

ラングホブデ雪鳥沢・スカルブスネスきざはし浜の 生物活動域での気象要素の特徴について

工藤 栄^{1,2*}・田邊優貴子^{1,2,3}・内田雅己^{1,2}・大園享司⁴・伊村 智^{1,2}

Meteorological features observed in Yukidori Zawa, Langhovde and Kizahashi Hama, Skarvsnes on the Sôya Coast, East Antarctica, with comparison of those observed at Syowa Station

Sakae Kudoh^{1,2*}, Yukiko Tanabe^{1,2,3}, Masaki Uchida^{1,2}, Takashi Osono⁴ and Satoshi Imura^{1,2}

(2014年12月24日受付; 2015年1月28日受理)

Abstract: Observations of weather parameters at two ice-free areas (Yukidori Zawa in Langhovde and Kizahashi Hama in Skarvsnes) on the Sôya Coast, East Antarctica, had been conducted since 2010 using automatic weather stations (AWSs). By comparing the data obtained from two AWSs with those at Syowa Station (Ongul Islands), we observed a degree of variability in seasonal and annual air temperature and solar radiation. However, throughout the year, both ice-free areas experienced approximately 1–2°C higher temperatures and 50% lower wind speeds compared with Syowa Station. Relative humidity and solar radiation (which may be influenced by topographic shading) recorded by both AWS, were ~10% lower than those recorded at Syowa Station. In addition, the numbers of days above 0°C at both sites was nearly twice that at Syowa Station; we recorded ~200 W/m² of solar radiation and wind speeds of 3–4 m/s. These differences in weather parameters between the Ongul Islands and ice-free areas on the southern Sôya Coast potentially affect the activities of terrestrial biota, and might account for the significant differences in vegetation between the two areas.

要旨: 昭和基地南方の二つの露岩域（ラングホブデ雪鳥沢・スカルブスネスきざはし浜）に自動気象観測装置を設置し、2010年から気象データの連続観測を開始した。2010–2011年の2年間の気象データの日平均値を昭和基地での観測記録と比較したところ、気温や日射の季節・年変動傾向は酷似しているが、年間を通じて南方露岩の方が1–2°C温暖であること、風速は昭和基地の観測値の1/2程度で

¹ 情報・システム研究機構国立極地研究所. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, Midori-cho 10-3, Tachikawa, Tokyo 190-8518.

² 総合研究大学院大学複合科学研究科極域科学専攻. Department of Polar Science, School of Multidisciplinary Science, SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies), Midori-cho 10-3, Tachikawa, Tokyo 190-8518.

³ 早稲田大学高等研究所. Waseda Institute for Advanced Study, 1-6-1 Nishi Waseda, Shinjuku-ku, Tokyo 169-8050.

⁴ 京都大学生態学研究センター. Center for Ecological Research, Kyoto University, 509-3, 2-chome, Hirano, Otsu, Shiga 520-2113.

* Corresponding author. E-mail: skudoh@nipr.ac.jp

あること、相対湿度は10%ほど露岩域の方が乾燥していること、日射は観測地の地形的な影響のため太陽高度の低い季節において昭和基地よりも小さな値が記録されることがわかった。日平均気温が0℃以上となる日数は昭和基地では一年あたり1カ月程度であるのに対し、両露岩域ではその倍以上となっており、この間には200 W/m²程度の日射があり、弱風環境であることがわかった。昭和基地よりも温暖で静穏な南方露岩域の気象環境が、陸上生物群集の分布や活動に多大な影響を与えている可能性を指摘した。

1. はじめに

気象は運動性の乏しい生物にとって、分布地での成長や増殖などの生物活動を左右する大きな環境要因である。南極域の気象環境は地球上でもっとも低温なことに加え、強風・乾燥環境であること、また、高緯度であるために極昼極夜を繰り返すなど、気温や日射などの季節変動性が大きいという特徴を示す。したがって、これら南極の気象環境は南極に定着して生育する生物にとっての大きな分布制限要因となっていると考えられる (Holdgate, 1964; Lewis Smith, 1984)。

日本の南極観測拠点である昭和基地は東南極のリュツォ・ホルム湾東側にある島嶼（東オングル島）にあり、この島嶼^{とうしょ}を含めた南東部の大陸縁にあたる宗谷海岸には氷床から解放された露岩域が点在している。海岸線長がおよそ150 kmの宗谷海岸は東南極において数少ない露岩が卓越した海岸であり、露岩域は海岸線長の半分ほどを占めている (Yoshida, 1983)。島嶼^{とうしょ}や宗谷海岸の露岩域は蘚類や地衣類の分布・生育地となっており、「昭和オアシス」と称されることもある (国立極地研究所, 1982, 1987)。露岩域には南極特別保護区 (Antarctic Specially Protected Area) として登録されているラングホブデ雪鳥沢 (Yukidori Valley, ASPA No. 147) をはじめ、多数の蘚類・地衣類の群生地があり、日本南極地域観測隊による蘚類や地衣類の生育状況の長期方形区観察をはじめとした生物学的研究がなされてきた (Kanda and Inoue, 1994; Kanda *et al.*, 1990; 大谷ほか, 2000)。蘚類や地衣類等の陸上植生はオングル諸島にも分布しているが、大陸露岩域に比べ群落規模が極めて小さく、また、出現する種も限定的であることが報じられている (Kanda, 1986; 国立極地研究所, 1982)。

観測隊の夏期沿岸観測、あるいは越冬期間の沿岸観測旅行の際、わずか数十 km 程度離れたオングル諸島と宗谷海岸露岩域で天候が異なり、オングル諸島よりも露岩域の方が静穏であることをしばしば経験する。気象要素が生物活動に制限的に作用するような極限環境において、これらのわずかな差は陸上植生の発達や分布の差となっている可能性が高い。昭和基地においては南極観測開始以来、気象隊員による連綿とした気象観測が継続記録され報告されている (たとえば気象庁, 2013)。しかし、基地から離れた露岩域での気象観測は極めて限定的であり、沿岸観測旅行の際に実施されたものや、近傍の海水ルート上で観測されたもの (たとえば菅谷ほか, 2014)、あるいはラングホブデ雪鳥沢域で第27-29次隊の間に自動観測装置を用いて実施された記録があるにすぎない (Ohtani *et al.*, 1990, 1991, 1992)。その

