

<フォーラム>南極の気象と地球環境

MIYAMOTO, Hitomi / 宮本, 仁美

(出版者 / Publisher)

法政大学地理学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

JOURNAL of THE GEOGRAPHICAL SOCIETY OF HOSEI UNIVERSITY / 法政地理

(巻 / Volume)

50

(開始ページ / Start Page)

43

(終了ページ / End Page)

49

(発行年 / Year)

2018-03-20

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00014545>

南極の気象と地球環境

宮本 仁美

(気象庁観測部気象衛星課長)

I. はじめに

筆者は気象庁からの派遣隊員として、これまで3度南極での越冬観測に参加している。最初は1988年11月に日本を出発し1990年3月に帰国した第30次隊(首藤他,1991)で、現在法政地理編集委員長である加藤美雄さんと一緒だった。このときは南極に着いて早々に元号が昭和から平成に変わり、越冬中に日本では消費税が導入され、中国では天安門事件があり、ヨーロッパではベルリンの壁が崩壊するなど世の中が大きく変動し、帰国した際の浦島太郎感は半端ではなかった。2回目は1995年11月から1997年3月までの第37次隊(宮本他,1999)で、この隊には夏隊員として法政大学の前空英明さん、国立極地研究所の三浦英樹さんが参加しておられた。3回目は2010年11月から2012年3月までの第52次隊で、越冬開始後の3月11日に日本で東日本大震災が発生した。故郷から遠く離れた南極の地で気象庁職員として忸怩たる思いを抱きつつ、越冬隊長として隊員が動揺しないように努めた。

第30次・37次隊のご縁で、このたび「南極からみえる地球環境」をテーマとした法政大学地理学会2017年度第1回例会(講演会)で、表題について講演する機会を得た。もとより研究者ではないが、定常気象観測担当としての2度の越冬と、「南極域から探る地球温暖化」をメインテーマとする南極地域観測第Ⅷ期六か年計画の初年度である第52次越冬隊を率いた経験(宮本・堤,2014)から、南極、特に昭和基地周辺の気象と、地球環境について考察した。

II 南極観測の目的

1957年1月に南極・オングル島に昭和基地が開設(文部省,1963)されてから、2017年で60年を迎えた。南極の気象について考察する前に、まず、気象観測にとどまらず、なぜ日本から遠く離れ、かつ生活・気象条件の厳しい南極に隊員を派遣してさまざまな観測を継続しているのか、南極観測の目的について考える。

南極観測の目的としては、大きく分けて次の3つがあるように思われる。

- ・南極に行かなければできない観測
 - ・南極で観測するとより効果があること
 - ・南極だけでなく全世界で観測する必要があるもの
- である。

1 南極に行かなければできない観測

ペンギンやアザラシなど南極にしかない生物や、コケボウズのような南極という特殊な環境で発達した植物などの生態系の観察、オーロラなど(南)極域でしか定常的には見ることのできない現象の観測は、南極に実際に行ってみないと実施することはできない。

ここではその代表例として、今回の例会のテーマが「南極から見える地球環境」であることから、現在の地球環境問題を考える上で大きな契機となったオゾンホールについて、その発見の経緯を振り返る。

