

清溪川 및 中浪川の 突然變異原性 調査

金 永 煥

高麗大學校 併設保健專門大學 衛生科

Study on Mutagenicity of the Water from Chung-ye and Joong-rang Streams

Young-Whan Kim

*Dept. of Sanitation, Junior College of Public Health and Medical
Technology, Korea University, Seoul Korea*

Abstract

This paper is examine the mutagenic activities of the water samples from Chun-gye and Joong-rang streams in March, 1968. For this examination, adsorbed of mutagens by "blue cotton" and Ames method using *Salmonella typhimurium* was used.

The results were as follow;

1. The average revertant colonies of the Chun-gye stream on TA 98 was 120/plate and TA 100 was 267/plate.
2. The average revertant colonies of the Joong-rang stream on TA 98 was 106/plate and TA 100 was 407/plate.
3. Chun-gye and Joong-range streams showed about the same mutagenic activities.
4. The mutagenic activity of treated sewage was higher than of untreated sewage. It is considered that, among the influent materials with Zimpro oxidation fluid, human feces and urine increased mutagenic activities.

I. 緒 論

第二次 世界大戰 이후 급속한 鑛工業의 發
達과 함께 많은 數의 化學物質이 개발되어 多

量生産과 消費가 併行되었으며 그 結果 人間
生活의 필요로움을 增大시켜 왔다.

그러나 最近 多種多樣한 化學物質이 大氣,
물 그리고 土壤과 같은 自然環境중에 방출된

후 生態學的 순환속에 포함되어 生物圈에서 복잡하게 變化하는 結果를 초래하는 동시에 人體에 악영향을 미치는 因子로서 나타나게 되었다.¹⁾

1975年 美國의 環境保護廳에 의하면 高度의 分析 技術能力에 힘입어 上水原水에서 400種 이상의 有機化合物을 分離하였으며 그중 235種의 物質이 上水에 존재하고 있음을 확인 하였고 이중 30여종이 突然變異原性을 갖고 있는 것으로 美國癌研究所에서 報告한 바 있다.²⁾

한편 環境중에 存在하는 化學物質이 生體에 미치는 作用을 突然變異原性의 관점에서 최근 에 활발한 論議가 進行되고 있으며 이와같은 이유는 自然環境에 존재하는 일부의 化學物質이 癌, 突然變異, 肺型을 유발하는 原因이 되고 있음이 밝혀졌고 특히 突然變異原성과 發癌性의 相關이 매우 높은 것으로 이미 확인 되었기 때문이다.³⁾

그러므로 經濟적으로나 時間적으로 매우 어려운 發癌原性의 확인대신에 短時間에 검출이 가능한 突然變異原性 實驗을 통하여 發癌原性의 有無를 추정하고자 하는 노력이 각 나라에서 실시되고 있다.⁴⁾

우리나라의 경우에도 1985年 4月 1日 國立保健院 예규 제 267 호로서 醫藥品 등의 特殊毒性試驗方法⁵⁾에서 몇가지 突然變異 검사법이 명시되어 있으나 활발한 實驗報告는 찾을 수 없다.

한편 水質汚染과 관련된 突然變異原性實驗은 現在까지 上水와 河川에 混在하는 化學물질을 Dichloromethane 혹은 XAD-2 resin을 利用하여 分離濃縮 한 후 檢體를 Salmonella의 일부 變異菌株 또는 Ham-

ster와 같은 포유동물 胎兒 細胞에 적용하여 突然變異原性 有無를 확인하는 방법이 1970年 이후 부터 實行되어 왔다.

즉 Somani 등은⁶⁾ Illinois江에 流入되는 支川에 대하여 Grimmkibalo 등⁷⁾을 미국 Iowa州의 음료수에 대하여 Flanagan 등⁸⁾은 Michigan湖에 대한 突然變異活性을 Salmonella typhimurium TA System을 利用하여 調查 報告한 바 있다.

우리나라의 경우 1982年 車등⁹⁾에 의하여 漢江 主要支川의 突然變異原性調查를 실시한 결과 7個 調查對象 下水川 모두에서 突然變異活性을 나타내고 있음을 보고 하였다.

