
報 告

温室効果ガス世界資料センター（WDCGG）設立 20 周年

地球環境・海洋部 環境気象管理官*

1. はじめに

気象庁が運営している世界気象機関（WMO）の温室効果ガス世界資料センター（WDCGG）が、2010年10月で設立20周年を迎えた。

WDCGGが設立された1990年は、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の設立（1988年）、オゾン層や温室効果ガスなどの観測を世界各国の気象機関などが協力して行うWMO全球大気監視（GAW）計画の開始（1989年）、気候変動に関する国際連合枠組条約（UNFCCC）の採択（1992年）など気候変動問題が世界的に認知され始めた時期であった。その後加速度的に気候変動に関する観測・研究及び各国の施策などの取組が活発化し、国際的な要請に応えるためにWDCGGは業務を拡充して今日に至っている（付録1）。

WDCGGは、GAWの下に設立されている6つの世界資料センター（WDC）の1つで、全世界から報告される温室効果ガス観測データをデータベース化して管理することを目的としている。WDCGGに報告されるデータの種類や観測所数は年々増加を続け、船舶や航空機からのデータも報告されるなど、データの量・質ともに拡大している。また、WDCGGに報告されたデータは、刊行物として観測者や研究者に提供されるほか、WDCGG自身も様々な解析に使っており、その結果はUNFCCCの締約国会議にも提供されるなど

温室効果ガスの現状を伝える活動に有効利用されている。設立から20年の間に観測データの報告方法は、設立当時の報告用紙（コーディングシート）やフロッピーディスクによる郵送方式から、1995年からは電子メール、1996年からはFTP方式を導入し、1990年代半ばにはほぼ全て電子媒体とインターネットを活用したオンライン方式へと変化した。データ公開も、設立当初は印刷物のみであったが、1995年にはCD-ROMなどの電子媒体によって提供するようになり、インターネットが一般に普及していなかった1996年には既にWDCGGウェブサイトを開設し、インターネットを通じて世界各地から自由にアクセスできるようになった。また、計算機性能の向上などにより解析手法を高度化させてきた。さらに近年は、衛星観測データの品質評価、化学輸送モデルを利用した温室効果ガスの放出・吸収量推定のための入力データ及び化学輸送モデルの検証に利用するために高品質な温室効果ガス観測データへの需要が高まっており、WDCGGの重要性は今後ますます高まると考えられる。

本稿ではWDCGG設立20周年にあたり、これまでの活動を振り返るとともに、業務の現状についてとりまとめ、また、国際的な状況を踏まえた課題や展望についても解説する。

* 須田 一人・木下 篤哉（現 長崎海洋気象台）・松本 隆則・栗原 幸雄（現 気象衛星センター）
・濱田 啓次・田中 秀和（現 地球環境・海洋部海洋気象課）・坂井 めぐみ

2. WDCGG 設立の経緯

2.1 GAW 計画開始まで

国際学術連合会議（当時）（ICSU）による総合的な地球観測のための国際学術協力事業である国際地球観測年（IGY）が1957年から1958年にかけて実施された時、WMOではオゾン層の全球的な観測を推進する「全球オゾン観測システム（GO₃OS）」が開始された。温室効果ガスについても時を同じくして、二酸化炭素の観測が1957年に南極点で、1958年にマウナロア（Mauna Loa, 米国・ハワイ）でそれぞれ始まった。これらの温室効果ガスの観測は、1969年に設置が決まった「大気バックグラウンド汚染観測網（BAPMoN）」の構成要素の1つとしてWMOによって国際的に推進された。1979年には国連欧州経済委員会（UNECE）において欧州諸国などを対象とする「長距離越境大気汚染条約（Convention on Long-range Trans-boundary Air Pollution）」が採択された。

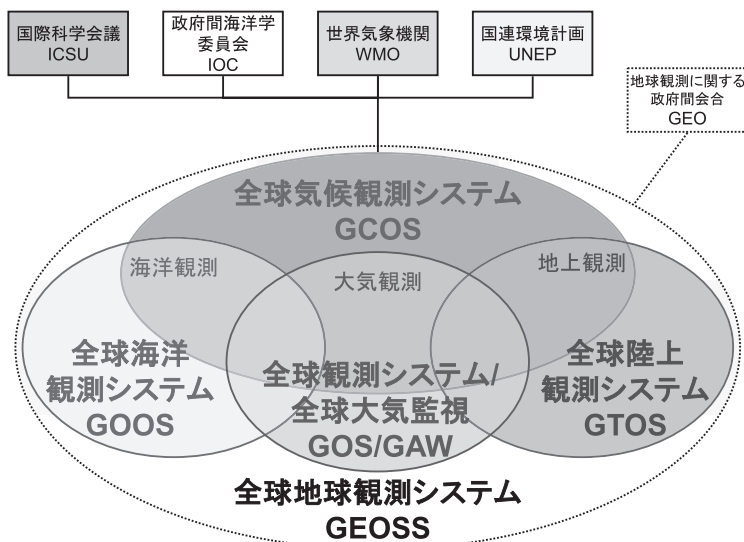
1980年代になるとオゾン層破壊や地球温暖化問題をはじめとする地球環境問題への関心が一層高まり、「オゾン層の保護のためのウィーン条約（Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer）」の採択（1985年）、「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書（Montreal Protocol on Substances that Deplete the

Ozone Layer）」の採択（1987年）、WMOと国連環境計画（UNEP）によるIPCCの設立（1988年）、「第2回世界気候会議」（スイス・ジュネーブ）の開催（1990年）などの国際的な取組が進められた。1992年には「国連環境開発会議（UNCED, 地球サミット）」（ブラジル・リオデジャネイロ）が開かれ、UNFCCCが採択された。また、同年にはWMO, UNEP, ICSU及び国連教育科学文化機関（UNESCO）政府間海洋学委員会（IOC）による「全球気候観測システム（GCOS）」が設立された。

このような動きの中で、WMOは互いに密接に関連しあっている地球環境問題に適切に対処するべく、新しい概念の下で世界的な観測網を構築するためGO₃OSとBAPMoNとを統合し発展させたGAWを1989年に開始した（第2.1図）。

2.2 GAW の任務と構成

GAWはWMO大気科学委員会（CAS）の下に設けられた環境汚染と大気化学に関する部会（OPAG-EPAC）の合同科学委員会による指揮の下で活動しており、成層圏オゾンの破壊及び紫外線の増加、人間活動による大気組成（特に温室効果ガス、オゾン、エアロゾル）の変化とそれに影響される気象・気候の変化、大気汚染による人間の健康へのリスク軽減及び大気汚染物質の長距離輸



第2.1図 GAW の位置付け

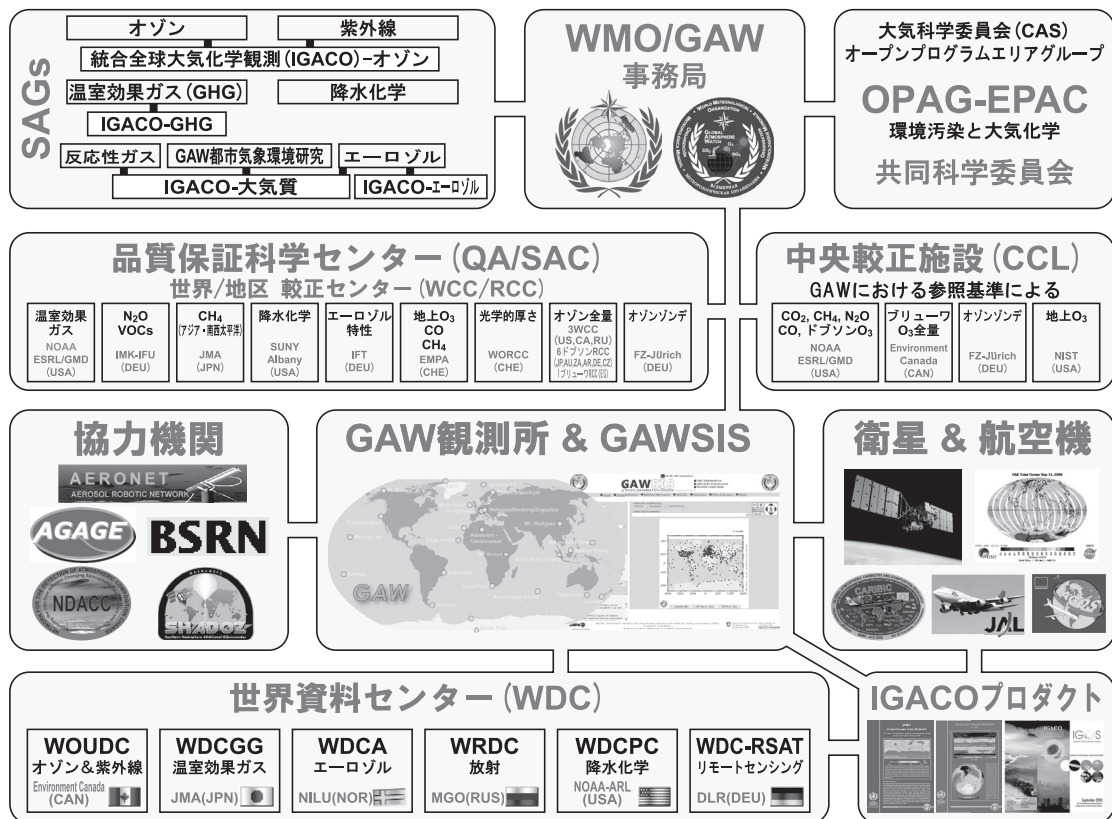
送・沈着といった課題にも取り組んでいる（第2.2図）。また、全球的かつ長期的な大気環境観測の維持、データの品質保証・品質管理の実施、統合的なプロダクトやサービスの提供を通じて、社会の環境リスク軽減及び環境関連条約に必要な情報の提供、気候・気象・大気環境に関する予測能力の向上、環境に関する政策決定を支える科学的なアセスメント作成への貢献を任務としている。

現在、GAWはGCOSの枠組みの中で温室効果ガス（二酸化炭素、メタンなど）、エアロゾル及びオゾン（全量、鉛直分布）の観測網を担っている（第2.1図）。GCOSは、UNFCCCの研究及び組織的観測を推進する役割を担っていることから、GAWはUNFCCC締約国会議などに対して科学的な観測事実を継続的に提供するという重要な役割を担っている（堤ほか、2009）。GAWで得られた観測データを基にWMOが定期的に発

