

汚損がい子のせん絡特性と洗浄対策

Flashover Characteristics and New Washing Method of Contaminated Porcelain Insulators

山 崎 精 二* 伊 藤 忠 二 郎**
Seiji Yamazaki Chûjirô Itô

内 容 梗 概

日立製作所では昭和34年以来汚損がい子の問題を重要視し、検討を行なっているが、試験法によって汚損がい子のせん絡特性が異なる事実が判明した。従来各所において電圧上昇法のデータは相当完備しており、東京電力株式会社からの要望もあり、かつ、データの信頼性という観点から、再現性のある突印法をあえて採用した。突印法による多数のラップがい子およびブッシング類の等価霧中試験のせん絡特性を明らかにしたが、汚損がい子の耐電圧値を決定する最大要素がその平均直径、漏えい距離および汚損量にあることを確認した。また活線洗浄については、耐電圧低下の原因を究明し、その結果新しい洗浄法を開発し、従来の洗浄によるせん絡の不安を一掃できる見通しを得た。

1. 緒 言

新鋭大火力発電所が海岸付近に続々建設されるに伴って変電、送電諸設備においては立地条件上塩害を受けやすく、毎年台風期になると塩害による送電支障が広範囲に発生している。この塩害についてはその実情、対策などがすでに古くから研究され⁽¹⁾、最近においても電気協同研究会において势力的な検討がなされている⁽²⁾。日立製作所においても昭和34年以来この問題について検討してきたが⁽³⁾、試験法の影響、活線洗浄法について新しい事実も明らかとなり、この方面に対する参考資料として有益なデータが得られたので、ここに紹介する次第である。

2. 汚損、洗浄試験設備の概要

人工的がい子を汚損させて試験する場合、霧室中で実施する霧中試験法が最適と考えられているが、供試品が大形で、高電圧になるとともに霧室の設備費が非常に高価になり、また試験に要する時間が非常に長くなるので汚損直後の湿潤状態で試験をする、いわゆる等価霧中試験法が各方面において賞用されている。日立製作所においてもこの方針にもとづいて、超高压級供試品の試験まで能率よく実施できるような設備を設置している。

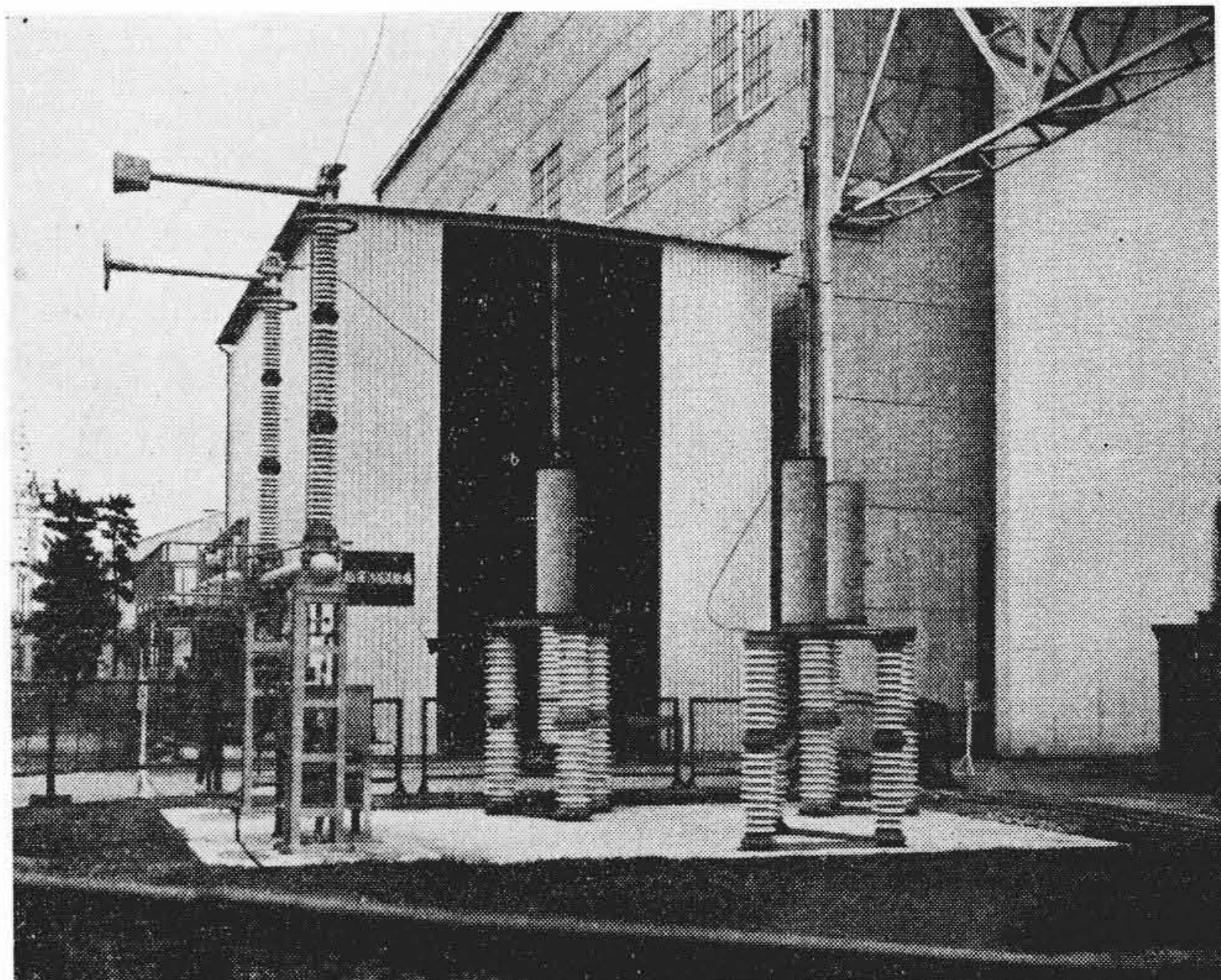
第1図は汚損試験場の外観で、広さ7.3×10.9 m、高さ8 mで、汚損液スプレーならびに活線洗浄が遠方操作で実施できるよう汚損液タンク、ポンプ、操作弁などが完備している。第2図は活線洗浄試験中の状況を示したものである。洗浄用ノズルは各種交換できることはもちろん、水圧も3~12 kg/cm²の範囲で自由に変更できる。洗浄用水としては7 tの貯水池を設け、固有抵抗の調整、管理を行なっている。試験配線系統を第3図に示した。試験電圧対地160 kV (eff) 以下の場合には1,500 kVA 誘導電圧調整器により20 MVA 単相変圧器により印加し、170 kV 以上300 kVの範囲は150 MVA 短絡発電機より200 MVA 単相変圧器で印加した。せん絡時の短絡電流は前者においては約20 A、後者においては約100 Aになるようにリアクトルにより調整している。

3. 試 験 方 法

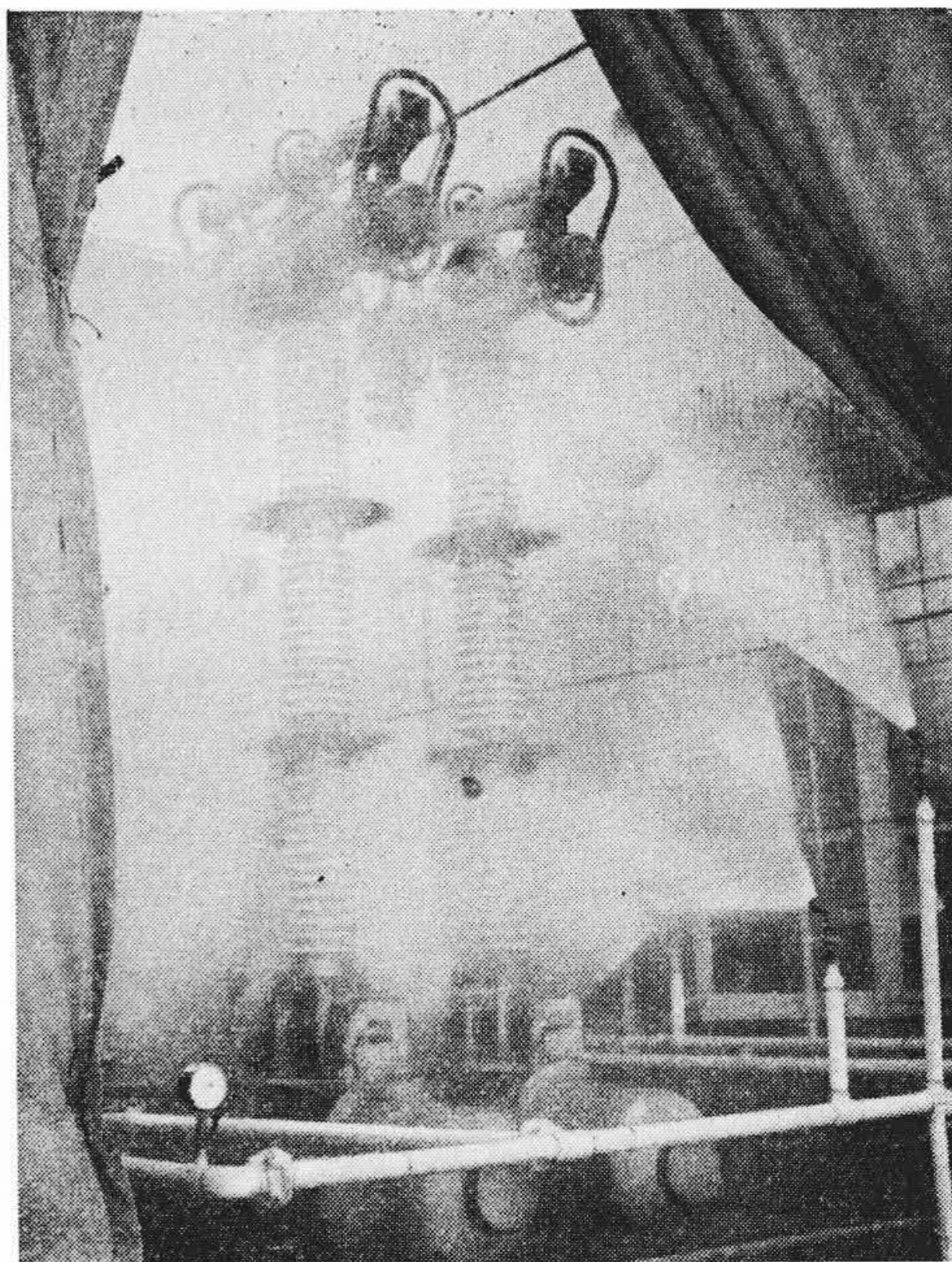
3.1 汚 損 方 法

汚損液としては一般に使用されている汚損量に応じた食塩とじんあいを代表するトノコ40 g/lの混合液を使用した。この混合液を700 l タンク4本に貯蔵し、常時圧縮空気にかくはんしておき、遠方

操作弁によりスプレーノズルを通じて供試がい子全面に同時に吹き付け、漏えい抵抗を監視しつつ、一定の汚損状態を再現した。従来人手によりスプレーガンを使用していたのに比して特に供試品が大



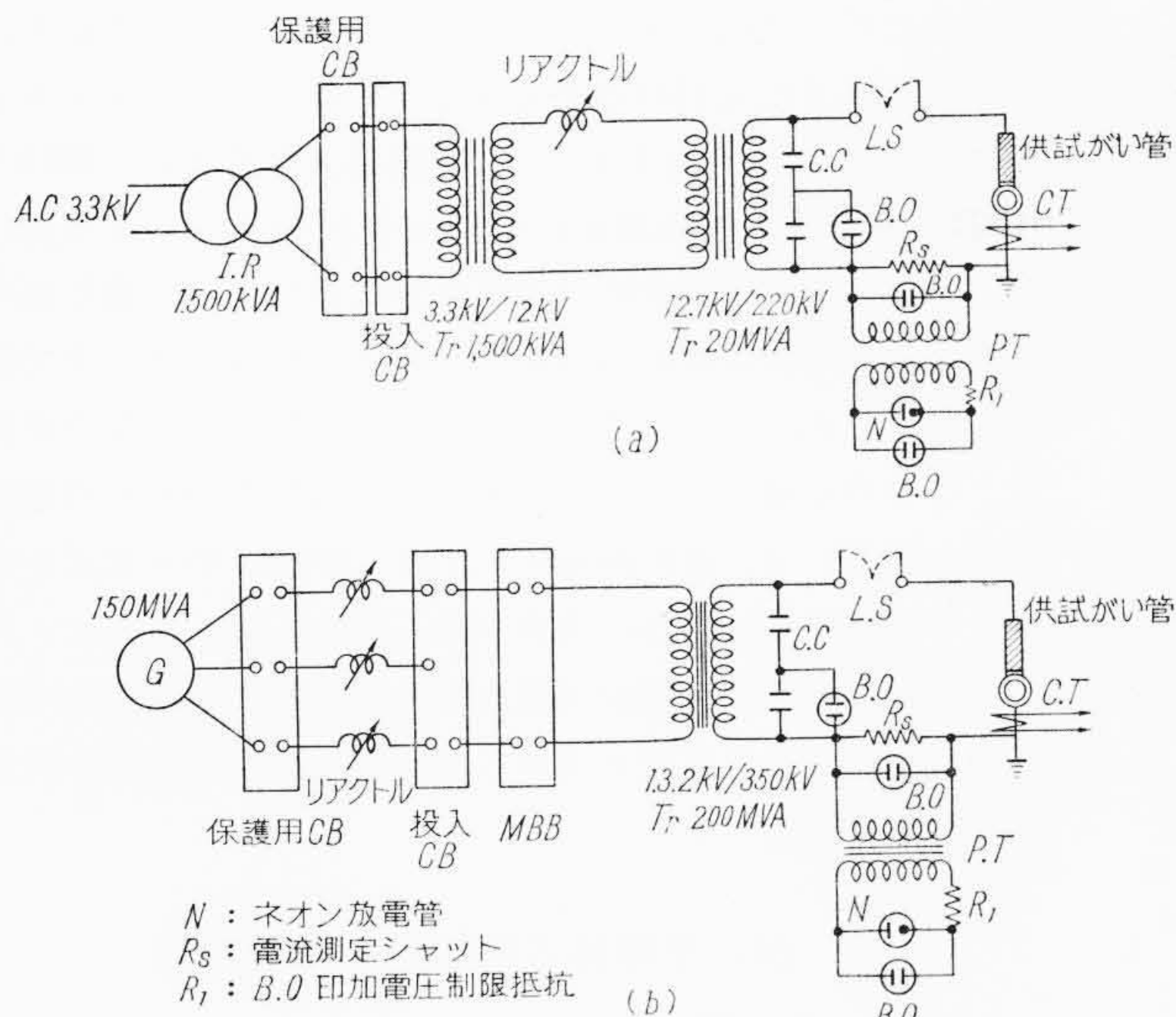
第1図 塩害汚損試験場外観



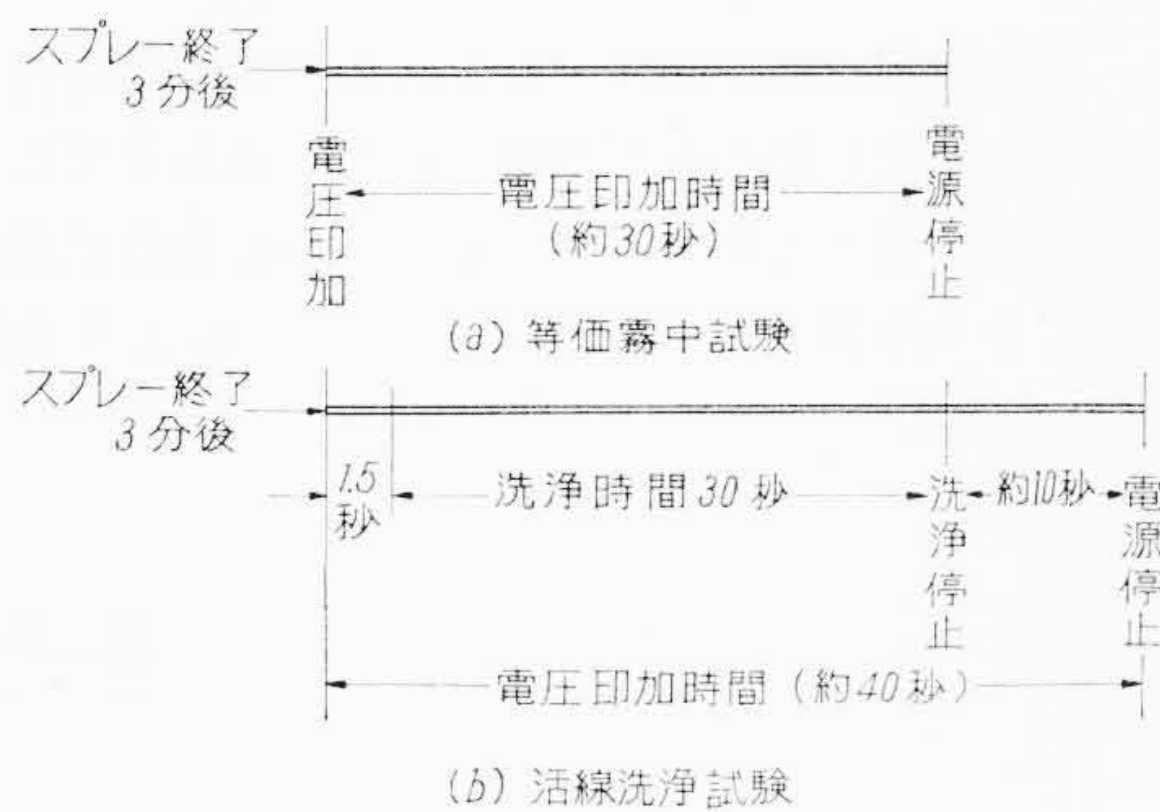
第2図 活線洗浄状況

* 日立製作所日立研究所 工博

** 日立製作所日立研究所



第3図 試験回路



第4図 汚損試験時の時間調整

形の場合には、一定の汚損状態の再現という点で非常に効果があった。

3.2 電圧印加法

電圧印加方法としては、電気学会要項⁽⁴⁾では上昇法によっているが、本報告の大部分はいわゆる突印法により、変圧器低圧側の投入スイッチにより印加した。一部は上昇法により比較検討も行なった。突印法をあえて採用した理由は、従来各方面において上昇法のデータは相当完備していることのほか、東京電力株式会社からの要望もあり、従来の空白部を求める意図があったからである。なお、後述のように実験途中において上昇法を試みたところ、上昇する前の投入時の電圧値により、せん絡電圧が大幅に変化する事実を見だし、突印法による方が信頼あるデータが得られるとの確信を深めたものである。また霧中試験、汚損洗浄試験においては一定電圧を印加しておく定印法を採用しているので、データの比較検討上からも突印法の方が合理的と判断したものである。

