

釜山港 海水中的 微量重金屬定量

朴 相 潤

Determination of rare heavy metal concentrations in the sea water from Busan harbour

Park Sang-yun

目 次	
I. 序 論	IV. 測定結果와 考察
II. 試料採取	V. 要 約
III. 測定機器와 測定方法	參考文獻

Abstract

Concentration of copper, lead, cadmium and zinc were determined in the sea water from Busan harbour at high and low tide on 11th October, 1974.

The heavy metal concentrations in the sea water are as follows:

copper 0.95—13.25 ppb, 4.95 ppb (mean)

lead 2.50—18.50 ppb, 5.63 ppb (mean)

zinc 28.2—172.0 ppb, 60.11 ppb (mean)

respectively, and the concentrations varied slightly according to the tide and to the depth of water.

As a result of experiment, cadmium was not found in the sea water which was sampled.

I. 序 論

海水中에 微量存在하는 구리, 납, 카드뮴 및 아연에 대해서 디티존-클로로포름 추출 同時定量法¹⁾을 利用하여 釜山港 海水中的 微量重金屬을 分析하였다.

水中 微量重金屬 定量法으로서는 有機溶媒抽出이나, 이온交換, 共沈法 等으로 濃縮한 후 吸光光度法²⁾, 原子吸光法³⁾, X線螢光法⁴⁾ 및 電氣化學分析法⁵⁾ 等を 利用하고 있으나 各已 長短點

이 있다. Anodic stripping 法⁹⁾은 濃縮操作을 거치지 않고 直接分析이 可能하나 實用化하기에는 解決되어야 할 問題點들이 많다. 有機溶媒抽出法은 微量分析의 分離와 濃縮에 有用한 手段으로 使用되어 왔으며 特히 比色分析法과의 連結은 가장 一般化된 微量分析法이라고 生覺된다. 그러나 有機溶媒中에 抽出 分離된 成分을 폴라로그라피와 같은 多成分 同時 分析法에 有利한 分析法으로 定量하고자 할 때는 有機溶媒로 蒸發시킨 후 酸分解法으로 試料을 調製하는가⁷⁾, 아니면 適當한 條件에 다시 水層으로 逆抽出하여 蒸發 濃縮 후 試料에 利用하는 등⁸⁾, 前處理 操作을 要한다. 폴라로그라피 分析에서 三成分系의 混合溶媒로 使用하는 方法은⁹⁻¹¹⁾ 위와 같은 前處理 操作을 避할 수 있으나 이 方法은 分離法으로서는 有用할지 모르되 微量成分의 濃縮法으로서는 効果적인 것이 못된다고 生覺된다. 그러므로 필자는 $\mu\text{g/l}$ 까지 同時 分析할 수 있고 신속 간편하게 측정할 수 있는 本同時定量法을 利用해서 海水中的 重金屬을 定量하였다.

都市下水 및 工場汚水가 흘러 들어가서 海洋環境에 混入될 可能性을 考慮해서 참고적으로 環境海水中的 鹽分, PH, 透明度, 亞硝酸鹽 및 磷酸鹽도 測定하였다.

II. 試料採取

그림 1에 表示된 定點에서 1974年 10月 11日 滿潮時와 干潮時에 表層 底層(10m)에서 各各 試水를 採取하였다. 表層水는 Canvas bucket를 利用하였고, 底層水는 北原式 B號 中層採水器 2030A型 (株式會社 離合社製)을 利用하였다. 採水된 試水를 폴리에틸병에 넣고 實驗室로 運搬하여 分析에 使用하였다.

