

내분비계 장애물질 제거방안 조사연구

(응집제를 이용한 Bisphenol A, DEHP, DEHA) * 상수도 수질연구논문집(2002)

A Study on the Removal Efficiency of Endocrine Disruptors

(For Bisphenol A, DEHP, DEHA with Coagulants)



● 유희중
인하대학교 환경공학과 졸업
서울대학교 보건대학원(수질관리과) 졸업
인천보건환경연구원 수질보전과 근무(1995.11~2000.01)
현재 인천광역시상수도 사업본부 수질연구실 근무(2000.03 이후)
지방환경연구소

I. 서론

내분비계 장애물질은 주로 잔류성이 강한 화학물질이 인체의 내분비계(호르몬계)에 작용하여 호르몬의 분비를 차단, 과잉·과소 분비하도록 하여 인체의 정상적인 발육을 방해하고 생식기의 이상현상등을 초래할 가능성이 있는 물질로 알려져 있어 일본등에서 환경호르몬으로 표기하고 있으나 물질의 작용방식을 고려하여 내분비계장애물질(Endocrine disruptors)로 명명하여 사용하고 있다.

환경호르몬은 생명체의 내분비계에 치명적인 영향을 미쳐 생식장애나 성전환등을 일으키는 물질로서 내분비계의 정상적인 기능을 방해하는 화학물질로서 환경중 배출된 각종 화학물질 및 농약등이 먹이사슬을 통해 사람이나 동물의 체내로 들어와 내분비계에 영향을 미쳐 생식 장애등을 일으키고 생체내 여성호르몬 수용체와 결합하여 여성호르몬처럼 작용하여 수컷의 정소를 축소하고 정자수를 감소하여 극단적으로 수컷이 암컷화 하여 종의 소멸까지 초래할 수 있다^{1,2)}.

우리나라는 세계생태보전기금(WWF:World Wildlife Fund)분류기준에 따라 67종의 화학물질이 등록되어 있으며, 이 67종의 환경호르몬 중 국내에서 제조되거나 수

입된 적이 있는 물질은 51종에 달한다. 이중 현재 42종(농약 32종, 산업용 화학물질 3종, 부산물 7종)이 규제되고 있으며 나머지는 규제되지 않는 물질 9종중에서 비스페놀 A등 4종은 관찰물질로 지정되어 관리하고 있는 실정이고, 5종은 전혀 규제하고 있지 않는 실정이다.³⁾

따라서 본 연구에서는 규제되고 있지 않는 9종중의 환경호르몬물질중에서 수계에서 검출가능성이 있는 비스페놀 A, 디에틸헥실프탈레이트(DEHP), 디에틸헥실아디프산(DEHA)의 3종을 대상으로 상수도에서 수처리제로 주로 사용하고 있는 고분자응집제(PAC, PACSI)를 이용하여 응집효율을 관찰하여 상수도시스템에서의 효과적인 환경호르몬 물질의 제거방안을 강구하는데 기초자료를 확보하고자 본 연구를 수행하였다.

II. 문헌연구

[2.1 내분비계 장애물질정의]

내분비계 장애물질이란 영어의 Endocrine Disruptors(ED) 또는 Endocrine Disrupting Chemicals(EDC)를 직역한 말로서 생명체의 정상적인 호르몬기능에 영향을 주는 합성 혹은 자연상태의 화학물

질을 말한다.²²⁾

미국 환경청(EPA)는 내분비계장애물질들을 "항상성(Homocostasis) 유지와 발달과정의 조절을 담당하는 체내의 자연호르몬의 생산, 방출, 이동, 대사, 결합, 작용, 혹은 배설을 간섭하는 화학물질"이라고 폭넓게 정의하였다.

