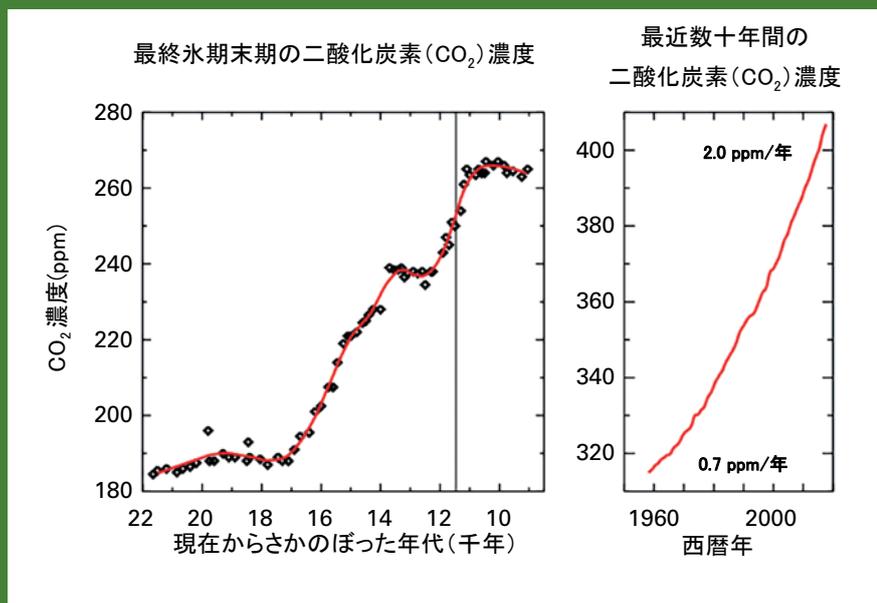




# WMO 温室効果ガス年報

2016年12月までの世界の観測結果に基づく  
大気中の温室効果ガスの状況

第13号 | 2017年10月30日



量の年々増加は鈍化あるいは頭打ちとさえなっているものの、2016年の放出量も過去最高レベルとなった。この人間活動によるCO<sub>2</sub>の放出は、エルニーニョ現象に関連した2015年から2016年の自然起源の放出とともに、この時期における大気中CO<sub>2</sub>濃度の記録的な増加に寄与しており、気候に対する強制力の更なる増加をもたらしている。WMO GAW 観測ネットワークは、この大気中CO<sub>2</sub>濃度の記録的な増加を検出した。1970年から現在までの観測期間における大気中の温室効果ガス濃度の恒常的な増加は、世界の気候状況に関するWMOステートメント[2]で報告されているとおり、同期間に世界平均気温が上昇し、2016年に観測史上最高に達したと整合する。

最近70年間における大気中二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)濃度の増加率は、最終氷期末期のおよそ100倍になる。直接及び代替指標観測から知り得る限りでは、このような大気中CO<sub>2</sub>濃度の急激な変化はこれまで起きていない。左図は最終氷期末期における大気中CO<sub>2</sub>濃度を示し、右図は最近の大気中CO<sub>2</sub>濃度を示している[1]。左図における灰色の細い領域は、縦線のように見えるが、右図に示した期間と同じ70年間に相当する。大気中のCO<sub>2</sub>や他の温室効果ガスの急速な濃度上昇は、強力な正のフィードバックによって気候システムに予測不可能な変動をもたらす、生態系や経済に深刻な混乱が生じる恐れがある。WMO 全球大気監視(GAW)計画は、温室効果ガスの濃度変化を把握し、このような大気中の気候変動要因の変化を検出することで早期警戒システムとしての機能を果たす。

最高に達したと整合する。

本年報の見開き記事(4-5ページ)で解説されているように、過去約80万年間にわたり工業化以前の大気中CO<sub>2</sub>濃度は氷期-間氷期サイクルを通して280 ppm<sup>(1)</sup>を下回っていたが、2016年には世界平均が403.3 ppmまで上昇した。高分解能な氷床コアからの復元から得た最新の知見によると、最近150年間の二酸化炭素濃度の変化ほど急速な変化は生じておらず、また氷期における二酸化炭素濃度の自然変動は常に気温の変動に先行して起きていたことが分かる。地質学的記録によると、現在のCO<sub>2</sub>濃度は中期鮮新世(300万年前から500万年前)において“平衡状態の”気候にあった時期のCO<sub>2</sub>濃度に相当する。この気候を今日と比べると、気温が2°Cから3°C高く、グリーンランド及び西南極の氷床は融解し東南極の氷床でさえ一部消失したことにより海面が10mから20m高い状態であった。

人口の増加、農業の集約化、土地利用及び森林伐採の増加、工業化及び関連する化石燃料資源からのエネルギー利用、これらは全て1750年に始まる工業化以降の温室効果ガスの大気中濃度の増加に寄与している。グローバルカーボンプロジェクト(<http://globalcarbonbudget2016.org/>)による最新の評価によれば、人間活動によるCO<sub>2</sub>放出

パリ協定の実施までの時間が長引くほど、許容限界内に気候変動をとどめておくために、より多くの取組みを必要とし、またより抜本的な(かつより費用のかかる)排出量の削減が必要となるだろう。

