

umu-test에 의한 一部 排出施設 別 廢水의 變異原性 調査研究

金永煥 · 孫鍾烈 · 文璟煥 · 裴恩相
高麗大學校 保健專門大學 環境衛生科

Mutagenic effects of industrial wastewaters by using *umu*-test

Young-Whan Kim · Jong-Ryeul Shon · Kyong-Whan Moon · Eun-Sang Bae
*Dept. of Environmental Sanitation, Junior College of Allied Health
Sciences, Korea University*

Abstract

Genotoxicity/mutagenicity of organic chemicals in industrial wastewater was investigated using *umu*-test with a *Salmonella typhimurium* TA1535 strain. The tester strain was derived by introducing plasmid pSK 1002, which carried a *umu C'* - *lac Z* fusion gene into *S. typhimurium* TA1535, and tester strain in the presence of microsomal activation proved to be the more sensitive maker of genotoxicity.

Genotoxic responses were observed in concentrated with a blue-rayon column, from 14 plants tested.

The results were as follow;

1. Genotoxic responses were observed in concentrated from nine plants(64.3%) tested.
2. The results show that genotoxic activity was particularly high in the untreated wastewaters and decreased in the treated wastewaters(35.7%).
3. No significant correlation was found between genotoxicity and water ollution indicators, such as COD and BOD.

Keywords : genotoxicity, *umu* test, blue rayon

이 論文은 1995년도 韓國學術振興財團의 公募課題 研究費에 의하여 연구되었음.

I. 結 論

최근 국내외적으로 자연수 중에 복잡다양한 揮發性 또는 不揮發性的 微量有機化合物이 존재하는 것이 알려지면서 이로부터 파생되어지는 자연생태계에 미치는 영향을 포함하여 인간의 健康에 미치는 영향이 다각적인 측면에서 검토되고 있다.¹⁻²⁾ 그원인은 하천이나 호소 등에 家庭下水, 産業廢水, 農耕地廢水등으로부터 배출되어지는 수 많은 수질오염물질의 배출로부터 기인한다.³⁾

특히 수질을 오염시키는 원인이 되고 있는 산업폐수의 경우 폐수배출입소와 폐수배출량이 연차적으로 증가하고 있는 추세에 있으며 따라서 排出許容 항목과 濃度의 기준을 엄격히 하려는 정부의 노력에도 불구하고 폐수의 성상이 사용 원료와 생산 공정에 따라 매우 다양하고 처리 과정에서 발생되어지는 분해 산물 역시 다양함으로서 산업 폐수와 같이 성분이 복잡한 폐수를 단순한 화학적 지표에 의하여 폐수를 관리하는데에는 문제점을 보이고 있다.⁴⁻⁵⁾ 그러므로 水質保全 또는 물의 安全性評價의 一環으로서 최근 수중에 존재하는 유기 오염 물질에 대한 변이원성의 유무를 평가하고자 하는 많은 시도가 있어 왔고 그 결과 미국이나 유럽등 선진국에서 수중의 변이원성에대한 연구가 보고되고 있다.⁶⁻⁷⁾ 이와 같은 평가의 수법은 汚染物質을 개별적으로 파악하는 것과는 달리 總括的인 측면에서 파악하는 방법으로서 간편하고 경제적으로 많은 시료를 동시에 검색하는 가능성을 갖고 있는 각종 생물을 재료로 하는 bioassay에 관심이 모아지고 있다.⁸⁾ 변이원성은 DNA 손상과 깊은 관계를 갖고 있으며 수중의 DNA 손상 물질을 조사, 평가하는 연구는 새로운 측면에서 수질을 평가하는 매우 가치 있는 방법으로 알려지고 있다.⁹⁾ 현재까지 잘 알려진 변이원성 시험 방법은 Ames test로서 단일 화학 물질과 환경내 변이원성물질의 검색에 이용되어 왔다.¹⁰⁾

umu test는 大腸菌의 SOS 反應시 突然變異 생성에 직접 관여하는umu C 遺傳子의 발견을 기초로 하여 化學변이원 물질을 단기간에 검출하는 방법으로서 개발 초기에는 유전 독성 물질의 검색에 이용되어 왔으나, umu test와 Ames test의 실험 결과를 비교 분석한 자료의 평가에 의하여 SOS 반응의 誘導性과 돌연변이원성의 상관이 매우 높다는 실험적 결과를 얻게 됨으로서 환경중에 존재하는 變異原性 물질과 遺傳毒物質의 모니터링에 이

용되기 시작하였다. 특히 umu test는 histidine이 함유된 시료의 분석이 가능하며, 분석에 필요한 시간이 5~7시간 으로서 단시간에 분석의 자료를 얻을 수 있다는 장점을 들어 신속한 screening이 가능한 것으로 Oda등¹¹⁾과 Nakamura등¹²⁾에 의하여 확인되었다. 우리 나라의 경우 車등¹³⁾과 김¹⁴⁾에 의하여 한강 주요 지천의 돌연변이원성 조사와, 청계천 및 중랑천의 돌연변이원성 조사가 Ames test의하여 각각 수행보고 되었으며 이등¹⁵⁾에 의하여 Ames test에 의한 산업 폐수의 유전독성 평가가 실시된 바 있으나 umu test를 이용한 산업폐수에대한 遺傳毒性 및 변이원성 평가 조사는 실시된바 없다.

