

日立がいし汚損検出装置

Contamination Detector for Porcelain Insulator

岩瀬 秋 義* 加 藤 清 次** 井 上 利 夫***
Akiyoshi Iwase Seiji Katō Toshio Inoue

内 容 梗 概

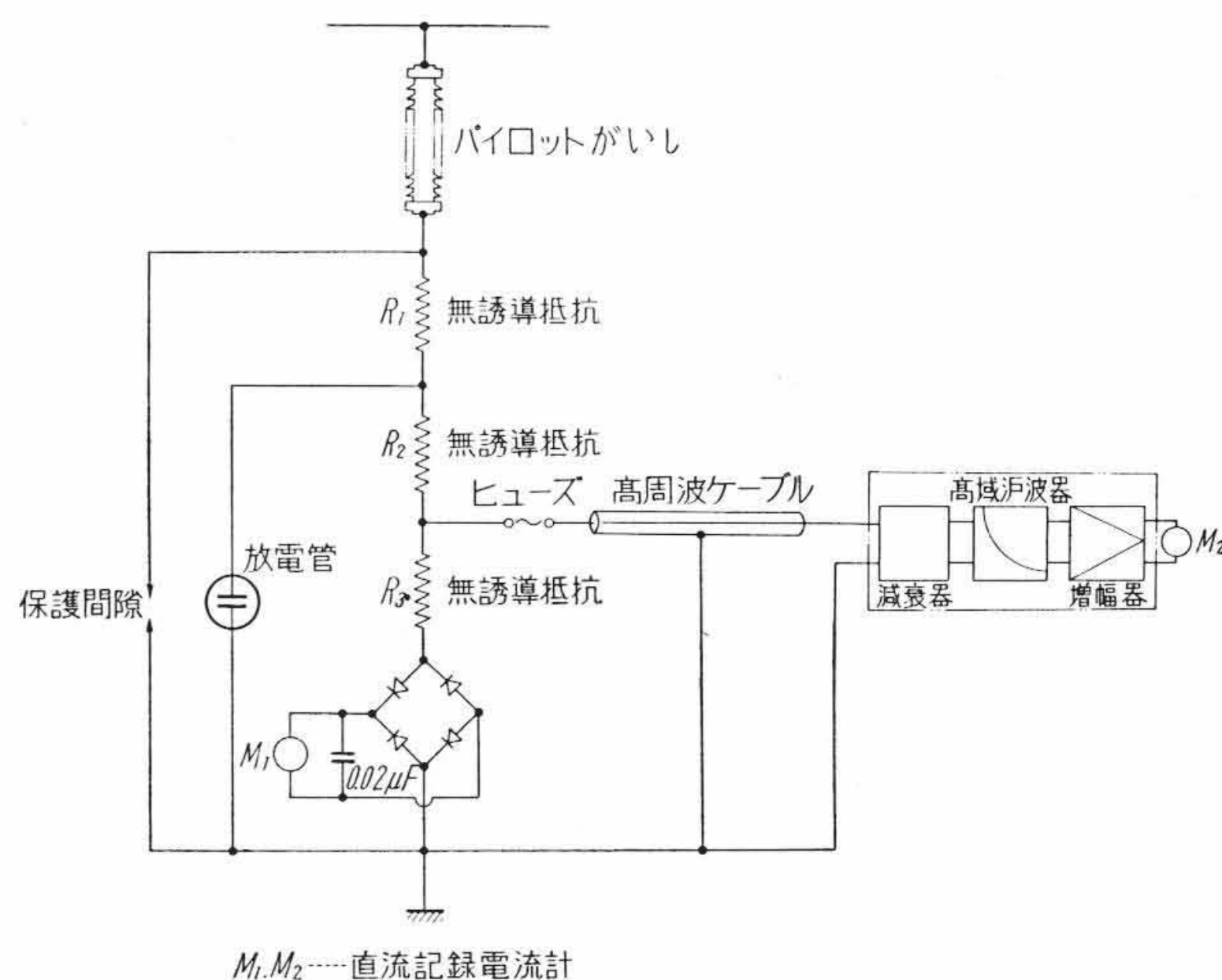
日立製作所では、がいし汚損検出装置を開発し、九州電力株式会社大村発電所に納入した。これはパイロットがいしのコロナ電流および漏えい電流を測定し、その指示によって汚損度を判別するもので、せん絡値に対して安全率を考えた管理限界を決めることができ、注水洗浄装置と併用した場合保守の合理化を計ることができる。

1. 緒 言

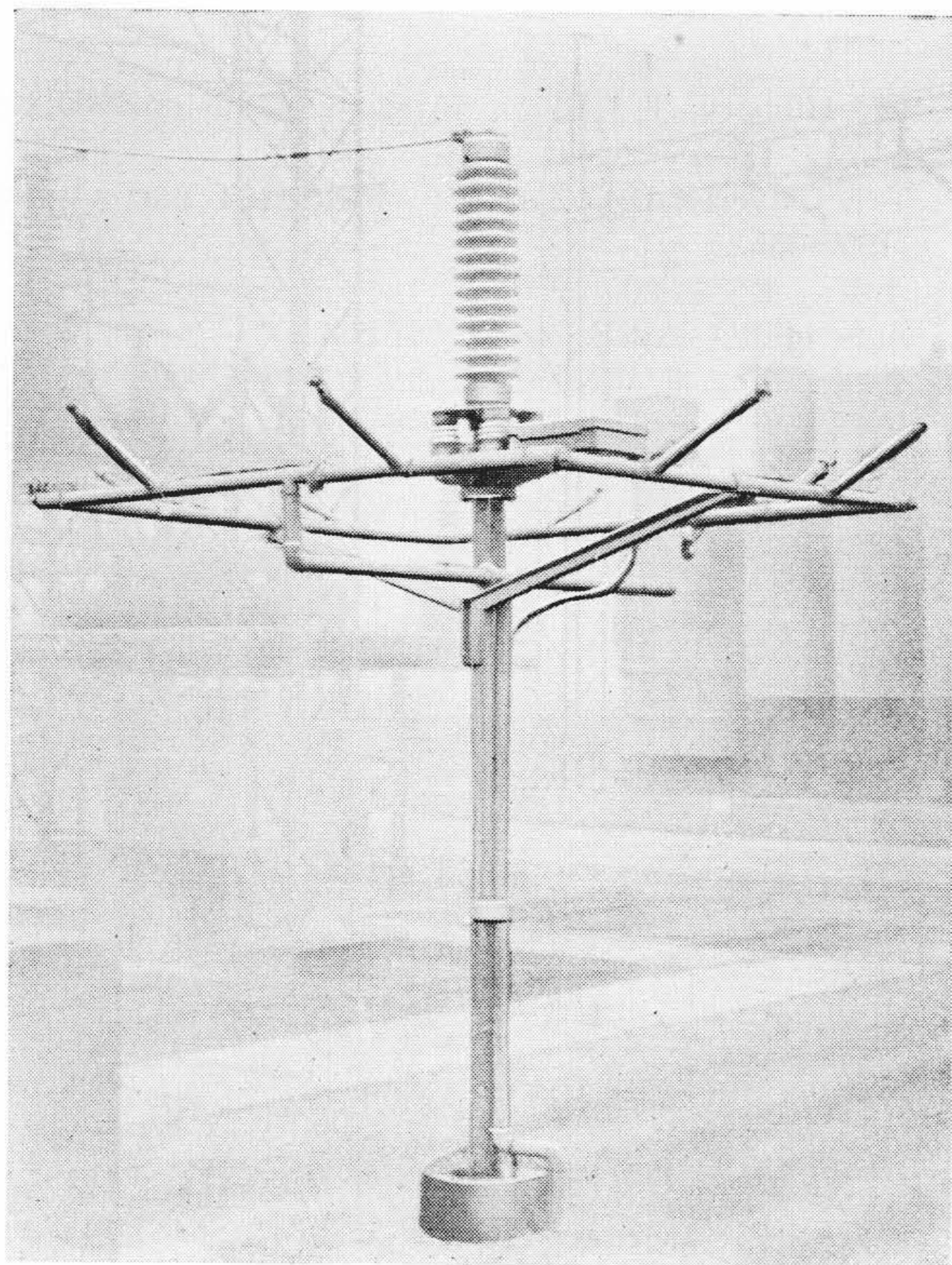
近年各種がいし汚損時の絶縁劣化について関心が高まり、注水洗浄そのほかの対策が考慮されるようになった^{(1)~(3)}。これらの対策の一環として、常時その汚損状態を正確につかむことが管理上必要であるが、パイロットがいしを設け随時線路から切離し、表面汚損物を落して分析することは時間と労力を必要として、台風時のように短時間で塩害をうけ汚損するような場合は、事実上測定ができない場合が多い。このため系統電圧を印加したまま常時汚損状態を検出できる装置が要望されていた。日立製作所ではこの目的に沿ったがいし汚損検出装置⁽⁴⁾を開発し、今回九州電力株式会社大村発電所に納入し好結果を得ている。以下検出装置の概要、測定結果、汚損と絶縁耐力の関係などについて説明する。

