

1. はじめに

土壌を通過してきた水には、土壌の化学成分に由来する様々な成分が含まれている。この成分の種類や濃度には、土壌の種類や含有水分量、溶出の難易、温度等が複雑に依存していると思われる。そして、これらの成分が水質の水質の基礎となると重要な意味を帯びていると考えられる。が、これらの成分の溶出のメカニズムを把握するためには、水分の土壌中での経路や滞留時間等を知る必要があり、これはほとんど不可能に近い。そこで、溶出機構を知る一歩として、成分の溶出が把握しやすい有機性土壌を用い、人工的な試料を使う室内実験により検討を加えてみた。あくまで、フラスコ内の理想状態に於ける溶出実験であるが、時間経過に伴う成分の濃度変化、水温による溶出機構の変化等を調べ、二、三の知見が得られたのでここに報告する。

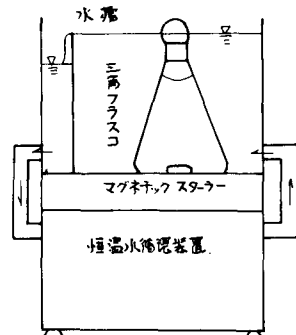
2. 実験装置と方法

実験に用いた土壌は、秋田市横森の地表面下約1mに分布する有機性土壌で、繊維質に富む含水比の高い土壌である。この成分を表-1に示した。図-1には、実験装置を示した。温度を一定に保つために全体を恒温水槽に入れ、下からマグネチックスターで攪拌する装置とした。水と土壌との重量比は、攪拌を容易にするために100:1とし、水は蒸留水を使用した。実験方法は、土壌に水を加えた後、手でやや、くりに約100回振とうしてからスターで5分間攪拌し、これをゼロタイムとして実験を開始し、一定時間毎に試料を採水して水中の有機成分を測定する方法とした。

表-1. 土壌の成分

含水比	700~900%
有機物含量	87%
KMnO ₄ による 酸価消費量	12.0 mg O ₂ /g 乾泥

図-1. 実験装置



試料は、混合液を1回に約50ml採水し、約3,600~10,000rpmの速で分注器で約20分間分注し、この上澄み液を孔径0.45μmのミリポアフィルターを用いて水流ポンプで吸引口通り、その口液について有機成分を測定した。測定項目は、COD、TOC及び紫外吸収度(E₂₂₀とE₂₅₀)である。水温は、10、20及び30℃とした。

3. 溶出の考え方

土壌からの有機成分の溶出については、時間と共に濃度は増すが、この濃度には比例して分解も生じており、従って溶出曲線は図-2のようになると考えられる。即ち、溶出と分解の二つの速度が合成されて成分濃度が決まるものと考えると次の式が導かれる。

$$dC/dt = K_1 \cdot L - K_2 \cdot C \quad (1)$$

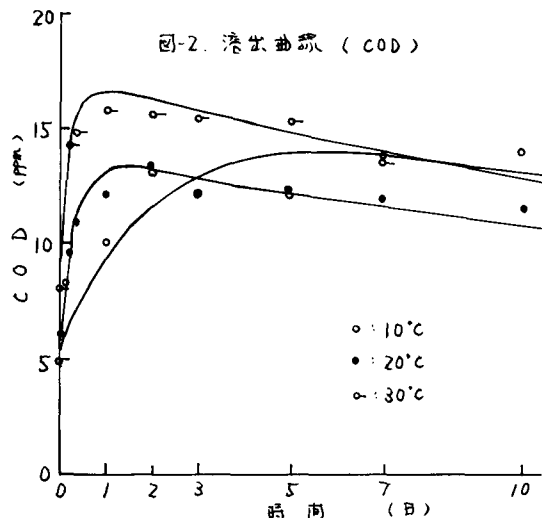
$$L = L_0 \cdot \exp(-K_r \cdot t) \quad (2)$$

ここに、C: 混合液中の有機物質濃度、L: 土壌の有機物質濃度、L₀: 土壌の初期有機物質濃度、t: 時間

K₁: 溶出係数、K₂: 分解係数、K_r: 除去係数

K₂は、別の分解実験から求め、K_rは、溶出曲線の初期の勾配から求めた。Lは、過Mn酸カリウム消費量である。

図-2. 溶出曲線 (COD)



