

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22510008

研究課題名（和文） 高低差3000mから観る大気汚染物質の季節変化とその動態解明

研究課題名（英文） The seasonal variation and dynamic solution of  
Atmospheric pollutions around 3000 m height.

研究代表者

青木 一真 (AOKI KAZUMA)

富山大学大学院理工学研究部（理学）・准教授

研究者番号：90345546

研究成果の概要（和文）：富山湾を中心とした、高低差3000m、水平方向100kmの観測領域で、大気汚染物質の季節変化とその動態解明の研究を行った。本研究において、富山、立山・浄土山（標高2839m）、珠洲の3カ所で太陽放射観測を行い、エアロゾルの光学的特性の越境大気汚染とローカルな大気汚染の輸送過程の検証を行った。光学的厚さの月平均値は、概ね、富山と珠洲では、春から初夏に高く、秋に低い同じような季節傾向が見られた。

研究成果の概要（英文）： We started the monitoring of seasonal variation and dynamic solution of atmospheric pollution around Toyama bay area. Aerosol optical properties are studied using data from sun and sky radiometer measurements in the Toyama, Mt. Jodo/Tateyama, and Suzu. The radiometer is an automatic instrument that takes observations under the condition of air pollution from local and/or long distance. The aerosol optical thickness at 0.5  $\mu\text{m}$  has a clear seasonal cycle, with a vernal maximum and an autumnal minimum, but on the Toyama bay, the seasonal cycle is sometimes early summer maximum.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野： 複合新領域

科研費の分科・細目： 環境学・環境動態解析

キーワード： 物質循環、大気エアロゾル

## 1. 研究開始当初の背景

雲や大気中に浮遊する微粒子（以下、エアロゾル）が気候に及ぼす影響は、様々な研究が進められているが、未だに多くの課題が残されている（IPCC 2007）。その背景には、エ

アロゾルが、多種多様な物質で構成されており、時間的にも空間的にも変動が大きいという特徴をもつためである。とりわけ、アジア大陸の経済活動の発展により、人為起源による大気汚染物質の排出が年々増加し、その影

響が風下側にある日本にも影響を及ぼしている。応募者は、太陽光を利用した太陽放射の地上観測から、雲やエアロゾルの光学的特性の気候影響解明のため研究を進めてきた (e.g. Aoki, 2006, 2008)。地上観測は、衛星観測や数値モデルに比べ、データ精度が高いため、定量的なデータを得ることができる。これらの結果は実際に、衛星やモデルの検証研究 (e.g. Sohn *et al.* 2007, Takemura *et al.* 2001) にも使われてきた。

## 2. 研究の目的

富山湾を中心とした大気鉛直方向、すなわち高低差 3000 m、空間方向、すなわち水平方向 100 km の観測領域 (図 1) から、大気汚染物質の季節変化とその動態解明の研究を行った。本研究期間において、富山 (富山市：富山大学五福キャンパス)、立山・浄土山 (標高 2839 m：富山大学立山施設)、珠洲 (珠州市：能登半島金沢大学里山里海自然学校) の 3 地点におけるスカイラジオメーターを使った太陽放射観測から、エアロゾル



図 1 スカイラジオメーター観測網

## 3. 研究の方法

(1) 3 地点 (富山、立山、珠洲) における大気汚染物質の高度差測定と季節変化の解析

図 1 は、日本周辺の主なスカイラジオメーターの観測地点 (Aoki, 2008) である。広範囲に観測が行われている。本研究では、特に、3 次元的に時間・空間的に観測の出来る富山、立山、珠洲の 3 地点に着目して、太陽放射観測等の連続測定を行い、大気汚染物質の高度差測定と季節変化について明らかにする。富山と立山の観測は、応募者の青木が管理し、珠洲は、応募者の青木と研究協力者の松木 (金沢大学) で行う。また、測定精度の向上のためには、光学機器の絶対検定必要である。

大規模な実験室による検定か、高標高 (例えば、ハワイマウナロア山) における観測が必要であり、研究経費が莫大にかかる。そのため、応募者は、2005 年から 3000 m を有する立山・浄土山の富山大学施設において、大気放射の観測及び、検定出来るシステムを構築した (青木, 2009)。

(2) 大気汚染時とバックグラウンド時との光学的特性の比較検討

通常、地表付近と高標高地域では、エアロゾルの光学的厚さが 1 桁近く違う。高標高地域に、エアロゾルの輸送がある場合、2 つの理由が考えられる。ひとつは、中国大陸等から長距離輸送されたエアロゾルが影響。もうひとつは、ローカルな影響が地表付近から山岳に上がってくる。これらを 3 地点のスカイラジオメーターと気象観測から事例解析を行い、比較検討を行う。特に、能登半島の先端である珠洲サイトは、大陸からの影響を見るのに適していると考えられる。

