

貝類中の 重金屬 含量調査

韓 天 吉·全 珍 坤·金 明 姬

서울特別市 保健環境研究院

Survey on Contents of Heavy Metals in Shellfishes

Chun-Kill Han, Jin-Gon Kim and Myung-hee Kim

Seoul Metropolitan Government Institute of Health and Environment

ABSTRACT

This survey was performed to find out the heavy metal concentrations in shellfishes. Experimental subjects were 60 cases in 10 kinds of shellfishes purchased in markets in July, August, 1987 and February, 1988. Contents of lead, cadmium, zinc, copper and manganese were determined by atomic absorption spectrophotometer and mercury contents by mercury analyzer. The results were as follows:

The range of mercury contents in shellfishes was from ND to 0.22 ppm, cadmium from 0.22 to 2.46 ppm, lead from 0.09 to 4.90 ppm, copper from 0.62 to 12.45 ppm, manganese from 0.09 to 13.8 ppm and zinc from 4.01 to 129.96 ppm.

緒 論

産業의 發展과 人口增加에 따라 汚染物質排出量이 自然의 自淨能力을 초과하여 多量 排出되고 있으며 特히 産業廢水, 都市下水 및 農業과 化學肥料 使用量의 增加와 出入선박으로부터의 各種 廢棄物로 인하여 河川이나 沿岸海域의 重金屬 汚染圖가 높아

지고 있다.

이러한 汚染은 foodchain을 통하여 人體에까지 影響을 미치고 있으며^{1,2)}, 1960年代 日本에서 發生한 水銀에 의한 Minamata病과 카드뮴에 의한 Itai-Itai病 및 1970年代 6,000名 以上の 死傷者를 낸 Iraq에서의 alkyl-Hg(알킬수은) 中毒事件³⁾ 등이 알려져 있다.

우리나라는 沿岸海域의 一部分에 淸淨海域 等を

宣布⁴⁾하여 沿岸海域 汚染防止에 노력하고 있으나 水産食品의 有害性 重金屬의 許容限界가 定하여 있지 않고 비소(As)와 重金屬으로 일괄 규제되어 있으며 더욱이 水産食品等은 원래 含有된 量은 除外하도록 하고 있다⁵⁾.

그런데 우리나라 사람의 蛋白質 섭취의 供給源으로 점차 重要視되고 있는 魚貝類 等の 水産食品에 對한 重金屬含量에 관한 調査가 未洽한 實情이므로 우리 研究所에서는 淡水魚 및 京畿海岸地域의 貝類의 水銀 및 重金屬含量을 調査¹⁾, 한데 이어 이번에는 市販되고 있는 10種의 貝類中에 含有된 重金屬을 測定함으로써 貝類中 重金屬 汚染圖를 調査하고 水産食品 中 魚貝類의 重金屬含量 基準設定에 必要한 基礎資料로 利用되게 하고져 本實驗을 實施하였다.

材料 및 方法

1. 材 料

1987年 7月, 8日, 1988年 2月 中에 가락동 農水産物 都賣센터와 노량진 水産市場에서 구입한 10種 60例의 市販 貝類를 試料로 使用하였다.

2. 試 藥

本實驗에 使用된 試藥은 特級을 使用하였으며, 물은 이온교환수지를 通過한 純水를 使用하였고, 標準溶液은 日本 純正化學의 原子吸光分析用 標準液을 희석하여 使用하였다.

3. 裝 置

水銀은 水銀分析器(Sugiyamagenm Model MV 253R)을 使用하였으며, 그 外 重金屬은 原子吸光度計 Perkin-Elmer 306을 使用하였다.

4. 實驗方法

除殼한 試料를 水銀은 약 50 mg 精確히 取하여 상온에서 건조시킨 후 Hg 分析器에 의해서 測定하였으며, 그 外 重金屬은 1~5 g을 取하여 圖 1과 같은 方法으로 前處理하여 原子吸光度計로 測定하였고 그 條件은 表 1과 같다. 먼저 標準溶液에 의해 檢량선을 作成하고 試料溶液의 吸光度를 測定하여 檢량선에 의해 含量을 計算하였다.

```

Sample 1 ~10g (Wet base)
| 105°C in dry oven
Drying
| Add
| 5ml-HNO3 and
| few drops of H2O2
Ashing at 450°C in muffle furnace
| Cool and
| Add few drops of NHO3:H2O2 (1:1)
Ashing for 30min
| 5ml-6M HNO3
Dissolving the ash
| add H2O
| 25ml-Volume
AAS
  
```

Fig. 1. Determination method of heavy metals in shell fishes.

