

国立公害研究所 正員 村岡浩爾・細見正明

埼玉大学 学生員 飯沢雅人

はじめに 富栄養湖の湖岸地下水は、湖水との交換、用水利用とその排水などを通じ、複雑な物質移動機構をもつ。霞ヶ浦においてもほぼ湖岸全域で農水・上水の利用があり、余剰農肥や家庭・農産廃棄物の排水や降雨による浸透によって生ずる地下水汚濁が考えられ、これを含めて水と物質の移動機構の解明が急がれている。ここでは降雨による浅層地下水への物質流出と土壌コラムを用いて実験し、その流入、流出の特性から不飽和浸透による物質移動に関して得た結果を報告する。

表-1 成田砂

比重	2.695
平均粒径	0.18 mm
間ゲキ率	51.2 %
間ゲキ比	1.02
透水係数	0.91×10^{-3} cm/sec

1. 実験方法 図-1に示す成田砂の土壌コラムを用いる。成田層は霞ヶ浦沿岸の浅層地下水に属する主要地層で、その土質特性は表-1のごとくである。降雨は定量ポンプで与える。実験は以下の考え方と手順で行なった。(1)地表面に存在する汚濁物(農肥など)が降雨などによって土壌を浸透する短期的な地下水流出を扱う。(2)物質は便宜上降雨に含ませ、その濃度は $PO_4\text{-P}$ (5ppm), $NH_4\text{-N}$ (10ppm), $NO_3\text{-N}$ (10ppm), Cl^- (205ppm) である。(3)物質の不飽和浸透過程では生物化学的反応は無視される。(4)降雨パターンは1週日を1サイクルとして7サイクルまで行なった。各サイクルのオ1, 2, 3日目に降雨強度30mm/hr, 継続時間4時間の降雨と与える。また物質流入はサイクル5までである。(5)実験に先立、土壌コラムと30mm/hrの蒸留水降雨を3日間降らせ、微細な汚濁を除き、更に7日間放置したものと初期状態としている。

2. 降雨および物質の流出曲線 この両者を図-2に示す。降雨の流出は各サイクルの降雨 R_1, R_2, R_3 のそれぞれ終了時頃から始まっている。オ1降雨 R_1 による流出曲線は各サイクルで不揃いであるが、 R_2, R_3 によるものはほぼ同形である。また物質の流出開始はサイクル1の R_1 後約2日目に検出され、この物質をトレーサーと考えれば、流出水は対応する降雨の水ではなく、押し出し作用による前期の土壌コラム中の毛管水帯の水(一部は間ゲキ水であろうか)が流出していることは明らかである。一方、流出物質は $NO_3\text{-N}$, Cl^- のみで、 $PO_4\text{-P}$, $NH_4\text{-N}$ は全く流出せず、すべて土壌に吸着したとみられる。 $NO_3\text{-N}$, 図-1 土壌コラム

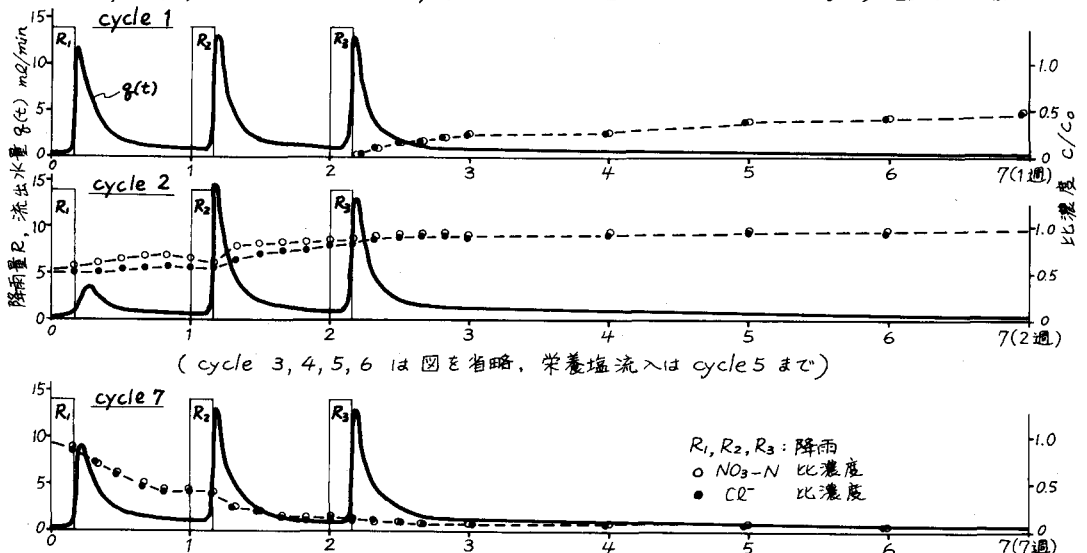
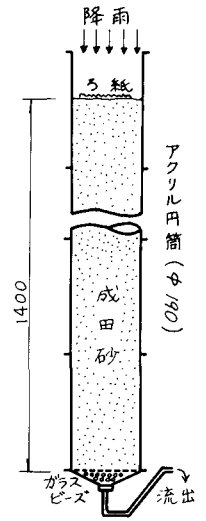
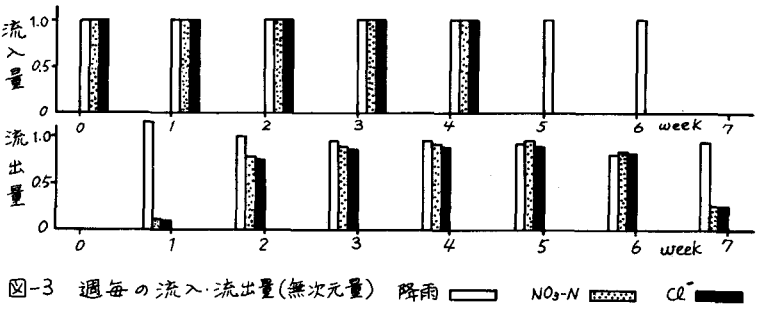


