

금강수계에 서식하는 담수패류의 중금속 함량에 관하여

김 덕 만 · 김 형 석*

서울교육대학 과학교육과 · 경희대학교 의과대학 예방의학교실*

= Abstract =

Heavy Metal Analysis in Fresh Water Shellfishes of the Kum River System

Duk Man Kim and Hyung Suk Kim*

Department of Science Education, Seoul National Teacher's College

*Department of Preventive Medicine, School of Medicine, Kyung Hee University**

According to the population increase and industrialization, domestic sewage and industrial wastewater enter the river, lake, and ocean. As the results, pollutants change the ecosystem of food chain in the water system and these phenomena influence the health problems of human beings. Some heavy metals could be consumed into the human body and could be accumulated. The serious harmful effects sometimes occurs in the body. We can remember the Minamata accident and Itai-itai disease in Japan due to the mercury and cadmium. The methodology of the water contamination research by heavy metals are analysis of water, sedimentation, and sometimes fish and shellfish. Among these items, the shellfish could be important as an indicator in the study of water pollution, because of the relatively low mobility of shellfish and absorbibility of heavy metals in their organs.

Authors collected the freshwater shellfish of *Unio douglasiae* and *Corbicula felnouillia* in Kum river system from April to October in 1991 except rainy season, and analyzed Cd, Cu, Pb and Zn in gill, mantle, adduct muscle, foot muscle, and visceral organ by atomic absorption spectrophotometer.

The highest metal content was found in the visceral organ and lowest was in the adduct muscle, and the concentration of the metals were higher in the lower part of the river than in the upper part.

서 론

최근 인구증가와 급진적인 산업발달로 인한 산업폐수 및 도시생활하수, 농업배수, 축산폐수 및 그 밖의 각종 오염물질들이 토양, 하천, 호수 및 해양으로 유입되고 있다. 이에 포함된 많은 오염물질들은 수권생태계의 변화뿐만 아니라, 나아가 먹이의 연쇄를 통하여

최종에는 인체에까지 영향을 미치게 된다. 이 중 일부 유해 중금속은 미량일지라도 생체내에 들어오면 모든 조직에 축적되어 생리적, 기능적, 형태적 또는 그 밖의 여러 장애를 일으키는 이른바 무서운 공해 중독성 물질로 등장되어 피해를 입게 마련이다. 그 전형적인 한 예가 1960년경 일본에서 발생된 수은중독에 의한 Minamata병이나, 카드뮴으로 인해 발생한 Itai-itai 병과 같은 치참한 인명피해를 낸 중금속 중독사건이

다.

우리나라에서도 이와 같은 현상이 산업현장에서 나타나고 있어, 근대 산업사회의 부산물인 각종 산업폐수나, 도시하수 등은 미량일지라도 사회의 큰 관심사로 대두되고 있으며 심각한 사회문제가 되고 있다. 이러한 현상에서 특히 오염물질의 중요 통로가 되고 있는 한강을 비롯한 주요하천에 대한 많은 중금속 함량의 연구를 하고 있다.

또한 하천 또는 해안지역에서의 중금속 오염에 관한 오염지표를 얻기 위해서는 그 지역의 수질, 저질 및 어패류나 기타 저서생물내의 중금속 함량을 조사하는 것이 일반적인 경향성으로 보아 많은 연구보고가 있다 (Mathis and Cummings, 1973; Anderson, 1977a,b; 문, 1976; 임, 1980; 김·박, 1981; 김 등, 1983; 강 등, 1986; 박 등, 1986; 김 등, 1987).

그러나 하천에 유입되는 오염물질은 지역환경에 따라 성분비가 다르고, 조사지역과 생체의 종류에 따라, 또는 생체연료 및 생체구성부위에 따라 중금속 함량이 다른 농도를 보이고 있다고 보고되고 있다(한, 1969; 김 등, 1983; 박 등, 1986; 김 등, 1987).

이러한 관점에서 본 연구의 필요성을 느끼며, 현금 우리나라의 중금속 함량에 대한 연구의 대부분이 수질과 해산 어패류, 농산물, 청과물, 그 밖의 식품류를 비롯하여 일부 하천(한강, 금강, 만경강등)의 국한된 수역에서의 수질 및 수종의 담수어류 등으로 연구발표된 실정으로 특히 담수패류중의 중금속 함량에 대한 연구는 최소한 상태로서 이에 대한 관심과 연구가 적은 편이다.

그리하여 본 연구는 전라북도 장수군에서 발원하여 충청남북도의 중앙부를 관류하며 여러 지천을 받아 군산을 통해 황해로 유입되는 우리나라 대강(총길이 401 km, 유역면적 9,462 km²)의 하나인 금강수계를 대상으로 조사지역을 선정하고 이 수역에 서식하는 비교적 이동성이 적은 담수패류를 대상으로 그들의 유해 중금속의 함량을 측정하여 수질 환경오염의 실태를 파악하는 동시에 환경 생태학적 기초자료로 제공하고자 한다.

