HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	電氣視程計の試作（Ⅰ）
Author(s)	井上, 直一; 黒岩, 大助; 竹内, 吉男
Citation	低温科學, 2, 139-145
Issue Date	1949-10-20
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17410
Type	departmental bulletin paper
File Information	2_p139-145.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

電氣視程計の試作 (I)*

井上直一，黒岩大助，竹内吉男**

§ 1. 緒　　言

目標をその背景から識別する難易の度合を視度 Visibility と云つてゐる．視度は目標の大きさ，色，背景の輝度，眼の識別能力即ち識閾及び大氣の狀態等の綜合的な結果として定まるものであつて，然も物理的な量として直接測る事は困難である．然し視度に對する大氣だけの影響の度合を量的に測る事は簡單である．即ち先づ目標と背景の狀態とを規定すると，それによつて眼の識閾も略ゝ定るからあとは目標と眼の間にある大氣の長さを變へて目標の丁度見えなくなるやうな距離を求めればよい．これを視程 Visual Range と云つてゐる．つまり視程とは大氣の狀態だけに關する量であつて，例へば霧の場合，それが濃いとか淡いとか云ふ事と，その視程が小さいとか大きいとか云ふ事とは全く同じ意味である．然し霧の濃淡と云ふ言葉には又人間の視覺を離れた物理的なある量の考へも含まれてゐる．即ち霧の中には光の進行につれてその强さを減衰せしめる細い粒子が澤山あつて，それの多寡によつて視度が影響されるものと考へるのである．今光度 I_0 の光源から發散した光が x の方向に進むとき，その光束密度の減衰の狀況は次の如く表はされる．

$$E = I_0 x^{-2} e^{-\sigma x} \qquad (1)$$

この式のうち，x^{-2} の項は發散光が逆自乘の法則によつて減衰することを示す．又 $e^{-\sigma x}$ の項は霧の粒子による減衰を示し，その減衰の係數が σ である．霧の濃淡，或ひは一般に大氣の溷濁の度は σ と云ふ物理量で示されるのである．Koschmieder(1) は，地上で水平方向に空を背景として黒い物體を見るときの視程 S とこの σ とが次のやうな簡單な關係にある事を理論的に導いた．

$$S = C\frac{1}{\sigma} \qquad (2)$$

こゝに C は識閾に關する常數である．

大氣の中の視程，特に霧のある場合の視程の測定は實際は甚だ困難な仕事である．その主な理由を擧げれば 1) 眼の視覺そのものに個人差があること，2) 觀測地の地形に制約されて遠距離

---

* 北海道大學低溫科學研究所業績　第 39 號.

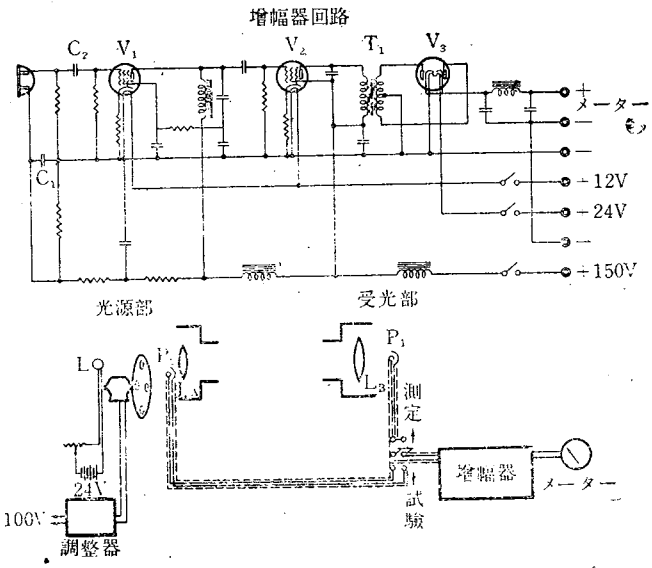
** 低溫科學研究所.

(1) H. Koschmieder: "Theorie der Horizontalen Sichtweite", Beitr. Z. Phys. d. freien Atm., 12 (1924), 33 u. 171.

