

水營灣 養殖 미역, 모자반 및 環境海水의 水銀,
카드뮴, 납, 구리의 濃度에 對하여

金 章 亮* · 元 鍾 勳*

CONCENTRATIONS OF MERCURY, CADMIUM, LEAD AND
COPPER IN THE SURROUNDING SEAWATER AND IN SEAWEEDS,
UNDARIA PINNATIFIDA AND *SARGASSUM FULVELLUM*,
FROM SUYEONG BAY IN BUSAN

Chang Yang KIM and Jong Hun WON

Concentrations of mercury, cadmium, lead and copper are determined in the surrounding seawater and in seaweeds, *Undaria pinnatifida* and *Sargassum fulvellum*, from Suyeong Bay in Busan in the spring tide and neap tide from January to April 1974.

The range and mean of the heavy metal concentrations in the surrounding seawater are as follows: mercury 0.00—0.39 ppb, 0.16ppb; cadmium 0.00—0.46 ppb, 0.18 ppb; lead 0.00—0.94 ppb, 0.26 ppb; copper 0.00—0.86 ppb, 0.25 ppb respectively, and the concentrations varied slightly according to the tide.

The mean values of concentration rate of Hg, Cd, Pb and Cu in air dry base were 0.42×10^3 ($0.13 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^3$), 2.1×10^3 ($0.8 \times 10^3 \sim 4.9 \times 10^3$), 8.9×10^3 ($3.1 \times 10^3 \sim 19 \times 10^3$) and 15×10^3 ($6.0 \times 10^3 \sim 28 \times 10^3$) in the *Undaria pinnatifida*, and 0.25×10^3 ($0.06 \times 10^3 \sim 0.56 \times 10^3$), 1.0×10^3 ($0.61 \times 10^3 \sim 1.7 \times 10^3$), 5.4×10^3 ($3.1 \times 10^3 \sim 8.5 \times 10^3$) and 22.8×10^3 ($14.4 \times 10^3 \sim 52.4 \times 10^3$) in the *Sargassum fulvellum*.

The concentration rate of Hg, Cd and Pb of the *Undaria pinnatifida* was almost twice as much as that of the *Sargassum fulvellum* but the concentration rate of copper of the former was slightly smaller than of the latter.

緒 論

著者は 1972년에 韓國產重要食用海藻類中の 水銀 카드뮴 납 구리의 含量을 調査報告한 바 있다.¹⁾ 이번에는 一定 地域內에서의 環境水質과 海藻類의 이들 重金屬濃度와의 關係를 미역 및 모자반에 對해 調査해 보았다.

重金屬에 依한 環境汚染은 近來 우리의 關心이 더욱 커져감에 따라 이들의 環境生態系에서의 學動이 研究對象이 되고 있다. 이 중에서 水産動植物의 重金屬濃縮은 食物連鎖의 一部로서 또는 環境淨化의 뜻에서 重要な 意義를 가진다. 水産動植物에 依한 重金屬濃縮에 關해서 魚貝類와 플랑크톤에 對해서는 比較的 많은 研究이 있으나²⁻¹²⁾ 海藻類에 對해서는 그다지 많은 調査研究이 없는 것 같다.¹³⁻¹⁷⁾ 특히 海藻類의 重金屬濃縮係數에 對해서는 環境水質의 계속적인 測定이 必要하다는 制約이 있어 더욱 그 例가 적다. 그러나 海水中の 重金屬의 一次的濃縮은 플랑크톤과 海藻類이며, 海藻類는 個體의 크기도 크고 群落을 이루고 있고 어떤 것은 바로 食用으로도 되는 까닭에 食物連鎖의 一部로서나 海洋環境淨化의 뜻으로나 또는 沿岸汚染의 指標로서¹⁵⁾ 海藻類의 重金屬濃縮

* 釜山水産大學, Pusan Fisheries College.

係數는 밝혀 둘 必要가 있다. 特히 미역은 우리나라 東南海岸에서 大的으로 養殖되고 있고 食用으로 가장 많이 消費되므로 더욱 그러하다.

水産生物의 重金屬濃縮率은 背景環境水의 成分濃度에 따라 달라진다고도 함으로^{15,18)} 이의 研究는 水槽培養下에서 하는 것이 便利는 하겠으나, 그러나 미역 같은 個体が 큰 海藻類를 人工培養成長시킨다는 것은 그리 容易한 일이 아니며 또 어떤 面에서 볼때 그것은 오히려 不自然스런 狀態이므로 自然狀態에서의 濃縮率과도 다를 可能性이 있다. 그래서 著者는 沿岸養殖場의 一定地點을 選定하여 그 地點에서의 環境海水와 海藻類의 重金屬濃度를 成長에 따라 測定해 봄으로써 濃縮係數를 測定하였다.

試 料

1. 海 水

그림 1에 表示된 바와 같이 釜山市 水營灣內 東쪽 海雲台 동백선 앞 미역 養殖場의 一部 地點이며, 1974年 1月 12日에서 4月 9日까지 期間의 大潮日과 小潮日의 各各 最高滿潮時와 最高F潮時에 20회에 걸쳐 試水를 採取했다. 海水試水는 表面水를 파이렉스 유리병에 取해 現場에서 窒酸을 加해 pH 1로 하여 採水後 40分以內에 밀리포어(0.4 μ m)로 濾過하여 그 濾液을 分析에 使用하였다.¹⁹⁻²³⁾

2. 미역 및 모자반

海水採水와 同時에 같은 場所에서 미역 및 미역과 같이 붙어 있는 모자반을 採取하였다. 즉시 實驗室로 가져와서 물기를 툰 다음에 무게를 달고, 水道水와 증류水로 가볍게 세척하여 體長別로 大小로 나누어 風乾시켰다. 風乾後의 무게差를 生體水分量으로 간주하였다.

