

저니토중 polychlorinated biphenyls(PCBs) 분석법에 관한 연구

신호상, 오윤숙¹

공주대학교 환경교육과

¹환경수도연구소

요약문

전 세계에서 다양한 환경 매체를 통해 광범위하게 검출되고 있는 대표적 환경오염물질 (environmental pollutants)인 polychlorinated biphenyls(PCBs)의 국내 4대강 주요 하천 저니토양과 모공단 하천수 및 저니토중 오염도를 각 congener별로 또는 총량으로서 GC/MS를 사용하여 정량하였다. 그 결과 4대강의 주요 지천중 낙동강의 사상공단근처의 저니토에서 총 PCBs가 가장높은 $290.87\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었고 한강의 왕숙천도 비교적 높은 $221.11\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었다. 모공단 하천수 및 저니토 중 PCBs를 분석한 결과 전 시료에서 검출되었으며 하천수 및 저니토에서의 총 PCBs 농도(mean \pm S.D.)는 $0.1069\pm 0.0179\mu\text{g}/\text{L}$ 및 $908.80\pm 462.30\mu\text{g}/\text{kg}$ 였으며, 이때 저니토에서의 농축계수는 0.85×10^4 였다. 저니토중 총 유기물함량과 저니토중 PCBs 잔류량의 조사에서 서로간 상관관계 (상관계수=0.7084)가 있음을 알수 있었으나 PCBs 배출원에 의한 영향이 커서 정확한 상관관계를 얻기가 어려웠다. Congener-specific analysis에 의해 하천수 및 저니토 시료에서 공통적으로 검출된 대표적 congener는 52, 95, 101, 99, 87, 110, 118, 149, 153, 138, 180였다. 본 연구결과 하천수에서는 triCBs와 tetraCBs가 비교적 높은 농도로 검출되었던 반면 저니토에서는 hexaCBs 및 heptaCBs가 다른 polychlorinated biphenyls에 비해 비교적 높은 농도로 검출되었다. 이상의 연구결과를 통해 모공단 하천수 및 저니토가 PCBs에 의해 심하게 오염되어 있음을 알수 있고 국내의 주요 하천의 경우도 계속적인 모니터링이 필요함을 알 수 있다.

주제어 : 저니토, PCB, GC-MS, 오염도

I. 서론

Polychlorinated biphenyls(PCBs)는 전 세계적으로 다양한 환경 매체에서 광범위하게 검출되고 있는 대표적인 환경오염물질로서 biphenyl에 1~10개의 염소가 치환될수 있는 방향족 염소 화합물($\text{C}_{12}\text{H}_{10-n}\text{Cl}_n$: $n=1\sim 10$)로서 이론적으로 209종의 congener가 가능하다 (Kimbrough, 1987; Huckins, 1988). PCBs는 매우 안정한 염소화합물이기 때문에 자연계에서 쉽게 분해되지 않으며 물에 대한 용해도는 낮은 반면 유기탄소 분배계수(organic carbon partition coefficient; K_{oc})는 비교적 높아 토양 및 저니토에 쉽게 흡착되어 환경 시료중 장

기간 잔류하는 것으로 알려져 있다. 저니토는 환경중 배출된 PCBs의 가장 큰 축적원으로 알려져 있는데 저니토중 PCBs의 농도는 오염원의 형태, 시료채취 위치, 저니토의 성질, PCBs의 사용시기 등에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Beeton, 1979; Sklarew, 1987; California EPA, 1993; 김 정호, 1995).

