

洛東江 下流地域에 있어서 有機鹽素系 殺虫劑 農藥의 殘留評價

俞 善 在 · 朴 清 吉

國立釜山水產大學 環境工學科

(1984년 8월 14일 수리)

On the Organechlorine Pesticide Residues in Downstream Area of Nakdong River

Sun-Jae You and Chung-Kil Park

Dept. of Environmental Science and Engineering, National Fisheries University of Busan

Abstract

Samples (river water, tap water, soil, sediment, fish and shellfish) collected in Downstream Area of Nakdong River were analyzed for organochlorine pesticides by G.C. equipped with electron capture detector.

Residue levels of organochlorine pesticides in the river water and tap water ranged from less than detection limit (ND) to 56ppt. Total BHC concentration in the river water and tap water were found to increase in summer and decrease in winter. The variation appeared to be related to rain fall. α -BHC and β -BHC concentration in the soil were ND-3.3ppb and ND-769.7ppb, respectively. α -BHC and β -BHC concentration in the sediment were ND-2.0ppb and ND-409.9ppb, respectively. Concentration factor of total BHC in the sediment ranged from 83 to 3218. In fish, *Carassus carassius* and shellfish, *Anodonta woodiana*(Lea) the concentration factor of β -BHC and total BHC were 2,609, 435 and 3,261, 375, respectively.

緒 論

有機鹽素系 殺虫劑 農藥인 DDT, BHC, Heptachlor, Aldrin, Dieldrin 및 Endrin 등은 食糧生産과 害虫防除를 위해 多量使用되어 왔지만 이들 藥劑의 環境汚染性 때문에 DDT와 Drins (aldrin, dieldrin 및 endrin)劑는 1972年, BHC와 Heptachlor 등은 1979年에 生産 및 販賣가 禁止되었다. 이들 農藥이 國內에서 禁止될 때까지 소비량을 보

던 BHC 1,860M/T, DDT 1,034M/T, Heptachlor 597M/T, Drins 劑 176M/T으로 총 소비량은 約 4,000M/T 정도로 추정되어진다^{1,2)}. 그러나 洛東江을 中心으로 한 嶺南地方에서 이들 農藥의 소비량은 정확히 알 수 없지만 農業의 形態, 農耕地面積 등을 보아 상당량 소비되었을 것으로 생각된다. 有機鹽素系 殺虫劑 農藥의 農耕地 面積當 使用량은 日本보다 낮은 水準으로 報告되어 있지만³⁾, 이미 撒布된 農藥이 化學적으로 安定하여 長期間 土壤에 殘留하기 때문에 水系와 底質등을 汚染시

킬 뿐 아니라 먹이연쇄를 통하여 作物과 人畜에 濃縮되는 特性을 가지고 있어 이들의 推移에 對한 調查研究가 必要하다.

先進國에서 有機鹽素系 殺虫劑 農藥의 調查研究는 食品⁴⁻⁷⁾, 環境⁸⁻¹²⁾에 對해 많이 報告되어 있다. 國內에서도 食品과 環境에 對해 많은 報告¹³⁻²³⁾가 있지만, 食品은 農産物에 環境은 土壤에 調查가 主로 치우쳐 있고, 洛東江 流域을 實驗對象地域으로 한 研究는 거의 미흡한 실정이다.

특히 洛東江 流域은 農藥을 많이 使用하는 農耕地로 대부분 이루어져 있어 水中에 農藥이 流入될 可能性이 크며, 그 물은 工業 農業用水로 使用될 뿐만 아니라 釜山市의 上水道 食水源으로 使用되고 있다. 洛東江의 水質調査는 主로 一般水質이나 重金屬에 관한 調査였다.

따라서 本 研究는 洛東江 下流域의 殘留農藥 汚染 정도를 파악하고 이들의 汚染經路 및 순환과정을 규명하기 위해 洛東江 물, 底質, 그곳에 서식하는 魚·貝類, 流域 農耕地의 土壤 그리고 洛東江 물을 源水로 한 釜山市 수도물에 對하여 殘留性이 큰 鹽素系 農藥을 調查分析하였다.

材料 및 方法

1. 試料 採取

洛東江 물은 1983年 3月~10月 사이 7회에 걸쳐 Fig. 1에 表示된 地點에서, 수도물은 國立釜山水産大學(地點 6)에서 採水하였다.

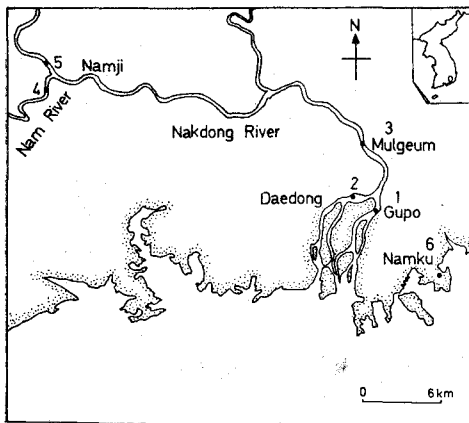


Fig. 1. The Sampling Stations

土壤과 底質 試料는 3月~8月 사이 5회에 걸쳐 Fig. 1의 洛東江물 採水地點에서 가장 가까운 1個

所積을 택하여 採取하였다.