우리나라 환경부는 내분비계장애물질이라고 동일하여 사용하고 있으며 일반인들은 환경호르몬이라고 부른다. 이들은 크게 (1)약물성 내분비 교란물질, (2) 자연성 내분비 교란물질, (3) 환경성 내분비 교란물질(속칭 환경호르몬: Environmental Endocrine Disruptors, EED)으로 대별된다. 즉, 내분비계장애물질이란 내분비계의 정상적인 기능을 방해하는 화학물질로서 환경중 배출된 화학물질이 체내에 유입되어 마치 호르몬처럼 작용한다고 하여 호르몬으로 불리우기도 한다.

내분비계장애물질로 알려진 물질의 대부분은 산업용 화학물질이 차지하고 있으며 그 밖에 에스트로겐 기능약물, 식물에서 생산되는 식물성 에스트로겐 등이 포함된다. 이들 대부분 장애물질은 생태계 및 인간의 생식기능저하, 기형, 성장장애, 암등을 유발하는 물질로 추정되고 있으며 생태계 및 인간의 호르몬계에 영향을 미쳐 전 세계적으로 생물종에 위협이 될 수 있다²³⁾는 경각심을 일으켜 오존층 파괴, 지구온난화문제와 함께 세계 3대 환경문제로 등장하였다.

내분비계 장애물질은 일반적으로 합성화학물질로서 물질의 종류에 따라 저해호르몬의 종류 및 저해방법이 각각 다르다. 그러나 수많은 화학물질중 명확하게 내분비장애 물질로 밝혀진 것은 극히 일부분이며 대부분의 물질이 잠재적 위험성이 있는 것으로만 알려져 있다.

그 특성은 생체호르몬과 달리 쉽게 분해되지 않고 안정하며, 환경중 및 생체내에 잔존하며 심지어 수년간 지속되기도 하고, 인체중 생물체의 지방 및 조직에 농축되는 성질이 있다.

[22 내분비계 장애물질 역사]

내분비계 장애물질은 독성이 크거나 특별한 화학 물질이라기 보다는 농약, 플라스틱, 세정제 등과 같이 우리 일상생활에서 흔히 접할 수 있는 합성 화학물질로서 내분비

계 장애물질이 관심의 대상이 된 이유는 생체내 잔류하여 후대에게도 심각한 영향을 가져올 수 있기 때문이다. <Table.1>에서는 내분비계 장애물질과 관련된 주요사항을 보여주고 있다.

<Table.2>에서 보는 바와 같이 국내수계에서도 환경호르몬 물질이 검출되고 있는데 각 국의 그 대처동향을 알아 보면 일본의 경우 환경호르몬 전략 SPEED '98계획을 수립, 환경호르몬 물질을 세대를 초월하여 핵심적 영향을 가져오는 위험한 것으로 설정, 물, 대기, 토양등에 대해 '98년 전국일제 개황 조사를 실시하고 연이어 '99년 농약등의 잔류실태 조사결과를 발표하고 있는데, '98년 8월의 하천수 100곳, 지하수, 해수(총 130곳)에 걸친 수환경 조사결과 총 47개 물질군중 실제 발견된 환경호르몬 물질은 14종이고, 130곳 수계에서 검출빈도가 높은 환경호르몬 물질순서로는 노닐페놀(76%), 비스페놀-A(68%), 4-tert-옥틸페놀(62%), 및 프탈산-2-에틸헥실(55%)등이었고,

<Table.1> Endocrine Disrupting Chemicals History'

| 년차 | 주요일지 |
|------|--|
| 1923 | 생체 수중 물질에서 에스트로겐 효과확인 |
| 1950 | DDT의 에스트로겐 효과확인 |
| 1962 | Silent Spring 출판-농약과 환경화학물질에 의한 야생동물의 건강 장애 논의 시작 |
| 1968 | DDT의 포유동물과 조류에서의 에스트로겐 효과확인 |
| 1971 | DES를 임신시 복용하여 태어난 딸에서 질암 발생보고 |
| 1972 | DDT의 농업용 사용금지 |
| 1976 | DES가 인간의 생식장애와 연관성을 보고 |
| 1977 | PCBs의 제조 및 사용금지 |
| 1977 | 도시소각로의 Dioxin생성확인 |
| 1984 | 다이옥신의 발암성보다 생식장애 유발 효과 관심 |
| 1986 | Our voice, Our future 출판-사람과 야생동물에 미치는 영향에 대한 가능성 지적 |

