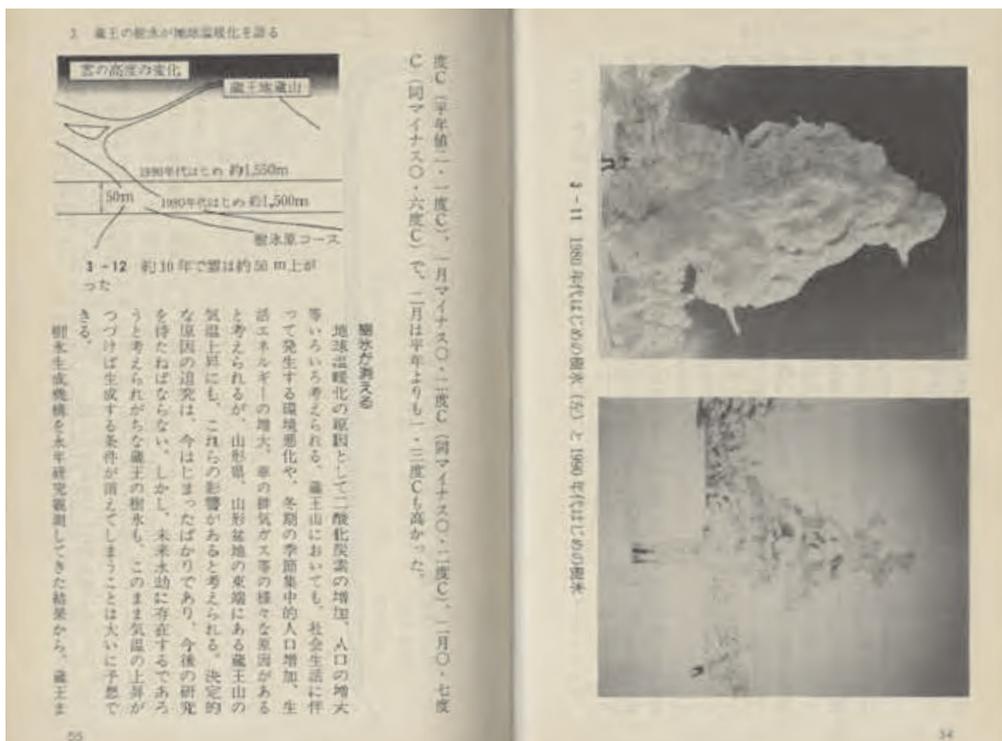
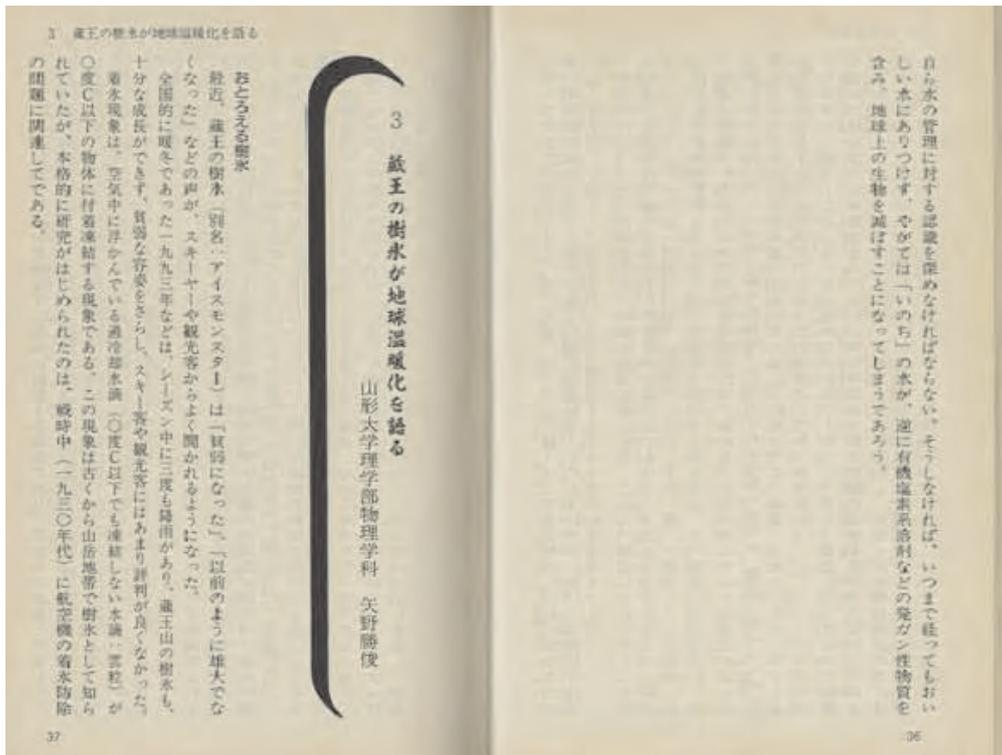
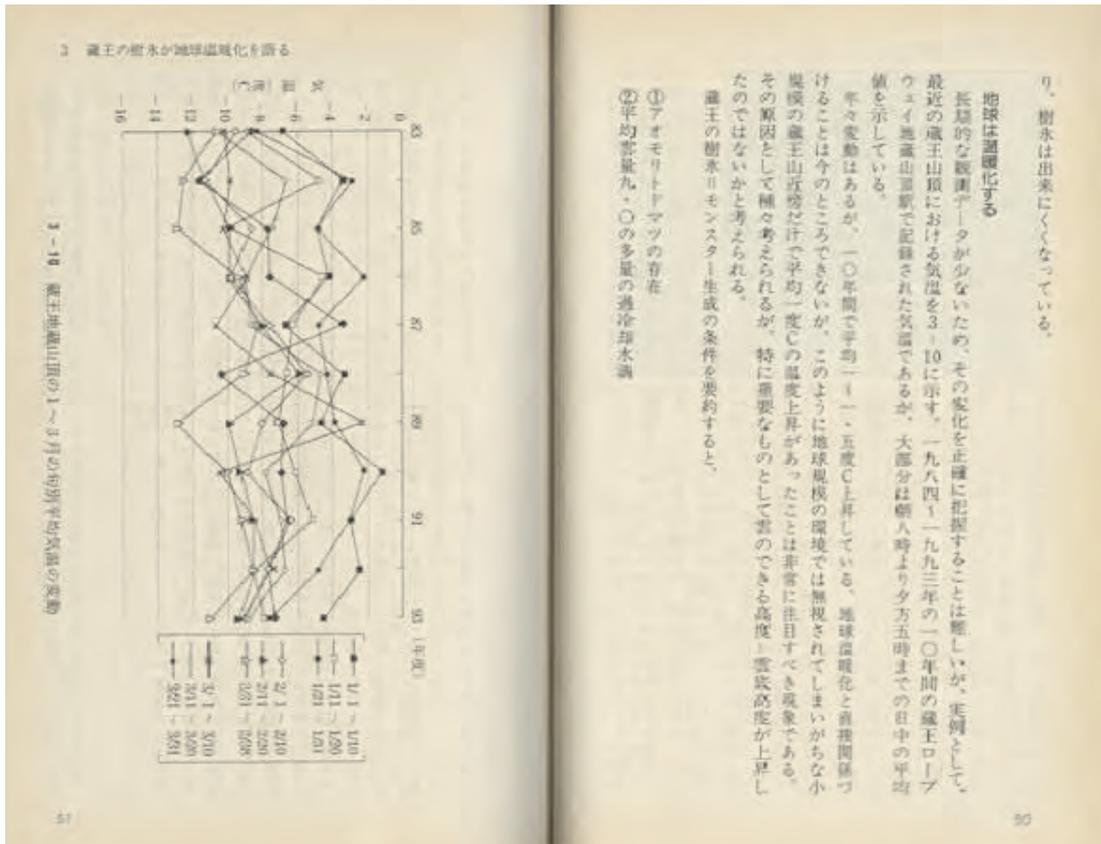