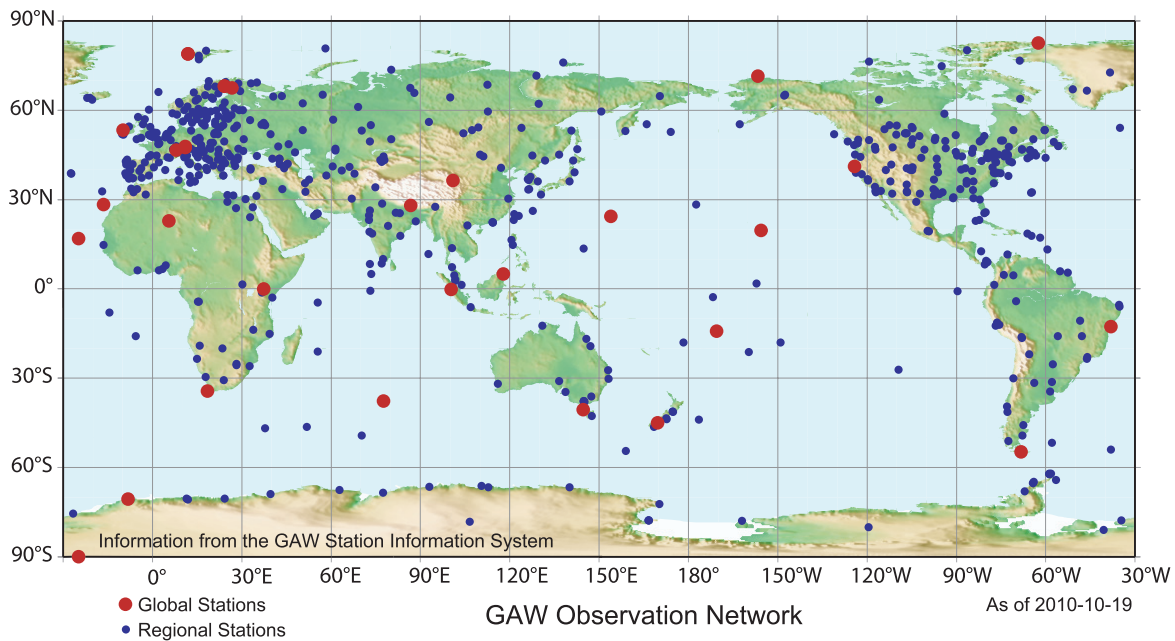
行している「WMO温室効果ガス年報（Greenhouse Gas Bulletin）」や「南極オゾン報告（Antarctic Ozone Bulletin）」のほか、GAWから得られる観測結果などを基にした論文などの科学的な成果は、「WMO/UNEPオゾン層破壊の科学アセスメント」や「IPCC評価報告書」などに貢献するのみならず、UNFCCCの下での法的・制度的な枠組みの構築のための基礎的な資料として提供されている。

2010年10月現在、GAWの下で27か所の全球観測所（Global Station）及び数百箇所の地域観測所（Regional Station）が設置されている（第2.3図）。これらの観測所はGAWで定めた観測基準を満たすために、局地的な汚染の影響を受けにくく広範な地域を代表する環境に立地している。これらの観測所からWDCに報告されるデータは品質が明らかで相互に比較可能なものとなっている。特に、

GAW構成図



第2.2図 GAW 構成図



第2.3図 GAW観測所一覧 (GAW SIS 資料を基に作図)

全球観測所は GAW の主要な観測分野であるオゾン、温室効果ガス、反応性ガス、大気沈着、紫外線、エアロゾルのうち少なくとも3つの観測を行うとともに、高層観測など GAW 以外の観測との連携の役割や科学的な支援を受けつつ、長期的・先見的な観測を行う拠点としての役割を担うとされており、先述のマウナロアのほか、北はアラート (Alert, カナダ) から南は南極点まで、鉛直方向にも我が国の南鳥島のような海面近くの地点から標高 5079m のピラミッド (Pyramid, ネパール) のような高地までが指定されている。GAW 観測所に関する情報をデータベース化し、ウェブ上で参照できるよう、GAW 観測所情報システム (GAW SIS) がスイスにより運営されている。

GAW の科学的な活動を支援・担保するため、観測分野ごとにその分野の専門家及び関係する WDC の代表者として構成される科学諮問部会 (SAG) を設け、観測網の拡充に関する勧告や観測の精度・手法に関するガイドラインの作成などの活動を行っている。WDC 及び GAW SIS の活動を調整するため、これらの代表者で構成する専門家チーム (ET-WDC) が設けられている。また、各観測所における観測が GAW 観測基準と比較で

きるように、較正や比較観測を行う世界較正センター (WCC) 及び地区較正センター (RCC)、観測基準を維持する中央較正施設 (CCL)、観測所におけるデータ品質保証活動を支援するための研修などを行う品質保証科学センター (QA/SAC)、そして観測データのデータベース化や管理などを行う世界資料センター (WDC) が設置されている (第2.1表)。

気象庁は、このような GAW の活動の中で、観測所及び国際センターの運営を行うほか、OPAG-EPAC をはじめとする多くの専門家グループに職員が委員として参加している。観測所の運営としては、GAW の全球観測所 (南鳥島) 及び地域観測所 (札幌、綾里 (岩手県)、つくば (茨城県)、鹿児島 (2005 年まで)、那覇、与那国島 (沖縄県)、南極昭和基地) で長期的に観測を行い WDC にデータを報告している。また、国際センターの活動として、QA/SAC (アジア・南西太平洋地区の二酸化炭素、メタン、オゾン全量を担当) 及び WCC (アジア・南西太平洋地区のメタンとアジア地区のドブソン分光光度計によるオゾン観測を担当) など GAW の下に設立された複数の国際センターを運営しており、なかでも温室効果ガス

第 2.1 表 WDC 一覧

| 名称 | 観測要素 | 運営機関 | 定期刊行物など |
|--------------------------------|---|---|---|
| 世界オゾン・紫外線資料センター (WOUDC) | オゾン(ゾンデ,全量,反転) 紫外線(全量,マルチバンド,波長別) | カナダ気象局 (Meteorological Service of Canada, Environment Canada) | 「Ozone Data for the World」 (CD-ROM/DVD-ROM) 「WMO Antarctic Ozone Bulletins」 |
| 温室効果ガス世界資料センター (WDCGG) | 温室効果ガス (CO ₂ ,CH ₄ ,N ₂ O,CFCs,etc...) 反応性ガス (CO,NO ₂ ,NO,SO ₂ ,etc...) | 日本・気象庁 (Japan Meteorological Agency) | 「Data Summary」 WDCGG CD-ROM/DVD-ROM 「WMO Greenhouse Gas Bulletin」 |
| エアロゾル世界資料センター (WDCA) | 光学的厚さ(PFR or Other) エアロゾル(光吸収,散乱,後方散乱) OBC(Optical Black Carbon) エアロゾル化学成分、他 | ノルウェー大気研究所 (Norwegian Institute for Air Research) | |
| 世界放射資料センター (WRDC) | 日射・放射 (全天日射,散乱日射,日照時間, 放射収支) | ロシア・中央地球物理観測所 (Voeikov Main Geophysical Observatory) | 「Solar Radiation and Radiation Balance Data」 |
| 降水化学世界資料センター (WDCPC) | 化学成分(降水,降下じん) | 米国海洋大気庁大気資源研究所 (National Oceanic and Atmospheric Administration Air Resources Laboratory, ARL) | |
| 大気リモートセンシング世界資料センター (WDC-RSAT) | 衛星で観測されたデータ (ガス,エアロゾル,雲,太陽放射, 地表面状態と変動) | ドイツ航空宇宙研究センター (German Aerospace Centre, DLR) | |

の WDC である WDCGG は、その活動開始から 20 年を経過して、GAW の温室効果ガス関連の活動における情報発信で中心的な役割を果たしている。

2.3 世界資料センター (WDC) の変遷

大気化学観測は、研究機関だけでなく定常観測機関においてもプロジェクト的に行われることがあるため、プロジェクト終了後にデータの管理が不十分となり担当者と連絡がとれずにデータが利用できなくなることが多い。このようなデータ利用における問題に対応するため設立された WDC は、報告された観測データの保管、データベース化及び提供を担ってきた。世界オゾン・紫外線資料センター (WOUDC) は、GO₃OS の世界オゾン資料センターとして 1960 年から活動を開始し、

GAW の発足を経て 1992 年から紫外線のデータも対象として取り扱うことになった。WDCGG は 1990 年から活動を開始し、BAPMoN の傘下にあった観測所の温室効果ガスデータを取り扱い、さらに 2002 年には WDC の 1 つとして設置されていた地上オゾン世界資料センターの業務を引き継いでいる。世界放射資料センター (WRDC) は、1964 年から活動を開始し世界の放射観測データを取り扱っている。世界の降水化学観測データを取り扱う世界降水化学資料センター (WDCPC) 及びエアロゾル観測データを取り扱う世界エアロゾル資料センター (WDCA) は、活動が一時停止状態にあったが、それぞれ 2009 年、2010 年に新たな機関が機能を引き継いで活動を再開した。世界の様々な機関が保有する衛星観測データに対するポータルサイトの役割を持つ大気リモート

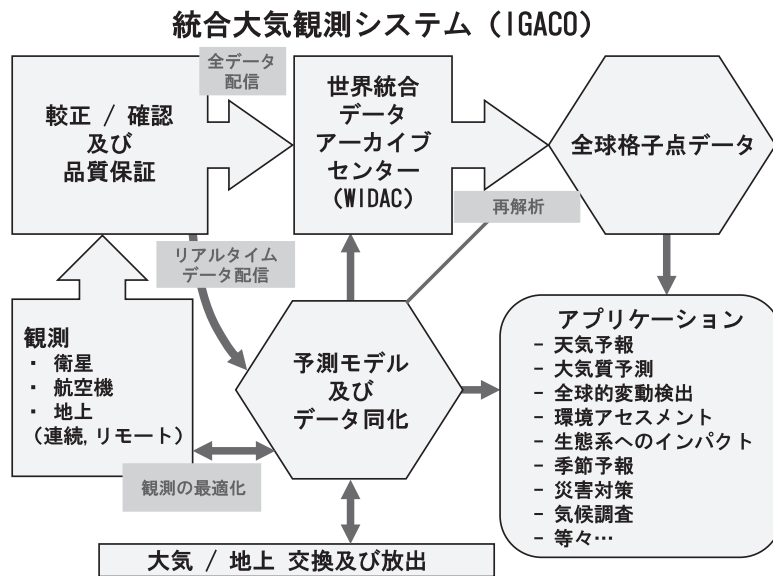
センシング世界資料センター (WDC-RSAT) は、2003 年以来国際科学会議 (ICSU) の世界資料センターとして活動を行ってきたが、2009 年に GAW の資料センターとしての活動も開始した。

現在の GAW 関連活動は、統合全球大気化学観測 (IGACO) の理念を基盤としている。IGACO は、WMO, GCOS, 地球観測衛星委員会 (CEOS) など 14 の国際機関や計画による実測とリモートセンシングを統合した地球環境観測のための戦略策定過程である「統合地球観測戦略 (IGOS)」の中で大気化学分野を担当しており、観測の統合、データの品質評価、リアルタイム伝送、予測モデル・データ同化などを経て、気象・気候及び大気環境の予測や環境評価などに利用されるまでのデータ処理の流れが示されている (第 2.4 図)。この中で GAW の WDC は、観測データを品質保証・検証し、統合して保存する世界統合データアーカイブセンターに相当する役割を持つほか、このような統合されたデータを時系列的に再解析した全球分布図やリアルタイムにデータ同化した現況・予測図を提供することが期待されている (堤, 2007)。

2.4 WDCGG の設立

WMO では、第 40 回執行理事会 (1988 年、ジュネーブ) において、BAPMoN 及び GO₃OS に代表される WMO 監視網の運用形態について再検討を行い、データの品質管理の強化などについて力を入れるべきであるという決定が行われた。当時は、BAPMoN の傘下にあった大気混濁度、降水化学成分及び降下じんの資料センター、GO₃OS の傘下にあったオゾン資料センター、さらにその他のものとして放射資料センターなどは設置されていたが、温室効果ガス及び反応性ガスについては個々の研究者及び機関がデータを保有しているのみであり、全世界を対象に報告を受ける拠点が存在しなかった。

