

研究課題別 事後評価結果

1. 研究課題名：可搬型超伝導ミリ波大気分子測定装置の開発

2. 研究代表者：福井 康雄（名古屋大学 大学院理学研究科 教授）

3. 研究内容および成果：

本研究は、1980年代より技術開発が始められたミリ波（＝波長が数ミリの電波）分光法により、大気微量分子の測定を行うための小型で消費電力の小さい高感度観測装置を開発すること、および南米チリ共和国の標高 4,800mのアタカマ高地において、高感度のミリ波観測装置を用いた極微量の大気分子の測定を行い、中層大気中のオゾン光化学でフロンと同様に重要な役割を果たす水蒸気およびその同位体分子の高度別時間変動を明らかにすることを目的とした。

以下に主な成果を示す。

1) 小型超伝導大気観測装置の小型・省電力化

0.3WのGM冷凍機を使用し、このクライオスタット内部に楕円鏡を設置することによりクライオスタット壁面の電波入力窓の大きさを従来の1/4に小さくし、窓からの放射による熱流入を抑えることで、4Kの極低温状態を安定して保持出来るクライオスタットの開発に成功した。超伝導受信器をクライオスタットに搭載し、動作させた状態での冷却時の温度ゆらぎは±20mK（peak-to-peak）以下であり、GM-JT冷凍機を使用した際の±50mKより小さく抑えることが出来た。また、このクライオスタットは、観測装置本体の力学的な構造体としての機能も兼ねておりクライオスタットの4つの側面を、それぞれビーム伝送光学系入力部局部発振器信号系入力部、バイアス制御部、中間周波数信号系出力部として利用することにより省スペース化、小型化を図った。ビーム伝送系での損失については、0.2-0.3dB程度と従来機とほぼ同程度で、110GHz帯の固定バックショート型の超伝導受信器を搭載した状態で光学系込みの受信機雑音温度70K(DSB)と世界トップクラスの値が得られた。

また、音響光学分光計を、デジタル高速フーリエ変換機を用いたデジタル分光計に変更することにより、観測装置の軽量化、小型化を達成するとともに、周波数分解能、周囲温度の変化に対する安定性、およびフィールドでの操作性等の向上を実現した。

2) チリ共和国アタカマ高地での大気微量分子観測

チリ共和国のアタカマ高地に新たな観測拠点を設置し、これまで連続観測が実質的に不可能であった183GHz、204GHz帯の水蒸気(H_2^{18}O)スペクトルの連続観測を実現した。また、観測機器に適宜改良を加えることで観測システムとしての完成度を高め、あわせてステータスマニタリングシステムを開発し、宿舎や日本から装置の動作状態や観測条件のモニタリング、遠隔操作を可能にした。さらに、周波数軸ドリフトの較正やベースラインのうねりの除去、NCEP(National Centers for Environmental Prediction)の気象データの活用等により、リトリバルのアルゴリズムを改良し、解析の精度向上を図った。解析の結果、高度40kmから60kmまでの H_2^{18}O および H_2O の鉛直分

布について、9 月から 4 ヶ月間の時間変動が明らかになり、南半球の春から夏にかけて、高度 40km 付近で H_2^{18}O を H_2O に置換するような酸素同位体の交換反応が選択的に起きていることが示唆された。

3) オゾン・ClO・水蒸気変動の解析とモデル化

Reverse Domain Filling (RDF) を使って、オゾン全量および ClO 濃度の予測システムを確立した。これにより、数日先の全球的予測およびアタカマ観測点における予測が可能となり、より大気科学的な視点からアタカマでのオゾン観測計画を立てることが可能になった。

全球化学気候モデルによる大気微量成分の分布変動解析については、水蒸気、オゾンおよび亜酸化窒素の、過去から将来にわたる長期間の連続計算とその解析を行い、アタカマ近辺の低緯度および中緯度における季節変動および長期変動を、それらのグローバルな分布と関連づけて考察した。その結果、熱帯と中緯度の大気境界に位置するアタカマ近辺の大気微量成分の濃度が将来変化することが示唆されたことから、熱帯対流域の拡張等の地球温暖化影響を、大気微量成分の変動を通していち早く検知出来る可能性を見出した。

4. 事後評価結果

4-1. 外部発表(論文、口頭発表等)、特許、研究を通じての新たな知見の取得等の研究成果の状況

期間中の外部発表、特許等の実績を示す。

発表論文:(邦文) 3 件/(英文) 24 件

口頭発表:(国内) 46 件/(海外) 34 件

特許出願:(国内) 0 件/(海外) 0 件

小型超伝導大気観測装置の小型化や省電力化、フィールドでの操作性の向上を実現する等、優れた成果を上げた。この装置は、JEM/SMILES (Superconducting Submillimeter-Wave Limb Emission Sounder) への検証に利用出来、かつ高高度地点や北極・南極を含む世界各地への配置を可能としている等の点で標準機としての機能を備えており、国際的に普及することが期待出来る。その結果、国際観測ネットワークの構想が現実的になった。また、高高度における水蒸気密度分布の把握は、地球温暖化・寒冷化の将来予測にとって不可欠な課題であり、地上観測を可能にした技術の開発は、高く評価出来る。さらに、困難を克服して高度 5000m における連続観測を実施し、これまで得ることの出来なかった、ノイズの少ないスペクトルを得たことは評価に値する。

しかしながら、研究期間内に論文公表されなかったことで、成果の国際発信が不十分となった。装置開発に係る研究成果の公表のみならず、同位体の変動に関する興味深い知見も、まずは観測事実として公開することが重要である。また、モデル研究については、観測された水蒸気の変動等の分析には至っておらず、他の研究グループとの緊密な研究協力関係により、今後の進展を期待する。

4-2. 成果の戦略目標・科学技術への貢献

観測装置の開発を世界に先駆けて推進し、完成させたことは高く評価出来、国際的に抜きん出たユニークな観測結果を得た。地上と衛星の双方のミリ波・サブミリ波観測グループが国内で育成されており、協力関係を密にすることで、ミリ波・サブミリ波を用いた大気観測について、世界で最強の研究体制の構築が期待される。

海外の観測拠点を運用してきた経験は、今後の国際共同研究の振興において有用でありノウハウを残すことが重要である。大気物質が成層圏に吹き上げられる赤道域の高地における観測が実施可能となれば、中緯度および極域での観測結果と合わせて、中層大気大循環による大気微量成分の輸送や光化学過程の全貌解明に大きく貢献するであろう。

4-3. その他の特記事項(受賞等)

特になし。