PCBs의 분석법으로는 ①dechlorination method ②perchlorination method ③ pattern-comparision method 및 ④congener specific analysis의 4가지 방법이 있다. 앞의 3가지 방법은 모두 PCBs를 total PCBs로 정량분석하는 방법이고 4번째 방법은 PCBs를 각 congener별로 정량분석하는 방법이다(Kok, 1981; Kok, 1982; Webb, 1973). Dechlorination법은 LiAlH_4 등의 환원제를 사용하여 PCBs의 여러 다른 congener의 염소를 환원시킴으로서 biphenyl의 단일 유도체로 전환시켜 분석하는 방법이며 perchlorination법은 SbCl_5 , $\text{SbCl}_5\text{-I}_2$ 혹은 $\text{SbCl}_5+\text{AlCl}_3$ 의 혼합물등의 염소화 유도체 시약을 사용하여 모든 PCBs congener를 decachlorobiphenyl(DCP)로 전환시켜 분석하는 방법이다. 이들 방법중 perchlorination법은 GC/ECD를 사용하였을때 전 PCBs를 0.1pg까지 분석할수 있어 환경시료중 고감도로 PCBs를 정량할 때 주로 이용되어온 방법이다. 그러나 이들 방법으로 PCBs를 정량하게 되면 유도체화 과정에서 유기염소계 농약이나 polychlorinated naphthalenes등 염소계화합물도 PCBs와 함께 biphenyl 혹은 DCB로 전환되어 실제 PCBs의 농도보다 2~30배 까지 높게 분석되어져 분석값의 신뢰성에 문제가 지적되고 있다(Kok, 1981; Kok, 1982). 반면 pattern-comparision method는 환경시료중 검출된 PCBs의 chromatogram pattern과 PCBs 표준품의 chromatogram pattern을 비교하여 표준품의 종류를 확인한 뒤 주된 peak의 높이 나 면적을 분석기준으로 삼아 정량분석하는 방법이다. 이 방법은 dechlorination 혹은 perchlorination법에 비해 비록 감도는 떨어지나 유기염소계화합물의 간섭없이 PCBs를 정확하게 분석 할 수 있는 장점이 있어 최근 환경시료중 PCBs의 잔류분석에 가장 많이 이용되어 오고 있다(Webb, 1973; EPA, 1982; Gagnon, 1990; Smith, 1990). 그러나 환경시료중 검출되는 PCBs의 pattern은 PCBs 단일 표준품의 pattern과 완전 일치하지 않는 경우가 많은데 이것은 PCBs를 공업적으로 이용할 때 주로 단일 표준품 대신 여러 표준품을 섞어 사용하기 때문이다. 또한 환경중 배출된 PCBs는 congener의 구조적 특성에 따라 분해 혹은 대사속도에 차이가 있는 것으로 알려져 있는데 일반적으로 biphenyl에 치환된 염소개수가 증가 할 수록 수질에서 저니토, 토양으로 그리고 나아가 물고기나 가축등 생물체내로의 생물 농축이 잘 일어나는 것으로 알려져 있다. 따라서 환경중 PCBs의 각 congener별 분석의 필요성이 요구되고 있다.

국내 환경시료중 PCBs의 잔류평가는 1980년 박 창규등이 산업폐수가 흐르는 전담토를 대상으로 PCBs의 잔류평가를 수행하였으나 PCBs의 잔류를 확인할 수 없었다. 그러나 이후 1982년 박 창규등이 수원 서호에서 채취한 호소수, 저니토 및 붕어를 대상으로 수행하여 PCBs를 검출한 바 있으며 1995년 김정호 등이 금강 저니토를 대상으로 수행하여 PCBs의 잔류성을 확인한 바 있다(박 창규, 1980; 박 창규, 1982; 김정호, 1995). 그러나 이상의 연구에서는 모두 PCBs를 perchlorination시켜 decachlorobiphenyl (DCP)로 전환시켜 분석함으로써 다른 유기염소계화합물에 의한 간섭을 배제할 수 없어 정확한 정량이 될 수 없었으며 또

한 그 결과로써는 각 congener별 잔류분포의 특성을 알 수 없었다. 본 연구에서는 국내 최초로 4대강의 지천의 저니토에서 각 PCB congener별 또는 총량으로서 잔류분포를 조사하였으며 모공단 하천수 및 저니토중 PCBs의 각 congener별 잔류량을 조사함으로써 공단 하천의 저니와 수계의 PCBs의 분포도를 평가하고자 하였다.

II. 연구 방법

II.1 분석기기 및 분석조건

하천수 및 저니토 시료의 추출물로 부터 PCBs를 분석하기위해 Hewlett Packard 5890 series II gas chromatography (GC)와 5971 mass selective detector(MSD)를 사용하였으며 분석에 이용한 column은 HP-5MS (5% phenyl methyl siloxane)이었다. 본 연구에 사용되었던 전반적인 GC/MS의 작동조건은 Table 1과 같다.

