

電線着雪災害の変遷とその研究史

北大低温科学研究所 若浜 五郎

I. 着氷雪災害のいろいろ

着氷雪とは雪や氷が物体に付着する現象である。雪や氷はもともと物に付着する性質が強いが、特に湿った雪はべたべたとよくくっつく。例えば気温が 0°C より僅かに高いときに降る雪は落下の途中、少しとけて水を含んでいるので、地上のあらゆるものによく付着する。空中を走る細い電線や通信線もその例外ではない。時には電線の周囲に直径が $10\sim20\text{ cm}$ もの太い筒雪になることもある。これが電線着雪である¹⁾²⁾(図1)。雪の重みで電線が切れたり、ひどい時には送電鉄塔が倒壊し、長時間停電を起こすこともある(図2)。鉄塔倒壊に至らなくても、付着した雪が一斉に脱落すると電線が跳ね上ったり(スリートジャンプ)，また、着雪した電線が強風にあおられて上下左右に揺れて(ギャロッピング)，隣接する電線同士が短絡し、停電を起こすこともある。これらが電線着氷災害の典型である。特に近年はオンライン化が進んだので



図1 電線着雪

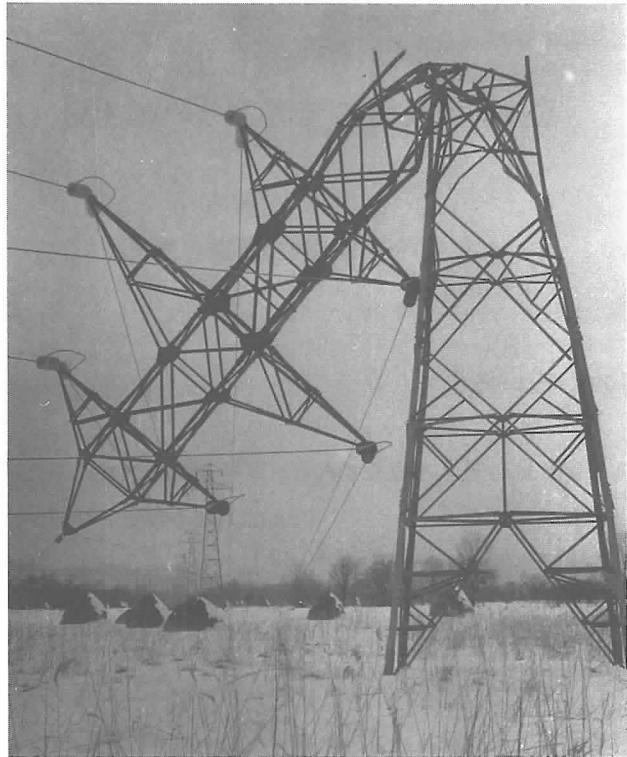


図2 着雪で倒壊した送電鉄塔（北海道電力㈱提供）

一瞬の停電でさえ大きな社会問題となる。

電線の着氷雪災害には着雪によるもののか、着氷と凍雨によるものがある。着雪が湿雪の付着で起こるのに対し、着氷は過冷却した雲（霧）粒などの微小水滴（直径が $10 \mu\text{m}$ といど）が物体に衝突し、凍結・付着することで起こる¹²⁾。その時の気象条件によって着氷の形態が異なり、樹氷型、粗氷型、雨水型の三種に分類される。樹氷型はエビのシッポ状に風上に向って成長する不透明で比較的脆弱な着氷で、脱落しやすい。これに対して雨水型着氷は透明な氷で付着強度が大きいため脱落し難い。粗氷型はその中間型で白濁または半透明な着氷である。

電線に着氷が発達すると断線、ギャロッピングによる短絡など種々の障害を起こす。これが電線着氷害である。

一方、凍雨は上空に気温がプラス数°C、地上がマイナス数°Cといった顕著な気温の逆転があるときに起こる²⁾。上空から落下してきた降雪粒子が上空のプラスの温度領域を落下する間にとけて雨になる。それが地上付近の気温がマイナスの領域に落下する間に過冷却した雨滴となり、地上の構造物や電線に衝突して凍結・付着する。これが凍雨である。カナダでは凍雨によって超高压送電鉄塔が数十基も倒壊する大事故が1970年代初めに2回も起こった（表1）。幸い本邦では凍雨はあまり起らなかったため、凍雨災害はごく少ない。