2. 検出装置の構造

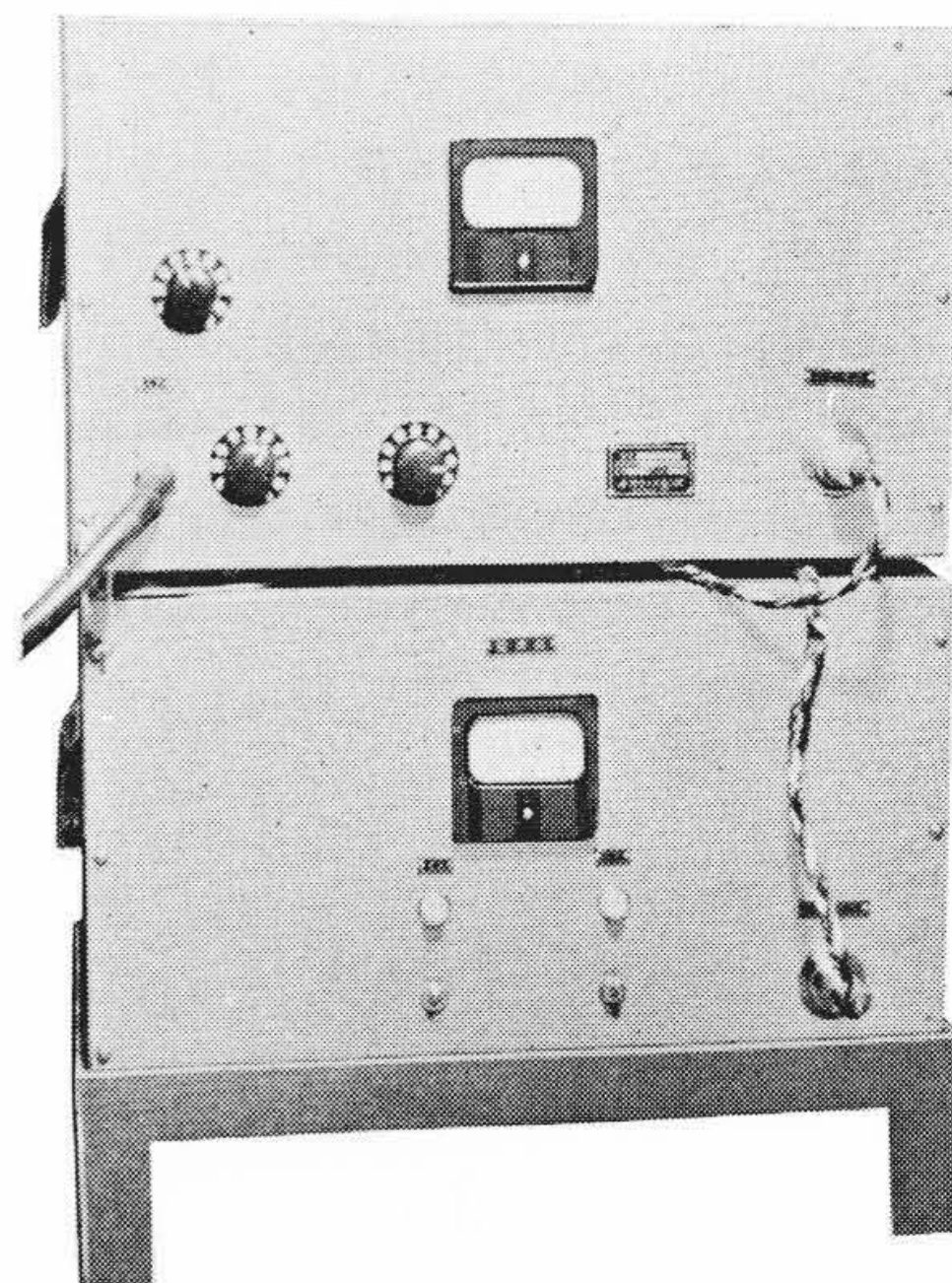
本装置は第1図および第2図に示すとおりパイロットがいし、測定装置および記録装置からなる。パイロットがいしには常時運転電



第2図 が い し 汚 損 検 出 回 路



第1図 パイロットがいし



第3図 増幅器および電源部

圧が印加されており、がいしの汚損量に応じた電流が流れ、これを増幅し整流して記録するものである。この電流の大きさにより汚損量を判定するのであるが、電流波形には商用周波成分の電流（以下漏えい電流と呼ぶ）と、高周波成分（以下コロナ電流と呼ぶ）がある。この2種の電流を個別に測定することにより、がいし表面の汚損量とその分布状態が判明し、せん絡電圧を正確に推定することができる。

