

環境公害의 概念(4)

徐 富 甲*

12. 대기의 환경오염 기준

대기환경의 오염기준은 환경행정상의 척도가 되는 목표인 동시에 규제를 하기 위해서 보다는 대기의 환경관리대책을 촉진하기 위한 행정목표이기도 하다. 그러므로 다양성 있는 과학적 조사, 연구에 근거하여 설정된 수치이어야 한다. 따라서 구체적인 관리대책의 수립을 하기 위해서는 각종 오염물질에 대한 대기목표를 설정함으로써 시책방향의 실천목표가 확고히 설정될 수 있을 것이다. 현재 우리나라에서는 다음의 2가지 표에서 보는 바 각 오염물질에 대한 「개기 기준」과 「배출 허용기준」을 설정하여 대기오염의 관리를 실시하고 있으나 대체로 선진 각국이나 WHO의 기준에 비해서 약 1.5~2.5배 가량 높게 책정하고 있는 실정을 감안할때 미구에 이 모순은 시정되리라고 본다.

13. 오염물질의 배출허용 기준

대기오염의 관리대책을 합리적으로 수립하자면 먼저 달성하고자 하는 환경기준이나 목표가 현실성 있고 배출규제가 가능하도록 설정되어야 한다.

여기서 「배출규제」라 함은 ① 배출원의 위치, ② 오염물질의 배출공정, ③ 사용연료 및 원료, ④ 오염물질의 배출농도와 배출량, ⑤ 적정하고 효율적인 방지시설의 설치 운영, ⑥ 배출구(굴뚝)의 높이 등 여러 형태의 규제방법을 포함할 수 있다.

따라서 오염물질 배출을 규제하는 방법으로서 는 다음의 몇가지가 있다.

1) 배출량을 규제하는 방법

우리나라의 배출허용기준에서와 같이 배출농도를 규제하거나 배출총량을 규제할 수도 있고 또는 간접적으로는 사용연료, 공정, 방지시설 등에 제한을 가하여 규제할 수도 있으며 한편 산업의 규모 여하에 따라 규제비용에 차이를 들 수도 있다.

2) 배출조건에 규제를 가하는 방법

地上의 농도 대기기준이나 목표를 달성할 수 있도록 굴뚝의 높이와 연기의 상승을 고려하여 굴뚝의 有效高를 제한하거나 오염도가 격심할 때의 배출을 금지시키는 등의 배출시간을 규제할 수도 있다.

3) 지상농도를 규제하는 방법

배출시설의 대기오염물이 기상조건에 따라 대기중으로 확산된 다음 지상으로의 着地농도가 목표하는 농도가 될 수 있도록 어떤 조치를 취하는 방법이다.

요컨대 현재 우리나라에서는 환경오염이 현저하거나 현저할 가능성이 있는 지역을 「특별 대상지역」으로 정하되 토지이용에 제한을 가하거나 총량규제를 실시하던가 또는 연료사용을 규제하는 등의 배출오염 규제도 있지만 현실적인 주된 규제방법으로는 배출허용기준제도라고 하겠다.

따라서 여러분에게 참고가 될까하여 우리나라

* 서울市立大學校 명예교수

우리나라의 대기환경 기준표

설 정 항 목	환 경 기 준
아황산가스(SO ₂)	연간평균치 0.05ppm 이하 1일 평균치 0.15ppm 이하(연간 3회 이상 초과 못함)
일산화탄소(CO)	1개월 평균치 8ppm 이하 8시간 평균치 20ppm 이하(연간 3회 이상 초과 못함)
질소화합물(NO ₂)	연간 평균치 0.05ppm 이하 1시간 평균치 0.15ppm 이하(연간 3회 이상 초과 못함)
부유분진(total suspended partick, TSP)	연간 평균치 150 μ g/m ³ 이하 24시간 평균치 300 μ g/m ³ 이하(연간 3회 이상 초과 못함)
옥시단트(O ₃)	연간 평균치 0.02ppm 이하 1시간 평균치 0.1ppm 이하(연간 3회 이상 초과 못함)
탄화수소(HC)	연간 평균치 3.0ppm 이하 1시간 평균치 10.0ppm 이하(연간 3회 이상 초과 못함)

(註) * : 대한민국 환경처

외국과의 대기환경 기준 비교표

국 가 별 오염물질 근 거		한국	미국	캐나다 (g)	일본	WHO
TSP(μ g/m ³)	연평균치	150	75	70(60)	-	90
	24시간 상한치	300 ^{a)}	260	120	100 ^{e)}	230
	1시간 상한치	-	-	-	200 ^{e)}	-
SO ₂ (ppm)	연평균치	0.050 ^{b)}	0.030	0.02(0.01)	-	0.022
	24시간 상한치	0.150 ^{b)}	0.140	0.11(0.06)	0.04	0.056
	1시간 상한치	-	-	0.34(0.17)	0.10	-
NO ₂ (ppm)	연평균치	0.050	0.050 ^{c)}	0.05(0.03)	-	-
	24시간 상한치	-	-	0.11	0.040 ^{f)}	-
	1시간 상한치	0.150 ^{a)}	-	0.21	-	0.170
CO(ppm)	연평균치	-	-	-	-	-
	월평균치	8.0 ^{a)}	-	-	-	-
	24시간 상한치	-	-	-	10.0	-
	8시간 상한치	20.0 ^{a)}	8.6	13(5)	20.0	-
	1시간 상한치	-	35.0	30(13)	-	30.0
O ₃ (ppm)	연평균치	0.02	-	0.015	-	-
	1시간 상한치	0.10 ^{a)}	0.08 ^{d)}	0.08(0.05)	0.06	0.10
HC(ppm)	연평균치	3.0	-	-	-	-
	3시간 상한치	-	0.24 ^{a)}	-	-	-
	1시간 상한치	10.0 ^{a)}	-	-	-	-

(註) a) : 연간 3회이상 초과 못함.

b) : 연간 회수의 70%는 이 기준 이하로 유지되어야 함.

c) : 산화질소(nitrogenoxide, N₂O) 등.

d) : 연간 1회 이상 초과 못함.

e) : 입자의 직경이 10 μ m 이하의 분진에 한함.

f) : 30개 도시에 적용, 기타지역은 0.06ppm.

g) : 캐나다 기준은 만족한 기준(acceptable level)이고, () 내는 바람직한 기준(desirable level)이다.

* : 1979년 WHO의 환경보건 표준에 준함.

우리나라의 배출허용기준표

오염물질	배출시설	배출구로부터의 허용기준
암모니아(NH ₃)	모든 배출시설	250ppm 이하
일산화탄소(CO)	(1) 열공급시설; 1) 액체연료의 사용시설 2) 고체연료의 사용시설 (2) 소각시설 및 시멘트 소성로	350(4)ppm 이하 400(6)ppm 이하 600(12)ppm 이하
염화수소(HCl)	(1) 화학제품 제조, 정제 및 가공시설 (2) 소각 시설 (3) 기타 시설	50ppm 이하 100(12)ppm 이하 25ppm 이하
염소(Cl ₂)	(1) 소각 시설 (2) 기타 시설 (1) 열공급 시설 1) 저유황유 사용지역내 배출시설 (가) 액체연료 사용시설 ① 유황분 1.6% 이하 사용시설 ② 유황분 1.6% 초과, 2.5% 이하 사용시설	10(12)ppm 이하 10ppm 이하 850(4)ppm 이하 1,400(4)ppm 이하
황산화물(주로 SO ₂)	(나) 고체 연료 사용시설 ① 국내에서 생산되는 무연탄(발열량 3,800Kcal/kg이하)을 사용하는 기존 화력발전소 ② 기타 고체 연료 사용시설 2) 기타 지역내의 배출시설 (가) 액체연료 사용시설 (나) 고체연료 사용시설 ① 국내에서 생산되는 무연탄(발열량 3,800Kcal/kg)을 사용하는 기존 화력발전시설 ② 기타 고체연료 사용시설 (2) 황산제조시설 (3) 동 제련시설 (4) 납 제련시설 (5) 아비산 제조시설 (6) 기타 시설	1,200(6)ppm 이하 700(6)ppm 이하 1,950(4)ppm 이하 1,700(6)ppm 이하 700(6)ppm 이하 700(12)ppm 이하 1,500(12)ppm 이하 1,600ppm 이하 1,800ppm 이하 800ppm 이하
질소 산화물(주로 NO ₂)	(1) 액체연료 사용시설 (2) 고체연료 사용시설 (3) 기타 시설	250(4)ppm 이하 350(6)ppm 이하 300ppm 이하
이황화탄소(CS ₂)	모든 배출 시설	120ppm 이하
포름알데히드(formaldehyde)	모든 배출 시설	50ppm 이하
황화수소(H ₂ S)	모든 배출시설	30ppm 이하
불소화합물(주로 F)	모든 배출시설	10ppm 이하
카드뮴화합물(주로 Cd)	모든 배출시설	1.0mg/Sm ³ 이하
납화합물(주로 Pb)	(1) 비철금속의 용해로 용광로 및 정련시설 (2) 기타 시설	30mg/Sm ³ 이하 20mg/Sm ³ 이하
시안화합물(주로 CN)	모든 배출시설	10ppm 이하

우리나라의 배출허용기준표

오염물질	배출시설	배출구로부터의 허용기준
브롬화합물(주로 Br)	모든 배출시설	100ppm 이하
벤젠화합물(주로 C ₆ H ₆)	모든 배출시설	200ppm 이하
크롬화합물(주로 Cr)	모든 배출시설	1.0mg/Sm ³ 이하
동화합물(주로 Cu)	(1) 동계련 시설 (2) 기타 시설	30mg/Sm ³ 이하 20mg/Sm ³ 이하
페놀화합물(C ₆ H ₅ OH)	모든 배출시설	10ppm 이하
비소화합물(주로 AS)	모든 배출시설	3ppm 이하
아연화합물(주로 Zn)	(1) 금속제련용 전기로 및 소각시설 (2) 기타 시설	50mg/Sm ³ 이하 10mg/Sm ³ 이하
니켈 및 그 화합물(주로 Ni)	모든 배출시설	20mg/Sm ³ 이하

(註) 배출구 허용량의 ()내 숫자는 표준산소(O₂%)임.

