

# 凍結と吸引による砂中の水分・ $\text{Na}^+$ ・ $\text{NH}_4^+$ の移動 Water, $\text{Na}^+$ and $\text{NH}_4^+$ migration in frozen and vacuumed sand

○ 野口淳平・渡辺晋生・新垣雅裕

Junpei NOGUCHI, Kunio WATANABE and Masahiro ARAGAKI

**はじめに** 現在、環境容量を越えた施肥・養分流出による地下水汚染や土壌の酸性化・塩類化など、農地や市街地の土壌汚染が問題になっている。土壌汚染を引き起こす物質には栄養塩類や重金属、VOC など数多くの物質が挙げられる。これらの汚染土壌の浄化対策として行われている主な原位置浄化法の一つに土壌吸引法がある。土壌吸引法には、高濃度の汚染処理に高い浄化効率を示すものの、汚染濃度が低下するにつれ浄化効率が低くなるという問題がある。ところで、土壌を凍結すると凍結に伴う水分・溶質移動と凍結面からの溶質の吐き出しが起こる。そこで本研究では、土壌吸引法の効率向上を目指し、凍結処理後に土壌を吸引した時の土中の水分・溶質移動を調べることを目的とする。

**試料と方法** アンモニア水と硝酸ナトリウムをモル比 1:1 で混合し、アンモニア-硝酸ナトリウム水溶液を作った。この水溶液を豊浦砂に混ぜ試料とした(含水比 0.17g/g)。試料を内径 76mm、全長 760mm の試料カラムに詰めた(間隙率 40%)。

試料カラムを冷凍機に入れ凍結した。図 1 に凍結時の試料内の平均温度の変化を示す。ここでは、凍結開始より試料内の平均温度が 0°C に達する迄の温度低下率を凍結速度(10.9、5.6、3.3°C/hr)と呼ぶこととする。試料の平均温度が約 -1°C に達した後、試料カラム片端に -10.7kPa をかけ、60 分間吸引排水した。吸引開始から 10 分間隔で吸引排水を集め、排水量と排水中の  $\text{Na}^+$  と  $\text{NH}_4^+$  を測定した(図 2)。

**結果と考察** 図 3 に、試料を吸引したときの排水量(ml)の時間変化を示す。試料を冷却すると、砂粒子間隙の水が凍結し、排水量が減少した。

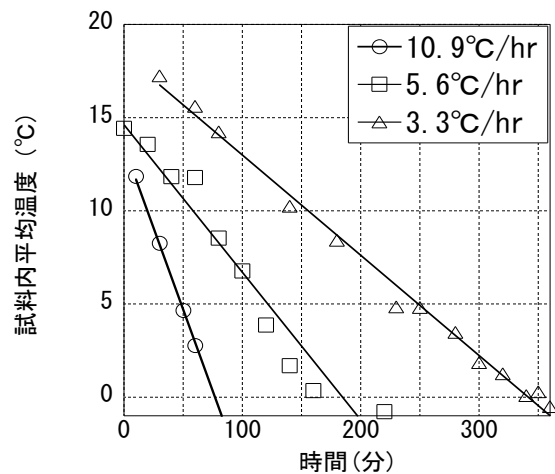


図1 試料の凍結条件  
Fig.1 Freezing conditions of sample

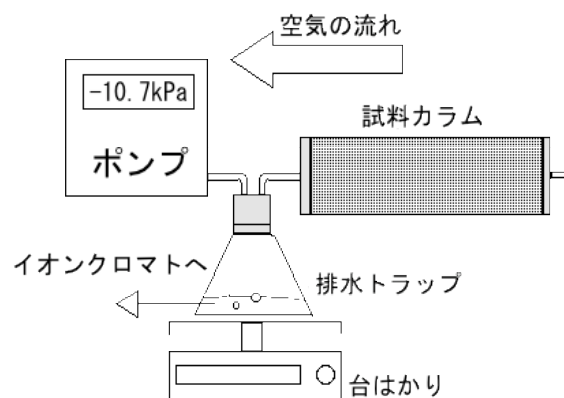


図2 実験の概要  
Fig.2 Schematic diagram of apparatus experiment

また、凍結速度による排水量の変化はほとんど見られなかった。間隙水のでき方は凍結速度により異なったが、吸引開始時の氷量はいずれの凍結速度においても等しかったと考えられる。