翌年の1995年には、講談社のブルーバックス「検証・ヒトが招いた地球の危機（山形大学地球環境研究会編）」の一章として「蔵王の樹氷が温暖化を語る」を執筆されています。この中で、矢野教授は、蔵王山頂では1983年から1993年までの10年間で1.1-1.5℃気温が上昇していること、樹

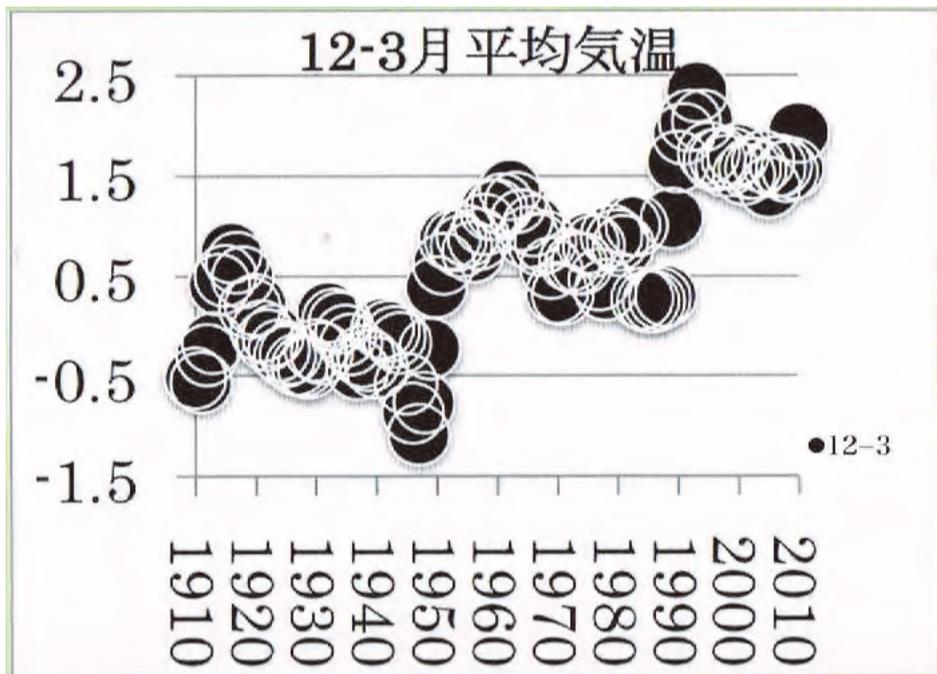
氷の下限高度が1980年代はじめは1500mであったものが1990年代はじめには1550mにまで50m上昇したことが示されています。そして、このまま気温の上昇が続いていくと、樹氷は消えてしまうかもしれないと言及されていました。



