

# 日本気象学会 沖縄支部だより

発行：日本気象学会沖縄支部事務局  
〒900-8517 那覇市樋川1-15-15  
那覇第一地方合同庁舎  
沖縄気象台業務課気候・調査室内

## 平成17年度(2005年度)沖縄支部研究会開催案内

日本気象学会沖縄支部は、沖縄気象台と共催で、平成17年11月24日(木)、25日(金)に、日本気象学会沖縄支部研究会を那覇第一地方合同庁舎1階共用大会議室にて開催します。

沖縄支部学会員皆様の多数の参加をお待ちしております。なお、会員以外の方で聴講を希望する方の参加も歓迎いたします。

### 1 沖縄支部研究会概要

開催日時：平成17年11月24日(木)13時00分～17時00分  
25日(金)09時00分～12時00分

開催場所：那覇第一地方合同庁舎1階共用大会議室

主催：沖縄気象台、日本気象学会沖縄支部

その他：参加料は無料。予稿集は会場で配布。

交通手段は公共交通の利用をお願いします

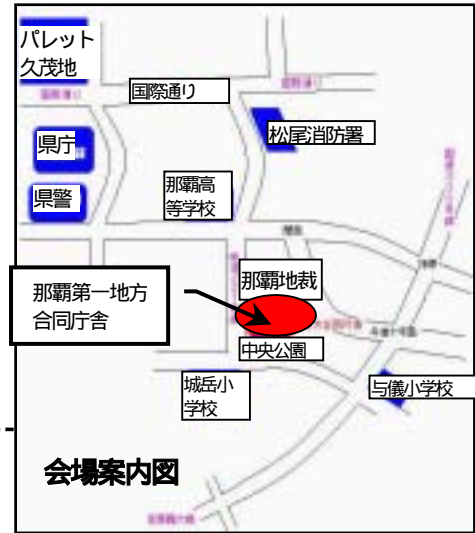
#### 研究会で発表される論文リスト

#### 1日目 13時00分から17時00分-----

- ・ 沖縄地方における台風接近時の最大瞬間風速に関する研究 (沖縄気象台)
- ・ 海洋上台風の統合解析：雨と風 (琉球大学)
- ・ 台風における雷活動の特徴 (琉球大学)
- ・ 台風接近時雨・風一括修正ガイダンスの開発(第二報) (沖縄気象台・石垣島地方気象台)
- ・ 沖縄本島地方における不安定性降水ガイダンスの開発に向けて (沖縄気象台)
- ・ 宮古島の島上に発生する停滞性対流雲について(その2) (宮古島地方気象台)
- ・ NHMを利用した那覇空港の弱風時の風の変化について (那覇航空測候所)
- ・ 渦糸群相互作用による台風進路モデル (琉球大学)
- ・ ひまわり衛星画像による海洋上台風の雨域推定 (琉球大学)
- ・ SATAIDとWPRを利用したUCLの事例解析 (南大東島地方気象台)
- ・ NHMを用いた2004年8月のUCLの再現 (同上)
- ・ 南大東島における霧発生の予測 (那覇航空測候所)
- ・ 2004年6月9日に沖縄本島で停滞したメソ スケール降水系の構造解析 (沖縄気象台)

#### 2日目 09時00分から12時00分-----

- ・ 2005年6月15日から16日の梅雨前線による本島地方の大雨の事例解析 (沖縄気象台)
- ・ 2005年3月28日に沖縄本島地方を通過したスコールラインの構造解析 (沖縄気象台)
- ・ 2005年5月8日に沖縄本島地方に大雨をもたらした線状降水域の構造解析 (沖縄気象台)
- ・ 久米島空港と久米島灯台との風データの検証 (久米島空港出張所)
- ・ 衛星観測データを使用した琉球諸島周辺海域の波浪解析 (琉球大学)
- ・ ミニスーパー版NHMによる2004年10月8日日本島北部の大雨の構造解析 (沖縄気象台)
- ・ ドップラーレーダーによるシアライン、マイクロバーストの事例解析(その2) (那覇航空測候所)
- ・ 2005年3月23日の寒冷前線通過に伴う石垣島地方の大雨 (石垣島地方気象台)
- ・ 2005年5月14日の前線南側不安定場での大雨 (宮古島地方気象台)
- ・ 街路樹の局所的気象に与える影響 (琉球大学)



佐伯理郎（沖縄气象台）

## 1. はじめに

エルニーニョ現象については、良くご存知の読者も多いことと思うが、このエルニーニョ現象が気象や気候に与える影響を中心に最近の話題も交えながら紹介したい。

エルニーニョはスペイン語で“幼な子イエス・キリスト”を意味しているが、海洋や気象の分野では、南米沿岸から赤道に沿って日付変更線付近までの広い海域（東部太平洋赤道域）の海面水温が、数年に一度、通常より数度高くなり、半年から1年半程度続く海の現象を指している。では、なぜ海の現象とキリストが関係するのだろうか？

南米のペルー、エクアドル沖では深さ 100m ぐらいのところから、常に栄養に富んだ冷たい水が湧き上がってくる“湧昇”という現象がある。これは、南太平洋の高気圧の縁に沿って、南米沿岸を南から北へ吹く風による摩擦により沿岸の表層の海水が沖合いに運ばれ（エクマン輸送という）その表面の海水を補給するように、深層から冷水が湧き上がることによって生ずる。この風は季節的には南半球の夏に弱まり、そのため湧昇も弱くなって、水温も上昇することになる。このような季節的に水温が上昇する現象が、12月頃に発生することからクリスマスにちなみ地元ではエルニーニョと呼んでいたわけである。ところが、数年に一度水温が低下する5～6月になっても、一向に水温が下がらず、水温が平年より1以上の高い状態が1年以上に及ぶことがあり、また、気象においても普段雨の少ないペルーやエクアドルに大雨が降ることがあった。この大規模かつ中期的な現象がここで話題にしているエルニーニョ現象である。現在では、この数年に一度発生する現象をエルニーニョと呼んでいる。また反対に、西部太平洋赤道域で水温が通常より高く、東部で通常より低くなる現象を、男の子エルニーニョに対し女の子を意味する「ラニーニャ現象」と呼んでいる。