<Table.2> Case of EDC Detection in National River

| 년차 | 검출농도 |
|-----------|---|
| 2000.6 | 낙동강하구 어귀류에서 PCB 1.11~75.67ug/L, DDT 16.23~66.44ug/L검출 |
| 99. 11 | 낙동강하구류대 하천수에서 비스페놀A 0.095~0.159ug/L검출 |
| 99.9~99.5 | 함양호 유입 강안천에서 비스페놀A 0.04ug/L 와 노닐페놀 0.76ug/L검출 |
| 98.4 | 남해안 아래 류중에서 트리부틸주석(TBT)에 의한 염포색소현상 확인 |

최고검출농도는 각각 7.1, 0.94, 1.4, 9.9ug/L로 나타났다.

우리나라 경우 '99.4~2000.8월 내분비계장애물질에 대한 국민의식 소비행태조사, 생태영향 및 환경잔류실태를 전국적으로 실시하여 체계적인 특정유해물질관리와 중장기 연구사업계획을 수립중인데, 전국 43개 수계에서 37개 물질군에 대한 조사결과 다이옥신을 제외하고 13개 물질이 검출되었고, 검출빈도가 높은 순서로는 비스페놀-A(100%), 노닐페놀(100%), 4-n-펜틸페놀(100%), 4-n-헥실페놀(93%), DBP(54%)이었고, 최고 검출 농도는 각각 0.97, 5.88, 0.36, 0.06, 3.63ug/L로 나타났다.

학물질 17종, 부산물 또는 대사산물 9종)을 미국의 Illinois EPA는 74어종으로 Known category(19종)는 동물과 일부사람에서 내분비계 장애가 입증된 물질이고 Probable(29종)은 생물과 bio-assay에서 내분비계 장애 작용이 우세하다고 입증된 물질이고, Suspect(26종)는 생물에서는 증거가 부족하고 bio-assay에서만 입증된 물질로 세분하고 있다.

일본 국립의약품 식품연구소에서는 총 140여종(가소제 9종, 플라스틱에 존재하는 물질 17종, 산업장 및 환경오염물질 21종, 농약류 74종, 중금속 3종, 합성에스트로젠 8종, 식품 및 식품첨가물 3종, 식물에 존재하는 호르몬 유

<Table.3> Detection Frequency and Conc. of EDC.

| | 일본(13개 수계) | | 국내(43개 수계) | |
|------------|------------|--------------|------------|--------------|
| | 검출빈도(%) | 최고검출농도(ug/L) | 검출빈도(%) | 최고검출농도(ug/L) |
| 비스페놀A | 66 | 0.94 | 100 | 0.97 |
| 노닐페놀 | 76 | 7.1 | 100 | 5.88 |
| 4-n-펜틸페놀 | - | - | 100 | 0.36 |
| 4-n-헥실페놀 | 4 | 0.06 | 93 | 0.06 |
| 4-n-옥틸페놀 | 62 | 1.4 | 12.0 | 33 |
| 4-n-부틸페놀 | 35 | 0.72 | - | - |
| 펜타클로로페놀 | - | - | 2.0 | 2 |
| 2,4-디클로로페놀 | 12 | 0.20 | - | - |
| 에피 디올 | - | - | 14 | 0.30 |
| DBP | - | 2.5 | 54 | 3.63 |
| DEP | 4 | 1.1 | 7 | 0.54 |
| DBHP | 65 | 9.9 | 47 | 1.96 |
| DBA | 2 | 0.07 | - | - |
| 벤조페논 | 9 | 0.09 | 16 | 0.05 |
| 4-니트로페놀 유변 | 2 | 0.09 | - | - |
| 스티렌의 2량체 | 5 | 0.30 | - | - |
| 스티렌 모노머 | 15 | 1.0 | - | - |
| 벤조필 | - | - | 51 | 2.63 |

