

## 섬, 도심, 공단지역에서 서식하는 비둘기의 체내 납, 카드뮴 농도 비교

남동하 · 이두표\*<sup>†</sup> · 구태희

경희대학교 환경응용화학부, 호남대학교 생명과학과\*

**적 요:** 본 연구는 중금속 오염 모니터링의 일환으로 섬 지역(경기도 덕적도), 도심지역(서울), 공단 지역(여천, 안산, 울산, 부산)에서 서식하는 비둘기(*Columba livia*)의 체내 조직 중 납과 카드뮴 농도를 측정하고, 각 지역의 중금속 오염 정도를 비교, 평가한 것이다. 도심지역과 공단지역에 서식하는 비둘기 체내 납과 카드뮴 농도는 섬 지역에 비해 신장, 뼈, 간, 허파의 모든 조직에서 높은 것으로 나타났다. 특히, 납은 뼈 조직에서, 카드뮴은 신장 조직에서 각각 섬 지역의 평균  $1.80 \mu\text{g}/\text{wet g}$ ,  $0.06 \mu\text{g}/\text{wet g}$ 보다 도심 및 공단지역이 10배 이상 높았다. 다만, 여천 공단지역의 뼈 조직내 납 농도는 다른 공단지역에 비해 현저히 낮았으며, 섬 지역과 비슷한 농도가 검출되었다. 이러한 결과는 먹이 및 먹이와 함께 섭취한 모래알갱이에 부착된 오염 물질뿐만 아니라 대기 오염 농도와도 관계가 있는 것으로 나타났다.

**검색어:** 공단지역, 도심지역, 비둘기, 섬 지역, 중금속

### 서 론

환경문제에 대한 인식이 높아짐에 따라 자연생태계에 미치는 중금속 오염에 관한 연구들이 활발히 진행되고 있으며, 중금속의 노출 정도에 따른 생물 체내의 축적 농도와 생물학적 영향 등에 대한 많은 연구 결과가 보고되어 왔다(Custer *et al.* 1986, Grue *et al.* 1986, Lee *et al.* 1989, Świergosz and Kowalska 2000, Dip *et al.* 2001). 이러한 중금속은 생체내에서 분해되지 않고 장기간에 걸쳐 축적되어 피해를 주며, 생태계의 먹이 연쇄를 통하여 인체에까지 영향을 끼치는 등의 부작용을 낳고 있다. 따라서 주변 환경 오염의 노출 및 위해 정도를 직·간접적으로 평가하는 방법으로써 생물 지표종을 활용한 생물학적 모니터링의 필요성이 부각되어 왔다(Hutton 1980, Hutton and Goodman 1980, Kendall and Scanlon 1982, Janiga *et al.* 1990, Furness and Greenwood 1993, Hoffinan *et al.* 1995, Johnston and Janiga 1995).

일반적으로 비둘기는 생물학적, 생태학적인 특성과 관련하여 생물 지표종으로서의 유용성을 지닌다. 즉, 비둘기는 사람보다 높은 신진대사율(사람  $0.265 \text{ mlO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ , 비둘기  $0.98 \text{ mlO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )과 호흡량(사람  $100 \text{ mlair} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 비둘기  $350 \text{ mlair} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ )을 나타내며, 이동 범위가 제한적인 정착성 조류이다(Antonio-García *et al.* 1988). 또한 일정량의 수분(30~50 g/day) 및 먹이(30~70 g/day) 섭취와 먹이의 소화 흡수를 촉진시키기 위하여 서식지 주변의 모래알갱이(small stones)를 섭취하는 습성을 갖고 있다(Johnston and Janiga 1995, Gill, 1995). 이러한 특성은 서로 다른 환경에서 서식하고 있는 비둘기가 각 지역의 전반적인 중금속 노출 정도를 효과적으로 반영할 수 있다는 점에서 중요하다.

본 연구는 각 지역의 전반적인 중금속 오염 정도를 파악하기 위한 연구의 일환으로, 섬 지역(덕적도), 도심지역(서울), 공단지역(여천, 안산, 울산, 부산)의 인가, 도로, 건물 및 사료공장 주변에서 주로 서식하는 비둘기의 체내 중금속 오염 농도를 비교하고, 각 지역의 중금속 노출 정도를 평가하는데 그 목적이 있다.

