

## 水原近郊 灌溉水中的 PCBs 및 有機鹽素系 殺虫劑의 殘留評價

李 允 珩\* · 黃 乙 喆\*\* · 朴 昌 奎\*\*\*

(1985년 11월 5일 접수)

## Evaluation of Polychlorinated Biphenyls(PCBs) and Organochlorine Insecticide Residues in Irrigation Waters in the Periphery of Suwon

Youn Hyung Lee\*, Eul Chul Hwang\*\* and Chang Kyu Park\*\*\*

### Abstract

Water samples collected monthly between November 1982 and October 1983 from seven reservoirs and a river in the periphery of Suwon, Korea were subjected to gas chromatographic analysis for PCBs and organochlorine insecticide residues. PCBs were positively detected in the most samples. The average residue levels of PCBs were found in the range of 0.009~0.5 ppb while those of organochlorine insecticides were in the range of "not detected" ~0.008 ppb. The ratio of average residue levels of PCBs to those of total DDT was found to vary with sampling sites. The highest ratio of 500 was found in the water samples of Han River and the lowest in water of Won-chun Reservoir. Both industrial and urban waste appear to be responsible for PCBs in the irrigation waters.

### 서 론

PCBs는 불활성, 비산화성, 비부식성의 안정한 물질로 1930년 공업적생산이 된 이래, 방염제, 보호피막제, 가스제, 열전도액, Wax, 페인트 등에 광범위하게 사용되어지고 있다. (1,2,3) PCBs는 산업 또는 도시 PCBs 함유 폐기물의 연소 및 배수 등에 따라 환경중에 유입되며, 대기 또는 물을 통하여 이동되는 것으로 보고되

고 있으나<sup>(4)</sup>, 정확한 유입경로나 이동경로는 아직까지 규명되지 않고 있다. PCBs의 급성독성은 유기염소계 살충제에 비해 1/5 정도로 알려져 있는데,<sup>(5)</sup> 유기용매나 유지에 쉽게 용해되기 때문에 환경잔류성이 높고 먹이연쇄를 통해 생물체내에 축적된다.<sup>(3)</sup>

PCBs 잔류에 관한 연구는 어류, 야생동물, 조류 등, 전 생태계에 걸쳐 보고되었으며<sup>(4,5)</sup>, 산업폐수가 유입되는 해안 및 강이나 호수의 수질<sup>(6,7)</sup>에서도 PCBs의 잔류가 확인되었다. 국내에서는 서호의 수질중 PCBs

\*韓國人蔘煙草研究所 (Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, Daejeon 300-31, Korea)

\*\*東亞大學校 農科大學 (College of Agriculture, Dong-A University, Busan 600-02, Korea)

\*\*\*서울大學校 農科大學 (College of Agriculture, Seoul National University, Suwon 170, Korea)

의 잔류수준이 보고 되었던 바<sup>(8)</sup> 본 연구에서는 PCBs와 유기염소계 살충제의 잔류수준을 비교, 평가하고 PCBs의 급원을 구명하고자 하였다.

### 결과 및 고찰

## 재료 및 방법

### 1. 재 료

#### 가. 시 료

본 연구에서 조사한 관개수원인 저수지와 하천의 위치는 Fig. 1과 같다. 저수지의 수질시료는 유입, 유출부에서 따로 채취하여 혼합하였고, 하천의 수질은 수심 1 m 미만의 표면수를 채취하여 시료로 사용하였다.

#### 나. 시 약

PCBs 표준품은 Aroclor 1242, 1254 및 1260(Monsanto, U.S.A.)을, 유기염소계 살충제 표준품은  $\alpha$ -BHC(Analab Inc., U.S.A.),  $\gamma$ -BHC(Merck, Germany), aldrin(Shell Chem. Co. U.K.), dieldrin(Shell Chem. Co. U.K.),  $\alpha$ -endosulfan(Polyscience, Co. U.S.A.),  $\beta$ -endosulfan(Polyscience, Co. U.S.A.), p,p'-DDD(Analab Inc., U.S.A.), p,p'-DDE(Analab Inc., U.S.A.), p,p'-DDT(Analab Inc., U.S.A.)을, DCB 표준품은 Nanogens Co., U.S.A.)을 사용하였고, hexane은 E.P.급을 재증류하여 사용하였으며 기타 시약은 E.P.급 이상을 사용하였다.

