

WMO/GAW のフィリピン・マニラにおけるオゾン観測の現状

宮川 幸治*・Hannagrace F. Cristi**

WMO/GAW Regional Dobson Spectrophotometer QA/SAC for Manila, Philippines

Koji MIYAGAWA and Hannagrace F. Cristi

Abstract

The World Meteorological Organization Global Atmospheric Watch (WMO/GAW) has assigned the Japan Meteorological Agency (JMA) to be the Quality Assurance/Science Activity Center (QA/SAC) for Asia and southwest Pacific region (Region II/V). The Aerological Observatory of JMA in Tsukuba is responsible for the calibration of all the Dobson spectrophotometers in the region in order to come up with quality assured and globally standard total ozone data. One of the activities of the JMA QA/SAC is the field survey. An expert from JMA QA/SAC made the first field survey in the Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration (PAGASA), Philippines in March 22-31, 2004 to evaluate, repair and calibrate the Dobson Spectrophotometer (No.52). Before the arrival of the expert, Dobson No.52 stopped its operation in preparation for the site transfer. Meanwhile during the instrument check-up some parts are found to be defective and replacement was performed. The observers were briefed with the observation method and proper instrument maintenance. The computer software with training was provided for the total ozone data management. The instrument is now operational in the new site but there is still an urgent need for intercomparison with the standard Dobson No.116.

1. 背景

気象庁では、世界気象機関(WMO)/全球大気監視(GAW)計画の一環としてアジア・南西太平洋地区を対象とした「WMO 品質保証科学センター(QA/SAC)」業務を 1995 年(平成 7 年)から実施している。QA/SAC では担当地区内の観測所のデータ品質を評価すると共にオゾン観測機器の状況を把握するなどし、地区内での観測精度の維持・向上を図っている(志村ほか:1997, 宮川:2002)。担当地区内のフィリピン気象局では、マニラにおいてオゾン全量の観測を行っているが、衛星データとの比較検証や測器の点検データなどから、観測精度に問題が生じている可能性があった。同観測所のデータは衛星によるオゾン全量観測の東南アジア地域の補正にきわめて重要なことから、こうした状況を早急に改善する必要がある。このため QA/SAC 活動の一環として、専門家をフィリピン気象局に派遣し、同観測所の測器の維持・管理状況を確認し、必要な技術指導を行うことになった。オゾン全量に関しての QA/SAC 現地調査活動は、今回が最初である。

2. フィリピン気象局の観測体制

訪問先であるフィリピン気象局(Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Service Administration)は、その組織が Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Service Administration (PAGASA)にあり、フィリピン地球大気物理の行政サービスを行う政府機関である。ドブソンオゾン分光光度計(以下、ドブソン分光計又は測器と記す)によるオゾン観測は、その中の Climatology and Agrometerology Branch (CAB)の気候部門が担当している。CAB のスタッフは、室長を含めて 9 名の女性スタッフによる体制で行われている。オゾンの観測データは、この部門で補正やオゾン全量の計算など最終処理がなされる。観測データは、一定期間毎にカナダのオゾン紫外線データセンター(WOUDC)へ報告され、更に解析などが行われる。

オゾン観測を行う観測者は、別の部門で観測を専門に行う体制になっており、2 名の観測者が一日 2 回オゾン全量観測とランプ点検などを行う。

3. 観測場所の状況

ドブソン分光計による観測は、1990 年から 2004 年 2 月

*高層気象台 観測第三課 **フィリピン気象局



Photo. 1 The Dobson storage warehouse used until February, 2004, and its observation place.



Photo. 2 The stock room area of instrument.
Observation are performed by penthouse of the roof.