실험재료 및 방법

1. 조사기간 및 조사지역과 조사대상

1991년 4월부터 동년 10월까지 약 7개월간 금강유

역에서 지역적 특성을 고려하여 비교적 폐기물이나 오염원에 직접 영향을 받지 않은 상류 4개 지소 (S₁: 월포리, S₂: 내도리, S₃: 진리, 및 S₄: 원동리)와 하류 4개 지소 (S₅: 금성동, S₆: 신리, S₇: 황산동, 및 S₈: 능포리)를 임의 선택하여 담수패류를 채집 분석하였다 (Fig. 1, Table 1).

조사대상은 여러 담수패 중 부족류(Pelecypoda)만을 채집하였으며 두드럭조개(*Lamprotula coreana*), 굿패두드럭조개(*L. gottschei*), 칼조개(*Lanceolaria acrohyncha*), 말조개(*Unio douglasiae*), 말조개 sp. (*U. sp.*), 대칭이(*Anodonta fukudai*), 콩조개(*Corbicula felnouilliana*), 재첩(*C. fluminea*)등 8개 종이 표집되었다. 그 중 비교적 각 지역에서 공통적으로 채집될 수 있었던 말조개류(S₁~S₅)와 재첩(S₆~S₈)만을 대상으로 분석하였다(Table 2).

2. 분석방법

1) 시료의 전처리

각 지소에서 채집된 말조개 및 재첩류는 같은 크기의 것을 각 지소에 따라 각각 10개씩 선택하여 각 패류의 패각을 제거하고 연체부를 취하여 증류수로 세척한 다음, 연체부를 아가미(gill), 외투막(mantle), 폐각근(adduct muscle), 족근(foot muscle) 및 내장기관(visceral organ) 등 각 부위별로 절취, 구분하여 냉건조시켜 시료로 사용하였다.

2) 시료처리

각 패류의 각 부위별로 시료 1 g을 정확히 취하여 300 ml 킬달 플라스크에 넣고, c-HNO₃ 6 ml를 가하여 잘 흔들어 섞은 다음, 가열판상에서 갈색 연기와 거품이 나면서 끓을 때까지 가끔 흔들어 주면서 가열하였다. 갈색 연기가 한참일 때, 다시 c-HNO₃ 6 ml을 넣고 계속 조직이 분해될 때까지 가열한다. 백색 연기가 한참 나올 때, 잠시 가열을 중단하고 c-HClO₄ 5 ml를 가하였다. 이때에 시료와의 갑작스런 반응을 막기 위해 조금씩 가하면서 다시 가열을 계속하였다.

백색 연기와 흰 거품이 발생되고 최종 약 3 ml가 되었을 무렵, 가열을 중단하고, 상온에서 방냉시킨 다음, 증류수로 희석하여 총 용량이 10 ml가 되게 하여, 분석시료로 하였다(Fig. 2).

3) 중금속 분석 및 측정

본 연구에서 분석한 중금속은 카드뮴(Cd), 구리

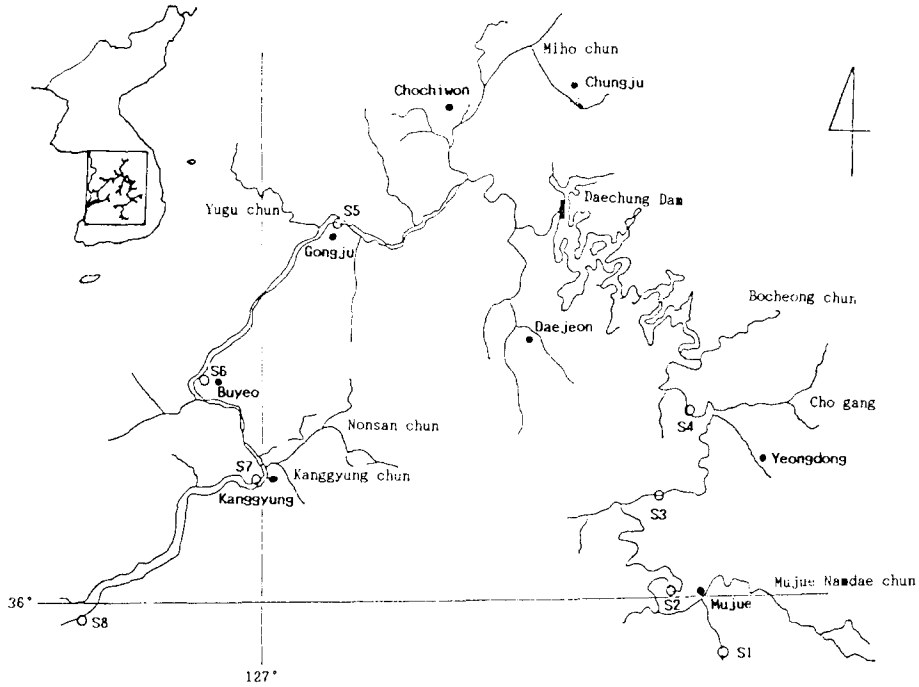


Fig. 1. Sampling sites along the Kum River.

