

B-18

# フィリピンの水環境に対する人間活動の影響指標としてのハロ酢酸類および粒子態鉛

東京工業大学大学院理工学研究科 ○鈴木洋介、浦瀬太郎

東京工業大学大学院総合理工学研究科 名本伸介

東京工業大学大学院情報理工学研究科 灘岡和夫、田村仁

## 1. はじめに

水中の有機物、窒素、リンなどは環境中を種々の形で循環するものであり、その濃度に影響を与える因子には様々なものがある。一方、特定の有機物や重金属の一部はその起源のほとんどが人間活動に起因するものであり、水環境への人間活動の影響を推定する一つの指標となる。東京工業大学では、フィリピン大学との間で日本学術振興会の拠点大学交流方式により土木環境分野の幅広い学術交流を行っている。その一環として、フィリピンのマニラ首都圏の水環境に含まれる金属と消毒副生成物の一つであるハロ酢酸類を中心に調査した結果を報告する。

## 2. サンプルの採取と実験方法

### 2. 1 サンプルの採取

#### (1) ハロ酢酸類調査サンプル

水道水は Dusit hotel(Dh)と Peninsula hotel(Ph)においては2001年9月に、Sulu hotel(Sh)とフィリピン大学(U.P.)においては2001年10月にそれぞれ、蛇口から採取した。さらに、Marikina river(MK)、San Juan river(SJ)、Pasig river(P1, P4)、Laguna lake(C, E)、Manila bay(B1, B3)において、2001年10月に表層水を採取した。調査地点を図-1に示す。

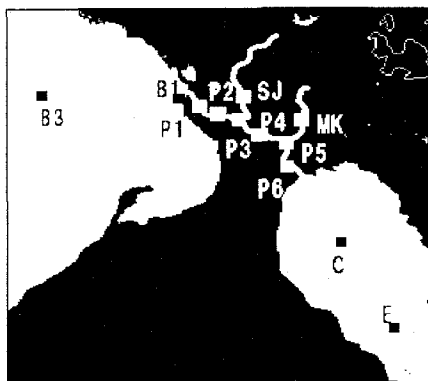


図-1. 採取地点

図-1のSJ, MK, P2, P5において河川表層水と道路脇粉塵を乾季の2003年2月に採取した。道路脇粉塵は河川水を採取した地点に架かっている橋で採取した。さらに、雨季の2003年8月にSJ, MK, P5において河川表層水を採取し、乾季のデータと比較した。

### 2. 2 サンプルの分析

#### (1) ハロ酢酸類分析

分析対象としたハロ酢酸類は、モノクロロ酢酸(MCAA)、ジクロロ酢酸(DCAA)、トリクロロ酢酸(TCAA)およびモノプロロ酢酸(MBAA)である。分析方法は、ほぼ上水試験方法に準じ、以下の手順でおこなった。試料100mlを共栓付比色管に取りpHを0.5以下とした後、塩化ナトリウム40gおよびtert-ブチメチルエーテル(MTBE)4mlを加えて振り混ぜMTBE層を分取して無水硫酸ナトリウムで脱水した。このMTBE溶液2mlを正確に共栓付比色管10mlに取り、これにジアゾメタン溶液200μlを加えて反応させた後、ガスクロマトグラフ質量分析計に注入し定量した。必要な場合には、ナフタレンd-8を内標準として用いた。ガスクロマトグラフのチャート上でピークの認められたものは全て定量値を算出し、検出限界値はおおむね0.01μg/lであった。

## (2) 金属分析

河川水は GF/B によりろ過したろ液を酸分解した溶液を溶解性の試料とし、ろ過していないものを酸分解したものを全量の試料とした。酸分解は硝酸を使い、酸性中で2時間加熱還流することによっておこなった。放冷後、ろ過して夾雑物を取り除き、内標準元素 Bi,Y を添加したものを ICP/AES 測定原液とした。道路脇粉塵は底質調査法におおむね準じ、乾重 0.5g を硝酸 2ml と塩酸 4ml の混酸にて加熱還流した後、ろ過により夾雑物を取り除き、河川水と同様に硝酸と内標準元素を添加した。機器測定において、ICP/AES でピークが出なかった元素については溶液を 10 倍希釈し ICP/MS で測定した。