(3) 太陽放射観測と積雪層の化学分析から高標高地域の乾性・湿性沈着のメカニズムの解明

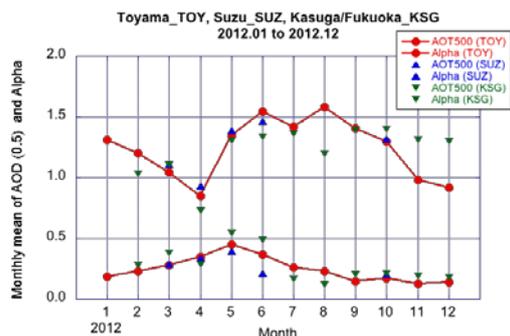
毎年 4 月に立山・室堂平 (2450m) において積雪断面調査を行っている。以前までは、雪氷分野の測定が主であったが、最近では、積雪層の化学分析 (青木, 2008) や積雪層中の黄砂層から微生物の発見 (金沢大学との共同研究) など、研究分野の開拓も行っている。このような測定から得られる積雪層の化学分析を、冬期間、山頂で観測が出来ない太陽放射観測を補い、高標高地域の乾性・湿性沈着のメカニズムを解明することを目標としている。このため、雲の情報が必要不可欠なため、全天カメラの観測を併用して、雲の有り無し (乾性・湿性) の全天情報を得る富山で行う。積雪断面観測は、応募者と連携研究者の島田が中心となって、観測を遂行する。

## 4. 研究成果

図 2 は、2012 年 1 月から 12 月までの富山、珠洲 (参考に福岡も記載) の 0.5 μm のエアロゾルの光学的厚さとオングストローム指数の月平均値を示したものである。エアロゾルの光学的厚さの月平均値は、概ね、富山と珠洲では、春から初夏に高く、秋に低い同じような季節傾向が見られた。月平均値レベルで検証してみると、この水平方向 100 km の観測領域では、同じような変動を示していたことが確認された。しかしながら、細かく特徴を調べてみると、ローカルな影響も含まれていることが確認された。立山での観測は、観測を本格的に出来るようになったが、自然環境の厳しさと、山頂付近が天候不順だったため、太陽光の観測があまり出来なかつたが、いくつかのデータは取得できた。ま

た、冬期間の観測領域内の季節変化や大気汚染物質の動態解析を補うため、立山・室堂平における積雪断面調査を行い、季節変化とその動態解明の基礎データベースを作成した。さらに、スカイラジオメーター観測データのみならず、数値モデルとの比較も行い、今後の研究の基礎となるデータを得ることができ、国際学会などで報告することができた。これらの結果を踏まえ、月平均値では同じ傾向にあったが、モデルと違う傾向もいくつかあったので、今後の研究の課題としたい。

図2 2012年の富山、珠洲(参考に福岡)



のエアロゾルの光学的厚さとオンゲストローム指数の月平均値

## 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10件)

Kawamura, K., , K. Matsumoto, E. Tachibana, K. Aoki (2012), Low molecular weight (C1-C10) monocarboxylic acids, dissolved organic carbon and major inorganic ions in alpine snow pit sequence from a high mountain site, central Japan. *Atmospheric Environment*, 62, 272-280.

Watanebe, K., D. Nishimoto, S. Ishita, N. Eda, Y. Uehara, G. Takahashi, N. Kunori, T. Kawakami, W. Shimada, K. Aoki and K. Kawada (2012), Formaldehyde and hydrogen peroxide concentrations in the snow cover at Murododaira, Mt. Tateyama, Japan. *Bulletin of Glaciological Research*, 30, 33-40.

牧輝弥, 青木一真, 小林史尚, 柿川真紀子, 松木篤, 木野恵太, 長谷川浩, 岩坂泰信 (2011) 立山積雪層に保存される黄砂バイオエアロゾルの集積培養と系統分類学的解析, *エアロゾル研究*, 26, 332-340.

浦 幸帆, 長田 和雄, 香川 雅子, 三上 正男, 的場 澄人, 青木一真, 篠田 雅人, 黒崎 泰典, 林 政彦, 清水 厚, 植松 光夫 (2011), 非水溶性大気沈着物中のFe含有量

を用いた鉱物質ダスト量の推定、*エアロゾル研究*, 26, 234-241.

