

資料1

施設計画について

1.1 構造・設備計画 (省エネ・再エネ設備について)

1.1 省エネ・再エネ設備について

省エネ・再エネ設備の導入に当たっては、経済性や地域性を考慮し、最も効果的な設備を採用する必要があります。以下では、新総合体育館における省エネ・再エネ設備の位置づけを示すとともに、各設備について比較・検討していきます。

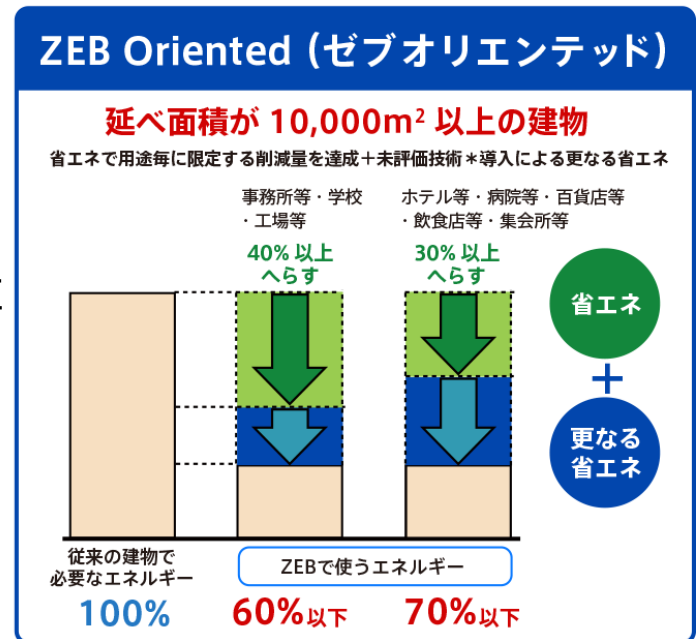
■省エネルギー設備について

新総合体育館は、ZEB化を目指しますが、目指すZEBのレベル(ZEB Oriented 削減率30%)では、省エネルギー設備によるエネルギー削減量のみを評価するため、再生可能エネルギーよりも省エネルギー設備の導入を優先する必要があります。

※出典：環境省ZEBポータルHP

■再生可能エネルギー設備について

再生可能エネルギーについては、本市の「第4次小樽市温暖化対策推進実行計画【事務事業編】」において、建替え等の新築時には太陽光発電等の設備を設置することを標準としていることから、新総合体育館は再生可能エネルギー設備を導入する必要があります。

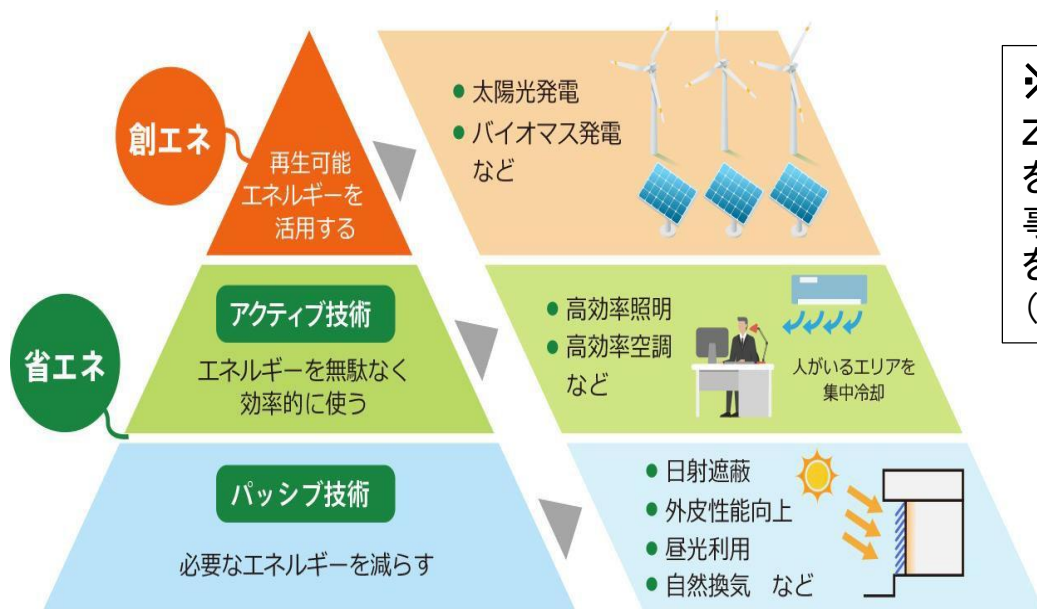


*WEBPRO において現時点で評価されていない技術

省エネ設備について

省エネルギー設備には「パッシブ技術」と「アクティブ技術」がありますが、パッシブとは昼光や自然換気などを有効利用した「機械に頼らない省エネ」であり、アクティブとは「高効率機器の利用などによる省エネ」のことを言います。

