

東北の雪と生活

第 35 号

2020

公益社団法人 日本雪氷学会東北支部

東 北 の 雪 と 生 活

目 次

巻頭言 「積雪寒冷地域に最適な冷暖房システム」	山谷 睦	1
論 文		
気候変化に伴う Hindukush 山脈 Panjshir 川上流域の流況変化	神戸智志・Abdul Haseeb AZIZI・朝岡良浩	3
北海道の土壌凍結深の測定：2011-2020 年冬季	原田鉦一郎・吉川謙二・曾根敏雄	9
Sentinel-1 SAR データによるサロマ湖定着氷の後方散乱および干渉 SAR 解析	若林裕之・外岡秀行	12
報 告		
雪おろシグナルの精度検証 ―2018/19, 2019/20 冬期山形県を対象に―	安達 聖・荒川逸人	18
山形蔵王における雪氷現象の観測(2019/2020 冬季)	沖田圭右・山谷 睦・沼澤喜一・原田俊明	23
令和 2 年 (2019/20 年) 冬期における新庄の積雪変化について	小杉健二・荒川逸人・安達 聖・佐藤研吾	26
2019-2020 年 青森県の雪況	小関英明	28
無散水消融雪施設の効率的な稼働に向けた検討 (その 2)	服部恭典・山口正敏・鈴木和則	34
CLT 壁の着雪と暖房の節電効果に関する実験的研究	松村光太郎・林 基哉・小杉健二・佐藤研吾	38
診断型積雪モデルを応用した東北 6 県における 積雪水量分布の準リアルタイム再現システムの試み	本谷 研・平島寛行・佐野浩彬・河島克久	42
陸面過程モデルを用いた凍霜害の推定	岩波発彦・山崎 剛	46
資 料		
東北雪氷賞受賞理由		51
東北雪氷賞 (功績賞) を受賞して	沼澤喜一	55
東北雪氷賞 (功績賞) を受賞して	柳澤文孝	56
公益社団法人日本雪氷学会 2020 年度東北支部理事会 議事録		57
公益社団法人日本雪氷学会 2020 年度東北支部総会 議事録		58
2019 年度 (公社) 日本雪氷学会東北支部事業報告・収支報告書		59
2020 年度 (公社) 日本雪氷学会東北支部事業計画・収支予算案		63
公益社団法人日本雪氷学会東北支部 支部規程施行内規		66
東北雪氷賞受賞者選考規程		68

東北雪氷賞受賞者リスト	70
日本雪氷学会東北支部「東北の雪と生活」投稿規程	72
「東北の雪と生活」原稿執筆要項	73
「東北の雪と生活」著作権譲渡承諾書	74
2019・2020 年度 公益社団法人 日本雪氷学会東北支部役員	75
（公社）日本雪氷学会東北支部 特別会員	77
（公社）日本雪氷学会東北支部 賛助会員	78

巻 頭 言

積雪寒冷地域に最適な冷暖房システム

公益社団法人日本雪氷学会東北支部 副支部長 山谷 睦



日本雪氷学会東北支部の副支部長を務めさせて頂いております。もとより微力ではありますが、できる限り小杉支部長を補佐し、東北支部の活動が活発になるよう力を出していければと思います。

私が初めて日本雪氷学会東北支部機関紙“東北の雪と生活”を目にしたのは、2 時代も前になってしまいましたが、昭和 63 年の山形大学農学部大学院修士課程 1 年生の時でした。指導教官だった故塚原初男先生から、卒業論文の一部を日本雪氷学会東北支部大会で発表するように言われた時に初めて読ませてもらったと記憶しています。その時の印象に強く残っているのは、学会の学術誌であり機関紙である冊子の名称に“生活”という文言が使われていたことです。当時は“雪氷”や“日本林学会誌”や“自然災害科学”など硬い学術用語をそのままタイトルにした機関紙しかみたことがなく、“生活”という文言に奇異な感じをもった記憶があります。しかし、その奇異な印象は、その年参加した日本雪氷学会東北支部大会の懇親会の席で全くなくなったのです。若かった私は“生活”という文言について、東北支部創設に尽力されたレジェンドである故渡辺善八先生と故北村昌美先生に、懇親会の席で大胆にも質問したのでした。渡辺善八先生は当時の支部長であり、皆様ご存知だと思いますが“東北の雪と生活”の題字を揮毫された方でもあります。両先生は、東北地方の冬を思い出してみなさい。私たちが暮らす東北地方の冬は雪とは切り離すことができない、雪氷現象は東北地方の冬の生活そのものでしょう、と優しく説明して下さいました。それ以来、私は“東北の雪と生活”は東北支部の、そして東北地方の誇りとして受け止めています。

この機会に、私が日本地下水開発株式会社で取り組む研究開発業務について簡単に紹介させて頂きます。現在、取り組んでいるのは「高効率帯水層蓄熱冷暖房システム」です。帯水層蓄熱という言葉聞いたことがある人は少ないかも知れませんが、ATES (Aquifer Thermal Energy Storage, エーテスと読む)と呼称される熱の有効利用方法として古くからある蓄熱方式のひとつです。ヨーロッパでは比較的広く使われている技術で、特にオランダやスウェーデンでは大規模施設を含めて多くの施工例があります。

実は、日本地下水開発株式会社は ATES の研究開発を、私が入社する遙か前の 1975 年から、山形大学工学部の梅宮弘道先生と横山孝男先生との共同研究という形で始めています。そして 1983 年に本社社屋を新築する際、この ATES 方式の冷暖房システムを導入し、改良を加え、少しずつ形を変えながらも現在まで継続的に使用しています。ATES システムは基本的に 2 本の井戸を通じて帯水層を蓄熱槽として利用するシステムで、一方の井戸を温熱蓄熱井、他方を冷熱蓄熱井として帯水層を年周期的に交互利用します。すなわち、夏期は一方の井戸から地下水を揚水して冷房利用後に他方の井戸に注入して温熱蓄熱し、冬期は温熱蓄熱した井戸から揚水して暖房利用後に他方の井戸に注入して冷熱蓄熱するシステムです。

「高効率帯水層蓄熱冷暖房システム」というのは、帯水層に蓄える冷熱温熱の増強を図って、更なる高効率化を実現させたシステムです。図 1 に高効率帯水層蓄熱冷暖房システムの模式図を示します。

高効率帯水層蓄熱冷暖房システムでは、冷房時には揚水した地下水をヒートポンプの冷房熱源として使用した後、太陽光集熱器（無散水消融雪施設）に送水して更に温度上昇させて帯水層へ注入します。暖房時には夏期に温熱注入した井戸から揚水した地下水をヒートポンプの暖房熱源として使用した後、無散水消融雪施設（太陽光集熱器）に送水して駐車場の消融雪を行うことにより更に温度低下させて帯水層に注入します。つまり、夏期には温熱を増強して帯水層蓄熱し、冬期には冷熱を増強して帯水層蓄熱することによって、ヒートポンプの熱源となる地下水温度を変化させて冷暖房システムの稼働効率を大幅向上させることができるのです。

お分かりのとおり、冷温熱増強のために冷暖房熱源として利用後の地下水を送水する太陽光集熱器（無散水消融雪施設）は、東北地方を中心とした積雪寒冷地域に多くの

施工実績があります。冬期だけ使用している無散水消融雪施設を年間通じて有効利用する、という考え方です。井戸に関しては、加圧注入が可能となる密閉式井戸を開発し、揚水して熱増強した地下水を文字通り一滴も無駄にせず帯水層へ注入することができました。更に、このシステムのメイン熱源機械であるヒートポンプについても、メーカーと共同で地下水と冷媒が直接熱交換可能な熱交換器を組み込んだ高効率専用ヒートポンプを開発しました。

このような研究開発業務を自社のみの資金で進めることは難しいため、日本地下水開発株式会社では国プロジェクトの競争的資金を活用させて頂きながら研究開発業務に取り組んでいます。2011年度～2013年度の3年間は環境省の地球温暖化対策技術開発事業、2014年度～2018年度の5年間はNEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）の再生可能エネルギー熱利用技術開発事業での採択を受けて高効率帯水層蓄熱冷暖房システムの研究開発に取り組みました。現在は、2019年度～2023年度の5年間の予定で、NEDOの再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発事業の採択を受けて研究開発を継続しています。

現在の研究開発業務のテーマは、これまで開発してきた高効率帯水層蓄熱冷暖房システムをZEBに導入して、その適応性を検証します。また、冷暖房・給湯・無散水消融雪の3種の熱源としてトータルで熱供給可能なシステムを構築し、イニシャルコスト・ランニングコスト共に現状よりも20%以上低減することが目標となっています。

経済産業省が示したZEB普及に向けたロードマップでは、2030年には建築数の半数でZEBを達成することを目標にする、とされています。創エネルギーとして太陽光発電装置の設置が必要となるZEBを積雪寒冷地域で実現するのは難しいとされていることから、私共の取り組みが積雪寒冷地域へのZEB普及の一助になればと念じています。

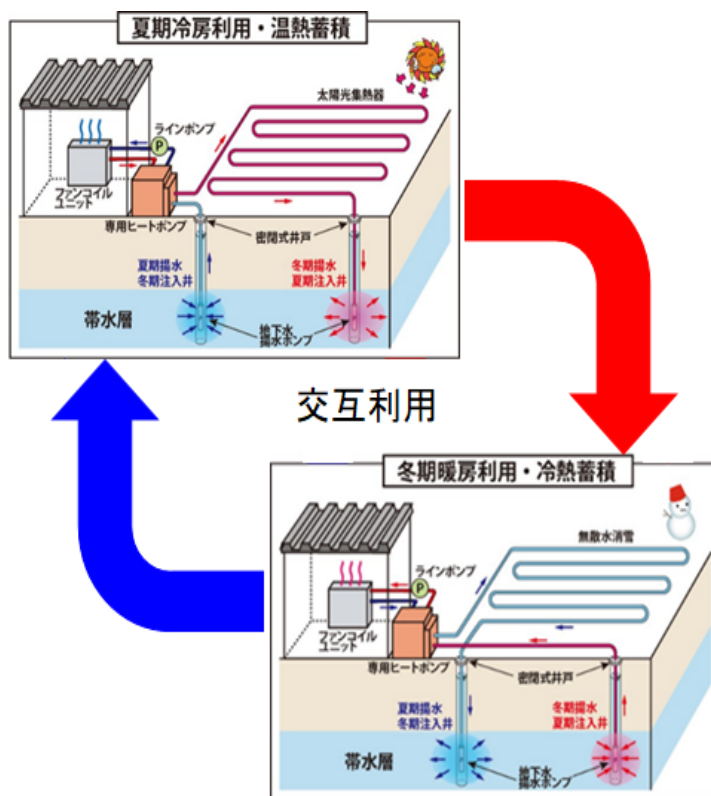


図1 高効率帯水層蓄熱冷暖房システムの模式図

気候変化に伴う Hindukush 山脈 Panjshir 川上流域の流況変化

神戸智志（日本大学大学院工学研究科）

Abdul Haseeb AZIZI (National Water Affairs Regulation Authority, Afghanistan)

朝岡良浩（日本大学工学部）

Impact Assessment of Climate Change on Flow Regimes in the Upstream Area of the Panjshir River, Hindukush Mountains

Satoshi GODO (Graduate School of Engineering, Nihon University)

Abdul Haseeb AZIZI (National Water Affairs Regulation Authority, Afghanistan)

Yoshihiro ASAOKA (College of Engineering, Nihon University)

1. はじめに

積雪域では融雪出水によって安定かつ豊富な河川流量が継続する。水資源の観点において融雪出水は下流域の灌漑用水や生活用水を供給する重要な水文現象であるが、気候変動に伴う積雪量や融雪量の変化は河川流量ひいては水資源に影響を及ぼすことが想定される。そのため、水資源を融雪出水に依存する地域では気候変動に伴う積雪変化や河川流況の変化が懸念されている。例えば、Barnett et al. (2005)は気候変動に伴う積雪量や融雪時期の変化が水利用に影響を及ぼすことを指摘した。また、気候変動に関する政府間パネルの第五次報告書 (IPCC, 2014)によると 21 世紀の間、世界平均地上気温の上昇に伴い北半球では春季の積雪面積が減少する可能性が非常に高いこと、多くの地域において降水量または雪氷の融解の変化が水循環を変化させ、水資源に影響を与える可能性が高いことを報告している。

アフガニスタンの国土の多くを山岳地域が占める。農業はアフガニスタンの基幹産業の 1 つであるが、乾燥帯もしくは半乾燥地帯に属するため天水農業は不安定であり、灌漑用水に大きく依存している (独立行政法人国際協力機構 農村開発部, 2011)。農業農村セクターの就業人口の 6 割は農業・牧畜の従事者であるため、灌漑用水がアフガニスタンの農業生産高を支える根幹ともいえる (永田, 2017)。特に本研究が対象とするアフガニスタンの Panjshir 川の上流域では融雪出水が灌漑用水の大部分を担っている。上述のとおり融雪出水は気候変動の影響に顕著であるとされ、例えば河野 (2019) はアフガニスタンの干ばつの要因の 1 つとして、地球温暖化の影響を受けた急激な気温上昇と春の降雪減少に伴う標高 4500m 以下の夏の残雪の喪失による渇水をあげている。このような観点においてアフガニスタンでは持続的な灌漑用水の確保が懸案事項となっている。先行研究において Azizi and Asaoka (2020) は気候モデルの予報値と水文・気象観測データを用いて近未来気候と将来気候の条件下における対象地域の河川流量を推定した。本研究はこれらの河川流量データを用いて作成した流況曲線に基づいて気候変化に伴う流況変化を評価する。

2. 対象地域およびデータセット

2.1 対象地域

本研究はアフガニスタンを流れる Panjshir 川の上流域 (3540km²) を対象地域とする (図 1)。標高帯は 1593m から 5694m である。Panjshir 川は Indus 川の二次支川である。Hindukush 山脈を水源とし、Panjshir 溪谷を流下し、Kabul 川に合流する。通常、10 月から 6 月まで積雪がある (Azizi and Asaoka, 2019)。Panjshir 川下流域には農業地帯が広がり、Panjshir 川から灌漑用水を取水している。Hindukush 地方では 6 月から 10 月に降水がほとんどなく、1950 年から 2010 年の 60 年間に約 1℃気温上昇している (河野, 2019)。

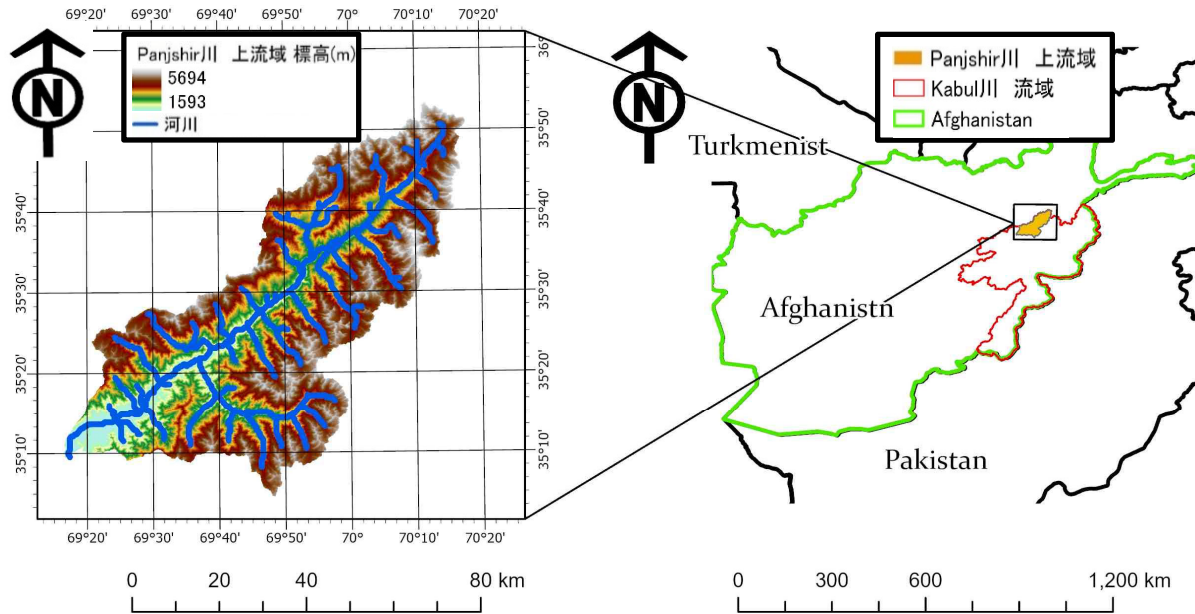


図1 アフガニスタン Panjshir 川上流域の概要

2.2 データセット

Azizi and Asaoka (2020)は Snowmelt Runoff Model (SRM) (Martinez and Rango, 1986) を用いて Panjshir 川の Tang-i-Gulbaha 地点の融雪・流出解析を行い、(1) 現在気候 (2009 年 10 月から 2015 年 9 月)、(2) 近未来気候(2049 年 10 月から 2055 年 9 月)、(3) 将来気候(2089 年 10 月から 2095 年 9 月)の河川流量を推定した。近未来気候と将来気候の推定値に対してそれぞれ 2 種類の温室効果ガス排出シナリオ (RCP4.5 および RCP8.5) を想定した河川流量の推定値がある。RCP4.5 および RCP8.5 は温室効果ガス濃度・放射強制力の変化を示すシナリオである。RCP4.5 は地球規模の温室効果ガス排出量が 2040 年まで現在のペースで増え、その後は減少すると仮定し、21 世紀末の放射強制力が 4.5W/m^2 に安定するシナリオである。RCP8.5 は地球規模の温室効果ガスの排出量がこのまま続き、21 世紀末には放射強制力が 8.5W/m^2 を超え、さらに 2100 年以降も放射強制力の増加が続き、気候変動の影響が最大となるシナリオである。

SRM は標高帯毎の融雪量を計算して、融雪・降雨による流出を計算する集中型モデルである。Azizi and Asaoka (2020) は積雪・融雪モデルを用いて各標高帯の積雪面積を推定した。SRM に入力する気象データは主に降水量と気温である。現在気候を想定した計算には対象地域内の気象観測データを標高帯毎に補完して SRM の入力値とした。近未来気候と将来気候を想定した計算では、気温データに関しては現在気候の観測値に GCM の月平均気温の偏差を加えて作成した。同様に近未来気候と将来気候の降水量のデータに関しては現在気候の観測値に GCM の月降水量の変化率を乗じて作成した。使用した GCM は CMCC, CNRM-CM5, CSIRO-Mk3.6, GFDL CM3, HadGEM2-AO, MIROC5, MPI-ESM-MR, MRI-CGCM の 8 種類である。GCM の出力結果は対象地域を含むグリッドを扱った。8 種類の GCM の出力結果を整理したところ、現在気候に対して近未来気候は RCP4.5 シナリオで 1.5°C の気温上昇、1%の降水量減少、RCP8.5 シナリオで 2.2°C の気温上昇、3.3%の降水量増加となった。同様に現在気候に対して将来気候は RCP4.5 シナリオで 2.6°C の気温上昇、2.1%の降水量減少、RCP8.5 シナリオで 5.3°C の気温上昇、1.6%の降水量増加となった。

2.3 流況曲線

本研究は現在気候、近未来気候、将来気候を想定した河川流量のデータセットから流量曲線を作成して、気候変動に伴う流況変化と水資源変化を評価した。流況曲線は 1 年間の日流量を降順に並べ、縦軸に日単位の流量、横軸に日数をプロットしたもので、流域の流出特性や水資源を評価する上で基

表 1 各気候条件の流量

	現在気候 (観測値)	現在気候 (推定値)	近未来気候 (RCP4.5)	近未来気候 (RCP8.5)	将来気候 (RCP4.5)	将来気候 (RCP8.5)
流量 (m³/s)	61.6	63.4	58.7	54.8	47.6	35.9
豊水流量 (m³/s)	89.4	104.0	86.8	81.9	61.2	36.0
上位 95 番目まで の流量 (m³/s)	156.6	170.0	174.2	169.0	148.7	112.6
上位 96 番目以降の 流量 (m³/s)	28.2	25.9	18.1	14.7	12.0	8.9
最大日流量 (m³/s)	221.0	244.4	237.9	221.9	219.4	175.6
現在気候 (推定値) の豊水流量以上の日数	87	95	86	84	74	56

本となる情報である。年間の最大流量から 95 番目の日流量を豊水流量、同様に 185 番目を平水流量、275 番目を低水流量、355 番目を渇水流量とする。それぞれの気候条件に対して 6 年間分の河川流量のデータが推定されているので、6 年間の流況曲線を平均して各年代の流況曲線とした。また、現在気候を想定した河川流量のデータは観測値と推定値の 2 種類があるが、本研究は近未来気候と将来気候を想定した河川流量に準じて、現在気候を想定した流量曲線も推定値の河川流量のデータを用いて作成した流況曲線を解析に使用した。

3. 結果および考察

3.1 河川流量データの検証

本研究は現在気候の流況曲線を基準として近未来気候と将来気候の流況曲線の変化を評価した。そのため現在気候の観測値から作成した流況曲線と現在値の推定値から作成した流況曲線を比較して精度を検証した。観測値と計算値の流況曲線を図2に示す。推定値を用いて作成した流況曲線は観測値を用いて作成した流況曲線に概ね対応する。観測値の年流量は61.6m³/s、計算値の年流量は63.4m³/sで相対誤差は2.8%であった。また、誤差評価指数の1つであるNash-Sutcliffe係数 (Nash and Sutcliffe, 1970) (以下NS係数) を用いて現在気候の流況曲線の誤差を検証した。ここでは、NS係数の値が1に近いほどモデルの精度が高い。NS係数の算出方法を次式に示す。

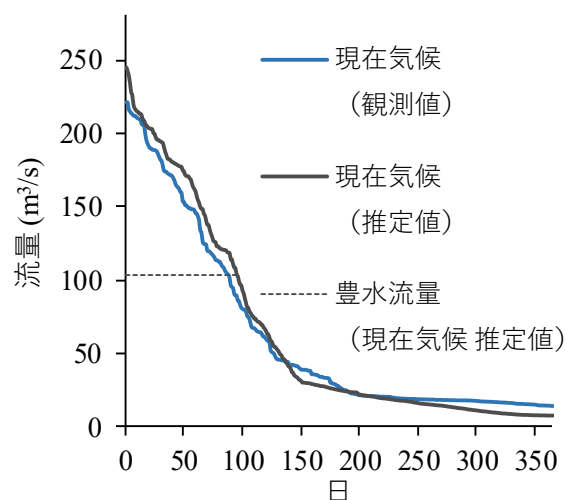


図2 観測値と計算値の流況曲線
(6 年間の平均)

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{oi} - Q_{si})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2} \quad (1)$$

ここでNSEはNS係数、 N は計算日数 (=365日)、 Q_{oi} は降順に並び替えた*i*番目の日流量の観測値、 Q_{si} は降順に並び替えた*i*番目の日流量の計算値、 $\bar{Q}_o$ は日流量の観測値の平均値である。6水文年の流量デ

ータをアンサンブル平均して作成した流況曲線のNS係数は0.98であり、推定値を用いて作成した流況曲線は解析に利用できる精度を持つと判断した。なお、ハイドログラフのNS係数は0.96であった。

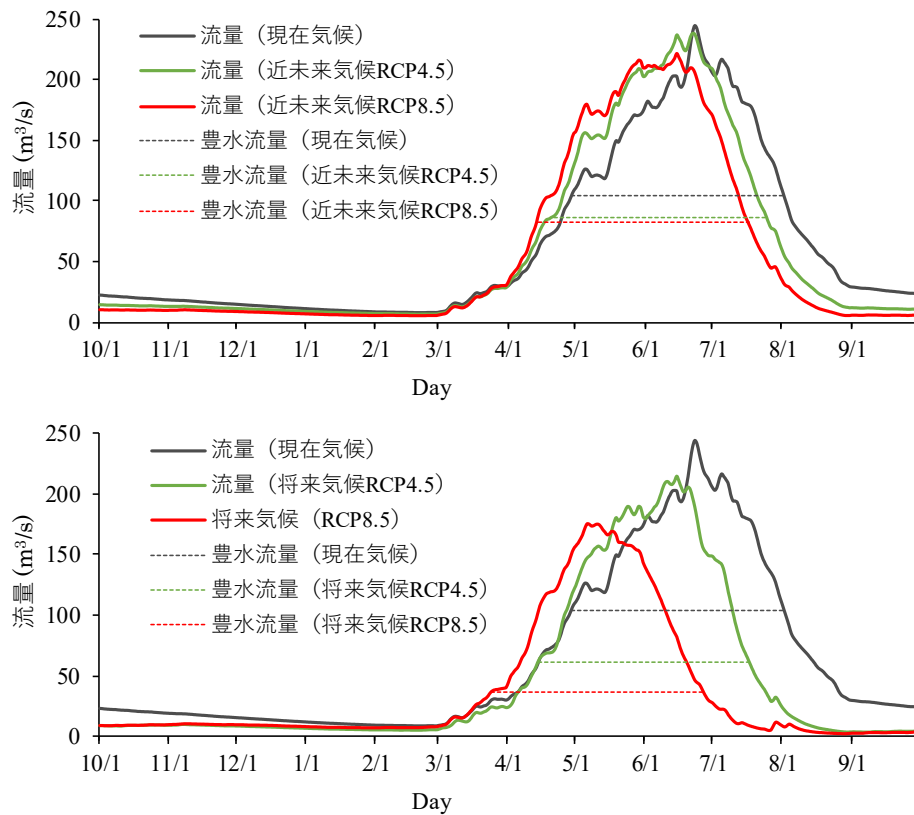


図3 観測値と計算値の流況曲線（6年間の平均）

上：近未来気候，下：将来気候

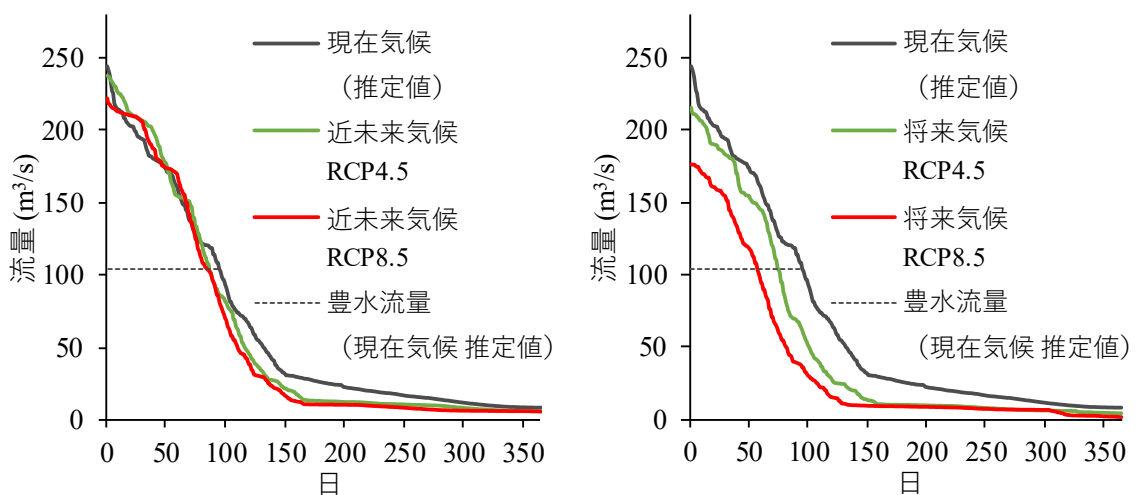


図4 流況曲線（6年間の平均）

左：近未来気候，右：将来気候

3.2 気候変化に伴う流況変化

各気候帯の流量および豊水流量を表1に示す。また、河川流量データセットの計算値から作成したアンサンブル平均の河川流量を図3に示す。現在気候の豊水流量（推定値） $104\text{m}^3/\text{s}$ となる上位95番目までの流量の総体積は豊水流より小さい上位96番目以降の流量の総体積よりも大きく、豊水流量以上の期間の流量は年流量のおよそ7割を占める。そのため、豊水流量を基準として近未来気候と将来気候の流況曲線の変化を考察した。なお、図3より各気候条件の豊水流量は、いずれもハイドログラフにおいて4月以降に流量が豊水流量を上回り、それ以降7月まで豊水流量を下回ることではなく、さらに7月以降に豊水流量を下回ると、それ以降は翌年まで豊水流量を上回らないことを確認できる。近未来気候と将来気候の条件下6年間の河川流量をアンサンブル平均して作成した流況曲線を図4に示す。現在気候の年流量に対して近未来気候の年流量はRCP4.5シナリオで7.5%減少、RCP8.5シナリオで14.5%減少する。豊水流量も現在気候に対して近未来気候のRCP4.5シナリオは16.5%減少、同様に近未来気候のRCP8.5シナリオは21.3%減少する。さらに、豊水流量より大きい流量すなわち95番目までの流量の変化は極僅かであるが、豊水流量以下の流量すなわち96番目以降の流量が減少する。96番目以降の流量は現在気候で $25.9\text{m}^3/\text{s}$ 、近未来気候ではRCP4.5シナリオで $18.1\text{m}^3/\text{s}$ 、RCP8.5シナリオは $14.7\text{m}^3/\text{s}$ となり、RCP8.5シナリオでは現在気候より43%減少する。現在気候において日流量が豊水以上となる期間は4月29日から8月1日であった。現在気候の豊水流量より日流量が大きくなる期間は将来気候のRCP4.5の場合、4月26日から7月20日となり、近未来気候のRCP8.5の場合、4月20日から7月12日までとなり、期間が10日前後短縮するが、その時期について大きな変化はない。

表1より将来気候のRCP4.5とRCP8.5の両方のシナリオの河川流量は現在気候の年流量に対して減少する。将来気候の流量は近未来気候の流量と比較しても減少する。現在気候の年流量 $63.4\text{m}^3/\text{s}$ に対してRCP4.5シナリオの年流量は $47.6\text{m}^3/\text{s}$ となり約25%減少する。同様にRCP8.5シナリオの年流量は $35.9\text{m}^3/\text{s}$ となり約43%減少する。将来気候のRCP8.5シナリオで1年間に流出する水量は現在気候の豊水流量以上で流出する水量よりも小さい。さらに、日流量が現在気候の豊水流量よりも大きくなる期間が短縮し、その期間も早期化する。現在気候の豊水流量より日流量が大きくなる日数は将来気候のRCP4.5シナリオで4月27日から7月9日、将来気候のRCP8.5シナリオは4月15日から6月9日となり、期間が20日から30日ほど短縮し、特に豊水流量を下回る時期が早期化する。

4. まとめ

本研究はアフガニスタン Panjshir 川の上流域を対象として流況曲線に基づいて近未来気候と将来気候を想定した河川流況の変化を解析した。近未来気候では豊水流量よりも小さい期間の流量が減少する。また、将来気候の条件下ではRCP4.5およびRCP8.5の両シナリオで年間の流量が大幅に減少し、さらに現在気候の豊水流量よりも大きい流量となる期間が短縮かつ早期化することを示した。今後はPanjshir川上流域の河川流況の変化が下流部の灌漑や農業生産に及ぼす影響を評価する。

謝辞

本研究の一部はJSPS 科研費（20K04712、代表：朝岡良浩）、JSPS 二国間交流事業およびJICA 特別プログラムの助成を受けた。ここに記して謝意を表す。

【引用文献】

Abdul Haseeb AZIZI and Yoshihiro ASAKA, 2019: ESTIMATING SPATIAL AND TEMPORAL SNOW DISTRIBUTION USING NUMERICAL MODEL AND SATELLITE REMOTE SENSING IN THE WESTERN HINDUKUSH-HIMALAYA REGION, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. G (Environmental Research), Vol.75, No.5, I_125-I_134. DOI: 10.2208/jscej.75.I_125

- Azizi, A.H. and Asaoka, Y., 2020: Assessment of the Impact of Climate Change on Snow Distribution and River Flows in a Snow-Dominated Mountainous Watershed in the Western Hindukush–Himalaya, *Hydrology*, **7**(4), 74. DOI: 10.3390/hydrology7040074
- Barnett, T. P., Adam, J. C., Lettenmaier, D. P., 2005: Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions, *nature*, **438**(17), pp.303-309. DOI: 10.1038/nature04141
- 独立行政法人国際協力機構 農村開発部 , 2011: アフガニスタン・イスラム共和国 農業農村開発支援(水資源管理・開発分野) プロジェクト形成調査報告書.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 河野 仁, 2019: アフガニスタンにおける干ばつと洪水—気候変動の影響, *天気*, **30**(4), pp.221-236.
- Martinec, J., Rango, A., 1986: Parameter values for snowmelt runoff modelling, *Journal of hydrology*, **84**(3-4), 197-219.
- Nash, J. E., Sutcliffe, J. V., 1970: River flow forecasting through conceptual models part I—A discussion of principles. *Journal of hydrology*, **10**(3), 282-290.
- 永田謙二, 2017: アフガニスタンにおける水資源セクターの復興支援策, *水文・水資源学会誌*, **30**(4), pp.221-236.

