

## 一般廃棄物埋立処分場浸出水の金属量調査

小林 哲也・佐藤 賢一・小林 正樹  
白井 文雄

## 1 はじめに

一般廃棄物埋立処分場（以下処分場と略記）から発生する浸出水には、多種の重金属が含まれるが、一般的には低濃度であり、重金属に関して直接問題となった事例は少ない<sup>1) 2)</sup>。

しかし、近年処分場やごみ焼却場周辺での水銀汚染が社会的にも問題視されるなど、経済の発展に伴うごみ質の多様化と同時に各種重金属のごみへの混入が問題となってきた<sup>3)</sup>。

処分場は、ごみ焼却場の残渣をはじめ、様々な廃棄物が搬入されており、多種多様な重金属を含む物が埋立られている。そして、それらの金属が浸出水等を通して流出された場合、処分場の多くが山間部の沢や、休耕田となった場所に立地されているため、河川水や地下水等への汚染が懸念される。さらには、浸出水のBOD除去のために生物処理にも影響を及ぼし、機能を低下させ

ることも考えられる。

そこで、著者らは、これらのことを踏まえた基礎調査として、県内処分場の浸出水及び処理施設を経た後の処理水について、各種の金属濃度を調査し、処理施設での金属残存率の算出及び天然水中の金属濃度との比較を行い、処分場浸出水の現状調査を行った。

## 2 調査方法

## 2.1 調査対象

新潟県内18カ所の処分場（A～R）から採取した浸出水及びその内の処理施設を有する処分場（H～R）11カ所から採取した処理水を調査対象とした。

浸出水は、各処分場の構造や立地条件により性状は大きく異なり、その内容も主に埋立地の表面から流出した水（表流水）からなる浸出水、埋立られた廃棄物中の保有水からなる浸出水、廃棄物に接触した雨水等からなる浸出水等様々であった。また処理水も、沈漚槽等の簡易

表-1 処分場の概況

| 埋立地名 | 埋立場所 | 埋立対象物    |          |          |          | 汚水処理施設       | 浸出水量<br>(m <sup>3</sup> /日) | 浸出水、処理施設等の状況                                      |
|------|------|----------|----------|----------|----------|--------------|-----------------------------|---|
|      |      | 可燃<br>ごみ | 不燃<br>ごみ | 焼却<br>残渣 | 粗大<br>ごみ |              |                             |   |
| A    | 山    |          |          | ○        |          | 無            | 不明                          | 多量の沢水が混入  |
| B    | 山    |          | ○        |          |          | 〃            | 43                          | 地下湧水状に流出  |
| C    | 山    |          | ○        |          |          | 〃            | 29                          | 多量の沢水が混入  |
| D    | 山    |          | ○        |          |          | 〃            | 0                           | 埋立地下部の水たまりより採水                                    |
| E    | 山    |          | ○        | ○        | ○        | 〃            | 0                           | 埋立地下部の水たまりより採水                                    |
| F    | 山    |          | ○        | ○        |          | 〃            | 3                           | 地下湧水状に流出  |
| G    | 平地   |          | ○        |          |          | 〃            | 0                           | 埋立地表部の水たまりより採水                                    |
| H    | 山    |          | ○        | ○        |          | 生物処理(回転円板法)  | 140以上                       | 浸出水量多く、処理施設オーバーワーク(計画70m <sup>3</sup> /日)         |
| I    | 平地   |          | ○        |          |          | 〃(活性汚泥法)     | 30                          | 埋立地表部の水たまりより採水                                    |
| J    | 平地   |          |          | ○        |          | 〃(活性汚泥法)     | 100                         | ごみ焼却場の洗浄水等も同施設にて処理                                |
| K    | 平地   |          | ○        | ○        |          | 〃(活性汚泥法)     | 50                          | 汚水処理施設計画値30m <sup>3</sup> /日最大60m <sup>3</sup> /日 |
| L    | 山    | ○        | ○        | ○        |          | 〃(回転円板法)     | 320                         | 浸出水が多く、約2割のみ処理可能                                  |
| M    | 山    |          | ○        | ○        |          | 物理的処理(沈漚法)   | 不明                          | 多量の沢水が混入  |
| N    | 平地   |          | ○        | ○        |          | 生物処理(接触ばっ気法) | 6                           | 処理施設稼動初期運転中                                       |
| O    | 山    |          | ○        |          |          | 物理的処理(活性炭ろ過) | 18.5                        | 活性炭マットは、数カ月前に交換、塩素滅菌                              |
| P    | 山    |          | ○        | ○        | ○        | 〃(沈漚ろ過)      | 不明                          | 小石の上に散水、ろ過水はその後沢水と混じる                             |
| Q    | 平地   |          | ○        | ○        |          | 生物処理(接触ばっ気法) | 50                          | 処理施設前後で採水   |
| R    | 山    |          | ○        | ○        |          | 〃(回転円板法)     | 40                          | 処理施設前後で採水   |