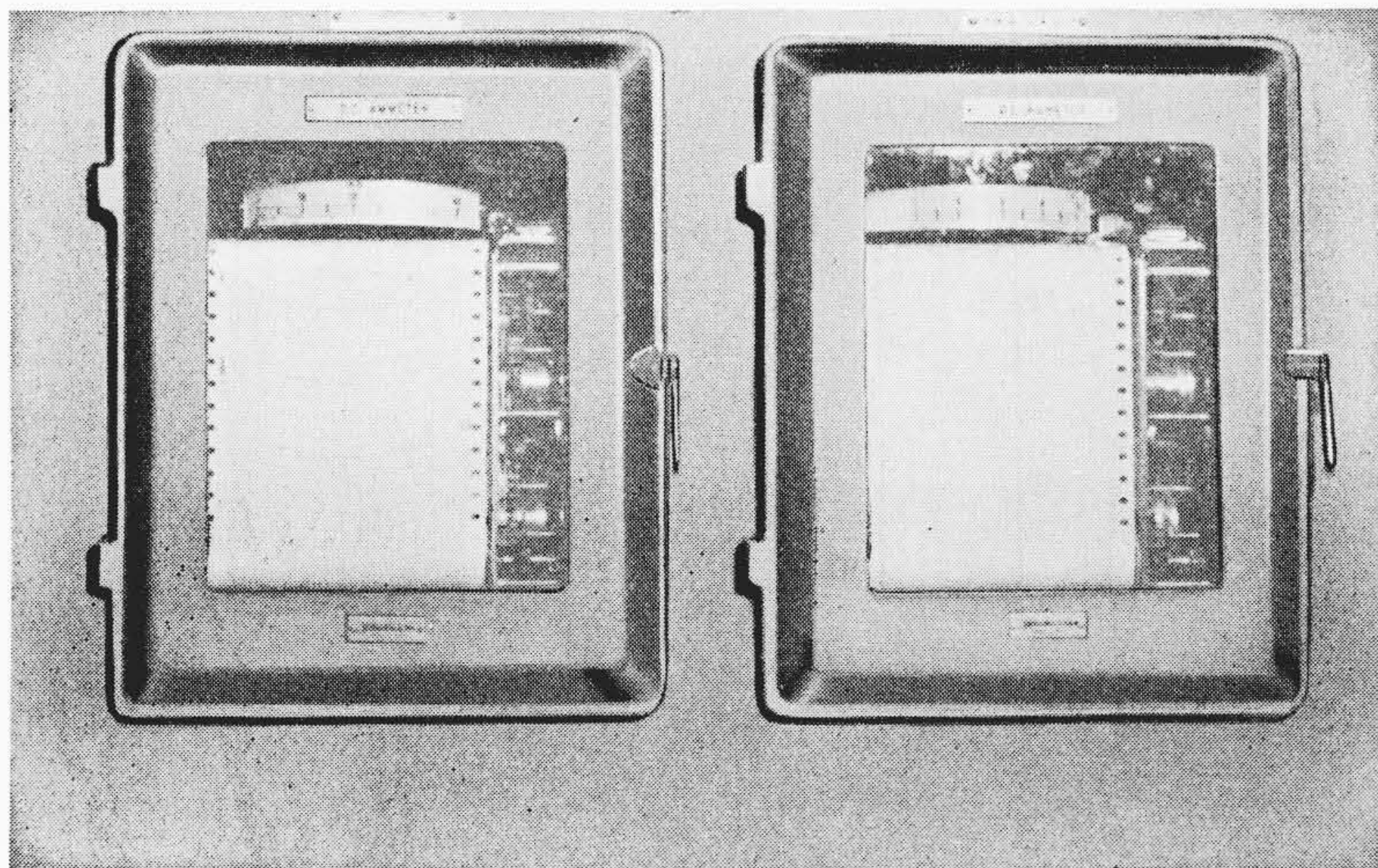
2.1 パイロットがいし

パイロットがいしは変電所内に設置された機器と同一の支持がい

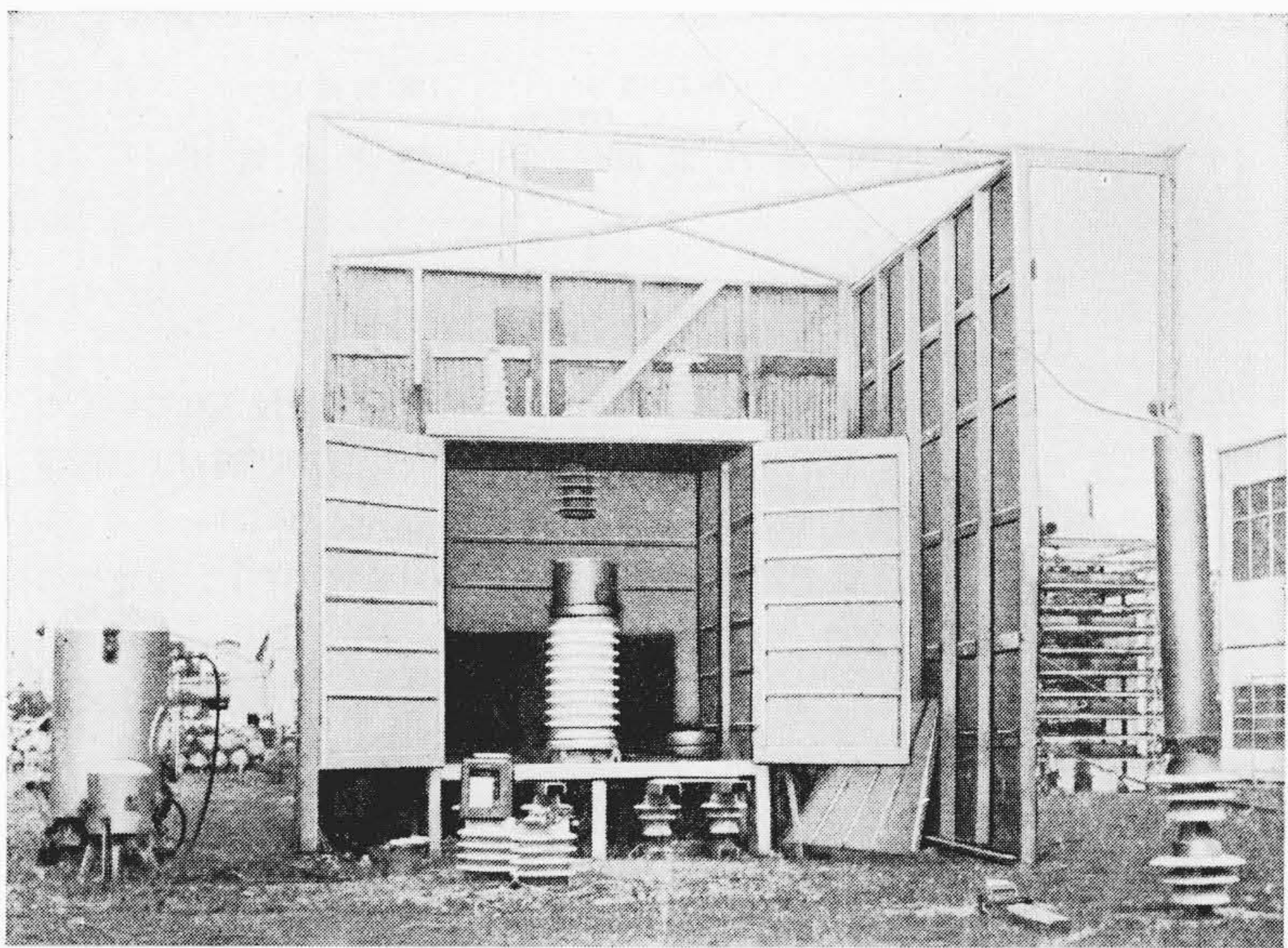
* 九州電力株式会社大村発電所

** 日立製作所国分工場

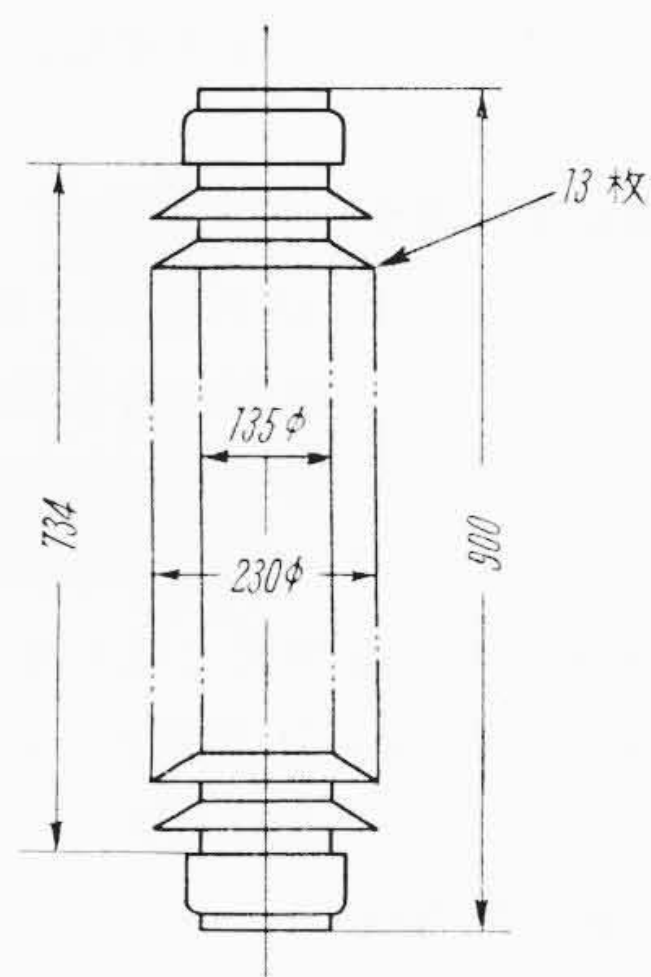
*** 日立製作所日立研究所



(左コロナ電流用, 右漏えい電流用)
第4図 記録電流計



第5図 霧室の外観



第6図 80.5 kV ラップがいし寸法図

