

## 現有備品を活用した寒冷地避難所のデザイン提案 —秋・冬季夜間の就寝環境での被験者実験—

正会員 ○堤 晴季\*<sup>1</sup>  
同 廣林 大河\*<sup>2</sup>  
同 櫻井 英文\*<sup>3</sup>  
同 齊藤 雅也\*<sup>4</sup>

避難所 就寝環境 熱環境  
寒冷地 災害 備品

### 1. 研究背景・目的

小・中学校の体育館の多くは、災害時の指定緊急避難場所（以下、避難所）にされている。札幌市では各避難所に食糧や毛布、寝袋などを備蓄しているが<sup>1)</sup>、想定される全避難者数分は確保されていない。また、既存の体育館の多くは低断熱で、冬季の無暖房下では避難者が寒冷曝露されることで、十分に就寝できない可能性がある。また、避難所によって異なる断熱性の検証や対策は講じられておらず、これらは全て喫緊の課題と言える。

既存の備蓄だけで厳冬期災害時の避難所を不快でないものに保つことは難しく、紙管シェルターのような安価で準備や設置が容易なものを備蓄するか、備品のように施設に常備されているものを利用し、簡易ベッドを制作するなどして就寝環境を改善することが必要である。

そこで、体育館には椅子や机、マットや卓球台などの備品がある。これらを災害時の避難者の心理的負荷や熱負荷の増加を抑えるのに活かすことができれば、備蓄や供給物資にすべてを依存せずに済む可能性がある。本研究では寒冷地避難所のデザイン手法を提示することを目的として、備品を使って設営した避難所の断熱性と夜間就寝時の熱環境と寝ごちを明らかにする実測を行なった。

### 2. 研究方法

避難所の備蓄物資（種類・量）や断熱性、避難者の就寝環境は施設によって異なり、周辺住民の被害想定も異なるが、本研究では札幌市立大学芸術の森キャンパスのアリーナ（延床面積：945 m<sup>2</sup>）を対象として、以下の①～④の方法で検証した。

- ①札幌市のハザードマップ<sup>2)</sup>に基づいてキャンパス周辺の収容世帯数・人数の試算、感染症対策を考慮したレイアウト案の作成。
- ②現有備品を使って設営した仮想の避難所における、断熱性実測、夜間の就寝環境を想定した被験者実験。
- ③実測・実験結果に基づくアリーナ及び備品の使用方法の考察。
- ④その他の地域を対象とした場合の準備方法の提示。

Q. 避難所内で最も不快感、心理的負荷を感じた場面、場所はどこでしたか？ (N=8)

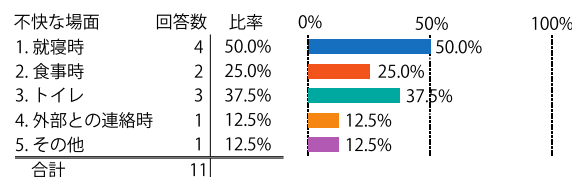


図1 避難所内で不快感・心理的負荷を感じる場面

### 3. 実際の避難所における課題

実際の避難所での心理的負荷、不快感を明らかにするため、2018年9月の北海道胆振東部地震の発災時に清田区体育館を避難所として利用した市民を対象に、避難所の不快感に関するアンケート調査を行なった(n=41)。図1は避難所内で不快感・心理的負荷を感じる場面の回答結果である(n=8)。回答者のうち避難所で最も不快感を感じるのは、就寝時(50%)、トイレ(37.5%)であった。

避難者数が多ければ一人当たりの生活空間は減り、心理的負荷の原因となる。胆振東部地震時の清田区体育館でも、昼間に比べて夜間の避難者数が多かったためか、就寝時の心理的負荷が大きいために回答が多かった。以上より、厳冬期災害のアリーナの熱特性に加えて、現有備品を活用した寝具の熱環境と避難者の快・不快感を明らかにした。

### 4. 避難所における備品、備蓄の活用

現状、避難所での身体的・心理的負荷を軽減するには備蓄が不十分であることがほとんどであり、これらに対応するために、避難所となる施設の備品を利用した設えや安価で設置が容易な製品を利用することがある。

近年では、建築家の坂茂が紙管を利用し、制作が行われた『避難所用・紙の間仕切りシステム』<sup>3)</sup>が Good Design Award を受賞した。これは紙管をフレーム、布をカーテンとしている簡素な作りでありながら、設置の容易性や避難者の負荷を軽減可能なことから今後の利用も期待される。

