

北極域における大気中 N_2O isotopocule の時空間分布

豊田栄¹、渡辺由羽馬¹、町田敏暢²、遠嶋康徳²、森本真司³、Doug Worthy⁴、石島健太郎⁵、吉田尚弘^{1,6}

¹ 東工大総理工

² 国立環境研

³ 東北大院理

⁴ カナダ環境省研究所

⁵ 海洋研究開発機構

⁶ 東工大地球生命研

一酸化二窒素 (N_2O) は対流圏では CO_2 の約 220 倍の放射効率をもつ温室効果気体、成層圏では CFC の削減後最も重要なオゾン層破壊物質として知られている (Ravishankara et al., 2009)。全球平均濃度は 2011 年現在で約 324 ppb (nmol mol^{-1}) であり、 0.73 ppb yr^{-1} で増加している (IPCC, 2013)。 N_2O には土壌、海洋など天然の発生源と農業、バイオマス燃焼などの人為発生源が知られており、その多くが微生物過程と関わっている。主な消滅先は成層圏における光化学反応である。

N_2O は非対称の分子構造 (NNO) をもつため、分子内の ^{15}N 分布も考慮すると種々の同位体を含む分子種 (isotopocule) が存在する。これら isotopocule の自然存在比は N_2O の起源や生成・消滅過程の進行度に応じて変動することから、全球収支の推定に有効な指標である。これまでに 10-30 年間保存された中・高緯度大気試料や極域のフィルン (万年雪) 中に保存された過去 100 年におよぶ大気分析、あるいは低緯度大気モニタリングにより isotopocule 比の経年変化が報告され、 ^{14}N に富む「軽い」 N_2O を放出する発生源が N_2O 濃度の増加に寄与していることが明らかになった。しかし、大気中における継続的な観測例は限られている。

われわれは 1999 年から沖縄・波照間島、2005 年から西シベリア・ノボシビルスク上空において大気試料を採取して N_2O isotopocule 比の分析を行っているが、GRENE プロジェクトではさらにカナダ・チャーチルで採取された地表大気試料の分析も開始し、北極点を挟んでほぼ対称の位置にある北極圏の 2 地点 (Figure 1) における観測を行うとともに、測定を自動化して分析の効率化・高精度化を図った。ノボシビルスク (55°N , 83°E) では月 1 回、航空機を用いて高度 500m および 7000m の大気をガラス容器に加圧採取し、国立環境研で N_2O を含む各種微量成分の濃度分析を行った後、東工大にて isotopocule 分析に供した。チャーチル (59°N , 94°W) ではカナダ環境省研究所により週 2 回の地表サンプリングと各種微量成分の濃度分析が行われているが、このうち隔週で 1 試料を選んでガラス容器に分取しアイソトポキュル比を分析した。

ノボシビルスク高度 500m とチャーチルの N_2O 濃度および isotopocule 比の経年変化はほぼ一致し、濃度が約 0.8 ppbv yr^{-1} で増加したのに対し、バルク窒素同位体比 ($\delta^{15}\text{N}^{\text{bulk}}$ 、 $^{14}\text{N}^{14}\text{N}^{16}\text{O}$ に対する $^{14}\text{N}^{15}\text{N}^{16}\text{O}$ および $^{15}\text{N}^{14}\text{N}^{16}\text{O}$ の存在比の平均) は約 0.04‰ yr^{-1} で減少した。一方、酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$)、 ^{15}N -site preference (SP, $^{14}\text{N}^{14}\text{N}^{16}\text{O}$ に対する $^{14}\text{N}^{15}\text{N}^{16}\text{O}$ および $^{15}\text{N}^{14}\text{N}^{16}\text{O}$ の存在比の差) の長期変化は非常に小さかった。 $\delta^{15}\text{N}^{\text{bulk}}$ の減少傾向はわれわれの波照間における観測やフィルンも含む他の地点での研究と概ね一致し、農業などの人為発生源の寄与が高まっていることが確かめられた。しかし、ノボシビルスクでは高度による差異がみられ、500m では 2014 年以降 $\delta^{15}\text{N}^{\text{bulk}}$ の減少傾向が強まる兆候がみられた。大気輸送モデルによるシミュレーション結果との比較も行いつつこの原因を議論する。

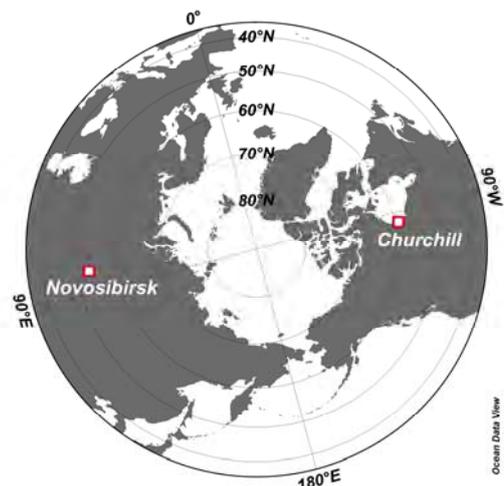


Figure 1. 本研究の試料採取地点

References

- IPCC (2013), Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change 1535 pp., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- Ravishankara, A. R., J. S. Daniel, and R. W. Portmann (2009), Nitrous oxide (N_2O): The dominant ozone-depleting substance emitted in the 21st century, *Science*, 326, 123, doi:10.1126/science.1176985.