

## 變形魚에 關한 形態 및 重金屬含量調查

— 洛東江에 棲息하는 Mugil Cephalus를 中心으로 —

魚 允 水

서울大學校 保健大學院

A Study on the forms and the content of heavy metals of  
deformational Mugil cephalus from the Nagdong River

Yoon Su Eu

*Seoul of Public Health,  
Seoul National University*

### Abstract

Seventy-seven Mugil cephalus of spinal deformation, living in Hanam, Nogsan, and Myeongji area, the downstreams of the Nagdong River, were collected in order to determine their forms and the levels of heavy metal contamination between March and October, 1981.

The specimens were examined by X-ray and content of cadmium, lead, copper, and zinc by atomic absorption spectrophotometer.

The results were summarized as follows:

1. The rate of appearance of deformational fish to the total Mugil cephalus were 4.3% (13 fish), 5.7% (17 fish), relatively high in May and June (dry season). Meanwhile during March and October they were low by 1.0% (3 fish), 2.0% (6 fish). As far as the research areas are concerned, they appeared in larger numbers in downstreams than in upper streams; Myeongji (39), Nogsan (25), and Hanam (13).
2. Concerning with fractured parts of vertebrae, 86 percent (66 out of 77) had their caudal regions fractured and 72 percent (55) their first to seventh caudal regions fractured.
3. The average levels of cadmium, lead, copper, zinc detected from flesh were 0.26ppm, 2.06ppm, 6.35ppm, 0.85ppm on the other hand, they were 0.22ppm, 1.84ppm, 5.03ppm, 0.93ppm in normal fish.
4. The average levels of cadmium, lead, copper, zinc measured in the bones were 0.39ppm, 2.55ppm, 8.97ppm, 2.73ppm. Meanwhile, from normal fish they were 0.33ppm, 2.25ppm, 7.24ppm, 2.42ppm.
5. Compared with regional heavy metal contamination such as cadmium, lead, zinc, Myeongji area had higher contamination content than Nogsan area; Nogsan area than Hanam area.
6. Compared with heavy metal contamination level in their tissues, cadmium was highly found in bones; Lead and copper were highly detected in viscera. Particularly in skeleton cadmium was 560 times, zinc 160 times in proportion to those in the downstreams of the Nagdong River.

## 1. 緒 論

最近 各國의 急速의인 工業化에 따라 大量의 廢棄物이 自然環境을 汚染시켜 不幸한 中毒事件이 頻發하여 汚染因子로서 微量金屬에 對한 研究가 活發하게 進行되고 있으며, 中毒性重金屬에 依한 環境汚染은 世界的으로 問題視되고 있는 實情이다. 그래서, 各國마다 이같은 重金屬의 排出에 對해서는 嚴格히 規制를 取하고 있으며, 이것들에 依한 環境汚染實態에 對해서도 廣範圍하고 綿密한 調査를 하고 있다.

이러한 中毒性重金屬은 그것이 自然環境에 放置되면, 비록 그 量이 微量일지라도 일단은 生物體에 蓄積되게 되고, 다시 食品으로서 人體에 쌓이게 되어 結局은 中毒을 일으키는 公害性物質이 되는 것이다.

陸上에서의 汚染物質은 濃度の 高下를 莫論하고 結局은 江으로 流入되어 그곳에서 生物의 먹이 連鎖를 따라 段階의으로 濃縮되어 二次消費者인 魚類가 많은 被害를 입게 되어 各種 變形魚가 많이 나타나고 있는 實情이다.

Mugil cephalus (崇魚)는 世界的인 魚種이며, 太平洋을 비롯하여 大西洋과 印度洋 및 地中海에 이르는 溫帶와 熱帶水域에 널리 棲息하는 重要한 魚族資源이며, 韓半島는 全沿海가 Mugil cephalus의 產地이며,<sup>1)</sup>鹽도가 變하는 江과 沿岸, 灣에서 生活하는 回游性 魚類로서 매우 汚染된 江에서도 나타나고 있다.<sup>2)</sup>

田<sup>3)</sup>이 洛東江에서 그물에 잡히는 魚類中 變形魚

가 全體의 1~10%가 되며, 魚種別로는 승어(문결망둑) 백조어(잉어) 등으로 調査報告 되었으며, 松里壽彦<sup>4)</sup>은 히로시마灣에서 採集한 魚類의 變形魚 37마리 중 Mugil cephalus가 27마리로 나타냄을 보여 주었다.

變形魚는 主로 軟骨이 일그러져 脊椎骨의 損傷으로 동백가 구부러짐(Spinal deformation)을 말한다.<sup>5-7)</sup>

變形魚의 原因으로는 카드뮴<sup>6,8)</sup> 亞鉛<sup>9)</sup>에 依한 說과 營養不良<sup>10)</sup> 發生期間 알맞지 않은 水溫,<sup>11,12)</sup> 寄生虫感染,<sup>13)</sup> 有機磷製<sup>14-17)</sup>에 依한 說 등이 있다.

B-E, Bengtsson<sup>6)</sup>은 變形魚의 脊椎形態에 對해서 研究하였으며, 變形魚의 骨折와 사람에 있어서 日本의 Itai-itai病과 關係가 깊다고 했으며, 魚類中 重金屬含量에 對한 調査研究은 國內에서는 元<sup>18)</sup>李,<sup>19)</sup>林<sup>20)</sup> 등에 依해 報告되어 졌고, 外國에서는 많은 學者들에<sup>4,8,21-24)</sup> 依해 調査 報告된 바 있다.

그러나, 아직 Mugil cephalus의 變形魚에 관한 重金屬蓄積調査는 되어 있지 않으며, 脊椎骨形態 調査도 거의 없는 實情이다.

食生活에서 Mugil cephalus가 차지하는 比重은 크므로 變形魚의 增加趨勢는 매우 큰 問題로 되어 있기 때문에, 著者は 變形魚를 많이 觀察할 수 있는 Mugil cephalus에 對해 變形魚의 現況과 脊椎骨形態 및 카드뮴, 납, 구리, 亞鉛의 重金屬含量을 分析하여 調査地域間의 差異, 筋肉組織과 內臟組織 및 骨格組織間의 差異를 比較하였다.

本 調査는 變形魚의 形態 및 重金屬含量의 基礎資料로 水産物中の 重金屬許容量에 對한 規定 및 環境

Table 1. The length range and number of sample on the spinal deformation of Mugil cephalus from Nagdong River

Month	St. 1 (Hanam)		St. 2 (Nogsan)		St. 3 (Myeongji)	
	No. of Sample	Length range (cm)	No. of Sample	Length range (cm)	No. of Sample	Length range (cm)
3	—	—	1	19.7~26.8	2	16.5~25.7
4	2	32.0~36.5	3	22.1~30.2	3	21.0~29.7
5	3	33.1~37.8	4	21.4~33.7	6	19.2~33.2
6	2	32.5~38.0	6	24.1~34.9	9	18.3~38.2
7	3	28.4~32.7	3	26.5~35.7	4	25.8~34.9
8	—	—	2	27.0~32.5	5	24.2~33.2
9	2	37.8~47.2	4	19.5~37.7	7	15.2~35.7
10	1	29.0	2	20.3~38.0	3	19.4~36.8
Total	13		25		39	

—: no data

衛生的인 側面에서 水質管理에 利用될 수 있을 것으로 思料된다.

