

特別豪雪地帯に建つ伝統的民家の保存活用に向けた改修手法の研究

—熱環境調査によるエネルギー収支改善と現代版民家の可能性—

主査 江村 日奈子^{*1}

委員 三田村 輝章^{*2}, 吉野 博^{*3}, 清水 徹^{*4}, 上村 靖司^{*5}

特別豪雪地帯である新潟県十日町市の民家2棟を事例として、熱環境調査を行ない、気密欠損箇所や温度ムラなどの実態と課題を明らかにした。その上で、民家の歴史的価値を保全しながら住環境とエネルギー収支を改善するための、部分断熱改修手法を提案する。手法の検討には数値シミュレーションを用いて暖房負荷の削減効果を確認し、冬期に開口部と断熱区画部に和紙貼の断熱パネルを付加する仕様で実践した。また、住環境や雪に対する意識調査、雪利用住宅等の見学会と座談会を開催し、地域住民が雪と共生してきた知恵を掘り下げながら「豪雪地帯の現代版民家」のあり方を考察した。

キーワード：1) 特別豪雪地帯, 2) 伝統的民家, 3) 熱環境調査, 4) エネルギー収支改善,
5) 断熱補強, 6) 改修手法, 7) 雪利用, 8) 現代版民家

STUDY OF RENOVATION METHOD FOR TRADITIONAL HOUSES BUILT IN HEAVY-SNOW BELT TO UTILIZE FOR A FUTURE

-Improve the Energy Efficiency by Thermal Environment Research and seek a Way to Contemporary Vernacular Houses-

Ch. Kanako Emura

Mem. Teruaki Mitamura, Hiroshi Yoshino, Toru Shimizu, Seiji Kamimura

As subject, in two traditional houses in Tokamachi city belonged Heavy-Snow Belt, warmer environment survey was held for improve the energy balance and conserve the historic value in traditional houses. We suggest the method of partial thermal insulation reinforcement. In this study, heating-load reduction effect was made sure by the numerical simulation. Repair work was put in practice. And we seek whole concept of “Contemporary vernacular houses living together with heavy snow.”

1. はじめに

1.1 背景

新潟県は国内でも有数の豪雪地帯として知られ、気象庁による観測史において、最深積雪が4mを超える年もある^{注1)}。県内全てが豪雪地帯に、過半が特別豪雪地帯に指定されている。十日町市は県の南東部、信濃川流域に位置し、特別豪雪地帯に属する。市内の昭和50年代以降に建築された住宅は、新潟県による「克雪すまいづくり支援事業」に代表されるように、雪を克服することが優先されてきた。かつては、中門造に代表される伝統的民家が多数あったが、現在その数は減少しており、居住している民家は更に少ない。主な理由に、子世代が遠方にいる、別に新居を建てた、等の家庭事情と、家の窓が雪で埋まることによる採光不足や寒さといった屋内環境への不満、雪処理の大変さといった課題の両側面がある。また、雪冷熱利用は近年各種産業に展開されているが、住宅への導入は限定的である。

主査は2014年より、十日町市にある享保3年(1803)建築の民家を所有している。建物は、民家研究者の宮澤智士氏が1998年に新省エネ基準の断熱気密を施して移築し、アトリエとして使用してきた。宮澤氏の体調不良等で雪処理が困難となり、2014年の降雪前に取壊しもやむを得ないという状況にあったため、保存活用を目的に急遽譲り受け、研究拠点として不定期に使用している。実際に使用してみると、歴史を積み重ねてきた空間と断熱気密による安定的な環境は魅力的であるが、冬は大空間ゆえに温まるまでに時間がかかり寒い。しかし雪処理に追われて、屋内の環境に関しては後回しになりがちな状況に直面した。雪国で民家を持続していく上では、雪と共生しながら快適に暮らすための改善手法を取り入れる必要性を実感した。本研究では、前述の民家(以下民家A)を主な題材として、熱環境の実測と改善モデルの熱負荷計算による検討から、屋内環境とエネルギー収支改善に配慮した改修手法を提示したい。

*1 ぶなの木学舎民家研究室 研究員, *2 公立大学法人前橋工科大学 准教授, *3 東北大学教養教育院 総長特命教授,
*4 アトリエ縁 代表, *5 長岡技術科学大学 教授

1.2 研究の目的と方法

本研究は、伝統的民家の保存活用には、屋内環境の快適性向上と省エネルギー化が不可欠であるという視点から、特別豪雪地帯である新潟県十日町市の民家を対象として、実測調査により温熱環境の実態と課題を明らかにし、断熱補強箇所の選定などの具体的な改修手法を検討することで、住生活の向上に資することを目的とする。改修手法の検討には、雪利用を視野に入れ、民家居住者への意識調査やワークショップを通じて、その可能性を模索したい。研究は、以下の5つの項目で構成する。

【熱環境の実測調査】(2章)

民家2棟(民家A、民家B)を対象に実測調査により熱環境の実態を把握し、課題を整理する。測定項目は、各所温湿度測定(民家A、B)、気密測定(民家A)、熱画像撮影(民家A)で、各実測結果を考察する。

【部分断熱補強のシミュレーション検討】(3章)

民家Aを対象に、環境シミュレーションツールを用いて、冬期間に部分断熱補強をする場合のエネルギー消費の削減量を試算しながら、断熱仕様を検討する。

【部分断熱補強の実施】(4章)

民家Aにおいて、熱環境の実測調査とシミュレーションの入力条件に基づき、歴史的・文化的価値を残しながら住環境を改善するための部分断熱補強を実施する。補強設計の考え方と施工状況を示す。

【豪雪地帯の住まいと意識調査】(5章)

十日町市に残る民家数棟を対象に、外観目視調査により雪国の民家の建築特性を挙げる。また、住民への聞き取り調査により住環境・雪に関する意識を把握し、屋内環境の改善手法を適用する場合の課題を整理する。

【雪利用の可能性検討】(6章)

魚沼市他にみられる雪利用施設の先進事例の見学会、地域住民で議論する座談会を開催し、身近にできる雪利用の可能性を検討する。座談会は部分断熱改修を実施している民家Aを会場に、熱画像撮影デモを行ない、民家と屋内環境を体験できる場を設定する。

2. 熱環境の実測調査

2.1 調査概要

民家A、民家Bにおいて、各所温湿度測定を行う。民家Aは普段は不在であるため、同じ十日町市にあり居住状態である民家Bにおいて各所温湿度測定を行ない、住まい方に関する影響を把握する。特に夏期・中間期の冷房や通風換気、冬期の暖房使用時の温熱環境について考察する。各所温湿度測定の測定概要を表2-1に示す。民家Aでは、温湿度測定に加えて、表面温度測定、気密測定、熱画像撮影による断熱欠損特定と温度ムラの可視化を行なう。2棟の建物概要は次の通りで、写真、図面、測定場所と冷暖房機器の場所を図2-1～10に示す。

【民家A】

十日町市小原の旧広田家住宅として享保3年(1803)に建築された民家を、十日町市上野に平成10年(1998)頃移築した。敷地ほぼいっばいに建物が建ち、前面道路と家屋までの距離が近い。付属建物はなく、杉林に囲まれている。主屋は寄棟造2階建、ガルバリウム鋼板葺で、正面に入母屋造の中門を付ける。延床面積は約254.4㎡(1階139.8㎡、2階50.3㎡、小屋裏64.3㎡)。移築の際、新省エネ基準(平成4年基準・等級3相当)の断熱を施し、隙間相当面積C値を3cm²/㎡を確保することを前提に施工されている。主な断熱気密の仕様は、壁及び屋根にイソシアヌレートボード(t=30)、基礎立ち上り及びべた基礎下にスタイロフォーム(t=30)、気密シートはLLDPEフィルム(t=0.2)を使用し、開口部は木製サッシ(気密等級A-4 断熱等級H-4、Low-E+アルゴンガス封入複層ガラス)で、玄関のみ製作品で断熱仕様ではない。普段は居住しておらず不定期に利用している。

【民家B】

元々は銀行として使用された建物(所在地及び建築年は不明)を十日町市小原に移築したものを現居住者が購入した。居住者の話によると移築後85～90年位(昭和初期)という。敷地が広く、前面道路から主屋までのアプローチが長い。背面に川があり、土蔵、車庫、物置等の付属建物がある。主屋は切妻造2階建であった建物を、購入後に揚屋をしてRC造1階を造り、現在は3階建になっている。妻入で、三方に下屋を出す。延床面積は約502㎡(1階225㎡、2階222㎡、3階55㎡)。これまでに何度か改修を繰り返してきたが、断熱材等は特に付加しておらず、既存の土壁・漆喰塗の上に外部は横板張り、外周は主にシングルガラスのアルミサッシとなっている。居住者は2世帯7人と犬1匹。