Table 1. Sampling sites and locations in the Kum River

No. of Site	Location
S ₁	Chun-buk Jinan-gun Sangjeon-myeon Weolpo-ri
S ₂	Chun-buk Muju-gun Muju-yeub Naedori
S ₃	Chung-nam Kumsan-kun Jeweon-myeon Jeon-ri
S ₄	Chung-buk Okcheon-kun Iweon-myeon Weondong-ri
S ₅	Chung-nam Kongju-si Kumseong-dong
S ₆	Chung-nam Puyo-kun Kyouam-meon Sin-ri
S ₇	Chung-nam Nonsan-kun Kang-kyeong-yeub Whangsan-dong
S ₈	Chun-buk Iksan-kun Hamra-myeon Nungpo-ri

*S: Collecting Sites

(Cu), 납(Pb), 아연(Zn)이며, 분석기기는 원자흡광광도기(Atomic Absorption Spectrophotometer, Instrumentation Laboratory, Model 551, U.S. A.)을 사용하였고, 측정되는 금속에 따라 Hollow Cathode Lamp를 사용하여 파장을 조절하였다 (Table 3).

결과 및 고찰

1. 채집 패류

본 연구의 조사대상인 8개 지소에서 채집된 패류는 모두 8종으로서 상류지역인 S₁, S₂, S₃ 및 S₄에서 7종 (두드럭조개, 꽃패두드럭조개, 칼조개, 말조개, 말조개류, 대칭이, 콩조개)과, 하류지역인 S₅, S₆, S₇ 및 S₈에서 4종(말조개류, 대칭이, 콩조개, 채첩)을 각각 채집하였다.

채집된 종수가 가장 많았던 곳은 상류의 S₂에서 7종, S₃에서 6종 이었고, 가장 적었던 곳은 상류인 S₁, S₄와 하류의 S₆, S₇ 및 S₈로서 각각 2종 또는 3종이

Table 2. Collected species of shellfish in Kum River

Species \ Sites	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈
<i>Lamprotula coreana</i>	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>L. gottschei</i>	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>Lanceolaria acrohyncha</i>	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>Unio douglasiae</i>	-	+	-	+	-	+	-	-
<i>U. sp</i>	+	+	+	+	+	-	-	-
<i>Anodonta fukudai</i>	-	+	-	-	-	+	+	+
<i>Corbicula feinouilliana</i>	+	+	+	+	+	-	-	-
<i>C. fluminea</i>	-	-	-	-	-	+	+	+

Table 3. Analytical conditions of atomic absorption spectrophotometer(flame method)

Elements \ Parameter	Wave Length(nm)	Lamp Current(mA)	Slit Width(um)	Band Pass
Cd	228.8	3	320	1.0
Cu	324.7	5	320	1.0
Pb	217.0	5	320	1.0
Zn	213.0	3	320	1.0

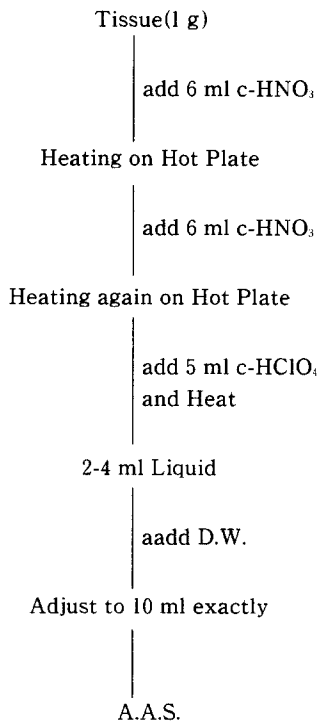


Fig. 2. Digestion and determination method of heavy metals in sample.

채집되었다.

2. 중금속함량

각 지소에서 채집된 조사패류 중의 중금속함량은 다음과 같다.

1) 카드뮴(Cd)

각 지소에서 채집된 말조개 및 재첩의 각 부위별 평균함량은 Table 4 및 Fig. 3에서 보는 바와 같이 Cd의 농도는 상류(S₁~S₄)에 비해 하류(S₅~S₈)에서 비교적 높은 농도를 보였다. 즉, S₁, S₂에서 0.0912로 가장 낮은 농도를 보였으며, S₈에서 0.3632로 가장 높은 농도를 보여 그 평균 함량 범주를 나타냈다.

이와 같은 현상은 Mathis 및 Cummings(1973)이 Illinois River에서, 김 및 박(1981)이 한강에서, 각 각 담수어류를 조사보고한 것과 같이 간접적으로 일치되고 있음을 보여주고 있으며, 하천수계의 하류지역이 상류지역보다 각종 폐수 등의 오염물질로 인한 부하량이 큰 영향을 끼치는 것으로 생각된다.

