

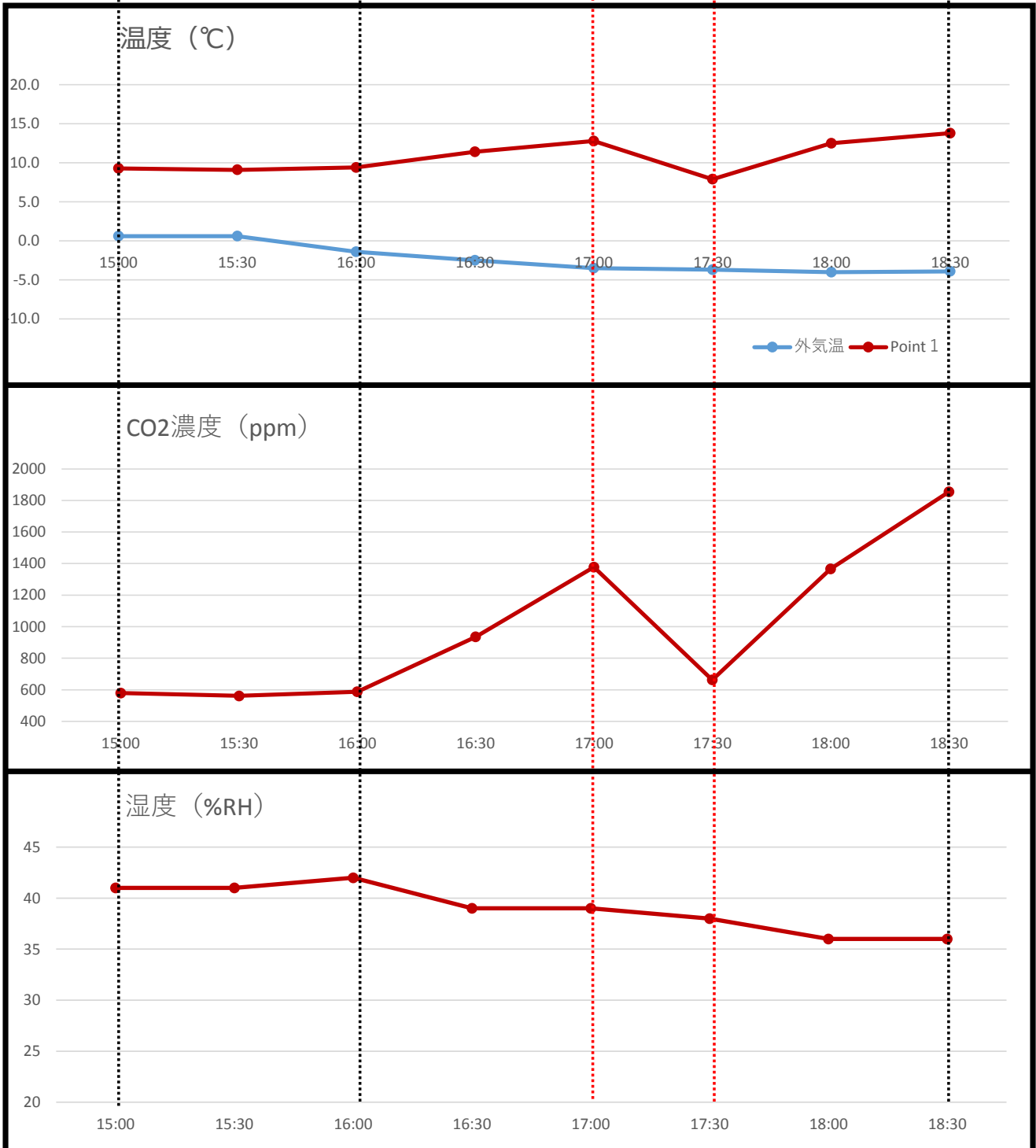
① 体育館での仮設暖房 計測結果【15:00～18:30】

暖房機器なし

【図1】
ポータブルストーブ6台

**30分
換気**

【図2】
ジェットヒーター 3台
加湿器 1台



検証2 ②体育館での仮設暖房【ダクトヒーター】

熱交換式ダクトヒーター2台を設置した場合

項目	換気開始時	暖房点火	12時間後	最大変化量	備考
計測時間	18:30	19:00	07:00	12時間	熱交換式ダクトヒーター 外気取込箇所 1台 内気循環箇所 1台 いずれも二酸化炭素は、 屋外 に排出 業務用加湿器 1台 (毎時4.2L)
外気温 (最低)	-3.9℃	-4.0℃	-10.9℃	-6.9℃ (-12.1℃)	
室温 (最高)	13.8℃	6.1℃	16.9℃	+10.8℃ (16.9℃)	
CO2濃度 (最高)	1855ppm	652ppm	843ppm	+181ppm (1043ppm)	
湿度 (最低)	36%	37%	27%	-10% (20%)	

【結果】

ダクトヒーターを屋外と屋内に1台ずつ設置することで、保温と換気を両立できた。

外気温が-10℃を下回る状況でも室温を15℃以上に保持できた。

CO2濃度もほぼ1000ppm以下で推移し、換気も十分されていた。

湿度が20%台であった。

業務用送風機で体育館内の空気の対流を試みたが、計測データに有意な変化は見られなかった。

室温、換気は十分だが、加湿が必要であった。

騒音計での測定結果

ダクトヒーター停止時 45～50db (美術館の館内と同程度)

ダクトヒーター作動時 65～75db (バス車内や主要幹線道路周辺と同程度)

【状況】

1. 熱交換式ダクトヒーターの特徴

