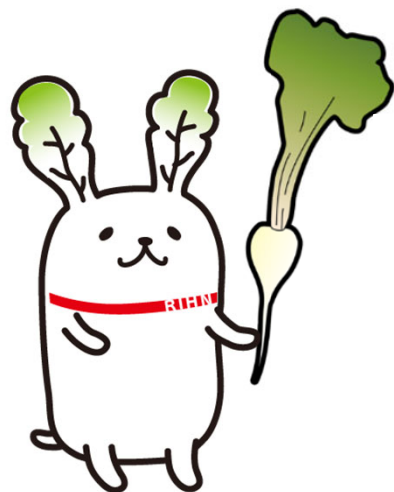


# 2025年初における 窒素問題の動向について

「持続可能な窒素管理を考えるシンポジウム」

2025年1月17日

人間文化研究機構  
総合地球環境学研究所 教授  
林 健太郎



# 林のプロフィール

- 氏名： 林 健太郎（はやし けんたろう）
- 所属・役職： 人間文化研究機構 総合地球環境学研究所 プログラム研究部・教授
- 専門分野： 生物地球化学, 土壌学, 大気科学のほか, 文理問わず幅広い関心を有し, 超学際アプローチにも取り組む
- 窒素問題に関する役割
  - 地球研「人・社会・自然をつないでめぐる窒素の持続可能な利用にむけて」:  
プロジェクトリーダー <https://www.chikyu.ac.jp/Sustai-N-able/index.html>
  - 国際窒素イニシアティブ (INI): 東アジアセンター代表, 運営委員
  - 栄養塩類の管理に関するグローバル・パートナーシップ (GPNM): 運営委員
  - UNEP窒素作業部会 (WGN): アドバイザー
  - 環境省「持続可能な窒素管理に関する行動計画」: 検討委員会座長 (R5年度)
  - 第10回国際窒素会議: 組織委員長, 事務局長
  - 日本窒素専門家グループ: 提案者, 代表代行

# 本日の話題

1. 窒素問題のおさらい
2. 国際的な取り組みの現状
3. 国内の取り組み(ごく一部)

# 1. 窒素問題のおさらい

(このあと動画が出ます)



# 窒素は2種類に大別

## 安定な分子窒素と, その他の反応性窒素

- 環境中で **不活性** か **反応性** か

**不活性**: 分子窒素 ( $N_2$ ), 圧倒的に大量, 大気の78%

**反応性**: その他の窒素化合物, **反応性窒素 (Nr)** と総称

Nr大気組成

$N_2O$  335 ppb 増加中

$NO$  1~100 ppb

$NO_2$  1~100 ppb

$HNO_3$  0.1~10 ppb

$HNO_2$  0.1~10 ppb

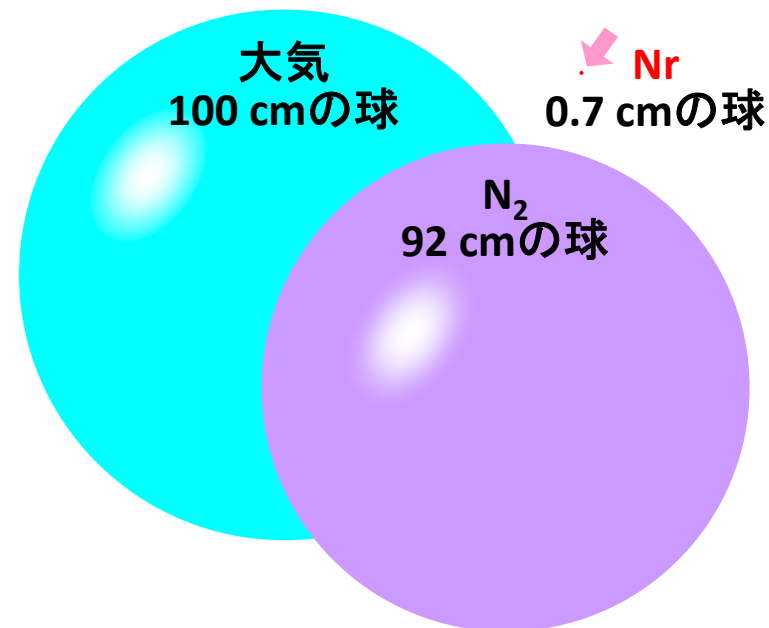
$NH_3$  0.1~100 ppb

\*1 ppb =  $10^{-9}$  (10億分の1)

