

## 우리나라 주요 수계에 서식하는 어류 및 양서류 체내에 함유된 DEHA, Carbaryl, Amitrole의 분포특성

주여정, 김혜숙\*, 김영복, 문지용, 정기호\*  
부산대학교 화학과, \*부산대학교 환경과학과  
(2001. 8. 10 접수)

### Distribution Characteristics of DEHA, Carbaryl, and Amitrole in the Fishes and Amphibians from the Major River Systems of Korea

Yeo Jeong Joo, Hye Sook Kim\*, Young Bok Kim, Ji Yong Moon, and Gi Ho Jeong\*  
*Dept. of Chemistry, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea*  
*\*Dept. of Environmental Sciences, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea*  
(Received Aug. 10, 2001)

**요 약 :** 본 연구에서는 수계에 서식하는 어류와 양서류에 대해 DEHA, carbaryl, amitrole의 잔류 상태를 조사하였다. 한강, 낙동강, 금강, 영산강 그리고 기타 수계를 포함한 29개 지점과 습지 2개 지점 등 총 31개 지점을 선정하였다. Carbaryl과 amitrole은 모든 지점에서 검출되지 않았으며, DEHA는 10개 지점에서 검출되었다. 검출된 DEHA의 최대 평균 농도는 금강에서 52.7  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 나타났다. 검출된 10개 지점에 대해 살펴보면, 어류에 대한 평균 농도는 40.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 나타났고, 양서류에 대한 평균 농도는 8.90  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 어류에 비해 1/5 정도 상대적으로 낮게 나타났다. 검출빈도는 어류 10/62, 양서류 2/62를 보였고 어류에 대한 최대 검출 농도는 공주 지역의 붕어로 95.5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 을 나타내었고, 양서류에 대해서는 나주 지역의 황소개구리로 12.1  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 였다. 검출된 10개 지점 중 6개 지점은 농경지였고 나머지 4개 지점은 준도시였다.

**Abstract :** In this study, the levels of DEHA, carbaryl, and amitrole contained in the fresh water fishes and amphibians were determined. The 31 sampling sites were selected including 29 sites along the several rivers and 2 sites from the well-known wet lands. The rivers consists of the Han, Nakdong, Kum, Youngsan, and other small scaled rivers. DEHA was detected from 10 sites, but carbaryl and amitrole were not detected at any sites. The highest average concentration of DEHA was determined from the Kum River by 52.7  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . In the detected 10 sites, the average concentration of DEHA from fishes was 40.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , and that from amphibians was 8.90  $\mu\text{g}/\text{kg}$  which indicates that 5 times more DEHA was observed from fishes than amphibians. The detection frequency from fishes was 10/62 while that from amphibians was 2/62, and the highest concentration from fishes was 95.5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (crucians from Kongjoo) and that from amphibians was 12.1  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (bullfrog from Najoo). Among the 10 detected sites, 6 sites were agricultural area and the other 4 sites were semi-urban area.

**Key words :** DEHA, carbaryl, amitrole, fishes, amphibians

★ Corresponding author  
Phone : +82+(0)51-510-2246 Fax : +82+(0)51-510-3294  
E-mail : ghjeong@hyowon.pusan.ac.kr

## 1. 서 론

산업용 화학물질인 DEHA(di(2-ethylhexyl)adipate)는 플라스틱류의 생산에서 유연성을 제공하는 첨가제로 주로 사용되며 항공기 운항제, 각종 화장품의 용제, 피부 연화제, 목욕 오일 그리고 가공육류 포장제 등 광범위하게 사용되고 있다.<sup>1-3</sup> 하지만 최근 들어 발암 가능성이 보고되어짐에 따라<sup>4</sup> U.S. EPA는 수중에서의 최대허용농도(MAC, maximum allowed concentration)를 0.4 mg/l로 정해 놓았고,<sup>5</sup> 수질기준으로서 세계보건기구(WHO)는 0.08 mg/kg, 미국 0.4 mg/kg, 호주는 0.01 mg/kg으로 정해 관리하고 있다.

카바메이트계 농약인 carbaryl은 생체 내에서 비교적 빨리 분해되는 경향이 있지만 많은 토양에서 유기물질에 현저한 흡착이 일어나며 침적지에서 유출수의 반감기가 7주 정도 된다는 보고도 있다.<sup>6</sup> 또한 돌연변이나 태아 독작용, 신경 독성 등을 일으킬 수 있다는 보고에 따라 유해성이 크게 낮은 것은 아니다.<sup>7-10</sup> 현재 국내에서 시판되는 carbaryl은 WHO에서는 2급, U.S. EPA에서는 1급으로 독성 분류를 하고 있다.<sup>7</sup> 호주 및 캐나다는 수질기준을 0.03 mg/kg 및 0.09 mg/kg으로 규정하고 있으며 우리나라에서는 건강상 유해영향유기물질로 분류하여 먹는물 수질기준을 0.07 mg/kg 이하, 농작물에서의 잔류허용기준농도를 곡류 1 mg/kg, 채소 및 과일류 0.5 mg/kg으로 설정하고 있다.

