

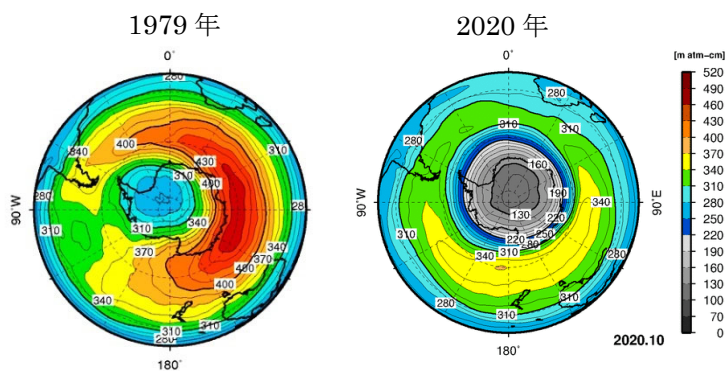
令和2年度（2020年度）

オゾン層等の監視結果に関する  
年次報告書

令和3年（2021年）12月

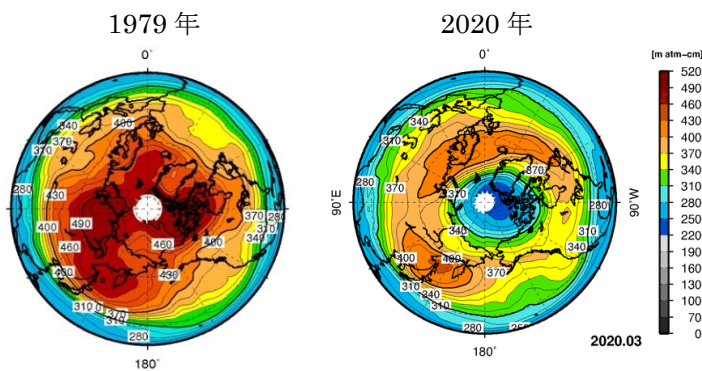
環 境 省





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 2020 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 2020 年)  
(出典) 気象庁提供

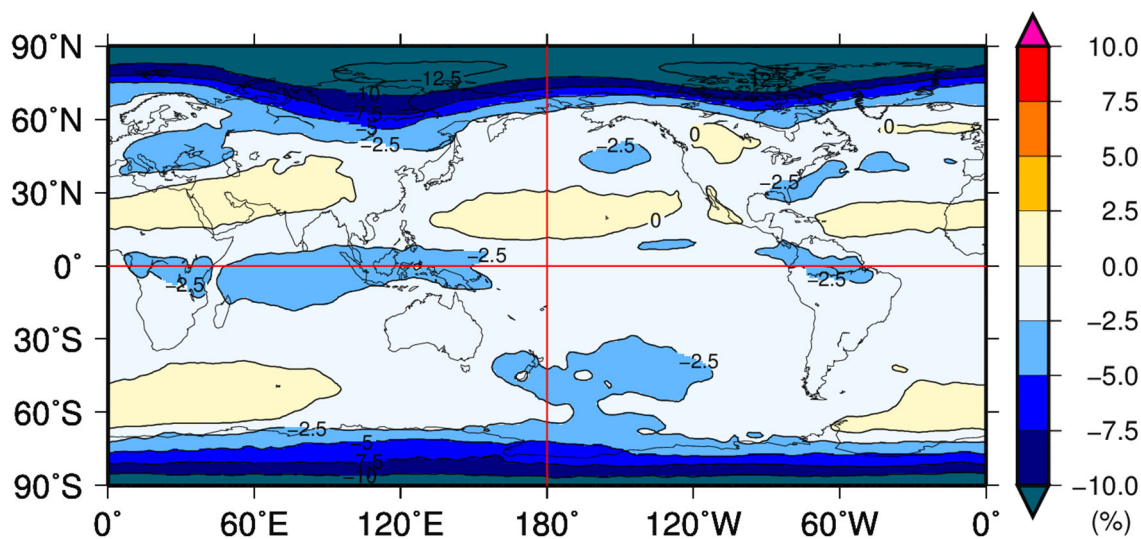


図 III 世界のオゾン全量偏差 (%) の年平均分布図 (2020 年)

