

琴湖江 低泥土中 Polychlorinated Biphenyls(PCBs)의 殘留

金政鎬 · 文喆豪

Residual Polychlorinated Biphenyls(PCBs) in the Sediment of the Kumho River

Jung-Ho Kim and Chul-Ho Moon

Abstract

The residual Polychlorinated biphenyls(PCBs) in the sediment of the Kumho River basin were measured because the Nakdong River was considered to be affected by the environmental quality of Kumho River. PCBs in the sediment were chlorinated and converted into Decachlorinated biphenyl (DCB) which showed the single peak in the GC-ECD chromatogram. The detectable concentrations of PCBs was 0.5ng/g in the sediment. PCBs in the 21 sediment samples was of Kumho River located at 7.5km from conjunction of Nakdong River were not detected from 100 samples. 49% of samples was showed lower than 50ng/g, and 9% did more than 400ng/g. The mean of PCBs concentrations was 131ng/g. The means of COD and organic carbon were 14.5mg/g and 3.41%, respectively. The relationship between PCBs were concentration and the distance from conjunction with Nakdong River was not significant. The concentration of PCBs were varied with the depth of the sediment down to the 250cm depth. The concentrations of PCBs in the depth 0-20cm and 50-90cm were higher than the mean concentration of PCBs. Along the cross of the stream, the concentrations of PCBs were 142ng/g at the center and 126 and 131ng/g at the river sides.

서 론

금호강 하류 하상 저니토의 화학성분은 상류지역의 특성과 기상환경 특히, 강수량의 영향을 받는다. 또한 대구를 중심으로 인근 중·소도시의 지천을 통해 배출되는 생활하수와 산업폐수의 양 및 화학조성파도 관

계가 있다. 각종 오염원으로부터 배출되는 지천은 금호강의 수질에 영향을 미치며, 금호강 수질은 낙동강 수질에 영향을 미친다. 따라서 낙동강의 수질을 예측하고 관리하기 위해서는 금호강 하류 하상 저니토의 오염정도를 정확히 파악할 필요가 있다.

최근 낙동강 하류 지역의 음용수 문제로 인하여, 수질

* 慶山大學校 環境科學科(Department of Environmental Science, Kyungsan University Kyungsan, Kyungpook, 712-240, Korea)

* 본 논문은 1994년도 한국학술진흥재단의 자유공모과제 연구비에 의하여 연구되었음

중 미량화학물질에 대한 관심이 높아지고 있다. 따라서 benzene, toluene, xylene, ethylbenzene, dichloromethane 및 phenol 등의 유기 용매류 뿐만 아니라, parathion, marathion 등 유기인계 농약과 DDT, BHC 등 유기염소계 농약과 polychlorinated biphenyls(PCBs)와 같은 난분해성 미량화학물질에 대한 잔류평가의 필요성이 대두되고 있다.

1881년 Schmidt와 Schulz¹⁾에 의해서 합성된 PCBs는 1929년 미국에서, 1930년 유럽에서 공업적으로 생산을 시작하였다.²⁾ PCBs는 비산화성물질로서 산, 염기 및 열에 강하며 비수용성으로³⁴⁾, 불연성, 내열성, 절연성 등이 우수하기 때문에 절연유, 전류차단피복재, 감압지 및 잉크에 사용되었다.²⁾ PCBs는 포유류 및 조류의 번식력을 저하시키며 특히 조류에서는 산란을 저하 및 난각 박층화 등을 유발한다.⁵⁾ PCBs의 대표적인 오염 사건으로, 1968년 일본에서 가네미 유정사건이 발생하였다.²⁾ 이와같이 PCBs는 난분해성과 독성으로 인하여 일본이 1972년, 미국이 1979년에 PCBs의 생산을 중지하는 등 1980년대 초반부터 전 세계적으로 생산이 중지되었다. PCBs 수요를 전량 수입에 의존하고 있던 우리나라는 1984년 PCBs의 수입을 금지 하였다.

이러한 PCBs는 자연환경 중에서 매우 안정하기 때문에 분해가 매우 느리다. 따라서 현재까지도 자연환경 중에서 PCBs가 검출되고 있다. Wittlinger와 Ballschmitter⁶⁾ 및 Iwata 등⁷⁾은 지구전체 규모에서 PCBs의 동태를 파악하였다. 또한 Baker와 Eisenreich⁸⁾ 및 Hornbuckle 등⁹⁾은 물과 공기 상호간의 PCBs 이동에 관해 보고하였으며, Holsen 등¹⁰⁾은 Chicago에서 공기중의 PCBs가 하루에 $3.8\mu\text{m}^2$ 이 건식 침적된다고 하였다. Jones 등¹¹⁾은 영국에서 1965년부터 1989년 까지 식물체 중 PCBs함량을 조사하였는데, 1970년 이후부터 서서히 감소된다고 하였다. 또한 일본 환경청¹²⁾에서는 1978년부터 1991년까지 14개 지역에서의 어류 중 PCBs 잔류를 보고하였는데, 그 중 동경만 시료에서는 1978년에 340ng/g , 1991년에 630ng/g 으로 보고하였다. Chevreuil 등¹³⁾은 프랑스 Seine강에서의 물 중 PCBs 농도가 0.115ng/mL 이었으며 이 농도는 WHO에 의해 심하게 오염된 지역으로 분류

되었다.