北海道の土壤凍結深の測定：2011～2020 年冬季

原田 鉦一郎（宮城大学食産業学群）

吉川 謙二（アラスカ大学フェアバンクス校）

曾根 敏雄（北海道大学低温科学研究所）

Measurements of frost depth in Hokkaido: 2011-2020 winter

Koichiro HARADA (Miyagi University)

Kenji YOSHIKAWA (University of Alaska Fairbanks)

Toshio SONE (ILTS, Hokkaido University)

1. はじめに

北海道や東北地方では冬季間に土壤は凍結する．北海道の土壤凍結深の一斉観測については，石川・鈴木（1964）や木下ら（1978），武市（1993）によって実施されてきたが，近年は一斉観測の報告例も少なく，ここ 20 年以上実施されていないのが現状である．

そこで本研究は，北海道の冬季土壤凍結深の広域分布とその特徴を明らかにすることを目的として開始された（原田ら，2017）．原田ら（2019）は，2011～2012 年冬季から 2018～2019 年冬季までに測定された北海道内の土壤凍結深の分布を示している．ここでは 2019～2020 年冬季の測定結果を中心に，土壤凍結の特徴を示す．

2. 調査概要

土壤凍結深の測定は，2011～2012 年冬季に北海道内の 3 ヶ所で測定を開始した（原田ら，2017）．測定地点は，北海道内の小中学校などである．これは，アウトリーチ活動の一環として実施しているためであり，児童生徒に対して土壤凍結と生活の関わりに関して講義を行い，実際に児童生徒が中心になって測定を行っている．2019～2020 年冬季までに 36 校に凍結深計を設置した（図 1）．

測定装置は，チューブ内の色水の凍結を確認する土壤凍結深計を利用した（原田ら，2017）．土壤凍結深の測定は自然積雪下で行い，1 週間に 1 度の頻度で測定し，同時に積雪深も測る．また，地表面温度を自動温度記録装置で記録し，さらに 2015～2016 年冬季より自動記録できる多点式地温計も設置し，手動の観測値との比較を行っている．

3. 結果及び考察

2011～2012 年冬季から 2018～2019 年冬季までの測定より，自然積雪下での土壤凍結深の最大値は 2018～2019 年冬季に陸別小学校（陸別町）で記録した 65cm である．

弟子屈小学校（弟子屈町）では，2018～2019 年冬季に通常の自然積雪下での土壤凍結深の測定に加えて，除雪環境下での測定も行った．自然積雪下（最大積雪深は 33cm）では最大凍結深が 28cm であったのに対して，除雪環境下では 54.5cm であった（原田ら，



図 1 凍結深計設置校の位置図

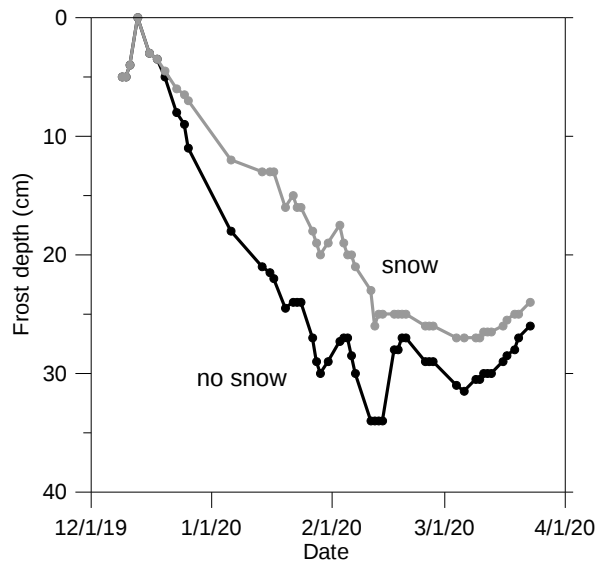


図2 弟子屈小学校での土壌凍結深

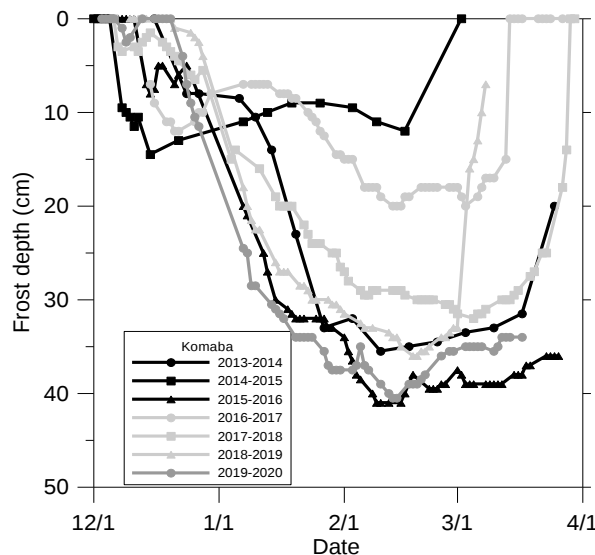


図3 駒場小学校での土壌凍結深の変動

2019)．2019－2020 年冬季も同様に，2 つの環境下で測定を行った（図2）．自然積雪下（図2 の snow）と除雪環境下（図2 の no snow）での最大凍結深はそれぞれ 27cm と 34cm であった．最大積雪深は 80cm であるが，これは 3 月に記録されており，2 月末までの最大積雪深は 20cm であった．この 2 冬の凍結深を比較すると，自然積雪下では大きな変化が見られず，除雪環境下では 20cm 程度の差があった．

弟子屈町のアメダス観測地点での 12 月から 2 月までの平均気温を比較すると，2018－2019 年冬季は -6.9°C ，2019－2020 年冬季で -5.9°C であった．この気温の差が凍結深に大きく影響を与えていることが，除雪環境下での測定結果より明確に表された．一方，観測地点で測定された積雪深は，2 月末までで 33cm（2018－2019 年冬季）と 20cm（2019－2020 年冬季）であった．自然積雪下では 2019－2020 年冬季と，より寒いが積雪深が大きかった 2018－2019 年冬季とでは最大凍結深はそれぞれ 27cm, 28cm と差が少なかった．

図3に十勝地方の駒場小学校（音更町）での 7 冬にわたる土壌凍結深の測定結果を示す．測定を行った 7 冬季では，最も凍結深が深かったのは 2015－2016 年冬季の 41cm であるが，2019－2020 年冬季はこの冬に迫る 40.5cm を記録した．駒場小学校では，土壌凍結の深さは大きく 2 つのパターンに分けることができるが（原田ら，2019），2019－2020 年冬季は最大凍結深が 30cm を越えるシーズンとなった．

表1に近隣のアメダス観測地点（駒場）で測定された 12 月と 12 月～3 月までの平均気温，凍結指数と，現地で観測された 12 月と 12 月～

3 月までの最大積雪深を示す．最深土壌凍結深（41cm）を記録した 2015－2016 年冬季と比較すると，2019－2020 年冬季の平均気温は 12 月ではやや低く，12 月～3 月ではやや高い．一方，積雪深は大きく異なり，12 月にほとんど積雪は記録していない．この少雪が土壌凍結に大きく影響を与えていると考えられる．

4. まとめ

2019－2020 年冬季では，弟子屈小学校での自然積雪下と除雪環境下での土壌凍結深の測定結果を比較することにより，また他年度の測定結果と比較して，積雪深が土壌凍結深に与える影響を明確に示すことができた．また駒場小学校における複数年にわたる測定より，土壌凍結初期の 12 月の積雪深がその後の凍結深に大きく影響を与えていることが示された．

5. 謝辞

土壌凍結深の測定は，各学校の関係者などの多くの方々の協力を得ている．ここに感謝の意を表し

たい。本研究の一部は、北海道大学低温科学研究所共同研究（18G041）の助成を受けて実施された。

表 1 駒場小学校での最大凍結深・最大積雪深，駒場での平均気温・凍結指数

	max frost depth (cm)	mean temperature (°C)		freezing index (°C days)	max snow depth (cm)	
	Dec-Mar.	Dec-Mar.	Dec.	Dec-Mar.	Dec-Mar.	Dec.
2013-14	35.5	-4.5	-1.9	582	36	10
2014-15	12.0	-3.9	-5.1	536	38	30
2015-16	41.0	-4.4	-3.1	580	46	16
2016-17	20.0	-5.7	-5.1	702	40	40
2017-18	31.5	-5.2	-5.3	671	58	30
2018-19	36.0	-3.9	-3.8	518	20	20
2019-20	40.5	-4.0	-3.7	544	30	3

【引用文献】

- 原田鉦一郎，吉川謙二，岩花剛，Julia Stanilovskaya，澤田結基，曾根敏雄，2017: 北海道における冬季土壌凍結深の測定を通じたアウトリーチ活動，北海道の雪氷，**36**，7-8.
- 原田鉦一郎，吉川謙二，曾根敏雄，2019: 北海道の土壌凍結深の測定：2011～2019 年冬季，東北の雪と生活，**34**，22-25.
- 石川正幸，鈴木秀雄，1964: 北海道における 1964～1965 年冬の最大凍結深の分布，農林省林業試験場北海道支場年報，238-248.
- 木下誠一，福田正己，矢作裕，1978: 北海道における土の凍結深の分布，自然災害資料解析，**5**，10-15.
- 武市靖，1993: 凍結深の予測，北海学園大学工学部研究報告，**20**，113-135.

Sentinel-1 SAR データによるサロマ湖定着氷の 後方散乱および干渉 SAR 解析

若林裕之（日本大学工学部）

外岡秀行(茨城大学工学部)

Backscattering and InSAR analysis of fast ice on Lake Saroma with Sentinel-1 SAR data

Hiroyuki WAKABAYASHI (College of Engineering, Nihon University)

Hideyuki Tonooka (College of Engineering, Ibaraki University)

1. はじめに

海氷は、大気と海水の断熱材の役目を果たし、海水から大気への熱エネルギーの移動を妨げる。従って、海氷の存在は雪氷圏のみならずグローバルな環境変動に影響をおよぼす。オホーツク海南端に位置する北海道周辺は冬季間に比較的薄い海氷がある領域として知られている。オホーツク海における海氷は地球温暖化の影響を顕著に受けると考えられるため、その領域の海氷状況をモニタリングすることは非常に重要である(Noda et al., 1996; IPCC, 2007)。合成開口レーダ(Synthetic Aperture Radar, SAR)は能動型マイクロ波センサの特徴である全天候性に加え、高空間分解能性や多偏波観測による散乱メカニズム抽出の可能性から、海氷観測の分野においても数多くの研究が進められている。現在、RADARSAT-2, TerraSAR/TanDEM-X, Sentinel-1A/1B, ALOS-2等数多くの SAR を搭載した人工衛星が定常運用中であり、極域や季節海氷域のデータを取得している。

SAR データを使用した海氷観測については、SAR を搭載した人工衛星が定常運用を始めた 1990 年代から現在に至るまで、海氷検出、海氷分類、および海氷物理量抽出に関する数多くの研究が盛んに行われている。その多くは後方散乱係数や多偏波パラメータを使用した研究であるが、衛星 SAR の観測頻度が高くなった最近では、アラスカの定着氷を対象にして干渉 SAR(InSAR)解析による研究が行われている(Dammann et al., 2018)。

本研究では、高頻度にデータが取得されている Sentinel-1 の C バンド SAR が サロマ湖を観測したデータとサロマ湖における現地観測データを解析することによって、後方散乱係数と海氷物理量の関係を解析した結果を示す。さらに、12 日間隔で取得された SAR データについて干渉 SAR 解析を行うことによって、サロマ湖における定着氷観測の可能性を示す。

2. テストサイトおよび現地データ取得

オホーツク海は季節海氷域であり、北半球で海氷が発生する領域としてほぼ南端に位置している。この海域の海氷厚は大部分が 1 メートル以下であり、比較的薄い海氷を観測できる海域である(Toyota et al., 2002)。サロマ湖はオホーツク海と 2 つの湖口でつながっているため、湖水は海水とほぼ同程度の塩分濃度である。湖水は冬期間に凍結し、例年 2 月末にはサロマ湖の東西湖岸に近いところで氷厚 40cm~50cm に達する。サロマ湖の氷については、塩分濃度および層構造は外洋における安定して成長した海氷と非常に良く似ている(Wakabayashi et al., 1995)。湖の東西湖岸に近い領域は氷厚が大きく、その内側には氷厚が小さい領域がある。また、オホーツク海につながる 2 つの水路のうち、西側に位置する第一湖口の近くには凍結していない海水面がありその周辺が非常に薄い氷厚 10cm 以下の氷が存在する領域がある。

2019 年の 2 月 22 日から 2 月 25 日にかけてサロマ湖上で徒歩移動による積雪深および氷厚の

現地測定を行った。図1にサロマ湖上の観測地点を示す。なお、図1の背景には2月23日にサロマ湖を観測した Sentinel-1B のCバンド SAR のVV 偏波振幅画像を使用している。各観測地点において、領域 A(2月24日観測)は約 100m 間隔で 69 地点、領域 B(2月22日観測)は約 350m 間隔で 26 地点、領域 C(2月25日観測)は約 500m 間隔で 10 地点で積雪深と氷厚を測定した(小池 他, 2019)。

図2にサロマ湖上の観測地点に近い常呂町のアメダス日平均気温データを示す。地上観測を実施した期間の日平均気温は海水の凍結温度(-1.8°C)を越えない状態であり、サロマ湖内の氷については融解していない状態であることがわかる。

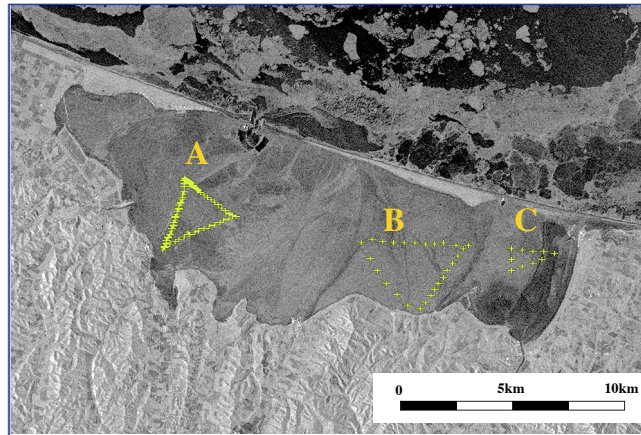


図1 サロマ湖上の観測地点 (背景は2/23に取得した Sentinel-1B VV 偏波画像)

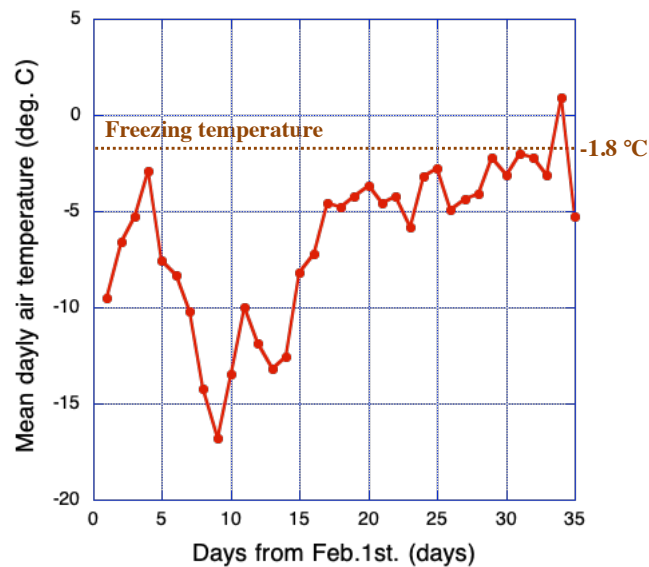


図2 北見市常呂のアメダス日平均気温データ

3. Cバンド SAR データ処理および解析

解析を行った SAR データは Sentinel-1A および 1B が 2019 年 2 月 11 日から 3 月 7 日にかけてサロマ湖を観測した IW(Interferometric Wide Swath)モード(De Zan and Guarnieri, 2006)のデータを使用した。表 1 に IW モードの SAR データ諸元をまとめる。IW モードは観測幅約 250km の ScanSAR(3 スキャン)で空間分解能がスラントレンジ上で約 $5\text{m} \times 20\text{m}$ (レンジ×アジマス)である。Sentinel-1A は 2 月 15 日および 2 月 27 日に降交軌道(5:30JST 頃観測)で、Sentinel-1B は 2 月 11 日、2 月 23 日、および 3 月 7 日に昇交軌道(17:20JST 頃観測)でサロマ湖を観測した。IW モードの観測入射角範囲は $29^{\circ} \sim 46^{\circ}$ と広範囲であるが、サロマ湖の観測地点においての平均入射角は

約 40° であった。

ヨーロッパ宇宙機関(ESA)の Copernicus Open Access Hub からダウンロードできるデータのうち、後方散乱係数解析には GRD(Ground Range Detected) データを、干渉 SAR 処理には SLC(SLant-range Complex)データを使用した。GRD データについては、高精度軌道データを適用後に後方散乱係数に変換および幾何補正を行い、ピクセル間隔 10m で UTM 座標系(Zone54)に投影処理を行った。SLC データについては、高精度軌道データを適用後にサブスウォース毎にコレジストレーション処理およびデバースト処理を適用した。さらに、SRTM-1/DEM(水平方向約 30m 間隔)を使用して位相差およびコヒーレンスを算出し、位相ノイズ低減化フィルタ(Goldstein and Werner, 1998)を適用後、GRD データ同様の幾何補正処理を実施し、ピクセル間隔 10m で UTM 座標系に投影を行った。これらの Sentinel-1 SAR データの前処理は ESA から提供されているソフトウェア(Sentinel Toolbox)を使用した。

表 1 Sentinel-1 C-band SAR IW モードの性能諸元

Satellite	Sentinel-1A/1B (IW mode)
Center frequency (wave length)	5.405 GHz(5.6 cm)
Ground range coverage	251.8 km
Incidence angle	29.1 - 46.0 deg.
Number of sub-swath	3
Spatial resolution (range x azimuth) (GRD)	20.3 - 20.5 m x 22.5-22.6 m
Number of looks (range x azimuth) (GRD)	5 x 1
Equivalent number of looks (GRD)	4.3-4.4
Pixel spacing (range x azimuth) (GRD)	10m x 10m
Polarization	VV+VH

後方散乱係数については、観測地点の緯度経度を中心とした 5×5 の領域(地上において 50m×50m に相当)について後方散乱係数を抽出した後に平均化処理を実施した。干渉 SAR 処理後のデータについても、観測地点の位相差とコヒーレンスについて、後方散乱係数同様の抽出を行った。図 3 に後方散乱係数抽出を行った VV および VH 偏波の振幅画像を示すが、サロマ湖の東側湖岸付近や第一湖口付近において、後方散乱係数の変化に伴う濃淡が大きいことがわかる。

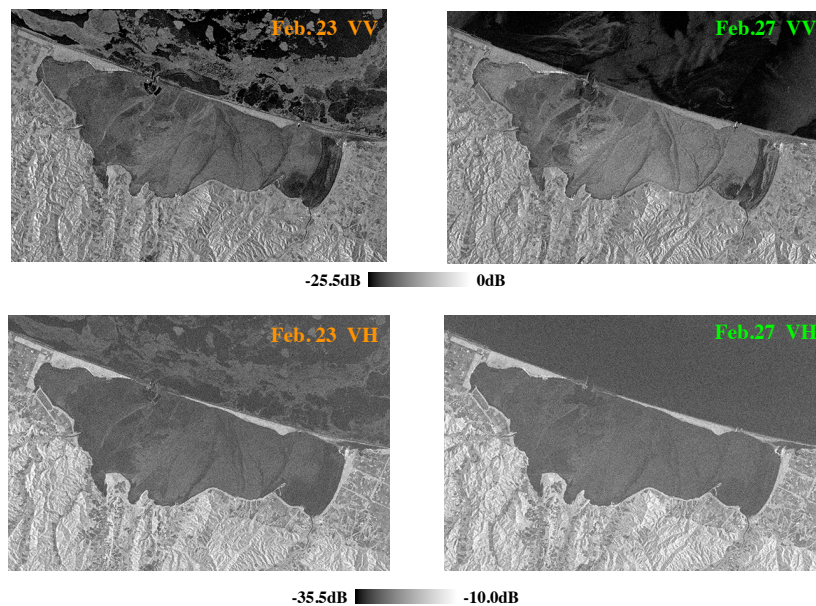


図 3 Sentinel Toolbox 前処理終了後の VV および VH 偏波振幅画像

4. 解析結果および考察

海水面の表面粗度は海上風速によって変化するため、海水面の後方散乱係数は海上風の風向および風速に依存する。海水面が凍結し始めると、表面が滑らかな薄氷が発生した後、氷厚が数 cm 程度まで後方散乱係数が減少する。この後方散乱係数低下の要因は、水から氷への相変化と海氷成長に伴う塩分濃度の低下によって海氷表面誘電率が小さくなるためである。氷厚が数 cm から 20cm 程度まで成長するのに伴い、後方散乱係数はフロストフラワーの発生やラフティング等で表面粗度が大きくなるため後方散乱係数が上昇する。その後、海氷が 20 cm 以上に成長するとブライン排出が発生し塩分濃度が低下するため、再び後方散乱係数が小さくなる傾向となる (Onstott, 1992)。

図 4 に全観測地点の後方散乱係数と氷厚の関係を示す。氷厚範囲は 15cm～54cm において、相関係数は高くはないが、VV 偏波も VH 偏波も氷厚 30cm～35cm 付近で最大値を示していることがわかる。さらに、サロマ湖の中でも最も早く結氷するため氷厚が大きい領域 C に着目すると、図 5 に示すように氷厚と VV 偏波後方散乱係数との相関は高くなる。氷厚が大きくなるにつれて後方散乱係数が低下する傾向は、観測された入射角が異なるものの 1993 年に ers-1 (ヨーロッパ地球観測衛星) で観測された結果 (Wakabayashi and Nishio, 1996) と同様であった。

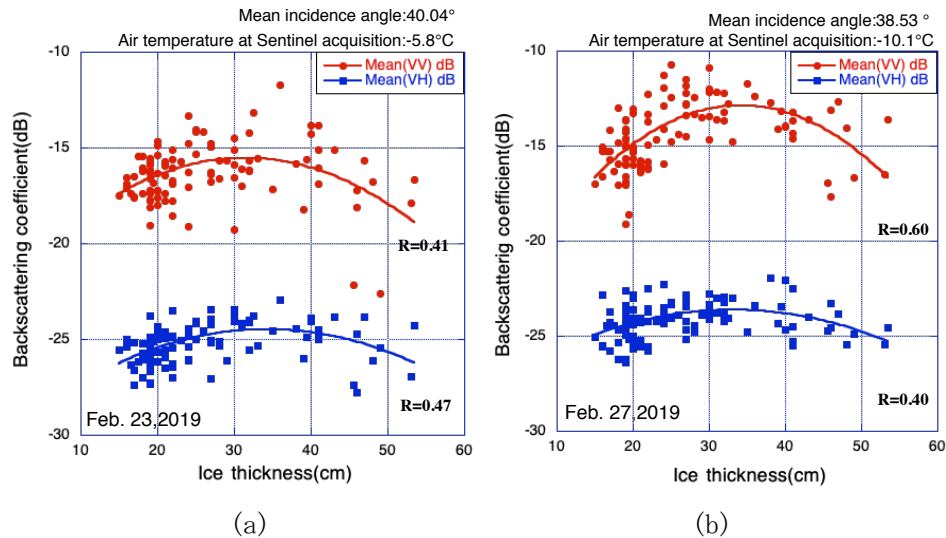


図 4 サロマ湖上観測地点における氷厚と後方散乱係数の関係 (a)2月23日, (b)2月27日

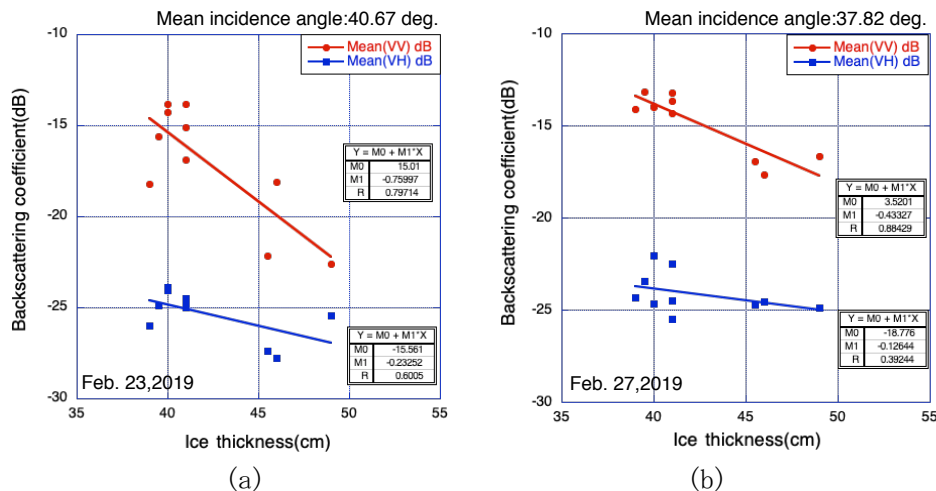


図 5 領域 C の観測地点における氷厚と後方散乱係数の関係 (a)2月23日, (b)2月27日

次に、干渉 SAR 解析後のサロマ湖の位相差画像とコヒーレンス画像を図 6 に示す。地上観測期間を含む 3 ペアの干渉 SAR データセットの B_p (垂直基線長)は約 18m~77m の範囲でばらついていた。図 6 に示すように、サロマ湖の定着氷部分で比較的高いコヒーレンス値が得られたため、定着氷上での位相差についての信頼性は高いと考えられる。表面散乱が支配的と仮定できれば、位相差は 2 観測期間中の衛星-氷表面の距離変化に関係している。3 ペアの位相差画像から、第一湖口付近を中心とした大きな同心円の一部と、南湖岸側の数カ所を中心とした小さな同心円の一部が確認できる。ペア 1 の位相差画像をアンラップ処理することによって、地表面の垂直方向の変化を算出した結果を図 7 に示すが、第一湖口付近の垂直方向変位は 14cm に達していることがわかる。この変化は 2 観測時の潮位差により浮いている定着氷が上下に動くことが原因と考えられる。ペア 1 の潮位差は +23cm であり、図 7 の垂直方向の変化方向と一致している。サロマ湖周辺の湖では能取湖で同様な位相差画像が検出できたが、淡水湖である網走湖ではコヒーレンスが低く位相差が算出できなかった。サロマ湖や能取湖は塩水湖であり、その湖水は表面散乱が支配的となるため可干渉性が高かったと考えられる。

