

## 近距離空電波形の研究(第6報)

### 空電波形とその成分周波数に関する観測結果

石川晴治 高木増美 竹内利雄

#### I. ま え が き

空電波形の立ち上りの部分に含まれる高周波成分については誘導乃至放射電界に対応する高周波のパルス形で、雷放電全体を考えた時の大規模なストリーマーの動きに対応する低周波の波形に顕著に重って現われるものと、静電界の単純な急しゅんな変化の中にこのパルス性の波が吞まれて了った様な形で現われるものとがその両極端として考えられる。前者は静電界変化が顕著に記録される事の少ない50 km以上離れた源からの空電波形に著しく現われ、後者は観測点から30 km以内に顕著な雷が発生して居る時に見られるわけであるが、遠距離伝播の空電波形に含まれて居る高周波成分が空電波形の型によりどの様に相異を示すか、又近雷の波形に現われる急しゅんな静電界の立ち上り部分にどの程度の高周波が著しく含まれて居るか等を調べて見た結果について述べる。

#### II. 観 測 方 法

この目的に用いた波形記録装置の波形増幅器は広帯域で100 c~100 kcの範囲で平な周波数特性を持って居るが、記録動作を起動するに必要な空電入力増幅は切換によって100 c~100 kcに渉り平な周波数特性を有する前記の増幅器(以下においてW.B.と記す)、及び夫々0.1 MC, 1 MC, 10 MCに同調した増幅器(帯域幅は約10 kc)を随時用いる事ができる様にしてある。従ってこれ等周波数成分の強度の大きい空電入力があった場合その周波数に対する入力で記録の動作が開始され、W.B.増幅器で増幅された歪のない空電波形がC.R.T.螢光面上に現われ写真記録されるわけである。勿論数多い記録の中には起動動作の原動力となる空電と実際記録される空電が全く無関係な別の放電から起った二つの別の空電である可能性もあるが、それは双方の空電出現時刻の同時性を考えに入れると極度に遠くない源からの空電に對稱を限定する場合むしろこの様な事はすくないと考えてよからう。観測記録のとり方については我々の波形記録装置は1台しかないで、波形記録起動用増幅器の同調周波数を数分

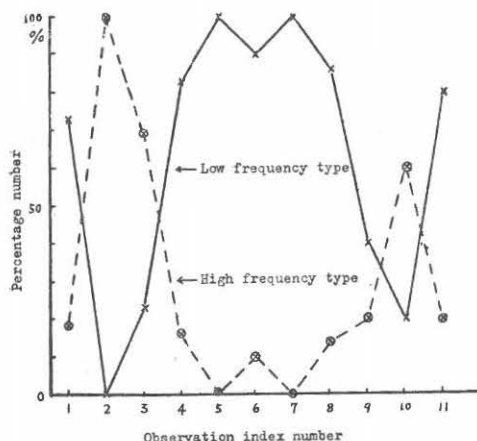
毎に切換え、大略同時刻における空電を各同調周波数成分に相当する空電入力で起動した記録を得る様にしこれ等同時刻の波形を比較することとした。

#### III. 観 測 結 果

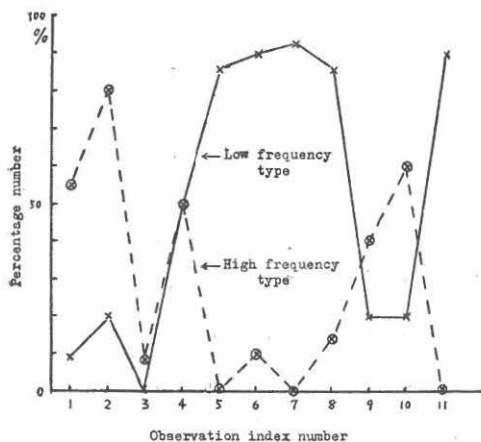
A. 0.1 MC 帯に著しい周波数成分を持った波形。  
比較的遠距離伝播の場合として観測点から雷雨迄の距離が100~200 kmの程度か或は200 km以上離れて居り、少なくとも100 km以内の地点には発雷の報告がない比較的静穏な日に、W.B.及び0.1 MCで記録の起動を行いW.B.増幅器で増幅した波形の記録をとった。第1図はこの時得られた波形を次に述べる3種の型に分類し起動周波数毎にその出現数百分率を求め、起動周波数を変更した事による影響が各波型の出現数百分率に現われるか否かを調べたものである。