※P18 図 1-3-1 (下) として掲載

(出典) 気象庁 オゾン層・紫外線の年のまとめ (2020 年)

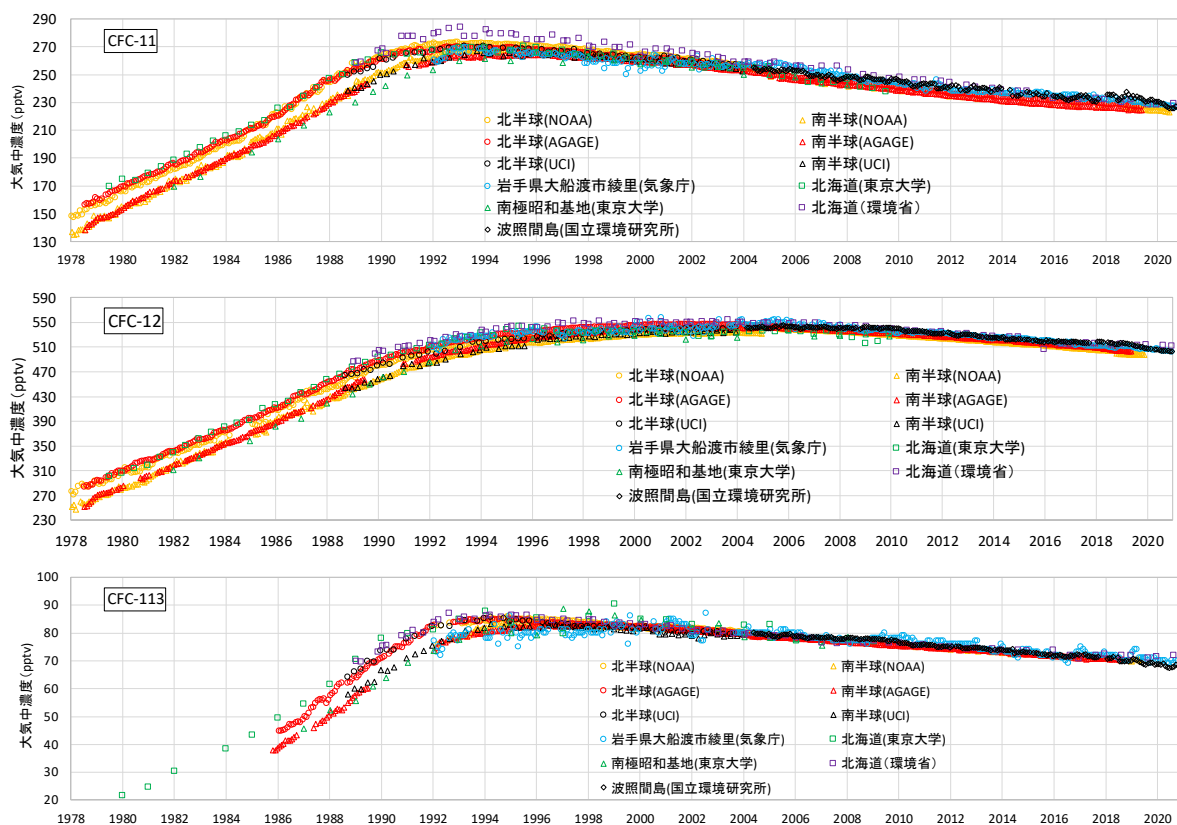


図 IV 国内外の機関で観測された CFC-11、CFC-12 及び CFC-113 の濃度変化

※環境省の観測結果 (P101 図 2-3-1)、国立環境研究所の観測結果 (P107 図 2-3-9)、気象庁の観測結果 (P108 図 2-3-10)、東京大学の観測結果 (P111 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。