본 연구는 지금까지 주로 화학적 분석에만 의존하여 왔던 산업 폐수의 수질 평가에서 탈피하여 bioassay법의 하나인 umu test를¹⁶⁾ 산업 폐수의 유전 독성 및 변이원성 평가를 위한 방법에 적용함으로써 새로운 자료를 얻고자 하였으며 그 결과를 보고 하고자 한다.

II 調查 對象 및 方法

1. 排出 施設의 選定 및 採取 期間

경인 지역에 위치하고 있는 製藥(1), 染料(1), 染色(2), 페인트 및 잉크(1), 食品(1), 電子(3), 人造纖維(2), 電線(1), 펄프 및 종이(1), 皮革(1) 제조 업체를 포함하는 총 14개의 산업장을 조사 대상으로 하였으며 폐수 처리 전과 폐수 처리 후의 폐수를 대상으로 하여 모두 28개의 시료를 분석하였다. 채수기간은 1995년 10월부터 동년 12월 사이에 실시하였다.

2. 試料의 採水 方法과 前처리

조사 대상 산업체를 직접 방문하여 18 liter의 polyethylene 용기에 폐수를 가득 채워 實驗室까지 운반하였으며 BOD를 비롯한 일반 수질오염 분석 항목은 도착 즉시 분석을 시도하였다. umu test용 분석 시료는 blue rayon 1.0gr을 채운 glass column에 30ml/min의 유속으로 통수하여 시료중의 유전독성 물질을 흡착하였다.¹⁷⁾ 통수량은 시료의 상태에 따라 따라 1.0~18.0 liter였다.

흡착을 끝낸 blue rayon은 증류수로 잘 세정한 후 methanol-ammonia(50+1)의 混液 200ml씩 600ml로써 3회

흔들면서 抽出 하였다. 여기서 얻은 추출액은 40℃의 수 욕상에서 rotary evaporator를 이용하여 減壓濃縮乾固 한 후 시료 1,000 ml 당 0.1ml의 DMSO를 가하여 건조물을 용해한 후 시험일까지 -80℃의 초저온 냉동고에 보관하였다.

3. 實驗方法

3. 1 일반적인 수질오염도의 측정

수소 이온 농도, 화학적산소요구량, 생물학적산소요구량, 그리고 부유 물질의 측정은 환경부에서 고시한 수질 오염공정시험법에 준하여 실시하였다.¹⁸⁾

3. 2 umu test

Salmonella typhimurium TA1535/pSK1002 주를 이용하는 Oda에 의하여 개발된 방법에 의하여 실험하였다.¹¹⁾ 시험균주는 ampicillin 耐性株로서 -80℃에 보관하였으며 시험전날 Luria-Bertani 배지에 균주를 小量 접종하여 37℃ 수욕상에서 16시간 진탕배양 하였다. 배양액을 TGA 배지에 50배 희석하여 37℃에서 OD₆₀₀이 0.25~0.3이 되도록 진탕배양 하였다. 培養液 2.4ml에 산업 폐수에서 추출한 추출물이 단계적으로 용해된 DMSO 0.1ml와 rat 간 homogenize 분획에 助酵素를 첨가한 S-9 mixture 0.5 ml를 가하여 37℃에서 2시간 反應 시켰다. 2시간의 반응이 끝난 균 현탁액 0.2 ml과 Z완충액 1.8ml, 0.1% SDS 50μl, 클로로포름 10μl을 새로운 시험관에 넣고 10초간 격하게 혼합하여 세포막을 파쇄하고 생성된 β-galactosidase를 抽出 하였다.

즉시 酵素活性를 측정하기 위하여 酵素의 基質 2-nitrophenyl-β-D-galactopyranoside(ONPG)용액을 가하여 15분간 28℃에서 발색시켰다. 15분 후 1M Na₂CO₃로서 pH를 높임으로서 효소 반응을 정지시키고 OD₄₂₀, OD₅₅₀을 측정하였다. 검체와 반응하여 유발된 umuC - lacZ 융합유전자로부터 생성된 β-galactosidase 활성을 아래와 같은 Miller의 방법에 의하여 계산하였다.¹⁹⁾

$$\beta\text{-galactosidase活性(unit)} = \frac{(A_{420} - 1.75 \times A_{550})}{t \times v \times A_{600}}$$

t : 反應時間 (分)

v : 反應液중 菌液量의 比率 (0.1)

이상의 실험에서 얻어진 실험 결과는 피검물질이 음성대조 (DMSO)에 비하여 두배 이상의 β-galactosidase 활성과 농도 의존성을 나타내는 경우 양성으로 판정하였다.

III. 調査成績 및 考察

1. 遺傳毒性 陽性物質에 대한 實驗結果

본 실험에서 양성 control로 사용된 물질은 2-Aminoanthracene과 3,4-Benzo(a)pyrene으로서 모두 S-9 Mix를 첨가하는 代謝活性法에 의하여 각각의 β-galactosidase활성을 측정하였다.

