

世界気象機関 (WMO) 気象・環境測器及び観測法に関する 技術会合 (TECO-2012) 報告*

熊本 真理子*1・山本 哲*2

1. 概要

2012年10月16日から18日にかけて世界気象機関 (WMO: World Meteorological Organization) 気象・環境測器及び観測法に関する技術会合 (TECO-2012) が、ベルギー・ブリュッセルのブリュッセル万国博覧会場 (第1図) で開催された。88か国から342名が参加した。気象庁から気象測器検定試験センターの熊本が出席した。

本稿では、地上気象観測環境に関する内容を中心に、本会合の概要を紹介する。本会合全体では観測環境のみならず、気象観測技術発展、データ品質向上などに関して広く発表・議論されており、これらの分野での世界での取り組みに対し、少しでも関心を寄せていただくきっかけとなれば幸いである。

2. TECO-2012について

2.1 会合の開催主旨

TECOは、各国の気象・水文・環境に関する政府機関や民間会社等から気象観測・環境観測に関係する技術・研究発表論文を公募し、それらを発表し議論する技術会合である。WMOの専門委員会の一つである測器観測法委員会 (CIMO: Commission for Instruments and Methods of Observation) が運営しており、観測技術・観測システムの最新の開発状況と

運用に関する情報を各国間で共有するとともに、特に途上国に対して最新の技術情報と能力開発について情報を提供することを目的としている。気象水文機関・研究機関・メーカーなどの実務者・技術者・研究者・専門家らが世界各国から集まり気象・水文・環境の観測・測器に関し、最先端の科学・技術から各国での業務実践例紹介など幅広い情報交換が行われる。

TECOはほぼ2年ごとに開催されており、4年ごとのCIMO会合の開催時にはこれに合わせて開催されている。2006年はスイス・ジュネーブ、2008年にはロシア・サンクトペテルブルク、2010年はフィンランド・ヘルシンキで開催され、2014年はCIMO第16回会合に先立って7月7日から9日にかけて、ロシア・サンクトペテルブルクで開催予定である。

これまでTECOと同時に気象測器博覧会 (Exhibition of Meteorological Instruments, Equipment and Services; METEOREX) が開催されていたが、今回はUKIP Media & Events社が主催する国際見本市



第1図 TECO-2012の会場となったブリュッセル万国博覧会場 (BRUSSELS EXPO) ホール11。

* TECO-2012: WMO Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation, Brussels, Belgium, 16-18 October 2012.

*1 Mariko KUMAMOTO, 気象庁観測部観測課気象測器検定試験センター。

*2 (連絡責任著者) Akira YAMAMOTO, 気象研究所, 〒305-0052 茨城県つくば市長峰1-1

である気象技術世界博覧会2012 (MTWE: Meteorological Technology World EXPO 2012) の会場の一角で同期間に TECO が開催された。

2.2 会合の概要

会合は、CIMO 委員長の Calpini (スイス気象局) 及び WMO 事務局・観測情報システム部長 Zhang の基調講演に始まり (第2図)、3日間にわたり5つのセッションが続けて開かれ、口頭発表48 (基調講演9含む)、ポスター発表64の合計112の発表と討論が行われた。セッション別の発表件数を第1表に示した。

この他、観測環境分類に関するパネル・ディスカッションが行われた。

会合の最後には、TECOで毎回恒例となっているヴィルホ・ヴァイサラ教授賞授賞式と記念講演が行われた。この賞は、同教授が創業した気象測器メーカー・ヴァイサラ社の創業50周年を機に1986年に設立され



第2図 TECO-2012の開会。右から左へ、CIMO前委員長 Nash (英国気象局)、CIMO委員長 Calpini、開催国ベルギーWMO常任代表 Gellens (ベルギー気象局長官)、WMO事務局観測情報システム部長 Zhang、WMO事務局観測情報システム部 Atkinson の各氏。

たもので、同社をスポンサーとし、WMO執行理事会が最終的に授賞者を決定する公式なWMOの賞である。

第1ヴァイサラ賞 (傑出論文を対象) には、地上リモートセンシングによる雲量判定技術開発 (Boers *et al.* 2010) で、Boers (オランダ気象局) をはじめとする著者7名が受賞し、Boersが記念講演をした。

