

小千谷市錦鯉関連施設等への
再生可能エネルギー導入可能性調査業務

報告書概要版
(錦鯉の里設備導入基本計画)

令和3年3月

新潟県小千谷市企画政策課



株式会社

オリエンタルコンサルタンツ

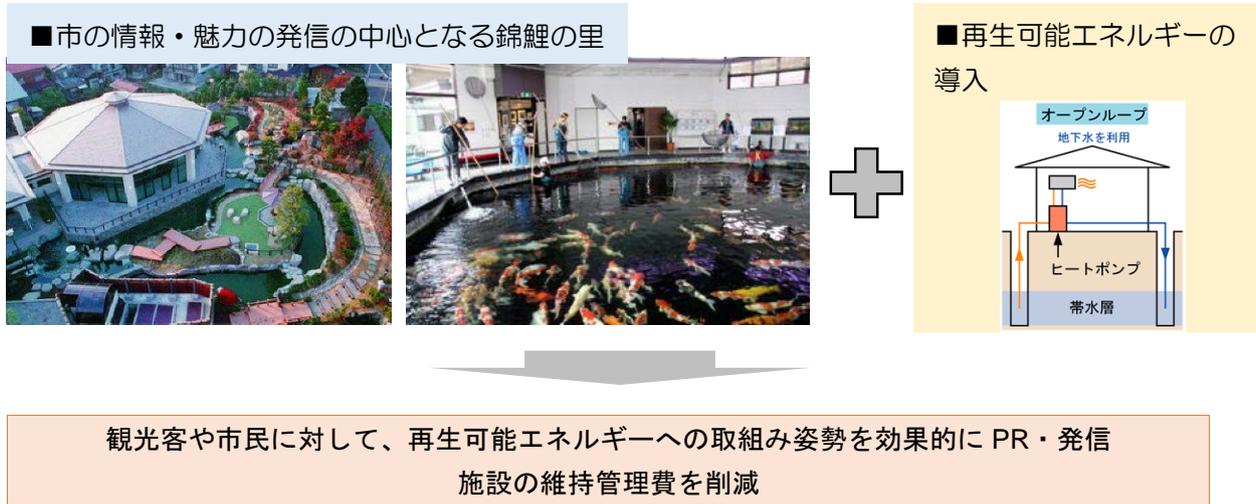
目 次

1	錦鯉の里の再生可能エネルギー導入検討の概要	1
1-1	錦鯉の里における再生可能エネルギー導入の目的	1
1-2	再生可能エネルギー導入方法の検討フロー	1
2	錦鯉の里のエネルギー利用実態	2
2-1	現況設備の整理	2
2-2	錦鯉の里のエネルギー利用実態	2
3	導入候補とする再生可能エネルギー設備	3
4	導入する再生可能エネルギー設備の選定【一次選定】	4
4-1	経済性評価	4
4-2	総合評価【一次選定】	5
5	設備導入の詳細方針の検討【最終選定】	6
5-1	詳細ケースの設定	6
5-2	周辺井戸・さく井資料などの調査	6
5-3	導入する再生可能エネルギー設備の選定【最終選定】	7
5-3-1	経済性評価	7
5-3-2	環境性評価	8
5-3-3	総合評価【最終選定】	9
6	錦鯉の里の設備導入基本計画	10
6-1	新たな設備の導入計画	10
6-2	事業のスケジュール	10
7	用語解説	11

1 錦鯉の里の再生可能エネルギー導入検討の概要

1-1 錦鯉の里における再生可能エネルギー導入の目的

本事業では、市の情報や産業、魅力の発信の中心となる錦鯉の里において、再生可能エネルギーを導入することで、観光客や市民などに対し、本市の再生可能エネルギーの取組み姿勢などを効果的に発信し、PRを行う。また、施設の維持管理費の削減を図る。



1-2 再生可能エネルギー導入方法の検討フロー

対象設備の抽出や設備規模の検討、エネルギー転換のための条件整理を踏まえて、経済性や維持管理性などによる総合評価により、再生可能エネルギー設備の種類を選定（一次選定）する。

