



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	電線着氷の研究（豫報）
Author(s)	吉田, 順五; 荒川, 淳
Citation	低温科学, 2, 31-37
Issue Date	1949-10-20
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17396
Type	departmental bulletin paper
File Information	2_p31-37.pdf



電線着氷の研究(豫報)*

吉田 順五*, 荒川 淳**

1. 緒 言

北海道ニセコアンヌプリ八合目附近に電線を架設し電線着氷の研究を行つた。電線の着氷には雨や雪が凍りついて出来るものと、樹氷と同様に霧や水蒸氣が凝結して出来る霧氷型とがある。現場に於てこれらの着氷を詳しく観察した結果が大北至盛⁽¹⁾氏によつて報告されている。今ここに報告するのは専ら霧氷型の着氷についてである。

電線の架設は札幌逓信局の手で行はれ、いろいろな種類の電信線を6本張つた。

スパン 30 m で、各線の仕様は下の通である。

第1番線	硬	銅	直径 3.5 mm
第2 "	"	"	" 2.7 "
第3 "	アルミニウム	"	" 3.2 "
第4 "	硬	銅	" 2.9 "
第5 "	"	"	" 2.0 "
第6 "	鐵	"	" 4.5 "

何れも裸線である。

2. 観 測 方 法

隨時着氷状態を観察すると共に、毎日 11 時に6本の線全部について弛度、着氷量、着氷長さ、着氷横断面の形をとつた。弛度は長い棒の先に物指の目盛をつけ、一人がそれを持つて兩支點の中央に立ち、電線の近くでそれを上下する。他の一人は一方の支點の所に眼を添え、物指の先端と他の支點とが同一視線に來たときに合圖をする。このときの物指の先端から、電線の高さ迄の距離が弛度となる。着氷量とは電線の單位長さに就いての着氷の質量の意味に用いた。トタン飯で長さ 35 cm の細長い函を作り之を電線に添えて函の長さだけの着氷を取外して函の中へ落す。後、これを秤量しこれを 1 m の長さのものに換算した。着氷は、所々、電線から剝落するので着氷のある部分と全然無い部分とが出来る。着氷長さとは、此の着氷のある部分の總和の

* 北海道大學低溫科學研究所業績 第 22 號。

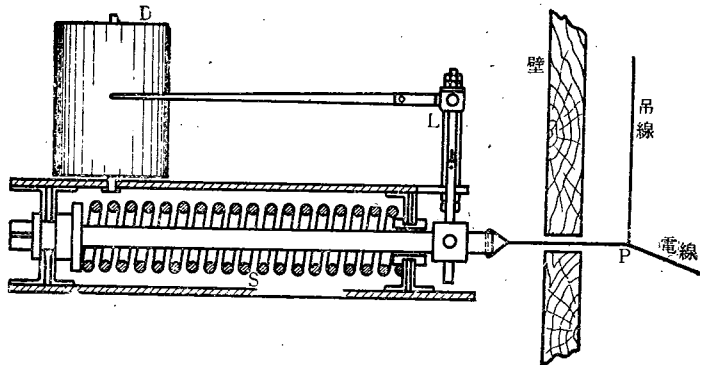
** 低溫科學研究所。

(1) 大北至盛：雪氷，5 (昭和 18 年)，1, 2, 3 號。

意味である。併し考察に便宜の爲、長さそのもので出さず、電線の全長に対する割合を%を以つて表わすこととした。着氷横断面の形は、着氷量を測る時に取外したものに就いて調べた。大體の見取圖をとると共に寸法を計つた。

第3番線には第1圖の様な張力計をつけて、張力を連続的に記録した。電線の張力をスプリング S にかへ、S の縮みを挺子 L によつて擴大し同轉圓筒 D に記録せしめる。記録用ペンの動きは張力 1 kg に對して、

0.4 mm である。電線の端を直接張力計につなぐと、電線の方向は着氷と共に下向きになるので、スプリングの軸の方向と電線の方向とを常に一致せしめて置く事が出来ない。それで、圖に示した