領域 C における観測地点の氷厚とコヒーレンスの関係を図 8 に示すが、氷厚とともにコヒーレンスが低下しているのがわかる。氷厚の変化に伴い支配的な散乱メカニズムが変化するためにコヒーレンスが低下したものと推定される。

5. まとめ

本研究では、Sentinel-1 C バンド SAR がサロマ湖を観測したデータと現地観測データを総合的に解析することによって、後方散乱係数と氷厚との関係を解析した結果を示した。さらに、12 日間隔で取得されたデータを干渉 SAR 処理を行うことによって、SAR による定着氷観測の可能性を示した。主な結果を以下にまとめる。

- (1) 現地観測による氷厚と後方散乱係数との関係については、一般的な海水の氷厚と後方散乱係数との関係と同様な傾向を示した。氷厚が 40cm 以上の領域では、氷厚と後方散乱係数の相関が高くなった。
- (2) 干渉 SAR 解析の結果、潮位に伴う衛星-氷表面の距離を位相差として得られることができた。また、後方散乱メカニズムの変化に伴うコヒーレンスの低下を確認することができた。

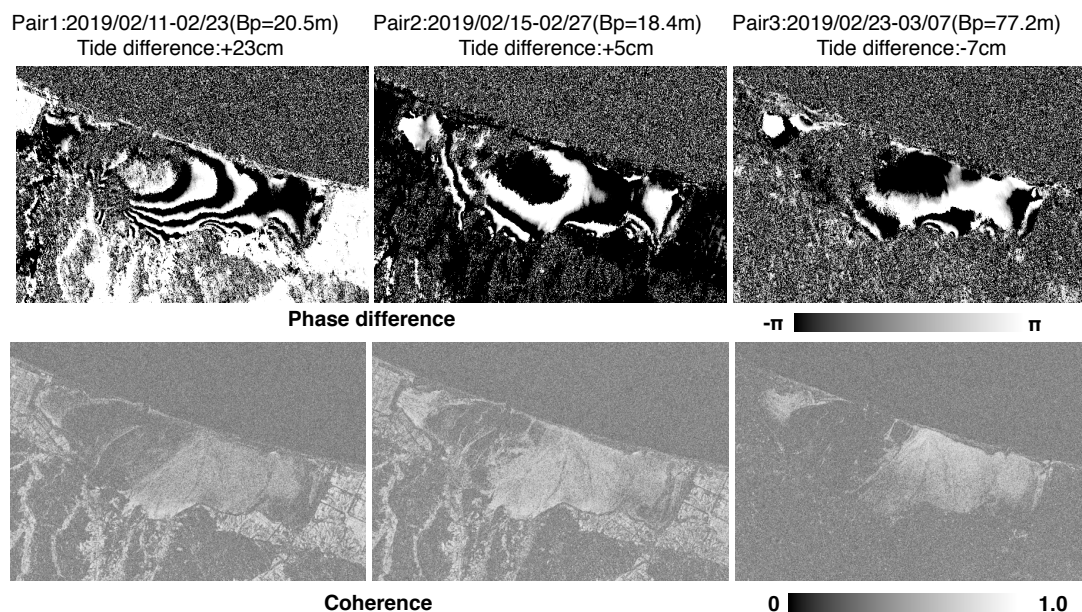


図 6 地上観測期間を含む 3 つのデータセットの干渉 SAR 解析結果

謝辞

本研究は(一社)日本リモートセンシング学会・雪氷リモートセンシング研究会のメンバーが行っているサロマ湖の現地観測結果を使用した。積雪深および氷厚データの現地取得(2019年2月)においては、小池優希氏および鮎澤一樹氏(茨城大学大学院理工学研究科)にご協力をいただいた。本研究の一部は、地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)および千葉大学環境リモートセンシング研究センター共同利用研究により実施された。また、使用した Sentinel-1 データは ESA から提供されたものである。ここに謝意を表する。

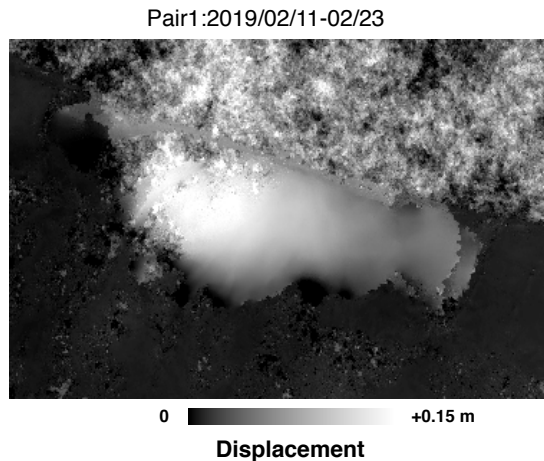


図7 2/11 および 2/23 のデータペアの InSAR 解析結果から算出された氷表面の垂直方向変化

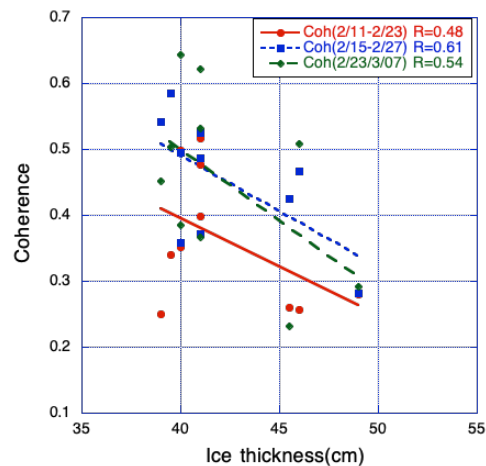


図8 領域Cの観測地点における氷厚とコヒーレンスの関係

【引用文献】

- Dammann, D.O., L.E.B. Eriksson, A.R. Mahoney, C.W. Stevens, J. Van der Sanden, H. Eicken, F.J. Meyer, and C.E. Tweedie, 2018: Mapping Arctic Bottomfast Sea Ice Using SAR Interferometry. *Remote Sens.* 2018, 10, 720.
- De Zan, F., and A.M. Guarnieri, 2006: TOPSAR: Terrain observation by progressive scans. *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 44, No. 9, pp. 2352-2360.
- Goldstein, R. and C. Werner, 1998: Radar interferogram filtering for geophysical application. *Geoph. Res. Letters*, Vol. 25, No.21, pp. 4035-4038.
- IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Ave-ryt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 小池優希, 外岡秀行, 鮎澤一樹, 2019 :サロマ湖における MODIS 画像の熱力学解析による氷厚推定と現地検証(3), 日本リモートセンシング学会 第66回学術講演会論文集, pp.135-136.
- Noda, A., S. Nakagawa, T. Motoi, S. Yukimoto, and T. Tokioka, 1996: Global warming induced by CO2 and the Okhotsk Sea, *J. Remote Sens. Soc. Jpn.* Vol. 16, No. 2, pp.89-99.
- Onstott, R.G., 1992 :SAR and Scatterometer Signatures of Sea Ice In: Carsey F.D. (editor). *Microwave Remote Sensing of Sea Ice (Geophysical Monograph 68)*. Washington, DC: American Geophysical Union : pp.73-104.
- Toyota, T., K. Baba, E. Hashiya, and K. I. Ohshima, 2002: In-situ ice and meteorological observations in the southern Sea of Okhotsk in 2001 winter: Ice structure, snow on ice, surface temperature, and optical environments, *Polar Meteorol. Glaciol.*, Vol. 16, pp. 116-132.
- Wakabayashi, H., K. Hirano, F. Nishio, M. Aota, and S. Takahashi, 1995: A study of sea ice in the Sea of Okhotsk with SAR data, *Polar Rec.*, vol. 31, no. 178, pp. 305-314.
- Wakabayashi, H. and F. Nishio, 1996: A study of ice on lake Saroma using SAR data, *J. Remote Sens. Soc. Jpn.*, Vol. 16, No. 2, pp. 59-66.

雪おろシグナルの精度検証 -2018/19, 2019/20 冬期山形県を対象に-

安達 聖 (国立研究開発法人防災科学技術研究所)
荒川 逸人 (国立研究開発法人防災科学技術研究所)

Accuracy verification of YukioroSignal
-Research on Yamagata prefecture in winter 2018/19 and 2019/20-
Satoru Adachi (Snow and Ice Research Center, NIED)
Hayato Arakawa (Snow and Ice Research Center, NIED)

1. はじめに

例年、雪氷災害によって多くの死傷者が出ているが、屋根雪処理中の滑落などの除雪作業中の事故がその半数以上を占めている。また、過疎高齢化が進む地域では人手不足のため、必要な雪下ろしが困難であることから、積雪荷重超過による空き家の倒壊が後を絶たない。そこで、防災科学技術研究所（以下、防災科研）は適切なタイミングで雪下ろし作業を行うための判断に役立てるために、新潟大学・復興科学研究所（以下、新潟大学）および京都大学大学院工学研究科（以下、京都大学）と共同で、積雪深データより積雪荷重を推定するシステムを開発し、このシステムを用い推定した積雪重量分布情報を「雪おろシグナル*」（図1）と名付け、運用を開始した。2020年現在では新潟県、山形県、富山県、および秋田県の4県を対象に運用されている。

本報告では2018/19, 2019/20の2冬期の山形県内を対象とした現地観測と、雪おろシグナルによる積雪重量の推定値との比較結果を報告する。

*雪おろシグナル（平島ら，2018）：新潟大学および京都大学では日本全国の積雪量を把握するため、様々な機関がWEB上で公開している積雪深情報を収集し、分布図として示す準リアルタイム積雪分布監視システムを開発・運用してきた。雪おろシグナルはこのシステムで収集された積雪深情報と積雪変質モデル（SNOWPACK）を組み合わせることにより、屋根上の積雪重量を推定する積雪荷重システムである。

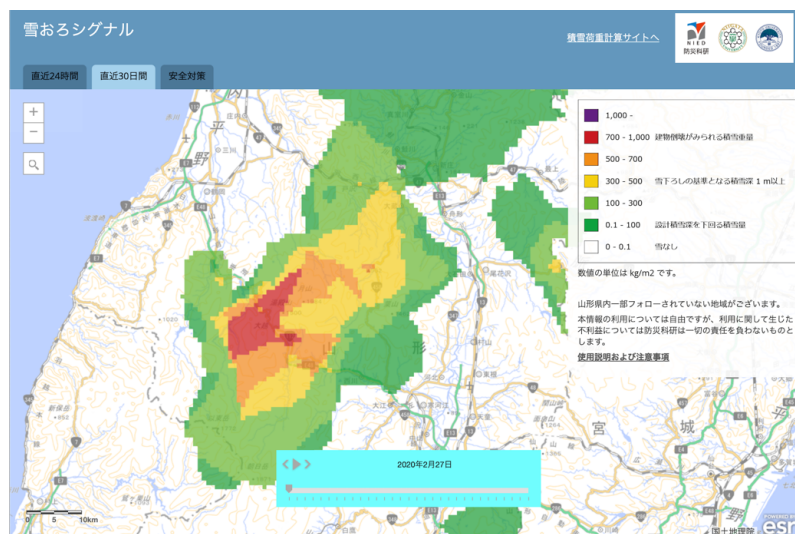


図1 雪おろシグナル表示画面の例

(<https://seppyo.bosai.go.jp/snow-weight-yamagata/> (2020年2月27日閲覧) より)

2. 現地観測手法

雪おろシグナルによる積雪重量の推定値と、現地観測の実測値の比較を行うため、神室式スノーサンプラー（断面積 20 cm^2 ，最大長 4.5 m の円筒形サンプラー）を用いた観測を行った（図2）。観測日および観測地点は表1に示す。観測地点は主にアメダス気象観測点を中心に行ったが、雪おろシグナルでは気象観測点間の推定値は内挿することにより求めているため、精度確認のため気象観測地点以外も選定している。2018/19 冬期は1～3月の間に月1度観測し、2019/20 冬期は記録的な小雪であったことから2月のみの観測とした。



図2 神室式スノーサンプラーを用いた現地観測の様子(大井沢アメダス)

左図：2019/1/17，右：図2020/2/26

3. 推定値と実測値の比較と考察

表2に各観測地点での雪おろシグナルによる推定値と神室式スノーサンプラーを用いた実測値の結果を示す（防災科学技術研究所雪氷防災研究センター，2019，2020）。また，図3に推定値と実測値の比較図を示す。

2冬期間の推定値と実測値を比較すると，表2中の推定値（B）/実測値（A）（以下，比 B/A）は最大で4.64倍の差がみられた。アメダス地点において比 B/A の値が概ね 1 ± 0.2 （20%程度の精度）となっている観測地点では積雪深の観測地点として問題がないと判断した。また，アメダス地点以外の同様の精度を持つ観測地点についても観測地点として問題ないと判断した。比 B/A が ± 0.2 の精度から外れる観測地点として2018/19の狩川アメダスと楡引アメダスがあり，それぞれ0.36，0と非常に小さい値を示した。この2地点は積雪の少ない地域であることから，積雪域辺縁部における積雪重量の推定の精度が低くなったことが示唆される。また，楡引アメダスは周辺が樹木に囲まれていた上，途中，民地を通る必要があり観測地点に近づくことができなかったため，最寄りの公園で積雪重量観測を実施した。このように，アメダスと同様の環境での測定ができなかったことが精度の低下を招いた原因のひとつと考えられる。

防災科研の観測施設である大蔵村升玉，月山志津は，アメダスと同じように整備された観測露場でないこと，その周辺において積雪重量観測に適した場所がなかったため，比 B/A に差が生じたと考えられる。積雪深の自動観測を行っていない地点については，湯殿山スキー場，本道寺，湯の台がある。湯殿山スキー場が2018/19冬期では比 B/A が1で一致していたが，2019/20冬期は推定値が小さく比 B/A は0.76となった。本道寺においては2冬期とも推定値が実測値よりも大きく，比 B/A は2018/19では2.08，2019/20では4.64となった。湯の台は推定値の方が実測値よりも小さく比 B/A は0.75であった。これらの地点ではできるだけ平坦で一樣と思われる場所で観測を行ったが，湯殿スキー場では尾根部に近く，本道寺は谷合，湯の台は河川に近い環境であった。積雪の状態は地形やそれに伴う風況が大きく影響することから，それらの要因で推定精度が低下していると考えられる。現在，雪おろシグナルの内挿方法に関しては改良が進められており，改良後についても検証を行う予定である。

表1 積雪重量観測の観測実施日および観測地点 (2018/19, 2019/20 の2 冬期)
(防災科学技術研究所雪氷防災研究センター, 2019, 2020 より改変)

冬期	調査日時	場所	緯度	経度	標高 m
2018/19 冬期	1/17 9:25	金山アメダス	38. 87833	140. 33166	170
	1/17 10:40	向町アメダス	38. 75833	140. 51666	212
	1/17 11:40	尾花沢アメダス	38. 60833	140. 41166	106
	1/17 13:50	大井沢アメダス	38. 39	139. 99333	440
	1/17 16:55	小国アメダス	38. 07833	139. 735	140
	1/31 14:15	升玉	38. 65564	140. 20459	177
	1/31 15:10	肘折アメダス	38. 60667	140. 16333	330
	2/18 11:15	狩川アメダス	38. 80022	139. 97399	17
	2/18 12:10	櫛引アメダス	38. 67218	139. 84984	33
	2/18 13:20	道の駅月山	38. 58868	139. 87317	166
	2/18 14:20	湯殿沢スキー場	38. 57241	139. 94315	531
	2/18 16:10	西川町本道寺	38. 45152	140. 05676	272
	2/18 17:10	左沢アメダス	38. 37153	140. 19341	133
	3/11 9:40	肘折アメダス	38. 60667	140. 16333	330
	3/11 11:00	尾花沢アメダス	38. 60833	140. 41166	106
	3/11 12:10	金山アメダス	38. 87833	140. 33166	170
	3/12 11:45	大井沢アメダス	38. 39	139. 99333	440
	3/12 12:20	月山志津温泉	38. 4904	139. 999	700
2019/20 冬期	2/25 10:20	肘折アメダス	38. 60667	140. 16333	330
	2/25 11:00	湯の台	38. 6117	140. 18505	421
	2/25 11:40	升玉	38. 65564	140. 20459	177
	2/26 11:20	湯殿山スキー場	38. 57241	139. 94315	531
	2/26 12:25	大井沢アメダス	38. 39	139. 99333	440
	2/26 13:40	本道寺	38. 45152	140. 05676	272
	2/26 14:30	月山志津	38. 4904	139. 999	700

表2 積雪重量観測の結果. 積雪重量の実測値, 推定値, および両者の比較
 (防災科学技術研究所雪氷防災研究センター, 2019, 2020 より改変)

冬期	調査日時	場所	積雪深 実測値 m	平均密度 実測値 kg/m ³	積雪重量 実測値 (A) kg/m ²	積雪重量 推定値 (B) kg/m ²	B/A
2018/19 冬期	1/17 9:25	金山アメダス	0.81	247	200	180	0.9
	1/17 10:40	向町アメダス	0.44	271	118	169	1.42
	1/17 11:40	尾花沢アメダス	1.13	298	337	310	0.92
	1/17 13:50	大井沢アメダス	1.66	304	503	499	0.99
	1/17 16:55	小国アメダス	0.85	351	298	247	0.83
	1/31 14:15	升玉	2.46	379	933	738	0.79
	1/31 15:10	肘折アメダス	2.53	368	930	950	1.02
	2/18 11:15	狩川アメダス	0.44	365	162	59	0.36
	2/18 12:10	櫛引アメダス	0.6	367	220	0.32	0
	2/18 13:20	道の駅月山	1.94	392	760	703	0.93
	2/18 14:20	湯殿沢スキー場	3.45	332	1147	1147	1
	2/18 16:10	西川町本道寺	1.67	377	632	1312	2.08
	2/18 17:10	左沢アメダス	0.34	353	121	99	0.82
	3/11 9:40	肘折アメダス	2.1	483	1013	984	0.97
	3/11 11:00	尾花沢アメダス	1.1	456	503	294	0.58
	3/11 12:10	金山アメダス	0.47	425	198	215	1.09
	3/12 11:45	大井沢アメダス	1.5	468	700	722	1.03
	3/12 12:20	月山志津	1.75	437	765	1518	1.98
2019/20 冬期	2/25 10:20	肘折アメダス	1.21	424	512	526	1.03
	2/25 11:00	湯の台	1.45	427	620	468	0.75
	2/25 11:40	升玉	0.73	391	287	461	1.61
	2/26 11:20	湯殿山スキー場	1.25	403	505	385	0.76
	2/26 12:25	大井沢アメダス	0.76	389	297	340	1.15
	2/26 13:40	本道寺	0.33	385	128	596	4.64
	2/26 14:30	月山志津	1.26	401	503	656	1.3

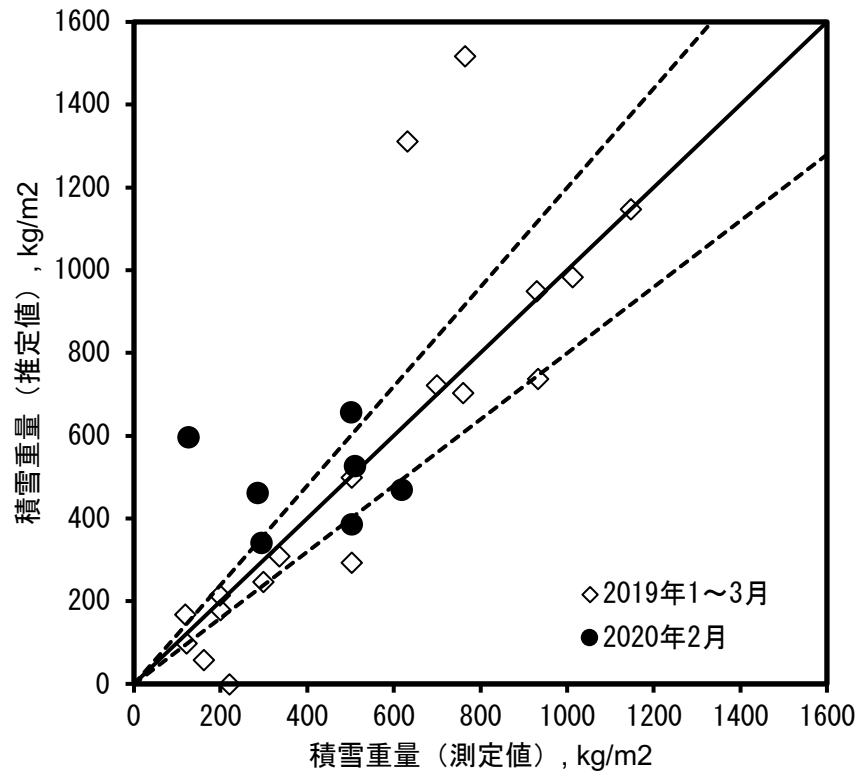


図3 積雪重量の実測値と推定値の関係
実線：実測値と推定値が1:1の関係，破線：±20%の範囲

4. まとめ

2018/19 および 2019/20 の2 冬期の観測結果から，雪おろシグナルは一部地域を除き積雪深データか積雪重量を推定するのに十分な精度持っていることが示された．ただし，現地観測により積雪深データの取得に適さない箇所があることもわかった．また，雪おろシグナルでは各観測地点間の積雪重量は内挿した推定値であるため，実測値と差が現れやすいことが示された．現在，この内挿方法については改良中であり，今後も継続して比較検証を行う必要がある．

また，雪おろシグナルが示す積雪重量は気象観測地点に降り積もった自然積雪によるものなので，建築物の屋根上の積雪重量とは必ずしも一致するとは限らない．自然積雪と建築物の屋根上の積雪重量の比較については今後の課題とする．

謝辞

積雪重量観測にご協力いただいた防災科学技術研究所研究補助員の新野孝健氏に深く感謝します．また，本研究は平成30年度，令和元年度に克雪技術研究協議会より助成を受けたものです．

参考文献

- 平島寛行，伊豫部勉，河島克久，佐野浩彬，奈倉登，2018：積雪変質モデルを用いた積雪重量分布情報「雪おろシグナル」の開発，寒地技術論文・報告集，**34**，20-23.
- 防災科学技術研究所雪氷防災研究センター，2019：山形県での「雪おろシグナル（積雪重量分布情報）」運用時の精度検証，克雪技術研究協議会調査研究報告書．
- 防災科学技術研究所雪氷防災研究センター，2020：積雪重量分布に関する研究，克雪技術研究協議会調査研究報告書．

山形蔵王における雪氷現象の観測(2019/2020 冬季)

沖田圭右・山谷睦・沼澤喜一・原田俊明(日本地下水開発株式会社)

Observation of icing and snow accretion Jyuhyo (Ice Monsters) at Mt.Zao (2019/2020winter)

Keisuke OKITA・Mutsumi YAMAYA・Kiichi NUMAZAWA

and Toshiaki HARADA (Japan Groundwater Development Co.,Ltd.)

1. はじめに

1997/1998 冬季から 23 シーズンに亘って山形蔵王の地蔵山付近で着氷雪現象及び積雪の観測を実施している。山形大学地球環境研究会(1995)で矢野が指摘した地球温暖化に起因するとみられる樹氷形成下限標高の上昇が、その後どのように変化しているのかを明らかにすることを目的にする。観測内容は樹氷(Ice monsters)の高度変化、地蔵山頂付近での積雪断面観測、蔵王ロープウェイ地蔵山頂駅気象データの収集・解析である。

2. 蔵王ロープウェイ地蔵山頂駅付近での気象観測結果と樹氷形成状況

蔵王ロープウェイ地蔵山頂駅における積雪深、気温及び平均風速を図1に示した。

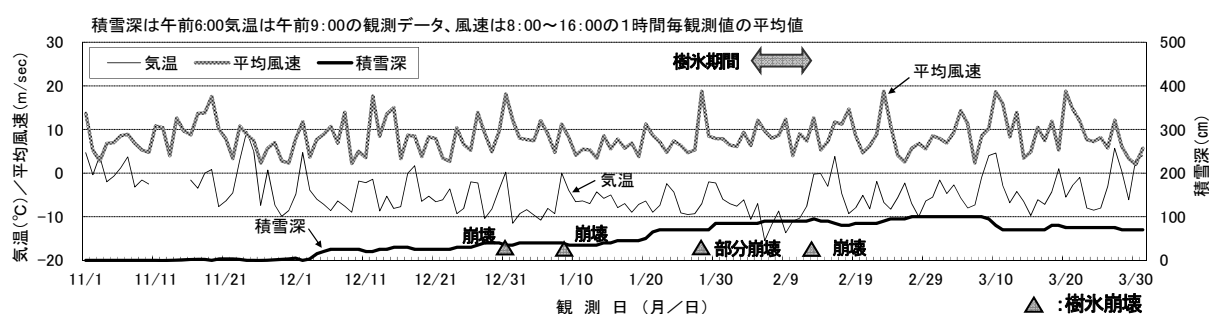


図1 蔵王ロープウェイ地蔵山頂駅における 2019/2020 冬季の積雪深、気温および平均風速

今冬季は12月上旬から本格的な降積雪となったが積雪量が増えず、降雨や南岸低気圧の東風によって樹氷形成途中での崩壊が数回あり、1月中は樹氷形成に至らなかった。1月末～2月初めの寒気によって樹氷形成が進み、地蔵山頂駅付近では2月上旬より樹氷鑑賞が可能となった。2月13日の気温上昇と降雨により樹氷が崩壊し、その後は樹氷が再形成されるほど寒気が続かなかった。今冬季は最盛期に標高1560m付近(番号標85番付近)より上部で樹氷の分布が確認された(図2)。今冬季の樹氷は形成時期が遅く、2月になったのは初めてであった。樹氷鑑賞期間は2月上旬から2月中旬迄の約1週間とこれまでで最も短かった。



図2 今冬季の樹氷形成状況(左より標高1660m付近・1560m付近(85番)・1550m付近(2020年2月12日))

3. 積雪断面観測結果

積雪断面観測は4月3日に1回行い、積雪の成層構造(雪質、粒度、雪温、密度、硬度の鉛直分布)を観測した。観測地点は過年度と同様に地蔵山頂駅舎の南西150m付近である。観測結果を図3に示す。

断面観測地点の積雪高は212cm、観測時は表層を含む全層がざらめ雪で所々氷板が分布していた。雪温は全体に0℃付近を示しており、融雪が進んでいる状況が確認された。

4. 樹氷の高度変化

樹氷の高度変化観測より、今冬季に地蔵山頂から連続的に分布が確認された樹氷形成下限標高は1560m付近(番号標85番付近)と判断した。図4に樹氷形成下限標高と、冬季平均気温(12, 1, 2月午前9時データ：山頂駅観測)と冬季平均風速(12, 1, 2月8~16時平均データ：山頂駅観測)をまとめた。冬季平均気温は-6.2℃と、観測をした23冬季の平均値-8.4℃より2℃以上高く、最も高い値を示した。冬季平均風速は8.1m/sであり23冬季の平均値(9.4m/s)よりも小さい値を示した。ただし、山頂駅舎を建て替えた2003/2004年以降の近年の測定結果では平均的な値であった。

近年、標高1420m~1390m(番号標55~50番)付近の黒姫グレンデ連絡通路周辺において部分的に小ぶりの樹氷の分布が確認されるエリアがある。今冬季はこのエリアのアオモリトドマツは冠雪が主体となっており、風上側はえびのシッポが形成されているものも多く、樹氷には至っていない。

5. アオモリトドマツの枯木について

現在、樹氷形成範囲と重複する地蔵山頂駅周辺から標高1550m付近に分布するアオモリトドマツは殆ど枯れている(図5)。これは、2013年~2016年の蛾の幼虫(トウヒツツリヒメハマキ)によるアオモリトドマツの針葉の食害被害と、2016年に確認されたトドマツノキクイムシの穿入被害によるものである。枯木は樹皮が剥け、枝が落ち、倒木も多く確認されている。アオモリトドマツは樹氷の基となる木であるため、枯木の状況が樹氷の形状や崩壊しやすさに影響を及ぼしていると想定される。

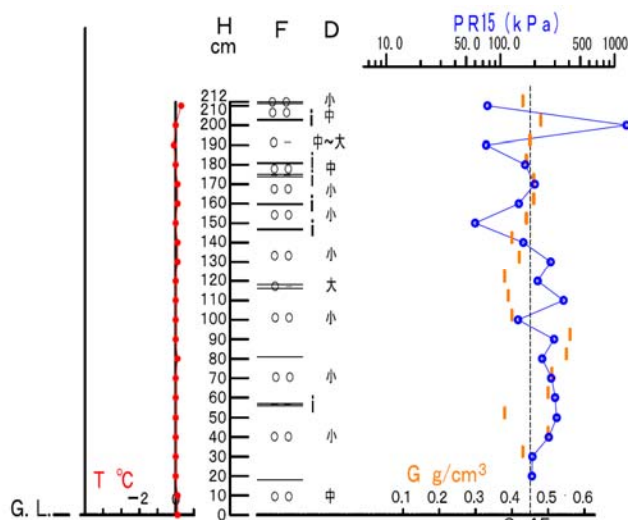


図3 積雪断面観測結果 (2020年4月3日)