의 환경보전법에서 규제하고 있는 「배출 허용기준」을 아래에 소개하기로 한다.

14. 대기오염의 방지대책

전술한 바 있듯이 자연발생적인 오염원 물질들은 자연계의 일반섭리에 따른 「자정작용」에 의해서 항상 일정할 수 있도록 조절되고 있다. 그러나 인간의 사회활동이 증대되고 산업이 발전됨에 따라 인위적인 대기오염원 물질이 과중해졌으므로 이에 대한 대책은 날로 중요시 되고 있다.

1) 대기오염원의 관리대책

「대기오염의 관리방법」은 대체로 오염원 물질의 배출량이 적은 연료를 사용하거나 원료의 사용에서부터 각종 방지장치를 설치하고 또는 배출허용기준을 강화하는 한편 기술적 및 경제적 타당성 여부의 검토 등을 하는 일이다.

한편 대기오염원 물질의 「배출원을 관리하는 방법」으로서의 오염물질을 배출하는 工程을 조사하여 그 공정별 오염물질을 감소시킬 필요가 있는데 그것은 ① 배출시설의 對替 또는 폐쇄, ② 배출원의 설치지역 규제, ③ 배출 처리공정의 개선, ④ 배출방지시설의 설치 등이다.

2) 광화학 스모그 대책

대체로 「광화학 스모그」의 원인물질과 「옥시만트」 등에 관한 환경목표를 설정할 필요가 있는데 그러기 위해서는 스모그 발생의 제반요인

을 고려한 각종 「모델」을 이용해야 하며 특히 오염물질로서의 광화학 옥시단트 농도의 환경기준과 대표적인 원인물질로서의 NO_x와 HC에 대한 환경기준을 설정하여야 한다. 특히 局地的으로는 HC의 종류별 규제를 하거나 혹은 NO_x/HC 비율의 설정 등에 필요한 目標値도 선정할 필요가 있다.

3) 가스 공해물질에 대한 대책

대기공해원 가스로서 가장 대표적인 것은 SO₂이지만 NO_x나 HC도 문제의 대상이 된다.

(1) SO₂에 대한 대책

화석연료의 연소로 발생한 SO₂는 그외 배출량을 줄이기 위해서 연료중의 硫黃(S)성분을 감소시키거나 또는 배기가스로부터 SO₂자체를 제거하던지 한다. 따라서 SO₂배출을 감소시키기 위한 방법으로서의 다음과 같은 방법이 있다.

가. 황함량이 낮은 연료를 사용하는 방법으로 低黃原油(low sulfur crude oil)를 도입하여 정제 공급하거나 또는 액체 천연가스(liquefied natural gas, LNG)나 액체 석유가스(liquefied petroleum gas, LPG) 등으로 석탄이나 석유연료를 代替하는 방법이 바람직 하다.

나. 석탄과 석유에 함유된 유황성분을 제거하는 방법도 있는데 이것은 석탄중에 함유된 불순물이나 유기황과 결합하여 있는 무기성 황을 함유한 黃鐵鑛(pyrite)을 분쇄하여 입자화한 다음 물리적으로나 화학적 방법으로 유황분을 세척 내지는 침전시켜 그의 40~90%가량을 脫黃하는 일이다.

다. 배기가스의 탈황을 할 때도 있는데 이것은 배출시설의 굴뚝마다 「매연 탈황시설」을 설치하는 방법이지만 시설비가 많이 들고 기계장치의 부식에 따른 비용의 증가를 비롯하여 이로 인한 2차 오염물질 생성에 따른 새로운 처리문제가 수반되므로 실제로 응용하기가 불편하다.

따라서 이 방법에는 건식석회석 주입법, 석회세정법, 산화마그네슘 세정법, 촉매산화법 및 재생 알칼리 세정법 등이 있다.

(2) 질소산화물(NO_x)에 대한 대책

앞에서 언급된 바 NO_x 중에서는 NO₂가 가장 문제라고 하였는데 이것은 주로 연소과정중에 생성되거나 또는 HC 연료내에 화학적으로 결합되어 있던 연료질소(fuel nitrogen, N)에 의해서도 생성되기 때문에 질소산화물은 연소를 통하여 감소시키거나 배기가스 내의 질소산화물을 제거함으로써 조절할 수 있다.

따라서 앞의 연소과정을 통한 배기가스내의 NO_x를 감소시키는데는 저과잉 공기연소법, 연소공기 예열통제법, 연소구역 냉각법, 2단 연소법, 배기가스 재순환법, 연소기계 변형법 및 유동상태 연소법 등이 사용된다.

그러나 연소과정을 거쳐서도 NO_x의 배출기준을 유지할 수 없을 때에는 배기가스가 방출되기 전에 배기가스 중의 NO_x를 제거하는 일이 있다. 따라서 여기에는 촉매분해법, 촉매환원법, 흡수법 및 흡착법 등이 응용된다.

(3) 입자상 공해물의 제거대책

여기서 가장 대표적인 것은 「분진」이며, 우리나라 「환경처」에서는 전국에서 배출되는 분지량을 추산하여 서기 2000년에 가면 3512.1×10³ton/yr가 되어 지금의 235.6×10³ton/yr보다 약 1.4배 가량으로 증가될 전망이다을 밝힌 바 있다.

따라서 모든 배출원에서 발생하는 분진배출량을 감소시키는 방법으로는 전 도로의 포장, 차량통행의 제한, 방진망의 설치, 화학약품이나 기름 또는 물의 살포, 방지시설의 신설 및 개수, 도로청소, 연소의 효율개선, 경유차량의 「捕塵器」부착 등을 들 수 있다.

그리고 분진이나 매연을 발생한다 해도 煙道나 굴뚝에서 방출하기 직전에 「制塵裝置」를 설치하여 그것들을 제거할 수도 있다.

매연의 대기오염의 척도는 매연의 밀도로서 결정하는데 검은 매연일수록 밀도가 높다고 하였으며 이것을 측정하는 기준으로는 링겔만·스케일(Ringelman scale)이 응용된다. 즉, 굴뚝에서 배출되는 검은 연기의 色度는 매연에 의한 오염의 지표(모니터)로 삼고 있다. 따라서 매연 방지책으로서는 우선 연료의 양질화가 선결되어야 하는 동시에 배기시설의 개선이나 굴뚝 높이의 조절을 하는 한편 매연을 집진할 수 있는 撒水裝置(spray equipment) 등을 해주어야 한다.

(4) 자동차 배기가스에 대한 대책

자동차에 의한 주된 대기공해원 물질들은 가소전용 차량에서는 CO, NO₂ 및 HC 등이 되지만 경유용 차량에서는 위의 3가지 이외에 매연이 문제시 된다.

지금까지의 자동차 배출가스의 低減기술은 엔진내에서의 방지기술로서 흡·배기계통의 엔진 개선이나 空燃比御制 등의 방법이 사용되었었지만 최근에 와서는 폐쇄루프式 氣化器(closed loop carburetor)나 전자제어 연료분사장치(electronic fuel injection)를 사용하여 NO_x의 생성을 억제하는 등에 엔진내에서의 방지기술이 발달되었고 동시에 삼원촉매장치(three way catalysts)를 사용하여 오염물질을 정화시키는 후속처리장치의 부착도 필요하게 되었다. 특히 옥탄가(Octane 價)를 높이기 위해 사용됐던 4에틸납(tetraethyl lead; TEL) 대신에 MTBE(methyl tertiary butyl ether)와 같은 含酸素化合物을 첨가하여 거의 납성분이 없는 개량 가스린(휘발류)를 사용하면 더욱 유효할 것이다.

II. 수질 공해

지구상의 물의 총량은 약 14억km³가량 된다고 하지만 그중의 95%는 海水이고 4%는 남극과 북극에 있는 極氷이나 萬年氷이며 나머지 1%가 淡水에 불과한데 이것도 그중 98%는 「지하수」이고 2%만이 「지표수」로서 우리가 실제로 이용가능한 水質源은 따지고 보면 지구전체 물의 0.01%에 지나지 않는 극소량이다. 그러므로 후자는 물한방울이 석유 한방울에 맞먹는다고 까지 말하기에 이르렀다. 따라서 UN의 「물 회의」에서는 결국 「국제 음료수확보 10개년 계획」을 수립하기에 이르렀다. 이러한 견지에서 우리

나라 「食水源汚染」을 살펴보면 전국의 다목적댐의 수질오염도 역시 댐 상류에서의 농약사용, 축산폐수, 공장폐수 및 養殖場폐수 등의 유입에 기인되어 날로 惡化일로에 있다. 즉, 정상적인 식수원으로 규정된 1ppm인 1급수는 점차로 2~3급수로 전락되어 가고있기 때문에 공해원으로서 새삼 문제되기 시작했다.