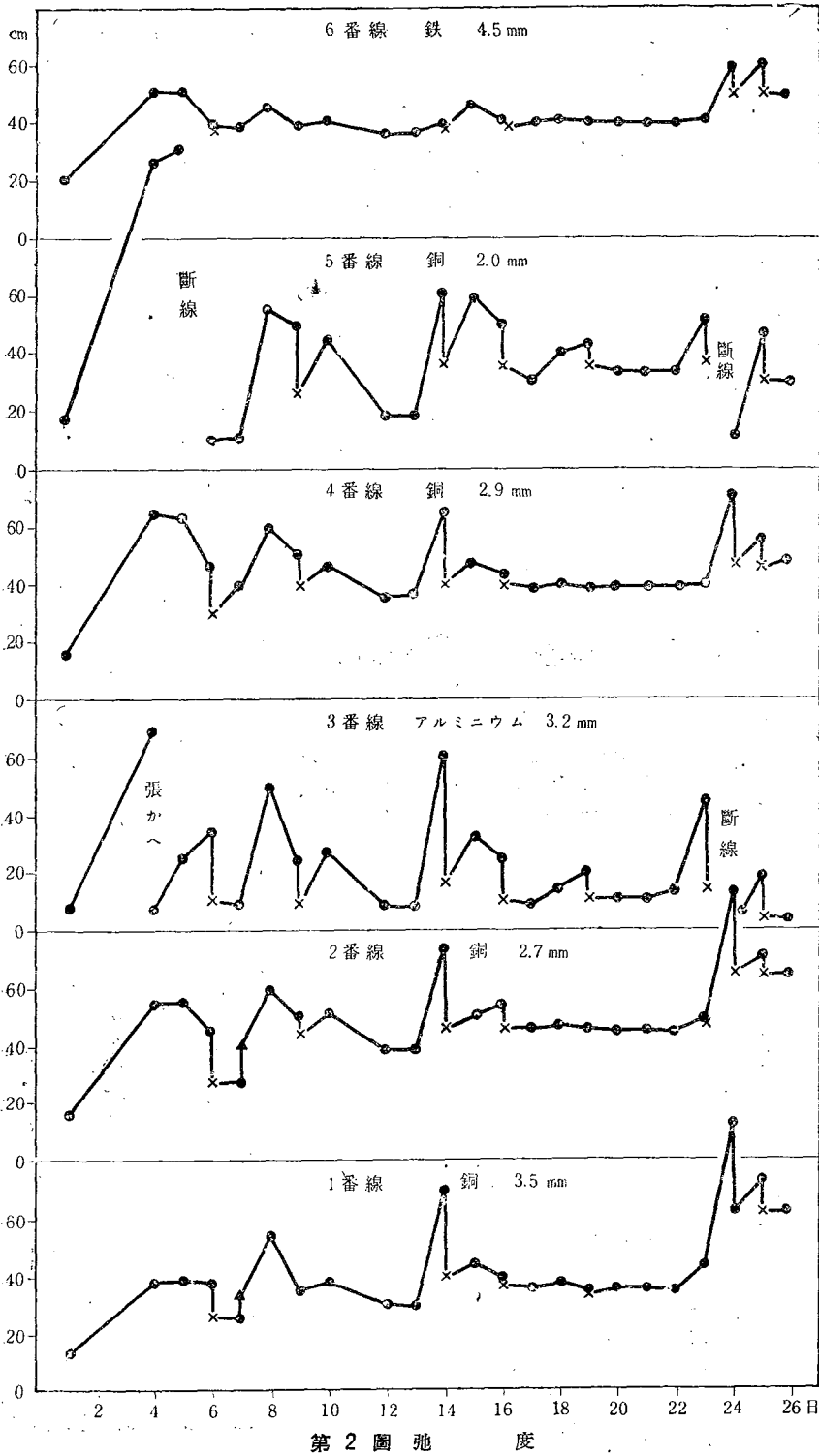
第1圖 張力計

通り P 點で電線を曲り易い撚線で吊つた。この爲、張力計に表われる張力は電線の張力よりも小さくなるが、P 點の兩側に於ける電線の方向と吊線の方向との間の角を測定しておけば、張力計に示された値から實際の電線の張力を計算によつて求める事が出来る。

3. 観測結果

弛度：第2圖は毎日の11時観測の弛度を表わしたもので、横に日を取り、縦に弛度を cm で示す。●印がその時の弛度であるが、日を擇んで時々着氷を全部取除いた。着氷を取除けば弛度が小さくなるが、その値を×印で表わしてある。例えば、第14日の1番線に於て、着氷した電線の弛度は70 cm であつたが、着氷を取去つた後には39 cm に減じた。又、同じく1番線の第7日の所に●印の上に▲印がつけてある。●印はその日の観測値であるが、此の値を測定した後、電線の中央部を手で握つて強く引下げてから手を離した後の弛度を▲印で表わした。同日2番線の▲印も同じ意味である。

