

南極成層圏大気の直接採取による温室効果気体の観測

森本真司¹, 青木周司², 本田秀之³, 菅原敏⁴, 豊田栄⁵, 稲飯洋一²

¹極地研、²東北大院・理、³ISAS/JAXA、⁴宮城教育大、⁵東京工業大

1. はじめに

南極域成層圏における温室効果気体の分布と経年変動を明らかにし、南極域への物質輸送に関する知見を得るために、1998年(第39次南極観測隊)と2003-2004年(第45次隊)、2007-2008年(第49次隊)の合計3度にわたって、南極・昭和基地において成層圏大気クライオサンプリング実験が実施された(Aoki et al., 2003; 菅原他, 2005; Morimoto et al., 2009; 森本他, 2009)。39次、45次隊での実験では、国内で使用している大型クライオサンプラーを昭和基地に持ち込み、大型気球(B30)によって成層圏まで飛揚させて高度15-30kmの成層圏大気試料を採取し、地上に降下後に南極観測船「しらせ」または「しらせ」搭載大型ヘリコプターによってサンプラーを回収した。この大型クライオサンプラーは、成層圏大気の採取に液体ヘリウムが必要であること、成層圏への飛揚には大型気球が必要であることなどから、現地での実験作業を行う観測隊員の負荷が非常に大きくなることが問題であった。49次隊実験では、新たに開発したJ-Tミニクーラーを用いた小型クライオサンプラー4台それぞれを小型気球(B1またはB2)によって成層圏に飛揚し、成層圏大気の採取を行った。残念ながら、サンプラー周辺機器の不具合が発生したために成層圏大気採取に成功したのは2高度のみであったが、小型クライオサンプラーには液体ヘリウムが不要であること、小型気球で放球できたこと、ヘリコプターでの回収が容易であったこと等、昭和基地現地での実験・準備作業を省力化することができた。

南極域成層圏において更に長期に及ぶ温室効果気体の変動を明らかにするために、第54次南極観測隊の夏期観測(2012-2013年)として、49次隊実験で使用した小型クライオサンプラーによる成層圏大気採取実験を計画している。ここでは、小型クライオサンプラーの概要と、54次隊実験計画、準備状況について述べる。

2. 小型クライオサンプラー

J-Tミニクーラーを用いた小型クライオサンプラーについてはすでに報告されているため(Morimoto et al., 2009)、ここではその概要のみ述べる。新しく開発した小型クライオサンプラーは、成層圏の目的高度に達した後、液体窒素温度に予冷した高圧ネオンガスをJ-Tミニクーラーで膨張させ、発生した寒冷によって液体ネオンを生成し、成層圏の低圧大気を固化・液化採取するものである。実験室内での低圧大気採取実験で、高度30-12kmに相当する25-200hPaの低圧大気を7-9分間に約3.0-8.0L_{STP}採取可能であることを確認している。

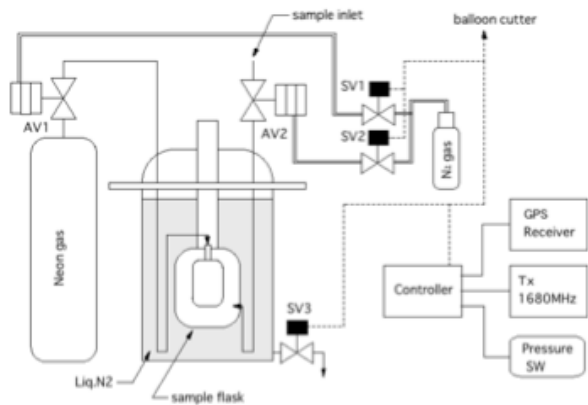


図 1 小型クライオサンプラーの概念図
SV1、SV2、SV3 は電磁弁、AV1、AV2 は空気圧作動弁を示す。

小型サンプラーの構成図を図 1 に、54 次隊実験で使用予定の小型サンプラー・ゴンドラの外観図を図 2 に示す。本サンプラーは搭載 GPS 受信機の位置情報をトリガーに用いて自律的に動作させる。大気採取は、1) ネオンガスバルブの開閉、2) 大気採取バルブの開閉、のみで行うことが可能な構成であり、その他、3) 液体窒素排出バルブ、4) 気球切り離しカッター、の合計 6 接点（1, 2 はそれぞれのサンプラーについて 1 つずつ）を搭載コントローラによって制御する。地上での誤操作によって、ネオンガスバルブまたは大気採取バルブが開くことを防ぐために、インターロック機構として気圧スイッチを使用しており、気圧スイッチが OFF である場合には各接点が ON にならないようになっている。また、ゴンドラ下部に紙ハニカム製のクラッシュパッドを付加し、秒速 7m で海氷上に着地する際の衝撃を最大 10G に緩和させる。搭載する液体窒素の重