= 0.0000001%

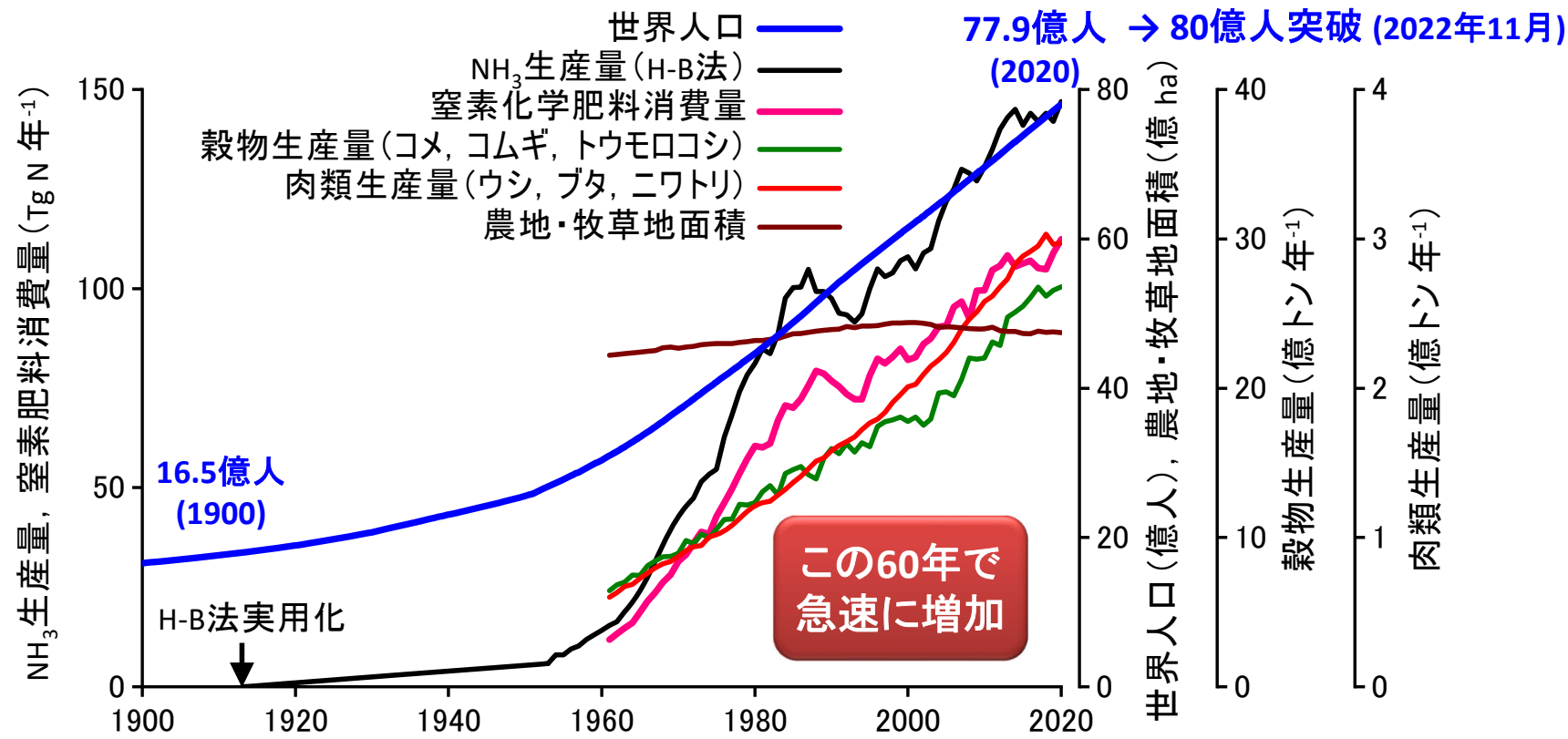
環境中の主な反応性窒素

還元窒素	アンモニア ( $NH_3$ ) とそのイオン・塩 ( $NH_4^+$ ) 有機態窒素 (アミン, アミノ酸など, 例: 尿素)
酸化窒素	硝酸 ( $HNO_3$ ) とそのイオン・塩 ( $NO_3^-$ ) 亜硝酸 ( $HNO_2$ ) とそのイオン・塩 ( $NO_2^-$ ) 一酸化窒素 ( $NO$ ) 二酸化窒素 ( $NO_2$ ) (狭義の) 窒素酸化物 ( $NO_x$ ) ( $NO$ と $NO_2$ ) 一酸化二窒素 ( $N_2O$ )