著者は 1983年 Hayatsu 등¹⁰⁾에 의하여 새로이 개발된 Cotton bearing trisulfo-copper-phthalocyanine(Blue Cotton)에 의한 突然變異原性物質의 吸着方法을 利用하여 서울시內 淸溪川과 中浪川에 대한 突然變異原性 및 下水處理과정에서의 變化를 관찰하기 위하여 1986年 3月에 조사를 실시하여 그 結果를 보고하고자 한다.

II. 調查對象 및 方法

1. 調查對象

淸溪川과 中浪川을 대상으로 하였으며 調查地點은 서울特別市 綜合終末處理場에 流入되는 生下水와 處理場內 一次 沈澱池, 曝氣槽, 最終沈澱池 그리고 最終沈澱池流出水를 對象으로 하였다.

2. 實驗方法

① 突然變異原性物質의 吸着과 濃縮 · 日本住友化學工業株式會社에서 製造한 Blue

Cotton 1.0 g을 그물망에 넣고 調査地點의 下水속에 24時間넣어 突然變異原性物質을 吸着시켰다. 實驗室 내에서 吸着된 Blue Cotton을 2次 증류수로 씻은 다음 삼각 후라스크에 넣어 Methanolammonia (50:1)의 混液으로 30분간 진탕하면서 突然變異原性物質을 抽出하였다.¹¹⁾

다음에 Methanol-ammonia를 증류하여 그 잔류물을 DMSO (Dimethyl Sulfoxide) 0.1 ml로 용해한 후 다음과 같이 Ames test를 실시하였다.¹²⁾

② 突然變異原性實驗

實驗菌株: Salmonella typhimurium LT-2의 frame shift mutant인 Salmonella typhimurium TA 98과 base substitute mutant인 TA 100을 사용하였다.

S-9mix의 造製: Rat liver enzyme inducator로서 PCB를 사용하였으며 Sprague-Dawley系 雄 Rat에 體重 1kg당 500mg의 PCB를 Corn oil에 용해하여 해부 5日前에 注射하였다. Rat의 肝을 無菌的으로 적출하여 重量의 3배에 해당하는 0.15M KCl 용액을 加한 후 냉각고속원심분리기에서 9,000G 상태로 10분간 원심분리하여 實驗 前까지 -80℃에서 보관하였다. 實驗 直前 NADH, NADPH와 같은 助酵素와 함께 S-9 Mix를 조제하였다. S-9 Mix의 作用과 菌株의 特性을 확인하기 위하여 Sodium azid, Benzo(a) pyrene으로서 Positive control 實驗을 실시하였다.

突然變異原性實驗: Blue cotton으로 分離濃縮된 시료 0.1 ml, S-9mix 0.5 ml, 菌懸濁液 0.1 ml를 昆合하여 37℃에서 20분 배양 후 Histidin과 Biotin이 함유된

Top agar 2.0 ml를 混合하여 미리준비된 Vogel-Bonner agar plate에 부어 고루퍼지게 한 후 37℃에서 48時間 배양하여 Histidin 非要求性 Revertant colony 수를 세었다.

Ⅲ. 調査成績

1. 淸溪川의 突然變異原性 調査

淸溪川의 突然變異原性 實驗結果는 Table 1과 같다.

全體的으로 生下水에 비하여 一次沈澱池에서의 突然變異原性이 큰 比率로 높았으며 一次沈澱池로 부터 曝氣槽, 最終沈澱池까지는 그 變化가 크지 않았다.

平均的으로 볼 때 TA 98의 경우 生下水에 비하여 最終沈澱池의 突然變異原性이 約 3.6배 增加되었으며 TA 100의 경우에는 約 4.7배 增加되었다.

2. 中浪川의 突然變異原性 調査

中浪川의 突然變異原性 實驗結果는 Table 2와 같다. 中浪川 역시 淸溪川의 實驗結果와 비슷하여 生下水에 비하여 一次沈澱池에서 TA 98의 경우 3.3배, TA 100의 경우 2.1배 증가하였다.

一次沈澱池에서 曝氣槽, 2次沈澱池 그리고 각 沈澱池로 부터 混成된 流出水까지의 突然變異原性的 變化는 Fig. 1에서 보는 바와같이 서서히 증가하는 경향을 나타내었다.