波型としては波形を全体として見たときの周波数が低い主放電型及びこれに近い性質の波から成り立って居る夜間の電離層反射型の波形<sup>(13)(14)</sup>を含めた低周波型と、顕著な放射電界パルスが緩慢な静電界変化に重なって現われる先駆放電型<sup>(13)</sup>、とか雷雲中の放電に対応すると思われる雲放電型<sup>(8)</sup>等を含めたパルス性の高周波型及びそのいずれにも属さない中間的性質の波形の三つに分類した。第1図のA, Bは夫々W.B.及び0.1 MCの場合の波型別の出現数百分率を各観測毎について求めて表わしたものである。すなわち同一観測番号に対応するA図及びB図の値は夫々相前後して続く同一時刻の観測により得られた波形についての波型別の出現百分率で、例えば1番目の観測について考えると先ずW.B.起動で波形記録を若干時間行った所その中低周波型が73%高周波型が18%、分類不能の波形が9%含まれて居り、続いて行われた0.1 MC起動の若干時間の観測の結果その中低周波型が9%、高周波型が55%、分類不能の波形が36%含まれて居る事を示す。一般的に云って大体同じ時刻に観測される空電波形は相似通ったものが多く現われる事は観測事実として経験されるし、又空電源をなす雷雨中における雷放電の有様は時刻が接近して居れば大体

第 1 図



A



B

同調周波数を変えて波形起動を行った時の  
各空電波型の出現数百分率。

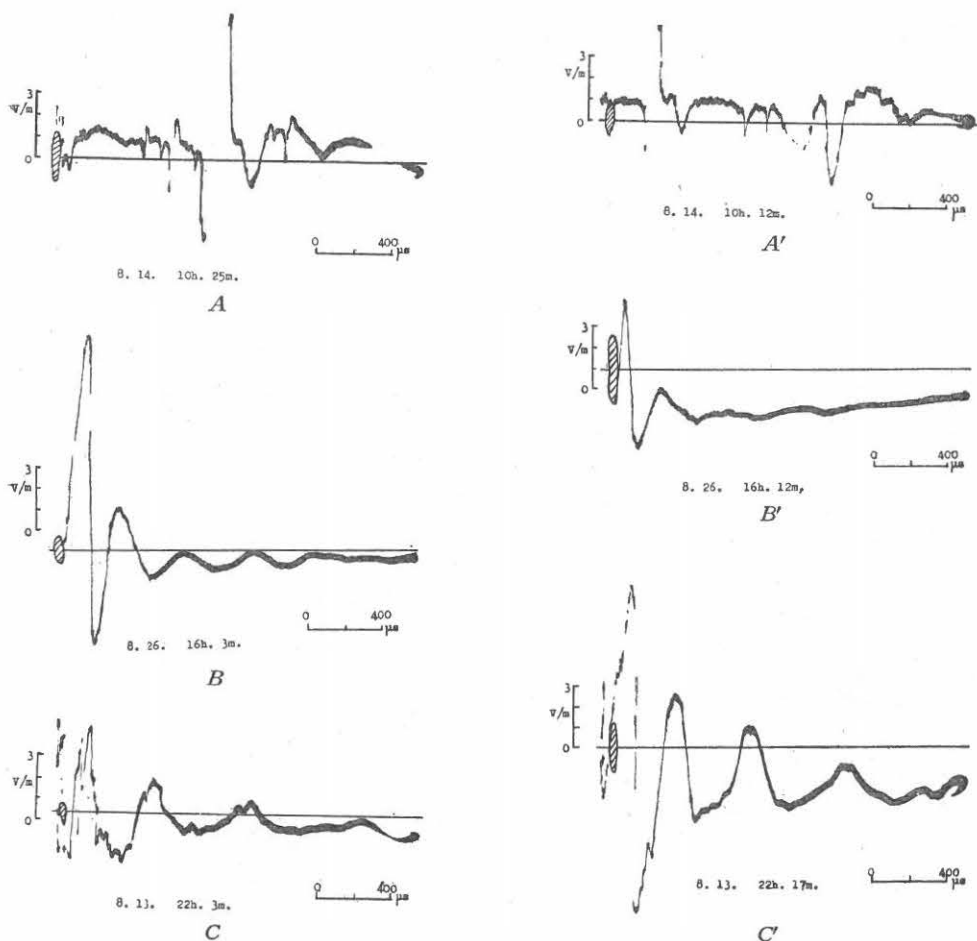
A. W.B. 起動の場合

B. 0.1 MC 起動の場合

同じである事も近雷の場合雷放電に伴う静電界変化から推定される。従って同じ時刻に W.B. 及び 0.1 MC 起動で記録をとる場合、どの波形も 0.1 MC の周波数をその成分として顕著に含んで居れば或特定な波型が出現する割合は W.B. でも 0.1 MC でも大体同じ事が多く、又或特定な型の波形が 0.1 MC の周波数成分を顕著に含まなければその波型の出現する割合は 0.1 MC 起動の場合著しく少なくなる筈である。従って観測の資料数及び回数共に充分多ければ W.B. と 0.1 MC 起動の二つの場合における特定の波型の出現数百分率を観測番号毎に図に表わせば、これを比較する事により或程度原空電波形に含まれる周波数成分につ

