

雷 放 電 の 観 測 I

池 田 義 一*, 角 紳 一*, 湯 本 繁 雄*

Observation on Lightning Discharge I

Giichi IKEDA*, Shinichi SUMI*, and Shigeo YUMOTO*

(Received September 25, 1974)

We started observation mainly by employing lightning flash counter and camera in 1972 for the purpose of studying the characteristics of lightning discharge, especially the characteristics of cloud to ground flash.

In 1973, because of frequency of the coming of heavy thunder storms, we could take about 150 plates of lightning discharge photographs and gained interesting Lightning Flash Counter data.

As a result, we could secure one actual example about lightning stroke to transmission line on mid span and could understand that there are some thunder storms, the ratio of whose frequency of cloud to ground flash is about 10 percent, and we could analyze the relation between the tendency of the change of LFC count number and conditions on thunder storm.

Only three years have passed since we started observation. So at this stage, data available to us are not satisfactorily enough. We, however, will continue this observation in order to make it possible to gain basic data concerning design of lightning faults in future UHV transmission lines.

1. 緒 言

雷雲と大地との間の放電現象が、いわゆる直撃雷（落雷）であって、地上対象物の人畜、施設に種々の被害を与えている。現在、人間が人工的に高電圧試験し得る最長のギャップは約30mで、発生電圧も1500万V程度であるが、自然雷では数100～数1000mの超長距離を容易に放電することができ、 10^8 Vオーダーの巨大な電位を持っている。この雷雲と大地を接続する Grand Switch の役目をするのが雷放電である。

1937年ごろより Schonland 等の一連の観測研究の結果、雷放電の機構は、基本的に解明され、また日本でも多くの研究者により約半世紀にわたる観測及び実測研究の結果、放電特性の実態が、ほぼ明確になり電力設備、

建造物の耐雷設計も信頼度高く施工できる所まで到達してきた。しかし、いまだに解釈不明の現象を呈し、雷被害を発生する場合が多い。それは雷放電自体の特性に影響するパラメーターが多く、個々の放電現象に、ばらつきが大きいと考えられる。

本学では昭和47年より雷放電カウンタ（以後 LFC と略称する）を設置し、雷放電規模の推定、雷雨発生状況との相関、春日井地区を中心とする IKL（年間雷雨日数）と LFC 記録、特に落雷回数と LFC 記録との相関を明確にする目的をもって、雷観測を開始した。

ある地区を中心とする雷放電の活動を統計的に考察するためには、少なくとも10年間は観測を継続し、その結果を総合的に検討しなければならない。また、雷観測には、電気的、光学的、気象学的に各種の測定器を網羅し

*電気工学科 (Department of Electrical Engineering)

雷放電に伴う効果を同時観測し、多面的に考察することが必要である。

観測開始3カ年でまだ測定体制も不備であるが、昭和48年は47年に比較して雷活動が極めて活発であり、雷放電の静止写真も130枚程度撮影することができ、その中で送電線径間雷撃の実例も得られ、LFC記録と大地雷撃頻度との考察も若干可能となったので、ここに2カ年の結果を速報的に取りまとめ発表することにした。なお今年昭和49年度も、昨年度に匹敵するくらい、本学を中心として激雷が襲来したので、一部整理のついた結果を併記する。詳細な結果は「雷放電の観測Ⅱ」として紀要に発表する予定である。

2. 雷放電カウンターによる観測

本観測で使用している雷放電カウンター (Lightning Flash Counter) は CIGRE (万国送電網会議) S. C. No.8 Lightning and Surges で定められたものである。これは地上5mに導線14mを6条水平に架設した静電アンテナを利用し、その静電容量と計数装置の入力インピーダンスによって、雷放電に伴って発生する電界強度変化をパルス電圧として捕え、一定値以上の回数を計数するものである。測定可能領域は半径18~20kmの地域内ということになっている。