パッシブ技術（高断熱外皮や高断熱窓など）については、今後、ZEB化のため設備を検討する段階においてZEBプランナー（※）とも相談して決定することから、本基本計画においては、アクティブ技術の中から、「コージェネレーションシステム」と「ヒートポンプシステム」について検討します。



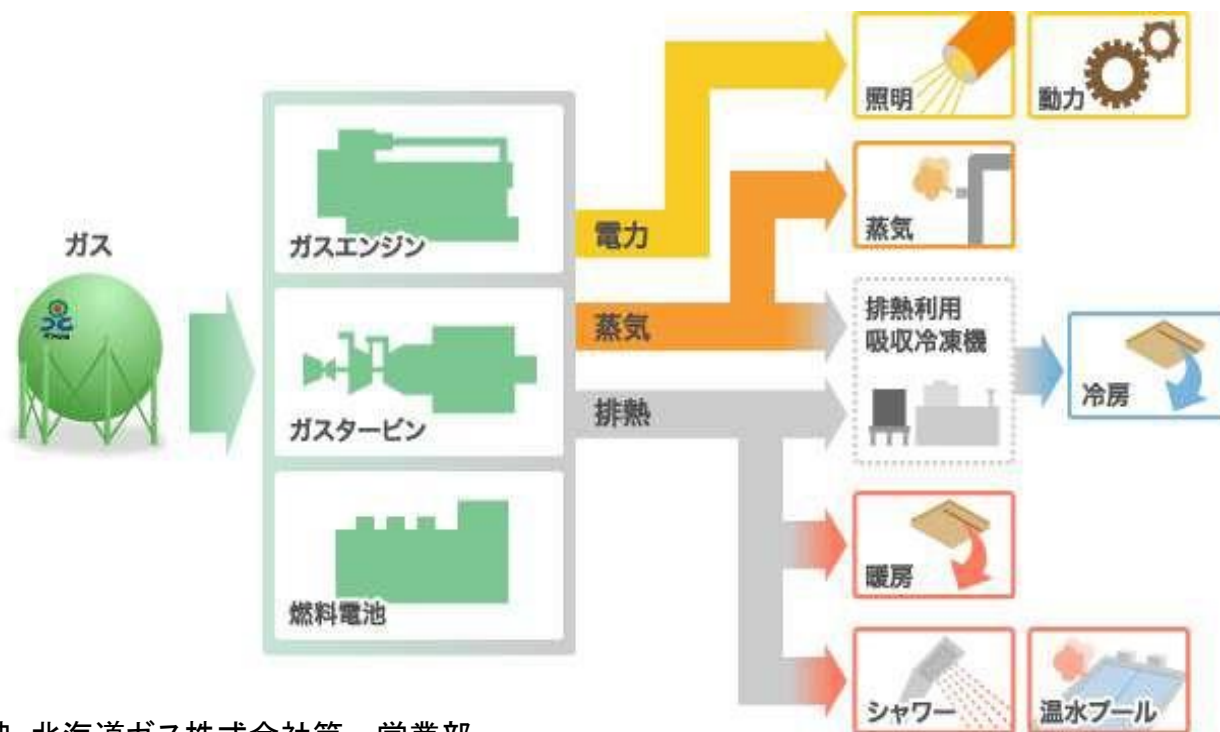
※ZEBプランナーとは

ZEBの実現・普及拡大を目指す事業者支援を目的とした業務支援やプランニングを行う事業者で、道内では設計とコンサルティングを合わせて34社が登録しています。
(令和5年9月29日時点)

