

II-72 不飽和土壤中での水分と溶質の鉛直移動に関する実験的研究

国立環境研究所 ○大坪 国順

1 緒論

一基の大型ライシメータによる不飽和鉛直浸透実験から降雨に伴う土壌層内の水分量分布の伝播速度は雨水自体の移動速度より2オーダー大きいことを明らかにした¹⁾。また、雨水は降雨後限られた時間のみ浸透することを土壌温度変化特性から見いだした²⁾。これらの事実の普遍性を実証するために、別の大型ライシメータを用いた実験を行った。今回は2基のライシメータにおける不飽和、及び飽和状態での重水と Cl^- の挙動とその他のイオンの挙動について報告する。

2 実験方法

毎週65 lの蒸留水を散水した。Lysimeter #4 (Lysi.#4と呼ぶ) には14000 ppmの重水と67ppmの NaCl を、Lysimeter #2 (Lysi.#2と呼ぶ) には20000 ppmの重水と760 ppmの NaCl を第1週目に散水した¹⁾。地下水位はLysi.#2の場合105 cm、lysi.#4の場合230cmである。

3 実験結果及び考察

図-1はLysi.#2における土壌水採水位置での重水濃度の週間変化である。図

-2は Cl^- の場合である。両者とも鉛直方向に拡散しながら流下することがわかる。図-3はLysi.#2とLysi.#4に対して、各深さを重水と Cl^- の濃度の極大値が通過する週を示した。Lysi.#2、Lysi.#4とも重水の極大値の移動速度は Cl^- の場合の約2倍である。重水の結果からlysi.#2のほうがLysi.#4より25cmまでは浸透が早く、それより深い

層で遅くなるのが認められる。この結果は、浸透深さと週間浸透量の実験結果と整合し³⁾、土壌水は主に押し出しにより下層へ移動することがわかる。これに対して図-4はLysi.#2とLysi.#4に関して、各位置(深さ)をサクションの極小値が通過する時間を示した。図-3及び4の結果から、降雨に伴う土壌層内の水分量分布の伝播速度は雨水自体の移動速度よりはるかに大きいという事実が普遍性のあるものであることが実証された。また、図-1、2及び3から、重水、 Cl^- とも地下水位に到達した後は拡散が大いに促進されたことがわかる。

図-5は、Lysi.#2での毎週の重水と Cl^- のrecovery ratio

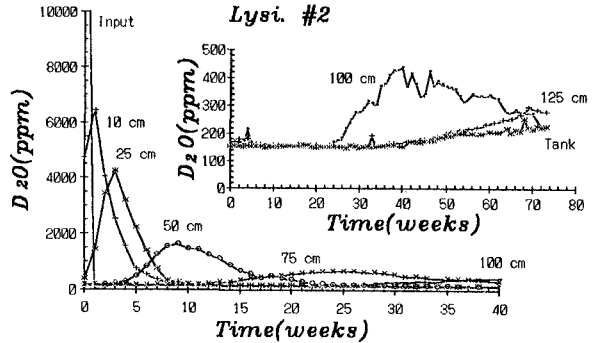


図-1

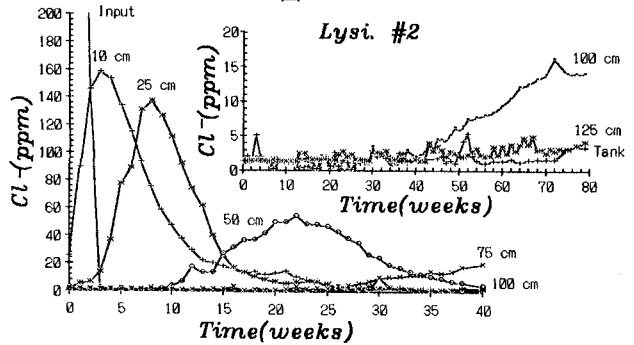


図-2

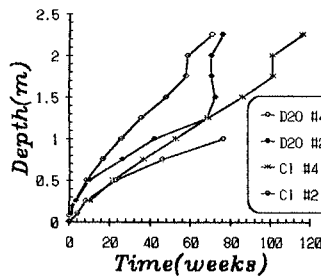


図-3

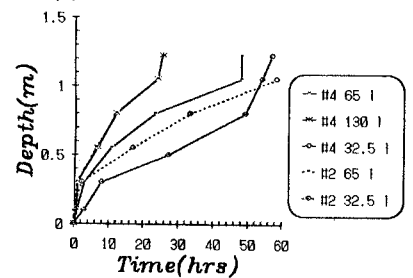


図-4

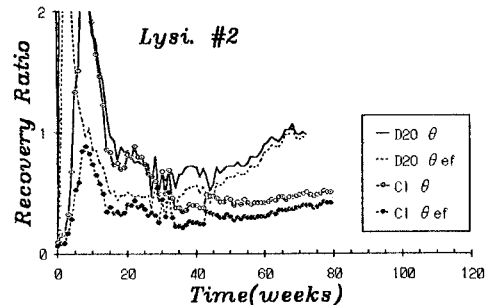


図-5

（各週毎のライシメータ内の溶存態の全量と累積系外排出量の和と添加した量の比である。recovery ratioが1.0の場合には溶存態量に増減がなく、1以下では吸着などによる減量、1以上で溶脱による増量となる。）実線は実測値の水分率 θ を用いて計算した場合、破線は有効水分率 θ_{ef} （深さ平均では 0.8θ ）を用いて計算した場合である。Lysi.#2では、重水は殆ど吸着が起こらず、 Cl^- は50%近くが吸着したままであると考えられる。図-6はLysi.#4での重水と Cl^- の recovery ratioである。Lysi.#2と同様、重水は殆ど吸着が起こらず系外に排出された。 Cl^- も重水に比してかなり遅れるが、投入された Cl^- の全てが系外に排出された。

