濃霧発生地域における住宅付設温室の熱的有効利用に関する研究

佐藤 彰治*

Thermally Available Use of the Sun-room Attached to Detached Houses in Cold and Fogy Regions

Shoji SATO

Abstract - This report is a summary of the dissertation that I have written. The purpose of this study is to verify the effect on a sun-room for improving indoor climate of detached houses along the Pacific Coast of eastern Hokkaido. I have done the questionnaire survey of people who live in the detached house built with sun-room, the experiment by using a convenient sun-room, and simple unsteady numerical analyses of a sun-room model. From these results, it seems that a planning method of appropriate sun-rooms can be proposed for cool and foggy regions in summer.

Key words: sun-room, foggy regions, measurement of air temperature and humidity, unsteady simulation

1. 序論

1.1 研究の目的

本研究では,夏の濃霧発生や冬の多日射などの気候的特徴を持つ北海道東部太平洋沿岸地域(以降,道東沿岸地域と呼称する)を対象として,従来の住宅付設温室「サンルーム」の四季を通した屋内熱環境改善の一つの手法としての利用の可能性を探求し,最適な使用法を提案することを広義の目的としている。例えば,海霧の影響で外気湿度の高い夏期に,霧の狭間からさしこむ僅かな日射を温室内に取りこむことによってその空間を調湿し,乾燥した空気を屋内に取り入れることができるとすれば,当地特有の室内の低温・高湿による不快感(洗濯物の不乾燥等,体感上だけではなく)の排除が期待できる。また,冬期は豊富な日射を温室内に取り込むことで屋内への予熱空間を形成し,調温・調湿された空気を屋内の補助暖房として利用することにより,消費燃料の削減に寄与することが期待できる。以上のような観点から,

- ①北海道における住宅用ガラス被覆空間の設置実態の 調査
- ②サンルーム付住居居住者に対するアンケート調査
- ③同住宅の温湿度等長期測定
- ④仮設ビニルハウス (簡易サンルーム) による温湿度実 測と夏期の調湿実験
- ⑤数値計算によるサンルームの夏期の調温・調湿効果の 検討

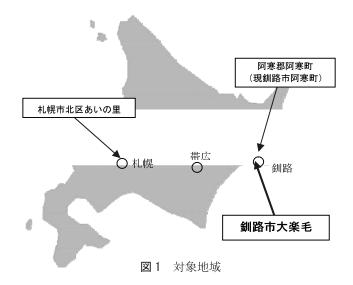
を実施し、地域におけるサンルーム使用の実態把握、シーズンを通した温湿度性状、調湿実験結果、およびシミュレーションの結果から、特に濃霧発生期間における屋

内への調温・調湿効果を中心に検討し、地域におけるサンルームの熱的有効利用の可能性を探る。

1.2 本研究の対象地域

本研究の実測対象地域を道東沿岸の釧路市とした。中でも夏期の海霧の影響が極めて顕著な大楽毛(おたのしけ)地区を中心にアンケート調査,実測調査およびモデル実験を行うことにした。この地区は、札幌・帯広方面から見て、釧路市の玄関部に当り、市街からは13km程度西部に位置する。また、阿寒川河口を挟んで東西に4km、太平洋岸からみた北への水平距離が300~500m程度の地積を有しており、そこに約7800人(世帯数約3600)の住民が生活している。

なお、次節のサンルーム、玄関風除室等ガラス被覆空間の分布および住戸数調査において上記の釧路市南西部地域に加え、同市北部地域、札幌市北部地域を対象地域とした(図1)。



*釧路高専建築学科

2. 北海道の住宅付設ガラス被覆空間の調査

2.1 道央・道東におけるガラス被覆空間の付設状況

札幌市北部地域(以降,道央内陸地区),釧路市南西部地域(道東沿岸地区)および同市北部地域(以降,道東内陸地区)において,風除室およびサンルームの付設状況の目視調査を実施した。道央内陸地区は20年ほど前に分譲を開始した札幌市北部10km圏の新興住宅地(あいの里),道東沿岸地区は釧路市南西部地域(大楽毛)の住宅地,道東内陸地区は釧路市から北(内陸)へ約20kmに位置する阿寒町(現釧路市阿寒町)市街が対象となっている。なお,阿寒町の夏の最高気温は釧路より2,3度高く,霧の発生も少ないことから,むしろこの季節は、札幌の気候に近いと考えて良い。各地区とも住宅地としてまとまった一町角の戸建住宅(119~330戸)を対象とし、風除室・サンルームの付設件数と利用形態についての踏査を行った。表1に各地区の付設件数を示す。

表1 風除室・サンルームの付設状況

	対象	風除室	3	サンルーム	
	住宅戸数	付設件数	%	付設件数	%
道央内陸地区 (札幌市あいの里)	119	59	49. 6	2	1. 7
道東沿岸地区 (釧路市大楽毛)	330	155	47. 9	21	6. 3
道東内陸地区 (阿寒町)	207	80	38. 6	3	1. 5

各地区ともに戸建住宅における風除室の付設率は 40 ~50%と半数近く, その付設率は非常に高いものと判断できる。札幌における踏査観察では, 新築間もない住宅に付設されているケースも比較的多く, 高断熱玄関扉が普及している昨今においても, 玄関前室(風除室) ~の熱的効用+アルファが, 大いに期待されているものと考えられる。

風除室の付設率に比べ、確かにサンルームの付設率は、2~6%と少ない。しかし、内陸部と海岸部では、付設率に3倍から4倍に達する歴然とした差異が見られる。特に、隣接している大楽毛と阿寒町との差異は、道東沿岸地区と道東内陸地区の地域(冬の多日射特性は同程度であるが、夏の海霧・低温に大きな違いが現れる)差から招来したことを窺わせる。

2.2 道東におけるサンルーム付き住宅の実態・意識調査

2.2.1 調査概要

調査は、2003年の夏に釧路市南西部地域(大楽毛)を対象に行った。図 2-1に示すように、この地区は太平洋と阿寒川の河口に近接することから、毎夏期の濃霧発生は極めて顕著になる。サンルーム付き住宅の戸数を確認したところ、西地区(34軒)、南1丁目(37