表1 近年発生した主な電線着氷雪災害

年月日	地域	鉄塔の倒壊	着氷雪の型
1954. 3. 4	富山	—	強風型
1963. 2. 25	釧路	1.8	"
1970. 1. 31	道南	1	"
1970. 3. 16	十勝・釧路	4	"
1972. 1. 15-16	東北	V O	"
1972. 2. 10	広島・四国	—	"
1972. 2. 27	道南	3	"
1972. 12. 1	道北	56	"
1975. 3. 20-21	十勝	—	弱風
1980. 12. 24	仙台・郡山	62	強風型
1981. 1. 3	富山	3	"
1986. 3. 23	神奈川	8	"
1969. 11. 12	カナダ、ケベック州	30	着氷
1970. 2. 27	ニューファウンドランド	79	凍雨
1970. 12. 17	米国オレゴン州	8	着氷
1971. 4. 28	カナダ、サスカチワン	93	強風下
1972. 1. 19-20	カナダ、バンクーバー	27	凍雨
1973. 4. 28-30	カナダ、ケベック州	32	着雪
1981. 1. 11-12	フランス南西部	(多数)	強風型
1982. 11. 26	フランス、ロワール、リヨン	(多数)	弱風型
1986. 1. 30-31	フランス南西部	257	強風・弱風型

着氷雪害のひとつに列車着雪がある¹⁾。東海道新幹線が雪の積った関ヶ原を高速で走ると、列車風で舞い上げられた雪が車体下部に付着し、雪の塊りができる。その後、名古屋から静岡方面の暖候地を高速走行中、雪塊が落下し、軌道内の砂利をはね上げる。それが車体下部の絶縁や電気系統を壊すことによって列車が突然走行不能に陥ったのである。

以上の着氷雪災害のうち、筆者は昭和45年以来、電線着雪に、昭和49年以来は電線着氷および列車着雪に関与してきた。特に昭和50~53年の間は自然災害科学特別研究の下で電線着雪の研究を行った。その成果はすでに報告した通りであるが²⁾³⁾⁴⁾、その後も北海道電力との共同研究をはじめ、各電力会社、電気協会、さらにはフランス電力公社(EDF)などの要請をうけて小規模ながら電線着氷雪の研究を行ってきた。

このような立場から、以下、電線着雪災害の研究とその変遷についてのべる。いわば電線着雪災害研究史の一断面といったものである。私見も交えるが、いくつかの教訓も含んでいるので記しておく価値があると思うからである。

II. 電線着雪の研究の歴史

(1) 北陸型（弱風型）電線着雪

電線着雪による事故は古くから北陸を中心とする北日本一帯で屢々発生し、その歴史はわが国における送配電線の建設と共に始まったといえる。着雪による断線、電柱の倒壊等により長時間停電が発生するため、その対策研究が電力関係者によって戦前から行なわれてきた。

戦後、上越本線など鉄道の電化が開始されるや、昭和24年、鉄道電化協会に北大の中谷宇吉郎教授を委員長とする「電線路雪害対策委員会」が設けられ、その下で越後地方の電線着雪の実体、着雪発達時の気象条件、発達成長過程およびその対策に関する研究が組織的に進められた。この中で国鉄技術研究所塩沢実験所の莊田幹夫は電線着雪の観測と実験を精力的に行ない、着雪の発達条件や成長過程を明らかにした⁵⁾。これは世界最初の電線着雪に関する学問的研究で、高く評価された。

莊田²⁵⁾によると電線着雪は次の3条件が揃ったときに生起する。(1) 北西の季節風のもとで強い降雪(水換算で1~5 mm/時の雪)が長時間継続し、(2) 地上気温が-0.5ないし+1.5°Cの範囲にあり、(3) 風速が3 m/s以下で風が弱いこと、である(図3に北陸型と印したところ)。このような気象条件にあるとき、湿雪は電線上面に冠雪状に積るが、やがてその重みで電線の周りを回転し電線下面に付着しぶら下る。雪はさらに上面に降り積るが、やがてそれも回転してぶら下る。同様のことを繰り返すうちに、ついに雪は電線を包んで筒雪状となる(図4a)。この際、3 m/s以上の強い風が吹くと成長の途中で着雪は吹き飛ばされ着雪は発達しないことを実験的に、また観測事実として示した。つまり、着雪はごく弱風時にしか発達しないわけである。

莊田は気温を横軸に、風速を縦軸にとった図に着雪の成長範囲を示した。これが電線着雪に関する莊田ダイヤグラムとよばれる図で、その後、電線着雪研究と対策の指導標となった。また莊田は着雪が回転によって成長する過程をコマ撮りの16 mm映画に収めた。

