

源流域の森林からの鉄、アルミニウム等の
微量成分の流出

関西支所 森林環境研究グループ 金子 真司

立地環境研究領域 土壌特性研究室 吉永 秀一郎 伊藤優子

立地環境研究領域 養分環境研究室 阪田 匡司

1. はじめに

陸から遠く離れた海洋では陸から運ばれる鉄が不足するために藻類の生育が抑制されることから、鉄を散布して藻類を繁殖させて二酸化炭素の固定量を増加させる壮大な実験が行われています。北海道や三陸沿岸で発生している「磯焼け」の現象についても、森林から流出する鉄との関係が注目されています。一方、北米や北欧では酸性降水の影響で酸性化が進み、魚類が生育できなくなった河川や湖沼が増加しました。酸性化した溪流ではアルミニウム濃度が高いことが明らかになっています。このように森林から流出する鉄やアルミニウムなどの微量成分に対する関心は高まっています。しかしながらわが国ではこれまで渓流水中の微量成分に対してあまり研究は行われていません。森林土壌は鉄やアルミニウムをはじめ多くの金属元素を含んでいます。強酸性土壌の代表であるボドゾル土では低分子有機物が鉄やアルミニウムをキレート結合によって溶出・移動させることが知られています。そこで森林土壌におけるこれらの元素の溶出や移動の過程、及び渓流水への流出過程について研究を行いました。

2. 方法

高知県南国市市中の川流域のヒノキ林及び京都市山科区のスギ林に試験地を設けて土壌水及び渓流水中の鉄、アルミニウム濃度の経時的変動を調べました。また、栃木県矢板市及び長野県王滝村において、渓流中の鉄、アルミニウム、マンガン、銅及び亜鉛濃度を多点調査しました。京都府南部及び滋賀県南部においても渓流水中の鉄、アルミニウム濃度を多点調査しました。さらに、シュウ酸を用いてアルミニウム溶出における有機酸キレートの役割を検討しました。

3. 結果及び考察

高知県南国市市中の川流域のヒノキ林土壌に土壌浸透水採取装置（テンションフリーライシメータ）を設置して行った試験では、土壌浸透水の鉄やアルミニウム濃度は土壌の表層から下層になるにつれて低下し、渓流水では増水時を除くと検出限界以下でした。土壌の表層から下層にかけての濃度低下は鉄がアルミニウムに比べて顕著でした。増水時には渓流からも鉄、アルミニウムが検出され、両元素とも水位の増加に伴い濃度が増加し、特にアルミニウムにおいてその傾向が明瞭でした（図1）。ただし、同じ流量で比べるとアルミニウムの方が高濃度でした。以上より、増水を引き起こすような豪雨の際には、土壌を浸透する水量が増加して鉄・アルミニウムの渓流への流出が起こるが、その際に鉄はアルミニウムに比べて流出しにくいことが分かりました。

ところで鉄やアルミニウム溶出はどのようにして起きているのでしょうか。前述のヒノキ林の土壌浸透水では、アルミニウムはpHが低いほど濃度が高い傾向が認められました。鉄ではpHとの関係は認められませんでした。渓流水中の溶存有機物の濃度が高いほど濃度が高くなる関係が認められました。京都市のスギ林土壌でも土壌水中のアルミニウムはpHが低いほど濃度が高く、鉄は溶存有機物と比例関係にあることが認められました（図2、図3）。すなわち、土壌からのアルミニウム溶出にはpHの低下が関係し、鉄の溶出には溶存有機物とのキレート結合が関係しているものと推察しました。ただしシュウ酸を用いたアルミニウム溶出試験では、アルミニウムがシュウ酸とキレートを形成して溶解することが示されたので、有機酸とのキレート結合も土壌からのアルミニウム溶出に関係していると推察しました。

栃木県矢板市及び長野県王滝村で採取した渓流水では、鉄はいずれの渓流でも15 μ g/L程度含まれており、アルミニウムも王滝の3渓流では15 μ g/L含まれていましたが、マンガン、銅、亜鉛はいずれも5 μ g/Lと低濃度でした。京都府南部及び滋賀県南部の渓流では鉄とアルミニウム濃度がやや高い渓流（それぞれ66 μ g/L、20 μ g/L）が存在することが明らかになりました（図4）。この渓流は溶存有機炭素濃度も2.0 mg/Lと高いことが分かりました。流域の土壌は花崗岩由来の砂質な未熟土でした。このような土壌では金属の土壌への吸着は起こりにくいため、渓流水中の濃度が高かったと考えられます。しかし、調査した他の渓流では流域の土壌は褐色森林土あるいはボドゾル土で土壌はよく発達していました。このように渓流水中の鉄やアルミニウム濃度は流域の土壌の成熟度に依存しているといえます。

4. おわりに

今回の研究から、わが国の源流域の森林から流出する微量成分は極めて低いことが明らかになりました。しかし、豪雨時には鉄やアルミニウムの流出量が増加することや、砂質な未熟土では渓流水中の鉄やアルミニウム濃度がやや高いことが明らかになりました。今後、降雨との関係や流域の土壌の性質との関係についてさらに調査し、渓流水中の微量成分が増加するメカニズムを解明することが必要があるといえます。

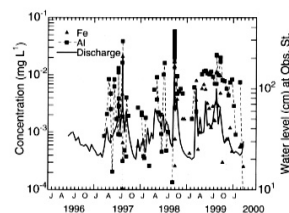


図1. 渓流水の水位と溶存鉄・アルミニウム濃度の関係（中の川黒滝地点）

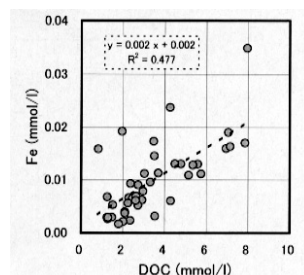


図2. 土壌水中の溶存有機炭素（DOC）濃度と溶存鉄濃度の関係（京都市スギ林）

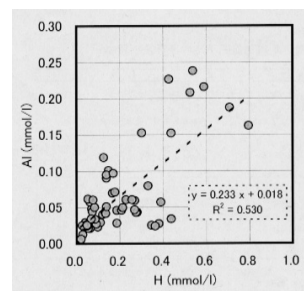


図3. 土壌水の水素イオン濃度と溶存アルミニウム濃度の関係（京都市スギ林）

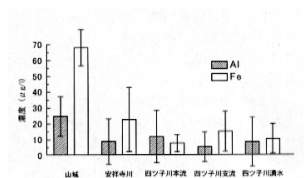


図4. 京都府南部及び滋賀県南部の渓流水中の溶存鉄・アルミニウム濃度