

概要

この報告は、WMO-GAW 温室効果ガス年報の第 2 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大気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。

現在の世界の大気中の温室効果ガス濃度に関する統計を表1に示す。大気中の濃度は工業化時代以降いずれも増加している。水蒸気も、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が、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)が新たに発表した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 21.5%増加している。2005 年は前年から 1.25%増加した(図 2)。(http://www.cmdl.noaa.gov/aggi/)

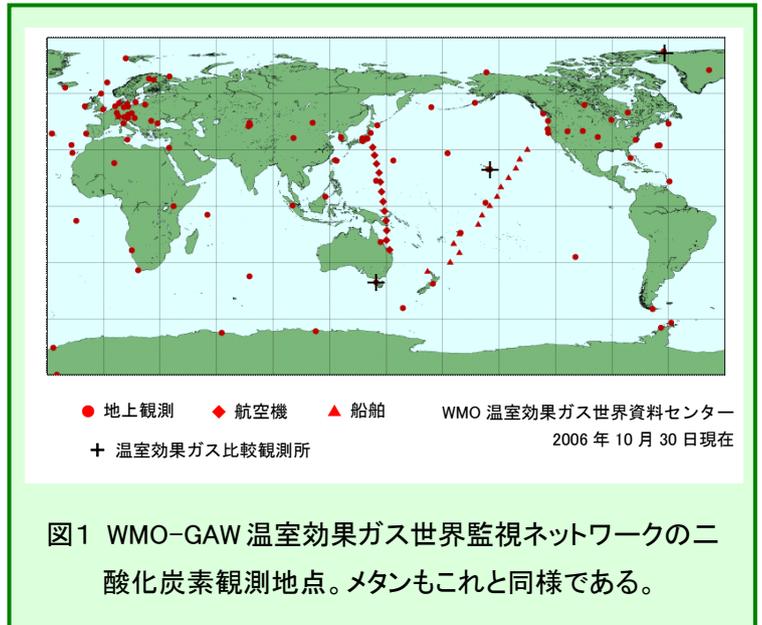


図1 WMO-GAW 温室効果ガス世界監視ネットワークの二酸化炭素観測地点。メタンもこれと同様である。

表1 2005 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(2005 年)	379.1	1783	319.2
1750 年に対する 2005 年の濃度比	135.4%	254.7%	118.2%
2004 年と 2005 年の濃度差	2.0	0	0.6
2004 年と 2005 年の濃度比	0.53%	0.0%	0.19%
最近 10 年間の 世界平均濃度増加量	1.9	2.8	0.74

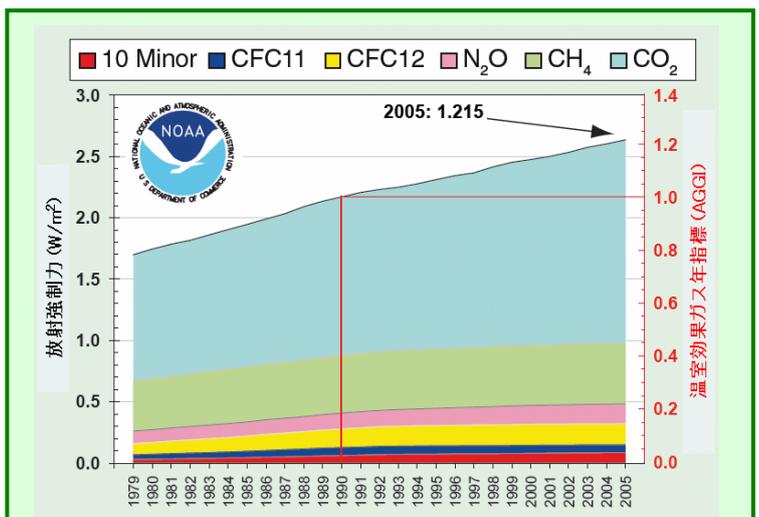


図2 長寿命の各温室効果ガスによる放射強制力の経年変化と 2005 年の NOAA 温室効果ガス年指標(AGGI)。「10Minor」は、HCFC22、CFC113、CCl₄ などの 10 種のハロゲンガスの合計