ため、昭和基地とこれら露岩域の気象環境の差を検出する試みはこれまで十分にはなされてこなかった。

国立極地研究所の生物圏研究グループでは露岩域の陸上生態系の環境要素の特徴を観測する目的で、陸上植生周辺の「微気象観測」に取り組んでいる。この一環として第45-51次隊の間にいくつかの自動気象観測装置（AWS: Automatic Weather Station, 以下、AWSと記述）を蘚類や地衣類分布が顕著である露岩域に設置し、安定した通年の気象要素の連続観測可能な装置構成とデータ取得方法を検討してきた。この期間の試行錯誤を経て、第51次隊以降、第VIII期南極地域観測での基本観測（陸域生態モニタリング）計画の開始にあわせてデータの連続取得を開始した。

本報告は昭和基地と宗谷海岸露岩域で定常的に観測記録できた気象環境を比較し、露岩域の気象の特徴の検出を試みたものである。気象観測データとして、昭和基地、ラングホブデ雪鳥沢中流域（以下雪鳥沢）、ならびにスカルプスネスきざはし浜（以下きざはし浜）での2010-2011年に観測された日平均値（日集計値）記録を用いた。

2. 方 法

2.1. 自動気象観測装置（AWS）の設置

第51次日本南極地域観測夏期行動期間中に、雪鳥沢標高約53mの地点（69°14'28"S, 39°44'21"E）ときざはし浜南東端標高約3mの地点（69°28'25"S, 39°36'43"E）に同一のデータロガー・センサー構成からなるAWSを設置した（図1）。AWSは三脚を用いて地上2.5mに風向風速計（Young, 05103）を配し、地上1.5mに温湿度計（Vaissala, HMP155D）、地上1mに相互被陰しないように展開させたアーム上に日射（Prede, PCM-01（L））・光子（Prede, PAR-01（L））・紫外線センサー（Kipp & Zonen, CUV3）を取り付けたものである。これらのセンサーからのシグナルはケーブルを介して地上に配置した全天候型プラスチックボックス内に引き込み、データロガー（Campbell, CR-100-4M-XT）に収録した。地上のボックス内には気圧計（Vaissala, PTB210）を格納して観測しているほか、リチウムイオン電池（TL5930/T, 4個直列）を6組（3年間以上の連続観測が可能な電気容量）並列してデータロガーへ接続収納し、連続気象観測記録を行った。各センサーの仕様に関しては表1にまとめた。雪鳥沢AWSは2009年12月26日、きざはし浜AWSは2010年2月3日から運用を開始した。

それぞれのセンサーからのシグナルは10分、60分、24時間ごとにデータロガーに自動集計記録され、個別のファイルとして収録されている。本研究目的のため、24時間ごとの集計データのうち、日平均気温（℃）、最高・最低気温（℃）、日平均相対湿度（%）、日平均風速（m/s）、瞬間最大風速（m/s）、日平均日射（W/m²）のデータを使用した。

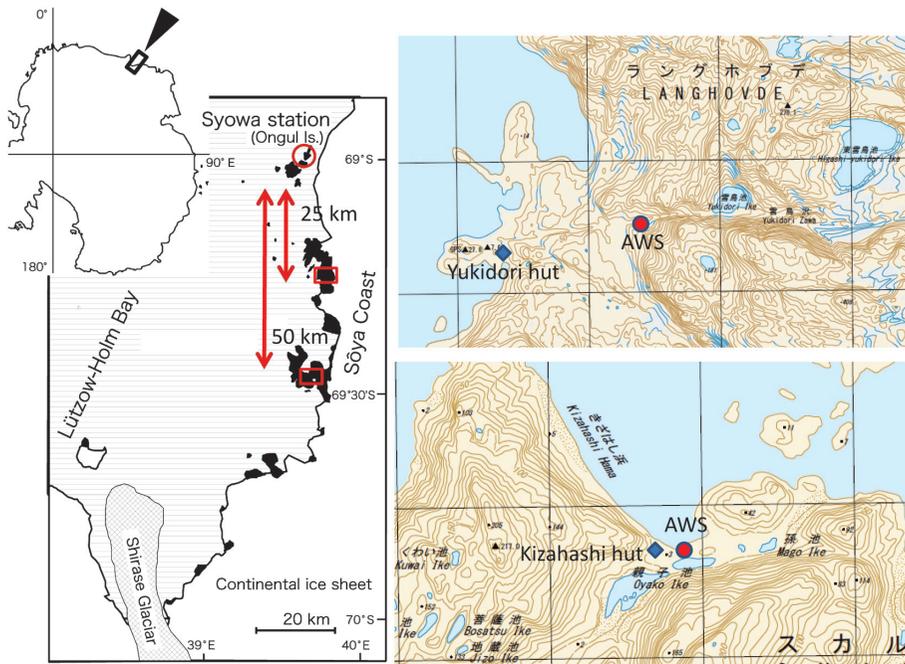


図 1 宗谷海岸露岩域 (左, 黒塗), ラングホブデ雪鳥沢 (右上) とスカルプスネスきざはし浜 (右下) の自動気象観測装置 (AWS) 設置位置 (赤丸)

Fig. 1. Ice-free areas on the Sôya Coast (left, black areas), and the locations of AWSs at Yukidori Zawa in Langhovde (right upper panel), and Kizahashi Hama in Skarvsnes (right lower panel). Maps in right panels are the photo-copies published from Geospatial Information Authority of Japan in 2014.

