雪とテレビジョン

北海道大学工学部 浅見 義 弘

最近東北・北海道などの寒冷地帯にもテレビが普及してきたので、テレビ中継・送像・受像またはSTリンクなどの保守に雪がどんな影響を及ぼすかが問題になった。特にテレビ送像のために、高い山頂が選ばれる場合には、ふく射系などにおける着氷雪の影響や、一般電力送配電施設に対する凍雪害が問題となってくる。

まず降雪の影響であるが、テレビ波またはマイクロ波伝播に対する減衰は、みぞれ雪を除いては、あまり問題はない。北海道地域では、冬期降雪時には空気中の湿気も小さく、また風が多いのでフェージングは少なく、電波は夏期よりも安定になりやすい。次に積雪の影響はその種類また雪面凹凸の程度により雪面反射が異なり、また雪面における電波の入射角の大小によりその影響にも差異がある。たとえば札幌・紋別間の伝播試験においては積雪の影響は2~3dB以下であって、あまり問題にならなかった。ただしふく射系に対する着氷雪の影響はかなり問題になり得ると考えられたので、その点について詳細な調査研究が進められた。

本稿では、まず各種積雪の電気的特性ならびに着氷雪の問題から解説し、テレビ中継用マイクロ波およびS・Tリンク用マイクロ波回線におけるふく射系に及ぼす雪害の影響を論じ、つぎにテレビ送信アンテナに及ぼす着氷雪の影響などを論じた。

最後に、雪雑音とテレビとの関係についても解説した。

着氷雪と氷雪の誘電的特性

1. 着氷と着雪

着氷 (icing) とは、空気中に浮んでいる 0°C 以下に過冷却した水滴が、物体に衝突して凍結する現象のことである。着氷の分類はまちまちであって一定していないが、大体つぎの4種類に分けられる。すなわち樹霜・樹氷・粗氷・雨水である。このうち最後の雨水を除いたものは、いずれも過冷却した霧 (または雲) が存在する時に生ずるもので、これらを総称して霧氷 (Netel frost) と呼んでいる。

樹霜 (Air hoar) とは、湿った空気が 0°C 以下に冷えた地物にふれてその表面に昇華して生じたものであって、本質的に過冷却水滴の存在を必要とし、針状または樹枝状の結晶をしているのが特徴である。通常風の弱い静かな空气中で発生する。

樹氷 (Rime) とは、風で運ばれてきた過冷却水滴が物体に衝突して完全に凍結し、その上に重なってつぎつぎと水滴が衝突凍結して成長したものであって、冬期山岳で最も普通にみられる着氷である。

粗氷 (Clear ice) とは、過冷却水滴の捕捉と凍結でできる着氷で、透明または半透明の固い氷塊である。

雨水 (Glazing) とは、過冷却した雨滴によって生ずるものであって、霧氷の場合でも気温が高くて過冷却水滴の直径が大きいと、着氷は透明な青氷になる。これを雨水とよんでいる。

2. 各種着氷形と気象条件

各種の着氷の形を支配する気象要素は、主として気温・風速・過冷却水滴の直径・空気の単位体積中に含まれる水滴の量 (霧水量と言う) の四つである。雨水の観測された条件は、大体気温が高く水滴の直径が大きい場合に樹氷の発生は気温が低くかつ水滴直径の小さい場合に多く観測される。粗氷は両者の中間のときに見られる。そして粗氷が樹氷へうつり変わる温度は大体 -10°C 前後である。また雨水は気温が高く風速が大きい場合にみられ、樹氷は気温が低く風速が小さい場合に観測される。また粗氷は中間の条件のときに観測される。北海道の山岳地帯では、着氷のおこる時期は大体 11~12 月および 3~4 月の間が最も多く、1~2 月の真冬にはその回数が少ない。

3. 氷・雪の誘電的特性

水の誘電的性質 水の誘電率に対する周波数特性は低周波の場合は 80 に近い値をとるが、周波数の増大とともに急激に減少し、温度 -80°C の場合は 100 kc の高周波でほとんど一定値 4.5 に近づく。

氷の誘電率に対する周波数特性は、よく知られた極性誘電体に関する Debye の dispersion formula で大体

“Snow and Television” by Yoshihiro Asami

あらわすことができる。すなわち氷の複素誘電率 ϵ^* とすると

$$\epsilon^* = \epsilon' - j\epsilon'' = \epsilon_0 + \frac{\epsilon_s - \epsilon_0}{1 + j\omega\tau}$$

