



学校体育館の 空調・断熱 事例集

温熱環境の改善と
省エネルギーに向けた取組

文部科学省大臣官房文教施設企画・防災部



文部科学省

目 次

はじめに	1
空調方式と断熱・遮熱工法のミニ解説	2
温熱環境シミュレーション	3
学校体育館空調設備・断熱事例	
事例 1 群馬大学共同教育学部附属小学校体育館（群馬県）	9
事例 2 東大阪市立玉串小学校体育館（大阪府）	11
事例 3 宇土市立網田小学校体育館（熊本県）	13
事例 4 田原市立童浦小学校体育館（愛知県）	15
事例 5 岩手大学教育学部附属中学校体育館（岩手県）	17

はじめに

学校体育館は児童生徒の学習・生活の場であるとともに、災害時には地域の避難所としての役割も果たす重要な施設の一つであり、学校体育館における空調設備の導入は、児童生徒の熱中症対策はもちろんのこと、国土強靱化の観点からも重要な取組です。

また、体育館は教室と比べて非常に大きな空間を有していることから、様々な空調方式が採用されていますが、省エネルギー等の観点から断熱性能を高めることが重要です。

これらを踏まえ、本事例集は、文部科学省が実施した委託事業の一環として作成したものであり、学校体育館における複数の空調方式について温熱環境シミュレーションを実施し、断熱・遮熱工事による省エネ効果等を示すとともに、全国各地の学校体育館における空調設備の整備や断熱・遮熱対策の事例を取りまとめました。

本事例集が、今後の学校体育館における空調設備等の導入の一助として活用されることを期待しています。

アイコン凡例

【空調方式】

対流式	冷暖気の循環による空調方式	複数方式の併用式	複数方式を併用する方式(対流式＋輻射式など)	輻射式	パネル等の輻射熱による空調方式	大風量スポット式	強力な冷温風を局所的に送る空調方式
-----	---------------	----------	------------------------	-----	-----------------	----------	-------------------

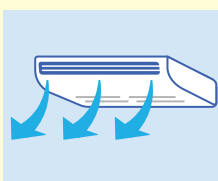
【断熱・遮熱工法】

屋根・天井断熱	屋根や天井に断熱材を敷設する工法	屋根面カバー工法	既存屋根に断熱材を敷設し、新しい屋根を被せる工法	屋根面遮熱塗装	遮熱性能の高い塗料を屋根面に塗布する工法	屋根面遮熱シート	遮熱性能の高いシートを屋根面に敷設する工法
天井面遮熱シート	天井面に遮熱性能の高いシートを敷設する工法	外壁断熱	外壁に断熱材を充填・敷設する工法	窓遮熱フィルム貼	窓ガラスに遮熱フィルムを貼る工法	窓断熱交換	窓を断熱性の高いガラス等に交換する工法

空調方式と断熱・遮熱工法のミニ解説

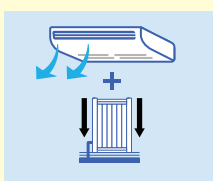
【空調方式について】 学校体育館に導入されている主な4つの空調方式

対流式



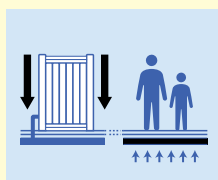
吹き出し口からの空気の循環によって空間を空調する方式。比較的シンプルな設備構成で、広範囲を空調でき、メンテナンスも容易なため、導入事例も多い。
一方で、気流が生じるため、風の影響を受けやすいスポーツ競技には配慮が必要となる。また、風が届く場所と届かない場所で温度差が生じる場合がある。

複数方式の併用式



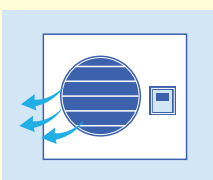
主に対流式と輻射式を併用した方式。
対流式による速やかな空調と、大きな気流を伴わず人が活動する領域を効率よく空調する輻射式の長所を併せ持つ。
対流式のみの場合と比べて導入コストは高くなる傾向があるが、計画条件によっては、輻射式の併用により必要な空調能力を抑えられる場合がある。

輻射式



輻射パネルや床下からの輻射熱によって空調する方式。大きな気流を伴わないため、風の影響を受けやすいスポーツ競技にも適している。
導入コストや工期は比較的高いが、適切な配置や断熱性能を確保することで、輻射熱により人が活動する領域を効率よく空調することができる。

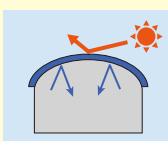
大風量スポット式



強力な冷風等を局所的に送り出す空調方式。アリーナ全体を均一に空調する方式と比べて設備規模を抑えられるため、比較的低コストで導入が可能。人が活動するエリアに集中的に送風することで、活動領域の温熱環境改善に効果が期待できる。
一方で、強い気流が生じるため、風の影響を受けやすいスポーツ競技に配慮した設置が必要となる。

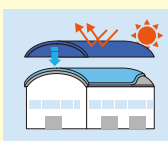
【断熱・遮熱工法について】 学校体育館の断熱・遮熱工法の代表的な8種類

屋根・天井断熱



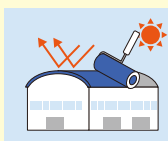
屋根上や天井面に断熱材を敷設する工法。
断熱性能を高めることで、夏季の外部からの熱の流入や、冬季の室内からの熱の損失を抑える。

屋根面カバー工法



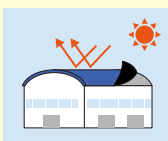
既存屋根に断熱材を敷き、その上に新しい屋根材を被せる工法。
屋根補修を伴う長寿命化対策を行う際に採用しやすく、断熱性能の向上が期待できる。

屋根面遮熱塗装



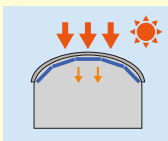
既存屋根面に日射を反射する塗料を塗布する工法。
折板屋根など複雑な形状にも施工可能。
赤外線の吸収を抑え、主に夏季において室内の温度上昇を抑える。

屋根面遮熱シート



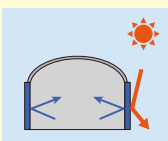
屋根の仕上げ面に日射を反射するシートを敷設する工法。陸屋根などフラットな屋根に施工可能。
赤外線の吸収を抑え、主に夏季において室内の温度上昇を抑える。

天井面遮熱シート



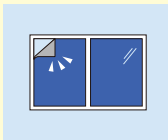
天井面に遮熱シートを設置する工法。
屋根から室内側に伝わる熱を抑えることで、室温上昇を抑制する。比較的短工期で施工できる場合がある。

外壁断熱



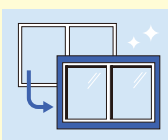
壁内に断熱材を充填する充填断熱、壁の外側に断熱材を敷設する外断熱、室内側に断熱材を施工する内断熱などの工法がある。
夏季の外部からの熱の流入や、冬季の室内からの熱の損失を抑える。

窓遮熱フィルム貼り



窓ガラスに遮熱フィルムを貼る工法。
フィルムにより、日射熱の流入を抑えることで、夏の冷房効率の向上を図ることができる。
比較的短期間で施工できる場合がある一方で、冬の日射取得量も減るので冬季は暖房に不利となることもある。

窓断熱交換



窓の単板ガラスを複層ガラス等の断熱性の高いガラスに交換する工法。ガラスだけでなく窓枠ごと断熱窓に交換する工法や、内窓設置など複数の工法がある。
夏冬を通して熱の流入や損失を軽減するため、年間を通して空調効率の向上が期待できる。

【断熱・遮熱工事のメリット】

既存体育館の外皮仕様は無断熱に近いものも存在します。空調設備の導入に併せて、適切な断熱・遮熱工事を実施すると省エネ性・温熱環境の改善が期待できます。



断熱・遮熱工事により熱負荷を低減することで、空調設備の機器容量を見直せる可能性があります。設備容量の見直しは、設備費・光熱費の削減につながります。

温熱環境シミュレーション

学校体育館に空調設備を導入した場合の断熱・遮熱工事の有無による効果を検証

本シミュレーションでは、学校体育館に空調設備を導入した場合について、断熱・遮熱工事の有無による温熱環境や省エネルギー性の違いを把握することを目的として、検証を行った。

- ◆ 学校体育館で実際に導入されている代表的な4つの空調方式を対象とした。
- ◆ 設備容量、吹出条件及び設置位置については、メーカーへのヒアリング結果を参考に設定した。
- ◆ 冷房期を想定し、外気温33.4℃の条件下で、アリーナ床上約3mまでを空調範囲とし、設定温度26℃で、空調運転開始時の条件を維持したまま約1.5時間運転した時点の温度分布を確認した。
- ◆ シミュレーションにあたっては換気は考慮しない。
- ◆ 年間エネルギー消費量については、温度分布の解析とは別に、建築物エネルギー消費性能計算プログラムを用いて算出した。

※各検証は空調設備及び断熱・遮熱工事の条件が異なるため、各方式間の効果の大小を比較するものではありません

■建物情報

東京都23区(地域区分6)
小学校体育館 建物モデル仕様

竣工：1983年(築43年)