このため、WMO 事務局は 1989 年 3 月に在ジュネーブ国際機関日本政府代表部に対し、「WMO は、二酸化炭素などの温室効果ガスを中心としたデータを集中して分析・処理し、利用に供するためのセンター的機能の充実を考えており、経験・能力の豊富な日本の気象庁にこの業務を委託することを検討中であるところ、この意向を日本の気象庁に伝達願いたい。」と要請し、同代表部特命全権大使から外務大臣宛に公電として伝達された。同時に WMO 事務局長から気象庁長官に対



第 2.4 図 IGACO におけるデータ処理の流れ

しても同様の趣旨の書簡が送付された。これに対し気象庁は外務省を通じて「前向きに検討を行いたい。」旨の回答を行った。

その後日本国政府はWMOからの要請を正式に受諾し、同年9月にWMOと日本国政府との間でWDCGG設立に関する書簡の交換が行われた。この取決めを受け、気象庁は地球規模の気候情報を収集解析し成果を発表するとともにWDCGGとしての任務も遂行する「温暖化情報センター（Japan Climatic Data Center）」を観測部管理課統計室（当時）に設置（1990年6月）し、同年10月からWDCGGの運用を開始した（写真2.1）。WDCGGの運用開始については、WMO主催の二酸化炭素濃度及び同位体の測定技術に関する専門家会合（1990年10月14日～19日、米国カリフォルニア州レイクアローヘッド）に当庁から初めて出席して報告し、出席者による議論の結果、データのWDCGGへの提出方法及びWDCGGによるデータの配布方法のほか、当時既に設立されていた米国の二酸化炭素情報解析センター（CDIAC）との協力などについて勧告がとりまとめられた（WMO, 1990）。

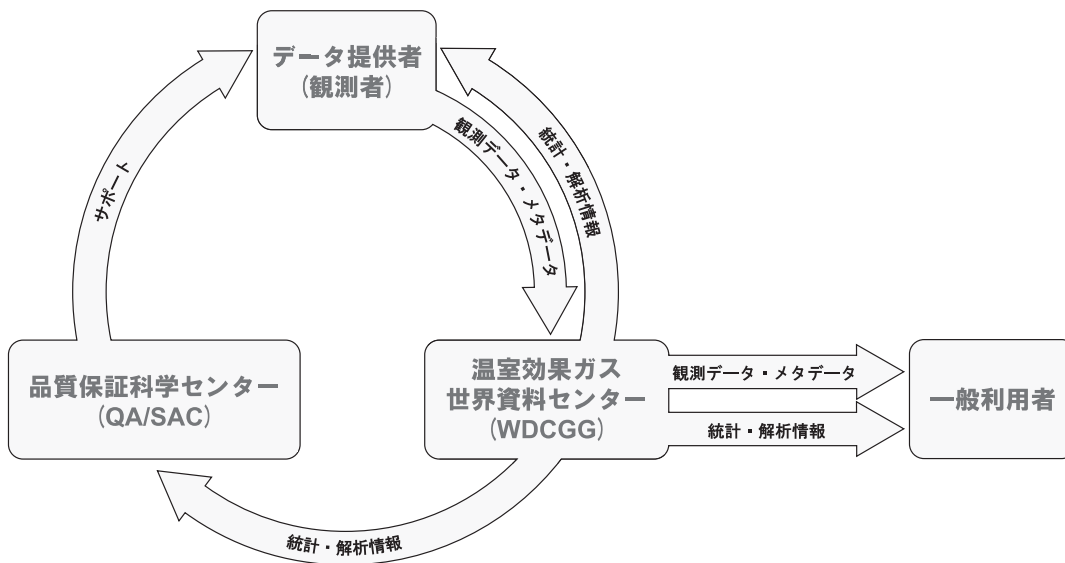
2.5 WDCGGの活動の発展

WDCの業務には、報告された観測データの保管・提供以外に、データの品質に関する情報をデータ報告者（観測者）へ還元してデータ品質の向上を図ることや、一般利用者に統計情報や解析結果を提供することも含まれている。また、データを利用する上で不可欠な情報としてメタデータと呼ばれる観測所の周辺環境、観測方法、較正、品質などに関する情報をデータと合わせて報告するよう報告者に依頼している。収集したデータ及びメタデータとその解析結果は、インターネットや刊行物など様々な手段で公開されるとともに、WMO刊行物の掲載データとしても活用されている。

WDCへ報告される観測データの品質向上に関連して、気象庁では、WDCGGの運営に加えアジア・南西太平洋地区の二酸化炭素、メタン及びオゾンに関するQA/SACの業務も行っており、QA/SACの役割の一環として、職員がGAW観測所を訪問したりGAW観測所職員の訪問を受けたりして観測技術・手法の指導や情報交換を行っている。WDCGGで作成した統計情報及び解析結果を活用し、QA/SACとして観測データの品質向上のための支援を行っている（第2.5図）。



写真 2.1 WDCGG 開設時の運用風景（気象庁温暖化情報センターのパンフレットより）



第 2.5 図 観測データと統計・解析情報などの流れ

WDCGG では、設立時から具体的に以下のような業務を行ってきた。

- (1) 温室効果ガス及び反応性ガスの観測データ（過去のものを含む）の受領
- (2) 報告データのデータベース化による一元管理
- (3) 報告データの処理・解析
- (4) 報告データに関する刊行物の発行と配布
- (5) 報告データの磁気媒体などによる提供
- (6) 観測所及び関係機関との情報交換

このうちデータ報告からデータベースへの登録までに行っていた作業には、以下のような3つの煩雑な作業が含まれていたが、1991年1月にデータの報告形式及び送付方法を掲載した「データ報告マニュアル」(WMO, 1991)を刊行したことによって、作業が体系的に行えるようになった。このマニュアルは後に、「WDCGG 利用ガイド」(WMO, 2008)に受け継がれる(第3.3節参照)。

①データ媒体を統一する作業

送付された媒体は記録密度の異なる8インチ、5インチ及び3.5インチのフロッピーディスク、WDCGGが定めた紙によるコーディングシートと混在していたことによる。

②データフォーマットを変換するプログラムを作成する作業

BAPMoNの枠組みのフォーマットや機関独自のフォーマットでデータが送付されていたことによる。

③データ報告者に了解を得た後、データ処理手順を統一する作業

報告されたデータそのものに機関ごとに独自の規則や分類があったことによる。例えば、12時の値として報告されたデータが11時台の平均値の場合と12時台の平均値の場合があったり、月平均値の計算が、時間平均値から直接平均する場合と日平均値をあらかじめ計算し更に月別値に集計する場合があったりなど処理手順が統一されていなかった。データ報告者に処理手順変更の了解を得るための連絡はファックスなどで行っていた。

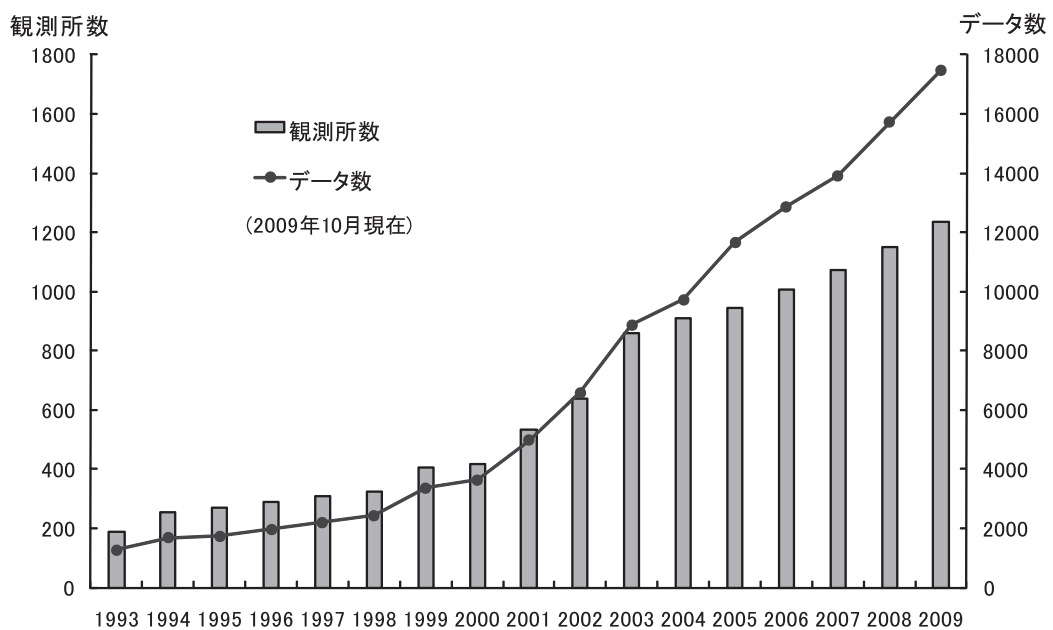
報告データの管理及び処理・解析に関し、WDCGG設立当初の情報処理システムは、3台のワークステーションと1台のパーソナルコンピュータで構成されていた。このうちワークステーションは、気候データに関するデータを処理し気候データベースを作成する「情報管理システム」、

温室効果ガスデータに関する品質管理や統計処理などを行って温室効果ガスデータベースを作成する「温室効果ガスデータ処理システム」、これらデータベースを入力して現況解析や刊行物を作成する「温暖化情報解析システム」に分かれており、パーソナルコンピュータは各観測所から届くコーディングシート及びフロッピーディスクを処理して温室効果ガスデータ処理システムへ入力するための「温室効果ガス観測データ変換装置」として利用されていた。これらの情報処理システムは主として観測データを処理するよう設計されていたが、2000年に情報処理システムを更新した際に、メタデータをデータベース化するとともに、データベースから抽出したデータとメタデータをウェブサイトから提供する機能を付加した。

報告されたデータやその処理・解析結果などを掲載した刊行物について、当初は原則として印刷物で提供していたが、WDCGGが運営しているウェブサイトを通じてデータや解析結果などを公開したり、刊行物を電子媒体化してCD-ROM又はDVD-ROMで提供するようになった（第4.1節及び第4.2節参照）。

WDCGGを運営する組織は、気象庁の組織改編に伴い、設立時の観測部管理課統計室温暖化情報センターから、1996年7月には観測部環境気象課となり、WDCGGを運営する部門と、温室効果ガスの観測及びエアロゾルを担当する部門（従来は観測部測候課）やオゾン層を担当する部門（従来は観測部高層課）が一体となってGAW全体を1つの組織で担当することになった。さらに2005年7月には地球環境・海洋部環境気象管理官に変更され、地上観測所と船舶による温室効果ガス観測も1つの部で担当することになった。これらにより、WDCGGに報告されているデータの品質管理や解析がより円滑に進むようになった。

以上のような変遷を経て、WDCGGに報告された観測所数（例えば、1つの観測所から2種類のガスのデータを報告している場合は2と数える）及びデータ数（例えば、1つの観測所から二酸化炭素のデータを10年分、メタンを5年分報告している場合は15と数える）は、WDCGGが活動を開始して3年後の1993年から2009年の間にそれぞれ約6.5倍及び約15倍となっている（第2.6図）。