## 要旨

WMO全球大気監視(GAW)計画から得られた観測成果の最新の解析によると、2016年の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、メタン(CH<sub>4</sub>)、一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)の現場観測ネットワークによる地上での世界平均濃度<sup>(2)</sup>は、それぞれ、403.3±0.1 ppm、1853±2 ppb<sup>(3)</sup>、328.9±0.1 ppbとなり、解析開始以来の最高値を更新した。これらの値は、工業化(1750年)以前の、それぞれ145%、257%、122%である。二酸化炭素の2015年から2016年までの濃度増加量(3.3 ppm)は、これまでの記録であった2012年から2013年までの増加量や最近10年間の平均年増加量を上回り、解析開始以降で最大となった。2015年から2016年のエルニーニョ現象<sup>(訳注1)</sup>は、気候変動と炭素循環の間の複合的な相互作用を通じて、この増加量の伸びに寄与した。メタンの2015年から2016年までの濃度増加量は、2014年から2015年までの増加量より若干小さかったが、最近10年間の平均年増加量より大きかった。一酸化二窒素の2015年から2016年までの濃度増加量は、2014年から2015年までの増加量や最近10年間の平均年増加量より若干小さかった。米国海洋大気庁(NOAA)年次温室効果ガス指標(AGGI)[3, 4]によると、1990年から2016年までに、長寿命の温室効果ガス(LLGHG)による放射強制力は40%増加しており、二酸化炭素がそのうちの約80%を占める。

## 2016年のGAW現場観測ネットワークによる観測結果の概要

このWMO GAWの温室効果ガス年報は、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、メタン及び一酸化二窒素の大気中の濃度と変化を報告するとともに、その他の温室効果ガスの概要も示す。上記の3種類のガスとフロン12(CFC-12)及びフロン11(CFC-11)を合わせると、長寿命の温室効果ガスによる放射強制力全体の約96%<sup>(4)</sup>[5]を占める(図1)。

WMO GAW計画(<http://www.wmo.int/gaw>)は、大気中の温室効果ガス及びその他の微量成分の組織的観測及び解析をとりまとめている。最近10年間の温室効果ガス観測地点を図

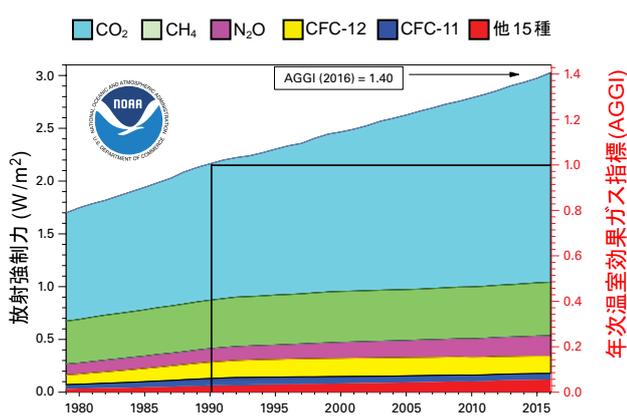


図1 長寿命の温室効果ガスによる放射強制力(1750年を基準)の経年変化と2016年のNOAA年次温室効果ガス指標(AGGI)[3, 4]。

表1 WMO GAW 温室効果ガス観測ネットワークによる主な温室効果ガスの地上の世界平均濃度(2016年)と増加量。単位は乾燥空気のリットルあたりの体積百分率で誤差幅は68%の信頼限界による[7]。平均手法は、GAWレポートNo.184 [6]に記載している。

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
世界平均濃度(2016年)	403.3±0.1 ppm	1853±2 ppb	328.9±0.1 ppb
1750年と比較した存在比 <sup>a</sup>	145%	257%	122%
2015年から2016年までの増加量	3.3 ppm	9 ppb	0.8 ppb
2015年からの増加分の比率	0.83%	0.49%	0.24%
世界平均濃度の最近10年間の平均年増加量	2.21 ppm/年	6.8 ppb/年	0.90 ppb/年

<sup>a</sup> 工業化以前の濃度を、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)は278 ppm、メタン(CH<sub>4</sub>)は722 ppb、一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)は270 ppbと仮定した。本解析に使用した観測点数は、CO<sub>2</sub>(123地点)、CH<sub>4</sub>(125地点)、N<sub>2</sub>O(33地点)。