ここで

$$\epsilon' = \epsilon_0 + \frac{\epsilon_s - \epsilon_0}{1 + \omega^2\tau^2} \quad \epsilon'' = \frac{(\epsilon_s - \epsilon_0)\omega\tau}{1 + \omega^2\tau^2}$$

ϵ_s : 静電誘電率, ϵ_0 : 高周波誘電率, τ : 緩和時間

氷の誘電率の周波数特性 古くからの測定値は第 1 表に示すようなものである。測定値の不一致は測定技術・氷の純度・氷多結晶の内部構造の差などに基づくものである。

積雪の誘電的性質 雪の結晶は六花の美しい結晶であるが、地上に積った積雪となると、昇華や融解のため変形し、丸味を帯びた小さな氷の粒になり、互に連結して、全体としてしまっ密度を増していく。さらに氷の粒は大きな粒子となって、いわゆるざらめ雪になる。このような積雪の変化の段階を大体新雪・しまり雪・ざらめ雪の三段階に分けることができる。新雪は、もとの結晶の形が多分にのこっている軽い雪であって、密度は $0.09 \sim 0.21 \text{ cm}^3$ である。しまり雪は 0°C 以下の温度で新雪が溶けることなしに、昇華によって小さい氷の粒に変形したもので、Compact にしまっ密度は $0.2 \sim 0.4$ ぐらい。ざらめ雪は、しまり雪が気温の変動によって融解と凍結をくりかえし、だんだん大きな粒子に発達したもので、密度は $0.4 \sim 0.6$ に達する。

一般に積雪は氷の粒と空気との混合誘電体と見ることができる。

積雪の含水率と誘電率 氷や雪の誘電率は可聴周波数領域で分散するが、氷の誘電率の分散域はマイクロ波の領域にある。湿った積雪は氷・氷・空気三者の混合誘電体と見なすことができる。

テレビジョン中継用マイクロ波回線における雪害

1. フィードホーンにおける着氷雪の影響

テレビ中継または S・T リンクなどマイクロ波を利用する場合パラボラ面・反射鏡形空中線に使用するフィー

第 1 表 氷の誘電率の周波数特性測定値

測定者	測定年	ϵ_s	ϵ_0	$\tau(\text{sec})$	温度
Errera	1924	80	2.2	2.9×10^{-5}	0°C
Wintsch	1932	73.0	7.5	2.246×10^{-5}	0°C
Smyth-Hitchcock	1932	74.6	3.0	1.846×10^{-5}	0°C
Murphy	1934	95.0	3.5	1.85×10^{-5}	0°C
Kuroiwa	1951	90.0	4.5	3.54×10^{-5}	-8.0°C
		92.0	4.5	6.12×10^{-5}	-15.0°C
Auty-Cole	1952	81.5	3.10	2.2×10^{-5}	-0.1°C
		95.0	3.08	6.0×10^{-5}	-10.8°C

第 1 図

ドホーン開口部のマイカアイリスの部分に氷雪や水滴が付着すると、そのために管内への反射波の発生が予想される。

超多重通信では、その遅延ひずみを避けて通信の質を良好に保つ目的から、その反射を少なくとも $2 \sim 3\%$ 以下に抑える必要のあることが知られている。まずフィードホーンにおける着氷雪の影響に関する研究結果について述べよう。

基礎的研究に用いたフィードホーンの開口部は、縦 4.35 cm 、横 5.25 cm の矩形で、マイカアイリスのないときの、開口部の規格化輻射アドミタンスの測定値は、 $1.017 + j0.1575$ ($\lambda = 7.72 \text{ cm}$ で測定) で、これとマイカの呈する容量的アドミタンスを誘導アドミタンスで打ち消してある。

この部分に、密度 0.55 比誘電率 $\epsilon_s = 2.1$ の雪が電界に直角方向または平行方向に部分的に着いた場合の反射係数の測定を第 1 図に示した。これは着雪の厚さ 0.3 cm および 1 cm の場合で、測定波長 7.72 cm 、気温 1°C の定在波を測定した結果である。

次にホーンのマイカ面に水、薄い金属の帯、薄いポリエチレン板 ($\epsilon_s = 2.05$) などをつけた場合も同様測定値を求めて着氷雪の影響に関する基礎的概念をまとめた。