表 1 ラングホブデ雪鳥沢とスカルプスネスきざはし浜に設置した自動気象観測装置のセンサー類の構成

Table 1. Sensors employed on AWSs at Yukidori Zawa, Langhovde, and Kizahashi Hama, Skarvsnes.

名称	メーカー	型式	精度	測定範囲もしくは波長範囲
データロガー	Campbell	CR-1000-4M-XT		
風向・風速計	Young	05103-47	0.3 m/s	0–60 m/s
気圧計	Vaissala	PTB210	0.30 hPa	800–1060 hPa
日射計	Prede	PCM-01(L)	7 mV / 1kW	315–2800 nm
光量子計	Prede	PAR-01(L)	10 mV / 3000 μmol / W / m ²	400–700 nm
紫外線計	Kipp & Zonen	CUV3	345 μV / W / m ²	290–385 nm
温湿度計	Vaissala	HMP155D	0.1% (温度) 1% (湿度)	

2.2. 昭和基地気象観測データとの比較

昭和基地での気象観測記録のうち、気象庁がCD-ROMとしてデータ公開している2010年、および2011年の24時間集計データ（気象庁、2012、2013）と、雪鳥沢AWSおよびきざはし浜AWSの同年の24時間集計データを比較した。比較に用いた昭和基地の気象要素は日平均気温（℃）、最高・最低気温（℃）、日平均相対湿度（%）、日平均風速（m/s）、瞬間最大風速（m/s）、日積算日射量（MJ/m²）である。なお、日積算日射量と日平均日射は下記式にて変換し、雪鳥沢ときざはし浜の観測データと同一の単位とした。

$$\text{日平均日射 (W/m}^2\text{)} = \text{日積算日射量 (MJ/m}^2\text{)} \times 10^6/86400$$

また、雪鳥沢AWSときざはし浜AWSでの主風向把握のため、日平均風速と風向の関係を極座標グラフで示した。

3. 結果と考察

3.1. 気温変動にみられる特性

2010年と2011年の昭和基地の年平均気温はそれぞれ-11.5℃、-10.6℃であり、最高/最低気温は2010年が6.0℃/-39.1℃、2011年が4.9℃/-35.2℃となっていた。年間の気温の推移から2010年が2011年よりも冬を中心に寒冷であったことがわかる（図2A）。極夜明け頃のもっとも寒冷な季節に相当する7-9月にかけての日平均気温は、2010年にはしばしば-30℃以下を記録していたが、2011年には日平均気温が-30℃以下を記録した日は1日もなかった。2010年と2011年の気温変動の年差、すなわち冬季の気温が2010年で低く2011年が比較的高い傾向で推移していたことは、雪鳥沢ときざはし浜のAWSでも同様に観測され、両露岩域においても2011年冬季は-30℃以下の日平均気温とならない暖冬年であったことを示していた（図2B、C）。

気温の年・季節変動傾向はこれら三つの観測地点で酷似していたが、日平均気温を月別に集計し月平均気温として整理してみると、昭和基地での観測記録に比べ、雪鳥沢ときざはし浜での気温はいずれの月でも平均で1-2℃程度高く推移していたことがわかった（図3）。昭和基地と両露岩域のAWSでの日平均気温の較差をとると、前述の月平均値でみたように1-2℃程度、昭和基地よりも各露岩域の気温が平均的に高いことのほか、夏季を中心とした11-3月は観測地間の気温差は小さく数度程度であること、冬季を中心とした4-10月には気温差が-15~15℃程度異なる日も存在することがわかった（図4）。冬季寒冷期にブリザードをとともなう大型低気圧の接近・通過の際などに、気温はしばしば数時間で20℃以上の変動を記録することもあることから（菅谷ほか、2014）、温暖な気団の通過に際して観測地間で時間差が必然的に生じ、これが寒冷時の日平均気温の大きな差をもたらしたものと推察された。

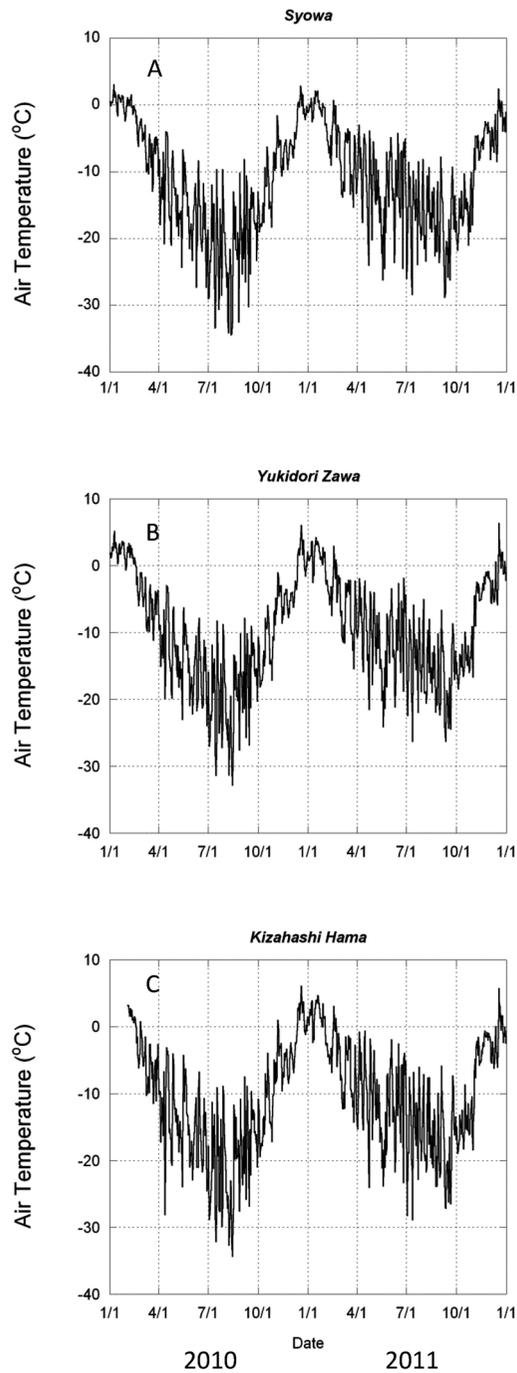


図 2 昭和基地 (A), 雪鳥沢 (B), きざはし浜 (C) の 2010–2011 年の日平均気温
 Fig. 2. Daily mean temperature ($^{\circ}\text{C}$) at Syowa Station (A), Yukidori Zawa (B), and Kizhashi Hama (C) during 2010–2011.

