

도심 지역과 공단 지역에 서식하는 비둘기의 알, 새끼, 성조의 납과 카드뮴 농도 비교

남 동 하 · 이 두 표¹ · 구 태 회*

경희대학교 환경응용화학부, ¹호남대학교 생명과학과

Comparison of Lead and Cadmium Accumulations in Feral Pigeons (*Columba livia*) with Different Developmental Stages from Urban and Industrial Complex Areas

Dong-Ha Nam, Doo-Pyo Lee¹ and Tae-Hoe Koo*

School of Environment and Applied Chemistry, Kyunghee University

¹Department of Biological Science, Honam University

Abstract - The aim of the study was to determine Pb and Cd accumulation and to assess its trends in relation to age categories in feral pigeons from urban (Seoul) and industrial complex (Ansan) areas. This study shows that Pb and Cd concentrations in bone, kidney, liver, and lung increase with different developmental stages in feral pigeons. Particularly, Pb in the bones and Cd in the kidneys of birds were highly increased from chicks to adults. Mean Pb concentrations in pigeons from Seoul were three times higher in chicks than in eggs and six times greater in adults than in chicks. For Cd concentrations, pigeons in Seoul contained two times higher in chicks than in eggs and seventeen times higher in adults than in chicks. It indicates that Pb and Cd concentrations increase with age, and these are apparent to the results in Seoul than in the Ansan colony.

Key words : Urban, industrial, feral pigeons, Pb and Cd

서 론

중금속 특히 납과 카드뮴은 생물학적 반감기가 길기 때문에 체내에 일단 유입이 되면 장기간에 걸쳐 특정 조직에 축적되어진다(Hoffman *et al.* 1995). 이러한 체내의 축적은 나이, 식성, 서식지, 종 특이성 등에 따라서 영향을 받으며 체내에 일정한 분포 경향을 나타낸다(Lee

1996). 비둘기는 부화 이후 1년 이내에 번식이 가능하며 평균 연령이 약 3년 정도로 알려져 있다. 이동 범위가 한정된 정착성 조류로서 주변 서식지의 오염 정도를 잘 대변할 수 있는 생물 종으로 알려져 있다(Johnston and Janiga 1995). 비둘기를 활용한 중금속 오염 모니터링은 많은 나라에서 연구되어 왔으며 우리나라에서도 서울 지역의 비둘기를 대상으로 중금속의 오염 정도를 모니터링한 사례가 있다(Lee 1991; Kim *et al.* 2001).

본 연구는 도심지역인 서울시청 부근과 공단지역인 안산 반월공단 내에 서식하는 비둘기의 알, 새끼, 성조를

* Corresponding author: Tae-Hoe Koo, Tel. 82-31-201-2426, Fax. 82-31-201-4589, E-mail. thkoo@khu.ac.kr

Table 1. Biological details of feral pigeons collected from the Ansan industrial complex and Seoul

N			Ansan	Seoul	Sampling date
Egg	28/46 ^b	Length (mm)	39.5±2.17	38.8±1.31	March 2001
		Breath (mm)	29.1±0.92	28.4±0.82	
		Thickness (mm)	0.30±0.03	0.30±0.03	
Chick	8/8	Weight (g) ^a	291±19.7	286±21.1	May 2001
		Wing (mm)	159±22.6	160±22.9	
		Tarsus (mm)	30.3±0.90	30.4±1.38	
Adult	10/12	Weight (g) ^{a*}	300±28.1	345±22.8	November 2000
		Wing (mm)	229±8.01	230±8.01	
		Tarsus (mm)	32.4±1.47	31.6±1.07	

Values indicate mean±SD. ^aWeight removing crop contents. ^bSample numbers of the Ansan industrial complex and Seoul, respectively. * Significantly different between the Ansan industrial complex and Seoul at p<0.05 using T-tests.

대상으로 각 성장 단계에 따른 납과 카드뮴의 체내 축적 정도를 비교하고 각 지역의 오염 수준을 파악하고자 수행하였다.

