

비둘기의 체내 조직 중 중금속 농도의 상관관계

남동하 · 이두표*[†] · 구태희

경희대학교 환경응용화학부, 호남대학교 생명과학과*

적 요: 전국 6개 지역에서 서식하는 비둘기(*Columba livia*) 60마리를 채집하여 간, 신장, 뼈, 허파 조직의 Fe, Zn, Mn, Cd, Pb 농도를 측정하고 조직간, 원소간 상관관계를 분석하였다. 조사 결과 조직간, 원소간에 다양한 상관관계가 있는 것으로 밝혀졌다. 조직별 원소간 상관관계에서는 독성 원소인 카드뮴의 경우 체내 축적은 장점막내의 흡수 수용체로부터의 철 흡수를 저하시키며, hemoglobin과 hematocrit의 낮은 수치를 유도하므로 두 원소간 음의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 간 및 신장 조직 중 독성 원소인 카드뮴과 필수 원소인 아연과는 정의 상관관계가 나타났으며, 이는 체내 항상성 유지를 위한 독성방어 메커니즘과 밀접한 관련이 있음을 시사한다. 간 조직 중 납과 철과의 정의 상관관계는 6개 지역 중 상대적으로 농도가 높은 부산지역에서만 나타났으며, 이는 납이 hemoglobin 합성을 방해하여 간 조직 내 철의 보유량을 증가시킨다는 사실을 암시한다. 원소간 조직별 상관관계에서는 오염원소인 납과 카드뮴에서 상대적으로 다른 원소에 비해 다양한 상관관계가 나타난 것으로 조사되었으며, 이러한 조직간, 원소간 상관관계는 조류를 이용한 특정지역의 오염 및 위해 정도를 모니터링하는 데 필히 고려되어야 한다는 사실을 시사한다.

검색어: 비둘기, 상관관계, 중금속

서 론

조류의 조직 내 중금속 축적 패턴은 식성, 서식지역 및 종간의 차이를 반영하며, 체내의 다양한 생리작용에 따라 특이적인 분포 경향을 나타내는 것으로 알려져 있다(Lee 1996). 또한 중금속이 체내에 흡수되어 각 조직에 재분배되는 과정에서 각 조직 및 원소간에 상호 밀접한 연관성을 가지며, 그러한 과정에서 중금속의 체내 분포와 축적 수준에 차이를 보인다(Burger and Gochfeld 2000). 특히, 환경 중의 오염원소가 체내에 유입이 되어 장·단기간에 걸쳐 축적이 될 경우에는 특정조직 및 원소간에 상호 경쟁적·배타적인 축적 경향을 보이며, 독성방어 및 항상성 기작 등의 복잡한 생리작용이 발현된다(Scheuhammer 1996, Świergosz and Kowalska 2000).

따라서 본 연구는 비둘기를 대상으로 각 조직 및 원소간의 상관관계와 상호 영향에 대해서 검토해보고자 수행하였다.

재료 및 방법

연구지역은 경기도 덕적도(섬 지역), 서울시 중구(도심지역), 여주시 중흥동, 안산시 반월, 울산시 여천동, 부산시 감전동(공단지역) 등 6개 지역이며, 2000년 9월에서 12월 사이에 성조(adult)를 대상으로 각 지역당 8~12개체를 채집하였다. 이들 조류는 채집 즉시 폴리에틸렌 봉지에 넣어 해부시까지 -20°C에서 냉동 보관하였다. 기본적인 외부 측정을 실시한 후 해부하여

뼈(femur), 신장, 간, 허파 등의 조직을 적출하고 중금속 분석시까지 -20°C에서 냉동 보관하였다. 냉동 보존한 각 조직은 해동시켜 균질화 한 다음, 약 3~5 g에 황산, 질산, 과염소산을 2:5:1의 비율로 가하여 가열 분해한 후 분해액을 100ml로 희석하였다. 철(Fe), 망간(Mn), 아연(Zn), 구리(Cu)는 원자흡광광도법에 의해 직접 측정하였으며, 납(Pb)과 카드뮴(Cd)은 분해액을 DDTC-MIBK에 의해 추출 농축한 후 원자흡광광도법을 이용으로 측정하였다(Lee 1989). 통계 처리는 Pearson 상관계수를 이용하여 유의성을 검정하였다.