しかし、最近電気学会主催の試験法専門委員会⁽⁵⁾において懸垂がい子、長幹がい子について各所持回り試験の結果、各所間でせん絡電圧に相当のばらつきがあり、試験法自体についても再検討すべきであるとの意見もある。等価霧中試験自体に疑問がないわけでもない。突印法と上昇法の優劣を論ずる前に根本的問題があるので、自然汚損に対してどちらがより等価であるかは今後の使用実績をまちたい。また印加時間の関係は第4図のように選定した。

3.3 洗浄方法

洗浄方法としては四周より均等に洗浄する平等洗浄、片側のみからの不平等洗浄のほかに洗浄方法の検討として上下分割洗浄、またしゅう動式洗浄も実施した。使用ノズルはスプレー式とともにジェット式も使用した。洗浄時間は汚損付着物が洗い落されて漏えい電

第1表 洗浄ヘッド特性

形式	略 図	取付 ネジ	標準圧力 (kg/cm ²)	標準 流量 (l/min)	適用部
KI-A		1/2	3.5	78	超高压 一般
KI-C		1/2	3.5	70	
KI-D		1/2	3.5	50	長 幹 懸垂部 および 垂直部
KI-E		1/2	3.5	64	
FS-3-E			2	17	平均粒径 2.5mm
			4	24	平均粒径 2.0mm
			6	29	平均粒径 1.0mm
			8	33	平均粒径 0.8mm
G-1			2	184	開き角 45度
			3	225	開き角 45度
			4	260	開き角 45度
			5	290	開き角 45度
G-2			2	95	開き角 30度
			3	116	開き角 30度
			4	134	開き角 30度
			5	150	開き角 30度
G-4			2	285	開き角 30度
			3	346	開き角 30度
			4	402	開き角 30度
			5	450	開き角 30度
G-5			2	285	開き角 45度
			3	346	開き角 45度
			4	402	開き角 45度
			5	450	開き角 45度
FS-5-M			3	60	
			4	69	
			5	77	
			6	84	
日本GS			3.5	50	

流が洗浄がい子の値に落ちつくまで行なう方針をとったが、普通の平等洗浄法では30秒で十分であった。使用ノズルの一覧を第1表に示す。

第 2 表 供 試 が い 子 諸 元

がい子注 No. (1)	絶縁階級	せん絡 距離 (mm)	表面漏えい距離		平均 直径 (mm)	傘径 (mm)	胴径 (mm)	傘数	傘間隔 (mm)	傘長 (mm)	傘間隔 傘長
			(mm)	% (2)							
1(L)	遮断部	270	550	(204)	238	290	200	4	63	45	1.4
2(L)	70 号	730	1,950	(255)	235	300	190	13	55	55	1.0
3(L)	70 号	650	1,430	(220)	275	370	250	8	80	60	1.3
4(L)	140 号	1,475	2,594	(176)	630	700	600	13	115	50	2.3
5(L)	70 号	850	1,700	(198)	515	580	480	9	90	50	1.8
6(L)	70 号	810	1,850	(228)	235	300	200	12	68	50	1.36
7(B)	70 号	894	2,460	(275)	270	439~ 310	160~ 258	12(水切 3)	70 85	70 100	1 0.85
8(B)	100 号	1,543	3,960	(256)	322	350~ 531	200~ 365	18(水切 3)	80 95	70 100	1.14 0.95
9(B)	140 号	2,400	5,545	(230)	400	650~ 353	200~ 490	24(水切 3)	95 115	70 120	1.35 0.96
10(L)	70 号	760	1,780	(234)	210	270	170	13	56	50	1.32
11(L)	100 号	1,030	2,700	(255)	235	300	190	18	55	55	1.0
12(L)	遮断部	270	760	(282)	250	300	200	5	55	50	1.1
13(L)	遮断部	270	745	(276)	210	290	170	5	50	60	0.84
14(B)	試作品	3,525	8,525	(242)	616	970~ 510	800~ 310	30	115	85~ 100	1.35~ 1.15
15(B)	20 号	295	530	(180)	103	140	72	3	75	34	2.2
16	懸垂	—	188	—	115	182	—	1	—	—	—
17(L)	70 号	760	1,900	(250)	210	270	170	13	56	50	1.32
18	2×3	200 号	2,280	(255)	235	300	190	13×3	55	55	1.0
	1×8	遮断部	2,160	(204)	238	290	200	4×8	63	45	1.4
	3×3	200 号	1,950	(220)	275	370	250	8×3	80	60	1.3
19	11×2	170 号	1,820	(255)	235	300	190	31	55	55	1.0
	12×4	遮断部	1,080	(282)	250	300	200	20	55	50	1.1

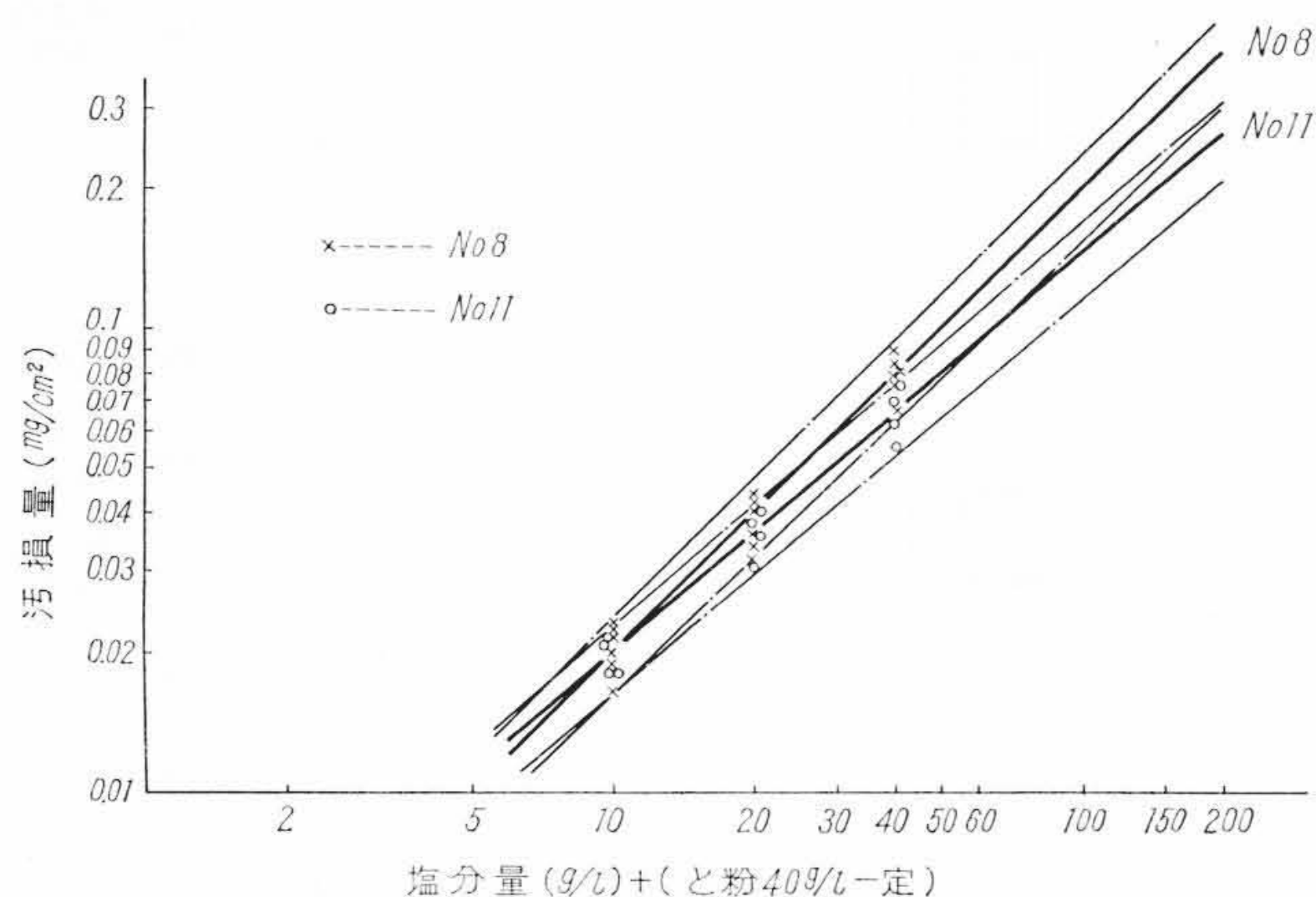
注：(1) Lはラップがい子，Bはブッシング
(2) せん絡距離に対する % を示す。

3.4 塩分量と汚損量の関係

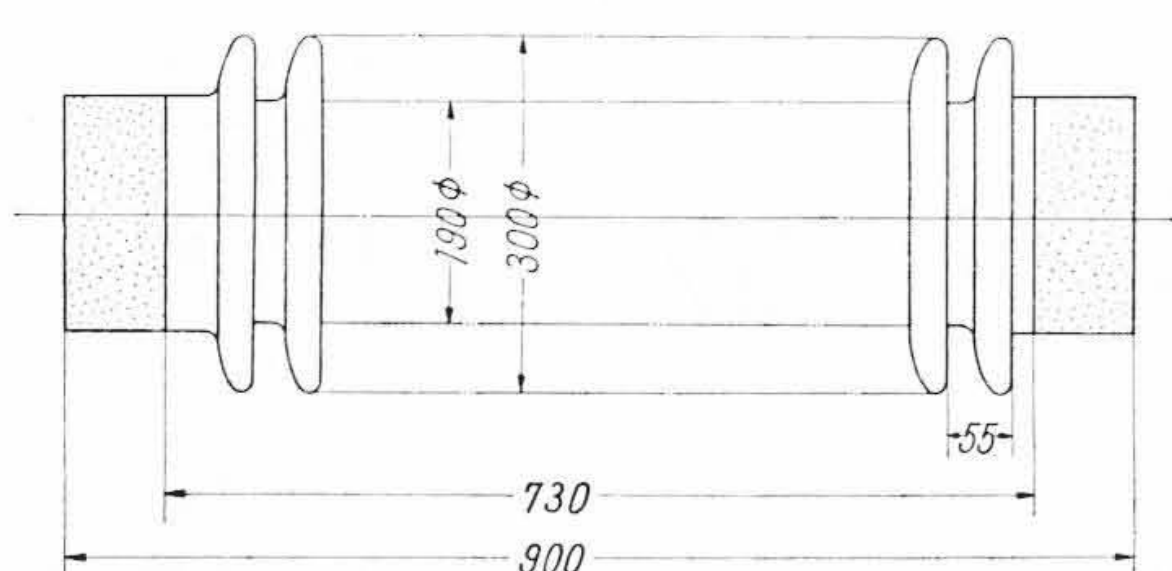
供試がい子によってスプレー用ノズル個数を変更したが，汚損液塩分量と汚損量との関係を紹介しておく。スプレー汚損装置を使用し，No. 8 と No. 11 について塩分量（塩分量 g/l + トノコ 40 g/l 一定）を変えてスプレーした場合の汚損量を測定すると第 5 図に示す結果を得た。図中の実線はその平均値を示し，測定のはらつき範囲を破線で示している。測定時の汚損試験室内は霧状汚損液がほとんど完全に充満している状態である。