재료 및 방법

연구지역은 도심지역인 서울시 중구 서울시청 부근과 공단지역인 안산 반월공단(17블록) 내의 사료공장 근처이며, 서울의 경우는 서울시청 건물 옥상에서, 안산은 사료 공장 부근에서 채집 허가를 받아 비둘기 번식집단을 대상으로 알(산란 이후 3일 이내), 새끼(22~24일), 성조를 2000년 11월에서 2001년 5월 사이에 적정 개체를 채집하였다. 이들 샘플은 채집 즉시 폴리에틸렌 봉지에 넣어 해부시까지 -20°C에서 냉동 보관하였다. 기본적인 외부 측정을 실시한 후 해부하여 뼈(femur), 신장, 간, 허파 등의 조직을 적출하고 알 껍질, 알 내용물, 소낭(모이주머니)과 사낭(모래주머니) 내용물을 분리하여 중금속 분석시까지 -20°C에서 냉동 보관하였다. 냉동 보존한 각 조직 및 내용물은 해동시켜 균질화 한 다음 약 3~5g을 황산, 질산, 과염소산으로 가열 분해하여 100 ml의 분해액으로 정용하였다. 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 T-tests에 의해서 유의성을 검정하였다.

결 과

1. 외부 측정치 및 식이물

서울과 안산 두 지역간 외부 측정치를 비교한 결과,

Table 2. Percentages of crop contents of feral pigeons between the Ansan Industrial Complex and Seoul City

Identification	Ansan		Seoul	
	Chick (8)	Adult (10)	Chick (8)	Adult (12)
Maize	95.4	91.7	56.8	57.3
Wheat	0.4	-	24.2	27.9
Bean	2.4	5.9	2.7	7.5
Millet		0.7	-	0.2
Rice			6.4	4.9
Small stone	0.9	0.6	2.1	1.0
Other components	0.9	1.0	6.6	1.3

Values in parenthesis indicate the number of samples. A“-” indicates presence of seeds in small quantities. Other components are composed of domestic scraps, cements, hair, Styrofoam, etc.

알의 장경, 단경 및 두께는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며, 새끼의 경우에도 체중(소낭 내용물을 제거한 무게), 부척과 날개의 길이에 있어서 비슷한 수준으로 조사되었다. 성조에서는 서울지역의 비둘기에서 평균 체중이 345g, 안산지역이 300g으로 서울지역이 높게 나타났으나(p<0.05) 부척과 날개 길이는 두 지역간에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 1).

식이물의 종류에 관해서는 새끼와 성조의 소낭 내용물을 분석하였으며, 두 지역간에 식이물의 종류는 약간 다르게 나타났다(Table 2). 그러나 동일지역내의 성조와 새끼의 식이물 종류는 비슷한 경향을 보이는 것으로 나타났다. 안산지역은 성조와 새끼의 식이물은 옥수수(91.7~95.4% 중량 기준)가 주 먹이인 반면, 서울지역은 옥수수(56.8~57.3%)를 포함하여 밀(24.2~27.9%) 등을 주로 취식하는 것으로 나타났다. 또한 서울지역의 새끼의 경우는 소낭 내용물 중 모래 알갱이 및 기타 물질(음식 찌꺼기, 시멘트 조각 등)이 8.7%로 안산지역의 1.8%보다 상대적으로 높게 조사되었다.

Table 3. Comparison of Lead Concentrations (mean±SD, µg wet g⁻¹) in eggs and various tissues of feral pigeons between the Ansan Industrial complex and Seoul City

	Ansan			Seoul		
	Egg (n = 9)	Chick (n = 8)	Adult (n = 10)	Egg (n = 9)	Chick (n = 8)	Adult (n = 12)
Eggshell	1.41±0.40			3.19±0.68*		
Egg contents	1.13±0.14			1.64±0.18*		
Bone		4.09±1.34	10.5±4.69		4.80±2.48	29.5±21.1*
Kidney		3.15±0.79	2.98±1.38		3.22±1.29	4.13±1.31
Liver		0.88±0.46	1.80±0.46		0.87±0.09	2.33±0.78
Lung		1.31±0.44	1.58±0.37		1.29±0.42	1.72±0.66

* Significantly different between the Ansan industrial complex and Seoul at p<0.05 using T-tests. Numbers (n) in parentheses