表2-1 各所温湿度測定の測定概要

		温度・湿度	表面温度
測定器 ／計測方法		温湿度計付小型データロガー (ティアンドディ製、TR-72U) ／30分間隔で記録	T型熱電対、 小型熱電対ロガー ／30分間隔で記録
民家A	測定 期間	2015/3/8～継続中	2015/10/5～継続中
	測定 箇所	① 1階 囲炉裏の間 FL+1.1m ② 1階 囲炉裏の間 FL+0.1m ③ 1階 ヒロマ ④ 2階 ホール ⑤ 床下 ⑥ 外気	1) いろりの間の北側外壁 2) 上記の室内側 3) 床 4) 天井 5) 床下スラブ
民家B	測定 期間	2015/8/1～2016/7/21	-
	測定 箇所	① 2階 ストープのある部屋 ② 2階 ストープのない部屋 ③ 3階 煙突のある部屋 ④ 3階 煙突のない部屋 ⑤ 1階 食堂 ⑥ 外気	-



図 2-1 民家 A 外観



図 2-2 民家 A ヒロマ



図 2-6 民家 B 外観



図 2-7 民家 B ヒロマ

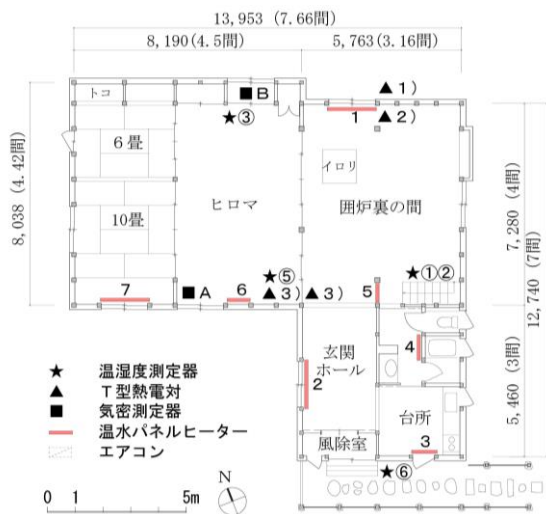


図 2-3 民家 A 1階平面図

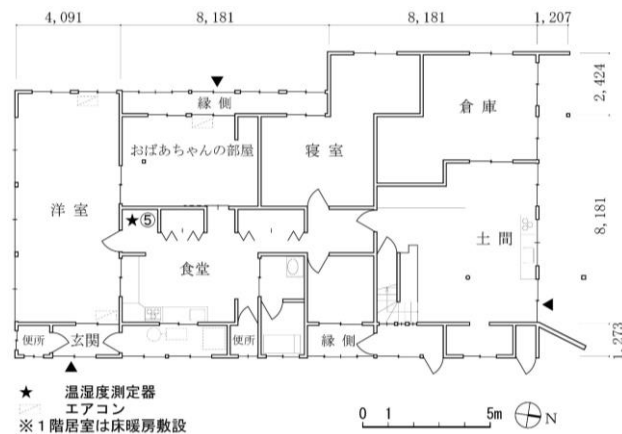


図 2-8 民家 B 1階平面図

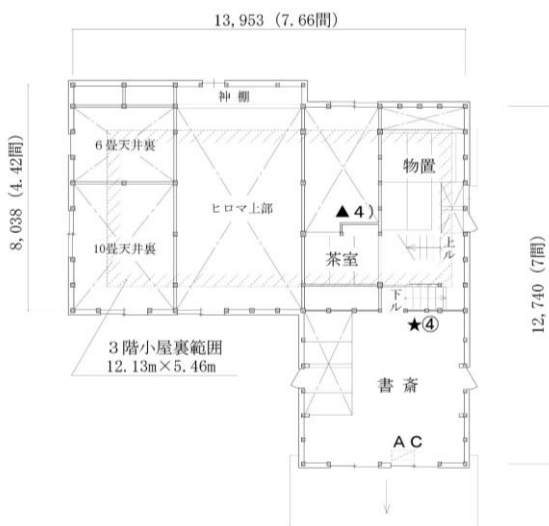


図 2-4 民家 A 2階平面図

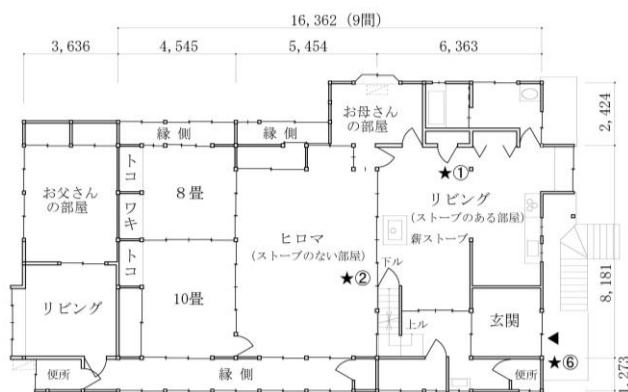


図 2-9 民家 B 2階平面図

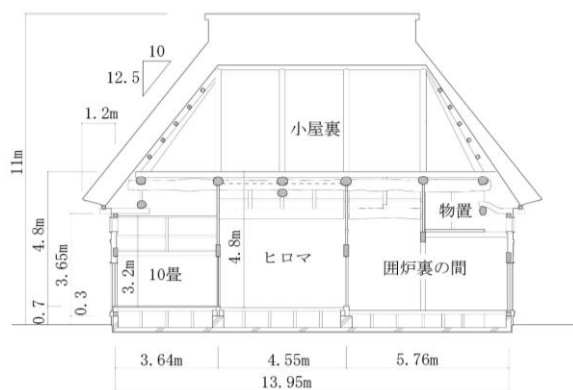


図 2-5 民家 A 桁行断面図

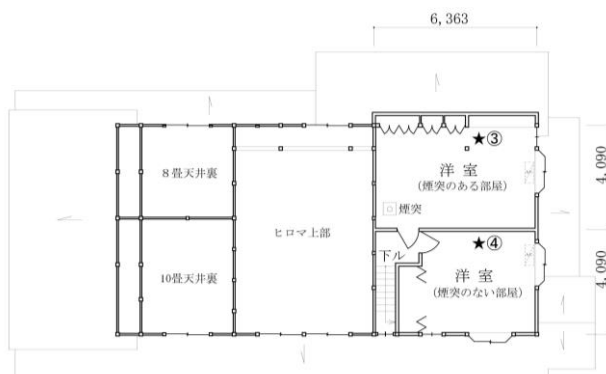


図 2-10 民家 B 3階平面図

2.2 調査結果

1) 各所温湿度測定

1)-1 民家A

図 2-11 に冬期における各所室内温度・外気温を示す。この期間中、2月5日～7日にかけて暖房を運転しており、いろいろの間と2階ホールで最高 15℃程度まで上昇しているが、最高温度に到達するまでに約 1 日半を要している。床下も暖房の運転に伴い 10℃程度まで上昇しており、床下の温水配管からの発熱と居室の床面からの伝熱が影響していると考えられる。囲炉裏の間の床上 1.1m と 0.1m の上下温度差は、暖房中では 2～3℃と小さく、また、囲炉裏の間と隣室であるヒロマ温度差は 2～3℃と小さく、外張り断熱の効果が現れていると考えられる。2月7日の暖房停止後における室温低下は定常に達するまでに約 1 日を要しており、外張り断熱と土壁等による躯体蓄熱の影響が考えられる。

図 2-12 に冬期における各所表面温度・外気温・積雪量を示す。天井の表面温度は、壁・床より高く、暖房の熱が上階へ移動していることが伺える。床下スラブ表面温度は、暖房開始前では壁・天井より 2℃程度高く、地中熱の影響が考えられ、暖房停止後では壁・天井よりも緩やかに低下し、熱容量の大きさが伺える。壁外表面温度は、ほぼ外気と同様な変動を示しており、積雪深との関連はみられない。

図 2-13 に冬期における相対湿度・絶対湿度を示す。相対湿度は、暖房中では温度上昇に伴い低下するが、絶対湿度は、暖房の運転に伴い上昇することから、躯体からの放湿が考えられる。相対湿度は暖房開始前では室温が約 3℃と低いことから 75～80%RH と高く維持されているが、暖房中は 60～70%RH の範囲で変動し、通常の断熱気密住宅でみられる 30%RH を下回るような空気の過乾燥はみられない。

図 2-14 に夏期における各所室内温度・外気温を示す。室温は 27～33℃の範囲で変動し、外気温より変動幅は小さく、ピークの時間遅れがみられることから、躯体の熱容量の大きさが伺える。そのため、室内の最高温度は外気温より低いことから日中は冷房の必要性は少なく、夜間は通風により外気を導入して、躯体への蓄冷を促進することによって、良好な温熱環境の形成が可能であると考えられる。床下の温度は、26～28℃の範囲で変動し、冬期と同様に地中熱の影響が伺える。

図 2-15 に夏期における相対湿度・絶対湿度を示す。室内は 50～80%RH の範囲で変動し、外気よりも変動幅は小さく安定していることから、躯体の調湿性能の影響が考えられる。床下は、85～90%RH でほぼ一定となり、高い状態が維持されている。