Table 1. Analytical Conditions

Element	Pb	Cd	Cu	Mn	Zn	Hg
Method		Flameless	Method		Flame method	Gold-amalgamation
Wavelength (nm)	286.1	231.7	327.4	282.6	216.4	253.7
Lamp current (mA)	10	4	25	20	15	—
Slit	4(0.7)	4(0.7)	4(0.7)	4(0.7)	—	—
Gas flow	20	10	20	10	Acetylene 4 l/min. O ₂ : 0.8 l/min. Air 13 l/min.	N ₂ : 0.2 l/min.
Charring temp.	500°C	350°C	1,000°C	1,100°C	—	—
Atomizing temp.	2,000°C	1,500°C	2,500°C	2,400°C	—	—
Range	10	10	10	5	10	5

結果 및 考察

魚市場에서 購人한 바지락, 피조개, 고막, 제첩, 개조개, 백합, 모시조개, 소라, 홍합, 굴 등 10種의 貝類에 對한 水分, 水銀, 카드뮴, 납, 구리, 망간, 아연의 含量을 調査하였다.

먼저 水分은 表 2와 같이 平均含量이 바지락 84.2%, 피조개 86.3%, 고막 78.9%, 제첩 77.0%, 개조개 74.3%, 백합 83.9%, 모시조개 85.2%, 소라 74.0% 홍합 77.3%, 굴 83.2%였다.

水銀은 表 3과 같이 ND~0.22 ppm이었으며, 平均含有量은 소라와 백합이 0.07 ppm으로 가장 높았으며, 모시조개 0.05 ppm, 피조개, 제첩, 굴이 0.04 ppm, 바지락, 고막이 0.03 ppm이었고, 개조개와 홍합이 0.02 ppm으로 가장 낮았다.

Table 2. Moisture contents in some kinds of shellfishes (Unit : %)

Species	No. of sample	Min.	Max.	Mean±SE
Tapes japonica	6	81.8	85.6	84.2±0.6
Anadara broughtonii	6	83.0	88.3	86.3±0.9
Tegillarca granosa	6	77.5	80.1	78.9±0.4
Corbicula leana	6	73.0	80.5	77.0±1.3
Saxidomus purpuratus	6	70.8	78.3	74.3±1.2
Meretrix lusoria	6	77.5	93.0	83.9±2.3
Corbicula Spp.	6	81.7	89.7	85.2±1.5
Turbo cornutus	6	69.0	77.0	74.0±1.2
Mytilus coruscus	6	70.8	84.6	77.3±2.5
Ostrea gigas	6	75.0	90.3	83.2±2.2

한편 金 等⁶⁾은 京畿海岸地域의 貝類에서 0.01~0.98 ppm, 國立水産振興院⁷⁾에서는 魚類에서 ND~0.70 ppm, 貝類에서 ND~0.42 ppm, 元⁸⁾은 貝類中에서 0.02~0.41 ppm으로 報告되어 이에 比하여 낮은 含量으로 나타났으나 文 等⁹⁾의 報告와는 일치하고 있다.

現在 우리나라에서 食品中の 水銀規制는 콩나물에서만 暫定規定으로 총수은을 0.1 ppm 以下로 規

Table 3. Mercury concentration in some kinds of shellfishes (Unit : ppm wet basis)

Species	No. of sample	Min.	Max.	Mean±SE
Tapes japonica	6	0.02	0.05	0.03±0.005
Anadara broughtonii	6	0.02	0.08	0.04±0.010
Tegillarca granosa	6	ND	0.10	0.03±0.020
Corbicula leana	6	0.02	0.10	0.04±0.010
Saxidomus purpuratus	6	ND	0.04	0.02±0.005
Meretrix lusoria	6	0.02	0.21	0.07±0.030
Corbicula Spp.	6	0.02	0.10	0.05±0.010
Turbo cornutus	6	0.02	0.22	0.07±0.030
Mytilus coruscus	6	ND	0.04	0.02±0.007
Ostrea gigas	6	0.03	0.05	0.04±0.003