실험 결과 Fig.1과 같은 용량-반응 효과를 얻음으로서 두물질 모두 유전 독성 양성 물질로 확인하였다. 2-Aminoanthracene과 3,4-Benzo(a)pyrene은 이미 Ames 법에 의한 變異原性조사 결과 많은 연구자들 즉 Miyata 들²⁰⁾ Brown들²¹⁾ 그리고 Mitchell들²²⁾에 의하여 비대사활성법에서는 음성을 나타내며 대사활성법에 의하여 양성 반응을 보임으로서 Ames test시 대사활성법에 의한 양성 대조 물질로 이용되고 있다.

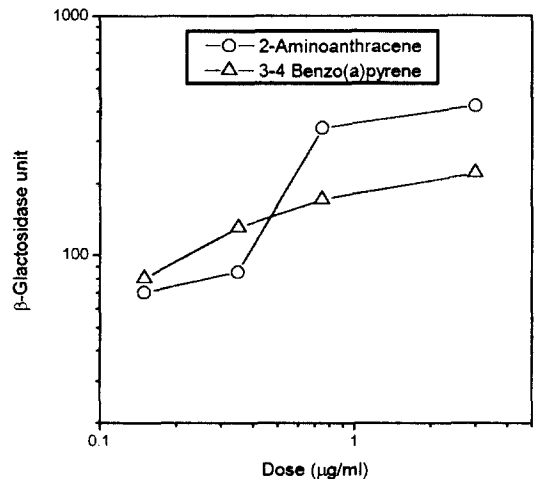


Fig. 1. Genotoxicity of 2-Aminoanthracene and Benzo(a)pyrene in *S.typhimurium* TA1535/pSK 1002 with S-9 mix

Table 1. Genotoxicity of industrial wastewater extracts in *S.typhimurium* TA1535/pSK1002 with S-9 mix. from pharmaceutical industry.

Wastewater sample	Corresponding volume(ml)	SOS/Umu test		Water pollution index			
		β -galactosidase unit	SOS induction ratio	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)
Untreated wastewater	500.0	413.5	5.8(+)				
	250.0	491.2	7.0				
	125.0	304.8	4.3	6.7	93.0	131.6	125.4
	62.5	149.1	2.1				
Treated wastewater	500.0	116.6	1.6(-)				
	250.0	122.7	1.7				
	125.0	111.4	1.5	7.3	51.0	53.4	46.2
	62.5	111.3	1.5				
Negative cont.(DMSO)	0.1	70.1	1.0				

Table 2. Genotoxicity of industrial wastewater extracts in *S.typhimurium* TA1535/pSK1002 with S-9 mix. from dyestuff manufactory.

Wastewater sample	Corresponding volume(ml)	SOS/Umu test		Water pollution index			
		β -galactosidase unit	SOS induction ratio	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)
Untreated wastewater	500.0	60.3	1.3(+)				
	250.0	177.5	3.9				
	125.0	634.0	14.1	7.5	500.0	4,001.2	1,485.0
	62.5	1,069.0	23.7				
Treated wastewater	500.0	470.7	10.4(+)				
	250.0	514.5	11.4				
	125.0	159.4	3.5	7.2	14.0	50.0	29.5
	62.5	65.8	1.4				
Negative cont.(DMSO)	0.1	44.9	1.0				

한편 Oda²³⁾들은 이상의 두물질에 대하여 대사활성에 의한 *umu* test 실험 결과 모두 양성 반응을 나타낸 것으로 보고한바 있어 본 실험 결과와 일치하고 있다.

2. 産業廢水 別 遺傳毒性 評價

2.1 醫藥品工業 廢水의 수질과 遺傳毒性 評價

각종 의약품을 생산하고 있는 조사 대상 제약회사의 일반적인 수질오염의 지표, 즉 수소이온농도, 현탁고형물, 생물 및 화학적산소요구량은 Table. 1에서 보는 바와 같이 비교적 낮은 농도를 보였다. 특히, 폐수처리전과 처리 후의 수질 변화는 COD와 BOD에서 50%이상의 처리 효율을 보였다.

umu test의 결과 미처리폐수에서 양성을 보였으나 처리수에서는 음성을 나타내었다. 화학약품 제조 공장에서는 pH가 문제되며 이는 산과 알칼리등의 사용으로 인한 것이며 중금속이나 유해 물질이 배출되는 것으로 알려지고 있다. 유해 물질의 경우 각종의 용제, 유기염, 有機酸, 페놀, 그리고 중금속류를 함유하고 있는 것으로 조사되고 있다.²⁴⁾ 조사 결과 세포유전독성의 측면에서 볼 때 철저한 폐수처리공정에 대한 관리가 요구되는 것으로 나타났다.

2.2 塗料 및 顏料關聯 産業廢水의 遺傳毒性 評價

염료와 페인트 제조 및 염색 폐수에 대한 유전독성평가 결과는 Table 2, 3, 4와 같다.

Table 3. Genotoxicity of industrial wastewater extracts in *S.typhimurium* TA1535/pSK1002 with S-9 mix. from dyeing industry.