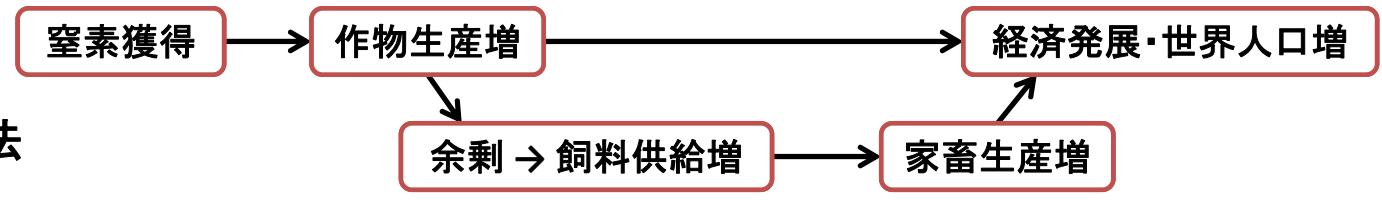


# 人類は20世紀はじめにNrを獲得

## 空気中のN<sub>2</sub>からNH<sub>3</sub>を望むだけ合成可能に

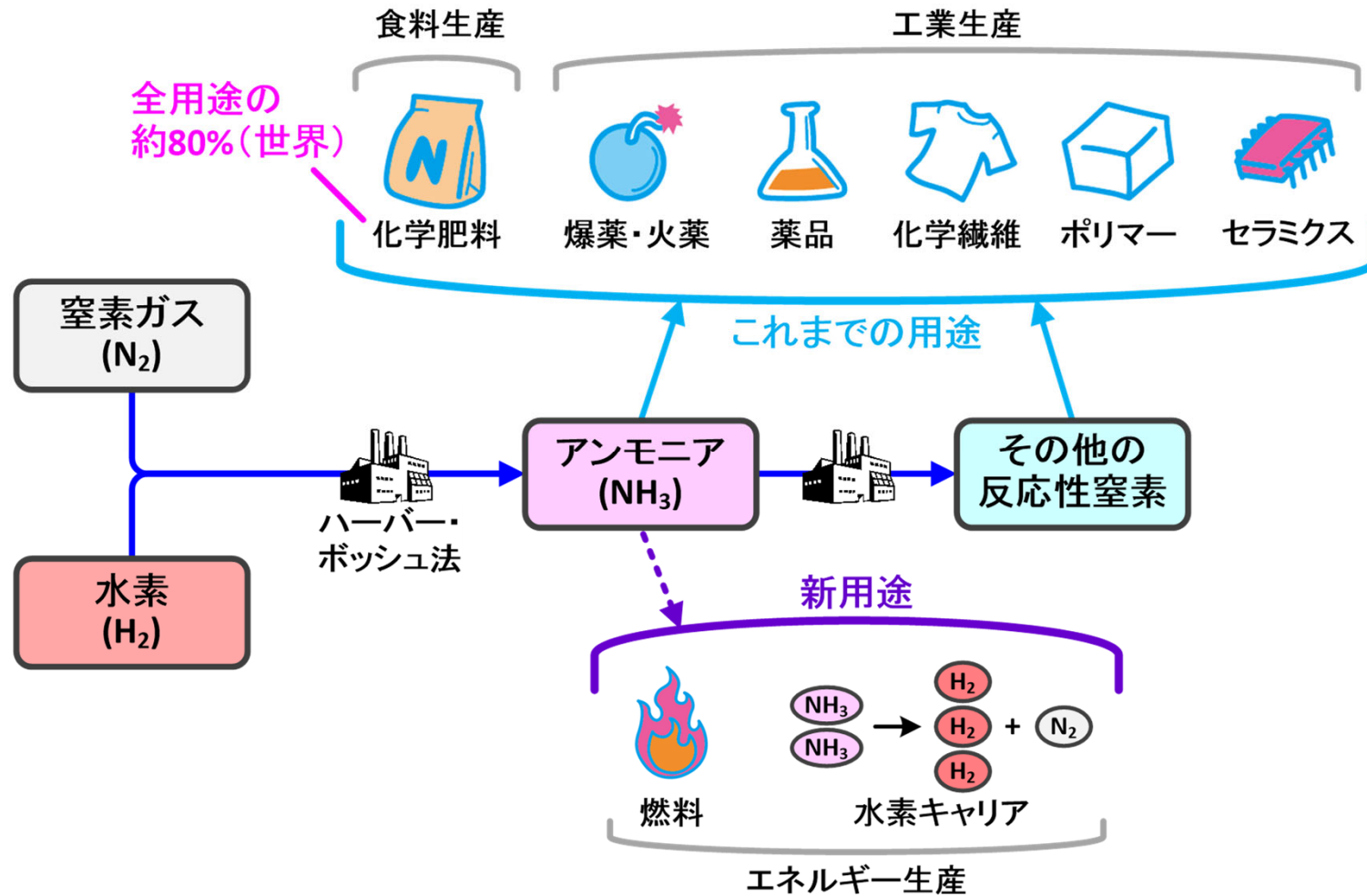


H-B法:  