## II. 實驗方法

### 1. 調查地域 및 調查期間

洛東江 下流인 密陽郡 下南邑과 金海郡 大東面에서 洛東江이 金海平野를 지나는 水路와 龜浦, 沙上, 下端앞을 흐르는 水路로 區分하였다.

調查地域은 Fig. 1에서와 같이 調查地域 1(下南邑)과 下南에서 60km 下流인 金海平野를 지나 흐르는

某山앞의 調查地域 2, 그리고 沙上, 下端工團廢水의 影響이 豫想되는 乙淑島와 鳴旨洞사이의 調查地域 3으로 定하였다.

調查期間은 1981年 3月부터 同年 10월까지로 各 調查地域에서 Mugil cephalus의 採集이 可能한 期間으로 하였다.

### 2. 試料採集 및 保存方法

試料採集은 各 調查地域에 設置한 網을 利用하여, 調查地域에서 採集된 Mugil cephalus 中에서 등이 굽은 變形魚(Spinal deformation)에만 限定하였다. 各 調查地域에서 採集된 變形魚의 試料數는 Table

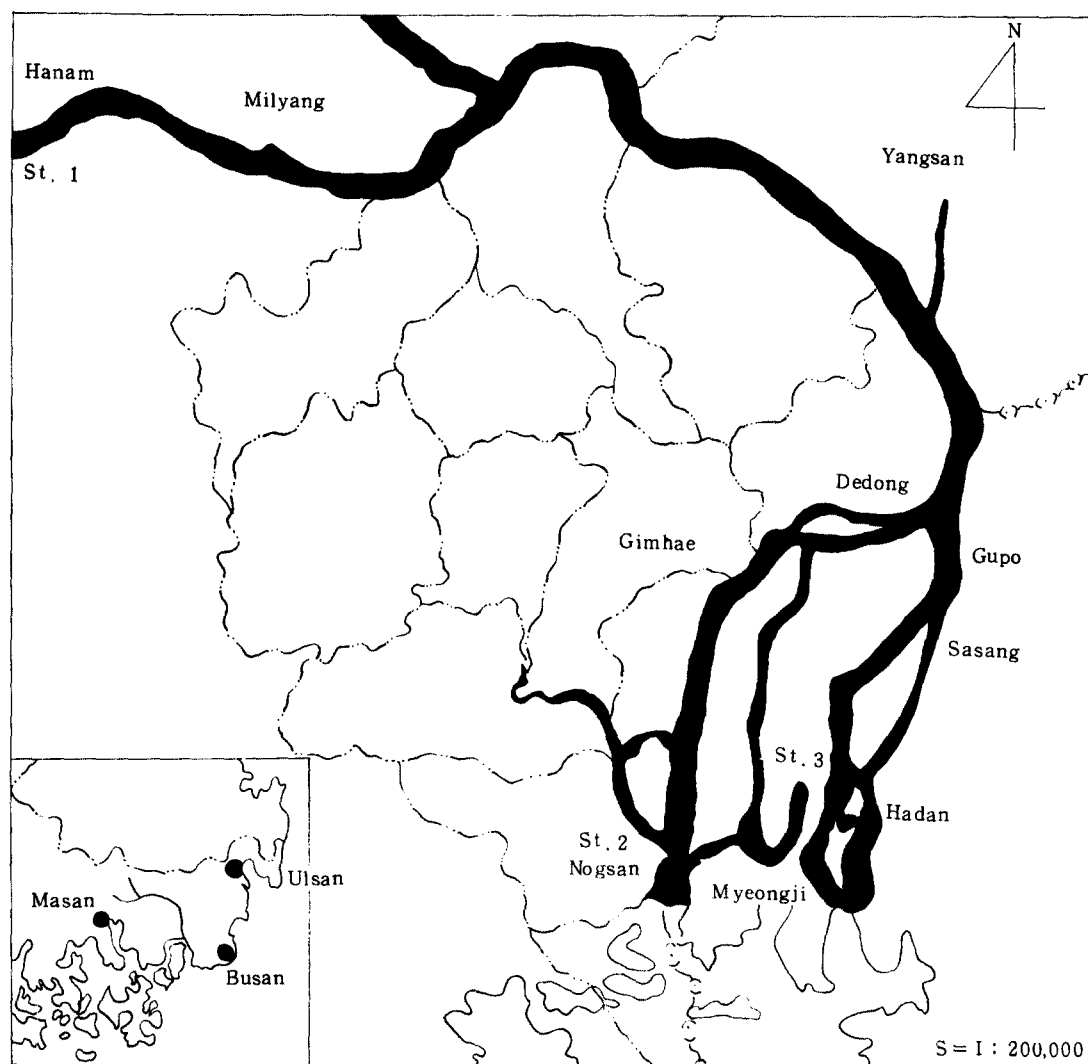


Fig. 1. Sampling station.

1 과 같으며, 試料은 採集하여 비닐봉지로 싸서 아이스박스 (Ice Box) 에 넣어 實驗室로 運搬하여 가볍게 洗滌한後 筋肉組織, 內臟組織, 骨格組織의 3 部分으로 나누어 其中에서 6 - 13 g 을 取해 冷凍室에 保管하였다. 試料을 싸는 비닐종이는 安定劑로 加해서 重金屬에 依해 있을 수 있는 汚染을 막기 위해 充分히 洗滌하여 使用하였다.

### 3. 試藥

本實驗에 使用된 모든 試藥은 特級을 使用하였고, 물은 蒸溜水로 使用하였으며, 蒸溜水에도 重金屬含量을 分析하여 그 값을 減해 주었다.

#### 1) 카드뮴 標準溶液

金屬카드뮴 0.100g 을 10 % 窒酸 50 ml 에 溶解시켜 中탕으로 加熱하여 窒素酸化物을 除去한後 冷却시켜 蒸溜水로 1 l 만들었다.

#### 2) 납 標準溶液

110°C 에서 乾燥시킨 窒酸 납 0.160 g 을 窒酸 (1 + 99) 약 100 ml 에 溶解시켜 蒸溜水로 1 l 만들었다.

#### 3) 구리 標準溶液

黃酸구리 0.393 g 을 蒸溜水에 溶解시켜 黃酸 (1 + 2) 二滴을 加한後 蒸溜水로 1 l 만들었다.

#### 4) 亞鉛標準溶液

金屬亞鉛 0.100 g 에 6N 鹽酸 20 ml 를 加해 中탕위에서 加熱 溶解시켜 冷却시킨後 蒸溜水로 1 l 만들었다.

#### 5) DDTC 溶液 : 1% 水溶液

### 4. 裝置 및 器具

1) 原子吸收分光器 : Varian, AA-775 Series Atomic Absorption Spectrophotometer

2) Balance : Traceability of weights to national bureau of standards certific by Aiansw-eath Laboratory.

3) X-ray 攝影機 : Jung Ang X-ray Co. (200 mA)

4) X-ray film : AGFA-GEVAERT carix 10×12 in.

### 5. 分析方法

#### 1) 脊椎骨調查

三個 調查地域에서 採集된 變形魚 77 마리를 X-ray 에 依한 攝影과 물 100°C 로 10 分間 處理한後 解剖하여 脊椎骨의 骨析된 部位를 觀察하였다.