まで PAGASA ビルの北側約 100m に位置するドブソン専用の 1 階建て観測小屋(Photo.1)の屋上で行われていた。しかし、この観測施設は、老朽化しており測器の保管やランプ点検場所として不適切であることから、同年 3 月に PAGASA ビル屋上のペントハウスへ移転された(Photo.2)。旧測器保管小屋は、建物が外気と遮断されていないため、雨風や害虫などあらゆる悪影響を測器に対して及ぼす環境にあった。特に高温高湿の状態は、測器に対して致命的な悪影響を与えることになる。また、特に車の排気ガスによる大気汚染は、環境の悪化に伴い光化学スモッグを多発し、観測環境としても適さない場所であった。

PAGASA 屋上のペントハウスへの移転は、2004 年 3 月中旬に行われ、測器の保管場所と観測場所が確保された。保管場所は、広いスペースをもち現時点で他の目的に利用されていない。また、この保管場所は、以前の場所同様に空調設備はないが、雨風による影響は改善されている。ただし、観測時に測器を屋外へ移動する場合、扉の段差による振動の影響や移動時の測器の不安定な状態に注意を払うが必要になる。観測は、南側の出入り口付近で行うことになるが、太陽高度角によっては、更に遠くへ移動することがある。

4. オゾン観測の経過とその現状

フィリピンでのオゾン観測は、1976 年から現在までオゾン全量観測がほぼ継続して行われている。反転観測は実施されていない。観測開始の 1976 年から 1990 年 6 月までは、マニラの中心部から北西数 10km のケソン市にあるアテネオ・デ・マニラ大学で行われていた。その後、

ドブソン分光計によるオゾン観測は、フィリピン気象局に移管され、現在の場所で 1990 年 7 月以降継続して行われている。観測は、1990 年 7 月～2004 年 2 月まで現在の PAGASA ビル北側 100m 付近の観測小屋において、また 2004 年 3 月以降は PAGASA ビル 4F の屋上ペントハウスで行われている。この移動に伴う緯度と経度の変更は、滞在中の GPS 測定による結果で不要であることを確認した。観測の海拔高度は、73m で旧観測室より 20m 程高くなったが、オゾン全量観測では問題にならない高度差である。

参加者

現地調査では、ドブソンの管理責任者でもある Hannagrace 女史を中心に対応頂いた(Table 1)。

4.1 ドブソン分光計の校正の状況

ドブソン分光計 No.52 の基準器による較正として、これまで 4 回の相互比較に参加し測器の精度維持を図っている。相互比較は、1982 年コロラド、1987 年メルボルン、

Table 1 List of participants in PAGASA.

Edna L. Juanillo	PAGASA/CAB Chief.
Rolalina G. De Guzman	PAGASA/CAB
Hannagrace F. Cristi	CAB, honcho of Dobson.
Francis	Observer
Henry	Observer

1990 年不明, 1996 年つくばでの IWOAP(志村ほか: 1997) においてそれぞれ実施されている。ドブソン分光計の較正は, 3~4 年毎に世界準器で較正された地区準器との比較により行うことが WMO で定められている。ドブソン分光計 No.52 は, 1996 年以降その相互比較が行われておらず既に 8 年経過している。2003 年 3 月につくばで実施したアジア地区比較では, 経費の問題もあり参加できなかったが, 今後できるだけ早い時期に較正することが必要である。2005 年秋または翌年春にアジア地区の国際比較がつくばで行うことが計画されており, それへの参加が待たれる。

