

## 대기 및 토양 오염의 지표로서 비둘기 조직의 연농도

변영우 · 황태윤 · 이증정 · 김창윤 · 정종학

영남대학교 의과대학 예방의학교실

= Abstract =

### Lead Concentrations of Pigeon's Tissue as Indicator of Lead pollution in Air and Soil

Yung-Woo Byun, Tae-yoon Hwang, Jung-Jeung Lee,  
Chang-yoon Kim, Jong-Hak Chung

*Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Yeungnam University*

It has been studied that a variety of fauna and flora are sensitive biological indicators which reflect the severity of regional pollution of heavy metals, but in the center of part of Taegu City the controversial issue of lead poisoning attributable to the atmosphere which contains an increased concentrations of lead has been raised recently, it is usually hard to find suitable plants or animal in the areas with heavy traffic.

Pigeons are ubiquitous in and around Taegu City area, inhabiting even the most densely populated areas with heavy traffic. With its small body size, high metabolic turnover, and rather limited mobility, a pigeon, as a biological indicator is expected.

This study was conducted to monitor lead pollution in the Taegu and Kyongju City in Korea. We measured the lead content of the various tissue of three groups of feral pigeon(*Columba livia*) and soil and atmospheric lead concentration.

First group was obtained in heavy traffic area in Taegu City, the second group was obtained a park in Taegu City and the third group was obtained light traffic area in Kyongju City.

The air and soil lead concentration of heavy traffic area in Taegu City was  $0.11\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $4.96\mu\text{g}/\text{g}$ , that of park in Taegu City was  $0.05\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $2.65\mu\text{g}/\text{g}$  and that of light traffic area in Kyongju City

---

\* 본 연구는 1995학년도 영남대학교 학술연구조성비 지원으로 이루어졌음.

was  $0.03\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $0.01\mu\text{g}/\text{g}$ .

The lead content of lung, blood, kidney, femur and liver of feral pigeons in heavy traffic area in Taegu City was significantly higher than pigeons obtained in a park in Taegu City and low traffic density area in Kyongju City( $p < 0.01$ ).

But stomach lead content of three group did not reflect a significant difference.

In this study positive correlation was found between atmospheric lead concentrations and the concentration of lead in the pigeon's lung( $r=0.5040$ ,  $p < 0.001$ ), blood( $r=0.3322$ ,  $p < 0.01$ ), kidney( $r=0.4824$ ,  $p < 0.001$ ), femur( $r=0.7214$ ,  $p < 0.001$ ) and liver( $r=0.4836$ ,  $p < 0.01$ ).

We can also found positive correlation between soil lead concentrations and the concentration of lead in the pigeon's femur( $r=0.4850$ ,  $p < 0.001$ ), kidney( $r=0.4850$ ,  $p < 0.001$ ) and liver( $r=0.4386$ ,  $p < 0.01$ ).

In the pigeon's tissue there were significant correlations between concentration of lead in the blood and kidney( $r=0.4818$ ,  $p < 0.001$ ), femur( $r=0.6157$ ,  $p < 0.001$ ) and liver( $r=0.3889$ ,  $p < 0.001$ ).

In conclusion, at the heavy traffic area in Taegu City, lead concentrations found in the atmosphere and soil are reflected in the lead concentrations of different tissue of urban pigeons. It is suggested that the tissue of pigeons can be good biological indicators of environmental lead pollution.

---

Key Words : Lead Concentration, Pigeon's tissue, Air, Soil.

## 서 론

환경오염은 급격한 산업화와 교통량의 증가 그리고 인구의 도시집중으로 날로 심화되고 있는 실정이며, 특히 중금속으로 인한 환경오염은 그 축적효과 때문에 더욱 심각하다(Ohi 등, 1982; 한돈희, 1987).

또한 중금속으로 인한 환경오염을 측정하는 것은 쉬운 일이 아니며, 대기, 토양, 수질에서의 중금속농도를 측정하여 환경오염의 기준으로 할 경우 기후, 시간에 따라 다양한 차이를 보이며, 인체에 대한 누적폭로에 대한 영향을 평가할 수 없는 단점이 있다. 하지만 인체에 흡수되어 각종 장기에 축적되어 있는 중금속량을 측정하기는 매우 어려운 일이다.

이러한 인체시료를 사용한 중금속 측정의 제한점을

보완하기 위하여 환경오염의 지표로서 민감한 생물학적 모니터링 수단을 개발하기 위해 1970년대 이후 몇몇 선진국에서는 특정지역의 중금속으로 인한 환경오염을 반영할 수 있는 민감한 생물학적 지표로서 그 지역의 여러 가지 다양한 동물이나 식물을 이용하는 연구가 진행되어 왔다(Tansy & Roth, 1970; Ohi 등, 1974; Ohi 등, 1982; Ma, 1989; Lee 등, 1989; Aduadi 등, 1990).

생물학적 지표로 이용 가능한 동물 중 비둘기는 대도시에서 흔히 구할 수 있고 다른 동물에 비해 그 지역의 오염 정도를 잘 반영할 수 있는 생리적, 행동학적 특성을 가지고 있어 대기 및 토양 오염에 대한 생물학적 지표로 그 활용성이 기대되고 있다.

1971년부터 1980년까지 일본 도쿄에서 연으로 인한

대기오염을 모니터링 하기 위해 야생비둘기의 혈중 연농도와 연의 대사물질을 측정한 Ohi 등(1981)의 연구에서 비둘기는 연에 의한 환경오염을 잘 반영해주는 민감한 지표라고 보고하였다.

1970년 미국에서는 Tansy와 Roth(1970)가 필라델피아 도심지역과 펜실베이니아 주 Jefferson County의 외곽 지역에서 포획한 야생 비둘기의 조직내 연농도를 비교한 결과 깃털, 발톱, 부리, 대퇴골, 간장, 신장에서 도심지 비둘기들이 농촌 비둘기보다 높은 연농도를 보였다고 보고하였다. 1990년 Adaudi 등(1990)이 아프리카의 나이이지리아에서 도심지역과 시골지역의 비둘기의 조직내 연농도를 비교한 연구에서도 도심지역 비둘기의 폐장에서 연 농도가 더 높은 것으로 나타났다.

국내에서도 오염이 심각하게 진행되고 있는 도시 생태계에 초점을 맞추어 대기오염과의 관련성을 알아보기 위해 도시성 조류인 집비둘기를 선정하여 서울 도심지역과 성남시의 근교의 비둘기 체내의 연농도를 조사한 Lee 등(1989)의 보고에 의하면, 연은 거의 모든 조직에서 검출되었으며, 서울의 비둘기에서 현저하게 높았다. 특히 간, 신장, 대퇴골에서는 10배 정도, 허파에서는 5배 정도 높았다. 이러한 결과는 남에 의한 서울의 대기오염이 이곳에서 서식하고 있는 비둘기에 직접, 또는 간접적으로 크게 영향을 미치고 있다는 것을 암시해 주고 있다.