#### 2) 重金屬分析方法

Table 1 에서와 같이 採集된 變形魚 77 마리를 筋內, 內臟, 骨格의 三部分組織을 6 ~ 13 g 分取하여 實驗에 使用하였으며, 試料의 分解 및 定量, 分析을 Fig. 2 와 같이 하였다.

#### 3) 重金屬測定

카드뮴, 납, 구리, 亞鉛의 測定을 原子吸收分光法<sup>25, 26)</sup>으로 하였으며 分析最適條件은 Table 2 와 같으며, Data 計算은 다음과 같이 하였다.

$$\text{各金屬濃度 (ppm)} = \left( \frac{C_s (A - A_b)}{A_s - A_b} \right) \times \frac{100}{V} \times \frac{f}{W}$$

A : 試驗液의 吸光度

A<sub>s</sub> : Blank 液에 標準物質 C, mg 를 加해서 抽出한 液의 吸光度

A<sub>b</sub> : Blank 液의 吸光度

C<sub>s</sub> : Blank 液에 加한 標準物質量 mg 數

V : 抽出에 使用한 試驗液量 ml 數

100 : 試驗液全量 (ml)

f : 標準物質의 濃度係數

W : 生體試料의 g 數

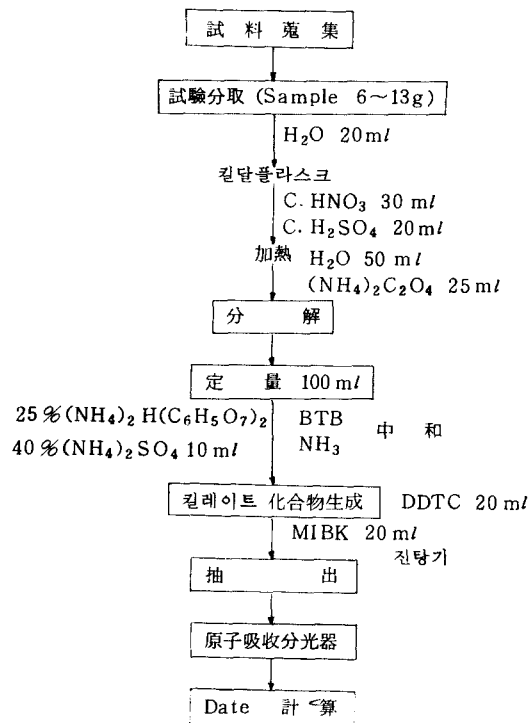


Fig. 2. Determination method of heavy metal in fishes.

Table 2. Optimum analytical conditions of Atomic Absorption Spectrophotometer.

Conditions		Cd	Cu	Pb	Zn
Wave length	(mm)	288.2	324.9	216.9	213.4
Lamp current	(mA)	3.5	3.5	5.0	5.0
Slit width	(mm)	1.0	1.0	1.0	1.0
Air flow rate	(L/min)	60	60	60	60
Acetylene flow rate	(L/min)	5	5	5	5
Expansion		1	1	1	1

### III. 實驗結果 및 考察

#### 1. 脊椎骨形態 調査

##### 1) 變形魚採集 및 現況

調査地域인 下南, 葦山, 鳴旨 이들 3地域의 Mugil cephalus 에 對한 變形魚採集數는 Table 1 과 같다.

脊椎變形魚 (Spinal deformation) 에 있어서는 正常魚에 비해 水泳能力이 妨害를 받고 있었으며, 變形魚는 脊椎骨의 損傷, 頭蓋骨의 損傷, 尾部의 一部가 없는 것 등이 發見된 것은 松理壽彦<sup>4)</sup>이 히로시마灣에서 採集한 魚類의 異常魚와 같은 症狀을 나타내고 있었으며, 本 調査에서는 脊椎骨의 變形, 骨折된 試單을 使用하였다.

調査地域의 月中 數値를 比較하면 5月과 6月은 最高 13마리와 17마리, 3月과 10月은 3마리와 6마리로 낮게 나타났다. 이들 數値는 全體 Mugil cephalus 100마리에 對한 數値로서, 6月の 變形魚出現率은 全體 Mugil cephalus 에 對한 5.7%, 3月과 10月은 1.0% 와 2.0%로 出現되었으며, 季節에 따른 差異가 있기는 하나 年中 繼續적으로 나타나고 있는 實態이다. 여기에서 季節에 따른 差異가 5, 6월에 높게 나타나는 것은 渴水期인 2~5月間 水中에 各種 中毒性物質이 多量 含有되어 있으며, 10月은 集中 降雨量에 依한 洪水로 因해 中毒性物質이 海水로 流出되거나 稀釋되었기 때문으로 推測이 된다.

實驗期間동안 이들 3 調査地域間에는 鳴旨, 葦山, 下南順으로 各各 39마리, 25마리, 13마리로 나타났다. Fig. 3에서 地域間에 많은 差異點을 나타내며, 上流보다 下流쪽에 높게 나타나고 鳴旨에서 가장 높은 것은 沙上, 下流工場의 廢水로 因해 重金屬

物質의 蓄積으로 因한 것으로 推測된다.

##### 2) 脊椎骨形態 調査

實驗에 使用된 變形魚는 脊椎骨의 變形, 骨折된 試單을 찾아 X-ray 에 依한 調査와 解剖에 依한 檢査로서 脊椎의 骨折에 對해서 調査하였다.

Mugil cephalus 의 脊椎는 모두 24個로서 腹部 (Abdominal region)와 尾部 (Caudal region) 로 區分되어 脊椎는 各各 12個式으로 되어 있었다. 其中 脊椎의 어느 하나에 異常이 있으면 全體脊椎 (Vertebral column)는 骨折된 部位를 中心으로 구부러져 있기 때문에 外部形態도 甚하게 變形된 것 을 볼 수 있는 것이다.

脊椎의 骨折은 筋肉의 量이 많이 붙어 있는 尾部에서 훨씬 많았으며 Fig. 4에서와 같이 全體 77마리중 86%인 66마리가 尾部이고, 特히 72%인

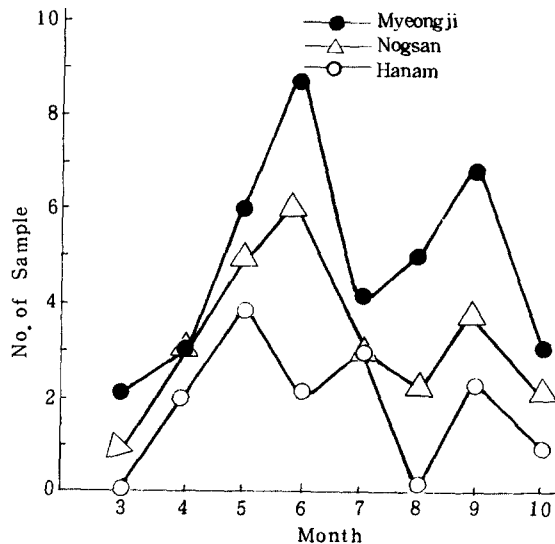


Fig. 3. Comparison of No. of sample Mugil cephalus of spinal deformation in Hanam, Nogsan and Myeongji station.