Amitrole(3-amino-1,2,4-triazole)은 미국에서 개발한 제초제로서 사람과 가축에 대한 독성이 없는 반면 식물 체내의 이행성이 매우 커서 광역 잡초제거에 주로 사용되었으며 분산염료, 사진약, 수지 경화제로도 사용되어 왔지만 잔류성이 크고 발암성을 가진 물질로 분류되어 생산중단 및 사용금지 조치가 취해졌다.<sup>11</sup>

이러한 물질들은 생태계 내에 미량으로 존재하더라도 먹이사슬에 의한 생물축적현상으로 인해 인체에 미치는 영향이 크게 나타난다.

본 연구에서는 우리나라의 주요 수계에 서식하는 양서류와 어류를 채집하여 이들 체내에 존재하는 DEHA, carbaryl, amitrole의 분포특성을 조사하였다. 그 결과는 생태계의 위해성을 평가하는 기초자료로 될 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 실 험

### 2.1. 시료

우리 나라 주요 수계에 서식하는 황소개구리와 참개구리를 주 종으로한 양서류 2종과 붕어와 피라미를 주 종으로한 어류 2종을 분석 대상 시료로 선정하였다. 이들 중 극히 적은 수의 개체가 채집되거나 대상 종이 서식하지 않는 지역에서는 우점종을 중심으로 대체 종을 선정하였으며 양서류는 산개구리를, 어류는 누치, 줄납자루, 황어, 그리고 끄리 등을 선정하였다. 채취된 시료는 우선적으로 근육부분을 분리한 다음 균질화시켜 냉동보관 하였다.

### 2.2. 표준물질 및 시약

DEHA 분석에 사용된 표준물질과 내부표준물질은 각각 di(2-ethylhexyl)adipate(Dr. Ehrenstofer, 순도 98% 이상), fluoranthene-d<sub>10</sub>(Dr. Ehrenstofer, 순도 98% 이상)을 사용하였으며 분석에 사용된 헥산, 디클로로메탄, 아세트니트릴 등의 유기용매는 Merck사의 잔류농약 분석용을, 무수황산나트륨은 PCB 프탈산 에스테르 시험용, 그리고 기타 시약들은 특급 또는 그 이상의 것을 사용하였다.

Carbaryl 분석에 사용된 표준물질은 N-methylcarbaryl(Dr. Ehrenstofer, 순도 98% 이상)을 사용하였고, 아세트니트릴, 메탄올, 에틸렌글리콜,  $\alpha$ -프탈알데히드, 2-메르캅토에탄올 등의 용매와 수산화나트륨 등의 시약은 Merck사의 HPLC 분석용을 사용하였다.

Amitrole 분석에 사용된 표준물질은 amitrole (Dr. Ehrenstofer, 순도 98% 이상)을 사용하였으며 분석에 사용된 에탄올, n-프로판올 등의 용매는 Merck사의 특급을, 기타 시약들은 특급 혹은 그 이상의 것을 사용하였다. 정제용 강산성 양이온 교환수지로 무로막 AG50W-X8을, 약산성 양이온 교환수지로는 Amberlite IRC-50을 사용하였으며 세정수는 초순수를 헥산으로 세정하여 사용하였다.

### 2.3 분석방법

#### 2.3.1. 시료 전처리 및 정제방법

DEHA는 균질화된 시료 20 g을 250 ml 원심관에 취하여 디클로로메탄 50 ml를 넣고 5분 동안 균질화기로 고속교반한 다음 10분 동안 다시 초음파로 추출한다. 3,000 rpm에서 10분 동안 원심분리한 후 디클로

