

1-5. 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(a)(P14)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、6回にわたって改正・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4-14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。

*

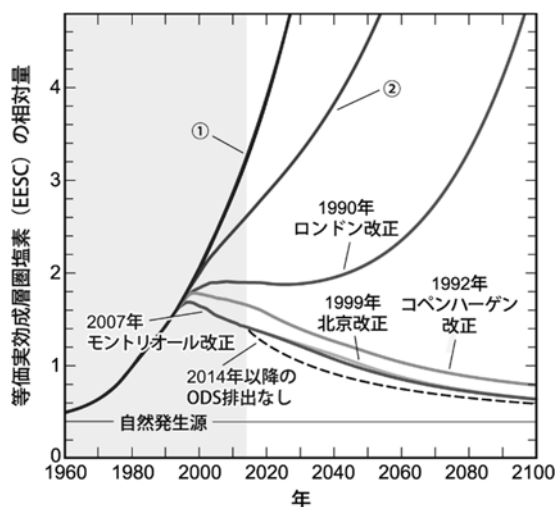


図4-14 モントリオール議定書のEESCの削減効果

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4-14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 4-15 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の 2000 年のオゾン全量(図 4-15 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 4-14 からわかる通り、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 4-16 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。

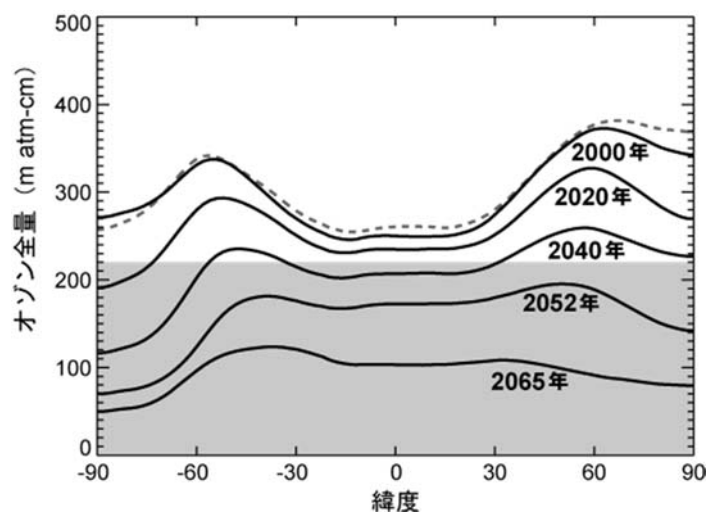


図 4-15 モントリオール議定書によるオゾン層の保護効果

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

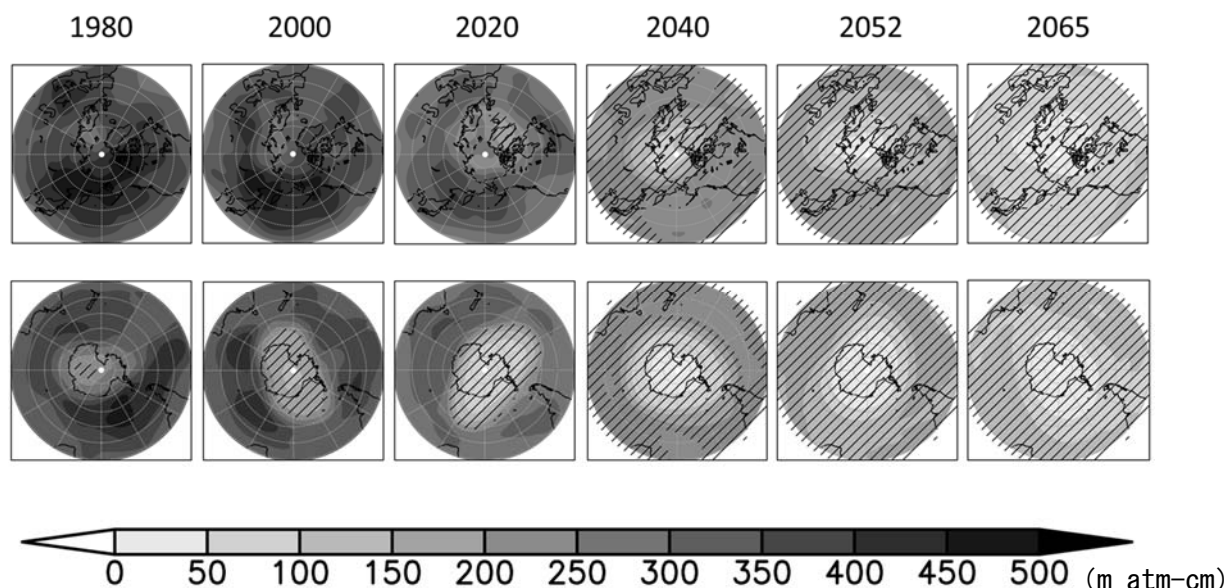


図 4-16 北半球中高緯度（上）および南半球中高緯度（下）のオゾン全量分布の経年変化

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 4-15 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 4-17 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。