熱交換式ダクトヒーターとは、主に建築現場でのコンクリートの凍結防止などに使用される製品で、燃焼時の二酸化炭素は本体の煙突から排気しつつ、排気ガスを含まない外気を取り込み、加温して送風する構造で、ビニールダクトを接続することで仕様上では100m送風可能である。構造上、外気を屋内に送風することから、換気を同時に行うことができる暖房である。

2. 内気循環暖房としての設置

検証では熱交換式ダクトヒーターを2台用意し、屋外と屋内に1台ずつ設置した。通常は、本体を屋外に設置し、冷たい外気を加温して屋内に送風するところ、今回、参加業者の協力により、安全を確保しながら実験的に1台を屋内に設置し、排気ガスは煙突を伸ばして屋外に出し、屋内の暖かい空気を更に温める内気循環する暖房として使用した。

3. 容積を小さくした場合のダクトヒーターでの暖房効果

過去の厳冬期訓練では、体育館では天井が高く、暖めた空気が上方へ逃げてしまい、ダクトヒーターを2台、屋外に設置しても空間の暖房が難しかった。そのため、体育館内に屋内テントを設置し、容積を小さくしてダクトヒーターの温風を引き込むことで狭い空間での暖房効果を検証した。

4. 業務用加湿器の設置

毎時4.2リットルの加湿能力を有する業務用加湿器を設置し、ダクトヒーターと併せて稼動させた。

5. 業務用送風機の設置

扇風機タイプの大型送風機4台を就寝開始時と起床時に1時間ずつ稼動させた。

【検証時の感想】

- 屋内にダクトヒーターを設置したため、体育館内に大きな動作音が鳴り続き、会話に支障を感じた。
また、就寝中は、一定の音であれば徐々に気にならなくなったが、時折、不規則な動作音がしたため、その度に目が覚めた。
- 屋内のダクトヒーターからは、身体が温まるぐらいの空気（サーモカメラ計測約40℃）を感じたが、屋外から引き込んだダクトヒーターからは、ぬるく感じる空気（サーモカメラ計測約26℃）だった。
- 今回使用した屋内テントは、夏場にグラウンド等で使用していたテントのため、一部、土が付着しており、屋内テントで就寝中、カビのような臭いが気になった。
- 就寝中も空気の乾燥が気になり、起床時も喉に違和感を感じるほど乾燥した。

