

한국인 장기조직중 유기염소제류 농약의 분포

유영찬[#] · 이상기 · 이수연 · 양자열 · 인상환 · 김기욱 · 정규혁*

국립과학수사연구소, *성균관대학교 약학부
(Received May 15, 2001; Revised June 26, 2001)

Distribution of Organochlorine Pesticides in Korean Human Tissues

Young-Chan Yoo[#], Sang-Ki Lee, Soo-Yeun Lee, Ja-Yeol Yang, Sang-Whan In,
Ki-Wook Kim and Kyu-Hyuck Chung*

National Institute of Scientific Investigation, Seoul 158-707, Korea
*College of Pharmacy, SungKyunKwan University, Suwon 440-746, Korea

Abstract — Persistent organochlorine pesticides has been used intensively in agriculture for a long time. The occurrence of organochlorine pesticides in the environment and subsequently in parts of the food chains, results in the intake of these compounds by human and animal. The measurement of the levels of organochlorine pesticides in tissues or blood of human populations is a good marker in evaluating the extent of exposure and hazards. So, most countries have conducted initial monitoring programs to determine organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in human tissues. But, in Korea, a few research has been reported. In this study, the legally prohibited organochlorines, such as, α -BHC, β -BHC, γ -BHC, δ -BHC, *p,p'*-DDT, *p,p'*-DDD, *p,p'*-DDE, endrin, dieldrin and aldrin were determined in human blood, brain, adipose tissue, kidney cortex and liver tissues collected at autopsy of 10 men and 10 women, 16~65 years of age. Almost all the organochlorine pesticides mentioned previously were determined in human tissue samples indicated that they have been widely distributed in Korean human body. No significant difference was found in the levels of organochlorine pesticides between sexes, districts and ages.

Keywords □ Organochlorine pesticides, Korean human tissues, Autopsy, GC/ECD

BHC, DDT 등의 유기염소제류 농약과 PCB, 다이옥신 등의 잔류성 유기할로겐 화합물은 화학적 안정성, 생체내 축적성이 커 사용이 금지되어 있다. 그러나 이미 사용되었거나 부산물로 생성된 물질들이 토양, 수질 및 대기 등의 환경에 잔류되어 있으므로 자연의 먹이사슬을 통해 동물이나 사람의 체내에 축적됨이 보고되어 있으며 이들은 생식기능 저하나 기형, 암 등을 유발하는 것으로 알려져 있다. 또한 사용이 금지된 BHC 등의 유기염소제류 농약은 일부 국가에서 계속 사용되고 있어, 이들 국가에서 수입된 농수산물을 통해서 생체내 축적이 일어난다고 보고되어 있다.

최근 생체내에 축적된 유기염소제류 농약, 다이옥신, PCB 등의 물질은 극미량으로 각종 생체호르몬의 합성, 분비, 생체내 수송, 수용체와의 결합, 호르몬작용 및 분해 등의 과정에 작용하여 정상호르몬의 작용을 방해하는 성질을 가지고 있어 내분비계 장애물질(Endocrine disruptor) 또는 환경호르몬으로 총칭하여 이에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다.¹⁻⁵⁾

인체에 대한 내분비계 장애물질의 위해를 평가하기 위해서는 인체에 대한 노출평가가 선행과제라고 할 수 있다. 따라서 여러 선진국에서는 내분비계 장애물질로 규정된 유기염소제류 농약 및 PCB 등의 인체에 대한 노출평가를 위해 부검사체를 활용한 사례 연구보고 등,⁶⁻¹⁰⁾ 체계적인 모니터링 시스템을 도입해 가고 있다. 그러나 우리 나라의 경우 유기염소제류 화합

[#] 본 논문에 관한 문의는 이 저자에게로
(전화) 02-2600-4601 (팩스) 02-2600-4609

물의 환경내 오염실태 및 인체 지방조직에 대한 연구는 일부 이루어졌으나¹¹⁻¹³⁾ 인체 각 조직별 분포 등에 대한 연구는 거의 없는 실정이므로 한국인에 대한 유기염소제류 농약의 분포에 대한 연구가 시급한 실정이다. 본 연구의 목적은 우리나라 사람의 유기염소제류 농약에 대한 노출 실태를 조사하기 위해 한국인 장기조직중 유기염소제류 농약의 분포를 조사하고 지역별, 성별, 연령별 분포의 특성을 살펴보고자 하였다. 본 연구의 결과는 이들 내분비계 장애물질에 대한 노출평가의 기초자료로서의 활용과, 위해여부를 판정할 지표의 확립에 도움이 될 것으로 기대된다.

실험방법

시료의 채취

2000년 5월부터 동년 10월까지 수도권 지역과 호남 지역에서 국립과학수사연구소에 부검의뢰된 사체 중 내인성 질환 또는 약독물의 검출이 되지 않은 각각 남녀 10구씩 총20구를 무작위로 선정하여 인체부위별 장기(복부 지방조직, 간장, 신장피질, 뇌 및 혈액)를 채취하였다. 채취된 장기는 -20°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다. 채취된 각 시료의 성별, 연령별 분포는 Table I과 같으며, 연령은 16~65세 범위였으며, 평균 35.7세이었다.

시약 및 표준품

α-BHC, β-BHC, γ-BHC, δ-BHC, p,p'-DDT, p,p'-DDD, p,p'-DDE, endrin, dieldrin 및 aldrin 등 10종의 유기염소제류 농약 표준품은 Dr. Ehrenstorfer GmbH사의 제품을 구입하여 사용하였으며, n-hexane, acetonitrile, ether 등의 유기용매는 잔류농약분석용 시약을 기타 시약은 시판 특급시약을 사용하였다.

Table I - Distribution of Age and Gender of Individual Subjects

| Age group | Female | Male | Total |
|-----------|--------|------|-------|
| Teens | - | 1 | 1 |
| Twenties | 4 | 3 | 7 |
| Thirties | 5 | 2 | 7 |
| Forties | - | - | - |
| Fifties | - | 2 | 2 |
| Sixties | 1 | 2 | 3 |
| Total | 10 | 10 | 20 |

시료의 전처리 및 측정

간장, 신장 및 뇌 - 시료를 liquid-liquid extraction 및 column chromatography를 이용한 식품공전¹⁴⁾ 및 일본의 위생시험법·주해¹⁵⁾를 참고로 하여 전처리하였다. 즉 장기조직 약 5g을 정확히 달아, n-hexane으로 정제한 증류수 40 ml 및 무수황산나트륨 약 10g을 가한 후 호모게나이저로 균질화한다. 완전히 균질화된 다음 n-hexane 50 ml를 가하여 지방성분을 추출한다. 이 조작을 3회 반복한다. n-Hexane 추출액은 미리 무게를 알고있는 농축플라스크에 옮기고 40°C 이하에서 용매를 완전히 제거한 후 무게를 측정하여 전후 무게차에 의하여 지방의 량을 산출한다. 증발잔사를 n-hexane 15 ml에 용해한 후 n-hexane포화 acetonitrile 30 ml를 가하여 10분간 격렬하게 진탕한 후 acetonitrile층을 취하고 n-hexane층은 n-hexane포화 acetonitrile 30 ml를 넣고 동일한 조작을 2회 더 반복한다. Acetonitrile층은 합한 다음 2% NaCl용액 500 ml 및 n-hexane 100 ml를 가하여 20분간 진탕하여 2회 추출한다. n-Hexane층은 증류수 100 ml 씩으로 2회 세척하고 무수황산나트륨을 가하여 탈수시킨 다음 rotary evaporator에서 약 5ml가 될 때까지 40°C 이하에서 농축한다. 농축액은 florisil칼람(길이 30 cm, 내경 2.2 cm의 크로마토판에 florisil 20g을 n-hexane액으로 충전하고 상층에 무수황산나트륨 약 8g을 넣음)에 주입하여 분당 5ml 이하의 유량으로 낙하하도록 유속을 조절한다. 용기는 n-hexane 5ml 씩으로 2회 세척하여 각 세척액을 칼람에 재차 주입한다. 칼람은 15% ether 함유 n-hexane 300 ml로 용출하고 용출액은 rotary evaporator에서 40°C 이하에서 농축한 후 내부표준용액 1ml에 용해하여 그의 1 μl를 GC/ECD에 주입한다.