その後、補助熱源の有無や地中熱ヒートポンプ^{※注釈1}の地下水揚水量^{※注釈2}などについて最終評価（最終選定）を行い、錦鯉の里における設備導入基本計画として取りまとめを行った。

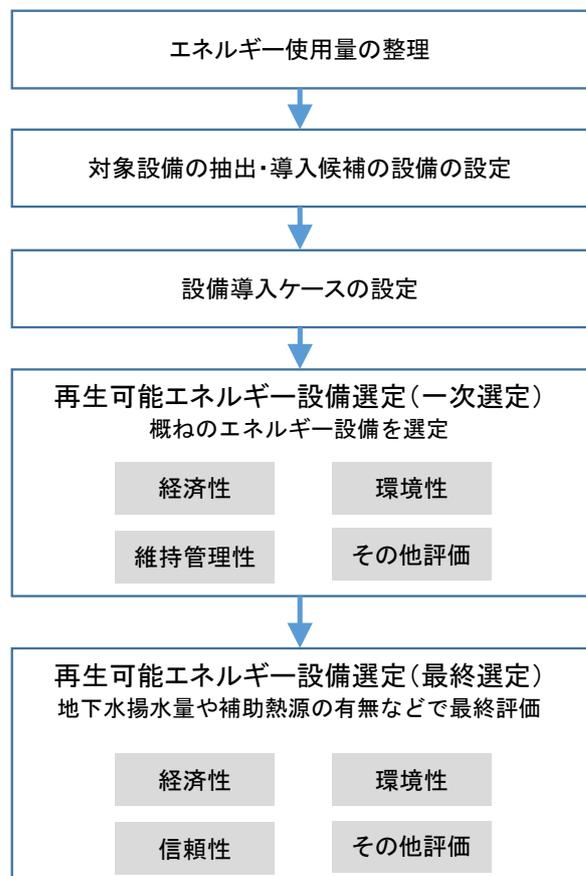


図 1-2 導入方法の検討フロー

2 錦鯉の里のエネルギー利用実態

2-1 現況設備の整理

錦鯉の里では、都市ガスを利用し、館内の冷暖房、冬期の融雪および館内の池の加温に利用している。現在の設備の概要を以下に示す。

表 2-1 錦鯉の里の現況設備

用途	冷暖房	給湯（池の昇温）	融雪（屋根・館内路面）
種別	吸収式冷温水機※注釈3	温水ヒーター	ガス給湯器
燃料種	都市ガス		
メーカー	日立アプライアンス	タクマ	リンナイ
型番	HAU-FH40CXR	GSA-300HN	RUX-V1615SWFA-E
出力	冷房能力 141kW 暖房能力 169kW	300,000 kcal/h	34.9kW×14台
製造年月	2013年10月	詳細不明（ただし、1989年の開館時より使用）	2018年10月

2-2 錦鯉の里のエネルギー利用実態

- 空調に要する都市ガス使用量が最も多く、ついで融雪、給湯（池の加温）となっている。池の加温は、冬期のみでの使用かつ1~2℃程度の昇温のため、使用量は少ない。
- 全体のエネルギー消費量としては、電力が6割程度を占めている。

