

韓國產 山林鳥類의 重金屬 蓄積¹

—智異山地域을 中心으로—
崔在植² · 金在生³ · 金鍾甲³

Accumulation of Heavy Metals in Forest Birds from Korea¹

—Especially in Mt. Chiri—

Jai Sik Choi², Jai Saing Kim³, and Jong Kab Kim³

要 約

環境汚染 關係를 究明하기 爲하여 智異山 地域內에서 棲息하고 있는 鶯과 멧비둘기, 직박구리, 호랑지빠귀, 흰배지빠귀, 박새, 물까치, 까마귀, 큰부리까마귀, 참새 等 10種의 成鳥에 대한 各 組織器官別 重金屬의 濃度를 分析하였던 바 그 結果는 다음과 같다.

1. 採集한 10種의 鳥類에 대한 重金屬의 蓄積濃度는 Fe, Zn, Cu, Mn 等の 必須元素는 他地域과 비슷한 水準이었으나 Pb, Cd, Hg, 等과 같은 汚染元素는 大體로 낮은 傾向이었다.
2. 텃새인 鶯의 筋肉에서의 Hg는 0.01 μ g/g, Cd는 0.05 μ g/g로서 낮게 檢出되는데 比하여 여름새인 호랑지빠귀의 筋肉에서의 Hg는 0.17 μ g/g Cd는 0.08 μ g/g로서 높게 檢出되었다.
3. 鉛(Pb)은 筋肉에서는 거의 檢出되지 않았지만 狩獵鳥類인 鶯과 멧비둘기에서 0.11 μ g/g~0.17 μ g/g이 檢出되었고 大體로 카드뮴(Cd)에 依한 汚染보다는 水銀(Hg)의 汚染에 偏重되어 있는 傾向이었다.

ABSTRACTS

The heavy metal contents accumulated in the birds organ were analyzed by use of 10 species of birds to investigate the environmental pollution of the birds inhabited in Mt. Chiri. Heavy metal concentrations in bird organs, e.g. muscle, liver, kidney, lung and heart were analyzed for 10 species of the birds.

1. Contents of some heavy metal elements such as Fe, Zn, Cu and Mn were similar level compared with any other district. But contents of some heavy metal elements such as Pb, Cd and Hg were comparatively lower level than those in any other district.
2. The contents of heavy metal accumulation in the muscle of the bird organs were detected much more from the migrants than the resident birds; the resident bird, *Phasianus colchicus* were detected to contain 0.01 μ g/g of Hg and 0.05 μ g/g of Cd, but in the migrant bird, *Turdus dauma* they were detected to contain 0.17 μ g/g of Hg and 0.08 μ g/g of Cd.
3. The contents of lead were scarcely detected in the muscle of 10 species of birds, but it was highly detected from the hunting (meat-eating) birds such as *Phasianus colchicus* (0.17 μ g/g) and *Streptopelia orientalis* (0.11 μ g/g).

Generally, the concentration of heavy metals of the analyzed birds was more mercury than Cadmium.

Key words : Forest birds, heavy metal accumulation, bird organs analyses.

¹ 接受 2月 19日 Received on February 19, 1991.

² 慶尙南道 林業試驗場 Gyeongnam Forest Research Institute, Chinyang, Gyeongnam 663-840, Korea.

³ 慶尙大學校 農科大學 College of Agriculture, Gyeongsang National Univ., Chinju 600-701, Korea.

緒 論

1960年以後 급격히 增加된 工業化로 因하여 各種 工場에서 排出되는 環境汚染物質에 의한 自然生態系의 破壞는 물론 여기에서 棲息하고 있는 動植物이 점차 減少되거나 滅種되어 가고 있고 各種 農藥의 過多한 使用과 특히 DDT나 BHC와 같은 殘留性 有機鹽素化合物이 土壤에 蓄積되고 있어 사람을 비롯한 各種 動植物에 까지도 被害를 주고 있으며, 또한 山과 溪谷을 찾는 사람들이 버린 各種 쓰레기의 汚染으로 因하여 野生 動植物에 많은 影響을 주고 있다.

특히 우리나라 南端에 位置한 智異山만 하여도 韓半島에서 가장 높은 名山으로서 山水가 秀麗하여 1967年 國立公園 第1號로 指定된 以來 많은 觀光客들이 季節을 가리지 않고 이곳을 찾아오는 行列이 끊이지 않고 있어 年間出入者의 數는 무려 60萬名이나 되고 있으며, 이의 增加率은 10年間 6.6倍나 되고 있어 이들 入山客들에 의한 環境汚染은 날로 深刻해지고 있다. 이들에 의한 環境汚染의 影響은 植物의 生態系에도 많은 影響을 미치고 있어 野生動物의 生活에 많은 危脅을 주고 있다.

이와같은 事實은 最近 우리나라에 있어서도 山林害蟲의 天敵이 되는 鳥類가 環境汚染物質로 因하여 生存에 많은 危脅을 받아 해마다 減少되어 가고 있다는 報告가 뒷받침하고 있다.^{47,48)}

특히 鳥類體內的 環境汚染物質의 蓄積에 關한 研究報告는 最近에 環境汚染問題가 重大한 社會的 關心事로 擡頭됨에 따라 이에 대한 研究가 活發하게 進行되고 있는 實情으로 立川⁴⁰⁻⁴³⁾, Honda 等¹⁴⁻²¹⁾, Osborn^{36,37)}, Hutton^{23,24)}은 鳥類는 複雜한 生活機能을 營爲하는 組織器官과 産卵, 渡來 等の 生活史의 過程을 통해서 重金屬의 體內分布나 Level이 大幅의 變動한다고 報告한 바 있으며, 또한 DDT나 BHC와 같은 有機鹽素化合物은 모든 鳥類에서 檢出되었고^{38,39)} 鳥類의 重金屬 Level은 一般的으로 地表에서의 元素의 存在量의 順位와 大體의 一致되었으나 水銀에서는 動物質의 食性比重이 높으면 높을수록 그의 濃度가 높았다는 研究報告 등이 있다.^{2,3,4,5,12,33,44,45)}

그리고 1987年 本田 等은 日本과 韓國產 海鳥類의 組織中 重金屬 分布의 比較研究에 의하면 肝臟과 날개에서 그 差異가 높았고 筋肉에서는 낮았다고 報告한 바 있다.²⁹⁾

한편 우리나라에 있어서는 水邊의 鳥類나 海鳥類의 汚染에 關한 一部分의 研究報告^{29,30,31,32)}가 있을 뿐 山林鳥類에 대한 研究報告는 거의 없을 뿐만 아니라 특히 山林鳥類에 대한 水銀이나 其他 重金屬의 蓄積에 대한 殘留毒性이나 各種 組織器官에 대한 重金屬의 分布特性에 關한 詳細한 研究報告는 아직 없는 實情이다.

