

成果報告

調査事業の成果概要紹介

2025年1月17日

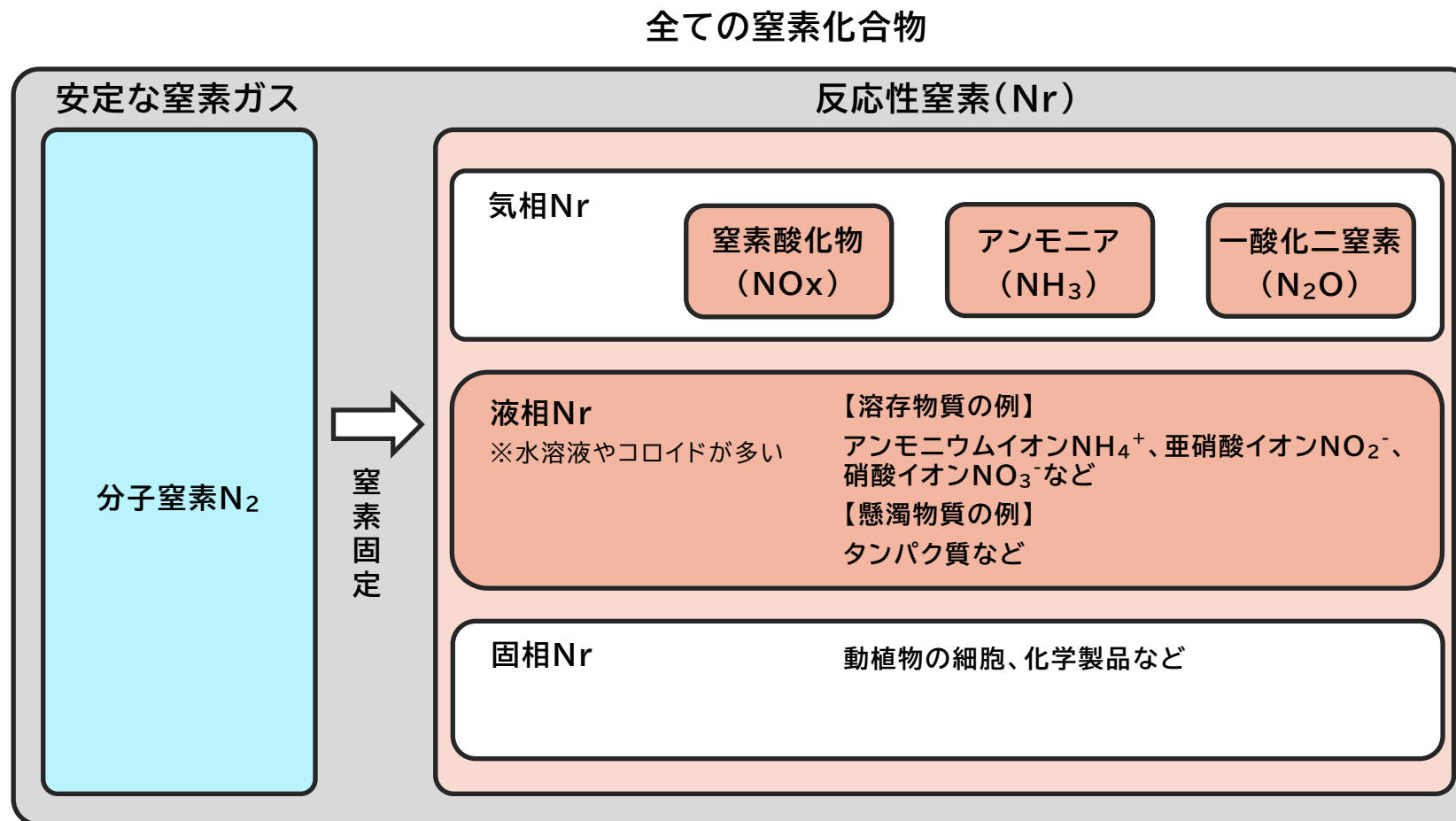
MRI 三菱総合研究所

エネルギー・サステナビリティ事業本部 研究員

高田 一輝

「窒素」とは？




- 不活性な分子窒素 N_2 を除く全ての窒素化合物を「反応性窒素(Nr, Reactive Nitrogen)」という。
- 反応性窒素は、気体(エアロゾル含む)、液体(コロイド含む)、固体のあらゆる状態で存在する。
- 代表的な反応性窒素には、「窒素酸化物」、「アンモニア」、「一酸化二窒素」、「液相Nr」の4種類がある。