アリーナ面積：685㎡

構造：鉄筋コンクリート造

アリーナ高さ：9.2m

【断熱仕様】

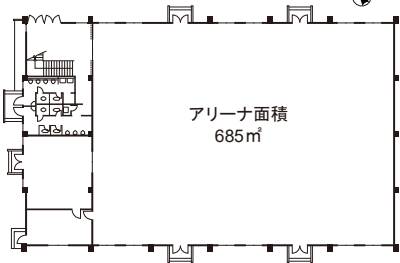
屋根：無断熱

外壁：ロックウール 20mm

窓：アルミサッシ単板ガラス

床：無断熱

■平面図



アリーナ面積
685㎡

■西面立面図



■南面立面図



【シミュレーションに活用したプログラムや算定根拠】

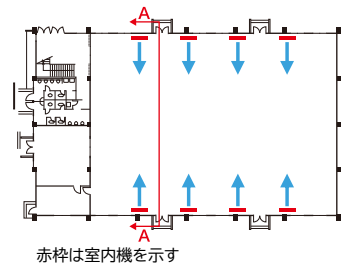
- ◆ 温熱解析ソフト: WindPerfectV5.1a
- ◆ エネルギー計算: 国立研究開発法人建築研究所「エネルギー消費性能計算プログラム」非住宅版標準入力法(Ver.3.9)
地域区分6(東京都23区内)を想定して計算を実施。
- ◆ 導入コスト等: 導入費は、メーカーヒアリング等を基に設計単価(税抜)で試算。光熱費の従量単価は、経済産業省資源エネルギー庁「小売事業者表示制度(統一省エネラベル)における電気・ガス平均単価(令和5年9月時点の資源エネルギー庁・国土交通省情報に基づく)」を基に、電力:2.7円/kWh、都市ガス:15.6円/㎡として試算。

各検証における空調設備と断熱・遮熱性能の仕様

	空調設備の仕様		断熱・遮熱仕様	
検証1	対流式	対流式(熱源:GHP)	断熱工事なし	無断熱(築40年の体育館仕様)
		室内機冷房能力:14kW×8台 【163W/㎡】 室外機:56kW×2台	断熱工事あり	天井面遮熱シート 熱反射率97%程度 天井とシート面の空気層100mm
検証2	複数方式の併用式	対流式と輻射式の併用 (熱源:GHP)	断熱工事なし	無断熱(築40年の体育館仕様)
		【対流式】 室内機冷房能力:14kW×8台 【163W/㎡】 室外機:56kW×2台	断熱工事あり	天井面遮熱シート 熱反射率97%程度 天井とシート面の空気層100mm
		【輻射式】 輻射パネル:パネル面積 約1㎡×8台 表面温度 約10℃		外壁断熱 グラスウール充填 熱貫流率:0.575W/㎡K
検証3	輻射式	輻射式(床下輻射タイプ) (熱源:EHP)	断熱工事なし	無断熱(築40年の体育館仕様)
		空調機冷房能力(AHU):83.5kW×2台 【243W/㎡】 熱源設備:95kW×2系統	断熱工事あり	屋根面カバー工法 硬質ウレタンフォーム 熱貫流率:0.389W/㎡K
				外壁断熱 ポリスチレンフォーム 熱貫流率:0.575W/㎡K
検証4	大風量スポット式	大風量スポット式 室内機冷房能力:10kW×4台 【58W/㎡】 ※150㎡/台を目安に設定	断熱工事なし	複層ガラス 熱貫流率:2.6W/㎡K
			断熱工事あり	屋根遮熱塗装 グリーン購入法特定調達品JISK5675 「屋根用高日射反射率塗料」準拠遮熱塗料

本検証は、簡易的な建物モデルを用いて、断熱・遮熱工事の有無による違いを比較したものです。
実際の施設に必要な空調設備の能力は、建物の仕様や運用条件、夏季・冬季それぞれの使用状況を踏まえて、個別に検討する必要があります。

KEY PLAN

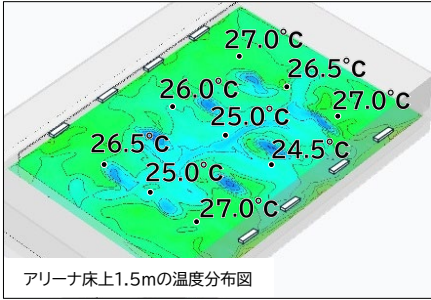
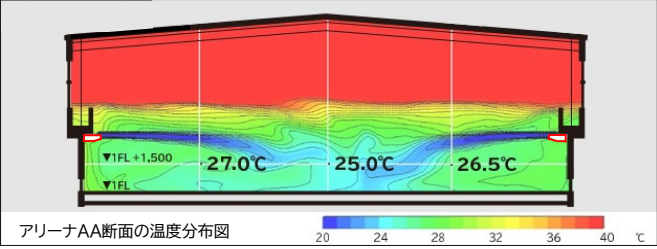


赤枠は室内機を示す

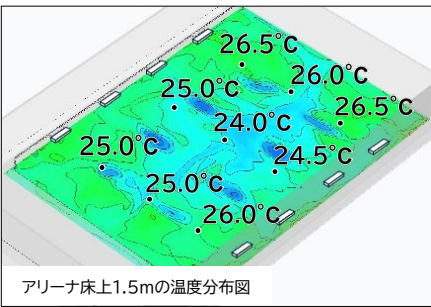
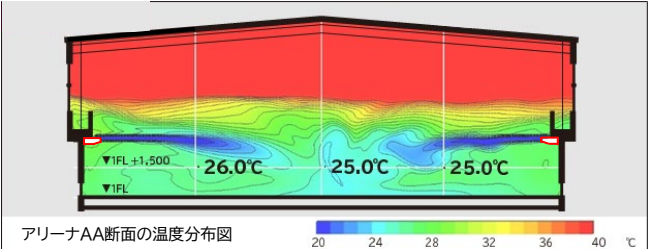
空調設備の仕様	断熱仕様	
対流式	断熱工事なし	無断熱
室内機冷房能力:14kW×8台 室外機:56kW×2台	断熱工事あり	屋根・天井:天井面遮熱シート

空調運転開始から約1.5時間後の温度分布

CASE1 断熱工事なし



CASE2 断熱工事あり



温度分布図では、対流式空調の吹出気流が届くアリーナ中央部で温度が低下する一方、気流が届きにくい周辺部では相対的に温度が高く、温度分布にばらつきがみられる。
CASE2では、遮熱シートの施工により天井面からの日射熱の流入が抑えられ、CASE1と比較して床上1.5mの温度が全般的に約1℃低下し、設定温度以下となる範囲が広がっている。

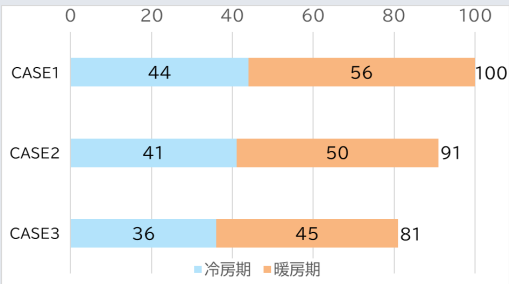
冷房時の熱負荷の比較

CASE1とCASE2の熱負荷を比較した結果、断熱・遮熱工事により冷房時の熱負荷が **23%低減** する結果となった。
この熱負荷の低減を踏まえ、CASE3では、CASE2の断熱仕様のまま、必要な空調能力を再検討し、空調設備容量を見直した条件を設定した。

CASE3	室内機冷房能力:11.2kW×8台 室外機:45kW×2台
空調設備容量の見直し	

◆年間エネルギー消費量(相対指数・季節別内訳)

右図は、年間エネルギー消費量をCASE1=100とした相対指数と、その冷房期・暖房期の構成割合を色分けで示している。
断熱・遮熱工事を実施したCASE2ではエネルギー消費量が低減し、空調設備容量を見直したCASE3では更なる削減効果がみられた。

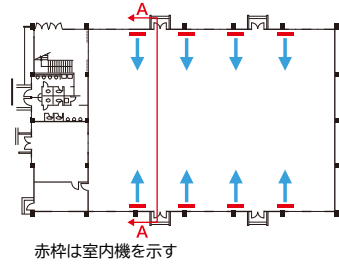


◆CASEごと導入コスト等概算表

エネルギー計算結果を基に各CASEの導入費の概算と年間空調光熱費を試算した結果は下表のとおり。

	導入費(材工)[万円]		年間光熱費 [万円/年]
	空調工事	断熱・遮熱工事	
CASE1 断熱工事なし	4,000	-	110
CASE2 断熱工事あり	4,000	831	100
CASE3 断熱工事+ 空調設備容量の見直し	3,295	831	89

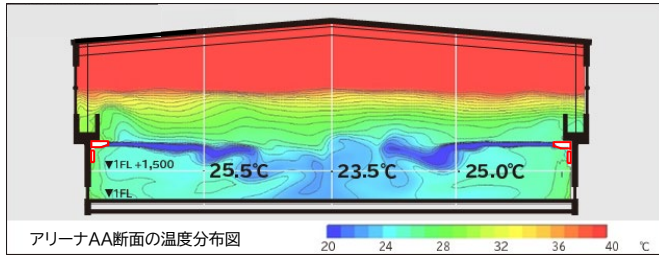
KEY PLAN



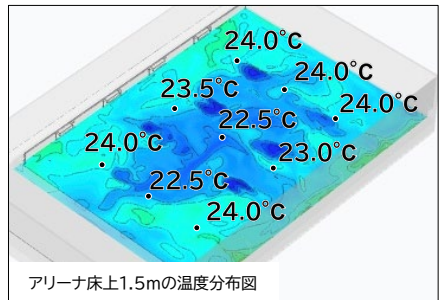
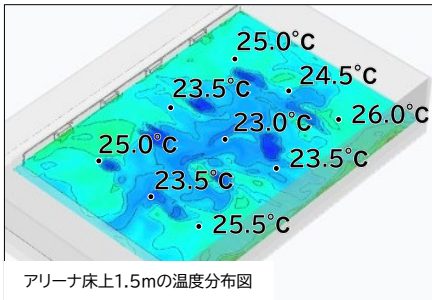
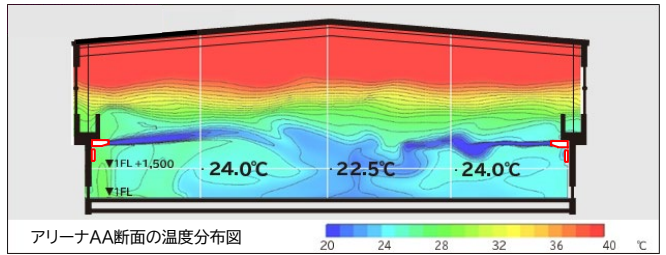
空調設備の仕様	断熱仕様	
対流式と輻射式の併用 [対流式] 室内機冷房能力:14kW×8台 室外機:56kW×2台 [輻射式] 輻射パネル:8台	断熱工事なし	無断熱
	断熱工事あり	屋根・天井:天井面遮熱シート
		壁:外壁断熱(グラスウール充填) 窓:単板ガラス+遮熱フィルム貼り

