

○関谷高志¹

(1 海洋研究開発機構)

1. はじめに

対流圏におけるオゾンは、CO₂、メタンに次ぐ強力な温室効果ガスである (IPCC AR6, 2021)。そのため、対流圏オゾンに関連する各プロセスの理解や地球規模での影響評価は、気候変動予測や大気化学において重要である。対流圏オゾンは、前駆物質である窒素酸化物 (NO_x)、一酸化炭素 (CO)、揮発性有機化合物 (VOCs) から化学的に生成し、水蒸気や HO_x (= OH + HO₂) ラジカル、ハロゲン (Cl, Br, I) との触媒反応サイクルにより破壊されると考えられている。ヨウ素 (I) とオゾンの触媒反応サイクルについては古くから知られていた。その一方で、海洋からのヨウ素化合物の発生源に関する情報が不足していたこともあり、IPCC 第6次評価報告書で用いられた気候モデルでは、ヨウ素化学は考慮されていなかった。したがって、対流圏オゾンやその気候影響に対するヨウ素の役割は十分に評価されていないのが現状である。

しかしながら、近年、様々な実験・洋上観測データが蓄積され、大気中ヨウ素に関連する各プロセスの理解が進みつつある。そこで本研究では、図1に示すヨウ素に関連するプロセスを全球化学気候モデル CHASER に組み込み、ヨウ素が全球規模の対流圏オゾン分布や収支へ与える影響を評価した。

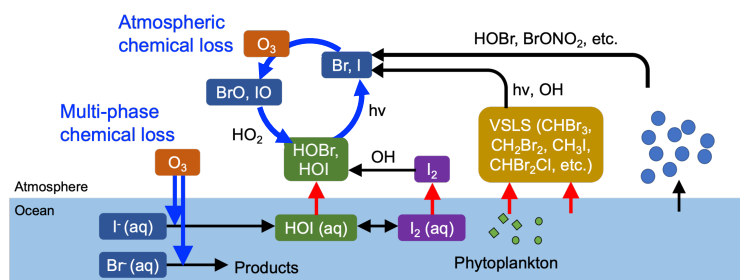


図1. 全球化学気候モデル CHASER で考慮したヨウ素関連プロセスの模式図。赤い矢印がヨウ素の発生プロセス、青い矢印はオゾンの消失プロセスを示す。

2. 全球化学気候モデル

本研究では、MIROC 気候モデルに大気化学過程を結合した全球化学輸送モデル CHASER (Sekiya et al., 2020) を用いて、全球対流圏オゾンに対するヨウ素の役割を評価した。本モデルでは、大気輸送過程、ヨウ素化学を含む化学反応過程 (116 化学種, 314 化学反応) および放出過程 (ヨウ素化合物は、HOI, I₂, CH₃I, CH₂I₂, CH₂ICl, CH₂IBr)、乾性・湿性沈着過程を考慮している。海洋からの HOI 及び I₂ の放出は大気オゾンと海表面ヨウ素の反応によるものと考えられているが、実験に基づく経験式 (Carpenter et al., 2013) により、海表面ヨウ素濃度、風速、大気オゾン濃度の関数として推定した。CH₃I の放出量については、ATom 航空機観測 (Wofsy et al., 2018) で観測された CH₃I 濃度デ

ータと大気輸送モデルを用いて算出した。 CH_2I_2 , CH_2ICl , CH_2IBr の放出量は Ordóñez et al. (2012) の仮定を踏襲し、衛星観測のクロロフィル a 濃度の関数として推定した。

本研究では、ヨウ素過程の対流圏オゾンへの影響を評価するため、本モデルを用いて、(1) ヨウ素過程を考慮する、(2) ヨウ素過程を考慮しない、の 2 ケースの 2013～2018 年の過去再現計算を行った。

3. 観測データ

モデルで計算された海洋上のオゾンと一酸化ヨウ素 (IO) の濃度は研究船「みらい」における観測により評価した。オゾン濃度は、UV 吸光法 (Model49C, Thermo Scientific および Model205, 2B Technologies) により測定され、67°S から 75°N (南大洋、インド洋、太平洋、北極海) の範囲、2014～2018 年のトータル 11947 時間のデータである (Kanaya et al., 2019)。Multi-AXis Differential Optical Absorption Spectroscopy (MAX-DOAS) による IO 観測は、2014 年 11～12 月の熱帯西太平洋における、Mexican MAX-DOAS Fit (MMF) アルゴリズムにより算出されたデータ (Takashima et al., 2022) を用いた。

4. ヨウ素過程の全球対流圏オゾンに対する影響

まず、観測データを用いて、本研究で用いた化学気候モデルの再現性を評価した。ヨウ素の放出量が大きいと考えられている熱帯西太平洋上では、MAX-DOAS 観測の地表 IO 濃度と比べて、(1) ヨウ素過程を考慮した 2 つのモデルの計算値は、10%以内の過大評価であり、観測された濃度レベルを概ね再現した。また、ヨウ素化学を考慮したモデルでは、(2) ヨウ素過程を考慮しないモデルと比較して、熱帯西太平洋における海上付近のオゾン濃度は 17%減少し、モデルの正バイアスが 67%減少した。

さらに、ヨウ素の対流圏オゾンの全球収支に対する影響について評価したところ、ヨウ素過程を考慮したモデルでは、大気中のヨウ素との触媒反応によるオゾン消失が全オゾン消失量の約 14%に寄与すると推定された。さらに、海表面のヨウ素と大気オゾンの不均一反応によるオゾン消失の寄与 (約 4%) を加えると、ヨウ素の全オゾン消失量に対する寄与は約 18%に達することが示された。

Reference: Carpenter et al. (2013), doi:10.1038/ngeo1687; Kanaya et al. (2019), doi:10.5194/acp-19-7233-2019; Ordóñez et al. (2012), doi:10.5194/acp-12-1423-2012; Sekiya et al. (2020), doi:10.2151/sola.2020-037; Takashima et al., (2022), doi:10.5194/acp-22-4005-2022; Wofsy et al., 2018, doi:10.3334/ORNLDAAAC/1581

Effects of iodine chemistry on global tropospheric ozone

*T. Sekiya¹ (¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)