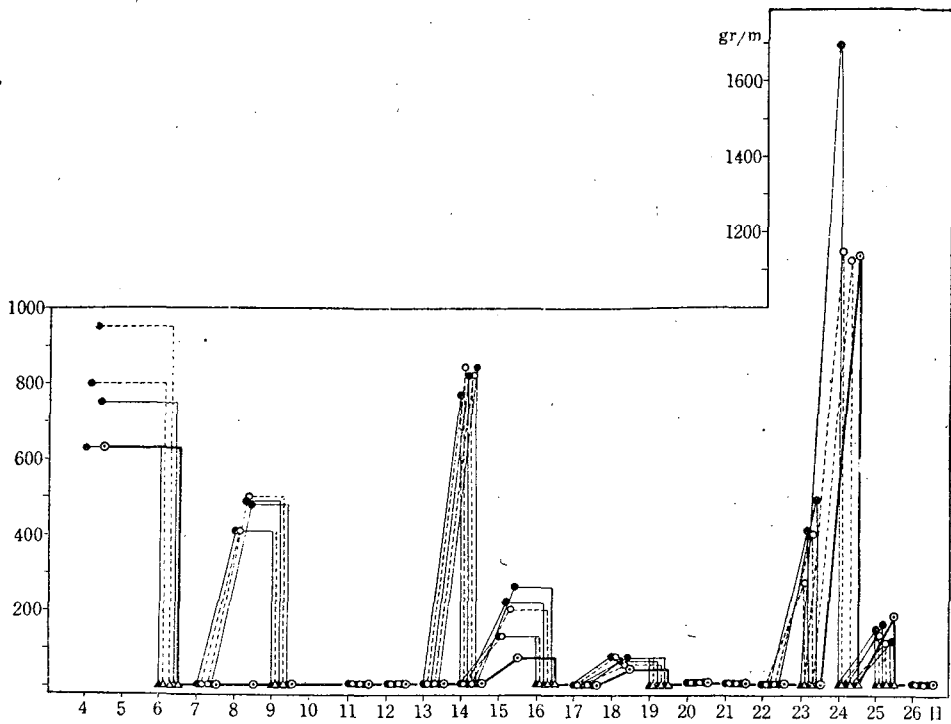
日附を表わす横軸に添つて太い線を所々引いてあるが、これは電線が着氷して居た時を示して居る。着氷すると當然弛度は増すが、その着氷を取去つても弛度は舊の値に返らない。第6日には電線は可成り着氷し、弛度も可成り増加している。此の時は着氷を除去したのであるが、その後も弛度は10 cm 以上残つている。但し3番線のアルミニウム線だけは例外として殆んど舊の値に戻つている。第7日には電線は着氷して居なかつたが、電線を手で押し下げて離し、▲印の



弛度を得た。その後着氷の無い日の弛度は殆んど▲印の値と同じである。即ち、着氷を除けば略々舊へ返るのである。3番のアルミニウム線だけは架設したときの最初の弛度に常に戻っている。

5番線は第5日に弛度 110 cm に達し、尙弛度が増加しつつ、翌6日には切れて居た。第24日にも、これは切斷したがその時の弛度は不明である。3番のアルミニウム線も、やはり第24日に切れたが、張力計の記録から張力 100 kg のときに切斷した事が判つた。この日、着氷は激しかったが、風はそれ程ひどくはなかつた。

着水量: 第3圖に示す。横軸は日を、縦軸は着水量を gr/m で表わしてある。同じ日に属する6個の點のうち、一番左の黒圓の點が1番線、次の白圓の點が2番線、以下次々に3番、4番、