1)-2 民家B

図 2-16 に冬期における各所室内温度・外気温を示す。1階食堂は、床暖房が導入されていることから、18～22℃ではほぼ一定に維持されており、良好な温熱環境が形成されている。一方、薪ストーブが導入されている2階居間では、薪をくべた朝方、夜間に一時的に室温が 18～23℃程度まで上昇するが、その後の温度低下は大きく、最低室温が 10℃を下回る日もみられ、日較差は 5～10℃程度となる。3階寝室では、2階の薪ストーブの煙突からの放熱により温度上昇がみられるが、その効果は限定的である。

図 2-17 に冬期における相対湿度・絶対湿度を示す。室間での差は大きく、30～70%RH の範囲で変動しており、薪ストーブのある2階居間では変動幅が大きい。

図 2-18 に夏期における各所室内温度・外気温を示す。2階及び3階の居室の温度は、外気より 1～3℃高い範囲で変動し、日中は2階より3階で 1℃程度高く、特に3階寝室（煙突のない部屋）では8月4日以降は夜間でも 30℃を下回らない。一方、3階寝室（煙突のある部屋）では、日中及び夜間に 25～26℃まで急激に温度が低下しているのは冷房の使用が考えられ、図 2-19 の相対湿度・絶対湿度をみると、相対湿度及び絶対湿度も低下している様子が伺える。1階の食堂は外気や2階及び3階の温度より変動幅は小さく、床スラブの蓄熱が影響していると考えられる。

図 2-20 に中間期における相対湿度・絶対湿度を示す。夏期と比較すると絶対湿度は全体的に低下し、相対湿度は 45～70%RH の範囲で変動している。

1)-3 民家Aと民家B

2棟の民家は、主階（民家Aは1階、民家Bは2階）をみると、吹抜け大空間のヒロマ、下手に元ドマ、上手に座敷を持つ空間構成が共通している。通常の住宅と比べると、平面規模・容積ともに大きく、居室間の仕切りがあいまいで家全体が一体空間のようになっている。また、冬期間の暖房を行なう部屋（居間、寝室、台所等）が点在して離れており、熱損失の要因となっている。

民家Aは、新省エネ基準（平成4年基準・等級3）相当の外張り断熱と土壁等による躯体蓄熱の影響で、暖房停止後の室温低下が定常に達するまでに約1日と緩やかであることがわかった。省エネ基準によらない民家Bでは暖房運転の有無による室温の日較差がみられるが、1階のRC造で床暖房を敷設している居室の屋内環境は良好で、暖房設備による改善がみられた。