本日本日お伝えすること

- 本日は、以下の3章構成で調査事業の成果概要をお伝えする。

本日のプレゼンテーションの概要

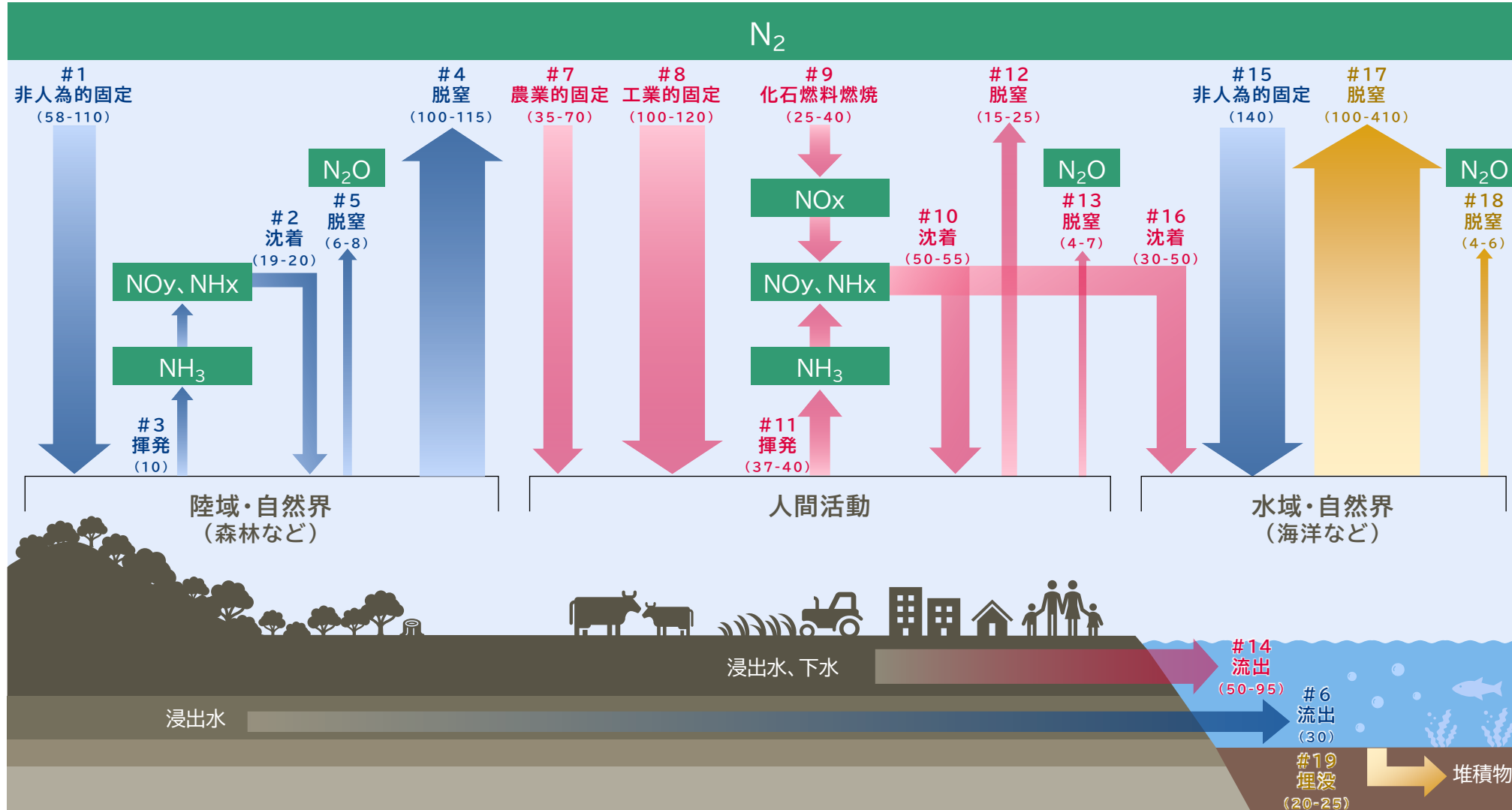
第1章	第2章	第3章
状態 	影響 	反応 
「窒素フロー図」はどうなっている？ <ul style="list-style-type: none">• 世界全体を対象に、反応性窒素が生成されてから再び分子窒素に戻るまでのフローを図にまとめた。• 世界全体と日本単体では状況が異なるので、留意が必要(本事業の対象は世界全体)。	「反応性窒素による負の影響」とは？ <ul style="list-style-type: none">• 反応性窒素の利用増加が、生態系や人の健康にもたらす負の影響についてまとめた。• 反応性窒素には肥料としての効果など、「正の影響」もあるが、本事業で取りまとめる対象とはしていない。	反応性窒素への対策動向は？ <ul style="list-style-type: none">• ①研究者、②政策決定者、③技術開発者による反応性窒素への対策動向をまとめた。• 研究者や政策決定者の動向は、本日のゲスト講演でもお話をいただける予定。

第1章 状態

「世界の窒素フロー図」は怎么样了？

世界の窒素フロー図

■本調査では、2010年頃の世界全体の窒素フロー図を整理した。



2010年頃の窒素フロー図

- 人間が生成した反応性窒素は、人間活動の範疇では N_2 に戻らず、反応性窒素のまま環境中に排出されている。
- 環境中に排出された反応性窒素は、最終的には主に水域で無害化されているが、無害化までの過程で様々な負の影響を引き起こしている。

(注釈)

- 矢印の太さはフローの大きさを表す。
- カッコ内の数字の単位は、百万トン。ただし、窒素重量ベース。

ピックアップ 反応性窒素を生成するフロー

- 窒素分子 N_2 を反応性窒素に変換するプロセスのことを「窒素固定」という(※)。
- 人工的なプロセス(人為的固定)と自然的なプロセス(非人為的固定)がある。
- さらに、「人為的固定」には「意図的固定」と「非意図的固定」がある。前者は肥料や農作物など物質生産に関わる人間活動に起因し、後者は燃焼によるエネルギー生産に関わる人間活動に起因する。

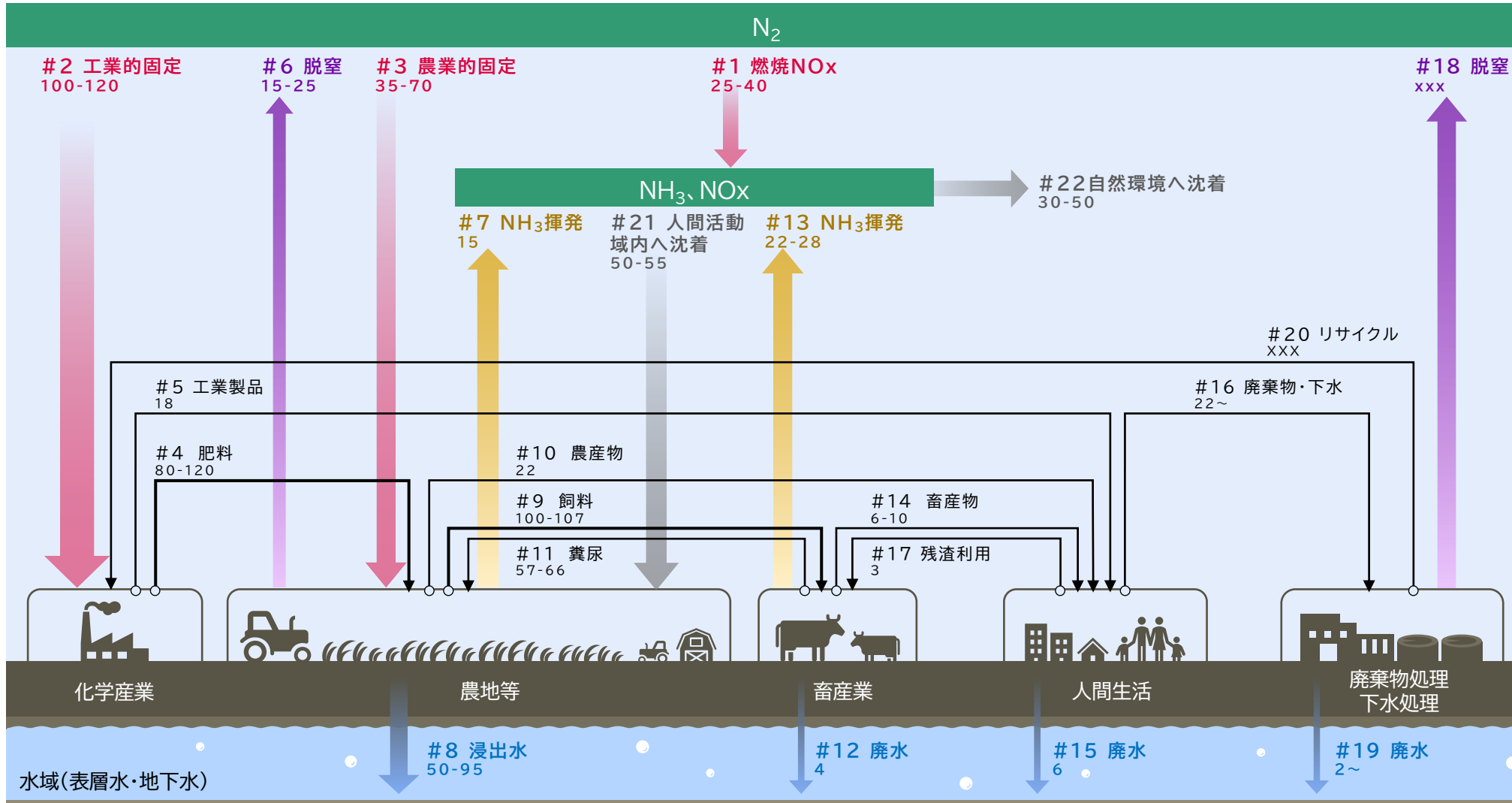
(※)狭義には、微生物による「生物学的窒素固定」のみを「窒素固定」と呼ぶが、本講演では N_2 を Nr に変換するプロセス全般をこのように呼称する。