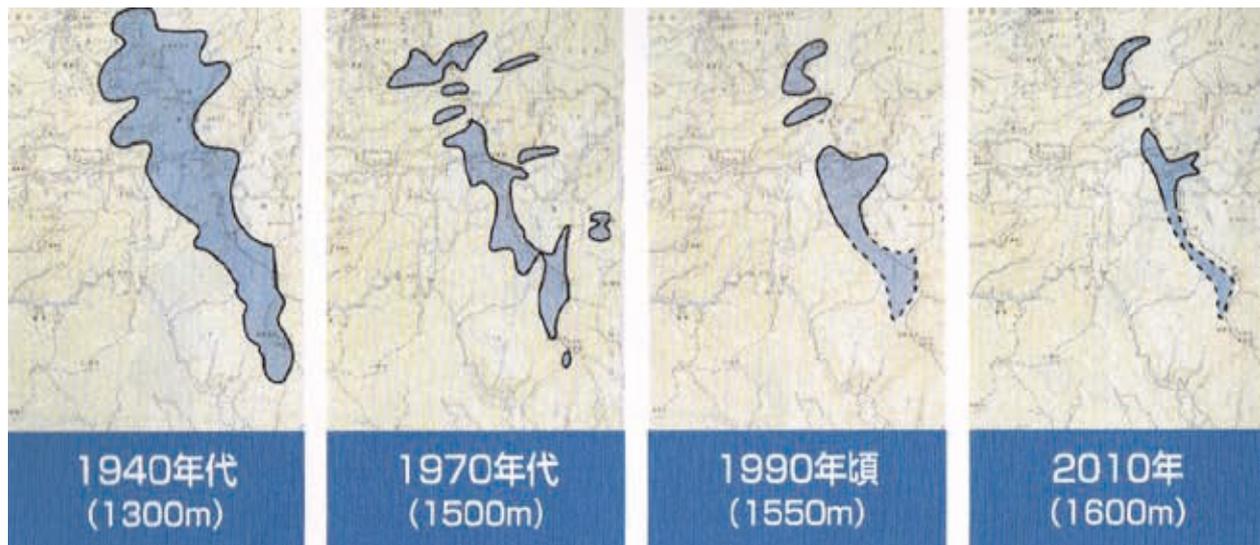


柳澤（2012）は1940年代から現在までの蔵王のアイスモンスター（樹氷）の変遷地図を作製しました。蔵王のアイスモンスター（樹氷）の下限高

度は、1940年代は1300-1400m、1970年代は1500m、1990年代は1550m、2010年は1600mとなっております。



山形市の樹氷のできる12-3月の平均気温(5年間の移動平均)
(柳澤,2012)より



蔵王の樹氷の分布域の経年変化 (柳澤,2012) より

その後、他の地域のアイスモンスター（樹氷）はどうなのか、今後はどうなるのか、桜の開花の際の標準木のような物はあるのか、どこまでが樹氷（エビノシッポ）でどこからがアイスモンスター（樹氷）なのかなどの問い合わせをいただきました。今回、これまで集めた資料をもとに全国にある（あった）アイスモンスター（樹氷）の変遷地図を作製しました。

2. アイスモンスター（樹氷）とは何か

アイスモンスター（樹氷）の変遷を知るためには、アイスモンスター（樹氷）が何であるか知っておく必要があります。

アイスモンスター（樹氷）の成因については、雪説（雪が氷となった）と過冷却水滴説（水が氷つた）があり、昭和はじめから論争が続けられてきました。なお、昭和14年には田邊和雄先生により複合体説（雪と過冷却水滴が複合して氷となった）も出されています。

1960年代に芝浦工業大学の小笠原和夫教授を中心に「蔵王の樹氷（アイスモンスター）の総合研究」が行われ、アイスモンスター（樹氷）が雪と過冷却水滴の複合体であり、焼結によって雪と氷

が分かちがたく一体化して氷となった物であることが明らかとされました。

また、1970年代には山形大学理学部物理学科の阿部正二郎教授・矢野勝俊教授らのご研究によって生成条件が求められています。

これらをもとに、2014年に出版された日本雪氷学会編の「新版・雪氷辞典」において「アイスモンスターは、亜高山地帯に植生しているアオモリトドマツが着氷と雪片でおおわれて巨大な雪の塊に成長したものをいう。・・・着雪も加わっている点で、過冷却水滴による着氷の一種である樹氷とは異なる。・・・」と説明されています。なお、大きさが何センチ以上とか、塊の数や生成している期間などは定められてはいません。アイスモンスター（樹氷）はこの定義で判断することになります。

3. アイスモンスター（樹氷）の分布について

アイスモンスター（樹氷）は1914年2月15日に蔵王冬季初登頂した山形高等学校の神山峯吉教授らによって発見されました。



1921年1月8日には慶応大学山岳部の鹿子木員信教授らが峨々温泉から高湯温泉へ厳冬期初踏破しました。この際の紀行文と写真が「登上行」第3年に掲載され樹氷（アイスモンスター）は全国的に有名となりました。その後、各地で樹氷（アイスモンスター）が見つかりました（アイスモンスターだと認識された）。山と溪谷社（2005年）の「日本登山史年表」によりますと、樹氷（アイスモンスター）に関連した山の冬季初登頂は大正後期から昭和ははじめかけてとされています。北海道から長野県までのアイスモンスター（樹氷）はここから知られたと推定されます。

植物学者の田邊和雄先生は、大正11年に北海道、大正12-13年に蔵王など全国各地にある樹氷を見ています。なお、田邊先生はアイスモンスターについて「樹氷」ではなく「霧氷」とよぶべきだとも主張されています。さて、1936年に執筆された「霧氷の話」では「・・・私は度々冬の蔵王山を訪れましたから、此の山に就いて述べますと、樹氷らしい樹氷が出来るのは、宮城県側では後見坂の上からで海拔で云ふならば千四百米辺りからであります。山形県側では約百米程度その範囲が

下の方まで及びます。即ち清水の少し上或はコーボルト・ヒュッテの少し下までであります。・・・他の山では吾妻連山殊に家形山と西大巔との間も・・・巻機山直下の地図に針葉樹林の記号を入れてある小区域では、範囲は極く狭いが却て形の良い怪物を見ました。・・・日本アルプス方面では針葉樹林がかなり高い所まで及んでいる所もあり、寒中濃霧が掛かる事もあるくらいですから、怪物が出来てさうなものです。霧氷は着く事は着いても、之が充分に発達したのを見たことはありません。又話に聞いたこともありません。」としています。また、1940年に執筆した「樹氷の話」の中で「・・・殊に針葉樹の怪物は実に特異な存在であって、私は今から十数年前北海道の山で初めて之を見た時の驚嘆を未だに忘れることが出来ない。・・・次に遭遇した機会は家形山で・・・もし此の怪物に会えんと欲するならば、十二月の末から三月の初めまで位の間に蔵王山に行く事をお勧めする。・・・蔵王以外にも東北地方には此の怪物の出来る所は数々ある。即ち吾妻連山でも八幡平でも八甲田でも之を見ることが出来る。今少し南に来ると巻機山や菅平の猫岳でも見られ