### 재료 및 방법

연구지역 선정은 환경부와 국립환경연구원에서 1998년 1월부터 2000년 9월까지 측정한 월별 대기오염농도 자료를 참고로 하여(Table 1) 도심지역(서울시 중구), 공단지역(여천: 여수시 중흥동, 안산: 안산시 반월, 울산: 여천동, 부산: 감전동)과 대조지역인 섬 지역(덕적도)으로 구분하였고(Fig. 1), 2000년 9월에서 12월 사이에 성조(adult)를 대상으로 각 지역당 8~12개체를 채집하였다.

이들 조류는 채집 즉시 폴리에틸렌 봉지에 넣어 해부시까지  $-20^\circ\text{C}$ 에서 냉동 보관하였다. 기본적인 외부 측정(부척, 부리, 날개 길이 등)을 실시한 후 해부하여 뼈(femur), 신장, 간, 허파 등의 조직을 적출하고 소낭(모이주머니)과 사낭(모래주머니) 내용물을 분리하여 중금속 분석시까지  $-20^\circ\text{C}$ 에서 냉동 보관하였다. 냉동 보존한 각 조직 및 내용물은 해동시켜 그라인더로 갈아 균질화 한 다음, 약 3~5 g에 황산, 질산, 과염소산을 2.5:1의 비율로 가하여 가열 분해한 후 분해액을 100ml로 희석하였다. 납(Pb)과 카드뮴(Cd)은 분해액을 DDTC-MIBK에 의해 추출 농축한 후 원자흡광광도법(atomic absorption spectrophotometry)을 이용하여 측정하였다(Lee 1989). 중금속 농도의 지역간 비교는 one-way ANOVA와 Duncan's multiple range tests에 의해서 유의성을 검정하였다.

<sup>†</sup> Author for correspondence; Phone: 82-62-940-5434, e-mail: dplee@honam.ac.kr

Table 1. Atmospheric lead and cadmium concentrations ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) of the study areas

	Rural Duckjeok	Urban Seoul <sup>1</sup>	Industrial Complexes			
			Yochon <sup>2</sup>	Ansan <sup>3</sup>	Busan <sup>4</sup>	Ulsan <sup>5</sup>
Pb <sup>a</sup>	-	0.09 (0.05~0.15)	0.01 (0~0.02)	0.29 (0.10~1.00)	0.16 (0.06~0.97)	0.08 (0.04~0.14)
Cd <sup>a</sup>	-	0.002 (0~0.006)	0.001 (0~0.002)	0.006 (0.001~0.018)	0.005 (0.002~0.008)	0.030 (0.006~0.049)

<sup>a</sup> Monthly mean concentrations between January 1998 and September 2000 (Source: Ministry of Environment & National Institute of Environmental Research; Monthly Report of Air Quality 1998~2000).

Values indicate means or range (in parentheses). A “-” indicates that non-finding data.

The site of air sampler for heavy metals: <sup>1</sup>Seoul City Hall (Jung-dong), <sup>2</sup>Samil-dong, <sup>3</sup>Wonsi-dong, <sup>4</sup>Gamjeon-dong, and <sup>5</sup>Yochon-dong.

결 과

비둘기 조직 내 납과 카드뮴 농도

1) 납 농도

전반적으로 납 농도는 뼈에서 가장 높은 경향을 보였고, 다음으로는 신장, 간, 허파 조직의 순으로 조사되었다(Table 2). 분석된 뼈, 신장, 간, 허파의 모든 조직에서 납 농도의 평균은 통계도가 가장 낮은 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ), 간 조직에서는 평균의 유의차가 없었다( $p > 0.05$ ). 특히, 농도가 높은 뼈 조직의 경우 평균 납 농도는 섬 지역인 통계도의  $1.80 \mu\text{g}/\text{wet g}$ 에 비해 울산공단 지역이  $24.6 \mu\text{g}/\text{wet g}$ , 부산공단 지역이  $23.8 \mu\text{g}/\text{wet g}$ , 서울 지역이  $29.5 \mu\text{g}/\text{wet g}$ 으로 10배 이상 높았고( $p < 0.001$ ), 안산공단 지역에서도  $10.5 \mu\text{g}/\text{wet g}$ 으로 6배 정도 높게 나타났다( $p < 0.05$ ). 반면, 여천공단 지역에서는 통계도와 비슷한 수준의 납이 검출되었다(Table 2).

