

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 30 日現在

機関番号：82109

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2011～2015

課題番号：23221004

研究課題名(和文)北極域における積雪汚染及び雪氷微生物が急激な温暖化に及ぼす影響評価に関する研究

研究課題名(英文)Effects of snow impurities and glacial microbes on abrupt warming in the Arctic

研究代表者

青木 輝夫 (Aoki, Teruo)

気象庁気象研究所・気候研究部・室長

研究者番号：30354492

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 165,400,000円

研究成果の概要(和文)：グリーンランド氷床上での現地観測から、涵養域ではアルベド低下に対するブラックカーボン(BC)等積雪不純物の寄与は小さく、積雪粒径増加効果の方が大きいことが分かった。また2012年7月の顕著な表面融解には下層雲からの長波放射が効いていた。消耗域では表面の不純物中に微生物が大量に含まれ、アルベド低下へ大きく寄与していた。衛星観測から2000年以降の氷床表面アルベドの低下原因を解析した結果、涵養域では積雪粒径の経年増加が主要因で、消耗域では裸氷域と微生物を含む暗色域の拡大が原因であった。内陸域で深さ223mの氷床コアを掘削し、その解析からBC濃度は1920-30年に現在の数倍程度高いことが分かった。

研究成果の概要(英文)：From field observations on Greenland ice sheet, it was found that the contribution to albedo reduction in accumulation area by snow impurities such as black carbon (BC) is smaller than that by snow grain growth. Drastic surface melting event in July 2012 was accelerated by downward longwave radiation from low cloud. In ablation area, glacial microbes were contained in surface impurities and could contribute to the albedo reduction remarkably. Satellite remote sensing confirmed that the cause of darkening of ice sheet surface after 2000 is snow grain growth in accumulation area and the expansions of bare ice and dark area including glacial microbes in ablation area. We drilled a 223 m ice core in northwest Greenland ice sheet and analyzed the BC concentrations since 1660, which has a peak around 1920-1930 several times higher than the present value.

研究分野：雪氷放射学

キーワード：地球温暖化 グリーンランド 積雪汚染 雪氷微生物 アルベド 雪氷圏変動 ブラックカーボン 光吸収性エアロゾル

## 1. 研究開始当初の背景

近年、グリーンランド氷床では顕著な質量損失が確認され、海面上昇への寄与が懸念されている。雪氷面は雪氷-アルベドフィードバックにより一旦融解すると温暖化が加速される。このため気候モデルによる温暖化予測精度向上のためには、正確な積雪アルベド予測が必要不可欠である。積雪アルベドはブラックカーボン (BC) 等の光吸収性積雪不純物と積雪粒径に強く依存するため、これらの効果を考慮した積雪変質・アルベド物理モデルの開発とそのモデルを組み込んだ気候モデルによる気候再現実験が必要である。一方、過去の気候条件を知るためには、氷床コアから長期の BC 等各種エアロゾル濃度を復元することが必要である。さらに、氷河や氷床の消耗域では日射量の多い夏季に雪氷微生物が繁殖し、大幅にアルベドを低下させることが知られている。グリーンランド氷床の末端は、このような雪氷微生物で覆われ、融解に決定的な役割を果たしている可能性があり、その実態把握が必要とされている。

## 2. 研究の目的

- (1) グリーンランド及び国内積雪域において、熱収支、分光放射、積雪、雪氷微生物観測を行い、積雪不純物濃度の実態解明、雪氷微生物の種類や濃度、それらによるアルベド低下量を明らかにする。また、微生物由来の不純物濃度とアルベドとの関係を明らかにする。
- (2) 上記観測結果から積雪粒径・不純物効果を取り込んだ積雪変質・アルベドモデル (SMAP) を開発し、このモデルを地球システムモデルに組み込んで、グリーンランドを含む北極域における、近年の急激な雪氷の融解を再現し、その原因究明と近未来予測を行う。
- (3) グリーンランド氷床コア掘削を行い、過去 200-300 年間の雪氷中の黒色炭素、ダスト、その他エアロゾル成分の濃度変化を求める。
- (4) 衛星リモートセンシングにより、主にグリーンランドにおける研究期間 5 年間の積雪粒径、積雪不純物濃度、アルベド、雪氷微生物の時空間変動を明らかにする。

