

## 日本南極地域観測隊における越冬期間中の紫外線障害疾患の 分析: 南極における紫外線障害の成因の特徴と、 疾患発生の季節的及び年次的変化の検討

大野義一郎<sup>1</sup>・宮田敬博<sup>2</sup>

Diseases due to ultraviolet radiation in Antarctic wintering personnel:  
Analysis of geneses, seasonal change and annual variation

Giichirou Ohno<sup>1</sup> and Takahiro Miyata<sup>2</sup>

**Abstract:** The incidences of diseases due to UV radiation in wintering personnel of the Japanese Antarctic Research Expedition (JARE) were studied. Medical consultations of JARE-39 included 199 cases, 8 of which were due to UV radiation; photo dermatitis, dermatitis, angular cheilosis, cheilosis and UV ophthalmia, all of which were observed near the face. The intensity of UVB radiation from the horizontal direction was measured. It was found that low solar elevation angle and high snow surface reflection enhanced UV radiation in the horizontal direction during the Antarctic summer to equal or more than that observed in the equatorial zone. Prolonged daytime and outdoor work in the Antarctic summer increases exposure to UV radiation, causing diseases due to UV in the Antarctic summer. Of 4233 clinical cases of JARE between 1956 to 1999, the number of UV related diseases was 127 (3.2%). The diseases were observed in spring, summer and autumn with a maximum in spring and no cases in winter. The diseases have been increasing since the 1990s, when the ozone hole was observed. Furthermore the diseases are observed mainly in spring when the ozone hole is in its maximum phase.

**要旨:** JARE 越冬隊における紫外線障害疾患について調査した。39 次隊で発生した傷病総数 199 件のうち本疾患は 8 件 (4%) で日光皮膚炎, 雪目, 口唇炎, 口角ヘルペスなどである。これらはすべて顔面周囲に限局していた。作業中の顔面への紫外線照射量を調べるため, 水平方向の紫外線量を測定した。夏の南極では, 太陽高度角が低いことと雪面反射により水平方向の紫外線量は赤道近辺に匹敵し, オゾンホール出現中の 11 月には赤道近辺以上となった。また日照時間と屋外作業時間が長くなることは被曝総線量をさらに増やす。これらは夏の南極における本疾患発生の特徴である。JARE 歴代傷病総数 4233 件のうち紫外線関連疾患は 127 件 (3.2%) であった。季節別では冬の極夜期はほとんどなく春夏秋に発生し 11 月が最多であった。経年変化では 1990 年代より増加傾向を示した。この増加は春期の発生が増加したことによる。これはオゾンホールの出現・増大年代, 出現季節と一致していた。

<sup>1</sup>東葛病院外科, Department of Surgery, Tokatzu Hospital, 409, Shimohanawa, Nagareyama 270-0174.

<sup>2</sup>大阪大学医学部附属病院救命救急センター, Trauma and Acute Critical Care Center, Osaka University Hospital, 2-15 Yamadaoka, Suita-shi, Osaka 565-0871.

## 1. はじめに

南極越冬中の紫外線による障害疾患（以下紫外線を UV、紫外線による障害疾患を UV 疾患）は当初より越冬医療の特徴の一つとして指摘されてきた。近年では南極における B 領域紫外線（以下 UVB）はオゾンホールとの関連で関心を集めている（Roy *et al.*, 1994）。気象観測で全天の UVB 強度などが定常的に測定されてきたが、人体にどのような影響があるかは測定されていない。またオゾンホールが越冬隊員の健康にあたえる影響についての調査も報告されていない。

第 39 次日本南極地域観測隊越冬隊（1997-1999 年、以下 39 次隊、他の隊も同様）医療担当では南極越冬中における UV 疾患の実態を明らかにするため、39 次隊の傷病統計、越冬報告の医療記録の調査、顔面の UVB 暴露量の調査、歴代傷病統計をもとに UV 疾患の季節および年次変化の検討を行ったので報告する。

## 2. 使用データ

39 次隊（男性 37 人女性 2 人、平均年齢 36.5 歳）で発生した傷病総数 199 件について原因の聞き取り調査と診療記録をもとに UV 疾患の発生状況と症状について調査した。