民家Aは不定期利用、民家Bは常時居住しており、利用頻度に応じて暖房室を集約する、居室の断熱性能と暖房設備等を見直すなどの対策が有効であると考えられる。

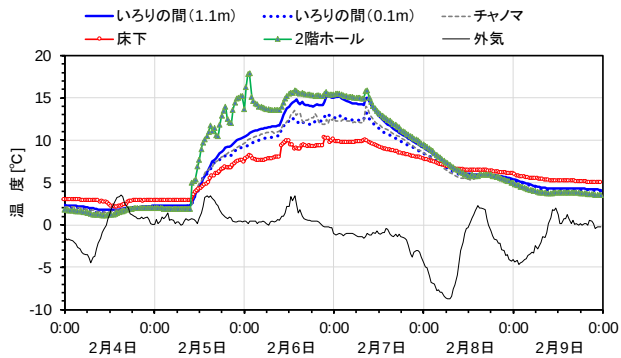


図 2-11 民家 A の各所室内温度・外気温（冬期）

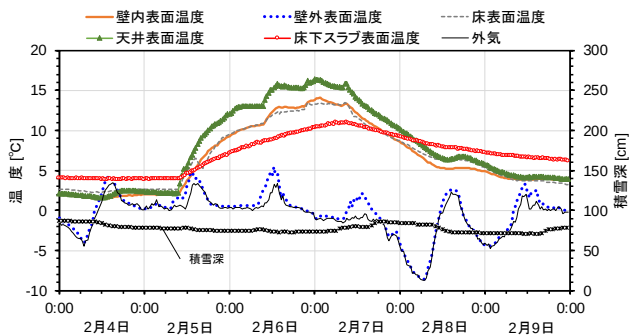


図 2-12 民家 A の各所表面温度・外気温・積雪量（冬期）

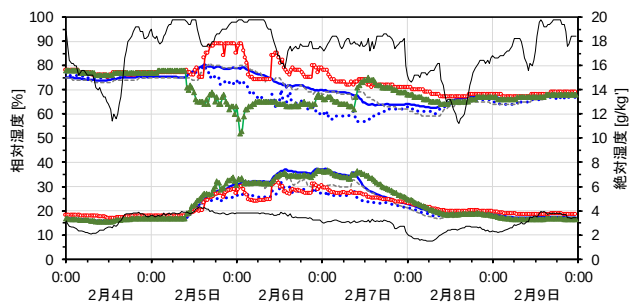


図 2-13 民家 A の相対湿度・絶対湿度（冬期）

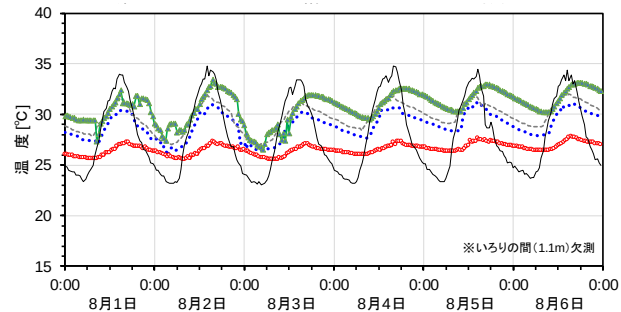


図 2-14 民家 A の各所室内温度・外気温（夏期）

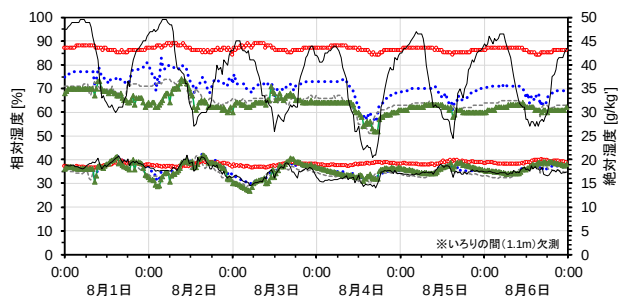


図 2-15 民家 A の相対湿度と絶対湿度（夏期）

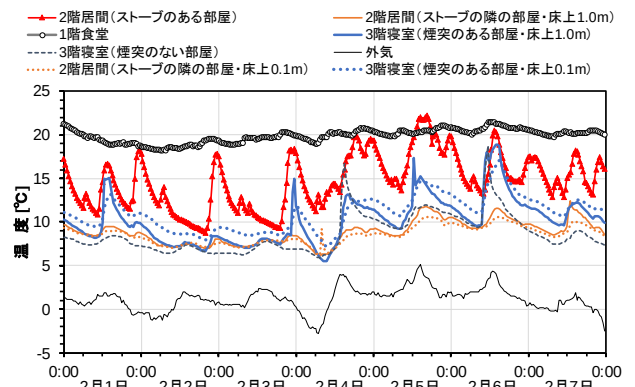


図 2-16 民家 B の各所室内温度・外気温（冬期）

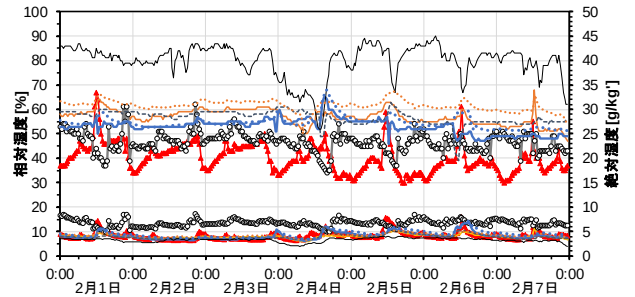


図 2-17 民家 B の相対湿度・絶対湿度（冬期）

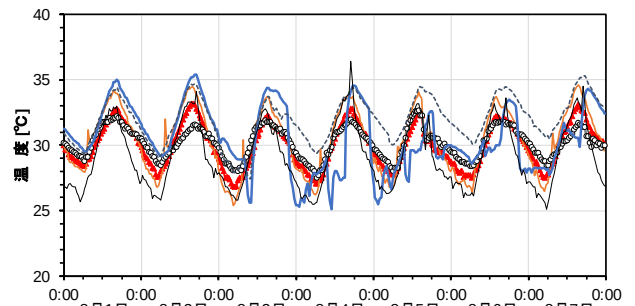


図 2-18 民家 B の各所室内温度・外気温（夏期）

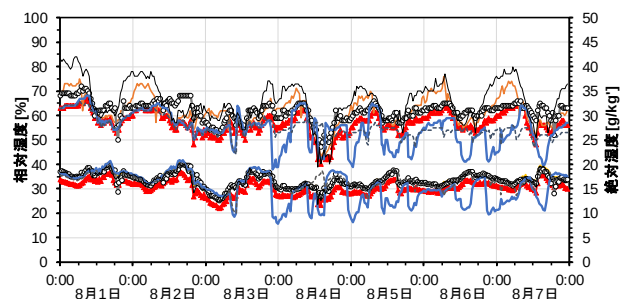


図 2-19 民家 B の相対湿度・絶対湿度（夏期）

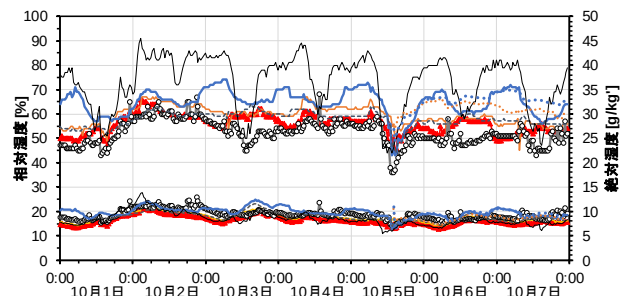


図 2-20 民家 B の相対湿度・絶対湿度（中間期）

2) 気密測定

民家Aにおいて2015年10月5日に実施した。測定は、減圧法により2回実施した。測定には、住宅用気密測定器（コーナー札幌製、KNS-4000）を2台使用し、ヒロマの南側と北側の窓にそれぞれ測定器を設置して、手動モードにて4点の風量と差圧を計測した。また、計測時は、台所のレンジフード、トイレの排気ファンは養生テープにてシールした。図2-22に通気量と圧力差の関係を示す。C値は1回目で4.9 cm³/m²、2回目で4.7 cm³/m²となり、設計図書に記載される3.0 cm³/m²には満たないが、建物の断熱気密補強を行った当時の新省エネ基準で規定される5.0 cm³/m²をクリアしていることがわかった。



図 2-21 気密測定の様子

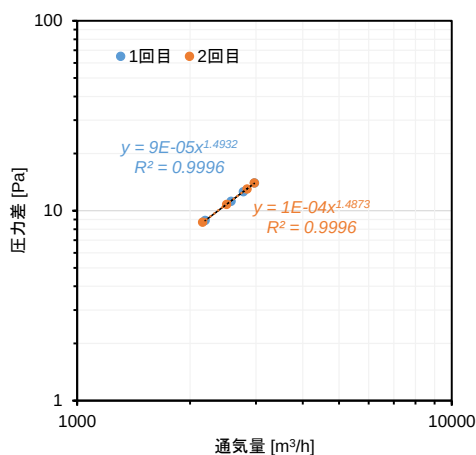


図 2-22 通気量と圧力差の関係

3) 断熱欠損の特定と温度ムラの可視化

民家Aにおいて2016年2月20日～21日に実施した。熱画像の撮影には、赤外線サーモグラフィ装置（日本アビオニクス製、R300SR-S）を使用し、暖房時における建物内外の表面を中心に撮影した。囲炉裏の間内観からは、1階天井高さより上部の吹抜け部から高温となっている様子わかり、暖房の熱がこもっていることが伺える（図2-23）。2階南側外観からは、窓ガラス面より窓サッシ部の温度が高いことがわかり、熱損失が大きいことがわかる（図2-24）。2階物置の吹抜け部からは、北側の屋根面に沿って温度が高くなっており、囲炉裏の間北側の窓

下部にある放熱器から壁面、屋根面に沿って熱が上階へ移動していることが伺える（図2-25）。床下からは、温水配管が高温となっているほか、奥に見える基礎面は特に低温となる箇所はみられない（図2-26）。土台回りと窓サッシまわりでは断熱欠損がみられ。土台回りの断熱を連続する必要がある。（図2-27, 28）

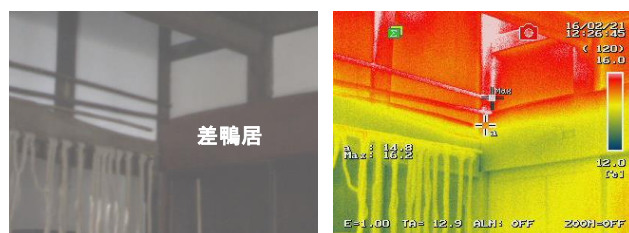


図 2-23 囲炉裏の間 内観

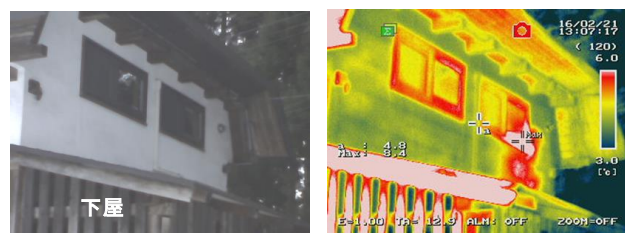


図 2-24 2階南側 外観

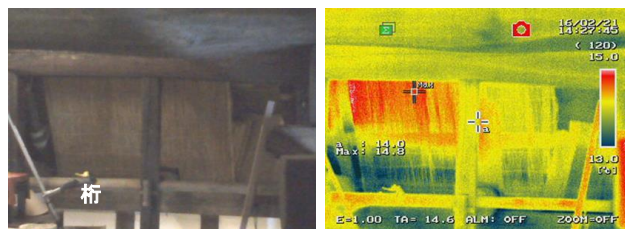


図 2-25 2階物置の吹抜け部

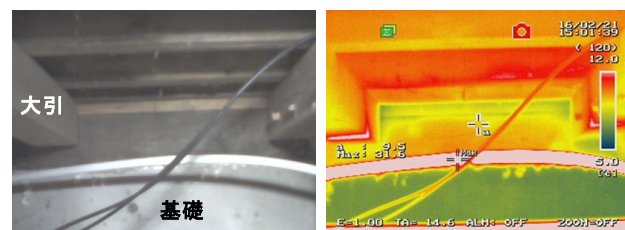


図 2-26 床下（温水配管と基礎）

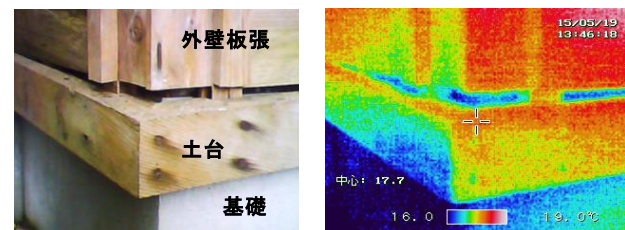


図 2-27 土台まわり

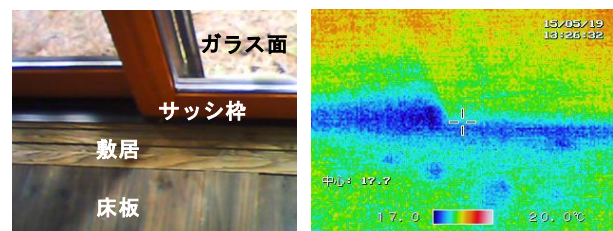


図 2-28 サッシまわり

3. 温熱環境と省エネルギー向上のための検討

3.1 前提条件

2章の実測結果を踏まえて、民家Aでは、暖房範囲を生活空間に限定し、その区画を部分断熱補強することが有効な対策であると考えられる。断熱区画は、人が集まる場所と生活に必要な水回りとして、1階の囲炉裏の間、玄関ホール、風除室、トイレ、浴室、洗面室、2階の茶室を設定する。断熱補強箇所は、囲炉裏の間の建具部分、吹抜け部分、床下内、階段部分とし、和紙貼の断熱パネル^{注2)}(ポリスチレンフォーム $t=50$)を制作し建て込み、また、玄関戸は同様に断熱材を挟み込んだ断熱戸を取り付け、暖房は区画内のみ稼働させる。なお、断熱パネルや断熱戸は夏期には取り外せる仕様としている。断熱区画の範囲と補強箇所を(図3-1~2)に示す。設計の考え方と仕様については4章で具体的に後述する。

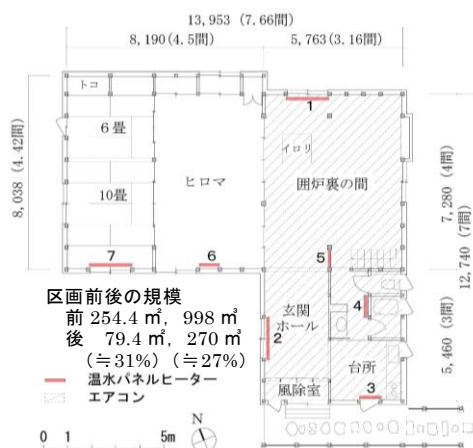


図3-1 断熱区画の範囲 平面図 (斜線部)

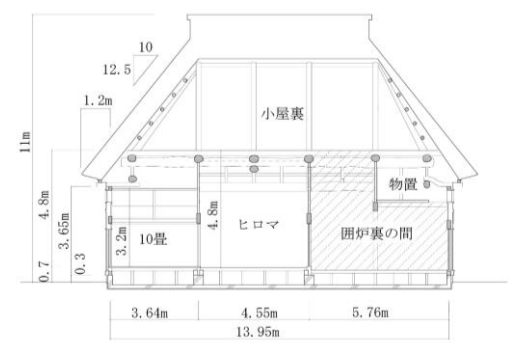


図3-2 断熱区画の範囲 断面図 (斜線部)

