

寒冷期災害を想定した低体温症予防に資する防寒資器材の検討

Verification of materials effective in preventing hypothermia for cold weather disasters

根本 昌宏¹, 尾山 とし子¹

Masahiro Nemoto¹, Toshiko Oyama¹

Corresponding author: nemoto@rchokkaido-cn.ac.jp (M. Nemoto)

北海道の夜間の外気温は1年のうち9か月が10℃を下回り、低温による避難者のダメージは計り知れない。停電が起きれば暖房機器が使用不能となるため屋内においても低体温症の発症が危惧される。本研究では、低体温症の予防に必要な遮蔽・保温・加温・食事の4つの要素のうち保温のパートに焦点を当て、仮想避難所フィールドを用いた実践的な課題抽出と資器材の有用性を検討し、自治体を取りうる対策だけでなく避難者自身に求めたい対処についても考察した。

1. 背景と目的

令和3年12月、国は日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震の被害想定を公表した¹⁾。日本海溝の想定では津波に巻き込まれることによる直接死は19万人超、千島海溝の想定では10万人超に及ぶ。2011年3月に発災した東日本大震災をはるかに上回る被害想定であり、地震直後の迅速避難が求められる。寒冷地域である東北、北海道地方はさらに難しい対応を迫られる。この地域に襲来する津波は極めて低温だからである。図1に示すように東北から北海道の沿岸は海面水温が20℃以上になるのはごくわずかな期間であり、北海道東沿岸では1月から5月までの水温が10℃を下回る。低温の津波に巻き込まれれば瞬く間に低体温症を発症するだけでなく、津波から逃れたとしても体や足が部分的に濡れるだけでも低体温症を発症するリスクが高まる。地震発生後いかに迅速に避難行動を取るかとともに、いかに濡れずに避難場所までの移動を完結するかが求められている。逃げたとしてもさらなる困難に見舞われる。北海道の夜間の外気温は1年のうち9ヶ月が10℃を下回り、室内においても低温による避難者のダメージは計り知れない。避難所として指定されている小中学校などの大規模公共施設は、電気を使用した灯油や重油を燃料とする暖房設備を使用しているため、停電時には稼働しない。避難所だけでなく、個人の住居においても、暖房は停止する。電気を使用しないポータブルストーブでは暖を取れないばかりか換気不足による二酸化炭素の貯留や使ってはならない資器材により一

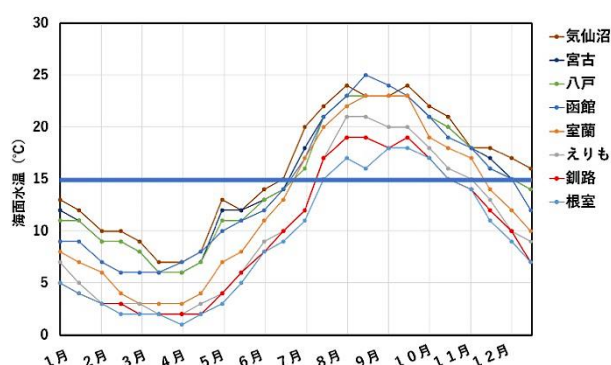


図1 東北から北海道太平洋岸の海面温度の変化（出典：気象庁海面水温データより）

酸化炭素中毒が発生することは東日本大震災でも頻発した²⁾。

このような課題を抽出するために、我々は2010年から冬期災害を想定した大規模避難所の開設・運営の検証を断続的に実施してきた³⁻⁶⁾。ブルーシートに毛布一枚の従来型の避難所展開では就寝は難しく低体温症を引き起こしかねないことを実証し、段ボールベッド、トイレ対策や熱交換式ジェットヒーターなどの冬事案の具体的な提案につなげてきた。

本研究は保温のパートに焦点を当て、毛布、冬用寝袋とディスポーザブル型の簡易寝袋（以下、ESB）+毛布の3種について仮想避難所フィールドを用いて比較検証し、積雪寒冷地域の防寒資器材としての有用性を検討した。

¹ 日本赤十字北海道看護大学 災害対策教育センター

Center for disaster management and education,
Japanese red cross hokkaido college of nursing