實 驗 方 法

1. 海水

1.1 水 銀

디티존-벤젠抽出에 의한 吸光度法으로 定量하였다.²⁴⁾

a) 試藥

前報¹⁾에서와 같다.

b) 操 作

밀리포어로 濾過한 海水 2 l를 3 l容 증류플라스크에 半半씩 나누어 各各에 濃黃酸 30ml와 過망간酸칼리움 1g을 加해 還流冷却管을 부쳐 加熱한다. 비등하여 30分以內에 過망간酸칼리움의 紫色이 탈색되면 一但 冷却시켜 다시 1g을 더 加해 加熱한다. 이런 操作을 過망간酸칼리움의 紫色이 30分間 加熱해도 그대로 持續될 때 까지 되풀이한다. 一但 冷却시킨 다음 20% 鹽酸하이드로키실아민을 過망간酸칼리움의 紫色이 없어질 때 까지 加한다. 여기에 메틸오렌지溶液 數滴을 加해, 冷却시키면서 濃암모니아水를 加해 黃色이 될 때 까지 中和시킨다. 여기에 다시 試水量에서 부터 計算한 量의 濃黃酸을 加해 1N程度의 濃도가 되도록 하여 分液갈매기에 옮긴다. 標準水銀 5 μ g 및 20% 鹽酸하이드로키실아민 2ml를 加해 3時間以上 放置한 다음, 디티존-四鹽化炭素 20ml로 1分間 沈澱하는 操作을 디티존의 元來의 색이 그대로 남아 있을 때 까지 抽出한다. 試水 2 l에 該當되는 全抽出液을 습쳐 前報¹⁾에서와 같은 操作으로 495nm의 吸光度를 測定하여 水銀濃度를 計算한다.

1.2 카드뮴

天然水中의 카드뮴定量法은 여러가지 있으나 여기서는 前報¹⁾의 方法을 海水에 適用하였다. 即 밀리포어로 濾過한 海水 2 l를 2分하여 分液갈매기에 取해 前報¹⁾의 方法에 따라 抽出하여 試水 2 l에 對한 全抽出液을 습쳐서

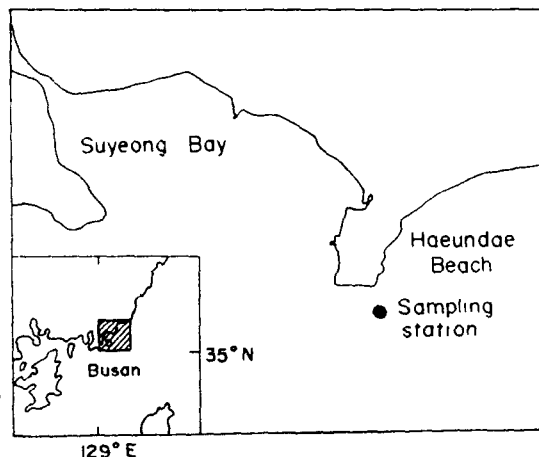


Fig. 1 Sampling station.

카드뮴을 定量하였다.

1.3 납

카드뮴 때와 같은 要領으로 試水 2l 에 對해 前報¹⁾의 方法으로 定量하였다.

1.4 구 리

試水 2l에 對한 위에서의 抽出液에서 카드뮴 및 납을 逆抽出한 나머지 溶媒層을 前報¹⁾에 따라 구리량을 定量하였다.

2. 미역 및 모자반

2.1 水 銀

濕式分解—還元氣化法에 依한 原子吸光法으로 定量하였다.²⁶⁾

a) 試 藥

鹽化第一주석溶液: 鹽化第一주석(SnCl₂·2H₂O) 10g에 0.5N黃酸(15ml→1l)을 加해 溶解시킨 다음 100ml로 한다
標準水銀溶液(100ppm): 鹽化第二水銀 0.135g에 10%黃酸(5.7ml→100ml)10ml와 물을 加해 溶解시킨다. 이것을 메스플라스크에 옮겨 過당간酸칼리움溶液(1g→300ml)을 液이 紅色이 될 때까지 滴加한 다음 물을 加해 1l로 한다(100μg Hg/ml). 파이렉스 유리병에 넣어 둔다. 使用時에 適當히 희석시킨다.

b) 試料의 前處理

風乾試料 5~10g을 分解플라스크에 取해 물 10ml와 窒酸 20ml를 加한 다음 注意하면서 黃酸 20ml를 徐徐히 加한다(하루 程度放置해 두면 더욱 좋다). 還流冷却管(20~30cm)을 부쳐 石綿석쇠 위에서 加熱하여 갈색연기의 發生이 없어질 때까지 加熱한다. 이때 分解物이 無色 또는 淡黃 透明한 液으로 되지 않을 때는 一旦 冷却시킨 다음 窒酸 5ml를 加해 다시 같은 方法으로 加熱하여 內容液이 無色 또는 淡黃色의 透明한液이 될 때까지 되풀이한다. 冷却後 물 50ml 및 尿素溶液(1g→10ml) 10ml를 加해 還流冷却管을 부쳐 10分間 비등시킨다. 冷却後 過당간酸칼리움 1g을 加해 때때로 흔들어 주면서 約 10分間 放置한다. 液의 紫色이 없으면 다시 1g을 加해 같은 식으로 放置한다. 이런 操作을 液의 紫紅色이 남을 때까지 되풀이한 다음 約 20分間 加熱한다. 液의 紫紅色이 없으면 冷却後 過당간酸칼리움 1g을 加해 다시 20分間 加熱한다. 이때 液의 紫紅色이 없으면 過당간酸칼리움의 添加 및 加熱操作을 다시 2回 더 되풀이한다. 冷却後 液의 色이 無色透明하게 될 때까지 20% 鹽酸하이 드로키실아민溶液을 滴加한 다음 內容液을 메스실린더에 옮기고 플라스크 및 冷却管을 물로 씻어 같이 합친다음 물을 加해 300ml로 하여 이것을 試驗液으로 한다. 블랭크試驗液도 같은 操作으로 만든다.

c) 測 定

試驗液 5ml를 水銀還元氣化裝置에 取해 黃酸(1:4) 2ml, 鹽化第一주석溶液 5ml를 加한 後 容器를 밀폐시킨다. 磁氣교반기로 교반시키면서 約 5分間 反應시킨 다음 流速 1.5l/min 로 空氣를 通氣시켜 還元된 水銀을 개스 큐벳에 보내어 253.7nm의 原子吸光度를 測定한다. 블랭크試驗液에 對해서도 같은 操作으로 그 吸光度를 測定하여 別途로 求한 檢量線에서 水銀濃度を 算出한다.