な処理装置を経たものから、高次な処理を行ったものまで様々であった。

2.2 分析方法

JIS・K0102に準拠したが、一部の金属については低濃度域まで測定するために、グラファイト炉原子吸光度法を使用した。

2.2.1 試料の前処理

水銀を除く金属の前処理は次の方法で行った。試水1 lに対して有害金属測定用硝酸(和光純薬製)5 mlを添加し、ホットプレート上で加熱濃縮を行う。残留物が乾固する直前になったところで、再び少量の硝酸を加え加熱濃縮を数回繰り返す。ついで、ろ紙Na5 B(東洋)でろ過し、ろ液を50 mlに定容して、各金属の分析に供した。

2.2.2 金属の定量方法

1) 亜鉛(Zn), 鉄(Fe), マンガン(Mn)

原子吸光度法(ジャーレル・アッシュAA-8500)により測定した。

2) 鉛(Pb), カドミウム(Cd), 銅(Cu), コバルト(Co), クロム(Cr), バナジウム(V), 錫(Sn)

グラファイト炉原子吸光度法(日立180-80偏光ゼーマン原子吸光度計)により測定した。

3) アルミニウム(Al)

クロームアズロールS吸光度法<sup>4)</sup>により測定した。

4) 水銀(Hg)

JIS・K0102に準じて、還元気化原子吸光度法(東芝バックマンMV-253水銀分析計)により測定した。

3 結果及び考察

3.1 浸出水及び処理水中の金属濃度

各処分場の浸出水の分析結果を表-2に、処理水の分析結果を表-3に、比較のための天然水等の各金属濃度<sup>5) 6)</sup>を表-4に示した。また、これらデータを比較しやすくするために箱型図を表示した。(図-1)

この箱型図とは、得られたデータの中央値(Median)を求め、中央値から最小値及び中央値から最大値の二群にデータを分け、それぞれの中央値を求め、これを下ヒンジ(Lower hinge), 上ヒンジ(Upper hinge)とする。次に、下ヒンジ, 中央値, 上ヒンジの三値によって隣接する二つの箱を描き、全体の50%が含まれる範囲を箱型で示す。50%範囲外のデータは、各ヒンジからの離れ具合により、ヒゲ、●, ○, で示し、全体のデータの範囲やばらつきを図示するものである<sup>7)</sup>。

図-1では、天然淡水中の各金属濃度分布<sup>6)</sup>をメッシュで示し比較したが、文献的に濃度範囲の示されていない金属(Cd, Al, V)については、便宜的に平均値の上下10<sup>1</sup>程度の幅を持たせて図示した。なお、Hgについては全て定量下限値未満であったため、図示しなかった。

浸出水, 処理水とも含まれる金属濃度の範囲は広く、浸出水で10<sup>1+6</sup>~10<sup>3+6</sup>µg/l, 処理水でも10<sup>1+0</sup>~10<sup>3+0</sup>µg/lの範囲であった。これは表-1に示すように、埋立対象物や、浸出水の由来が様々であるためと考えられる。