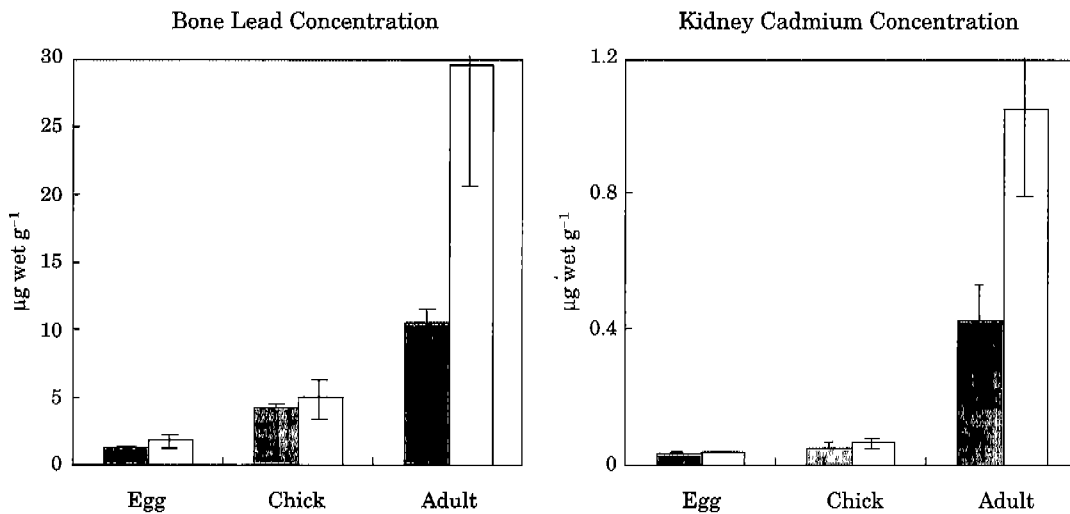


Fig. 1. Variation of lead and cadmium concentrations (µg wet g⁻¹) of feral pigeons in relation to different developmental stages of pigeons (■ : Ansan, □ : Seoul, Egg : egg contents).

2. 알, 새끼, 성조의 납과 카드뮴 농도

알, 새끼, 성조의 납 농도는 전반적으로 서울지역이 안산공단 지역보다 높은 경향을 보였고 (Table 3), 특히 성조의 뼈 조직에서 현저한 차이를 보였다 (Fig. 1). 서울지역의 경우, 알 껍질과 알 내용물의 납의 평균 농도가 각각 3.19 µg wet g⁻¹, 1.64 µg wet g⁻¹, 새끼의 뼈 조직에서 4.80 µg wet g⁻¹, 성조의 뼈 조직에서 29.5 µg wet g⁻¹으로 나타났으며, 알 내용물에 비해서 새끼의 뼈 조직에서 약 3배, 성조의 뼈 조직에서 약 18배 정도 높은 농도가 측정되어진 것으로 나타났다. 안산 공단지역의 경우, 알 껍질과 알 내용물에서의 납 농도는 각각 평균 1.43 µg wet g⁻¹, 1.13 µg wet g⁻¹, 새끼의 뼈 조직에서 4.09 µg wet g⁻¹, 성조의 뼈 조직에서 10.5 µg wet g⁻¹으로 나타났으며, 알 내용물에 비해 새끼의 뼈 조직에서 약 3배, 성조의 뼈 조직에서 약 10배 정도 높은 농도가 검출되어 각 발달

단계에 따라 현저한 체내 축적 경향을 보였다. 두 지역 간 각 발달 단계별 납 농도는 알의 경우, 서울지역의 알 껍질과 알 내용물에서 안산 공단지역에 비해 높게 검출되었고 (p<0.05), 새끼의 경우에는 서울지역이 안산 공단지역보다 각 조직에서 다소 높은 납 농도를 보였지만, 두 지역 간 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다. 성조에서는 서울지역에 서식하는 비둘기의 뼈 조직에서 평균 29.5 µg wet g⁻¹, 안산지역에서 10.5 µg wet g⁻¹으로 서울지역이 안산지역보다 약 3배 정도 높은 납이 검출되었지만 나머지 조직간에는 두 지역 간 유의한 차이가 없는 것으로 조사되었다 (Table 3).

알, 새끼, 성조의 카드뮴 농도에서도 서울지역이 안산 공단지역보다 각 단계별로 현저히 체내에 농축되어지는 경향을 보였다 (Table 4). 서울지역의 경우, 카드뮴의 평균 농도는 알 껍질과 알 내용물에서 각각 0.04 µg wet

Table 4. Comparison of cadmium (Cd) concentrations (mean \pm SD, $\mu\text{g wet g}^{-1}$) in eggs and various tissues of feral pigeons between the Ansan Industrial complex and Seoul City

	Ansan			Seoul		
	Egg (n = 10)	Chick (n = 8)	Adult (n = 10)	Egg (n = 10)	Chick (n = 8)	Adult (n = 12)
Eggshell	0.03 \pm 0.01			0.04 \pm 0.01		
Egg contents	0.03 \pm 0.02			0.03 \pm 0.02		
Bone		0.02 \pm 0.02	0.27 \pm 0.08		0.09 \pm 0.06*	0.23 \pm 0.07
Kidney		0.05 \pm 0.02	0.43 \pm 0.28		0.06 \pm 0.02	1.05 \pm 0.62*
Liver		0.02 \pm 0.01	0.14 \pm 0.06		0.03 \pm 0.01	0.24 \pm 0.08*
Lung		0.10 \pm 0.05	0.21 \pm 0.13		0.10 \pm 0.03	0.22 \pm 0.04

* Significantly different between the Ansan industrial complex and Seoul at $p < 0.05$ using T-tests. Numbers (n) in parentheses.