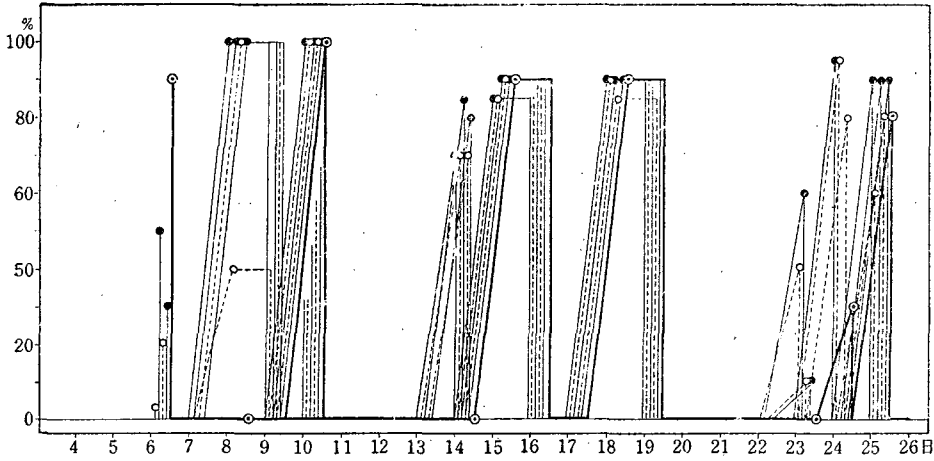
第3圖 着水量

6番線である。一番右は6番線の鐵線があるが、これは特に黒圓を環で囲んだ印で表わした。黒圓の點は實線で、白圓の點は破線で、各電線毎に繋いであるが、6番線の印は太い實線で繋いだ。

6本の電線共略々同じ着水量を示して居るが、唯6番線の鐵線だけは、他の線が全部着氷して居るにも拘らず、全然着氷して居ない場合が多い。例えば、第8、9、14、23日などである。第24日には、第6番線も他の線と同様着水量が多いが、實は此の場合着氷長さは他の電線に比べ

て非常に少いのである。その有様は第4圖によく現われている。

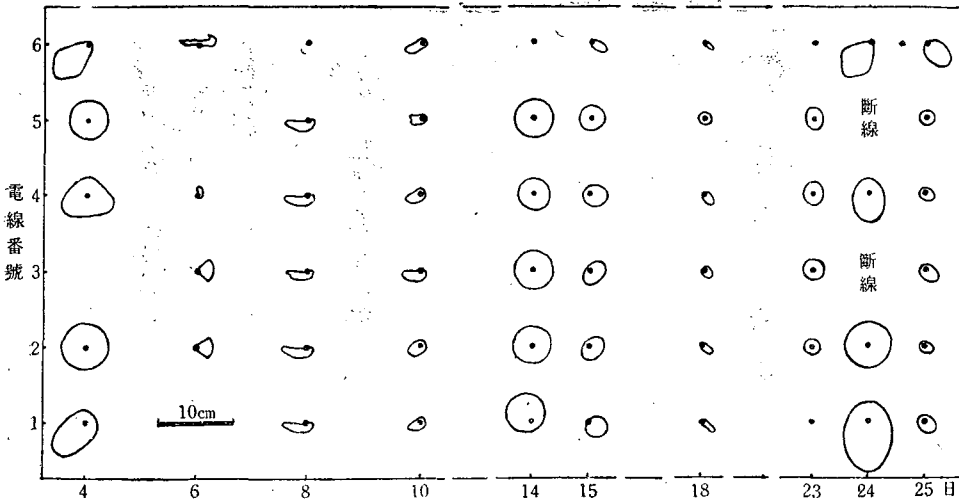
着氷長さ: 第4圖. 表示の仕方は第3圖と同じである。1番線から5番線迄は互に略々同様であるが、第6番線だけは着氷長さ0%のことが多い。第25日の着氷量の多い日には、他の電線



第4圖 着氷長さ

は着氷長さ80%以上、又は切斷であるのに對して、第6番線は30%の着氷長さしか示さない。

着氷量及び着氷長さについて得られた結果から鐵線は着氷を剝落し易いと云う事が云われる。鐵線も着氷して居る時には他の線に比較して着氷量がそれ程少くはないから、着氷の成長速度は他の線に於けると同じである。それ故、着氷長さが小さい時が多いと云う事は剝落し易いことを

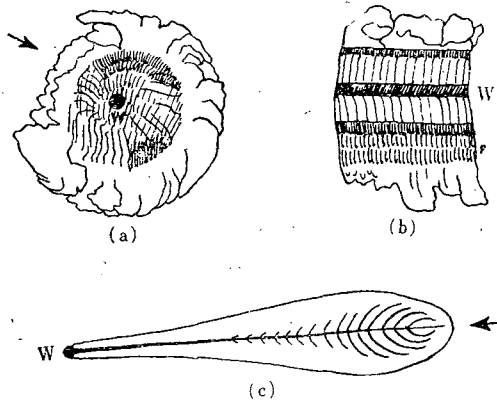


第5圖 着氷断面

示すわけである。尙、此の剝落は、着水量が大きくなつてから始めて起るのである。着水量の少ない第 15, 16, 18, 19 日などには鐵線も亦着氷長さ 90%であるが、着水量の多い第 8, 9, 14, 23, 24 日には着氷長さは 0 で、最後の第 24 日だけが 50%である。