제⁵⁾하고 있는 實情에 비추어 貝類中에는 매우 낮은 含量을 알 수 있으며, 캐나다, 프랑스, 뉴질랜드, 스위스 등이 0.5 ppm 以下로 미국, 서독, 네델란드 등은 1.0 ppm 以下로 規制^{9,10)}하고 있으므로 貝類의 水銀含量은 아직까지 큰 問題가 없는 것으로 생각되었다.

카드뮴에 對한 含有量 分布는 表 4와 같이 0.02~2.46 ppm이었으며, 平均 含有量은 고막이 1.43 ppm으로 가장 높았으며, 굴 0.89 ppm, 피조개 0.66 ppm, 홍합 0.38 ppm, 제첩 0.28 ppm, 바지락 0.22

Table 4. Concentrations of cadmium in some kinds of shellfishes (Unit : ppm, wet basis)

Species	Sample No.	Min. Value	Max. Value	Mean±SE
Tapes japonica	6	0.10	0.35	0.22±0.05
Anadara broughtonii	6	0.47	0.98	0.66±0.09
Tegillarca granosa	6	0.57	2.46	1.43±0.29
Corbicula leana	6	0.17	0.48	0.28±0.05
Saxidomus purpuratus	6	0.02	0.07	0.04±0.01
Meretrix lusoria	6	0.04	0.20	0.11±0.02
Corbicula Spp.	6	0.02	0.07	0.04±0.01
Turbo cornutus	6	0.04	0.84	0.20±0.12
Mytilus coruscus	6	0.08	0.70	0.38±0.10
Ostrea gigas	6	0.45	1.23	0.89±0.13

ppm, 소라 0.20 ppm, 백합 0.11 ppm의 順이었고, 개조개와 모시조개가 0.04 ppm으로 가장 낮았다.

한편 權等¹¹⁾은 0.03~0.88 ppm, 國立水産振興院⁴⁾은 魚類에서 0.01~0.27 ppm, 貝類에서 0.01~4.50 ppm, 元⁸⁾은 貝類中에서 0.02~0.78 ppm, 文等³⁾은 0.12~2.61 ppm으로 報告하였다.

海水中の 카드뮴은 動植物에 잘 蓄積되며, 그 濃縮率은 無脊椎動物은 1,0~10,000倍, 魚類는 10~1,000倍로서 水産物中 카드뮴의 含有는 環境汚染과 밀접한 관계가 있다¹²⁾고 알려져 있는데, 日本의 非汚染地域에 대한 含有微量重金屬調査 結果中 貝類의 카드뮴含有量을 0.02~1.76 ppm으로 報告¹³⁾한 바 있어 우리나라의 貝類의 카드뮴含有量은 현재까지는 큰 問題가 없는 것으로 생각되었다.

外國의 경우, 規制는 네델란드에서 貝類에 對해 1.0 ppm 以下이며, 뉴질랜드는 貝類를 除外한 魚類 및 魚類製品에 對해 1.0 ppm 以下로 規制¹⁴⁾하고 있고, 오스트렐리아 ANHMRC(Australian National Health and Medical Research Council)의 食品規格委員會¹⁵⁾에서는 2.0 ppm 以下를 貝類에 대한 勸裝值로 定하고 있어 조사한 대부분의 貝類가 이 範圍에 들었다.

납含有量은 表 5와 같이 0.09~4.90 ppm이었으며, 平均含有量은 백합이 0.97 ppm으로 가장 높았고, 제첩 0.82 ppm, 바지락 0.30 ppm, 고막 0.30 ppm, 소라 0.25 ppm, 모시조개 0.20 ppm, 홍합 0.18 ppm, 굴 0.17 ppm 順이었으며 피조개가 0.16 ppm으로 가장 낮았다.

한편 權等¹¹⁾은 0.01~2.07 ppm, 文等⁸⁾은 ND~4.82 ppm, 國立水産振興院⁴⁾은 0.12~1.58 ppm, 元⁷⁾은 0.11~3.80 ppm으로 報告하고 있다.