2.2 카드뮴 납 및 구리

濕式分解 原子吸光法으로 定量하였다.^{25,28)}

a) 試 藥

카드뮴標準溶液(0.1~0.01ppm): 金屬카드뮴 0.1g을 1N窒酸 20ml에 溶解시킨 다음 물로 1l로 한다. 파이렉스 유리병에 넣어 둔다. 使用할 때 10³~10⁴배로 희석시킨다.

납 標準溶液(1.0~0.1ppm): 金屬납 0.1g을 1N窒酸 20ml에 溶解시켜 물로 1l로 한다. 파이렉스 유리병에 넣어 둔다. 使用時에 10²~10³배로 희석한다.

구리標準溶液(10~1.0ppm): 金屬구리 0.1g을 1N窒酸 20ml에 溶解시켜 물로 1l로 한다. 파이렉스 유리병에 둔다. 使用時에 10~100배로 희석한다.

1%디에틸디티오카아바민나트륨(DDTC): Na-DDTC·3H₂O 1g을 물 100ml에 溶解시킨다. 갈색병에 넣어

冷藏庫에 둔다. 一週日間은 使用可能하다.

b) 試料의 前處理

風乾試料 5~10g을 키엘다알 플라스크에 넣어 물 30ml, 窒酸 30ml을 加해 混合시킨 다음 注意하면서 黃酸 20ml를 徐徐히 加하여 一日程度 放置한 後 石綿석회 위에서 直火로 加熱하여 갈색의 연기 發生이 없어질 때까지 계속한다. 이때 플라스크內의 分解物이 無色 또는 淡黃色의 맑은 液이 되지 않을 때는 一但 冷却시켜 窒酸 10ml를 더 加해 다시 같은 要領으로 加熱한다. 內容液이 無色 또는 淡黃色의 맑은 液이 될때까지 이 操作을 되풀이 한다. 冷却後 水 約 50ml 및 飽和醋酸암모늄溶液 25ml를 加해 白色 煙氣가 날 때까지 直火로 加熱한다. 冷却後 水를 加해 100ml로 한다. 이것을 試驗液으로 한다. 別途로 블랭크로서 試料없이 같은 操作을 하여 블랭크 試驗溶液으로 한다.

c) 測 定

試驗液 10~50ml를 分液잔매기에 取해 25% 구연酸암모늄溶液 10ml 및 0.1% 부름티몰블루溶液 2滴을 加해 液이 黃色에서 綠色이 될 때까지 암모니아水로 中和시킨 다음 40% 黃酸암모늄溶液 10ml를 加해 水로 200ml로 한다. 여기에 1% 디에틸디티오카아마민酸 나트륨溶液(DDTC) 10ml를 加해 數分間 放置한 後 메틸이소부틸케톤(MIBK) 20ml를 加해 1分間 强하게 진탕하여 MIBK層을 分離한다. 이 MIBK層을 原子吸光計에 걸어 아세틸렌-空氣로 카드뮴(228.8nm), 납(283.3nm), 구리(324.7nm)의 原子吸光度를 測定한다.

같은 操作을 한 블랭크와 標準溶液의 吸光度에서 各 元素의 濃度를 計算한다.

實驗結果 및 考察

1. 環境海水의 水銀 카드뮴 납 및 구리의 濃度

1974年 1月에서 4月사이의 大潮日과 小潮日에서의 最高干潮時와 最高滿潮時의 水營灣 미역養殖場 環境海水의 水銀 카드뮴 납 및 구리의 濃度는 表 1과 같다.

Table 1 Mercury, cadmium, lead and copper concentrations in the surrounding seawater in Suyeong Bay

Sampling date	Tide	Concentrations (ppb)			
		Hg	Cd	Pb	Cu
Jan. 12, 1974	Spring, Low	0.12	0.11	0.21	0.00
Jan. 13, "	" High	0.18	0.00	0.21	0.17
Jan. 17, "	Neap, Low	0.30	0.37	0.31	0.00
Jan. 18, "	" High	0.00	0.46	0.27	0.34
Jan. 24, "	Spring, Low	0.18	0.20	0.21	0.38
Jan. 25, "	" High	0.27	0.18	0.11	0.00
Feb. 2, "	Neap, High	0.09	0.18	0.10	0.51
Feb. 3, "	" Low	0.23	0.18	0.17	0.00
Feb. 12, "	Spring, High	0.00	0.18	0.12	0.21
Feb. 13, "	" Low	0.22	0.18	0.94	0.27
Feb. 27, "	" High	0.09	0.29	0.32	0.00
" "	" Low	0.27	0.18	0.00	0.03
Mar. 9, "	Spring, High	0.06	0.18	0.00	0.10
" "	" Low	0.16	0.23	0.43	0.79
Mar. 17, "	Neap, Low	0.27	0.33	0.21	0.86
" "	" High	0.00	0.05	0.32	0.17
Apr. 2, "	" Low	0.39	0.02	0.57	0.22
" "	" High	0.15	—	0.11	0.55
Apr. 9, "	Spring, High	0.06	0.11	0.44	0.41
" "	" Low	0.18	0.00	0.10	0.00
Range		0.00~0.39	0.00~0.46	0.00~0.94	0.00~0.86
Mean		0.16	0.18	0.26	0.25