空調運転開始から約1.5時間後の温度分布

CASE1 断熱工事なし



CASE2 断熱工事あり



対流式空調の吹出気流が届くアリーナ中央部で温度が低下するとともに、輻射パネルを併用している壁面付近においても、設定温度付近の温度分布がみられる。

CASE2では、遮熱シート、外壁断熱及び窓遮熱フィルムの施工により外部からの熱流入が抑えられ、CASE1と比較して床上1.5mの温度が全般的に約1℃低下するとともに、低温域が広がっている。

冷房時の熱負荷の比較

CASE1とCASE2の熱負荷を比較した結果、断熱・遮熱工事により冷房時の熱負荷が**32%低減**する結果となった。この熱負荷の低減を踏まえ、CASE3では、CASE2の断熱仕様のまま、必要な空調能力を再検討し、空調設備容量を見直した条件を設定した。

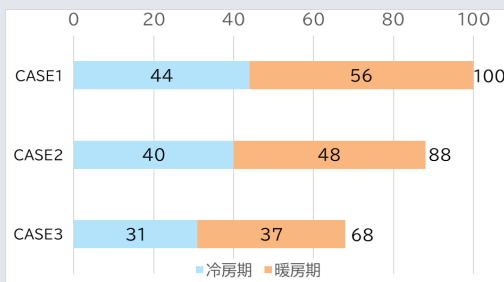
CASE3
空調設備容量の見直し

室内機冷房能力:8kW×8台
室外機:35.5kW×2台

◆年間エネルギー消費量(相対指数・季節別内訳)

右図は、年間エネルギー消費量をCASE1=100とした相対指数と、その冷房期・暖房期の構成割合を色分けで示している。

断熱・遮熱工事を実施したCASE2ではエネルギー消費量が低減し、空調設備容量を見直したCASE3では更なる削減効果がみられた。

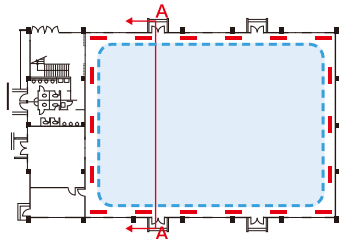


◆CASEごと導入コスト等概算表

エネルギー計算結果を基に各CASEの導入費の概算と年間空調光熱費を試算した結果は下表のとおり。

	導入費(材工)[万円]		年間光熱費 [万円/年]
	空調工事	断熱・遮熱工事	
CASE1 断熱工事なし	6,891	-	118
CASE2 断熱工事あり	6,891	1,626	103
CASE3 断熱工事+ 空調設備容量の見直し	5,947	1,626	80

KEY PLAN

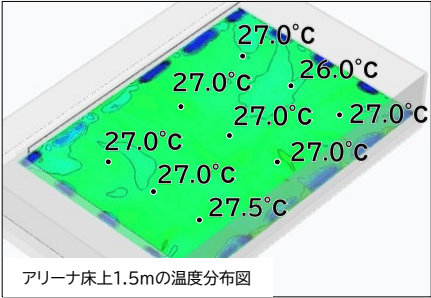
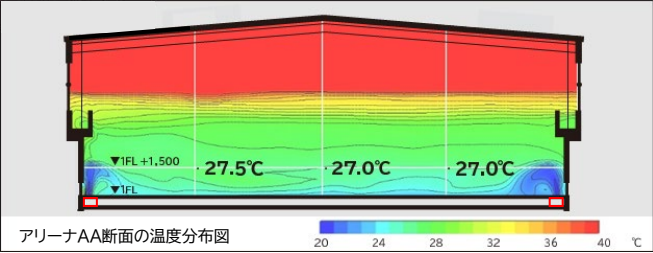


赤枠は吹き出し口、水色範囲は空調範囲を示す

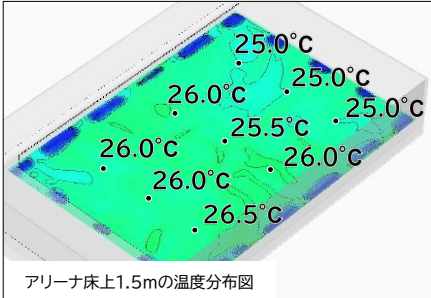
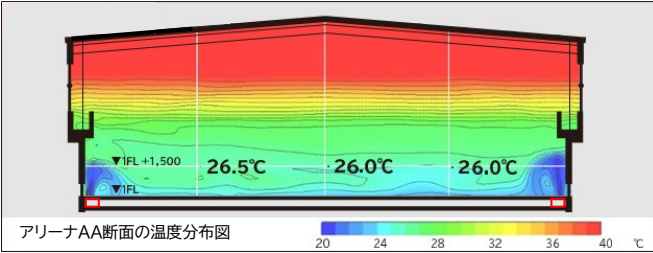
空調設備の仕様	断熱仕様	
輻射式 (床下輻射タイプ) 空調機冷房能力(AHU): 83.5kW×2台 熱源設備: 95kW×2系統	断熱工事なし	無断熱
	断熱工事あり	屋根・天井: 屋根カバー工法 (硬質ウレタンフォーム)
		壁: 外壁断熱(ポリスチレンフォーム) 窓: 複層ガラス

空調運転開始から約1.5時間後の温度分布

CASE1 断熱工事なし



CASE2 断熱工事あり



床下輻射方式により床面付近を中心に冷却され、空間全体として比較的均一な温度分布となっている。床面付近では25℃を下回る温度域が形成され、床上1.5mでは設定温度付近の温度分布がみられる。
CASE2では、屋根力カバー工法、外壁断熱及び窓断熱により外部からの熱流入が抑えられ、CASE1と比較して床上1.5mの温度が全般的に低下している。

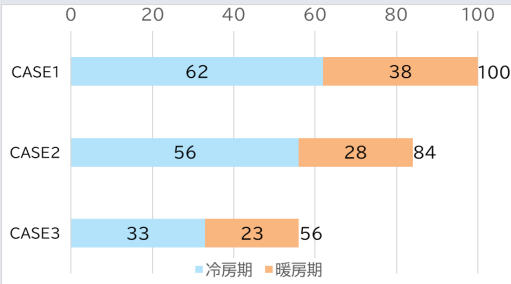
冷房時の熱負荷の比較

CASE1とCASE2の熱負荷を比較した結果、断熱・遮熱工事により冷房時の熱負荷が39%低減する結果となった。
この熱負荷の低減を踏まえ、CASE3では、CASE2の断熱仕様のまま、必要な空調能力を再検討し、空調設備容量を見直した条件を設定した。

CASE3 空調設備容量の見直し	空調機冷房能力(AHU): 63.23kW×2台 熱源設備: 67kW×2系統
----------------------------	--

◆年間エネルギー消費量(相対指数・季節別内訳)

右図は、年間エネルギー消費量をCASE1=100とした相対指数と、その冷房期・暖房期の構成割合を色分けで示している。
断熱・遮熱工事を実施したCASE2ではエネルギー消費量が低減し、空調設備容量を見直したCASE3では更なる削減効果がみられた。

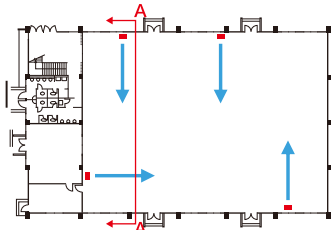


◆CASEごと導入コスト等概算表

エネルギー計算結果を基に各CASEの導入費の概算と年間空調光熱費を試算した結果は下表のとおり。

	導入費(材工)[万円]		年間光熱費 [万円/年]
	空調工事	断熱・遮熱工事	
CASE1 断熱工事なし	13,000	-	240
CASE2 断熱工事あり	13,000	2,583	201
CASE3 断熱工事+ 空調設備容量の見直し	12,338	2,583	135

KEY PLAN

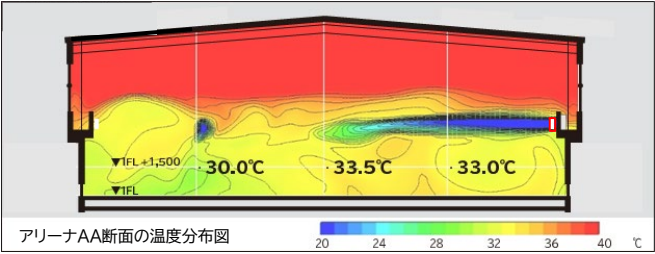


赤枠は室内機を示す

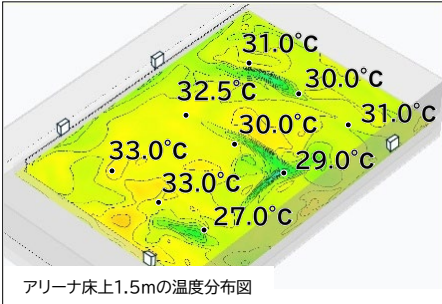
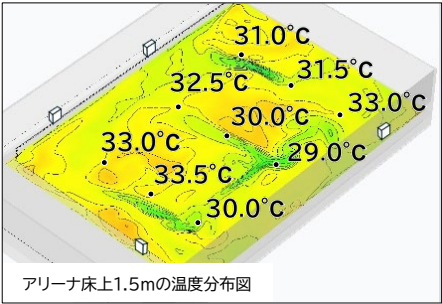
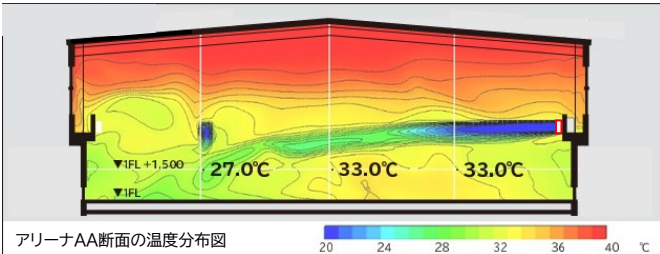
空調設備の仕様	断熱仕様	
大風量スポット式	断熱工事なし	無断熱
室内機冷房能力:10kW×4台	断熱工事あり	屋根・天井:屋根遮熱塗装