廣林らは紙管を活用した設えを制作し、2019年11月に札幌市南区南区民センター、2020年1月に北見工業大学にて実地検証を行なった<sup>4)</sup>。被験者から暖かさや安心感が得られ、設えの外に比べ設え内のグローブ温が高いこと、設え内

が設え外の二酸化炭素濃度と比較して約 100ppm 高い程度に抑えられており, 人体に影響しないことから, 実際に活用できることがわかった。

施設の備品を活用した簡易ベッドの例として『イス de ベッド』<sup>5)</sup>がある。これは, 体育館に多く存在する施設の備品であるパイプ椅子を活用したもので, 強化段ボールを背もたれに通し, 椅子同士を繋げて簡易ベッドにしたものである。床面からの距離が離れていることで, 身体からの熱損失が抑えられ, 熱負荷を軽減できる。既存の備品を活用した簡易ベッドとして有用性が高い。

準備や設置が容易で安価な製品を利用することや, 施設の備品を活用することは, 今後発生が予想される大災害への対策として不可欠である。そこで本研究では, 本学アリーナの備品であるスタッキングチェアと段ボールを組み合わせた簡易ベッドを『椅子ベッド』として避難所に設置し, 就寝環境を改善することがわかっている市販の『段ボールベッド』との性能差を被験者を用いた熱環境実測によって明らかにした。

### 5. 札幌市立大学芸術の森キャンパスアリーナへの避難

芸術の森キャンパスが位置する山地は急傾斜地に指定されており, 大規模な降雨や地震に伴う土砂災害が発災した場合は, 避難所としてアリーナを開放することは現状不可能である。そのため本研究では, 二次災害が発災しないという安全が確認された場合を想定している。

芸術の森キャンパス周辺に位置する札幌市南区の石山東・常盤地区では, 4 つの小・中学校が避難所に指定されている。大規模災害時に, 近隣住民を全員収容できるとは限らないため, 避難所となる学校間の連携と避難所自体を増やすことが不可欠である。そこで, 本学アリーナを避難所として活用できるように計画し, 感染症を考慮したレイアウト(図3)に配慮してアリーナに備品を配置した(図4)。避難所空間の設営には最大5人で3時間を要したが実際の発災時に, さらに多くの人員が設営に関わることができれば, 避難所空間の設営は早く完了すると考えられる。

札幌市が発表しているハザードマップに拠ると, 本学アリーナの周辺 2km で発災の危険性が高いのは近隣の川の氾濫に伴う洪水と地震に伴う土砂災害である。このうち土砂災害による家屋の被害は 46 軒に及ぶと予想され, 芸術の森地区の避難者数は 120~140 人程度と試算できた。本学アリーナには 500 脚程度のスタッキングチェアがあり, 2 脚を向かい合う 1 組として, 縦に 4 組配置すると椅子ベッドになる。感染症対策として 2m の距離を取れば, アリーナ全体で 60 人程度のベッドとして活用でき, 想定避難者数の 43~50% を収容できる計算となる。またプライバシーの配慮として卓球の防球フェンスを使用した。就寝時(FL450mm)の環境下では完全に視線を遮ることができるため, 有効なことが確認できた。

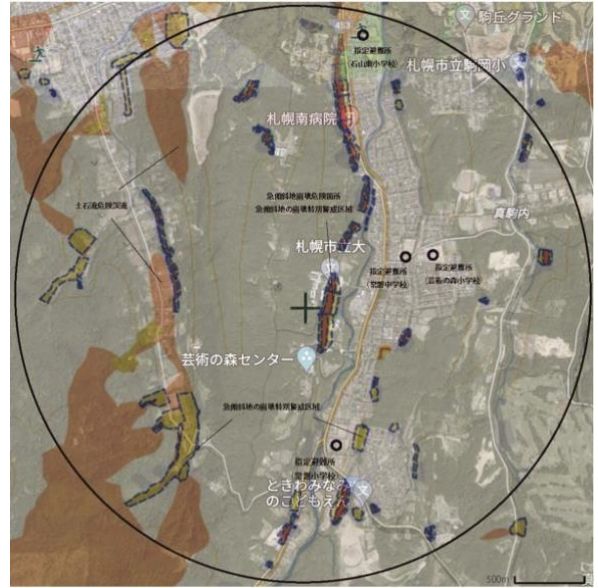
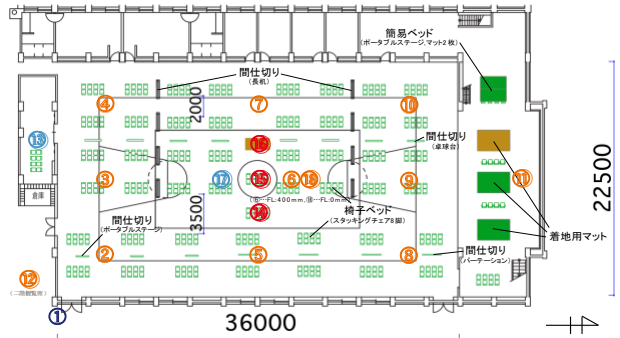


