第４部　巻末資料

1. オゾン層保護対策

1－1．オゾン層破壊物質等の概要

(1) 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対象のオゾン層破壊物質（特定物質）

モントリオール議定書		物質名	化学式	2018年科学評価パネル大気中寿命（年）	オゾン層破壊係数		地球温暖化係数
					モントリオール議定書附属書	2018年科学評価パネル	第4次IPCC報告書（100年GWP値*）
附属書A	グループⅠ（クロロフルオロカーボン）	CFC-11	$CFCl_3$	52	1	1	4,750
		CFC-12	CF_2Cl_2	102	1	0.81	10,900
		CFC-113	$C_2F_3Cl_3$	93	0.8	0.82	6,130
		CFC-114	$C_2F_4Cl_2$	189	1	0.50	10,000
		CFC-115	C_2F_5Cl	540	0.6	0.26	7,370
	グループⅡ（ハロン）	ハロン-1211	CF_2BrCl	16	3	7.7	1,890
		ハロン-1301	CF_3Br	72	10	19.0	7,140
		ハロン-2402	$C_2F_4Br_2$	28	6	15.7	1,640
附属書B	グループⅠ（その他のCFC）	CFC-13	CF_3Cl	640	1	1.0	14,400
		CFC-111	C_2FCl_5	－	1	－	－
		CFC-112	$C_2F_2Cl_4$	63.6	1	－0.98	－
		等10物質					
	グループⅡ	四塩化炭素	CCl_4	32	1.1	0.89	1,400
	グループⅢ	1,1,1－トリクロロエタン	CH_3CCl_3	5	0.1	0.17	146
附属書C	グループⅠ（ハイドロクロロフルオロカーボン）	HCFC-21	$CHFCl_2$	1.7	0.04	0.036	－
		HCFC-22	CHF_2Cl	11.9	0.055	0.034	1,810
		HCFC-123	$C_2HF_3Cl_2$	1.3	0.02-0.06	0.01	77
		HCFC-124	C_2HF_4Cl	5.9	0.02-0.04	0.022	609
		HCFC-133	$C_2H_2F_3Cl$	3.1	0.02-0.06	0.017	－
		HCFC-141b	CH_3CFCl_2	9.4	0.11	0.102	725
		HCFC-142b	CH_3CF_2Cl	18	0.065	0.057	2,310
		HCFC-225ca	$CF_3CF_2CHCl_2$	1.9	0.025	0.025	122
		HCFC-225cb	CF_2ClCF_2CHClF	5.9	0.033	0.033	595
		等40物質			他		
	グループⅡ（ハイドロブロモフルオロカーボン）	HBFC-22B1	CHF_2Br	－	0.74	－	－
		等34物質			他		
	グループⅢ	ブロモクロロメタン	CH_2BrCl	－	0.12	－	－
附属書E		臭化メチル	CH_3Br	0.8	0.6	0.57	5
附属書F		気候変動枠組条約における削減対象のHFC（HFC-161を除いた18物質）					

*「100年GWP値」とは、対象となる物質の影響を100年間にわたって積分した値である。積分する年数（他に20年値や500年値などがある）によってGWP値は変化することがある。
「地球温暖化係数」とはCO_2を1とした場合の温暖化影響の強さを表す値。

(2) 気候変動枠組条約における削減対象の代替フロン等４ガス*

	物　質　名	化　学　式	2018 年 科学評価 パネル 大気中寿命 （年）**	オゾン層 破壊係数	地球温暖化係数** 第 4 次 IPCC 報告書 （100 年 GWP 値）
ハイドロフルオロカーボン（HFC）	HFC-23	CHF_3	228	0	14,800
	HFC-32	CH_2F_2	5.4	0	675
	HFC-41	CH_3F	2.8	0	92
	HFC-125	CHF_2CF_3	30	0	3,500
	HFC-134	CHF_2CHF_2	10	0	1100
	HFC-134a	CH_2FCF_3	14	0	1,430
	HFC-143	CH_2FCHF_2	3.6	0	353
	HFC-143a	CH_3CF_3	51	0	4,470
	HFC-152	CH_2FCH_2F		0	53
	HFC-152a	CH_3CHF_2	1.6	0	124
	HFC-161	CH_3CHF_2		0	12
	HFC-227ea	CF_3CHFCF_3	36	0	3,220
	HFC-236fa	$CF_3CH_2CF_3$	213	0	9,810
	HFC-236ea	CHF_2CHFCF_3	11.4	0	1,370
	HFC-236cb	$CH_2FCF_2CF_3$	—	0	1,340
	HFC-245ca	$CH_2FCF_2CHF_2$	6.6	0	693
	HFC-245fa	$CHF_2CH_2CF_3$	7.9	0	1,030
	HFC-365mfc	$CH_3CF_2CH_2CF_3CF_3$	—	0	794
	HFC-43-10mee	$CHFCHFCF_2CF_3$	17.0	0	1,640
パーフルオロカーボン（PFC）	PFC-14	CF_4	>50,000	0	7,390
	PFC-116	C_2F_6	>10,000	0	12,200
	PFC-218	C_3F_8	2,600	0	8,830
	PFC-c318	c-C_4F_8	3,200	0	10,300
	PFC-31-10	C_4F_{10}	2,600	0	8,860
	PFC-41-12	C_5F_{12}	4,100	0	9,160
	PFC-51-14	C_6F_{14}	3,100	0	9,300
	パーフルオロシクロプロパン	c-C_3F_6	—	0	17,340
	PFC-91-18 等	$C_{10}F_{18}$	—	0	>7,500
六フッ化硫黄	六フッ化硫黄	SF_6	3,200	0	22,800
三フッ化窒素	三フッ化窒素	NF_3	569	0	17,200

*　対象ガスは「地球温暖化対策の推進に関する法律施行令」の第１条、第２条のガスおよび SF6、NF3 とした。

** 地球温暖化対策の推進に関する法律では、地球温暖化係数として第５次 IPCC 報告書の 100 年 GWP 値を採用している。

１－２．国際的なオゾン層保護対策

(1) オゾン層保護のためのウィーン条約

オゾン層保護のためのウィーン条約は、オゾン層保護のための国際的な枠組を定めた条約であり、1985 年に採択された。我が国は 1988 年 9 月 30 日に加入。2015 年 11 月現在で締約国数は 197 カ国及び EU であり、全ての国連加盟国によって批准された。

本条約においては、締約国が、

- オゾン層の変化により生ずる悪影響から人の健康及び環境を保護するために適当な措置をとること（第 2 条第 1 項）
- 研究及び組織的観測等に協力すること（第 3 条）
- 法律、科学、技術等に関する情報を交換すること（第 4 条）

等について規定している。

(2) 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

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は、ウィーン条約に基づきオゾン層破壊物質の削減スケジュール等の具体的な規制措置等を定めた議定書であり、1987 年に採択された。モントリオール議定書の採択後、オゾン層の破壊が予想以上に進んでいることが判明したこと等から、以後、1990 年（ロンドン改正）、1992 年（コペンハーゲン改正）、1995 年（ウィーン調整）、1997 年（モントリオール改正）、1999 年（北京改正）及び 2007 年（モントリオール調整）及び 2016 年（キガリ改正）の 7 回にわたって改正・調整された。

本議定書においては、

- 対象物質の生産量・消費量の削減スケジュールの設定（第 2 条）
- 非締約国との貿易の規制（規制物質の輸出入の禁止又は制限等）（第 4 条）
- 最新の科学、環境、技術及び経済に関する情報に基づく規制措置の評価及び再検討（第 6 条）

等について規定している。

対象物質の生産量・消費量の削減スケジュールを図 4-1 に示す。

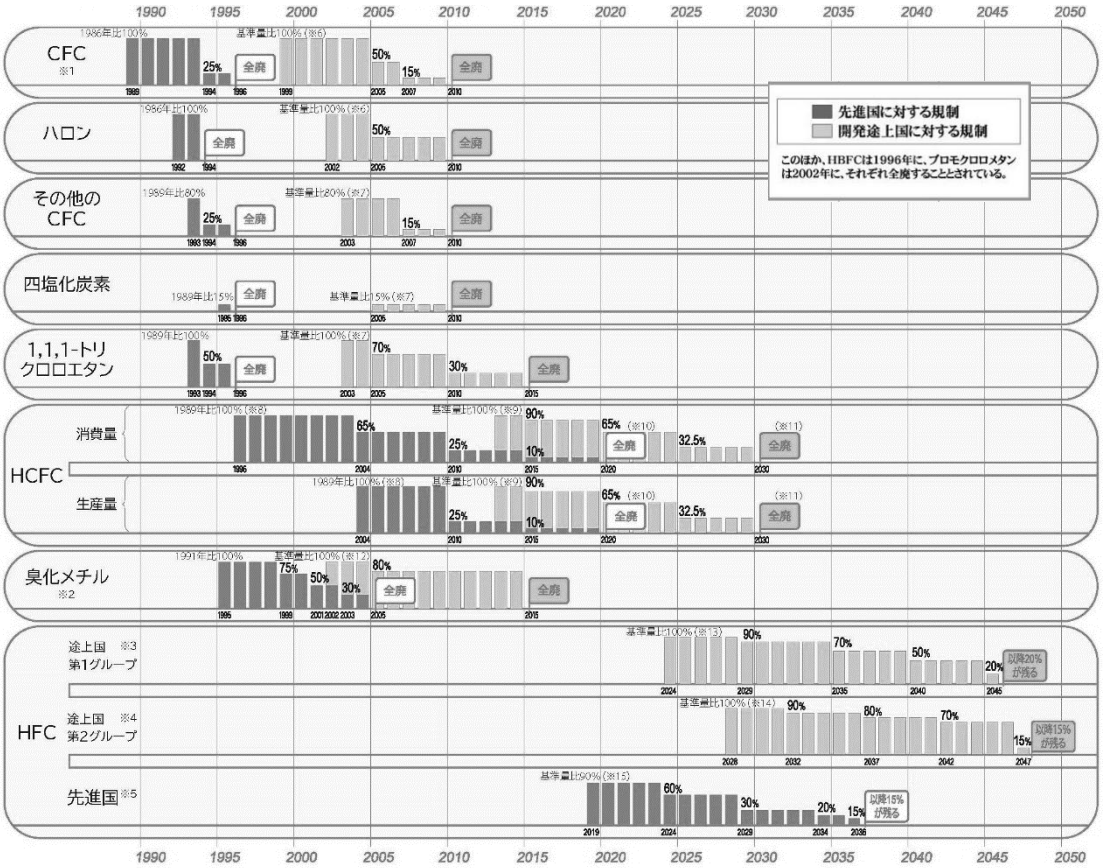


図 4-1　モントリオール議定書に基づく段階的削減スケジュール

各物質のグループ毎に、生産量及び消費量（＝生産量＋輸入量－輸出量）が削減される。

※1）附属書グ A ループ I に定められた 5 物質(CFC-11,CFC-12,CFC-113,CFC-114,CFC-115)。
※2）検疫及び出荷前処理用として使用される臭化メチルは、規制対象外となっている。
※3）途上国第 2 グループに属さない開発途上国
※4）インド、パキスタン、イラン、イラク、湾岸諸国
※5）先進国に属するベラルーシ、ロシア、カザフスタン、タジキスタン、ウズベキスタンについては、規制措置に差異を設ける（基準値について、HCFC の算入量を基準値の 25%とし、削減スケジュールについて、第 1 段階は 2020 年に 5%削減、第 2 段階は 2025 年に 35%削減とする）。
※6）基準量は、1995～1997 年までの生産量・消費量の平均値又は生産量・消費量が一人当たり 0.3 キログラムとなる値のいずれか低い値。
※7）基準量は、1998～2000 年までの生産量・消費量の平均値又は生産量・消費量が一人当たり 0.2 キログラムとなる値のいずれか低い値。
※8）消費量の基準量は、HCFC の 1989 年消費量＋CFC の 1989 年消費量×2.8%。生産量の基準量は、HCFC の 1989 年生産量と消費量の平均値＋CFC の 1989 年生産量と消費量の平均値×2.8%。
※9）基準量は、2009 年と 2010 年の生産量・消費量の平均値。
※10）2030 年までの間、冷凍空調機器の補充用冷媒に限り、生産量・消費量の基準量の 0.5%を上限に生産・消費することができる。
※11）2040 年までの間、冷凍空調機器の補充用冷媒に限り、平均として生産量・消費量の基準量の 2.5%を上限に生産・消費することができる。
※12）基準量は、1995～1998 年までの生産量・消費量の平均値。
※13）基準量は、HFC の 2020 年から 2022 年の生産量・消費量の平均値 ＋ HCFC の生産量・消費量の基準値の 65%（CO_2換算値[7]）。
※14）基準量は、HFC の 2024 年から 2026 年の生産量・消費量の平均値 ＋ HCFC の生産量・消費量の基準値の 65%（CO_2換算値）。
※15）基準量は、HFC の 2011 年から 2013 年の生産量・消費量の平均値 ＋ HCFC の生産量・消費量の基準値の 15%（CO_2換算値）。
※途上国の基礎的な需要を満たすための追加生産が認められているほか、生産が全廃になった物質でも試験研究・分析や必要不可欠な用途についての生産等は規制対象外となっている。