省エネ設備（コージェネレーションシステム）

コージェネレーションシステム（CGS）とは、ガスや石油等を燃料として、エンジン、タービン、燃料電池等の方式により電力を生み出しつつ排熱を給湯や冷暖房に利用できるシステムです。排熱を温水プールの加温や体育館の冷暖房に有効利用することで、エネルギー効率が高くなり、環境保全への貢献、省エネ・省コストの実現が可能になります。

また、停電時には非常用発電機として利用することも可能です。



出典：北海道ガス株式会社第一営業部

省エネ設備（コージェネレーションシステム）

■コージェネレーション導入事例

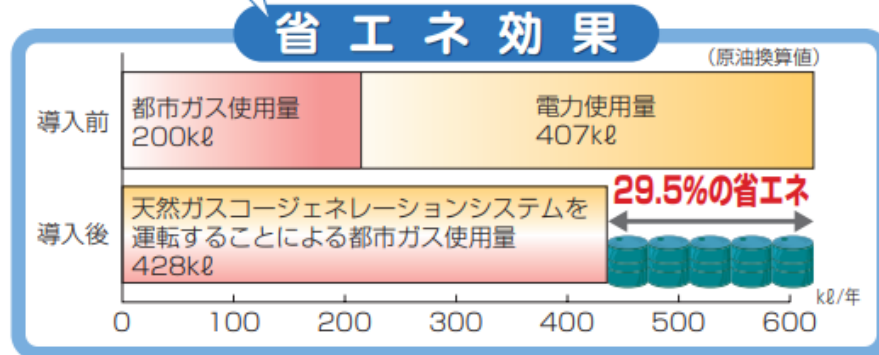
●パルドラール浦安アリーナ（浦安市総合体育館）

（体育館の仕様）

メインアリーナ（バスケットボール2面）、
サブアリーナ（バスケットボール1面）
第1、第2武道場、弓道場、多目的室、
研修室等



天然ガスコージェネレーションシステム導入による



試算条件：今回導入した350kWの天然ガスコージェネレーションシステムを運転し、発電・排熱利用をした効果

省エネ設備（コージェネレーションシステム）

新総合体育館の冷暖房及び給湯設備について、ガスを燃料とした吸収式冷温水機と温水ボイラーを導入した場合、CGS機器（25kW×2台）を併用すると、以下のシミュレーションでは年間17%のランニングコスト削減が見込まれ、約4年で機器導入費用を回収できる想定です。

		①吸収式冷温水機 + 温水ボイラー	②吸収式冷温水機 + 温水ボイラー + CGS	差額 (②-①)	削減率
イニシャルコスト		17,000千円	38,000千円	21,000千円 - a	
ランニングコスト (年間)	電気	20,531千円	14,839千円		
	ガス	12,032千円	11,681千円		
	保守	0千円	304千円		
	合計	32,563千円	26,824千円	-5,739千円 - b	17%
CGS導入費用回収期間 (a/b)				3.66年	

※電気、ガス使用料金については、電気は北ガスアリーナ46(14,644㎡)の実測値、ガスについては北ガスアリーナ46と本市が想定する同規模プールの温熱負荷をガス機器で賄った場合のデータを基に、本市新総合体育館の想定面積(10,200㎡)で試算
 ※保守費用はCGS以外の保守費用は除外して試算
 ※各試算はあくまで比較検討するための目安であり、実際のランニングコストを示すものではありません。