4. 供試がい子一覧

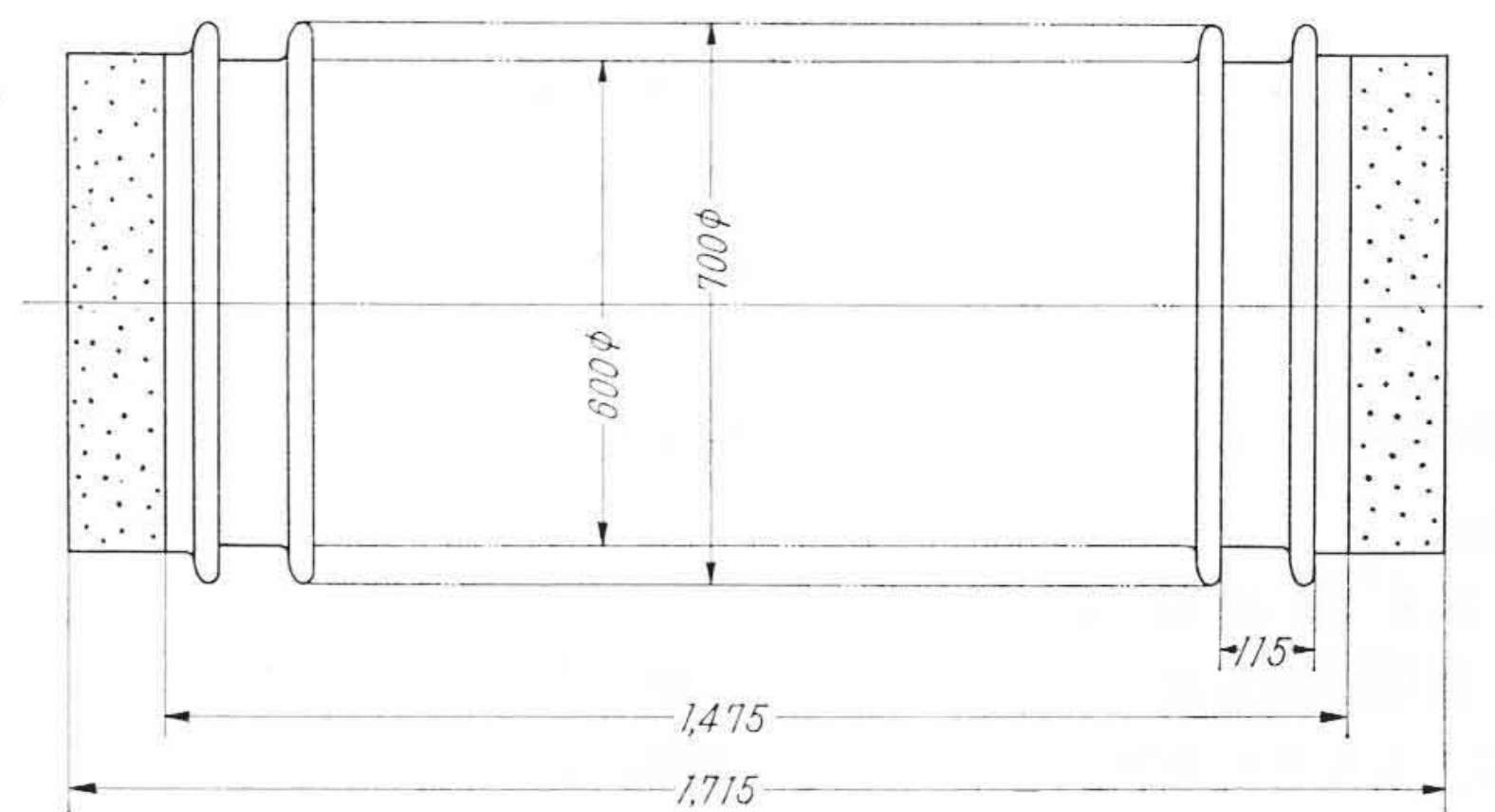
供試品の諸元を第 2 表に示した。供試品の大部分はがい子単独で



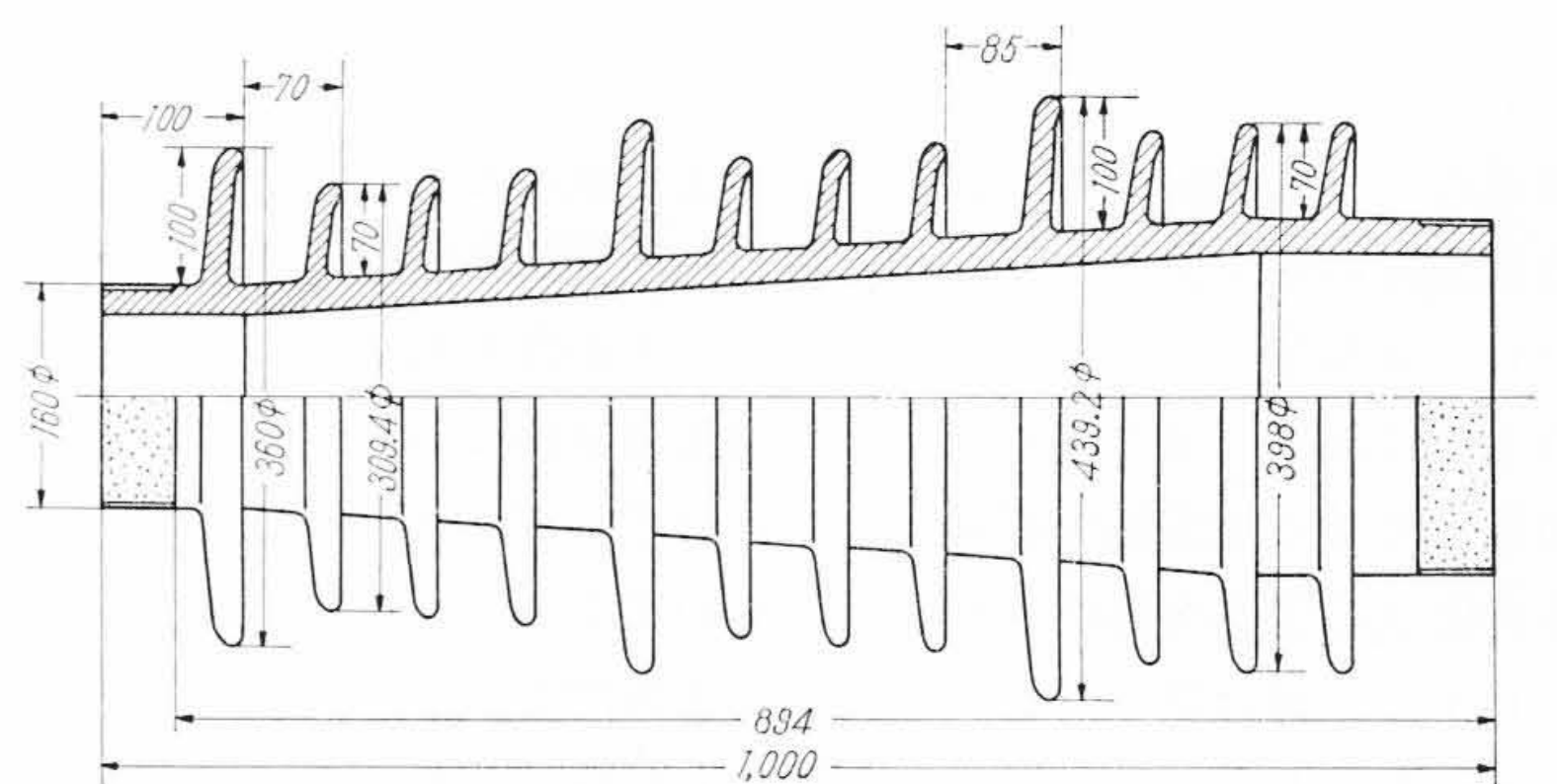
第 5 図 No. 8, No. 11 の塩分量対汚損量の関係



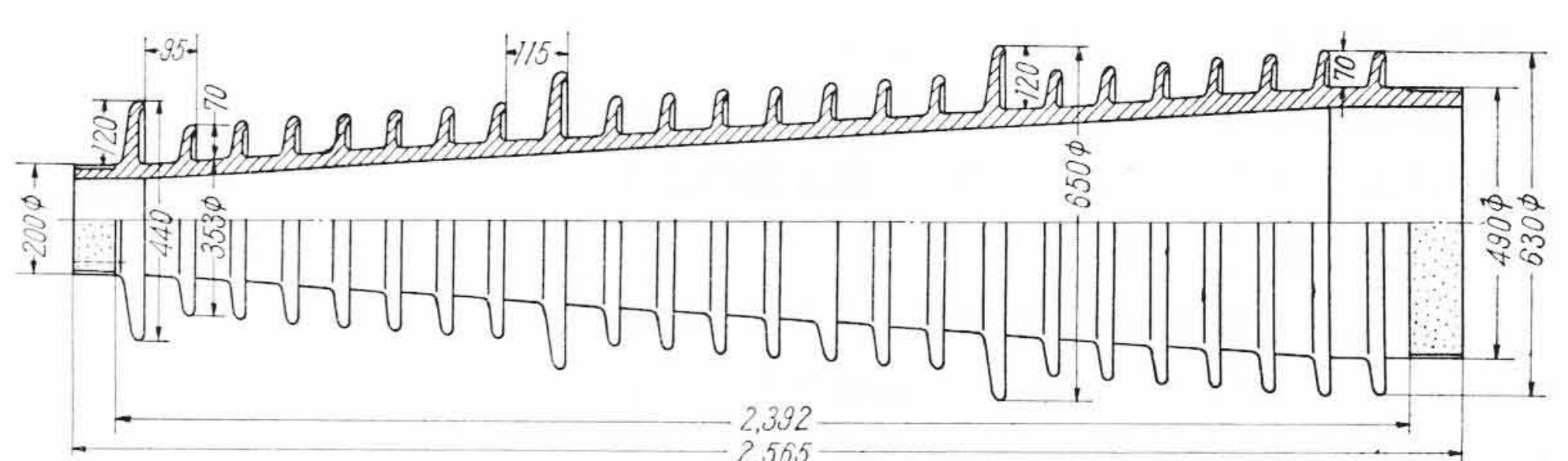
第 6 図(a) が い 子 No. 2



第 6 図(b) が い 子 No. 4



第 6 図(c) が い 子 No. 7



第 6 図(d) が い 子 No. 9

実施したが，連結効果をみるために 2 本ないし 3 本直列にした場合，また並列の効果をみるため同一がい子を 4 本並列にした場合も実施した。また製品として 168~300 kV ABB 一相分として各種がい子組み合わせについて実施した。日立 ABB の場合には遮断動作においては，遮断部が開極後約 60 ms 後に直列断路部が開き，以後は大気中で絶縁を保つため，汚損は直接関係しなくなる有利な点がある。この点を検討するために実際に汚損した ABB の遮断動作を行なわせ，遮断開極中に 100~200 ms のみ電圧を印加して等価霧中ならびに洗浄試験も実施した。さらにノズルを持たない模型電極を開極位置に固定した遮断部内に高圧空気を投入して試験も実施した。第 6 図は供試品の代表的な外形寸法図である。

5. がい子単体の等価霧中試験結果

5.1 試験結果

試験結果の概要を第 3 表に示した。表中，汚損状態不平等とあるのは汚損液を片面からのみ吹き付けたものである。その状況を第 7 図に示した。このような吹付であるため必ずしも吹付側のみが汚損されているわけではなく，反対側にも当然若干汚損されている。しかし自然状態において塩風により汚損される状態はまさにこのような状態となる。

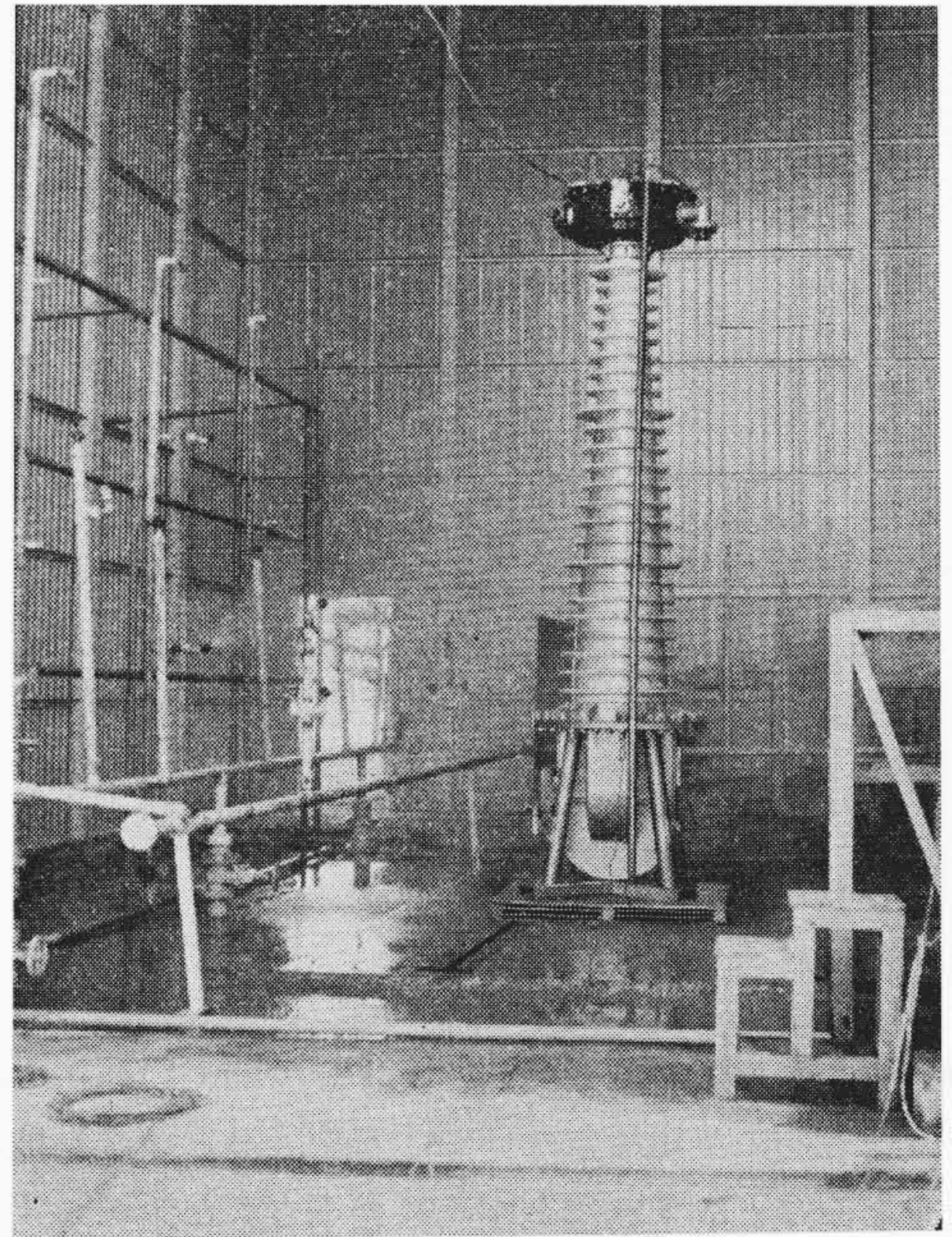
第3表 等価霧中せん絡試験結果

がい子 No.	汚 損 量 (mg/cm ²)	塩分量 (g/l)	汚損状態	不せん絡電圧 (kV×回)	最 低 せん絡値 (kV)	5%せん 絡 値 (kV)	単位漏 えい表 5%値 (kV/m)
1	0.02	9	平 等	35×4	40	35	64
	0.05	25	平 等	25×4	30	25	45
	0.1	40	平 等	20×4	20	20	36
4	0.02	15	平 等	60×4	70	65	27
	0.05	45	平 等	55×5	60	57	22
	0.1	100	平 等	45×4	45	44	17
5	0.024	15	平 等	50×4	60	50	29
	0.07	45	平 等	40×4	40	39	23
	0.15	100	平 等	30×4	30	29	17
6	0.022	10	平 等	105×4	110	106	57.5
	0.05	25	平 等	80×5	90	85	46
	0.09	45	平 等	70×5	80	70	38
7	0.03	20	平 等	130×2	150	140	56
	0.058	34	平 等	105×4	110	104	42
	0.1	52	平 等	80×3	90	83	33.5
	0.027	22	不平等(注1)	150×4	160	155	63
	0.054	40	不 平 等	110×3	120	113	46
	0.1	60	不 平 等	80×4	90	80	33
8	0.061	31	平 等	140×4	140	141	36
	0.154	78	平 等	110×4	110	110	28
	0.069	49	不平等(注1)	150×4	160	151	38
9	0.174	145	不 平 等	110×4	110	109	27.5
	0.02	5	平 等	300×5	—	300以上	—
	0.05	20	平 等	200×4	220	200	34.5
	0.1	45	平 等	140×4	150	142	25.5
	0.024	10	不平等(注1)	240×4	240	237	41
	0.06	30	不 平 等	200×4	200	194	35
10	0.1	55	不 平 等	150×4	160	151	26.2
	0.017	7	平 等	115×4	120	115	65
	0.048	20	平 等	85×4	90	86	48
10×2	0.11	45	平 等	65×4	70	67	37.5
	0.017	7	平 等	220×5	230	225	63
	0.048	20	平 等	170×4	170	167	47
2+11	0.11	45	平 等	140×4	140	138	39
	0.021	20	不平等(注1)	230×4	240	235	66
2+11 3本並立	0.2	150	平 等	電圧上昇法	130	117	25
	0.2	150	平 等	150×4	160	150	32
12×4 水 平	0.03	15	平 等	260×4	260	255	55
	0.02	20	平 等	220×4	220	224	74
	0.03	25	平 等	180×4	180	183	60
13 水 平	0.2	150	平 等	65×4	70	65	22
	0.025	9	平 等	55×4	60	55	74
	0.05	25	平 等	40×4	45	40	53
14	0.1	40	平 等	35×4	40	35	47
	0.0085	6	平 等	260×5	280	270	32
	0.023	15	平 等	220×3	220	213	25
	0.05	30	平 等	190×4	200	192	22.5
	0.07	41.5	平 等	160×3	170	162	19
	0.165	103.5	平 等	130×4	130	129	15
15	0.021	20	不平等(注2)	300 以上	—	300以上	35以上
	0.095	70	不 平 等	200×4	200	190	22
	0.02	8	平 等	34×5	35	34.5	65
	0.05	21.5	平 等	27.5×5	29	29	55
	0.1	45	平 等	22.5×5	23	23	43
	0.02	6.3	完全 (注2)	35×5	36	35	66
15	0.05	16.5	不平等	29×5	29.5	29	55
	0.1	34	完全不平等	25.5×2	26.5	25.5	48

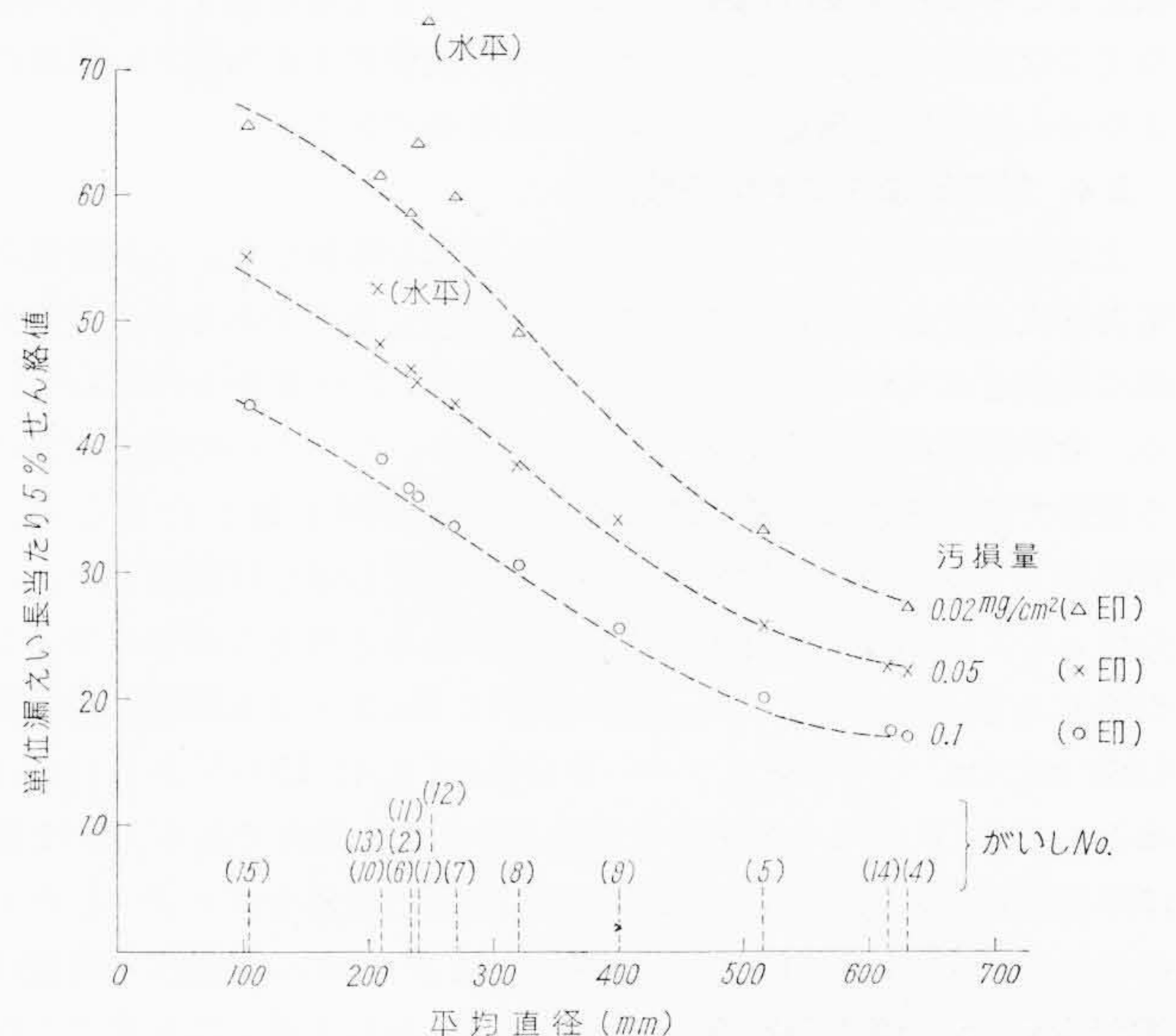
注：(1) 片側から吹き付け
(2) 仕切板をおき片側から吹き付け

5.2 平均直径とせん絡電圧

第3表より平均直径と単位漏えい長あたりの5%せん絡値を示すと第8図のとおりである。がい子形状のうち、平均直径と漏えい距離が等価霧中せん絡電圧を決定する最大の要素であることは明らかである。ブッシングのように上部が細く底部が太い場合でも単位長



第7図 不平等片側汚損状況



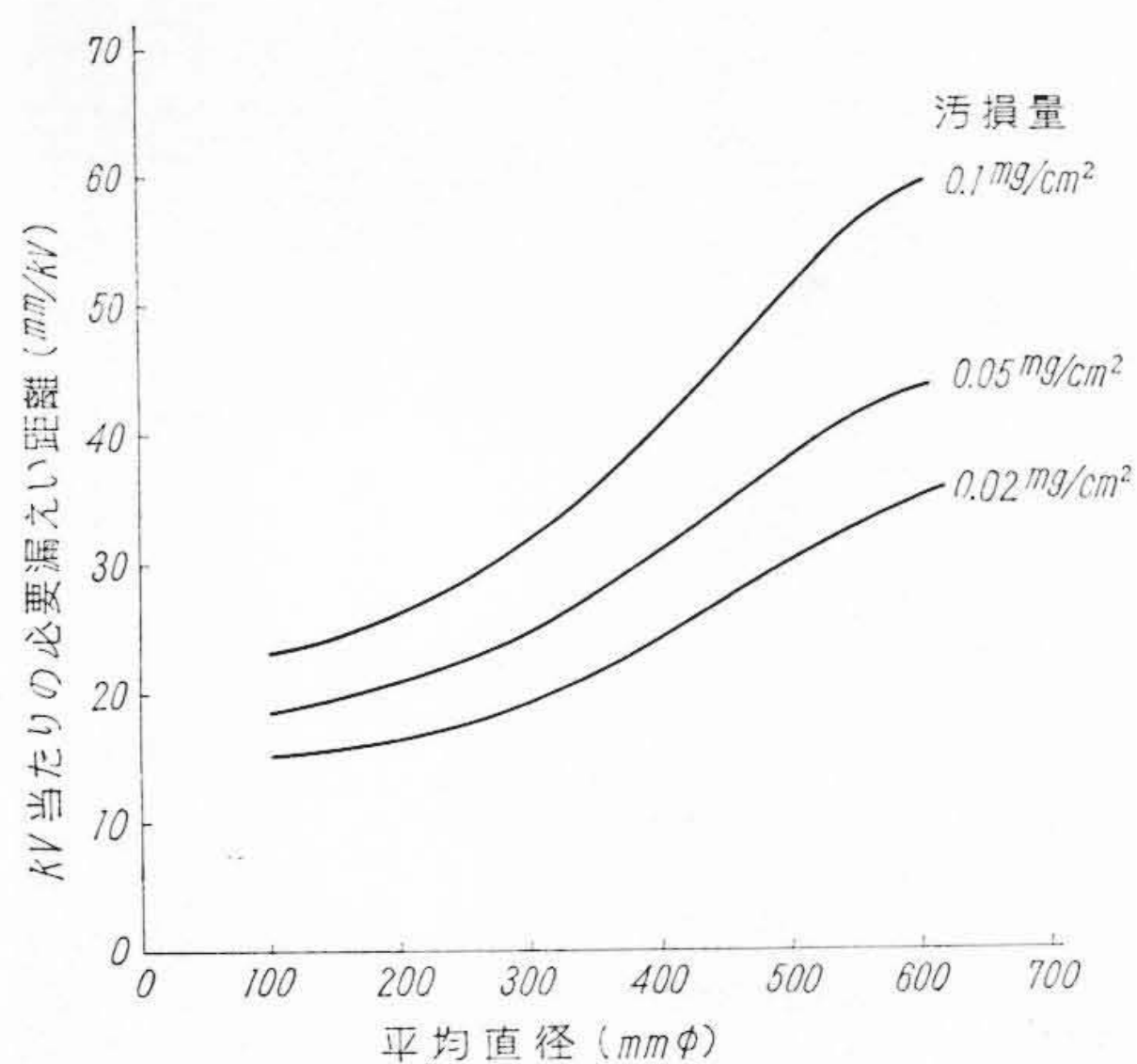
第8図 平均直径と5%せん絡値

と平均直径を基準とすればせん絡電圧の十分な推定をくだすことができる。第8図の表現をがい子適用の便宜上、耐電圧1kVあたりの所要漏えい距離で示したのが第9図である。各種がい子の5%せん絡値の平均値と下限値(本図では上限となる)では相当異なっているが、個々のがい子形状の差および気象条件の影響も若干あると考えられ、現在のところ明確でない。しかし設計基準としては安全側の見地から第9図には上限値を採用した。なお、従来発表されている東京芝浦電気株式会社、日本碍子株式会社などの上昇法による0.1 mg/cm²汚損時の等価霧中試験結果⁽⁶⁾と比較すると平均直径の小さなほど差が大きくなっている。

