

冬季災害時の避難所における紙管空間の提案 A Proposal on A Shelter with Paper Tube while the Disaster in Winter

学生会員 ○廣林 大河 (札幌市立大学) 正会員 齊藤 雅也 (札幌市立大学)

Taiga HIROBAYASHI* Masaya SAITO*

* Sapporo City University

This study is to proposal on a shelter with paper tube for protection against cold sensation while the disaster in winter. We proposed the shelter with a size of 2m x 2m x 2m, which can be easily manufactured by two adults in about 20 minutes. We measured thermal environment of the shelter in the winter emergency training in Sapporo. Globe temperature in the shelter was 0.4 degrees higher than that of the outside as well as 85% of subjects felt “warm” sensation in the shelter. We also estimated that the heat loss coefficient of the shelter with paper tube is 0.4 W/K.

はじめに

紙管は安価で、不要になれば燃やして廃棄できるだけではなく、そのままでも土に還る素材である¹⁾。紙管のもつこれらの利点を活かし、災害時の仮設建築だけではなく恒久的な建築材料としても紙管が用いられる事例がある。しかし、寒冷地においては紙管を用いた空間の事例がほとんどなく、特に、紙管の空気層による断熱性や遮音性を活かした実作例はない。

本研究では寒冷地での冬季避難所を想定して、紙管の断熱性・遮音性により、避難所民の寒さや防音対策の一助となる紙管による空間のデザイン提案を目的とした。

1. 紙管の熱特性

紙管の断熱性を把握するための実験を3種類の箱を用いて行なった。一つは壁一面に紙管を縦に配置した紙管箱(縦)、もう一つは紙管を横に配置した紙管箱(横)(W340×D300×H300mm)と、壁・床・天井面のすべてを木材にした木箱(W340×D240×H300mm)である。箱内に設置した白熱ランプ(100W)を点灯(5分)・消灯(15分)した時の箱内空気温度の変化を計測した。

図-1は2019年9月2日の実験結果で、木箱よりも消灯後の紙管箱(縦・横)の温度下降が緩やかである。これは紙管内部の空気が断熱層として作用し、箱内空気温度の下降を木箱よりも抑えるのに寄与したと考えられる。

室内気流が穏やかであれば紙管箱内の「温もり」は十分に確保されると予想されたので、寒冷地における災害時の冬季避難所を想定した実地検証を行なうことにした。

2. 現況の札幌市の避難計画

実制作前に、札幌市の「避難場所基本計画²⁾」を参照し、札幌市危機管理対策室へのヒアリングをした。以下にその結果を示す。

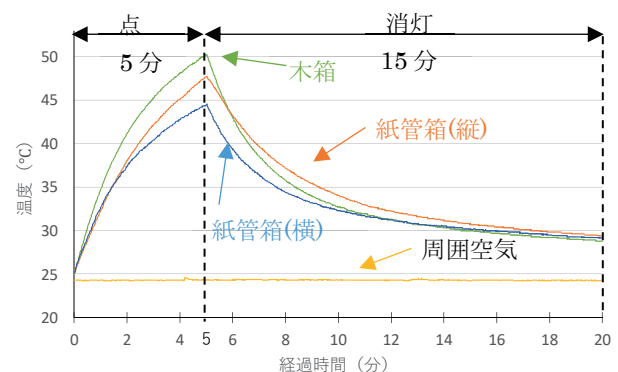


図-1 各箱内空気と周囲空気の温度変化(2019/9/2)

- 1) 避難所における大人1人あたりのスペースは、国の推奨基準に基づき、2 m²と設定している。
- 2) 暖房がない状況を考慮し、「札幌式高規格寝袋(クッション+断熱材が仕込まれている)」、「毛布」により身体を直接保温することを寒さ対策とする。
- 3) 配慮が必要とされる要介護高齢者及び妊産婦などが直接床に寝ることは、身体的な負担に繋がるため、箱型ダンボールベッドの調達協定を指定業者と結び、寝袋との併用を計画している。

以上のように、札幌市の「寒さ対策」は、身体を直接保温する手法のみであるため、上記③の対策として、紙管の断熱性を活かした保温効果の高い空間を避難所内に設えることとした。図-2はそのイメージである。

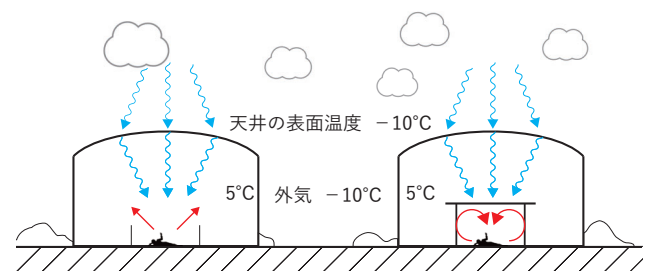


図-2 紙管空間のなし(左)あり(右)のイメージ

3. 制作

冬季災害時、停電のために暖房が使えない場合は、夜間の避難所全体の室温が外気温に近づくことが予想される。紙管による空間は、避難所(体育館など)の天井面からの冷放射を防ぎつつ、中に居る人からの放熱を再放射して身体を保温する機能を有すると推測できる。また、空間による防音・遮音効果も期待できる。このような熱と音の特性を有する紙管空間は、寒冷地における災害時の避難計画に貢献できると考えられる。