図-2 降雨流出曲線および物質流出曲線

CL⁻は2日遅れで流出し、サイクル2の半ばでほぼ比濃度が1となる。物質流出終了(サイクル5)後、サイクル6の半ばから濃度が減じ、サイクル7の終る時には濃度は極く小さくなる。

3. 降雨と物質の流出率 各サイクル毎の流入、流出量を図-3に示す。雨水は各サイクルで1に近い流出率をもつが、吸着のない物質の流出は時間遅れがあるためサイクル3ごろから流出率が1に近い値となる。全7サイクルの流入量に対する流出率は、表-2に示



す通り、いずれも90数%に達する。この損失量は、土壌コラムの残存量、計測誤差等によるものであろう。

4. 吸着実験 流出実験においてPO₄-P、NH₄-Nは全く流出しなかったため、土壌の吸着能力を調べる目的で、使用物質に対する実験砂の吸着実験を別に行なった。その結果はNO₃-N、CL⁻は吸着がなく、PO₄-P、NH₄-Nについては図-4に示す結果を得た。一般に吸着実験では初期溶液濃度が吸着量に関係するが、図のように10数ppmまで直線とみなせ、それ以上の濃度でグラフは傾き、やがて極限吸着量に近づくともみられる。全体としてはFreundlich型の吸着特性をもつようだ。

5. 土壌コラムの吸着量分布 流出実験後、鉛直方向に実験砂を一層につき3サンプル、計6層のサンプリングを行ない、物質の吸着量を求めた。これと図-5に示す。なお、流出実験前の実験

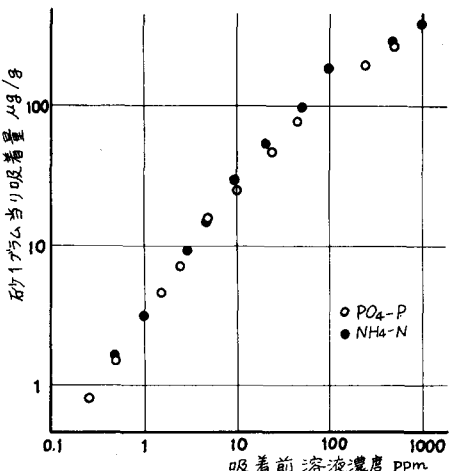


図-4 成田砂の吸着等温線

砂の吸着量はNH₄-N、NO₃-N、CL⁻についてはなく、PO₄-Pのみが65μg/gと汚染されている。またこの結果より、全土壌コラムの実験前後の吸着量の推定値を表-2にまとめた。これらの図表より次のことが云える。(1) NH₄-Nはその全量が地表付近に吸着してしまっている。その全量は10ppmの溶液に対する全吸着容量よりは小さいが(表-2)、その吸着濃度は明らかに10ppmの溶液の容量30μg/gを上回る140μg/gを示す。このことは、流出実験では時間的に常に新たな定濃度の物質の補給があるためとみられるが、吸着機構の差異にも関係するとみられる。すなわち吸着実験では吸着状態と起る共有結合やイオン結合に従う化学的結合が考えられるが、不飽和浸透のように緩やかな流水系では、化学的結合のほかに分子吸着のような物理的吸着が加わる可能性がある。しかしこの仮説は今後の実験で確かめる必要がある。(2) 吸着しないとみられるNO₃-Nが地表付近で存在し

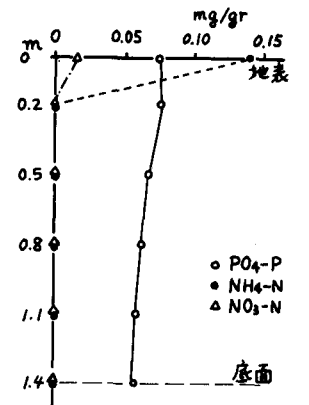


図-5 吸着量の鉛直分布

ているが、サンプリングまでに地表付近のNH₄-Nが好氣的に反応してNO₃-Nが生じ、それが土壌の間デキ水に取り込まれたとみられる。あとがき この研究に関し、有益な助言を賜った埼玉大学 佐藤邦明 助教授に、謝意を表する次第である。

表-2 土壌コラムの全流入・吸着量 (註: 吸着容量は吸着実験より算出)					
	降雨	PO ₄ -P	NH ₄ -N	NO ₃ -N	CL ⁻
流入負荷 mg	* 68.82	252	504	504	10,283
流出負荷 mg	** 65.92	0	0	475	9,466
流出率	0.96	0	0	0.94	0.92
実験前吸着量 mg	—	3400	0	0	0
実験後吸着量 mg	—	3429	523	106	0
吸着容量 mg	—	* 812	** 1485	0	0