図 2 芸術の森キャンパス周辺 2km のハザードマップ



①…空気温度計(外気温)②~⑩,⑬,⑭…空気温度計(アリーナ内)  
⑪~⑯…グローブ温度計(被験者周辺)⑰…風速計(アリーナ内)

図 3 避難所レイアウト案, 計測機器配置図



図 4 現有備品を使って設営した避難所の様子

表 1 レイアウト案に使用した備品のリスト

| 備品                | 規格               | 保有数 |
|-------------------|------------------|-----|
| スタッキングチェア         | 420×400×450 (SH) | 500 |
| マット               | 2400×1200×50     | 3   |
| 着地用マット            | 4000×2000×400    | 3   |
| 長机                | 1800×450×700     | 10  |
| 卓球台(折りたたみ時)       | 1525×500×1600    | 4   |
| ポータブルステージ(折りたたみ時) | 1200×560×1500    | 3   |
| ポータブルステージ(展開時)    | 2400×1200×400    |     |
| パーテーション           | 1800×400×1800    | 11  |

表 2 避難所睡眠下の環境ケース

|                   | 備品の使用 | 囲いの有無 | 寝袋 |
|-------------------|-------|-------|----|
| ケース1: 段ボール直敷き     | ×     | ×     | ○  |
| ケース2: 椅子ベッド(囲いなし) | ○     | ×     | ○  |
| ケース3: 椅子ベッド(囲いあり) | ○     | ○     | ○  |
| ケース4: 段ボールベッド     | ×     | ○     | ○  |

6. 秋季実験 (11 月)

アリーナの断熱性と就寝時の熱環境を解明するため、2021 年 11 月 2~4 日に外気温度、アリーナ内空気温度、グローブ温度 (17 点) と風速 (中央 1 点) の計測 (図 3)、被験者実測を行なった。18 時に暖房を切った後のアリーナの空気温度を計測した (図 5)。外気温の下降曲線を近似した指数関数 (e のべき乗数) は 0.013 で、この値は温度降下速度 (室内ならば空間の断熱性) を表す。一方、アリーナの値は 0.006 で外気 (0.013) の半分以下である。

次に被験者の就寝環境として、表 2 に示す 4 ケースを想定し、被験者から申告を取り、椅子ベッドの熱特性や寝ごちを検証した。申告は 11/2 と 11/3 の 18:20~19:50 (90 分間) に 2 回、両日とも同じ被験者 3 人 (3 名とも 20 代男子) で行なった。初日は段ボール直敷き、椅子ベッド (囲いあり・なし) で、二日目は椅子ベッド (囲いあり・なし) と市販の段ボールベッドとした。

被験者にはそれぞれ寝袋と段ボール (2 枚) を与えたが、椅子ベッド (囲いあり) には空気の流れを遮り、熱特性で椅子ベッド (囲いなし) との差別化を測る目的で段ボールをさらに 3 枚使用し、椅子の脚部分を一部隠して囲いを与え、実験を行なった。寝袋は避難者が常備していると仮定し、推奨される周囲環境の最低温度が 5℃ の製品を使用した。

図 7 に示す各ケースの作用温度は、実測値に基づく体感温度であり、有意差は Steel-Dwass 検定で算出した棄却値を元に表記している。P<0.05 を統計的に有意とすると、段ボール直敷きの作用温度は他の 3 ケースと比較すると有意に低い (Kruskal-Wallis 検定, P<0.001)。また椅子ベッドは囲いの有無に関わらず段ボールベッドと同等の数値である (P=0.32)。

実験開始から 30 分おき (計 4 回) に想像温度 (いま、何℃ と思うか)、身体的負荷 (寝ごち) の申告を記録した。被験者は二日間とも着衣の状態 (図 6) は同じで、初日と二日目で異なる簡易ベッドで実験することで、就寝環境が身体に与える負荷と被験者の想像温度を比較した。

図 9 に示す通り、想像温度では段ボール直敷きと椅子ベッド (囲いあり) には有意差が見られるが、段ボールベッドと椅子ベッドには有意差が見られない (P=0.85)。

被験者 1 の申告では、初日の段ボール直敷きの環境に比べ二日目の椅子ベッド (囲いなし) では、「比較的寝ることのできる環境」と申告しており、椅子ベッドを利用することで、就寝環境を改善できることが明らかとなった。

