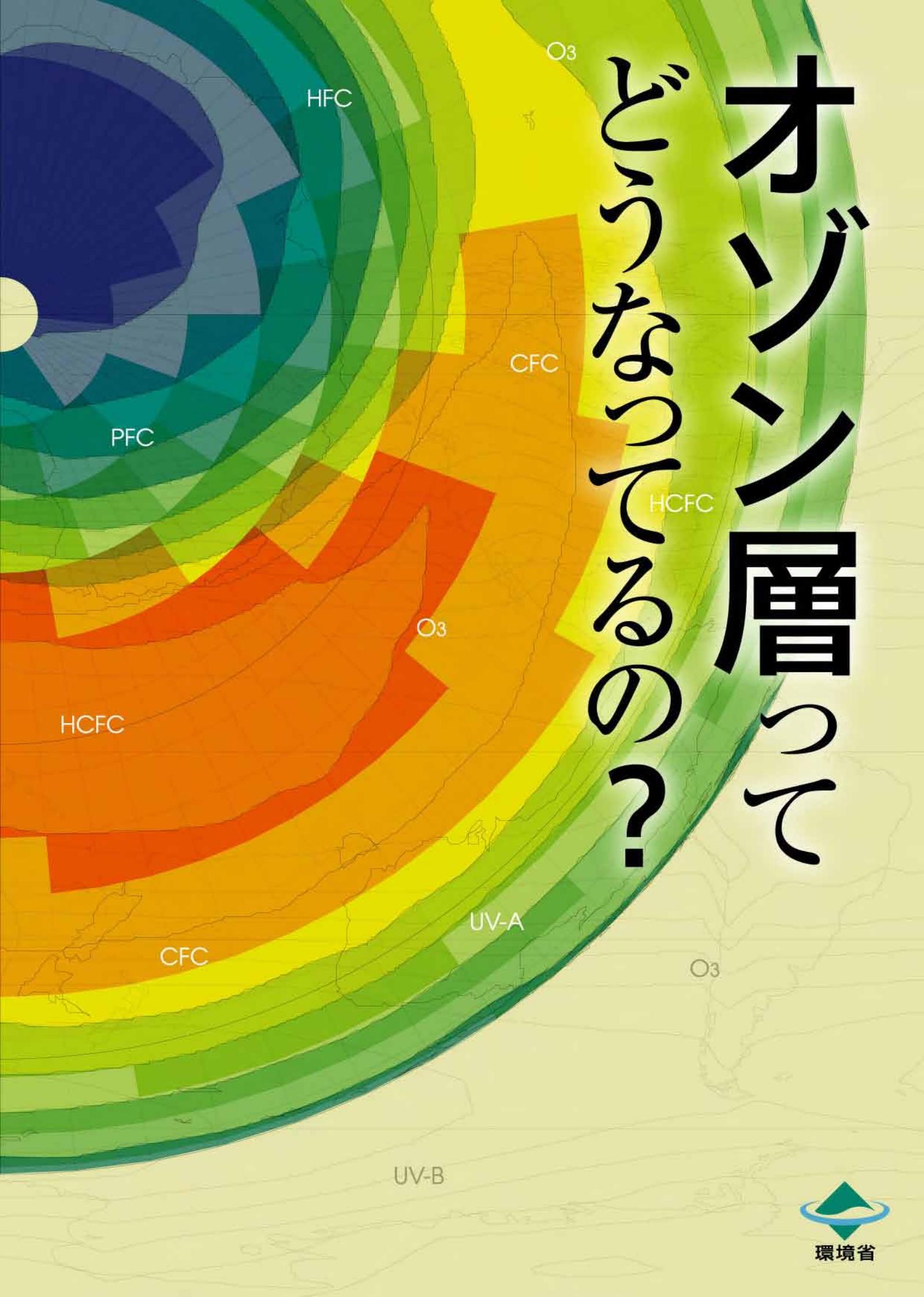
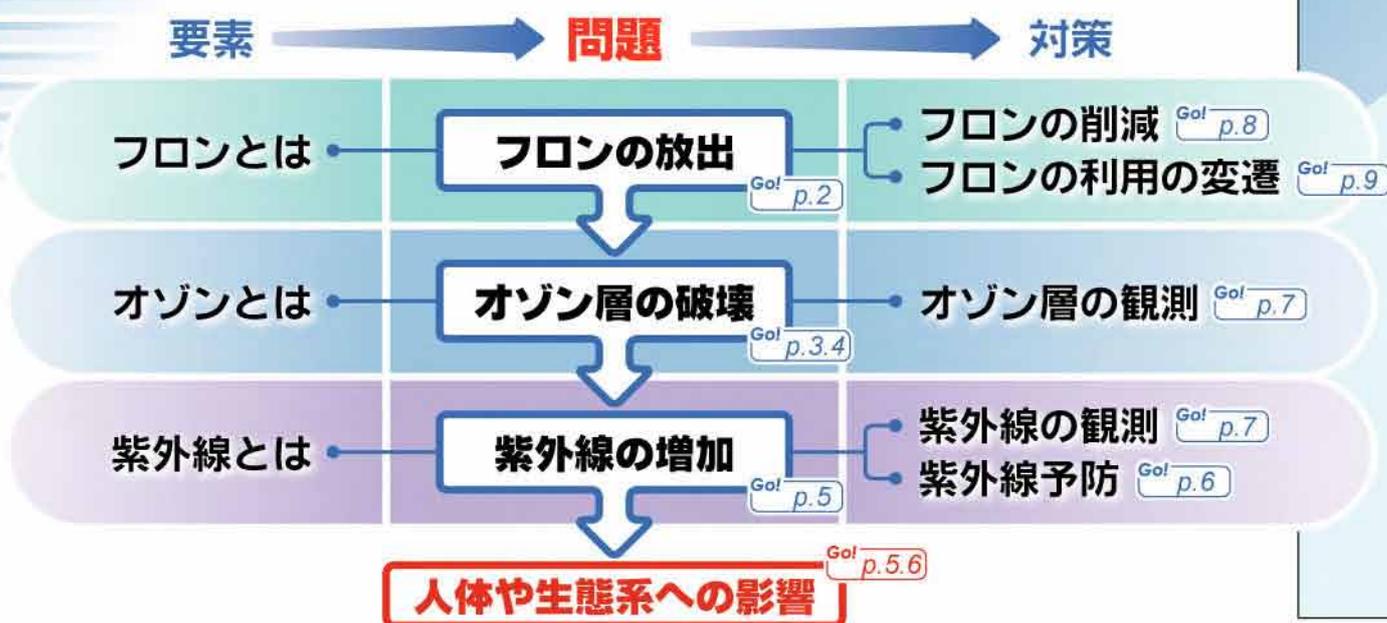