K_1 については、データを(1)式に当てはめ残差が最小になるように計算により求めた。

4. 結果と考察

1. 溶出曲線

図-2に、各時間毎のD液のCODを、温度別(プロット1)に示した。実際は、データに(1)式を当てはめ求めた溶出曲線である。各温度毎にデータにはかなりのばらつきが認められるが、有機成分濃度がほぼ(1)式と満足して増減することが認められる。水温の影響についても、温度が上昇すると溶出速度が大きくなり、分解速度も対応して微増する傾向が見られる。DOCと紫外吸光度についても、ほぼ同様の傾向が見られた。

2. K_r について

K_r は、土壌から有機成分が失われる際に土粒子が細分されて拡散していく速度や水分の浸出速度あるいは大気中への揮散速度などの現象を統括してまとめた係数である。従って、これらの速度を決定することと等しい。また K_r のみを分離して求めることもできない。そこで、溶出曲線の中点(2)に注目し、このデータから求めることにし、この一例を図-3に、水温別(プロット2)に示した。この結果、 K_r については、絶対値がかなり大きく溶出に大きく影響すること、及びこれには紙質に水分が多く含まれていることが関係していることと見られ、有機成分に密着した水分の浸出が比較的短時間内(1)に完了することなどが認められる。DOCと紫外吸光度についても同様の傾向が認められた。

3. K_2 について

水溶液中の有機成分の分解は、一次反応式に従うと思われ、この一例をCODについて図-4(水温別)に示した。この曲線の勾配から、各水温(1)に於ける分解係数が求められた。

4. 溶出係数

K_1 については、常に分解を伴うために実験的に求めることはできない。そこで、前述のように(1)式にデータを当てはめ求めたが、この係数の中には、通マニガニ酸カリウムによる酸素消費量($LO: 7 \sim 8 \times 10^9$ ppm程度)のうちどの程度がCODやDOCとして溶出するかの意味も含んでいる。この結果を、各項目別、水温別(図-5)に示した。図から、水温の上昇と共に係数値が大きくなることは各項目共通しているが、CODとDOC、紫外吸光度の間には、逆(1)オーダー程度の差があること、CODとDOCとも図はかなり異なることなどが認められる。

以上、室内実験により溶出のメカニズムや温度との関係を検討し、各速度係数等を求めることができた。が、土壌とD液の分離が必ずしも十分でないこと、 K_r の物理的意味を説明する必要があり、総合有機物指標だけでなく各成分の定量も行、た方がよいこと等誤差もあり、更に検討を進めたい。

図-3. K_r (COD)

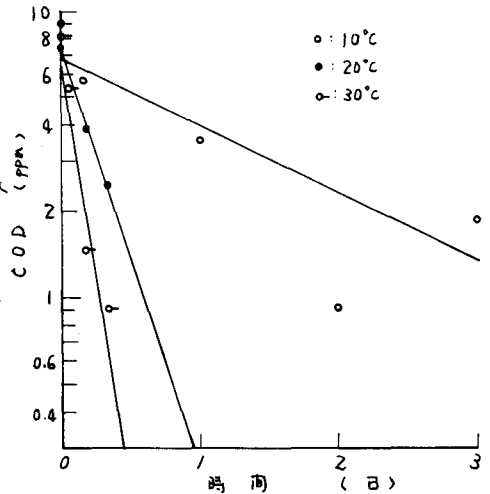


図-4. 分解係数 (COD)

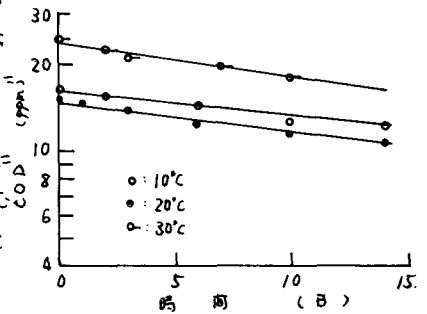


図-5. K_1 と温度との関係