第2.6図 その年の終わりまでにWDCGGに報告された観測所数とデータ数の推移

3. WDCGG で取り扱うデータ

前項に述べたとおり WDCGG では、報告されたデータを処理しデータの品質管理やデータベースの編集を行っているが、取り扱っているデータの種類、観測手段及びデータ収集方式について以下に説明する。

3.1 データの種類

WDCGG で取り扱うデータの種類について、報告されたガスの種類別に第 3.1 図にデータ数の推移を示す。報告データのガスの種類は当初、二酸化炭素、メタン、二酸化硫黄及び二酸化窒素がほとんどであった。その後 1997 年 12 月の GAW からの要請により、揮発性有機化合物 (VOCs) のデータを取り扱うようになった。さらに 2002 年 10 月からは、ノルウェー大気研究所 (NILU) の地上オゾン資料センターが廃止となったため、地上で観測されたオゾンデータも WDCGG で取り扱っている。2003 年にはラドンなど放射性同位体の報告が始まった。

2010 年現在、WDCGG に報告されている温室効果ガス及び反応性ガスは 70 種類以上に及ぶ。主体となるのは二酸化炭素とメタンであるが、これらは WDCGG 設立当初からデータが報告されており、二酸化炭素のデータが報告されていた観

測所数は 1993 年当時 76 であったが現在では 200 以上になっている。

以下に WDCGG に報告されているガスの一部について解説する (第 3.1 表)。

(1) 二酸化炭素 (CO₂)

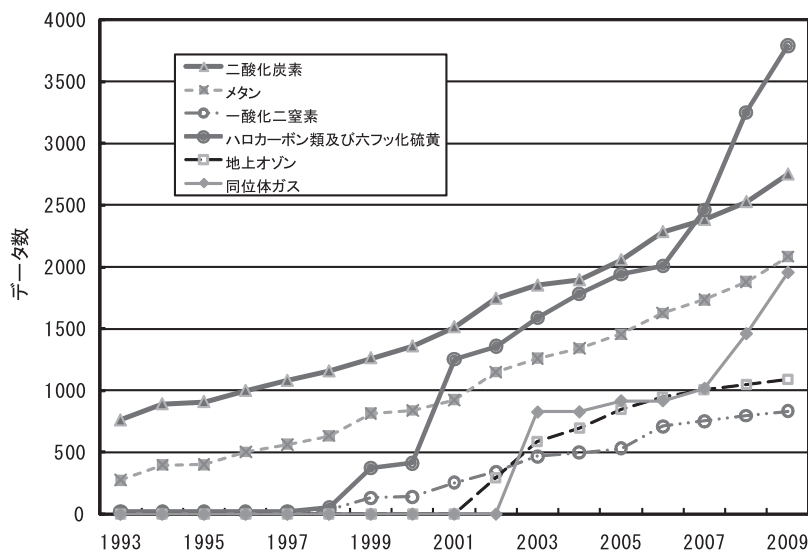
人間活動により大気中に排出されるガスの中で占める割合が大きいことから、地球温暖化への影響力が最も大きいガスである。二酸化炭素の排出の多くを化石燃料の燃焼が占めるが、人間活動による排出量のうちの約 55% が大気中の二酸化炭素濃度増加量に寄与していると言われている。残りは海洋や陸上植物によって大気中から除去されている。WDCGG 設立当初からデータ報告数が多い。

(2) メタン (CH₄)

発生するメタンのうち人間活動に起因するものは全体の約 60% で、生物体の腐敗など自然現象による発生も多い。大気中に含まれ強力な酸化力を持つ OH ラジカルとの反応によって、大気中から除去される。二酸化炭素に次いでデータ報告数が多い。

(3) 一酸化二窒素 (N₂O)

発生する一酸化二窒素のうち窒素肥料及び燃料の使用などといった人間活動に起因するものは全体の約 40% とメタンよりも小さく、有機物の微



第 3.1 図 その年の終わりまでに WDCGG に報告された主要なガスの種類別のデータ数の推移 (アイスコア観測のデータ数を除く)

第 3.1 表 主な温室効果ガスの特徴

| 温室効果ガス | 大気中濃度 | | 増加率 ^{*1} [年 ⁻¹] | 寿命 [年] | 地球温暖 化係数 ^{*2} (GWP) | 放射強制力 ^{*3} [W/m ²] | 主な生成・排出源 |
|----------------------------|---------|--------------|---|-----------------|------------------------------------|--|--|
| | 工業化前 | 2005 年 | | | | | |
| CO ₂ | 280 ppm | 379±0.65 ppm | 1.9 ppm/yr | — ^{*4} | 1 | 1.66±0.17 W/m ² | ・化石燃料の使用 ・土地利用の変化が 植物と土壌炭素に及 ぼす影響 |
| CH ₄ | 715 ppb | 1774±1.8 ppb | 1.6 ppb/yr | 12 | 25 | 0.48±0.05 W/m ² | ・湿地 ・反芻動物 ・米作(水田) ・バイオマス燃焼 |
| N ₂ O | 270 ppb | 319±0.12 ppb | 0.8 ppb/yr | 114 | 298 | 0.16±0.02 W/m ² | ・農業(肥料) ・土地利用の変化 |
| CCl ₃ F(CFC-11) | 0 ppt | 251±0.36 ppt | -1.9 ppt/yr | 45 | 4750 | 0.34±0.03 W/m ² (モントリオール議定書 対象ガス全体) | ・冷媒などとして工業 的に生産(自然起源 は無い) |
| CHF ₃ (HFC-23) | 0 ppt | 18±0.12 ppt | 0.6 ppt/yr | 270 | 14800 | | |
| SF ₆ | 0 ppt | 約 6 ppt | 約 0.17 ppt/yr | 3200 | 23900 | 0.0029±0.0003 W/m ² | ・電力の絶縁体や半 導体製造などによる 排出 |

*1 1995–2005 年の平均。

*2 温室効果ガスの寿命や放射効率などを考慮して、ある期間(本表は 100 年)での同体積の温室効果の影響の度合いを二酸化炭素の影響を 1 として示した値。

*3 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を温室効果ガスの種類ごとに表した指標。ここに示すのは、工業化前から 2005 年までの濃度増加分に対応する推定値と推定幅である。

*4 IPCC(2007)では CO₂ の寿命を具体的な数値で示していないので、ここでは数値を掲載しない。

生物分解及び海洋などといった自然起源の発生が多い。成層圏での光化学反応により大気中から除去される。二酸化炭素及びメタンに次いで主要な温室効果ガスとして、2000 年以降データ報告数が増加している。

(4) ハロカーボン類及び六フッ化硫黄 (SF₆)

ハロカーボン類には、オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書で規制されるクロロフルオロカーボン類 (CFCs)、ハロン類、ハイドロクロロフルオロカーボン類 (HCFCs) などのほか、京都議定書の下で排出削減の対象となっているハイドロフルオロカーボン類 (HFCs) やパーフルオロカーボン類 (PFCs) などがある。また、六フッ化硫黄 (SF₆) も同様に京都議定書による

削減対象になっている。主に工業用として人工的に生産され、多くは自然界には発生源がないガスである。非常に安定性が高いため寿命が長く、大気中からの除去が非常に進みにくく赤外線の吸収効率も高い。一酸化二窒素と同様に 2000 年以降データ報告数が増加している。

(5) オゾン (O₃)

WDCGG では、オゾン濃度は大気中に存在するオゾンの中で地表付近のオゾン(地上オゾン)の濃度データを扱っている。地上オゾンは、成層圏で生成されたオゾンが対流圏最下層に輸送されたものと、対流圏内で高濃度の窒素酸化物のもと主に炭化水素類の酸化過程で生成されたものがある。地表面への沈着、水素酸化物との光化学反応

により大気中から消失する。WDCGG の設立当初は地上オゾンのデータは収集対象ではなかったが、2002 年に地上オゾンに関する WDC の役目を引き継ぎ、これ以降は収集対象となった。一酸化炭素 (CO) と並び、二酸化炭素及びメタンに次ぐデータ報告数がある。

(6) 同位体

二酸化炭素には炭素の原子量が異なる 3 種類の同位体 (炭素 12, 炭素 13, 炭素 14) が存在し、そのうち炭素 12 と炭素 13 が安定同位体である。化石燃料が起源となっている二酸化炭素は大気中の二酸化炭素よりも含まれる炭素 12 の割合が多い。それに対し、生物活動が起源となっている二酸化炭素は現在の大気における炭素同位体の存在比を反映するという特徴を持っている。このことから、同位体の存在比は二酸化炭素が化石燃料起源なのか生物活動起源なのかを知るための指標とすることができる。なお、酸素の原子量が異なる安定同位体 (酸素 18) も存在し、これも WDCGG で収集している。2003 年頃からデータ報告数が増加している。

(7) 揮発性有機化合物 (VOCs)

VOCs のうち、特に非メタン炭化水素 (NMHCs) は、太陽光のもと光化学反応により水酸イオン (OH ラジカル) と反応し最終的にオゾンを生じさせるため、対流圏オゾンの濃度変動などにも寄与していると考えられる (秋元ほか, 2002)。2010 年 12 月までに 50 種類以上の VOCs が WDCGG に報告されている。

3.2 様々な観測手段

WDCGG には、地上、航空機、船舶、アイスコアなど様々な観測手段による観測データが報告されている。これらの観測方法について説明する。

(1) 地上における大気観測

WDCGG にはおよそ 300 か所の地上観測所からデータが報告されている。気象庁では綾里、南鳥島及び与那国島の 3 か所で二酸化炭素、メタン、地上オゾンなどの観測を行っており、そのうち南鳥島は GAW の全球観測所である。また、つくば (高層気象台) 及び南極昭和基地では地上オゾンの観測を行い、WDCGG へデータを報告している。

また、森林における二酸化炭素の吸収・排出を求めることを目的として鉄塔上の複数の位置に取入口を設けて、1 つの観測所で複数の高度における温室効果ガスの濃度を測定する場合がある。現在、岐阜県高山 (産業技術総合研究所) 及びヘジハートシャー (Hegyhszal, ハンガリー) からそのようなデータが WDCGG に報告されている。このような場合、報告データに複数の異なる高度に関する情報が含まれる。

(2) 航空機による観測

上空の温室効果ガス濃度を測定するための手段として、航空機を使用した観測がある。

観測方法には、航空機が飛行する経路上の大気をガラスや金属などでできている容器 (フラスコ) に採取し着陸後実験室にて分析を行う方法 (フラスコ法) と、外気を航空機内の測定装置に直接取り入れ連続して測定を行う方法とがある。二酸化炭素及びメタンのフラスコ法による観測データが WDCGG に報告されている。航空機観測データは、時刻と濃度に加え、位置及び高度の情報がセットで報告される。