Table 5. Comparison of lead concentrations (mean \pm SD, $\mu\text{g wet g}^{-1}$) of prey items (crop contents) and grains between the Ansan Industrial Complex and Seoul City

		Ansan		Seoul	
		Chick	Adult	Chick	Adult
Crop contents	Maize	0.45 \pm 0.14 (3)	0.41 \pm 0.19 (8)	0.61 \pm 0.22 (3)	0.56 \pm 0.25 (12)
	Wheat	0.66 \pm 0.17 (3)	0.68 (1)	0.47 \pm 0.18 (3)	0.54 \pm 0.21 (3)
	Bean	0.48 \pm 0.12 (3)	0.41 \pm 0.10 (3)	0.61 \pm 0.19 (3)	0.50 \pm 0.13 (3)
	Rice			1.31 \pm 0.32 (2)	0.99 \pm 0.19 (2)
	Others ^a	1.60 \pm 0.83 (8)	0.61 \pm 0.22 (4)	5.19 \pm 2.14 (8)*	0.88 \pm 0.29 (4)
Grains ^b	Maize		0.57 \pm 0.21 (3)		0.52 \pm 0.17 (3)
	Wheat		0.63 \pm 0.11 (3)		0.59 \pm 0.19 (3)

Values in parenthesis indicate the number of samples. ^aOthers are composed of domestic scraps, cements, hair, Styrofoam, etc. ^bSampled from grain stores (Ansan) and City hall (Seoul). * Significantly different between the Ansan and Seoul at $p < 0.05$ using T-tests.

g^{-1} , $0.03 \mu\text{g wet g}^{-1}$, 새끼의 신장 조직에서 $0.06 \mu\text{g wet g}^{-1}$, 성조의 신장 조직에서 $1.05 \mu\text{g wet g}^{-1}$ 으로 나타났으며, 알 내용물에 비해서 새끼의 신장 조직에서 2배, 성조의 신장 조직에서 35배 정도 농축되어진 것으로 나타났다. 안산 공단지역의 경우, 카드뮴 농도는 알 껍질과 알 내용물에서 각각 평균 $0.03 \mu\text{g wet g}^{-1}$, $0.03 \mu\text{g wet g}^{-1}$, 새끼의 신장 조직에서 $0.05 \mu\text{g wet g}^{-1}$, 성조의 신장 조직에서 $0.43 \mu\text{g wet g}^{-1}$ 으로 나타났으며, 알 내용물에 비해 새끼의 신장 조직에서 약 2배, 성조의 신장 조직에서 약 15배 정도 높은 농도가 검출되어 각 발달 단계에 따라 현저한 체내 축적 경향을 보였다. 두 지역간 각 발달 단계별 카드뮴 농도는 알 껍질과 알 내용물에서 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 새끼의 경우에는 뼈 조직에서만 서울지역에서 $0.09 \mu\text{g wet g}^{-1}$ 으로 안산지역의 $0.02 \mu\text{g wet g}^{-1}$ 보다 높은 농도가 검출되었다 ($p < 0.05$). 성조에서는 서울지역에 서식하는 비둘기의 간과 신장 조직에서 각각 평균 $0.24 \mu\text{g wet g}^{-1}$, $1.05 \mu\text{g wet g}^{-1}$ 으로 안산지역의 $0.14 \mu\text{g wet g}^{-1}$, $0.43 \mu\text{g wet g}^{-1}$ 에 비해 약 2~3배 정도 높은 카드뮴이 검출되었다 (Table 4).

3. 식이물 중 납과 카드뮴 농도

비둘기 한 개체 당 소낭 내용물은 약 20~40g 정도로 조사되었고, 소낭 내용물을 동정한 이후 각 내용물을 구분하여 납과 카드뮴 농도를 분석하였다. 또한 비둘기의 소낭 내용물 외에 서울지역은 서울시청 옥상에서 주로 급여하는 옥수수과 밀, 안산지역은 사료공장 내에 저장된 옥수수과 밀을 각각 중금속 농도 분석에 사용하였다.