つぎに野外における実験を行なった。まず札幌市から直線距離約 30 km にある紋別岳山頂 (標高 865 m) に $7000 \text{ Mc} \cdot 4000 \text{ Mc}$ 送受信機を置き、そのフィードホーンに人工的に着氷雪を行なった場合、札幌中央電報局屋上 (標高 30 m) の受信電界強度がいかに変化するかを検した。 4000 Mc の方は二重スリット形フィードホーン 7000 Mc の方は導波管形フィードホーンを用い、各種の雪を各種状態に人工的に付着させた場合、受信電界強度ならびに発振周波数に及ぼす影響を検した。

さらに札幌中央電報局屋上と市内池内ビル屋上との間に送受信機を設置し、フィードホーンのマイカ面上に人

第 2 図

工的に着氷雪を行なった場合の定在波比・反射損失・全損失などを観測した。

その結果の一例として、開口部全面に厚さ 0.3 cm の半凍結着雪を行なった場合、反射損失および指向性の崩れを含めた全損失は約 5 dB であり、開口部半面に厚さ 2 cm の完全凍結着雪を行なった場合の全損失は約 3.5 dB であった。最後にフィードホーンに着氷雪を行なった場合の水平ならびに垂直両面内の指向特性も観測した。その結果の一例としてフィードホーンの下平面に厚さをそれぞれ 1.5 cm および 2 cm の着雪を行なった場合の、水平指向特性および垂直指向特性を調べたが、いずれも 3~5 dB 程度の減衰が見られた。

これらの理論的ならびに実験的研究の結果フィードホーンにおいては極く少量の着雪・着氷によっても反射量は許容値を越えることや、若干ではあるが焦点のずれによる指向性の変化を生ずることが明らかになった。したがって、これを防ぐためになんらかの対策が必要と考えられる。

2. パラボラ面への着氷雪の影響

各種の雪が各種状態にパラボラ面に付着した場合の影響につき、理論と実験との両面から研究を進めた。また最悪の条件においてどの程度の妨害が予期されるかについても検討した。

基礎実験 着氷雪の指向特性および電力利得に及ぼす影響

札幌市内池内ビルと電報局との（直線距離 ≈ 200 m）屋上にそれぞれ 7000 Mc の送受信機を設置、送信空中線としては 1.20 m の開口直径を有するジュラルミン製パラボラを用い、受信系としては利得 20 dB の電磁ラッパを使用した。送信パラボラの下平面に凍雪を付けたときの雪の厚さと電力損失との関係を第 2 表に示した。同表中に導波管への反射を示す定在波比と反射損失も示してある。また以上 3 種類の厚味に凍雪をつけたときのおのの水平面指向特性・垂直面指向特性を求めた。上

下非対称の着雪においては、水平面内の指向特性はほとんど変化を受けないが、垂直面内の指向特性には第 2 図に見られるように、著しい変化が認められた。

すなわち着雪の厚さを増すにつれてその主ビームの大きさは減少した。エネルギーの流れの方向は下方に大きく偏れ、またビームの半値幅が増加し、かつサイドロープのレベルの上昇が特に顕著であった。

以上の原因によるパラボラ面着氷雪の影響は、その全面に着雪するよりも、一般に部分的な着氷雪の場合が影響の大きいことが推察できる。実際の実験においても約半面の着氷雪の場合が最も大きな影響を与えることが明らかとなった。つぎに着氷雪の厚さの影響は電波の波長と厚さの相対的關係で大小のあることが推察される。第 3 図に理論値ならびに実験結果が示してある。○印で示した実験結果は、越前岳山頂と北大構内との間の実地試験結果であり実線は北大で導いた理論式を用い数値計算によって求めたものである。

理論計算では $f=6720$ Mc, パラの開口半径=60 cm, パラボラの焦点距離=36 cm とし、着雪の吸収損失はこれを無視した。すなわち着氷雪の厚さに対する減衰は最大・最小を持つ曲線となることが明らかになった。

以上の研究結果から、ふく射系などの部分に対する着氷雪も実験範囲の厚さ（0.3~3 cm）では反射波の限界許容値を超過している。

網目状のパラボラなどは捕捉率が大きであるゆえ、着氷雪が起りやすく、寒冷地帯用としては避けるべきであろう。またフィードホーンあるいはパラボラ面への着氷雪は 10 数 dB の受信電界の減衰を引き起こすことが認められた。これらの影響を排除する対策としては、一方向性伝送素子により反射波を除去し、かつ受信電界に 20 dB 程度のマージンを設定することが望ましい。またダイフロン樹脂膜の利用なども考えられる。