(3) 船舶による観測

洋上大気中及び海水中の温室効果ガス濃度を測定するための手段として、船舶を使用した観測方法がある。気象庁では凌風丸及び啓風丸で二酸化炭素などの観測を行っている。洋上大気中の二酸化炭素については、大気を直接取り入れて測定する方法、表面海水については、船底から揚水した海水を平衡器と呼ばれる容器内にシャワー状に噴射して、平衡器内の空気と強制的に混合させ、海水中の二酸化炭素濃度と平衡状態になった空気中の濃度を測定する方法 (海洋気象部海洋課汚染分析センター, 1992) によっている。このようにして測定された二酸化炭素濃度などが WDCGG に報告されている。船舶観測データには、時刻と濃度のほか、位置及び海水中の場合には深さに関する情報が含まれる。

(4) アイスコア観測

地上観測所における二酸化炭素の精密観測は 1960 年前後から、また、メタンについては 1980 年前後から始まった。それ以前の温室効果ガスの濃度を把握するための手段の 1 つが、アイスコア

観測である。

南極大陸やグリーンランドの氷床の氷には多数の気泡が含まれているが、その中には積雪が圧密によって氷になる際に閉じこめられた空気が保存されている。それらの空気を取り出し、二酸化炭素やメタンなどの量を測定することにより数十万年前までさかのぼって温室効果ガスの濃度を知ることが可能である。WDCGG には、南極のみずほ基地及びグリーンランドの Site J の 2 か所のメタンデータが報告されている。データの中での観測時刻に関する情報には、推定して求めた年代が示される。

3.3 データ収集方式の変遷

WDCGG 最初の出版物である「データ報告マニュアル」(WMO, 1991) の中では、フロッピーディスク又はコーディングシートによるデータ報告が推奨されていた。

コーディングシートは、WDCGG におけるデータの入力や整理などの処理を効率的に行うため決まった間隔で区切りを入れるなどして、データ報告者が書き込むべき項目やその位置及び文字数を指定している。第 3.2 図にコーディングシートの一例を示す。これは航空機・船舶用のもので、緯度・経度・高度を記入する欄がある。

フロッピーディスクは 8 インチ、5 インチ及び 3.5 インチの異なるサイズがあり、BAPMoN の枠組みのフォーマットや機関独自のフォーマットでデータが送付されていた。

また、当時はコンピュータのオペレーティングシステムや電子媒体への記録方法の標準化が現在のようには進んでいなかったため、データ報告者のコンピュータのオペレーティングシステムやフロッピーディスクドライブの種類などもデータの報告内容に含まれていた。第 3.3 図にその報告の一例を示す。

Event Data Report (Mobile sampling: Airplane/Ship/Grab) WDCGG Form C

World Meteorological Organization
World Data Centre for Greenhouse Gases

MAIL TO:
WORLD DATA CENTRE FOR GREENHOUSE GASES
JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY
1-3-4 Otensachi, Chiyoda-ku
Tokyo, 100
JAPAN

Contact Person (Name and Address)

| | | |
|---------------------|----------------------|-----------------|
| Mobile Station Name | Parameter | Analysis Method |
| Reporting Unit | Calibration Standard | Time Interval |

Month: Year:
 WDCGG Index Number:

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| WMO Index Number | WDCGG | Parameter Code | Interval | WDCGG | Analysis Method | Calibration | WDCGG | Reporting Unit | Power | DP Location |
| <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | <input type="text"/> <input type="text"/> | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> <input type="text"/> | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | <input type="text"/> <input type="text"/> | <input type="text"/> <input type="text"/> | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | <input type="text"/> <input type="text"/> | <input type="text"/> <input type="text"/> |
| 15 17 18 19 20 | NCDC | 9 | 27 | NCDC | 9 9 | 32 33 | NCDC | 9 9 | 38 39 | 40 41 |
| 21 22 23 24 25 26 | | | | | 28 29 30 31 | | | 34 35 36 37 | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Day | Hour(UTC) | Latitude | Longitude | Height/Depth | Observation Value | Validation |
| <input type="text"/> <input type="text"/> | <input type="text"/> <input type="text"/> | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> |
| 42 43 | 44 45 | 46 47 48 49 50 | 51 52 53 54 55 56 | 57 58 59 60 61 | 62 63 64 65 66 67 | 68 69 70 |

第 3.2 図 コーディングシート (航空機, 船舶用)

その後、温室効果ガス観測が盛んになり WDCGG の認知度が上がったことに加え、インターネットの普及により電子メールや FTP によるデータ報告が可能となった。これにより、開始当初と比べてデータ報告数、報告量とも大幅に増え、観測方法やガスの種類が多様化したこともあって、1991年に作成した「データ報告マニュアル」では増大・多様化するデータ報告に対応できなくなった。そのため、2008年にはデータフォーマットやメタデータの様式、データ利用規

定などについて解説した「WDCGG 利用ガイド」(WMO, 2008)を発行しこれへの対応をはかった。その後も2009年には温室効果ガスなどとともに報告される気温などの観測データを利用しやすいようにフォーマットを変更するなど、小規模な改訂(WMO, 2009)がなされている。なお、この段階でコーディングシートによるデータ報告は廃止となっており、現在は全世界の300を超える観測所のデータが全てインターネットを介して報告されている。

COMPUTER INFORMATION FORM

To make floppy disk data processing/modification more efficient, the WDCGG requires information concerning the reporting station's computers and disk drives used for the observation report. Please complete this form and send it to the WDCGG along with the station's first observation report (in a form of either floppy disk or coding sheet).

A. Please provide below information concerning your computer equipment.

- (1) Type/model of computer: Schneider Euro PC (PC-XT compat)
- (2) Operating system: MS-DOS / 3.30 Version
- (3) Floppy disk drives (e.g., 3.5 inch, 5.25 inch, 8 inch, etc.): 3.5 inch
- (4) Floppy disks (e.g., 2D, 2DD, 2HD, etc.): 2 DD
- (5) Floppy disk format:
 (Volume = _____ bytes, Sectors / Track = _____)
40/80 Tracks
9 Sectors
512 bytes
- (6) Printer capability:
 (Characters/Line = max 136 ch./line)

第 3.3 図 データの報告内容

4. データ公開

4.1 WDCGG の定期刊行物

報告データに関する刊行物の発行と配布も WDCGG の業務となっている。WDCGG が WMO として発行している刊行物の変遷を第 4.1 図に示す。

各観測所から報告された温室効果ガス及び反応性ガスの観測データは「データレポート」としてとりまとめ、1992 年から 2001 年までは 6 か月ごとに刊行していた。また、観測所ごとの観測履歴、観測方法、地点情報、観測するガスの種類などを索引的にまとめた「データカタログ」を 1993 年から 2001 年まで不定期で 4 回刊行した。「データレポート」は、発行当初は月平均値と年平均値のほか、日平均値も記載していたが、データ量の増加に伴い 1995 年以降は月平均値と年平均値のみの記載とした。2001 年からは「データレポート」及び「データカタログ」はウェブサイトに掲載されるとともに、大量の情報を網羅できる CD-ROM (2008 年以降は DVD-ROM) に月平均値、

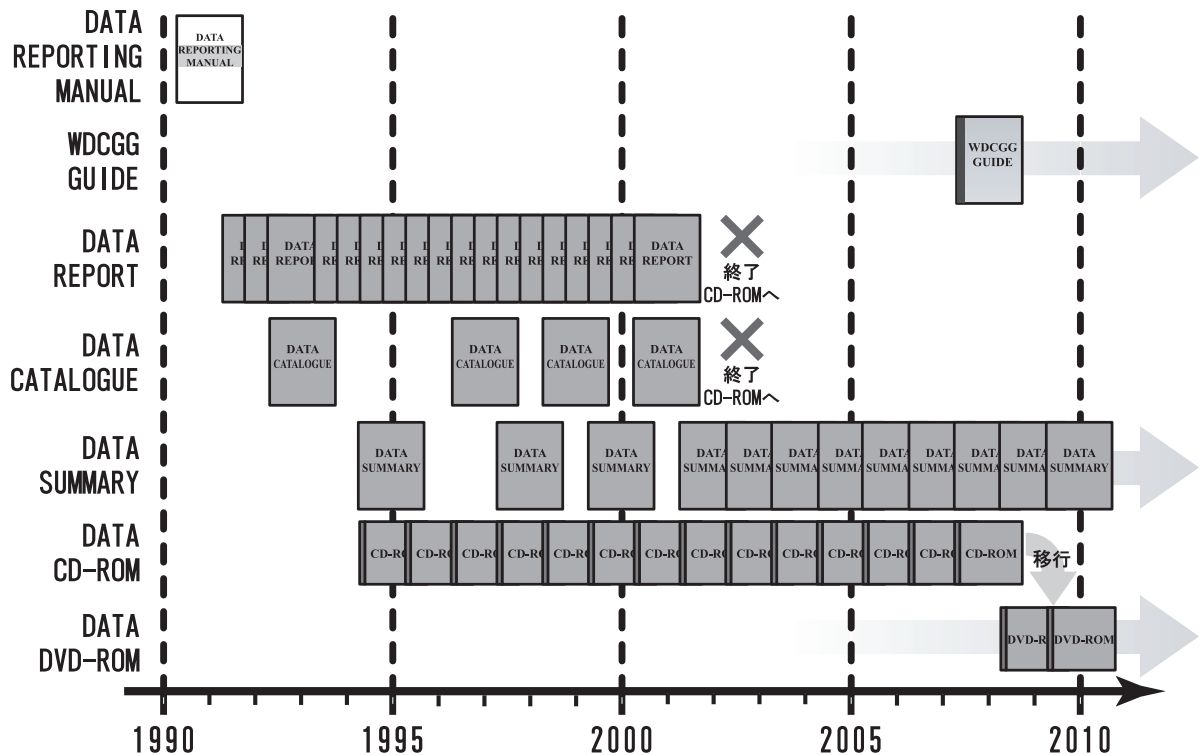
年平均値に加えて時間平均値及び日平均値も収録するようになった。

また、WDCGG への報告データの解析結果をまとめて 1995 年から刊行している「データサマリー」には、収集データを基に算出された二酸化炭素やメタンなどの全球・半球・緯度帯別の平均値及びその増加率、全球的な温室効果ガスの分布状況などの基本的な解析結果を掲載している。

これらの刊行物は、各観測所や WMO、国内外の関係研究機関など 800 を超える機関に配布されるほか、WDCGG ウェブサイト上で公開している。

4.2 ウェブサイトの運営

WDCGG は 1996 年にウェブサイトを開設し、2001 年からは報告された観測データやメタデータを一般に公開している。ウェブサイトではこのほか、WDCGG の刊行物 (DVD-ROM, 「データサマリー」など) も閲覧・取得可能である。現在のウェブサイトは、2007 年 7 月にリニューアルしたものである (第 4.2 図)。



第 4.1 図 WDCGG の刊行物の変遷

ウェブサイトには、WDCGG の概要や温室効果ガスや反応性ガスの基本的な知識に関する解説、観測データやメタデータを検索・取得するためのツール、WDCGG 及び WMO/GAW の刊行物などのコンテンツを掲載している。観測データについては、「WDCGG 利用ガイド」に規定されているフォーマットで閲覧できるほか、簡易プロット図としても閲覧可能である。また、観測所名やガスの種類、データの提供機関をキーワードとしてデータの検索が可能となっている。検索フォームによる詳細な検索、緯度・経度の範囲などを指定した高機能な検索やその範囲のデータの簡易的なプロット、「データサマリー」に掲載されている図を見やすく並べた展示コーナーなどのコンテンツは、2007 年のリニューアル後に追加したもの