軒),南3~5丁目(28軒)の合計99軒で付設率はこの地区の戸建持ち家の約7%を占め,表1の付設率より若干高めであり,この全住戸を本アンケート調査の対象とした。

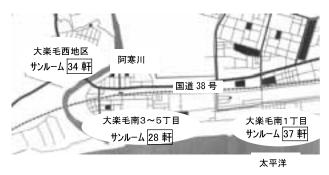


図 2-1 アンケート対象地域

アンケート調査の主な項目は、住宅およびサンルームの概要、サンルーム付設の目的(期待内容)、現在の使用状況、付設して分かってきた効用および弊害とした。アンケート用紙の配布はサンルーム付き住戸毎に個別訪問し、居住者に直接主旨を説明して依頼することを基本とした。アンケート用紙は後日の再訪問または郵便返送によって回収した。アンケート用紙は戸口で拒否されたものを除き、75件に配布し、このうち51件を回収した(回収率68%)。並行して、同地区においてアンケート回収数とほぼ同数のサンルームを付設していない一般戸建住宅に対し、サンルーム付設計画の有無などの聞き取り調査を行った。

2.2.2 調査結果と考察

サンルーム付設住宅の築後年数は15年以上が全体の9割以上を占めており、家屋の構造はほとんどが木造であった。サンルームの規模は、幅広いバリエーションになっており、中でも間口寸法が360cm(2間幅)のものが最も多く、全体の4割を占めた。サンルームのフレームの9割以上がアルミ等の金属製であり、木製のフレームは数件に過ぎない。ガラス仕様はシングルが8割、ペアガラスが2割であった。サンルームの熱環境の面から見れば、断熱フレーム+ガラスの複層化が望ましいが、自由記述の中でコストの面で問題ありとの指摘があった。

サンルームへの期待に関する設問(複数回答)では、図 2-2 に示すように、夏冬ともに最も多かったのは「洗濯物・寝具の干場としての利用」で、いずれも 5 割強の回答となった。また、「植栽・園芸の場(グリーンハウス)」としての利用を目的とする回答も夏冬ともに 4 割と多かった。また、冬では、「屋内への暖かさの取り込み」に 45%、「暖房費削減」に 25%の回答があった。厳寒期における熱的効果が目的と直截的に回答した例

もあった。さらに夏については、23%の回答が、この 地域特有の霧や湿気に対する効用を期待していた。

サンルーム付設の効用の回答結果を図 2-3 に示す。 効用に関する複数回答で、最も多かったのは「洗濯物・ 寝具の乾燥」に関わる項目で、7割が「サンルーム内で の洗濯物・寝具の乾燥可」を取り上げた。「居間での洗 濯物の乾燥促進」も2割に達した。なお、その内の6 割は「シーズン通して有効」と回答していた。自由記 述の中では、「海霧の日の物干しの効用」や「屋外での 物干し不要による外出時の安心感等」という回答があ った。また、回答の43%が「冬期、居間等の温度低下 抑制」、35%が「暖房の燃料削減」を取り上げているこ とを考えると、サンルームを付設したことによる熱的 な性能の向上も多くの住戸で実感しているように思わ れる。約30%が「霧の季節の不快感(じめじめ感)の 排除」と回答しているが、この数値は、付設時の目的 における「霧・湿気に対する効果への期待」の回答比 率(23%)よりも、上回っていることから、付設後に この効用を実感した居住者がいることは注目される。

図 2-4 に示すサンルームの付設による弊害(問題点) に関する設問(複数回答)では、「特にない」という回 答が 37%に達しており、相当数が、現状のサンルーム に不満を感じていないと判断できる。その一方で、冬 期の問題点として最も多かった指摘として、「外皮ガラ ス表面結露・凍結」が27%、次に「防寒・燃料削減効 果なし」が22%となり、先の熱的効用に対する満足度 が比較的高く現れた回答傾向と相反することになった。 このことは、家屋本体の断熱・気密性能、生活様式の 相違等が影響していると考えられる。本アンケート調 査の属性からは直接的な解析は困難であるが、家屋の 熱的性能と併せた検証が必要である。また、サンルー ム内のガラスの表面結露は、ペアガラス使用の住戸数 軒からも指摘があったが、実際には住戸毎の設置植栽 や日中の温湿度管理の状況、ベランダ戸面積とサンル ーム外気側ガラス面積の割合も大きく関係するので、 外壁ガラスの複層化だけでは解決できない問題と考え られる。夏場の問題点では、「サンルーム内の過熱現象 で使用不可」という回答が15%程あったが、「連続する 居間が暑くなりすぎて不快」という回答は僅かであっ た。夏期の低日射を考慮すると、道東太平洋沿岸地域 における夏期のサンルームの過熱問題は、薄いレース カーテン程度の日射遮蔽(自由記述にも同様の示唆あ り)で十分解決できると考えられる。

居間への熱的影響に係わって居住者に判断されたサンルームの「効用」と「弊害」の4つの回答項目(冬期2,夏期2)と、各々の回答におけるベランダ戸(サ

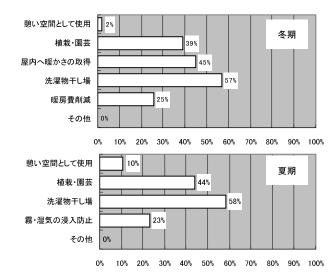


図 2-2 サンルーム設置の目的

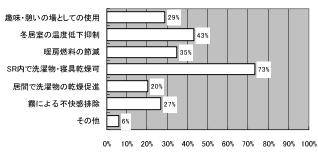


図 2-3 サンルーム設置による効用

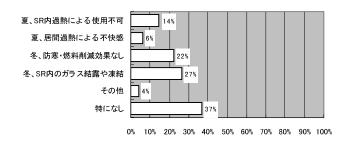


図 2-4 サンルーム設置による弊害

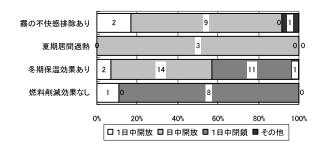


図 2-5 居間への熱的影響とベランダ戸の開閉状況 (※内数は件数)