III. 測定機器와 測定方法

1. 環境海水(鹽分, 透明度, PH, 亞硝酸鹽, 磷酸鹽)의 測定

環境海水中 鹽分은 Inductively Salinometer 601型(Australia 製)을 利用하여 檢定하였다. 透明度는 直徑 30cm의 白色圓板(Sacchi disk)으로 그림 1에 表示된 定點에서 觀測하였다. PH는 採水 即時 實驗室로 運搬하여 Horiba H-5型 PH meter로 測定하였다. 亞硝酸鹽은 光電比色計 7A型 (東京 光電株式會社製)을 利用하여 Bendschneider and Robinson法¹²⁾으로 定量하였다. 磷酸鹽은 光電 比色計 7A型(東京 光電株式會社製)을 利用하여 J. D. H. Strickland and T. R. Parsons 法¹³⁾으로 定量하였다.

2. 微量重金屬(Cu, Pb, Cd, Zn)의 同時定量

(1) 機 器

Yanagimoto PA 202 Polarograph를 利用하였으며 測定條件 및 水銀滴下電極의 特性은 다음과 같다.

$h=65\text{cm}$, $t=3.88\text{sec}$, $m=1.124\text{mg/sec}$ (0.5 N KCl 용액 중 -0.7V vs Hg-pool 加電壓時),

S. W. Volt=30mV, Gate I =2~7, Gate II =3~8, Time const. =5.5, Pararell capacitance =
200 μ F, Recorder Sens. =0.1 μ A/mm, Ampf. Sens. =1/5~1/10, 加電壓; 0~1.4 V vs Hg-pool,
加電壓速度 : 2.0 V/10mm, 測定溫度 : 25 \pm 0.2 $^{\circ}$ C, 酸素의 除去 : 10分間 질소가스를 通氣하였다.

(2) 試 藥

使用한 모든 試藥은 市販 特級品 또는 一級品이고 클로로포름, 암모니아水 및 염산은 使用前에
再蒸溜 하였다. 증류수는 일차증류한 것을 다시 이온 교환수지로서 脫鹽한 것을 使用하였다.
그리고 이에 사용된 중요 시약은 다음과 같이 조제했다.

(i) 10% 시트르산암모늄 : 시트르산암모늄 50g을 증류수 300ml에 녹여 진한 암모니아水로
PH 10 또는 PH 11이 될 때까지 加한 후 다시 증류수로 전체가 500ml 되도록 했다.

(ii) 0.02% 니티존의 클로로포름용액 : 일반적인 방법에⁹⁾ 따라 조제하여 갈색병에 넣고 보관
하였다.

(iii) 0.5N KCl 逆抽出液 : 염화칼륨, 염산 및 염화제 2수은의 혼합용액으로 최종 농도가
0.5N 및 4 \times 10⁻⁴M가 되도록 조제 하였다.

(3) 測 定

海水 500ml를 分液濾斗에 넣어 여기에 10% 염산히드록실아민 2ml, PH 11인 시트르산암모
늄용액 10ml 및 0.02% 니티존의 클로로포름용액 10ml를 加하고 3分間 shaking 하고 난 뒤 20分
間 靜置後* 클로로포름층을 分離하여 100ml의 分液濾斗에 넣는다. 그리고 抽出後의 海水가 無
色이면 다시 0.02% 니티존-클로로포름용액 10ml를 加하고, 橙黃色이면 순수한 클로로포름
10ml를 加하여 다시 3分間 shaking 하고 20分間 靜置한 뒤 클로로포름층을 分離하여 처음의 것
과 합한다. 이와 같은 抽出 操作을 클로로포름층이 靑色이 될 때까지 반복 한다. 그리고 分離
된 클로로포름에 (1+100)암모니아水 20ml를 加하고 約 30秒 동안 가볍게 혼돈 다음 靜置하
여 클로로포름층이 分離되면 乾燥된 작은 分液濾斗에 옮긴다. 이에 0.5N 염화칼륨 逆抽出液 10
ml를 加하고 5分間 shaking해서 3分間 靜置시킨 뒤 클로로포름층을 除去한다. 또 남은 水溶液
層에 클로로포름 10ml를 加하여 3分間 靜置한 뒤 클로로포름층을 除去하는 操作을 3회 반복한
뒤에 矩形波풀라로그래피로 測定한다.