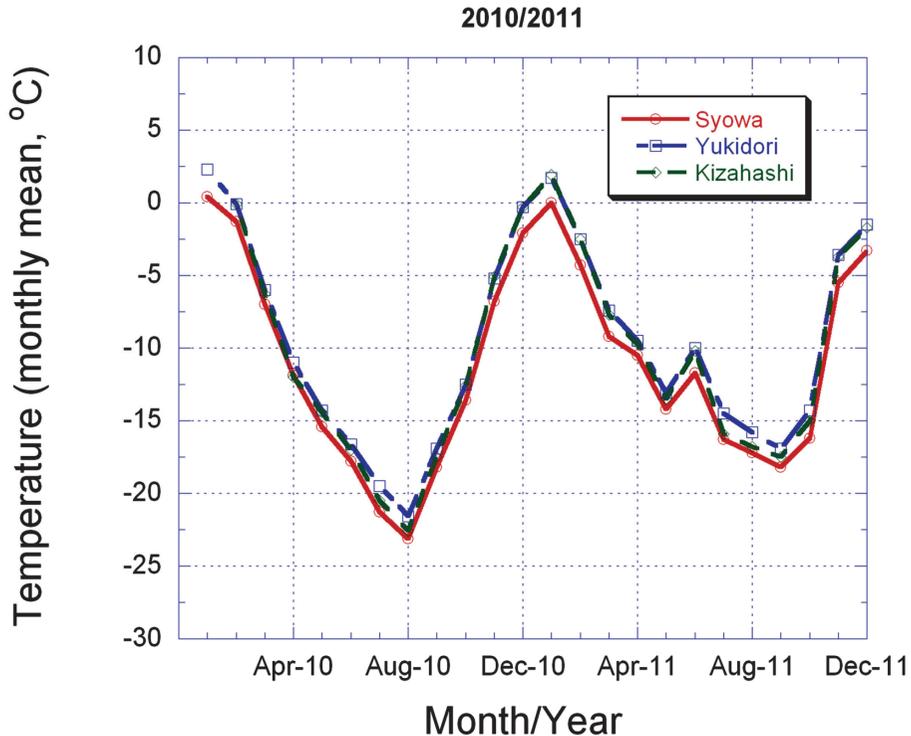


図3 昭和基地（赤）、雪鳥沢（青）、きざはし浜（緑）における2010–2011年の月別平均気温の推移

Fig. 3. Monthly mean temperature at Syowa Station (red), Yukidori Zawa (blue), and Kizahashi Hama (green) during 2010–2011.

以上、2年間のデータは、昭和基地と両露岩域の気温はおおむね同様の季節変動性・年変動傾向を示すが、昭和基地より南の雪鳥沢・きざはし浜においては年間を通じ、平均で1–2°C程度、気温が高めに推移すること、冬季の日平均気温には観測点間で±15°C程度の差がしばしば生じていることを示していた。

3.2. 風向風速・湿度・日射データの特徴

周辺に風や日射を遮るような地形の少ない昭和基地での観測記録と、丘陵や山塊が観測地の近傍にある雪鳥沢・きざはし浜での観測記録には、これら地形的要因により違いが生じる可能性がある。また、大陸氷床に接している露岩では、昭和基地ではあまり影響を受けないとされる大陸斜面下降風（カタバ風）の影響も生じる可能性もある。

昭和基地の風速データは2010年と2011年において、7.1 m/s、6.6 m/sとなる年平均風速、47.8 m/s、46.3 m/sという年最大瞬間風速を記録していた（図5A）。これに対し、雪鳥沢での年平均風速（最大瞬間風速）は2010年と2011年にそれぞれ3.1 (38.8) m/sと2.9 (39.4) m/s