## 2. 海洋と大気との相互作用

太平洋熱帯域の海洋の様子を見てみよう。まず太平洋の大きさ（幅）を考えてみる。西の端はインドネシアやフィリピンが位置しており、東の端は、エクアドルやペルーである。それぞれの経度は、東経120度と西経80度であり、差し引き160度であるので、太平洋の熱帯域の幅は地球一周のほぼ半分の2万km近くある大きなものである。その海面水温の分布であるが、通常は西の方は28～30近くあり、逆に東側は、先ほど述べた湧昇の影響もあり、23～25程度と低くなっている。また、ちょうど赤道付近も湧昇が東部太平洋を中心に発生しており、水温が低くなっている（図1）。このような海面水温の東西方向のコントラストに対応するように、大気の方では、インドネシア付近を中心に上昇流が発達し、その気流が東部太平洋赤道域で下降流となっている。これをウォーカー循環と呼んでいる（図2）。

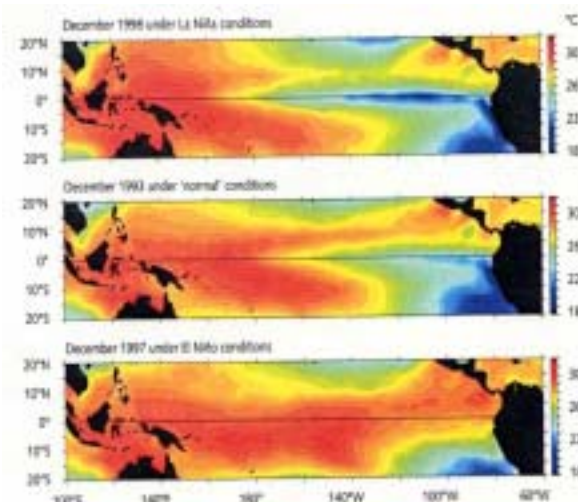


図1 太平洋熱帯域の海面水温分布：(上) ラニーニャ期  
(中) 通常期 (下) エルニーニョ期

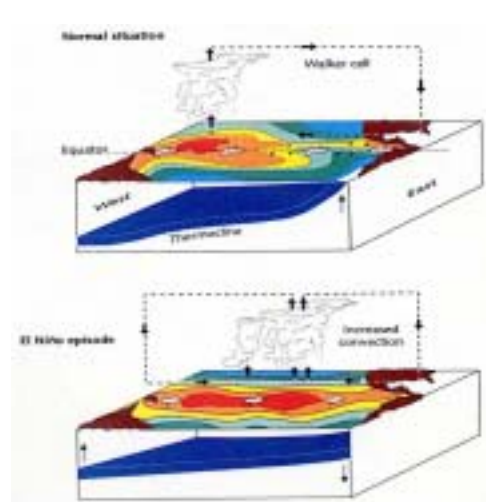


図2 太平洋熱帯域の海洋と大気の様子：  
(上) 通常期 (下) エルニーニョ期



東西方向にコントラストの強い海面水温分布を作る要因は、太平洋熱帯域に卓越する貿易風である。この貿易風が吹き続けることにより、表面の暖水を西の方に押しやり海洋表層の力学的平衡を保つことになる。この貿易風が弱まったり、何らかの原因で西風バーストと呼ばれる強い西風が発生することにより、この平衡が崩され、西側の暖水が東側へ移動することとなる。この暖水が東へ移動するという内容には少し解説が必要であろう。実際に暖水が東へ移動するのではなく、表面近くの暖かい水とその下の冷たい水の境目である水温躍層（サーモクライン）が波動となって東へ伝播していくのである。この波動は赤道ケルビン波と呼ばれるものであるが、これにより、西側の厚い表層混合層（表面の暖水で海面から水温躍層までの層：通常は150mくらい）が東へ移動し、東側の表層混合層も通常（50m前後）よりずっと厚くなる（図2（下））。このため、南米沿岸や赤道で湧昇があったとしても表面の水温を下げる効果が小さくなり、海面水温が通常よりも高くなる。

### 3. 気象、気候への影響

水温が通常より高くなるとどんなことが起こるだろうか？それには風呂を沸かした時、風呂の蓋を開けたらどうなるかを想像してもらったら分かりやすいかもしれない。水蒸気が濛々と立ち上り眼鏡も曇ってしまう。エルニーニョが発生し水温が高くなると、低い水温ではあまり発生しない積乱雲が発生しやすくなる。このやや誇張した例からも分かっていただけだと思う。その結果、東部太平洋赤道域に降る雨の量は通常より多くなる。反対に、西部太平洋赤道域では、水温が普段より低くなり、そのため、雲が立ちにくくなり雨の量も減ることになる。これはまさに、ウォーカー循環に変調をきたすことによって生じる。1997年の秋、太平洋赤道域の西の端に位置するインドネシアやマレーシアなどでは雨が非常に少なく、山火事が大規模に発生し、その煤煙のため付近の住民に呼吸器障害が多数発生したというニュースを記憶されている方もいるだろう。これはその時発生していたエルニーニョ現象のイタズラである。

このように、海の温度が普段の状態から大きくずれるような場合、気象に大きな影響を与える。日本の天候にも変調をもたらす。たとえば、暖冬になりやすかったり、冷夏の傾向が現われたりと、気象関係者は、エルニーニョの動向から目を離せない。このような気象の変化は、稲作を始めとする農業やエネルギー産業に、衣料品や観光・レジャー産業に、また、人の健康や社会のあらゆる分野と深く関わりあっている。

今年8月末に米国のメキシコ湾岸を襲ったハリケーン・カトリーナは、ニューオーリンズを中心に浸水害をもたらすなど大きな被害を与えた。今年も、この北大西洋で発生したハリケーンが多く、その勢力も通常よりずっと強いとの報道がなされているが、その原因のひとつに北大西洋熱帯域の海面水温が平年よりも1~2度も高いことが指摘されている。これは、大西洋においてラニーニャ現象が発生しているとの報告もある。大西洋は太平洋に比べその幅は半分以下であるが、アフリカ西海岸のギニア沖では、沿岸湧昇が発達し、海面水温も低くなっている。図3は今年7月の世界の海面水温の平年偏差図である。確かに、大西洋熱帯域の東部は海面水温が低く、逆に西部は高くなっている。実際に大西洋にもラニーニャ現象やエルニーニョ現象が発生するかについては、海洋、大気の総合的な解析を待たねばならないが、非常に興味あるテーマである。