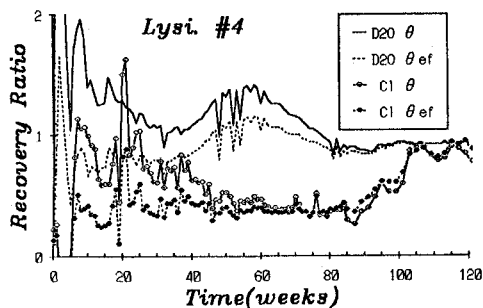


図 - 6

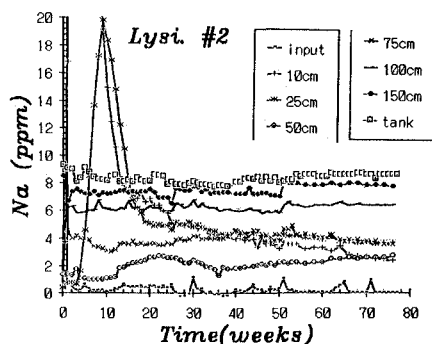


図 - 7

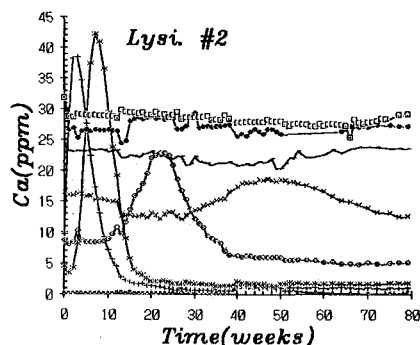


図 - 8

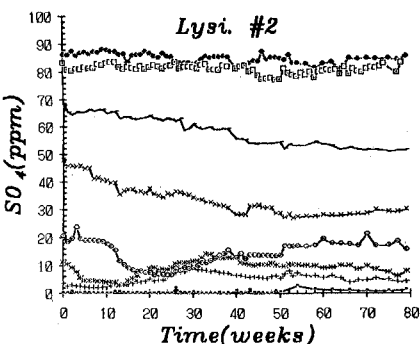


図 - 9

図-7は Na^+ 濃度の各深さでの週変動である。添加された Na^+ イオンは25cm層まではその影響が顕著であるが50 cm層では影響は非常に小さくなる。25cm層までは Na^+ のfrontは際立つがtailは非常に後を引いていることがわかる。これは一旦土壌粒子に吸着された Na^+ が、徐々に蒸留水中の H^+ と置換し再溶脱するためと考えられる。図-8は Ca^{++} の各層での週変動である。極大値が減衰しながら下方へ移動することがわかる。投入された Na^+ の一部が土壌粒子に吸着していた Ca^{++} の一部と置換したため土壌水の Ca^{++} 濃度が一旦は増加し、その後流下に伴い拡散・再吸着により濃度が減少したものと考えられる。 Mg^{++} の週変動も同様な傾向を示した。各陽イオンの極大値の移動速度は Cl^- の極大値の移動速度とほぼ一致する。各陽イオンでfrontがtailに比してsharpに現れる傾向はBarnesの実験結果⁴⁾とも一致する。図-9は SO_4^{--} の各層での週変動である。蒸留水による洗い出しのため濃度は減少するものの $NaCl$ 投入の影響がほとんど現れていない。 NO_3^- 、 NO_2^- 等の陰イオンについても同様であった。投入された Cl^- の過渡的な吸着は土壌表面での OH^- との陰イオン交換が主なものと考えられる。その証左として、蒸留水のpHは CO_2 のとけ込みにより6以下であるが土壌水では7.5程度に上昇している。

4 結論

1) 重水は土壌層内で殆ど吸着しなかった。吸着能の小さい Cl^- の場合、イオン交換反応と考えられる過渡的な吸着によりかなりの輸送の遅れや拡散が生じた。しかし、最終的には、系外に排出されると思われる。

3) 降雨に伴う土壌内の水分量分布の伝播速度は雨水の移動速度よりはるかに大きいという事実の普遍性が確認された。

4) 投入された $NaCl$ は土壌表面での陽イオン交換反応により土壌中の陽イオン分布に影響を及ぼすが陰イオンはさほどでもない。ただし、大量の場合は土壌水のアルカリ度を増す恐れがある。

5 参考文献

- 1) 大坪(1988):第32回水講, pp.101-106.
- 2) 大坪(1990):水工論文集, Vol.34., pp.695-700.
- 3) 大坪(1991):水工論文集, Vol.35, pp.1-7.
- 4) Barnes, J. (1986): Wat. Res. R., Vol.22, No.6, pp.913-918.