Table 1. PCBs 분석을 위한 GC/MS의 작동조건

구 분	분 석 조 건				
Column	HP-5MS(Cross-linked 5% phenylmethylsiloxane 30m×0.25mm I.D.×0.25 μ m F.T.)				
Carrier gas	He at 0.77ml/min				
Split ratio	1/10				
Injection port temp.	300 $^{\circ}$ C				
Transfer line temp.	300 $^{\circ}$ C				
Oven temp. program	initial temp ($^{\circ}$ C)	initial time (min)	rate ($^{\circ}$ C/min)	final temp. ($^{\circ}$ C)	tinal time (min)
	140	1	3	230	0
			8	300	5
SIM mode (Solvent delay:3.5min)	Group	Start time (min)	Selected Ions, m/z		
	1	3.5	154, 153, 188, 190, 222, 224		
	2	10.3	222, 224, 256, 258, 290, 292		
	3	15.9	256, 258, 290, 292, 326, 328		
	4	20.8	290, 292, 326, 328, 360, 362		
	5	27.9	326, 328, 360, 362, 394, 396		
	6	31.9	360, 362, 394, 396, 426, 428, 460, 462, 498, 500		

II.2. 시료의 분석

한 지점의 수질 시료를 분석하기 위해 20 l의 시료를 사용하였는데, 한번에 2 l씩 10번의 추출을 반복한 뒤 추출액을 모아 1개 지점의 분석용 시료로 조제했다. 즉 시료 2 l을 취하여 2 l 용량 분액여두에 넣은 다음 hexane 40ml 및 내부표준물질 (IUPAC No. 60, 1ppm) 10 μ l를 넣고 10분동안 진탕시킨후 30분간 방치 하였다. 두 층이 완전히 분리되면 수층은 버리고 유기층을 무수 황산나트륨관을 통과시켜 탈수시키며 시험관에 분취하였다. 분취된 hexane을 회전진공증발건조기를 사용하여 약 2ml되게 농축시켜 florisil관을 통과시킨

후 11ml의 ethyl ether로 용출시켰으며 얻어진 ethyl ether에 0.1ml isopropanol을 넣은다음 회전진공증발건조기를 사용하여 약 1.0ml로 농축시켰다. 한 지점에 대해 위의 과정을 10번 반복하여 약 1.0ml씩 얻어진 10개의 농축액을 다시 한 시험관에 모아 회전진공증발건조기를 사용하여 농축시킨후 질소를 사용하여 추출물을 완전 건조시키고, 건조된 추출물에 methanol 200ml를 넣어 녹여 GC/MS용 분석 시료로 사용하였다.

저니토중 PCBs를 추출하기 위해 80ml 용량의 시험관에 건조된 저니토 15g을 넣고 내부표준물질(IUPAC No. 60, 5ppm) 100 μ l를 넣어 약 5분 방치 시킨다음 여기에 무수 황산나트륨 5g 및 hexane 30ml를 넣고 마개를 닫아 4시간 동안 sonication시키고 3시간 동안 진탕시켰다. Hexane층을 무수 황산나트륨으로 탈수하여 분취한 다음 회전진공증발건조기를 이용하여 약 2ml로 농축한 후 2.4.(1)과 같은 방법으로 florisil관을 사용하여 정제·분리 하였고, 최종 얻어진 잔여물을 60 μ l methanol에 녹여 GC/MS용 PCBs 분석시료로 사용하였다. 저니토중 유기물 함량을 측정하기 위해 강열감량을 측정하였으며 강열감량분석은 일본 약학회편, 위생시험법주해(1990년)의 방법에 의해 실험하였다. 750 $^{\circ}$ C에서 미리 가열시킨후 방냉시켜 무게를 달아둔 도가니에 풍건 건조시킨 시료 약 20g을 넣고 전체의 무게를 다시 정확히 측정하였다. 전기회로에 시료가 담긴 도가니를 넣고 750 $^{\circ}$ C에서 12시간 가열한 뒤 테시케이터내에서 방냉시킨후 무게를 다시 측정하여 강열감량을 구하였다