空調運転開始から約1.5時間後の温度分布

CASE1 断熱工事なし



CASE2 断熱工事あり



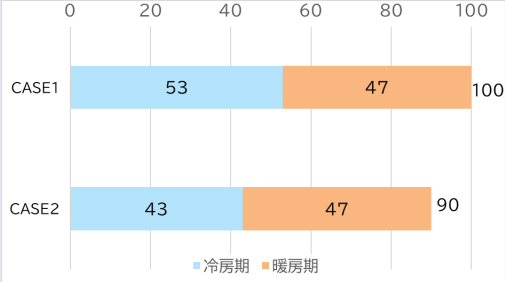
大風量スポット式は、局所的な冷却を目的とした方式であり、温度分布図では、大風量スポット式の送風が届く範囲で温度が低下する一方、送風の影響を受けにくい領域では相対的に高い温度域が残っている。

CASE2では、屋根遮熱塗装により屋根面からの熱の影響が抑えられ、CASE1と比較して上部の高温域が縮小するとともに、送風の影響が及ぶ範囲で温度の低下がみられる。

※大風量スポット式は、対象面積に応じた設置台数を設定しているため、本検証では熱負荷の低減を踏まえた空調設備容量の見直しは行っていない

◆年間エネルギー消費量(相対指数・季節別内訳)

右図は、年間エネルギー消費量をCASE1=100とした相対指数と、その冷房期・暖房期の構成割合を色分けで示している。
断熱・遮熱工事を実施したCASE2ではエネルギー消費量が低減する結果となった。



◆CASEごと導入コスト等概算表

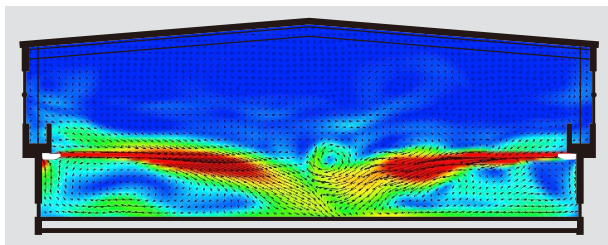
エネルギー計算結果を基に各CASEの導入費の概算と年間空調光熱費を試算した結果は下表のとおり。

	導入費(材工)[万円]		年間光熱費 [万円/年]
	空調工事	断熱・遮熱工事	
CASE1 断熱工事なし	2,400	-	39
CASE2 断熱工事あり	2,400	562	35

各空調方式における風速分布について

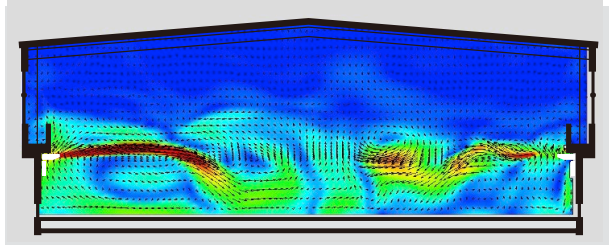
検証1～4について、断熱・遮熱工事を実施した条件における風速分布を解析した。

検証1 対流式



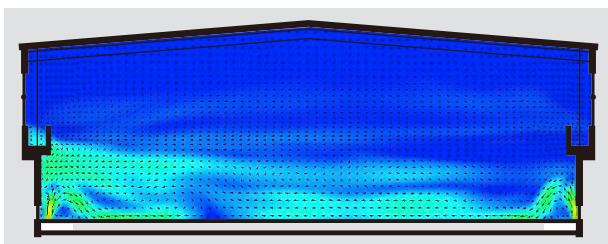
アリーナ高さ約3mに設置した室内機からの吹出しにより、局所的に風速約1.0m/s程度の気流がみられる。一方で、床上2m以下の活動領域では、比較的緩やかな気流となっている。

検証2 対流式+輻射式



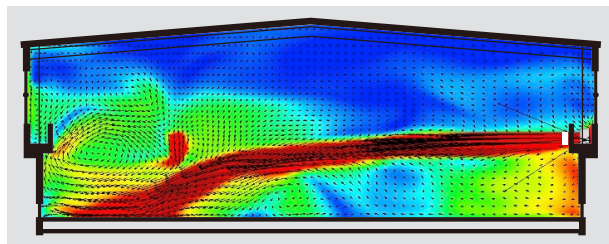
局所的に対流による気流がみられるものの、床上2m以下の活動領域では、風速0.5m/s以下の緩やかな気流となっている。

検証3 輻射式(床下輻射タイプ)



目立った気流の発生がみられず、床上2m以下の活動領域においても風速の小さい状態となっている。

検証4 大風量スポット式



大風量の気流が遠方まで到達しており、送風の影響範囲が広いことが確認された。

【色の凡例】



風速を色で表現
(温度分布ではない)

温熱環境シミュレーションのまとめ

本シミュレーションでは、真夏(8月)の東京都区内を想定し、学校体育館において空調設備を導入した場合の温熱環境について、4つの空調方式を対象に、断熱・遮熱工事の有無による影響を比較・検証した。

その結果、いずれの空調方式においても、断熱・遮熱工事を実施した条件では、屋外からの熱の影響が抑制され、アリーナ床上1.5m(人が活動する高さ)の温熱環境の改善が確認された。

また、断熱・遮熱対策を実施していない条件では、外部からの熱流入の影響により、空調運転後も設定温度付近に至らないケースがみられたのに対し、断熱・遮熱工事を実施した条件では、いずれの検証においても温度分布の改善が確認された。

さらに、断熱・遮熱工事により冷房時の熱負荷が低減し、年間エネルギー消費量及び光熱費の削減効果が確認された。

加えて、検証1～3では、熱負荷の低減を踏まえて必要な空調能力を再検討した結果、空調設備容量を見直す余地があることが確認され、断熱・遮熱工事と空調設備を一体的に検討することの重要性が示された。

以上のことから、学校体育館への空調設備の導入を検討する際には、断熱・遮熱工事についても併せて検討することが望ましい。

ワンポイント
アドバイス

断熱・遮熱改修や空調設備の導入に加え、冷房期には遮光カーテンやブラインドを活用して日射の影響を抑える、授業や部活動の時間割を調整して空調運転時間を効率化する、使用しない時間帯には送風量や設定条件を見直すなど、運用面での工夫を組み合わせることで、エネルギー消費の更なる低減につながる。

群馬大学共同教育学部附属小学校体育館（群馬県）

熱中症警戒アラートの頻発を契機に、空調導入と遮熱工事を実施



対流式空調の導入とあわせ、屋根遮熱塗装及び窓遮熱フィルムによる遮熱対策を実施。空調効率の向上を図るとともに、空調設備工事を先行することで夏休み明けからの利用開始を実現した。

建築情報

竣工	1996年
構造	1階RC造＋上部S造
延床面積	1,149㎡（アリーナ面積 720㎡）
アリーナ高さ	9.4m

断熱・遮熱情報（2025年）

屋根・天井	屋根遮熱塗装
壁	－
窓	既設単板ガラス＋遮熱フィルム貼り

空調設備情報（2025年）

空調方式	対流式
熱源方式	EHP方式（電気式ヒートポンプ）
設備情報	室内機冷房能力：16.0kW×10台 （設置高さ：床上約3.8m）

屋根遮熱塗装



既設屋根面に遮熱塗装を施工

遮熱フィルム貼り



既設窓ガラスの内側に遮熱フィルムを施工

空調室内機



キャットウォーク床に固定して室内機を設置し、専用架台を設けることなく施工

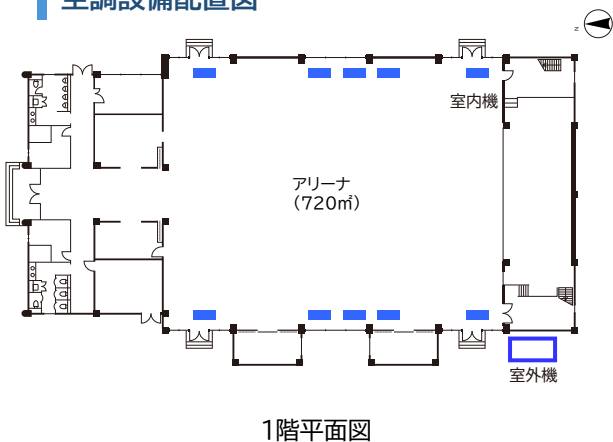
空調室外機



体育館外周部に室外機を集約配置し、維持管理や更新時の作業性に配慮

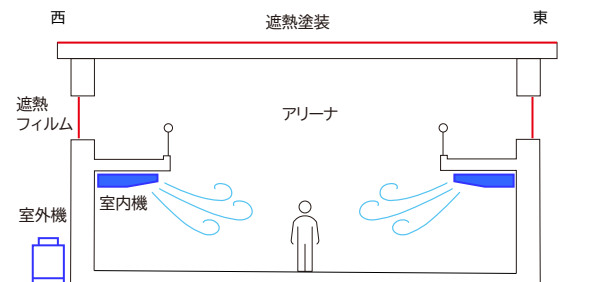
※機器の設置高さは機器上端部のおおよその高さ

空調設備配置図



1階平面図

断面概要図



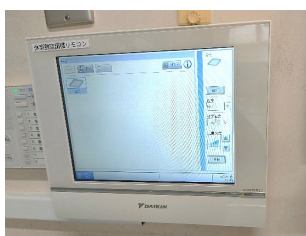
体育館の空調計画にあたり、空調範囲は活動領域となる床上約3.5mまでを対象として設定した。授業や部活動等の利用人数(60～80人程度)を想定し、冷房時28℃、暖房時17℃の室内環境を目標として、必要空調能力を算出している。