現在 우리나라 食品中 납에 對한 規制는 清涼飲料水와 粉末清涼飲料(飲用하기 위하여 使用하는 倍數의 물에 녹인 液)로 0.3 ppm 以下이고, 重金屬으로서 豆腐 3 ppm 以下, 백설탕, 물엿, 케찹, 인스턴트 커피, 차, 고휘차류, 액상 차류에서는 5 ppm 以下이며, 其他 製品은 10 ppm 以下이나 다만 水産食品等은 그 食品 原來부터 含有된 涼은 除外하도록 되어 있다⁵⁾.

Table 5. Concentrations of lead in some kinds of shellfishes (Unit : ppm wet basis)

Species	Sample No.	Min.	Max.	Mean ± SE
Tapes japonica	6	0.11	0.73	0.30 ± 0.09
Anadara broughtonii	6	0.09	0.29	0.16 ± 0.03
Tegillarca granosa	6	0.09	0.80	0.30 ± 0.11
Corbicula leana	6	0.53	1.48	0.82 ± 0.15
Saxidomus purpuratus	6	0.13	0.30	0.20 ± 0.03
Meretrix lusoria	6	0.10	4.90	0.97 ± 0.79
Corbicula Spp.	6	0.12	0.37	0.20 ± 0.04
Turbo cornutus	6	0.10	0.50	0.25 ± 0.07
Mytilus coruscus	6	0.09	0.38	0.18 ± 0.04
Ostrea gigas	6	0.14	0.20	0.17 ± 0.01

外國의 경우 魚類는 대개 0.5 ppm~2.0 ppm 以下로 規制^{9,10)}하고 있으나, 貝類는 대개 2.0 ppm 以下로 規制^{9,10)}하고 있으며, ANHMRC에서도 2.0 ppm 以下를 勸裝¹⁵⁾하고 있고 캐나다와 英國은 10 ppm까지도 許用^{9,10)}하고 있다.

납은 水銀이나 카드뮴과 같이 水質汚染에 의해 魚類나 갑각류, 굴 등에 蓄積되나, 水銀이나 카드뮴은 人間에게 옮겨서 毒性을 일으키지만 납은 이들과 달리 水産物을 매개체로 人間에게 移行된다는 강력한 증거는 報告⁹⁾되지 않고 있다.

日本의 非汚染地域의 調査結果 貝類의 카드뮴含有涼을 0.00~0.60 ppm으로 報告¹³⁾하고 있으며, 本調査結果는 0.09~4.90 ppm으로 測定되었으나, 이中에서 最高值 4.90 ppm은 백합에서 단 1건만이 나타났고, 이것을 제외하면 0.09~1.48 ppm이 範圍이므로 貝類中 카드뮴含有涼은 지금까지는 크게 問題視되지 않을 것으로 생각된다.

우리는 Table 6과 같이 含有量分布가 0.62~12.45 ppm이었으며, 平均 含有量은 굴이 8.01 ppm으로 가장 높았고, 제첩 7.45 ppm, 개조개 2.62 ppm, 모시조개 2.50 ppm, 소라 1.98 ppm, 백합 1.91 ppm, 바지락 1.86 ppm, 홍합 1.69 ppm, 고막 1.48 ppm 順이었고, 피조개가 0.84 ppm으로 가장 낮았다.

한편 文等⁸⁾은 ND~9.41 ppm, 國立水産振興院⁴⁾은 0.33~14.75 ppm, 元⁷⁾은 0.64~28.69 ppm으로

Table 6. Concentrations of copper in some kinds of shellfishes
(Unit : ppm/wet basis)

Species	Sample No.	Min.	Max.	Mean ± SE
Tapes japonica	6	0.98	3.03	1.86 ± 0.33
Anadara broughtonii	6	0.62	1.21	0.84 ± 0.10
Tegillarca granosa	6	0.99	1.86	1.48 ± 0.14
Corbicula leana	6	5.80	9.27	7.45 ± 0.59
Saxidomus purpuratus	6	1.12	6.47	2.62 ± 0.83
Meretrix lusoria	6	1.31	2.28	1.91 ± 0.14
Corbicula Spp.	6	1.87	3.58	2.50 ± 0.24
Turbo cornutus	6	0.63	3.32	1.98 ± 0.43
Mytilus coruscus	6	0.72	3.24	1.69 ± 0.38
Ostrea gigas	6	3.91	12.45	8.01 ± 1.39