次に、天然淡水中の各金属濃度と比較するとPbとHg以外は、浸出水及び処理水とも濃度分布が高濃度側に偏

表-2 浸出水の分析データ

(単位: pH, 透視度を除いてµg/l)

| 埋立地名 | pH  | 透視度 | Pb  | Zn   | Cd   | Fe                  | Mn   | Cu   | Co   | Cr   | Al    | V    | Sn   | Hg   |
|------|-----|-----|-----|------|------|---------------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
| A    | 7.3 | 30< | 2.6 | 54   | 0.31 | 1.4×10 <sup>3</sup> | 300  | 8.9  | 2.9  | 2.3  | 870   | 1.8  | 1.5  | <0.5 |
| B    | 7.1 | 18  | 8.8 | 130  | 0.07 | 4.6×10 <sup>3</sup> | 1400 | 1.5  | 2.4  | 0.7  | 520   | 2.1  | 2.0  | <0.5 |
| C    | 6.9 | 30< | 0.1 | 5    | 0.01 | 82                  | <15  | 1.1  | <0.2 | <0.5 | <50   | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| D    | 6.0 | 30< | 0.3 | 17   | 0.03 | 14×10 <sup>3</sup>  | 1900 | 2.3  | 5.7  | 2.4  | 1200  | 1.2  | 0.5  | <0.5 |
| E    | 6.2 | 30< | 1.3 | 39   | 0.06 | 840                 | 790  | 4.7  | 7.2  | 0.9  | 150   | 0.6  | 1.4  | <0.5 |
| F    | 6.3 | 30< | 0.6 | 27   | 0.08 | 8.5×10 <sup>3</sup> | 3000 | 2.8  | 43   | 1.4  | 290   | 1.9  | 4.0  | <0.5 |
| G    | 7.3 | 19  | 0.1 | 79   | 0.02 | 1.1×10 <sup>3</sup> | 2100 | 9.7  | 1.3  | 21   | 70    | 6.9  | 5.4  | <0.5 |
| H    | 7.0 | 23  | 1.4 | 83   | 0.77 | 5.8×10 <sup>3</sup> | 6000 | 19   | 14   | 5.8  | 380   | 20   | 8.4  | <0.5 |
| I    | 6.8 | 8   | 0.9 | 220  | 0.10 | 110×10 <sup>3</sup> | 7100 | 3.5  | 1.0  | 4.8  | 310   | 12   | 9.3  | <0.5 |
| J    | 7.8 | 2   | 16  | 310  | 0.74 | 5.4×10 <sup>3</sup> | 500  | 290  | 19   | 9.4  | 150   | 3.0  | 17   | <0.5 |
| K    | 7.8 | 4   | 0.5 | 340  | 0.27 | 5.4×10 <sup>3</sup> | 3300 | 46   | 0.8  | 3.6  | 100   | 5.9  | 27   | <0.5 |
| L    | 7.0 | 6   | 0.9 | 120  | 0.06 | 58×10 <sup>3</sup>  | 1000 | 2.3  | 16   | 8.1  | 560   | 8.0  | 32   | <0.5 |
| M    | 7.6 | 30< | 1.0 | 34   | 0.06 | 250                 | 25   | 4.4  | <0.2 | 2.3  | <50   | 0.6  | 1.3  | <0.5 |
| N    | 6.5 | 30  | 6.1 | 1400 | 0.97 | 123×10 <sup>3</sup> | 8200 | 44   | 110  | 9.2  | 340   | 230  | 610  | <0.5 |
| O    | 7.9 | 30< | 0.5 | 33   | 0.07 | 1.6×10 <sup>3</sup> | 320  | 5.3  | 0.7  | 1.4  | <50   | 1.8  | 22   | <0.5 |
| P    | 7.9 | 30< | 0.9 | 530  | 0.92 | 530                 | 690  | 28   | 3.9  | 0.9  | 290   | 2.3  | 12   | <0.5 |
| Q    | 7.8 | 6   | 5.3 | 500  | 0.40 | 320×10 <sup>3</sup> | 1900 | 120  | 6.3  | 0.7  | 150   | 3.3  | 650  | <0.5 |
| R    | 7.8 | 4   | 3.1 | 280  | 0.94 | 22×10 <sup>3</sup>  | 4300 | 32   | 13   | 4.6  | 37000 | 9.2  | 11   | <0.5 |
| 最大値  | 7.9 | 30< | 16  | 1400 | 0.97 | 320×10 <sup>3</sup> | 8200 | 290  | 110  | 21   | 37000 | 230  | 650  | <0.5 |
| 最小値  | 6.0 | 2   | 0.1 | 5    | 0.01 | 82                  | <15  | 1.1  | <0.2 | <0.5 | <50   | 0.6  | <0.5 | <0.5 |
| 平均値  | 7.2 |     | 2.8 | 230  | 0.33 | 38×10 <sup>3</sup>  | 2400 | 34.8 | 13.8 | 4.4  | 2400  | 17.3 | 78.6 | <0.5 |