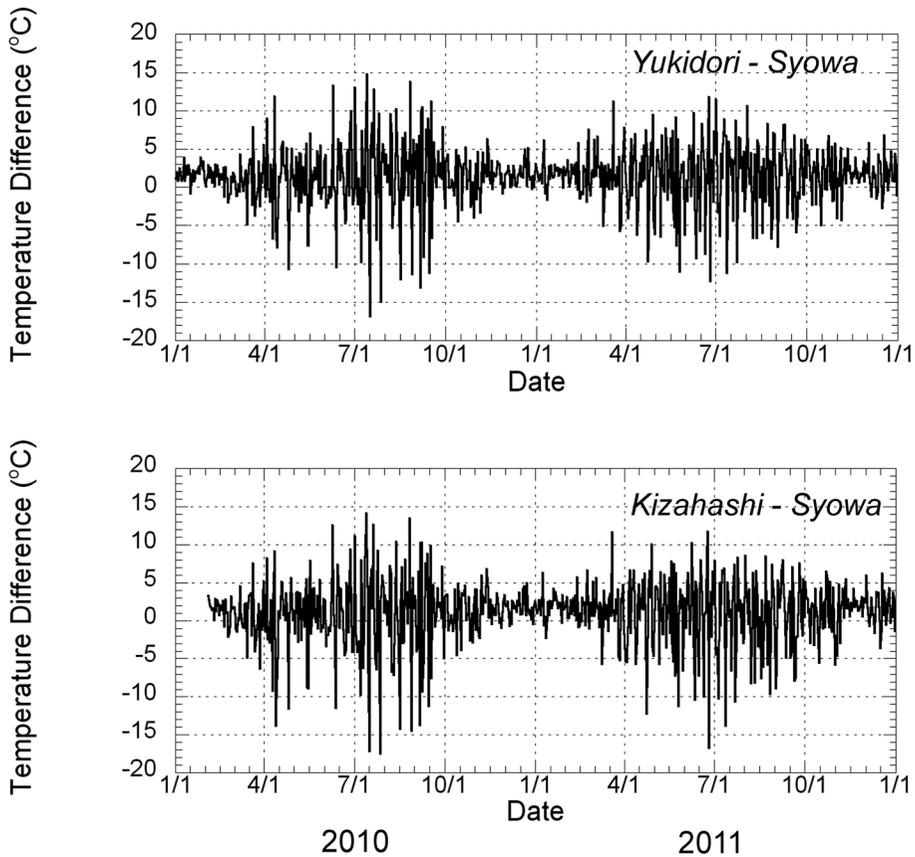


図 4 日平均気温の差. 上: 雪鳥沢—昭和基地, 下: きざはし浜—昭和基地

Fig. 4. Difference in daily mean temperature between Yukidori Zawa and Syowa Station (top), and between Kizahashi Hama and Syowa Station (bottom).

であり, 昭和基地よりも風速が 1/2 程度穏やかであることがわかる (図 5B). きざはし浜においても昭和基地に比べると風は弱く推移しており, 2011 年の平均風速 (最大瞬間風速) は 3.5 m/s (43.1 m/s) となっていた (図 5C). Ohtani ほか (1990, 1991, 1992) が自動観測できた範囲において集計報告した 1988–1989 年のラングホブテ雪鳥沢域における月別平均風速は 1–5 m/s の範囲にあり, 年平均値としては本研究での値と同等の 3 m/s 前後の値となっていた. これらからも雪鳥沢は昭和基地での平年値である 7 m/s 程度 (気象庁, 2013) の半分以下となる弱風環境であることが推察された.

昭和基地での強風時の主風向は北北東から北東である (たとえば国立極地研究所, 2014). これに対し, 雪鳥沢・きざはし浜の AWS 設置点ではともに東北東 (真北から時計回りに 60–80° 方向) の強風となる傾向があった (図 6). 上田 (1971) によると, サスツルギや雪面模様から推察した宗谷海岸沿岸部の卓越風向は, 南方ほど東よりの成分が強くなる傾向を指摘

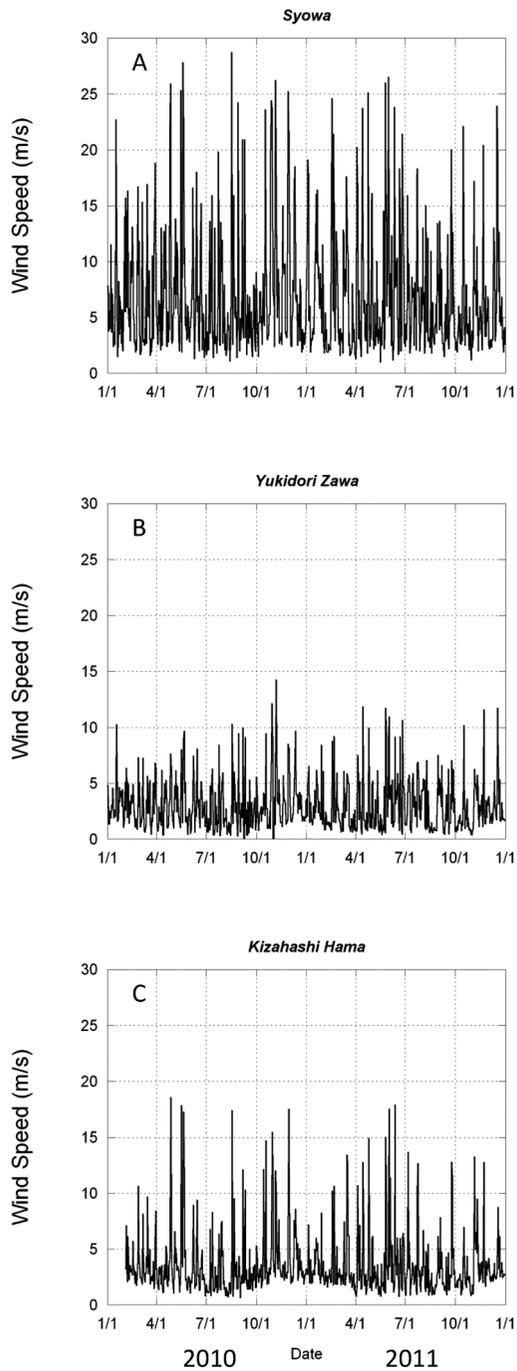


図 5 昭和基地 (A), 雪鳥沢 (B), きざはし浜 (C) の日平均風速 (m/s)
Fig. 5. Daily mean wind speed (m/s) at Syowa Station (A), Yukidori Zawa (B), and Kizahashi Hama (C) during 2010–2011.