3.2 数値シミュレーションモデルの構築

数値シミュレーションには、システム・シミュレーション・ツール TRNSYS Ver. 17^{注3)}を用いる。建物の形状モデルは、Google SketchUp + Trnsys3D を用いて作成し、その後、TRNSYSに含まれる TRNBuild にて冷暖房、換気、発熱スケジュール等を設定し、Simulation Studio にて気象データ、計算出力等のモジュール構成を設定する。

図3-3に建物形状モデルを示す^{注4)}。気象データは十日町市の標準年の拡散アメダス気象データを入力する。計算では部分断熱改修の有無による暖房負荷について検討

する。部分断熱補強無しのモデルでは、現状の暖房運転時における室温上昇は、温水パネルのある1階の各室(トイレ、風除室、浴室を除く)と温水パネルの無い2階の書斎、物置、茶室、小屋裏で差は小さいため、計算上は上記の全室で同時に暖房を行うと仮定し、暖房負荷を算出して合計する。部分断熱補強有りのモデルでは、断熱補強箇所に断熱パネルを設定し、暖房室を1階の囲炉裏の間、玄関ホール、台所、洗面所に限定して、暖房負荷を算出する。両条件において暖房の設定温度は20℃、換気回数は0.5回/hとする。

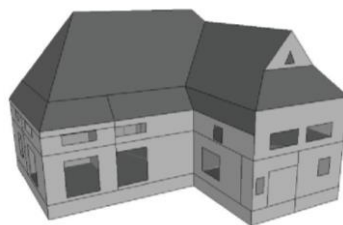


図3-3 計算対象の建物形状モデル

3.3 計算結果

図3-4に年間の暖房負荷を示す。部分断熱補強無しでは全室合計で約125.5GJ/年となり、主な内訳はいろいろの間で約20.0GJ/年、玄関ホールで約5.5GJ/年、洗面所で約2.0GJ/年、台所で約4.4GJ/年、小屋裏で約21.3GJ/年、ヒロマで約21.9GJ/年、書斎で約27.0GJ/年と、容積の大きい部屋で大きくなる。部分断熱補強有りでは約54.6GJ/年となり、補強無しと比較して約70.9GJ/年、約56.5%削減できることが分かる。なお、断熱補強後の各室の暖房負荷は補強前よりも増加するが、これは隣室への熱損失が原因である。図3-5に計算により求めた自然室温を参考として示す。

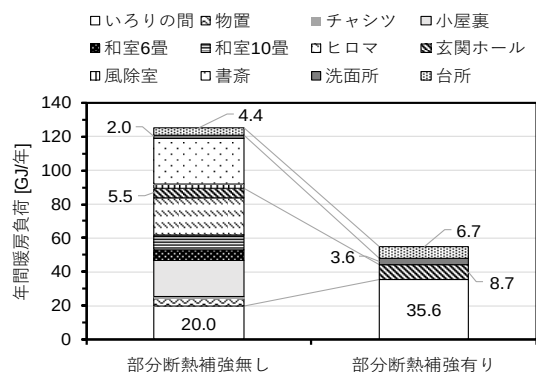


図3-4 年間の暖房負荷

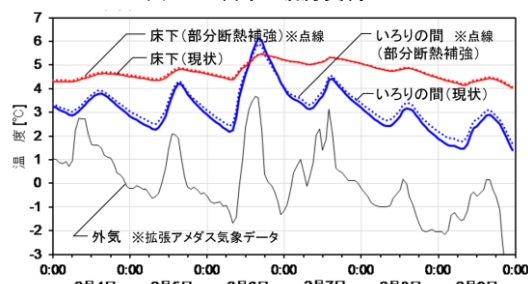


図3-5 自然室温

4. 部分断熱補強の実施

4.1 概要

民家Aにおいて、シミュレーションに入力した条件で、実際に部分断熱補強工事を実施する。部分断熱補強を行なうにあたり、民家の歴史的・文化的価値を残しながら、生活の機能は保持し、住環境を改善できる手法を検討した。本章では、部分断熱改修の考え方と、改修の具体的な仕様及び施工状況を報告する。主に自主施工するなかで、実施上の課題を整理する。今後は温熱環境実測を継続して実施後の性能を検証する。

4.2 部分断熱補強の設計方針

主な設計方針として以下の3点を設定した。

1) 断熱区画による規模の適正化

現状では、1階から小屋裏までの254.4㎡、998㎡が一体空間となっており、この空間全てを暖めるための時間とエネルギーが大きい。空間の使用状況は、囲炉裏の間、玄関ホール、水回りを日常的に使い、その割合は全体の約30%にあたる。残り70%に該当するヒロマ、続き座敷、2階と小屋裏の使用は限定的である。温室度測定と熱画像撮影では、不使用の部屋に熱が上昇していることがみられた。そこで、この生活空間を効率的に暖房できるように断熱区画を行ない、規模を適正化することで、暖房起動時に快適な室温となるまでの時間を短縮し、室温を維持するのに必要なエネルギーを削減する。具体的には、区画の建具境及び床下、吹抜4か所に和紙貼の断熱パネルを建て込む。暖房器具は、4系統7台ある温水パネルヒーターのうち、区画内の3系統5台のみを稼働させる。なお、断熱区画は冬期間のみ行ない、夏期間には取り外し、建物全体を開放的に使用する。断熱区画は図3-1～2を参照されたい。建具境の断面図を図4-1に示す。

2) 断熱補強による温熱環境の向上

熱画像撮影で指摘したように、冬は雪が堆積し特にサッシ部分が冷やされることによる温度低下が著しい。民家Aでは、雪処理が手掘りであるために、1階の外周サッシ部分は雪で閉ざされて採光が期待できないが、2階レベルにある高窓からは光が入る。冬期間の採光は高窓からのみ確保することを前提として、断熱区画内の1階サッシと障子の内側、引違障子のうち一枚を見せる位置に断熱パネルを追加して断熱補強を行なう(図4-2)。玄関戸は断熱戸ではないため、玄関戸の外側に断熱材を挟み込んだ雨戸状の断熱戸を制作し取り付ける。また、床下土台まわりの隙間、吹抜けにかかる梁と小屋裏の床板との隙間は、断熱が欠損している。この部分に気流止めとして、発泡ウレタン、ポリエステル断熱材で塞ぐ(図4-3～4)。高窓と真壁造の内壁面、既存の軸組と床板等木部は現状のままとする。

3) 歴史的価値の保全と普遍的な仕様

民家が本来もつ空間のよさや意匠的特徴を損なわずに、かつ現代の使い勝手に考慮する。また、補強方法は普遍性があり技術的・費用的に取り組みやすいものとする。基本仕様としては、断熱材の両面に和紙を貼った断熱パネルを制作し、外周開口部及び断熱区画境の内法間に、室内側から取付・取外しを可能なものとする。断熱材は耐水性、加工性、熱伝導率と費用のバランスがよいことからスタイロフォーム3種b t=50 ($\lambda=0.028$)を使用した。真壁で漆喰壁仕上の民家の空間に調和するように、断熱材の両面及び小口にメッシュ入和紙^{注5)}を貼り、意匠性に配慮した。

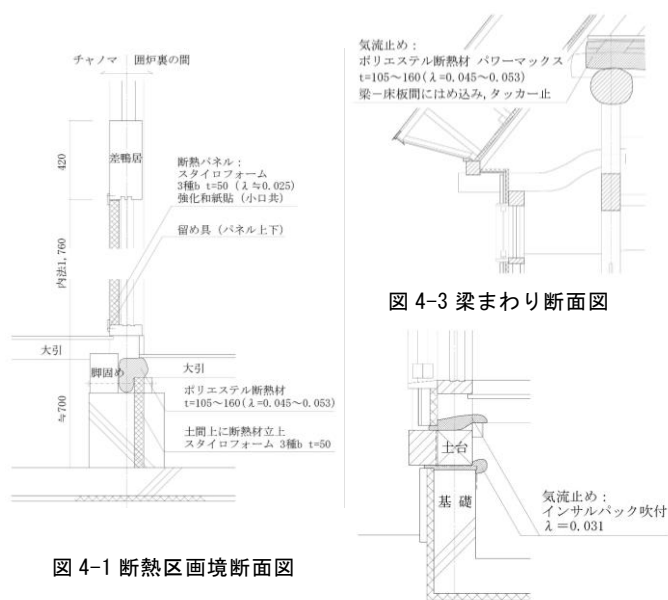


図 4-1 断熱区画境断面図



図 4-2 外周サッシまわり断面図

4.3 部分断熱補強の施工状況と考察

部分断熱補強工事の施工状況を図4-5～15に示す。実験的な取組として、室内側から比較的簡易に施工できる仕様と施工方法を検討した。空間の豊かさを保ちながら温熱環境の快適性を高め、エネルギーを削減するには規模の適正化と断熱化が有効であり、その手法の一つを提示できた。一方、施工するなかで課題もみえた。断熱パネルに採用しているスタイロフォームは施工性がよく、開放式暖房機の利用がない民家Aでは引火等の懸念は少ないが、安定使用温度が80℃以下^{注6)}で、暖房器具によ

