갖는 것이라고 할수 있다.

각종 生物은 각기 그것들이 要求하는 最適의 生活環境이 있고, 그것이 充足되지 못할 경우에는 조만간 死滅될 것이 豫想된다. 여기서는 代表的인 糞便性 汚染細菌類의 淡水 및 각종 鹽分濃度에 대한 抵抗性을 調査하여 이것들이 陸水 및 海水域에 流入되었을 때의 經過를 알아보기로 하였다.

第1~8圖를 통해서 구한 *E. coli* I 型, *A. aerogenes* I 型 및 *Str. faecalis* 型의 淡水 및 各 鹽分濃度 海水에 있어서의 致死日數는 第1表와 같다.

Table 1. Days responsible for each percent elimination.

Sea Water Conc. (%)	Chlorinity (‰)	Bacteria	Elimination (%)				
			50	90	95	99	99.9
0	0	<i>Escherichia coli</i> , type I	17.3	23	>21	>21	>21
		<i>Aerobacter aerogenes</i> , type I	1.9	>17	>17	>17	>17
		<i>Streptococcus faecalis</i> type	3.2	8.1	9.7	12.9	16.7
25	4.5	<i>E. coli</i> , type I	2.7	3.7	4.7	11.0	20.2
		<i>A. aerogenes</i> , type I	3.2	5.6	6.6	9.3	14.1
		<i>Str. faecalis</i> type	0.9	3.0	3.9	5.7	8.3
50	9.0	<i>E. coli</i> , type I	2.0	2.9	3.8	8.6	17.4
		<i>A. aerogenes</i> , type I	1.8	3.0	3.5	4.6	6.9
		<i>Str. faecalis</i> type	0.8	2.5	3.2	4.7	6.6
75	13.5	<i>E. coli</i> , type I	1.6	2.6	3.1	5.1	10.5
		<i>A. aerogenes</i> , type I	1.4	2.5	2.8	3.8	5.8
		<i>Str. faecalis</i> type	0.8	2.5	3.1	4.5	6.4
100	18.1	<i>E. coli</i> , type I	1.4	2.4	2.7	3.8	6.5
		<i>A. aerogenes</i> , type I	1.0	1.9	2.3	3.1	4.5
		<i>Str. faecalis</i> type	0.7	2.4	3.0	4.4	6.2

3種의 汚染細菌은 大體的으로 淡水에 있어서는 比較的 強한 抵抗性을 보여주고 있으나 鹽分濃度가 클수록 汚染細菌類의 抵抗性은 顯著하게 적어진다. 그러나 3種類의 汚染細菌은 鹽分濃度에 따라 각기 相異한 抵抗性을 보여주고 있고, *E. coli* I型은 淡水 및 각 鹽分濃度 海水에 있어서 總體的으로 強한 抵抗性을 나타내고 있는가 하면 *A. aerogenes* I型은 Cl 4.5‰의 低鹽分濃度에서는 比較的 強한 抵抗性을 보여주나 그以上の 鹽分濃度 海水에서는 抵抗性이 激減되는 特異性을 보여주고 있고, 또 *Str. faecalis*型은 鹽分濃度增加에 따른 抵抗性의 變化가 거의없는 特性을 보여주고 있다.

이러한 結果를 綜合해 볼때 3種類의 汚染細菌의 淡水 및 海水에 대한 抵抗性은 *E. coli* I型이 가장 크고, *A. aerogenes* I型은 淡水와 Cl 9.0‰까지의 低鹽分濃度海水에서는 *Str. faecalis*型보다 큰 抵抗性을 보이나 그以上の 鹽分濃度 海水에서는 *Str. faecalis*型보다 弱한 抵抗性을 나타낸다.

Carlucci and Pramer(1960)는 각 鹽分濃度에 있어서의 *E. coli*의 48時間後의 生存率은 淡水에서 59.9%, 25%海水에서 74.5%, 50%海水에서 34.6%, 75%海水에서 22.5%, 100%海水에서 8.2%이었다고 報告하고 있으나 이것은 25%海水의 結果를 除外하고는 많은 差異가 있다.

淡水에 있어서는 實驗期間 14日間에 걸쳐 *E. coli* I型은 약 90%, *A. aerogenes* I型은 약 20%, *Str. faecalis*型은 약 0.6%가 生存하였으나, 堀江(1960)은 淡水에서 *E. coli*는 90日, *A. aerogenes*는 255日이나 生存한다는 것을 報告하고 있다. 그리고 Cl 18.1‰의 沿岸性 海水濃度에서는 *E. coli* I型은 약 6.5日, *Str. faecalis*型은 약 6.2日 *A. aerogenes* I型은 4.5日만에 99.9%의 細菌이 死滅하게 되어, 海域으로 流入된 汚染性 細菌들은 조만간에 모두 死滅된다고 보아도 무방할것 같다.

### 要 約

*Escherichia coli* I型, *Aerobacter aerogenes* I型

및 *Streptococcus faecalis*型 등 3種의 糞便性 汚染細菌의 淡水 및 각 鹽分濃度 海水에 대한 抵抗性은 다음과 같다.

1. 3種의 汚染細菌은 大體的으로 淡水에 있어서는 比較的 強한 抵抗性을 나타내며, 14日間을 통해서 *E. coli* I型은 90%, *A. aerogenes* I型은 20%, *Str. faecalis*型은 0.6%가 生存한다.

2. 이것들은 海水에서는 顯著하게 抵抗性이 低落되고, 鹽分濃度가 클수록 汚染細菌類의 抵抗性은 低下된다.

3. 總體的으로 *E. coli* I型은 淡水 및 각 鹽分濃度 海水에서 比較的 큰 抵抗性을 나타내고, *A. aerogenes* I型은 Cl 9.0‰까지의 低鹽分濃度 海水에서는 *Str. faecalis*型보다 큰 抵抗性을 나타내나 그以上の 鹽分濃度에서는 *Str. faecalis*型보다 弱한 抵抗性을 나타낸다. *Str. faecalis*型은 鹽分濃度의 變化에 따른 抵抗性의 差異가 거의 없다.

4. Cl 18.1‰의 海水에서는 *A. aerogenes* I型은 약 4.5日, *E. coli* I型과 *Str. faecalis*型은 약 6.5日後에 99.9%가 死滅한다.

### 參 考 文 獻

- American Public Health Association. 1965. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 12th ed., pp. 610~615.
- Carlucci, A. F., and D. Pramer. 1960. An evaluation of factors affecting the survival of *Escherichia coli* in sea water. II. Salinity, pH, and nutrients. *Appl. Microbiol.*, 8, 247-250.
- 崔 相·金健治. 1970. 衣岩岬 下流水域의 糞便性 汚染細菌의 分布. *韓國海洋學會誌*, 5, 59-64.
- Hanes, N. B., and R. Fragala. 1967. Effect of seawater concentration of survival of indicator bacteria. *J. Water Pollution Cont. Fed.*, 39, 97-101.
- 堀江 進. 1960. 飲食品의 汚染指標としての 腸球菌に關する研究—IX. 水, 食品における 腸球菌의 生存能ならびに 發育能. *日本水產學會誌*, 26, 614-622.