オゾン層

どうなっているの？



オゾン層の問題は まだ解決していません



フロンとは

フロンは、オゾン層を破壊する主な原因とされる人工の物質です。きわめて安定した性質を持ち、放出されたあと数十年から数百年も大気中に蓄積されます。いくつかの種類があり、まとめてフロンと呼ばれています。20世紀のはじめに発明され、安価で扱いやすかったため、冷蔵庫やエアコンの冷媒、スプレーの噴射剤などに使用されてきました。また、フロンは地球温暖化を促進する温室効果ガスでもあります。

オゾンとは

オゾンは、酸素原子(O)3個からなる薄い青色をした気体で、刺激臭があります。非常に不安定な物質のため、生成されてもすぐに分解します。殺菌・消臭・消毒・漂白などの作用があり、高濃度のオゾン进行吸い込むと危険です。地表から10~50km上空の成層圏に多く集まっています、このオゾンの多い層をオゾン層と呼んでいます。

空気清浄機の消臭機能にもオゾンが使われています



紫外線とは

太陽光は波長によって、赤外線、可視光線(目に見える光)、紫外線に分けられます。この3種類の中で波長がもっとも短いのが紫外線(UV)で、UV-A、UV-B、UV-Cの3つがあります。このうち、人体や生態系にとって比較的害の少ないUV-Aはほとんどが地表まで到達します。UV-BとUV-Cは有害ですが、UV-Cはすべてがオゾン層で吸収され地表には届きません。UV-Bもほとんどがオゾン層で吸収されますが、一部は地表まで到達します。

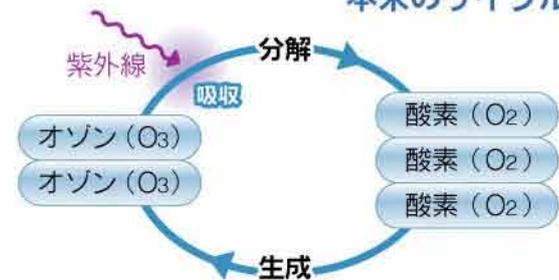


オゾンとフロンと紫外線の関係

オゾン層では、オゾンが一定のバランスを保ちながら常に分解や生成を繰り返しており、分解には紫外線のエネルギーが使われています。つまり、オゾン層は、オゾンの分解や生成を繰り返すことで有害な紫外線を吸収し、地上の生物を守っているのです。紫外線の中でも特に生物に強い害のあるUV-BのほとんどとUV-Cのすべてがオゾン層で吸収されるため、これまで地上にはあまり届いていませんでした。

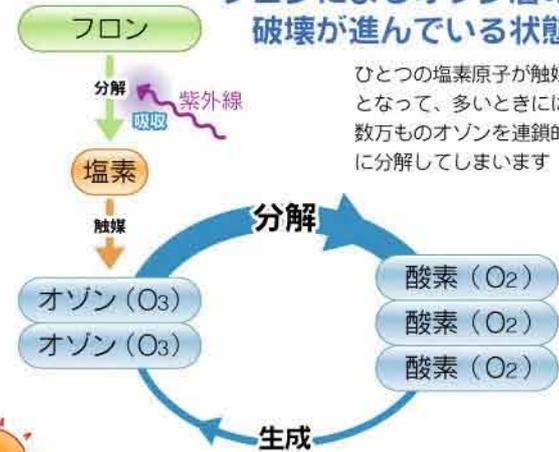
しかし、フロンの影響でこの状況が変わりました。フロンは非常に分解しにくい物質で大気中に長期間とどまり、その一部がオゾンの集まる成層圏に到達します。成層圏に達したフロンは紫外線により分解され、塩素を発生します。この塩素が、触媒として非常にたくさんのオゾンを分解してしまうのです。大気中に多くのフロンが放出されるようになり、オゾンの分解・生成のバランスが崩れ、オゾン層は減少しはじめました。その結果、地表に届く有害な紫外線の量が増えはじめたのです。

本来のサイクル



本来のサイクルでは分解と生成のバランスがとれていました

フロンによるオゾン層の破壊が進んでいる状態



ひとつの塩素原子が触媒となって、多いときには数万ものオゾンを連鎖的に分解してしまいます



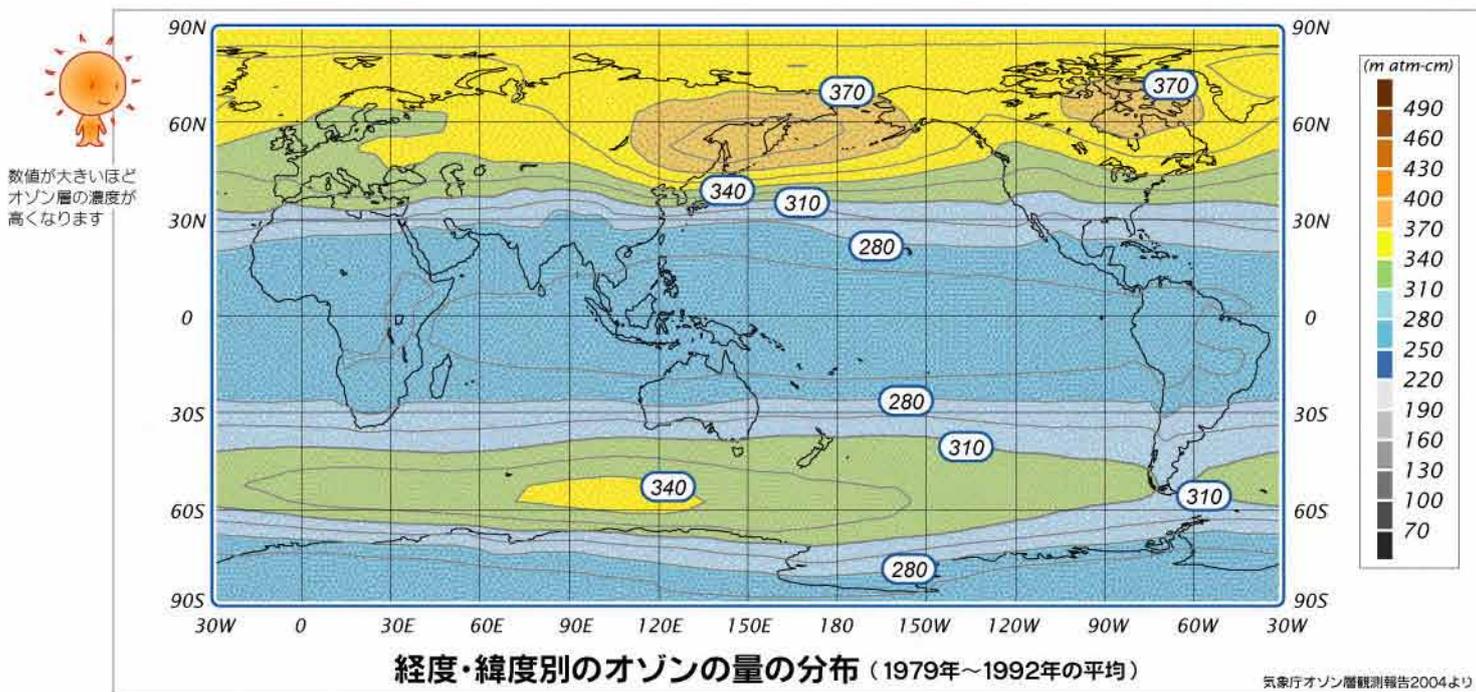
現在はオゾンが分解されるペースが生成されるペースを上回っています

オゾン層の特徴と現状

オゾン層の濃度は地域や季節によって異なります

オゾン層は地表から約10~50km上空に広がっていますが、オゾンの量は、地域によって必ずしも一様ではありません。北半球ではオホーツク海上空、南半球では南極海上空など、緯度の高いところで多く、

