

B-21 降水中変異原物質の土壌による吸着

富山県立大学短期大学部 ○奥川光治 千本松毛晒工業(株) 石田博子  
岩手大学工学部 井城慶子 富山大学工学部 長澤ひとみ

1. はじめに

著者らはここ数年、水環境における化学物質の動態を解明する一環として、水道水源の流域において、降水、河川水、貯水池水などの変異原性を明らかにしてきた(奥川・楠井, 1996; 奥川・能登, 1996; Okugawa and Kusui, 1997). その結果、降水では変異原性が認められることが多いのに対し、河川水、貯水池水等ではあまり変異原性が認められないことが明らかとなり、その原因として河川流域の土壌による変異原物質の吸着が考えられた。そこで本研究では、降水中の変異原物質の土壌による吸着を実験的に確認することを目的とする。

2. 実験方法

降水中の変異原物質の土壌による吸着実験として、降水サンプルに土壌を添加し攪拌処理する方法(表1)と土壌カラム(または落葉カラム)に降水サンプルを通水する方法(表2)との2種類の実験を実施した。攪拌処理実験SS1では5Lピーカーに風乾土壌30gと降水5Lとを入れ、マグネティックスターラーで2時間攪拌し、静置後上澄水をグラスファイバーフィルター(ADVANTEC製, GB140)で濾過し、濾液を分析した。以下の実験でも分析はすべて濾液について行なったが、説明は省略する。実験SS2では風乾土壌30gを蒸留水5Lで30分間攪拌洗浄する操作を5回繰り返した後、降水5Lを2時間攪拌処理した。以下、5回の洗浄水を蒸留水処理水1～5とする。カラム処理実験SC1では直径2.5cmのガラス管に風乾土壌を2cm充填し、蒸留水で洗浄後さらに蒸留水4.5Lを通水した。実験SC2では同様のカラム(風乾土壌3cm)に降水5Lを通水した。実験SC3では直径11cmのブフナー漏斗に風乾土壌を3cm充填し、蒸留水で洗浄後、蒸留水5Lを通水し蒸留水処理水を得た。その後降水5Lを通水し降水処理水を得た。実験SC4では実験SC3で用いた土壌カラムを蒸留水で洗浄後、土壌カラムに蒸留水5Lを、続いて降水5Lを通水した。実験LC1では直径2.5cmのガラス管に落葉を26cm充填し、蒸留水

で洗浄後、降水4.8Lを通水した。実験で用いた降水は富山県中央部の小杉町で採取した降水(実験SC2)または富山市西部で採取した屋根流出雨水(実験SC2以外)である。一方、実験で用いた土壌は富山県西部の庄川水系小牧ダムに流入する湯谷川流域で採取した褐色森林土であり、1.2mmの篩により小石、木の根、落葉は取り除いた。強熱減量は26.6%である。使用した落葉は同一地点で採取した広葉樹の落葉である。また、攪拌処理、カラム処理いずれも室温20～24℃で実施した。

分析項目はpH、電気伝導率(EC)、紫外部吸光度(260nm, 50mmセル使用; E<sub>260</sub>)、COD

cr、変異原性(Ames test)などである。Ame

表1 降水中変異原物質の土壌吸着実験(1).

| 実験番号 | 吸着剤 | 吸着方法 | サンプル              |
|------|-----|------|-------------------|
| SS1  | 土壌  | 攪拌   | 96/08/24降水        |
| SS2  | 土壌  | 攪拌   | 蒸留水<br>96/11/15降水 |

表2 降水中変異原物質の土壌吸着実験(2).

| 実験番号 | 吸着剤 | 吸着方法 | サンプル       | 通水速度<br>mL/min | 通水量<br>L |
|------|-----|------|------------|----------------|----------|
| SC1  | 土壌  | カラム1 | 蒸留水(洗浄)    | 5              |          |
|      |     |      | 蒸留水        | 5              | 4.5      |
| SC2  | 土壌  | カラム1 | 蒸留水(洗浄)    | 4              | 0.16     |
|      |     |      | 96/08/24降水 | 4              | 5.0      |
| SC3  | 土壌  | カラム2 | 蒸留水(洗浄)    | 10             | 30.0     |
|      |     |      | 蒸留水        | 10             | 5.0      |
|      |     |      | 97/07/15降水 | 5              | 5.0      |
| SC4  | 土壌  | カラム2 | 蒸留水(洗浄)    | 3              | 12.4     |
|      |     |      | 蒸留水        | 6              | 5.0      |
|      |     |      | 97/11/22降水 | 6              | 5.0      |
| LC1  | 落葉  | カラム1 | 蒸留水(洗浄)    | 10             | 5.4      |
|      |     |      | 97/03/01降水 | 10             | 4.8      |

カラム1: 直径2.5cm. カラム2: 直径11cm

s test は、S9mix添加(+S9mix)、無添加(-S9mix)の両条件で、*Salmonella typhimurium* TA98およびTA100株を用いたプレインキュベーション法により行なった。試料の前処理、試験結果の評価基準など詳細は既報(奥川・楠井, 1996)を参照されたい。