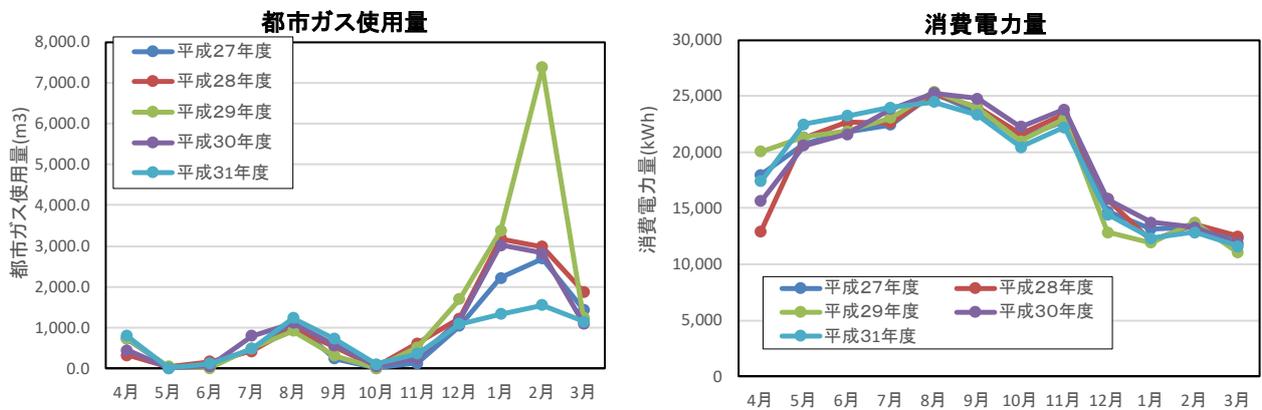


図 2-1 錦鯉の里の月毎ごとの都市ガスおよび消費電力量

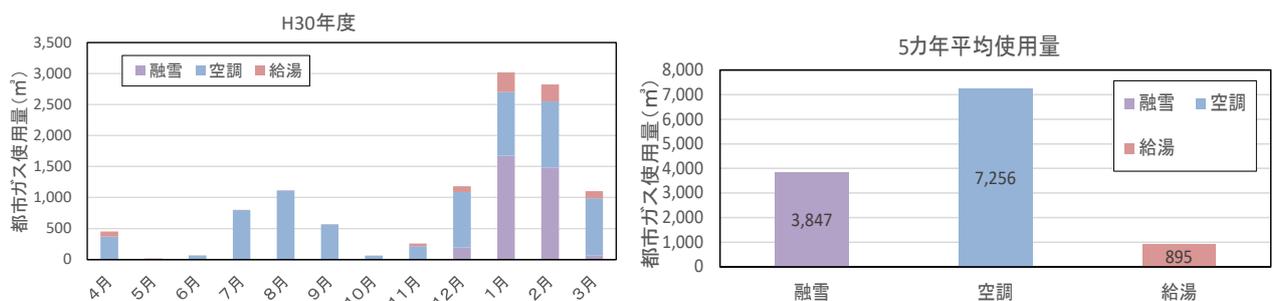


図 2-2 錦鯉の里の月毎の都市ガス使用量（左）および年間平均使用量（右）

3 導入候補とする再生可能エネルギー設備

小千谷市エネルギービジョンを踏まえ、候補とする設備は以下を対象とする。

■ケースの設定

- 冷房負荷が必要であり、再生可能エネルギーの導入を図ることから、地中熱ヒートポンプシステムを基本とする（クローズドループ※注釈4により、ボアホール※注釈5に循環液を循環させて熱交換を行う方式と、オープンループ※注釈6により、消雪パイプ井戸※注釈7の地下水を直接利用する方式）。
- ケース2～4、7～9では、暖房および給湯において、薪ボイラーやペレットボイラーにより、地中熱ヒートポンプを補完する（海外製薪ボイラーは高効率だが高価、廉価版薪ボイラー（国内製）は効率は劣るが安価）。
- ケース5・10では、ガスコージェネレーション※注釈8による電力・熱の供給を行うケースを設定する。

熱供給設備の規模は、燃料使用量に基づく熱負荷の計算により設定。

表 3-1 設備導入の検討ケース

ケース	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
設備①	地中熱ヒートポンプ 100kW×2台 (クローズドループ式:ボアホール)				
設備②	—	海外製薪ボイラ 50kW	廉価版薪ボイラ 50kW	ペレットボイラ 50kW	ガスコージェネ 10kW
イメージ					
備考	地中熱の採熱には、ボアホールを利用				

ケース	ケース6	ケース7	ケース8	ケース9	ケース10
設備①	地中熱ヒートポンプ 100kW×2台 (オープンループ式:地下水利用)				
設備②	—	海外製薪ボイラ 50kW	廉価版薪ボイラ 50kW	ペレットボイラ 50kW	ガスコージェネ 10kW
イメージ					
備考	地中熱の採熱には、消雪パイプ井戸の地下水を利用				