* 1-는 조사대상항목이 없음

[23내분비계 장애물질 목록]

내분비계 장애물질의 분류는 국가와 기관에 따라 약간씩 차이가 난다. 부록1, 2, 3, 4에서 보는 바와 같이 각 나라별로 내분비계 장애물질의 목록을 살펴보면, 먼저 우리나라의 경우 식품 의약품 안전청에서 제시한 바에 의하면 세계야생 생물기금에서는 총 67종(농약 41종, 산업용 화

식물질 6종)이라고 하고 있다. 이렇듯 환경호르몬으로 분류되었으나 주요 관점이 환경생태계나, 식품이나의 관심도에 따라 주의를 기울이는 물질들이 조금씩은 다르며 또한 연구가 계속됨에 따라 분류되는 물질들이 추가되는 경향을 보이고 있다.

우리나라에서는 1998년 이후 환경부를 중심으로 한 대

책회의에서 우선은 그 당시 WWF에서 제시한 67종을 내분비계 장애 추정물질로 선정하여 주의깊게 관찰하고 있다.

[2.4 내분비계장애물질의 영향]

호르몬이 체내에서 작용하기 위해서는 보통 합성, 방출, 목적장기의 세포로의 수송, 수용체결합, 신호전달, 유전적 발현 활성화등의 일련의 과정을 거쳐 이루어진다. 내분비계 장애물질은 이러한 과정중의 어느 단계를 저해 또는 교란하여 장애를 나타낼 수 있다.

현재 내분비계장애물질의 작용기전을 밝히내기 위한 연구가 미국, 일본, 유럽등의 각 국에서 수행되고 있는데 지금까지 알려진 수용체 결합과정에서의 내분비계장애물질의 작용은 호르몬 유사(mimics), 호르몬봉쇄(blocking), 촉발(trigger)등으로 나눌 수 있다.

호르몬 유사작용이란 호르몬 수용체와 결합하여 내분비계장애물질이 마치 정상호르몬과 유사하게 작용하는 것으로서 대표적인 예가 합성 에스트로젠인 DES (Diethylstilbestrol)이다. 이러한 유사물질은 정상호르몬보다 강하거나 약한 신호를 전달함으로써 내분비계의 교란작용을 유발할 수 있다.

호르몬 봉쇄작용이란 호르몬 수용체 결합부위를 봉쇄함으로써 정상호르몬이 수용체에 접근하는 것을 막아 내분비계가 기능을 발휘하지 못하도록 하는 것이다. 대표적인 예로서 DDE(DDT의 분해산물)의 경우 정소의 안드로겐 호르몬의 기능을 봉쇄하는 것으로 보고되고 있다.

촉발작용은 내분비계장애물질이 수용체와 반응함으로써 정상적인 호르몬작용에서는 나타나지 않는 생체내에 해로운 영등한 대사작용을 유발하는 것이다. 이러한 영향으로는 암과 같은 비정상적 생장, 대사작용의 이상, 불필요하거나 해로운 물질의 합성 등을 들 수 있다. 다이옥신 또는 다이옥신 유사물질 등은 이와 같은 작용기전으로 영향을 나타낼 수 있는 것으로 보고되고 있다.²⁾

[2.5 국내관리실태 및 제도에 대한평가]

국내에서는 1998년 5월 29일 환경부 주도하여 "대책협의회"와 그 산하에 "전문연구협의회"를 구성운영 하였으

며, 용어는 "내분비계장애물질"로 통일하기로 결정하고 WWF에서 제시한 67여종을 추정물질로 선정하여 국내사용 및 규제실태를 조사하였다.

조사결과 WWF에서 선정한 67종 중 16종은 국내에서 사용실적이 없는 물질이고 국내에서 제조되거나 수입사태가 있는 물질이 51종이고 이중 42종은 유해 화학물질 관리법, 농약관리법, 산업안전보건법에 의하여 규제하고 있는 물질이며 비스페놀 A, 노닐페놀류, 및 플라스틱 관련산업용 화학물질 9종은 규제되고 있지 않은 물질이었다.

