

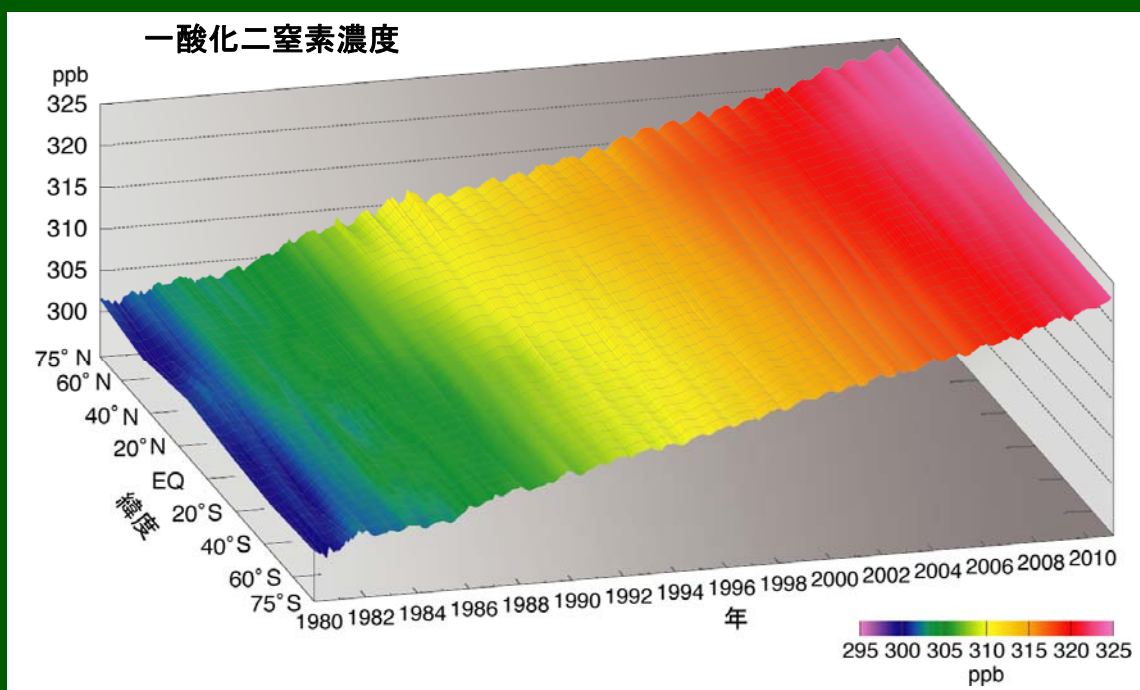


WMO (気象庁記)

温室効果ガス年報

2010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7号 | 2011年11月21日



1980年から2010年までのWMO/GAWの観測所のデータを利用した一酸化二窒素 (N_2O) の緯度帯平均濃度分布を示す。現在、一酸化二窒素は、長寿命の温室効果ガスとして放射強制力に与える影響でフロン12(CFC-12)を上回り、3番目に大きな効果をもたらしている。また、今後100年間の気候変動への影響は、同量の二酸化炭素が与える影響の298倍である。一酸化二窒素は成層圏オゾンの破壊に重要な役割を果たしており、今後その放出が成層圏オゾンを減少させる最大の要因となる可能性がある。人為起源による一酸化二窒素の最

大の発生源は堆肥を含む窒素肥料であり、これが窒素循環に重大な影響を及ぼしている。農業で使用されている肥料の量を作物が必要とする窒素の量に合うように減らせば、一酸化二窒素の放出を削減できるが、このような変更は世界的な食料の確保に対する懸念を生まないように、穀物等の減収を避けて注意深く行う必要がある。北半球中緯度で肥料の使用が卓越しているために、一酸化二窒素の濃度には、 $1.2\text{ppb}^{(1)}$ 程度のわずかな南北半球間の勾配を生じている。