南極を中心とした南半球の10月の月平均オゾン量の分布図によると、1979年10月には見られなかったオゾンの極端に少ない領域が、2016年10月

には大きく広がっている。南極大陸を中心に大きな穴があいたように見えることからオゾンホールと呼ばれているこの現象を、世界に先駆けて報告したのは日本の観測隊である。

1982年に越冬した第23次隊には、「南極中層大気観測計画」に基づき成層圏のオゾンを集中的に観測する目的で、気象庁の気象研究所から忠鉢繁氏が参加していた。オゾン量は光が大気中を通る間にオゾンによって減衰される割合を測定することで観測する。日本の観測隊は1961年の第5次隊から昭和基地でオゾン観測を行っており、第7次隊以降は継続した観測データの蓄積があった(気象庁, 1989)。しかし、第22次隊までは光源として太陽光のみが使われていたため、南極域でも春から秋にかけては300ドブソン単位¹⁾前後のオゾンが存在することが分かっていたが、極地では秋から春にかけての冬期間は太陽が昇らないもしくは太陽高度が低いため、観測データが取得できなかった。そこで忠鉢氏は、越冬中に月の光を利用した観測方法を編み出し、これにより冬期間でもそれ以外の季節と同程度のオゾンが存在することを明らかにした。ところが、例年より早く思いがけず太陽光による観測が可能となったため試験観測をしてみた(1982年9月4日)ところ、前日夜の月光観測に比べて8割以下の観測値しか得られなかった。最初は観測機器の故障を疑うも、その日の夜の月光観測でも同様の低い値となり、次の日からその値は続いた。そして10月末に突然、平年値に戻ったのである。翌年3月に帰国後、機器の再点検やデータの再チェックを入念に行ってみたものの計算間違いや機械の故障を示すデータは見つからず、また米国の極点基地のデータも同様な変化を示したことを知り、さらに翌1983年の秋には第24次隊からオゾン量が急に減少したという連絡が入った。これらのことから観測データに間違いがないことを確信した忠鉢氏は、1984年にギリシャで開かれた、4年に1回開催の国際オゾンシンポジウムで1982年の昭和基地におけるオゾン量の変動について発表したが、まったく反応はなかった。ところが、その後イギリスのハレー基地でのオゾンの減少についての論文が翌1985年にネイチャーに発表され、1986年には南極オゾンに関する論文が6編も発表され、南極域におけるオゾンの

減少が明らかになった。1987年には米国により南米と南極大陸の間での大規模な航空機観測を実施、実際に大気を採取して分析、オゾン層の破壊のメカニズムを明らかにした。同じ年にウィーン条約に基づくモントリオール議定書が国連で採択され、これを受け日本でも1988年にオゾン層保護法が成立し、1989年からは特定フロンなどの使用が制限されることとなった。ギリシャでのオゾンシンポジウムの次のシンポジウムが1988年にドイツのゲッチンゲンで開催された際には、南極上空のオゾンの減少は完全な事実と認められ、4年前の忠鉢氏の発表が第一報として紹介された。忠鉢氏は、オゾンホールのようなこれまで経験しなかった現象に遭遇したときに、それを正しく認識するためには3つのことが重要だ、とっておられる。まず第一が観測者や研究者の直感。直感を働かせるためには、観測したデータが最大、最小の極値を超えていないか、不自然な変化傾向や周期的な変化はないか、隣の観測所との差があまりに大きすぎないかなどについて、常に注意を払う必要がある。次に、そのデータがいかに特異かを証明するための、正常で正確な観測データの蓄積。昭和基地には、23次以前の15年以上に及ぶ観測データの蓄積があった。三番目は速やかな公表、である(忠鉢, 1990)。1979年にはすでに衛星による観測データはあったのだが、もともと衛星による観測データにはノイズがあるため、忠鉢氏らが発表するまでは一定の閾値以下の観測値はエラーとして削除されていた。観測データの再解析の結果、1986年になって、1982年以降毎年のように南極大陸に大きくオゾンホールが広がっていることが明らかになったのである。

オゾンホールの年最大面積は、2000年以降横ばい状態が続いているが、まだまだ完全に回復したといえる状況ではない。2016年に開催された国際オゾンシンポジウムでは、成層圏のオゾン層の最新の状況について、

- ・南極オゾンホールが最大に広がる10月に関しては、統計的に有意な回復傾向はまだ見られない
- ・一方、オゾンホール発達期の9月に関しては、2000年頃から最近にかけて、オゾン全量に明らかな回復傾向が見える

