

新潟県中越沖地震における避難所の温熱環境

五十嵐由利子^{*1} 塩谷奈緒子^{*2}^{*1}新潟大学 ^{*2}新潟大学大学院

Thermal Environment of Shelters after Niigata Chuetsuoki Earthquake

YURIKO IGARASHI^{*1} NAOKO SHIOGAI^{*2}^{*1} Niigata Univ. ^{*2} Graduate School, Niigata Univ.

Abstract : We conducted a survey on the thermal environment of the shelters after the Niigata Chuetsuoki earthquake occurred on July 16, 2007, in the area around Kashiwazaki City, Niigata, Japan. Gymnasiums of schools and community centers were used as shelters for numbers of people evacuated from their homes after the earthquake. In many of the shelters without air conditionings, people were suffering from the heat during the hot summer. In order to understand this problem, we investigated the thermal environment at 4 shelters. The results showed: 1) the ventilation was inadequate, 2) the temperature inside the gymnasiums was higher than the outdoor temperature receiving solar heat, 3) SET* at the shelters without air conditionings was approximately 30°C, 4) the temperature at an air conditioned shelter was SET*22°C.

Key Words : earthquake, shelter, gymnasium, summer, thermal environment

要旨 : 2007年7月16日に新潟県柏崎市を中心に発生した新潟県中越沖地震では、多数の住家被害があり、多くの人が避難所での生活を余儀なくされた。避難所として、体育館やコミュニティセンター等が利用されたが、その多くには冷房設備がなく、暑さ対策が大きな課題となった。そこで、避難所4箇所における夏季の温熱環境調査を実施した結果、次のことが分かった。1) 開口部が少なく、通風状態はあまりよくなかった。2) 体育館は日射の影響を受けやすく、室温は外気温より高くなっていた。3) 冷房設備のない避難所のSET*は30°C前後であった。4) 冷房設備のある避難所のSET*は22°C以下であった。

キーワード : 地震 避難所 体育館 夏季 温熱環境

1. はじめに

2007年7月16日に発生した新潟県中越沖地震により、柏崎市及び刈羽村を中心として甚大な被災を受けた。住家被害については、新潟県災害対策本部によると、全壊1,244棟、大規模半壊824棟、半壊4418棟、一部損壊33,923棟、合計40,409棟(2007年10月10日現在)と報告されている¹⁾。生活場所が失われた人々、住宅内での当面の生活が困難となった人々への対応として、各自治体は地震が発生した7月16日から避難所を開設した。このような自然災害発生時に開設される避難所は、支援の円滑化から1箇所の避難所に大勢の人が収容できる体育館、公民館、福祉関連施設などが利用されることが多い。今回の新潟県中越沖地震においても、Table 1に示すように、小学校の体育館や地域のコミュニティセンターなどが避難所となった¹⁾。なお、学校の場合は体育館が利用された。

開設された避難所数と避難者数は、地震発生の翌日の7月17日(午前9時20分)が最大で、117箇所、12,483人であった。日数が経つにつれ、昼間は仕事や住宅内の後かたづけなどで避難所にいる人は少なく、徐々に避難所数や避難者数は減少し、仮設住宅への入居に伴い、刈羽村では8月20日に避難所全てが閉鎖され、柏崎市での8月31日を最後に、新潟県中越沖地震による全ての避難所が閉鎖された。

以上のように、被災者の多くが、地震発生からほぼ1カ月間の避難所生活を強いられたが、たとえ1カ月であっても、被災者にとっては唯一の生活空間でもあり、その環境条件は被災者の心身の健康状態にも影響するものである。

1995年1月に発生した阪神・淡路大震災では8月を超えても避難所が開設されており、そこでは当初の寒さ対策から暑さ対策も課題となり、扇風機の配布、タ

Table 1 Number of displaced people at shelters

避難者数 (避難所数)