### 3. 実験結果

#### 3.1 攪拌処理実験

図1に実験SS1の変異原性試験に関する結果を示した。降水および降水処理水の変異原性は4条件とも陽性( $MR \geq 2.0$ )または擬陽性( $2.0 > MR \geq 1.5$ )であり、しかもTA98/+S9mixとTA100/-S9mixの条件では攪拌処理することにより変異原性が強まっており、変異原物質の溶出があったと考えられる。攪拌処理することにより $E_{260}$ は0.072から0.222に増加、 $COD_{Cr}$ は1.17mg/Lから14.8mg/Lに増加しており、フミンの溶出もあったと思われる。そこで、実験SS2では前もって蒸留水により土壌を洗浄したあと攪拌処理実験を行なった。その実験結果を図2に示した。蒸留水処理水1は言うに及ばず蒸留水処理水5でも-S9mixの条件では陽性または擬陽性であった。+S9mixの条件では陰性と判定されたが、蒸留水処理水1の場合はMR値が擬陽性に近い値であった。降水の処理結果について見ると、TA100/-S9mix以外の条件において攪拌処理によりMR値の若干の低下があったが、TA100/-S9mixの条件においては逆にMR値が増加した。図3からわかるように土壌を繰り返し洗浄することにより洗浄水(蒸留水処理水)の有機物濃度は低下したが、引き続き降水を攪拌処理した場合、降水処理水の有機物濃度はやはり降水より増加した。

#### 3.2 カラム処理実験

以上のように攪拌処理では土壌から変異原物質とフミンが溶出すると思われるので、できるだけ土壌が攪乱されない状態で処理するためにカラム処理実験を実施した。図4は小カラムを使用した実験結果(実験SC1, SC2)である。降水の処理結果について見ると、降水ではTA100/+S9mixの条件で変異原性が擬陽性であったが、カラム処理によりMR値が低下した。しかし、蒸留水処理水の場合TA100/+S9mixの条件で擬陽性となっており、変異原物質の溶出があったと考えられる。そこで、カラムの単位面積あたりの通水速度を小さくするため実験SC3, SC4では大カラムを使用した。実験SC3, SC4いずれの結果をみても(図5, 6), 降水で陽性または擬陽性でもカラム処理によりMR値が低下し陰性となった。しかし、蒸留水処理水で擬陽性となる条件が

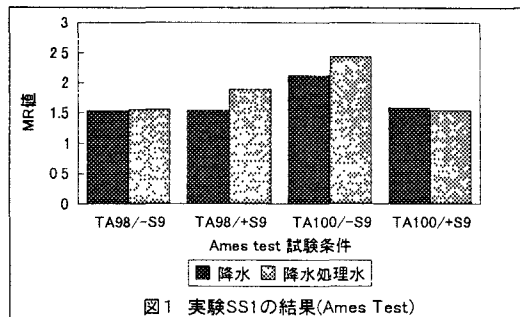


図1 実験SS1の結果(Ames Test)

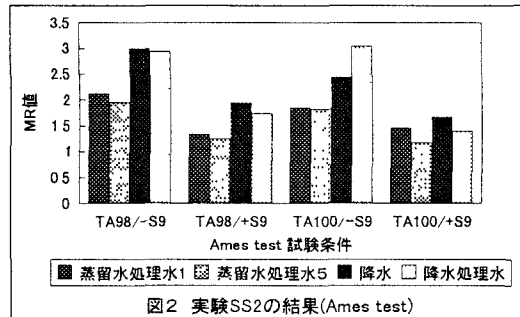


図2 実験SS2の結果(Ames test)

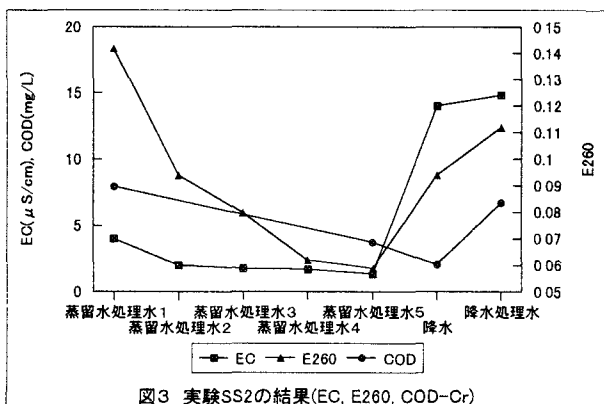


図3 実験SS2の結果(EC, E260, COD-Cr)

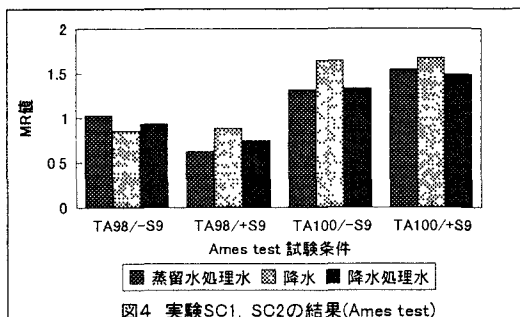


図4 実験SC1, SC2の結果(Ames test)