に規定通りの目標板を設定することが困難なる事，3) 夜は晝の視程と同じ意味のものを測ることが出來ない事，又たとへ光源による視程から換算するとしても光源そのものが霧に亂されて，測定が不正確となる事，4) 氣温や風速の如く連續的な觀測が困難なる事，最後に 5) 霧の濃度の變化は極めて激しく且つ迅速なものである事等である．以上のやうな困難を除く爲には，比較的せまい場所で肉眼によらず電氣的に σ を測定記錄せしめ，これより視程を換算する事が望ましい．このやうな目的に副ふ器械は既に岡本氏[(1)]によつて試作されてゐる．又 Langmuir[(2)] や Bergmann[(3)] の考案した光電測光裝置も又この目的に利用出來る．筆者等はこの種の方法の實用性を調べる目的で，先づ岡本氏と同じやうな方法を用ひて電氣視程計を試作して見た．

§ 2. 原理及び裝置の概略

減衰係數 σ を測るには (1) 式よりわかるやうに，一定の光源から一定の距離を隔てて光束密度 E を測定すればよい．然るに晝間は光源から來る光の他に，霧中で散亂擴散をされた太陽光が存在する．それで適當な工夫をして，太陽光は計器に指示されないやうにしなければならない．それには光源の光を變調して送り，受光部の增幅器がこの變調光電流のみを撰擇的に擴大指示するやうにするのである．裝置の概略を第1圖に示す．直流電源によつて點燈された電球Lより發する光は，廻轉圓板によつて斷續する光となり，レンズ L_A によつて平行光束となつて大氣中に投射される．この光は大氣中で減衰し他に存在する光と共にレンズ L_B によつて光電管 P_1 の受光面に集光される．この光によつて起された光電流は增幅器に入る．その際光源より來た變調光に對する光電流だけが撰擇的に擴大されて計器に指示され又記錄されるが，他の變調されない光電流部分は遮斷さ



第　1　圖

(1) 岡本英男: 自然霧に於ける光の透過度，航空研究所彙報 No. 140 (1936).
(2) L. Langmuir and W. Westendorp: "A Study of Light Signals etc.", Physics, 1 (1931), 273.
(3) L. Bergmann: "Ein objectiver Sichtmesser", Phys. Zeits., 35 (1934), 177.

れる．尙光源，增幅器その他の部分の不調を調査する爲に，もう一つの光電管 P_2 が光源部の直ぐ前方に設置され，增幅器と直結されて試驗回路を形成してゐる．

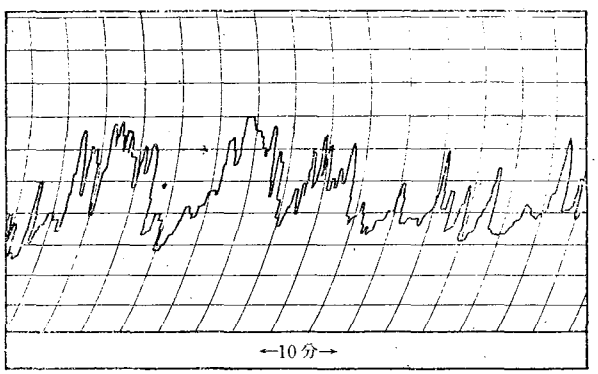
§ 3. 光 源 部

光源には最初交流用水銀放電燈（マツダ超高壓水銀ランプ SHL—100）を用ひた．これは變調の方法が一番簡單で交流電源一つで濟み，變調の能率もよいのであるが，ちらつきがあり，又光度の安定に長時間を要するといふ缺點がある．次に普通のタングステン電燈を交流で點燈した．これは變調能率は悪いが，ちらつきがなく割合に安定である．然し交流電壓の大きな變動の影響はどうしても防ぐことが出來ない．又この電壓變動は普通程度の調整器（マツダ電壓調整器 ST—100A）を用ひても，この目的に適ふ程度の平滑度は得られなかつた．それで電燈は直流電源で點燈する事とし，圓板に穴をあけたものを電燈の前面で廻轉して，約 10 サイクル程度の變調光を作つた．圓板廻轉用の電動機として最もよいものは同期電動機であるが，これは手に入らなかつたので，フ，ノモーターを用ひ，その交流電源は前述の電壓調整器を經由して使つたところ割合によい結果を得た．霧によつてレンズの曇るのを防ぐ爲と防空上の目的を兼ねて，電燈の前方に 40 糎の長さの筒をつけた．