発災時に資材調達時間が多くかかる状態を避けるため、すべての資材を市場に流通する規格品とし、避難所で資材の切断や特別な工具が無くても制作できる設えとした。簡単に制作できるように紙管同士の連結には、事務用クリップで紙管の上下を挟み込む方式とし(図-3 左)、天井も同様に連結した紙管を壁面に載せる構法とした。床材は、札幌市の協定からダンボールの供給体制が整っているため、それを使用し床からの冷放射を抑える計画とした。

使用資材は、紙管(外寸 80mm, 長さ 2m) : 113 本、パイプクリップ : 223 個、ダンボール(1800mm, 900mm) : 4 枚、ダンボール(900mm, 900mm) : 1 枚、ガムテープとスズランテープである。空間の大きさは、札幌市設定の 2 m²/人×2 人(高齢者夫婦や妊産婦と子供などを想定)で計 4 m²とし、ダンボールベッドとの併用を考慮した内寸とした。



図-3 連結の様子(左)と体験会での様子(右)

4. デザイン・性能検証の結果

2019年11月16~17日に札幌市の南区民センターにて一泊二日で行なわれた冬季避難所宿泊体験会にて、設え内外の空気・グローブ温度・二酸化炭素の計測と、空間に入室体験した参加者に対するアンケート・ヒアリングを行なった(図-3 右)。体験会のため、会場は暖房が運転されていて、外気温が-3℃に対して室内の空気温度は22~23℃であった。

アンケートは参加者の一部(26名)から回答を得た。「紙管空間の中は会場の室温と比較して暖かく感じるか」に対して、約85%が「暖かい」もしくは「やや暖かい」であった(図-4)。また、「紙管空間の中は会場の室温と比較しどの程度の温度差を感じるか」は、回答者の平均が+2.2℃(標準偏差 2.2)だった。図-5 は当日夜間(22:00-6:00)の紙管空間の内外におけるグローブ温度と外気温

の経時変化である。紙管空間内が外より約0.4℃高いが、この温度差以上に空間内で「温もり」を多くの人を感じていた。これは、紙管空間内部に居る人の皮膚や着衣表面からの熱放射を受けた紙管の内表面から、さらに人に向けて熱が再放射したためと考えられる。

また、会場で就寝する他の参加者と条件を揃えるために、40代女性1名に紙管空間の中でダンボールベッドと札幌式寝袋を併用した上で22:00~5:30まで就寝してもらい、翌朝にヒアリングをした。同時時間帯の実測値を用いて算出した熱損失係数は0.4W/Kで、体験者からは「夜・朝の寒暖差をあまり感じなかった」「囲われているので安心感があった」「冷えを感じなかった」など紙管空間内部の熱環境に対して満足していた。

二酸化炭素濃度は、訓練参加者の出入りが多いとそれに反応して上昇が見られたが、22:00以降は紙管空間の外の会場内のCO₂濃度と比較して100ppmほど高い程度に抑えられていた。

体験会にて防災専門家から防音効果についての指摘があり、2019年12月11日に騒音計を用いた簡易実測を行なった。紙管空気層の効果により、空間外と比較して中のほうが約3dB低く、体感できる程度の遮音性が確認できた。

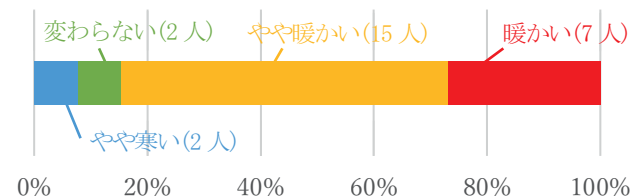


図-4 防災訓練の参加者の温冷感評価 (N=26)

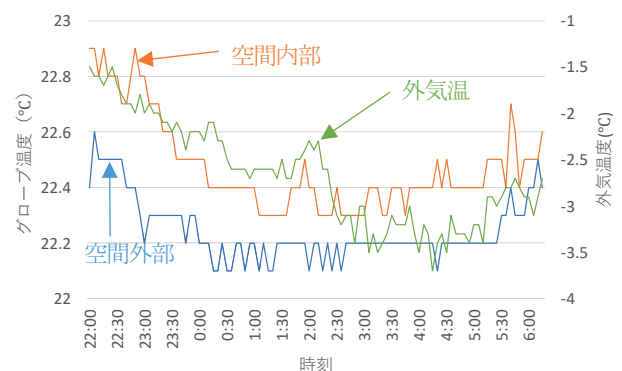


図-5 就寝中のグローブ温度の経時変化(2019/11/16-17)

参考文献

- 1) 坂茂+慶應義塾大学 SFC 坂茂研究室: Voluntary Architects' Network 建築を作る。人を作る。—ルワンダからハイチへ—, 2010年7月, INAX 出版。
- 2) 札幌市: 札幌市避難場所基本計画, 2019年
- 3) 木村照夫, 竹内正紀, 永井二郎, 吉川信正: 繊維産業で生じる紙管廃棄物の建築用断熱材としての再利用, 1998年, 繊維機械学会誌 51 巻 7 号, p. T131-T137.