

## 第Ⅱ部 候補地域(南鳥島と小笠原父島)における予備観測

この観測は基準観測所の建設計画に資するため、次に記すような直接的目標を持って行なわれた。まず第1には、これまでの研究で開発された各種の試作機器を将来実際に使用する場所の清浄な大気中で、或る程度の期間連続的に作動させ、その性能を調べ、将来現業観測に使う場合に必要な改善などを検討することであり、第2には候補地域の大気が地球規模のバックグラウンド大気汚染を観測するに適する条件にあるかどうかを調べ、第3には、大気汚染のバックグラウンド値とみられる値は、気象要素や観測所の位置などのどういう条件で得られるかを調べ、第4には、可能であれば現時点で、或る条件のもとでの汚染値を求めて、将来現業観測が行なわれ、それにより経年変化を推測する場合に利用し得る一つの資料を得たい、ということである。

このような事情があるので、われわれの実施した各種の観測を記す前に、候補地の地点選定に関連する条件について記す。

# 1. 候補地域の環境

齋藤 博 英\*

## 1.1 候補地の立地条件

日本国の領域内で、バックグラウンド大気汚染の監視のための基準観測所を建設するに適する地を求めることは、大変困難なことである。WMOが設定した地点選定の条件は、極めて常識的な基本的事項に示されているが、それによると次のようになっている。

- (1) 観測所の周囲のどちらの方向についても、少なくとも100 kmの範囲内で、今後50年間は、土地利用状況の目立った変化が無いと期待されること。
- (2) 大きな汚染源、主要な公道や航空路から遠く離れており、できれば孤島とか樹林帯の上に出た山頂が望ましい。
- (3) 火山爆発、森林火災、砂塵あらしなどの自然現象の影響をまったく受けないこと。

上の条件は極めて漠然としており、たとえば、(2)の「遠く離れており」というのは、どのくらいの距離かは、汚染源の強さと広がり的大小と関係するばかりでなく、卓越する気流の方向を考慮した上で、汚染源の直接的影響をできるだけ避け得るような方向および距離をとらなければならない。

一方、基準観測所を運用するには、そこに最小限必要な観測員等が常駐しなければならず、物品等の輸送の便も考慮しなければならない。

このような事項を考慮すると、日本国の領域内における適当な建設候補地は小笠原諸島以外には求め得ない。しかも小笠原諸島の中でも、観測者を常駐させることが可能な島となると、現在気象観測所がある父島と南鳥島の二つと、過去に気象観測所を作ったことのある母島と沖の鳥島の二つが考えられる。このうち、沖の鳥島は自然条件は良いが、現時点でも運用不可能なので捨てる。また母島は自然条件は父島と大差なく、運用面では、父島に比べると困難が大きいため、ここを選ぶよりは当然父島を選ぶ方が良いことになる。こうして、現在の候補地は父島と南鳥島の二つに示されている。これらの島の位置を主汚染源である本州、中国大陸、台湾、フィリピンなどとの関係、および気候学的な立地条件をみるために便利な程度の広がりをもって示すと、図1.1のようである。

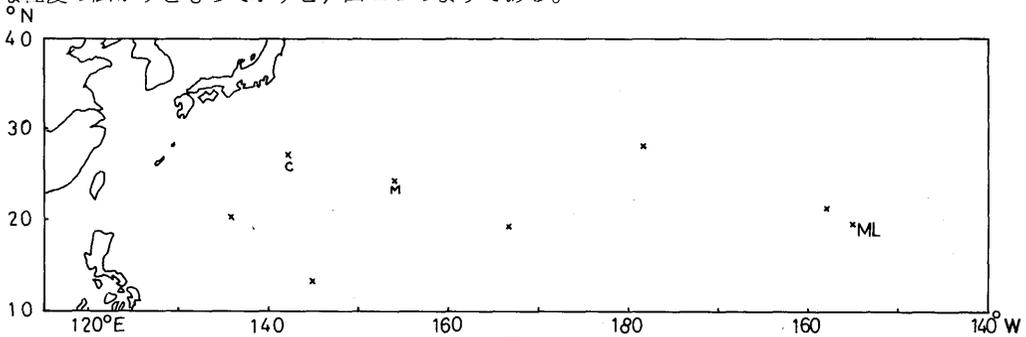


図1.1 候補地の位置図

\*物理気象研究部

この研究を始める頃には、本州で発生する膨大な人為的汚染物質の直接的影響をできるだけ避けるため、図1.1からも明らかなように、父島よりは南鳥島の方が建設候補地としてより適するであろう、と考えられていた。しかし、南鳥島は住民の居ない、全く孤立した島であるため、観測所を維持運営するために極めて大きな困難を伴うので、50年100年と永続しなければ意味を失う観測所を建設するには適当でない、という意見が強くなり、現在は父島が候補地として考えられている。