日本の各次隊の越冬報告（国立極地研究所、1956-1999）から UV 疾患に関する記載を抜粋し、被害状況およびその推移を検討した。

人体への UV 暴露量を求めるため、UVB を 4 方向、すなわち太陽直視方向（以下直視方向）、天頂方向、水平方向太陽向き（以下水平方向）、水平方向反太陽向き（以下反太陽方向）について測定した（図 1）。調査期間は 1997 年 11 月から 1998 年 11 月までで、往路の「しらせ」では日本から赤道を経て南極までの快晴の日、昭和基地に到着した 1997 年 12 月以後は月ごとに快晴の日におおむね 1 時間ごとに行い、UVB の測定には英弘精機（株）社の MS-2101 と MS-330B を用いた。

UV 疾患の季節変化、経年変化について日本隊の歴代傷病統計（大野・宮田、2000）をもとに検討した。2, 6 次隊は越冬していない。1, 24 次隊は傷病統計記録がない。13, 15 次隊は月別発生数の記載がなかった。UV 疾患には雪目、日光皮膚炎、日焼けなどがある。越冬報告に隊ごとの傷病集計があるが、傷病分類方法は隊によりまちまちで UV 疾患とはっきりわかる病名ではなく他の原因によるものと混在する傷病名に包括している年もある。そこで検討にさいして雪目、日光皮膚炎、日焼けなど明確な UV 疾患のほかこれらを含む結膜炎、口唇炎、口唇ヘルペス、皮膚炎も対象として UV 関連疾患として集計した。

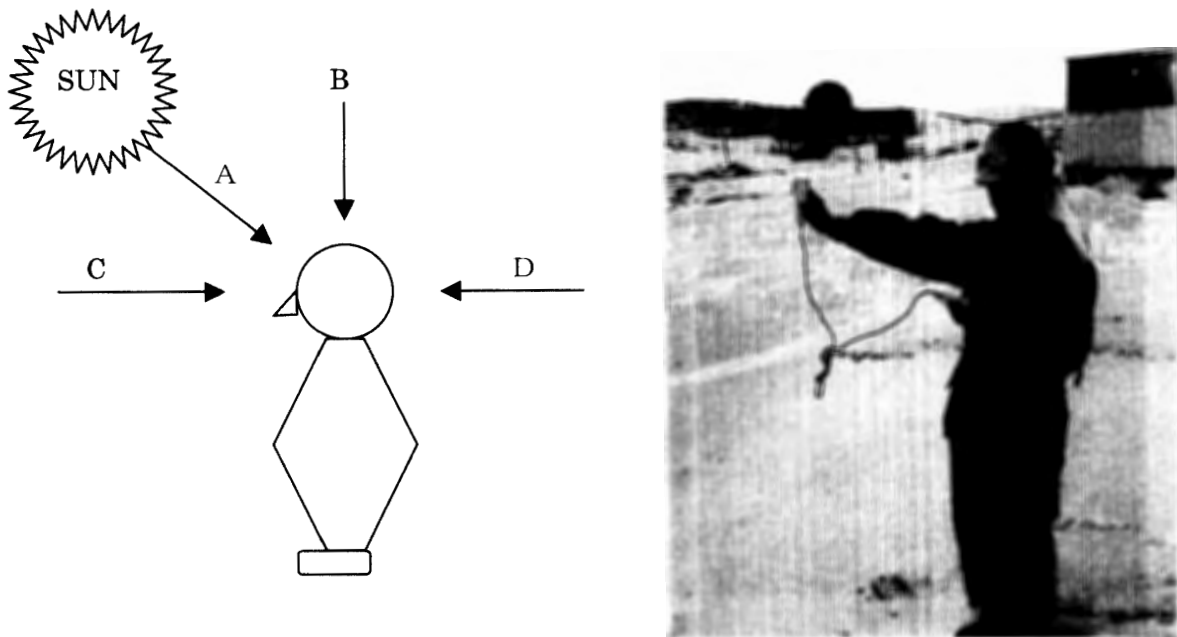


図1 紫外線測定の方法。A: 太陽直視方向 B: 天頂方向 C: 水平方向太陽向き D: 水平方向反太陽向き

Fig. 1. Method of UVB observation. A: direct direction to the sun, B: zenith direction, C: horizontal direction, D: horizontal and anti-sun direction.