## 3. 研究の方法

### (1) グリーンランド及び国内観測

#### グリーンランド観測

2011 年にグリーンランドにおいて予備調査を実施し、自動気象観測装置 (AWS) 設置場所、氷床コア掘削サイトを決定した。翌 2012 年に北西部の SIGMA-A 及び SIGMA-B (図 1) に 2 機の AWS を設置し、積雪不純物、放射観測、積雪観測、広域雪氷微生物調査を実施した (Aoki et al., 2014a, Yamaguchi et al., 2014a)。2013-2014 年には AWS 保守、放射観測、積雪観測、雪氷微生物調査等を実施した。

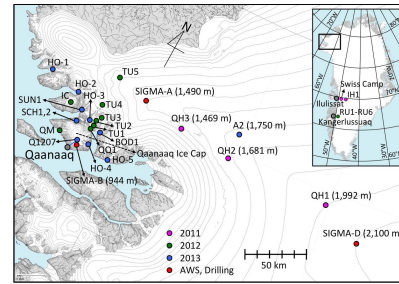


図 1 グリーンランドにおける観測地点。各地点の色は調査年、AWS、掘削サイトを示す。

### 国内観測

SMAP モデルの開発・改良のため、札幌、芽室、長岡において AWS 観測、積雪断面観測、積雪不純物濃度観測を実施した。また、積雪粒径の高精度測定のため、積雪粒子へのメタン吸着を利用したガス吸着式積雪比表面積 (SSA) 測定システムを開発した。

### (2) 気候モデリング

SMAP モデルと気象庁非静力学モデル (JMA-NHM) の結合システムを構築し、2012 年の表面融解イベントを含むグリーンランド氷床全域における表面熱収支、質量収支の再現及び積雪粒径、アルベドの再現を行った。一方、水平解像度 5km の JMA-NHM を用い、気象庁全球予報値を初期値境界値として、2012 年 9 月から 42 時間予報実験を 1 日 2 回実施した。

気象研究所気候モデル MRI-ESM1 には、陸面過程モデル HAL に SMAP モデルが組み込まれており、これに全球エアロゾルモデル MASINGAR を組み合わせることで積雪上に沈着して不純物となる吸収性エアロゾルの再現実験、発生源推定実験、および気候への影響を調べるための感度実験を行った。また、同モデルを用いて、微生物効果の影響を見積もるために融解域の積雪アルベドを低下させる感度実験を行った。

### (3) グリーンランド氷床コア掘削

2014 年度に北西グリーンランド氷床上 SIGMA-D (図 1) において、深さ 223m (A.D. 1200 年頃) の氷床コア掘削を実施した (Matoba et al., 2015)。試料を国内に輸送し、水同位体比、溶存イオン主成分をそれぞれ定量した。アイスコア連続自動融解・分析装置を用いて、BC の高時間分解能連続プロファイルを測定した。残りの試料から金属成分濃度を測定した。

### (4) 衛星リモートセンシング

衛星データから積雪粒径や不純物濃度等の物理量を抽出するアルゴリズムを開発し、グリーンランド氷床上の地上観測データで検証した。これを米国の地球観測衛星搭載光学センサ MODIS の 2000 年以降の観測データに適用し、同氷床における積雪粒径、不純物濃度、雪氷微生物分布の長期時空間変動を調べた。

#### 4. 研究成果

##### (1) グリーンランド及び国内観測

###### グリーンランド観測

積雪中の BC とダスト濃度の測定結果は、気温の高かった 2012 年 6-7 月の SIGMA-A では、2 週間の観測期間中に積雪表面で濃度の上昇が観測され、その値は先行研究の平均値よりも高い値であった。この原因として表面融解と昇華・蒸発による濃縮過程が効いていることが分かった (Aoki et al., 2014b)。一方、SIGMA-A で観測されたアルベドに対する積雪アルベド物理モデルによる感度実験の結果、アルベド低下量は不純物効果で約 2% であるのに対し、気温の上昇に伴う積雪粒径増加効果の方が大きい (約 10%) ことが分かった。

