

南極半島 James Ross 島における気温・地温状況

森 淳子（北海道大学大学院工学研究科）・曾根敏雄（北海道大学低温科学研究所）・

Strelin, Jorge ・ Torielli, Cesar (Universidad Nacional de Córdoba) ・ 福井幸太郎（国立極地研究所）

はじめに

南極半島は近年温暖化が著しい地域とされている（例えば, Skvarca et al., 1998）. 気温の変化は、活動層の厚さ、永久凍土の温度、氷体・積雪からの融水供給量といった、周氷河地形の発達に関わる因子に影響を及ぼす。筆者らはこれまで南極半島 James Ross 島において、周氷河地形発達史の調査を行ってきた。その結果、本調査地は大型のソリフラクション地形が発達しており（Jorge and Malagnino, 1992）、周氷河作用が卓越した地域であることがわかってきた。凍結融解により斜面物質移動が生じることによって形成されるソリフラクション地形の発達速度や形成時期を知るためには、現在の環境条件と物質移動量との関係を知るとともに、過去の気候変動による環境条件の変化を考慮に入れることが必要となる。

そこで、本報告では、James Ross 島における現在及び過去の環境条件の変化を知ることが目的とし、気温・地温の現地観測結果をのべ、さらに周辺の気象データから最近 35 年間の気温の変化を推測し、活動層厚さと氷帽の後退量がどのように変化してきたのかを考察する。

調査地域

調査地域は南極半島東側に位置する James Ross 島の Rink 地域である（63°55'S, 58°10'W, 図 1）。調査地の標高は 400m a.s.l. で、北西に向かって平均傾斜約 4°で緩やかに傾斜する台地上に位置する。台地の北西端は崖になっている。調査地の南東側、すなわち台地の中央部は直径約 2km の氷帽に覆われており、氷帽の縁は 1995～2001 年に約 50-80m 後退した（森ほか, 2000）。氷帽の北東端から台地の末端までの距離は約 1.1km である。この斜面には、前面の比高最大約 5m、幅最大 30m の大型のソリフラクションローブおよびテラスが発達している。

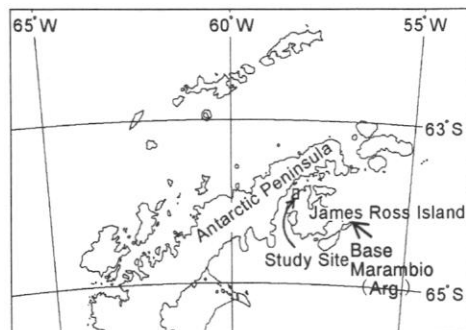


図 1 調査位置図

調査方法

気温は 1995 年 2 月から 1997 年 1 月までは白山工業 DATAMARK LS2000 を用い、白金抵抗センサーによって一時間間隔で測定した。1997 年 2 月から 1999 年 1 月までは白山工業 DATAMARK LS3000TC を用い、熱電対センサーによって 2 時間間隔で測定した。1999 年 1 月以降は、T and D おんどとり Jr. TR-52 を用い、1 時間間隔で測定した。

地温は、気温観測点近傍で、1997 年 2 月から、淘汰構造土の粗粒部と細粒部とでそれぞれ 3 深度ずつ測定した。測定深さは、1997～1999 年 1 月までは 40cm, 20cm, 5cm, 1999 年 1 月以降は 35cm, 15cm, 5cm 深さである。測定は、1997～2000 年 1 月までは白山工業 DATAMARK LS3000TC を用い、熱電対センサーによって 2 時間間隔で測定した。2000 年 1 月以降は T and D おんどとり Jr. TR-52 を用いた。細粒部については、1999 年 1 月以降、凍着凍上による埋設深

度変化を防いでおり、地表面から同じ深さの位置の温度を測定するようにしてある。

気温・地温観測地点はソリフラクションロープの先端部である。本調査地においては、最深積雪指示計（高橋，1968）による観測から、ソリフラクションロープ先端部では1995年以降、積雪が継続して20cm以上になることは無かった。

結果

気温および地温の1997年の測定結果を例として図2に示す。地温観測よりこの年の活動層厚は60cm程度と推測されるが、その50%である35cm深さにおいて凍結融解が6回生じており、また、冬期間である5月でも凍結融解が20cm深さまで生じていた。6月の終わりにも気温が正になる日があったが、そのとき地温は負のままであった。これは、積雪の影響であると考えられる。