결 과

조직별 원소간 상관관계

6개 지역에서 60마리의 샘플을 분석한 결과, 간, 신장, 뼈, 허파 조직에서 Fe, Zn, Mn, Cd, Pb 등의 원소간에 유의한 상관관계가 있는 것으로 밝혀졌다(Table 1). 또한 6개 지역의 간 조직 중 평균 납 농도는 1.36~2.72 µg/wet g, 철은 276~616 µg/wet g, 카드뮴은 0.11~0.31 µg/wet g, 아연은 15.3~65.6 µg/wet g으로 조사되었다(Table 2). 특히 부산지역에서는 가장 높은 농도의 납과 철이 검출되었으며, 다른 지역과 다르게 두 원소간 유의한 양의 상관관계가 나타나는 것으로 밝혀졌다(Table 3). 아연 농도의 경우에도 부산지역이 다른 지역에 비해 약 3배 정도 높은 수치가 검출되었으며, 카드뮴과 아연 농도간에 유의한 상관관계가 있는 것으로 조사되었다(Table 3). 신장 조직 중 카드뮴 농도는 0.06~1.27 µg/wet g, 아연은 9.53~12.5 µg/wet g, 납은 1.45~

[†] Author for correspondence; Phone: 82-62-940-5434, e-mail: dplee@honam.ac.kr

Table 1. Correlation coefficients (r) between concentrations of Pb, Cd, Zn, Cu, Mn and Fe in different tissues of feral pigeons

Tissue	Pair of metals	r	P
Liver	Fe-Zn	0.34	P<0.01
Kidney	Fe-Cd	-0.29	P<0.05
Bone	Pb-Zn	0.44	P<0.01
Lung	Pb-Cd	0.34	P<0.01
	Fe-Mn	0.39	P<0.01
	Cd-Mn	0.32	P<0.05

Number of samples: 60 adult pigeons.

4.13 $\mu\text{g}/\text{wet g}$, 철은 93.1~154 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 으로 나타났으며, 서울지역에서만 카드뮴과 아연 농도간에 유의한 상관관계가 나타났다 (Table 3).

원소간 조직별 상관관계

각 원소별로 간장, 뼈, 허파, 신장 조직간 상호 관계를 조사한 결과 조직간에 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, 특히 오염 원소인 Pb, Cd과 필수원소인 Zn에서 현저한 것으로 조사되었다(Table 4).

Table 2. Concentrations(mean \pm SD, $\mu\text{g}/\text{wet g}$) of Pb, Cd, Fe and Zn in liver and kidney of feral pigeons

		Rural		Urban		Industrial complexes	
		Duckjeok(8)	Seoul(12)	Yochon(11)	Ansan(10)	Busan(9)	Ulsan(10)
Liver	Pb	1.57 \pm 0.27	2.33 \pm 0.78	1.36 \pm 0.27	1.80 \pm 0.46	2.72 \pm 1.49	1.84 \pm 1.20
	Fe	376 \pm 96.5	276 \pm 93.0	568 \pm 148	335 \pm 66.3	616 \pm 161	338 \pm 76.7
	Cd	0.11 \pm 0.05	0.24 \pm 0.08	0.21 \pm 0.05	0.14 \pm 0.05	0.25 \pm 0.12	0.31 \pm 0.10
	Zn	16.7 \pm 2.56	15.3 \pm 3.59	25.3 \pm 7.90	26.0 \pm 11.6	65.6 \pm 30.5	16.5 \pm 4.93
Kidney	Pb	1.45 \pm 0.24	4.13 \pm 1.31	2.52 \pm 0.75	2.98 \pm 1.38	4.03 \pm 2.41	3.29 \pm 3.30
	Fe	138 \pm 18.5	93.1 \pm 16.3	154 \pm 33.9	147 \pm 29.3	104 \pm 59.4	104 \pm 39.2
	Cd	0.06 \pm 0.03	1.05 \pm 0.62	0.68 \pm 0.58	0.43 \pm 0.27	0.66 \pm 0.72	1.27 \pm 0.98
	Zn	10.2 \pm 1.30	11.5 \pm 1.48	9.53 \pm 1.36	11.5 \pm 2.38	12.5 \pm 6.15	10.3 \pm 2.47

