

TECHNICAL REPORTS OF THE METEOROLOGICAL RESEARCH INSTITUTE No.45

Re-evaluation for scale and stability of CO₂ standard gases
used as long-term observations at the Japan Meteorological Agency
and the Meteorological Research Institute

BY

Hidekazu Matsueda, Kazuto Suda, Sakiko Nishioka, Yoshiaki Hirano,
Yousuke Sawa, Kazuhiro Tsuboi, Yukitomo Tutumi, Hitomi Kamiya
Kazuhiro Nemoto, Hideki Nagai, Masashi Yoshida, Sonoki Iwano
Osamu Yamamoto, Hideaki Morishita, Masatoshi Kamata, Akira Wada

気象研究所技術報告

第 45 号

気象庁及び気象研究所における二酸化炭素の
長期観測に使用された標準ガスのスケールと
その安定性の再評価に関する調査・研究

松枝秀和、須田一人、西岡佐喜子、平野礼朗、
澤 庸介、坪井一寛、堤 之智、神谷ひとみ、
根本和宏、長井秀樹、吉田雅司、岩野園城、
山本 治、森下秀昭、鎌田匡俊、和田 晃



気 象 研 究 所

METEOROLOGICAL RESEARCH INSTITUTE, JAPAN

MARCH 2004

Meteorological Research Institute

Established in 1946

Director-General : Dr. Tokunosuke Fujitani

Forecast Research Department

Director : Mr. Tatsuya Kudo

Climate Research Department

Director : Dr. Takashi Aoki

Typhoon Research Department

Director : Mr. Yukio Takemura

Physical Meteorology Research Department

Director : Dr. Tadao Aoki

Atmospheric Environment and Applied Meteorology

Research Department Director : Dr. Yasuo Sato

Meteorological Satellite and

Observation System Research Department

Director : Dr. Hisao Ohno

Seismology and Volcanology Research Department

Director : Dr. Nobuo Hamada

Oceanographical Research Department

Director : Dr. Jun-ichi Ohyama

Geochemical Research Department

1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki, 305-0052 Japan

Technical Reports of the Meteorological Research Institute

Editor-in-chief : Tadao Aoki

Editors : Makoto Ohzeki

Yuhji Kuroda

Naoko Kitabatake

Kenichi Kusunoki

Naoko Seino

Masahisa Nakazato

Takeyasu Yamamoto

Toshiya Nakano

Masao Ishii

Managing Editors : Osamu Suzuki, Takashi Inoue

The Technical Reports of the Meteorological Research Institute has been issued at irregular intervals by the Meteorological Research Institute since 1978 as a medium for the publication of technical reports, data reports and comprehensive reports on meteorology, oceanography, seismology and related earth sciences (hereafter referred to as reports) contributed by the members of the MRI and the collaborating researchers.

The Editing Committee reserves the right of decision on acceptability of manuscripts and is responsible for the final editing.

©2000 by the Meteorological Research Institute.

The copyright of reports in this journal belongs to the Meteorological Research Institute (MRI). Permission is granted to use figures, tables and short quotes from reports in this journal, provided that the source is acknowledged. Republication, reproduction, translation, and other uses of any extent of reports in this journal require written permission from the MRI.

In exception of this requirement, personal uses for research, study or educational purposes do not require permission from the MRI, provided that the source is acknowledged.

Re-evaluation for scale and stability of CO₂ standard gases
used as long-term observations at the Japan Meteorological Agency
and the Meteorological Research Institute

気象庁及び気象研究所における二酸化炭素の
長期観測に使用された標準ガスのスケールと
その安定性の再評価に関する調査・研究

松枝秀和¹⁾、須田一人²⁾、西岡佐喜子²⁾、平野礼朗²⁾、澤庸介¹⁾、坪井一寛²⁾、
堤之智²⁾、神谷ひとみ³⁾、根本和宏³⁾、長井秀樹³⁾、吉田雅司²⁾、岩野園城²⁾、
山本治²⁾、森下秀昭²⁾、鎌田匡俊²⁾、和田晃¹⁾

1) 気象庁 気象研究所 地球化学研究部
(Meteorological Research Institute)

2) 気象庁 観測部 環境気象課
(Japan Meteorological Agency)

3) 気象庁 気候・海洋気象部 海洋気象課 汚染分析センター
(Japan Meteorological Agency)

Abstract

Atmospheric carbon dioxide (CO₂) is an important greenhouse gas in the climate system due to its infrared properties. It is necessary to predict the future global warming induced by the CO₂ increase in the atmosphere, but there are large uncertainties in estimating global sources and sinks deduced from atmospheric CO₂ variations with time and space due to a sparse monitoring network. To better understand the global carbon cycle, more observations based on long-term measurements have been encouraged under the Global Atmosphere Watch (GAW) program being implemented by the World Meteorological Organization (WMO).