## 3. 実験結果と考察

### 3. 1 ハロ酢酸類測定の結果

表.1 にフィリピンの水道水、河川水、海水に含まれるハロ酢酸類濃度を示した。参考のため、わが国の都内の3つの河川（多摩川、

表.1 ハロ酢酸類測定結果

| Sampling site        |      | HAAs( $\mu$ g/l) |      |      |      |
|----------------------|------|------------------|------|------|------|
|                      |      | MCAA             | MBAA | DCAA | TCAA |
| Tap water            | Dh   | 0.10             | 0.22 | 2.67 | 6.32 |
|                      | Ph   | 0.06             | n.d. | 0.42 | 1.25 |
|                      | Sh   | 0.03             | 0.08 | 0.49 | 8.19 |
|                      | U.P. | n.d.             | 0.20 | 3.95 | 5.54 |
| Lake                 | C    | n.d.             | n.d. | 0.02 | 0.01 |
|                      | E    | n.d.             | 0.01 | 0.02 | 0.01 |
| River                | MK   | n.d.             | n.d. | 0.04 | 0.43 |
|                      | P1   | n.d.             | n.d. | 0.03 | 0.31 |
|                      | P4   | n.d.             | 0.03 | 0.03 | 0.21 |
|                      | SJ   | n.d.             | n.d. | 0.04 | 0.57 |
| Sea                  | B1   | 0.16             | 0.01 | 0.04 | 0.19 |
|                      | B3   | n.d.             | n.d. | 0.02 | 0.03 |
| River water in Japan |      | n.d.             | n.d. | 0.05 | 0.32 |
| Effluent in Japan    |      | 1.08             | 0.07 | 1.11 | 6.02 |

荒川、墨田川）の中下流の平均値と都内の5つの下水処理場の放流水の平均濃度を示した。フィリピンのホテルの水道水はわが国の給水栓中濃度とそれほど変わりなく、塩素消毒がおこなわれていることがわかった。また、フィリピンの河川水に含まれる TCAA 濃度を見てみると Laguna lake では低く、マニラ首都圏を流れる河川において高くなっていることから塩素消毒をされた水道水由来の水が河川水へ加わっていることが濃度分布からわかった。また、水環境中の濃度はわが国の場合とそれほど差がないことがわかった。

### 3. 2 金属測定の結果

表. 2 に河川水に含まれる金属の全量濃度から溶解性濃度を差し引いて算出した粒子吸着態濃度とその粒子態濃度の全量濃度に対する割合を示した。Pasig river と Manila bay の底泥に含まれる鉛の濃度分布によれば<sup>1)</sup> 底泥中の鉛の濃度は都市活動の影響を敏感に反映することがわかっているが、今回の結果から SJ river などの都市河川で粒子態鉛濃度が高く、そうした鉛が粒子に吸着した状態で河川中を沈降しながら移動していき、塩水との混合で凝集し、Pasig river の底に堆積していることが推測される。