と報告されている（柴崎他，2017）。

2 南極で観測するとより効果があること

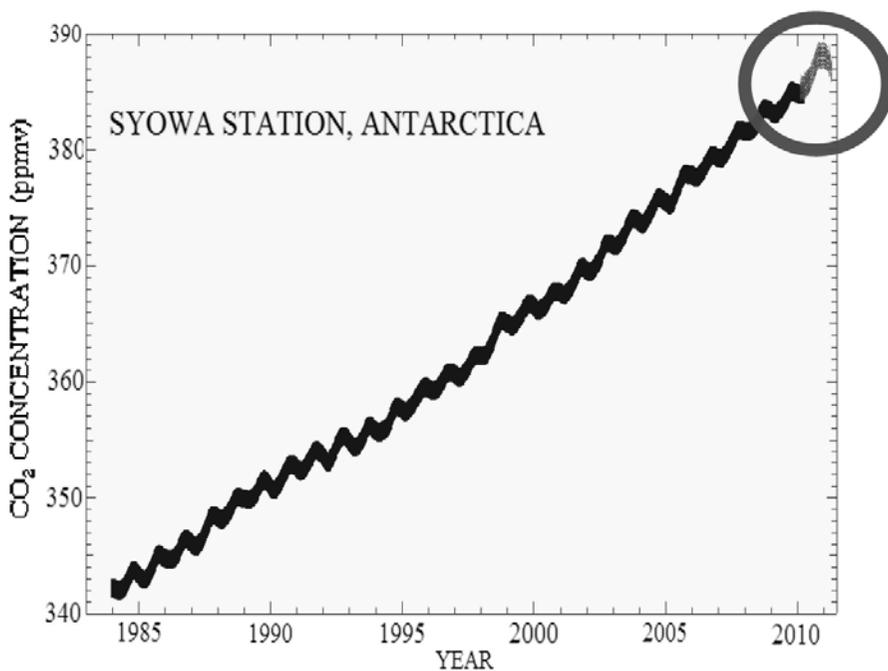
日本は世界でも1, 2を争う隕石保有国で，そのほとんどは南極で採取したものである。しかし，隕石は南極にたくさん落下するわけではない。地球の他の地域に落ちた隕石は，もともとあった石と混じったり，風化したりするが，南極の氷の上に落ちた隕石は，地面に触れることなく氷とともに海に向かって流されていく。そして，山脈などで氷の流れが止められた場所では，氷は風にけずられたり，蒸発して消え，閉じこめられた隕石が表面に取り残されてしまうことになる。昭和基地に近いやまと山脈に，100万年以上かかって千キロ四方の広さの水が一ヶ所に集まり，消えていく場所があった。黒い隕石は氷の上でよく目立つので，すぐに見つけることができ，また氷に守られていたため，風化してしまいうこともない。このようにして保存状態がよい大量の隕石が，一つの場所で大量に採取できるのである。

もう一つ，南極・昭和基地で観測している二酸化炭素の濃度の変化を第1図に示す。IPCCの第5次

報告では，地球温暖化の原因は人間活動に拠る可能性が極めて高い（95%以上）とされた。人為起源の二酸化炭素は急激に増えているが，人間活動の盛んな地域から遠く離れた南極であればこそ，自然の状態をより正確に観測することが出来る。図中の丸で囲った部分が第52次隊で観測したデータである。このように，長い期間にわたる正確な観測データがなければ，自然の変化の兆候を掴むことはできない。自然を正しく理解するには，地道な観測の積み重ねが必要なのである。2016年7月，国立極地研究所は昭和基地における二酸化炭素濃度の観測値が400ppmを突破したことを発表した。気象庁も同年10月に世界の年平均二酸化炭素濃度が400ppmに到達したことを明らかにした。

3 南極だけでなく全世界で観測する必要があるもの

最後は，南極など特定の場所だけでなく，地球全体でまんべんなくする必要のある観測，である。気象観測は，世界中で4,000を超える地上気象観測，1,000に及ぶラジオゾンデ観測の他に，ブイによる海水温の観測，航空機による観測など，南極だけで



第1図 昭和基地で観測した二酸化炭素濃度の変化

なく地球全体で広く行われている。観測されたデータは天気予報に使われるだけでなく、地球温暖化などの気候変動を調べる基礎資料にもなっている。

Ⅲ 南極（昭和基地）の気象

1 気象

南極にある各基地の気候区分を第2図に示す。日本の各基地のうち昭和基地は沿岸弱風帯に属し、他の基地と比べ比較的穏やかな気候である。あすか基地は年平均風速がもっとも強い基地のうちのひとつであり、みずほ基地は寒冷カタバ風帯に、ドームふじ基地は高原寒極帯にある。各基地でこれまでに観測した最低気温を比較しても、昭和基地やあすか基地がそれぞれ-45.3度、-48.7度であるのに対し、みずほ基地では-61.9度、ドームふじ基地に至っては-79.7度と極端な低温となっている。ちなみに、これまで地球上で観測された最低気温は、ポストーク基地での-89.2度である。