2-1 概況

気象年鑑⁽¹⁾によると、1972年も例年のように局地的な落雷を伴う雷雨による被害が各地で発生した。

1973年は雷の多発年で、夏季の雷雨の特徴は、1.全国

的に顕著雷雨が多発し、かみなり梅雨であったこと。

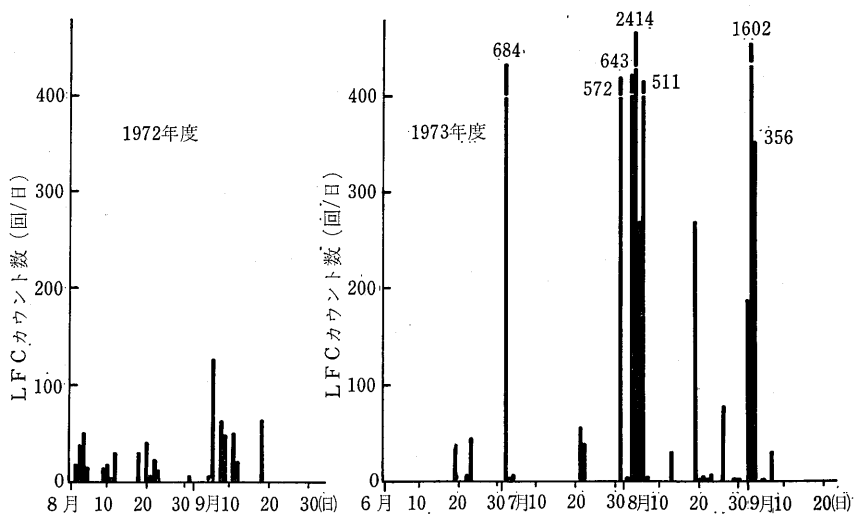
2. 落雷性の雷雨が多く、ゴルフ場での落雷による死者が多かったのも、特徴の一つであった。全国で23人(負傷35人)の電撃死者が出て例年より多かった。このうちゴルフ場での落雷による死者が10人(関東6人、関西4人)にのぼっている。

東海地方は7月5日に梅雨があけたが、8月に入って1日から8日まで連日各地で雷雨が発生した。この期間が最盛期で落雷被害が多かった。特に8月4日午後から深夜にかけて関東、中部地方にわたる広域雷雨は、この年最大の顕著雷雨となった。愛知県小牧では1時間雨量98mm(23時)の強雨で、落雷や浸水被害がでた。

雷雨十年報⁽²⁾によると、春日井地区はIKLが20~30日である。一方LFCカウント総数は観測を開始した1972年には8月9日の2カ月で、739回、1973年には6~9月の4カ月間で、7879回である。この記録から、10回/日以上のカウントのあった日をLFC雷雨日数とすれば1972年は21日、1973年は17日を数え、おおよそ上記のIKLの範囲内に入っていることが判る。

2-2 カウント数の日別変化

日別変化を求める場合の1日とは0時より24時までと定める。この日変化を見ればその日の雷放電がどの程度の激しさか、又は、雷雨の傾向を比較することができる。また「雷三日」ということばがあるように、発雷日は2~5日連続的、集中的である状況が伺われる。第1図にカウント数の日別変化を示す。



第1図 LFC日別カウント数

2-3 5分間隔カウント数

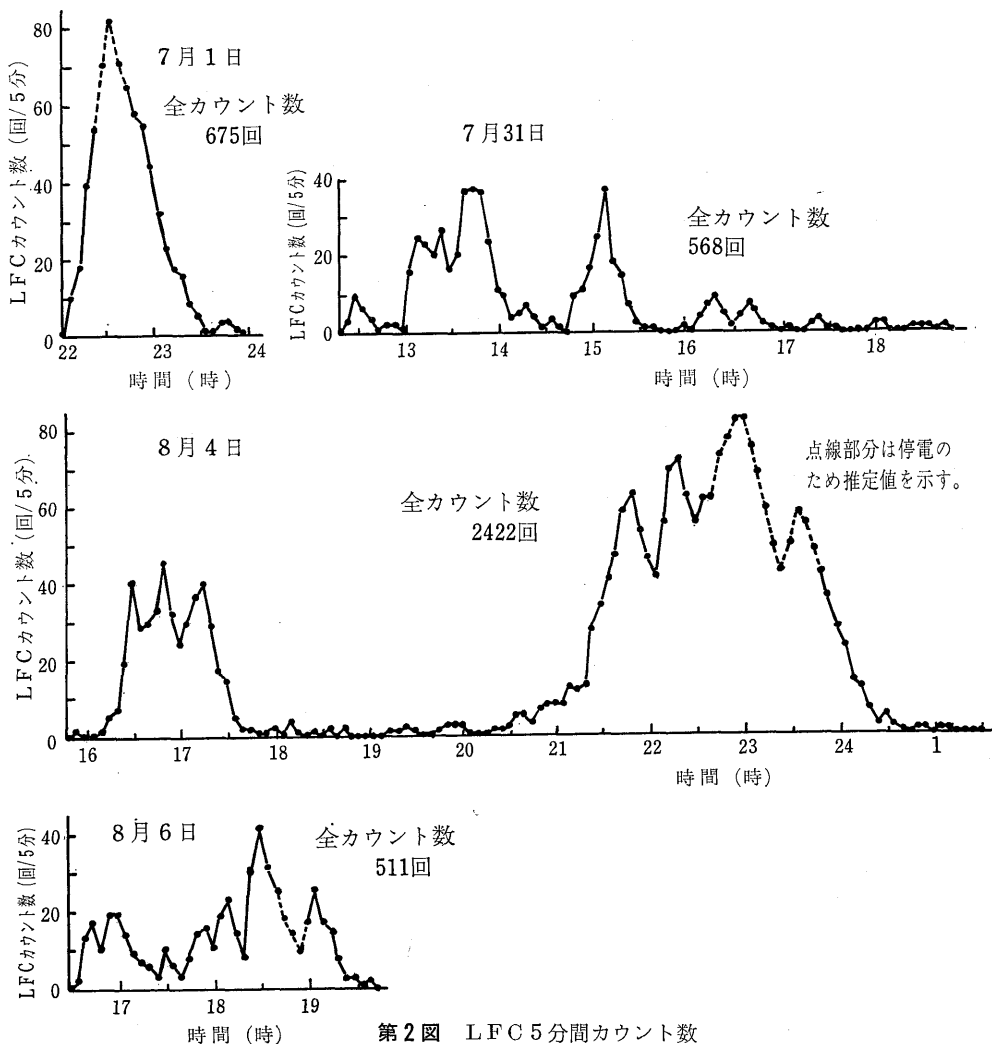
5分間隔で時間を区切り、1973年のLFCカウント数を整理してみると第2図のようになる。観測点への雷放