4.2 観測データの処理とその現状

観測されたオゾン全量値は, カナダのオゾン紫外線データセンター(WOUDC)へ報告され, TOMS の衛星データとの比較が行われている。衛星で測定されるオゾンデータにも最近, 機器の劣化によるトレンドや変動のあることが指摘されているが, 他の地上観測地点との比較解析から, フィリピンのオゾン全量の値に変動が見られることも分かった。今回の現地調査の目的の一つは, 最終データの問題点がどこにあるのかを調査し, 可能な改善と技術的な指導を行うことである。オゾン観測は, CAB メンバーと別の観測部門が協力して行う体制である。観測者によって測定されたデータは, CAB のスタッフによって最終結果を得るためのオゾン全量の計算が行われている。多くのステーションでは, 観測した後パソコンにより簡単にオゾン量が計算されているが, ここでは, 手作業によって計算が行われている。手作業は種々な補正を含むためその手順が複雑であり, このことを考えると観測とデータ処理担当が異なることは, 当然の流れと思われる。この計算手順に関しては, いくつかの点で間違いもあり指摘をした。大気路程の計算をパソコンで行った後は, 全て電卓と変換テーブルを用いた手作業により最終的なオゾン全量値が導出される。この過程には, 標準ランプによる補正が含まれている。しかし, この作業手順の過程で多くの間違いが起りやすいことも判明した。また, 天頂光のオゾン全量観測では, オゾン全量を得るための図表が用いられているが, このような天頂光オゾン全量値を得るための変換図表または係数作成には, 比較データと共に技術的な経験と解析プログラムによる支援が必要となる(Photo.5)。

4.3 観測者によるオゾン観測の実態調査

観測者がどのような手順や測定法をとっているかは, 観測値の信頼性を見る上での要点であり, 今回の大きな

目的の一つであった。オゾン観測の基本的手順は, WMO の指針(SOP)によって解説されているが, 今回の現地調査でその点について確認することができた。しかし, 後述するように, 測器は観測不能の状態に故障していたため, 実際に観測が可能になったのは, 帰国する前日の午後であった。翌日は早朝から開始したが, 限られた時間内での観測の実態調査となった(Photo.4)。

現状のままの観測者自身によるオゾン観測では, 全体的な流れとして概ね WMO 指針に沿っているものの, 観測者が行ういくつかの点で指摘をした。例えば, 読み取りのミス, 波長組の設定, アッテネーター設定手順などに問題があった。オゾン全量の観測は, 通常午前と午後の 2 回で太陽高度角の比較的高い大気路程 1.5~1.2 付近で行われている。マニラは北緯 15° の低緯度帯に位置するため, 大気路程の大きい観測は, 時間帯が勤務外になるために通常観測が行われていない。太陽高度が高いときの測定は, 紫外線量が強い反面, 操作が測定記録に敏感に反映されるため, 精度の高い測定技術が要求される。観測者の読み取り誤差は, 太陽高度角が低い場合に比べオゾン全量へ及ぼす影響がとても大きい。衛星データとの比較から過去データに問題が見られる大きな原因の一つが, 観測者による測定誤差にあると考えられる。

4.4 ドブソン分光計の状況と故障対策の経過

現地調査入りした際, ドブソン分光計 No.52 は, 既に観測不能の状態にあった。事前に情報を得ていなかったため現地で状況確認を行った。測器は, 2 ヶ月ほど前の 1 月末に故障が起り, その後全く観測できない状態にあった。直ちに故障状況を確認するための点検, 調査を行った(Photo.3)。点検用ランプに対して, 測器の感度信号が全くないため, 電子系統の故障であることが概ね判断された。しかし, 予備品は, 全く持ち込んでおらず, また現地でも予備部品は全くない。いくつかの点検において, 光電子増倍管(PMT)の可能性が考えられたが勿論その交換品をマニラ市内で調達することもできなかった。偶然にも数日後に気象庁から PAGASA へ他の目的で出張されるという情報を得ることができ, 高層気象台および気象庁へ連絡をとり PMT 他の手配をお願いした。PMT などの予備品持ち込みに関しては, マニラ空港税関で問題とならないように事前に PAGASA の長官から空港税関宛に免税のための文書を作成して頂いた。気象庁国際室の協力によって, PMT は 28 日の夕刻に届けられ翌 29 日の早朝から作業が可能になった。しかし故障の原因は, PMT 以外にあり, 他の系統を再度点検することになった。アナログアンプは, 米国タイプであったので回路図を米国海