그러므로 本 研究는 智異山에 棲息하고 있는 各種 野生鳥類들에 대한 環境汚染의 程度를 알아 보기위해 이 地域에서 調查觀察된 成鳥의 種類別, 組織器官別 重金屬의 蓄積特性, 濃度 等を 比較分析한 것을 報告하는 바이다.

材料 및 方法

分析用 試料는 智異山의 標高 500m~900m 地域에 棲息한 鳥類를 1987年 5月부터 1989年 12月까지 3個年에 걸쳐 棲息生態를 觀察한 59種 中 새그물로 捕獲한 成鳥 10種 87個體를 選定하여 材料로 (Table 1) 利用하였다.

體重은 捕獲 即時 秤量^{27,28)}한 後 筋肉과 肝臟, 腎臟, 心臟, 肺 等の 5個 部位로 各各 解剖 分離하여 Polyethylene 봉지에 넣어 重金屬 分析時까지 -20℃에서 冷凍保管하였다가 各 組織을 均一하게 한 後 公害 公正試驗法과 Standard Method에 依하여 實施하였다.^{25,29,41)}

鐵(Fe), 망간(Mn), 銅(Cu), 亞鉛(Zn), 카드뮴(Cd), 및 鉛(Pb) 等の 分析은 Fig.1과 같은 方法으로 試料 3g을 켈달 플라스크에 넣고 HNO₃ 20ml을 넣은 後 켈달分解裝置(Hot Plate)에서 加熱 分解하여 室溫으로 冷却시킨 다음 H₂SO₄ 10ml와 HClO₄ 5ml를 添加하여 Hot plate에서 4時間 程度 加熱分解하여 溶液이 透明하게 되면 分解를 끝내고 이 溶液을 室溫으로 冷却하여 NH₄OH 10ml을 넣고 蒸溜水를 넣어 100ml mess flask의 標示線까지 正確하게 맞추어 分析溶液으로 使用하였다.

鐵(Fe), 망간(Mn), 亞鉛(Pb)은 이 分析溶液을 利用하여 Atomic Absorption Spectro-

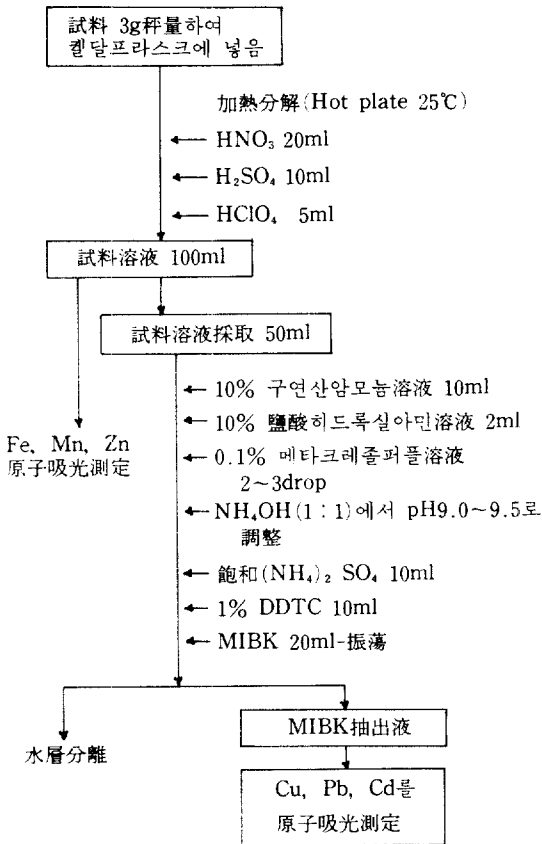


Fig. 1. Analysis method of heavy metals.
(Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd)

photometer(Perkin-Elmer 2100(英國 Perkin-Elmer社))로 測定하였다.

또한 銅(Cu)과 카드뮴(Cd), 鉛(Pb)은 上記와 같은 方法으로 分解한 溶液을 DDTCMIBK法

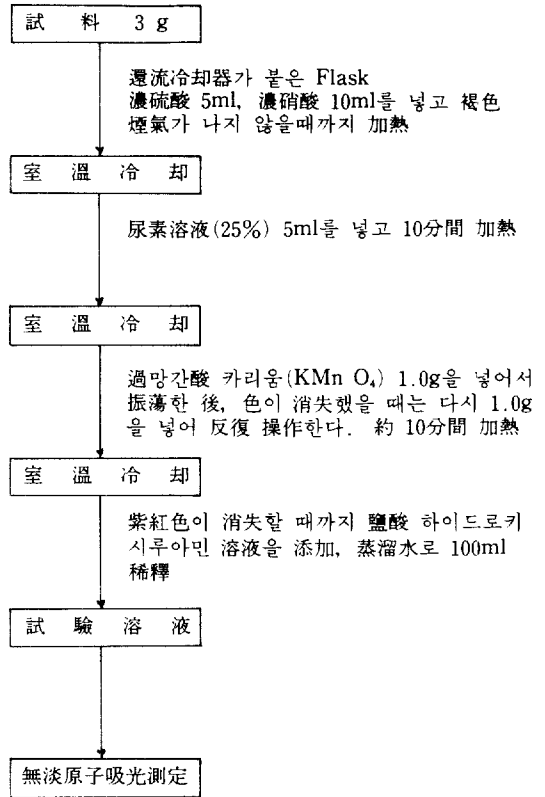


Fig. 2. Analysis method of Hg.