父島は、母島、硫黄島とともに、明治時代から住民が次第に増加し、昭和19年戦争のため内地に引き揚げた時には、父島に4,348名、母島に2,109名、硫黄島に1,164名の住民が生活していた。いま東京都の小笠原諸島復興計画では、昭和54年までに父島に2,000名、母島に1,000名の定住者を予定している。行政の中心は父島の二見港にあり、東京都小笠原支庁と呼ばれている。二見港には気象庁の父島気象観測所があるので、この島に適地が求められるなら、基準観測所の運営は比較的容易に行なわれるであろう。

このような事情があるので、われわれの予備的観測は昭和50年度は南鳥島で行ない、同51年度には父島で行なった。

## 1.2 父島の環境

父島を基準観測所建設の候補地として考えると、その環境に若干の問題点を含んでいるので、ここにその主なものを記しておく。

- (1) 定住者による汚染：将来予定されている2,000名の定住者の居住区は北部の二見湾周辺の附近に限られてはいるが、中央部にも民有地があるので、若干の分散家屋もできるであろう。また、山上にも現在電信電話公社、自衛隊および宇宙開発事業団などの施設があり、若干の汚染物質を出している。

これら島内で常時発生される汚染物質は、どういう気象条件のもとで観測値に影響をもたらすかを調べた上で、観測地点を定めることが重要である。

ハワイのMauna Loaの観測所では、午後の観測値は下からの影響で、明らかに汚染量が大きく、朝の観測値のみがバックグラウンド値を示すものと認められている〔GMCC Rep. (1975)〕。

アラスカのBarrowの観測値では、凝結核数の測定値は、海軍の石油基地とエスキモー人の村のある方向からの風(W~SW風)の時には、3,000ないし4,000個/ccと、バックグラウンド値の10倍以上に増加する。このため、ここではNないしSEの風の時のデータのみを採用することとしている〔GMCC Rep. (1953~1955)〕。

また、サモア島のMatafua岬の観測値では、20,000名を越す島民および米国海軍基地が西方にあり、僅か10数kmしか離れていないにもかかわらず、凝結核数の風向による差は10%くらいに過ぎない〔GMCC Rep. (1953)〕。これは甚だ意外なことであるが、地形や植生の状況などにより、影響の生じ方が非常に異なることを示唆している。

このような例からみて、父島に観測所を建設する場合には、島の中で、どのような地点を選び得るかは重要な問題である。

- (2) 観光開発：父島列島および母島列島の住民が帰った時に、この島の経済に占める観光事業の比重はかなり大きなものとなり、観光客による汚染物質の放出が、観測の障害になる可能性がある。観光事業および施設等の将来に関する予想は、今のところ、ほとんどわからないので、観測所の建設地点の選定については、種々の場合を考慮して、慎重に行なう必要がある。
- (3) 火山爆発：父島列島については、火山爆発の危険性は無いものと思われているが、そのすぐ西側には、現在活動している富士火山帯が南北に列なり、その火山帯に属する鳥島は爆発の危険性があり、1971年に気象庁の気象観測所を廃止した。また、同火山帯の中で、父島の西約130kmには、1975年に小爆発して新島を生じた西の島がある。父島の上空は西寄りの風が卓越するので、この島の爆発による噴出物は父島の大気汚染観測に直接影響を及ぼすおそれがある。1976年には西の島の活動は静止し、硫黄島の附近で海底爆発が二三度報じられた。

西の島附近の火山爆発は今後も時々はあるかも知れない。しかし、長い期間にわたって持続的な影響を及ぼす確率は少ないであろう。

### 1.3 南鳥島の環境

南鳥島は図1.1で明瞭などおり、父島の東南東約1,220 kmに孤立しており、面積約1.2 km<sup>2</sup>、周囲約7.6 km、最高点で海拔僅か7 mの平坦な島である。1900年頃から漁業の寄港地として使い、1930年頃までは若干の人が生活し、1910年には住民71名に達し、1915年には13世帯の住民が居たが、今は住民が居らず、将来の恐らく移住者は無いであろう。

現在はロラン電波の発射基地であり、米国沿岸警備隊員約40名が常駐し、日本では海上自衛隊員が約10名と気象庁の気象観測員が約20名常駐し、気象観測所が運営されている。

このような所であるから、人為的汚染源は限定されており、附近に爆発する火山もないので、バックグラウンド大気汚染の観測には適しているようにみえる。しかし1950年度の観測によると、海岸に沿って存在する珊瑚礁では常時海水が波立っており、そこから発生する大きな海塩粒子が多く、ユーロゾルの観測および各種測定装置に及ぼす影響が大きく、陸地面積が小さいため、この障害を避けることが困難なことがわかった。これは一つの欠点となる。