魚·貝類 試料로는 붕어(*Carassius carassius*)와 뽕조개(*Anodonta woodiana*, Lea)를 택하였는데 붕어는 구포와 물금에서 7,8,9월에 各 1회에 걸쳐 채집한 체장 10~15cm 크기의 것 두마리씩을 합하여 試料로 使用하였고, 뽕조개는 남지에서 7,9월에 各 1회에 걸쳐 채집한 각장 4~5cm 크기의 열마리를 試料로 使用하였다.

2. 分析方法

1) 試藥: n-Hexane은 關東化學社 殘留農藥 分析用을 使用하였고, Acetone은 和光純藥社 殘留農藥 分析用을 使用하였다. silica gel은 和光純藥社 製品(40~70mesh)을 130°C에서 5시간 以上 活性化 시켜 使用하였다. 그리고 農藥 標準品은 和光純藥社 製品으로 이것을 1000ppm이 되게 母液을 調製하고 이를 0.04ppm으로 희석하여 標準溶液으로 했다. 나머지 試藥은 特급을 使用하였다.

2) gas chromatography: 분석기기는 shimadzu 회사의 Gas chromatograph Model 7A를 使用하였으며 다음과 같은 조건하에서 조작하였다.

Column: (0.31cm id×110cm) glass column
Packing: 1.5% OV-17, 1.95% QF-1 chromosorb W HP (100~120mesh)

Attenuation: 64

Temp: column oven, 190°C; Injection port, 220°C; Detector oven 220°C

Carriergas: N₂ 50ml/min

Chart speed 10mm/min

3) 抽出 및 精製: 試料에 對한 抽出은 山縣과 大喜의 方法²⁴⁾, 精製는 Kelly의 方法²⁰⁾을 利用하였다.

a) 물: 물(洛東江물, 수도물) 2L를 1L 분액갈때기 2개에 나누어 넣고 各各에 n-hexane 50ml씩 加한다. 20分間 진탕抽出 시킨후 靜置해서 水層을 분리시키고 n-hexane層의 上澄液 25ml씩을 各各 分取하여 Kuderna-Danish 濃縮器에 모두 합하여 넣고 40°C에서 감압농축시켜 1ml되게 농축하였다.

上記 濃縮液 1ml를 silica gel 1g과 그 上部에 무수황산나트륨 1g이 들어있는 Column에 부어 넣고 12ml의 n-hexane으로 elution 시킨 fraction을 I-fraction이라 하고 다시 10ml의 benzene·n-hexane (7:3)으로 elution 시킨 것을 II-fraction 그리고 10ml의 ethylether·n-hexane (3:17)으로 elution 시킨 것을 III-fraction이라 하면, I-frac-

tion에는 Aldrin, DDE, Heptachlor 등이 포함되어 있고, II-fraction에는 BHC, Dieldrin, DDD, DDT, Endrin, Heptachlor epoxide 등이 포함되어, III-fraction에는 parathion 등의 유기인계 농약이 포함되어 있다.

本實驗에서는 fraction I 과 II 만을 다시 1ml 되게 농축시켜 5 μ l씩 G.C에 注入하고 標準農藥을 사용하여 얻은 保持時間과 peak 높이로 各農藥成分을 定量하였다.

b) 土壤 및 底質 : 10mesh 체를 통과시킨 濕試料 10g을 250ml 삼각플라스크에 넣고 純水 10ml 와 n-hexane acetone (9 : 1) 50ml를 加하여 왕복진탕기로 1時間 진탕抽出 시킨 후 원심분리기에 옮겨 1500rpm에서 5분간 원심분리하였다. 원심분리관 內의 溶液을 250ml 분액깔때기에 옮겨 붓고, 다시 원심분리관에 n-hexane 30ml를 加하여 上記조작을 반복한 후, 下層을 제거하고 上層을 (Kaderna Danith)濃縮器 1ml되게 濃縮시켰다.

以下는 물 시료와 同一한 操作을 하였다.

c) 魚·貝類 : 붕어와 뱀조개의 可食部分만을 各各

取하여 Homogenizer로 마쇄하고, 그 中 50g을 달아 250ml 삼각플라스크에 넣고 n-hexane 100ml를 加하여 1時間 진탕抽出 시킨 후, 上澄液을 250ml 분액깔때기에 옮겨 붓고 잔사에 n-hexane 50ml를 加하여 上記 操作을 반복한다. 이것을 Kuderna Danish濃縮器로 20ml까지 濃縮시킨 후 濃縮液中 5ml를 250ml 분액깔때기에 取해 n-hexane 10ml와 n-hexane 포화 acetonitryl 30ml를 加하여 3分間 진탕하고 下層을 2% 염화나트륨溶液 600ml가 들어 있는 1l 분액깔때기에 넣는다. 상층은 다시 n-hexane 포화 acetonitrile 30ml를 加하여 上記 操作을 반복하였다. 여기에 n-hexane 100ml를 加하여 3分間 진탕抽出한 후, 上層을 Kuderna Danish 濃縮器로 1ml되게 濃縮하였다.

