

# 6

## 純国産の雪を活用した低温技術の可能性



伊藤 親臣  
ITO Yoshiomi

株式会社SnowBiz/代表取締役

雪国で暮らす人達にとって毎年降る雪は迷惑なものと捉えられることが多い。その一方で、最近では再生され循環するエネルギーとして着目される一面も見られる。また、雪を用いた冷蔵庫は食品等に付加価値を与える機能を有する。あまり知られていない雪のポテンシャルとは、一体どんなもののか。

### 国土のほぼ半分は雪国

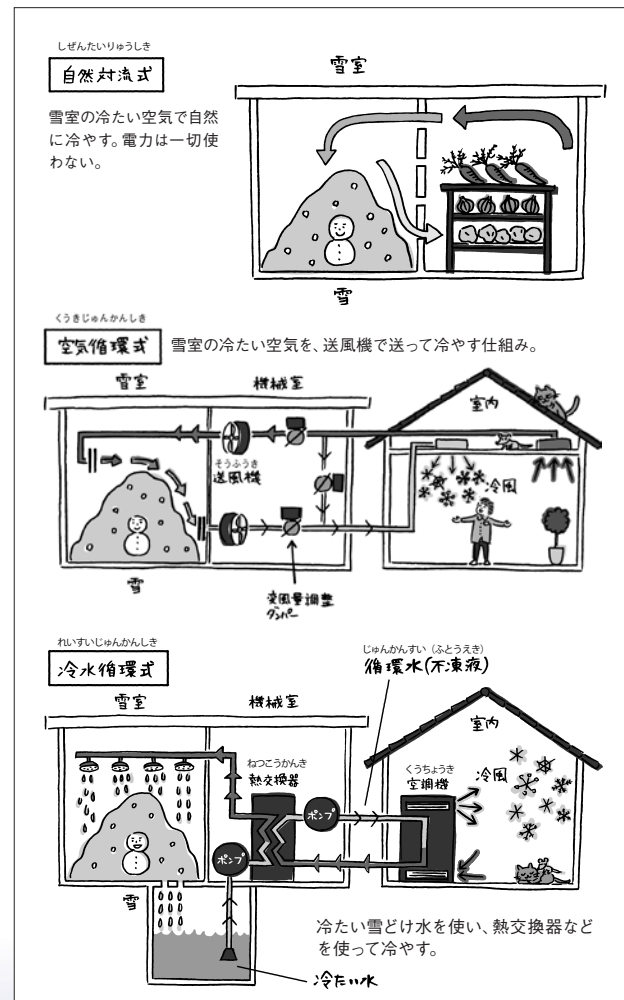
冬になると雪が降ります。日本人にとって身近な存在でもある雪ですが、近年、地球温暖化の影響を受けているのか、降雪時期や降雪量にも変化の波が生じています。そんな気まぐれな雪ですが、雪が降る要因として3つあると考えられています。

1つ目は雪の素となる水蒸気を大気に供給する日本海です。この日本海に流れ込む対馬海流は黒潮に端を発し、遥か赤道付近から循環する暖流です。2つ目はシベリア大陸から日本列島に流れ込む非常に冷たく乾いた季節風です。そして3つ目は日本列島を背骨のように走る脊梁山脈です。この3つの要因が実にタイミングよく機能すると、日本列島に大雪をもたらします。このうち季節風と暖流は地



大雪の上越市内 (2021年1月)

球の自転と公転に起因しており、脊梁山脈は日本列島が形成される数100万年前の地殻変動と海洋



雪の利用方法 (雪冷房と雪冷蔵) (『空から宝ものが降ってきた』(旬報社)より)

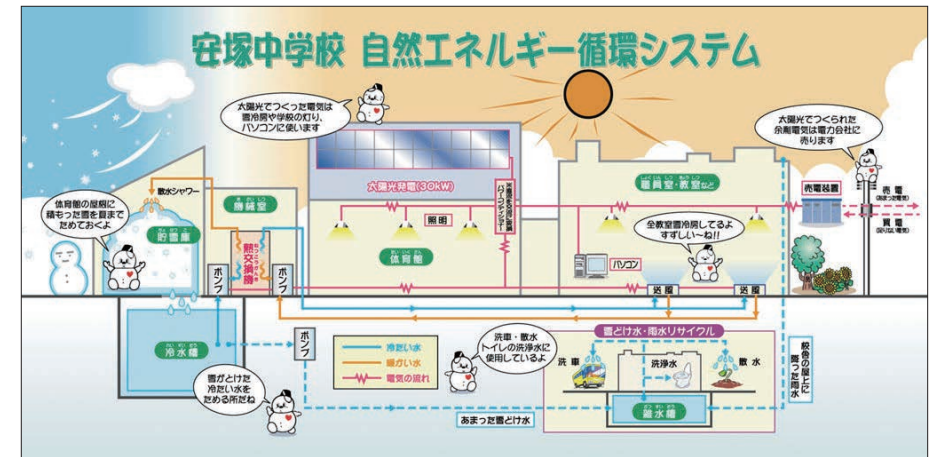
プレートの影響によるものと考えられています。したがって、雪をもたす要因を無くすことは、人の力ではどうすることもできないのですが、この雪はやがて川となり、田畑を潤し、命を育む水となります。