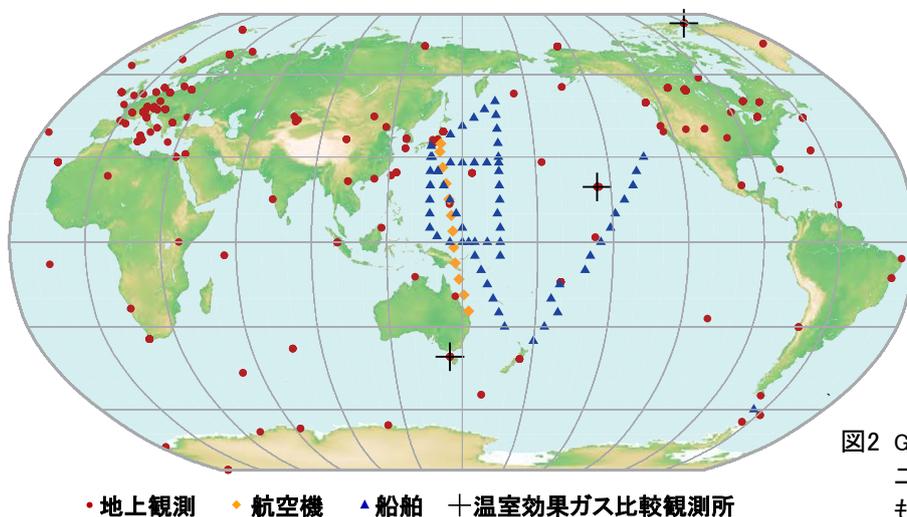


図2 GAW 観測ネットワークを構成する最近10年間の二酸化炭素観測地点。メタンの観測ネットワークもこれと同様である。

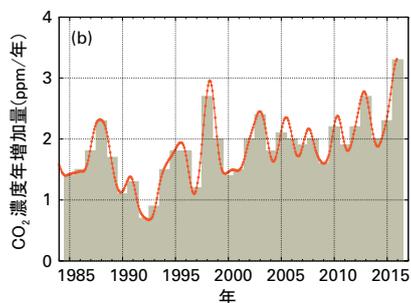
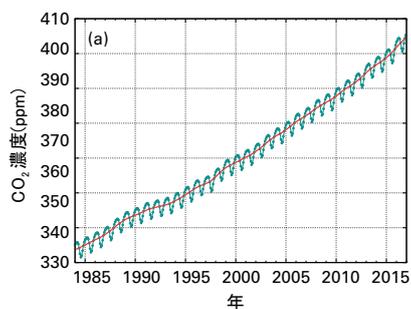


図3 二酸化炭素の1984年から2016年までの(a)世界平均濃度と(b)その一年あたりの増加量。(b)の塗りつぶし棒グラフは前年からの濃度差。(a)の赤線は季節変動を除いた月平均値、線で結んだ青点は月平均値を表す。この解析に使用した観測点は123地点。

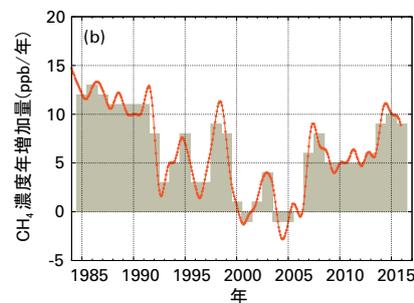
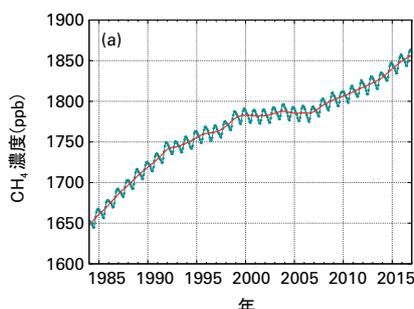


図4 メタンの1984年から2016年までの(a)世界平均濃度と(b)その一年あたりの増加量。(b)の塗りつぶし棒グラフは前年からの濃度差。(a)の赤線は季節変動を除いた月平均値、線で結んだ青点は月平均値を表す。この解析に使用した観測点は125地点。

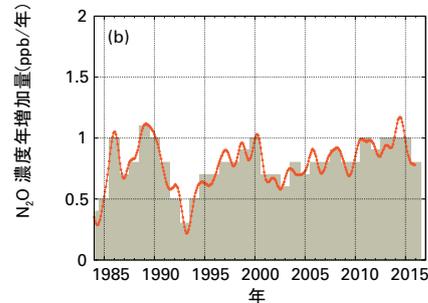
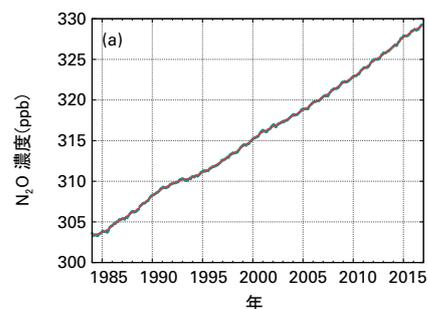


図5 一酸化二窒素の1984年から2016年までの(a)世界平均濃度と(b)その一年あたりの増加量。(b)の塗りつぶし棒グラフは前年からの濃度差。(a)の赤線は季節変動を除いた月平均値で、この図では月平均値を表す青点と重なっている。この解析に使用した観測点は33地点。

2に示す。参加国が報告した観測データは、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。

この年報でWMO WDCGGが報告する世界平均濃度及び増加量とNOAAが発表した結果[1]は、同じ年であっても値が若干異なる。これは解析に使用される観測地点の違い、平均値算出手法の違い、及び値が代表する期間の若干の違いによる。WMO WDCGGはGAWレポートNo. 184 [6]に記載されている手法で解析を行っている。

主な3種の長寿命温室効果ガスの2016年の大気中濃度の世界平均と、2015年から、及び1750年からの濃度変化を表1に示す。移動体観測によるデータ(図2の青の三角と橙の菱形)は、米国海洋大気庁(NOAA)によるアメリカ西海岸とニュージーランドの間の観測を除き、この解析には使っていない。

表1の3種の温室効果ガスは人間活動と密接に結びついており、生物圏や海洋と強い相互作用がある。大気中の温室効果ガスの将来変化を予測するには、その様々な放出源や吸収源、大気中の化学反応についての定量的な理解が必要である。GAW計画に基づく観測成果は、これらのガス及び他の長寿命温室効果ガスの収支を解明するための貴重な手掛かりを与えるとともに、温室効果ガスの排出インベントリの改善への支援や衛星から求めた長寿命温室効果ガスの気柱平均データの評価に利用されている。WMOが推進する統合全球温室効果ガス情報システムは、国や地方行政区レベルで温室効果ガスの放出源についての更なる見識を与える。

