

雪国の木造小学校における室内環境に関する研究

後藤 哲男
GOTO Tetsuo

キーワード：木造建物、室内環境、雪室

Keywords：wooden structure, indoor environment, snow room

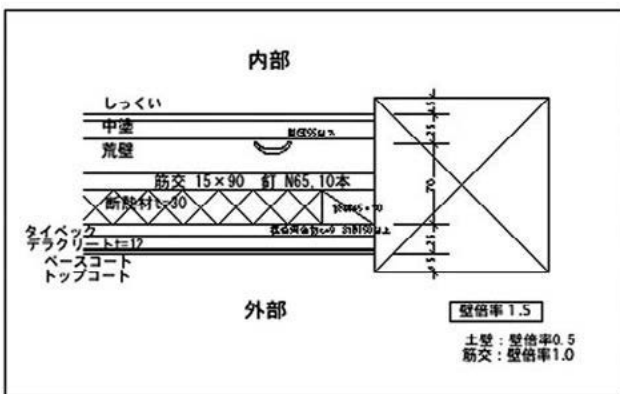
1. はじめに

旧和島村の統合小学校は平成22年の3月に竣工した。本研究はこの和島統合小学校の室内環境を整えるための準備研究としてスタートし、山古志ロータリーハウス「山の学校」の建設を通して本研究は展開されることとなった。その経緯については本研究紀要集第6号において中間報告をしている。今回はその続編である。

2. 「山の学校」の壁の仕様

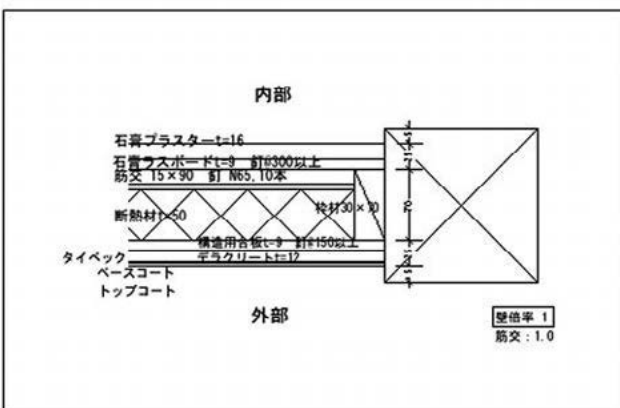
山の学校は木造在来真壁工法で建設される。その2階のメインフロアの壁仕様は昔ながらの土壁とした。その上で断熱性能の向上と耐震性能を確保するやり方を模索した(図-1)。

図-1 2階土壁仕様



1階壁仕様は土壁の替わりにラスボードを貼り石膏プラスター塗りとし、2階と比較することとした。(図-2)