るが、発達程度は段々に落ちてくるようである。・・・翻って北海道に渡っても此の怪物は方々に有るようであるが、前に私が見たと書いた山はチセヌブリである。」と記しています。

以上から1930-1940年代のアイスモンスター（樹氷）は北海道から長野県まで分布していたことが分かります。なお、巻機山について、現在で

は樹氷（エビノシッポ）があることは分かっていますが、昔の写真等が確認できないことから、判断を保留しています。また、1923年のアルプスの上ノ岳（北ノ俣岳）2600m付近で「樹氷状凍雪（しみゆき）」と記載の写真が大阪朝日新聞社発行の「日本アルプス百景」などに残されていますが、判断できませんでした。



一四二 氷樹の奇観

大正兵衛半の乗鞍附近に於ては、雪は異常に深く、その代りに積雪の状態で一層し巨大、風なきに凍結される影帯をうけ、雪に樹木に降り積み、凍り付いた雪は、一種の樹木状凍雪となりて奇観を呈して居る。謂ふソイオン、の如く、凍る樹の如く、あるひは樹木の如く、人魚の如く、奇観のかきりを醸して立派なものである。そしてそれ等の立木の基下に當る部分には、細長い、雪の吹溜りが堆積を積いて走つてゐる。磨うした奇観、美観が、この日射を浴びて多のやうな陰影を呈してゐる。まったく此の世のものとは思はれない一傑作である。



1940年代から1950年代はじめまでのモノクロ写真に志賀高原の横手山や菅平の根子岳などにアイスモンスター（樹氷）が写っていますが、1950年

代後半のカラー写真には写っていません。従って、志賀高原・菅平のアイスモンスター（樹氷）は1950年代後半には消滅したと考えられます。





草津スキー場

横手山頂の樹氷 草津温泉より15KM



志賀高原

横手山樹氷林より笠原、北信五岳を望む



蔵王の樹氷調査報告*

黒岩大助・若浜五郎・藤野和人

(植物学研究所)

(昭和44年7月投稿)

I. ま え が き

山形県の蔵王の山では、冬季、樹木が霜雪ですっかり覆われ、山頂近くの樹林帯は、美しい樹氷林に変わる。樹氷ですっかり覆われて特異な形を呈する樹木は、通称モンスターとよばれ、古くからその名が知られている。図版1-2は、アオモリトドマンについての樹氷の例である。

一般に樹氷は、過冷却した霧や露粒などが風によって山を越えるとき、樹木に衝突し、凍結してできる。従って、樹氷には指向性があり、風上に向かって、えびの尻尾のようになることが多い。しかし、蔵王の樹氷は、その全体が過冷却水霧だけでできただけではなく、かなりの量の雪片を混入しているという。あるいは、雪片の量が樹氷全体の半分を以上を占め、過冷却水霧は樹氷の表面を互いに積りさせる、いわゆる積り作用をしているにすぎないともいわれている。

樹氷の形成機構や過程を追究することは、それ自体興味ある問題で、従来も多くの研究者によって調べられてきた(2,3,4)。しかし、蔵王のモンスターそのものについて、樹氷の主体を覆った氷はほとんどないようである。モンスターの形成機構を明らかにするためには、モンスターを切開して内部構造を調べなくてはならない。

そこで、昭和44年2月上旬、筆者らは、蔵王の樹氷の実態について雪氷学的な立場から予備的な調査を行なった。得られた観察結果を以下に報告する。

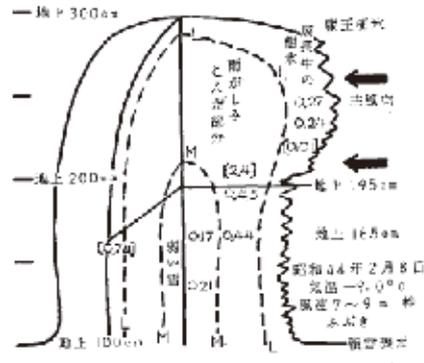
II. 樹氷の断面観察結果

蔵王スキー場の一部、通称さんげ坂を登りつめた原小屋(海拔1650m)の東側に地蔵小屋がある。樹氷観察は、この小屋の近くで行なった。この付近は、冬季、多量の過冷却氷を含んだ西寄りの季節風が吹きつける風路に当る。従って、この辺一帯の樹木ははげしい霜雪をおこし、有名な蔵王の樹氷帯を形成する。

昭和44年2月8日には、上記地蔵小屋の近くで立つ高さ3mの樹木の断面観察を行なった。図版1-2は、この樹氷を風上相からみたところである。正面のキヤを囲んだところが風の流

182

黒岩大助・他



第1図 2月8日に切った樹氷の内部構造を示す断面。区中、括弧をつけていない数字は g/cm^3 で示した樹氷の密度、大括弧内の数字は kg/cm^3 で示した氷下層厚である。

図版1-5が、採れた断面である。いずれの写真でも、風の方向は写真の右から左に向っていた。図版1-3の右半分は風に平行な断面、左半分はそれに垂直な断面である。また、図版1-5は、風に平行な断面の大半である。

