

成層圏大気中の多種の微量成分観測を目的とした気球搭載用大気採取装置の研究

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学大学院電子科学研究科 公開日: 2008-04-11 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 本田, 秀之 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/1462

氏名・(本籍)	本 田 秀 之 (広島県)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	工博乙第 94 号
学位授与の日付	平成13年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文題目	成層圏大気中の多種の微量成分観測を目的とした気球搭載 用大気採取装置の研究

論文審査委員	(委員長)		
	教授	福 家 俊 郎	教授 山 田 眞 吉
	教授	宮 澤 政 文	教授 下 平 美 文
	教授	鈴 木 款	

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、成層圏大気微量成分を研究するために、成層圏内を飛翔する大型科学気球を利用して高度別に高品質かつ大量に大気採取可能な、2種類の装置の開発研究をまとめたものである。それらはグラブ・サンプリング装置とクライオジェニック・サンプリング装置である。前者は超高真空に排気した試料容器にその高度の外気圧まで大気を取り込むもので、小型軽量で取り扱いが容易になるという大きな利点がある。本研究では、特に南極昭和基地の困難な実験条件下でも確実に成層圏大気の回収ができるよう、搭載コンピュータとGPS受信機を用いることにより、完全な自律動作を実現した。また昭和基地での実際の採取実験を通して、装置の性能を実証した。一方後者は、極低温技術を応用して大気を固化し、高度35km以上(6hPa以下)においても大気を20LSTP以上、かつ異なる12高度で採取可能なものである。大気採取量を格段に増大することにより、分析可能な大気成分範囲を広げかつ高精度分析を可能としつつ、気球搭載可能な小型・軽量の装置として実現した。このために、特異な熱特性を持つ液体ヘリウムを最適利用する熱設計手法、採取容器の試料汚染防止技術、搭載コンピュータによる高信頼制御システムを研究開発した。このように高度な技術を必要とするクライオジェニック・サンプリング装置は、国内のみならず国際的にも他に類を見ないものである。

1980年より20年間近くにわたってこれらの装置に改良を続けながら運用し、国内における気球実験のほとんどを成功させ、成層圏大気を継続採取してきた。また1997年には、スウェーデンのキルナで衛星搭載センサを校正する実験を実施した。1998年には、世界初の南極大陸上空の成層圏大気

大量採取を成功に導いた。大気中のCO₂, CH₄, CFCなど微量成分は、それぞれ、0.01ppm, 1ppb, 数pptの繰り返し精度で分析可能であり、これらの実験を通してこの精度に耐え得る高品質の大気試料を回収できていることは、開発した装置が持つ優れた特性を証明している。また、試料容器内面処理法を適用し10年以上の長期間大気試料を安定に保存する技術を開発し、過去に溯って試料を分析する道を開いた。著者等の研究グループでは、分析結果から成層圏内におけるCO₂濃度の長期変動、CO₂内の酸素同位体の濃縮、多種のCFCの高度分布、対流圏-成層圏間の大気交換速度の解明など、地球大気環境研究分野での発見や世界に先駆けた多くの研究成果がある。近年ではドイツや米国のグループと共同研究が進められ、国際的な発展も図られている。このような大気科学分野における成果は、本研究で開発した装置が地球大気環境研究用として非常に有効な手段であることを証明している。

本論文の構成は、以下のようになっている。

第1章では、本研究の目的と背景を述べる。

第2章では、成層圏大気微量成分の種々の観測法を概説し、本研究による方式の位置付けを図る。また2種類の成層圏大気採取方式の原理と各々の特徴を比較する。次に、国内外で開発されてきた大気採取装置の研究動向を述べ、大気球搭載用大気採取装置として要求される機能や能力、制約条件を示す。

第3章では、完全自律型グラブ・サンプリング・システムの開発研究とその性能評価について述べる。昭和基地における実際の実験結果をもとに、本装置の設計の妥当性と大気採取性能等を評価する。

第4章では、液体ヘリウムを冷媒として利用した、クライオジェニック・サンプリング・システムの開発研究と、その性能評価について述べる。まず、本研究で確立した静的・動的熱入力の解析法について述べ、大気球搭載可能なシステムとして成立するための条件を明らかにする。次に、各部の設計と室内実験による特性評価について述べる。最後に、実際の飛翔実験で得られたデータを解析し、本システムの設計の妥当性を検証する。

第5章では、試料容器の内面処理等に関する研究結果を述べ、その成果を適用した試料保存容器の長期保存性能の検証結果を示す。また、実際の飛翔実験により採取した成層圏大気を分析して得られた発見や研究成果を例示し、開発した装置が地球大気環境研究用として優れた手段であることを示す。

第6章では、本研究のまとめを述べる。

付録では、日本及び諸外国での気球実験について、気球そのものや共通搭載機器・飛翔制御・回収等について説明し、本論文の内容理解のための資料とする。

論文審査結果の要旨

大気中の温室効果ガス(CO₂等)濃度の上昇による地球気候の温暖化やフロンガス放出による成層圏オゾン層の衰退等、地球規模での環境劣化が進行している。このような大気環境の詳細を理解し、大気微量成分による将来の地球大気環境の変化を予測するには、現時点での対流圏のみならず、密接な関係にある成層圏における時間的空間的変動をグローバルに監視することが必要とされている。本論文は、成層圏大気に含まれる微量成分の分析を目的として、大型科学気球を利用した大気採取装置の開発研究をまとめたものである。開発した装置は、グラブ・サンプリング装置とクライオジェニック・サンプリング装置の2種類である。

第1章は序論で、本研究の背景及び研究目的とその意義を述べている。第2章は成層圏大気微量成分の種々の観測法を概説するとともに、国内外で開発されてきた大気採取装置の研究開発動向と対比させながら、2種類の成層圏大気採取方式の原理と特徴を纏めている。

第3章では、完全自律型グラブ・サンプリング装置について述べている。南極のような困難な条件下で、超高真空に排気した16.5Lの試料容器に高度10kmから25kmの大気を採取するもので、搭載コンピュータ及びGPSを用いた制御により、小型・完全自律化・高信頼化を実現し、CO₂、CH₄などの分析に供された。

第4章ではクライオジェニック・サンプリング装置について述べている。極低音技術を応用して大気を大量に(高度15から35kmで1高度当たり20LSTP以上)固化して採取するもので、より微量な大気成分の分析、高精度な分析及び長期の大気保存を可能にした。装置設計において、等価熱伝導積分値と顕熱利用係数を導入した熱設計手法を考案すると共に、採取容器の洗浄技術、コンピュータによる高信頼制御システム等を開発した。この装置は、潜熱は小さいが入手容易な液体Heを冷媒として用いた世界で唯一稼動しているシステムである。

第5章では、試料容器の内面処理法、試料保存容器の長期保存性能、実際の飛揚実験により採取した成層圏大気の結果について述べている。CO₂、CH₄、CFCなどの濃度がそれぞれ0.01ppm、1ppb、数pptの精度で分析可能なこと、10年間の長期保存試料の再分析において濃度変動が非常に小さいこと(たとえばCH₄は5ppb以下)を示すとともに、高度10kmから35kmにおいて高度別に採取された大気の結果から、成層圏内におけるCO₂濃度の長期変動、CO₂の酸素同位体の濃縮、多種のCFCの高度分布を明らかにする等、装置の有効性を証明している。第6章は総括で、研究成果を纏めている。

本論文で述べられた成層圏大気採取装置は大気科学分野の研究内容を左右するような装置であり、この分野の研究の進展に大きく貢献した。よって、博士(工学)の学位を授与するに十分な内容を有するものと認定する。