로메탄층을 분취하고, 잔사에 디클로로메탄 50 ml를 넣어 상기 추출조작을 반복하고 디클로로메탄층에 합한다. 이 추출액을 무수황산나트륨에 통과시킨 다음 30°C 이하의 수욕상에서 회전 감압 농축기를 사용하여 약 5 ml까지 농축한 후 다시 n-헥산 50 ml를 첨가하여 약 5 ml까지 농축하여 시료의 전처리 액으로 한다. 시료 전처리액을 15% 정제 활성탄/함수 플로리실 컬럼(안지름 1 cm, 길이 30 cm의 컬럼에 15% 정제 활성탄을 포함한 함수플로리실 5 g을 n-헥산으로 습식 충전하고 상부에 무수황산나트륨을 1 cm 두께로 적층한다.)에 부하한다. 유속 1 ml/min로 n-헥산 50 ml를 유출시키고 n-헥산 용출액은 폐기한다. 감압플라스크를 설치하고 아세토니트릴 : n-헥산(1:100) 100 ml를 1 ml/min의 속도로 유출시킨다. 용출액을 무수황산나트륨에 통과시킨 다음 30°C 이하의 수욕상에서 회전 감압 농축기를 사용하여 약 5 ml까지 농축하고 여기에 초고순도 질소기체를 불어넣어 약 0.8 ml까지 농축한 다음 내부표준용액 fluoranthene-d<sub>10</sub> 100 µl를 첨가하고 시료의 부피를 1 ml로 하여 분석용 시료로 하였다.

Carbaryl은 균질화한 시료 20 g을 취하여 250 ml 원심분리관에 넣고 아세토니트릴 50 ml를 첨가하여 2시간 동안 흔들어 준 후 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 상등액을 분취하였다. 잔여물에 아세토니트릴 20 ml를 넣고 2회 반복 추출하여 상등액을 합한 다음 100 ml 메스플라스크에 넣고 아세토니트릴로 표선을 맞춘다. 아세토니트릴 5 ml로 미리 세척해 둔 C-18 역상 카트리지에 추출액 15 ml를 통과시켜 용출액의 처음 2 ml는 버리고 나머지는 모은다. 에틸렌글리콜 100 µl를 넣어둔 둥근바닥 플라스크에 카트리지를 통과시킨 용출액 10 ml를 넣고 에틸렌글리콜만 남을 때까지 농축시킨다. 남은 에틸렌글리콜에 메탄올 1 ml를 첨가하고 일회용 여지를 통과시켜 전처리 추출액으로 하였다.

Amitrole은 균질화한 시료 10 g을 취하여 250 ml 원심분리관에 넣고 에탄올 20 ml를 첨가하여 5분 동안 균질화기로 고속교반한 다음 5분 동안 초음파로 추출하여 3,000 rpm에서 10분간 원심분리시켜 상등의 에탄올층을 취한다. 잔사에 40% 함수 에탄올 20 ml를 넣고 같은 방법으로 추출하여 에탄올층에 합한다. 에탄올 추출액을 250 ml 분액깔대기에 옮기고 정제수 50 ml 및 n-헥산 20 ml를 넣어 5분간 진탕하여 씻어준 다음 반복 조작한다. 헥산층을 폐기시키고 추출액을 100 ml 용량플라스크에 옮긴 후 정제수를 넣어 표선

을 맞춘다. 이 액 10 ml를 둥근 바닥 플라스크에 취해 과산화수소 1 ml를 넣고 75 °C에서 30분간 가열환류하고 방냉한다. 산화처리한 추출액 10 ml를 강산성 양이온 교환컬럼에 부하하고 정제수 10 ml로 씻어준다. 암모니아수(2.8%) 12 ml로 용출하여 감압플라스크에 받은 다음 n-프로판올 30 ml를 넣고 45 °C 이하에서 농축 건조시킨다. 여기에 정제수 5 ml를 넣어 녹이고 약산성 양이온 교환컬럼에 부하한 후 정제수 50 ml로 씻어준다. 암모니아수(2.8%) 35 ml로 용출시킨 후 n-프로판올 100 ml를 넣고 회전 감압 농축기를 이용하여 농축 건조 하였다. 잔유물에 0.1 M 초산완충용액 2 ml를 넣어 녹인다. 녹인 액 1 ml에 0.2% 플루오레스카민·아세톤 용액 0.1 ml를 넣어 혼합하고 1시간 동안 방치한 후 0.1 M 붕산 완충액(pH 9.0) 0.5 ml를 넣어 분석용 시료로 하였다.

각 시료의 추출 및 정제방법을 Fig. 1, 2, 3에 나타내었다.