ハーバー・ボッシュ法



# 多様化した窒素の用途

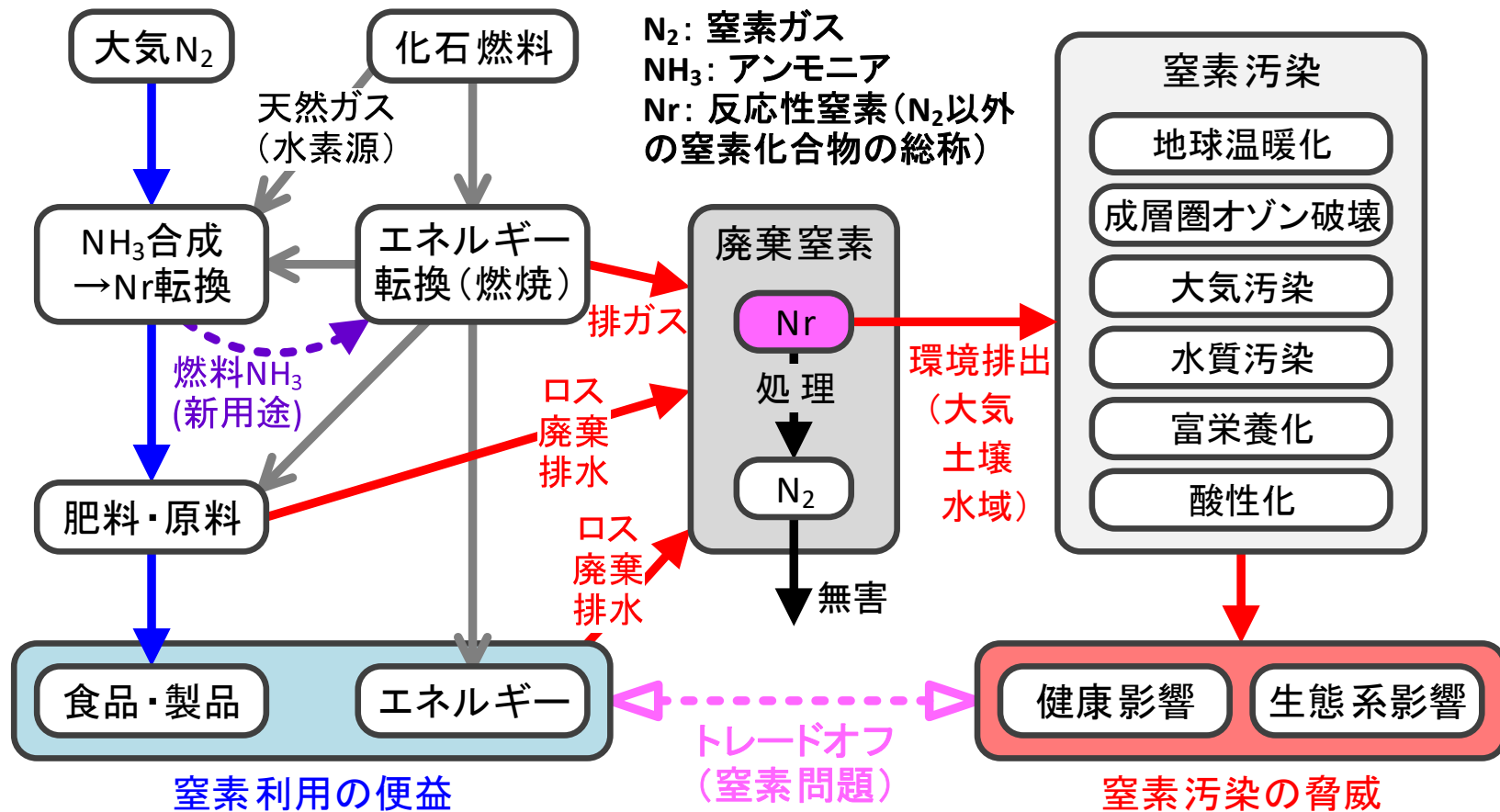
## 肥料, 原料, そして燃料



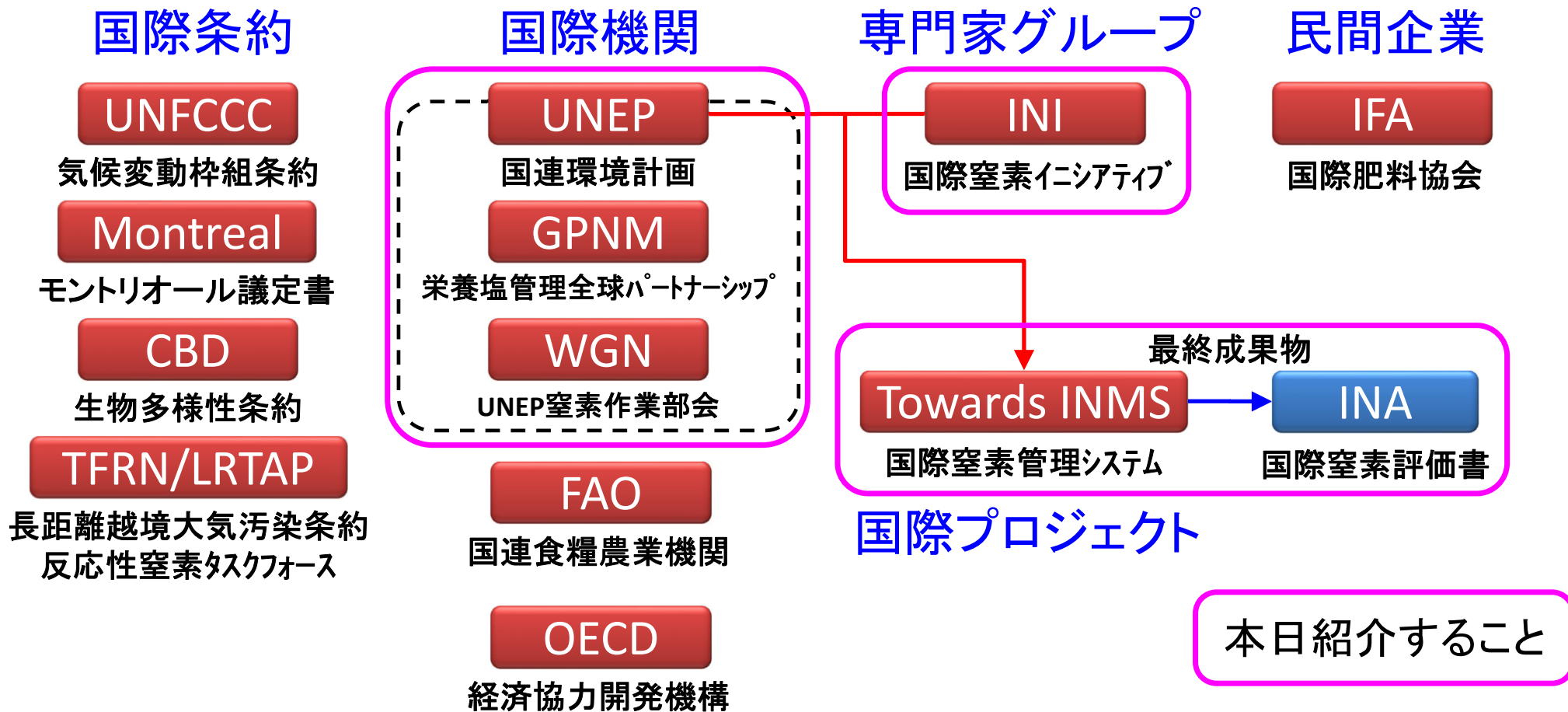


# 窒素問題

## 窒素利用(便益)と窒素汚染(脅威)のトレードオフ



## 2. 国際的な取り組みの現状



国際的な窒素管理に関する主な機関・プロジェクトなど

\*窒素管理：窒素利用の便益を担保しつつ、窒素汚染の脅威を削減

# 専門家グループ： 国際窒素イニシアティブ

International Nitrogen Initiative (INI)

