

영종도와 삼목도에 도래하는 섭금류(Shorebirds)의 간과 신장에서 중금속 농도

김정수 · 박성근¹ · 이두표² · 구태희^{3*} · 원병오⁴

경희대학교 환경연구센터, ¹에코텍 생태환경연구소, ²호남대학교 생명과학부
³경희대학교 환경학 및 환경공학 전공, ⁴한국조수보호협회

적 요: 본 연구는 우리나라 영종도와 삼목도에 도래하는 섭금류(Shorebirds)의 간과 신장에서 중금속 축적에 대한 연구이다. 아연의 농도는 영종도의 큰뒷부리도요의 간과 신장에서 각각 76.7 $\mu\text{g}/\text{wet g}$, 65.8 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 으로 가장 높은 농도를 보였다. 망간의 경우, 간에서 가장 높은 농도는 4.68 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 을 나타낸 영종도의 청다리도요였고, 신장에서는 삼목도의 흰물떼새에서 18.61 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 으로 가장 높았다. 구리농도는 영종도 큰뒷부리도요의 간과 신장에서 각각 25.4 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 과 44.1 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 으로 가장 높았다. 납 농도가 가장 높게 나타난 종은 삼목도의 줌도요로서 간에서 17.0 $\mu\text{g}/\text{wet g}$, 신장에서 40.2 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 이었다. 그리고 납 농도는 모든 종에서 신장에서의 농도가 간에서의 농도보다 높게 나타났다. 간에서 카드뮴 농도는 $0.73 \pm 0.26 \mu\text{g}/\text{wet g}$ 을 나타낸 영종도의 민물도요에서 가장 높았고, 신장에서는 영종도의 흰물떼새에서 $4.89 \pm 1.49 \mu\text{g}/\text{wet g}$ 으로 가장 높았다. 카드뮴은 모든 종에서 간보다는 신장에서 농도가 높았다. 그리고 간과 신장에서의 납과 카드뮴 농도는 붉은어깨도요를 제외하고는 영종도에서의 농도가 삼목도보다 높았다.

검색어: 간, 삼목도, 섭금류(shorebirds), 신장, 영종도, 중금속농도

서 론

섭금류는 계통분류학적으로 도요목(Charadriiformes)에 속한 도요아목(Charadrii) 13개의 과(Family), 갈매기아목(Lari) 4개의 과 그리고 바다오리아목(Alcae) 1개의 과로 분류되어 있는 총 18개의 과중에서 도요아목에 속한 13개의 과를 중심으로 섭금류의 기준으로 삼고 있다(Hyman *et al.* 1986, Juana 1992). 이를 기준으로 했을 때 우리나라에 도래하는 섭금류(Shorebirds)는 총 62종이다(원 1981, 2000, Hayman *et al.* 1986).

섭금류는 조간대 갯벌과 같은 습지를 생활권으로 삼고, 대규모 군집을 이루어 생활하며, 번식지와 월동지 사이의 장거리 이동을 한다. 우리나라에 도래하는 섭금류는 러시아 극동부 및 중국 동부 등지에서 번식하고, 춘·추계에 우리나라 서해 갯벌을 중간 기착지로 이용하며, 중국의 양자강 주변과 동남아시아, 호주, 뉴질랜드 등지에서 월동한다. 대부분의 섭금류들은 이러한 장거리 이동에 의하여 체내에 축적된 대부분의 지방과 일부 단백질의 감소로 체중의 변화를 겪는다(Berthold 1975). 이들은 체내 지방과 단백질을 이동기의 에너지원으로 이용하고 있으며, 이동 직전에 출발지인 번식지 또는 월동지에서 에너지를 축적하고, 본격적인 이동기에는 중간 기착지에서 휴식을 취하면서 소비되어 버린 에너지를 보충한다(Connell *et al.* 1960, Odum *et al.* 1964). 이렇게 보충된 에너지원은 월동지에서 가혹한 기후조건에서의 생존과 번식지에서의 번식 성공 여부를 결정한다(Reminton

and Braun 1988). 따라서 중간 기착지에서의 안정적인 서식지 확보의 여부가 이동경로상의 전체 섭금류 조류상의 안정성을 유지하는데 중요한 역할을 담당한다.

