

吹田市立小・中学校屋内運動場空調設備整備に係る調査検討業務

【報告書 概要版】

令和4年12月版

※業務名の「屋内運動場」は、「体育館」と同義です。以下の報告においては、一般的な用語である「体育館」を用います。

(1)業務目的

近年、酷暑による教育環境の悪化が全国的な課題となっていますが、吹田市の小・中学校においては、普通教室及び特別教室の空調設備は整備済である一方で、体育館については未整備です。

児童・生徒等が日常的に使用するだけでなく、災害時には避難所となる市立小・中学校の体育館に空調設備を整備し、併せて整備後の維持管理を行う事業の実施に当たり、避難所の視点を踏まえて、整備内容の方向性を定めるとともに、民間活力導入手法を含め最も効果的・効率的な事業手法を選定するため、調査検討を実施しました。

(2)事業概要

吹田市立の小学校36校、中学校18校の体育館に空調設備及び非常用発電設備を整備し、維持管理する計画とします。本概要版作成時点における基本条件は以下のとおりです。

●本事業における基本条件

対象校数	小学校：36校 中学校：18校 計：54校
対象室数	小学校：36室 中学校：19室 計：55室
事業範囲	空調設備及び非常用発電設備※の設計、施工、工事監理、所有権移転、維持管理
事業期間	令和5年12月下旬～令和23年3月（約17年間） ・設計施工期間：令和5年12月下旬～令和7年度中 ・維持管理期間：設備引渡し後～令和23年3月

※ 電気・都市ガスともに停止した場合にも、天井照明の点灯や、コンセントからのスマートフォン充電等が72時間可能となる非常用発電設備を全校に整備します。さらに、小学校においては、緊急防災要員を配置し、被災地域と災害対策本部との情報連携の拠点となることが想定されることから、空調設備の使用も可能とする、より大きな発電能力の確保を目指します。

(3)空調方式検討

1) 熱負荷計算条件

空調設備計画の熱負荷計算において、外気温と室内温度は右表の値を用いました。

	外気温度※		室内温度	
	夏季	冬季	夏季	冬季
乾球温度(℃)	35.7	1.8	28.0	18.0

※ 出典：建築設備設計基準（令和3年版）より 地域：大阪

2) 熱負荷計算結果

熱負荷計算結果より、空調機器の能力の選定に用いる熱負荷の値は200(W/m²)程度となりました。

3) 機器の選定条件

- ・冷房・暖房が可能な空調機器を選定します。
- ・空調機器選定はEHP（電気式エアコン）又はGHP（ガス式エアコン）を基本とします。
- ・空調機器選定に際しては、室外機を設置するスペースの有無や騒音の影響等についても考慮します。

4) 避難所における非常時の電力供給

- ・ EHP（電気式エアコン）と発電機を併設（図 1）することにより、停電時にも体育館に電気を供給し、空調設備のほか、照明、電気機器、携帯電話の充電等に使用することができます。



図 1：EHP と発電機を併設（メーカーカタログより参照）

- ・ 電源自立型 GHP_{※1} と PA ジェネレータ（プロパン・エア発生装置）_{※2} を併設（図 2）することにより、電気・都市ガスがともに停止した場合にも電気を体育館に供給し、照明、電気機器、携帯電話の充電等に使用することができます。

※1 電源自立型 GHP（電源自立型ガス式エアコン）：停電時に都市ガスと室外機自体が発電した電気によって運転を行い、1台あたり1.1kVA（0.88kW～1.10kW）の電気を体育館に供給することができます。