調査日	小学校	中学校	高校	体育館	コミュニティ・集会所	生涯学習センター	福祉関係施設	その他	合計
7月16日	3018 (27)	1644 (10)	70 (2)	291 (1)	4070 (40)	1587 (18)	329 (11)	220 (8)	11229 (117)
7月17日	3359 (21)	1771 (10)	300 (3)	304 (1)	4480 (40)	1424 (10)	649 (11)	196 (6)	12483 (102)
7月18日	2522 (20)	1511 (10)	229 (3)	217 (1)	3382 (38)	1176 (10)	447 (9)	399 (7)	9883 (98)
7月19日	1491 (18)	1188 (10)	138 (3)	132 (1)	2257 (30)	897 (8)	313 (9)	72 (5)	6278 (84)
7月20日	1079 (17)	673 (10)	103 (3)	114 (1)	1401 (27)	770 (9)	161 (6)	84 (6)	4385 (79)
7月21日	1049 (17)	524 (10)	110 (2)	110 (1)	1288 (25)	462 (8)	175 (10)	76 (5)	3794 (78)
7月22日	864 (16)	459 (9)	102 (2)	120 (1)	957 (25)	386 (7)	147 (10)	38 (3)	3073 (73)
(略)									
8月1日	341 (11)	170 (8)	48 (3)	72 (1)	589 (26)	148 (4)	130 (6)	40 (2)	1518 (61)
(略)									
8月10日	214 (9)	82 (5)	18 (2)	28 (1)	354 (25)	73 (4)	76 (4)	22 (2)	867 (52)

※ 7月16日 23:00, 7月17日 9:20, 他 8:00 の記録

Table 2 Subjects

避難所	避難所の分類	構造	避難スペースの面積(m ²)	開口部の方角	開口部の状況	冷房の種類	測定箇所数
刈羽村	A 生涯学習センター・文化ホール	RC造	324	西	吐き出し窓(全面)、カーテン	ガス冷房(7月25日～)	4
	B 体育館	鉄骨造	900	東西	吐き出し窓 各2カ所、壁面に下地窓、ギャラリー上部に窓、ロールスクリーン	なし	6
	C 集会所・体育館	鉄骨造	400	東西	吐き出し窓 各1カ所、壁面に下地窓、ギャラリー上部に窓、カーテン	なし	3
柏崎市	D 小学校・体育館	鉄骨造	540	南北	吐き出し窓 各1カ所、腰窓 各2カ所、壁面に下地窓、ギャラリー上部に窓	冷房車からダクトを通して冷房(7月29日～)	4

オルケットの配布、網戸の設置などが行われた²⁾。しかし、実際の避難所の温熱環境の実測調査についての報告は見あたらない。

新潟県中越沖地震については、夏季の厳しい環境条件のなかでの避難生活となることから、暑さ対策が熱中症予防としても重要な課題となった。柏崎市では、各避難所にクーラーの設置を計画したが、電気容量の関係から当初の予定通りには設置されなかった。刈羽村では、クーラーの設置計画はされず、扇風機の配置、氷柱の配置、網戸の設置が行われ、前の地震の体験・反省が活かされたところもあった。

そこで、本研究では、避難所として最も多く利用される体育館を中心に、温熱環境の実測調査を行い、実態を明らかにするとともに、改善の提案を目的とした。

2. 研究方法

対象とした避難所は Table 2 に示す 4 箇所である。避難所 A は施設の目的から冷暖房設備は完備していたが、ガス冷暖房のため、都市ガスの普及した 7 月 25 日以降に冷房運転がなされた。また、避難所 D については冷房設備のない体育館であるが、航空会社から 200l/h の除湿が可能な冷房車の支援が 7 月 29 日から行われた (Figure 1)。屋外の冷房車から 2 本のダクトを体育館上部のギャラリー中央に入れ、ギャラリーの左右にダクトを配置し、それぞれ 10 箇所に切り口を設け、そこ