いて推定が出来る。第 1 図を見ると低周波型の場合も高周波型の場合も共に W.B. 起動と 0.1 MC 起動で出現数百分率折線は大略平行的な関係にあり、W.B. 起動で数多く出現する波形は時刻が同じであれば 0.1 MC 起動でも多数出現する事がわかる。この事は既述の様に空電源迄の距離が 100~200 km 或はそれ以上ではあるが何千軒と云う程極度に遠距離ではないと思われる空電波形では高周波型の波形は勿論低周波型(主放電型及び電離層反射型)の波形も大略 0.1 MC 程度の周波数成分を顕著に持つ事を示して居る。又 100 km 以上の伝播距離があれば雷放電に伴う静電界の急変化の影響は充分消失して居る筈であるから、この 0.1 MC の周波数は誘導乃至放射電界に対応する急激なパルス性の波の形で緩慢な変化の上に重なり、この時記録された様な波形が形成されたものと思われる。第 2 図に上に述べた観測の時得られた空電波形の中から典型的なものを選んで掲げる。図中 A 及び A' は夫々 W.B. 及び 0.1 MC 起動の雲放電と思われるパルスの繰返しより成る波形で観測点から 170 km の地点に唯一の雷雨が報告されて居る 10 時頃互に約 13 分を隔てて記録されたもので、この日は前記の他には時刻の明瞭に離れて居る他の二つの孤立した雷しか報告がない。パルスの鋭さが可成り弱まって居る点及び前記 170 km の地点におけるものがその時刻においては唯一つの報告されて居る雷雨である他は少なくとも 200 km 以内には雷雨の報告がない点から考えると、この波形の源はおそらく 200 km 以上の遠方にあるであろう(この点については<sup>(14)</sup>の図 3, 4 を参照されたい)。この事から放射電界パルスはそれが充分強大であれば 200 km 以上伝播しても尚顕著な 0.1 MC 程度の周波数成分を含んで居る事がわかる。同図 B, B' は夫々 W.B. 及び 0.1 MC 起動により 16 時頃互に 8 分を隔てて記録された波形で、記録時刻が 18 時以前で夜間の電離層反射型が現われる時刻以前である事及び波形記録装置の増幅利得が 20 db に押えられていた事より考えて、この波形は主放電型に属すると考えてよい事は間違いないであろう。尚これ等波形が記録された日は全く静穏で発雷の報告は少なくとも 200 km 以内には全く存在して居ないから図に掲げた波形も 200 km 以上の距離を伝播して来たものと思われる。然し小さな脈動が僅かであるが残って居て全く滑らかな減幅振動と云うわけではないから極端に遠方から来たものではないであろう。<sup>(15)</sup> 以上の事から主放電型の空電も 200 km 以上伝播しても矢張り 0.1 MC の周波数成分を少なくともその立ち上りの部分においては

第 2 図



観測点から 100 km 以内に雷雨報告の無い時刻における空電波形

- A. W.B. 起動の高周波型(雲放電類似)空電波形  
 B. W.B. 起動の低周波型(主放電)空電波形  
 C. W.B. 起動の低周波型(夜間の電離層反射)空電波形

- A'. 0.1 MC 起動の高周波型(雲放電類似)空電波形  
 B'. 0.1 MC 起動の低周波型(主放電)空電波形  
 C'. 0.1 MC 起動の低周波型(夜間の電離層反射)空電波形

顕著に持つて居る事がわかる。図の C 及び C' は夫々 W.B. 及び 0.1 MC 起動で夜間 22 時頃互に 15 分程離れて記録されたもので、この日は 14~18 時にかけて近雷が多数見られたが 21~22 時になると 200 km 以内に雷雨の報告が全く見当たらないので、これ等二つの空電波形の伝播距離は共に少なくとも 200 km 以上と考えられる。又波形は甚だ特徴的な夜間電離層反射型の様相を示して居るので記録が時刻 22 時である事と考え合せて顕著な電離層反射を経て居る事は明らかである。図から明らかな様に高周波成分は可成りの程度迄消失して居る様に見受けられるがこの場合も矢張り 0.1 MC で起動して居るからこの型の波形も少なくともその立ち上りの部分においては顕著に 0.1 MC の周