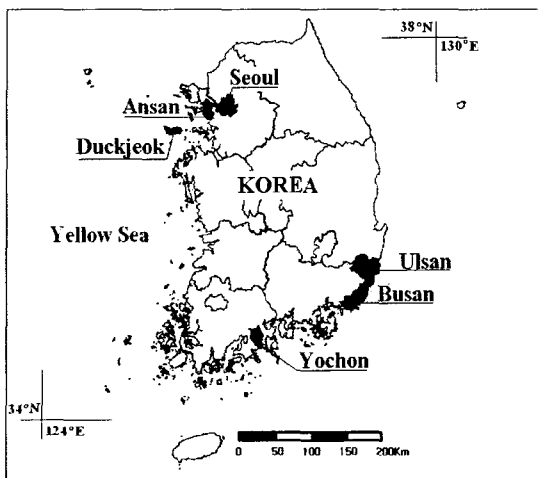


Fig. 1. Sample locations in the study area.

Table 2. Lead concentrations ( $\mu\text{g}/\text{wet g}$ ) of feral pigeons from rural, urban and industrial complex areas

Site	N	Lead				
		Bone	Kidney	Liver	Lung	
Rural Duckjeok	8	$1.80 \pm 0.86^a$ (1.89)	$1.45 \pm 0.24^a$ (1.42)	$1.57 \pm 0.27^{ab}$ (1.60)	$0.94 \pm 0.40^a$ (0.92)	
Urban Seoul	12	$29.5 \pm 21.1^c$ (20.8)	$4.13 \pm 1.31^{bc}$ (3.80)	$2.33 \pm 0.78^{bc}$ (2.19)	$1.71 \pm 0.66^b$ (1.47)	
		Yochon	11	$2.13 \pm 0.80^a$ (2.03)	$2.52 \pm 0.75^b$ (2.21)	$1.36 \pm 0.27^a$ (1.28)
Industrial complex	Ansan	10	$10.5 \pm 4.69^b$ (8.74)	$2.98 \pm 1.38^b$ (2.42)	$1.80 \pm 0.46^{ab}$ (1.80)	$1.58 \pm 0.37^b$ (1.54)
	Busan	9	$23.8 \pm 13.7^c$ (21.7)	$4.03 \pm 2.41^b$ (2.91)	$2.72 \pm 1.49^{bc}$ (2.41)	$1.94 \pm 0.52^b$ (1.80)
	Ulsan	10	$24.6 \pm 21.4^c$ (15.5)	$3.29 \pm 3.30^b$ (3.11)	$1.84 \pm 1.20^{ab}$ (1.40)	$1.80 \pm 0.67^b$ (1.62)

Each value indicates mean  $\pm$  SD and median in parentheses.

Mean values with different letter indexes in a column are significantly different by one-way analysis of variance and Duncan's multiple range tests ( $P < 0.05$ ). N: number of samples.

2) 카드뮴 농도

덕적도를 제외한 모든 지역에서 신장 조직의 경우 카드뮴 농도가 가장 높은 경향을 보였으며 나머지 뼈, 간, 허파 조직은 서로 비슷한 경향을 보였다(Table 3). 또한 모든 조직의 카드뮴 농도는 덕적도가 가장 낮은 농도를 나타냈다. 다만, 뼈 조직 중 서울과 안산, 간 조직 중 안산 지역에서만 유의차가 인정되지 않았고, 특히 신장 조직에서의 카드뮴 농도는 덕적도의 평균 0.06  $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 에 비해 울산 1.27  $\mu\text{g}/\text{wet g}$ , 서울 1.05  $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 으로 18-20배 높았고( $p<0.001$ ), 부산, 안산, 여천 공단 지역( $p<0.01$ )에서도 0.43-0.68  $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 으로 7~10배 높았다(Table 3).