第2ヴァイサラ賞 (途上国・移行国開発実施を対象) には、気象衛星FY-3A (風雲3号) のマイクロ波気温サウンダ MWTS を ECMWF 数値気象モデルにより評価した研究 (Lu *et al.* 2011) で、Lu (中国気象局) をはじめとする著者5名が受賞し、Luが記念講演を行った。

最後に HMEI (Association of Hydro-Meteorological Equipment Industry: 水文・気象測器工業協会) 議長の Day (カナダ・Campbell Scientific Canada Corp.) の挨拶に続き、CIMO副委員長の Baker (米国海洋大気庁) が閉会の挨拶を行って会合を締めくくった。

地域別参加者を第2表に示した。ヨーロッパ、アジア、アフリカ、北米の順で参加者が多かった。アジアの参加国では、多い順に韓国13名、インド12名、中国7名で、日本からは4名の参加であった。口頭発表を行ったのは23か国、ポスター発表は30か国であった。発表件数の多かった方の国の一覧を第3表に示した。ヨーロッパ各国の発表が多かった。

発表資料は、初日に拡張アブストラクト (短いアブストラクトのみのももある) を掲載した CD-ROM が配布され、開催直後に同じものが WMO のウェブサイトに掲示された。また、ほぼすべてのプレゼンテーション資料は2013年8月にウェブで公開された。

TECO-2012論文・ポスターは、

http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-109_TECO-2012/Programme_

第1表 セッション別発表件数。

セッション名	基調講演	口頭	ポスター
セッション1 - 気象測器の相互比較と実証試験	2	8	30
セッション2 - 途上国における高品質データ取得の試み	2	6	8
セッション3 - 気候観測への要求満足	1	8	8
セッション4 - CIMO と計量学 (Metrology) および ISO との連携	2	8	1
セッション5 - 新技術: 現業への移行とデータ継続性の試み	2	9	17

TECO-2012.html (2014.3.28閲覧),
 プレゼンテーションは,
<http://www.knmi.nl/samenw/geoss/wmo/TECO2012/ppt/> (2014.3.28閲覧) の各サイトに掲載されている。

第2表 WMO 地区協会別の参加者数と比率。

地区協会	参加者数	比率 (%)
第1地区 (アフリカ)	49	14%
第2地区 (アジア)	67	20%
第3地区 (南米)	6	2%
第4地区 (北米・中米・カリブ海)	16	5%
第5地区 (南西太平洋)	5	1%
第6地区 (ヨーロッパ)	199	58%
計	342	

(注1) WMO は世界を6つに分けた地区 (気象) 協会を構成し, その地区分けは一般的に使われているものとは異なり, 例えば日本の所属する「第2地区 (アジア)」はインドネシア・フィリピンなど東南アジアの一部やイスラエル・トルコなど中東の一部は含まない。これは, 世界気象機関一般規則 (WMO 2012などに掲載) で定められている。

(注2) 参加者の集計は事務局から配布された事前登録者名簿による。当日 TECO-2012としての受付は行われず, また本文記述のとおり MTWE の参加者は自由に会合を聴講できたので, 実際の当日参加者の把握は難しい。

第3表 主な国別発表件数。口頭 (基調講演含む)・ポスターいずれの発表も行った国を, 口頭発表の多い順に掲げた。

	口頭	ポスター
スイス	5	4
イタリア	5	3
アメリカ	4	5
中国	4	1
イギリス	3	3
フランス	3	1
スペイン	2	3
オランダ	2	3
ベルギー	2	2
カナダ	2	2
インド	2	1
日本	2	1
韓国	1	7
ロシア	1	4
ドイツ	1	3
ノルウェー	1	2