조류에 있어서 Pb, Cd와 Hg 등의 독성 중금속 오염에 의한 연구는 많이 이루어졌다. 중금속의 독성학적 효과는 조류의 사망, 이동 그리고 번식실패와 다른 생리적 독성을 포함한다(Grue *et al.* 1984, Hoffman *et al.* 1984). 조류의 조직 중 중금속 농도와 분포는 취식지역, 성장, 연령, 번식, 털갈이 그리고 이동 등과 같은 여러 생리학적, 생물학적 요인에 의해서 영향을 받는다. 특히, 성장과 연령에 따라 중금속의 농도가 많이 변하고, Pb, Cd와 Hg 등은 성장과 함께 특정 조직에 축적된다(Cheney *et al.* 1981, Honda *et al.* 1986, Hulse *et al.* 1980).

이에 본 연구는 우리나라에서 섭금류의 중간 기착지로서 중요한 역할을 하고 있는 인천광역시 영종도와 삼목도에 도래하는 섭금류를 포획하여 체내 조직 중에서 간과 신장에서의 중금속 농도를 분석하여, 이들의 오염 정도를 파악하고, 나아가 섭금류와 그들의 서식지를 보호·관리하는데 기초자료를 제공하고 자 한다.

조사지역 및 방법

조사지역은 행정구역상 인천시 중구에 속하는 영종도 일대의 갯벌과 인천국제공항건설을 위하여 간척이 이루어진 삼목도 일대의 갯벌에서 섭금류를 채집하였다(Fig. 1). 채집한 종은 흰물

* Corresponding author; Phone: 82-31-201-2427, e-mail: thkoo@khu.ac.kr

떼새 *Charadrius alexandrinus*, 왕눈물떼새 *Charadrius mongolus*, 좀도요 *Calidris ruficollis*, 민물도요 *Calidris alpina*, 붉은어깨도요 *Calidris tenuirostris*, 청다리도요 *Tringa nebularia*와 뒷부리도요 *Xenus cinereus*, 큰뒷부리도요 *Limosa lapponica*이다. 이들의 개체 수와 채집장소는 Table 1에 표시하였다. 채집은 1994년과 1995년 가을의 이동시기에 채집하였다.

포획한 재료는 모두 비닐팩에 넣어 해부하여 분석할 때까지 약 -20°C에 냉동 보존하였다. 냉동된 시료는 해동시킨 후 체중을 측정하고 다음 해부하여 간, 콩팥을 추출하였다.

중금속 분석을 위하여 냉동 보존한 각 조직을 해동시켜 균질화 한 다음 약 3~5 g을 황산, 질산, 과염소산에 의해 습식 켈달 분해법으로 가열 분해하였다. 분해액은 100 ml로 정량한 후 철, 망간, 아연 및 구리는 원자흡광광도법에 의해 직접 측정하였으며 납, 카드뮴과 같이 체내에 미량으로 분포하는 원소는 분해액

을 DDTC-MIBK법에 의해 추출 농축한 다음 원자흡광광도계(Hitachi 6400)로 분석하였다.

결 과

영종도와 삼목도에 도래하는 섬금류의 간과 신장에서 아연의 농도범위는 1.33~76.7 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 이었다. 이를 종별로 살펴보면, 영종도의 큰뒷부리도요가 간에서 76.7 $\mu\text{g}/\text{wet g}$, 신장에서 65.8 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 으로서 다른 종에 비하여 월등히 높은 농도를 보였고, 다음은 영종도의 민물도요의 간에서 39.7 \pm 5.13 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 으로 비교적 고농도로 축적되었고, 신장에서는 삼목도의 붉은어깨도요에서 30.5 \pm 6.83 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 으로 고농도로 축적되었다. 그리고 뒷부리도요를 제외한 모든 종에서 간과 신장에서의 아연농도가 영종도에 비하여 삼목도가 낮게 나타났으며, 뒷부리도요는 간에서는 삼목도가 높은 반면, 신장에서는 영종도가 높은 것으로 나타났다(Table 2).

망간의 농도는 n.d(not detected)~18.6 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 의 범위를 보였다. 간에서 가장 높은 농도는 4.68 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 을 나타낸 영종도의 청다리도요가 가장 높았고, 다음은 영종도의 큰뒷부리도요로 4.12 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 이었다. 신장에서는 삼목도의 흰물떼새가 18.6 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 으로 가장 높았고, 다음은 영종도의 민물도요로 4.17 \pm 4.19 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 이었다. 그리고 왕눈물떼새와 붉은어깨도요는 영종도에서 채집된 종이 삼목도에 비하여 농도가 높았지만, 뒷부리도요는 삼목도가 높게 나타났다. 그리고 흰물떼새는 간에서는 영종도가 높았지만 신장에서는 삼목도가 높았다(Table 3).

