

火山灰土中の物質移動研究

地下水汚染防止のため硫酸系肥料の利用は控えよう

岡山大学大学院環境学研究科

社会基盤環境学専攻農村環境創成学コース

石黒 宗秀

1. 火山灰土とその研究

日本は、火山国であり、国土面積の6%以上が火山灰土で覆われ、畑地の約半分は火山灰土地帯にある。火山灰土は、他の土壌と異なる特徴的な物理化学性を持ち、科学的な視点から非常に興味深い対象であり、また、日本の自然環境を形成する重要な構成要素である。欧米に少ない土壌であることもあり、火山灰土の研究は、日本が世界をリードしている。火山灰土は、自然科学の宝石箱といえる。発表者は、これまで、火山灰土に関する基礎研究として、火山灰土におけるイオンの移動・吸着現象、酸・アルカリが火山灰土の透水性の及ぼす影響、硫酸イオンの吸着・沈殿の研究等を行ってきた。これらの基礎研究は、環境問題の研究や農業技術と直接関連する。ここでは、硝酸イオンの地下水汚染に関する研究について発表する。

2. 火山灰土の特徴

火山灰土は、地表に降り積もった火山灰が長い年月をかけて土壌化したものである。植物由来の有機物が集積し、真っ黒な土となる（写真）ため、黒ぼく土とも呼ばれる。この土に触れると、炭を触ったように手が黒くなる。下層の土は、有機物が集積していないため、黄土色をしており、表層の黒い土とは性質が異なる。この下層土の特徴は、正負両荷電を持つことである。この荷電量は、土のpHによって変化する（図1）。一般に土は、負の荷電を持つが、火山灰土下層土は、正荷電も多量に持っている。この電気的性質が、火山灰土に特殊な性質をもたらしている。

3. 硝酸イオンと地下水汚染

硝酸イオンは、地下水汚染物質として世界的に問題視されている物質である。これは、高濃度の硝酸イオンを多量に摂取すると、人の体内で亜硝酸態窒素に還元されて血液中のヘモグロビンと結合し、酸素欠乏症（メトヘモグロビン血症）を引き起こすためである。特に、乳幼児はこの症状になりやすく、死亡する場合もある。日本では、水道用水の硝酸態窒素の基準は10mg/lで、WHOのガイドラインは11.3 mg/lである（田淵、1999）。地下水の硝酸汚染の原因は、農地で使われる肥料、家畜糞尿、家庭排水の地下への浸透にある。畑地に施用された窒素肥料は、酸化されて硝酸イオンとなる。それが多量だと、水に溶けて土壌を浸透し、地下水に到達し、地下水を汚染する。

4. 硝酸イオンの火山灰土中における移動実験

火山灰土下層土中で、硝酸イオンが水と一緒に流れやすいかどうかを実験で確かめた。硝酸イ

オンが流れやすければ、地下水の硝酸汚染を起こしやすいことになる。この実験では、硫酸イオンの影響を調べるため、硫酸イオンが共存した場合と、硫酸イオンが無い場合の硝酸イオンの移動の相違を調べた。硫酸イオンは、肥料の硫安（硫酸アンモニウム）として、畑地に施与される場合がある物質である。

実験は、図2の様な装置を用いた。火山灰土下層土を容器に詰め、水で飽和し、その容器の上から硝酸イオン溶液を浸透させる。硝酸イオン溶液の浸透開始とともに、容器の下から流出する溶液を採取し、その硝酸イオン濃度を測定して変化を調べた。その結果を図3に示す。図3の横軸は、土を入れた容器から流出した溶液の相対的な量を表し、流出液量を土の容器中の全水分量で割った値である。相対流出液量=1で、ちょうど土の容器中の全水分量が流出している。縦軸は、流入液濃度で基準化した流出液中の硝酸イオン濃度を表す。硫酸イオンが存在しない場合（●印）、硝酸イオンはなかなか流出せず、ゆっくりと土中を移動していることがわかる。これは、硝酸イオンが負荷電を持ち、土の正荷電に吸着するためである。ところが、最初に土を硫酸イオン溶液で飽和し、その後硝酸イオン溶液を浸透させた場合（■印）、硝酸イオンは速く流出している。浸透させる硝酸イオン溶液に硫酸イオンを加えておいた場合（▲印）、硝酸イオンの流出は更に速くなり、硫酸イオンが共存すると硝酸イオンは土中を速やかに流れることがわかる。これは、硫酸イオンが共存すると、硫酸イオンが強く土に吸着し、硝酸イオンは吸着せずに速く移動するためである。

5. 結論

火山灰土下層土において、硫酸イオンが土壌中にあると、硝酸イオンが水と一緒に流れやすくなり、地下水汚染を招きやすくなる。これは、硫酸イオンが土に強く吸着し、硝酸イオンが吸着しにくくなるためである。従って、地下水中の硝酸イオン濃度を増加させないために、硫安のような硫酸系肥料は、火山灰土地帯では使用しない方がよい。

発表文献

Ion transport in an allophanic andisol under the influence of variable charge (変異荷電が影響するアロフェン質火山灰土中のイオン移動), *Soil Science Society of America Journal* (米国土壤学会誌) Vol.56 No.6 pp.1789-1793, 石黒宗秀, Kwan- Cheol Song, 結田康一(1992)

Nitrate transport in volcanic ash soil of A and B horizons affected by sulfate (火山灰土A, B層中の硝酸イオン移動に及ぼす硫酸イオンの影響), *Soil Science and Plant Nutrition* (土壤科学と植物栄養), Vol.49 pp.249-254, 石黒宗秀, 真鍋優子, 瀬尾祥治, 赤江剛夫(2003)

Ion transport and permeability in an allophanic andisol at low pH (低pH条件下でのアロフェン質火山灰土のイオン移動と透水性), *Soil Sci. Plant Nutrition* (土壤科学と植物栄養), 51, pp637-640, 石黒宗秀(2005)

Sulfate adsorption and surface precipitation on a volcanic ash soil (Allophanic Andisol) (火山灰土中の硫酸の吸着と表面沈殿). *J. Colloids Interface Science* (コロイドおよび界面化学雑誌), 300, 504-510, Ishiguro, M., Makino, T. and Hattori, Y. (2006)

引用文献

田淵俊雄(1999)、地下水の硝酸汚染と対策、農業土木学会誌 67(1), pp.59-66.