### 3. 結 果

#### 3.1. 39次隊で発生したUV疾患

39次隊で発生したUV疾患は8件(4%)で口唇口角炎5件, 雪目2件, 日光皮膚炎1件であった。屋外では防寒具を使用しているため, 障害は露出している顔面周囲に限定されていた。39次隊の昭和基地到着は1997年12月中旬であり, その直後に多発している。夏隊も含め39次隊でみられた傷病の具体例を以下に示す。

日光皮膚炎(図2): 1998年1月, 建設作業で発症。防寒具を使用するため露出皮膚部は少なく日光皮膚炎の発生部は顔面, 首筋, 耳に限定される。発赤, 痛みを伴い重症期には水泡を形成した。

雪目(図3): 1997年12月, HFアンテナ解体作業に従事。作業中はヘルメットをかぶりサングラスを使用していたが, サングラスのわきが空いていた。眼痛のため作業不能となり屋内作業に限定したが, 窓からの陽射しでも症状があるため屋内でもサングラスを使用した。春から夏の野外調査では雪上車内でもサングラスをかけないと眼痛が出現した。

口唇炎(図4): 1997年12月, 屋外の建設作業に従事。ヘルメット, サングラス, 日焼け止めクリームを使用していたが, 下口唇の腫脹が出現し徐々に増悪した。痛み, 摂食障害はなく,



図2 日光皮膚炎。ヘルメットとその顎ひも部分が白く残りそれ以外の露出部分が赤く変色している。

Fig. 2. A case of photo dermatitis.

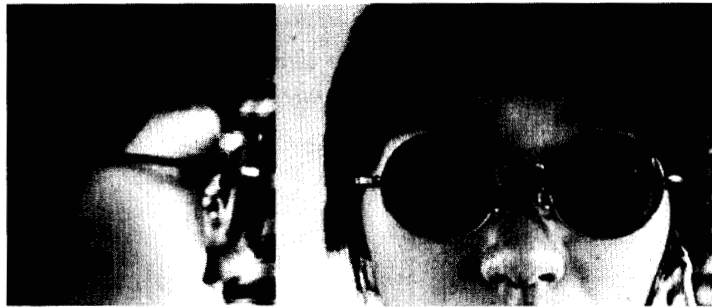


図3 雪目。サングラスをかけていたが罹患した。サングラスの横と上に透き間が空いている。

Fig. 3. A case of UV ophthalmia.



図4 口唇炎。日光を受けやすい下唇が腫れ上がっている。

Fig. 4. A case of cheilosis.



図5 ヘルペスによる口角炎。水疱を形成し、びらんとなる。

Fig. 5. A case of angular cheilosis (herpes simplex).

リップクリームを使用し、作業中タオルで覆うなどの対処で徐々に改善した。

口角ヘルペス (図 5): 1997 年 12 月, 建設作業に従事中, 口角の異常に気づく。顔面の単純性ヘルペスは UV による局所の免疫低下が関与している。日常生活に支障なく, 軟膏を塗布し軽快した。

### 3.2. 歴代越冬報告の検討

観測初期には「日光は高緯度のため紫外線など光線が弱い」(1 次隊), 「歯の故障の訴え, 7, 8 月より増加, 日光線の乏しさによるものと思われた」(同), 「冬季屋内生活を余儀なくされるための日光照射不足」(3 次隊) など日射不足による影響が心配されていた。雪盲は「予想以上に少なく基地にては雪眼鏡を必要だと思うときは非常に少なかった。旅行中には全治まで約 4 日の雪盲に苦しんだ患者 1 名がでた」(1 次隊)。

その後もしばらく UV 障害の記載はなかったが, 26 次隊で「野外活動の活発な夏期には, 外傷, 腰痛, 白せん症, 紫外線による口唇熱傷など皮膚疾患が多発」, あすか 30 マイル拠点では「12 月下旬の作業では夏の太陽と雪面からの強い照り返しで, 皮膚の露出部, 特に口唇を中心とした II 度の浅在性熱傷が高率に発生」, 「紫外線による口唇周囲の熱傷は疼痛で経口摂取困難となり肉体的にも精神的にもストレスとなった。痛みで不眠も数名。作業中は安静を保てず日射も遮光できずに悪化した」。27 次隊は 26 次隊の経験から日焼け止めクリーム, リップクリーム, ゴーグルなどを使用した。