[7] CO_2換算値は、各生産量・消費量に 100 年間の地球温暖化係数を乗じた数値

（3）世界におけるオゾン層破壊物質の生産量・消費量の削減実績

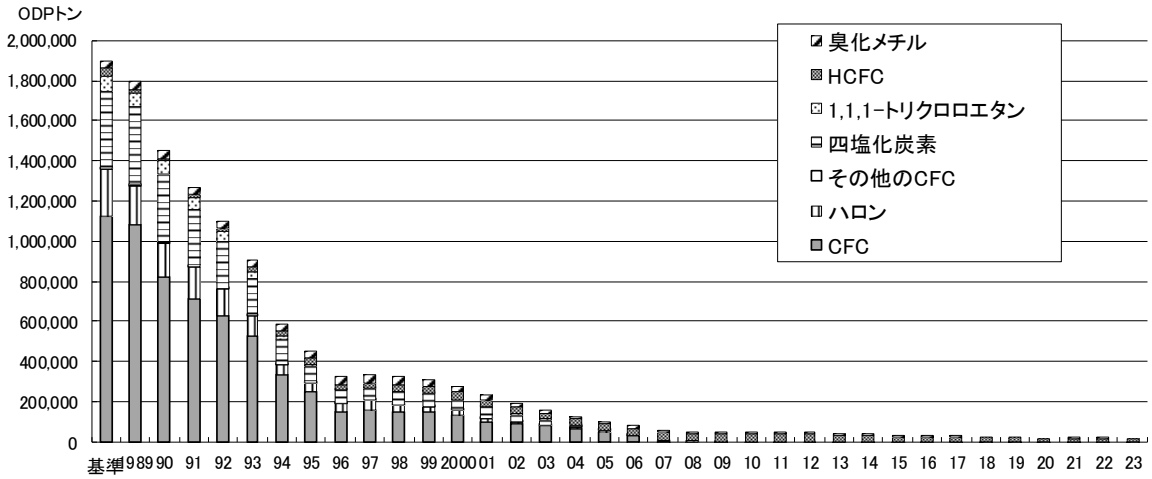


図 4-2　モントリオール議定書に基づくオゾン層破壊物質の生産量の推移（1989～2023 年）
ただし、基準年以前の空白データは基準年で一定として補完（HCFC を除く）し、基準年と規制開始の間の空白データは一定の割合で変化するものとして補完（先進国の HCFC については 1990 年・1991 年のデータを補完）。単位は ODP トン。（出典）UNEP オゾン事務局ウェブサイト

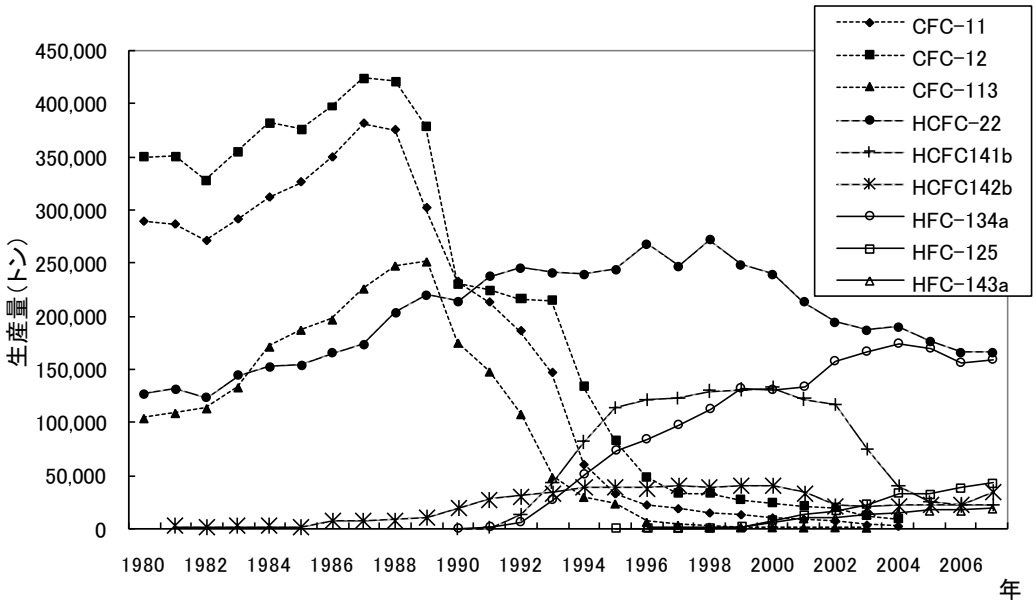


図 4-3　主要なフロンの年別生産量の推移（1980～2007 年）
集計は AFEAS に登録のあったデータのみ。単位は重量トン。
（出典）The Alternative Fluorocarbons Environmental Acceptability Study（AFEAS）ウェブサイト

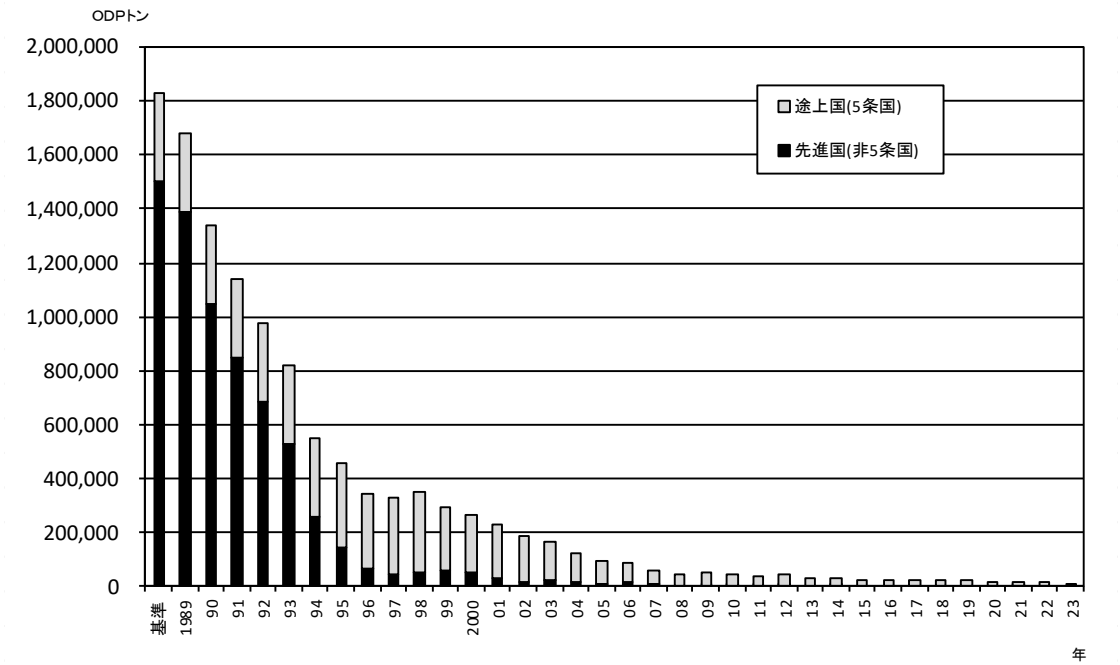


図 4-4　モントリオール議定書に基づくオゾン層破壊物質の消費量の推移（1989～2023 年）
ただし、基準年以前の空白データは基準年で一定として補完（HCFC を除く）し、基準年と規制開始の間の空白データは一定の割合で変化するものとして補完（先進国の HCFC については 1990 年・1991 年のデータを補完）。単位は ODP トン。（出典）UNEP オゾン事務局ウェブサイト

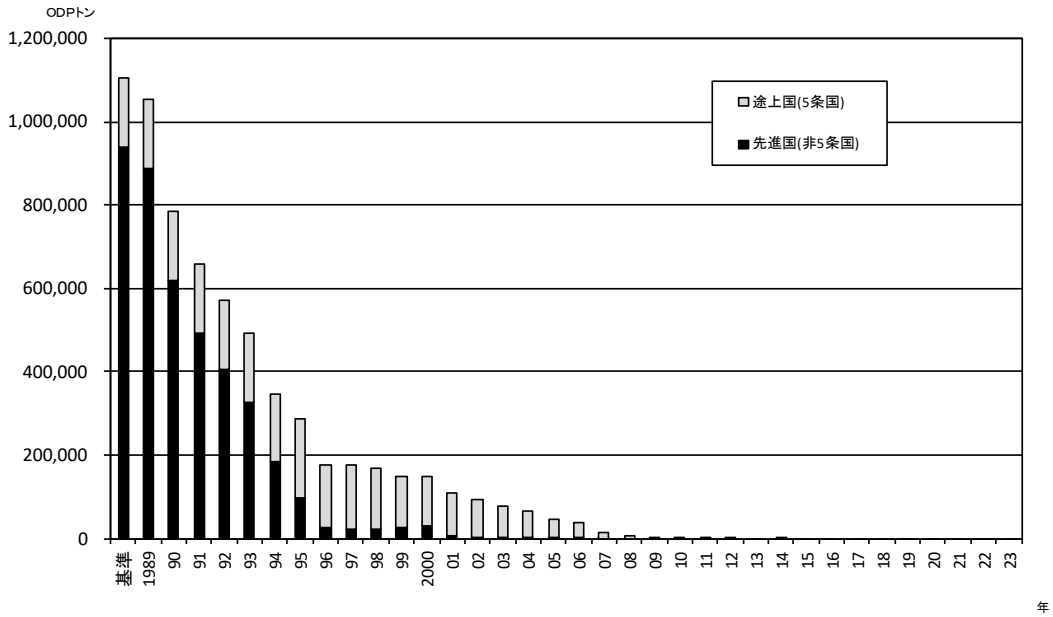


図 4-5　モントリオール議定書に基づく CFC（附属書 A グループ I）の
消費量の推移（1989～2023 年）
ただし、基準年以前の空白データは基準年で一定として補完し、基準年と規制開始の間の空白データは一定の割合で変化するものとして補完。単位は ODP トン。（出典）UNEP オゾン事務局ウェブサイト

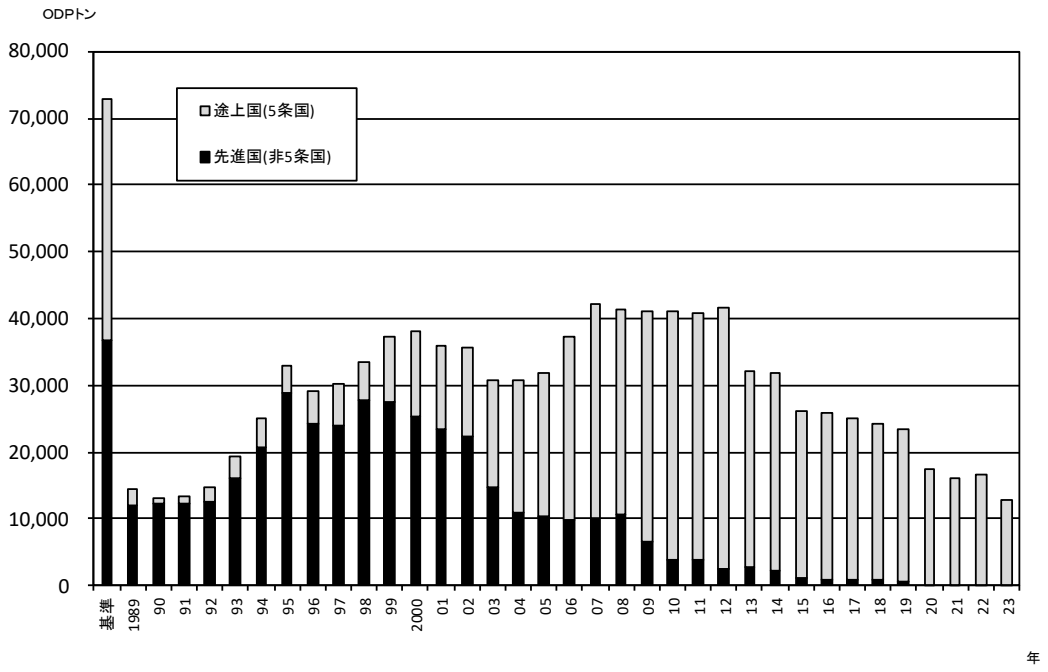


図 4-6　モントリオール議定書に基づく HCFC の消費量の推移（1989～2023 年）

ただし、先進国における 1990 年・1991 年のデータは一定の割合で変化するものとして補完。単位は ODP トン。（出典）UNEP オゾン事務局ウェブサイト

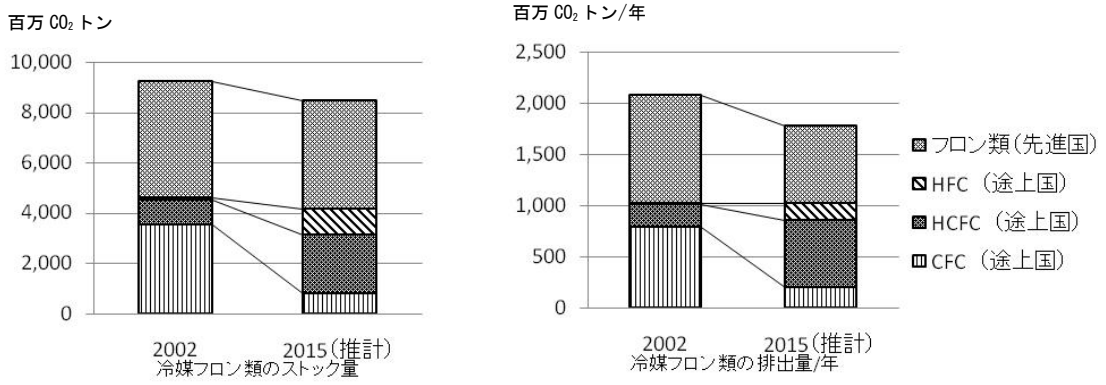


図 4-7　冷媒フロン類のストック量及び排出量/年（2002 年・2015 年（推計））

単位は CO_2 換算トン。（出典）IPCC/TEAP 特別報告

１－３．我が国におけるオゾン層保護対策

(1) オゾン層破壊物質の生産・消費の規制

我が国では、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の締結にあたり、昭和 63 年に「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)」を制定し、平成元年 7 月からオゾン層破壊物質の生産・輸出入の規制を開始し、モントリオール議定書の義務を着実に履行している。生産量・消費量の削減実績については次ページを参照。