#### 다. 기구 및 기구

PCBs 및 유기염소계 살충제의 추출에는 20 mm(i.d.)  $\times$  600 mm teflon cock가 부착된 초자 column을, 농축에는 Kuderna-Danish 농축기틀, 분석에는 Ni-63 ECD가 부착된 Gas-liquid Chromatograph(Tracor 222, U.S.A.)를 사용하였다.

### 2. 방 법

수질 시료중의 PCBs 및 유기염소계살충제 잔류분은 Bevenue등<sup>(9)</sup>, Miles등<sup>(10)</sup>의 방법에 준하여 hexanes로 추출, Kuderna-Danish 농축기로 농축하였고, PCBs의 분리 및 정제는 Reynold<sup>(12)</sup> 朴등<sup>(8)</sup>의 방법에 준하여 정제용 column을 사용, hexanes에 이어 1 ether 혼합액으로 용출한 후, Kuderna-Danish 농축기로 용매를 제거하였다. PCBs는 朴등<sup>(8)</sup>의 방법에 준하여 SbCl<sub>5</sub>와 반응시켜 decachloro-biphenyl(DCB)로 전환, 정량한 후, Aroclor 1254를 기준으로 PCBs/DCB 분자량비를 곱하여 잔류량을 산출하였으며, GLC 분석시 황의 간섭이 관찰된 경우 朴등<sup>(8)</sup>의 방법에 준하여 탈황시켰다. PCBs는 유기염소계살충제 및 DCB의 GLC 분석조건은 朴등<sup>(8)</sup>의 방법에 준하였으며 회수율은 보장하지 않았다.

서호를 포함한 수원근교의 관개수 및 한강의 하천수 잔류 PCBs 및 유기염소계살충제 잔류수준은 Table 1과 같다.

PCBs 잔류수준은 도시폐수 및 산업폐수가 대량 유입되는 한강 및 서호 R지점에서 가장 높았으며, 평균 잔류수준은 0.4~0.5 ppb에 달했다. 한편 산업폐수와 농업 용수가 함께 유입되는 서호 L지점, 왕송, 일왕지역은 평균잔류수준이 0.02~0.05 ppb로 한강이나 서호 R지점에 비해 1/10 가량이었는데, 이는 도시하수와 농업용수가 유입되는 원천 신갈지역과 비슷한 수준이었고, 유입수의 대부분이 농업용수인 의왕에서는 평균 잔류수준이 0.01 ppb로 가장 낮았으며 PCBs의 검출빈도도 가장 낮았다. 이러한 결과는 Kpetata<sup>(7)</sup>가 Bristol 지역 Aron강과 Frome강에서 PCBs가 각각 0.18~21.8 ppb, 0.13~1.08 ppb 잔류한다는 보고와 Dudley<sup>(6)</sup>가 Indiana주 Black creek 유역의 수질에서 PCBs의 잔류수준이 0.2~0.4 ppb였다는 보고에 비하면 매우 낮은 수준이었다.

PCBs의 수질잔류는 주로 산업폐수 또는 도시폐수에 기인하는 것으로 판단되며, 의왕에서 낮은 수준의 PCBs가 검출되는 것은 이 저수지에 공업 또는 생활폐수의 유입이 없는 점으로 미루어 보아 대기중에 이행된 PCBs 오염물질이 강우의 경로로, 수계로 이동된 것으로 추측된다.

유기염소계살충제 잔류수준은 heptachlor, heptachlor epoxide, aldrin, dieldrin, p,p'-DDD 및 p,p'-DDE는 불검출 또는 흔적정도인 반면,  $\alpha$ -BHC,  $\gamma$ -BHC,  $\alpha$ -endosulfan,  $\beta$ -endosulfan 및 p,p'-DDT는 비교적 높게 나타났고 검출빈도도 높았다.