Crane과 Sonzogni¹⁴⁾는 Wisconsin 호수에서 PCBs를 측정하였는데, 물에 용해된 PCBs는 $0.0014\text{--}0.0034\text{ng/mL}$ 이었고, 부유입자에는 $0.002\text{--}0.105\text{ng/g}$ 이었다. 또한 물 중의 PCBs 농도는 부유입자가 적은 겨울에는 0.0035ng/mL 이었고, 부유입자가 많은 여름에는 0.140ng/mL 으로 물중의 PCBs 농도는 부유입자의 농도에 영향을 받는다고 하였다. 한편 Bergen¹⁵⁾도 물 중의 PCBs 농도는 온도, Kow 및 부유입자의 양에 의해 영향을 받는다고 하였다. 따라서 강의 저니토 중 PCBs 농도가 강의 물 중 PCBs 농도에 영향을 미친다고 볼 때, 강의 저니토 중 PCBs에 대한 잔류평가가 필요하다. 또한 일본 환경청¹⁶⁾에서는 하상 저니토 중 오염물질에 대한 저니토 제거기준을 제시하였는데, PCBs의 경우 10000ng/g 이다. 우리나라 수질환경보전법¹⁷⁾에서는 PCBs를 특정수질유해물질로 규정하고 있다.

또한 오염물질의 배출허용기준은 청정지역에서는 불검출, 2급수 이상에서는 3ng/mL 이하이며, 방류수 수질기준도 3ng/mL 이하로 규제하고있다. 또한 음용수에는 검출되지 않아야 한다고 규정하고 있다.

이와같이 금호강의 수질을 관리하거나 혹은 하상정비를 하는데 있어, PCBs 잔류농도에 대한 자료가 필요하다. 그러나 지금까지 금호강 하류 하상 저니토 중 PCBs 잔류에 대한 연구보고는 없었다. 따라서 본 연구에서는 금호강 하류 하상 저니토 중 PCBs에 대한 잔류평가를 하고자 한다.

재료 및 방법

1. 시료의 채취

1) 위치 : 시료의 채취지점은 금호강 중하류 지역인 달성군 다사면 서제리에서 부터 최하류 지역인 낙동강 본류에 유입되는 달성군 다사면 죽곡리 강정까지 7.5km 구간을 선정하였다(Fig. 1). 구간별 채취지점은 종으로는 0.5km 간격으로, 횡으로는 하상의 특징에 따라 좌안과 우안 및 중앙으로 구분하여 선정하였다. 구간별 채취시료의 수는 하폭과 하상퇴적물의 분포에 따라 조

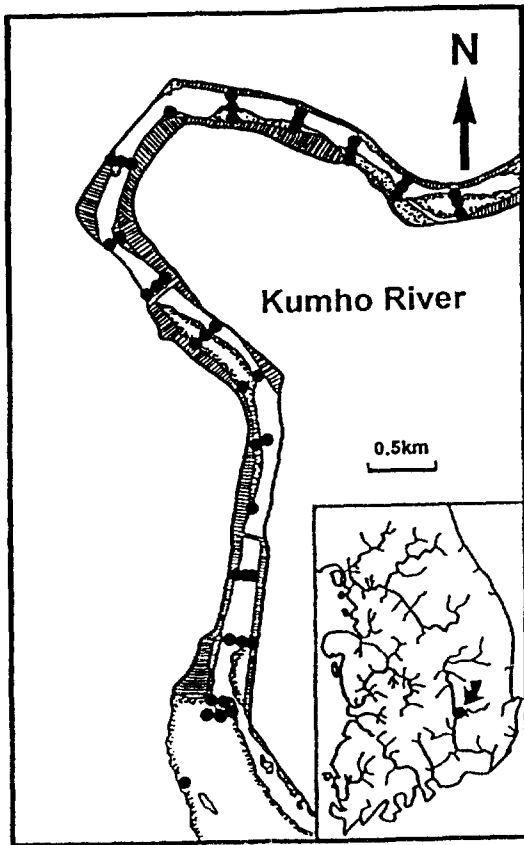


Fig 1. Sampling sites for evaluation of residual PCBs in the Kumho river.

정하였다.

2) 방법

시료채취는 1994년 5월 13일 부터 5월 25일까지 하였다. 시료채취 방법은 7.5cm(내경)×180cm(길이)의 core 형태로 된 시료채취기를 사용하여 약 150cm-180cm 깊이까지 채취하였다. 채취된 저니토를 토성이 현저히 다른 층으로 구분하고, 표층부로부터 심층부까지 층별로 500-1000g의 시료를 채취하였다. 모래층이 심층부까지 잘 발달되어 있어 시료채취기 사용이 어려운 곳은 포크레인을 사용하여 250cm 까지 굴착한 후, 그 단면을 통해 시료를 채취하였다. 채취된 시료는 풍건한 후 2mm 체를 통과한 것을 갈색 유리병에 담아 -4℃ 냉장고에 보관하고 분석시료로 사용하였다.