我が国における特定物質（オゾン層破壊物質）の生産量・消費量に関する基準限度

・CFC（議定書附属書 A グループ I)

期間	生産量	消費量
1993 年 1 月 1 日～	119,998	118,134
1994 年 1 月 1 日～	30,000	29,534
1996 年 1 月 1 日～	0	0

・ハロン

期間	生産量	消費量
1993 年 1 月 1 日～	28,419	16,958
1994 年 1 月 1 日～	0	0

・その他の CFC（議定書附属書 B グループ I)

期間	生産量	消費量
1993 年 1 月 1 日～	1,874	1,865
1994 年 1 月 1 日～	586	583
1996 年 1 月 1 日～	0	0

・四塩化炭素

期間	生産量	消費量
1995 年 1 月 1 日～	2,940	11,232
1996 年 1 月 1 日～	0	0

・1,1,1-トリクロロエタン

期間	生産量	消費量
1993 年 1 月 1 日～	15,637	17,279
1994 年 1 月 1 日～	7,819	8,640
1996 年 1 月 1 日～	0	0

・HCFC

期間	生産量	消費量
1996 年 1 月 1 日～	－	5,562
2004 年 1 月 1 日～	5,654	3,615
2010 年 1 月 1 日～	1,413	1,390
2015 年 1 月 1 日～	565	556
2020 年 1 月 1 日～ (注)	28	27
2030 年 1 月 1 日～	0	0

(注)2020 年 1 月 1 日に存在する冷凍空気調和機器への補充用に限る。

・HFC

期間	生産量	消費量
2019 年 1 月 1 日～	45,036	64,364
2024 年 1 月 1 日～	30,024	42,909
2029 年 1 月 1 日～	15,012	21,455
2034 年 1 月 1 日～	10,008	14,303
2036 年 1 月 1 日～	7,506	10,727

・臭化メチル

期間	生産量	消費量
1995 年 1 月 1 日～	3,376	3,664
1999 年 1 月 1 日～	2,532	2,748
2001 年 1 月 1 日～	1,688	1,832
2003 年 1 月 1 日～	1,012	1,099
2005 年 1 月 1 日～	0	0

※HFC 以外は ODP トン、HFC は千 GWP トン

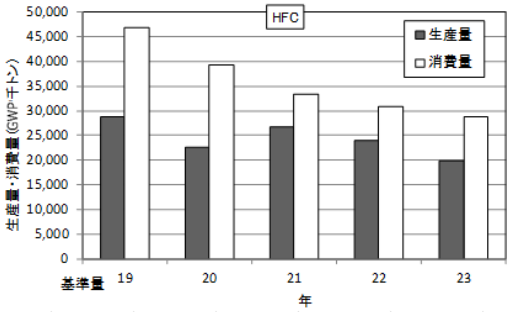
①日本における特定物質の生産量･消費量の推移

表 4-1　特定物質代替物質の生産量・消費量（議定書附属書 F）

（単位：GWP 千トン）

年次(1)	HFC		HFC-23	
	生産量	消費量	生産量	消費量
2019 年	28,654	46,885	6,287	651
2020 年	22,503	39,388	5,997	981
2021 年	26,748	33,341	6,415	961
2022 年	23,911	30,755	6,662	505
2023 年	19,878	28,771	4,766	116

(1) 各年は 1 月から 12 月までの値となっている。



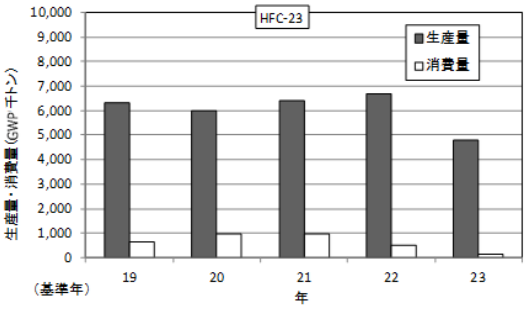


図 4-8　特定物質代替物質の生産量・消費量（議定書附属書 F）

（出典）経済産業省発表資料より作成

(2) 冷媒フロン類の回収・破壊

既に生産され、製品中に含まれているフロン類の大気中への排出を抑制し、オゾン層保護及び地球温暖化防止に資するため、業務用冷凍空調機器については「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)」、家庭用冷凍冷蔵庫・エアコンについては「特定家庭用機器再商品化法（家電リサイクル法)」、カーエアコンについては「使用済自動車の再資源化等に関する法律（自動車リサイクル法)」に基づき、使用済機器等から冷媒フロン類を回収し、適切に破壊することとしている。

表 4-2　冷媒フロン類を回収した機器の台数

（単位：千台）

機　器	フロン類の種類	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度
業務用冷凍空調機器	CFC	61	57	53	57	50	47	42	45	43	36
	HCFC	417	387	503	454	427	403	376	368	342	303
	HFC	669	734	982	1,015	1,045	1,102	1,325	1,098	1,169	1,260
	計	1,148	1,178	1,538	1,526	1,522	1,552	1,743	1,511	1,553	1,599
家庭用エアコン		2,961	2,225	2,355	2,567	2,833	3,398	3,581	3,854	3,540	3,694
家庭用冷蔵冷凍庫		3,433	2,775	2,799	2,829	2,982	3,354	3,597	3,709	3,543	3,520
カーエアコン		2,835	2,904	2,741	2,702	2,972	2,967	2,935	2,779	2,678	2,392
合　計		10,377	9,082	9,433	9,624	10,309	11,269	11,856	11,853	11,315	11,204

注）カーエアコンについては、自動車リサイクル法及びフロン排出抑制法による回収の合計。

表 4-3　冷媒フロン類の回収量

（単位：トン）

機　器	フロン類の種類	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度
業務用冷凍空調機器	CFC	175	150	165	166	119	131	110	124	89	94
	HCFC	2,917	2,847	3,169	3,119	2,839	2,772	2,564	2,408	2,218	1,908
	HFC	1,371	1,427	1,507	1,813	2,137	2,312	2,565	2,702	2,836	3,421
	計	4,463	4,424	4,841	5,097	5,094	5,215	5,239	5,235	5,143	5,423
家庭用エアコン	HCFC	1,256	1069	934	920	940	1,035	951	878	697	638
	HFC	466	508	570	700	892	1,181	1,367	1,584	1,609	1,774
	計	1,722	1,577	1,505	1,622	1,835	2,226	2,346	2,505	2,380	2,542
家庭用冷蔵冷凍庫	CFC	90	72	58	50	44	45	41	36	31	28
	HCFC	13	10	8	7	7	6	6	5	4	4
	HFC	189	166	144	138	132	136	132	120	106	99
	計	291	248	210	195	183	188	172	161	142	132
カーエアコン	CFC	17	14	10	6	5	4	3	2	2	1
	HFC	792	773	710	682	720	718	694	625	579	501
	計	809	787	720	689	726	722	696	627	581	502
特定フロン	CFC	282	236	233	222	168	180	153	163	122	123
	HCFC	4,186	3,926	4,111	4,046	3,786	3,813	3,521	3,291	2,919	2,550
	小計	4,468	4,162	4,334	4,267	3,954	3,993	3,675	3,454	3,041	2,674
代替フロン	HFC	2,818	2,874	2,931	3,333	3,881	4,347	4,758	5,031	5,130	5,795
合計		7,285	7,036	7,275	7,601	7,835	8,340	8,433	8,485	8,171	8,469

注１）小数点未満を四捨五入したため、表中の数値の和は必ずしも合計欄の値に一致しない。
注２）カーエアコンについては、自動車リサイクル法及びフロン排出抑制法による回収量の合計。
自動車リサイクル法に基づく回収量は次の計算式により算出した。
「自動車製造業者等による取引量」＋「フロン類回収業者による再利用量」＋「フロン類回収業者による当年度末保管量」－「フロン類回収業者による前年度末保管量」

表 4-4　冷媒フロン類の破壊量

（単位：トン）

機　器	フロン類の種類	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度
業務用冷凍空調機器カーエアコン	CFC	181	155	190	150	123	116	93	85	97	77
	HCFC	2,349	2,305	2,464	2,363	2,037	1,786	1,538	1,493	1,525	1,305
	HFC	1,940	2,034	2,161	2,268	2,378	2,457	2,476	2,516	2,845	2,751
	計	4,470	4,494	4,815	4,781	4,538	4,357	4,108	4,099	4,484	4,145
家庭用エアコン	HCFC	1,245	716	245	239	195	189	121	46	45	53
	HFC	461	325	142	179	183	218	197	185	126	138
	計	1,706	1,041	388	420	382	413	336	259	197	226
家庭用冷蔵冷凍庫	CFC	90	71	56	49	43	44	40	36	30	27
	HCFC	13	10	7	6	6	5	4	3	3	3
	HFC	186	108	40	49	38	34	35	29	24	19
	計	289	189	103	104	87	83	79	69	57	49
特定フロン	CFC	271	226	246	199	166	160	133	121	127	104
	HCFC	3,607	3,031	2,716	2,608	2,238	1,980	1,663	1,542	1,573	1,360
	小計	3,878	3,257	2,962	2,807	2,404	2,140	1,796	1,663	1,700	1,465
代替フロン	HFC	2,587	2,467	2,343	2,496	2,599	2,709	2,708	2,730	2,995	2,907
合計		6,465	5,724	5,305	5,303	5,003	4,849	4,504	4,393	4,695	4,372

注１）小数点未満を四捨五入したため、表中の数値の和は必ずしも合計欄の値に一致しない。

HFC を始めとする代替フロン等４ガスの排出量については、1990 年代後半から産業部門を中心に削減が進んできたが、特定フロン使用機器が HFC 使用機器に更新されていること等から冷凍空調機器の冷媒用途を中心に排出量は増加傾向にある。

平成 25 年には、冷凍空調機器の使用中の冷媒フロン類漏えい対策など、フロン類のライフサイクル全般にわたる抜本的な対策を推進するため、平成 25 年通常国会においてフロン回収・破壊法が改正された。これにより、法律名を「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）」に改め、フロン回収・破壊法に基づく業務用冷凍空調機器の廃棄時や整備時におけるフロン類の回収及び破壊の徹底に加え、新たに、フロン類及びフロン類使用製品の製造段階における規制、業務用冷凍空調機器の使用段階におけるフロン類の漏えい防止対策等を講じることとされ、平成 27 年度から全面施行された。

これを受けガスメーカー、機器・製品メーカー、機器ユーザー、充塡回収業者、破壊業者、再生業者、施工・メンテナンス業者等の様々な主体により、ライフサイクル全体でのフロンの排出抑制の取組が進められている。

さらに、機器廃棄時の冷媒回収率が４割程度にとどまっている状況を踏まえ、機器ユーザーの廃棄時のフロン類引渡義務違反に対して、直接罰を導入するなど、関係事業者の相互連携により機器ユーザーの義務違反によるフロン類の未回収を防止し、機器廃棄時にフロン類の回収作業が確実に行われる仕組みを構築するためのフロン排出抑制法の改正を令和元年に実施、令和２年４月１日に施行された。

また、2021 年 10 月に閣議決定した「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」では、代替フロン分野におけるカーボンニュートラルに向けた対策として、モントリオール議

定書キガリ改正の着実な履行、グリーン冷媒使用機器普及拡大、機器使用時の漏えいゼロを目指したフロン類の漏えい防止、機器廃棄時の未回収冷媒ゼロを目指した冷凍空調機器からのフロン類の回収・適正処理の方向性を示した。さらに、「地球温暖化対策計画」（令和３年 10 月閣議決定）では、代替フロン等４ガスにつき、2030 年度において、2013 年度比 44%減の水準（約 21.8 百万 t-CO2）にするという目標を設定し、それに向けた具体的な取組を示している。

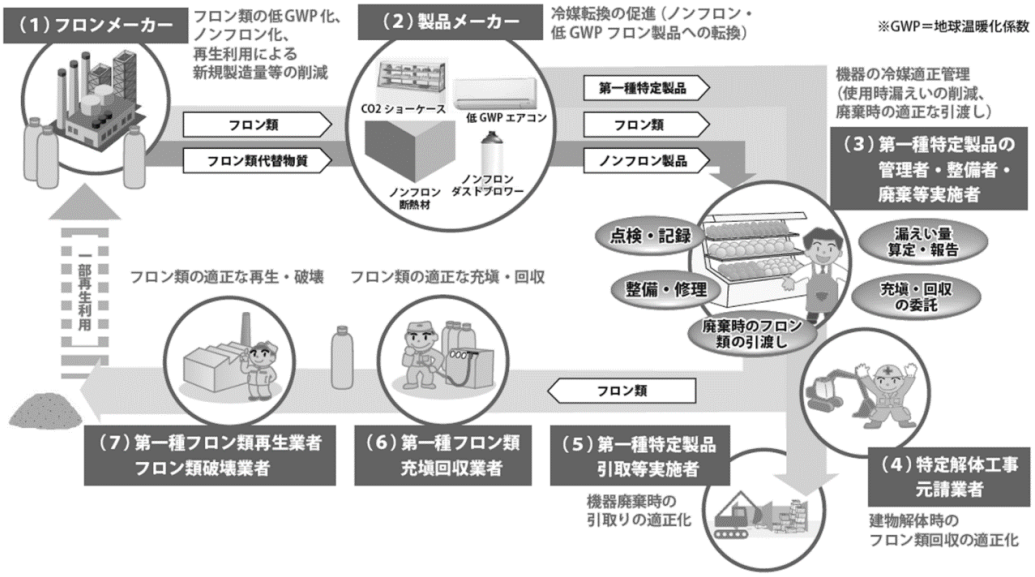


図 4-9　フロン排出抑制法の概要

（3）冷媒フロン類以外のストック対策

①断熱材中フロン類の回収･破壊に向けた取組

- 家庭用冷凍冷蔵庫に使用される断熱材中のフロン類については、家電リサイクル法に基づき、回収・破壊等がなされている。
- 建材用断熱材中のフロン類については、環境省において平成 12 年以降回収・破壊のための技術的事項を調査し、平成 19 年に「建材用断熱材フロンの処理技術」をとりまとめた。