소낭 내용물

비둘기 한 개체당 소낭 내용물은 보통 20~40g 정도로 조사되었다. 이러한 소낭 내용물을 동정한 결과, 대부분의 지역에서 옥수수(maize)가 주요 먹이원(major foods)으로 나타났다(Table 4).

그 중 서울과 울산지역은 옥수수와 더불어 밀(wheat)도 주요 먹이원인 것으로 나타났으며 다른 지역과 다소 먹이 구성에 차이를 보였다(Table 4).

소낭 및 사낭 내용물의 납과 카드뮴 농도

소낭 내용물중 각 지역의 주요 먹이원을 대상으로 납과 카드뮴 농도를 분석하였다. 옥수수의 납 농도는 부산 공단지역에서 평균 2.19  $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 로 가장 높게 나타났고( $p<0.05$ ), 나머지 지역은 0.39~0.64  $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 로 지역간에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 서울과 울산 지역에 있어서 옥수수와 밀의 납 농도에서도 서로 비슷한 경향을 보였다. 옥수수의 카드뮴 평균 농도는 지역간에 유의한 차이가 없었다. 그러나, 서울과 울산 지역의 옥수수와 밀의 카드뮴 농도는 적은 시료 수로 인하여 두 먹이간 통계 처리를 할 수 없었지만 밀이 옥수수보다 다소 높은 농도를 나타냈다(Table 5).

Table 3. Cadmium concentrations( $\mu\text{g}/\text{wet g}$ ) of feral pigeons from rural, urban and industrial complex areas

Site	N	Cadmium				
		Kidney	Bone	Liver	Lung	
Rural	Duckjeok	8	0.06±0.03 <sup>a</sup> (0.06)	0.18±0.05 <sup>a</sup> (0.17)	0.11±0.05 <sup>a</sup> (0.12)	0.09±0.05 <sup>a</sup> (0.09)
Urban	Seoul	12	1.05±0.62 <sup>c</sup> (1.08)	0.23±0.07 <sup>a</sup> (0.20)	0.24±0.08 <sup>bc</sup> (0.24)	0.22±0.03 <sup>b</sup> (0.23)
	Yochon	11	0.68±0.58 <sup>b</sup> (0.45)	0.33±0.11 <sup>b</sup> (0.30)	0.21±0.05 <sup>b</sup> (0.19)	0.20±0.04 <sup>b</sup> (0.20)
Industrial complex	Ansan	10	0.43±0.27 <sup>b</sup> (0.44)	0.27±0.08 <sup>ab</sup> (0.25)	0.14±0.05 <sup>a</sup> (0.13)	0.21±0.13 <sup>b</sup> (0.17)
	Busan	9	0.66±0.72 <sup>b</sup> (0.45)	0.29±0.04 <sup>b</sup> (0.29)	0.25±0.12 <sup>bc</sup> (0.21)	0.19±0.05 <sup>b</sup> (0.19)
	Ulsan	10	1.27±0.98 <sup>c</sup> (1.18)	0.31±0.09 <sup>b</sup> (0.29)	0.31±0.10 <sup>bc</sup> (0.29)	0.26±0.07 <sup>b</sup> (0.27)

Each value indicates mean ± SD and median in parentheses.

Mean values with different letter indexes in a column are significantly different by one-way analysis of variance and Duncan's multiple range tests ( $P<0.05$ ). N: number of samples.

Table 4. Percentages of crop contents in each colony of feral pigeons

Identification	Duckjeok (8)	Seoul (12)	Yochon (11)	Ansan (10)	Busan (9)	Ulsan (10)
Maize	98.2	57.3	97.8	91.7	91.7	50.0
Wheat		27.9		-		48.9
Bean		7.5		5.9		
Millet		-		0.7	-	
Rice		4.9	0.2			
Small stone	1.0	1.0	0.9	0.6	1.2	0.8
Other components	0.8	1.3	1.1	1.0	6.9	0.3

A "-" indicates presence of seeds in small quantities. Sample numbers in parentheses.

Other components are composed of domestic scraps, cements, hair, styrofoam, etc. Numbers in parenthesis.