Wastewater sample	Corresponding volume(ml)	SOS/Umu test		Water pollution index			
		β -galactosidase unit	SOS induction ratio	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)
Industry(I) Untreated wastewater	500.0	187.2	3.4(+)	11.8	68.0	725.4	240.0
	250.0	67.1	1.2				
	125.0	75.3	1.3				
	62.5	75.5	1.3				
Treated wastewater	500.0	78.0	1.4(-)	8.0	25.8	70.7	38.0
	250.0	72.2	1.3				
	125.0	69.9	1.2				
	62.5	62.4	1.1				
	DMSO	54.1	1.0				
Industry(II) Untreated wastewater	500.0	109.3	1.5(+)	7.4	32.5	225.2	215.6
	250.0	153.3	2.1				
	125.0	162.0	2.3				
	62.5	116.1	1.6				
Treated wastewater	500.0	135.0	1.9(-)	6.5	2.9	56.8	49.5
	250.0	135.2	1.9				
	125.0	113.5	1.6				
	62.5	113.7	1.6				
Negative cont.(DMSO)	0.1	70.1	1.0				

Table 4. Genotoxicity of industrial wastewater extracts in *S.typhimurium* TA1535/pSK1002 with S-9 mix. from paint and ink manufactory.

Wastewater sample	Corresponding volume(ml)	SOS/Umu test		Water pollution index			
		β -galactosidase unit	SOS induction ratio	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)
Untreated wastewater	500.0	155.3	2.2(+)	5.3	560.0	2,853.0	2,46.0
	250.0	143.3	2.0				
	125.0	122.7	1.7				
	62.5	120.8	1.7				
Treated wastewater	500.0	145.2	2.0(+)	6.8	15.0	126.0	85.2
	250.0	144.7	2.0				
	125.0	142.4	2.0				
	62.5	129.4	1.8				
Negative cont.(DMSO)	0.1	70.1	1.0				

Table 5. Genotoxicity of industrial wastewater extracts in *S.typhimurium* TA1535/pSK1002 with S-9 mix. from food manufactory.

Wastewater sample	Corresponding volume(ml)	SOS/Umu test		Water pollution index			
		β -galactosidase unit	SOS induction ratio	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)
Untreated wastewater	500.0	123.4	1.7(-)				
	250.0	109.6	1.5				
	125.0	106.0	1.5	4.9	30.0	916.0	1,059.0
	62.5	88.5	1.2				
	DMSO	70.1	1.0				
Treated wastewater	500.0	81.2	1.9(-)				
	250.0	70.8	1.6				
	125.0	59.3	1.3	8.1	32.0	44.0	55.8
	62.5	56.1	1.3				
Negative cont.(DMSO)	0.1	40.4	1.0				

色素關聯 공업의 원료로는 oil, 樹脂, 용제, 가소제, 顔料, 染料등이 사용되며 다양한 성분을 함유한 폐수가 배출되는 것으로 알려지고 있다.²⁴⁾

Fracasso 등은²⁵⁾ 染料과 관련된 3개의 산업장에서 유입수와 처리수를 XAD-2와 XAD-7수지로 농축한 추출물에 대하여 *Styphimurium* TA 98과 *E.coli* WP2uvA를 이용한 변이원성활성을 조사한바 있다. 그 결과 *Styphimurium* TA 98의 경우 미처리수 및 1차처리수에서 모두 변이원성양성으로 나타났으며, 3차처리수의 일부에서 대사활성법에 의한 변이원성 평가가 양성으로 조사된 결과를 보고한바 있다. 본 조사의 결과 염료제조공장과 페인트 및 잉크 제조 공장의 폐수에서 미처리 및 처리수 모두에서 유전 독성 양성을 보였으나 염색 공업 폐수에서는 미처리수에서 양성을 보였고 처리수에서는 음성을 나타내었다. 이와 같은 결과는 안료의 종류가 매우 다양하며 그 중에는 이미 발암성 및 변이원성을 갖고 있는 물질이 상당수에 이르는 것으로 알려지고 있다.²⁶⁾

2.3 製靑工業 폐수의 遺傳毒性 評價

하루 평균 450m³의 폐수를 배출하는 공장 폐수에 대한 수질 및 유전 독성 평가 결과는 Table. 5와 같다.

일반적으로 제빵 및 제과를 포함하는 광범위한 식품 제조업 폐수의 특성은 생물화학적 산소요구량과 현탁고형물의 양이 높으며 독성 물질의 배출은 기타의 산업 폐수에 비하여 극히 적은 것으로 보고되고 있다.²⁴⁾

본 조사에서 처리된 폐수의 생물화학적산소요구량이 1,059mg/l, 화학적산소요구량이 916 mg/l로서 높은 농도를 보였으나 처리 후의 농도는 배출 허용 기준 이하의 농도를 보였다. 유전 독성의 유무 확인을 위한 실험 성적은 음성으로서 나타났다.

2.4 電子産業 廢水의 遺傳毒性 評價

전자공업에서는 매우 많은 純水가 쓰이는 것이 특징이다. 그러나 순수 이외에도 각종의 유기용제를 포함한 유독성 물질이 폐수에 포함되고 있다. 예를 들어 브라운 제조 공정에서 문제가 되는 것은 백색 및 녹색 형광체에 함유되는 카드뮴과 이 밖에 컬러 브라운관의 패널그라스와 판넬그라스와 판넬그라스와의 融着에 쓰이는 납유리에 사용되는 鉛, 형광체에 함유되는 아연, 그라스벌브의 세정에 쓰이는 비소 등이 폐수에 함유되고 있다.²⁷⁾

Table 6. Genotoxicity of industrial wastewater extracts in *S.typhimurium* TA1535/pSK1002 with S-9 mix. from electronics industry.