電の接近、離遠の様子がよく表われていて、これらの変化は2つの形状に分けられる。1.単一の雷雲の通過と思われるもので短時間でカウントが終了し、カウント途

中での増減が少ないものである。(たとえば7月1日)
2. カウントの増減を繰り返しながら長時間連続している
もので、これは雷雲が次から次へと発生消滅しているこ

とによるものと推定される。(たとえば7月31日)

また、大きな一つの山の途中で数回の周期的と思われるような増減が見られる。これについては次のような推



測が考えられる。まず、観測点上空の雷雲で放電が多く起こると LFC カウント数は増加する。しかし、その付近の電荷の蓄積量が減少するため、しばらくすると放電回数が少なくなり LFC カウント数も減少する。雷雲は移動しているため電荷の蓄積量が多い部分が観測点上空にさしかかると、LFC カウント数が再び増加する。このようなくりかえしにより LFC カウント数の増減が起こっているのではなかろうかという考え方である。特に7月31日、8月4日、8月6日にはこのような増減が顕著に表われている。

第2図に示した曲線の他にも、記録は多数得られているが、その中で曲線の変化状況が非常に似通っているも

のがあり、さらに多くの記録が集まれば雷の発生原因、場所等の推定が可能になるであろう。

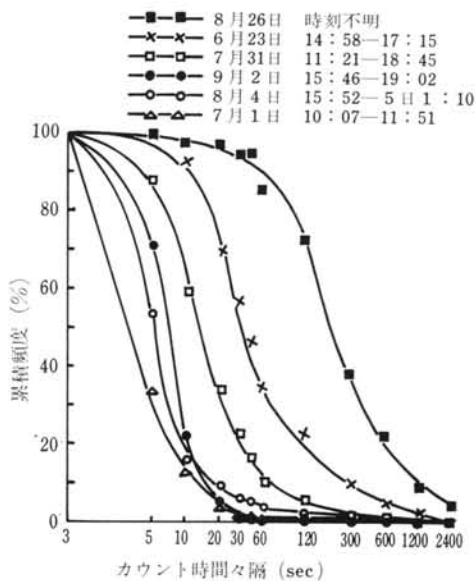
この5分間隔カウント数は LFC の不感帯が約3秒あるため、カウント数の上限は100回である。

また第2図では雷雲の接近状態がよく推察できることから、この記録をもとに襲雷予知や警報を出す方式も実用化⁽³⁾されている。

2-4 カウント時間々隔の累積頻度分布

1973年度にはカウント時間々隔を測るため LFC の出力を記録計器に接続した。この記録をもとにカウントと次のカウントの時間を求め、累積頻度分布曲線を描いてみた。

これは日別カウントの他に個々の雷活動についての放電規模を検討する目的で行なった。第3図が累積頻度分布曲線である。この曲線が右によることは、遠くで放電



第3図 LFC カウント時間間隔累積頻度分布

が起こっているか、放電をあまり伴わない雷雲が近くにあるということを示し、左によるほど放電が激しい雷雲が接近していることを示す一つの目安となる。なお、累

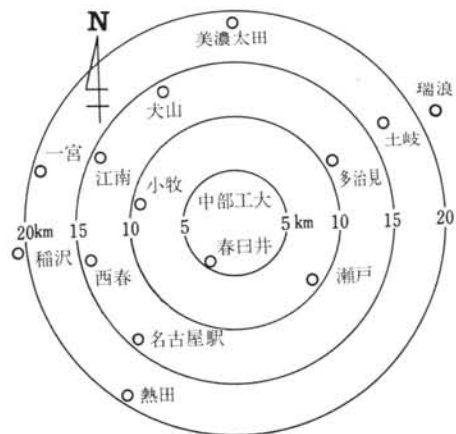


(a) 径間雷放電写真

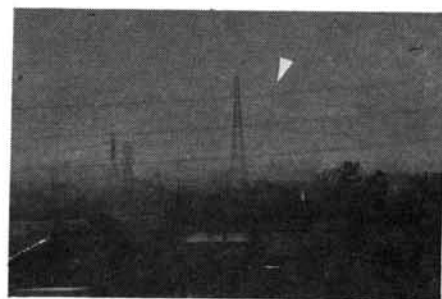
積頻度分布の50多値と LFC カウント数との相関関係はあまり強くないようである。これは雷雨の襲来継続時間に左右されるためであろう。