1. 수질오염의 개념

자연계의 물은 그 스스로 오염물질을 여과, 침전 및 산화 등에 의하여 淨化할 수 있으나 과도한 오염물질의 유입은 淨化능력을 잃게하여 축적되면서 수질오염이 가중되어 간다. 이러한 水質汚染은 좁게는 주로 人畜의 배설물에 의하여 病原性 미생물이나 기생충 등이 인체에 水因性傳染病을 일으켜 공중보건상 위험이 발생될 정도로까지 수질이 악화되는 것을 말하며 넓게는 자연적 또는 인위적으로 인한 水中에 부패성물질, 유독성물질 및 대기중의 각종 부유물질이 낙하 혼입됨으로 인하여 液性を 변화시키거나 또는 溶存酸素量을 감소시킴으로써 직접적으로는 생활, 농업, 공업 및 수산 등의 用水利用에 지장을 줌으로써 경제적 손실을 가져오고 간접으로는 공중보건에 피해를 끼칠 정도로 수질이 악화되는 일을 수질오염 내지는 수질공해라고 한다.

2. 물의 순환과 용수원

물의 循環(hydrologic cycle)과정은 시작도 없도 끝이 지표면이나 海洋으로부터 증발된 물은 대기중의 일부가 되어 고공으로 상승운반된 물은 다음 결국은 다시 지표면이나 해면으로 되돌아 降下하게 된다. 이와같이 강화된 물은 식물에 의해서 일단 遮斷되거나 蒸散되기도 하고 지면을 흘러 河川을 형성하거나 지하로 침투하여 地下水를 형성하기도 한다. 그리고 식물에 의해 차단되거나 증산된 물과 地表水중의 대부분은 다시 증발작용에 의해 대기중으로 되돌아가며 지하로 침투된 물은 지하 깊숙히 浸漏하여 지하에 貯水池를 형성하거나 혹은 깊이 침투할 수 없을 때에는 곧바로 하천으로 유입된다. 또한 심층부의 지하수도 결국은 하천이나 바다로 유입된 다음 증발하여 대기중으로 되돌아가서 이른바 「물의 순환」과정을 마치게 마련인데 이 과정은 끊임없이 계속 반

복진행되고 있다. 다시 말해서 우리들에게 이용될 用水의 근원은 蒸發(evaporation), 降水(precipitation), 遮斷(interception), 蒸散(transpiration), 浸透(infiltration), 浸漏(percolation), 貯溜(storage) 및 流出(runoff) 등의 8단계를 거치는 물의 순환을 반복함으로써 얻게 된다고 하겠다.

한편 우리나라의 용수량을 살펴보면 1981년에 17,908백만 m^3 이던 것이 1991년에는 24,277백만 m^3 으로 증가될 수세이며 그중 「생활용수」는 제2차 국토종합개발계획(1982~1991년)기간중 절대인구의 증가와 생활수준의 향상에 따라 2,727백만 m^3 에서 5,201백만 m^3 으로 약 2배가 증가될 것이며 한편 「농업용수」량은 全天候농업 및 계속되는 간척농장의 확대 등에 따라 11,113백만 m^3 에서 13,738백만 m^3 으로 증가될 것이고 또한 「공업용수」량도 1,019백만 m^3 에서 2,289백만 m^3 으로 약 2.2배가 증가될 전망이다.

요컨대 이와같은 물의 사용량 증가는 상대적으로 공장폐수, 생활폐수 및 농업폐수 등을 더 많이 배출하게 되는데 만일 이러한 오수의 처리가 미흡하다면 水域의 환경기준을 초과하는 수질오염원으로 작용하여 마침내 심각한 수질오염(water contamination) 현상을 초래하고 말것이다. 따라서 용수의 오염도가 점차로 악화된다면 앞에서 언급한 각종 용수의 需給계획에 차질이 발생할 뿐만아니라 중국에 가서는 마침내 생태계의 균형마저도 파괴될 우려가 있다.

3. 수질오염의 종류와 원인 물질

대체로 河川은 湖沼나 海洋과 서로 연결되어 있으므로 그 流域에서는 상류의 오염이 호수로까지 번지거나 또는 그 반대과정을 거쳐 오염을 미칠수도 있겠으나 이것들이 결국은 海水域을 오염시키고 만다. 따라서 上水源의 오염은 下流水域을 광범위하게 오염시키는 동시에 海水의 Clion과도 반응하여 침체상태로 빠뜨릴 때가 있다. 즉, 수중세균에 의해 분해될 유기물질 등이 嫌氣의分解를 받으므로 그 결과 오염이 심한 곳에서는 황화수소(H₂S)를 발생하고 한편 Fe와 같은 중금속이 생기게 되므로 인해 海底에 검은 침천물이 덮이는 경우가 많다.

요컨대 오염의 源泉은 자연발생인 때 보다는 인위적인 요인에 기인되는 일이 대부분이므로 수질오염을 방지하거나 復元시킬려면 역시 인위적인 사전·사후대책이 요망된다. 여기서 수질오염의 종류를 성

질별로 구별하여 설명해 보기로 한다.

따라서 수질오염원으로는 生活下水, 공장폐수 축산폐수, 광산폐수 등의 고정장소로 부터의 点汚染源과 도시 우수 유출수, 매립지 침출수, 자연녹지의 배수등과 같은 동적인 非点汚染源 등을 들수 있다.

1) 도시 생활하수

도시의 생활하수는 가정하수, 영업 및 공공하수로 구분되며 家庭下水(domestic sewage water)는 가옥의 형태에 따라 용수사용량 및 하수배출량에 차이가 있다. 생활하수 중에는 미처리된 糞尿가 가장 중요한 오염원이 될 수 있으며 또한 생활 하·폐수 중에서는 각종 세척·세탁수와 함께 合成洗劑 등의 성분이 혼합된 유·무기물질이 주된 오염원이 될 것이다.

우리나라의 하수처리율은 18%에 불과하다고 하며(1986) 이로써 생활하수가 상수원수질의 주요오염원이 되고 있는 동시에 인구가 밀집된 대도시의 주변수역의 수질도 자연 악화되는 경향이 짙다는 사실을 알 수 있다고 하겠다.

특히 가정하수는 근래에 와서 高脂肪酸소다로 만든 종래의 비누 대신에 합성세제로 바뀌면서부터 한층 그의 오염도가 심화되어 버렸다해도 과언은 아닐 것이다. 왜냐하면 합성세제의 결점은 빌더(builder)라는 보조제를 대량 사용하는데 있으나 종래의 비누에서 보던 바 硬度가 높은 물에 사용했을 때 보는 거품이 잘 일어나지 않던 점을 보정해 주는 장점도 지니고 있다.

합성세제중 뛰어난 洗淨力을 갖는 반면 미생물에 의해 분해되기 어려운 난점이 있는 Hard型 즉, 알킬벤젠설폰酸소다(sodium alkylbenzene sulfonic acid, ABS)와 미생물에 의해 쉽게 분해되게 보완한 soft型(sodium linear alkylbenzene sulfonic acid, LAS)이 있지만 이들은 모두 「빌더」로서 대량의 磷酸을 사용하고 있기 때문에 이것이 수질의 富營養化(eutrophication)의 원인이 되어 더욱 수질을 오염시키는 결과를 초래하는 까닭에 문제시되고 있다.

2) 산업폐수

각종 공장폐수를 비롯한 산업폐수는 생활하수와 함께 산업의 발달에 수반하여 그 양과 질에 있어서 증가되고 악화되었으며 특히 중금속 등의 毒性 유해물질을 많이 함유하고 있다는 점이 생활하수와는 다른 점이라 하겠다.

(1) 식품공업폐수는 농·수·축산물의 가공과정에서 배출되는 오염물을 함유하고 있으며 그 성질상 독성은 없을 것이다. 왜냐하면 이들은 천연성인 유기물질이 대부분을 차지하고 있으므로 미생물에 의해 쉽게 분해될 수 있기 때문이다. 그러나 이들의 과도한 배출은 물의 생화학적 산소요구량(biochemical oxygen demand, BOD)을 높이고 水棲生物의 생존에 지장을 주게된다. 특히 河川水를 음료수원으로 하고 있는 경우에는 더욱 큰 지장을 초래케 한다. 하천의 흐름이 빠르고 얕은 여울에서는 好氣의 분해가 이루어지고 최종산물로서는 H_2O , CO_2 및 NH_3 가 거의 태반을 차지한다. 따라서 이 원리를 이용한 것이 곧 하수처리장에서의 曝氣(作業(aeration)이다. 그러나 가령 하천에서 완전분해가 되었다 하더라도 NH_3 가 남아 있으면 魚類에는 유독하고 한편 BOD가 저하하면 식물성의 plankton이나 藻類(algae)등이 점차로 증식하기 시작하므로 여기서 질수분해물도 서서히 제거된다. 이런점에서 보면 식물성 생물이 많은 것은 물의 淨化度를 표시하는 指標의 하나로 삼을 수 있다.

그러나 물이 깊고 완만한 흐름이나 물 흐름을 거의 볼수 없는 汽水域에서는 분해되지 않은 채로의 오염물이 운반되고 여기서는 嫌氣의分解가 이루어지므로서 「탄수화물」은 CH_4 , 알데히드類, 부티르酸, 乳酸 등의 酸類를 비롯하여 많은 中間 대사물이 축적된다. 한편 「단백질」에서는 NH_3 , 아민 또는 含黃性 아미노酸 등에서 유래하는 H_2S 등을 발생하여 생물에게 유독작용을 증대하여 생물체 내에 많이 축적된다. 특히 단백질 분해물인 「인돌」, 「스카톨」 및 기타 「메틸메르캅탄」 등의 惡臭오염물질 등은 생선의 상품가치를 상실케하고 만다.