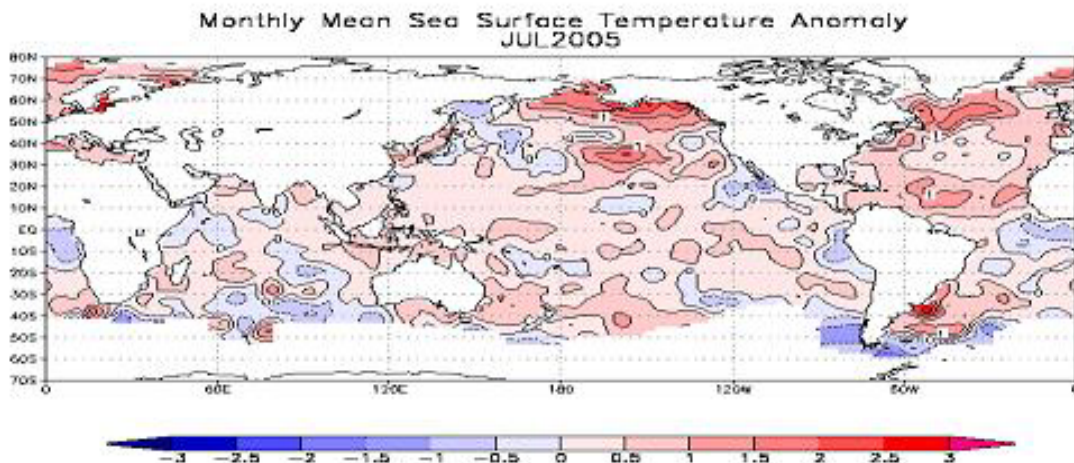


図3 海面水温平年偏差図(2005年7月)(アフリカギニア沿岸で1以上低く、逆に西部大西洋熱帯域で1~2高い)

#### 4. エルニーニョ現象と地球温暖化

エルニーニョ現象は、地球温暖化とも深い関係がある。海も、人間と同じように二酸化炭素を吸ったり吐いたりしている。普段、東部太平洋赤道域では、二酸化炭素の濃度が高い海水が湧昇し、大気へ二酸化炭素をたくさん放出しているが、エルニーニョ現象が発生すると、湧昇が弱まり二酸化炭素の大気中への放出が少なくなる。しかし一方で、エルニーニョ現象がもたらす異常天候、特に熱帯域での高温と少雨によりもたらされる植物の呼吸活動の活発化や土壌有機物の分解作用の強化及び光合成活動の不活発化が、二酸化炭素の大気中濃度を増大させる方向に作用する。実際には、海から大気への二酸化炭素の放出量が少なくなる作用よりもこちらの作用が大きいと考えられている。従って、エルニーニョ現象に伴い(エルニーニョ最盛期から半年ほど遅れて)大気中の二酸化炭素濃度の増加率は通常よりも大きくなる(図4)。

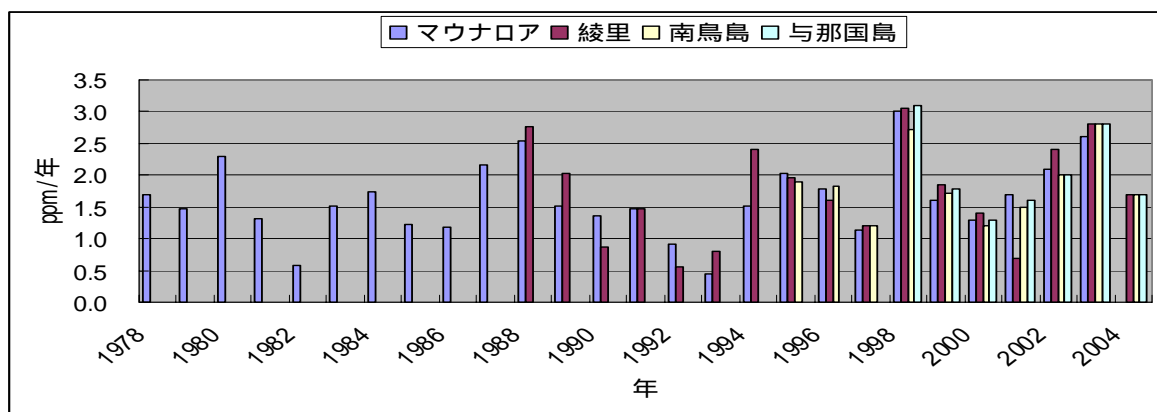


図4 大気中二酸化炭素年平均濃度の前年に比べた増加量 (ppm) の推移 (1978 ~ 2004 年)

二酸化炭素の大気中への人為的な排出が増大することによって、現象が顕著となる地球温暖化とは異なり、エルニーニョ現象は人為的な原因で発生するものではないと考えられている。自然の中で、自然に発生しているエルニーニョ現象ではあるが、地球温暖化を助長したり、また逆に、地球温暖化によって、エルニーニョの発生頻度や規模が微妙に変化しているのではないかとの報告もある。確かに、エルニーニョ現象を特徴付ける海洋と大気の複合的指数(太平洋熱帯域の地上気圧、気温、海面水温、風向・風速、雲量の変動を反映した指数)は、1980年代以降エルニーニョ現象に近い状態が長く継続しているようにも見える(図5)。この問題に対する解答は、今後の調査・研究の中で用意されることになるだろう。

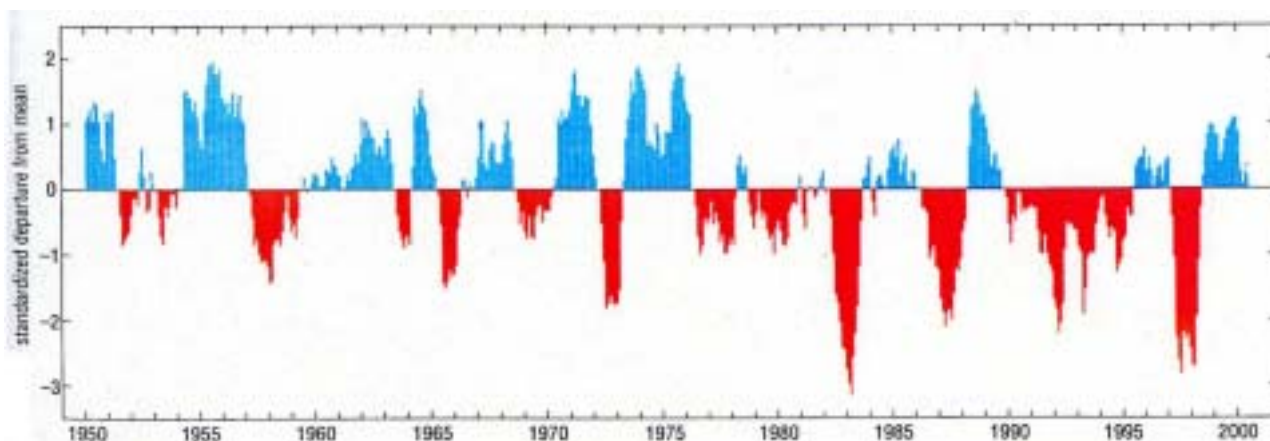


図5 エルニーニョ現象を特徴付ける海洋と大気の複合的指数 (1950 ~ 2000 年 : 赤い色がエルニーニョの状態を示す)

