

# 雨水の電氣量に就いて(第一報)

菊池繁雄

## I 緒言

雨滴は多くの場合正又は負に荷電してゐる。此電荷を測定する事は雨雲内に於ける電氣的過程に関する知見を得、更に雨滴成因の機構をも闡明し得る重要な手段である。殊に近時注目せられてゐる雷雲内の電氣的分布及び其電氣量に関する探究に於いては電場測定と共に有力な一手段である。翻つて空中電氣學に於ける最も重要な問題たる地球表面の負電荷保持に關しては、晴天時の傳導電流、雷雨時の落雷電流及び地球電場内に於ける尖端放電電流と相待つて亦極めて重要な役割を有する。

雨水電荷測定の重要性は既に 1860 年 W. Thomson<sup>(1)</sup>に依つて指摘せられ、J. Elster-H. Geitel<sup>(2)</sup>に依つて初めて測定せられて以來 H. Gerdien<sup>(3)</sup>、P. Lenard<sup>(4)</sup>、K. Kähler<sup>(5)</sup>、H. Benndorf<sup>(6)</sup>、G. C. Simpson<sup>(7)</sup>、F. Schindelbauer<sup>(8)</sup>、M. A. Baldit<sup>(9)</sup>、McClelland-J. J. Nolan<sup>(10)</sup>、G. Berndt<sup>(11)</sup>、P. Gschwend<sup>(12)</sup>、S. K. Banerji<sup>(13)</sup>、F. J. Scrase<sup>(14)</sup>、能登及武田<sup>(15)</sup>等に依つて數多く測定されてゐるが、多くは比較的短期間であり且他の要素との並行觀測が殆ど無い爲に以上の諸問題に關して未だ十分な成果が擧つてをらない。

筆者は昭和 16 年 2 月以來電位傾度及び尖端放電電流との並行觀測を續行してゐるが今回昨夏迄の整理がついたので序報として報告する。今後は更に大氣電氣傳導度、イオン數測定、表面電荷

(1) W. Thomson; Manchester Proc. Lit. Phil. Soc., Oct. 18, 1859.

(2) J. Elster and H. Geitel; Met. ZS. 5, 95~100, 1868.

(3) H. Gerdien; Phys. ZS. 4, 837~842, 1903.

(4) P. Lenard; W. Ann. d. phys. und Chem. XLVI, 584-636, 1892.

(5) K. Kähler; Met. ZS. 39, 293-298, 1922.

(6) H. Benndorf; S. B. Akad. Wiss, Wien 119, 89-100, 1910.

(7) G. C. Simpson; Phil. Trans. 209, 379-413, 1909; Proc. R.S.A. 82, 169-172, 1909.

(8) F. Schindelbauer; Phys. ZS. 14, 1292-1296, 1913.

(9) M. A. Baldit; C. R. 152, 807-809, 1911.

(10) McClelland and J. J. Nolan; Proc. R. I. Acad. 29, 81-91, 1912; 30, 61-71, 1912.

(11) G. Berndt; Winter. phys. ZS. 13, 151-152, 1912.

(12) P. Gschwend; J. b. Radioakt und Elektronik 17, 62-79, 1920.

(13) S. K. Banerji; Nature, 150, 998-999, 1932; Quart. Jour. 64, 293-299, 1938.

(14) F. J. Scrase; Geophys. Mem. No. 75, 1-20, 1938.

(15) 能登, 武田; 日本天文. 地球物理學會, 12, 219-235, 1934.

の観測と共に雨水に関する物理的化學的性質即ち形状、大いさ、落下速度、雨滴分布、傳導度、溫度、放射能、成分等に就いて逐次調査測定を実施する豫定である。

雨水の電荷は降雨種類に依つて著るしく異なるもので、低氣壓性又は不連続線性の長雨は弱く、驟雨、雷雨に於いては其變化烈しく且電荷も非常に大きい。今回の期間に於いては殆ど前者の結果のみなので、其等について報告する。