2. 研究方法

屋外の気温 $-0.7^{\circ}\text{C}\sim+0.4^{\circ}\text{C}$ 、室内気温が $+5.5\sim+6.0^{\circ}\text{C}$ の体育館の床面に、厚さ 5mm のアルミレジャーマットを敷設した仮想避難所を検証場所とした。被験者は 6 人とし、毛布、冬用寝袋、ESB+毛布の 3 種類について 1 時間ずつ順序をランダムに着用して検証した。被験者の服装は、通常の冬の服装（個人の所有物）で靴下履きのままとし、カイロ等加温装備の着用は不可とした。被験者内部表側ならびに内部背面温度を 5 秒ごとに K 熱電対を温度センサーとしたサーモログでモニタリングした。被験者の表面温度はサーモグラフィで把握し、被験者の温冷感覚、就寝時の感覚はアンケート法で主観的に評価した。本研究は日本赤十字北海道看護大学研究倫理委員会の承認を得たうえで実施した。（承認番号:30-310）

3. 結果

室内気温が 6°C 前後で推移する中、無暖房の体育館の床面（アルミマット表面）も $+5.9\sim+6.4^{\circ}\text{C}$ とほぼ同じ温度で推移した（図 2）。被験者の背面温度はすべての資器材とも開始 5 分まで体温の伝導に伴う温度上昇が見られた。冬用寝袋ならびに ESB は開始後 30 分まで緩やかに上昇し、 25°C 前後で推移した。毛布は温度上昇が見られず 21°C 前後で推移した。

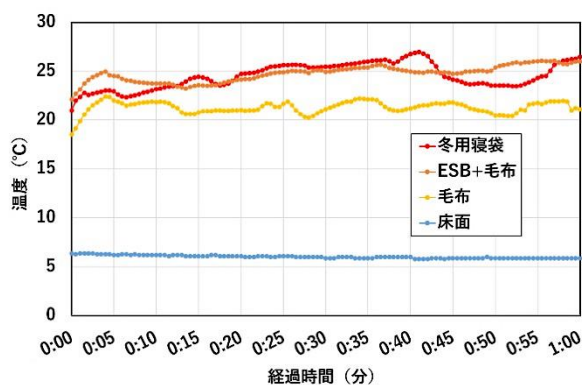


図 2 体育館床面温度ならびに各資器材を着用した際の背面部の温度推移 (n=6)

各資器材を着用 30 分後の表面熱画像を可視画像とともに図 3～5 に示した。白が $+15^{\circ}\text{C}$ 以上の温度域を示しており、赤が $+11^{\circ}\text{C}$ 前後、黄色が $+8^{\circ}\text{C}$ 前後である。毛布は赤及び白で表示された領域が多いことから被験者の体温が表面に伝導してい



図 3 毛布（左：熱画像、右：可視画像）

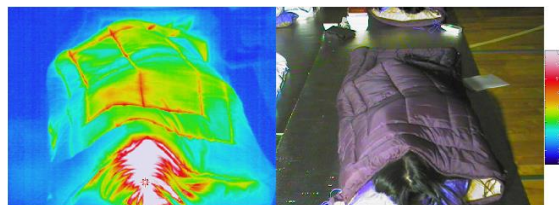


図 4 冬用寝袋（左：熱画像、右：可視画像）

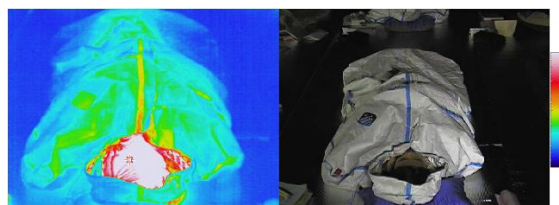


図 5 ESB+毛布（左：熱画像、右：可視画像）

た。冬用寝袋は縫製部分から黄色ならびにわずかに赤の領域が示された。ESB は中央のチャック部分から黄色ならびに若干の赤領域が示された。

図 6 に被験者から得られた主観評価結果を示した。毛布は床面の硬さや冷たさを感じやすく、寝ているときの寒さについても感じやすくなっていた。ESB は床面を硬く感じていたが、冷たさならびに寒さは改善していた。寝袋は床面の硬さを唯一改善しており、冷たさについても良好な結果が得られた。寒さについては毛布と ESB の中間に位置していた。

4. 考察

既報のとおり、室内空間の気温とその床面の温度は同じとなる⁴⁾。これはアルミマットを敷設しても変わらない。暖房で気温を上げたとしても床下からの冷気により床面は低く保たれるため寒冷期は床面に雑魚寝をさせてはならない。毛布ならびに ESB はともにそれら自身にクッション性がないことから床面を硬く感じていた。冬用寝袋は札幌式高規格寝袋と呼ばれるもので、寝袋背面部に特殊なクッション材が付加されている。これにより他の資材に比較して明らかに背面部から