窒素固定の分類とフローの大きさ

窒素固定の種類		説明	フローの大きさ [百万トン-N/年]
人為的固定	工業的固定	<u>ハーバー・ボッシュ法</u> などによる大気中 N_2 の意図的な固定。歴史的にはビルケランド・アイデ法、フランク・カロ法なども用いられたが、現代の主流はハーバー・ボッシュ法である。	100-120
	農業的固定	作物栽培の過程において「 <u>窒素固定菌</u> 」により行われる N_2 の意図的な生物学的固定。生物学的窒素固定は自然界でも行われる活動であるが、人間活動(農業)の中で行われる場合には、特に「農業的固定」と呼ばれる。	35-70
	非意図的固定	人間活動中における <u>化石燃料や汚泥、都市ごみの燃焼</u> による反応性窒素の生成。主な生成物は NO_x である。	25-40
非人為的固定		自然界の微生物や自然火災などによる非人為的な固定。「窒素固定菌」は陸域のみならず河川・海洋などの水域にも存在するため、陸域・水域双方において窒素固定が行われる。	58-110

人間活動と窒素フロー

■ 窒素フロー図全体のうち、人間活動に関わる部分を拡大した。

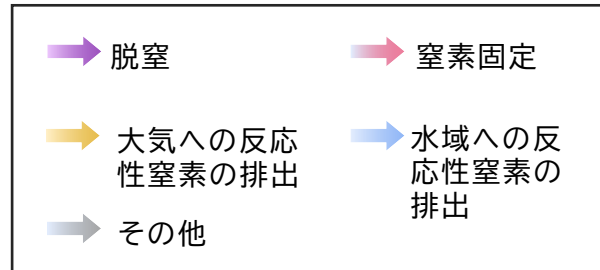


2010年頃の窒素フロー図

- 人間生活に工業製品、農産物、畜産物が届くまでに、化学産業、農地等、畜産業などの活動領域を経由している。
- 特に、**農地等からの浸出水流出やNH₃揮発**のフローが大きい。
- **燃烧活動によるNOx排出も比較的大きなフロー**である。

(注釈)

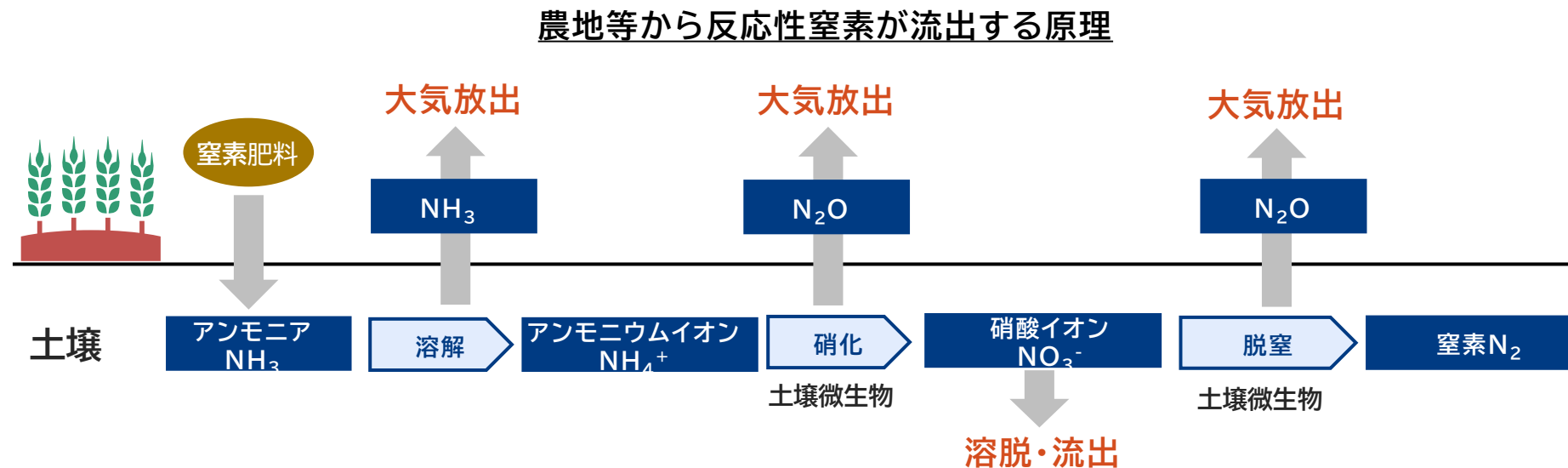
- 矢印の太さはフローの大きさを表す。
- カッコ内の数字の単位は、百万トン。ただし、窒素重量ベース。
- 「XXX」は情報不足により数値不明。



ピックアップ 農地等からの反応性窒素の流出

- 農地等(※)に散布されたアンモニア(NH₃)は、一部が土壤中で溶解して陽イオンのアンモニウムイオン(NH₄⁺)になり、負に帯電している土壤に強く吸着する。ここで、水分に溶解しなかったNH₃は、揮発して大気中に放出される。
- 生成されたNH₄⁺は、微生物により「硝化」という作用を受けて硝酸イオンNO₃⁻となる。この際、温室効果ガスであるN₂Oも発生する。
- NO₃⁻は負に帯電している陰イオンであるため、土壤から溶脱しやすくなっており、降雨などにより一部が浸出水・流亡水として環境中に排出される。
- 土壤に留まったNO₃⁻は微生物により「脱窒」という作用を受けてN₂へと還元される。この際にもN₂Oが発生する。