미역, 모자반 및 環境海水의 水銀, 카드뮴, 납, 구리의 濃度

表 1에서 보던 水銀의 全体的 濃度範圍와 平均値는 0.00~0.39 ppb에 0.16 ppb다. 海水의 水銀濃度는 地域에 따라 다르고 汚染의 與否에 따라서도 다르므로 基準을 考루기가 어렵지만, 例로서 外洋海水의 0.047~0.078ppb²⁷⁾ 또는 0.003~0.364 ppb²⁸⁾에 比하면 比較的 높은 쪽에 屬한다고 볼수 있지만, 河口 內灣으로서는 別로 높은 편은 아니라고 볼수 있다.^{2, 29)} 參考로 1970年 3月の 日本 水俣灣의 總水銀濃度는 3~5ppb였다.³⁰⁾ 潮水에 따른 水 營灣의 水銀 濃度의 變動은 그림 2-1에서 보는 바와 같이 干潮時에 0.12~0.39 ppb에 平均이 0.23 ppb로서 滿潮時의 0.00~0.18 ppb 및 平均 0.09 ppb 보다 훨씬 높고, 같은 干潮時라도 小潮때의 干潮時에 濃度가 높다. 그러나 大潮때는 滿潮時에 大体로 높다.

카드뮴은 0.00~0.46ppb에 平均이 0.18 ppb로서 菅原等³¹⁾이 太平洋 海水에서 測定한 0.007~0.37 ppb에 平均 0.064 ppb 및 Riley等³²⁾의 英國 海峽에서의 0.024~0.25 ppb에 平均 0.113 ppb에 比하면 높은 편이지만 日本 福岡縣 沿岸海水에서의 0.23~0.63ppb³³⁾, 東海 및 瀨戶內海의 0.1~1.0 ppb³³⁾에 比하면 낮은 편이다. 물때에 따른 變動은 그림 2-2에서 보는바와 같이 밀물때가 0.00~0.46 ppb에 平均이 0.18ppb고, 썰물때가 0.00~0.37 ppb에 平均이 0.16 ppb로서 거의 差가 없다.

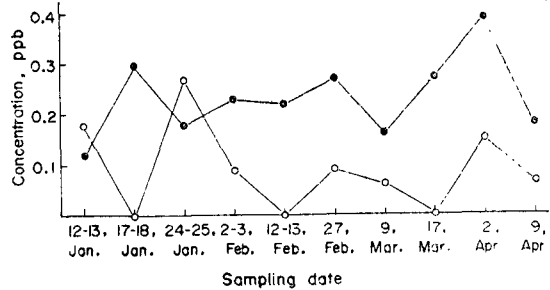


Fig. 2-1 Mercury concentrations in the surrounding seawater in Suyeong Bay.

—●— Low tide
—○— High tide

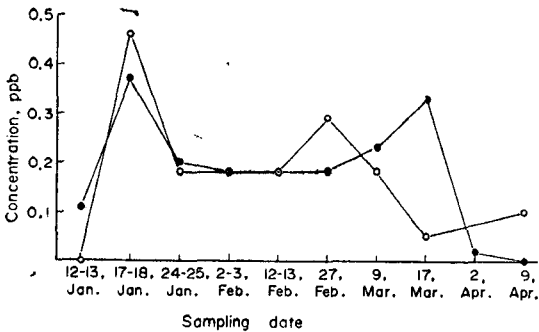


Fig. 2-2 Cadmium concentrations in the surrounding seawater in Suyeong Bay.

—●— Low tide; —○— High tide

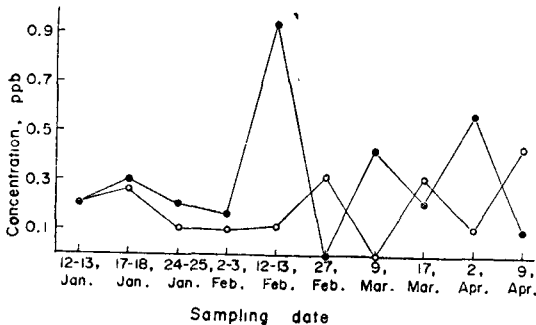


Fig. 2-3 Lead concentrations in the surrounding seawater in Suyeong Bay.

—●— Low tide; —○— High tide

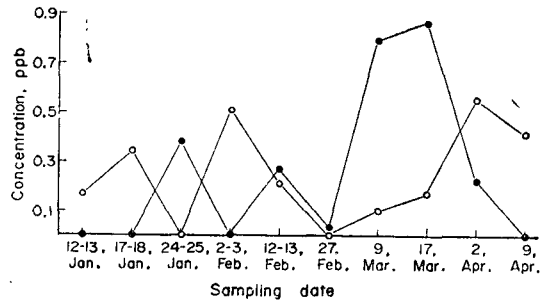


Fig. 2-4 Copper concentrations in the surrounding seawater in Suyeong Bay.

—●— Low tide; —○— High tide

San Diego 沿岸海水에서의 0.3±0.12 ppb와는 비슷한 값이다. 물때에 따른 變動은 그림 2-4에서 보는 바와 같이 밀물때가 0.00~0.55 ppb에 平均이 0.25ppb며 썰물 때가 0.00~0.86 ppb에 0.26 ppb로서 變動範圍는 밀물

때 다보 크지만 平均値는 그다지 差가 없다. 구리는 全般的으로 變動이 甚하다.

2. 미역의 水銀 카드뮴 납 및 구리의 濃縮

海水의 採水와 同時에 같은 場所에서 採取한 미역의 各重金屬濃度는 表2-1과 같다.

即 미역의 水銀濃度는 風乾物로서 0.02~0.48 ppm의 範圍에 平均이 0.07 ppm이며, 體長別로는 60~130cm인 것이 0.05~0.48 ppm, 9~80cm인 것이 0.02~0.42 ppm, 體長 큰 것의 귀部分이 0.02~0.23 ppm이다.