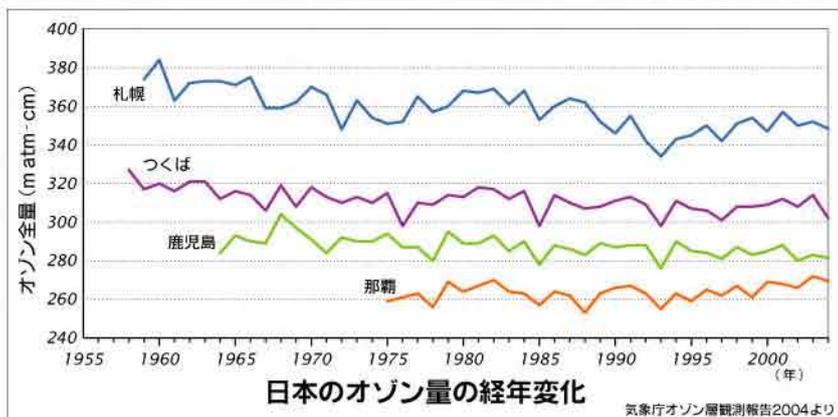
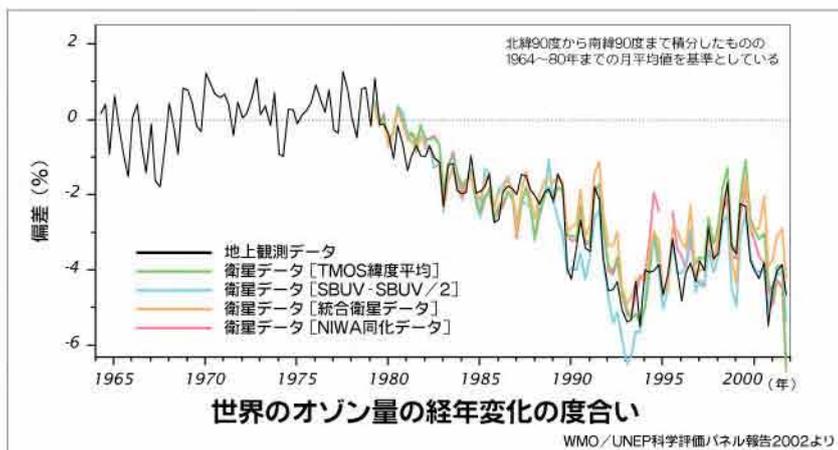
反対に赤道付近は少なくなっています。また、オゾンの量は季節によっても変動し、一般に、春先に最も多くなり、秋に最も少なくなります。



オゾン層の破壊は今も続いています

オゾン層は、観測がはじまった1960年代中頃から1980年頃まで大きな変化はありませんでしたが、1980年頃からだんだん減少しはじめました。また、90年代前半は、1991年6月に噴火したピナトゥボ火山の噴煙が大量に成層圏まで到達した影響をうけ、大きく減少しました。近年は1980年までの平均値と比べて3%程度の減少で推移しています。(右グラフ上)

日本では、札幌、つくば、鹿児島、那覇の4箇所でオゾン量の観測が行われています。長期的な変化を見ると北の方ほどオゾンの減少が大きく、札幌、つくば、鹿児島では減少が確認できます。那覇では大きな変化は見られません。(右グラフ下)

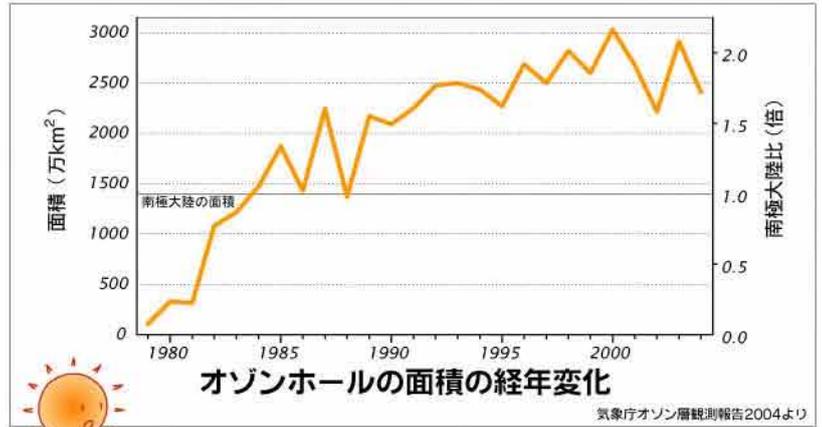
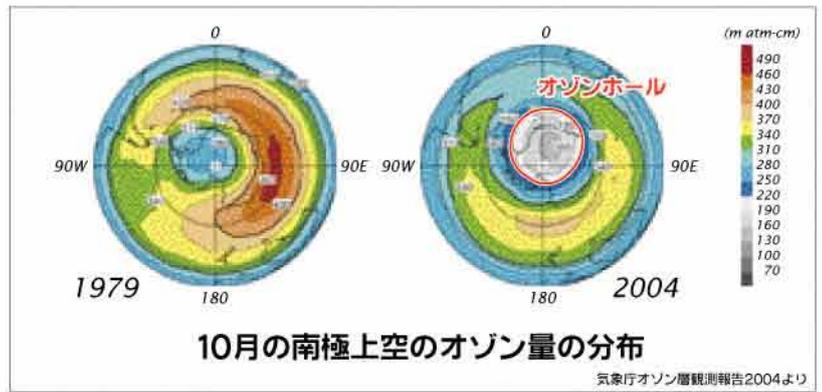


オゾンホールってなんだろう

オゾンホール（オゾンの穴）とは、オゾン層が破壊されてオゾンの濃度が極端に薄くなった領域のことで、南極上空で見られます。人工衛星で撮ったオゾン濃度の解析図では、南極上空のオゾン層に穴があいたように見えるのでこう呼ばれています。オゾンホールは、毎年9～10月頃（南極では春にあたる）に観測されます。