2-5 LFC の観測範囲

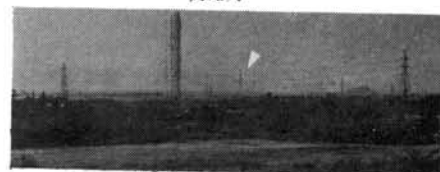
LFC 記録と、その時の雷被害に関する新聞等の情報を比較することにより、LFC の観測範囲を若干検討した。当然、雷雲の大きさ、放電範囲、高度によっても観測点への影響が異なってくるはずである。しかし、集めた雷害資料と LFC 記録の対応から、およそその観測範囲を推定してみると、北は犬山から多治見、西は西春、



第4図 LFC の有効動作範囲



(c) 雷撃点拡大写真



(b) 昼間写真

第5図 径間雷放電写真

江南、一宮、南は名古屋付近までのようである。また、観測範囲が平野部と山間部では、平野部の方が観測距離が伸びる傾向になる。山間部で15km程度、平野部で20kmを下回ると考えられる。

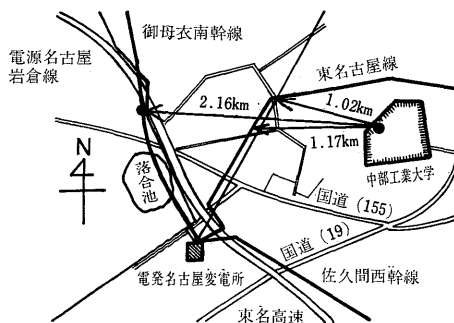
第4図は本学を中心として半径5～20kmの範囲と、その中の主な市町村名を示す地図で、およそその地域内の雷放電を計測している。

以上 LFC による2カ年の観測結果を示したが、これらの結果より雷活動の年間動向を検討するためには、10カ年ぐらいの各年度記録について Overlapping mean method⁽⁴⁾を適用しなければならない。

3. 径間雷放電の実例

1973年8月4日20時30分ごろより、5日0時40分ごろにわたり、名古屋市を中心に激雷が襲来した。(第2図参照) 本学高電圧実験室よりSW～NW方向に向かって撮影した約130枚の落雷写真の中に、第5図(a)に示す径間雷撃と推定されるものが1枚ある。写真の手前に写った2本の鉄塔は、中部電力東名古屋線7、8号鉄塔である。最初は、この径間雷撃と推定していたところ、雷撃終端が架空地線より少し下にあり、また、送電線上相より少し上にあること、及び、当日この線路には事故の記録がなかったことなどにより、雷撃点に疑問が持たれるようになった。観測点よりの屋間写真と、雷撃終端を比較した結果、約1km後方に電源開発御母衣南幹線81、82号鉄塔があり、架空地線と雷撃終端がよく一致した。また、82号鉄塔は丘陵地にあり、東名高速道路と154KV送電線を横切っているため、地上高は59.5mとなっている。付近には同程度の高さの鉄塔はない。しかも81～83号鉄塔の磁鋼片に電流記録が認められたので、雷撃点は82号鉄塔近傍架空地線にまちがいないことがわかった。第5図(b)に観測点よりの屋間写真、同図(c)にその拡大写真と雷撃点を示す。なお、これらの写真と雷撃点までの距離から、放電路の長さは約1600mと推定される。

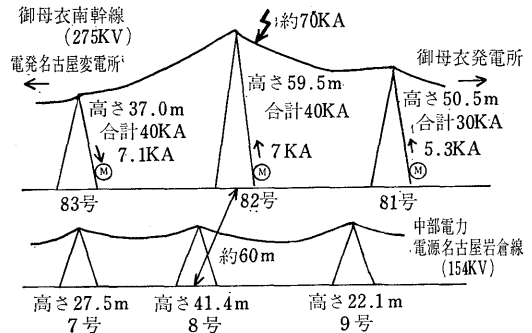
また、雷撃点下方に写っている光点は街路灯の明りである。



第6図 径間雷撃点と観測点付近の地図

雷放電とは無関係である。

御母衣南幹線各鉄塔には、1脚だけではあるが、磁鋼片が地上約2mの位置に取り付けてあった。電源開発株式会社中京電力所で電流値を測定した結果を第7図に示す。鉄塔に流れた電流は斜材分流比1.4と、脚数4の積で求めることができる。雷放電電流は仮に81、82号鉄塔の電流値の和とすれば、径間に負極性約70KAの電撃が