要 旨

WMO全球大気監視(GAW)計画から得た観測成果の最新の解析によると、2010年の二酸化炭素(CO_2)、メタン(CH_4)、一酸化二窒素(N_2O)の世界平均濃度は、それぞれ、 $389.0\text{ppm}^{(2)}$ 、 1808ppb 、 323.2ppb となり、これまでの最高値を更新した。これらの値は、工業化(1750年)以前より、それぞれ39%、158%、20%高い。2009年から2010年にかけての二酸化炭素と一酸化二窒素の濃度増加量は近年の傾向とほぼ同じだが、

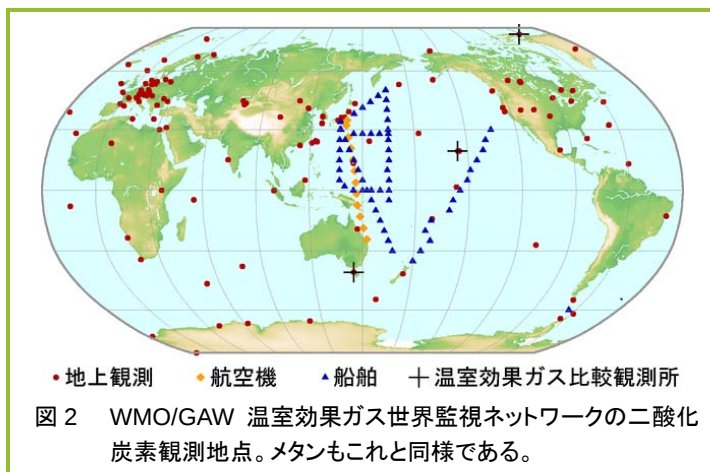
ともに2008年から2009年にかけての増加量及び最近10年の平均増加量よりも大きくなっている。大気中のメタンは引き続き増加しており、最近3年間の傾向とほぼ同じである。米国海洋大気庁(NOAA)年次温室効果ガス指標(Annual Greenhouse Gas Index)によると、1990年から2010年までに、長寿命の温室効果ガスによる放射強制力は29%増加しており、このうち二酸化炭素が80%近くを占める。一酸化二窒素の放射強制力が、フロン12のそれを上回ったので、一酸化二窒素が3番目に重要な長寿命の温室効果ガスとなった。

概要

この報告は、WMO/GAWの温室効果ガス年報の第7号である。毎年、本年報は長寿命の温室効果ガス(LLGHGs)の中で最も影響の大きい、二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄)、一酸化二窒素(N₂O)、フロン12(CFC-12)及びフロン11(CFC-11)の大気中の濃度と変化を報告するとともに、これらよりも影響の少ない他の温室効果ガスの概要も示す。上記の5種類のガスが、長寿命の温室効果ガスによる放射強制力増加の約96%をもたらしている(図1)。

WMO/GAWは、温室効果ガス及びその他の微量成分を含む大気組成の組織的観測及び解析をとりまとめている。GAWの二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素の観測ネットワークは、全球気候観測システム(GCOS)による包括・基本観測網の役割も担っている。温室効果ガスを監視している地点を図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。

主な3種の温室効果ガスの2010年の世界平均の大気中濃度と、2009年及び1750年からの濃度変化については下の表に掲載されている。この結果は、WMO世界標準に準拠して観測された世界のデータセットを解析して得られた(GAW Report No. 184, <http://www.wmo.int/gaw> を参照)。移動観測による



データは、図2で太平洋に青い三角で示す米国海洋大気庁(NOAA)のフラスコ観測によるものを除き、この解析に使っていない。

この表にまとめられている3種の温室効果ガスは工業化以降増加している。これらの温室効果ガスは、その大気中の濃度が人間活動と直接結びついており、一般に水蒸気よりも長く大気中に留まる。水蒸気は最も影響の大きい温室効果ガスではあるが、気候フィードバックにより比較的短い時間に増減する。しかしながら、主な3種の温室効果ガスは人間活動と密接に関係するだけでなく、生物圏や海洋とも強い相互作用がある。大気中の化学反応もまたその濃度に影響する。大気中の温室効果ガスの変化を予測するには、その様々な発生源や吸収源についての理解が必要である。