이에 본 연구는 대기 및 토양의 오염이 다르다고 생각되는 대구시의 두 지역과 중소도시인 경주시에서 대기와 토양 중의 연농도와 비둘기 조직내의 연농도를 측정 분석함으로써 대기 및 토양 중 연농도와 비둘기 조직간의 연농도간의 상관관계 분석을 통한 비둘기조직의 대기 및 토양 오염에 대한 생물학적 폭로감시(biological exposure monitoring)체제로 활용하는데 대한 타당성을 검토하고, 비둘기 조직 중 이용에 적합한 조직을 선별하고자 한다.

## 대상 및 방법

1994년 7월 1일부터 1994년 12월 31일까지 6개월간

대구 도심지역 몇 곳의 대기 및 토양의 연농도 분석과 대구 도심지역 공원의 비둘기 6마리를 이용하여 비둘기의 해부학적 구조와 특성을 파악하는 예비실험을 거친 후 1995년 1월에서 3월 사이 3개월간 대기 및 토양오염의 생물학적 감시수단으로서의 비둘기의 활용방안을 알아보기 위해, 대기 및 토양의 오염이 다르다고 생각되는 대구시 도심지의 교통량이 많은 도로변한 곳, 대구시의 공원 한 곳과 경주시내의 주요도로에서 300m 정도 떨어진 고등학교 주변의 1곳을 선정하여 대기 및 토양을 채집하고 그곳에 상주하는 양비둘기(*Columba livia*, Rock Pigeon)는 산 채로 포획하였다. 대상 비둘기는 대구시 도심지의 교통량이 많은 도로변에서 14마리, 대구시의 공원에서 20마리 및 경주지역에서 13마리를 포획하였다.

포획한 비둘기들은 dimethylether로 마취한 후 해부대 위에서 배쪽의 깃털을 제거하여 최대한의 오탁을 줄이고, 액와정맥에서 채혈한 후 헤파린 처리된 시험관에 보관하였으며, 그후 간장, 위장, 폐장, 신장, 대퇴골의 순으로 채집하였다. 적출한 장기는 증류수로 씻어 혈액 및 이물질을 제거하고 여과지로 흡수 후 유리병에 넣어 분석하기 전까지  $-20^{\circ}\text{C}$  이하로 냉동 보관하였다가 시료 분석시 건조기에서  $120^{\circ}\text{C}$ 로 8시간 건조한 후 0.25g을 칭량하여 질산원액 5ml에 용해시킨 후 digestion bomb에 넣고 건조기에서  $200^{\circ}\text{C}$ 로 120분간 회화시켜 가검물로 사용하였다.

연의 정량은 원자흡광분광광도계를 본체로 한 원자화 무염광로를 이용하여, 한 검체를 두 번 이상 반복 측정한 후 평균치를 사용하였으며 그 측정치의 변이계수는 5% 이내에 들도록 하였다.

토양은 비둘기를 포획한 곳으로부터 사방 약 100m 되는 곳에서 플라스틱 삽을 이용하여 표토직하 30cm 깊이에서 지그재그형으로 4군데를 채집한 후 폴리에틸렌 봉지를 사용하여 운반하였다. 채집된 토양은 각각 혼합 건조한 후 표준망체로 쳐서 직경 2mm 이하의 토양만 걸러낸 후 토양입자의 크기와 비중의 차이가 있는 입자의 혼입으로 인한 시료채취량의 오차를 줄이기 위해 걸러낸 토양 100g 정도의 분석용 시료 전부를 분

왜 혼합하였다.

혼합된 시료 100g을 0.1g 단위까지 칭량한 다음 105±2℃로 조절된 건조기 안에 4시간 건조한 후 흡습기로 방습하여 항온으로 유지하였다가 분석시 이 시료 중 10g을 취하여 0.1N HCl용액에 녹인 후 수평진탕기를 사용하여 30℃를 유지하면서 1시간 진탕한 다음 거름종이로 여과하는 전처리 과정을 거친 후 비둘기 조직과 같은 방법으로 정량하였다.

대기 시료의 포집은 비둘기를 포획한 장소에서 high volume air sampler(kimoto, Model-122)를 사용하여 오전 10시와 오후 5시에 유량 1.7~2.0 m<sup>3</sup>/min. 으로 1시간 동안 공기를 포집한 후 여과지를 건조기에서 24시간 건조한 후 칭량하였다. 칭량된 시료에 1.5N HNO<sub>3</sub>, 1N HCl 1:1 용액을 약 100ml 가한 후 플라스크에 넣고 약 80℃에서 30분간 진탕한 후 내용물은 유리 공판(perforated plate)위에 정량용 여과지를 간 buchner filter flask에 옮기고, flask 속으로 흡인 여과하였다. 증류수로 깔대기 위를 몇 차례 추가 여과한 다음 증류수를 첨가하여 250ml로 조제하여 시료용액을 만든 후 토양과 같은 방법으로 정량하였다.

정량된 각 지역별 비둘기 시료들은 장기별 연농도의 평균과 분포의 차이를 ANOVA test로 검증하였고, 대기와 토양과 비둘기 조직의 연농도간의 상관관계 및 비둘기 장기의 연농도 사이의 관련성은 상관관계분석을 통해 검증하였다.

## 성 적

대구시 도심지역 도로주변의 대기 및 토양 중의 연농도는 대기 중에서 0.11 µg/m<sup>3</sup>, 토양에서 4.96 µg/g였으며, 도심지 공원에서 대기 중에서 0.05 µg/m<sup>3</sup>, 토양에서 2.65 µg/g으로 도심지역 도로주변의 대기 및 토양 중의 연농도보다 낮았으며, 경주시 외곽에서 채집한 대기 및 토양의 연농도는 각각 0.03 µg/m<sup>3</sup>와 0.01 µg/g로 세 지역 중 가장 낮았다(표 1).

비둘기 조직내 연농도를 측정된 결과 대구시 도심지 도로주변에 서식하는 비둘기의 평균 연농도 및 표준오차

Table 1. Atmospheric and soil lead levels in Taegu and Kyongju City

Environmental samples	Taegu		Kyongju
	Downtown	Park	
Atmosphere(µg/m <sup>3</sup> )	0.11	0.05	0.03
Soil(µg/g)	4.96	2.65	0.01

는 대퇴골 14.87 ± 1.28 µg/g, 신장 6.07 ± 1.61µg/g, 간장 4.42 ± 1.16 µg/g, 폐장 1.85 ± 0.23 µg/g, 위장 0.61 ± 0.11 µg/g으로 대퇴골에서 가장 높았으며, 혈액에서는 17.79± 5.01 µg/dl이었다.