これ以降, UV 疾患は出るものとして対策が組まれるようになったが, 南極に慣れない当初の夏や野外調査時には被害が出た。「S16 滞在中 (12 月 19 日-1 月 1 日), 野外作業時間が長く日光皮膚炎が頻発した。その例を以下に列挙した。紫外線が強い夏期快晴時でも遮光クリームの 2-3 時間ごとの塗布で予防できる」(34 次隊), 「秋中継点旅行 9 名 (2 月 2 日-5 月 7 日) なし」(34 次隊), 「夏ドーム F 旅行 13 名 (10 月 11 日-2 月 13 日) 日光皮膚炎 7 名, 日光口唇炎」(34 次隊), 「夏中継点旅行 6 名 (1 月 10 日-1 月 28 日) 日光皮膚炎 2 名」(35 次隊), 「5 月のみずほ旅行で 9 名中 2 名に雪盲発生。雪盲はサングラスを使用せずに行動したために発生」(36 次隊) した (国立極地研究所, 1956-1999)。

### 3.3. 人体への UVB 暴露量の調査

UV 暴露量の調査から (a) 1997 年 11 月 24 日の「しらせ」船上 (南緯 18 度, 東経 113 度付近) と, 昭和基地 (南緯 69.0 度, 東経 39.6 度) での (b) 1997 年 12 月 21 日, (c) 1998 年 3 月 9 日, (d) 同年 4 月 19 日, (e) 同年 11 月 14 日について日内変動を図示した (図 6)。

直視方向についてみると, ① 緯度の影響としては, 日本から南極までで最も強かったのは 1997 年 11 月 24 日南緯 18 度の近日点付近であった。② 昭和基地における季節の差は, 太陽高度角に相関し夏, 秋, 冬と減少する。極夜以前の 4 月にはすでにほとんど検出できない。し

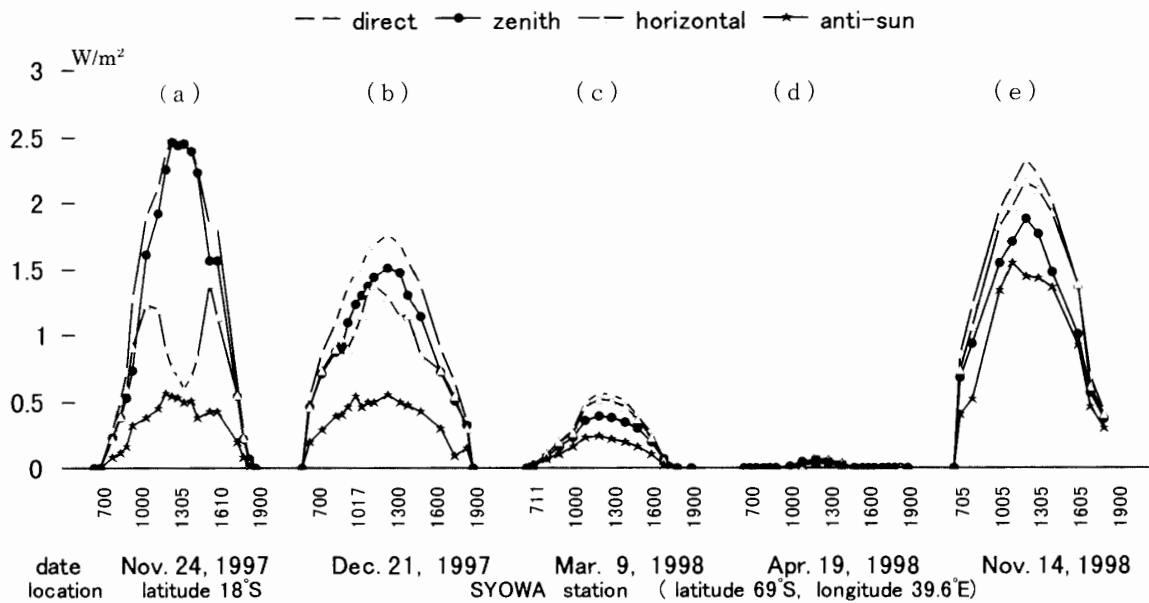


図6 UVB線量の測定: 現地時間 午前7時~午後7時. 緯度, 季節, 方向, 時刻による変化

Fig. 6. Changes of UVB radiation with latitude, season, direction and diurnal change from 0700 to 1900 LT.