#### 5. おわりに

自然と仲良く付き合い、美しい地球を子孫に残すためには、地球最後のフロンティアと言われる海のことを正しく理解することが、今ほど重要な時はないと筆者は感じており、沖縄支部の皆さんがエルニーニョ現象に関連した調査・研究に積極的に取り組まれることを期待して、本文の結びとしたい。

## 1 はじめに

周りを海で囲まれている沖縄では様々な海の現象がみられます。台風接近に伴う高波や高潮はよく知られていますが、その他にも最近特に注目を浴びているものとして、暖水渦による異常潮位、珊瑚礁内での共振現象によるサーフビートなどがあります。本稿では、このような現象の発生メカニズムとそれに伴う災害について紹介します。

## 2 高潮について

高潮はおもに台風など強い気象擾乱に伴う気圧降下や、強風により海岸に吹き寄せられた海水が原因となって海面が異常に上昇する現象であり、そのメカニズムを絵で表したものが図1です。

気圧が低くなると、海面を抑えるその部分の大気圧が弱くなるため海面が上昇します。これが気圧の低下による水面の「吸い上げ効果」と呼ばれるもので、気圧が1hPa低くなると海面は約1cm上昇します。また、台風による強風が沖から海岸に向かって吹くと、海水が海岸に吹き寄せられ海面が上昇します。これが「吹き寄せ効果」と呼ばれるものです。しかし、吸い上げ効果や吹き寄せ効果に加えて、波浪の影響による水位上昇が高潮災害を防止する上で特に注目されています。

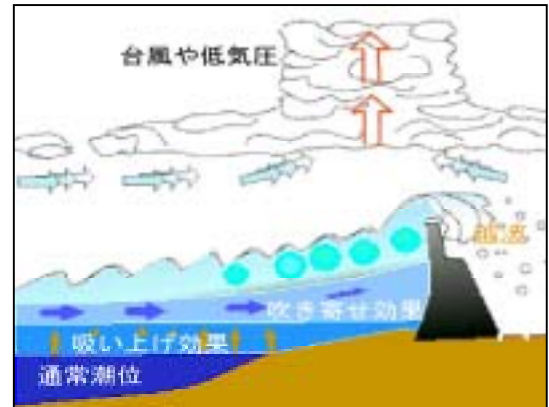


図1 高潮の発生メカニズム

## 3 高潮の大きさを表す指標について

ここで、高潮の大きさを表す指標である潮位偏差について説明します。

潮位偏差とは、実測潮位（実際に観測された潮位）から天文潮位（月や太陽の軌道をもとに計算した潮位の予測値）を引いた値のことで（図2参照）月や太陽の引力によるもの以外に海水に作用する力がなければ潮位偏差は小さくなりますが、台風や発達した低気圧の影響を受けると潮位偏差も大きくなります。

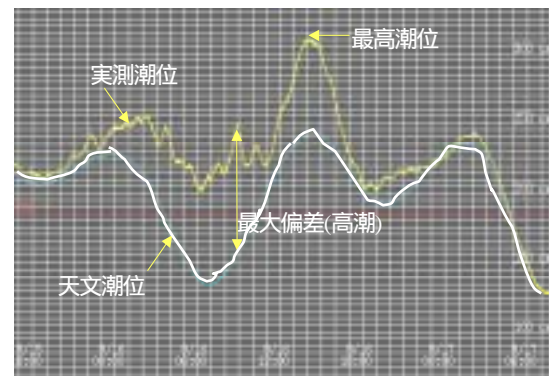


図2 実測潮位と天文潮位

## 4 高波について

まず、波浪（一般に波という）の定義について解説します。

波浪とは風浪とうねりを合わせてもので、風浪（風波）やうねりが高い現象を高波と呼びます。

海面上で風が吹くと海面には波が立ち始め波は吹かれた方向（風下）へ進んでいきます。このように、その海域で吹いている風によって生じる波が“風浪”です。

一方、風浪が静かな海域に出たり風速が弱まった場合や風向が急に変化した場合に、水の粘性で減衰しながら伝播する波を“うねり”といいます。台風が沖縄のはるか千キロも離れた南海上にあっても、沿岸では波にさらわれる事故が度々発生しますが、これは台風から伝播してきたうねりによるものです、

ところで、よく波高2mなどと天気ニュースで流れますが、ここでいう波高とは、波浪（波）の高さのことで有義波高が用いられています。有義波高とは、ある地点で連続する波を観測したとき、波高の高い方から順に全体の3分の1の個数の波を選び、これらの波高を平均して求めたものです。

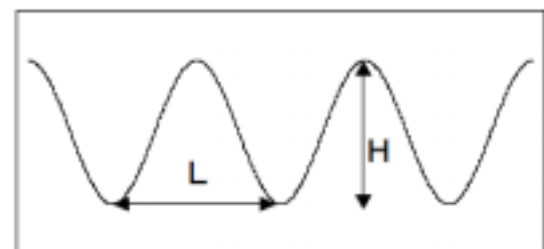


図3 波高(H)と波長(L)



このようにして求めた有義波高は、大きな波や小さな波が混在する実際の海面では、目視で観測される波高に近いと言われており天気予報にも利用されています。しかし、実際は、100波に1回(10分間程度に1回)は有義波高の1.5倍、1000波に1回(4~5時間程度に1回)は有義波高の2倍の波が沿岸にやってきますので、天気予報で波の予想がそれほど高くなくても注意が必要です。

波は風速が大きいほど、風の吹き続ける時間が長いほど、風の吹き渡る距離が長いほど大きく発達します。この3つの条件を満たしているのが台風です。しかし、広い外洋で長時間強風が吹き続けても波は無限に大きく発達するわけではありません。波の進む速さより風速が強いと波は風に押されて発達を続けますが、波が発達して周期が長くなると波速が大きくなるので、風から受けるエネルギーが少なくなり、粘性や砕波(波頭が砕ける現象)によるエネルギー損失とつり合って波の成長が止まってしまう。