②消火剤ハロン類の回収･再利用･破壊に向けた取組

- 建築物や危険物施設、船舶、航空機等に設置される消火設備・機器等の消火剤として使用されているハロンについては、国家ハロンマネジメント戦略（2000 年）に基づき、特定非営利活動法人「消防環境ネットワーク」を中心として、データベースの管理、不可欠用途（クリティカルユース）の十分な管理、回収・リサイクルの推進等が行われている。
- 平成 18 年 5 月には、環境省は 1980 年代から 1990 年代初頭に建設された数多くの

建築物が解体時期を迎えることに伴って回収されるハロン量の増加が予想されることなどを踏まえ、不要・余剰となったハロンを適切に破壊処理するための技術的事項を調査し、「ハロン破壊処理ガイドライン」をとりまとめた。

表 4-5　ハロン使用機器の設置状況（2023 年(令和 5 年)12 月 31 日現在）

ハロン種類	設備名	設置件数	ハロン量（t）
ハロン-1301	消火設備	29,762	15,965
	消火装置	7,700	644
	消火器	6,358	110
	小計	43,820	16,719
ハロン-2402	消火設備	237	123
	消火装置	56	8
	消火器	98	2
	小計	391	133
ハロン-1211	消火設備	23	8
	消火装置	6	0
	消火器	509	31
	小計	538	39
合計		44,749	16,891

（出典）ハロン等抑制対策連絡会　ハロン等抑制対策に関する報告書（令和 5 年度）

表 4-6　消防環境ネットワークの管理によるハロン-1301 の回収、供給量

年度	供給量(トン)	回収量(トン)	年度	供給量(トン)	回収量(トン)
1994	100	27	2008	156	146
1995	117	56	2009	89	99
1996	126	59	2010	58	161
1997	111	46	2011	46	159
1998	73	94	2012	41	196
1999	57	78	2013	91	217
2000	65	97	2014	173	179
2001	66	104	2015	192	166
2002	63	80	2016	187	172
2003	52	112	2017	164	236
2004	100	118	2018	173	191
2005	123	133	2019	170	160
2006	173	110	2020	178	187
2007	208	145	2021	130	214
			2022	152	165

（出典）ハロン等抑制対策連絡会　ハロン等抑制対策に関する報告書（令和 5 年度）

（4）化学物質排出把握管理促進法に基づく排出量の把握

平成 13 年度から PRTR（化学物質排出移動量届出制度）が始まり、オゾン層破壊物質の排出量等について、事業者の届出による事業場からの排出量等と、国の推計による事業場以外からの排出量が毎年公表されている。

表 4-7　令和４年度のオゾン層破壊物質の PRTR による排出量等

（単位：kg/年）

物質名		政令番号	届出排出量*		届出外	排出量	(参考)排出量	(参考)排出量	届出
			大気	公共用水域	排出量**	合計	(ODPトン)***	(万CO2トン)****	移動量*****
CFC	CFC-11	288	320	0	690,479	690,799	690.8	328.1	5,700
	CFC-12	161	12,291	0	419,592	431,883	431.9	470.8	0
	CFC-113	284	200	0	400	600	0.5	0.4	0
	CFC-114	163	–	–	–	–	–	–	–
	CFC-115	126	0	0	639	639	0.4	0.5	0
	CFC-13	107	0	0	0	0	0.0	0.0	0
	CFC-112	263	–	–	–	–	–	–	–
	合計		12,811	0	1,111,110	1,123,921	1,124	800	5,700
ハロン	ハロン1211	380	–	–	–	–	–	–	–
	ハロン1301	382	1,460	0	13,396	14,856	148.6	10.6	0
	ハロン2402	211	–	–	535	535	3.2	0.1	–
	合計		1,460	0	13,931	15,391	152	11	0
HCFC	HCFC-21	177	1,495	0	8,400	9,895	0.4	0.0	0
	HCFC-22	104	139,352	0	1,237,226	1,376,578	75.7	249.2	9,237
	HCFC-123	164	24,959	0	79,675	104,634	2.1	0.8	10,000
	HCFC-124	105	1,400	0	1,500	2,900	0.1	0.2	0
	HCFC-133	106	51,000	0	15,000	66,000	4.0	0.0	3,300
	HCFC-141b	176	22	0	836,826	836,848	92.1	60.7	0
	HCFC-142b	103	11,281	0	296,717	307,998	20.0	71.1	130,000
	HCFC-225	185	30,722	0	70,198	100,920	7.1	3.6	10,741
	合計		260,231	0	2,545,542	2,805,773	201	386	163,278
四塩化炭素		149	767	343	1,358	2,468	2.7	0.3	67,515
1,1,1-トリクロロエタン		279	480	15,493	20,186	36,159	3.6	0.5	1
臭化メチル		386	106,564	0	545,795	652,359	391.4	0.3	0
合計			382,313	15,836	4,237,922	4,636,071	1,874	1,197	236,494

* PRTR の対象となる事業所から 1 年間に環境中に排出された量として、事業者から国へ届け出られた量
** PRTR の対象となる事業所以外から環境中へ排出される量として、国が推計した量
*** ODS 排出量はモントリオール議定書の値を採用
**** CO_2 排出量は第 4 次 IPCC 報告書（100 年 GWP 値）を採用
***** PRTR の対象となる事業所から 1 年間に廃棄物として事業所の外へ運び出された量

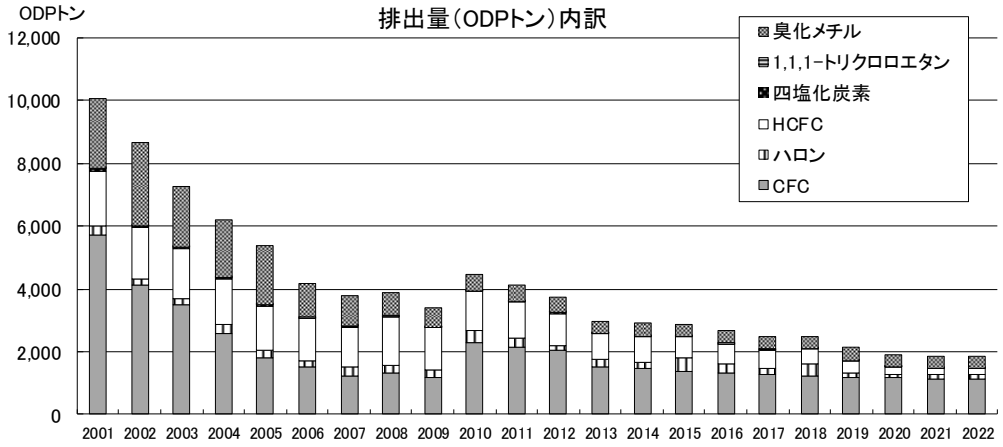


図 4-10　PRTR に基づくオゾン層破壊物質の排出量（ODP 換算）

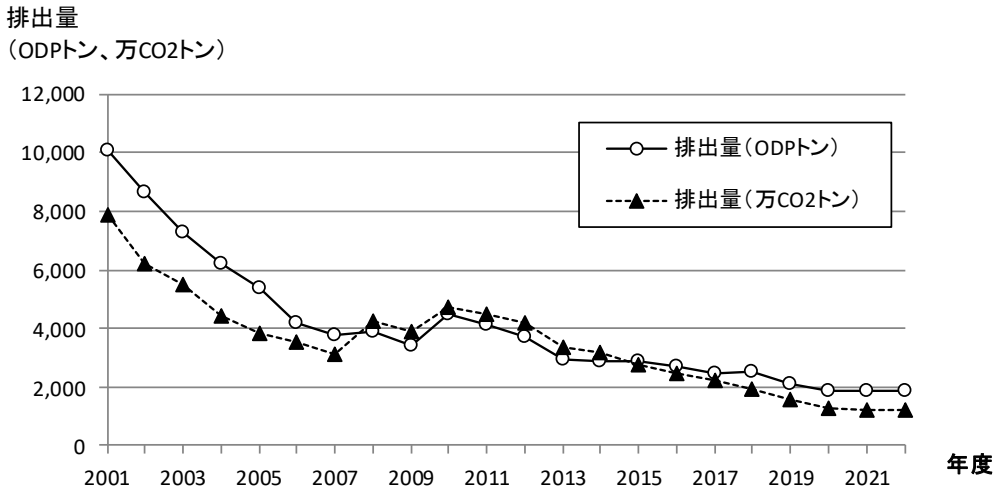


図 4-11　PRTR に基づくオゾン層破壊物質の排出量（ODP 換算、CO_2 換算）

（5）代替フロン等４ガスの排出抑制の目標

「地球温暖化対策計画」（令和 3 年 10 月 22 日閣議決定）においては、代替フロン等 4 ガス（HFCs、PFCs、SF_6、NF_3）については、2030 年において、2013 年比 44%減の水準（約 21.8 百万トン－CO_2 換算）にすることを目標としている。

表 4-8　代替フロン等 4 ガスの排出量の目標

（単位：百万トン-CO_2 換算）

	2013 年 実績	2019 年 実績	2030 年の 排出量の目標
代替フロン等 4 ガス	39.1	55.4	21.8
HFCs	32.1	49.7	14.5
PFCs	3.3	3.4	4.2
SF_6	2.1	2.0	2.7
NF_3	1.6	0.26	0.5

（出典）「地球温暖化対策計画」令和 3 年 10 月 22 日閣議決定

（6）ノンフロン化の推進

①グリーン購入法に基づくノンフロン化の推進

フロンを使わない製品（ノンフロン製品）の普及を促進するため、「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律（グリーン購入法）」に基づき、国等の行政機関に対してノンフロン製品の調達を義務付けている。

表 4-9　グリーン購入法（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）に基づく
環境物品等の調達の推進に関する基本方針(フロン関係抜粋)（令和 5(2023)年 12 月現在）

ダストブロワー	【判断の基準】 ●フロン類が使用されていないこと。ただし、可燃性の高い物質が使用されている場合にあっては、製品に、その取扱いについての適切な記載がなされていること。 （備考） ・ダストブロワーに係る判断の基準における「フロン類」とは、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（平成 13 年法律第 64 号）第 2 条第 1 項に定める物質をいう。判断の基準において使用できる物質は、二酸化炭素、ジメチルエーテル及びハイドロフルオロオレフィン（HFO1234ze）等。 ・ダストブロワーに係る判断の基準については、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（平成 13 年法律第 64 号）第 2 条第 2 項の指定製品の対象となる製品に適用するものとする。
電気冷蔵庫、 電気冷凍庫、 電気冷凍冷蔵庫	【判断の基準】 ●冷媒及び断熱材発泡剤にフロン類が使用されていないこと。 （備考） ・「フロン類」とは、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（平成 13 年法律第 64 号）第 2 条第 1 項に定める物質をいう。
エアコンディショナー	【判断の基準】 ●冷媒に使用される物質の地球温暖化係数は 750 以下であること。
	【配慮事項】 ●冷媒に可能な限り地球温暖化係数の小さい物質が使用されていること。 （備考） ・判断の基準については、経済産業省関係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施行規則（平成 27 年経済産業省令第 29 号）第 3 条に規定する家庭用エアコンディショナー及び店舗・事務所用エアコンディショナーのうち、平成 27 年経済産業省告示第 50 号（エアコンディショナーの製造業者等の判断の基準となるべき事項）により目標値及び目標年度が定められる製品に適用するものとする。 ・「地球温暖化係数」とは、地球の温暖化をもたらす程度の二酸化炭素に係る当該程度に対する比を示す数値をいう。
ガスヒートポンプ式冷暖房機	【判断の基準】 ●冷媒にオゾン層を破壊する物質が使用されていないこと。
	【配慮事項】 ●冷媒に可能な限り地球温暖化係数の小さい物質が使用されていること。 （備考） ・「地球温暖化係数」とは、地球の温暖化をもたらす程度の二酸化炭素に係る当該程度に対する比を示す数値をいう。
ヒートポンプ式電気給湯器	【判断の基準】 ●冷媒にフロン類が使用されていないこと。
	【配慮事項】 ●冷媒に可能な限り地球温暖化係数の小さい物質が使用されていること （備考） ・「フロン類」とは、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（平成 13 年法律第 64 号）第 2 条第 1 項に定める物質をいう。 ・「地球温暖化係数」とは、地球の温暖化をもたらす程度の二酸化炭素に係る当該程度に対する比を示す数値をいう。 ・判断の基準は、業務用ヒートポンプ式電気給湯器については適用しないものとする。ただし、冷媒にオゾン層を破壊する物質は使用されていないこととする。