한편, 각 부위별에서는 S₁의 말조개의 폐각근에서 0.0699 ppm으로 가장 낮은 함량이 검출되었고, 종은

Table 4. The Contents of cadmium in Pelecypoda caught in Kum River

(Unit: ppm)

Species Regions	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	Total
	<i>Ud.sp</i>	<i>Ud</i>	<i>Ud.sp</i>	<i>Ud.sp</i>	<i>Ud.sp</i>	<i>C.flu</i>	<i>C.flu</i>	<i>C.flu</i>	Mean
Gill	0.0937	0.0994	0.1197	0.1936	0.2738	0.2736	0.3457	0.4035	0.2254
Mantle	0.1011	0.1066	0.1072	0.1963	0.3716	0.2397	0.3736	0.4236	0.2400
Adduct muscle	0.0699	0.0648	0.0895	0.0874	0.1055	0.1794	0.2019	0.2019	0.1250
Foot muscle	0.0798	0.0719	0.0963	0.0752	0.1963	0.1568	0.2374	0.2374	0.1326
Visceral organ	0.1113	0.1135	0.1363	0.2080	0.3994	0.2863	0.3682	0.5497	0.2716
Total mean	0.0912	0.0912	0.1098	0.1521	0.2513	0.2272	0.3054	0.3632	0.1989

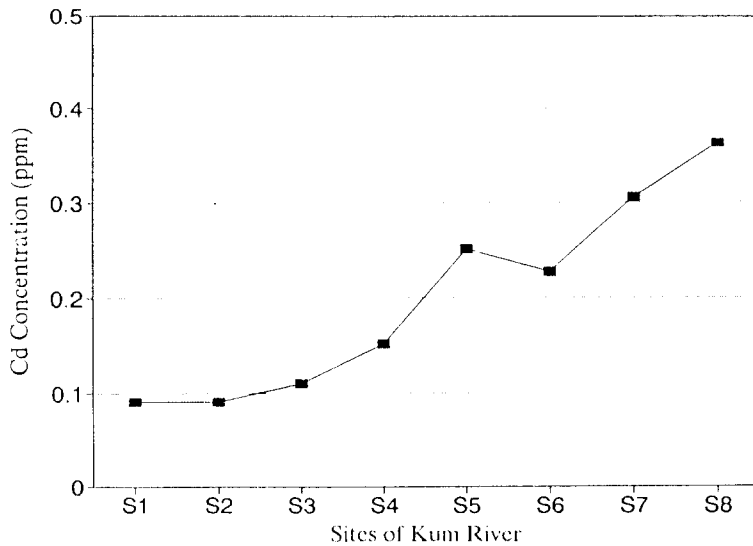


Fig. 3. Cadmium content in Pelecypoda in Kum River according to the sites.

다르지만 S₈의 채집의 내장기관에서 0.5497 ppm의 가장 높은 함량을 보였다. 또한 내장기관은 각 지역별의 각 패류의 내장기관이 S₆, S₇, S₈에서 각각 0.3994, 0.2864, 0.3682로 지역에 따라 다소의 차이는 보이지만 전 조사지역에 걸쳐서 내장기관이 가장 높은 값을 나타내고 있었다. 그 다음은 S₅, S₄, S₃ 지역에서 약간의 차이는 있지만 외부막(0.2400 ppm), 아가미(0.2254 ppm), 족근(0.1326 ppm), 폐각근(0.1250 ppm)의 순위로 나타났다.

이와 같은 각 부위별 차이는 패류의 서식지나, 먹이 연쇄, 패종, 성장도에 따른 시료채취 및 시기 등에 기

인되는 것이 아닌가 보고, 본 조사에서 패류의 성장에 따른 Cd의 함량조사가 되어있지 않아 비교할 수는 없으나 패류의 크기에 따라서 중금속 측정량에 크게 영향을 미칠 것으로 사료되며, 추후 더욱 연구되어야 할 문제라고 본다.

Cd는 일본에서 발생한 Itai-itai병의 원인금속으로서 도금, 제련공장 등의 각종 오염원의 폐수가 하천으로 유입되어 수서생물(어패류 등)에 급성 또는 만성적으로 축적되어 먹이연쇄로 인해 인체에까지 영향을 끼칠 우려가 있는 중금속이다. 그러므로 이와 같은 중금속에 몹시 오염된 패류는 혹 안전성인 측면에서 장기

Table 5. The contents of copper in Pelecypoda caught in Kum River (Unit: ppm)

Sites	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	Total
Species									
Regions	<i>Ud.sp</i>	<i>Ud</i>	<i>Ud.sp</i>	<i>Ud.sp</i>	<i>Ud.sp</i>	<i>Cflu</i>	<i>Cflu</i>	<i>Cflu</i>	Mean
Gill	1.1674	1.1367	1.1848	1.2137	2.4558	2.8897	2.2067	2.2167	1.8089
Mantle	0.7433	1.0867	0.8594	0.8066	1.8532	2.2133	2.4733	3.0578	1.6367
Adduct muscle	0.5563	0.4967	0.4947	0.5832	1.5553	1.2534	1.5767	1.8433	1.0450
Foot muscle	0.4563	0.5134	0.6723	0.5866	1.5974	1.2333	1.6759	2.2667	1.1252
Visceral organ	1.2898	1.7389	1.8786	2.4740	2.1435	2.4667	3.1433	3.7833	2.3648
Total mean	0.8426	0.9945	1.0180	1.1328	1.9210	2.0113	2.2152	2.6336	1.5961

