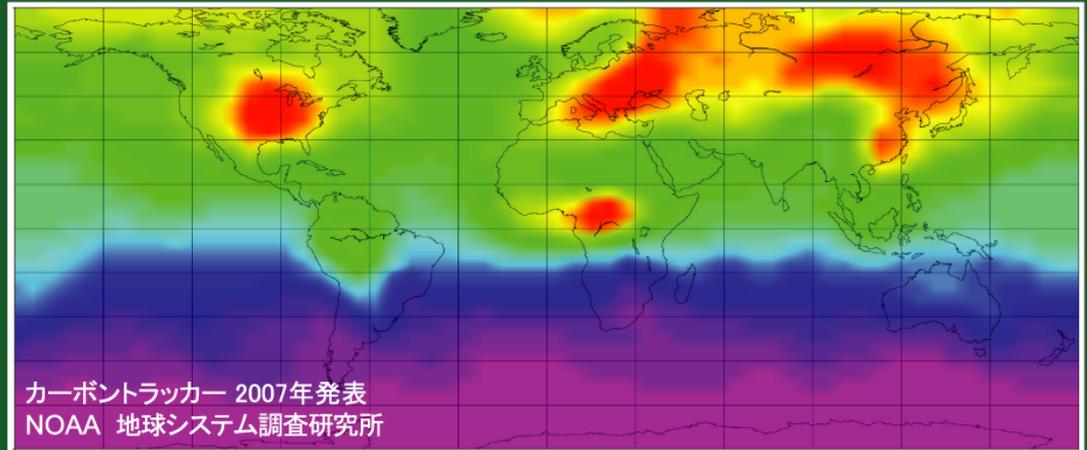


# WMO

## 温室効果ガス年報(気象庁訳)

2006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



NOAA のカーボントラッカーモデル(詳細は、<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/carbon tracker/>)と本年報に記述された WMO-GAW 世界 CO<sub>2</sub> 観測ネットワーク地点による測定から計算された 2005 年 2 月 1 日の平均 CO<sub>2</sub> 濃度(ppm)。青い領域は比較的低い CO<sub>2</sub> 濃度を、赤い領域は比較的高い CO<sub>2</sub> 濃度を表す。高い CO<sub>2</sub> 濃度は、大部分は化石燃料の燃焼によるもので、北米、ヨーロッパと東アジアに見られる。東ヨーロッパとアジアの間で前線の通過が見られる。バイオマス燃焼による高濃度気塊が赤道アフリカから大西洋へ輸送されている。

### 要旨

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、2006 年の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)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 381.2 ppm、一酸化二窒素で 320.1 ppb に達した。これらのガスの 2006 年の大気中の濃度増加量は、最近の濃度増加の傾向に沿った結果となっている。メタン(CH<sub>4</sub>)濃度は前年とほとんど変わらず 1782 ppb であった。これらの濃度は、工業化時代以前の値より、それぞれ 36%、19%、155%高い。メタン濃度の増加は最近 10 年間で緩やかになってきている。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 2006 年までに 22.7%増加した。CFC-11 と CFC-12 をあ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、それらは、オゾン層破壊物質に関するモントリオール議定書による排出削減の結果、非常にゆっくり減少している。



WMO  
世界気象機関

第 3 号  
2007 年 11 月 23 日

Global Atmosphere Watch 全球大気監視



# 概要

この報告は、WMO-GAW 温室効果ガス年報の第3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、一酸化二窒素の最近の大気中濃度とその変化傾向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3種類のガスだけで、工業化時代の初め(～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88%を占めている。

世界気象機関(WMO)全球大気監視(GAW)プログラムは、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素および他のガスの測定を含む、世界の気象環境の組織的かつ信頼のおける観測を推進している。これらのガスのすべてあるいは一部を監視している地点を図1に示す。観測データは、参加国から気象庁にある温室効果ガス世界資料センター(WDCGG)に報告され、保管、配布されている。

現在の世界の気象中の温室効果ガス濃度に関する統計を表1に示す。これらは、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>)から得られる。表1の値は、使用される観測所の選択が異なることにより、IPCC の第4次評価報告書における値と僅かに異なっている。