着水量と着氷長さとの積は(着氷長さを%でなく實長で表わして)、電線の全長についての着氷量、即ち着氷全量とも云う可きものになるが、鐵線に於ては此の着氷全量が小さいわけである。

着氷断面: 今迄と同様、横軸に日を取り、各電線についての着氷横断面の輪廓を書き表わしたのが第 5 圖である。黒い圓は針金の位置を示す。特に目立つ事は、5 番線に於ては針金を中心として對稱的に着氷する事が多く、6 番線では針金を支點として一方向にのみ着氷が伸び出して居ることである。5 番線の着氷即ち圓筒形に着いたものが一番剝落し難い型式で、6 番線の場合が最も剝落し易い型式であることは明かである。1~4 番線は 5 番線の型に近い。



第 6 圖 着氷の構造

第 6 圖は着氷の構造をスケッチしたものである。Wは電線を表わし、矢印はこれらの着氷を取外した當時の風向きを示す。(a)と(b)とは同一物で、(a)は横断面、(b)は縦断面を表わしている。これは、第 5 番線によく出来る電線を中心として圓筒形に發達する着氷で、中心部は半透明の水、外殻は白色不透明の不規則な形の肉厚の水である。外殻は風を迎える様な形を示して居るが、中心部の水には筋があつて中心から略々放射狀に廣がつて居る。着氷の初期で、未だ着水量が少い間は、第 5 圖第 6 日の 2 番線、3 番線のような形をしていて、白色不透明である。これが後には透明緻密な水に變化して中心部の水となるのであるが、此の様に中心部の水が不透明な水から透明な水に變るのは、次の様な機構によるものと思われる。着氷が成長しつつあるときは、その表面に於て凝縮が盛に起る爲に、潛熱によつて表面の温度が昇る。中心部には金屬の針金を通り、それを傳わつても熱が逃げるであろうし、凝縮は主として風に向う面で起り、反對側では餘り激しくないから、此の方向からも熱が逃げて、凝縮の盛な表面の部分に比べれば内部の方が温度が低くなる。それで表面に近い部分の水が蒸發して、不透明な水の殻の隙間を通つて内部に達して凝縮する。この爲、内部の水はその隙間を氷で充される様になつて透明になる。

第 6 圖の (c) は、5 番線と同じ硬銅の針金を自然風洞の中に強く張つて置いたとき出來た着氷

である。自然風洞の中では風の方向が一定して居り、又此所に用いた針金も短いものを強く張つたのであるから振れたり曲つたりする事はない。このようにすれば、同じ太さの硬銅線でも圖に見る様に風上の方に向つてだけ着氷が延びるのであつて、6番線の鐵線についた着氷よりも更に方向性が強く現われる。これ等のことから(a)のような剝落し難い型の氷が着くのは電線が風に揺られ、又振られ、風上に面する側が始終變る爲と考えられる。太い鐵線ならば揺られたり振られたりする度合が少い。しかし、針金と着氷との結合は可成り丈夫ではあるが、着氷と針金との間に全然滑りが起らず、單に針金が振れるだけで常に新しい側面が風上に向い、(a)のように整つた對稱性の輪廓が出来るとは少し考え難い。着氷が発達した後は針金と着氷との間に滑りが起つて、針金は或る程度以上は振れず着氷が回轉するのではないかとも考えられるが、それは未だ確めなかつた。

此の研究は札幌逓信局から委囑された電線着氷防止の研究の第1報であつて、電線架設其の他については札幌逓信局から多大の援助を受けた。又これは北大中谷宇吉郎教授の指導の下に行われたものである。こゝに感謝の意を表記する。

4. 要 約

2.0, 2.7, 2.9, 3.5 mm の硬銅線 4 本, 3.2 mm のアルミニウム線 1 本, 4.5 mm の鐵線 1 本を同じ條件の下に 30 m のスパンに張り渡し、各電線の着氷状態を調べた。着氷の生成については各線とも略々同じであるが、鐵線のみは非常に着氷を剝落し易いことが判つた。これは、着氷の型式が鐵線に於ては他のものに於けるのと異なる爲である。