주요 도로와 떨어져 있는 도심지 공원 비둘기의 연농도는 대퇴골 6.22 ± 0.82 µg/g, 신장 2.40 ± 0.52 µg/g, 간장 1.82 ± 0.38 µg/g, 폐장 0.85 ± 0.12 µg/g, 위장 0.52 ± 0.07 µg/g으로 도심지 도로주변에 서식하는 비둘기와 마찬가지로 대퇴골에서 가장 높았으며, 혈액에서 8.41±1.39 µg/dl이었다.

경주시에서 포획한 비둘기의 연농도는 대퇴골 5.78 ± 0.86 µg/g, 간장 1.42 ± 0.31 µg/g, 신장 1.21 ± 0.31 µg/g, 폐장 1.04 ± 0.19 µg/g, 위장 0.36 ± 0.09 µg/g으로 대구시 비둘기와 마찬가지로 대퇴골에서 가장 높았으며, 혈액에서는 11.36±2.33 µg/dl이었다.

각 지역별로 비둘기 조직내의 연농도를 비교해보면, 대구시 도심지역에서 포획한 비둘기 조직내 연농도가 대구시 공원지역과 경주시의 비둘기보다 위장을 제외한 간장(p<0.05, p<0.01), 폐장(p<0.01, p<0.05), 신장(p<0.01, p<0.01), 대퇴골(p<0.01, p<0.01)과 혈액(p<0.05, p<0.05)에서 유의하게 높았다(표 2)

비둘기의 각 조직 중 연농도와 대기 중 연농도는 대퇴골과 대기 중 연농도 사이의 상관관계수가 0.7214(p<0.001)로서 유의한 상관관계를 보였으며, 폐장 0.5045(p<0.01), 혈액 0.3322(p<0.01), 신장 0.4824(p<0.001), 간장 0.4386(p<0.01)으로 위장을 제외한 모든 조직에서 대기 중 연농도와 유의한 상관관계를 보였다.

토양의 연농도와 상관관계에서도 대기 중 연농도와 마찬가지로 대퇴골에서 상관관계수가 0.6157(p<0.001)로

**Table 2.** Tissue lead levels(mean  $\pm$  S.E.) of feral pigeons

Pigeon's tissue	Taegu		Kyongju(n = 13)	F * (p-value)
	Downtown(n = 14)	Park(n = 20)		
Lung( $\mu\text{g/g}$ )	1.85 $\pm$ 0.23	0.85 $\pm$ 0.12	1.04 $\pm$ 0.19	9.31( <0.01)
Kidney( $\mu\text{g/g}$ )	6.07 $\pm$ 1.61	2.40 $\pm$ 0.52	1.21 $\pm$ 0.31	6.69( <0.01)
Femur( $\mu\text{g/g}$ )	14.87 $\pm$ 1.28	6.22 $\pm$ 0.82	5.78 $\pm$ 0.86	25.25( <0.01)
Liver( $\mu\text{g/g}$ )	4.42 $\pm$ 1.16	1.82 $\pm$ 0.38	1.42 $\pm$ 0.31	5.28( <0.01)
Stomach( $\mu\text{g/g}$ )	0.61 $\pm$ 0.11	0.52 $\pm$ 0.07	0.36 $\pm$ 0.09	1.57( >0.05)
Blood( $\mu\text{g/g}$ )	17.79 $\pm$ 5.01	8.41 $\pm$ 1.39	11.36 $\pm$ 2.33	2.95( <0.01)

\* ANOVA test.

**Table 3.** Correlation coefficients of lead levels in feral pigeon' tissue, atmosphere and soil

Environmental samples	Pigeon's tissue					
	Lung	Blood	Kidney	Femur	Liver	Stomach
Atmosphere	0.5045 *	0.3322 *	0.4824**	0.7214**	0.4386 *	0.2189
Soil	0.3813	0.2699	0.4518**	0.6157**	0.3889 *	0.1524

\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.001$ .

**Table 4.** Correlation coefficients of lead concentrations of feral pigeons' tissue

	Lung	Blood	Kidney	Femur	Liver	Stomach
Lung	--	0.1513	0.1169	0.4848**	0.1540	-0.0795
Bood	--	--	0.4850**	0.2766	-0.1203	-0.0717
Kindey	--	--	--	0.2135	0.2047	0.0932
Femur	--	--	--	--	0.4842**	0.1669
Liver	--	--	--	--	--	0.0143
Stomach	--	--	--	--	--	--

\*\*  $p < 0.001$ .

서 가장 높았으며, 신장에서 0.4518( $p < 0.001$ ), 간장에서 0.3889( $p < 0.01$ )로 토양과의 유의한 상관관계를 보였으나 각 장기별로 대기 중 연농도와와의 상관관계보다는 약하였다(표 3).

비둘기의 조직내 연농도는 혈액과 신장간의 상관계수가

0.4850( $p < 0.001$ ), 대퇴골과 폐장간의 상관계수가 0.4848( $p < 0.001$ ), 대퇴골과 간장의 상관계수가 0.4824( $p < 0.001$ )로서 유의한 상관관계를 보였으며, 그 외의 조직간에는 유의한 상관관계는 없었다(표 4).

## 고찰

중금속오염으로 인한 피해는 주로 산업장에서 발생되고 있는 직업병과 관련하여 중요시되어 왔다. 그러나 오늘날과 같이 대규모 공업단지를 비롯한 각종 산업시설의 양적 증가와 교통량의 증가는 필연적으로 산업장에 종사하는 근로자의 작업환경뿐만 아니라 일반 생활환경까지도 오염시키고 있어 중요한 사회문제가 되고 있다(김만호 등, 1981).

중금속 중 특히 연은 연재련, 고연재생, 연용접, 축전지제조 및 크리스탈 유리제조산업장 등 산업장에서 근로자들에게 연중독을 일으킬 뿐 아니라 자동차 배기가스 등에서 발생한 연은 대기오염의 주요 요인으로 주목받고 있다(김동일 등, 1992).

최근에 이르러 우리나라에서도 대기, 수질 등이 연으로 오염되어 있다는 보고가 있으며, 일부 대도시에서의 대기 중 연 농도는 심각한 수준에 있다는 보고(송동빈, 1979)도 있다.