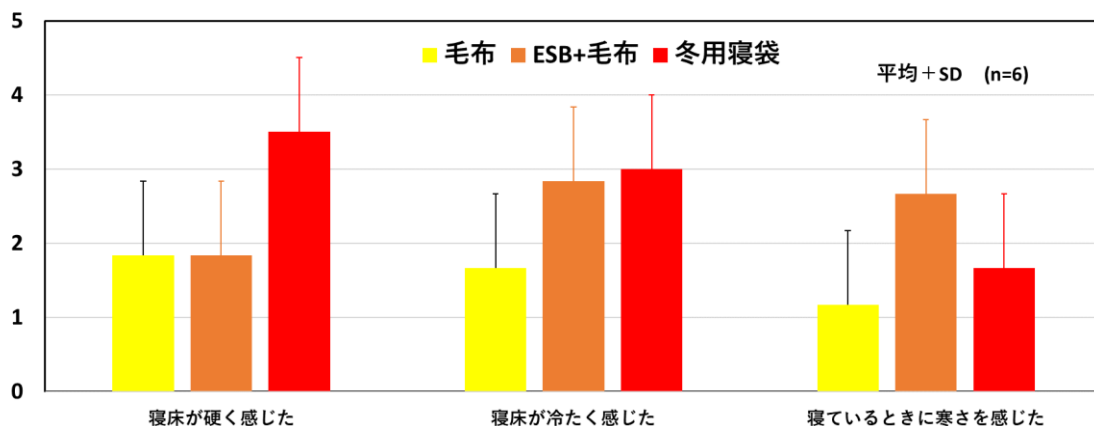


図6 3種の資器材の使用感に関する被験者の主観評価 (数値が高いほど快適)

感じる硬さが軽減されていた。

寝床から伝わる冷たさの感覚については、毛布が明らかに冷たさを感じていた。毛布は繊維の温度保持と折り重なる空気層により温かさを生み出すが、外からの冷気を遮る作用ならびに体からの熱放散を抑制する作用は乏しい。図3で示した熱画像でも明らかとなっており、熱放散と冷気伝導が相まって冷たさにつながっていたと考えられる。ESBは感染症対策等で使用される防護服素材のタイベックにアルミが蒸着された素材(タイベックシルバー)から作り出されたディスポーザブル型寝袋である。タイベックシルバー単品では熱伝導が大きく寒さをしのぐことは難しいが、ESBの中に毛布を1枚入れるだけで毛布の保温性能を向上させつつ、床からの冷気を遮蔽したことから冷たさとともに寒さを軽減したと考えられた。図2においてESBや寝袋の温度が上下動しているのは被験者の寝返りに起因するもので、床からの冷気を感じるほど動きが大きくなっていた。

毛布は明らかに「寝ているときに寒さを感じた」と返答する被験者が多かった。ESBと寝袋の結果の解釈については注意を要する。本研究では実験中の睡眠を許可していたため、寝袋は眠りにつく被験者が多かった。これは背面部が柔らかく包まれ、音がほとんどせず温かいことに起因する。一度就寝した後に目覚めると体温変動により覚醒時よりも寒さを強く感じる人が多い。これが寝袋において寒さを感じた要因の一つと考えられる。ESBは不織布でできているため紙をこするような音を発生する。静寂化した避難所の就寝空間ではわずかな音でも気になりやすく、これが寝返り等の動作の妨げにつながりかねない。ESBは使用を重ねることで繊維が柔らかくなり音が発生

しづらくなることから、使用前に手順を踏むことで改善策につながる可能性がある。

本研究には何点かの限界がある。まず検証時間が1時間であり、実際の就寝を反映できていない。この室内条件で毛布一枚による就寝は低体温症を発症しかねず実験が不可能であることに起因する。しかし気温5℃の避難所は冬期停電下であれば本州であっても発生する。毛布一枚の防災計画を立てている自治体も少なくなく、冬の計画の見直しが求められる。さらに本研究はアルミマットを敷設した雑魚寝を条件とした。避難所はブルーシートが敷設されることが多いがこれはアルミマットよりもさらに硬く冷たいため本結果よりも厳しい結果となる可能性がある。逆に全国各地で段ボールベッドの整備が進められている。段ボールベッド化した状況下での温熱環境は本研究よりも良好となる可能性が高い。

5. 災害時の低体温症を予防するために

低体温症は寒さにさらされることで咽頭や直腸など身体中心の深部体温が35度未満になることである。軽症であれば個人の対応も可能であるが、中等症以上になると意識混濁、重症では心停止することがあり救急搬送が必要となる危険な疾患であり、低体温症は予防ありきの疾患と言われる由縁である⁷⁾。よって寒冷地域の防災計画として、低体温症を予防するための方策と、低体温症を発症した場合の方策には違いがあることに留意しなければならない。