55 마리가 尾部脊椎 1~7 번째에서 볼 수 있으며, 腹部脊椎는 8~12 번째에서 14%인 11마리로 나타났다.

그러나, 腹部脊椎 1~7 번째와 尾部脊椎 12 번째는 骨折됨을 볼 수 없었으며, 이들 數値는 B-E Bengtsson<sup>6)</sup>에 의해 調査報告된 尾部의 79% 腹部에서 21%와 거의 一致한 傾向을 보였다.

## 2. 重金屬含量 調査

### 1) 카드뮴

下南, 萊山, 鳴旨에서 棲息하고 있는 *Mugil cephalus*의 變形魚 77 마리와 正常魚 15 마리에 對한 筋肉部, 內臟部, 骨格部로 나누어 分解하여 카드뮴含量을 分析한 結果는 Table 3 과 같다.

筋肉部에서 카드뮴平均含量은 變形魚가 0.18~

0.34 ppm, 正常魚가 0.15~0.27 ppm 範圍로 檢出되었고, 內臟部에서 平均含量은 0.09~0.54 ppm, 正常魚가 0.07~0.46 ppm 範圍로 檢出되었으며 骨格部에서 平均含量은 變形魚가 0.23~0.58 ppm, 正常魚가 0.19~0.41 ppm 範圍로 檢出되었다.

金<sup>28)</sup>은 主要食用 海藻中の 카드뮴含量 調査에서 0.02~1.48 ppm 으로 나타났으며, 韓<sup>29)</sup>은 海水魚中 카드뮴含量을 調査한 바 平均 0.11 ppm으로 報告하였고, 李<sup>19)</sup>가 洛東江 淡水魚의 카드뮴含量을 調査한 바 肉質部에서 0.002~0.148 ppm, 骨格部에서 0.004~0.238 ppm으로 報告된 것과 本實驗數値와는 多少 差異點이 있으나, 元<sup>18)</sup>의 韓國産 魚具類의 카드뮴含量 調査에서 魚類의 筋肉部 0.02~0.44 ppm, 內臟部 0.02~1.31 ppm으로 調査한 것과 Mu-

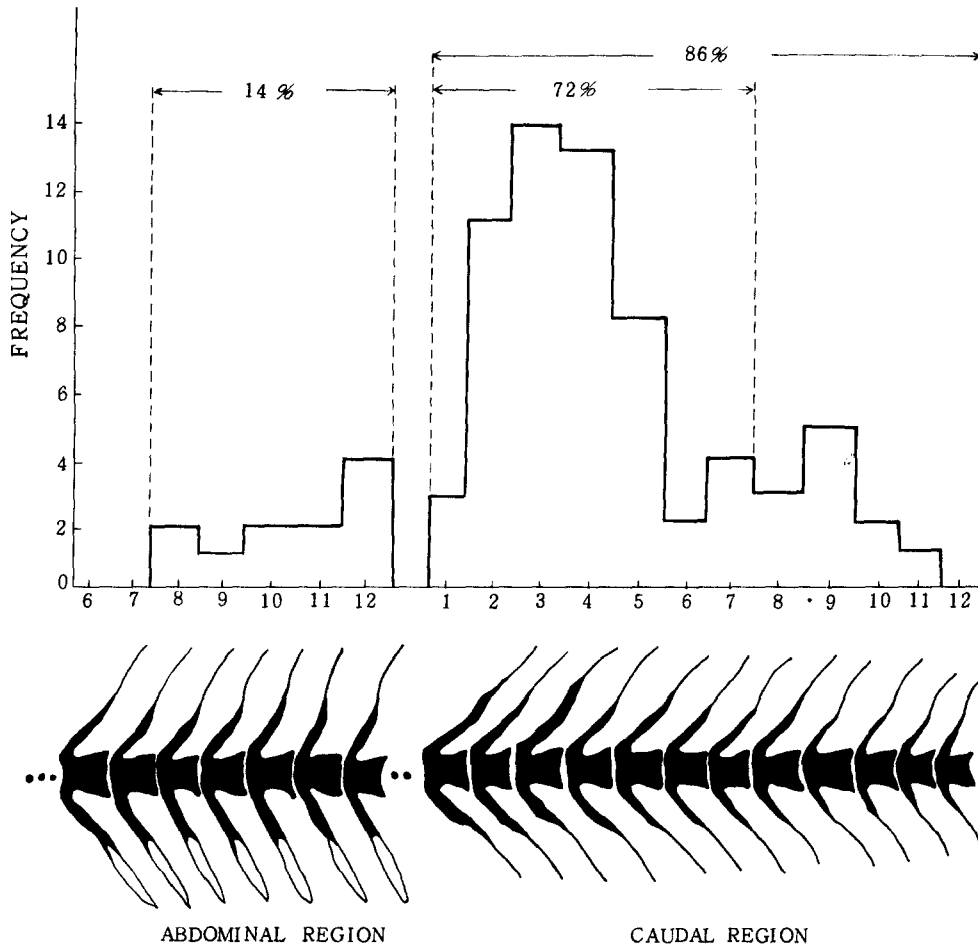


Fig. 4. Total number of fractures in numbered vertebrae of 77 *Mugil cephalus* in Nagdong river.

**Table 3. Contents of Cadimium in muscle, viscera and skeleton of Mugil cephalus**

Unit ; ppm								
Station	Abnormal*				Normal			
	No. of sample	Muscle	Viscera	Skeleton	No. of sample	Muscle	Viscera	Skeleton
Hanam	13	0.18	0.09	0.23	5	0.15	0.07	0.19
Nogsan	25	0.27	0.11	0.36	5	0.23	0.30	0.39
Myeongji	39	0.34	0.54	0.58	5	0.27	0.46	0.40
Mean		0.26	0.25	0.39		0.22	0.28	0.33
	1t1	1.21	0.21	0.55		P > 0.05		
	t 0.95 (2)	2.92	2.92	2.92				

\* ; Mugil cephalus of spinal deformation

**Table 4. Contents of lead in muscle, viscera and skeleton of Mugil cephalus**

Unit ; ppm								
Station	Abnormal*				Normal			
	No. of sample	Muscle	Viscera	Skeleton	No. of sample	Muscle	Viscera	Skeleton
Hanam	13	1.83	2.53	23.7	5	1.02	2.58	1.96
Nogsan	25	2.23	3.93	2.69	5	1.95	1.97	2.42
Myeongji	39	2.13	4.27	2.58	5	2.56	4.18	2.37
Mean		2.06	3.58	2.55		1.84	2.91	2.25
	1t1	1.69	1.26	3.0**				
	t 0.95 (2)	2.92	2.92	2.92				

\* ; Mugil cephalus of spinal deformation

\*\* ; significant (p < 0.05)

gil cephalus 에서 各部位 모두 0.02 ppm 以下로 檢出된것, G.N. Bebbington 이 Australia 産 Mugil cephalus 에 對한 카드뮴 調査에서 0.02~0.08 ppm 으로 報告한 것과는 本實驗에서 檢出된 것과 큰 差異를 보여주고 있다.