この第9図においては汚損量をがい子表面の実付着量で表現しているので、実際の使用時に汚損量を懸垂がい子あるいは小平均直径のがい子で管理していると、平均直径の大きいがい子の実際の汚損量は小さくなる⁽⁶⁾ので、第9図の漏えい距離そのままの値をとる必要はなく、相当短かくできる。

5.3 単位長あたり表面漏えい抵抗あるいは漏えい電流と単位長あたりせん絡電圧

電圧印加瞬時の漏えい電流値より求めた漏えい距離1mあたりの表面抵抗と同じくせん絡電圧の関係を示したのが第10図である。

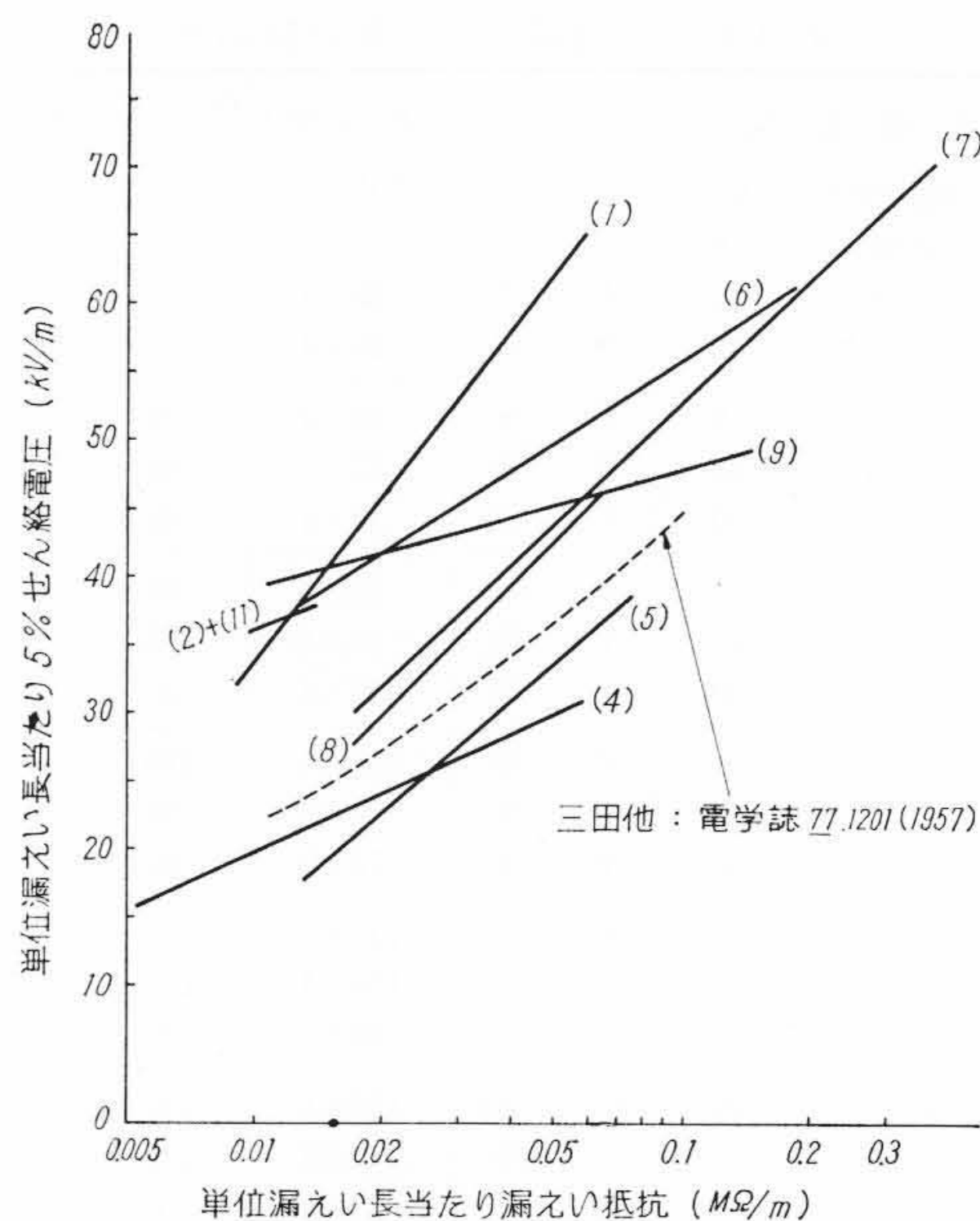


第9図 平均直径とkV 当たり所要漏えい距離

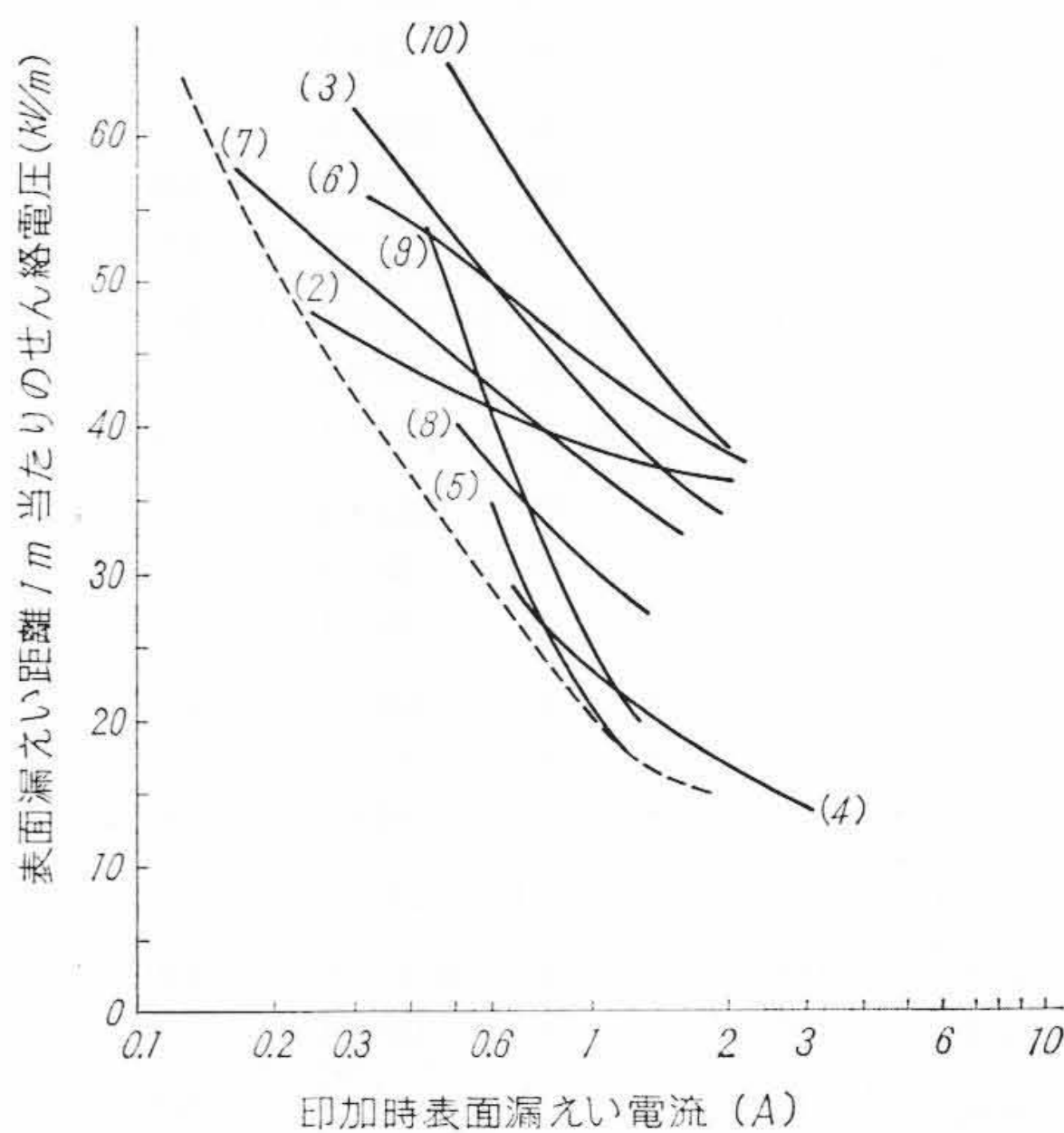
がい子の種類によって相当広範囲に変化して漏えい抵抗だけではせん絡電圧は一義的に決定できないが、安全設計という見地から最低せん絡値をとることにすれば電学誌に発表されたデータ⁽⁶⁾とほぼ一致している。同じく印加時の漏えい電流値と単位長あたりのせん絡値をまとめたのが第11図である。この場合も最低値をとれば点線のような曲線で示される。したがって汚損管理上から漏えい電流によりせん絡電圧を測定するのに本図は有効である。

5.4 電圧印加法に対する検討

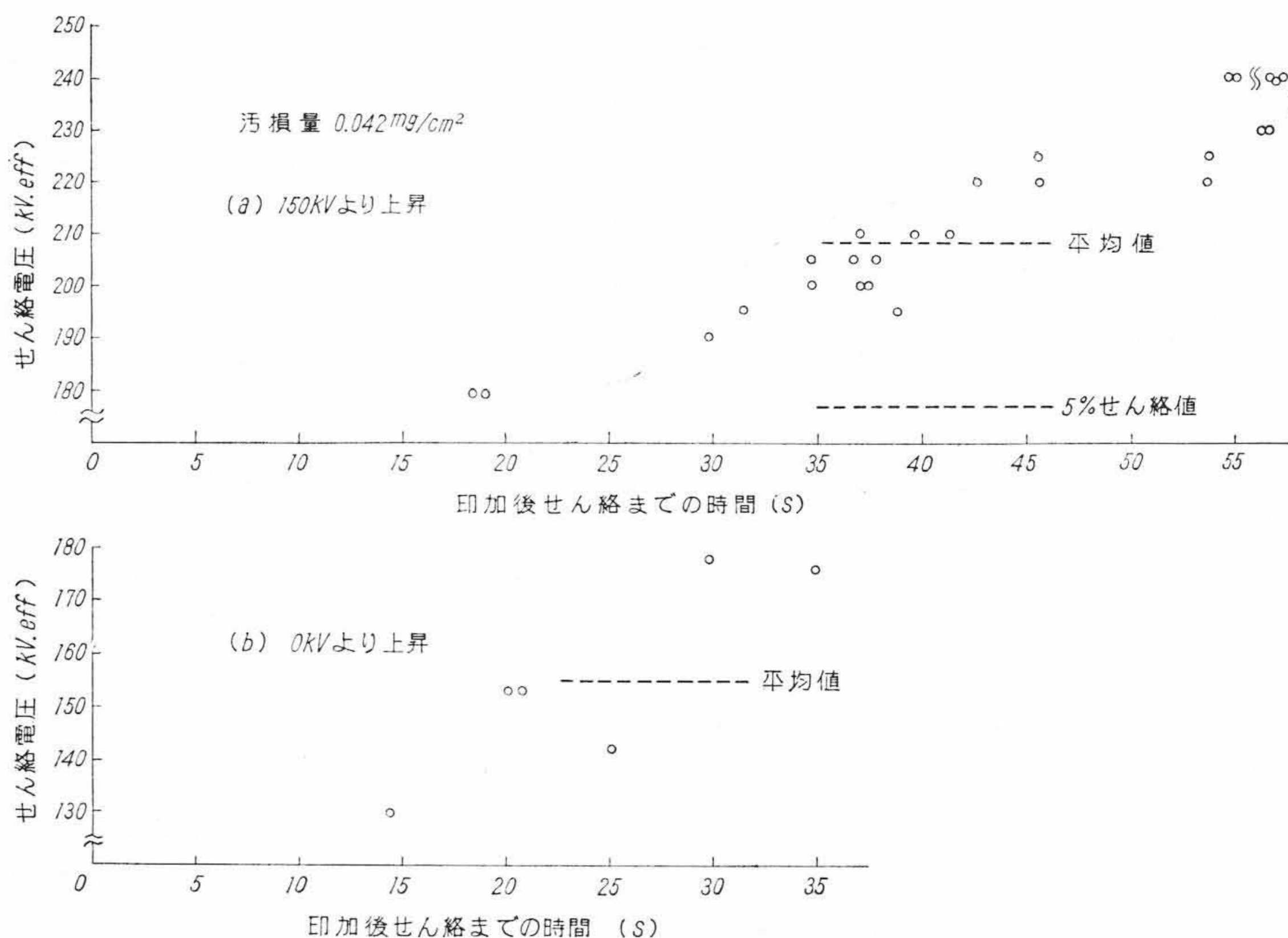
上記試験結果はすべて突印法により電圧を印加した。これは東京電力株式会社からの希望でこの方法を選定したのであるが、従来文献に発表されているのはほとんど上昇法により電圧を印加している。今回突印法の試験を実施するにあたり、だいたいの見当をつける意味で突印法にはいる前に上昇法で二、三回印加したところ、突印法よりも相当低い値でせん絡することをしばしば経験した。したがって、突印法と上昇法では有意差があると考えられたので、この検討を別個に実施した。試験条件は No. 2×3 本直列、汚損量 0.042 mg/cm² で汚損液スプレー 3 分後に (a) は 150 kV から (b) はほとんど 0 kV から一定速度で電圧上昇をした場合である。第12図は印加からせん絡までの時間とせん絡電圧の関係をプロットしたものである。150 kV で印加、上昇したときはせん絡電圧平均値は 208.5 kV、5% 値は 178 kV となり、0 kV から上昇したときは平均値 155.5 kV である。他方、同一条件における突印法の結果では平均値 256 kV、5% 値 229 kV である。すなわち、突印法と上昇法の差は明らかで平均値でいって 150 kV 印加上昇時は 81%、0 kV 印加上昇時は 60% に低下している。この原因としてまず考えられることは印加時間の影響であるが、突印法の際の 30 秒以下でもせん絡している場合が相当ある。突印法による V-t 特性からみても、時間的影響で説明するのは困難である。ただ、低い電圧から徐々に上昇したときは最初がい子上部に部分的に局所放電が発生し成長していくが、突印法の際はい子全面に局所放電が発生するように観察される。この局所放電の発生によるがい子表面の電位分布の状況が異なることが大きな原因であると考えられる。このような局所放電に基づく電位分布の差を考えると、がい子の漏えい距離の絶対値によって変わってくるはずで、長い供試品についてはその



第10図 表面漏えい抵抗とせん絡電圧



第11図 漏えい電流とせん絡電圧



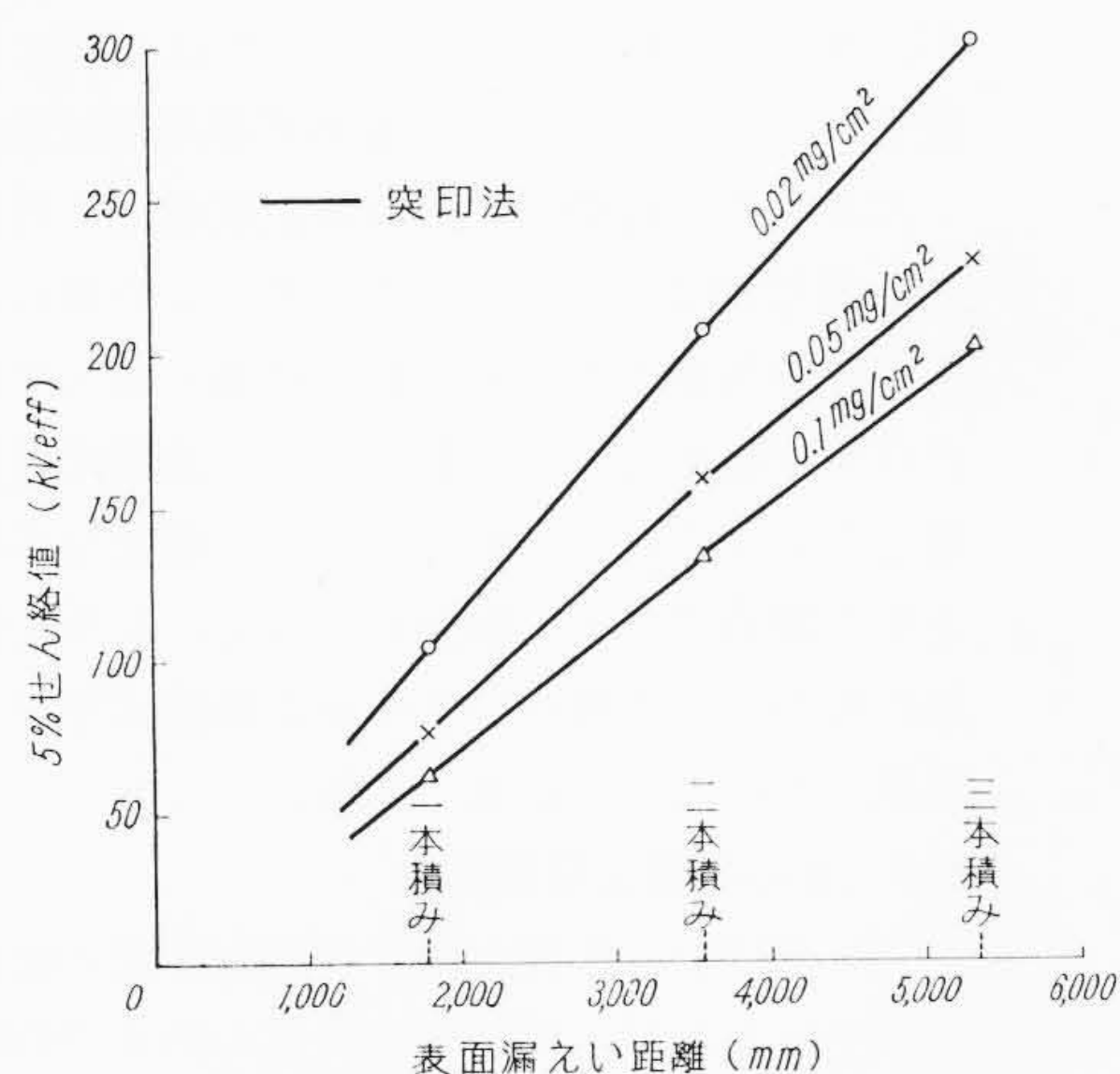
第12図 電圧上昇法による等価霧中試験の例 (供試がい子 No. 2×3(L))

第4表 懸垂がい子(16)における電圧印加法の差

印 加 法	汚 損 量 (mg/cm ²)	最低せん絡値 (kV)	耐電圧値 (kV)	試験回数
突 印 法	0.02	14	13	42
上 昇 法	0.02	14	—	5