3. 地上気象観測環境に関する発表と議論

各国ではWMO気象測器観測法指針 (WMO 2010; 以下「CIMOガイド」という) を参照して観測所を設置して観測を実施しているが, CIMOガイドの記述には定性的なものも多く, 各国での事情・経緯もあり, 測器の設置環境についての実態は十分明らかになっていない。近年, 観測データへのニーズの増大と高い品質への要請から, 観測データの品質に及ぼす地上気象観測環境への関心が高まってきた。これを背景に, WMOではフランス気象局で導入していた観測所設置環境分類 (Leroy 1999) を元に, WMO地上観測所設置環境分類 (以下「観測環境分類」という) を作成し, 2010年にCIMOガイドに掲載した。これは, 屋外に設置する気象観測測器の設置環境を定量的な基準で分類し1から5までの5段階の階級で示そうとするものである (山本 2013)。観測環境を把握するための国際的に統一した目安といったもので, WMOと国際標準化機構 (ISO: International Organization for Standardization) との共同標準とするため, ISO標準として定めるための作業がISOの大気専門委員会気象分科会 (TC146/SC5) で進んでいる (ISO 2013)。WMOとISOは2008年に作業協定を締結しており, ISO規格作成は迅速手続 (Fast Track) により行われる。

本会合でも観測環境に関して一般セッションにおいて日本を含むいくつかの国での取り組みが発表された他, 観測環境分類に関して議論を行うパネル・ディスカッションが行われた。

3.1 一般セッションにおける発表

セッション2「途上国における高品質データ取得の試み」およびセッション3「気候観測への要求満足」において, 以下のような発表があった。

熊本 (気象庁) は「アスファルト道路が気温観測に及ぼす影響の屋外測定による評価」を発表した。これは観測環境分類で必ずしも明らかにされていない, 階級の違いによる観測値への影響を定量的に示すため, つくばで実施した野外試験の報告である (Kumamoto *et al.* 2013)。本試験の条件下では, 日本で気温観測が行われる1.5 m 高度においては, 幅10 mのアスファルト道路の風下距離10 m付近まで, 0.1°C程度の正偏位を分布の中心とする温度差が認められた。

Wolff (ノルウェー気象庁) はノルウェーにおいて降水量観測所からWMO観測環境分類の適用を始め

ていること、その経験に基づき利点や問題点、分類を行うための最適なツール、今後の課題などを提起するポスター発表を行った。

Kim (韓国・釜慶大学校) は、観測所の風速観測環境に関して、CFD (数値流体力学) モデルを用いたシミュレーションによる解析を発表した。都市にある観測所の例では風向の再現は十分でなかったが、風速はかなりよく再現されていた。また、地形的には開けて良好と判断される観測環境の観測所で、シミュレーションでは著しい風速減少が認められる例があり、風観測環境の考え方についてさらなる検討が必要であることを述べた。韓国気象庁との共著だった。

Allott (英国気象局) は英国の気候観測網の現状についてポスター発表を行った。国内で270を超える地点があり、気象局以外の機関や民間の観測者により1日1回の観測が行われ、多くは19世紀から観測データがある。スティーブソン型百葉箱が設置された人手による観測が多いが、自動観測装置の導入も進んでいる。独自の観測環境分類を運用しているが、WMO 観測環境分類の適用も始めているとのことであった。

Green (英国気象局) は気象観測ウェブサイト (WOW: Weather Observation Website, <http://www.metoffice.gov.uk/> (2014.3.28閲覧)) を紹介した。教育省と英国気象学会との協力で運用されており、利用者は観測データを見るだけでなく、さまざまな種類のデータを掲載することができる。本格的な気候観測から降積雪の報告のような1回限りのもの、あるいは現象の写真も投稿できる。観測所のメタデータの掲載も進められている。このサイトの現在の主目的のひとつは学校教育だが、顕著現象の報告などは気象局の予報官にも利用されている。2011年6月の立ち上げ以来、2300の観測所が登録されているとのことであった。

Guo (中国気象局) は2007年に中国気象局が全国の気象台を対象に行った観測環境調査の結果を元に、華北平原で同一気候区にある気象台約200箇所における半径20 km 範囲の周囲の土地利用区分 (農地と宅地) および観測所周辺遮蔽物が気温に及ぼす影響を調査した。周辺遮蔽物の影響が都市域と農村域で異なるのが興味深かった。