Numbers in parenthesis indicate the number of samles.

Table 3. Correlation coefficient (r) between the concentrations of Pb, Cd, Zn and Fe in liver and kidneys of feral pigeons

		Rural		Urban		Industrial complexes	
		Duckjeok(8)	Seoul(12)	Yochon(11)	Ansan(10)	Busan(9)	Ulsan(10)
Liver	Pb-Fe	0.22	0.45	0.36	0.66	0.80*	0.56
	Cd-Zn	0.40	0.52	0.48	0.35	0.75*	0.49
Kidney	Cd-Zn	0.23	0.81*	0.34	0.25	0.44	0.72

Numbers in parenthesis indicate the number of samles.

* P<0.05.

Table 4. Correlation coefficients (r) between pairs of tissues in different metals of feral pigeons

Metal	Pair of tissues	r	P	Metal	Pair of tissues	r	P
Pb	Liver-Bone	0.61	P<0.01	Mn	Bone-Lung	0.52	P<0.01
	Liver-Lung	0.31	P<0.05		Lung-Kidney	0.35	P<0.01
	Liver-Kidney	0.32	P<0.05	Zn	Liver-Kidney	0.38	P<0.01
	Bone-Lung	0.51	P<0.01		Liver-Lung	0.48	P<0.01
	Bone-Kidney	0.35	P<0.01		Lung-Kidney	0.64	P<0.01
	Lung-Kidney	0.40	P<0.01		Fe	Liver-Lung	-0.39
Cd	Liver-Bone	0.44	P<0.01	Liver-Bone		0.52	P<0.01
	Liver-Kidney	0.52	P<0.01	Cu		Lung-Bone	0.50
	Lung-Kidney	0.28	P<0.05				

Number of samples: 60 adult pigeons.

고 찰

조사결과 신장 조직 중 철과 카드뮴간에 음의 상관관계가 나타나는 것으로 밝혀졌다. 일반적으로 철은 정상적인 조건 하에서 체내 조직에 일정한 수준으로 조절되어지며, 독성원소인 카드뮴의 체내 축적은 장점막내의 흡수 수용체로부터의 철 흡수를 저하시키게 하며 특정 조직 중 철의 정상적인 농도에 부정적인 영향을 끼친다. 이러한 두 원소간 음의 상관관계는 hemoglobin과 hematocrit 수치의 감소 등으로 설명할 수 있다(Swiergosz and Kowalska 2000).

신장 조직에 축적된 카드뮴은 산소 결핍과 골수에서 생산되는 다량의 조혈촉진인자 생산과 관련이 있고, 카드뮴은 장기간에 걸쳐 신장 조직 내에 흡수되며 metallothionein(MT) 형성과도 연관성이 있는 것으로 알려져 있다(Swiergosz and Kowalska 2000).