2007.3.20 岡山大学記者発表

火山灰土中の物質移動研究

地下水汚染防止のため硫酸系肥料
の利用は控えよう

岡山大学大学院環境学研究科
社会基盤環境学専攻農村環境創成学コース
石黒 宗秀



・基礎研究(火山灰土は自然科学の宝石箱)

イオン移動

酸・アルカリの透水性に及ぼす影響

硫酸イオンの吸着・沈殿

・応用研究

硝酸イオンの地下水汚染

透水性の制御



写真 大山黒ぼく土の断面

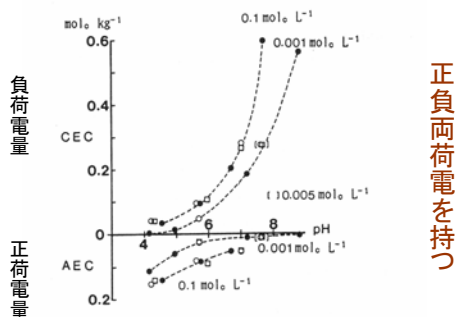


図1 火山灰土下層土の荷電特性 (Ishiguro et al., 1992)

硝酸イオンによる地下水汚染 酸素欠乏症(メトヘモグロビン血症)

- 水道用水の硝酸態窒素の基準: 10mg/l
- 高濃度の硝酸イオンを多量に摂取すると、人の体内で亜硝酸態窒素に還元されて血液中のヘモグロビンと結合し、特に乳幼児の酸素欠乏症(メトヘモグロビン血症)を引き起こす。

水で飽和した火山灰土下層土に、硝酸イオンと硫酸イオンの溶液を浸透させ、流出する溶液中の硝酸イオンの濃度変化を測定する。

硝酸イオン: 窒素肥料が畑の酸化条件下で硝酸イオンになる。
 硫酸イオン: 硫酸肥料として畑に施用。

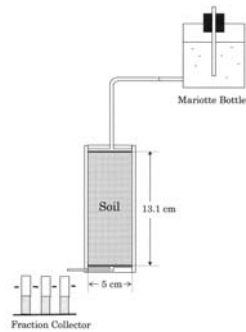


図2 硝酸イオン・硫酸イオン移動実験装置

硝酸イオンが地下水まで流れやすいかどうかを観測。

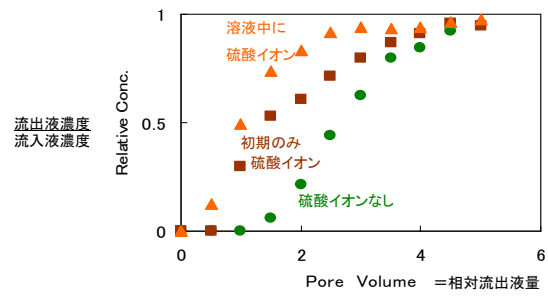


図3 硝酸イオンの流出濃度曲線 (Ishiguro et al. 2003)

硝酸イオンは吸着してゆっくりと移動する。
 硫酸イオンがあると硝酸イオンは速く移動する。

結論

- 火山灰土下層土において、硫酸イオンが土壌中にあると、硝酸イオンが水と一緒に流れやすくなり、地下水汚染を招きやすくなる。これは、硫酸イオンが土に強く吸着し、硝酸イオンが吸着しにくくなるためである。
- 地下水中の硝酸イオン濃度を増加させないために、硫酸のような硫酸系肥料は、火山灰土地帯では使用しない方がよい。

発表文献

- Ion transport in an allophanic andisol under the influence of variable charge (変異荷電が影響するアロフェン質火山灰土中のイオン移動), Soil Science Society of America Journal(米国土壌科学会誌), Vol.56 No.6 pp.1789-1793, 石黒宗秀, Kwan- Cheol Song, 結田康一(1992)
- Nitrate transport in volcanic ash soil of A and B horizons affected by sulfate (火山灰土A, B層中の硝酸イオン移動に及ぼす硫酸イオンの影響), Soil Science and Plant Nutrition(土壌科学と植物栄養), Vol.49 pp.249-254, 石黒宗秀, 真鍋優子, 瀬尾祥治, 赤江剛夫(2003)
- Ion transport and permeability in an allophanic andisol at low pH(低pH条件下でのアロフェン質火山灰土のイオン移動と透水性), Soil Sci. Plant Nutrition(土壌科学と植物栄養), 51, pp637-640, 石黒宗秀(2005)
- Sulfate adsorption and surface precipitation on a volcanic ash soil (Allophanic Andisol)(火山灰土中の硫酸の吸着と表面沈殿), J. Colloids Interface Science(コロイドおよび界面化学雑誌), 300, 504-510, Ishiguro, M., Makino, T. and Hattori, Y. (2006)