淸溪川과 中浪川을 각각 比較하면 生下水의 경우 큰 차이가 없이 거의 비슷하였으며 處理場內에서의 變化 역시 큰 차이를 찾을 수 없었다.

(Table 1) Mutagenicity of the Chun-gye stream and sewage treatment plant. (1986.3)

Experiment	Test strain	Number of reverant colonies			
		Influent	Primary sed. tank	Aeration tank	Secondary sed. tank
1st	TA 98	101	451	349	426
	TA100	203	800	1,588	760
2nd	TA 98	169	262	361	433
	TA100	256	860	1,448	1,384
3th	TA 98	89	—	207	410
	TA100	340	—	1,504	1,610
Mean	TA 98	120	356	306	435
	TA100	267	830	1,513	1,251

Spontaneous revertants TA98; 36, TA100; 120

(Table 2) Mutagenicity of the Joong-rang stream and sewage treatment. (1986. 3)

Experiment	Test strain	Number of revertant colonies				
		Influent	Primary sed. tank	Aeration tank	Secondary sed. tank	Mixing Effluent
1st	TA 98	120	354	416	486	552
	TA100	202	688	760	1,776	1,496
2nd	TA 98	93	260	329	311	481
	TA100	612	940	996	1,580	1,484
3th	TA 98	—	450	553	372	—
	TA100	—	997	1,000	712	—
Mean	TA 98	106	354	432	389	501
	TA100	407	875	918	1,356	1,490

Spontaneous revertants TA98; 36 TA100; 120

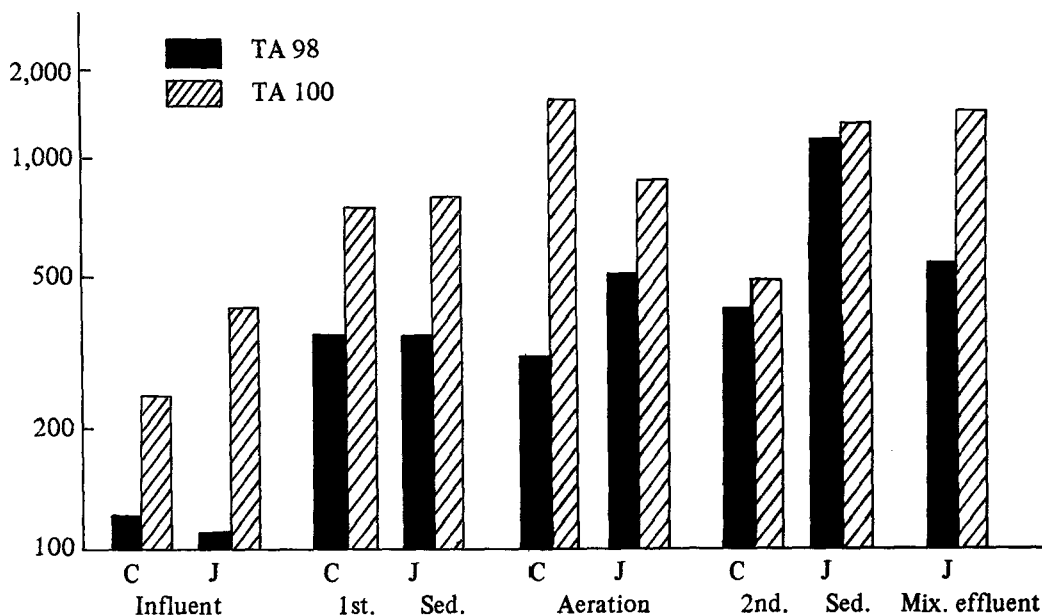


Fig. 1. Comparison of mutagenicity in Chung-gye (C) and Joong-rang (J) stream and sewage treatment plant.