っては耐火性の問題がある。また、断熱区画境界においては室間温度差により多少の結露が懸念されるが、空間が大きいことから温度上昇も限定的と考えられる。



図 4-5 区画前 囲炉裏の間



図 4-6 区画後 囲炉裏の間



図 4-7 区画境 断熱パネル
太い軸部のためにちり寸法が大きいことを利用して内法下に施工



図 4-8 区画境床下断熱パネル
大引が入組む部位は弾力性のあるポリエステル断熱材で連続を確保



図 4-9(左) 玄関の雨戸状断熱戸 図 4-10(中) 階段部分の区画
図 4-11(右) 外周開口部内側の断熱パネル。高窓は現状のまま。



図 4-12 吹抜部の区画



図 4-13 吹抜部の区画見上げ



図 4-14 土台下 断熱材充填



図 4-15 梁上 断熱材充填

5. 豪雪地帯の住まいと意識調査

5.1 概要

豪雪地帯の伝統的民家の現状を把握し、屋内環境を改善するための改修手法の適用について考察する。最初に、民家の建築特徴について、十日町市内の民家の外観目視

観察と、関連文献の記述を参考に整理する。次に、既出民家A・Bのほか、十日町市にある6棟を加えた8棟の民家の居住者に、雪国の住環境、雪との関わり方について聞き取りによる意識調査を行なう。

5.2 雪国の民家の建築的特徴

雪国ならではの建築的特徴を、十日町市の民家・住宅における外観目視調査と、新潟県の民家に関する調査報告書^{文1,2)}及び克雪住宅に関するガイドブック^{文3)}を参考に挙げる。

- ・中門：本屋から棟を変えて突出する中門を持つものを中門造という。正面の中門は出入口、背面の中門は寝室や流し場・風呂場等であった。中門により屋根に入隅^{注7)}ができるので、雪が溜まりやすい。近年の住宅は中門造ではないが、玄関部分を切妻に切り上げたものが多い。

- ・構造：民家は上屋と下屋からなる下屋造で、上屋柱や梁は雪の荷重に耐える必要から太い。貫、長押、指物で軸部を固める。茅葺の小屋は又首組。広い部屋は構造材をそのままみせ、空間の見どころとなる。

- ・軒：雪の荷重で軒先に負担がかかるため軒は出し難いが、軒先に短い腕木を出したセガイ造で軒の出を深くするものもある。軒が深いと落雪位置が遠くなり、雪処理がしやすく、光も取り入れやすい。また、積雪深を考慮してのことか、軒高も高い。近年の住宅ではRC造の高基礎の上に木造の主屋を載せて、更に高くなっている。

- ・屋根：農家は寄棟造で、町家は切妻造が多い。急勾配の茅屋根の民家は松代に数棟残るが、現在は茅の上にトタンを被せて自然降雪させる「落雪式」になっている。切妻造の民家は急勾配にした落雪式のほか、勾配が緩いものには人力で下ろす「雪下ろし方式」がある。近年では陸屋根で屋根構造を強くして雪を溜める「耐雪式」、雪を溶かす装置を設けた「融雪式」もある。

- ・外壁・開口部：民家では真壁造の土壁で、外側に下見板や横板を張って壁面を雪から養生するものが一般的である。柱間や開口部に板を落し込んだ雪囲いもみられる。壁面の高い位置に設けられた小窓からは、積雪が多い時でも採光が得られる。

- ・間取：雪国に限定されるものではないが、表から裏までいっぱいに広がる広い部屋（ヒロマ又はチャノマ）を中央におき、上手表に座敷、裏に寝間を配し、下手を土間とする。「魚沼型」または「広間型」と呼ばれる。この魚沼型ではヒロマの前後、内法より上部に、指物状の梁を入れて軸部を固める。町家では田の字型間取りで前後に窓を設けるなど、夏は風通しがよい。

5.3 雪国の住まい手の意識

十日町市内の民家8棟について意識調査を行ない、屋内環境の現状、雪との関わり方、家の造りで考慮してい

る点等について得られた意見を記録して整理したものを表5-1に示す。調査は、協力の得られた知人宅等を訪問して行なった^{注8)}。事例が少ないため雪国の特徴として一般化するには至らないが、暮らしのなかで、どのような利点や課題があるのか、住民の声を拾い上げることに重点を置き、次のような傾向がみられた。

- ・**敷地条件**：建物背後に川や広い空地がある敷地が有利で、雪処理を優先して建物の配置を決定している。
- ・**雪処理**：自然落雪で、たまったら敷地内で除雪する。建物まわりに池を掘るものもあるが（C）他では見られず、一般的ではない。市街地は敷地内処理が出来ず大変だったために有利な住宅に引っ越した事例もある（E）。
- ・**雪の存在**：雪は日常のことで、むしろ雪があるために風を遮ってくれて寒さが感じにくいという肯定的な意見もあった。
- ・**民家の熱環境**：土壁、茅屋根、障子といった伝統的な素材（A～D）、縁側が内外部の緩衝空間となっている（B）ことにより蓄熱・断熱に寄与している。
- ・**冬期間の屋内環境**：居間と個室に灯油ストーブ、ファンヒーター、エアコン、炬燵等を設置し、局所暖房で過ごす家がほとんどであり、隙間風や非暖房室との温度差

による寒さを実感している。

- ・**夏期間の屋内環境**：特に民家では開放的で風通しがよいために涼しく、室内環境の満足度は高い。
- ・**環境改善への意識**：寒さは「仕方ないもの」としてとられ、意識的に改善したいという気運は少ないことがうかがえた。家を引継ぐ人がいない、生活が優先で建物に費用をかけられない、といった動機づけがない場合のほか、家を断熱することにより得られる環境がどうかという以前に、断熱や気密に対する心理的な嫌悪感があることも垣間みられた。

5.4 小結

温熱環境と省エネルギー性が向上された民家は、空間の豊かさを残し伝えと同時に、室内温度差や室間温度差が低減することによる血圧変化の解消、これに伴うヒートショックの解消など、健康面の向上も期待できる。今回の意識調査で、住宅を供給する側と住まい手との温度差を実感した。住環境について、またその改善手法としての断熱について正しい情報を知ってもらい、住まい手の意識を高めていくことが設計者・施工者・研究者等の身近な役割であろうと思う。