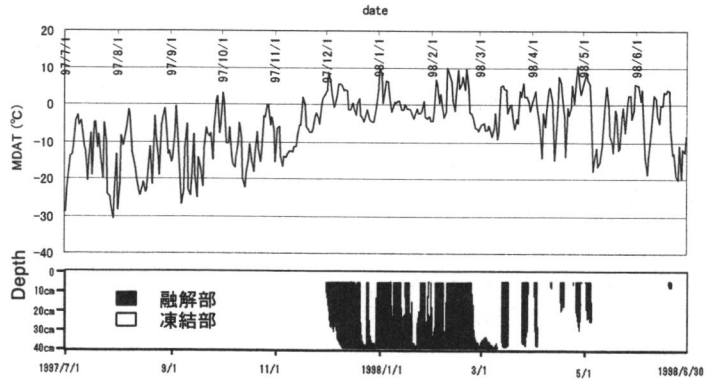


図2 1997～1998年の気温および地温観測結果。

融解深が浅かった2000～2001年には、夏期である1月初旬に、すでに約30cmまで融解していたところ、全層が一回凍結し、その後再び約35cmまで融解が進んだ。このように、本調査地では気温の変動が大きく、地温の変動も大きいことがわかった。活動層深くまで凍結融解が一年間に複数回生じることが、本調査地の周氷河地形の発達が良いことに関係していると考えられる。

考察

1. Marambio 基地と Rink の気温データの比較

調査地点の東約50kmに位置するアルゼンチンのMarambio基地（図1）の1971年以降の年平均気温とRinkの気温を図3に示す。Marambio基地の気温データはAntarctic Cooperative Research Centreによる1971～1991年の月平均気温と年平均気温データ、および、NCDCによる1994～2004年までの日平均気温データを用いた。RinkとMarambio基地の年平均気温を比較すると、Rinkの気温のほうがMarambio基地より0.5～1.5℃高いが、変化の傾向は類似している。

Marambio基地の1971～2004年間の年平均気温上昇割合は0.07℃/年であり、30年間では

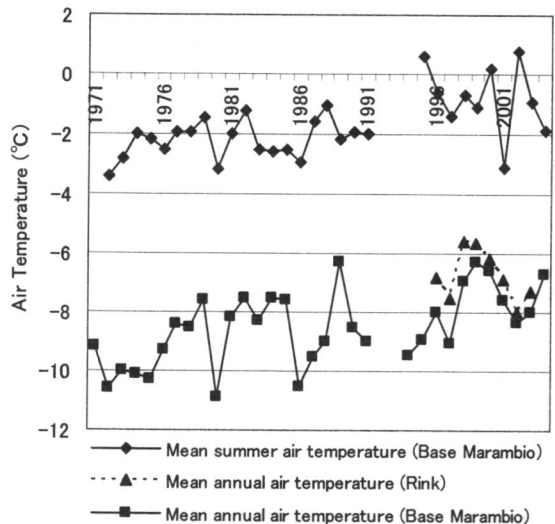


図3 RinkとMarambio基地の年平均気温の変化、およびMarambio基地の夏期平均気温の変化。

約 2.1℃の気温上昇があった。

2. 活動層厚と気温

図 4 に、粗粒部の各深さの地温の最高温度と最低温度、年平均温度を示す。ここでは、7 月から翌年の 6 月までを一年とした。2000～2001 年の夏には活動層厚が 35cm と、1997 年以降特に浅かったことが確認された。

Marambio 基地の年平均気温の変化(図 3)では、1997 年以降最も低かった年は 1997、2002 年であり、活動層厚の年変動と一致しない。そこで、融解期間である夏期(12 月～2 月)の月平均気温の平均値を求めた(図 5)。夏期の月平均気温は 2000～2001 年の夏が 1997 年以降もっとも低く、活動層厚の年変動と一致している。

Marambio 基地の夏の平均気温は、0.06℃/年の割合で上昇している。考察 1 に述べたとおり、Rink と Marambio 基地の気温は変化の傾向が似ているため、過去 30 年間で Rink の夏の平均気温は約 1.8℃上昇したと推定される。年平均気温が 1.8℃低く、そのほかの条件は現在と変わらないと仮定し、一次元の熱伝導方程式から活動層厚さの変化量を算出すると、約 20cm 現在より浅かったと推定された。

3. 氷帽の後退と気温

氷帽の縁の位置変化を図 6 に示す。氷帽は 1995～2000 年間に 10m/年の速度で後退していた(森ほか、2000)。この速度で後退が続いていと仮定すると、110 年前より前には台地全体が氷に覆われており、その後氷から開放され、周氷河地形の発達が始まったと推定される。過去の気温データから、この見積もりが妥当かどうかを考察した。