*海水中에서 重金屬을 클로로포름으로 抽出할 때 15分間 靜置시켜도 境界面이 明確치 않을 때
에는 더 오랫동안 靜置해 둔다. 왜냐하면 海水中 有機物質이 含有되어 있으면 靜置할 境遇 클
로로포름이 적은 방울로 되어 水層과의 境界가 明確하지 않으므로 分離할 때는 少量의 물이 함
께 나오게 된다. 따라서 一定量의 逆抽出液을 加하였을 지라도 함께 나오는 물의量 때문에
液量이 一定하지 못하고 分析值의 再現性이 나빠지므로 抽出 分離된 클로로포름층을 적은 分液
濾斗에 넣고 少量의 (1+100)암모니아水로 가볍게 씻음으로써 境界面이 明確히 區分되고 同時
에 클로로포름에 抽出된 遊離니티존의 一部도 除去되므로 逆抽出이 보다 용이하게 된다.

Ⅳ. 測定結果와 考察

1974年 10月 11日 滿潮時와 干潮時의 釜山港 環境 海水中的 鹽分, 透明度, PH, 亞硝酸鹽 및 磷酸鹽의 濃度는 表 1, 2와 같고 重金屬中 구리, 납, 카드뮴 및 아연의 濃度는 表 3, 4와 같다.

1. 環境海水質

1) 環境海水中的 鹽分量: 定点 9(그림 1)에서 滿潮時의 表層 鹽分量이 30.100%를 除外하고는 전체 적으로 31.783—32.822%였다. 밀물때 表層은 30.100—32.587%이고 底層은 32.114—32.822%였다. 썰물때 表層은 31.783—32.732%이고 底層은 32.046—32.812%였다. 물때에 따른 鹽分量의 變動은 크지 아니 하였으나 水深에 따라서 表層 鹽分量 보다도 底層 鹽分量이 다소 높았다.

2) PH: 定点 9(그림 1)에서 滿潮時 表層이 7.64였으나 그것을 除外하고서는 전체 범위가 8.08—8.34였다. 물때와 水深에 따른 PH值의 變動은 거의 없었다. 밀물때 定數 9(그림 1)에서는 陸性物質의 注入으로 일어난 現象으로 보였으며 그 이외의 定点에서는 이와 같은 現象이 나타나지 아니 하였다.

3) 透明度: 1.5—5.8m의 범위였다. 이것은 海水中 懸濁物質의 量에 따라 變化되고 이것은 또 水溫, 陸性物質의 注入量, 風浪, 潮汐流, 地形 等에 따라서도 副次的인 影響을 받으므로 沿岸海域에서는 그 樣相이 매우 복잡할 것이 豫測된다. 定点 1, 2, 3, 4, 12, 13 및 14(그림 1)에서는 外海水의 影響이 많다고 생각되는 定点이고, 이곳의 透明度가 다소 크게 나타났다.

4) 亞硝酸鹽: 全定点에서 密물때 있어서는 表層이 0.168—3.5 $\mu\text{g-at/l}$ 이고 底層이 0.238—1.706 $\mu\text{g-at/l}$ 이며, 썰물때 있어서는 表層이 0.21—1.162 $\mu\text{g-at/l}$ 이고 底層은 0.168—1.204 $\mu\text{g-at/l}$ 였다. 그러므로 全定点의 전체 범위에서는 0.168—3.5 $\mu\text{g-at/l}$ 였다.