図-2 1階壁仕様

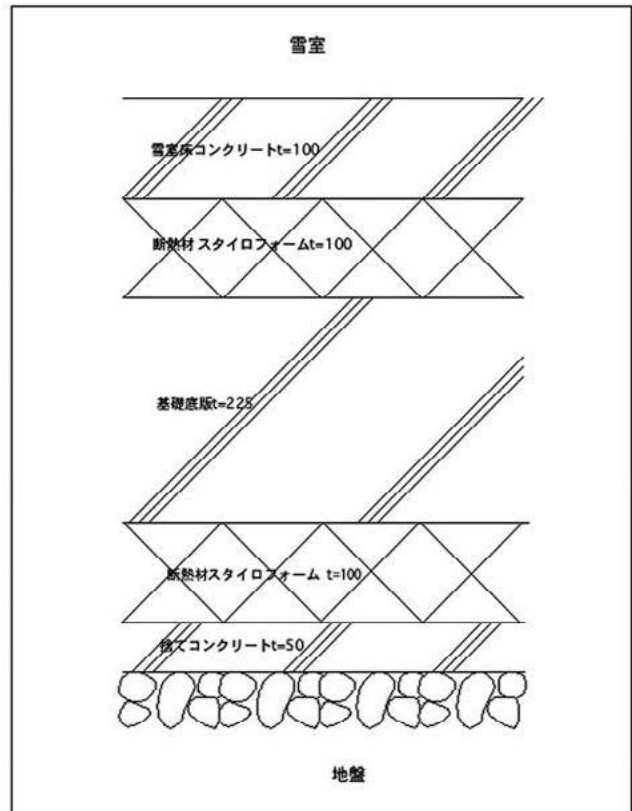


3. 雪室

山古志の最大の特長である豪雪は、これからの地域や建築において利用する対象であると考えた。そのため雪の冷熱を利用するための方策が雪室の設置であった。

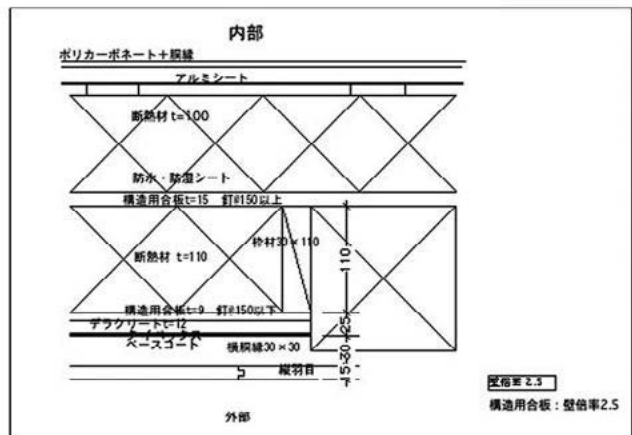
雪室は言わば雪冷蔵庫であるが、それを木造在来真壁構造の建物に作り付ける課題である。雪室の配置に関しては、建物本体が南面しているため、二つに分け東側と西側に配置した。性能的には西側雪室が不利であることが予測された。西日による直射日光が西側表面を高温にするためである。

図-3 雪室の床の仕様



そのため、西側雪室は内側に6mm厚の空気層を設けたアルミ箔状のシートを実験的に敷設し放射熱を遮断した。さらにその内側に雪が直接断熱材に接しないようにポリカーボネート板で仕切っている。壁の標準的仕様は図-4に示す。

図-4 雪室の壁の標準的仕様



天井は2階根太間に100mm厚の杉皮断熱材(熱伝導率約0.05w/km)と天井裏に100mmのスタイロフォームを敷設している。また、建物の屋根の断熱材はガリバリウム鋼板の屋根材の下に60mm程度の空気層を設けた下に厚さ100mmの杉皮断熱材を設けている。

西側雪室の隣には同様の仕様の冷蔵庫を設けており、雪室から冷気の供給をするようにしている。温度管理はセンサーで設定温度を決め(通常は12度に設定)温度が上昇するとファンがまわり雪室から冷気を取り出す仕組みである。また2階の研修室には西側と東側の雪室から冷気を循環させる仕組みを作った。

4. 温度測定

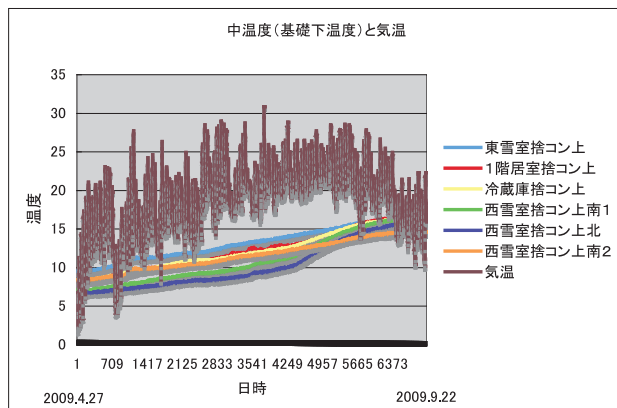
温度の測定箇所は全部で80カ所に及ぶ。方法はT型(銅とコンスタンタン)熱電対を工事の進捗に合わせて各所に設置し、そこからのデータをロガーに収集する方法で行っており、今回は2009年の4月27日から9月22日までの30分間隔のデータを分析している。