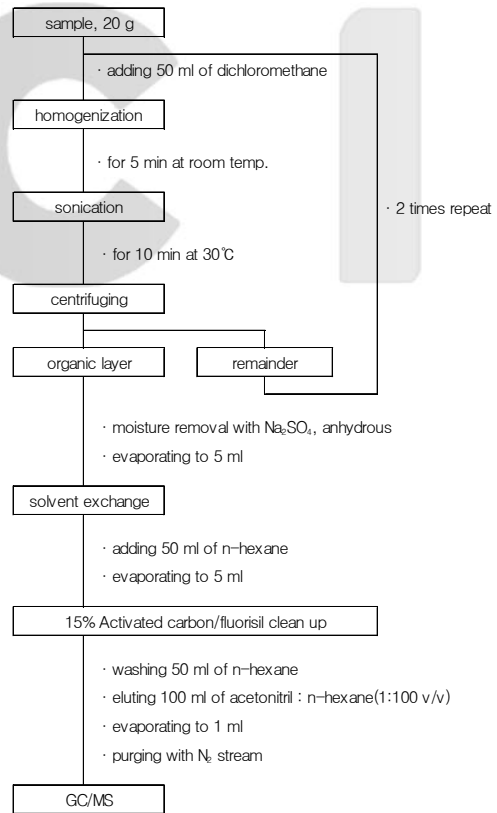


Fig. 1. Analysis procedure for DEHA.

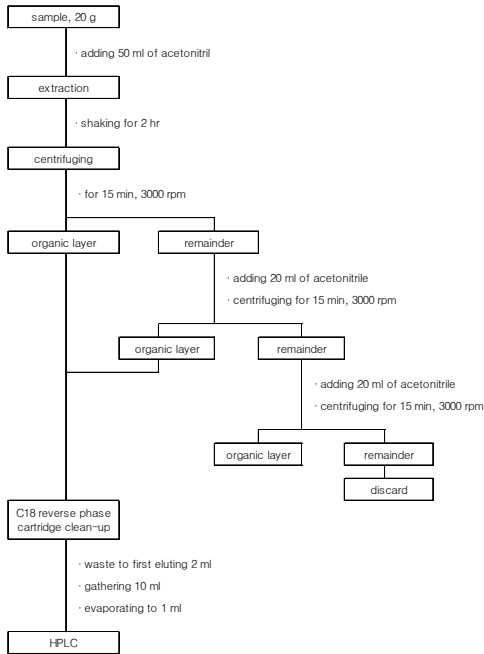


Fig. 2. Analysis procedure for carbaryl.

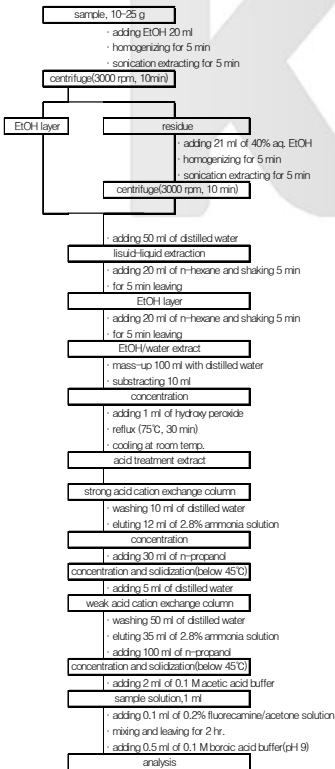


Fig. 3. Analysis procedure for amitrole.

2.3.2 분석 조건

Carbaryl은 카바메이트 분석시스템을 사용하여 후컬럼 가수분해에 의해 생성된 methylamine을 OPA (o-phthaldehyde) 및 2-mercaptoethanol과 반응시켜 형광을 띤 iso-indole 유도체를 형성한 후 액체크로마토그래피-형광 검출기를 사용하여 분석·정량하였으며 이동상의 기울기 용리 조건을 Table 1에 나타내었다. Amitrole은 플루오레스카민에 의하여 유도체화시켜 액체크로마토그래피-형광검출기를 사용하여 분석하였다. DEHA는 기체크로마토그래피/질량분석기(GC/MSD)를 사용하여 분석하였으며 정량이온(m/z 129)과 확인이온(m/z 112, 147)을 선택이온으로 하여 표준용액에서 얻어진 크로마토그램상의 피이크와 체류시간이 같고 측정된 선택이온들의 피이크 높이비가 이론상 높이비의 20% 이내에 있는 경우 정량하였다. 표준용액에 대한 체류시간과 선택이온에 대한 질량크로마토그램을 Fig. 4, 5에 나타내었고 각 분석 화학물질의 기기 분석조건을 Table 2, 3, 4에 나타내었다.

