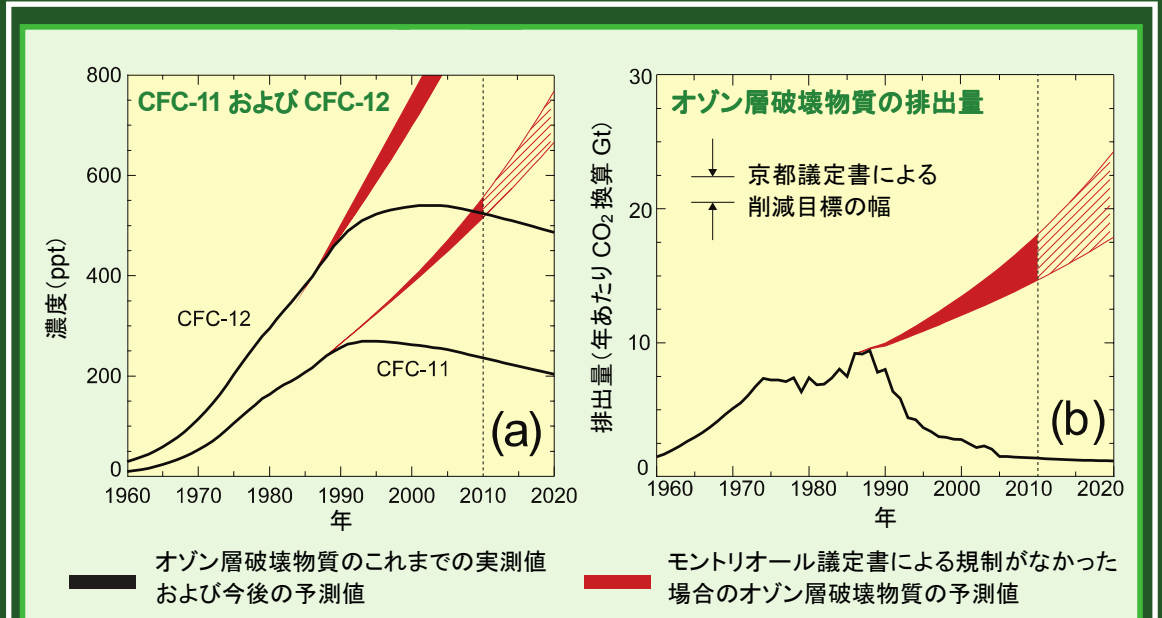


温室効果ガス年報(気象庁訳)

2007年12月までの世界の観測結果を用いた
大気中の温室効果ガスの状況



モンテリオール議定書(1987年採択)によりオゾン層破壊物質の生産および消費が削減されてきた。これに伴い2010年までに、京都議定書の第一約束期間(2008~2012年)の削減目標の5倍に相当する温室効果ガスの排出が削減されることになる。

モンテリオール議定書は、オゾン層を破壊する物質の生産および消費を規制している。図(a)は、議定書の効果により1990年代前半以降CFC-11とCFC-12の大気中の濃度が実際にどのように減少したかを表している(黒線)。また、モンテリオール議定書がなかった場合に見込まれる濃度増加を対照して示している(赤線)。2010年の濃度は、議定書がなかった場合に比べて半分以下と見込まれている。図(b)は、すべてのオゾン層破壊物質の排出合計量をCO₂の持つ温室効果に換算して示している。1980年代後半以降のオゾン層破壊物質の排出量は、議定書がなかった場合(赤線)に比べて大幅に減少した(黒線)。2010年までにモンテリオール議定書によりオゾン層破壊物質の排出量はCO₂換算で年あたり約110億トンに相当する割合で減少する見込みである。これは、京都議定書の第一約束期間(2008~2012年)の削減目標(CO₂換算で年あたり20億トン)の5~6倍に相当する。出典はVelders et al. (Proc. Natl. Acad. Sci., 104, 4814-4819, 2007)、図はE. Dlugokencky, D. Dailey-Fisher および D. Fahey (NOAA ESRL) が作成。