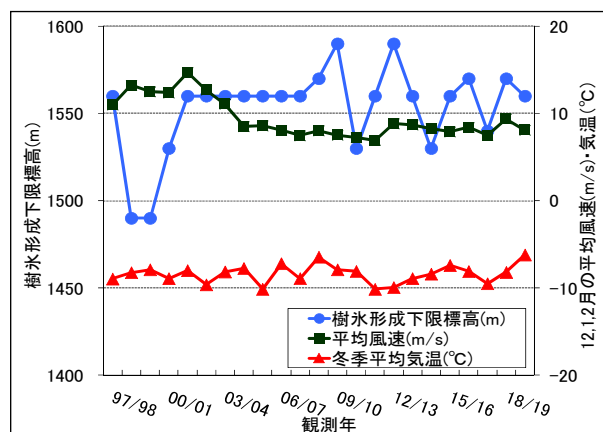


図4 樹氷形成下限標高と冬季平均気温・風速



図5 アオモリトドマツの枯れ状況 (2020年4月3日)

6. まとめ

気象庁(2020)によると, 平地の山形市における今冬季12月~2月の降水量は平年値の83%である189.0mm, 最深積雪は7cmで平年値(50cm)の14%であった。山形市の12月~2月の平均気温は平年値を2.0℃上回る2.7℃で, 1890年から有る山形市の観測記録で最も高い値であった。地蔵山頂駅の観測による今冬季の最深積雪深は100cmで, これまで23冬季の観測結果の平均値である243cmの半分以下であり, これまでの観測期間で2番目に少ない値であった。平地(山形市)では降水量が少なく気温は高く積雪はかなり少なく推移し, 山地(地蔵山頂駅)でも積雪が少なく気温は高い状況であった。今冬季の樹氷形成下限標高は1560mと23冬季の平均値1553mと同程度であったが, 地蔵山頂駅付近での樹氷鑑賞期間は約1週間とこれまでで最も短かった。

謝辞

蔵王ロープウェイ株式会社から研究に必要な気象観測データを提供頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

【引用文献】

気象庁, 2020: 冬(12~2月)の天候, 別紙。

http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/stat/tenko201202_besshi.pdf (2020年7月13日)

山形大学地球環境研究会, 1995: 検証・ヒトが招いた地球の危機, 東京, 講談社, 37-56。

令和2年(2019/20年)冬期における新庄の積雪変化について

小杉健二・荒川逸人・安達 聖・佐藤研吾
(防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター)

Changes in snow cover structure at Shinjo in the 2019/20 winter
Kenji KOSUGI, Hayato ARAKAWA, Satoru ADACHI and Kengo SATO
(Snow and Ice Research Center, NIED)

1. はじめに

降積雪の量は気象や水資源の観点からの基本量であり、また、積雪の質や構造は災害発生と深く関連するため、防災科学技術研究所雪氷防災研究センター新庄雪氷環境実験所では、毎冬、これらの観測を実施している。

近年では、2010/11年から2014/15年までの5冬期及び2017/18冬期に最大積雪深が平年値を超える大雪となった。これに対し、2019/20年冬期は顕著な少雪となった。本稿では、本冬期の観測結果とその特徴についてまとめる。

2. 積雪深、気温及び積算新積雪深の観測結果

2015/16年から2019/20年までの各冬期の新庄における積雪深の日変化を図1に示す。2019/20年冬期においては12月上旬

にまとまった降雪があり、積雪深が62cmに達した。その後、降雪がほとんど無く、12月下旬に積雪はいったん消えた。1月上旬にわずかに降雪があったが、その後しばらく降雪が無く積雪が消えた。気温の高い状態が続き(図2)、暖冬少雪傾向が顕著となり、その後も同様の降雪、積雪状況が繰り返された。

2月上旬にやや強い寒気が到来して降雪がもたらされた(図3)が、これ以降も積雪深は12月上旬の値を上回る事は無かった。その結果、本冬期の最大積雪深は12月上旬に記録された62cmとなった。2月中旬以降も気温の高い傾向が続き、散発的に降雪があったが直ぐに解け、連続的な積雪とはならなかった。

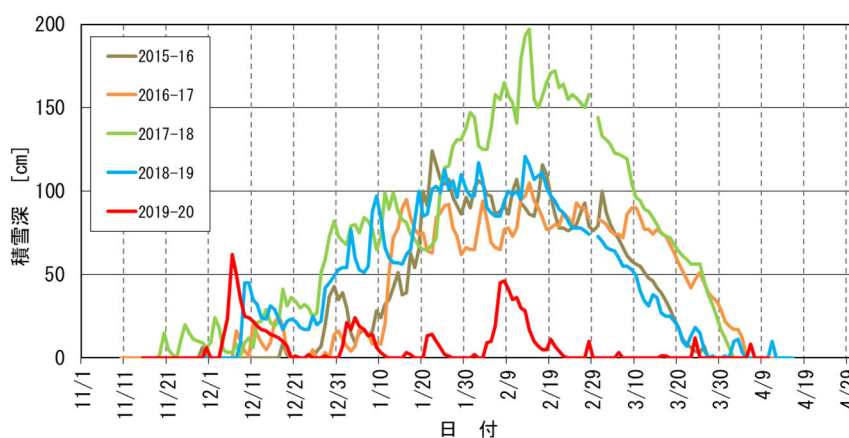


図1 新庄における2015/16年から2019/20年までの5冬期の積雪深の日変化

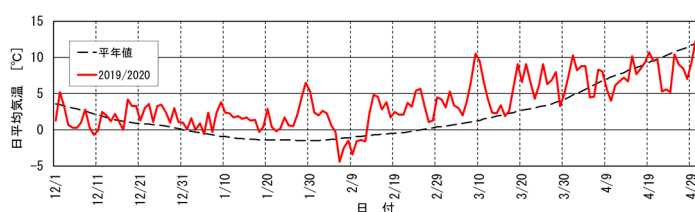


図2 新庄における2019/20年冬期の日平均気温の日変化(気象庁新庄アメダスのデータを使用)

3. 積雪構造の特徴

新庄における 2019/20 年冬の雪質変化を図 4 に示す。平年に比べ積雪深が浅く、単純な層構造が長く続いた。12 月 5 日の積雪は全層のおよそ下半分がざらめ雪であり、その上にこしまり雪と新雪があったが、12 月 16 日には積雪深が減少するとともに、ほぼ全層がざらめ雪となった。12 月下旬に積雪がいったん消えた後、1 月 6 日の積雪は新雪、こしまり雪、しまり雪、ざらめ雪を含む層構造となっていた。その後は、全層がほぼ 1 種類の雪質で構成される、単純な構造であった。

図 5 は、新庄における 1997 年から 2020 年の 2 月中旬の雪質別積雪層厚を表す。積雪深が深い冬期には、2 月中旬においてもしまり雪の占める割合が大きい傾向があるが、積雪深が比較的浅かった 1998 年や 2007 年とほぼ同様に 2020 年 2 月中旬の積雪は全層がざらめ雪であった。

積雪が冬期を通じて少なかったためと考えられるが、死亡者を伴う雪氷が原因の災害や事故は本冬期に山形県内においては発生しなかった。

謝辞

観測と機器保守を行っていただいた富樫数馬氏、鈴木紘一氏、新野孝健氏、大川元造氏、(株)双葉建設コンサルタントの方々、及びデータ整理にご協力いただいた矢口瞳さん、青木里美さん、平向洋子さんに深く感謝します。

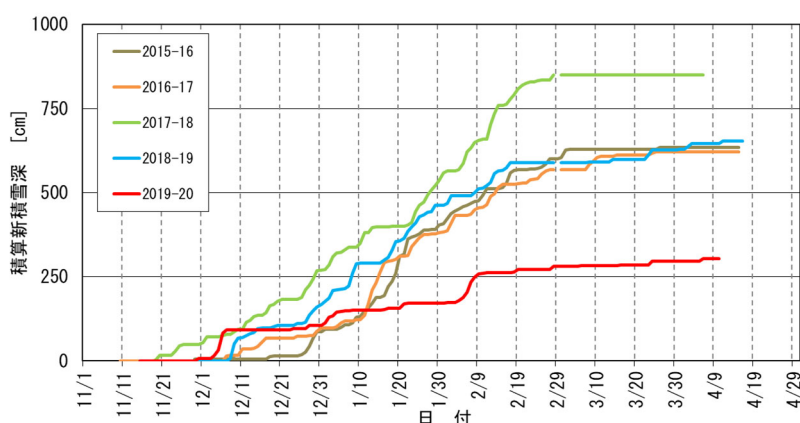


図 3 新庄における 2015/16 年から 2019/20 年までの 5 冬期の積算新積雪深の推移

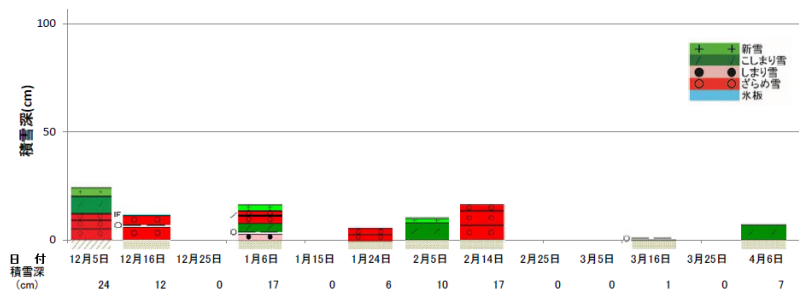


図 4 新庄における 2019/20 年冬の雪質変化図

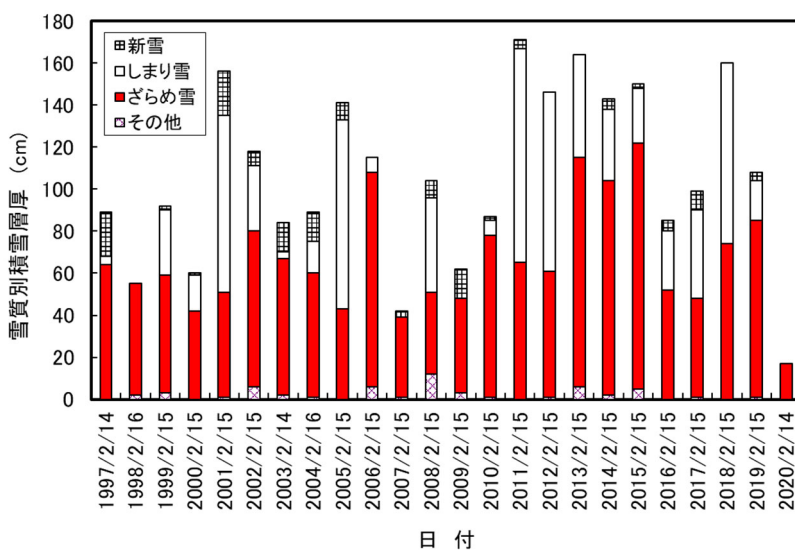


図 5 新庄における 1997 年から 2020 年の 2 月中旬の雪質別積雪層厚 (しまり雪は、こしまり雪を含む)

2019-2020 年 青森県の雪況

小関 英明（青森職業能力開発短期大学校）

A Profile of Snow-phenomena in Aomori(2019-2020)

Hideaki KOSEKI(Polytechnic College Aomori)

1. はじめに

青森県の 2019-2020 年冬期の雪況（気温、降水量、降雪量、最深積雪深、雪害被災者数）について、青森市と弘前市を主として、昨季(2018-2019 年冬期)および平年値と比較して報告する。気象値については青森県内のアメダスデータを用いた（気象庁，2020）。また、雪害については総務省消防庁災害情報（2020）を用いた。

2. 2019 - 2020 年冬期の青森県の雪況

2019 - 2020 年積雪期('19, Dec.~'20, Mar. 以下今季)の青森県における雪況（気温、降水量、降雪量、最深積雪深）について述べる。表 1 に青森市と弘前市における昨季と今季の月別気象状況を示す。さらに、図 1 には今季と昨季の両市の日平均気温の経過を示し、図 2 には最深積雪深の経過を示す。

表 1 青森市、弘前市の 2019-2020 年積雪期月別気象状況

気象	青森市				弘前市			
	気温(°C)	降水量(mm)	降雪量(cm)	最深積雪深(cm)	気温(°C)	降水量(mm)	降雪量(cm)	最深積雪深(cm)
2018年12月	1.2(1.5)	172.5(151)	182(153)	72(51)	1.2(0.9)	222.0(117)	209(147)	72(29)
2019年1月	-0.6(-1.2)	95.5(145)	151(225)	77(88)	-1.1(-1.8)	93.0(121)	135(248)	72(61)
2月	0.0(-0.7)	95.0(111)	116(176)	97(107)	-0.3(-1.3)	81.0(95)	102(208)	86(81)
3月	3.3(2.4)	76.0(70)	37(76)	46(80)	3.3(1.9)	76.0(77)	37(59)	49(59)
積雪深50cm以上の日数	51日(平年54.2日)				54日(平年36日)			
2019年12月	2.0	153	105	38(12/6)	1.7	145.5	102	48(12/28)
2020年1月	0.9	83	56	28(1/1)	0.3	101	72	34(1/1.2)
2月	1.2	66.5	80	31(2/8.9)	0.5	144.5	140	73(2/9)
3月	5.1	81	13	7(3/15)	4.9	84.5	19	14(3/16)
積雪深50cm以上の日数	0日				4日			

(気象庁，2020)

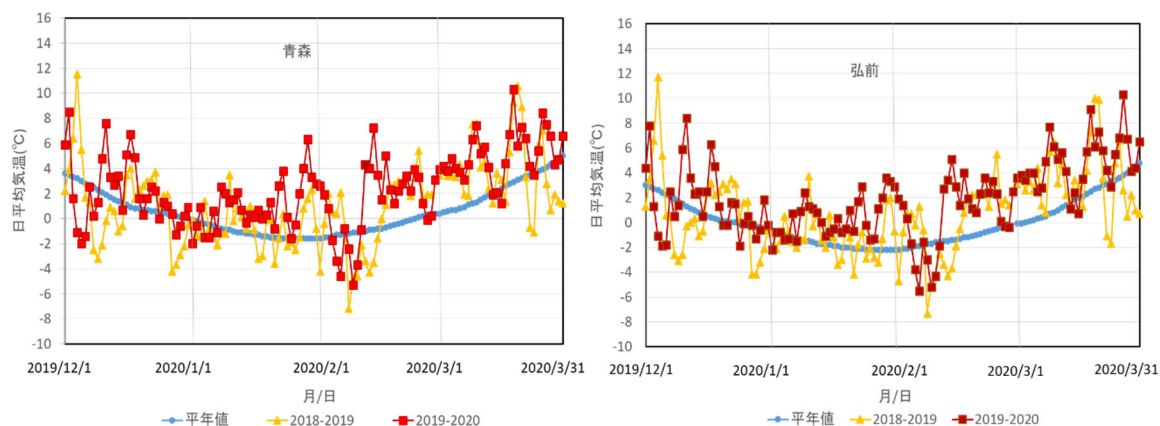


図 1 青森市、弘前市の日平均気温の経過（気象庁，2020）

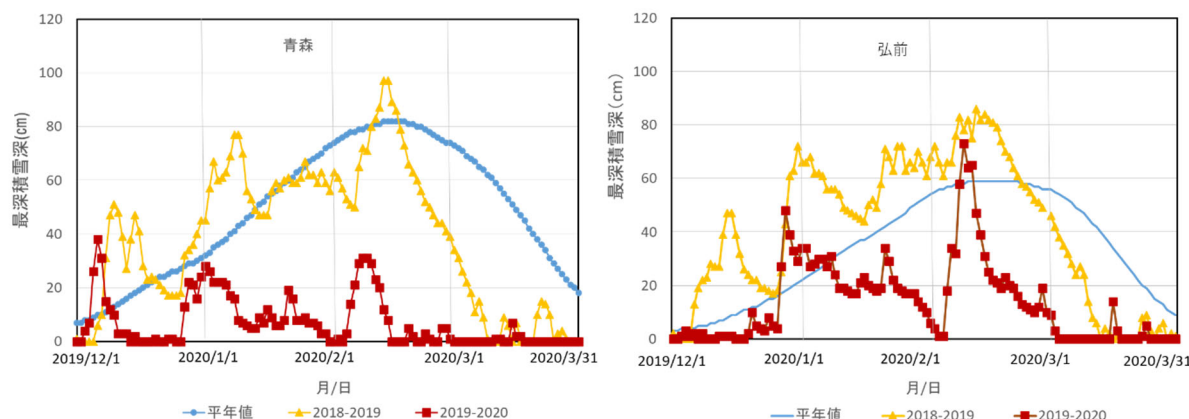


図2 青森市、弘前市の最深積雪深の経過（気象庁，2020）

表1より、気温は全般的に昨季および平年値より高く推移した。特に1月以降は非常に高く、1月は青森市で 0.9°C と1月としては観測史上1位、弘前市でも 0.3°C で同2位の高さを記録した。2月になっても高温傾向が続き、青森市では 1.2°C で2月としては観測史上3位、弘前市では 0.5°C では4位である。3月では、青森市で 5.1°C 、弘前市で 4.9°C となり、これは両市とも3月としては観測史上1位の高温である。

降水量は、12月は青森市では昨季よりやや少ないが平年並みであり、弘前市では昨季より大幅に少ないが、平年値よりやや多くなった。これに対して降雪量と積雪深は、青森市では昨季、平年値と比較してかなり少なく、特に降雪量は平年値の約60%ほどであり、積雪深は昨季の約半分ほどとなった。弘前市でも、降雪量は昨季と比較すると半分ほどであるが平年値と比較すると80%ほどであり積雪深も48cmと昨季よりは少ないが、平年値と比較すると多く、12月としては大きい方から8位の記録となった。1月になると、降水量は青森市では昨季よりやや少なく、平年値よりは大幅に少なくなり、降雪量、最深積雪深も非常に少なく、降雪量56cm、最深積雪深28cmは1月としては観測史上最少となった。弘前市では、降水量は昨季とほぼ同じで、平年値の80%ほどであるが、降雪量、最深積雪深は共に少なく、降雪量72cmは昨季の約半分、平年値の1/3以下で1月としては観測史上最も少ない記録である。最深積雪深についても34cmと昨季の半分で、観測史上5位の少なさである。2月では、青森市の降水量が平年値の60%であるのに対し、弘前市144.5mmで、平年値の95mmを50%以上上回った。降雪量は青森市で80cmと平年値の半分以上、最深積雪深は31cmで1/3であるの対して、弘前市では降雪量140cmと平年値208cmよりは少ないものの昨季の102cmを上回った。最深積雪深も73cmとほぼ平年並みとなり、青森市とは異なる結果となった。3月では、降水量は両市とも昨季および平年値を若干上回ったが、気温が高ったこともあり、降雪量は青森市で13cmと3月としては観測史上5位の少なさであり、最深積雪深は7cmで、同2位の少なさである。弘前市でも、降雪量は19cmで観測史上2位の少なさで、最深積雪深は14cmで同3位の少なさである。また、積雪深が50cmを超えた日数が青森市ではゼロ、弘前市では4日間しかなく、青森市でゼロとなったのは1993年以来である。

図1、図2より、今季県内に強い寒気が入ったのは、12月上旬、年末から年始にかけて、2月上旬の3回と考えらる。12月上旬では、青森市で降雪量、および積雪深が多くなったが弘前市では多くなかった。年末年始にかけては、弘前市で大雪となり平年値を大きく上回った。その後は気温が平年値より高い日が続き、48年ぶりに1月末には青森市で積雪なしとなった。2月上旬の寒気では、弘前市では2月6日から9日にかけて72時間降雪量が77cmを記録した。これは弘前でこれまでの観測史上4位の記録的大雪となった。また、最深積雪深も2月9日には73cmとなり、弘前市では2月12日に雪害と対策の緊急会議が開かれたが、その後気温は平年値より高い日が多くなり、急激に消雪が進んだ。3月は両市とも3月15日から16日にかけて寒気が入り積雪があったが、全般的に気温が平年

値より高い日が多かった。

次に、青森県内各地のアメダス観測点による降雪量合計と最深積雪深について比較する。平年値および一昨季から今季の各地点の降雪量合計を図3に示し、最深積雪深を図4に示す。アメダス地点の黒石では雪に関する計測は行っていないが、最深積雪深について、黒石市にあるりんご試験場の観測データを使用した。また、上北地方の野辺地では数年前に観測点が大きく移動したため、平年値が記録されていない。さらに東青津軽地方の酸ヶ湯でも積雪を観測しているが、山岳部のため除いている。

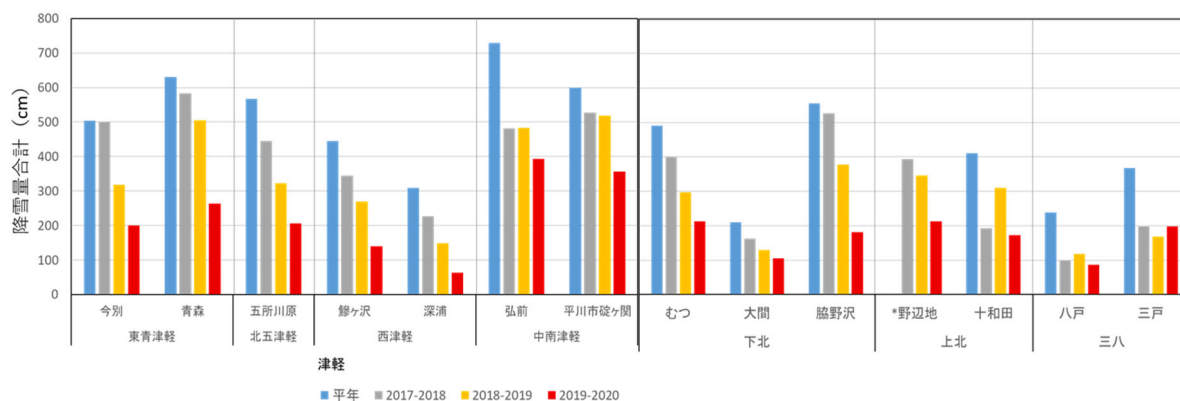


図3 青森県内の各アメダス観測点における降雪量合計 (気象庁, 2020)

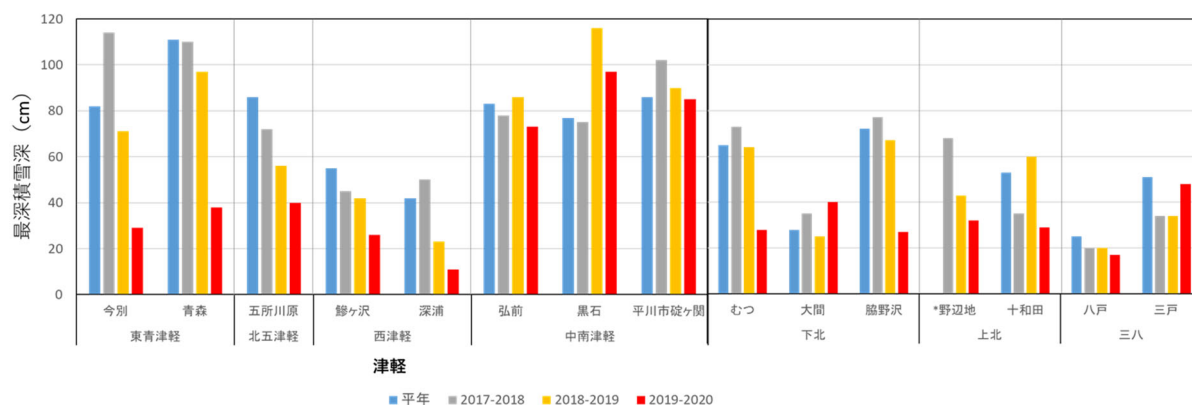


図4 青森県内の各アメダス観測点における最深積雪深 (気象庁, 2020 りんご研究所, 2020)

図3より、降雪量合計は全域で記録的な少雪となった。津軽地方では中津軽の弘前が観測史上2位の少なさを記録したほか、各地域で観測史上最少を記録した。平年値と比較すると、碓ヶ関と弘前市以外は平年値の50%以下で、昨季と比べてもほぼ半分の少雪となった。津軽地方以外では、下北地方の脇野沢が観測史上1位、むつが2位の少なさとなり、大間は少ない方から7位であるが平年値の50%である。上北でも野辺地が観測史上1位、十和田が2位の少なさとなった。三八地方では、八戸が平年値の約3割で観測史上8位の少なさであったのに対して、三戸では平年値のほぼ50%で3位の少なさである。

図4より、最深積雪深についても全般的に平年値および昨季を大きく下回った。特に東青津軽の今別、青森では平年値の約3割となり、それぞれ観測史上少ない方から3位と1位を記録した。同様に北五津軽の五所川原では平年値の50%以下で観測史上4位の少なさ、西津軽の深浦では平年値の26%で観測史上1位の少なさであり、鰺ヶ沢では50%弱で観測史上3位の少なさとなったが、中津軽では、弘前が平年値のほぼ90%、碓ヶ関が平年並み、黒石は平年値の1.2倍となり、小関2019が指摘したように、津軽地方においては中津軽と他地域とでは積雪の状況が異なっていると思われる。下北、

三八上北地方では、下北地方の大間が平年値の 1.4 倍、三八地方の三戸がほぼ平年並みであった以外は、昨季および平年値を大きく下回った。

3. 降雪量合計と最深積雪深との関係についての考察

小関 2019 では、2000 年以降弘前では、降雪量合計に対して最深積雪深が大きくなる傾向にあることを示した。図 5 に 1983 年から今季までの降雪量合計と最深積雪深の関係を示す。

青○印が 1983 年～1999 年、黄○印が 2000 年～2019 年で 2020 年が赤○印である。今季においても、赤破線の領域に含まれ、降雪量合計は記録的に少いが、最深積雪深は平年値の約 90%に相当することから、前記の傾向が強いと思われる。そこで、この傾向を具体的に表す手法として、最深積雪深 $H(\text{cm})$ と降雪量合計 $S(\text{cm})$ との比 $R_{H/S}$ を取ること考えた。この場合、降雪量合計に対して最深積雪深が大きい場合は $R_{H/S}$ が大きくなる傾向にあると考えられる。さらに、弘前市における 1983 年～2000 年までの $R_{H/S}$ を 10 倍したものを図 6 に示す。図中の数式は線形近似によるものであり、相関係数は $R=0.639$ である。また、図 7 に 1980 年以降の弘前の降雪量合計と積雪期平均気温(12 月～3 月の平均気温)の経過を示す。図 6 より、特に 1994 年頃までは、 $R_{H/S}$ は減少傾向にあるが、それ以降は上昇傾向にあり、降雪量合計に対して最深積雪深が大きくなる傾向にあると考えられる。また、図 7 より 1980 年代後半から 1995 年頃は、降雪量は比較的多いが気温が低いため、積雪深は大きくならなかったと考えられる。全体として降雪量合計は減少傾向にあり、積雪期の平均気温は上昇傾向にあるが、降雪量に対する積

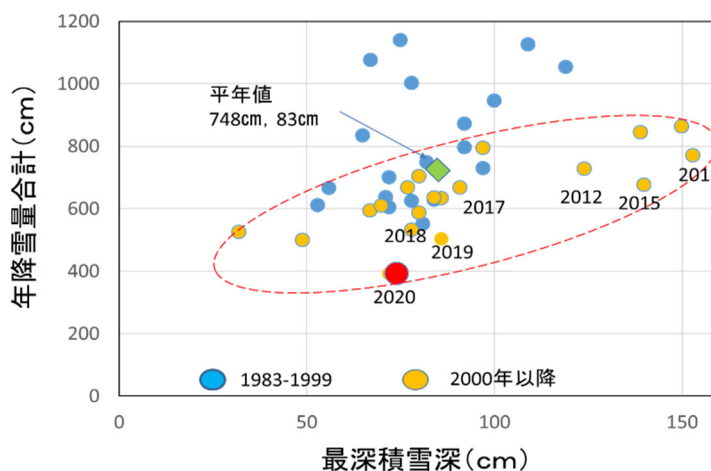


図 5 弘前の降雪量合計と最深積雪深の関係 (気象庁, 2020)

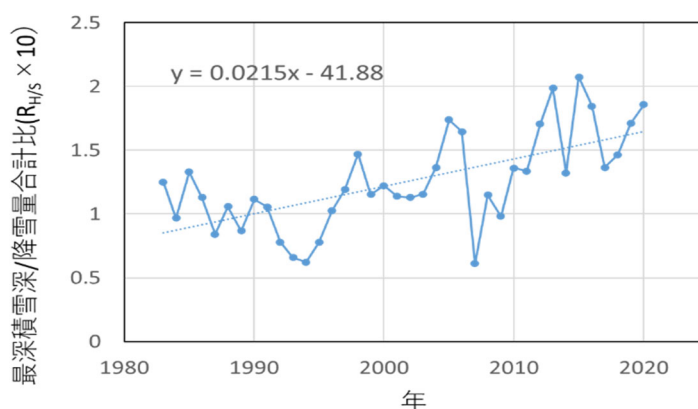


図 6 弘前の降雪量合計と最深積雪深の比 (気象庁, 2020)