ンルームと居間を連結する掃出し窓:ベランダ戸)の 開閉状況のクロス集計結果を図 2-5 に示す。

夏期の「霧の不快感の軽減がある」と回答した中では、ベランダ戸の「日中のみ開放」と「全日開放」が

ほとんどを占める。これは、ベランダ戸を日射のある 昼間に開放し、サンルームで温まった空気を居間に積 極的に取り入れることにより、相対湿度の低下を感じ ることができた体験を得ていると判断できる。また、 弊害項目の「夏期、居間が暑くなり過ぎる」と言うカ テゴリーの回答は少数だが、その全てが「日中のみ開 放」であった。このことは、ベランダ戸を昼間閉め切 るよりは、開放することによって、経験的にサンルー ムと居間を含めた生活空間の過熱を緩和しているもの と考えられる。

冬期の「居間の温度低下抑制または燃料削減効果あり」との回答の中では、「全日閉鎖」と「日中のみ開放」とが二分している。これは、「閉鎖」の場合、居住者が外皮ガラス壁とベランダ戸による多層効果とサンルーム温度の上昇によるベランダ戸経由の熱損失の軽減(あるいは流入熱による保温)を採択しており、「開放」の場合、サンルーム内で暖められた空気を直接的に居間への採り入れる効果を居住者が体験していると判断できる。

弊害項目の「燃料削減効果なし」の回答例の 9 割弱がベランダ戸の「全日閉鎖」であった。この回答を詳細に見ると、全てが間口寸法 360cm 以下の比較的小規模なサンルームであった。このことは、晴天日のサンルームを介した熱取得よりも、隙間風の防止やベランダ開口の熱的な強化、ベランダ戸開放時の冷気侵入阻止を居住者が体験しているからであろうと推察される。

3. 既存住宅付設温室(サンルーム)の実測調査 3.1 実測対象住宅

対象地区のサンルーム付き住宅のうち,特に海岸に 近い町内の2軒に実測調査を依頼した。その内の1軒 は大型のサンルームを設置しており, サンルーム外周 部に本屋同様の布基礎と土台を廻し, テラス部分に床 を張った強固な造りになっている。勾配を持つガラス 屋根部分からも日射取得が可能となっている(以降、 N宅,写真 3-1)。もう一軒の対象住宅は,家屋竣工後 数年経過して、居間外部に 50cm ほど突き出たコンクリ ートテラスと一階の庇の突き出し部に揃えて, 温室を 設置している(以降, D宅, 写真 3-2)。小型で簡易的 なサンルームであり、この地区では同様の簡易的なサ ンルームを幾例か見ることができる。サンルーム上部 は家屋の庇に繋がっているため,太陽光の入射はガラ ス壁面部のみとなる。N宅とD宅の住宅の構造,家族 構成、暖房方法はほぼ同様となっているが、N宅の夫 婦はともにリタイア後で、日中の在宅時間が比較的長 く、D宅の夫婦はともに有職ということで、平日日中





写真 3-1 N宅

写真 3-2 D宅

の在宅時間は短い。さらに、居間の温熱環境の比較を 行うために、同地区に建つサンルームを持たない一般 住宅1軒にも実測調査を依頼した(以降、M宅)。この 住宅はN宅から300mほど東に位置し、構造、規模、暖 房方法がN宅及びD宅とほぼ同等の条件となっている。 これら3住戸の家屋とサンルームの概要を表2に示す。