4 導入する再生可能エネルギー設備の選定【一次選定】

4-1 経済性評価

(1) イニシャルコスト※注釈9

設備導入の概算事業費を算出した結果を以下に示す。

- イニシャルコストについては、地下水利用の地中熱ヒートポンプの方が、ボアホールの掘削工事が無いため安価（ただし、設備の導入は国の補助金（全額補助）の活用を想定）。

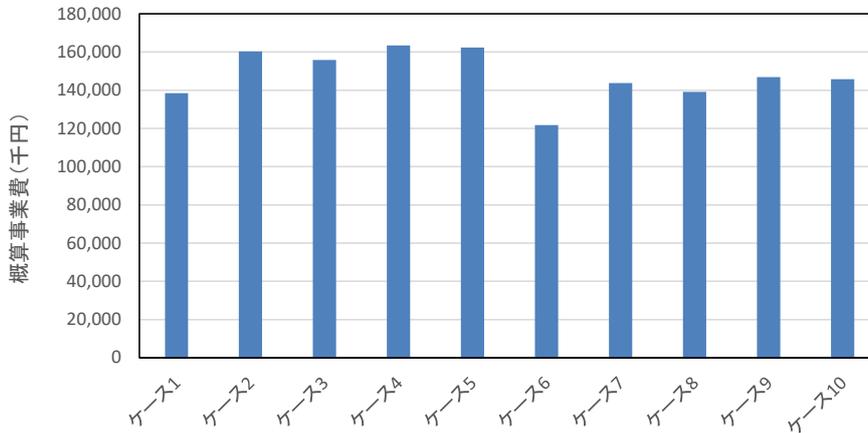


表 4-1 ランニングコスト（空調・給湯以外の電気代は除く）

(2) 電力・ガスなど燃料代

- 電力・ガスなどの燃料に要する費用は、地中熱ヒートポンプのみのケース（ケース1・6）であれば現状と同等程度となる。
- もみ殻燃焼（市販）や薪などを使用する場合は、年間の維持費は現状より高額となる（ただし、市内での燃料製造の工夫により、価格低減の可能性は想定される）。

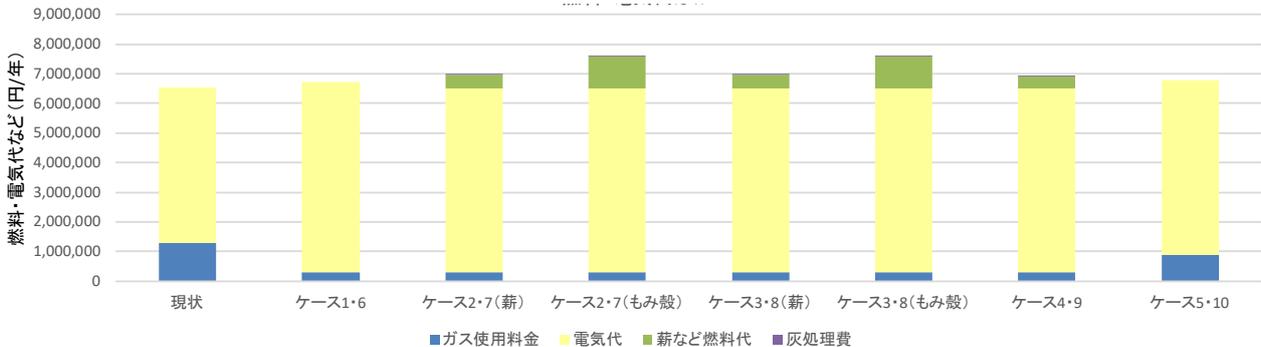


図 4-1 電力・都市ガスなどの燃料代

(3) 経済性のシミュレーション条件

- コストを積み上げた経済性のシミュレーションを実施することとし、シミュレーションの期間は新たな設備が標準的な耐用年数を迎える15年とする。
- 新たな設備の初期投資は国の補助金（全額補助）を活用することとし、設備の維持管理費・更新費などは以下の条件を考慮する。