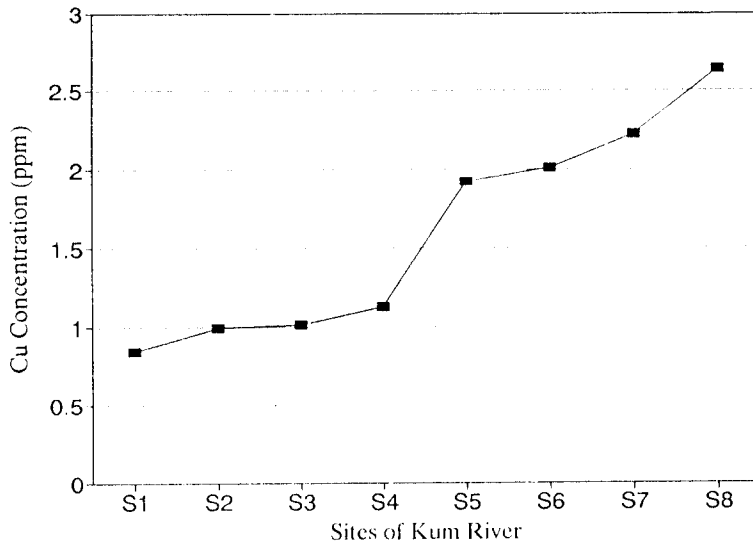


Fig. 4. Copper content in Pelecypoda in Kum River according to the sites.

간 섭취할 수 없을 것으로 사료된다.

2) 구리(Cu)

각 패류별 평균함량은 Table 5 및 Fig. 4에서와 같이 S₈의 2.6336 ppm으로 가장 높은 함량이었고, 가장 낮은 곳은 S₁으로 0.8426 ppm이었으며, 하류지역의 패류가 상류지역의 패류보다 함량이 높은 경향을 보였다.

이와 같은 현상은 역시 상류에 비해 하류지역에서 높은 오염물질의 부하량을 암시해 주는 것으로 생각된다.

한편 각 패류의 부위별에서는 S₁의 말조개의 족근에

서 0.4563 ppm으로 가장 낮은 함량을 보였으며, S₈의 재첩의 내장기관에서 3.7833 ppm으로 가장 높은 농도를 보였다.

또한 각 지역의 패류의 부위중에서 S₅ 및 S₆지역의 아가미를 제외하고 모든 조사지역에서 내장기관이 비교적 높은 값을 보였다. 그 다음은 지역에 따라 다소의 차이는 있지만 대부분 아가미(1.8089 ppm), 외투막(1.6367 ppm), 족근(1.1252 ppm), 폐각근(1.0450 ppm)의 순으로 나타났다.

일반적으로 Cu는 Hg를 제외한 다른 중금속들에 비해 독성이 크다. 또한 Morre 및 Ramamoorth

Table 6. The contents of lead in Pelecypoda caught in Kum River

(Unit: ppm)

Species Regions	Sites									Total Mean
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈		
Gill	0.1824	1.3817	0.8925	1.0867	1.2979	1.5119	1.1015	1.7297	1.1480	
Mantle	0.1653	1.1250	1.0951	1.6133	1.8374	1.5857	1.5024	2.2000	1.3905	
Adduct muscle	0.9814	0.5256	0.4659	0.8957	1.1167	0.4550	1.1033	1.2467	0.8488	
Foot muscle	0.1052	0.4483	0.7183	0.8000	1.5233	0.9017	1.5367	1.5533	0.9484	
Visceral organ	0.3811	1.1883	1.8175	1.9733	2.6414	4.6913	5.4377	3.6833	2.7267	
Total mean	0.3631	0.9338	0.9979	1.2738	1.6833	1.8291	2.1363	2.0826	1.4125	

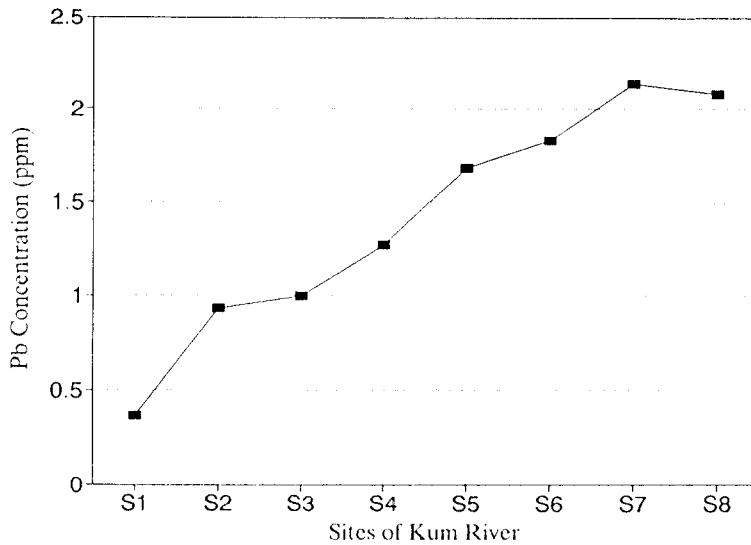


Fig. 5. Lead content in Pelecypoda in Kum River according to the sites.