지방조직 - 지방조직은 약 3g을 정확히 취하여 n-hexane 20 ml를 가한 다음 냉각콘덴서를 연결하여 히팅맨틀에서 20분간 환류한 다음 냉각기 선단을 통하여 n-hexane 10 ml를 가하여 냉각기 내부를 씻어준다. 냉각후 n-hexane층을 무게를 알고있는 농축플라스크에 옮긴다. 지방조직 잔사는 n-hexane 20 ml를 가하여 n-hexane액이 황색을 띄지 않을 때까지 동일조작을 2회 이상 추출한다. 용매층을 완전히 제거한 후 무게를 측정하여 전후 무게차에 의하여 지방의 량을 산출한다. 그 이후의 조작은 1)항과 같다.

혈액 - 혈액은 약 10g을 정확히 취하여 n-hexane

50 ml를 가하여 vortex mixer에서 지방성분을 추출한다. 이 조작을 3회 반복한 다음, 그 이후의 조작은 타 장치조직의 전처리 과정과 같다.

GC/ECD 분석법에 의한 유기염소제류 농약의 정량 표준용액의 조제 - α -BHC, β -BHC, γ -BHC, δ -BHC, *p,p'*-DDT, *p,p'*-DDD, *p,p'*-DDE, endrin, dieldrin 및 aldrin 등 10종의 유기염소제류 농약 표준품을 내부표준용액(0.5 ppm mirex in acetone)에 용해하여 1 μ g/ml의 표준원액을 조제한다. 표준원액을 내부표준용액을 사용하여 단계적으로 희석하여 0.01, 0.025, 0.05, 0.1 및 0.25 μ g/ml의 표준용액을 조제하였다.

검량선의 작성 - 표준용액을 DB-1 column에서 전자포획검출기가 장착된 gas chromatograph에 1 μ l 주입하며, GC의 측정조건에서 측정하였다. 내부표준물질의 피크면적에 대한 α -BHC 등 10종의 유기염소제류 농약의 피크면적비에 의해 검량선이 작성되었다.

유기염소제류 농약의 확인 및 정량 - 정제된 시료는 먼저 DB-1 column과 Rtx-5 column에서 GC/ECD법에 의하여 측정하였으며, 표준품들의 유지시간을 비교하여 각 column에 공히 동일한 유지시간을 갖는 물질을 유기염소제류 농약으로 확인하였다. 또한 정제된 시료를 GC/MSD에 주입하여 mass chromatogram에 의해 물질의 확인을 시도하였다. 각 장치조직중 함량은 DB-1 column에 의한 검량선으로 내부표준법에 의해 산출하였다.

이때 사용된 gas chromatograph의 조건은 다음과 같다.

[GC condition]

GC : Varian star 3400cx

Detector : ECD (^{63}Ni)

Injector temperature : 280°C

Detector temperature : 300°C

Column temperature :

DB-1(30 m \times 0.25 mm, film thickness 0.25 μ m)

8°C/min 15°C/min

150°C(2 min) ---- 240°C(2 min) ---- 280°C(10 min)

Rtx-5(30 m \times 0.32 mm, film thickness 3 μ m)

8°C/min

220°C(1 min) ---- 280°C(27 min)

Carrier gas : N₂ (30 ml/min)

회수율 측정

간장 약 5 g 및 지방 약 3 g을 정확히 달아 균질화시킨 후 α -BHC, β -BHC, γ -BHC, δ -BHC, *p,p'*-DDT, *p,p'*-DDD, *p,p'*-DDE, endrin, dieldrin 및 aldrin 등 10종의 유기염소제류 농약 표준품의 0.5 μ g을 acetone 용액으로 하여 첨가하고, 혈액 약 10 g에 위 농약 표준품 0.25 및 0.1 μ g의 acetone 용액 첨가하여 하루 밤 방치 후 시료의 정제 함에 따라 시험하여 회수율을 측정하였다.

통계학적 분석

각 인체 부위에서 측정된 유기염소제류 농약의 함량에 대해 SPSS program을 이용하여 성별, 지역별, 장기별 평균, 표준편차, 함량범위 및 유의성 검정을 실시하였으며, t-검정 결과 p값이 0.05이하인 경우만 표기하였다.

실험결과 및 고찰

검량선 및 회수율 시험

DB-1 column이 장착된 GC/ECD를 이용하여 α -BHC 등 10종의 유기염소제류 농약에 대한 검량선은 r값이 0.99이상인 양호한 직선성을 나타냈다.

간장 약 5 g, 지방조직 약 3 g에 농약 표준품을 각각 0.5 μ g을 가한 다음 회수율을 측정하였다. 본 시험에서는 대조시료에 함유되어 있는 유기염소제류 농약의 함량을 공제하고 순수하게 첨가한 유기염소제류 농약의 회수율만을 산정한 것이다. 회수율은 간장에서 92.0%(δ -BHC)~126.0%(*p,p'*-DDT), 지방조직에서 91.9%(aldrin)~121.0%(δ -BHC)로 양호한 결과였다. 혈액 약 10 g에 α -BHC, β -BHC, γ -BHC, δ -BHC, *p,p'*-DDT, *p,p'*-DDD, *p,p'*-DDE, endrin, dieldrin, aldrin을 각 0.25 μ g 및 0.1 μ g을 가한 다음 측정된 회수율은 79.5%(dieldrin, 0.1 μ g)~116.3%(*p,p'*-DDT, 0.25 μ g) 범위로 양호하였다.

유기염소제류 농약의 함량

시료는 정제 후 acetone에 녹인 0.5 μ g/ml의 mirex 용액으로 용해하여 GC/ECD에 주입하여 유기염소제류 농약의 함량을 측정하였다. 무작위로 정제된 시료를 선