しかし、このような環境からみると、もし父島に基準観測所が建設され、そのデータを使って種々の研究が行なわれる際には、南鳥島が参考観測点として、父島の観測を補足するために利用されることも想像される。

### 1.4 気流系から見た環境

小笠原諸島の緯度は、南鳥島で24°N、父島で27°Nであり、亜熱帯高圧帯の中心より南側に位置している。経度は南鳥島で154°E、父島で142°Eで、北太平洋高気圧の西端に位置し、東アジアの季節風帯の東端に位置している。そして、気団論の立場では、日本を訪れる海洋性熱帯気団の発源地と目され、こ

の気団を小笠原気団と呼んでいる。

地球規模の大気循環の気流系については、Mintz(1954)の図が良く使われているが、それによると、亜熱帯 Jet の中核は、冬は  $28^{\circ}\text{N}$ 、夏は  $42^{\circ}\text{N}$  に示されていて、下層の東風の上限は  $30^{\circ}\text{N}$  で、冬は 900 mb 以下に下り、夏は 800 mb 面に上っている。

これは全球平均であるが、Gibbs(1953)は  $120^{\circ}\text{E} \sim 180^{\circ}\text{E}$  の平均について調べている。それによると、Jet の位置は少し南にずれて、冬から春は  $25^{\circ}\text{N}$ 、夏から秋は  $35 \sim 40^{\circ}\text{N}$  にあり、下層の東風の厚さは、Mintz の図に比べて、やや薄くなっている。Gibbs の図は古く、使われたデータも少なく、正確なものではないが、この辺の平均図が他に作られていないので、一応の参考として示すと、図 1.2 のよう

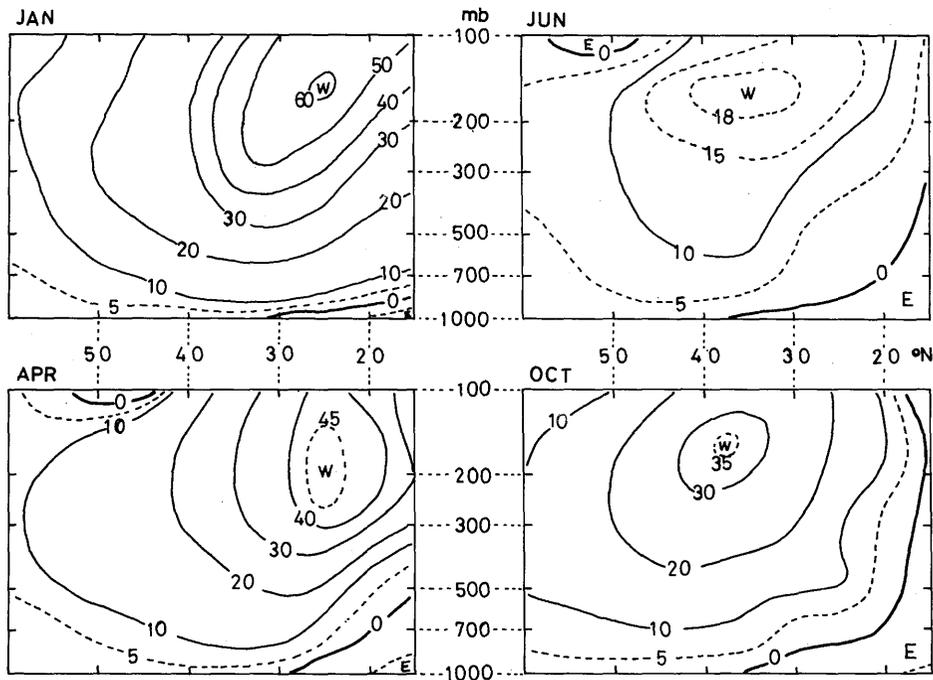


図 1.2  $120 \sim 180^{\circ}\text{E}$  の平均東西風の強さの高度-緯度分布 (Gibbs 1953)

である。ただし、Gibbs は風速をノットで示していたので、これを  $\text{m/s}$  に換算して、図を作り直した。

子午面循環については、Palmén(1964)が南北流の鉛直分布から推定して作った図が一般に知られている。これからみると、小笠原諸島は、冬は Hadley 循環の北側の下降流の域内に入り、夏は反対に南側の上昇流の域内に入っている。しかし、これは南北流の平均値からの大まかな推測であって、東西流の分布のように現実の流れに即応しているとは言い難い。特に上昇流の域内では、激しい対流の群があり、狭く強い上昇流と広く弱い下降流とが無数にあって、その総計として上昇流が認められるだけであるから、この区域での空気の運動の特性としては、上昇流を考えるよりも、混合が盛であるとして受け取ることが大切である。