PCBs와 총 DDT의 평균잔류수준비(PCBs/DDT)는 한강 수질에서 500으로 가장 높았고, 신갈이 71, 서호 R지점이 44로 높게 나타난 반면, 서호 L지점, 서호 O지점, 광교, 의왕 및 원천 저수지에서는 4~10 수준으로 총 DDT에 비해 PCBs의 잔류량이 높았다. 1981년 朴등<sup>(8)</sup>은 서호 수질의 평균잔류수준비(PCBs/DDT)가 2.4, 서호의 R지점에서 PCBs의 잔류수준이 0.11 ppb로 보고하였다. 본 실험에서는 동지점의 PCBs 평균잔류량이 0.4 ppb로 서호수질의 PCBs 잔류수준은 경시적으로 증가할 가능성이 있음을 보여 주었다.

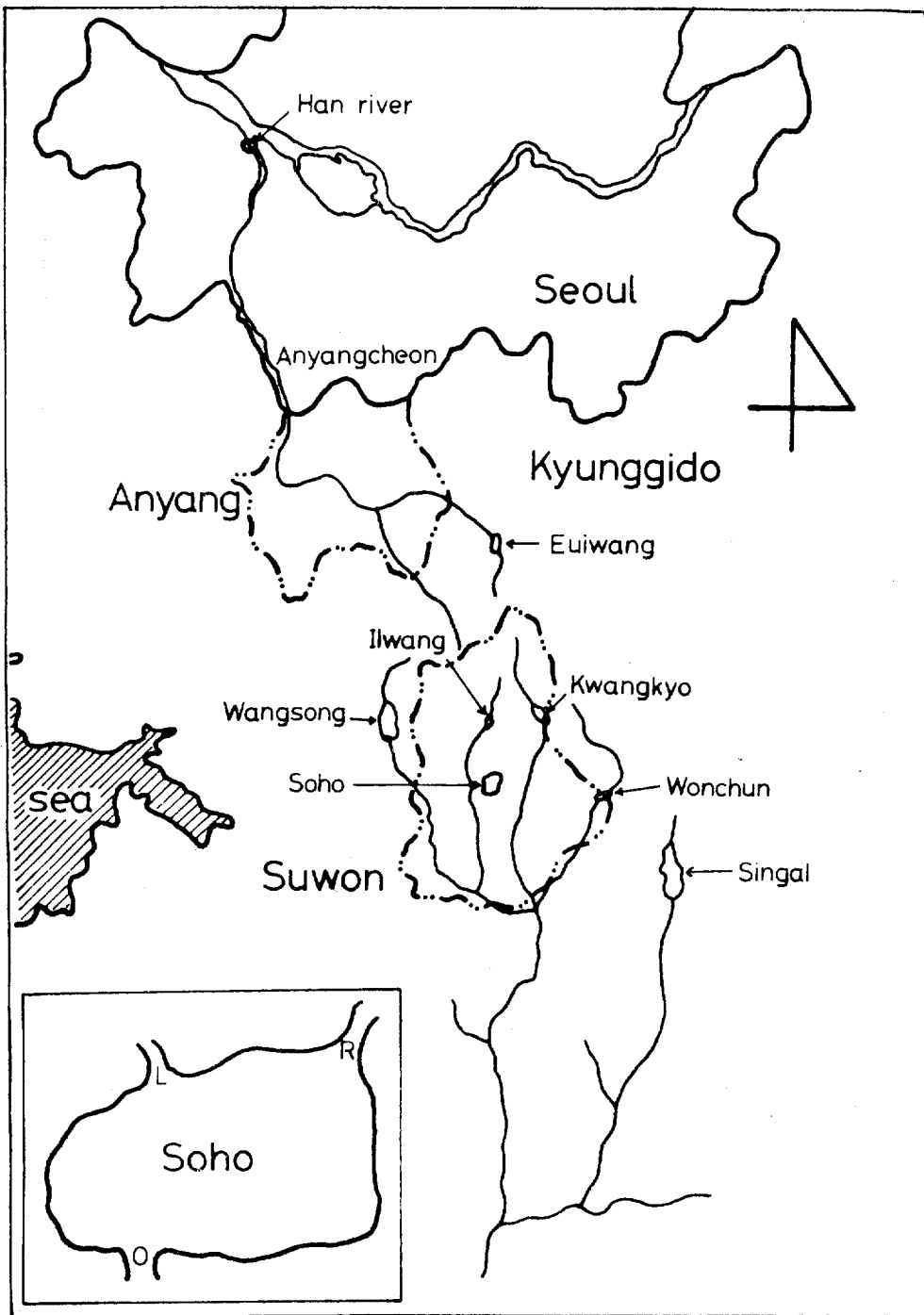


Fig. 1. Location of sampling sites inset: Soho Reservoir



	Average	0.02	0.001	0.0004	0.0001	T	0.0003	0.0001	0.006	0.003	0.0002	T	0.002
Soho O	11/26/82	0.02	0.003	0.0003	—	—	—	—	0.009	0.009	—	—	0.0007
	12/30/82	0.005	0.001	0.001	—	—	—	T	0.004	0.09	—	0.0003	0.001
	1/28/83	0.01	0.0006	T	—	—	—	—	0.002	0.004	—	T	0.002
	2/28/83	0.005	0.0003	0.002	—	—	—	—	0.002	0.006	—	—	T
	3/26/83	T	0.0004	0.01	—	T	—	—	0.005	0.004	—	—	T
	4/25/83	—	0.003	0.002	T	—	0.0003	—	0.003	0.01	T	—	0.004
	5/23/83	0.009	0.0007	T	—	—	—	—	0.0005	T	T	0.001	T
	6/28/83	0.03	0.0005	0.002	—	—	0.0007	—	0.006	0.002	—	0.003	0.002
	7/27/83	0.02	0.002	0.001	—	—	—	—	0.003	0.0008	—	—	—
	8/23/83	0.005	0.003	0.0007	—	—	—	—	0.003	T	—	—	—
	9/26/83	0.006	0.002	0.002	—	T	—	—	0.001	0.004	0.001	—	—
	10/29/83	T	0.002	T	—	—	—	—	T	—	—	—	—
Average		0.009	0.002	0.002	T	T	T	T	0.003	0.01	T	0.0004	0.0008
Wang-song	11/25/82	0.04	0.002	0.0003	—	—	—	—	0.01	0.01	—	—	0.008
	12/29/82	0.03	0.0008	0.005	—	T	—	—	0.002	0.006	—	0.0003	0.002
	1/30/83	0.01	0.002	0.002	—	—	—	—	0.001	0.01	—	—	T