III. 연구결과

III.1. 회수율측정

하천수중 PCBs의 회수율을 측정하고자 total PCBs의 표준혼합용액을 증류수에 수중 0.1 μ g/L되도록 첨가한 후 앞에서 제시한 회수율 측정법에 따라 처리하여 얻은 회수율(mean \pm S.D.)은 82.4 \pm 2.7(%)였다. 또한 저니토중 PCBs의 회수율을 측정하고자 total PCBs의 표준혼합용액을 공시료 저니토에 각각 0.5mg/kg 및 1.0mg/kg되도록 첨가한 후 앞서 제시한 회수율 측정법에 따라 처리하여 얻은 회수율(mean \pm S.D.)은 저니토에서 87.8 \pm 1.8(%)였다 (Table 3).

Table 3. Total PCBs의 회수율

시료	시료중 totalPCBs농도	시료수	회수율
			mean \pm S.D.(%)
물	0.1 μ g/L	5	82.4 \pm 2.7
저니토	0.5mg/kg	5	87.8 \pm 1.8

III.2. 시료중 total PCBs의 정량

국내 4대강의 여러 지천에서 채취한 저니토중 총 PCB양을 측정한 결과 최저 13.25 μ g/kg에서 최고 290.87 μ g/kg와 분포를 보이고 있으며 PCBs에 의해 심하게 오염되었을 것으로 추정되는 모공단 하천에서 채취한 하천수(n=3)에서의 total PCBs의 평균 잔류농도(mean \pm S.D.)는 0.1069 \pm 0.0179 μ g/L였고 같은 지역 하천에서 채취한 저니토(n=8)에서의 평균잔류농

도(mean±S.D.)는 $908.80 \pm 462.30 \mu\text{g}/\text{kg}$ 였다 (Table 4). 각 시료에서의 PCBs 잔류수준 결과를 이용하여 저니토에서의 농축계수를 구한 결과 0.85×10^4 이었는데 이같은 결과로 부터 PCBs가 저니토로 매우 쉽게 축적됨을 알 수 있었다.

Table 4. 모공단 주변 하천수 및 저니토중 총 PCBs의 농도 및 농축계수

시 료	총 PCBs의 농도 (mean±S.D.)	농축계수
하천수	$0.1069 \pm 0.0179 \mu\text{g}/\text{L}$	-
저니토	$908.80 \pm 462.30 \mu\text{g}/\text{kg}$	0.85×10^4

III.3. 저니토중 유기물함량과 total PCBs 잔류수준 사이의 관련성

PCBs는 옥탄올-물 분배계수(K_{ow})가 높을 뿐 아니라 유기탄소 분배계수(organic carbon partition coefficient; K_{oc})도 비교적 높아 토양 및 저니토에 대한 흡착이 매우 용이한 물질로 알려져 있는데 저니토중 PCBs의 잔류농도는 오염원의 형태, 시료채취 위치, 저니토의 성질, PCBs의 사용시기 등에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Beeton, 1979; Sklarew, 1987; California EPA, 1993; 김 정호, 1995).

이에 본 연구에서는 저니토의 성질과 PCBs 잔류수준 사이의 관련성을 알아보기 위해 모호 저니토 및 공단내 하천 저니토를 대상으로 저니토중 유기물함량과 PCBs 잔류수준 사이의 관련성을 알아보려고 하였으며 두 변수 사이의 상관성을 피어슨 상관분석을 통해 검증해 보았다. 그 결과 모호에서 채취한 저니토(n=10)에서 두 변수사이의 피어슨 상관계수는 0.7084였으며 이

값으로부터 계산된 유의 확률은 0.0219로 두 변수 사이에 통계학적으로 유의한 양의 선형적 관련이 있는 것으로 나타났다.