Table 5. Lead and cadmium concentrations ( $\mu$  g/wet g) of major foods in feral pigeons

		Rural	Urban	Industrial Complexes			
		Duckjeok(8)	Seoul(12)	Yochon(8)	Ansan(8)	Busan(4)	Ulsan(6)
Pb	Maize	0.39±0.11 <sup>a</sup>	0.56±0.26 <sup>a</sup>	0.50±0.26 <sup>a</sup>	0.41±0.19 <sup>a</sup>	2.19±0.25 <sup>b</sup>	0.64±0.34 <sup>a</sup>
	Wheat		0.54±0.21(3)				
Cd	Maize	0.22±0.05 <sup>a</sup>	0.20±0.04 <sup>a</sup>	0.29±0.05 <sup>a</sup>	0.27±0.07 <sup>a</sup>	0.21±0.07 <sup>a</sup>	0.26±0.08 <sup>a</sup>
	Wheat		0.25±0.02(3)				

Mean values with different letter indicies in a line are significantly different by one-way analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range tests (P<0.05).

Each value indicates mean±SD. Numbers in parentheses indicate number of samples.

Table 6. Lead and cadmium concentrations ( $\mu$  g/wet g) of gizzard contents in feral pigeon

	Rural	Urban	Industrial Complexes			
	Duckjeok	Seoul	Yochon	Ansan	Busan	Ulsan
N	8	12	11	10	9	10
Pb	1.65±0.14 <sup>a</sup>	3.34±0.93 <sup>c</sup>	1.45±0.43 <sup>a</sup>	1.64±0.24 <sup>a</sup>	3.25±0.26 <sup>c</sup>	2.27±0.32 <sup>ab</sup>
Cd	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.06±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.07±0.03 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>

Mean values with different letter indicies in a line are significantly different by one-way analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range tests (P<0.05).

Each value indicates mean±SD. N: number of samples.

사냥 내용물은 주로 모래 알갱이가 대부분(약 70~95%의 중량)을 차지하며, 총 중량은 2.8~4.5 g으로 조사되었다. 사냥 내용물 분석은 사냥 내의 전체 내용물을 대상으로 납과 카드뮴 농도를 분석하였다. 사냥 내용물 중 납 농도는 서울과 부산지역에서 높게 나타났고, 카드뮴 농도는 지역간에 유의한 차이(p<0.05)를 보이지 않았다(Table 6).

고 찰

일반적으로 뻘의 납 농도와 신장의 카드뮴 농도는 만성적인 오염의 지표로써 서식환경중금속 오염노출 정도를 대변할 수 있다(Hoffman *et al.* 1995).

납 농도의 경우, 지역간에 큰 차이를 보였으며, 특히 도심지

역인 서울지역에 서식하고 있는 비둘기의 뻘 조직에서 섬 지역인 덕적도보다 10배 이상 높은 농도를 나타냈고, 부산 공단지역과 비슷한 농도가 검출되었다. 지금까지의 연구에 의하면(Hutton and Goodman 1980, Antonio-García *et al.* 1988), 보통 비둘기 체내의 중금속 축적은 크게 먹이 및 호흡 등 2가지 경로를 통해 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 한 예로, Antonio-García 등(1988)에 의하면 스페인 마드리드지역에서 조사한 결과, 호흡에 의한 납 축적 영향이 먹이에 의한 것보다 3배 이상 높게 축적되는 것으로 조사되었다. 그러나 서울지역의 주변 납 노출 정도는 마드리드지역에 비해 현저히 낮은 수준이며(Table 7), 이러한 두 지역간 납 노출의 차이가 비둘기 체내 조직에도 그대로 반영되어진 것으로 판단된다. 대기오염 농도가 증가함에 따라 허파 조직의 납 축적 농도가 현저히 증가하는 경향을 보인

Table 7. Comparison of different traffic volumes, lead levels in atmosphere, soil and feral pigeons tissues between Madrid, Spain and Seoul, Korea

	Madrid, Spain (1988) <sup>1</sup>	Seoul, Korea (2000) <sup>2</sup>
Traffic volume (vehicles/day)	Above 200,000	43,000~113,000 <sup>3</sup>
Atmosphere ( $\mu$ g/m <sup>3</sup> )	1.44	0.09
Soil ( $\mu$ g/g)	178	Below 31.44
Lung ( $\mu$ g/g)	11.2*	1.71**
Bone ( $\mu$ g/g)	232*†	29.5**

Source: 1 Antonio-García *et al.* 1988; 2 This study, 3 Seoul, 2000; 4 Ministry of Environment, 2001.