第7図 径間雷撃点と磁鋼片の記録

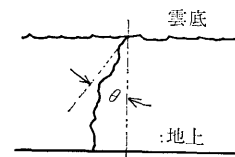
あったと推定できる。また、アーキングホーンもフラッシュオーバーしていない点より見て、塔脚接地抵抗もたぶん、30Ω以下であったと考えられる。

このような架空地線の径間部分に雷放電し、がいし装置にもフラッシュオーバーを生じなかった写真は、珍しい貴重なものである。

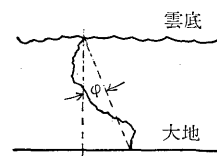
4. 雷放電写真に対する検討

1973年度に主として夜間に撮影した百数十枚の雷放電写真は、静止カメラによるもので、時間的変化、立体形状は解析できないが、今後、長距離放電を検討する場合に参考となるであろう。

ここでは、これら写真をもとに、大地放電進展角度を測定してみた。一つは起点よりの進展角度(第8図)、もう一つは、落雷点と起点を結ぶ直線の傾き角度である



第8図 進展角度



第9図 大地雷撃角度

(第9図)。放電の起点は、普通雲の中にあり写真だけで

判断することは困難である。したがって、ここでは雲底から出た放電軌跡が写真に写っている点を起点として取り扱うことにする。111例の大地放電写真について角度を求めると、第1表、第2表のごとく分けられた。初期

第1表 進展角度の分布

$\theta(^{\circ})$	個 数	割合(%)
0~4	16	14
5~9	18	16
10~14	16	14
15~19	14	13
20~24	11	10
25~29	9	8
30~34	7	6
35~39	5	5
40~44	9	8
45~49	3	3
その他	3	3

第2表 大地雷撃角度の分布

$\varphi(^{\circ})$	個 数	割合(%)
0~4	34	31
5~9	37	33
10~14	22	20
15~19	10	9
20~24	7	6
25~29	1	1
その他	0	0

進展角度の95%は44°以下に、大地雷撃角度の93%は19°以下に含まれている。しかし、第10図(a), (e)に示されているような放電もあり、進展角度は大きいが大地雷撃角度はあまり大きくない場合もある。

次に形状について検討する。枝分かれのある放電がほとんどであるが、約20%は枝分かれが認められないものが含まれている。この内、実際には枝分かれがあるが、雷放電が遠く、光が弱くて写真に写っていないものが半数であると仮定しても、約10%が枝分かれないものである。(第10図(g)) また、第10図(b), (e)のような放電途中が二つに分かれ二カ所に落雷してるものが111例中に10例ある。その他、第10図(c), (f)は2~3本の放電が写っている。これはカメラの露出時間が長かったのではなくほとんど同時に放電したものである。第10図(d)は非常に枝分かれの多い例であり、第10図(g)と非常に対象的である。

5. 大地雷撃頻度

雷害で最も被害の大きいものは落雷すなわち大地雷撃であるから、雷雨が襲来した時、ある地域1km²当たり1年間に何回落雷があるかという大地雷撃頻度 N_g について、統計的に正確なデータを知ることが耐雷設計を行う場合の原点となる。

この問題に関しては世界各地で観測が行なわれ、多くのデータが発表されている。特に最近では、LFC 記録数と N_g の相関性に関心がよせられ、送電線の雷害事故率の評価に使用されている。また、IKL よりも N_g との関係重視すべきだともいわれている⁽⁵⁾。

しかし、雷雨の規模、特に電気的な強弱は、雷雨の発生機構、電荷中心の高度などに支配される所が大きく、かつ、雷雲の発生地域及び進路、落雷場所(平坦地、山岳地、建造物の高度、電力施設の種類) 観測期間などに影響されて、相当ばらつきが大きい。したがって、ある地点における資料は、長年の観測データに基づくものでなければ信頼性が低い。

N_g または大地雷撃回数 n_g の観測には、次のような方法がとられているが、おのおの一長一短、精度に差がある。i) 目視観測 ii) 写真観測 iii) 雷害との対応(電力線への雷撃回数、雷誘導電圧の発生頻度などより推定) iv) LFC 記録 v) 空電記録

目視では観測範囲が制限されること、見のがし、または重複して報告するなどにより正確な値が得られ難い。写真観測は、目視より客観的で精度が上がるが、一般に夜間の写真が多くなる欠点がある。昼夜にかかわらず全天撮影できる方式が望ましい。雷害事故の面からの推定も一般に低目に推定されるようである。LFC 記録に基づく推定は後述する。