表2-1에서 特別히 큰 값인 1月 12日의 0.48, 0.42, 2月 12日의 0.35, 3月 2日의 0.32 및 3月 19日의 귀部分의 0.23 ppm을 除外한 平均値는 體長 큰 것이 0.09 ppm, 작은 것이 0.06 ppm, 體長 큰 것의 귀가 0.05ppm, 그래서 全体 平均値가 0.07 ppm로서 前報¹⁾에 비해 낮은 값이다. 그리고 그림 3-1에서 보는 바와 같이 體長이 작은 것이 大體로 약간 낮은 값이고, 귀가 葉體部보다 낮은 값이다. 그러나 큰 差는 아니다. 濃縮係數는 環境海水의 全水銀濃度를 平均 0.16 ppb라고 보아서, 異常히 큰 값을 除外했을 때 全体範圍는 $0.13 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^3$ 에 平均이 0.42×10^3 이다.

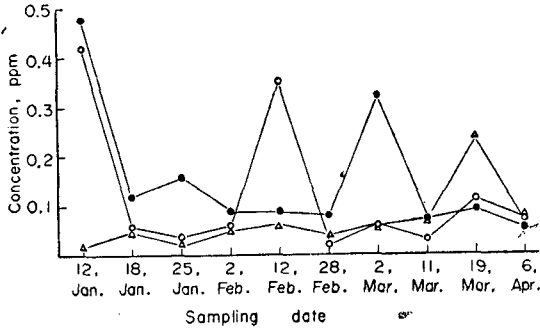


Fig. 3-1 Relation between the body length and mercury concentration in the seaweed, *Undaria pinnatifida*, from Suyeong Bay.

- Large of the body length
- Small of the body length
- △— Sporophyll of the large one

ppm에 3.0ppm, 귀가 0.8~3.3 ppm에 1.8 ppm로서 그다지 差는 없지만, 그림 3-3에서 보는 바와 같이 귀部分이 약간 낮고, 體長 작은 것이 오히려 약간 높은 값이다. 濃縮係數는 環境海水의 납濃度를 0.26 ppb라고 볼때 $3.1 \times 10^3 \sim 19 \times 10^3$ 에 平均이 8.9×10^3 가 된다.

구리의 濃度는 全體的으로 1.4~6.9 ppm에 平均이 3.7ppm로서 前報¹⁾와 비슷한 값이다. 體長別로는 큰 것이

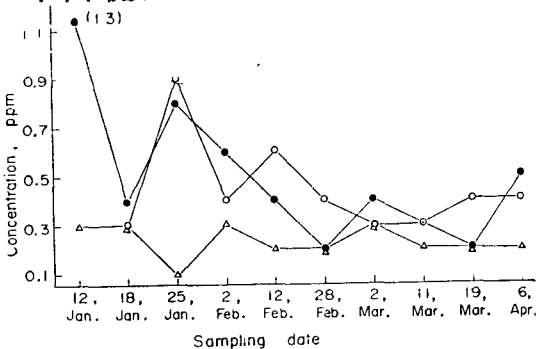


Fig. 3-2 Relation between the body length and cadmium concentration in the seaweed, *Undaria pinnatifida*, from Suyeong Bay.

- Large of the body length
- Small of the body length
- △— Sporophyll of the large one

납의 濃度는 全體的範圍가 0.8~5.0 ppm에 平均이 2.3 ppm로서 比較的 높은 값이다. 體長別로는 큰 것이 1.1~4.2 ppm에 平均이 2.1ppm, 작은 것이 1.4~5.0 ppm에 3.0ppm, 귀가 0.8~3.3 ppm에 1.8 ppm로서 그다지 差는 없지만, 그림 3-3에서 보는 바와 같이 귀部分이 약간 낮고, 體長 작은 것이 오히려 약간 높은 값이다. 濃縮係數는 環境海水의 납濃度를 0.26 ppb라고 볼때 $3.1 \times 10^3 \sim 19 \times 10^3$ 에 平均이 8.9×10^3 가 된다.

구리의 濃度는 全體的으로 1.4~6.9 ppm에 平均이 3.7ppm로서 前報¹⁾와 비슷한 값이다. 體長別로는 큰 것이

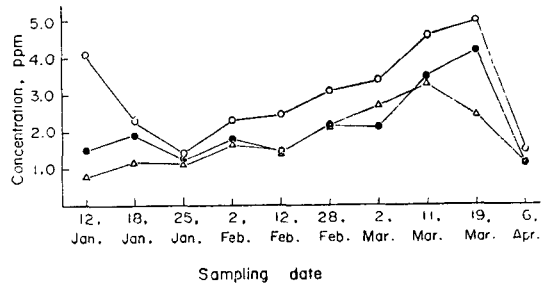


Fig. 3-3 Relation between the body length and lead concentration in the seaweed, *Undaria pinnatifida*, from Suyeong Bay.

- Large of the body length
- Small of the body length
- △— Sporophyll of the large one

Table 2-1 Heavy metal concentrations in seaweed, *Undaria pinnatifida*, from Suyeong Bay