体育館内の個別リモコン



リモコン盤上部には温度・湿度・WBGTを表示する環境計測器を設置しており、体育館内で利用状況に応じた空調操作が可能

職員室の集中リモコン

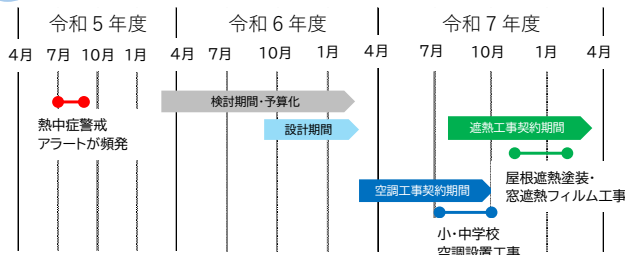


職員室から空調設備の遠隔操作が可能

導入・改修の経緯

令和5年度に熱中症警戒アラートが頻発し、学部から夏季の体育館利用時の環境改善に向けた空調設備導入の要望があった。これを受け、附属小学校体育館、附属中学校体育館及び附属中学校武道場への空調設備導入と空調効率の向上に向けた遮熱対策の検討を進めた。

スケジュール



屋根遮熱塗装の施工品質を確保するため、空調設備工事を学校の夏休み期間中に先行して実施し、遮熱工事は秋以降に別発注工事として実施した。

空調方式の選定

空調方式の選定にあたっては、他の公立学校やスポーツ施設の導入事例等も参考にしながら検討を進め、対流式を採用した。あわせて、熱源方式についてEHP方式とGHP方式を比較検討し、イニシャルコストやランニングコスト等を踏まえて総合的に評価した結果、EHP方式を採用した。

また、既存の受変電設備で必要容量を確保できたことから、受変電設備の改修を伴わずに空調設備を導入している。

断熱・遮熱工法の選定

断熱性能が十分でない既存体育館では、空調設備のみの導入では室内の温熱環境の改善が難しいことが懸念されたため、断熱・遮熱対策について検討を行った。

屋根及び窓については、体育館を利用しながら施工できることに加え、遮熱効果や経済性、施工性を考慮し、屋根遮熱塗装及び窓遮熱フィルムを採用した。

運用面の工夫や省エネの取組

体育館の空調設備は、体育館内の個別リモコンによる操作に加え、職員室に設置した集中リモコンによる遠隔操作が可能であり、利用形態に応じて使い分けている。

また、WBGT(暑さ指数)や室内の温湿度を確認しながら空調設備を運用するとともに、空調運転時にはカーテンを活用し、日射負荷の低減による空調効率の向上を図っている。

断熱・遮熱対策による省エネ効果

～断熱・遮熱対策の有無による年間一次エネルギー消費量の比較～

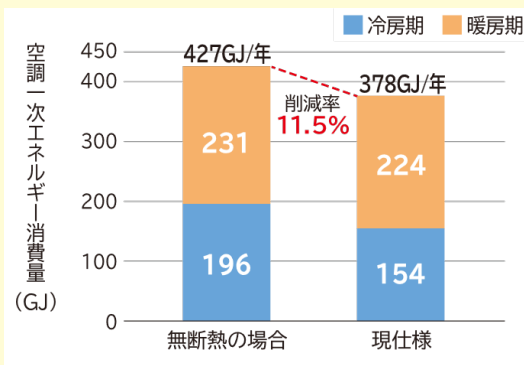
現在の遮熱仕様と、遮熱対策を実施していない条件を比較したところ、空調にかかる年間一次エネルギー消費量は約11.5%低減する結果となった。

冷房期においては、屋根遮熱塗装及び窓遮熱フィルム貼りにより日射熱の流入を抑制する効果がみられ、暖房期においても一定の省エネ効果がみられた。

【計算条件】

- 省エネ基準地域区分: 6
- 建物用途: 学校(講堂または体育館)
- 《外皮仕様》
- 屋根: 遮熱塗装
- 壁: なし
- 窓: 単板ガラス+遮熱フィルム貼り
- 《空調設備》
- 対流式(EHP) 空調能力222W/㎡

※ 本計算結果は、建築物エネルギー消費性能計算プログラムを用いて算出した設計一次エネルギー消費量に基づくものであり、一定の条件下で算出した参考値です。



東大阪市立玉串小学校体育館（大阪府）

PFI方式を活用し、学校体育館等の空調導入と長寿命化改修を一体的に実施



対流式空調の導入に加え、屋根面への断熱工事として屋根カバー工法と太陽光高反射防水シートを採用。熱中症対策と避難所機能の向上を両立した体育館環境を整備した。

建築情報

竣工	1975年
構造	RC造
延床面積	1,448㎡（アリーナ面積 507㎡）
アリーナ高さ	6.5m

断熱・遮熱情報（2024年）

屋根・天井	屋根カバー工法（硬質ウレタンフォーム保温板）＋ 太陽光高反射塩ビ樹脂系シート防水
壁	－
窓	－

空調設備情報（2024年）

空調方式	対流式
熱源方式	GHP方式（ガスヒートポンプ）
設備情報	室内機冷房能力：14.0kW×9台 （設置高さ：床上約2.3m）

※機器の設置高さは機器上端部のおおよその高さ

屋根カバー工法＋シート防水



カバー工法にて既存屋根上に断熱材を敷設し、屋根表面は太陽光高反射防水シート仕上げとした

空調室内機



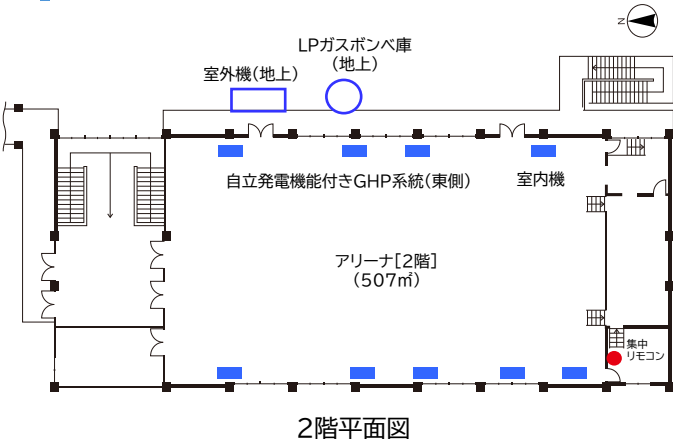
キャットウォーク床を活用し室内機を設置

空調室外機

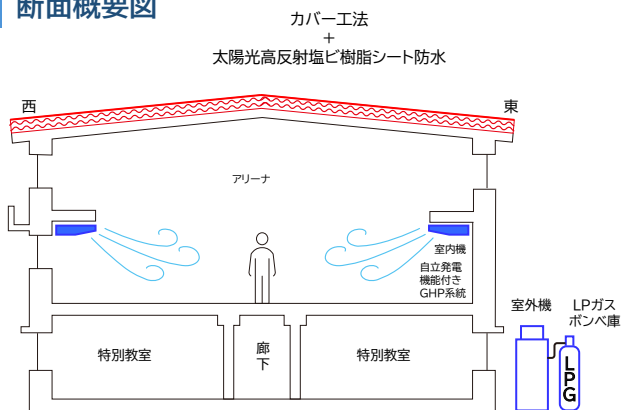


自立発電機能付きGHP系統と通常GHP系統を設置

空調設備配置図



断面概要図



PFI事業の要求水準として、モデル校を設定し、避難所利用を想定した人数設定や断熱条件等に基づき、最大負荷時の熱負荷計算を行った。その結果を踏まえ、空調能力下限値240W/m²を設定した。

事業者提案では、活動領域となる床上約3mを空調対象範囲として設定し、必要な空調能力を確保している。

LPガスボンベ庫



体育館空調設備用のLPガスポンペを収納

集中リモコン



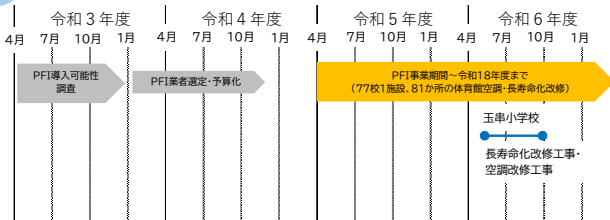
体育館全体の空調運転を一元管理し、スケジュール管理や消し忘れ防止機能に対応

導入・改修の経緯

夏場の猛暑が続く中、児童生徒の熱中症対策が喫緊の課題であったことに加え、学校体育館は災害時の避難所としての役割も担うことから、令和2年度より市政マニフェスト事業として空調設備導入の検討を開始した。

事業手法の比較検討を行った結果、民間事業者の技術やノウハウの活用、早期整備及び財政負担の縮減を図るためPFI方式を採用し、空調設備の導入と老朽化した体育館の長寿命化改修を一体的に進めることとした。