3つの主要温室効果ガスの濃度は、工業化時代以降いずれも大気中で増加している。水蒸気は、温室効果を持った、気候・気象システムを構成する自然の要素であり、気温の変化、地表面の状態、雲のエロゾル効果を通して人間活動により間接的に影響を受ける。この年報では、水蒸気より一般的に長く大気中に留まり、人間活動によって直接的に影響される温室効果ガスに焦点を当てている。

米国海洋大気庁(NOAA)温室効果ガス年指標(AGGI)によると、全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年以降で22.7%増加している。2006年は前年から1.23%増加した(図2)。( <http://www.cmdl.noaa.gov/aggi/> )



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 2006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(2006年)	381.2	1782	320.1
1750年に対する2006年の濃度比 <sup>1</sup>	136%	255%	119%
2005年と2006年の濃度差	2.0	-1	0.8
2005年に対する2006年の濃度増加率	0.53%	-0.06%	0.25%
最近10年間の平均年増加濃度	1.93	2.4	0.76

<sup>1</sup>工業化時代以前の二酸化炭素濃度を280ppm、メタンは700ppb、一酸化二窒素は270ppbと仮定した。

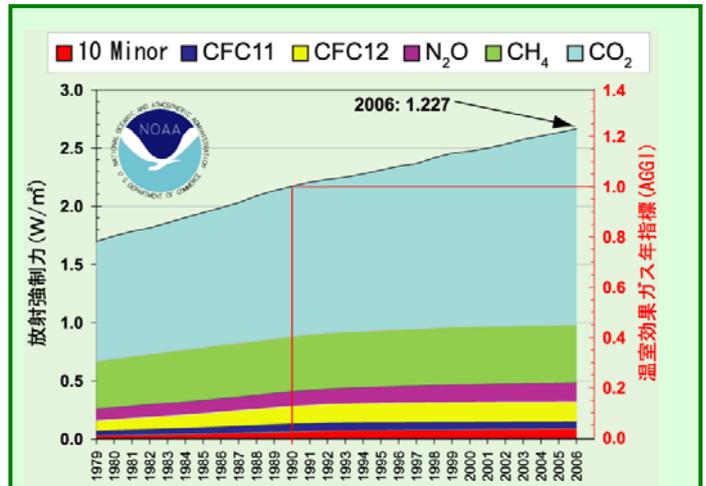


図2 長寿命の各温室効果ガスによる放射強制力の経年変化と2006年のNOAA温室効果ガス年指標(AGGI)。「10Minor」は、HCFC22、CFC113、CCl<sub>4</sub>などの10種のハロゲンガスの合計

## 二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)

二酸化炭素は、大気中で赤外線を吸収し、かつ人為的に排出されるガスの中で、単独では最も重要なものであり、長寿命の温室効果ガスによる放射強制力合計の63%を担っている。また放射強制力の最近10年間の増加の87%に、最近5年間の増加の91%に寄与している。工業化時代以前の約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)のやりとりに大きな季節変動(炭素換算で100Gt/年のオーダー)があるが、工業化時代以前の濃度はその平衡した値を示している。1700年代後半以来、大気中の二酸化炭素は36%増加した。これは主に化石燃料の燃焼による放出(炭素換算で現在約8.4Gt/年)と森林破壊(炭素換算で約1.5Gt/年)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な観測によれば、大気中の二酸化炭素の平均的な増加量は、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。残りの化石燃料起源の二酸化炭素は、海洋や陸上生物によって大気中から除去されている。2006年の世界平均二酸化炭素濃度は381.2ppmであり、2005年からの増加は2.0ppmであった(図3)。この1年あたりの濃度増加は、1990年代の平均(約1.5ppm/年)より大きく、それは主に化石燃料の燃焼による二酸化炭素の放出の増加による。

## メタン(CH<sub>4</sub>)

メタンは、人間活動によって影響を受ける長寿命の温室効果ガスによる直接的な放射強制力の18.6%に寄与している。また、メタンは化学反応を通して対流圏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