なお Hadley 循環については、Bunker(1971)はハワイからフェニックス諸島に到る線の附近のデー

ターを詳しく解析して、複雑なモデルを示している。小笠原附近の子午面循環もあまり単純に考えてはいけなように思われるが、ここでは考察することを控える。

南鳥島におけるラジオ・ゾンデの観測値によって、同島上空での風の東西成分と南北成分の各の季節変化を示すと、図 1.3 の通りである。これは 1956～1960 年の 5 か年の各月の平均値で示してある。期間が短かくはあるが、この種の大摺みの傾向を見るには充分であろう。この図によると、南鳥島の上空では、冬の西風最強時の風速は、200 mb 附近で 37m/s で、Gibbs の示した値に比べると、かなり弱く、最強風の高さは低くなっている。一方夏には、海面から 50mb 面までの全層にわたって東風となり、Mintz や Gibbs の図とは明らかに異なっている。すなわち、赤道東風の北限が、この附近では北に広がっていることを示している。

また南北成分についてみると、海面から数 100 m 上の層から 500 mb 面までは、1 月を除いて常に南風となっており、4 月から 7 月までは下層でやや強くなっている。1 月には北風になっているが、この層内の値は 1 m/s に達していない。海面附近の風は 10 月から 3 月までは北成分になり、4 月から 9 月までは南成分になっている。

一方 500 mb から上では、1 年中北成分となり、この成分の最強となる層は、4 月から 10 月までは 200 mb ないし 150 mb の間にあり、11 月から 3 月までは 200 mb 面以下に下り、1 月には 300 mb 面まで下る。そして、11 月から 3 月までの期間は 100 mb 面またはそれ以上の上空に中心を持つ南成分が現われる。この南風成分は 100 mb 面における大陸上のトラフから太平洋中部のリッジに至る間に見られるもので、この緯度では 130°E～140°E で最も強くなる。

4 月から 10 月までの上層の北風成分は、ヒマラヤの上層に中心を持つ高気圧と太平洋中部の上層に平均的に位置するトラフとの関連によって生じているもので、120°E～180°E の範囲にわたっている。

このように南北成分の平均値は、経度による条件の差（大陸と太平洋の）によって定まるもので、Hadley 型直接循環を示しているものではない。

次に、下層の風系の季節変化を詳しく見るために、月平均の海面気圧分布図を示す。この図 1.4 によると、父島では 11 月から 3 月までは、冬の大気高気圧の周辺の気流系に入り、明らかに本州の汚染空気の影響を受ける機会が多いことがわかる。南鳥島では 1 月と 2 月の他は比較的その機会が少ないことが推測さ

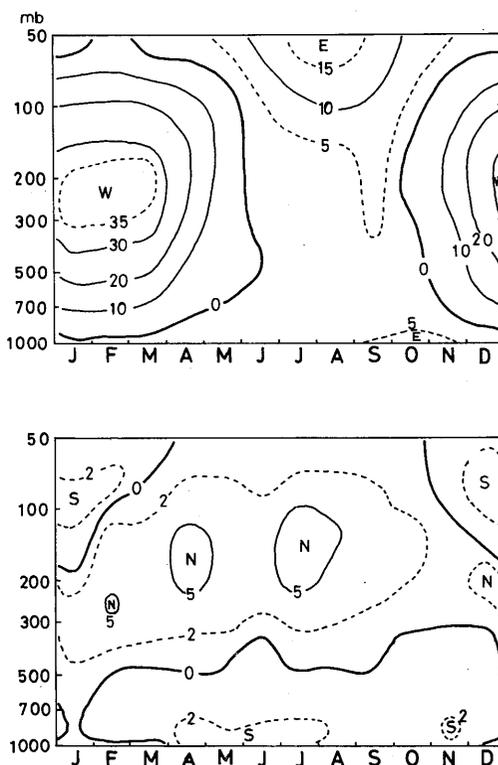


図 1.3 南鳥島における上層風 (1956～1960 年の平均)