5) 磷酸鹽: 全定点에서 密물때 있어서는 表層이 0.594—6.292 $\mu\text{g-at/l}$ 이고, 底層이 0.99—2.574 $\mu\text{g-at/l}$ 이며, 썰물때 있어서는 表層이 0.81—3.24 $\mu\text{g-at/l}$ 이고 底層은 1.008—2.304 $\mu\text{g-at/l}$ 였다. 그러므로 全定点의 전체 범위에서는 0.594—6.292 $\mu\text{g-at/l}$ 이다. 물때에 따른 變動을 보면,

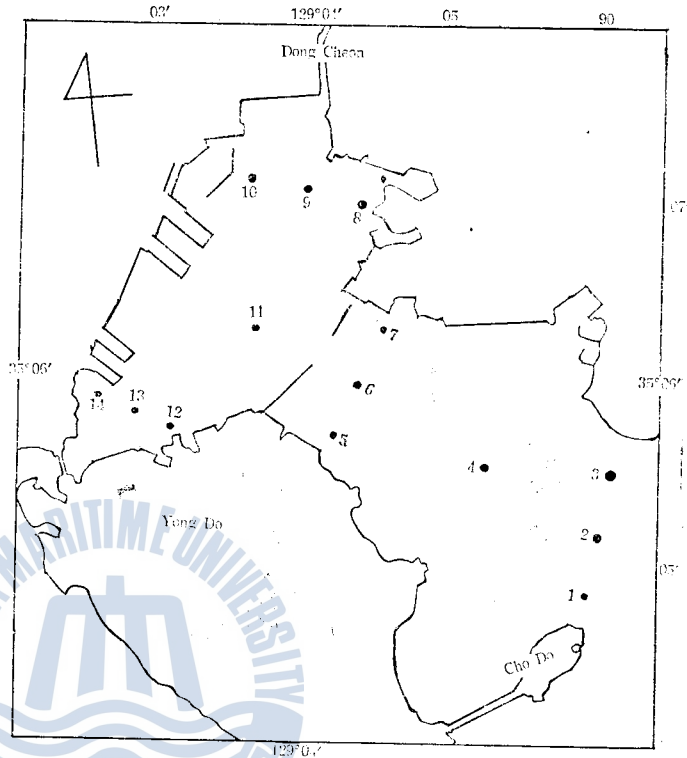


Fig. 1. Map showing sample localities in the Harbour of Busan.

밑물때가 썰물때 보다 약간 높았으며 변동 범위도 컸다.

결과적으로 亞硝酸鹽과 磷酸鹽은 環境海水中 透明度가 낮은 定點 8, 9 및 10(그림 1)에서 물때와 水深과는 관계없이 아주 높은 값을 나타 내었다. 이것은 外海水의 영향이 적게 미치고, 따라서 陸水의 注入과 都市污水의 混入에 起因된 것이라고 생각된다.

2. 海水中的 重金屬

1) 구리 : 전체범위가 0.4—13.25 ppb에 평균이 4.95 ppb로서 一般海水에서의 1—3 ppb^{14, 15)}, 보다는 높은 값을 나타내었지만 小山等¹⁶⁾의 瀨戶內海에서 5—10 ppb과는 거의 비슷한 값을 나타내었다. 물때에 따른 변동은 表層에서 밑물때가 0.95—8.80 ppb에 평균이 3.85 ppb이고 썰물때가 1.10—13.25 ppb에 평균이 4.24 ppb 이므로 썰물때가 밑물때 보다도 變動의 幅과 平均値가 약간 컸으며, 底層에서는 밑물때가 0.4—9.65 ppb에 평균이 4.39 ppb이고 썰물때가 1.8—10.3 ppb에 평균이 7.31 ppb였다. 底層 역시 表層과 같이 썰물때가 밑물때 보다도 變動의 幅과 平均値가 약간 컸다.

2) 납 : 전체범위가 2.5—18.5 ppb에 평균이 7.51 ppb로서 이를 Horne의 著書¹⁴⁾에 의한 外洋에서의 0.03 ppb 및 Brooks 等¹⁷⁾의 측정치 3—4 ppb와 비교하면 大端히 높지만 小山等¹⁶⁾이 측정한 瀨戶內海의 10—12 ppb와 비교하면 定點 8 (그림 1)에서 밑물때 납의 分析値 18.5 ppb를 除外하고서는 거의 같았다. 물때에 따른 變動은 밑물때에 있어서는 表層이 3.3—8.1 ppb에 平均이 4.68 ppb이고 底層이 4—18.5 ppb에 平均이 6.7 ppb이며, 썰물때에 있어서는 表層이 3.5—9.2 ppb에 平均이 6.03 ppb이고 底層이 2.5—9.5 ppb에 平均이 5.12 ppb였다. 表層은 썰물때가 밑물때보다 變動의 幅과 平均値가 약간 컸으나 底層은 反對로 밑물때가 썰물때보다 變動의 幅과 平均値가 약간 컸다.