NOAA年次温室効果ガス指標(AGGI)によると、長寿命の温室効果ガスによる放射強制力の総計は、1990年から2010年にかけて29%、2009年から2010年にかけては1.4%増加した(図1、<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi> 参照)。

二酸化炭素(CO₂)

二酸化炭素は、大気中で人間活動から排出されるガスの中で最も影響が大きく、長寿命の温室効果ガスによる放射強制力全体の約64%⁽³⁾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の85%、最近5年間でみると81%が二酸化炭素の効果による。産業革命以前の約1万年の間、大気中の二酸化炭素濃度は約280ppmでほぼ一定であった。二酸化炭素の濃度は、大気、海洋及び生物圏の間の炭素交換のバランスで決まる。1750年以来、大気中の二酸化炭素は39%増加した。これは、主として化石燃料の燃焼による放出(2009年には炭素換算で年84±5億トン、<http://www.globalcarbonproject.org/>を参照)及び森林伐採・土地利用変化によるものである。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、化石燃料の燃焼によって放出された二酸化炭素量のうち平均約55%に相当する。残りの約45%は海洋や陸上生物圏によって大気中から除去されてきた。大気中の二酸化炭素量は年によって変動しているが、世界全体での変動傾向は確認されていない。二酸化炭素の2010年の世界平均濃度は389.0ppmであり、2009年からの増加は2.3ppmであった(図3)。この濃度増加は、1990年代の平均(年に約1.5ppm)より大きく、最近10年の平均増加量(年に約2.0ppm)よりも大きくなっている。

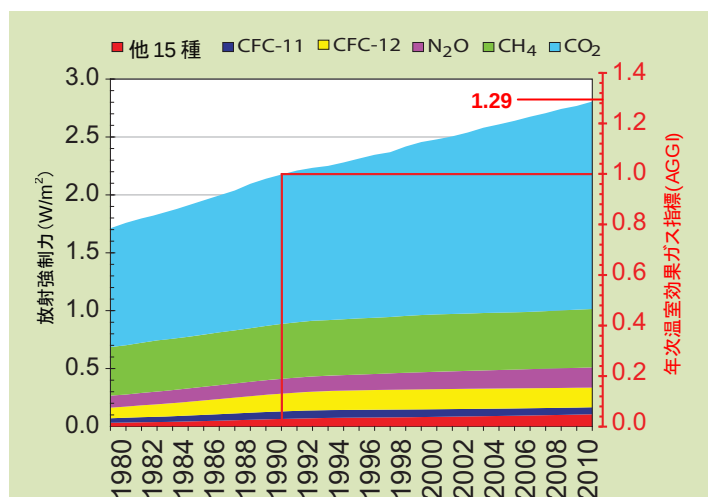


図1 長寿命の温室効果ガスによる放射強制力(1750年を基準)の経年変化と2010年のNOAA年次温室効果ガス指標(AGGI、1990年の値を1とする)。

表は、WMO/GAW世界温室効果ガス監視網による主な温室効果ガスの世界平均濃度と増加量。2010年の平均濃度は12か月間の平均値。

	CO ₂ (ppm)	CH ₄ (ppb)	N ₂ O (ppb)
世界平均濃度(2010年)	389.0	1808	323.2
1750年以来の増加分の比率 ^(a)	139%	258%	120%
2009年と2010年の濃度差	2.3	5	0.8
2009年からの増加分の比率	0.59%	0.28%	0.25%
世界平均濃度の最近10年間の平均年増加量	1.97	2.6	0.75