そもそも、日本の国土のほぼ半分は雪国と言われており、有史以来、毎年冬になると一定量の雪が降っていたと考えるのが自然であり、宿命なのかもしれません。しかし、そこに日本の人口の約20%が暮らしているのも事実です。

とはいえ、2019～2020年の冬は記録的な暖冬小雪でしたが、2020～2021年の冬は一転して大雪となりました。年末から年始にかけて日本海側の北陸から北海道にかけ強烈な寒波に見舞われ、記録的な降雪が数日間続き、雪国各地で雪害をもたらしました。皮肉なことに、小雪に慣れてしまっていたため除雪道具がないという物理的な準備不足と、「これくらいの降雪ならば、何とか走行できるのでは?」と安易に雪道を進んだ挙句、雪に車輪を取られスタックして立ち往生する車が续出し、渋滞に拍車をかけました。そのため物流が滞り、社会や地元経済に影響を及ぼす結果となりました。一方、除雪車は整備してあるにもかかわらず、オペレーターが不足しているため除雪作業が進まないというもどかしさもあり、高齢化と担い手不足といった雪国の現実が浮き彫りとなりました。

### 雪は純国産のエネルギー

極端な気象や気候の変動は世界各地で見受けられ、これらの原因の一つに地球温暖化の影響が考えられています。私たちは持続可能な社会をつくるために、枯渇が心配な化石燃料から再生可能な自然エネルギーへの転換が求められ、SDGsが目指している脱炭素社会に世界は向かっています。2002年、国は『新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法』(新エネ法)の改正に伴い、毎年再生される自然の雪は冷蔵や冷房などに利用できる「雪氷熱」として、環境に配慮した未来のエネル



安塚中学校の雪冷房システム図

ギーに追加しました。つまり、雪は国からお墨付きを得たエネルギー源なのです。

「雪がエネルギー」というとピンとこないひとも多いと思いますが、雪は冷たいエネルギーの塊なのです。たとえば、雪(固体)1kgを0℃の水(液体)1kgにするために必要なエネルギーは、0℃の水(液体)1kgを80℃のお湯(液体)にするエネルギーと同じなのです。つまり、固体から液体にするために、大量のエネルギーが必要なのです。その逆も然りです。冬になるとあたり一面が雪で覆われ、春になると雪は解けて水にかえります。雪を降らせるエネルギーと雪を解かすエネルギーは地球規模で循環されるのです。そして日本に降る雪のエネルギーとしての最大の魅力は、純国産の資源であり、雪国に毎年再生され、冷たいエネルギーとして使用済みになっても、水資源として再利用することができ、川に捨てても雨水と同じだからほとんど無害であるということです。

### 雪冷房とは

雪の具体的な利用方法として「雪冷房」があります。雪冷房には「空気式」と「冷水式」に大別できます。「空気式」は、雪を貯めた倉庫から冷たい空気を送風機でそのまま部屋に送り込んで冷房する仕組みです。このシステムの良いところは、雪の表面で空気が冷えるだけでなく、空気中のごみやほこり、有害物質であるニコチン、アンモニア、ホルムアルデヒド(建築資材の接着剤などに含まれる化学物質)等を吸着してくれることで、空気がきれいになり、同時に消臭効果も生まれます。ま





ユキノハコ（雪室）外観



ユキノハコ（雪室）内部

た、空気に含まれる水蒸気を雪の表面で結露させるため、冷房だけでなく除湿も期待できます。

一方「冷水式」は、雪室の冷たい雪解け水を利用して冷房する方法です。直接冷たい水を部屋まで導いて冷房する方式や、部屋で温まった循環水である不凍液を雪解け水で熱交換させ冷房する方式があります。循環水は熱交換器によって雪解け水に熱を受け渡し、温くなった雪どけ水は雪室に戻って雪をゆっくり溶かし、冷たい水をつくります。「冷水式」ではこのルーティンを繰り返します。そして、冷たくなった循環水を冷風に変えるFCU（ファンコイルユニット）空調機に送りこみ、部屋を冷房します。現在、上越市立安塚中学校に導入されています。

雪冷房の基本的な技術はかなり開発されてきています。あとはどのように展開するかが課題ですが、冷熱のアドバンテージとして捉えれば、日本は雪資源大国です。このように考えると、大雪が

