

機関番号：13301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20519001

研究課題名（和文） 雲エアロゾル相互作用の解明にむけた雲採集装置の開発

研究課題名（英文） Development of cloud sampler for investigating cloud-aerosol interactions

研究代表者

松木 篤 (MATSUKI ATSUSHI)

金沢大学・フロンティアサイエンス機構・特任助教

研究者番号：90505728

研究成果の概要（和文）：大気エアロゾルは雲の核としての働きを通じて気候に大きな影響を与える。雲核として働く大気エアロゾルの特徴を解明するためには、実際に雲の中から核を取り出し、その形態や組成を詳しく分析することが最も直接的なアプローチと考えられるが、これを可能にする新技術に CVI (Counterflow Virtual Impactor) がある。本研究では、さまざまなフィールド、室内実験、気球観測等への将来的な応用を見据え、従来にくらべ大幅に小型化された CVI を開発し実用化した。

研究成果の概要（英文）：Atmospheric aerosols play a major role in regulating today's climate by acting as nuclei for clouds. The most effective means of characterizing the cloud nuclei is to conduct detailed analysis on the particles directly extracted from actual clouds by the help of a novel CVI (Counterflow Virtual Impactor). This project has developed a substantially smaller version of the CVI for its application in various field and indoor experiments in near future.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2008年度 | 1,500,000 | 0 | 1,500,000 |
| 2009年度 | 1,000,000 | 300,000 | 1,300,000 |
| 2010年度 | 800,000 | 240,000 | 1,040,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,300,000 | 540,000 | 3,840,000 |

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：地球温暖化

1. 研究開始当初の背景

雲の核として働く大気エアロゾルの特性を解明するには、実際に核として働き雲粒や氷晶中に取り込まれた粒子とエアロゾルのまま大気中に残された粒子（間隙エアロゾル）を分けて採集し、その形態や組成を個々の粒子レベルで比較できる新たな観測の枠組が必要である。しかし「雲をつかむような話

」に例えられるとおり、壊れやすい水滴や氷の結晶を直接採集するには高度な技術を要する。長年の技術的課題とされてきた雲粒の直接採集は、CVI (Counterflow Virtual Impactor) の実用化によって現実のものとなった (Ogren et al., 1985)。

従来、航空機搭載用に設計された CVI をほぼそのままの形で地上観測に応用するには、

雲を航空機の巡航速度まで加速させる必要があり、大型の風洞と送風機が必要であった。このため観測インフラは巨大化し、定置方 CVI の有効性を確立するまでにはいたらなかった。本研究ではこうしたこれまでの経緯を踏まえ、CVI の利用を主として地上での利用に限定することで大幅にシステムを簡略化したミニ CVI の開発を着想するにいたった。

2. 研究の目的

地球温暖化は我々人類が直面する最も深刻な社会問題のひとつであるが、現在もっとも妥当とされる気候変動予測においてすら、依然多くの不確定性を含んでいる。大気エアロゾル（大気中に浮遊する微小な粒子）が全体としてどれだけ温暖化を相殺する働きを持つのか、が明確になっていない。このことが気候モデル間でのバラツキと不確定性を生む大きな原因である。

大気エアロゾルは雲が形成される際に水蒸気が凝結する核として機能し、雲の分布を変化させることで間接的に気候に影響を及ぼしている。地球に降り注ぐ太陽光の 30% を跳ね返すといわれる雲の分布のわずかな変化は気候に大きな影響を及ぼすため、今後、雲の核として働くエアロゾルの特徴を解明しなければ、人為的な粒子増加に伴う気候影響を定量的に評価することは困難である。