スケジュール



PFI方式による性能発注を採用し、市内77校1施設(整備対象81か所)の体育館空調整備・長寿命化改修を実施した。令和8年2月に全施設の整備が完了した(PFI事業期間:令和18年度まで)。

空調方式の選定

性能発注による事業者提案により、空調方式は対流式を採用した。熱源方式についても、災害時の避難所利用を考慮し、EHP方式とGHP方式(都市ガス・LPガス)の比較検討が行われた。整備コストや工期、既存設備との親和性等を踏まえ、GHP方式を採用した。

玉串小学校を含む一部学校では、大規模災害時の避難拠点としての機能確保等を踏まえ、LPガスを燃料とする自立発電機能付きGHPを採用している。

断熱・遮熱工法の選定

空調設備の導入とあわせて、体育館の長寿命化改修の一環として断熱・遮熱対策を検討した。

既存屋根を活用しながら断熱性能の向上が期待できる屋根カバー工法を採用するとともに、事業者提案により、LPガス採用校では自立発電機能付きGHPの災害時における運用を考慮し、高反射塗料や太陽光高反射防水シートを採用した。

これらの対策により熱負荷を低減し、体育館内の環境改善や避難所としての快適性の向上を図っている。

運用面の工夫や省エネの取組

空調利用時の設定温度の範囲を定めるとともに、授業ごとに運転・停止を繰り返すのではなく、利用状況に応じた連続運転を推奨することで、空調負荷やエネルギー使用量の低減を図っている。また、暗幕を活用した日射熱遮蔽にも取り組んでいる。

防災機能の確保

自立発電機能付きGHPを採用することで、災害等による停電時においても避難所として必要な冷暖房機能や電源供給機能を確保できる計画としている。

断熱・遮熱対策による省エネ効果

～断熱・遮熱対策の有無による年間一次エネルギー消費量の比較～

現在の断熱・遮熱仕様と、断熱・遮熱対策を実施していない条件を比較したところ、空調にかかる年間一次エネルギー消費量は約28.9%低減する結果となった。冷房期においては、屋根カバー工法及び太陽光高反射防水シートにより、屋根面からの熱負荷を低減する効果がみられ、暖房期においても、屋根カバー工法による屋外への熱損失を抑制する効果が確認された。

【計算条件】

- 省エネ基準地域区分: 6
- 建物用途: 学校(講堂または体育館)

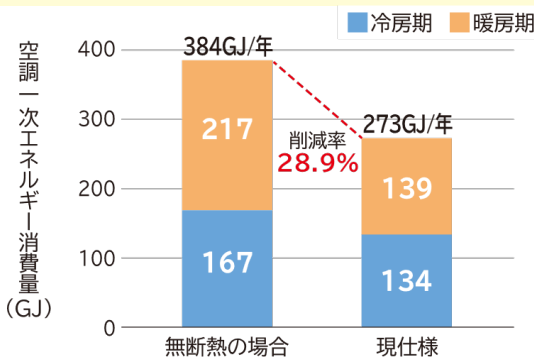
《外皮仕様》

- 屋根: 屋根カバー工法(硬質ウレタンフォーム保温板)、太陽光高反射塩ビ樹脂シート防水
- 壁: なし
- 窓: 単板ガラス

《空調設備》

- 対流式(GHP) 空調能力255W/m²

※ 本計算結果は、建築物エネルギー消費性能計算プログラムを用いて算出した設計一次エネルギー消費量に基づくものであり、一定の条件下で算出した参考値です。



宇土市立網田小学校体育館（熊本県）

防災部局が主体となり、避難所機能の向上に向けた空調整備を推進



避難所開設頻度の高い施設を優先して、自立発電機能付きGHPと輻射パネルを組み合わせたハイブリッド型空調システムを導入し、災害時の避難所機能向上を図った。

建築情報

竣工	1998年
構造	RC造
延床面積	913㎡（アリーナ面積 780㎡）
アリーナ高さ	11.3m

断熱・遮熱情報（2016年）

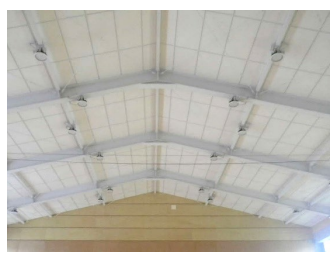
屋根・天井	グラスウールボード
壁	—
窓	—

空調設備情報（2025年）

空調方式	対流式＋輻射式
熱源方式	GHP方式（ガスヒートポンプ）
設備情報	対流式 室内機冷房能力：14.0kW×8台 （設置高さ：床上約3.0m） 輻射式冷暖房パネル×8台 （設置高さ：床上約2.4m）

※機器の設置高さは機器上端部のおおよその高さ

天井断熱



平成28年の天井改修時に、既存体育館の内側からグラスウールボードを施工



ハイブリッド型空調システム



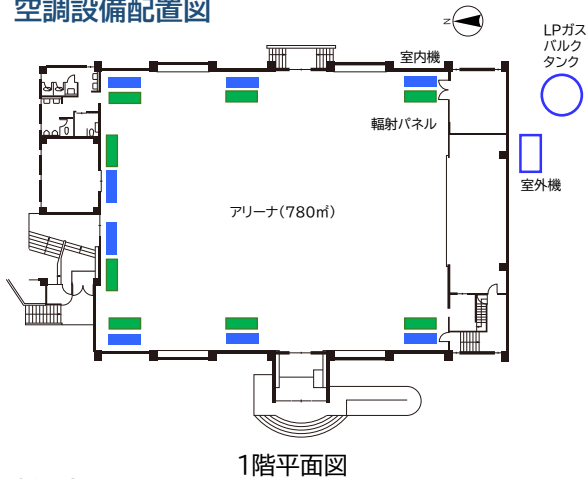
上部の対流空調と、下部の輻射パネルを組み合わせ、人が活動する領域を効率的に空調するハイブリッド型空調システム

輻射式冷暖房パネル



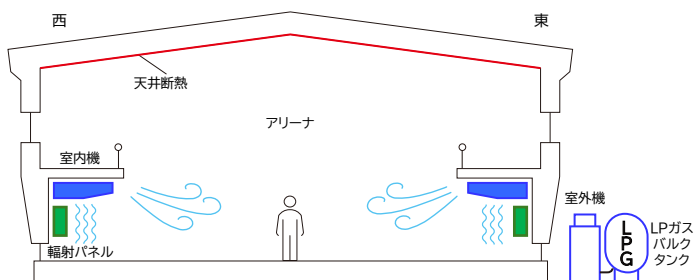
GHPの冷媒を輻射パネル内にも循環させ、パネル表面を冷却・加熱することで、輻射により冷暖房を行う

空調設備配置図



1階平面図

断面概要図



体育館の空調計画にあたり、空調範囲は体育館全体として設定した。避難所利用時の実績等を踏まえ、収容人数約100人を想定し、冷房時28℃、暖房時18℃の室内環境を目標として、必要空調能力を算出している。

LPガスバルクタンク



980kgのLPガスを設置しており、停電時も3日間の運用が可能な容量を確保

自立発電機能付きGHP室外機

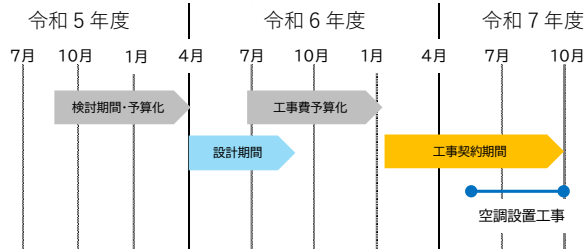


ハイブリッド型空調システムを構成するGHP室外機

導入・改修の経緯

災害時の避難所機能の向上を目的として、防災部局が主体となり、市内小中学校を対象とした空調整備を計画した。
整備にあたっては、避難所開設頻度の高い施設から優先的に進める方針とした。

スケジュール



設計を先行して実施した後、空調設備工事を実施し、2学期からの利用開始を実現した。令和7年度は、市内小中学校体育館への空調整備の第1期として、2校の体育館に空調整備を実施した。

空調方式の選定

避難所機能の向上を目的として、空調方式と熱源方式を併せて検討し、EHP方式・GHP方式における対流式と輻射パネル併用式について比較検討を行った。

停電時に自立運転が可能であることに加え、室内環境の向上やライフサイクルコスト等を総合的に評価し、自立発電機能付きGHPと輻射パネルを組み合わせたハイブリッド型空調システムを採用した。

断熱・遮熱工法の選定

平成28年の天井改修時に、耐震化及び軽量化を目的として施工したグラスウールボードにより、一定の断熱性能が確保されていたことから、空調整備の際には追加の断熱・遮熱改修を実施せず、既存仕様を活かした計画とした。

運用面の工夫や省エネの取組

市が定める学校空調設備運用指針に基づき運用するとともに、体育館利用が連続するよう時間割を調整することで、空調負荷の低減を図っている。

また、夏季は遮光カーテンを閉めて日射熱遮蔽効果を高めることで、省エネルギーに配慮した運用を行っている。

防災機能の確保

避難所としての利用を想定し、自立発電機能付きLPガス式GHPを採用した。停電時においても、避難所として必要な冷暖房機能に加え、一部コンセントへの電力供給が可能な計画としている。

断熱・遮熱対策による省エネ効果

～断熱・遮熱対策の有無による年間一次エネルギー消費量の比較～

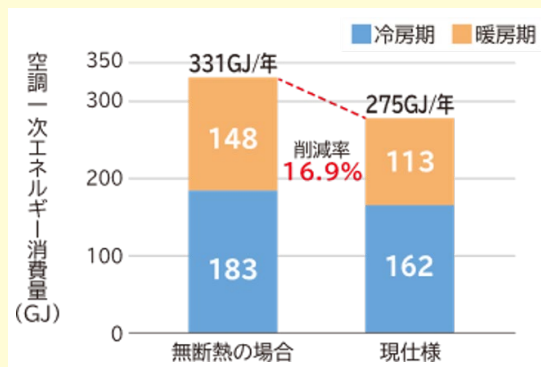
現在の断熱仕様と、断熱対策を実施していない条件を比較したところ、空調にかかる年間一次エネルギー消費量は約16.9%低減する結果となった。