低体温症を予防するために、遮蔽・保温・加温・食事の4つの要素を網羅することが求められる。遮蔽とは氷点下になるような外気や風から体を離す場の提供であり、本研究では体育館を表す。

保温は体温を奪われないように乾いた衣類, 防寒着を着用し, 靴, 手袋, マスク, 帽子など体の露出を防ぐことである。ここで重要なのは「乾いた」という条件であり, 万が一津波や雪等で濡れた場合には4~5倍の冷却効果に見舞われる。寝袋, 毛布などが潤沢にあれば良いが容積・重量そしてコストの面で避難者全員分を備蓄するのは難しい。その代案として山岳救助等でも使用されるアルミエマージェンシーシートを備蓄する自治体も多い。しかしこのシートは透湿性が全くなく, 真冬の使用では激しい結露を生じる。人間は就寝時に約200 mLの汗をかくとされ, その水分がすべてシートの中に溜まる。さらにこのシートはアルミホイル様の騒音を発生する。これらを踏まえ緊急事態の超急性期に短時間のみ使用するものであることに留意したい。ESBの素材であるタイベックシルバーは, アルミが蒸着されているにも関わらず透湿性に優れ, ジャンパーやズボンとしても提供可能な資材である。軽くコンパクトであり安価であることから濡れた衣服からの置換に使用できる。自治体の備蓄に依存するだけでなく, 個人装備としての持出品としても有用であろう。

防災備蓄品として毛布等を考えるときに再包装(リパック)問題が生じる。毛布, 寝袋とも容積の減量化と衛生を考慮して防災用は真空パックされていることが多く, 通常10年に一度リパックが欠かせない。毛布であると1枚2,000円, 寝袋であれば5,000円以上かかることも少なくない。クリーニング単価の値上がりにより購入価格よりも高くなるケースもあり, 限られた予算から運用される市町村単位の防災備蓄計画の難題の一つである。ESBは使い切りのディスポザブルタイプであるためリパックの費用を生じない。毛布との併用で運用を考えることが「保温」を考える上でひとつの選択肢になると考える。

「加温」の対策として, 寒冷期の災害対策に挙げられるものは暖房であるが, 停電下で大空間を安全に加温することは極めて難しい。東日本大震災の避難生活において, 薪や炭による多数の一酸化炭素中毒事案が生じたことから明らかである²⁾。防災教育の中に, 安易な方法で暖を取らないよう啓発を組み込んでいく必要がある。前述したとおり, 低体温症の予防と治療では加温について異なる対処が必要である。元気の避難者の低体温症の予防としては手足を含め積極的な加温が

望まれる。避難生活は動き(運動量)が少なくなることが多く, 会話も途絶えがちである。低体温症を発症しやすい高齢者等に声がけを行い, 団らんを形成することも低体温症対策になり得る。既報のとおり足湯提供もその手段である⁹⁾。低体温症発症後は手足の冷たい血液が心臓へ戻ることを避けなければならない。体をわずかに動かすことでも心停止を引き起こす可能性がある。体幹部の加温を考えると大きめの湯たんぽを低温やけどに留意し下着の上から抱えさせることが介入できる一つの手段となる。

災害時の低体温症対策は道半ばである。避難者の命を護り健康を保持するために, さらなる検証を進める必要がある。

【謝辞】

本研究はJSPS 科研費 JP22K04658 の助成を受けたものです。

【参考文献】

- 1) 内閣府(防災担当), 2021: 日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震の被害想定について(令和3年12月21日)。
- 2) 中永士師明, 五十嵐季子, 2013: 東日本大震災に伴う停電に関連して複数発生した急性一酸化炭素中毒, 日本職業・災害医学会会誌, **61**, 278-281.
- 3) 根本昌宏, 尾山とし子, 2014: 冬期被災を想定した体育館型避難所演習の実践内容に関する考察, 寒地技術論文・報告集, **30**, 122-127.
- 4) 根本昌宏, 尾山とし子, 水谷嘉浩, 2021: 感染症ならびに低体温症対策を施した寒冷期災害の避難施設に関する検討, 北海道の雪氷, **40**, 57-60.
- 5) 根本昌宏, 水谷嘉浩, 2019: 冬期の避難所におけるダクトヒーターを用いた暖房方法の有効性と安全性, 寒地技術論文・報告集, **35**, 102-107.
- 6) 根本昌宏, 2022: 冬期に開設される避難所避難所の問題点とその解決策, 生活と環境, **67**, 9-14.
- 7) 大城和恵, 2011: 災害に伴う疾患の治療とケア「低体温症」, 月刊薬事, **53**, 57-62.