表 4-9　グリーン購入法（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）に基づく
環境物品等の調達の推進に関する基本方針(フロン関係抜粋)（令和 5(2023)年 12 月現在）（続き）

自動車	【判断の基準】 ①乗用車にあっては、基準値１はアを、基準値２はイを満たすこと。ただし、内燃機関を有する自動車（ガソリン、軽油及び LP ガスを燃料とする車両に限る。）の場合は、併せて表１に示された区分の排出ガス基準（ガソリン又は LP ガスを燃料とする車両に限る。）に適合し、かつ、表２に示された区分ごとの燃費基準値を満たすこと。 ア．電動車等であること。 イ．次世代自動車であること。 ②小型バスにあっては、基準値１はアを、基準値２はイを満たすこと。併せて、ガソリンを燃料とする自動車の場合は、表１に示された区分の排出ガス基準に適合すること。 ア．次世代自動車であること。 イ．次世代自動車であること又は表３に示された区分の燃費基準値を満たすこと。 ③小型貨物車にあっては、基準値１はアを、基準値２はイを満たすこと。併せて、ガソリン又は LP ガスを燃料とする自動車の場合は、表１に示された区分の排出ガス基準に適合すること。 ア．次世代自動車であること。 イ．次世代自動車であること又は利用する燃料に対応した表４－１、表４－２及び表４－３に示された区分の燃費基準値を満たすこと。 ④バス等にあっては、基準値１はアを、基準値２はイを満たすこと。 ア．次世代自動車であること。 イ．次世代自動車であること又は表５に示された区分の燃費基準値を満たすこと。 ⑤トラック等にあっては、基準値１はアを、基準値２はイを満たすこと。 ア．次世代自動車であること。 イ．次世代自動車であること又は表６に示された区分の燃費基準値を満たすこと。 ⑥トラクタにあっては、基準値１はアを、基準値２はイを満たすこと。 ア．次世代自動車であること。 イ．次世代自動車であること又は表７に示された区分の燃費基準値を満たすこと。
	【配慮事項】 ●エアコンディショナーの冷媒に使用される物質の地球温暖化係数は 150 以下であること。 （備考） ・配慮事項については、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（平成 13 年法律第 64 号）第 2 条第 2 項の指定製品の対象となる製品に適用するものとする。 ・「地球温暖化係数」とは、地球の温暖化をもたらす程度の二酸化炭素に係る当該程度に対する比を示す数値をいう。
マットレス	【判断の基準】 ●ウレタンフォームの発泡剤にフロン類が使用されていないこと。 （備考） ・「フロン類」とは、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（平成 13 年法律第 64 号）第 2 条第 1 項に定める物質をいう。
断熱材	【判断の基準】 ●建築物の外壁等を通しての熱の損失を防止するものであって、次の要件を満たすものとする。 ・フロン類が使用されていないこと。 （備考） ・「フロン類」とは、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（平成 13 年法律第 64 号）第 2 条第 1 項に定める物質をいう。
氷蓄熱式 空調機器	【判断の基準】 ●冷媒にオゾン層を破壊する物質が使用されていないこと。
ガスエンジン ヒートポンプ式 空気調和機	【判断の基準】 ●冷媒にオゾン層を破壊する物質が使用されていないこと。

表 4-9　グリーン購入法（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）に基づく環境物品等の調達の推進に関する基本方針(フロン関係抜粋)（令和 5(2023)年 12 月現在）（続き）

庁舎管理	【配慮事項】 ●庁舎管理に空気調和設備、熱源設備の維持管理を含む場合にあっては、冷媒として用いられるフロン類の漏洩の防止のための適切な措置が講じられていること。 （備考） ・「フロン類」とは、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（平成 13 年法律第 64 号）第 2 条第 1 項に定める物質をいう。
加煙試験	【判断の基準】 ●加煙試験器の発煙体にフロン類が使用されていないこと。 （備考） ・「フロン類」とは、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（平成 13 年法律第 64 号）第 2 条第 1 項に定める物質をいう。
飲料自動販売機設置	【判断の基準】 ●自動販売機本体の冷媒及び断熱材発泡剤にフロン類が使用されていないこと。
	【配慮事項】 ●自動販売機本体の年間消費電力量及びエネルギー消費効率基準達成率並びに冷媒（種類、地球温暖化係数及び封入量）が自動販売機本体の見やすい箇所に表示されるとともに、ウェブサイトにおいて公表されていること。 （備考） ・「フロン類」とは、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（平成 13 年法律第 64 号）第 2 条第 1 項に定める物質をいう。判断の基準において使用できる冷媒は二酸化炭素、炭化水素及びハイドロフルオロオレフィン（HFO1234yf）等）。 ・「地球温暖化係数」とは、地球の温暖化をもたらす程度の二酸化炭素に係る当該程度に対する比で示した数値をいう。

※本表はフロン類関係を抜き出したものであり、それ以外の判断基準がある場合がある。詳しくは「環境物品等の調達の推進に関する基本方針　令和 4 年 2 月」を参照。

②省エネ型自然冷媒機器の導入補助

アンモニアや二酸化炭素などの自然冷媒を使用した冷凍等装置は、導入費用が高いこと等により普及が進みにくい状況にある。このため、環境省では、このような省エネ自然冷媒冷凍等装置の導入事業者に対して補助することにより、省エネ自然冷媒冷凍等装置の導入を促進している。

③その他のノンフロン化普及促進の取組

環境省では、自然冷媒冷凍空調機器、ノンフロン家庭用冷凍冷蔵庫、ノンフロンダストブロワー、ノンフロン断熱材（硬質ウレタンフォーム）の 4 品目について、ノンフロン製品の紹介冊子を作成し、その普及に取り組んでいる。

（7）開発途上国への支援

モントリオール議定書の各締約国は、同議定書で規定された削減スケジュールに従って、オゾン層破壊物質であるCFC（クロロフルオロカーボン）、HCFC（ハイドロクロロフルオロカーボン）等の削減対策を行っている。2019年1月1日から発効しているキガリ改正によりHFCの削減にも各国は取り組んでいる。開発途上国の議定書の遵守状況が今後のオゾン層の回復に大きく影響することから、我が国はフロン類のライフサイクル全般にわたる排出抑制対策を国際的に展開するための枠組みであるフルオロカーボン・イニシアティブ（フルオロカーボンのライフサイクルマネジメントに関するイニシアティブ、IFL）等を通じ、フロン類の回収・破壊等についての技術協力や知見・経験の提供を行っている。

また、環境省では、モントリオール議定書多数国間基金を活用した開発途上国における二国間協力プロジェクトを実施するため、支援方策の提案やプロジェクトの形成などを行っている。

表4-10のモントリオール議定書多数国間基金への拠出金は1期3年間であり、第11期（2021～2023年）の拠出額は、新型コロナウィルスの影響により対面形式での会合が延期されたことから、2022年7月に3年ぶりに対面開催された第5回特別締約国会合で拠出額が確定した。

表4-10　我が国のモントリオール議定書多数国間基金への拠出金

期間	拠出金総額（含繰り越し）	我が国の拠出金
第1期　1991～1993年	24,000万ドル	3,300万ドル
第2期　1994～1996年	51,000万ドル	6,500万ドル
第3期　1997～1999年	54,000万ドル	8,500万ドル
第4期　2000～2002年	47,570万ドル	9,900万ドル
第5期　2003～2005年	57,300万ドル	10,400万ドル
第6期　2006～2008年	47,000万ドル	8,800万ドル
第7期　2009～2011年	49,000万ドル	8,073万ドル
第8期　2012～2014年	45,000万ドル	6,394万ドル
第9期　2015～2017年	50,750万ドル	6,568万ドル
第10期 2018～2020年	54,000万ドル	7,319万ドル
第11期 2021～2023年	54,000万ドル	6,676万ドル
第12期 2024～2026年	52,560万ドル	7,154万ドル

表 4-11　我が国の途上国支援プロジェクトの例（環境省担当）

対象国	プロジェクト名	時期	支援額	支援内容
スリランカ	アジア太平洋地域におけるモントリオール議定書の遵守促進のための多数国間基金による戦略的計画の実施	2001～2002 年	167,805 ドル（多数国間基金）	途上国自身が自立してモントリオール議定書を遵守するため、自国のオゾン層破壊物質消費状況の全体像を把握し、すべてのオゾン層破壊物質を撤廃するための計画である国家遵守戦略(National Compliance Strategy)を作成することを支援。
イラン・モンゴル	アジア太平洋地域におけるモントリオール議定書の遵守促進のための多数国間基金による戦略的計画の実施（第２フェーズ）	2002～2003 年	141,250 ドル（多数国間基金）	上記プロジェクトの継続事業として、イラン及びモンゴルを対象に、関係国際機関と協力し、調整会合の実施等を支援。
スリランカ	国家遵守行動計画（National Compliance Action Plan）	2005～2009 年	751,902 ドル（多数国間基金）	2010 年の CFC 消費量全廃のための包括的支援。CFC の回収・再利用、カーエアコンの改修、貿易管理、技術者訓練等。
モンゴル	最終削減管理計画（Terminal Phase-out Management Plan）	2005～2009 年	269,957 ドル（多数国間基金）	2010 年の CFC 消費量全廃のための包括的支援。CFC の回収・再利用、貿易管理、技術者訓練等。
インドネシア	フロン破壊処理施設整備事業	2006～2009 年	－	セメントキルンを改修したフロン破壊処理施設の設置、破壊実証試験等。
アジア太平洋地域	不要オゾン層破壊物質破壊処理実証事業準備	2008～2009 年	33,900 ドル（多数国間基金）	アジア太平洋地域での不要オゾン層破壊物質破壊処理のロジスティック、破壊処理施設の設置等のための多数国間基金プロジェクトの準備。
モンゴル	XPS 製造工場における HCFC 消費量削減事業準備	2010～2011 年	67,800 ドル（多数国間基金）	モンゴル国内の２つの XPS 製造工場における HCFC 転換のための多数国間基金プロジェクトの準備。
モンゴル	HCFC 削減管理計画（XPS 製造工場における HCFC 消費量削減事業）	2011～2018 年	130,000 146,900 ドル（多数国間基金）	モンゴルにおける HCFC 削減管理計画のうちモンゴル国内の 2 つの XPS 製造工場における HCFC 転換。
中国	HCFC 削減管理計画第１ステージ（冷蔵サービス分野における HCFC 削減）	2011～2017 年	400,000 452,2000 ドル（多数国間基金）	中国における HCFC 削減管理計画のうち冷蔵サービス分野における HCFC 削減
中国	HCFC 削減管理計画第２ステージ（冷蔵サービス分野における HCFC 削減）	2016 年～実施中	400,000 452,2000 ドル（多数国間基金）	中国における HCFC 削減管理計画のうち冷蔵サービス分野における HCFC 削減
モンゴル	HCFC 削減管理計画第２ステージ（冷蔵サービス分野における HCFC 削減）	2020 年～実施中	170,000 192,1000 ドル（多数国間基金）	モンゴルにおける HCFC 削減管理計画のうち冷蔵サービス分野における HCFC 削減

１－４．オゾン層保護対策の効果

（1）モントリオール議定書によるオゾン層保護の効果

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は、オゾン層破壊物質（ODS）の生産・消費に関する具体的な規制措置を進め、EESC（詳細は第 1 部 3-1（b）（p.20）脚注を参照）を減少させる効果を上げてきた。モントリオール議定書は 1987 年の採択以来、累次にわたって改正・調整されてきたが、それぞれの改正・調整が EESC の減少にどのような効果をもたらしたかを予測したものが図 4-12 である。1992 年のコペンハーゲン改正以降、EESC の長期的な減少が期待されている。*

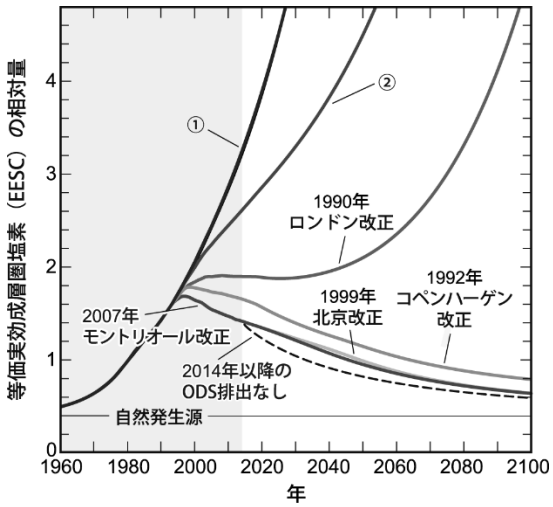


図 4-12　モントリオール議定書の EESC の削減効果

オゾン層破壊物質の量に関する将来予測を EESC で示したもの。モントリオール議定書が採択されていないと仮定した場合（①）、モントリオール議定書採択当時（1987 年）の規制に即した場合（②）及びその後の改正・調整による場合別に EESC の予測量が表されている。

（出典）Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2014 Update
Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2014（WMO, 2015）より作成