かし夏至の12月より11月のUVBがより強かった。

水平方向では、①1997年11月24日「しらせ」船上では日出とともに直視方向と同様に急増するが、午前11時以降太陽の高度が高くなると逆に減少し正午に底値となり、夕方にもまた高くなる凹型を示した。昼の水平方向UVBは $0.77 \text{ W/m}^2$ で直視方向の31%であった。一方昭和基地では正午の太陽高度角が低いいため昼の水平方向UVBも減少しない。②1997年12月21日の水平方向UVBは $1.29 \text{ W/m}^2$ で直射方向の73%と高値を示した。またオゾンホール下の1998年11月14日の水平方向UVBは $2.16 \text{ W/m}^2$ で直射方向の92%で、これは1997年11月24日の水平方向の2.8倍に相当した。反太陽方向UVBも強かった。また1998年10月4日昭和基地で測定したUVBは直視方向 $1.06 \text{ W/m}^2$ 、天頂方向 $0.8 \text{ W/m}^2$ 、水平方向 $1.04 \text{ W/m}^2$ 、反太陽方向 $0.62 \text{ W/m}^2$ にたいし、真下雪面向き方向は $0.72 \text{ W/m}^2$ であった。

### 3.4. 歴代傷病でみたUV関連疾患の発生状況

日本隊の歴代傷病のうちUV関連疾患総数は127件でこれは全傷病の3.2%に相当した。UV関連疾患は39次隊では10件になるが、39次隊の全傷病の原因聞き取り調査から実際のUV疾患は8件であることや、UVBの検出されない極夜期の5,6,7月にも発生があることからUV以外の原因によるものも含まれている。また隊によって記載の分類や基準に差があること、野外活動の内容が隊によって異なること、紫外線対策が隊ごとに異なることなど様々な要

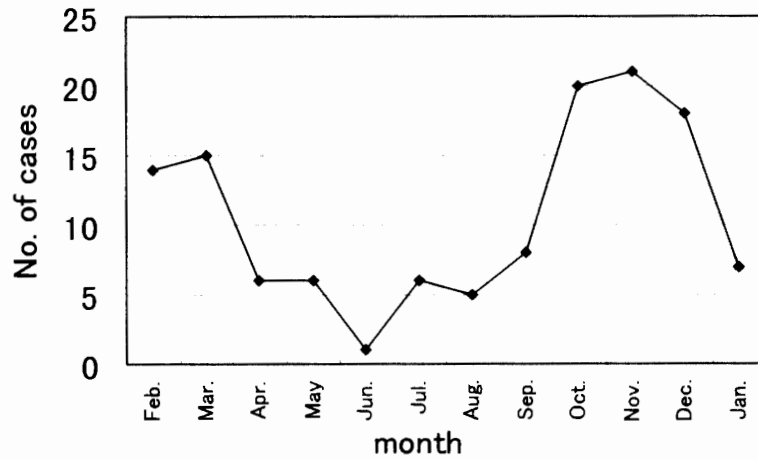


図7 JARE (1次~39次) のUV疾患 (総数 127 件) の月別件数  
 Fig. 7. Seasonal variation of number of UV-related diseases (127 cases in total through JARE-1 to -39).