구리의 농도는 n.d~44.1 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 의 범위였으며, 지역별로는 영종도에서의 섬금류가 삼목도에 비하여 간과 신장에 고농도로

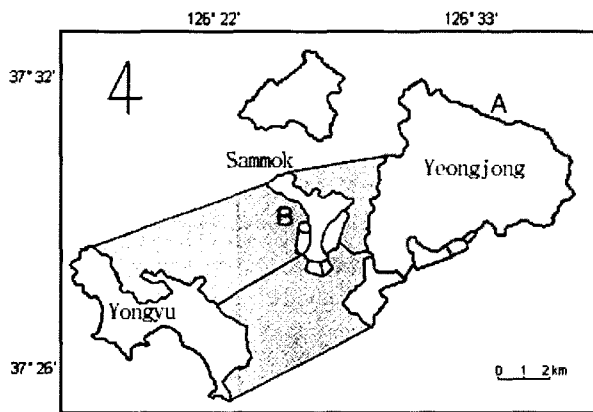


Fig. 1. Location of the sampling sites in Sammok(B) and Yeongjong (A) Islands, 1994~1995.

Table 1. Collected species, individuals, date and area

Species	N	Area	Date
<i>Charadrius alexandrinus</i>	1	Sammok	September, 1995
	2	Yeongjong	August, 1994
<i>Charadrius mongolus</i>	1	Sammok	September, 1995
	1	Yeongjong	August, 1994
<i>Calidris ruficollis</i>	1	Sammok	September, 1995
<i>Calidris alpina</i>	6	Yeongjong	Aug. ~ Sep. 1994
<i>Calidris tenuirostris</i>	9	Sammok	August, 1994
	1	Yeongjong	August, 1994
<i>Tringa nebularia</i>	1	Yeongjong	August, 1994
<i>Tringa cinereus</i>	4	Sammok	September, 1995
	6	Yeongjong	August, 1994
<i>Limosa lapponica</i>	1	Yeongjong	August, 1994

Table 2. Zinc concentration(mean \pm S.D $\mu\text{g}/\text{wet g}$) in liver and kidney of shorebirds on Sammok and Yeongjong Island

Species	N	Area	Liver	Kidney
<i>Charadrius alexandrinus</i>	1	Sammok	1.33	10.5
	2	Yeongjong	37.7 \pm 1.82	26.7 \pm 3.56
<i>Charadrius mongolus</i>	1	Sammok	27.6	6.95
	1	Yeongjong	34.7	25.5
<i>Calidris ruficollis</i>	1	Sammok	25.6	7.10
<i>Calidris alpina</i>	6	Yeongjong	39.7 \pm 5.13	22.9 \pm 11.5
<i>Calidris tenuirostris</i>	9	Sammok	30.6 \pm 4.67	30.5 \pm 6.83
	1	Yeongjong	45.8	80.7
<i>Tringa nebularia</i>	1	Yeongjong	29.0	24.9
<i>Tringa cinereus</i>	4	Sammok	29.7 \pm 2.29	17.4 \pm 7.41
	6	Yeongjong	21.2 \pm 12.7	22.7 \pm 4.10
<i>Limosa lapponica</i>	1	Yeongjong	76.7	65.8

Table 3. Manganese concentration(mean±S.D $\mu\text{g/wet g}$) in liver and kidney of shorebirds in Sammok and Yeongjong Island

Species	N	Area	Liver	Kidney
<i>Charadrius alexandrinus</i>	1	Sammok	0.41	18.6
	2	Yeongjong	2.58±1.09	4.17±4.19
<i>Charadrius mongolus</i>	1	Sammok	0.41	n.d
	1	Yeongjong	2.83	2.17
<i>Calidris ruficollis</i>	1	Sammok	2.87	7.22
<i>Calidris alpina</i>	6	Yeongjong	3.14±0.76	3.05±2.65
<i>Calidris tenuirostris</i>	9	Sammok	1.12±0.60	2.82±0.72
	1	Yeongjong	2.56	4.80
<i>Tringa nebularia</i>	1	Yeongjong	4.68	1.28
<i>Tringa cinereus</i>	4	Sammok	2.14±0.80	4.02±0.60
	6	Yeongjong	2.06±1.26	1.73±1.76
<i>Limosa lapponica</i>	1	Yeongjong	4.12	3.88

n.d: not detected.