(※)「農地等」とは、一般的な農地(田と畑)に加えて採草地(家畜の飼料となる牧草を刈り取るための土地)を指す。



第2章 影響

「反応性窒素による負の影響」とは？

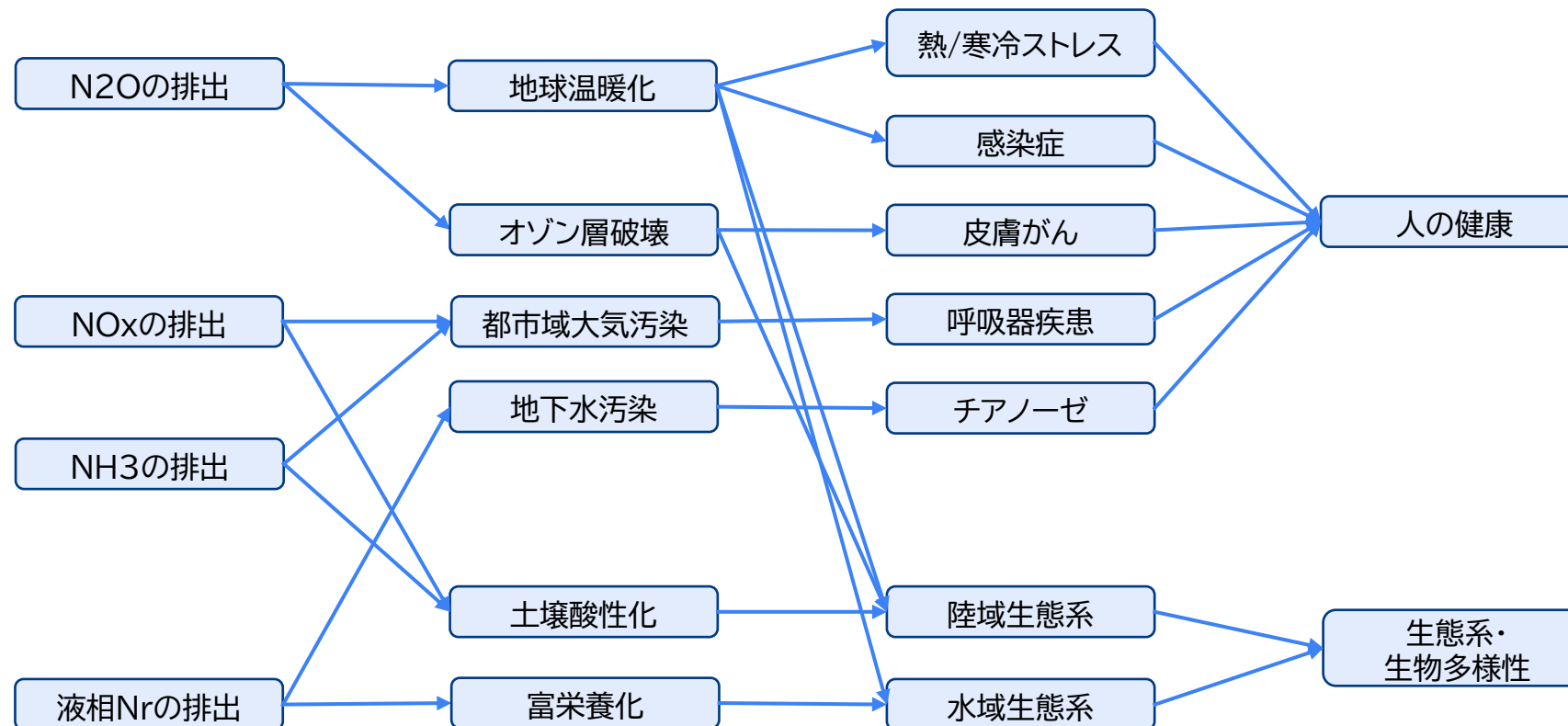
反応性窒素の影響先

- 反応性窒素による負の影響が及ぶ範囲は幅広い。
- 一つのキーワードとして、WAGESという概念がある。人類の窒素利用が負の影響を及ぼす要素の頭文字を取ったもの。
 - 水質 (Water quality)
 - 大気質 (Air quality)
 - 地球温暖化 (Greenhouse gas balance)
 - 生態系・生物多様性 (Ecosystem and biodiversity)
 - 土壌の質 (Soil quality)
- それぞれ原因となる化学物質がおおよそ決まっている。水質には「液相Nr」、大気質には「NO_x」、地球温暖化には「N₂O」といったイメージである。
- WAGESに含まれないが反応性窒素の影響先として、「オゾン層の破壊」や「人の健康影響」も近年重視されている。



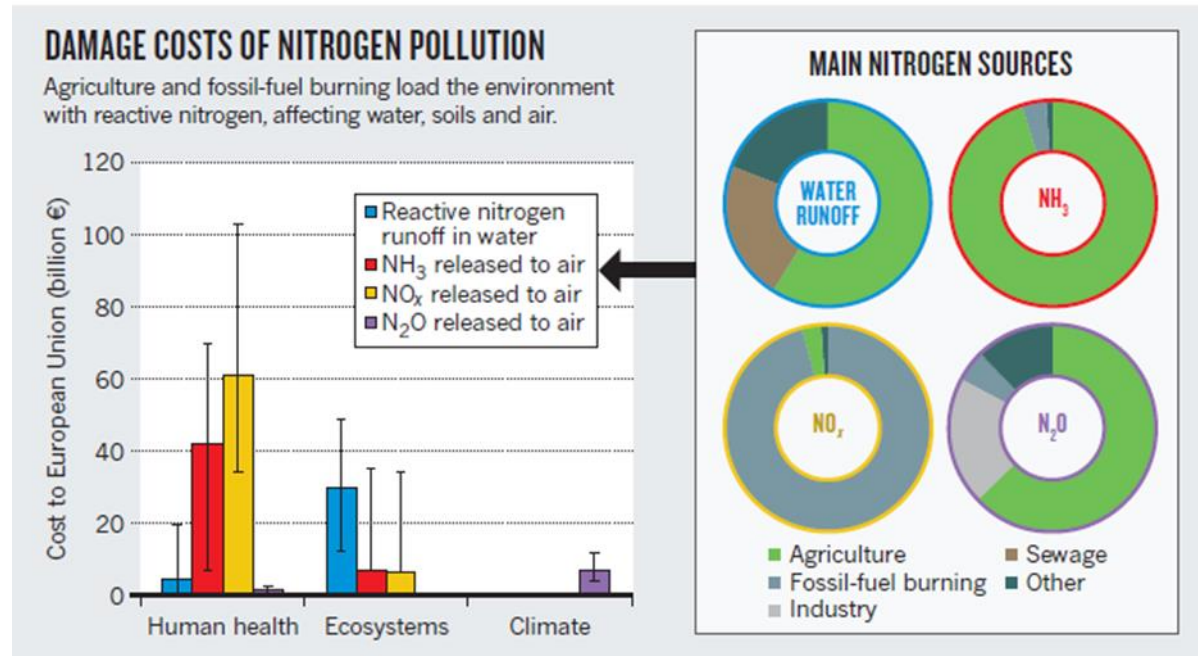
因果関係の整理 反応性窒素が排出されると結局何が起こるのか？

- 前頁で記載した要素は、独立ではなく相互に影響しあう。例えば、水質の悪化は水生生物の生態系に悪影響を及ぼしうるため、「水質(W)」と「生態系・生物多様性(E)」には関連性があるといえる。
- このような要素間の複雑な相互作用は、「反応性窒素による負の影響」を一言で表しづらくしている一因である。
- そこで本調査では、要素間の関係性を整理しようと試みた。その結果として、反応性窒素による負の影響には大きく分けて、「人の健康」と「生態系・生物多様性」の2つの側面があるという整理ができた。



