７．ラジオゾンデ・レーウィン以前の高層気象観測

７．１ 凧・係留気球観測

自由大気中の気温，気圧，湿度，風を測るために最初に用いられた方法は凧(たこ)あるいは係留気球に自記気象機械を吊るしたもので，凧は地上風の強い時，係留気球は風の弱い時に用いられた(凧あるいは係留気球による観測の様子を口絵 15，13 に示す).

凧は木の骨組みに布を張った行灯型/箱型のものが,凧の線には直径 0.6～0.9mm 程度の鋼鉄線(ピアノ線)が使われた．凧には，自記気象機械がついた主凧と，主凧の上昇を補助する副凧があった．主凧に付けた自記気象機械には，気温はバイメタル，気圧は空盒(くうごう)，湿度は毛髪，風速は風車を用いて測定し，それを時計仕掛けの円筒に巻かれた自記紙にペン書きするマルビン高層気象自記器(アルミ製，重さ約 1300g)が使われた(図 3.7.1 に自記気象機械と自記記録の例を示す)．電動の凧揚機械(線巻機，図 3.7.2)は，大石台長が大正 9(1920)年末から翌年 3 月にかけて渡米して調達してきたもので，米国気象局所属高層気象観測所が使用するものと同型のものだが，電動機には東芝製(5 馬力)を使った．係留気球は，球形のゴム気球もの 40m^3(昭和 6(1931)年に卵型から凧型舵嚢(だのう)付気球に変更)に水素ガスを充填したものが使われた．

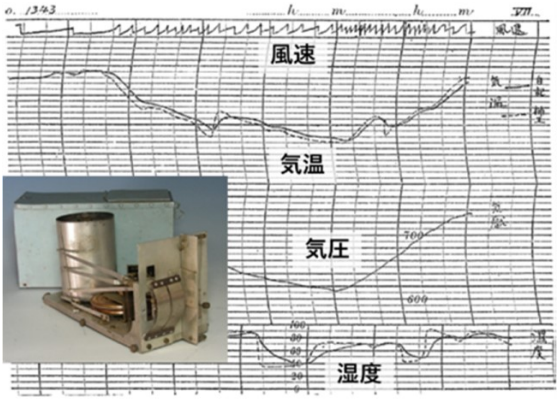


図 3.7.1 自記気象機械と自記記録の例

写真の自記気象機械(メテオログラフ)は，大正から昭和の凧・係留気球観測で使われたとされるもの．時計仕掛けで回転する円筒に自記紙を巻き，風速，気温，気圧，湿度を 4 本のペンで記録する．

凧揚げは，まず凧揚室の風下側 1～2km 位遠方に凧を運び，凧揚室に設置された線巻機で凧線を急激に牽引することで凧をある高さまで上昇させて，その後は上空の風の力により凧がますます上昇することになる．凧線が長く伸びたときは補助凧を付けて主凧の上昇を助けた．また,凧を下すときは,この線巻機で凧線を巻き取った．凧揚げの時には,凧が常に風向に向かう必要があるため,凧揚室には回転装置があったが，当初は不完全なものであり，たびたび修理を加えて大正 11(1922)年 11 月末に竣工した．

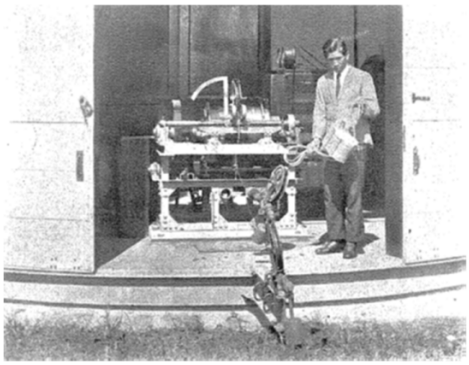


図 3.7.2 線巻機(昭和 5(1930)年撮影)

高層気象台 50 年誌には，観測は大正 11(1922)年 7 月 17 日のものに正式に観測番号 1 番が付せられ,12 月 1 日(11 番)から回数を増やしながら，この年 21 番までに達した(このうち凧によるものは 8 月 15 日が最初であった)，とある．観測時刻はおおむね 06，10，14 時のうちから選ばれて，観測回数も次第に増えて大正 15(1926)年からは 1 日 3 回年間約 700 回の観測を行っていた．なお，凧や係留気球は係留索の重量等により観測高度に制約を受けるため，平均的には 3000m 位までの大気下層の観測ができる．なお，公式に記録された凧による観測における到達高度の世界記録は，大正 8(1919)年 8 月 1 日にリンデンベルク(ドイツ)において 8 連の凧により高度 9750m に到達したとするものである(Adam *et al.*：2005).