南極上空では、冬になると成層圏が強い西風（ジェット気流の一種）に取り巻かれ、この内側では約マイナス80度と非常に低温になり、塩素や臭素などのオゾン層破壊物質が活性化されます。そして南極に日が当たりはじめる春頃からオゾン層が破壊され、オゾンホールが生まれます。

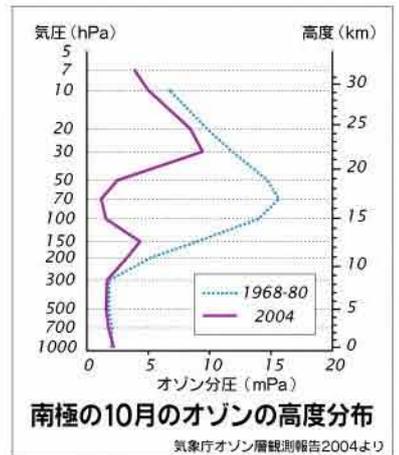
オゾンホールの面積は、右上のグラフに見られるように1980年代前半から1990年頃にかけて急激に大きくなりました。その後も徐々に拡大しています。また、右のグラフは南極で最もオゾンが減少する10月のオゾンの高度分布を示したもので、青線はオゾンの破壊が見つかる前の平均値、紫線は2004年の月平均値です。これを見ると、オゾン量はこの20年ほどのあいだにオゾン量が特に14～20km上空で大きく減少していることがわかります。



オゾン層の破壊が進むにつれ、オゾンホールの面積が大きくなってきました

オゾン層の厚さを表す単位

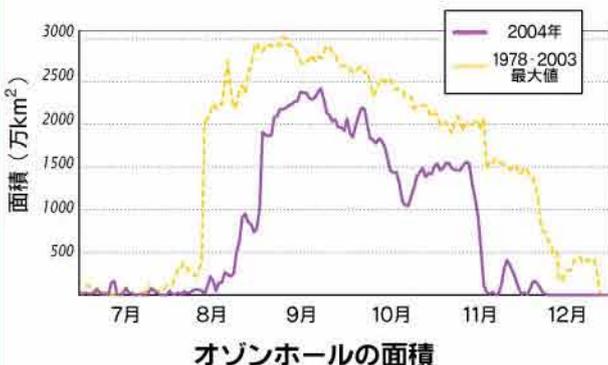
オゾン層の厚さは
ドブソンユニット (DU) または
m atm - cm (ミリアトモスフェアセンチメートル)
 で表します。
 地球上のオゾン層全体の平均的な厚さは約300DUで、0℃、1気圧の地表で3mmの厚さに相当します。220DUよりも薄くなったところをオゾンホールと呼んでいます。



2004年のオゾンホール

2004年のオゾンホールは、8月下旬に拡大し、9月22日に最大面積2,423万km²に達しました。これは、日本の面積の約70個分に相当します。

2004年は比較的小規模でしたが、大規模なオゾンホールは引き続き出現すると考えられます。



オゾンホール発見の衝撃

南極上空のオゾンの減少が最初に発見されたのは、1982年9月のことです。南極昭和基地で日本の観測隊の忠鉢隊員が、上空のオゾン量が極端に減っていることに気づきました。また、同じ年の10月にはイギリス南極調査所のファーマンも同じ状況に気がつき、その後、1970年代後半からの南極上空におけるオゾン量の減少を示す論文を1985年に発表しました。人工衛星でとった画像を解析すると、南極上空のオゾン濃度が低いところだけが穴があいたように見えるので、この現象は「オゾンホール」と呼ばれるようになりました。南極オゾンホールの画像は、世界に大きな衝撃を与えました。



過去最大規模のオゾンホールが観測された2003年は、新聞で大きく報じられました

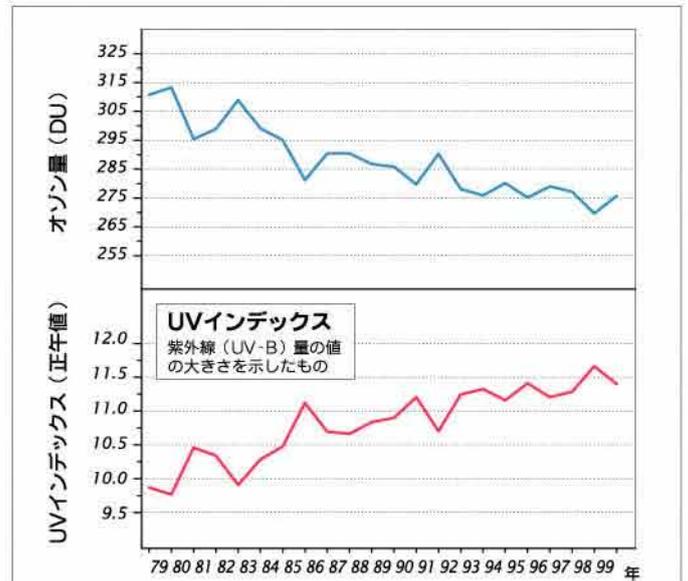


紫外線による影響

オゾン層が破壊されると紫外線量が増加します

地上に到達する紫外線量は、オゾン量の減少によって増加することが知られています。日本では、1990年頃から札幌、つくば、鹿児島、那覇で紫外線量の観測をしていますが、観測開始以降、大きな変化は見られません。しかし、同地域でのオゾン量は長期的には減少しているため、紫外線量は1970年代と比べて最大で8%増加していると考えられています。

紫外線は、特にオゾンホールが拡大している南半球のニュージーランドやオーストラリアなどでより深刻な問題になっています。右のグラフは、ニュージーランドの夏期（12～2月）の平均オゾン量及び紫外線量の経年変化を示しています。2002年のUNEP（国連環境計画）環境影響評価パネル報告では、南北両半球中高緯度の10箇所以上の観測点において、1980年前半より紫外線量が6～14%増加したと報告しています。

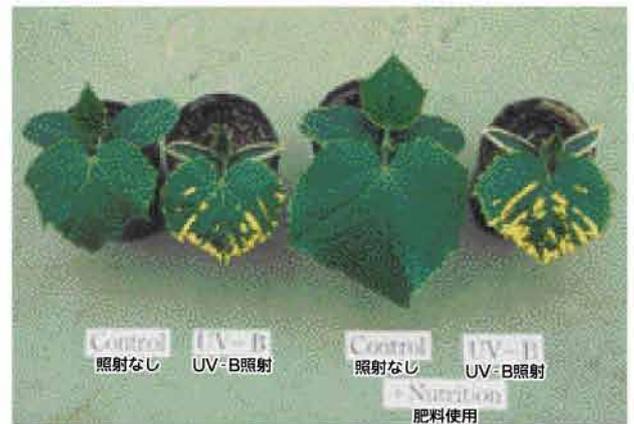


オゾンが少なくなるにつれて紫外線量が増えています

UNEP環境影響評価パネル報告2002より

紫外線による生態系や人体への影響

オゾン層が破壊されると、地上に到達するUV-Bの量が増加します。UV-Bは、動植物の発育を妨げるなど生態系に影響を及ぼすだけでなく、人体に対しても、皮膚がん・白内障といった病気や免疫機能の抑制などの影響があるとされています。