洋大気庁(NOAA)へ問い合わせた。しかし、マニラとボールドーでの時差があり NOAA からの返事は翌日となった。アナログアンプ回路図を基に種々の点検、調査を再度行った。その結果、PMT の周辺にある抵抗器の一つが不良であることが分かった。この抵抗器は、1950 年代の製作で劣化による破損と考えられる。このパーツについてはマニラで調達可能であった。しかし、前日の購入先では部品を見つけることが出来なかった。30 日に改めて別の場所で購入に行くこととなったが、マニラ市では交通渋滞が慢性化しており数十 km 離れた場所ではいつ戻れるか分からないこともあり、バイクを利用して購入を願った。目的の部品は見つかり直ちに交換作業を行った。多くの点検とランプ点検などにより無事復旧したことを確認できた。

測器内部の状態は、保管場所の問題から光学系全般に対して汚れがあり、また、コパルトフィルターは高い湿度による影響でカビがひどく、その目的を果たしていない状態であった。この交換部品は測器定数にも影響するため現状のままの使用となった。サンディレクターのプリズムには汚れがあったため、清掃と若干の対策を行う改善をした。

4.5 各種ランプ点検とその装置の状況

ドブソン分光計のランプ点検としては、通常、標準ランプ点検と水銀ランプ点検が行われている。測器が回復した 30 日の午後から 31 日の早朝にかけての限られた時間で、これらの点検実施の現状を見るための観測者による点検作業が行われた。

標準ランプ点検の問題点として、観測者の測定誤差を指摘した。更にランプハウスが測器入射窓に適正に収まらない状況であった。ランプハウスの設置が適正に行われていないため、その都度ランプと入射窓の距離が変化し、結果的に標準光源によるランプ照度に変化し、点検結果に大きな誤差として表れていた。また、ランプへ供給される DC 出力電圧が規定の値より 2V 以上低下しており、更に電圧の変動も若干検出された。調整が不能で電源装置の修理若しくは更新を必要とする。標準光源のランプは 2 個あり、その一つは内部が黒く汚れ劣化による破損であった。更にもう一つのランプは、電極部分の断線と思われる故障で全く点灯しない状況であった。従って、1996 年に基準値として較正されたランプ定数の確認がなされていなかった。電極部の接触不良と考えられるランプについては、限られた時間で対応することはできなかった。予備の標準ランプとして、PMT と共に持ち込



Photo. 3 Repair and checks of Dobson in penthouse.



Photo. 4 The first ozone observation in the new building roof after repair of instrument.



Photo. 5 Data processing of the total ozone observation by the CAB staff.

まれた 1 個に仮の定数を値付けし、今後の点検に利用するよう願った。標準ランプ点検は、通常 1~2 週間程度に 1 回行う必要があるが、現地では二ヶ月に 1 回またはそれ以下であり、この点の改善をお願いした。

一方、水銀ランプ点検は、点検結果及び装置が概ね良好に動作し問題なく行われていた。

4. 6 指摘事項および要望事項など

以下に主な指摘と現地の要望事項を示す。

1) 現地での要望事項として、第一にオゾン観測データの解析ソフトウェアの提供がある。改善事項でもあるが、現在、測定された観測値は、そのほとんどが手作業により計算が行われている。解析ソフトウェアは、WMO のチェコ版も提供されているが、その操作方法が分からないので利用する予定がないということであった。今後の過去データ処理を含めた計算を考えると、パソコンによる処理が不可欠である。現地の強い要望は、高層気象台で開発した解析ソフトウェア(Miyagawa:2004)を利用したいということである。このソフトウェアの外国に対しての提供実績はこれまでにないこともあり、気象庁と連絡をとって提供に関する許可文書を交わすことにした。その利用に関しては、緊急処置として日本のソフトウェアを利用願うとした。このソフトウェアの利用に当たっては、今後英語版の操作マニュアルを整備することが必要になる。