波数成分を含んで居ることがうかがわれる。

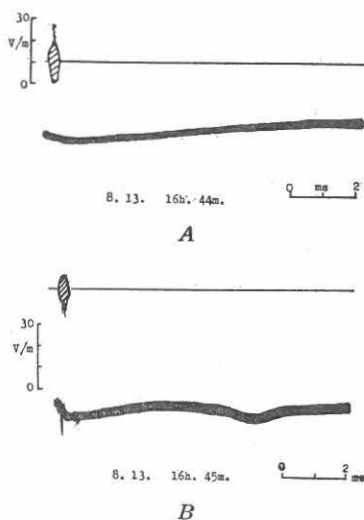
次に近雷で観測点から空電源迄の距離が 50 km 以内の場合になると静電界の影響が著しく大きくなって来るので、それより周波数の高い前項で述べた様な小さい変化はこの大きい静電界変化の中に吞まれて了い、前項に述べた様な明確な波形の分類を行う事が困難となる。そこでこの場合は波形記録の起動が静電界の急しゅんな変化によって始まったか或はパルス性の波によって始まったかにより、波形の頭部に顯著に含まれる周波数成分について考えて見る事にする。然しこの場合に相当する波形はその記録を得るのに適当した発雷の機会が少ないので資料の数も未だ僅かしかない。従って此所では唯その数例について述べるだけ

第 1 表

| 起動周波数  | 静電界急変化起動 (%) | パルス性高周波起動 (%) | 分類不能 (%) |
|--------|--------------|---------------|----------|
| W.B.   | 20           | 60            | 20       |
| 0.1 MC | 17           | 83            | 0        |

に止め度い。第1表は観測地点から 50 km 以内の地点に現われた雷雨中の波形を夫々 W.B. 及び 0.1 MC の起動で相前後して記録した資料を用い各特定な波形の出現数百分率を求めたもので波形の型としては立ち上り部分を除けば周波数の著しく低い静電界急変化に対応する静電界急変化型と、記録された限りにおいてはこの様に著しく大きな静電界急変化が認められないで、唯パルス性高周波群が緩慢な小さい静電界変化に重なって形成されて居る波形に分類した。昨年度の雷観測結果によると前者は主として対地放電及び急激な雷雲中の放電、後者は主として雷雲中の緩慢な放電過程に対応するものと考えられる。<sup>(2)</sup> この場合も遠距離雷の時と同じ様に W.B. と 0.1 MC 起動であまり大きい差異は認められない。この事はパルス性波形の場合には当然の事であるが、他方静電界の急変化により W.B. も 0.1 MC も同じ様に起動がかかると云う事は波形記録装置に過度現象の欠点が無いものとするれば静電界の急しゅんな階段的過渡的变化の部分に 0.1 MC の周波数成分が可成り顕著に含まれて居る事を示して居るもので、例えば対地放電波形の return stroke

第 3 図



観測点迄の距離が 10~20 km の雲放電に伴う急しゅんな静電界変化型空電波形  
A: W.B. 起動 B: 0.1 MC 起動

に相当する部分の立ち上り部分には 0.1 MC の周波数成分が著しく含まれて居る事になる。これは急しゅんな立ち上り部分を持つ雷雲中の放電についても同様である。第1表を得るに用いた雷波形は静電気力束計との同時観測により大部分が雷雲中における放電である事がわかって居るから、同表中静電界急変化型として分類したものの中には少数の対地放電と共に多数の雷雲中における比較的急しゅんな静電界変化を示す放電が含まれて居る筈で、この点から考えても雲放電に伴う急しゅんな静電界変化の部分も 0.1 MC の周波数成分を顕著に持つと云う事は明らかである。第3図にこの時記録された静電界急変化で起動が開始された雲放電波形の例を示す。A は W.B. 起動、B は 0.1 MC 起動で放電点からの距離は 10~20 km と推定される。

B. 1 MC 帯に著しい周波数成分を持った波形。1 MC 起動と W.B. 起動の比較は 0.1 MC の時に比べて観測の資料が更に少ないので結論的な事はまだ何も云えないが一寸触れておく事とする。第2表は観測点から 200 km 以内に雷雨の報告がない夜間 22 時附近の観測より得られた結果で W.B., 1 MC 起動の双方の記録共 25 分間に記録されたものであるから、到来空電波形群の性質は二つの場合共大略同じであると見做してよい。これは今問題として居る波形記録の前後の