専門家の指導

1. 暖房効果をも高めるダクトヒーターの設置方法

今回は、参加業者が実験的に屋内にダクトヒーターを設置したが、室温の確保と換気に高い効果が認められた。

今後は、他の避難所でも応用できるように安全な設置方法を検討する必要がある。

また、屋内テント内外での温度差が、ほとんど見られなかったことから、屋内と屋外にダクトヒーターの設置をすることで屋内テントは不要となった。

2. 屋内ダクトヒーターの騒音対策

屋内のダクトヒーターの有効性は確認できたことから、今後は、防音対策を検討する必要がある。

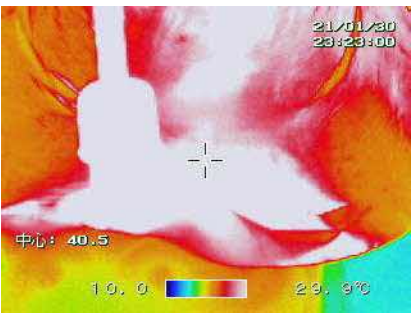



3. 一定の湿度の確保

検証では、外気温が-10℃を下回っており、そもそも水蒸気が非常に少ない空気をダクトヒーターで屋内に取り込んだため、換気が良いほど湿度は下がる結果となった。

業務用加湿器を1台設置したが、最も低い湿度は20%であった。

また、体育館2階の窓には1階との温度差のため結露（霜）が発生していた。

新型コロナウイルス等の呼吸器系の感染症は湿度が低いと感染リスクが高まることから、今後は、体育館内の湿度の確保について対策を検討する必要がある。

<p>屋内 ダクトヒーター 出口 左：出口温度 40.5℃ 右：画像</p>		
<p>屋外 ダクトヒーター 出口 左：出口温度 26.4℃ 右：画像</p>		

② 体育館での仮設暖房 計測状況【19:00～7:00】

【計測状況】

- ① 19:00 ～ 07:00 : ダクトヒーター 2 台
- ※ 22:00 ～ 22:30 : ダクトヒーター 2 台停止時間
- ② 23:00 ～ 07:00 : 加湿器 1 台使用時間
- ③ 23:00 ～ 00:00 : 送風機 4 台使用時間
- ④ 06:00 ～ 07:00 : 送風機 4 台使用時間