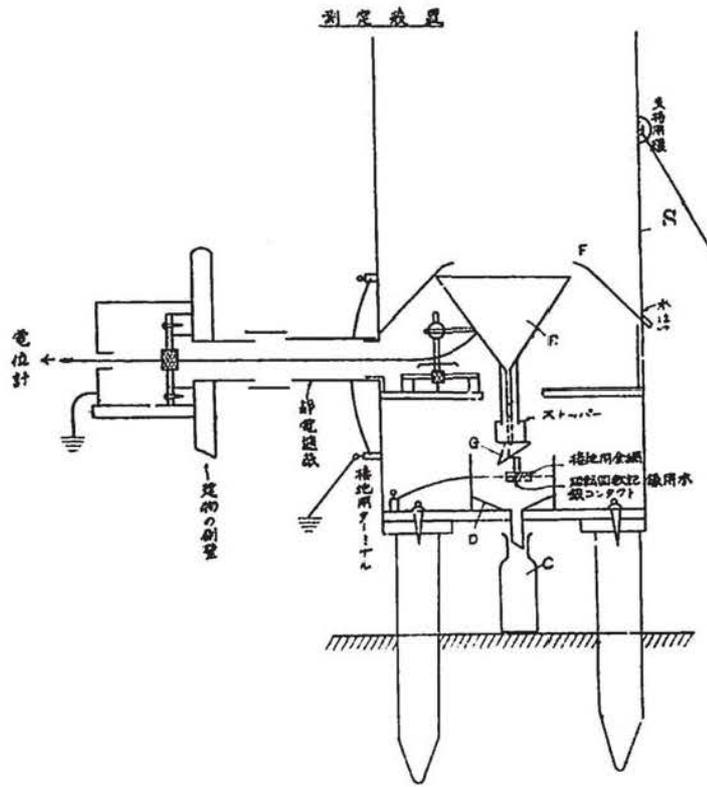
II 測定装置

此装置は當所横内幸雄氏が設計製作され、其後筆者が多少改良したが、第1圖に示す様に受水用漏斗R、雨量柵G、靜電遮蔽筒S、電位計の4部より成る。

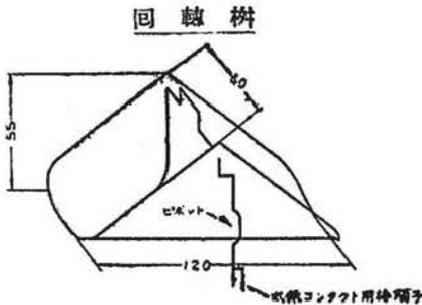
Rはトタン製の漏斗で上端直徑21cm、深さ15cmである。漏斗は其略中腹より水平に腕を出しスタンド支持される。スタンド基底はアムプロイド圓板で絶縁され、炭素電球で電熱乾燥して絶縁を良好にした。尙電球は銅製金網で包み、コードはシールド線を用ひて交流に依る誘導を防止した。

雨量柵Gは銅製で第2圖の如き回転柵である。之は漏斗Rの底穴よりの流出管に取付けた支持器に依り支へ

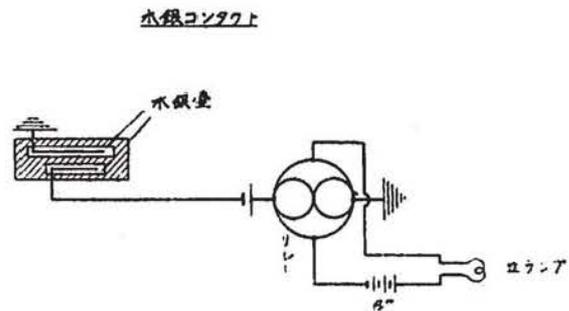
第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖



られ、前後に回轉する。柵の底は丸型にして良く磨き、流水後水滴の殘溜するのを防止した。柵は 10 cc, 20 cc, 30 cc の三種類製作し、降雨の強度に應じて適宜使用した。

漏斗に捕へられた電荷は柵が廻轉の際第 3 圖の如き水銀 スキツチの動作に依つて接地され同時に豆電球を點じて記録紙の側邊に刻點を印畫せしめた。

漏斗及び柵はトタン圓筒  $S$  で包み、外部電場より遮蔽した。 $S$  は直徑 45 cm, 深さ 90 cm で上端より深さ 53 cm の所に第二の遮蔽圓板  $F$  を取付け、 $F$  の中央には直徑 19 cm の穴を明けた。 $S$  を建物側壁より 170 cm 離れた木臺上に据付け、更に圖版 1 の如き各邊 1.5 米の立方形銅鍍金網で包み遮蔽に萬全を期した。之は亦建物軒端に於ける雨水の飛沫の侵入を防止するのに役立つ。(圖版第 1 参照)

導線は漏斗に直接固定し、建物側壁の内側で一旦緊張して電位計に連結した。電位計は初め Dolezalek 型を使用したが無きもなく理研製單纖維電位計に改め好結果を得た。

漏斗、雨量柵及び電位計の全装置の容量は 72 極である。

電位計感度は通常の降雨に際しては大體 0.1~0.5 V/mm, 雷雨及驟雨に際しては 1~10 V/mm 程度で良い。尙感度の變更は第 4 圖の如き補助電壓切換裝置を考案して記録室外と於て容易に且安全に變更し得る。

記録は臭素紙上に印畫せしめ通常程度の降雨時には 4 時間 1 回轉、豪雨及び雷雨時には 2 時間 1 回轉の自記時計を用ひた。時刻は 10 分毎に別の光源に依り重ねて印畫せしめ、相隣る刻時間隔は前者に於ては 13 耗、後者に於ては 25 耗とした。第 6, 第 7 圖に記録の一例を示す

此装置に於ては  $S$  及び  $F$  の上端に於ける雨滴分裂に依る電荷發生の爲の誤差を考へられるが、遮蔽の状態よりして、電場は極めて弱いので先づ問題は無いと思はれる。

尙強風時に雨水の採取が可成り妨げられる缺點がある。自記雨量計に依る雨量の同時比較をしてみたら通常では約 20% 位少い様である。

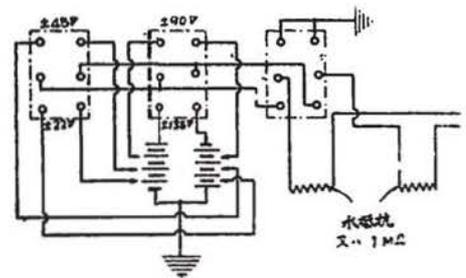
### III 観測結果

(1) 整理、記録せられるものは電位の變化であり、之より電荷は次式に依つて計算した。今單位體積毎に  $q$  の電荷を有する雨水が柵の一回轉迄に  $m$  立方極溜つて、電位計が  $V$  なる電位を示すときは