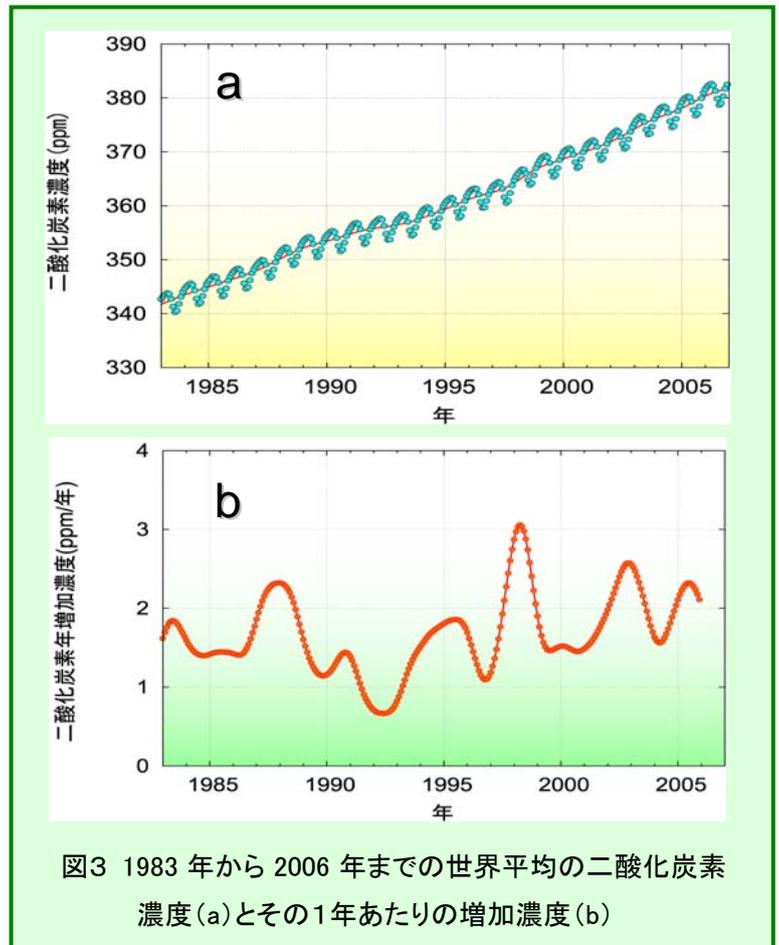


図3 1983年から2006年までの世界平均の二酸化炭素濃度(a)とその1年あたりの増加濃度(b)

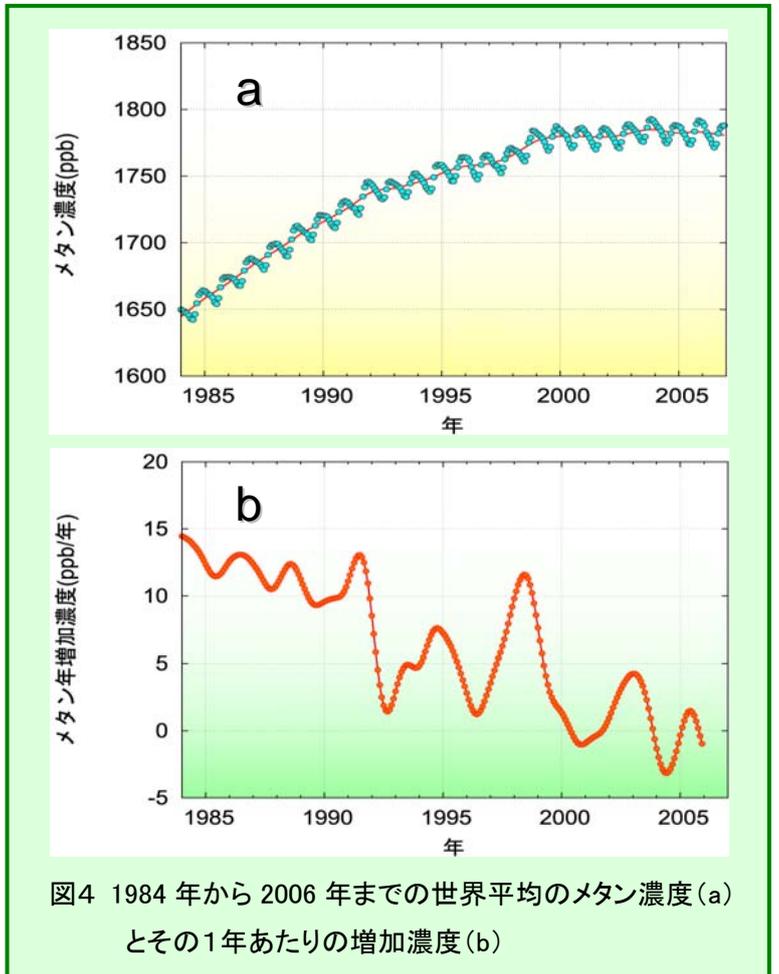


図4 1984年から2006年までの世界平均のメタン濃度(a)とその1年あたりの増加濃度(b)

