

2023年5月29日(月)

C会場

特別講演

特別講演1

司会:松下 康一(ENEOS(株))

16:00 ～ 17:00 C会場 (瑞雲)

[S03] 将来のモビリティ

加藤 喜昭 (Techno Revolutions 合同会社 CEO)

16:00 ～ 17:00

特別講演

特別講演2

司会:真中 雄一((国研)産業技術総合研究所)

17:00 ～ 18:00 C会場 (瑞雲)

[S04] 産業・エネルギー分野も窒素利用と窒素汚染のト

レードオフである窒素問題に関与

○林 健太郎^{1,2} (1. 総合地球環境学研究所、2. 農業・食品産業技術総合研究機構)

17:00 ～ 18:00

特別講演

特別講演1

講師の都合により、要旨原稿（pdfファイル）は作成いただいていません。

司会:松下 康一(ENEOS(株))

2023年5月29日(月) 16:00 ～ 17:00 C会場 (瑞雲)

[S03] 将来のモビリティ

加藤 喜昭（Techno Revolutions 合同会社 CEO）

16:00 ～ 17:00

16:00 ～ 17:00（2023年5月29日(月) 16:00 ～ 17:00 C会場）

[S03] 将来のモビリティ

加藤 喜昭（Techno Revolutions 合同会社 CEO）

モビリティ（人が移動するための乗り物）は、地球環境保護への対応、技術の進歩、使われ方の変化等により、今後は今まで以上に大きく変わっていくと考えられている。その動きを紹介すると共に、将来のモビリティはどうあるべきかについて考察する。

特別講演

特別講演2

司会:眞中 雄一((国研)産業技術総合研究所)

2023年5月29日(月) 17:00 ～ 18:00 C会場 (瑞雲)

[S04] 産業・エネルギー分野も窒素利用と窒素汚染のトレードオフである窒素問題に関する

○林 健太郎^{1,2}（1. 総合地球環境学研究所、2. 農業・食品産業技術総合研究機構）

17:00 ～ 18:00

産業・エネルギー分野も窒素利用と窒素汚染の トレードオフである窒素問題に関与

（地球研）^{はやし けんたろう} 林 健太郎

1. はじめに

窒素は、タンパク質などの生体分子に必須であり、人類を含む全ての生物に欠かせない元素である。大気の78%は窒素ガス（ N_2 ）であるものの、 N_2 という形の窒素はとても安定であり、一部の微生物を除く生物には直接の利用ができない。代わりに、反応性窒素（ N_2 を除く窒素化合物の総称、Nr）を必要とする。我々も飲食物のタンパク質としてNrを摂取して生きている。農作物の生育にも肥料となるNrが必要であり、得られた農作物は食料や家畜を養う飼料になる。また、我々の生活はエネルギー源や工業原料としての化石燃料に支えられているが、石炭や石油にも窒素が含まれている。元々は植物や動物であったのだから当然である。

食料・モノ・エネルギーをめぐる人類の営みは、20世紀後半よりその速度と規模を増し、現在も続いている。その結果、地球システムの生物圏から滲み出すように「人間圏」が生まれた。人間活動が環境に及ぼす影響は多岐に渡るが、その幾つかは「地球システムの限界」（プラネタリー・バウンダリー）を超えていると評価されている。人間活動による窒素循環のかく乱は、この顕著な例である¹⁾。

本講演では、人類の窒素利用が環境に大きな影響を及ぼしていることを解説し、石油関連分野もこれに関与していることを述べ、持続可能な窒素利用の実現に向けた国内外の取り組みを紹介する。