$$q = \frac{CV}{m} \quad C: \text{全装置の静電容量}$$

第 4 圖

電位計の補助電壓切換裝置



実際には幾分の電気漏洩があるので、漏洩を考に入れると

$$C \frac{dV}{dt} = qm - \alpha CV$$

之を  $t=0$ , のとき  $V=0$ ,  $t=T$  のとき  $V=V$  条件で積分すると

$$q = \frac{CV}{m} \cdot \frac{1+\alpha T}{T} \dots\dots\dots (1)$$

$\alpha$  は漏洩係数で観測前後に測定する。  $T$  は柵が一回轉する迄の時間(分)である。

次に柵が一回轉する間に於ける平均の降雨電流の強さは次式で求まる。第二の遮蔽板  $F$  の穴の面積を  $a$  とすると電流  $i$  は

$$i = \frac{mq}{T} \cdot \frac{1}{a} \cdot \frac{1}{60} \cdot \frac{1}{3 \times 10^9} \text{ Amp/cm}^2.$$

$a=283 \text{ cm}^2$  であるから

$$i = 2 \times \frac{mq}{T} \times 10^{-14} \text{ Amp/cm}^2. \dots\dots\dots (2)$$

## (2) 降雨別による電荷量

上記 (1) 及び (2) 式を用ひて、柵の回轉毎に  $q$  及  $i$  を計算し、一回の降雨について統計して第 1 表及び第 2 表を作つた。

表中  $N$  は柵の總回轉數、 $T$  は観測總時間、 $M$  は總雨量、 $m$  は毎分の降雨量で降雨強度を表はす。 $Q$  は捕へた總電気量である。尙第 1 表は表日本を東進する低氣壓に依る降雨であり、第 2 表は不連続線性降雨である。雷雨も 2, 3 あつたが資料が少ないので次回にゆづる事にした。

第 1 表より低氣壓性降雨に於いては、1cc 毎の荷電量は大體 0.08 e.s.u./cc. で正の最大は 0.5 e.s.u./cc. 負の最大は 0.1 e.s.u./cc. 程度であり、電流の強さは平均  $2.5 \times 10^{-15}$  Amp/cm<sup>2</sup>. で正電流の最大は  $3 \times 10^{-14}$ , 負電流の最大は  $6 \times 10^{-14}$  程度である。負の観測時間は正の其の約 1/10 で、零電荷は約 1/3 あつた。負のもたらされた電気量は僅か 3% に過ぎず正の降雨が壓倒的に多い。個々の電荷量  $q$  についても正電荷の方が倍近く大きい。之は能登、武田氏の結果と同じ傾向で、Scarase 其他の結果とは反對である。即ち我國の低氣壓性降雨に於いては殆ど正に荷電してゐるのではないかと思はれる。第 3 表に之等を比較列記する。

第 2 表に於ては 5 月 26-27, 6 月 28 日を除いた他のものはすべて不連続線に發生せる比較的短時間の驟雨で負の雨も可成りあつた。殊に 6 月 3 日では  $q$  の平均は 8.8 e.s.u./cc, 最大は 23.5 e.s.u./cc,  $i$  の平均は  $2.4 \times 10^{-13}$  Amp/cm<sup>2</sup> 最大は  $6 \times 10^{-13}$  Amp/cm<sup>2</sup> で非常に大きい。正の雨と負の雨とを比較してみると負の雨がずつと多くなつてゐる。