である。このうち高機能の検索などの機能は国立環境研究所が開発し、WDCGG に提供されたものである。ウェブサイトで提供しているデータや図は、観測者の利益を守るべく定められた「WDCGG 利用ガイド」のデータ利用規定に従うという条件で、誰でも利用可能となっている。

ウェブサイトへのアクセス件数は日平均で 70 件程度である。データファイルのダウンロード件数は変動が大きく、日平均で 100 件程度だが多い日は 5000 件を超える。ダウンロード件数を地域別に見ると、日本国内はもとより、中国、北米からの利用が多い。ガスの種類では、二酸化炭素、メタン、地上オゾン、一酸化炭素などの利用が多い。



第 4.2 図 WDCGG ウェブサイト

4.3 データの利活用

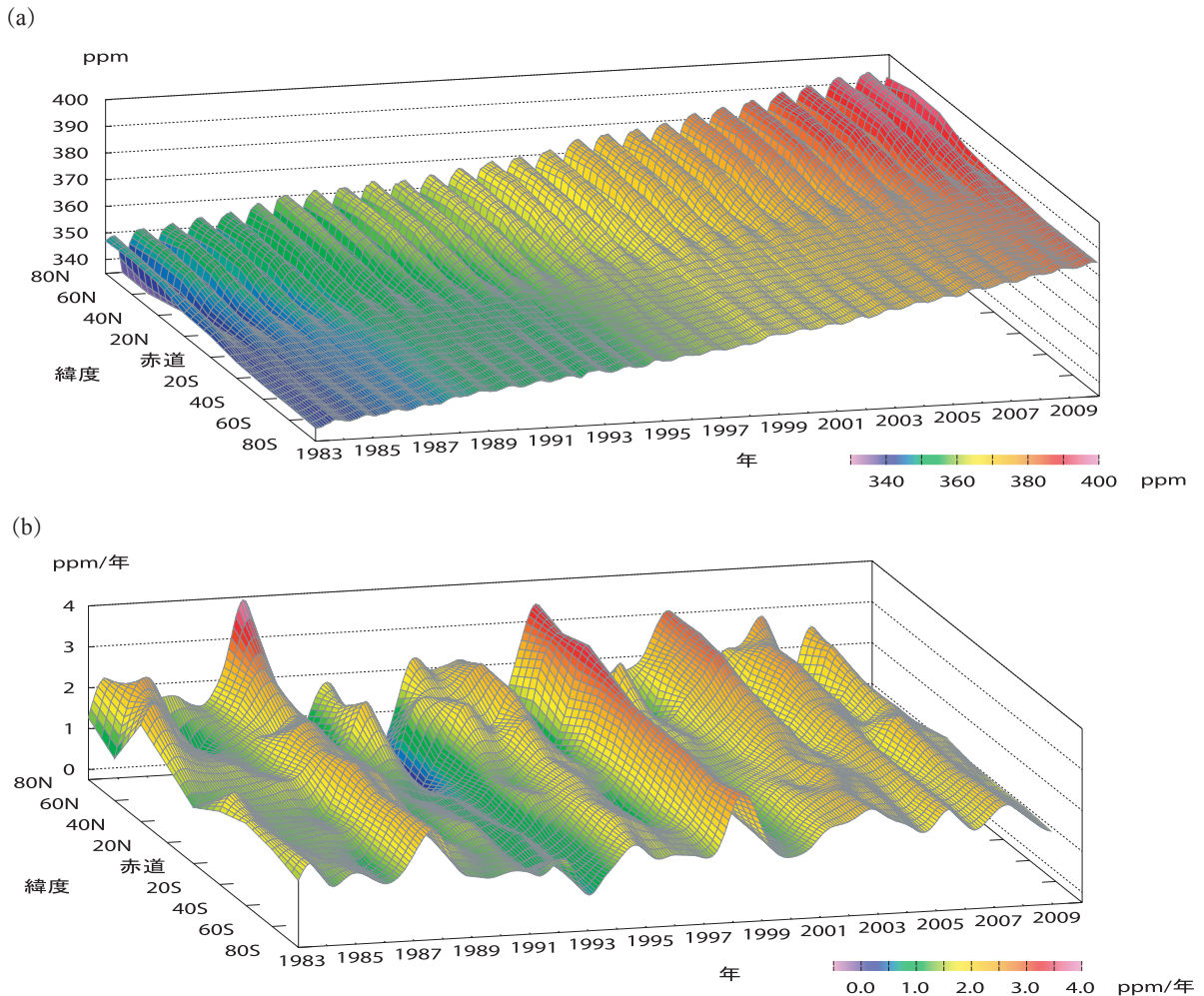
WDCGG に報告されたデータを基に WDCGG が解析した結果は、WDCGG ウェブサイト及び「データサマリー」などで公開している。主な解析結果は、ガスの種類ごと、全球・半球・緯度帯ごとの平均濃度やその増加率の経年変化図（第 4.3 図）、二酸化炭素の人為的な排出量と観測された濃度値との比較図などである。

また、GAW における温室効果ガスに関する活動の最も重要な成果として WMO が毎年作成して UNFCCC の締約国会議などで配布している「WMO 温室効果ガス年報」（第 4.4 図）は、掲載されている温室効果ガスの年平均値や図表のほとんどを WDCGG が解析・作成しており、WDCGG

の活動成果が広範かつ直接的に利用されている例である。

さらに、IPCC 第 4 次評価報告書 (IPCC, 2007) において、WDCGG は世界の温室効果ガス観測データの報告を受ける機関として記述されている。WDCGG へ報告されたデータは、様々な機関や研究者から参照されているとともに、気象庁が発行する「気候変動監視レポート」、「異常気象レポート」、「大気・海洋環境観測報告」などにも掲載されている。

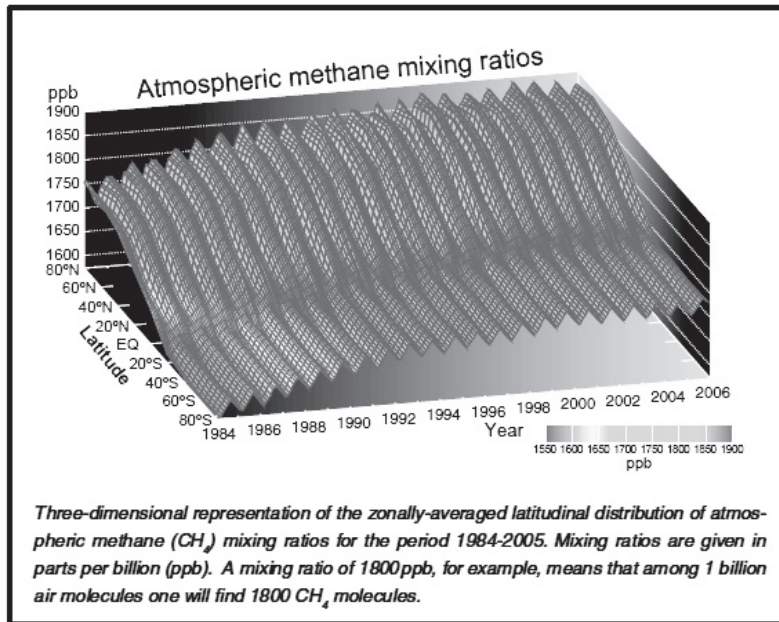
また、WDCGG としての国際的な活動とは別に、WDCGG を通じて入手した二酸化炭素観測データを利用して、気象庁の長期再解析データ (JRA-25 及び JCDAS) の気象要素を組み合わせ、数値モ



第 4.3 図 緯度帯別の大気中の二酸化炭素濃度 (a) と濃度年増加量 (b) の経年変化
WDCGG が収集した観測データから作成した緯度帯別に平均した大気中の二酸化炭素月平均濃度と濃度年増加量の経年変化を示す。

WMO Greenhouse Gas Bulletin

The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Using
Global Observations through 2005



Executive summary

The latest analysis of data from the WMO-GAW Global Greenhouse Gas Monitoring Network shows that the globally averaged mixing ratios of carbon dioxide (CO₂) and nitrous oxide (N₂O) have reached new highs in 2005 with CO₂ at 379.1 ppm and N₂O at 319.2 ppb. The mixing ratio of methane (CH₄) remains unchanged at 1783 ppb. These values are higher than those in pre-industrial times by 35.4%, 18.2% and 154.7%, respectively. Atmospheric growth rates in 2005 of these gases are consistent with recent years. Methane growth has slowed during the past decade. The recently introduced NOAA Annual Greenhouse Gas Index (AGGI) shows that from 1990 to 2005 the atmospheric radiative forcing by all long-lived greenhouse gases has increased by 21.5%.