CO₂ mixing ratios measured using a nondispersive infrared analyzer are determined based on standard gases. Thus, a common standard gas scale is essential for developing a compatible data set of CO₂ measurements collected from different groups around the world. The World Calibration Center (WCC) was established in the WMO/GAW to reduce differences of measurements among the monitoring stations due to different standard scales. International round-robin experiments of CO₂ standard gas cylinders were also initiated as a WMO/GAW activity to improve the measurement quality at GAW monitoring stations.

Since the 1980s, many standard gases have been used for long-term observation programs of atmospheric and oceanic CO₂ in the Japan Meteorological Agency (JMA) and the Meteorological Research Institute (MRI). In 1986, JMA established a calibration system with primary standard gases to propagate the CO₂ scale to secondary and working standards used for the JMA and MRI observation programs. The JMA primary standards were calibrated based on the WMO scale maintained at the WCC to compare with other GAW stations under the international standard scale.

A long record of calibration data for the standard gases is valuable for evaluating the quality of CO₂ measurements in JMA and MRI, but its history was not analyzed in detail before the present report. Thus, an aim of this report is to re-evaluate the scale and stability of CO₂ standard gases using the data set from the JMA calibration system. In the first part of this report, we primarily describe the CO₂ observation programs in JMA and MRI and the purposes of this study relating to the standard gases in detail. In the second part, we present several inconsistencies of the JMA primary standards based on the calibration records of MRI standard gas cylinders, internal comparison results, and international round-robin experiments. The third part reports the results from the detailed data analyses to discuss the CO₂ scale and its stability of the JMA standards. In the fourth part, we describe a new database for recording calibration measurements from 1987 to 2002; the database will be available for further data analysis in the future.

概 要

大気中の二酸化炭素（CO₂）は、その赤外線吸収特性のために気候システムにおける重要な温暖化ガスの一つとなっている。大気中のCO₂増加によって引き起こされる将来の地球温暖化を予測することが緊急の課題となっているが、その予測に必要な地球規模でのCO₂の放出・吸収源に関する評価については、不確実な点が多く残されている。これは、観測地点が不足しているためにCO₂の時空間変動が十分に把握されていないことに起因している。地球規模における炭素循環をより良く理解するため、世界気象機関（WMO）の全球大気監視計画（GAW）では、長期的観測がより多く実施されるよう推進している。

赤外線分析計によって測定されるCO₂の濃度は標準ガスによって決定されている。このため、世界中の観測機関から収集されるCO₂の測定結果を相互に比較できるようにするためには、共通の標準ガススケールが必要となる。WMO/GAWでは、標準ガス基準の違いによって生じる観測所間の測定値の差をなくすために、全球大気監視校正センター（WCC）を設置してWMO標準スケールを維持している。また、WMO/GAW 活動の一環として、CO₂標準ガスボンベの巡回比較実験を実施して、GAW観測所の測定データの向上を図っている。

1980年代以降、多数の標準ガスが気象庁（JMA）並びに気象研究所（MRI）における大気及び海洋のCO₂の長期的観測において使用されてきた。気象庁では、1986年に標準ガス検定システムを確立すると同時に検定用の一次標準ガスを準備し、そのガスを基準にして二次標準及び作業標準ガスの値付けを行ってきた。気象庁の一次標準ガスの濃度は、世界基準スケールに統一するためにWMO/WCCで常に検定が実施されてきた。

これまで長期間に亘って得られた標準ガスの検定記録は気象庁や気象研究所のCO₂観測データの品質を評価する上で非常に有効であるが、その履歴に関する系統的かつ詳細な解析が行われてこなかった。そこで、気象庁検定装置で得られたデータを利用して、これまでの標準ガスのスケールとその安定性に関して再評価することを目的として調査・研究を行った。本報告の第一章では、二酸化炭素観測の現状、標準ガスの重要性並びに本研究の背景について述べる。第二章では、気象研究所ボンベの検定履歴、相互比較実験並びに巡回比較実験の結果を基に、検定結果の整合性に関する問題点について報告する。第三章では、詳しいデータ解析を通じて評価された標準スケールやその安定性について議論する。第四章では、今後さらに詳しい解析が実施できるように、1987年から2002年までの検定計測データを整理・統合して新たなデータベースを作成したので、その内容と利用について紹介する。

目 次

1. はじめに	1
1-1 二酸化炭素観測の現状	1
1-2 標準ガスの重要性	1
1-3 本研究の目的	2
2. 過去の検定結果に関する問題点	3
2-1 気象研究所ボンベの検定履歴	3
2-2 気象研究所ボンベの自己検定結果	7
2-3 気象庁の一次標準ガスの相互比較結果	7
2-4 国際比較実験の結果	13
2-5 第2章のまとめ	13
3. 検定結果の再評価	15
3-1 一次標準ガスの自己検定結果	15
3-2 第一世代一次標準ガスの濃度ドリフト評価	19
3-3 世代間の較差の補正による検定値の再評価	29
3-4 組み合わせによる検定値の違い	34
3-5 第3章のまとめ	36
4. 検定結果のデータベース化	36
5. 謝辞	37
6. 参考文献	37