Table 1. Mobile phase gradient on carbaryl determination

Time (min)	Flow rate (ml/min)	%A (Water)	%B (MeOH)	%C (ACN)	Curve
initial	1.5	88	12	0	*
4.00	1.5	88	12	0	1
4.10	1.5	68	16	16	3
16.10	1.5	30	35	35	10
19.00	1.5	88	12	0	9

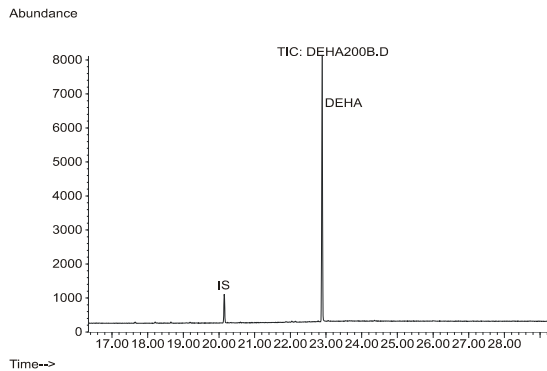


Fig. 4. Gas chromatographic chromatogram for a standard DEHA.

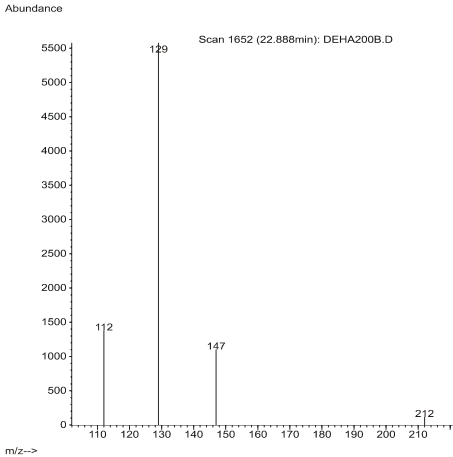


Fig. 5. Mass spectrum for selective ions of DEHA.

Table 2. GC/MS conditions for determination of DEHA

GC/MS	Hewlett-packard 6890 series Gas Chromatograph with a 5973 series Mass Spectrometer
Column	HP5-MS (5% phenyl methyl siloxane) fused silica capillary column 0.25 mm(i.d.) × 30 m(length), 0.25 μm (film thickness)
Gas Chromatograph	Injection technique : splitless Purge time : 1.0 min Column temp. : 50 °C (2 min) - 10 °C/min - 260 °C (10 min) Injector temp. : 250 °C Carrier gas : helium Linear velocity : 40 cm/sec Injection volume : 2 μl
Mass Spectrometer	Ionization : electronic impact Ion source temp. : 220 °C Ionization energy : 70 eV Detector mode : Selected Ion Monitoring (SIM)

Table 3. HPLC conditions for determination of carbaryl

HPLC	Waters carbamate system with a fluorescence detector(Waters 474)
Column	Waters Carbamate Analysis (dimethyloctadecylsilylbonded amorphous silica) 3.9 mm(i.d.) × 150 m(length) × 5 μm(film thickness)
Mobile phase delivery system	Post column : Waters PCPS Post-column temp. : 80 °C Analysis column temp. : 40 °C Mobile phase flow rate : 1.5 ml/min Injection volume : 20 μl
Detector	Excitation wavelength : 339 nm Emission wavelength : 445 nm PMT(voltage) : -800 V

Table 4. HPLC conditions for determination of amitrole

HPLC	Waters 600E with a fluorescence detector(Waters 474)
Column	ODS column 3.9 mm(i.d.) × 150 mm(length) × 5 μm (film thickness)
Mobile phase delivery system	Column temp. : 40 °C Eluent : 9% CH <sub>3</sub> COOH(aq.) : methanol : water(1 : 50 : 100) Flow rate : 2.0 ml/ min Injection volume : 20 μl
Detector	Excitation wavelength : 395 nm Emission wavelength : 480 nm

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 검출한계 및 검량선 작성

본 연구에서는 검출한계 작성을 위한 검량선 작성 시 각 분석물질의 정량한계값 부근의 최저 농도 표준액을 분석기기에 주입하여 그 측정값을 구하고 계산식에 대입하여 시료 중의 농도를 구했다. 다섯 개 이상의 시료를 측정하여 얻은 표준편차에서 분석물질의 검출하한값을 구하였다. 다만 바탕시험액에 의한 바탕시험 값이 있는 경우에는 표준액과 바탕시험액 중에서 큰 쪽의 표준편차를 이용하여 계산하였다. 계산식은 아래와 같다.

$$\text{검출하한값} = 3 \times S \quad (\mu\text{g/l 또는 } \mu\text{g/kg})$$

$$S(\text{표준편차}) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

이와 같은 방법으로 구한 각 분석물질의 검출한계는 DEHA 4.6 μg/kg, carbaryl 3.1 μg/kg, amitrole 0.1 μg/kg의 값으로 나타났다. 이것은 일본 ‘SPEED 98’의 연구결과인 DEHA 10 μg/kg, carbaryl 2 μg/kg, amitrole 10 μg/kg의 검출한계와 비교해 볼 때 amitrole과 DEHA는 본 연구가 훨씬 낮은 검출한계를 나타냈다.