축적된 것으로 나타났다. 각 조직에서 가장 높은 농도를 나타낸 종은 간에서는 영종도의 붉은어깨도요가 31.9 $\mu\text{g/wet g}$, 신장에서는 영종도의 큰뒷부리도요가 44.1 $\mu\text{g/wet g}$ 이었고, 다음은 간에서 영종도의 큰뒷부리도요 25.4 $\mu\text{g/wet g}$, 신장에서는 같은 지역의 붉은어깨도요의 14.5 $\mu\text{g/wet g}$ 이었다(Table 4).

Table 4. Copper concentration(mean±S.D $\mu\text{g/wet g}$) in liver and kidney of shorebirds in Sammok and Yeongjong Island

Species	N	Area	Liver	Kidney
<i>Charadrius alexandrinus</i>	1	Sammok	2.76	n.d
	2	Yeongjong	7.91±1.88	8.55±9.78
<i>Charadrius mongolus</i>	1	Sammok	4.52	1.44
	1	Yeongjong	6.33	2.57
<i>Calidris ruficollis</i>	1	Sammok	5.16	4.63
<i>Calidris alpina</i>	6	Yeongjong	10.5±9.11	6.09±3.16
<i>Calidris tenuirostris</i>	9	Sammok	2.90±1.22	1.46±1.25
	1	Yeongjong	31.9	14.5
<i>Tringa nebularia</i>	1	Yeongjong	6.10	1.04
<i>Tringa cinereus</i>	4	Sammok	3.69±0.61	11.7±1.89
	6	Yeongjong	10.87±7.53	4.38±3.85
<i>Limosa lapponica</i>	1	Yeongjong	25.4	44.1

n.d: not detected.

영종도와 삼목도에 섭금류의 납농도는 n.d~40.2 $\mu\text{g/wet g}$ 의 범위를 나타냈으며, 가장 농도가 높은 종은 삼목도의 줌도요로서 간에서 17.0 $\mu\text{g/wet g}$, 신장에서 40.2 $\mu\text{g/wet g}$ 이었다. 다음은 간에서는 영종도의 큰뒷부리도요로 6.31 $\mu\text{g/wet g}$ 이었고, 신장에서는 같은 지역 흰물떼새의 38.4±12.4 $\mu\text{g/wet g}$ 이었다. 영종도와 삼목도를 비교해 보면, 붉은어깨도요를 제외하고는 영종도에서 채집된 섭금류의 간과 신장에서 삼목도에 비해서 높은 것으로 나타났다. 하지만 붉은어깨도요는 반대의 경향을 보였다. 그리고 모든 종에서 신장에서의 농도가 간에서의 농도보다 고농도를 보였다(Table 5).

카드뮴은 0.07~5.95 $\mu\text{g/wet g}$ 의 농도범위를 보였으며, 모든 종에서 간에서 보다는 신장에서 고농도를 보였다. 그리고 지역별로는 삼목도에 비하여 영종도가 높은 농도를 나타냈지만, 붉은어깨도요는 반대의 경향을 보였다. 간에서는 영종도의 민물도요에서 0.73±0.58 $\mu\text{g/wet g}$, 삼목도의 붉은어깨도요에서 0.70±0.58 $\mu\text{g/wet g}$ 으로 높게 나타났으며, 신장에서는 영종도의 흰물떼새 4.89±1.49 $\mu\text{g/wet g}$, 삼목도의 줌도요 4.94 $\mu\text{g/wet g}$ 으로 비교적 고농도로 축적되는 경향이였다(Table 6).