환경처에서 김(1993)이 조사한 1991년 우리나라 전국 주요 도시의 대기 중 연농도는 서울이 연평균  $0.31\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 부산이  $0.24\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 광주가  $0.10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며, 환경청 자료(환경부, 1994)에 의한 대구지역의 연평균 대기 중 연농도는 1991년에  $0.10\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 1992년에  $0.11\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 1993년에  $0.05\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 대도시일수록 높았다.

우리나라 3대 도시 중 하나인 대구시 도심지의 대기 중 연농도가 1993년에  $0.11\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 1980년 일본 도쿄의 중심부에서 측정한  $0.36\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 낮았으나, 도쿄에서 남쪽으로 반경  $1,000\text{km}$  떨어진 외곽섬에서 측정된  $0.01\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다는 10배정도의 높은 농도를 보였다(Ohi 등, 1981).

대기 중의 연농도 상승에는 자동차 배기가스가 주요 원인 중의 하나로 알려져 있으며(Waller 등, 1965; Eylebosch 등, 1984; Michael, 1990; Gorifsen, 1990) 자동차배기가스에 의한 대기 중의 연농도는 자동차엔진의 노킹방지를 위하여 휘발유에 첨가한 4에틸연이 휘발유 연소시 변하지 않고 배기가스와 함께 대기 중에 그대로 배출됨으로 인한 것이다(Gilli 등, 1990). 우

리나라에서는 1987년 7월 1일부터 거의 대부분의 승용차에 대해 법적으로 무연휘발유를 사용하게 하여 자동차로 인한 연의 배출량은 감소된 것으로 보이나, 디젤을 사용하는 승용차생산의 증가, 상용차의 증가와 더불어 최근 계속되는 자동차 수의 급격한 증가로 배기가스로 인한 연의 배출도 향후 상당기간 지속되리라 예상된다.

토양 중의 연은 대부분이 PbS(galena)의 형태로 지표면의 토양 1g당  $12\mu\text{g}$  정도 함유되어 있으나 지역에 따라 다소 차이가 있다(김동일 등, 1992). 토양 중 연농도는 공업화와 깊은 관계가 있음을 제시하였고, 그 예로 Sawicka 등(1990)은 폴란드에서는 공업단지 인근에 위치한 숲과 멀리 떨어진 숲의 연의 농도를 측정할 결과 공업단지 인근에 위치한 숲에서 유의하게 높은 연농도를 보였다고 보고하였다.

1969년 미국의 뉴저지에서 토양 중의 연농도를 측정할 결과 주위에 도로가 없는 목초지에서는 연농도가  $1\sim 1.7\mu\text{g}/\text{g}$ 였으며, 고속도로변의 토양내의 연농도는  $22\sim 30\mu\text{g}/\text{g}$  이상이었다(Tansy & Roth, 1970). 우리나라에서도 공업화되고, 자동차가 밀집해 있는 서울, 부산, 대구 같은 대도시의 중심지역의 토양 중 연농도는 상당히 높은것으로 보고(진병화, 1991)되어, 실제 본 연구에서 측정한 대구시내 도심지 토양중의 연농도는  $4.96\mu\text{g}/\text{g}$ 이었으며 경주시의 외곽지역은  $0.01\mu\text{g}/\text{g}$ 으로 미국의 결과와 같은 양상을 보였다.

1991년 진(1991)의 연구에서 본 연구와 동일한 대구의 공원과 도심지 지역 가로주변 담벼락이나 창틀의 퇴적된 먼지 중의 연농도를 측정한 결과 공원에서  $3.89\mu\text{g}/\text{g}$ 으로 본 연구에서보다 약간 높았으며, 도심지의 같은 위치에서 채집한 대기 중 연농도는  $1.30\mu\text{g}/\text{g}$ 으로 본 연구에서보다 다소 낮은 농도를 보였다.

인체를 대상으로 조직내 연농도를 측정한 연구는 살아있는 사람을 대상으로 할 경우, 그 검체의 선택이 혈액, 뇨, 피부부속기 등으로 극히 제한될 수밖에 없다(Minoia 등, 1990; Tang 등, 1990; Davis 등, 1990; Heriberito, 1990). Barry와 Mossman(1970)이 69구의 사체의 골격조직 및 연부조직에서 연농도를 측정한 연구에서 4명은 직업적으로 연에 의한 폭로가 있었던 사

람들이었으며 이들의 장기에서는 직업적 폭로가 없었던 65명에 비해 연의 농도가 현저하게 높게 나타났다. 각 장기별로는 평균 연농도가 대퇴골 21.03  $\mu\text{g/g}$ , 간장 0.98  $\mu\text{g/g}$ , 폐장 0.20  $\mu\text{g/g}$ , 혈액 0.22  $\mu\text{g/dl}$ , 심장 0.07  $\mu\text{g/g}$ 이었다.

그 외에도 1989년 캐나다의 Samuel 등(1989)이 사망한 캐나다인들의 척추골격에서 연농도를 측정비교한 연구가 있으나 이처럼 다양한 인체조직을 대상으로 할 경우 사체를 대상으로 할 수밖에 없으므로 지역 및 연령 등의 고려가 불가능하고 대상 선정에도 상당한 어려움이 있어 이에 대한 대안으로 여러 가지 동물이나 식물 등을 중금속의 생물학적 모니터링의 수단으로 활용하는 방안이 연구되고 있다. 식물을 이용한 연구에는 1962년에서 1969년까지 Lower Swansea Valley Project의 일환으로 영국의 남서 웨일즈지방의 대기 중 구리, 연, 니켈, 아연 등의 비철분성분의 중금속 오염상태를 알아보기 위해 몇 가지 식물과 토양 중의 중금속을 측정하여 이곳의 중금속오염이 다른 지역보다 훨씬 심각하다는 것을 밝혀내었다(Gordon & Robert, 1971). 또한 1990년 스페인에서는 20종의 식용채소의 뿌리, 줄기, 잎 등에서 연과 카드뮴 등의 중금속을 측정하여, 환경오염의 지표로서의 이용가능성을 조사하였다(Bosque 등, 1990).

1989년 네덜란드에서는 중금속으로 인한 토양의 오염이 심한 지역과 비오염지역의 wood mice(*Apodemus sylvaticus*), bank voles(*Clethrionomys glareolus*)와 shrews(*Sorex araneus*)의 몇 가지 포유동물의 장기내 연농도 비교에 관한 연구에서 신장, 간장, 대퇴골에서 유의한 차이가 있는 것으로 보고하여 작은 동물의 중금속의 생물학적 모니터링의 수단으로 활용 가능성을 더욱 뒷받침해 주고 있다(Ma, 1989).