그러나 하천 4개 지점에서 채취한 저니토중 PCBs 평균잔류농도(mean±S.D.: 각 지점 n=2)는 각각 $1053.1 \pm 312.4 \mu\text{g}/\text{kg}$, $1544.9 \pm 72.7 \mu\text{g}/\text{kg}$, $476.1 \pm 54.4 \mu\text{g}/\text{kg}$ 및 $615.4 \pm 8.4 \mu\text{g}/\text{kg}$ 로 지점내 차이는 적었음에도 지점간 차이는 크게 나타나 채취위치에 따라 PCBs 잔류수준에 차이가 있는 것으로 나타났다. 이같은 결과로 미루어 볼 때 유기물함량등 저니토의 성질이 PCBs 잔류수준에 영향을 미치는 경향은 확실하나 시료채취위치 즉 PCBs 배출원에 의한 지리적 영향으로 상관관계를 정확히 측정하는것이 어렵다고 사료된다.

III.4. 시료중 Congener-Specific Analysis

개개 congener별 잔류수준을 알아보기 위해 하천수 및 저니토의 시료에서 모두 검출되었던 42개 congener와 비록 하천수에서는 그 잔류를 확인 할 수 없었으나 저니토에서 고농도로 검출되었던 IPAC No 194, 196, 199의 3개 congener에 대해 정량분석을 실시하였다. 그 결과 얻은 하천수 및 저니토 시료에서의 각 congener별 잔류수준을 Table 5에 나타냈다.

III.5. PCBs의 잔류수준 농축계수

PCBs의 환경중 동태는 congener에 따라 차이가 있는데 일반적으로 biphenyl에 치환된 염소의 개수가 증가 할 수록 더 쉽게 생물농축되는 것으로 알려져 있다. 이에 본 연구에서는 개개별로 정량분석된 45개 congener를 biphenyl에 치환된 염소의 개수에 따라 triCBs, tetraCBs, pentaCBs, hexaCBs, heptaCBs 및 octaCBs로 분류한뒤 이들 polyCBs의 하천수 및 저니토중 잔류수준을 구하였다(Table 6).

하천수 및 저니토 시료에서 가장 높게 검출된 PCBs는 pentaCBs였다. 하천수의 경우 biphenyl에 치환된 염소 개수가 적은 triCBs, tetraCBs는 전체 PCBs에 대해 19% 차지하고 biphenyl에 치환된 염소 개수가 많은 hexaCBs, heptaCBs는 29% 차지하였다. 그러나 저니토에서는 triCBs, tetraCBs가 5~9%를 차지하여 하천수에서 보다 줄어든 반면 hexaCBs, heptaCBs는 51~53%를 차지한 것으로 나타났다. 하천수에서는 전혀 검출되지 않았으나 저니토에서 비교적 높은 농도로 검출되던 octaCBs는 저니토에서는 전체 PCBs에 대해 0.4%를 차지한 것으로 나타났다. 위의 시료들에서의 polyCBs 잔류수준 결과를 이용하여 저니토중 polyCBs의 농축계수를 구하였다(Table 9). 저니토의 경우 triCBs의 농축계수는 0.17×10^4 였다. 그러나 저니토중 PCBs의 농축계수는 biphenyl에 치환된 염소수가 증가함에 따라 증가하여 heptaCBs의 농축계수는 1.89×10^4 으로 triCBs의 경우 보다 약 12배 더 증가한 것으로 나타났다. 이같은 결과로 부터 biphenyl에 치환된 염소의 개수가 증가 할 수록 저니토에 더욱 쉽게 축적됨을 알 수 있었다.