고 찰

영종도와 삼목도에 도래하는 물떼새류와 도요류의 체내에 축적된 중금속 농도는 지역별 및 종별로 차이가 있었다. 거의 모든 원소에서 삼목도보다는 영종도에서 높은 농도를 보였고, 간과 신장에서의 농도는 각 종별 및 지역별로 서로 다른 경향을 보였다. 특히, 붉은어깨도요는 간과 신장에서 아연, 망간 및 구리의

Table 5. Lead concentration(mean±S.D $\mu\text{g/wet g}$) in liver and kidney of shorebirds in Sammok and Yeongjong Island

Species	N	Area	Liver	Kidney
<i>Charadrius alexandrinus</i>	1	Sammok	2.44	6.97
	2	Yeongjong	5.93±2.58	38.4±12.4
<i>Charadrius mongolus</i>	1	Sammok	n.d	n.d
	1	Yeongjong	2.05	7.91
<i>Calidris ruficollis</i>	1	Sammok	17.0	40.2
<i>Calidris alpina</i>	6	Yeongjong	3.77±1.07	17.4±13.8
<i>Calidris tenuirostris</i>	9	Sammok	4.55±3.25	11.3±5.24
	1	Yeongjong	1.72	2.03
<i>Tringa nebularia</i>	1	Yeongjong	4.48	5.62
<i>Tringa cinereus</i>	4	Sammok	0.90±0.81	3.08±2.67
	6	Yeongjong	1.51±1.08	7.85±6.52
<i>Limosa lapponica</i>	1	Yeongjong	6.31	11.9

n.d: not detected.

Table 6. Tissues cadmium concentration(mean±S.D $\mu\text{g}/\text{wet g}$) of shorebirds in Sammok and Yeongjong Island

Species	N	Area	Liver	Kidney
<i>Charadrius alexandrinus</i>	1	Sammok	0.45	1.40
	2	Yeongjong	0.62±0.21	4.89±1.49
<i>Charadrius mongolus</i>	1	Sammok	0.07	0.40
	1	Yeongjong	0.29	1.17
<i>Calidris ruficollis</i>	1	Sammok	0.67	4.94
<i>Calidris alpina</i>	6	Yeongjong	0.73±0.26	2.43±1.48
<i>Calidris tenuirostris</i>	9	Sammok	0.70±0.58	2.26±1.66
	1	Yeongjong	0.23	0.87
<i>Tringa nebularia</i>	1	Yeongjong	0.26	0.68
<i>Tringa cinereus</i>	4	Sammok	0.34±0.03	1.57±1.89
	6	Yeongjong	0.53±0.32	1.69±1.17
<i>Limosa lapponica</i>	1	Yeongjong	0.30	0.73

농도는 영종도에서 높게 나타났지만 납과 카드뮴농도는 삼목도에
에서 높았다. 그리고 아연은 신장보다는 간에 많이 축적되었고,
망간은 간보다는 신장에, 구리는 대부분 간에서, 납은 간보다는
신장에서, 카드뮴은 신장에서 간보다 고농도를 보여 각 원소에
따라 축적되는 조직이 서로 다르게 나타나는 조직 특이성을 보
여 주었다. 이렇게 조류조직에서 원소에 따라 조직 특이성을 나
타내는 것은 각 원소의 조직간에서의 역할 또는 그 조직 친화력이
각각 다르다는 것에서 기인하는 것이다(Delbeke *et al.*

1984, Honda *et al.* 1986).

영종도와 삼목도에 도래하는 섭금류의 간에서 납농도는 n.d
에서 16.99 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 의 범위로서 각 종간에, 각 지역간(영종도와
삼목도)에 차이가 있었다. 조류체내에서 납은 생체내에서 헵합
성에 관여하는 효소인 Delta aminolevulinic acid dehydratase
(ALAD)의 활성화와 탄수화물의 대사 및 에너지생산을 저해한다
(Kendall and Scanlon 1982). 그리고 조류의 간에서 납농도가 8 μg
/wet g 이상이면 납중독(Wobeser 1981, Friend 1985), 2 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 이
상 8 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 이하는 납에 노출된 것(Bagley and Locke 1967) 그
리고 2 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 이하면 정상수준이다(Friend 1987). 또한, 간에서
10 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 이상, 신장에서 20 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 이상이면 납중독으로 인
한 독성효과 발생한다(Beyer *et al.* 1988, O'Halloran *et al.* 1988,
Friend 1987). 본 연구에서 나타난 섭금류의 간에서 납농도는 삼
목도의 줌도요(17.0 $\mu\text{g}/\text{wet g}$)를 제외하고는 영종도와 삼목도의
모든 종에서 납에 노출된 수준의 축적 정도를 보였고 아직 납중
독의 수준에는 미치지 못하였다(Table 5). 그리고 신장에서의 농
도도 영종도의 흰물떼새, 삼목도의 줌도요를 제외하면 모든 종
에서 독성효과가 나타나는 20 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 이하였다.