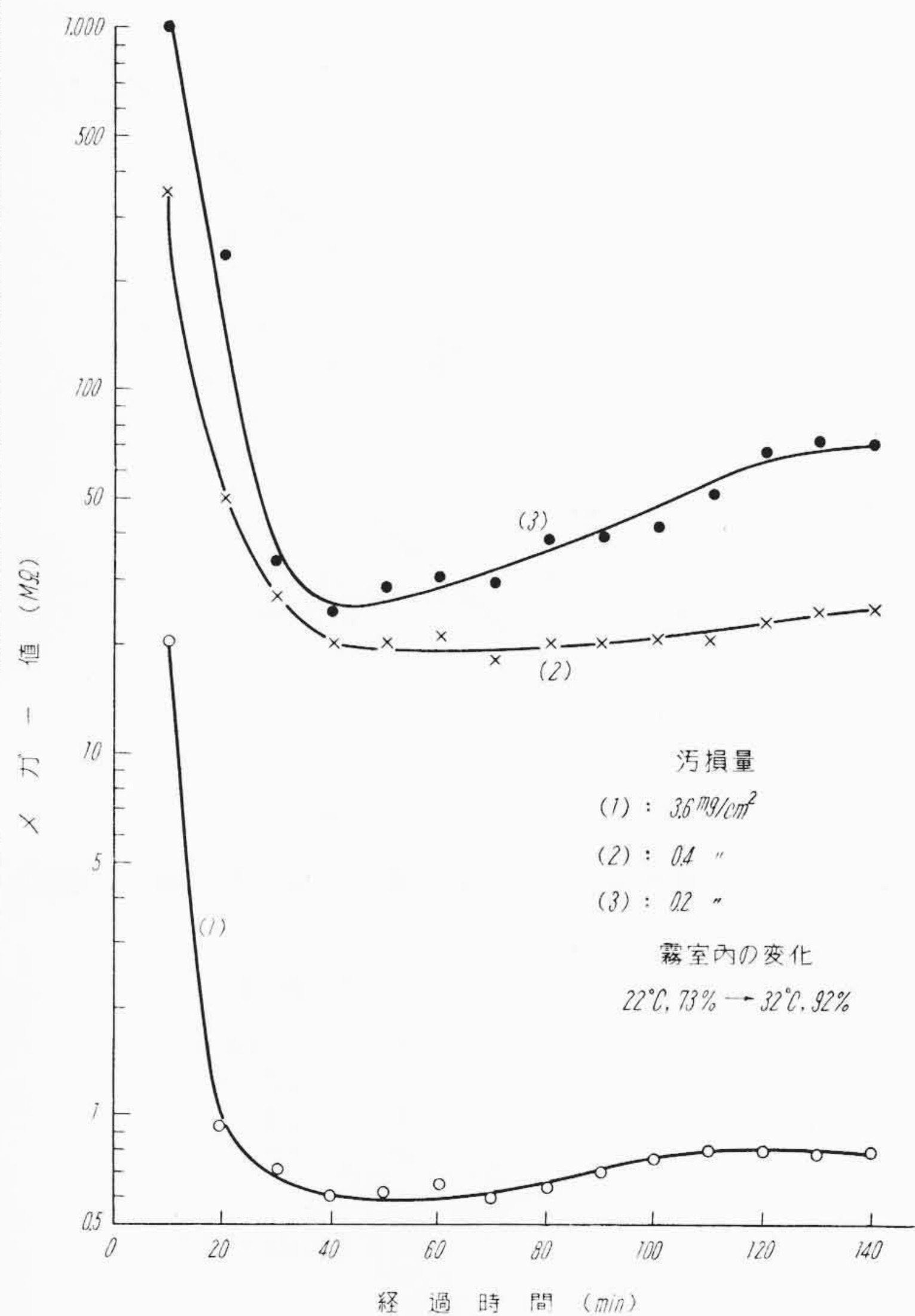
しを使用し、使用時と汚損状態が変わらないようにした。

2.2 測定装置

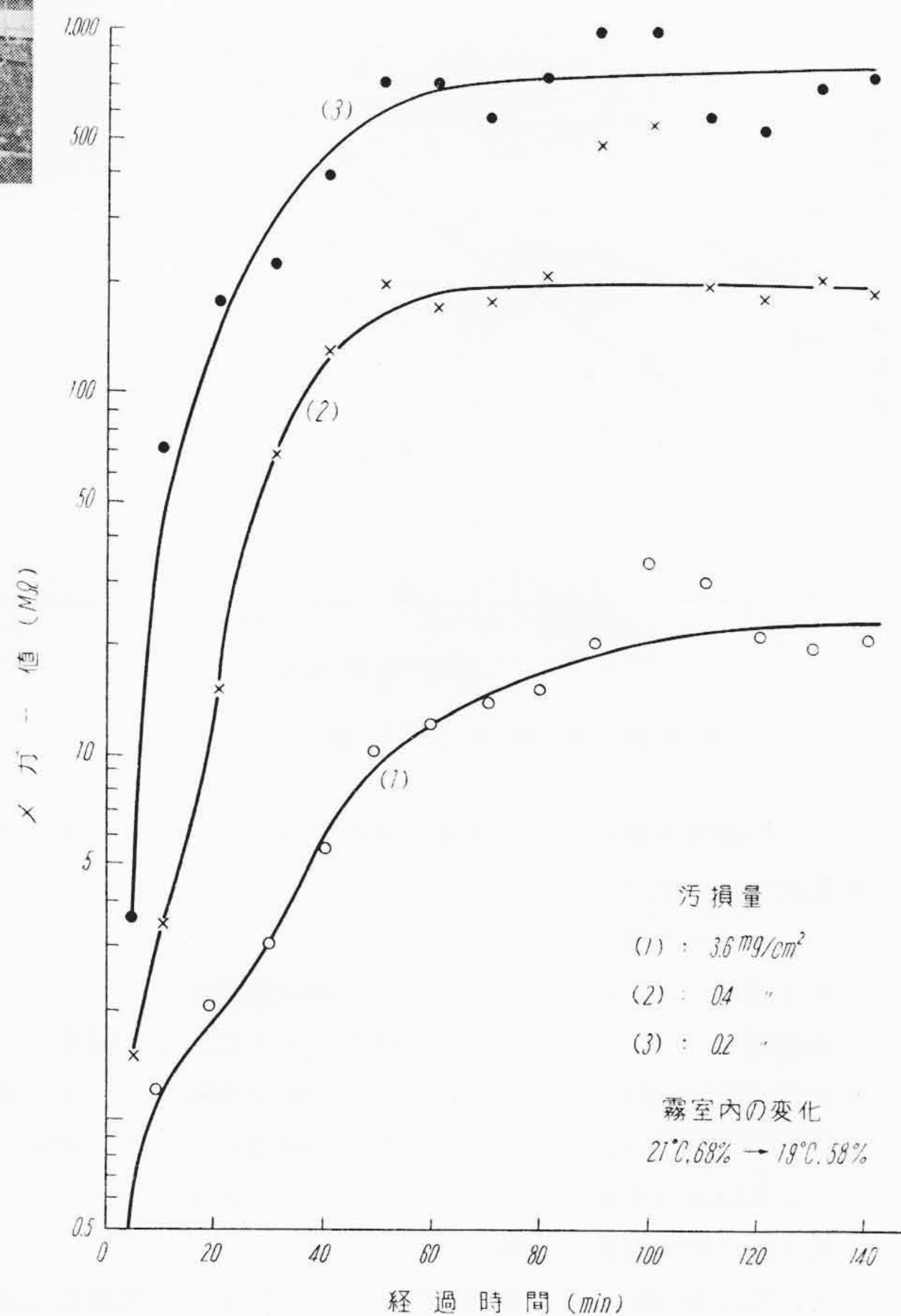
測定装置は漏えい電流の商用周波成分を測定する装置と、コロナ電流測定装置および保護装置からなっている。

(a) 漏えい電流の測定

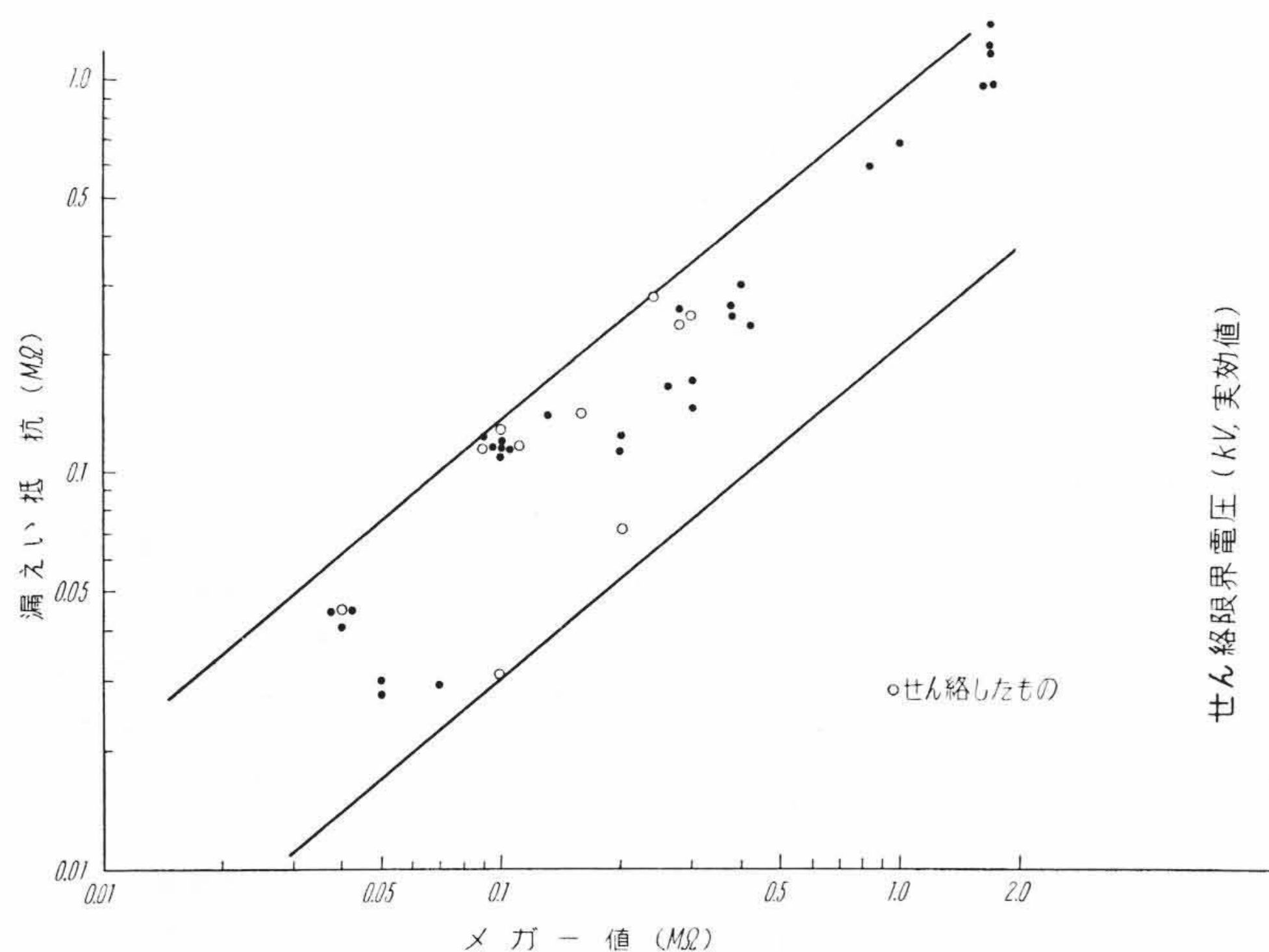
第2図に示すようにがいし面を流れる電流をセレン整流器で全波整流し、記録電流計で測定する。コロナのようなパルス電流は、