(Fig. 1)으로 抽出하였으며, 分解液 40ml을 分液깔대기로 採取하여 10% 구연산암모늄 溶液 10 ml과 10% 염산히드록실아민 溶液 20ml 및 指示藥인 0.1% 메타크레졸퍼플 溶液 2~3drop을 添加하고 암모니아水 1:1)를 넣어서 pH 9.0~9.5 로 調整하였고 여기에 飽和 硫酸 암모늄溶液 10

Table 1. Analysis of the 10 sample birds.

Species	No. of Sampling bird	Weight (g)	Sampling date	habitat	Breeding period (month)	Note
<i>Phasianus colchicus</i>	10	291~310	May, 1987	Forest	5~6	Resident
<i>Streptopelia orientalis</i>	10	224~274	Oct, 1987	"	4~8	"
<i>Hypsipetes amaurotis</i>	8	85~98	July, 1987	"	3~6	"
<i>Turdus dauma</i>	8	139~168	April, 1987	"	4~7	Summer vistor
<i>Turdus pallidus</i>	7	76~80	July, 1988	Forest and Field	"	"
<i>Parus major</i>	7	20~24	Jun, 1988	"	"	Resident
<i>Cyanopica cyanus</i>	8	133~141	Dec, 1989	"	"	Resident and seasonal
<i>Corvus corone</i>	9	572~620	"	"	5~7	Resident
<i>Corvus macrorhynchos</i>	10	667~850	"	"	4~7	"
<i>Passer montanus</i>	10	21~24	Oct, 1989	Village	2~8	"

* Sampling area : Mt. chiri

* Food habits : Insect and plant

ml를 넣은 다음에 1% DDTC 10ml을 넣고 振蕩 混合하여 5分 程度 放置한 後 MIBK溶液 20ml을 넣어서 强하게 1分間 振蕩混合하고 MIBK層을 分離하였으며, 또한 이와 같이 分離한 MIBK溶液을 原子吸光光度法(Atomic Absorption Spectrophotometer)으로 銅(Cu)과 카드뮴(Cd), 鉛(Pb)의 濃度を 測定하였다.

水銀(Hg)은 Fig. 2와 같은 方法으로 試料 3g을 還流冷却器가 붙은 flask에 넣고 H₂SO₄ 5ml과 HNO₃ 10ml을 添加하여 攪拌 分解裝置에서 褐色煙氣가 발생하지 않을 때까지 加熱한 다음 分解液을 室溫까지 冷却한 後 25% 尿素溶液 5ml을 넣어 約 10分間 加熱하고 다시 冷却한 後 KMnO₄을 1g 넣고 加熱하여 紫紅色이 없어지면 다시 1g의 KMnO₄을 더 넣은 後 이를 反復 操作하여 無炎原子吸光光度法으로 水銀(Hg)의 濃度を 測定하였다.

結果 및 考察

1. 重金屬의 檢出率

供試材料인 鳥類 10種87個體를 分析하였던 各 重金屬 檢出率(實際檢出個體數/總個體數)은 Table 2와 같다.

動物生體의 必須元素인 Fe와 Mn, Cu, Zn은 筋肉과 肝臟, 腎臟 等の 3個 組織의 全個體에서 모두 檢出되었으나 肺와 心臟에 있어서는 30%~92%의 檢出率을 나타내었다.

또한 生體에 必要치 않은 汚染元素²⁵⁾인 Pb와 Cd, Hg 등은 筋肉과 肝臟, 腎臟에서는 35%~100%로 檢出되었고 肺와 心臟에서는 檢出限界 濃度以下(0)에서 부터 51%까지 檢出되었는데 汚染元素中에서 Pb의 檢出率이 0~66%로 낮았던 反面에 Cd(0~100%)와 Hg(0~83%)의 檢出率

Table 2. Detection ratio of heavy metals in the sample tissues*.

Unit : %, () : No.

Heavy metals	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cd	Hg
Organs							
Muscle	100	100	100	100	35	69	83
Liver	100	100	100	100	63	100	83
Kidney	100	100	100	100	66	89	43
Lung	91	92	69	69	51	0	40
Heart	100	91	35	30	0	21	0

* Eighty seven adult individuals were investigated

이 높았는데 이것은 鳥類의 棲息環境의 差異와 鳥類의 生體內에 存在하는 代謝 또는 形態의 特徵^{8,22)}과 關聯性이 있기 때문이라고 생각 되었다.

한편 鳥類의 各 組織別 重金屬의 蓄積檢出率을 보면 肝臟>筋肉>腎臟>肺>心臟 等の 順으로 檢出되어 心臟에서 가장 적게 檢出되고 있다는 것을 알 수 있었는데 이와 같은 結果를 Bull¹⁾과 Faber 等⁹⁾, 立川 等⁴²⁾의 大型海上鳥類의 重金屬의 檢出調查 報告와 比較하여 보면 一般의 山林鳥類는 檢出率이 낮은 편이었다.

2. 鳥類의 組織器官別 檢出濃度

本 研究에서 供試된 鳥類 10種에 대한 重金屬의 檢出濃度を 分析한 結果는 Fig. 3~9와 같다.

鳥類의 生體內 重金屬의 含量은 一般의 肝臟과 腎臟에서 가장 높았고 筋肉과 心臟, 肺에서는 낮게 나타나는 傾向이었는데 이러한 傾向은 特히 Fe를 비롯하여 Cd, Mn, Zn, Hg 등에서 顯著한 差異가 있었다.

또한 重金屬의 濃度は 鳥類의 種類에 따라 큰 差異를 보였고 生體의 必須元素인 Fe와 Cu, Mn은 各 組織에 많이 含有되어 있었으며 組織器官에 따라 뚜렷한 差異가 있었으나 Pb와 Cd, Hg等 毒性元素의 濃度は 적은 편이었다.