省エネ設備（コージェネレーションシステム）

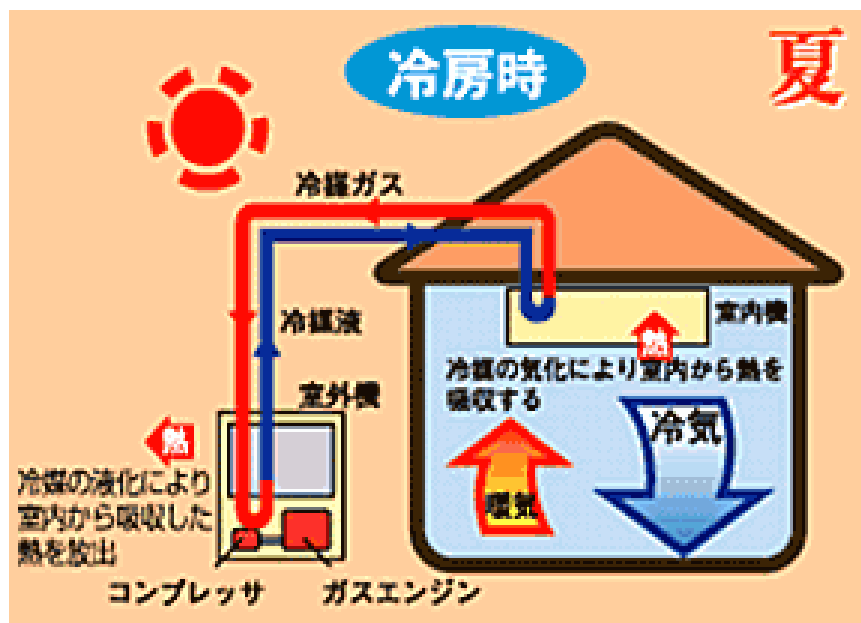
（考察）

- 災害停電時もガスの供給が途絶えなければ電気を供給できますので、防災機能が高い設備です。
- 給湯設備であるメインの温水ボイラーを補てんすることにより、温水ボイラーの稼働時間を短縮でき、機器の長寿命化にも繋がります。
- 省エネルギーのアクティブ技術として、ZEB化（OrientedからReady）の評価に大きく貢献します。
- イニシャルコストがかかりますが、ランニングコストの削減により一定期間で回収が可能です。
- 消防法上の届け出や定期点検義務が生じます。

省エネ設備（ヒートポンプシステム）

気体は圧縮すると温度が上昇し、膨張（開放）させると温度が下がる性質があります。この性質を利用し、冷媒を圧縮したり膨張させたりすることで温度を上下させ、冷暖房を行うシステムです。

ヒートポンプシステムには、電気式とガス式がありますが、災害時の優位性やプールでの排熱の利用を考慮し、ここではガスヒートポンプシステム（GHP）について検討します。



出典：京和ガス株式会社HP

省エネ設備（ヒートポンプシステム）

冷暖房及び給湯設備について、ガスを燃料としたヒートポンプシステム（GHP）を採用した場合、GHP機器の導入により、以下のシミュレーションでは年間5%のランニングコスト削減が見込まれ、約14年で機器導入費用を回収できる想定です。

		①吸収式冷温水機 + 温水ボイラー	②GHP + 温水 ボイラー	差額 (②-①)	削減率
イニシャルコスト		17,000千円	33,000千円	16,000千円 - a	
ランニングコスト	電気	12,646千円	12,906千円		
	ガス	10,761千円	9,068千円		
	保守	0千円	267千円		
	合計	23,407千円	22,241千円	-1,166千円 - b	5%
GHP導入費用回収期間 (a/b)				13.72年	

※電気、ガス使用料金については、現総合体育館と高島プールの灯油・重油使用量を基に熱負荷を算定し、想定する本市新総合体育館の想定面積(10,200㎡)で試算

※保守費用はGHP以外の保守費用は除外して試算

※GHP機器は、停電時対応GHP20馬力×20台を想定

省エネ設備（ヒートポンプシステム）

（考察）

- ガスエンジンの排熱を利用できるため、暖房の立ち上がりが早く、高効率の運転が可能です。
- 個別空調設備は、省エネルギーのアクティブ技術として、ZEB化（OrientedからReady）の評価に大きく貢献します。
- 一般的なシステムは、小中規模施設を想定した規格となっており、体育館のような大空間には向いていません。
- コスト回収には長期間かかる。
- 災害時もガスの供給が途絶えなければ、電気を供給できるため防災機能を備えた設備です。
- 大空間での冷暖房機能を満たすためには、大量の機器を設置する必要があるが、施設内には設置不可であるため屋外に大規模な設置スペースが必要となる。
- 今後の設計においてGHP設備のスペックを上げることも想定されるため、費用が高くなり、削減効果が見込めない可能性も想定される。

再エネ設備について

一般的な公共施設等において、導入可能性のある再生可能エネルギーは以下が挙げられます。北海道のような寒冷地での設置が難しい④と、住宅地での設置が難しい⑤⑥を除外し、①～③の設備について検討を行います。

