

10. 高層気象観測

10.1 まえがき

日本の高層気象観測は明治時代の山岳気象観測に始まり、次いで大正時代の測風気球観測、さらに大正9年、高層気象台が設立されてからは、同台で実施した係留風による観測などを経て、昭和10年代に至りようやく念願のラジオゾンデによる高層気象観測へと発展していった。北海道における過程も、係留風を除き同じ経過をたどっている。

10.2 昭和20年(終戦)までの測風気球観測

札幌測候所で測風気球観測を開始したのは、大正10年11月28日と記録されている。ゴム気球に水素ガスを充てん放球し、経緯儀でそれを見失うまで追跡するという上層の測風方式は、現在考えるとごく簡単であるが、当時としては先端を行くものであり、まして一般にはもの珍しい観測風景であった。当時、全国的にも測風気球観測を実施していた測候所は数える程しかなく、北海道では札幌だけであった。大正11年、隣接する北海道帝国大学のグラウンドで時々観測したが、おそらく学生達の注目を浴びたことであろう。この年、襟裳岬に近い幌泉村に小さくしぼんだ気球が破裂せずに落下し、村民が不思議がって駐在の巡査に届けたなど、笑えぬ話が道内のあちこちで起こった。

観測は1日1回、10~12時の間とされたが、月間の観測日数は、2、3か月の例外を除けば、大正から昭和初期にかけ、月平均で10日間以下と多くない。また、この期間中、開始当時だけ冬の観測を行ったが、以後、冬期間は中止している。

札幌に続いて、大正11年6月5日から函館、その翌月には旭川でも測風気球観測を開始し、やがて昭和期を迎えるのであるが、どういう訳か、昭和に入った途端に観測回数は急激に減少し、同3年ころから、ついには観測を中断している。

中断後、札幌で再開されたのは昭和8年6月である。再開後は冬期間を通して測風気球観測が行われ、観測回数は中断前に比べ格段に多くなった。旭川では昭和9年再開されたが、函館については不明である。

昭和11年ころから、それまで1日1回の観測が2回(10、14時中心)に改められ、札幌では以後、組織の改革や庁舎の移転など相次いだ。観測そのものには変化もなく、従来どおり続けられた。

昭和15年2月10日、北海道において初のラジオゾンデによる定常的な高層気象観測が札幌で開始され、観測時刻は同じであったが、ゾンデと測風気球観測は別々に実施していた。このころ函館の測風気球観測は既に中止され、札幌と旭川だけが観測していたが、観測成績は向上し、この年しばしば10,000 m近くまで観測している。

一方、この年は日米開戦の前年にあたり、上高層観測に対する航空および軍事上の要請が一段と強まり、翌16年、道内では稚内・根室・函館の3か所が上層風の観測実施官署として追加されることになった。しかし、旭川ではこの年の7月を最後に中止されるのである。

開戦も間近い昭和16年8月に函館と根室、11月には稚内でも観測を始めた。以後、札幌を含むこれらの官署は、戦時下の人員、物資不足に悩まされながらも、終戦の昭和20年8月まで上層風の観測を続けた。戦時中の測風気球観測は、最少限の1日1回(午前)が原則であったが、札幌では規定どおり10、14時を中心に1日2回の観測を行っている。しかし、昭和20年になると器材の欠乏もあり、14時中心の1回となり、そのまま終戦を迎えた。戦時中の上層風観測結果は、中央気象台が全国の資料をまとめ、「上層気流月報」として印刷刊行したが、秘扱(軍資秘)のため一般には公表されていなかった。

10.3 戦後の上層風観測

昭和20年8月15日終戦。この日、札幌では13時45分に測風気球観測を実施しているが、翌日からは、終戦時の混乱と虚脱状態を物語るように、観測が途絶えている。半月後の8月29日に再開したが、このときは、ゾンデ用に飛揚した気球を経緯儀で追跡する、いわゆるレーボール観測(1日1回)であった。これが3か月間続いた後、やっと本来の測風気球(パイボール)観測にもどった。他の上層風観測官署である稚内・根室・函館のうち、函館は終戦後間もなく中止したが、稚内・根室はその後、高層気象観測官署となり、無線測風が定着するまで、経緯儀による測風気球観測を継続した。