第5表 20号ブッシング(15)における電圧印加法の比較

印 加 法	汚 損 量 (mg/cm ²)	最低せん絡値 (kV)	耐電圧値 (kV)	試験回数
① { 突 印 法	0.1	23	22.5	7
① { 上 昇 法	0.1	22	—	5
② { 突 印 法	0.05	29	27.5	9
② { 上 昇 法	0.05	29.5	—	5
③ { 突 印 法	0.02	35	34.5	11
③ { 上 昇 法	0.02	34	—	5

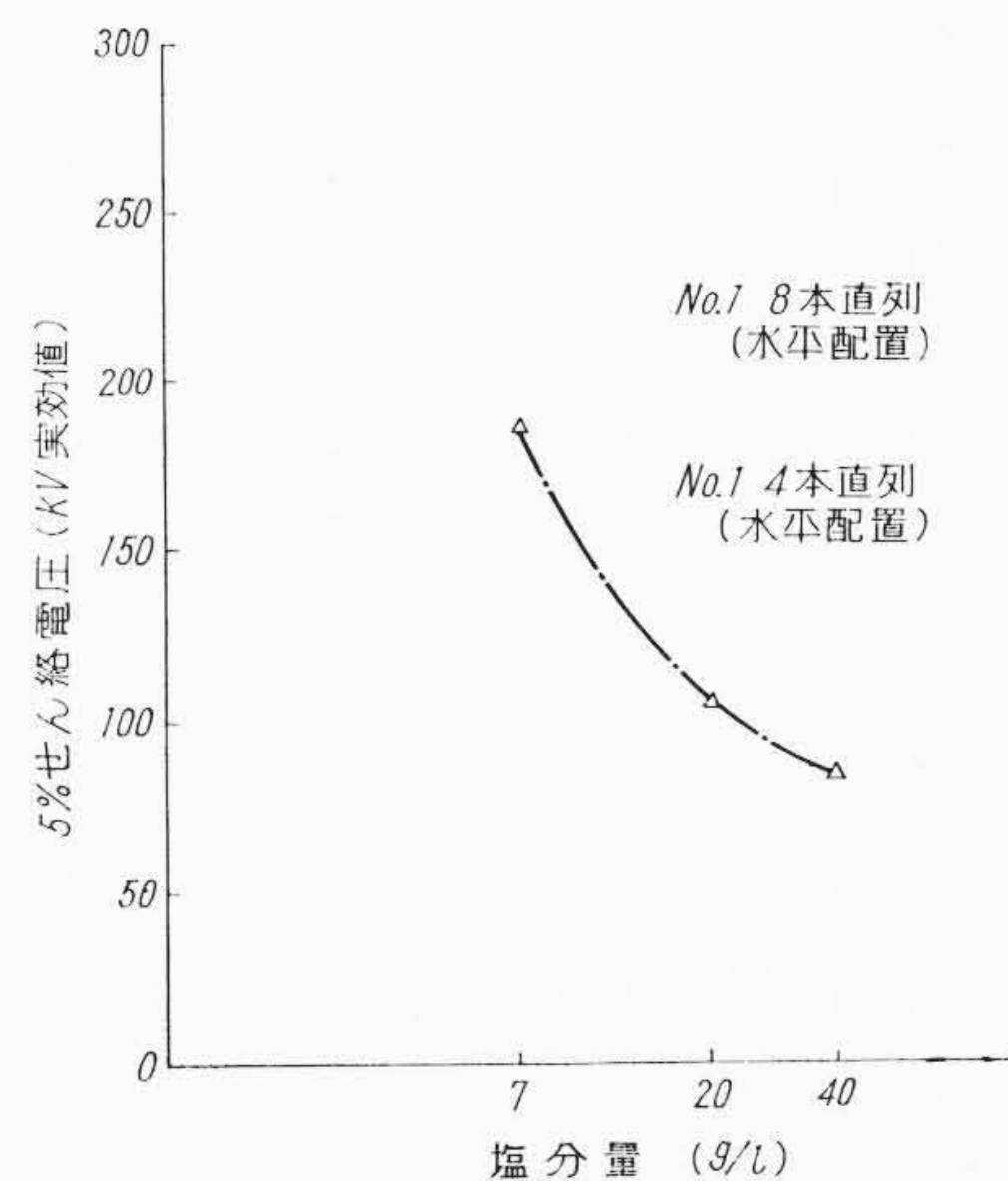
第13図 突印法による同一がい管
積み重ねの特性 (No. 10(L))

差が大きくあられ、短いがい子ではあまり差がないと推定される。第12図は漏えい距離5,800mmと長い供試品で0.042 mg/cm²の汚損である。極端に漏えい長の短い供試品として第2表の(16) 180φ懸垂がい子について検討した結果は第4表のとおりである。また第2表(15)に対する比較結果は第5表のとおりである。標準懸垂がい子に対する従来の結果も印加法によらないとされている。以上の結果からも、がい子表面の部分放電の発生状況に基づくことは直接電位分布の測定は実施していないが、ほぼ確実であろう。

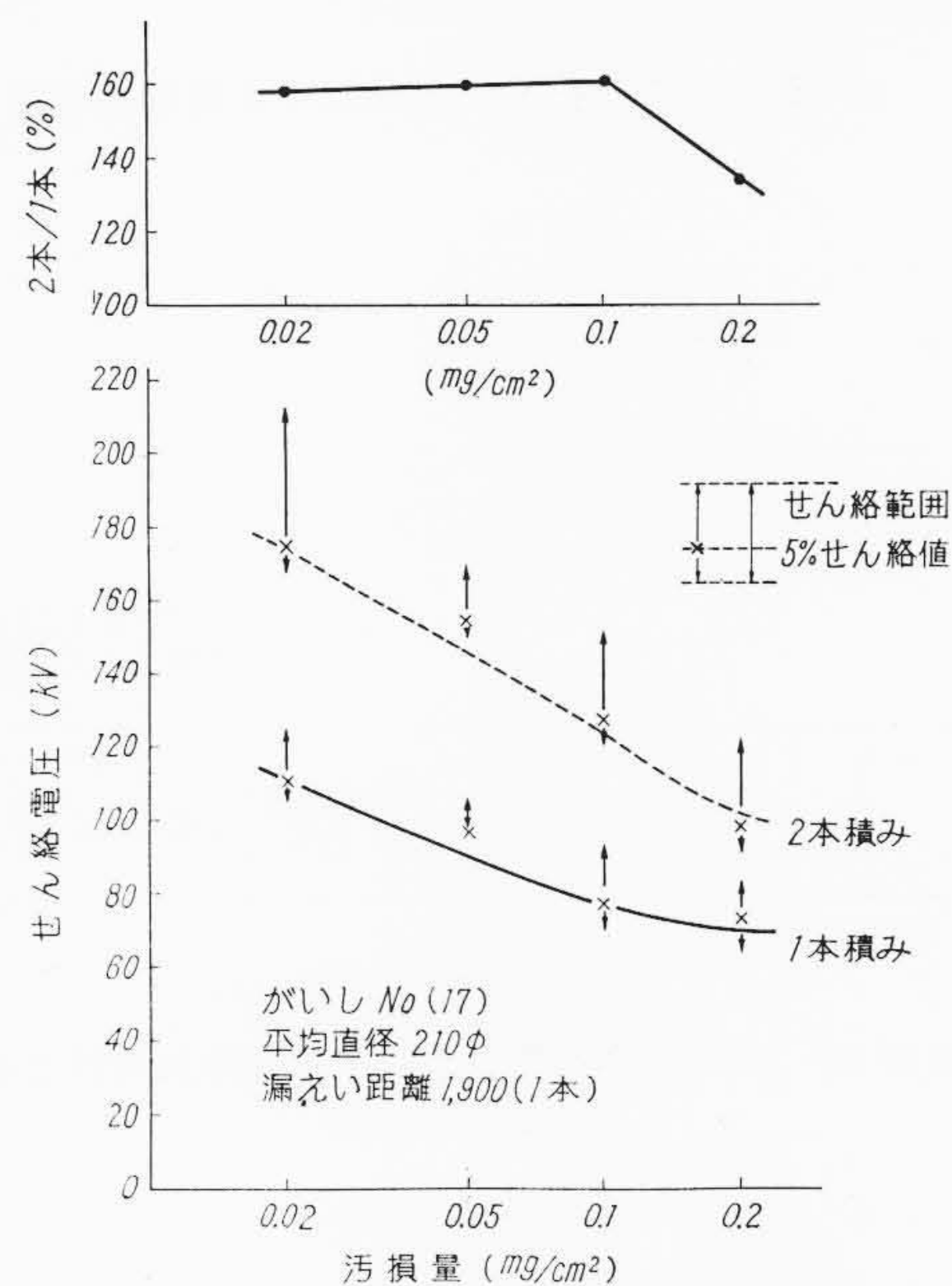
電気学会試験法委員会の持回り試験で懸垂がい子はせん絡電圧がほぼ一致したが、長幹がい子では相当ばらついた。その原因の一つとして上昇法においては、初期印加電圧の影響があるのではないかと想像される。またこの印加法の差はいわゆる連効率に影響するはずでこの点は次節に述べることにする。

5.5 がい子直列時の影響

同一送電がい管について、1～3本積みのデータが今回まとまったのでこの結果を考察する。がい子No. 10を1, 2および3本積みまのときの5%せん絡電圧値は第13図のとおりである。2本積みまでは漏えい長に完全に比例しているものと考えてもよい。3本積みになると若干飽和気味であるが、本来のデータのばらつきを考えれば比例するとしても大差はない。この結果は第8図の単位漏えい長あたりのせん絡値がほぼ一致することを直接的に示したものにすぎず、突印法では比例すると考えて相当の漏えい長までは適用できると考えられる。同様なことは第14図の水平配置、短時間電圧印加の遮断部がい管4本直列と8本直列の比較でも105kVと210kVの各5%せん絡値で完全に比例関係が成立している。しかし、この直列効果を上昇法によって実験すると第15図に示したように、2本



第14図 がい管の塩分量対5%のせん絡電圧の関係

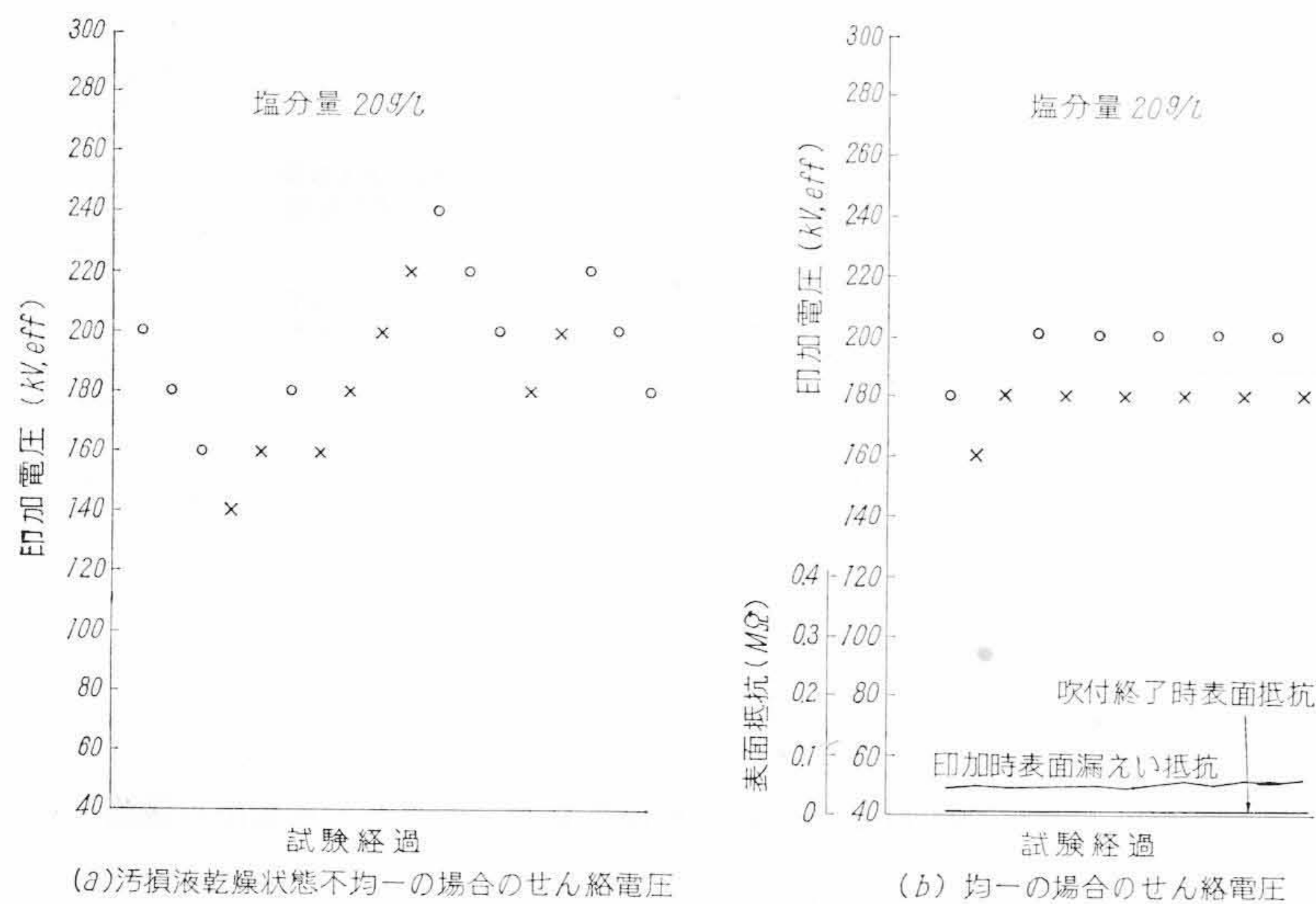


第15図 上昇法による2本積みの影響

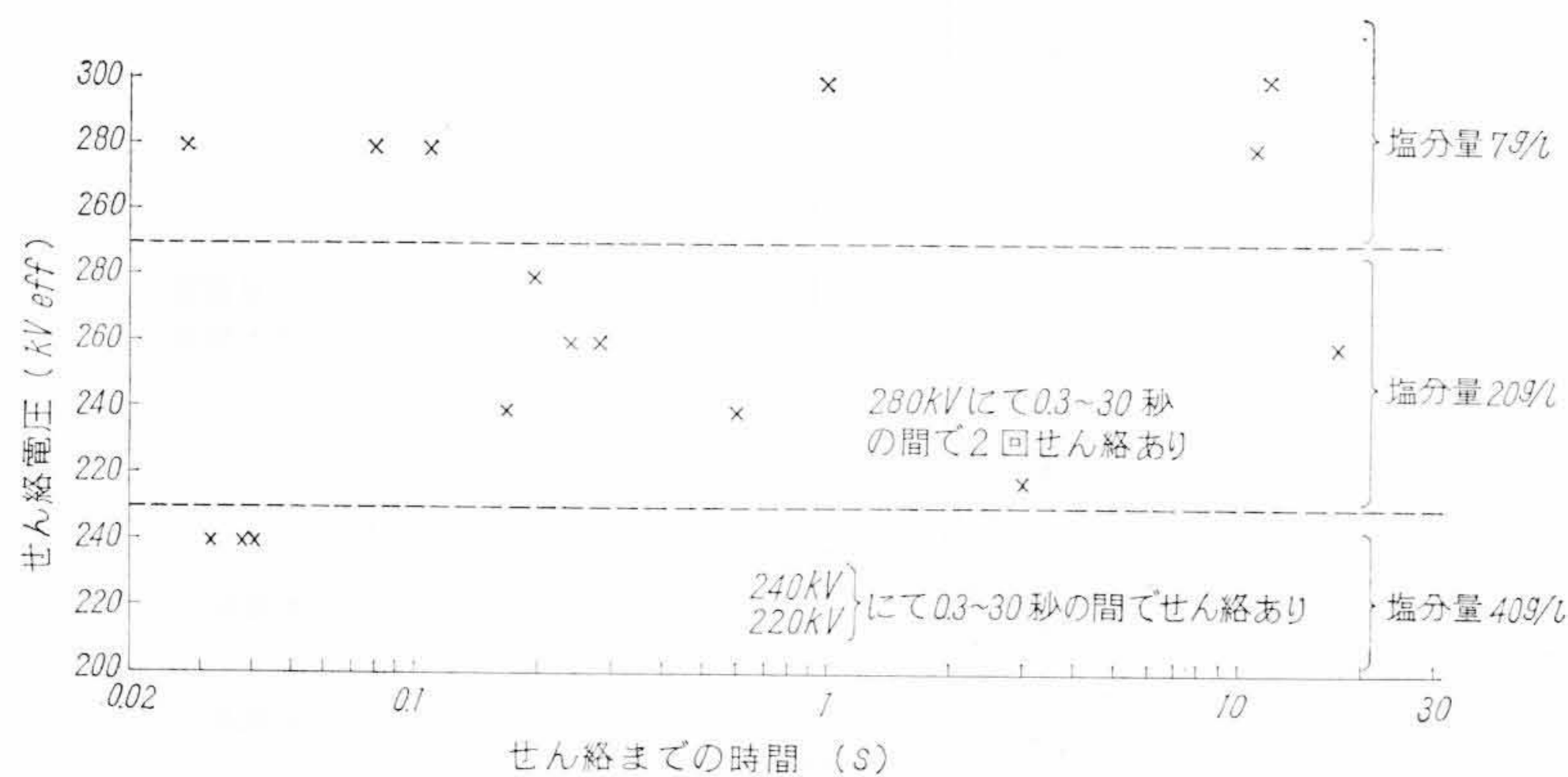
にしても高々160%にしきせん絡値は上昇しない。前節に記述したことも考え合わせ、上昇法は突印法よりばらつきの多い結果が得られ、初期印加値が異なる場合には、そのほかの条件を一致させても大幅なばらつきが出てくるわけである。これによっても突印法の方が安定したデータを得やすいので、試験法としては望ましいと結論できよう。自然状態との関連性は問題であるが、安定したデータが得られることは試験法としての必要条件と考えられるからである。