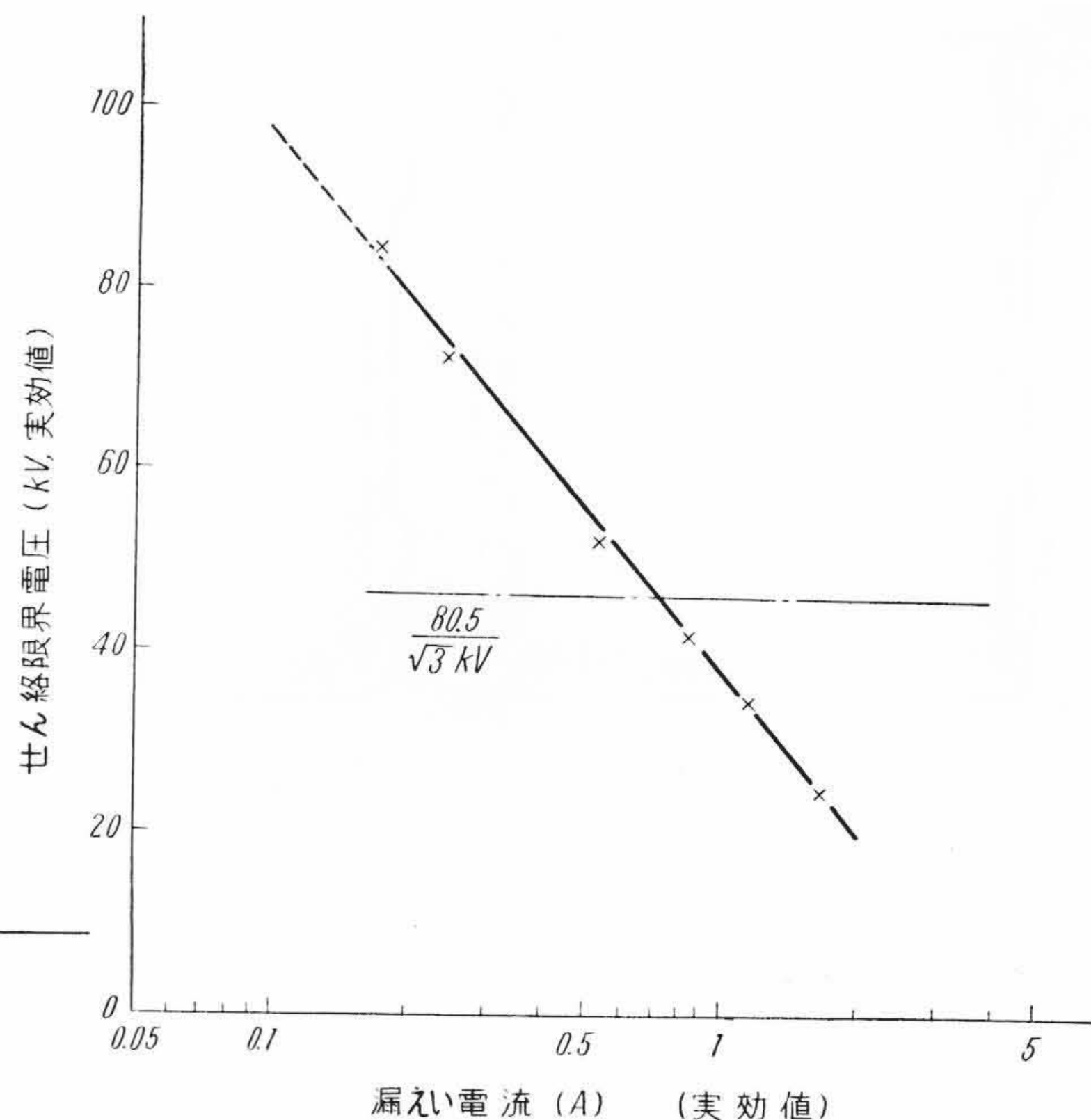
第7図 霧室内でのメガ値の変化



第8図 霧室開放後のメガ値の変化



第 9 図 メガー値と電圧印加初期の漏えい抵抗

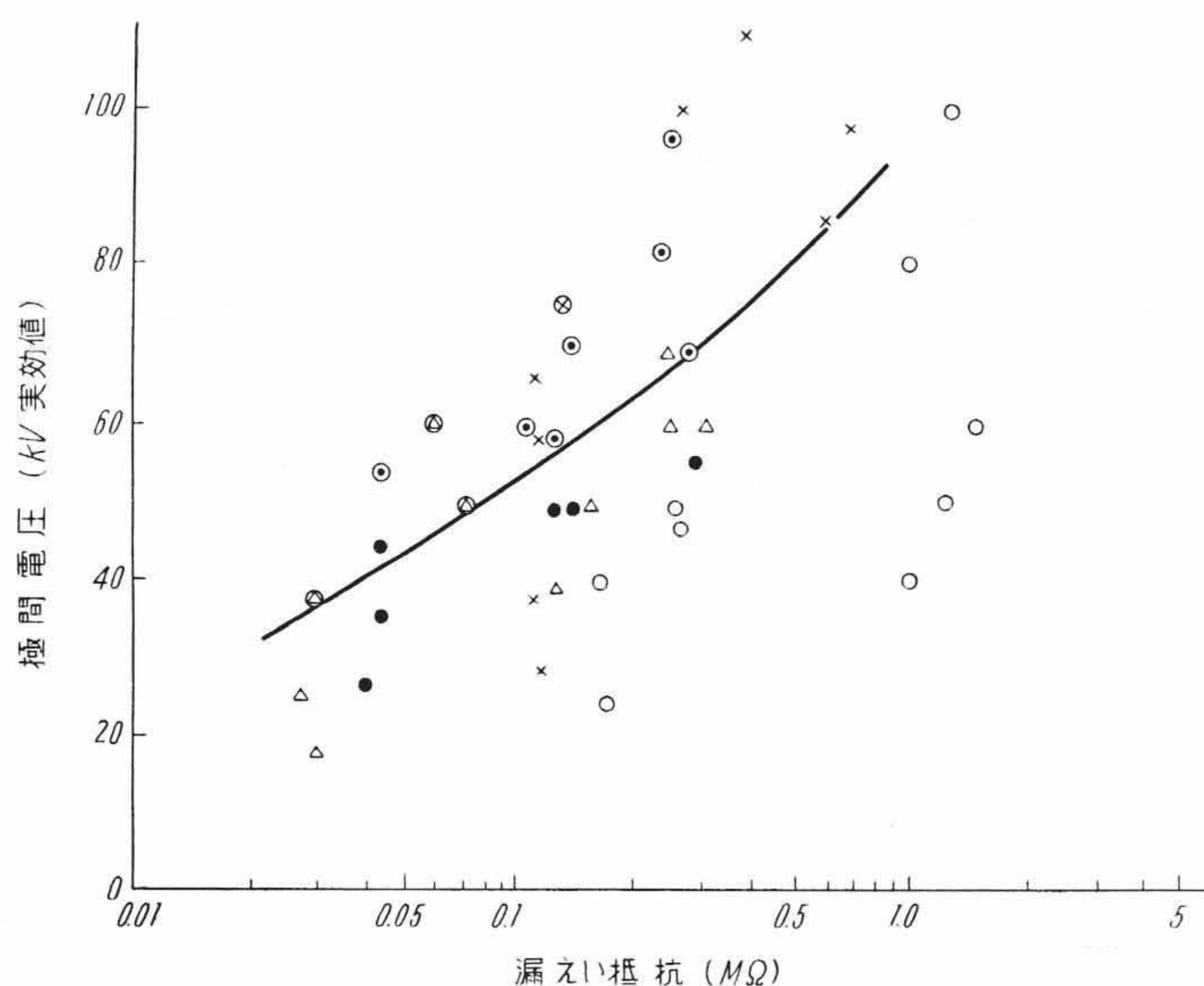


第 11 図 漏洩電流とせん絡限界電圧

汚 損 量

× 1.2 mg/cm²
 ○ 3.7 "
 ● 5.4 "
 △ 7.2 "

⊗ } せん絡した場合
 ⊙ }



第 10 図 極間電圧と漏えい抵抗

セレンの静電容量によって通過するのでほとんど現われず、商用周波成分が大部分である。

(b) コロナ電流の測定

第 2 図のがいしに直列につなかれた無誘導抵抗から分圧して、高周波同軸ケーブルによって導かれたコロナによる振動電圧は、減衰器、高域ろ波器を通り、10 kc 以下の成分を除かれ、また適当な波高値に減衰されて、パルスのみが増幅器にはいる。増幅されたパルスは出力変成器を通り、ゲルマニウムダイオードにより整流されて記録電流計を動作させる。

減衰器は 60 db までの粗調整用と、20 db までの密調整用がある。高域ろ波器は、L, C によるもので、3, 6, 10 kc の三つに切

換えることができる。

(C) 保護装置

これら測定装置はパイロットがいしと直列に接続されているので、万一がいしがせん絡した場合を考えて、保護間隔および放電管を第 2 図のように設置し、さらにケーブル入口にはヒューズをそう入した。保護間隔の放電電圧を 1,000 V に調整し、放電管の放電電圧は 200—300 V とした。

3. 汚損とせん絡電圧

検出装置によりがいしの汚損を判定するには、まず汚損量と吸湿量およびせん絡電圧の関係を明らかにする必要がある。このため第 5 図に示す試験用霧室を設け、80.5 kV ラップがいし (第 6 図) について、汚損量と吸湿時の絶縁抵抗およびせん絡電圧との関係について調査した。霧室は 15.6 m³ の大きさで、1 kW の電熱器 4 個を用い、6,000 cm² の表面積から水蒸気を蒸発させた。以下試験結果の概要について述べる。

3.1 吸湿量と汚損および漏えい抵抗の関係

供試がいしをそれぞれ 0.2, 0.4, 3.6 mg/cm² に汚損させて乾燥し、霧室中に 140 分間放置した場合、吸湿による漏えい抵抗の変化と経過時間との関係を第 7 図に示す。第 8 図は霧室のとびらを開放した場合の測定結果の一例を示す。この結果から漏えい抵抗は汚損量のほか吸湿量によっても顕著に変化することが明らかである。すなわち漏えい抵抗または漏えい電流から汚損などを判定するためには吸湿量を一定に保つ必要があることが知れる。