2) 測器の湿度管理は、測定精度に大きく影響し、更に光学系の汚れや劣化を早めることにもなる。今回の調査においてコバルトフィルターは、致命的なダメージを受けていた。シリカゲルの定期的な交換の必要性を指摘した。

3) 過去の観測データの点検において、手作業に伴う多くの間違いが見られた。オゾン全量計算式のオゾン吸収係数は、1992 年に改正されオゾン全量で 1%程度補正が行われたが、現地では旧定数による煩雑な計算が行われていた。手計算によるミスがみられるため、おそらくは全てのデータを再計算する必要があることを指摘した。観測値の磁気媒体化は、最終製品であるオゾン全量値と大気路程など限られた値のみであり、再計算に必要な測定 R 値や時間情報などは全て観測記録紙のみで保存されている。過去データの再計算については、我々のソフトウェアを利用して行う意向であった。しかしながら、膨大な作業量が想定される。その補正の支援についても検討が必要と考えられる。

4) 天頂光図表については、10 年以上前のかかなり古いものがそのまま利用されており、信頼性のないオゾン全量を算出した可能性が考えられる。実態にあった天頂光図表の作成が必要であり、またその支援を行うことも今後に必要なである。

5) 現地では観測開始時から反転観測が行われていないが、そのトレーニングも含め環境が整えば行いたい意向を持っている。当初の日程では、反転観測トレーニングを予定していたが、今回の予想外の多くの問題処理のため行うことは難しかった。

6) 比較観測が 8 年以上行われていないことや測器の保守が更に必要であることなど、早急にアジア地区準器との校正をお願いした。

5. おわりに

今回の現地調査では、事前のスケジュールと全く異なる状況となり、10 日間の日程がとても厳しい状況であった。QA/SAC の現地調査は初めての試みであったが、オゾン全量の観測を行っている地点における予想外の測器の故障に対応することができた。この故障時期は、偶然にも今回の現地調査の直前であったがこの点は現地にとっても GAW 観測網の継続的な監視を担う我々にとっても、結果的にその成果が大きかったと思われる。故障対応に時間のほとんどが費やされてしまい厳しい日程の中で早朝からの作業などに協力頂いた。願わくは更に 1 週間程度の延長が可能であれば、より確実な対応と今後の支援体制や観測者への対応も可能であったと感じる。

今回の現地調査で特に印象的なことは、日本などでのトレーニングを行うよりも現地の実態に合わせた細部の問題点、関心や要望といった情報収集を行い、QA/SAC としてハード面の支援を含めた協力が可能であれば、より精度の高い観測が期待できるということである。また、次の点については、特に現地として必要性和要望を持っていたことである。① 観測者のトレーニングの必要性、② オゾン観測データの解析とプログラムの提供、③ データ処理のトレーニング、④ 保守部品および予備品の確保、⑤ 過去データの見直しなどである。

謝 辞

今回の外国出張に関する手続き並びに予算に関して、本庁国際室、人事課、管理課、環境気象課他の関係官にお世話になりました。また、急遽必要となった予備品に関しては、快くよく対応頂いた国際室や環境気象課、高

層気象台の関係官に感謝致します。滞在中は CAB の多くのスタッフに心温まるご配慮とサポートを頂き感謝いたします。

引用文献

宮川幸治(2002): マウナロアにおける WMO ドブソンオゾン分光光度計の国際相互比較. 高層気象台彙報, **62**, 27 - 44.

Miyagawa, K.(2004) : Upgraded automatic Dobson ozone spectrophotometer with Windows PC for ozone observation network in Japan. *Proceedings of the XX quadrennial ozone Symposium in Kos Greece 2004*, **1**, 579 - 580.

志村英洋・上野丈夫・廣瀬保雄・田森俊彦・宮川幸治
伊藤真人・能登美之・高尾俊則・寺坂義幸(1997): アジア・太平洋地域オゾン国際比較実施に関する報告. 高層気象台彙報, **57**, 7 - 16.