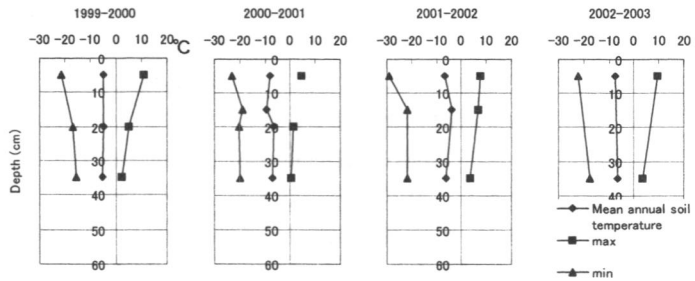


図 4 粗粒部の地温プロファイル。7 月から翌年の 6 月までの一年間における年平均地温と最高及び最低地温を示す。

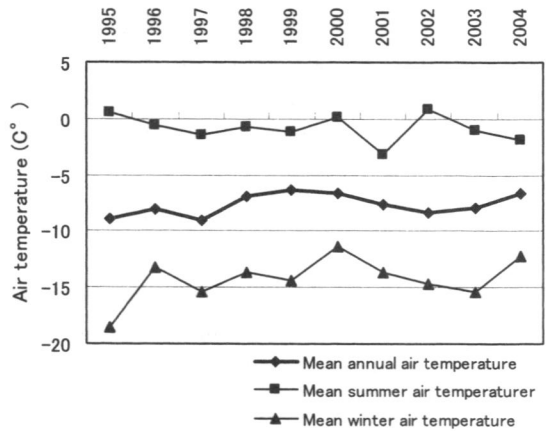


図 5 Marambio 基地の 1995 年以降の年平均気温と夏期及び冬期間の平均気温。

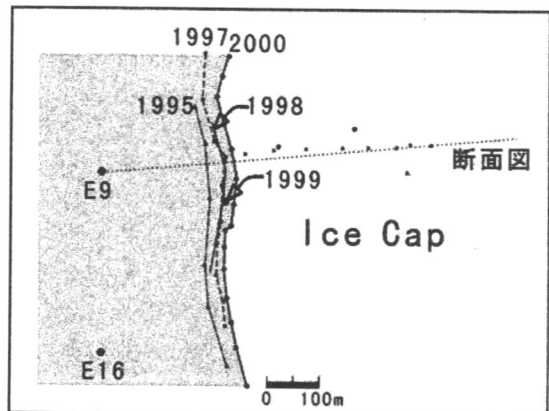


図 6 氷帽の縁の位置変化 (森ほか、2000)。

氷帽の後退量の変化と Marambio 基地の夏期平均気温変化を比較すると、氷帽の後退量が大きかった年は、融解期間である夏期の月平均気温が Marambio 基地において 0℃以上の年(図 3)であった。夏期の平均気温の過去 35 年間の変化をみると、夏期の平均気温が 0℃を超えたのは 1995 年以降であり、それ以前はより寒冷であった。

降水量は、本調査地では調査されていないが、James Ross 島のほぼ中央部 (Rink の南東側約 20km) に位置する Dalinger Dome における氷床コアの涵養量 (Aristarain et al. 2004) の変化を見ると、70 年以降はほとんど変化が無い。これらの結果から、氷帽の現在の後退速度を用いて、Rink 台地が氷から解放されはじめた時期を 110 年前とすることは、実際よりも新しく見積もられすぎていると考えられる。

おわりに

Rink 台地で気温・地温観測をおこなった。その結果、本調査地では気温の数日間周期の変動が大きく、凍結融解が活動層深くまで年に数回起こっていた。このことは本調査地で周氷河地形の発達が良いこととよく対応する。本調査地の気温データを Marambio 基地の 1971 年以降の気温データと比較した結果、最近 10 年間は特に温暖であり、活動層厚の増加や氷帽の融解が進んだと推定された。そのため、本調査地での周氷河作用の強度は、最近 10 年間より前には今ほど活発ではなかったと考えられる。

引用文献

- Antarctic Cooperative Research Centre: <http://www.antcrc.utas.edu.au/~jacka/>
- Aristarain, J. A., Delmas, R. J. and Stievenard, M., 2004: Ice-core study of the link between sea-salt aerosol, sea-ice cover and climate in the Antarctic Peninsula area. *Climatic Change*, 67, 63-86.
- 森 淳子・曾根敏雄・Strelin, J. A., 2000: 南極半島 James Ross 島 Rink における地表面付近の物質移動と環境条件. 2000 年度日本雪氷学会全国大会講演予稿集, 109.
- NCDC National Climatic Data Center website: www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html
- Skvarca, P., Rack, W., Rott, H. and Donangelo, T. I., 1998: Evidence of recent climatic warming on the eastern Antarctic Peninsula. *Annals of Glaciology*, 27, 628-632.
- Strelin, J. A. and Malagnino, E. C., 1992: Geomorfología de la isla James Ross. In *Geología de la Isla James Ross*, Buenos Aires, Instituto Antártico Argentino, 7-36.
- 高橋喜平, 1968: 最深積雪指示計について. 雪氷, 30 (4) 11-14.