A. Larsson<sup>30)</sup> 은 魚類에 카드뮴 1~10 ppm 으로 11~15 日間, 0.005~0.5 ppm 으로 4~9 週間 調査하여 血液中에 칼륨, 마그네슘, 유기인의 數値에 影響을 미친다고 發表했고, B-E Bengtsson 은 魚類에 카드뮴 0.96 ppm 을 70 日間 調査한 後變形魚로 됨을 報告하였으므로, 카드뮴은 長期間蓄積에서

魚類가 變形魚로 됨을 알수 있었다.

本實驗의 카드뮴含量 最高平均値인 0.39 ppm 은 우리 나라 食品衛生法에서 規定하고 있는 一般食品의 重金屬許容量 10ppm과 Australia의 NHMRC<sup>2)</sup> (National Health and Medical Research Council) 에서 規定하고 있는 카드뮴濃度 2.0 ppm 에 비해 낮은 含量이지만 日本厚生省<sup>18)</sup>에서 사람의 1日安全攝取量이 0.3 mg 以下라고 하였으므로 1日水産物攝取量이 많은 것을 考慮하면, 카드뮴은 體內에 蓄積되는 重金屬으로서 注意를 해야겠다.

本實驗에서 變形魚와 正常魚間의 各部位別 有意性

은 認定되지 않았다. ( p ) 0.05 )

2) 납

납의 含量을 分析한 結果는 Table 4 와 같다. 筋肉部에서 平均含量은 變形魚가 1.83~2.23 ppm, 正常魚가 1.02~2.56 ppm 範圍로 檢出되었고, 內臟部에서는 變形魚가 2.53~4.27 ppm, 正常魚가 1.97~4.18 ppm 範圍로 檢出되었으며 骨格部에서의 平均含量은 變形魚가 2.37~2.69 ppm, 正常魚가 1.96~2.42 ppm 範圍로 檢出되었다.

元<sup>18)</sup>은 海産魚類中の 납의 平均含量은 筋肉部에서 0.06~3.40 ppm, 內臟部에서 0.12~6.26 ppm, 骨格部에서 0.2~4.84 ppm 과 比較하면 큰 差異는 없으나, 金<sup>28)</sup>은 海藻에서 全體平均이 0.20~1.31ppm 과 G. N. Bebbington<sup>2)</sup>에 의한 Australia 産 Mugil cephalus 에 對한 납의 含量 0.2~4.0 ppm 과 比較하면 本實驗數値는 높다 하겠다.

우리 나라는 아직 食品中の 납 許用量은 定해져 있지 않으나 日本에서는 一般食品 2.75ppm, 캐나다에서는 水産物에 對해 10 ppm, NHMRC에서 2.0ppm 으로 設定해 두고 있으므로, 本實驗數値는 安全한 程度는 되지 못한다고 하겠다.

납이 變形魚의 主要原因이 된다고 發表된 것은 없으나, 變形魚의 骨格部에서 높게 나타나므로 ( 2.37~2.69ppm ) 變形魚의 骨格部에서는 有意性이 認定되었다. ( p < 0.05 )

3) 구리

구리의 含量을 分析한 結果는 Table 5 와 같으며,

筋肉部에서 平均含量은 變形魚가 4.32~8.96 ppm, 正常魚가 3.49~7.03 ppm 範圍로 檢出되었고, 內臟部에서는 變形魚가 16.25~27.18 ppm, 正常魚가 7.56~19.86 ppm 範圍로 檢出되었으며, 骨格部에서의 平均含量은 變形魚가 7.22~11.30 ppm, 正常魚가 6.26~9.41 ppm 範圍로 檢出되었다.

金<sup>28)</sup>은 海藻中の 乾試料에 對하여 구리含量이 0.90~17.0 ppm 으로 報告하였으며, 元<sup>18)</sup>은 海産魚類 103 種에 對해 筋肉部 0.12~14.1 ppm, 內臟部 0.40~87.9 ppm, 骨格部에서 0.22~1.12 ppm 으로 魚種間에 差異가 많은 것으로 나타났으며, Mugil cephalus 에 對해서는 各部位 모두 0.24~3.75 ppm, G. N. Bebbington<sup>2)</sup> 이 Australia 産 Mugil cephalus 에 對하여 0.2~2.8 ppm 으로 報告한 것과는 많은 差異를 나타내고 있다.

日本은 구리含有量 基準을 一般食品 2 ppm 以下, 果實飲料 5 ppm 以下로 規定하며, NHMRC 基準은 30 ppm, 美國에서는 貝類에서 5~175 ppm 을 定해 두고 있으므로 本實驗에서 나타난 數値는 상당히 높으므로 注意를 要한다.

Cu는 變形魚와 正常魚間 各部位別 有意性은 認定되지 않았다. ( p ) 0.05 )

4) 亞鉛

亞鉛의 含量을 分析한 結果는 Table 6 과 같다. 筋肉部에서 平均含量은 變形魚가 0.38~1.26 ppm, 正常魚가 0.47~1.26 ppm 範圍로 檢出되었고, 內臟部에서는 變形魚가 1.80~5.54 ppm, 正常魚가 1.25~5.18

Table 5. Contents of copper in muscle, viscera and skeleton of Mugil cephalus

Station	No. of sample	Abnormal*			Normal			
		Muscle	Viscera	Skeleton	No. of sample	Muscle	Viscera	Skeleton
Hanam	17	4.32	16.25	8.38	5	4.56	15.38	7.56
Nogsan	25	5.77	27.18	7.22	5	3.49	7.56	6.26
Myeongji	39	8.96	22.69	11.30	5	7.03	19.86	9.41
Mean		6.35	22.04	8.97		5.03	14.27	7.74
	1t1	0.99	1.73	1.02		P > 0.05		
	t 0.95 (2)	2.92	2.92	2.92				

\* ; Mugil cephalus of spinal deformatoin.



ppm 範圍로 檢出되었으며, 骨格部에서는 變形魚가 2.16~3.22ppm, 正常魚에서는 1.96~2.73 ppm 範圍로 檢出되었다.

盧等<sup>31)</sup>은 食品中 亞鉛含量調查에서 딸기 5.22 ppm, 사과 2.60 ppm, 시금치 7.99 ppm으로 나타냈으며, G.N. Bebbington<sup>27)</sup>은 Mugil cephalus에서 0.5 ~ 13.9 ppm으로 本 實驗數値와 多少의 差異가 있었다.

亞鉛은 食品中에 含有量基準은 없으나, Crandall, Good night (1963), Skidmore (1970) 등은 亞鉛이 魚類의 아가미, 肝, 腎臟의 損傷原因으로, Goodnan 은 rainbow trout를 亞鉛에 依한 脊椎損傷을 報告했

으며, B-E Bengtsson은 魚類를 亞鉛 0.6 ppm 에 9日間 調查하니 脊椎가 損傷됨을 0.99 ppm에 103日間 調查한 後에는 脊椎에 骨折을 나타냈으며, 0.20 ppm에서는 270日間 調查하여 尾部의 骨組織이 非對稱으로 擴大되며, 稚魚(fry)는 0.08 ppm의 亞鉛에 對해서도 長期間調查에서 致命率이 높은 것을 알 수 있었다. 以上으로 보아 亞鉛은 작은 濃度의 量이지만 長期間 蓄積되면 魚類에 있어서 變形魚 發生可能性이 높다고 하겠다.