한편 各組織의 Fe含量的 差異를 보면 肝臟

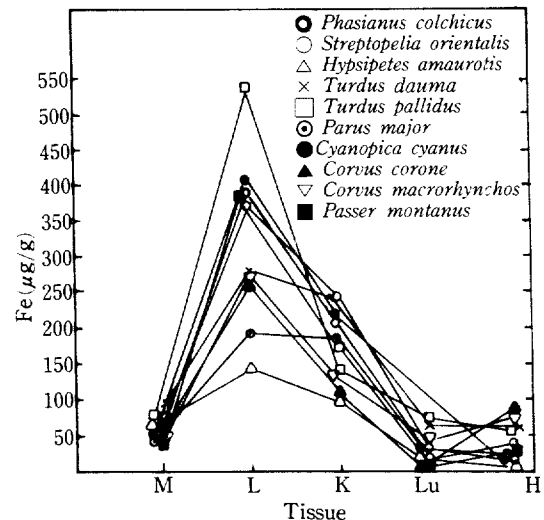


Fig. 3. Distribution of heavy metals in each tissue by sample birds. Legend : M : Muscle, L : Liver, K : Kidney, Lu : Lung, H : Heart

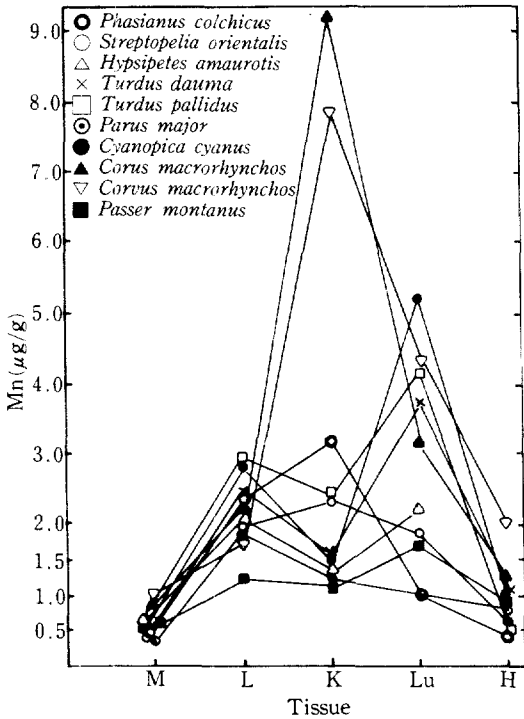


Fig. 4. Distribution of heavy metals in each tissue by sample birds.

Legen : M : Muscle, L : Liver,
K : Kidney, Lu : Lung, H : Heart

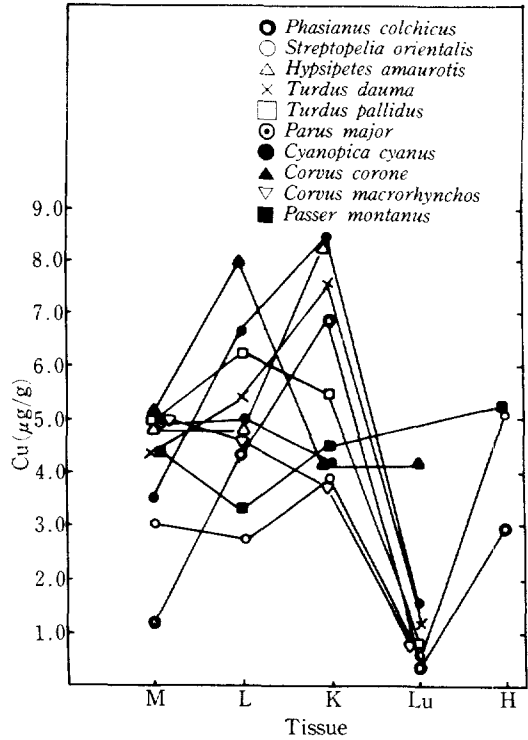


Fig. 5. Distribution of heavy metals in each tissue by sample birds.

Legend : M : Muscle, L : Liver,
K : Kidney, Lu : Lung, H : Heart

(146 $\mu\text{g/g}$ ~543 $\mu\text{g/g}$)과 腎臟(108 $\mu\text{g/g}$ ~249 $\mu\text{g/g}$)에서 높았고 肺(14.5 $\mu\text{g/g}$ ~71.4 $\mu\text{g/g}$)와 心臟(8.3 $\mu\text{g/g}$ ~84.6 $\mu\text{g/g}$)에서는 蓄積濃度가 낮게 나타났는데, 이것은 肝臟의 헤모글로빈량과 貯藏鐵의 量이 種에 따라 다르다는 事實¹¹⁾에 根據하고 있는 것으로 생각되었다. 體內蓄積이 組織의 代謝와 密接하게 關聯이 되어 있는 必須元素와는 달리 汚染元素로 알려져 있는 Pb와 Cd, Hg 등의 含量變化를 보면 主要 蓄積은 먹이를 통하여 吸收量에 依存하며 Hg의 濃度는 큰부리까마귀와 물까치 등 먹이連鎖의 高位에 位置한 種일수록 높게 나타났는데 이러한 結果는 Fimreite¹⁰⁾와 Delbeke 등⁷⁾의 報告와 거의 一致하고 있었다.

또한 Pb의 各 組織別 筋肉과 肝臟, 腎臟, 肺, 心臟 등의 含量差異를 보면 0 $\mu\text{g/g}$ ~0.36 $\mu\text{g/g}$, 0 $\mu\text{g/g}$ ~0.84 $\mu\text{g/g}$, 0 $\mu\text{g/g}$ ~1.80 $\mu\text{g/g}$, 0 $\mu\text{g/g}$ ~6.70 $\mu\text{g/g}$, 不檢出 등으로서 汚染元素의 濃度範圍가 必須元素의 濃度範圍보다 넓게 나타났는데 이와 같은 事實은 陸上鳥類 海上鳥類에 대한 現

在까지의 研究結果(Tatsukawa et al.⁴¹⁾, Connors⁶⁾, Osborn³⁷⁾, Hutton²⁴⁾)와 거의 一致하는 傾向이었다.