§ 4. 受 光 部

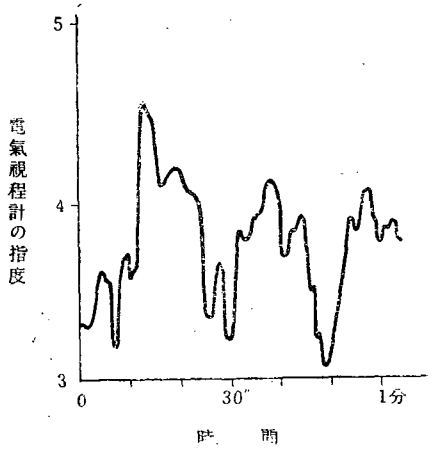
受光部及び試驗回路の光電管はガス入りセシウム光電管（マツダ PG—25—G）を用ひた．測光用としては，光電流特性が安定で且つ視感度に近いものが望しく，適當なフィルターとカリウム光電管の組合せが最もよいのであるが，本試作までには入手出來なかつたので上記のものを使用した．光電管回路は電氣的に遮蔽し，且つ絶緣に充分注意した．霧の侵入を防ぎ，且つ太陽光線の直射を防ぐ爲，光源部と同樣に筒をつけた．

增幅器の回路は第 1 圖に示す．光電管回路の阻止コンデンサー C_2 によつて，變調光電流以外のもの卽ち直流部分は遮斷される．增幅は眞空管 V_1 (12 Y—R 1)，V_2(12 Z—P 1) 及び變壓器 T_1 によつて行はれ，光電流は約一萬倍に增幅され，整流眞空管 V_3 (24Z—K2) を經て計器に入る．計器は全目盛 1 mA のもの



第 2 圖　電氣視程計記錄 (a)

で，指度は打點式によつて紙上に記錄される．その記錄の1例を第2圖に示す．又第3圖は記錄の一部を擴大して書いたものである．後者に示すやうに1分間の變動がこのやうに激しい場合があり，この種の計器の必要が痛感される．



第 3 圖　電氣視程計記錄 (b)

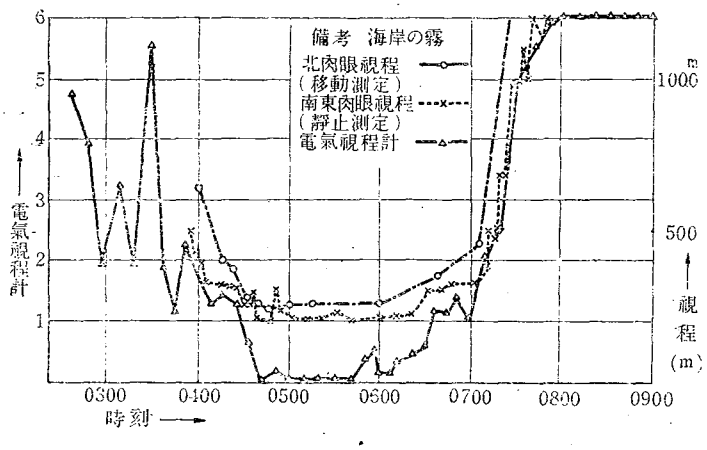
§ 5. 使用結果について

i)　光電管以外の部分の安定狀態

計器の指度に影響を及ぼす原因のうち，光電管以外のものとしては，光源の變動，廻轉圓板シャッターの變動，風等による振動の爲光源部と受光部のレンズの光軸のずれ，增幅器の增幅度の變動等である．試驗回路を用ひて調査した結果，充分注意すれば以上を綜合した變動は指度の 5%以內に止め得る事がわかつた．

ii)　肉眼視程と計器の指度との關係

光源部と受光部との距離が大きい程霧に對する感度は大きくなるが，霧の濃度變化の範圍が大きい場合は，一つの計器で指示することは困難となる．從つてこの距離は光源の强さ，受光部の感度，霧の濃度變化の範圍に應じて適當に定めなくてはならない．筆者は海岸の霧と山頂の雲との二種類に就いて使用した．前者では視程範圍 200～1000 米で，交流で點燈した 250 燭光のタングステン電球の光を 100 米離れて受光した．然し光の變調度は未だ調べてゐないので有效光度はよくわからない．後者の場合は視程變化は 30～200 米で，有效光度約 25 燭光の變調光を，30 米離れて受光した．



第 4 圖　電氣視程計と肉眼視程の記錄

肉眼による視程の觀測と本計器の記錄結果とを對照させた例を第4圖に示す．これを見ると視程の變動と計器の記錄とがよく一致してゐる．又これらの實測値を用ひて視程と計器の指度との關係を求めて見ると，第5圖の如くなる．近似的では