TV 送信用アンテナに対する着氷雪の影響

TV 送信用アンテナとしては、スーパーターン・アンテナ

第 2 表 送信パラボラの下平面に凍雪をつけたときの雪の厚さと電力損失との関係

雪 厚 (1cm)	P. S. W. R.	V. S. W. R.	$(S+1)^2$	$\frac{(S+1)^2}{4S}$	反 射 損 $10\log_{10} \frac{(S+1)^2}{4S}$	全損失 (dB)
1cm	$\frac{90}{63}$	1.2	4.85	1.04	0.04	6.8
完全凍結	$\frac{61}{61}$	1.22	4.92	1.05	0.05	
	$\frac{77}{61}$	1.12	4.5	1.1	0.02	
2cm	$\frac{72}{52}$	1.22	4.94	1.1	0.05	10
完全凍結	$\frac{46.5}{31}$	1.22	4.9	1.1	0.05	
	$\frac{62}{40}$	1.24	5.0	1.1	0.05	
3cm	$\frac{62}{40}$	1.24	5.0	1.1	0.05	12.5

第 3 表

容 量 (pF)	SWR 実測	SWR 計算
1	1.1	1.05
2	1.15	1.1
5	1.35	1.3
10	1.8	1.6
20		2.5
30		3.5
50		8

在波比は映像側波帯内で 1.1 以内、音声搬送波に対して 1.5 以内と規定されている。

これらアンテナが寒冷地の山頂に建てられる場合には樹氷としての着氷や降雪による着雪などが生ずる。

1. 着氷雪による部分容量増加

まずスーパーゲーン・アンテナについて考察しよう。実験は第二チャンネル用と第七チャンネル用について行なったのである。

支持板間 第二チャンネルのアンテナの着雪は 7 pF 程度の容量を付加したことに相当する。第七チャンネルのものは支持板の間隔が狭く、この部分の着氷雪によって 15 pF にも達する容量増加となる場合がある。

トラップの両導体間 無氷雪のときの分布容量は第二チャンネル・第七チャンネルでそれぞれ 0.26・0.22 pF/cm であった。これに誘電率の 3/8 に相当する領域に着氷雪（誘電率 4）が起こると、それによる分布容量の増加は第二チャンネル・第七チャンネルでそれぞれ 0.29・0.24 pF/cm となる。

ダイポール上の着氷雪 ダイポール導体は開放線路であって、着氷雪によってその分布容量が増加する。たとえば直径が導体の 2 倍になるまで着氷雪したとすると対地分布容量の増加は第二チャンネル・第七チャンネルで約 0.0335・0.0283 pF/cm となる。この増加分はダイポール上の積り方を考えることによって基部に換算することができるが、その倍率は数倍である。

第 3 図

第 4 表 第 2 チャンネルにおける SWR の実測値

位 置	容 量 (pF)	1	2	5	10	20
上 trap 先端		1.1	1.3	1.9	8	21
上 trap 先端から 12 cm		1.1	1.3	2.0	8	21
" " 24 cm		1.1	1.3	2.03	11.5	30
" " 36 cm		1.09	1.2	1.85	21	3.6
" " 52 cm		1.05	1.1	1.9	16	2.8
" " 66 cm		1.0	1.1	2.05	1.95	—
下 trap 先端		1.1	1.16	1.4	2.4	2.6
下 trap 先端から 12.5 cm		1.1	1.2	1.5	3.4	3.3
" " 36.5 cm		1.05	1.2	1.48	6.5	3.1

2. 着氷雪の影響と集中定数付加の影響との比較

給電点付近 第二チャンネルの場合は第 3 表のようにこの部分への着雪は 1 pF の容量と同程度の影響がある

支持板間 第二チャンネル用アンテナでは支持板間に付加する容量の影響は、その位置によって異なるが、上部の方が下部よりも影響が大きかった。

十分に水を含んだ湿雪で、がいにしをくるんだ状態で S・W・R が 5、その雪量を少し減じた状態で S・W・R が 2.5 であったが、この程度の着雪はがいにし位置（支持板の中央）にそれぞれ 8 pF・6 pF の容量増加をもたらすことになる。

トラップの両導体間 第二チャンネルにおける S・W・R の実測値を第 4 表に示す。このように付加した容量の影響は上部トラップと下部トラップとで差があった。

上部トラップ先端 15 cm に湿雪をつけたとき S・W・R は 1.8 となり、これは表と比較して約 4 pF の容量に相当し、この場合の湿雪の誘電率は 3~4 の程度であったと推定される。