に影響する。メタンは自然過程(約 40%。例えば湿地やシロアリ)や人為的な排出源(約 60%。例えば化石燃料開発、稲作農業、反芻動物、バイオマス燃焼、埋め立てによるゴミ処理)によって大気中に放出され、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。工業化時代以前、大気中の濃度は約 700 ppb (ppb は乾燥した空気分子 10 億 ( $10^9$ ) 個中の温室効果ガス分子数)であった。工業化時代以前に比べてメタンの濃度は 2.5 倍になっており、これは人為的な排出源からの排出増加によるものである。しかし、メタンの循環は複雑で、その大気濃度を管理するには排出量の把握と放出源、消滅源からの収支が必要である。2006 年の世界平均メタン濃度は 1782 ppb であり、2005 年から 1ppb 減少し、2003 年からは 2ppb 減少している(図 4)。対照的に 1980 年代後半にはメタンは最大で年に 13 ppb 増加していた。最近 10 年間の平均年増加濃度は 2.4 ppb/年である。

## 一酸化二窒素( $N_2O$ )

一酸化二窒素は長寿命の温室効果ガスによる全放射強制力の 6.2%に寄与している。工業化時代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、燃料の燃焼、バイオマス燃焼、施肥および様々な工業過程といった自然や人為的な排出源から排出される。全体の放出の 3分の1は人為的な排出源からのものである。大気中からは成層圏での光化学的な反応によって除去される。2006 年の世界平均の一酸化二窒素濃度は 320.1 ppb であり、前年から 0.8 ppb 増加した(図 5)。最近 10 年間の平均年増加濃度は 0.76 ppb/年である。

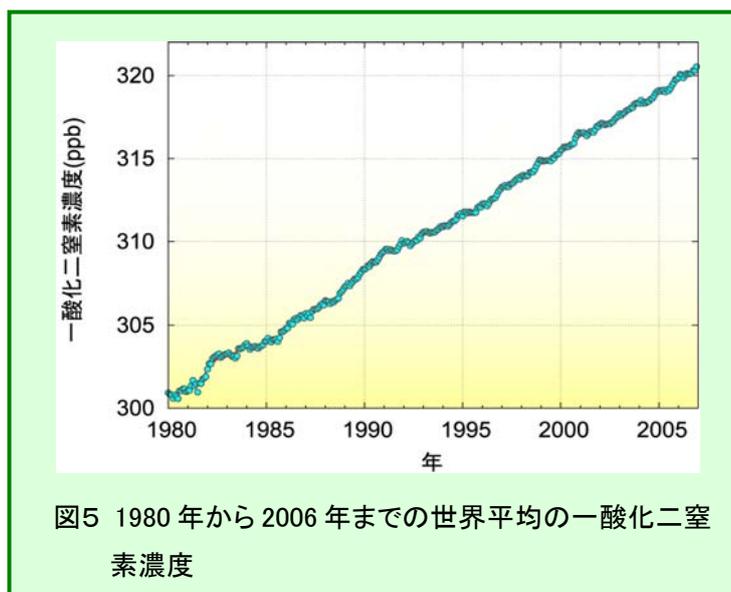


図5 1980年から2006年までの世界平均の一酸化二窒素濃度

## 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)も放射強制力に寄与しており、それら全体は地球への放射強制力への大きな影響を与えている。(それらによる放射強制力への寄与は 12 % ; <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi>)。大気中の CFC 類は現在緩やかに減少しているが、いくつかの CFC 類はまだ強い温室効果を及ぼしている。また、強い赤外吸収を持つハイドロクロロフルオロカーボン類(HCFC 類)のように、量は少ないものの、急速に増加しつつあるものもある。対流圏にあるオゾンはそれほど寿命が長くないが、CFC 類に匹敵する温室効果を持っている。対流圏オゾンは温室効果にとって重要であるが、分布が非常に偏っているため、世界的な分布と濃度の長期変化傾向を推定することは困難である。ここに述べたガスも WMO-GAW ネットワークで監視されている。