あるがこれらの關係を前述の(1)及び(2)式から導いて見る．レンズによつて大氣中の光束を平行にしてゐる事を考慮に入れて(1)式を次の如く書き變へる．

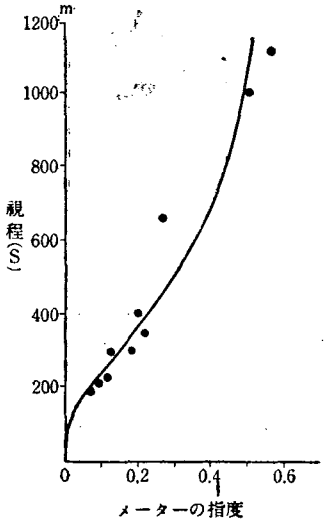
$$M=nI_0e^{-\sigma L} \qquad (3)$$

こゝに I_0 は光源の光度，L は光源と受光部との距離，M は計器の指度である．又 n はレンズと光源，光電管の配置，光電管の感度，及び增幅度等によつて定る常數である．(2)と(3)より σ を消去すると視程 S は次の如き簡單な式で表はされる．

$$S=\frac{B}{A-l_nM} \qquad (4)$$

但し

$$\left.\begin{aligned} A&=l_nnI_0\\ B&=CL \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$



第 5 圖　電氣視程計の指度と肉眼視程との關係

第 5 圖の場合の實測値を利用して常數の値を求めて見ると $A=2.1$, $B=511$ となる．又 $L=100$, $C=3.912$[(1)] として (5) 式より計算すると，$B=391$ となつて前者と大體同じ程度となる．上記の A, B の數値を用ひて (4) 式を計算し，これを圖示すると第5圖の實線の如き曲線となる．霧の變動が激しい爲に視程の觀測があまり正確でなかつたので，觀測値はこの曲線のまはりに可成りばらついてゐるが，大體の傾向は一致してゐる．

山頂での實驗の場合，視程と計器の指度との關係が時に變動する事があつた．この原因としては光電管の特性曲線の不安定が先づ考へられる．その一例をあげると，受光器の前を强い輝度の雲の斷片が橫切つた事があつたが，その際光電管の感度が一時甚しく低下した．このやうな事はこの種の測定では充分注意すべき事である．

又霧が濃くなつて來ると，光の減衰の狀態が (1) 式のやうな簡單な關係では表はされないと云ふ說[(2)]が多い．かういふ事も前述の現象の原因となるかも知れない．この點に關する研究は，更に計器の性能を改良して續行する積りである．

§ 6. 溫度差式霧量計との比較

霧中の光の減衰係數 σ を決定するものは，單位體積中の霧粒の數とその大きさの分布狀況とである．從つてこれらを綜合した一つの量である霧水量，卽ち單位體積中の霧粒の總重量も σ を

(1) W. Middleton: Visibility in Meteorology, (1935), p. 85.
(2) W. Middleton: 前出, p. 16.

決定する因子の一つである．この霧水量を比較的簡單に連續測定しようといふ目的で，次のやうな原理による霧量計を考案した[1]．

霧粒を含んだ空氣が通る風洞を濕風洞 (1)，何等かの方法で霧粒を除いた空氣が通る風洞を乾風洞 (2) と名づける．この各風洞及び霧に關する諸量を次の如く示す．

各風洞にて

通風量	V_1, V_2 m³/sec	空氣中の霧水量	m g/m³
電熱器の發熱量	Q_1, Q_2 cal/sec	氣溫	t °C
加熱空氣の溫度	t_1, t_2 °C	單位體積の空氣の熱容量（水蒸氣を含む）	$C\rho$ cal/°C m³
水の蒸發熱	L cal/g		

風洞の入口の電熱器によつて熱せられた空氣が溫度計の位置に到達するまでに若干の溫度降下を起すが，これは無視出來るものとする．又濕風洞では霧粒が全部蒸發して水蒸氣となりその爲には澤山の熱を要するが，この新しく加はつた水蒸氣の熱容量は空氣のそれに比して無視出來る程小さいと考へる．このやうな考への下に兩風洞を通る空氣の溫度上昇を計算すると