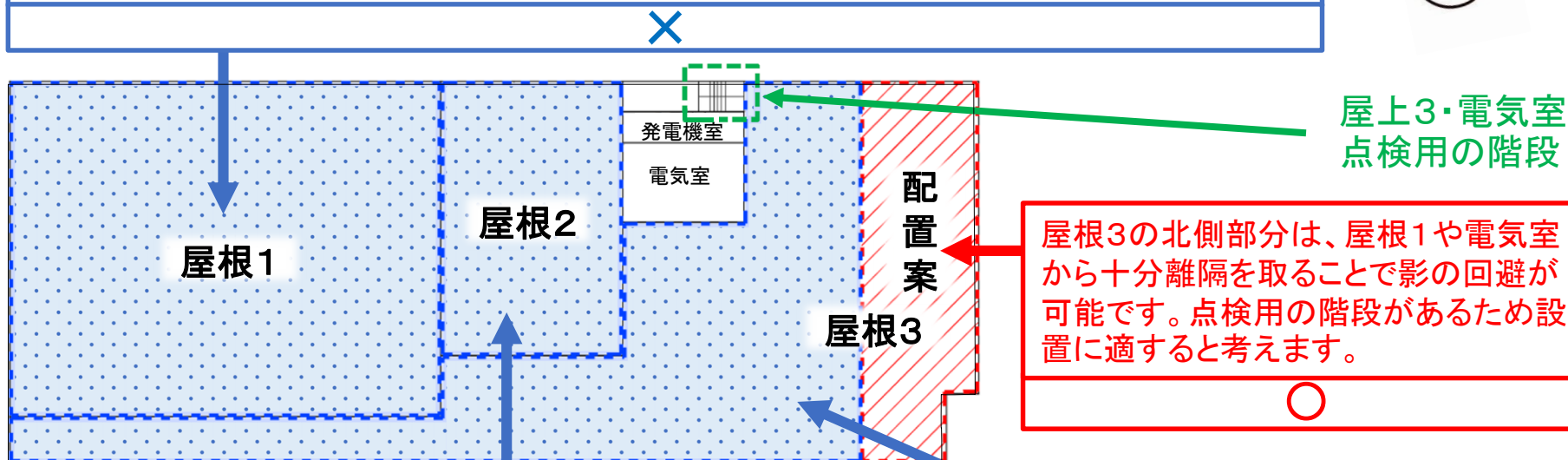
	再生可能エネルギー	適用可否	新総合体育館への適用が困難な理由
①	太陽光発電	○	—
②	地中熱利用	○	—
③	雪氷熱利用(雪冷房)	○	—
④	太陽熱利用	×	気温の低い北海道での設置は不利
⑤	小型風力発電	×	住宅地での設置は不適
⑥	バイオマス	×	住宅地での設置は不適

再エネ設備（太陽光発電）

太陽光発電について検討します。

まず、初めに太陽光パネルの配置が可能な範囲について検討しました。以下のとおり、屋根3の北側部分（約700m²）が設置に適した部分となります。この面積における発電容量（概算値）は最大55kWと想定されます。

屋根1部分は、下部が大スパン構造のメインアリーナであるため、構造の強度や経済性を考慮し不適と考えます。また、屋根1までの階段がないため、メンテナンスに課題があります。



屋上3・電気室
点検用の階段

屋根3の北側部分は、屋根1や電気室から十分離隔を取ることで影の回避が可能です。点検用の階段があるため設置に適すると考えます。

屋根2部分は、周囲の屋根1と電気室より高さが低く、影が出るため設置は不適と考えます。

屋根3のうち、屋根1および発電機室の周囲は、影が出るため設置は不適と考えます。

再エネ設備（太陽光発電）

配置可能な範囲に太陽光パネルをフルで設置し、さらに蓄電池を備えたAパターンと、パネル量を減らしてコストを抑えたBパターンでシミュレーションを行いました。

	パターンA 太陽光発電55kW＋蓄電池 60kWh(夜間利用あり)	パターンB 太陽光発電30kW＋蓄電池 なし(夜間利用なし)
年間発電量 ー①	54,202kWh	29,565kWh
想定イニシャルコスト ー②	137,000千円	21,000千円
想定ランニングコスト ー③	79,600千円	26,300千円
想定コスト合計 ②＋③	216,600千円	47,300千円
年効果額 電力従量料金単価24.69円/kwh (2023年8月時点) × ①	1,338千円	730千円
電灯電力(照明・コンセント) 利用容量	通常利用時の約22%相当 (55kW ÷ 250kW(※5) × 100)	通常利用時の約12%相当 (30kW ÷ 250kW(※5) × 100)
備考	・蓄電池は電気室への収納を想定	