雪氷微生物調査で採取した試料分析の結果、グリーンランド裸氷域の不純物 (クリオコナイト) は、北西部、南西部ともに、下流部よりも中流部に量が多く、さらにその不純物にはシアノバクテリアなどの微生物が大量に含まれていることが分かった。このことからグリーンランドでも、微生物活動及びその生産物によるアルベド低下が顕著であることが示された (Takeuchi et al., 2014)。その結果、表面融解へ大きく寄与していることが明らかになった (Sugiyama et al., 2014)。

不純物中に含まれる鉱物成分の分析の結果、グリーンランド消耗域表面に堆積している鉱物粒子は、アジアなどの遠方から飛来したものではなく、氷床周辺部に由来するもので、さらに氷体内から融解とともに表面に蓄積するものが最も多いことが明らかになった (Nagatsuka et al., 2014)。

###### 国内観測

積雪中の BC 濃度を分析するための熱・光学式のカーボン分析装置による測定法を改良し、札幌における 5 冬期間の BC、ダスト等濃度の経年変動及び降雪後の経過時間との関係を明らかにした (Kuchiki et al., 2015)。積雪粒径を測定するための吸着式積雪比表面積 (SSA) 測定システムの開発では、測定精度は 3% を達成し、どのような季節積雪にも対応可能な小型の装置開発に成功した (Hachikubo et al., 2014)。長岡における観測データからは、積雪変質モデル内の水の移動の改良 (Niwano et al., 2014) や近赤外域の反射率から含水率を求める手法の開発を行った (Yamaguchi et al., 2014b)。

##### (2) 気候モデリング

の観測に基づき、積雪粒径、アルベドを始め、積雪の物理状態、熱収支、質量収支の計算が可能な積雪変質モデル SMAP を開発した (Niwano et al., 2012; 2014)。このモデルをグリーンランド氷床上 SIGMA-A サイトに適用し、2012 年の顕著な表面融解イベント時

の熱収支解析を行ったところ、暖気を伴う下層雲の流入が表面融解に対して大きな影響を与えたことが分かった (図 2) (Niwano et al., 2015)。さらに、SMAP と NHM の結合システムによるグリーンランド領域計算を行ったところ、2012 年 7 月の記録的な表面融解イベントに対応する表面融解域の急激な広がりを再現することができた。また、NHM の通年計算結果からグリーンランド氷床全域の涵養量の再現が可能となり、先行研究で報告されている静力学モデルよりも涵養量が多く見積もられることが分かった。

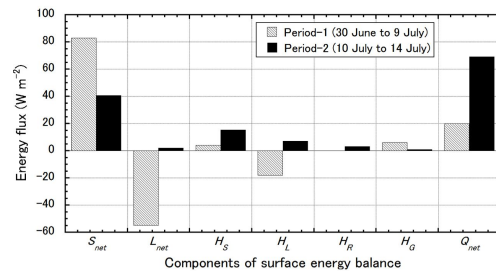


図 2 SIGMA-A における熱収支解析結果、Period-1 は晴天が卓越し、Period-2 は曇天で顕著な表面融解が発生した。期間 1 から期間 2 で下層雲の流入により短波放射収支 ( $S_{net}$ ) の減少を凌駕する長波放射収支 ( $L_{net}$ ) の増加によって、融解 ( $Q_{net}$ ) が進んだ。

気象研究所気候モデルによる 1850 年から現在に至るまでの歴史再現実験における、BC とダストエアロゾルの雪氷域への沈着の変動を調査した結果、グリーンランド中心部への BC 沈着は、アイスコアによる観測値の傾向とよく対応していた。沈着量の時間変化は 20 世紀前半では多いものの後半には減少し、次章で述べる氷床コアの解析結果と整合的であった。一方、積雪微生物の寄与を見積もるための感度実験により、アルベド低下域では融雪開始初期に積雪の昇温に伴い積雪粒径が増大し、雪氷融解量には大きな影響があった。