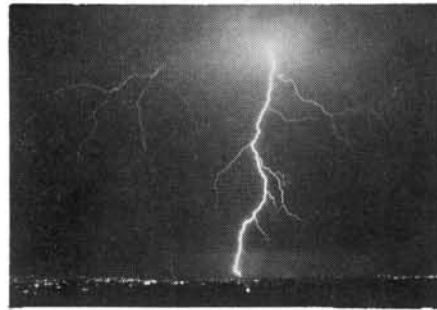
次に本学を中心とする2カ年の観測データより N_g を推察し、併せて従来のこの種のデータと比較し、若干考察を加えたい。

1973年8月4日午後9時頃より約3時間にわたり、約130枚の落雷写真を撮影することができた。この時間中のLFC 記録数は1960回である。この回数は半径約20kmの円域内の雲間放電と大地放電とを合計した総放電回数に対応すると考えられるので、130/1960の比は、LFC の記録範囲内における大地雷撃回数の比率を示すと考えられ、約6.6%となる。仮に写真撮影を見のがしていることもあるので、同数の未撮影数があるとして、260回に対する比率をとると、全放電回数の約13%が落雷であったことになる。また、同日、名古屋市内中日新聞社屋上より撮影された落雷写真を見ると、午後9時30分より5分間の露出で、10回の落雷が重疊して写っている。この時間中のLFC 記録は不明であるが、第2図の経過時間と5分間カウント数の傾向、及び、雷の接近程度などから推定して70回/5分とすれば、落雷率は14%程度となる。一方、前日の8月3日13時30分より14時までの約30分間の目視観測では、落雷回数は30回、LFC カウント数は707回となっている。昼間の観測であり、SW より

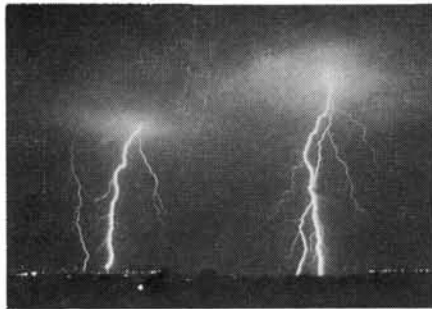
第10図 特徴ある雷放電写真



(a)



(b)



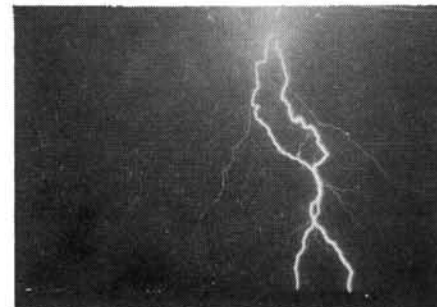
(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

SSE 方向にわたる、やや遠方の落雷のため、同数程度見のがしているとしても、落雷率は9%弱である。

従って8月3～4日にわたる、この地区に襲来したものに関する限り、全放電回数の10%強が大地放電回数で

あったと推定される。いま8月4日のLFC全カウント数は2414回であるから、この日だけで、観測点を中心とした 1256km^2 (LFCの有効動作範囲を半径20kmとする) に約250回の落雷があったことになり、 N_G は $0.2\text{回}/\text{km}^2$

・日に相当する。

春日井地区の IKL を10日とすれば、 $N_G = 2 \text{ 回}/\text{km}^2 \cdot \text{年}$ となり、従来の日本における概略値 $1.3 \sim 1.5 \text{ 回}/\text{km}^2 \cdot 10 \text{ IKL (年)}$ より高目の値になる。しかし、6～9月の LFC 全カウント数7879回より推定すると $0.6 \text{ 回}/\text{km}^2 \cdot \text{年}$ となり、8月3～4日のような強雷が、集中していないことがうなづける。すなわち N_G は IKL に一次的に比例していないことを示している。

以上の場合、落雷が観測点に約2.2kmまで近接した雷雨についてであるが、1974年7月30日午後4時30分ごろ本学を中心に襲来した激雷では、図書館避雷針及び施設管理課煙突の2カ所に落雷した。学内の避雷針10カ所に磁鋼片を取り付けておいたが、その内、図書館の磁鋼片から雷放電記録が得られた。第11図は避雷針の配置状況を示したものである。負極性10kA 程度の波高値であった。この避雷針は地上高15mで、約200m離れた2号館、9号館にはそれぞれ地上高24～25mの避雷針があるが、この方には落雷記録が出ていない。雷撃電流が割合低い点より考えて、雷放電の final jump すなわち雷撃距離⁽⁶⁾ (striking distance) が短かったために、このような落雷点となったのではないかと推測される。

本学の敷地は約 105000坪 (0.3465 km^2) であるから、 $6 \text{ 回}/\text{km}^2 \cdot \text{日}$ の N_G に相当する。年間を通じて、このような激雷の日のみでなく、前述のように年間の平均的 N_G を求めると、さらに低い値に落つくはずである。この点については年間 LFC の記録、雷雨特性など次の報告で検討したい。