※2 PA ジェネレータ：LP ガスを都市ガスと同じ燃焼特性を持つプロパンエアガス（PA ガス）に変換するシステム

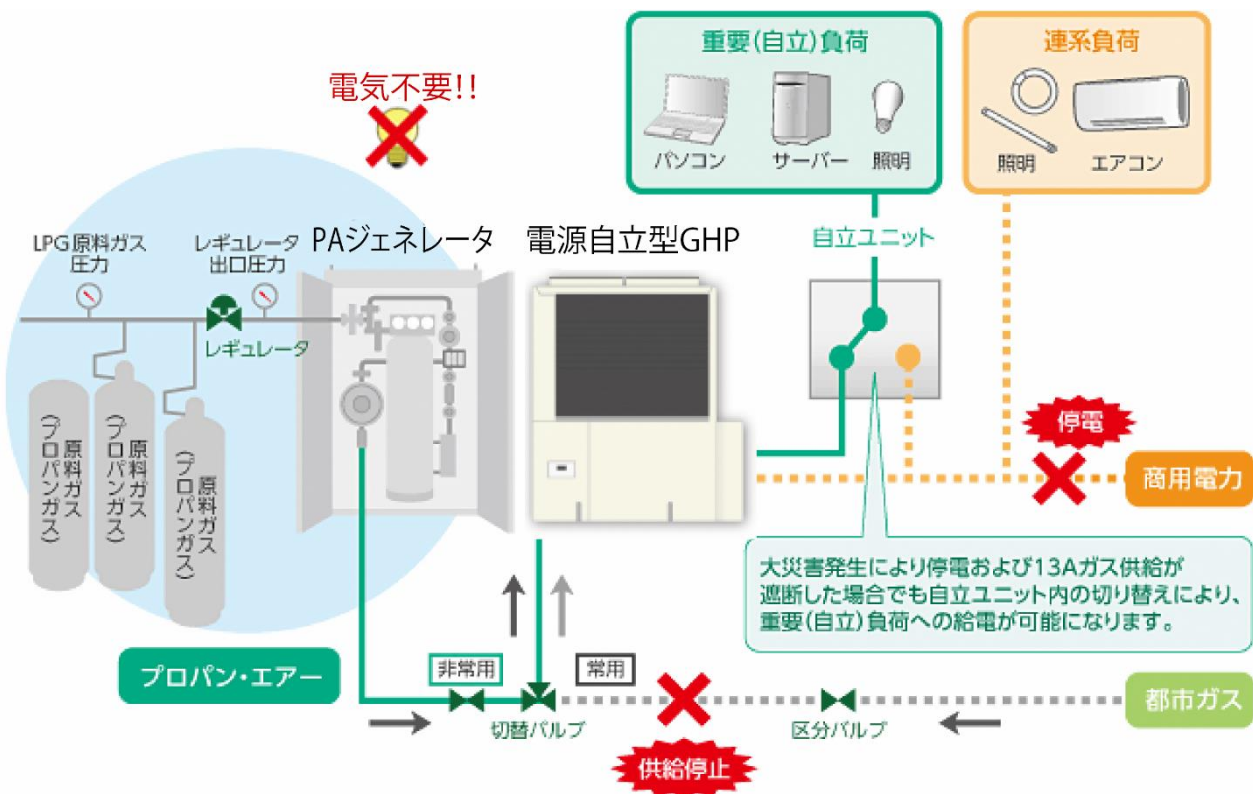


図 2：電源自立型 GHP 及び PA ジェネレータを併設

（日本 LP ガス協会のホームページを参照し一部改変：https://www.j-lpgas.gr.jp/micro_cogene_sp/feature.html）

5) 中圧ガス管

学校の前面道路又は近くの道路に中圧ガス管※が埋設されている学校のうち、空調方式をガス式（GHP／都市ガス）とする学校については、中圧ガス管を引き込むことで地震災害時のガス供給の安定化を図り、避難所機能を向上する方式が選択肢として考えられますが、巨大地震で中圧ガス供給が停止する場合は電力供給ができません。

※ 中圧ガス管とは、ガスの圧力を 1.0MPa 未満 0.1MPa 以上とした都市ガスを運ぶ地中の埋設管です。中圧ガス管は、大きな地震に耐えることができ、ガスの供給が停止しにくい構造となっています。

6) エアー搬送ファン

ギャラリー※上に室内機を設置する場合、冷房時、人が通常使用する空間を素早く冷やす目的で、エアー搬送ファンを建物内下部に別途設置し、冷風を到達させる距離を伸ばす方法があります。また、暖房時、温かい空気が体育館の天井近くに滞留し、人がいる建物内下部に届きにくい場合に、エアー搬送ファンにより屋根裏近くに溜った暖かい空気を攪拌することで、上下温度差を改善することができます。ただし、これの方法では風速の影響が生じるため、運動・競技の種類によっては一時的にエアー搬送ファンを停止するなどの対応が必要となります。