2016年のNOAA年次温室効果ガス指標(AGGI) [4]は1.40で、長寿命温室効果ガスによる放射強制力の合計は、

1990年以降2016年までに40%<sup>(4)</sup>、2015年からは2.5%増加した(図1)。2016年の全ての長寿命温室効果ガスによる放射強制力の合計は、二酸化炭素等価換算濃度で489 ppmに相当する[4]。

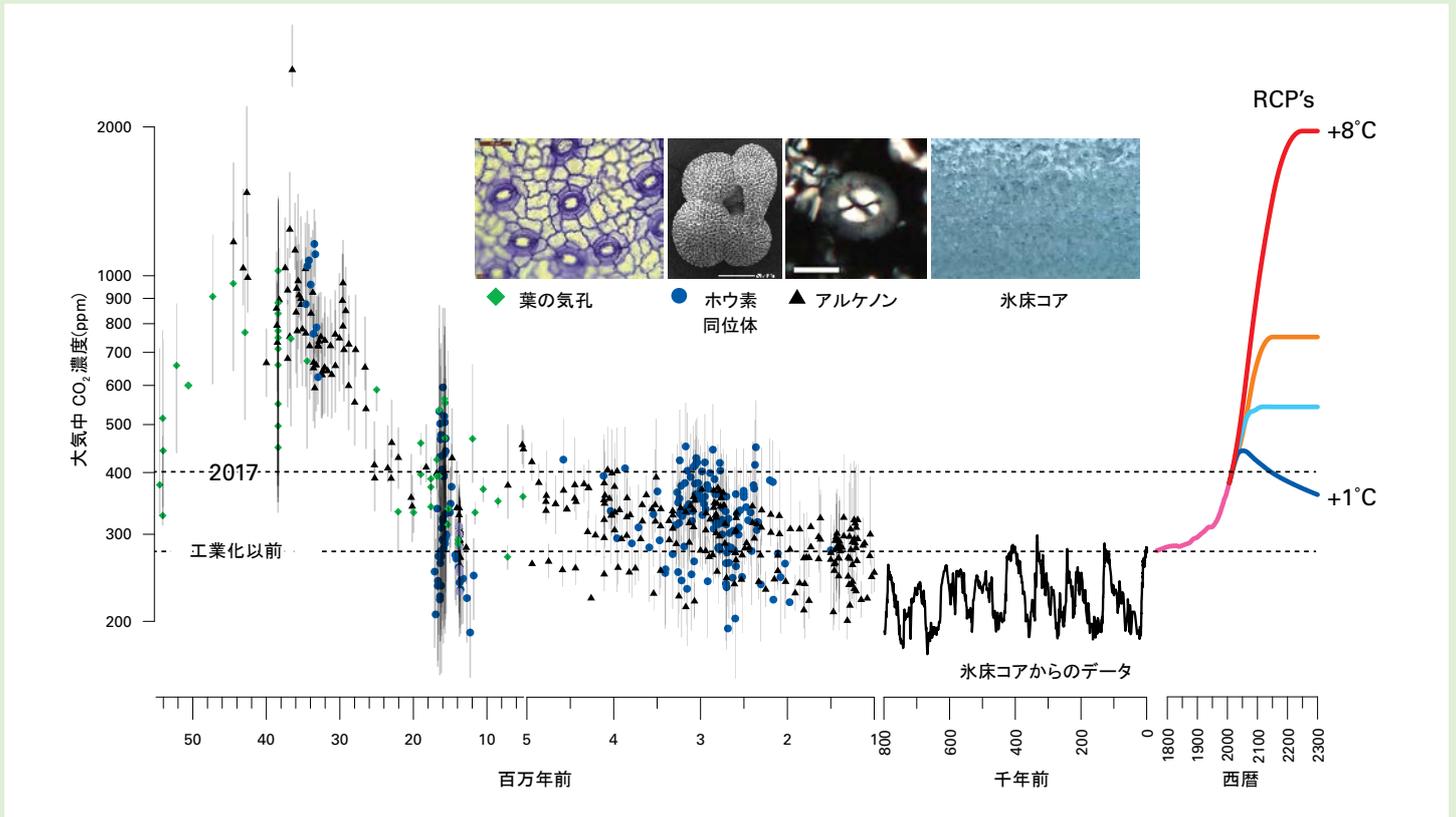
## 二酸化炭素

二酸化炭素は、最も重要な大気中の人為起源温室効果ガスであり、長寿命の温室効果ガスによる放射強制力全体の約65%<sup>(4)</sup>を占めている。また最近10年間の放射強制力の増加のうち約82%、最近5年間で見ると約83%が二酸化炭素によるものである。工業化以前の大気中の二酸化炭素濃度は、大気、海洋及び陸上生物圏の間の炭素交換のバランスを反映して約278 ppmであった。大気中の二酸化炭素濃度は、2016年に工業化以前の145%に達した。これは、主として化石燃料の燃焼とセメント生産(2015年の両者の二酸化炭素排出量合計は炭素換算で99±5億トン<sup>(5)</sup>[8])及び森林伐採とその他の土地利用変化(2006年から2015年までの平均で10±5億トン)からの放出による結果である。2006年から2015年の期間の人間活動による放出のうち、約44%が大気、26%が海洋、30%が陸上に蓄積されている[8]。化石燃料の燃焼により放出され大気中に残留する二酸化炭素の比率(大気残留比)は、二酸化炭素吸収源の大きな自然変動によって年々変動し、世界全体での変化傾向は確認されていない。