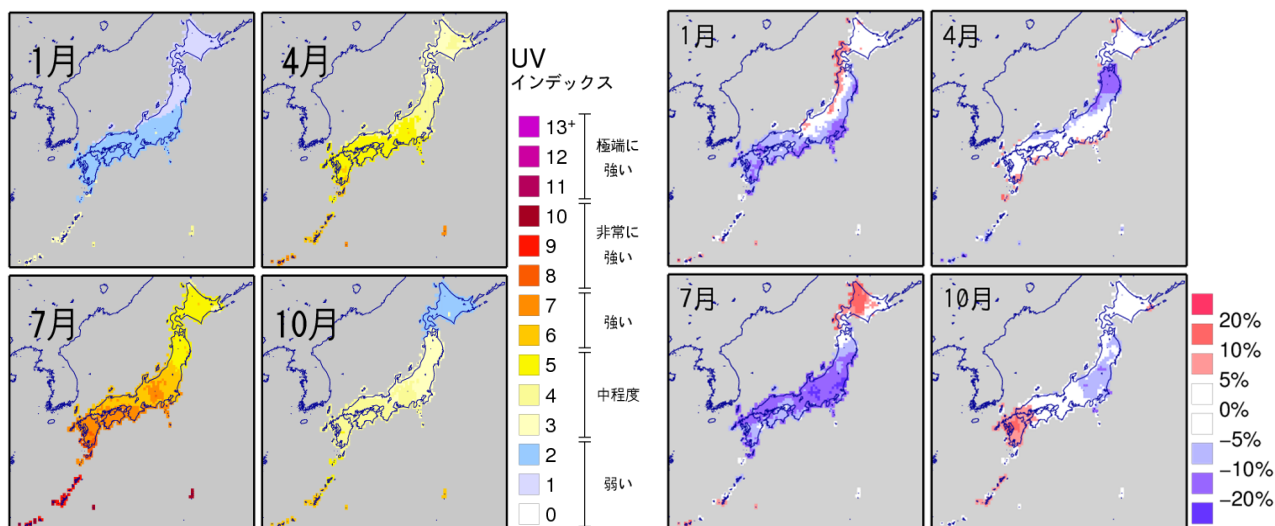


図 V 日本付近の日最大 UV インデックスの月別分布

左図：1997～2008 年の平均値、右図：2020 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 P152 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警鐘が鳴らされた。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、そして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、世界で最初に全ての国連加盟国で批准され、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。2016年にはオゾン層破壊物質ではないものの、高い温室効果を有する代替フロン（HFC）が、段階的削減の対象物質に追加される改正が合意されました。改正議定書は2019年1月1日に発効されております。

我が国はこれらの条約及び議定書の締約国であり、「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）」を1988年に制定して、クロロフルオロカーボン（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。改正議定書についても、その締結が、2018年6月に国会において承認されました。これにより、代替フロン（HFC）が規制の対象に加えられております。

同法第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、2020年度（令和2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。

また、我が国のオゾン層保護に関する取組としては、オゾン層保護法に基づく対策とともに、「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しています。

本報告書の作成に当たりましては、当省に設置しま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の協力をいただくとともに、「オゾン層・紫外線の年のまとめ（2020年）」から一部引用させていただきました。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。

また、本報告書では、モントリオール議定書締約国会合の専門家諮問機関である科学評価パネル（SAP）及び環境影響評価パネル（EEAP）から2019年1月に発表された評価報告書（アセスメントレポート：2018）に掲載された知見も引用しております。

引き続き、本報告書が幅広く活用されることにより、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3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	国立環境研究所 フェロー
委員	秋元 肇	国立環境研究所 客員研究員
	秋吉 英治	国立環境研究所 地球システム領域 気候モデリング・解析研究室 室長
	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 准教授
	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 気候モデリング・解析研究室 室長
	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	東海大学工学部光・画像工学科 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

