



天 気

1991年12月
Vol. 38, No. 12

〔解説〕

1071 (台風; 国際協力)

熱帯低気圧に関する国際協力の現状と 台風特別実験について*

大西晴夫**

1. WMO の全球資料処理システム (GDPS)

本論に入る前に、熱帯低気圧に関する国際協力について、もう少し一般的な事柄から話を始めたい。

「大気に国境なし」といわれるように、大気の流れは政治的な国境線とは無関係に地球上を巡っている。したがって、気象業務の円滑な遂行や気象学の発展のためには、国際的な協力関係が必須である。気象に関する国際協力を調和の取れた形で進展させるため、国際連合の専門機関のひとつとして「世界気象機関 (World Meteorological Organization: WMO)」が1951年に設立されたが、1991年5月現在、155ヶ国と5領域の構成員を持つに至った。

WMOが推進している中心的なプロジェクトのひとつに「世界気象監視 (World Weather Watch: WWW) 計画」がある。国際協力によって地球上の気象状態と、その変化を正しく監視していこうとするもので、「全球観測システム (Global Observing System: GOS)」、「全球通信システム (Global Telecommunication System: GTS)」、「全球資料処理システム (Global Data-Processing System: GDPS)」の3つのサブプログラムのもと、全球的な気象の観測・通信・資料処理のための施設整備の促進、気象測器及びデータの交換・処理方法に関する標準化などに取り組んでおり、最近では気候変動・気候変化のモニタリングにも力を発揮している。

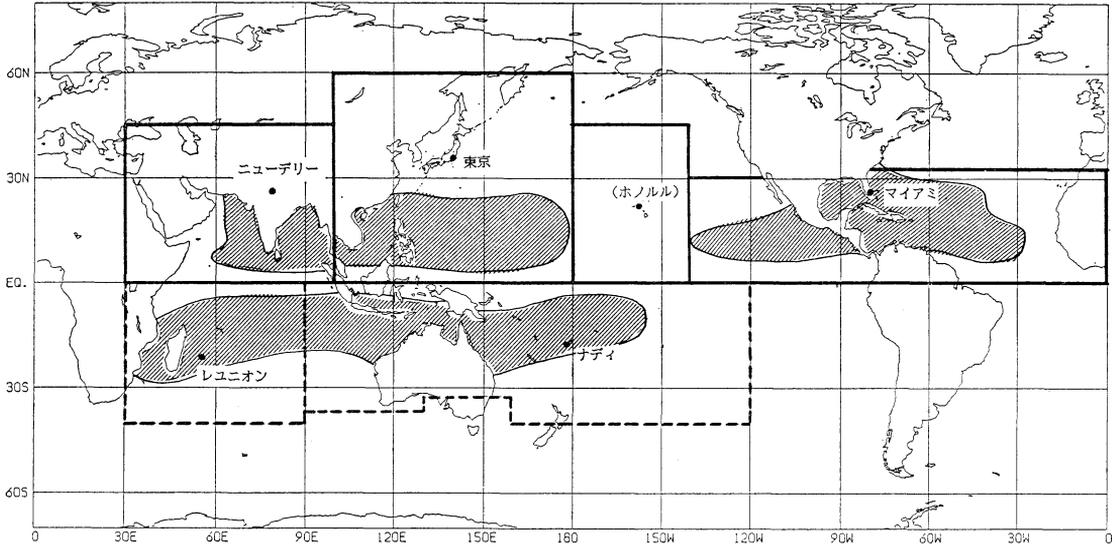
* A brief review on the present status of international cooperation concerning tropical cyclone and on the SPECTRUM.

