

取手市立小中学校体育館における 空調設備設置等の熱中症対策事業に係る サウンディング型市場調査 対話結果概要

1. 個別対話実施期間

令和6年3月11日～3月22日

2. 参加事業者数

14事業者

3. いただいたご意見・ご提案の概要

①体育館空調に適した空調方式について

- 一般的エアコン（EHPもしくはGHP）の導入を提案する。

全国の事例においても一般的なエアコンを導入するケースが比較的多い。また、設置後10年先のメンテナンス等においても不安が生じる可能性は少ない。

1. 空調方式（熱源）の比較

熱中症対策や避難所活用といった導入目的により最適な方式が異なるため、施設構造や設備状況によって熱源方式（EHP or GHP or EHP+GHP ミックス）を比較検討することを推奨する。

2. 空調負荷の考え方

学校体育館は断熱性能が確保されていないケースが多く、空調能力を過小容量にしてしまうと十分に効かなくなる可能性がある。施設構造や面積等に応じて空調能力を決定することを推奨する。

<推奨する空調負荷（目安）>

- ・熱中症対策：約150～160W/m²（体育館利用人数相当の人体発熱負荷想定）
- ・避難時対策：約200～250W/m²（避難所収容人数相当の人体発熱負荷想定）

●輻射パネル併用空調（GHP or EHP+輻射パネル）を提案する。

空調機と輻射パネルのハイブリッド方式のため、対流式空調機のみと比べ、快適温度になるまでが早い。また、輻射パネルにより湿度を下げるができる。冷房運転時、輻射パネルが冷えることで結露が発生し、その分室内の湿度が下がる。結露した水はパネル直下のドレンで受け排水する。暖房運転時、輻射パネルが温まることで、人が活動する高さは「輻射&対流」で効率よく暖房が出来る。輻射パネルは電源不要であり、メンテナンスの手間も少ない。ドレン清掃程度。バイパスバルブにより輻射パネルを通すことなく、空調機のみでの運転も可能。

本方式のメリットとして、冷房時の吸熱・除湿効果が大きく熱中症対策に有効であること、ランニングコストが他空調方式と比較して安価であること、微風運転によりスポーツへの影響が軽微であること等が挙げられる。また、一需要場所複数引込制度の積極的な活用を推奨する。既存照明のLED化が未実施の場合は、LED化工事を併せて実施することを推奨する。

●気化熱冷風機を提案する。

気化熱冷風機とは、機械内の冷却フィルターに水を注ぎ、暑くて乾燥した空気をフィルターに通すことで気化熱により空気の熱が奪われ、3～7℃ほど涼しくなった空気を大型ファンで室内に送り出す装置。閉め切った空間で使うよりも、扉や窓を開放するなどし、室内の暑い空気を外部に押し出すように使用すると効果的となる。900W機器（中型機）1台で330㎡の冷却範囲があり、体育館に対し1台から2台を導入するイメージ。また、気化熱冷風機をエアコンの設置や遮熱・断熱施工などと一体的に実施することは、より効果的ではあるが必須ではない。採用された事例においては、気化熱冷風機のみでの運用ケースがほとんどとなる。

●停電対応型GHPを提案する。

停電対応型GHPとは、ガス式の空調設備であり、平時では都市ガスを使う空調および災害などによる停電時では空調と非常用発電(重要負荷用)の両方を兼ね備えた設備。GHPは、(G)ガスエンジン、(H)ヒート、(P)ポンプの略語。災害などによる停電のリスク対応および平時の光熱費の将来価格変動リスク等への対応も加味し、電気式空調とガス式空調の分散設置・分散利用を推奨する。

●換気機能付き空冷一体型空調機（置換空調方式）を提案する。

置換空調とは、空気の密度差を利用し、室内温度より低い温度の空気を低速で吹き出すことで冷氣層を作り、床から2mほどの居住域のみを効率的に冷房する空調方式。供給空気は全て新鮮外気を取り込み、室上部から排気することで換気をし、汚れた空気を天井に持ち上げ、居住域を快適に保つことができる。

- 大風量スポット空調（室内機1台約10馬力）の導入を提案する。

室内機1台10馬力の対流式空調機を設置し、20m先まで届く大風量により室内を空調する。強運転時、一般的な機種（80 m³/min）と比べると、1.5倍ほどの風量（130 m³/min）が見込める。大風量であるため、室温と湿度の両方を効率的に下げることができる。830 m²体育館に対し、3台（30馬力）（平米負荷 90W/m²）での導入実績あり。強運転時、約1時間程度で室内温度 33.4℃→28.8℃（-4.6℃冷却）となり、熱中症対策としては十分な効果を得ることができた。式典時等においては強運転の場合だと音が気になる可能性がある。その場合は弱設定で間引き運転するなどして対応可能。