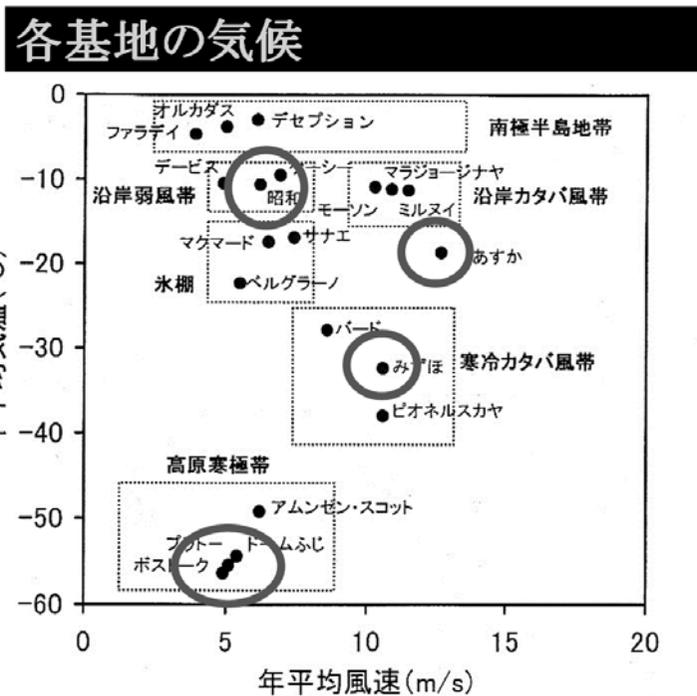
日本の各基地の月平均気温を第3図に示す。ドームふじ基地では、4月から9月まで半年間も月平均気温が-60℃を下回っている。内陸の基地では冬の

数ヶ月間は気温が横ばいのなべ底のような形をしていることがわかる。

昭和基地には、観測を再開した1966年以降50年以上に及ぶ連続した観測データの蓄積があるが、データからはこの50年間温暖化の兆候などの際立った傾向は見えない。

東京と昭和基地の平均気温を比べてみると、東京の一番寒い時でも昭和基地の一番暖かい時より暖かく、年平均気温では昭和基地は東京よりも約27℃も低い。

昭和基地で観測した最高気温は+10.0℃、最大瞬間風速は61.2m/sである。筆者は最大瞬間風速を記録したときは第37次隊員として昭和基地に滞在していた。終日ほとんど視界のない猛吹雪で、建物の外に出ることは到底不可能であった。最大瞬間風速の記録を更新した1996年5月27日の日平均風速は33.6m/sであり、これも昭和基地の記録である。このように風が強く、視界が悪い現象が南極の気象を代表するブリザードである。昭和基地では風速・視程・継続時間によりブリザードを定義しており、もっとも弱いものでも視程1km未満、風速10m/s



第2図 南極各基地の気候区分 (国立極地研究所, 1985の図を改作)

以上の状態が6時間以上継続しないと成立しない。ブリザードは秋から冬にかけてが多いが、夏場にも襲来することがあり、一年を通じて観測されている。

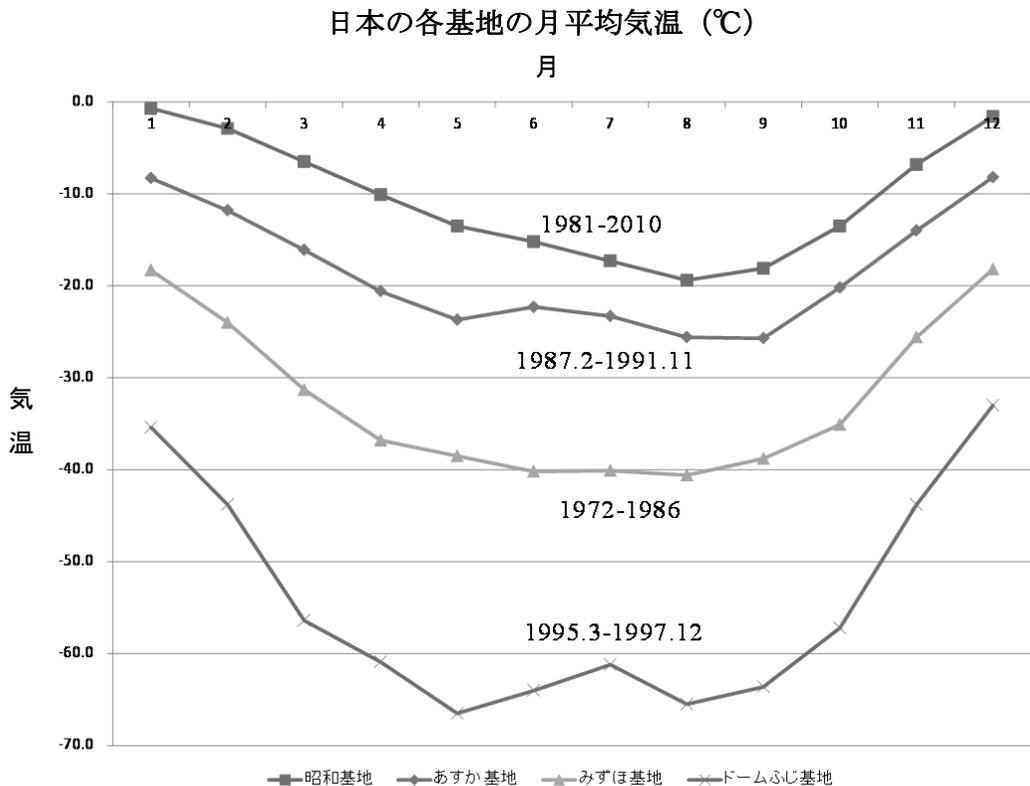
60年近い日本の越冬観測の中で唯一の死亡事故はブリザードによるものである。第4次隊の福島紳隊員は、1960年10月10日ブリザードの中、橇の点検のため屋外の橇置き場に向かう途中急激に視程が悪化し遭難した。遺体は、7年4か月後に基地から4km離れた地点で発見された。こういった遭難事故が起きないように現在では隊の内規により外出制限が設けられている。外出注意令、禁止令が出ると、直ちに最寄りの建物に避難しなければならず、注意令の場合は原則屋外へ出ることは禁止、どうしても出なければならぬ時は隊長の許可を得た上で、隊長が通信室でスタンバイした後に複数で行動し、屋外に出る前、到着後に通信室に無線で連絡をしなければならない。禁止令が発令されたら外出は