二酸化炭素の2016年の世界平均濃度は403.3±0.1 ppmである(図3)。2015年から2016年までの年平均値の増加量(3.3 ppm)は、これまでの記録であった2012年から2013年までの増

# 南極の氷の中から太古の大気を発掘

Nancy Bertler (GNSサイエンス及びヴィクトリア大学ウェリントン)、Richard Levy (GNSサイエンス)、  
Jocelyn Turnbull (GNSサイエンス、ニュージーランド)



代替指標によるデータから復元した過去5500万年間の大気中二酸化炭素濃度: ホウ素同位体(青丸)、アルケノン(黒の三角)、葉の気孔(緑の菱形)。80万年前以降については南極の氷床コア解析と、機器観測(桃色線)により直接測定された値である。また、代表的濃度経路(RCP)シナリオ8.5(赤線)、6(橙線)、4.5(薄青線)、2.6(青線)に基づく将来の推定値を示した。プロットに用いたすべてのデータの参照元は拡張オンライン版に掲載されている(<http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ghg/ghg-bulletin13.html>)。

最近30年の間に、南極の氷床コア中の微小な気泡を利用して、温室効果ガス、特に二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、メタン(CH<sub>4</sub>)、一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)の濃度についての複雑な記録を解釈する技術が開発されてきた。その記録は、大部分の古気候の復元と異なり、代替指標ではなく、氷床の上部に積もった新雪が圧縮され氷に変わる際に捕捉された微小な気泡から得られる過去の大気を直接測定することで得られる。最初の記録はフランス人科学者 Claude Lorius が1970年代、冷戦のさなかにありながら、米ソの研究者らと共同してドームC及びポストーク基地において得たものである。以来、多くの記録が解釈されてきたが、そのうち最長のものは南極における欧州合同氷床コア掘削計画(EPICA)ドームCで得られた、74万年間にわたる記録である。これらの記録によると、過去8回におよぶ氷期と今日のよう

な温暖な期間(間氷期)の繰り返しの間に、大気中CO<sub>2</sub>濃度が180 ppmから280 ppmの間で変動していたことが明らかになった。つまり今日の約400 ppmというCO<sub>2</sub>濃度は、数十万年にわたる自然変動の域を超えているのである。

かつてどれだけの速さでCO<sub>2</sub>濃度が変化したかを探るため、最近10年の間に新たに高分解能の氷床コアの記録が用いられてきた。これらの記録は西南極の内陸部(西南極氷床分水嶺氷床コア)や、雪が速く積もるために細かい時間分解能の記録が得られる南極沿岸部(ロードーム、タロスドーム、ルーズベルト島など)で得られ、マウナロアでの観測値や世界平均濃度との直接比較に用いられている。非常に古い氷が表層付近に露出している場所(テイラードームやアランヒルズなど)から

氷河学者 Lora Koenig (NASAゴダード宇宙飛行センター、グリーンベルト)のチームによってグリーンランド南東部で採取された氷床コアの断片。



NASAゴダード宇宙飛行センター / Ludovic Brucker

は、水平な氷床コアを利用してさらに古い時代の記録も読み取れる。さらに、大量の氷を利用できるため、CO<sub>2</sub>の安定同位体を用いてどのような放出源、吸収源がCO<sub>2</sub>濃度変動を引き起こしたかを探るなどの測定も行われている。

### 過去のCO<sub>2</sub>濃度変化の速度とメカニズム

約2万3千年前、地球は最終氷期にあたり、大気中CO<sub>2</sub>濃度と気温が上昇を始めた。2万3千年前から9千年前の間に、地球の大気中CO<sub>2</sub>濃度は180 ppmから260 ppmまで、80 ppm上昇した。最新の測定と解析技術によれば、CO<sub>2</sub>濃度の上昇は関連する気温上昇の数百年前に起きている。西南極の氷床コアの記録によると、この期間のCO<sub>2</sub>濃度の変動の様子は以下の3つの種類に分けられる。

- ゆるやかなCO<sub>2</sub>濃度上昇: 1万8千年前から1万3千年前までの間に、CO<sub>2</sub>濃度が千年あたり約10 ppmというゆるやかな速度で上昇した。このゆるやかな変化は、南極海における海水温や塩分の変化、海氷の減少及び生物活動の影響により、深海に蓄積された炭素の放出が強まり、吸収が弱まったことによって起きたと考えられている。
- 急激なCO<sub>2</sub>濃度上昇: 100年から200年の間に10 ppmから15 ppmという急速な濃度上昇が、1万6千年前、1万5千年前、1万2千年前に起きた。これらの3つの時期の急上昇は、退氷期におけるCO<sub>2</sub>濃度の総増加量のほぼ半分を占め、また、海洋循環パターンの急変、すなわち北大西洋と南極海間の深層循環の停滞と回復の繰り返し、急速に炭素を大気中に放出したことと関連している。これ

に対し、最近150年間のCO<sub>2</sub>濃度は化石燃料の消費により120 ppm上昇している。

- CO<sub>2</sub>濃度の安定期: 奇妙なことに、いずれの急激な濃度上昇のあとにも、約1000年から1500年の間CO<sub>2</sub>濃度が安定した時期がある。このような安定期の理由についてはまだ議論がなされているところであるが、もっともらしい原因としては、氷床の融解による海洋循環のさらなる変化、陸生植物の成長のゆるやかな変化、濃度急上昇後の大気-海洋間のCO<sub>2</sub>交換、が挙げられる。