5.6 汚損法の影響

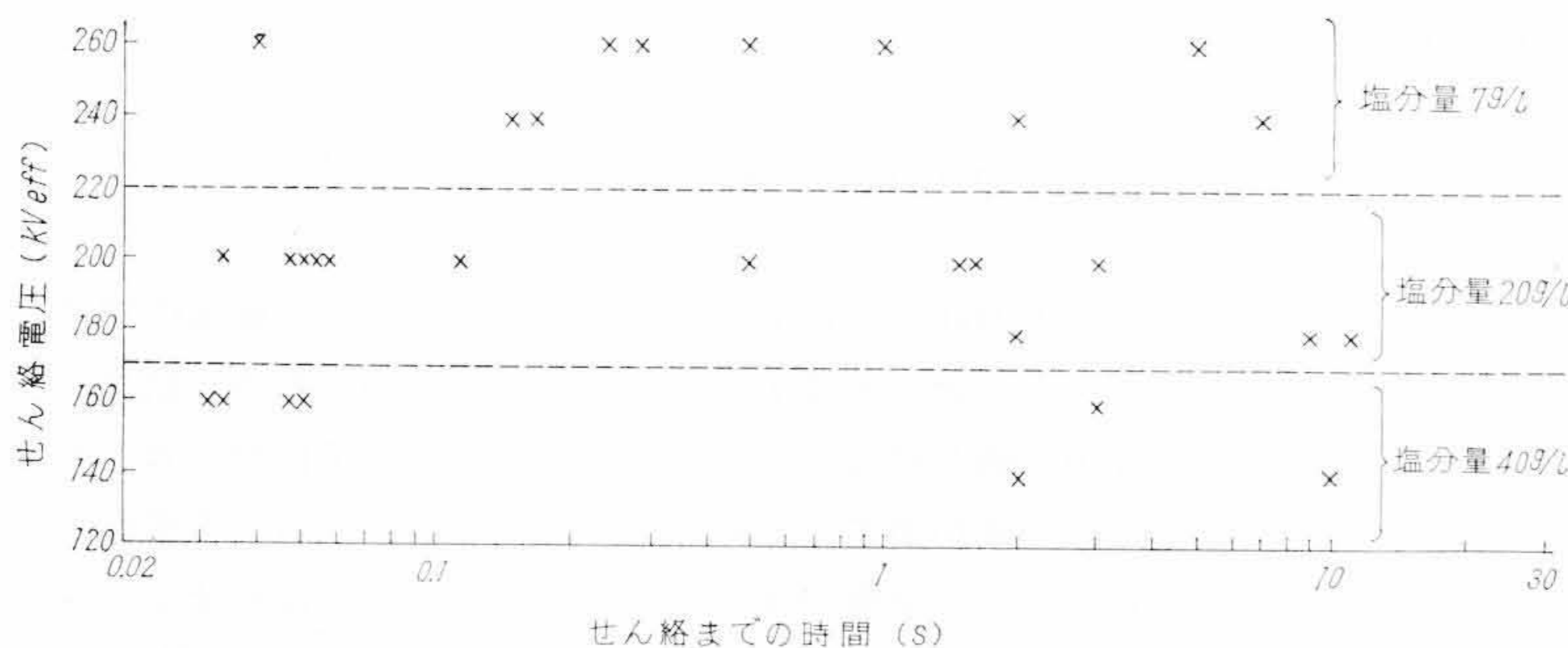
本文に記載した試験の汚損法はすべて2に記載した汚損スプレー装置により、全面同時吹付、同時終了という形式で行なったもので、汚損状態は毎回類似しており再現性がある。この装置完成前は300kV ABB用がい管に対してもまにあわせずに塗装用スプレーガンによる吹付を行なった。作業員2名がはしごを上下しながら汚損した。この場合は上下各部ごとに汚損状況が変わり、吹付終了後から電圧印加までの時間も不同になり、全体としての漏えい抵抗値は監視しても不均一になり、また再現性に乏しい結果となった。この状況下で求めたせん絡電圧の一例は第16図(a)である。同時吹付の場合の第16図(b)と比較するといかにばらつきが多いかは一見して明らかである。データの再現性をうためと時間的能率、健康的見地から遠方操作によるスプレー同時汚損方式で以後実施したものである。



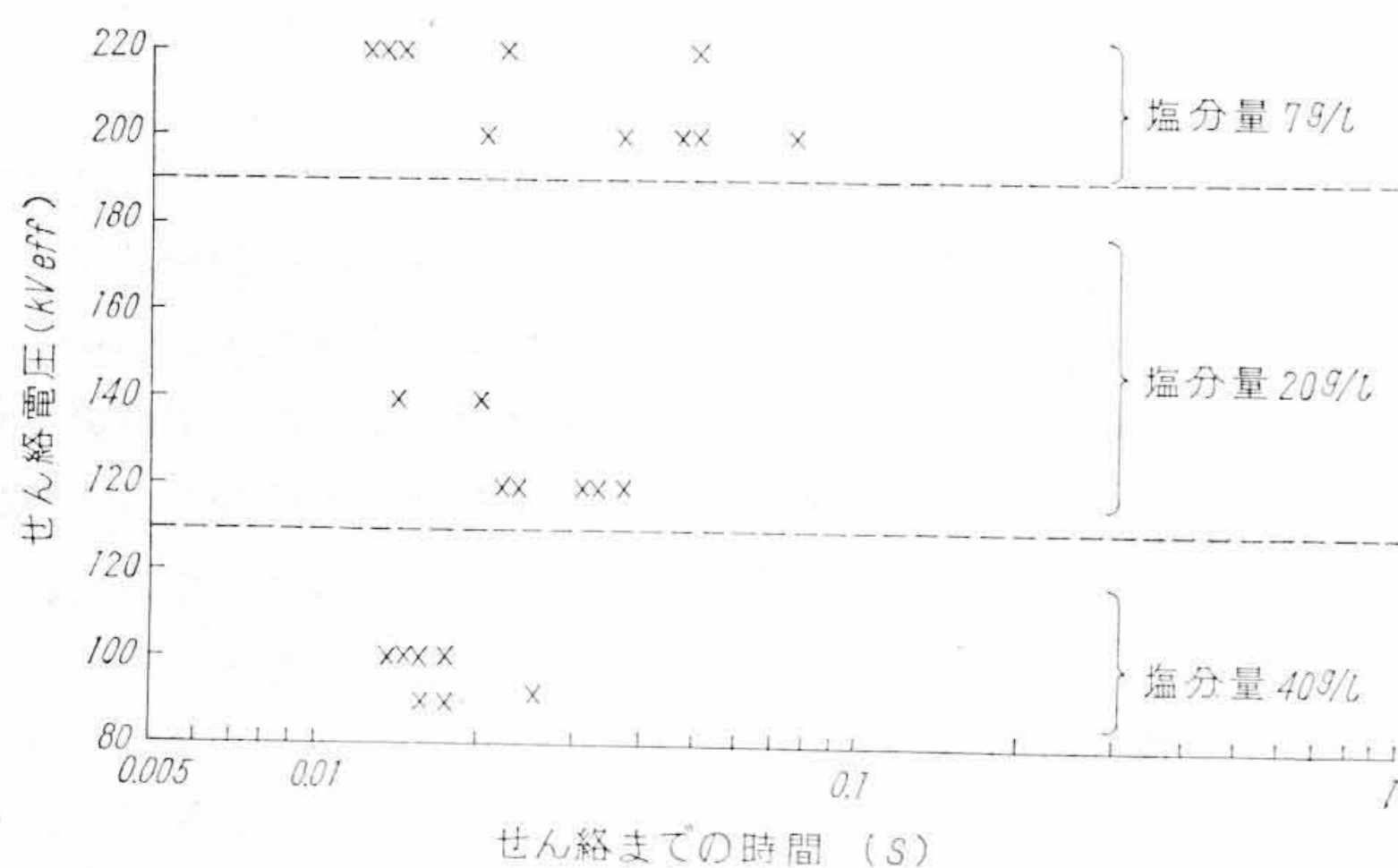
第16図 がい子 No. 18 に対する等価霧中突印昇降法の例



第17図 がいし No. 2 3本直列時の印加時間とせん絡電圧の関係



第18図 がい子 No. 3 3本直列時の印加時間とせん絡電圧の関係



第19図 がい子 No. 1 4本直列時の印加時間とせん絡電圧の関係

5.7 不平等汚損の影響

5.7.1 第3表に対する検討

第3表に示した No. 7, 8, 9 ブッシングと No. 10 のラップががい子の平等, 不平等汚損の場合のせん絡値を比較してみると No. 7 は平均汚損密度同一とすれば有意差がなく, No. 8, 9 および使用塩分量を同一とした No. 10 では不平等汚損のせん絡値が高い結果となっている。

しかし, 不平等汚損を模擬するのに片面から漏えい抵抗が飽和するまで吹き付けたため, 厳密な意味での不平等汚損とはいえない。この点を確認するため補足試験を行なった。

5.7.2 がい子 No. 14, 15 に対する確認試験

第3表(14)の場合はやはり片側から吹き付けたが, 吹き付け時間を15秒として反対側に付着する量を少なくし, 実質的にも不平等汚損状態とした。したがって吹付側では第3表記載値より汚損量は大きく反対側は小さくなっている。この場合は明らかに不平等汚損の方がせん絡値は高くなっている。また(15)は吹き付け反対側のがい子表面に汚損液が付着しないように仕切板をおき, 片面完全不平等汚損とした場合である。胴径が小さく, しかも漏えい距離の短いこの種がい子のせん絡値は平等, 不平等汚損ともほぼ同じ結果である。

5.8 せん絡電圧時間特性

第17~19図に各種がい管の印加時間とせん絡電圧の関係を示したが, 電圧印加後せん絡までの時間分布は大幅なばらつきを示し, 各塩分量に対するせん絡までの時間は最高18秒であった。したがって, 突印法による所要印加時間は30秒を予定すればせん絡有無の大勢は決まり, 以後漏えい電流によりがい管表面は比較的安定な状態にはいることが予想される。第20図は突印法による代表的なオシログラムの例を示したものである。

5.9 遮断部に対するせん絡特性

遮断部は水平に配置されているため, 第3表に記載したとおり垂直配置のがい子と比較すると, 同一塩分量, 同一平均直径に対して若干高い傾向がある。この試験時は実際の塩分付着量を示しているが, 同一塩分量の汚損液では水平配置の方が汚損量が少なくなる。したがって, 自然状態では水平配置の方がなおさらせん絡電圧は高くなる。さらに明確にするため, 水平に配置されたがい管内部に全開離状態を模擬した電極と, 圧縮空気(12.7 kg/cm²)を付加充てんして印加時間20~25 c/sで求めた。第21図はその結果をまとめたものである。耐汚損形として製作されたがい子 No. 13 は標準形のがい子 No. 1 に比し, 各塩分量におけるせん絡特性がすぐれており, 単位長あたり約1.15倍の5%せん絡電圧を示している。

6. 単体ががい子の洗浄時のせん絡特性

前章に述べたとおり, 汚損がい子のせん絡特性から重汚損地域で定格電圧の高い場合にはがい子の必要漏えい長は非常に長くなり, 経済的な機器製作が非常に困難となる。これに対処するため, 活線洗浄, シリコンコンパウンド塗布, さらに屋内に収容するなどの対策がとられている。このうち, 本報では活線洗浄法の検討結果について述べる。試験設備方法については2, 3に説明した。

6.1 供試がい子

供試品として第2表記載のうち、(1), (2), (4)~(6), (11)のラップがい子5種、(7)~(9), (14)のブッシング4種について

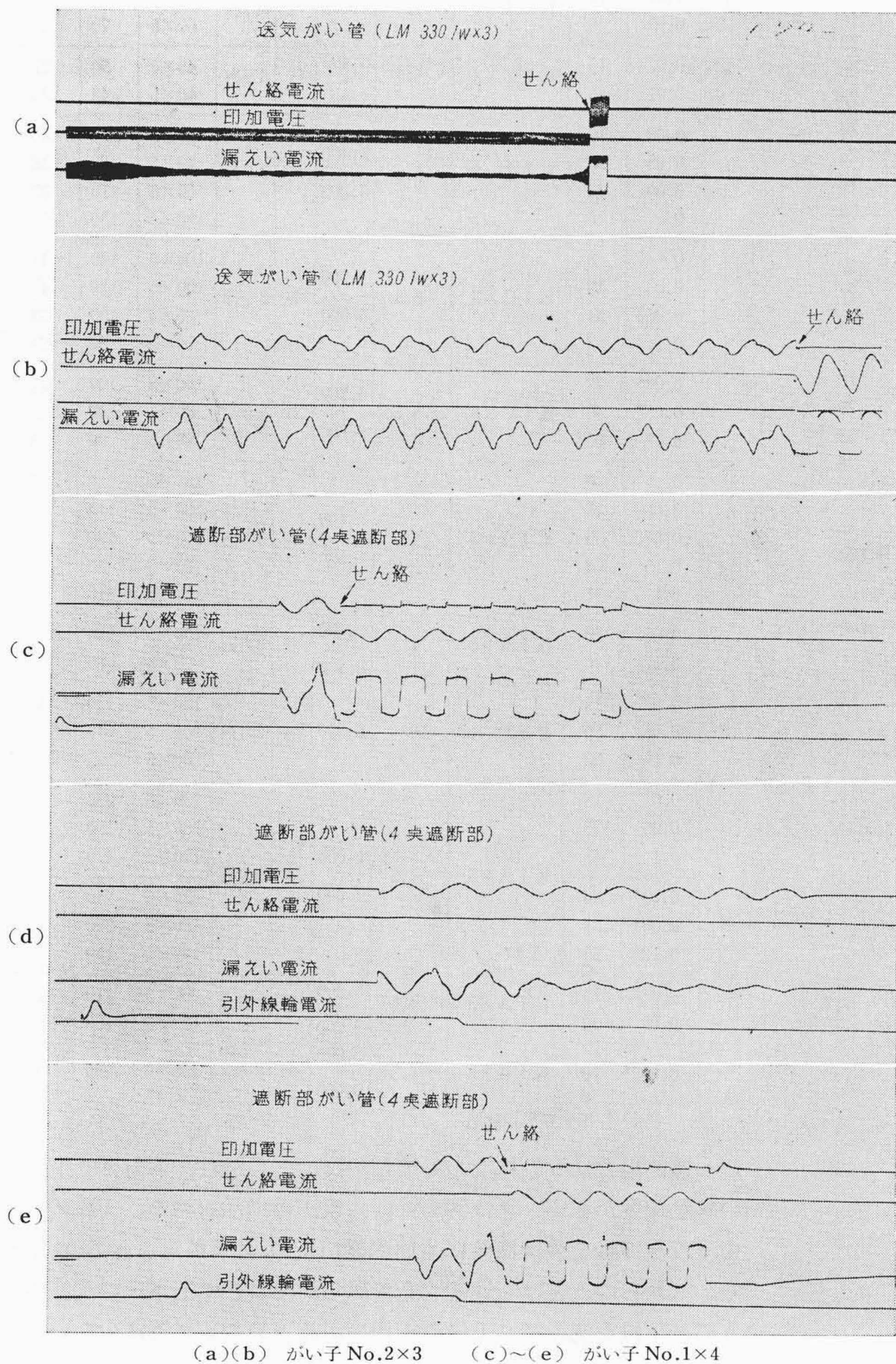
実施した。ラップがい子2本以上直列の場合には一般に水切傘(かさ)を接続金具部に付加した。ブッシングについてはもともと、がい子傘の途中2~3枚の径が大きくなって水切傘の効果を保持させたものがあり、第7表に水切傘有りと記入してある。

6.2 試験結果

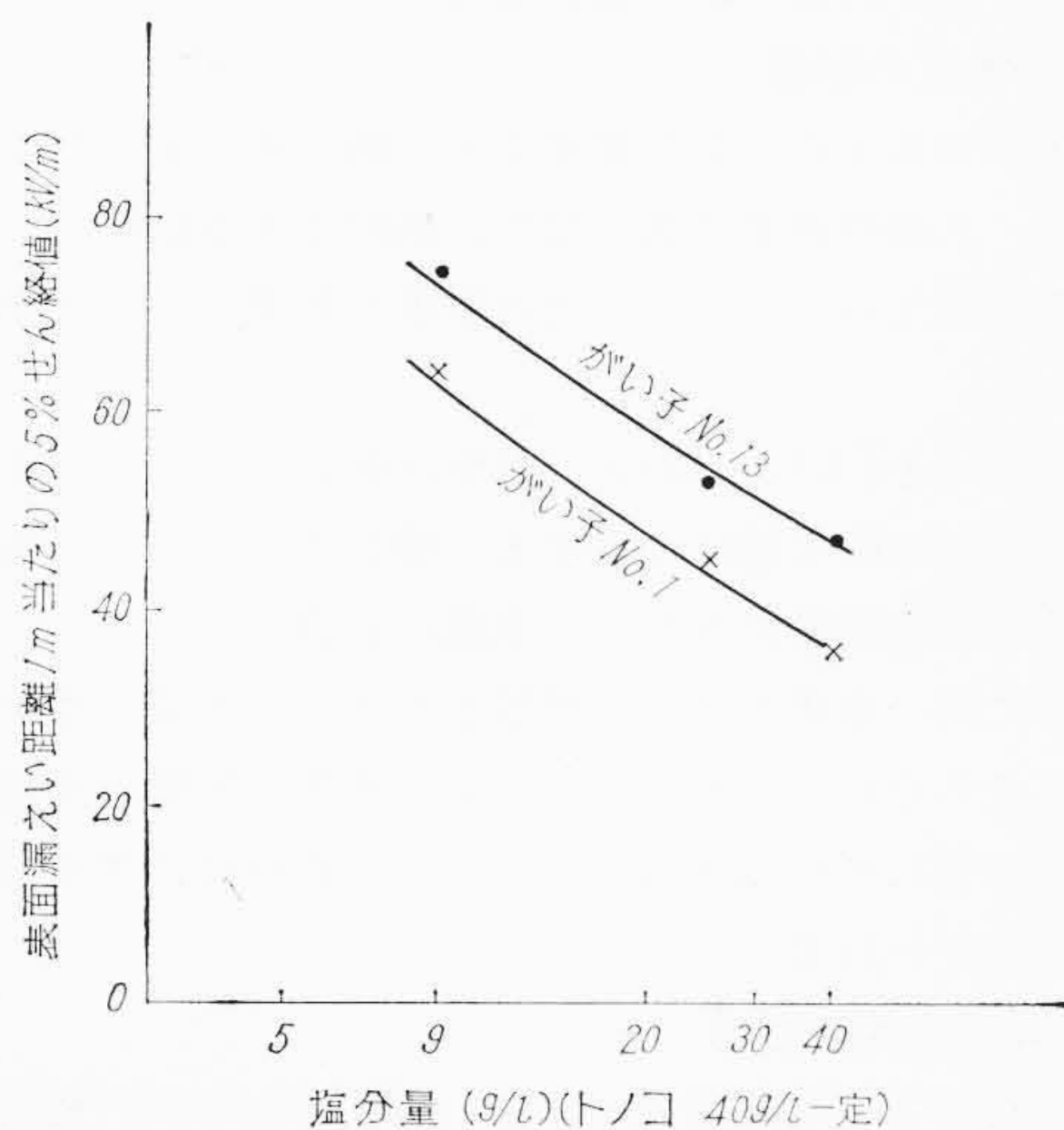
第6表に70~100号のラップがい子を1本ないし3本直列時の洗浄試験結果を記載した。供試がい子は2種類であるが、単位長あたりの外形寸法はまったく同一である。第7表にCCB用がい管およびブッシングに対する結果を示した。前者については各種洗浄法を試みて最適洗浄法を明らかにせんと努めたものである。