그리고 筋肉中の Pb成分은 0.11 $\mu\text{g/g}$ ~0.36 $\mu\text{g/g}$ 範圍中에 있었는데 이 가운데 狩獵鳥類인 멧과 멧비둘기에서 多少 많은 量의 Pb成分이 檢出된 것이 特異하였으며 腎臟에서의 Pb成分의 檢出範圍는 0.11 $\mu\text{g/g}$ ~1.80 $\mu\text{g/g}$ 으로서 큰부리까마귀에서 가장 많이 檢出되었고 心臟部位에서는 全般的으로 檢出되지 않았다.

한편 까마귀類의 肺에서 例外的으로 高濃度(6.28 $\mu\text{g/g}$ ~6.70 $\mu\text{g/g}$)의 Pb가 檢出되었는데 이러한 結果에 비추어 볼때 Pb에 依한 大氣汚染이 甚한 地域이 있었던 것으로 豫想된다. 이와 關聯된 研究에서 Hutton and Goodman²³⁾은 都市 中心地에 依하여 汚染된 먹이의 影響으로 都市 中心地로 가면 갈수록 鳥類의 體內에 Pb의 濃度가 높아진다고 報告한 바가 있다. Cd에 있어서의 組織別 濃度差異를 살펴보면 筋肉과 肝臟, 腎臟,

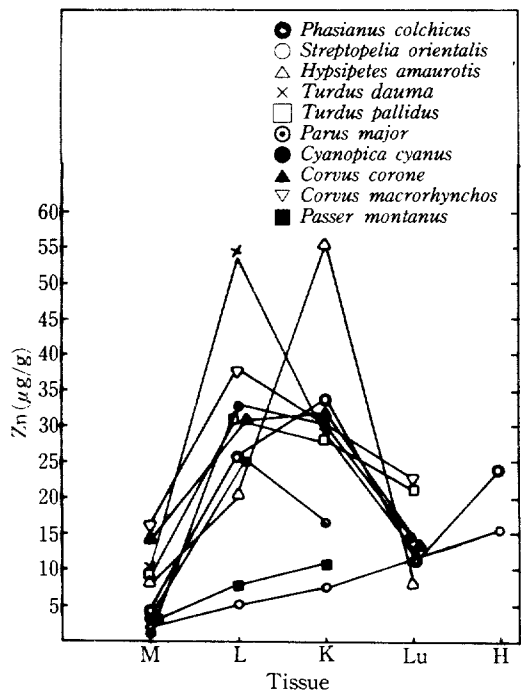


Fig. 6. Distribution of heavy metals in each tissue by sample birds.
 Legend : M : Muscle, L : Liver, K : Kidney, Lu : Lung, H : Heart

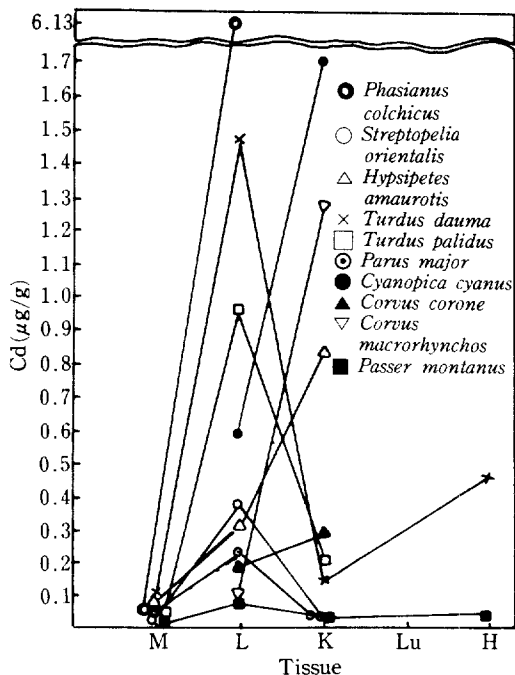


Fig. 8. Distribution of heavy metals in each tissue by sample birds.
 Legend : M : Muscle, L : Liver, K : Kidney, Lu : Lung, H : Heart

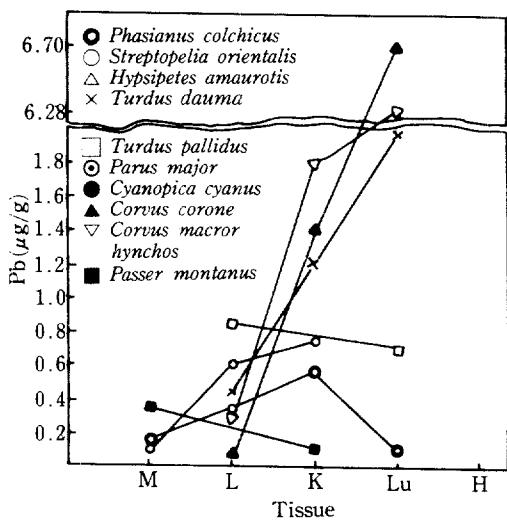


Fig. 7. Distribution of heavy metals in each tissue by sample birds.
 Legend : M : Muscle, L : Liver, K : Kidney, Lu : Lung, H : Heart

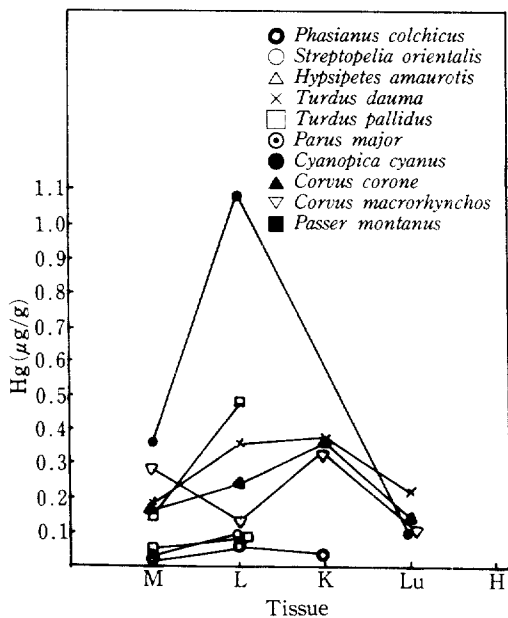


Fig. 9. Distribution of heavy metals in each tissue by sample birds.
 Legend : M : Muscle, L : Liver, K : Kidney, Lu : Lung, H : Heart