3.2 WMO 観測環境分類に関するパネル・ディスカッション

観測環境分類に関する討論セッションがパネル・ディスカッション形式で行われた。CIMO 委員長

Calpini が司会し、はじめに、日本のほかカナダ・ノルウェー・スイス・英国・米国 (順不同) のあわせて6か国の気象機関から観測環境分類に関する各国の取り組みの現状と課題などについてそれぞれ数枚のスライドによる短いプレゼンテーションが行われた。気象庁からは熊本が、これまで行ってきた野外試験 (Kumamoto *et al.* 2013; 気象測器検定試験センター 2014) の結果などを踏まえ、太陽高度角による日陰の影響についてのより適切な評価の必要性、気温の観測環境分類で考慮されていない風向・風速の条件についても考慮すべきであることなどを提起した。

続く意見交換では、10人ほどから発言があった。観測環境分類の利点として、全球的気候監視のため、観測環境のよい観測所を維持することが必要であることに鑑み、このための気候観測に適合か不適合であるか (観測所の良し悪しではなく) を判断する指標となること、気候・予報・防災などデータ利用者の要求に応えることができること、観測環境の特徴を客観的に記述でき、観測所間や過去の環境との比較ができること、観測環境改善の対策効果を見えやすくし動機付けになること、気象局の観測所とそれ以外の観測所の違いの品質指標となることなどがあげられ、観測環境分類は観測環境の改善を促進できるとまとめられた。今後、観測環境分類の適用を進めながら、継続して改訂して内容を改善させていく必要があることも認識された。

CIMO としては、この議論において観測環境分類に対して大きな支持があり必要性や有用性が広く同意されたと受け止め、議論であげられた疑問や課題についても含め、観測環境分類解説のためのウェブサイトを用意して2013年11月に公開し、逐次更新している (<http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/SitingClassif/SitingClassif.html> (2014.3.28閲覧))。

4. その他の発表から

前述のとおり、TECO-2012では地上気象観測だけでなく、地上リモートセンシング、放射など気象観測測器・観測法に関して世界の最先端技術から途上国での取り組みまで幅広い内容の発表が行われているが、ここでは著者が興味をもったものについてごく一部であるが紹介する。

セッション4「CIMO と計量学およびISO との連携」において、Izquierdo (スペイン計量研究所) は、

気象測器のトレーサビリティについて、様々な校正装置によって、いくつかのパラメータ、例えば気温と気圧と湿度を同時に制御して、より正確に校正を行う装置や、気象観測所現地において小型の校正チャンバーを使用する試みなどを紹介した。これは欧州計量研究プログラムの枠組みで実施されている MeteoMet プロジェクト「気象学のための計量学」(本会合での Merlone (イタリア計量研究所) による発表資料に詳細が記載されている) の成果である。

セッション5「新技術：現業への移行とデータ継続性の試み」で、Boers (オランダ気象局) は、35 GHz 雲レーダーの観測データから、数 km の広範囲において視程を見積もる試みを紹介した。観測されたエアロゾルの粒径分布に基づく凝結核活性化の計算との比較から、霧では凝結過程と蒸発過程に非対称性があり、レーダーから視程を見積もるためにはその場での霧の発達状況に関する知見が必要であることを示し、視程700 m 未満の濃い霧に対して有効であったと報告された。

日本からは著者のほか、セッション1「気象測器の相互比較と実証試験」において安樂 (東芝) が固体化気象レーダーの現業利用について (気象研究所との共著)、セッション5において和田 (東芝) がフェイズドアレイ気象レーダーの開発状況について、それぞれ発表した。

以上、一部のみ紹介したが、本会合での発表内容は他の論文誌・学術雑誌等では得られない貴重な情報を含んでいる。この分野に関心のある方はぜひ前述のウェブサイトをご覧ください。

5. 気象技術世界博覧会2012 (MTWE 2012)