3.2 漏えい抵抗とせん絡電圧

がいしの汚損量を 1.2—7.2 mg/cm² の間変化させて、吸湿時のせん絡電圧を測定し、第 1 表に示す結果を得た。これによると漏えい電流より算出した漏えい抵抗と、1,000 V メガーにて測定した値との間には若干の相違を生じた。第 9 図はこの関係を示す。第 10 図は、第 1 表より漏えい抵抗とせん絡電圧の関係を整理したものである。第 11 図は漏えい電流とせん絡電圧の関係を示すもので、この図から明らかなように、汚損量にかかわらず、せん絡限界電圧は漏えい電流から判定できることが知れる。すなわちせん絡限界電圧と漏えい電流との間には直線的関係があり、これを実験式で示すと次式のようになる。

第1表 80.5 kV ラップがいしせん絡試験結果

汚損量 (mg/cm ²)	印加電圧 (kV)	絶縁抵抗 (メガ値 MΩ)		漏えい電流 波高値 (A)	漏えい抵抗 (kΩ)	極間電圧 (kV)	内絡の有無	温度 (℃)	湿度 (%)
		印加前	印加後						
1.2	30	0.1	—	0.35→0.35	116→116	28.8→28.8	なし	21.5	100
1.2	40	0.1	—	0.49→0.49	110→110	37.8→37.8	なし	21.5	100
1.2	50	0.1	—	0.56→0.7	118→99	46.5→46.5	なし		100
1.2	60	0.1	—	0.7→0.7	115→115	58→58	なし		100
1.2	70	0.1	—	0.84→0.73	113→128	66→66	なし		100
1.2	80	0.1	0.14	0.85→1.53→振切	128→70→せん絡	75→0.22	せん絡(15～)	22.5	100
1.2	90	0.84	—	0.2→0.1	610→1200	86→86	なし		85
1.2	100	1.0	—	0.2→0.1	700→1400	98→98	なし	19	85
1.2	100	0.28	—	0.55→0.1	260→1400	100→100	なし	21.5	100
1.2	110	—	0.33	0.55→0.1	285→1560	110→110	なし	21.5	100
3.7	30	0.30	—	0.2→0.23	170→147	24→24	なし	23	95
3.7	40	0.26	—	0.34→0.4	164→140	39.4→39.4	なし	23	100
3.7	50	0.38	—	0.25→0.28	266→250	47→49.5	なし	29	100
3.7	50	0.38	—	0.27→0.3	260→235	49.8→49.8	なし	30	100
3.7	40	1.7	—	0.056→0.056	1000→1000	40→40	なし	22	100
3.7	50	1.7	—	0.056→0.056	1250→1250	50→50	なし	25	100
3.7	60	1.7	—	0.056→0.056	1500→1500	60→60	なし	29	100
3.7	80	1.7	—	0.11→0.11	1000→1000	80→80	なし	30	100
3.7	100	1.7	—	0.11→0.11	1280→1280	100→100	なし	30	100
5.4	30	0.04	—	0.11→0.11	41→39	27→27	なし	20	95
5.4	40	0.04	—	0.92→0.97	45→41	35→35	なし		95
5.4	50	0.04	—	1.1→1.2	45→31	44.5→42.5	なし		95
5.4	60	0.04	0.05	1.39→1.95	45→13→せん絡	53.5→47	せん絡(145～)		95
5.4	60	0.09	0.09	1.67→5.1→振切	112→25→せん絡	59→51	せん絡(7～)	20	85
5.4	50	0.09	0.1	0.56→0.56	124→130	49→49	なし		85
5.4	80	0.17	—	振切		80→	せん絡(0.2～)	19	85
5.4	70	0.16	0.13	0.7→1.95→振切	140→50→せん絡	70→	せん絡(25～)		85
5.4	60	0.11	0.12	0.7→1.8→振切	117→45→せん絡	58→	せん絡(11～)		85
5.4	50	0.12	0.13	0.49→0.21	140→33	49→49	なし	21.4	100
5.4	100	0.30	—	0.55 以上	250→せん絡	96→	せん絡(0.5～)		100
5.4	90	0.28	—	0.48→振切	240→せん絡	82→	せん絡(1.0～)		100
5.4	70	0.24	—	0.35→0.71→振切	280→せん絡	69→	せん絡(13～)		100
5.4	50	0.25	—	0.28→0.1	280→780	55→55	なし	20.3	100
7.2	20	0.05	—	0.85→0.96	30→31	18→18	なし	2.5	96
7.2	30	0.05	—	1.3→1.58	27.8→22.8	25.5→25.5	なし	2.5	96
7.2	40	0.07	—	1.75→9.0	28.8→30.8	35.5→19.5	なし	2.5	96
7.2	40	0.10	—	1.7→9→振切	30→33→せん絡	36→21	せん絡(22～)	2.5	96
7.2	40	0.20	—	0.45→0.8→0.05	122→80→110	39→39	なし	21.5	77
7.2	50	0.20	—	0.97→9.7→振切	72→5.2→せん絡	49.5→35.5	せん絡(4.2～)	21.5	77
7.2	50	0.30	—	0.47→0.57→0.1→0.4	149→123→700→175	49.5→49.5	なし	21.5	77
7.2	60	—	2.0	1.42→4.7→振切	60→17→せん絡	60→57	せん絡(1.5～)	21.5	77
7.2	60	2.8	—	小→0.35→小	大→240→大	60→60	なし	21.5	77
7.2	70	—	1.4	0.05→0.96→振切	1955→99→せん絡	69→67	せん絡(4.0～)	21.5	77
7.2	60	0.40	—	0.28→0.1	300→850	60→60	なし	26	90
7.2	70	0.42	—	0.4→0.05	240→1950	69→69	なし	26	90

注：(i) 漏えい電流、極間電圧は電磁オシログラフで測定 漏えい抵抗値＝ $\frac{\text{極間電圧最大値}}{\text{漏えい電流最大値}}$ で示す
(ii) せん絡時のかつこ内は sw,in 後、せん絡開始までの時間(～)を示す

$\log I_B = 0.64 - 0.017 E_B$ (1)

$I_B = 4.4 e^{-0.039 E_B}$ (2)

E_B ：せん絡限界電圧

I_B ：せん絡電圧における漏えい電流

この式からせん絡電圧 80 kV とし常時 $\frac{80}{\sqrt{3}}$ kV 加圧している場合の漏えい電流を算出すれば 115 mA となる。すなわち、115 mA 以下になるように管理すれば、汚損が均一な場合せん絡電圧は 80 kV 以上に保たれることが判明した。

3.3 汚損とコロナ電流の関係

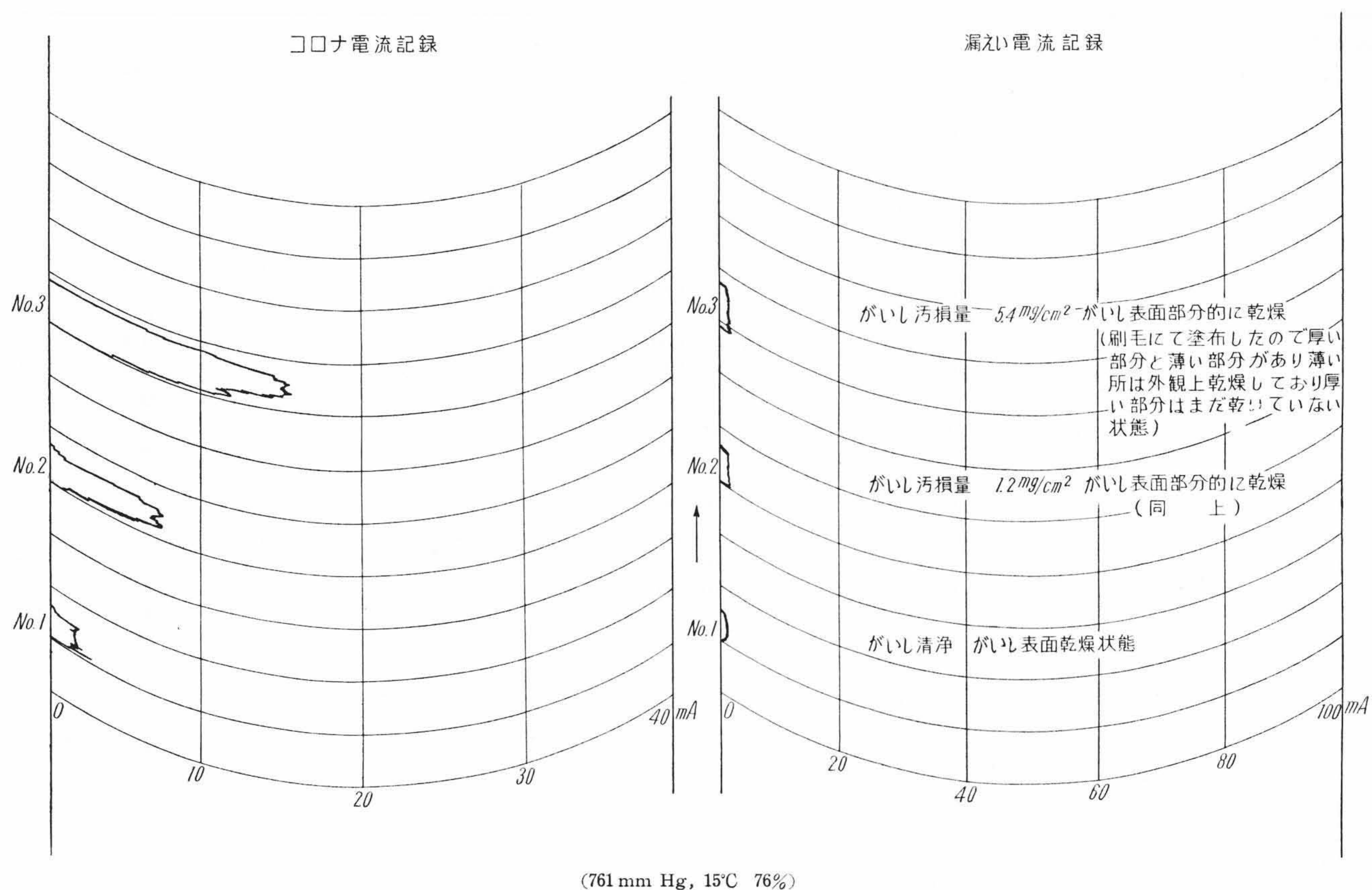
漏えい電流は汚損量のみでなく、吸湿量によっても大幅に変化するため、吸湿量を一定に保って漏えい電流を測定しなければ、汚損の程度を判定することができない。一方コロナ電流による高周波成分は汚損状態と密接な関係があり、汚損または吸湿が不均一な場合に大きくでる。第12～14図は測定結果の一例で、がいし表面を部分的に乾燥させた場合漏えい電流は汚損量に関係なく小さいが、コロ