Table 7. Concentrations of manganese in some kinds of shellfishes
(Unit : ppm/wet basis)

Species	Sample No.	Min.	Max.	Mean ± SE
Tapes japonica	6	0.09	11.18	5.51 ± 1.78
Anadara broughtonii	6	0.92	8.31	3.02 ± 1.16
Tegillarca granosa	6	4.59	10.20	6.96 ± 0.89
Corbicula leana	6	1.11	13.86	5.85 ± 2.06
Saxidomus purpuratus	6	1.05	2.34	1.65 ± 0.22
Meretrix lusoria	6	1.06	4.07	2.13 ± 0.59
Corbicula Spp.	6	1.06	6.17	3.13 ± 0.73
Turbo cornutus	6	1.06	5.84	2.93 ± 0.90
Mytilus coruscus	6	1.07	7.12	3.09 ± 0.97
Ostrea gigas	6	0.14	9.59	5.30 ± 1.40

報告하고 있으며, 貝類中의 구리含量을 規制하고 있는 나라는 거의 없으나, 뉴질랜드에서는 魚類 및 魚類製品에 對해 30 ppm 以下로 規制¹⁴⁾하고 있고 ANHMRC에서는 70 ppm 以下로 勸獎¹⁵⁾하고 있어 基準値를 높게 잡고 있다.

또한 구리는 植物 및 動物의 필수원소로 海産物인 굴, 조개, 연체동물에 특히 많은 것으로 알려져 있으며¹⁴⁾, 日本의 非汚染地域 調査値가 0.23~28.71 ppm으로 報告¹³⁾된 점을 미루어 이번 調査된 貝類中의 구리含量은 自然含量정도인 것으로 생각되었다.

망간은 Table 7과 같이 0.09~13.86 ppm의 範圍였으며, 平均含量은 고막이 6.96 ppm으로 가장 높은 含量을 나타내었으며, 제첩이 5.85 ppm, 바지락이 5.51 ppm, 굴 5.30 ppm, 모시조개가 3.13 ppm, 홍합 3.09 ppm, 피조개가 3.02 ppm, 소라 2.93 ppm, 백합 2.13 ppm 順이었으며, 개조개가 1.65 ppm으로 가장 낮은 含量을 나타내었다.

한편 文等⁸⁾은 貝類에서 ND~10.41 ppm, 白等¹⁴⁾은 魚類에서 ND~1.62 ppm으로, 1974年 한국 科學技術研究所 調査¹⁶⁾에서는 건어물 0~20.5 ppm, 김 9.1~15.9 ppm, 미역 2.7~6.1 ppm으로 報告하고 있다.

망간은 重金屬中 鐵을 除外하고는 가장 풍부하게 存在하는 金屬이며, 사람과 動物에 있어 微量 必須

原素로 細胞代謝 活動에도 重要한 역할을 하며 穀類等에 많이 含有되어 있어 정상적인 食生活로 充分한 量이 供給되어 망간결핍증은 없는 반면 工業用으로 탈산제, 건전지 산화제로 널리 使用되므로 건전지 제조 化學工場에서 대량 흡입에 의한 폐렴 등의 기관지 이상이 발생될 수 있다¹⁷⁾고 한다.

海洋으로 들어가는 망간의 量도 河川을 通해 年間 220萬톤, 火석연료 연소물로 年間 7,000톤을 推定하고 있고, 魚類의 급성 毒性은 1~1,000 ppm이라고 한다¹⁸⁾.

外國의 規制는 없으며 日本의 非汚染地域 貝類의 망간含量은 0.07~20.20 ppm이라고 報告¹³⁾된 바에 미루어 本 調査에서 調査된 結果는 自然含量 水準인 것으로 생각되었다.