トラップの途中に可変容量を挟むときインピーダンスの Smith's chart は近似的に円弧を描き、中心から周辺を通して回わる。周辺に達するときの容量は、トラップの短絡端から容量付加点までの位相量の 2 倍の正弦に半比例し、トラップの中央で最小である。この最小値は理論的には、第二チャンネルで 8.2 pF、第七チャンネルで 3.6 pF となるが、実験結果（第 4 表参照）も大体理論に合っている。

ダイポール導体上 両ダイポール上に湿雪の凍結したものがついている状態で S・W・R が 1.1 となった。これは支持板間の容量 1 pF に相当し、この場合湿雪の凍結したものの誘電率は約 3 であったと推定される。

3. 自然着雪の影響

降雪の場合、導体上面に雪が積るが、北大構内における数回の降雪実験においては、その影響が Smith's chart 上で図形を少し回わしたにすぎず、S・W・R はほとんど変わらない程度であった。

4. スーパーゲーン・アンテナにおける着氷雪の影響

平地での自然着雪はほとんど問題にならないが、高い

山頂では樹氷の形で着氷が起りやすく、また着雪も加わることがあり得る。しかし氷点下では $S \cdot W \cdot R$ があまり悪化することはなからうが、温度が氷点以上で着氷雪がとけ始めると、誘電率増加のため $S \cdot W \cdot R$ が非常に悪化する恐れがある。着雪の影響は周波数が高いほど大きいので、第二チャンネルよりは第七チャンネルの方が問題となろう。

5. 実験結果と対策

まず、給電点付近およびがいしにビニール管をかぶせトラップ導体間にビニール管を挟んで実験を行なったが、第二チャンネルの場合は、著しい湿雪の人工的着雪でも $S \cdot W \cdot R$ が 1.5 以下にとどまった。しかしこの方法ではトラップの上に積る雪の影響をさけることができない点に欠点があると考えられる。

つぎにアンテナ全部をビニール布で被って実験を行なった。この場合はトラップ上面以外には雪がのらない。密度 0.52 g/cm^2 のざらめ雪を上部トラップの上面に乗せた状態で $S \cdot W \cdot R$ は 1.3 の程度であった。しかし以上のような対策は、 $S \cdot W \cdot R$ を 1.1 以内に止めるにはまだ不十分であって、もっと徹底的な対策が必要であろう。トラップの中間部の着雪が最も大きな影響を与えるから給電点付近だけでなく、トラップの大部分を被うことが効果的である。

はなはだしい着氷雪の起こる恐れのない地方では、アンテナの構造に若干の考慮を加えることによって、着雪の影響を現在のものより少なくすることが可能である。たとえば支持板間隔を広げることか、トラップに誘電率の比較的小さい塗料を塗るなどの方法が考えられる。

さらに必要に応じて電熱または熱風による Anti-icing または De-icing の方法も考慮すべきであろう。

降雪時の雑音

北海道などの降雪地においては、冬期間大雪のとき、

第 4 図

または吹雪のときなどに無線受信機に雑音妨害を与えることがしばしば経験されている。また電界の弱い地方ではテレビ受像機の映像に雑音妨害が現われることが経験されている。これらについて詳細な実験的研究を行なった結果、いずれも同じ原因によるものであることが明らかになった。

かなりの雑音の発生するときには常にアンテナ・アース間に直流電流が流れるが、その電流は絶えず変動し、正になる場合と負になる場合がある。雑音はこの変動性の電流に原因があるように思われたので、アンテナ線の種類を変えてアンテナ・アース電流の性質を調べてみた。アンテナ線としては、

1. 先端が針のように尖ったもの。
2. 先端をペンチで切ったままのもの。
3. 先端が滑らかなもの。
4. 先端が滑らかで絶縁物で被覆したもの。

の 4 種を用いた。

その結果、尖ったものほどアンテナ・アース電流は流れやすく、裸線は被覆線より流れやすいことがわかった。ゆえにアンテナ・アース電流はなんらかの原因でアンテナ線の表面に強い電界ができ、この電界によってコロナが発生するために生ずるものと考えられる。アンテナはアースしてあるので零電位であるから、その近傍の空中電位が高ければ、アンテナ線の表面には強い電界ができるはずである。実際に空中電位を測定してみるとアンテナ・アース電流と全く同様な変化をすることがわかる。すなわち空中電位が高いときほどアンテナ・アース電流は大きい。以上のことからアンテナ・アース電流の原因がコロナによることが推察できる。またこの空中電位は雲ならびに大気中の雪の空間電荷によって形成され、それが絶えず変動すると考えられる。