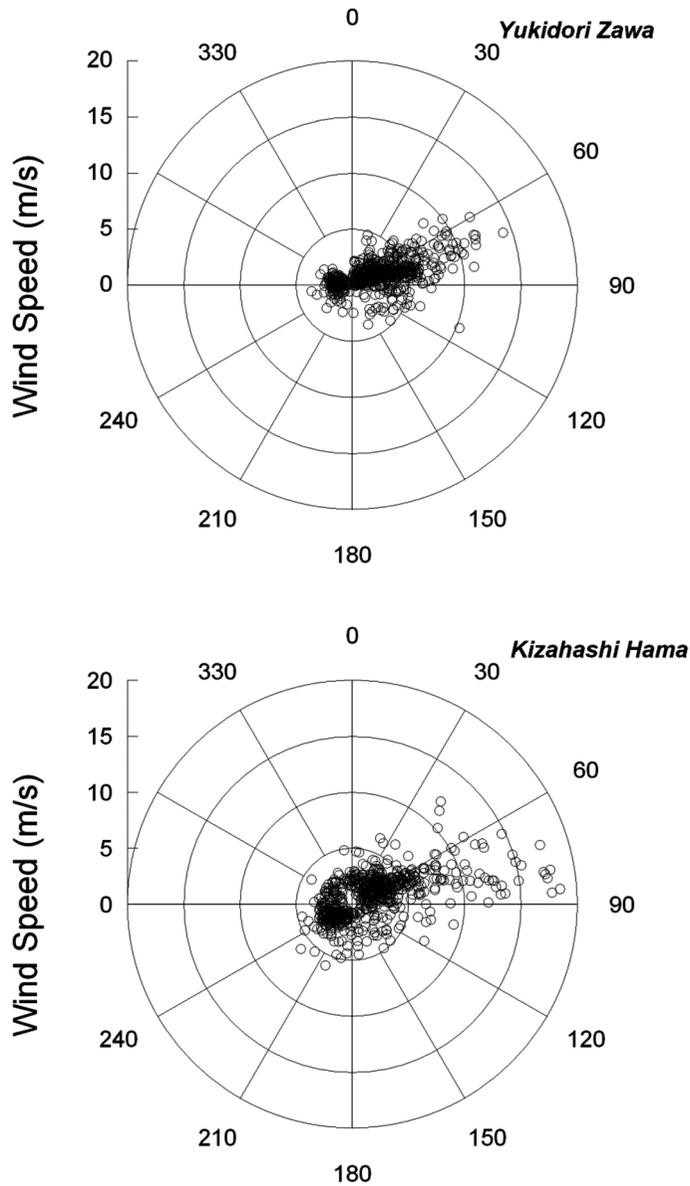


図 6 雪鳥沢 (上) ときざはし浜 (下) における風向・風速の関係 (風配図)
 Fig. 6. Wind rose for Yukidori Zawa (top) and Kizahashi Hama (bottom) during 2010-2011.

しており、今回の観測は実データでその傾向を示したものと見える。雪鳥沢の AWS 点は東西に走る谷の中間点にあることで北寄りの風が北側の丘陵によって遮蔽あるいは谷筋に沿って曲げられる可能性、きざはし浜においても同様に北東に位置する小高い半島部が風を遮る一方、観測点の東北東は谷となっている地形が強風時の主風向の違いとなっている可能性も

考慮すべきであろう。これら露岩で昭和基地よりも弱風環境である理由としては、南極海で発達する低気圧の中心がリュツォ・ホルム湾の北海上を通過する際には、昭和基地よりも南方の観測地の気圧傾度が小さくなりやすいため、風速が弱まることに加え、観測地の地形が強風時の風速を緩和し、風速と強風時卓越風向の違いをもたらした可能性もある。本データのみでは地形やカタバ風の関与は検出しがたいが、両露岩域の平均風速は昭和基地よりもいずれの時期においても弱めに推移しており、少なくともカタバ風によって両露岩域が強風環境となっているわけではなさそうである。

日平均相対湿度に関しては雪鳥沢、きざはし浜ともにやや乾燥しているようで、昭和基地に比べ周年約 10% 程度低めの値を示していた (図 7)。年間を通じ 60% を中心に 30% ほどの範囲で変動していた。1988-1998 年の雪鳥沢においても、相対湿度は本観測結果と同等の範囲で変動をしていた (Ohtani *et al.*, 1990, 1991, 1992)。以上は、本観測を実施した二つの露岩上の観測地において、湿度は昭和基地よりも低めに推移する傾向があることを示すものである。

日平均日射は雪鳥沢・きざはし浜とも昭和基地よりもわずかに小さな値となっていた (図 8)。夏季の最大日平均日射としては昭和基地で 400 W/m^2 を超える値となっており、両露岩域でもほぼ同等の値が記録されていた。しかし、雪鳥沢・きざはし浜の AWS 観測点の近傍には丘陵や山塊があり、観測点が山影となって直達光が遮られてしまう時間帯がある。そのため、夏季の最大日射が観測される頃で 5% 程度、太陽高度の低い季節においては 10% を超える程度まで、昭和基地での観測値よりも日平均日射が小さくなる傾向が認められた。

3.3. 気象要素の生物活動への影響の考察

地表における生物活動可能期間の目安として、平均気温が氷点 (0°C) 以上を記録した日を抽出し、昭和基地と両露岩域の気温・湿度・風速・日射環境を比較してみた (表 2)。2010 年 1 月～2011 年 12 月までの 2 年間で気温が氷点を上回ったのは、昭和基地では 53 日であったのに対し、雪鳥沢では 102 日、きざはし浜では 2010 年 1 月の未計測の期間 (1 月が一年で最も氷点以上の日となりやすい) があるものの、これを除いても昭和基地よりも多い 74 日となっていた。気温が 0°C 以上であった日を抽出し、その期間の気温の平均値をもとめたところ、昭和基地では約 1°C 、両露岩域では約 2°C となった。また、同期間の風速は昭和基地で 7.6 m/s であったのに対し、両露岩域ではその約半分の風速となっていた。この両者には統計的に有意な差が検出できた (*t*-検定により、 $p < 0.0001$)。相対湿度・日射に関しても昭和基地と両露岩域の平均値との間に有意な差が検出でき、気温が 0°C 以上の日において、両露岩域が昭和よりも乾燥し、やや弱い日射環境となっていることがわかった。

以上のことは雪鳥沢ときざはし浜では、氷点以上を示す日数が昭和基地よりも 2 倍ほどあってその時の気温が 1°C ほど高いことに加え、風環境も穏やかな気象条件にあることを明