** Haruo Ohnishi, 気象庁予報部予報課.

このうち GDPS では、気象現象の解析や予報に関する支援資料の作成・編集を効率的に行うことを目的として、階層構造を持った機構が採用されている。まず、全球や半球規模の解析・予報資料の作成や編集を担当する「世界気象センター (World Meteorological Centre: WMC)」が3か所 (メルボルン、モスクワ、ワシントン) に置かれ、その下に、ある程度の広がりをもった地域を担当し、担当する地域の気象現象に関する解析・予報作業を支援する資料の作成や編集を担当する地理的な「地域特別気象センター (Regional Specialized Meteorological Centre: RSMC)」が、世界の25ヶ所 (北京、ハバロフスク、東京など) に置かれている。RSMC は WMO加盟各国の「国内気象センター (National Meteorological Centre: NMC)」と WMC の中間にあって、地域的な気象業務に関する国際協力において非常に重要なはたらきをしている。

2. 熱帯低気圧に関する RSMC

さて、ここからが本論である。先に述べた地理的な RSMC は、以前は「地域気象センター (Regional Meteorological Centre: RMC)」と呼ばれていたものであるが、機能上の問題があったこともあり、1987年5月の第10回世界気象会議での決定などを受けて、1988年7月から RSMC に発展的に改編されることになった。このとき、地理的な RSMC と同時に、熱帯低気圧の追跡や予報などの特別の活動を行う RSMC も設置することが決められ、現在までに、熱帯低気圧に関する RSMC が3か所 (ニューデリー、マイアミ、東京)、中期予報に関する



第1図 主な熱帯低気圧の発生領域(斜線部)と各RSMCの担当域

RSMC が1か所(ヨーロッパ中期予報センター: ECMWF)設置された。

第1図は、Gray (1975) の調査を元に描いた熱帯低気圧の主な発生領域の世界的な分布図である。図には先に述べた熱帯低気圧に関する3つのRSMCの担当領域も太い実線で囲んで示してある。それぞれの熱帯低気圧多発地帯に対応してRSMCが置かれているのが理解できよう。ニューデリー(インド)はベンガル湾及びアラビア海を、マイアミ(米国)は北大西洋及び北東太平洋を、東京(日本)は北西太平洋を担当している。それぞれのRSMCは担当領域内の熱帯擾乱の消長に常に注意を払い、熱帯低気圧が発生すると監視体制を強化して、その中心位置、強度、移動速度、風速分布などに関する解析の結果や予報についての情報を、気象電報や無線ファックス放送などを通じて関係国や担当海域内の船舶などに対して提供している。

第1図には、レユニオン(フランス領)が担当を予定している南西インド洋の領域と、ナディ(フィジー)が担当を予定している南東インド洋及び南太平洋の領域も破線で囲んで記入してある。これらは近い将来に第4番目、5番目の熱帯低気圧に関するRSMCとして活動を開始することが計画されている。中部北太平洋域では、熱帯低気圧の発生こそ少ないものの、ここを通過するものは存在する。このため、RSMCではないが、米国の国内センターであるホノルルが、この地域の熱帯低気圧

に関する解析と予報を担当している。

東京に置かれた熱帯低気圧に関するRSMCを担当しているのは、もちろん気象庁である。熱帯低気圧の解析や予報に関わることは予報部が、海面水温のデータなどは海洋気象部が、気象衛星に関わることは気象衛星センターが、外国との折衝や庁内の調整は総務部がというように、気象庁のそれぞれの部署が任務を分担して業務を行っている。東京のセンターの名称については、「RSMC Tokyo-Typhoon Center」とすることが1989年6月のWMO第41回執行理事会で承認され、国内ではこれを「太平洋台風センター」と呼ぶことに決まった。

WMOでのRSMC設置に至る経過の詳細は、新田(1987)に詳しい。また、太平洋台風センターの活動の詳細については大西(1990)を参照されたい。

3. 熱帯低気圧に関する国際協力

太平洋台風センターの業務は1989年7月1日から開始され、その後2年余りが経過した。年々、関係国への提供資料の種類も増え、業務的には軌道に乗ったところであるが、太平洋台風センターが発表している熱帯低気圧の進路予報の精度向上や提供資料の内容を充実させることなど、今後に残された課題も多い。