(2) 피혁공업 폐수는 공장내에서의 작업에 의해서 생기는 것 이외에 하천에 浸漬된 단백질이 미생물에 의해서 분해되어 생겨난 폐수가 문제된다. 만일 미분해된 상태로 하천으로 유입되고 그것이 하루에 정체되어 嫌氣의分解를 받게되면 식품공업폐수 이상으로 악성 오염원으로 작용하여 水棲生物에게 강한 毒性을 나타내게 된다.

(3) 펄프 폐액은 주로 아황산 펄프 폐액인고로 환원성이 강한 「아황산」을 혼재하고 있으나 이 폐액의 구성분은 대부분 미세한 섬유소나 리그린(lignin) 등이다. 섬유소류는 糖質 중에서도 가장 분해되기 어려운 성분인 고로 H_2O 와 CO_2 를 최종산물로 하는 완전분해를 기대하기는 어렵고 최종적으로 기수역에

퇴적한 다음 嫌氣의 분해를 받게되면 CH_4 를 생산하는 것이 많다. 그러나 그 속도가 매우 완만하기 때문에 미분해된 채로 대부분이 海水底에 퇴적되어 마치 「갯벌」과도 같은 汚泥(sludge)로 남게된다. 이런 곳에서는 어류의 생존은 불가능하고 이것을 해결하기 위해서는 浚渫에 의한 방법이 동원된다.

(4) 합성화학공업 폐수는 화학제품이 다양하기 때문에 그 제품을 포함한 폐액은 물론이거니와 그의 부산물로서의 폐기물(가령 메틸 Hg)에 의한 수질오염도 큰 문제가 된다.

(5) 전기화학공업 폐수는 금속제련이나 電池제조와 도금공업에서 문제가 된다. 여기에는 금속제련작업의 대상인 原鑛에 함유된 물질의 毒物, 전지제조 원료로 사용되는 P나 Ca 및 H_2SO_4 폐액 그리고 도금작업의 폐액으로서의 H_2SO_4 나 靑酸鹽 등 매우 유독한 무기화학물질이 포함되며 전술한바 있던 6價 Cr의 공해는 그의 좋은 예라고 할 수 있다.

(6) 채광, 채석, 토목공사로 인한 沈澱物들은 그 대상이 암석이나 土砂를 취급하는 모든 작업에 의해 생기는 오염 침전물을 포함한다. 즉 채광이나 채석으로 인한 微粉이 하천에 침적하는 결과 수생식물은 물론이요 그것을 먹이로 하는 곤충과 어류의 생육이 저해된다. 이 침전물은 어류의 아가미를 덮으므로 호흡이 곤란해져서 결국은 죽고 말것이다. 이것 역시 준설사업으로 복원하는 도리 밖에 없다.

3) 축산폐수

인근 하천과 상수원을 오염시킬 뿐만아니라 축사 주변에 쥐와 파리가 서식하거나 악취를 발생하여 공

해의 원인이 되고 있다. 가축에서 배출되는 오염물질은 주로 가축의 분뇨와 가축 및 축사의 洗淨水에 기인된다.

가축별로 배설직후의 분뇨를 채취하여 즉시로 분석해 보면 가축의 종류, 사료별 내지는 분뇨별로 그의 이화학적 성상이 다름을 다음표에서 읽을 수가 있다.

그러나 배설후 시간이 오래 경과하면 분석성적에 변화가 생기므로 분뇨처리의 負荷量의 설정은 분뇨의 배설량과 이화학적 성상을 기본으로 하여 산출해야 한다.

4) 농업폐수

그 자체에 문제가 있다기 보다는 논이나 밭에 살포한 水溶性農藥의 배출이나 魚類의 피해가 많아진 것은 바로 유독한 농약의 사용 탓이라고 보아야 한다.

가령 「수은제제」의 개발에 따라 과거에 치명적이었던 벼의 稻熱病만 하더라도 오늘날에는 거의 볼 수 없는 상태가 되었으며 이로 인한 益蟲이 상대적으로 사라져가고 있음은 우리가 익히 경험하고 있는 바이다. 이 밖에도 새로운 농약들이 개발됨으로써 인축에 대한 공해는 가중되고 있으니 가령 2-4-D 라는 除草劑(herbicide)가 급성중독증상의 원인이 된다는가 혹은 DDT나 BHC 등의 「유기염소계」 농약들은 殘留농약으로서 흙이나 하천을 장기간 오염시킬 뿐만 아니라 독성이 강하므로 이들의 사용은 이미 규제를 받기에 이르렀다. 그 밖에 「유기염소계인 엔드린(endrin)이나 알드린(aldrin) 등도 사용되어

가축분뇨의 이화학적 성상

가 축 별	돼 지		소		닭
사 료 별	배 합 사 료		혼합사료 및 목초		배합사료
분 뇨 별	분	뇨	분	뇨	분
수분%	70.5	95.5	86.2	94.2	77.5
pH	7.2	8.0	7.0	8.3	6.4
SS(ppm)	223,000	4,500	120,000	5,000	133,000
BOD(ppm)	63,000	5,000	24,000	4,000	65,000
COD(ppm)	35,000	9,300	20,000	6,000	45,000
NH_4 (ppm)	430	1,100	2,100	320	1,200

왔지만 독성문제나 토양 잔류문제는 매일반이어서 이들이 비에 씻겨내려가서 연쇄적으로 하천을 오염시키기 때문에 어류체내에 독성분이 축적되고 이것을 포식한 鳥類는 큰 피해를 받아 죽게됨으로써 수질공해원으로 중요시 된다.

5) PCBC(polychlorinated biphenyl)

농약은 아니지만 「유기염소계」에 속하며 그의 독성이 마치 DDT에서처럼 강하고로 사용후 殘留性이 높고 분해도 어려워서 동물체내에서의 지방조직에 축적되기 쉽고 배설도 잘 안되므로 중독의 가능성이 용이하다.

이러한 PCB는 전기절연체의 재료, 熱媒體 및 「페인트」원료 등에 많이 사용되어 왔으나 수질환경오염에 의한 魚貝類나 鳥類를 통한 공해문제가 크기 때문에 현재는 그의 제조나 사용이 금지되었다. 그러나 이미 사용하고 폐기된 엄청난게 많은 양이 嫌氣的인 분해를 받지 못한채 湖底나 海底泥土중에 아직도 잔류상태로 남아있음으로써 수중동물들이 시달리고 있을 것이다.

6) 석유와 폐유

선박의 사고로 인한 연안 양식장의 공해문제는 이미 널리 알려진 사실이다. 특히 해저유전에서 퍼 올리는 원유에 기인될 때도 있으나 중유, 경유, 석유 및 윤활유 등 여러종류의 폐유는 선박사고로 기인되든 고의적으로 폐기되던 간에 모두 해면을 油膜으로 덮거나 미량이나마 물에 용해할 수도 있으며 또한 乳化되어 고형물에 흡착되어 해저에 오랫동안 침강상태로 오염잔류됨으로써 어획된 魚貝類에서 언제까지나 악취를 풍겨 상품가치를 저하시키고 있으니 석유의 수질오염의 영향은 곧 水産魚業과 밀접한 관계가 있다고 한다.

4. 부영양화와 적조현상

앞에서 잠깐 언급됐던 富營養化문제는 湖沼나 바다가 영양과다에 빠지는 현상으로 극단적인 표를 한다면 곧 「물의 老化現象」을 뜻하는 것이다. 이의 주된 원인은 합성세제인 경우의 「빌더」로 사용되는 磷酸이라고 생각할수도 있겠으나 海洋이나 湖沼의 수중에는 식물에 生育에 필요한 각종 영양분이 만족하리만큼 함유되어 있어 특히 Mg나 Ca와 같은 磷酸

鹽과 결합한 것의 용해도는 매우 낮으므로 인산이 과다해도 수용액으로서 존재하는 인산-이온의 농도는 언제나 일정하여 그양이 증가한다해도 반드시 그에 비례하여 식물성 플랑크톤(plankton)과 같은 光合性植物에 이용되지는 않는다. 따라서 그와 반대로 인산의 공급이 단절되어도 식물에 소비됨에 따라 그때까지 水底部에 침전되어 있던 불용성의 상태가 용해되어 그만큼을 보충하게 된다.

수중 생물에게 가장 부족하기 쉬운 것은 窒素(N)이며 이것이 존재하지 않는한 인산을 비롯하여 그밖의 각종 영양분이 아무리 많다해도 「最少량의 法則」에 따라 천연 생명을 지탱할 수 없는 것이다. 따라서 단백질은 무기 「암모니아」態 질소로 부터 「아미노」酸을 거쳐 합성되기 때문에 질소가 없는 곳에서는 단백질은 생성할 수 없다. 그러므로 「부영양화」의 최대원인은 곧 질소성분만이 분명하다. 그래서 바다가 질소성분에 크게 오염되면 局部的인 부영양화 영역이 형성되고 여기에 식물성 「플랑크톤」이 폭발적으로 이상 증식을 하게 됨으로써 이른바 赤潮現象이 생기는 것이다. 이것은 어류의 아가미를 덮어서 호흡을 저해하거나 특히 야간에는 산소의 부족을 가져온다.