본 연구의 민물도요를 다른 지역의 같은 종과 농도를 비교하
면, 영국의 Severn Estuary(Ferns and Anderson 1997)에 서식하는
민물도요의 간에서 납농도는 4.2 $\mu\text{g}/\text{dry g}$ 으로서 이를 습중량으
로 환산하면 1.4~1.2 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ ($\mu\text{g}/\text{dry g} \div 3 \sim 3.5 = \mu\text{g}/\text{wet g}$)이었고,
미국의 Texas coast(White *et al.* 1980)는 0.8 $\mu\text{g}/\text{dry g}$, 스웨덴의
Ottenby(Blomqvist *et al.* 1987)는 0.2 $\mu\text{g}/\text{dry g}$ 으로서 영국보다도
낮게 나타났다(Table 7). 하지만 본 연구에서 삼목도 민물도요의
간에서 검출된 납농도는 3.77±1.07 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 으로서 영국, 미국
그리고 스웨덴보다 훨씬 높았다.

조류 중 몇몇 종에서는 카드뮴이 일생동안 신장에 계속 축적

Table 7. Published arithmetic mean lead concentrations($\mu\text{g}/\text{dry g}$) in wading birds

Tissue	Species	Site	Level	Source
Liver	Dunlin <i>Calidris alpina</i>	Severn Estuary, UK	4.2	Ferns and Anderson 1997
	Dunlin <i>Calidris alpina</i>	Texas coast, USA	0.8	White <i>et al.</i> 1980
	Dunlin <i>Calidris alpina</i>	Ottenby, Sweden	0.2	Blomqvist <i>et al.</i> 1987
	Least Sandpiper <i>Calidris minutilla</i>	Texas coast, USA	0.6	White <i>et al.</i> 1980
	Sanderling <i>Calidris alba</i>	Texas coast, USA	3.1	White <i>et al.</i> 1980
	Western Sandpiper <i>Calidris mauri</i>	Texas coast, USA	2.5	White <i>et al.</i> 1980
	Curlew Sandpiper <i>Calidris ferruginea</i>	Ottenby, Sweden	0.2	Blomqvist <i>et al.</i> 1987
Kidney	Dunlin <i>Calidris alpina</i>	Severn Estuary, UK	7.7	Ferns and Anderson 1997
	Dunlin <i>Calidris alpina</i>	Ottenby, Sweden	0.4	Blomqvist <i>et al.</i> 1987
	Curlew Sandpiper <i>Calidris ferruginea</i>	Ottenby, Sweden	0.2	Blomqvist <i>et al.</i> 1987
	Curlew <i>Numenius arquata</i>	Lindishfarne, UK	10.5	Evans and Moon 1981
	Bar-tailed Godwit <i>Limosa lapponica</i>	Lindishfarne, UK	2.7	Evans and Moon 1981

되지만 모든 종에서 그런 것은 아니다(Hutton 1981). 하지만 민물도요에서는 나이와 함께 신장에서 카드뮴의 농도가 증가한다(Blomqvist *et al.* 1987, Ferns and Anderson 1997). 일반적으로 신장에 비해서 다른 조직과 기관에서 카드뮴은 아주 낮은 농도를 나타내고, 간에서의 카드뮴농도가 신장보다 높거나 같은 경우에는 최근에 다량의 카드뮴에 노출되었음을 의미한다. 그리고 카드뮴의 background level은 간에서는 3 ppm dry weight 이하이고, 신장에서는 8ppm dry weight 이하이다(Scheuhammer 1987). 본 연구에서는 나타난 카드뮴의 농도의 범위는 간에서는 0.07~1.83 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 이었고, 신장에서는 0.40~5.95 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ 으로서 대부분 background level 이하였지만 삼목도의 줌도요와 영종도의 흰물떼새는 background level 이상이였다. 그리고 모든 종에서 신장에서의 농도가 간에서의 농도보다 높았다. 따라서 본 연구지역의 섬금류는 채집 당시 최근에 다량의 카드뮴에 노출되거나 급성독성은 없었던 것으로 생각된다. 영종도에서 채집된 민물도요의 신장에서 카드뮴 농도는 평균 2.43 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ ($\approx 8.51 \mu\text{g}/\text{dry g}$)으로서 영국의 Bristol Channel(Ferns and Anderson 1994)에 서식하는 민물도요(12.0~21.4 $\mu\text{g}/\text{dry g}$)보다 낮았다.