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 62%を、また最近 10 年間の放射強制力の急速な増加の 90%以上を担っている。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 は空気分子 100 万個中の温室効果ガスの分子数)。この濃度が、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)の大きく季節変動する交換量(炭素換算で 100Gt/年のオーダー)の平衡値を示している。1700 年代後半以来、大気中の二酸化炭素は 35.4%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 7Gt/年)と森林破壊(炭素換算で 0.6 - 2.5 Gt/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。2005 年の世界平均二酸化炭素濃度は 379.1ppm であり、2004 年からの増加は 2.0 ppm であった(図 3)。

メタン(CH₄)

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約 20%に寄与している。また、メタンは対流圏オゾンや成層圏の水蒸気との化学的な反応を通して、間接的にも気候に影響する。メタンは自然過程(～40%。例えば湿地やシロアリ)や人為的な排出源(～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

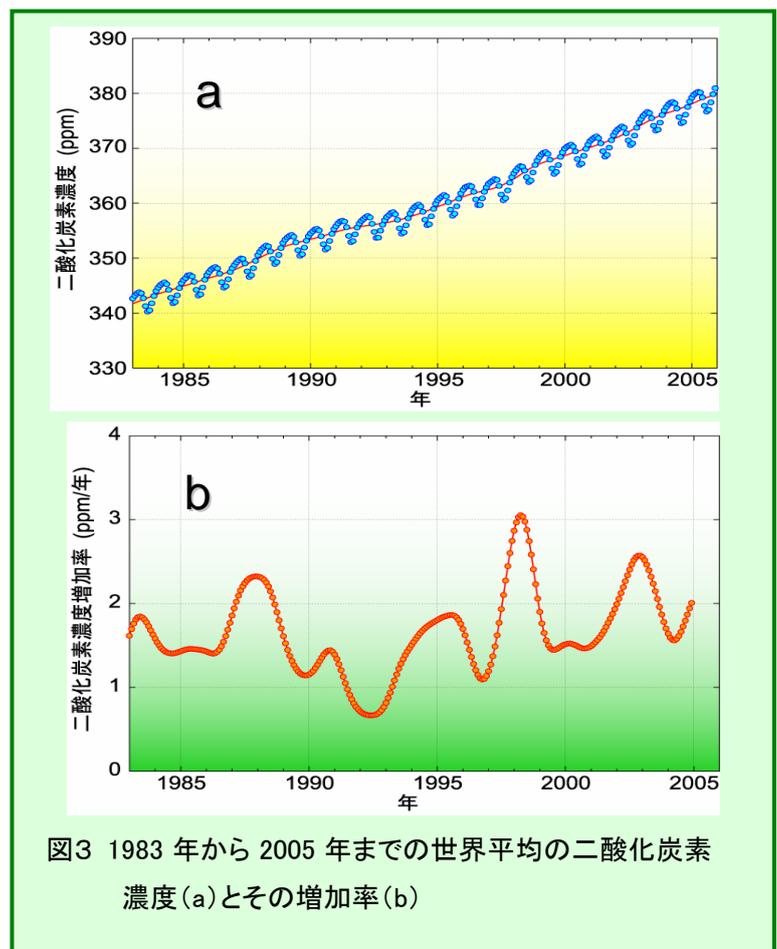


図3 1983年から2005年までの世界平均の二酸化炭素濃度(a)とその増加率(b)