一方、ギャラリー下に室内機を設置する場合は、人がいる建物内下部に風が到達するため、エアー搬送ファンを別途設置せずとも冷房・暖房の効果を感じることができます。

※ ギャラリーとは、体育館 2 階の細い通路

7) 断熱等改修工事






体育館に断熱等改修工事を施すことで、光熱費が下がることが見込まれますが、事業期間内に断熱等改修工事にかかる費用を回収できるほどの光熱費削減効果を得ることは困難です。また、断熱等改修工事の種類によっては、体育館の利用制限が生じる工事や、適用に際して設計上の配慮が必要となる工事もあります。

8) 換気扇

体育館の換気を効率的に行うため、大量の空気を短時間で換気することのできる有圧換気扇を設置することが有効です。感染症予防としても有効であるとともに、窓を全開せずにボタン押下だけで強制換気できるので、日常的に窓を開閉する手間を改善することができます。

9)空調システムの比較

主に以下の5つのシステムについて同じ空調能力を選定するものとして比較を行いました。非常用電源の確保が可能なシステムのうち、金額と効果のバランスにおいて「EHP(電気式パッケージエアコン)+大型LP発電機」、「電源自立型GHP(ガス式/都市ガス)+PAジェネレータ」が優れる結果となります。

システム		EHP(電気式パッケージエアコン)	EHP(電気式パッケージエアコン)+大型LP発電機	標準型GHP(ガス式/都市ガス)	電源自立型GHP(ガス式/都市ガス)	電源自立型GHP(ガス式/都市ガス)+PAジェネレータ
構成	室外機	EHP(電気式パッケージエアコン)	EHP(電気式パッケージエアコン)+大型LP発電機	GHP(ガス式ビル用マルチ)	電源自立型GHP(ガス式ビル用マルチ)	電源自立型GHP(ガス式ビル用マルチ)+PAジェネレータ
	室内機	天吊型	天吊型	天吊型	天吊型	天吊型
エネルギー源	通常	電気	電気	電気・都市ガス	電気・都市ガス	電気・都市ガス
	非常時	—	LPガス	—	都市ガス	都市ガス・LPガス
費用	初期整備	最も安価※1	安価※1	中程度	高価	最も高価
	維持管理	最も安価	安価	中程度	高価	高価
	光熱	ガスと比較して高価	ガスと比較して高価	電気と比較して安価	電気と比較して安価	電気と比較して安価
	合計/15年	最も安価※1	安価※1	中程度	高価	最も高価
非常時の空調運転	停電	×	○	×	○	○
	都市ガス停止	○	○	×	×	○
	停電かつ都市ガス停止	×	○	×	×	○
避難所対応(非常用電源の確保)	・停電時は電力供給不可	・停電時でもLPガスボンベにより電力供給可能※2	・停電時又は都市ガス停止時のいずれも、電力供給不可	・停電時でも電力供給が可能(都市ガス停止時は電力供給不可)	・電気、都市ガスともに停止した場合でもLPガスボンベにより電力供給可能※2	
施工性他	・個々の室外機設置面積は小さい ・室外機の数が増加	・個々の室外機設置面積は小さい ・室外機の数が増加 ・LPガスボンベ置き場と発電機設置が必要	・室外機の設置面積が大きい ・室外機の騒音等の影響あり	・室外機の設置面積が大きい ・室外機の騒音等の影響あり	・室外機の設置面積が大きい ・室外機の騒音等の影響あり ・LPガスボンベ置き場が必要	
総合的な評価	・停電時空調運転不可 ・避難所向け電力供給不可 ・他に比べコンパクト	・電気、都市ガスともに停止した場合でも空調運転可※3 ・避難所向け電力供給可 ・受変電改修不要の場合は低コスト ・発電機及びLPガスボンベ置き場の設置スペースが必要	・停電時、都市ガス停止時ともに空調運転不可 ・避難所向け電力供給不可	・停電時空調運転可 ・避難所向け電力供給可 ・都市ガス停止時には空調運転、電力供給ともに不可	・電気、都市ガスともに停止した場合でも空調運転可※3 ・避難所向け電力供給可 ・費用が高い ・LPガスボンベ置き場の設置スペースが必要	
						