Values indicate means or range. \* Dry weight basis, \*\* Wet weight basis, † Mean value only for males.

마드리드 지역의 결과와는 달리 본 조사에서의 허파 조직 중 납 농도는 서울과 울산지역의 대기 농도가 안산과 부산 공단지역보다 월등히 낮았음에도 불구하고 모두 비슷한 수준을 나타냈다.

주요 먹이원에 대한 납 농도 비교에서도 부산 공단지역이 가장 높았고 기타 지역은 지역간에 차이를 보이지 않았다. 반면, 먹이와 함께 소화를 촉진시키기 위해 섭취한 모래 알갱이가 대부분을 이루는(70~95% 중량) 사냥 내용물에서는 서울지역에서 평균 3.34  $\mu\text{g}/\text{wet g}$ , 부산지역에서 평균 3.25  $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 으로 다른 지역에 비해 월등하게 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 서울지역에 서식하고 있는 비둘기의 경우에 호흡을 통한 경로보다는 먹이와 함께 섭취한 주변지역의 흙 및 모래 알갱이 등에 부착된 오염물질에 의해 영향을 받고 있는 것으로 예상된다. 부산 공단지역은 사냥 내용물 뿐만 아니라 주요 먹이원인 옥수수에서도 높은 납 농도를 나타냈으며, 이러한 먹이와 모래 알갱이 등에 부착된 오염물질의 영향으로 체내 조직에 납 농도가 반영된 것으로 판단된다.

여천 공단 지역은 약 90여개의 석유화학, 비료공장, 그리고 관련 업체가 있는 대규모의 화학 공업 단지이다. 여천 공단지역에 대한 대기오염도 조사는 1980년대 중반부터 수행하였으며 그 결과 아황산 가스(SOx), 질소 산화물(NOx) 등의 배출량은 높으나, 이들 일차 오염 물질의 대기중 농도는 대기오염 기준을 대부분 만족하고 있는 것으로 나타나 있다(Kim *et al.* 1997). 여천 공단지역 비둘기의 뼈 조직 중 납 농도는 서울지역과 기타 공단지역에 비해 현저히 낮은 수준이며 섬 지역인 덕적도와 비슷한 농도가 검출되었다. 이러한 경향은 상대적으로 낮은 대기농도(0.01  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 및 사냥 내용물의 납 농도에 기인하는 것으로 보인다. 물론 대기의 납 농도가 전반적으로 낮은 농도(환경기준 1.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3/3\text{개월}$ )를 보이고 있으며, 체내 조직과 전적으로 일치하지는 않았다. 그러나 각 지역에 서식하는 비둘기의 체내 조직 중 납 오염 경향은 호흡에 의한 체내 축적보다는 먹이, 특히 먹이와 함께 섭취한 주변 지역의 흙 및 모래 알갱이 등에 영향을 받고 있는 것으로 판단된다.

카드뮴의 경우에도 지역간에 큰 차이를 보였고, 납 농도 경향과는 다소 다르게 서울지역과 울산 공단지역에서 덕적도보다 약 18-20배 정도 높은 축적 농도를 보였다. 울산 공업 단지는 한국에서 가장 오래된 대규모의 중화학 임해 공업 단지이고 온산 주변 해안에는 1970년대 말부터 조성된 온산 공단이 위치하고 있다(Shin and Choi 1996). 납 농도의 경향과 다르게 카드뮴농도는 울산 공단지역에 서식하고 있는 비둘기의 신장에서 높게 검출되었고, 이는 다른 지역보다 상대적으로 높은 대기농도(0.030  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )와 일정 부분 연관이 있을 것으로 판단된다. 그러나 허파 조직에서의 카드뮴 농도는 납 농도의 결과처럼 덕적도보다 나머지 모든 지역에서 유의한 차이를 보였고, 대기농도와는 일치하지 않았다. 사냥 내용물에서의 카드뮴의 농도는 납의 농도와는 다르게 모든 지역에서 비슷한 경향을 보였으며 소량 내용물에서도 지역간 유의한 차이가 없었다. 그러나 납의 농도 양상과