表-3 処理水の分析データ

(単位: pH, 透視度を除き  $\mu\text{g/l}$ )

| 埋立地名 | pH  | 透視度 | Pb  | Zn  | Cd   | Fe                | Mn   | Cu   | Co   | Cr   | Al  | V    | Sn  | Hg   |
|------|-----|-----|-----|-----|------|-------------------|------|------|------|------|-----|------|-----|------|
| H    | 7.9 | 30< | 0.3 | 42  | 0.15 | $1.9 \times 10^3$ | 3300 | 4.6  | 3.1  | 3.9  | 110 | 8.2  | 5.8 | <0.5 |
| I    | 8.0 | 18  | 0.3 | 3   | 0.01 | $2.1 \times 10^3$ | 3500 | 1.7  | 0.7  | 3.0  | <50 | 2.0  | 12  | <0.5 |
| J    | 7.0 | 11  | 16  | 240 | 1.8  | $4.1 \times 10^3$ | 420  | 110  | 9.5  | 9.2  | 510 | 1.0  | 28  | <0.5 |
| K    | 7.9 | 30< | 0.5 | 73  | 0.04 | $1.1 \times 10^3$ | 1000 | 22   | 12   | 2.0  | <50 | 3.4  | 16  | <0.5 |
| L    | 8.0 | 30< | 0.2 | 8   | 0.01 | 560               | 3600 | 1.2  | 5.9  | 3.9  | <50 | 2.7  | 6.5 | <0.5 |
| M    | 7.6 | 30< | 0.9 | 38  | 0.06 | 660               | 110  | 4.4  | 0.4  | <0.5 | <50 | 0.8  | 1.1 | <0.5 |
| N    | 6.7 | 20  | 7.9 | 920 | 0.43 | $25 \times 10^3$  | 4500 | 27   | 78   | 4.5  | 270 | 77   | 820 | <0.5 |
| O    | 7.7 | 30< | 0.2 | 33  | 0.14 | 770               | 220  | 7.3  | 0.6  | 1.0  | <50 | 4.7  | 4.2 | <0.5 |
| P    | 7.7 | 30< | 0.2 | 500 | 0.74 | 270               | 1100 | 41   | 2.1  | 3.3  | <50 | 6.9  | 14  | <0.5 |
| Q    | 7.2 | 30< | 11  | 52  | 0.27 | 620               | 1400 | 11   | 4.0  | 0.7  | <50 | 1.3  | 210 | <0.5 |
| R    | 8.1 | 30< | 0.4 | <1  | 0.06 | 70                | 19   | 3.3  | <0.2 | <0.5 | 130 | <0.5 | 8.3 | <0.5 |
| 最大値  | 8.1 | 30< | 16  | 920 | 1.8  | $25 \times 10^3$  | 4500 | 110  | 78   | 9.2  | 270 | 77   | 820 | <0.5 |
| 最小値  | 6.7 | 11  | 0.2 | <1  | 0.01 | 70                | 19   | 1.2  | <0.2 | <0.5 | <50 | <0.5 | 1.1 | <0.5 |
| 平均値  | 7.6 |     | 3.4 | 174 | 0.34 | $3.4 \times 10^3$ | 1700 | 21.2 | 10.6 | 3.0  | 120 | 9.9  | 100 | <0.5 |

