

京都大学 学生員 樋口浩行

京都大学 正員 井上頼輝

京都大学 正員 堀内将人

1. はじめに 東京都六価クロム鉍さい事件が発生して以来、通気層中の有害物質の上方移動、蓄積を実験的に確認しその機構を解明する研究が進んでいる。その結果表面からの水分蒸発に伴うも管圧変化により水分が上方に吸い上げられ表面付近で水分のみが蒸発して有害物質が表面付近で蓄積する事がわかった。⁽¹⁾しかしこれらの研究が降雨の影響を考慮したものはほとんどなく、特に日本においては地表面からの水分蒸発量よりも降雨量の方が上回、ているにもかかわらず、有害物質の上方への移動が確認されている事から降雨の影響も考慮して研究を進める事が必要不可欠である。本研究は、蒸発量と等量の降雨を与えた場合に降雨が物質移動に及ぼす影響を実験的に把握し、その結果から蒸発-降雨過程での物質移動機構を解明する事を目的とする。

2. 実験装置及び方法 図-1に示すようなアクリルカラムに試料砂を均一につめ、物質トレーサーとしての Cl^- 約3500ppmを含む原液中にカラムを完全に沈め間隙を原液で飽和させる。つぎにカラムを原液から取り出し底部の穴から重力排水をさせる。この間蒸発を抑制するためにカラム頂部はフィルムカバーで覆、おく。1日後に底部の穴をふさぎ図-1の矢印の部分から原液を供給しカラム下部に自由水面を形成させる。この状態でカラム頂部のフィルムカバーをはずして28日間放置し水分蒸発を行なわせる。つぎに水分蒸発量と等量の純水をカラム頂部より一様に与える。この後再び水分蒸発を抑制しながら7日間水分を再分配させる。以上の各過程で水分及び Cl^- 分布がどのように変化するかを実験した。また水分蒸発-降雨の過程を2回あるいは3回繰り返す実験も行、た。

3. 実験結果及び考察 各過程でのカラム内水分及び Cl^- 分布を図-2~6に示す。水分蒸発開始前の水分及び Cl^- 分布とともに自由水面からの高さが40cm以上ではほぼ一定値を示している。つぎに28日間の水分蒸発後の分布では、表層付近でかなりの Cl^- の蓄積がみられる。この状態に降雨として純水を加えると、 Cl^- の蓄積量はかなり減少するものの、明確に Cl^- の蓄積が残り、ている。また蓄積量ピークの位置は降雨前と比べ2変、ていない。さらに水分蒸発-降雨の過程を繰り返した場合、繰り返し回数が増加に伴い Cl^- の蓄積量が増大した。また蓄積ピーク位置は、蒸発-降雨の繰り返し回数に関係なくほとんど変、ていない。この様に蒸発量と等量の降雨がある場合でも物質の表層付近での蓄積が確認された、以上の実験事実から次の様な蒸発-降雨過程での物質移動機構を推測

することができる。

Cl^- は砂にほとんど吸着されないの、降雨による初期水分の排除が完全に行われたとすると、初期水分中の Cl^- は添加された降雨量に対応する深さ(本実験では約10cm)より下層にのみ分布するはずである。しかし実験結

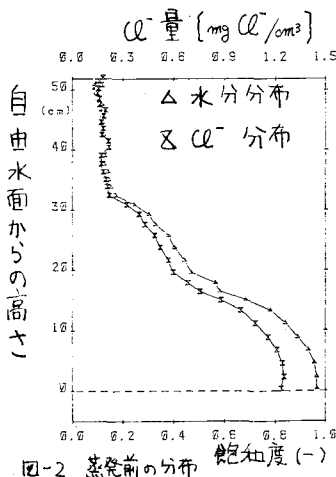


図-2 蒸発前の分布

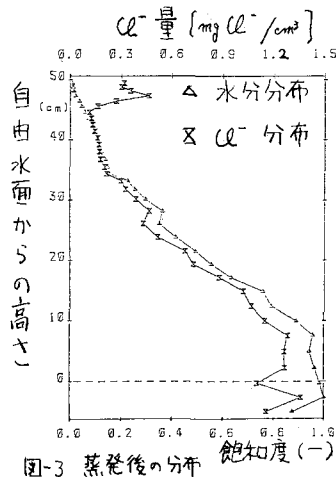


図-3 蒸発後の分布

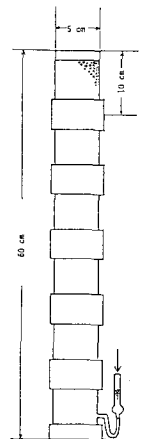


図-1 実験装置

果によると表層付近にも Cl^- が残留し、かつ降雨前とほとんど同じ表層から2〜3cmの深さに Cl^- 蓄積のピークが出現している。この結果は、初期水分の排除が完全には行われないうちが液状水の移動が上方へ向う時と下方へ向う時でその流れの経路が異なることをにより説明する事が可能である。