는 다르게 전반적으로 소량 내용물에서 사냥 내용물보다 높은 카드뮴 농도가 검출되었다. 특히, 울산지역에 서식하는 비둘기의 주요 먹이원은 옥수수와 밀로 약 1:1의 먹이 조성비율을 나타냈으며, 먹이분석 결과 밀에서 옥수수보다 다소 높은 농도가 검출되었다. 따라서 울산 공단지역에 서식하는 비둘기는 상대적으로 높은 주변의 대기농도를 포함하여 먹이(밀) 중의 오염물질에 의해서 체내 축적에 영향을 끼친 것으로 판단된다. 서울지역의 경우에도 울산지역과 비슷하게 신장 조직 중 카드뮴이 높게 검출되었고, 먹이 중에서도 밀에서 옥수수보다 다소 높게 검출되었다. 그러나 대기농도 및 사냥 내용물의 농도는 다른 지역과 차이를 보이지 않았다. 이러한 울산과 서울지역의 경우, 다른 지역들에 비해 높은 신장 조직의 카드뮴 농도는 선호하는 먹이 조성 과도 연관이 있을 것으로 판단된다. 즉, 이 두 지역은 다른 지역에 비해 선호하는 먹이 조성이 다르며, 특히 옥수수를 취식 하는 비둘기보다 밀 등을 주로 취식 하는 개체에서 카드뮴의 축적 영향을 더 크게 받을 가능성이 있을 것으로 사료된다.

여천 공단지역은 납 농도의 경향과는 다르게 신장 조직 중 카드뮴 농도가 덕적도에 비해서 약 7배 정도 높게 나타났고, 부산, 안산 공단 지역과 비슷한 경향을 보였다. 즉, 여천 공단지역의 납 노출 정도는 상대적으로 다른 공단지역에 비해 현저히 낮았지만 카드뮴의 경우에는 부산과 안산공단과 비슷한 수준의 노출 수준으로 판단된다.

무엇보다도 지역간 중금속 비교에서 서울지역에 서식하고 있는 비둘기의 특정 조직(뼈, 신장)에서 덕적도보다는 현저히 높은 납과 카드뮴 농도가 검출되었고, 공단지역보다 높거나 비슷한 수준의 농도가 조사되었다. 이러한 결과는 서울지역이 다른 공단지역에 비해 유의한 수준의 납과 카드뮴에 노출되어 있다는 것을 의미한다. 또한 비둘기를 활용하여 지역간 중금속 오염을 비교하기 위해서는 체내 조직의 농도뿐만 아니라 대기, 먹이, 토양 등 복합적인 요인에 의한 접근이 요구된다

## 인용문헌

- Antonio-García, M. T., E. Martinez-Conde and I. Corpas-Vazquez. 1988. Lead levels of feral pigeons (*Columba livia*) from Madrid (Spain). *Environ. Poll.* 54: 89-96.
- Custer, T. W., J. C. Franson, J. F. Moore and J. E. Myers. 1986. Reproductive success and heavy metal contamination in Rhode Island Common Terns. *Environ. Poll. (A)* 41: 33-52.
- Dip, R., P. Stieger, P. Deplazes, D. Hegglin, U. Muller, O. Dafflon, H. Koch and H. Naegeli. 2001. Comparison of heavy metal concentrations in tissues of red foxes from adjacent urban, suburban, and rural areas. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 40: 551-556.
- Furness, R. W. and J. J. D. Greenwood. 1993. Birds as monitors of environmental change. Chapman & Hall. TJ press. pp. 1-131.
- Gill, F. B. 1995. *Ornithology*(2nd ed.). W. H. Freeman and Com-