そのこととは別に、熱帯低気圧に関する各RSMC間の情報交換や技術交流については、RSMCが活動を開始してまだ日が浅いこともあり、WMOの組織として設

第1表 世界の熱帯低気圧の最大風速による階級分け

mph / kt		17	34	48	64	85 91	105	116	130	
RSMC 東京	Low pressure area	Tropical depression	Tropical storm	Severe tropical storm	Typhoon					
		Tropical cyclone								
RSMC マイアミ	Tropical disturbance	Tropical depression	Tropical storm			Hurricane				
		Tropical cyclone								
RSMC ニューデリー	Low pressure area	Depression	Cyclonic storm	Severe cyclonic storm	Severe cyclonic storm with a core of hurricane winds					
		Cyclonic disturbance								
第1地区 レユニオン	Perturbation tropicale	Dépression tropicale	Dépression tropicale modérée	Forté dépression tropicale	Cyclone tropical	Cyclone tropical intense	Cylone tropical très intense			
		Dépression tropicale				Cyclone tropical				
第5地区 ナディ	Tropical disturbance	Tropical depression	Tropical cyclone		Hurricane					
			(Severe tropical cyclone)							
米軍グアム 合同警報センター	Tropical disturbance	Tropical depression	Tropical storm			Typhoon, (Hurricane)		Super typhoon		
		Tropical cyclone								
気象庁 (和文)	低圧部	弱い熱帯低気圧	弱い台風	なみの強さの台風	強い台風	非常に強い台風	猛烈な台風			
		台 風								
mph / kt		17	34	48	64	85 91	105	116	130	

アメリカでは1分間平均風速。他は10分間平均風速。

立された利点をまだ十分に発揮できていないように思われる。第1表は、各地域での熱帯低気圧の強度（最大風速）による階級分けの一覧表である。表の作成は各センターの運用指針によった（参考文献に列記）。「台風」や「ハリケーン」などの地域による呼称の違いは、それなりに特徴があって面白いものだが、「Tropical cyclone」や「Tropical depression」などの基本的な用語の定義について、各センター間で微妙な違いがみられる。基本用語の統一は国際的な情報交換に際して必要なことと思われるが、実際には各地域の地域性がある、それほど簡単なことではない。各RSMCの運営は、それぞれ母体となる国際的な組織の取り決めによっている部分が多い。例えば、太平洋台風センターの機能については、国連アジア太平洋経済社会委員会（Economic and Social Commission for Asia and the Pacific: ESCAP）及びWMOの双方に属する政府間組織である「台風委員会」（東アジアの9ヶ国1領域が加盟）の決定による部分が多い。同様に、ニューデリーのセンターの運営はWMO/ESCAP熱帯低気圧パネルで、マイアミのセンターの運営はWMO第4地区ハリケーン委員会で議論される。また、レユニオンとナディは、それぞれWMO第1地区と第5地区の熱帯低気圧委員会での話し合いによって活動方針が決定される。先に述べた熱帯低気圧の階級分

けも、それぞれの委員会での合意をもとに、それぞれの「熱帯低気圧運用指針」などのなかで記述されており、容易には変更できない。基本用語の統一など、熱帯低気圧に関する国際協力を進めるうえで解決が必要と思われる諸問題は、WMOの諸会議の場などで、これから議論されて行くことであろう。

4. 台風に関する特別観測計画の提案

熱帯低気圧に関する国際協力についての組織面の話題はこれくらいにして、熱帯低気圧に関する大がかりな国際共同観測として注目された「台風特別実験」に話題を移すことにする。

ESCAP/WMO台風委員会は、東アジア地区の台風災害の軽減を目的として1968年に設立された。当初の構成員は、中国、香港、日本、韓国、ラオス、フィリピン、タイの6ヶ国1領域であったが、その後、1979年までにカンボジア、マレーシア、ベトナムが順次加わり、現在は9ヶ国1領域で構成されている。台風委員会の活動は国際的にも高く評価され、その後の熱帯低気圧多発地域での熱帯低気圧に関する委員会の結成を促進した。特に台風委員会が1981年から1983年の間に行った「台風業務実験（TOPEX）」は、東アジア地域での台風の解析・予報技術の向上や標準化に大いに役立った。TOPEXに興

味のある方は平塚 (1980) を参照されたい。TOPEX の成果は「台風委員会 (気象部門) 運用指針 (Typhoon Committee Operational Manual-Meteorological Component, 略称 TOM, 1987)」としてまとめられ、現在、この地域での台風の解析・予報作業上の共通の「パイプ」¹⁾として使われている。