※1 太陽光発電設備の容量は、災害停電時に一部の照明やコンセントが使える容量にて試算

※2 現時点での想定による試算であり、天候等の影響により発電量は変化する

※3 太陽光発電設備を15年間使用する条件で試算

※4 設備の改修費用及び廃棄に必要な費用は含めずに試算

※5 通常利用容量を北海道～東北地方のスポーツ施設事例より250kWと想定

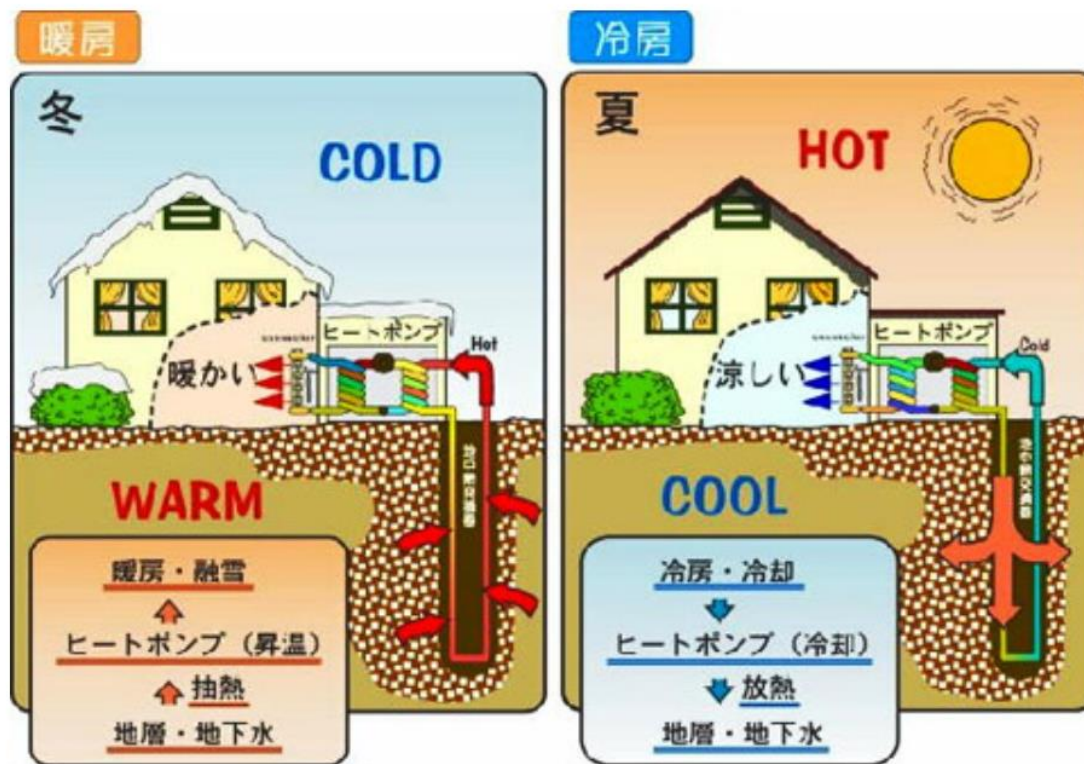
再エネ設備（太陽光発電）

（考察）

- 災害停電時にも、一部の照明やコンセントの使用が可能となるため、防災機能を備えた設備です。
- 太陽光パネルは、新たにスペースを確保することなく、屋上の未利用スペースを有効活用して設置が可能です。
- 電気料金の削減に貢献します。
- 冬期間の積雪や気象条件により発電出力が左右されます。
- シミュレーションの結果、今回想定した条件では、いずれの規模でもコスト回収に期間を要する結果となりました。
- また、大規模になるほど発電能力の比率以上にライフサイクルコストが高額となる結果となりました。

再エネ設備（地中熱利用）

地中熱とは、浅い地盤中に存在する低温の熱エネルギーです。大気温度に対して地中温度は、年間を通して温度の変化が少なくなります。そのため、夏期は外気温度よりも地中温度が低く、冬期は外気温度よりも地中温度が高いことから、この温度差を利用して効率的な冷暖房等を行うものです。



