

# 「WMO/UNEP オゾン層破壊の科学アセスメント：2022」 総括要旨 概要

科学は、モントリオール議定書の成功の礎の一つとなってきた。本書は、2018年のオゾン層破壊の科学アセスメント以降の、オゾン層破壊に関する科学的理解の進歩と最新情報を取り上げ、現在の課題と将来の政策選択に資する科学的情報を提供するものである。

## A. モントリオール議定書の主な成果

- モントリオール議定書に基づいた行動により、規制対象のオゾン層破壊物質(ODSs)の大気中存在量は引き続き減少し、成層圏オゾン層の回復が進んでいる。長寿命ODSsに起因する対流圏の塩素及び臭素の総量は、ともに2018年のアセスメント以降減少し続けている(図)。新しい研究は、モントリオール議定書の遵守によるODS排出量の減少により、ODSsが規制なしで年間3~3.5%増加する極端なシナリオと比較して、今世紀半ばまでに約0.5~1°Cの地球温暖化を回避するという前号のアセスメントを支持している。
- モントリオール議定書に基づいた行動は引き続きオゾンの回復に貢献しており、上部成層圏のオゾンの回復が進んでいる。南極のオゾン全量は、オゾンホールの大きさ、強さ及び出現期間にかなりの年々変動があるものの回復し続けている。南極域以外(北緯90度~南緯60度)では、1996年以降のオゾン全量の回復を示す証拠は限られており、その確信度は低い。オゾン全量は、南極では2066年頃、北極では2045年頃、高緯度を除く全球の平均(北緯60度~南緯60度)では2040年頃に1980年の値に戻ると予想されている。1980年から1996年までの世界各地におけるオゾン全量の減少に関する評価は、2018年のアセスメントから基本的に変わっていない。
- 一部のハイドロフルオロカーボン類(HFCs)の生産と消費の段階的削減を求めるモントリオール議定書の2016年キガリ改正を遵守することで、2100年までに0.3~0.5°Cの温暖化を回避できると推定されている。なお、この推定にはHFC-23の排出からの寄与は含まれていない。

## B. 現在の科学的及び政策上の課題

- 近年、CFC-11の想定外の排出が確認され、科学的調査及び政策的対応が行われた。観測と分析により、これらの排出量の少なくとも半分について発生地域が明らかになり、その後大幅な排出量削減が行われた。また、地域的なデータからは、CFC-12

の排出の一部がこの未報告のCFC-11の生産と関連していた可能性が示唆されている。なお、バンク<sup>1</sup>や観測網の空白域からの排出量の不確実性が大きすぎるため、想定外の排出が全て停止したかどうかを判断することはできない。

- 他のODSs (CFCs-13、112a、113a、114a、115、及びCCl<sub>4</sub>) やHFC-23についても原因不明の排出が確認されている。これらの一部は、原料又は副産物の漏出により発生している可能性が高いが、残りは解明されていない。
- 極域以外の上部成層圏のオゾンが回復し続けていることは観測とモデルで一致している。これとは対照的に、下部成層圏のオゾンは回復の兆しがみられない。モデルによる再現実験では、両半球中緯度の下部成層圏のオゾンがわずかに回復しているが、これは観測ではみられない。この矛盾を解決することが、オゾンの回復を正しく理解するための鍵となる。
- 既存の大気監視網では、人為起源の排出に起因する長寿命ODSs及びHFCsの全球の地表面濃度を測定している。しかし、監視網には地域的な空白域があるため、多くの排出源地域からの規制物質の排出を特定・定量化するには限界がある。
- オゾンに関連した大気成分（反応性塩素、水蒸気、長寿命の輸送トレーサーなど）について、全球の鉛直分布を観測している衛星搭載機器のいくつかは、数年以内に退役となる予定である。これらの機器が更新されなければ、将来、成層圏オゾン層の変化を監視し説明する能力が妨げられることになるだろう。
- 地球温暖化を相殺する可能性のある選択肢として提案されている、成層圏エアロゾル注入（SAI）のオゾン層への影響について、2022年科学評価パネル（SAP）アセスメントレポートの付託事項に従って評価されている。南極オゾンホールの深化やオゾン回復の遅延など、重要な潜在的影響が確認された。多くの知識不足及び不確実性があるため、現時点ではより確実な評価を行うことができない。
- 以下について、21世紀のオゾンへの影響に関する懸念が高まっている。
  - ・ 一酸化二窒素（N<sub>2</sub>O）、メタン（CH<sub>4</sub>）、及びCO<sub>2</sub>濃度のさらなる増加
  - ・ ODS及びHFC原料の使用と排出の急速な拡大
  - ・ 熱帯地域におけるオゾン全量に関連した気候変動
  - ・ 大規模な山火事と火山噴火
  - ・ 民間ロケットの打ち上げ頻度の増加及び商用超音速航空機の新機種による排出