Maki, T., A. Ishikawa, F. Kobayashi, M. Kakikawa, K. Aoki, T. Matsunaga, H. Hasegawa, and Y. Iwasaka (2011), Effect of Asian dust deposition event on Bacterial and microalgal communities in the Pacific Ocean. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 5, 157-163.

岩間真治, 渡辺幸一, 上原佳敏, 西元大樹, 小森静, 齋藤由紀子, 江田奈希紗, 善光英希, 島田互, 青木一真, 川田邦夫 (2011), 立山・室堂平の積雪中のイオン成分, ホルムアルデヒドおよび過酸化水素濃度, 雪氷, 73, 295-305.

Tanaka, D., Y. Tokuyama, Y. Terada, K. Kunimochi, C. Mizumaki, S. Tamura, M. Wakabayashi, K. Aoki, W. Shimada, H. Tanaka, and S. Nakamura (2011), Bacterial communities in Asian dust-containing snow layers on Mt. Tateyama, Japan. *Bulletin of Glaciological Research*, 29, 31-39.

Osada, K., S. Ura, M. Kagawa, M. Mikami, T. Y. Tanaka, S. Matoba, K. Aoki, M. Shinoda, Y. Kurosaki, M. Hayashi, A. Shimizu, and M. Uematsu (2011), Temporal and Spatial Variations of Wet Deposition Flux of Mineral Dust in Japan. *SOLA*, 7, 49-52, doi:10.2151/sola.2011-013.

Maki, T., K. Aoki, F. Kobayashi, M. Kakikawa, Y. Tobo, A. Matsuki, H. Hasegawa, Y. Iwasaka (2011), Characterization of halotolerant and oligotrophic bacterial communities in Asian desert dust (KOSA) bioaerosol accumulated in layers of snow on Mount Tateyama, Central Japan. *Aerobiologia*, DOI 10.1007/s10453-011-9196-0.

MAKI T., AOKI K., SUSUKI S., KOBAYASHI F., KAKIKAWA M., TOBO Y., MATSUKI A., HASEGAWA H., and IWASAKA Y., (2010), PCR-DGGE analysis of Asian dust (KOSA) bioaerosol recorded in snow cover at Mount Tateyama, Central Japan. *Journal of Ecotechnology Research*, 15, 97-101.

[学会発表] (計33件) 本人発表分のみ

青木一真: 太陽放射観測によるエアロゾルの光学的特性の時空間変動と複合領域研究における応用例 (九州大学応用力学研究所共同利用研究報告、春日、2013年3月)

青木一真, 松木篤: 北陸地域における大気エアロゾルの時間・空間変動 (第6回環日本海域の環境シンポジウム、金沢、2013年3月)