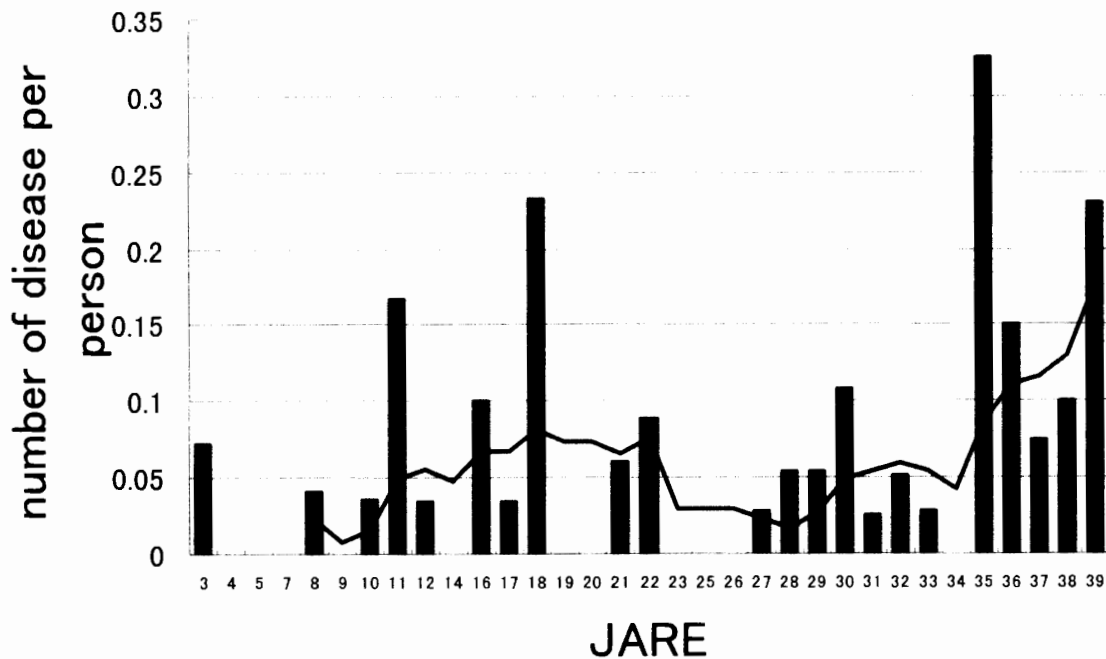


図8 8月~12月のUV疾患発生率 (件数/隊員数) の年次変化とその5区間移動平均  
 Fig. 8. Time series of total number of UV-related diseases per person from August to December and moving average.

因により、数値が症例数の正確な増減を反映していないなどの限界はあるが概略は把握できるものと考えた。

UV関連疾患の月別発生数を見ると、越冬開始当初の秋に多く極夜期は減少し春に急増し11月に最多となり、昭和基地のUVB線量の季節変化と同様の傾向を示した(図7)。

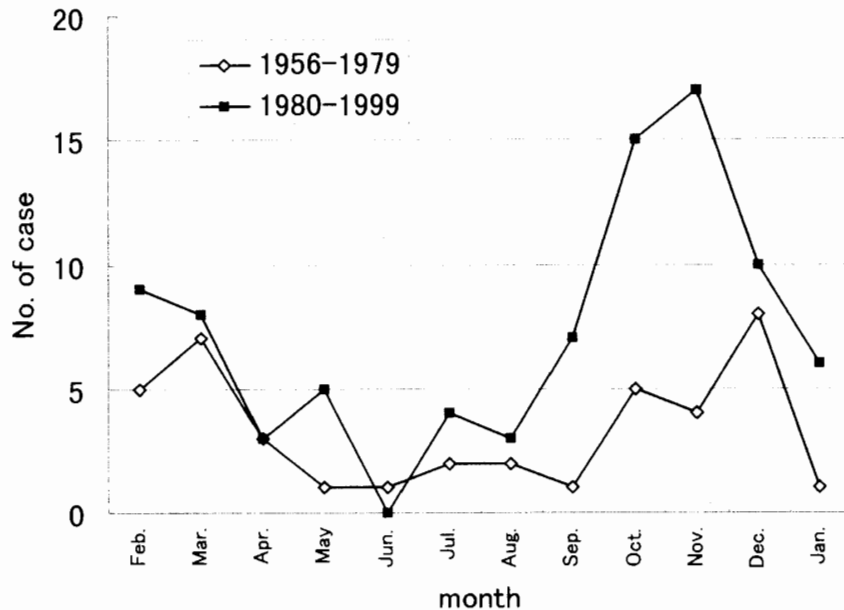


図9 オゾンホール出現前後 (1956-1979年と1980-1999年)でのUV疾患の月別発生数の比較

Fig. 9. Comparison of the number of monthly UV-related diseases before and after the detection of the ozone hole (1956-1979 and 1980-1999).

