

安定同位体からみた河川生態系における窒素循環

Nitrogen cycle in aquatic ecosystems using stable isotope methodes

眞壁 明子 [1]

Akiko Makabe[1]

[1] 東工大・総理工・環境創造

[1] Environmental Sci and Tech, Tokyo Institute of Tech

河川生態系は、陸上生態系と海洋・湖沼生態系を繋ぐ場であり、近年の人間活動による排出物質の負荷が河川や海洋・湖沼生態系にどのような影響を与えるかを評価することが急務である。中でも窒素は生元素であるが、河川では一般的に窒素量は低く一次生産の制限要素となっている。そのため、肥料、生活廃水、下水など人為起源物質による大量の窒素負荷が生態系に与える影響は大きい。人為起源物質の負荷の影響評価という点では、特に脱窒量を求めることが重要である。脱窒は、嫌気的環境下において硝酸を呼吸に用いるプロセスであり、最終的に窒素ガスもしくは一酸化二窒素となって系外に抜ける。系外に抜けるという点では、負荷物質に対して自然浄化作用が機能したといえるが、一酸化二窒素の状態で脱窒がとまってしまうと、一酸化二窒素は地球温暖化物質であるので(温暖化効果は二酸化炭素の約200倍)、温暖化を促進しているということになる。したがって、河川における脱窒作用を調べることで、人為起源物質による負荷が自然浄化されているのか温暖化を促進しているのか評価することができる。

しかし、河川における脱窒量を調べることは非常に難しい。窒素化合物は様々な形態で生物に利用されており、脱窒は単独のプロセスではなく複雑に絡み合った窒素循環の一部だからである。さらに、脱窒の最終生成物である窒素ガスは、大気中に大量に存在するため河川における生成量を見積もることは困難である。脱窒量を求める方法として、堆積物をインキュベーションする方法や、脱窒の基質である硝酸の減少量などからマスバランスを用いて求める方法があるが、脱窒が起こるのは特殊な環境であることや他のプロセス(たとえば硝化など)の影響を考慮すると、見積もり量の誤差は大きい可能性がある。

安定同位体比は、物質の起源や反応履歴の情報を保持しており、プロセス評価に有用なツールである。測定技術の向上により、窒素量の少ない河川においても比較的少量の試料で測定することが可能になった。加えて、窒素化合物の窒素安定同位体比だけでなく、一酸化二窒素の酸素同位体比、窒素分子内同位体比、硝酸の酸素同位体比も測定することが可能になり、各同位体比を相補的に用いることにより、より確度の高いプロセス評価が行えるようになった。例えば、一酸化二窒素は栄養源としては利用されず、硝化の副生成物、脱窒の中間生成物として生じるため、硝化・脱窒の両プロセスを評価するのに有用であると考えられる。また、河川において容易に大気平衡になると考えられるため、大気平衡からの生産や消費分の安定同位体比から、河川内部での硝化・脱窒の活性が求められると考えられる。また、硝酸の酸素安定同位体比は生成時に水の酸素の影響を受けることから、生成後の利用についての情報が得られる。

本研究では、流域の人口密度が異なる3つの琵琶湖流入河川、モンゴルの都市部で下水による強力な窒素負荷を受ける河川、複数のダムの下流において調査を行い、アンモニウム、硝酸、一酸化二窒素の安定同位体比を解析し、流域環境や窒素負荷、水流の異なる河川における窒素循環の違いについて調べた。一酸化二窒素は、ほとんどの場所において過飽和であり、河川内部での活性や移入による影響が高いことが示唆された。また、モンゴル河川においては、アンモニウム、硝酸、一酸化二窒素の安定同位体比から、下水による大量の窒素負荷が、その後の流程において硝化・脱窒により自然浄化されていることが示唆された。