風速による最大波高を求める実験式としてよく利用されているものに、 $最大波高 = 0.03 \times (風速)^2$ の式があります。つまり10m/sの風速により波高は最大3mまで発達することになります。

また、波浪の特徴として見逃してならないのは、岸に向かってくる波は、海岸付近で水深が浅くなるため、進行速度が遅くなり波高が高くなるという性質です。この時、波高がある限界を越えると波頭が砕け(砕波し)防波堤や岸壁を越えて陸上部に侵入します。これが越流または越波と呼ばれるものです。

沖縄のような珊瑚礁で構成される複雑な海岸地形をもつ地域で、特に注目されているものにサーフビート(波群津波)と呼ばれるものがあります。これは簡単に言うと、来襲する高波が複雑な海岸地形と干渉して発生した異常な水位上昇と考えられており、大きな災害に結びつくことが多いため、研究者による研究が進められています。

## 5 異常潮位について

異常潮位とは、潮位偏差が数10センチ程度高く(若しくは低く)なって、比較的長期間(1週間から3ヶ月程度)継続する現象で、台風が要因で発生する高潮などとは異なり、その要因が特定できない潮位の変動です。では、異常潮位の要因としてはどのような現象が考えられるのでしょうか。要因には気象的要因と海洋的要因が考えられています。

気象的要因とは同様な気圧配置が続くことで、例えば、広く高気圧に覆われる状態が続くと晴天が続き海面が暖められ水温が上昇します。すると海水が膨張するため潮位が上昇します。

海洋的要因には、例えば黒潮流路の変動や暖水渦などがあります。特に、暖水渦の接近が最近注目されています(図4参照)。

最近の沖縄本島や宮古島付近の異常潮位の主要原因とされたのもこの暖水渦の接近でした。暖水渦は周囲よりも水位が高く、高気圧性(時計回り)の流れを伴う水平スケール数百kmの渦ですが、これが確認されたのは最近のことです。

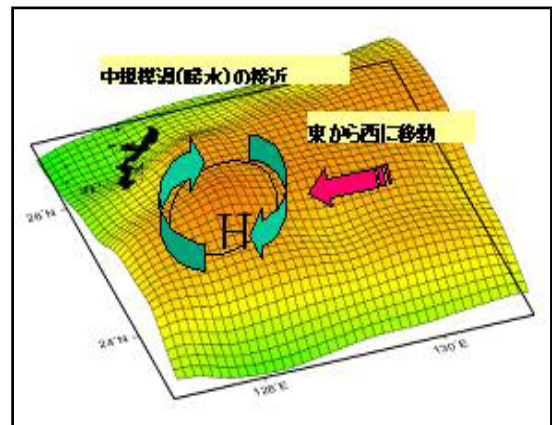


図4 暖水渦のメカニズム

## 6 高潮・高波と災害

これまで様々な海の現象について簡単に解説してきましたが、次に高潮や高波に伴う災害について紹介します。

台風時には高潮と高波が重なり、より大きな災害を引き起こすことがよくあります。特に、満潮時に大きな高潮が起こると潮位は著しく上昇し危険な状態になります。ただし、干潮時でも大きな高潮となれば潮位が上がって危険な状態になることもあります。つまり、台風の接近時などに大きな高潮が予想されると、干潮時に関係なく危険な状態となりうるということです。海岸近くの低地などでは、高潮による浸水被害を受ける危険性が高くなります。湾の奥の方にあたる地域では、押し寄せられた海水が湾の外へ流れにくいいため高潮が起こりやすくなります。沖縄地方でもこれまでに海岸付近では海水が岸壁を越えたり道路の冠水や床下浸水なども発生しています。

代表的な災害を図5に紹介します。いずれも台風に伴う災害ですが、その破壊力は強風による破壊力を遙かに超えていることを感じて頂けるでしょうか。

図5右下は、平成9年8月17日に台風第13号に伴う高潮で発生した災害ですが、このときは、早い所で台風の最接近時の24時間前に高潮による浸水害が発生しており、台風の中心が陸上から離れたところにあっても、高潮災害は発生するという事実をまざまざと示した事例として記録されています。

暖水渦等による潮位上昇自体はそれほど大きくはありませんが、これが特に潮位の高まる夏から秋にかけての大潮期に発生すると、海岸や河口付近では海水が岸壁を越え、排水溝を逆流して低地の浸水や冠水による被害が生じることがあります。最近では、本部町渡久地港で海水が岸壁を越え、近くの民家での床下浸水、那覇市内の国場川沿いの漫湖公園近くの道路で排水溝からの逆流による冠水、那覇市泊のとまりん近くの遊歩道が水没するなどの影響がありました。

## 7 高潮・高波に関する気象情報

気象台は高潮警報・注意報や波浪警報・注意報を発表して、高潮や高波に関する注意、警戒を呼びかけています。高潮・高波による災害の防止・軽減には、これらの警報、注意報を有効に利用することが重要です。

警報、注意報は各地域ごとに決められた基準に基づいて発表されます。例えば、沖縄本島地方では、高潮警報は潮位の高さが標高上2m、注意報は標高上1.3mに達すると予想された時に発表します。また、波浪警報は波高が6m、注意報は2.5mに達すると予想される時に発表されます。

異常潮位については、現象の現れ方が穏やかであり、天文潮との差を監視することで対策が可能ですので、気象台の発表する「異常潮に関する情報」や高潮注意報、高潮警報を利用すれば被害を最小限に食い止めることが可能です。



図5 過去に発生した代表的な高潮・高波災害



# ヒートアイランド現象

堤 純一郎（琉球大学）

## 1 はじめに ……ヒートアイランドとは……

広範囲に亘って人工物が集積する都市では、自然状態が優先的な地域とは異なる特別の気象状態を示すことが知られています。都市に住む多くの人々にとって都市は日常的な生活の場ですが、都市化している面積は地球表面全域のわずか0.01%と試算される程度の非常に特別な場所です。そのような特別の場所で起こる特別の気象状態を総じて都市気候と呼ぶことがあります。都市気候の代表的な現象として、局所的な気温の上昇や湿度の低下などが挙げられますが、その中でも特に有名な高温化現象をヒートアイランドと呼びます。ヨーロッパの都市では19世紀からこのような現象が経験的に知られていましたが、ヒートアイランドと言うことばが最初に使われたのは、筆者の知識が正しければ、1959年に行われたロンドンにおける気温分布の観測結果からです。測定結果から描かれた都心を取り囲む等温線が、海から突き出した島を表す等高線のように見えたことから、この呼び名がついたと言われています。まず、その代表的な例として、東京で観測されたヒートアイランドの状況を図1に示します。これは1976年3月7日午前5時に観測されたもので、すでに30年近く昔のデータですが、都心部が郊外より7度も高い明確なヒートアイランドが現れています。