要旨

全球気候観測システム(GCOS)の一部であるWMO-GAW温室効果ガス世界監視ネットワークのデータを用いた最新の解析によると、2007年の二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄)、一酸化二窒素(N₂O)の世界平均濃度はいずれもこれまでの最高濃度を更新して、二酸化炭素で383.1 ppm、メタンで1789 ppb、一酸化二窒素で320.9 ppbに達した。これらの濃度は、工業化以前(1750年以前)の値より、それぞれ37%、156%、19%高い。二酸化炭素と一酸化二窒素の2007年の大気中の濃度増加量は、最近の傾向に沿った結果となっている。メタンの濃度の増加は1998年以降で最も大きかった。米国海洋大気庁(NOAA)温室効果ガス年指標(AGGI)によると、すべての長寿命の温室効果ガスによる放射強制力の合計は1990年から2007年までに24.2%増加した。主要なオゾン層破壊物質であるCFC-11とCFC-12を合わせた放射強制力は、一酸化二窒素の放射強制力より大きい。オゾン層破壊物質に関するモンテリオール議定書による排出削減の結果、ごく緩やかに減少している。



WMO
世界気象機関

第4号
2008年11月14日



概要

この報告は、WMO-GAW 温室効果ガス年報の第 4 号である。本年報では、長寿命の温室効果ガスの中で最も影響の大きい、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素および温室効果ガスでもある 2 種類の主要なオゾン層破壊物質の最近の大気中濃度とその変化傾向に関し世界的に見解が一致していることについて報告するとともに、これらより影響の少ない他の温室効果ガスの概要も報告する。これら 5 種類のガスだけで、工業化時代の始まり(およそ 1750 年)以降の長寿命の温室効果ガスの濃度変化による放射強制力増加の約 97%を占める。

世界気象機関(WMO)全球大気監視(GAW)計画は、温室効果ガスおよびその他の大気中の微量ガスの測定を含む、世界の大気環境の組織的な観測および解析を調整している。温室効果ガスを監視している地点を図 1 に示す。観測データは、参加国から報告され、気象庁にある温室効果ガス世界資料センター(WDCGG)が保管・配布している。

現在の世界の大气中の温室効果ガス濃度に関する解析結果を表 1 に示す。これは、WMO 世界標準に準拠した観測によるデータセットを使用した全球解析手法(<http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/products/bulletin.html>)によるものである。表 1 の値は、解析に使用した観測所が異なることから、IPCC 第 4 次評価報告書における値とわずかに異なっている。表 1 に示す 3 種の主要温室効果ガスの濃度はいずれも、工業化以降に大気中で増加している。水蒸気は、気候・気象システムの自然の構

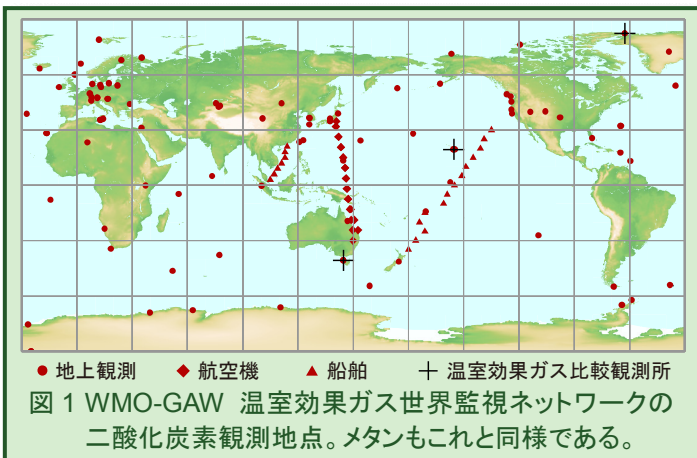


図 1 WMO-GAW 温室効果ガス世界監視ネットワークの二酸化炭素観測地点。メタンもこれと同様である。

表 1 2007 年の主要な温室効果ガスの世界平均濃度と長期変化傾向(WMO-GAW 温室効果ガス世界監視ネットワークによる)