(1) 地中の温度変化

建物の最も身近な外部環境である基礎下の地表面の温度の傾向を知る事は外気温度を知る事と同じように重要であり、今回は捨てコンクリート上(基礎下断熱材直下)の温度を6カ所(東雪室下、1階居室下、冷蔵庫下、西雪室下3カ所)測定している。(グラフ-1、図-3)

この熱電対の測定精度にはほぼ同じ条件である西側雪室下捨コン上の3カ所の計測値でも8°、7.9°、9.9°とかなりのバラツキがある。これらの測点は数メートルしか離れていないことから、このバラツキは熱電対の精度の問題であると解釈できる。平均気温と地中温度との関係は8月下旬に平均気温が下降しだすまではおおよそ10°程度低い温度であることがわかる。地中温度はその後にも上昇を続けるが平均気温は9月に入るとぐんぐんと落ち初める。これは地中温度のピークが気温のピークよりも遅くなることを示している。

グラフ-1 地中温度と気温



測定点6カ所の地中温度がすべて15°を超えたのは8月18日の午前10時のことであり、地中温度のピークと思われる9月22日の温度は約17°、夏至から約3ヶ月遅れとなる。地中温度が最低になるのは3月20日前後と推定でき、今回の測定から推測すると最低地中温度は7.4°程度となる。地中40cm程度の深さであるが、この温度差は利用できる可能性がある。

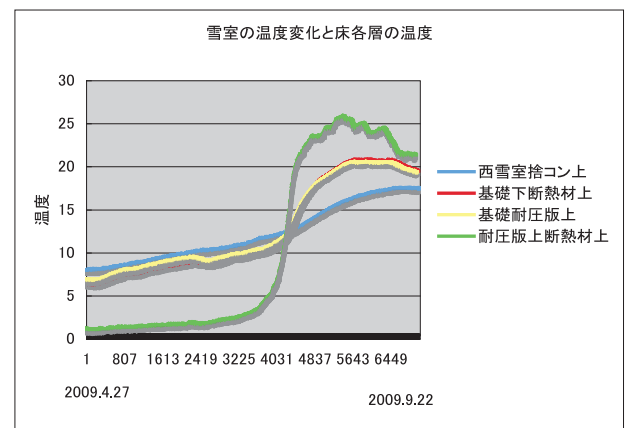
4月から10月にかけて基礎下温度が気温を下まわっている。24時間換気の外気温をこの地熱を利用して多少緩和し

て室内に導入するサーマルチューブの考え方を応用することが考えられる。最下層に布敷した断熱の意味を再度確認する必要がある。

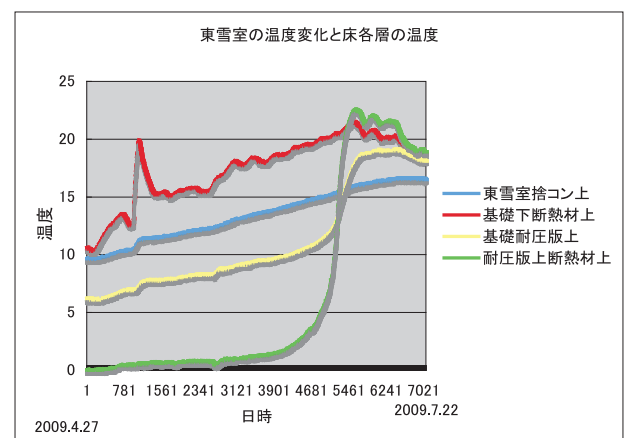
(2) 雪室の性能

2室作っている雪室は、それぞれ25㎡の雪の収容力はある。雪入れ作業は毎年3月に長岡造形大学の学生が担当している(写真-14参照)。雪室の性能の最大の指標は雪がいつまでもつのかということであるが、グラフ-2によると雪室の耐圧版スラブの温度上昇が起り、5°を超えるのが概ね7月20日頃であり、地中温度をも超すのが7月28日である。このことから西雪室は7月いっぱいでの雪は消滅したと推測できる。