昭和20年11月から浦河測候所でも、測風気球観測とラジオゾンデによる高層気象観測を開始することになり、道内各官署から応援の職員が交代で浦河に派遣されたが、これは進駐軍(アメリカ空軍)の要請による臨時的なもので、昭和23年9月で終止符を打っている。

昭和20年11月27日から、上層風の観測は1日4回(02、

08, 14, 20時)と、夜間の観測も行うように改められた。一方、ゾンデ観測も同日から別な時刻の1日2回(01, 13時)となり、当時としては厳しい業務内容であった。

ラジオトラッキングの導入の状況は次のとおりである。昭和20年12月ころから、札幌と稚内に初めてラジオトラッキングによる無線測風方式が導入された。札幌で最初に使われたのは、旧海軍が終戦に際し放出した海軍式方向探知機(最大感度方式)と、トラッキング用発信器であったが、翌21年には、旧陸軍で使用していた四式方向探知機(後にD44型最大感度方式方向探知機と呼ばれる)と四式発信器(後にW44型レーウィン発信器)に切り替えた。ラジオトラッキングによる測風観測の回数は年を経るごとに増えていったが、経緯儀によるパイボール観測は無くなった訳ではなく、依然として上層風観測の主役の座を占めていた。これは、最大感度方式による無線測風の精度が満足すべきものでなかったこと、また器材の補給が円滑に行われなかったことにも起因している。

昭和21年6月1日、札幌管区气象台の内部組織が改められ、測候課が観測課と改称され、課内に新しく高層掛が設けられた。この高層掛が後に観測課から独立して高層課になるのである。

昭和23年3月1日から、1日4回の上層風観測時刻が00, 06, 12, 18時に変更され、1日2回のゾンデ観測のほうも00, 12時に改められた。このころから上層風観測は、その方式によりパイボール、レーボール、レーウィン、レーウィンゾンデなどに区別して報告、通報するようになった。

以後、00時と12時の上層風は、晴天の日にはレーボール、曇雨天の日にはレーウィンゾンデ観測を行い、06, 18時の上層風観測のみのときは、今までどおりパイボール観測が主体であった。この測風方式は、昭和25年7月にD49E型等感度方式方向探知機が設置されてからも当分続くが、D49の設置以後は、レーウィン観測の回数が多くなった。

D49等感度式は、最大感度式と比較して測角精度が格段に優れ、その後若干の改良もあって、昭和29年ころからはさらにその信頼度を増し、レーウィン観測の成績も向上した。

昭和32年1月から、上層観測の放球は定時20分前と定められたが、3か月後の4月1日にはそれが30分前に変更となり、同時に従来の観測時刻も次のように改正された。

上層風：03, 09, 15, 21時の1日4回

ゾンデ：09, 21時の1日2回

この改正以後、観測時刻・放球時刻とも現在に至るまで変わっていない。

その後も03, 15時の上層風観測は依然としてパイボール観測が主体で、09, 21時には時々レーボール観測も行っていった。しかし昭和32年7月1日から国際地球観測年(IGY)の高層気象観測が開始され、これを契機として札幌におけるパイボール観測はようやく姿を消した。大正10年以来、35年間に及ぶ観測の幕切れである。

10.4 GMD-1 およびD55の導入

これまで無線測風に使用されたD49E型等感度方式方向探知機は、D44型最大感度方式より優れた性能を持っていたが、 18° 以下の低高度角帯の測定が困難となる欠点もあり、測角精度もまだ十分ではなかった。そこへ新しく登場したのが、在日アメリカ空軍の使用していたGMD-1型自動追跡記録型無線方向探知機(以下GMD-1とする)である。GMD-1は高度角約 6° まで測角が可能であり、経緯儀観測に近い測角精度を持った飛躍的に高性能な測風用方向探知機である。このGMD-1が7台、日本に移管されることになり、札幌には自衛隊を経て昭和32年8月19日移管され、補修のうえ同29日から使用した。