## 2 ヒートアイランドの原因

ヒートアイランドの原因として、地表面改変と人工排熱の2大要素が考えられます。これを模式的に示すと図2のようになります。コンクリートやアスファルトなどの水を透しにくい人工的な材料で覆われた地表面は、その上に降った雨水を地中に浸透させず、そのまま河川や海へ流します。また、平坦な地表面が高層ビル等によりアーバンキャニオンと呼ばれる深い凹凸のある複雑な形状に変化します。これらの地表面改変により、地中の保水量が減少し地表面からの蒸発冷却が阻害されます。また、アーバンキャニオンにより日射を受ける表面積が拡大し、平坦な面より日射が捉えられやすくなります。さらに、地面や建物壁面から見える天空の相対的な大きさが減少するため、上空に向う放射冷却も少なくなります。このように地表面改変は都市に熱を貯え易く、冷えにくくする効果となります。一方、都市の気温を直接高める人工排熱は、東京のような巨大都市で地面1m<sup>2</sup>当り50W程度と言われています。これは夜間には大きな影響になりますが、日射がある昼間はあまり明確な効果になりません。このようにヒートアイランドは冷えにくい現象なので、暑い時よりも寒い時、特に図1のような早朝に明確に現れます。図2には大気汚染による局所的な温室効果が記されていますが、これに関しては明確ではありません。

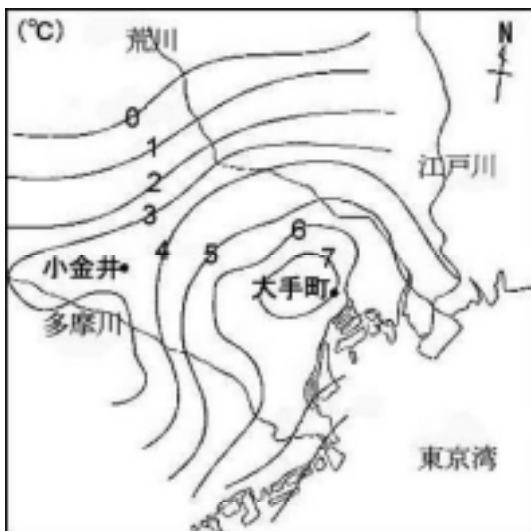


図1 東京都市圏におけるヒートアイランド

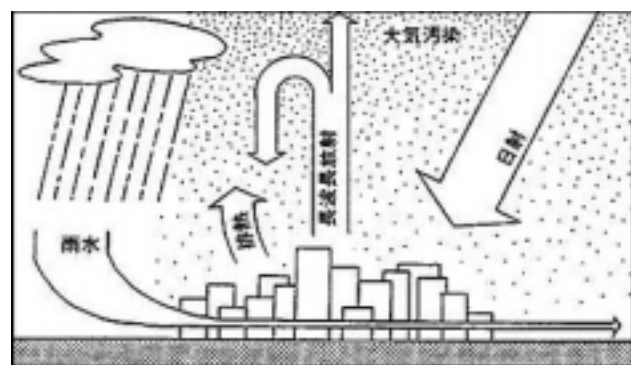


図2 ヒートアイランドの原因

## 3 ヒートアイランドの強さ

ヒートアイランドの定量的な表現として、ヒートアイランド強度と言う尺度を用いることがあります。ヒートアイランド強度とは都心部と郊外の温度差という単純な定義です。これだけの定義では、たとえば基準



となる郊外の温度はどこで計るか、いつ温度差を測定するのか、測定時の気象条件など、不明確な部分が多く、しっかりした物理量にはなっていません。ヒートアイランドは気象条件等の影響を受け易く、測定毎に異なる状況を示すため、本来は統計的な処理に基づいてこのような物理量を正確に定義すべきなのですが、実状は解析者の判断に任されています。統計的に明らかにされたヒートアイランド強度と都市の人口規模との関係を図 3 に示します。地域によって異なる傾向が見られますが、すべて人口の増加とともにヒートアイランド強度が増す単調増加の傾向を示しています。ただし、日本の都市では人口 30 万人程度を境界にして、その前後で傾きが変化しています。日本の多くの都市は海岸に位置しているので、ヒートアイランド現象も海水と陸地の影響を受け、大平原の中の都市に比べると明らかに複雑な状況になります。特に、局所循環としての海陸風の影響は温度差を複雑に変化させます。郊外の基準点を海岸付近にとるか、陸上にとるかという問題にもまだ明確な規程はありません。

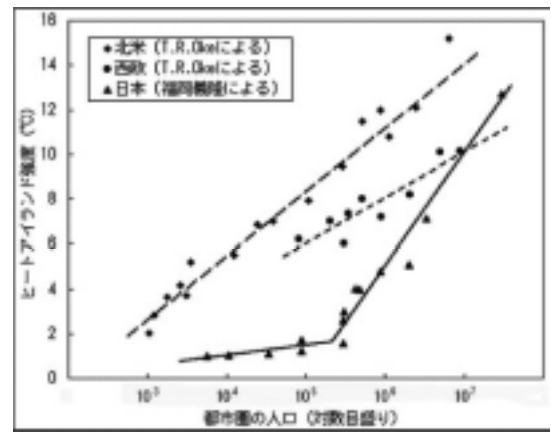
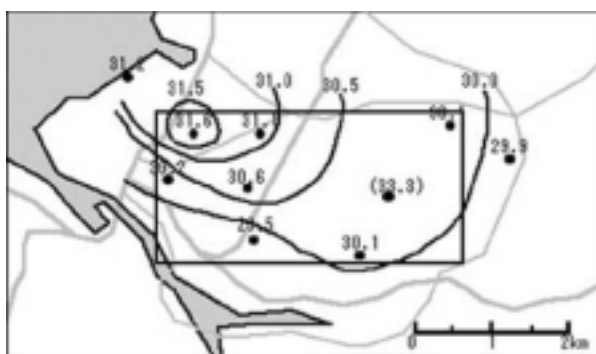