グラフ-2 西雪室の温度変化と床各層の温度

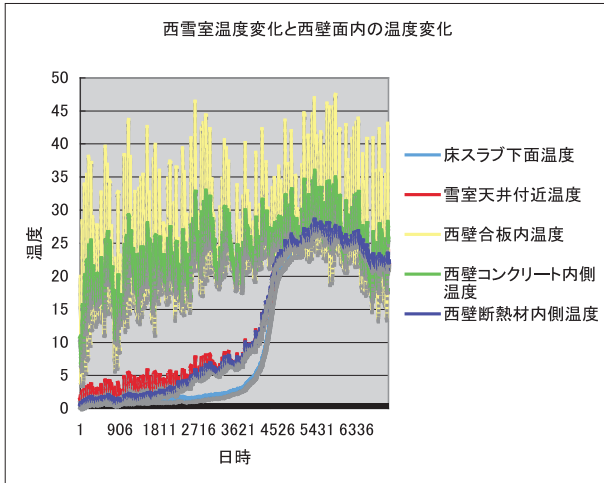


グラフ-3 東雪室の温度変化と各床層の温度

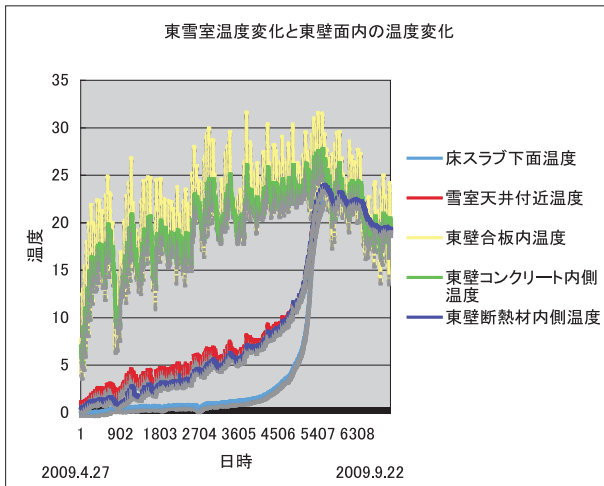


東雪室では基礎下に敷設された断熱材の上のセンサーが挙動がおかしいため除外して考える必要がある。耐圧版上の断熱材の表面の温度が5°を超えるのが8月8日、地中温度に追いつくのが8月16日である。冷蔵庫に冷熱を共有しない点や、立地上日陰となることなど、有利な要素が働いているものと思われる。

グラフー4 西雪室の温度変化と西壁面内の温度変化



グラフー5 東雪室の温度変化と東壁面内の温度変化



グラフ4と5を比較する。両者の違いは西面の温度変化がかなり激しいということである。西面が直射日光により熱せられたり冷やされたりしている様子がわかる。この壁面内の温度変化が西壁のグラフー4が表すようにかなり大きく変化していることがわかる。グラフ1で測定した外気温は北側の日陰の部分での測定であったが、この西壁は強烈な太陽光が影響しているようである。内部温度は先に見たように、床スラブ温度の変化と同じような変化をしており、外気による影響は壁内温度に比べるとそれほど大きなものではないことがわかる。