表2 実測住宅の概要

家族構成 老夫婦 老夫婦 +成人女性1人 *成人女性1人 ** 大造在来 老夫婦 +成人女性1人 ** 大造在来 老夫婦 +成人女性1人 ** 大造在来 建築面積(㎡) 74.52 93.15 55.8 1階床面積(㎡) 71.21 67.23 55.8 2階床面積(㎡) 28.98 24.30 25. 延床面積(㎡) 100.19 91.53 81.0 近床面積(㎡) 6W厚 100mm GW 厚 100mm GW 厚 100mm GW 厚 100mm 床 GW厚 100mm GW 厚 100mm GW 厚 100mm GW 厚 100mm GW 厚 200mm ペアガラス(3-12-7 は 200mm インプガラス(3-12-7 は 200mm インプガラス(3-			双 2 天顶口		
家族構成 老夫婦 老夫婦 +成人女性1人 様法 老夫婦 +成人女性1人 株式人女性1人 (大き在来) 老夫婦 +成人女性1人 (大き在来) 老夫婦 +成人女性1人 (大き在来) 老夫婦 +成人女性1人 (大き在来) 老夫婦 +成人女性1人 (大き在来) 老夫婦 +成人女性1人 (大き在来) 老夫婦 +成人女性1人 (大き在来) 老夫婦 +成人女性1人 (大き在来) 老夫婦 +成人女性1人 (大き在来) 老夫婦 +成人女性1人 (大き在来) 老夫婦 +成人女性1人 (大き五妻) 老夫婦 +成日本来) 老夫婦 +成人女性1人 (大き在来) 老夫婦 +成日本来) 老夫婦 +成人女性1人 (大き在来) 老夫婦 +成日本来) 老夫婦 +成人女性1人 (大き五妻) 老夫婦 -大き五妻 -大き五妻 -大き五妻 -大き五妻 -大き五妻 -大き五妻 -大き五妻 -大き五妻 -大き五妻 -大き五妻 -大き石油ストープ 老夫婦 -大りの一 -大き石油ストープ -大き石油ストープ -大き石油ストープ 老夫婦 -大き石油ストープ -大き石油ストープ -大き石油ストープ -大き五妻 -大き五妻 -大き五妻 -大き五妻 -大き五妻 -大き石油ストープ -大き石油工工工工工工工工工工工工工工工工工工工工工工工工工工工工工工工工工工工工			N宅	D宅	M宅
家族構成 老大婦 老大婦 +成人女性1人 構法 木造在来 木造在来 木造在来 建築面積(㎡) 74.52 93.15 55.8 1階床面積(㎡) 71.21 67.23 55.8 2階床面積(㎡) 28.98 24.30 25. 延床面積(㎡) 100.19 91.53 81.0 遊床面積(㎡) GW厚 100mm GW厚 100mm GW厚 100mm 房W厚 100mm GW厚 150mm GW厚 100mm GW厚 100mm 大井 GW厚 200mm GW厚 200mm GW厚 200mm ボウノルガラス窓 アバ枠ニ重サッシ アバ枠ニ重サッシ アバ枠ニ重サッシ インアガラス(3-12-74) 樹脂サッシ 居間の熱損失係数*A 2.93(W/㎡K) 3.43(W/㎡K) 2.80(W/㎡ 居間の総隙間面積*B 0.044(㎡) 0.047(㎡) 0.040(m 半密閉型 石油ストーブ 石油ストーブ 石油ストーブ 石油ストーブ 広さ 6.3×1.5m ガラス シングル・厚 3mm シングル・厚 3mm なけ。 フリネ フリネ	築後年数		15	20	25(10年前一部改修)
接案面積(㎡)	家族構成		老夫婦	老夫婦	老夫婦 +成人女性1人
Time	構法		木造在来	木造在来	木造在来
28.98 24.30 25. 近床面積(㎡) 100.19 91.53 81.0	建築面積(㎡))	74.52	93.15	55.89
 延床面積(㎡) 100.19 91.53 81.4 壁 GW厚 100mm GW厚 100mm GW厚 100mm GW厚 100mm GW厚 100mm GW厚 100mm GW厚 100mm 素井 GW厚 200mm GW厚 200mm GW厚 200mm タングルガラス窓 アルギニ重サッシアルギニ重サッシアルギニ重サッシアルギニ重サッシアルギニ重サッシアルギニ重サッシアルギニ重サッシアルギニ重サッシアルギニ重サッシアル・原 343(W/㎡K) 2.88(W/㎡ B間の総隙間面積*B 0.044(㎡) 0.047(㎡) 0.040(m 場合の大学・大学・大学・大学・大学・大学・大学・大学・大学・大学・大学・大学・大学・大	1階床面積(r	n²)	71.21	67.23	55.89
壁 GW厚 100mm GW厚 200mm AVEX	2階床面積(r	n²)	28.98	24.30	25.11
断熱 床 GW 厚 100mm GW 厚 150mm (一部 100mm) GW 厚 100mm 天井 GW 厚 200mm ペアガラス(3-12-70) イン イ	延床面積(㎡)	100.19	91.53	81.00
所然		壁	GW 厚 100mm	GW 厚 100mm	GW 厚 100mm
窓サッシ シングルガラス窓 7 / k 枠 二重サッシ	断熱	床	GW 厚 100mm		GW 厚 100mm
ボータン アルド アルド 本語 アルド 東京 東京 アルド 東京 東京 東京 東京 東京 東京 東京 東		天井	GW 厚 200mm	GW 厚 200mm	GW 厚 200mm
居間の熱損失係数*A 2.93(W/㎡K) 3.43(W/㎡K) 2.80(W/㎡ 居間の総隙間面積*B 0.044(㎡) 0.047(㎡) 0.040(n	窓サッシ				ペアガラス(3-12-3)
居間の総隙間面積*B 0.044(㎡) 0.047(㎡) 0.040(m ・	見胆の熱揺り	+ 15 ¥L*A			
暖房方法 半密閉型 石油ストーブ 半密閉型 石油ストーブ 半密閉型 石油ストーブ 広さ 6.3×1.5m 2.7×0.4m ガラス シングル・厚 3mm シングル・厚 3mm					
仮房 方 石油ストーブ 石油ストーブ 石油ストーブ 石油ストーブ 石油ストーブ 石油ストーブ 万油ストーブ フェックル・厚 3mm シングル・厚 3mm フェックル・アルジー フェックル・アル・アル・アル・アル・アル・アル・アル・アル・アル・アル・アル・アル・アル	居間の総隙間面積で			1 1	
ガラス シングル・厚 3mm シングル・厚 3mm	暖房方法				干密闭空 石油ストーブ
74. 71.3 71.3		広さ	6.3×1.5m	$2.7 \times 0.4 \text{m}$	/
またいしょう 窓枠 アルミ アルミ	サンルーム	ガラス	シングル・厚 3mm	シングル・厚 3mm	
		窓枠	アルミ	アルミ	
主用途の現状通年物干夏期植栽、園芸夏期植栽、園芸		現状			

*A 居間の熱損失係数[参考値]は冬期部分暖房(居間等主生活空間のみ)時 における外気・隣室への熱損失係数を示す。注2)参照。

3.2 測定概要

計測項目は温度、相対湿度及び日射量とし、温・湿度計測には小型サーモレコーダー(T&D 社「おんどとり RH」)を使用した。各サンルーム付き住宅(N宅、D宅)内の温湿度の測定は、サンルームに掃出し窓(ベランダ戸)を介して繋がっている居室(居間)の上部(鴨居レベル),同下部(床面上15 cm)、サンルーム内上部,同下部(居間の温湿度計設置レベル)の計4箇所とし、各々壁面から15 cm 程度離した位置に感応部を設置した。外気温湿度は住宅北側、GL から1.5 mの高さで計測した。サンルーム非設置のM宅でも、居間の温湿度と外気温湿度をN宅、D宅と同様の測定器設置条件で計測した。また、各実測住宅から北西に800mほど離れた釧路高専校舎屋上に小型セル型日射セン

^{*}B 居間の総隙間面積[参考値]は隣室扉を閉鎖条件で測定した居間の総隙間 面積を示す。注2)参照。

サーを設置して、この地区の水平面全天日射量を計測した。これらの計測はすべて30分間隔で記録した。計測は2002年4月から開始し、計測期間は1年間とした。

3.3 実測結果の考察

夏期における海霧の発生が続いた 1 週間 $(7/16\sim22)$ と、冬期のこの地域の特徴である快晴日が続き、最低外気温が零下 15 \mathbb{C} 前後まで低下した 1 週間 $(2/13\sim19)$ 検討の対象期間とした。本報では、サンルーム設置による居間の熱的快適性について論じることとする。

空気温度は周壁温度に等しいと仮定して、3 住戸における夏期および冬期の測定対象期間 (7 日間) の室温 (≒作用温度とする) と相対湿度の時刻別平均値を求め、その経時的な推移を図 3-1、図 3-2 に示す。図中に併記した ASHRAE STANDARD 55-92 の快適域⁶⁾との関係から見て、夏期のD宅の居間はサンルームがあっても低温・高湿状況にあることが分かった。一方、大型のサンルームを付設したN宅の相対湿度は60%若干越える時間帯もあるが、60%を下回る時間帯が多く、また日中の室温は25℃を上回るが、27℃を超えることはなかった。同様に冬期についても、大型サンルームのN宅が、最も快適域に包含、またはその近辺に分布する時間帯が多い。