Table 5. 공단주변 하천수 및 저니토중 congener별 잔류수준

PolyCBs	IUPAC No.	R _T (min.)	mean ± S.D.	
			하천수 (ng/L)	저니토 (μg/kg)
TriCBs	18	13.42	0.88 ± 0.52	2.50 ± 1.82
	15	13.52	0.50 ± 0.18	1.19 ± 0.92
	28(31)	16.03	1.55 ± 0.51	1.37 ± 0.87
TetraCBs	52	18.1	1.69 ± 0.32	8.45 ± 5.18
	49	18.29	0.00 ± 0.59	0.52 ± 0.50
	44	19.26	1.25 ± 0.28	4.02 ± 2.71
	74	21.37	0.49 ± 0.10	0.45 ± 0.56
	70	21.60	0.82 ± 0.14	3.51 ± 1.40
	66	21.81	1.41 ± 0.12	2.76 ± 0.88
PentaCBs	95	21.82	4.91 ± 0.41	38.05 ± 20.59
	91	22.22	0.57 ± 0.12	4.43 ± 2.39
	92	22.93	0.62 ± 0.07	4.66 ± 2.47
	84	23.07	1.10 ± 0.15	9.22 ± 5.18
	101(90)	23.23	3.78 ± 0.29	29.33 ± 15.57
	99	23.57	1.47 ± 0.13	8.42 ± 4.44
	97	24.52	1.13 ± 0.08	8.89 ± 5.19
	87(115)	24.81	1.96 ± 0.14	14.60 ± 8.82
	85	25.11	0.39 ± 0.02	3.94 ± 2.37
	110	25.40	4.35 ± 0.16	45.34 ± 23.74
	118	27.00	2.13 ± 0.19	16.83 ± 8.46
HexaCBs	105	28.56	1.44 ± 0.14	9.41 ± 5.35
	136	25.16	0.90 ± 0.04	12.45 ± 7.32
	151	26.13	0.82 ± 0.03	10.81 ± 6.01
	135	26.40	0.64 ± 0.02	9.71 ± 5.54
	149	26.85	2.71 ± 0.18	41.21 ± 21.34
	134	27.51	0.13 ± 0.01	2.13 ± 1.86
	146	28.04	0.41 ± 0.03	5.74 ± 2.93
	153(132)	28.35	2.13 ± 0.19	50.99 ± 24.24
	138(158,160)	29.98	2.69 ± 0.32	48.99 ± 23.57
	129	30.17	0.11 ± 0.01	5.85 ± 2.67
HeptaCBs	128	31.56	0.12 ± 0.01	5.18 ± 3.33
	156	32.82	0.12 ± 0.01	4.56 ± 1.73
	179	29.12	0.37 ± 0.02	4.14 ± 2.51
	176	29.55	0.17 ± 0.02	1.62 ± 0.70
	175	30.48	0.14 ± 0.03	1.32 ± 0.61
	187	30.98	0.39 ± 0.02	6.49 ± 2.91
	183	31.27	0.20 ± 0.07	3.33 ± 1.56
	174	32.22	0.40 ± 0.05	8.28 ± 4.24
	177	32.49	0.24 ± 0.07	4.70 ± 2.23
OctaCBs	171	32.72	0.11 ± 0.18	2.31 ± 0.96
	180	33.58	0.57 ± 0.09	14.23 ± 6.02
	170(190)	34.78	0.22 ± 0.21	6.79 ± 0.49
	199	35.14	<0.04	0.70 ± 0.73
	196(203)	35.34	<0.04	0.90 ± 0.93
	194	37.03	<0.04	0.22 ± 0.42

Table 6. 하천수 및 저니토중 PCBs의 잔류수준

PCBs	No. of quantified PCBs	PCBs의 잔류농도(mean±S.D.)	
		하천수 (ng/L)	저니토 (μg/kg)
TriCBs	3	2.93±1.21	5.06±3.61
TetraCBs	6	6.25±1.27	19.71±11.23
PentaCBs	12	23.85±1.90	193.12±104.57
HexaCBs	11	10.78±0.85	197.62±100.54
HeptaCBs	10	2.81±0.76	53.21±22.23
OctaCBs	3	<0.04	1.82±2.08

Table 7. PCBs의 저니토중 농축계수

PCBs	농축계수
TriCBs	0.17×10 ⁴
TetraCBs	0.32×10 ⁴
PentaCBs	0.81×10 ⁴
HexaCBs	1.83×10 ⁴
HeptaCBs	1.89×10 ⁴
TotalPCBs	0.85×10 ⁴

IV. 결론

4대강의 주요 지천의 저니토와 모 공단의 하천수 및 저니토중 PCBs의 잔류량을 GC/MS를 이용하여 정량분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 4대강의 주요 지천중 저니토에 PCBs의 오염정도는 사상공단이 가장높은 290.87μg/kg 이었고 한강의 왕숙천도 비교적 높은 221.11μg/kg이었다

2. 모공단 하천수, 저니토 PCBs의 잔류분석결과 PCBs는 전 시료에서 검출되었고 total PCBs의 평균잔류농도(mean±S.D.)는 하천수 및 저니토에서 0.1069±0.0179μg/L 및 908.80±462.30μg/kg였다.