### 過去の事例を将来の取組みに活かす

氷床コアから得られる記録よりも古い地質学的記録を用いれば、二酸化炭素濃度が過去に今日のような濃度や、来る数十年に予測される濃度であった時代に、地球システムがどのような応答を示したかを知ることができ

る。岩石や堆積物の層に保存されたアルケノン、ホウ素同位体、化石の葉の気孔から得られる情報から、過去数百万年もの間のCO<sub>2</sub>濃度を推定できる。このようなデータによって、工業化が始まった頃の濃度水準よりも高いCO<sub>2</sub>濃度に対する地球の環境システムの感度を推定でき、したがって気候、氷床、地球システムのモデルを試験し、改善する手立てが得られる。興味深い時代のひとつは、中期鮮新世、すなわち300万年前から500万年前、地球の大気に約400 ppmのCO<sub>2</sub>が含まれていた時代である。このとき世界平均地上気温は現在より2℃から3℃高く、グリーンランドや西南極の氷床が融解し、東南極の氷床までもが後退し、海水面は現在より10 mから20 m高かった。中期中新世、つまり1500万年前から1700万年前には、大気中CO<sub>2</sub>濃度は400 ppmから650 ppmに達し、世界平均地上気温は現在よりも3℃から4℃高かった。この中新世できわめて温暖な時期には、東南極の氷床は内陸部まで後退し、40 mの海面上昇を引き起こした。3400万年前以前には、大気中二酸化炭素濃度は概ね1000 ppmを超え、南極で氷床が成長できないほど気温が高い時期もあった。

地球の過去を探るこれらの貴重なデータによって、高濃度のCO<sub>2</sub>に対する自然環境や生態系の応答を評価するための有用な実例が得られ、それゆえ、将来の温室効果ガス放出シナリオの影響を評価するモデル予測に非常に重要な手がかりを与えることができる。

本記事の参考文献は拡張オンライン版に掲載されている。  
(<http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ghg/ghg-bulletin13.html>)

加量を上回る解析開始以降の最大となり、最近10年の平均年増加量(約 2.2 ppm/年)よりも50%大きい。2015年及び2016年の増加量がそれ以前の年に比べて大きくなった理由の一部は、前年の温室効果ガス年報第12号で説明したように、直近のエルニーニョ現象に関連した二酸化炭素の自然放出が大きかったためである。

## メタン

メタンによる放射強制力は、長寿命の温室効果ガス全体の約17%<sup>(4)</sup>を占める。大気中に放出されるメタンの約40%は自然起源(湿地やシロアリなど)であり、人為起源(反芻動物、稲作、化石燃料採掘、埋め立て、バイオマス燃焼など)によるものは約60%である。人為的な排出が増加した結果、2016年には大気中のメタンの濃度は工業化以前(約 722 ppb)の257%に達した。現場観測による2016年の世界平均濃度は、解析開始以来の最高値を更新する 1853 ± 2 ppb であり、前年から 9 ppb 増加した(図4)。年増加量は、1980年代はじめの約 13

ppb/年から減少し、1999年から2006年の間はほぼゼロだった。2007年以降は再び大気中のメタン濃度が増加している。GAWのメタン観測結果を用いた研究によれば、熱帯の湿地と北半球中緯度での人為排出源からのメタンの放出増加がその原因である可能性が高い。

## 一酸化二窒素

一酸化二窒素の放射強制力は、長寿命の温室効果ガス全体の約6%<sup>(4)</sup>を占め、それらのうちで3番目に大きな寄与がある。一酸化二窒素は、自然起源(約60%)と人間活動(約40%)の両方から放出され、それらは海洋、土壌、バイオマスの燃焼、施肥及び各種工業過程を含んでいる。一酸化二窒素の2016年の世界平均濃度は 328.9 ± 0.1 ppb であり、前年から 0.8 ppb 増加して(図5)、工業化以前(270 ppb)の122%となった。2015年から2016年までの増加量は、最近10年間の平均年増加量(0.9 ppb/年)よりも若干小さい。大気中の一酸化二窒素濃度の増加は、農業における肥料の使用の増加と、大