亞鉛은 Table 8과 같이 含有量分布가 4.01~129.96 ppm이었으며, 平均 含有量은 굴이 93.12 ppm으로 가장 높았고, 제첩 29.32 ppm, 홍합 14.84 ppm, 소라 14.60 ppm, 모시조개 13.46 ppm, 바지락 12.82 ppm, 고막 12.31 ppm, 백합 12.28 ppm, 개조개 9.96 ppm의 順이었으며, 피조개가 8.49 ppm으로 가장 낮았다.

한편 權等¹¹⁾은 5.97~113.76 ppm, 文等⁸⁾은 1.06~48.66 ppm, 國立水産振興院⁴⁾은 1.95~78.38 ppm, 黃等¹⁹⁾은 굴, 진주담치에서 각각 85.8 ppm, 16.6 ppm으로 報告하고 있어 貝類에 있어서 아연의

Table 8. Concentrations of zinc in some kinds of shellfishes (Unit : ppm/wet basis)

Species	Sample No.	Min.	Max.	Mean ± SE
Tapes japonica	6	8.25	20.49	12.82±2.18
Anadara broughtonii	6	4.73	11.13	8.49±1.04
Tegillarca granosa	6	8.18	18.52	12.31±1.59
Corbicula leana	6	21.88	35.57	29.32±2.09
Saxidomus purpuratus	6	8.46	12.24	9.96±0.66
Meretrix lusoria	6	8.52	15.76	12.28±1.16
Corbicula Spp.	6	7.74	18.46	13.46±1.52
Turbo cornutus	6	10.22	21.06	14.60±1.49
Mytilus coruscus	6	4.01	26.58	14.84±3.19
Ostrea gigas	6	65.57	129.96	93.12±8.90

함량은 다른 重金屬含量보다 아주 높은 함량을 나타내었다.

外國의 規制는 거의 없으나 魚類 및 魚類製品에 對해 뉴질랜드에서는 40.0 ppm 以下로 定하고 있으며¹⁴⁾, 英國에서는 自然含量이 50 mg/kg이 넘는 淸어, 魚類 等を 除外한 食品에 對해 50 ppm 以下로 勸獎¹⁴⁾하고 있고, ANHMRC에서는 貝類에 對해 1,000 ppm 以下로 勸裝¹⁵⁾하고 있다.

아연은 人體에 必要한 金屬으로 주로 각종 효소 活性化에 重要한 역할을 하고 있으며, 成人의 必要量은 15 mg/day이며, 성장기나 임신시에는 그 要求量이 40 mg/day로 되어 있다²⁰⁾.

특히 아연의 含量이 높은 것은 貝類이며 모려조개는 통상 140~270 μg/g 정도가 검출된다고 하는데, 食品中の 重金屬 濃度는 生育하는 環境中の 濃度에 影響을 받는 경우가 많으나 모려조개 等에는 아연을 特異적으로 體內에 蓄積하여 농축하는 기구가 있으며 단백질합체와 함께 維持된다고 한다²⁰⁾.

가용성인 아연 염류를 일시에 다량 섭취할 때 그 강한 자극 작용에 의하여 구토, 惡心, 血性下痢, 복통 등을 일으키나, 실제 아연염을 경구섭취해도 강한 催吐作用에 의해 배설되어 사망에 이르지 않는 경우가 많다²⁰⁾. 또 아연의 섭취는 카드뮴이나 구리의 毒性을 輕減시키는 것이 判明되어 아연에 의한 건강장애는 특수한 경우를 除外하고는 問題되지 않

는다²⁰⁾.

日本의 경우 非汚染地域의 貝類가 아연含量 9.44~185.72 ppm으로 報告¹³⁾되고 있고, 食品이나 環境中에 아연이 異狀적으로 높은치가 검출된 경우에는 카드뮴에 의한 汚染이 고려된다¹⁴⁾고 하여 그 연관성을 究해보았으나 연관성이 없었다.

이상의 結果로 미루어 本 調査에서 貝類中の 아연含量은 汚染의 結果라고 보기보다는 自然含量의 分布라 볼 수 있다고 생각되었다.

以上の 結果로 볼 때, 이번에 調査된 市販 貝類中の 重金屬 含量은 現在까지는 汚染에 의한 것이라기보다 自然含量 정도에 지나지 않는 것으로 생각되었다.