出典:資源エネルギー庁HP

再エネ設備（地中熱利用）

道内の公共施設（庁舎）における主な導入実績について調査しました。

項目	自治体A	自治体B	自治体C
延床面積	約1,800㎡	約4,300㎡	約8,900㎡
構造	鉄骨造・ 一部鉄筋コンクリート造、 地上1階	鉄筋コンクリート造、 地上3階	鉄筋コンクリート造・一部鉄 骨鉄筋コンクリート・一部鉄 骨造、地上4階
地中熱の利用先	冷房・暖房	冷房・暖房	冷房・暖房
地中熱ヒートポン プ出力	冷房252.2kW、 暖房251.6kW	冷房170kW、 暖房170kW	冷房 206.0kW、 暖房 193.6kW
採熱井戸方式	クローズドループ方式	クローズドループ方式	オープンループ方式 （還元型）
採熱井戸の仕様	179Ax深さ100mx57本 （採熱井戸用敷地面積 1,500㎡）	179Ax深さ75mx36本 （採熱井戸用敷地面積 1,200㎡）	揚水井150Ax60mx1本、 還元井200Ax45mx2本
年間エネルギー 削減効果	75%削減	76%削減	34%削減

再エネ設備（地中熱利用）

前ページの道内の導入実績から、新総合体育館に地中熱利用施設を導入した場合について、以下のとおり想定します。

（前提条件）

- 再熱井戸方式は、クローズドループ方式とオープンループ方式がありますが、オープンループ方式は、地下水のくみ上げ可能な地域に限られるため、クローズドループ方式を想定します。
- 新総合体育館敷地内で想定される採熱井戸設置可能面積（約1,200m²）から、採熱井戸数と地中熱ヒートポンプ出力は自治体Bと同規模と想定します。

（新総合体育館における導入可能規模）

項目	
地中熱の利用先	冷房・暖房
地中熱HP出力	冷房170kW、暖房170kW
採熱井戸方式	クローズドループ方式
採熱井戸の仕様	179A×深さ75m×36本（採熱井戸用敷地面積1,200m ² ）
対応範囲	エントランス等共用部と多目的室、格技室、会議室の冷暖房 （メインアリーナ・サブアリーナは対応不可）
導入コスト	約10億円

再エネ設備（地中熱利用）

（考察）

- 天候等に左右されず、安定的に利用可能な再生可能エネルギーです。
- CO₂排出量削減効果が大きく、温暖化対策への貢献度が高いと言われています。
- 設備導入(削井費用等)に係るイニシャルコストが高く、設備費用の回収には長い期間が必要となります。
- 再熱井戸用の敷地が必要になりますが、新総合体育館周辺では十分な敷地を確保することはできません。
- 導入可否の検討に当たっては、先行井戸の試掘調査が必要となります。