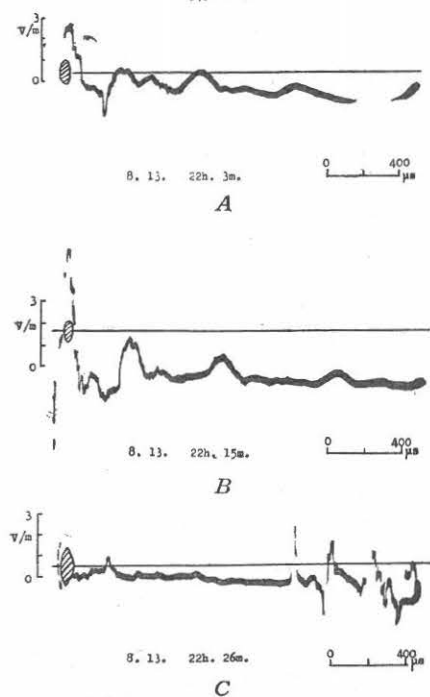
第 2 表

| 起動周波数 | 高周波小パルス成分が顕著に含まれて居ない波形 (%) | 高周波小パルス成分が顕著に含まれて居る波形 (%) |
|-------|----------------------------|---------------------------|
| W.B.  | 73                         | 27                        |
| 1 MC  | 67                         | 33                        |

時刻に得られた波形群がいずれも殆ど全部夜間の電離層反射型に入るものである事からも断定する事が出来る。

第2表から明らかな事は時刻が大体同じで空電波形群の性質が大体同じと考えられるこの観測においては、W.B. 起動の時でも 1 MC 起動の時でも波形に顕著に高周波小パルスが重なっていると否にかかわらず、同じ程度に起動がかかり波形記録がなされると云う事である。従って 200 km 以上の伝播距離の場合であっても夜間の電離層反射型波形は小パルスが顕著に重なっていると否にかかわらず、少なくともその立ち上り部分においては低周波から 1 MC 位迄の広い周波帯にわたって著しい成分を持って居る事がわかる。尙同表に見られる小さい数値の相異が何等かの意味を持って居るものとするれば、小パルスが顕著に含まれて

第4図



観測点から 200 km 以内には雷雨報告がない時刻(夜間)における高周波小パルス成分の少ない電離層反射型空電波形及び先駆放電型空電波形

A: (W.B. 起動) 電離層反射型

B: (1 MC 起動) "

C: (1 MC 起動) 先駆放電型

居る波形は 1 M 成分が稍、優勢、小パルスが顕著でないものは 1 M 成分は稍、劣勢である傾向が結論されるが資料数が少ないので何とも云えない。第 4 図にこの時の観測で得られた空電波形の例を掲げておく。A 及び B は殆ど全部を占めて居る電離層反射型の代表的なもので小パルスの重なるの少ない場合の波形を選んだものである。図からわかる様に電離層反射型の波形は全体的に見ると低周波成分が優勢であるが、立ち上りの部分は可成りパルス性の鋭い波が重なって居るので 1 MC でも起動が起る。C は同時刻に得られた 1 MC 起動の先駆放電型波形でパルス性の波の集合であるから 1 MC 辺の周波数成分を含んでいるのは当然である。

次に観測点から 80~150 km の範囲に顕著な孤立的移動雷雨があった時刻における雷波形について考えて見る。第 3 表はこの 21~22 時の雷雨の時に得られた記録を集計したもので空電源迄の距離が前より近くなって居るので顕著なパルスを多数伴う高周波型の波形が殆ど大部分を占めて居るが、明瞭に滑らかな主放

第3表

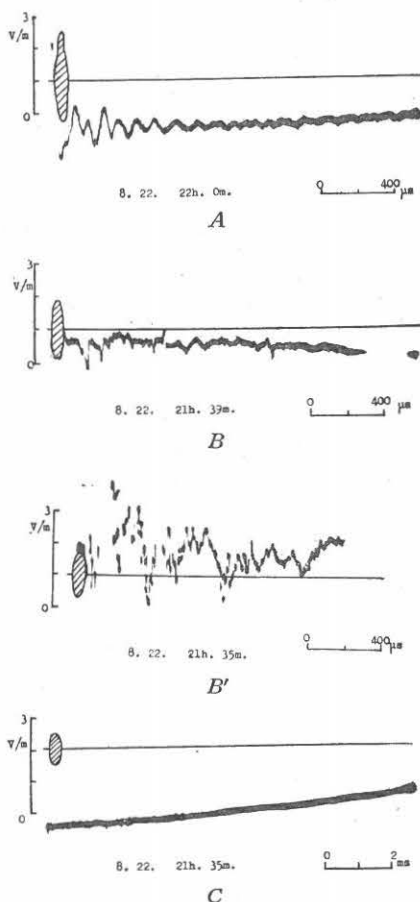
| 起動周波数 | 低周波型<br>(%) | 高周波型<br>(%) | 分類不能<br>(%) |
|-------|-------------|-------------|-------------|
| W.B.  | 14          | 81          | 5           |
| 1 MC  | 0           | 83          | 17          |