結 論

서울市內 가락동 農水産物 流通센터와 노량진 水産市場에서 購入한 바지락 등 10種의 60件에 대한 水銀, 납, 카드뮴, 구리, 망간, 亞鉛의 含量을 調査한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 水分의 含有量은 平均 74.3%~86.3%의 分布를 보였다.
2. 水銀은 ND~0.22 ppm의 分布였으며, 平均 含有量은 개조개와 홍합이 0.02 ppm으로 가장 낮았고, 백합과 소라가 0.07 ppm으로 가장 높았다.
3. 카드뮴은 0.02~2.46 ppm의 分布였으며, 平均 含有量은 개조개와 코시조개가 0.04 ppm으로 가장 낮았고, 고막이 1.43 ppm으로 가장 높았다.
4. 납은 0.09~4.90 ppm의 分布였으며, 平均 含有量은 백합이 0.97 ppm으로 가장 높았고, 피조개가 0.16 ppm으로 가장 낮았다.
5. 구리는 0.62~12.45 ppm의 分布였으며, 平均 含有量은 굴이 8.01 ppm으로 가장 높았고, 피조개가 0.84 ppm으로 가장 낮았다.
6. 망간은 0.09~13.86 ppm의 分布였으며, 平均 含有量은 고막이 6.96 ppm으로 最高値를 개조개가 1.65 ppm으로 最低値를 나타내었다.
7. 亞鉛은 4.01~129.96 ppm의 分布였으며, 平均 含有量은 굴이 93.12 ppm으로 가장 높았고, 피조개가

8.49 ppm으로 가장 낮았다.

參 考 文 獻

1. 孫東憲：韓國土壤中的總水銀含量에 관한 研究. 藥學會誌, **23**:95 (1975)
2. Friberg, L. and Vostal, J.: Mercury in the environment. CRS press (cleveland), 1st. p.17 (1972)
3. Vida Parvaneh: A Investigation on the mercury contamination of Persian Gulf fish. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.* **23**:357 (1979)
4. 國立水產振興院：事業報告 第58號, pp.540~575 (1983)
5. 保健社會部：食品等の規格 및 基準
6. 金明姬, 權玉鉉, 嚴石原, 朴聖培：貝類中の總水銀含量에 관한 研究. 서울特別市 保健環境研究所報, **20**:81 (1984)
7. 元鍾勳：韓水誌, **6**: (1973)
8. 文兆鍾, 安壯洙, 李鍾玉, 郭寅信, 張泳美, 梁花榮, 朱秉甲, 辛光勳, 李圭漢：食品中の重金屬含有量에 관한 研究. 國立保健院報, **22**:463 (1985)
9. Conor Reilly: Metal contamination of food. Applied Science Publishers, London, p.116~122 (1981)
10. FAO: Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products, FAO, Rome, (1983)
11. 權玉鉉, 嚴石原, 李夏鵬：貝類中の重金屬含量 調査. 서울特別市 保健環境研究所報 **20**:90 (1984)
12. 吉田多摩夫：植物連鎖すよび生物濃縮. 日本食品衛生學會誌, **17**:345 (1976)
13. 厚生省環境衛生局:通牒環食 第95號. 日本食品衛生研究, **32**:72 (1982)
14. 白德禹, 權右昌, 辛光勳, 金準煥, 金悟漢, 蘇西燮, 朴建相, 安壯洙：魚類中の微量金屬 分布에 관한 調査研究. 國立保健院報, **22**:471 (1985)
15. W.A. MAHER: Trace metal concentrations in marine organisms from ST. Vincent Gulf, South Australia. *Water, Air and Soil Pollution*, **29**:77 (1986)
16. 韓國科學技術研究所：우리나라 食品 및 化學物質의 安定性 現況調査 및 防策樹立, pp.47~191 (1979)
17. WHO: Environmental Health Criteria, No. 17- Manganese, WHO, Geneva (1983)
18. 오재환：地域環境의 物理的 탐색. 형설출판사, p.142 (1983)
19. 黃奎喆外：釜山水產大學 研究報告, **24**:121 (1984)
20. 日本藥學會編：衛生試驗法 注解. 金原出版社, 東京, p.23, 319 (1983)