肺, 心臟 等に 있어서는 $0\mu\text{g/g}\sim 0.08\mu\text{g/g}$, $0.07\mu\text{g/g}\sim 6.13\mu\text{g/g}$, $0\mu\text{g/g}\sim 1.71\mu\text{g/g}$, 不檢出 $0\mu\text{g/g}\sim 0.46\mu\text{g/g}$ 等으로 나타나서 組織器官別로 高濃度로 蓄積된 個體가 있음과 同時에 그 範圍가 상당히 큰 것이 特徵이었고 Cd는 一般的으로 各 工場에서 排出되는 廢水와 煤煙 等に 의하여 汚染된 먹이가 體內에 蓄積된 것이라고 볼 수 있었으며^{26,30,41)} 筋肉에서는 $0\mu\text{g/g}\sim 0.08\mu\text{g/g}$ 의 範圍內에 있었는데 그 중에서 호랑지빠귀에서 가장 많이 檢出되었고 참새는 가장 적었으며 까마귀와 큰부리까마귀, 물까치 等에서는 檢出되지 않았다.

各 部位別로 보면 가장 많이 檢出된 組織은 肝臟으로서 檢出範圍가 $0.07\mu\text{g/g}\sim 6.13\mu\text{g/g}$ 으로서 種間의 差異가 顯著하였으며 참새와 큰부리까마귀에서 가장 낮았고 꿩에서 가장 높게 나타났는데 이와 같이 鳥類間에 汚染元素의 濃度差異가 많았던 것은 移動性이 甚한 鳥類의 棲息環境과 食餌物의 攝取變化 等の 要因과 關聯이 있는 것으로 推定된다. 또한 本 分析結果 鳥類器官의 組織部位別 濃度の 差異도 顯著하였지만 텃새와 철새間의 差異는 더욱 뚜렷하게 나타났으며 이와 같은 結果는 White 等⁴⁶⁾의 報告와 비슷한 傾向이었다.

또한 汚染元素의 하나인 Hg의 蓄積量을 보면 組織別로 筋肉과 肝臟, 腎臟, 肺, 心臟 等の 平均含量은 $0\mu\text{g/g}\sim 0.36\mu\text{g/g}$, $0\mu\text{g/g}\sim 1.08\mu\text{g/g}$, $0\mu\text{g/g}\sim 0.38\mu\text{g/g}$, $0\mu\text{g/g}\sim 0.22\mu\text{g/g}$, 不檢出 等으로 組織器官別로는 큰 差異가 없었으나 鳥類의 種類間에 差異가 많았는데 이와 같은 傾向은 特히 까마귀類 等の 大型鳥類에 偏重되어 있는 것이 特徵이었다.

그리고 筋肉에 있어서는 직박구리와 진박새에서는 檢出되지 않았고 그 중 호랑지빠귀가 $0.02\mu\text{g/g}\sim 0.17\mu\text{g/g}$ 으로서 제일 많았으며 肝臟은 $0\mu\text{g/g}\sim 1.08\mu\text{g/g}$ 으로 微量이었지만 물까치에서 $1.08\mu\text{g/g}$ 가 檢出되었던 것은 汚染된 特定 食餌物의 攝取와 關聯이 있는 것으로 思料된다.

또한 腎臟에서는 $0\mu\text{g/g}\sim 0.38\mu\text{g/g}$ 으로서 까마귀와 큰부리까마귀, 호랑지빠귀와 같은 鳥類에서는 비슷한 濃度の 水準이었으며 멧비둘기와 직박구리, 흰배지빠귀, 진박새, 참새 等에서는 檢出되지 않았고 心臟에서는 全般的으로 檢出되지 않았다. 生體에 必要한 元素인 Cu와 Zn, Mn 等은

筋肉과 肝臟, 腎臟 等に 多量 含有하고 있었으며 Cu의 部位別 筋肉과 肝臟, 腎臟, 肺, 心臟 等の 平均濃度는 $1.16\mu\text{g/g}\sim 5.11\mu\text{g/g}$, $2.82\mu\text{g/g}\sim 8.06\mu\text{g/g}$, $3.72\mu\text{g/g}\sim 8.51\mu\text{g/g}$, $0\mu\text{g/g}\sim 4.19\mu\text{g/g}$, $0\mu\text{g/g}\sim 5.31\mu\text{g/g}$ 으로서 種에 따라 상당한 差異를 보였는데 이를 部位別로 詳細히 考察하여 보면, 筋肉은 $1.16\mu\text{g/g}\sim 5.11\mu\text{g/g}$ 로서 까마귀에서 가장 많이 檢出되었고 꿩에서 가장 적게 檢出되었는데 立川⁴¹⁾의 調查報告에 의하면 거의 大部分의 鳥類에서 Cu의 濃度는 $5\mu\text{g/g}$ 前後가 普通이라고 報告한데 比하면 多少 높은 편이었다.

肝臟에서는 $2.82\mu\text{g/g}\sim 8.06\mu\text{g/g}$ 의 範圍內에 있었는데 그 중 멧비둘기가 가장 낮았고 까마귀가 제일 높았으며 腎臟內의 Cu의 平均濃度는 $3.72\mu\text{g/g}\sim 8.51\mu\text{g/g}$ 으로서 큰 差異는 없었으나 比較의 大型鳥類에서 많이 檢出되는 傾向이었다.

心臟에 있어서는 직박구리와 호랑지빠귀, 흰배지빠귀, 진박새, 물까치, 큰부리까마귀 等에서 檢出되지 않았으나, 꿩과 참새, 멧비둘기 等에서는 多少 높은 量이 檢出되었으며, 肺에서는 $0\mu\text{g/g}\sim 4.19\mu\text{g/g}$ 으로서 種間에 差異가 顯著하였으며 그 중에서 큰부리까마귀의 濃度가 제일 높았고 꿩에서 제일 적은 量이 檢出되었는데 이것은 모두 大型鳥類나 活動範圍가 넓은 種에서 多量 檢出되었다. 그런데 이와 같이 까마귀類에서 Cu의 濃度가 높았던 것은 食性이 雜食性이기 때문이라고 생각되었는데 지금까지 鳥類의 肝臟에서 Cu가 高濃度로 蓄積되었다는 報告는 청둥오리와 쇠오리($25\mu\text{g/g}\sim 38\mu\text{g/g}$), 흑고니($350\mu\text{g/g}\sim 900\mu\text{g/g}$) 等에 대한 研究結果가 있다.^{8,41)}

또한 이들 鳥類와 同一한 科에 屬하는 집오리에 대한 試驗에서 먹이 중의 Cu의 濃度を 低下시켜도 體內濃度는 高濃度を 維持한다는 報告가 있다(Under wood, 1971).