3. 본 연구결과 얻은 저니토에서의 농축계수는 0.85×10⁴였으며 이같은 결과로 부터 PCBs가 저니토에 쉽게 농축됨을 알 수 있었다.

4. 본 연구 결과 저니토중에 유기물함량이 저니토중 PCBs 잔류수준에 영향을 미치고 있으며 이는 지용성이 강한 PCBs가 저니토중에 함유한 유기물의 함량으로 용해도가 증가하기 때문으로 사료되나 시료채취위치 즉 PCBs 배출원에 의한 지리적 영향을 크게받아 이에관한 정확한 상호관계를 구하기가 어려운 점이 있다.

5. Congener-specific analysis에 의해 연구결과 하천수 및 저니토에서 가장 높게 검출된 PCBs는 pentaCBs였다. 그러나 하천수에서는 triCBs와 tetraCBs가 비교적 높은 농도로 검출되었던 반면 저니토에서는 hexaCBs 및 heptaCBs 가 다른 PCBs에 비해 비교적 높은 농도

로 검출되었다.

6. 본 연구결과 얻은 저니토중 PCBs의 농축계수로부터 biphenyl에 치환된 염소의 개수가 증가할수록 더욱 쉽게 저니토에 농축됨을 알 수 있었다.

참고문헌

- Beeton AH, Allen JR, Andren AV, et. al. Polychlorinated Biphenyls. National Academy of Sciences, Washington DC, 1979
- Gagnon MM, Dodson JJ. Congener-specific Analysis of the Accumulation of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) By Aquatic Organisms in the Maximum Turbidity Zone of the St. Lawrence Estuary, Quebec, Canada. *The Sci. of the Total Environ.* 1990; 97/98: 739-759
- Huckins JN, Schwartz TR. Determination, Fate, and Potential Significance of PCBs in Fish and Sediment Samples with Emphasis on Selected Ahh-inducing Congeners. *Chemosphere* 1988; 17(10): 1995-2016
- Kimbrough RD. Human Health Effects of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) and Polybrominated Biphenyls (PBBs). *Ann. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 1987; 27: 87-111
- Kok AD, Geerdink RB, Frei RW, et. al. The Use of Dechlorination in the Analysis of Polychlorinated Biphenyls and Related Classes of Compounds. *Intern. J. Environ. Anal. Chem.* 1981; 9: 301-318
- Reynolds LM. Pesticide Residue Analysis in the Presence of Polychlorobiphenyls(PCB's). *Residue Reviews* 1970; 34: 27
- Safe SH. Polychlorinated Biphenyls(PCBs) : Environmental Impact, Biochemical and Toxic Responses, and Implications for Risk Assessment. *Critical Rev. Toxicol.* 1994; 24(2): 87-149
- Sklarew DS, Grivin DC. Attenuation of Polychlorinated Biphenyls in Soils. *Rev. Environ. Contam. Toxicol* 1987; 98: 1-41
- Smith LM, Schwartz TR, Feltz K. Determination and Occurrence of Ahh-Active Polychlorinated Biphenyls, 2,3,7,8-Tetrachloro-p-Dioxin and 2,3,7,8-Tetrachloro-dibenzofuran in Lake Michigan Sediment and Biota: The Question of their Relative Toxicological Significance. *Chemosphere* 1990; 21(9): 1063-1085
- US EPA. Polychlorinated Biphenyls (PCBs) : Manufacturing, Processing, Distribution in Commerce, and Use Prohibitions : Use in Electrical Equipment. *Fed. Regist.* 1982; 47: 37342-60
- Webb RG, McCall AC. Quantitative PCB Standards for Electron Capture Gas Chromatography. *J. Chromatogr. Sci.* 1973; 11: 366-373