특히 洛東江 河口에서는 年中 물의 亞鉛 平均濃度는 0.014 ppm~0.043 ppm<sup>27)</sup>으로 나타나고 있으므로,

Table 6. Contents of zinc in muscle, viscera and skeleton of Mugil cephalus

Unit ; ppm

Station	No. of sample	Abnormal*			Normal			
		Muscle	Viscera	Skeleton	No. of sample	Muscle	Viscera	Skeleton
Hanam	13	0.38	1.80	2.81	5	0.47	1.25	2.56
Nogsan	25	0.92	3.22	2.16	5	1.07	2.84	1.96
Myeongji	39	1.26	5.54	3.22	5	1.26	5.18	2.73
Mean		0.85	3.52	2.73		0.93	3.09	2.42
	1t1	0.31	0.40	1.00		P > 0.05		
	t 0.95 (2)	2.92	2.92	2.92				

\* ; Mugil cephalus of spinal deformation

Table 7. Content of heavy metals in Muscle, viscera and skeleton of Mugil cephalus from Hanam, Nogsan and Myeongji station

unit : ppm

Station	Mugil cephalus	No. of Sample	Muscle				Viscera				Skeleton			
			Cd	Pb	Cu	Zn	Cd	Pb	Cu	Zn	Cd	Pb	Cu	Zn
Hanam	Abnormal*	13	0.18	1.83	4.32	0.38	0.09	2.53	16.25	1.80	0.23	2.37	8.38	2.81
	Normal	5	0.15	1.02	4.56	0.47	0.07	2.58	15.38	1.25	0.19	1.96	7.56	2.56
Nogsan	Abnormal	25	0.27	2.23	5.77	0.92	0.11	3.93	27.18	3.22	0.36	2.69	7.22	2.16
	Normal	5	0.23	1.95	3.49	1.07	0.30	1.97	7.56	2.84	0.39	2.42	6.26	1.96
Myeongji	Abnormal	39	0.34	2.13	8.96	1.26	0.54	4.27	22.69	5.54	0.58	2.58	11.30	3.22
	Normal	5	0.27	2.56	7.03	1.26	0.46	4.18	19.86	5.18	0.41	2.37	9.41	2.73

\* ; Mugil cephalus of spinal deformation

重金屬이 長期間 蓄積되어 變形魚가 發生된다고 할 수 있겠다. 그러나 本 實驗數値에서는 亞鉛은 變形魚와 正常魚間 各部位別 有意性은 認定되지 않았다. ( $p < 0.05$ )

### 3. 地域間的 重金屬含量 比較

Mugil cephalus 의 變形魚에 對한 카드뮴, 납, 구리, 亞鉛含量을 下南, 葦山 및 鳴旨 地域別로 나타낸 數値는 Table 7 과 같다.

카드뮴은 下南 0.09~0.23 ppm, 葦山 0.11~0.36 ppm, 鳴旨 0.34~0.58 ppm 範圍로, 上流인 下南보다는 下流에서 높게 나타났으며, 葦山보다는 鳴旨에서 높게 나타났다.

납은 下南 1.83~2.53 ppm, 葦山 2.23~3.93 ppm, 鳴旨 2.13~4.27 ppm 範圍로 地域間的 差異는 카드뮴과 비슷함을 나타내고 있다.

구리는 下南 4.32~16.25 ppm, 葦山 5.77~27.18 ppm, 鳴旨 8.96~22.69 ppm 範圍로 上流보다는 下流에서 높으며 葦山과 鳴旨間에는 큰 差異가 없었다.

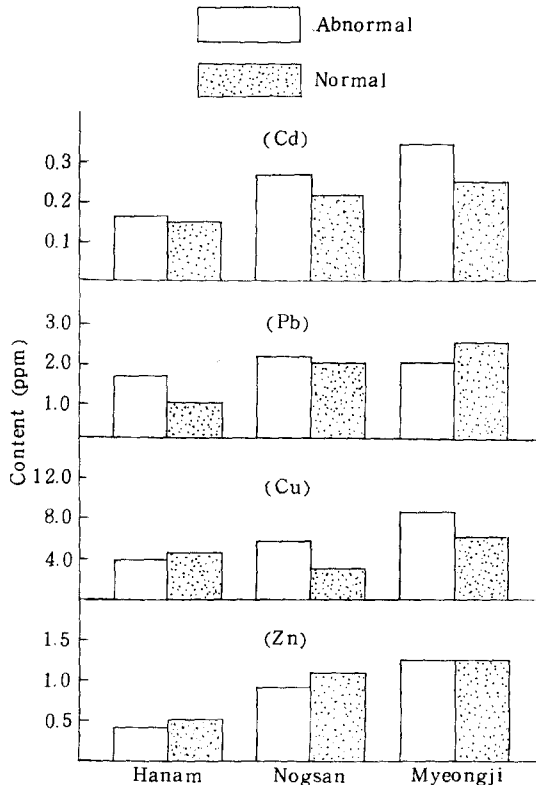


Fig. 5. Comparison of content of heavy metals in muscle from Hanam, Nogsan and Myeongji station

亞鉛은 下南에서 0.38~2.81 ppm, 葦山 0.92~3.22 ppm, 鳴旨 1.26~5.54 ppm 範圍로 이들 중 鳴旨에서 가장 높게 나타났다.

以上の 結果로 地域間的 重金屬含量을 比較하면 Fig. 5~7 과 같이 上流보다 下流가 높고 鳴旨에서 가장 높게 나타났다.

下流에서 높게 나타난 것은 梁山의 北亭, 由山工團과 金海 安東工團排水의 影響이 큰 것으로 豫想되며, 鳴旨에서 높은 것은 沙上, 下端工團排水의 影響과 下流로 갈수록 堆積物이 많아지기 때문인 것으로 思料되며, 이것은 韓國科學技術研究所<sup>27)</sup>에서 實施한 洛東江 河口의 水質汚染現況調査에서 잘 나타내 주고 있다.

### 4. 組織別 重金屬含量 比較

Mugil cephalus 의 變形魚에 對한 카드뮴, 납, 구리, 亞鉛의 含量을 筋肉部, 內臟部, 骨格部에서 檢出된 數値는 Table 7 에서 밝혔으며, 各部位別 重金屬含量比較는 Fig. 8~10 과 같다.