莊田が北陸地方で研究した着雪は弱風下で起こるのが特徴で、現在は弱風型、北陸型とよばれ、後述の強風型(北海道型)と区別される。また、北陸型は弱風下で起こるため、降雪雪片

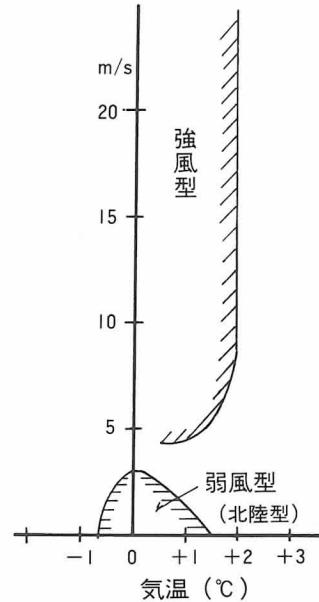


図3 電線着雪の発生条件

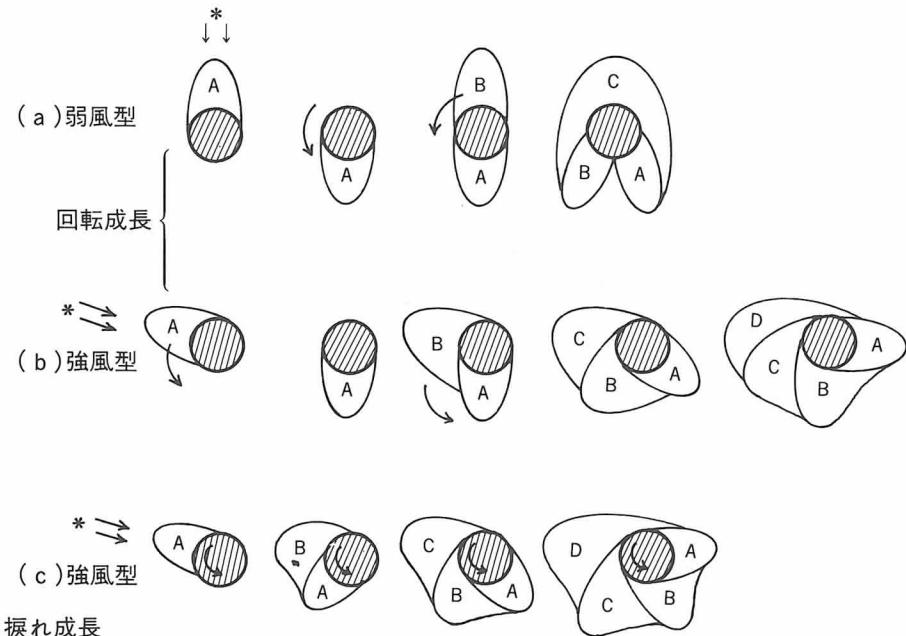


図4 電線着雪の成長過程

の含水率が一般に北海道型に比べて少なく、また、電線上に静かに降り積りながら成長するので、乾雪型、冠雪型、さらにI型着雪（北海道型はII型）ともいわれる。

それはともかく、莊田の研究結果を参考にしつつ、着雪災害の対策として、電線材料、同被覆材料、電柱や鉄塔の改良、強化等が進められ、また、着雪予報が行なわれるようにになった⁶⁾⁷⁾。

(2) 強風下における電線着雪事故の発生

前述のように莊田の着雪発生条件は数年間にわたる野外観測と多くの実験の結果得られた経験則なので、北陸地方に限らず、全国どこでも、また、常に成り立つものと考えられ、以後十数年間、いわば定説として定着し、着雪の発生メカニズムはすべて解決したかに思われた。

ところがその後、北海道などでは、風速が5~10 m/s以上の強風下でも電線着雪が起こることが北海道電力株式会社（以下、北電と略称）の地味な調査でわかってきた。それが雪氷研究者の間に広く知られたのは、昭和38年2月25日、釧路地方に強風下で発生した電線着雪による送電鉄塔の倒壊事故であった⁸⁾。

この日、釧路地方は北海道南岸沖を通過した強い低気圧がもたらす強い湿雪と、10 m/sの北東風が吹き荒れていた。このため釧路地方の送電線には25日午前1~2時ころから同8~9時にかけて着雪が発達し、ところによっては直径15~20 cmの筒雪となった。かくて、釧路近郊

を走る 6.6 万ボルトの送電鉄塔 15 基の連続倒壊を含む鉄塔 18 基倒壊という大きな被害を生じた。釧路市一帯は長時間停電を余儀なくされ、病院、学校等の停電は大きな社会問題となった。