이러한 결과로 볼 때, 영종도와 삼목도에 도래한 섬금류의 체내에 축적된 납의 경우, 삼목도의 줌도요를 제외한 간에서의 농도는 대부분 독성에 노출된 수준의 농도 분포를 보였다. 하지만 민물도요는 과거 다른 지역에서 분석한 농도보다 월등히 높은 것으로 나타났으며, 신장에서의 농도는 영종도의 흰물떼새와 삼목도의 줌도요에서는 독성효과가 나타나는 농도를 초과하여 검출되었다. 특히, 줌도요는 간과 신장에서 모두 독성 효과를 나타내는 농도보다 높게 나타났다. 따라서 앞으로 섬금류의 체내 납 농도가 이들의 생리 및 생태에 미치는 영향에 대한 연구가 필요할 것이다.

하지만 간과 신장에서 카드뮴 농도는 삼목도의 줌도요와 영종도의 흰물떼새를 제외하고는 모두 background level 이하의 수준으로서 카드뮴이 섬금류의 생리 및 생태에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 추측된다.

인용문헌

- 원병오. 1981. 한국동식물도감(조류생태). 25권. 문교부. 1266 p.
- 원병오. 2000. 한국조류목록. 한국조수보호협회연구보고 2: 145-161.
- Bagley, G.E. and L.N. Locke. 1967. The occurrence of lead in tissues of wild birds. Bull. Environmental Contamination and Toxicology 2: 297-305.
- Berthold, P. 1975. Migration : control and metabolic physiology. In *Avian biology. volume 5*, eds Farner D.S. and J.R. King. Academic Press. New York. pp. 77-124.
- Beyer, W.N., J.W. Spann, L. Sileo and J.C. Franson. 1988. Lead poisoning in six captive avian species. Arch. Environmental Contamination and Toxicology 17: 121-130.
- Blomqvist, S., A. Frank and L.R. Peterson. 1987. Metals in liver and kidney tissues of autumn-migrating Dunlin *Calidris alpina* and Curlew sandpiper *Calidris ferruginea* staging at the Baltic Sea. Marine. Ecology Prog. Ser. 35: 1-13.
- Cheney, M.A., C.S. Hacker and G.D. Schroder, 1981. Bioaccumulation of lead and cadmium in the Louisiana Heron *Hydranassa tricolor* and the Cattle Egret *Bubulcus ibis*. Ecotoxicology Environmental Safe 5: 211-224.
- Connell, C.E., E.P. Odum and H. Kale. 1960. Fat-free weights of birds. Auk 77: 1-9.
- Delbeke, K., C. Joris and G. Decadt. 1984. Mercury contamination of the Belgian avifauna 1970-1981. Environmental Pollution(Ser. B) 7: 205-221.
- Ferns, P.N. and J.I. Anderson. 1997. Lead in the diet and body tissues of Dunlins, *Calidris alpina*, from the Bristol Channel, UK. Environmental Pollution 96: 35-42.
- Friend, M. 1985. Interpretation of criteria commonly used to determine lead poisoning problem areas. U. S. Dep. Inter., Fish and Wildl. Serv., Fish and Wildl. Leaflet. 2. Washington DC, 4 p.
- Friend, M. 1987. Lead poisoning. In Field Guide to Wildlife Diseases, ed. Friend, M., US Department of the Interior, FWS, Washington DC, pp. 175-189.
- Grue, C.E., T.J. O'Shea and D.J. Hoffman 1984. Lead exposure and reproduction in highway-nestling barn swallows. Condor 86: 383-389.
- Hoffman, D.J., J.C. Franson, O.H. Pattee and C.M. Bunck. 1984. Morphological and biochemical effects of lead ingestion on development in nestling kestrels. Fed. Proc. 43: 577.
- Honda, K., B.Y. Min, and R. Tatsukawa. 1986. Organ and tissue distribution of heavy metals, and age-related changes in the Eastern Great White Egret *Egretta alba modesta* in the Korea. Arch. Environmental Contamination Toxicology 15: 185-197.
- Hulse, M., J.S. Mahoney, G.D. Schroder, C.S. Hacker, and S.M. Pier. 1980. Environmentally acquired lead, cadmium and manganese in the Cattle Egret *Bubulcus ibis* and Laughing Gull *Larus articala*. Arch. Environmental Contamination and Toxicology 9: 65-78.
- Hutton, M. 1981. Accumulation of heavy metals and selenium in three seabird species from the United Kingdom. Environmental Pollution(Ser. A) 26: 129-145.
- Hyman, P., J. Marchant and T. Prater. 1986. Shorebirds. An identification guide to the waders of the world. Croom Helm. UK.
- Juana, E.D. 1992. Class Aves(Birds). In Handbook of the Birds of the World. volume 3. Ostrich to Ducks, ed. del Hoyo, J., A. Eliot and J. Sargatal. Lynix Edicion, Barcelona.
- Kendall, R.J. and P.F. Scanlon. 1982. Tissue lead concentrations and blood characteristics of Mourning Doves from Southwestern