図版1-6および第1図に示すようにMを印した点かそれより風が後縁を横切して、氷氷内部は、1つの領域に分けることができる。これら領域のうち最外側の部分は、既に成長しつつある樹氷である。密度が $0.2 g/cm^3$ 前後の極めて弱い樹氷である。線 LL と MM とに囲まれた部分は、密度 $0.43 g/cm^3$ 前後、上下密度 $2-3 kg/cm^3$ のかたい氷水であった。

今冬1月下旬、蔵王一帯に大雪が降り、氷水が樹氷内部にしみこんだ。雨が降った時点での樹氷の表面は、さきの線 LL であったことは間違いない。浸透氷が樹氷の内部で凍結したり、樹氷の組織をばらめたりしたため、樹氷が氷水もっている層構造はすっかり崩壊してしまった。わずかに図版1-5に示したていどに層構造がみられたにすぎない。

樹氷の中心部、樹木の幹の近くには、密度 $0.2 g/cm^3$ 前後、硬度 $100 g/cm^2$ ほどの極めて弱くて脆い、こしもざらめ状の雪がつかっていた。図版1-4の樹氷の奥奥くに見える白い部分、図版1-5の左下の白い部分(図の線 MM の下の部分)がこれである。樹氷の表面に成長中の、いわゆる「えびの尻尾」状の着氷は、極めて脆く、それをこわさずに採取することは非常に困難であった。図版1-4に、典型的なえびの尻尾状着氷を示す。この樹氷は種類に過冷却水霧だけでできた着氷である。筆者らが、中央アルプス葉巻岳山頂のコーナ観測所で観察したえびの尻尾状着氷には、その中心部には例外なく、硬い氷の芯がみられた。蔵王のえびの尻尾状着氷には、このような硬い芯はみられなかった。しかし中心部は、その周囲の着氷と同じくらい硬かった。

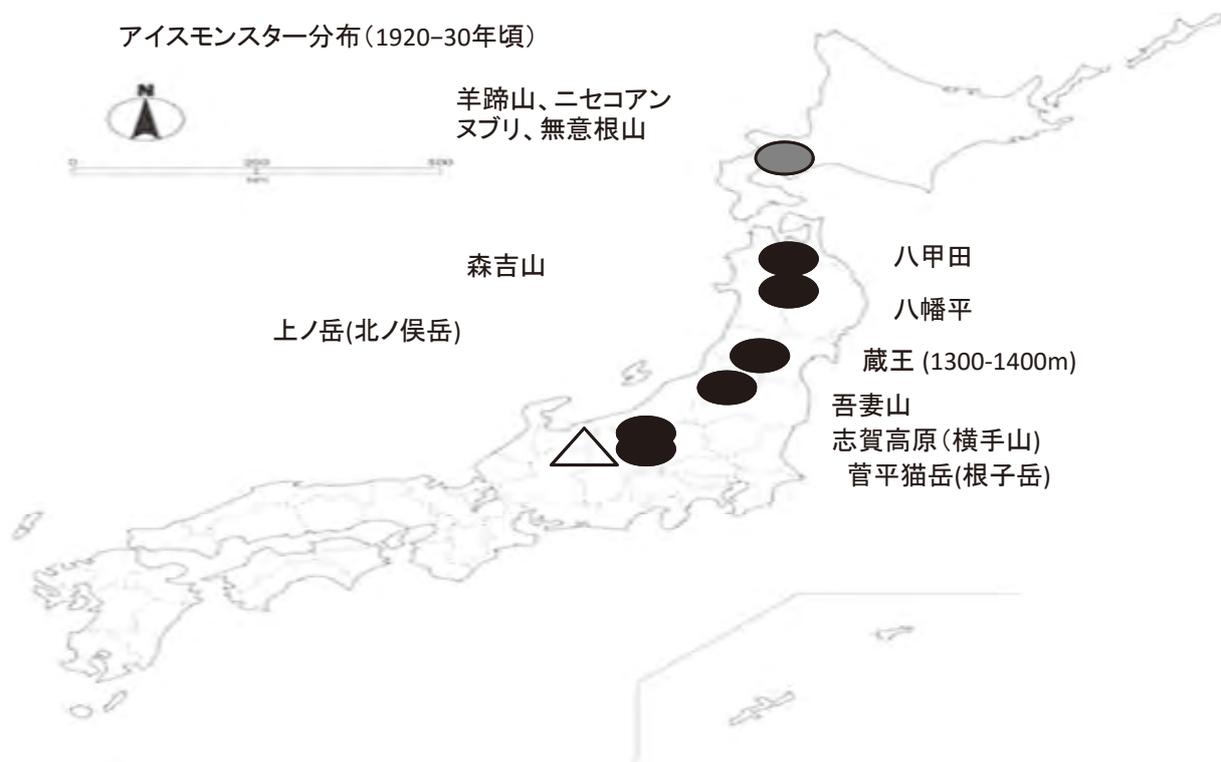
阿部正二郎教授は1979年に出版した「蔵王樹氷のすべて」で「樹氷（アイスモンスター）の分布を東北地方の一部の山岳地帯（八甲田・八幡平・蔵王・西吾妻）」としています。以上から、1970年代になると北海道の樹氷（アイスモンスター）は消滅したことになります。

矢野勝俊教授は「検証・ヒトが招いた地球の危機」の中で「・・・蔵王山頂では1983年から1993年までの10年間で1.1-1.5℃気温が上昇している・・・樹氷の下限高度が1980年代はじめは1500mであったものが1990年代はじめには1550mにまで50m上昇した・・・」ことを示されています。