여기서 어류를 자멸시키는 최대의 원인으로서는 「플랑크톤」이 죽어 海·湖底를 오염하고 침전 퇴적하게 되면 그곳에 세균이 異常增殖을 하게 됨으로써 그 부근이 嫌氣的인 환경으로 변하게 되는 결과로 산소의 부족이나 황화수소(H₂S) 및 메탄(CH₄)가스 등의 有毒性 물질을 생성하여 魚貝類를 中毒死시키는 것으로 해석된다. 요컨대 물의 「부영양화」나 「적조현상」은 공히 養殖魚業상의 최대의 적인 동시에 경제적 타격을 가장 크게 줄 수 있는 수질의 공해요인으로 중요시해야 된다.

5. 수질오염으로 인한 공해

여기에는 자연환경 공해, 보건위생상의 공해, 용수 이용상의 공해, 농축산물 및 수산물에 미치는 공해 등을 생각할 수 있다.

즉, 수질오염의 결과 자연생태계의 동·식물 생활 환경이 악화되며 하천이나 해양의 美的 손상과 인간의 생활력에 지장을 주며 오염된 물이 각종 용수로 사용하기에 부족하여 原水를 사용하게 됨으로써 경제적인 부담을 가중케한다. 한편 농·축·수산물에

미치는 피해로는 농작물의 枯死로 인한 수확량의 감소를 비롯하여 토양의 토질변화에 따른 생산량의 감소와 오염물질이나 어류의 식용불능은 물론이요 이로 인한 가축의 생육부진이나 어패류의 기형 내지는 사멸 등을 초래한다. 특히 근래 산업사회에서 문제가 되는 것은 무엇보다도 중금속류에 의한 각종 공해를 비롯하여 물 소독에 사용되는 클로로포름(chloroform, CHCl_3)에서 분리된 Cl_2 가 수중에 유기물질이나 기타 화학물질과 반응하여 생성되는 트리할로메탄(trihalogenmethane, THM)에 의한 發癌性問題라고 하겠다.

1) 중금속의 수질공해

수질을 오염시키는 중금속은 대기공해인 때와는 달리 금속의 상태나 侵入하는 경로 등에 따라 차이가 있으므로 중복을 피하여 약간만 보충키로 하겠다.

수은(Hg)은 다른 미량원소와 달리 생체축매로서 酸素의 작용기로서 존재할 수 없지만 합성화학에서는 유력한 금속 촉매역활을 한다. 본래 海洋중에는 대단한 양의 수은을 함유한다고는 하나 농도상으로 미미하기 때문에 문제가 없는 것이다. 그러나 종이, 펄프 및 알칼리 공업, 전기 치료기기, 계측기, 도료, 농약, 아말감(amalgam) 등의 원료로서 그 용도가 다양하기 때문에 바다물이나 하천수가 대량의 Hg오염을 받아 공해원으로 작용하게 된다. 그러나 오염물질로서 Hg가 방출되는 경우는 부분적으로 고농도가 되기 쉬울 뿐더러 海水로도 희석되기 어려운 지경에 이를때도 있다.

Hg는 어떤 상태이던 이것에 오염된 어패류를 먹은 사람의 신경이 침해당해 전신마비, 언어장애, 시야협착, 난청 등의 증상인 이른바 「미나마타 病」을 일으키는 有毒物質로 작용한다. 특히 「유기수은」인 메틸수은(CH_3HgCl)같은 것은 동물체내에 장기간 체류하는 동시에 수천배로 농축되므로 더욱 큰 피해를 줄 수 있다. 한편 「무기수은」도 동물체내에서 미생물들의 작용을 받아 「유기수은」으로 轉化될 수 있기 때문에 중요시 된다.

다음으로 카드뮴(Cd)은 전지, 합금재료, 땀납, 도료 및 「비닐」제품 등의 安定制로 널리 사용되는 관계로 이 과정에서 수질을 오염시킬 가능성이 많다. Cd은 Ca의 대사장애로 인해 骨軟化症, 동맥경화증 및 신장성 고혈압증 등의 공해원으로서 이른바 「이따이

이따이病」의 원인이 된다. 그런데 여기서 중요시 되는 것은 이미 오염되어 버린 Cd를 회수할 수가 없을 뿐더러 계속해서 토양과 하천을 오염시켜 이로 인한 海水汚染이 지속될 수 있다는 일이다. 그리고 6價크롬(Cr^{6+})은 공업용으로 渡金이나 酸化劑로 사용되지만 독성이 강하여 최근에 문제시 되고 있다. 이것이 경구적으로 체내로 들어가게 되면 의식을 잃게 된다. 이것의 치사량은 5g/70k(사람)이라고 하며, 피부에 묻으면 산화력으로 인해 피부부이나 潰瘍을 일으키므로 깨끗이 씻어 버려야 한다. 특히 Cr도금을 한 食器에서 溶出되는 6價크롬에 대해서도 유념해야 한다.

또한 납(Pb)의 공해는 대기오염에 기인되는 일이 태반이고 직접적인 수질공해는 드문 편으로서 海水중의 오염농도는 깊이에 반비례하여 감소된다. 납은 알칼리 이외에 축전지, 鉛管 및 도료제조에 많이 사용되므로 도시하수나 산업폐수 중에 함유할 수 있다. 그러나 물의 오염에 의한 鉛管으로부터 血流量 흡수되는 납의 양은 대기오염으로 흡입되므로 발생하는 공해량의 1/5에 불과하다는 점이 특징이다.

아연(Zn)은 Fe, Cu 및 Mn 등과 함께 굴(oyster)의 구성분으로 상재하지만 軟體동물에 대해서는 0.4ppm으로 치명적으로 成魚에서는 10ppm이상이 되어야 비로서 유해하다고 하니 별로 큰 영향은 없는 것으로 알려져 있다.

2) 방사능에 의한 공해

粒子線인 α 와 β 선과 波動線 혹은 電子波인 γ 선과 X-선 등은 放射能(radio activity)를 지니고 있으며 이러한 물질은 「방사성 물질」이라고 하여 수질을 오염시키는 일이 있다. 가령 채광과정에서 나오는 폐기물에는 우라늄(μg)이나 토륨(Th90) 등의 방사성물질을 함유하고 있다. 이 밖에도 原子爐에서의 核分裂 생성물의 精製와 핵실험에서의 落塵 그리고 연구용의 방사성동위원소(radioisotope)로서의 폐기물 등도 직접 또는 간접으로 수질을 오염시킬 수 있다.

최근에 와서 국내외적으로 원자로 災害가 보도된 바 있으나 어떤 경우이던 방사능 防禦規制를 엄수한다면 보건위생학적으로 크게 문제될 이유는 없다. 다만 실수로 인한 사고인 때는 별 도리가 없으므로 철저한 사후조치를 취해야 마땅하다.

정상적인 생물체가 許容量 이상의 放射線量을 照

射받으면 조직세포가 손상을 받게되며 이것을 放射線障害라고 부르고 있다. 따라서 방사선 장애를 그의 정도에 따라 구별하는데 가령 장애의 상태가 일정한 정도 이하로 약할 때에는 회복될 수 있는 體細胞상에 나타나는 生體效果(somatic effect)도 생식세포에서 발생한 「돌연변이」인 까닭에 도저히 회복 불가능인 遺傳效果(genetic effect) 등을 들수 있지만 특히 「생체효과」와 달리 「유전효과」에서는 值線量(threshold dose)이 없기 때문에 이 장애방지를 하기 위해서는 방사선에 쬐이지 않는 것이 무엇보다도 안전한 일이다.

(1) 생체내 투과로 인한 공해

생체내로 방사성물질이 투과 침투되면 親和性있는 臟器를 골라 침착하거나 또는 체외로 빨리 배출되거나 한다. 침착되었을 때의 작용은 다만 그 방사성물질의 물리적 半減期(half period, H_p)만 가지고 결정하는 것이 아니다. 왜냐하면 H_p 가 길다해도 방사성물질이 신속하게 체외로 배출될 때에는 그 장애가 적기 때문이다. 그러므로 체외로 배출되는 속도를 고려하여 다음 식에서 보듯이 생활학적 반감기(biological half period, H_b)나 또는 양자를 합산한 實效 半減期(effective half period, H_e)를 계산해야 한다.

$$\frac{1}{H_e} = \frac{1}{H_p} + \frac{1}{H_b}$$

그러나 가령 S^{90} 의 H_b 는 20년이나 되어 빠르게 침착하면 쉽게 체외로 배출되지 않기 때문에 H_b 도 자연 길어질 수 밖에 없어서 H_e 도 길어진다는 사실은 다소간의 문제로 대두된다고 하겠다.

(2) 최대허용량

인체에 대한 방사선의 최대허용량(maximum permissible concentration or dose)은 방사성 물질의 종류나 장기에 대한 친화성, 단위시간 당 장기에 작용하는 양이나 배출량, 오염된 공기나 음료수의 섭취량 및 작용시간의 여하 등에 따라서 차이가 있다. 그러나 직업인이나 일반주민에게도 피해를 줄 가능성이 많기 때문에 1965년 「국제방사선 방어위원회(International Committee or Radiation Protection, ICRP)에서는 전리방사선의 최대허용량을 규정하고 있다. 참고로 이 국제적 규제를 다음표에서 소개해 보기로 했다.