北海道電力は事態を重視し、復旧のかたわら、事故調査を綿密に行なった。その調査班には北大低温研からも着氷雪の権威 K 博士が参加し、現場での被害状況の調査と、事故発生当時の気象條件に関する聞き込み調査を行ったのである。

この着雪事故が風速 10 m/s の強風下で起こったということが電力関係者はもとより、雪氷研究者の間で大きな話題となった。上述のように、着雪は 3 m/s 以下の弱風時にのみ発生し、それ以上の強風下では電線から着雪体が吹き飛ばされるために着雪は起こり得ない、とする莊田の研究結果と大きく矛盾するからである。

この着雪事故が発生したときに釧路地方気象台で観測された気象データによると、着雪は気温が十 1 ℃、風速 10 m/s の強風下で発生したことが明らかである。これに対し莊田は「釧路気象台で強風が吹いたことは確かだが、そこから 10 km 離れた事故現場で事故発生時に風速計で風の観測をしたのか。観測もせずに気象台のデータだけで現場にも強風が吹いたと断定するのは非科学的である」と主張し、強風下での着雪を強く否定した。また、現場附近の住民の「事故発生前後に強風が吹いていた」とする証言は「素人の言うことで、感違もあるから信用できない」としりぞけた。

これに対し、「釧路地方だけでなく道東一帯が暴風雪に包まれたのに着雪現場だけが無風状態と考える方が気象学的におかしい」とか、「住民の複数の証言を無視するのは納得できない」と反論があったが、莊田の「非科学的」との主張と、バイブル的な莊田の着雪論文の権威の前に、現地調査に参加した K 博士でさえも沈黙し、結局は莊田の主張の制するところとなつた。

かくて、送電幹線鉄塔 18 基倒壊という大事故は、折角「強風下でも電線着雪は起こりうる」という貴重な教訓を残しながら、事の重大性が当時の雪氷研究者によって認識されなかつたのは極めて遺憾なことであった。それが再び大問題として採り上げられたのは、その後、実に 7 年も経つてからのことである。

(3) 北海道型（強風型）電線着雪の研究

昭和 45 年は北海道の電力界にとって厄年であった。その年、1 月 31 日、強い低気圧が北海道南岸沖を通過し、全道を風雪にまき込んだ。札幌もその例外ではなく、湿雪が強風に乗って吹きつけ、交通が寸断された。この低気圧は台湾坊主といわれる低気圧で、本州南岸から三陸沖を通って北海道に接近する間に本州各地に大きな強風災害をもたらしたので、気象庁は「45 年 1 月低気圧」と命名したほどであった。

この日、大規模着雪により、道南で 18.7 万ボルトの送電鉄塔 1 基の倒壊をはじめ、多数の断線事故が発生し、長時間停電が広域に発生した⁸⁾。

次いで同年3月16～17日、再び強い低気圧の接近による猛吹雪が再び全道を襲った。札幌でも強い風雪のため交通が大混乱に陥り、また、電線着雪による被害が続発した。特に十勝、釧路地方では6.6万ボルト送電鉄塔4基が倒壊する大事故が起こった。

これら2回の風雪の日、筆者の庭に張ってあった物干し用のビニール紐にも直径が10cmほどの着雪ができるのを観察した。これは強風下でも着雪は起こりうることを筆者自身に確信せしめるのに充分であった。

1月、3月と相次いで起こった電線着雪事故は単に北海道だけでなく、広く電力関係者に強風型着雪の存在を認識せしめ、その現象の解明と対策を迫った。前述の昭和38年2月の釧路事故以来、着雪による電力障害時のデータを丹念に収集し、強風下での着雪の存在を確信していた北電は、この大事故を契機に、総力をあげて強風型電線着雪の発生メカニズムとその対策の研究に取り組むこととなった⁸⁾¹⁰⁾¹¹⁾。

先ず、簡易な人工着雪装置を製作し、45年4～5月、札幌郊外の中山峠で予備実験を開始した。やがて気温の上昇により、中山峠での実験が困難になると、北電技術陣は北大低温研究所に吉田順五、黒岩大助両教授を訪ね、着雪研究への協力方を要請した。筆者はこの時、吉田教授から北電の実験に低温室の使用の便宜をはかるように命ぜられたが、これが縁で筆者もその後、電線着雪の研究に直接関わるようになった。

北電の着雪実験⁸⁾は温度が+1～+2℃の低温室内で始められた。これがその後、同社が行なった世界最初の人工着雪実験研究のさきがけとなった。翌昭和46年冬には苗穂の同社技術研究所構内に人工着雪装置が完成し、本格的な実験が開始された。

