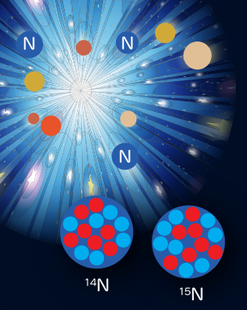
窒素 NITROGEN

生きものと 人と 地球をつないでめぐる

窒素の英語名のNitrogenは、ギリシャ語で「火薬の原料物質である硝石（niter）を生じる（genes）」という意味です。日本では、窒素のドイツ語名のStickstoff（Sticken：窒息させる＋Stoff：物質）から「窒素」と訳されました。

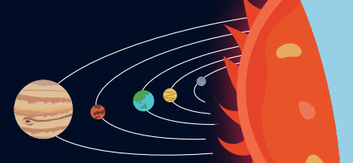
窒素の誕生 ～超新星爆発～



恒星の中の核融合で窒素を含む原子が作られます。そして、恒星の最期である超新星爆発によって宇宙にばらまかれます。

7個の陽子と7個の中性子からできた窒素14（^{14}N）と、7個の陽子と8個の中性子からできた窒素15（^{15}N）があります。地球大気では、^{14}Nが99.636%、^{15}Nが0.364%存在します。

窒素の原子番号は7：原子番号は原子核にある陽子の数をあらわします。陽子を7個もつ原子が窒素です。

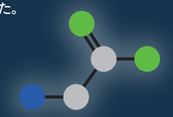


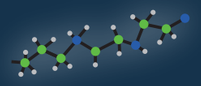
太陽系では5番目

多い順に、水素、ヘリウム、酸素、炭素、窒素です。

アミノ酸そしてタンパク質の誕生

窒素を含む有機化合物であるアミノ酸が生まれました。





多様なアミノ酸が組み上がり、タンパク質が生まれました。

約38億年前

最初の生命：地球上に生命が存在したことを示す最古級の痕跡が現れます。初期の生物は、酸素を使わない微生物だったと考えられています。

注：説明内容は現在の科学的知見に基づきます。
今後の研究の進展により更新されることでしょう。

生物の発展により地球が変化

約32億年前までに

生物学的窒素固定：一部の微生物が窒素分子（N_2）からアンモニア（NH_3）を作る能力を獲得しました。生態系を支える最も重要な過程の一つです。

約25～24億年前

酸素の増加：酸素を生み出す光合成を行う微生物により大気や海洋中の酸素が増え始めました。一方、酸素は当時の多くの生物に有害であり、地球環境を大きく変えました。

約24～20億年前

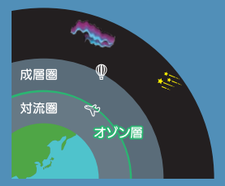
酸素呼吸の発展：酸素を利用して効率よくエネルギーを得る生物が広がりました。この能力は、その後の複雑な生命進化を支える基盤となりました。

細胞内共生：ある細胞に取り込まれた光合成を行う細菌が葉緑体（クロロプラスト）になり、アルファプロテオバクテリアがミトコンドリアになりました。生命はこの共生によって大きく進化しました。

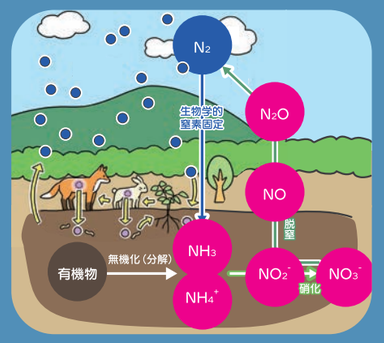
酸素生成の副産物：水中や地中の鉄などが酸化しつくされると大気の酸素濃度が上昇しました。その結果、オゾン層と成層圏が形成され、有害な紫外線が吸収されるようになり、生物の陸上進出が可能になりました。

大気組成は地球史を通じて大きく変動しましたが、現在は窒素78%、酸素21%で安定しています。

強いオーロラに混じるピンク色は、窒素が放っているのです。



自然の窒素循環と窒素化合物

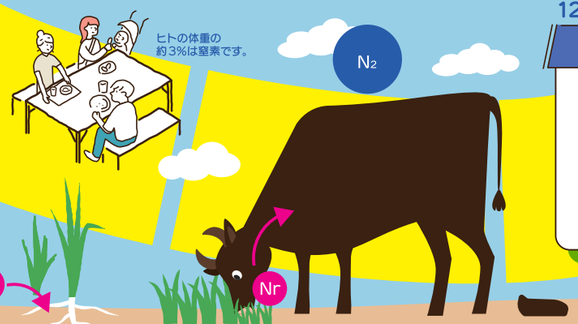


様々な微生物が窒素循環を駆動

N_2：窒素分子、NH_3：アンモニア、NH_4^+：アンモニウムイオン、NO_2^-：亜硝酸イオン、NO_3^-：硝酸イオン、NO：一酸化窒素、N_2O：一酸化二窒素
N_2を除く窒素化合物を反応性窒素（Nr）と総称します。

ヒトにも必要な窒素

ヒトを含むすべての生物は、タンパク質やDNAを作るために窒素を必要とします。しかし、大気中に豊富にある窒素分子を直接に利用できるのは一部の微生物だけです。植物はアンモニアや硝酸の形で窒素を吸収し、動物は植物や他の動物を食べて窒素を得ています。



1847年
ニトログリセリンの合成

イタリアのアスカニオ・ソブレロが合成に成功したニトログリセリンは、治療薬や爆薬になりますが、暴発するなど取り扱いが難しい物質です。

1840年
植物生育の「最小律」

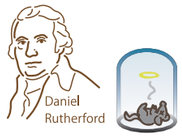
ドイツのユストゥス・フォン・リービッヒが、植物の生育には窒素とリンとカリウムが大切であり、最も利用可能性の低いものが植物の生育を決定することを見出しました。