※1 受変電設備の改修が必要な場合には、追加費用が必要となります。

※2 発災後にボンベの配送が可能な場合に限り、供給時間の延長が可能です。

※3 50kg LPガスボンベ18本で72時間の運転が可能です。

※4 避難所への電力供給機能を目的として、空調運転はできませんが、天井照明の点灯が可能な電力供給機能を有する中型LP発電機(50kgガスボンベ3本で72時間の電力供給)の利用も可能です。

(4) 事業スキームの構築、検討

1) 従来手法及び各種民間活力導入手法の整理

事業手法は、①従来型発注方式と②DBO方式、③PFI（BTO）方式及び④リース方式の場合が考えられます。

事業方式	資金調達	設計施工	維持管理	設備の所有者	
				竣工引渡直後	維持管理期間
①従来型発注方式	市	市	市(委託) ^{※1}	市	市
②DBO方式	市	民間	民間	市	市
③PFI（BTO）方式	民間 ^{※2}	民間	民間	市	市
④リース方式	民間	民間	民間	民間	民間

※1 維持管理・運営業務については、民間事業者へ委託することも可能

※2 市側の裁量により、民間資金以外に市債を活用することも可能

2) 事業手法の比較

想定される各事業手法についての評価は下表に示します。財政負担の平準化、業務の一体化等、特に導入メリットが多いPFI（BTO）方式の他、DBO方式、リース方式を検討対象としました。

項目	①従来型発注方式	②DBO方式	③PFI（BTO）方式	④リース方式
業務の一体性	× 設計、施工、維持管理を分離発注	○ 一括発注とすることで、施工や維持管理の効率化、質の向上を見据えた設計が可能	○	○
整備期間の短縮及び一括整備	× 業務ごとに発注手続きや業務管理が必要	○ 一括発注のため、発注手続きに要する期間の短縮が可能 事業者が設計、施工、工事監理を横断的に実施するため、多数の工事を短期間で実施することが可能	○	○
財政負担の平準化	△ イニシャルコストの平準化が部分的に不可	△ イニシャルコストの平準化が部分的に不可	○	○ 事業期間を通じて支払いの平準化が可能
資金調達コスト	○ 市の起債等による低金利での借入が可能	○ 市の起債等による低金利での借入が可能	○ ^{※2} 市の起債等による低金利での借入が可能	× 民間での割高な資金調達金利となる
緊急防災・減災事業債 ^{※1} の活用	△ 令和7年度支出分まで活用可能	○	○	× 事業債の活用が不可
維持管理の質	× 受注主体が異なることで維持管理の質にばらつきが出る可能性	○	○	○ 設計内容や選定機器に応じた修繕計画により、事業期間を通じて適切な維持管理がなされる
リスク移転 リスク管理	× リスクは市が管理	△ 設計・施工と維持管理契約が別になり、リスクが発生する可能性がある	○ リスクの多くは民間に移転され、契約に基づき管理される	○
事業内容の変更等への柔軟な対応	○ 個別発注のため、柔軟な対応が容易	△ 一括発注のため、個別案件での柔軟な対応が難しくなる	△	× 所有権はリース会社があり、柔軟な対応は困難
評価	△	○	◎	×

※1 東日本大震災を教訓として、全国的に緊急に実施する必要性が高く、即効性のある防災、減災等のための事業のうち、住民の避難、行政・社会機能の維持及び災害に強いまちづくりに資する地方単独事業を対象とする地方債です。地方債の充当率が100%、そのうち交付税算入率（後に地方交付税交付金として国から交付）が70%であり、他の事業債と比較して財源的に有利な制度です。リース方式には活用できないため、同方式では市の財政負担削減を期待することができません。

※2 本事業の事業者への支払い方法は、維持管理期間中の割賦払いとせず、設計及び施工期間中に出来高に応じた支払いとすることを予定しているため、資金調達コストはDBO方式と同等の効果を得ることができます。