Sampling date	Tide	Body length (cm)	Wet wt. (g)	Air dry wt. (g)	Concentrations (ppm, Air dry base)									
					Blade					Sporophyll				
					Hg	Cd	Pb	Cu	Hg	Cd	Pb	Cu		
Jan. 12, 1974	Spring	77-130	1,259	144	0.48	1.3	1.5	4.4	0.02	0.29	0.8	1.5		
		9-77	747	71	0.42	3.2	4.1	5.0	—	—	—	—		
Jan. 18, 1974	Neap	72-120	1,202	142	0.12	0.44	1.9	4.1	0.05	0.32	1.2	2.4		
		10-75	805	70	0.06	0.37	2.3	3.0	—	—	—	—		
Jan. 25, 1974	Spring	75-125	1,032	199	0.16	0.83	1.3	2.9	0.02	0.14	1.1	2.2		
		12-70	863	74	0.04	0.88	1.4	6.1	—	—	—	—		
Feb. 2, 1974	Neap	73-130	1,221	142	0.09	0.61	1.8	3.8	0.05	0.30	1.7	3.2		
		13-68	893	81	0.06	0.43	2.3	3.2	—	—	—	—		
Feb. 12, 1974	Spring	70-100	1,031	119	0.09	0.35	1.5	2.6	0.06	0.16	1.5	6.9		
		9-59	1,032	108	0.35	0.57	2.5	2.6	—	—	—	—		
Feb. 28, 1974	Spring	89-127	1,020	133	0.08	0.22	2.2	3.2	0.04	0.17	2.2	1.4		
		10-59	1,012	96	0.02	0.38	3.1	2.2	—	—	—	—		
Mar. 2, 1974	Neap	70-120	1,209	166	0.32	0.38	2.1	3.0	0.06	0.30	2.7	3.7		
		10-67	1,001	103	0.06	0.32	3.4	2.3	—	—	—	—		
Mar. 11, 1974	Spring	85-125	1,301	154	0.07	0.25	3.5	4.5	0.07	0.24	3.3	4.2		
		20-80	481	41	0.03	0.31	4.6	3.7	—	—	—	—		
Mar. 19, 1974	Neap	70-116	1,297	188	0.09	0.24	4.2	4.5	0.23	0.20	2.4	4.3		
		18-70	1,020	104	0.11	0.43	5.0	6.2	—	—	—	—		
Apr. 6, 1974	Spring	60-95	1,204	146	0.05	0.48	1.1	4.7	0.06	0.15	1.1	2.1		
		15-62	1,083	105	0.07	0.41	1.5	5.2	—	—	—	—		
Range		60-130			0.05-0.48	0.22-1.3	1.1-4.2	2.6-4.7	0.02-0.23	0.14-0.32	0.8-3.3	1.4-6.9		
		9-59			0.02-0.42	0.31-3.2	1.4-5.0	2.2-6.2	—	—	—	—		
Mean		60-130			0.09	0.42	2.1	3.8	0.05	0.23	1.8	3.2		
		9-59			0.06	0.46	3.0	4.0	—	—	—	—		
Mean concentration rate		60-130			0.56×10^3	2.3×10^3	8.1×10^3	15×10^3	0.31×10^3	1.3×10^3	6.9×10^3	12.8×10^3		
		9-59			0.38×10^3	2.6×10^3	12×10^3	16×10^3	—	—	—	—		

2.6~4.7 ppm에 平均이 3.8ppm, 작은 것이 2.2~6.2 ppm에 4.0 ppm, 귀가 1.4~6.9 ppm에 3.7 ppm며, 그림 3-4에서 보는 바와 같이 体長이나 部分과는 一定한 關聯性을 찾아 볼 수 없다. 특히 귀 部分은 含量變動이 크다. 濃縮係數는 環境海水의 銅濃度를 0.25 ppb라고 볼 때 $6.0 \times 10^3 \sim 28 \times 10^3$ 에 平均이 15×10^3 이다.

3. 모자반의 水銀 카드뮴 납 및 구리의 濃縮

表2-2에서 모자반의 水銀濃度는 風乾物로서 0.01~0.09 ppm의 範圍에 平均이 0.04 ppm로서 前報¹⁾의 값과 큰 差가 없다. 모자반의 水銀濃縮係數는 미역 때와 같이 計算하여 $0.06 \times 10^3 \sim 0.56 \times 10^3$ 에 平均이 0.25×10^3 으로서 미역의 約 0.5倍程度가 된다.

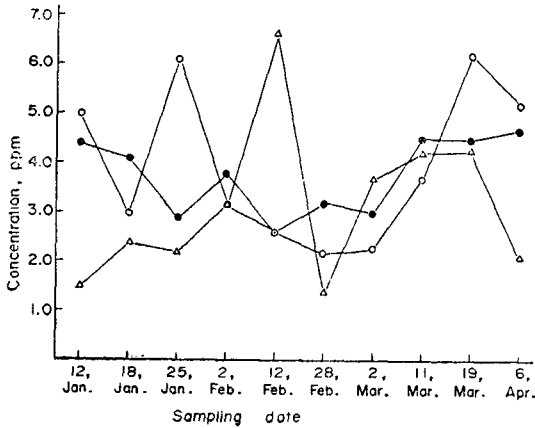


Fig. 3-4 Relation between the body length and copper concentration in the seaweed, *Undaria pinnatifida*, from Suyeong Bay.

- Large of the body length
- Small of the body length
- △— Sporophyll of the large one

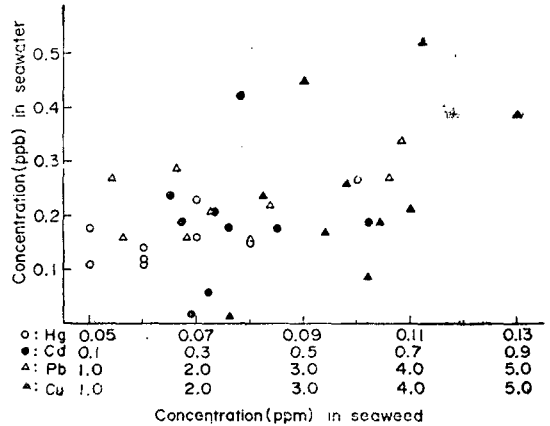


Fig. 4 Relation between the heavy metal concentrations in the surrounding seawater and in seaweed, *Undaria pinnatifida*, from Suyeong Bay.

카드뮴의 濃度는 0.11~0.31 ppm에 平均이 0.18 ppm며, 濃縮係數는 $0.61 \times 10^3 \sim 1.7 \times 10^3$ 에 平均이 1.0×10^3 으로서 역시 미역의 約 0.5倍程度가 된다.

납의 濃度는 0.8~2.2 ppm에 平均이 1.4 ppm며, 濃縮係數는 $3.1 \times 10^3 \sim 8.5 \times 10^3$ 에 平均 5.4×10^3 으로서 역시 미역의 約 0.5倍程度다.