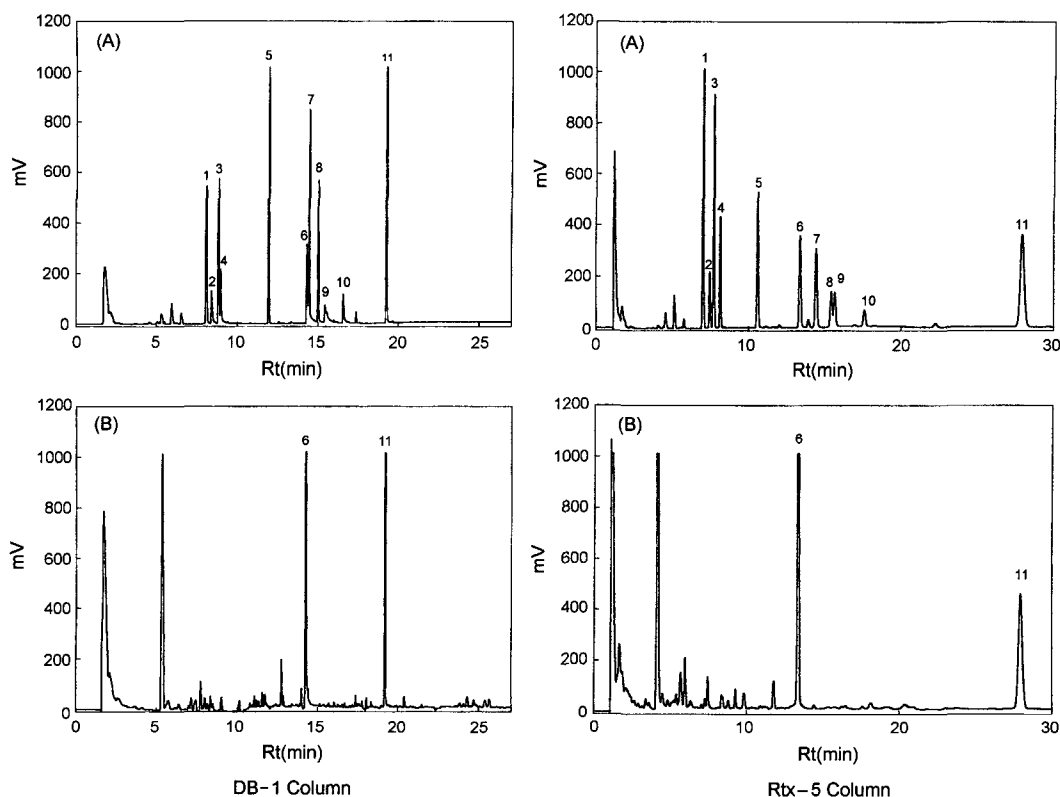


Fig. 1 – Gas chromatograms of organochlorine pesticides 0.1 $\mu\text{g}/\text{ml}$ standard solution(A) and adipose tissue extract(B) on DB-1 and Rtx-5 column.

1. α -BHC, 2. β -BHC, 3. γ -BHC, 4. δ -BHCm, 5. Aldrin, 6. *p,p'*-DDE, 7. Dieldrin, 8. Endrin, 9. *p,p'*-DDD, 10. *p,p'*-DDT, 11. Mirex(IS)

정하여 acetone에 용해한 후 GC/ECD에 주입한 결과 모든 시료에서 mirex가 존재하지 않음을 확인한 후 mirex를 내부표준용액으로 사용하였다. 조제시료중 유기염소제류 농약의 함량은 지방 g당 μg 으로 환산하여 표시하였다. 각 조직에서 지방이 차지하는 비율은 지방조직은 50.3%, 뇌는 8.0%, 간장은 5.0%, 신장은 1.7%, 혈액은 0.3%이었다.

DB-1 column과 Rtx-5 column에 의해 분리된 유기염소제류 농약 표준품 및 지방시료에 대한 gas chromatogram(Fig. 1)에서 10종의 유기염소제류 농약은 양호하게 분리되어 확인 및 정량이 가능하였으며, 비교적 다량이 함유되어 있는 *p,p'*-DDE는 DB-5MS column(30 m \times 0.25 mm, film thickness 0.25 μm)이 장착된 GC/MSD(Finnigan GCQ)에 의해 검출을 확증할 수 있었다.

각 시료에 함유되어 있는 유기염소제류 농약의 함량은 남녀별과 거주지역별 그리고 전체 총합으로 구분하

여 평균, 표준편차 등을 계산하였으며, 남녀간, 거주지역별 함량의 통계학적 차이를 구하였다. 또한 각 장기조직별 유기염소제류 농약의 함량과 연령간의 상관관계를 측정하였다.

혈액에서는 endrin, dieldrin, aldrin, *p,p'*-DDD 및 *p,p'*-DDT의 함량은 검출량(S/N비가 5에서 검출한계는 *p,p'*-DDT는 5 pg, δ -BHC, *p,p'*-DDE 및 *p,p'*-DDD는 2.5 pg, α -BHC, β -BHC, γ -BHC, endrin 및 dieldrin은 1.25 pg, aldrin은 0.625 pg이었음) 이하이었으며, *p,p'*-DDE는 20개의 시료 중 14개 시료에서 평균 $0.3541 \pm 0.4381 \mu\text{g}/\text{g}$, ND~1.4827 $\mu\text{g}/\text{g}$ 범위로 검출되어 검출률이 70%이었으며, 남녀별, 지역별 함량의 차이는 관찰할 수 없었다. 미국의 Connecticut지역에서 수집한 35명 여성의 혈청에서 측정된 *p,p'*-DDE의 함량은 평균 967 ng/g이었으며, <1.0~2261.5 ng/g범위로 검출되었다는 보고¹⁶⁾와 비교하여보면, 한국인 혈액에서는 이에 비해 약 1/3정도로 낮게 검출되었다. 최

Table II – Concentration of organochlorine pesticides ($\mu\text{g/g}$ extracted fat basis) in blood according to the sex and district.

| Pesticide | Blood | | | | | | | | | |
|------------------|-------|------|---------------------|-----------|----|------|------|---------------------|-----------|----|
| | Sex | Fre. | Mean \pm SD | Range | N | Dis. | Fre. | Mean \pm SD | Range | N |
| α -BHC | M | 10% | 0.0034 \pm 0.0109 | ND~0.0344 | 10 | S | 30% | 0.0718 \pm 0.1553 | ND~0.4720 | 10 |
| | F | 40% | 0.1075 \pm 0.1639 | ND~0.4720 | 10 | C | 20% | 0.0391 \pm 0.0909 | ND~0.2768 | 10 |
| | T | 25% | 0.0555 \pm 0.1250 | ND~0.4720 | 20 | T | 25% | 0.0555 \pm 0.1250 | ND~0.4720 | 20 |
| β -BHC | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 10% | 0.0450 \pm 0.1424 | ND~0.4503 | 10 |
| | F | 10% | 0.0450 \pm 0.1424 | ND~0.4503 | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 5% | 0.0225 \pm 0.1007 | ND~0.4503 | 20 | T | 5% | 0.0225 \pm 0.1007 | ND~0.4503 | 20 |
| γ -BHC | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 10% | 0.04180.1322 | ND~0.4182 | 10 |
| | F | 10% | 0.0418 \pm 0.1322 | ND~0.4182 | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 5% | 0.0209 \pm 0.0935 | ND~0.4182 | 20 | T | 5% | 0.0209 \pm 0.0935 | ND~0.4182 | 20 |
| δ -BHC | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 10% | 0.0179 \pm 0.0567 | ND~0.1792 | 10 |
| | F | 10% | 0.0179 \pm 0.0567 | ND~0.1792 | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 5% | 0.0090 \pm 0.0401 | ND~0.1792 | 20 | T | 5% | 0.0090 \pm 0.0401 | ND~0.1792 | 20 |
| Σ -BHC | M | | 0.0034 \pm 0.0109 | ND~0.0344 | 10 | S | | 0.1766 \pm 0.4765 | ND~1.5198 | 10 |
| | F | | 0.2122 \pm 0.4707 | ND~1.5198 | 10 | C | | 0.0391 \pm 0.0909 | ND~0.2768 | 10 |
| | T | | 0.1078 \pm 0.3413 | ND~1.5198 | 20 | T | | 0.1078 \pm 0.3413 | ND~1.5198 | 20 |
| Endrin | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| Dieldrin | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| Aldrin | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| <i>p,p'</i> -DDE | M | 70% | 0.3581 \pm 0.4664 | ND~1.4827 | 10 | S | 70% | 0.3307 \pm 0.4151 | ND~1.3927 | 10 |
| | F | 70% | 0.3500 \pm 0.4331 | ND~1.3927 | 10 | C | 70% | 0.3774 \pm 0.4813 | ND~1.4827 | 10 |
| | T | 70% | 0.3541 \pm 0.4381 | ND~1.4827 | 20 | T | 70% | 0.3541 \pm 0.4381 | ND~1.4827 | 20 |
| <i>p,p'</i> -DDT | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| <i>p,p'</i> -DDD | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| Σ -DDT | M | | 0.3581 \pm 0.4664 | ND~1.4827 | 10 | S | | 0.3307 \pm 0.4151 | ND~1.3927 | 10 |
| | F | | 0.3500 \pm 0.4331 | ND~1.3927 | 10 | C | | 0.3774 \pm 0.4813 | ND~1.4827 | 10 |
| | T | | 0.3541 \pm 0.4381 | ND~1.4827 | 20 | T | | 0.3541 \pm 0.4381 | ND~1.4827 | 20 |