一切禁止となる。

もう一つ南極を代表する風がカタバ風 (katabatic wind) である。南極大陸の地形が引き起こす局地風の一つであり、斜面風とも呼ばれている。

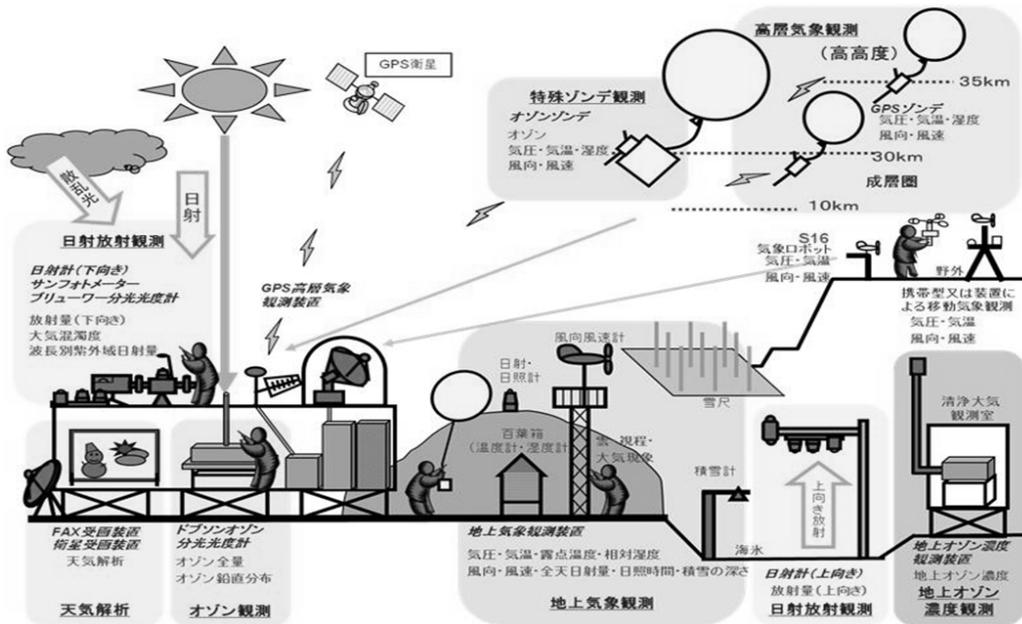
南極や北極などの極地方には、一日中太陽が沈まない季節と、反対に太陽が出ない季節がある。これは、地球の自転軸が公転軌道面に対して約23.4度傾いているためで、このため、緯度が66.6度より高い極地方では極夜や白夜がある。昭和基地では、毎年5月末から7月中旬までが一日中太陽の出ない極夜、11月下旬から1月下旬までが太陽の沈まない白夜となる。太陽が出ない季節の前後は太陽は地平線を這うように移動し、反対に白夜の季節には太陽は一日中沈むことなく空を回る。