青木一真, SKYNETデータを利用した雲・エア

- ロゾルの光学的特性 (第 15 回 環境リモートセンシングシンポジウム、千葉、2013 年 2 月)
- 青木一真：標高差 3000m のエアロゾルの太陽放射観測 (立山研究会 2012、富山、2012 年 12 月)
- 青木一真：高緯度地域におけるエアロゾルの光学的特性の観測 (網走地方気象台談話会、網走、2012 年 12 月)
- 青木一真、竹村俊彦、松木篤、西澤智明、佐野到、Brent Holben：DRAGON Japan 2012 観測期間中のエアロゾルの光学的特性 (日本気象学会秋季大会、札幌、2012 年 10 月)
- 青木一真：SKYNET における観測の活用 (第 2 回 GCOM-C 分野共通課題ワークショップ、つくば、2012 年 9 月)
- 青木一真：ひみのそら (富山大学理学部・氷見市連携研究室市民講座：平成 24 年度「ひみっ子ラボ」、氷見、2012 年 8 月)
- Aoki, K., T. Takemura, K. Kawamoto, and T. Hayasaka：Aerosol climatology over the Japan site measured by ground-based Sky radiometer (IRS2012, Berlin, Germany, 2012. 08)
- Aoki, K., H. Okamoto, and T. Takemura：Validation of Satellite and Model retrieved Aerosol Optical Properties with Sky Radiometer Measurements (CALIPSO, CloudSat, EarthCARE Joint Workshop 2012, Paris, France, 2012. 06)
- 青木一真：太陽光と周辺光観測から得られる大気エアロゾルの光学的特性 (岡山大学セミナー、岡山、2012 年 5 月)
- 青木一真：電磁波を用いた大気のリモートセンシング (精密広帯域フォトサイエンス研究拠点形成報告会、富山、2012 年 4 月)
- 青木一真：立山・浄土山の太陽放射観測によるエアロゾルの光学的特性 (東京理科大学総合研究機構山岳大気研究部門第 1 回成果報告会、東京、2012 年 3 月)
- 青木一真、早坂忠裕：スカイラジオメーター観測から得られる海洋上エアロゾルの光学的特性 (ブルーアース 2012、東京、2012 年 2 月)
- 青木一真：立山積雪時における大気エアロゾルの光学的特性 (第 6 回大気バイオエアロゾルシンポジウム、立川、2011 年 12 月)
- 青木一真：立山積雪時のエアロゾルの光学的特性 (立山研究会、富山、2011 年 12 月)
- 青木一真：標高差 3000m の太陽放射観測からわかること (立山研究会、富山、2011 年 12 月)
- 青木一真、矢吹正教、塩原匡貴、竹村俊彦：スカイラジオメーター観測における北極域のエアロゾルの光学的特性 (第 34 回極域気水圏シンポジウム、立川、2011 年 11 月)
- Aoki, K., T. Hayasaka, K. Kawamoto, and T. Takemura：Spatial and Temporal Variation of Aerosol over Japan Measured by Sky radiometer (DORAGON Japan meeting in CERE S, Chiba, 2011. 10)
- Aoki, K., T. Hayasaka, K. Kawamoto, and T. Takemura：Spatial and Temporal Variation of Aerosol Climatology over Japan Measured by Sky radiometer (10th AeroCom Workshop, Kasuga, Fukuoka, 2011. 10)
- 青木一真：立山における大気エアロゾルの太陽放射観測 (第 29 回酸性雨講演会・情報交換会、射水、2011 年 7 月)：招待講演
- Aoki, K.：Spatial distribution of aerosol optical characteristics over the ocean from ship-borne sky radiometer measurements (IUGG2011, Melbourne, Australia, June 2011)
- 青木一真：太陽放射観測と積雪断面調査から観る立山の山岳大気研究 (東京理科大学総合研究機構山岳大気研究部門第 1 回山岳大気シンポジウム、東京、2011 年 6 月)
- 青木一真、島田互、松木篤：富山・立山・珠洲におけるエアロゾル観測 (バイオエアロゾル研究会、京都、2011 年 3 月)
- 青木一真：太陽放射観測に基づくエアロゾルの光学的特性 (九州大学応用力学研究所共同利用研究集会、福岡、2011 年 2 月)
- 青木一真、松木篤：珠洲におけるエアロゾルの太陽放射観測 (第 2 回能登総合シンポジウム、珠洲、2011 年 1 月)
- 青木一真：立山施設について (第 6 回富山県温暖化調査研究会、富山、2010 年 11 月)
- 青木一真、島田互：立山・浄土山の富山大学立山施設における山岳域の大気観測 (日本気象学会中部支部研究会、富山、2010 年 11 月)
- Aoki, K.：Aerosol optical properties measured by ground-based and ship-borne sky radiometer (A-train symposium 2010, New Orleans, America, October 2010)
- 青木一真、島田互、田中大祐、松木篤：高差 3000m から観るエアロゾルの季節変化 (エアロゾル科学・技術研究討論会、名古屋、2010 年 8 月)
- 青木一真：富山の空に降ってくるもの (日本分析化学会中部支部北陸支部講演会、富山、2010 年 7 月)
- Aoki, K.：Aerosol optical properties in Mt. Jodo/Tateyama, Japan from measurements of sky radiometer (Symposium on Atmospheric Chemistry and Physics at Mountain Sites (ACP 2010), Interlaken, Switzerland, June 2010)

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ

富山大学青木研究室

[http://skyrad.sci.u-toyama.ac.jp/Aoki\\_lab/](http://skyrad.sci.u-toyama.ac.jp/Aoki_lab/)  
スカイラジオメーター

<http://skyrad.sci.u-toyama.ac.jp/>

富山大学立山施設

<http://skyrad.sci.u-toyama.ac.jp/Tateyama/>

報道関係

新聞報道 13件、テレビ 2件、雑誌 1件

市民大学講座 3回

招待講演 1回

応募者主催研究会 3回

6. 研究組織

(1) 研究代表者

青木 一真 (AOKI KAZUMA)

富山大学大学院理工学研究部（理学）・准教授

研究者番号：90345546

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

島田 互 (SHIMADA WATARU)

富山大学大学院理工学研究部（理学）・准教授

研究者番号：70401792