M : Male, F : Female, S : Seoul and Kyonggido, C : Chollado, Fre. : Frequency
 ND : under the limit of detection, Σ -BHC = α -BHC + β -BHC + γ -BHC + δ -BHC
 Σ -DDT = *p,p'*-DDE + *p,p'*-DDT + *p,p'*-DDD

근 미국과 캐나다 국경에 위치한 5대호의 하나인 온타리오호수 지역 남녀주민을 대상으로 인체에 대한 유기염소제류 농약의 공급원으로 추정되는 물고기와 물새를 섭취하는 군과 섭취하지 않는 군으로 분리하여

각 군의 혈장에서 *p,p'*-DDE의 함량을 측정하였는데 각 군의 *p,p'*-DDE 중앙값 함량범위는 292.8~383.1 $\mu\text{g/kg}$ (lipid weight)범위로 검출되었다는 보고¹⁷⁾와는 유사한 함량이었다.

Table III – Concentration of organochlorine pesticides ($\mu\text{g/g}$ extracted fat basis) in brain according to the sex and district.

| Pesticide | Brain | | | | | | | | | |
|------------------|-------|------|---------------------|-----------|----|------|------|---------------------|-----------|----|
| | Sex | Fre. | Mean \pm SD | Range | N | Dis. | Fre. | Mean \pm SD | Range | N |
| α -BHC | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 10% | 0.0929 \pm 0.2937 | ND~0.9286 | 10 |
| | F | 40% | 0.0990 \pm 0.2917 | ND~0.9286 | 10 | C | 30% | 0.0062 \pm 0.0114 | ND~0.0296 | 10 |
| | T | 20% | 0.0496 \pm 0.2071 | ND~0.9286 | 20 | T | 20% | 0.0496 \pm 0.2071 | ND~0.9286 | 20 |
| β -BHC | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 10% | 0.0431 \pm 0.1362 | ND~0.4506 | 10 |
| | F | 20% | 0.0438 \pm 0.1369 | ND~0.4306 | 10 | C | 10% | 0.0008 \pm 0.0025 | ND~0.0079 | 10 |
| | T | 10% | 0.0219 \pm 0.0962 | ND~0.4306 | 20 | T | 10% | 0.0219 \pm 0.0962 | ND~0.4306 | 20 |
| γ -BHC | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 10% | 0.0784 \pm 0.2478 | ND~0.7837 | 10 |
| | F | 20% | 0.0819 \pm 0.2468 | ND~0.7837 | 10 | C | 10% | 0.0035 \pm 0.0111 | ND~0.0353 | 10 |
| | T | 10% | 0.0410 \pm 0.1750 | ND~0.7837 | 20 | T | 10% | 0.0410 \pm 0.1750 | ND~0.7837 | 20 |
| δ -BHC | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 10% | 0.0445 \pm 0.1408 | ND~0.4453 | 10 |
| | F | 10% | 0.0445 \pm 0.1408 | ND~0.4453 | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 5% | 0.0223 \pm 0.0996 | ND~0.4453 | 20 | T | 5% | 0.0223 \pm 0.0996 | ND~0.4453 | 20 |
| Σ -BHC | M | | ND | ND | 10 | S | | 0.2588 \pm 0.8184 | ND~2.5881 | 10 |
| | F | | 0.2694 \pm 0.8149 | ND~2.5881 | 10 | C | | 0.0106 \pm 0.0157 | ND~0.0375 | 10 |
| | T | | 0.1347 \pm 0.5776 | ND~2.5881 | 20 | T | | 0.1347 \pm 0.5776 | ND~2.5881 | 20 |
| Endrin | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| Dieldrin | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| Aldrin | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| <i>p,p'</i> -DDE | M | 90% | 0.0310 \pm 0.0264 | ND~0.0753 | 10 | S | 60% | 0.0206 \pm 0.0337 | ND~0.1014 | 10 |
| | F | 70% | 0.0156 \pm 0.0307 | ND~0.1014 | 10 | C | 100% | 0.0260 \pm 0.0248 | ND~0.0753 | 10 |
| | T | 80% | 0.0233 \pm 0.0289 | ND~0.1014 | 20 | T | 80% | 0.0233 \pm 0.0289 | ND~0.1014 | 20 |
| <i>p,p'</i> -DDT | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| <i>p,p'</i> -DDD | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| Σ -DDT | M | | 0.0310 \pm 0.0264 | ND~0.0753 | 10 | S | | 0.0206 \pm 0.0337 | ND~0.1014 | 10 |
| | F | | 0.0156 \pm 0.0307 | ND~0.1014 | 10 | C | | 0.0261 \pm 0.0248 | ND~0.0753 | 10 |
| | T | | 0.0233 \pm 0.0289 | ND~0.1014 | 20 | T | | 0.0233 \pm 0.0289 | ND~0.1014 | 20 |

M : Male, F : Female, S : Seoul and Kyonggido, C : Chollado, Fre. : Frequency
 ND : under the limit of detection, Σ -BHC= α -BHC+ β -BHC+ γ -BHC+ δ -BHC
 Σ -DDT=*p,p'*-DDE+*p,p'*-DDT+*p,p'*-DDD

뇌에서는 혈액에서와 같이 endrin, dieldrin, aldrin, *p,p'*-DDD 및 *p,p'*-DDT의 함량은 검출량 이하이었으며, *p,p'*-DDE는 20개의 시료중 16개 시료에서 평균 0.0233 \pm 0.0289 $\mu\text{g/g}$, ND~0.1014 $\mu\text{g/g}$ 범위로 검출되어 검

출률이 80%이었으며, 남녀별, 지역별 함량의 차이는 관찰할 수 없었다. Greenland 지역에서 사망한 부검사체의 뇌에서는 *p,p'*-DDE가 평균 319 $\mu\text{g/kg}$, 함량범위 77~732 $\mu\text{g/kg}$ (lipid basis)으로 100%, *p,p'*-DDT가

1.6~44 µg/kg(lipid basis) 범위로 53%, β-BHC가 16~105 µg/kg(lipid basis) 범위로 검출되었는데,¹⁸⁾ 본 연구에서는 β-BHC는 10%가 검출되었으며, *p,p'*-DDE의 함량은 10배 이상 낮게 나타났다. 이는 Greenland

지역주민은 오염원과는 멀리 떨어져 살고 있으나 산업화된 지역에 거주하는 사람보다 유기염소계류 화합물의 인체내 부하량이 큰 때문인데,^{19,20)} 이는 해저 먹이사슬에 의해 고농도로 축적된 해저생물의 섭취에 기인