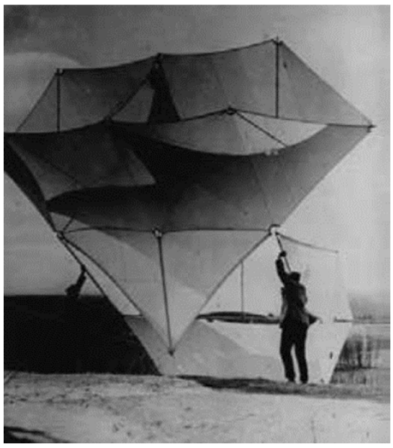
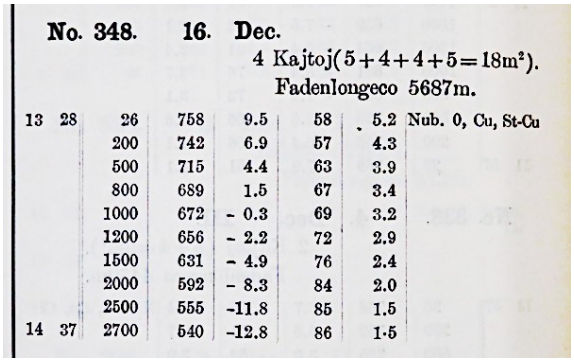


図 3.7.3 Lindenberg Meteorological Observatory における凧による観測(DWD：2017).

高層気象台における凧による観測において，到達高度の最高記録は，昭和 5(1930)年 12 月 16 日に 2700m に到達したとするもので，その時の鋼索の長さは 5687m，4 連の凧(副凧 3 個)によるものであった．その時の観測記録を図 3.7.4 に示す．また，係留気球の到達高度の最高記録は，1936 年 6 月 11 日に 3520m に到達したもので，その時の鋼索の長さは 4300m であった(北岡：1950)．なお，凧による観測では，観測中の凧が墜落して鋼索が高圧線と接触することにより，大正 12(1923)年に増田技手の殉職，大正 13(1924)年に牛 5 頭の感電死という事故が発生した．



No. 348.　16. Dec.

4 Kajtoj(5+4+4+5=18m²).
Fadenlongeco 5687m.

13	28	26	758	9.5	58	5.2	Nub. 0, Cu, St-Cu
		200	742	6.9	57	4.3	
		500	715	4.4	63	3.9	
		800	689	1.5	67	3.4	
		1000	672	- 0.3	69	3.2	
		1200	656	- 2.2	72	2.9	
		1500	631	- 4.9	76	2.4	
		2000	592	- 8.3	84	2.0	
		2500	555	-11.8	85	1.5	
14	37	2700	540	-12.8	86	1·5	

図 3.7.4　昭和 5(1930)年 12 月 16 日の観測記録

高層気象台報告第 8 号(1933 年)から抜粋．表右上の上段は凧の数と大きさ(面積)，下段は鋼索の最大長．表の要素は左から時間(時，分)，海抜高度(m)，気圧(mmHg)，気温(℃)，湿度(%)，蒸気圧(mmHg)，備考．

昭和 7～8(1932～1933)年に設定された第 2 回国際極年においては，国際観測日(木曜)に凧・係留気球による観測を行って，観測結果の概要を半年ごと 4 期間にまとめた．また，昭和 18(1943)年には，係留気球による夜間接地逆転の研究のため 5 回にわたる特別観測を行った．昭和 19(1944)年 2 月に一週間，陸軍委嘱による季節風調査のため，防空気球(飛行機による低空からの攻撃を防ぐための係留気球)による臨時観測を，本庄出張所，東京(月島)，厚木の 4 か所で同時刻に一日 4 回行った．

第二次世界大戦の末期，器材特に水素ガスの不足から係留気球観測が困難となり，また一方でラジオゾンデ観測の導入に取り組んでいたため，昭和 19(1944)年 10 月に係留気球または凧による現業的な観測は終了した．凧については，その後もラジオゾンデと組み合わせて一日 1 回程度の観測を続けたが，時折欠測をせざるを得なかった．その後，昭和 21(1946)年 2 月以降は完全にラジオゾンデによる観測に切替わり，凧による観測は終了した．

凧または係留気球による観測の成果については，速報値の旬報を大正 13(1924)年から高層気象台気象概報として，そして一年間の観測の詳報と調査結果を大正 15(1926)年から高層気象台報告として発行した．

参考文献

Adam, W., H. Dier and U. Leiterer (2005)：100 years aerology in Lindenberg and first long-time observations in the free atmosphere. *Meteorologische Zeitschrift,* **14**, 5, 597-607.

DWD (2017)：Lindenberg Meteorological Observatory – Richard Assmann Observatory. https://www.dwd.de/SharedDocs/broschueren/EN/press/mo_lindenberg_en.html?v=3&_blob=publicationFile (2020.12.1 閲覧)

気象庁 (1975)：III 官署来歴 第 3 章 高層気象台，気象百年誌，573-581.

北岡竜海 (1950)：長峰落穂集，長峰回顧録集，高層気象台彙報特別号付録，90-99.

高層気象台 (1923)：高層気象台一覧．高層気象台彙報，**1**，18pp.

高層気象台 (1930)：高層気象台新凧揚室(口絵入)．高層気象台彙報，**5**，73-76.

高層気象台 (1933)：高層気象台報告 第 8 号，188pp.

高層気象台 (1950)：高層気象台創立 30 年の回顧と現況．高層気象台彙報特別号，72pp.

高層気象台 (1978)：高層気象台 50 年誌．47pp.

大石和三郎 (1913)：高層気象観測(上)．天文月報，**6**，73-76.

大石和三郎 (1913)：高層気象観測(下)．天文月報，**6**，88-93.