납 농도는 성조의 경우 모든 소낭 내용물에서 안산과 서울 두 지역간에 유의한 차이가 없었으며 ($p > 0.05$) 새끼의 경우에는 서울지역에서 옥수수, 밀, 콩, 쌀을 제외한 나머지 내용물(음식 찌꺼기, 시멘트 조각, 머리카락, 스티로폼 등)에서 평균 $5.19 \mu\text{g wet g}^{-1}$ 으로 안산지역의 평균 $1.60 \mu\text{g wet g}^{-1}$ 보다 높은 농도가 검출되었다 (Table 5). 소낭 내용물 중 쌀은 서울지역에서만 확인되었으며 평균 $1.31 \mu\text{g wet g}^{-1}$ 의 농도가 검출되었고 옥수수, 밀, 콩 등의 납 농도보다는 다소 높은 경향을 보였다. 소낭 내의 옥수수, 밀의 납 농도와 굵이 및 사료용 옥수수, 밀의 납 농도에서는 두 지역간에 유의한 차이가 없는 것으로 조사되었다 ($p > 0.05$).

Table 6. Comparison of cadmium concentrations (mean \pm SD, $\mu\text{g wet g}^{-1}$) of prey items (crop contents) and grains between the Ansan Industrial Complex and Seoul City

		Ansan		Seoul	
		Chick	Adult	Chick	Adult
Crop contents	Maize	0.26 \pm 0.09 (3)	0.27 \pm 0.07 (8)	0.22 \pm 0.07 (3)	0.20 \pm 0.04 (12)
	Wheat	0.29 \pm 0.03 (3)	0.33 (1)	0.24 \pm 0.07 (3)	0.25 \pm 0.02 (3)
	Bean	0.31 \pm 0.07 (3)	0.30 \pm 0.05 (3)	0.29 \pm 0.05 (3)	0.23 \pm 0.07 (3)
	Rice			0.31 \pm 0.02 (2)	0.23 \pm 0.08 (2)
	Others ^a	0.23 \pm 0.01 (8)	0.29 \pm 0.09 (4)	0.20 \pm 0.01 (8)	0.23 \pm 0.04 (4)
Grains ^b	Maize	0.20 \pm 0.04 (3)		0.21 \pm 0.07 (3)	
	Wheat	0.22 \pm 0.01 (3)		0.26 \pm 0.03 (3)	

Values in parenthesis indicate the number of samples. ^aOthers are composed of domestic scraps, cements, hair, Styrofoam, etc. ^bGrains sampled by grain stores (Ansan) and City hall (Seoul). No significant difference between the two study areas was found at $p < 0.05$, T-tests.

Table 7. Comparison of lead (Pb) and cadmium (Cd) concentrations (mean \pm S.D., $\mu\text{g wet g}^{-1}$) in gizzard contents of feral pigeons between Ansan Industrial Complex and Seoul City

		Ansan		Seoul	
		Chick (n=8)	Adult (n=10)	Chick (n=8)	Adult (n=12)
Gizzard contents	Pb	1.62 \pm 0.55	1.64 \pm 0.24	4.73 \pm 1.01*	3.34 \pm 0.93*
	Cd	0.04 \pm 0.01	0.05 \pm 0.01	0.06 \pm 0.02	0.06 \pm 0.01

*Significantly different between the Ansan industrial complex and Seoul at $p < 0.05$ using T-tests. Numbers (n) in parentheses.

카드뮴 농도는 새끼 및 성조의 모든 소낭 내용물에서 유의한 차이가 없는 것으로 조사되었고 ($p > 0.05$), 소낭 내용물 중 옥수수과 밀에서의 납 농도와 급이 및 사료용 옥수수, 밀의 농도와도 비슷한 농도를 보였다 (Table 6). 옥수수, 밀, 콩, 쌀을 제외한 나머지 소낭 내용물의 카드뮴 농도에서는 두 지역간에 차이를 보이지 않았고 ($p > 0.05$), 동일 지역의 새끼 및 성조에서도 비슷한 농도의 카드뮴이 검출되었다.