第2表 地理的区分と塩分付着量の想定

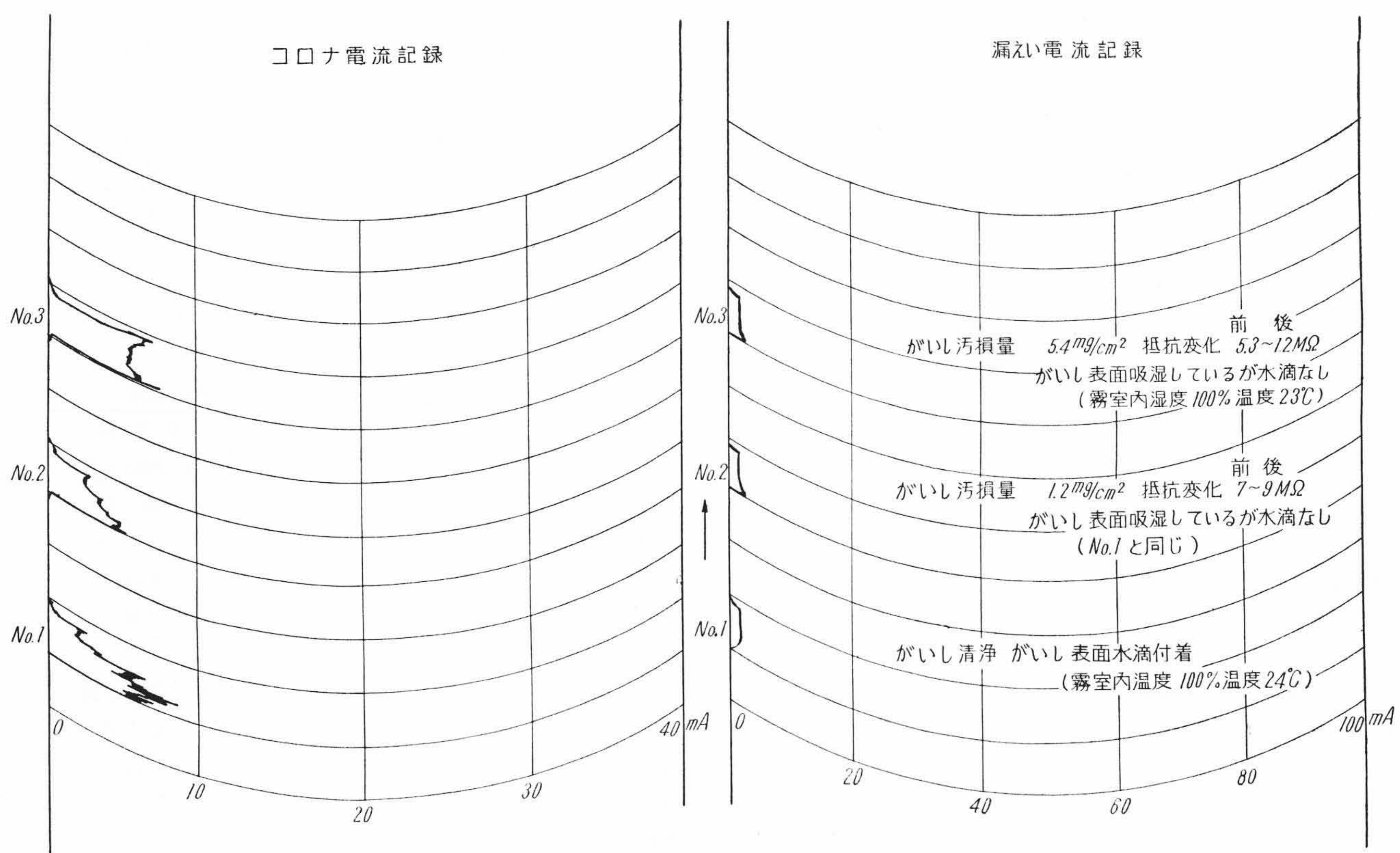
区分	限界塩分付着量 (mg/cm ²)	海よりの距離	
		普通	季節風、台風の影響大なる場合
A	0.02	一般の地域	
B	0.05	3～10 km	5～15 km
C	0.1	3 km 以内	5 km 以内
D	0.2	海水しぶきを受ける地点	

ナ電流は汚損量および吸湿量に応じて増大する。(第12図)

以上を要約するとがいし表面が一様に汚損しておる場合は、一定の吸湿条件のもとで漏えい電流を測定すれば、せん絡電圧を判定することができる。さらにがいしはその形状、外的条件から必ずしも均一な汚損を期待することができない。不均一に汚損したがいしでは、漏えい電流のみから判定した場合、せん絡電圧を過大に評価するおそれがあり危険な場合が多い。これを防止するためには、コロ