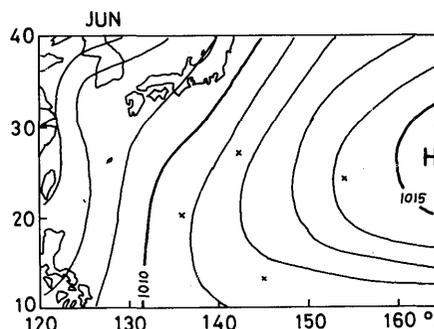
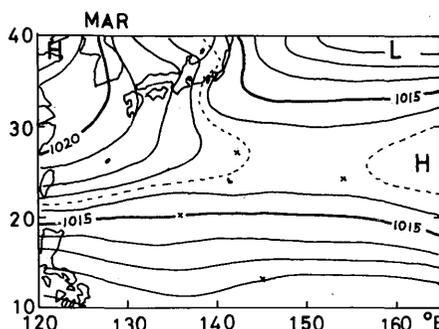
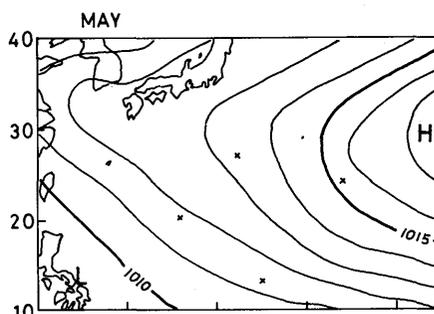
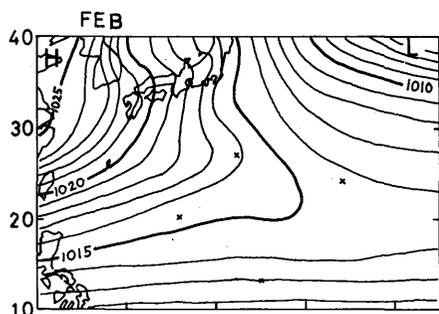
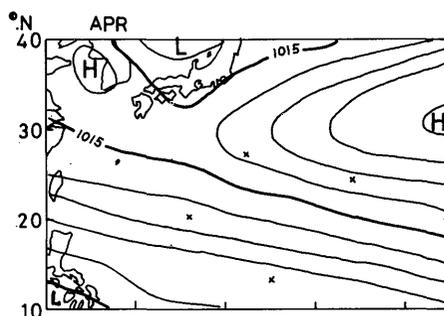
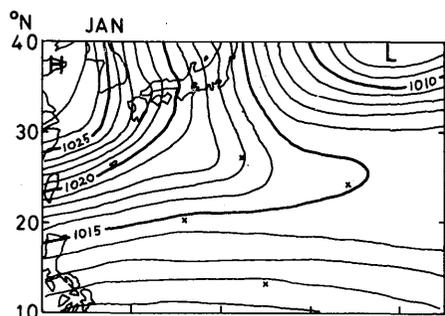


図 1.4 (1) 月平均海面気圧分布

図 1.4 (2) 月平均海面気圧分布

れる。また、4月から10月までは北太平洋高気圧の西または南西端に入り、海洋性熱帯気団の中にあることが多く、本州の汚染やアジア大陸からの汚染に影響されることが比較的少ないものと推測される。

以上は平均値の分布にもとづいて見たのであるが、平均値で小さな風速になるのは、風が弱いことを意味するよりも、むしろ反対方向の風が打ち消し合っていることを示す場合が多い。父島と南鳥島での実測による風向の頻度分布を示すと図 1.5 のようになる。図 1.5 では、実折線で地表風の風向分布を表わし、棒グラフで 850 mb 面の風向分布を、点折線で 700 mb 面の風向分布を表わしてある。

図 1.5 によると、1月には地表風はNないしNEの率が多く、図 1.4 と合っているが、850 mb 面では父島ではNWないしW、南鳥島ではWないしSWが多く、700 mb 面ではどちらもほとんどW寄りに集中している。