Wastewater sample	Corresponding volume(ml)	SOS/Umu test		Water pollution index			
		β -galactosidase unit	SOS induction ratio	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)
Industry(I)							
Untreated wastewater	500.0	88.6	2.0(+)				
	250.0	98.2	2.3				
	125.0	84.6	1.9	8.2	572.0	13.1	3.4
	62.5	78.2	1.8				
Treated wastewater	500.0	104.5	2.4(+)				
	250.0	95.8	2.2				
	125.0	90.0	2.1	7.6	5.0	3.4	1.8
	62.5	98.5	2.3				
.....							
Industry(I)							
Untreated wastewater	500.0	38.2	0.8(-)				
	250.0	35.8	0.8				
	125.0	33.3	0.7	9.2	16.0	46.5	78.9
	62.5	30.8	0.7				
Treated wastewater	500.0	46.8	1.1(-)				
	250.0	41.8	0.9				
	125.0	38.5	0.9	8.1	19.0	25.9	48.0
	62.5	34.1	0.8				
.....							
Industry(II)							
Untreated wastewater	500.0	41.6	0.9(-)				
	250.0	37.4	0.8				
	125.0	36.8	0.8	5.9	140.0	30.6	17.0
	62.5	35.1	0.8				
Treated wastewater	500.0	42.0	0.9(-)				
	250.0	40.4	0.9				
	125.0	37.8	0.8	7.5	10.0	18.7	13.7
	62.5	36.7	0.8				
Negative cont.(DMSO)	0.1	42.5	1.0				

최근 국내의 유명 전자 회사에서 일본에서 수입된 세정제의 하나인 2-Bromopropane이 Ames test에 의한 변이원성실험결과 양성을 보였고, 특히 사용하는 근로자들에 대한 무월경증과 무정자증등 생식 기능 장애가 확인됨으로서 직업병으로 인정하는 결과를 가져오게 되었다²⁸⁾.

본 조사에서 조사된 3개의 전기 및 전자관련 산업장의 폐수는 Table 6에서 보는 바와 같이 BOD와 COD의 경우 처리 후의 폐수는 모두 30mg/l 이하의 농도를 보였고 기타의 산업장폐수에 비하여 오염도가 매우 낮은 것으로 확인하였다. 유전독성실험결과 3개의 조사 대상 폐수에서 1개의 폐수가 의심이 있는 양성 반응을 나타내었다.

Table 7. Genotoxicity of industrial wastewater extracts in *S.typhimurium* TA1535/pSK1002 with S-9 mix. from artificial fiber manufactory

Wastewater sample	Corresponding volume(ml)	SOS/Umu test		Water pollution index			
		β -galactosidase unit	SOS induction ratio	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)
Industry(I)							
Untreated wastewater	500.0	174.4	2.4(+)				
	250.0	128.1	1.2				
	125.0	126.7	1.8	6.8	135.0	972.0	1,694.1
	62.5	130.1	1.8				
Treated wastewater	500.0	143.6	2.0(+)				
	250.0	137.2	1.9				
	125.0	115.4	1.6	8.1	32.0	44.0	62.3
	62.5	99.5	1.4				
	DMSO	70.1	1.1				
Industry(II)							
Untreated wastewater	500.0	89.3	1.9(-)				
	250.0	85.8	1.9				
	125.0	83.5	1.8	9.1	23.0	279.9	71.5
	62.5	78.4	1.7				
Treated wastewater	500.0	83.5	1.8(-)				
	250.0	73.7	1.6				
	125.0	43.9	0.9	6.4	12.0	25.0	22.0
	62.5	50.2	1.1				
Negative cont.(DMSO)	0.1	44.9	1.0				

일반적으로 지금까지는 BOD와 COD의 농도를 기준으로 하는 수질오염의 평가에서 전자 산업의 폐수는 대부분 안전한 것으로 생각되어 왔으나 앞으로 변이원성내지는 유전독성의 측면에서 더욱 관심 있는 연구가 진행되어 이 분야의 기초 자료가 축적되어야 할 것으로 생각한다.

2.5 化學纖維공업 폐수의 遺傳毒性 評價

화학섬유 폐수의 경우 생산되어지는 합성섬유의 종류가 다양하기 때문에 제품의 종류에 따라 배출되는 오염물질도 크게 다른 것으로 알려지고 있다. 레이온 제품 제조 시설 폐수의 경우 배출되는 오염물은 오일, 色素, 세척제, 염소 등으로 알려지고 있다. 본 조사에서는 두개의 조사 대상 산업장중에서 한개의 공장 폐수에서 활성이 크게 높지 않은 유전 독성 擬陽性的의 결과를 나타내었다.