이 9종의 물질중 환경 잔류성이 높고 유해성이 있다고 보고된 4종(펜타-노닐페놀류, 비스페놀 A, 디에틸헥실프탈레이트, 디부틸벤질프탈레이트)은 환경부에서 "관찰물질"로 지정하여 제조, 수입 및 용도를 신고토록 하여 관리하고 있다.

1999년 9월 22일부터는 유해화학물질관리법에 따라 유해화학물질 대책위원회 일원화되어 내분비계장애물질은 물론 여러 유해화학물질에 관한 사항을 협의토록 하고 있으며 현재는 내분비계 장애물질에 관한 10개년 중장기 연구사업 계획을 수립하여 전국적인 오염도 실태조사사업, 생태계 영향조사사업, 다이옥신 조사연구사업등을 진행하는 등 점진적인 해결집단을 시도하고 있으며, 1999년에는 전국적인 오염실태조사를 국가차원에서 처음으로 실시하여 발표하였고 2000년도와 2001년도 오염실태조사사업으로 시료채취회수, 항목등을 변경하여 역시 오염실태조사 및 생태계 영향조사사업을 지속적으로 수행하고 있다.

III. 실험방법

[3.1 분석시료 조제]

한강원수 시료 1 l 에 1M염산용액을 넣어 pH를 3 전후로 조정후 염화나트륨 30g(해수시료에는 첨가하지 않는다.) 및 Bisphenol-A의 2종의 시약을 1ug 첨가하고 충분히 혼합하여 녹인다. 시료에 부유물질(SS)은 추출전에 유리섬유여지로 여과한다. 산성으로 한 시료(또는 여액)에 디클로로메탄 50ml를 넣고 10분간 진탕 추출한다. 추출조작을 2회 반복하고 디클로로메탄층을 합하여 무수황

산나트륨으로 탈수하고 회전식 감압농축기를 사용하여 질소가스를 불어넣어 약 0.5ml까지 농축하여 시료의 전처리액으로 한다.

이 전처리액을 실리카겔컬럼에 부하하고 액면을 컬럼헤드까지 내린다. 소량의 디클로로메탄으로 추출액의 용기를 씻고 액을 실리카겔컬럼에 부하한다. n-헥산 100ml를 흘려보내고 용출액을 버린다.

다음에 아세트 100ml를 흘려보낸다. 아세트 용출액을 회전식감압농축기를 사용하여 수 ml까지 농축하고 디클로로메탄 15ml를 넣어, 무수황산나트륨으로 탈수하고 회전식감압농축기를 사용하고 질소가스를 불어넣어 약 1ml까지 농축한다. 본 실험에 사용한 한강 원수의 성상은 다음과 같다.

<Table 1> Characteristics of Raw Water

| Parameter | unit | Turbidity(NTU) | Alkalinity(mg/L) | DOC(mg/L) |
|-----------|------|----------------|------------------|-----------|
| Value | | 7.1~7.8 | 5.1~0.4 | 1.0~2.5 |

[3.2 GC/MS의 분석조건]

3.2.1 가스크로마토그래프(GC)

- 컬럼 : 용융 실리카 캐피러리컬럼 (안지름 0.25mm, 길이 30m, 막두께 0.25µm)
- 액상 : 5% 페닐메틸실리콘
- 컬럼온도 : 60℃(1분) - 10℃/분 - 280 (5분)
- 주입구온도 : 280℃
- 주입법 : 스프리트레스섬 (1분후 퍼지), 1µl 주입
- 캐리어 가스 : 헬륨, 선속도 : 40cm/초
- Inlet 온도 : 280℃

3.2.2 질량분석기(MS)