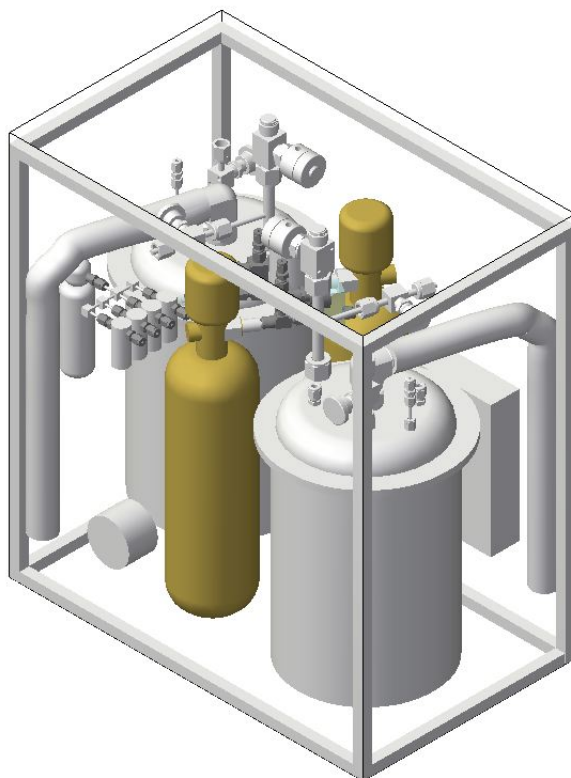


図 2 サンプラー・ゴンドラの外観予想図

量も含めたゴンドラの総重量は、約 40kg 程度になる予定である。

3. 昭和基地での気球実験実施計画

第 54 次南極地域観測隊（2012 年 11 月出発）の夏期観測として、昭和基地での小型クライオサンプラーによる成層圏大気採取実験を実施する。現段階での観測実施計画は以下の通りである。

時期：	2012 年 12 月後半～2013 年 1 月のうち 2 日間	
場所：	昭和基地ヘリポート(放球)、及び周辺の海氷上(回収)	
サンプラー数：	8	(1 機で 1 試料 合計 8 高度)
	1 ゴンドラにサンプラー 2 機搭載	
方法：	小型気球 (B2 または B5) 1 機でサンプラー 2 機放球 設定高度で大気採取後、海氷上へパラシュート降下 南極観測船「しらせ」ヘリコプターで回収 (1 日に 2 機放球・回収)	
人員：	放球作業	8 名
	データ受信	3 名

実験準備が完了した後、気象条件が、1) 地上風が弱いこと、2) 航跡予測計算の結果、サンプラーの降下位置が昭和基地周辺の安定した海氷上あるいは大陸上であること、の 2 条件を満たす場合に実験を実施する。2 日間で 4 機の小型気球 (計 8 機の小型クライオサンプラー) を放球・回収し、合計 8 高度の成層圏大気試料を採取することが目標である。採取された大気試料は国内に持ち帰り、東北大、東工大において温室効果気体や大気主成分濃度・同位体比の分析を行う。

4. 準備状況

第 8 期南極観測計画 (2011 年～2016 年) の一般研究観測として本計画を申請し、A 評価 (科学的価値が非常に高く、是非実施すべき計画) を得ている。

小型クライオサンプラーについては、49 次昭和基地実験で使用した 5 台に加えて新たに 7 台の製作が完了しており、本計画を実施する上で十分な数量を確保した。また、2008 年昭和基地実験時に明らかになった一部のサンプラー周辺機器の不具合についても、その後の検討と確認試験によって問題はほぼ解決している。今後、実験物資の昭和基地への搬出 (2012 年 10 月) まで約 1 年かけて、新規製作したサンプラー 7 台の動作確認試験 (室内実験) とゴンドラ製作を行う予定である。

参考文献

Aoki, S., T. Nakazawa, T. Machida, S. Sugawara, S. Morimoto, G. Hashida, T. Yamanouchi, K. Kawamura and H. Honda, Carbon Dioxide Variations in the Stratosphere Over Japan,

Scandinavia and Antarctic., *Tellus* 55B 178-186, 2003.

菅原敏、橋田元、石戸谷重之、並木道義、飯嶋一征、森本真司、青木周司、本田秀之、井筒直樹、中澤高濤、山内恭、第 45 次南極地域観測隊行動におけるクライオジェニックサンプラー回収気球実験、宇宙航空研究開発機構研究開発報告、77-88、2005.

Morimoto, S., T. Yamanouchi, H. Honda, S. Aoki, T. Nakazawa, S. Sugawara, S. Ishidoya, I. Iijima and T. Yoshida, A new compact cryogenic air sampler and its application in stratospheric greenhouse gas observation at Syowa Station, Antarctica, *J. Atmos. Ocean. Tech.* 26, 2182-2191, 2009.

森本真司、浅野比、青山朋樹、吉見英史、内田洋子、望月隆史、岩淵真海、水野大治、堤雅基、本田秀之、飯嶋一征、吉田哲也、山内恭、和田誠、小型クライオサンプラーを用いた昭和基地での成層圏大気採取実験：第 49 次実験報告、南極資料 53, 95-109、2009