雲の核として働くエアロゾルの特徴を解明するには、実際に雲の中から核を取り出し、その形態や組成を詳しく分析することが最も直接的なアプローチと考えられるが、これを可能にし得る技術に CVI（Counterflow Virtual Impactor）がある。本研究の目的は、これまで観測インフラが大掛かりになりがちだった従来の CVI をでき得る限り小型化し、さまざまなフィールド、室内実験、気球観測等への応用を見据えた新たな CVI を開発し実用化することである。このミニ CVI は、コストがかさみ大規模なインフラが必要となる航空機への搭載を想定したものではなく、山岳域での野外観測や人工的に雲を発生させられる雲チャンバー室内実験への応用を想定した小型のもので、完成の暁には未だ日本では稼働の実績がない CVI を使った投資対効果の高い研究の展開が見込まれる。

3. 研究の方法

本計画ではミニ CVI の利用を主として地

上での利用に限定することで最小限のスペース、エネルギー、コストで研究遂行上十分な性能を得ることを開発コンセプトに掲げた。ミニ CVI は地上に長時間とどまり受動的に雲を待つことで小さい流量のハンデを補うことができる。このように単位時間に採集できる雲粒・氷晶個数の犠牲が許されれば、カウンターフローの制御次第で小型化は十分実現可能である。さらに、新しい試みとして、これまで一般的にカウンターフローによって排除されていた間隙エアロゾルの回収ラインを設け、雲凝結核・氷晶核と間隙エアロゾルを同時に観測し厳密に比較出来るシステムに仕立てる。

4. 研究成果

当初年次計画に記載したとおり、本研究期間の前半は主として CVI の試作および室内での動作試験を中心に行った。装置のプロトタイプをくみ上げ、各排気、吸気パイプ内における流量の制御実験をおこなった。小型のコンプレッサー、ポンプと接続し、コンピューター制御により安定した流量が得られるようになった。これにより、小さな大気エアロゾル粒子を空気動力的な「ふるい」で排除し、より粒径の大きな雲粒のみを選択的に引き込むことが可能になった。また、CVI により「ふるい」にかけられた雲粒から水分を除去し、粒径や濃度を測る装置や形態・組成分析用のサンプラーへ試料大気を分配する方法についても検討を行った。

以上の経過を踏まえ、期間の後半は主に室内での動作試験と並行し、人工的に雲を発生させる雲チャンバー室内実験への応用についての検討を行った。研究会等の機会を通じ、CVI およびサンプラー（実際に CVI により抽出された雲残渣粒子を回収するため）を、雲チャンバーに接続する方法について共同研究者らと検討を重ねた。雲チャンバー実験での CVI 実用化に向けて一定の目途が立ったことから、連携研究者として新たな研究プロジェクト（科学研究費補助金基盤研究（A））の申請に参画し、これが採択されるまでに至った。現在、平成 23 年度以降の CVI を使った実験本格化に向け準備が進行中である。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

[雑誌論文] (計 13 件)

- ① Iseki, S., Y. Sadanaga, A. Matsuki (他 4 名) (2011): Analyses of the concentration variations of ozone and carbon monoxide at Suzu, the Noto Peninsula, *Journal of Japan Society for Atmospheric Environment*, in press. 査読有
- ② Crumeyrolle, S., A. Matsuki (他 7 名, 7 番目) Transport of dust particles from the Bodélé region to the monsoon layer – AMMA case study of the 9–14 June 2006 period, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11, 479-494. 査読有
- ③ Tobo, Y., D. Zhang, A. Matsuki, and Y. Iwasaka (2010): Asian dust particles converted into aqueous droplets under remote marine atmospheric conditions, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, doi:10.1073/pnas.1012277107. 査読有
- ④ Maki, T., A. Matsuki (他 9 名, 8 番目) (2010): Phylogenetic analysis of atmospheric halotolerant bacterial communities at high altitude in an Asian dust (KOSA) arrival region, Suzu City, *Science of the Total Environment*, 408, 4556–4562. 査読有
- ⑤ Reeves, C. E., A. Matsuki (他 30 名, 19 番目) (2010): Chemical and aerosol characterisation of the troposphere over West Africa during the monsoon period as part of AMMA, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10, 7575-7601. 査読有
- ⑥ Matsuki, A., B. Quennehen, A. Schwarzenboeck, S. Crumeyrolle, H. Venzac, P. Laj and L. Gomes (2010): Temporal and vertical variations of aerosol physical and chemical properties over West Africa: AMMA aircraft campaign in summer 2006, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10, 8437-8451. 査読有
- ⑦ Matsuki, A., A. Schwarzenboeck, H. Venzac, P. Laj, S. Crumeyrolle and L. Gomes (2010): Cloud processing of mineral dust: direct comparison of cloud residual and clear sky particles during AMMA aircraft campaign in summer 2006, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10, 1057-1069. 査読有
- ⑧ Kobayashi, F., A. Matsuki (他 7 名, 8 番目) (2010): Direct samplings and identifications of KOSA bioaerosols over deposit region and the research of effect on a plant ecosystem, *Earozeru Kenkyu*, 25, 23- 28. 査読有
- ⑨ Maki, T., A. Matsuki (他 8 名, 7 番目) (2010): Phylogenetic analysis of