定量化の試み

- 「人の健康」や「生態系・生物多様性」に悪影響を及ぼす反応性窒素を、化学種別に定量化する試みは、以前より行われている。
- Suttonら(2011)の論文では、液相Nr、NH₃、NO_x、N₂Oの排出1 kgが、「人の健康」と「生態系・生物多様性」にそれぞれ与える損失を経済価値に換算して計算し、欧州では「人の健康」にはNO_xとNH₃、「生態系・生物多様性」には液相Nrが影響を与えているという見解を示している。
- なお、経済価値への置き換えには、人々の価値観など社会的要素も影響するため、いついかなる時代、いかなる地域でも同様の結果になるとは限らない。裏を返せば、窒素フローが小さい窒素化合物であっても、価値観によっては高い優先度になり得るということでもある(例:近年はCOP29で取り上げられるなど、N₂Oへの注目度が高い)。



各種反応性窒素の排出1 kg当たりが各エンドポイントに対して及ぼす経済損失(ユーロ)

	Emission-EU27 ^a		Health	Ecosystem	Climate	Total
	Tg N _r	% agric	euro/kg N _r	euro/kg N _r	euro/kg N _r	euro/kg N _r
N _r to water	4.9	60	0-4 (1 ^b)	5-20 (12 ^d)		5-24 (13)
NH ₃ -N to air	3.5	80	2-20 (12 ^c)	2-10 (2 ^e)		4-30 (14)
NO _x -N to air	3.4	10	10-30 (18 ^c)	2-10 (2 ^e)		12-40 (20)
N ₂ O-N to air	0.8	40	1-3 (2 ^f)		5-15 (9 ^g)	6-18 (11)

出所) Sutton, "Too much of a good thing", 2011年, Nature誌
<https://www.nature.com/articles/472159a> (最終閲覧日:2025年1月14日)



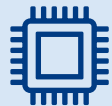
第3章 反応

反応性窒素への対策動向は？

注目のトピック

- 反応性窒素による負の影響への対策を講じる主体としては、研究者、政策決定者、技術開発者などが挙げられる。
- ここでは、それぞれの立場から注目のトピックを1～2件ずつ取り上げ、概要を整理した。

反応性窒素対策に係る注目のトピック（一部）

プレイヤー		想定される役割	注目のトピック
研究者		<ul style="list-style-type: none"> 「窒素」に関するファクトの整理 政策決定者への政策提言 	<ul style="list-style-type: none"> Toward INMS プロジェクト プラネタリー・バウンダリー
政策決定者		<ul style="list-style-type: none"> 国際的枠組の決議、行動計画の策定 法的拘束力を持つ規制の制定 	<ul style="list-style-type: none"> UNEAにおける決議
技術開発者		<ul style="list-style-type: none"> 規制の実現性を担保する技術開発 技術開発テーマの提案 	<ul style="list-style-type: none"> 窒素汚染スワップ 微生物資材（農地N₂O対策）

Toward INMS プロジェクト

- 国際窒素管理システム (INMS、International Nitrogen Management System) とは、国際的な窒素に関する政策決定のために、科学的な支援を行うための体制である。
- INMSを確立させることを目的として、2017年10月に国際的プロジェクト「Toward INMSプロジェクト(国際窒素管理システムの構築に向けたプロジェクト)」が設立され、2023年6月まで実施された。
- プロジェクトの活動終了を受け、それまでの各種調査研究で得られた科学的知見を集約した「国際窒素評価書 (INA, International Nitrogen Assessment)」が、2025年秋頃を目途に発刊される予定である。

Eds.: Sutton MA, Baron JS, Brownlie WJ, Ebanyat P, van Grinsven H, Hayashi K, Hooper DU, Kanter DR, Leach A, Ometto JP, Raghuram N, Read N, de Vries W

Cambridge Univ. Press (July 2024)

- 政策決定者に向けたサマリーとテクニカル・サマリー
- はじめに：汚染問題から窒素の機会へ
- **パートA：地球規模の窒素課題について：問題の定義**
 - ・ 窒素、環境、持続可能な開発
 - ・ 窒素と食糧安全保障
 - ・ 現在の国内・国際政策における窒素
 - ・ 世界的な窒素問題への包括的な対応に向けて
- **パートB：窒素循環評価の基礎**
 - ・ 窒素の影響を評価するためのアプローチと課題
 - ・ 世界の窒素循環に対するパフォーマンス指標
 - ・ 窒素の圧力と分布を評価するためのアプローチと課題
 - ・ 窒素の利点と脅威を評価するためのアプローチと課題
- **パートC：窒素循環全体についての国際的な統合評価**
 - ・ 地球規模の全窒素収支の評価
 - ・ 水：淡水、沿岸、海洋システムに対する窒素の影響に関するフロー
 - ・ 大気：窒素排出と大気質が人間の健康と作物に及ぼす影響
 - ・ 温室効果：人為的な窒素利用が地球温暖化係数と放射収支に及ぼす影響、成層圏オゾン層破壊における窒素の役割
 - ・ 生態系：陸上生態系と水生生態系への窒素の供給と生物多様性への影響
 - ・ 土壌：農地における窒素のインプット・アウトプットとその影響、及び非農業地との関係
- **パートD：世界の主要地域における窒素問題と機会**
 - ・ アプローチ、統合化、教訓が地域における評価を形成する
 - ・ 東アジアにおける窒素フロー、影響、解決策の評価
 - ・ 南アジアにおける窒素フロー、影響、解決策の評価
 - ・ アフリカにおける窒素フロー、影響、解決策の評価
 - ・ ラテンアメリカにおける窒素フロー、影響、解決策の評価
 - ・ 西ヨーロッパにおける窒素フロー、影響、解決策の評価
 - ・ 東欧における窒素フロー、影響、解決策の評価
 - ・ 北米における窒素フロー、影響、解決策の評価
- **パートE：将来的な課題の把握について**
 - ・ 窒素管理の改善に向けた主要なアクション
 - ・ 窒素管理の改善を阻む障壁への対処
 - ・ 地球及び地域規模における窒素の費用便益
 - ・ 目標と道筋：2030年までに窒素廃棄物を半減するには？
 - ・ 窒素管理の改善に向けた政策オプションと手段の評価