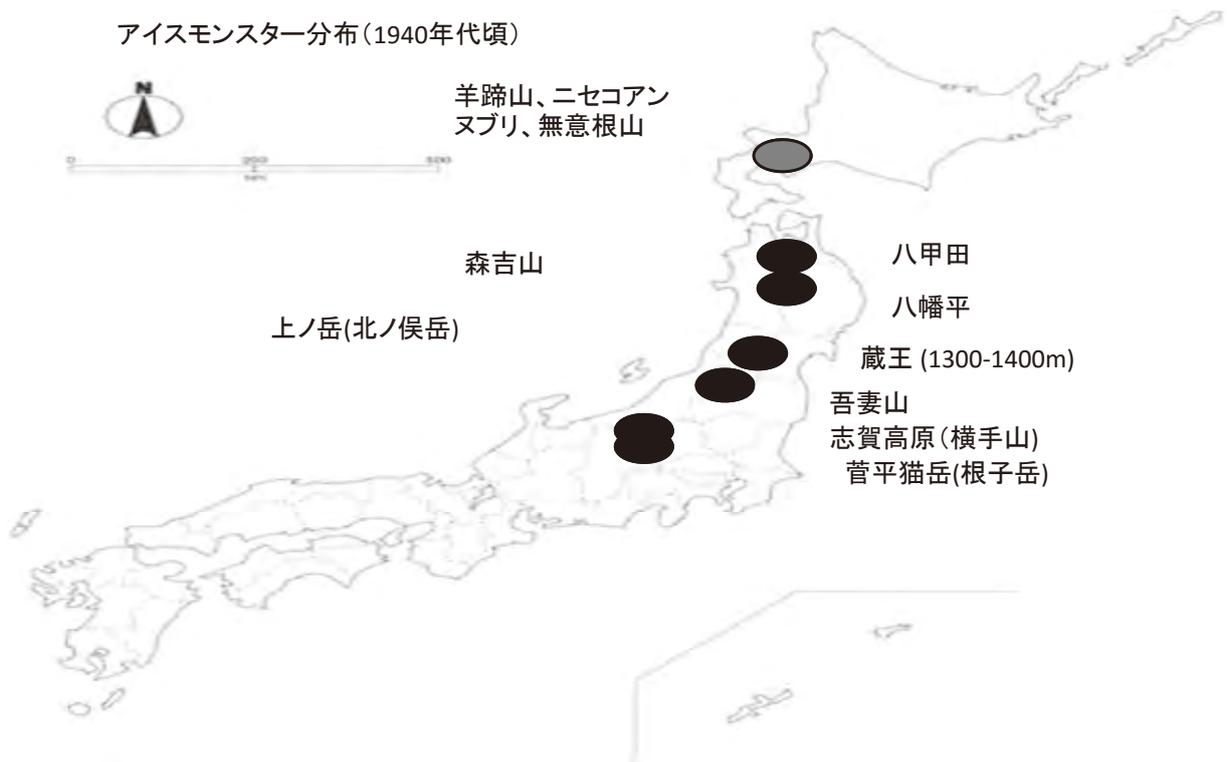
4. 樹氷（アイスモンスター）の変遷

前項を踏まえ、樹氷（アイスモンスター）の変遷を作製いたしました。

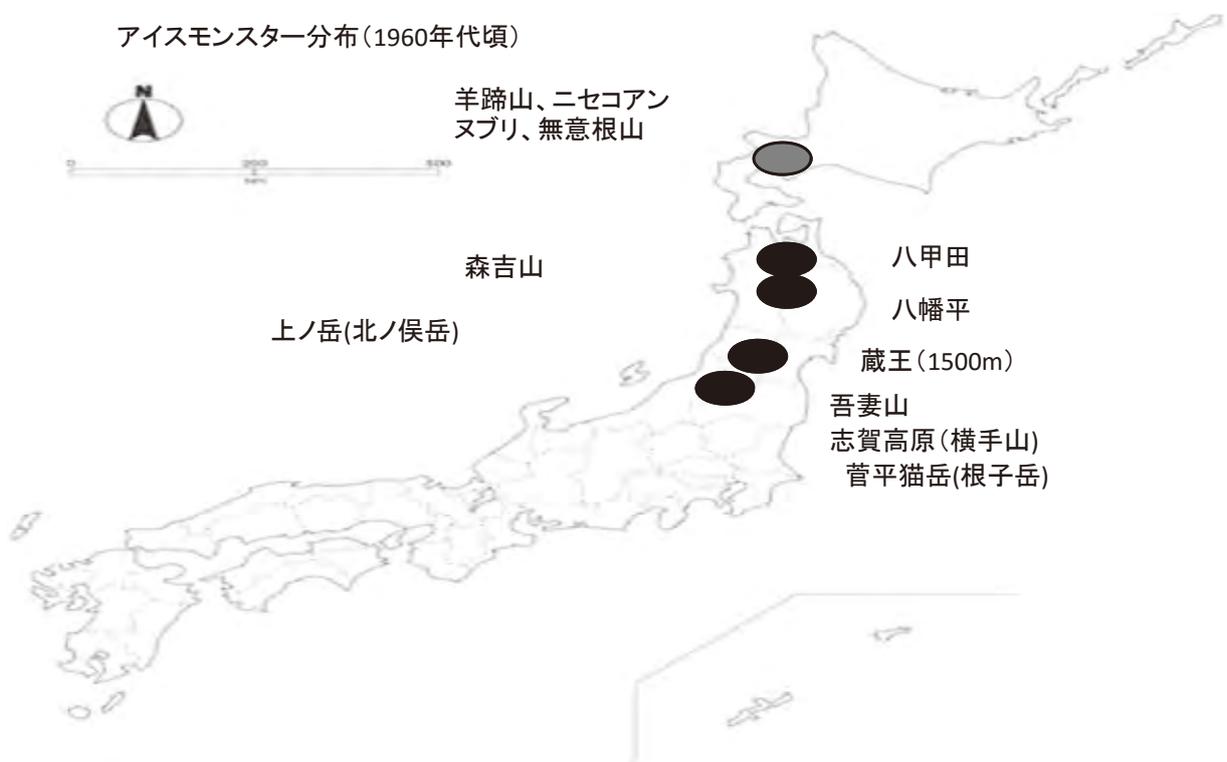
1930年代から1950年代初めまでは北海道から長野（志賀高原・菅平）まで、1960年代に入ると北海道から山形まで、1970年代以降は東北地方の一部の山岳地帯（八甲田・八幡平・蔵王・西吾妻）となったと考えられます。なお、現在のアイスモンスター（樹氷）の下限高度は、八甲田1300m、八幡平1400m、蔵王1550-1600m、西吾妻1700mです。なお、2011年の厳冬の際は志賀高原・菅平の2200m以上でアイスモンスター（樹氷）が見られました。