6.3 洗浄法の影響

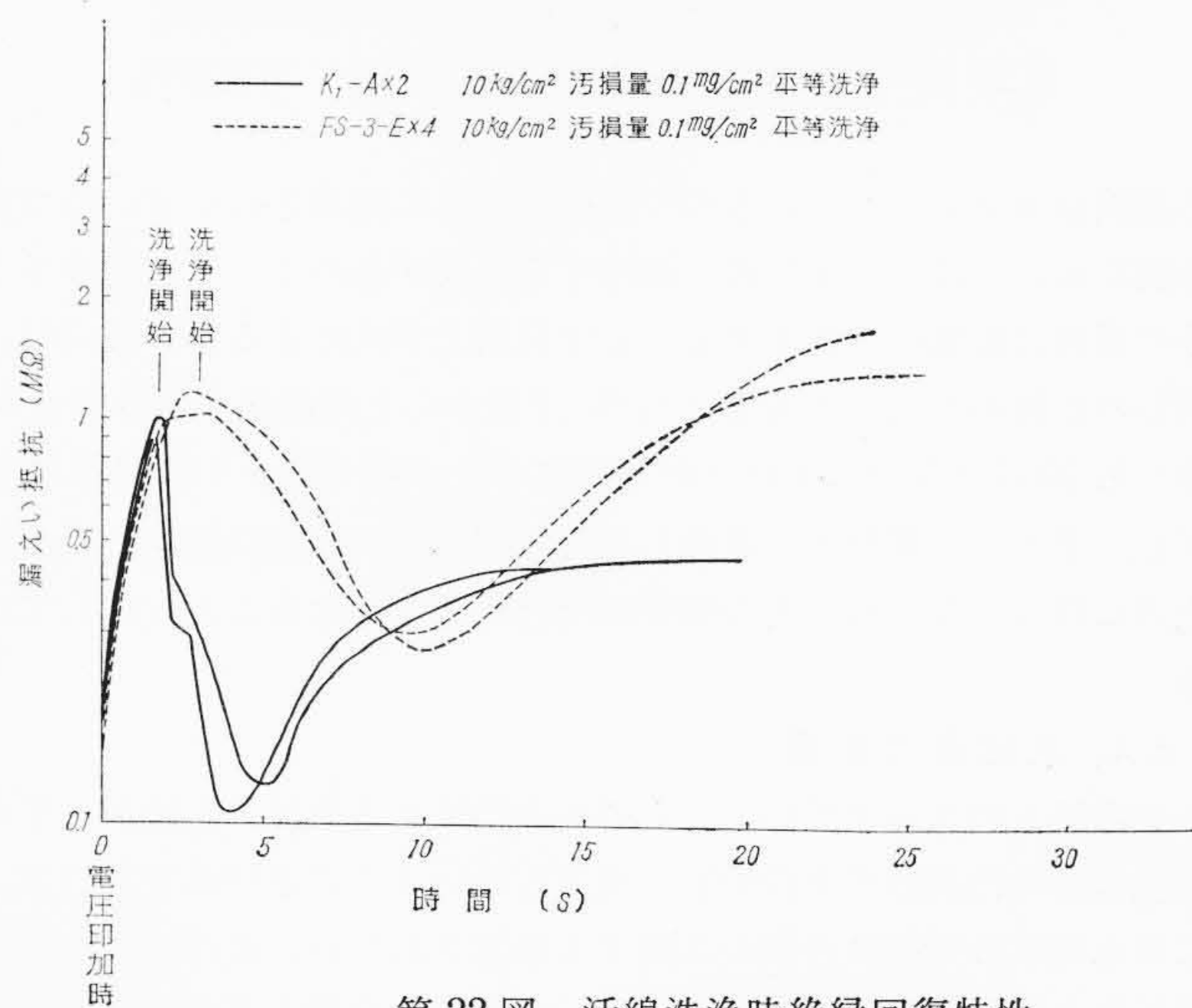
第6表の供試がい子は単位長がほぼ同一で洗浄法のみを種々変更して比較している。以下検討を加える。使用した洗浄ノズルによる影響は比較的顕著で耐電圧の高い方から並べると水圧10 kg/cm²のFS形ノズル、自動上下式のG形ノズル、消防用類似のジェット洗浄ノズルおよび水圧4 kg/cm²のK形ノズルとなる。最も高いFS形ノズルについても洗浄法により異なり、第6表に示した2本および3本直列のABB送がい管で汚損量0.1 mg/cm²の活線洗浄を例にとると下部がい子をまず洗浄し、その後2本全体を洗浄する方法が最良で、従来普通に実施されている4.5 kg/cm²、K1-Aノズルによる耐圧値の2倍の耐圧値を有している。この最高値の漏えい長あたり37 kV/mは第8図の等価霧中試験結果の値とほぼ一致する。試験方法から考えてこの値以上には達し得ないので、従来の方法では等価霧中耐圧値の約50%であった活線洗浄が100%になったことで画期的なことといえる。この差の原因は、(1)下部をまず洗浄、(2)10 kg/cm²の水圧により水滴の細粒化、(3)落下水量の適正化、(4)水切傘による上下半分の完全分離によるものである。上下一括洗浄中の漏えい抵抗の変化を比較して第22図に示した。一見して明らかなように洗浄中の漏えい抵抗はFS形の方がはるかに高く耐電圧値の高いことに関連している。上下一括時と下段のみ洗浄時の漏えい電流オシログラムを比較して第23図に示した。漏えい電流の様相が非常に異なっていることが特長である。下部を洗浄後、上下を洗浄するわけであるが、下部を完全に洗浄することが根本で、今回の試験においては下半分を約30秒洗浄後上下一括洗浄したが、等価霧中で



(a)(b) がい子 No.2×3 (c)~(e) がい子 No.1×4
第20図 シオログラム代表例



第21図 水平配置がい管の特性



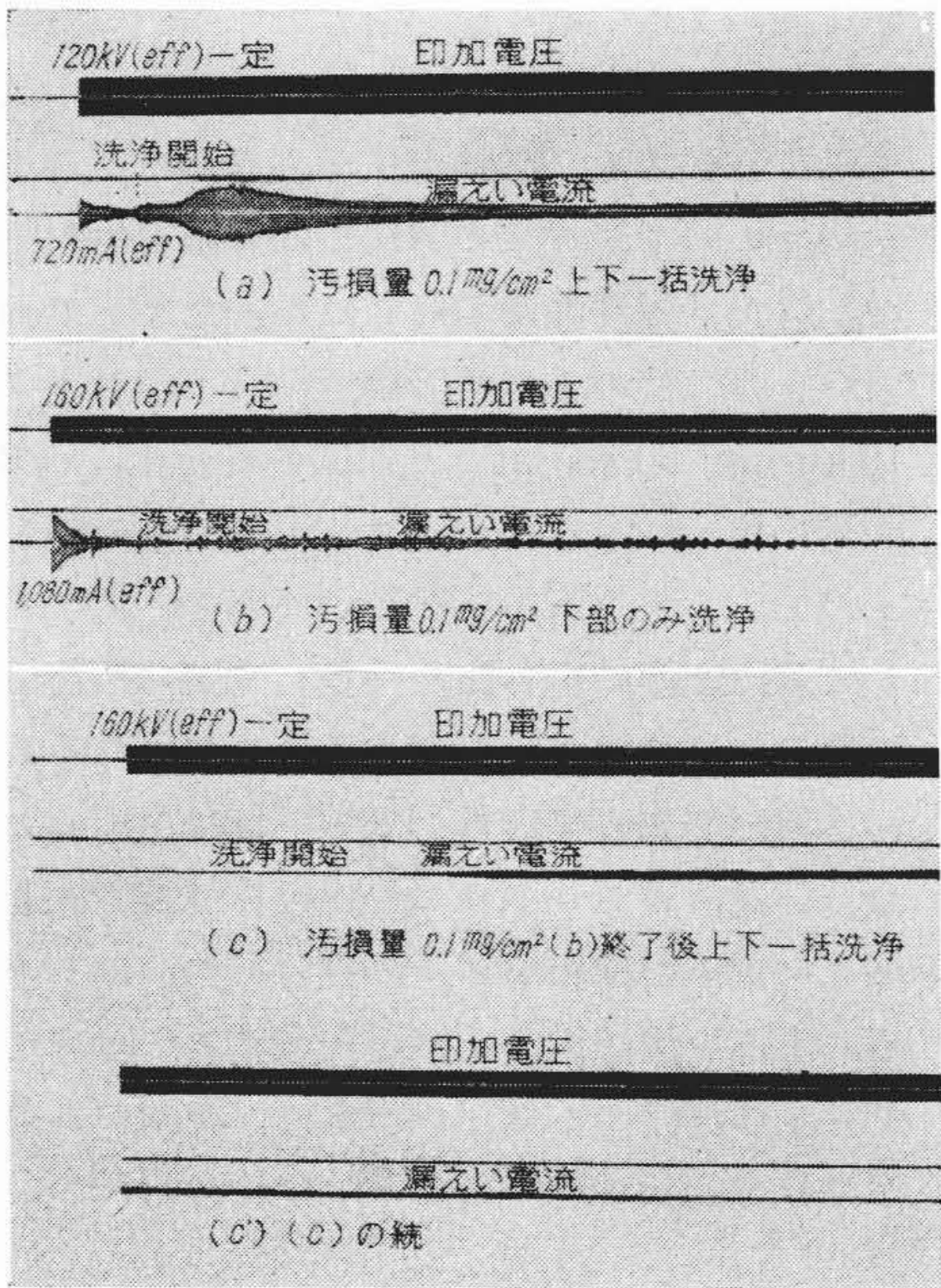
第22図 活線洗浄時絶縁回復特性

第6表 活線洗浄試験結果(その一)

供試品 がい子 No.2 および No.11

項番	汚損量 (mg/cm ²)	ノズル(注2)		水圧 (kg/cm ²)	傘	洗 浄 法	単 位 耐電圧 (kV/m)
		形	個数				
(1)	0.1	KI-A	2	4.5	有	平等, 普通洗浄法	18.5
(2)	0.1	KI-A	2	10	有	平等, 普通洗浄法	22
(3)	0.1	消防用放水銃	1	10	有	ジェット洗浄	22
(4)	0.1	FS-3-E	2	10	有	平等洗浄	28
(5)	0.1	FS-3-E	4	10	有	上下分割, 平等洗浄	28
(6)	0.1	FS-3-E	2	10	有	(5)の片側洗浄	28
(7)	0.1	G形ヘッド	2	6	有	自動上下式(ON形自動広角散水機)	26
(8)	0.1	G形ヘッド	1	6	有	(7)の片側洗浄	26
(9)	0.1	G形ヘッド	2	6	有	(7)と同じ, ただし100号3本積	38
(10)	0.1	FS-3-E	4	10	有	特殊洗浄法(1)(注3)	30
(11)	0.1	FS-3-E	4	10	有	特殊洗浄法(2)(注4)	37
(12)	0.125	G形ヘッド	2	4	有	自動上下式(ON形自動広角散水機)	27
(13)	0.125	G形ヘッド	2	4	無	(12)と同じ	19
(14)	0.125	G形ヘッド	2	7	有	(12)と同じ	31
(15)	0.125	G形ヘッド	2	7	有	(12)と同じ, ただし急速度	19
(16)	0.125	G形ヘッド	1	4	有	(12)と同じ	20
(17)	0.05	FS-3-E	4	10	有	(5)と同じ	33
(18)	0.05	FS-3-E	2	10	有	上段のみ洗浄	28

- 注: (1) (1)~(8), (10), (11), (17), (18).....No.11×2
(9), (12)~(16).....No.2×3
(2) 洗浄に使用したノズルはジェット洗浄を除きすべて能美防災工業株式会社のものである。
(3) 特殊洗浄法(2)
洗浄ノズル FS-3-E, 洗浄水圧 10 kg/cm² で洗浄対象ががい子の下部をまず完全に洗浄して後上下部全面同時洗浄に移行する方法である。
(4) 特殊洗浄法(1)
(2)とはほぼ同じであるが上部をまず洗浄



第 23 図 上下一括と別個洗浄時の漏れ電流変化

汚損液をスプレーしているので比較的簡単に洗浄されやすいので実系統においてはもう少し長く洗浄する必要があるだろう。下部洗浄不十分の場合は耐電圧が低下することは自動上下式による第6表(14), (15)の比較からもいえるところで、下段から上段洗浄する時間を40秒から20秒と半分になれば耐電圧は170~180 kVより110 kVに低下し、下方より部分的に洗浄して行く場合には完全に洗浄してから上方に移行しなければその効果はほとんどなくなることを示している。

6.4 水切傘の影響

2本以上のラップががい子を直列に連結するときには、上段ががい子を活線洗浄時汚損液が下段沿面に流下しないように水切傘を設ける。この水切傘の効果は今回の試験でも確認されたが、洗浄法により効果が異なる。KI-E 上下一括洗浄,あるいは自動上下式でも移動速

第7表 活線洗浄試験結果(その二)

がい子 No.	汚損量 (mg/cm ²)	塩分量 (g/l)	洗 浄 条 件					不せん絡電圧 (kV×回数)	最低せん絡値 (kV)	漏れ距離1m当りの耐電圧値 (kV/m)
			ノズル種類 (×個数)	水 圧 (kg/cm ²)	固有抵抗 (Ω-cm)	水切傘	方向			
4	0.02 0.05	15 45	KIA×3	4.5	4,400	無	3方向	90×5 60×5	100 70	38 25
5	0.024 0.07	15 45	KIC×3	5.5	5,400 5,800	無	3方向	45×5 40×5	50 45	27 24
6	0.02 0.05 0.09 0	10 25 45 0	KIC×3	5.5	5,400 5,800	無	3方向	80×5 70×5 60×5 110×5	90 80 70 130	43 38 33 60
7	0 0.03 0.058 0.1	0 20 34 52	KIC×3	5.5	4,700 5,500	有	3方向	100×5 100×5 80×5 70×3	120 120 90 80	41 41 33 29
8	0.03* 0.05* 0.1*	22 40 60	KIC×3	5.5	4,700 5,500	有	3方向	100×5 80×5 80×5	120 90 90	41 33 33
9	0 0.05 0.06 0.15 0.1	0 25 30 78 51	KIA×3	4.5	5,400 6,500	有	3方向	185×5 130×5 100×5 60×5 100×5	220 140 120 80 110	47 33 25 15 25
7	0.07* 0.17*	50 140	KIA×3	4.5	5,400 6,500	有	3方向	100×5 70×5	120 80	25 18
14	0.02 0.05 0.1	15 30 52	FS3E×2	10	6,200	有	2方向	120×5 105×5 90×5	130 110 95	49 43 36.5
9	0.02 0.05 0.1	15 28 45	KIA×3	4.5	5,000 7,000	有	3方向	230×5 180×5 150×5	250 190 170	42 33 27
14	0.023 0.05	15 30	KIA×3	4.5	5,000 5,600	無	3方向	220×5 180×6 140×5	240 200 160	40 32 25
	0.095*	70	KIA×3	4.5	5,000 5,000	無	3方向	200×5 180×5 190×5	210 190 200	24 21 22

注: * 不平等汚損状態

度が速い場合は5%程度の効果しかない。しかし、下方より上方への移動速度が低いときは50%近い耐電圧の増加をみる。FSノズルで下段洗浄後上段洗浄時にも同程度以上の効果があると考えられる。これらのことは定性的判断で明らかなことで上下一括洗浄のように、下段を洗浄時に上段の汚損液が流下しても影響は少ないが、下段を完全に洗浄終了し、清浄状態になってから上方からの汚損液が流下することは非常な悪影響となる。このことは逆の表現をとれば傘を付加すると大幅に耐圧値が増大するわけである。

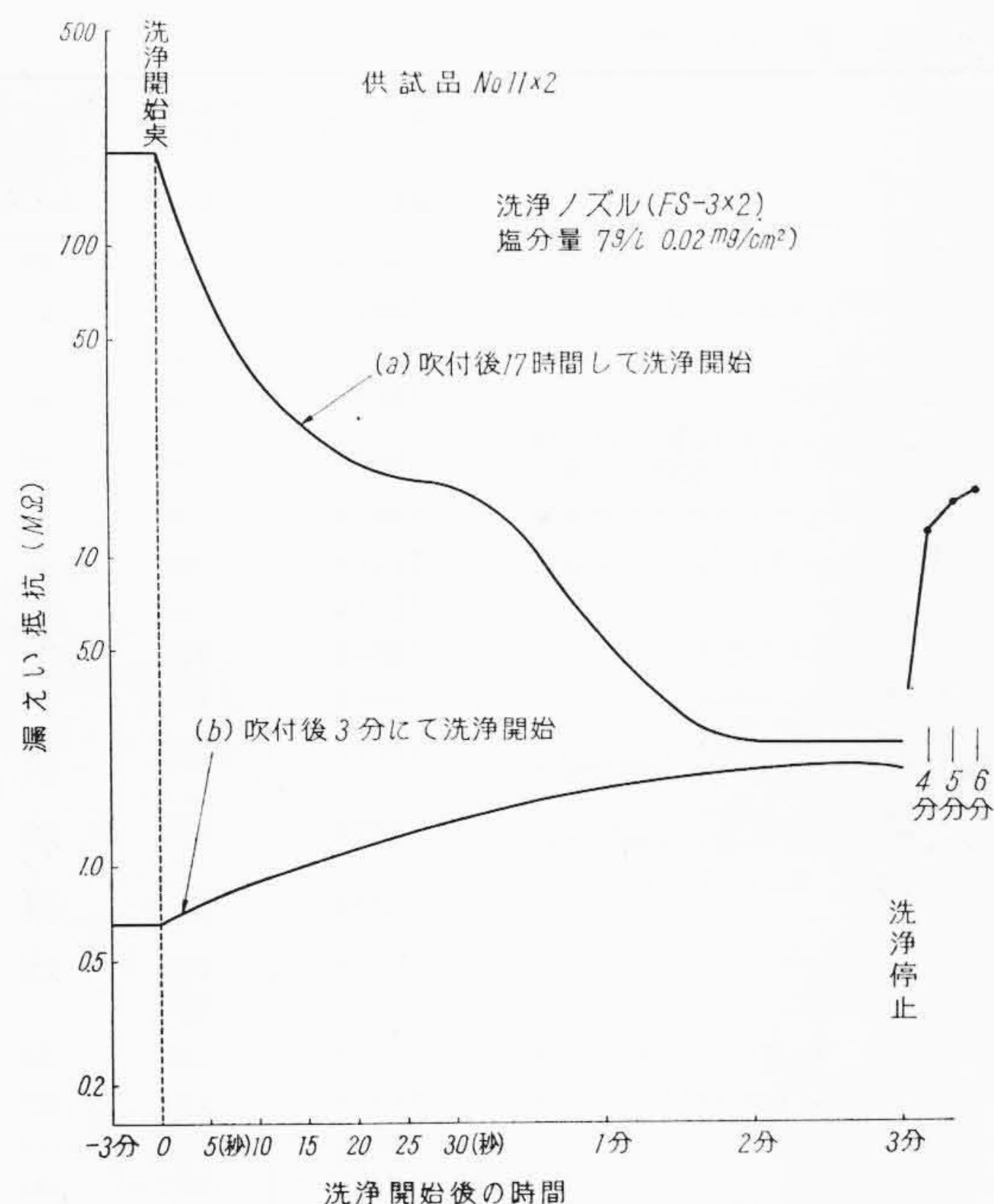
6.5 洗浄水圧の影響

同一洗浄法で水圧のみを上昇すると、第1表に示したように注水量は増加し、水滴の速度は高くなり、細粒化する傾向がある。また注水の分布も異なってくる。以上の現象を考慮の上、実験結果を検討してみよう。