GMD-1の出現は日本の高層気象観測に画期的な影響を与え、レーウィン観測の質的向上にも貢献したが、これを境に、上層風は名実ともに高層風と呼び換えられるようになった。D55A型自動追跡記録型方向探知機(以下D55Aとする)は、GMD-1を参考にした同型の国産方向探知機で、昭和32年7月1日から高層気象観測を開始した根室で使用されている。稚内には同年9月11日にGMD-1が設置された。GMD-1およびD55Aの導入により、以後の高層風はすべてレーウィン観測となり、高層気象観測方式はゾンデ、測風ともに現在の姿に統一されたのである。

その後しばらくは変化はないが、昭和35年4月1日、札幌と稚内に高層課が新設され、翌36年4月1日には根室にも高層課が誕生した。この時点において、北海道における高層気象観測業務の体制が確立したといえよう。

その後、D55Aをトランジスター化したD55Bが開発され、昭和40年10月稚内、42年10月札幌のGMD-1に代わって設置され、現在に至っている。根室では昭和37年3月からエコー方式無線測風が取り入れられ、同47年には、D55Bにエコー観測装置をつけたR D56型が導入さ

れた。根室では現在でも、月に数回エコーゾンデ観測を実施している。

GMD-1およびD55用のレーウィン発振器は、W57型(32年8月から)、W58型(34年1月から)、W60型(36年7月から)、W60 T型(W60のトランジスター化、44年12月から)を経て、51年4月からは軽量小型化したW75型(IC化)を使用しているが、いずれも送信周波数は1680MHzと変わっていない。現在、レーウィンゾンデは気球が破裂するまで観測し、レーウィンは100 mb(約15 km)で観測を打ち切っている。

10.5 終戦までのラジオゾンデ観測

札幌ではじめてラジオゾンデのテスト観測を行ったのは昭和14年12月12日で、翌15年2月10日から1日1回(10時中心)のルーチン観測となった。これは全国的にも早いほうで、道内では最初である。

開始当時は中央气象台1号型ラジオゾンデ(3元式)を使用した。これは搬送周波数変化式で、気圧・気温・湿度の各要素ごとに周波数も異なり、6~13MHzを使い分けていた。気象要素の変化に応じて受信周波数が連続的に変化するため混信が多かったといわれる。札幌ではこの型を終戦の年まで使用した。

開始当初は欠測も多かった。しかし第2次世界大戦爆発以後はそれも次第に影をひそめ、昭和18年6月は、1か月間だけではあったが、09、15時の1日2回観測を実施している。昭和19年10月15日、ゾンデ観測は以後1日1回(21時中心)は必ず実施し、失敗したら再観測せよという、今でいう復行制度が生れた。

終戦前、気象官署で使うラジオゾンデは、中央气象台で製作されていたが、すでに昭和18年ころから戦時下の物資不足のため、飛揚器材の補給も円滑を欠き、欠測というケースが目立つようになっていた。そこで不足分は軍用の器材に頼るようになり、札幌でも昭和19年11月から、旧陸軍三式温湿発振器(気圧は高度断続器による)を使うことになった。

この型は終戦後の高層気象観測を続けるために重要な役割を果たすのであるが、これより以前の昭和19年6、7月にかけて、旧陸軍の発案で北海道東部の霧観測が、気象台・北大の共同で実施された。このとき、浦河と根室で2か月間、前述の旧陸軍三式ゾンデを用い毎日2~3回の高層気象観測を行っている。当時としてはスケールの大きい共同観測であったが、戦時中のことでもあり軍秘として公表されなかった。

敗戦が濃厚となった昭和20年に入ると、観測に用いる

器材の不足はさらに深刻となり、辛うじてゾンデ観測をつないでいる状況となった。そして終戦間際の昭和20年8月1日から、再び09時中心の1日1回観測となったが、このときはもう1号型ゾンデは底をつき、旧陸軍三式ゾンデで、終戦の前日、8月14日まで観測が続いている。

10.6 戦後のラジオゾンデ観測

昭和20年8月15日の終戦から同8月28日までゾンデ観測は中断され、翌29日によく旧陸軍三式ゾンデで観測をはじめた。以後しばらくは、旧陸海軍が終戦に際して放出したゾンデを使わざるを得なかった。