---

* 現時点で考えられる ODS の放出はモントリオール議定書の枠組み内で認められている途上国での ODS の生産・使用に伴う放出ならびにバンクと呼ばれる市中に存在する ODS 類（例：冷蔵設備で今なお用いられている CFC、消火設備内に存在するハロン）の放出である。仮に 2014 年時点でこれらの潜在的な ODS の放出を完全になくした場合の今後の EESC の推移は図 4-12 の破線で示す通りである。2007 年のモントリオール改正に従った場合に期待される EESC の推移はこの破線で示した推移とは明らかに異なっており、今後数十年はある程度の ODS 放出が見込まれることを意味する。なお、2014 年以降の ODS 放出を完全になくすことにより、EESC が 1980 年レベルに戻る時期を 13 年早めることが期待できる。（Q&A: WMO, 2015）

モントリオール議定書による取組みにより EESC の増加を食い止め、着実な減少へと導いたことは、深刻なオゾン層破壊の回避に繋がった。図 4-13 は化学気候モデルによって計算された、ODS に対する規制を行わなかった場合に予想される年平均のオゾン全量ならびにその緯度分布の変化を示したものである。ODS に対する規制が実施されたもとでの 2000 年のオゾン全量（図 4-13 中の破線）と ODS に対する規制が取られなかった状況下でのオゾン全量の変化を比較すると、2000 年時点では規制無しのシナリオでのオゾン全量の緯度分布は規制有りのシナリオでの緯度分布に比べて、極域や低緯度域でのオゾン全量が少ないが、全体的には大きな違いは現れていない。これは、図 4-12 からもわかる通り、2000 年の時点では規制の有無による EESC の値の差はさほど顕著でないことと矛盾しない。一方、ODS に対する規制無しのシナリオ下でのオゾン全量の 2020 年以降の変化については、2020 年には南極域のオゾン全量は年平均でもオゾンホールの基準である 220m atm-cm を下回り、2040 年には、北極域並びに低緯度域でも年平均のオゾン全量が 220m atm-cm 程度になることが予測されている。さらに 2052 年の段階では、中緯度域に見られるオゾン全量の大きな緯度勾配の特徴は消失し、また年平均のオゾン全量は全ての緯度帯において、オゾンホールの基準である 220m atm-cm を下回る予測となっており、深刻な影響が見込まれることが分かる。また、北半球中高緯度および南半球中高緯度のオゾン全量分布の経年変化を図 4-14 に示す。南半球では、ほぼ南極を中心に 220 m atm-cm 以下の領域（黒の斜線の部分）が拡大してゆくのに対し、北半球ではグリーンランド、スカンジナビア半島とその少し東側の経度で先に拡大する傾向があることがわかる。

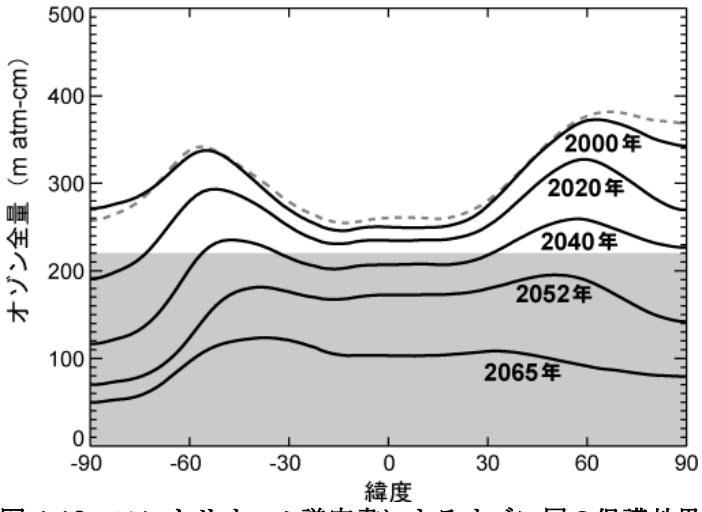


図 4-13　モントリオール議定書によるオゾン層の保護効果

モントリオール議定書によるオゾン層破壊物質の規制がないと仮定した場合のオゾン全量の予測を緯度帯別に平均したもの。破線は、ODS に対する規制を考慮したシナリオのもとで計算されたオゾン全量の緯度分布。網掛けは 220m atm-cm 以下の部分。

（出典）Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010 （WMO, 2011）より作成

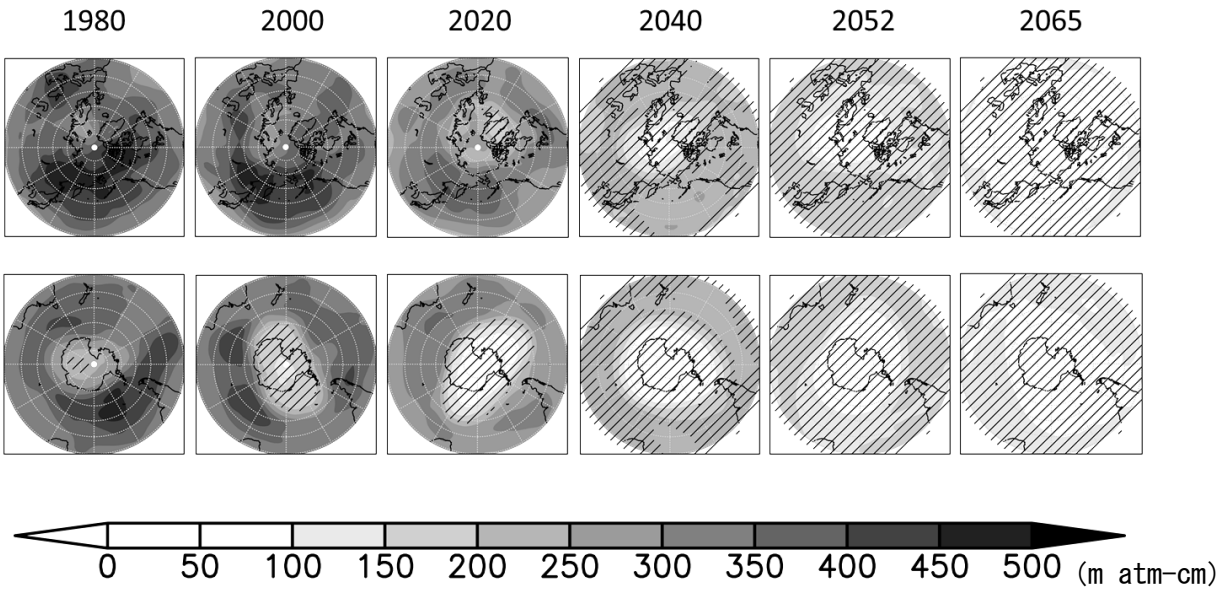


図 4-14　北半球中高緯度（上）および南半球中高緯度（下）のオゾン全量分布の経年変化

モントリオール議定書によるオゾン層破壊物質の規制がないと仮定した場合のオゾン全量の予測値の分布を濃淡で表す。北緯 45 度～90 度の 1 月～4 月および南緯 45 度～90 度の 9 月～11 月の領域と期間で、それぞれオゾン全量が最低値を示した日の分布を示す。濃淡のスケールの数字の単位は　m atm-cm。オゾン全量が 220 m atm-cm 以下を示す領域を黒の斜線で示す。（出典）国立環境研究所秋吉英治氏提供データ

ODS に対する規制が取られなかった状況を仮定して計算されたオゾン全量の減少は、地上付近での太陽紫外線の増加にも大きな影響を与える。図 4-13 のシミュレーションに基づき、北半球中緯度の正午の UV インデックスを予測したものが図 4-15 である。これによれば、オゾン層破壊物質の規制が行われていなかったと仮定すると、2060 年には北半球中緯度帯の夏季の UV インデックスは現在の 2.5 倍に達すると予測されている。

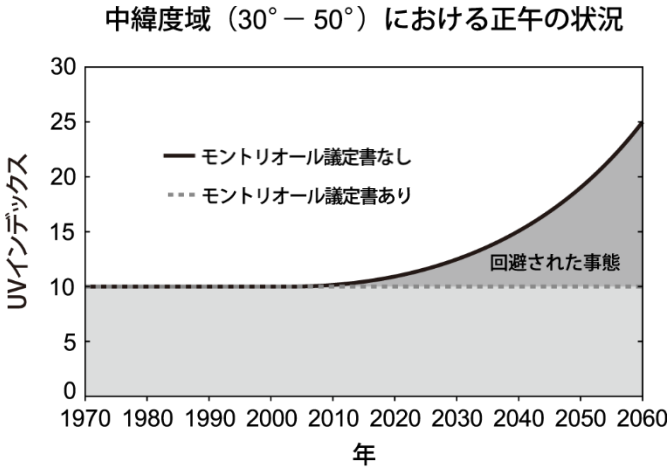


図 4-15　北半球中緯度帯の UV インデックスの予測（仮定）

実線はモントリオール議定書によるオゾン層破壊物質の規制がないと仮定した場合の UV インデックスの予測。北半球中緯度帯（北緯 30～50 度）における夏季（7 月 2 日）の正午を想定している。破線はモントリオール議定書によりオゾン層破壊物質が規制される場合の予測。UV インデックスの強度については、8～10 は「非常に強い」、11 以上は「極端に強い」強度とされている。

（出典）Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010（WMO, 2011）及び Environmental Effects of Ozone Depletion and Its Interactions with Climate Change: 2014Assessment（UNEP-EEAP, 2015）をもとに作成

(2) モントリオール議定書による地球温暖化防止への貢献

オゾン層破壊物質である CFC は、オゾン層の破壊に関係しているだけでなく、二酸化炭素やメタン等と同様に、温室効果ガスという性質を持つ。モントリオール議定書によるオゾン層破壊物質の規制は、オゾン層保護だけではなく地球温暖化の防止にも貢献してきた。図 4-16 は地球温暖化係数で重み付けした放出量を示している。モントリオール議定書が締結された 1987 年時点の温室効果ガスとしての ODS の放出量は、二酸化炭素の量に換算すると約 9.3 億トンに相当し、当時の二酸化炭素放出量（約 21 億トン）のほぼ半分の量に相当していた。一方、図中の網掛け部分は、モントリオール議定書の実施により、温室効果ガスとして新たに放出されることを避けることが出来た ODS の量を示した部分である。2010 年現在、モントリオール議定書によって削減されたオゾン層破壊物質の放出量は、二酸化炭素の量に換算すると、1 年あたり約 100 億トンに相当する。これは、先進国の温室効果ガス排出量削減目標を定めた京都議定書の第一約束期間（2008～2012 年）の削減目標（二酸化炭素換算で 1 年あたり約 20 億トン）の 5～6 倍に相当する。

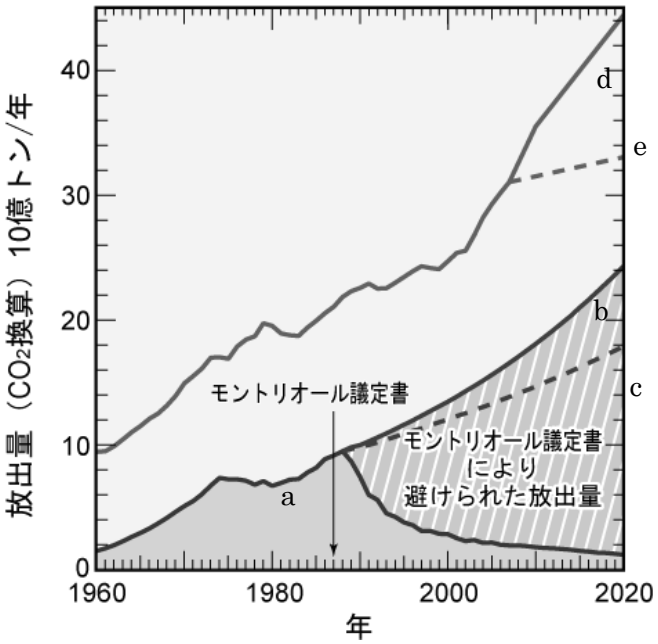


図 4-16　地球温暖化係数で重み付けした放出量（CO_2 換算）

実線 a はオゾン層破壊物質を地球温暖化係数で重み付けして合計した世界の放出量であり、モントリオール議定書の効果により減少に転じていることが分かる。実線 b・破線 c は議定書による規制がなく、1987 年から毎年 3%増加したと仮定した場合（実線 b）と毎年 2%増加したと仮定した場合（破線 c）の放出量である。実線 d は二酸化炭素の放出量であり、2007 年までは世界の化石燃料使用量とセメント生産量から求められたものである。2007 年以降は、IPCC の排出シナリオに関する特別報告書（SRES）による二酸化炭素放出シナリオの最大を表す。破線 e は SRES シナリオのうち、最小の二酸化炭素放出量を表す。

（出典）Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2014 Update
Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2014（WMO, 2015）より作成

（3）ＨＦＣによる地球温暖化への影響

モントリオール議定書による CFC や HCFC 等の生産規制をうけ、オゾン層を全く破壊しない HFC が利用されている。しかし、HFC は強力な温室効果ガスであることが分かっており、パリ協定において削減対象となっている。図 4-17 は HFC の温暖化効果を示したものであり、二酸化炭素に比べて温暖化係数が高いことが分かる。