○設備の維持管理費・更新費

■ 部品交換費用(5~7年毎)		■ 薪・ペレットボイラ 維持費	100,000 円/年
吸収式冷温水機	2,500,000 円	■ 吸収式冷温水機 更新費(既設を法定耐用年数で更新)	
ガスコージェネ	2,500,000 円	吸収式冷温水機 単価	11,600,000 円(積算資料より)
		設置コスト比率	1.2
		吸収式冷温水機 概算事業費	13,920,000 円

(4) 経済性のシミュレーション結果

以下に、経済性のシミュレーション結果を示す。設備の維持費や更新費などを踏まえると、ケース1：6（地中熱ヒートポンプのみ）のケースが最も経済的となる。新たな設備の耐用年数を迎える15年後において、累計で約1,400万円程度の費用軽減効果となり、15年間の費用削減率は約12%程度となる。

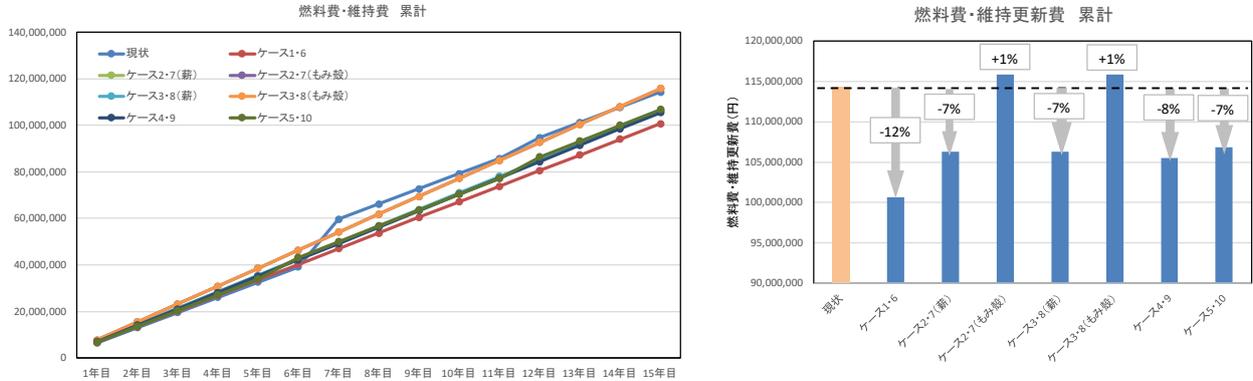


図 4-2 経済性のシミュレーション結果

4-2 総合評価【一次選定】

経済性のほか、環境性・維持管理性等総合的な評価に基づき、維持費を最も大きく削減可能であり、メンテナンスの手間も増えない地中熱ヒートポンプのみ（ケース6）が望ましいと考えられる。