	二酸化炭素 (ppm)	メタン (ppb)	一酸化二窒素 (ppb)
世界平均濃度(2007年)	383.1	1789	320.9
1750年に対する2007年の濃度比 ¹	137%	256%	119%
2006年と2007年の濃度差	1.9	6	0.8
2006年と2007年の濃度比	0.50%	0.34%	0.25%
最近10年間の世界平均濃度増加量	2.00	2.7	0.77

¹ 工業化以前の濃度を、二酸化炭素は 280ppm、メタンは 700ppb、一酸化二窒素は 270ppb と仮定した。

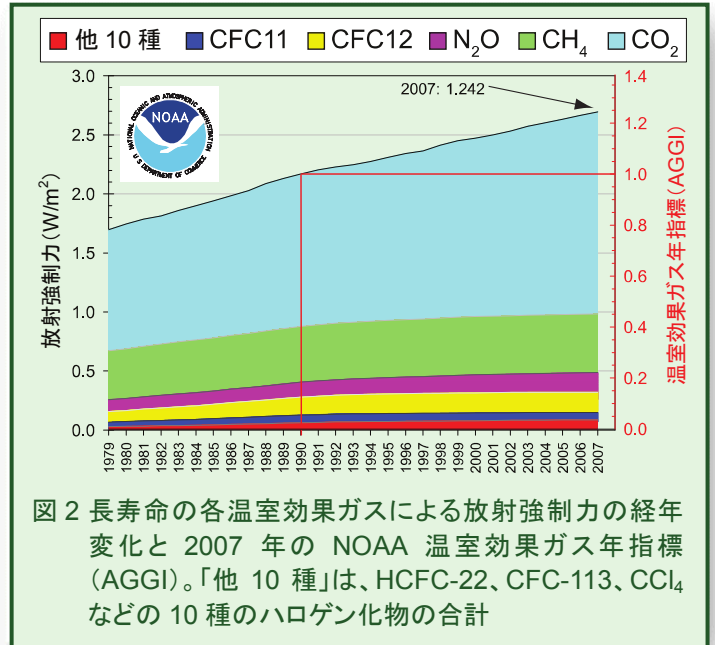


図 2 長寿命の各温室効果ガスによる放射強制力の経年変化と 2007 年の NOAA 温室効果ガス年指標 (AGGI)。「他 10 種」は、HCFC-22、CFC-113、 CCl_4 などの 10 種のハロゲン化物の合計

成要素であり、気温、地表面の状態、雲のエロゾル効果の変化を通して人間活動から間接的に影響を受ける。この年報では、人間活動から直接影響を受け、一般に水蒸気よりも長く大気に留まる温室効果ガスを中心に記述する。

米国海洋大気庁(NOAA)温室効果ガス年指標(AGGI)によると、長寿命の温室効果ガスによる放射強制力の 2007 年までの総計は、1990 年以降に 24.2%、2006 年からは 1.06%それぞれ増加した(図 2、<http://www.cmdl.noaa.gov/aggi/>)。

二酸化炭素(CO₂)

二酸化炭素は、大気中で赤外線を吸収しかつ人間活動から排出されるガスの中で最も重要なものである。長寿命の温室効果ガスによる放射強制力全体の 63%を担っており、放射強制力の増加に対し、最近 10 年間は 87%、最近 5 年間では 90%にそれぞれ寄与している。工業化以前の約 1 万年の間、大気中の二酸化炭素濃度は約 280 ppm でほぼ一定であった(ppm は乾燥した空気分子 100 万個中の温室効果ガスの分子数)。二酸化炭素の濃度は、大気と生物圏の間(光合成と呼吸)および大気と海洋の間(二酸化炭素の物理的交換)で季節ごとに繰り返される多量の炭素交換(炭素換算で年に 100 Gt の規模)のバランスで決まる。1700 年代後半以来、大気中の二酸化炭素は 37%増加した。これは、主として化石燃料の燃焼による放出(現在、炭素換算で年に約 8.4 Gt)、続いて森林破壊(炭素換算で年に約 1.5 Gt)によるものである。1958 年に始まった大気中の二酸化炭素の高精度での観測によると、大気中の二酸化炭素の増加量は、平均すると化石燃料の燃焼によって放出された二酸化炭素量の約 55%に相当する。その残りは、海洋や陸上生物によって大気中から除去される。二酸化炭素の 2007 年の世界平均濃度は 383.1 ppm であり、2006 年からの増加は 1.9 ppm であった(図 3)。この濃度増加は、1990 年代の平均(年に約 1.5 ppm)より大きく、主に化石燃料の燃焼による放出の増加による。