2. PCBs의 분석

Soxhlet 장치에 토양 30g과 copper powder 50mg을 넣고 acetone : n-hexane(1 : 1) 200ml로 3시간 동안 추출하였다.¹⁸⁻²⁰⁾ 추출된 용매에 증류수 100mL을 넣어서 n-hexane층을 회수하였으며 이를 3회 반복하였다. n-hexane층을 무수 Na₂SO₄로 탈수하고, 회전 감압농축기에서 농축하고 염소화하였다. PCBs의 염소화는 SbCl₅ 0.5 mL를 가한 후 165℃에서 16시간을 반응시켰다. 반응 후 benzene으로 추출하여 GC-ECD의 분석시료로 사용하였다.^{21,22)} Gas chromatography는 E.C.D ⁶⁵Ni(전자포획검출기)가 부착된 Varian 3300을 사용하였으며, 기록계는 Chromate V. 2.2을 사용하였다. Column은 2 m×0.6cm stainless column에 충전물질은 3% OV-17 chrom. whp 80/100 mesh를 사용하였다.²³⁾ 온도는 injection port를 250℃, column을 240℃, detector를 260℃로 하였다. Carrier gas는 N₂를 60mL/min으로 조정하였다. 표준 decachlorinated biphenyl(DCB)는 독일 DR. Ehrenstorfer 회사에서 구입하였다.

3. COD의 분석

토양시료를 1g 정량하여 300mL 삼각플라스크에 넣고 KMnO₄(0.1N) 50mL와 NaOH(30%) 2.5mL를 넣고 5분동안 가볍게 흔들어서 준 다음 30분간 가열하여 Na₂C₂O₄(0.1N) 50mL와 H₂SO₄(3+7) 5mL을 넣고 실온에서 냉각시킨 후 증류수를 가해 250mL에 맞추고 5분간 흔들어 주었다. 이를 여과하고 여액 50mL을 받아 KMnO₄(0.1N) 5mL를 넣어 5분간 흔들어 색이 없어지는 것을 확인하였다. 색이 없어지면 다시 KMnO₄(0.1N) 5mL와 KI(10%) 2.5mL를 넣고 5분간 흔들어 주었다. 여기에 전분(1%) 0.5mL를 넣고 Na₂SO₃(1N)을 사용하여 청색이 사라질때 까지 적정하여 정량하였다.

4. 감열감량 분석

도가니의 무게를 달아둔 후, 풍건 건조시킨 시료를 1~2g 도가니에 넣고 전체의 무게를 측정한다. 전기로에 시료를 담은 도가니를 넣고 550~600℃에서 10~12시간 가열하여 시료가 백색 및 회색으로 되면 식힌 후 실온

에서 무게를 측정하여 감일감량(Organic Carbon)을 정량하였다.

결과 및 고찰

1. PCBs로부터 전환된 DCB의 Chromatogram

Fig2-A는 표준 DCB의 Chromatogram이다. 최소검출량은 2pg이었다. Fig2-B는 저니토의 염소화 후의 Chromatogram이며, 염소화한 후 유지시간 10.5분에 DCB피크가 나타났다. 이는 저니토 중의 PCBs가 염소화됨으로써 단일물질인 DCB로 전환 된것이다. 토양 중에 있는 PCBs의 농도는 GC주입량을 3μL으로 일정하게 한 후 다음 식과 같이 계산하였다.

PCBs concentration in soil(ng/g) =

$$\frac{\text{Final volume(mL)} \times \frac{100\text{mg/mL of DCB}}{\text{Peak height}} \times \text{Peak height of sample}}{\text{of } 100\text{ng/mL of DCB}} \times \frac{154.2 \times 2}{498.7} \times \text{Soil(g)}$$

Biphenyl 분자량 154.2의 두배인 308을 DCB분자량 498.7로 나눈 0.61을 PCBs의 DCB 전환계수로 하였다. 위의식에서 시료30g을 취하고 마지막 n-hexane부피를 500mL로 하였을 때 토양 중 최저 검출농도는 0.5ng/g이었다.

2. PCBs 잔류농도 검출빈도

Table 1은 금호강 하류의 하상 저니토 중에서, 시료 100점에 대한 PCBs의 농도분포이다. 이 중 21점에서 PCBs가 검출되지 않았으므로 PCBs의 검출빈도는 79%였다. 전체시료에서 50ng/g 이하인 시료가 49%였으며, 400ng/g 이상인 시료가 9%였다.