작은 포유동물을 환경오염에 대한 생물학적 감시수단으로써 이용하는 방안에 대한 다른 연구로서 1990년 폴란드의 각기 다른 정도의 중금속오염이 예상되는 세 군데의 숲에서 bank voles(*Clethrionomys glareolus*)를 생물학적 모니터링의 수단으로 이용하여 들쥐조직내 중금속의 농도를 측정한 결과, 골격에서 16.5~40.0  $\mu\text{g/l}$

g의 분포로 가장 높은 연농도를 보였으며 지역적으로는 유의한 연농도의 차이는 보이지 않았다. 그러나 신장과 간장에서는 지역별로 유의한 차이를 보였으며 신장조직에서는 간조직에서보다 3배 이상 높은 연농도를 보였다(Sawica 등, 1990).

중금속의 오염이 심하다고 예상되는 광산지역과 중금속오염이 없는 비교지역에서 몇 종류의 야생들쥐를 이용하여 중금속 오염실태를 조사한 연구(Gregory & Orrin, 1982 ; Cloutier, 1985)가 있으며, 그 외의 지역에서도 환경오염의 생물학적 모니터링 수단으로 들쥐 등의 작은 포유동물을 이용한 연구들이 유럽과 미국 등에서 이루어져 왔다(Scanlon, 1987 ; Ma, 1989).

이러한 생물학적 감시수단으로 이용한 동물 중 조류를 이용한 연구는 1981년 영국에서 세 종류의 바다새를 환경오염의 생물학적 모니터링 수단으로 이용한 연구(Hutton, 1981) 등이 있다.

그러나 여러 종류의 식물과 동물을 환경오염에 대한 생물학적 감시수단으로 이용할 수 있는 가능성이 제안되고 있어도 실제로 대도시의 교통이 혼잡한 도심지역에서 환경오염을 반영할 수 있는 생물학적 폭로감시(biological exposure monitoring)수단을 선정하기란 매우 어려운 실정이다. 그중 잡식성 조류인 비둘기는 도심지 어디에나 널리 산재해 있고 교통이 혼잡하거나, 인구가 밀집한 지역에서도 서식하는 조류로서 외국에서 환경오염의 생물학적 폭로감시수단으로 이용된 몇 가지의 예가 있다. 이 비둘기는 크게 4가지 종이 있으며, 그 중 실제로 생물학적 모니터링 수단으로 주로 이용되는 종은 도심지에서 흔히 볼 수 있는 양비둘기이다. 이 양비둘기는 북구, 서부유럽에서 한국, 아프리카에까지 주로 번식하며, 그 변종이 600여 종이나 된다. 이 양비둘기는 대개 길이 33cm, 허리는 백색이고 날개에는 두 줄의 넓은 흑색대가 있다. 도시 중심부에서 낮은 집비둘기는 이 종으로부터 만들어졌으며, 주로 해안과 내륙의 절벽, 도심지의 고층건물이나 교량 등에 서식하는 흔한 텃새이다(원병오, 1984).

환경오염에 대한 생물학적 감시수단으로 이용하는 데 양비둘기는 몸집이 작고, 높은 대사 회전율과 비교

적 이동성이 적은 점 등의 장점이 있으며, 일정지역에서 환경오염물질이 소화기나 혹은 호흡기를 통하여 흡수가 되므로 사람을 대상으로 한 것보다 더 정확하게 중금속 오염의 정도를 반영할 수 있어(Ohi 등, 1974) 대기 및 토양 오염에 대한 생물학적 지표로 그 활용성이 기대되고 있다.

1990년 아프리카 나이지리아의 도심지와 외곽지의 비둘기를 대상으로 측정한 Auda 등(1990)의 연구에 의하면 각 장기별 연농도는 도시 비둘기는 폐장 0.20  $\mu\text{g/g}$ , 신장 0.24  $\mu\text{g/g}$ , 간장 0.26  $\mu\text{g/g}$ 이었고, 농촌 비둘기는 신장에서 0.43  $\mu\text{g/g}$ , 폐장에서 0.16  $\mu\text{g/g}$ , 간장에서 0.22  $\mu\text{g/g}$ 이었다.

본 연구에서 도시 비둘기는 폐장 1.85  $\mu\text{g/g}$ , 신장 6.07  $\mu\text{g/g}$ , 간장 4.42  $\mu\text{g/g}$ 으로 아프리카 나이지리아의 도심지 비둘기의 조직에서보다 전반적으로 높았으며, 경주시 외곽지에서 포획한 비둘기에서도 폐장 1.04  $\mu\text{g/g}$ , 신장 1.21  $\mu\text{g/g}$ , 간장 1.42  $\mu\text{g/g}$ 으로 아프리카 나이지리아의 도심지와 외곽지비둘기의 조직 중 연농도보다 높았다.

그러나 1974년 일본 도쿄의 교통이 복잡한 도심지역 2곳에서 포획한 비둘기의 대퇴골에서는 각각 31.6  $\mu\text{g/g}$ , 24.8  $\mu\text{g/g}$ , 그리고 혈액에서는 33.0  $\mu\text{g/dl}$ , 32.8  $\mu\text{g/dl}$ 로 대구시 도심지에서 포획한 비둘기의 대퇴골에서 측정한 연농도 14.87  $\mu\text{g/g}$ , 혈액에서 17.79  $\mu\text{g/dl}$ 보다 높은 농도를 보였으나, 경주시에서 포획한 비둘기의 대퇴골에서 5.78  $\mu\text{g/g}$ , 신장에서 1.21  $\mu\text{g/g}$ , 혈액에서 11.36 $\pm$ 2.33  $\mu\text{g/dl}$ 로 도쿄 외곽지역 2곳에서 포획한 비둘기의 대퇴골에서 각각 3.2  $\mu\text{g/g}$ , 2.0  $\mu\text{g/g}$ , 신장에서는 0.8  $\mu\text{g/g}$ , 0.4  $\mu\text{g/g}$  그리고 혈액에서는 5.4  $\mu\text{g/dl}$ , 2.9  $\mu\text{g/dl}$ 보다 모두 높은 조직내 연농도를 보였다.

1980년 영국 런던의 교통혼잡지역 2곳과 공항에서 포획한 비둘기의 조직내 연농도는 혈액에서 각각 101.1  $\mu\text{g/dl}$ , 45.2  $\mu\text{g/dl}$ , 16.2  $\mu\text{g/dl}$ 으로 대구시 비둘기의 17.79  $\mu\text{g/dl}$ 보다 높은 연농도를 보였으며, 간장에서도 21.6  $\mu\text{g/g}$ , 10.1  $\mu\text{g/g}$ , 6.11  $\mu\text{g/g}$ 으로 대구시에서 포획한 비둘기의 간장내 연농도 4.42  $\mu\text{g/g}$ 보다 높았으며 신장 및 대퇴골에서도 런던도심지의 비둘기들이 대구도심지의 비둘기들보다 높은 연농도를 보였다.