天井断熱により、冷房期においては、屋根面からの熱負荷を低減する効果がみられ、暖房期においても、屋外への熱損失を抑制する効果がみられた。

【計算条件】

- 省エネ基準地域区分: 7
- 建物用途: 学校 (講堂または体育館)
- 《外皮仕様》
- 屋根: グラスウールボード
- 壁: なし
- 窓: 単板ガラス
- 《空調設備》
- 対流式 (GHP) + 輻射パネル 空調能力158W/㎡

※ 本計算結果は、建築物エネルギー消費性能計算プログラムを用いて算出した設計一次エネルギー消費量に基づくものであり、一定の条件下で算出した参考値です。



田原市立童浦小学校体育館（愛知県）

児童数増加に対応した体育館改築とハイブリッド型空調の導入



童浦小学校区では、臨海工業地域への人口流入に伴い児童数が増加しており、体育館改築にあわせてハイブリッド型空調システムを導入した。快適な学習環境の確保と避難所機能の向上を図っている。

建築情報

竣工	2024年
構造	S造
延床面積	1,274㎡（アリーナ面積 732㎡）
アリーナ高さ	10.8m

断熱・遮熱情報（2024年）

屋根・天井	押出法ポリスチレンフォーム
壁	現場発泡硬質ウレタンフォーム
窓	—
床（スラブ下）	押出法ポリスチレンフォーム

屋根断熱



屋根・外壁に断熱材を施工し、断熱性能を確保

床長尺シート



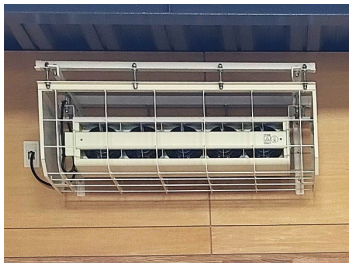
スラブ下に断熱材を施工し、床仕上げには耐水性と維持管理性に優れた長尺シートを採用

ハイブリッド型空調システム



上部の対流空調と、下部の輻射パネルを組み合わせたハイブリッド型空調システム

空気循環用送風機



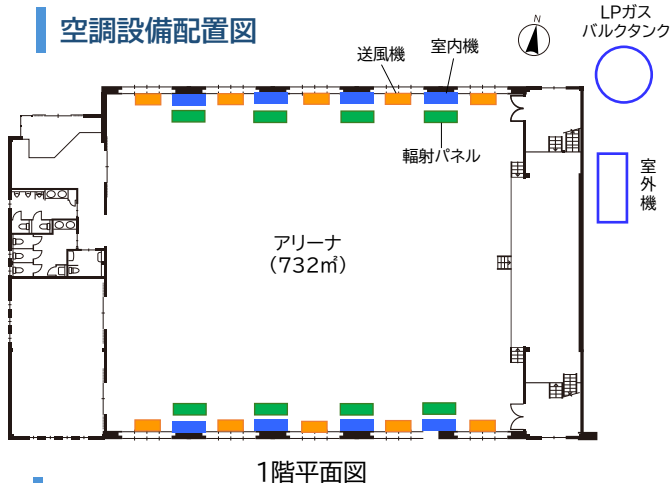
ハイブリッド型空調システムと併せて設置した室内空気を循環させる設備

空調設備情報（2024年）

空調方式	対流式＋輻射式
熱源方式	GHP方式（ガスヒートポンプ）
設備情報	対流式 室内機冷房能力：14.0kW×8台（設置高さ：床上約3.0m）
	輻射式冷暖房パネル×8台（設置高さ：床上約2.5m）
	空気循環用送風機×10台（設置高さ：床上約3.0m）

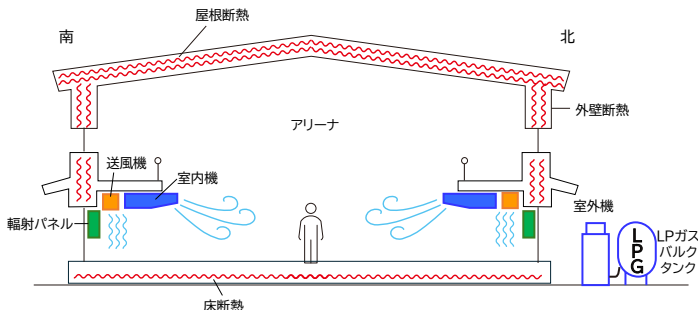
※機器の設置高さは機器上端部のおおよその高さ

空調設備配置図



1階平面図

断面概要図



体育館の空調計画にあたり、空調範囲は体育館全体として設定した。全校児童が集まる集会等利用時の人数を想定し、冷房時28℃、暖房時22℃の室内環境を目標として、必要空調能力を算出している。

LPガスバルクタンク



自立発電機能付きGHPに燃料を供給するLPガス貯槽

空調リモコン盤

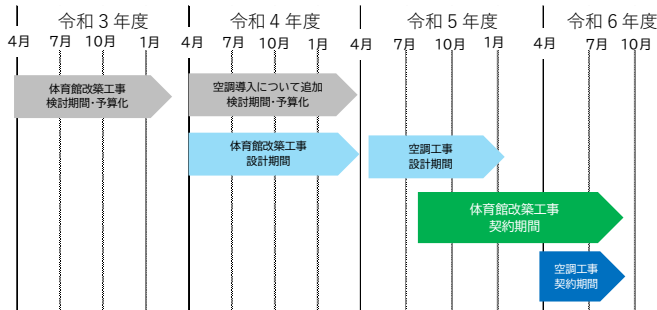


空調設備及び空気循環用送風機の操作盤
自立運転切替スイッチを備え、停電時の運転切替に対応

導入・改修の経緯

臨海工業地域周辺の人口増加に伴い児童数が増加する中、校舎の長寿命化改修とあわせて体育館の改築を計画した。
当初は空調設備を導入しない方針であったが、猛暑対策や避難所機能の向上、学習環境改善を目的として空調設備を導入した。

スケジュール



体育館改築事業の途中で空調設備の導入を決定したことから、空調工事を別途設計・発注し、改築工事と連携しながら整備を進めた。

空調方式の選定

他自治体の導入事例も参考にしながら、空調方式と熱源方式を併せて検討し、EHP方式・GHP方式における対流式と輻射パネル併用式について比較検討を行った。

イニシャルコスト、ランニングコスト、快適性及び防災性を総合的に評価した結果、自立発電機能付きGHPと輻射パネルを組み合わせたハイブリッド型空調システムを採用した。

輻射パネルの併用により必要な冷暖房能力を抑えることができ、省エネルギーとレジリエンス向上の両立を図っている。

断熱・遮熱工法の選定

体育館の改築にあたり、屋根、外壁及び床に断熱材を施工した。快適な室内環境の確保を図るとともに、避難所としての利用にも配慮した計画としている。

運用面の工夫や省エネの取組

市が定める体育館空調設備運用指針に基づき、空調を運用するとともに、連続利用時は空調運転を継続し、利用しない時間帯は停止することで、省エネルギーに配慮した運用を行っている。また、夏季は遮光カーテンを活用し、日射負荷の低減を図っている。

防災機能の確保

避難所としての利用を想定し、自立発電機能付きLPガス式GHPとガスバルクを採用した。停電時でも空調設備や一部照明、コンセント等への給電が可能であり、ガス残量50%の状態でも3日間の運用を想定した計画としている。

断熱・遮熱対策による省エネ効果

～断熱・遮熱対策の有無による年間一次エネルギー消費量の比較～

現在の断熱仕様と、断熱対策を実施していない条件を比較したところ、空調にかかる年間一次エネルギー消費量は約14.8%低減する結果となった。

冷房期においては、屋根及び外壁断熱により屋外からの熱負荷を低減する効果がみられ、暖房期においては、屋根、外壁及び床下断熱により屋外への熱損失を抑制する効果がみられた。

【計算条件】

- 省エネ基準地域区分: 6
- 建物用途: 学校(講堂または体育館)

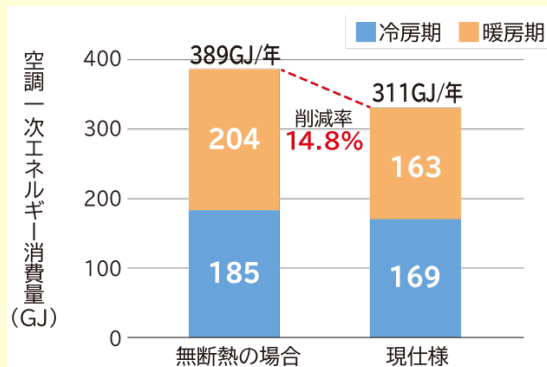
《外皮仕様》

- 屋根・床: 押出法ポリスチレンフォーム
- 壁: 現場発泡硬質ウレタンフォーム
- 窓: 単板ガラス

《空調設備》

- 対流式(GHP) + 輻射パネル 空調能力148W/㎡

※ 本計算結果は、建築物エネルギー消費性能計算プログラムを用いて算出した設計一次エネルギー消費量に基づくものであり、一定の条件下で算出した参考値です。



岩手大学教育学部附属中学校体育館（岩手県）

特別教室等の空調導入計画にあわせ、体育館への空調導入と遮熱工事を実施



大風量スポット式空調の導入に加え、既存の断熱性能を活かしつつ、空調効率の向上のため屋根遮熱塗装や窓遮熱フィルム貼りを実施。活動領域に冷気が届く空調環境を計画し、夏季の体育館利用環境の改善を図っている。