以下는 물 시료와 同一한 操作으로 하였다.

4) 農藥標準化合物의 分離形態 : 農藥標準化合物의 分離形態를 Fig. 2에 도시하였다. A는 農藥標準化合物을 直接 G.C에 注入한 것으로 β -BHC 와 Heptachlor 그리고 Dieldrin과 pp'-DDE가 分離되지 않았다. B는 I-fraction으로 α -BHC 약간과 Heptachlor, Aldrin, pp'-DDE, 1/2정도의 pp'-DDT가 檢出되었다. C는 II-fraction으로 BHC 이성체들과 Heptachlor epoxide, Dieldrin, Endrin, pp'-DDD, 1/2정도의 pp'-DDT가 나타났다.

結果 및 考察

1. 水中 殘留農藥

洛東江물과 수도물의 月別 殘留農藥 分析結果는 Table 1과 같다. 이들 農藥의 殘留量을 보면 α -BHC는 검출빈도가 100%로 5~56ppt의 범위에 있고, 地點 1이 平均 26ppt로 가장 높았고 地點 6이 13ppt로 가장 낮았다. 7-BHC는 검출빈도가 72%로 ND~12ppt의 범위에 있었고 地點 1이 平均 5ppt로 가장 높았고 地點 4가 2ppt로 가장 낮았다. 나머지 農藥들은 검출빈도가 50% 以下였고 平均 값이 ND~3ppt로 아주 낮은 濃度였다. 이들의 殘留水準은 南海岸에서 李와 姜¹⁴⁾, 水原 西湖에서 朴과 黃²³⁾, 美國의 음로수에서 Schaffer등⁹⁾, 日本 北九州地方 河川水에서 Suzuki등¹¹⁾들에 의해 보고된 값보다 낮지만, 光陽灣에서 李등¹³⁾과 北九州地方 河川水에서 鈴木¹²⁾에 의해 보고된 값과 비슷하거나 다소 높게 나타났다. 이와같은 結果는 魚類에 對한 LD₅₀¹³⁾과 비교하여 낮은 濃도로 생각된다.

以上과 같이 Fig. 3~8의 各 地點에서 月別 total

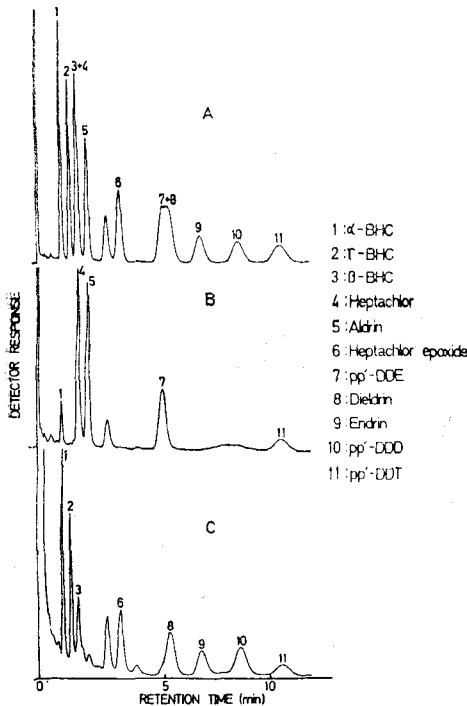


Fig. 2. Comparison of Chromatographic Patterns.

- A : Standard organochlorine pesticides
- B : fraction- I
- C : fraction- II

Yongsanri	'83 3/17	8	ND	ND	8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	4/20	13	ND	T	13	8	ND	ND	ND	6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Munim Myun	5/26	12	ND	3	15	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	7/ 8	23	3	3	29	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Seongsan Gun (4)	8/ 5	26	8	5	39	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	9/18	13	ND	4	17	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	10/16	5	ND	T	5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Mean	14	2	2	18	1	ND	2	1	1	1	1	1	1	1	1	T	T	ND
Eucheonri	'83 3/17	12	ND	ND	12	4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	4/20	18	ND	1	19	10	ND	ND	ND	9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	5/29	24	ND	3	27	T	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	7/ 8	28	14	7	49	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Euryung Gun (5)	8/ 5	29	8	6	43	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	9/18	8	2	2	12	ND	ND	ND	ND	6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	10/16	7	ND	T	7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Mean	18	3	3	24	2	ND	2	2	2	2	2	2	2	2	2	T	T	1
National	'83 3/17	8	ND	ND	8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	4/20	14	ND	ND	14	11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fisheries	5/29	11	ND	ND	11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	7/ 8	20	2	3	25	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
University (6)	8/ 5	22	ND	12	34	ND	ND	ND	ND	3	13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	9/18	5	ND	1	6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	10/16	8	ND	T	8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Mean	13	T	2	15	2	ND	T	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