런던 비둘기에 대한 대조군으로 선정된 캠브리지 외곽의 비둘기들에서는 혈액 19.0  $\mu\text{g/dl}$ , 간장 2.01  $\mu\text{g/g}$ , 신장 4.34  $\mu\text{g/g}$ , 대퇴골 5.73  $\mu\text{g/g}$ 으로 본 연구에서 측정한 경주시지역의 비둘기 대퇴골의 연농도 5.78  $\mu\text{g/g}$ 과 거의 비슷한 수준이었으며, 신장, 혈액과 간장에서 는 높게 나타났다(Hutton, 1980).

포획한 비둘기의 조직 중 연농도는 세 지역 모두 위장에서 가장 낮았으며, 대퇴골에서 가장 높아 인체를 대상으로 연구한 1970년 Barry 와 Mossman(1970)의 연구와 일치하였다. 이처럼 비둘기의 여러 조직 중 골격조직에 연농도가 가장 높은 것은 골격조직이 수년 동안 많은 양의 연을 축적할 수 있기 때문이다. 또한 이 축적된 연의 일부분이 다시 혈액으로 전해지게 되어 거의 같은 시간 동안 비슷한 양의 연이 다른 장기에 축적이 되기 때문에 골격을 다른 조직의 연속적의 지표로서 좋은 시료라고 보고하고 있다(Garcia 등, 1988).

도심지 도로주변에 살고 있는 비둘기에서는 자동차에서 내뿜는 배기가스가 연속적의 가장 중요한 요인이며, 도로에서 100미터 이내의 대기 중의 연 중 90%가 폐장에 축적될 수 있는 입자크기이다(Tansy & Roth, 1970).

연의 인체내 흡수경로는 크게 소화기와 호흡기를 통한 흡수로 2가지 경로가 있으며, 호흡기를 통해 체내에 들어온 연은 50%는 다시 호흡기를 통해 배설되고 나머지 50%만이 체내에 흡수된다. 소화기를 통하여 흡수되는 경우는 10%만이 체내에 흡수되고 90%는 대변으로 배설된다(이병국, 1974).

비둘기에 있어서도 대기 중의 연이 체내조직에 축적되는 경로는 연입자가 바다에 떨어져 있는 먹이(주로 곡류)에 묻어서 소화관을 통해서 축적되는 경우와 호흡기를 통해 폐장을 경유하여 축적되는 2가지 경로로 생각해 볼 수 있다. 호흡기를 통한 연의 흡수는 비강부터 시작하여 호흡기 전체를 통하여 흡수되고, 이는 소화기를 통한 흡수보다 더 신속하고 완벽하며, 소화관으로 섭취된 연 중 10% 이하만이 소화관으로 흡수되는 반면 호흡기로 들어온 연은 25%에서 50%가 흡수된다(Tansy & Roth, 1970).



이러한 결과로 보아 도심지의 비둘기에서도 대기 중의 연에 계속적으로 노출되어 호흡기를 통하여 흡수되는 연이 소화기를 통해 흡수되는 연보다 비둘기 체내 연의 축적에 더 큰 역할을 할 것으로 생각되며, 사람의 소화기와 호흡기를 통한 연흡수 비율과 거의 동일하여 이러한 측면에서도 비둘기가 환경오염에 대한 생체 모니터링의 수단으로 적합한 동물이라고 생각된다.

호흡기로 흡수되는 경로가 더 중요한 축적요인임을 뒷받침해 주는 다른 연구로 1974년 일본의 Ohi 등(1974)은 교통량이 많은 일본 도쿄의 중심지와 동경교외의 5지역의 비둘기 176마리를 대상으로 혈액 및 골격에서 연농도를 측정하였는데, 이 중 도쿄의 중심지의 도로로 둘러싸인 버스터미널 한 지역과 교외의 농장 한 지역을 선정하여 비둘기에게 같은 먹이를 먹여 사육하도록 하였다. 또한 비둘기가 먹고 흘린 곡식 낱알과 물의 연농도를 측정한 결과 거의 비슷한 수치를 보였다. 비둘기가 하루에 섭취하는 먹이와 물은 평균 35g과 28ml였으며, 1일 호흡량으로부터 계산된 1일 호흡기를 통한 연의 섭취량은 도시지역과 교외지역 각각 0.25  $\mu\text{g/day}$ 와 0.05  $\mu\text{g/day}$ 로 5배의 차이를 보였으며, 비둘기의 자세를 양와자세로 하여 측정하였으므로 실제로는 이보다 훨씬 큰 차이가 있을 것으로 생각된다. 비둘기 혈액내의 연농도는 도시지역에서 32.8  $\mu\text{g/dl}$ 이었으며, 교외지역에서는 2.9  $\mu\text{g/dl}$ 였다. 대퇴골에서는 각각 24.8  $\mu\text{g/g}$ 과 2.0  $\mu\text{g/g}$ , 신장에서는 3.4  $\mu\text{g/g}$ 과 0.4  $\mu\text{g/g}$ 으로 도심지 비둘기의 조직에서 훨씬 높았다. 이 연구에서와 같이 소화기를 통한 연의 섭취가 비슷하다면 연의 체내 축적에는 호흡기를 통한 연의 흡수가 매우 중요한 경로로 추측할 수 있으며, Garcia 등(1988)도 체내 축적률에 대한 기여율을 조사한 결과, 호흡기 경로가 소화기 경로보다 3배 더 많다고 보고하였다. 그러므로 비둘기의 단위 체중당 공기흡입량이 사람의 3.5배에 달한다는 점을 고려하면 대기오염물질이 인체에 미치는 영향을 모니터링하는데 적합한 시료가 될 수 있다고 판단된다.

본 연구에서도 비둘기의 각 조직 중 연농도와 대기 및 토양의 연농도의 상관관계 중 대기 중 연농도와

상관관계가 토양의 연농도의 상관관계보다 더 높았으며, 이는 비둘기 조직내 연 축적은 소화기를 통한 흡수보다 호흡기를 통한 흡수가 더 밀접한 연관이 있다고 생각된다.