図 4 に、排水の  $\text{Na}^+$ 濃度 (mol/L) の時間変化を示す。未凍結試料の排水の  $\text{Na}^+$ 濃度は時間に関わらず初期濃度 (0.022mol/L) と等しかった。試料を凍結すると、排水の  $\text{Na}^+$ 濃度は 10%程高くなった。また、凍結速度  $3.3^\circ\text{C/hr}$  のとき、排水の  $\text{Na}^+$ 濃度が最も高くなった。いずれの試料においても、吸引開始から終了まで排水の  $\text{Na}^+$ 濃度はほぼ一定を保った。

図 5 に、排水の  $\text{NH}_4^+$ 濃度 (mol/L) の時間変化を示す。未凍結試料の排水の  $\text{NH}_4^+$ 濃度は吸引初期には  $0.011\text{mol/L}$  だったが、吸引を続けると  $0.006\text{mol/L}$  程度まで低下した。これは試料間隙中に揮発した  $\text{NH}_4^+$ が吸引開始時にまとめて排出されたためと考えられる。

試料を凍結すると、排水の  $\text{NH}_4^+$ 濃度は未凍結時に比べ約 2.5 倍になった。また、吸引を続けても排水の  $\text{NH}_4^+$ 濃度の低下はあまり見られなかった。これは凍結処理により  $\text{NH}_4^+$ の揮発が抑制されたためと思われる。凍結速度が遅いほど排水の  $\text{NH}_4^+$ 濃度は高くなった。また、凍結速度が速いほど初期の排水の濃度変化が小さくなった。

**おわりに** 汚染砂を凍結すると、吸引排水量が減少すること、この減少量は凍結速度によらず、試料の平均温度によることが示された。また凍結処理により、吸引排水の  $\text{Na}^+ \cdot \text{NH}_4^+$ 濃度が高くなること、こうした効果は揮発性物質に対して顕著であることが示された。さらに、現場においては土壌凍結による汚染物質の拡散抑制効果も期待できる。凍結処理による土壌吸引法の改善が可能と考えられる。

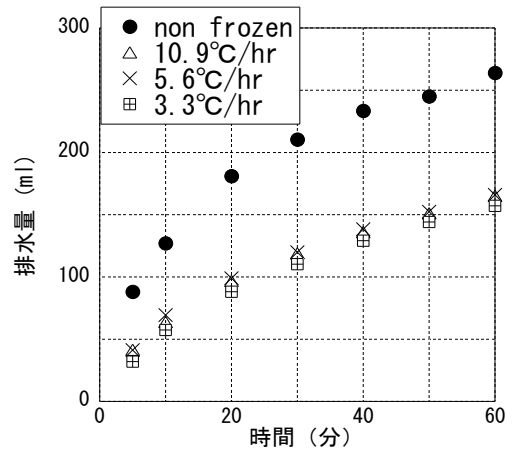


図 3 試料吸引時の積算排水量  
Fig.3 Cumulative drainage from frozen sample

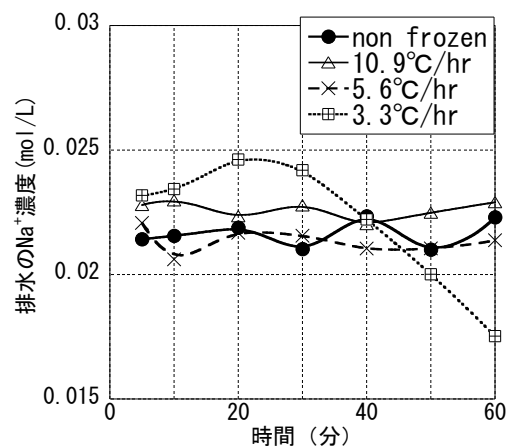


図 4 排水の  $\text{Na}^+$ 濃度 (mol/L)  
Fig.4  $\text{Na}^+$  concentration in drainage

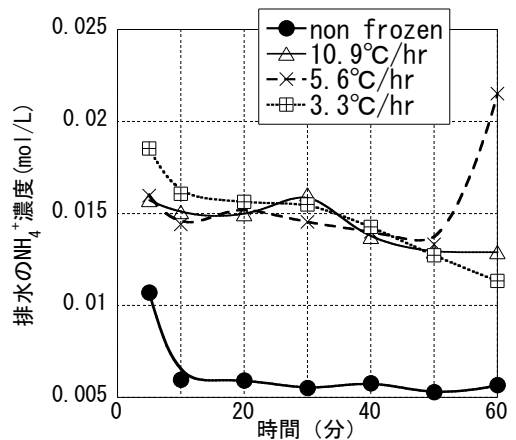


図 5 排水の  $\text{NH}_4^+$ 濃度 (mol/L)  
Fig.5  $\text{NH}_4^+$  concentration in drainage