ふるいではぐした新雪に暖房用のスチームをふきかけて湿雪化し、それを強力な送風機で試験線に7m/sの速度で吹きつけると着雪が急速に成長するのがみられた。

北電技術陣はこうして7m/sまでの強風下での着雪成長のメカニズムを調べた。その結果、(1)付着した雪が電線の周りを回転しながら成長・発達する「回転成長」、——これは莊田の研究ですでに明らかにされたことであるが——、の他に、(2)偏心荷重による「捩れ成長」が起こることを見出した。すなわち、強風に乗って飛来する湿雪雪片は電線の風上側側面に一方的に衝突付着するので偏心荷重となり、モーメントによって電線は捩れる(図4c)。すると、雪は回転によって風上側に位した側面に衝突付着するため更に捩れる。こうして電線はほぼ連続的に同一方向に捩れるので、あたかも、水平軸の周りに回転させつつある電線に一定方向から湿雪を吹きつけるのと同じ結果となり、電線の周囲にはほぼ一様な厚さの着雪が成長するのである。

この捩れ成長は従来もいわれてはいたが、強風下で実験的に示したのは、この北電の実験が初めてであった。

これら一連の強風下での着雪の観測および人工着雪実験をきいた莊田は昭和46年春、札幌を訪れ、北電研究陣と対決したが、今度は、数多くの資料、実験結果、人工着雪実験を収めた映画等の証拠の前に、強風下でも着雪が起こることを認めた。

もちろん、これで莊田の説が否定されたわけではないし、また、莊田の着雪研究における功績が減じたわけでもない。ただ、北陸地方に多発する弱風型着雪の他にもうひとつ、強風下で起こる着雪が存在するということである。低気圧による強風の下に起こるというので低気圧型ともいわれ、また、一般に、北陸型に比べて降雪雪片の含水率が大きいので湿雪型ともいわれる。

北海道型とはいいうものの、発生条件さえ整えば、どこでも起こりうるのはもちろんである。事実、富山市では昭和29年3月4日、16m/sの強風下で電線着雪が発生し、多くの被害があつた。当時はこの着雪を調査した富山地方気象台の波多正二はその報告⁹⁾の中で、弱風下でしか着雪は起こらないとする莊田説に疑問を投げかけたが、権威ある莊田説の前に誰からも顧みられなかった。

(4) 北海道型着雪事故の多発と対策研究の進展

人工着雪実験が進められている最中の昭和47年は、大きな着雪事故が北海道、東北、中国、四国等で相次いで起こった厄年であった（表1）。先ず同年1月15-16日、東北地方では強風型着雪のため送電鉄塔10基倒壊を含む大事故が発生した。次いで同2月10日には広島や四国の松山地方でも強風型着雪事故が報告された。同年2月27日には、低気圧による強風型着雪のため道南地方で鉄塔倒壊3基ほかの大被害が生じた⁸⁾。さらに47年12月1日には強い低気圧の接近に伴う強風型着雪が道北・道東地方一帯に発生し、送電鉄塔60基が倒壊した。これは北海道の電力史上最大の事故である⁹⁾。停電は広域にわたり、特に稚内市周辺の長時間の停電は社会問題となった。

この事故の際、稚内地方気象台では10分間平均風速が20m/sを越え、このような強風下でも着雪が起こることを「自然」は実証してみせたのである。

北電はこれら人工着雪実験や自然着雪事故の経験をふまえつつ、「難着雪リング」、「ひれ付き電線」、「捩れ防止ダンパー」（カウンターウェイトともよばれる）などの電線の難着雪対策を開発し、実線路に施した¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾。その結果、以後北海道内では着雪事故が激減するに至った。この方法は他の地区でも採用され、普及しつつある。

北電の人工着雪装置は多くの成果を収めたが、風速が7m/sまでしか出せなかつたので、稚内事故のときのような10~20m/sといった強風下での着雪実験が必要となる。そこで、それまでは部外からの協力にとどまっていた筆者は、低温研の地吹雪研究用の低温風洞を一部改造し、風速が0から20m/sの下での人工着雪実験に着手した。文部省科研費自然災害特別研究の下

に実験研究の行った結果、次のような成果を得た。

(1) 着雪は実験風速 0～20 m/s のすべての範囲で起こる。ただし、10 m/s 以上の強風下では降雪の含水率が 15～25% と非常に高いことが必要なこと、(2) 電線に対する有効降雪強度(フラックス)が 100～200 mm/時(地上の降雪強度で 5～10 mm/時に相当)と強い降雪であること、(3) 雪粒子の電線に対する捕捉率は 15～20% といどであることなどを見出した。