3) 카드뮴 : 천연 檢出되지 아니 하였다. 이는 菅原等¹⁸⁾이 太平洋 海水에서 測定한 0.007—0.37 ppb에 平均이 0.064 ppb가 檢出된 것과 그리고 Riley等¹⁹⁾의 英荷海협에서의 0.024—0.25 ppb에 平均이 0.113 ppb가 檢出된 것에 비교하면 매우 다행한 일이라고 생각된다.

4) 아연 : 전체범위가 28.2—172 ppb이며 平均이 60.11 ppb 인데 물때에 따른 變動은 表層에서 밑물때에 있어서는 29.0—82.5 ppb이고 平均이 42.07 ppb이며 썰물때에 있어서는 28.2—74.8 ppb이고 平均이 48.94 ppb 였다. 그리고 底層에서 밑물때에 있어서는 30.4—172 ppb이고, 平均이 95.79 ppb 이며 썰물때에 있어서는 28.6—88.5 ppb 이고 平均이 53.65 ppb였다. 表層에서는 물때에 따른 變動은 거의 없었으나 底層에서는 밑물때가 썰물때 보다 變動의 幅과 平均値가 약간 컸다.

그리고, 지금까지 本稿에서 實驗한 釜山港 海水中的 重金屬量과 汚染되지 아니한 海水의 代表的인 낮은 값의 概略値¹⁹⁾와를 비교하면 다음과 같다.

元 素	海水中自然의 濃度 ($\mu\text{g/l}$)	釜山港 海水中重金屬의 平均値 ($\mu\text{g/l}$)	海水中으로들어가는 經路*	倍 率
Cu	1	4.95	D, R	5
Zn	2	60.11	D, R	30
Cd	0.02	none	A, R	
Pb	0.02	7.51	A, R	376

* D : 投棄

R : 河川流入 또는 Pipe line에 依함

A : 大氣汚染에 依함

海水中 重金屬의 混入에 依해 구리는 5배 增加하고, 아연은 30배 增加된 상태였다. 그러나 납이 376배 가량 增加된 것은 오로지 河川水 또는 都市汚水에 依해서만 아닐 것이며, 陸上 交通에서 일어나는 排氣가스에 依한 大氣汚染의 影響이 보다 큰 것이라고 생각된다. 또 이 海水 中에 카드뮴이 검출되지 아니한 점은 相異한 分析方法에 의해서 인지 혹은 試水의 濃縮倍率의 多少에 의한 것인지에 대해서 아직 검토해 보지 못하였다.

V. 要 約

1. 環境海水中 鹽分量은 30.100—32.822%, PH는 7.64—8.34, 透明度는 1.5—5.8 m, 亞硝酸鹽은 0.168—3.5 $\mu\text{g-at/l}$, 磷酸鹽은 0.594—6.292 $\mu\text{g-at/l}$ 였다.
2. 釜山港 海水中的 微量重金屬을 定量하였다. 分析值로 구리는 0.95—13.25 ppb이며 平均 4.95 ppb였고, 납은 2.5—18.5 ppb이며, 平均 5.63 ppb 였다. 그리고 아연은 28.2—172.0 ppb 이며, 平均이 60.11 ppb 였다.
3. 海水中 重金屬의 濃度는 물때와 水深에 따라 약간의 差異가 있었다.
4. 카드뮴은 전연검출되지 아니 하였다.