사람에 대한 공기와 물의 방사능 오염 허용량

방사선 종류 대상 종류	α -입자	β -입자와 γ 선
공 기	$5 \times 10^{-12} \mu\text{Ci/ml}$	$10^{-9} \mu\text{Ci/ml}$
물	$10^{-7} \mu\text{Ci/ml}$	10^{-7}Ci/ml

* Ci : Curie 단위

전리방사선의 최대 허용량

피 폭 종 류	친화성 장기	최대 허용량 ($5(N-18) \cdot \text{rem}$)
직업적 피 폭	조혈기관, 생식기관, 수정체	100mrem/week 3rem/13week
	임신가능 복부	1.3rem/13week
	팔, 손, 발, 다리(四肢)	20rem/13week
非직업 적 피폭	조혈기관, 생식기관	1.5rem/year
	피부, 갑상선 및 뼈	3rem/year
	四肢(팔, 손, 발, 다리)	7.5rem/year
	기타 장기 일반주민(0~30세)의 평균 축적선량	1.5rem/year 5rem

* 18才(나이)

(3) 방사선의 단위

방사선의 단위로는 여러가지가 사용되고 있어 일반인에게는 혼돈되는 점도 있다. 여기서 그런 점을 해소하기 위해 다음과 같이 구별 설명하기로 한다.

가. 照射線量의 단위는 쾨트겐(roentgen, r)이고 이것은 「X-선 또는 γ -선을 쬐었을 때 건조한 공기 1ml(0.0012393g)에 대하여 발생된 2차 입자선이 공기중에 1靜電單位(esu)의 +·-의 兩荷電을 시키는 X-선 또는 γ -선의 양」이라고 규정하고 있다. 여기서 단위 시간당의 조사서량을 특히 「照射線量率」이라고 칭한다.

나. 방사선의 強度는 방사선의 束密度에 해당되며 단위시간당 흐름방향으로 수직의 단위 면적당의 통과 「에너지」량을 말한다. 매초 1cm²당의 「에너지」를 에르그(erg)로 표시하고 또는 1cm²당의 와트(watt)로도 표시한다.

다. 吸收線量(rentgen absorption doses)은 조사되어 있는 위치에서 물질의 단위질량당의 荷電粒子에 의해 주어지는 「에너지」이며 1g의 조직이 100erg의 「에너지」를 흡수하는 線量を 1라드(rad)로 정한다. 단위 시간당의 흡수선량을 「吸收線量率」이라고 부르며 단위 시간당의 rad로 표시한다.

라. 生體效果線量은 종류가 다른 방사선의 電離能으로서나 에너지 등의 차이를 補正하기 위한 「實效線量」이라고도 불리며 이 단위는 램(rentgen equivalent man, rem : 인체에 200kev의 X-선 또는 γ -선과 같은 생물작용을 일으키는 전리방사선의 양, $rem = rad \times RBE$)으로 표시한다. 즉, 1rem이전 「1r의 X-선 또는 γ -선에 의해 인체에 일어나는 효과와 동일한 生物效果를 주는 모든 방사선의 양」을 규정하는 단위이다.

따라서 X-선, γ -선 및 電子線(β 선) 등을 1rad가 1rem이 되며 中性子線과 陽子線은 0.1rad이고 重陽子線은 0.05rad의 흡수선량이 각각 1rem에 상당하다는 말이 된다.

마. 방사선물질의 量의 단위는 퀴리(C)이며 1C는 매 초당의 變換粒子數가 3.7×10^{10} 개인 방사선 核種의 양이라고 하겠다.

바. 비 r-선 방사율은 點線源에서 일정한 거리를 두고 遮蔽物 내지는 γ -선으로 부터 방사되는 照射線量率을 말하며 이 단위는 r/cm/h로 표시된다.

사. 生物學的 效果比率은 약 200kev의 X-선 또는 γ -선의 생물학적 장해에 비하여 몇배의 영향을 미치는가를 다음과 같이 계산하여 표시하는 것으로서 RBE(Relative Biological Effectiveness)

RBE =

$\frac{\text{어떤 효과를 얻는데 필요한 X-선, } \gamma\text{-선의 총량}}{\text{같은 효과를 얻는데 필요한 방사선의 선량}}$

라는 수치로 표시된다.

아. 物理學的 윈트겐 當量은 생체조직 1g 당 93erg의 에너지 吸收를 발생시키는 선량으로서 rep(Rentgen equivalent physical)로 표시되었으나 현재는 rad로 바꾸어 쓰고 있다.

3) 熱汚染에 의한 공해

발전소나 체철소를 비롯하여 각종 공장에서 배출되는 高温熱水가 사전 처리를 받지 않은채 하천이나 바다로 유입되면 물속에 서식하는 모든 생물군에게

큰 충격을 받게 된다. 즉, 수온이 높아지면 溶存酸素量이 감소되고 이로 인해 피해를 주게 되므로 이러한 폐수를 방류하기에 앞서 충분히 냉각시키거나 기타 「에너지」원으로 再活用한 다음에 냉각된 뒤 방출할 필요가 있다.

요컨대 수온이 일정하게 항상 높은 상태로 있게 되면 생물의 종류를 감소시키는 결과를 가져오기 때문에 모든 수역에서는 항상 적당한 수온의 평화가 진행되고 있어야 할 것이다. 즉, 수온은 卵割(cleavage)이나 알의 생육에 있어서 절대적인 영향을 미치게 되므로 수온이 높은 상태로 계속 방출되는 일은 결코 바람직하지 못한 것이다.

특히 알의 발생기에 水温이 10°C 이상으로 높아지면 그의 발생상태에 異狀을 초래한다. 따라서 魚類의 生態를 교란시키는 高熱溫水의 排水는 결국 수질 오염이나 양식장의 피해와 절대 상관성이 있음을 알 수 있다.

4) 기타 요인에 의한 공해

이상에서 언급된 수질공해 외에도 시대적 변천과 식생활 개선의 영향으로 또다른 공해요인이 생겨나므로 보건위생상 매우 심각한 사회문제까지 등장하게 되었다. 즉, 앞에서 언급되었던 대로 PCB는 有機鹽素系로서의 毒性이 있고 동물지방조직에 축적이 잘되는 동시에 배설도 어려운 점이 중독증을 상승시키는 요인이 된다.

1968년에 日本의 北九州地方을 중심으로 하여 발견되기 시작한 기묘한 피부병이 米糠油를 가공하는 과정에서 加熱, 脫臭 그 過程중 熱媒體로 사용된 PCB가 미강유에 混入되고 이것을 식용했거나 또는 이것으로 오염된 환경 수질에 의한 「먹이사슬」을 통하여 魚類나 鳥類 및 사람에게 中毒 피해를 끼치게 된다. 실제로 물가마귀, 흰꼬리 수저 및 닭에서도 중독증 사례가 여러번 발표된 바 있으니 특히 사람에서의 「카네미 油症」이란 이름이 세계에 알려진 것은 이때 부터이다. 그후 여러나라가 줄이어 이 油症에 대한 연구조사 결과로 수질오염원이 될 수 있다는 확증을 얻게되어 1971년에 드디어 사용규제를 하기에 이르렀다. 이 油症의 주된 임상증상으로는 眼脂의 증가, 손톱과 발톱의 변색 및 座瘡性皮膚疹 등의 피부증상을 들 수 있고, 일반 증상으로는 마치 어떤 식 중독 증상에서 보는바와 같은 식욕부진, 구역질, 구토, 四肢의 탈력감, 관절통, 여자의 월경불순 및 체

증감소 등을 나타낸다.

여기서 참고할 일은 PCB의 急性毒性인데 이것은 PCB KC-400을 1회 경구투여 함으로써 오·송별로 각각 LD₅₀=2.2 g/kg과 LD₅₀=1.9 g/kg이었으며 그 평균치는 LD₅₀=2.0 g/kg이었음이 실험결과로 증명된 것만 보더라도 이 PCB의 수질공해가 얼마나 중요한가를 가늠할 수 있을 것이다.

5) 트리하로메탄의 피해

인구집중에 따른 도시의 물 수요량은 계속 증가함에 비례하여 수자원의 오염도 그만큼 가중될 것을 예측할 수 있을 것이며 또 이러한 물을 淨하기에 소요되는 크로로포름(chloroform CHCl₃)의 사용량도 증대됨으로써 자연히 트리하로메탄(trihalomethane, THM)의 공해문제도 더욱 심각해져 가고 있다.

「트리하로메탄」이란 가장 간단한 탄화수소인 메탄(methane CH₄)의 수소 3개가 염소(Cl)나 沃素(iodine, I) 및 브롬(brome, Br) 등과 같은 하로겐(halogen) 原子로 置換된 것을 말하며 이들중 상수도물 중에 가장 발견되기 쉬운 것은 「클로로포름」이고 다음으로 브롬디클로로메탄(bromodichloromethane, CHBrCl₂), 디브롬클로로메탄(dibromochloromethane, CHBr₂Cl), 브롬포름(bromoform, CHBr₃) 등의 순서로 발견된다. 이들이 海水에 混入되는 경우에는 브롬화합물이 큰 역할을 하게된다. 그러나 옥소의 THM만은 분석하기 어려워서 측정도 할 수 없기 때문에 總 트리하로메탄(total THM, TTHM)에서 제외하고 있다. 그러나 THM이 큰 문

제가 되게된 것은 水中에 존재하는 염소화합물 가운데서 가장 함량이 크기 때문이다.

THM을 생성하는 유기물은 자연계에 존재하는 부식성 유기물질과 도시하수나 산업폐수 등에서도 발견된다. 따라서 수질을 평가할 때 과거처럼 BOD(biochemical oxygen demand)나 COD(chemical oxygen demand)와 같은 산소소비량만으로 지표를 정하여 사용하기는 어렵게 되었다. 특히 THM 중에서 「클로로포름」은 發癌性物質로 밝혀져 있으며 그 밖의 화합물도 실험동물에서 발암성과 돌연변이를 일으킴을 확인하고 있다. 다음 표에서 보듯이 동물 시험 결과 「클로로포름」과 「브로모포름」은 모두 발암성이 있음을 알 수 있다.