^(a) 工業化以前の濃度を、二酸化炭素(CO₂)は280ppm、メタン(CH₄)は700ppb、一酸化二窒素(N₂O)は270ppbと仮定した。

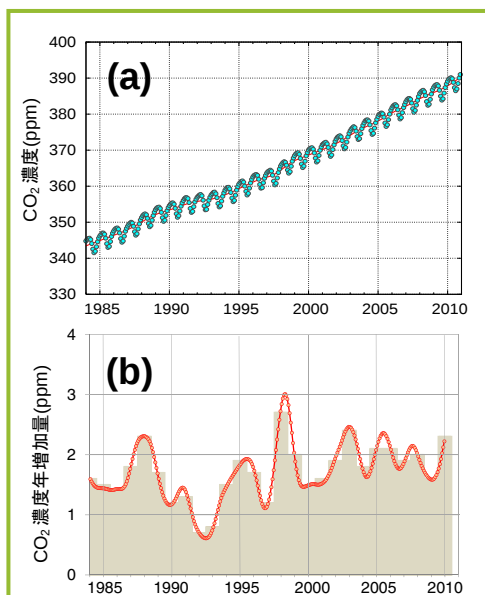


図3 二酸化炭素の1984年から2010年までの(a)世界平均濃度と(b)その一年あたりの増加量。(b)の棒グラフは前年からの濃度差。

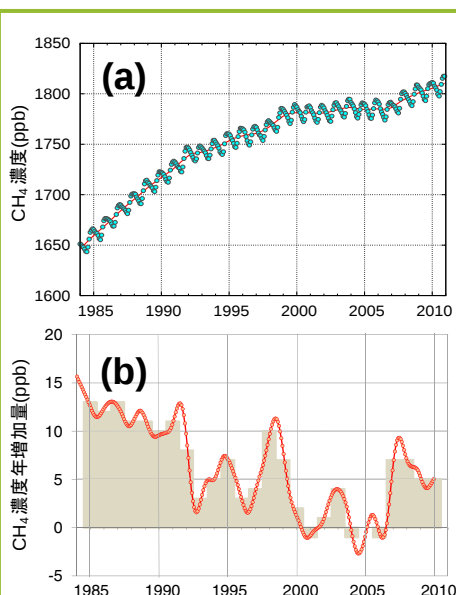


図4 メタンの1984年から2010年までの(a)世界平均濃度と(b)その一年あたりの増加量。(b)の棒グラフは前年からの濃度差。

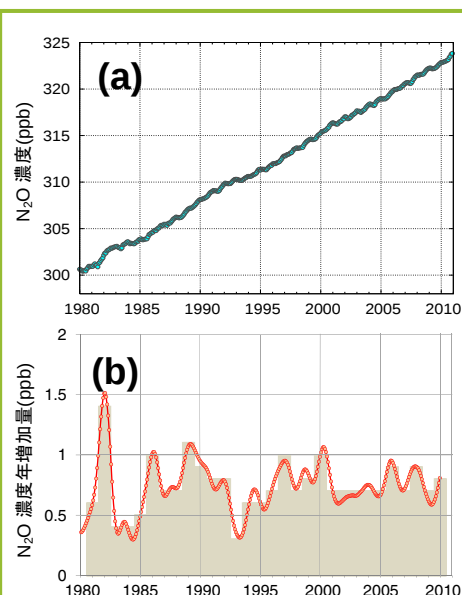


図5 一酸化二窒素の1980年から2010年までの(a)世界平均濃度と(b)その一年あたりの増加量。(b)の棒グラフは前年からの濃度差。

メタン(CH₄)