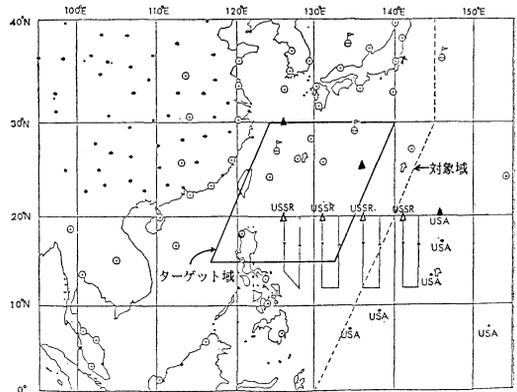
米国の研究者グループは、1990年夏に北西太平洋で台風の移動に関する大がかりな特別観測を行うという「TCM-90」計画を早くから進めていた。米国の特別観測計画も契機となって、1988年11月にマニラで開催された第21回台風委員会の席上、台風委員会としての特別観測を行うことが台風委員会事務局から提案された。TOPEXでの国際協力の成果を踏まえて、台風の進路予報の精度向上を目的とすること、期間は1990年の8月、9月の2ヶ月間とし、日本のはるか南からフィリピン近海にかけての北西太平洋を対象領域とすることなどの大筋が承認された。

その後、1989年7月の特別実験作業部会 (ソウル)、1989年10～11月の第22回台風委員会 (東京)、1990年5月の特別実験運営委員会 (マニラ) での議論をへて、特別観測の詳細な手続きを定めた「台風特別実験運用マニュアル」が作成された。この間、特別実験の名称を英語の“Special Experiment Concerning Typhoon Recurvature and Unusual Movement”の頭文字をとって「SPECTRUM (日本では台風特別実験)」と呼ぶこと、また、特別実験の指令部にあたる「実験センター」は、太平洋台風センターを新しく発足させた日本が担当することなどが承認された。最終的にこの特別観測に参加したのは、台風委員会メンバーのうち、中国、香港、日本、マレーシア、韓国、フィリピン、タイの6ヶ国1領域であった。

米国の「TCM-90」と連携して、ソ連の「TYPHOON-90」という野外観測計画も1990年夏に行われることになった。かなり早い時期からこれらのグループとも打合せを重ねた結果、三者の実験センターの間でターゲットとする台風の選択や強化観測期間 (Intensive Observation Period: IOP, 詳細は後述) の開始について、どのようなルートで意見交換を行うかについても合意された。

5. SPECTRUM の強化観測の実施

第2図は3つの特別観測の観測点の配置図である。太い実線で囲まれた領域が SPECTRUM の「ターゲット域」で、破線で囲まれたところは「対象域」である。気



第2図 観測点の配置

◎は6時間ごとの、また、●は12時間ごとの高層気象観測点、▲と△と□は、それぞれ気象庁の観測船とパイロバットとウインドプロファイラー、アメリカ、ソ連の観測点も並記してある。

象庁に置かれた実験センターでは、標的とする「ターゲット台風」を選択する任務を与えられたが、その台風が満たすべき条件として、

- ① 今後2～3日間、STS以上の強度 (最大風速48ノット以上) を持続する、
- ② 48時間以内にターゲット域に入ると予想される、
- ③ 転向するとか、亜熱帯高気圧の弱いところを移動しているとか、指向流の弱いところへ移動していくなどの現象が予想される、

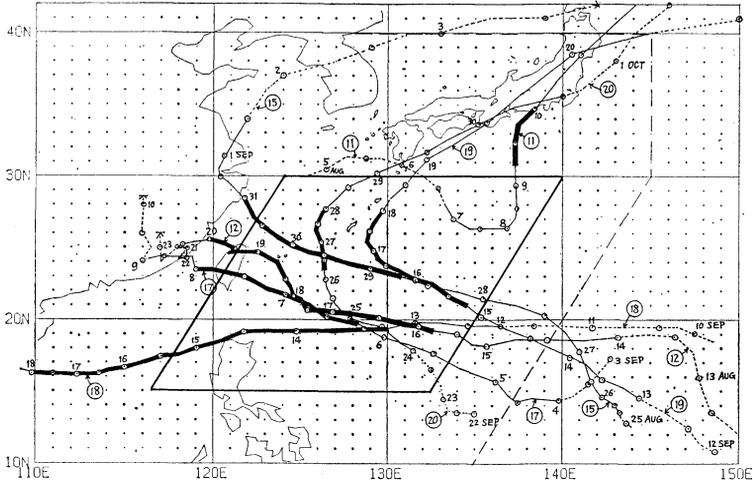
のすべてが満足されることが必要とされていた。この条件を満たす台風であると判断した場合、実験センターはあらかじめ定められた手順で IOP の開始の予告や開始確定の指令を関係国に通知した。