2. 窒素問題

窒素は、食料や家畜飼料となる作物の生産に欠かせない肥料である。しかし、肥料になるNrは自然界に潤沢に存在せず、19世紀末には将来の飢餓が懸念されていた。20世紀初期に確立した人工的窒素固定技術（ハーバー・ボッシュ法）がこの懸念を打開した。同法は N_2 からアンモニアを合成し、アンモニアは他のNrにも加工して利用される。固定窒素の約8割は化学肥料に用いられ、食料生産を大きく伸ばし、世界人口の増加を支えてきた。Nrは工業原料にも利用される。窒素利用は人類に大きな便益をもたらしている。一方、窒素利用の増加は環境へのNr排出を大きく増やした。化石燃料の燃焼によっても窒素酸化物などのNrが発生する。これらが地球温暖化、成層圏オゾン破壊、大気汚染、水質汚染、富栄養化、酸性化と多様な窒素汚染を引き起こしている。このトレードオフ——窒素利用の便益が窒素汚染の脅威を伴うこと——を窒素問題と称する（図1）²⁾。

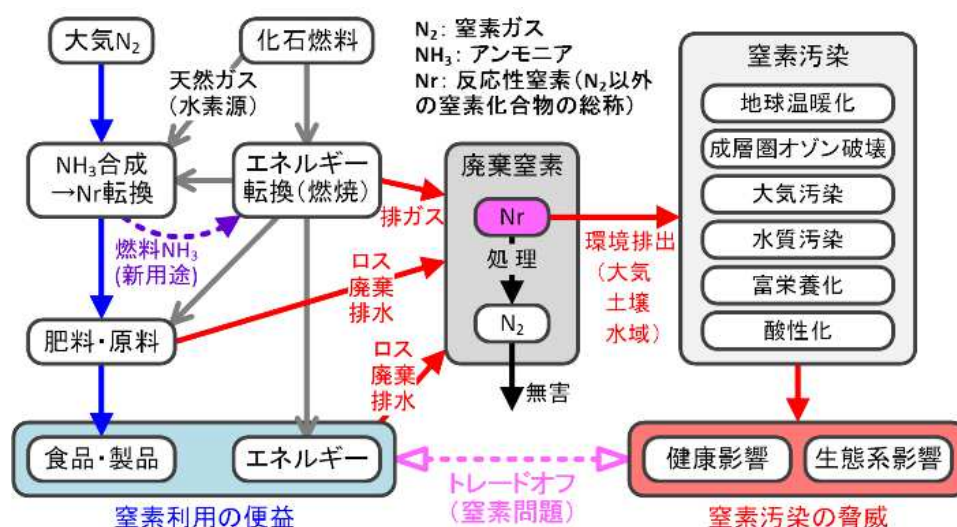


図1 窒素問題：窒素利用の便益が窒素汚染の脅威を伴うトレードオフ

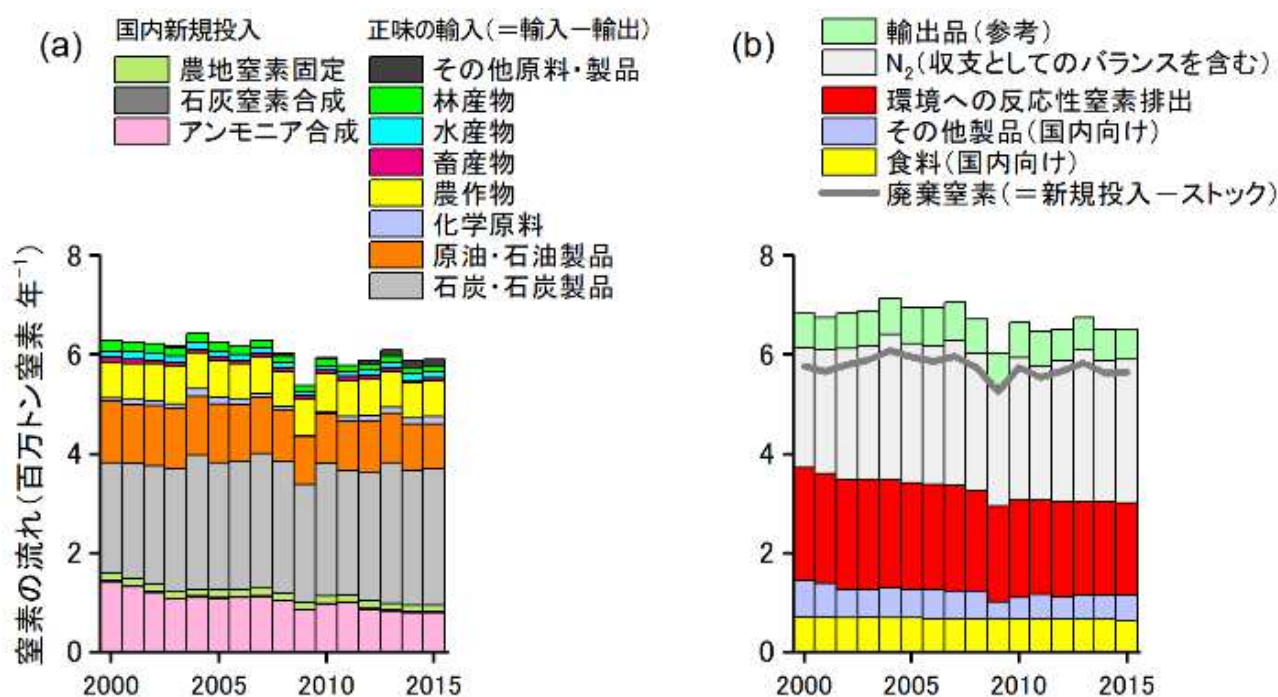


図2 日本の窒素収支 (2000～2015) (a) 窒素の新たなインプット, (b) その窒素の行方

3. 日本の状況

人工的固定窒素の世界的な主用途は化学肥料であるが、食・飼料の大半を輸入に頼る日本では製造産業・エネルギー分野の用途が半分を超える。2000～2015年の日本の窒素収支³⁾によると、毎年約600万トンの新しい窒素が流入する(図2左)。この8割以上が国外からの流入(輸入)であり、原油・石油製品にかかる量が約100万トンと見積もられている。ただし、この数値は粗い見積もりであり、精緻な推計を行えるようになることを願っている。

流入窒素のうち約1/3がNrとして環境に逸出している(図2右)。この量は減少傾向にあり、その大部分が輸送部門の窒素酸化物の削減努力に帰結する³⁾。一方、流入窒素から人間社会へのストックを差し引いたものを廃棄窒素と定義し、これを国民一人当たりで換算した値は世界平均の約2倍であり、日本人は世界的にも多量の窒素を利用している。