한편 各 組織別 Zn의 含量은 種間에는 큰 差異가 없었지만 組織器官別에 따라서 뚜렷한 差異가 있었는데 그 중 肝臟과 腎臟에서 가장 높았고 筋肉과 肺에서는 낮게 나타났다. 그리고 心臟에서는 거의 檢出되지 않았지만 꿩과 멧비둘기에서 $16.2\mu\text{g/g}\sim 24.3\mu\text{g/g}$ 으로 높게 나타나 高濃度 蓄積의 個體가 있음과 同時에 그 範圍가 상당히 컸던 것이 特徵이었다.

以上과 같이 重金屬을 分析한 結果 中에서 Zn과 Cd의 組織別 濃度の 差異를 보면 Cd의 濃度

가 높은 個體에서는 Zn의 濃度가 높아지는 傾向을 나타내었는데 이와 같은 結果는 刈川⁴¹⁾과 李²⁹⁾ 등의 報告와 一致하는 傾向이었으며 그 原因은 生體에 必要하지 않은 毒性元素인 Cd가 體內에 蓄積되면 生物體의 防禦機作現象으로 Zn이 生成된다는 一般的인 理論에 起因된 것이라고 생각된다.^{13,34,35)}

引用 文 獻

1. Bull, K.R., R.K. Murton, D. Osborn, P. Ward and L. Cheng, 1977. High levels Cadmium in Atlantic and seaskaters. *Nature* 269 : 507-509.
2. Burger, J. 1978. Competition between Cattle Egrets and native North American herons, egrets, and ibises. *Condor* 80 : 15-23.
3. Chen, P.H., J.M. Gaw, C.K. Wong and C.J. Chen. 1980. Levels and gaschromatographic patterns of polychlorinated biphenyls in the blood of patients after PCB poisoning in Taiwan. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 25 : 325-329.
4. Cheney, M.E., C.S. Hacker, and G.D. Schroder, 1981. Bioaccumulation of lead and Cadmium in the Cattle Egret (*Bubulcus ibis*). *Ecotoxicol. Environ. Safety* 5 : 211-224.
5. Clark, A.L. and D.B. Peakall. 1977. Organochlorine residues in Eleonora's Falcon *Falco eleonorae*, its eggs and its prey. *Ibis* 119 : 353-358.
6. Connors, P.G., Anderlini, V.C. Risebrought, R.W. Gilvertson, M. and Hays. H. 1975. Investigations of heavy metals in Common Tern populations. *Canadian field-Naturalist* 89 : 157-162.
7. Delbeke, K., C. Joiris, and G. Decadt, 1984. Mercury contamination of the Belgian avifauna 1970-1981. *Environ. Pollut. (Ser. B.)* 7 : 205-221.
8. Elvesta, K., O. Karlog, and B. Clausen, 1982. Heavy metals (copper, cadmium, lead, mercury) in Mute Swans from Denmark. *Nord. Vet-Med.* 34 : 92-97.
9. Faber, R.A., R.W. Risebrough and H.M. Pratt. 1972. Organochlorines and mercury in Common Egrets and Great Blue Herons. *Environ. Pollut.*, (3) : 111-122.
10. Fimreite, N. 1974. Mercury contamination of aquatic birds in Northwestern Ontario. *Wildl. Manage.* 38(1) : 120-131.
11. Haarakangas, H., H. Hyvarinen, and M. Ojanen. 1974. Seasonal variations and the effects of nesting and moulting on liver mineral in the House Sparrow (*Passer domesticus* L.). *Comp. Biochem. Physiol.* 47A : 153-163.
12. 浜中恒寧. 1984. 海鳥類における重金屬蓄積. *海洋科學*. 16 : 245-251.
13. Hamanaka, T. and S. Mishima, 1981. Cadmium and zinc concentrations in marine organisms in the Pacific Ocean. *Res. Inst. N. Pac. Fish., Hokkaido Univ., Spe. Vol.* : 191-206.
14. Honda, K., R. Tatsukawa and T. Fujiyama. 1982. Distribution characteristics of heavy metals in the organs and tissues of striped dolphin, *Stenella coeruleoalba*. *Agric. Biol. Chem.*, 46 : 3011-3021.
15. Honda, K., R. Tatsukawa and T. Fujiyama. 1982. Distribution characteristics of heavy metals in the organs and tissues of Striped dolphin, *Stenella coeruleoalba*. *Agric. Biol. Chem.* 46 : 3011-3021.
16. Honda, K., R. Tatsukawa, K. Itano, N. Miyazaki, and T. Fujiyama, 1983. Heavy metal concentrations in muscle, liver and kidney tissues of Striped dolphin, *Stenella coeruleoalba*, and their variations with body length, weight, age and sex. *Agric. Biol. Chem.* 47 : 1219-1228.
17. Honda, K., B.Y. Min. and R. Tatsukawa, 1985. Heavy metal distribution in organs tissues of the Eastern Great White Egret *Egretta alba modesta*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 35 : 781-789.
18. Honda, K., B.Y. Min. and R. Tatsukawa, 1986. Distribution of heavy metals and their age-related changes in the Eastern Great White Egret, *Egretta alba modesta*, in Korea. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 15 : 185-197.
19. Honda, K., T. Nasu, and R. Tatsukawa, 1986. Seasonal changes in mercury accumulation in the Black-eared Kite, *Mivus mirgans lineatus*. *Environ. Pollut. (ser. A)* 42 : 325-334.
20. Honda, K., T. Nasu and R. Tatsukawa, 1986.