紫外線の影響で変色したきゅうりの葉

写真提供：中島信美氏（国立環境研究所）

紫外線が影響する疾病	
急性	①日焼け（サンバーン、サンタン）
	②雪目
	③免疫機能低下
慢性	①しわ（菱形皮膚）
	②シミ・老人斑
	③良性腫瘍
	④前がん症（日光角化症+悪性黒子）
	⑤皮膚がん
目	①白内障
	②翼状片



皮膚がん

写真提供：市橋正光氏（サンケア研究所）



白内障

写真提供：佐々木一之氏（金沢医科大学）

海外の紫外線対策

古くから紫外線の予防に取り組んできたオーストラリアでは、紫外線対策が広く一般に浸透しています。

1980年代に始まった「サン・スマート(Sun Smart)」プログラムという紫外線対策プログラムでは、『スリップ・スロップ・スラップ(slip slop slap)』という合い言葉で、子供たちに「長そでのシャツを着よう!」「日焼け止めクリームを塗ろう!」「帽子をかぶろう!」と呼びかけています。さらに、学校では、「ノーハット・ノープレイ(No Hat No Play)」(帽子をかぶらない子どもは外で遊んではいけない)と指導しています。肌が出ているところには日焼け止めクリームを塗ることを義務づけ、各クラスにクリームを常備するなど学校での紫外線対策が徹底しています。オーストラリアを見習って、他の国でも紫外線対策が広がっています。

外に出るときは必ず帽子をかぶります



プールなど屋外の施設には大きなテントがかかっています



写真提供: 萩由美子氏(ストップ・フロン全国連絡会)

皮膚がん増加のシナリオ

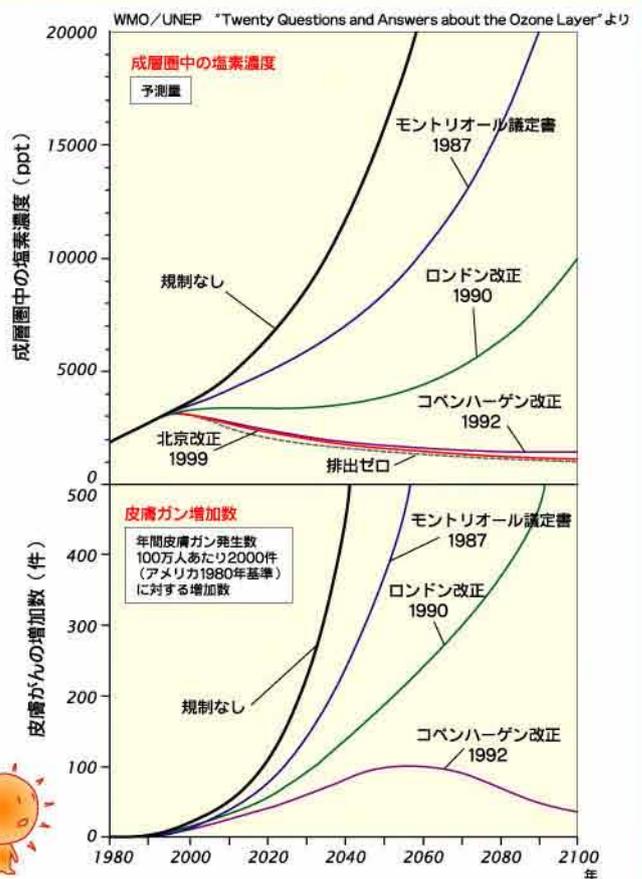
オゾン層の破壊が進むと、今後、どのような影響が現れてくるのでしょうか。

オゾン層の破壊の進みかたは、フロンなどのオゾン層破壊物質の大気中濃度に左右されます。モントリオール議定書*で決められたオゾン層破壊物質の削減と数回にわたる改正での規制強化がそれぞれ守られた場合に、大気中の塩素濃度(フロンガスから分解された塩素がオゾン層を破壊します)と皮膚がんの増加数が、今後どのように変化するかを予測したのが右のグラフです。

グラフをみると、もし何も対策が行われていなかったら、大気中の塩素濃度はどんどん高まり、それにつれて、皮膚がんの増加数も加速度的に増えていくことが分かります。たとえ、もっとも厳しい規制どおりに対策が進み、現在考えられる最良のシナリオで推移したとしても、皮膚がんは今後40~50年は増え続けることになります。



フロン排出の規制がうまくいっても、皮膚がんは増加する可能性が高いのです



モントリオール議定書の効果予測(上)と人口100万人あたりの年間皮膚がん発生数の増加予測(下)