## 年報の配布

この年報は、世界気象機関(WMO)事務局が、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作成・配布している。本年報は GAW プログラムウェブサイト([http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/gaw\\_home\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/gaw_home_en.html))、WDGGG ウェブサイト(<http://gaw.kishou.go.jp/wdggg.html>)および NOAA 炭素循環温室効果ガスグループのホームページ(<http://www.cmdl.noaa.gov/gmd/ccgg>)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。NOAAが支援する観測所はGAWにデータを提供している国々の約70%である。それ以外はオーストラリア、カナダ、中国、日本と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ている全てのWMO-GAW観測所を図1に示すと共に、WDCGGのウェブサイト(<http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg.html>)にその提供者リストを示す。また、それらは、スイスが運営するGAW観測所情報システム(GAWSIS)(<http://www.empa.ch/gaw/gawsis/>)にも掲載されている。

## 連絡先

世界気象機関,大気研究環境プログラム  
(AREP), 環境課(ジュネーブ)

E-mail: [AREP-MAIL@wmo.int](mailto:AREP-MAIL@wmo.int)

Website:

[http://www.wmo.ch/web/arep/gaw/gaw\\_home.html](http://www.wmo.ch/web/arep/gaw/gaw_home.html)

温室効果ガス世界資料センター  
(WDCGG),気象庁(東京)

E-mail: [wdcgg@met.kishou.go.jp](mailto:wdcgg@met.kishou.go.jp)

Website:

<http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg.html>

## 代表的な温室効果ガス観測



米国海洋大気庁(NOAA)の温室効果ガス観測に用いられている小型双発航空機。



メースヘッド GAW 全球観測所。ゴールウェイ大学により運営され、アイルランド西岸に位置する。北大西洋に面していることは、海洋と大陸の空気塊の両方における自然起源と人為起源の微量組成の研究に理想的である。



西中国のワリガン山(標高 3810m)の GAW 全球観測所。中国気象局(CMA)により運営されている。その山頂にあることと大都市から遠いことにより、地球規模汚染監視に理想的な地点である。



欧州宇宙機関(ESA)が運営している ENVISAT 衛星。SCIAMACHY 測器を搭載し、メタンの気柱全量といくつかの他の要素を測定している。

この WMO 温室効果ガス年報第 3 号(気象庁訳)は、世界気象機関(WMO)が 2007 年 11 月 23 日に発行した WMO Greenhouse Gas Bulletin No.3 を、気象庁が日本語訳したものである。また、本年報中で使用されている主な用語については、利用の便を図るため、以下のとおり気象庁が付録として解説を加えた。

## (付録) 年報中の主な用語

AGGI: Annual Greenhouse Gases Index の略称で、各温室効果ガスの放射強制力を毎年濃度に合わせて計算し、その合計値を 1990 年を 1 として 1990 年からどの程度放射強制力が増加したかを示す指標。米国海洋大気庁(NOAA)が作成している。

Gt: 重さの単位で 1Gt は 10 億トン。

GAW: Global Atmosphere Watch (全球大気監視)の略称で、WMO が行っている大気の化学組成や主な物理的性質に関する世界的な組織的監視プログラム。

GAWSIS: GAW Station Information System の略称で、GAW 観測所の情報をインターネットで提供するシステム。

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。

ppm, ppb: ppm(100 万分の 1), ppb(10 億分の 1)は乾燥した空気の全分子数に対する温室効果ガスの分子数の割合。例えば、300ppm は、乾燥した空気の分子 100 万個中に温室効果ガスの分子 300 個があるということ。

放射強制力: ある因子が地球—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、気候を変化させる可能性の大きさを示す。1 平方メートル当たりのワット数(W/m<sup>2</sup>)で表される。

気象庁 地球環境・海洋部 環境気象管理官室

温室効果ガス世界資料センター(WDCGG)

2007 年 12 月 06 日 初版

2007 年 12 月 10 日 第 2 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