アイスモンスター分布(1940年代頃)



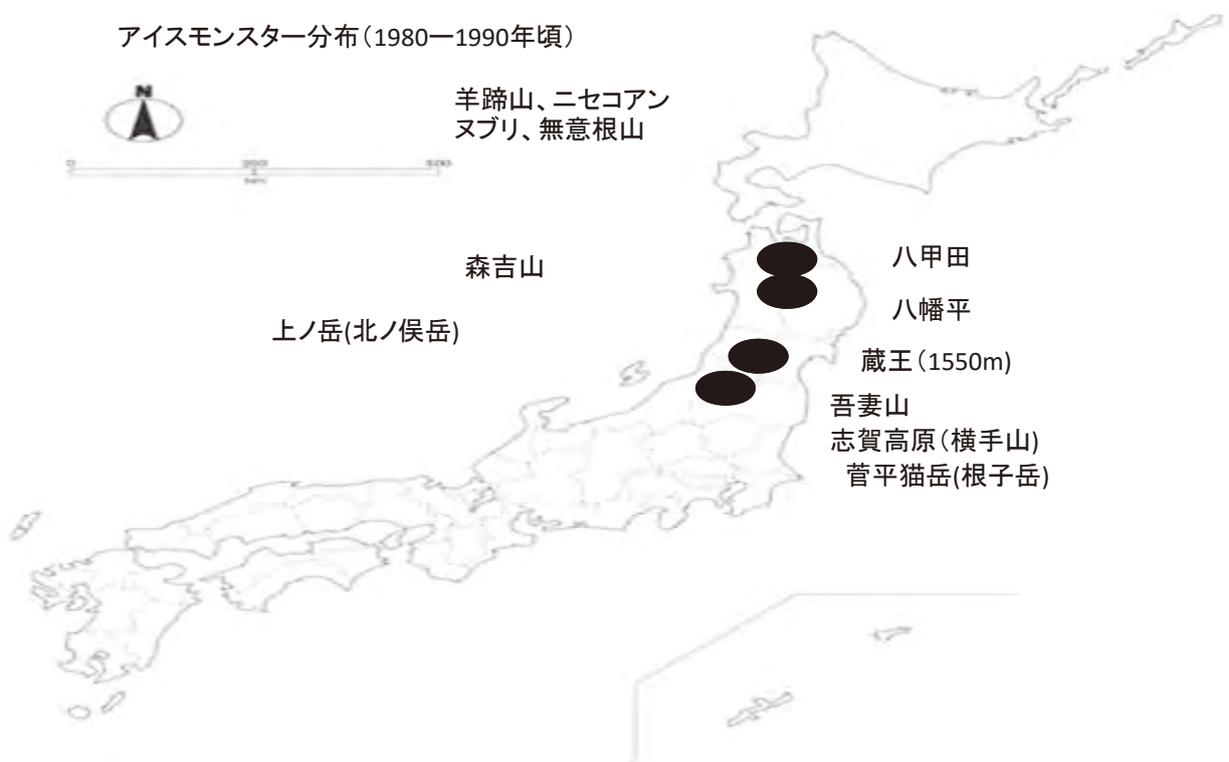
アイスモンスター分布(1960年代頃)



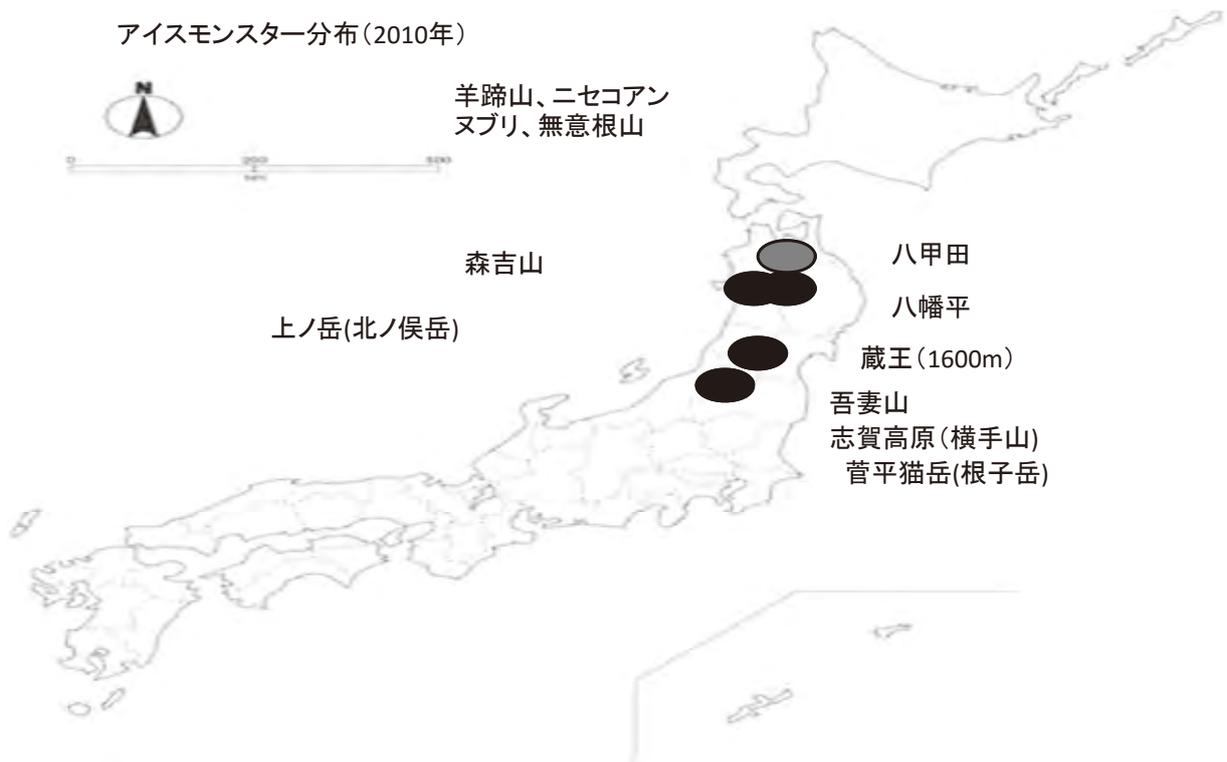
アイスモンスター分布(1970年頃)