今回の TECO-2012は、MTWE 2012と同期間・同会場で実施された。このイベントは英国の UKIP Media & Events 社が主催する気象技術に関する国際見本市で、2011年から毎年開催されている。前述のとおり、TECO 会場は広大な MTWE 会場の一角で、主客転倒した趣であった。MTWE の参加者は TECO の会合にも自由に参加可能であった。このため、TECO には測器メーカーの参加者も多かった。TECO の開催に関する設営作業・受付なども MTWE の一部として UKIP 社により行われていた。これは予定されていたことかわからないが、最終日は MTWE が15時までの予定であったのに対し、TECO は17時までプログラムが組まれており、急遽、別の建

物の会議室に移動して行われる、といったこともあった。

MTWE の会場では、128社のブースが設けられ、最新の各種気象測器が展示されていたほか、メーカーによるプレゼンテーションも行われていた。日本からは (株) 東芝が気象レーダーに関する展示を行っていたほか、英弘精機 (株) の現地法人である EKO Instruments Europe (オランダ) が日射計などを出展していた。TECO の休憩時間などを利用して企業プレゼンテーションやブースを見て、日本では入手が容易でない世界の気象メーカーの最新技術動向の一端に触れることができた。MTWE は2012年以降も毎年開催されている。日本での学会の展示ブースなどの状況を鑑みると、このような国際見本市が成立すること自体驚きだが、われわれの常識が世界に追い付いていないのかもしれない。

6. おわりに

WMO 観測環境分類について、このような標準の作成は国際的には初めてであり、各国の気象専門家の中から選ばれている WMO/CIMO の専門家チーム (日本からも専門家が参加している) で各国における利用の指針を示すための検討が進められているが、今回のような世界中の国々から専門家が参加して、自由に発表や発言や意見交換できる場は貴重であり、日本からもこうした場に継続的に参加して、経験を国際的に共有していく必要があると感じた。

また、観測データ品質に対する信頼性を高めるためには観測環境が観測データに及ぼす影響の評価も重要であるが、著者 (熊本) の発表したような、観測環境が観測データに及ぼす影響を量的に評価する野外試験を行っているものは、他にほとんど例がなく、今後の野外試験への期待の声も受け、さらなる量的評価の必要性を強く感じた。

なお、本報告は会合に参加した熊本の執筆したものに山本が会合後の関連情報などを加筆する形でとりまとめた。

参考文献

Boers, R., M. J. de Haij, W. M. F. Wauben, H. Klein Baltink, L. H. van Uift, M. Savenije and C. N. Long, 2010: Optimized fractional cloudiness determination from five ground-based remote sensing techniques. *J. Geophys. Res.*, **115**, D24116, doi:10.1029/2010JD014661.

- ISO, 2013: ISO/DIS 19289 Meteorology — Siting Classifications for Surface Observing Stations on Land. ISO, 11pp.
- 気象測器検定試験センター, 2014: 気温観測用通風筒の特性調査. 測候時報, 80, 15-32.
- Kumamoto, M., M. Otsuka, T. Sakai, T. Hamagami, H. Kawamura, T. Aoshima and F. Fujibe, 2013: Field experiment on the effects of a nearby asphalt road on temperature measurement. SOLA, 9, 56-59.
- Leroy, M., 1999: Classification d'un site. Météo-France, Note technique n° 35, Trappes, 12pp.
- Lu Q., W. Bell, P. Bauer, N. Bormann and C. Peubey, 2011: Characterizing the FY-3A microwave temperature sounder using the ECMWF model. J. Atmos. Ocean. Tech., 28, 1373-1389.
- WMO, 2010: Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (2008 edition, Updated in 2010). 716pp. http://library.wmo.int/opac/index.php?lvl=notice_display&id=12407 (2014.3.28閲覧).
- WMO, 2012: Basic Documents No. 1 (2012 edition). WMO-No. 15, 226pp. http://library.wmo.int/opac/index.php?lvl=notice_display&id=14206 (2014.3.28閲覧).
- 山本 哲, 2013: 世界気象機関 (WMO) 地上観測設置環境分類の導入. 日本気象学会2013年度春季大会講演予稿集, 168.
-