<https://initrogen.org/>

- 主旨： 持続可能な食料生産における窒素の**利便性の最適化**と、食料・エネルギー生産に由来する窒素負荷が人間健康や環境に及ぼす**負の影響の最小化の両立**
- 主な活動： 国際プロジェクトの立案(例: INMSプロジェクト), 国際機関の活動支援(例: UNEP), 国際窒素会議の主催(原則3年ごと), 最近ではウェビナーシリーズも実施
- 組織(2025年1月現在): 代表(アメリカ); 地域センター群・東アジア(代表: 日本[林], 副代表: 中国), 南アジア(パキスタン, インド), 欧州(スペイン), 北米(アメリカ), 中南米(コスタリカ), オセアニア(オーストラリア), アフリカ(ナイジェリア, チュニジア)

# 国際機関： 国連環境計画 (UNEP)

## United Nations Environment Programme

- 国連環境総会 (UNEA: United Nations Environment Assembly) 主催： 原則隔年
  - UNEA-4 (2019) と UNEA-5 (2022) で「持続可能な窒素管理決議」が採択
  - UNEA-6 (2024) では窒素管理の決議案は提出されず
  - 次回のUNEA-7 (2025年12月8～12日予定) ではどうなるか？
- 栄養塩類の管理に関するグローバル・パートナーシップ (GPNM: Global Partnership on Nutrient Management)： 2009年設立
  - 政府機関・専門家・民間企業・NPOsなどが参画, UNEPは事務局を担当
  - 窒素, リン, カリウムの管理をターゲットとする
- UNEP窒素作業部会 (UNEP WGN: Working Group on Nitrogen)： 2020年発足
  - UNEA-4の1回目の窒素管理決議を受けて発足
  - 政府機関が当該国窓口 (national focal point) として参画, UNEPは事務局を担当
  - これまで6回の会合を実施, 日本は2022年から参画 (環境省を中心)

# UNEA 持続可能な窒素管理決議

## Resolutions on Sustainable Nitrogen Management

- UNEA-4における1回目の決議(UNEP/EA.4/Res.14)(2019年3月)
  - 窒素循環全体にわたる政策の調整改善を促進する選択肢を検討
  - FAOを含む国連機関および多国間協定と連携して窒素管理を支援
- 持続可能な窒素管理に関するコロンボ宣言(2019年10月)
  - 国連グローバル・キャンペーンで採択(29か国) → 廃棄窒素の半減を謳う
- UNEA-5における2回目の決議(UNEP/EA.5/Res.2)(2022年3月)
  - コロンボ宣言に留意するも, 2030年以降までに世界の廃棄窒素を大幅に削減
  - 各国の(窒素管理)行動計画に関する情報を共有
  - UNEP事務局長に対する要請: (a) 国家行動計画の策定支援, (b) 窒素政策の調整改善の選択肢について可能な方法を特定, (c) 決議の実施のロードマップを提示, (d) 加盟国に窒素作業部会へのを求む, (e) UNEA-6での報告

# GPNMの動向

<http://www.nutrientchallenge.org/>

## Global Partnership on Nutrient Management

- 運営委員会のメンバー交代(2024年7月): 計12名(林を含む): 政府機関, 大学・研究機関, INI, 民間・民間協会, NPO + 事務局(UNEP)
- 共同議長の選出(2024年11月): 黒田(日本), Sutton(イギリス)
- GPNM全体会合: 2024年10月オンライン, 2025年3月ハイブリッド(調整中)
- ウェビナーシリーズを開催: INIや他機関とも連携
  - Closing the loop: Nutrient recovery from wastewater (2023/8/16)
  - Sustainable nitrogen management: Global developments (2023/9/5)
  - Nutrients policy coordination at the regional level: Experiences from regional seas conventions & action plans (2024/8/29)
  - Global Nitrous Oxide Assessment: Key messages (2024/12/19) \*INIと合同
  - Nutrient Monitoring Across the GEO Work Programme Workshop (2025/1/9) \*NOAAと合同