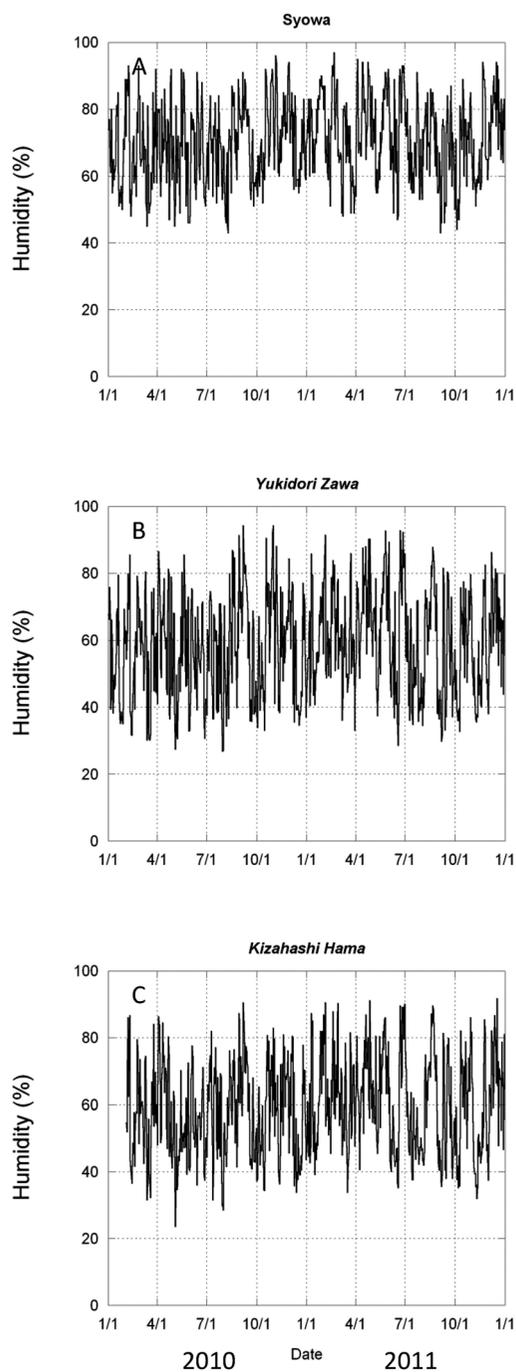


図 7 昭和基地 (A), 雪鳥沢 (B), きざはし浜 (C) の日平均相対湿度 (%)
Fig. 7. Daily mean relative humidity (%) at Syowa Station (A), Yukidori Zawa (B), and Kizahashi Hama (C) during 2010–2011.

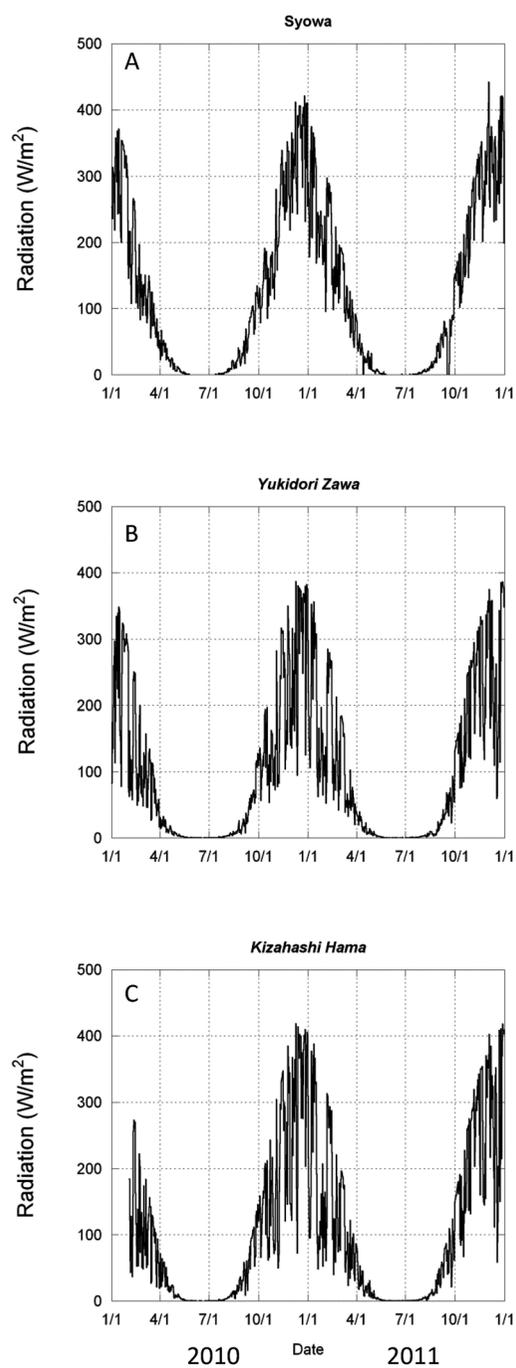


図 8 昭和基地 (A), 雪鳥沢 (B), きざはし浜 (C) の日平均日射 (W/m^2)
Fig. 8. Daily mean solar radiation (W/m^2) at Syowa Station (A), Yukidori Zawa (B), and Kizahashi Hama (C) during 2010–2011.

表 2 2010–2011 年に観測された日平均気温が 0°C 以上の日数とその時の気象環境の平均値と標準偏差
 Table 2. Days with temperatures above 0°C during 2010–2011 at Syowa, Yukidori Zawa, and Kizahashi Hama. Mean values of temperature, humidity, wind speed and radiation within these days were calculated and the significance of differences between Syowa and each observation site was assessed using t-test. The standard deviation of each mean value is given in the parentheses. All mean values for Yukidori Zawa and Kizahashi Hama differ significantly from those for Syowa ($p < 0.0001$).