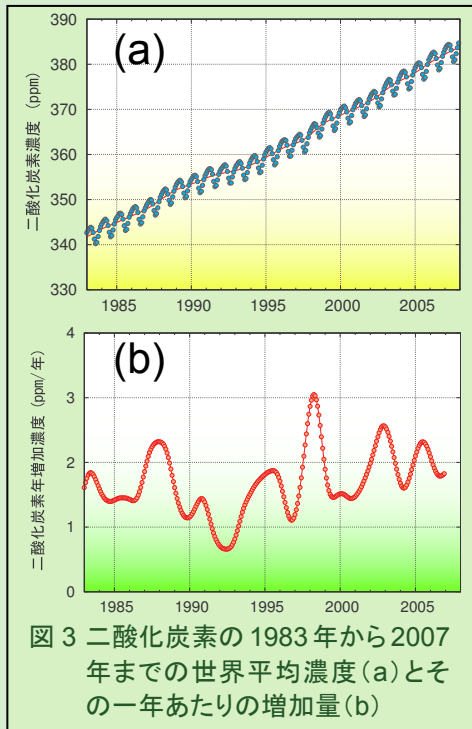


図3 二酸化炭素の1983年から2007年までの世界平均濃度(a)とその一年あたりの増加量(b)

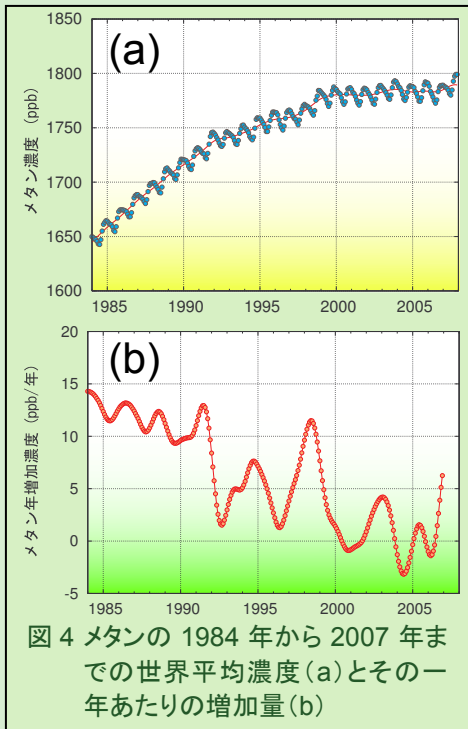


図4 メタンの1984年から2007年までの世界平均濃度(a)とその一年あたりの増加量(b)

酸化二窒素の2007年の世界平均濃度は320.9 ppbであり、前年から0.8 ppb増加した(図5)。最近10年間の平均増加量は年に0.77 ppbである。

他の温室効果ガス

オゾンを破壊するクロロフルオロカーボン類(CFC類)は、他のハロゲン化物と同様、放射強制力をもたらし、全部合わせるとかなり大きい(合計12%、<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi>参照)。大気中のCFC類は、現在緩やかに減少しているが、中には今なお深刻な温室効果を及ぼすものもある。本報告表紙で述べたとおりCFC類は、オゾン層破壊物質の削減

メタン(CH₄)