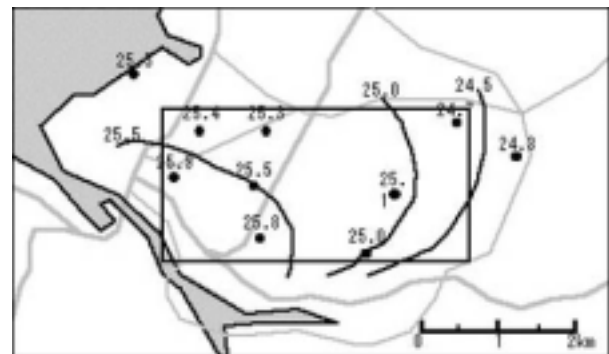
図3 人口とヒートアイランド強度の関係

#### 4 沖縄のヒートアイランド

沖縄のような小規模島嶼では陸地そのものが文字どおり海面から飛び出したアイランドであり、海陸の熱容量の違いなどにより、島全体がヒートアイランドとなっていることが想定されますが、ここではもっと小規模の都市スケールについて考えます。県都である那覇市は人口約 30 万人、周辺の都市域を合わせた広域では約 50 万人の都市です。筆者自身が行った那覇市内の気温分布観測に基づいて作成した等温線を図 4 に示します。図中の数字は固定観測点の気温です。この図はこれらの固定観測点と、図中に示された南北 2km、東西 4km の枠内における移動観測を組み合わせで作成したものです。観光立県を標榜する沖縄がヒートアイランドでは、暑苦しそうでも来なくなりそうですが、幸い沖縄のヒートアイランドは図に示すように顕著ではありません。しかし、建物が密集する都心部は昼間、夜間ともに周囲に比べてやや高温を示しているため、ヒートアイランドが存在しないとも言い切れません。前述の原因から考えると、ヒートアイランドは昼間よりも夜間または早朝に現れやすいはずですが、那覇市の例によるとそれが逆転して、昼間の方により強いヒートアイランドが見られます。これは周囲を海水に囲まれた小規模島嶼であるため、相対的に高い夜間の海水温が原因と考えられます。



(a) 昼間



(b) 夜間

図4 沖縄におけるヒートアイランド

#### 5 ヒートアイランドの影響

ヒートアイランドはその原因から考えて、夏季の日中のような日射の強いときは明確ではなく、日中よりも夜間、夏季よりも冬季のように相対的に低温のときに現れやすいものです。季節的に低温の時期に都市が周囲よりも高温なら、都市住民にとっては歓迎すべき現象と思われるかもしれませんが、実際には夏季に夜間の気温が低下しないいわゆる熱帯夜や、空気の乾燥化など困った現象が現れます。さらに、都市型の集中豪

雨や突風など、より激しい気候変動もヒートアイランドの影響として挙げられます。たとえば東京のような巨大都市では、夏季に異常に巨大な積乱雲が発達し、洪水をもたらすような強い夕立を降らせることが報告されています。また、ヒートアイランド現象により都心の地表面付近から上空に向う上昇気流が発生することがあります。上空の大気が中立から逆転層の場合には、その上昇気流がドーム状に都市上空を覆うドーム状の内部境界層を形成しますが、そこに汚染物質が含まれていると高濃度化してフューミゲーション状態になる可能性があります。そのような内部境界層の例として、冬の旭川市で観測されたダストドームを図5に示します。確かに寒冷期に温暖化する傾向はありますが、全般的に見ると生活環境に及ぼすヒートアイランドの影響は好ましいものではありません。

## 6 おわりに ……ヒートアイランドと地球温暖化……

地球温暖化はヒートアイランドの拡大、またはヒートアイランドは地球温暖化の局所現象と見るのは誤りです。前述の通りヒートアイランドを起こす都市の面積は、地球表面全体に対してせいぜい0.01%程度です。人工排熱の総量は地球が受ける太陽熱に対してやはり0.01%程度です。ヒートアイランドの原因となっている人間の日常的な活動も、直接、地球全体を温暖化するほどの威力はありません。人間活動の蓄積された効果である温室効果ガスの高濃度化により、下層大気が太陽のエネルギーを貯えて地球全体を温暖化しているのです。このようにヒートアイランドと地球温暖化は原因の異なる別の現象です。しかし、熱帯夜のようなヒートアイランドによる生活環境の不快化が、エネルギー消費量の増大を招き、それが地球温暖化を加速する、というエネルギー消費を仲介とする両者の関連性が考えられます。代表的な温室効果ガスとして、二酸化炭素濃度の最近の変動を図6に示します。生物起源による二酸化炭素だけなら、かなり安定した状態を保つはずなのですが、人為起源の二酸化炭素があるため、図6に示すような上昇傾向に歯止めがかかりません。快適な都市生活を送る上でも、地球環境を守る上でも、ヒートアイランドを真剣に考え、対策を立てないといけない状況になっています。



図5 ヒートアイランドによるダストドーム

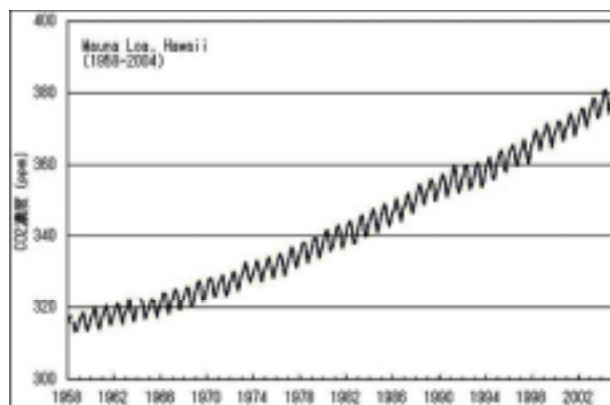


図6 大気中二酸化炭素濃度の変化



## 眩しい南極の思い出

高尾俊則（沖縄气象台）

第34次日本南極地域観測隊（1992年11月出発、1994年3月帰国）に参加した時、私は重点項目のひとつとして、有害なB領域の波長別紫外域日射（以下紫外線という）のデータを年間通して取得する事をめざしていました。今から12年程前の事です。当時国内では沖縄を含む数か所で紫外線観測が開始されていましたが、南極では未だデータが無く各方面からの問い合わせに答えられない状況だったのです。オゾンホール下の南極で紫外線がどうなっているのか、生物への影響はどうか、観測隊員の健康は大丈夫なのか。