- pany. New York. pp.154-162.
- Grue, C. E., D. J. Hoffman, W. Nelson-Bayer and L. P. Franson. 1986. Lead concentrations and reproductive success in European Starlings *Sturnus vulgaris* nesting within highway roadside verges. *Environ. Poll. (A)* 42: 157-182.
- Hoffman, D. J., B. A. Rattner, Jr. G. Allen Burton and Jr. Johi-Cairns. 1995. *Handbook of ecotoxicology*. CRC press. pp. 356-423.
- Hutton, M. and G. T. Goodman. 1980. Metal contamination of feral pigeons *Columba livia* from London area: part I - Tissue accumulation of lead, cadmium and zinc. *Environ. Poll. (A)* 22: 207-217.
- Hutton, M. 1980. Metal contamination of feral pigeons *Columba livia* from London area: part 2 - Biological effects of lead exposure. *Environ. Poll. (A)* 22: 281-293.
- Janiga, M., M. Blanka, B. O. Monika and Ā. Gabriela. 1990. Significant of concentrations of lead, cadmium, and iron in the plumage of the feral pigeon. *Arch Environ. Contam. Toxicol.* 19: 892-897.
- Johnston, R. F. and M. Janiga. 1995. *Feral pigeons*. Oxford university press. pp. 15-247.
- Kendall, R. J. and P. F. Scanlon. 1982. Tissue lead concentrations and blood characteristics of Rock Doves from an urban setting in Virginia. *Arch. Environ. Contamin. Toxicol.* 11: 265-268.
- Kim, Y. P., J. H. Lee, H. C. Jin and K. C. Moon. 1997. Concentrations of Particulate and Gaseous Ionic and Organic Species in the Ambient Air of the Yochon Industrial Estate. *J. of Korean Air Poll. Res. Asso.* 14(4): 269-284.
- Lee, D. P., K. Honda, R. Tatsukawa and P. O. Won. 1989. Distribution and residue level of mercury, cadmium and lead in Korean birds. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 43:550-555.
- Lee, D. P. 1989. Heavy metal accumulation in birds: Use of feathers as monitoring without killing. Ph. D. Thesis, Ehime Uni., Matsuyama, Japan.
- Ministry of Environment and National Ministry of Environmental Research. 1998-2000. Monthly report of air quality 1998-2000, Korea.
- Ministry of Environment. 2001. Yearly report of soil quality 2000, KoreaSeoul. 2000. Daily report of traffic volume in Joong-goo, Seoul, Korea.
- Shin, M. K. and K. R. Choi. 1996. The distribution of protozoans according to soil pollution around Ulsan industrial complexes, Korea. *J. of the Korean Environ. Sci. Soc.* 5(2): 187-194.
- Świergosz, R. and A. Kowalska. 2000. Cadmium accumulation and its effects in growing pheasants *Phasianus colchicus* (L.). *Environ. Toxicol. and Chem.* 19: 2742-2750.

(2002년 8월 30일 접수 ; 2002년 9월 30일 채택)

---

## Comparison of Lead and Cadmium Levels in Tissues of Feral Pigeons (*Columba livia*) from Rural, Central Urban, and Industrial Complex Areas

Nam, Dong-Ha, Doo-Pyo Lee\*<sup>†</sup> and Tae-Hoe Koo  
*School of Environment and Applied Chemistry, Kyunghee University*  
*Department of Biological Science, Honam University\**

**ABSTRACT** : In order to compare the lead and cadmium levels, studies of heavy metal accumulation of feral pigeons from rural (Deokjeok island), central urban (Seoul city), and industrial complexes (Ansan, Busan, Ulsan, and Yochon) were conducted. The outstanding result of this study is that feral pigeons in urban and industrial complex areas contain high Pb and Cd concentrations in kidney, bone, liver, and lung tissues compared to those of rural areas. Such a trend was prominent in the target organs, bone and kidney, about 10 times greater than in rural areas. On the other hand, the lead levels of the Yochon Industrial Complex were noticeably lower than those of other industrial complex areas. Not only feral pigeons habit of street and ground feeding, but also atmospheric metal concentration offers an explanation for the heavy metal concentration differences in the study areas.

**Key words** : Central urban, Feral pigeons, Heavy metal, Industrial complexes, Rural

---