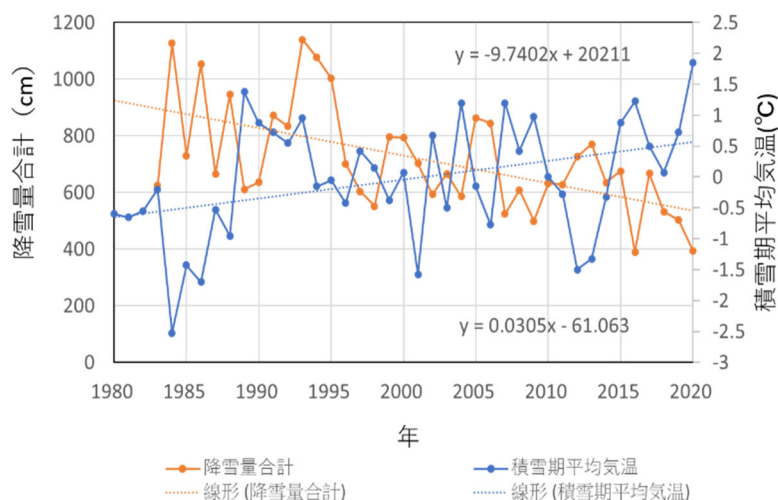


図 7 弘前の降雪量合計と積雪期平均気温の経過 (気象庁, 2020)

雪深が増加する一因としては、降雪の状況がこれまでとは変わってきており、降雪量は全体として減少傾向にあるが、局地的に短時間に降る雪の量が多くなっているのではと考えられる。

今後は、青森県内全域の雪を観測している各アメダス地点についても R_{HS} を求め、降雪量合計と最深積雪深の関係についてより詳細に調査する必要があると考える。

4. 雪関連の災害

今季および昨季の雪害による被災者数を表2に示す。今年度は記録的に雪が少なかったことから、報道機関等では雪害の被災者については全く発表がなく青森県危機管理局防災危機管理課においても雪害の発表がされなかったため、消防庁の発表した雪による被害状況等を参考にした。

表2より、死者が昨季の2名より3名と1名増えたが、被災者合計昨季の96名から28名と大きく減少した。雪害による被災者が30名を下回ったのは2006-2007年の25名(死者2名、傷者23名)以来13年ぶりである。これは、今季は全般的に気温が高く、降雪量、積雪深共に記録的に少なかったためと考えられる。また、図2より、12月上旬、年末年始、1月下旬、2月上旬といった、県内に強い寒気が流れ込み、積雪深が急増した時期に発生していると考えられる。

表2 雪害による被災者数 (総務省消防庁災害情報, 2020)

	死者(人)	重傷者(人)	軽傷者(人)	行方不明(人)	計
2018年12月	0	17	22	0	39
2019年 1月	0	8	24	0	32
2月	2	8	10	0	20
3月	0	1	4	0	5
2019年12月	0	0	4	0	4
2020年 1月	0	1	5	0	6
2月	3	6	9	0	18
3月	0	0	0	0	0

4. まとめ

今季の県内は、12月上旬から中旬、年末年始、2月上旬に強い寒気が流れ込み、積雪深が急増した地域があったが、全般的に気温は高めで推移した。特に降雪量は各地域で非常に少なく、多くの地域で観測史上最少を記録した。積雪深についても、津軽地方の中南津軽および下北地方の大間、三八地方の三戸を除いて、各地で記録的に少なかった。一昨季、および昨季では東青津軽と中南津軽では降雪量と積雪深に差異が見られたが、今季についても、東青津軽の青森では降雪量合計、最深積雪深共に平年値の約3割で観測史上最少を記録したが、弘前では降雪量合計は平年値の約5割、最深積雪深では平年値の約9割となり差異が見られた。

また、弘前において近年降雪合計に対して最深積雪深が大きくなる傾向があると思われることから、最深積雪深と降雪量合計の比 R_{HS} を考え、1983年からの経年変化を求めた。これにより、1990年代前半からは、 R_{HS} が大きくなる傾向があり、弘前ではこれまでの降雪量合計に対して最深積雪深が大きくなっていると考えられる。一因としては、局所的に短時間に降る雪の量が多くなっていると考えられるが、降雪状況についてより詳しく調査する必要があると考える。さらに今後は、弘前以外のアメダス観測点についても同様に調査する必要がある。

今季の雪害については、気温が高めで推移し、降雪量も少なかったことから、雪害による被災者は死者が3名と昨季より1名増えたものの合計では28名となり昨季の96名から大きく減少し、13年ぶりに30名を下回り、過ごしやすい冬となったが、小雪の影響でスキー場等冬の観光に影響があった。また、気温が高かったため、中津軽郡西目屋村の乳穂ヶ滝は昨季に続き、今季も結氷しなかった。

謝辞

黒石市における積雪データを提供して頂いた，地方独立行政法人青森県産業技術センターりんご研究所，小林達様に感謝申し上げます．

【参考文献】

気象庁，2020：過去の気象データ検索，

<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>（2020年4月9日閲覧）

小関英明，2019：2018-2019年 青森県の雪況，東北の雪と生活，**34**，67-72.

総務省消防庁，2020：今冬の災害状況等(R1. 11. 1～R2. 4. 30)，

<https://www.fdma.go.jp/disaster/info/items/setugai04.pdf>（2020年5月14日閲覧）

りんご研究所，2020：2019-2020積雪，私信（メール提供）

無散水消融雪施設の効率的な稼働に向けた検討（その2）

服部恭典 （日本地下水開発株式会社）

山口正敏 （日本地下水開発株式会社）

鈴木和則 （日本地下水開発株式会社）

Consideration for Efficient Operation of Non-sprinkling Snow Melting Facility (Part 2)

Yasunori HATTORI (Japan Groundwater Development CO.,LTD.)

Masatoshi YAMAGUCHI (Japan Groundwater Development CO.,LTD.)

Kazunori SUZUKI (Japan Groundwater Development CO.,LTD.)

1. はじめに

無散水消融雪施設では、可能な範囲で凍結防止運転の稼働を減じることで、省エネ化を目指すことを報告した(服部ら，2019)。2019年度は路面温度も制御要素に加えて施設を運用させたので、その効果を報告する。

2. 2019年度における凍結防止運転の稼働条件

対象とした施設の概要は、既報を参照されたい(山口ら，2018)。施設の制御フローを図1に示す。運転方法は“降雪を検知した場合、連続稼働する融雪運転”か“路面の凍結を防止するために、間欠稼働を行う凍結防止運転”の2つのパターンがあり、2018年度の凍結防止運転は気温のみを制御要素としていたが、2019年度2月7日からは気温に加えて路面温度も凍結防止運転の制御要素とした。2019年度の具体的な稼働条件は、現地状況を確認しながら、気温 1°C 以下、路面温度 3°C 以下とし、間欠稼働は1.0時間の稼働後に0.5時間の停止を挟む設定とした。なお、凍結防止運転中に降雪を検知した場合には、融雪運転(連続稼働)が優先される制御である。

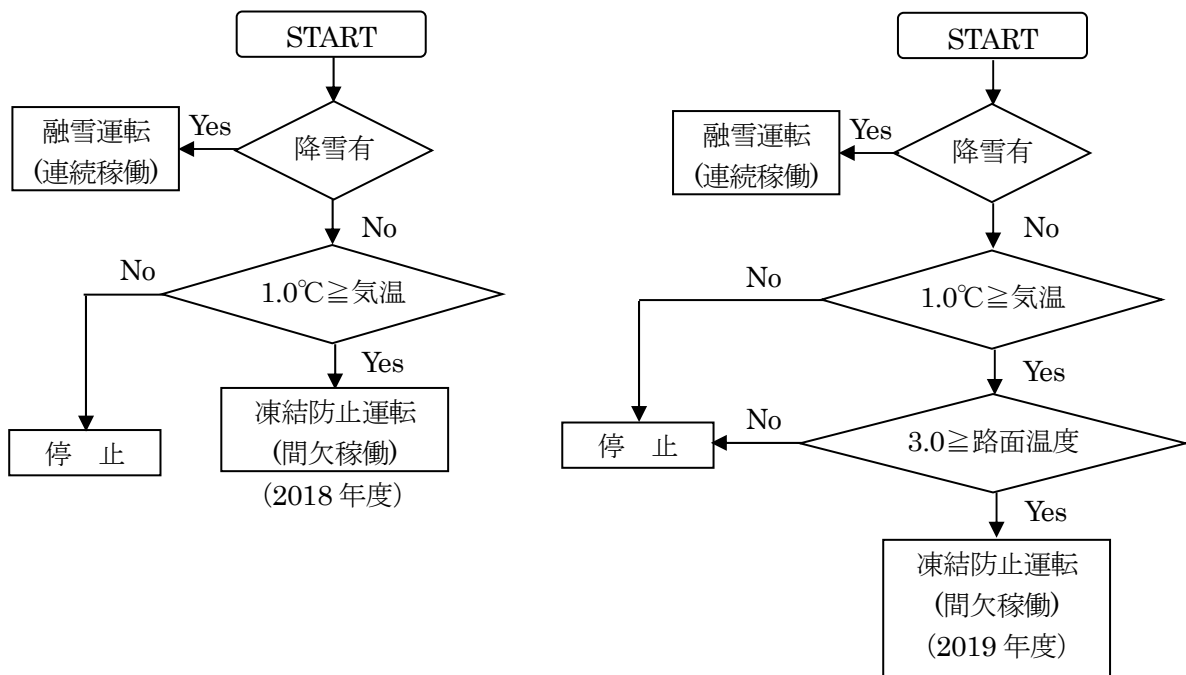


図1 無散水消融雪施設運転制御フロー

3. 今季稼働結果

3-1 気温および路面温度の推移

2019 年度冬季の気温および路面温度の推移を図 2 に示す。気温は 2 月上旬に -5°C を下回る日が連続したものの、全体的に見れば気温は高く推移し、3 月中旬からは 15°C を超える日もあった。一方、路面温度も気温と同様に全体を通して高く推移しており、3 月末には昼間 25°C を超える日が多かった。また、気温のみを凍結防止運転の制御要素としていた 12 月 1 日～2 月 6 日と、凍結防止運転の制御要素に路面温度を加えた 2 月 7 日～3 月 31 日の路面温度を比較すると、12 月 1 日～2 月 6 日の路面温度は氷点下付近まで低下する日が見られたが、2 月 7 日～3 月 31 日の路面温度は 1°C までの低下で抑えられ、比較的高く保たれていたことが確認できた。

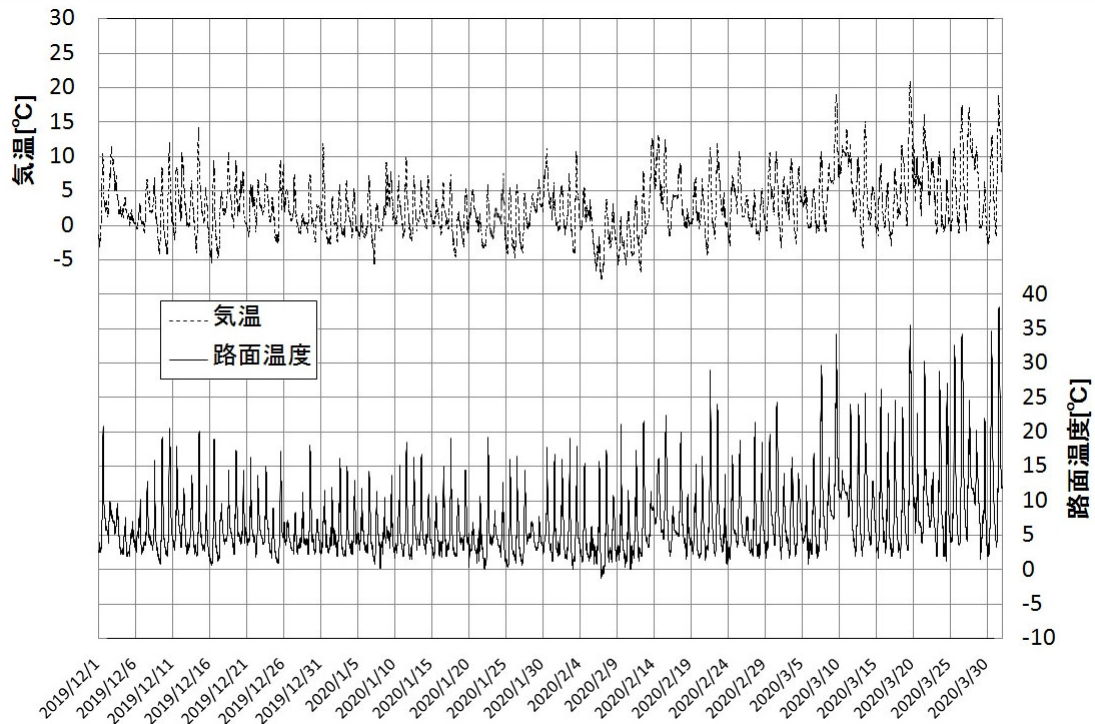


図 2 気温および路面温度の推移

3-2 路面温度を加えた制御での稼働状況

気温が低く推移した 2 月 8 日～2 月 10 日の稼働状況を図 3 に示す。気温 1°C 以下の状況を“凍結防止信号(気温)”として図示し、これに路面温度を加えた施設稼働に合致した状況の“凍結防止信号(気温+路面温度)”と比較することで、稼働時間の削減効果を確認した。8 日 8:00 まで、凍結防止信号(気温)は常時出力していたが、凍結防止信号(気温+路面温度)は一時的な出力となっており、それに伴い施設は短時間稼働した。8 日 8:00～21:00 の間は気温および路面温度が稼働条件に達しなかったため、凍結防止信号(気温+路面温度)の出力は無かったが、降雪信号による稼働を確認した。8 日 21:00～9 日 2:00 まで、凍結防止信号(気温+路面温度)はほぼ出力していたため、施設は間欠稼働し、9 日 2:00～11:00 までは降雪信号による施設稼働が頻繁に行われた。9 日 14:00 以降、気温は大方氷点下となり、凍結防止信号(気温)は常時出力していたものの、路面温度は条件に達していなかったことから、凍結防止信号(気温+路面)は出力せず、施設は稼働しなかったため、この間は稼働時間を大幅に削減ができた。

気温がマイナスでも路面温度はプラスで推移する場合がありますが、2019 年度において路面温度を凍結防止運転の制御要素に加えることで、その状況を正確に捉え、より省エネな施設運用ができていたことを確認した。

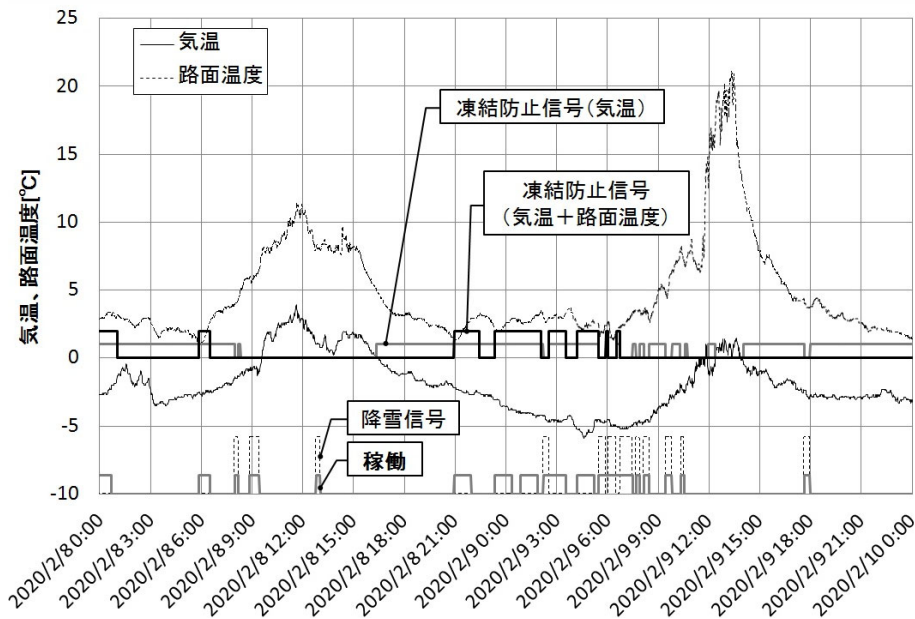


図3 路面温度を加えた制御での稼働状況

3-3 稼働削減率

路面温度を加えたことによる稼働時間の削減効果を示す指標を、稼働削減率と定義し表1に示す。この稼働削減率が大きい程、無用な稼働を抑え、大きな省エネ削減効果を得られたといえる。月別の稼働削減率を見れば、2月が68%、3月が86%であった。2月と比較して3月の削減効果が大きかったのは、気温が高く推移したことや日射が強くなったことで、日中の路面温度が高く保たれていたためと考えられる。

表1 稼働削減率

	2019 年度 2 月	2019 年度 3 月
凍結防止信号出力時間(気温+路面温度)[h] ^{※1} …(A)	50h	14h
凍結防止信号出力時間(気温)[h]…(B) ^{※2}	157h	103h
稼働削減率[%] $((1 - A/B) \times 100)$	68%	86%

※1)2019 年度稼働実績

※2)対象施設で計測した気温 1℃以下の集計時間

4. 過去気象条件下における凍結防止信号出力時間試算

過去の気象条件下から試算した凍結防止信号出力時間(気温)および2019年度の稼働実績に基づき試算した凍結防止信号出力時間(気温+路面温度)を図4に示す。凍結防止運転信号出力時間(気温+路面温度)の試算方法は、月別で実稼働と同等の削減効果が得られるものと想定し、気象庁(2020)の特別における気温 1℃以下の集計時間に、実稼働結果から得られた各月の凍結防止信号出力時間(気温+路面温度)と凍結防止信号出力時間(気温)の比より求めた。また、実稼働の削減データが無い12月と1月の凍結防止運転信号出力時間(気温+路面温度)は、12月が3月と、1月が2月と同程度の気象条件と考え、12月は3月の凍結防止信号出力時間比を、1月は2月の凍結防止信号出力時間比を適用した。2019年度は暖冬かつ前半の実稼働データが無かったことから、気温のみを制御要素とした場合に凍結防止信号は260時間出力されるが、路面温度を制御要素に加えると64時間に抑えることができ、その差は196時間となった。過去の気象条件下から試算した凍結防止信号出力時間は、稼働実績と比較してより大きな削減が見込まれた。なお、実稼働では凍結防止信号だけでなく降雪信号による運転も行われることから、降雪が多い場合にはこれ程大きい効果は得られないことが予想される。

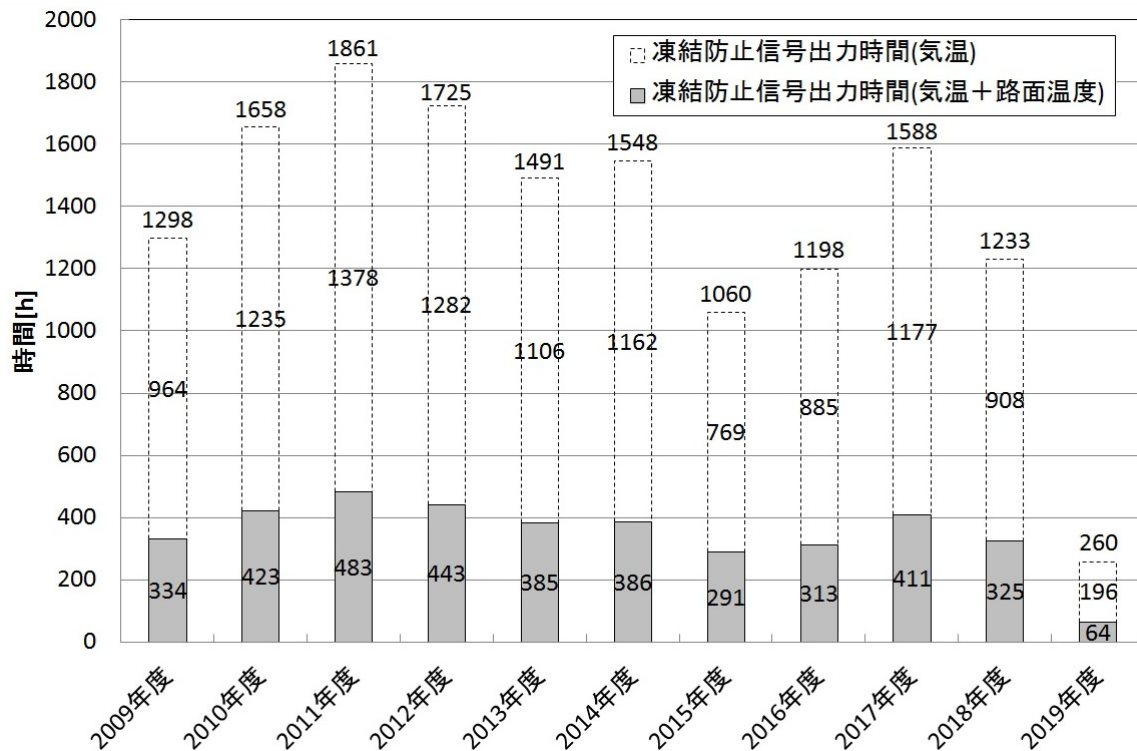


図4 過去の気象条件下における凍結防止信号出力時間試算

5. おわりに

気温 1℃以下および路面温度 3℃以下を凍結防止運転の条件として稼働させた結果、日射が強くなる3月は稼働削減率 86%であったことから、大幅な改善を確認した。また、過去の気象条件下においては路面温度を制御要素に加えることで、凍結防止信号出力時間の大きな削減が見込まれた。来季も引き続き、設定値等を試行錯誤的に見直し、蓄積したデータを分析することで、さらなる施設の省エネに寄与したいと考える。

【引用文献】

服部恭典, 山口正敏, 鈴木和則, 2019: 無散水消融雪施設の効率的な稼働に向けた検討, 雪氷研究大会 (2019・山形) 講演要旨集, 154.

気象庁, 2020, <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, (2020年7月28日閲覧)

山口正敏, 沼澤喜一, 稲毛重之, 2018: 無散水消融雪施設の効率的な計画・稼働に向けて, 雪氷研究大会 (2018・札幌) 講演要旨集, 111.

CLT 壁の着雪と暖房の節電効果に関する実験的研究

松村光太郎（岩手県立大学）

林基哉（国立保健医療科学院）

小杉健二・佐藤研吾（（独）防災科学技術研究所雪氷防災研究センター）

An Experimental Study on Snow Accretion and Power Saving Effect of Heating for CLT Wall

Kotaro MATSUMURA(Iwate Prefectural University)

Motoya HAYASHI(National Institute of Public Health)

Kenji KOSUGI, Kengo SATO(Snow and Ice Research Center, NIED)

1. はじめに

建築物における雪問題は、屋根雪の積雪荷重による構造的な問題（例，高橋，1998）や，吹きだまりによる開口部への計画的な問題（例，富永ら，2009）など，デメリットが多く，様々な研究が行われている．しかしながら，屋根雪や壁の着雪については，積雪による地面の凍上防止（例，土谷，2001）と同様に，雪による断熱効果が見込まれる可能性があり，メリットとなる可能性がある．特に，建築物の熱効率，面積の大小から，屋根よりも壁の方が大きい可能性が高い（例，鈴木ら，2005）．

そこで，本研究では，近年，構造壁として普及しつつある木質集成材としての CLT（Cross Laminated Timber）壁への着雪が，どの程度，室内における暖房の節電効果があるかについて検討するために，電気暖房を用いた模擬室内の一面に内断熱の CLT 壁を設け，風洞内で吹雪を発生させ，CLT 壁に着雪させ，その時の模擬室内の室温状況の変化と暖房稼働時間から，着雪があるときと無いときとで，どの程度暖房稼働時間が相違するのかを実験的に把握する．

2. 実験方法

実験は， 1×1 m の断面を持つ風洞内において， 450×450 mm の CLT 壁に吹雪が当たるように，壁の中心が風洞断面の中心部になるように配置させ，壁の風下に外面寸法 $450 \times 450 \times 325$ mm（内法寸法： $400 \times 400 \times 300$ mm， 0.048 m^3 ）の断熱ボックス（スタイロフォーム I B， $t = 25$ mm）で作製した模擬室内を配置させて実施した．なお，断熱ボックスの横側 1 面には，内部の温度センサーが確認できるように， 100×100 mm の窓（アクリル板 $t = 2$ mm）を設け，アクリル板に結露が発生しないため複層窓となるように，壁の内面と外面とに 1 枚ずつ貼り付けた（図 1）．

外壁材はスギ材による CLT 材（ $t = 36$ mm，12 mm 厚ラミナ（ひき板）3 層）とし，室内側には内断熱（JIS A 9521 建築用断熱材（F☆☆☆☆）認証製品，防湿ポリエチレンフィルム（厚さ： $50 \mu\text{m}$ ，透湿抵抗値： $0.123 \text{ m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}/\text{ng}$ ）付きグラスウール断熱材，厚さ： 105 mm，密度： $20 \text{ kg}/\text{m}^3$ ，熱伝導率： $0.034 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}$ ，熱抵抗値： $3.1 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ）がある壁とない壁で実験した．模擬室内の温度条件は，サーモスタット付きヒーター消費電力 100 W によって 20.0°C 以上



図 1 実験状況

になるように設定し、平均室温は、断熱材無の条件が 25.5℃で、断熱材有の条件が 28.8℃であった。

実験は、風洞内の風速を統一した 10 m/s とし、実験開始後 30 分は風のみで風洞内温湿度を安定させた。その後、吹雪（風+降雪）を 20 分あるいは 10 分発生させて壁に着雪させた。そして、その後、風のみ 90 分継続して放置させるか、無風状態で 90 分放置させた。したがって、実験条件は 8 条件とした。なお、吹雪に用いた雪は、樹枝状結晶の人工雪（平均重量含水率：8.85 %）（図 2）を、風上から落下させた。また、平均飛雪流量は、 $0.025 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ であった。仮想外気温（風洞内温度）は、 $1.0 \pm 1.0 \text{ }^\circ\text{C}$ とした。

サーモスタット付きヒーターの稼働時間を把握するために、模擬室内の温度測定（R.T.）と内壁表面温度（R.W.S.T.）並びに外壁内側表面温度（R.I.I.）について測定した。また、模擬室外については、仮想外気温（風洞内温度：A.T.）と CLT 材室外側表面温度（3 点：O.W.S.T.1～3）について測定した。併せて模擬室内の湿度および室外の湿度も測定した。温度測定については、T & D 社製の「おんどとり（TR-7wb）」によって、湿度については、T & D 社製の「おんどとり（TR-76Ui-S）」によって、各々 1 分間隔で測定した（図 3）。

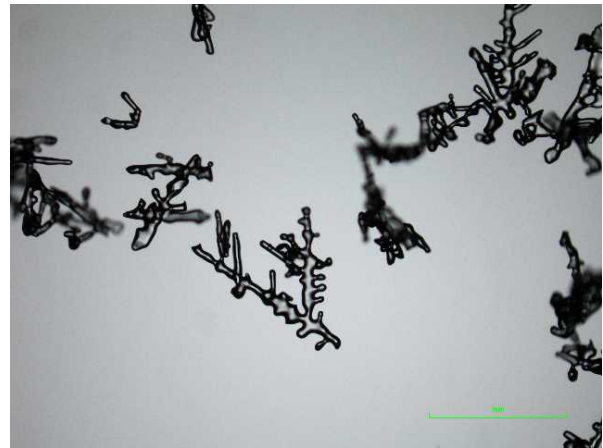


図 2 結晶写真

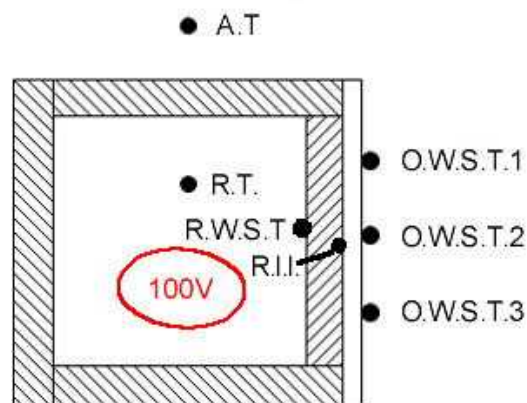


図 3 温湿度測定位置

3. 実験結果と考察

実験結果の着雪状況写真を図 4 に示す。着雪は四角錐となった。これは、風洞内の風向が、試験体周辺で左右上下に広がる関係で、錐形になると考えられる。また、錐形の頂点が表面四角の中央部ではなく、上部から約 200 mm の位置となった。これは、飛雪流量のばらつきと吹雪の飛んでくる角度の関係で、壁周辺の風量と飛雪流量とが、壁の上下で差があったためである。

着雪後の雪密度の結果を表 1 に示す。着雪後の雪密度については、着雪量や断熱材の有無に関する相違はなく、すべての平均

が 396.9 kg/m^3 であった。なお、吹雪後、90 分経過した着雪の重量含水率を表 2 に示す。着雪の表面と中層、そして下層（壁面付近）により、差が認められた。これは、下層（壁面付近）では、室内暖房熱により、着雪後の融雪があったため、重量含水率が高かったと思われる。また、表面も照明などの熱により、若干の融雪があったと思われる。