서 등²⁴⁾은 서울 및 부산지역 공단 인근 하천 저니토 중 PCBs의 농도를 조사하였는데, 시료 30개 중 80%에 해당하는 24개에서 PCBs가 검출되었다고 하였다. 일본의 경우²¹⁾, PCBs 오염의 염려가 있는 지역의 농지 토양에 대하여 조사한 결과, 88개 시료에 대한 검출율은 60%였다. 또한 일본 환경청¹²⁾에서는 어류, 조개류 및 조류의 시료 105 중 61개에서 PCBs가 검출되어, 검출율 58%로 보고하였다. 이와같이 PCBs의 검출빈도는 시료의 채취 장소와 종류에 따라 상이하다.

3. 거리에 따른 PCBs의 농도분포

Fig. 3은 금호강과 낙동강의 합류점으로부터 7.5km까지의 금호강하상 저니토 중에서의 PCBs 농도이다. PCBs 농도는 거리와는 상관관계가 없었다. Bopp 등²⁵⁾과 Brown 등²⁶⁾의 보고에 의하면, Hudson강 상류 약 300km 지점의 전기 축전기 제조회사에서 수백톤의 PCBs가 유입되었으며, 이로 인하여 강 상류 230km지점에서 PCBs가 750ng/g으로 되었으며, 강 하류에서는 200ng/g으로 낮아졌다. Nondek와 Frolikova²⁷⁾는 체슬로바키

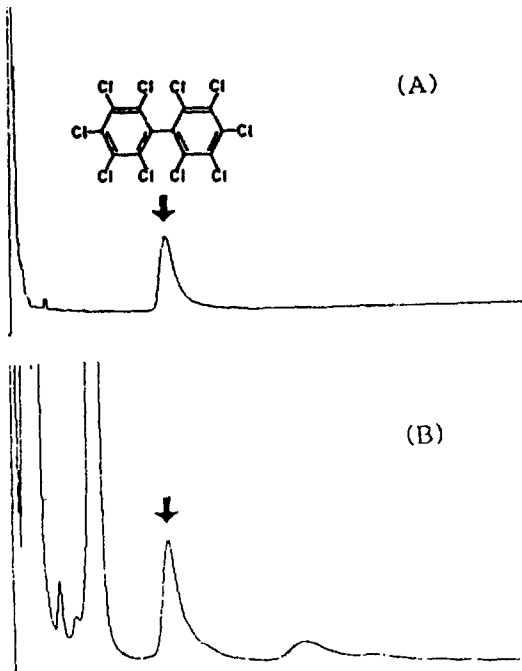


Fig 2. GC-ECD chromatogram of standard DCB(A), and chromatogram obtained after perchlorinating sediment samples (B).

Table 1. Distribution of residual PCBs of sediment in the Kumho river.

Concentration (ng/g)	% of total samples (n=100)
<ND ¹⁾	21
ND- 50	28
50-100	8
100-200	8
200-300	11
300-400	15
400<	9

1) Non detectable

아의 Labe강에서 저니토 중 PCBs 농도를 조사하였다. Labe강 저니토 중 PCBs 농도의 범위는 100-1900ng/g이었는데, 공업지역과 도시하수가 유입되는 지역은 450-1900ng/g으로 높았다. Labe 강으로 흐르는 강 중 비교적 오염이 적게된 Jizera강에서는 강의 중앙에 있는 PCBs의 오염원이 많은 지류하천에서 PCBs 농도가 450 ng/g이었으며, 이를 중심으로 강 상류는 120ng/g, 강 하류는 170ng/g이었다.

이와같이 오염원의 위치와 PCBs의 잔류농도와는 밀접한 관계가 있다. 따라서 금호강도 지류에서 오염원이 제공된다고 볼때, 거리에 따른 농도변화가 있을 것으로 예상된다. 그러나 본 연구에서 조사한 7.5km거리내에서는 큰 지류가 없기 때문에 거리에 대한 경향이 나타나지 않은 것으로 생각된다.

4. 깊이에 따른 PCBs의 농도분포

Table 2는 저니토 깊이에 따른 PCBs 농도분포이다. 0~10cm까지의 저니토에서는 201ng/g이었으며, 10~20 cm까지는 236ng/g으로 최대의 농도를 보였다. 또한 100~250cm의 깊이에서는 3~14ng/g의 낮은 농도가 검출되었다. 시료 100점의 평균농도 131ng/g을 기준으로 할 때, 0~20cm 깊이에서 높았다가, 20~50cm 깊이에서 낮았으며, 50~100cm 깊이에서 다시 높았다. 그리고 100 cm에서 250cm까지는 3ng/g까지 매우 낮아지는 경향을 보였다.