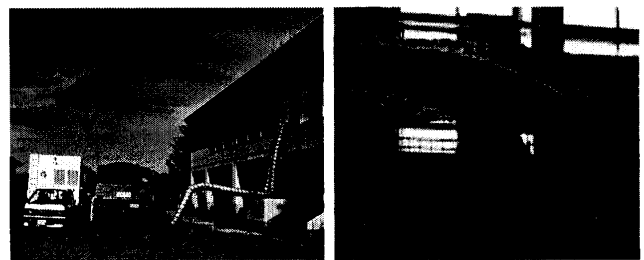


Figure 1 Air conditioning at Shelter D

Table 3 Measurement items

測定日	測定項目	避難所			
		A	B	C	D
7月20日～8月10日	温度・湿度	○	○	○	○
7月24日～8月10日	グローブ温度	○	○	○	○
7月31日	気流	○	○	○	○
8月6日	グローブ温度	○	○	○	○
	気流	○	○	○	○
	床温	○	○	○	○
8月10日	グローブ温度	○	○	○	○
	気流	○	○	○	○
	床温	○	○	○	○
	騒音				○

から冷風を送るという方法で冷房が行われていた。

環境測定項目は Table 3 に示した内容で行った。避難所内の測定箇所は避難者の生活に影響がないよう配慮し、周壁側で床上 184～278cm に設置した。また、体感温度を把握するため、調査訪問時に温湿度に加え、グローブ温度、気流の測定を各避難所の中央付近で行

った。避難所Aについては調査訪問時に床温が低く感じたことから床温の測定を、避難所Dについてはダクトからの冷風による気流感への影響を見るための気流測定と冷房時の騒音測定を行った。

外気については、避難所Bに隣接する刈羽村ボランティアセンターが設置された建物入り口の軒下で、小型温湿度記録装置を用いて測定を行った。

調査期間は7月19日～8月11日で、分析に使用した環境測定データは7月20日～8月10日までである。

3. 結果及び考察

3.1 避難所の通風と日射調整

Table 2 に示したように、各避難所とも開口部が少なく、方角も相対する2方向のため、その日の風向に左右され、調査日によって通風状態が異なっていた。なかでも避難所Cは周囲が田圃のため、通風のあるときはかなり涼しく感じた。また、壁面の下地窓（網戸つき）も閉まっていたり、荷物によってふさがれたりしているところも見受けられた。冷房の入らなかった避難所BとCの掃き出し窓には、7月末に網戸が取り付けられ、夜間の通風が得られるようになった。

日射遮蔽については、避難所BとCのギャラリー上部にカーテンなどの日除けが設置されていた。しかし、避難所Bではギャラリーへは立ち入り禁止となっていたため、避難当初は開放されたままであり、日射調整が適切に行われていなかった。なお、最初の調査日（7/19）に管理者にロールスクリーンの開閉を依頼したところ、以降の調査日には開閉が行われていた。避難所Dは、ギャラリー上部窓にカーテンなどの日除けがなく、一部で日除け用に段ボール板が置かれていたものの、日射の影響が大であると推測された。

また、プライバシー確保の観点から、新潟県中越大地震の冬季の避難所では段ボールによる仕切りが作られたが、今回は、避難所Bの2家族で段ボールを使用しているのを見たのみであった。冷房のない避難所では、段ボールの仕切りが通風を妨げることが懸念されたためと推察される。

3.2 避難所の最高温度

外気温及び各避難所の最高温度を Figure 2 に示す。なお、各避難所の値は、複数の測定点の平均値である。7月下旬は、避難所A, B, Cは最高温度が30℃を超える日はなかった。8月になると冷房設備のある避難所Aを除き30℃を超える日が続いた。