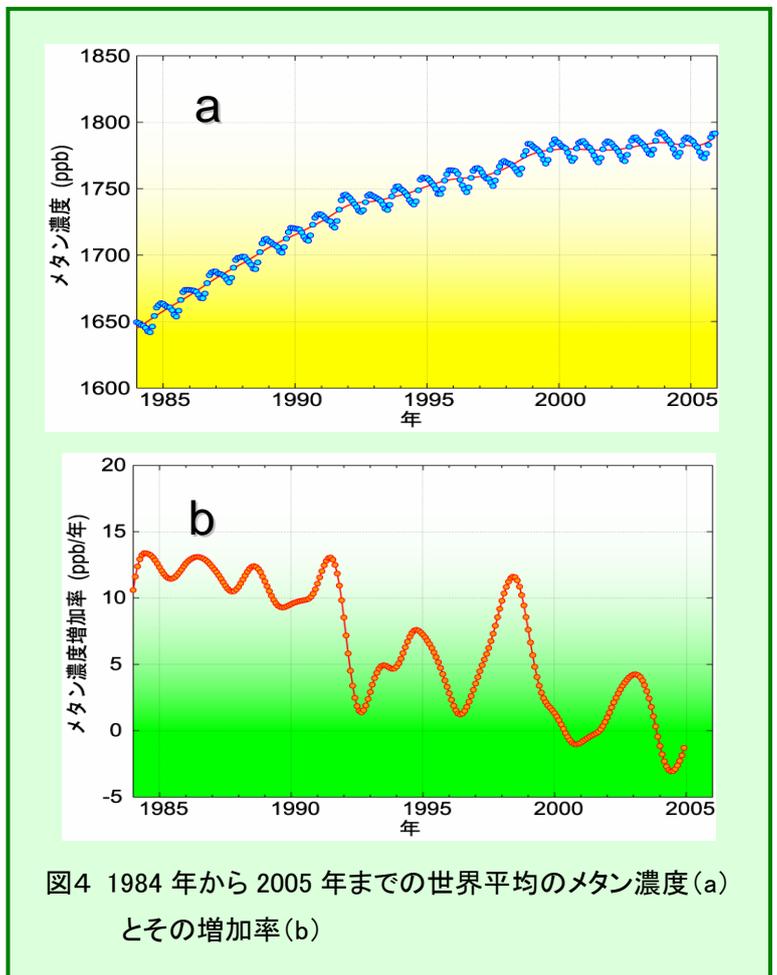


図4 1984年から2005年までの世界平均のメタン濃度(a)とその増加率(b)

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は大気分子 10 億(10^9)個中の温室効果ガス分子数)であった。人為的な排出源からの放出量増加が、メタン濃度が 2.5 倍になった原因である。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。2005 年の世界平均メタン濃度は 1783 ppb であり、2004 年から実質的には増加していない(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 年間の年平均濃度増加率は約 3 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%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放出される。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。2005 年の世界平均の一酸化二窒素濃度は 319.2 ppb であり、前年から 0.6 ppb 増加した(図5)。最近 10 年間の年平均濃度増加率は 0.74 ppb/年である。

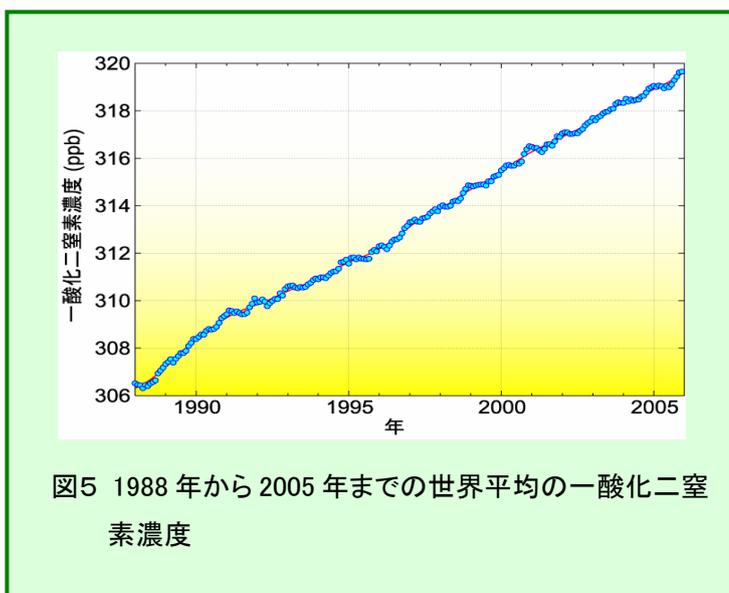


図5 1988 年から 2005 年までの世界平均の一酸化二窒素濃度

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いる。それら全体の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.noaanews.noaa.gov/stories2005/s2512.htm>)。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フルオロカーボン類(HCFC 類)のように、量はすくないものの、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.ch/web/arep/gaw/gaw_home.html)、WDGGG ウェブサイト(<http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg.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/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(2003年9月の専門家会合による GAW レポート No.161 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

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@hq.kishou.go.jp

Website:

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

代表的な GAW 全球観測所



ニール・トリベット GAW 観測所、アラート(カナダ)



南極点、大気研究観測所



日本航空の定期旅客便による航空機観測



太平洋横断航路キャップ・ビクター号による温室効果ガス観測

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、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^2)で表される。