- 이온화법 : EI

<Table 3> Results of Coagulation/Flocculation (unit : mg/L)

| Coagulant/Dosage Concentration | FAC | | | | PACS | | | |
|--------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 0 | 10 | 20 | 30 |
| EDSMA-A | 0.5 | 0.48 | 0.45 | 0.42 | 0.5 | 0.42 | 0.38 | 0.32 |
| DEFP | 0.5 | 0.45 | 0.41 | 0.37 | 0.5 | 0.40 | 0.35 | 0.30 |
| DEWA | 0.5 | 0.46 | 0.40 | 0.35 | 0.5 | 0.41 | 0.34 | 0.31 |

- 이온화전압 : 70eV
- 이온원온도 : 250℃
- 검출모드 : SIM

[3.3 응집·침전 실험]

응집제로는 주로 현장에서 많이 사용하고 있는 PAC, PACS를 이용하였으며, 응집제 주입은 농도를 달리하여 10ppm, 20ppm, 30ppm을 각각 부여하였다. 응집의 pH를 조절할 경우에는 2N 황산용액과 응집제를 주입하였을 경우 감소하는 pH를 고려하여 원하는 pH를 얻기 위해 적절한 양의 산을 주입한후 Jar-test를 통하여 잔류 탁도를 측정하여 응집제별로 응집효율을 평가하였다.

응집조건은 급속교반(120rpm, 1min, 100G/sec)후, 완속교반(50rpm, 15min, 40G/sec)후, 침전을 30분 시킨 후 상침수를 GF/C여지에 여과 후 농도를 측정하였다.

IV. 결과 및 고찰

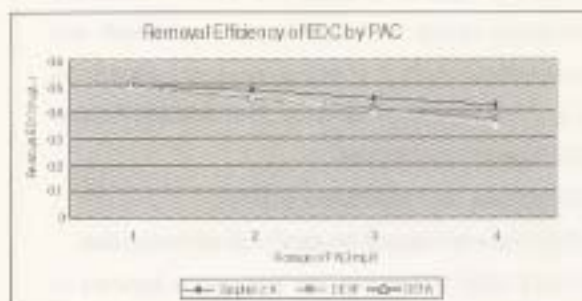
판당상수원 수체에 존재하는 환경호르몬 물질의 농도는 매우 낮은 수준이므로 분석결과의 신뢰성 및 제한성을 알아보기 위해 판당 상수원수에 연구대상 환경호르몬 물질을 첨가하여 분석한 결과, 검출한계가 각각 약 20ng/L, 50ng/L, 50ng/L을 보였으며, 회수율은 80~115%로 나타났다.

제재식 정수처리공정인 응집, 응결공정에서의 환경호르몬물질의 제거에 대한 연구는 Sorg(1977)에 의한 Cadmium을 응집제를 이용한 실험을 통해 중금속 물질의 제거를 입증한 바 있다. 본 연구에서는 각 환경호르몬 물질별로 응집 침전시킨 후 농도차이를 알아보았다.

<Table 3>에서는 각 환경호르몬 물질에 따라 응집제 농도별 제거된 후 수중에 잔류하고 있는 농도를 보여주고 있

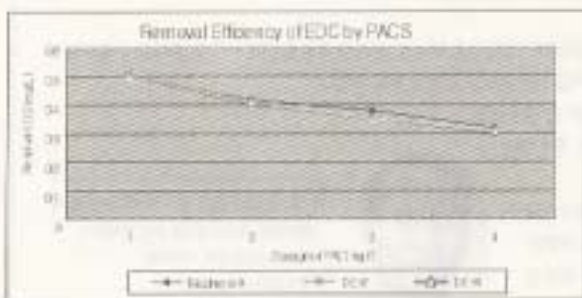
다.

(Fig.1)에서 보는 바와 같이 PAC의 농도, 비스페놀A의 경우, 10ppm, 20ppm, 30ppm 각각 주입시, 초기농도 0.5ppm에서 0.48ppm(5%제거), 0.45ppm(10%제거), 0.42ppm(16%제거)로 감소하였고, DEHP는 0.45(10%제거), 0.41(18%제거), 0.37(26%제거), DEHA는 0.46(8%제거), 0.40(20%제거), 0.35(30%제거)의 감소를 보여 비스페놀A에 비해 DEHP와 DEHA가 상대적으로 제거효율이 더 높음을 알 수 있었다.