4. 사낭 내용물 중 납과 카드뮴 농도

사낭 내용물은 주로 주변에서 먹이와 함께 취식한 모래 알갱이가 대부분 (약 70~95% 중량)을 차지하며 총 무게는 3.0~4.4 g으로 조사되었다. 사낭 내용물 분석은 사낭내의 전체 내용물을 대상으로 납과 카드뮴 농도를 분석하였다. 사낭 내용물 중 납의 평균 농도는 서울지역의 새끼와 성조에서 각각 4.73 $\mu\text{g wet g}^{-1}$, 3.34 $\mu\text{g wet g}^{-1}$ 으로 안산지역의 1.62 $\mu\text{g wet g}^{-1}$, 1.64 $\mu\text{g wet g}^{-1}$ 보다 높은 농도가 검출되었지만 카드뮴 농도는 두 지역간 새끼와 성조에서 0.04~0.06 $\mu\text{g wet g}^{-1}$ 으로 비슷한 농도가 검출되었다 (Table 7).

고 찰

서울과 안산 두 지역에서 서식하는 비둘기의 발달 단계에 따른 납과 카드뮴은 각각 뼈와 신장 조직에서 현저히 축적되는 경향을 보였으며, 일반적인 조류의 체내 중금속 축적 패턴과도 일치하고 있다. 알, 새끼, 성조의 납 농도는 전반적으로 서울지역이 안산 공단지역보다 높은 경향을 보였고, 서울지역의 경우, 알 내용물의 납 농도에 비해서 새끼의 뼈 조직에서 약 3배, 성조의 뼈 조직에서 약 18배 정도 높은 것으로 나타났다. 또한 안산 공단의 경우에서도 알 내용물에 비해 새끼의 뼈 조직에서 약 3배, 성조의 뼈 조직에서 약 10배 정도 높은 농도가 검출되어 각 발달 단계에 따른 현저한 생물농축 경향을 보였다.

납 농도의 경우는 서울의 성조 비둘기의 뼈 조직이 평균 29.5 $\mu\text{g wet g}^{-1}$ 으로 최근 Kim 등 (2001)의 서울 중로 일대에 서식하는 비둘기의 52.1 $\mu\text{g wet g}^{-1}$ 보다는 낮게 검출되었고, 안산 반월 공단의 10.5 $\mu\text{g wet g}^{-1}$ 보다는 약 3배 정도 높게 나타났다. 또한 알 내용물의 납 농도는 서울지역이 안산지역보다 높은 농도를 보였으나 ($p < 0.05$) 새끼의 경우 두 지역간 체내 조직 중 납 농도는 유의한 차이가 없는 것으로 조사되었다 ($p > 0.05$).

서울지역의 비둘기가 주로 취식하는 먹이는 서울시청의 관리 하에 급여하는 옥수수, 밀 등이며 소낭 내용물을 분석한 결과에서도 이와 일치하는 먹이 조성을 보였다. 반면 쌀 및 기타 내용물 (음식 찌꺼기, 시멘트 조각, 머리카락, 스티로폼) 등은 외부에서 섭취한 것이며, 새끼에서 8.7%, 성조에서 2.3%의 비율로 안산 공단지역의 새끼 1.8%, 성조 1.6%보다 높은 조성 비율이 나타났다. 두 지역의 새끼와 성조의 먹이 중 옥수수, 밀, 콩, 조 등에서의 납 농도는 두 지역간 비슷한 경향을 보였고, 두

지역의 소낭 내용물 중 주요 먹이와 급이(서울) 및 사료용(안산) 곡식의 납 농도와도 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 쌀 및 기타 내용물의 납 농도는 서울지역이 안산지역보다 다소 높게 검출되었다. 특히, 서울지역의 새끼의 경우, 기타 내용물 중 납 농도는 $5.19 \mu\text{g wet g}^{-1}$ 으로 안산 공단지역의 $1.60 \mu\text{g wet g}^{-1}$ 에 비해 3배 이상 높게 검출되었고, 쌀에서도 $1.31 \mu\text{g wet g}^{-1}$ 으로 나머지 곡식에 비해 비교적 높은 납 농도가 검출되었다. 이러한 결과는 서울지역이 안산지역보다 외부에서 먹이를 얻는 과정에서 납 등의 오염 물질이 부착된 먹이를 상대적으로 많이 섭취하고 있다는 것을 반증하고 있다. 본 연구에서는 각 지역의 먹이 조성에 따른 영양학적 측면은 고려하지 않았으나, Kendall 등(1982)은 다량의 단백질이 포함된 먹이는 체내의 납 흡수를 저하시키는 것으로 보고하였고, 체코에서는 단백질이 풍부한 완두콩을 주로 섭취한 비둘기의 깃털 등의 조직에서 다른 지역에 비해 다소 낮은 납 농도가 검출된 사례(Janiga 1985)를 고려할 때, 각 지역의 먹이 조성의 차이에 따른 영양학적 측면에서의 납 축적의 차이 등도 고려해야 할 것으로 판단된다. 곡식을 주식으로 하는 조류, 특히 비둘기의 경우는 먹이의 소화, 흡수를 촉진시키기 위하여 작은 모래 알갱이를 섭취하는 과정에서 모래 알갱이에 부착된 납이 체내에 유입되어 축적되어질 수 있다(Hutton and Goodman 1980). 서울지역에서는 특징적으로 새끼 및 성조의 사낭 내용물에서 각각 평균 $4.73 \mu\text{g wet g}^{-1}$, $3.34 \mu\text{g wet g}^{-1}$ 의 납이 검출되었고, 안산 공단지역의 평균 $1.62 \mu\text{g wet g}^{-1}$, $1.64 \mu\text{g wet g}^{-1}$ 보다 유의하게 높은 농도가 검출되었다($p < 0.05$). 이러한 두 지역간의 차이는 서울지역에서 서식하는 비둘기가 안산 공단지역의 비둘기보다 주변의 납 오염에 더욱더 노출되어 있는 흙 및 모래 알갱이를 섭취하고 있다는 것을 나타내고 있다. 따라서 비둘기의 성장 단계에 따른 두 지역간 납 농도는 소낭, 사낭 내용물을 분석한 결과를 고려해 볼 때, 곡식 등의 먹이 자체에 의한 영향보다는 외부에서 섭취한 먹이(쌀), 기타 내용물(음식 찌꺼기, 시멘트 조각, 머리카락, 스티로폼) 및 모래 알갱이 등에 부착된 납 농도 등에 영향을 크게 받았다고 판단된다.