人間活動の盛んな地域からもっとも隔絶した南極は、日本と比べ大気の混濁度も小さく、グリーンフラッシュなどの大気光象が頻繁に観測される。



第3図 日本の各基地の月平均気温 (昭和基地は1981年-2010年の30年間の平均値、他の3つの基地については観測データのある期間の平均値)

基本観測(気象)の観測項目



第4図 昭和基地における気象観測

2 昭和基地における気象観測

昭和基地での気象観測は、第1次隊の1日4回の地上気象観測から始まり、第3次隊からは高層気象観測を、第5次隊からは1日8回の地上気象観測と1日1回の高層気象観測を実施する他にオゾン観測、日射観測を開始しており、その後も観測種目を充実させつつ現在に至っている(気象庁, 2008)。その結果、昭和基地においては60年近い、特に基地を再開した第7次隊(1966年)以降は連続した観測データの蓄積がある。

昭和基地における気象観測業務の概要を第4図に示す。地上気象観測や高層気象観測をはじめ、オゾン観測、日射放射観測、天気解析等多岐にわたって業務を行っている。気象観測の場所は基地全体に広がっているため、プリザード後の観測機器の点検には労力を要する。高層気象観測は、ヘリウムガスを詰めたゴム気球に気温や湿度を観測するセンサーを取り付けて上空約30 kmまでの気温、湿度、気圧、風向、風速を観測している(久光他, 2016)。

第52次隊を初年度とする南極観測第Ⅷ期6か年

計画から、南極における気象観測は電離層、測地、海洋物理・化学、海底地形・潮汐観測とともに基本観測の一項目と位置づけられている。基本観測とは、様々な研究に不可欠な観測データを継続的に取得することを目的とし、かつ、国際的または社会的要請があり、観測方法が確立しており、速やかにデータを公開し、継続的観測が必須、なものである。このため、各隊の行動実施計画においても、優先度は最も高くなっている。これからも、昭和基地においては気象や気候変動の解明といった利用はもとより、他の研究を支える文字通りの基本データセットとして、連続した気象観測データの蓄積が必要とされている。

最後にこのような講演の機会を頂いたことにお礼を申し上げて、本報告を終えたい。

注記

- 1) 地表から大気上限までの単位面積の気柱に含まれる全てのオゾンのことをオゾン全量という。観測されたオゾン全量は、1気圧、0℃として地表に集めた時にできるオゾンだけからなる層の厚さで示され、単位はDU(ド

ブソン単位) または m atm-cm (ミリアトムセンチメートル) と呼ぶ, 例えば, オゾン全量が 300DU (m atm-cm) の場合, 大気中に含まれるオゾン全てを 1 気圧, 0°C の地表に集めると 3mm の厚さに相当するということを示している。

参考文献

- 気象庁 1989: 南極気象観測三十年史. 384pp.
気象庁 2008: 南極気象観測五十年史. 255pp.
国立極地研究所編 1985: 南極の科学 3 気象. 古今書院. 334pp.
国立極地研究所編 1985: 南極の科学 9 資料編. 古今書院. 288pp.
首藤康雄・福山佳之・加藤美雄・宮本仁美 1991: 第 30 次南極地域観測隊気象部門報告 1989. 南極資料. Vol. 35, No. 3, 296-334.
柴崎和夫他 2017: 国際オゾンシンポジウム 2016 報告. 天気. Vol. 64, No. 6, 429-441.
忠鉢繁 1990: 南極オゾンホールとの出会い. 天気. 第 37 巻第 6 号. 393-396, 411.
久光純司・小栗秀之・高野松美・杉山暢昌・山本敦 2016: 第 52 次日本南極地域観測隊気象部門報告 2010. 南極資料. Vol. 60, 195-241.
宮本仁美・中村雅道・成田修・横田歩・森永裕幸 1999: 第 37 次南極地域観測隊気象部門報告 1996. 南極資料. Vol. 43, No. 3, 477-533.
宮本仁美・堤雅基 2014: 第 52 次日本南極地域観測隊越冬報告 2011-2012. 南極資料. Vol. 58, No. 2, 181-232.
文部省 1963: 南極六年史 南極地域観測事業報告書. 270pp.