次に、最近までに発表された N_G の各地のデータについて考察して見よう。

大地雷撃回数 n_g が全放電数 C (大地+雲間) に対して占める比率 P に関しては、第3表⁽⁷⁾ のようなデータが

発表されている。一般的傾向として観測地の緯度 λ が増加するに従って P も増加していることが判る。緯度と

第3表 大地雷撃回数の比率

発表者又は地名		$P = n_g/C(\%)$
Pierce	イギリス	39
Wilson	イギリス	36
D. Hillebrand	スウェーデン	34
	ス イ ス	27
Prentice	オーストラリア	18
Wang	シンガポール	17
Schonland	南アフリカ	9
	日 本	20～30

P については、

$$P = 0.1 + 0.35 \sin \lambda \quad \text{又は} \quad P = 0.1 \left\{ 1 + \left(\frac{\lambda}{30} \right)^2 \right\}$$

の式⁽⁸⁾⁽⁹⁾が示されている。

しかし、 P は緯度のみでなく、地形、標高、観測場所などの他に、個々の雷雨の性質、気象条件によって、相当、大幅に変わると見なければならぬ。上記の式より見ると、日本における P は20～30%の間に含まれるが、昨年のものであるような雷雨では $P \approx 10\%$ と考えられる場合もあることを注目しなければならない。

次に雷撃回数と高さに関する観測式⁽¹⁰⁾として、ポーランド (IKL20～25日) において、18～160mの煙突、225mのテレビ塔など161回の落雷記録より

$$n = 0.25 \left(\frac{h}{100} \right)^2$$

ここで n = 年間の対象物への落雷回数

h = 高さ (m)

を提案している。筆者の一人も、東京タワー (333m) で年2～3回の平均落雷がある観測結果⁽¹¹⁾、その他より、 $n \propto h^2$ と推定している。

第4表 大地雷撃頻度

半径 (km)	国 名	観測期間 (年)	IKL (日)	大地雷撃頻度 ($\text{回}/\text{km}^2 \cdot 10 \text{ IKL}$)	報 告 者
4.8	日 本	2	30	1.3～1.5	文献 ⁽³⁾ 及び全国平均値
16	ア メ リ カ	〃	33	0.4	Hagenguth 1947
〃	〃	〃	30	1.1	Trueblood 他 1949
〃	〃	〃	50	1.45	〃 〃
19	カ ナ ダ	〃	26	0.4	Ellis 他 1958
〃	〃	〃	25～30	1.3～1.6	Link 他 1973
0.03	イ ギ リ ス	17	11	1.8	Golde 1945
4	〃	1.5	14	1.3	Whipple 他 1936
4	〃	10	12	0.35	Wormell 1939
10	ス イ ス	17	40	1.0	Berger 1967
	オ ラ ン ダ		30	2.0	} 文 献 (5)
	スウェーデン		20	0.8	
	フィンランド		16	0.75	
	南アフリカ		55	1.4	
					Schonland 1964

最後に、各種の観測方法によって各国で得られた N_G をまとめたものを第4表⁽⁵⁾⁽¹²⁾⁽¹³⁾ に参考として挙げておく。送電線における磁鋼片測定から求めた N_G も $1 \sim 3.1 \text{ 回}/\text{km}^2 \cdot 10 \text{ IKL}$ の範囲内を占めている。以上の

データから見て、観測地、観測期間、雷雨活動の年間変動があるにも拘らず割合、 N_G の差が少いとも考えられる。大部分のデータが1~2回/ $\text{km}^2 \cdot 10 \text{ IKL}$ に含まれるので、これを代表推定値とみなしてよいようである。