表5-1 十日町市の民家における住環境と雪に対する意識調査

家屋名称	A	B	C	D	E	F	G	H
写真								
所在地	十日町市上野	十日町市小原	十日町市松代東山	十日町市上野	十日町市下平新田	十日町市上野	十日町市上野	十日町市中条
旧行政区分	川西町	中里町	松代町	川西町	川西町	川西町	川西町	十日町市
建築年代 ／ 年代根拠	享保3年(1803)、平成10年(1998)移築／新潟県民家緊急調査報告書、『古民家復興』	当初建築年不明、移築後85～90年代(昭和初期)／居住者の話	十八世紀末頃／新潟県民家緊急調査報告書	昭和9年(1934)／固定資産税台帳・当主の父が建築	築60年代(昭和30年代)、増築部は築40年代(昭和50年代)／家屋購入時(20年代前)に聞いた	築60年代(昭和30年代)／当主が建築	昭和60年(1985)／当主が建築	昭和63年(1988)／『雪氷熱エネルギー活用事例集』
構造形式	寄棟造2階建、ガルバリウム鋼板葺。前中門は移築時入母屋造。	切妻造3階建(RC造1階に既存木造2階建を載せる)。妻入、三方に下屋を出す。	寄棟造、茅葺の上にトタンを被せる。前中門は切妻造、鉄板葺。	切妻造2階建、妻入、正面に下屋を出す	切妻造(片流れ風)2階建、平入、切妻造の玄関と下屋を出す。	切妻造2階建、平入、前中門は切妻造。	片流れ2階建、高床式基礎、大屋根以外は突出部毎に屋根を下ろす。外階段付。	切妻造2階建、高床式基礎。
世帯構成	普段は居住せず不定期に利用	2世帯7人＋犬1匹	普段は居住せず不定期に利用	2世帯6人＋犬2匹	夫婦、子	夫婦	3人	3人
立地の特性	敷地いっぱい建物に建つ。前面道路までの距離が短い。杉林に囲まれる。	敷地が広く、前面道路から家屋までのアプローチが長い。背面に川。	山村集落、主屋に池がまわる	角地。背面に川、前面道路(県道49)に消雪パイプと流雪溝、側面道路に消雪パイプ	角地。背面に空地と掘、側面に広い庭、前面道路に消雪パイプ	敷地がほぼいっぱい建物に建つ	背面に川、両側面に空地、前面道路に消雪パイプ	交差点に面する角地。敷地がほぼいっぱい建物に建つ
雪処理・雪活用	落雪式。スノーダンプで手掘り。本屋と中門が取り付く入隅部分(タキ)は特に雪が溜まりやすい。道路側は建物までの距離が短いため溜まった雪が道路にならぬ落ちないよう雪を平らに切る・運ぶ等優先的に処理が必要。	落雪式。ブルドーザーで除雪。消雪パイプ併用。	落雪式。建物周囲に池あり。春先に1か月程度早く雪が溶けるが、真冬は効果がない。	落雪式。除雪機で飛ばし、溜まった雪で背面の川へ押し出す。瓦葺屋根を雪の滑りがよく傷が付きにくいステンレスに変更。道路側の下屋に融雪装置。	落雪式。大雪時は業者を依頼するがほとんどない。以前は十日町市街地に住んでいたが、敷地が狭く雪を処理する場所がないため、ダンプで雪を運んでもらおう等大変だった。この家に引っ越してから基本的には雪をほうっておいて大丈夫なので楽になった。	落雪式。背面の掘に落ちるので雪処理が容易。大雪時は業者を依頼するがほとんど不要。灯油代は1シーズン20～30万円程度(暖房・給湯込)。以前は落雪式＋雪下ろし方式で、背面の掘を借りて処理。雪下ろしには滑り台のように落とす「雪とよ(桶)」を使用した。	落雪式。背後の川に週1回程度スノーダンプで押し落とす。多雪の時はブルドーザーを使用。高床部分に融雪パイプ。会社勤めであったため毎日雪処理をしなくてもよいように、敷地の特性を活かし、大部分の雪を建物背後の川に落ちるようにした。2階の一部を片持式にして深い軒と同じ役割を持たせている。	落雪式。落ちた雪を半地下式の貯雪庫に蓄え、野菜などを貯蔵する雪室として利用。建築当初は雪の融解水と井戸水を循環させ、冷房とトイレや洗濯など生活用水に利用していたが現在このラインは使用していない。
暖冷房方式・空調箇所／屋内環境に対する意識	暖房：温水パネルヒーター(熱源は灯油)。滞在時は連続運転で、起動時は最大出力で運転。適温になってからは低温でとろとろ運転。起動時は灯油ファンヒーター、囲炉裏(炭火)を併用。灯油消費量は1日約15～18ℓ(給湯込) 冷房：エアコン1台(2階)／普段は居住せず不定期に数日滞在するため、冬期間は室内が暖まるまで2～3日を要し、それまでは寒い。適温になってからは気流もなく快適。断熱気密の欠損部から隙間風が入るのを感じる。夏季は風通しがよく、2階のエアコン1台で冷風が吹抜けを介して降下して涼しい。	暖房：薪ストーブ(居間)、ファンヒーター・エアコン(各個室)、床暖房(1階)。冷房：エアコン(各個室) 建物の両側面に縁側を広くとる。 ／最も暖かく感じるのは床暖房の敷設されている1階。3階の個室は夏季は暑いため1階を使用している。家族それぞれが好きな部屋を選んで暮らしている。規模が大きく世帯毎に生活習慣も異なるため改修は容易ではないが、親世代は1階のコンクリート高床部分を除去取って本来の2階建とした意向もある。	暖房：灯油ストーブ 冷房：特に使用しない ／冬は基本的に使用しないが、茅葺屋根のおかげで、風が吹かず雪があるため暖かく感じる。夏はそのままですずしい。	暖房：灯油ストーブ、炬燵、ファンヒーター。茶の間、息子夫婦の部屋のみの。暖房時は18℃位、暖房前の朝は10℃を下回る。熱源は主に灯油で約2～3万円／月(給湯込)。冷房：エアコンをシーズン中に1回使う程度。風の通り道を作るため田の字型平面の両壁面に窓を開けた。／このあたりは風が吹かず、除雪作業もよい運動になり、土壁でもあるので、寒さはあまり感じない。夏は風が通りやすい。今後暖房を見直す場合は薪ストーブがよい。断熱改修は大きく考えておらず、部分的な断熱改修も結露や温度差が心配。子世代の意向を尊重したい。	暖房：灯油ストーブ、ファンヒーター。居間と個室。灯油代は約2万円／月。 ／冬はすきま風があり寒いので、改修したいとは思わない。	暖房：ファンヒーター、エアコン。 ／基本的に寒いので、降雪後のほうが家が雪に囲われて寒くない気がする。改修したいとは思わない。	暖房：エアコン(各個室)、石油ストーブ(居間)。 ／暑さ・寒さはあるが、慣れているのでそれほど気にならない。	暖房：居室に灯油ストーブ、ファンヒーター、炬燵 ／居室は暖房すれば普通だが、廊下、トイレ等が寒い。暖房室と非暖房室との温度差は解消したいが、断熱住宅に抵抗があり、使わない部屋もあるので家全体を暖かくしたいとは思わない。建物は次の世代がどうするかであり、これからはコンパクトな暮らしもよいと考えている。

6. 雪利用の可能性検討

6.1 雪の克服と利用

雪は克服するものという印象が強いが、雪室の分布と盛衰を調査した研究によると、明治時代以降、地面に穴を掘って雪を入れ、藁などで屋根をかけて夏場まで雪を保存して氷の代わりに使用するなどされてきた。しかし衛生面での取締りや電気冷蔵庫の普及により 30 年代後半には自然の雪室は姿を消した[池上, 1999]^{文 4)}。その後 1980 年代後半から近代的な利雪が復活したが、住宅への利用は少ない^{注 9)}。雪冷熱を室内に取り込んだ住宅は、雪冷房により湿度が下がる、室内の粉塵を減らす等の効果があり^{文 5)}、屋内環境の快適性につながる。雪を利用した住宅の事例はいくつかあるが、事例を知る機会はなかなかない。そこで、主に十日町市の住民を対象に、雪冷房住宅と、住宅以外の雪利用施設の好例をまわる見学会を行なった。見学会の後日、座談会を開催し、住環境と雪利用に関する意見交換の場を作った。本章では、この雪利用施設見学会と座談会についてそれぞれ報告する。

6.2 雪利用施設見学会

雪を利用した住宅や事業所の先進事例をめぐる見学会を 2016 年 4 月 18 日に行なった。魚沼市にある雪冷房住宅 3 棟、雪山方式で大幅な光熱費削減を実現した、しいたけ栽培棟、大規模な雪室で酒を熟成貯蔵している醸造所、の 5 か所を見学した。

住宅の事例では、雪室に屋根から自然落下した雪をそのままためておく、家庭用除雪機で春先に詰めるなどにより雪を貯蔵する(図 6-1~2)。雪室の容量にもよるが、3 月のごろめ雪を入れて 10 月頃まで雪が残るので、夏場の冷房に充分使える(図 6-3)。住宅の一例では、初期投資が 400 万円台かかっているが、エアコンの電気代は夏季 1 シーズン 800 円程度ですんでいる。「雪が室内のホコリやチリ、湿気までも吸い取ってくれるので、クリーンで快適な涼しさを保ってくれる。」「ダクトを通じて部屋に戻ってくる空気がちょうどよくかわいてやわらかい風。たばこのにおいが消える。」「雪室は約 5℃の貯蔵室として、野菜やビールなどの冷蔵に使用でき便利。」など居住者の満足度は高い。

しいたけ栽培棟の事例では、すり鉢状の土地に雪山を造成し、籾殻で覆い雪を保存し、ポンプでくみ上げて栽培棟に冷水を循環させている(図 6-4)。夏場の温度管理に雪冷房を導入し、年間の消費電力を 20%削減している。雪を保存するための躯体を必要としない雪山方式は、広い土地と投雪機、籾殻の入手経路が確保できれば比較的成本をかけずに雪を利用することができる。例えば住宅への応用を考えると、数棟が協同で場所や機材を用意して取り組めば、集落単位での利用が期待できるのではないだろうか。



図 6-1 住宅の雪室

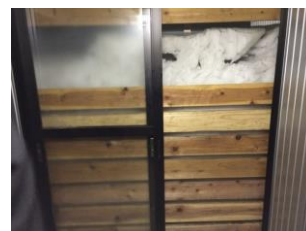


図 6-2 雪室内部の建具



図 6-3 雪冷房の運転



図 6-4 雪山方式の造成敷地

6.3 座談会「住まい環境と雪利用のいま・これから」

見学会に続き、地域住民自身が住まいの環境と雪利用について考える場として、2016 年 6 月 11 日に座談会を開催した。会場は、部分断熱補強を施工中の民家 A を開放し、熱画像撮影デモを行ない、民家の屋内環境を体感する場づくりをした(図 6-5)。座談会は 2 部構成で、前半では、環境、雪、行政の各専門家に最新の取組について話題提供をいただいた^{注 10)}。後半のワークショップでは「身近にできるこれからの雪利用と住環境」をテーマに 4~5 人毎のグループディスカッションを行った。対話の中で、昔ながらの知恵も掘り起こしながら、一部のみにしかできない特別な利用法ではなく、多くの方が気軽に取り組めるアイデアを模索した(図 6-6)。