表. 2 河川水に含まれる粒子態金属濃度とその粒子態濃度が全量濃度に占める割合

| Sampling date | Sampling site | Cu              |    | Ni              |    | Co              |    | Pb              |    | Ti              |    | Fe              |    | Cl-  | SS   |
|---------------|---------------|-----------------|----|-----------------|----|-----------------|----|-----------------|----|-----------------|----|-----------------|----|------|------|
|               |               | $\mu\text{g/l}$ | %  | $\mu\text{g/l}$ | %  | $\mu\text{g/l}$ | %  | $\mu\text{g/l}$ | %  | $\mu\text{g/l}$ | %  | $\mu\text{g/l}$ | %  | mg/l | mg/l |
| Feb. 2003     | laguna lake   | 7.32            | 73 | 0.96            | 20 | 1.23            | 88 | 1.89            | 85 | 159             | 71 | 580             | 63 | 238  | 106  |
|               | P5            | 7.57            | 60 | 0.95            | 17 | 1.11            | 82 | 2.73            | 77 | 91              | 56 | 680             | 55 | 234  | 82   |
|               | P1            | 3.71            | 59 | 0.02            | 0  | 0.72            | 71 | 1.75            | 83 | 58              | 43 | 510             | 56 | 202  | 83   |
|               | SJ            | 3.36            | 52 | n.d.            | 0  | n.d.            | 0  | 4.14            | 70 | 0.67            | 0  | 450             | 56 | 34   | 22   |
|               | MK            | 2.19            | 54 | 1.5             | 8  | 0.16            | 10 | 1.14            | 84 | 3.06            | 2  | 580             | 92 | 41   | 35   |
| Aug. 2003     | P5            | 2.57            | 65 | 4.77            | 79 | —               | —  | 0.79            | 98 | 52              | 36 | 1188            | 95 | 119  | 32   |
|               | SJ            | 1.12            | 55 | 0.25            | 13 | —               | —  | 1.16            | 78 | n.d.            | —  | 84              | 19 | 9    | 7    |
|               | MK            | 2.64            | 62 | 4.84            | 82 | —               | —  | 0.55            | 95 | 50              | 35 | 1312            | 96 | 7    | 35   |

表. 3 単位 SS あたりに含まれる河川水中金属濃度および道路脇粉塵に含まれる金属濃度

| 表. 3 の<br>左 2 列に<br>乾季(dry)<br>と 雨 季<br>(rain) に<br>採取した<br>河川水の<br>粒子態鉛<br>濃 度 を<br>SS 1kg あ | River water |       | Road side deposits |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
|                                                                                               | element     | Pb    | Pb                 | Cu    | Ni    | Pb    | Zr    | Cd    | Ti   | Fe   | Mn   | Zn   |
|                                                                                               |             | Feb.  | Aug.               | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | g/kg | g/kg | g/kg | g/kg |
|                                                                                               |             | 2003  | 2003               |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
|                                                                                               |             | mg/kg | mg/kg              |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
|                                                                                               | P5          | 33    | 23                 | 76.5  | 20.3  | 77.6  | 7.3   | 0.2   | 1.6  | 34.9 | 0.7  | 0.5  |
|                                                                                               | P1          | 21    | —                  | 127.8 | 28.5  | 173.1 | 0.3   | 0.4   | 1.4  | 39.6 | 0.6  | 0.8  |
|                                                                                               | SJ          | 188   | 167                | 94.7  | 22.6  | 157.3 | 2.8   | 0.7   | 2.2  | 23.3 | 0.6  | 1.1  |
|                                                                                               | MK          | 33    | 15                 | 54.5  | 24.2  | 76.4  | 1.8   | 0.2   | 1.4  | 74.5 | 1.3  | 0.3  |

たりに換算した結果を示した。さらに右の列には、同じ地点で採取した乾重 1kg の道路脇粉塵に含まれる金属の重量を示している。Laguna lake、Pasig river の SS は砂が多いのに比べて都市河川の SJ river では細かい粒子で SS が構成されており、鉛は砂よりシルトや粘土粒子に吸着しやすいことが推定される。また、今回の粉塵に含まれる鉛の濃度は前回の測定結果<sup>2)</sup>と比べて全体的に低かった。これは今回の粉塵には砂が最大値で 85%(体積比)も含まれていたことが原因であると考えられる。

#### 4. まとめ

(1) ハロ酢酸の検出傾向からフィリピンにおいてもハロ酢酸がわが国と同様の濃度で水道水、河川水から検出され、水道水の環境中でのトレーサーとハロ酢酸がなり得る可能性が示された。

(2) 乾季、雨季を通してパシグ川本流と比較して SJ 川では粒子態鉛濃度が極めて高く、底泥、道路脇粉塵の調査結果と合わせて、道路から河川を経由し、底泥へ至る鉛輸送経路が推測された。

#### 参考文献

- 1) Suzuki, Y. et.al (2003) Proceeding of the Fourth Regional Symposium on Infrastructure Development in Civil Engineering (RSID4, Bangkok), pp151.
- 2) 浦瀬太郎ら. (2002) 水環境学会誌, Vol25, No11, pp657~660.