- Seasonal changes in mercury accumulation in the Black-eared Kite, *Milvus mirgans lineatus*. Environ. Pollut. (Ser. A) 42 : 361-3871.
21. Honda, K., Y. Yamamoto, H. Hidaka, and R. Tatsukawa, 1986. Heavy metal accumulation in Adelie penguin, *Pygoselis adeliae*, and their variations with the reproductive proceses. Mem. Natl. Inst. Polar Res. Spec. Issue 40 : 443-453.
 22. Howarth, D.M., T.R. Grant and A.J. Hulbert, 1982. A comparative study of heavy metal accumulation in tissues of the Crested Tern, *Sterna bergii*, breeding near an industrial port before and after harbour dradging and dumping. Aust. Wildl. Res., 9 : 571-577.
 23. Hutton, M. and G.T. Goodman, 1980. Metal concentration of Feral Pigeons *Columba livia* from the London area : part 1-Tissue accumum of lead, cadmium and zinc. Environ. Pollut. (Ser. A) 22 : 207-217.
 24. Hutton, M. 1981. Accumulation of heavy metals and selenium in three seabird species from the United Kingdom. Environ. Pollut. (Ser. A) 26 : 129-145.
 25. 井村伸正. 1980. 水銀-動物体内での挙動と毒性. 環境汚染物質と毒性. 南江堂. 東部 : 71-79.
 26. Honda, Katsuhisa Ryo Tatsukawa and Toraya Fujiyama. 1982. Distribution characteristics of heavy metals in the organs and tissues of striped dolphin. *Stenella coeruleoalba*, Agric. Biol. Chem. 46.
 27. Honda, Katsuhisa 1976. Analysis of variation by sex, age and season of body weight, fat and some body part in the Dusky Thrush, wintering in Japan. Misc. Rep. Yam. Inst., 4 : 91-95.
 28. Honda, Katsuhisa 1964. Data on body weight, fat weight and gonad size of lighthouse struck and other birds. Misc. Rep. Yam. Inst., 4 : 71-75 (in Japanese with English summary).
 29. 李斗杓·本田克久·立川涼. 1987. 日本および韓國産鳥類の組織中 重金属の比較研究. 山階鳥研報 19 : 103-116.
 30. Lee, Doo Pyo, Katsuhisa Honda, Ryo Tatsukawa, and Pyong Oh Won. 1986. Distribution and Residue Level of Mercury, Cadmium and Lead in Korean birds. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 43 : 550-555.
 31. Min, B.Y., S. Tanabe, R. Tatsukawa, and S. Shiraishi, 1984. Organochlorine compound residues in some insctivorious birds and a piscivorous bird, the Eastern great egret, *Egretta alba modesta*, in Korea. *Sci. Bull. Fac. Agric. Kyushu Univ.* 39 : 69-75 (in Japanese.).
 32. 関丙允. 1986. 韓國産 留鳥 및 移動性 鳥類의 殘留 有機鹽素化合物. 慶南大學校 附設 環境研究所 研究報告 8 : 35-40.
 33. Mundy, P.J., K.I. Grant, J. Tanmock and C. L. Wessels. 1982. Pesticide residues and eggshell thickness of griffon vulture eggs in Southern Africa. J. Wildl. Manage. 46 : 769-773.
 34. Nicholson, J.K. 1981. The comparative distribution of zinc, cadmium and mercury in selected tissues of the Herring Gull (*Larus argentatus*). Com. Biochem. Physiol. 68C : 91-94.
 35. Nicholson, J.K. and D. Osborn, 1983. Kidney lesions in pelagic seabirds with high tissue levels of cadmium and mercury. J. Zool. Lond. 200 : 99-118.
 36. Osborn, D., 1979. Seasonal changes in the fat, protain and metal content of the Starling *Sturnus vulgaris*. Environ. Pollut. 19 : 145-155.
 37. Osborn, D., M.P. Harris, and J.K. Nicholson. 1979. Comparative tissue distribution of mercury, cadmium and zinc in three species of seabirds. Com. Biochem. Physiol. 64C : 61-67.
 38. Stickel, L.F. 1973. Pesticide residues in birds and mammals. In "Environmental Pollution by Pesticides." ed. by C.A. Edwards, Plenum Press, New York, pp.254-312.
 39. Swartz, W.J. and R.L. Schutzmann. 1981. Uptake of DDT from the yolk sacinto the early chick embryo as measured by gas chromatography. Bull. environ. Contam. Toxicol. 27 : 3939-396.
 40. 立川 涼. 1973. 愛媛縣松山市周邊における鳥類の殘留有機鹽素化合物に関する調査. 殘留毒性研究會.
 41. 立川 涼ほか. 1974. 鳥類の殘留毒性に関する (II) 重金属汚染調査. 環境廳. pp. 24.
 42. Tatsukawa, R., M. Matsuda, K. Honda, and K. Moriyama, 1974. Occurrence and distribu-

- tion of environmental pollutants in wild birds. Ehime Prefecture, Japan(II) Heavy metals Report of Laboratory of Agriculture and Environmental Chemistry, College of Agriculture, Ehime Univ. pp.68.
43. 立川 涼. 1975. 鳥類の残留毒性に関する研究 III - 有機鹽素化合物, フタル酸エステルおよび重金屬汚染調査のまとめ. 環境廳. pp.82.
44. 立川 涼・田邊信介・吉田多摩夫. 1979. 人工有機鹽素化合物. 海洋環境調査法. 日本海洋學會編. 恒星社厚生閣. 東京
45. 立川 涼・田邊信介・吉田多摩夫. 1979. 人工有機鹽素化合物. 海洋環境調査法. 日本海洋學會編. 恒星社厚生閣. 東京. 232-2690
46. White. D.H., J.R. Bean, and J.R. Longcore, 1977. Nationwide residues of mercury, lead, cadmium, arsenic, and selenium in Starling. 1973. Pestic. Monit. J. 11(1) : 35-39.
47. Won, P.O. 1981. Illustrated Flora and Fauna of Korea. Vol. 25 *Avifauna*. Ministry of Education.
48. 元炳晔・李斗杓. 1985. 周王山의 鳥類. The Report of the KACN. No. 23 : 87-92.