	2/25/83	0.03	0.0005	0.0005	—	—	—	—	0.005	0.01	—	—	—
	3/27/83	0.06	0.001	0.0005	—	T	—	—	0.004	0.008	—	—	—
	4/27/83	0.02	0.001	0.002	—	—	—	—	0.008	0.01	—	T	0.0008
	5/25/83	0.02	T	0.002	—	—	—	—	0.04	—	—	—	0.009
	6/25/83	0.006	0.001	T	—	—	—	—	0.002	0.001	—	—	—
	7/30/83	0.05	0.003	0.001	—	—	—	—	0.002	0.002	—	T	T
	8/25/83	0.01	0.004	0.001	—	—	—	—	0.001	0.001	—	—	—
	9/25/83	0.003	0.007	0.0008	—	—	—	—	0.0005	0.003	—	—	—
10/28/83	0.06	0.0009	0.0001	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Average		0.03	0.002	0.001	—	T	—	—	0.006	0.005	—	T	0.002
Kwang-kyo	11/27/82	0.2	0.002	T	—	—	T	—	0.004	0.008	—	T	0.01
	12/27/82	0.01	0.0006	0.0008	—	—	0.0003	—	0.004	0.005	—	0.0002	0.003
	1/29/83	0.03	0.002	0.0003	T	—	—	—	0.002	0.004	—	—	0.003
	2/25/83	0.02	0.002	0.0003	—	—	—	—	0.002	0.004	—	—	0.003
	3/26/83	0.004	0.001	0.0004	—	—	T	—	0.004	0.004	—	—	T
	4/25/83	0.04	0.001	0.003	—	T	T	—	0.003	0.005	—	—	0.03
	5/23/83	—	0.0009	0.0003	—	—	—	—	0.0002	0.007	—	—	—
	6/27/83	0.08	0.0005	0.0005	—	—	—	—	0.0007	0.003	—	—	T
	7/30/83	0.02	0.005	0.002	—	—	—	—	0.001	T	—	—	0.001
	8/29/83	0.003	0.004	0.001	—	—	—	—	0.005	0.0008	—	—	0.0007
	9/29/83	0.003	0.005	0.002	—	—	—	—	0.006	0.009	—	—	—
	10/24/83	—	0.0006	T	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Average		0.03	0.002	0.001	T	T	T	—	0.003	0.004	—	T	0.004
Il-wang	11/25/82	0.04	0.002	0.0007	—	—	—	—	0.009	0.009	—	—	—
	12/29/82	0.02	0.001	0.002	0.0004	—	—	—	0.002	0.005	—	T	0.009