IV. 考 察

清溪川과 中浪川의 總 流域 面積은 約 150 萬, 流域人口는 約 258 萬名으로서 清溪川의 경우 서울의 中心을 통과하며 中浪川은 京畿道 議政府市와 서울의 東北部地域을 貫通하여 흐르는 下川으로서 가정하수는 물론 工場廢水의 流入으로 因하여 漢江의 支川중 汚染度가 首位를 차지하는 하천의 하나이다.¹³⁾

그러므로 1976年과 1979年 우리나라 最初로 清溪下水處理場과 中浪下水處理場이 完공되어 하루 36 萬톤의 下水를 活性汚泥法으로 처리하여 漢江에 流入시키고 있다.¹⁴⁾

또한 환경청은 1982年 부터 3 個年間 中浪川에 대한 環境淨化事業을 실시하여 水質汚染을 감소시키려는 노력을 進行하여 왔으며

현재까지 清溪川과 中浪川에 대한 物理化學的인 汚染度 調査가 多數 이루어 졌다.¹⁵⁾

調査對象은 水素 이온 濃度, 生物 및 化學的 酸素要求量, 懸탁물질, 大腸菌群과 같은 이미 水質汚染의 指標로 알려진 일반적인 항목이며 重金屬에 대한 조사도 併行되었다.¹⁶⁾

그러나 最近 有機할로젠 化合物에 대한 水質汚染의 문제가 指適되면서 부터 水質管理分野에서도 突然變異原성과 같은 保健學的인 측면에서의 술어가 등장하게 되었고 水中의 微量有害物質까지 취급하게 됨에 따라 새로운 指標로서 total mutagen이라는 새로운 개념까지 등장하게 되었다.¹⁷⁾

즉 緒論에서 언급한 바와같이 기존의 미량 유해화학물질이나 새로이 형성된 有害物質을 濃縮하여 微生物이나 生體細胞등에 적용하여

그 결과를評價하는 研究가 進行되고 있다.

그러므로 本 調査는 兩下川에 대한 突然變異原性 調査를 실시함으로써 그 정도를 파악하고자 하였다.

지금까지 環境중에 존재하면서 突然變異原, 發癌原으로 알려진 物質은 크게 分類하여 방향족 탄화수소, 니트로사아민, 그리고 石綿과 일부 金屬들이며 水質汚染과 관련된 것으로 주목을 끌고 있는 것은 물의 鹽素消毒시 生成되는 Trihalomethane과 같은 有機鹽素化合物이다.

Trihalomethane의 突然變異原性 實驗은 1980年 Maruoka등¹⁸⁾에 의하여 調査되었으며 그들은 地下水, 河川水, 湖沼水 10,000~20,000 ml에 5.0 mg/ℓ의 농도로 염소를 20시간 처리한 후 Diethylether로 抽出하여 Ames test를 실시하였다.

그 결과 TA 98, TA 100의 모든 실험菌株에서 突然變異活性을 나타내는 것으로 확인하였다.

또한 Chen등¹⁹⁾은 河川水 40,000~80,000 ml에 유리염소 및 크로라민을 처리하여 突然變異活性을 調査한 결과 그 活性이 인정되었으며 鹽素處理를 하지 않은 檢水에서는 突然變異活性이 나타나지 않음을 지적한 바 있다.

한편 權 등²⁰⁾은 上水중 Trihalomethane에 관한 연구에서 BOD와 COD가 높은 물에서 Trihalomethane의 生成이 증가되는 것을 밝힌 바 있다.

本 調査의 結果 淸溪川과 中浪川 모두 生水에 비하여 處理과정에서 突然變異活性이 약간 높게 나타났으나 處理場에서의 염소소독은 실시하지 않음으로서 염소소독에 의한 Tr-

ihalomethane의 生成은 없을 것으로 생각된다.

그러나 그 증가원인을 크게 두가지 측면에서 考察해 보면 다음과 같다.

그 첫째는 淸溪川 및 中浪川 處理場의 경우 東部衛生 處理場에서 배출되는 Zimpro 酸化液을 二次處理의 目的으로 生水와 함께 혼합하여 처리장내에 투입하고 있다.

Zimpro 酸化液은 生物化學的 酸素要求量이 20,000 mg/ℓ, 化學的 酸素要求量은 30,000~40,000 mg/ℓ 정도로 매우 높으며²¹⁾ total organic carbon과 突然變異活性과 相關이 있다는 調査보고 結果에 비추어²²⁾ 높은 濃度の COD와 BOD를 갖는 Zimpro 酸化液이 혼합되기 전의 下水에 비하여 突然變異活性이 增加될 것으로 생각된다.