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18%⁽³⁾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、人間活動(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。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。工業化以前、大気中のメタン濃度は約700ppbであった。人間活動による排出の増加によりメタンの濃度は158%増加した。メタンの2010年の世界平均濃度は1808ppbであり、2009年から5ppb増加し、2009年に記録した最高値を上回った(図4)。メタン濃度は、1980年代前半には最大で年に13ppb増加していたが、1999年から2006年までほとんど増加しなかった。2007年からは再びメタン濃度が増加しており、2006年から2009年までに19ppb増加したのに続いて2010年には5ppb増加した。最近のメタン濃度増加の理由は十分には分かっていないが、ほとんどが生物活動に関連した幾つかの要因が寄与すると考えられている。メタンの発生に影響する諸過程に対する理解向上のためには、発生地域の近くでもっと実測データを得る必要がある。

一酸化二窒素(N₂O)

一酸化二窒素の濃度増加による放射強制力は、長寿命の温室効果ガス全体の約6%⁽³⁾を占め、現在はそれらのうちで3番目に大きな寄与がある。工業化以前の大気中濃度は270ppbであった。一酸化二窒素は、海洋、土壌、バイオマスの燃焼、施肥及び各種工業過程など自然や人間活動から放出される。放出量全体の約40%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。一酸

化二窒素の2010年の世界平均濃度は323.2ppbであり、前年から0.8ppb増加し(図5)、工業化以前に比べ20%高くなった。最近10年間平均の年増加量は0.75ppbである。

他の温室効果ガス

六フッ化硫黄(SF₆)は、気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書で規制される長寿命の強力な温室効果ガスであり、人工的に生産されて配電器具の電気絶縁体として使われている。大気中の濃度は1990年代半ばに比べて倍増した(図6)。オゾンを破壊するクロロフルオロカーボン(CFC)類は、他のハロゲン化物と合わせた合計で放射強制力全体の12%⁽³⁾をもたらしている。大気中の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)類は、今のところ量は少ないものの急速に増加している(図7)。

対流圏のオゾン(O₃)はあまり寿命が長くないが、人間活動に伴う前世紀以来のオゾン増加による温室効果は、確実とは言えないもののハロカーボン類に匹敵する。分布が非常に偏っていることや時間による変動が大きいため、世界的な分布や

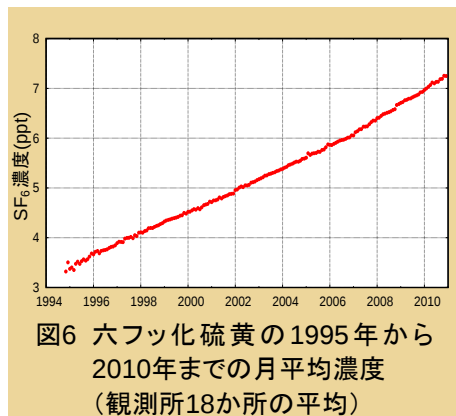


図6 六フッ化硫黄の1995年から2010年までの月平均濃度(観測所18か所の平均)

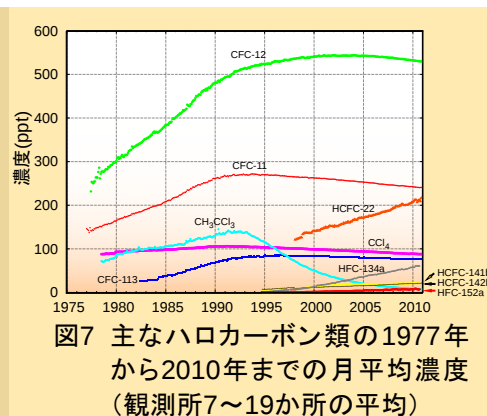


図7 主なハロカーボン類の1977年から2010年までの月平均濃度(観測所7~19か所の平均)

変化傾向を推定することは困難である。その他多くの汚染物質(一酸化炭素、窒素酸化物、揮発性有機物質など)は、温室効果ガスとして効果はないが、対流圏オゾンに影響することで間接的に放射強制力に影響する。エアロゾル(浮遊粒子状物質)も、放射強制力に影響する短寿命の物質である。このようなガス及びエアロゾルは、WMO加盟の各国や協力する観測網から支援を受けつつ、GAW計画に基づいて観測されている。