尙兩表中 5 月 26-27 日, 6 月 11, 6 月 28 日の 3 回は梅雨性で之等の電荷は普通の降雨より

第 1 表 低気圧性降雨に於ける電荷量

降雨日	符号	回数 (N)	時間 (T) 分	雨量 (M) cc	毎分の雨量 (m) cc/min	総電氣量 (Q) e-su	單位體積當りの電氣量 (q) e.su/cc				單位面積當りの電流の強さ (i) Amp/cm <sup>2</sup>				
							最大	時刻	最小	時刻	最大	時刻	最小	時刻	
2月19日 (10.7-14.9-15.7) (1分)	+	38	686	370	1.0	26.4	10 <sup>-3</sup> 7.14	10 <sup>-1</sup> 1.81	—	10 <sup>-3</sup> 1.02	—	10 <sup>-16</sup> 7.7	10 <sup>-16</sup> 1.7	時刻	
2月28日 (10.9-16.39)	+	18	285	167	0.8	13.6	7.08	1.45	11 <sup>h</sup> 19-25	4.08	36-53	15.5	4.58	11 <sup>h</sup> 19-25	10 <sup>h</sup> 14-51
3月7日 (10.9-16.39)	+	13	232	124	0.8	6.6	4.65	—	—	—	—	8.2	—	—	—
	+	1	10	—	—	0.2	—	—	—	—	—	3.2	—	—	—
	+	3	81	30	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	+	17	323	154	0.8	6.4	4.65	1.26	10 <sup>h</sup> 09-42	-0.16	09-42	7.9	1.29	11 <sup>h</sup> 12 <sup>h</sup> 53-01	10 <sup>h</sup> 09-42
3月14日 (9.18-16.40)	+	34	347	291	1.3	20.4	6.96	—	—	—	—	21.2	—	—	—
	+	5	66	35	1.0	2.0	5.27	2.16	11 <sup>h</sup> 16-20	-14.9	14 <sup>h</sup> 15 <sup>h</sup> 41-28	7.5	9.21	11 <sup>h</sup> 07-11	11 <sup>h</sup> 28-32
	+	89	413	326	1.3	18.4	5.64	1.53	15 <sup>h</sup> 00-22	1.83	08 <sup>h</sup> 47-57	12.8	3.18	15 <sup>h</sup> 30-36	15 <sup>h</sup> 16 <sup>h</sup> 42-22
3月18日 (8.45-20.5)	+	13	174	127	1.6	5.8	4.47	—	—	—	—	15.3	—	—	—
	+	57	581	555	1.1	32.3	5.96	—	—	—	—	4.2	—	—	—
3月23日 (19.49-07.32)	+	8	80	28	0.6	1.3	3.41	1.90	06 <sup>h</sup> 43-49	-6.80	20 <sup>h</sup> 15-51	14.7	10.1	06 <sup>h</sup> 43-49	20 <sup>h</sup> 30-51
	+	65	661	583	1.0	31.0	5.47	—	—	—	—	16.5	—	—	—
4月6日 (9.07-11.41)	+	5	109	26	0.4	6.1	20.6	3.24	9 <sup>h</sup> 10 <sup>h</sup> 56-11	3.93	10 <sup>h</sup> 11-39	13.2	-3.22	10 <sup>h</sup> 11-17	10 <sup>h</sup> 17-39
	+	1	22	—	—	0.8	—	—	—	—	—	25.1	—	—	—
	+	6	131	26	0.4	5.3	20.6	—	—	—	—	4.4	—	—	—
5月12日 (23.58-14.47)	+	37	449	263	0.9	39.9	14.9	>3.22	07 <sup>h</sup> 31-41	-0.87	01 <sup>h</sup> 20 <sup>h</sup> 24-00	19.0	7.28	13 <sup>h</sup> 14 <sup>h</sup> 55-20	09 <sup>h</sup> 23-27
	+	8	73	8	0.1	1.7	0.87	—	—	—	—	98.9	—	—	—
	+	45	522	271	0.9	38.2	14.4	—	—	—	—	6.1	—	—	—
5月17日 (8.45-20.05)	+	95	447	732	2.4	120.1	15.9	—	—	—	—	92.9	—	—	—
	+	2	8	—	—	0.3	—	—	—	—	—	6.1	—	—	—
	+	4	103	31	0.4	—	—	4.27	17 <sup>h</sup> 30-33	0.01	02-09	92.9	32.0	10 <sup>h</sup> 21-23	10 <sup>h</sup> 21-23
	+	101	558	763	2.4	119.8	15.3	—	—	—	—	69.5	—	—	—
5月23日 (06.39-08.08)	+	13	50	104	2.8	12.2	12.1	2.36	6 <sup>h</sup> 39-41	3.85	07 <sup>h</sup> 12-17	69.5	14.4	6 <sup>h</sup> 39-41	7 <sup>h</sup> 8 <sup>h</sup> 50-8
	+	27	185	215	1.6	6.4	2.91	—	—	—	—	9.8	—	—	—
5月24日	+	5	132	37	0.7	2.3	4.45	—	—	—	—	10.6	—	—	—
5月25日 (22.18-16.43)	+	15	522	132	0.4	—	—	0.77	6 <sup>h</sup> 28-32	-13.3	11 <sup>h</sup> 39-46	—	2.60	07 <sup>h</sup> 45-47	11 <sup>h</sup> 39-46
	+	47	839	384	1.5	4.1	1.21	—	—	—	—	4.5	—	—	—
6月5日	+	49	419	611	2.8	50.0	8.01	—	—	—	—	47.2	—	—	—
6月6日 (22.25-08.10)	+	1	3	—	—	1.0	—	4.75	6 <sup>h</sup> 7 <sup>h</sup> 45-20	1.72	5 <sup>h</sup> 17-29	62.6	24.3	07 <sup>h</sup> 58-59	08 <sup>h</sup> 01-04
	+	50	422	611	2.8	49.0	8.01	—	—	—	—	45.0	—	—	—
6月11日	+	19	150	186	0.8	0.6	0.35	—	—	—	—	1.1	—	—	—
6月12日 (13.15-17.13)	+	14	570	202	0.4	—	—	0.08	18 <sup>h</sup> 42-51	0.00	17 <sup>h</sup> 40-53	—	0.4	05 <sup>h</sup> 12-16	0.00
	+	88	720	388	0.6	0.6	0.17	—	—	—	—	0.6	—	—	—
平均	+	418	4114	3771	—	340.4	8.05	—	—	—	—	26.8	—	—	—
	+	31	394	108	—	9.5	4.67	—	—	—	—	13.3	—	—	—
	+	38	1276	395	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	+	487	5784	4274	—	330.9	8.17	—	—	—	—	24.7	—	—	—