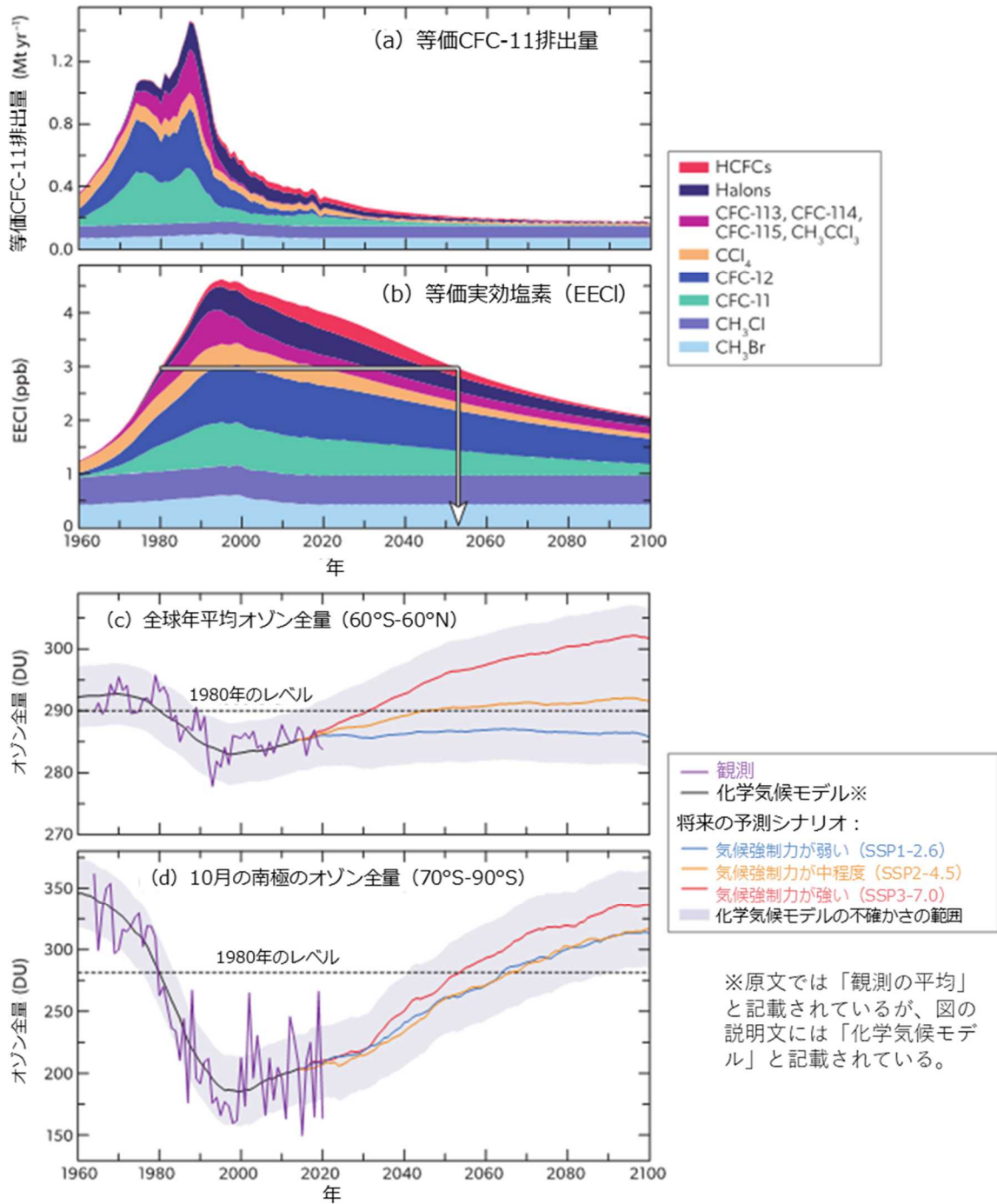
---

<sup>1</sup> ODSsを使用した既製品として、使用・貯蔵されているもの。

### C. 今後の政策上の検討事項

- 仮に、現在推定されているODS原料の排出が将来的になくなれば、中緯度の等価実効成層圏塩素（EESC）が1980年の量に戻るのを、主に $\text{CCl}_4$ の削減により4年近く早めることができ、ODSsによる気候強制力を軽減することができるだろう。
- モントリオール議定書で、検疫用途及び出荷前の処理であれば利用が認められている臭化メチル（ $\text{CH}_3\text{Br}$ ）の将来の排出をなくすと、中緯度のEESCが1980年の量に戻るのが2年早まるだろう（前号のアセスメントの記述のとおり）。
- ジクロロメタン（ $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ）に代表される人為起源の非常に短寿命な塩素物質の排出量は増え続け、オゾン破壊の一因となっている。 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ の排出が現在のレベルで継続すると、世界のオゾン全量を年平均で約1DU減少させ続けることになる。これらの排出がなくなれば、オゾン全量の減少は急速に改善されるだろう。
- 2023年から2070年までの平均で、人為起源の $\text{N}_2\text{O}$ 排出量を3%削減すると、同期間の世界の年平均オゾン全量は約0.5DU増加し、放射強制力は2023年から2100年までの平均で約 $0.04\text{Wm}^{-2}$ 減少するだろう。
- 長寿命であるHFC-23は、大部分がHCFC-22生産の副産物であり、世界の排出量は予想の8倍もある。HCFC-22製造の際のHFC-23排出削減が進むか、HCFC-22の原料利用が減らない限り、HFC-23は増加する可能性が高い。
- 現在、クロロフルオロカーボン類（CFCs）とハイドロクロロフルオロカーボン類（HCFCs）を合わせた地球温暖化係数（GWP）加重排出量は、HFCsの加重排出量と同程度である。CFCsとHCFCsの将来の排出量を削減するためには、化合物に応じて、バンクからの放出、継続的な生産や原料用途として許可された使用、副産物としての使用、又は未知の用途での使用に対処する必要がある。

### オゾン層破壊物質とオゾン全量の時系列



図：オゾン層破壊物質とオゾン全量の時系列

- (a) 等価 CFC-11 排出量（各物質のオゾン破壊効率を CFC-11 に換算した排出量）
- (b) 等価実効塩素 (EECI) の濃度（各物質の地表面での大気中濃度、塩素及び臭素の原子数と相対的なオゾン破壊効率を考慮した濃度）
- (c) 全球の年平均オゾン全量 (60° S-60° N)
- (d) 10月（春季）の南極のオゾン全量 (70° S-90° S)