그리고 대기와 폐장과의 상관계수가 0.5045로 밀접한 상관관계를 보였는데, 이러한 결과는 1988년 스페인의 마드리드에서 교통량에 따라 지역을 3곳으로 구분하고 대조지역으로 농촌지역을 선정하여 대기와 비둘기의 폐장의 연농도를 측정한 연구(Garcia 등, 1988)와 비슷한 결과를 보였다. 이 연구에서는 농촌지역에서 대기 중에 연은 검출되지 않았으며, 마드리드 도심지 3곳에서는 각각 0.71  $\mu\text{g/m}^3$ , 0.86  $\mu\text{g/m}^3$ , 1.44  $\mu\text{g/m}^3$ 로 교통량이 많은 곳일수록 대기 중 연농도가 높았으며 비둘기의 폐장에서도 농촌지역에서는 0.58  $\mu\text{g/g}$ , 도심지에서는 7.04  $\mu\text{g/g}$ , 7.71  $\mu\text{g/g}$ , 11.21  $\mu\text{g/g}$ 로 교통량에 따라 폐장내 연농도가 증가하는 것으로 보고하였다. 그러나 토양과 소화기조직간에는 농촌지역에서 연이 검출되지 않았으며, 도심지 3곳에서는 각각 80.46  $\mu\text{g/g}$ , 62.59  $\mu\text{g/g}$ , 177.74  $\mu\text{g/g}$ 이었으며, 소화관에서는 농촌지역 비둘기가 0.71  $\mu\text{g/g}$ , 도심지 비둘기가 1.81  $\mu\text{g/g}$ , 2.57  $\mu\text{g/g}$ , 4.52  $\mu\text{g/g}$ 로 교통량에 따라 점차 높아지는 경향을 보였으나, 본 논문에서는 토양과 소화기 조직간에는 유의한 상관관계를 보이지는 않았다.

일반적으로 혈액은 연의 체내 축적의 지표로 사용되고 있으나, Ohi 등(1974)의 연구에서는 비둘기의 다른 조직의 연 농도와 항상 연관성을 가지는 것은 아니었으며, 몇몇 매우 높은 혈중 연농도를 보인 도시 비둘기의 경부 및 연부조직내의 연농도가 시골 비둘기 중 조직내 연농도보다 더 낮은 수치를 보인 경우도 있었다. 본 연구의 결과에서는 혈액은 신장과 연농도의 상관관계가 있었으며, 그 외의 조직과는 유의한 상관관계가 없었다. 혈액이 다른 조직에 비해 연의 반감기가 짧아 가장 최근의 연폭로의 지표는 될 수 있으나, 연의 만성적 폭로에는 적합한 시료로 이용하기에는 적합하지 않을 것으로 생각된다. 연의 반감기가 가장 긴 대퇴골은 폐장과 간장에서 유의한 상관관계를 보이고 있어서 연의 만성적 폭로에 대한 축적 효과에 의한 것으로 생각

된다.

대기 및 토양오염의 생물학적 감시수단으로서의 비둘기의 활용방안에 대한 연구에서 대구시 도심지역에서 서식하는 비둘기에서 위장을 제외한 모든 채집조직에서 대구시 공원지역이나, 경주시에 서식하는 비둘기의 조직에서보다 유의하게 높은 연농도를 보였으며, 이 세 곳에서 측정된 대기과 토양내의 연농도와 각각 포획된 비둘기 조직내의 연농도간의 유의한 상관관계가 있었다. 이것으로 미루어 보아 오염에 대한 생물학적 지표로 이용 가능한 동물 중 대도시에서 흔히 구할 수 있고 다른 동물에 비해 그 지역의 오염 정도를 잘 반영할 수 있는 생리적, 행동학적 특성을 가지고 있는 비둘기가 대기 및 토양 오염에 대한 생물학적 지표로 그 활용성이 높을 것으로 기대된다. 또한 비둘기의 연령과 성장속도, 먹이, 행동반경과 대기나 토양 채집시 계절, 날씨, 기압 등의 환경적 요소, 등의 여러 가지 변수들을 고려한 연구들이 계속되어야 할 것으로 생각된다.

## 요 약

환경오염의 생물학적 감시수단으로서의 비둘기의 활용가능성을 알아보기 위해, 대기 및 토양의 오염이 다르다고 생각되는 대구시 도심지의 도로변, 대구시의 공원과 경주시에서 비둘기를 포획하여 각 조직내 연농도를 측정하고, 그 장소에서 대기 및 토양내의 연농도를 측정하였다.

대기 중의 연농도는 대구시 도심지역이  $0.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 대구시 공원지역이  $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 경주시가  $0.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 대구시 도심지역이 가장 높았으며, 토양의 연농도는 대구시 도심지역이  $4.96 \mu\text{g}/\text{g}$ , 대구시 공원지역이  $2.65 \mu\text{g}/\text{g}$ , 경주시가  $0.01 \mu\text{g}/\text{g}$ 로 대구시 도심지역이 역시 가장 높았다.

비둘기 조직내 연농도는 대구시의 도심지 도로주변에서 서식하는 비둘기에서 위장을 제외한 간장, 폐장, 신장, 대퇴골, 혈액에서 대구시 공원 비둘기와 경주시의 비둘기보다 유의하게 높은 연농도를 보였으며( $p < 0.01$ ), 비둘기의 조직내의 연농도는 세 지역 모두 대퇴골에서 가장 높았다.

비둘기의 각 조직 중 연농도와 대기 중 연농도는 대퇴골과 뚜렷한 상관관계를 보였으며, 그 외 위장을 제외한 간장, 신장, 혈액에서 유의한 상관관계를 보였다.

토양 중 연농도도 대기 중 연농도와 마찬가지로 대퇴골에서 상관계수가 가장 높았으며, 간장, 신장에서도 토양과의 유의한 상관관계를 보였다.

각 장기별로 대기 중 연농도가 토양의 연농도보다 상관관계가 더 높은 것으로 보아 비둘기 조직내 연측적은 소화기를 통한 흡수보다 호흡기를 통한 흡수가 더 주된 경로로 추측된다.

비둘기의 조직간의 연농도는 혈액과 신장간의 연농도의 상관계수가 0.4850, 대퇴골과 폐장간의 상관계수가 0.4848, 대퇴골과 간장의 상관계수가 0.4842로서 유의한 상관관계( $p < 0.001$ )를 보였으며, 그 외의 조직간에는 유의한 상관관계는 없었다.

대도시 중심지에서 서식하는 비둘기에서 위장을 제외한 모든 채집조직에서 대도시 공원이나, 중소도시에서 서식하는 비둘기의 조직에서보다 유의하게 높은 연농도를 보였으며 이 세 곳에서 대기과 토양내의 연농도와 각각 비둘기 조직내의 연농도간의 유의한 상관관계를 보였다. 이상의 결과로 보아 오염에 대한 생물학적 지표로 이용 가능한 동물 중 대도시에서 흔히 구할 수 있고 다른 동물에 비해 그 지역의 오염 정도를 잘 반영할 수 있는 생리적, 행동학적 특성을 가지고 있는 점등을 고려할 때 대기 및 토양 오염에 대한 생물학적 지표로 비둘기의 활용성이 높을 것으로 생각한다.