2.6 電線製造 및 펄프 工場廢水의 遺傳毒性 評價

전선 제조에서 사용되는 주원료는 구리선 제조에 사용되는 銅과 피복에 사용되는 polyvinyl chloride, polyethylene, polyamides, 그리고 천연 및 합성고무와 polymerised chlorobutadiene으로 알려지고 있다.²⁶⁾

본 조사에서 전선 제조 공장의 미처리된 폐수의 유전 독성이 비교적 높은 것으로 나타났으나, 처리수에서는 음성의 결과를 보였다. 이러한 결과는 전선 피복용으로 사용되고 있는 각종의 플라스틱과 용제의 사용에 기인하는 것으로 생각되어 진다. 한편 펄프 및 종이 제품을 생산하는 공장의 폐수에서는 미처리폐수 및 처리폐수 모두 유전 독성 음성의 결과를 얻었다. 이 공정은 폐지를 이용하여 정선, 탈수 및 건조 과정을 거쳐 골판지를 제조하여 종이 박스를 제조하는 공장 폐수로서 기타의 산업 공정에 비하여 비교적 높은 농도의 현탁 고형물과 생물화학적 산소요구량을 보였다.(Table. 8.9 참조)

Table 8. Genotoxicity of industrial wastewater extracts in *S.typhimurium* TA1535/pSK1002 with S-9 mix. from electric wire manufactory.

Wastewater sample	Corresponding volume(ml)	SOS/Umu test		Water pollution index			
		β -galactosidase unit	SOS induction ratio	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)
Untreated wastewater	500.0	156.2	3.4(+)				
	250.0	365.8	8.1				
	125.0	292.4	6.5	5.0	24.0	8.0	6.5
	62.5	252.0	5.6				
Treated wastewater	500.0	47.6	1.0(-)				
	250.0	83.5	1.8				
	125.0	78.4	1.7	7.8	0.5	6.5	5.0
	62.5	78.4	1.7				
Negative cont.(DMSO)	0.1	44.9	1.1				

Table 9. Genotoxicity of industrial wastewater extracts in *S.typhimurium* TA1535/pSK1002 with S-9 mix. from pulp and paper manufactory.

Wastewater sample	Corresponding volume(ml)	SOS/Umu test		Water pollution index			
		β -galactosidase unit	SOS induction ratio	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)
Untreated wastewater	500.0	72.3	1.3(-)				
	250.0	77.3	1.4				
	125.0	76.9	1.4	6.5	2,050.0	242.5	510.0
	62.5	70.2	1.2				
Treated wastewater	500.0	63.8	1.1(-)				
	250.0	71.3	1.3				
	125.0	74.6	1.3	7.3	29.8	29.8	11.4
	62.5	69.3	1.2				
Negative cont.(DMSO)	0.1	54.1	1.1				

2.7 皮革工場 廢水의 遺傳毒性 評價

Table. 10 에서 보는 조사 성적과 같이 본 조사 대상폐수중 가장 강한 유전 독성 활성을 보였다. 처리 전의 폐수에 비하여 처리 후의 폐수에서 유전 독성의 활성이 높게 나타난 것은 처리 전의 폐수의 일반 독성이 유전 독성의 실험에 영향을 미친것으로 생각되어 진다.

피혁 공장 폐수에서 일반적으로 문제가 되는 것은 크롬과 높은 BOD이며 폐수 처리시 이들의 처리가 오래 전부터 문제시되고 있다.²⁷⁾ 본 조사에서 피혁 공장의 폐수에서 높은 유전 독성의 결과가 나타난 원인에 대하여서는 追後 더욱 많은 피혁 공장 폐수를 대상으로 하여 Ames test, 소핵시험, 염색체 이상 시험 등을 實施함으로써 보다 深度 있는 變異原性조사에 의한 평가의 기회가 있어야 할 것으로 생각된다.

Table 10. Genotoxicity of industrial wastewater extracts in *S.typhimurium* TA1535/pSK1002 with S-9 mix. from tanning industry.

Wastewater sample	Corresponding volume(ml)	SOS/Umu test		Water pollution index			
		β -galactosidase unit	SOS induction ratio	pH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)
Untreated wastewater	500.0	85.5	1.9(+)				
	250.0	138.7	3.0				
	125.0	188.5	4.1	-	-	-	-
	62.5	538.5	11.9				
Treated wastewater	500.0	1,721.7	38.3(+)				
	250.0	463.1	10.3				
	125.0	352.5	7.8	-	-	-	-
	62.5	149.6	3.3				
Negative cont.(DMSO)	0.1	44.9	1.0				

2.8 遺傳毒性 (SOS 反應誘導能活性)과 COD BOD의 相關性

실험의 결과에 의하여 얻어진 22개 검수의 평균 β -galactosidase ratio와 COD 및 BOD값과의 상관성을 조사한 결과는 Fig. 2,3과 같다.

β -galactosidase ratio 와 BOD의 상관계수 $r=0.264$ 로서 양측 모두 상관이 없음이 통계학적으로 평가되었다.

Sakamoto²⁹⁾과 內海등은³⁰⁾ 돌연변이성과 지금까지 이용되고 있는 화학적 수질 지표와의 사이에 相關性이 없다는 보고를 발표한 반면에 田中等³¹⁾은 일반적인 수질오염의 지표와 상관이 있음을 보고한바 있다. 이와 같이 상관된 결과는 앞으로 더욱 많은 실험 및 조사 결과 자료를 기초로 하여 평가되어야 할것이다.