被験者 2 の温熱感の申告では、初日の椅子ベッド (囲いなし) と二日目の椅子ベッド (囲いあり) では、さほど変化がなかった。そのため、実際の避難所で椅子ベッドを設営する場合は目線を遮る最低限の段ボールの利用のみで十分と考えられる。

被験者 3 の申告では、初日の椅子ベッド (囲いあり) と二日目の段ボールベッドの熱環境にさほど差がないとし

ているが、段ボールベッドで就寝する際には腰の痛みを申告していた。椅子ベッドには腰掛け部にクッションがあり、負担を和らげているが、段ボールベッドでは土台の段ボールの境目が腰への痛みを誘発していると考えられる。

椅子ベッドの寝ごちについて「寝る際にコツがいる」や「安定感がない」といったような申告が得られた。現状の椅子ベッドは椅子を並べただけであるため、椅子どうしを結束バンドで固定するか『イス de ベッド』のような既製品を利用すると良いと考えられる。

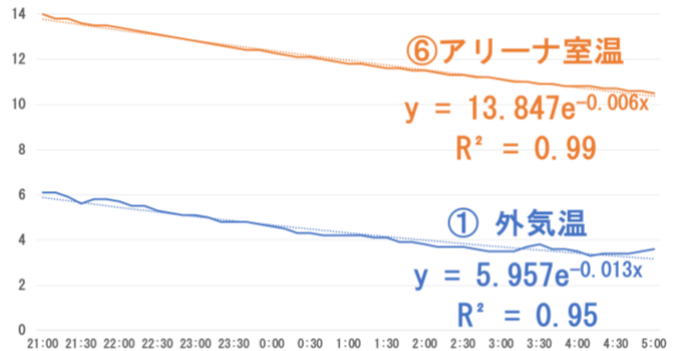


図 5 アリーナ内外の空気温度の変化 (2021.11.2)



図 6 被験者の着衣の状態

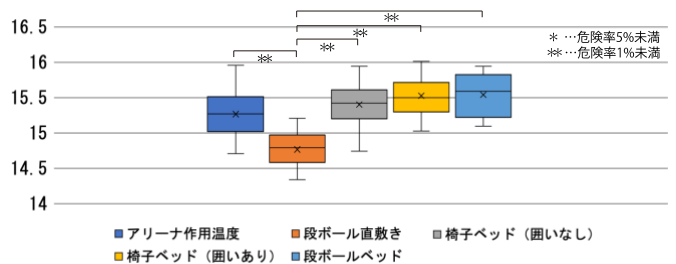


図 7 睡眠環境ケースごとの作用温度 (秋季:11 月)



図 8 実験に使用した簡易ベッドの様子 (左: 椅子ベッド (囲いなし), 中央: (囲いあり), 右: 段ボールベッド)

## 7. 冬季実験 (2月)

外気温が著しく低下する冬季を想定し、2月9～10日に秋季と同様の調査を行なった。実測の結果、外気温の下降速度(0.035)に対して、アリーナ室温のそれ(0.005≒秋季:0.006)は7分の1である。一方、最新の高断熱住宅では0.002前後なのでその2.5倍と言える。本アリーナは冬季の避難所としては極端に低い断熱性ではないが、就寝時は身体を寝袋等で保温する必要があると言える。一方、冬季は、就寝環境ごとの作用温度に有意差はなかった。これは実験中のアリーナ内の室温が極めて低いことが影響している。実際の被験者の体感(寝ごこち)は、身体表面からベッド面を介した熱伝導の大きさが影響していると考えられる。一方、被験者の想像温度は、秋季と概ね同じ結果で(図10)、椅子ベッドを活用することで避難所の就寝環境を改善できることがわかった。

## 8. 実験に関する総括

秋季・冬季実験ともに全ての被験者から「寝袋の作る熱環境が優秀であり、異なるケース間の熱環境が把握しづらい」という申告を得たため、今後は備蓄用の毛布などとの比較をする必要がある。また、備品の規格も施設ごとに異なるため、施設の断熱性能によっては備品を活用した簡易ベッドの性能を把握する必要がある。

椅子ベッドと段ボールベッドは床面との距離が約400mm離れていることにより、身体表面から床面への熱伝導が緩和されたと考えられる。この緩和効果が大きいことで、両ベッド間の作用温度や想像温度には有意差がなかった。

本研究では、現有備品を活用した椅子ベッドは、避難者の就寝環境として有効とされる段ボールベッドと同程度の効果があると考えられる。以上から現有備品と追加物資を組み合わせることで、熱的に不快に至らない避難所運営ができると言える。避難所空間を模したレイアウトを行ない、備品を利用した寝具の熱特性は把握できたため、本研究は実際の避難所空間にも応用できると考えられる。