검량선 작성은 DEHA는 정량용 표준물질을 10~200 ng/ml의 농도 범위에서 5단계로 하여 2 μl를 기체 크로마토그래프/질량검출기에 주입하여 내부표준물질과의 높이비로 검량선을 작성하였고, carbaryl은 10~250 ng/ml의 5단계, amitrole은 1~50 ng/ml의 5단계 표

준용액을 사용하여 액체크로마토그래프/형광검출기에 주입하여 작성하였다. 각각에 대한 검량선은 Fig. 6에 나타내었다.

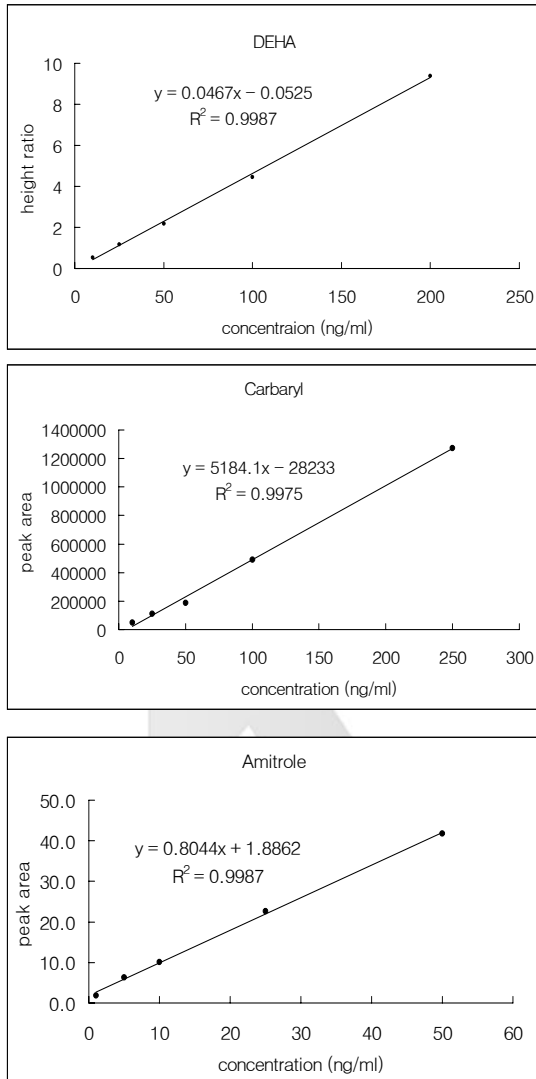


Fig. 6. Calibration curves of DEHA, carbaryl, and amitrole.

3.2 분석 방법의 회수율

본 연구에서 분석 방법의 전 과정 회수율을 측정하기 위해 바탕시험액, 어류, 그리고 양서류 시료 20 g에 표준물질을 DEHA와 amitrole은 100 ng/ml, carbaryl은 150 ng/ml을 첨가하여 동일한 실험 방법으로 각각 회수율 실험을 행하였다. 양서류와 바탕시료는 3회,

어류는 1회에 걸쳐 실험을 행한 결과 Table 5에 나타난 바와 같이 DEHA 82~115%, carbaryl 85%, amitrole 90~93%의 범위로 비교적 양호하였다.

Table 5. Average percent recoveries of DEHA, carbaryl, and amitrole in spiked matrices (blank, fish, and frog)

Sample name	Recovery(%)		
	DEHA <sup>a</sup>	carbaryl <sup>b</sup>	amitrole <sup>a</sup>
blank 1	109	86	101
blank 2	96	80	83
blank 3	123	89	86
Average	109	85	90
frog 1	119	82	88
frog 2	120	81	91
frog 3	106	92	97
Average	115	85	92
fish 1	82	85	93
Average	82	85	93

a : Standard spiked with 100 ng/ml  
b : Standard spiked with 150 ng/ml

3.3. 지역별 시료별 분석결과

우리 나라 주요 수계에 서식하는 어류 및 양서류 체내에 잔류하는 DEHA는 일부 시료에서 검출되었으며 carbaryl과 amitrole은 모든 시료에서 검출되지 않았다.