避難所Dでは、冷房車による冷房が7月29日から行われたが、外気温より高くなった日もあり、これは日射遮蔽のための設備がなかったことが影響したと考えられる。

避難所の最高温度には外気温が高かったことが大き

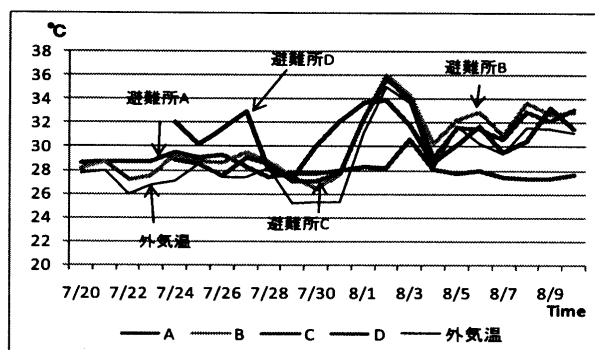


Figure 2 Max. air temperature in shelters

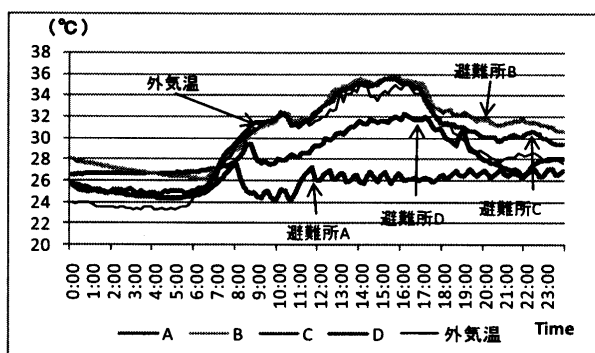


Figure 3 Air temperature in shelters (Aug. 2, 2007)

く影響しているが、開口部が少なく、方角も相対する2方向のため、その日の風向に左右され、かつ鉄骨造の体育館という特性から日射の影響が屋根や壁面温度を高め、体育館内部の温度上昇にも影響したと考えられる。

気象データによると、8月2日は新潟市で最高気温を記録し、柏崎市でも平均気温28.3℃、最高気温36.2℃を記録した。そこで、8月2日における1日の温度変動を Figure 3 に示した。

避難所A以外では外気温が上昇すると、室温も上昇していたことがわかる。特に避難所B, Cはその影響が大であった。避難所Dの冷房温度は室温28℃をめやすに調整し、8時～21時50分まで冷房が行われていた。このため、避難所B, Cに比べると温度上昇は大きくはなかったが、最高温度は32度を超えていた。

3.3 生活時間帯別の温湿度

避難者は、一日中避難所で生活していることは少なく、昼間は仕事や被災住宅の片づけに出かけていく人も多い。そこで、人々の生活行動に合わせて、「夜（0:00～3:00）」「朝（6:00～9:00）」「昼（12:00～15:00）」「夕（18:00～21:00）」の4つの生活時間帯に分け、避難所内の温熱環境について温度・湿度の平均値を求めた。その結果を Figure 4 に示す。

どの時間帯をとっても、避難所Dの相対湿度が低く、これは、200l/hの除湿が可能という冷房が行われたためと考えられる。

夜は、温度はほとんど 30℃以下であるが、全体的に相対湿度は高い。朝は、全体的に相対湿度が高く、日によるばらつきも少なく、避難所によるばらつきも少ない。昼は、避難所 A 以外は、日によりばらつきが大きい。特に、避難所 B, C は 8 月に入るとほとんど 30℃を超えており、相対湿度も 50%以上で蒸し暑い環境となっていた。避難所 D は冷房が行われていても 28℃を超える日が多いが、前述のように、相対湿度は低くなっていた。夕は、避難所 A の温度が低い、避難所 B, C は 28℃以上が多く、30℃を超える日も見られた。

避難所 D の冷房方法は緊急の対応として行われた方法であるが、調査訪問時に、冷房による気流と音がかなり大きいことが気になった。そこで、次の調査訪問時に気流と騒音の測定を行った結果、気流については、ダクトの設置と反対側の床上 90cm で 0.5~0.6m/s の可感気流となっていた。また、騒音については、59~66dB (A) で、騒音として無視できない大きさであったが、避難者へのヒアリングでは気にならないということであった。