これらすべての実験は 16 ミリ映画にコマどりで撮影され、昭和 51 年(1976)秋、イギリスのケンブリッジ大学で開かれた国際応用雪氷学シンポジウムに、北電の五藤員雄、低温研の黒岩大助と共に著で発表した⁴⁾。映画を上映しながらの発表で理解しやすかったせいか、雹や着氷の研究で高名なカナダのリスト博士から多くの質問が出された。

ところが「貴殿の研究したのは着雪(snow accretion)ではなくて、着氷(icing)ではないのか。電線に雪があのように大量に付着することはとても考えられない」と各国の研究者から言われたのに驚いた。彼らのいうには、強風型着雪はあるとしても日本だけに見られる特殊な、局地的な現象ではないかというのである。そこで、逆にこちらから、他のカナダ人、あるいはノルウェー、フランス、スイス等の出席者に「貴国には電線着雪は起こらないのか」と質問しても、「今まで見たことがない。着氷なら山地でいくらでも起こるが」との答えであった。

ところがその 5 年後の昭和 56 年(1981)、フランスで電線着雪による大規模な送電鉄塔の倒壊事故が起こったのである。それについては次節でのべることとし、今少しその後のわが国の状況についてのべよう。

(5) 近年(1980 年代以降)における強風型電線着雪事故

昭和 50 年に道東地区で着雪事故があつて以来、大規模事故は起こらずに経過した。しかし、災害は忘れたころにやってきたのである。昭和 55～56 年の冬は国内外を問わず、着雪の当り年であった。この冬は、いわゆる五六豪雪の年で、特に本州日本海沿岸地方一帯は着雪に限らず豪雪による各種の災害にあつた。

昭和 55 年 12 月 24 日、仙台、福島地方は強い低気圧の接近に伴う強風下、大規模な電線着雪事故が発生し、送電鉄塔の倒壊・損傷は 100 基を越えたという。わが国最大の着雪事故であった¹³⁾。翌 56 年 1 月 2 日、道南で着雪事故が起つて函館が停電した。その翌日、1 月 3 日には富山市郊外で強風型着雪のため鉄塔 3 基を含む事故が発生した¹³⁾。同じ 1 月の 11～12 日、前述のようにフランスで着雪による大事故が起つたのである。

その後しばらく、国内では大事故がなかつたが、昭和 61 年 3 月 23 日、着雪とは無縁と思われていた関東地方神奈川県中部、相模川付近で強風型着雪事故が起つた¹³⁾。関東南沖で 976 mb に発達した強い低気圧の通過に伴い、同地方では日降雪水量 100 mm に達する強い湿雪が 15～27 m/s(10 分平均) の強風下で着雪し、幹線鉄塔 8 基が倒壊、停電は 70 万戸に及び、長時

間停電のため東京都下の高層アパート、マンション等への給水杜絶、水洗トイレ、冷蔵庫、また、オンラインの停止など深刻な問題が起こった。

このように、着雪事故による長時間停電の社会に及ぼす影響は大きいが、それについては後に再びふれたい。

III. フランスにおける電線着雪事故

前述のように、1981年(昭和56)1月11~12日、フランスで大規模な電線着雪が起こった¹⁴⁾。すなわち、フランス南西部カルカソンヌ、ペルピニアン地方で、風速3~5m/sの下の湿雪型着雪のため、40万ボルト送電鉄塔2基、22.5万ボルト用2基、15万ボルト用1基、6.3万ボルト用14基をはじめ電柱、電線の損害多大であったという。

フランス電力公社(EDF)は事態を重視し、国立科学研究中心(CNRS)と協力して、この着雪事故の調査とその対策研究を開始した。先ず文献を調べているうちに北電やわれわれが国際雪氷学会誌に発表した論文を発見し、早速手紙を送ってきた。内容は先ず着雪事故の概要をのべたのち、電線着雪研究と対策の先進国である日本に調査団を送りたい。特に北電と北大低温研を訪問し、教えを乞いたい、というわけである。

この事故は電線着雪が単に日本だけでなく世界のどこでも條件さえ整えば当然起こりうることを示した。以来、「着雪でなくて着氷ではないのか」といわれることもなくなり、電線着雪は世界的な現象であることがやっと認められた。いわば市民権を得たわけである。