観測地 Observation site	昭和基地 Syowa Station	雪鳥沢 Yukidori Zawa	きざはし浜 Kizahashi Hama	備考 Note
0°C 以上の日数 Days with temperatures above 0°C	53	102	74*	きざはし浜では 2010 年 1 月のデータが欠損
気温 (°C) Temperature	1.02 (0.69)	2.15 (1.26)	2.08 (1.37)	t-検定で昭和基地と両露岩でそれぞれ有意差あり ($p < 0.0001$)
湿度 (%) Humidity	68.4 (11.8)	54.3 (14.1)	57.2 (15.1)	同上
風速 (m/s) Wind speed	7.6 (5.3)	3.6 (1.9)	4.3 (2.0)	同上
日射 (W/m ²) Solar radiation	290 (54.8)	221 (107)	199 (124)	同上

示するものである。また、同期間の日平均値日射は昭和基地の 2/3 程度の到達量である 200 W/m² (日積算量として 17 MJ/m²) となっていた。この日射量は、昭和基地よりも小さいながら、中緯度の東京で観測される年平均日射 (11 MJ/m², 気象庁ホームページ http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/nml_sfc_ym.php?prec_no=44&block_no=47662&year=&month=&day=&view=p1) よりも 1.5 倍ほどのエネルギー到達があることを意味することから、気温が氷点以上である日において、日射エネルギーが地表の植物の光合成活動にとって極度に不足するレベルではないと考えられる。昭和基地のあるオンゲル島よりも温暖で静穏であり、植物の光合成一次生産には必要十分な日射があることが、両露岩域での陸上植生の発達を著しいものとしている可能性が推察される。

4. おわりに

宗谷海岸露岩域に生物の生育環境観測を目的とし、2 台の AWS を設置して気象特性の観測を開始し、およそ 2 年間の連続観測記録を利用して特性把握を試みた。比較対象とした昭和基地での観測記録に比べ、以下のような特徴が捉えられた。

(1) 気温や日射の変動様式において、暖冬年/寒冬年や極昼/極夜など季節・年変動性に関しては酷似している。

- (2) 気温は一年を通じ平均値として1-2℃程度、ラングホブデ雪鳥沢・スカルプスネスきざはし浜露岩域の方が高い。
- (3) 瞬間最大風速に大差はないが、両露岩域の平均風速は昭和基地の半分程度と弱く、また、卓越風向は昭和基地よりも東に傾いていた。
- (4) 湿度環境は両露岩域で昭和基地よりも10%程度乾燥度合いが強い傾向があった。
- (5) 日射は昭和基地での値よりも小さな値を示し、AWS設置場所の地形的影響と推察された。
- (6) 気温が0℃以上となる期間は昭和基地よりも露岩域で2倍ほどとなっており、この期間において風速も弱く、かつ、200 W/m²前後の日射が記録されていた。

今後、本研究で用いた24時間集計記録のみならず、10分値、1時間値をあわせ、露岩上のAWS観測記録はデータレポート化し公開していく計画である。

謝 辞

本観測を実施するに当たり、第51・53次日本南極地域観測隊の諸氏には観測機器の設置・保守作業時において多大な野外での活動支援をいただいた。記して感謝する。

文 献

- 上田 豊 (1971): 東南極みずは高原付近の気象状態について. 南極資料, **41**, 42-61.
- Holdgate, M.W. (1964): Terrestrial ecology in the maritime Antarctic. *Biologie antarctique*, ed. by R. Carrick *et al.* Paris, Hermann, 181-194.
- Kanda, H. (1986): Seasonal changes of some environmental factors around the moss vegetation near Syowa Station, East Antarctica. *Mem. Natl. Inst. Polar Res., Ser. E*, **37**, 17-26.
- Kanda, H. and Inoue, M. (1994): Ecological monitoring of moss and lichen vegetation in the Syowa Station area, Antarctica. *Proc. NIPR Symp. Polar Biol.*, **7**, 221-231.
- Kanda, H., Inoue, M., Mochida, Y., Sugawara, H., Ino, Y., Ohtani, S. and Ohyama, Y. (1990): Biological studies on ecosystems in the Yukidori Valley, Langhovde, East Antarctica. *Nankyoku Shiryo (Antarctic Record)*, **34**, 76-93.
- 気象庁 (2012): 南極気象資料2010年. 東京 (CD-ROM).
- 気象庁 (2013): 南極気象資料2011年. 東京 (CD-ROM).
- 国立極地研究所 (1982): 生物. 東京, 328p. (南極の科学, 7).
- 国立極地研究所 (1987): 南極昭和基地周辺の蘚苔類. 東京, 83p.
- 国立極地研究所 (2014): 基地要覧 (第26版). 東京, 198p.
- Lewis Smith R.I. (1984): Terrestrial plant biology of the sub-Antarctic and Antarctic. *Antarctic Ecology*, 1. ed. by R.M. Laws. London, Academic Press, 61-162.
- Ohtani, S., Kanda, H. and Ino, Y. (1990): Microclimate data measured at the Yukidori Valley, Langhovde, Antarctica in 1988-1989. *JARE data reports*, **152** (Terrestrial biology **1**), 216 p.
- Ohtani, S., Kanda, H. and Ino, Y. (1991): Microclimate data measured at unmanned observation station, the Yukidori Valley, Langhovde, Antarctica in 1988-1989. *JARE data reports*, **163** (Terrestrial biology **2**), 99 p.
- Ohtani, S., Kanda, H., Ohyama, Y., Mochida, Y., Sugawara, H. and Ino, Y. (1992): Meteorological data measured at biological hut, the Yukidori Valley, Langhovde, Antarctica in the austral summer of 1987-1988 and 1988-1989. *JARE data reports*, **178** (Terrestrial biology **3**), 64 p.
- 大谷修司・巢山弘介・神田啓史 (2000): 昭和基地周辺における土壤藻類および土壤微生物による環境モニタリング. 南極資料, **44**, 265-276.
- 菅谷重平・土井ひかる・辰己 弘・伊藤智志・小森智秀 (2014): 第50次日本南極地域観測隊気象部門

報告 2009. 南極資料, **58**, 233-293.

Yoshida, Y. (1983): Physiography of the Prince Olav and the Prince Harald Coasts, East Antarctica. Mem. Natl. Inst. Polar Res., Ser. C, **13**, 83 p.