## 참 고 문 헌

- 김동일, 김용규, 김정만, 정갑열, 김준연, 장형심, 이영호, 최안홍 : 건강한 일부 도시지역 주민의 혈중 연 및 zinc protoporphyrin농도. 예방의학회지 1992; 25(3) : 287-302
- 김만호, 신동영, 이우석 : 일부지역 주민의 중금속 함량에 관한 연구. 국립환경연구소보1981; 3 : 221-226
- 김종석 : 대기 중 납의 RISK예상모형 개발. 한국환경위생학회지 1993; 19(3) : 46-51
- 송동빈 : 한국인 모발중의 미량중금속함량에 관한 연구.

- 예방의학회지 1979; 12(1) : 79-87
- 원병오 : 한국의 조류. 범양출판사, 서울, 1984, 쪽 264-267
- 이병국 : 연중독. 한국의 산업의학 1974; 13(4) : 6-11
- 친병화 : 대구시내 주택 및 가로주변에 퇴적된 먼지중의 중금속 함량. 석사학위논문, 경북대학교 보건대학원, 1991 쪽 1-22
- 한돈희 : 모발중 Pb, Cu 함량에 관한 폭로군 및 비폭로군 연구. 한국환경위생학회지. 1987; 13(2) : 35-43
- 환경부 : 한국환경연감 제7호. 서울, 1994, 쪽 25-85
- Adaadi AO, Gbodi TA, Aliu YO. *The lead content of plants and animals as indicators of environmental contamination. Vet Hum Toxicol* 1990; 32(5) : 454-456
- Barry PSI, Mossman DB. *Lead concentrations in human tissues. Brit J Industr Med* 1970; 27: 339-351
- Bosque MA, Schuhmacher M, Domingo JL, Llobet JM. *Concentrations of Lead and cadmium in edible vegetables from Taragona province, Spain. Sci Total Environ* 1990; 95 : 61-67
- Cloutier NR, Cloutier FV, Lim TP, Dav NK. *Metal (Cu, Ni, Co, Zn, Pb) and Ra-226 levels in Meadow voles Microtus pennsylvanicus living in Ontario, Canada : Environmental and Tissue Levels. Environ Pollut Ser B* 1985; 10 : 19-46
- Davis DJA, Thorton I, Watt JM, Culbard EB, Harvey PG, Delves HT, Sherlock JC, Smart GA, Thomas JFA, Quinn MJ. *Lead intake and blood lead in two-year-old U.K. urban children. Sci Total Environ* 1990; 90 : 13-29
- Eylenbosch WJ, Sprundel MP, Clara RR. *Lead pollution in Antwerpen, Belgium. Ann Acad Med* 1984; 13 : 224-230
- Garcia MTA, Martines CE, Vazquez IC. *Lead levels of Feral Pigeons(Columba livia) from Madrid (Spain). Environ Pollut* 1988; 54 : 89-96
- Gilli G, Scursaton E, Bono R, Natal P, Grosa M. *An overview of atmospheric pollution in Italy before the use of new gasoline. Sci Total Environ* 1990; 93 : 51-56
- Gordon TG, Roberts TM. *Plants and soils as indicators of metals in the air. Nature* 1971; 231 : 287-292
- Gorißen N. *Developments in air pollution caused by highway traffic in the federal republic of Germany : Effects and preventive measures. Sci Total Environ* 1990; 93 : 21-42
- Gregory JS, Orrin JR. *Small mammal heavy metal concentrations from mind and control sites. Environ Pollut* 1982; 28 : 121-134
- Heriberito VT, Benno KM, Berkeley GA, Benjamin AK. *Blood lead of persons living near freeways. Arch Environ Hlth* 1967; 15 : 695-702
- Hutton M, Goodman MT. *Metal contamination of feral pigeons columba livia from the London area : Part 1-tissue accumulation of lead, cadmium and zinc. Environ Pollut Ser A* 1980; 22 : 207-217
- Hutton M. *Accumulation of heavy metals and selenium in three seabirds from the United Kingdom. Environ Pollut Ser A* 1981; 26 : 129-145
- Lee DP, Honda K, Tatsukawa R, Won PO. *Distribution and residue level of mercury, cadmium and lead in korean birds, Bull Environ Contam & Toxicol* 1989; 43 : 550-555
- Ma WC. *Effect of soil pollution with metallic lead pellets on lead bioaccumulation and organ/body weight alterations in small mammals. Arch Environ Cont Toxicol* 1989; 18 : 617-622
- Michael PW. *Vehicle pollution control in Europe : The local global significance. Sci Total Environ* 1990; 93 : 57-66
- Minoia C, Sabbioni E, Apostoli P, Pietra R, Pozzoli L, Gallorini M, Nicolaou G, Allesio L, Capodaglio E. *Trace element reference values in tissues from inhabitants of the european community 1. A study of 46 elements in urine, blood and serum of Italian subjects. Sci Total Environ* 1990; 95 : 89-105
- Ohi G, Akiyama K, and Yagyū H. *The pigeon, a sensor of lead pollution, Bull Environ Contam & Toxicol* 1974; 12(1) : 92-93
- Ohi G, Seki H, Minowa K, Ohsawa M, Mizoguchi I, Sugimori F. *Lead pollution in Tokyo - The pigeon reflects its amelioration. Environ Res* 1981; 26 : 125-129
- Samuels ER, Meranger JC, Tracy BL, Subramanian KS. *Lead concentrations in human bones from the Canadian populations. Sci Total Environ* 1989; 89 : 261-269
- Sawicka KK, Swiergosz R, Zakrzewska M. *Bank voles as monitoring of environmental contamination by*

- heavy metals. A remote wilderness area in poland imperilled. Environ Pollut 1990; 67 : 315-324*
- Scanlon PF. *Heavy metals in small mammals in roadside environments. Sci Total Environ 1987; 59: 317-323*
- Tang N, Nakatsuka H, Watanabe T, Liu SJ, Qu QS, Liu TT, Cai SX, Jin C, Ikeda M : *Blood lead levels of Beijing(China) citizens. Sci Total Environ 1990; 90 : 31-39*
- Tansy MF, Roth RP. *Pigeons A new role in air pollution. J Air Poll Cont Assoc 1970; 20 : 307-309*
- Waller RE, Commins BT, Lawther PJ. *Air pollution in a city street. Brit J industr Med 1965; 22 : 128-138*
-