<Fig.1> Removal Efficiency of EDC by PAC

반면, PACS를 사용하였을 경우는 (Fig.2)에서 보는 바와 같이, 10ppm, 20ppm, 30ppm 각각 주입시, 비스페놀A의 경우, 초기농도 0.5ppm에서 0.42ppm(16%제거), 0.38ppm(24%제거), 0.32ppm(36%제거)로 감소하였고, DEHP는 0.40(20%제거), 0.35(30%제거), 0.30(40%제거), DEHA는 0.41(18%제거), 0.34(32%제거), 0.31(38%제거)의 감소를 보여 비스페놀A보다 DEHP와 DEHA에서 제거효율이 더 높았으며, 두 응집제 PAC와 PACS간의 제거 효율면에서는 PACS가 PAC보



<Fig.2> Removal Efficiency of EDC by PAC

다 약 2배정도의 제거효율이 더 높았음을 알 수 있었다.

결과적으로, DEHP와 DEHA는 플라스틱가소제로서 소수성이 강한 관계로 물에 대해 용해성이 낮아 비스페놀A에 비해서는 응집이 상대적으로 잘 이루어진 것으로 사료된다.

V. 결론

본 조사연구에서는 환경호르몬 물질중에서 산업용에 사용되는 화학물질인 비스페놀A, DEHP, DEHA의 3종에 대하여 정수장에서 주로 사용하고 있는 고분자응집제 (PAC, PACS)를 이용하여 응집효율을 조사한 결과는 아래와 같다.

1. PAC을 이용한 응집실험결과 30ppm주입시, 비스페놀A, DEHP, DEHA의 제거효율은 각각 16%, 26%, 30%를 보였으며, 비스페놀A보다 DEHP와 DEHA가 상대적으로 제거효율이 더 높음을 알 수 있었다.
2. PACS을 이용한 응집실험결과에도 PAC와 마찬가지로 비스페놀A보다 DEHP와 DEHA가 상대적으로 제거효율이 더 높았다. 30ppm주입시, 비스페놀A, DEHP, DEHA의 제거효율은 각각 36%, 40%, 38%를 보였었다.
3. 수처리 사용약품별로는, 세가지 환경호르몬 물질 모두에서 PAC 보다 PACS을 주입시에 제거효율이 더 높았다.
4. DEHP와 DEHA는 플라스틱가소제로서 소수성이 강하여 물에 대해 용해성이 낮아 비스페놀A에 비해서는 응집이 상대적으로 잘 이루어진 것으로 사료된다.
5. 본 응집침전에 의한 조사에서는 조사대상 Bisphenol A의 2가지 환경호르몬물질의 완전한 제거를 기대하기 어렵기에 차후, 활성탄이나 오존처리, 기타 산화 처리등의 고도정수처리시스템을 통한 다양한 제거방법에 대한 조사가 필요한 것으로 사료된다.

결론적으로 국내에서 사용한 실적이 있어 수계중에 잔류가능성이 높은 환경호르몬 물질에 대해 모니터링을 주기적으로 실시하여 수돗물의 안전성을 입증하고, 정수처

리시스템에 환경호르몬물질이 유입시에 내분비계 장애물질에 대한 국내외 여러 연구결과를 토대로 하여 효율적으로 제어 및 대처할 수 있는 다양한 방법을 고안하기 위해 지속적인 연구를 하여야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 1) Marco, G.J., Hollingworth, R.M., and Durham, W., Skent Spring Revised, American Chemical Society, Washington, DC, (1967)
- 2) Colborn, T., Dumanoski, D., and Meyers, J.P., Our Stolen Future, Penguin Books, New York, (1996)
- 3) USEPA, 1997. Special report on Environmental Endocrine Disruption: An Effects Assessment and Analysis. Office of Research and Development, EPA/630/R-96/012, Washington D.C.
- 4) 국립환경연구원, "내분비계 장애물질의 이해와 대응", (1999).