알, 새끼, 성조의 카드뮴 농도에서도 서울지역이 안산 공단지역보다 각 단계별로 현저히 체내에 농축되어지는 경향을 보였다. 서울지역의 경우, 알 내용물에 비해서 새끼의 신장 조직에서 2배, 성조의 신장 조직에서 35배 정도 농축되어진 것으로 나타났으며 안산 공단지역의 경우 알 내용물에 비해 새끼의 신장 조직에서 약 2배, 성조의 신장 조직에서 약 15배 정도 높은 농도가 검출되었다. 특히, 카드뮴은 비둘기 체내 조직 중에서 주로 신

장 조직에 축적되어지는 경향을 보였다. 그러나 알 내용물, 알 껍질 및 새끼의 뼈 조직을 제외한 모든 조직에서 두 지역간 비슷한 카드뮴 농도가 검출되었다. 그리고 사낭 내용물의 카드뮴 농도는 두 지역의 새끼, 성조에서 $0.04 \sim 0.06 \mu\text{g wet g}^{-1}$ 으로 두 지역간 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며($p > 0.05$), 소낭 내용물에서도 전반적으로 두 지역간에 비슷한 농도가 검출되었다($p > 0.05$). 다만 두 지역에서 사낭 내용물의 카드뮴 농도($0.04 \sim 0.06 \mu\text{g wet g}^{-1}$)에 비해 소낭 내용물 중 카드뮴 농도($0.20 \sim 0.33 \mu\text{g wet g}^{-1}$)가 약 3~5배 정도 높게 나타났으며 납 농도의 경우와는 상이한 결과가 조사되었다. 특히 서울지역의 먹이 중 밀이 차지하는 비율이 새끼 24.2%, 성조 27.9%로 안산 공단지역보다 높게 나타났으며, 옥수수보다는 밀에서 다소 높은 납 농도 경향으로 보아 이러한 먹이 조성상의 차이로 인해 서울지역이 안산 공단지역보다 높은 농도의 카드뮴이 신장 조직에 축적되어진 것으로 사료된다. 또한 두 지역의 소낭 내용물 중의 주요 먹이원과 급이 및 사료용 먹이의 카드뮴 농도도 비슷한 경향을 보이고 있으며, 이러한 결과는 납의 경우와는 다르게 외부에서 먹이를 통해 부착된 카드뮴보다는 먹이 자체에 의해서 주로 체내의 카드뮴 농도가 영향을 받고 있는 것으로 판단된다.