	1/29/83	0.1	0.002	0.002	—	—	—	—	0.003	0.004	—	—	0.002
	2/25/83	0.01	T	0.001	—	0.001	—	—	0.002	0.006	—	—	—
	3/26/83	0.03	0.0007	0.001	—	—	—	—	0.003	0.005	—	—	—
	4/25/83	0.01	T	T	—	—	T	—	0.0001	0.001	—	—	0.0004
	5/23/83	0.03	0.0008	T	—	—	—	—	0.009	0.009	—	—	0.003
	6/27/83	0.2	T	0.0009	—	—	—	T	0.0001	T	—	—	—
	7/30/83	0.05	0.002	T	—	—	—	—	0.001	T	—	—	0.002
	8/29/83	0.005	0.003	0.0006	—	—	—	—	0.001	T	—	—	0.001
	9/27/83	0.007	0.005	0.004	—	T	—	—	0.01	0.02	0.002	—	0.003
	10/24/83	0.02	0.0006	0.0001	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Average	0.04	0.002	0.001	T	T	T	T	0.003	0.005	0.0002	T	0.003
Eui-wang	11/25/82	0.02	0.003	0.001	—	—	—	—	0.01	0.02	—	0.0004	0.007
	12/29/82	0.001	0.002	0.001	—	—	—	—	0.003	0.004	—	0.0003	0.0009
	1/30/83	—	0.002	0.0007	—	—	—	—	0.004	0.01	—	—	0.0009
	2/26/83	—	0.0006	0.0003	—	—	—	—	0.006	0.01	—	—	T
	3/28/83	—	0.001	0.0006	—	—	T	—	0.005	0.005	—	—	0.002
	4/27/83	—	0.001	0.0003	—	—	T	—	0.001	0.004	—	—	0.005
	5/30/83	—	0.0002	0.0002	—	—	—	—	0.001	0.003	—	—	0.001
	6/29/83	0.01	0.001	0.0002	—	—	—	—	0.001	0.001	—	—	T
	7/31/83	0.01	0.006	0.002	—	—	—	—	0.002	T	T	T	0.006
	8/22/83	0.04	0.003	0.001	—	—	T	—	0.009	—	—	—	0.003
	9/24/83	0.04	0.005	0.001	—	—	0.0003	—	0.0001	0.003	—	T	0.0007
	10/18/83	—	0.002	0.001	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Average	0.01	0.002	0.0008	—	—	T	—	0.004	0.005	T	T	0.002
Won-chun	11/24/82	0.004	0.005	0.002	—	—	T	—	0.009	0.008	—	—	0.001
	12/27/82	0.01	0.002	0.001	—	—	—	0.0008	0.008	0.005	—	0.0003	0.005
	1/29/83	0.02	0.0003	0.0002	—	—	—	—	0.001	0.004	—	—	0.002
	2/25/83	0.01	0.002	0.002	—	—	—	—	0.005	0.01	—	—	T
	3/21/83	0.01	0.002	0.0005	—	—	0.0007	—	0.005	0.01	—	—	T
	4/25/83	0.01	0.001	0.0001	—	—	—	—	0.007	0.004	—	—	0.004
	5/24/83	0.02	0.001	0.0006	—	—	—	—	0.001	0.0008	—	—	T
	6/30/83	0.01	0.003	0.003	—	—	—	—	0.01	0.003	0.002	—	0.002
	7/27/83	0.02	0.008	0.003	—	—	—	—	0.0004	0.0003	—	—	0.0008
	8/22/83	0.005	0.004	0.001	—	—	—	—	0.002	T	—	—	T
	9/24/83	0.009	0.004	0.001	—	—	—	—	0.0005	0.006	—	—	—
	10/24/83	0.01	0.001	T	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Average	0.01	0.003	0.001	—	—	T	T	0.004	0.004	0.0002	T	0.0002
Han river	11/28/82	0.1	0.0004	T	—	—	—	—	0.02	0.009	—	—	0.002
	12/31/82	0.03	0.0006	0.007	—	—	0.004	—	0.008	0.007	—	0.0003	0.005
	1/31/83	0.02	0.0007	0.0007	—	—	—	—	0.008	0.003	—	—	T
	2/25/83	0.06	0.0009	0.003	—	—	—	—	0.02	0.02	—	T	—
	3/26/83	2.2	0.0007	T	—	—	—	—	0.008	0.01	—	0.0003	—
	4/27/83	0.09	T	0.007	—	—	—	—	0.004	0.005	—	T	0.001