なお、 N_G と IKL との関係について、イギリスその他欧州を中心とした多くの観測結果から

$$N_G = (2.6 \pm 0.2) \times 10^{-8} \cdot (\text{IKL})^{1.0 \pm 0.1}$$

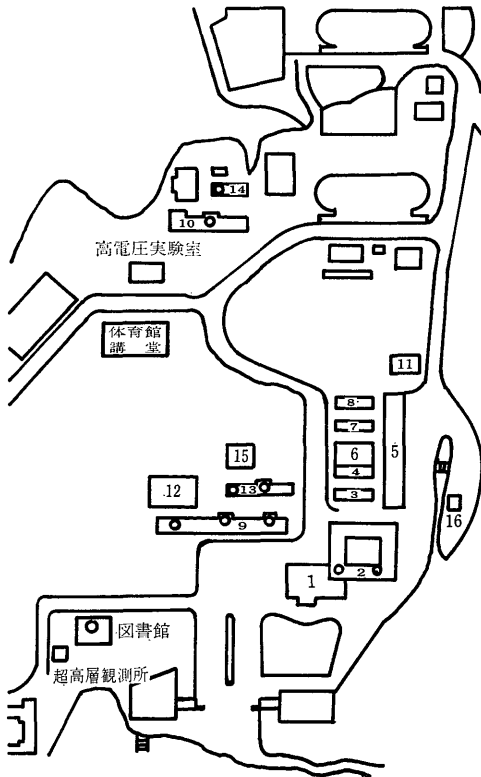
という関係式⁽¹⁴⁾も最近提案されている。

また、年間の LFC ガウント数 C と IKL との関係式⁽⁵⁾として、世界各地の値より

$$C = 12.74 (\text{IKL})^{1.7}$$

が提案されている。

日本では、1973年に全国で159カ所に LFC が設置され、 C と IKL の関係を明確にする IKL マップの作成⁽¹⁵⁾が進められている。この結果を見ると、 $\text{IKL} 30 \sim 35$ の地域が4~8回/ $\text{km}^2 \cdot \text{年}$ すなわち1.3~2.3回/ $\text{km}^2 \cdot 10 \text{ IKL}$ に相当し、諸外国の代表推定値の範囲内に入っている。



磁鋼片取付位置 (○印)

- | | |
|------------|------------|
| 2号館 (2ヶ所) | 13号館 (2ヶ所) |
| 9号館 (3ヶ所) | 14号館 (1ヶ所) |
| 10号館 (1ヶ所) | 図書館 (1ヶ所) |

第11図 避雷針の配置

6. 結 言

1966年(昭和41年)以降、日本では約1400kmの500kV送電線が建設され、昨年より一部500kV送電を実施している。今までに、これらの線路において28件の事故が発生し、その内27件、すなわち約97%が雷に起因していると言われている⁽¹⁶⁾。今後、ますます拡充される線路及び100~150万V級のUHV送電の耐雷設計に対する基礎資料として寄与するため、雷放電という超々ギャップの放電現象について、地道な観測研究を続行しなければならない。

雷雲は自然が発生する移動型静電発電器であるから、この自然雷の知見、例えば、放電形状、電気特性などを集積し、一方、実験室における長ギャップの放電特性との関連性を検討し、相互に仮説の検証、設定に役立てると、20~30mという長い気中絶縁設計に有力なデータを提供することになる。

前述のように、本学では雷放電の観測を開始してより3年を経過したに過ぎず、データ、検討も不充分と思われるが、今後、観測体制を漸次、整備充実として行きたいと考えている。特に LFC による観測方式の自動化、多点同時測定、雷雨気象との相関の究明に重点を置きたい。また、雷放電に伴う諸現象を総合的に考察するため雷撃電流の測定、雷撃写真(静止及び回転型)の撮影、地上電位傾度の変化、雷鳴、尖端放電電流、雷雨時の降水の抵抗率、及び地電流の観測、落雷被害調査なども並行して実施したい。

雷害防止研究の終局の目標は、雷雲の制御、雷放電のトリガー、落雷地点の予測などになると思うが、完結までには、まだ相当の年月を要するだろう。

本研究は、中部工業大学特別研究の一端として行なわれているもので、電気工学科実験室の人達、卒業研究に参加した諸学生の協力に負う所が多く、各位に厚く感謝の意を表わすものである。

文 献

- (1) 日本気象協会：気象年鑑 1973, 1974年版
- (2) 気象庁、電研：雷雨10年報(昭和40年)
- (3) 福森誠一：四国電力研究期報 No. 24, No. 26 昭46/6, 昭47/6
- (4) R.B. Anderson et al: CIGRE SC33 TF33-01-01 1973
- (5) S.A. Prentice: CIGRE SC33-04 1974
- (6) M.A. Sargent: IEEE T. Sep/Oct, 1972
- (7) J.A. Chalmers: 「Atmospheric Electricity」 1967年版
- (8) CIGRE SC33 WG-01 資料 1969-9
- (9) E.T. Pierce: Jour. App. Meto. Vol.9 Feb. 1970
- (10) S. Szpor et al: CIGRE SC33-01 No.33-10 1974
- (11) 池田義一：電気試験所研究報告 第620号 昭36年
- (12) R.H. Golde: 「Lightning Protection」 1973年版

- (3) 雷害事故調査委員会資料 No. 49-25 昭和49・6及び CIGRE SC33-09 1974
- (4) M.F. Stringfellow: 「Lightning and Distribution System」 No. 108 IEE Pub. 1974
- (5) 河村達雄他雷害事故調査委員会資料 No.49-23昭49・6
- (6) 耐雷設計基準委員会送電線分科会資料 No.40-9昭49・9
- (7) 池田・角 昭和48年電気四学会東海支部連合大会予稿27P-I-1
- (8) 池田・角「大気電気研究」第10号1974 p159~162