フランスからの着雪調査団は昭和57年10月中旬、EDFやCNRSの研究者など総勢十数名が札幌を訪れ、北電の人工着雪実験装置や北大低温研の低温風洞を見学すると共に、着雪発生のメカニズム、対策等の説明を熱心にきいて帰国した。これは日本産の科学技術の輸出である。

間もなく、帰国したEDFのギィヨー氏から札状が届いたが、手紙には、帰国早々の11月26日(1982)の夕刻、湿雪が大量に降って、今度はリヨン西方、サン・エティエンヌ周辺の丘陵・高原地方で広範囲な着雪事故が発生したこと、風速はほぼ無風状態であること、被害は前年(81年)1月12日着雪時の約2倍にも達したことなどを知らせてきた¹⁴⁾(表2)。

相次ぐ着雪事故でEDF-CNRSの着雪研究はピッチが上げられた。1984年(昭59)9月、札幌で開かれた国際雪氷学会(IGS)のシンポジウムにもEDFのギュイヨー氏らが参加し、期間中に開かれた着雪討論会に出席してフランスでの着雪研究の現状と対策について報告し、助言を求めた。

その後、EDF-CNRSのアドミラ博士が来日し、電力中央研究所の坂本雄吉が中心となり、新潟県石打で行っている人工着雪実験に参加し、また、着雪量推定に関する研究を行なった。

表2 近年フランスで起った主な電線着雪灾害

年月日	地 域
1970. 2. 13	ノルマンジー、コタンタン
" 12. 27	ロワール高原、ローヌ峡谷
1971. 1. 31	アペイヨン、ロゼール
	カンタル、ロワール高原
1978. 1. 16	ロゼール、セバンヌ、ローヌ峡谷
" 2. 10	セバンヌ、ピレネー
" 12. 20-21	ロゼール、ロワール高原
1980. 1. 18	オード、ランゲドック、ピレネー東部、ツールーサン中部
1981. 1. 11-12	ランゲドック・ルーシロン、ピレネー高地
1982. 11. 26	ロワール高原、ロワール、リヨンネ
1986. 1. 29- 2. 3	アルデッシュ、エリージュ、ロゼール、ランゲドック・ルーシロン、ピレネー東部、ピレネー中部

丁度その間、昭和 61(1986) 年 1 月 30~31 日、フランス南部で、これまでより更に広範囲にわたる地域で着雪による大事故が発生した。すなわち、40 万ボルト用鉄塔 7 基、6.3~15 万ボルト用が計 250 基、2 万ボルト用コンクリート柱が約 1000 基も倒壊するなどフランス電力史上最悪の事故となった。たまたまその年の夏、フランスに滞在中であった筆者は EDF の着雪討論会に出席を求められ、同事故の詳細をきく機会を得た。

EDF は対策に必要な着雪量推定式を作成しているが、その基礎データはすべて、昭和 38 年 2 月 25 日の釧路着雪事故から同 47 年 12 月 1 日の稚内事故に至る間に、日本で起こった着雪事故時の気象、雪氷条件を用いているのに驚いた。フランスではまだ使っている着雪試料に乏しいからである。わが国ではその点、有用な資料が豊富に揃っている。例えば北電では万一着雪事故が起るや事故現場に急行し、現場で着雪試料を採集し、その直径、形状の特徴、含水の程度、雪の密度、単位長さ当たりの着雪重量等を測定、記録すると共に、試料をドライアイスで冷却しつつ北大低温研の低温室に運び込む。その試料についてわれわれは精密に密度、直径等を測ると共に、薄片試料を作成し、内部の微細構造、結晶粒の形状、粒径等を詳しく調べ、当該着雪の発達のメカニズムに関する手掛りを求める努力をしてきた。自然災害の研究では発生現場の試料と発生状況の記録などが今後の対策を考える上で最も貴重だからである。

着雪発生時の気象データについても、わが国にはアメダスはもちろん、消防署、学校、鉄道等で行なっている観測のデータが入手できる。フランスでは気象観測網が日本よりはるかに疎なため、着雪発生地点での気象データがほとんど得られていない。

しかしながら、フランスの着雪対策研究の進め方をみていると、さすがに学問研究の先進国だけあってその進展速度は大きく、近い将来その成果が期待されている。

以上、1981年1月以来、フランスでの着雪による大事故だけをのべてきた。しかし実はそれ以前にもフランス各地で着雪が起こっていたのである。表2にまとめたように、1970年(昭和45年)2月13日、北部のノルマンジー地方での強風型着雪による大事故以降だけでも湿雪による着雪事故は10件を数える。前述のように、1976年のIGSシンポジウムの席でフランスの雪氷学者は「フランスには着氷はあるが、着雪はきいたことがない」といったが、これは電力関係者と雪氷研究者間の情報交流の悪さに由来するものと考えられる。