濕風洞 (1) では

$$t_1-t=\frac{Q_1-V_1mL}{V_1C\rho} \tag{7}$$

乾風洞 (2) では

$$t_2-t=\frac{Q_2}{V_2C\rho} \tag{8}$$

の如くなる．豫め霧のない空氣で兩風洞の溫度が等しくなるやうに V_1, V_2 を調節して置くと (8) より

$$\frac{Q_1}{V_1}=\frac{Q_2}{V_2} \tag{9}$$

なる關係となる．よつて (7), (8), (9) を用ひて霧のある時の兩風洞の溫度差 t_2-t_1 を求めると

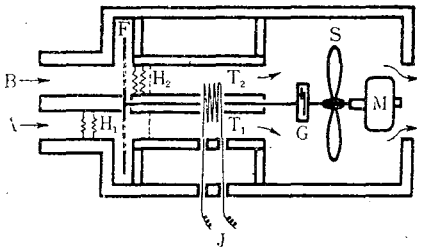
$$m=(t_2-t_1)\frac{C\rho}{L} \tag{10}$$

となつて，霧水量は溫度差に比例するといふ簡單な關係が出て來る．10°C で濕度が 100% の空氣では $C\rho/L$ は約 0.5 g/°C m³ であるから，普通の霧水量 0.5 g/m³ の程度では約 1°C の溫

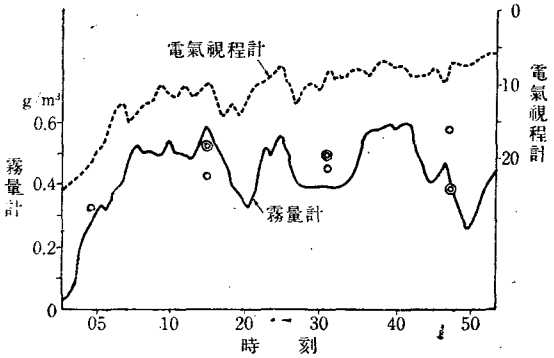
（1） 井上，鈴木： 溫度差式霧量計，低溫科學，第3輯に發表豫定．

度上昇があることになり，溫度測定に熱電堆を用ひれば充分實用になる方法である．

筆者が試作した霧量計の構造を第6圖に示す．Bは乾風洞で，吸入された空氣は廻轉するガーゼFによつて霧粒を除かれ電熱器 H_2 によつて溫められて測溫部 T_2 に入る．霧粒のついたガーゼの面は次第に廻轉してA風洞に入る．Aは濕風洞で空氣中の霧粒は電熱器 H_1 によつて全部蒸發する．このやうにして出來た熱氣は，更にB風洞でガーゼに附着したまま廻轉してA風洞に入つた霧水をも蒸發し去りそのまま測溫部 T_1 に入る．從つてA風洞の空氣中には實際の霧量の2倍のものが入り込む事になる．ガーゼはGの齒車によつて減速され通風器Sのついたモーター Mによつて廻轉される．又溫度差は銅とコンスタンタンで作られた熱電堆Jの兩接合部をそれぞれ T_1, T_2 に挿入して測る．この器械は未だ種々缺點があり，尙今後更に改良を加へる積りであるが，測定の一例として電氣視程計との同時記錄の結果を第7圖に示した．圖中の○印は吸收管法[1]によつて定めた霧水量，◎印は肉眼觀測による視程である．始めの方では電氣視程計と霧量計との大體の傾向は一致してゐるが終りの方ではよく合はない．然し必しも兩者が一致すべき理由はないので，兩者の違ひの方により大切な因子が含まれてゐるのかも知れない．肉眼視程はこの時もあまり正確には測れなかつた．