ND : not detected T : trace (< 1pppt)

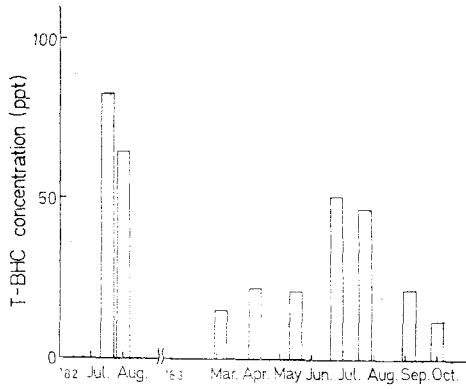


Fig. 3. Monthly variation of total BHC residues in water samples collected in Daejeo-1-Dong (sta. 1)

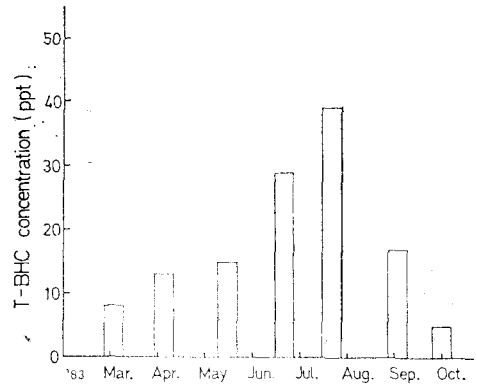


Fig. 6. Monthly variation of total BHC residues in water samples collected in Yonsanri (sta. 4)

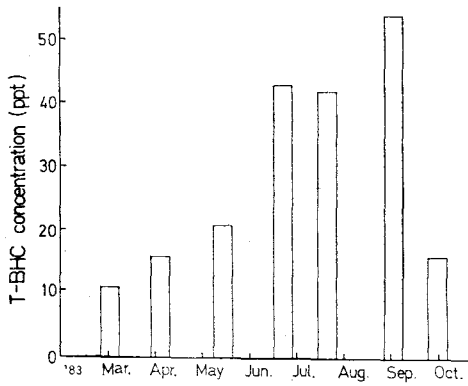


Fig. 4. Monthly variation of total BHC residues in water samples collected in Suanri (sta. 2)

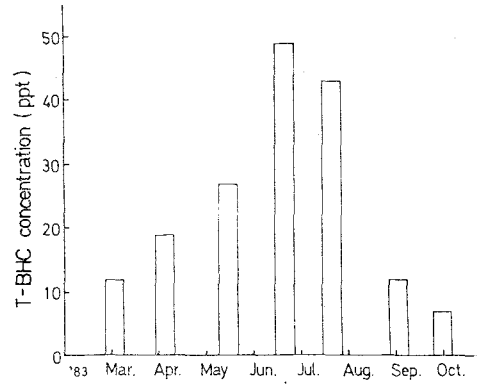


Fig. 7. Monthly variation of total BHC residues in water samples collected in Euceohnri (sta. 5)

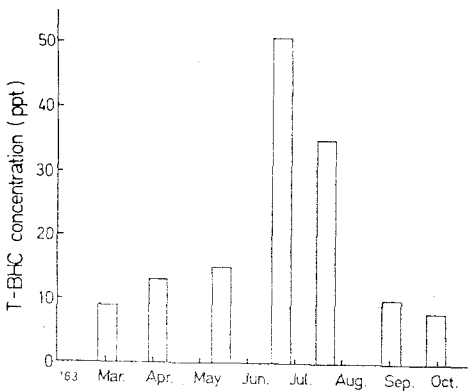


Fig. 5. Monthly variation of total BHC residues in water samples collected in Seburi (sta. 3)

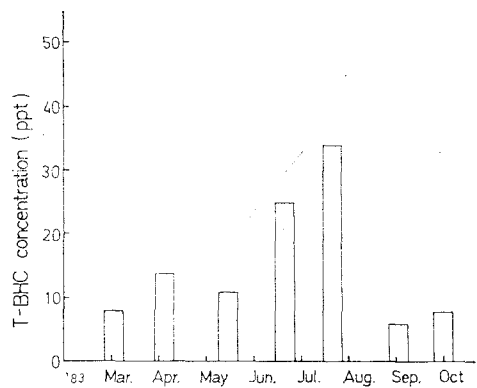


Fig. 8. Monthly variation of total BHC residues in water samples collected in National Fisheries University (sta. 6)