表-4 各金属の排水基準及び天然水中の濃度

| 項目                | 排水基準<br>mg/l         | 環境基準<br>mg/l | 海水中濃度 <sup>1)</sup><br>$\mu\text{g/l}$ | 海水中濃度 <sup>2)</sup><br>$\mu\text{g/l}$ | 淡水中濃度 <sup>3)</sup><br>$\mu\text{g/l}$ |
|-------------------|----------------------|--------------|--|--|--|
| Pb                | 1                    | 0.1          | 3                                      | 0.03~13                                | 0.06~120                               |
| Zn                | 5                    | なし           | 1                                      | —                                      | 1~200                                  |
| Cd                | 0.1                  | 0.01         | 0.055                                  | —                                      | 0.054                                  |
| Fe<br>(溶解性)<br>10 | なし                   | なし           | 10                                     | —                                      | 40~1500                                |
| Mn<br>(溶解性)<br>10 | なし                   | なし           | 2                                      | —                                      | 0.3~360                                |
| Cu                | 3                    | なし           | 0.6                                    | —                                      | 0.2~30                                 |
| Co                | なし                   | なし           | 0.5                                    | —                                      | 0.03~10                                |
| Cr                | 2<br>(ただし6<br>価は0.5) | (6価)<br>0.05 | 0.05                                   | 0.6                                    | 0.2~1                                  |
| Al                | なし                   | なし           | 10                                     | 10                                     | 360                                    |
| V                 | なし                   | なし           | 2                                      | 1.5                                    | 1                                      |
| Sn                | なし                   | なし           | 3                                      | 3                                      | —                                      |
| Hg                | 0.005                | 0.0005       | 0.03                                   | 0.01~0.22                              | 0.0001~2.8                             |

っている。そして、その偏りの程度から3グループに金属を分類することができた。

- 1) 両者が完全に重なるもの……………Pb, Hg
- 2) 偏りが大きく、両者の重なりが少ないもの……………Fe, Mn, Cr
- 3) 1)と2)の中間的な偏りを示すもの……………Zn, Cd, Cu, Co, Al, V

処分場NのV, Sn, 処分場RのAl, 処分場QのSnに見られるように、Al, V, Snは高濃度側にはずれ値があり、他の金属とは異なった特徴をもっていた。これは、埋立内容物と深い係りがあると考えられ、今後それらの関連を調査する必要があると思われる。

なお、表-4に示した水質汚濁防止法の排水基準を処分場管理の上の基準とするならば、有害物質項目のPb, Cd, Hgについては、すべてその1/10未満であり、一般

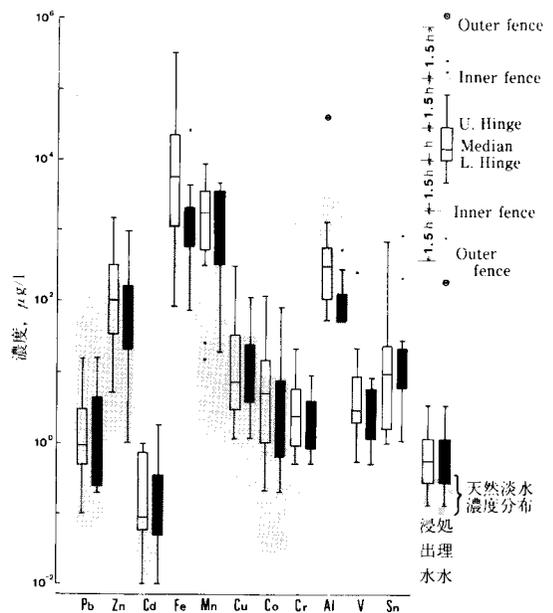


図-1 浸出水及び処理水中の金属濃度分布

項目のZn, Cu, Crも基準以下で、浸出水、処理水とも概ね良好な水質を示していた。ただ、Fe, Mnについては、排水基準では溶解性のもののみを対象としているため本調査での全鉄、全マンガン分析データとは直接比較できないが、高濃度のFeとMnが検出された処分場があり、今後注意を払う必要があった。