##### (3) グリーンランド氷床コア掘削

氷床コアを現地で融解した水試料を国内へ輸送し、水同位体比、溶存イオン主成分を定量した。水同位体比は明瞭な季節変動を示し、ピークの数から年層を決定し、そのピーク間の距離から年間涵養量を求めた。その結果、1660 年から現在までの平均涵養量  $0.25 \text{ m w. eq yr}^{-1}$  で、10 年規模で変動したが小氷期の終焉前後で大きく変化しなかった (図 3)。陸起源物質である非海塩性カルシウムは、秋から冬にかけてピークを示し、近傍の露岩域を起源としていることが推定される。

BC 濃度は冷凍で持ち帰った氷床コア試料の深度 113 メートル (A.D. 1660 年) までをアイスコア連続自動融解・分析装置 (CFA) と Droplet Measurement Technology 社製の SP2

により分析した。BCの質量濃度は、1850年ころから増加し始めたが、1920～1930年にピークを迎え、その後減少に転じた。1850年頃からの濃度の増加は、化石燃料の燃焼によって発生する人為起源のBCがグリーンランドに流入したためであると考えられる。濃度の増加に伴って1粒子当たりの質量も増加したが、グリーンランドに到達する人為起源のBCの粒径が自然起源のものよりも大きいためであると考えられる。

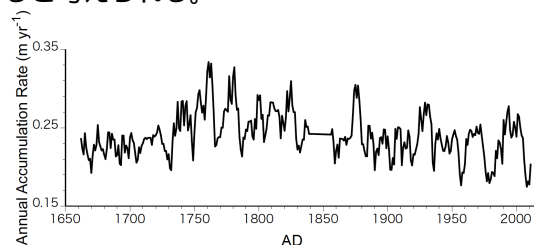


図3 SIGMA-D氷床コアから分析された水同位体比から求めた年間涵養量の時間変化

#### (4)衛星リモートセンシング

凝集型積雪粒子モデルと内部混合型BC粒子モデルを導入し、衛星データから積雪粒径及び積雪不純物濃度を抽出するアルゴリズムを開発した。これを用いて2000-2015年のMODISデータを用いて、グリーンランド全域における積雪粒径、積雪不純物濃度を抽出し長期変動を解析した結果、標高2000m以下では7月に有意な増加トレンドのあることが明らかになった。また、裸氷域の変化とその上の雪氷微生物による暗色域面積の変化を調べたところ、2000年に比べ2012年にはそれぞれ3.1倍、7.5倍に拡大していることが分かった(図4)(Shimada et al., 2016)。

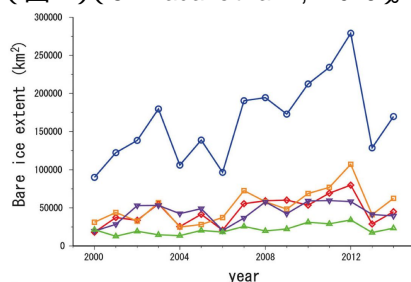


図4 衛星データから求めたグリーンランド氷床裸氷域の経年変化、青：全領域、紫：北東部、赤：北西部、橙：南西部、緑：南東部

衛星データからの積雪物理量抽出精度向上に資する情報として、可視-短波長赤外域における偏光放射輝度および熱赤外域の射出率の積雪粒径・雪質に対する依存性について調査した。その結果、短波長赤外域における雪面放射輝度の偏光度が積雪粒径に依存して変動することを明らかにした(Tanikawa et al., 2014)。また、MODISがグリーンランド氷床域を観測して得られた熱赤外域輝度温度の変動を、地上の積雪断面観測結果と比較し、

表面雪質を捉える情報を含んでいることが実証された(Hori et al., 2013; 2014)。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計81件)

Shimada, R., Takeuchi, N. and Aoki, T., 2016: Inter-annual and geographical variations in the extent of bare ice and dark ice on the Greenland ice sheet derived from MODIS satellite images. *Frontiers in Earth Science*, 査読有, 4:43, DOI:10.3389/feart.2016.00043.