今回は18:20～19:50の夜間に絞り、被験者は男子大学生としたことから、帰宅困難者の一時的な避難所を模した実験となった。高齢者や妊産婦のいる実際の避難所として応用できるかは今後検討する必要がある。特に、高齢者が椅子を運び、ベッドを作る作業は若年層に比べて負荷が大きいので、避難所の設営に時間を要することが予想される。学校の体育館が避難所として開放されることが多いため、設営は学生や教職員が行なうことが多い。急な発災に対応できるよう、避難所設営を避難訓練に取り入れる、地域に避難所設営のフローを周知させる等の対応が必要である。

## 9. まとめ

本研究では、札幌市立大学芸術の森キャンパスのアリーナを避難所の対象モデルとして現有備品を活用した什器の配置計画、断熱性・就寝時の熱環境を明らかにした。不快でない就寝環境を実現するためには、施設の熱特性を把握しておく必要がある。今後、自治体が指定する避難所を対象に同様の調査(以下の1～3)を行なえば、避難者数の想定、施設の断熱性・備品の活用方法が大まかに把握できるので、より現況に即して災害に備えることができる。以下の1)～3)の調査は、他地域での避難所の計画・運用にも寄与すると考えられる。

- 1) ハザードマップから避難者(世帯・人数)の算出
- 2) 現有備品数・種類の把握、レイアウトの検討
- 3) 無暖房時の2点の温度計測(屋外1, 室内1)による避難所の断熱性の把握(厳寒期に実施する)

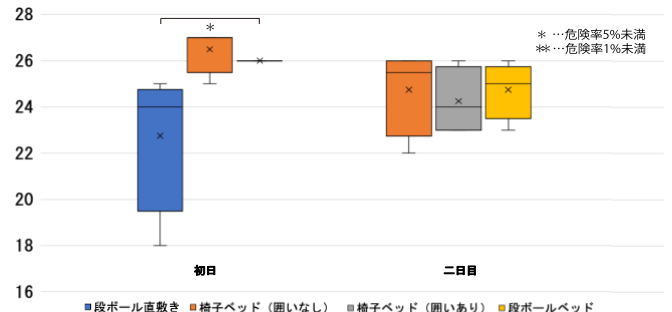


図9 睡眠環境ケースごとの想像温度(11月)

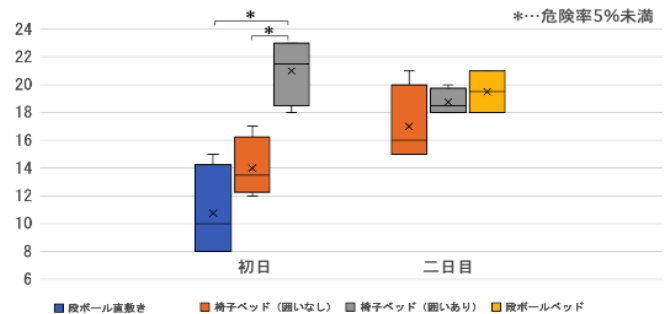


図10 睡眠環境ケースごとの想像温度(2月)

## 参考文献

- 1) 札幌市：札幌市避難場所基本計画, 2019.
- 2) 札幌市：災害危険箇所図(地震防災マップ), 2021.
- 3) NPO 法人ボランティア・アーキテクト・ネットワーク (VAN), 坂茂建築設計, 慶應義塾大学 SFC 坂茂研究室: Paper Partition System(PPS) 避難所用・紙の間仕切りシステム.
- 4) 廣林大河, 齊藤雅也: 冬季災害時における「紙管シェルター」のデザインと熱性能, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1289-1290, 2020.
- 5) 今西武: 避難所で使用 段ボールとパイプ椅子で簡易ベッド, 産学官連携ジャーナル, 科学技術振興機構, 第16巻2号, pp.12-13, 2020.

\*1 札幌市立大学デザイン研究科 博士前期課程 大学院生  
 \*2 (株)日建設計 (当時, 札幌市立大学デザイン研究科)・修士 (デザイン)  
 \*3 札幌市 危機管理監, 札幌市立大学デザイン研究科・公共政策学修士  
 \*4 札幌市立大学デザイン学部 教授・博士 (工学)

\*1 Graduate Student, Sapporo City University  
 \*2 Nikken Sekkei, M. Design  
 \*3 Crisis Management Supervisor, Sapporo City, Sapporo City University, M.Public Policy  
 \*4 Professor, Sapporo City University, Dr. Eng