- Virginia. Arch. Environmental Contamination Toxicology 11: 269-272.
- Odum, F.P., D.T. Rogers and D.L. Hicks. 1964. Homeostasis of the non-fat components of migrating birds. Science 143: 1037-1039
- O'Halloran, J., A.A. Myers and P.F. Duggan. 1988. Some sub-lethal effects of lead on mute swan *Cygnus olor*. J. Zoology 218: 627-632.
- Reminton, T.E. and C.E. Braun. 1988. Cacass composition and energy reserves of Sage grouse during winter. Condor 90: 15-19.
- Scheuhammer, A.M. 1987. The chronic toxicity aluminium, cadmium, mercury and lead in birds: a review. Environmental Pollution. 46: 263-295.
- White, D.M., K.A. King and R.M. Prouty. 1980. Significance of organochlorine and heavy metal residues in wintering shorebirds at Corpus Christi, Texas, 1976-77. Pesticides monitoring J. 14: 58-63.
- Wobeser, G. 1981. Diseases of wild waterfowl. Plenum Press, New York, 300 p.

(2003년 12월 5일 접수; 2004년 6월 25일 채택)

Heavy Metal Concentration in Liver and Kidney of Shorebirds Migrating to Yeongjong and Sammok Islands

Kim, Jungsoo, Sung-Keun Park¹, Doo-Pyo Lee², Tae-Hoe Koo³ and Pyong-Oh Won⁴

Center for Environmental Institute, Kyung Hee University

¹Institute of Ecological Environment, Ecotech

²Department of Life Science, Honam University

³Department of Environmental Science and Engineering, Kyung Hee University

⁴Association for Korean Wildlife Conservation

ABSTRACT : This study was about heavy metal accumulation in liver and kidney of Shorebirds migrating to Yeongjong and Sammok Island. Zinc concentration was highest in liver (76.7 $\mu\text{g}/\text{wet g}$) and kidney (65.7 $\mu\text{g}/\text{wet g}$) of *Limosa lapponica* to Yeongjong Island. In case of manganese, the highest accumulation in liver was *Tringa nebularia* to Yeongjong Island, and in kidney was *Charadrius alexandrinus*, to Sammok Island, respectively 4.68 $\mu\text{g}/\text{wet g}$, 18.6 $\mu\text{g}/\text{wet g}$. Copper concentration was the highest that in liver (25.4 $\mu\text{g}/\text{wet g}$) was *Limosa lapponica* to Yeongjong Island, in kidney (11.7 $\mu\text{g}/\text{wet g}$) was *Tringa cinereus* to Sammok Island. *Calidris ruficollis* to Sammok Island was the highest accumulated lead and concentration was 17.0 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ in liver, 40.2 $\mu\text{g}/\text{wet g}$ in kidney. Lead concentration was more in kidney than in liver. Cadmium concentration in liver was the highest accumulated *Calidris alpina* (0.73 \pm 0.26 $\mu\text{g}/\text{wet g}$) to Yeongjong Island, in kidney was the highest accumulated *Charadrius alexandrinus* (4.89 \pm 1.49 $\mu\text{g}/\text{wet g}$) to Yeongjong Island. Cadmium concentration was higher in kidney than in liver to all species. Therefore, lead and cadmium concentration was more to Yeongjong than to Sammok Island in liver and kidney except *Calidris tenuirostris*.

Key words : Heavy metal, Kidney, Liver, Shorebirds, Yeongjong and Sammok Island