Niwano, M., Aoki, T., Matoba, S., Yamaguchi, S., Tanikawa, T., Kuchiki, K., and Motoyama, H., 2015: Numerical simulation of extreme snowmelt observed at the SIGMA-A site, northwest Greenland, during summer 2012. *The Cryosphere*, 査読有, 9, 971-988, DOI:10.5194/tc-9-971-2015.

Tanikawa, T., W. Li, K. Kuchiki, T. Aoki, M. Hori, and K. Stamnes, 2015: Retrieval of snow physical parameters by neural networks and optimal estimation: case study for ground-based spectral radiometer system. *Opt. Express*, 査読有, 23, A1442-A1462, DOI:10.1364/OE.23.0A1442.

Kuchiki, K., T. Aoki, M. Niwano, S. Matoba, Y. Kodama, and K. Adachi, (2015): Elemental carbon, organic carbon, and dust concentrations in snow measured with thermal optical method and filter weighing: variations during 2007-2013 winters in Sapporo, Japan. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 査読有, 120, 868-882, DOI:10.1002/2014JD022144.

Matoba, S., H. Motoyama, K. Fujita, T. Aoki, S. Yamaguchi, S. Sugiyama (8-10番目)ほか5名, 2015: Glaciological and meteorological observations at the SIGMA-D site, northwestern Greenland Ice Sheet. *Bull. Glaciol. Res.*, 査読有, 33, 7-14, DOI:10.5331/bgr.33.7.

Tanikawa, T., M. Hori, T. Aoki, A. Hachikubo, K. Kuchiki, M. Niwano, S. Matoba, S. Yamaguchi, and K. Stamnes, 2014: In situ measurements of polarization properties of snow surface under the Brewster geometry in Hokkaido, Japan, and northwest Greenland ice sheet. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 査読有, 119, DOI:10.1002/2014JD022325.

Nagatsuka, N., Takeuchi, N., Uetake, J.,

and Shimada, R., 2014 Mineralogical composition of cryoconite on glaciers in northwest Greenland. Bull. Glaciol. Res., 査読有, 32, 107-114, DOI:10.5331/bgr.32.107.

Takeuchi, N., Nagatsuka, N., Uetake, J., and Shimada, R., 2014: Spatial variations in impurities (cryoconite) on glaciers in northwest Greenland. Bull. Glaciol. Res., 査読有, 32, 85-94, DOI:10.5331/bgr.32.85.

Aoki, T., S. Matoba, J. Uetake, N. Takeuchi and H. Motoyama, 2014a: Field activities of "Snow Impurities and Glacial Microbe effects on abrupt warming in the Arctic" (SIGMA) Project in Greenland in 2011-2013. Bull. Glaciol. Res., 査読有, 32, 3-20, DOI:10.5331/bgr.32.3.

Aoki, T., S. Matoba, S. Yamaguchi, T. Tanikawa, M. Niwano, K. Kuchiki, K. Adachi, J. Uetake, H. Motoyama and M. Hori, 2014b: Light-absorbing snow impurity concentrations measured on Northwest Greenland ice sheet in 2011 and 2012. Bull. Glaciol. Res., 査読有, 32, 21-31, DOI:10.5331/bgr.32.21.

Yamaguchi, S., S. Matoba, T. Yamazaki, A. Tsushima, M. Niwano, T. Tanikawa and T. Aoki, 2014a: Glaciological observations in 2012 and 2013 at SIGMA-A site, Northwest Greenland. Bull. Glaciol. Res., 32, 査読有, 95-105, DOI:10.5331/bgr.32.95.

Yamaguchi, S., H. Motoyoshi, T. Tanikawa, T. Aoki, M. Niwano, ほか2名, 2014b: Application of snow specific surface area measurement using an optical method based on infrared reflectance with 900 nm wavelength to the wet snow zones in Japan. Bull. Glaciol. Res., 32, 査読有, 55-64, DOI:10.5331/bgr.32.55.