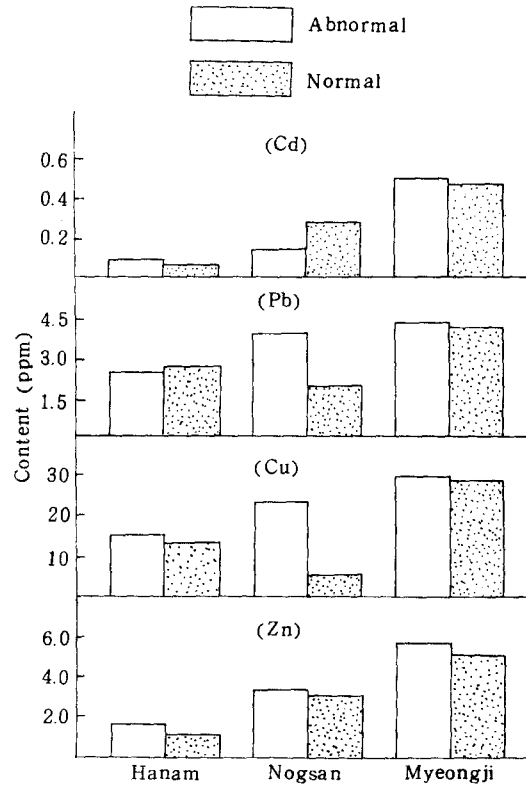


Fig. 6. Comparison of content of heavy metals in viscera from Hanam, Nogsan and Myeongji station

變形魚에 있어서 카드뮴이 筋肉部(0.26ppm), 內臟部(0.25ppm)보다 骨格部(0.39ppm)에서 높게 檢出되는 長期間 排泄이 되지 못한 蓄積된 現象으로 思料되며, 骨格部에서 카드뮴 平均含有量(0.39ppm)은 洛東江 下流의 水中 카드뮴 平均含有量 0.69ppb에 비해 560倍 以上에 達하며, 亞鉛은 骨格部 平均含有量 2.73ppm 으로 水中 亞鉛 平均含有量 0.0185ppm에 비해 150倍 以上 蓄積되어 있음을 알수 있다.

납과 구리는 平均含有量이 筋肉部, 骨格部보다 內臟部에서 높게 나타났으며, Stephan, K. Hall<sup>32)</sup>은 人體에 있어서는 납이 90%以上이 骨格組織에 있다고 하였으나, 本 實驗에서는 骨格部(2.58ppm)보다 內臟部(3.58ppm)가 높게 檢出되었다.

#### IV. 結 論

變形魚의 形態 및 重金屬汚染度를 調査하기 爲하여 1981年 3月부터 同年 10月 사이에 洛東江 下流

인 下南, 萊山, 鳴旨地域에서 棲息하고 있는 崇魚中 등이 같은 變形魚 77마리를 採集하여 X-ray에 依한 脊椎骨形態 調査 및 카드뮴, 납, 구리, 亞鉛의 含有量을 原子吸收分光法으로 分析하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 全體 崇魚에 對한 變形魚 出現率은 渴水期가 지난 5月, 6月에 各各 4.3%(13마리), 5.7%(17마리)로 높게 나타났으며 3月과 10月은 1.0%(3마리), 2.0%(6마리)로 낮은 數值를 보였으며, 調査地域 間에는 鳴旨(39마리), 萊山(25마리), 下南(13마리)順으로 上流보다는 下流에서 높고, 鳴旨에서 가장 높게 나타났다.

2) 變形魚의 脊椎骨 損傷部位는 全體 77마리중 86%인 66마리가 尾部에서 骨折되었으며, 其中 72%인 55마리가 尾部 脊椎骨 1~7번째에서 骨折됨을 보여 주었다.

3) 變形魚의 筋肉部에서 檢出된 카드뮴, 납, 구리, 亞鉛의 平均含有量은 各各 0.26ppm, 2.06ppm, 6.35

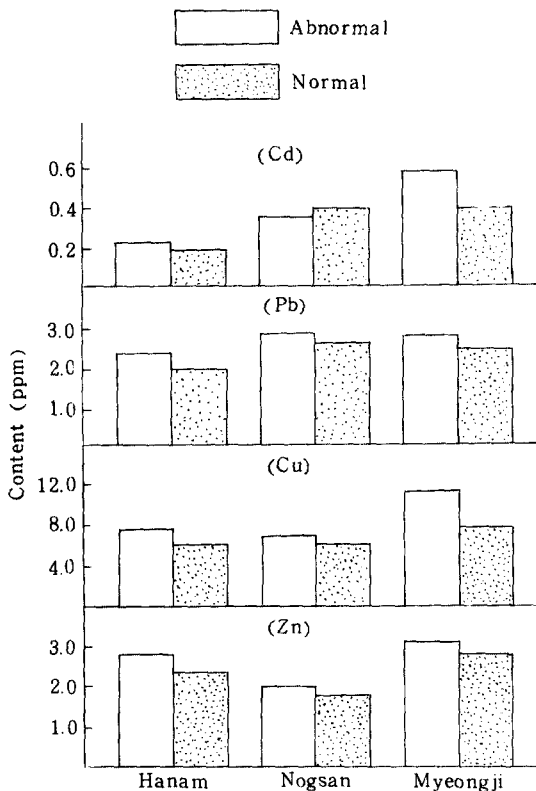


Fig.7. Comparison of content of heavy metals in skeleton from Hanam, Nogsan and Myeongji station.

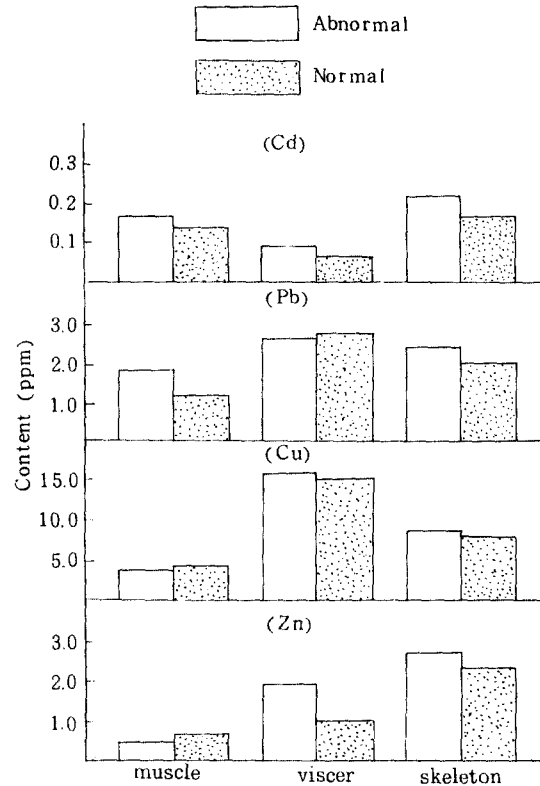


Fig. 8. Comparison of content of heavy metals in muscle, viscera and skeleton from Hanam station.

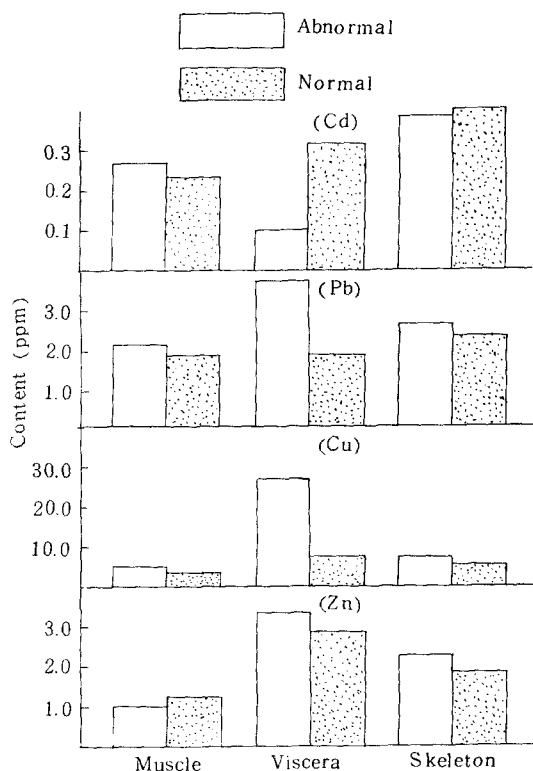


Fig. 9. Comparison of content of heavy metals in muscle, viscera and skeleton from Nogsan station.