3.4 日中の体感温度と温冷感

調査訪問時の SET*, PMV, PPD を算出し、Table 4 に示した。なお、着衣量と運動量については観察調査より 0.3clo, 1met とした。

冷房が行われた避難所 A では、相対湿度は高かったが、温度は低く、SET*は 22℃以下と最も低かった。床温を測定したところ、26.1℃ (8/6)、26.3℃ (8/10) であったが、床が冷えていると感じられた。また、PMV も -1.6, -2.2 で、冷房の設定温度が低すぎると判断されたため、管理者に改善を提案した。

一方、冷房設備のない避難所 B と C は、SET*が 30℃前後と高く、蒸し暑く不快な環境となっていた。また、ダクトによる冷房が行われた避難所 D は、低い相対湿度の効果により SET*はおおよそ 26℃となっていたものの、PMV, PPD の値から暑くて不快な環境であったと判断される。

4. まとめ

本研究では、新潟県中越沖地震において、避難所として最も多く利用される体育館を中心に、夏季の温熱環境の実測調査を行った。その結果、以下のことが分かった。

- (1) 避難所となった体育館は開口部が少なく、通風はその日の風向に左右されることが多いため、通風状態はあまりよくなかった。
- (2) 鉄骨造の体育館は、日射の影響を強く受け、内部の温度は外気温より高くなっていた。
- (3) 冷房が行われなかった避難所は、SET*が 30℃前後と高く、非常に暑く厳しい環境となっていた。

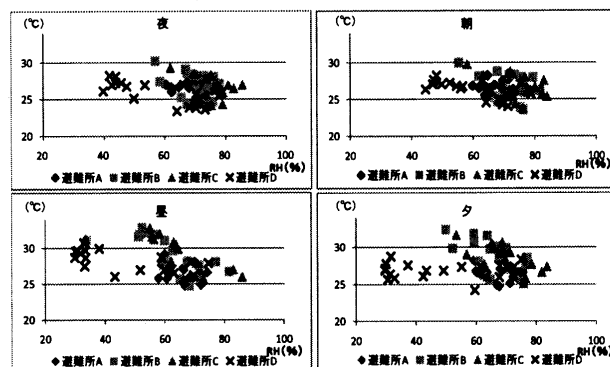


Figure 4 Air temperature and relation humidity

Table 4 Thermal environment values

	避難所A		避難所B		避難所C		避難所D	
	8/6	8/10	8/6	8/10	8/6	8/10	8/6	8/10
温度(℃)	25.3	24.6	32	32.4	30.8	31.9	29.5	30.3
湿度(%)	74	69	55	54	62	55	29	29
グローブ温度	26	25.1	32.2	32.5	31.3	32.4	30.4	30.8
気流(m/s)	0.45	0.5	0.1	0.1	0.3	0.4	0.25	0.25
SET*	21.9	20.4	31.2	31.6	28.2	28.4	26.3	26.6
PMV	-1.6	-2.2	3	3	3	3	3	3
PPD	57%	85%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

(4) 冷房が完備されている避難所では、冷房設定温度が低く、そのため SET*は 22℃以下となっていた。

(5) 災害時の緊急支援によりダクトを用いた冷房が行われた避難所では、相対湿度の低下は顕著であったが、騒音レベルが 60dB(A)とかなり大であった。

以上のことから、災害時に冷房設備のない体育館を使用するにあたり、日射の防止と通風への対応が重要であると考えられる。また、避難施設には体育館以外に小室があり、そのほとんどに冷房設備があったことから、熱中症予防、プライバシー確保の観点からそれらを有効に活用する工夫も必要と考えられた。

5. 文献

- 1) 新潟県中越沖地震・地震関連情報 より
(<http://bosai.pref.niigata.jp/bosaiportal/0716jishin/>)
- 2) 阪神・淡路大震災の教訓情報分析・活用調査委員会:
阪神・淡路大震災教訓情報資料集, 3-01 避難所解消と応急仮設住宅の提供, 「01」避難所の長期化
(<http://www.iiinet.or.jp/kyoukun/>)

<連絡先>

著者名 五十嵐由利子
住所 950-2181 新潟市西区五十嵐 2 の町 8050
所属 新潟大学教育人間科学部
E-mail アドレス igarasiy@ed.niigata-u.ac.jp