- 5) Colborn, T., F. vom Saal and A. M. Soto, Developmental Effects Endocrine-Disrupting Chemicals in Wildlife and Humans, Environmental Health Perspectives, Vol. 101, 5, 1993.
- 6) 환경부, "내분비계장애물질(환경호르몬) 조사·연구 결과", (2000)
- 7) Kavlock RJ, Daston GP, DeRosa C, Ferner-Crisp P, Gray LE Jr, Kaatter S, Luster M, Mac Mackin C, Miller R, Moore J, Rolland R, Scott G, Sheehan DM, Sinks T, Tilson HA. Research needs for the assessment of health and environmental effects of endocrine disruptors: a report for the U.S. EPA-sponsored workshop. Environ Health Perspect 104(Suppl 4):715-740, 1996.
- 8) <http://www.oecd.org/ehs/endocrine.htm>
- 9) <http://www.pbs.org/wgbh/pages/frontlines/shows/nature>
- 10) NIEHS/NTP Research and interagency Activities on Endocrine Disrupting Chemicals, NIH, USA.

STORY BOX

폐수무단방류에 대한 대책

폐수무단방류에 대해서 수질환경보전법 제56조의 3은 정당한 사유없이 공공수역에 특정 수질 유해물질, 폐기물관리법에 의한 지정폐기물, 석유사업법에 의한 석유제품 및 잔류, 유해화학물질관리법에 의한 유독물, 농업관리법에 의한 농약물 누출·유출시키거나 버리는 행위를 한 자에 대해 3년이하의 징역 또는 1천5백만원 이하의 벌금에 처한다고 규정하고 있다.

그러나 이러한 형사처벌규정 또는 행정단속규정이 실제적 수질오염 제거에 대하여 예방적 효과가 어느 정도는 있을 수 있으나, 실제로 수질오염 통제의 임무라는 것이 생각될 가능성이 적고 벌금이라든가 징역으로 인해 경계되는 고통이 행위수단은 이익보다 작기 때문이라고도 볼 수 있다. 따라서 이러한 형사·행정적 처벌과 함께 천국민의 수질오염행위를 감시할 수 있는 제도를 보완함으로써 수질오염행위를 방지하도록 하여야 할 것이다.

이러한 제도로서는 첫째, 수질오염행위를 하는 기업의 내부 고발자를 보호하여 사용자로부터 제고 등 부당한 대우를 받지 않도록 하는 규정을 둘 필요가 있다.

둘째, 고발자에 대해서는 형사 수질오염행위 고발에 조사결과 사실이 아니라 할지라도 그에 따른 형사상, 민사상 책임을 면제시키고, 중대한 수질오염행위를 적발하게 하거나 수질오염의 확산예방에 중대한 기여를 한 경우에는 보상금을 지급하는 제도도 규정할 필요가 있다.

셋째, 수질오염행위자가 오염방지시설을 설치·가동하지 않은 채 수질오염행위를 한 경우에는 오염행위 기간동안 수질오염을 수반한 사업을 함으로써 얻은 사업이익을 국가가 몰수하는 것도 검토해 볼 수 있다.

넷째, 수질오염행위자에 대해 환경교육적 측면에서 지역사회의 환경보호활동에 참가하도록 사회봉사명령제도를 도입하는 것도 필요하다고 본다. 이러한 형사적, 행정적 조치뿐만 아니라 경제적, 교육적 조치 등을 종합하여 수질오염을 감소시키고 수자원의환경의 청정성을 보존해 나갈 수 있을 것으로 본다.



이 대웅 법무법인 유·리 대표 변호사
 · 법무법인 유·리의 대표인으로서 법륜변호사
 · 국회 환경보전정책 자문위원
 · 수자원의환경 자문위원
 · 현대 드로잉사 고문변호사