建築情報

竣工	1971年
構造	1階RC造＋上部S造
延床面積	918㎡（アリーナ面積 810㎡）
アリーナ高さ	11.2m

断熱・遮熱情報（2008年・2025年）

屋根・天井	屋根遮熱塗装
壁	RC造部：現場発泡硬質ウレタンフォーム S造部：グラスウール32K
窓	複層ガラス＋遮熱フィルム貼り

屋根遮熱塗装



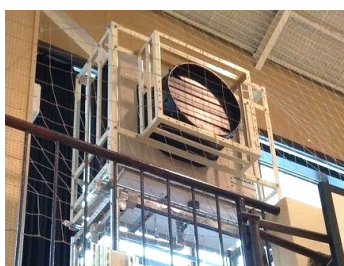
平成20年の外壁断熱に加え、屋根面の遮熱対策を実施

複層ガラス＋遮熱フィルム貼り



平成20年の複層ガラスへの更新に加え、内側に遮熱フィルムを施工

大風量スポット式空調



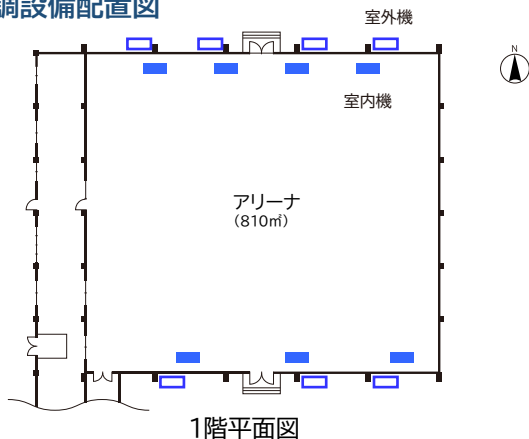
キャットウォーク部分を活用して架台と空調機を設置
冷暖房に対応しているが、主に夏季の冷房を目的として導入

空調設備情報（2025年）

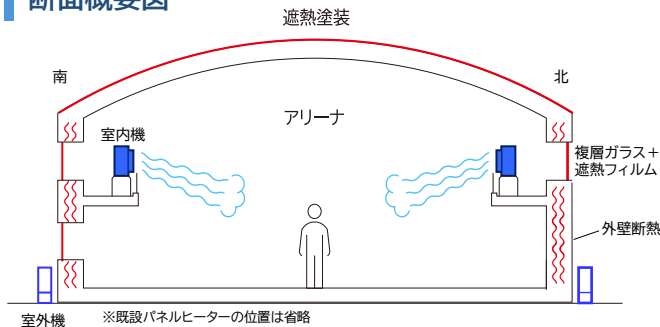
空調方式	大風量スポット式
設備情報	室内機冷房能力：10.0kW×7台 （設置高さ：床上約5.1m） 既設温水パネルヒーター 18.1kW×7台 （設置高さ：床上約1.0m）

※機器の設置高さは機器上端部のおおよその高さ

空調設備配置図



断面概要図



体育館の空調計画にあたり、空調範囲は活動領域となる床上約3mまでを対象として設定した。冷房時28℃、暖房時19℃の室内環境を目標として、必要空調能力を算出している。

空調設備のリモコン



室内機ごとの運転・停止や風量調整が可能

温水パネルヒーター

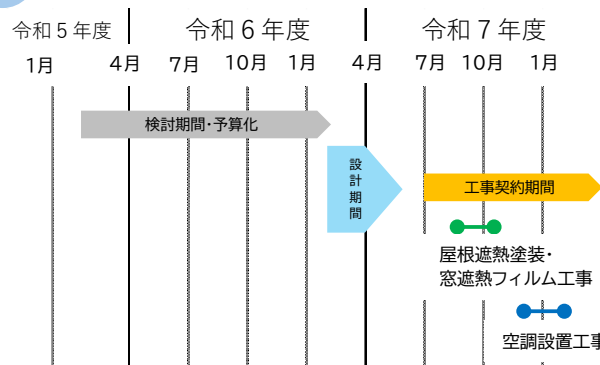


冬季は、既設の温水パネルヒーターを主暖房として活用

導入・改修の経緯

記録的猛暑が続いたことから、熱中症対策や教育環境の向上を目的として、特別教室等への空調設備導入の検討を開始した。検討を進める中で、学校全体の環境改善を図る観点から、空調設備を導入していなかった体育館や武道場を含めた整備計画を進めることとなった。

スケジュール



遮熱工事で空調工事を計画的に実施し、学校活動への影響を最小限に抑えながら効率的に整備を進めた。

空調方式の選定

設計事務所と協議した結果、風の到達距離が長く、大空間を比較的小ない台数で空調できる大風量スポット式を採用した。メーカー資料では1台あたり約100～125㎡をカバーできるとされており、設置位置を工夫することで必要台数を抑え、導入コストの低減を図った。

また、キャットウォーク部分への設置により、体育館の活動スペースを確保できる点も採用理由の一つとなった。

断熱・遮熱工法の選定

岩手県は寒冷地であり、体育館は平成20年に外壁断熱や複層ガラスへの改修を実施していた。

一方で、大空間であることから空調効率の低下が懸念されたため、更なる断熱・遮熱対策を検討した。授業を継続しながら施工できることや費用対効果を重視し、屋根の遮熱塗装と窓ガラスへの遮熱フィルム貼りを採用した。

運用面の工夫や省エネの取組

活動内容に応じて必要な台数のみを運転するとともに、運転時間や設定温度の適正化を図ることで、省エネルギーに配慮した運用を行う予定としている。

なお、冬季は既設温水パネルヒーターを主な暖房設備として活用し、空調設備と使い分ける方針としている。

断熱・遮熱対策による省エネ効果

～断熱・遮熱対策の有無による空調一次エネルギー消費量の比較～

現在の断熱・遮熱仕様と、断熱・遮熱対策を実施していない条件を比較したところ、空調にかかる年間一次エネルギー消費量は約6.6%低減する結果となった。冷房期においては、屋根遮熱塗装及び窓遮熱フィルム貼りにより日射熱の流入を抑制する効果がみられ、暖房期においては、外壁断熱及び複層ガラスにより屋外への熱損失を抑制する効果がみられた。

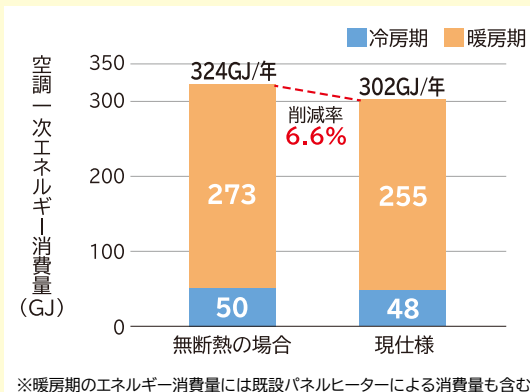
【計算条件】

- 省エネ基準地域区分: 3
- 建物用途: 学校(講堂または体育館)

《外皮仕様》

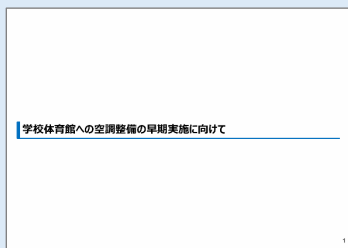
- 屋根: 遮熱塗装
- 壁: グラスウール断熱材+現場発泡硬質ウレタンフォーム
- 窓: 複層ガラス+遮熱フィルム貼り
- 《空調設備》
- 大風量スポット式(冷房・暖房)、温水パネルヒーター(暖房) 空調能力88W/㎡

※ 本計算結果は、建築物エネルギー消費性能計算プログラムを用いて算出した設計一次エネルギー消費量に基づくものであり、一定の条件下で算出した参考値です。



※暖房期のエネルギー消費量には既設パネルヒーターによる消費量も含む

学校体育館の空調整備及び断熱・遮熱対策に関する参考資料



学校体育館への空調整備の早期実施に向けて

文部科学省における空調設備に係る支援制度や整備の進め方、工事の事例等を紹介

(参考URL)

https://www.mext.go.jp/content/20260925-mxt_sisetujo-000010164_1.pdf

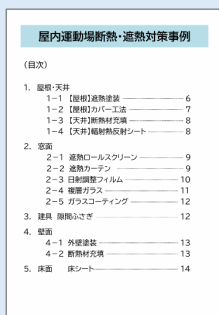


体育館空調設置に伴う断熱性確保工事(遮熱対策を含む)について

空調設置にあわせた断熱性確保の考え方や具体的な工事事例を紹介

(参考URL)

https://www.mext.go.jp/content/20240820-mxt_sisetujo-000010164_02.pdf



屋内運動場断熱・遮熱対策事例集

屋根・天井、窓、壁、床等の部位別に、断熱・遮熱対策の具体的な事例を紹介

(参考URL)

https://www.mext.go.jp/content/20250610-mxt_sisetujo-000010164_2.pdf



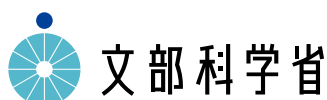
※ 各資料の最新版は、以下の文部科学省ホームページに掲載しています。

公立学校施設の空調(冷房)設備の今後について

URL:https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyosei/mext_00943.html

問い合わせ先

文部科学省大臣官房文教施設企画・防災部施設企画課
〒100-8959 東京都千代田区霞が関三丁目2番2号
03-5253-4111(内線2324)



文部科学省

本事例集は、文部科学省の委託を受けて委託事業者が作成し、文部科学省において内容の確認・修正を行ったものです。
委託事業者：株式会社ベーシックユニット

作成年月：令和8年9月