【現場写真】



【屋内ダクトヒーター】
屋内(体育館内)に設置



【屋外ダクトヒーター】
屋外(体育館玄関)に設置



【業務用加湿器】



【屋内ダクトヒーター】
【ビニールダクト】
【業務用送風機】



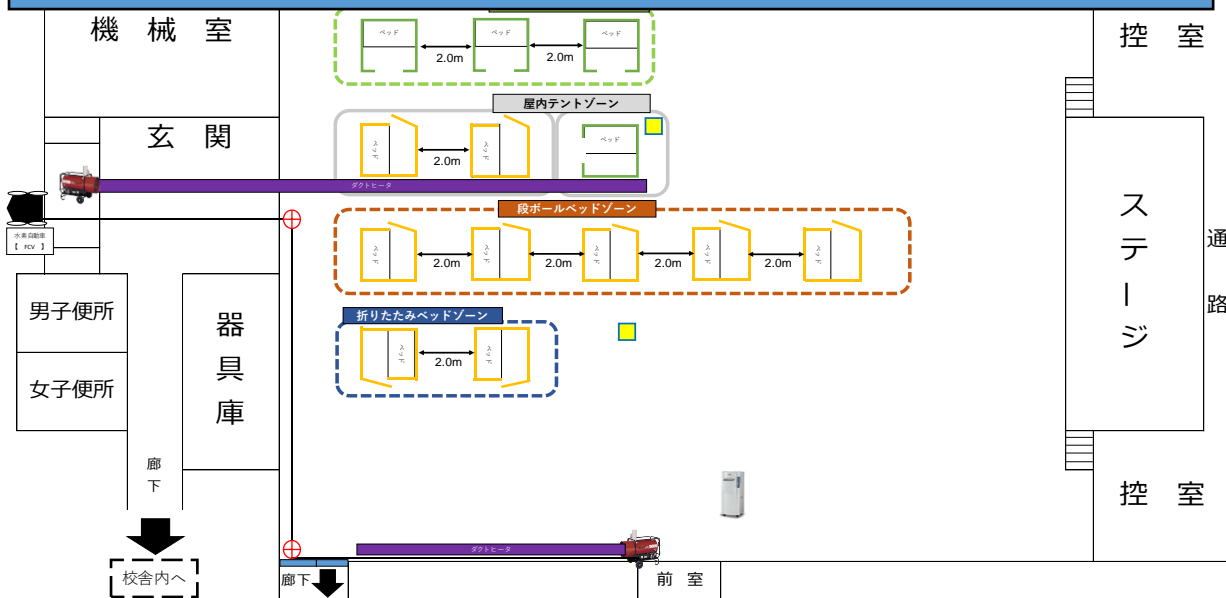
【屋外ダクトヒーター】
屋内テント内へのビニール
ダクト設置



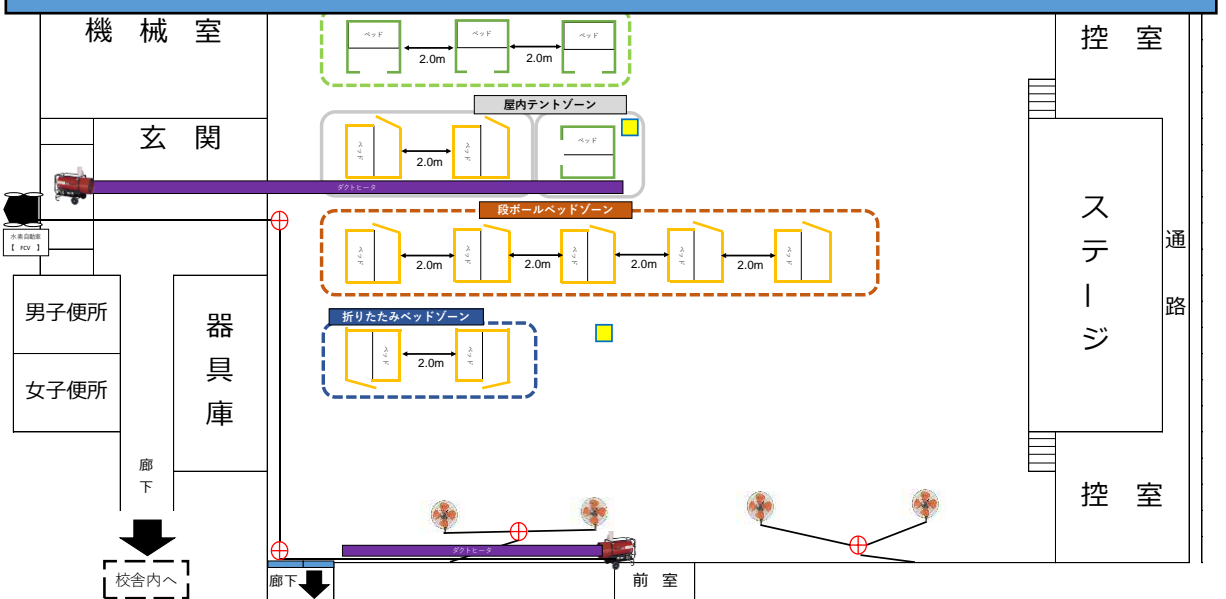
【湿度・温度・CO2濃度計】
【騒音計】

②体育館での仮設暖房 配置図【19:00～7:00】

【図3】19:00～7:00 : ダクトヒーター2台
23:00～7:00 : 加湿器1台



【図4】23:00～0:00 : 送風機4台
6:00～7:00 : 送風機4台



②体育館での仮設暖房 計測結果【19:00～7:00】

【注意：18:30～19:00 完全換気】

【図3】ダクトヒーター2台

動画撮影のため
ダクトヒーター2台停止

ダクトヒーター2台再稼働

【図3】加湿器1台

【図4】送風機4台

【図4】送風機4台