電型に類する低周波型のものも W.B. 起動の場合若干現われて居る。これに反してこの様な波形は 1 MC 起動の場合には波形記録装置の増幅利得は同じであるのにも拘らず現われていない。この事がもし意味を持って居るとすればパルス成分の殆どよく除かれた低周波型の波形は 1 MC の様な高周波数成分を波形のどの部分にも含まない事を意味して居る。この時 W.B. 起動で記録された低周波主放電型波形は第 5 図 A に掲げる通りでこの時の低周波型の波形はいずれも可成り滑らかになって居り振幅も小さく 2 V/m 程度に過ぎないからこの波形はおそらく 80~150 km の雷雨とは関係ないであろう。

又空電源迄の距離が 80~150 km で比較的近く可成り顕著な烈しい雷であった為か高周波型として分類したものの中には主放電型類似の波形に烈しいパルスが多数重なったと思われるものも含まれて居るので、この分類に入れたものの中には先駆放電の外烈しいパルスの多数重なって居る主放電に対応するものも若干含まれて居る様に思われる。第 5 図 B, B' には夫々いずれも 1 MC で起動した先駆放電乃至雲放電に由来すると思われる高周波型波形と著しいパルスの重なった主放電類似の放電に対応すると思われる高周波型の空電波形を示したが、B' は或は全く別の先駆放電と主放電が同時に起りこれが記録されたものかも知れない。(16) 分類不能の波形及び高周波型の波形の中の若干のものは静電界の急変化類似の変化で 1 MC 及び W.B. で起動の起ったものが認められる。これ等は電源から来る低周波妨害雑音が可成り大きい時に得られたものであるとその妨害雑音によるものであるか、又は実際静電界の急変化が空電波形の一部にあってこれが W.B. から 1 MC に至る広い周波数成分を持って居るものか目下の所不明である。第 5 図 C には 1 MC で起動した静電界急変化に対応すると思われる変化を持つ波形を示す。

雷雨が更に近距離で観測点から 50 km 以内に何個かの発雷がある様な時には 1 MC 起動でも容易に波形記録を得る事が出来る。この場合は波形記録装置の増幅利得を極度に絞る必要があるので波形だけから対地放電か雲放電かを分類する事は全く困難で雷鳴や雷光と共に静電界急変化量の測定の補助を借りなければな

第 5 図



観測点から 80~150 km の顕著な孤立的  
移動雷雨の際記録された空電波形

- A: 低周波型(主放電類似)波形 (W.B. 起動)  
B: 高周波型(先駆放電類似)波形 (1 MC 起動)  
B': 高周波型(主放電類似)波形 (1 MC 起動)  
C: 静電界急変化波形 (1 MC 起動)

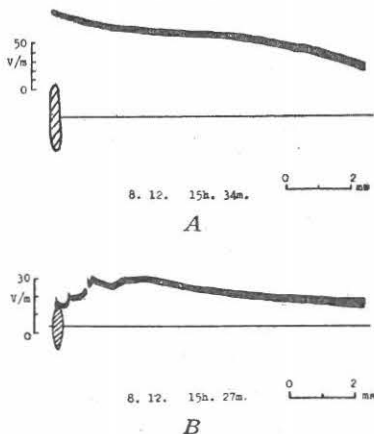
らない。此所で既に近雷につき 0.1 MC 起動の項で行ったと同様、波形記録の上で立ち上り頭部における顕著な急しゅんな階段的静電界の変化により起動したと考えられるものと、静電界成分が著しく鋭いパルスで起動したと思われるものとに分類した結果を第 4 表に示す。表に用いた資料は勿論同じ雷雨について約 40 分間連続観測した時のものであって 1 MC 起動

第 4 表

| 起動周波数 | 静電界急変化起動 (%) | パルス起動 (%) |
|-------|--------------|-----------|
| W.B.  | 67           | 33        |
| 1 MC  | 44           | 56        |

でも静電界急変化起動が可成り見られる事は注目すべきである。この資料の中には雷鳴を伴った対地放電も若干含まれて居る故、対地放電の return stroke に伴う静電界の階段的立ち上り部分には波形記録装置に欠点があれば 10 KC から少なくとも 1 MC 迄の広い周波数帯に渉って顕著な成分を含んで居る事が推定される。次に静電界起動のものは 1 MC の場合 W.B. の時より出現百分率が少なく、パルス起動のものでは逆に 1 MC の場合は W.B. の時よりそれが多くなって居る事から考えて、静電界の急変化の中には 1 MC 迄周波数範囲が拡がって居ないものもある様に考えられるが、この点は観測の方法にも問題があるし又何分資料数が少ないので断定は出来ない。第 6 図はこの観測の際得られた波形で、A は 1 MC の静電界急変化起動と思われる波形、B は同じく 1 MC のパルス起動と思われる波形である。尚これに対応する W.B. 起動の波形は図に掲げた 1 MC 起動のものと大同小異であるから省略した。