BHC變化는鈴木²⁰의 BHC이성체變化結果와 거의一致하였다. 各地點에서 total-BHC는 여름철에 25~83ppt로 가장 높은 값을 보였으며, 겨울철에 5~16ppt로 낮은 값을 나타냈다. 이것은土壤中에殘留하고 있던 BHC 이성체가 雨水, 이슬등과 함께 河川으로 流入되는 것과 灌溉用水 및 洪水時 河川으로 土壤粒子和 함께 流入되기 때문인 것 같다. 各地點의 月別 total BHC 값과 강수량과의關係를 調查하기 위해 洛東江 流域 月別 강수량 자료를 使用하여 各 調查地點에서의 月別 total BHC와 강수량과의關係를 調查하여 본 結果 地點 1~6의 相關係數 r 은 各各 0.5257, 0.8846, 0.6424, 0.3821, 0.6633 및 0.5877로 平均 $r=0.6163$ 이었다. 이것으로 보아 강수량과 total BHC 값과는 약한 陽의 相關性을 가지는 것으로 생각되었다.

세부리, 즉 물금취수장 부근의 洛東江 물과 國立釜山水產大學으로 공급되는 市수도물의 月別 total BHC 濃度の 相互比較는 Fig. 10과 같다. 이 두 測點에서의 total-BHC 濃度 差가 별로 없는 것으로 보아 일반 상수처리에 의하여 水中에 殘留하는 有機鹽素系 農藥이 제거되지 않는 것을 알 수 있었다. 이들의 殘留水準은 公衆保健에 害를 出민한

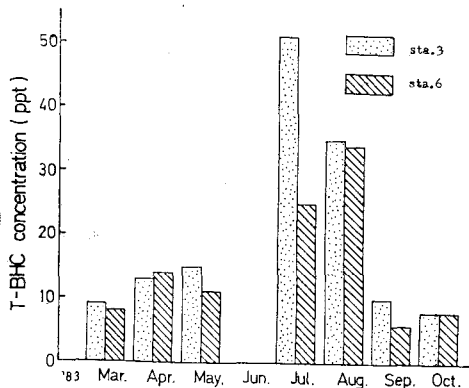


Fig. 9. Comparison of monthly variation of total BHC in river water (sta. 3) and tap water (sta. 6)

것은 아니지만, 이미 使用禁止된 農藥들 外에 Endosulfan, Toxaphene 및 Pentachloro nitrobenzen (PCNB) 등의 새로운 殘留性 有機鹽素系 農藥이 使用되고 있는 實情을 감안해 볼때 새로운 상수처리 方法이 모색되어야 할 것으로 생각되어진다.

2. 土壤中 殘留農藥

土壤中 殘留農藥 分析結果는 Table 2와 같은데 이들 農藥을 檢출빈도 별로 보면 β -BHC > α -BHC > γ -BHC > Aldrin 順으로 96%~20%의 범위였으며 나머지 農藥들은 檢출빈도가 거의 10% 以下였다. β -BHC는 地點 2가 平均 161.6ppb로 가장 높았고 地點 3이 1.4ppb로 가장 낮았다. α -BHC는 地點 5가 平均 1.2ppb로 가장 높았고 地點 4가 0.2ppb로 가장 낮았다. 이와같은 結果는 五大江流域의 農耕地中 畝에서 文 등¹⁸, 우리나라 農耕地土壤에서 朴과 馬²¹, 캐나다의 Saskatchewan 밭土壤에서 Saha와 Summer¹⁰ 등들에 의해 보고된 값보다 낮았지만 光州近郊農耕地 土壤에서 徐 등²²에 의해 보고된 값과 비슷한 수준이었다.

3. 底質中 殘留農藥

底質中 殘留農藥 分析結果는 Table 3과 같다. 檢출빈도 별로 보면 β -BHC > α -BHC 順이었고 나머지 農藥들은 檢출빈도가 10% 以下이었다. β -BHC는 地點 1이 平均 99.9ppb로 가장 높았고, 地點 5가 2.3ppb로 가장 낮았다. α -BHC는 地點 1이 平均 0.5ppb로 가장 높았고, 地點 3이 0.1ppb로 가장 낮았다. 나머지 農藥들은 거의 대부분이 地點에 따라 매우 낮게 檢출되었거나 檢출되지 않았다. 이와같은 結果는 光陽灣 底質에서 李 등¹⁹, 南海岸 底質에서 李와 姜¹⁴, 日本 北九州地方 河川 底質에서 Suzuki 등¹¹들에 의해 보고된 값보다 훨씬 낮게 나타났는데 그것은 洛東江 下流域의 測定地點 부근 底質성상이 거의 모래로 이루어져 있기 때문이라 추정된다. 그러나 地點 1, 2, 3의 β -BHC 값은 Suzuki 등이 보고¹¹한 8~33ppb 보다 높게 나타났다. 이들 地點에서 β -BHC 값이 높게 나타나는 것은 土壤中에 殘留하던 β -BHC 成分이 灌溉用水 및 洪水를 土壤粒子和 함께 下流로 내려오는 것과 底質성상이 微細沙와 진흙으로 이루어져 있기 때문이라 추정되어진다.