Hori, M., T. Aoki, T. Tanikawa, K. Kuchiki, M. Niwano, S. Yamaguchi, and S. Matoba, 2014: Dependence of thermal infrared emissive behaviors of snow cover on the surface snow type. Bull. Glaciol. Res., 32, 査読有, 33-45, DOI:10.5331/bgr.32.33.

Hachikubo, A., S. Yamaguchi, H. Arakawa, T. Tanikawa, M. Hori, K. Sugiura, S. Matoba, M. Niwano, K. Kuchiki, and T. Aoki, 2014: Effects of temperature and grain type on time variation of snow

specific surface area. Bull. Glaciol. Res., 査読有, 32, 47-53, DOI:10.5331/bgr.32.47.

Sugiyama, D. Sakakibara, S. Matsuno, S. Yamaguchi, S. Matoba and T. Aoki, 2014: Initial field observations on Qaanaaq ice cap in northwestern Greenland. Ann. Glaciol., 査読有, 55, 25-33, DOI:10.3189/2014AoG66A102.

Hori, M., T. Aoki, T. Tanikawa, A. Hachikubo, K. Sugiura, K. Kuchiki, and M. Niwano, 2013: Modeling angular-dependent spectral emissivity of snow and ice in the thermal infrared atmospheric window. Appl. Opt., 査読有, 52, 7243-7255.

Niwano, M., T. Aoki, K. Kuchiki, M. Hosaka, and Y. Kodama, 2012: Snow Metamorphism and Albedo Process (SMAP) model for climate studies: Model validation using meteorological and snow impurity data measured at Sapporo, Japan. J. Geophys. Res., 査読有, 117, F03008, DOI:10.1029/2011JF002239.

[学会発表](計315件)

Niwano, M., T. Aoki, S. Matoba, S. Yamaguchi, T. Tanikawa, K. Kuchiki, and H. Motoyama, 2015: Evaluation of the SMAP model calculated snow albedo at the SIGMA-A site, northwest Greenland, during the 2012 record surface melt event, AGU Fall Meeting, 14-18 December, 2015, San Francisco, USA, C41B-0696.

Takeuchi, N., R. Sakaki, T. Aoki, M. Niwano, Y. Onuma, S. Tanaka, R. Shimada, and N. Nagatsuka, 2015: Darkening Greenland and cryoconite hole dynamics. ISAR-4/ICARP III, Arctic Science Summit Week 2015, 27-30 April 2015, Toyama International Center, Toyama, Japan, B10-020.

Aoki, T., S. Matoba, S. Yamaguchi, T. Tanikawa, M. Niwano, T. Yamasaki, K. Kuchiki, H. Motoyama, and M. Hori, 2013: Effects of snow grain size and snow impurity concentrations on albedo variation at SIGMA-A on Greenland ice sheet, Davos Atmosphere and Cryosphere Assembly DACA-13, 8-12 July 2013, Davos, Switzerland.

[図書](計3件)

[その他]

(1)ホームページ等

SIGMA: 本科研費のホームページ

<http://www.mri-jma.go.jp/Dep/cl/cl6/sigma/sigma-j.html>

SIGMA-AWS : SIGMA-AWS データ公開サイト  
<https://ads.nipr.ac.jp/kiwa/Summary.action?selectFile=A20140714-002>

JAXA JASMES サイト : 衛星リモートセンシングデータの公開サイト

<http://kuroshio.eorc.jaxa.jp/JASMES/index.html>

防災科学技術研究所雪氷防災研究センター : 長岡の積雪断面観測データ等の公開

<http://www.bosai.go.jp/seppyo/>

(2)Web 記事 (計 14 件)

(3)テレビ報道 (計 6 件)

(4)新聞報道 (計 25 件)

(5)公開行事 (計 17 件)

(6)国際貢献 : SIGMA-A と B は世界気象機関の  
全球雪氷圏監視計画の CryoNet サイトに認定

<http://globalcryospherewatch.org/cryonet/sites.php>

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

青木 輝夫 (AOKI, Teruo)

気象庁気象研究所・気候研究部・室長

研究者番号 : 3 0 3 5 4 4 9 2

### (2)研究分担者

本山 秀明 (MOTOYAMA, Hideaki)