카드뮴은 외부로부터 혈액과 림프로 주로 흡수되어 각 조직에 분배되며(Amdur *et al.* 1991) 혈액 중 카드뮴은 높은 친화성을 지닌 다분자 혈청단백질 중 주로 albumin과 결합되어 있고 혈액 세포에 있는 60% 정도의 카드뮴은 MT와 결합이 되어있으며(Seńczuk 1994), 혈청단백질과의 결합은 카드뮴의 생물학적 반감기를 증가시켜 카드뮴의 대사작용과 배설을 지연시키는 것으로 알려져 있다(Webb 1979). 물론 임계농도 이상에서의 카드뮴의 독성 영향 및 메커니즘, 다른 원소간 상호 관계의 일부가 밝혀져 있지만 아직 임계 농도 이하에서의 메커니즘은 확실히 밝혀지지 않고 있다(Scheuhammer 1987). 다만 몇 가지의 가설 및 실험 등이 알려져 있으며 카드뮴의 신장독성 및 원소간 상호관계는 MT와 결합이 되어 있지 않은 유리된 일부의 카드뮴 농도에 달려 있다는 것과 망상구조를 갖는 조직 및 간 조직 세포에 의해 배설된 카드뮴과 MT의 복합체가 신장 사구체에 의해 걸러지고 이후 외부 신장 세포에 의해서 재 흡수되어 대사과정을 거친다는 설이 있다(Nomiyama and Nomiyama 1986, Goyer *et al.* 1989).

뿐만 아니라 카드뮴이 MT에 있는 철을 포함한 필수원소를 대체하며, 이러한 MT로부터 필수 보조인자를 교체한다는 설이 알려져 있다(Dudley *et al.* 1985). 본 연구의 경우에는 신장 조직의 농도가 임계농도보다는 상당히 낮은 수준이며, 이러한 결과가 신장 조직내의 철과 카드뮴의 상관관계에서 다소 낮은 음의 상관관계를 보인 것으로 사료된다.

신장 조직 중 카드뮴과 아연과의 상관관계는 6개 지역 중 서울지역에서만 나타났으며, 울산지역을 제외한 다른 지역에 비해 상대적으로 높은 농도의 카드뮴이 검출되었다. 그러나 아연은 모든 지역에서 9.5~12.5 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 으로 비슷한 농도가 검출되었다($p>0.05$). 그리고 간 조직 중 카드뮴과 아연과의 상관관계는 6개 지역 중 부산지역에서만 나타났으며, 다른 지역에 비해 약 3배 정도 높은 아연이 검출되었다. 보통 아연은 카드뮴의 독성영향을 감소시키며 상호 경쟁적인 축적 양상을 나타내는 필수원소로 알려져 있다. 독성원소인 카드뮴과 필수원소인 아연과의

상호관계는 체내 항상성 유지를 위한 독성방어 메커니즘과 밀접한 관련이 있으며, 아연은 장점막내의 흡수 수용체로부터의 독성 원소인 카드뮴 흡수를 감소시키게 하며, 조직내의 카드뮴의 독성을 줄이게 하는 역할을 한다(Kumar and Bawa 1979). 뿐만 아니라 MT의 생산을 유도하여 세포질내의 유리 카드뮴의 농도를 감소시키게 하며 체내의 독성을 완화시키는데 중요한 메커니즘으로 작용하는 것으로 알려져 있다(Swiergosz and Kowalska 2000). 즉, 카드뮴의 대부분은 이 MT와 결합함으로써 독성발현이 억제되며 체내 조직 중 카드뮴의 대부분은 MT와 결합한 형태로 존재하고 있다는 것을 나타낸다. 본 연구에서는 울산지역을 제외하고 전반적으로 카드뮴 농도가 상대적으로 높은 지역에서 아연과 양의 상관관계가 나타나는 것으로 조사되었으며 이는 독성 원소인 카드뮴과 필수원소인 아연과 경쟁적인 상호관계가 있다는 것을 시사하고 있다.

간 조직 중 납과 철과의 상관관계는 6개 지역 중 부산지역에서만 나타났으며, 다른 지역에 비해 상대적으로 높은 농도의 철과 납이 검출되었다. 철은 장점막내의 흡수 수용체를 통해 흡수되는 과정에서 납과 상호 경쟁하므로 철이 부족할 경우에는 납의 흡수가 촉진되며, 납의 축적은 철분의 이동과 이용을 방해하고 헴 합성에 필요한 효소의 활성을 저하시켜 철분 결핍과 납 축적이 동시에 발생하기가 쉽다(Underwood 1971, Son and Yang 1998).