各 地點에서 total BHC 濃縮係數(底質中濃度(ppb)/水中濃度(ppb))는 Table 4와 같다. 濃縮係數 83~3,218은 Suzuki 등의 49~1,438 보다 2배 정도 높았으며, 地點別 強熱減量 1.11~4.10과는 陽의 相關性을 보였다.

4. 魚·貝類中 殘留農藥

붕어와 뱀조개의 殘留農藥 分析結果는 Table 5와 같다. 붕어의 殘留農藥含量은 β -BHC > α -BHC

Table 2. Organochlorine pesticides residues in soil (wet sample, ppb)

Sampling station	Date	α -BHC	β -BHC	γ -BHC total-BHC	Hepta chlor	Hep. epoxide	pp'-DDD	pp'-DDE	pp'-DDT	Aldrin	Diel-drin	Endrin
Daejeo I Dong Busan City (1)	'83 3/17	ND	2.8	ND	2.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	4/20	0.3	1.5	T	1.8	0.3	ND	ND	ND	0.4	ND	ND
	5/29	0.9	0.6	ND	1.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	7/ 8	0.4	0.9	0.1	1.4	0.3	ND	0.9	1.3	1.5	ND	ND
	8/ 5	1.0	2.0	ND	3.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mean	0.5	1.6	T	2.1	0.1	ND	0.2	0.3	0.4	0.4	ND	ND
Suanri Daedong Myun Kimhae Gun(2)	'83 3/17	ND	769.7	ND	769.7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	4/20	T	1.5	T	1.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	5/29	0.7	26.2	T	26.9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	7/ 8	2.1	2.6	ND	4.7	4.9	1.3	2.0	1.3	0.6	ND	ND
	8/ 5	0.9	7.8	1.0	9.7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mean	0.7	161.6	0.2	162.5	1.0	0.3	0.4	0.3	0.1	0.1	ND	
Seburi Mulgeum Myun Yangsan Gun(3)	'83 3/17	0.5	0.7	ND	1.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	4/20	0.7	2.1	0.1	2.9	20.4	1.6	ND	10.1	0.6	ND	ND
	5/29	1.9	2.7	0.8	5.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	7/ 8	0.8	0.7	0.3	1.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3.1
	8/ 5	1.3	0.8	ND	2.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mean	1.0	1.4	0.2	2.6	4.1	ND	ND	2.0	0.1	0.1	0.6	
Yongsanri Munim Myun Seongsan Gun(4)	'83 3/17	ND	2.0	ND	2.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	4/20	0.5	1.3	0.1	1.9	0.5	ND	0.5	ND	ND	ND	ND
	5/29	0.5	1.3	0.2	2.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	7/ 8	ND	55.9	ND	55.9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	8/ 5	0.2	148.3	ND	148.5	ND	ND	0.5	ND	ND	ND	ND
Mean	0.2	41.8	T	42.0	0.1	ND	0.2	ND	ND	ND	ND	
Eucheoni Jijeong Myun Euryung Gun(5)	'83 3/17	3.3	3.5	1.1	7.9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	4/20	1.6	1.2	ND	2.8	ND	ND	ND	ND	1.0	ND	1.0
	5/29	0.7	ND	0.1	0.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	7/ 8	ND	83.8	ND	83.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	8/ 5	0.3	6.6	T	6.9	ND	ND	2.6	ND	ND	ND	ND
Mean	1.2	19.0	0.2	20.4	ND	ND	0.5	ND	0.2	0.2	0.2	

T : trace (<0.1ppb)

ND : not detected

Table 3. Organochlorine pesticides residues in sediment (wet sample, ppb)