# WGNの動向

<https://www.unep.org/nitrogen-management-WG>

## Working Group on Nitrogen, UNEP (GPNMはWGNを支援)

- ここしばらくの会合(各国政府の窓口機関を専門家が支援)
  - WGN-4(2023/9, ナイロビ): 環境省・農水省・仁科(国環研); 林(オンライン)
  - WGN-5(2024/1, ナイロビ): 林; 環境省・農水省・仁科(オンライン)
  - WGN-6(2024/6, 東・西半球別オンライン): 環境省・農水省・仁科・林
  - WGN-7(2025/3開催, ハイブリッド)調整中
- ウェビナーシリーズ(GPNMとも連携): 例えば,
  - Changing the course: Exploring ammonia as a shipping fuel and its potential impact on the nitrogen cycle (2024/4/29)
  - Advocating organic farming for sustainable nitrogen management in Africa (2024/6/18) ほか

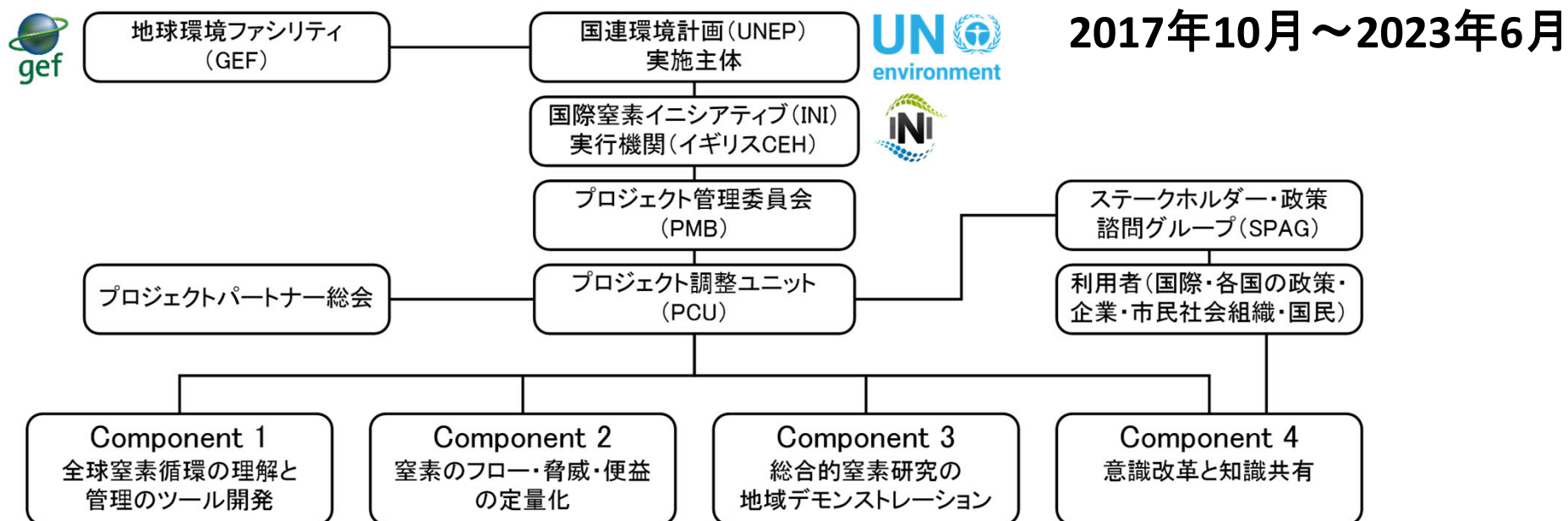


# 国際プロジェクト： 国際窒素管理システム (INMS)

## Towards International Nitrogen Management System

主旨： **INIとUNEPが連携し、科学的知見を政策に活かすプロジェクト**

最終成果物： **国際窒素評価書 (2025年秋予定)**



<https://www.inms.international/>



# INMSの成果物

## 各種報告書, 各種ガイダンス文書, 国際窒素評価書(INA)

- 報告書(全て取得可能 → <https://www.inms.international/reports>)
  - Nitrogen: Grasping the Challenge (2019)
  - Global-scale modelling of flows and impacts of nitrogen use: Modelling approaches, Linkages and Scenarios (2020)
  - Nitrogen Opportunities for Agriculture, Food & Environment: UNECE Guidance Document on Integrates Sustainable Nitrogen Management (2022)
  - Our Phosphorus Future (2022)
  - Appetite for Change: Food system options for nitrogen, environment & health (2023)
- ガイダンス文書(Guidance Documents: GD): 主要活動ごと(未発刊のものもある)
  - 例えば, INMS GD on national nitrogen budgets
  - INMS GD on nitrogen use efficiency indicators across multiple scales
  - INMS GD on measures for sustainable nitrogen management, ほかにも多数
- 最終成果物: 国際窒素評価書(INA)