Bopp 등²⁵⁾은 Hudson강의 저니토에서 0~260cm 깊

이까지의 PCBs농도를 조사하였다. 강과 바다의 합류 점으로부터 4.8km 지점에서 저니토 중 깊이별 PCBs 농도는 10cm에서 최대이고, 다시 감소하다가 35cm에서 일시 증가하며 다시 감소한다고 하였다. 이는 저니토의 축적율 2~3cm/year와 관련시켜서 PCBs가 많이 사용된 1950~1976년 기간의 층에서 PCBs농도가 높다고 하였다. 또한 Christensen과 Lo²⁸⁾는 미국의 Milwaukee 항구의 저니토 중 90cm깊이 까지의 PCBs 농도를 조사하였다. 10cm와 40cm 깊이에서는 5000ng/g인데 비하여, 20cm 깊이에서는 13000ng/g, 60cm에서는 7000 ng/g으로 높았다. 이와같이 PCBs의 저니토 중 깊이에 따른 농도는 PCBs를 사용한 시기와 저니토의 축적율과 관계가 있을 것이다.²⁹⁻³²⁾

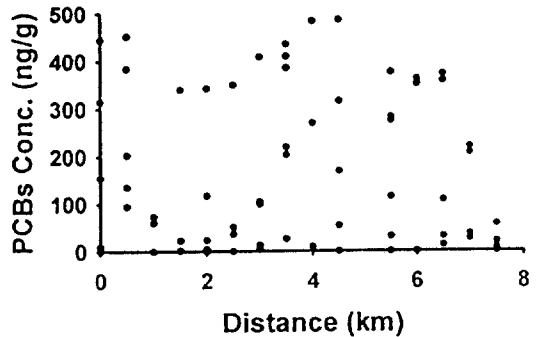


Fig 3. Variation of PCBs concentration in the sediment from the conjunction of the Nakdong river to the distance of 7.5km upstream.

5. 좌·우안과 중앙의 PCBs 농도비교

강하류 7.5km까지의 강 형태가 타원형으로 강의 좌측과 우측은 강의 유속에 의해 하상의 저니토 중 각종 오염물질의 농도가 상이할 것으로 생각된다. Table 3은 강을 상류에서 하류로 보았을 때 강의 좌안과 우안 그리고 중앙의 농도를 비교한 것이다. 강의 중앙에 있는 저니토 중의 PCBs 농도는 142ng/g으로 전체 평균 농도보다 7% 높았다. 강의 우안에서의 PCBs농도는 126 ng/g이고, 좌안은 131ng/g으로 강의 우안과 좌안에서의 PCBs농도는 큰 차이가 없었다.

Table 2. Variation of PCBs concentration of sediment with the sediment depth in the Kumho river.

Depth(cm)	Concentration(ng/g)	Number of samples
	Mean± SD	
0- 10	201± 196(153) ¹⁾	9
10- 20	236± 146(180)	14
20- 30	106± 187(80)	10
30- 40	123± 106(93)	6
40- 50	62± 75(47)	5
50- 60	201± 197(153)	13
60- 70	140± 143(106)	13
70- 80	180± 147(141)	7
80-100	160± 166(122)	5
100-150	14± 11(10)	6
150-200	3± 4(2)	5
200-250	12± 9(9)	7
Total samples	131± 156(100)	100

1) % for mean concentration of total samples.

6. PCBs농도와 유기물 농도와의 관계

토양 중 PCBs의 잔류 및 동태는 토양의 토성 및 유기물 농도에 크게 영향을 받으므로 이들과의 관계를 파악할 필요가 있다. 금호강과 낙동강의 합류지점으로부터 상류 7.5km까지 87점의 저니토 중 COD의 평균 농도는 14.5± 11.4mg/g, Org.C의 평균농도는 3.41± 3.55 %, PCBs의 평균농도는 155± 162ng/g이었다(Table 4). 점토 및 유기물 함량이 낮은 모래 토양의 PCBs 농도는 평균농도의 115%로 높았다. 그러나 점토 및 유기물 함량이 높은 저니토에서의 PCBs 농도는 평균농도의 69 %로 낮았다. 일반적으로 점토 및 유기물 함량이 높으면 PCBs의 흡착력이 커져서 PCBs농도가 높을 것으로 예상되나, 점토 및 유기물 함량이 높은 저니토에서의 PCBs농도가 낮았다.(Table4 삽입)

7. PCBs의 잔류평가

금호강과 낙동강의 합류지점으로부터 금호강 상류 7.5 km 지점까지 100점의 저니토 중 PCBs의 평균농도는 131ng/g이고, 최고농도는 485ng/g이며 최저농도는 불

Table 3. PCBs concentration varied with the cross profile of stream in he Kumho river.

Cross profile of stream	Concentration (ng/g)	Number of samples
	Mean ± SD	
Left ¹⁾	131± 158(98) ²⁾	34
Center	142± 167(107)	29
Right	126± 147(95)	32
Total	133± 157(100)	95

1) The position showed from up stream to down stream.
2) % for mean concentration of total samples.

Table 4. Concentration of PCBs, COD and organic carbon with division of soil properties on Kumho river 1994.