Sampling station	Date	α -BHC	β -BHC	γ -BHC total-BHC	Hepta-chlor	Hep-epoxide	pp'-DDD	pp'-DDE	pp'-DDT	Aldrin	Diel-drin	Endrin	
Daejeo 1	'83 3/17	2.0	409.9	ND	411.9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	Dong	4/20	0.1	42.7	T	42.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	Busan Cily (1)	5/29	ND	26.5	ND	26.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		7/ 8	0.4	20.6	ND	21.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Mean	8/ 5	ND	ND	ND	ND	ND	0.1	ND	ND	ND	ND	ND
Suanri	'83 3/17	0.5	9.1	1.6	11.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	Daedong	4/20	0.2	35.5	T	35.7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	Myun	5/29	0.3	137.8	0.8	138.9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	Kimhae Gun (2)	7/ 8	T	109.5	ND	109.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		8/ 5	ND	2.2	ND	2.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mean	Mean	0.2	58.8	0.5	59.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Seburi	'83 3/17	ND	6.1	ND	6.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	Mulgeum	4/20	0.6	8.8	T	9.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	Myun	5/29	ND	111.6	0.3	111.9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	Yangsan Gun(3)	7/ 8	ND	17.2	ND	17.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		8/ 5	ND	0.2	ND	0.2	ND	0.5	ND	ND	4.6	ND	ND
Mean	Mean	0.1	28.8	T	28.9	ND	0.1	ND	0.9	ND	ND	ND	
Yongsanri	'83 3/17	0.7	7.5	ND	8.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	Munim	4/20	0.4	8.9	ND	9.3	ND	0.9	ND	0.5	ND	ND	
	Myun	5/29	0.8	0.2	ND	1.0	ND	ND	ND	T	ND	ND	
	SeongsanGun(4)	7/ 8	ND	T	T	T	5.7	ND	0.1	ND	ND	ND	ND
		8/ 5	0.1	T	ND	0.1	ND	ND	ND	ND	1.4	ND	ND
Mean	Mean	0.4	3.3	ND	3.7	1.1	ND	0.2	0.4	ND	ND	ND	
Eucheonri	'83 3/17	ND	1.2	ND	1.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	Jijeong	4/20	0.4	9.1	T	9.5	ND	0.8	ND	ND	ND	ND	
	Myun	5/29	ND	1.1	ND	1.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	Euryung Gun(5)	7/ 8	ND	0.2	ND	0.2	25.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		8/ 5	0.4	ND	ND	0.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mean	Mean	0.2	2.3	ND	2.5	5.1	ND	0.2	ND	ND	ND	ND	

ND : not detected T : trace (<0.1ppb)

Table 5. Organochlorine pesticides residues in fish, *Carassius carassius* and shellfish, *Anodonta woodiana* (Lea) (wet sample, ppb)

Sample	Date	α -BHC	β -BHC	γ -BHC	total-BHC	Hepta-chlor	Hep-epoxide	pp'-DDD	pp'-DDE	pp'-DDT	Aldrin	Dieldrin	Endrin
Fish	'83 7/8	7.3	3.3	2.0	12.6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	8/5	1.0	7.8	0.2	9.0	ND	0.2	T	0.5	ND	ND	ND	ND
	9/18	1.6	6.9	0.3	8.8	ND	T	0.4	ND	ND	ND	ND	ND
	Mean	3.3	6.0	0.8	10.1	ND	T	0.1	0.2	ND	ND	ND	ND
Shellfish	'83 7/8	0.9	ND	T	0.9	ND	ND	ND	1.3	ND	ND	ND	ND
	9/18	1.3	15.0	0.2	16.5	ND	ND	ND	ND	0.5	ND	ND	ND
	Mean	1.1	7.5	0.1	8.7	ND	ND	ND	0.7	0.3	ND	ND	ND

ND : not detected T : trace (<0.1ppb)

>DDE> γ -BHC>DDD>Heptachler>나머지 農藥 順으로 6.0ppb~ND의 범위였고 벨조개는 β -BHC> α -BHC>DDE>DDT> γ -BHC> 나머지 農藥 順으로 7.5ppb~ND의 범위였다. 이와같은 결과는 光陽灣 白蛤에 對한 李동의 結果¹³⁾인 18~0.1ppb, 南海岸 貝類에 對한 李와 姜의 結果¹⁴⁾인 36ppb~ND 보다 낮게 나타났다.

魚·貝類에 對한 有機鹽素系 農藥의 殘留許容量은 아직 설정되어 있지 않지만, 채소류 전반에 걸쳐 total BHC 0.1ppm, total Heptachloh 0.02ppm 으로 規定한 우리나라 殘留許容基準²⁵⁾과 比較하여 볼때 붕어나 벨조개의 殘留農藥 수준은 매우 낮은 값이었다.

붕어의 α -BHC, β -BHC 및 total BHC에 對한 濃縮係數{ 붕어中 濃度(ppb)/全地點 洛東江물의 平均 濃度(ppb)}는 Table 6과 같다. 濃縮係數는 α -BHC 183, β -BHC 2,609, total BHC 435이었다.

벨조개의 α -BHC, β -BHC 및 total BHC에 對한 濃縮係數{ 벨조개中 濃度 7과 같다. 濃縮係數는 α -BHC 61, β -BHC 3.261, total BHC 375이었다.