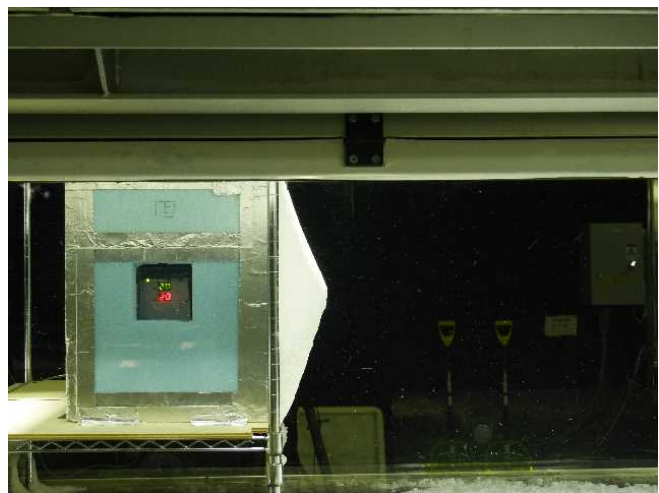


図 4 着雪状況写真

表 1 実験条件と着雪後の雪密度

壁材	風洞条件 (min)				設定風速 (m/s)	密度 (kg/m ³)
	wind only	snowstorm	wind only	windless		
断熱材無	30	20	90	—	10	418.3
	30	10	90	—	10	404.6
	30	20	—	90	10	377.3
	30	10	—	90	10	388.4
断熱材有	30	20	90	—	10	397.7
	30	10	90	—	10	372.0
	30	20	—	90	10	401.9
	30	10	—	90	10	414.8

表 2 着雪後の重量含水率

実験条件	位置	重量含水率(%)
着雪体 断熱材無	表面	5.23
	中層	1.46
	壁面	6.83
着雪体 断熱材有	表面	3.43
	中層	1.46
	壁面	6.22

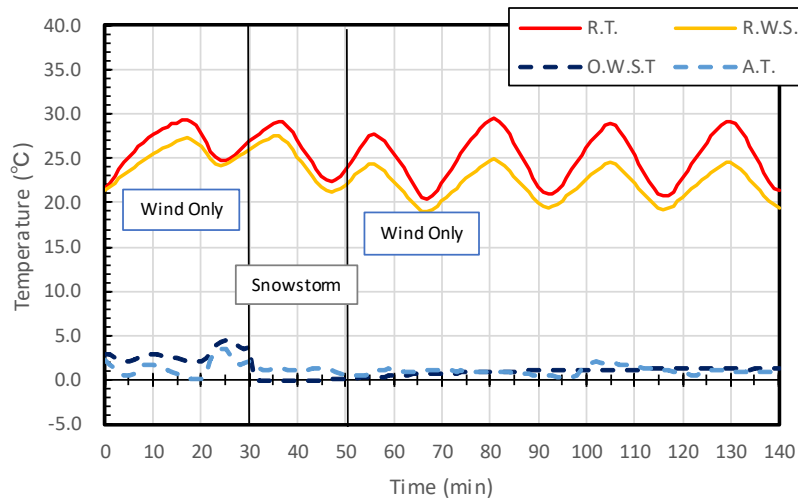


図 5 断熱材無による温度推移

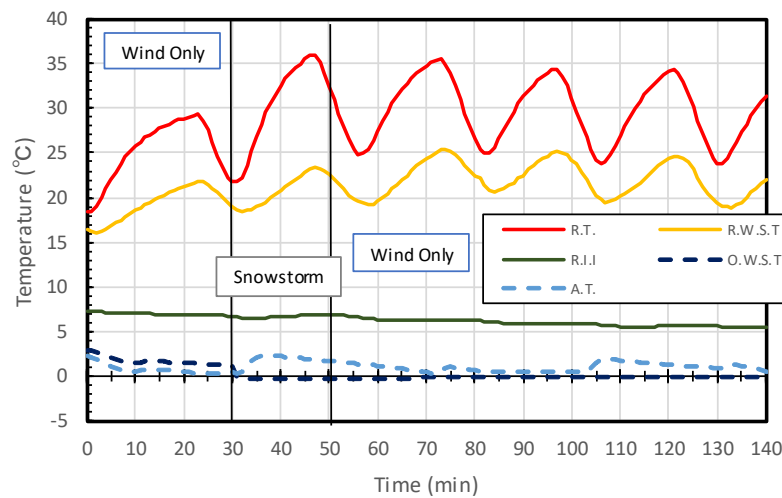


図 6 断熱材有による温度推移

図5に断熱材無の条件での温度推移を、図6に断熱材有の条件での温度推移を示す。ただし、外壁側の表面温度については、3点の平均とした。また、断熱材無の条件では、内壁表面温度(R.W.S.T.)と外壁内側表面温度(R.I.I.)は同じとなるため、内壁表面温度のみとした。

断熱材無の条件では、着雪がない吹雪前と比較して着雪がある吹雪後の場合、着雪がない吹雪前では暖房稼働時間が76.7%で着雪後は暖房稼働時間が52.2%であった。したがって、暖房稼働率が24.4%低減されたことになる。また、断熱材有の条件では、着雪がない吹雪前と比較して着雪がある吹雪後の場合、着雪がない吹雪前では暖房稼働時間が76.7%で着雪後は暖房稼働時間が66.7%であった。したがって、暖房稼働率が10.0%低減されたことになる。このことより、元々の断熱効果が低い断熱材無の条件の方が、より節電効果が発揮された。しかしながら、断熱材有の条件でも、暖房稼働率が低減できるということは、着雪が断熱効果を発揮していることが明らかとなった。

ただし、着雪後に無風状態になると、風圧がなくなることから、着雪が落雪しやすくなることが明らかとなった。特に、断熱材無の条件では、室内温度が外壁外側表面に熱が伝わりやすく、落雪しやすかった。また、風速継続条件でも、実験終了後、風速を停止すると落雪することもあった。しかたがって、着雪を断熱効果に有効利用するならば、今後は、CLT壁の表面に加工を施し、落雪しにくくするなどを検討しなければならない。

4. まとめ

CLT壁の着雪と暖房の節電効果に関する実験結果を以下に示す。

- ①断熱材の有無により差があったものの、断熱材有の条件でも、着雪がない吹雪前と比較して着雪がある吹雪後の場合、暖房稼働率が低減できるため、着雪が断熱効果を発揮していることが明らかとなった。
- ②着雪後に無風状態になると、着雪の断熱効果により、外壁の表面温度が高くなるなり、そして、風圧がなくなることから、着雪が落雪しやすくなることが明らかとなった。

謝辞

本研究は、国立研究開発法人 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター 新庄雪氷環境実験所との共同研究として実施したものである。ここに謝意を表す。

文献

- 鈴木 弘孝, 三坂 育正, 村野 直康, 田代 順孝, 2005, 壁面緑化による建物外部の温熱環境改善効果に関する研究, ランドスケープ研究, 68(5), 503-508
- 高橋 徹, 1998: 積雪荷重の推移過程モデルに関する一考察, 日本建築学会構造工学論文集, 44B, 107-112
- 富永 禎秀, 大風 翼, 持田 灯, 志田 貴之, 吉野 博, 2009: 雪面の浸食・堆積のモデル化に関する基礎的検討 CFDによる建物周辺の飛雪現象の数値予測, 日本建築学会環境系論文集, Vol.74, 1083-1089
- 土谷 富士夫, 2001: 気候変動が土の凍結深さ及びその特性に及ぼす影響, 土の凍結と室内凍上試験方法に関するシンポジウム発表論文集, 2001, 1-6

診断型積雪モデルを応用した東北6県における積雪水量分布の準リアルタイム再現システムの試み

本谷 研 (秋田大学教育文化学部)
平島寛行・佐野浩彬 (防災科学技術研究所)
河島克久 (新潟大学災害・復興科学研究所)

Trial of quasi real-time reproduction system of snow water equivalent distribution in six prefectures of Tohoku in Japan applying the diagnostic snow model

Ken Motoya (Akita University)
Hiroyuki Hirashima and Hiroaki Sano (NIED)
Katsuhisa Kawashima (NHDR, Niigata University)

1. はじめに

降積雪現象は空間的にも時間的にも変動が大きい自然現象で、いわゆる雪国であっても積雪量の年々変動は極めて大きい。このため、他の気象現象と同様、時々刻々と変化する積雪量の時間的・空間的分布とその変化を適切に把握することは重要である。これを実現するために、以下のような技術が公開されている。一日程度の時間遅れの準リアルタイムで積雪分布を知りうるシステムとして、新潟大学災害・復興科学研究所が運用する準リアルタイム積雪深分布システム(伊豫部ら, 2013)では気象庁アメダス積雪深計のほか、国土交通省や自治体設置の積雪深計データをマージした積雪深分布図を作成している。同システムの積雪深分布によるデータ同化を行い、積雪変質モデル(SNOWPACK)で積雪荷重分布を準リアルタイムで計算・地図化する「雪おろシグナル」(平島ら, 2018; 防災科学技術研究所雪氷防災研究センターが運用)がある。また、積雪深データ同化は積雪観測アメダス地点のみに限られるものの、ある程度地形や地表面状態も考慮した気象庁の領域気候モデルを応用した「現在の雪(解析積雪深・降雪量)」(気象庁, 2020)があり、積雪深分布の現況と72時間先までの予報降雪量を知ることができる。

しかし、平地や道路沿いの積雪深計による積雪分布はどうしても山岳などの標高の高い領域での積雪分布推定に難があるほか、こうした積雪深分布に基づいた積雪荷重分布推定も同様の問題があるうえ、気象庁の解析積雪深・降雪量分布も同様の同化積雪深データの偏在による問題と領域モデルの制約により細かな地形を反映することは難しい。これを解決する手段として、ルーチン気象データを入力としながら気象要素の高度分布も考慮することで山岳などの高標高領域の積雪水量も推定可能な診断型積雪分布モデル(Motoya et al., 2001; 本谷, 2008)にデータの自動取得などの機能を追加して、東北6県における前日までの毎日・1km四方平均の積雪水量分布を準リアルタイムで再現したので紹介する。

2. 使用データ・積雪水量分布モデル

2.1 使用データ

日平均および最高・最低気温(℃), 日降水量(mm), 日平均風速(ms^{-1}), 水蒸気圧(hPa),

日照時間(hr), 日平均気圧(hPa)などの気象要素分布をアメダス(図1の解析領域およびその周辺で約370地点)と気象官署(同約28地点)のルーチン気象データから推定した。つまり, 空間的に離散したデータから距離重み付き内挿と高度分布を仮定することによって面的な気象要素の分布を推定した。毎日の気象データは, 気象庁ホームページ(気象庁, 2020)の各種データ・資料ページにあるデータダウンロード機能を使って原則として県単位で取得し, 地点ごとのファイルに一度分割保存した後に全地点をマージした日別ファイルに変換して使用した。これらの作業を廉価なPC一台(Windows10とJREで動作)

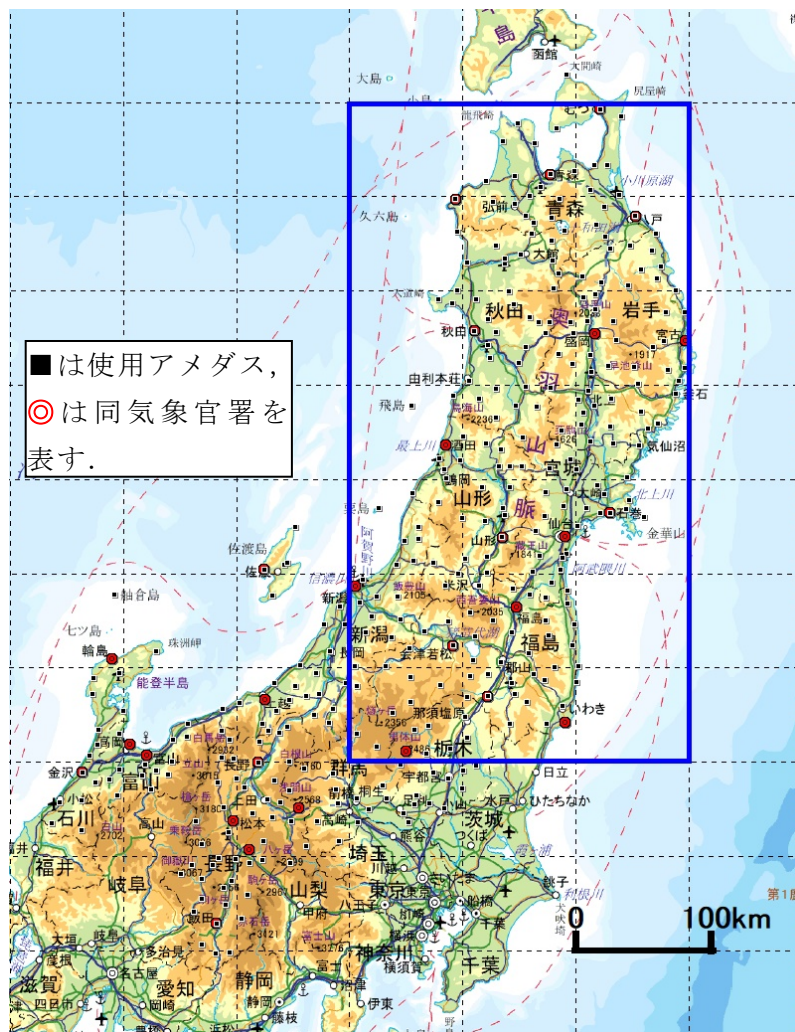


図1. 解析領域(青太枠)の位置(地理院地図に加筆)

を用い, データ取得はJavaランタイム, ファイルマージは自作アプリ(Intel Fortran9.1で作成)を用い, 全体の処理はWindowsのバッチ機能をタスクスケジューラーで定時起動して動作させた。こうして変換作業を含め十数分程度で入力気象ファイルを作成できるようになった。なお, 毎日午前11時過ぎのデータダウンロード時にはサーバーの負荷軽減のため一度に取得するデータサイズは100KB以下とし, 取得後に10秒程度待機するなどした。また, 標高・土地利用などは国土地理院のデジタル数値地図(それぞれ50mおよび100m格子)から20万分の一地形図と同じ領域ごとのパラメータファイルとして事前作成してある。

2.2 積雪分布モデル・解析領域

前節で作成した入力気象データに基づいて, 診断型積雪水量分布モデル(Motoya et al., 2001; 本谷, 2008)により東北6県(図1の太枠内, 青森, 秋田, 岩手, 山形, 宮城, 福島, 面積約77000km²)における, 日単位・1kmグリッド毎の積雪水量を, 2019年10月1日から2020年7月31日まで, 2019年10月1日を計算開始日として毎日その時点での前日まで計算した。計算結果の共有とクイックルックのために, 計算結果と積雪水量分布図をfc2サーバー上のテストサイト(<http://tohoku6snow.web.fc2.com/>)に送出し, システムの遠隔監視および動作状況の確認を行った。なお, 計算結果のクイックルック画像は自作アプリ(Intel Fortran9.1で作成)のほか, フリーの画像処理ソフト(IrfanviewとImageMagic)のコマンドライン機能を使って作成し, サイトへの計算結果ファイル送出にはフリーのftp

ソフト(fffftp)のコマンドライン機能を応用した。

3. 結果

3.1 積雪水量分布クイックルックの様子

図2に2020年3月2日における前日(3月1日)の解析領域(東北6県)全体の積雪水量分布のイメージを示す。2019-20年冬季は暖冬・寡雪だったため、同日の解析領域全体で合計した積雪水量の総計は $10.69\text{km}^3 (=10.69\text{Gt})$ と平年よりかなり少なく、ここ40冬季で最少となったことが分かった。図2右側のパネル状表示をクリックすると20万分の1地形図単位毎の拡大図が表示される。例として、図3に秋田付近の拡大図(位置の目安に20万分の1地形図を重ね合わせている)を示した。なお、今回の解析領域内で、1km四方平均の積雪が最後まで残ったのは、秋田・山形県境の鳥海山山頂付近および尾瀬の北東に位置する燧ヶ岳山頂付近で2020年7月19日まで残雪が確認できた。

3.2 システム稼働状況

2019年10月1日から2020年7月31日までの試用期間中にシステムの動作が異常終了したのは3回(2020年1月2日と3月5日、7月28日)であった。いずれも入力気象データを再作成して再起動し、当日もしくは数日内に復旧した。

4. 考察

4.1 稼働状況について

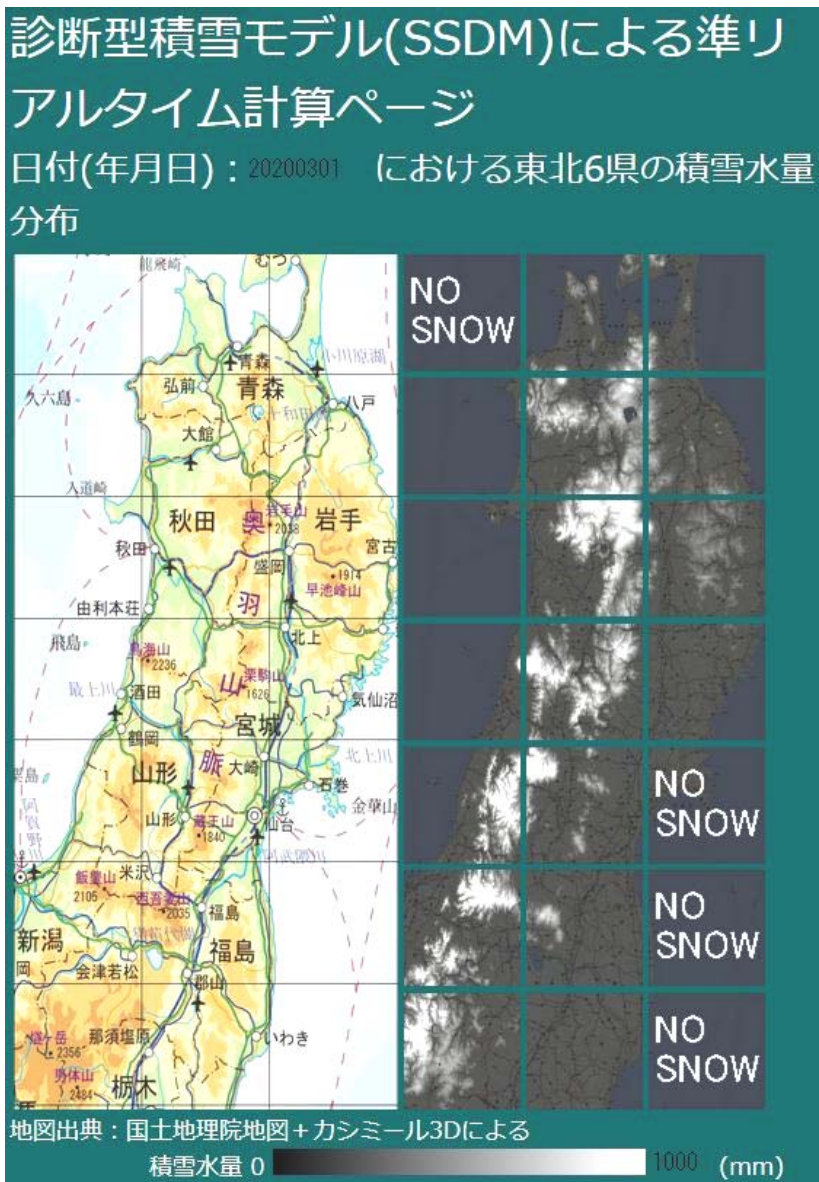


図2. 準リアルタイム積雪分布クイックルック画像

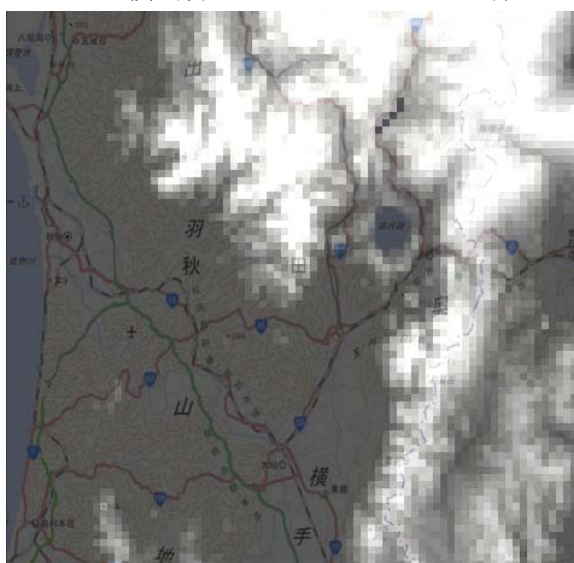


図3. 秋田付近の積雪水量分布図

前節で述べた異常終了のうち、2020年1月2日はJavaアプリケーションの仕様に誤りがあり、年度を跨いだ気象データダウンロード処理時の作業ファイル名が不適切に設定されたためであった。作業ファイルをマージする自作アプリの修正で対応完了した。2020年3月5日の異常終了は、計算用PCを設置した秋田大学内のネットワーク支障(DNSサーバーの不調)により、外部サイトへの接続ができなくなって入力気象データが正常作成できなかったことによる。外部接続復旧後、再起動することでその後は正常動作に戻った。2020年7月28日の場合は、計算用PCおよびその周辺のWindows PC複数台のセキュリティアップデート作業により、ネットワーク負荷が一時増加して動作不安定になったようだが、詳しい原因はよくわかっていない(ただし、取得失敗日の入力気象データを再作成の上、再起動により正常動作となった)。

4.2 準リアルタイム計算サイトの課題

今回、計算結果データの共有の試験などのため、とにかく準リアルタイムでシステムを稼働させることを優先したため、最低限の可視化機能しか実装しなかった。このため、サイトの機能、特にユーザーインターフェースについては改善の余地が多々ある。例えば、計算終了日である前日の積雪水量分布表示のみでは不便なので、過去のクイックルック画像についても何らかの操作で閲覧できるような機能を追加することを検討したい。ただし、計算結果の元データはテストサイト上に逐次アップロードしてあるので、現在の仕様でも任意の日時のデータをhttpまたはftp経由で閲覧・ダウンロードが可能である。

5. まとめ

診断型積雪分布モデルにより2019年10月1日から翌2020年7月31日までの間、その前日までの毎日の積雪水量分布を1km四方平均で計算し、テストサイトへの計算結果ファイルおよびクイックルック画像の送信を行った。積雪分布を準リアルタイムで再現できたことにより、暖冬・寡雪だった2019-20年冬季の特徴が一早く把握できた。今後は「雪おろシグナル」との連携により高標高域の積雪水量分布推定精度の改善などにも応用したい。

謝辞

気象データや解説資料等は気象庁ホームページからダウンロード、引用しました。なお、本研究の一部は新潟大学災害・復興科学研究所共同研究費(2020-02)によりました。ここに記して感謝いたします。

【引用文献・URL】

平島ら, 2018: 積雪変質モデルを用いた積雪重量分布情報「雪おろシグナル」の開発, 寒地技術論文・報告集, 34, 20-23.

伊豫部ら, 2013: 新潟県を対象とした準リアルタイム積雪分布監視システムの開発, 雪氷研究大会(2013・北見)講演要旨集, 217.

気象庁ホームページ(気象統計情報, 過去の気象データ検索, ダウンロードなど),

<http://www.jma.go.jp/> (2020年10月13日確認).

本谷 研, 2008: 東北地方における積雪水量の27年平均値と豪雪・寡雪, 雪氷, 70(6), 561-570.

Motoya et al., 2001: Evaluating the Spatial and Temporal Distribution of Snow Accumulation, Snowmelts and Discharge in a Multi basin Scale: An Application to the Tohoku Region, Japan, Hydrol. Process. 15, 2101-2129.

陸面過程モデルを用いた凍霜害の推定

岩波 発彦 (東北大学大学院理学研究科)

山崎 剛 (東北大学大学院理学研究科)

Estimation of Frost Damage with Use of a Land-Surface Model

Tatsuhiko IWANAMI (Graduate School of Science, Tohoku University)

Takeshi YAMAZAKI (Graduate School of Science, Tohoku University)

1. はじめに

凍霜害は果樹をはじめとする農作物の収量や品質に大きな影響を与える気象災害である。たとえば、2013年4月22日～23日には、長野県の21市町村で、果樹を中心に35億円余りの被害が生じた。温暖化により霜の発生する期間は短くなると考えられるが、作物の発育時期が早まるため、気温変動が激しいと霜害の危険性は高まる(果樹研究所, 2016)。

気象庁は凍霜害の恐れがあるときに霜注意報を発令する。霜注意報の基準は地域で決められた最低気温に基づいており、安全を見るため空振りも多い。霜は氷点下での結露(水蒸気の昇華凝固)であり、気温のみではなく大気中の水蒸気量(湿度)や風の影響を受ける。陸面過程モデルは一般に、植物と大気間の水交換量を計算し、葉面の温度や保水量が求められるので、霜も評価することが原理的に可能である。湿度や風の影響を含めて霜の評価ができるので、霜予測の空振りを減らし、霜対策のコスト削減に寄与することができると考えられる。

この報告は、顕著な凍霜害が発生した2013年4月の長野県を対象として、陸面過程モデルによる霜の評価の可能性について検討する。

2. 方法

2.1 モデル

陸面過程モデル(植生熱収支モデル)として2LM(Yamazaki et al., 2004)を使用した。このモデルは、植生を上下2層に分割し、気象要素を入力して、植物と大気間の熱・水交換量や葉面の温度や保水量、積雪、土壌の温度や水分を計算するものである。その概念を図1に示す。

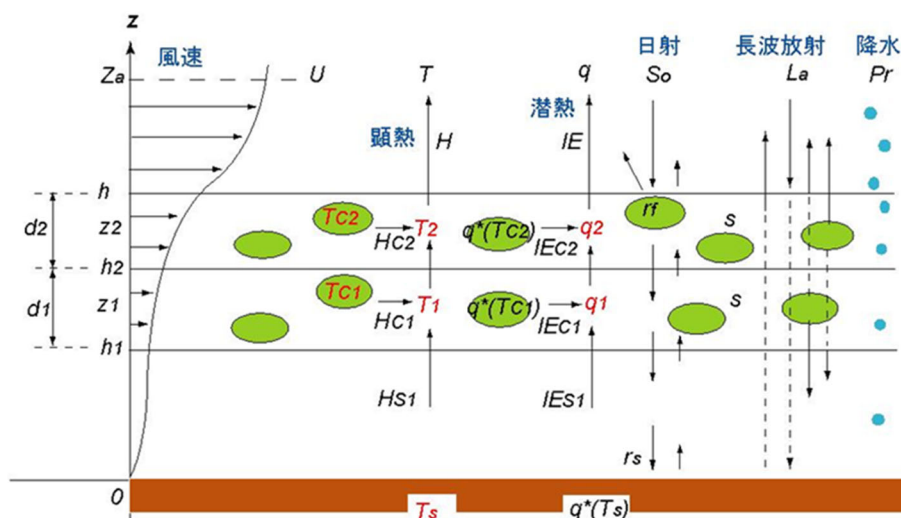


図1 陸面過程モデル2LMの概念図(Yamazaki et al., 2004)

入力データ：日射量，下向き長波放射量，風速，気温，相対湿度，降水量

地表面パラメータ：植生高度，植生密度（植生面積指数 PAI）など．

初期値：土壌温度・水分量と積雪

日射量と下向き大気放射量は長野の日射量を除いて実測されていないため，日照時間等から実験式によって推定した（近藤，1994）．

2.2 霜の発生条件

モデルによる霜の発生条件は以下のように仮定した．

- (1) 葉面固体水分量が増加する
- (2) 降水なし（着雪による固体水分量の増加を除くため）
- (3) 潜熱（水蒸気）フラックスが大気から葉面に向かう（凝結）
- (4) 液体水の凍結でない：葉面水分量（固体+液体）が増加し，かつ葉面温度が 0°C 以下

2.3 実験設定

植生高度は草本を想定して 0.5 m または 1 m とした．積雪は計算開始時にないものとし，土壌の温度は 4 月の平均気温に等しく，土壌水分は体積含水率 0.2 と仮定した．なお，葉面の温度の予測には土壌の初期値は強く影響しないと考えられる．

・霜推定の検証

2LM による霜推定の検証のため，霜の観測との比較を行った．長野地方気象台では露場における霜の目視観測が行われていたので，この結果と比較した．データは各日の午前・午後について霜の有無が記録されている．期間は 2013 年から 2018 年の 4 月および 5 月とした．なお，2019 年以降は観測の自動化に伴い，霜の目視観測は記録されていない．

・2013 年 4 月の長野県内の推定

2013 年 4 月 14 日～30 日について，湿度が測定されている長野地方気象台と松本，諏訪，軽井沢，飯田の特別地域気象観測所（旧測候所）を対象として，毎時の観測データから推定を行った．

3. 結果

・霜推定の検証

霜の発生条件のうち，(1) ～ (3) を満足する場合を凍結（凝固）とみなし，これも観測と比較した．表 1 に霜の観測日数，霜と凍結のモデルによる日数を示す．モデルは霜の発生を過大評価する傾向があるが，見逃しはほとんどない．モデルは目視で認識できないごくわずかな霜もカウントしている可能性がある．固体水分量に閾値を設けるなどの検討をする必要がある．

表 1 霜と凍結の日数（長野）．上段：長野地方気象台での観測，中段：2LM による霜日数（霜発生条件をすべて満足），下段：2LM による凍結日数（霜発生条件(4)を除き満足）