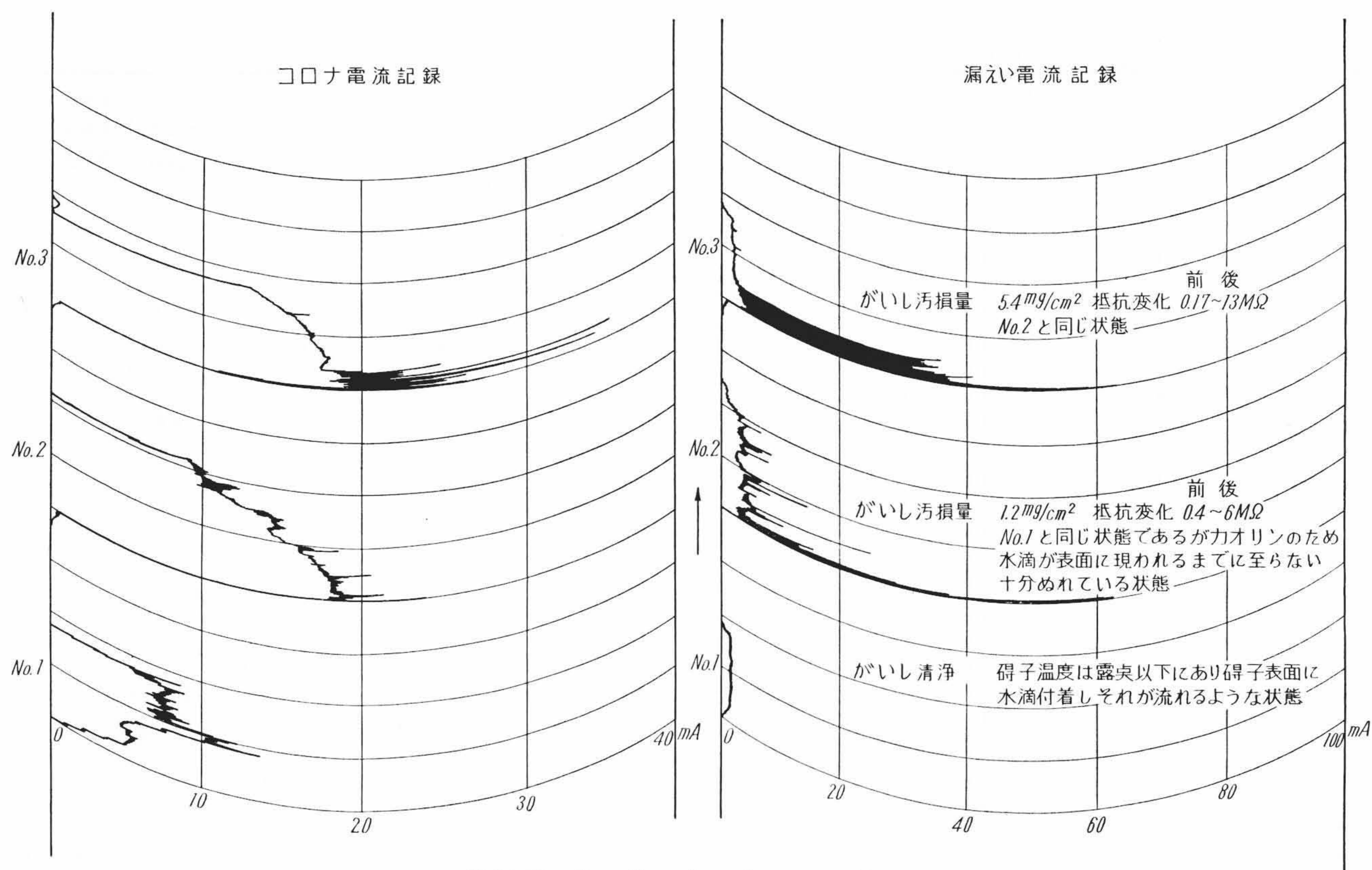
第 12 図 常 温, 常 湿 で 測 定



第 13 図 吸 湿 状 態 で 測 定

第3表 大村発電所における測定記録

測定 年月日	塩分付着量 (mg/cm ²)	がいし汚損検出装置				定例洗浄…○ 気象条件によ る洗浄……×	測定 年月日	塩分付着量 (mg/cm ²)	がいし汚損検出装置				定例洗浄…○ 気象条件によ る洗浄……×
		コロナ電流 (mA)		漏えい電流 (mA)					コロナ電流 (mA)		漏えい電流 (mA)		
		洗浄前	洗浄中	洗浄前	洗浄中				洗浄前	洗浄中	洗浄前	洗浄中	
33. 9.27	0.027	4.0	2.4	1.0	21	○	33.12. 2		2.0		0		
28		5.2		10.0			3	0.0095	3.0	5.0	0	8.0	○
29		4.8		1.0			4		3.5		0		
30		5.6		1.0			5		3.2		0		
33.10. 1	0.037	4.0	4.0	1.0	13	○	6	0.0062	3.5	3.0	0	8.0	○
2		5.6		1.0			7		3.2		0		
3		4.0		1.0			8		3.5		0		
4	0.0324	4.0		1.0	15	○	9		3.2		0		
5		4.8		1.0			10	0.043	2.5	9.0	0	8.0	○
6		3.2		1.0			11		3.5		0		
7		4.4		1.0			12		11.0		0		
8	0.014	2.4	12.8	5.0	15.5	○	13	0.0035	2.0	4.0	0	8.0	○
9		2.8		1.0			14		3.8		2.0		
10		2.4		2.0			15		3.8		1.0		
11	0.0059	2.4	3.2	1.0	6	○	16		4.3		1.0		
12		3.6		1.0			17	0.0014	3.0	2.2	1.0	9.0	○
13		2.4		1.0			18		3.0		1.0		
14		4.0		1.0			19		3.2		1.0		
15	0.0025	2.0	2.8	1.0	17	○	20	0.0035	7.0	3.5	3.0	11.0	○
16		3.2		1.0			21		2.5		1.0		
17		4.0		1.0			22		4.0		1.0		
18	0.0059	2.4	2.4	1.0	6	○	23	0.0067	1.8	2.2	1.0	9.5	○
19		3.6		1.0			24		3.5		1.0		
20		2.8		1.0			25		2.3		1.0		
21		4.0		1.0			26	0.07	9.0	3.5	3.0	25	強風×12時
22	0.0065	2.8	2.4	0	9	○	26	0.09	2.0	1.2	1.0	10	×17時
23		4.8		0			26	0.0039	1.0		1.0		19時
24		4.4		0			26	0.0043	1.5		1.0		20時
25	0.0075	2.8	2.4	1.0	10	○	26	0.0045	1.0		1.0		21時
26	0.027	4.0	8.4	0	20	強風×	26	0.0046	0.8	2.0	1.0	6	×22時
27		5.2		0			27	0.004	2.0	2.0	1.0	10.0	○
28		3.2		0			28		2.5		1.0		
29	0.021	2.0	2.8	0	12	○	29		3.2		1.0		
30		3.2		1.0			30		2.1		1.0		
31		3.6		0			31	0.003	2.0	2.5	1.0	8.0	○
33.11. 1	0.0037	1.6	2.4	0	5.0	○	34. 1. 1		2.2		2.0		
2		3.6		0			2		2.5		1.0		
3		3.6		0			3	0.0033	2.0	3.2	1.0	10.0	○
4		2.5		0			4		2.2		1.0		
5	0.017	4.0	3.5	0	3.0	○	5		2.5		1.0		
6		3.5		0			6		2.5		1.0		
7		3.0		0			7	0.024	2.5	3.5	1.0	6.0	○
8	0.0046	4.0	3.0	0	11.5	○	8		2.5		1.0		
9		3.0		0			9		1.5		1.0		
10		4.0		0			10	0.009	2.5	2.0	0	10.0	○
11		5.5		0			11		2.0		1.0		
12	0.0029	3.0	3.0	0	9.0	○	12		1.8		1.0		
13		3.5		1.0			13		2.0		2.0		
14		3.0		1.0			14	0.003	1.0	1.2	1.0	9.0	○
15	0.0025	3.0	3.5	0	8.0	○	15		1.5		1.0		
16		6.5		1.0			16		0.7		3.0		
17		4.0		1.0			17	0.003	0.5	0.5	1.0	5.0	
18		4.0		1.0			18	0.0065	0.7	0.7	1.0	7.0	強風×
19	0.0081	2.0	5.0	1.0	12.0	○	19		0.7		1.0		
20		3.5		0			20		0.7		1.0		
21		3.0		0			21	0.002	0.8	0.5	1.0	8.0	○
22	0.0015	2.0	2.0	1.0	10.0	○	22		0.9		1.0		
23		2.0		1.0			23		0.8		1.0		
24		3.0		1.0			24	0.0019	0.8	1.0	1.0	8.0	○
25		3.5		1.0			25		1.0		1.0		
26	0.0034	2.5	2.5	0	10.0	○	26		1.0		1.0		
27		2.5		0			27		1.0		1.0		
28		3.5		0			28	0.0027	1.0	0.8	1.0	7.0	○
29	0.0028	2.5	2.5	0	8.0	○	29		1.0		1.0		
30		4.0		0			30		1.0		8.0		
33.12. 1		3.0		0			31	0.06	1.0	1.0	1.0	8.0	○



第 14 図 吸 湿 状 態 で 測 定

ナ電流を同時に測定しておけば、局所的な汚損の程度が判定できるので安全である。

4. 九州電力株式会社大村発電所における使用状況

塩害を受ける地域の区分と、その塩分付着量の関係は一般に第 2 表のように想定されている⁽⁵⁾。大村 PS は海岸に近く、この区分によれば (C) または (D) 地域である。このためがいし汚損には意を用い jet および spray による洗浄装置が設置されている。このがいし汚損検出装置は 60 kV 側に設置されて、常時 $\frac{66 \text{ kV}}{\sqrt{3}}$ 架電されている。この装置の最近における記録は第 3 表のとおりである。表中塩分付着量とあるのは、長幹がいしを別置して塩分付着量を試験的に測定したものである。洗浄は週 2 回定期的に行っているが、なお気象条件の悪い時は随時洗浄を実施している。12月26日強風時の記録によれば、0.07 mg/cm² 付着した塩分を洗い落したのち、5 時間でさらに 0.09 mg/cm² も付着しており、気象条件によっては短時間の間に相当塩害を受けることがわかる。

九州電力大村発電所ではこの検出装置と洗浄を併用してきたが、種々の記録も得られたので、管理基準を確立し洗浄の合理化を計ることになった。すなわち短時間噴霧して汚れを落さない程度にしめらせ、この時の漏えい電流およびコロナ電流を測定することにより、次のとおり管理することにした。せん絡電圧は避雷器の許容端子電圧の考えを入れて 92 kV とし、第 11 図からこの時の漏えい電流 120 mA を求め、常規対地電圧に換算すれば $120 \text{ mA} \times \frac{1}{92} \times \frac{66}{\sqrt{3}}$

= 50 mA となるが、この発電所で胴径が大きく汚損時のせん絡電圧の低い静電電圧変成器のがいしを考慮して 30 mA とした。すなわち漏えい電流を 30 mA 以下におさえ、コロナ電流が異常に大きくないことが確認されておれば、せん絡電圧は局部汚損状態においても 92 kV 以上に管理することができる。管理の便宜のためタイムスイッチにより、自動的に短時間噴霧用バルブを開き、漏えい電流を記録し、管理限界をこえる場合は警報を発することも可能である。新港発電所では、上記自動警報式を採用している。

5. 結 言

以上九州電力株式会社大村発電所に納入された、がいし汚損検出装置の概要について説明した。火力発電所はほとんど海岸近くに設置され、また一般産業用受電設備も同様な場合が多いが、この場合本検出装置を設置することにより、合理的な管理が可能となった。本稿が需要者各位のご参考になれば幸いである。なお終始ご指導をいただいた九州電力株式会社関係者各位に深く感謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) 江口：電気協会誌 第 394 号 57~62
- (2) 入江：電気協会誌 第 394 号 76~79
- (3) せん絡電圧専門委員会：電学誌 77, 820 49~60 (昭 32-1)
- (4) 特許出願中
- (5) 東京電力千葉火力超高压塩害対策打合せ：千葉火力超高压系の塩害対策に関する調査報告 (昭 32-3)