- 大風量スポット空調（室内機1台約5馬力）の導入を提案する。

大風量で温度の層を作り、人のいる空間（床上3～4m以下）のみを冷やすことができる。その結果、設置台数を削減でき、全館空調と比較してイニシャルコスト・ランニングコスト共に削減が可能。風量制御も可能であり、風量最大時の騒音値はファミリーレストランの店内程度、風量最弱時の騒音値は図書館の館内程度であるため、式典時等でも問題なく使用可能。体育の授業や部活動にも影響を及ぼすことなく使用できる。

- 地中熱換気システム+補助ヒートポンプ+太陽光発電及び蓄電池+IoTの複合設備の導入を提案する。

地中熱換気システムとは、地中に埋設した熱交換パイプにより外気と地中熱の熱交換を行い、夏期は冷風を、冬期は暖風を発生させ、さらにヒートポンプで冷却・加温された外気を体育館内に送り込む（換気）設備。また、パイプ底部の水を通過することで空気清浄機能も得られる。太陽光発電により地中熱換気システムの電力を実質賄い、さらに余剰電力で校舎等の買電量を低減可能。また、断熱改修工事不要。（地中熱とヒートポンプで冷却された外気が体育館の下部から上部に通過するため、壁や天井からの放射の影響を受けにくい。）

- 一般的なエアコン（冷房）をドライ機能として活用し、室内湿度を下げるだけでも熱中症対策として効果を見込むことができる。

- 室内機台数を減らしつつ冷房到達距離を伸ばすために大能力タイプの選定を推奨する。ただし、台数を少なくしすぎると温度ムラが生じるため、14kW（5馬力）程度の分散設置が妥当と考える。

- 全ての課題を満たすような空調方式は無く、事業目的に合った方式選定が必要と考える。今回は設置場所が体育館ということを加味し、輻射パネル式空調機を提案する。また、併せて既存照明器具のLED化工事を提案する。電気料金削減を見込める他、災害時にも長時間動作が可能となる。
- 各機器の長所・短所を比較し、用途・目的・方針のニーズ（熱中症対策、避難所環境整備、換気機能付き等）に沿った機器選定が重要であると考ええる。

②遮熱・断熱改修の効率的な施工方法について

- 体育館空調設置に併せて大規模な断熱改修を実施した事例はほぼ無い。
- 学校施設環境改善交付金を活用する場合、断熱性の確保が必須となるが、補助額に対して建築費が膨大になる。
- 過度な断熱は必要ないと考える。費用対効果、施工に要する期間を踏まえ検討すべき。
- 空調設備導入と併せての断熱改修は、費用増・工期増の関係で現実的ではない。
- 体育館大規模改修時に併せて断熱改修を検討されると効果的である。
- 遮熱シートの設置を提案する。体育館内部から天井部を覆うように設置することで、屋根面からの放射を遮り、居住域温度の改善が期待できる。ペアガラスへの改修や天井に断熱材を追加する施工は、全面足場の設置等が必要となるほか、建材等の負担も大きく工事費が高額になる。遮熱シート、遮熱カーテン、遮熱フィルム等による断熱施工であれば、工事も簡易であり安価に断熱性能を確保できる可能性がある。断熱性・遮熱性を確保した体育館においては、夏冬通じたエネルギー削減効果を見込むことができる。また、避難所利用の際も、寒さによる低体温症リスクを低減することができる。
- 茨城県他自治体の事例では、屋根に遮熱塗装をすることで屋根表面の平均温度が47.1℃から36.9℃まで下がり、体育館空調をさらに効率的に運用できることが確認された。
- 室温を上昇させる顕熱（温度変化として現れる熱量のこと）を排除することで空調効果を最大限発揮させることができる。顕熱上昇比の高い西側窓（カーテン）や天井に対して断熱改修を実施することで、改修費用対効果を得られやすいと考える。
- 輻射熱の反射に優れたアルミ箔を使用したシートを屋根材に貼付する工法を紹介する。施工者の技量や作業時天候に影響を受けず、雨漏り対策も同時に行える工法となる。