出所) 林健太郎、「国際窒素管理の動向と大気・水環境との関係水・大気環境連携セミナー(2023年10月31日)資料」

https://jswe-local.org/img/4_Hayashi.pdf (最終閲覧日:2025年1月14日) よりMRI作成

プラネタリー・バウンダリー（1）

- 「プラネタリーバウンダリー」とは、地球環境の危機的状況を視覚的に示した俯瞰図である。この図では、「地球環境が安定した状態を保てる限界の範囲」を示している。J. Rockström氏らにより、2009年ごろに提案された。
- 「生物地球化学的循環」の「窒素」に関しては、「危険」という評価が示されている。これは我が国でも知られてきているところ。

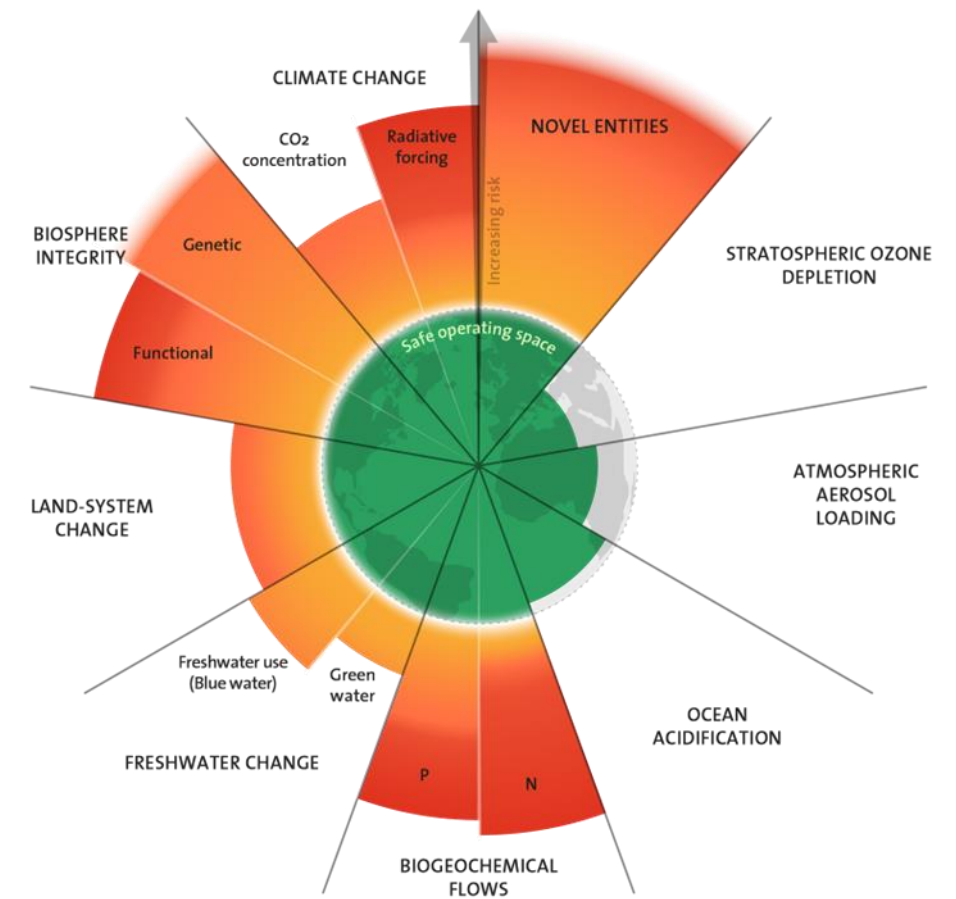
- 「危険」と判断されるに至った理由は、「世界の『窒素固定量』が『限界』を超えているから」とされている。

- 窒素固定量：工業的固定量 + 農業的固定量 約190百万トン-N/年
- 限界の閾値：62百万トン-N/年

- この判断基準に対し、調査の過程でいくつかの疑問が寄せられた。



- なぜ反応性窒素の「排出量」ではなく「固定量」が判断基準に使われているのか？
- 限界の閾値はどのように決められたのか？
- 限界の閾値を超えると何が起こるのか？



出所) Stockholm Resilience Center, “Planetary boundaries”
<https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html> (最終閲覧日: 2025年1月14日)

プラネタリー・バウンダリー（2）

- プラネタリー・バウンダリーは、「窒素」の危機的状況を示す一つのツールであり、**「窒素問題」を全て表しているわけではない**。複雑な「窒素」の世界から分かりやすい一面を切り出せるという点では有用だが、こだわりすぎても本質を見失う恐れがある。
- 例えば、固定された窒素が排ガス処理や下水処理により無害化されていたとしても、プラネタリー・バウンダリーの枠組上では評価されない（窒素固定量で評価されているため）。また、反応性窒素の排出を削減すると却って豊かな漁場が失われることがあるなど、地域によって守るべき閾値は違うという指摘もある（現在は閾値は世界の総窒素固定量で定められている）。
- 今後、研究者の改良により、プラネタリー・バウンダリーが「窒素問題」をより包括的に表せるようになることが期待される。



疑問	回答（推測を含む）
なぜ反応性窒素の「排出量」ではなく「固定量」が判断基準に用いられたか。	正確なデータの把握が難しいため。 （政策目標を立ててもデータが得られなければ、施策の効果が評価できない）
限界の閾値はどのように決められたか。	エキスパートジャッジに基づく。 （窒素による影響は未解明の部分も多く、今後閾値は更新される可能性がある）
限界の閾値を超えると何が起こるか。	必ずしも解明されているわけではない。 （「予防原則」の考え方が根底にある）



UNEAにおける決議

- 国連環境総会(UNEA, United Nations Environment Assembly)における決議は、単独で法的拘束力を有すものではないが、優先的に取り組むべき地球環境施策の課題を見定めると共に、環境関連の政府行動を促進する役割を果たしている。
- 窒素管理については、2017年12月に開催されたUNEA-3(第3回総会)を契機に議論・決議されるようになってきた。
- 2022年2～3月に開催されたUNEA-5.2(第5回総会再開セッション)は、世界各国における窒素管理の施策にとりわけ大きな影響を与えた。ここでは、加盟国に「**2030年までに窒素廃棄物を顕著に削減**」を奨励する決議が採択された。
- これを受けて我が国でも、「持続可能な窒素管理に関する行動計画(窒素管理行動計画)」が2024年9月に策定された。