夏期に居間の室温を 30℃に達する程の過熱に至ら せることのない濃霧発生地域のサンルームは、冬期

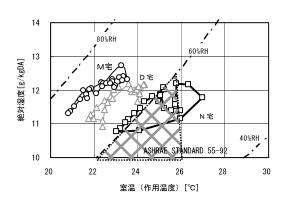


図 3-1 各住戸居間の温湿度推移(夏期)

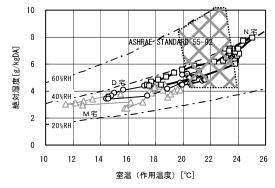


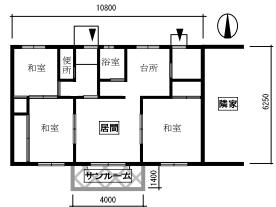
図 3-2 各住戸居間の温湿度推移(冬期)

の日射取得による加温効果も期待でき,工夫次第で はあるが,年間を通した居間の熱的な快適性の向上 に供することが可能となる。

4. 実験用簡易サンルームによる調温・調湿実験

4.1 付設対象住戸

実験用簡易サンルーム(以降,SRと称する)は,図 4-1 に示すように前節の同地域(釧路市大楽毛)に建つ1棟2住戸構成の平家連続住宅の1住戸(以降,T宅と称する)に付設した。この住戸は北海道の60~80年代に多い居間中央型形式(南向き)の平面形となっている。表4-1に住戸の構造,居住者の生活形態等の概要を示す。



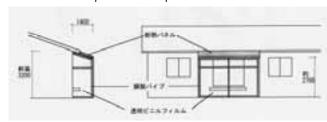


図4-1 住戸略図面とSR設置位置

表 4-1 SR付設住戸の概要

	XII SKIIKE/ VIKE			
	住宅名称	公務員宿舎(釧路高専職員宿舎)		
	所在地	北海道釧路市大楽毛西2丁目		
	着・竣工年度	1975 年		
住	構造・階数	補強コンクリートブロック造・平家 (1棟2戸連続住宅)		
l _ l	各戸床面積	67. 5 m²		
戸	開口部	二重建具単板ガラス窓 (外側:アルミ製枠,内側:木製枠)		
	断 熱	外壁・床:GW45mm 厚,天井:GW100mm 厚		
	推定Q值**	3. 3W/m² K		
	居住者	成人男性1人(高専職員)		
生	暖冷房	暖房: 半密閉型石油ストーブ (居間のみ) 冷房: なし		
活形	換気設備	第3種換気 (台所, 浴室に設置, 室使用時のみ作動)		
熊	基本在室	平日日中:勤務のため不在(8:30~18:00) 夏期(お盆):一週間程度不在		
, _,	パターン	年末年始:一週間程度不在		

※Q値は建設当初の図面から拾い出した材料から求めた貫流損失と,夏期に家屋内で行った数度(風速静穏時)の CO_2 減衰実測から推定した換気回数 $(1.0 \, \text{回/h} \, \text{前後})$ による換気損失から推定した。

4.2 SRの製作

SRの付設位置は居間から外への出入が可能な掃 き出し窓(以降、ベランダ戸という)を含む南側外 壁部分とした。一般的な住宅用サンルームは、ガラ ス被覆を行い居室同等の床仕上げとしているが、植 生の持込を目的とした露地型もある。サンルーム内 で調温調湿された空気を居室に直接導入して利用す ることを目的とした実験用SRということで,以下 のような仕様とした。

- ①外皮には安価で扱いが容易な透明ビニルフィルム を使用する。
- ②一般的に問題となるサンルームの夏の過熱防止と, 冬の多大な熱損失に配慮して,屋根部分を断熱パネ ルで遮光・断熱する。
- ③地面の蓄放熱や吸放湿による影響を調べるために, 床仕上げをせずに地面を露出させる。

図 4-2 に示すように、地盤面からの熱損失に配慮し て、SRの基礎部分には木製の独立基礎と発泡ポリス チレンボード(熱伝導率=0.04W/mK)を埋め込み、その上 にビニル被覆下地骨組みとして足場用鋼管を立ち上げ た。SR外皮として極力隙間ができないよう農業用の 透明ポリ塩化ビニルフィルムで全体を覆った。屋根部 分には同図のように発泡ポリスチレンボードと構造用 合板からなる断熱パネルを架けた。規模は一般的な既 製品の中規模サンルームを想定し、間口 4000 mm・奥行 き 1400 mm・勾配屋根の中心高さを約 3000 mm とした。 なお、計測期間中(夏期)にCO。減衰法を用いSRの 換気回数の測定を行い、1.7 回/h (平均風速 2m/s, 平 均内外温度差 5K 程度) ~2.3 回/h (同 5m/s, 11K 程度) という結果を得た。もとよりこれだけでは気密性能の 検討は出来ないが,数値が大きいのは,外皮フィルム 相互の合わせ目よりも, 家屋外壁との取り合い部分, 特に基礎周りや勾配屋根との間の接合部で完全に隙間 をなくすことが困難であったことに起因している。

4.3 温湿度実測の概要と調湿条件設定

SR・家屋内の温度,相対湿度測定には小型サーモ レコーダー (T&D 社製 RTR-53) を使用した。測定箇所 はSRに連続する居室(居間)上部(鴨居レベル),下 部 (床上 150mm), SR上部,下部 (各々居間の計測位 置と同レベル)の計4箇所とした。また、対象住宅近 辺に日射や気温に影響を与える隣棟や障害物がないこ とから, 周辺地域の外界気象データを使用しても差し 支えないものと判断し、外気温・外気相対湿度はこの 家屋から 100mほど離れた釧路高専敷地内の百葉箱で, 水平面全天日射量は、同校舎屋上での計測値を使用し た (データ欠損期間もあったので、釧路気象台の日照

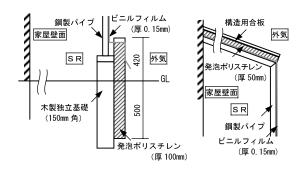


図 4-2 SR基礎および屋根周りの断面図

時間も併用)。また、比較のために計測期間中空室であ ったT宅隣家の居間の温湿度を同じ位置で計測した。 全ての計測データは30分ごとに記録した。

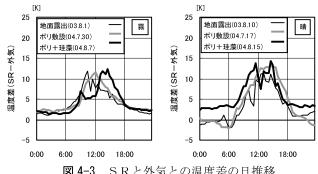
なお、絶対湿度は温度と相対湿度の測定結果を用い、 Wexler-Hyland の式から算出した。SR内の地面を露出 させたまま、2002年9月から約1年間計測し、翌年夏 には、地面の調湿を施した上で実測を行った。表 4-2 に実測のスケジュールを示す。