특히 우리나라에서 문제가 되는 것은 우리나라의 모든 상수처리의 정화과정에서 염소(Cl)처리공정을 반드시 거치게 되어 있으므로 THM의 생성가능성이 매우 높을 것으로 예상된다. 그러나 아직은 상수도물 중의 THM의 함유량에 대한 완전한 기초조사가 이루어져 있지 않고 다만 「서울시 상하수국」에서 조사한 상수처리장과 상수도관 末部에서의 THM 함량을 조사·분석한 바가 있을 뿐이며 그의 발생량은 조사기간중 0.008~0.038ppm이었으며 최고 오염기준(maximum contaminant level, MCL)인 0.1ppm에는 훨씬 미치지 못하였음을 확인하고 있음으로 다양한 일이라 하겠다.

그리고 THM은 중심으로한 유기염소화합물의 생상량은 原水의 수질, 염소의 주입율, 접촉시간, pH

THM의 발암성 및 돌연변이 실험성적

THM의 명칭	실험동물	투여량	실험기간	발암성	돌연변이 발생
클로로 포름	마우스	0.1~1.6mg/kg	4개월간	○	
	마우스	138~477mg/kg	92주간	○	
	랫드	20~200mg/kg	111주간	○	
브로모 포름	마우스	1.100mg/kg		○	
브로모 디클로로 메 탄	AMES법				○
디브로모크로로 메 탄	Salmonell균				
	AMES법				○
	Salmonell균				

* 山田氏(1980. 8), 科學을 참고함.

우리나라의 수질 환경기준

(1) 하천 및 호소

구분	등급	이용목적별 적용 대상	기 준 치					
생 활	I	상수원수 1급 자연환경보전	6.5~8.5	1이하	1이하	25이하 (1)	7.5이상	50이하
	II	상수원수 2급 수산용수 1급 수영용수	6.5~8.5	3 이하	3 이하	25 이하 (5)	5.0 이상	1,000이하
환	III	상수원수 2급 수산용수 1급 공업용수 1급	6.5~8.5	8 이하	8 이하	100이하 (1)	2.0 이상	-
	IV	6.8~8.5	8 이하	8 이하	100 이하 (15)	2.0이상	-	
경	V	공업용수 3급 생활환경보전	6.0~8.5	10 이하	10 이하	쓰레기등이 부유되어 있지 않을 것	2.0 이상	-
사람의 건강보호	Ca : 0.01ppm 이하, As : 0.05ppm 이하, Pb : 0.1ppm 이하, Cr ⁶⁺ : 0.05ppm 이하. CN, Hg, P 및 PCB 등이 검출되어서는 안됨.							

[註]

- (1) 湖沼水의 경우 BOD기준은 적용하지 않으며 SS기준은 () 내의 수치를 적용한다.
- (2) 수산용수 1급수는 貧富營養性(oligotrophic)수역의 수산생물용.
- (3) 수산용수 2급수는 中부양성 수역의 수산생물용.
- (4) 자연환경보전은 자연경관 등의 환경보전.
- (5) 상수원수 1급수는 여과등에 의한 간이 정수처리후 사용.
- (6) 상수원수 2급수는 침전여과 등에 의한 일반적 정수처리후에 사용.
- (7) 상수원수 3급수는 전처리 등을 거친 고도의 정수처리후에 사용.
- (8) 공업용수 1급수는 침전등에 의한 통상적 정수처리후에 사용.
- (9) 공업용수 2급수는 약품처리등 고도의 정수처리후에 사용.
- (10) 공업용수 3급수는 특수한 정수처리를 한다음에 사용.
- (11) 생활환경보전은 국민의 일상생활에 불쾌감을 주지 않을 정도

및 水温 등의 영향을 받는 것이며 따라서 THM의 공해문제는 음료수 소독에 사용되는 鹽素消毒에 귀착된다고할 것이다.

6. 수질 환경기준

수질오염은 수질과 오염물질 사이의 물리·화학적 및 생물학적 작용의 복합화에 의한 것이므로 어떤 단일 항목의 관측만으로 전체적인 오염도를 표시하기는 곤란하다. 특히 근래에 와서는 THM으로까지 관심을 갖게 되어 그 지표항목이 더욱 복잡해 졌다

고 본다.

따라서 우리나라에서 현재 일반적으로 오염현상을 측정하는 대상항목으로서는 다음과 같은 것들을 들 수 있다.

- ① 수소이온 농도(pH)
- ② 생물화학적 산소요구량(BOD)
- ③ 화학적 산소요구량(COD)
- ④ 용존 산소량(dissolved oxygen, DO)
- ⑤ 부유물질량(suspended solids, SS)
[혹은 총부유입자량(total suspended particles, TSP)]

등급	기 준 치								
	pH (ppm)	COD (ppm)	DO (%)	SS (ppm)	유분 (mg/l)	총질소 (mg/l)	총인 (mg/l)	대장균군수 (MPN/100l)	특정유해물질 (mg/l)
I	7.8~ 8.3	1 이하	포화율 95 이상	10 이하	검출되어 서는 안됨	0.05 이하	0.007 이하	200 이하	C ⁶⁺ : 0.05이하 A _s : 0.05이하 C _d : 0.01이하 P _b : 0.01이하 C _u : 0.02이하
II	6.5~ 8.5	2 이하	포화율 85 이상	25 이하	검출되어 서는 안됨	0.1 이하	0.015 이하	1,000 이하	단, CN, Hg, P, PCB 등이 검출되어서는 안됨
III	6.5~ 8.5	4 이하	포화율 80 이상	-	-	0.2 이하	0.003 이하	-	

(註)

- (1) DO를 농도로 표시할때는 등급 I은 6mg/l, 등급 II와 III은 5mg/l 이상이어야함.
- (2) 등급 I은 수산생물의 서식, 양식 및 산란에 적합한 수질을 말한다.
- (3) 등급 II는 해수용 등 해양에서의 관광 및 여가선용과 등급 I외의 수산생물에 적합한 수질을 말한다.
- (4) 등급 III은 공업용수, 선박의 정박 등 기타 용도로 이용되는 수질을 말한다.
- (5) 총질소는 NO₂, NO₃, NH₃의 합계이다.
- (6) 총인은 PO₄의 형태인 P를 말한다.

⑥ 대장균군(coli form group)

⑦ 특수 유해물질

⑧ 생물상

⑨ 기타(근래에 와서 경우에 따라서는 음료수 중의 THM이나 호수나 해수중의 PCB 등을 조사할 때 도 있다)

우리나라의 「환경보전법」에 규정된 「환경기준」은 다음표에서 보는 바와 같이 첫째로 하천 및 湖沼에 대하여 생활환경의 보전에 관한 항목과 사람의 건강 보호 차원에 관한 항목의 두가지로 구분되어 있으며 또 생활환경 보전은 다시 하천 및 호수의 이용목적에 따라 水域을 5개의 등급(I, II, III, IV, V)으로 구분하여 그의 pH, BOD, COD, SS, DO, 대장균군 수의 6가지 수질기준 항목을 설정하고 있다.

그리고 사람의 건강보호를 위해서는 전지역에 대하여 중금속이나 毒性물질인 C_d, CN, P, P_b, C⁶⁺, A_s, Hg, PCB 등의 8개 항목에 관한 기준을 설정하고 있다.

다음으로 海水인 경우에는 특히 沿岸海水에서는 DO와 油分値가 중요시 되기는 하나 陸水의 영향을 많이 받는 海水域에서는 COD, SS, 대장균군의 수 밖에도 N 및 유기인 등이 중요시 되며 특히 養殖魚場에서는 중금속, 농약, PCB 등이 농축되기 쉽다는

점에서 이들에 대한 기준을 엄격히 설정하고 있다.

7. 폐수배출 허용기준

수질 오염물질이 배출시설로 부터 放流水域으로 배출될때 오염물질의 양이나 그의 수질을 규제하는 표준치를 排出許容基準이라고 한다.

현재 우리나라에서는 「환경보전법」의 규정에 의한 終末處理場이나 배출시설의 방류수의 수질기준이 정해져 있고 한편 「發藥物管理法」의 규정에 의한 분뇨의 정화조, 오수 및 축산폐수의 정화시설 등에 대한 배출허용기준을 적용하여 규제하고 있다.

다음 표에서 보듯이 종말처리장은 분뇨와 폐수로 구분하여 BOD, SS 기타 유해물질 항목에 대한 방류수의 수질기준이 설정되어 있다. 그리고 분뇨정화조나 오수와 축산폐수의 정화시설은 BOD제거효율과 방류수의 BOD 농도가 동시에 규정되어 있다. 한편 분뇨정화조, 오수 및 축산폐수의 정화시설은 BOD제거 효율과 방류수의 BOD농도를 동시에 규정하고 있다. 그리고 사업장 및 공장으로 구분하여 규정되며 淸淨地域과 특례지역으로 구분하여 COD 등 23개 항목에 대한 배출허용농도를 달리 규제하고 있다.