第6表で(1)と(2), (12)と(14)を比較してみると、水圧を高くするほど一般には耐圧値は増加する。場合によっては影響ない結果もあるがその例は非常に少ない。水量の影響としては(4)と(5)の比較のように同一水圧でノズル個数を増加して水量を増加してもほとんど高くない。したがって、上記水圧の影響は水量と同時に水滴状態も影響しているとみるべきで、この点はノズル形状による差からもうかがわれる。

6.6 ノズル形状の影響

第6表中G形は上下移動式であるので別であるが、K形とFS形で同様な洗浄方式をとった場合FS形の方が一般に高い洗浄耐圧を



第24図 洗浄時漏えい抵抗の時間的变化

示す。単位漏えい長あたりの耐電圧の高い方からなると、

FS-4, FS-3E, FS-5M, (KI-A GS No. 25)
KI-E

の順になる。FS形という円形放水断面形状のものが、K形の長方形放水断面のものよりも耐電圧が高い。FS-3EはK形と同様の洗浄効果を有し、また汚損液スプレー後、17時間放置して十分乾燥後に洗浄しても十分な洗浄特性を有することは第24図の洗浄中の漏えい抵抗の変化からも理解できよう。FS形とK形の差は第7表のがい子 No. 7でも明らかに認められる。

6.7 不平等洗浄の影響

ここで不平等とは片側のみを洗浄することを意味する。上、下不平等は6.3に述べたとおり、洗浄法自体として大きな意味があるので考えない。左右不平等になる原因は洗浄時風速が大きいときで、風下からの洗浄水が吹き流されてがい子にとどかず、風上からのみの洗浄水が対象がい子に注がれる場合である。第6表において(5)と(6)、(7)と(8)を比較すると不平等洗浄の方が平等洗浄より一般に耐圧値が高く、場合によってはほぼ同一である。もっとも不平等洗浄という字句から想像されるように、片側の汚損液のみが洗浄されて反対側は清浄にならないという意味でなく、本表に示した洗浄法では片側から洗浄してもほとんど全面とも清浄になるので厳密な不平等洗浄でないからとも言える。しかし、実システムで使用する場合も同一であるので、いわゆる不平等洗浄になっても耐圧上心配になることはほとんどない。

6.8 不平等汚損時の洗浄

第7表の変圧器ブッシングについては不平等汚損時の洗浄特性を検討した。平均汚損量が同一ならば汚損状態にはほとんど関係ない結果である。

6.9 最適洗浄法

複雑な自然条件を相手としている以上の実験結果から最適洗浄法を結論づけるのは冒険であるが、最適洗浄法の要点ないし要件を列挙すれば、

- (1) 下段をまず完全に洗浄して上段を洗浄する。

第8表 168kV ABB がい子

絶縁部	構成部	がい子番号	備考
対地絶縁	送電がい管 操作がい管	(11)+(2) (11)+(2)	3本並列
極間瞬時絶縁	遮断部がい管	(12)×4	4本直列
極間定常絶縁	気中断路部	—	大気中

第9表 168kV ABB せん絡特性

絶縁部	汚損量 (mg/cm ²)	塩分量 (g/l)	試験条件	不せん絡値 ×回数 (kV×n)	最低 せん絡値 (kV)	5%値 (kV)	単位長 当たり 5%値 (kV/m)
対地	0.03	15	突印法	220×10	240	230	49.5
	0.3	150	突印法	150×6	160	155	33.3
	0.3	150	上昇法	—	115	116	25
極間瞬時	0.02	20	突印法	220×5	220	224	73.2
	0.03	25	突印法	180×3	180	183	60
	0.2	150	突印法	60×4	70	65	21.3

- (2) 上段洗浄中に汚損水が下段のがい子表面を流下しないように水切傘を設けること。
- (3) 洗浄水圧は高い方が望ましく 10 kg/cm² 程度が適切である。
- (4) 洗浄時は水滴が細粒化されるノズルが望ましい。しかし、あまり細粒化すると洗浄効果が悪くなるので洗浄にさしつかえないかぎり細かくすること。
- (5) 洗浄液の固有抵抗は 5,000 Ω-cm 以上であること。

7. 168kV 空気遮断器の特性

7.1 構成がい子

前章までは、がい子単体の汚損に対する特性の実験結果ならびに検討結果の報告であるが、本章ではこれらがいの組み合わせから構成されている ABB を取り上げて実際に使用見地からの考察も加えたい。供試 ABB は定格 168 kV, 7,500 MVA, 2,000 A のもので絶縁階級は 140 号であるが耐塩害用のものである。一相あたり構成がい子は第8表のとおりである。対地絶縁は外見上からは同一がい子が3本並立の形になっている。

7.2 等価霧中試験結果

汚損量は本 ABB が汚損対策として活線洗浄を実施することになっていたため、0.03 mg/cm² を主対象とした。しかし、参考のために極端な重汚損として 0.2~0.3 mg/cm² についても実施し、中間の汚損特性を内そうすることにした。試験法は、3記載のとおりである。なお、遮断部については開極動作を行なわせ、断路部はリード線で短絡しておき、約 7~10 間電圧を印加した。第9表は試験結果をとりまとめたものである。単位長あたりの 5% せん絡値を検討すると、対地については第8図と比較して妥当なせん絡値であり、がい管 2本直列にし、3本並立にしている影響はみとめられない。極間については 0.02, 0.03 mg/cm² では一段高くなっている。水平配置の影響と考えられ、4点直列にしている影響はないとしてよい。0.2 mg/cm² の重汚損になるとせん絡値は非常に低下し、直立の場合よりも低い値である。対地については参考として上昇法による試験も実施しているが、前章記載のとおり 30% 強の差が出ている。

7.3 汚損洗浄試験結果

試験法については既述のとおりであるが、遮断部については電圧印加と洗浄開始時をほぼ一致させたときと電圧印加を 1 秒遅らしたときとの両条件を実施した。試験結果をとりまとめて第10表に示した。なお、洗浄ノズルとしては普通に行なわれている KIE および KID のほかのノズルも検討した。対地絶縁部については 0.03 mg/cm² の汚損条件で各種の洗浄法を検討した結果、普通使用されている KIA 形ノズルでは不せん絡値 100 kV, KIE 形ノズルでは 140 kV

第 10 表 168 kV ABB 汚 損 洗 浄 試 験 結 果

がい子 No.	汚損量 (mg/cm ²)	塩分量 (g/l)	洗 浄 条 件					不せん絡電圧 (kV×回)	最低せん絡電圧 (kV)	漏えい距離 1m 当たりの耐圧値 (kV/m)
			ノズル種類 (×個数)	水 圧 (kg/cm ²)	洗浄水固有抵抗 (Ω-cm)	水切傘	洗 浄 方 法			
2+11	清浄	洗浄	KI-D×4	4.0	6,800~7,000	有	平 等 洗 浄	280×4	300	60
	0.03	15	KI-A×4	4.0	5,000	有	平等洗浄 左右より 2 正面より 2	100×4	110	21.5
	0.03	15	KI-A×4	4.0	5,000	有	平等洗浄 左右より 2	—	(140)	
	0.03	15	GS No.25×4	6.5	6,800~7,000	有	平等洗浄 (上下に 2 分割)	120×4	130	26
	0.03	15	GS×4+KI-E×2	6.2	6,800~7,000	有	(GS×4は上下に 2 分割) (KI-E×2は下段) がい管のみ洗浄	140×4	150	30
	0.03	15	GS×4+KIE×4	4.0	6,800~7,000	有	GS×4, K, E×4 とそれぞれ上下 2 分割	110×4	120	24
	0.03	15	GS×4+KIE×4	6.0	6,800~7,000	有	GS×4, K, E×4 とそれぞれ上下 2 分割	145×4	150	31
	0.03	15	KI-E×4	6.5	6,800~7,000	有	下段, 上段に分けて洗浄	130×4	140	28
	0.03	15	KI-E×4	6.5	6,800~7,000	有	上, 下段がい子一括四周より洗浄	130×4	140	28
	0.03	15	KI-E×4	6.5	6,800~7,000	無	上, 下段がい子一括四周より洗浄	120×4	130	26
	0.03	15	KI-E×4	6.5	6,800~7,000	有	上, 下段がい子一括四周より洗浄 (下段がい管に 1 個, 上段がい管に 2 個水切傘)	130×4	140	28
	0.03	15	KI-E×4	4.0	6,800~7,000	有	上, 下段がい子一括四周より洗浄 (下段がい管に 1 個, 上段がい管に 2 個水切傘)	120×4	130	28
	0.03	15	KI-E×6	6.5	6,800~7,000	有	KIE×2は上段, KI-E×4 は下段がい管を洗浄	120×4	130	26
	0.03	15	KI-E×6	6.5	6,800~7,000	有	上, 下段一括周囲より洗浄	130×4	140	28
	0.03	15	KI-E×2	6.5	6,800~7,000	有	上, 下段一括左右より洗浄	—	(130)	
	0.03	15	KI-E×4, KI-D×2	4.0	6,800~7,000	有	K, E×4 は上下一括, K, D×2 は下のみ洗浄	130×4	140	28
	0.03	15	KI-E×4, KI-D×2	6.0	6,800~7,000	有	K, E×4 は上下一括, K, D×2 は下のみ洗浄	130×4	140	28
	0.03	15	FS-5M×4	4.0	6,800~7,000	有	上, 下段一括四周より洗浄	140×4	150	30
	0.03	15	FS-5M×4	6.0	6,800~7,000	有	上, 下段一括四周より洗浄	140×4	150	30
	0.03	15	G1×2	5.0	6,800~7,000	有	下段より上段端まで≒12秒 1 分間で 2 回	150×4	160	32
2+11 3本並立	0.03	15	G1×2	5.0	6,800~7,000	無	下段より上段端まで≒12秒 1 分間で 2 回	140×4	150	30
	0.03	15	G2×2	6.5	6,800~7,000	有	下段より上段端まで 7~8 秒 1 分間で 2 回洗浄	150×4	160	32
	0.03	15	FS-4×8	4.0	6,800~7,000	有	平 等 洗 浄	240×4	260	51
12×4	0.03	15	KI-E×6	4.0	6,800~7,000	有	平 等 洗 浄	130×4	140	28
	0.03	15	KI-E×3	4.0	6,000~7,000	有	不平等 (片側の下半分のみ洗浄)	160×4	170	34
	0.1	60	KI-E×6	4.0	6,800~7,000	有	平 等 洗 浄	80×4	90	17
	0.03	25	KI-D-4	4.0	6,800~7,000	無	洗浄開始と電圧印加同時	180×4	200	59
	0.03	25	KI-D-4	4.0	6,800~7,000	無	電圧印加 1 秒前に洗浄開始	200×4	220	62

に対し、自動上下式の G 形では 150 kV、FS-4 形では 240 kV に上昇している。ただし、FS-4 形では洗浄特性が芳ばしくなく、第 10 表の中では G 形が最も耐電圧値が高い。しかし、上下移動速度が早いため第 6 章に記載したように、一般ノズルに比してさほどよくなっていない。断路部操作がい管のみの場合と ABB 全体で実施した場合を比較してもほぼ同一の耐圧値と考えられる。極間については常識どおり電圧印加前、すなわち遮断動作前に洗浄をはじめた方が耐圧値は高くなっている。また極間の汚損量を対地と等しくするためには塩分量を多くする必要がある、水平配置の場合同一気中塩分量では汚損量が少なくなることとも従来いわれているとおりである。

7.4 実使用時に対する検討

前節までの結果を総合すると ABB 全体の場合もがい管単独で実施した場合も両者に有意差は認められない。これは漏えい電流が大きいので、充電部の大きさによる電界の変化などは直接影響しないためで、普通の絶縁試験とは異なる。168 kV ABB として考えると等価霧中では対地は 0.03 mg/cm² の汚損条件で一線接地状態でも問題ない。遮断部は普通の負荷および短絡遮断はなんら問題ないが、充電電流遮断では 0.03 mg/cm² のときはせん絡する恐れがあり、洗浄後に充電電流遮断を行なう必要がある。0.02 mg/cm² ならさしつかえない。洗浄に対しては本章記載では自動上下式が最良であったが、前章に述べた最適方法を使用すると、ほぼ等価霧中時の耐圧値まで耐圧値が上昇し、結局 0.03 mg/cm² まではまったく問題ない。静止状態では 0.03 mg/cm² の重汚損でも相電圧には十分で、公称電圧ならば一線接地条件でもせん絡しないとみなされる。

8. 結 言

(1) がい子平均直径が大きくなるほど、漏えい距離 1m あたりの耐圧値は対数的に低下する。がい子形状による差はあるが、平均直径と漏えい距離ならびに汚損量が汚損耐圧値を決定する最大要素である。

(2) 等価霧中耐圧値は突印法を主体として求めたが、電圧上昇法よりも一般に高く、長漏えい距離のがい子で平均直径の小なる場合にその差がはなはだしく 25% に達する。

(3) 電圧上昇法における長漏えい距離がい子では初期印加電圧によってせん絡値が大幅に変化する。懸垂がい子などの短かい場合は試験法による差はほとんどなく、従来の実験結果と一致する。この原因は部分放電発生状況の差による電位分布の変化によると想像される。再現性ならびにばらつきの少ない点から試験法としては突印法の方が上昇法より望ましいといえる。

(4) 遠方操作固定ノズルによる汚損液同時吹付を採用した結果、従来の移動式スプレーに比べ非常に安定したデータが得られた。

(5) 表面漏えい電流値と単位長耐圧値とは第 11 図のような関係があり、普通標準としている 0.3 A では 40 kV/m の耐圧値と考えるべきである。

(6) 全面汚損と片側汚損との等価霧中耐圧値は片側のみの方が高くなる。この原因は実質的な平均直径が小さくなるためと考えられる。

(7) 同一がい子を複数個直列にした場合と 1 個の場合では突印法では同一汚損条件で耐圧値は個数にほぼ比例する。しかし、上昇法ではいわゆる連効率が 0.7~0.8 になる。

(8) 汚損がい子の活線洗浄法について相当くわしく検討した結果、洗浄法によって大幅に変化することが明らかとなり、従来法の耐圧値を 100% とすれば最良方法では 200% に向上した。

(9) 現在まで検討した 16 種類中最良方法は FS-3-E ノズルで、洗浄水圧 10 kV/cm² の条件で、汚損がい子下部をまず洗浄し、その後全面洗浄をする方法である。この方法によれば活線洗浄耐圧値は単なる等価霧中耐圧値とほぼ一致する。

(10) 最適洗浄法は現行洗浄法に比較すると洗浄中の漏えい電流が非常に小さく、放電現象的にはこの点が耐圧値の向上する原因

である。

以上、数年来日立製作所で実施してきた塩害汚損に対する現象解明と対策の一つとして活線洗浄法に対する最適法を紹介したが、これらを基にして日立製作所屋外変電機器の絶縁設計はより合理的なものとなっており、きたるべき 400 kV 級送電に貢献するものと確信している。もちろん、本報は等価霧中試験の結果を基本としているので、自然汚損の場合にはなお不明の点も多々発生することは当然であるが、その一環として日立市大平洋岸の日立港岸壁において自然汚損データ収積を1年半実施しているが、その結果については稿を改めて報告したい。

終わりに塩害試験に対し、種々示唆をいただいた東京電力株式会社関係者各位、ならびに洗浄設備について協力をいただいた株式会社能美防災関係各位に謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 後藤：台湾電力電気試験所研究報告（昭 15-4）
- (2) 電気協同研究会主催：塩害対策専門委員会資料（昭 36-11）
- (3) 岩瀬，加藤，井上：日立評論 42, 1260（昭 35-12）
- (4) 電気学会せん絡電圧専門委員会：電学誌 77, 55（昭 32）
- (5) 電気学会高電圧試験専門委員会資料（昭 37-11）
- (6) 三田ほか：電学誌 77, 1201（昭 32）



特 許 の 紹 介



特許第300179号

江 森 五 郎・井 伊 誓

クロスバスイッチによる4線交換および2線交換併用方式

6線式のクロスバスイッチを使用したクロスバ4線式交換機において2線交換をもあわせて行なわせるとき、従来の方法では4線式中継線装置と同数の2線式中継線装置を収容しうが、実際には各2線式中継線装置ごとに3線ずつ余っている端子が使用できない欠点があった。

この発明は、これらの欠点をなくし2線式中継線装置を収容する際に4線式中継線装置の倍数の収容と、しかも同一制御装置による制御を可能ならしめ、4線式交換機にて4線交換および2線交換を経済的かつ自由に行なわせるものである。

たとえば、6線式10水平路のクロスバスイッチの水平路0および1を切換用に用いることにより、3線式16水平路のクロスバスイッチとする水平路増加法が知られている。この発明はこの考え方をさらに発展させたもので、図にその一例を示すように、各垂直路のレベル0およびレベル1はそれぞれ3このブレード接点 k_1 、 k_2 および k_4 、 k_5 で構成し、これらの接点は2線式中継線装置を収容する場合の切換えに使用し、4線式中継線装置の接続の際にはレベル0およびレベル1の交差点を動作させないようにする。

図はこのようなクロスバスイッチを、一次スイッチAおよび二次スイッチBの二つを接続した場合を示すものである。4線式入中継

線装置1と4線式出中継線装置2間の接続を例にとって説明するとまず制御装置（図示省略）が2線交換用および4線交換用のチャンネルの試験を行なう。いま図示のチャンネル L_1 、 L_2 が使用中でなく制御装置がこれを選択した場合、一次スイッチA、二次スイッチBの4線式入、出中継線装置1、4に対応する選択磁石を動作させ、次にチャンネル L_2 対応の垂直路0の保持磁石を動作させて、一次スイッチA、二次スイッチBの交差点 k_6 、 k_6' を閉じ、4線式入中継線装置1- k_6 -一次スイッチAのブレード接点 k_1 および k_2 -チャンネル L_2 （a b c d e f線）-二次スイッチBのブレード接点 k_1' および k_2' - k_6' -4線式出中継線装置2、の接続を完成する。

2線式交換の場合、たとえば2線式入中継線装置3 No. 0と出中継線装置4 No. 1との接続は、一次スイッチAにおいては交差点 k_3 と k_4 を閉じるために、レベル9とレベル0の選択磁石を、二次スイッチBにおいては交差点 k_3' と k_5' を閉じるために、レベル9とレベル1の選択磁石をそれぞれ動作させ、次に各スイッチにおいてチャンネル L_1 対応の垂直路の保持磁石を動作させ、入中継線装置3 No. 0- k_3 - k_4 -チャンネル L_1 （g h t線）- k_5' - k_3' -出中継線装置4 No. 1で接続を行なう。（松 田）