なんだか頼もしく見えてきます。

### 雪室は食品を美味しく貯蔵する冷蔵庫

雪国では古くから雪の冷たさを暮らしに取り入れていました。その一つが「雪室」です。電気を使わないエコな方法で食品を保存する雪国伝統の貯蔵技術です。そこでは氷点下にならない安定的な低い温度でありながら、高い湿度を保つことができるため、生鮮野菜などを鮮度よく保管できます。ジャガイモやニンジン、ダイコンなどの根菜類をおいしく保存できることが知られています。

雪の寒さを感じたジャガイモは、デンプンの一部が酵素の働きによりブドウ糖に分解され甘さが増します。つまり、寒さに負けないようにと細胞レベルで甘くなるのです。同じ条件でジャガイモを電気冷蔵庫で貯蔵した場合と比較すると、雪室で貯蔵したほど甘くならないことが研究成果として確認されています。この理由として「湿度」が関



雪室で熟成されたスノーエージングビーフ



さまざまな雪室食品

係していると考えます。野菜など生鮮食品は水分を必要とします。雪室内部は低温高湿度の環境が保たれますが、電気冷蔵庫では乾燥しがちです。生きるために欠かせない水分が補給されることで、継続的に甘さが増加すると考えられています。

一方、ダイコンやニンジンは高い湿度で保存されるため、ほとんど重量を変えずに鮮度良く保存することができます。そして、細胞液を濃くする働きによって、ジャガイモ同様に寒さに負けないよう工夫します。これらを「低温糖化」や「低温順化」といいます。人が食べると甘く感じたり、味が濃く感じたりするのはこの特別な働きによるものです。

また、雪室では米や玄そば、小麦などの穀物を貯蔵するほか、地酒や味噌を低温熟成しての商品化も進んでおり、最近ではコーヒー豆や精肉を雪室で熟成させる技術が開発されました。うま味や風味を高めるだけでなく、地域性を感じさせる食品として県内外でも高く評価されつつあります。

高い発芽率になることがわかりました。さまざまな植物を種の状態ですべて長期保存できるようになれば「シードバンク」のような役割を担うことができ、食糧危機の対策の一つになるかもしれません。

また、医薬品の貯蔵にも期待が持てます。一般の低温倉庫は事故や自然災害により停電した場合、低温に維持することが困難ですが、雪室は電気をほとんど使用しないため、エネルギーの自立が可能です。インフルエンザワクチンや血清などは2～8℃の貯蔵環境が求められますが、雪さえあれば容易にその環境を実現できるのです。

雪を上手に利用することは食品の美味しさを引き出すだけでなく、CO<sub>2</sub>を出さないで地域の魅力を引き出す大きなエンジン（原動力）となり、脱炭素社会の一助になると期待しています。そして私たちが雪に積極的に寄り添うことで、豊かで快適な雪国社会になると信じています。



現在の貯雪作業



昭和30年頃の雪室作り（上越市立高田図書館所蔵）

### 新たな雪の活用

私たち“雪のエンジニア”は雪を純国産の再生可能な冷熱資源として捉え、雪を利用した冷房や冷蔵について研究開発してきました。北海道美唄市では雪の冷たさをコンピューターの冷却に応用したホワイトデータセンターが稼働し注目を集めています。私は雪の出番、雪の出口をもっと作る必要があると考えます。つまり、雪の冷たさの価値化です。たとえば、園芸用の種も雪中貯蔵すると

主なワクチンの貯蔵法と有効期間

|         | 製剤名                    | 貯蔵方法           | 有効期間    |
|---------|------------------------|----------------|---------|
| 不活化ワクチン | インフルエンザHAワクチン          | 遮光し凍結を避けて10℃以下 | 製造日から1年 |
|         | 組み換え沈降B型肝炎ワクチン         | 〃              | 製造日から2年 |
|         | 沈降精製百日せきジフテリア破傷風混合ワクチン | 〃              | 〃       |
|         | 不活性ポリオワクチン             | 遮光し凍結を避けて2～8℃  | 製造日から3年 |
|         | 肺炎球菌ワクチン（23価多糖体）       | 〃              | 製造日から2年 |
|         | 狂犬病ワクチン（CSK社製）         | 〃              | 製造日から4年 |
| 生ワクチン   | おたふくかぜワクチン             | 遮光して5℃以下       | 製造日から1年 |
|         | 水痘ワクチン                 | 〃              | 製造日から2年 |
|         | 風しんワクチン                | 〃              | 〃       |
|         | 麻しんワクチン                | 〃              | 製造日から1年 |
|         | 麻しん風しん混合ワクチン           | 〃              | 〃       |
|         | BCGワクチン                | 10℃以下          | 製造日から2年 |

（一般社団法人日本ワクチン産業協会資料より抜粋）