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
<b>第1部 オゾン層の状況</b>	<b>7</b>
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	37
3-3. 我が国におけるオゾン層の状況	43
4. オゾン層の将来予測	47
4-1. CFC、ハロン等オゾン層破壊物質濃度とその推移	47
4-1-1. 地表面付近のオゾン層破壊物質濃度の推移	47
4-1-2. 成層圏でのオゾン層破壊物質濃度の推移	49
4-2. 温室効果ガス濃度の増加とオゾン層への影響	50
4-2-1. 温室効果ガス濃度の推移	50
4-2-2. CO <sub>2</sub> 濃度の増加とオゾン層破壊の関係	51
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	52
4-3. 化学気候モデルを用いたオゾン層の将来変化予測	53
4-4. オゾン層破壊と気候変化の相互作用	58
参考資料	61
参考資料1. 成層圏におけるオゾンの生成と消滅	61
参考資料2. QBOによるオゾン変動	67
参考資料3. オゾン層の日周期変動	70
参考資料4. ブリュワー・ドブソン循環	72
参考資料5. オゾン層観測手法の種類	74
参考資料6. オゾン層の観測ネットワーク	76
参考資料7. オゾンデータの管理・公表	77
参考資料8. 解析に用いた衛星観測オゾンデータ	78
参考資料9. 2020年の月平均オゾン全量と偏差(%)の地球規模の分布	80
参考資料10. 1979~2020年の南半球の月平均オゾン全量分布(10月)	83
参考資料11. 地上観測による南極域でのオゾン全量推移	86
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	87
参考資料13. つくばのオゾン分圧・規格化偏差の高度分布(2020年)	89
参考資料14. 南極昭和基地のオゾン分圧・規格化偏差の高度分布(2020年)	90
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	91
<b>第2部 特定物質等の大気中濃度</b>	<b>93</b>
1. オゾン層破壊物質の種類と特性	95
2. 特定物質等の観測状況	97
3. 特定物質等の大気中濃度の監視結果	99
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	99

3-1-1. 環境省による観測結果 .....	99
3-1-2. 国立環境研究所による観測結果 .....	107
3-1-3. 気象庁による観測結果 .....	108
3-1-4. 大学・国際機関による観測結果 .....	111
3-2. 日本の都市域における大気中濃度の状況 .....	117
4. 特定物質の大気中濃度の将来予測 .....	126
参考資料 .....	128
参考資料1. 特定物質の特徴と用途 .....	128
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 .....	131
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 .....	138
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 .....	143
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 .....	144
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 .....	147
参考資料7. 成層圏における特定物質の高度分布 .....	148
<b>第3部 太陽紫外線の状況 .....</b>	<b>149</b>
1. 太陽紫外線の概要 .....	151
1-1. 太陽紫外線の概要 .....	151
1-2. 紫外線の指標 .....	151
1-3. 紫外線量の変動要因 .....	154
2. 太陽紫外線の観測の状況 .....	159
2-1. 太陽紫外線の観測手法 .....	159
2-2. 紫外線観測状況 .....	159
3. 太陽紫外線の監視結果 .....	161
3-1. 世界の太陽紫外線の状況 .....	161
3-2. 南極域の太陽紫外線の状況 .....	166
3-3. 我が国の太陽紫外線の状況 .....	168
4. 太陽紫外線の将来予測 .....	170
参考資料 .....	172
参考資料1. 紫外線による人の健康への影響 .....	172
参考資料2. 紫外線による陸域生態系への影響 .....	182
参考資料3. 紫外線による水圏生態系への影響 .....	184
参考資料4. 紫外線による材料の損傷 .....	186
参考資料5. オゾン層破壊と大気質への影響 .....	187
(1) オゾン層破壊物質の代替物質の影響評価 .....	187
(2) オゾン層破壊に伴う大気質と対流圏大気組成に対する影響 .....	189
<b>第4部 巻末資料 .....</b>	<b>193</b>
1. オゾン層保護対策 .....	195
1-1. オゾン層破壊物質等の概要 .....	195
1-2. オゾン層保護対策の経緯 .....	197
1-3. 国際的なオゾン層保護対策 .....	200
1-4. 我が国におけるオゾン層保護対策 .....	205
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