我が国の窒素管理行動計画

- 国連環境総会(UNEA)決議を受け、第6次環境基本計画に基づき、窒素管理の行動計画を策定
- 水・大気環境の保全・管理と脱炭素・資源循環・自然共生との統合的アプローチにより、窒素管理によって社会や地域にメリットをもたらす関係省庁連携プロジェクトを展開
- 我が国の知見・経験の国際展開、能力構築、技術移転により、アジア諸国の窒素管理にも貢献

1. これまでの窒素管理の成果と今後の課題

- ・ 大気汚染防止法等で、工場等の窒素酸化物(NOx)排出基準や自動車排ガス許容限度の設定、総量規制等を実施
- ・ 水質汚濁防止法等で、工場等の硝酸性窒素・亜硝酸性窒素や全窒素等の排水基準の設定、総量規制等を実施
- これまでの取組の成果により、反応性窒素による大気汚染や水質汚濁は大幅な改善を実現
- ・ 一部地域は、地下水の硝酸性窒素・亜硝酸性窒素や湖沼の全窒素は、環境基準が未達成の状況が継続
- ・ 一方、近年、一部の閉鎖性海域では、栄養塩類不足による水産資源への影響が課題
- ・ 今後、気候変動対策としてアンモニア燃料等の普及拡大が見込まれ、大気環境への排出抑制と両立が必要
- ・ 科学的知見の集積、インベントリの精緻化、窒素サプライチェーンの構築を見据えた技術開発の進展に期待

2. 水・大気環境の保全・管理と脱炭素・資源循環・自然共生との統合的アプローチ

- ・ 窒素は水、大気に媒体横断的に存在するため包括的なマテリアルフローを把握し、有効な対策を検討

(1)脱炭素×水・大気環境	(2)資源循環×水・大気環境	(3)自然共生×水・大気環境
<ul style="list-style-type: none"> ・ 省エネ効果等を検証しつつ下水処理場等から栄養塩類供給、豊かな海づくり ・ 水道水源となる河川・湖沼・地下水の水質改善と家畜排せつ物エネルギー利用 ・ 燃料や水素キャリア等のアンモニア普及拡大に当たりNOx等排出抑制技術の活用 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 適正施肥促進、家畜排せつ物適正管理、堆肥や下水污泥資源の肥料利用の拡大 ・ 富栄養化が課題である湖沼の底泥資源の有効利用 ・ エシカル消費、食品ロス削減 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 下水処理場の能動的運転管理、藻場・干潟の保全・再生等による豊かな海づくり ・ 排水処理のアンモニア回収等窒素サプライチェーン検討

3. 我が国の知見・経験の国際展開、能力構築、技術移転

- ・ 東アジア酸性雨モニタリングネットワーク(EANET)やアジア水環境パートナーシップ(WEPA)といった既存の国際協力の枠組を活用した活動により、我が国の知識・経験の国際展開、行政官の能力構築等を推進
- ・ 大気環境と気候変動のコベネフィット事業やアジア水環境改善モデル事業により、我が国技術の導入を促進

出所)

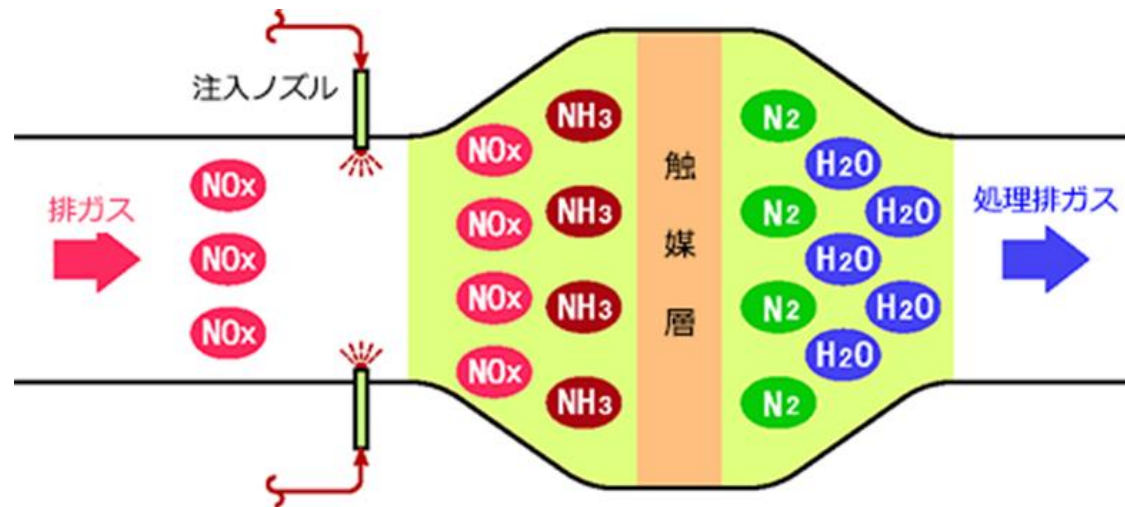
[1] INMS, “The UNEA5.2 Resolution on Sustainable Nitrogen Management”, <https://www.inms.international/news/new-nitrogen-resolution%20UNEA5.2> (最終閲覧日:2025年1月14日)

[2] 環境省、「『持続可能な窒素管理に関する行動計画』の策定について (別添1)持続可能な窒素管理に関する行動計画の概要」、<https://www.env.go.jp/content/000253947.pdf> (閲覧日:2025年1月14日)

技術開発の動向 窒素汚染スワップ(NOx対策)

- 近年のNOx処理技術において注目されているトピックの一つに、「脱硝装置から生じる副生成物の抑制」が挙げられる。具体的には、NH₃を還元剤とする脱硝装置において、NH₃及びN₂Oの副生が危惧されている。
- このように、個別の窒素汚染(例:NOxの発生)に対処することで、別の窒素汚染(例:NH₃及びN₂Oの発生)を引き起こすことを「窒素汚染スワップ」と呼ぶ。反応性窒素の処理において「包括的窒素管理」が求められる背景の一つとなっている。
- 反応性窒素の排出量をトータルで削減するため、「劣化や副生物の少ない触媒の開発」などが進められている。

NOx無害化のプロセス例



NOxに外部から注入したNH₃を反応させ、N₂とH₂Oに変換する。

NOx無害化に起因する窒素汚染スワップの例

- NOxの除去率を追求しようとする、NH₃注入量が過剰気味になる。→却ってNH₃による汚染が発生
- 過剰NH₃を処理するための「アンモニアスリップ触媒」を後段に設けると、N₂Oが副生する。→今度はN₂Oによる汚染が発生