また、IOP を終了する場合の条件は、

- ① 台風とその周辺場の相互作用が起こってから1日が経過した、
- ② 予想された相互作用がもはや期待されない、
- ③ 大陸に上陸した、
- ④ ターゲット台風がSTS未滿に弱まった、
- ⑤ 対象域から離れた、
- ⑥ IOP 開始から5日経過した、

のいずれかが満たされたときと決められており、これについても実験センターで判断して各国に IOP の終了を通知した。

第3図に3つの特別観測計画について、それぞれの IOP がどのような相互関係で行われたかを示した。多



第4図 ターゲット台風の経路

破線は弱い熱帯低気圧もしくは温帯低気圧の期間、実線は台風の期間で、太線部が IOP に対応。○印は 00 及び 12UTC の位置を示し、00UTC の位置には日付を付記した。

アム島を基地にして熱帯降雨観測衛星 (TRMM) 関連のレーダー観測も含めた観測を行った。ソ連も IL-18 型機をダナンから飛行させ、南シナ海での観測を行った。なお、TCM-90 の実験計画は、Elsberry (1990) に詳しく報告されている。

6. ターゲット台風の概要

このような観測体制のもとに行われた SPECTRUM であったが、実験センターを担当する当事者としての一番の心配は、ターゲットになる台風が果たしてうまく発生してくれるかどうかであった。もしも、台風が全く発生しないとか、発生数が非常に少ないなどということになれば、迷走しそうな台風を選ぶという条件にこだわっているわけにもいなくなる。過去10年間の統計によると、ターゲット域に入った STS 以上の強さの台風の数は平均で 4.2 個、多い年は 8 個もあるが、少ない年では 1 個に過ぎない。

実際にフタをあけてみると、8月の月上旬は適当な台風がなくてヤキモキさせられ、最初のターゲットに選んだ台風第11号は特異な動きで実験センターを振り回し、1日がかかりで各国との連絡を終えて8月9日に IOP を始めた時点では少々手遅れ気味で、中国からは「ターゲット台風としては不適當」との指摘があったりと、前途多難の感であった。しかし、その後は次々に台風が発生し

てターゲット域に入り、実験センターはターゲット台風の選択で大忙しの毎日であった。結局、ターゲット域を通過した STS 以上の台風は、統計値を上回る 9 個であった。第4図に SPECTRUM のターゲットにした 7 個の台風の経路を示した。IOP ののべ時間は当初の目安であった 2 週間を少し越える 15.5 日間となった。

次に、個々のターゲット台風の特徴を簡単に述べておく。

台風第 11 号 (Winona) は、中国大陸から東進してきた雲システムが東シナ海で発達して台風となったものだが、実験センターの「発達せず北緯 30 度線を素直に東進する」との予想をことごとく裏切って、急発達に加えて南に北にとコースを変え、最後は御前崎付近に上陸したあと水不足に苦しむ関東地方に恵みの雨を落としていった。SPECTRUM が終わったあと振り返ると、最も進路予報の難しかった台風であった。

台風第 12 号 (Yancy) は、のちに広島市付近に上陸した台風第 14 号 (Zola, ターゲット台風ではない) と弱い相互作用を起こしたり、台湾の地形と相互作用を起こしたりして複雑な動きをし、中国大陸に上陸したところでほとんど停滞するとともに大陸と台湾海峡の間を行きつ戻りつし、中国にとって格好の研究材料を与えた。

