

令和 3 年度（2021 年度）

オゾン層等の監視結果に関する  
年 次 報 告 書

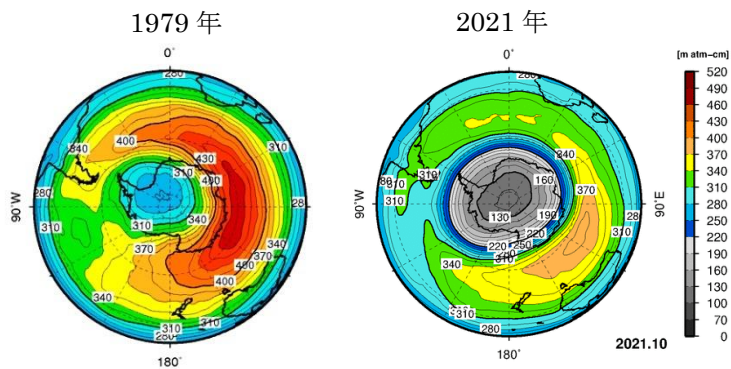
令和 4 年（2022 年）12 月

環 境 省



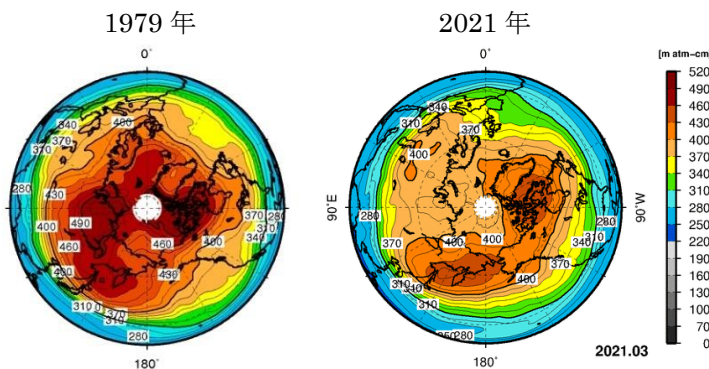






米国航空宇宙局 (NASA) の衛星観測データを基に気象庁で作成

図 I 南半球における 10 月の月平均オゾン全量分布 (1979 年及び 2021 年)  