国立極地研究所・研究教育系・教授

研究者番号 : 2 0 2 1 0 0 9 9

竹内 望 (TAKEUCHI, Nozomu)

千葉大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号 : 3 0 3 5 3 4 5 2

的場 澄人 (MATOBA, Sumito)

北海道大学・低温科学研究所・助教

研究者番号 : 3 0 3 9 1 1 6 3

堀 雅裕 (HORI, Masahiro)

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・

地球観測研究センター・主任研究員

研究者番号 : 3 0 5 0 9 8 3 1

八久保 晶弘 (HACHIKUBO, Akihiro)

北見工業大学・工学部・教授

研究者番号 : 5 0 3 1 2 4 5 0

山口 悟 (YAMAGUCHI, Satoru)

(独) 防災科学技術研究所・雪氷防災研究  
センター・主任研究員

研究者番号 : 7 0 4 2 5 5 1 0

田中 泰宙 (TANAKA, Yasumichi) (~H26 年)

気象庁気象研究所・環境・応用気象研究部・  
主任研究官

研究者番号 : 5 0 4 3 5 5 9 1

岩田 幸良 (IWATA, Yukiyoshi)

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構・  
農村工学研究所・上級研究員

研究者番号 : 7 0 3 7 0 5 9 1

杉浦 幸之助 (SUGIURA, Konosuke)

富山大学・極東地域研究センター・准教授

研究者番号 : 8 0 3 4 4 3 0 7

兒玉 裕二 (KODAMA, Yuji)

国立極地研究所・北極環境研究センター・  
特任准教授

研究者番号 : 7 0 1 8 6 7 0 8

藤田 耕史 (FUJITA, Koji) (H26 年~)

名古屋大学・大学院環境学研究科・准教授

研究者番号 : 8 0 3 0 3 5 9 3

### (3)連携研究者

朽木 勝幸 (KUCHIKI, Katsuyuki) (~H27 年)

気象庁気象研究所・気候研究部・研究官

研究者番号 : 8 0 4 4 2 7 3 9

庭野 匡思 (NIWANO, Masashi)

気象庁気象研究所・気候研究部・研究官

研究者番号 : 1 0 5 1 5 0 2 6

保坂 征宏 (HOSAKA, Masahiro)

気象庁気象研究所・気候研究部・主任研究  
官

研究者番号 : 7 0 3 5 4 4 5 4

橋本 明弘 (HASHIMOTO, Akihiro)

気象庁気象研究所・予報研究部・主任研究  
官

研究者番号 : 2 0 4 6 2 5 2 5

谷川 朋範 (TANIKAWA, Tomonori)

気象庁気象研究所・気候研究部・研究官

研究者番号 : 2 0 5 0 9 9 8 9

田中 泰宙 (TANAKA, Yasumichi) (H27 年~)

気象庁・地球環境海洋部・環境気象管理官  
付化学輸送モデル開発推進官

研究者番号 : 5 0 4 3 5 5 9 1

植竹 淳 (UETAKE, Jun)

情報・システム研究機構・新領域融合研究  
センター・融合プロジェクト特任研究員

研究者番号 : 4 0 4 5 5 4 7 3

永塚 尚子 (NAGATSUKA, Naoko)

国立極地研究所・学振特別研究員 PD

研究者番号 : 3 0 7 3 3 2 0 8

杉山 慎 (SUGIYAMA, Shin)

北海道大学・低温科学研究所・准教授

研究者番号 : 2 0 4 2 1 9 5 1

本吉 弘岐 (MOTOYOSHI, Hiroki)

(独) 防災科学技術研究所・雪氷防災研究  
センター・主任研究員

研究者番号 : 7 0 5 7 1 4 6 2

下田 星児 (SHIMODA, Seiji)

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構・  
北海道農業研究センター・主任研究員

研究者番号 : 8 0 4 2 5 5 8 7

本谷 研 (MOTOYA, Ken)

秋田大学・教育文化学部・准教授

研究者番号 : 4 0 3 4 4 3 0 3