Table IV - Concentration of organochlorine pesticides (µg/g extracted fat basis) in adipose tissue according to the sex and district

| Pesticide | Adipose tissue | | | | | | | | | |
|------------------|----------------|------|-----------------|---------------|----|------|------|-----------------|---------------|----|
| | Sex | Fre. | Mean ± SD | Range | N | Dis. | Fre. | Mean ± SD | Range | N |
| α-BHC | M | 20% | 0.0020 ± 0.0042 | ND~0.0108 | 10 | S | 40% | 0.0040 ± 0.0059 | ND~0.0159 | 10 |
| | F | 40% | 0.0030 ± 0.0051 | ND~0.0159 | 10 | C | 20% | 0.0010 ± 0.0020 | ND~0.0049 | 10 |
| | T | 30% | 0.0025 ± 0.0046 | ND~0.0159 | 20 | T | 30% | 0.0025 ± 0.0046 | ND~0.0159 | 20 |
| β-BHC | M | 40% | 0.0235 ± 0.0373 | ND~0.0973 | 10 | S | 80% | 0.0366 ± 0.0373 | ND~0.0973 | 10 |
| | F | 80% | 0.0223 ± 0.0245 | ND~0.0712 | 10 | C | 40% | 0.0092 ± 0.0138 | ND~0.0400 | 10 |
| | T | 60% | 0.0229 ± 0.0308 | ND~0.0973 | 20 | T | 60% | 0.0229 ± 0.0308 | ND~0.0973 | 20 |
| γ-BHC | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 10% | 0.0072 ± 0.0228 | ND~0.0720 | 10 | C | 10% | 0.0072 ± 0.0228 | ND~0.0720 | 10 |
| | T | 5% | 0.0036 ± 0.0161 | ND~0.0720 | 20 | T | 5% | 0.0036 ± 0.0161 | ND~0.0720 | 20 |
| δ-BHC | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| Σ-BHC | M | | 0.0255 ± 0.0394 | ND~0.0973 | 10 | S | | 0.0407 ± 0.0400 | ND~0.0973 | 10 |
| | F | | 0.0325 ± 0.0297 | ND~0.0871 | 10 | C | | 0.0173 ± 0.0237 | ND~0.0720 | 10 |
| | T | | 0.0290 ± 0.0342 | ND~0.0973 | 20 | T | | 0.0290 ± 0.0342 | ND~0.0973 | 20 |
| Eendrin | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| Dieldrin | M | 10% | 0.0005 ± 0.0016 | ND~0.0052 | 10 | S | 10% | 0.0005 ± 0.0016 | ND~0.0052 | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 5% | 0.0003 ± 0.0012 | ND~0.0052 | 20 | T | 5% | 0.0003 ± 0.0012 | ND~0.0052 | 20 |
| Aldrin | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| <i>p,p'</i> -DDE | M | 100% | 0.1047 ± 0.0589 | 0.0340~0.2281 | 10 | S | 100% | 0.1954 ± 0.2589 | 0.0217~0.8987 | 10 |
| | F | 100% | 0.2011 ± 0.2665 | 0.0217~0.8987 | 10 | C | 100% | 0.1104 ± 0.0584 | 0.0340~0.2281 | 10 |
| | T | 100% | 0.1529 ± 0.1878 | 0.0217~0.8987 | 20 | T | 100% | 0.1529 ± 0.1878 | 0.0217~0.8987 | 20 |
| <i>p,p'</i> -DDT | M | 80% | 0.0372 ± 0.0289 | ND~0.0728 | 10 | S | 50% | 0.0245 ± 0.0303 | ND~0.0707 | 10 |
| | F | 40% | 0.0161 ± 0.0263 | ND~0.0746 | 10 | C | 70% | 0.0288 ± 0.0292 | ND~0.0746 | 10 |
| | T | 60% | 0.0266 ± 0.0290 | ND~0.0746 | 20 | T | 60% | 0.0266 ± 0.0290 | ND~0.0746 | 20 |
| <i>p,p'</i> -DDD | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 10% | 0.0018 ± 0.0057 | ND~0.0181 | 10 | C | 10% | 0.0018 ± 0.0057 | ND~0.0181 | 10 |
| | T | 5% | 0.0009 ± 0.0040 | ND~0.0181 | 20 | T | 5% | 0.0009 ± 0.0040 | ND~0.0181 | 20 |
| Σ-DDT | M | | 0.1419 ± 0.0071 | 0.0340~0.3009 | 10 | S | | 0.2199 ± 0.2496 | 0.0217~0.8987 | 10 |
| | F | | 0.2190 ± 0.2529 | 0.0217~0.8987 | 10 | C | | 0.1410 ± 0.0809 | 0.0340~0.3009 | 10 |
| | T | | 0.1804 ± 0.1851 | 0.0217~0.8987 | 20 | T | | 0.1804 ± 0.1851 | 0.0217~0.8987 | 20 |

M : Male, F : Female, S : Seoul and Kyonggido, C : Chollado, Fre. : Frequency
 ND : under the limit of detection, Σ-BHC = α-BHC + β-BHC + γ-BHC + δ-BHC
 Σ-DDT = *p,p'*-DDE + *p,p'*-DDT + *p,p'*-DDD

Table V – Mean concentration of β -BHC, *p,p'*-DDT and *p,p'*-DDE in human adipose tissues from various countries (unit : $\mu\text{g}/\text{kg}$ lipid weight basis)

| Country | Year | β -BHC | <i>p,p'</i> -DDT | <i>p,p'</i> -DDE | References |
|---------|-----------|--------------------|------------------|--------------------|---|
| Canada | 1991-1992 | 40 | NA | 765 | Dewailly <i>et al.</i> , 1994 ²⁰⁾ |
| Italy | 1989 | 213 | 64 | 395 | Gallelli <i>et al.</i> , 1995 ²⁵⁾ |
| Iran | 1991-1992 | 728 | 190 | 2,450 | Burgaz <i>et al.</i> , 1995 ²⁶⁾ |
| Spain | 1991 | 1,530 | 400 | 3,930 | Gomez-Catalan <i>et al.</i> , 1995 ²⁷⁾ |
| USA | 1994-1996 | 37 | 28 | 913 | Stellman <i>et al.</i> , 1995 ²⁸⁾ |
| Vietnam | 1991 | 30 ^a | | 4,900 ^b | Nakamura <i>et al.</i> , 1994 ²⁹⁾ |
| Mexico | 1997-1998 | 143 | 1,224 | 4,355 | Waliszewski <i>et al.</i> , 1999 ¹⁰⁾ |
| Japan | 1986-1987 | 1,800 ^a | | 2,400 ^b | Kashimoto <i>et al.</i> , 1989 ³⁰⁾ |
| Korea | 1994-1995 | 190 ^a | | 1,100 ^b | Kang <i>et al.</i> , 1997 ¹³⁾ |
| Korea | 2000 | 23 | 27 | 153 | This study |

^a α -BHC+ β -BHC+ δ -BHC, ^b *p,p'*-DDE+*p,p'*-DDT+*p,p'*-DDD
NA : not available

하는 것으로 사료된다.

지방조직에서는 모든 시료에서 *p,p'*-DDE가 0.0217~0.8987 $\mu\text{g}/\text{g}$ 범위로 검출되었으며, *p,p'*-DDT 및 β -BHC는 총 시료에서 60%가 검출되었으며, 남녀별, 지역별 함량의 차이는 관찰할 수 없었다. δ -BHC, endrin 및 aldrin은 모든 시료에서 검출량 이하의 농도이었다. 본 연구에서 α -BHC와 γ -BHC는 검출량이나 검출률이 모두 β -BHC 보다 낮게 나타났는데 이는 β 이성체가 잔류성이 높다는 보고²¹⁾와 일치하였다. Table V는 여러 국가의 인체 지방조직중 β -BHC, *p,p'*-DDT 및 *p,p'*-DDE의 평균함량을 나타낸 것으로 본 연구에서 검출된 한국인의 β -BHC, *p,p'*-DDT 및 *p,p'*-DDE의 평균함량은 다른 국가는 물론 이미 보고된 한국인 지방조직중의 함량에 비해서도 낮게 나타났다.¹³⁾ 이러한 결과는 측정된 한국인 시료에 대한 거주 지역의 차이도 있으나, 1970년대 이후 이들 화합물의 생산 및 사용금지로 환경내에서의 분해, 이로 인한 섭취량의 감소 등에 의한 것으로 사료된다. DDT는 이전에 사용에 금지되었으나, 1980년대에 열대 및 아열대지역 국가에서 말라리아나 다른 중개물에 의해 전달되는 질환의 예방, 전달 및 확산의 조절에 선택된 살충제로서 DDT가 WHO에 의해 추천됨으로써^{22,23)} 다시 사용되고 있어 이러한 지역에 거주하는 인체의 장기조직중 DDT 및 그 대사체의 함량 증가를 예측할 수 있다.