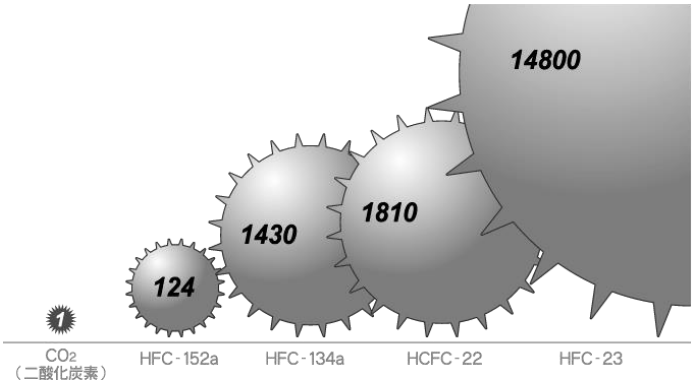


図 4-17　HFC の地球温暖化係数

二酸化炭素を 1 とした場合の HFC の地球温暖化係数を示したもの。
（出典）IPCC 第 4 次評価報告書（2007）より作成

二酸化炭素に換算した HFC の放出量は年あたり 8%の割合で増加しており、今後さらに加速すると予測されている（図 4-18）。HFC の規制が行われないと仮定したシナリオによれば、地球温暖化係数を考慮した放出量は、2050 年までに 1988 年のピーク時の CFC の 50%を超えるようになり、温室効果に対する HFC の寄与が高まることが予測され、気候変化を通じたオゾン層への影響が考えられる。

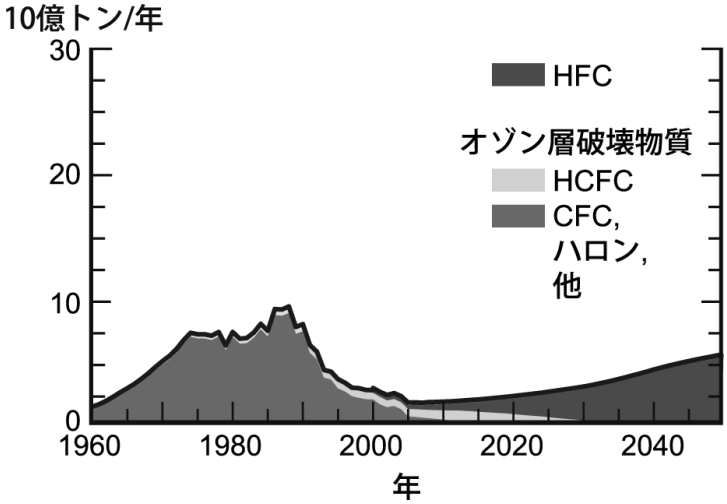


図 4-18　地球温暖化係数で重み付けした HFC の放出量予測

地球温暖化係数で重み付けした HFC、HCFC 及び CFC の放出量を示す。各物質の放出量にそれぞれの地球温暖化係数（直接効果のみ、評価期間 100 年で、二酸化炭素を 1 とする）を乗じて、二酸化炭素相当の放出量を求めた。
（出典）Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2014 Update
Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2014（WMO, 2015）より作成

参考資料１．クロロカーボンの性質および用途

クロロカーボンの性質・用途

		常温での状態	現在の主な用途	オゾン層破壊効果	モントリオール議定書の対象	VSLS（※１）
メタン系	クロロメタン（塩化メチル）	気体	医薬品、農薬、発泡剤の原料	●	－	－
	ジクロロメタン（塩化メチレン、DCM）	液体	溶剤（低沸点用有機） HFC（R32）の原料	●	－	●
	トリクロロメタン（クロロホルム、CFM）	液体	HCFC（R22）の原料	●	－	●
	テトラクロロメタン（四塩化炭素、CTC）	液体	HFO（R1234yf）の原料	●	●	－
エタン系	クロロエタン（塩化エチル）	気体	ポリエチレンの製造触媒の原料、発泡ポリスチレンの発泡剤	－	－	●
	ジクロロエタン（EDC）	液体	塩化ビニルモノマーの原料	●	－	●
	トリクロロエタン	液体	塩化ビニリデンの原料、塩素化ゴムの溶剤	●	●	△※2
	テトラクロロエタン	液体	他の塩素化炭化水素の製造における中間物	●	－	●
エチレン系	クロロエチレン（塩化ビニル）	気体	ポリ塩化ビニル（PVC）の原料	●	－	●
	ジクロロエチレン	液体	塩化ビニリデン樹脂の原料	●	－	●
	トリクロロエチレン（TCE）	液体	HFC（R134a）の原料 溶剤（油脂、樹脂、塗料）	●	－	●
	テトラクロロエチレン（パークロロエチレン、PCE）	液体	HFC（R134a）の原料	●	－	●

※1 VSLS：Very Short-Lived Substancesの略称。大気中での寿命が６か月未満の、極短寿命物質。
※2トリクロロエタンには2つの異性体があり、1,1,1-トリクロロエタンの寿命は５年、1,1,2-トリクロロエタンの寿命は約50日から半年程度。

1

2. 参考文献

環境省．2009．化学物質ファクトシート（2012 年度版）．
http://www.env.go.jp/chemi/communication/factsheet.html

環境省．2020．紫外線環境保健マニュアル．

環境省．2006．平成 17 年度フロン等オゾン層影響微量ガス監視調査．

環境省．2023．令和 5 年度フロン等オゾン層影響微量ガス等監視調査．

気象庁．1993-2011．オゾン層観測報告．

気象庁．2012-2023．オゾン層・紫外線の年のまとめ．

気象庁．2002．大気・海洋環境観測報告（2000 年観測成果）．157p.

国立環境研究所．2011．10．3．2011 年春季北極上空で観測史上最大のオゾンが破壊―北極上空のオゾン破壊が観測史上初めて南極オゾンホールに匹敵する規模に―（プレスリリース）．
http://www.nies.go.jp/whatsnew/2011/20111003/20111003.html

池鯉鮒悟.2012.国内の日射量変化について.Journal of JSES vol38.No.5

永島達也、高橋正明．2002．成層圏オゾン層の将来見通し－化学気候モデルを用いた評価．天気 49 巻 11 号:937-944.

ハロン等抑制対策連絡会．2012．ハロン等抑制対策に関する報告書（平成 23 年度）．

Anstey, J.A., Osprey, S.M., Alexander, J., Baldwin, M.P., Butchart, N., Gray, L., Kawatani, Y., Newman, P.A., and Richter, J.H. (2022). Impacts, processes and projections of the quasi-biennial oscillation. Nat Rev Earth Environ. DOI: 10.1038/s43017-022-00323-7

Bègue, N., D. Vignelles, G. Berthet, T. Portafaix, G. Payen, F. Jégou, H. Benchérif, J. Jumelet, J.P. Vernier, T. Lurton, J.-B. Renard, L. Clarisse, V. Duverger, F. Posny, J.-M. Metzger, and S. Godin-Beekmann, 2017. Long-range transport of stratospheric aerosols in the Southern Hemisphere following the 2015 Calbuco eruption, Atmospheric Chemistry and Physics., 17, 15019–15036, doi:10.5194/acp-17-15019-2017.

Bloom AA, Lee-Taylor J, Madronich S, Messenger DJ, Palmer PI, Reay DS, McLeod AR. 2010. Global methane emission estimates from ultraviolet irradiation of terrestrial plant foliage. The New Phytologist 187:417-425.

CGER. 2007. CGER's supercomputer activity report vol14-2005. 154 p.

Chipperfield MP, Feng W. 2003. Comment on: Stratospheric ozone depletion at northern mid-latitudes in the 21st century: The importance of future concentrations of greenhouse gases nitrous oxide and methane. Geophysical Research Letters 30 (7), 1389:3p. doi:10.1029/2002GL016353.

Corr CA, Krotkov N, Madronich S, Slusser JR, Holben B, Gao W, Flynn J, Lefer B, Kreidenweis SM. 2009. Retrieval of aerosol single scattering albedo at ultraviolet wavelengths at the T1 site during MILAGRO. Atmospheric Chemistry and Physics 9:5813-5827.

De Laat, A. T. J., van der A, R. J., Allaart, M. A. F., van Weele, M., Benitez, G. C., Casiccia, C., Paes Leme, N. M., Quel, E., Salvador, J., & Wolfram, E. (2010). Extreme sunbathing: Three weeks of small total O_3 columns and high UV radiation over the

southern tip of South America during the 2009 Antarctic O_3 hole season. *Geophysical Research Letters*, 37, L14805. doi:10.1029/2010GL043699

Engel A, Möbius M, Bönisch H, Schmidt U, Heinz R, Levin I, Atlas E, Aoki S, Nakazawa T, Sugawara S, Moore F, Hurst D, Elkins J, Schauffler S, Andrews A, Boering K. 2009. Age of stratospheric air unchanged within uncertainties over the past 30 years. Nature Geoscience 2:28-31.

Estupinan G, Raman S, Crescenti GH, Streicher JJ, Barnard WF. 1996. Effects of clouds and haze on UV-B radiation. Journal of Geophysical Research 101:16807-16816.

Ferretti DF, Miller JB, White JWC, Lassey KR, Lowe DC, Etheridge DM. 2007. Stable isotopes provide revised global limits of aerobic methane emissions from plants. Atmospheric Chemistry and Physics 7:237-241.

Hadjinicolaou P, Pyle JA, Harris NRP. 2005. The recent turnaround in stratospheric ozone over northern middle latitudes: A dynamical modeling perspective. Geophysical Research Letters 32:12821. doi:10.1029/2005GL022476.

Hayashi LC, Hayashi S, Yamaoka K, Tamiya N, Chikuda M, Yano E. 2003. Ultraviolet B exposure and type of lens opacity in ophthalmic patients in Japan. Science of the Total Environment 302:53-62.

Hofzumahaus A, Rohrer F, Lu KD, Bohn B, Brauers T, Chang CC, Fuchs H, Holland F, Kita K, Kondo Y, Li X, Lou SR, Shao M, Zeng LM, Wahner A, Zhang YH. 2009. Amplified trace gas removal in the troposphere. Science 324:1702-1704.

Hongjie H, 2016, Typical Photovoltaic Backsheet Failure Mode Analysis and Comparison Study with Accelerated Aging Tests. DuPont report, DuPont China R&D Center, Shanghai, China Report

Hurwitz MM, Newman PA, Garfinkel CI. 2011. The Arctic vortex in March 2011: a dynamical perspective, Atmospheric Chemistry and Physics 11:22113–22127.

Keppler F, Hamilton JTG, Brass M, Rockmann T. 2006. Methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions. Nature 439:187-191.

Kudo R, Uchiyama A, Ijima O, Ohkawara N, and Ohta S. 2012. Aerosol impact on the brightening in Japan. Journal of Geophysical Research, vol.117,do7208, doi:10.1029/2011jd017158

Lelieveld J, Butler TM, Crowley JN, Dillon TJ, Fischer H, Ganzeveld L, Harder H, Lawrence MG, Martinez M, Taraborrelli D, Williams J. 2008. Atmospheric oxidation capacity sustained by a tropical forest. Nature 452:737-740.

Manney GL, Santee ML, Rex M, Livesey NJ, Pitts MC, Veefkind P, Nash ER, Wohltmann I, Lehmann R, Froidevaux L, Poole L R, Schoeberl MR, Haffner DP, Davies J, Dorokhov V, Gernandt H, Johnson B, Kivi R, Kyrö E, Larsen N, Levelt PF, Makshtas A, McElroy CT, Nakajima H, Parrondo MC, Tarasick DW, von der Gathen P, Walker KA, Zinoviev NS. 2011. Unprecedented Arctic ozone loss in 2011 echoed the Antarctic ozone hole. Nature 478:469-475.

Matsunaga SN, Guenther AB, Potosnak MJ, Apel EC. 2008. Emission of sunscreen salicylic esters from desert vegetation and their contribution to aerosol formation. Atmospheric Chemistry and Physics 8:7367-7371.

Messenger DJ, McLeod AR, Fry SC. 2009. The role of ultraviolet radiation, photosensitizers, reactive oxygen species and ester groups in mechanisms of methane formation from pectin. Plant, Cell and Environment 32:1-9.

Miyagawa K、Sasaki T、Nakane H、Petropavlovskikh I、Evans RD. 2009. Reevaluation of long-term Umkehr data and ozone profiles at Japanese stations. Journal of

Geophysical Research 114.D07108. doi:10.1029/2008JD010658.

Muto J, Kuroda K et al. 2007. Accumulation of elafin in actinic elastosis of sun-damaged skin: Elafin binds to elastin and prevents elastolytic degradation. Journal Invest Dermatol 127:1358-1366,

Neale PJ, Kieber DJ. 2000. Assessing biological and chemical effects of UV in the marine environment: Spectral weighting function. In Hester, R.E. & Harrison, R.M (Eds.), Causes and Environmental Implications of Increased UV-B radiation (61-83). Cambridge: Royal society of Chemistry. 61-84.

Newman, P. A., J. S. Daniel, D. W. Waugh and E. R. Nash 2007. A new formulation of equivalent effective stratospheric chlorine (EESC), Atmospheric Chemistry and Physics., 7, 4537-4552, doi: 10.5194/acp-7 -4537-2007.

NOAA. 2005. Northern hemisphere winter summary 2004-2005. http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/stratosphere/winter_bulletins/nh_04-05/index.html

Pageon H, Zucchi H, et al. 2015. Biological effects induced by specific advanced glycation end products in the reconstructed skin model of aging. BioRes Open Access 4:54-64,

Plumb, R. A., and R. C. Bell 1982. A model of the quasi-biennial oscillation on an equatorial beta-plane, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society., 108, 335-352.

Polvani LM, Waugh DW, Correa GJP, Son SW. 2011. Stratospheric Ozone Depletion: The Main Driver of Twentieth-Century Atmospheric Circulation Changes in the Southern Hemisphere. Journal of Climate 24:795-812.

Raivonen M, Bonn B, Sanz MJ, Vesala T, Kulmala M, Hari P. 2006. UV-induced NOy emissions from Scots pine: Could they originate from photolysis of deposited HNO3? Atmospheric Environment 40:6201-6213.