表 4-2 実測スケジュール

調湿の方法	地面露出	地面にポリフィ ルム敷設	ポリ+珪藻土 (1000)撒布
測定期間	$2002. 9. 1$ $\sim 2003. 8. 31$	2004. 7. 13 ~8. 6	2004. 8. 7 ~8. 31

4.4 実測結果からみた地面の調湿の効果

図 4-3 に、各調湿条件における期間内の霧発生日と 晴天日のSRと外気の温度差の日推移を示す。霧発生 日は各条件ともに大きな差異は見られなかった。晴天 日も、昼間のピーク時の条件ごとの大きな差異はない が、深夜から早朝にかけて地面露出とポリフィルム敷 設条件でSR温度が外気温を下回る現象が見られた。 しかし, この違いは, 珪藻土撒布条件の日に比べて深 夜の外気温が高めに推移し、夜間放射の影響が加わっ て生じたものと考えられ、設定条件による差異とは言 えない。この結果からみると、各条件ともに昼間のピ ーク時のSRと外気の温度差は 12~14K に達するもの の、夏の日最高外気温が 20℃程度であることを考慮す



ると、天候、時間帯によってはSR内高温空気を屋内 へ直接導入が可能になってくる状況も想定される。

表 4-2 で示した各調湿条件期間におけるSR・T宅 居間・隣家居間と外気との絶対湿度差の時刻別平均値 の推移を図 4-4(a)~(c)に示す。SR内と外気の絶対湿 度差の推移に着目すると, 地面露出と調湿処理後には 大きな違いが見られる。地面の露出条件では, 最低で も外気絶対湿度を 2g/kgDA 以上も上回り, 特に日中, 地面からの放湿による絶対湿度 (差) の急激な上昇が 見られる。ポリフィルム敷設時には,僅かに絶対湿度 差の増減はあるものの、ポリフィルムによる断湿によ って放湿が原因となるSR内絶対湿度の上昇を抑える 効果が確認できる。 さらに珪藻土撒布後には、温度上 昇に伴う昼間の放湿効果が明確に見られる。夜間のS R絶対湿度の明確な低下は見られるが、昼間の放湿成 分を昼間に排出する工夫をしない限り, 夜間の吸湿効 果を利用することはできない。T宅居間の絶対湿度の 推移に着目すると,地面露出時や珪藻土散布時に比べ, ポリフィルムによる断湿時に隣家よりも絶対湿度差が 減少していることから、SRの断湿による居間におけ る若干の減湿効果が期待できる。

これらのことから、蓄放熱や吸湿効果を企図したとしても地面露出のSR付設は、湿度的に不利になることが明白となった。しかし、SR地面の断湿や珪藻土等の吸放湿サイクルの適切な工夫によって、減湿空気のベランダ戸経由での取り入れは可能性が高いと思われる。以下、特にこの点に関してシミュレーションにより検討を行う。

5. シミュレーションによるSRの調温調湿効果 5.1 計算概要

本計算は,2005 年に本間義規氏が開発・提案された「換気系と練成した非定常熱水分収支式の解法」によるプログラム(言語:FORTRAN77)を使用して行った。解法の詳細は文献^{5),7)}を参照されたい。

本解析では、室内条件、外界条件を同一条件とし、地域、SRの性能(気密性・日射透過量)、調湿材の量、およびベランダの隙間量をパラメータにして、感度解析的に検討した。室内発熱・発湿スケジュールは、居住者の生活形態を想定し、起床から出勤時および帰宅から就寝時までを250W、150g/h、その他の時間帯を150W、50g/h とした。暖房は、南および北居室が15℃を下回る場合、15℃となるように暖房負荷を算定、冷房は、南および北居室が33℃を上回る場合、33℃となるように冷房負荷を算定した(ただし釧路、札幌は冷房負荷なし)。なお、地域気象条件(外気温湿度、日射量等)

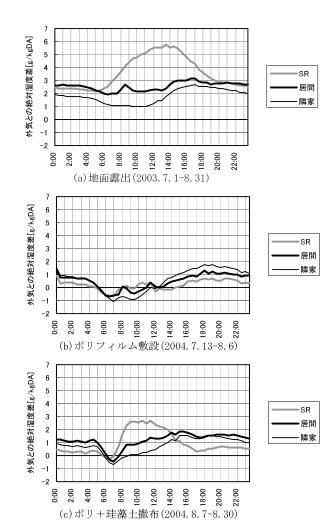


図 4-4 各調湿期間の外気との絶対湿度差の推移

は、拡張アメダス気象データ(標準年のデータ) $^{8)}$ を使用し、SRの調湿に係わる諸材料の熱・湿気物性値 $^{9)}$ を表 5-1 に示す。なお、以降の検討では、各部初期温湿度条件(各室 5 $^{\circ}$ ・1g/kgDA、各壁体 1 $^{\circ}$ ・1g/kgDA)から 2年間助走計算した後、3年目の夏(7、8月)の計算結果を使用した。

表 5-1 SR調湿に係わる材料の熱・湿気物性値

	密度	比熱	熱	湿気伝導率	空隙率
			伝導率	[kg/ms•	
	[kg/m³]	[J/kgK]	[W/mK]	(kg/kgDA)]	$[m^3/m^3]$
コンクリート	2200	940	1.6	3.23×10^{-7}	0. 22
珪藻土	1178	1942	1. 11	2.33×10^{-5}	0.45
防湿層	665	1470	0.046	2. 13×10^{-10}	0

図 5-1 に示すように、実測で使用した家屋とSRを5室(SR,北側居室、南側居室、床下、小屋裏)にモデル化した。地盤面は二次元非定常熱伝導として扱い、家屋部およびその周辺地盤を同図下のようにモデル化した。計算格子は非等分割で、建物の近傍になるほど細かなメッシュ(0.03~0.05m程度)になるように設定している(計算格子点は682点)。地盤下は不易層温度