台風第 15 号 (Abe) は、比較的単純な経路で移動し、中国大陸に上陸したのち転向した。この間、大きな眼を

もった中心が宮古島を通過し、同島で観測を行っていた気象研究所のドップラーレーダーのグループは、台風の眼や眼を取り巻くレインバンドの構造を研究する上でまたとない観測の機会を得た。

台風第17号 (Dot) は台湾の南部を横切ったが、ターゲット台風のなかでは最も移動の単純なものであった。

台風第18号 (Ed) と第19号 (Flo) は相前後して発生し、初期の頃には2つの台風の間で弱い相互作用が見られた。これらに対する強化観測は、許されうる最長の4.75日間に及ぶひとつづきの IOP で行った。18号は北緯20度線に並んだ4隻のソ連船の真上を通過しながら発達したあと、フィリピンの地形の影響を受けた。19号は沖縄の南で急発達し、一時は中心気圧が890 mb にまで下がり、近年になく強い台風であったが、沖縄近海で転向した後、和歌山県白浜町の南に上陸した。この台風については、急発達のメカニズムと、転向点付近での移動速度の予測に関して解決すべき問題を残した。

台風第20号 (Gene) は19号とよく似たコースを取って沖縄近海で転向したのち、和歌山県白浜町付近に上陸した。この台風は転向点付近の動きが非常に遅く、スムーズな転向を予測した各種の数値予報モデルの結果とは際立った対照を示した。今後、数値予報モデルの改善のためには、ひとつのテストケースとなりそうである。

7. SPECTRUM の観測データと今後の研究開発

このようにして得られた SPECTRUM の観測結果の大部分は、観測後ただちに国際気象電文のフォーマットに従って電文化され、ルーチ的に気象データの国際交換に使われている全球気象通信回線を通じて各メンバーへ配信され、各国での実際の台風予報に生かされた。観測時刻後、一定時間経過後も高層気象電報が東京に入電しない場合、実験センターから未入電の旨を各国の国内センターへ通知し、再送などの措置をお願いした。これらの観測電報は、気象庁の実験センターで記録、保存した。リアルタイムで入電したものの他、遅れて入電した電文や GTS 回線の障害のために東京で受信できなかった観測値は、事後に各国から磁気テープで提供を受け、最終的に一本の「Quicklook Data Set」にまとめて実験センターから参加メンバーに配布した。また、日本の全球客観解析格点値など、参加メンバーが独自に保有しているデータの一覧表も実験センターが取りまとめて配布した。これらの各メンバーが保有しているデータについては、SPECTRUM 参加メンバーからの要請があれば

ばいつでも、実費負担で要請者に配布することになっている。

この他、米国とソ連のデータもマニラの台風委員会事務局を経由して各メンバーに配布される予定である。米国の TCM-90 のグループは、事後に収集したデータやウイスコンシン大学で詳細に再解析した GMS の衛星ベクトルなども含め、すべての観測データを用いた太平洋域の客観解析を米国国家気象局の全球モデルを使って行う計画であると聞いている。

これらのデータは、台風の進路予報の改善に興味のある研究者には公開することになっており、日本の場合は気象庁予報部予報課太平洋台風センターがその窓口になっている。

SPECTRUM は、観測とデータ収集の段階を終わり、いよいよそのデータを使っての研究段階に入る。WMO と台風委員会は、昨年 (1990年) 12月に気象庁で SPECTRUM の運営委員会による評価会と技術会議を兼ねた会合を開催し、研究の方向づけなどについて議論した。本年 (1991年) 11月には、中国の広州で本格的な技術会議が開催された。また、1993年には第3回の国際熱帯低気圧ワークショップ (4年ごとに開催) が開かれる予定になっており、SPECTRUM や TCM-90 などの成果がここでも発表されるであろう。SPECTRUM の計画から観測実施にいたる段階では、気象庁だけで対応してきたため、大学関係を含めた幅広い宣伝が欠けていたきらいがある。拙稿がより多くの方々至少でも SPECTRUM、ひいては台風の進路予報に対する興味を持っていただく契機になれば幸甚である。

参 考 文 献

- Elsberry, R.L., 1990: International experiments to study tropical cyclones in the western North Pacific, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 71, 1305-1316.
Gray, W.M., 1975: Tropical cyclone genesis. *Atmospheric Science Paper*, No. 232, Colorado State University.
平塚和夫, 1980: 台風業務実験 (TOPEX), *天気*, 27, 509-513.
National hurricane operations plan, 1990: Office of the federal coordinator for meteorological services and supporting research, NOAA.
新田 尚, 1987: WMO 地域特別気象センター (RSMC) について, *測候時報*, 54, 263-269.
大西靖夫, 1990: 太平洋台風センターについて, *測候時報*, 57, 229-234.
Tropical cyclone operational plan for the Bay of

Bengal and the Arabian Sea, 1986: WMO/TD-No. 84.