③避難所となった際の機能維持について

- 避難所機能維持対策として、EHPとGHPを分散設置するとよい。
- LPガス非常用発電機（+LPGシリンダ又はLPガスバルク）の併設を提案する。
- 非常用動力源を併設することにより、災害時でも空調機運転が可能。EHP+LPガス非常用発電機（+LPバルクタンク）の方式であれば、電気・ガスが供給停止となった場合でも空調機運転可能。
- 非常用電源への切替装置を設けることが可能。LPGシリンダ及びLPG式の非常用発電機を防災倉庫等に保管しておき、発災時に非常用電源に切り替える想定。
- 停電対応型GHPの導入による防災対策を提案する。避難所の防災対策においては、空調、照明および情報機器等の最低限の電力の確保が求められる。都市ガスによる停電対応型GHPを導入することで、それらの防災対策に貢献が可能。都市ガスの導管網は、大地震にも耐えられる構造をしている。また地中埋設されていることと気密性が高い設備であるため、風水害にも影響を受けにくい。以上のことからインフラとしての強靱性が確保されている。溶接接合鋼管は阪神・淡路大震災、東日本大震災でも高い耐震性が確認されている。主に家庭用に使われている導管はポリエチレン管を採用し、伸びが大きく破断しにくいいため、地震による損傷を回避しやすい。
- 気化熱冷風機に関しては設置工事が発生せず、納入後、100Vコンセントで速やかに使用できる。発電機による電気での使用も可能なため、自治体等に対し発電機とセットでの納入実績あり。
- 地中熱換気システム+補助ヒートポンプ+太陽光発電及び蓄電池+IoTの複合設備を導入した場合、太陽光発電及び蓄電池により、停電時でも日中、地中熱換気ファン、補助ヒートポンプ、他電気設備の運転可能。また、IoT機能により設置者及び保守管理者は温度環境の遠隔管理が可能であることに加え、市民が避難所の室内環境を確認することも可能。地中熱換気システム自体が換気機能と熱中症対策に適しており、朝・夕の窓開放・閉止の作業が不要。

- インフラそれぞれの長所・短所を理解し、想定する災害レベルにあった空調熱源を採用することが重要であるとする。

【電気】

- ・台風、豪雨、地震等全ての災害において停電しやすい
- ・発災後停電時の復旧が早い（一週間程度）

【都市ガス】

- ・インフラが停止しにくい
- ・管破損等により停止した場合、復旧に時間がかかる（一か月～二か月程度）

- EHPの場合、LPガス式非常用発電機を併設することにより、停電時体育館が避難所になった際の機能維持が可能である。

- GHPの場合、停電対応型GHPを採用し、LPガスバルクを併設することで、停電時体育館が避難所になった際の機能維持が可能である。

- どこまでの災害レベルを想定し、設置者としてどこまでの備えをしておくか方針を定めることが重要と考える。

④空調設備設置事業と一体的に実施することによって相乗的な効果が得られる熱中症対策について

- WBGTセンサーを活用した空調システムの導入を提案する。職員室モニターで適切な空調制御（ON/OFF、設定温度変更、風量変更）ができるほか、有事の際のエビデンスとしても活用が可能となる。

- リース方式での空調導入に併せ、遮熱カーテンへの交換を実施した事例がある。比較的安価に遮熱が行われ、空調効率をより高めることができる。

- 気化熱冷風機をエアコンの設置や遮熱・断熱施工などと一体的に実施することは、より効果的ではあるが、必須ではない。採用された事例においては、気化熱冷風機のみでの運用ケースがほとんどとなる。

- 熱中症情報システムと併用している事例がある。
例) 熱中症アラートモニターの設置
WBGT 指数を画面に表示することで学校が運動の可否を判断するのに役立つ。
モニターに表示することでわかりやすく注意喚起ができる。
指数に合わせて稼働、設定温度を変更するなど、空調機との連動が可能。

⑤様々な事業方式の導入可能性について (ESCO・DBO・BTO・リース等)

- 設計施工方式（従来方式）

- リース方式（特に総合評価方式（プロポーザル）による事業者選定）

- BTO方式

- 体育館空調導入事業の特徴として、季節限定による空調使用のため運用されるエネルギー量が少なく、ESCOの適用は難しいと考える。

- 空調機を導入するのみの事業では民間提案の余地が少なく、民間ノウハウの有効的な活用を期待したい場合、取手市として目指したい体育館機能をまとめ、公募をかけると様々な民間提案が出やすくなると考える。

⑥補助金の利用可能性について

【地方債】

- 緊急防災・減災事業債

【補助金】

- 学校施設環境改善交付金（大規模改造（空調（冷暖房設備）整備）事業）
- 災害時に備えた社会的重要なインフラへの自衛的な燃料備蓄の推進事業費補助金（LPガス補助金）
- 災害時の強靱性向上に資する天然ガス利用設備導入支援事業費補助金（都市ガス補助金）
- 地中熱換気システム＋補助ヒートポンプ＋太陽光発電及び蓄電池＋I o Tの複合設備を導入する場合、法定減価償却期間後(17年後)太陽光発電による脱炭素分をJクレジット制度を用いて売却可能。

⑨事業参画にあたって本市に要望することについて

- 実機体感でご納得いただいた上での機器選定を希望する。
- 避難所設置の観点から、設置エリアごとに熱源方式の分散配置を推奨する。
- 事業者選定においてはプロポーザル方式の積極的な活用を希望する。
- 各校への一括導入が可能な事業方式の検討を希望する。
- 改修工事には既存図等の既存資料が必要となる為、事前の準備が必要。
- 自由度の高い提案ができるような公募条件の設定を希望する。