第2表 不連続線性降雨に於ける電荷量

降雨日	符號	時間 (T) 分	雨量 (M) cc	毎分の 雨量 (m)	總電氣 量 (Q) e.s.u	回数 (N)	單位體積當りの電氣量 (q) e.s.u./cc					單位面積毎の電流の強さ (i) Amp/cm <sup>2</sup>					
							q	最大 時刻	最小 時刻	時刻	i	最大 時刻	最小 時刻	時刻			
															時刻	時刻	時刻
5月15日 (19.24分-21.58分)	+	63.6	64	3.7	6.64	9	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-15</sup>	10 <sup>-15</sup>					
	-	11.1	11	1.0	0.47	2	7.17			19 <sup>h</sup>	3.49					19 <sup>h</sup>	
	計	74.7	75	3.3	6.17	11	8.94	1.44	35-36	21 <sup>h</sup>	0.81	7.18	21 <sup>h</sup>	34-35	21 <sup>h</sup>	24-30	24-30
5月18日 (17.43-23.03)	+	42.9	65	3.3	7.89	10	10.17				5.61						
	-	48.5	23	0.8	2.80	3	8.10			22 <sup>h</sup>	1.57					22 <sup>h</sup>	
	計	91.4	98	1.9	5.09	14	8.01	2.11	23-30	21 <sup>h</sup>	3.95	15.6	23-26	21 <sup>h</sup>	17-28	17-28	
5月23日 (20.52-21.35)	+	15.3	6	2.0	4.43	3	42.76				8.62						
	-	26.1	19	0.7	9.41	4	39.73			20 <sup>h</sup> 21 <sup>h</sup>	7.16					21 <sup>h</sup>	
	計	41.4	25	0.6	-4.98	7	-19.10	>4.28	01-03	20 <sup>h</sup> 01-03	-0.04	16.8	01-03	21 <sup>h</sup>	30-35	30-35	
5月26日 (20.49-04.34)	+	323.8	480	2.2	18.50	53	3.82				1.80						
	-	22.5	10	1.0	0.20	2	2.52				0.18						
	計	346.3	490	1.7	18.30	55	3.10	1.30	11-16	01 <sup>h</sup>	1.46	5.54	19-22	01 <sup>h</sup>	37-47	37-47	
6月3日 (19.27-19.47)	+	6.2	8	1.8	61.95	3	876.0				243.						
	-	9.0	7	0.8		1				19 <sup>h</sup>						19 <sup>h</sup>	
	計	15.2	15	1.5	61.95	4	876.0	235.0	32-34	19 <sup>h</sup>	243.	608.	32-34	19 <sup>h</sup>	34-43	34-43	
6月28日 (13.52-18.56)	+	185.6	76	0.6	1.95	10	2.15				0.24						
	-	21.7	34	0.3	0.70	2	1.69				0.09						
	計	207.3	110	0.5	1.25	12	1.30	0.40	18 <sup>h</sup> -19 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	0.12	0.46	22-39	14 <sup>h</sup>	20-24	20-24	
平均	+	631	699		39.4	85	13.2				3.95						
	-	202	87		13.6	16	11.2				1.96						
	計	833	786		53.0	101	24.4				5.91						

更に小く、零電荷が増加してゐる事は注意すべき點である。

(3) 降雨強度と電荷量

毎分の降雨量を 9 階級に分類して第 4, 第 5 表を作つた。先づ氣付く事は強度が >1.5cc/min になると零及び負電荷が無くなつてゐる。何れも正の雨は強度が 0.5~1.0 の範圍に最も多く降るが、電荷は最小である。負の雨は強度が 1.0 以下に多く降るが、電荷は此時が最も小さい様である。

第 3 表 地雨に於ける電氣量の比較

観測者	場所	集めた電氣量 e. s. u			cc あたり平均電氣量 e. s. u./cc		
		Q+	Q-	Q+/Q-	q+	q-	q+/q-
筆者 能登及武田 Scrase Gschwend Marwick	柿岡	340	9	28.	0.081	0.047	1.7
	東京(1934)	959	161	6.0	0.0042	0.0022	1.9
	Kew (1935-36)	999	697	1.4	0.43	1.24	0.4
	Freiburg (1919)	—	—	—	0.62	0.84	0.7
	New Zealand(1922)	—	—	—	0.044	—	—

第 4 表 降雨強度と電荷量(低氣壓性降雨)

降雨強度 cc/分	集めた雨量 (M) cc				集めた電氣量 e. s. u. (Q)			cc 當りの平均の 電氣量 (q) e. s. u./cc			單位面積當りの 電流の強さ Amp/cm <sup>2</sup>		
	M <sub>0</sub>	M <sub>+</sub>	M <sub>-</sub>	M <sub>+/M-</sub>	Q <sub>+</sub>	Q <sub>-</sub>	Q <sub>+/Q-</sub>	q <sub>+</sub>	q <sub>-</sub>	q <sub>+/q-</sub>	i <sub>+</sub>	i <sub>-</sub>	i <sub>+/i-</sub>
<0.5	150	450	26	17.3	42.70	1.91	22.4	10 <sup>-2</sup> 9.43	10 <sup>-2</sup> 8.38	1.13	10 <sup>-15</sup> 0.87	16 <sup>-15</sup> 0.29	3.00
0.5-1.0	102	753	26	29.0	48.54	2.50	19.4	6.52	1.95	3.50	1.09	0.28	3.89
1.0-1.5	11	854	19	44.9	58.54	0.45	130.0	7.24	2.34	3.09	1.80	0.59	3.06
1.5-2.0	—	581	—	—	53.31	—	—	10.20	—	—	3.41	—	—
2.0-2.5	—	279	—	—	20.88	—	—	8.22	—	—	3.70	—	—
2.5-3.0	—	197	—	—	20.47	—	—	12.47	—	—	6.23	—	—
3.0-4.0	—	208	—	—	32.45	—	—	15.26	—	—	10.11	—	—
4.0-5.0	—	117	—	—	19.16	—	—	17.00	—	—	12.96	—	—
>5.0	—	49	—	—	12.38	—	—	21.95	—	—	37.02	—	—