**World
Meteorological
Organization**
Weather • Climate • Water

No. 2: 1 November 2006

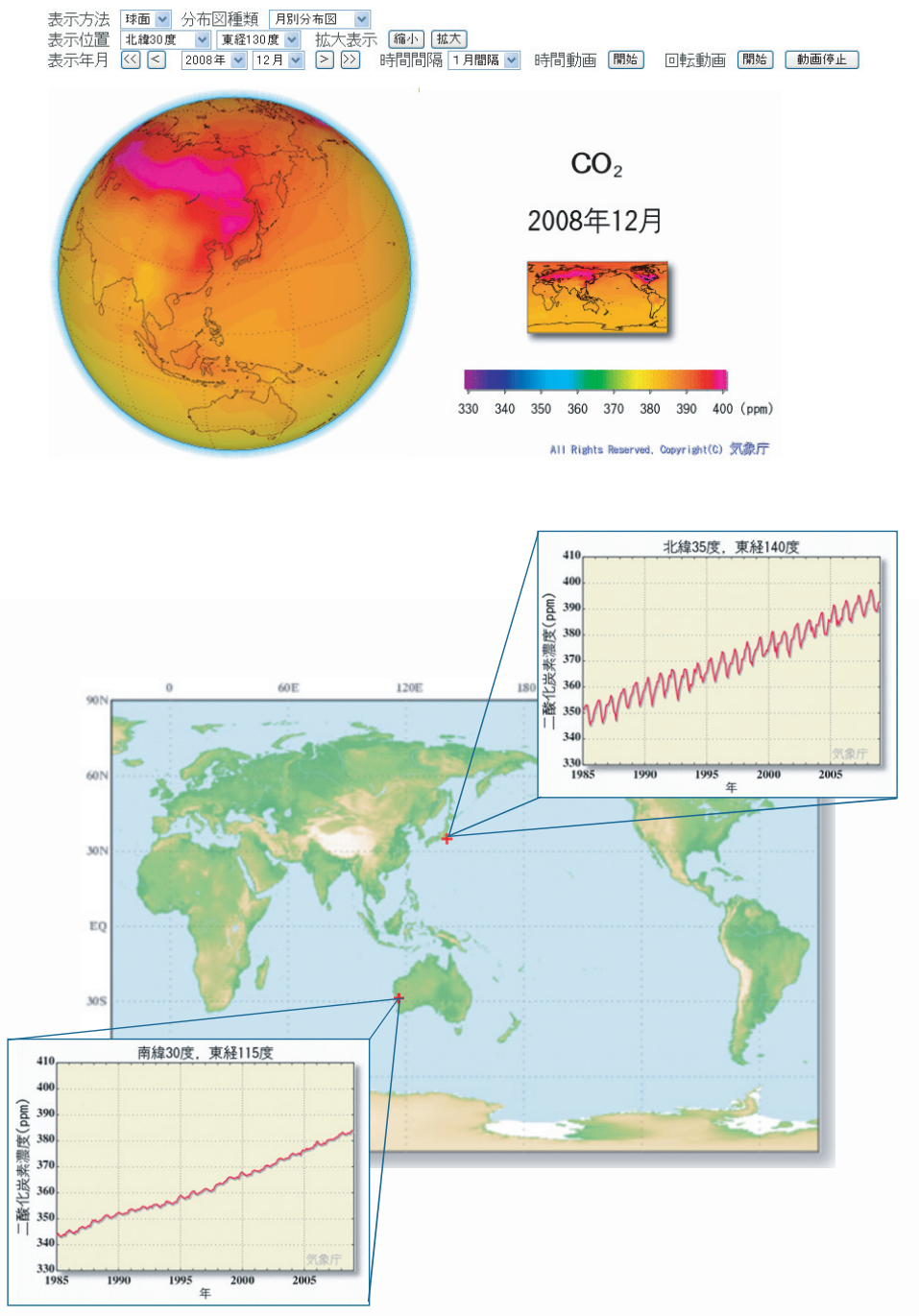
Global Atmosphere Watch



第 4.4 図 2006 年発行の WMO 温室効果ガス年報
WDCGG が作成したメタンの緯度帯濃度分布図が表紙となっている。

デルにより月々のCO₂全球交換量（フラックス）の分布を求めることで、観測データが存在しない領域を含めた月別・年別の全球二酸化炭素濃度分布や年増加量及び任意の地点の経年変化を解析し、解析結果を分布図などに描いて「二酸化炭素

分布情報」という名称で2009年2月から気象庁のウェブサイトで公開している（第4.5図）（地球環境・海洋部 環境気象管理官，2009；Maki *et al.*, 2010）。



第 4.5 図 二酸化炭素分布情報

1985年からの二酸化炭素濃度の全球分布図（上）や任意地点の二酸化炭素濃度の経年変化図（下）が参照可能。

5. WDCGGの活動の展望

ここでは、GAWの長期的な目標を踏まえ、世界の温室効果ガス観測を取り巻く状況及びWDCGGに対する要望に基づきWDCGGの現在の課題を整理し、今後の活動を展望する。

5.1 GAWの長期目標

WMOでは、「WMO戦略計画」(WMO, 2007a)においてWMOとしての高水準かつ長期的な目標及び戦略を定めている。これに沿った形で、GAWでは観測分野ごとに現状を分析し、中期的な目標を提示し、その実現のための目標及び計画を定める「GAW戦略計画」を作成している。2008年から2015年までの期間を対象とする現在のGAW戦略計画(WMO, 2007b)では、以下のとおりGAWの長期的な目標が提示されている。

- 地上、ゾンデ、航空機、衛星などの観測を統合した全球三次元大気化学観測網の構築
- オゾン、エアロゾルなどの観測データの準リアルタイムでの伝送への対応
- GAWのデータ品質管理システムを定めることによる、観測データの取得、保管、伝達まで一貫したデータ処理体制の構築
- 気候に影響する要素(エアロゾル、オゾン及び温室効果ガス)の大気輸送モデル・数値予報モデルへの同化により作成されたプロダクト及びサービスの提供を目指した研究開発の支援

2009年以降に開催されたGAWワークショップ(2009年)、大気科学委員会(CAS)第15回会合(2009年)などGAWに関係する国際会合では、GAWデータの主要な利用者であるモデル開発者による利用を促進するため、地上・航空・衛星観測データの統合手法、データの準リアルタイムによる伝送処理及びデータ品質管理手法の強化がGAWにおけるデータに関する課題として取り上げられた。さらに2010年夏からは、2012年からのWMO全体の新たな戦略計画の作成も踏まえ、2012年以降の具体的な課題を中心に改訂したGAW戦略計画の補遺を作成する作業が開始されている。

5.2 多様なデータの収集と利活用の推進

前述のGAWの長期目標である「地上、ゾンデ、航空機、衛星などの観測を統合した全球三次元大気化学観測網の構築」を踏まえ、WDCGGは航空機や衛星による観測データの報告と解析の強化を目指し、技術開発や関係機関との調整に努めている。航空機観測では、高高度での水平飛行時に加え離着陸時のデータが取得可能であることから、温室効果ガス濃度の広域の緯度・経度分布の把握、空港付近での鉛直分布解析など幅広い利用が見込まれる。WDCGGには、国立環境研究所と気象研究所が日本とオーストラリアの間の日本航空の定期航空機を利用して観測したデータが報告されている。また、2011年初めから、気象庁は防衛省の協力を得て、厚木基地(神奈川県)と南鳥島の間の上空の温室効果ガスの定常観測を開始している。衛星観測については観測所数の少なさと偏在の解消に寄与することが期待されている。温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)は、宇宙航空研究開発機構(JAXA)と環境省の共同プロジェクトとして2009年1月に打ち上げられ、二酸化炭素やメタンのカラム量(地表面の単位面積上の大気中に含まれる対象とする気体分子の総数)観測を行っている。WDCGGは、今後GOSATをはじめとするこれら衛星観測データの利用を進めることが必要であり、そのための準備を進めている。一方、衛星観測データは、航空機や地上観測などの直接観測データや地上からのリモートセンシングデータとの比較が不可欠である。このため、現在観測を行っているGOSATのデータの品質管理には、WDCGGに蓄積されている観測データが利用されている。また、今後の衛星観測データの品質管理のため、直接観測データの報告・品質評価・提供が今後更に重要となる。

データの利活用の強化という観点から言えば、上記のように報告データを多様化し、データを相互に比較し品質管理を適切に行うことにより、データの利用価値を高めることで利用者の裾野を広げる必要がある。WMOの各計画間で共通の情報通信基盤として構築が計画されているWMO情報システム(WIS)もデータの利活用の強化という観点から利用することが望ましい。このため、

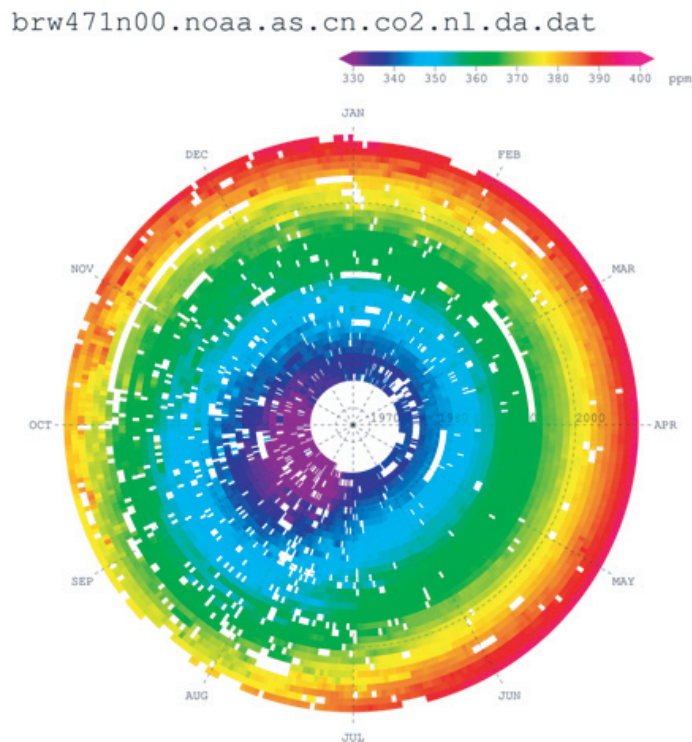
WDCGG は WIS の中で特定分野のデータ及びプロダクトの収集・配布・保管を担当するデータ収集・作成センター (DCPC) として WDCGG が保有するデータがほかのデータと共通に検索・取得できるようにメタデータの整備を目指している。WIS は、インターネットなども活用して効率的なデータ交換・管理を実現することを目的としており、WIS に参加する様々なデータを横断的に検索する機能を有している。このことにより、WDCGG のデータにアクセスする利用者が多様化かつ増加し、データの利活用が推進されることが期待できる。

5.3 データの報告者・利用者からの要望

WDCGG に報告された温室効果ガス及び反応性ガスのデータの利活用の促進のためには、データの報告者と利用者がともに利益を受けるよう、双方からの要請に応じてデータに様々な情報を付加していくことが求められる。データの品質に関する

情報は特にモデルを用いてデータを解析するうえで不可欠なものとして近年求められているものの1つである。

現在、WDC に報告されたデータの中には品質が十分に確保できておらず、データの品質に関する情報を記述したメタデータが整備されていないものが含まれていることが、GAW 戦略計画 (WMO, 2007b) で指摘されている。このため、各 WDC は、データ受領時の基本的な品質チェックだけでなく、受領後のデータについても精査を行い、品質に関する情報をデータ報告者に提供することで、データ報告者による品質を確保することが求められている。このため、データ報告者がデータ品質を確認するために、WDCGG から提供可能な情報のあり方について検討を進めている。その一例として、観測所ごとの長期変動と季節変動を同時に確認できるように作成した濃度螺旋 (らせん) 図 (年輪マップ) を示す (第 5.1 図)。この図は中心から外周に向かって螺旋状に過去か



第 5.1 図 観測データを時系列で螺旋状に作図した二酸化炭素の濃度螺旋図
サンプルとしてバロー (Barrow, 米国アラスカ州)。秋に濃度が低くなる様子
や、欠測している期間で所々色が抜けているところが明瞭に識別できる。

ら現在のデータが描画されているため、年々変動・季節変動の特徴だけでなく、欠測期間や期待される値から大きく外れた値も把握することが可能となっている。従来の直交座標で表した同様の図に比べて、時間軸が連続して表現できるため、時間変化を適切に理解することができるという利点がある。

また観測データの品質に関しては、装置の不具合や風向による人間活動や植物活動などの影響に関する情報などを記したデータフラグがデータ報告者によって付加されているものがある。これらは、データ報告者の定めた基準により付加されたものであり、異なった報告者によるデータを利用者が統一かつ客観的に選別するための基準は存在しない。将来的には、データ利用者との協議やGAWに参加する専門家の間で議論を行った上で、WDCGG自身がバックグラウンド値の選別などに関する統一的なデータフラグを観測データに付加することも検討している。

他方、データ報告者からは、報告したデータの利用度を把握したいという要望が特に近年強くなっている。あわせて観測に協力した様々な研究者や組織などの努力に適切に報いるため、利用したデータを論文などへ引用する方法をデータ報告者が個別に指定したいという要望もある。このほか、データ報告者も独自にデータをウェブサイトで公開している例もあり、そのような場合に公開データ間で齟齬（そご）のないようにする必要がある。近年データ報告者からの要望も多様化する傾向にあり、データ報告者との連携を通じてこのような要望に応え、データ利活用の向上を図りたい。

謝辞

本原稿の執筆にあたり、貴重なご助言を頂いた国立環境研究所地球環境研究センター 町田敏暢 大気・海洋モニタリング推進室長、水戸地方気象台 堤之智台長、秋田地方気象台 佐々木徹台長、神戸海洋気象台 永田洋二次長、気象研究所地球化学研究部 松枝秀和第一研究室長、同研究室 澤庸介主任研究官、気象庁海洋気象課海洋環境解析センター 高槻靖所長に深く感謝申し上げます。