구리의 濃度는 3.6~13.1 ppm에 平均이 5.7 ppm며 濃縮係數는 $14.4 \times 10^3 \sim 52.4 \times 10^3$ 에 平均이 22.8×10^3 으로서 미역 보다 약간 크다.

環境海水의 水銀 카드뮴 납 및 구리 濃度의 變化에 따른 미역의 이들 濃度의 變動을 살펴 보면 그림4와 같이 어떤 뚜렷한 關聯性을 찾아 볼 수가 없다.

汚染地帶와 非汚染地帶에서 자란 海藻는, 勿論 重金屬濃度가 各各 다를 것으로 짐작되지만¹⁶⁾ 같은 地域內에서 比較的 短期間內에 크게 成長하는 미역과 같은 것은 그 重金屬濃度가 環境海水의 重金屬濃度의 潮水에 따른 變動에는 對應하지 않는다고 보아진다. 그리고 体長이 큰 것이라 해서 重金屬濃度가 높은 것도 아니라는 點으로 보아서 미역에는 重金屬이 累進的으로 蓄積되는 것은 아닌 것 같다.

Table 2-2 Heavy metal concentrations in seaweed, *Sargassum fulvellum*, from Suyeong Bay

Samplig date	Tide	Wet wt. (%)	Air dry wt. (%)	Concentrations (ppm, Air dry base)			
				Hg	Cd	Pb	Cu
Jan. 12, 1974	Spring	545	86	0.02	0.16	0.8	4.0
Jan. 18, 1974	Neap	642	113	0.03	0.31	1.1	4.2
Jan. 25, 1974	Spring	622	108	0.05	0.14	0.9	3.6
Feb. 2, 1974	Neap	703	110	0.03	0.24	1.2	4.9
Feb. 12, 1974	Spring	742	137	0.05	0.13	1.3	3.7
Feb. 28, 1974	Spring	630	121	0.09	0.18	2.2	4.7
Mar. 2, 1974	Neap	729	123	0.06	0.14	1.4	8.8
Mar. 11, 1974	Spring	916	144	0.01	0.22	2.2	4.8
Mar. 19, 1974	Neap	712	110	0.01	0.15	1.7	13.1
Apr. 6, 1974	Spring	800	152	0.05	0.11	0.9	5.6
Range				0.01-0.09	0.11-0.31	0.8-2.2	3.6-13.1
Mean				0.04	0.18	1.4	5.7
Mean concentration rate				0.25×10^3	1.0×10^3	5.4×10^3	22.8×10^3

要 約

1. 水營灣內 미역 養殖場의 環境海水와 미역 및 모자반의 水銀 카드뮴 납 및 구리의 濃度를 測定하였다.
2. 環境海水의 水銀濃度는 0.00~0.39 ppb에 平均이 0.16 ppb, 카드뮴은 0.00~0.46 ppb에 平均이 0.18 ppb, 납은 0.00~0.94 ppb에 平均이 0.26 ppb, 구리는 0.00~0.86 ppb에 平均이 0.25 ppb였다.
3. 水營灣海水의 重金屬 濃度는 물때에 따라 약간의 差가 생긴다.
4. 미역의 水銀濃度는 風乾物로서 0.02~0.48 ppm에 平均 0.07 ppm고, 濃縮係數는 $0.13 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^3$ 에 平均이 0.42×10^3 이다.
카드뮴의 濃度는 0.14~3.2 ppm에 平均이 0.37 ppm고, 濃縮係數는 $0.8 \times 10^3 \sim 4.9 \times 10^3$ 에 平均이 2.1×10^3 이다
납은 0.8~5.0ppm에 2.3 ppm, 濃縮係數는 $3.1 \times 10^3 \sim 19 \times 10^3$ 에 平均이 8.9×10^3 이다.
구리는 1.4~6.9 ppm에 平均이 3.7 ppm고, 濃縮係數는 $6.0 \times 10^3 \sim 28 \times 10^3$ 에 平均이 15×10^3 이다.
5. 미역의 重金屬濃度는 體長과는 뚜렷한 關聯性이 보이지 않는다. 그러나 귀 部分이 葉體部보다 큰 差는 없지만 大体로는 낮은 傾向이다.
6. 모자반의 水銀濃度 및 濃縮係數는 風乾物로서 0.01~0.09 ppm 및 0.04 ppm에 $0.06 \times 10^3 \sim 0.56 \times 10^3$ 및 0.25×10^3 고, 카드뮴은 0.11~0.31 ppm 및 0.18 ppm에 $0.61 \times 10^3 \sim 1.7 \times 10^3$ 및 1.0×10^3 이고, 납은 0.8~2.2 ppm 및 1.4 ppm에 $3.1 \times 10^3 \sim 8.5 \times 10^3$ 및 5.4×10^3 , 구리는 3.6~13.1 ppm 및 5.7 ppm에 $14.4 \times 10^3 \sim 52.4 \times 10^3$ 및 22.8×10^3 이다.
7. 미역의 水銀 카드뮴 및 납의 濃縮係數는 모자반의 約 2배가 되고 구리의 그것은 오히려 모자반이 크다.

(이 研究는 1973年度 文教部 研究助成費로 되었으며, 試料를 提供해 주신 海雲台 김경재氏에 感謝드립니다)

文 獻

- 1) 金章亮 (1972): 韓國産 主要 食用海藻中の 水銀 카드뮴 납 및 구리의 含量. 韓水誌, 5, 88-96.
- 2) Williams, P. M., and H. V. Weiss (1973): Mercury in the marine environment: concentration in sea water and in a Pelagic food chain. J. Fish. Res. Board Can., 30, 293-295.
- 3) Topping, G. (1973): Heavy metals in fish from Scottish waters. Aquaculture, 1, 373-377.
- 4) ----- (1973): Heavy metals in shellfish from Scottish waters. *ibid.*, 1, 379-384.
- 5) Uthe, J. F., F. M. Atton and L. M. Royer (1973): Uptake of mercury by caged rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in the South Saskatchewan River. J. Fish. Res. Board Can., 30, 643-650.
- 6) Sergeant, D. E. and F. A. J. Armstrong (1973): Mercury in seals from eastern Canada. *ibid.*, 30, 843-848.
- 7) Cross, F. A., L. H. Hardy, N. Y. Jones and R. T. Barber (1973): Relation between total body weight and concentrations of manganese, iron, copper, zinc, and mercury in white muscle of bluefish (*Pomatomus saltatrix*) and a bathyl-demersal fish *Antimora rostrata*. *ibid.*, 30, 1287-1291.