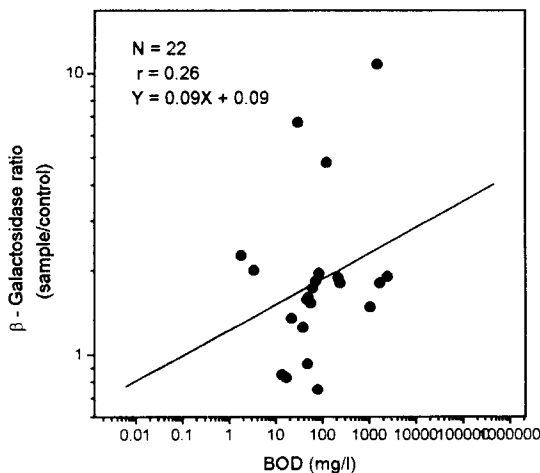


Fig. 2. Correlation between SOS-inducing activity and BOD β -galactosidase ratio와 COD의 상관계수 $r=0.388$, β

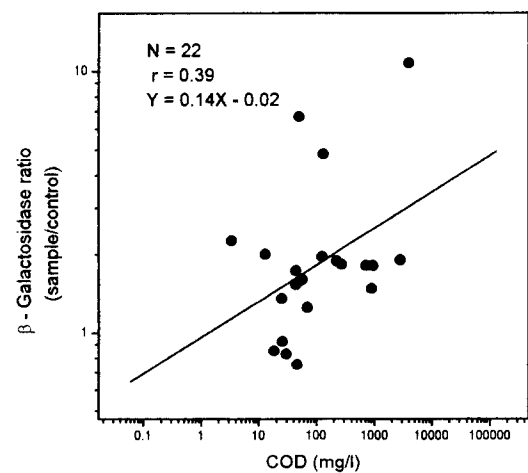


Fig. 3. Correlation between SOS-inducing activity and COD

이상의 결과를 종합적으로 살펴보면 14개의 산업장폐

수 중 遺傳毒性陽性率은 미처리폐수에서 64.3%, 처리 폐수에서는 35.7%였다. 양성을 나타낸 산업 폐수에서 원수와 처리수 모두에서 양성을 나타낸 폐수는 염료, 페인트 및 잉크 제조 공장 폐수, 일부 전자 산업폐수, 그리고 인조섬유와 피혁 공장 폐수였다.

최근 수질 오염의 평가를 위한 화학적 방법 외에 生物學的으로 평가하는 각종의 방법이 제시되고 있다. Somami, S.M. 등은³²⁾ 1980년 Illinois강에 유입되는 지천에 대하여 Grimmki-balo등³³⁾은 미국 Iowa州의 음료수에 대하여 Flanagan등은 Michigan호에 대한 변이원성을 *Styphymurium* syste을 이용하여 調査 보고한바 있고, Tanaka등³¹⁾은 Niigata 지역의 수도수와 하천수에 대하여, Fracasso등²⁵⁾은 dye plant의 폐수에 대한 변이원성을 Ames test에 의하여 조사하였다.

小田 美光 등은 umu test를 이용하여 각종의 변이원성 물질에 대한 SOS 반응의 유도성을 조사한 결과 거의 모든 변이원성물질이 SOS 유도물질인것을 확인하였다. 따라서 umu test를 변이원성을 모니터링하는 방법에 적용하게 되었고 실제로 Whong등³⁵⁾은 umu test를 이용하여 大氣粉塵, 炭粉, 담배tar 및 구운 고기에서의 추출물에서 SOS 반응이 유도되는 것을 보고 한 바 있다.

최근 umu test에 이용되고 있는 균주의 감도를 높이기 위한 신균주의 개발에 힘입어 Ohe Takeshi는³⁶⁾ O-A Tase 高產生株인 *Styphimurium* NM2009와 O-A Tase缺損株인 *Styphimurium* NM2000 株를 이용하여 umu test에 의하여 하천수의 유전독성을 모니터링하여 보고 한 바 있다.

그러나 우리 나라의 경우 수질오염 지표에는 변이원성, 세포유전독서 등에 관한 지표가 포함되지 않음으로서 생물에 직접적으로 영향을 미치는 위험성이 시사되고 있다. 그러므로 앞으로 수질오염의 평가를 위하여서는 화학적 평가와 함께 생물학적평가 방법이 도입될 수 있도록 노력하여야 할 것으로 생각한다.

IV. 要約 및 結論

1995년 9월 1일 부터 1996년 8월 31일 까지 일년 동안 서울 경기 지역에 위치하고 있는 製藥, 染料, 食品, 電子 및 電線, 人造섬유, 펄프 및 종이, 皮革등 14개의 배출 시설 폐수를 대상으로 하여 blue rayon으로 유기화합물을

추출하였고. 그 抽出物에 대한 遺傳毒性 및 변이원성을 평가하였다. 실험 방법은 *Styphimurium* TA1535/p나-1002주를 이용하여 대사활성법에 의한 umu-test를 실시하였으며 실험 결과는 아래와 같다.