Table 6. Concentrations of DEHA from the 31 sampling sites of major rivers

Site Name	Species Name	Concentration (µg/kg)
Han River	Seom-River	<i>Zacco platypus</i> 15.8
	Bokha-Stream	<i>Carassius auratus</i> 43.5 <i>Zacco platypus</i> 56.0
Nakdong River	Namji	<i>R. temporaria ornativentris Werner</i> 5.70
Kum River	Kongjoo	<i>Carassius auratus</i> 95.5
	Booyeo	<i>Squaliobarbus curriculus</i> 8.4
Youngsan River	Najoo	<i>R. temporaria ornativentris Werner</i> 12.1
	Mooan	<i>Hemiculter eigenmanni</i> 19.1
Ohter Small Scaled Rivers	Oncheon-Steam	<i>Zacco platypus</i> 52.4
	Yangyang	<i>Carassius auratus</i> 88.0
		<i>Zacco platypus</i> 10.5
Wet lands	Woopo	<i>Zacco platypus</i> 11.3

DEHA의 경우 조사한 31개의 지점 중 10개의 지점 (섬강, 복하천, 남지, 공주, 부여, 나주, 무안, 온천천, 양양, 우포)에서 검출되었다. DEHA가 검출된 수계와 생물종은 Table 6에 나타내었다. 전체적인 분석 양상은 양서류에서보다 어류에서 검출 빈도와 농도가 높게 나타났다. 양서류의 경우 영산강 수계의 나주 지역 황소개구리, 그리고 낙동강 수계의 남지 지역 황소개구리에서 각각 12.1, 5.7  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 의 순으로 검출되었으며 이에 대한 질량분석 크로마토그램을 각각 Fig. 7, 8에 나타내었다.

R. temporaria ornativentris Werner(Najoo)  
Internal Standard (fluoranthene-d10) DEHA(129/112/147)

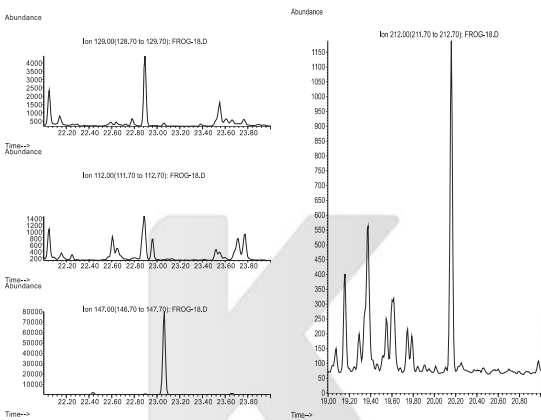


Fig. 7. Chromatograms of DEHA obtained from the standard and bull frog collected from the Najoo.

R. temporaria ornativentris Werner(Namji)  
Internal Standard (fluoranthene-d10) DEHA(129/112/147)

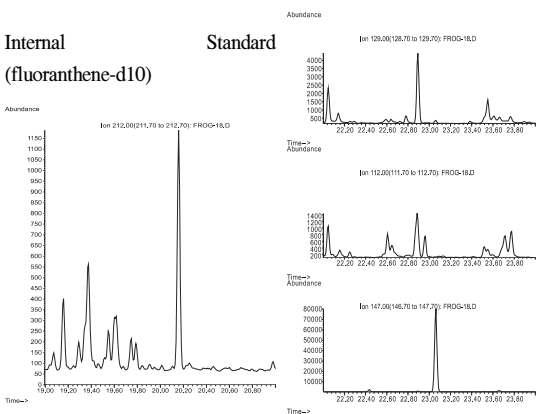


Fig. 8. Chromatograms of DEHA obtained from the standard and bull frog collected from the Namji.

복하천과 양양지점은 어류 2종에서 모두 검출되었으며, 양서류와 어류에서 모두 검출된 지점은 없었으나 수계별로 살펴본 결과 영산강 수계가 유일하게 양서류와 어류에서 모두 검출되었다. 모든 생물종을 포함한 전체 수계별 평균은 금강 수계가 51.9  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 가장 높게 나타났으며 낙동강 수계가 5.7  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 상대적으로 낮게 나타났다. 그 결과를 Fig. 9에 나타내었다. 또한 모든 수계에서 어류에 대한 총 검출 농도의 평균은 40.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 나타났고, 양서류 시료에 대한 총 평균 농도는 8.90  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 어류에 비해 상대적으로 1/5 정도 낮게 나타났다. 수계별 DEHA의 검출 백분율은 Fig. 10에 나타내었으며 금강과 한강 수계 그리고 기타 수계가 비슷한 백분율을 나타내었다.