즉, 「淸정지역」이란 수질을 절대적으로 보전해야

분뇨, 하·폐수 종말처리장의 방류수 수질기준

구분	DOD ppm	COD ppm	SS ppm	기타(mg/l)
분뇨	40 이하		70 이하	pH : 5~9.0, 광유분 : 5이하, Cr : 2>, 동식물유지류 : 30, 폐놀류 : 5이하, CN : 1이하, Cr ⁶⁺ : 0.5이하, Fe : 10>
하수	30 이하	50 이하	70 이하	Zn : 5이하, Cu : 3이하, Cd : 0.1이하, Hg : 0.005이하, P : 1이하, As : 0.5>
폐수	30 이하		70 이하	Pb : 1이하, Mn : 10이하, F : 15>, PCB : 0.003이하, 온도40℃이하

한다고 인정되는 수역의 수질에 영향을 미치는 지역으로서 환경처 장관이 지정하는 지역을 말하며 이것을 다시 3개 지역으로 구분하여, 먼저 (가)-지역은 수질환경기준 I 등급 정도의 수질을 보전하여야 한다고 인정되는 수역의 수질에 영향을 미치는 지역으로서 환경처 장관이 정하는 지역이고 다음 (나)-지역은 수질환경기준 II 등급 또는 III 등급 정도의 수질을 보전해야 한다고 인정되는 수역의 수질에 영향을 미치는 지역으로서 역시 환경처 장관이 지정하는 지역을 말하며 끝으로 (다)-지역은 수질 환경기준 IV 등급 정도의 수질을 보정해야 한다고 인정되는 수역의 수질에 영향을 미치는 지역으로서 환경처 장관이 지정하는 지역을 말한다.

한편 「특례지역」도 환경처 장관이 지정하고 있는데 이것은 수질환경기준 V 등급 정도의 수질을 보정해야 한다고 인정되는 수역의 수질에 영향을 미치는 지역인 것이다.

8. 수질오염의 방지대책

수질오염에 대한 방지대책으로는 먼저 「오염원의 관리」가 선결문제이고 다음에 필요한 것이 「부영양화의 방지」라고 하겠다.

1) 오염원의 관리

먼저 생활하수에 대한 관리대책으로서 가장 효과적인 방법은 오염원으로 부터 管渠를 거친 下水를 하수종말처리장으로 流入케한 다음 적당한 처리과정을 거쳐서 放流水域으로 배출하는 일이다. 그러나 하수종말처리장이 건설되지 않은 소도시·읍·면 지역이나 비처리 대상지역의 분뇨 및 정화조 汚泥

(sludge)는 분뇨처리장에서 수거 처리한 다음 방류역으로 방출해야 한다.

다음 산업폐수는 유기물이 주종을 이루고 있는 생활하수와는 달리 중금속이나 유독물질을 많이 함유하고 있으므로 그 관리에 있어 특별한 대책을 세워야 한다. 산업폐수는 보통 하수종말처리장에서 합병처리를 하는 것이 원칙이지만 이들의 처리시설이 없는 공업지역내 공장이나 사업장 등의 배출시설은 자체의 오염방지 시설인 「폐수처리장」을 갖추어야 한다. 그러나 이런 경우 동일업종이 밀집한 工團이나 공업지역내 공장 및 폐수의 성질이 유사한 공장지역에서는 공동으로 폐수처리장을 건설하여 각각의 모든 폐수를 遮集처리 운영하여야 보다 합리적이고도 경제적이라고 하겠다.

그리고 축산폐수는 매우 고농도인 유기물질로 되어 있으므로 그대로 방류수역으로 방류해 버린다면 질소나 인과 같은 영양 염류에 의하여 「부영양화」수질로 극악화될 가능성이 많으니까 이에 대한 철저한 관리대책이 마련되어야 할 것이다. 그래서 집단농장 시스템에서는 가축의 분뇨를 일단 콘크리트 구조물에 저류하여 嫌氣의인 消化를 시킨다음 여기서 발생한 「가스」는 연료원으로 사용하고 한편 방류수는 연못으로 유입시켜 藻類(algae)의 영양원으로 이용하는 동시에 이것에 의해 성장한 조류(말)는 건우어서 다시 가축의 사료로 재활용하고 안정된 「스러지」(오니)는 동양의 개량제로 전용하기도 한다. 그러나 소규모의 축산시설 목장에서는 적어도 ① 축산폐수 정화시설의 설치, ② 가축의 분뇨를 퇴비화, ③ 집단농장시스템으로의 개발축진 및 ④ 소규모 축산시설에 대한 관리를 철저히 하여 무처리 상태의 폐수를 그대로 방류하는 일이 있어서는 안된다.

2) 비점오염원에 대한 대책

非点汚染源에 의한 수질오염은 降雨에 의해 지표면이나 배수로에 推積된 오염물질이 流出水에 혼입되어 하수도관과 같은 배수관을 거쳐 방류수역에 유입됨으로써 일어난다. 따라서 방류수역의 수질관리 대책상은 다음과 같은 방법을 사용하는 것이 효과적이다.

(1) 도시 오수의 관리대책

도시지역의 도로포장면에는 공장이나 상가에서 발생하는 폐기물, 자동차 배기가스 및 각종 먼지들이 오염물질로서 쌓여 있다가 비가오면 씻겨내려가 방류수역의 수질을 오염시킬 가능성이 많다. 따라서 이런 유출수에 대한 관리대책으로서는 ① 도로청소를 잘하고, ② 초기에 유출되는 빗물을 일시 저류하는 滯留池를 설치하고, ③ 초기의 빗물을 유출시키기 위한 雨水吐室을 설치하여 이것을 하수종말처리장으로 연결하든지 해야 좋다.

(2) 농경지 유출오수의 관리대책

농경지에 살포된 농약이나 화학비료는 빗물이나 權溉排水에 포함되어 있으므로 배수관을 통하여 공공수역으로 유입되어 수질을 오염시키는 원인이 되고 있다. 따라서 이러한 유출 汚水를 관리하려면 ① 체류지를 설치하여 일시적인 저류후 방출을 하고, ② 관개배수를 농업용수로 활용할 것이며, ③ 농약이나 비료사용량을 조절하거나 하면 효과적일 것이다.

(3) 매립지 침출수의 관리대책

대부분의 폐기물 埋立地는 위생적방법에 의한 매립을 하지 않는 경우가 많은데 이런 경우 여기서 浸出하는 침출수의 관리대책은 매우 중요하다고 하겠다.

이러한 침출수의 성질은 대체로 COD나 BOD의 농도가 높고 중금속이나 기타 유해물질 등을 다양하게 함유하고 있기 때문에 이런 오수에 의한 방류수는 침출수량을 감소시키거나 또는 발생된 침출수를 遮集處理해야 한다. 즉, ① 폐기물 매립지를 선정할 때 滯水層의 지하수량이나 지하수위 등을 고려하고, ② 매립지를 건설할 때 침출수 流出防止시설을 설치하며, ③ 침출수 調査井을 설치하고, ④ 침출수의 차집처리시설을 설치하거나 한다.

(4) 부영양화 방지대책

호수의 생성초기는 貧營養狀態(oligotrophic)이던 것이 시간이 경과함에 따라 주변에서 유입되는 영양

염류가 축적되기 시작하면 中營養狀態(mesotrophic)를 거친 다음 더욱 풍부해지면 결국 「부영양화」상태로 변하여 탄소, 질소 및 인 등의 조류증식에 적합한 성분이 농축된다. 따라서 부영양화된 호수가 수질의 오염문제를 발생시키는 것은 결코 부영양화 그 자체가 아니고 호수의 물이 부영양화됨으로써 생겨나는 조류번성(algal blooming)에 있는 것이다. 왜냐하면 첫째로 조류가 호수표면에 대규모로 덮이면 태양광의 투과를 막기 때문에 수중식물의 光合成을 저해하며 또한 대기중의 산소가 水中으로 용해되는 것을 방해하므로 수중의 溶存酸素量을 감소하게 된다. 다음으로는 湖水표면에 형성된 조류들이 죽어 湖沼底에 침전되면 수중 미생물의 분해작용을 받게 되므로 한창 용존산소량이 결핍하게 되는데 특히 봄과 가을에 호수의 밀도차이에 의해 일어나는 호수상·하층의 水層轉倒現象으로 말미암아 한층 용존산소량이 결핍되어 嫌氣性상태로 변함으로 수질오염은 더욱 악화되고 만다.

따라서 이러한 일을 방지하기 위해서는 첫째로 영양염류의 과다한 유입을 억제할 것이며 다음으로 부영양화된 湖沼에 대한 수면관리대책을 세워야 할 것이다. 앞의 것이 대책에 대해서는 기타 일반수질오염 방지대책을 수립하면 될 것이고 다음것에 대해서는;

① 호수바닥에 침전된 퇴적물을 준설.

② 약품에 의한 영양염류를 침전.

③ 영양염류가 유입되는 입구에 조류(말)이나 水역을 방지하는 대책이 중요하다. 따라서 다음과 같 草를 재배하여 영양염류를 일단 소모시킨 다음(세포 합성에) 정기적으로 제거.

④ 인위적 또는 殺藻劑(algaecide)를 이용하여 조류를 제거한다.

⑤ 호수에 인공 爆氣裝置를 가설.

등등과 같은 관리대책을 수립하면 안전하다.

요컨대 앞으로의 수질공해문제의 대상원은 유기물질이나 세균류들 보다는 오히려 重金屬類를 비롯하여 PCB나 TMM과 같은 有毒化學物質에 더 많은 관심과 대책마련에 비중을 크게 두어야 할 것이 즉 다른 방법도 있겠으나 活性炭에 의한 吸着施設이나 화학적 유해물질을 파괴할 수 있는 오존이나 이산화염소와 같은 산화를 투입하여 처리하는 시설 등을 보완함으로써 수질관리 전·후에 발생할 오염의 가능성을 사전에 防止할 最大限의 대책이 강구하여야 할 것으로 생각된다.