(1984)에 의하면 근육보다 간과 같은 내장기관에 5~60배 이상 축적이 된다고 보고되어 있다.

본 조사에서도 다른 부위보다 내장기관이 높은 농도를 나타낸 것은 이와 같은 원인과 일치되는 것이 아닌가 생각된다.

3) 납(Pb)

패류내의 납의 각 부위별 함량은 Table 6 및 Fig. 5에서 보는 바와 같이 S₁에서 S₈에 이르는 상류지역에 비하여 S₆에서 S₈에 이르는 하류지역에서 높은 농도를 보였으며 S₁의 말조개의 족근에서 0.1052 ppm으로 최저농도였고, S₇의 재첩의 내장기관에서 5.4377 ppm

으로 최고농도로 검출되었다. 각 패류의 부위별 함량은 전 조사부위에서 S₁, S₂를 제외하고 역시 대부분 내장기관이 모든 지역의 패류부위에 걸쳐서 가장 높았다. 그 다음은 지역에 따라 다소 다르기는 하지마는 거의 대부분이 S₁, S₂, S₃를 제외하고 외투막이, 그 다음은 S₂, S₅, S₇를 제외하고 아가미가 상류보다 하류쪽으로 갈수록 높은 농도를 보였다.

한편 각 지소별 패류의 평균함량은 상류에 비하여 하류지역의 패류에서 높은 함량을 보였으며, S₇에서 2.1363 ppm이었고, S₁의 0.3631 ppm에 비해 매우 높은 값을 나타내어 상류에서 하류로 갈수록 그 함량

Table 7. The contents of Zinc in Pelecypoda caught in Kum River

(Unit: ppm)

Sites	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	Total
Species									
Regions	<i>Ud.sp</i>	<i>Ud</i>	<i>Ud.sp</i>	<i>Ud.sp</i>	<i>Ud.sp</i>	<i>C.flu</i>	<i>C.flu</i>	<i>C.flu</i>	Mean
Gill	6.3334	2.5764	4.6325	3.7483	4.7682	4.4546	3.7484	4.2589	4.3151
Mantle	4.9634	4.4455	3.9851	2.6852	2.4150	4.2883	4.8744	3.4754	3.8915
Adduct muscle	1.8283	2.5384	1.5483	2.2284	1.0484	2.3274	2.8283	1.4417	1.9737
Foot muscle	2.3783	2.1184	2.6183	2.5517	1.4653	2.2217	2.6951	2.1684	2.2772
Visceral organ	3.3484	4.0536	3.4218	2.7452	3.8184	4.2394	3.0283	3.2083	3.4829
Total mean	3.7704	3.1465	3.2412	2.7918	2.7031	3.5063	3.4349	2.9105	3.1881

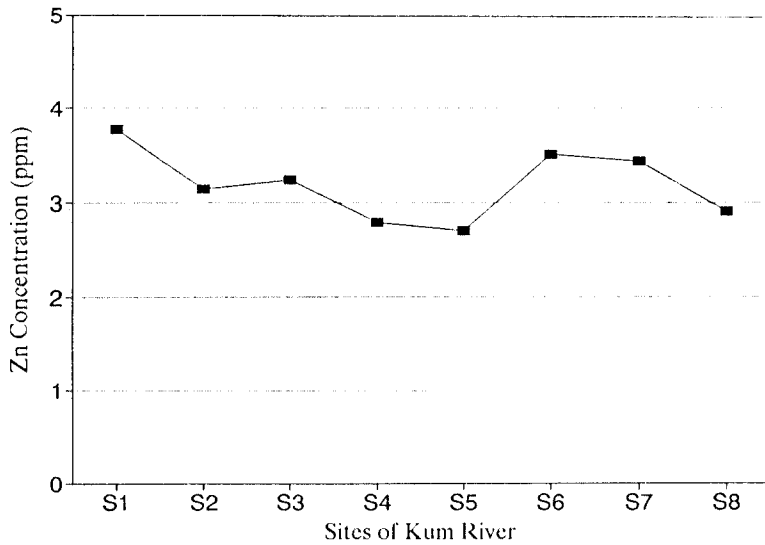


Fig. 6. Zinc content in Pelecypoda in Kum River according to the sites.