halotolerant bacterial communities in Kosa bioaerosols, *Earozeru Kenkyu*, 25, 35-42. 査読有

- ⑩ Maki, T., A. Matsuki (他 7 名, 7 番目) (2010): PCR-DGGE analysis of Asian dust (KOSA) bioaerosol recorded in snow cover at Mount Tateyama, Central Japan, *Journal of Ecotechnology Research*, 15[3-4], 97-101. 査読有
- ⑪ Maki, T., A. Matsuki (他 10 名, 7 番目) (2009): Phylogenetic diversity and vertical distribution of a halobacterial community in the atmosphere of an Asian dust (KOSA) arrival region, Suzu City, *Journal of Ecotechnology Research*, 14(4), 255-259. 査読有
- ⑫ Gayet, J.-F., R. Treffeisen, A. Helbig, J. Bareiss, A. Matsuki, A. Herber and A. Schwarzenboeck (2009): On the onset of the ice phase in boundary layer Arctic clouds, *Journal of Geophysical Research*, 114(D19201), doi:10.1029/2008JD011348. 査読有
- ⑬ Crumeyrolle, S., L. Gomes, P. Tulet, A. Matsuki, A. Schwarzenboeck and K. Crahan (2008): Increase of the aerosol hygroscopicity by cloud processing in a mesoscale convective system: a case study from the AMMA campaign, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 8, 6907-6924. 査読有

[学会発表] (計 18 件)

- ① 松木篤, 富士山山頂における新粒子生成の観測, 第 4 回成果報告会「2010 年夏、富士山頂で行われた観測・研究の成果報告」, 2011 年 1 月 23 日, 東京大学 (東京都)
- ② 松木篤, 金沢大学能登スーパーサイトにおける大気エアロゾル直接観測, 第 2 回能登総合シンポジウム, 2011 年 1 月 21 日, 珠洲市商工会議所 (石川県)
- ③ Matsuki, A., Intensive chemical and physical modification of Asian dust particles along their long-range transport, *The 21st International Symposium on Transport Phenomena*, 4 November, 2010., Garden Villa Kaohsiung (台湾),
- ④ 松木篤, 能登半島で観測された黄砂粒子の混合状態, 日本気象学会 2010 年度秋季大会, 2010 年 10 月 27 日, 京都テルサ (京都府)
- ⑤ Matsuki, A., Intensive chemical and physical modification of Asian dust particles along their long-range transport, *The 4th International Symposium on Environment of Rim of the Japan/East Sea*,