感謝 本研究를 爲해 矩形波플라로그래피를 마음대로 使用하게 許諾해 주신 부산대학교 공과 대학 화공과 여러 교수님, 實驗에 여러가지 便宜를 提供해 주신 문리과 대학 화학과 이석기, 문수찬 양교수님께 眞심한 감사를 드립니다.

採水器 및 環境海水의 成分을 分析 할 수 있도록 許諾해주신 국립수산진흥원 해양조사과 화학실 직원들께 감사를 드립니다.

끝으로 本研究는 1974年度 문교부 연구 조성비로 작성 된 것임을 밝혀 둔다.

References

- 1) 朴相潤, 文壽贊: 韓國海洋大學論文集, 8, 230(1973)
- 2) T. Ashizawa, et al., Japan Analyst, 19, 1333(1970)
- 3) Y. Yamamoto, et al., ibid, 20, 347(1971)
- 4) H. Tanaka, et al., ibid, 20, 784(1971)
- 5) K. Hellre, G. Khula and F. Mackek, Microchem., 23, 73(1937)
- 6) M. Komatsu, T. Matsueda and H. Kakiyama, Japan Analyst, 20, 987(1971)
- 7) JIS K-0101 (1966) 78
- 8) P.R. Stout, J. Levy and L.C. William, Collection, 10, 129(1938)
- 9) K. Hansen and T.P. Parks, Anal. Chem., 22, 1268(1950)
- 10) T. Fuginaga, et al., Rev. Polarog., 11, 217(1963)
- 11) T. Kitagawa and A. Tchimar, Japan Analyst, 22, 120(1973)
- 12) Bendscheider and Robinson, J. Marine. Res., 11, 87, (1952)
- 13) J.D.H. Strickland and T.R. Parsons, Fisheries Research. Board of Canada Ottawa, Bulletin, 167, 49—51(1968)
- 14) Horne, R. A (1969): Marine Chemistry, Wiley-Interscience, p.153
- 15) 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.65
- 16) 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, 海底泥中の重金属含有率について, 1973年度 日本海洋學會 春季大會發表
- 17) Brooks, R.R., B.J. Presley and I.R. Kaplan (1967): APDS-MTBK extraction system for the determination of trace elements in saline waters by atomic absorption spectrophotometry. Talanta, 14, 809—816
- 18) 菅原健, 安部美津子, 吉原仁夫 (1973): 海水中的カドミウムの測定, 1973年度 日本海洋學會發表
- 19) Riley, J.P., J.B. Mullin (1956): The Occurrence of Cadmium in sea water and in marine organisms. J. Mar. Res., 15, 103—122
- 20) 海洋科學基礎講座 10, 海水の化學, 東海大學出版會, p.339

Table 1. Sampling station, depth, transparency, and salinity, pH content and nutrient salts of the sea water (High tide)

Station No		Depth m	Transparency m	Salinity ‰	PO ₄ -P μg-at/l	NO ₂ -N μg-at/l	PH
1	35°04.83' N	0	4	32.468	0.810	1.405	8.24
	129°05.90' E	10		32.482	0.990	0.637	8.24
2	35°05.14' N	0	5	32.513	0.684	0.266	8.30
	129°05.98' E	10		32.579	0.900	0.434	8.31
3	35°05.45' N	0	4.5	32.587	0.846	0.301	8.32
	129°06.04' E	10		32.822	1.152	0.280	8.34
4	35°05.60' N	0	4	32.422	0.864	0.380	8.32
	129°05.18' E	10		32.688	0.990	0.420	8.30
5	35°05.82' N	0	2.5	32.497	1.188	0.168	8.32
	129°04.16' E	10		32.571	1.188	0.483	8.20
6	35°06.04' N	0	3	32.348	0.972	0.364	8.30
	129°04.37' E	10		32.820	1.422	0.273	8.24
7	35°06.29' N	0	3.8	32.092	1.008	0.525	8.32
	129°04.60' E	10		32.388	1.386	0.504	8.30
8	35°07.00' N	0	2	32.250	1.494	0.525	8.12
	129°04.32' E	3		32.277	2.574	1.706	8.10
9	35°07.06' N	0	2	30.100	6.232	0.812	7.64
	129.03.97' E	5		32.315	1.890	0.308	8.18
10	35°07.14' N	0	2.3	32.098	0.594	0.805	8.14
	129°03.62' E	5		32.340	1.548	0.308	8.20
11	35°06.37' N	0	2.5	32.057	1.980	3.500	8.16
	129°03.70' E	10		32.192	2.250	1.358	8.20
12	35°05.76' N	0	5.8	31.902	1.116	0.175	8.30
	129°03.03' E	10		32.210	1.152	0.815	8.34
13	35°05.78' N	0	4	31.883	0.954	0.301	8.34
	129°02.62' E	10		32.114	1.350	0.238	8.28
14	35°05.89' N	0	3	31.858	1.980	0.945	8.30
	129°02.66' E	10		32.166	1.980	1.379	8.30