4. 国際・国内の取り組み

窒素問題の国際専門家グループ International Nitrogen Initiative (INI) は、3年ごとの国際窒素会議を主催し、国際プロジェクトの立案や、国連環境計画(UNEP)などの持続可能な窒素管理を支援してきた。演者は2022年11月よりINI東アジア地域センター代表を担っている。UNEPは国連環境総会にお

いて「持続可能な窒素管理決議」を採択し、メンバー国に窒素管理の行動計画を策定することを求めている。今後の日本国のコミットが期待される。

演者は、2015年に有志グループの日本窒素専門家グループ⁴⁾を立ち上げ、2022年からは地球研において「人・社会・自然をつないでめぐる窒素の持続可能な利用に向けて」プロジェクト⁵⁾を推進している。

5. おわりに

演者は、石油学会が有する知見・技術もまた将来の持続可能な窒素利用の実現に必要と考えている。また、全ての人が何かしらを食べて生きていることから、一人ひとりが窒素問題の当事者である。本講演が窒素問題を自分事に落とし込む機会に繋がれば幸いである。

- 1) Rockström, J., et al., *Nature*, 461, 472–475 (2009).
- 2) 林健太郎・柴田英昭・梅澤有(編著), 図説窒素と環境の科学, 朝倉書店 (2021).
- 3) Hayashi, K., Shibata, H., Oita, A., Nishina, K., Ito, A., Katagiri, K., Shindo, J., Winiwarter, W., *Environ. Pollut.*, 286, 117559 (2021).
- 4) 日本窒素専門家グループ, ウェブサイト (2023) <https://jpneg.jimdofree.com/>
- 5) 総合地球環境学研究所, 要覧 2022, 30–31 (2022)