年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	計
霜 観測	12	10	1	2	5	4	34
霜 モデル	23	22	5	8	14	6	78
凍結 モデル	28	23	10	9	14	7	91

・2013年4月の長野県内の推定

モデルによる霜発生時の物理量の計算例を図2に示す。葉面温度が 0°C 以下になり、大気から葉面への水蒸気輸送を示す負の潜熱とともに葉面固体水分が生じており、霜が発生している状況を示している。

表2はモデルによる霜推定日を霜注意報の発令日とともに示したものである。霜注意報はやや安全側に立って発表されるとみられ、過大評価の傾向があるモデルよりもさらに高頻度である。ただし、軽井沢はモデルがほとんどの日において霜が発生と推定している。これは軽井沢の標高が999mと地域内でも高く、気温が低いことが影響していると考えられる。

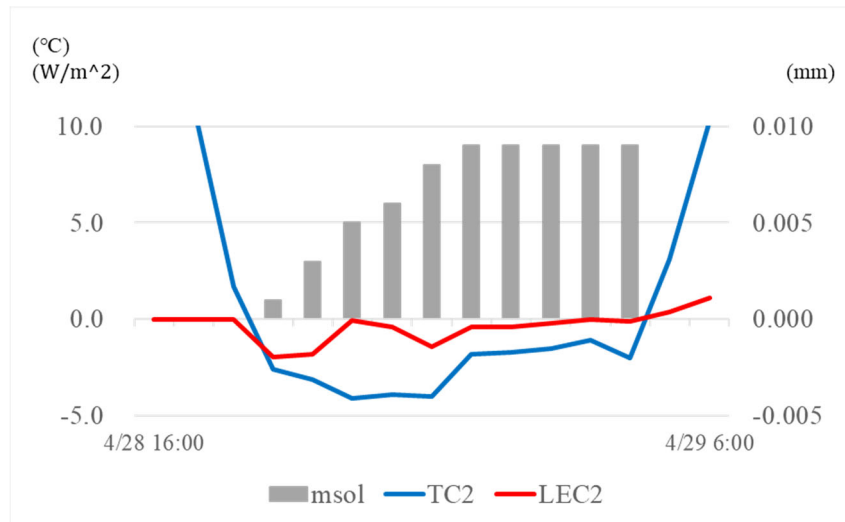


図2 2LMによる霜発生時の物理量の計算例（長野2013年4月28～29日）。縦棒（msol）：葉面固体水分量（右軸），青線（TC2）：葉面（上層）の温度（左軸），赤線（LEC2）：葉面から大気への潜熱フラックス（左軸，負が葉面への凝結を表す）

表2 モデルによる霜推定日と霜注意報の発令日（2013年）

	長野		松本		諏訪		軽井沢		飯田			
	霜注意報	霜発生	霜注意報	霜発生	霜注意報	霜発生	霜注意報	霜発生	霜注意報	霜発生		
4/13-14	○		○		○		○	○	○			
4/14-15								○				
4/15-16	○	○	○		○		○	○	○			
4/16-17								○				
4/17-18								○				
4/18-19	○		○	○	○	○	○	○				
4/19-20	○	○	○		○		○	○	○			
4/20-21												
4/21-22	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○
4/22-23	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○
4/23-24	○	○	○		○	○	○	○	○			
4/24-25	○		○		○		○	○	○			
4/25-26								○				
4/26-27	○		○	○	○		○	○	○	○		○
4/27-28	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○
4/28-29	○	○	○	○	○		○	○	○	○		○
4/29-30								○				
											計	
適中	13		12		11		12		12		60	70.6%
空振り	4		5		6		0		5		20	23.5%
見逃し	0		0		0		5		0		5	5.9%

4. まとめと今後

陸面過程モデルにより、2013年4月の長野県を対象として、霜の発生推定について評価した。その結果霜の発生を過大評価する傾向が見られたが、発生状況を概ね再現できる可能性が示された。今後は霜の予測を念頭に置いたモデル改良を図り、見逃しは避けつつ、空振りを減らすよう検討していく予定である。また、気象予報値を使った評価にも取り組んでいきたい。特に、アンサンブル予報を使うことにより、霜の発生に関する確率的な危険度情報の提供について検討していきたい。

熱収支モデルは日射量や下向き長波放射量などの気象要素を測定あるいは推定して用いる必要がある。前日の湿度と気温等から降霜を予測する簡便な手法も提案されている。たとえば、鎌田ほか(2008; 2018)や近藤による一連の研究(近藤, 2019)についても、適用可能性を検討したい。

謝辞

本研究は環境研究総合推進費(JPMEERF20192007, 代表: 長野県環境保全研究所浜田崇)の補助を受けた。

【引用文献】

- 果樹研究所, 2016: 気候温暖化条件での晩霜害発生の特徴と危険度評価.
- 鎌田慈, 穴戸真也, 遠藤徹, 飯倉茂弘, 2008: 架線着霜現象の解明と発生予測手法の検討, 鉄道総研報告, 第22巻, 第1号, 5-10.
- 鎌田慈, 穴戸真也, 根津一, 2018: 簡易な架線着霜予測手法—架線着霜による被害と岐阜県中津川における検証—, 雪氷, 80, 427-440.
- 近藤純正編著, 1994: 水環境の気象学 —地表面の水収支・熱収支—, 朝倉書店.
- 近藤純正, 2019: <http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/kenkyu/ke185.html> など (2020.8.8 閲覧確認).
- Yamazaki, T. H. Yabuki, Y. Ishii, T. Ohta and T. Ohata, 2004: Water and Energy Exchanges at Forests and a Grassland in Eastern Siberia Evaluated using a One-dimensional Land Surface Model. J. Hydrometeorology, 5, 504-515.

2020 年度東北雪氷賞受賞者の選考結果

東北雪氷賞（功績賞）

受賞者：沼澤喜一（元 日本地下水開発株式会社，取締役 営業本部企画開発部部长）

件 名：山形蔵王の樹氷・積雪研究と消融雪技術の開発ならびに日本雪氷学会東北支部への
貢献

理 由：

沼澤喜一会員は日本地下水開発株式会社の職員らと蔵王雪氷研究グループを構成し，それまで主に大学において行われてきた樹氷・積雪観測を引き継ぐ形で1997年冬期から山形蔵王の地蔵山頂付近において樹氷をはじめとした雪氷現象観測を続けてきた．熱画像装置を用いた解析から樹氷の温度分布や熱的特性を明らかにし，また，樹氷形成の下限高度の経年変化の調査を行ってきた．これらの研究成果により，蔵王雪氷研究グループは2007年に東北雪氷賞（学術奨励賞）を受賞している．その後も山形蔵王における樹氷観測を継続し，長期間にわたる解析から樹氷の形成高度が気候変動の影響を敏感に受けていることを示した．さらに，グループによる観測を通じ雪氷研究に携わる多くの後進を育成した．

他方、沼澤会員は環境保全やエネルギー問題の観点から化石燃料や地下水散布に替わる消融雪技術の開発に取り組み，地下熱等の再生可能エネルギーを利用した方法の高効率化に寄与した．開発された技術は実用化されるとともに性能の検証が行われ，積雪寒冷地域の交通安全やバリアフリー化に大いに役立っている．

沼澤会員は，日本雪氷学会東北支部の副支部長・理事を2005年から2008年および2013年から2016年の通算4期務め，監事を2017年から2018年に1期務め支部の運営に貢献した．加えて，近年東北支部が担当となって開催された全国大会（雪氷研究大会）（2002年（山形），2006年（秋田），2010年（仙台），2014年（八戸），2019年（山形））の全てにおいて実行委員として大会の運営を担った．

以上の理由により，沼澤会員は東北雪氷賞受賞者選考規程3（4）（功績賞）「雪氷学の発展に対する基礎的貢献，および雪国の発展，ならびに東北支部の運営，発展に関して，著しい貢献をなした者」に該当するものとして選考した．

参考資料：

- 1) 沼澤喜一・小松義悦（1990），無散水消雪の設計，東北の雪と生活，第5号，68-69.
- 2) 沼澤喜一・山谷睦・横尾俊介・小林英則・原田俊明・安彦宏人・矢野勝俊・小林俊一・佐藤真理子（1998），蔵王における樹氷の熱的観察，東北の雪と生活 第13号，73-76.
- 3) 沼澤喜一・山谷睦・横尾俊介・小林英則・原田俊明・安彦宏人・矢野勝俊（1998a），山形蔵王における積雪観測，東北の雪と生活，第13号，77-80.
- 4) 沼澤喜一・山谷睦・横尾俊介・小林英則・原田俊明・安彦宏人・矢野勝俊（1998b），樹氷の高度変化の観測，東北の雪と生活，第13号，81-83.

- 5) 沼澤喜一・堀野義人・佐藤元・安彦宏人(2005), 地中熱採熱特性及び消雪効果, 東北の雪と生活, 第20号, 30-31.
- 6) 沼澤喜一・山谷睦・沖田圭右・原田俊明・小林英則(2011), 山形蔵王の樹氷, 日本雪氷学会東北支部設立25周年記念誌 東北の雪と生活 ー雪氷研究の回顧と展望ー, 68-74.
- 7) 沼澤喜一(2011), 地下熱利用の道路消融雪技術, 日本雪氷学会東北支部設立25周年記念誌 東北の雪と生活 ー雪氷研究の回顧と展望ー, 133-142.
- 8) 沼澤喜一・今田和彦・加藤渉・桂木聖彦(2014), 再生可能エネルギーを利用した消融雪施設の特徴, 寒地技術論文・報告集, 30, 306-311.

東北雪氷賞（功績賞）

受賞者：柳澤文孝（山形大学学術研究院 教授）

件 名：山形蔵王の樹氷の汚染機構に関する研究，樹氷の歴史や変遷に関する研究，ならびに日本雪氷学会東北支部の発展に寄与した功績

理 由：

柳澤会員は，山形蔵王の樹氷の汚染機構について，安定同位体を用いた地球表層の物質循環に着目して研究を続けてきた．日本海に面した都市や太平洋に面した都市，内陸の盆地上の都市など各地で湿性降下物と乾性降下物を採取して化学成分を測定し，降雨雪のほとんどが酸性を示していること，特にイオウ同位体比は全都市において季節変動がみられ，冬季に高くなることを明らかにした．また，高層大気の情報を得るため山形蔵王の樹氷を形成する着氷や降雪に着目して同様の化学分析を行い，冬季にイオウ同位体比が高くなるのは大陸由来の汚染物質と黄砂に起因していることを示唆した．これらの功績により，1998年には「蔵王山の着氷と積雪の汚染機構に関する研究」で東北雪氷賞（学術賞）が授与されている．その後，中国の大学や研究機関とも共同研究を精力的に進め，2008年には柳澤会員がチャイナヘイズと呼称した中国華北平原の上空に形成される大気汚染のたまり場が，黄砂を伴った低気圧の移動によって海上に押し出され，その後季節風と共に日本に到達したことを天気図や衛星写真を使って明らかにした．

近年では，それまで埋もれていた樹氷に関する写真や文献，各種資料を収集し，樹氷がいつ発見されたのか，樹氷と命名されるまでの経緯，過去に樹氷が存在したエリア，山形蔵王での樹氷分布域の経年変化など，樹氷の歴史と変遷に関する研究に取り組み，収集した数々の貴重な資料を公開している．

東北支部への貢献においては，1996年～2004年，2007年～2010年，および2015年～2018年の長きに亘って理事を務めたほか，2011年～2014年と2019年～2020年は監事（現在も継続中），2017年～2018年には副支部長を務め，長年にわたり東北支部の発展に貢献された．また，東北支部で開催された全国大会（雪氷研究大会）に関しては，2002年の山形大会では実行委員を務めたほか，2019年の山形大会では実行委員長を務め，大会を大成功に導いた．

以上の理由により，柳澤会員は東北雪氷賞受賞者選考規程3（4）（功績賞）「雪氷学の発展に対する基礎的貢献，および雪国の発展，ならびに東北支部の運営，発展に関して，著しい貢献をなした者」に該当するものとして選考した．

参考資料：

- 1) 柳澤文孝(2018)：どこからが樹氷でどこからがアイスモンスターなのか．環境保全，21，33-40．
- 2) 柳澤文孝(2018)：これまでで最も古い大正10年の樹氷の写真が見つかりました．環境保全，21，47-50．
- 3) 柳澤文孝(2014)：日本における気象観測の開始と「樹氷」の命名．環境保全，17，32-

40.

- 4) 柳澤文孝 (2013) : 「樹氷」という言葉の誕生と変遷. 環境保全, 16, 6-14.
- 5) 柳澤文孝, 長澤壽三, 須藤明子, 須藤江美 (2012) : 昭和 8 年 3 月 20 日に撮影された蔵王の樹氷 (アイスモンスター) の写真について. 東北の雪と生活, 26, 73-76.
- 6) 柳澤文孝 (2011) : 蔵王の樹氷の分布域の経年変化. 東北の雪と生活, 26, 63-66.
- 7) 柳澤文孝 (2010) : 蔵王の樹氷の変化について. 東北の雪と生活, 25, 71-74.
- 8) 柳澤文孝, 赤田尚史 (2009) : 青森県八甲田山における着氷の化学組成. 東北の雪と生活, 24, 68-71.
- 9) 柳澤文孝 (2008) : 2008 年 3 月 3 日に飛来した黄砂とチャイナヘイズの関係. 東北の雪と生活, 23, 27-28.
- 10) 柳澤文孝 (2008) : 蔵王の樹氷の環境問題. 日本雪工学会誌, 24 (4), 273-276.
- 11) 柳澤文孝 (2007) : 山形蔵王の着氷期間の短縮化. 東北の雪と生活, 22, 75-78.
- 12) 柳澤文孝, 赤田尚史, 本山玲美, 奥村信貴, 松本寿子, 鈴木伸一郎, 中村有紀, 松木兼一郎, 李曉東, 賈疎源 (2006) : 中国四川省峨眉山地域における大気降下物の酸性度調査. 雪氷, 68 (5), 497-504.
- 13) 柳澤文孝 (2005) : 山形蔵王で採取した着氷の化学成分と粒子組成. 雪氷, 67 (1), 23-32.
- 14) 柳澤文孝 (2004) : 中国山西省太原でハイボリュームエアサンプラーを用いて採取したエアロゾルの化学組成とイオウ同位体組成. 東北の雪と生活, 19, 23-26.
- 15) 柳澤文孝 (2004) : 中国四川省峨眉山における大気降下物中化学成分の高度分布とその沈着過程. 東北の雪と生活, 19, 39-40.
- 16) 柳澤文孝 (2003) : 蔵王の着氷に含まれている非海塩性硫酸イオンの硫黄同位体比. 東北の雪と生活, 18, 19-22.
- 17) 柳澤文孝 (2003) : 2000-2001 年冬季の蔵王の着氷の化学組成. 寒地技術論文集, 17, 442-448.
- 18) 柳澤文孝 (2002) : 中国四川省峨眉山で 2001 年 9 月 20 日から 11 月 19 日に採取した降雨の化学組成. Journal of Ecotechnology Research, 8 (1), 41-45.
- 19) 柳澤文孝 (2002) : 蔵王の着氷の経年変化. 寒地技術論文集, 17, 772-778.
- 20) 柳澤文孝 (2001) : 日本の湿性降下物に含まれる非海塩性硫酸イオンの硫黄同位体比. 雪氷, 64 (2), 173-184.

その他多数

東北雪氷賞(功績賞)を受賞して

沼澤 喜一(元 日本地下水開発株式会社)



この度は、東北雪氷賞(功績賞)をいただき、大変光栄に思います。このような栄誉を与えてくださった小杉支部長はじめ選考委員の方々、支部会員の皆様に厚く御礼申し上げます。

今回の受賞理由として山形蔵王の樹氷・積雪研究と消融雪技術の開発ならびに日本雪氷学会東北支部への貢献を挙げていただきました。これらの受賞は1978年4月に日本地下水開発株式会社(以下 JGD)に入社してからの実績を認めていただいた賜物と感謝申し上げます。

わたくしの蔵王樹氷・積雪研究との出会いは、山形大学理学部の故阿部正二郎先生・故矢野勝俊先生に師事し、1976/1977、1977/1978の2冬季、蔵王ロープウェイ山頂駅周辺で地蔵尊の傍にあった避難小屋にシーズン中数回泊まり込み、樹氷生成の観測を行ったのが最初でした。その後矢野先生が1997年定年退官後 JGD の顧問に就任され、山形大学において行われてきた樹氷・積雪観測を引き継ぐ形で JGD 蔵王雪氷研究グループを構成し、1997/1998 冬季から 23 シーズンに亘って山形蔵王の地蔵山付近で着氷雪現象及び積雪の観測を実施しています。主な観測の目的は、山形大学地球環境研究会(1995)で矢野先生が指摘した地球温暖化に起因するとみられる樹氷形成下限標高の上昇が、その後どのように変化しているのかを明らかにすることです。観測地点を定め、樹氷の高度による変化を観測し、樹氷が形成される下限標高を調べています。このような長い期間にわたって続けられているのも蔵王雪氷研究グループが2007年東北雪氷賞(学術奨励賞)を頂いたことが大きな要因となっています。23 シーズンの観測では樹氷の下限標高の変動は見られるものの上昇傾向はみられず平均すると約1550mとなっています。近年特に2013年～2016年の蛾の幼虫(トウヒツヅリヒメハマキ)によるアオモリトドマツの針葉の食害被害と、2016年に確認されたトドマツノキクイムシの穿入被害によって、地蔵山頂駅周辺から標高1550m付近に分布するアオモリトドマツは殆ど枯れています。枯木は樹皮が剥け、枝が落ち、倒木も多く確認され、樹氷密度が減少するとともに樹氷の付着力が低下し、樹氷が細くなっており、地蔵山頂駅周辺の樹氷鑑賞期間も短くなっていくことが懸念され、今後も注意深く観測を続けていきたいと考えています。また、現在大きく関心をもって取り組んでいるのがこれまでの観測で地蔵山頂付近からの連続性は見られないが、標高1400m前後の低標高でも局所的に短期間、樹氷が形成されることがあり、2014/2015 冬季から低標高での観測地を設定し、観測を行っています。毎年樹氷が形成されるわけでないで、樹氷形成に必要な条件を見いだしていきたいと考えています。2019年10月で JGD を定年退職となりましたが、今後もグループの一員として観測を続けていきたいと考えています。

わたくしは JGD 入社後、主に道路消融雪の設計・施工や技術開発に取り組んできました。入社当初、道路消融雪施設は地下水を路面に直接散水する散水消雪でしたが、この施設の普及が進むと地域により地下水位の異常低下・地盤沈下等が発生しているため、これらの問題を解消すべく JGD は1980年に地下水の熱だけを利用する地下水還元方式の無散水消雪システムを開発しました。その後、地下水の賦存に関係なくどこでも利用できる地中熱を熱源としたシステムを開発しました。これらの再生可能エネルギー利用した道路消融雪施設は環境にやさしく、低炭素化社会の構築に適し、積雪寒冷地域に普及し、雪国の安全で安心な交通確保に役立っており、ほんの少しだけでも雪国生活に寄与できたかと自負しています。

最後になりましたが、東北支部への貢献となると副支部長・理事を4期務めさせていただきましたが、支部長への補佐は不十分であったと反省しながら、全国大会の実行委員を数多く経験できたことを喜びとし、今後も支部行事にできるだけ参加したいと考えています。皆様今後ともよろしくお願い致します。

参考文献

山形大学地球環境研究会(1995)、検証・ヒトが招いた地球の危機、講談社ブルーバックス、37-56。

東北雪氷賞(功績賞)を受賞して

柳澤 文孝 (山形大学学術研究院・山形大学蔵王樹氷火山総合研究所)



このたびは「山形蔵王の樹氷の汚染機構に関する研究、樹氷の歴史や変遷に関する研究、ならびに日本雪氷学会東北支部の発展に寄与した功績」で東北雪氷賞(功績賞)をありがとうございました。

研究は大学院生時代に開発した $\text{BaSO}_4 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{V}_2\text{O}_5$ を用いた硫黄同位体測定試料作成法から始まったと言って良いかと思います。今回は、これまで行ってきた雪氷に関する研究について振り返ると共に、今後の課題について書いてみたいと思います。

(1) S、Nd、Sr 等の安定同位体・日本や中国の現地調査・人工衛星画像等を用いた研究では、アジア大陸から越境飛来する物質の動態を明らかにしてきました。研究成果は、2015 年 11 月より「越境大気汚染画像データベース」に毎日のコメント(粒子状大気汚染物質・黄砂の現状と今後の予測)として公表しています。

<https://tapsidb.cneas.tohoku.ac.jp/public/calendar/demo.php>

シミュレーションではなく実測からの予測ですが、まだまだ改善の余地があります。

(2) 水素同位体・酸素同位体・トリチウムを用いた研究では樹氷の構成する水に、冬型の季節風の際の日本海と南岸低気圧の際の東シナ海・太平洋の二種類があることを明らかにしています。

更に、別の起源もあるかもしれないと考えているところです。

(3) Be-7 や Pb-210 を用いた研究では、樹氷に含まれている濃度と気象条件から、樹氷への成層圏生成物や沙漠起源物質の影響を検討しています。

これから発展が期待できる研究課題だと思います。データを増やしていくことが必要です。

(4) 蔵王山頂の気温変化と樹氷の状況から、温暖化に伴う樹氷の衰退を明らかにしました。

温暖化による樹氷の衰退は 30 年—100 年といった長期間が必要です。今後に期待したいと思います。

(5) 新庄における冬季の降雪・積雪・融雪の観測から、融雪開始時のアシッドショックや公表されている降水量と実際の降水量に差があることを明らかにしました。

研究の活用方法が今後の課題です。

(6) 樹氷の歴史の研究では、大正 12 年に撮影された最も古い樹氷の写真を始め、蔵王における戦時中の気象観測・着氷研究・着氷ゾンデの実証試験などさまざまな資料が見つかりました。

樹氷の歴史の研究では始まったばかりです。樹氷の歴史は全く新しい物に書き換えられることになります。

最近では樹氷の名称(Ice Monster、Snow Monster、White Monster)についての課題もでてきます。今後は、樹氷について、多方面から見ていくが必要になると思います。

公益社団法人日本雪氷学会 2020 年度東北支部理事会 議事録

2020 年度東北支部理事会の決議のあったものとみなされた事項の内容

議題 1. 2019 年度事業報告

議題 2. 2019 年度会計報告

議題 3. 2020 年度事業計画

議題 4. 2020 年度予算計画

議題 5. 2020 年度東北雪氷賞受賞者の選考

議題 6. 東北雪氷賞受賞者選考規程の改正について

議題 7. 今年度の支部大会について

議題 8. 支部機関誌バックナンバーの支部ウェブサイトへの掲載について

議題 9. 今年度中の事業の追加について

小杉支部長が 2020 年 5 月 26 日に支部理事全員に対して上記支部理事会の決議の目的である事項について提案書を発し、2020 年 5 月 28 日に支部理事の全員から書面により同意の意思表示を得たので、当該提案を可決する旨の支部理事会の決議があったものとみなされた。

2020 年 5 月 28 日

公益社団法人日本雪氷学会東北支部長
小杉健二

配付資料：公益社団法人日本雪氷学会東北

支部 2020 年度理事会資料

資料 1：2019 年度東北支部事業報告

資料 2：2019 年度東北支部収支報告書

資料 3：2020 年度東北支部事業計画

資料 4：2020 年度東北支部収支予算案

資料 5：2020 年度東北雪氷賞受賞者の選考結果について

資料 6：東北雪氷賞受賞者選考規程の改正について

資料 7：東北支部監査報告書

各議題の要点を以下に記す。

議題 1 及び 2.

資料 1 及び 2 に加え、資料 7 の佐々木監事及び柳澤監事による 2019 年度の事業内容に関する監査結果が示され、2019 年度事業報告及び会計報告が承認された。

議題 3 及び 4.

資料 3 及び 4 が示され、2020 年度事業計画及び予算計画が承認された。

議題 5.

資料 5 の堀井東北雪氷賞選考委員長からの選考結果が示され、2 名の受賞が承認された。

議題 6.

資料 6 が示され、選考対象と選考委員を学会員以外へも広げられるように東北雪氷賞受賞者選考規程を改正する事が承認された。

議題 7.

新型コロナウイルス感染症の拡大のために、今年度の研究発表会は中止とするが支部機関誌「東北の雪と生活」は発行し、支部総会では人の移動や密集を抑制して山形県新庄市で開催する事が決まった。

議題 8.

著作権が学会へ譲渡されていない「東北の雪と生活」のバックナンバーを支部ウェブサイトへ掲載する前に学会のメーリングリストや支部ホームページで告知を行い、掲載を希望しない著者には申し出てもらう事とした。

議題 9.

支部長、事務局、事業委員会が中心となり今年度の事業の追加を検討する事とした。

以上

公益社団法人日本雪氷学会 2020 年度東北支部総会 議事録

日 時：2020(令和 2)年 6 月 19 日(金)

17:30～18:15

場 所：山形県新庄市十日町高壇 1400

防災科学技術研究所雪氷防災研究
センター新庄雪氷環境実験所 会
議室

出席者：31 名(うちオンライン 4 名, 委嘱状 20 名)

配付資料：公益社団法人日本雪氷学会東北
支部 2020 年度総会資料

資料 1：2019 年度東北支部事業報告

資料 2：2019 年度東北支部収支報告書

資料 3：2020 年度東北支部事業計画

資料 4：2019 年度東北支部収支予算案

資料 5：東北雪氷賞受賞者選考規程の改
正について

資料 6：支部機関誌バックナンバーの支
部ウェブサイトへの掲載について、今
年度中の事業の追加について

資料 7：東北支部監査報告書

資料 8：令和 2 年度東北雪氷賞受賞者の
選考結果

議 事：支部長挨拶の後、推薦のあった小
杉支部長が議長となり議事に入った。

議題 1 及び 2．2019 年度事業報告・会計報
告について

資料 1 及び 2 に加え、資料 7 の佐々木監
事および柳澤監事からの事業内容に関する
監査結果が支部長から示され、2019 年度事
業報告及び会計報告が承認された。

議題 3 及び 4．2020 年度事業計画・収支予
算について

資料 3 及び 4 に基づき説明があり、2020
年度事業計画及び収支計画が承認された。

議題 5．東北雪氷賞受賞者選考規程の改正
について

資料 5 が示され、選考対象と選考委員を
学会員以外へも広げられるように東北雪氷
賞受賞者選考規程を改正する事が承認され
た。

議題 6．支部機関誌バックナンバーの支部
ウェブサイトへの掲載について

資料 6 に基づき支部機関誌「東北の雪と
生活」のバックナンバーの支部ウェブサイ
トへの掲載の実施内容について説明があ
り、承認された。

議題 7．今年度中の事業の追加について

資料 6 に基づき昨年度の支部事業の実施
状況が説明され、今年度も事業の追加を検
討することが提案され、承認された。

議題 8．2020 年度東北雪氷賞受賞者の選考
結果について

資料 8 に基づき、2 件の功績賞の推薦が
東北雪氷賞選考委員会からあり、理事会に
おいて承認された旨の報告があった。

以上

2019 年度(公社)日本雪氷学会東北支部事業報告

1. 研究会・研修会事業

(1) 特別講演会の開催

日付：2019 年 5 月 24 日(金)，場所：秋田カレッジプラザ(秋田市)

講演者 林信太郎氏(秋田大学教育文化学部 教授)

タイトル：「東北の火山と雪泥流について」

(2) 2019 年度支部研究発表会の開催

日付：2019 年 5 月 24 日(金)～5 月 25 日(土)，場所：秋田カレッジプラザ(秋田市)

発表：21 件，参加者：36 名

(3) 積雪観測講習会の開催

日付：2020 年 2 月 29 日(土)，場所：岩手県民の森 森林ふれあい学習館フォレストアイ
(岩手県八幡平市)

特別講演 尾関俊浩氏(北海道教育大学札幌校 教授)

参加者：16 名

2. 普及・啓発、表彰事業

(1) 東北雪氷賞授賞式の開催

日付：2019 年 5 月 24 日(金)，場所：秋田カレッジプラザ(秋田市)

東北雪氷賞(功績賞) 山崎 剛殿(東北大学大学院理学研究科)

「陸面過程モデルの研究開発と日本雪氷学会東北支部への貢献」

東北雪氷賞(学術賞) 若林裕之殿(日本大学工学部)

「リモートセンシングによる海水、湖水に関する研究」

(2) 2020 年度東北雪氷賞選考委員会の開催(メール審議) 日付：2020 年 3 月 10 日～31 日

(3) 支部ホームページの運営(随時)

(4) 支部機関誌文献データベースの公開

3. 出版事業

(1) 機関誌「東北の雪と生活」34 号の刊行(2020 年 3 月 10 日)

(2) ニューズレターの刊行

No. 70(2019 年 5 月 16 日)

4. その他

(1) 2019 年度支部理事会の開催

日付：2019 年 5 月 24 日，場所：秋田カレッジプラザ(秋田市)

(2) 2019 年度支部総会の開催

日付：2019 年 5 月 24 日，場所：秋田カレッジプラザ(秋田市)