昭和20年11月からゾンデ観測は1日2回となったが、器材の補給が順調でないため、21年に入ると1日1回(午後)の観測が精一杯であった。旧陸軍三式ゾンデは中央气象台1号型と同じ搬送周波数変化式で、間もなくS43型とよばれるようになり、また中央气象台1号型ゾンデも、同時にS38型と称するようになった。

当時札幌では、このS43型のほか昭和22年春までの間に、旧海軍の放出したゾンデが前後2期に分かれて使用されている。とにかく、器材不足の折、旧陸海軍を問わず、手に入るものは何でも使うことで観測を持ちこたえた。器材不足はゾンデに限らず水素ガスにもおよび、ついにはアンモニアガスの分解による水素発生装置で、自家製の水素ガスを作ることも行われたが、装置が不完全で、漏れるアンモニアガスの臭気に悩まされたり、凍りついた雪の中から水素ポンペを掘り出すなど、ゾンデ観測に付きまとう苦労は多かった。

終戦後、高層気象観測器材の製作は、すべて民間業者に委託することになったが、前記のS43型に続いてその改良型であるS43K型が製作され、昭和23年には、初めて符号式ラジオゾンデS48型が開発された。そして、S38、S43、S48のように、その開発された年(西歴)を付して型名を表示することになり、後には、さらに製作会社の頭文字も後尾につけるようになった。これはレーウィン発振器などにも適用され、現在に及んでいる。

昭和23年3月1日からは前述のように観測時刻が改められ、上層風と同時観測となった。

昭和23年に開発されたS48型は日本における初の符号式ラジオゾンデであるが、これは温度・湿度・気圧の3要素の変化をモールス符号の変化に置き換える現在の方式のもので、当初の搬送周波数は27.5MHzであった。札幌でS48型を使用したのは昭和24年2月からであるが、翌25年2月からは、国際ラジオゾンデ周波数400M

Hzを採用することになり、S49型ラジオゾンデに改められた。

このころから観測到達高度が次第に上昇傾向を示し、昭和24年ころまで達し得なかった20kmの壁をやっと超えるようになった。しかし平均到達高度は15km位で、20kmを超える回数は多くなかった。

これ以後、符号式ラジオゾンデの改良は急ピッチで進められ、昭和25年12月から札幌で使われたS50型は、27年7月にはS52型、同年9月にはレーウィンとラジオゾンデ観測の双方に利用できるレーウィンゾンデ発振器としてRS52型に移行、さらに29年6月からは統一型のS53型、RS53型、31年4月にはS56型、RS56型が導入されている。これに伴いラジオゾンデの観測精度は年とともに向上し、到達高度も20kmを超えることが普通となった。

終戦後、道内では札幌のほか、稚内・根室でもラジオゾンデ観測を実施するようになり、稚内では昭和20年12月15日、根室では同32年7月1日から、それぞれ開始し現在に至っている。

10.7 GMD-1導入後のラジオゾンデ観測

測風観測の項で述べたように、昭和32年8月からGMD-1型自動追跡記録式レーウィン受信機を使用し、さらに翌33年6月からは自動符号記録装置も併用することになって、ゾンデ観測も一つの大きな転換期を迎えた。丁度、国際地球観測年にあたり、搬送周波数1680MHzのレーウィンゾンデとして、現用のRSII56型（その後トランジスター化される）が使用され始めたのも、このGMD-1採用の時からである。

戦後、札幌でも、しばしば特定期間内に高層気象の特別国際観測を実施したが、昭和32年からはIGY、IQSYなどに参加し、現在のWGI（World Geophysical Interval、世界日）観測に引き継がれている。

高層気象観測の成果も、GMD-1の導入およびIGYを契機として一段と向上し安定もしたが、このころから復行基準の設定もあって年間欠測回数はほとんど皆無となり、再観測率も4%、800g気球による平均観測高度24kmとなった。また、ここ数年は再観測率2%、平均観測高度は27km（17~18mb）を常態としており、さらに目下進行中の近代化5か年計画の達成に期待がかけられている。