4月と10月は、父島では地表風はSとNEと2つの山になり、700 mb ではSWないしWに集中してい

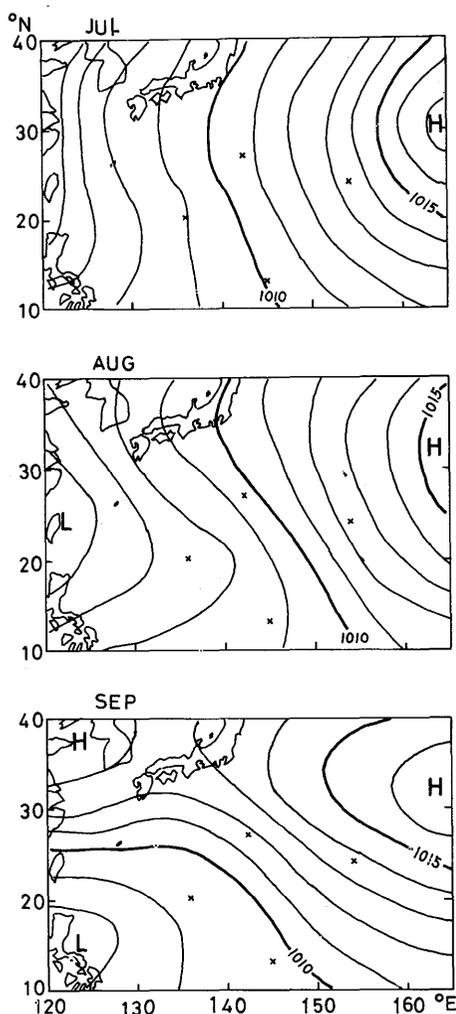


図 1.4 (3) 月平均海面気圧分布

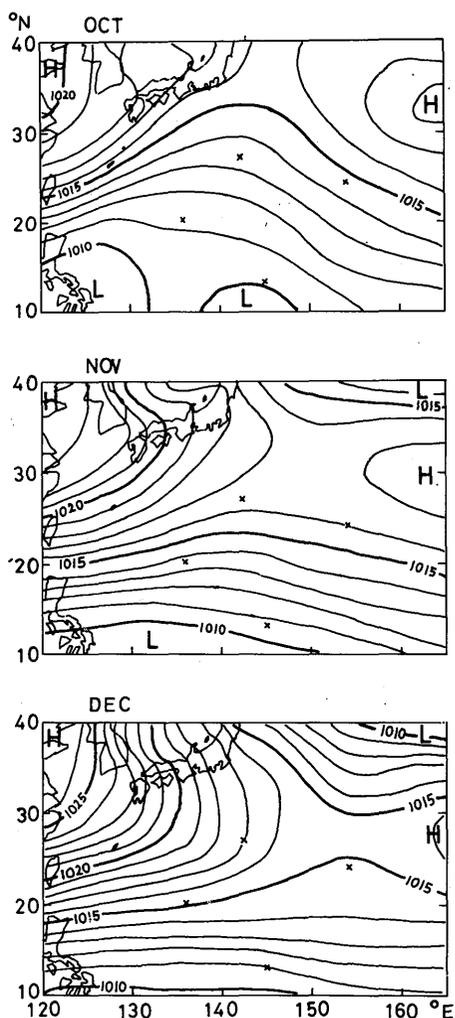


図 1.4 (4) 月平均海面気圧分布

るが、南鳥島では地表風はSEからENEの間に集中し、700 mb 面では、4月にはNからNWの間を除いたあらゆる風向に分散し、10月には地表や850 mb 面とほとんど同じでSEからEの間に集中している。すなわち、春と秋は父島は中緯度偏西風帯の南縁にあり、南鳥島は4月の中緯度偏西風帯と赤道東風帯との境目にあり、どちらかに属する風も同じ程度に現われ、10月はまだ赤道東風帯の中にあることを示している。

7月には、地表風は父島でNEからSの間、南鳥島ではEからSWの間が主であり、あまり変わらないが、850 mb や700 mb では、南鳥島では地表風と大差ないのに、父島ではWやNの風も入り、あらゆる風向に分散している。

以上で小笠原諸島の上空に訪れる風系の大勢を観察したが、この海域では冬はNW季節風(この緯度ではNまたはNEに変わるが)の影響下に入り、本州で汚染された空気が到着する確率が高い。そしてこの