Table 4. Concentration factor of total BHC to the sediment

Sampling stations	In water (ppb)	In sediment (ppb)	Conc. factor
Station No. 1	0.0312	100.4	3,218(3.67)**
Station No. 2	0.0266	59.5	2,237(4.10)
Station No. 3	0.0246	28.9	1,175(2.11)
Station No. 4	0.0208	3.7	178(1.17)
Station No. 5	0.0300	2.5	83(-)

* concentration factor = $\frac{\text{concentration in sediment}}{\text{concentration in water}}$

** ignition loss in parenthesis

Table 6. Concentration factor of BHC to fish, *Carassius carassius*

α -BHC			β -BHC			total BHC		
In water (ppb)	In fish (ppb)	Conc.* factor	In water (ppb)	In fish (ppb)	Conc. factor	In water (ppb)	In fish (ppb)	Conc. factor
0.018	3.3	183	0.0023	6.0	2,609	0.0232	10.1	435

* concentration factor = $\frac{\text{concentration in fish}}{\text{concentration in water}}$

Table 7. Concentration factor of BHC to shellfish, *Anodonta woodiana* (Lea)

α -BHC			β -BHC			total BHC		
In water (ppb)	In shellfish (ppb)	Conc.* factor	In water (ppb)	In shellfish (ppb)	Conc. factor	In water (ppb)	In shellfish (ppb)	Conc. factor
0.018	1.1	61	0.0023	7.5	3,261	0.0232	8.7	375

* concentration factor = $\frac{\text{concentration in shellfish}}{\text{concentration in water}}$

要 約

洛東江 下流地域에서 洛東江물, 수도물, 土壤, 底質 및 붕어와 뱀조개에 對한 有機鹽素系殺虫劑 農藥을 G.C-ECD로 分析하였다. 水中 殘留鹽素系 農藥中 主로 BHC 만 검출되었는데, 이들 農藥의 殘留濃度는 ND~56ppt로 公衆保健에 害를 줄만한 것은 아니다. 洛東江물과 수도물의 月別 total BHC 濃度는 여름이 높고 겨울로 갈수록 낮았으며, 降水量과는 弱한 양의 相關性을 나타냈다. 土壤에서 α -BHC와 β -BHC는 ND~3.3 ppb 및 ND~769.7ppb이었으며 底質에서 α -BHC와 β -BHC는 ND~2.0ppb, ND~409.9ppb이었다. 各 地點에서 底質로의 total BHC 濃縮係數는 83~3,218이었고, 强熱減量과는 量의 相關性이 있었다. 붕어에서 β -BHC와 total BHC의 濃縮係數는 각각 2,619와 435 그리고 뱀조개에서 두가지 BHC 殘留成分의 濃縮係數는 각각 3,261과 375였다.

參 考 文 獻

- 농림부 : 농림통계년보 (1949~1977).
- 農藥工業協會 : 農藥年報 (1977~1981).
- 李瑞來 : 國家發展과 人間環境에 관한 會議 報文集 305(1975).
- Duggan, R.E. and J.R. Weatherwax: Science, 157 : 1,006(1967).
- 平野和行, 影平俊介, 水野伴子, 河合聰, 大野武男 : 分化, 20 : 364(1971).
- Suzuki, M.Y. Yamato and T. Watanabe: Pest. Monit. J., 10(2) : 35(1976).
- Johnson, R.D. and D.D. Manske: Pest. Monit. J., 9(4) : 157(1976).
- Breidenbach, A.W. and J.J. Lichtenberg: Science, 141 : 899(1963)
- Schafer, M.L., J.T. Peeler, W.S. Gardner and J.E. Campbell: Environ. sci. Technol., 3(12) : 1261(1969).
- Saha, Jadu G. and Arthur K. Summer: Pest. Monit. J., 5(1) : 28(1971).
- Suzuki, Manabu, Yasuhiro Yamato and Takashi Akiyama: Water Res., 8 : 643(1974).
- 鈴木學 : 生態化學, 4(4) : 3(1982)
- 李瑞來, 姜淳英, 朴昌奎, 李鉦浩, 盧在植 : 한국농화학회지, 19(3) : 112(1976).
- 李瑞來, 姜淳英 : 韓國食品科學會誌, 8(4) : 219(1976).
- 金容華, 李瑞來 : 韓國食品科學會誌, 12(3) : 141(1980).
- 윤공덕 · 김진인 · 김동균 · 최덕일 · 안고명 · 이철원 : 國立保健研究院報, 9 : 221(1972).
- 박창규 : 한국농화학회지, 18(2) : 61(1975).
- 文和會 · 李興在 · 金仁基 · 宋準相, 金盛煥, 金在暎 : 國立環境研究所報, 2(2) : 125(1980).
- 李奎承 : 한국농화학회지, 24(3) : 155(19981).
- 田世圭 · 張東錫 · 朴清吉 · 金宗吉 : 盧龍吉國立水產振興院研究報告(별책) : 26(1981).
- 朴昌奎 · 馬涓植 : 한국환경농학회지, 1(1) : 1(1982).
- 徐鎔澤 · 朴魯東 · 沈在漢 : 한국환경농학회지, 1(2) : 83(1982)
- 朴昌奎 · 黃乙喆 : 한국환경농학회지, 1(2) : 105(1982).
- 山縣登 · 大喜多敏一 : 環境汚染分析法 10, 大日本圖書株式會社, 東京 (1974).
- 환경청 告示 : 제81-5호 (1981.3.16).