(出典) 気象庁提供



米国航空宇宙局 (NASA) の衛星観測データを基に気象庁で作成

図 II 北半球における 3 月の月平均オゾン全量分布 (1979 年及び 2021 年)  
(出典) 気象庁提供

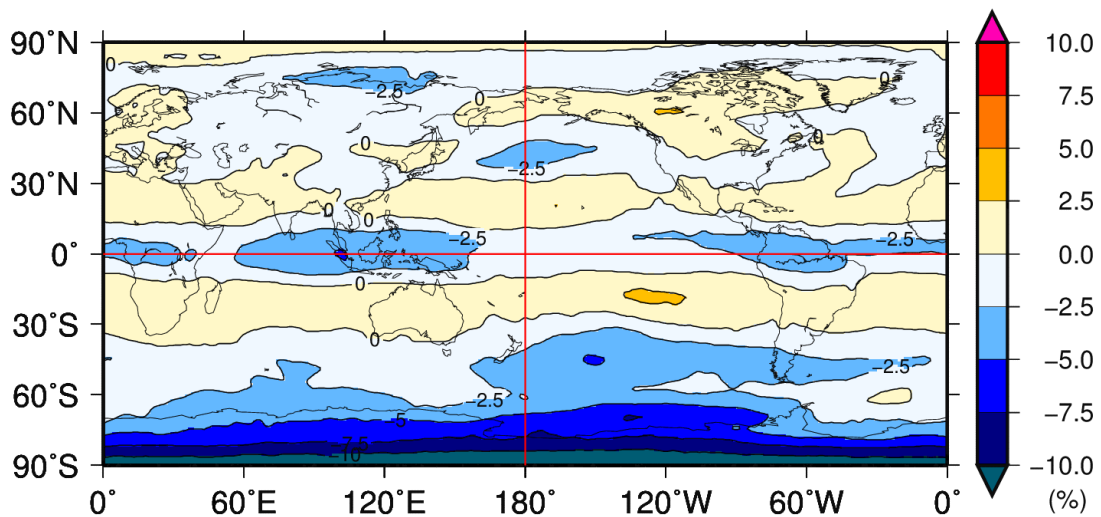
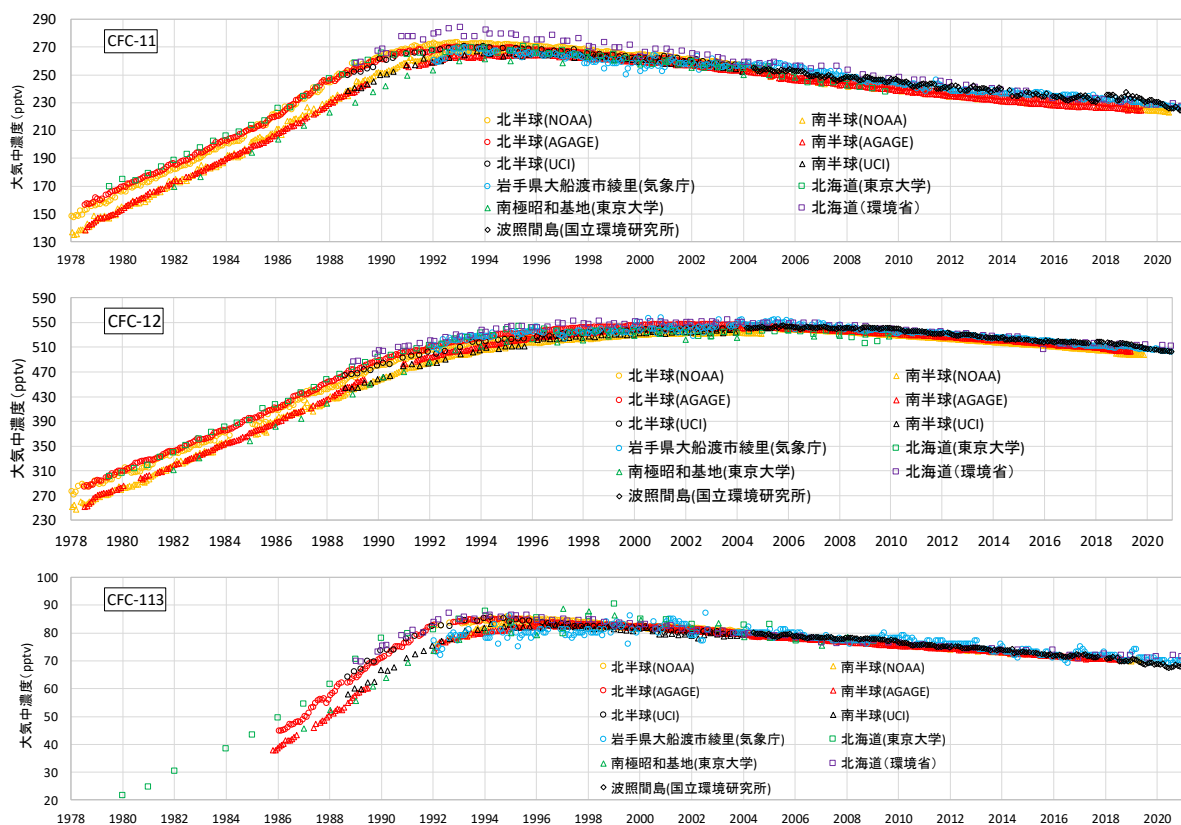


図 III 世界のオゾン全量偏差 (%) の年平均分布図 (2021 年)