5/25/83	0.3	0.0003	T	—	—	—	—	0.002	0.004	—	—	0.003
6/28/83	2.0	0.0004	T	—	—	—	—	0.0001	0.002	T	—	T
7/27/83	0.03	0.002	T	—	—	—	—	0.002	0.0008	—	—	—
8/25/83	0.06	0.0003	0.002	—	—	—	—	—	—	—	0.0003	0.0009
9/25/83	0.1	0.004	0.001	—	—	—	—	0.005	0.01	—	—	—
10/28/83	0.43	T	—	—	—	—	—	T	—	—	—	—
Average	0.5	0.0009	0.002	—	—	T	—	0.006	0.006	T	T	0.001

\*not detected, \*\*trace<0.0001

### 요 약

1982년 11월부터 1983년 10월까지 서호를 포함한 수원근교의 저수지 및 한강의 하천수질 시료를 수집, PCBs 및 유기염소계 살충제 잔류수준을 평가한 결과는 다음과 같다.

1) PCBs는 거의 모든 수질시료에서 검출되었다.

2) PCBs의 평균잔류수준은 0.009~0.5 ppb였고 유기염소계 살충제의 평균잔류수준은 불검출~0.008 ppb였다.

3) PCBs와 총 DDT의 평균잔류수준비는 시료채취 지점에 따라 차이가 있었으며, 이 비는 한강수질시료에서는 500으로 가장 높았고, 원천 수질에서 가장 낮았다.

4) 관계수중 PCBs는 공업 및 도시폐수에서 유래된 것으로 보였다.

### 참 고 문 헌

1. Peakall, D. B.(1974) : Polychlorinated biphenyl occurrence and biological effect, *Residue Reviews*, **44**, 1.
2. Reynolds, L. M.(1970) : Pesticide residue analysis in the presence of polychlorobiphenyls (PCB's), *Residue Reviews*, **34**, 27.
3. Willett, L. B. and Hess Jr., J. F.(1975) : Polychlorinated biphenyl residues in silos in the United States, *Residue Reviews*, **55**, 135.

lorinated biphenyl residues in silos in the United States, *Residue Reviews*, **55**, 135.

4. Henderson, C., Inglis, A. and Johnson, W. L. (1971) : Organochlorine insecticide residues in fish, *Pest. Monit. J.*, **5**, 1.
5. Schmidt, T. T., Risebrough, R. W. and Gress, F. (1971) : Input of polychlorinated biphenyls into California coastal waters from urban sewage outfalls, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **6**, 235.
6. Dudley, D. R. and Karr, J. R.(1980) : Pesticides and PCB residues in the Black Creek watershed, *Pest. Monit. J.*, **13**, 155.
7. Kpekata, A. E.(1981) : Polychlorinated biphenyls (PCB's) in the Rivers Avon and Frome, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **26**, 769.
8. 박창규, 황을철(1982) : 서호의 수질, 저이토, 붕어중 polychlorinated biphenyls 및 유기염소계 살충제의 잔류평가, *한국환경농학회지*, **1**(2), 105.
9. Bevenue, A., Hylin, J. W., Kawano, Y. and Kelly, T. W.(1972) : Organochlorine pesticide residues in water, sediment, algae, and fish, *Pest. Monit. J.*, **6**(1), 56.
10. Miles, J. R. W. and Harris, C. R.(1973) : Organochlorine insecticide residues in streams draining agricultural, urban-agricultural and resort areas of Ontario, *Pest. Monit. J.*, **6**(4), 363.