납은 혈액에서 대부분 적혈구에 존재하고 적혈구에서는 hemoglobin에 결합되어 있어 납의 축적은 철분 부족으로 인하여 카드뮴의 흡수 및 보유량을 증가시키는 것으로 알려져 있다(Ragharan *et al.* 1980). 따라서 납이 간장에서의 hemoglobin 합성을 방해하여 간 조직 내의 철의 보유를 증가시켜 조직 내 철과 납 원소간 정의 상관관계가 나타난 것으로 판단된다.

그 밖에 칼슘, 마그네슘, 인, 철, 아연, 구리, 크롬, 세슘 등의 무기질 및 비타민 A, B, C, D, E 등의 식이 인자가 납 축적 및 중독에 영향을 끼치며, 단백질이 납 중독을 완화시킨다는 보고가 있는데(Kim and Kim 1991), 그 메커니즘은 대체로 납이 이온 형태로 단백질과 결합하여 MT으로 전환되어 뇨로 배설되거나, 또는 단백질이 납에 의해 손상된 조직의 재생에 관여함으로써 간접적으로 납 독성을 완화시키는 것으로 알려져 있다(Foulkes 1981, Kim and Kim 1991).

혈액에 존재하는 납은 혈장단백질인 albumin이나 MT와 결합하여 존재하나 주로 albumin과 결합한 상태로 운반되어 간에 저장되고 납은 느슨하고 가역적으로 결합하여 간과 다른 장기로 빠른 속도로 운반되므로 혈중 농도는 낮게 유지되는 것으로 알려져 있다(Kim and Kim 1991). 이렇게 혈액으로부터 운반된 납은 간으로부터 혈액을 경유하여 신장으로 운반되고 사구체에서 여과, Proximal tubule에서 재 흡수되고, MT이 분해되면서 결합되었던 중금속을 유리시켜 뇨를 통한 중금속 이온의 배설을 돕는 등 납을 비롯한 중금속 이온들을 운반하는 기능을 하므로 간보다는 신장 조직에 높은 농도의 납이 축적 된다(Cherian and Nordberg 1983, Kim and Kim 1991).

본 연구 결과에서도 간과 신장에서 축적된 납의 함량을 비교할 때 대체로 신장에 많은 양의 납이 축적되는 양상을 나타냈으며, 이것은 간에서보다는 신장 조직에서 MT의 반감기가 훨씬 크다는 것과는 관련된다고 볼 수 있다.

또한 혈액 중 납이 지속적으로 뼈 조직에 확산되는 과정에서 납의 대부분은 장기간에 걸쳐 뼈에 축적된다(Marcus 1985). 지금까지는 칼슘, 마그네슘, 인, 철, 크롬, 아연 등의 무기질과 비타민, 섬유소, 지방, 단백질 등의 다양한 인자가 납의 체내 대사과정에서 상호작용을 함으로써 납 축적에 영향을 끼친다고 보고된 바 있으며, 특히 칼슘의 경우에는 칼슘 섭취량이 낮을수록 납의 체내 흡수가 증가함으로써 납 중독의 예방인자로서 역할을 하는 것으로 보고되어져 있다(Ragon 1977, Jun *et al.* 1993). 본 연구에서는 기타 다른 원소간에 유의한 상관관계가 다양하게 나타나지 않았으며 이는 전반적으로 지역별 체내 중금속 농도 범위의 차이가 크지 않았기 때문인 것으로 사료된다.