(5) 民間事業者の参画可能性の検討

本事業を実施するに当たり、民間事業者の参画可能性や課題確認のため、事業概要説明会、サウンディング型市場調査及びアンケート調査を実施しました。

1) 事業説明会等の概要

・事業概要説明会	2022年8月23日	計20社が参加
・サウンディング型市場調査	2022年8月23日～9月1日	計11社と意見交換
・アンケート調査	2022年8月23日～9月1日	計7社から回答

2) 調査結果の概要

設置工事の期間	参加のあった多くの企業から、設置工事の期間は、土日や長期休業期間のみではなく、平日にも分散して作業日を設けることや一定期間に限って使用制限を設けることを検討して欲しいとの意見があった。理由として、作業日の集中による作業員の不足を避けることが挙げられた。
地元企業への配慮	地元企業を積極的に活用することや市内企業が事業に参画することを評価して欲しいという意見が多くあった。また、市内企業に係る評価の視点について、協力企業とする場合も評価してほしいという意見もあった。
希望する事業方式	PFI（BTO）方式を希望する事業者が最も多かった。理由として、現在実施中の特別教室等空調設備整備事業と同じ方式であることや、代表企業を中心にした連絡や指示系統が確立できることが挙げられた。
建設費高騰	昨今の建設費高騰が著しく、建設物価の上昇リスクが大きいため、建設段階での物価改定を見込んでほしいとの意見が複数あった。
空調のエネルギーの選択	空調のエネルギーの選択については、グループの組成に影響するので、方針をできるだけ早く示して欲しいという意見が多くあった。
段階的な引き渡し	順次整備される空調機器については、施工期間終了時に全てを一括して引き渡しを行うのではなく、数回に分けて段階的に引き渡して、支払いを行ってほしいという意見が多くあった。また、その場合には、通常のフルメンテナンスの期間の終了時期が維持管理期間中に段階的に終了することが課題であるとの指摘もあった。

(6) VFM の検証

従来型発注方式の市財政負担額※は、約17年間の維持管理費を含め約19.41億円であり、その現在価値は約17.42億円です。これと比較し、PFI（BTO）方式では市財政負担額※は約19.33億円、現在価値で約17.39億円となり、VFMは約0.2%となり、約0.03億円の財政負担削減を期待することができます。VFMは、DBO方式の場合はPFI（BTO）方式と同等ですが、リース方式の場合は、PFI（BTO）方式より低い値となっています。

※ 緊急防災・減災事業債を活用した場合

(7) 総合評価

本事業において、PFI（BTO）方式を導入した場合、従来型発注方式と比較して市の財政負担削減に寄与することが確認できました。これに加え、PFI（BTO）方式は定性的にも「空調設備の全校一括整備」、「リスク移転」、「施設整備・維持管理の一体的な実施」及び「本市の管理、契約事務に係る負担軽減」等、多くのメリットがあります。また、本事業にPFI（BTO）方式を導入する場合に、本事業への参画に積極的な関心を示す民間企業が市内・市外ともに多くあることを確認できました。

以上を踏まえ、従来型手法、DBO方式及びリース方式と比較し、PFI（BTO）方式の導入が適切であると総合的に評価します。

(8) 事業スケジュール

今後の事業推進に向けた手続き及びスケジュール（予定）は下表のとおりです。

	令和4年度				令和5年度												令和6年度	令和7年度	令和8年度
	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3			
債務負担行為の議決				●															
事業者公募																			
実施方針等の公表		●																	
特定事業の評価、選定、公表				●															
募集要項等の公表					●														
提案書受付								●											
提案審査								→											
優先交渉権者の決定									●										
基本協定締結										●									
本契約の締結												●							
事業期間																			
設計・施工														→ 段階的に引渡					
供用開始・維持管理																			→ 令和23年3月末まで

(9) 実施に向けた課題整理

今後、民間事業者の募集手続きに向けて具体的な公募資料の作成を進めることから、特に以下の課題について、具体的に調整した上で公募資料にて明示します。

- ・ 市内企業活用に係る評価基準
- ・ 学校への影響をできる限り小さくしつつ施工期間を確保するための調整
- ・ 校舎及び体育館の大規模改造工事など、本事業と並行して予定する各工事との設計内容や施工工程等の調整 他