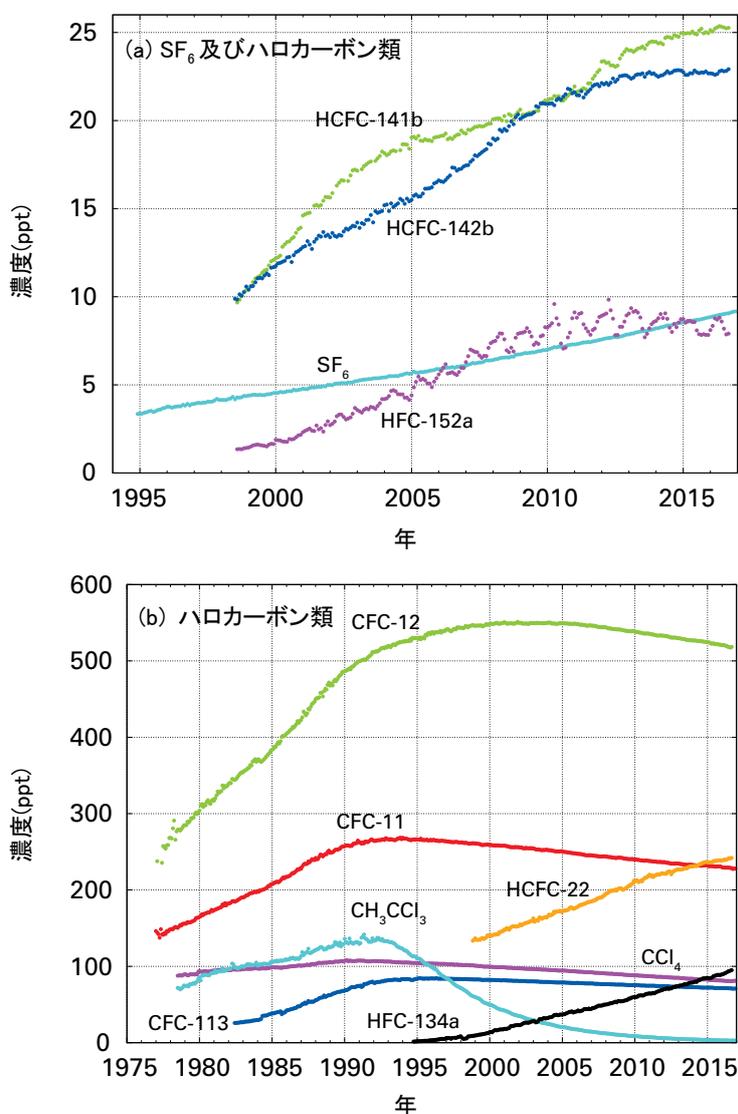


図6 六フッ化硫黄(SF<sub>6</sub>)及び主要なハロカーボン類の月平均濃度 (a)六フッ化硫黄及び低濃度のハロカーボン類、(b)高濃度のハロカーボン類

解析に使用した地点数は、SF<sub>6</sub>(24)、CFC-11(23)、CFC-12(24)、CFC-113(20)、CCl<sub>4</sub>(21)、CH<sub>3</sub>CCl<sub>3</sub>(24)、HCFC-141b(10)、HCFC-142b(14)、HCFC-22(14)、HFC-134a(10)、HFC-152a(9)。

気汚染物質由来の大気中窒素が過剰に沈着することにより、土壌からの一酸化二窒素放出が増加したことが原因である可能性が高い。

## 他の温室効果ガス

六フッ化硫黄(SF<sub>6</sub>)は、強力な長寿命の温室効果ガスであり、化学工業生産されて主に配電設備の電気絶縁体として使われている。現在の大气中の濃度は1990年代半ばに比べて倍増した(図6(a))。オゾン層破壊物質であるクロロフルオロカーボン(CFC)類は、他のハロゲン化合物と合わせた合計で、長寿命の温室効果ガスによる放射強制力全体の約11%<sup>(4)</sup>を占める。大气中のCFC類とほとんどのハロン類は減少している一方で、同じく強力な温室効果ガスであるハイドロクロロフルオロカーボン(HCFC)類やハイドロフルオロカーボン(HFC)類のいくつかは、今のところ量は少ないものの(ppm<sup>(6)</sup>の水準)、比較的急速に増加している。

この年報は主に長寿命温室効果ガスを取り扱う。対流圏のオゾンはこれらに比べて短寿命だが、ハロカーボン類に匹敵する放射強制力を持つ。その他多くの汚染物質(一酸化炭素、窒素酸化物、揮発性有機化合物など)は、温室効果ガスとは呼ばれないが、放射強制力に直接的あるいは間接的な影響をわずかに及ぼす。エアロゾル(浮遊粒子状物質)も、放射収支に影響する短寿命の物質である。ここで述べた全てのガス及びエアロゾルはGAWの観測プログラムに含まれており、WMO加盟の各国や協力する観測ネットワークから支援を受けている。

## 謝辞とリンク

WMO加盟国のうちの51カ国がGAW WDCGGに二酸化炭素及び他の温室効果ガスの観測データを提供している。WDCGGに提供されている観測データの約46%がNOAA地球システム調査研究所(ESRL)と協力する観測ネットワークで得られたものである。その他のネットワークや観測所は、GAWレポートNo.229を参照されたい。Advanced Global Atmospheric Gases Experiment (AGAGE)も本年報に観測データを提供している。さらに、本年報に用いたデータを提供したGAW観測所は、図2に示すとともに、WDCGGウェブサイト(<http://ds.data.jma.go.jp/gmd/wdogg/jp/>)の一覧表に掲げる。また、スイス気象局によって運営されるGAW観測所情報システム(<https://gawsis.meteoswiss.ch>)にも掲載されている。

## 参考文献

- [1] National Oceanic and Atmospheric Administration Earth System Research Laboratory, 2016: Trends in atmospheric carbon dioxide, <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>.
- [2] World Meteorological Organization, 2016: WMO statement on the state of the global climate, [https://library.wmo.int/opac/index.php?lvl=notice\\_display&id=97#.Wdon81uCzIV](https://library.wmo.int/opac/index.php?lvl=notice_display&id=97#.Wdon81uCzIV).
- [3] Butler, J.H. and S.A. Montzka, 2016: The NOAA annual greenhouse gas index (AGGI), <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html>.
- [4] National Oceanic and Atmospheric Administration Earth System Research Laboratory, 2016: NOAA's annual greenhouse gas index, <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/>.
- [5] Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014: *Climate Change*

2014: *Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (R.K. Pachauri and L.A. Meyer, eds.). Geneva.