フランスの着雪事故は、自然災害の突発研究の実施、災害現場での資料の収集・蓄積とその活用、さらに学際的な研究がいかに重要であるかを反面教師的にわれわれに教えてくれている。

IV. おわりに

以上、電線着雪災害とそれにまつわる研究史の一断面をのべてきたが、それはわれわれに多くの教訓を示している。どんな学問分野でも同様なことがあるが、ある大先達が得た結果が絶対なものといわれ、いわば教科書的になると、それと異なる現象や説明できない現象がみつかっても仲々受け入れられないことがある。それを突破するのは結局、地味な観測、測定、データの積み重ね以外にはない。弱風型(北陸型)着雪の他に、強風型(北海道型)着雪が存在するといった、誰にでもすぐ気の付くような問題でも、それを乗り越えるのに長い歳月を要したのである。

また、電線着雪が着氷によるのではなく、湿雪が降ることによって起こることが、少くともヨーロッパでは知られておらず、それが認知されたのはごく近年のことである。着氷にせよ着雪にせよ、電線に付着すれば一寸見ただけでは雪と氷の区別がつかないのは致しかたのない面もあるが、自然を注意深く見ていないとこのようなことが起こりうる。

昭和30年代後半から40年代前半にかけて、わが国経済は高度成長期といわれ、電力需要が急激に伸びた時代である。着雪事故による長期広域停電は病院、学校、交通、一般家庭などへの影響はもとより、第二次産業にも大きな損失を与えた。それが、その後の社会の変容により、近年は1秒間の停電も許されない。社会がオンライン化し、電化、自動化が進んだからである。前述のように電線着雪はいつどこででも起こりうる。また、その対策は進展してはいるが完全ではない。今後も着雪発生、被害状況の資料を収集、解析し、着雪対策の高度化に資する基礎を提供することが重要であろう。それが現在わが国の最大の課題のひとつとされる「科学技術の輸出」にもつながることである。

本報を記するに当り、北海道電力、東京電力各株式会社、電力中央研究所、気象庁、札幌管

区気象台、フランス電力公社(EDF)の発行した資料を参考にさせていただいた。記して謝意を表する次第である。なお、本研究は文部省科学研究費重点領域研究「資料解析による防災ポテンシャルの変遷」(代表者、名古屋大学理学部・水谷伸次郎教授)の下で行なった。

参 考 文 献

- 1) 若浜五郎, 1988. 雪と水のはなし (木下誠一編著), 技報堂出版 (東京), 207-223.
- 2) 若浜五郎, 1979. 北海道の着雪着氷の資料解析. 自然災害資料解析, 6, 1-9.
- 3) Wakahama, G. 1979 Experimental studies of snow accretion on electric lines developed in a strong wind. Natural Disaster Science. Vol. 1, No. 1, 21-33.
- 4) Wakahama, G., Kuroiwa, D. and Goto, K. 1977 Snow accretion on electric wires and its prevention. Journal of Glaciology, Vol. 19, No. 81, 479-487.
- 5) 荘田幹夫, 1953. 着雪の研究. 雪氷の研究, No. 1, 日本雪氷協会, 50-72.
- 6) 伊藤 博, 1953. 着雪の予報, 同上, 81-85.
- 7) 蔵重一彦, 1953. 着雪予報の実際, 同上, 86-92.
- 8) 電線着雪気象研究会, 1981. 北海道における電線着雪気象について, 北海道電力(株), 北大低温科学研究所, 日本気象協会北海道本部, 224 p.
- 9) 波多正二, 1955. ふぶきによる電線着雪. 天気, 昭30年1月号, 15.
- 10) 小池毅三, 1972. 送電線の難着雪化技術の開発について. 電気評論, 1972年2月号, 1272-1278.
- 11) Nakano T. et al. 1974. Collapse of towers due to snow accumulation and its prevention by making snow resistant conductor, CIGRE, 1974.
- 12) 五藤貞雄, 黒岩大助, 1975. 北海道における電線着雪とその発達抑止に関する研究. 雪氷, 37卷, 182-191.
- 13) 東京電力株式会社, 1987. UHV送電線の着雪荷重について, 48 p.
- 14) SEE (フランス電気・電子伝送学会) 編, 1985. Les lignes aériennes face a l'environnement climatique. 102 p.