アンテナをアースしない場合は、アンテナ自身の電位がその点の空中電位に対応して高くなるので、その表面からコロナが発生する場合もある。あるいはアンテナ線と近傍の物体との間に火花放電を生じることもある。

先端が針のときのアンテナ・アース電流の波形は針が負の場合は Trichel corona と同様な波形であり、針が正の場合は Burst corona と同様な波形となる。この平均値が直流となって現われ、変化分が雑音となって現われる。雑音の周波数スペクトルの一例は第 4 図のとおりで、周波数が増すにしたがい急激に減少する傾向を持っている。実験室において人工的に強い電界を作り、その中にアンテナ線をおいて、コロナを発生させたときの雑音の周波数スペクトルを調べた結果も、自然界におけるものとほぼ同様な特性を示した。これからテレビ周波帯になると雑音が非常に減少することがわかる。テレビ周

写真 1

波帯においても周波数が高くなるにしたがい雑音は減少する。

手稲山頂（標高 1024 m）の雲物理研究所において、先端の尖ったアンテナを吊し、雑音を受信機で受けてこれを整流し、自記記録計で記録した。なお受信周波数としては実験の都合上第八チャネルを用いた。その一例は写真 1 のとおりである。山頂は平地に比べて降雪量も多く悪天候の機会がはるかに多いので、アンテナ・アース電流がある程度以上流れる回数が多いのであるが、記録紙上に雑音として現われた回数は非常に少なかった。また実験室でコロナを発生させて、その映像妨害を調べたところ、画面に斑点が現われることがあるが、その妨害程度は極く僅かであった。これらの結果からテレビ周波数ではコロナによる雑音妨害は非常に少ないものと考えられる。

しかしアンテナが高電位のため火花放電を生ずるような場合には妨害はかなり顕著に現われる。実験室内で火花放電を発生させて、その雑音周波数スペクトルを取ってみると、テレビ周波帯においてもその妨害はあまり減少せず、コロナの場合に比べてはるかに大きい。

実際には電界の弱い地方において、コロナによってテ

レビ受像機に映像妨害を与えることがあるが、アンテナが高電位になって火花放電を発生する場合の妨害の方がはるかに著しく、時には同期がくずれることもある。

む す び

以上テレビに対するおもな雪害に関する研究結果について述べたが、雪の電気的特性・降雪・着氷雪の影響などは、種々の気象条件に応じてきわめて複雑に変化するから、自然現象を取り入れたこの種の問題の完全な解決はきわめて困難なものとなろう。

本研究は札幌市を中心としての実験に基づいているが種々の基礎的実験を加味し、さらにこれに理論的検討も加えたものであって、この種問題に対する一応の解決が与えられたもので、他の降雪地域に対しても有用な参考資料となるものと考えられる。

本研究は昭和 28 年通信学会に設置された雪上超短波研究専門委員会、ならびに昭和 34 年テレビジョン学会に設置せられたテレビジョン施設凍雪害調査委員会が中心となって行なったものである。

特に北海道地区における北海道電通局、北海道電波監理局、札幌管区中央气象台、北大応用電気研究所、低温科学研究所、北大工学部、NHK 札幌中央放送局、北海道放送、国鉄札幌管理局などの協力を得て初めてこの研究が完成したものであって、各位に深く感謝する次第である。

なおこれら調査研究は、つぎの二つの刊行物に詳細に報告されていることを付記する。

〔参 考 文 献〕

- (1) “雪上マイクロ波伝播特集号” 応用電気研究所集報, 8, 4 (昭和 31-12).
- (2) “Microwave propagation in snowy districts.” Monograph Series of the Research Institute of Applied Electricity. No.6 (1958).

(昭和 35 年 5 月 26 日受付)

**マルコン
コンデンサ**

NDS 規格認定

営 業 品 目

各種 電解コンデンサ
各種 タンタルコンデンサ
各種 油入・シバノール入
コンデンサ
各種 MPコンデンサ

マルコンシリーズ 6

電解コンデンサ

東京電器株式会社

東京営業所

東京都中央区日本橋本町 4-9 東山ビル
電 話 (201) 9494 (代表)

※御問合カタログ御請求お待ちしております