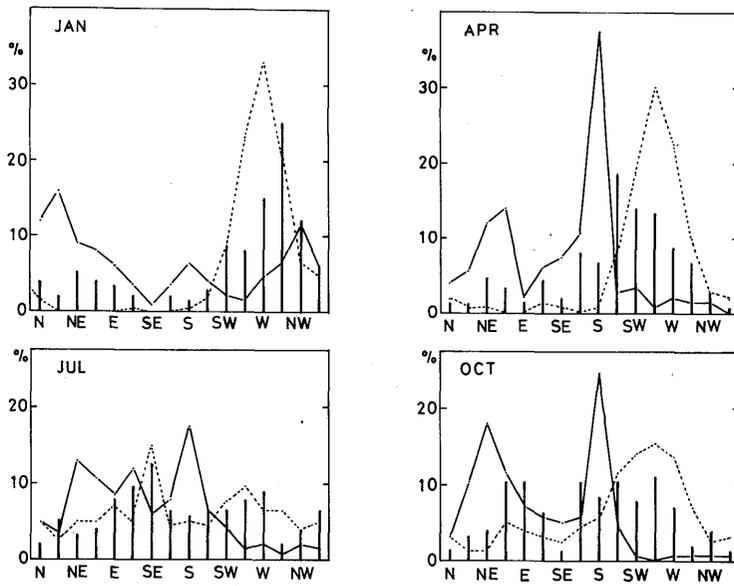


図 1.5 (1) 父島における風向頻度 (1970 - 1974) 実折線は地表、棒グラフは 850mb, 点折線は 700mb

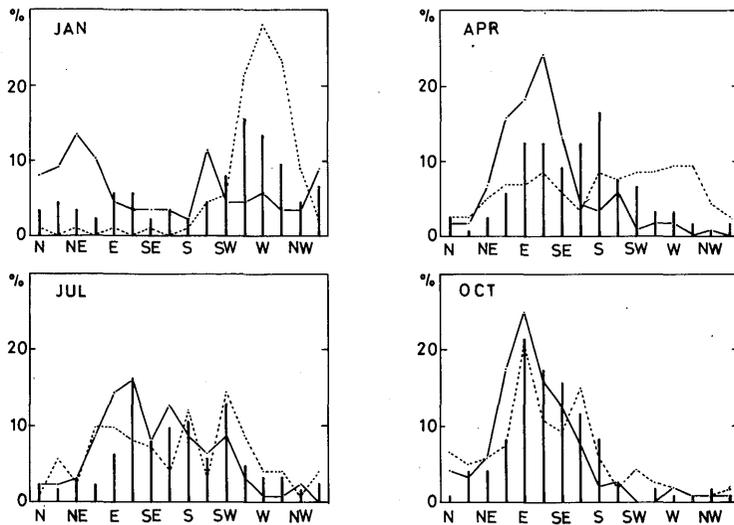


図 1.5 (2) 南鳥島における風向頻度 (1956 ~ 1960) 実折線は地表、棒グラフは 850mb, 点折線は 700mb

場合は、上空の偏西風（中国大陸上から来る）と混合し、汚染状況は極めて複雑に変わるであろう。

この海域で人為的汚染の直接の影響を受けない空気が期待されるのは、下層から上空まで偏東風に入る時であり、このような条件は父島においては6月から9月までの間に生じやすく、かなりの日数が期待され、南鳥島では4月から10月までの間に生じやすく、さらに多くの日数が期待される。

### 1.5 父島と南鳥島の気候

大気の汚染状況に直接関係する気象要素は風系であるが、気温や天気の状態は汚染観測業務の計画の上で、若干の関係があるので、簡単にまとめておく。

気温：月平均気温の年変化を示すと図1.6のようである。南鳥島では6月から9月までほとんど一定であり、年変化の幅も小さいが、父島では年変化の幅は10°Cに達する。これは図1.4で見た冬の季節風の影響を受ける強さの違いを示している。

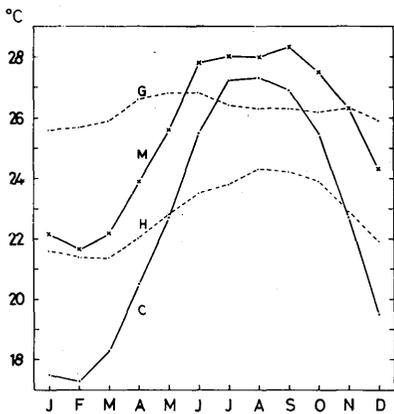


図1.6 父島（下）と南鳥島（上）の気温の年変化  
破線は上がグアム島，下がハワイ島のヒロ

図1.6には参考のためにグアム島の気温とハワイ島のヒロ市の気温を示した。これらと比べると、小笠原では夏の高温と冬の低温が目立っている。

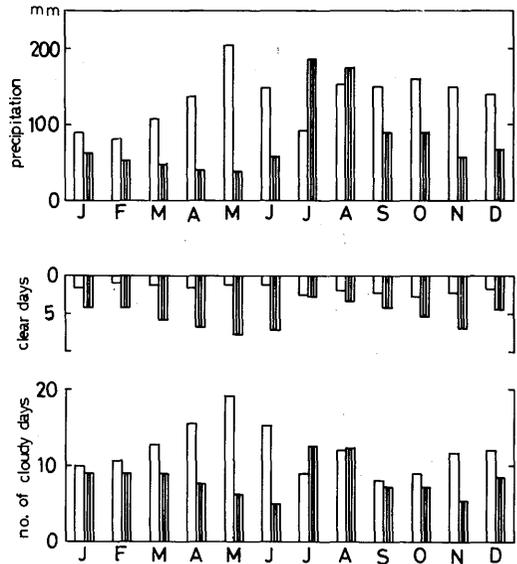


図1.7 父島（白）と南鳥島（縞）の月降水量、  
快晴日数および曇天日数

天気：各月の降水量、快晴日数および曇天日数の年変化を示すと図1.7のようである。降水量、曇天日数とも、父島では5月が最大であるが、南鳥島では7・8月が最大となる。

父島で5月（詳しくは5月中旬から6月上旬）を中心に曇天と降水量が増加するのは、南支那海方面からの南西季節風または貿易風が廻り込んだ南東季節風がここまで届き、それにより梅雨前線が形成されるためである。本州より一月早く、沖縄島—父島の線に現われるが、この線は通常南鳥島には届かない。6月になると、この前線帯は北へ移動して、本州の梅雨が始まり、父島の雨量は減る。7月には北太平洋高気圧が強まり、いわゆる小笠原高気圧が現われて、冬の1・2月と同じ最少降水量が現われる。