Soil properties	Concentration			Number of samples
	PCBs (ng/g)	COD (mg/g)	Org-C (%)	
Sand	179± 163 (115) ¹⁾	11.0± 9.24 (75)	1.79± 2.19 (52)	52
Clay	109± 163 (70)	19.0± 12.7 (131)	5.41± 2.12 (158)	12
Silt	8.55± 12.0 (5)	4.55± 2.62 (31)	3.63± 1.45 (106)	2
Sludge	108± 164 (69)	27.7± 11.5 (191)	7.35± 5.57 (215)	13
Silt-sand	181± 161 (120)	11.4± 4.86 (78)	4.73± 1.12 (138)	7
Silt-Clay	169± 0 (116)	12.8± 0 (88)	2.74± 0 (80)	1
Mean of total concentration	155± 162 (100)	14.5± 11.4 (100)	3.41± 3.55 (100)	87

1) % for mean concentration of total samples.

검출이었다.

Table 5와 같이, PCBs의 세계 생산량은 1,200,000 ton이며, 이 중 지금 사용중이거나 매립된 양은 65.2%이며, 소각에 의해 처리된 양은 3.5%이다. 그리고 나머지 31.3% 중 육지 및 연안에 11.9%이며, 이 중 10.8%가 저니토에 분포되어 있다.^{33) Harrad 등³⁴⁾은 영국의 자}

Table 5. PCBs loads and concentration in the global environment.

Environment	Loads of PCBs ¹⁾		Concen. of PCBs(ppb) ²⁾	
	Loads (ton)	% of PCBs loads	UK ³⁾	KOREA ⁴⁾
World production	1,200,000	100.00		
Land stocked ⁵⁾	783,000	66.25	—	—
Degraded and incinerated	43,000	3.58	—	—
(Terrestrial and coastal)				
Sediment	130,000	10.83	26	131
Soil	2,400	0.20	30	—
Fresh water	3,500	0.29	0.0012	—
Sea water	2,400	0.20	0.0001	—
Air	500	0.04	0.17~1.10	—
Biota	4,300	0.35	28~930	—
(Open ocean)				
Sediment	110	0.01	1.1	—
Sea water	230,000	19.16	0.0001	—
Air	790	0.06	0.17~1.10	—
Biota	270	0.02	28~930	—

1) Tanabe (1988).

2) Water and air calculated ng/mL. Soil, sediment and biota calculated ng/g.

3) Harrad et. al (1995).

4) This study (1994).

5) Still in use in electrical equipment and other products and deposited in landfills and dumps.

연환경 중 PCBs에 대한 농도를 보고하였다. 이를 살펴보면, 공기 중에서는 0.17~1.10ng/mL, 해수중에서는 0.0001ng/mL였다. 또한 담수 중의 저니토에서 26ng/g, 해양중의 저니토에서 1.1ng/g였다. 한편 식물 중에는 28 ng/g, 인간에는 930ng/g이 측정되었다고 보고하였다 (Table 5).

서 등²⁴⁾이 서울, 부산 등의 공장 배수구 저니토에서의 PCBs는 ND-56ng/g이고, 하천 저니토에서는 3~695ng/g이었다고 하였다. 또한 박과 황³⁵⁾은 수원 서호의 저니토에서 PCBs가 38~88ng/g 잔류한다고 하였다. Nondek와 Frolikova²⁷⁾는 체코슬로바카아의 Labe강의 하상 저니토 중에서 평균 384ng/g이라 하였다. 또한 미국의 Hudson강에서는 축전기 제조공장에 의한 PCBs의 오염으로 7516ng/g의 높은 농도가 검출되었다.²⁵⁾ 그리고

스웨덴의 Eman강 저니토에서는 4.5ng/g의 PCBs가 잔류하였다.³⁶⁾ 또한 Ontario호수 저니토에서도 10~50 ng/g이었고,³⁷⁾ Niagara유역의 저니토에서는 510ng/g이었다.³⁸⁾ 이와같이 저니토 중 PCBs의 농도는 PCBs의 오염원의 형태, PCBs의 사용시기, 시료채취 위치 등 여러가지 요인에 의해 영향을 받는다.

본 연구에서의 금호강 하류 하상 저니토 중 PCBs농도 131ng/g은 일본 환경청¹⁶⁾의 PCBs에 대한 하상 제거기준 10000ng/g보다는 매우 낮았다.

요 약

낙동강의 수질에 큰 영향을 미치는 금호강 하류 하상에서의 저니토 중 PCBs 잔류량을 조사할 필요가 있다. 따라서 금호강과 낙동강 합류점으로부터 7.5km까지의