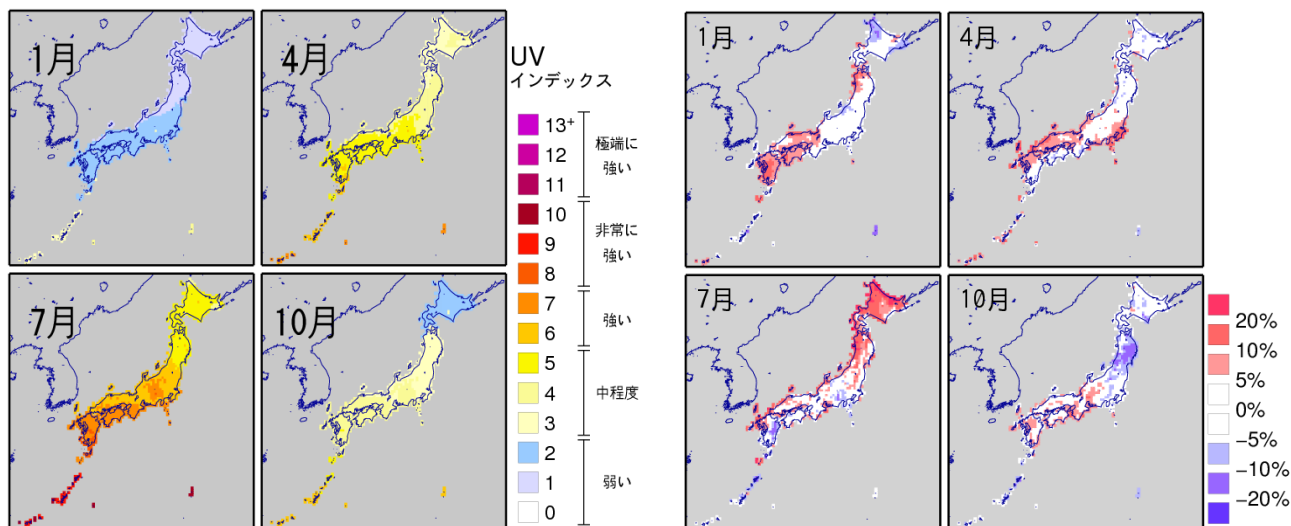
※「偏差」は 1997～2006 年の平均値からのずれとして算出。p.18 図 1-3-2 (下) として掲載  
(出典) 気象庁 オゾン層・紫外線の年のまとめ (2021 年)





図Ⅳ 国内外の機関で観測された CFC-11、CFC-12 及び CFC-113 の濃度変化

※環境省の観測結果 (p.98 図 2-3-1)、国立環境研究所の観測結果 (p.104 図 2-3-9)、気象庁の観測結果 (p.105 図 2-3-10)、東京大学の観測結果 (p.108 図 2-3-11) の他、WMO 科学評価パネル報告書で紹介された観測結果 (AGAGE、NOAA/ESRL、UCI) を取りまとめたもの。



図Ⅴ 日本付近の日最大 UV インデックスの月別分布

左図：1997～2008 年の平均値、右図：2021 年値の平均 (1997～2008 年) 値からの偏差

※UV インデックス情報については p.150 参照 (出典) 気象庁提供





## はじめに

1974年、米国カリフォルニア大学ローランド教授とモリーナ博士によって、人工化学物質であるクロロフルオロカーボン（CFC）が成層圏のオゾン層を破壊することが初めて指摘され、人や生態系に影響が生じるとの警鐘が鳴らされました。これを契機として、オゾン層保護のための取組が進められるようになりました。1985年には、「オゾン層保護のためのウィーン条約」が、1987年には「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」が採択されました。このモントリオール議定書に基づき、主要なオゾン層破壊物質の生産量・消費量が明確な期限を定めて削減されてきました。さらに2016年には、高い温室効果を有するハイドロフルオロカーボン（HFC）を、段階的削減の対象物質に追加するキガリ改正が採択されました。改正議定書は2019年1月1日に発効されています。

また、近年では気候変動を背景として、世界各地で記録的な熱波や寒波、大雨等の深刻な気象災害が発生するなど、甚大な被害が生じています。これら気候変動問題に対処するため、我が国は、2050年までのカーボンニュートラルを宣言し、2021年4月には、2030年度に温室効果ガスを2013年度から46%削減することを目指していくことを表明しました。この新たな削減目標も踏まえて、2021年10月、「地球温暖化対策計画」を改定し、その中で、代替フロンについても55%減の水準（約14.5百万t-CO<sub>2</sub>）にすることを示しています。フロン類対策はオゾン層保護だけでなく気候変動対策としても、重要性が非常に高まっています。

我が国のオゾン層保護・気候変動対策に関する取組としては、「フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律（フロン排出抑制法）」に基づき、フロン類の上流から下流までのライフサイクル全般にわたる対策を推進するとともに、「特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律（オゾン層保護法）」に基づき、CFC、ハロン、ハイドロクロロフルオロカーボン（HCFC）などの特定物質（オゾン層破壊物質）の製造数量の規制、使用事業者に対する排出抑制・使用合理化指針の公表等を行っています。キガリ改正についても、2018年7月にオゾン層保護法を改正し、HFCを規制の対象に加えています。