年報の配布

温室効果ガス年報は、気象庁が運営する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地球システム研究所(NOAA/ESRL)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。過去に発行されたものも含め、以下に記載したGAW計画、WDCGGのウェブサイトから取得可能である。

謝辞とリンク

WMO加盟の50カ国が気象庁のWDCGG に二酸化炭素の観測データを提供している。GAWに提供されている観測データの約49%がNOAAの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は、オーストラリア、カナダ、中国、日本及びヨーロッパの多くの国々により運営されている(<http://www.wmo.int/gaw>にGAWレポートNo.186として掲載されている国別報告書を参照)。GAWに協力する観測ネットワークであるAdvanced Global Atmospheric Gases Experiment (AGAGE)も本年報に観測データを提供している。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://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/>)に一覧表に掲げる。また、スイスのEMPAGが運営するGAW観測所情報システム(<http://gaw.empa.ch/gawsis/>)にも掲載されている。

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: AREP-MAIL@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

Web site: <http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/>

(1) ppbは乾燥した空気分子10億個中の当該ガスの分子数

(2) ppmは乾燥した空気分子100万個中の当該ガスの分子数

(3) ここでいう比率は、1750年以来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を計算したものである(<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi>)。

(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/m²)で表す。

窒素循環: 地球上の生物や大気、海洋などの間で、窒素とこれを含む物質が変換され、生化学的に循環することを指す。

日本語訳について

このWMO温室効果ガス年報第7号(気象庁訳)は、WMOが2011年11月21日に発行したWMO Greenhouse Gas Bulletin No. 7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

今回紹介する温室効果ガス観測所



サモア観測所(14.23°S, 170.56°W)は、1974年に設立され、NOAA/ESRL/GMDの6つの基準観測所のひとつである。アメリカ領サモアに属するツツイラ島の北東端の南太平洋を見下ろす崖の上に位置している。設立以来2回大型台風が襲来したが、大きな被害を受けずに存続した。この観測所は太陽電池パネルで昼間の電力の30%

を得ている。1977年1月からフラスコ観測により一酸化二窒素の測定を行っている。また電子捕獲型検出器ガスクロマトグラフィー(GC-ECD)による連続観測を1978年7月から行っている。

パロー観測所(71.32°N, 156.61°W)は1973年にアラスカに設立された。この観測所は年間を通して2人の技術者・科学者の要員が配置され、彼らは冬季にはしばしばスノーモービルで出勤する。その特殊な環境、献身的で高度に訓練された要員、優れた電力・通信設備によって、パロー観測所は世界中の様々な共同研究プロジェクトの主権地となっている。人為起源の影響を極力受けにくい場所に設置され、1977年1月からフラスコ観測による一酸化二窒素の測定を行っている。またGC-ECDによる連続観測を1987年1月から行っている。



ニオットリッジ(40.05°N, 105.59°W)はコロラド州ボルダーの西約35kmに位置し、観測所全体が3000m以上の高度にある。主要な山岳研究基地でもあるニオットリッジはルーズベルト国有林の一部であり、ユネスコの生物圏保護区及び米国農務省森林サービスの実験的生態学保護区となっている。この地点の大気サンプルは1963年からフラスコで採取されており現在もNOAA/ESRL/GMDに提供されている。これらのフラスコにより1977年1月から一酸化二窒素の解析を開始しており、GC-ECDによる一酸化二窒素の連続観測は1987年1月から行われている。

他にも多くの観測所が一酸化二窒素を長期間観測している。オーストラリアのケーブグリム(1978年から一酸化二窒素の観測を継続)、アイルランドのアドリーゴール(1978年から)は、その後メイスヘッド(1987年から現在まで)へ移動、バルパドスのラギドポイント(1978年から)、オレゴン州ケーブミーズ(1979年から)は、カリフォルニア州トリニダードヘッドへ移動(1995年)、そしてマウナロア(1978年から)がある。