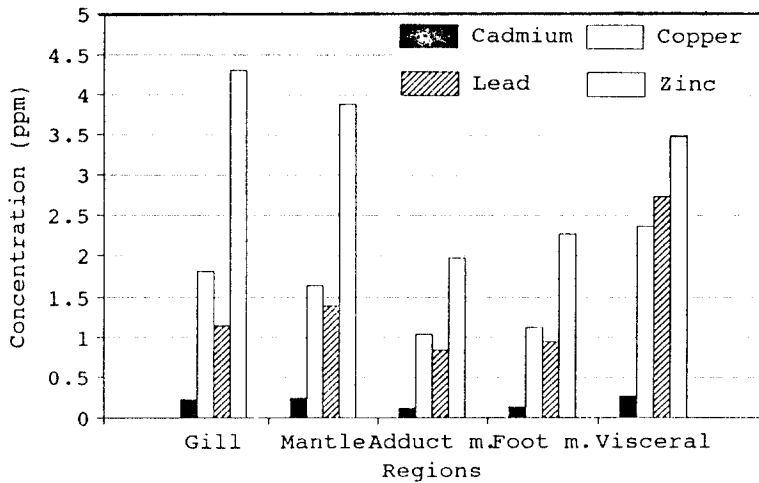


Fig. 7. Comparison of heavy metal contents in various organ in shellfish.

이 증가하는 경향을 보였다.

이와 같은 현상도 하류지역이 상류지역보다 각종 도시하수나 공장폐수로 인한 오염물질의 부하량이 큰 영향을 끼친 것으로 생각된다.

이같은 Pb는 인간에게 알려진 가장 오래된 중금속 중의 하나로서 주로 안료, 유약 등의 화학제조공장, 축전지, 활자 등의 인쇄공장 및 광산 등에서 배출되는 폐수가 하천으로 유입되어 각종 수서생물에 급성 또는 만성효과를 나타낸다고 알려져있다.

4) 아연(Zn)

Zn은 Table 7, Fig. 6 및 Fig. 7에서 보는 바와 같이 다른 금속과는 달리 각 패류의 평균함량은 하류보다는 상류인 S₁에서 3.7704 ppm으로 가장 높은 함량을 보였으며, 하류로 갈수록 점차감소되는 경향을 보이다가 하류인 S₆, S₇에서 각각 3.5063 ppm, 3.4349 ppm으로 약간 높아지는 경향을 보였다.

또한, Zn은 다른 중금속과 달리 상,하류에 관계없이 S₁의 말조개의 폐각근에서 1.0484 ppm으로 가장 낮은 함량을 보였고, S₁의 말조개의 아가미에서 6.3334 ppm의 가장 높은 농도의 값을 나타내어 상류에서 오히려 높은 함량을 나타냈다. 또한, 죽근이나 폐각근보다는 내장기관(3.4829 ppm)이나 아가미(4.3151 ppm)와 외투막(3.8915 ppm)이 각 부위별 농도에 있어서 높은 농도를 나타내었다.

이러한 현상은 지역에 따라 Zn의 축적도가 서로 다른 암시해주는 것으로 생각되며, 서식범주에 있어서도 다소의 영향을 미칠 것으로 사료되며, 앞으로 보다 추구해 볼 과제라고 생각된다.

요 약

금강수계에 서식하는 패류의 중금속함량을 알아 보기 위하여 1991년 4월부터 동년 10월사이에 우기를 피하여 금강유역에서 8개 지소를 임의 선택하여 채집한 8종의 부족류 중 비교적 각 지역에서 공통적으로 채집될 수 있었던 말조개와 재첩을 각각 10개체씩 선택하여 패류를 아가미, 외투막, 폐각근, 죽근 및 내장기관 등 각 부위별로 나누어 Cd, Cu, Pb, Zn의 함량을 원자흡광법으로 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 각 부위별 중금속 함량을 전체적으로 본 평균값

은 Zn을 제외하고는 전체 패류의 내장부위가 모두 다른 어느 부위보다도 매우 높은 함량을 나타냈으며, 그 다음은 지역에 따라 다소의 차이는 있었지만 대부분 외투막과 아가미, 죽근, 폐각근의 순으로 나타났다.

2. 각 패류별 중금속 함량은 역시 Zn만을 제외하고는 상류로부터 하류로 내려감에 따라 중금속 함량이 높아지는 경향을 보였다.

3. 여러 금속 중 Zn만이 각 부위별에서 내장부위보다 아가미, 외투막에서 비교적 높은 값을 볼 수 있었으며, 일반적으로 다른 중금속은 하류보다 상류가 그 함량이 적은 경향을 보였으나, Zn만은 상류쪽에서 비교적 높은 함량을 보였고, 지역에 따라 그 함량이 다른 경향을 나타내었다. Zn 다음의 중금속함량은 Cu, Pb, Cd의 순으로 그 농도를 나타내었다.