このうちオゾンホールの出現する8-12月に限ってUV疾患発生率 (UV疾患数/隊員数)の経年変化を検討した。UV疾患は当初から認められていたが、多発している隊と発生していない隊とがあり、26次隊 (1985年)までは半数の隊で発生記録があった。27次隊 (1986年)以降は34次隊を除くすべての隊で見られている。また近似曲線 (5区間移動平均)では28次隊 (1987年)以降は上昇傾向にあり、1990年台にはそれ以前に比して倍増している (図8)。

またオゾンホール出現前 (1956年-1979年)と以後 (1980年-1999年)で季節変動を比較すると前者に比して後者では春から夏にかけての発生が増加していた (図9)。

#### 4. 考 察

南極越冬中の医学医療においてUV問題は、不足と疾患の相反する2面から早くより論じられてきた。UV不足は骨代謝への影響 (Shigeno, 1982)、免疫への影響 (Ventsenostev, 1973)、そして日照時間の変化と関連した概日リズムへの影響 (Broadway *et al.*, 1987; Kennaway and Van Dorp, 1991; Haston, 1996; Yoneyama *et al.*, 1999)として取り上げられてきた。

UV疾患はアムンゼン、スコットらの隊でも屋外活動における雪目で難渋した記載 (Amundsen, 1994; Cherry-Garrard, 1993)があり、以後も各国の報告や日本の越冬記録でも指摘されてきた (吉岡, 1963; Gormly, 1992)。UV疾患の内訳は皮膚疾患、眼科疾患などで、致命的な問題にはならず、また安静によって自然軽快するものがほとんどであるが、代替要員のいない



越冬中は観測・作業に支障をきたす。UVBが皮膚癌を誘発することはよく知られている。しかし越冬は1年間であり、UV暴露は春から秋にかけての期間だけなので暴露総量は限られていることや、また欧米人に比して日本人の皮膚癌発生は少なく、UVの影響も受けにくいことが指摘されており (Takizawa, 1987; 黒石ら, 1999), 日本隊の南極越冬がただちに皮膚癌を引き起こすことはないと考えられる。

南極でのUVBは気象部門が定常的に測定している。しかし人体へのUVB暴露が問題となる屋外作業は、防寒具を着用するので露出部は顔面であり、また太陽を直視しているわけではない。今回水平方向UVBを測定したのは作業中の顔面へのUVBの影響を反映すると考えたからであり、このような調査はこれまで行われていない。今回の調査から夏の南極における直射方向UVBは赤道に及ばないが、太陽高度角が低いことと雪面反射などにより水平方向UVBは赤道近辺に匹敵すること、さらにオゾンホール出現時期は直射方向UVBも増大することから、赤道近辺以上のUVBを作業時に顔面に受けることを示している。また1日の日照時間が長く作業時間も長くなることは暴露総量をさらに増やすことになる。これらのことが南極におけるUV疾患発生の特徴といえる。

このような南極での夏作業には十分なUV対策が必要である。具体的には日焼け止めクリーム、サングラス、帽子などの使用である。日焼け止めクリームは十分塗らねばならなかったが洗顔のできない野外行動中は好まれなかった。サングラスはわきの空いていない形が望ましく、苛酷な作業でレンズ面の摩耗・柄の破損がおきるので十分な予備が必要である。また金属フレームは顔面の凍傷の誘因となった。

近年南極におけるUVBは、オゾンホールとの関連で関心を集めている。1980年頃に出現したオゾンホールは39次隊が越冬していた1998年9月に過去最大となり (気象庁報道発表資料1998年10月1日), また例年なら消失している12月中旬においても持続していた (同1998年12月14日)。オゾンホールは地表のUVBを増加させ、UV疾患が増加することが考えられる。今回の検討でUV疾患が1990年代から増加傾向にあるが、この時期はオゾンホールの増大と一致していること、疾患の増加は通年ではなく春の期間の発生が増えたため、これはオゾンホールの発生季節と一致していることは興味深い。この変化は、医療資料の上にもオゾンホールの影響が認められている可能性を示している。