신장피질 조직에서 endrin, aldrin, *p,p'*-DDD 및 *p,p'*-DDT의 함량은 검출량 이하였으며, *p,p'*-DDE는 20개의 시료중 18개 시료에서 평균 0.1663 \pm 0.1673

$\mu\text{g}/\text{g}$, ND~0.6520 $\mu\text{g}/\text{g}$ 범위로 검출되어 검출률이 90%이었고, 남녀별, 지역별 함량의 차이는 관찰할 수 없었다. BHC 이성체 중 γ -BHC와 δ -BHC는 검출량 이하였으며, β -BHC는 평균 0.1810 $\mu\text{g}/\text{g}$ 이 검출되어 지방에서와 같이 이 물질이 잔류성이 높은 것을 보여 주고 있다.

간장에서는 endrin, aldrin 및 *p,p'*-DDD의 함량이 검출량 이하이었으며, *p,p'*-DDE는 20개 전 시료에서 평균 0.1565 \pm 0.0727 $\mu\text{g}/\text{g}$, 0.0341~0.3038 $\mu\text{g}/\text{g}$ 범위로 검출되어 검출률이 100%이었다. β -BHC의 함량은 남녀간에 유의성있는 차이는 없었으나, 서울 및 경기 지역사람의 함량이 호남지역 사람의 함량보다 유의성 있게($p < 0.05$) 높게 나타나 거주지역에 따른 차이가 보였다. 그 외의 유기염소제 농약의 함량은 남녀별, 지역별 함량의 차이는 관찰할 수 없었다. 간장에서 검출된 *p,p'*-DDE의 함량은 스웨덴²⁴⁾ 및 Greenland 지역 사람¹⁸⁾의 평균농도 836 ng/g, 2,209 ng/g과 비교하면 5 배 이상 낮은 수치였으며, β -BHC의 함량은 평균 331.6 ng/g으로 나타나 Greenland 지역 사람의 평균 농도 395 ng/g과 대체로 유사하였다.

시료 중 유기염소제류의 함량과 연령간의 상관관계, 남녀간 유기염소제류 함량의 차이는 통계학적으로 유의한 상관성이 전 장기조직에서 나타나지 않았으며, 지역별로도 간장에서의 β -BHC 함량 이외에는 통계학적으로 유의성이 있는 차이점이 나타나지 않았다. 유기염소제류 농약의 조직내 분포 특성을 살펴보기 위하여 각 유기염소제류 농약의 조직내 분포량에 관한 상관관계를 측정된 결과는 Table VIII에서 보는 바와 같다.

Table VI – Concentration of organochlorine pesticides ($\mu\text{g/g}$ extracted fat basis) in kidney cortex according to the sex and district

| Pesticide | Kidney cortex | | | | | | | | | |
|------------------|---------------|------|---------------------|---------------|----|------|------|---------------------|-----------|----|
| | Sex | Fre. | Mean \pm SD | Range | N | Dis. | Fre. | Mean \pm SD | Range | N |
| α -BHC | M | 10% | 0.0332 \pm 0.1050 | ND~0.3322 | 10 | S | 10% | 0.0033 \pm 0.1050 | ND~0.3322 | 10 |
| | F | 10% | 0.0209 \pm 0.0661 | ND~0.2091 | 10 | C | 10% | 0.0209 \pm 0.0661 | ND~0.2091 | 10 |
| | T | 10% | 0.0271 \pm 0.0857 | ND~0.3322 | 20 | T | 10% | 0.0271 \pm 0.0857 | ND~0.3322 | 20 |
| β -BHC | M | 20% | 0.1218 \pm 0.3075 | ND~0.9678 | 10 | S | 40% | 0.3236 \pm 0.4884 | ND~1.0814 | 10 |
| | F | 40% | 0.2403 \pm 0.4344 | ND~1.0814 | 10 | C | 20% | 0.0384 \pm 0.0854 | ND~0.2497 | 10 |
| | T | 30% | 0.1810 \pm 0.3713 | ND~1.0814 | 20 | T | 30% | 0.1810 \pm 0.3713 | ND~1.0814 | 20 |
| γ -BHC | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| δ -BHC | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| Σ -BHC | M | | 0.1550 \pm 0.3108 | ND~0.9678 | 10 | S | | 0.3568 \pm 0.4751 | ND~1.0814 | 10 |
| | F | | 0.2612 \pm 0.4265 | ND~1.0814 | 10 | C | | 0.0593 \pm 0.0994 | ND~0.2497 | 10 |
| | T | | 0.2081 \pm 0.3673 | ND~1.0814 | 20 | T | | 0.2081 \pm 0.3673 | ND~1.0814 | 20 |
| Endrin | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| Dieldrin | M | 10% | 0.0027 \pm 0.0084 | ND~0.0265 | 10 | S | 20% | 0.0160 \pm 0.0420 | ND~0.1330 | 10 |
| | F | 10% | 0.0133 \pm 0.0421 | ND~0.1330 | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 10% | 0.0080 \pm 0.0300 | ND~0.1330 | 20 | T | 10% | 0.0080 \pm 0.0300 | ND~0.1330 | 20 |
| Aldrin | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| <i>p,p'</i> -DDE | M | 100% | 0.1995 \pm 0.1966 | 0.0010~0.6520 | 10 | S | 90% | 0.1760 \pm 0.1481 | ND~0.4047 | 10 |
| | F | 80% | 0.1331 \pm 0.1341 | ND~0.4047 | 10 | C | 90% | 0.1566 \pm 0.1922 | ND~0.6520 | 10 |
| | T | 90% | 0.1663 \pm 0.1673 | ND~0.6520 | 20 | T | 90% | 0.1663 \pm 0.1673 | ND~0.6520 | 20 |
| <i>p,p'</i> -DDT | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| <i>p,p'</i> -DDD | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| Σ -DDT | M | | 0.1995 \pm 0.1966 | 0.0010~0.6520 | 10 | S | | 0.1760 \pm 0.1481 | ND~0.4047 | 10 |
| | F | | 0.1331 \pm 0.1341 | ND~0.4047 | 10 | C | | 0.1566 \pm 0.1922 | ND~0.6520 | 10 |
| | T | | 0.1663 \pm 0.1673 | ND~0.6520 | 20 | T | | 0.1663 \pm 0.1673 | ND~0.6520 | 20 |

M : Male, F : Female, S : Seoul and Kyonggido, C : Chollado, Fre. : Frequency
 ND : under the limit of detection, Σ -BHC = α -BHC + β -BHC + γ -BHC + δ -BHC
 Σ -DDT = *p,p'*-DDE + *p,p'*-DDT + *p,p'*-DDD

검출률이 50%미만인 경우에는 불검출 시료로 인하여 상관성이 증가하여 각 농약의 분포특성을 정확하게 규명하기 어려워서 본 연구에서는 50%이상의 검출률을

나타내는 농약에 대해서만 상관성을 측정하였다. 그 결과 전 장기조직에서의 *p,p'*-DDE 와 간장과 지방조직에서의 β -BHC만 해당되었다. *p,p'*-DDE의 함량은 지

Table VII - Concentration of organochlorine pesticides ($\mu\text{g/g}$ extracted fat basis) in liver according to the sex and district.