Tropical cyclone operational plan for the South Pacific and south-east Indian Ocean, 1989: WMO/TD-No. 292.

Tropical cyclone operational plan for the south-west Indian Ocean, 1990 (New Edition): WMO/TD-No. 618.

Typhoon committee operational manual-Meteorological component, 1987: WMO/TD-No. 196.



吉野正敏 著
「風の博物誌」

丸善, B 5 版, 80 頁, 3296 円

「小さな谷の風」に魅せられて
風の世界に迷いこむ。
風駆けて

…… (略) ……

風の家を守った人々の
風車をつくった人々の
歴史をたどる。

…… (略) ……

風の世界に魅せられて
風の音に誘われて
たどるは 風の王国

40年以上にわたって風の研究を行ってきた著者の軌跡は、表紙カバーの見返しに書かれているこの詩に端的に表されている。これがまたこの本のモチーフにもなっている。

風に関連する写真を集めた美しい写真集であるとともに、気象学的にまた地理学的に興味深い色々な現象や事象の啓蒙書でもある。目次を示すと、四季の風・風と風土・風の指標・風と人間・風の利用・宇宙から見る風、となっている。これからも伺えるように、局地気候からグローバルな気候に関係する風が取り扱われている。風の変化に四季の移り変わりを感じ、季節風や空っ風などに特徴づけられる風土を、著者は日本独特のものと考え、日本を「風のくに」としてとらえている。そして、風に対する豊かな感性を育んだ日本、その日本の風土に住む人々に、風のことを少しでもより深く知ってもらいたい、目を向けてもらいたいという気持ちでこの本を作っている。目に見えない風を読者にどう伝えるか。著者

は、「はじめに」で次のように述べている。

『風は見えない。写真で見えるものは、風の影響によって生活する動物・植物・人間の姿、風の作用でできた砂丘や雲などである。いわば間接的な現象でしかない。しかし、風が詩歌でうたわれ、小説の題名となり、絵や音楽のモチーフとなるのは、やはり間接的ではあっても風がそれらを通じて強くわれわれにうたえるからである。したがって、写真を通して、われわれの世界における風の作用を読者に伝えることは十分に可能だと私は思う。また、試みる価値のある仕事だと思う。』

このような著者の意図は本の中で十分に実現されている。タンポポの種を運ぶ心地よいそよ風から荒れ狂う台風、ビル風からアドリア海のボラ、越中八尾の「風の盆」からオランダの風車の歴史、著者の目は時間と空間の座標軸の中を縦横に駆け巡り、われわれに風の世界を現出してくれる。四季折々の写真も美しいが、やはり著者の特徴を最もよく伝えているのは、局地風に関係する部分である。防風林や防風垣、風の指標としての雲や偏形樹など、これまで目にしたものでもカラー写真で見ると一段と興味深い。また著者の気候研究者としての視点が文章の隅々まで行き渡っている。風と文明・砂漠・風の神・風の塔・風車・風乾などには著者の地理研究者としての視点が光っている。他の部分との釣合もあるだろうが、局地気候や風土論の部分はもっと多くの写真を掲載して欲しい所である。「おわりに」において著者は『……“まだまだこれから”の感、ひとしおである。私の「風」の旅はまだ終わらない。』と述べている。局地風や風と風土を中心とした次の写真集が出版されることを期待したい。

著者の学問的な著作や論文を読む合間に、お茶でも飲みながらひもとけば、気楽に風の世界に遊ぶことができる。同じ著者による「風の世界」(東京大学出版会刊)をあわせて読めば一段と興味深いものである。

(気象研究所 藤谷徳之助)