Raivonen M, Vesala T, Pirjola L, Altimir N, Kerone P, Kulmara M, Hari P. 2009. Compensation point of NOx exchange: Net result of NOx consumption and production. Agricultural and Forest Meteorology 149:1073-1081.

Ravishankara AR, Daniel JS, Portmann RW. 2009. Nitrous Oxide (N_2O): the dominant ozone-depleting substance emitted in the 21st Century. Science 326:123-125.

Reinsel GC, Weatherhead EC, Tiao GC, Miller AJ, Nagatani RM, Wuebbles DJ and Flynn LE. 2002. On detection of turnaround and recovery in trend for ozone. Journal of Geophysical Research D107, doi:10.1029/2001JD000500.

Rigby M, Park S, Saito T, Western LM, Redington AL, Fang X, Henne S, Manning AJ, Prinn RG, Dutton GS, Fraser PJ, Ganesan AL, Hall BD, Harth CM, Kim J,Kim KR, Krummel PB, Lee T, Li S, Liang Q, Lunt MF, Montzka SA, Mühle J, O'Doherty S, Park MK., Reimann S, Salameh PK, Simmonds P, Tunnicliffe RL,Weiss RF, Yokouchi Y.and Young D. 2019. Increase in CFC-11 emissions from eastern China based on atmospheric observations. Nature 569:546-550

Saito T, Fang X, Stohl A, Yokouchi Y, Zeng J, Fukuyama Y, Mukai H. 2015:. Extraordinary halocarbon emissions initiated by the 2011 Tohoku earthquake. Geophysical Research Letters, 42: 2500-2507.

Sakazaki T, Fujiwara M, Mitsuda C, Imai K, Manago N, Naito Y, Nakamura T, Akiyoshi H, Kinnison D, Sano T, Suzuki M and Shiotani M. 2013. Diurnal ozone variations in the stratosphere revealed in observations from the Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES) on board the International Space Station (ISS). Journal of Geophysical Research, 118:2991-3006, doi:10.1002/jgrd.50220.

Sakazaki T, Shiotani M, Suzuki M, Kinnison D, Zawodny JM, McHugh M, and Walker KA. 2015. Sunset-sunrise difference in solar occultation ozone measurements (SAGE II, HALOE, and ACE-FTS) and its relationship to tidal vertical winds. Atmospheric Chemistry and Physics, 15:829-843.

Sasaki M, Takeshita S, Oyanagi T, Miyake Y, Sakata T. 2002. Increasing trend of biologically active solar ultraviolet-B irradiance in mid-latitude Japan in the 1990s. Optical Engineering 41 (12):3062-3069.

Solomon, S., Ivy, D. J., Kinnison, D., Mills, M. J., Neely III, R. R. and Schmidt, A., 2016: Emergence of healing in the Antarctic ozone layer. Science, 10.1126/science.aae0061.

Solomon, S., R. R. Garcia, and F. Stordal 1985. Transport processes and ozone perturbations, Journal of Geophysical Research., 90, 12981-12989.

Solomon, S., D. Kinnison, R. Garcia, J. Bandoro, M. Mills, C. Wilka, R. Neely III, A. Schmidt, J.E. Barnes, J.-P. Vernier, and M. Höpfner, 2016a. Monsoon circulations and tropical heterogeneous chlorine chemistry in the stratosphere, Geophysical Research Letters., 43, 12,624–12,633, doi:10.1002/2016GL071778.

Son SW. et al. 2010. Impact of stratospheric ozone on Southern Hemisphere circulation change: A multimodel assessment. Journal of Geophysical Research. 115.D00M07. doi:10.1029/2010JD014271.

Son SW, Polvani LM, Waugh DW, Birner T, Akiyoshi H, Garcia RR, Kinniso D, Pawson S, Rozanov E, Shepherd TG, Shibata K. 2008. The impact of stratospheric ozone recovery on the Southern Hemisphere westerly jet. Science 320:1486-1489.

SPARC/IO3C/GAW, 2019: SPARC/IO3C/GAW Report on Long-term Ozone Trends and Uncertainties in the Stratosphere. I. Petropavlovskikh, S. Godin-Beekmann, D. Hubert, R. Damadeo, B. Hassler, V. Sofieva (Eds.), SPARC Report No. 9, GAW Report No. 241, WCRP-17/2018, doi: 10.17874/f899e57a20b,

Tanimoto H. 2009. Increase in springtime tropospheric ozone at a mountainous site in Japan for the period 1998-2006. Atmospheric Environment 43:1358-1363.

Tatarov B, Nakane H, Park ChB, Sugimoto N, Matsui I. 2009. Lidar observation of long-term trends and variations of stratospheric ozone and temperature over Tsukuba, Japan. International Journal of Remote Sensing 30, 15:3951-3960.

Thompson DWJ, Solomon S. 2002. Interpretation of recent Southern Hemisphere climate change, Science 296:895-899.

UNEP. 1989. Environmental effects panel report.

UNEP. 1995. Environmental effects of ozone depletion: 1994 assessment.

UNEP. 1999. Environmental effects of ozone depletion: 1998 assessment.

UNEP. 2003. Environmental effects of ozone depletion and its interactions with climate change: 2002 assessment.

UNEP. 2005. Production and consumption of ozone depleting substances under the Montreal Protocol 1986-2004.

UNEP. 2007. Environmental effects of ozone depletion and its interactions with climate change: 2006 assessment.

UNEP. 2011. Environmental effects of ozone depletion and its interactions with climate change: 2010 assessment.

UNEP. 2012. Handbook for the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer 9th edition.

UNEP. 2014. Environmental effects of ozone depletion and its interactions with climate change: 2014 assessment.

UNEP. 2018. Environmental effects and Interactions of Stratospheric Ozone Depletion, UV Radiation, and Climate Change: 2018 assessment Report.

UNEP. 2022. Environmental effects and Interactions of Stratospheric Ozone Depletion, UV Radiation, and Climate Change: 2022 assessment Report.

U.S. Committee on Extension to the Standard Atmosphere. 1976. US Standard Atmosphere.

Volkamer R, Jimenez JL, San Martini F, Dzepina K, Zhang Q, Salcedo D, Molina LT, Worsnop DR, Molina MJ. 2006. Secondary organic aerosol formation from anthropogenic air pollution: Rapid and higher than expected. Geophysical Research Letters 33: L17811.

Watanabe YW, Yoshinari H, Sakamoto A, Nakano Y, Kasamatsu N, Midorikawa T, Ono T. 2007. Reconstruction of sea surface demethylsulfide in the North Pacific during 1970s to 2000s. Marine Chemistry 103:347-358.

West SK, Longstrth JD, Munoz BE, Pitcher, HM, Duncan DD. 2005. Model of risk of cortical cataract in the US population with exposure to increased ultraviolet radiation due to strtspheric ozone depletion. American Journal of Epidemiology 162 (11):1080-1088.

WHO, WMO, UNEP, NIR. 2002. Global solar UV index - A practical guide. 28p.

WMO.1994. Scientific assessment of ozone depletion: 1994. https://www.esrl.noaa.gov/csd/assessments/ozone/1994/.

WMO. 2007. Scientific assessment of ozone depletion: 2006. http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ozone_2006/ozone_asst_report.html .

WMO. 2011. Scientific assessment of ozone depletion: 2010 http://ozone.unep.org/Assessment_Panels/SAP/Scientific_Assessment_2010/index.shtml

WMO. 2014. Scientific assessment of ozone depletion: 2014 https://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ozone_2014/ozone_asst_report.html

WMO. 2014.Scientific assessment of ozone depletion: 2014 Assessment for decision-makers

WMO. 2015. Scientific assessment of ozone depletion: 2014 Twenty Questions and answers about the ozone layer:2014 update

WMO. 2018. Scientific assessment of ozone depletion: 2018

WMO. 2022. Scientific assessment of ozone depletion: 2022

Yoshinaga E, Kawada A, et al. 2011 Nε-(carboxymethyl)lysine modification of elastin alters its biological properties: Implications for the accumulation of abnormal elastic fibers in actinic elastosis. Journal of Investigative Dermatology 132:315-323,

Zeng G, Morgenstern O, Braesicke P, Pyle JA. 2010. Impact of stratospheric ozone recovery on tropospheric ozone and its budget. Geophysical Research Letters 37: L09805.

Zepp RG, Shank GC, Stabenau E, Patterson KW, Cyterski M, Fisher W, Bartels E,

Anderson SL. 2008. Spatial and temporal variability of solar ultraviolet exposure of coral assemblages in the Florida Keys: Importance of colored dissolved organic matter. Limnology and Oceanography 53:1909-1922.

3. 英略語一覧

英略語	正式名称	訳
AGAGE	Advanced Global Atmospheric Gases Experiment	先進的地球規模大気中気体成分観測
BAPMoN	Background Air Pollution Monitoring Network	大気バックグラウンド汚染監視網
CCM	Chemistry Climate Model	化学気候モデル
CDOM	Colored Dissolved Organic Matter	有色溶存有機物
CFC	Chlorofluorocarbon	クロロフルオロカーボン
CGER	Center for Global Environmental Research	国立環境研究所地球環境研究センター
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage	国際照明委員会
CLAES	Cryogenic Limb Array Etalon Spectrometer	大気測定用走査型冷却剤冷却式地球周縁赤外分光計
CPD	Cyclobutane Pyrimijine Dimer	シクロブタン型 2 量体
CTM	Chemical Transport Model	化学輸送モデル
DLR	Deutschen Zentrum fur Luft- und Raumfahrt	ドイツ航空宇宙センター
DMS	Dimethylsulphide	硫化ジメチル
DU	Dobson Unit	ドブソン単位
ECD	Electron Capture Detector	電子捕獲型検出器
EEAP	Environmental Effects Assessment Panel	環境影響評価パネル
EESC	Equivalent Effective Stratospheric Chlorine	等価実効成層圏塩素
ESRL	Earth System Research Laboratory	地球システム研究所
GAW	Global Atmosphere Watch	全球大気監視
GC	Gas Chromatograph	ガスクロマトグラフ
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
GO_3OS	Global Ozone Observing System	全球オゾン観測システム
GOME	Global Ozone Monitoring Experiment	全球オゾン監視実験
GWP	Global Warming Potential	地球温暖化係数
HABs	Harmful Algal Blooms	ハームフル・アルガル・ブルーム
HALOE	Halogen Occultation Experiment	ハロゲン気体分子測定センサー
HALS	Hindered Amine Light Stabilizer	高分子光安定剤
HBFC	Hydrobromofluorocarbon	ハイドロブロモフルオロカーボン
HCFC	Hydrochlorofluorocarbon	ハイドロクロロフルオロカーボン
HFC	Hydrofluorocarbon	ハイドロフルオロカーボン
IGY	International Geophysical Year	国際地球観測年
ILAS	Improved Limb Atmospheric Spectrometer	改良型大気周縁赤外分光計
IMG	Interferometric Monitor for Greenhouse Gases	温室効果ガス干渉分光計
IOC	International Ozone Commission	国際オゾン委員会
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	気候変動に関する政府間パネル
LIMS	Limb Infrared Monitor of the Stratosphere	地球周縁太陽掩蔽方式成層圏大気観測放射計
MED	Minimum Erythemal Dose	最少紅斑量
MLS	Microwave Limb Sounder	マイクロ波リム放射サウンダー
MS	Mass Spectrometer	質量分析計
NASA	National Aeronautics and Space Administration	アメリカ航空宇宙局
NDACC	Network for the Detection of Atmospheric Composition Change	大気組成変化検出のためのネットワーク
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	アメリカ海洋大気庁
ODP	Ozone-Depleting Potential	オゾン層破壊係数

ODS	Ozone-Depleting Substance	オゾン層破壊物質
OMI	Ozone Monitoring Instrument	オゾン監視装置
PAR	Photosynthetically Active Radiation	光合成有効放射
PFPE	Perfluoropolyether	パーフルオロポリエーテル
PRTR	Pollutant Release and Transfer Register	化学物質排出移動量届出制度
PSC	Polar Stratospheric Cloud	極成層圏雲
QBO	Quasi biennial Oscillation	準 2 年周期振動
SAG	Scientific Advisory Group	科学諮問部会
SAGE	Stratospheric Aerosol and Gas Experiment	太陽掩蔽型成層圏エアロゾル・オゾン鉛直分布観測センサー
SAP	Scientific Assessment Panel	科学評価パネル
SBUV	Solar and Backscatter Ultraviolet	太陽・後方散乱紫外分光計
SMILES	Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder	超伝導サブミリ波リム放射サウンダ
SOA	Secondary Organic Aerosol	二次有機エアロゾル
SRES	Special Report on Emissions Scenarios	排出シナリオに関する特別報告
SVOC	Semivolatile　Organic Compounds	半揮発性有機化合物
TEAP	Technology and Economic Assessment Panel	技術・経済評価パネル
TOMS	Total Ozone Mapping Spectrometer	オゾン全量マッピング分光計
TOVS	Tiros Operational Vertical Sounder	気温、湿度の鉛直分布測定用放射計
UCI	University of California at Irvine	カリフォルニア大学アーバイン校
UNEP	United Nations Environmental Programme	国連環境計画
VOC	Volatile Organic Compounds	揮発性有機化合物
WHO	World Health Organization	世界保健機関
WMO	World Meteorological Organization	世界気象機関
WOUDC	World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre	世界オゾン・紫外線資料センター
XPS	Extruded Poly-Styrene	押出法ポリスチレンフォーム