금호강 하상저니토 중 PCBs의 잔류량을 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, PCBs가 염소화되어 DCB로 전환되었으며, DCB의 최소검출량은 2pg이었고, 저니토 중 PCBs의 최저 검출농도는 0.5ng/g이었다. 둘째, 시료 100점에 대한 PCBs의 검출빈도는 79%였다. 전체 시료에서 50 ng/g이하인 시료가 49%였으며 400ng/g이상인 시료가 9%였다. 셋째, PCBs농도는 금호강과 낙동강의 합류점으로부터 7.5km까지의 거리에서는 큰 변화가 없었다. 넷째, 0~250cm까지의 저니토 깊이에 따른 PCBs분포에서, 50~100cm 깊이에서의 PCBs농도는 평균농도보다 높았다. 다섯째, 저니토 중 COD의 평균농도는 14.5±11.4mg/g였고, Org.C의 평균농도는 3.41±3.55%였다. 여섯째, 점토 및 유기물 함량이 낮은 모래 토양의 PCBs 농도는 평균농도의 115%로 높았다. 그러나 점토 및 유기물 함량이 높은 저니토에서의 PCBs농도는 평균농도의 69%로 낮았다. 일곱째, 시료 100점에 대한 PCBs의 평균농도는 131±156ng/g이었다. 이는 일본 환경청¹⁶⁾의 PCBs에 대한 하상제거기준 10000ng/g보다 매우 낮았다.

참고문헌

1. Schmidt, H. and Schulz, G. (1881). Über benzin (α -di-amidodiphenyl), Ann. Chem. Liebigs. **207** : 320. .
2. Eduljee, G.H. (1988). PCBs in the environment. Chemistry in Britain, March : 241-244.
3. Dunnivant, F.M., Elzerman, A.W., Jurs, P.C., and Hasan, M.N. (1992). Quantitative structure property relationships for aqueous solubilities and Henry's law constants of polychlorinated biphenyls, Environ. Sci. Technol, **26** : 1567-1573.
4. Li, A., Doucette, W.J. and Andren, A.W. (1992). Solubility of polychlorinated biphenyls in binary water organic solvent systems, Chemosphere, **24** : 1347-1360.

5. McFarland, V.A., and Clarke, J.U. (1989). Environmental occurrence, abundance, and potential toxicity of polychlorinated biphenyl congeners : considerations for a congener specific analysis, Environ. Health Perspect, **81** : 225-239.
6. Wittlinger, R., and Ballschmiter, K. (1990). Studies of the global baseline pollution XIII, C6-C14 organohalogens (α -and γ -HCH, HCB, PCB, 4,4'-DDT, 4,4'-DDE, cis and trans chlordane, trans nonachlor, anisols) in the lower troposphere of the southern Indian ocean, Fresenius J. anal. Chem, **336** : 193-200.
7. Iwata, H., Tanabe, S., Sakai, N., and Tatsukawa, R. (1993). Distribution of persistent organochlorines in the oceanic air and surface seawater and the role of ocean on their global transport and fate. Environ. Sci. Technol, **27** : 1080-1098.
8. Baker, J.E., and Eisenreich, S.J. (1990). Concentrations and fluxes of polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls across the air water interface of lake superior, Environ. Sci. Technol, **24** : 342-352.
9. Hornbuckle, K.C., Achman, D.R., and Eisenreich, S.J. (1993). Over water and over land polychlorinated biphenyls in green bay, lake Michigan, Environ. Sci. Technol, **27** : 87-98.
10. Holsen, T.M., Noll, K.E., Liu, S.-P., and Lee, W.-J. (1991). Dry deposition of polychlorinated biphenyls in urban areas. Environ. Sci. Technol. **25** : 1075-1081.
11. Jones, K.C., Sanders, G., Wild, S.R., Burnett, V., and Johnston, A.E. Evidence for a decline of PCBs and PAHs in rural vegetation and air in the United Kingdom, Nature. **356** : 137-140.
12. 環境廳 化學物質と環境. (1992). 環境廳 環境保健部 保健調査室. 東京. 206-222.
13. Chevreuil, M., Granier, L., Chesterikoff, A., and