### 3.2 浸出水処理施設の金属除去機能

下水道終末処理場等に流入する微量重金属が、活性汚泥に濃縮され、その汚泥を農地還元する場合の障害になることは良く知られている。したがって、処分場でも浸

表-5 各金属残存率

|    |     | (単位:%) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|    | Pb  | Zn     | Cd  | Fe  | Mn  | Cu  | Co  | Cr  | Al  | V   | Sn  |
| H  | 21  | 51     | 20  | 33  | 55  | 24  | 22  | 51  | 29  | 0.4 | 69  |
| I  | 33  | 1.4    | 10  | 1.9 | 49  | 49  | 70  | 63  | 16  | 17  | 130 |
| K  | 100 | 22     | 15  | 20  | 30  | 48  | 15  | 56  | 50  | 58  | 59  |
| L  | 22  | 6.7    | 17  | 1.0 | 360 | 52  | 31  | 48  | 8.9 | 34  | 20  |
| N  | 130 | 66     | 44  | 20  | 55  | 61  | 71  | 49  | 79  | 34  | 130 |
| Q  | 210 | 10     | 68  | 0.2 | 74  | 9.2 | 64  | 100 | 33  | 39  | 32  |
| R  | 13  | 0.4    | 6.4 | 0.3 | 0.4 | 10  | 1.5 | 11  | 0.4 | 5.4 | 76  |
| 最大 | 210 | 66     | 68  | 33  | 360 | 61  | 71  | 100 | 79  | 58  | 130 |
| 最小 | 13  | 0.4    | 6.4 | 0.2 | 0.4 | 9.2 | 1.5 | 11  | 0.4 | 0.4 | 20  |
| 平均 | 76  | 23     | 26  | 11  | 89  | 36  | 39  | 54  | 31  | 27  | 74  |

出水を生物処理した場合、処理途中で重金属が汚泥中に移行し、水中から除去されるものと考えられる。そこで、生物処理を行っている施設7カ所について、処理前後における金属濃度を調査し、処理水中の各金属の残存率=(処理水中濃度/浸出水中濃度)×100(%)を算出し、金属除去効果を検討した。(表-5)

その結果、一部の処理場でSn, Mn, Pbに処理後の方が高濃度となる場合が見られたが、概ね生物処理により各金属が除去されていることが示唆された。

しかし、各金属の残存率は、施設間差が大きく、同じ金属であっても最大値と最少値に100倍以上の差がある場合もあった。これは、処理施設への流入段階での濃度差が施設によって大きく異なること、浸出水の金属濃度自身の変動が大きいことに起因しているものと考えられる。したがって、今後より詳細な調査を行って、金属除去機能について検討する必要があると考えられる。

#### 4 ま と め

新潟県内18カ所の処分場浸出水及び11カ所の処分場浸出水処理施設の処理水について、その含有重金属濃度の現状調査を行った結果、次のような知見が得られた。

1) 浸出水及び処理水共に、有害金属(Pb, Cd, Hg)は全て管理目標となる水質汚濁防止法に定める排水基準

未満であった。ただし、Fe, Mnについては、高濃度に検出される処分場が見られた。

2) 現状の浸出水及び処理水の重金属濃度分布範囲は、天然淡水中のそれと比較して概ね高濃度側に偏っていた。その偏り方は金属種によって異なるため、その割合によって3グループに分けることができた。

3) 調査を行った処分場の生物処理施設では、概ね重金属は除去されていることがわかった。ただし、今回の調査データのみでは、処理施設の構造や金属種による残存率の違い等を総合的に解析することは困難であった。

#### 参 考 文 献

- 1) 浦辺貞郎：環境技術，11，4，45(1982)。
- 2) 環境技術研究会：都市ごみ処理ガイドブック，p.995(1982)。
- 3) 二見寿之：環境技術，8，12，33(1979)。
- 4) 日本薬学編：衛生試験法注解，p.902(1983)。
- 5) 化学大辞典編集委員会：化学大辞典2縮刷版，2，p.250(1963)。
- 6) (社)日本環境測定分析協会：環境測定分析法注解，第3巻，(1985)。
- 7) 渡部洋他：探索的データ解析入門，p.33，(1985)，(朝倉書店)