원소간 조직별 상관관계 중 독성원소인 납과 카드뮴의 경우는 각 조직간에 다양한 상관관계가 나타나고 있으며, 간 조직과 기타 조직과의 정의 상관관계는 간 조직을 통해 오염원소가 각 조직에 일정한 비율로 분배 및 조절되고 있음을 시사하고 있다. 간 조직을 통한 이러한 분배과정은 납과 카드뮴이 먹이에 의한 경로를 통해 각 조직에 재분배되고 있다는 것을 일정 부분 반영하고 있다. 특히, 납의 경우 간과 허파 조직간에 유의한 상관관계가 나타났는데, 이는 먹이뿐만 아니라 호흡에 의한 영향과도 결부시킬 수 있을 것이다. 일반적으로 호흡을 통해 흡수된 납은 사람의 경우 6시간 이내에 약 50%정도 혈액에 흡수되며, 약 3일 이내에 거의 대부분의 납이 혈액을 통해 체내로 이동된다(Hoffman *et al.* 1995). 또한 먹이를 통한 흡수는 간 조직을 통해 각 조직에 분배되는 것으로 잘 알려져 있으며, 이러한 결과들은 체내의 분포 양상 및 상관관계를 통해 오염 원소의 체내 이동경로 등의 추정에도 결부시킬 수 있음을 시사하고 있다. 필수원소의 경우에도 각 조직간 일정한 상관관계를 나타내며, 체내 조직내 일정한 분포 패턴을 나타내는 것으로 조사되었다. 이들 필수원소는 체내의 다양한 생리작용의 결과로, 망간의 경우 뼈와 허파, 허파와 신장 조직에서, 아연의 경우 간과 신장, 간과 허파, 허파와 신장조직에서, 철의 경우 간과 허파, 간과 뼈조직에서, 구리의 경우 허파와 뼈조직에서 유의한 상관관계가 있는 것으로 밝혀졌다. 그러나 이러한 필수원소의 상관관계에 대한 기작에 대해서는 아직 명확히 규명되어 있지 않은 실정이다.

따라서, 이러한 조직간, 원소간 상관관계에 대한 고찰은 특정 지역에 서식하는 대상 개체의 오염 및 위해 정도를 모니터링시 필히 고려되어야 할 사항이라고 판단되며, 향후 이들의 연관성을 토대로 환경 오염 모니터링의 실제에 활용되어질 수 있으리라고 사료된다.

인용문헌

Amdur, M. O., J. Doull and C. D. Klaassen. 1991. Cassarett and

- Doull's Toxicology. Pergamon, Toronto, ON, Canada. pp. 7-69.
- Burger, J. and M. Gochfeld. 2000. Metal levels in feathers of 12 species of seabirds from Midway Atoll in the northern Pacific Ocean. *The Science of the Total Environment* 257: 37-52.
- Cherian, M. G. and M. Nordberg. 1983. Cellular adaptation in metal toxicology and metallothionein. *Toxicology* 28: 1-6.
- Dudley, R. E., L. M. Gammal and C. D. Klaassen. 1985. Cadmium-induced hepatic and renal injury in chronically exposed rats: Likely role of hepatic cadmium-metallothionein in nephrotoxicity. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 7:414-426.
- Foulkes, L. C. 1981. Biological roles of metallothionein. Elsevier North-Holland. Pp. 11-34.
- Goyer, R. A., C. R. Miller, S. Y. Zhu and W. Victory. 1989. Non-metallothionein bound cadmium in the pathogenesis of cadmium nephropathy in the rat. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 101: 232-244.
- Hoffman, D. J., B. A. Rattnen, Jr. G. Allen-Burton and Jr. Johi-Cairns. 1995. Handbook of ecotoxicology. CRC press. pp. 356-423.
- Jun, Y. S., A. J. Kim and M. K. Choi. 1993. The Relationship between Lead Intake and Calcium Status in Korean Rural Adult Men and Women on Self-Selected Diet. *Kor. J. Food & Nutrition* 6(2): 211-218.
- Kim, J. H. and M. K. Kim. 1991. Effect of dietary protein and fiber on the lead and protein metabolism in lead poisoning rats. *Kor. Home Eco. Assoc.* 29(3):47-59.
- Kumar, R. and S. R. Bawa. 1979. Hepatic silver binding protein (AgBP) from sparrow (*Passer domesticus*). *Experientia* 35: 1621-1623.
- Lee, D. P. 1989. Heavy metal accumulation in birds: Use of feathers as monitoring without killing. Ph. D. dissertation, Ehime University, Matsuyama, Japan.
- Lee, D. P. 1996. Relationship of Heavy Metal Level in Birds. *Bull. Kor. Inst. Orni.* 5(1): 59-67.
- Marcus, A. H. 1985. Multicompartment kinetic models for lead (1. Bone diffusion models for long-term retention). *Environ. Research* 36: 441-458.
- Nomiyama, K. and H. Nomiyama. 1986. Critical concentration of "unbound" cadmium in the rabbit renal cortex. *Experientia* 42: 149.
- Ragharan, S. R. V., B. D. Culver and H. C. Gonick. 1980. Erythrocyte lead binding protein after occupational exposure: I. Relationship to lead toxicity. *Environ. Res.* 22: 264-270.
- Ragon, H. A. 1977. Effects of iron deficiency on the absorption and distribution of lead and calcium in rats. *J. Lab. Clin. Med.*, Oct., 700p.
- Scheuhammer, A. M. 1987. The chronic toxicity of aluminium,