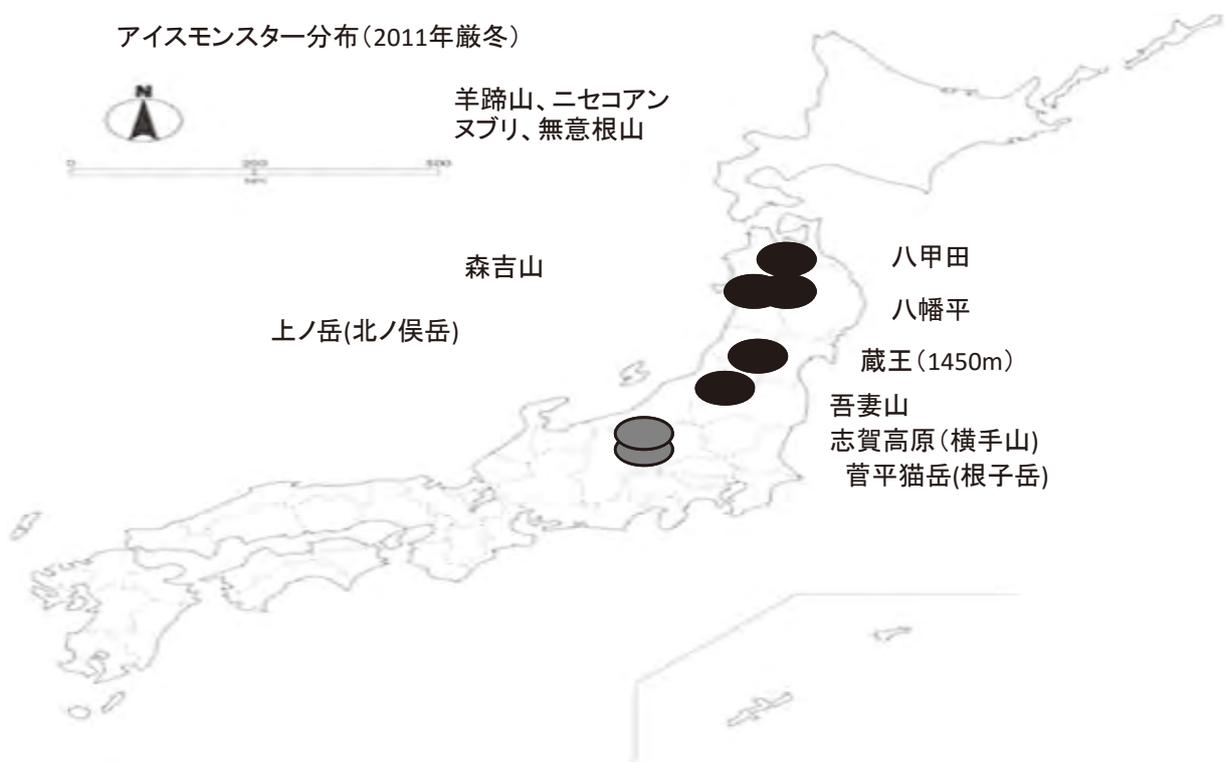
アイスモンスター分布(1980—1990年頃)



アイスモンスター分布(2010年)



アイスモンスター分布(2011年厳冬)





北海道ではなぜアイスモンスター（樹氷）が無くなったのでしょうか。もともと北海道のアイスモンスター（樹氷）は着氷と着雪が焼結しブロック状に一体化した物でした。これは、気温・湿度が低いために着氷と着雪の焼結が進みにくかったと説明されています。また、北海道は気温が低いために山の下側は亜高山帯ですが、上側は高山帯になっています。このため、温暖化でアイスモンスター（樹氷）の生成高度が上昇するとアイスモンスター（樹氷）ができにくい状況になったと考えられます。

一方、アルプスでは、大正期から現在までたくさんの方がアイスモンスター（樹氷）をさがされていますが、見つかっていません。アルプスに

アイスモンスター（樹氷）が見つからない原因について小笠原先生は積雪が多いことが理由であると指摘されています。先に挙げた上ノ岳（北ノ俣岳）2600m付近の「樹氷状凍雪（しみゆき）」の写真を見ましても、雪が多く樹氷となるべき樹木が埋もれています。

5. 樹氷（アイスモンスター）の今後について

樹氷（アイスモンスター）ができる下限高度が50m上昇した場合（気温が約1℃上昇）は蔵王以外はかなりきびしい状況になり、100m上昇した場合（気温が約2℃上昇）場合は蔵王以外は消滅、150m上昇した場合（気温が約3℃上昇）は全て消滅となります。