| Pesticide | Liver | | | | | | | | | |
|------------------|-------|------|---------------------|---------------|----|------|------|----------------------|---------------|----|
| | Sex | Fre. | Mean \pm SD | Range | N | Dis. | Fre. | Mean \pm SD | Range | N |
| α -BHC | M | 20% | 0.0236 \pm 0.0581 | ND~0.1819 | 10 | S | 20% | 0.0243 \pm 0.0586 | ND~0.1819 | 10 |
| | F | 40% | 0.0305 \pm 0.0411 | ND~0.0946 | 10 | C | 40% | 0.0298 \pm 0.0406 | ND~0.0946 | 10 |
| | T | 30% | 0.0270 \pm 0.0491 | ND~0.1819 | 20 | T | 30% | 0.0270 \pm 0.0491 | ND~0.1819 | 20 |
| β -BHC | M | 40% | 0.3014 \pm 0.4474 | ND~1.2017 | 10 | S | 80% | 0.5707 \pm 0.6412* | ND~1.9701 | 10 |
| | F | 70% | 0.3617 \pm 0.5986 | ND~1.9701 | 10 | C | 30% | 0.0924 \pm 0.1490 | ND~0.3244 | 10 |
| | T | 55% | 0.3316 \pm 0.5153 | ND~1.9701 | 20 | T | 55% | 0.3316 \pm 0.5153 | ND~1.9701 | 20 |
| γ -BHC | M | 10% | 0.0019 \pm 0.0059 | ND~0.0186 | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 10% | 0.0111 \pm 0.0351 | ND~0.1111 | 10 | C | 20% | 0.0130 \pm 0.0350 | ND~0.1111 | 10 |
| | T | 10% | 0.0065 \pm 0.0250 | ND~0.1111 | 20 | T | 10% | 0.0065 \pm 0.0250 | ND~0.1111 | 20 |
| δ -BHC | M | 10% | 0.0042 \pm 0.0132 | ND~0.0419 | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 10% | 0.0042 \pm 0.0132 | ND~0.0419 | 10 |
| | T | 5% | 0.0021 \pm 0.0094 | ND~0.0419 | 20 | T | 5% | 0.0021 \pm 0.0094 | ND~0.0419 | 20 |
| Σ -BHC | M | | 0.3310 \pm 0.4649 | ND~1.2017 | 10 | S | | 0.5950 \pm 0.6395 | ND~1.9701 | 10 |
| | F | | 0.4033 \pm 0.5842 | ND~1.9701 | 10 | C | | 0.1393 \pm 0.1896 | ND~0.4385 | 10 |
| | T | | 0.3671 \pm 0.5152 | ND~1.9701 | 20 | T | | 0.3671 \pm 0.5152 | ND~1.9701 | 20 |
| Endrin | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| Dieldrin | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 10% | 0.0019 \pm 0.0061 | ND~0.0192 | 10 |
| | F | 10% | 0.0019 \pm 0.0061 | ND~0.0192 | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 5% | 0.0010 \pm 0.0043 | ND~0.0192 | 20 | T | 5% | 0.0010 \pm 0.0043 | ND~0.0192 | 20 |
| Aldrin | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| <i>p,p'</i> -DDE | M | 100% | 0.1448 \pm 0.0831 | 0.0341~0.3038 | 10 | S | 100% | 0.1529 \pm 0.0644 | 0.0706~0.2533 | 10 |
| | F | 100% | 0.1681 \pm 0.0629 | 0.0706~0.2533 | 10 | C | 100% | 0.1600 \pm 0.0835 | 0.0341~0.3038 | 10 |
| | T | 100% | 0.1565 \pm 0.0727 | 0.0341~0.3038 | 20 | T | 100% | 0.1565 \pm 0.0727 | 0.0341~0.3038 | 20 |
| <i>p,p'</i> -DDT | M | 20% | 0.0133 \pm 0.0321 | ND~0.0997 | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 10% | 0.0346 \pm 0.1095 | ND~0.3461 | 10 | C | 30% | 0.0479 \pm 0.1095 | ND~0.3461 | 10 |
| | T | 15% | 0.0240 \pm 0.0793 | ND~0.3461 | 20 | T | 0% | 0.0240 \pm 0.0793 | ND~0.3461 | 20 |
| <i>p,p'</i> -DDD | M | 0% | ND | ND | 10 | S | 0% | ND | ND | 10 |
| | F | 0% | ND | ND | 10 | C | 0% | ND | ND | 10 |
| | T | 0% | ND | ND | 20 | T | 0% | ND | ND | 20 |
| Σ -DDT | M | | 0.1582 \pm 0.1029 | 0.0341~0.3374 | 10 | S | | 0.1529 \pm 0.0644 | 0.0706~0.2533 | 10 |
| | F | | 0.2027 \pm 0.1274 | 0.0706~0.5180 | 10 | C | | 0.2080 \pm 0.1486 | 0.0341~0.5180 | 10 |
| | T | | 0.1804 \pm 0.1150 | 0.0341~0.5180 | 20 | T | | 0.1804 \pm 0.1150 | 0.0341~0.5180 | 20 |

M : Male, F : Female, S : Seoul and Kyonggido, C : Chollado, Fre. : Frequency, * $p < 0.05$
 ND : under the limit of detection, Σ -BHC = α -BHC + β -BHC + γ -BHC + δ -BHC
 Σ -DDT = *p,p'*-DDE + *p,p'*-DDT + *p,p'*-DDD

방조직과 혈액(Pearson's $r = 0.610$, $p < 0.01$), 지방조직과 뇌($r = 0.568$, $p < 0.01$), 신장피질과 뇌($r = 0.488$, $p < 0.05$)에서 강한 상관성이 나타났으며, β -BHC의 함량은 지방조직과 간장($r = 0.446$, $p < 0.05$)에서 유의성

있는 상관성이 나타났다.

지역 또는 성별 등에 따른 차이의 신뢰성을 높이기 위해서 보다 많은 사례의 보완 시험이 필요하나 본 조사결과의 평균치로 보아 외국에 비해 유기염소

Table VIII – Correlation between tissues for *p,p'*-DDE and β -BHC of 20 autopsies (Frequency >50%)

| Pesticide | Tissues | r value | p value |
|------------------|----------------------|---------|---------|
| <i>p,p'</i> -DDE | Adipose tissue/Blood | 0.610 | <0.01 |
| <i>p,p'</i> -DDE | Adipose tissue/Brain | 0.568 | <0.01 |
| <i>p,p'</i> -DDE | Kidney cortex/Brain | 0.488 | <0.05 |
| β -BHC | Adipose tissue/Liver | 0.446 | <0.05 |

제 농약의 노출 위해성이 크지는 않은 것으로 추정되었다.

결 론

수도권 및 호남지역에서 거주하다 사망한 남녀 각 10구씩 20구의 사체에서 혈액, 뇌, 지방조직, 신장피질 및 간장을 채취하여 장기조직내 α -BHC, β -BHC, γ -BHC, δ -BHC, *p,p'*-DDT, *p,p'*-DDD, *p,p'*-DDE, endrin, dieldrin 및 aldrin 10종의 유기염소계류 농약의 분포를 조사하였다. 조사결과 endrin과 aldrin은 모든 시료에서 검출되지 않았으며, 장기조직내 함량과 연령간, 남녀시료간의 함량에는 통계학적으로 유의성이 있는 상관성이 나타나지 않았다. 거주지역에 따른 함량차이는 간장에서 β -BHC를 제외하고는 통계학적으로 유의성이 있는 상관성이 나타나지 않았다. 유기염소계류 농약의 조직내 분포량에 관한 상관관계를 측정된 결과 *p,p'*-DDE의 함량은 지방조직과 혈액, 지방조직과 뇌, 신장피질과 뇌에서 강한 상관성이 나타났으며, β -BHC의 함량은 지방조직과 간장에서 유의성있는 상관성이 나타났다. 극히 일부에 국한되지만 각 장기조직에서 측정된 유기염소계류 농약의 함량은 여러 국가에서 보고된 함량과 비교하여 보면 매우 낮았고, *p,p'*-DDE를 포함한 여러 유기염소계류 화합물이 한국인 장기조직에 고르게 분포되었음을 알 수 있었다. 또한 지속적인 연구로 더 많은 개체에서 이들 성분의 분포를 측정하여 신뢰성을 향상시키면 각 지역의 노출평가의 기초자료로 유용하게 활용될 것으로 보인다.