# International Nitrogen Assessment (INA) 国際窒素評価書

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 (2025)

Summary for Policy Makers

Technical Summary

1. From pollution problems to nitrogen opportunity

**Part A: The Global Nitrogen Challenge: Problem Definition**

2. Nitrogen, environment & sustainable development goals

3. Nitrogen & food security

4. Nitrogen in current national & international policies

5. Towards a strategic approach to the global nitrogen challenge

**Part B: Foundations for Assessing the Nitrogen Cycle**

6. Approaches & challenges to assess nitrogen impacts

7. Developing nitrogen indicators based on statistical information

8. Approaches & challenges to assess nitrogen flows & states & their distribution

9. Approaches & challenges to value nitrogen benefits & threats

**Part C: Global Integrated Assessment across the Nitrogen Cycle**

10. Assessment of global scale total nitrogen budgets

11. WATER: Flows & impacts of nitrogen on freshwater & export to coastal waters

12. AIR: Emissions & air quality impacts of N on human health

13. GREENHOUSE GASES: Impacts of anthropogenic nitrogen inputs on greenhouse gas exchange & stratospheric ozone depletion

14. ECOSYSTEMS: Impacts of anthropogenic nitrogen inputs to terrestrial & aquatic ecosystems

15. SOILS: Changes in nitrogen budgets & impacts over time

**Part D: Nitrogen Challenges & Opportunities for Key World Regions**

16. Approaches, synthesis & lessons from the regional N assessments

17. Assessment of flows, impacts & solutions in East Asia

18. Assessment of flows, impacts & solutions in South Asia

19. Assessment of flows, impacts & solutions in Africa

20. Assessment of flows, impacts & solutions in Latin America

21. Nitrogen in the water-agro-food system in the West-European demo region

22. Assessment of flows, impacts & solutions in East Europe

23. Assessment of flows, impacts & solutions in North America

**Part E: Grasping the Future Challenge**

24. Key actions for better nitrogen management

25. Barriers to better nitrogen management

26. Costs & benefits of nitrogen at global & regional scales

27. Goals & pathways: the challenge to halve nitrogen waste by 2030 & beyond

28. A governance framework for better nitrogen management

\*章構成は確定, 章タイトルは若干見直しの可能性あり

### 3. 国内の取り組み（ごく一部）

# 第10回国際窒素会議(N2026) \*日本初開催

10th International Nitrogen Conference

ウェブサイト準備中

- 日程: 2026年11月2日(月)~6日(金)+7日(土)エクスカージョン
- 会場: 国立京都国際会館
- 主共催: 国際窒素イニシアティブ, 第10回国際窒素会議組織委員会, 日本学術会議(審査中), 地球研, 日本土壌肥料学会, 国際土壌科学連合(予定) 等
- 後援(予定を含む): 国連環境計画, 環境省, 京都府, 京都市, 大気環境学会, 日本水環境学会, 日本地球惑星科学連合, 日本森林学会, 日本畜産学会, 国立環境研究所, 産業技術総合研究所, 農業・食品産業技術総合研究機構, 国際農林水産業研究センター, アジア大気汚染研究センター, 京都新聞社 等
- 参加者: 国内外の専門家, 政策関係者, 民間企業, 生産者, 教育者, ユースほか幅広く集まる場に
- プログラム(作成中): 研究発表セッションに加え, 市民公開シンポジウム, ユース向けプログラム, マルチステークホルダーラウンドテーブルなどを想定
- 皆さまのご参加を期待いたします

# 日本窒素専門家グループ(JpNEG)

窒素問題の学際交流のプラットフォーム <https://jpneg.jimdofree.com/>

- JpNEG: Japanese Nitrogen Expert Group
- 目的: 窒素研究に関する多分野の専門家間の情報共有と意見交換を促進し, 国内外に情報を発信
- 経緯: 2015年立ち上げ(林), ボランティアグループ(現在280名)
  - 多様な研究分野, 多様な世代(名誉教授から学生まで)
- 活動: メーリングリスト運用, 情報共有・意見交換を通じたスピンオフ(例: INMSプロジェクト参画, 「図説窒素と環境の科学」(朝倉書店)刊行, 地球研プロジェクト立ち上げなど), ボランティアなのでゆっくりと
- ご関心のある方は, 右上のURLからウェブサイトをご覧ください, よろしければメーリングリスト参加希望をお送りください