*『モントリオール議定書』についてはP8をご参照ください

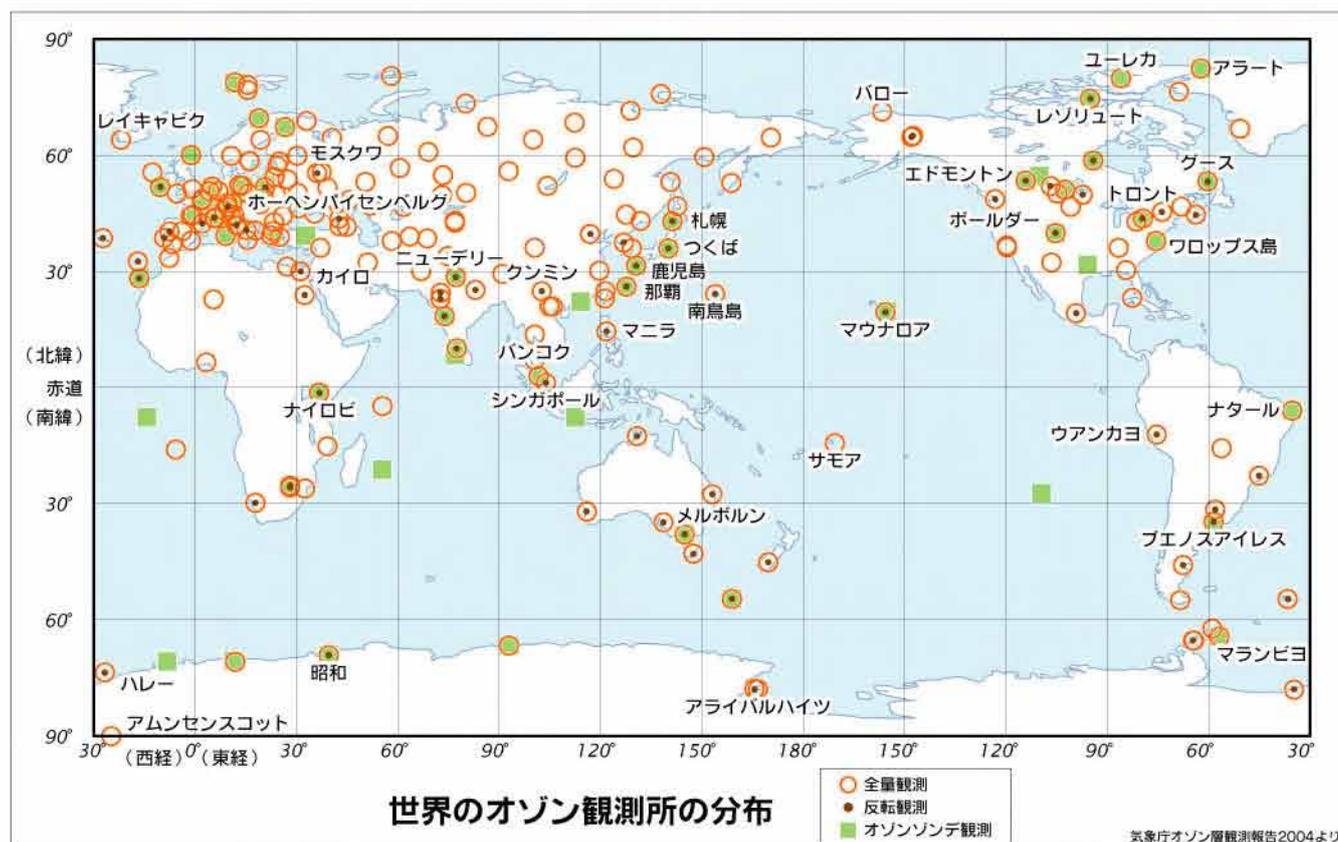
オゾン層を守るために ①

世界的にオゾン層や紫外線の観測が行われています

オゾン層の破壊が注目されるようになってから、オゾン層の観測の重要性があらためて認識され、全世界でオゾン層の観測システムが整備されました。観測方法には何種類もあり、主なものに、地上に到達する紫外線の強度比を測定して観測する方法（全量観測）、オゾンの高度分布を求める方法（反転観測）、ゴム気球に測定器を付けて飛ばす方法（オゾンゾンデ観測）があります。また、人工衛星による観測も各国で実施されています。観測地は現在、下の地図

のようにあわせて229箇所ありますが、北半球の中緯度に多く、北半球低緯度や南半球に少ない状況で、これからさらに整備する必要があります。

一方、紫外線の観測は、各国が違った観測器を使用してそれぞれ個別に実施しており、国際的に組織された観測網はありません。日本では、気象庁の札幌・つくば・那覇の観測所のほか、国立環境研究所の有害紫外線モニタリングネットワークに参加する各地の観測所で観測が実施されています。



オゾンゾンデ観測は、測定器を気球で打ち上げます

オゾンや紫外線を観測する機器

ドブソン分光光度計
(全量観測・反転観測)

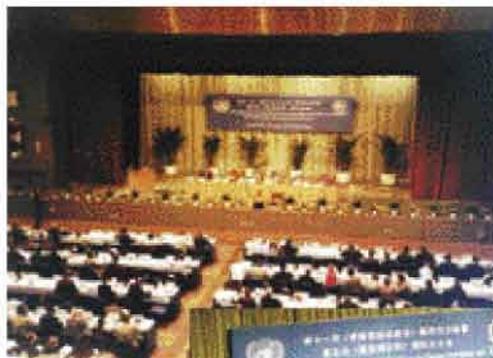
ブリューワ分光光度計
(波長別紫外域日射観測)

オゾンレーザーレーダー
(新しいオゾンの観測方法)

写真提供：高層気象台 写真提供：中根英昭氏(国立環境研究所)

オゾン層を守るための国際的取組み

オゾン層破壊の問題が認知されるようになってから、国際的な取組みとして初めて合意されたのが、1985年の「オゾン層の保護のためのウィーン条約」でした。1987年には、オゾン層破壊物質の具体的な規制内容を含んだ「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。その後、予想を上回るスピードでオゾン層の破壊が進んだことから、モントリオール議定書は何度か見直され、オゾン層破壊物質の削減のスケジュールが早められています。また、現在も毎年締約国会議が開催されています。



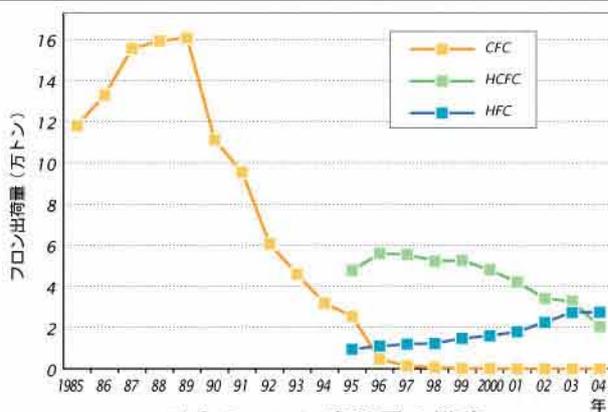
毎年みんなで
知恵を出し合っています

日本でのフロン削減

日本では、ウィーン条約とモントリオール議定書に加入するのにあわせて、1988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、モントリオール議定書で規制の対象となっているオゾン層破壊物質（フロンなど）を対象に製造の規制や排出抑制の努力義務などを取り決めました。2001年には、「特定製品に係るフロン類の回収及び破壊の実施の確保等に関する法律（フロン回収破壊法）」が制定され、オゾン層を守るための取組みが進んでいます。これらの取組みの結果、日本のCFC（クロロフルオロカーボン）の出荷量は1990年以降減少し、1990年代の後半にはほぼゼロになりました。HCFC（ハイドロクロロフルオロカーボン）も近年は減少傾向にあります。その一方で、これらのフロンの代わりに用いられるHFC（ハイドロフルオロカーボン）の出荷量は増加しています。

フロンの回収・破壊の取組みを盛り込んだ法律

家電 リサイクル法	家庭用の冷蔵庫、エアコンのリサイクルが義務づけられ、それらに冷媒や断熱材として使用されているフロンの回収が求められています。
フロン 回収破壊法	業務用の冷凍機器、エアコンなどに使用されている冷媒フロンの放出禁止、回収破壊が義務づけられています。
自動車 リサイクル法	使用済みとなった自動車のリサイクルを行うとともに、カーエアコンに使用されているフロンの回収が必要です。