オゾン層保護法では、第22条において、環境大臣は、オゾン層の状況及び大気中における特定物質等の濃度の状況に関する気象庁による観測の成果等を活用しつつ、特定物質によるオゾン層の破壊の状況及び大気中における特定物質等の濃度変化の状況を監視し、その状況を公表することとされています。本報告書は、同規定に基づいて、2021年度における特定物質によるオゾン層の破壊の状況、大気中の特定物質等の濃度変化の状況等に関する監視結果をとりまとめたものです。

本報告書の作成に当たり、環境省に設置した成層圏オゾン層保護に関する検討会科学分科会及び環境影響分科会の御指導を仰ぎました。また、気象庁からは、観測結果の提供等多大なる協力をいただくとともに、「オゾン層・紫外線の年のまとめ（2021年）」から一部引用させていただきました。ここに、御指導、御協力をいただきました検討会委員の皆様、関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

本報告書が幅広く活用され、オゾン層保護及び地球温暖化防止に向けた取組が一層進められることを期待しています。

令和4年12月  
環境省地球環境局



# 成層圏オゾン層保護に関する検討会

## 科学分科会

- 座長 今村 隆史 東京都環境公社 東京都環境科学研究所 所長  
および国立環境研究所 客員研究員
- 委員 秋元 肇 アジア大気汚染研究センター 技術顧問
- 秋吉 英治 国立環境研究所 地球システム領域 シニア研究員
- 斉藤 拓也 国立環境研究所 地球システム領域 主幹研究員
- 中根 英昭 高知工科大学 名誉教授
- 根本 和宏 気象庁大気海洋部環境・海洋気象課 大気海洋環境解析センター 所長
- 林田 佐智子 人間文化研究機構 総合地球環境学研究所 研究部 教授
- 藤原 正智 北海道大学大学院 地球環境科学研究所 地球圏科学部門 大気海洋物理学分野教授
- 山内 恭 情報・システム研究機構国立極地研究所および  
総合研究大学院大学 名誉教授

## 環境影響分科会

- 座長 小野 雅司 国立環境研究所 環境リスク・健康領域 客員研究員
- 委員 秋吉 英治 国立環境研究所 地球システム領域 シニア研究員
- 市橋 正光 神戸大学 名誉教授
- 近藤 矩朗 東京大学 名誉教授
- 田口 哲 国立極地研究所 外来研究員
- 竹下 秀 東海大学建築都市学部 建築学科 准教授
- 根本 和宏 気象庁大気海洋部環境・海洋気象課 大気海洋環境解析センター 所長



# 目次

目次.....	1
概要.....	1
1. オゾン層の状況.....	1
2. 特定物質等の大気中濃度.....	3
3. 太陽紫外線の状況.....	4
第1部　オゾン層の状況.....	7
1. オゾン層の形成と分布・その変動.....	9
1-1. オゾン層の形成・分布・破壊.....	9
1-2. オゾン層の自然変動.....	12
1-3. 人為起源物質によるオゾン層破壊.....	14
2. 世界と日本のオゾン層の観測状況.....	15
3. オゾン層の監視結果.....	17
3-1. 地球規模のオゾン層の状況.....	17
3-2. 極域のオゾン層の状況.....	25
3-2-1. 南極域上空のオゾン層の状況.....	25
3-2-2. 北半球高緯度域のオゾン層の状況.....	35
3-3. 我が国におけるオゾン層の状況.....	39
4. オゾン層の将来予測.....	43
4-1. CFC、ハロン等オゾン層破壊物質濃度とその推移.....	43
4-1-1. 地表面付近のオゾン層破壊物質濃度の推移.....	43
4-1-2. 成層圏でのオゾン層破壊物質濃度の推移.....	45
4-2. 温室効果ガス濃度の増加とオゾン層への影響.....	46
4-2-1. 温室効果ガス濃度の推移.....	46
4-2-2. CO <sub>2</sub> 濃度の増加とオゾン層破壊の関係.....	47
4-2-3. CO <sub>2</sub> 以外の温室効果ガス濃度の増加とオゾン層の関係.....	48
4-3. 化学気候モデルを用いたオゾン層の将来変化予測.....	49
4-4. オゾン層破壊と気候変化の相互作用.....	54
参考資料.....	57
参考資料 1. 成層圏におけるオゾンの生成と消滅.....	57
参考資料 2. QBOによるオゾン変動.....	63
参考資料 3. オゾン層の日周期変動.....	66
参考資料 4. ブリュワー・ドブソン循環.....	68
参考資料 5. オゾン層観測手法の種類.....	70
参考資料 6. オゾン層の観測ネットワーク.....	72
参考資料 7. オゾンデータの管理・公表.....	73
参考資料 8. 解析に用いた衛星観測オゾンデータ.....	74
参考資料 9. 2021年の月平均オゾン全量と偏差(%)の地球規模の分布.....	76
参考資料 10. 1979～2021年の南半球の月平均オゾン全量分布(10月).....	79
参考資料 11. 地上観測による南極域でのオゾン全量推移.....	82
参考資料 12. オゾンの高度分布とその変動ー地上からの観測.....	83
参考資料 13. つくばにおける月別オゾン全量変化と高度別オゾン分圧変化の関係(2021年).....	85
参考資料 14. 南極昭和基地における月別オゾン全量変化と高度別オゾン分圧変化の関係(2021年).....	87
参考資料 15. 成層圏数値モデルー化学気候モデルと化学輸送モデル.....	88
第2部　特定物質等の大気中濃度.....	90
1. オゾン層破壊物質の種類と特性.....	92
2. 特定物質等の観測状況.....	94
3. 特定物質等の大気中濃度の監視結果.....	96
3-1. 特定物質等の大気中のバックグラウンド濃度の状況.....	96