1980年代に急速に顕在化していった南極オゾンホールは、90年代に入っても面積を拡大させ長期化しオゾンの破壊量を増やしていました。越冬中の1993年春（9～11月頃）にもオゾンホールは大規模に発達し、その下で観測することになりました。その結果、南極は高緯度であるにもかかわらず紫外線が強く、最大値は沖縄のそれと同程度の強さである事がわかりました。また、曇りの日には紫外線は半分程に減衰するはずですが、南極ではほとんど弱くなりませんでした。

ここで少しだけ日本南極地域観測隊の紹介をします。越冬隊員は約40人、私たち気象の他にもオーロラ、生物、地学、電離層などの観測者や電気、器械などの技術者、医者、パイロット、調理師など様々な専門家がいます。冬になると海氷が張り出し船は基地に近付けませんので、観測船が基地を離れて越冬が始まると、40人だけで1年程生活する事になります。少ない人数ですからお互い協力しなければ仕事にならないのですが、専門外の事を専門家に教わりながら手伝うのは、なかなか楽しい経験でもありました。

生活面でも単調にならないように、いろんな工夫をします。私も新聞記者、バーテンダー、ソフトクリーム店員、映写技師などを担当しましたが、他にも理髪店、木工所、農協、漁協など全員がいろんな担当を兼任して楽しんでいます。また、誕生会、遠足、スポーツ大会、職場見学、南極大学、真冬のお祭りなどのイベントも豊富で、日本では得難い経験があります。それらを通して専門外の人たちと知り合う事ができ、帰国後20年を過ぎてても交流があります（実は第25次隊でも越冬しましたので）。

25次では自動的に飲み水を確保できるようになりましたし、34次でも管理棟が完成して、生活環境は格段に良くなりました。日本との連絡手段は無線通信や高額な国際電話に頼っていましたが、現在ではインターネットもつながるなど進化しています。しかし忘れていけないのは、一步外へ踏み出すと厳しい自然がある事です。凍傷、ロストポジション、クレパス、クラック、ホワイトアウトなど、ここでの説明は省略しますが、そのような危険がある事を十分認識することが必要です。

さて話を戻して、紫外線計はすでに南極にありましたが、他の目的で使用されていたという事もあって、それまで満足なデータを得るには至っていませんでした。ランプを紫外線源として用いて点検を行った結果、測器の感度が日々変化していくのがわかりました。測器の窓の内側に霜がつくので、日の出前に取り外して、ドライヤーで取り除くような作業を毎日続ける必要がありました。ブリザードの日は窓が傷つかないように、保護具を被せて風下に向けるなどの配慮も必要でした。

紫外線計に限らず、南極で使用する測器はいち早く自動化と遠隔制御化を進め、少ない隊員で安全に観測できるよう工夫してきました。しかし先端の機器である分、手がかかることもあります。南極では修理の業者も呼べませんし手元にある材料にも限りがありますから、知恵を出して工夫する必要があります。測器は電子化が進んで手を出しにくくなってきましたが、メカ部分やソフト改良の他にも、器台や取付具等も自作するなど、いろいろなアイデアを活かせる部分があります。担当者を中心に手をかけて、幸い1年を通しての紫外線観測に成功しました。測器は今からみれば旧式で、しかも状態が良いとは言えないものでしたが、南極でデータを取ったのは世界で初めてだと思います。

測器とデータを日本に持ち帰って、つくばにある準器および国内の紫外線観測データと比較解析を行いました。測器の感度は大きく変動していましたが、ランプ点検の結果により補正を行えば、データも用途によっては十分利用できそうでした。そして補正後のデータを見ると、最初に述べたような驚くべき強さと特徴を示していたのです。原因は何でしょうか？

南極は「白い大陸」などといわれ花も木もありませんが、実は思いのほか色彩豊かです。空は青いが、夕焼け時には刻々と変化します。雲は太陽を受けて彩雲となる事も多く、虹色に輝きます。細氷あるいはダイ



ヤモンドダストと呼ばれる氷が、青い空からキラキラと輝きながら降ってきます。積雪の表面も、細氷をちりばめたように輝きます。ブリザードの時には自分の足元さえも見えない程になりますが、日本の雨や雪の日のように暗いのではなく、白い明るさの中にあります。それをミルクの中にいるようだと言った人もいます。冰山もまた白かと思えば不思議な青色を放ちます。長い夜が続く冬の間も、オーロラの乱舞が目を楽しませてくれます。

それらを思い起こすうち、紫外線が強いなどの最大の原因は、雪面での反射であると思ひ当たりました。雪面で反射した日射（可視光線）は、多くが宇宙空間に出て行きますが、紫外線の場合は空気分子によって散乱して、再び地上に戻る割合が大きいのです。日本では建物、道路、湖沼、河川、森林などがあるので、積雪があっても平均すればそれほど反射しないのですが、南極の雪の上では雲の底も、降雪もふぶきさえも下から明るく照らされています。このことは前述のホワイトアウトという、上下や遠近、地形もわからない危険な状態をもたらします。いわば散乱光の洪水状態です。これは南極の曇りや雪の時に起こりますが、紫外線に限って話すなら、天気に関係なくいつも散乱光が飛び交う状態になっているようです。紫外線ですからホワイトアウトではなくUVアウトとでも呼ぶのでしょうか。

年間をとおした南極での紫外線の最大値は、太陽高度の高い12月末ではなく、オゾンホールが残る11月に記録しました。オゾンホールによって、南極の地上に到達する紫外線が大きく増加していることも分かりました。これらは下向き紫外線に限った話ですから、上向きもある事を考えると、南極の隊員やペンギンなどの生物は、オゾンホールの下では、夏の沖縄より強い紫外線にさらされている事になります。観測隊員は厚着をしますしサングラスや日焼け止めもあるので心配には及びませんが、ペンギンなどの生物には気の毒です。

観測を始めて十数年が経過し、紫外線の振り舞いも次第にわかってきました。人体に及ぼす影響を考慮したUVインデックスが広報用として利用されるようになり、気象庁でも今年度から、観測値や予測図をホームページで公表しはじめました。それを見ると沖縄のUVインデックスの強さが良くわかります。それらは下向き成分に限った話ですが、海岸などでは照り返しによる上向き成分も大きいはずで、最後に、帽子やサングラスなどの着用や、太陽高度が高い時間帯にはなるべく外出しないなどの対策をお勧めして、そして南極上空のオゾン層がはやく正常に戻るように祈念して、私の眩しかった南極体験談の結びとさせていただきます。



南極でのオゾンゾンデ観測風景



どこまでも続く白い世界、無心になれる一時です



今度生まれてくるときは、私もアザラシになりたい！！