※ 実際にはもう少し複雑

技術開発の動向 窒素汚染スワップ(NH₃対策)

- ガス態のNH₃を処理する現状の技術としては、①水吸収＋生物処理、②ガス燃焼、③触媒分解などが挙げられる。
- いずれの方法でも、処理の過程でNO_xやN₂Oが発生しうるとされ、いわゆる「窒素汚染スワップ」の問題が発生しうる。
- ムーンショット事業においては、NH₃の吸着材(プルシアンブルー類似体)が研究されている。NH₃を濃縮回収する過程では他の窒素化合物への化学変化を伴わないため、窒素汚染スワップの問題を回避できる可能性がある。

ガス態アンモニアの無害化技術

技術	概要	留意点など
① 水吸収＋生物処理	<ul style="list-style-type: none"> • NH₃含む排ガスに洗浄液を噴霧し、NH₃を排ガス中から液相中に移行させる方法。 • 洗浄液としては水や硫酸などが用いられる。 • 即応性に優れる。 	<ul style="list-style-type: none"> • 大量の液体を使用する必要がある。 • 後段で廃液の処理が必要になる(多くは生物処理)。 廃液処理の過程でN₂Oが発生しうる。
② ガス燃焼	<ul style="list-style-type: none"> • NH₃を含む排ガスをバーナー等で燃焼させ、分解する方法。 • 装置が安価かつコンパクトである。 	<ul style="list-style-type: none"> • 低濃度までの分解には開発課題が残されている。 • ガス燃焼の過程でNO_xやN₂Oが発生しうる。
③ 触媒分解	<ul style="list-style-type: none"> • NH₃を分解する触媒を用いて、N₂へと変換する。 • 低濃度まで分解可能で二次処理も発生しないとされている。 	<ul style="list-style-type: none"> • 大量のNH₃を処理する場合には無視できない量のNO_xやN₂Oが発生する可能性が指摘されている。

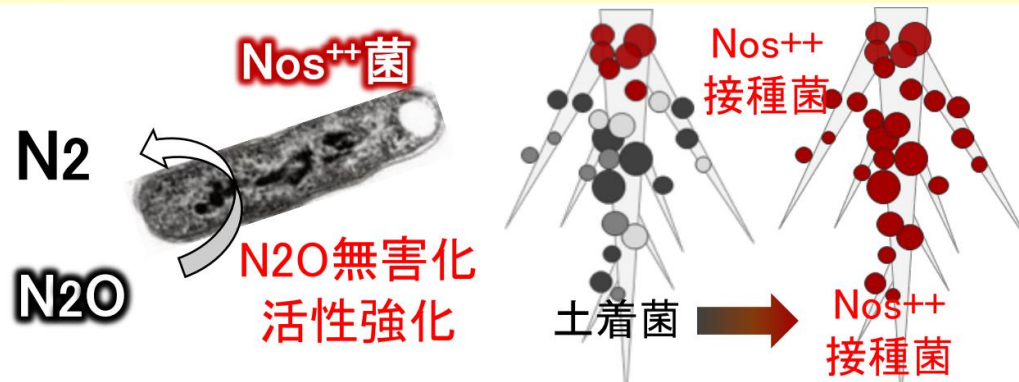
技術開発の動向 微生物資材(N₂O対策)

- 農地等からのN₂O発生対策技術として、「微生物資材」が注目されている。
- N₂Oを削減する能力を有する微生物を作物に接種して(あるいは、そのような微生物が優占しやすい環境を整えて)、N₂Oの発生を抑制する方法であり、欧州での研究が進んでいる。
- 留意点として、遺伝子操作には社会的不安があることから、社会的受容のための取組が不可欠ということが挙げられる。
- ムーンショット事業においても、微生物資材に着目したN₂O削減技術が開発されている。

2020 ————— 2024 —————> 2029

N₂O無害化根粒菌

・N₂O還元活性強化株(Nos++)の探索・作出



・宿主作物の最適化によるNos++菌優占化

微生物 + 種子 + キャリア

Cool Erathのための微生物
接種等の社会受容



まとめ

本日本お伝えしたかったこと

- 窒素フローの数値から判断すれば、農地等からの浸出水やNH₃揮発が対策すべき「第一候補」である。
- ただし、値が小さなフローでも、人の健康や生態系・生物多様性に大きな影響を与えることはあり得る。
- 対策策定の指針として「プラネタリー・バウンダリー」は有用だが、「窒素問題」の一部を捉えるツールであるという点には留意が必要である。INAやUNEA-5.2など、他の窒素管理の視点も併せてフォローすることが重要である。

第1章
<p>状態</p>
<p>「窒素フロー図」はどうなっている？</p> <ul style="list-style-type: none"> • 人間が生成した反応性窒素は、人間活動の範疇ではN₂に戻らず、反応性窒素のまま環境中に排出されている。 • 特に、農地等からの浸出水流出やNH₃揮発のフローが大きい。燃焼活動によるNO_x排出も比較的大きなフローである。 • 値の大きなフローは、対策すべき「第一候補」である。

第2章
<p>影響</p>
<p>「反応性窒素による負の影響」とは？</p> <ul style="list-style-type: none"> • 反応性窒素による負の影響には大きく分けて、「人の健康」と「生態系・生物多様性」の2つの側面がある。 • 環境中に排出される窒素フローが小さい物質でも、「人の健康」や「生態系・生物多様性」に大きな影響を与えることもある(N₂Oなど)。 • これは、対策すべき「隠れた候補」ともいえる。

第3章
<p>反応</p>
<p>反応性窒素への対策動向は？</p> <ul style="list-style-type: none"> • 「プラネタリー・バウンダリー」は「窒素問題」の一側面を捉えるツールとして有用だが、こだわりすぎると本質を見失う恐れもある。 • 「窒素」に関する知見を取りまとめた「国際窒素評価書(INA)」の動向には要注目。 • UNEA-5.2を契機として、各国政府が窒素管理行動計画を策定し始めた。 • 「窒素汚染スワップ」に留意し、包括的窒素管理を念頭に置いた技術開発が望まれる。

三菱総合研究所では…

- NEDO様から受託した本プロジェクト(2023年4月～2025年1月)を通じて、窒素管理に関する知見を蓄積しています。
- 本シンポジウムを含め、窒素管理に関する情報発信も実施してきました(今後も寄稿・講演予定あり)。
- 窒素管理にご関心をお持ちの際は、是非弊社にご相談ください。

本資料に関するお問い合わせ先

株式会社 三菱総合研究所

〒100-8141
東京都千代田区永田町二丁目10番3号

エネルギー・サステナビリティ事業本部
GXグループ

高田 一輝
kazuki_takada@mri.co.jp
TEL : 080-8017-6343

未来を問い続け、変革を先駆ける

MRI 三菱総合研究所