- 18 October, 2010 , Seogwipo KAL Hotel, Jeju, Korea (韓国)
- ⑥ Matsuki, A., Intensive chemical and physical modification of Asian dust particles along their long-range aerial transport, *The 7th East Asia International Workshop "Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Asia"*, 8 October, 2010., サンシャインホテル (韓国) ,
- ⑦ Matsuki, A., Intensive chemical and physical modification of Asian dust particles along their long-range transport JSPS - Kanazawa University, *Asia and Africa Science Platform Program International Seminar "Environment and Health"*, 25 September, 2010., 金沢大学 (石川県)
- ⑧ 松木篤,北極域対流圏における大気エアロゾルと雲残渣粒子の直接観測: POLARCAT 春季航空機観測から, 第27回エアロゾル科学・技術研究討論会, 2010年8月5日, 名古屋大学 (愛知県)
- ⑨ Matsuki, A., Size distribution measurement of air ions at the summit of Mt. Fuji during 2009 summer campaign, *ACP symposium 2010 "Symposium on Atmospheric Chemistry and Physics at Mountain Sites"*, 10 June, 2010., ホテル インターラーケン (スイス)
- ⑩ Matsuki, A., Climatic and environmental study of atmospheric trace gases and aerosols in Noto peninsula: Establishing a new monitoring station and international collaborations, *International Symposium on Aerosol and Radiation Studies*, 26 April, 2010., 山東理工大学国際学術交流センター (中国)
- ⑪ Matsuki, A., Environmental Monitoring Station: Noto Super site, JENESYS POMRAC Kanazawa University Joint Symposium, 2009年9月10日, 金沢大学 (石川県)
- ⑫ 松木篤,北極域対流圏における大気エアロゾルと雲残渣粒子の直接観測: POLARCAT 春季航空機観測から, 第26回エアロゾル科学・技術研究討論会, 2009年8月21日, 岡山大学 (岡山県)
- ⑬ 松木篤, 西アフリカ上空における大気エアロゾルの物理・化学的特性: 2006年夏AMMA 航空機集中観測から, 日本気象学会 2009年度春季大会, 2009年5月31日, エポカルつくば (茨城県)
- ⑭ Matsuki, A., Physico-chemical CN and CCN characterization onboard ATR-42 during SOP-1, -2a1, and -2a2, *AMMA*

(*African Monsoon Multidisciplinary Analysis*) *Aerosol and Chemistry Joint Meeting of WPs 2.4, 2.1.2 & 4.1.3*, 11-13 February 2009., Paul Sabatier 大学 (フランス)

- ⑮ 松木篤,ネパールの標高 5079mにおけるABC-Pyramidの活動紹介: 過去2½年間の観測概要について, 平成20年度 富士山測候所利活用に関する成果報告会, 2009年1月25日, 東京大学(東京都) (招待講演)
- ⑯ 松木篤,能登大気観測スーパーサイト構想: 発足にむけて, 第2回環日本海域環境シンポジウム, 2008年11月26日, 金沢大学 (石川県)
- ⑰ Matsuki, A., Cloud nucleating properties of mineral dust particles observed during AMMA special observation periods in summer 2006, *IGAC (International Global Atmospheric Chemistry) 10th International Conference*, 9 September 2008., リンペリアル パレス (フランス)
- ⑱ 松木篤,航空機観測に基づく鉱物粒子の雲凝結特性: 2006年夏季のAMMA集中観測から, 第25回エアロゾル科学・技術研究討論会, 2008年8月20日, 金沢大学 (石川県)

[図書] (計1件)

- ① 松木篤 著, 岩坂泰信ら 編, 古今書院, 「黄砂」, ISBN978-4-7722-3125-1 C3040., 2009年, (3.3, 4.3.2, 4.3.3, 6.3, 6.4, 7.1.1, 7.1.3 章分担)

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: 芳香族ニトロ化合物の製造方法

発明者: 亀田貴之, 松木篤

権利者: 国立大学法人金沢大学

種類: 特許

番号: 特許出願 2009-246879

出願年月日: 2009年10月27日

国内外の別: 国内

[その他]

報道関連情報 (新聞)

- ① 2010年10月6日: 日本海上空で黄砂液状化 金大の研究グループ発見, 北國新聞.
- ② 2010年10月5日: 日本海渡った黄砂ちよっときれいに 金沢大両岸で比較, 朝日新聞.
- ③ 2009年8月3日: 高層雲生成 富士山頂で観測, 日本経済新聞.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松木 篤 (MATSUKI ATSUSHI)
金沢大学・フロンティアサイエンス機構・
特任助教
研究者番号：90505728

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし