

序

気象研究所地球化学研究部は、地球環境変動の実態を化学的手法により捉え、その変動機構の解明を目的として研究を進めており、その中で大気・海洋における二酸化炭素等の温室効果ガスの観測を実施している。これらの長期観測の研究成果を活かし、気象庁が実施する温室効果ガス観測についても、観測システムの開発や運用、観測データの品質管理に対し技術的な協力や助言を行い、定常観測の発展や業務の安定化に貢献してきた。

気象庁は、温室効果ガス監視の充実と地球温暖化の予測精度の向上を図るため、平成22年度から新たな大気観測として、北西太平洋上空における航空機による温室効果ガス観測を開始した。気象研究所では、これまでも、日本航空、日航財団と協力し、平成5年から民間定期航空便を利用した上空大気に含まれる温室効果ガスの濃度観測を実施しており、これまでの研究観測で開発した技術や手法を活かしながら、新たな観測に必要なシステム開発を気象庁・気象研究所共同で行った。また今回は、従来の観測手法を踏襲するだけでなく、最近急速に発展して利用され始めた最新分光法を取り入れ、研究的にも注目される新たな分析システムを確立することができた。新システムでの性能評価や従来型分析計との比較実験など十分に行い、新システムによる観測結果を評価するために必要な基礎的結果が得られた。

本技術報告は、航空機を利用した新たな温室効果ガス観測システムの詳細や試験結果を取りまとめたものである。今後、気象庁の定常観測業務で用いる分析システムの高精度化や保守作業の軽減を目指し、新しいシステム構築を検討する際の有益な情報となることが期待される。

気象研究所地球化学研究部長
緑川 貴

Abstract

Japan Meteorological Agency (JMA) started an operational aircraft observation of greenhouse gases as a new atmospheric monitoring activity in 2011. A cargo aircraft C-130H in Japan Ministry of Defence is used for the flask sampling observation during a regular flight between Tokyo and Minamitorishima (MNM) once a month. The air samples are collected during a cruising flight at about 6 km over the western North Pacific as well as a descending to MNM. After the flight, we measure 4 trace gas concentrations of carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), carbon monoxide (CO), and nitrous oxide (N₂O). In collaboration with Meteorological Research Institute (MRI), test flights using the cargo aircraft were made in 2010 to establish a flask sampling procedure on board the aircraft. In addition, a high-precision measuring system for the trace gas analyses was newly developed. In this report, the details of sampling and analysis instrumentations for the JMA aircraft observation and their performances are introduced.

Sample air in the cargo aircraft was taken from an air-conditioning blowing nozzle upstream of the recirculation fan to avoid the contamination of cabin air. We prepared a 1.7-L titanium flask of which internal surface is coated by amorphous silicon. Air samples are pressurized into the flasks by a manual diaphragm pump to an absolute pressure of about 0.4MPa. The storage tests for the flask samples during several days were repeated to ensure the stability of trace gases until analyses. Specially coordinated flights at a low altitude of 1000ft over MNM were made using the cargo aircraft to compare with the ground-based measurements from the MNM monitoring system in JMA. It was confirmed that our aircraft sampling procedure was suitable for the precise measurements of trace gases.

The JMA/MRI developed the automated measuring system consisting of a NDIR analyzer (LI-COR, LI-7000) for CO₂ as well as recently advanced spectroscopy instruments of WS-CRDS analyzer (Picarro, G2301) for CO₂ and CH₄, VURF analyzer (Aero-Laser, AL5002-AIR) for CO, and off-axis ICOS analyzer (Los Gatos, DLT100) for N₂O and CO. High-precision analyses of our system were estimated by the experiments using standard gases and natural air. In addition, our measurements were evaluated from comparison exercises with the conventional GC methods to ensure the consistency of other observational datasets from the JMA monitoring activities.

概 要

気象庁は、2011年2月から新しい大気観測として、航空機を利用した温室効果ガス観測を開始した。東京と南鳥島間を月に一度往復する自衛隊のC-130H輸送機を利用して、上空大気の大気試料のフラスコ観測を行う。南鳥島への航行中、北西太平洋上空約6000mの大気試料のサンプリングを行った後持ち帰り、フラスコ試料中の二酸化炭素、メタン、一酸化炭素及び一酸化二窒素の4成分の大気中濃度を測定する。2010年、気象庁と気象研究所が協力して、試験的な観測を実施し、上空でのフラスコサンプリング手順を確立した。また新たに4成分を測定するための分析システムを開発した。本技術報告では、新たに開発したサンプリングシステムや分析システムの詳細と性能試験結果について報告する。

機上のサンプリングでは、試料への機内の空気混入を避けるため、機内空気を循環させるファンの上流の空調吹出し口から大気を採取した。採取するための容器として、容積1.7リットル、内面をアモルファスシリコンでコーティングしたチタン製フラスコを用意した。試料は、手動のダイヤフラムポンプを用いて、相対圧で+0.3MPaまで加圧充填する。分析までの期間にフラスコ内で測定ガス濃度が安定していることを確認するために、数日間フラスコ試料を繰り返し分析する試験を実施した。また、気象庁が実施する南鳥島の地上観測と比較するため、南鳥島上空1000ftの低高度を飛行する特別なフライトにより試験を実施した。これらの試験により、我々の航空機上での試料採取手順が、測定ガス濃度の精密な測定に適していることが確認できた。

分析については、二酸化炭素用にNDIR分析計(LI-COR, LI-7000)、一酸化炭素用にVURF分析計(Aero-Laser, AL5002-AIR)、また最近、急速に発展している分光法を用いた分析計として二酸化炭素・メタン測定用にWS-CRDS分析計(Picarro, G2301)、一酸化二窒素・一酸化炭素用にoff-axis ICOS分析計(Los Gatos, DLT100)を採用した自動測定システムを開発した。我々の開発したシステムは、大気や標準ガスを用いた実験により高い精度で測定できることが確認された。さらに、気象庁が実施する地上観測データと比較可能とするために、これまでの観測システムで採用されているガスクロマトグラフ法との比較実験を実施した。

目次

1.	はじめに.....	1
2.	試料採取方法の確立.....	3
2-1	採取容器の保存性試験.....	3
2-1-1	採取容器（フラスコ）.....	3
2-1-2	保存性能試験の方法.....	4
2-1-3	フラスコ処理方法の違い.....	4
2-1-4	保存性能評価の結果.....	7
2-1-5	保存性能試験のまとめ.....	10
2-2	航空機の採取空気の評価.....	11
2-2-1	空気採取比較実験の方法.....	11
2-2-2	比較実験の測定結果.....	12
2-2-3	採取空気の評価.....	14
2-2-4	比較実験のまとめ.....	19
2-3-1	航空機用の採取装置.....	20
2-3-2	地上大気用の空気採取装置.....	21
3.	分析システムの開発.....	23
3-1	分析システムの概要.....	23
3-1-1	ハードウェア構成.....	23
3-1-2	分析手順.....	25
3-1-3	標準ガスと検量線.....	28
3-2	測定条件の検討.....	32
3-2-1	計測時間.....	32
3-2-2	較正間隔.....	34
3-2-3	除湿性能.....	36
3-2-4	分析シーケンス.....	37
3-3	性能試験結果.....	39
3-3-1	測定精度.....	39
3-3-2	圧力広がり効果.....	40
3-3-3	同位体効果.....	43
3-3-4	測器の比較.....	46
4.	まとめ.....	50
5.	謝辞.....	51
6.	参考文献.....	52