第 5 表 降雨強度と電荷量(不連続線性)

降雨強度 cc/分	集めた雨量 (M) cc				集めた電氣量 (Q) e. s. u.			cc 當りの平均の 電氣量 (q) e. s. u./cc			單位面積當りの 電流の強さ (i) Amp/cm <sup>2</sup>		
	M <sub>0</sub>	M <sub>+</sub>	M <sub>-</sub>	M <sub>+/M-</sub>	Q <sub>+</sub>	Q <sub>-</sub>	Q <sub>+/Q-</sub>	q <sub>+</sub>	q <sub>-</sub>	q <sub>+/q-</sub>	i <sub>+</sub>	i <sub>-</sub>	i <sub>+/i-</sub>
<0.5	39	65	24	2.71	4.81	0.78	6.16	10 <sup>-2</sup> 5.12	10 <sup>-2</sup> 3.27	1.57	10 <sup>-15</sup> 0.48	10 <sup>-15</sup> 0.14	3.43
0.5-1.0	39	92	24	3.83	2.15	1.57	1.37	2.05	5.66	0.36	0.31	0.39	0.80
1.0-1.5	19	43	8	5.04	0.73	0.37	1.97	1.78	4.42	0.40	0.52	1.22	0.43
1.5-2.0	—	134	—	—	6.66	—	—	5.22	—	—	1.52	—	—
2.0-2.5	—	138	—	—	5.46	—	—	3.95	—	—	1.81	—	—
2.5-3.0	—	75	—	—	3.79	—	—	4.28	—	—	2.39	—	—
3.0-4.0	—	50	—	—	6.03	—	—	11.80	—	—	8.17	—	—
4.0-5.0	—	25	—	—	1.34	—	—	5.42	—	—	2.67	—	—
>5.0	—	45	—	—	2.31	—	—	5.38	—	—	8.02	—	—

何れにしても降雨の多い場合に電荷が小さい事は注意すべき点である。

#### (4) 電位傾度との関係

雨の電荷符號と電位傾度との相關は Simpson 其他の人達に依つて比較されてゐる。其に依ると降雨中の電位傾度は負變化が多く、負の電位傾度の時は正の雨が良く降るが、正の場合は著しい傾向が見られない。且電位傾度の大きさと雨の荷電量との間には決つた相關は無い様である。

筆者は低氣壓性並びに不連続性地雨について此關係を調べた。即ち柵の一回轉毎に電位傾度の平均値を求め一つの降雨に就いて其符號別に統計した。結果は第 6 表、第 7 表に示す、表中  $N$  は比較した柵の回轉數、 $\sigma$  は毎分單位面積内に與へられる雨の電気量、 $\sigma'$  は  $\frac{\partial V}{\partial h} = -4\pi\sigma'$  を満足するものとして電位傾度より計算した表面電荷である。

表より分る様に地雨に於いては電位傾度と雨の電荷とは符號が大體逆の相關にあり、且電位傾度が増大すると電荷も大くなる事が云へる。之は Simpson 其他の結果と同様である。斯様な逆相關に關する論議は將來資料の集積を待つ事にして今此所では觸れない事にする。尙今回の様な觀測裝置では漏斗に於けるレナード効果が幾分影響してゐるが Simpson 及 Scrase の裝置に於けると同程度であらうと考へられる。之については第 2 報に於て論及する心積である。

第 6 表 電位傾度と荷電量(低氣壓性降雨)

観測月日	計	回数 $N$	電位傾度 V/m	雨による荷電量 $\sigma$ e.s.u./cm <sup>2</sup> min	表面電荷 $\sigma'$
2 月 19 日	52	52	-141	10 <sup>-4</sup> +2.02	10 <sup>-4</sup> +6.26
		15	-168	+1.16	+3.08
3 7	16	1	+54	+0.65	-1.43
			-154	+1.09	+4.09
3 14	32	28	-227	+2.63	+6.05
		4	+86	-0.33	-2.28
3 18	13	13	-188	+2.20	+4.99
			-237	+1.57	+6.29
3 23 24	49	46	-190	+1.66	+5.04
		3	+69	-0.17	-1.83
4 6	4		-174	+1.48	+4.62
			-202	+1.29	+5.36
5 17	96	93	-930	+18.00	+24.68
		3	+402	+0.40	-10.67
5 23	12	12	-888	+17.42	+23.57
			-949	+13.55	+25.19
5 24 25	39	20	-279	+1.38	+7.40
		19	+29	+0.13	-0.77
6 11 12	23		-229	+0.81	+6.08
		18	-195	+0.13	+5.18
		5	+26	+0.04	-0.69
			-141	+0.07	+3.74

第7表 電位傾度と荷電量(不連続線性降雨)

観測月日	計	回数	電位傾度 V/m	雨による荷電量 $\sigma$ e.s.u./cm <sup>2</sup> min	表面電荷 $\sigma'$ e.s.u./cm <sup>2</sup>
5月15日	11	5	-367	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup>
		6	+341	+8.43	+9.74
			+16	+1.92	-9.04
5月18日	14	10	+1172	+4.88	-0.42
		4	-1191	+7.20	+31.1
			-497	+5.15	-31.6
5月23日	7	1	-1490	+9.27	+13.2
		6	+1140	+2.90	+39.5
			+764	-1.31	-30.2
5月26日 27日	64	53	-277	-0.72	-20.3
		11	+44	+3.03	+7.35
			-222	+0.07	-1.17
6月3日	4	4	-98	+2.52	+6.69
				+3.28	+2.6
6月28日	15	9	-32	+0.38	+0.85
		6	+38	-0.03	-1.01
			-4	+0.15	+0.11