略語一覧

| | |
|--|---|
| BAPMoN: Background Air Pollution Monitoring Network 大気バックグラウンド汚染観測網 | JRA-25: Japanese Re-Analysis 25 years 長期再解析プロジェクト |
| CAS: Commission for Atmospheric Sciences 大気科学委員会 | NILU: Norwegian Institute for Air Research ノルウェー大気研究所 |
| CCL: Central Calibration Laboratory 中央較正施設 | NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration 米国海洋大気庁 |
| CEOS: Committee on Earth Observation Satellites 地球観測衛星委員会 | OPAG-EPAC: Open Program Area Group on Environmental Pollution and Atmospheric Chemistry 環境汚染と大気化学に関する部会 |
| DCPC: Data Collection or Production Centres データ収集・作成センター | QA/SAC: Quality Assurance/Science Activity Centre 品質保証科学センター |
| ET-WDC: Expert Team on GAW World Data Centres 全球大気監視資料センターに関する専門家チーム | RCC: Regional Calibration Centre 地区較正センター |
| GAW: Global Atmosphere Watch 全球大気監視 | SAG: Scientific Advisory Group 科学諮問部会 |
| GAWSIS: GAW Station Information System GAW 観測所情報システム | UNCED: United Nations Conference on Environment and Development 国連環境開発会議 |
| GCOS: Global Climate Observing System 全球気候観測システム | UNECE: United Nations Economic Commission for Europe 国連欧州経済委員会 |
| GOSAT: Greenhouse gases Observing SATellite 温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」 | UNEP: United Nations Environment Programme 国連環境計画 |
| GO ₃ OS: Global Ozone Observing System 全球オゾン観測システム | UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization 国連教育科学文化機関 |
| ICSU: International Council for Science 国際科学会議, 1998年までは International Council of Scientific Unions (国際学術連合会議) と称していた。 | UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change 気候変動に関する国際連合枠組条約 |
| IGACO: Integrated Global Atmospheric Chemistry Observation 統合全球大気化学観測 | WCC: World Calibration Centre 世界較正センター |
| IGOS: Integrated Global Observing Strategy 統合地球観測戦略 | WDC: World Data Centre 世界資料センター |
| IGY: International Geophysical Year 国際地球観測年 | WDCGG: World Data Centre for Greenhouse Gases 温室効果ガス世界資料センター |
| IOC: Intergovernmental Oceanographic Commission 政府間海洋学委員会 | WIS: WMO Information System WMO 情報システム |
| IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change 気候変動に関する政府間パネル | WMO: World Meteorological Organization 世界気象機関 |
| JAXA: Japan Aerospace Exploration Agency 宇宙航空研究開発機構 | |
| JCDAS: JMA Climate Data Assimilation System 気象庁気候データ同化システム | |

参考文献

- 秋元肇・河村公隆・中澤高清・鷺田伸明 (2002) : 対流圏大気の化学と地球環境. 学会出版センター, 230pp.
- IPCC (2007) : Climate Change (2007), The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- 海洋気象部海洋課汚染分析センター (1992) : 海洋気象観測船凌風丸による温室効果気体及びオゾン層破壊物質の観測. 測候時報, 59, 145-159.
- 地球環境・海洋部 環境気象管理官・気象研究所・神戸海洋気象台 (2009) : 二酸化炭素分布情報について. 測候時報, 76, 221-229.
- Maki, T., M. Ikegami, T. Fujita, T. Hirahara, K. Yamada, K. Mori, A. Takeuchi, Y. Tsutsumi, K. Suda and T. J. Conway (2010) : New technique to analyse global distributions of CO₂ concentration and fluxes from non-processed observational data, Tellus, doi: 10.1111/j.1600-0889.2010.00488.x.
- 堤之智 (2007) : 全球大気監視 (GAW) プログラムにおける新戦略計画について. 天気, 54(8), 733-739.
- 堤之智・森一正・平原隆寿・池上雅明・栗原幸雄・Thomas J. Conway (2009) : WDCGG における主要温室効果ガスの全球濃度解析手法. 測候時報, 76, 207-220.
- WMO (1990) : Report of the WMO Meeting of Experts on Carbon Dioxide Concentration and Isotopic Measurement Techniques, Lake Arrowhead, California, 14-19 October 1990, GAW Report, No. 77, 71pp.
- WMO (1991) : Data Reporting Manual of the WMO World Data Centre for Greenhouse Gases (WDCGG No.1), 68pp.
- WMO (2007a) : WMO Strategic Plan, WMO- No. 1028, 36pp.
- WMO (2007b) : WMO Global Atmospheric Watch (GAW) Strategic Plan : 2008-2015, GAW Report, No. 172, 104pp.
- WMO (2008) : World Data Centre for Greenhouse Gases Data Submission and Dissemination Guide, GAW Report, No. 174, 47pp.
- WMO (2009) : Revision of the World Data Centre for Greenhouse Gases Data Submission and Dissemination Guide, GAW Report, No. 188, 49pp.

付録1 WDCGG 関連の年表

| WDCGG 関連の年表(1957~1994) | | | |
|------------------------|--|--|--|
| 年 | WDCGG 及び気象庁の活動 | 日本の動向 | 世界の動向 |
| 1957 | | 南極に昭和基地を開設し、観測を開始(IGY への参加) | 国際地球観測年(IGY: 1957年7月から1958年12月)開催 全球オゾン観測システム(GO ₃ OS)設立 C.キーリング博士による二酸化炭素濃度観測が南極点で開始 |
| 1958 | | | C.キーリング博士による二酸化炭素濃度観測がハワイのマウナロアで開始 |
| 1961 | | | WMO 世界オゾン資料センター(WODC)活動開始(カナダ大気環境庁) |
| 1966 | 南極昭和基地にて、オゾン観測開始 | 南極昭和基地にて、CO ₂ 観測開始(国立極地研究所) | |
| 1969 | | | 大気バックグラウンド汚染観測網(BAPMoN)設立承認 |
| 1979 | | | 国連欧州経済委員会(UNECE)で、ヨーロッパ諸国などを対象とする「長距離越境大気汚染条約」が採択 |
| 1984 | | 南極のオゾンが異常減少にあることを発表(気象庁、忠鉢繁) | |
| 1985 | | | オゾン層の保護のためのウィーン条約採択 |
| 1987 | 気象ロケット観測所(綾里)にて温室効果ガスの観測開始 | | オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書採択 |
| 1988 | | 特定物質の規制などによるオゾン層の保護に関する法律施行 | WMO 第40回執行理事会において、大気環境の監視活動強化の必要性が確認された 国連環境計画(UNEP)とWMOにより、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)が設立 |
| 1989 | WMO 事務局長から WDCGG 設立の要請(3月) 気象庁長官から要請を受ける旨を回答(6月) | WMOと日本国政府間で、WDCGG 設立に関する書簡交換が行われる(9月) | 全球大気監視計画(GAW)がWMOにより設立され、GO ₃ OS及びBAPMoNが発展的に統合(6月) |
| 1990 | 観測部管理課統計室に温暖化情報センター(Japan Climatic Data Center)が設立(6月)され、WDCGG 運用が始まる(10月) | | WMO 第42回執行理事会において、WDCGG 設立と10月からの運用がアナウンスされる IPCC 第1次評価報告書発表 第2回世界気候会議(ジュネーブ)で報告書を評価 |
| 1991 | データ報告マニュアル(DATA REPORTING MANUAL)発行 | | WMO 事務局長から各国常任代表宛にGAW-BAPMoN データのWDCGGへ報告励行の要請 |
| 1992 | データレポート(DATA REPORT)刊行(以降、2001年まで半年おきに刊行) | | 気候変動に関する国際連合枠組条約(UNFCCC)の採択 全球気候観測システム(GCOS)設置 WMO 世界オゾン・紫外線資料センター(WOUDC)設置(カナダ大気環境局) |
| 1993 | データカタログ(DATA CATALOGUE)刊行(以降、2001年まで数年おきに刊行) 南鳥島気象観測所にて温室効果ガスの観測開始 | UNFCCC 締結 | |
| 1994 | | | UNFCCC の発効 |

付録1 WDCGG 関連の年表 (つづき)

| WDCGG 関連の年表(1995～2009) | | | |
|------------------------|--|---|---|
| 年 | WDCGG 及び気象庁の活動 | 日本の動向 | 世界の動向 |
| 1995 | データサマリー (DATA SUMMARY) 刊行 (2001 年まで数年おき、2002 年から毎年刊行) WMO WDCGG CD-ROM 刊行(データレポート及びデータカタログのデータを収録) | | IPCC 第 2 次評価報告書発表 UNFCCC 第 1 回締約国会議(COP1)開催 |
| 1996 | WMO WDCGG の運用が観測部環境気象課に移行 WDCGG ホームページ運用開始 | | |
| 1997 | 与那国島測候所にて温室効果ガスの観測開始 | 地球温暖化対策推進本部設置(内閣府) | UNFCCC 第 3 回締約国会議(COP3)により京都議定書が採択 先進国の温室効果ガス排出量について、法的拘束力のある数値目標を各国毎に設定 |
| 1998 | GAW/OSG 会合の要請により、揮発性有機化合物(VOC)を収集開始(NOxは以前より収集) | 地球温暖化対策の推進に関する法律公布 | |
| 2000 | WMO WDCGG 計算機システム更新 データベースシステム導入によるメタデータ管理 | | |
| 2001 | | | IPCC 第 3 次評価報告書発表 |
| 2002 | ノルウェー大気研究所(NILU)から、地上オゾン世界資料センターを引き継ぐ | 京都議定書締結 | |
| 2005 | 観測部環境気象課から地球環境・海洋部環境気象管理官に変更 | 全国 9 つのブロックに地域エネルギー・温暖化対策推進会議を設置(経済産業省・環境省) | 京都議定書発効 |
| 2006 | WMO WDCGG 計算機システム更新 WMO 温室効果ガス年報(WMO Greenhouse Gas Bulletin) 発行(以降、毎年刊行) | | |
| 2007 | WMO WDCGG ホームページのリニューアルと提供データ(メタデータ、観測データ)フォーマット変更 | | WMO/GAW 戦略計画(2008 年から 2015 年) IPCC 第 4 次評価報告書発表 |
| 2008 | WDCGG 利用ガイド(WDCGG Data Submission and Dissemination Guide) 発行 | 北海道洞爺湖サミット開催 | 京都議定書第一約束期間始まる(2008 年から 2012 年) 洞爺湖サミットにて、2050 年までに世界全体の温室効果ガス排出量 50%削減するという長期目標について、全世界が共有していくことが提言 |
| 2009 | WMO WDCGG 全球解析手法ドキュメント刊行 WMO WDCGG 利用ガイド改訂 WMO WDCGG DVD 刊行(データ量増加のため CD-ROM から媒体を変更) 二酸化炭素分布情報発表 | 温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)打ち上げ(1月) 国連気候変動首脳会議において、主要国の参加による「意欲的な目標の合意」を前提に、温室効果ガスの排出を「1990 年比で 2020 年までに 25%削減を目指す」と表明(9月) | |