意見を 6 つの項目に分類して整理したものを表 6-1 に示す。雪を冷蔵や冷房に使うことのほか、冷熱を開口部に吹かせて防虫する、というのは実用化を検討できそうであるし、雪を活かした地域ブランド商品は、企業だけでなく個人でも小商いから始められる面白さがある。豪雪地ホームステイや雪下ろし体験などは、投資なしで交流する楽しみを得ることが出来る。これまで蓄積されてきた雪氷熱エネルギー利用の枠組みを大きく超えて、一般住宅に即採用できるような雪利用方法を確立することは難しいが、このような機会を積み重ねながら雪国の住まいを再考していきたい。なお、見学会と座談会については『住まい環境と雪利用のいま・これから 記録集』にまとめ、参加者や周辺地域の住民を中心に配布した。



図 6-5 熱画像撮影のデモ



図 6-6 ワークショップの様子

表 6-1 住民による雪利用のアイディア

暮らしの中の雪	観雪	エネルギー
・雪はいいやではない、健康の為の雪いじり。 ・雪かき体験—健康に！！ ・小雪の場合は水不足で自然のサイクルが乱れ、体力も落ちる。春のありがたみも不足。 ・雪を入れる努力、雪の場所がない、努力を惜しむ、手間が高くなってきた ・大量に降ると、場所によっては通りづらくて危ない。 ・雪を入れる穴。昔はよく落ちた。 ・野菜を入れる ・孫と雪遊び	・雪上スポーツ、スキー、スノーボード ・雪を使い勾配をつくり、そりやスノーボードを楽しむ ・かまくら作り—大部屋でパーティー（合コン） ・大もぐらたたき大会 ・大雪合戦大会 ・雪城を作ってバトルゲームや迷路 ・スノーモービル、スノーモービルバス、雪上車輦 ・そり牛車 ・白くない雪。スキー場。	・雪が溶ける時の熱を冷蔵、冷房に利用 ・雪の圧力、重力のエネルギー化 ・雪を使って冷温発電する。形状記憶合金は25℃の温度差で元に戻ろうとする力を利用。 ・スーパーコンピューター、パソコンの熱を取り除く ・エネルギー保存として雪 ・雪の重量を利用した発電システム ・雪室でオール発電住宅 ・雪が溶けた水の利用（ビールやスイカを冷やす） ・除虫。寒い風を入口にふかせる。
地域ブランド	観光・体験	その他
・雪室商品、オンライン商品、限定商品 ・雪溶け水を天然水などのようなブランドとして販売 ・つららカクテル、とれたてつらら、雪のかきこり ・山菜の雪消えに合わせたブランド化 ・雪エネルギーを利用した農産物を作れないか ・雪の重さで木材キューブ	・豪雪地帯ホームステイ ・アジア、世界から見て雪はめずらしい。あこがれ？ ・雪の降る国からお客様をむかえ、その国の文化を学ぶ ・観光用に雪ブロックを使った建物「雪ハウス」 ・大自然村（夏でも冷房、電気もない家でのキャンプ） ・かまくら結婚式、雪上結婚式 ・雪を使って結婚式（会場）、ホテルなど公共施設に活用 ・雪おろし体験（昔ながらの）	・雪サミットから10数年、実用近くできている ・ずっと昔から雪利用されている ・足りないのは情報だ ・自宅に雪室雪あり。20tで9月いっぱいもつ ・雪がそのまま利益につながる方法を実行は大変

7. まとめ

特別豪雪地帯である十日町市の伝統的民家の保存活用を前提として、屋内環境の快適性向上と省エネルギー収支改善に着目し以下の事柄が得られた。

- ・温湿度測定、表面温度測定、気密測定、熱画像撮影を行なった。冬期には、民家Aでは躯体蓄熱の影響で暖房停止後の室温低下が緩やかであるが、空間規模の大きさから熱損失も大きい。民家Bでは暖房の運転・停止による室温変化が大きい。床暖房の居室は安定している。

- ・夏期には、民家Aでは外気温に対する変動幅が小さく、夜間の通風を導入し躯体への蓄冷を促進することで良好な温熱環境の形成が可能である。民家BでもRCの1階部分において床スラブの蓄熱効果が見られた。

- ・民家Aをケーススタディとして、屋内環境とエネルギー収支を改善するために、暖房範囲を生活空間に限定して、区画内を断熱補強した場合の暖房負荷の削減効果について、数値シミュレーション TRNSYS を用いて試算した。削減効果は区画の前後で約56%が見込まれる。

- ・部分断熱補強の設計方針として、①断熱区画による規模の適正化、②断熱補強による温熱環境の向上、③歴史的価値の保全と普遍的な仕様、を設定した。吹抜け空間を中心に、強化和紙貼の断熱パネルによる補強を行ない、伝統的な空間を損なわないよう性能と意匠性に配慮した。

- ・実際に部分断熱改修を実施し、課題を挙げた。他の民家に適用する場合には、断熱区画ラインでの結露対策と、断熱パネルの防火対策等に考慮する必要がある。

- ・十日町にある民家8棟について、外観目視調査と、住環境と雪、建物に関する意識調査を行なった。建築の計画では雪処理のしやすさが優先され、寒さは仕方ないものという認識が多い。断熱という手法について正しい知識を共有することが大前提であることを感じた。

- ・屋内環境の快適性の向上に、雪利用の可能性を視野に入れ、雪利用住宅等の見学会と、環境と雪をテーマにした座談会を開催した。改修手法に雪を取り入れることは

今後の課題であるが、住民の視点で今後の在り方を検討し、住環境と雪利用の裾野を広げることができた。

- ・以上のことから、雪との共生に積極的に配慮し、伝統的民家の建築要素を熱環境の側面から再評価して快適性を取り戻していくことが豪雪地帯における現代版民家のありかたの一つであると考ええる。

- ・今後は、民家Aで部分断熱改修を施した状態での実測調査を継続し、今回の数値シミュレーションによる結果の検証を行う予定である。

<注>

- 1) 守門観測地点にて1981年2月9日に463cmを観測。気象庁ホームページ 歴代全国ランキングより（2016年時点で3位）
- 2) 一般的にプラスチック系の断熱材をアルミや合板等の面材でサンドイッチしたものが断熱パネルとして流通しているが、ここでは面材として和紙を貼ったものを「断熱パネル」と呼ぶ。
- 3) TRNSYS は建物の環境・エネルギー評価のために世界中で幅広く使用されている。筆者らは土壁建築の性能評価に使用した実績があり、民家に対しても十分に適用できると考えている。
- 4) 実際には軒庇があるが、当該建物は軒と窓の位置が離れていること、周囲を雑木林に囲まれていること、冬期の日射量は少ないことから、庇の影響は小さいと考えられる。
- 5) ポリオレフィン（PO）・メッシュを和紙でサンドウィッチすることにより通常の和紙に比べ約6倍の強度を持たせた和紙で伸び縮みが少ない。商品名オレフィン和紙厚。
- 6) 80℃を超えると徐々に形状変化が大きくなり、約120℃で軟化が始まり、約170℃から溶融が始まる。ダウ加工(株)ホームページを参考。
- 7) 当地域ではこの入隅部分を「ダキ」と呼んでいる
- 8) 古くからの形式を受け継ぐ伝統的民家だけでなく、近年の住宅も調査の対象に含めた。
- 9) 近代的な雪室の基本仕様としてはRC造の頑丈な躯体と断熱、さらに冷房利用する場合には雪の冷熱を居室に配分するダクトやファン等が必要となる。初期費用は住宅の場合300～600万円程度で、利用規模が大きいほど単位面積当たりの初期投資額が小さくなる。そのため、現状では野菜や加工食品の低温熟成、工場の雪冷房など、大規模な産業利用が主である。
- 10) 「寒冷地の住環境と健康への備え」三田村輝章（前橋工科大学）、「とおかまの豪雪ブランディング」渡辺正範（十日町市）、「実践の日々 雪と楽しくつきあう」上村靖司（長岡技術科学大学）

<参考文献>

- 1) 新潟県教育委員会：越後の民家 上越編—新潟県民家緊急調査報告書Ⅰ, 1980.3
- 2) 新潟県教育委員会：越後の民家 中越編—新潟県民家緊急調査報告書Ⅱ, 1979.3
- 3) 新潟県：克雪住宅ガイドブッカー—克雪住宅で安心とゆとりの生活を！, 2015
- 4) 池上佳芳里：北陸地方における雪室の分布とその盛衰，地理科学，vol.54, no.2, pp.126～137, 1999
- 5) 民家の熱環境・雪利用研究委員会，住まいの環境と雪利用のいま・これから 座談会（2016.6.11）・見学会（2016.4.18）記録集，pp.21-26, 2016

<研究協力者> ※敬称略

長谷川兼一 秋田県立大学
 安井妙子 安井妙子あとえ
 柳下雄介，本間俊貴，飯田梨沙，茂木拓也，涌井一弘
 以上前橋工科大学
 藤田 満 十日町市小原在住
 渡辺正範 十日町市役所
 NP0 法人 市民活動ネットワークひとサポ（代表 綿貫文人）
 山田正人 有限会社山良工務店
 上村清吉 有限会社きのこはうす上村