

人間活動がもたらす窒素問題：流域を越えた地球システムとのつながり Nitrogen issues induced by human activities: A big issue in Earth system beyond watersheds

林 健太郎^{1*}; 江口 定夫¹; 朝田 景¹; 吉川 省子¹; 阿部 薫¹
HAYASHI, Kentaro^{1*}; EGUCHI, Sadao¹; ASADA, Kei¹; YOSHIKAWA, Seiko¹; ABE, Kaoru¹

¹ 独立行政法人農業環境技術研究所

¹ National Institute for Agro-Environmental Sciences

生物の必須多量元素である窒素は作物の生産に欠かせない肥料である。ハーバー・ボッシュ法による大気分子窒素のアンモニアとしての固定が実現して以来、安価に大量に製造が可能となった窒素肥料によって食料や飼料としての作物生産が大きく伸びた。窒素肥料は世界人口の増加を下支えするとともに、多くの国において肉類の消費を増加させている。現在では世界人口の約半分がハーバー・ボッシュ法の窒素肥料に依存すると推計されている。一方、農耕地に投入される窒素肥料のうち作物が吸収するものは、日本国内では平均的に約40%であるものの、世界では平均的に約25%にとどまると推計されている。作物に吸収されない窒素のうち一部は有機物として土壌に蓄積されるとしても、大部分は地下浸透や表面流出を経ての水域への窒素負荷、あるいは関連ガスやエアロゾルの発生を経ての大気への窒素負荷となる。また、収穫した作物あるいは輸入した作物を飼料として育てる家畜の排せつ物も水域や大気への窒素負荷の原因となる。負荷された窒素は様々な化学種に形を変えつつ環境を巡り（窒素カスケード）、その過程で水質汚染、大気汚染、温室効果、成層圏オゾン破壊、富栄養化、および酸性化などの多様な環境影響をもたらす（これを「窒素問題」と称する）。環境中の窒素動態の全貌を捉えることは容易ではない。

日本における窒素問題の典型は、耕種農業や畜産業が盛んな集水域における地下水や湖沼の水質汚染、また、生活排水などの流入負荷が大きい湖沼や内湾の水質汚染である。しかし、水質汚染をもたらす窒素化合物は窒素カスケードを通じて他の環境媒体とも繋がっている。例えば、人間活動に伴い大気に放出される窒素化合物の大気沈着（湿性・乾性沈着）は集水域への窒素インプットとして重要な寄与を成し、土壌や水域における硝化および脱窒に伴い発生する一酸化二窒素は強い温室効果と成層圏オゾン破壊効果を有する。日本は狭い国土に多くの人口を有することに加え、食料・飼料の海外依存度が高い（食料自給率は39%、飼料自給率は26%）。さらに近年では大量の食品が消費されずに廃棄されている。国内の廃棄食品は年間500~800万トンと試算され、これは世界全体の食料援助400万トンよりも多い。これらの結果、日本では循環利用されずに環境に負荷される窒素の量が大きくなりやすい。単位面積あたりでは日本は世界有数の高窒素負荷の国である。

窒素利用の最大化と窒素負荷の最小化というジレンマは、食料生産、エネルギー利用、そして地球システムの持続可能性において最も重要な事柄の一つである。よって、窒素問題に対する国際的な関心は高い。窒素に関する研究者により構成される国際窒素イニシアティブ（INI）は、3年ごとの国際窒素会議や世界各地の窒素アセスメントの実施など、窒素問題の解決に向けた様々な活動を展開しているほか、経済協力開発機構（OECD）はINIの協力を得つつ窒素問題の評価指標の開発に取り組んでおり、国連環境計画（UNEP）もまたINIと協同して国際窒素管理システム（INMS）という科学と政策を繋ぐシステム作りを目的とする国際プロジェクトの立ち上げを進めている。そして、あらゆるステークホルダーを巻き込んで2015年より本格的に開始する大型国際プロジェクト Future Earth は、食料生産の持続可能性を重要な課題の一つとしており、窒素のジレンマの解決は重要な研究要素となる。

このような世界情勢に比べて日本の取り組みは遅れている。水質、大気質、および地球環境問題などの個別課題において様々な研究が行われている一方で、窒素カスケードを通じて複雑な挙動を見せる窒素動態を包括的に捉え、その研究成果を行政などの他のセクターと共有して議論する取り組みが不足している。本発表は、日本の窒素問題の現状と世界の最先端の取り組みを紹介した上で、窒素問題に包括的に取り組んでいくために、日本国内に窒素専門家グループの設立を提言することを目的とする。窒素問題は多くの分野にまたがるため、窒素専門家グループには分野ごとのサブグループ（例：農業、陸水、海洋、大気、陸域、産業）を設けることを想定している。関心のある専門家の賛同と参画に期待する。

キーワード: 窒素, 水質, 大気質, 富栄養化, 地球環境, 国際窒素管理システム

Keywords: Nitrogen, Water quality, Air quality, Eutrophication, Global environment, International Nitrogen Management System