- Letolle, R. (1990). Polychlorinated biphenyls partitioning in waters from river, filtration plant and wastewater plant : the case for Paris (France), *Wat. Res.* **24** : 1325-1333.
14. Crane, J.L., and Sonzogni, W.C. (1992). Temporal distribution and fractionation of polychlorinated biphenyl congeners in a contaminated Wisconsin lake, *Chemosphere*, **24** : 1921-1941.
15. Bergen, B.J., Nelson, W.G., and Pruell, R.J. (1993). Partitioning of polychlorinated biphenyl congeners in the seawater of new Bedford harbor, Massachusetts, *Environ. Sci. Technol*, **27** : 938-942.
16. 環境廳水質保全局水質管理課. (1988). 低質調査方法とその解説. 日本 環境 測定分析協會. 東京. p.168.
17. 環境부. 수질환경보전법. (1994). In 국제환경문제연구소. 환경관계법규. 동화 기술. 서울. p.4 : 1-145.
18. Schutzmann, R.L., Woodham, D.W. and Collier, C.W. (1971). Removal of sulfur in environmental samples prior to gas chromatographic analysis for pesticide residues, *J. Assoc. Off. Anal. Chem*, **54** : 1117-1119.
19. Tan, G. H., and Vijayaletchumy, K. (1994). Determination of organochlorine pesticide residues in river sediments by soxhlet extraction with hexane acetone, *Pestic. Sci*, **40** : 121-126.
20. Kim, J.-H., Felgley, S.E., Southwick, L.M., Willis, W.H., and Bengtson, R.L. (1992). Movement of trifluralin, metolachlor, and metribuzin in the soil environment. - run off and leaching from fields in Louisiana. In 84th Annual Meeting, Minneapolis, MN. Nov. 1-6, 1992. ASA, CSSA, SSSA. Madison, WI. P.126.
21. 山縣 登, 大喜多敏一, 竹下陸三, 武田明治, 土屋悦輝. (1973). 環境汚染分析法 9 -PCB. 103-108. 大日本圖書株式會社. 東京. p.33-108.
22. Huckins, J.N., Swanson, J.E., and Stalling, D.L. Perchlorination of polychlorinated biphenyls. *J. Assoc. Off. Anal. Chem*, **57** : 416-417.
23. 문철호, 최상기, 김정호. (1995). 鹽素化法에 의한 土壤 中 Polychlorinated Biphenyls의 殘留分析, *한국환경과학회지* **4** : 249-258.
24. 서운수, 정남조, 이홍재, 이유원, 배우근, 정영희, 최병기. (1981). 環境中 PCB汚染度 調査에 關한 研究(I) 測定法 및 河川低質에 對하여. 國立環境研究 所報. **3** : 191-203. .
25. Bopp, R.F., Simpson, H.J., Olsen, C.R., Trler, R.M., and Kostyk, N. (1982). Chlorinated hydrocarbons and radionuclide chronologies in sediments of the Hudson river and estuary, New York, *Environ. Sci. Technol*, **16** : 666-676.
26. Brown, M.P., Werner, M.B., R.J. Sloan, and K.W. Simpson(1985) Polychlorinated biphenyls in the Hudson river. *Environ. Sci. Technol*, **19** : 656-661.
27. Nondek, L., and Frolikova, N. (1991). Polychlorinated biphenyls in the hydrosphere of Czechoslovakia, *Chemosphere*, **23** : 296-280.
28. Christensen, E. R., and Lo, C.-K. (1986). Polychlorinated biphenyls in dated sediments of Milwaukee harbour, Wisconsin, USA, *Environ. Pollut. (Series B)* **12** : 217-232.
29. Elsenreich, S.J., Capel, P.D., Robbins, J.A., and Bourbonniere, R. (1989). Accumulation and diagenesis of chlorinated hydrocarbons in lacustrine sediments, *Environ. Sci. Technol*, **23** : 1116-1126.
30. Macdonald, R.W., Cretney, W.J., Crewe, N., and Paton, D. (1992). A history of octachlorodibenzo-p-dioxin, 2,3,7,8-tetrachlorodibenzofuran, and 3,3',4,4'- tetrachlorobiphenyl contamination in howe sound, British Columbia, *Environ. Sci.*

- Technol, **26** : 1544-1550.
31. Sanders, G., Jones, K.C., and Hamilton-Taylor, J. (1992). Historical inputs of polychlorinated biphenyls and other organochlorines to a dated lacustrine sediment core in rural England, Environ. Sci. Technol, **26** : 1815-1821.
 32. Sugiura, K. (1992). Congener specific PCB analyses of a sediment core of lake shinji, Japan, Chemosphere. **24** : 427-432.
 33. Tanabe, S. (1988). PCB problems in the future : foresight from current knowledge, Environ. pollut, **50** : 5-28.
 34. Harrad, S.J., Sewart, A.P., Alcock, R., Boumphrey, R., Burnett, V., Duarte-Davidson, R., Halsall, C., Sanders, G., Waterhouse, K., Wild, S. R., and Jones, K. C. (1994). Polychlorinated biphenyls (PCBs) in the British environment : sinks, sources and temporal trends, Environ. Pollut, **85** : 131-146.
 35. 朴昌奎, 黃乙喆. (1992). 西湖의 水質, 低泥土, 붕어中 Polychlorinated biphenyls 및 有機鹽素系 殺蟲劑 의 殘留評價. 韓國環境農學會誌. **1** : 105-115.
 36. Jarnberg, U., Asplund, L., Wit, C.D., Grafstrom, A.-K., Haglund, P., Jansson, B., Lexen, K., Strandell, M., Olsson, M., and Jonsson, B. (1993). Polychlorinated biphenyls and Polychlorinated naphthalenes in Swedish sediment and biota : levels, patterns, and time trends. Environ. Sci. Technol. **27** : 1364-1374.
 37. Macdonald, C.R., and Metcalfe, C.D. (1991). Concentration and distribution of PCB congeners in isolated Ontario lakes contaminated by atmospheric deposition, Can. J. Fish. Aquat. Sci, **48** : 371-381.
 38. Oliver, B.G., Charlton, M.N., and Durham, R.W. (1989). Distribution, redistribution and geochronology of polychlorinated biphenyl congeners and other chlorinated hydrocarbons in lake Ontario sediments, Environ. Sci. Technol, **23** : 200-208.