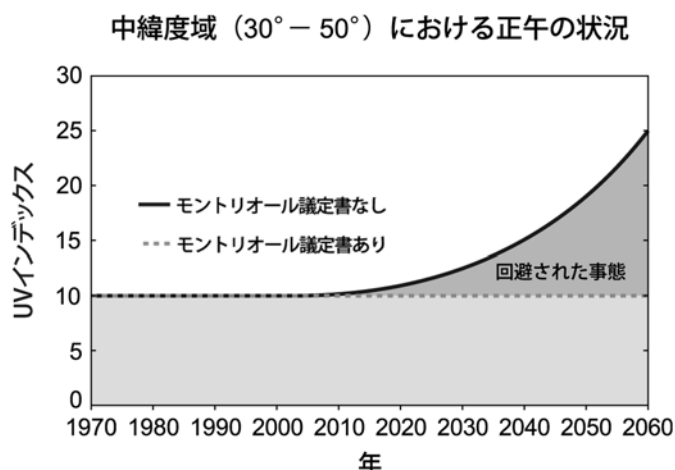


図 4-17 北半球中緯度帯の UV インデックスの予測（仮定）

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: 2010 Assessment (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 4-18 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、二酸化炭素に量に換算すると約 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。

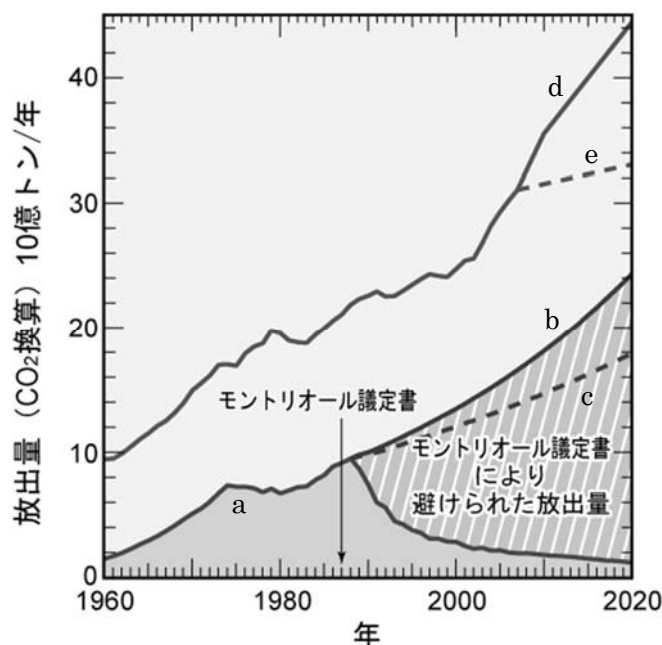


図 4-18 地球温暖化係数で重み付けした放出量（CO₂換算）

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、京都議定書において削減対象となっている。図4-19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。

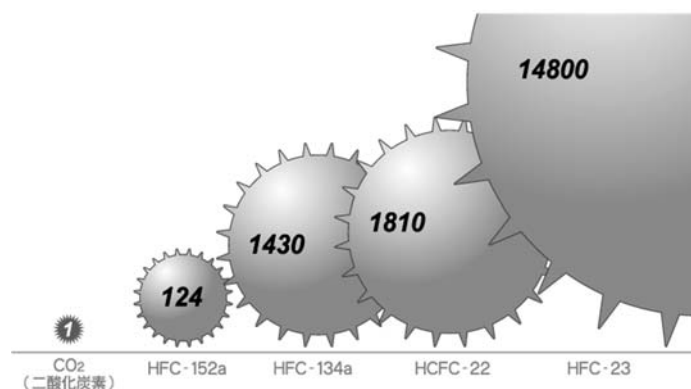


図4-19 HFCの地球温暖化係数

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4-20)。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。

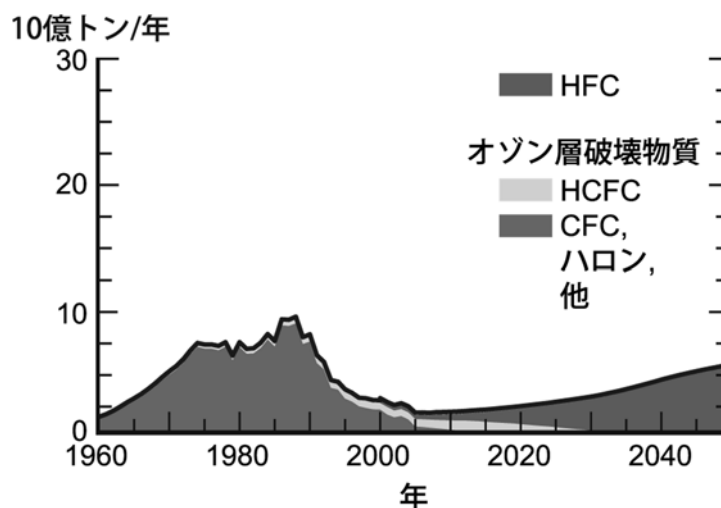


図4-20 地球温暖化係数で重み付けしたHFCの放出量予測

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。HFCの「多」「少」の表示は、それぞれ予測シナリオの中の上限・下限を示す。

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