今後の課題としては、オゾンホールが出現する南極でのUV暴露の特徴は短期間だが強力な暴露であり、このことが人体に与える影響について将来の発癌も含め検討が必要である。また南極におけるもう一つの特性である寒冷との相互作用 (寒冷障害とUV障害の加算効果や、寒冷による皮膚血流量の低下がUV障害を増悪している可能性) についても調査が必要である。これらは南極だけでなく日本を含む温帯地域でのUV疾患とその対策にも関連する。また検討に当たっては統計可能な詳細な医療記録の蓄積を続けることと、UVB暴露と障害の程度を直接測定する方法の考案が望まれる。

## 5. ま と め

南極の夏に顔面がうける UV は赤道付近と同等あるいはそれ以上の強さであり UV 疾患の対策が必要であることを指摘した。歴代傷病統計の分析から UV 疾患はオゾンホール出現・増大年代、出現季節と一致して 1990 年代から増加傾向にあり、それも春の疾患発生が増加していることを示した。

## 文 献

- Amundsen, R. (1994): 南極点. 中田 修訳. 東京, 朝日新聞社, 630 p. (朝日文庫).
- Broadway, J., Arendt, J. and Folkard, S. (1987): Bright light phase shifts the human melatonin rhythm during the antarctic winter. *Neurosci. Lett.*, **79**, 185-189.
- Cherry-Garrard, A. (1993): 世界最悪の旅: 悲運のスコット南極探検隊. 加納一郎訳. 東京, 朝日新聞社, 991 p. (朝日文庫).
- Gormly, P. (1992): ANARE first aid manual. Kingston, Australian Antarctic Division, 83 p.
- Haston, W. (1996): The British Antarctic Survey Medical Unit. *NERC News*, Autumn, 8-9.
- Kennaway, D.J. and Van Dorp, C.F. (1991): Free-running rhythms of melatonin, cortisol, electrolytes, and sleep in humans in Antarctica. *Am. J. Physiol.*, **260**, R1137-R1144.
- 国立極地研究所 (1956-1999): 日本南極地域観測隊第 1-39 次越冬報告. 東京.
- 黒石哲生・西川陽子・富永祐民・青木園雄 (1999): 世界各国のがん死亡の動向—33 カ国における部位別がんの年齢調整死亡率 (1953-92 年)—. *がん・統計白書—罹患/死亡/予後—1999*, 富永祐民ら編. 東京, 篠原出版, 187-264.
- 大野義一朗・宮田敬博 (2000): 日本南極地域観測隊における越冬期間中の歴代傷病統計: 4233 例の検討. *南極資料*, **44**, 1-13.
- Roy, C.R., Gies, H.P., Tomlinson, D.W. and Lugg, D.L. (1994): Effects of ozone depletion on the ultraviolet radiation environment at the Australian stations in Antarctica. *Ultraviolet Radiation in Antarctica: Measurements and Biological Effects*, ed. by C.S. Weiler and P.A. Penhale. Washington, D.C., Am. Geophys. Union, 1-15 (Antarct. Res. Ser., Vol. 62).
- Shigeno, C. (1982): Measurement of serum PTH, CT, and Vitamin D metabolites in members of the 19th Japanese Antarctic Research Expedition. *Workshop on Vitamin D, 5th 1982*, Williamsburg, Va. *Proceedings of the Vitamin D, Chemical, Biochemical, and Clinical Endocrinology of Calcium Metabolism*, ed. by A.W. Norman *et al.* Berlin, Walter de Gruyter, 677-679.
- Takizawa, Y. (1987): Some possible ultraviolet effects on the incidence of skin cancer among Japanese due to modification of the ozone layer. *Proc. NIPR Symp. Polar Meteorol. Glaciol.*, **1**, 59-68.
- Ventsenostsev, B.B. (1973): Condition of the circulatory system in winterers at Molodezhnaya. *Medical Research on Arctic and Antarctic Expeditions*, ed. by A.L. Matusov. Jerusalem, Israel Program for Scientific Translations, 149-153.
- Yoneyama, S., Hashimoto, S. and Honma, K. (1999): Seasonal changes of human circadian rhythms in Antarctica. *Am. J. Physiol.*, **277**, R1091-R1097.
- 吉岡 隆 (1963): 南極における傷病. *南極資料*, **17**, 70-71.

(2000 年 8 月 30 日受付; 2000 年 9 月 25 日改訂稿受理)