#### IV 結 び

昭和16年2月より雨水電荷の観測を開始し、今尙繼續中であるが夏迄の結果を序報として報告する。

低氣壓性の普通の雨に於ける單位體積毎の電荷は正負共に0.1 e.s.u./cc内外で大きくとも0.5 e.s.u./ccである。單位面積毎の電流の強さは $10^{-14} \sim 10^{-15}$  Amp/cm<sup>2</sup>である。而して正の雨が非常に多い。

不連続性の地雨は低氣性と同様であるが、之に伴ふ驟雨に於いては負の雨も可成り多く、電荷は1 e.s.u./cc以上で20 e.s.u./cc位のもある。電流の強さは $10^{-13}$  Amp/cm<sup>2</sup>程度である。

梅雨の電荷は普通の地雨より大分小さい様である。

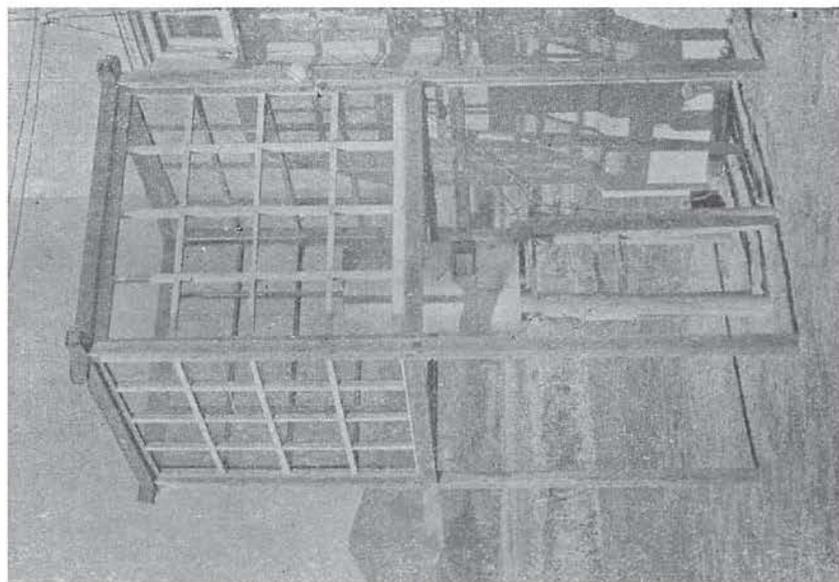
降雨強度に對する電荷の變化は雨量が>1.5 cc/minになると零及負の雨が無くなる。微雨は比較的電荷が大きく、雨量が0.5~1.5 cc/minで最小となり以後増加の傾向がある。

電位傾度と雨の電荷とは符號が逆相關にあり、電位傾度が増加すると電荷も大きくなる様である。

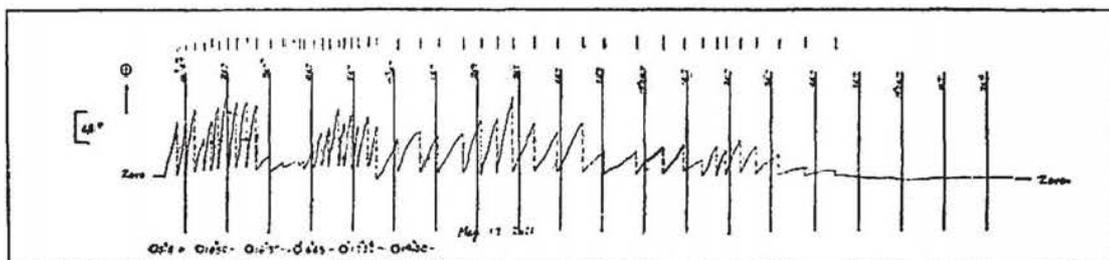
終りに臨み此觀測の機会をお許し下さつた今道所長並に、測器を設計製作して下さい下さつた横内幸雄技手に對しては衷心より謝意を表する。

(昭和17年9月)

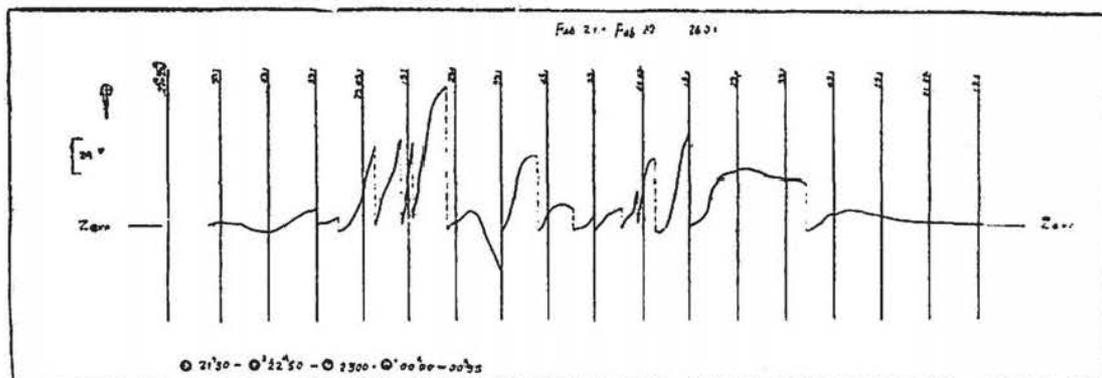
第5圖 装置全寫眞



第6圖



第7圖



# Memoirs of the Kakioka Magnetic Observatory

Vol. IV, No. 2. June, 2603 (1943)

## Abstract of Memoirs

---

### On the Electricity on Rain (part I)

By S. KIKUTI.