검출지점 중 최대 농도를 나타낸 곳은 공주 지역의 봉어에서 95.5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이고 최저 농도는 남지 지역의 황소개구리에서 5.70  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 였다. 어류는 총 10개 시료에서 검출되었으며 검출 빈도는 피라미에서 높게 나타났는데 비해 검출 농도는 봉어가 가장 높게 나타났다. DEHA가 검출된 지점의 특징을 살펴보면 인근 지역에서 동시에 검출되는 특징을 보였다. 구체적으로 살펴보면 공주와 부여, 무안과 나주, 우포와 남지, 그리고 복하천과 섬강은 같은 수계에 나란히 위치하는 시료 채취 지점이다. 이와 같은 특징으로 보아 주변 지역의 공통된 환경적인 요인이 영향을 미친다고 추정된다. 또한, 위의 검출된 10개 중 6개 지점이 농경지였고 나머지는 모두 준도시 지역으로 대도시에서는 검출되지 않은 것으로 나타났다.

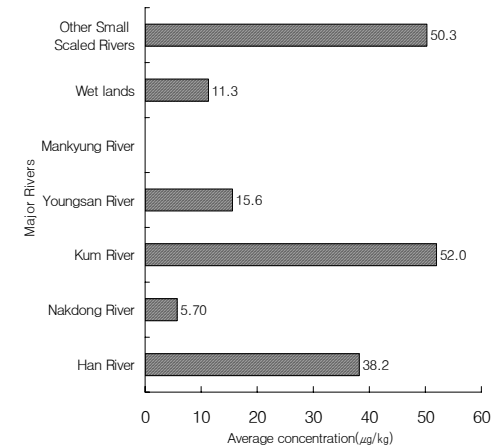


Fig. 9. The average concentrations of DEHA in major rivers.

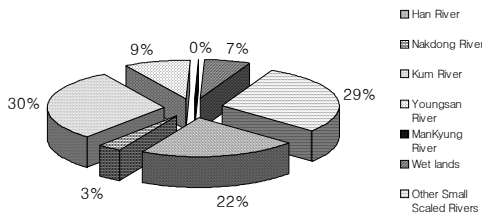


Fig. 10. The average percentages of DEHA in major rivers.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 우리 나라 주요 수계 31개 지점에서 서식하고 있는 어류와 양서류에 각각 2종에 대해 내분비계 장애물질로 분류되어 있는 DEHA, carbaryl, amitrole의 체내 잔류농도 실태를 조사하였다.

DEHA는 총 10개 지점에서 검출되었으며 양서류에서 최대 농도를 나타낸 지점은 나주이며 황소개구리에서 빈도 2/62, 농도 12.1  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 를 보였고, 어류에서 최대 농도를 나타낸 지점은 공주이며 붕어에서 빈도 10/62, 농도 95.5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 를 보였다.

Carbaryl과 amitrole은 31개 지점에서 모두 검출되지 않았는데 아직까지는 우리 나라 주요 수계의 생태계에 영향을 미치지 않았음을 알 수 있다. 그러나 carbaryl은 인체에 대한 독성이 다른 농약보다 낮고 분해 속도가 빨라 독성에 대한 안정성이 높은 농약으로 인식됨에 따라 그 사용량이 계속 증가되는 추세이기에 장기간에 걸친 오염의 여지가 있으므로 지속적인 조사를 통한 확인이 필요한 것으로 사료된다.

Amitrole은 내분비계 장애물질 중 가장 높은 용해도를 나타내며 쉽게 분해되는 성질을 가지고 있지만 사용 금지 이후, 국내에서는 제조·수입이 되지 않고 있

으나 다른 물질로 치환된 형태로 존재할 수 있으므로 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 환경부와 국립환경연구원의 지원에 의해 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

#### 참고 문헌

1. M. Castillo, D. Barcelò, A. S. Pereira, and F. R. Aquino, *Trends Anal. Chem.*, **18**, 26-36(1999).
2. K. Holadová and J. hajslová, *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, **59**, 43(1995).
3. M. Casillo and D. Barcelò, *Trends Anal. Chem.*, **16**, 574-583(1997).
4. [www.epa.gov/ogwdw/dwh/t-soc/di-adipa.html](http://www.epa.gov/ogwdw/dwh/t-soc/di-adipa.html)
5. US EPA, *40 CFR*, 1991, *Part 141*
6. S. S. Gill and C. L. Yeoh, "In *Agrochemical Residue-Biota Interactions in Soil and Aquatic Ecosystems*, International Atomic Energy", Vienna, Austria(1980).
7. [www.schch.co.kr/lab/3-5.htm](http://www.schch.co.kr/lab/3-5.htm)
8. A. I. Shtenberg and M. N. Rybakova, *Effect of carbaryl on the neuroendocrine system on the rats*, **6**, 61(1968).
9. G. D. Pipy and R. Derache, *Toxicology*, **12**(2), 135(1979).
10. J. Robel, R. W. Felthdusen, and A. D. Dayton, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **11**(5), 611(1982).
11. 최승윤, *신농약, 향문사*,(1992).