Table 2. Sampling station, depth, transparency, and salinity, pH content and nutrient salts of the sea water (Low tide)

Station No		Depth m	Transparency m	Salinity ‰	PO ₄ -P $\mu\text{g-at/l}$	NO ₂ -N $\mu\text{g-at/l}$	PH
1	35°04. 83' N	0	3	32. 732	1. 098	0. 259	8. 26
	129°05. 90' E	10		32. 728	1. 026	0. 868	8. 30
2	35°05. 14' N	0	3	32. 516	0. 810	0. 728	8. 32
	129°05. 98' E	10		32. 687	1. 008	0. 168	8. 32
3	35°05. 45' N	0	3. 4	32. 434	0. 936	0. 266	8. 32
	129°06. 04' E	10		32. 812	1. 080	0. 315	8. 32
4	35°05. 60' N	0	4	32. 348	1. 332	0. 280	8. 32
	129°05. 18' E	10		32. 502	1. 008	0. 266	8. 30
5	35°05. 82' N	0	2. 9	32. 335	1. 170	0. 210	8. 30
	129°04. 16' E	10		32. 498	1. 278	0. 420	8. 30
6	35°06. 04' N	0	3. 3	32. 228	1. 080	0. 273	8. 30
	129°04. 37' E	10		32. 714	1. 170	0. 252	8. 28
7	35°06. 29' N	0	4. 5	32. 268	1. 350	0. 315	8. 30
	129°04. 60' E	10		32. 380	1. 116	0. 672	8. 30
8	35°07. 00' N	0	2. 8	32. 088	1. 530	1. 043	8. 30
	129°04. 32' E	3		32. 155	1. 620	1. 204	8. 24
9	35°07. 06' N	0	1. 8	32. 170	1. 800	0. 448	8. 12
	129°03. 97' E	5		32. 386	2. 304	0. 770	8. 10
10	35°07. 14' N	0	1. 5	31. 783	3. 240	0. 924	8. 08
	129°03. 62' E	5		32. 287	2. 088	0. 560	8. 10
11	35°06. 37' N	0	2. 3	32. 064	2. 232	1. 162	8. 22
	129°03. 70' E	10		32. 242	1. 656	0. 427	8. 22
12	35°05. 76' N	0	3. 3	31. 932	0. 972	0. 315	8. 30
	129°03. 03' E	10		32. 046	1. 062	0. 399	8. 30
13	35°05. 78' N	0	4	31. 804	1. 098	0. 294	8. 22
	129°02. 82' E	10		32. 494	1. 541	0. 406	8. 30
14	35°05. 89' N	0	2. 3	32. 010	1. 098	0. 476	8. 22
	129°02. 66' E	10		32° 438	1. 664	0. 488	8. 30

Table 3. The concentrations of copper, lead, cadmium and zinc in sea water
(High tide)