- [6] World Meteorological Organization, 2009: *Technical Report of Global Analysis Method for Major Greenhouse Gases by the World Data Center for Greenhouse Gases* (Y. Tsutsumi, K. Mori, T. Hirahara, M. Ikegami and T.J. Conway). GAW Report No. 184 (WMO/TD-No. 1473), Geneva, [https://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/documents/TD\\_1473\\_GAW184\\_web.pdf](https://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/documents/TD_1473_GAW184_web.pdf).
- [7] Conway, T.J., P.P. Tans, L.S. Waterman, K.W. Thoning, D.R. Kitzis, K.A. Masarie and N. Zhang, 1994: Evidence for interannual variability of the carbon cycle from the National Oceanic and Atmospheric Administration/Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory Global Air Sampling Network. *Journal of Geophysical Research*, 99:22831–22855.
- [8] Le Quééré, C., et al., 2016: Global carbon budget 2016. *Earth System Science Data* 8:605–649, doi:10.5194/essd-8-605-2016.

## 連絡先

世界気象機関 研究部大気環境研究課(ジュネーブ)  
E-mail: [gaw@wmo.int](mailto:gaw@wmo.int)  
Web site: <http://www.wmo.int/gaw>

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](mailto:wdcgg@met.kishou.go.jp)  
Web site: <http://ds.data.jma.go.jp/gmd/wdogg/jp/>

- (1) ppmは乾燥空気分子100万個中の当該ガスの分子数。
- (2) モル分率で表した濃度: モル分率は混合ガスまたは流体の濃度を表すのに用いられる。大気化学分野では濃度を乾燥空気分子に対する着目する成分の分子の存在比率(モル数の比)で表す。
- (3) ppbは乾燥空気分子10億個中の当該ガスの分子数。
- (4) ここでいう比率は、1750年以降の全ての長寿命の温室効果ガスによる世界全体の放射強制力の増加量に対して、それぞれのガスが寄与する相対的な割合のこと。
- (5) 炭素換算で10億トン(10<sup>15</sup> g)は 1PgC(ペタグラムカーボン)とも表記される。
- (6) pptは乾燥空気分子1兆個中の当該ガスの分子数。

(訳注1) 気象庁の定義では発生期間を2014年夏から2016年春としているエルニーニョ現象を、原文に沿って2015年から2016年に発生したものと記述している。

## (付録)年報中の主な用語

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/m<sup>2</sup>)で表す。  
排出インベントリ: 大気中に排出される人為起源及び自然起源の大気微量成分の量を推計しデータベース化したもの。

## 日本語訳について

このWMO温室効果ガス年報第13号(気象庁訳)は、WMOが2017年10月30日に発行したWMO Greenhouse Gas Bulletin No. 13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)  
〒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](mailto:wdcgg@met.kishou.go.jp)

## 今回紹介する温室効果ガス観測所



**ケープポイント観測所**は、南アフリカ共和国のケープ半島南端(南緯 34 度 21 分、東経 18 度 29 分)の自然保護区内にあり、ケープタウンの南約 60 km に位置する。観測所は海拔 230 m の崖の上にあり、三方を海に囲まれている。卓越する風向が南東-南南西であり、主に南大西洋上からの良く混合された海洋性の大気にさらされる。時折、大陸性の空気塊が観測所に到達し、大気の流れのパターンと対比した研究を行う機会を与えている。ケープ半島は地中海性気候であり、夏は通常乾燥し風が強いが、冬は寒く湿潤である。

観測所が設立されて 40 年目となった現在、この観測所の主要な活動は、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素といった主要な長寿命温室効果ガス、一酸化炭素、地上オゾン、ガス状元素態水銀、ハロカーボン類といった他の微量気体及びエアロゾルの継続的な監視である。1995 年以來、この観測所は WMO GAW 全球観測所のひとつであり、定期的にスイス連邦材料試験研究所(Empa)による監査と WMO 相互比較研究に参加している。この観測所はまた、気象要素と太陽放射の観測を一通り実施している。



**サミットグリーンランド環境観測所 (GEOSummit)**は、全米科学財団が資金提供し、通年で試料採取を行っている北極域の観測所である。GEOSummit は、グリーンランド氷床の頂上に位置し(北緯 72.58 度、西経 38.48 度、海拔 3202 m)、大気過程を調査するうえで他に類を見ない機会を与えてくれる。ベースライン観測計画が 2003 年に策定され、主要観測地点として特有の観測要素の測定値が通年で提供されている。現在、研究者が入手可能なベースライン観測のデータセットは、気象要素の観測のほか、100 本の雪尺網や 12 km のトランセクトにおける積雪観測、週毎の表層積雪の化学分析、観測用雪穴における月毎の化学分析及び層位、及びフィルターサンプリングされた放射性核種の観測データである。8 段ドラム式のインパクターサンプラーを用いた連続観測によるエアロゾルデータも入手可能である。米国海洋大気庁地球監視部の観測機器類が、オゾン及び黒色炭素エアロゾルを現地で連続観測するために設置されている。加えて、温室効果ガスについてはフラスコ試料採取による観測が毎週行われている。また同じ試料を用いて、2006 年以來コロラド大学極地・高山研究所(INSTAAR)により、揮発性有機化合物(VOCs)の分析が行われてきた。ハロカーボン類の観測のため、ステンレスフラスコにもうひとつの試料セットが隔週で採取されている。2008 年以來 INSTAAR により、メタン(1 時間間隔)及び VOCs(4 時間間隔)の連続観測が遠隔操作のガスクロマトグラフを用いて現地で実施されてきた。