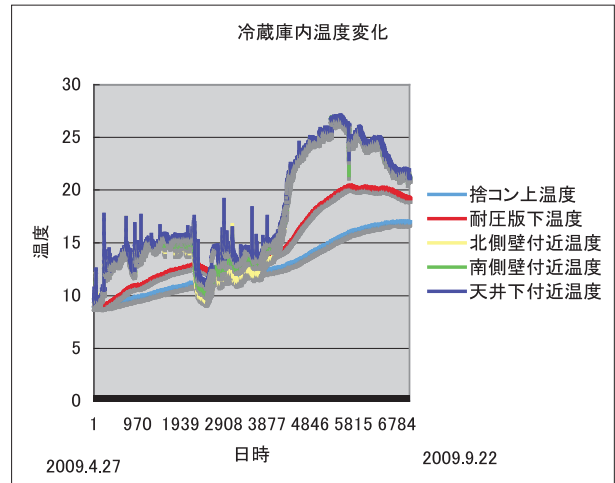
4. 雪室の評価

雪室により実現しようとしたことは、第一に山古志の豪雪を利用した冷蔵庫の有効性の確認である。

庫内の温度は温度センサー付スイッチにより最初は12°、次に15°に設定され、庫内温度が設定温度を超えた場合、雪室より冷気を引き込むファンが回転するように設定された。

図の紫色のグラフが冷蔵庫内の室温である。入口を開放にした状態が見てとれる。湿度100%、5℃程度の冷気が供給されるため野菜等の貯蔵に適している。

グラフー6 雪冷蔵庫内の温度変化



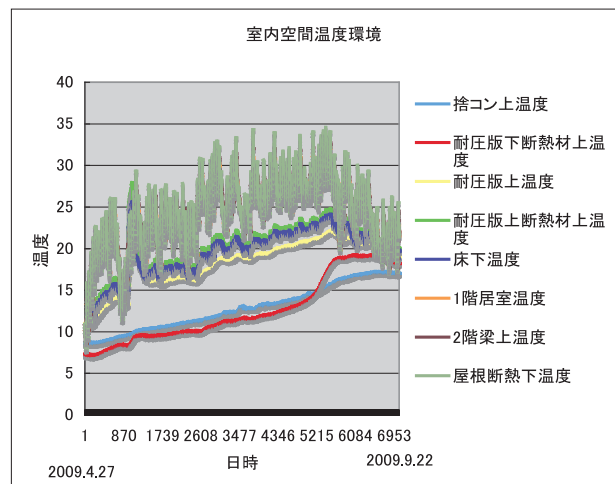
天井付近温度が16°になり15°に復帰できなくなったのは7月24日で、そこまでは冷蔵庫を冷却するに足る雪が雪室に残っていたことになる。実験では温度の設定を10°から15°の間で変えたが、これを15°に一定にさせ、あまり出入りをしないようにすることにより、もう少し雪をながもちさせることは可能である。山古志では9月になると秋模様になるために、9月の半ば頃まで雪冷蔵庫が使えれば十分である。今回の雪室は断熱性能の面、配置の面、容量の面で検討の余地は残された。

5. 室内環境について

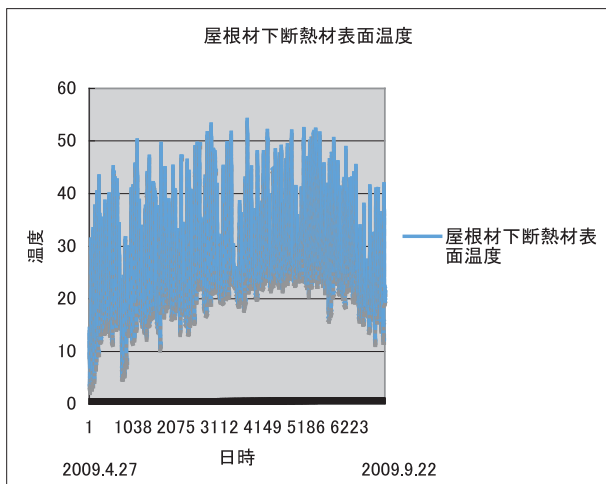
山古志「山の学校」は環境建築をめざして設計をした。そのなかでも杉皮を使った断熱材を実験的に使ってみた。杉皮は伝統的には建築材料として使われ、屋根の下地になったり、屋根葺き材そのものになったり役割を担っていたが現在は製材工場で、産業廃棄物として廃棄されているのが現状である。