Station No		Depth m	Cu $\mu\text{g/l}$	Pb $\mu\text{g/l}$	Cd $\mu\text{g/l}$	Zn $\mu\text{g/l}$
1	35°04. 83' N	0	4.50	4.50	none	42.2
	129°05. 90' E	10	2.28	9.00	"	77.2
2	35°05. 14' N	0	4.70	4.60	"	40.8
	129°05. 98' E	10	6.80	8.30	"	74.4
3	35°05. 45' N	0	4.80	4.00	"	38.6
	129°06. 04' E	10	0.40	7.45	"	32.4
4	35°05. 60' N	0	0.95	4.45	"	40.8
	129°05. 18' E	10	0.58	6.30	"	30.4
5	35°05. 82' N	0	1.10	5.40	"	47.6
	129°04. 16' E	10	2.20	4.90	"	170.0
6	35°06. 04' N	0	1.10	5.00	"	35.0
	129°04. 37' E	10	1.45	5.85	"	172.0
7	35°06. 29' N	0	1.84	4.90	"	34.0
	129°04. 60' E	10	3.65	5.15	"	132.6
8	35°07. 00' N	0	8.80	8.10	"	42.0
	129°04. 32' E	3	9.65	18.50	"	140.0
9	35°07. 06' N	0	1.40	3.57	"	29.0
	129°03. 97' E	5	3.96	5.15	"	121.6
10	35°07. 14' N	0	1.55	3.83	"	38.0
	129°03. 62' E	5	7.25	4.00	"	89.0
11	35°06. 37' N	0	5.15	3.30	"	38.4
	129°03. 70' E	10	4.45	4.45	"	98.2
12	35°05. 76' N	0	7.60	4.20	"	82.5
	129°03. 03' E	10	4.95	5.00	"	45.8
13	35°05. 78' N	0	4.00	5.70	"	42.2
	129°02. 82' E	10	8.75	4.55	"	78.8
14	35°05. 89' N	0	6.38	4.20	"	38.0
	129°02. 66' E	10	5.10	5.15	"	78.6

Table 4. The concentration of copper, lead, cadmium and zinc in sea water
(Low tide)

Station No		Depth m	Cu $\mu\text{g/l}$	Pb $\mu\text{g/l}$	Cd $\mu\text{g/l}$	Zn $\mu\text{g/l}$
1	35°04.83' N	0	4.20	7.05	none	59.0
	129°05.90' E	10	8.00	8.30	"	68.4
2	35°05.14' N	0	4.24	3.52	"	51.2
	129°05.98' E	10	7.98	3.57	"	52.5
3	35°05.45' N	0	1.10	3.50	"	31.8
	129°06.14' E	10	2.90	3.57	"	55.9
4	35°05.60' N	0	2.55	3.50	"	31.8
	129°05.18' E	10	9.27	3.92	"	51.2
5	35°05.82' N	0	2.65	9.20	"	74.8
	129°04.16' E	10	8.25	4.65	"	54.2
6	35°06.04' N	0	2.60	4.25	"	51.7
	129°04.37' E	10	6.51	2.50	"	47.0
7	35°06.29' N	0	4.05	6.15	"	68.2
	129°04.60' E	10	7.25	7.80	"	45.0
8	35°07.00' N	0	3.15	5.15	"	52.2
	129°04.32' E	3	10.39	5.35	"	52.5
9	35°07.06' N	0	3.10	8.25	"	28.2
	129°03.97' E	5	7.95	9.50	"	67.5
10	35°07.14' N	0	13.25	5.15	"	70.0
	129°03.62' E	5	10.20	5.40	"	88.5
11	35°06.37' N	0	2.30	5.15	"	34.0
	129°03.70' E	10	10.30	4.52	"	43.4
12	35°05.76' N	0	4.40	5.00	"	45.0
	129°03.03' E	10	9.50	4.00	"	42.0
13	35°05.78' N	0	9.35	5.50	"	52.5
	129°02.82' E	10	1.80	4.35	"	54.5
14	35°05.89' N	0	4.40	5.00	"	34.4
	129°02.66' E	10	2.05	3.40	"	28.6