第 6 圖　溫度差式霧量計



第 7 圖　電氣視程計と霧量計の比較
◎肉眼視程　○吸收管法による霧水量

本研究を行ふに當り終始御懇篤なる御指導を賜つた中谷宇吉郎教授に謹んで感謝の意を捧ぐ．

（1）花島政人：低溫科學，第3輯に發表豫定．

低溫科學第二輯（第一刷）正誤表

(頁)	(行)	(誤)	(正)
目次	20	福島	福富
3	12	α	αd
6	第6圖	5 cm	0.5 cm
〃	20	$kg/cm^{\frac{3}{}}$	$kg/cm^{\frac{3}{2}}$
24	22	相對溫度	相對濕度
26	第1表の5	<105	>105
27	4	寫眞 2	寫眞No.2
〃	10	〃 1	〃 No.1
〃	14	〃 3	〃 No.3
〃	19	F	下
〃	30	寫眞 4,5	寫眞No.4,5
28	4	Tc	Ta
〃	5	Tc	Ta
〃	23	寫眞 6,7,8	寫眞No.6,7,8
〃	29	〃 8	〃 No.8
29	2	〃 9,10,11	〃 No.9,10,11
34	10	鐵線があるが	鐵線であるが
59	第13圖	−•−細土含有量	−•−粘土含有量
〃	〃	−×−粘土含有量	−×−細土含有量
70	24	b c	b : c
71	3	寫眞No.1	寫眞No.12
〃	3	〃 No.2	〃 No.22,13
〃	16	〃 No.1	〃 No.21,12
74	6	第2圖(A)	〃 No.14
〃	〃	〃 (B)	〃 No.15
〃	〃	〃 (C)	〃 No.16
〃	8	寫眞 (A)	〃 No.14
〃	10	寫眞 (B)	〃 No.15
〃	18	〃 (C)	〃 No.16
〃	20	〃 (A)	〃 No 14
75	9	第4圖(D)及(E)	〃 No.17,No.18
〃	11	寫眞 (D)	〃 No.17
〃	12	〃 (E)	〃 No.18
77	脚註3	Seron	Screen
80	11	$\int_0^\infty \varphi(r)d^2(r)p\tau$	$\int_0^\infty \varphi(r)p^2(r)d\tau$
88	10	寫眞 1	寫眞No.19
〃	20	〃 2	〃 No.20
89	1	〃 3	〃 No.21
〃	3	〃 4	〃 No.22
〃	12	〃 5	〃 No.23
〃	〃	〃 6	〃 No.24
〃	14	〃 4	〃 No 22
〃	22	〃 7	〃 No.25
〃	27	〃 8	〃 No.26
〃	28	〃 9	〃 No.27
90	3	〃 12	〃 No.30
〃	10	〃 8	〃 No.26
〃	11	〃 11	〃 No.29
〃	12	〃 9	〃 No.27

(頁)	(行)	(誤)	(正)
90	13	寫眞 12	寫眞No.30
94	28	〃 7	〃 No.25
99	16	示すと	みると
〃	〃	寫眞No.1の如く	トル
〃	22,23	寫眞1に見られる	トル
100	2	寫眞と同樣に	トル
101	27,28	寫眞No.2に示す樣に	トル
101,102	30,1	寫眞に示す如く	トル
102	13	第1表及び寫眞No.2を	第1表を
108	26	寫眞 1	寫眞No.31
〃	29	〃 4	〃 No.34
109	3	〃 4	〃 No.34
〃	〃	〃 5	〃 No.35
〃	20	〃 2	〃 No.32
112	3	〃 3	〃 No.33
113	17	〃 6	〃 No.36
〃	18	〃 7	〃 No.37
〃	29	〃 8	〃 No.38
115	27	〃 9	〃 No.39
116	4	〃 9	〃 No.39
120	13	$1.0\times10^{-7}V$	$1.0\times10^{-2}V$
121	7	30cm	130cm
128	14	3m	4.8m
136	第1表の1	左右對線	左右對稱
142	1	打點式によつて	自記的に
159	6	Ag	Aq
164	25	$\Delta lg > tw$	$\Delta' g > \Delta tw$
166	27	0.001N	0.001/N
171	3	9術	6年
〃	16	$\frac{Tt}{Ta}Vt$	$\frac{Ta}{Tt}Vt$
172	2	$R\text{-}I=\frac{e}{e_{sat}}100$	$RH=\frac{e}{esat}100$
〃	22	a), b)	寫眞No.40, No.41
174	第3表	相對溫度	相對濕度
180	6	*B.nap s*	*B.napus*
181	2	*Faphanobras-sica*	*Raphanobras-sica*
182	4	*Horde m*	*Hordeum*
183	13	*nap s*	*napus*
244	19	單位生殖	單爲生殖
248	15,16	溫度氏はでも	溫度でも
〃	16	伺松島	伺松島氏は
252	13	Sthwarkinowa	Schkwarnikow
257	6	寫眞1—5	寫眞No.56の1—5
259	8	寫眞4—5	寫眞No.56の4—5
260	6	〃 6	〃 No.56の6