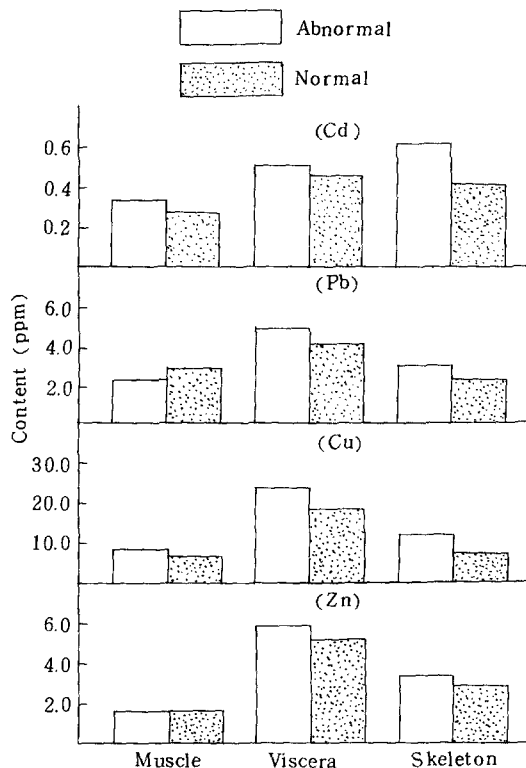


Fig. 10. Comparison of content of heavy metals in muscle, viscera and skeleton from Myeongji station.

ppm, 0.85ppm으로 檢出되었으며, 正常魚의 筋肉部에서는 0.22ppm, 1.84ppm, 5.03ppm, 0.93ppm으로 나타났다.

4) 變形魚의 骨格部에서 檢出된 카드뮴, 납, 구리, 亞鉛의 平均含量은 各各 0.39ppm, 2.55ppm, 8.97ppm, 2.73ppm으로 檢出되었으며, 正常魚의 骨格部에서는 0.33ppm, 2.25ppm, 7.74ppm, 2.42ppm으로 나타났다.

5) 下南, 萊山, 鳴旨間의 地域別 重金屬 含量比較는 上流인 下南보다 下流인 萊山, 鳴旨에서 카드뮴, 납, 亞鉛이 높게 나타나며, 萊山보다는 鳴旨에서 높게 나타났다.

6) 崇魚의 組織部位別 重金屬 含量比較는 骨格部에서 카드뮴이 가장 높고, 內臟部에서는 납과 구리가 높게 나타났다. 特히 骨格部에서는 洛東江 下流의 水中 重金屬 含有量과 比較해 보면 카드뮴은 560배, 亞鉛은 160倍 以上 높게 蓄積되어 있었다.

## 參 考 文 獻

1. 鄭文基: 魚類博物誌. 一志社, 223~231(1974).
2. G.N. Bebbington, N.J. Mackay, R. Chvojka, R.J. Willians, A. Dunn and E.H. Auty: Heavy metals, Selenium and Arsenic in nine species of Australian Commercial fish. *Aust. J. Mar. freshwater Res.*, 28. 277-286 (1977).
3. 田世圭: 洛東江의 農藥汚染, 論壇(1980).
4. 松里壽彦: 海産魚類にみられた骨異常について - 1 東南海區 水産研究所研究報告 6號(1973).
5. 田世圭: 洛東江의 畸形魚에 對한 調査研究. 釜山市 評價教授團 研究報告書 p.227~230(1978).
6. B-E, Bengtsson, C.H. Carlin, A. Larrson and O. svang: Vertebral damage in Minnows, *Phoxinus phoxinus* L. Exposed to Cadimum.

- Ambio. Vol. 4. No. 4. 166 (1975).
7. D.I. Mount, H.W. Boyle : Environmental Science and Technology 3. 1183 (1969).
  8. M. Nakamura : Japanese Journal of Public Health. 24. 321 (1974).
  9. B-E, Bengtsson : Vertebral damage to minous Phoxinus phoxinus exposed to zinc. Oikos 25. 134~139 (1974).
  10. V.B. Meen : National Geographic Magazine 150 (1952).
  11. C. Hubbs : Ecology 40. 154 (1957).
  12. A. Seymor : Transactions of the American Fisheries Society 88.58 (1959).
  13. W. Schäperclaus : Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften 29. 521 (1931).
  14. 廣瀬慶二, 山崎充, 石州淳 : 2.3 の農薬の海産稚魚に対する急性毒性 (LC 50) の水温による變動について. 東海水研報第 98 号 (1979).
  15. D.I. Mount, C.E. Stephan : Transactions of the American Fisheries Society 96.185 (1967).
  16. T.G. Banton : Water Research 4. 673 (1970).
  17. T.A. McCann, R.L. Jasper : Transactions of the American Fisheries Society 101. 317 (1972).
  18. 元鍾勳 : 韓國海産魚具類中の水銀, 납, 구리의含量. 韓水誌 6 (12), (1973).
  19. 李靜子 : 淡水魚類中の重金屬含量調査 (洛東江棲息魚類를 中心으로). 서울대학교 保健大学院 碩士論文 (1981).
  20. 林秉順 : 錦江流域의 淡水魚中 重金屬含量 研究. 高麗大學校 大学院 碩士論文 (1980).
  21. D.A. Hancock : Mercury in Fish. Australian Fisheries' No. 1. Vol. 35. January (1976).
  22. R. Chvojka and K.J. Williams : Mercury Levels in six species of Australian Commercial Fish. Aust. J. Mar. Fresh Water Res. 31. 469-73 (1980).
  23. Meckay. N.J : Selenium and heavy metals in black marlin, Mar. Pollut. Bull., 6 (4):57~61 (1975).
  24. Hartung. R : Heavy metals in the lower Mississippi, Proc. Int. Conf. Transp. Persistent Chem. Aquat. Ecosyst., 1:93~98 (1974).
  25. 保田和雄, 長谷川敬彦 : 原子吸光分析. 講談社 (1978).
  26. 菅野三郎, 福井昭三 : 環境公害學への基礎を分析法東京廣州書店 (1978).
  27. 韓國科學技術研究所 附設 海洋開發研究所 : 洛東江 河川의 水質汚染 現況調査 (1979).
  28. 金章亮 : 韓國産 主要食用 海産物中の水銀, 카드뮴, 납 및 구리의含量. 韓水誌 5 (3), (1972).
  29. 韓仙禧 : 市販魚類中の 카드뮴과 亞鉛含量에 關하여. 서울特別市 保健研究所報 15 : 59-69 (1979).
  30. A. Larsson : Some biochemical effects of cadmium on fish Sublethal effects of Toxic chemicals on Aquatic Animals (1975).
  31. 盧晶培, 宋哲, 金吉生, 沈漢燮, 俞炳天 : 食品中 有害性 微量金屬에 對한 研究 (第三報), 국립보건연구원보, 제 11 권 (1974).
  32. Stephen K. Hall; Env. Sci & Tech., 6. 31 (1972).