3-1-1. 環境省による観測結果 .....	96
3-1-2. 国立環境研究所による観測結果 .....	104
3-1-3. 気象庁による観測結果 .....	105
3-1-4. 大学・国際機関による観測結果 .....	108
3-2. 日本の都市域における大気中濃度の状況 .....	114
4. 特定物質の大気中濃度の将来予測 .....	123
参考資料 .....	125
参考資料 1. 特定物質の特徴と用途 .....	125
参考資料 2. 北海道における特定物質等の平均濃度の経年変化 .....	128
参考資料 3. 川崎における特定物質等の大気中濃度の経年変化 .....	135
参考資料 4. フロン等オゾン層影響微量ガス等監視調査における測定方法の改善点について .....	140
参考資料 5. 波照間島における特定物質の平均濃度の経年変化 .....	141
参考資料 6. 都道府県・政令指定都市のオゾン層破壊物質等の観測状況 .....	144
参考資料 7. 成層圏における特定物質の高度分布 .....	145
<b>第3部 太陽紫外線の状況 .....</b>	<b>146</b>
1. 太陽紫外線の概要 .....	148
1-1. 太陽紫外線の概要 .....	148
1-2. 紫外線の指標 .....	148
1-3. 紫外線強度および紫外線量の変動要因 .....	151
2. 太陽紫外線の観測の状況 .....	156
2-1. 太陽紫外線の観測手法 .....	156
2-2. 紫外線観測状況 .....	156
3. 太陽紫外線の監視結果 .....	158
3-1. 世界の太陽紫外線の状況 .....	158
3-2. 南極域の太陽紫外線の状況 .....	163
3-3. 我が国の太陽紫外線の状況 .....	165
4. 太陽紫外線の将来予測 .....	169
参考資料 .....	171
参考資料 1. 紫外線による人の健康への影響 .....	171
参考資料 2. 紫外線による陸域生態系への影響 .....	181
参考資料 3. 紫外線による水圏生態系への影響 .....	183
参考資料 4. 紫外線による材料の損傷 .....	185
参考資料 5. オゾン層破壊と大気質への影響 .....	186
<b>第4部 巻末資料 .....</b>	<b>192</b>
1. オゾン層保護対策 .....	194
1-1. オゾン層破壊物質等の概要 .....	194
1-2. オゾン層保護対策の経緯 .....	196
1-3. 国際的なオゾン層保護対策 .....	199
1-4. 我が国におけるオゾン層保護対策 .....	204
1-5. オゾン層保護対策の効果 .....	222
2. WMO/UNEP 科学評価パネル報告書要旨 (2018年) .....	227
3. UNEP 環境影響評価パネル報告書要旨 (2018年) .....	232
4. 参考文献 .....	246
5. 英略語一覧 .....	251