あった。実験SC2, SC3, SC4において降水と降水処理水の有機物濃度を比較すると、降水の濃度の変動はあるが、降水処理水ではCOD<sub>Cr</sub>が4.75～5.96mg/L, E<sub>280</sub>が0.114～0.175まで増加した。これは攪拌処理実験よりは低濃度である。土壌のかわりに落葉を充填したカラムによる実験(LC1)の結果(図7)について言うと、陽性または擬陽性であった降水がカラム処理により擬陽性または陰性となった。

#### 4. 考察

攪拌処理実験の蒸留水処理水の結果から明らかなように土壌の攪乱によりフミンだけではなく変異原物質も溶出した。この傾向はカラム処理実験でもとくにTA100/+S9mixの条件で認められた。今回のカラム処理実験の通水速度を降雨強度に換算すると一番小さい場合でも約38mm/hであり、非常に強い雨とすることができる。土壌をカラムに充填し、実験するため、自然状態に比べ土壌層が安定していないことも考えあわせると、カラム処理実験でも土壌の攪乱は自然状態に比べ大きいと言える。土壌から溶出した変異原物質は降水から土壌に吸着されていたものと考えられるが、自然に形成された可能性もあり、その検討は今後の課題である。

上述したように一定程度土壌が攪乱されている状態での実験であるが、降水を土壌カラムで処理することにより降水中の変異原物質が土壌に吸着されたと思われる。降水処理水の有機物濃度が高くなったのはフミンによるものと考えられ、降水の変異原性がカラム処理により低下したのは、変異原物質の土壌への吸着ではなく、溶存態フミンとの結合による可能性もある。しかし、攪拌処理実験では有機物濃度が高くなったのにも関わらず変異原性の低下が認められなかったことを考えると、変異原物質と溶存態フミンとの結合による変異原性の低下はなかったと考えられる。

落葉カラムによる処理実験でも変異原性が低下したことから、自然の土壌においても表層の落葉、腐葉、土壌全体で変異原物質が吸着されるものと考えられる。

#### 5. おわりに

本研究では、降水中の変異原物質の土壌による吸着を実験的に確認することを目的とした。吸着実験として、降水サンプルに土壌を添加し攪拌処理する方法と土壌カラム(または落葉カラム)に降水サンプルを通水する方法との2種類の実験を実施した。得られた結論は以下のとおりである。(1)土壌の攪乱により変異原物質が溶出するため、蒸留水処理水でも変異原性が認められた。(2)土壌カラムで処理することにより降水中の変異原物質が土壌に吸着された。(3)落葉カラムでも降水中の変異原物質が吸着された。

共同研究者の市姫直美さん、地崎允洋君、堀めぐみさんに深甚なる謝意を表したい。

#### 6. 参考文献

奥川・楠井(1996)環境衛生工学研究, Vol.10, No.1, 7-15.

奥川・能登(1996)第33回環境工学研究フォーラム講演集, 147-149.

Okugawa K. and Kusui T. (1997) Proceedings of 6th IAWQ Asia-Pacific Regional Conference, 973-980.

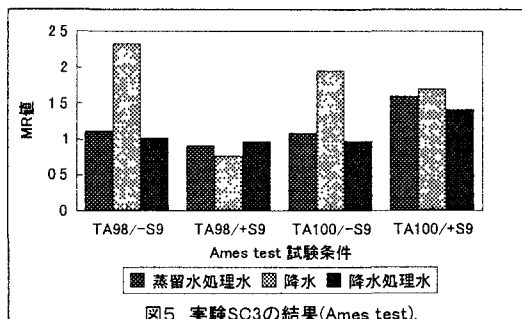


図5 実験SC3の結果(Ames test).

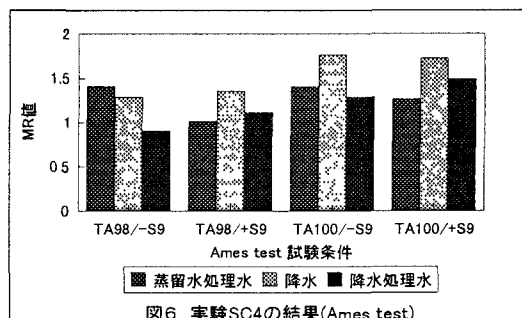


図6 実験SC4の結果(Ames test).

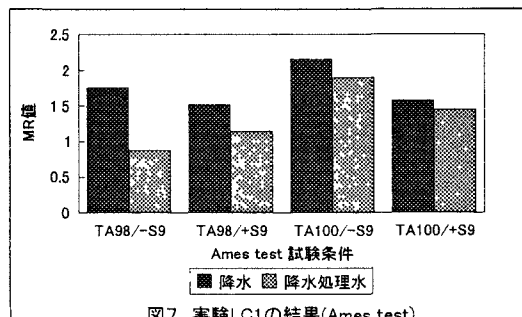


図7 実験LC1の結果(Ames test).