10.8 特殊ゾンデ

特殊ゾンデは昭和32年7月から始まったIGYに間に合うように開発されたもので、当時は高高度ゾンデと称

していた。これは大型気球を用い、従来の高層観測では得られない気象関係の諸現象を、ラジオゾンデにより高高度（30km以上）まで探測し、解明しようとするもので、その発想は昭和15年にさかのぼるのである。

最初に登場したのはRSII-H57型露点ゾンデと、上層大気電位傾度・電気伝導度を測定するRSII-E57型気象電気ゾンデであった。両ゾンデによる観測はIGY期間以後、札幌・館野・八丈島・鹿児島島の4か所で行われることになった。IGY観測は前期（第1、2回）と後期（第3、4回）に分けられ、昭和32年9月18日から始まり、翌33年12月22日で終了したが、その間、各回ともWMI（現在のWGI）観測期間は10日間で、期間中は毎日03時と15時に電気ゾンデ、09時と21時に露点ゾンデの観測を実施した。

札幌ではそれ以前にあらかじめ中央で講習を受けた職員が主となって準備した。取り扱いがむづかしいため当初は失敗もしたが、回を重ねるに従って成績は確実に向上していった。国際協力の観測は昭和34年以降も続いたが、露点および電気ゾンデに続いて登場したのは、上層大気中の放射量やオゾンの鉛直分布を測定するRSII-R62型輻射ゾンデとRSII-OP64型オゾンゾンデである。輻射ゾンデにより札幌で観測するようになったのは40年5月からである。札幌に導入されたオゾンゾンデは改良型のRSII-KC68型で、43年12月から使用した。

特殊ゾンデの観測はIGY期間などは別として、毎日実施する訳ではなかったが、昭和47年7月から観測カレンダーによりそれぞれ週1回が目標とされた。特殊ゾンデの改良が進むにつれ型式名も変わったが、現在使用中のものは次のとおりである（数字は開発年を示す）。

オゾンゾンデ	RSII-CK68型
輻射ゾンデ	RSII-R69型
露点ゾンデ	RSII-H70型
電気ゾンデ	RSII-E70型

使用気球の重量は、初め3kgであったが、現在は2kgで、観測時刻は輻射ゾンデが03時、その他は15時で、いずれも特殊ゾンデの発振器でレーウィン観測を併用している。

特殊ゾンデ観測が実施されてからすでに20年近いが、この間の資料は内外に公表され、上層大気の研究・調査に役立っている。

10.9 大気オゾン観測

明治17年4月から大正4年3月まで、札幌で阿巽（オゾン・変形成素とも称した）の観測を行った記録があ

る。しかし、これは現在の大気オゾン観測とは内容が異なるので省略する。

大気オゾン量を測定する研究は、館野の高層気象台で昭和24年ころから始まったといわれる。しかしなかなか成功の域に達せず、昭和30年3月、イギリスのベック社製の二重分光器（ドブソン型）を購入し、同年7月から館野で定常観測を開始している。札幌でオゾン観測が開始されるまで、観測課職員が館野に転任して、オゾン観測を修得していたが、器械が札幌に届いたのは昭和32年12月末で、調整のうえ正式に定常観測を開始したのは翌33年1月21日からである。

IGY観測は昭和32年7月1日が開始日であったが、このときオゾンの全量観測時刻は、太陽光線の大気路程、 $\mu 3$ 、 $\mu 2$ および南中時に改正されていた。それが、昭和43年1月1日から、 $\mu 2.5$ 、 $\mu 1.5$ および南中時に改

正され現在に至っている。

オゾン観測は全量観測のほかに、鉛直分布を求める反転観測といわれる青空天頂光の観測も、条件に適合している場合に行うが、冬も吹きさらしの屋上で長ければ3時間以上も立ちつくさねばならず、観測員の苦勞の種であった。しかし高層気象台が開発した「反転観測自動記録器」が昭和48年9月に設置されてからは、その苦勞が緩和された。

札幌におけるオゾン観測は、初めは観測課が担当していたが、後に高層課が新設され、以後同課の担当となった。現在、我が国でオゾン観測を定常的に実施している気象官署は、札幌・館野・鹿児島・沖縄の4か所だけである。

(大黒 実)



旭川 測 候 所

(図書資料管理室所蔵の写真に基づくスケッチ 東航 坂本 竜)