第 6 図



観測点から 25 km 以内に顕著な雷雨の  
あった時刻に得られた 1 MC 起動の雷波  
形

- A: 静電界急変化起動と思われるもの  
B: パルス起動と思われるもの

次に 1 MC 起動の雷波形の他の例として観測点から約 20 km の地点附近に現われた雷放電について述べる。この時は静電界変化と雷波形との同時観測が行われて居るのでその放電が対地放電でなく雲放電である事は確実である。第 5 表はこの時 1 MC 起動で得られた波形記録につき起動が静電界的に起って居るかパルスの起って居るかを前と同様出現百分率にして調べたもので、この時は雲放電の期間が短かったので



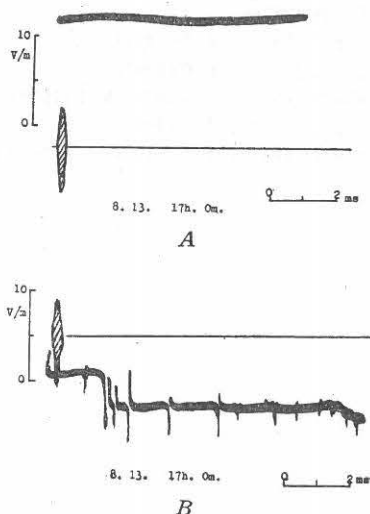
第 5 表

| 起動周波数 | 静電界急変化起動 (%) | パルス起動 (%) |
|-------|--------------|-----------|
| 1 MC  | 50           | 50        |

W.B. 起動の記録は得られて居ない。従って直接 1 MC 起動と W.B. 起動との比較をする事は出来ないが雲放電の場合でも可成り静電界の急変化を伴うものがある。その部分には可成り 1 MC 附近の周波数成分が含まれている事がわかる。第 7 図 A はこの時得られた 1 MC 起動の波形で静電界急変化起動と思われるもの、B は同じくパルス性起動のものを示す。この二つの波形は殆ど同時に記録されて居るから B の前半部に見られる様なパルスに重なって居る階段的な静電界急変化様なものが単独に顕著に起れば波形記録には立ち上りの遅れがあるから同図 A の様な波形が記録される筈である。従って雲放電に伴う波形に現われる静電界急変化には著しく急いでパルス性の放射電界を可成り強く発生するものがある様に思われる。

C. 10 MC 帯に著しい周波数成分を持った波形。  
10 MC に著しい周波数成分を持つ空電を静電時に記録する事は空電入力小さく雑音妨害が多いので相当困難を伴う様で、観測点をよく選定しないと測定が出来ない様に思われる。然し近接地点に雷雨が発生して

第 7 図



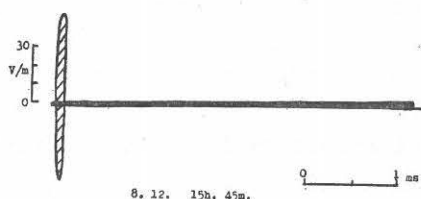
観測点から約 20 km の地点に発生した雷雨の際得られた顕著な 1 MC 起動の雲放電波形

A: 静電界急変化の著しい波形

B: パルスの著しい波形

居る時期においては 10 MC の雷波形入力も大きいのでこの周波数における観測も比較的容易な筈であるが、昨夏用意した波形記録起動に用いる 10 MC の同調型受信器は増幅度が充分でない為か数多くの波形を記録する事が出来なかった。第 8 図に観測点から 25 km 以内の地点に数個の発雷が起って居る時刻に得られた 10 MC 起動の波形記録の 1 例を示す。他のものも大体これと同じ波形であって、もしこれが空電であれば単純パルス起動の波形と思われるが、この記録が得られた時刻の前後に夫々 1 MC 及び 0.1 MC 起動で

第 8 図



観測点から 25 km 以内の距離に数箇所発雷中に得られた 10 MC 起動の空電波形

記録された空電波形はいずれも明瞭な雷波形で顕著に静電界変化成分が認められるのと比較して考えると、第 8 図の場合は静電界成分を殆ど持って居ない事及び波形が全く変化を示して居ない点で著しい相違がある。従ってこれは雷放電に対応するものでなく何か他の測定を妨害する単純パルス性雑音波形であるかも知れないが資料が少ないのでよくわからない。