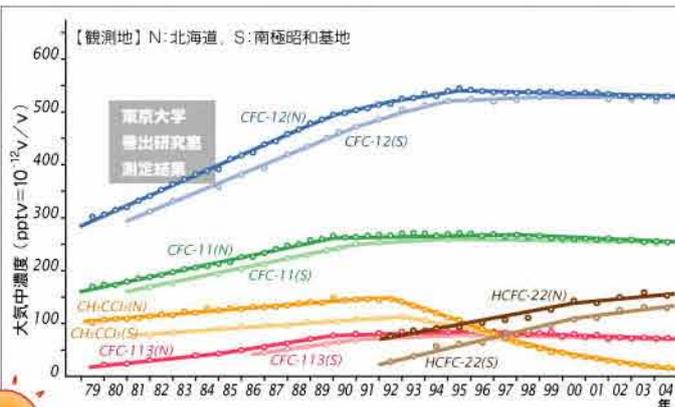


CFCは出荷量が減ってようやく大気中の濃度が上昇しなくなりました



フロン類の濃度

フロンは安定した性質を持ち分解されにくいいため、出荷量を削減してから大気中における濃度が減りはじめるまでには時間がかかります。大気中に多く蓄積されているオゾン層破壊物質に、CFC、HCFCなどがあります。CFCの大気中濃度は、1990年代前半までは増加傾向にありましたが、その後は横ばいか、やや減少しています。しかし、HCFCはいまなお増加しています。トリクロロエタン ($\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{Cl}$) は大気中での寿命が比較的短く、使用の抑制に伴って濃度が減少しています。



フロン類の大気中濃度の変化

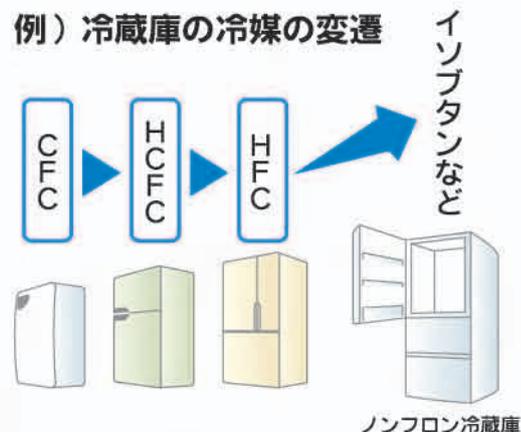
フロンには、物質を構成するフッ素や塩素の数によってCFC-11、CFC-12などの種類があります

オゾン層を守るために ②

使われるフロンは時代とともに変わっています

1928年に発明されたCFCは、冷蔵庫の冷媒（冷却剤）やスプレーの噴射剤などに使用されてきましたが、1980年代に入り、オゾン層破壊物質として規制されるようになりました。その後、CFCに代わりHCFCなどの物質が使われるようになりましたが、CFCほどではないもののオゾン層を破壊してしまうため、やがてこれも規制の対象となりました。次に、代替フロンと呼ばれるHFCが開発され、使用されるようになりましたが、オゾン層を破壊しないものの、地球温暖化の原因物質であるため、使用の抑制が進められています。現在は、イソブタンなどオゾン層にも地球温暖化にも影響のない物質（ノンフロン）の使用が広がり始めています。

例）冷蔵庫の冷媒の変遷



種類	用途	オゾン破壊係数 (ODP)	地球温暖化係数 (GWP)	生産規制のスケジュール		
				先進国	開発途上国	
オゾン層破壊物質	CFC	電気冷蔵庫 カーエアコン 業務用冷凍空調機器 発泡剤 洗剤	0.6-1.0	4,600-14,000	1996年以降全廃	2010年以降全廃
	ハロン	消火剤	3.0-10.0	1,300-6,900	1994年以降全廃	2010年以降全廃
	四塩化炭素	一般溶剤 研究開発用	1.1	1,800	1996年以降全廃	2010年以降全廃
	1,1,1-トリクロロエタン	部品の洗浄剤	0.1	140	1996年以降全廃	2015年以降全廃
	HCFC	ルームエアコン 業務用冷凍空調機器 発泡剤 洗剤	0.001-0.52	120-2,400	(消費量) 2030年以降全廃 2020年以降は、既設の冷凍空調機器の整備用のみ (生産量) 2004年以降は 1989年レベルに凍結	(消費量) 2040年以降全廃 (生産量) 2016年以降は 2015年レベルに凍結
	HBFC	消火剤	0.02-7.5	470	1996年以降全廃	1996年以降全廃
	ブロモクロロメタン	溶剤 農薬 医薬 防虫剤	0.12	-	2002年以降全廃	2002年以降全廃
代替フロン等	臭化メチル	土壌の殺菌 殺虫剤	0.6	-	2005年以降全廃	2015年以降全廃
	HFC	冷媒 発泡剤 エアゾール	0	140-11,700		
	PFC	溶剤 洗剤	0	6,500-9,200	フロン類の中にはオゾン層は破壊しないけれど温暖化を進めてしまうものもあります	
	SF6	電力用絶縁物質 半導体洗浄剤	0	23,900		

【オゾン破壊係数 (ODP)】 CFCの中で最もよく使われていた「CFC-11」の単位重量あたりのオゾン破壊効果を1とした場合の相対値
 【地球温暖化係数 (GWP)】 二酸化炭素 (CO₂) の単位重量あたりの地球温暖化効果を1とした場合の相対値

オゾン層の問題は地球温暖化と密接に関係しています

オゾン層は太陽光線を吸収することによって、上空の成層圏を形成し、現在の気候を維持しています。そのため、オゾン層の破壊は、気候にも影響を与えます。また、地球温暖化の進行がオゾン層の回復に及ぼす影響についても、研究が進められています。

オゾン層破壊物質であるフロンは強力な温室効果ガスでもあるため、フロンを排出しないようにすることは、オゾン層の保護とともに温暖化の防止に役立ちます。また、HFCなどの代替フロンは、オゾン層を破壊することはありませんが、温室効果ガスであり、これらの物質も削減していく必要があります。

オゾン層の破壊も地球温暖化も、どちらも解決していかなければなりません



わたしたちができること

オゾン層のことをもっと知りましょう

オゾン層については、書籍やインターネットのホームページでも多くの情報を得ることができます。下記のサイトを参考に、自分の関心のあることから勉強していきましょう。

ノンフロン製品を選びましょう

日本では、CFCの生産はすでに全廃されていますが、HCFCやHFCなどのフロンガスは、まだ生産・使用されています。これから新たに冷蔵庫などを買うときは、フロンが使われていないノンフロン製品を選ぶようにしましょう。また、フロンを使用したスプレー商品などはできるだけ使わないようにしましょう。

フロンの回収に協力しましょう

私たちが使っている製品の中には、まだフロンが使われているものが多くあります。フロンを使用した製品がそのまま廃棄されると、フロンが大気中にもれ出てしまう可能性があります。冷蔵庫やエアコンを捨てる際には、家電リサイクル券を買って、小売店などに引き取ってもらいましょう。また、新しい車を購入したり、現在使っている車を車検に出す際には、自動車のリサイクル料金を支払いましょう。リサイクル料金には、カーエアコンからフロンを回収し破壊する費用が含まれています。