Since Feb. 2601, the writer has carried out a measurement of the electricity on rain. As the first report we investigate the data from Feb. to Aug. of this year.

In ordinary rainfalls accompanied by atmospheric depression, the charge of both signs is about 0.1 e.s.u. per c.c. and not exceeds 0.5 e.s.u. per c.c. The current density due to the rainfall of this kind is in range from  $10^{-12}$  to  $10^{-10}$  amp. per square cm. Positively charged rains occur more frequently compared with negative ones.

In showers accompanied by fronts, the charge amounts over 1.0 e.s.u. and it occurs rarely more than 20 e.s.u. per c.c. The current density of this case is the order of  $10^{-10}$  amp. per square cm.

The charge observed in rainy season is about 0.01 e.s.u. per c.c. and smaller than that of ordinary rainfalls.

When rainfall exceeds 1.5 c.c. per min., zero or negative charge is so slightly that we can not observed it, while positive charge shows a lower value in rainfall from 0.5 to 1.5 c.c. per min. and when it exceeds 1.5 c.c. per min., the charge tends to increase with rainfall.

As to the relation with the potential gradient, it is a predominant tendency in our case that the negative potential is exclusively accompanied by positively charged rain, while in the foreign countries the negative charge is also observed.

---

### On the Mechanical Collector

By M. MISAKI.

In summer of 2601, two kinds of mechanical collectors designed by Mr. Y. Yokouti were installed at this observatory. Their constructions and some observed data are reported.

In the first type, the shielding plate is rotated over the two insulated plates which take the surface charge proportional to the existing earth's field when they are exposed. On the contrary, the insulated plate of the second type rotates under the fixed shielding which has two apertures. The former is shown in Fig. 1, and the latter in Fig. 7.

---

## On the Atmospheric Potential Gradient at the Top of the Hill, "Kakioka Fujiyama"

By S. KIKUTI.

From Nov. 2600 to Mar. 2601, the writer carried out a measurement of the potential gradient near the earth's surface at the top of the hill so-called "Fujiyama". The observing point is located about 1 km. southward from this observatory. This hill stands alone at somewhat south from the center of the Kakioka basin. The top of the hill is flat and forms the circular ground about 30 m. in diameter, surrounded with pine trees excepting for northside, their height being nearly equal to the level of the top. The observing point is at an elevation of 128 m. above the sea level and about 100 m. higher than this observatory.

As the measuring apparatus, a Benndorff's selfrecording electrometer was used with a radio thorium collector which was apart 103 cm. from the wall and 198 cm. above the ground. Its reduction factor to a flat place is 1.23. On the other hand, at this observatory a water dropper collector is used which is 135 cm. apart from the wall and 200 cm. above the ground. Its reduction factor is 1.32.

From the results of the simultaneous observations we obtained, as an average value, 186.5 V/m at the hill and 150.5 V/m at this observatory. The former is 1.29 times as large as the latter, but the hourly ratios between them change considerably and the average ratio from 11 h to 16 h is 1.65.

It must be noticed that the value of the morning maximum at the hill is rather smaller than that at this observatory.

The diurnal variation in a fine weather shows the double maxima-type at both places, but there are some differences as below mentioned;

- (1) The amplitude at the hill is smaller than that at this observatory, that is, in the latter the morning maximum develops predominantly than evening maximum, while in the former these maxima being nearly equal.
- (2) The time of maximum in the morning at the hill is tending to retard about one hour than that at this observatory, while the evening maximum occurs almost the same time at both places.

Such differences may be attributed to those of the meteorological conditions at both places, especially to that the reversed state in the atmosphere near the top of the hill breaks earlier than that at this observatory.

The writer also discussed the diurnal variations on cloudy days and the potential variations during rainfalls.

---

## The Earth's Magnetism and Earthquake (I)

By T. YOSIMATU.

(1) The world-wide distribution of the so-called foci of the secular variation of the earth's magnetism is well related to that of the land and ocean, and a more close investigation, considering the distribution of the principal earthquake zones, suggests a possible cause of these secular variations due to the induction by the present general field.

(2) The annual means of both horizontal and vertical intensities at the Kakioka and Toyohara Magnetic Observatories are statistically investigated from the point of view that some of local magnetic disturbances in the vicinity of the active crustal deformation should be expected to relate to the occurrence of earthquakes. The result obtained is just so that the general investigation of the secular variation must be attacked at first from this consideration.

---

On the Eruptive Solar Prominence on Mar. 4, 2603, and  
the Group of the Sun-Spot, No. 2832.

By T. OSAWA.

Some observed facts are reported on a moderate but eruptive prominence appeared on the east limb of the sun disk and the associated sunspot, including their possible effects upon the earth's magnetic activity.

---

A Report of some Solar Measurements during the  
Solar Eclipse, of Feb. 5, 2603.

By T. OSAWA

On the occasion of the total solar eclipse, a photographic measurement of the time of the end of the eclipse and others are reported. The error of the present photographic method is probably within the limit of two seconds of time.

---