再エネ設備（雪氷熱利用：雪冷房）

冬期間に降った雪や、冷たい外気を使って凍らせた氷を保管し、冷熱が必要となる時期に利用する設備です。

道内では以下の導入事例があります。

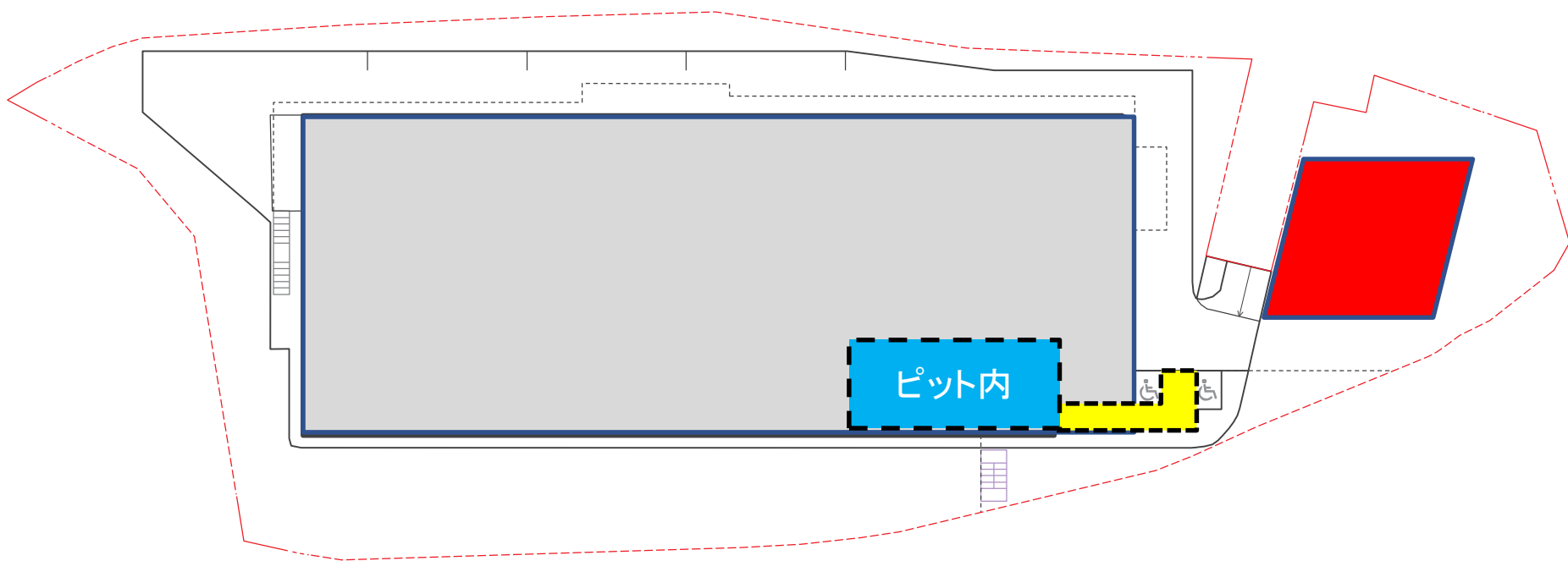
山口斎場、モエレ沼公園、円山動物園、札幌駅北口、北海道ガス札幌東ビル






左)山口斎場雪運搬路、右)モエレ沼公園貯雪庫(出典:札幌市HPより)

再エネ設備（雪氷熱利用：雪冷房）

新総合体育館に設置することを想定し、設置場所をシミュレーションしました。



-  一時堆積スペース850 m^2 (2.0mH想定)
-  貯雪庫(ピット内)への搬入スロープ
※除雪ドーザーにより一時堆積スペースより貯雪庫に搬入。
-  貯雪庫(ピット内)1,400 m^3 (20m × 14m × 梁下5.0mH)

再エネ設備（雪氷熱利用：雪冷房）

（考察）

- 敷地内や近隣の排雪処理コストが軽減されます。
- 夏期の冷房として利用することで、光熱費削減ができ、CO₂排出量の削減にも貢献できます。
- 一時堆積スペースと貯雪庫が必要となり、地下貯雪庫は除雪ドーザーが作業可能な大空間の構造物が必要となります。
- また、地下貯雪庫と搬入スロープの構築には膨大なコストが想定される上に、貯雪庫内の清掃、排水、除雪ドーザーの維持管理といったランニングコストが想定されます。
- 雪冷房利用終了後の対応の為、冷房のバックアップ設備が必要となります。

省エネ・再エネ設備の評価について

考察を基にした、各設備の評価は下の表のとおりです。

評価の結果、省エネルギーシステムにおいては、コージェネレーションシステム、再生可能エネルギーでは、太陽光発電が最も高い評価となりました。

このため、省エネ・再エネ設備の導入については、この度の結果を基に検討していくこととします。ただし、民間活力を導入して事業を実施する場合は、民間事業者の意見等を踏まえ、内容を変更する場合があります。

	項目	経済性	実現性	防災機能	ZEB化評価	総合評価	評価
省エネ	コージェネレーションシステム	○	○	◎	○	◎	全てにおいて評価が高く、特に防災機能が優れている。
	ヒートポンプシステム	○	○	○	○	○	
再エネ	太陽光発電	△	○	○	△	○	実現性・防災機能ともに評価が高い。
	地中熱利用	×	△	△	△	△	
	雪氷熱利用(雪冷房)	×	△	△	△	△	

※ZEB化評価は、全てのレベルにおいて評価対象となる設備を○、Nearly ZEB以上の評価対象を△とした。