乾燥された杉皮の熱還流率は0.0518w/mk(実験値)でほぼガラスウールに匹敵する性能を有している。そのような乾燥杉皮をダンボールに詰め、屋根の垂木間に断熱材として敷設した。また外壁には最外層に左官系の塗り材(ジョリパッド)、セメント系パネル、防水透湿シート、構造用合板、断熱材、竹子舞い、土荒壁、中塗り、漆喰仕上げという構成である。ここで室内環境がどのように変化したかを見てみる。

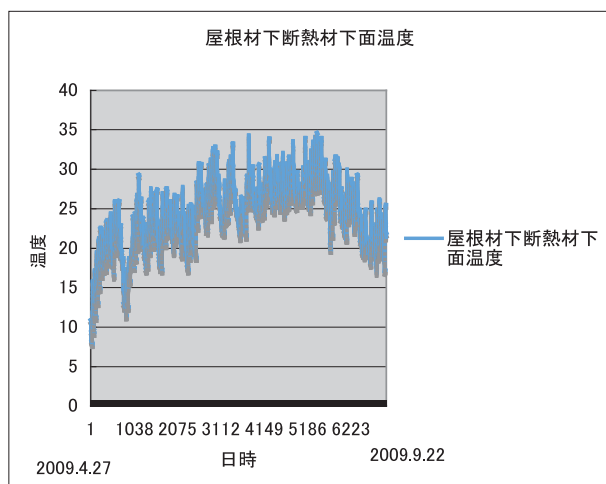
グラフー7 室内環境の変化



グラフー8 屋根材下断熱材表面温度



グラフー9 屋根材下断熱材下面温度



グラフー7の室内温度は外気温度に影響されて推移してはいるが極端な変化ではない。

グラフー8は屋根のガルバリウム鋼板の下の通気層に面する杉皮

断熱材を包む段ボールの表面の温度である。最も厚い時期には最高で54、55°になり夜間は20°前後となるほど寒暖の差が大きいことがわかる。一方杉断熱材下側の面の温度変化はグラフ-9に示すが、温度の触れ幅は25°から35°の触れ幅である。このことは、杉皮の断熱材が有効に働いていることを示している。

「山の学校」の2階は3間四方の18畳間が3室ならぶものの空間としては大空間をなしている。そのため気積は大きく、外気温にそれほど影響されないという特長がある。

6. 結論

環境にやさしい建築はこれからはますます注目されなくてはならないジャンルである。そのためには何をしたらよいかの一つ一つ研究する必要がある。本研究により在来工法と土壁のようなローテクな技術を基本としながら、そこに断熱性能をもたせることや、今まで捨てていた雪や杉の皮のようなものを如何に利用することなどを再度見直して、これから建築機会の増える中小規模の公共木造建築に役だてる目的に向け一歩踏みだしたことになる。

7. 参考：建設の過程

長岡造形大学研究紀要第6号P91の写真1～8は鉄筋の組み立てまでの工程を示したが、以下の写真はそれ以後の完成までの工程となる。



写真1ー基礎打設



写真2ー1階壁打設—学生の参加は型枠たたき
左で単管に乗っている人が工事の棟梁をしてくれた布川大工さん、実に50年以上の経験者である。型枠の下をたたいているのは建設を担当した学生。



写真3ー脱型
山古志は雪深いため基礎を高くし、雪対策をした。



写真4ー建て方開始



写真8ー屋根の断熱ー杉皮の断熱実験



写真5ー2階の柱、梁の建て方



写真9ー学生に実習をさせる



写真6ー棟木の打込み



写真10ー屋根の杉皮断熱材上の通気層



写真7ー熱電対の設置



写真11ー屋根ガルバリウム鋼板平葺の下地工事



写真 12 - 荒壁としっくい仕上げ



写真 14 - 内部空間



写真 13 - 荒壁塗り



写真 15 - 雪室への雪入れ

山古志ロータリーハウス「山の学校」冬から春の季節