- 8) Olson, K. R., H. L. Bergman and P. O. Fromm(1973): Uptake of methylmercuric chloride and mercuric chloride by trout: a study of uptake pathways into the whole animal and uptake by erythrocytes in vitro. *ibid.*, 30, 1293—1299
- 9) Freeman, H. C., D. A. Horne, B. McTague and M. McMenemy(1974): Mercury in some Canadian Atlantic coast fish and shellfish. *ibid.*, 31, 369—372.
- 10) Westöb, G. (1967): Determination of methylmercury in fish, egg, meat and liver. *Acta Chem. Scand.*, 21, 1790—1800.
- 11) 弘田禮一郎, 藤木素士, 田島静子 (1974): 有明海・八代海におけるプランクトン中の水銀量. *日水誌*, 40, 393—397.
- 12) O'Hara, J. (1973): Cadmium uptake by fiddler crabs exposed to temperature and salinity stress. *J. Fish. Res. Board Can.*, 30, 846—848.
- 13) 石尾真彌, 大庭信良, 田中淑人, 田所尚二郎 (1973): 有明海の底土, 魚貝類およびアサクサノリのカドミウム含量およびそれらの分布について. *日水誌*, 39, 705—712.
- 14) 内田泰, 榎本則行, 宮口尹男 (1971): 有明海・八代海における魚貝類および藻類中の水銀およびカドミウム含量. *佐賀大學農學部彙報*, 32, 45—49.
- 15) Fuge, R. and K. H. James(1973): Trace metal concentrations in brown seaweeds, Cardigan Bay, Wales. *Mar. Chem.*, 1, 281—293.
- 16) Bryan, G. W. (1969): The absorption of zinc and other metals by the brown seaweed, *Laminaria digitata*. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 49, 225—243.
- 17) Lunde, G. (1970) Analysis of trace elements in seaweed. *J. Sci. Food Agric.*, 21, 416—418.
- 18) McKone, C. E., R. G. Young, C. A. Bacheand D. J. Lisk(1971): Rapid uptake of mercuric ion by goldfish. *Env. Sci. & Tech.*, 5, 1138—1139.
- 19) Coyne, R. V. and J. A. Collins(1972): Loss of mercury from water during storage. *Anal. Chem.*, 44, 1093—1096.
- 20) Feldman, C. (1974): Preservation of dilute mercury solutions. *ibid.*, 46, 99—102.
- 21) Carr, R. A. and P. E. Wilkniss(1973): Mercury: short-term storage of natural waters. *Env. Sci. & Tech.*, 7, 62—63.
- 22) Struempfer, A. W. (1973): Adsorption characteristics of silver, lead, cadmium, zinc and nickel on borosilicate glass, polyethylene and polypropylene container surfaces. *Anal. Chem.*, 45, 2251—2254.
- 23) King, W. G., J. M. Rodriguez and C. M. Wai(1974): Losses of trace concentrations of cadmium from aqueous solution during storage in glass containers. *ibid.*, 46, 771—773.
- 24) 日本化学會(1970): 化学と工業, vol. 23, No. 4, p. 476, p. 601.
- 25) 日本神奈川縣公害対策事務局編 (1974): 公害關係の分析法と解説. 第3版, p. 135.
- 26) Instrumentation Lab. Inc. (1972): Clinical applications of atomic absorption. pp. 32—64.
- 27) 日本化学會 (1973): 化学と工業, vol. 26, No. 12, p. 802.
- 28) ——— (1973): ———, vol. 26, No. 12, p. 801.
- 29) 西村雅吉, 松永彦彦, 小西繁樹, 久久津正 (1972): 噴火灣, 陸奥灣の水銀濃度. 1972年度 日本海洋學會秋季大會發表.
- 30) 太田直一, 寺井稔, 磯川正教 (1970): 天然水中の水銀の光度定量. *日化*, 91, 351—354.
- 31) 菅原健, 安部美津子, 吉原仁夫 (1973): 海水中的のカドミウムの測定. 1973年度 日本海洋學會 秋季大會發表.
- 32) Riley, J. P., J. B. Mullin(1956): The occurrence of cadmium in sea water and in marine organisms. *J. Mar. Res.*, 15, 103—122.
- 33) 應和尙, 日色和夫, 田中考 (1972): 海水中的 ppb オーダーのカドミウムの 共沈一抽出濃縮による原子吸光定量法. *分化*, 21, 878—883.
- 34) Horne, R. A. (1969): *Marine Chemistry*, Wiley-Interscience, p. 153.
- 35) 小山治行, 太田立男 (1973): 瀬戸内海備後灘 北部における海中 懸濁物, ネットプランクトン, 海底泥中の重金屬含有率について. 1973年度 日本海洋學會春季大會發表.
- 36) Brooks, R. R., B. J. Presley and I. R. Kaplan(1967): APDC-MIBK extraction system for the determination of trace elements in saline waters by atomic absorption spectrophotometry. *Talanta*, 14, 809—816.
- 37) FAO(1971): Report of the seminar on methods of detection, measurement and monitoring of pollutants in the marine environment. *FAO Fish. Reports*, No. 99, Suppl. 1, p. 40.
- 38) Jasinski, R., I. Trachtenberg and D. Andrychuk(1974): Potentiometric measurement of copper in seawater with ion selective electrodes. *Anal. Chem.*, 46, 364—369.