(釧路 6.4°C) で固定し、図に示すように垂直方向外縁は断熱境界とした。

実測結果に基づいて仮定した各パラメータの想定値および設定値を表 5-2 に示す。実測において、地面を露出したままでの使用は、その過度な湿度上昇から検討には値せず、本計算においては調湿・断湿を前提条件とする。なお、実測期間に行った家屋の換気量の測定や建設年次(老朽度)等から、対象住戸の隙間面積を床面積[m²]当たり10cm²と仮定し、総隙間量を各室床、天井面積および開口部の周長相当分に振分けた。本数値計算では、ベランダ戸閉鎖時の隙間面積の想定値は周長[m]当たり3.24cm²として設定した。

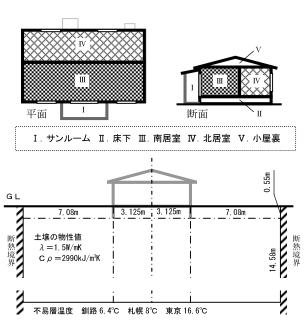


図 5-1 数値計算用家屋と地盤面のモデル

表 5-2 パラメータの設定

パラメータ	想定値	設定値
気象データ	釧路	札幌,東京
SR床調湿方法	珪藻土	ポリフィルム断湿 土間コンクリート
珪藻土敷き厚[cm]※	10	2, 5, 10, 20
ベランダ戸の隙間面積比率	1	2, 4, 8 倍
SRの隙間面積[cm²/m²]	10	2. 5, 5, 10, 20
SR外皮の日射透過率※	0. 7	0. 5, 0. 6, 0, 7, 0. 8

[※]本報では考察を割愛する。

5.2 夏期のSR内温湿度の計算結果

5.2.1 SRの付設に伴う居室内の温湿度

室内発熱・発湿等を同条件とし、SR非付設の場合は、前述のモデルのSRを省いて4室モデルを想定して計算した。図5-2(左)は、釧路と札幌の気象データから最高外気温が最も高くなった晴天日を抽出して、南居室の温度と湿度の一日の推移(クリモグラフ)として示したものである(図中のASHRAE 快適範囲は室温

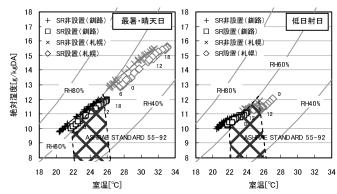


図 5-2 SR設置の有無による南居室温湿度

≒作用温度と仮定した場合のもの。スペースの関係で 一部の設定条件の推移にのみ時刻を表示しているが, 他の条件も推移の時刻はほぼ同一の位置にある。次節 も同様。)。これらはベランダ戸が常時閉鎖された状況 での計算結果であるが、釧路の場合、 SRを付設した ことによって室温は上昇し、相対湿度は低下した。S Rの付設による日中の居室における過度の温度上昇は 現れない。その推移が概ね快適範囲内にあることから, 体感的には好ましい状況にあると判断できる。しかし, 札幌においては、SRの付設・非付設に係わらず快適 範囲から大きく外れ, SRの付設はむしろマイナスと 考えられる。図 5-2(右)は、日射量が少ない日(道東 沿岸地域では霧発生日と想定できる日)の温湿度の推 移を示す。釧路の場合、濃霧によって日射の影響が軽 減された分だけ、室温は快適範囲に至らぬものの、 S Rの付設によって非付設時のような低温・高湿環境が 幾分改善される傾向が見られた。札幌ではSR付設・ 非付設ともに概ね快適範囲の近くに分布しているが, SRの付設によって温度は快適範囲より高めに移行す る傾向がうかがえる。

なお、東京の気象による数値計算も行ったが、SR 付設・非付設にかかわらずこの期間中常に冷房負荷が 発生し、SRの付設によって負荷は増大する結果となっている。

これらのことから,アンケート調査によっても確認できたが,道東沿岸地域の夏期の場合,SRの付設によって居室の熱環境の改善効果が期待できる。

5.2.2 ベランダ戸隙間面積の増加に伴う居室内の温 湿度

クリモグラフを用い、図 5-3 (左) に、釧路の最暑・晴天日におけるベランダ戸の隙間面積の初期条件時と隙間面積を 8 倍まで増加させた場合の南居室の温湿度の推移を示す。隙間面積の増加に伴い、温度の快適範囲から高めに逸脱する時間帯が増える傾向にある。さらに隙間面積を増加させると、居室のオーバーヒート

が予測されるが、このことは、この結果が当地域の最も暑い日に相当することを考慮すると、時間帯に合わせて、ベランダ戸を開閉することによって、居室内を快適に保てる可能性を示唆している。また、相対湿度は隙間面積増加によって顕著に減少し、絶対湿度も若干低下しており、快適域に移行する傾向にある。衣類や寝具の乾燥を主目的とするならば、相対湿度の明確な低下傾向から、このことはまた、SR内に高温乾燥空気を導入することにより、好ましい効果が得られるものと判断できる。図 5-3 (右)に、同じく低日射日(霧発生想定日)の推移を示す。隙間面積の増加によって温度・湿度ともに快適域に移行する傾向が顕著に現れている。

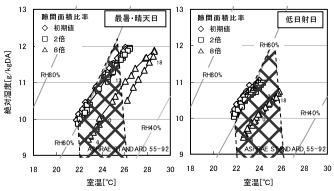


図 5-3 ベランダ戸隙間増加に伴う南居室温湿度(釧路)

5.2.3 調湿方法によるSR内の温度・絶対湿度変化

図 5-4, 図 5-5 は、釧路においてSRの地面(床面)の調湿方法の違いによる、SR内と外気との温度差と絶対湿度差の一日の推移を、7、8 月より抽出した日射量の多い日(積算日射量 24MJ/m²以上の日、10 日分)と少ない日(同 7MJ/m²以下の日、10 日分(雨天日含む))の時刻別平均値を用いて示したものである。温度差の推移を見ると、どのケースもSRと外気の差は低日射日よりも多日射日の方が 1~3K 程度上回っている。また、絶対湿度差の推移を見ると、多日射日にSR湿度が外気湿度を上回る時間帯が見られるものの、低日射日のSR湿度は常に外気湿度を下回っている。また、日射の変動が大きく、その影響が卓越する多日射日の温度・絶対湿度は、いずれのケースも日中に上下変動が見られる。