참 고 문 헌

- 강희근, 윤원용, 박상현. (1986) 북한강에 서식하는 어류의 중금속 함유량에 관한 연구. 한국육수학회지. **19**(1-2): 79-85.
- 공해대책 기술동우회편. (1971) 공해대책, **7**(4): 285.
- 권옥현, 엄석원, (1984) 패류중의 중금속 함량 조사. 서울 특별시보건연구소보. **20**: 90-94.
- 김남승. (1988) 만경강 담수어중 중금속 함량에 관한 연구. 대한예방의학회지. **21**: 121-131.
- 김덕만, 김형석. (1987) 한강수계와 그 하류해연안에 서식하는 저서패류의 중금속 함량에 관한 연구. 경희대 산업환경연구소 논문집. **3**: 33-45.
- 김덕만, 이춘구. (1980) 메기의 조직에 미치는 Cadmium의 영향에 관한 연구. 한국육수학회지. **13**(3-4): 17-23.
- 김명희, 박성배. (1981) 한강 담수어 중의 중금속 함량에 관한 연구. 약학회지. **25**(3): 89-98.
- 김영식, 황영식, 이길철, 김종택, 김수열, 심동애. (1977) 한강연안 어패류 중 중금속함유도에 관한 연구. 국립보건연구원보. **14**: 289.
- 김재봉, 김동한, 배정오, 오재기, 강덕희. (1983) 담수어의 분포 및 중금속 함량에 관한 연구. 국립환경소보. **5**: 261-269.
- 노동부. (1989) 근로자 특수 건강진단 방법 및 직업병관리 기준. 311.
- 문병찬. (1976) 한강 주요 지천수중 중금속농도 조사 연구. 공중보건잡지. **13**(2): 337-347.
- 박정길, 조규대, 허성희, 김상근, 조창환. (1986) 낙동강 하구 부근의 해양환경 조사연구. 한국수산학회지. **22**(4):

- 259-278.
- 송철. (1975) 수산식품 중 유행성 미량금속에 관한 연구. 보건장학회보 논문집. 5: 32-37.
- 원종훈. (1973) 한국산 어패류 중의 수은, 카드뮴, 납, 구리의 함량. 한국수산학회지. 6: 1-9.
- 유일수, 유은주, 이종섭, 박현, 소진탁. (1989) 만경강 유역 저질토 및 패류의 중금속함량 조사. 한국패류학회지, 5(1): 35-41.
- 이광목. (1974) 카드뮴 중독. 대한산업의학회지. 13(4): 16-19.
- 이병국. (1974) 연 중독. 대한산업의학회지. 13(4): 6-11.
- 이영옥, 신기준. (1977) 카드뮴이 백서(흰귀)에 미치는 영향과 수은과의 상호작용에 관한 실험적 연구. 고려대의대잡지, 14(1): 151-158.
- 일본약학회편. (1983) 위생시험법주해. 금원출판사. 동경. 149.
- 임병순. (1980) 금강유역의 담수어 중 중금속 함량 연구. 고려대학교 대학원 석사학위논문. 1-28.
- 조용주, 김춘근. (1971) 패류의 중금속 축적에 관한 연구. 한국수산학회지. 4(2): 61-65.
- 차철환. (1974) 공해와 질병. 최신의학사. 62-79, 85-93, 288-308.
- 최신석, 오희복, 강명규, 조통대, 이규승, 유종국, 이영하. (1988) 금강유역 수질오염 실태조사. 충남대학교 환경문제연구소지 6(1): 1-6.
- 한국보건사회부. (1977) 식품 첨가물의 규격 및 기준. 제 8호. 식품공업협회.
- 한국보건사회부. (1984) 음용수의 수질기준에 관한 규격. 보건사회부령 제 744호, 6-7.
- 한상덕. (1969) 도시하천수중 중금속의 조사분석(서울시를 중심으로). 공중보건잡지. 6(1): 49-56.
- 한선희. (1979) 시관 어류중의 Cd와 Zn함량에 관하여. 서울대학교 대학원 석사학위 논문
- 환경청. (1983) 환경오염 공정시험법. 환경청, 서울. 539.
- Alabaster, J.S. (1980) Water quality criteria for freshwater fish. *London-Boston, Butterworth Co.*, pp. 159-168.
- Anderson, R.V. (1977a) Concentrations of cadmium, copper, lead and zinc in six species of freshwater clams. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 18: 492-497.
- Anderson, R.V. (1977b) concentrations of cadmium, copper, lead and zinc in thirty five genera of freshwater macroinvertebrates from the Fox River, Illinois and Wisconsin. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 18: 345-351.
- Eisenberg, M. and Topping, J. (1984) Trace metal residues in shellfish from Maryland waters. *J. Environ. Sci. Health(B)*, 19(7): 649-671.
- Mathis, B.J. and Cummings, T.F. (1973) Selected metals in sediments, water and biota in the Illinois River. *J. WPCF.*, 45: 1573-1579.
- Morre, J.W. and Ramamoorthy, S. (1984) Heavy metals in natural waters. *New York, Springer-Verlag Inc.*, pp. 44-45, 85-88, 109-115, 190-198.
- Spehar, R.L., Christensen, G.M., Curtis, L.A.E. and Pickering, O.H. (1982) Effect of pollution of freshwater fish. *J. WPCF.*, 54(6): 877-922.