#### IV. 総 括

以上観測の結果をまとめて見ると空電波形の型とそれに含まれる周波数成分について次に述べる様な関連がある事が推定される。

(1) 対地放電の return stroke は 10 KC, 100 KC, 1 MC のいずれの周波数成分をも頻る顕著にもって居る。しかも放電点からの距離が相当遠く少なくとも 200 km 遠方になっても 10 KC~1 MC の間の範囲で顕著な周波数成分を持ち大体連続スペクトルを示すものと思われる。然しこの伝播距離で周波数成分帯が 10 MC 迄これが延びて居るか否かはよくわからない。

(2) 夜間の電離層反射型の波形も割合遠方、少なくとも 200 km 以上の所から来るものでも(遠い場合は 1000 km 以上になる事もあるであろう)立ち上りの部分には 1 MC 位の成分が含まれて居る事がわかった。勿論この波形は 0.1 MC でも起動がかかるから(1)と同じ様に夜間可成り遠方から来ると思われる電離層反射型の波形は 10 KC~1 MC の広い周波数帯範囲に涉

り大体連続周波数スペクトルを持つものと考えられる。

(3) 雲放電に対応する波形は元来無秩序に起るパルスの波が緩慢な静電界変化に乗ったものであるので、この波形の持つ周波数スペクトルは勿論 10 KC 辺から少なくとも 1 MC 迄は連続的であり、おそらくは 10 MC に迄広がって居るであろうが現在の所では 1 MC 以上の事はよくわからない。

(4) 雷放電点から観測点迄の距離が 50 km 以下になると静電界変化が雷波形の上で優勢に現われるが、対地放電の return stroke に相当する静電界急変化の部分にも、又雲放電波形にパルスに重なって時折見られる静電界の割合急激な変化にも 1 MC 程度迄の高周波成分が含まれて居ると推定される観測事実が得られた。

(5) 伝播距離 80~150 km の雷波形で時折 1 MC で静電界急変化に似た変化の部分で起動がかかって居るものが得られたがこの様な静電界急変化に似た変化は遠距離伝播の空電波形に現われる slow tail と同じ様に可成りの距離を伝播しても消失せずに残って行くものと思われる。

(6) 充分遠距離を伝播した為によく平滑化された主放電型乃至部分放電型波形は平滑度のより悪いものに比べて高周波成分を含む事が少なくなるので、周波数成分の高周波分は微弱となり、下は 10 KC 位の低周波から上は 1 MC に到る迄の広い帯域に渉る事はない様である。

## V. 謝 辞

この研究は雷波形の記録を起動するのに必要なリレー作用をする空電人力の周波数を色々変化する事に

より、周波数成分の異なった雷波形を選択的に記録する目的で新しく試作した雷波形記録装置を用いて昨夏雷観測を行った結果をまとめたものである。この装置の試作に当っては文部省科学試験研究費の補助を受けた。雷観測に当っては当所金原所長、及び気象研究所畠山所長の御指導を賜わり、又静電界変化記録については気象研究所北川研究官から資料の御提供を受けたので、雷観測の場所と機会を与えられた前橋測候所沖所長並びに前橋電報電話局当局の方々と共に厚く御礼を申し上げる次第です。

## VI. 引用文献

- (1) Holzer R. E.: Thunderstorm and Sferics, Thunderstorm Electricity (Report of Conference on Thunderstorm Electricity held at Chicago) Univ. Chicago, 217 (1950).
- (2) 著者: 空研報告, 4, 75 (1953).
- (3) 著者: 空研報告, 4, 3 (1953).
- (4) 著者: 空研報告, 3, 9 (1952).
- (5) Schonland B. F. J. *et al.*: Proc. Roy. Soc. A. **166**, 56 (1938).
- (6) 平田: 応用統計学.
- (7) Schonland B. F. J.: Proc. Roy. Soc. A. **220**, 25 (1953).
- (8) Meek J. M.: Phys. Rev. **55**, 972 (1939).
- (9) Schonland B. F. J. *et al.*: Proc. Roy. Soc. A **152**, 595 (1935).
- (10) Malan D. J. *et al.*: Proc. Roy. Soc. A **206**, 145 (1951).
- (11) Schonland B. F. J. *et al.*: Proc. Roy. Soc. A **207**, 158 (1951).
- (12) 著者: 空研報告, 4, 75 (1953).
- (13) 金原: 空研報告, 1, 6 (1950).
- (14) 金原・佐尾・大矢: 空研報告, 3, 1 (1952).
- (15) 金原: 空研報告, 4, 1 (1953).
- (16) Norinder H.: Arkiv för Geofys. **1**, 543 (1953).