低 温 科 学 第 二 輯 (第 一 刷) 正 誤 表

(頁)	(行)	(誤)	(正)	(頁)	(行)	(誤)	(正)
目次	20	福島	福富	90	13	写真 12	写真No.30
3	12	α	αd	94	28	" 7	" No.25
6	第6圖	5 cm	0.5 cm	99	16	示すと	みると
"	20	$\frac{3}{\text{kg/cm}}$	$\frac{3}{\text{kg/cm}^2}$	"	"	写真No.1の如く	トル
24	22	相対温度	相対湿度	"	22,23	写真1に見られる	トル
26	第1表の5	<105	>105	100	2	写真と同様に	トル
27	4	写真 2	写真No.2	101	27,28	写真No.2に示す様に	トル
"	10	" 1	" No.1	101,102	30,1	写真に示す如く	トル
"	14	" 3	" No.3	102	13	第1表及び写真No.2を	第1表を
"	19	F	下	108	26	写真 1	写真No.31
"	30	写真 4,5	写真No.4,5	"	29	" 4	" No.34
28	4	T_c	T_a	"	29	" 4	" No.34
"	5	T_c	T_a	109	3	" 4	" No.34
"	23	写真 6,7,8	写真No.6,7,8	"	"	" 5	" No.35
"	29	" 8	" No.8	"	"	" 2	" No.32
29	2	" 9,10,11	" No.9,10,11	112	3	" 3	" No.33
34	10	鐵線があるが	鐵線であるが	113	17	" 6	" No.36
59	第13圖	---細土含有量	---細土含有量	"	18	" 7	" No.37
"	"	-x-粘土含有量	-x-粘土含有量	"	29	" 8	" No.38
70	24	b c	b : c	115	27	" 9	" No.39
71	3	写真No.1	写真No.12	116	4	" 9	" No.39
"	3	" No.2	" No.22,13	120	13	$1.0 \times 10^{-7}V$	$1.0 \times 10^{-2}V$
"	16	" No.1	" No.21,12	121	7	30cm	130cm
74	6	第2圖(A)	" No.14	128	14	3m	4.8m
"	"	" (B)	" No.15	136	第1表の1	左右對線	左右對稱
"	"	" (C)	" No.16	142	1	打點式によつて	自記的に
"	8	写真 (A)	" No.14	159	6	Ag	Aq
"	10	写真 (B)	" No.15	164	25	$\Delta t'g > t_w$	$\Delta t'g > \Delta t_w$
"	18	" (C)	" No.16	166	27	0.001N	0.001/N
"	20	" (A)	" No.14	171	3	9桁	6桁
75	9	第4圖(D)及(E)	" No.17, No.18	"	16	$\frac{T_l}{T_a} Vt$	$\frac{T_l}{T_l} Vt$
"	11	写真 (D)	" No.17	"	"	"	"
"	12	" (E)	" No.18	172	2	$R-I = \frac{e}{e_{sat}} 100$	$RH = \frac{e}{e_{sat}} 100$
77	脚註3	Seron	Screen	"	22	a), b)	写真No.40, No.41
80	11	$\int_0^\infty \varphi(r) d^2(r) pr$	$\int_0^\infty \varphi(r) p^2(r) dr$	"	"	"	"
88	10	写真 1	写真No.19	174	第3表	相対温度	相対湿度
"	20	" 2	" No.20	180	6	$B_{nap} s$	B_{napus}
89	1	" 3	" No.21	181	2	<i>Faphanobras-sica</i>	<i>Raphanobras-sica</i>
"	3	" 4	" No.22	182	4	<i>Horde m</i>	<i>Hordecum</i>
"	12	" 5	" No.23	183	13	<i>nap s</i>	<i>napus</i>
"	"	" 6	" No.24	244	19	單位生殖	單爲生殖
"	14	" 4	" No.22	248	15,16	溫度氏はでも	湿度でも
"	22	" 7	" No.25	"	16	尙松島	尙松島氏は
"	27	" 8	" No.26	252	13	Schwarkinowa	Schkwarnikow
"	28	" 9	" No.27	"	"	"	"
90	3	" 12	" No.30	257	6	写真1-5	写真No.56の1-5
"	10	" 8	" No.26	"	"	"	"
"	11	" 11	" No.29	259	8	写真4-5	写真No.56の4-5
"	12	" 9	" No.27	260	6	" 6	" No.56の6