そこで液状水の移動を間隙スケールで考察する。(1)液状水が下方へ移動する場合、図-7のように液状水が重力に従い1から2を経る3に浸透すると4A、4Bの2つの経路に分れる。この時、間隙径は4Bの方が小さいのでメニスカスの曲率半径は4Bの方がより小さくなり得る。その結果、4Bの方がより大きな負圧を発生して重力による液状水の下方移動に強く抵抗し液状水は4Aの経路を通って流れる。液状水が4Aを通って流れたと4Bにかかる圧力は小さくなり、4Bを通って液状水が流れる事はない。さらに液状水は5を経る3ヶ所の6の水層と4Bの水層が同じ同様な流れの経路の選択が行われる。すなわち液状水が下方へ移動する時にはより間隙径の大きな経路を通ると考えられる。(2)液状水が上方へ吸い上げられる場合、図-8のように1の位置に水面がある場合、メニスカスによる負圧がこの位置から自由水面までの静水圧に勝つ、すなわち液状水は上昇する事ができる。液状水が3に達するためには、その位置の上昇に対し自由水面までの静水圧も増大しているのメニスカスによる負圧も大きくなり、すなわち間隙径がそれだけ小さくなり、という必要がある。3の位置まで上昇すると次には次に、4あるいは5の位置まで上昇できるが同様に問題となる。すなわち3、4、5のように間隙径が極大となつて、2いる位置での間隙径が小さい経路ほど液状水は上昇してゆく可能性が高いと考えられる。このように液状水が重力により下方へ移動する場合と上方へ吸い上げられる場合とで液状水が通過する間隙経路にちがいがあつた事が理論的に説明される。

4. おわりに 本報では物質の表層蓄積現象に降雨の影響を考慮し、水分蒸発と等量の降雨が与えられた場合にも、物質の表層での蓄積が残ることも実験的に確認した。また、この現象を理論的にも説明可能である事を示した。今後は、液状水の移動方向による流れ経路のちがいを実験的に確認する必要がある。

参考文献

- (1) 横田、井上、森澤；第36回土木学会年次学術講演会概要集(Ⅱ-8)

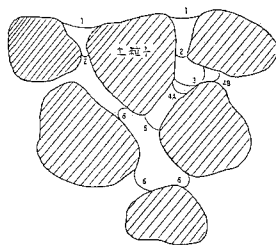


図-7 液状水の下方移動

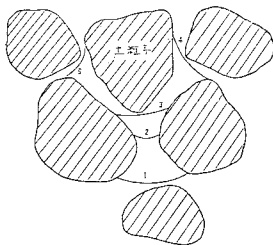


図-8 液状水の上方移動

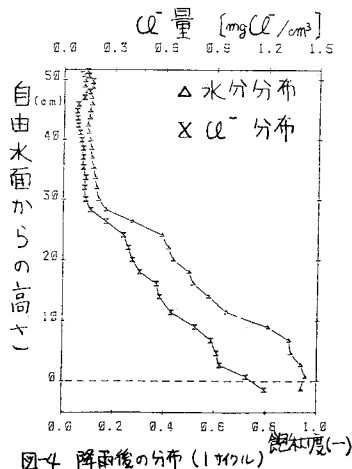


図-4 降雨後の分布 (1 サイクル)

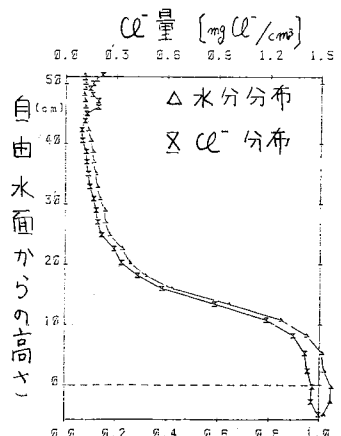


図-5 降雨後の分布 (2 サイクル)

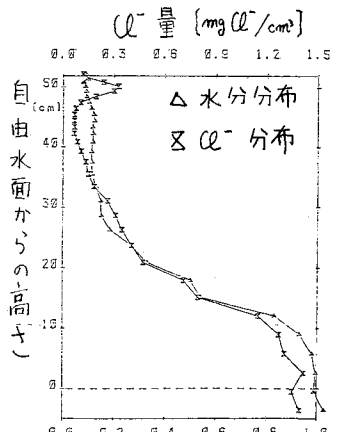


図-6 降雨後の分布 (3 サイクル)