メタンによる直接的な放射強制力は、人間活動から影響を受ける長寿命の温室効果ガスのうち18.5%を占める。また、化学反応を通して対流圏のオゾンや成層圏の水蒸気に影響することで、間接的にも気候に影響する。メタンは自然(湿地やシロアリなど合計約40%)や人間活動(化石燃料採掘、稲作、反芻動物、バイオマス燃焼、埋立など合計約60%)によって大気中に放出され、主としてOHラジカルとの反応によって大気中から除去される。大気中の寿命は約9年である。工業化以前、大気中のメタン濃度は約700 ppb(ppbは乾燥した空気分子10億個中の温室効果ガス分子数)であった。人間活動からの排出増加によりメタンの濃度は2.6倍になっている。ただし、メタンの循環は複雑であり、大気への影響を把握するにはまず放出源・消滅源の多くを理解することが必要である。メタンの2007年の世界平均濃度は1789 ppbであり、2006年から6 ppb増加し、2003年に記録した最高値を大きく上回った(図4)。メタンは、1980年代後半には最大で年に13 ppb増加していたが、最近10年間は増加が緩やかであった。2006年から2007年までの6 ppbの増加は、年増加量としては1998年以来最大である。ただし、この増加がメタンの新たな増加傾向の始まりであるかを断定するには早すぎる。

一酸化二窒素(N₂O)

一酸化二窒素の増加による放射強制力は、長寿命の温室効果ガス全体の6.2%を占める。工業化以前の大気中濃度は270 ppbであった。一酸化二窒素は、海洋、土壌、燃料やバイオマスの燃焼、施肥および各種工業過程など自然や人間活動から排出される。放出量全体の3分の1は人間活動による。また、成層圏での光化学反応により大気中から除去される。一

策が実施されていなければはるかに大きな影響を及ぼしていたものである。また、赤外線を強く吸収するハイドロクロロフルオロカーボン類(HCFC類)のように、まだ量は少ないが急速に増加しつつあるものもある(図6)。対流圏のオゾンはあまり寿命が長くないが、人間活動に伴うオゾン増加による温室効果はCFC類に匹敵する。対流圏のオゾンは、温室効果の点で重要であるが、分布が非常に偏っているため、世界的な分布や変化傾向を推定することは困難である。これらのガスもWMO-GAWネットワークでの観測対象になっている。

(付録)年報中の主な用語

Gt(ギガトン): 重さの単位で、1Gtは10億トン。

OHラジカル: ラジカルとは遊離基とも言い、酸素原子と水素原子からなる非常に不安定な分子。強い酸化力を持ち、反応性が非常に高い。

放射強制力: 地球・大気システムに出入りするエネルギーのバランスを変化させる影響力の尺度で、気候を変化させる能力の大きさを示す。1平方メートルあたりのワット数(W/m²)で表す。