또한 Zimpro 酸化液은 酸化되는 과정에서 저급의 脂肪酸과 알데히드가 生成되는 것으로 알려졌으며²²⁾ 알데히드類에는 突然變異原性을 갖는 物質이 존재하는 것으로 이미 報告되고 있다.²³⁾

한편 Zimpro 酸化液과 함께 하루에 수백 ℓ 정도의 生糞尿가 下水處理場에 流入되고 있는데 糞尿의 경우 各種의 代謝產物이 존재하게 됨으로서 糞尿의 流入은 곧 突然變異活性을 높이는 結果를 가져온다.

Putzrtha등²⁴⁾에 의하면 吸煙者의 尿를 XAD-2 resin으로 농축하여 代謝產物에 대한 突然變異活性을 調査한 결과 S. typhimurium TA 98, TA 100에서 突然變異活性이 나타나는 것을 보고하였다.

또한 Hayatsu등¹⁰⁾은 Blue cotton을 이용하여 吸煙者尿중의 突然變異物質을 吸着하여 Ames test를 실시한 결과 尿 100ml

당 최고 684 개의 revertant colony가 생성되었다고 하였다.

두번째 증가요인은 수중에 존재하는 단백질 분해産物인 2급 Amine과 亞窒酸이共存할 때 Nitrosamine과 같은 突然變異原性物質이 생성하는 것으로 알려져 있으며²⁵⁾ 下水處理場의 경우 窒酸化過程에서 亞窒酸이 생성되며 또한 窒酸은 脫窒化細菌에 의하여 亞窒酸이 존재할 가능성이 충분 함으로서²⁶⁾ 下水處理場과 같은 환경에서는 Nitrosamine과 같은 2次汚染物質이 自然狀態에서 보다 용이하게 생성될 것으로 생각된다.

현재까지 Pseudomonas를 비롯한 많은 수의 細菌에 의하여 Nitroso化合物이 생성되는 것으로 보고 되었으며²⁷⁾ 1973年 Fine 등²⁸⁾은 河川에 대한 Dimethylnitrosamin의 농도를 유역별로 조사한 결과 下水處理場 부근의 하수에서 타지역에 비하여 비교적 높은 농도의 Dimethylnitrosamin을 검출한 바 있다.

본 조사 결과 淸溪川과 中浪川 모두에서 거의 비슷한 突然變異活性을 나타내었으나 Hayatsu 등¹⁰⁾에 의하여 같은 방법으로 조사된 日本 Okayama市를 통과하는 下水에 비하여 TA 98의 경우 약 20배 정도 낮은 활성을 나타내었다. 그러나 1982年 車 등⁹⁾에 의하여 조사된 漢江 主要支川의 突然變異原性調查結果와는 돌연변이 물질의 흡착방법에서 차이가 많음으로서 比較가 不可能하다.

V. 結 論

Cotton bearing trisulfo-copper- ph-

thalocyanine (Blue cotton)에 의한 새로운 突然變異原性物質의 吸着法을 이용하여 淸溪川과 中浪川 그리고 下水處理場에서의 突然變異原性調查를 실시하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

突然變異原性 検査는 1986年 3월에 S. typhimurium TA 98과 TA 100을 이용하여 실시하였다.

1. 淸溪川 下水의 復歸突然變異體數는 TA 98의 경우 平均 120/plate, TA 100은 平均 267/plate였다.

2. 中浪川 下水의 復歸突然變異體數는 TA 98의 경우 平均 106/plate, TA 100은 平均 407/plate였다.

3. 淸溪川과 中浪川의 突然變異活性은 큰 차이가 없었다.

4. 未處理下水에 비하여 處理下水에서 突然變異活性이 높았으며 그 원인은 주로 流入되는 Zimpro 酸化液, 糞尿에 의한 것으로 생각된다.

參 考 文 獻

- 1) Guthrie, F.E. and Perry, J.J.: Introduction to environmental toxicology, Elsevier, North Holland Inc, New York, 1980.
- 2) 中室克彦: 水質汚染物質의 變異原性, 水質汚濁研究, 7:424, 1984.(日文)
- 3) Ames, B.N., Mc Cann, J. and Yamasaki, E: Methods for detecting carcinogens and Mutagens with the Salmonella mammalian microsome mutagenicity test, Mutation Research, 31: 347, 1975.