사료공장 주변인 안산 공단지역에 서식하는 비둘기는 서울지역의 비둘기에 비해 먹이를 섭취할 기회가 상대적으로 많음에도 불구하고 성조의 체중이 평균 300g으로 서울지역의 345g보다 낮게 조사되었는데 이러한 부분은 시골 및 교외지역에서 서식하는 비둘기에 비해 도심지역에서 서식하는 비둘기가 상대적으로 열악한 취식 환경에도 불구하고 시간 당 먹이 취득 횟수가 많고, 다량의 먹이를 섭취하기 위해서 노력하여 체중도 크게 나타난다고 하는 Murton 등(1972)의 결과와도 일치하고 있다. 또한 비둘기의 체중과 신장의 납 농도간에서도 유의한 양의 상관관계가 나타나는 것으로 알려져 있으며(Hutton 1980), 도심지역에서 서식하는 비둘기의 이러한 먹이습성은 체내의 납과 카드뮴의 농도에 크게 영향을 끼치는 것으로 보고되었다(Hutton 1983; Janda 1993).

향후, 비둘기의 성장단계에 따른 납과 카드뮴의 축적 정도의 차이가 번식생태에 어떠한 영향을 끼치고 있는지에 대한 연구 역시 요구되며, 이러한 접근을 통해 그 지역의 물리적 오염 정도 뿐만 아니라 생태학적인 위해 정도를 판단하는데도 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

적 요

도심 지역인 서울시청 부근과 공단지역인 안산 반월

공단지역 내에 서식하는 비둘기의 알, 새끼, 성조를 대상으로 각 발달 단계에 따른 납과 카드뮴의 체내 축적 농도를 비교하고 각 지역의 오염 수준을 파악하고자 수행하였다. 조사 결과, 납 및 카드뮴 농도는 뼈, 신장, 간, 허파 등 모든 조직에서 새끼보다 어미가 높았으며, 특히 납은 뼈에서, 카드뮴은 신장에서 현저하게 높았다. 서울의 경우, 납 농도는 알보다 새끼의 뼈 조직에서 약 3배 높았고, 새끼보다 성조의 뼈 조직에서 약 6배가 높게 검출되었다. 카드뮴의 경우에도 알보다 새끼의 신장 조직에서 약 2배, 새끼보다 성조의 신장 조직에서 약 17배 정도 높게 검출되었다. 이와 같이 납과 카드뮴 농도는 모두 알, 새끼, 성조의 발달 진행에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 이러한 경향은 안산 공단지역보다 서울지역이 더욱 현저하였다.

참 고 문 헌

- Hoffman DJ, BA Rattnen, JrG Allen Burton and Jr Johi-Cairns. 1995. Handbook of ecotoxicology. CRC press. pp. 356-423.
- Hutton M and GT Goodman. 1980. Metal contamination of feral pigeons *Columba livia* from London area: part I-Tissue accumulation of lead, cadmium and zinc. Environmental pollution (Series A). 22:207-217.
- Hutton M. 1980. Metal contamination of feral pigeons *Columba livia* from London area: part 2-Biological effects of lead exposure. Environmental pollution (series A). 22:281-293.
- Hutton M. 1983. The effects of environment lead exposure and in vitro zinc on tissue δ -aminolevulinic acid dehydratase in urban pigeons. Comp. Biochem. Physiol. 74C:441-446.
- Janda P. 1993. Nektere aspekty ekologie feralnich holubu (*Columba livia f. domestica*) V. praze. M.S. thesis, charles university. Prague.
- Janiga M. 1985. The ecological results of a mechanical way of the limiting the feral pigeon (*Columba livia f. domestica*) number in a town. Bull. Appl. Ornithology 5:101-107.
- Johnston RF and M Janiga. 1995. Feral pigeons. Oxford university press. pp. 15-247.
- Kendall RJ, PF Scanlon and RT Di Giulio. 1982. Toxicology of ingested lead shot in ringed turtle doves. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 11:259-263.
- Kim JS, SH Han, DP Lee and TH Koo. 2001. Heavy Metal Contamination of Feral Pigeons *Columba livia* by Habitat in Seoul. The Korean J. of Ecology. 24(5):303-307.
- Lee DP. 1989. Heavy metal accumulation in birds: Use of feathers as monitoring without killing. Ph. D. Thesis, Ehime University, Matsuyama, Japan.
- Lee DP. 1991. Residues of heavy metals and organochlorine chemicals in selected bird, fish and frog species from Korea. Bull. of the KACN. 11:1-10.
- Lee DP. 1996. Relationship of Heavy Metal Level in Birds. Bull. Kor. Inst. Orni. 5(1):59-67.
- Murton RK, RJP Thearle and J Thompson. 1972. Ecological studies of the feral pigeons *Columba livia* var.1. Population breeding biology and methods of control. J. Appl. Ecol. 9:835-874.

Manuscript Received: December 18, 2002

Revision Accepted: April 17, 2003

Responsible Editorial Member: Jong Min Oh
(Kyonghee Univ.)