1. 14개의 조사 대상 산업장폐수중 처리전 폐수에서 64.3%의 유전독성 양성율을 나타내었다.
2. 처리전의 폐수와 처리후의 폐수에 대한 遺傳毒性 양성율을 비교하면 처리 전보다 處理후의 폐수에서 양성율이 크게 低下 하였다(35.7%).
3. β -galactosidase ratio와 BOD 및 COD분석결과와의 상관성은 없는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. B. Magnus Francis : Toxic. substances in the environment, John Wiley and Sons, INC., New York, 1994.
2. Eldon D. Enger and Bradley F. Smith : Environmental science, 4th Edition, Wm.C. Brown Publishers, 1991.
3. Daniel B. Botkin and Edward A. Keller : Environmental science, John Wiley and Sons, INC., 1995.
4. 環境部 : 環境白書, 1995 年版
5. 和田 攻 : 産業化學物質, 環境化學物質, 地人書館, 東京, 1991.
6. 김용하 : "물2000 - 물의위기" 환경독성학적 평가, 연세대학교 환경공해연구소, 심포지움 연제지, 1994
7. 土木學會衛生工學 委員會 : 環境衛生物工業研究法 技報堂 出版, 1993.
8. 濱田昭 : 水の安全性 とハ"イオアッヒイ, 用水と廢水, 35(4), 1, 1993.
9. 内海英雄 外2人 : 細胞毒性試験による 水質評價, 用水と廢水, 35(4), 5-12, 1993
10. 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.
11. Oda, Y., S. Nakamura, I. OKI, T. Kato and H. Shinagawa: Evaluation of the new system

- (umu-test) for the detection of environmental mutagens and carcinogens, *Mutat. Res.*, 147, 219-229, 1985.
12. Nakamura S., Y. Oda, T. Shimada, I. Oki and K. Sugimoto: SOS-inducing activity of chemical carcinogens and mutagens in *Salmonella typhimurium* TA1535/pSK 1002 :examination with 151 chemicals, *Mutat. Res.*, 192, 239-246, 1987.
 13. 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성조사 環境保全協會誌, 3(1.2), 3, 1982.
 14. 金永煥 : 청계천 및 중랑천의 돌연변이원성 조사, *대한위생학회지*, 2(2), 39-47, 1987.
 15. 이성규 외 3인 : 어류, *Daphnia* 및 조류와 Ames'test 를 이용한 산업폐수의 환경특성 및 유전독성평가, *수질보전*, 7(2), 100-108, 1991.
 16. 宗宮功 : umu 테스트による水質評價, *用水と廢水*, 35(4), 326-332, 1993.
 17. Sayato, Y., Nakamuro, K., Ueno, H., Goto, R. : Mutagenicity of Adsorbates to a Copper-phthalocyanine Derivative Recovered from Municipal River Water, *Mutation Res.*, 242, 313-317, 1990.
 18. 환경부 : 수질오염공정시험법, 동화기술, 1995.
 19. Miller, J.H. : Experiments in molecular genetics, 352-355, Cold Spring. Laboratory, 1972.
 20. Miyata, N., et al., : Mutagenicity of K-region epoxides of polycyclic aromatic compounds : structure-activity relationship, *Mutat. Res.*, 37, 187, 1976.
 21. Brown, J. P., and R.J. brown : Mutagenesis by 9,10 anthraquinone derivatives and related compounds in *Salmonella typhimurium*, *Mutat. Res.*, 40, 203-224, 1976.
 22. Mitchell, I. de G.: Microbial, assays for mutagenicity : a modified, liquid culture method compared with the agar plate system for precision and sensitivity, *Mutat. Res.*, 54, 1-6, 1978.
 23. Yoshimitsu Oda, S. i. Nakamura, I. Oki, T. Kato. : Evaluation of the new system(umu-test) to the detection of environmental mutagens and carcinogens, *Mutat. Res.*, 147, 219-229, 1985.
 24. 국립환경연구소 : 배출시설 (수질분야) 규제방법의 적정화를 위한 연구, 1981.
 25. M.E. Fracasso : Mutagenic activity in wastewater concentrates from dye plants, *Mutat. Res.*, 289, 91-95, 1992.
 26. International Labour Organization : Encyclopaedia of occupational health and safety, 3rd, Ed. 1983.
 27. 金敎斗 : 用水廢水便覽, 국제이연사, 1977.
 28. 한국산업안전공단 산업보건연구원 : 2-Bromopropane 에 대한 변이원성 시험결과보고서, 1995.
 29. Sakamoto, H. and H. Hayatsu : A simple method for monitoring genotoxicity of river water. Mutagens in Yodo River system, Kyoto-Osaka, *Bull. Environ. contam. Toxicol.*, 44, 521-528, 1990.
 30. 內海英雄 外 4人 : 河川水中變異原性の季節・流域變動一青綿法による検討および從來の水質汚濁指標との比較一. *水質汚濁研究*, 13, 227-234, 1990.
 31. 田中一浩, 守田康彦, 高橋敬雄: 新潟県内の水道水・河川水の変理原性について, *水環境學會誌*, 16, 657-665, 1993
 32. 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
 33. 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
 34. Flanagan, E. P. and Allen, H. E. : Effect of water treatment on mutagenic potential *Bull. Environm, contam, Toxicol.*, 26:765, 1981.
 35. W. Z. Whong, Y. F. Wen, J. Stewart and T. Ong : Validation of the SOS/Umu test with mutagenic complex mixtures, *Muta. Res.* 175, 139-144, 1986
 36. Takeshi Ohe : Monitoring of genotoxicity of river water in high sensitive umu test system using *Salmonella typhimurium* NM 2009 having high O-acetyltransferase activity, *Environ. Mut. Res. commn.*, 17(3), 237-249, 1996