- cadmium, mercury, and lead in birds: A review. *Environ. Pollu.* 46: 263-295.
- Scheuhammer, A. M. 1996. Influence of reduced dietary calcium on the accumulation and effects of lead, cadmium, and aluminum in birds. *Environ. Pollu.* 94: 337-343.
- Seńczuk, W. 1994. *Toxicology*. PZWL, Warszawa, Poland. Pp. 27-59.
- Son, M. S. and S. Y. Yang. 1998. The Difference of Lead and Cadmium Concentration of Blood, Urine and Hair between Children with Suboptimal Iron Status and Normal Children. *Korean J. Community Nutrition* 3(2): 167-173.
- Świergosz, R. and A. Kowalska. 2000. Cadmium accumulation and its effects in growing pheasants *Phasianus colchicus*(L.). *Environmental Toxicology and Chemistry* 19(11): 2742-2750.
- Underwood, E. J. 1971. *Trace element in human and animal nutrition* (3rd ed.). New York. Academic press.
- Webb, M. 1979. *The Chemistry, Biochemistry and Biology of Cadmium*. Elsevier/North-Holland Biomedical, Amsterdam, Holland. pp. 9-71.

(2002년 8월 30일 접수 ; 2002년 9월 30일 채택)

Correlation between Heavy Metal Levels in Tissues of Feral Pigeons (*Columba livia*)

Nam, Dong-Ha, Doo-Pyo Lee*[†] and Tae-Hoe Koo

School of Environment and Applied Chemistry, Kyung-Hee University

*Department of Biological Science, Honam University**

ABSTRACT : Concentrations of Fe, Zn, Mn, Cd and Pb were determined in the tissues of sixty adult pigeons collected at six colonies in Korea, and examined correlations between elements, and between tissues in feral pigeons. As the results, we found many significant correlations between elements, and between tissues in them. A negative correlation between Cd and Fe concentrations was observed in the kidney. Cd depresses the absorption of Fe from the intestine and, in this way, affects the levels of Fe in particular tissues. This tendency could be expressed in terms of lower hemoglobin and hematocrit values because hematocrit is one of the most sensitive indicators of Cd intoxication. Zn concentrations are strongly associated with higher Cd levels in the kidney and liver. This is thought to be a reflection of the interaction known to occur between these two metals. Zn induction has been shown to antagonize a number of toxic effects of Cd. A positive correlation between Pb and Fe concentrations was detected in the livers at the Busan colony with relatively high Pb and Fe concentrations. Pb has been shown to co-accumulate with Fe in the liver by inhibiting the heme synthesis. Significant correlations, especially in toxic elements, Pb and Cd, were observed for many pairs of tissues. We suggest that these correlations between elements, and between tissues should be considered in biomonitoring for heavy metal pollution.

Key words : Correlations, Feral pigeons, Heavy metal