- 4) 車喆煥 : 環境汚染이 健康에 미치는 影響, 大韓保健協會誌, 9(11):45 1983.
- 5) 국립보건원 예규 제 267 호 : 의약품등의 특수 독성시험방법에 관한 규정, 서울, 1985
- 6) Somani, S.M. and Teece, R.G.: Identification of cocarcinogens and promoters in industrial discharges into and in the Illinois river, *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 6:311, 1980.
- 7) Grimm-kibalo, S.M. Glatz, B.A. and Fritz, J.S.: Seasonal variation of mutagenic activity in drinking water, *Bull, Environm, contam, Toxicol.*, 26:188, 1981.
- 8) Flanagan, E.P. and Allen, H.E.: Effect of water treatment on mutagenic potential *Bull, Environm, contam, Toxicol.*, 26:765, 1981.
- 9) 車喆煥, 裴恩相, 金永煥, 張鍾相 : *Salmonella typhimurium* system을 이용한 漢江 主要支川의 突然變異性 조사 環境保全協會誌, 3(1.2) : 3, 1982.
- 10) Hayatsu, H. Oka, T. Wawata, A. Ohara, Y. Hayatsu, T. Kobayashi, H. and Arimoto, S.: Adsorption of mutagens to cotton bearing covalently bound trisulfocopper-phthalocyanine, *Mutation Research*, 119: 233, 1983.
- 11) 早津彦載 : 變異原의 吸着, 毒시콜로지 회람, 6(3) : 242, 1983 (日文)
- 12) Maron, D.M. and Ames, B.N.: Revised methods for the *Salmonella* mutagenicity test, *Mutation Research*, 113:173, 1983.
- 13) 沈應基, 李吉哲, 韓相旭, 金鍾揮, 李寅善 申相哲 : 中浪川 流域水質環境調查研究 國立環境研究所報, 6:155, 1984.
- 14) 서울 특별시 종합 종말처리사업소 : 綜合 終末處理場 施設概要
- 15) 환경청 : 環境保全, 1984
- 16) 國立環境研究所 : 環境分野研究論文 抄錄集, 1983.
- 17) 内海英雄, 岡澤和好 : 水質과 變異原性座談會, 水質汚染濁研究, 7(7) : 404, 1984
- 18) Maruoka, S. and Yamanaka, S.: Production of mutagenic substances by Chlorination of water, *Mutation Research*, 79: 381, 1980.
- 19) Chen, A.M., Skochdopole, J., Koski, P., and Cole, L.: Nonvolatile mutagen in drinking water, Production by Chlorination and destruction by Sufide, *Science*, 207: 90, 1980.
- 20) 권숙표, 정용, 조희재 : 상수중 Trihalomethane 생성에 관한 연구, 수도지
- 21) 고려대학교 생산기술 연구소 : 위생처리장 예비시설 기초연구, 1982.
- 22) 金東玟, 金秀生 : 廢水處理, 産業公害研究所, 1979
- 23) 賀田恒夫, 石館基 : *Environmental mutagens data book*, 環境變異原데이터集 사이언티스트社, 1980 (日文)
- 24) Putzrtha, R.M., Langley, D. and Eisenstadt, E.: Analysis of mutagenic activity in Cigarette smokers urin by big performance liquid chromatography, *Mutation Research*, 85:97, 1981.
- 25) Bowman, M.C.: Hand book of carcinogens and hazardous substances, Marcel dekker, INC, New York, 1982.
- 26) Barnes, D. and Bliss, P.J.: *Biological*

-
- control of Nitrogen in wastewater treatment, E. & F.N. Spon Ltd., London, 1983.
- 27) Alexander, M.: Advances in microbial ecology, Vol. 1, Plenum Press, New York, 1977.
- 28) Fine, D.H. and Rounbehler, D.P.: N-Nitroso compounds in water, in identification and analysis of organic pollutants in water, L.H. Keith (Ed.), Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor Mich., 1976.