(3) 支部メーリングリストの管理

2019年度 東北支部 収支報告書

事業名：東北支部 研究発表会の開催（秋田市，2019年5月24，25日実施）

経常収益の部	科 目	金 額	備 考
経常収益の部	事業収益		
	研究大会事業収益	37500	一般参加費（1,000円×30人） 学生参加費（500円×3人） 非会員参加費（2,000円×3人）
	経常収益合計	37500	
経常費用の部	科 目	金 額	備 考
経常費用の部	事業費		
	消耗品費	2743	賞状用紙・丸筒代
	褒章記念品	10800	功績賞×1人，学術賞×1人
	臨時雇賃金	20000	アルバイト代（12,000円×1人、4000円×2人）
	経常費用合計	33543	
	当期経常増減額	3957	

事業名：特別講演会の開催（秋田市，2019年5月24日実施）

経常収益の部	科 目	金 額	備 考
経常収益の部	事業収益		
	経常収益合計	0	
経常費用の部	科 目	金 額	備 考
経常費用の部	事業費		
	諸謝金	10000	講師謝礼金
	経常費用合計	10000	
	当期経常増減額	-10000	

事業名：東北支部 積雪観測講習会の開催（八幡平市，2020年2月29日実施）

経常収益の部	科 目	金 額	備 考
経常収益の部	事業収益		
	研修会事業収益	19400	一般参加費（1,700円×8人） 学会員参加費（700円×8人） 学生参加費（200円×1人）
	経常収益合計	19400	
経常費用の部	科 目	金 額	備 考
経常費用の部	事業費		
	会場費	18720	会場使用料
	交通費	8490	高速道路料金
	燃料費	5544	ガソリン代
	講師旅費	24780	3名分
	経常費用合計	57534	
	当期経常増減額	-38134	

事業名：東北支部機関誌「東北の雪と生活」34号の刊行

経常収益の部	科 目	金 額	備 考
経常収益の部	事業収益		
	経常収益合計	0	
経常費用の部	科 目	金 額	備 考
経常費用の部	事業費		
	印刷製本費	33000	30冊作成
	郵送費	6970	発送経費
	経常費用合計	39970	
	当期経常増減額	-39970	

事業名：支部機関紙文献データベースの公開

経常収益の部	科 目	金 額	備 考
経常収益の部	事業収益		
	経常収益合計	0	
経常費用の部	科 目	金 額	備 考
経常費用の部	事業費		
	文献データベース作成	70000	機関誌文献を支部HPに移植・公開
	経常費用合計	70000	
	当期経常増減額	-70000	

その他			
経常収益の部	科 目	金 額	備 考
	事業収益		
	経常収益合計	0	
経常費用の部	科 目	金 額	備 考
	事業費 ニューズレターNo. 70の郵送料	2880	
	経常費用合計	2880	
	当期経常増減額	-2880	

2019年度 収支報告書

収入 (a)	56,900
事業 研究発表会収入	37,500
収入 研修会収入	19,400
出版収入	0
支出 (b)	213,927
事業 研究発表会事業費	33,543
費用 諸謝金	10,000
講習会事業費	57,534
出版事業費	39,970
文献データベース作成費	70,000
その他	2,880
収支差額 (a-b)	-157,027

棚卸資産

担当	機関連名	原価	2018年度末(19/3/31)		2019年度末(20/3/31)	
			在庫数	資産額	在庫数	資産額
本部	雪氷80巻1号	767	50	38,350	-	0
	雪氷80巻2号	1,050	102	107,100	-	0
	雪氷80巻3号	496	74	36,704	-	0
	雪氷80巻4号	1,006	60	60,360	-	0
	雪氷80巻5号	812	37	30,044	-	0
	雪氷80巻6号	837	49	41,013	-	0
	雪氷81巻1号	444	50	22,200		0
	雪氷81巻2号	385	-	-		0
	雪氷81巻3号	408	-	-		0
	雪氷81巻4号	597	-	-		0
	雪氷81巻5号	543	-	-		0
	雪氷81巻6号	578	-	-		0
	雪氷82巻1号	564	-	-		0
北海道支部	小計			335,771		0
	雪崩・積雪分類	248	97	24,056	0	0
	小計			24,056		0
	2018予稿集	1,317	0	0	-	0
	2019予稿集	1,536	-	-		0
	小計			0		0
	BGR No.33-34	1,712	20	34,240		0
	BGR No.35-36	2,560	11	28,160		0
	積雪観測ガイドブック	2,000	34	68,000	0	0
	小計			130,400		0
	本部 計			490,227		0
	北海道の雪氷No.37(モノクロ)	1,700	0	0	-	0
	北海道の雪氷No.37(カラー)	5,050	2	10,100	-	0
東北支部	北海道の雪氷No.38(モノクロ)		-	-		0
	北海道の雪氷No.38(カラー)		-	-		0
	東北の雪と生活No.33	1,800	10	18,000	-	0
北信越支部	東北の雪と生活No.34	1,100	-	-	10	11,000
	雪氷北信越No.38	650	3	1,950	-	0
	雪氷北信越No.39	715	-	-		0
合計				520,277		11,000

2020 年度(公社)日本雪氷学会東北支部事業計画

1. 研究会・研修会事業

(1) 2020 年度支部研究発表会の開催

日付：2020 年 5 月，場所：新庄市（→中止）

(2) 特別講演会の開催（→中止）

(3) 見学会または雪に関する講習会の開催(1 ヶ所)

2. 普及・啓発、表彰事業

(1) 支部ホームページの維持・運営

(2) 2020 年度東北雪氷賞の表彰

(3) 2021 年度「東北雪氷賞」受賞候補者の募集(締切:2021 年 2 月末日)

(4) 東北雪氷賞受賞候補者選考委員会の開催

3. 出版事業

(1) 機関誌「東北の雪と生活」35 号の編集・発行・発送(6～9 月)

(2) ニュースレターの刊行(2～3 回)

メーリングリスト登録者には添付ファイルにて送信。未登録者には郵送。

4. その他

(1) 2020 年度支部理事会の開催

日付：2020 年 5 月 25 日～31 日（メール審議）

(2) 2020 年度支部総会の開催

日付：2020 年 6 月，場所：新庄市

(3) 会員名簿の整理(5～7 月)

(4) 支部メーリングリストの管理

2020年度 東北支部 収支予算案

事業名：東北支部 研究発表会の開催（新庄市）

2020年4月1日から2021年3月31日まで（単位：円）

	科 目	金 額	備 考
経常収益の部	事業収益 研究大会事業収益	32000	参加費（1,000円×32人）
	経常収益合計	32000	
	科 目	金 額	備 考
経常費用の部	事業費		
	消耗品費	6500	コピー用紙代等
	会場費	9000	会場・備品使用料
	臨時雇賃金	16000	アルバイト代（2名分）
	褒賞記念品	12000	褒賞記念品（2名分）
	手数料	500	振込手数料
	経常費用合計	44000	
	当期経常増減額	-12000	

2020年度 東北支部 収支予算案

事業名：東北支部 講習会の開催

2020年4月1日から2021年3月31日まで（単位：円）

	科 目	金 額	備 考
経常収益の部	事業収益 研修会事業収益	10000	参加費（一般3名、学会員3名、学生2名）
	経常収益合計	10000	
	科 目	金 額	備 考
経常費用の部	事業費		
	旅費交通費	41,000	宿泊費（20,500円×2人）税別
	資料代	2,000	当日配布資料
	会場費	6,100	会場使用料
	消耗品費	1,500	コピー用紙、修了証書等
	手数料	500	振込手数料
	経常費用合計	51100	
	当期経常増減額	-41100	

2020年度 東北支部 収支予算案

事業名：東北支部機関誌「東北の雪と生活」35号の刊行

2020年4月1日から2021年3月31日まで（単位：円）

	科 目	金 額	備 考
経常収益の部	事業収益 出版事業収益	30000	冊子代（2000×15冊：会員）
	経常収益合計	30000	
	科 目	金 額	備 考
経常費用の部	事業費 印刷製本費	61000	冊子作成（梱包・郵送費含） 30冊（賛助・特別会員等15＋会員15）
	経常費用合計	61000	
	当期経常増減額	-31000	

2020年度 東北支部 収支予算案

事業名：東北支部 ニュースレターの刊行

2020年4月1日から2021年3月31日まで（単位：円）

	科 目	金 額	備 考
経常収益の部	事業収益		
	経常収益合計	0	
	科 目	金 額	備 考
経常費用の部	事業費 消耗品費 郵送費	1000 10000	封筒・コピー用紙等 特別会員・賛助会員等 2回/年
	経常費用合計	11000	
	当期経常増減額	-11000	

2020年度 東北支部 収支予算案
事業名：東北支部 特別講演会
2020年4月1日から2021年3月31日まで（単位：円）

経常 収益 の 部	科 目	金 額	備 考
	事業収益		
	経常収益合計	0	
経常 費用 の 部	科 目	金 額	備 考
	事業費 諸謝金	10000	講師（非学会員1名）謝礼金
	経常費用合計	10000	
	当期経常増減額	-10000	

公益社団法人日本雪氷学会東北支部 支部規程施行内規

- 第1条 本支部は公益社団法人日本雪氷学会東北支部と称する。
- 第2条 本支部は公益社団法人日本雪氷学会定款第3条の目的を達成する為に下記の事業を行なう。
1. 雪氷および寒冷に関する調査および研究
 2. 研究会、講演会、見学会等の開催
 3. 支部会誌その他資料の刊行
 4. その他本法人の目的達成に必要な事業
- 第3条 本支部の会員は東北地方の日本雪氷学会名誉会員、終身会員、正会員、特別会員、賛助会員、団体会員および東北地方以外の希望する会員とする。
- 第4条 本支部に次の役員を置く。
- | | |
|------|-------------|
| 支部長 | 1名 |
| 副支部長 | 若干名 |
| 顧問 | 若干名 |
| 理事 | 10名以上、15名以内 |
| 監事 | 2名 |
| 幹事 | 若干名 |
- 第5条 支部長は支部からの推薦に基づき、定款施行細則第28条により、定款第20条に定める理事の中から理事会において選出する。
- 第6条 理事および監事は、支部総会において支部会員の中から選任する。ただし、理事については原則として各県1名以上とする。
- 第7条 副支部長は必要に応じてこれを理事の中から支部長が委嘱する。
- 第8条 幹事（幹事長、総務幹事、会計幹事、各県幹事）は支部会員の中から支部長が委嘱する。ただし、各県幹事は必ずしも会員であることを問わない。
- 第9条 支部長は本支部を代表しその会務を総理する。
- 第10条 副支部長は支部長を補佐し、支部長に事故あるときは、あらかじめ支部長が指名した順序でその職務を代行する。
- 第11条 理事会は支部長、副支部長、理事で構成され、重要な事項を決議する。
- 第12条 監事は支部の事業を監査する。
- 第13条 幹事会は幹事長、幹事で構成され、支部長の指示を受けて会務ならびに会計を処理する。
- 第14条 支部長の任期は2年とする。ただし、通算4年を超えて在任することはできない。
- 2 支部長を除く役員の任期は2年とする。ただし、原則として連続する2期を超えて同一役職を務めることはできない。
 - 3 補欠による役員の任期は、前任者の残任期間とする。
- 第15条 本支部に顧問をおくことができる。顧問は理事会の議を経て支部長がこれを委嘱する。
- 第16条 本支部は、必要に応じて各種の委員会を設けることができる。委員会の委員長は理事会の議を経て支部長がこれを委嘱する。
- 第17条 本支部は毎年1回定期総会を開くほか、必要に応じ臨時総会を開く。
- 第18条 総会において下記事項の承認を受けなければならない。
1. 会務の報告
 2. 新年度の事業方針
 3. 役員の決定
 4. 支部規程施行内規の変更
 5. その他重要な事項

第19条 本支部の事業年度は毎年4月より翌年3月までとする.

附 則 本内規は平成25年5月31日から施行する.

附 則 本内規は平成29年5月12日から一部改正する.

東北雪氷賞受賞者選考規程

昭和 63 年 4 月 1 日施行
平成 12 年 5 月 12 日改正
平成 13 年 5 月 18 日改正
平成 15 年 5 月 16 日改正
平成 19 年 5 月 11 日改正
平成 21 年 5 月 8 日改正
平成 25 年 5 月 31 日改正
平成 27 年 5 月 15 日改正
令和 2 年 8 月 31 日改正

公益社団法人日本雪氷学会東北支部規程施行内規第 2 条第 4 項による東北雪氷賞は、その受賞者をこの規程によって決定する。

1. 支部長は、受賞候補者を選定するために、東北雪氷賞受賞候補者選考委員会（以後、委員会という）を設ける。
2. 委員会は数名をもって組織し、委員長をおくこととし、支部長がこれを委嘱する。
3. 支部長は、毎年、支部会員等により下記の項目に該当する候補者の推薦を求める。推薦は自薦も含み、また委員会委員も候補者を推薦することができるものとする。
 - (1) 東北雪氷賞（学術賞）……雪氷学の発展に貴重な貢献を与える研究をなした者。ただし、学会誌に掲載論文を有する者とする。
 - (2) 東北雪氷賞（学術奨励賞）……原則として 40 歳以下の者で、現在の研究が今後発展して、雪氷学の発展に貴重な貢献をなすと考えられる者。
 - (3) 東北雪氷賞（技術賞）……雪氷技術の発展に貴重な貢献となる研究または開発を行った者および雪氷技術を通して社会に著しい貢献をなした者。
 - (4) 東北雪氷賞（功績賞）……雪氷学の発展に対する基礎的貢献、および雪国の発展、ならびに東北支部の運営、発展に関して、著しい貢献をなした者（団体、個人を問わない）。
 - (5) 東北雪氷賞（特別功績賞）……長年にわたり、東北地方において、雪氷学ならびに雪国社会文化発展に著しい貢献度を有するもの。
4. 候補者を推薦する者は、毎年 2 月末日までに、下記の項目を記載した書類を委員会委員長に提出するものとする。
 - (1) 東北雪氷賞（学術賞）、東北雪氷賞（学術奨励賞）、東北雪氷賞（技術賞）、東北雪氷賞（功績賞）、東北雪氷賞（特別功績賞）の区別。
 - (2) 推薦者の氏名、所属、職名。
 - (3) 受賞候補者の氏名（または団体名）、所属、職名、学位。
 - (4) 推薦理由書（○○○に関する研究、○○○の功績、などの標題を掲げ、500 字ほどに纏めたもの）。
 - (5) 東北雪氷賞（学術賞）、東北雪氷賞（学術奨励賞）の候補者の推薦にあたっては、該当する論文、著書、またはその写しを添付する。
 - (6) 東北雪氷賞（功績賞・特別功績賞）、東北雪氷賞（技術賞）の候補者の推薦にあたっては、著書・新聞記事の写しなど、その賞に値するもの、あるいは、客観的評価を得たものがあればそれを添付する。

5. 委員会は、推薦書類に基づき、その年の受賞候補者を項目ごとに選考し、3月末日までに推薦書類等を添付して選考結果を支部長に報告する。
6. 受賞者は、理事会の議を経て決定する。
7. 東北雪氷賞は、賞状および記念品とし、通常総会においてこれを贈呈する。
8. 本規約は改正の日から施行する。

東北雪氷賞 受賞者リスト

回	年度	学術賞	学術奨励賞	功績賞
1	昭和 63(1988)	なし	なし	中村 勉 桂木 公平
2	平成 元(1989)	鈴木 道也	なし	太田 祖電
3	平成 2(1990)	石橋 秀弘	なし	高橋喜一郎
4	平成 3(1991)	佐藤 清一	阿部 修 堀井 雅史	小島忠三郎
5	平成 4(1992)	塚原 初男	力石 國男 山形大学農学部附属演習林グループ 東北電力(株)応用技術研究所雪氷技術研究室	なし
6	平成 5(1993)	矢野 勝俊	佐藤 威 太田 岳史	なし
7	平成 6(1994)	伊藤 驍	大谷 博弥	日本地下水開発 (株)
8	平成 7(1995)	卜蔵 建治	小杉 健二	なし
9	平成 8(1996)	東浦 将夫	飯田 俊彰	安濃 恒友 小畑 勇 篠島 健二
10	平成 9(1997)	佐藤 篤司	山谷 睦	(特)渡邊善八(故人)
11	平成 10(1998)	柳沢 文孝	なし	(特)北村昌美 土屋 巖 PSG 工法研究会
12	平成 11(1999)	佐藤幸三郎	なし	なし
13	平成 12(2000)	なし	なし	矢野 勝俊(故人)
14	平成 13(2001)	力石 國男 山崎 剛	なし	防災科学技術研究所・ 長岡雪氷防災研究所新庄支所
15	平成 14(2002)	佐藤 威	鈴木 和良	(特)高橋 喜平
16	平成 15(2003)	阿部 修	なし	塚原 初男
17	平成 16(2004)	堀井 雅史	なし	なし
18	平成 17(2005)	なし	なし	安彦 宏人 梅宮 弘道
19	平成 18(2006)	なし	赤田 尚史 根本 征樹	佐藤 清一
20	平成 19(2007)	渡邊 明	蔵王雪氷研究グループ	伊藤 驍
21	平成 20(2008)	なし	原田鉦一郎 山口 正敏	なし
22	平成 21(2009)	小杉 健二	本谷 研	なし
23	平成 22(2010)	なし	石田 祐宣	佐藤幸三郎
24	平成 23(2011)	なし	梅村 順	東浦 将夫(故人) 三崎 安則
25	平成 24(2012)	なし	朝岡 良浩	力石 國男
26	平成 25(2013)	赤田 尚史	なし	秋田雪の会

回	年度	学術賞	学術奨励賞	技術賞	功績賞
27	平成 26(2014)	後藤 博	なし	阿部 孝幸	横山 孝男
28	平成 27(2015)	なし	なし	望月 重人	(特)沼野 夏生 渡邊 明
29	平成 28(2016)	なし	なし	なし	阿部 修
30	平成 29(2017)	根本 征樹	なし	なし	佐々木 幹夫
31	平成 30(2018)	なし	なし	平山 順子	なし
32	令和元(2019)	若林 裕之	なし	なし	山崎 剛
33	令和 2(2020)	なし	なし	なし	沼澤 喜一 柳澤 文孝

昭和 63 年度に制度制定、(特)は特別功績賞

技術賞は平成 26 年度より制定

日本雪氷学会東北支部「東北の雪と生活」投稿規程

平成 20 年 6 月 30 日施行

平成 28 年 3 月 18 日改定

1. 投稿資格

投稿の著者(連名の場合は1名以上)は、日本雪氷学会の会員でなければならない。ただし、特に編集委員会が認めたものについてはこの限りではない。

2. 投稿手続き・受理

2.1 投稿できる原稿は、5. に定める論文、報告、解説、資料、その他とする。

2.2 投稿原稿は、6. に定める規定ページ数を守らなければならない。満たさない場合は原稿を返却する。

2.3 投稿にあたっては、原稿執筆要項にしたがい A4 用紙 1 段組で完成原稿としてそのまま印刷可能な形にして提出するものとする。なお、提出は、PDF もしくは MS-Word とする。原稿は要請が無ければ返却しない。

なお、カラーの図表を用いる場合は、白黒でも判別可能なものとする。

2.4 原稿は、自筆署名を行った著作権譲渡承諾書とともに編集委員長宛に提出すること。受理日は到着日とするが、大会で報告したものについては大会開催日とする。なお、提出締め切りは大会毎に定める。

2.5 一連の研究を投稿する場合も、各報の論文題名は同一のものであってはならない。同一の場合はⅠ、Ⅱの記号を題目に明記すること。

3. 原稿の採否

投稿原稿の採否は編集委員会が決定する。編集委員会は投稿原稿について訂正や種別の変更を求めることがある。訂正を求められた原稿が指定された返送日より遅延した場合は掲載しないことがある。

4. 原稿の取下げ

4.1 原稿を取下げたい場合は、執筆者が編集委員長宛にその理由を提出しなければならない。

4.2 一度取下げた原稿の再投稿は、すべて新原稿として受理する。

5. 投稿原稿の種別

5.1 論 文

論文は、その内容が未発表のものであって、理論、実験等に誤りがなく、雪氷に関して独創的な研究で、価値ある結論あるいは事実を含むものとする。

なお、未発表のものとは、類似の内容が本会の受理日以前に国内外の印刷物に投稿または掲載されていないものをいう。

5.2 報 告

雪氷に関する調査の結果等をまとめたもので、会員の研究推進に役立つものとする。

5.3 解 説

雪氷に関するこれまでの研究成果や技術等に関する解説を行い、会員への研究成果、技術の広報、普及に役立つものとする。

5.4 資 料

雪氷に関する学術的、技術的に価値があり、会員の研究に参考資料として役立つものとする。

5.5 その他

事務局報告等編集委員会が必要と認めたものについて掲載することができる。

6. 投稿原稿の規定ページ数

投稿原稿の1編につき規定の刷上りページ数は、6ページ以内とする。編集委員会が認めた場合はこの限りではない。

「東北の雪と生活」原稿執筆要項（14pt 明朝・太字）

東北太郎 （所属）（12pt 明朝・太字）

雪氷花子 （所属）（12pt 明朝・太字）

Please write the English title here. (12pt TimesNewRoman, bold)

Taro TOHOKU (Affiliation; 10.5pt TimesNewRoman, bold)

Hanako SEPPYO (Affiliation; 10.5pt TimesNewRoman, bold)

1. ページ

原稿の長さは原則として、6 ページ以内とします。

2. 原稿

原稿はワープロを用いて、A4 判サイズで作成ください。上端マージン 25mm, 下端マージン 25mm, 左端マージン 25mm, 右端マージン 25mm, 字数は 45 字×45 行で一段組とします。

ただし、この字数で印字できない場合は、文字数や行数を調整してマージンに、はみ出さない様にしてください。電子版(PDF 版)は原稿をそのまま利用しますが、冊子版では原稿をオフセットし、A4 判の大きさに白黒印刷します。

3. 書き出し

第 1 ページは題目を第 1 行から書きだし、1 行あけて所属、著者名を中央に揃えて書き、続けて英文題目、英文著者名を書きます。著者名は所属ごとに改行してください。1 行空けて本文を書き出してください。第 2 ページからは第 1 行目から書いてください。

題目は明朝 14pt, 著者名と所属は明朝 12pt, それ以外は節題を含め 10.5pt のフォントを用い、題目、著者名、節題はボールドで強調して下さい。句読点は「,」「.」を用いてください。本文の英数字は半角にして下さい。また、ページ番号は印刷しないでください。この案内は執筆要項の様式に従って書いてあります。

4. 図・表

図(写真も含む)・表は白黒印刷に耐えられる鮮明なものを用い、表の説明(キャプション)は表の上に、図の説明は図の下に記載してください。図・表番号はそれぞれ通し番号(図 1, 表 1)としてください。また、本文中でも必ず触れるようにしてください。

5. 引用文献

本文中の引用は、著者の姓(発表年)、文末の場合は(著者の姓, 発表年)とし、本文末尾の文献リストと対応させて下さい。文献リストは、第 1 著者姓のアルファベット順に並べて下さい。引用文献の記載方法は「雪氷」に準じます(東北・雪氷, 2015)。

6. 締切期日

各年度の原稿提出締切は事務局より連絡いたします。遅れた場合は掲載しません。

【引用文献】

東北太郎, 雪氷花子, 2015: 「東北の雪と生活」原稿執筆要項, 東北の雪と生活, **15**, 1-2.

著作権譲渡承諾書

公益社団法人 日本雪氷学会 殿

原稿タイトル名：

全著者名：

上記の原稿は、今までに他の雑誌・書籍に掲載されたり、投稿中でないことを誓約いたします。また他の著作物の著作権を侵害していないこと、著作権許諾が必要な引用については無償での転載許可を書面で得ていることを誓約します。

この原稿が(公社)日本雪氷学会東北支部機関誌「東北の雪と生活」に掲載された場合は、(公社)日本雪氷学会著作権規程のとおり、その著作権を(公社)日本雪氷学会に譲渡することに同意します。

なお、この著作権譲渡の承認に関して、他の共著者全員の同意を得ていることを保障いたします。

代表者署名：_____（ 年 月 日）

（署名は自筆でお願いします。捺印は不要です。原稿投稿時に添付して下さい。）

2019・2020 年度 公益社団法人 日本雪氷学会東北支部役員

2020.11.1 現在

支部長	小杉 健二	(防災科学技術研究所雪氷防災研究センター雪氷環境実験室長)
副支部長	原田 鉦一郎	(宮城大学食産業学部准教授)
	山谷 睦	(日本地下水開発(株)取締役営業本部企画開発部部长)
理 事	赤田 尚史	(弘前大学被ばく医療総合研究所教授)
	石崎 武志	(東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター教授)
	梅村 順	(日本大学工学部専任講師)
	熊谷 浩二	(八戸工業大学工学部名誉教授)
	後藤 博	(秋田雪の会世話人)
	鈴木 利孝	(山形大学学術研究院教授)
	根本 征樹	(防災科学技術研究所雪氷防災研究センター主任研究員)
	原田 鉦一郎	(宮城大学食産業学部准教授)
	平山 順子	(北東北エリア雪崩事故防止研究会事務局)
	山谷 睦	(日本地下水開発(株) 取締役営業本部企画開発部部长)
監 事	佐々木幹夫	(八戸工業大学土木建築工学科教授)
	柳澤 文孝	(山形大学学術研究院教授)
顧 問	伊藤 驍	(国立秋田高専名誉教授)
	中村 勉	(元岩手大学農学部教授)
	力石 國男	(秋田看護福祉大学教授)
	三崎 安則	(アルゴス技術顧問)
	阿部 修	(元防災科学技術研究所雪氷防災研究センター新庄支所長)
幹事長	金 高義	(福島工業高等専門学校都市システム工学科助教)
総務幹事	金 高義	(福島工業高等専門学校都市システム工学科助教)
会計幹事	菊地 卓郎	(福島工業高等専門学校都市システム工学科准教授)
各県幹事		
青森県	石田 祐宣	(弘前大学大学院理工学研究科准教授)
秋田県	本谷 研	(秋田大学教育文化学部准教授)
岩手県	真坂 一彦	(岩手大学農学部教授)
宮城県	高井 博司	(日本気象協会東北支社事業サービス課)
山形県	服部 恭典	(日本地下水開発(株))
福島県	加茂 祐一	(福島地方気象台)

事業委員会

委員長	安達 聖	(防災科学技術研究所雪氷防災研究センター特別研究員)
委員	佐藤 研吾	(防災科学技術研究所雪氷防災研究センター主任研究員)
	山口 正敏	(日本地下水開発(株))

「東北の雪と生活」編集委員会

委員長	朝岡 良浩	(日本大学工学部准教授)
委員	荒川 逸人	(防災科学技術研究所雪氷防災研究センター主幹研究員)
	本谷 研	(秋田大学教育文化学部准教授)

東北雪氷賞選考委員会

委員長	堀井 雅史	(日本大学工学部教授)
委員	赤田 尚史	(弘前大学被ばく医療総合研究所教授)
	後藤 博	(秋田雪の会世話人世話人)
	山崎 剛	(東北大学大学院理学研究科教授)
	若林 裕之	(日本大学工学部教授)

公益社団法人 日本雪氷学会東北支部事務局

〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30

福島工業高等専門学校都市システム工学科 金 高義 気付

TEL : 0246-46-0828 FAX : 0246-46-0843

(公社)日本雪氷学会東北支部 特別・賛助会員名簿

(2020.11.11 現在)

特別会員

機関名	所 在 地	電 話	会員区分
大蔵村役場	〒996-0212 山形県最上郡大蔵村大字清水2528番	0233-75-2111	3級
鮭川村	〒999-5202 山形県最上郡鮭川村大字佐渡2003-7	0233-55-2111	3級
新庄市	〒996-8501 山形県新庄市沖の町10番37号	0233-22-7891	3級
西和賀町	〒029-5512 岩手県和賀郡西和賀町川尻40地割40番地71	0197-82-3284	3級
舟形町役場	〒999-4601 山形県最上郡舟形町舟形263	0233-32-2111	3級
最上町	〒999-6101 山形県最上郡最上町向町644	0233-43-2111	3級

賛助会員

機 関 名		所 在 地	電 話	会員区分
日本地下水開発（株）	〒990-2313	山形県山形市大字松原777	023-688-6000	1級
T N - P S G 工法研究会	〒990-2305	山形県山形市蔵王半郷字松尾川94-7 共和防災建設株式会社内	023-688-8784	1級
（株）シンワ	〒990-0051	山形県山形市銅町1-1-36	023-641-7456	3級
東光計測（株）	〒990-2161	山形県山形市漆山字梅ノ木1985-4	023-686-4952	3級
東邦技術（株）	〒014-0041	秋田県大仙市大曲丸子町2-13	0187-62-3511	3級
東北企業（株）	〒990-2431	山形県山形市松見町11-19	023-622-7201	3級
東北電力ネットワーク（株）	〒980-8551	宮城県仙台市青葉区本町1-7-1	022-721-1601	3級
（株）ネクスコ・エンジニアリング東北	〒980-0013	宮城県仙台市青葉区花京院2-1-65 花京院プラザ13F	022-713-7277	3級
（株）双葉建設コンサルタント	〒996-0002	山形県新庄市金沢字谷地田 1399-11	0233-22-0891	3級

題字：渡辺善八

東北の雪と生活 第35号

令和2年12月18日発行

発行 公益社団法人日本雪氷学会東北支部

編集委員長：朝岡 良浩

事務局 〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30

福島工業高等専門学校都市システム工学科

幹事長：金 高義

TEL 0246-46-0828

FAX 0246-46-0843

©2020（公社）日本雪氷学会

掲載された記事等の著作権は（公社）日本雪氷学会に属する。