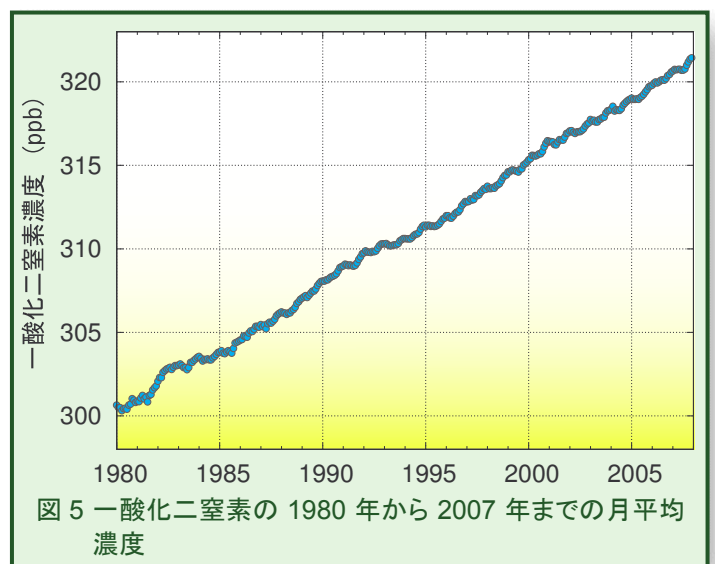


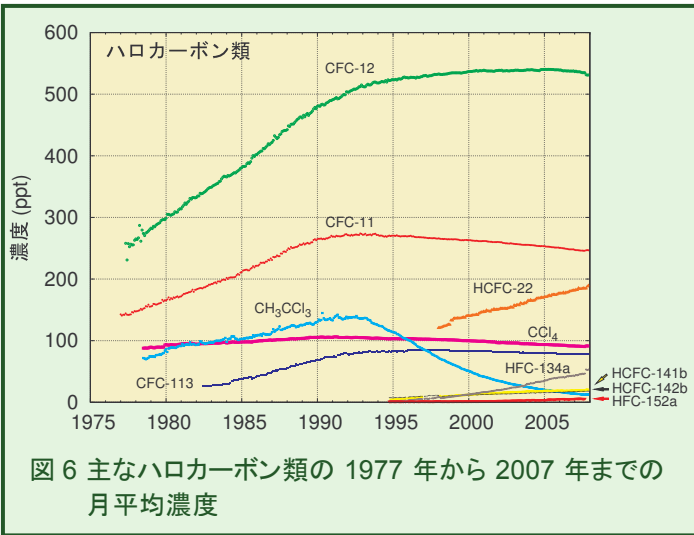
図5 一酸化二窒素の1980年から2007年までの月平均濃度

日本語訳について

このWMO温室効果ガス年報第4号(気象庁訳)は、世界気象機関(WMO)が発行した WMO Greenhouse Gas Bulletin No. 4(2008年11月14日)を気象庁が翻訳したものである。

気象庁 地球環境・海洋部 環境気象管理官
温室効果ガス世界資料センター(WDCGG)
2008年11月25日 初版

〒100-8122 東京都千代田区大手町 1-3-4
電話:03-3212-8341(代表)
E-mail: wdcgg@met.kishou.go.jp



年報の配布

この年報は、気象庁の温室効果ガス世界資料センター(WDCGG)とGAW温室効果ガス科学諮問部会の協力のもと、NOAA地球システム調査研究所の支援を得て、世界気象機関(WMO)事務局が作成・配布している。本年報は、GAW計画のウェブページ(http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/gaw_home_en.html)のほか、WDCGG(<http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/>)およびNOAA炭素循環温室効果ガスグループ(<http://www.cmdl.noaa.gov/gmd/ccgg>)の各ホームページからも取得可能である。

謝辞とリンク

GAW観測所情報システム(GAWSIS)に登録の44か国が気象庁のWDCGGへ二酸化炭素の観測データを提供している。これらの中で多くの国がNOAAの世界フラスコサンプリングネットワークと提携している。GAWに提供されている観測データの約70%がNOAAが支援する観測所で得られたものである。その他のネットワークも、オーストラリア、カナダ、中国、日本および多くのヨーロッパの国々によって維持されている(2005年9月の専門家会合によるGAWレポートNo.168の国別報告書を参照)。本年報に用いられたデータを提供したWMO-GAW観測所はすべて、図1に示すとともに、WDCGGのウェブサイト(<http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/>)に一覧表で掲げている。また、スイスが運営するGAWSIS(<http://gaw.empa.ch/gawsis/>)にも掲載されている。

連絡先

1. 世界気象機関 研究部大気環境研究課(ジュネーブ)
E-mail: AREP-MAIL@wmo.int
Web site: http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/gaw_home_en.html
2. 気象庁 温室効果ガス世界資料センター(東京)
E-mail: wdcgg@met.kishou.go.jp
Web site: <http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/>

代表的な温室効果ガス観測所



スイスのユングフラウヨッホ(標高3580m)のGAW観測所。



スピッツベルゲン(ノルウェー)のツェッペリン山(標高474m)のGAW観測所。



バルバドスのラジレットポイントのAGAGE/GAW観測所。