1836年
窒素は植物の栄養素

フランスのジャン・バティスト・ブサンゴーが発見しました。

1772年
窒素をはじめて認識

イギリスのダニエル・ラザフォードが、密閉容器でネズミの呼吸やろうそくの燃焼を限界まで行い、二酸化炭素を除いた後も、「ろうそくが燃えず、ネズミも生きられない気体」が残ることを発見しました。



1850年頃
天然の窒素資源

南米において、海鳥のふんが堆積した「グアノ」が発見され、採掘がはじまりました。

1860年頃
ダイナマイトの発明

スウェーデンのアルフレッド・ノーベルが、ニトログリセリンを安全に扱える爆薬として実用化しました。ノーベルの遺言により、後にノーベル賞が創設されました。

1872年頃
新たな天然の窒素資源

元は海だった南米のアタカマ砂漠で、チリ硝石の埋蔵が発見されました。窒素は硝酸ナトリウムの形で蓄積されています。

1898年
窒素肥料が必要

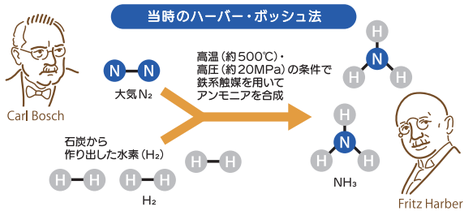
イギリスのウィリアム・クルックスが、人類飢餓の回避には窒素肥料を獲得する必要があると提言しました。この頃の世界人口は約16億人でした。

1900年前後
空気から食料を生み出す技術

人工的窒素固定技術の開発競争：
様々な研究者・技術者が開発に取り組みました。

- アーク放電を用いてN_2から窒素酸化物を作り出すビルケラン・アイデ法
- カルシウムカーバイドにN_2を吹き付けて石灰窒素を合成するフランク・カロ法
- N_2と水素からアンモニアを作り出すハーバー・ボッシュ法

当時のハーバー・ボッシュ法



現在は天然ガス由来の水素が主流です。また、再生可能エネルギーを利用したグリーン水素や、より低温・低圧で反応する触媒の研究開発も進められています。

西暦700～800年頃
窒素が火薬に

中国において、硝石（硝酸カリウム）が爆発することの発見から、火薬が発明されました。

1913年
商業生産の開始

ドイツにおいてハーバー・ボッシュ法を用いたアンモニアの商業生産がはじまりました。

12000～4500年前
農耕のはじまり

人類は古くから植物を栽培し、動物を飼育してきました。その過程で、排せつ物が肥料になることや、マメ科植物を植えると土壌が肥えることを経験的に学びました。生物学的窒素固定が強くはたらく水田は1000年単位の連作が可能です。しかし、「窒素」の存在は全く知られていませんでした。

1950～1960年頃
緑の革命

化学肥料の獲得に加えて、品種改良、農薬開発、農業の機械化、かんがいの整備により、食料生産力が大きく向上しました。

2026年11月
第10回国際窒素会議

「持続可能な窒素管理を将来世代のために」をテーマとして京都で開催されます。

N2026

2022年
急激な人口増加

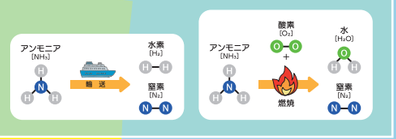
世界人口が80億人を超え、19世紀末の5倍になりました。

2020年頃
窒素管理のはじまり

肥料などの窒素利用の便益を保ちつつ、窒素汚染の脅威を減らすために、国際的な議論がはじまりました。

窒素のエネルギー利用への注目

アンモニアが、水素キャリアや燃料として、エネルギー分野で注目されるようになりました。

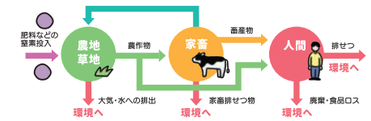


窒素汚染の6大インパクト

- 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

1990年頃
窒素汚染を認識

人間活動によって大量の反応性窒素（安定なN_2を除く、反応しやすい窒素化合物の総称）が環境へ放出され、多様な窒素汚染を引き起こしているという認識が、研究者の間で広がりました。



1970年頃
人間活動の増加

人工的窒素固定量が生物学的窒素固定量を上回る。

農作物や畜産物の生産が大きく増え、私たちは多様で豊かな食生活を送れるようになりました。

暮らしに役立つ窒素の発明品

窒素の様々な産業用途：火薬・爆薬、化学繊維、プラスチック、半導体（青色ダイオード）などの多様な材料としての用途が生まれました。何もしないN₂にも、充填ガスや液体窒素などとしての用途が生まれました。

さらに詳しく学ぶ
Sustai-N-ableプロジェクト

Sustai-N-able　RIHN　25th Anniversary

窒素 NITROGEN
生きものと 人と 地球をつないでめぐる

【制作】
大学共同利用機関法人 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Sustai-N-ableプロジェクト
●基盤研究部教育部門
●広報室

【制作チーム】
監修：林健太郎、東郷伸也
編集：浅利美鈴、竹腰麻由、片岡万柚子、小野川曜心、小野寺崇
デザイン・イラストレーション：寺本瞬、寺本麻依、中林まどか
謝辞：本ポスターの制作にあたり、多くの方々から貴重なご意見とご助言をいただきました。ここに感謝申し上げます。

2026年8月　初版

©総合地球環境学研究所
教育および非営利目的の利用を歓迎いたします。

出典記載例：総合地球環境学研究所（2026）
「生きものと人と地球をつないでめぐる窒素」