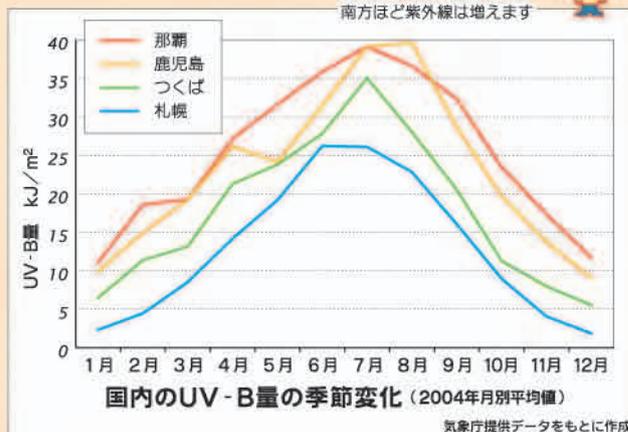
カーエアコンからのフロン回収

紫外線から身を守ろう

春から夏にかけての晴れた日の日中や、水辺やスキー場のような照り返しの強い屋外では、紫外線が特に強いため、帽子をかぶり、長袖のシャツを着用するように心がけましょう。日傘を差したり、木陰に入ることも有効です。また、目を保護するため、サングラスなどをかけましょう。皮膚が出ているところには日焼け止めクリームを塗ると効果的です。

天気予報やインターネットのホームページなどで紫外線情報をチェックして、紫外線の強い日は特に注意しましょう。

紫外線が強いのは夏だけではなく、春にはもうたくさんの紫外線が降り注いでいます。また、南方ほど紫外線は増えます



オゾン層に関する参考サイト

環境省「オゾン層を守ろう (パンフレット)」
<http://www.env.go.jp/earth/ozone/h15pamph/index.htm>

環境省「紫外線保健指導マニュアル」
http://www.env.go.jp/chemi/uv/uv_manual.html

気象庁「オゾン層破壊」
<http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/hp/3-Oozon.html>

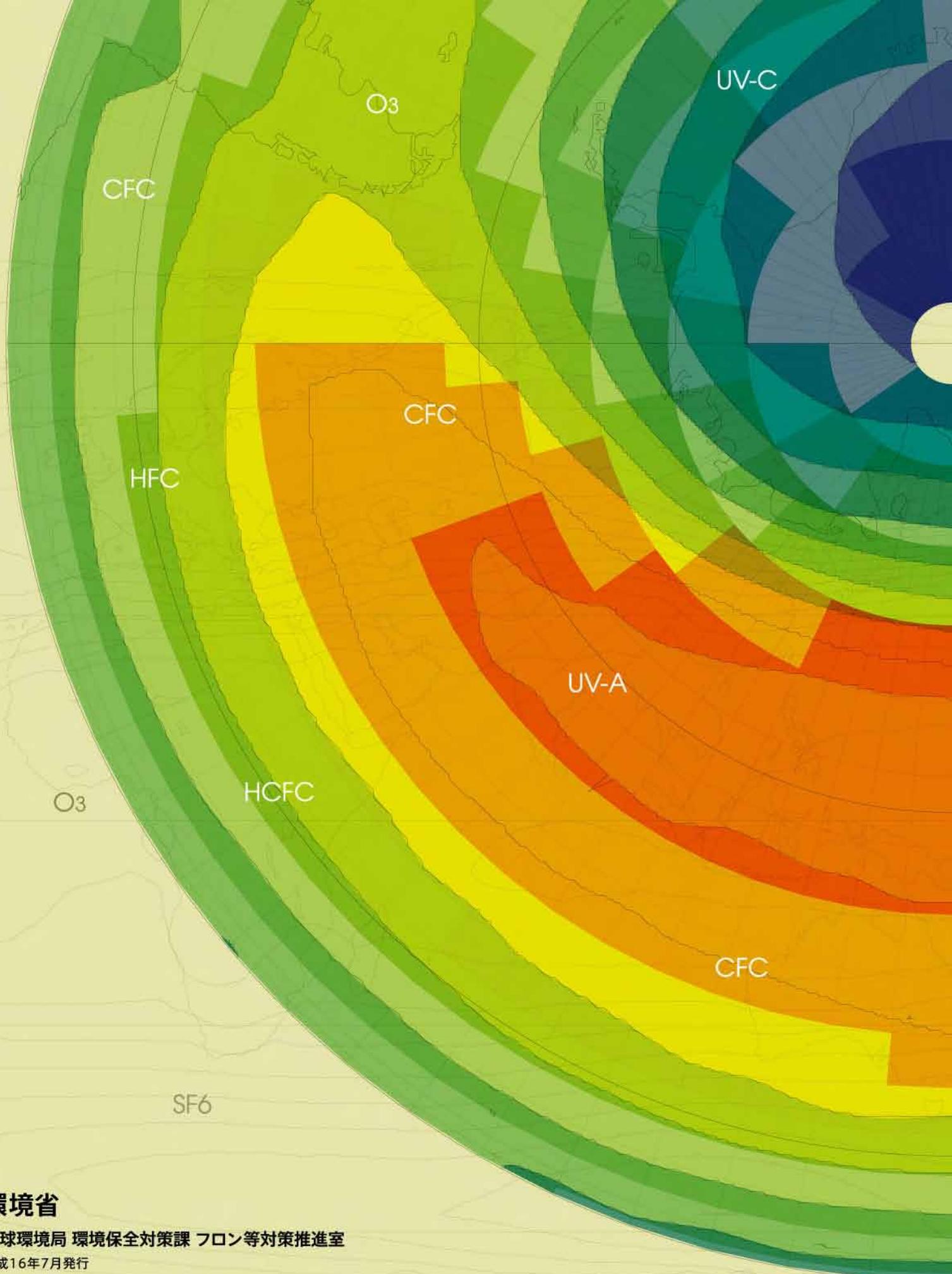
気象庁「紫外線情報」
<http://www.jma.go.jp/jp/uv/>

経済産業省「守ろうオゾン層防ごう地球温暖化」
http://www.meti.go.jp/policy/global_environment/OZONE/Ozon.pdf

有害紫外線モニタリングネットワーク
<http://www-cger2.nies.go.jp/ozone/uv/uv.html>

NPO法人「ストップ・フロン全国連絡会」
<http://www.jason-web.org/>

日本科学技術振興財団「地球を守る」
<http://kankyo.jsf.or.jp/>



環境省

地球環境局 環境保全対策課 フロン等対策推進室

平成16年7月発行

〒100-8975 東京都千代田区霞ヶ関1-2-2

TEL 03-5521-8329

FAX 03-3581-3348

URL <http://www.env.go.jp/>

HCFC