一方、南鳥島では7月と8月が1年中で曇も曇天が多く、降水量も最多となる。これは赤道収束帯が北上して来るため、南鳥島附近では対流現象が極めて活発になり、熱帯低気圧の接近などもあり、強雨が多くなることに因る。そして、この時期には上下の空気の混合が最も良く行なわれることになる。また、強い上昇流により、圏界面を突き抜けて、対流圏の空気が成層圏の空気となる現象もこの時期に生ずるであろう。

8月後半になると、北太平洋高気圧の緯度が下り、南鳥島の雨量は減少に向うが、父島では反対に、再び雨量が増加する。父島の雨量の増加は、北太平洋高気圧の西端が縮むにつれ、赤道収束帯の西部がフィリッピン方面で北に移動し、それにつれて台風の進路が近づいて来るためである。

9、10月は父島も南鳥島も比較的曇天は少ないが、父島では降水量が多い。これは台風の進路がこの頃には沖縄島と父島の間を通るものが多く、台風性の強雨の機会が多いためである。また台風の転向点が $30^{\circ}$ N附近に集中することは、この辺が南東風の北端であり、偏西風帯との境界に近いことを示している。

11月からは、下層は冬の季節風系に入り、上空は偏西風帯に入り、低気圧の通過に伴ない、寒冷前線の影響を頻繁に受けるようになる。しかし、南鳥島まで東進すると、前線は不明確になる場合が多く、降水量は南鳥島では少ない。この状況は3月まで続き、比較的变化に乏しい。

図1.7から見られるもう1つの特色は快晴日数が父島で少なく、南鳥島で多いことである。特に5・6月には曇天日数より快晴日数の方が多く、日射の精密観測に好適である。しかし、父島ではどの月も3日以上の快晴日数を期待できないのは気にかかる。

## 1.6 ま と め

地球規模の大気汚染監視のための基準観測所を建設する候補地としての観点から、父島と南鳥島の環境条件を、気象要素の観測統計値にもとづいて調べた。その大要を抽出すると次のようである。

- (1) 両島とも夏季は北太平洋高気圧の西南の端にあり、赤道東風の域内に入るので、本州やアジア大陸上の汚染源の直接的影響を受けない好条件を期待できる。この好条件の生じやすい期間は、父島では6月から9月までであり、南鳥島では4月から10月までとみられる。
- (2) 両島とも冬季は大陸高気圧の南東側周辺域に入るので、本州やアジア大陸上の汚染源からの影響を受けやすい。この期間は、父島では10月から4月までであるが、南鳥島では12月から2月までである。
- (3) 父島の上空には5月から6月初めにかけて、南支那、東南アジアの国々の上を通過して来るSW季節風が到着することがある。この気流はさらにNEに向って進むが、南鳥島に到着することはほとんどない。
- (4) 大気汚染監視のためには、バックグラウンド値の測定の外に、汚染質の移動、拡散変質の研究が必要であり、このためには冬季の父島は、本州および中国などで発生する汚染物質を攔む重要拠点となる条件を持つ。(この場合には、上空の汚染物質を攔むことが重要であるのは論をまたない)。
- (5) 基準観測所を建設する場合は、NEから時計廻りにSWまでの風向について、附近発生した汚染が影

響しないような位置を考慮することが必要である。

- (6) 7, 8月の南鳥島附近では、対流活動が極めて旺盛で、汚染物質の wash out, rain out の効果もあるが、空気が対流圏全域にわたり良く混合されること、および対流圏の空気の一部が成層圏に突入し、成層圏の空気として北へ流れること、などの現象が生じており、汚染物質の拡散・移動に特別な寄与をしている可能性がある。

以上のような諸条件を予め考慮しておくことは、われわれの観測成果を解釈する上にも、また基準観測所の建設計画に誤りを少なくするためにも必要である。

#### 参 考 文 献

- Bunker, A.F., 1971: Energy Transfer and Tropical Cell Structure over the Central Pacific. J. Atm. Science, 28, 1101-1116.
- Gibbs, W.J., 1953: A Comparison of Hemispheric Circulations with Particular Reference to the Western Pacific. Q.J.R. Met. Soc., 79, 121-136
- GMCC Rep., 1973: Geophysical Monitoring for Climatic Change, No.2, Summary Report-1973. NOAA, U.S.A.
- GMCC Rep., 1975: Geophysical Monitoring for Climatic Change, No.4, Summary Report-1975.
- Mintz, Y., 1954: The Observed Zonal Circulation of the Atmosphere. Bull. Amer. Met. Soc., 35, 208-214.
- Palmén, E., 1964: General Circulation of the Tropics. Proc. Symp. Tropical Meteorology. New Zealand Met. Service, 3-30.