감사의 말씀

이 연구는 국립독성연구소/식품의약품안전청 2000년도 내분비계 장애물질 평가사업 연구비에 의해 수행되었습니다(ED-2000-46).

문 헌

- 1) Colborn, T., vom Saal, F. and Soto, A. M. : Developmental effects of endocrine disrupting chemicals in wildlife and humans. *Environ. Health Perspect.* **101**, 378 (1993).
- 2) Waller, C. L., Minor, D. L. and McKinney J. D. : Using three-dimensional quantitative structure-activity relationships to examine estrogen receptor binding affinities of polychlorinated hydroxy-biphenyls. *Environ. Health Perspect.* **103**, 702 (1995).
- 3) Hileman, B. : Concerns broaden over chlorine and chlorinated hydrocarbons. *Chem. Eng. News* **71**, 11 (1993).
- 4) Hileman, B. : Environmental estrogens linked to reproductive abnormalities, cancer. *Chem. Eng. News* **72**, 19 (1994).
- 5) Soto, A. M., Sonnenschein, C., Chung, K. L., Fernandez M. F., Olea, N. and Serrano, F. O. : The E-SCREEN assay as a tool to identify estrogens : An update on estrogenic environmental pollutants. *Environ. Health Perspect.* **103**(Suppl 7), 113 (1995).
- 6) WHO : Assessment of health risks in infants associated with exposure to PCBs, PCDDs and PCDFs in breast milk. *Environ. Health Series* **29** (1988).
- 7) Schecter, A., Fürst, P., Krüger, C., Meemken, H. A., Groebel, W. and Constable, J. D. : Levels of polychlorinated dibenzofurans, dibenzodioxines, PCBs, DDT and DDE, hexachlorobenzene, dieldrin, hexachlorocyclohexanes and oxychlorodane in human breast milk from the United States, Thailand, Vietnam and Germany. *Chemosphere* **18**, 445 (1989).
- 8) Cok, I., Bilgili, A., Yarsan, E., Bağcı, C. and Burgaz, S. : Organochlorine pesticide residue levels in human adipose tissue of residents of Manisa (Turkey), 1995-1996. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **61**, 311 (1998).
- 9) Dewailly, E., Dodin, S., Verreault, R., Ayotte, P., Sauve, L., Morin, J. and Brisson, J. : High organochlorine body burden in women with estrogen receptor-positive breast cancer. *J. Natl. Cancer Inst.* **86**, 232 (1994).
- 10) Waliszewski, S. M., Aguirre, A. A., Infanzon, R. M., Benitez, A. and Rivera, J. : Comparison of organo-

- chlorine pesticide levels in adipose tissue and human milk of mothers living in Veracruz, Mexico. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **62**, 685 (1999).
- 11) Im, S. H., Matsuda, M., Wakimoto, T. and Min, B. Y. : Distribution of polychlorinatedbiphenyls(PCBs) in sediments from Masan bay, Korea. *J. Environ. Chemistry* **4**, 851 (1994).
 - 12) Im, S. H., Min, B. Y., Matsuda, M. and Wakimoto, T. : Levels of polychlorinated-p-dioxines and dibenzofurans in surface sediments and soils around Masan bay, Korea. *J. Environ. Chemistry* **5**, 625 (1995).
 - 13) Kang, Y. S., Matsuda, M., Kawano, M., Wakimoto, T. and Min, B. Y. : Organochlorine pesticides, polychlorinatedbiphenyls, polychlorinated dibenzo-p-dioxines and dibenzofurans in human adipose tissue from western Kyungnam, Korea. *Chemosphere* **35**, 2107 (1997).
 - 14) 식품공전, 7판, 식품의약품안전청 (1999).
 - 15) 衛生試驗法·註解, 日本藥學會編, 金原出版(株) (1995).
 - 16) Archibeque-Engle, S. L., Tessari, J. D., Winn, D. T., Keefe, T. J., Nett, T. M. and Zheng, T. : Comparison of organochlorine pesticide and polychlorinated biphenyl residues in human breast adipose tissue and serum. *J. Toxicol. Environ. Health* **52**, 285 (1997).
 - 17) Kearney, J. P., Cole, D. C., Ferron, L. A. and Weber, J. : Blood PCB, *p,p'*-DDE, and Mirex levels in Great lakes fish and waterfowl consumers in two Ontario communities. *Environmental Research Section A*, **80**, S138 (1999).
 - 18) Dewailly, E., Mulvad, G., Pedersen, H. S., Ayotte, P., Demers, A., Weber, J. P. and Hansen, J. C. : Concentration of organochlorines in human brain, liver, and adipose tissue autopsy samples from Greenland. *Environ. Health Perspect.* **107**, 823 (1999).
 - 19) Jensen, G. E., and Clausen, J. : Organochlorine compounds in adipose tissue of Greenlanders and southern Danes. *J. Toxicol. Environ Health* **5**, 617 (1979).
 - 20) Dewailly, E., Ryan, J. J., Laliberte, C., Bruneau, S., Weber, J. P., Gingras, S. and Carrier, G. : Exposure of remote maritime populations to coplanar PCBs. *Environ. Health Perspect.* **102**(Suppl1), 205 (1994).
 - 21) Kutz, F. W., Wood, P. H. and Battimore, D. P. : Organochlorine pesticide and polychlorinated biphenyls in human adipose tissue. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, **120**, 1 (1991).
 - 22) Najera, J. A., Kouznetzsov, R. L. and Delacollette, C. : Malaria epidemics. Detection and control forecasting and prevention. *World Health Organization WHO/MAL/98* 1084 (1998).
 - 23) WHO : Chemical method for the control of anthropod vectors and pests of public health importance. Geneva, Switzerland (1984).
 - 24) Weistrand, C. and Noren, K. : Polychlorinated naphthalenes and other organochlorine contaminants in human adipose and liver tissue. *J. Toxicol. Environ. Health, Part A*, **53**, 293 (1998).
 - 25) Gallelli, G., Mangini, S. and Gerbino, C. : Organochlorine residues in human adipose and hepatic tissues from autopsy sources in northern Italy. *J. Toxicol. Environ. Health* **46**, 293 (1995).
 - 26) Burgaz, S., Afkham, B. L. and Karakaya, A. E. : Organochlorine pesticide contaminants in human adipose tissue collected in Tebriz(Iran). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **54**, 546 (1995).
 - 27) Gomez-Catalan, J., Lezaun, M., To-Figueras, J. and Corbella, J. : Organochlorine residues in the adipose tissue of the population of Navarra (Spain). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **54**, 534 (1995).
 - 28) Stellman, S. D., Djordjevic, M. V., Muscat, J. E., Gong, L., Bernstein, D., Citron, M. L., White, A., Kemeny, M., Busch, E. and Nafziger, A. N. : Relative abundance of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in adipose tissue and serum of women in Long Island, New York [see comments]. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* **7**, 489 (1998).
 - 29) Nakamura, H., Matsuda, M., Quynh, H. T., Cau, H. D., Chi, H. T. K. and Wakimoto, T. : Levels of polychlorinated dibenzo-p-dioxines, dibenzofurans, PCBs, DDTs and HCHs in human adipose tissue and breast milk from the south of Vietnam. *Organohalogen compounds* **21**, 71 (1994).
 - 30) Kashimoto, T., Takayama, K., Mimura, M., Miyata, H., Murakami, Y. and Matsumoto, H. : PCDDs, PCDFs, PCBs, coplanar PCBs and organochlorinated pesticides in human adipose tissue in Japan. *Chemosphere* **19**, 921 (1989).