調湿条件を、実測で行った条件と類似させた地面のポリフィルムによる断湿、ポリフィルムの上に珪藻土 (厚 20cm)を撒布、これらに加えて実際の施工で想定される土間コンクリート (厚 20cm)設置による断湿の3ケースで比較している。温度差の推移を見ると、多・低日射日ともに、珪藻土撒布時に一日を通して高目の傾向が見られるが、その推移の形は3ケースともに類

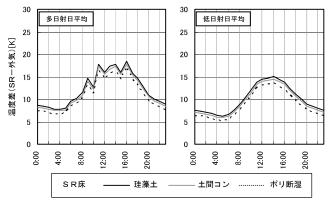


図5-4 SR床調湿によるSRと外気の温度差の推移

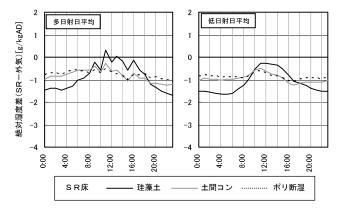


図 5-5 SR床調湿によるSRと外気の絶対湿度差の推移

似している。しかし、絶対湿度差の推移を見ると、両 日射条件ともに実測でも見られたような推移が現れて いる。即ち、土間コンクリートやポリフィルムによる 断湿によって,絶対湿度の一日の変動が小さくなって いるのに対し, 珪藻土撒布時には絶対湿度の夜間・早 朝の低下と日中の上昇傾向が明確に現れている。この SR内では水分発生がないことから、SR内の水蒸気 量は主に室内と外気からの流出入に依存するが、本計 算においては, 設定条件ごとのこの流出入の差異はな いものと判断できる。従って、日射の影響による温度 変化により珪藻土からの吸放湿サイクルが生じて絶対 湿度の変動が大きくなっていると考えることができる。 この解析結果は、地面の積極的な断湿によって目中の 温度上昇による放湿量を外気側に排出し, 乾燥した珪 藻土に夜間の取り入れ空気の吸湿をさせることで,道 東沿岸地域における居室の環境改善を示唆している。

5.2.4 外皮性能によるSR内の温度・絶対湿度変化

図 5-6, 図 5-7 は, SRの気密性(相当隙間面積)の 違いによるSRと外気の温度差・絶対湿度差の一日の 推移を, 前節同様に日射条件別に整理し, 時刻別平均 値を用いて示したものである。一日を通した条件ごと の温度差から, 隙間面積が半減することにより最小で 2K 程度, 最大で 4K 程度の上昇が見られる。また, 絶対 湿度の推移から, 日中ピークの時間帯は低日射日で隙 間面積ごとに差異は見られるものの、多日射日の場合、その差異はほとんど現れない。その一方で、夜間から早朝にかけては、両日射条件ともに隙間面積が減少するに従って絶対湿度は低下している。このことから、SRの温度は気密性能に大きく依存すること、また、気密性にやや難のあるSRでの実測では明確にはならなかったが、気密性を高めることによって調湿材による夜間から早朝にかけて吸湿効果が期待できること、などが明らかとなった。

6. 結 語

道東および道央地域を対象とした住宅用ガラス被覆空間の付設率調査およびアンケート調査から,道東沿岸地域におけるサンルームの相対的な高付設率を確認し,夏霧で低温になる地域の有用性を明らかにした。また,既存の住宅付設温室や簡易サンルームを使用して行ってきた実測結果および非定常シミュレーションから,サンルームの気密化,透明外皮の日射透過の調整など工夫次第で,温室内の適度な調温調湿が可能となること,また,調湿材(珪藻土など)の利用によって,時間帯による断湿や吸放湿の効果を上手く利用することによって温室とベランダ戸を介して連続する居室への良好な調湿(減湿)効果の可能性が見えてきた。

シーズンを通して、より快適な居室環境を得るために、温室・居室間のベランダ戸の開閉や補助的な強制給排気によって、調温、調湿(防湿)に配慮した付設温室内空気の適切な利用方法を検討し提案することを今後の課題としている。

なお,本報文は筆者の博士論文(北海道大学 2008 年) の骨子を再構成し,纏めたものである。

【本報告に関連する既発表論文等】

- 1) 佐藤彰治・絵内正道・横平昭: 濃霧発生地域におけるサンルーム 付き住宅の有効性について その1 温湿度性状に及ぼす夏の濃霧 と冬の多日射の影響,日本建築学会環境系論文集,No.581, pp.15-20,2004.7
- 2) 佐藤彰治・絵内正道: 居室の温湿度性状に及ぼす実験用サンルームの効果,日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2,pp. 151-152,2004.8

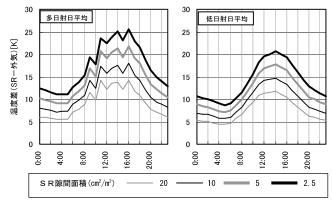


図5-6 SR気密性によるSRと外気の温度差の推移

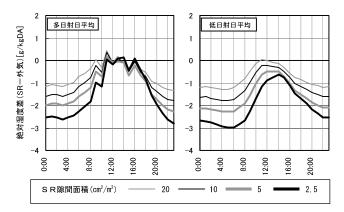


図5-7 SR気密性によるSRと外気絶対湿度差の推移

- 3) 佐藤彰治・絵内正道: 実験用サンルームを使用した調湿実験結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2, pp. 179-180, 2005. 9
- 4) 佐藤彰治・絵内正道:北海道における住宅用ガラス被覆付設空間 に関する研究-濃霧発生地域におけるサンルーム付き住宅の有効性 について,日本建築学会技術報告集,No. 23, pp. 211-216, 2006.6
- 5) 佐藤彰治・絵内正道・本間義規: 濃霧発生地域におけるサンルーム付き住宅の有効性について その2 簡易的なサンルームを付設した既存住宅の夏期の調温調湿効果,日本建築学会環境系論文集,No. 625, pp. 313-320, 2008. 3

【参考・引用文献】

- 6) ASHRAE: ANSI/ASHRAE Standard 55-1992, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy
- 7) 本間義規:非居住空間を含む多数室を対象とした熱・空気・湿気 移動解析,日本建築学会環境工学委員会熱環境運営委員会第35回 熱シンポジウム,pp.31-38,2005.11
- 8) 日本建築学会編:拡張アメダス気象データ 1981-2000
- 9) 日本建築学会編:建築材料の熱・空気・湿気物性値, 2001