表 4-2 再生可能エネルギー設備の総合評価【一次選定】

ケース	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース7	ケース8	ケース9	ケース10	
設備①	地中熱ヒートポンプ (クローズドループ式:ボアホール)					地中熱ヒートポンプ (オープンループ式:地下水利用)					
設備②	—	海外製薪ボイラ	廉価版薪ボイラ	ペレットボイラ	ガスコジェネ	—	海外製薪ボイラ	廉価版薪ボイラ	ペレットボイラ	ガスコジェネ	
イメージ											
備考	地中熱の採熱には、ボアホールを利用					地中熱の採熱には、消雪パイプ井戸の地下水を利用					
■総合評価											
経済性	イニシャルコスト	△ ボアホールを多く掘る必要があるため、費用が高額となる					○ 既設の消雪パイプ井戸を活用するため、費用を軽減可能				
	ランニングコスト	○ 最も大きく低減可能	○ 低減可能	△ 維持費は大きくなる	○ 低減可能	○ 低減可能	○ 最も大きく低減可能	○ 低減可能	△ 維持費は大きくなる	○ 低減可能	○ 低減可能
環境性	○ 周辺住居などへの影響はない	△ 煙の影響は少ないが、周辺住居への説明は必要	× 煙の影響が懸念される	△ 煙の影響は少ないが、周辺住居への説明は必要	○ 周辺住居などへの影響はない	○ 周辺住居などへの影響はない	△ 煙の影響は少ないが、周辺住居への説明は必要	× 煙の影響が懸念される	△ 煙の影響は少ないが、周辺住居への説明は必要	○ 周辺住居などへの影響はない	
維持管理性	○ メンテナンスはほぼ不要	△ 数日毎の灰処理が必要	× 毎日毎の灰処理が必要	△ 数日毎の灰処理が必要	△ 5～7年毎にコジェネの定期部品交換が必要	○ メンテナンスはほぼ不要	△ 数日毎の灰処理が必要	× 毎日毎の灰処理が必要	△ 数日毎の灰処理が必要	△ 5～7年毎にコジェネの定期部品交換が必要	
施工性	△ ボアホールを多く掘る必要があるため、比較的大規模な工事となり、駐車場に影響する					○ 工事の影響は少ない					
その他評価	○ 地域の豊富な地下水を活用	△ 市内の新販売に貢献可能	○ 地域の未利用資源を活用可能	△ 近隣でペレットを調達しにくい	△ コジェネに適する安定的な熱負荷が少ない	○ 地域の豊富な地下水を活用	△ 市内の新販売に貢献可能	○ 地域の未利用資源を活用可能	△ 近隣でペレットを調達しにくい	△ コジェネに適する安定的な熱負荷が少ない	
総合評価	○ 維持費を低減できるが初期投資が高額	△ 未利用資源を活用できるが、メンテナンスの手間が増える	× 維持費が高くなり、メンテナンスも多くなる	△ 維持費の低減は小さく、ペレットの調達が課題	△ 夏季も含めた安定的な熱需要が少なく、維持費も大きい	◎ コストを抑え、メンテナンスも軽減可能	△ 未利用資源を活用できるが、メンテナンスの手間が増える	× 維持費が高くなり、メンテナンスも多くなる	△ 維持費の低減は小さく、ペレットの調達が課題	△ 夏季も含めた安定的な熱需要が少なく、維持費も大きい	

5 設備導入の詳細方針の検討【最終選定】

5-1 詳細ケースの設定

ここでは、一次選定で検討した設備について、より詳細な導入方針を検討する。具体的には、地下水の取水量や補助熱源（ガスボイラ）の採用、太陽光発電^{※注釈10}の採用可否について検討し、詳細な設備導入方針を設定する。

また、オープンループ式では、地下水の利用に関して、冬期の消雪パイプ井戸への影響も懸念される。これらを踏まえて、設定した詳細な検討ケースを以下に示す。

■ 詳細な検討ケース

- 地下水を利用するオープンループ式を基本とし、揚水井・還元井を新設する。（サンプラザの廃止された消雪パイプ井戸は、冬期に地下水が不足する傾向にあり、十分な揚水量を確保できないため）
- 冬期の地下水利用を控えるケースとして、ガスボイラで熱量を補うケースを設定する。

表 5-1 詳細ケースの設定

ケース	ケース6-A	ケース6-B	ケース6-C	ケース6-D
設備①	地中熱ヒートポンプ 100kW×2台 (オープンループ式:揚水井・還元井を新設)			
設備② (補助熱源)	-	ガスボイラ 100kW	-	ガスボイラ 100kW
設備③	-	-	融雪機能付き太陽光発電 約18kW	
イメージ				
地下水使用量	夏季:最大180L/min 冬期:最大454L/min	夏季:最大180L/min 冬期:最大180L/min	夏季:最大180L/min 冬期:最大454L/min	夏季:最大180L/min 冬期:最大180L/min
揚水井・還元井 など	揚水井 200m×1 還元井 200m×2 熱導管約80m	揚水井 200m×1 還元井 200m×2 熱導管約80m	揚水井 200m×1 還元井 200m×2 熱導管約80m	揚水井 200m×1 還元井 200m×2 熱導管約80m
備考		冬期は、地下水180L/min を超える熱量をガスボイラ で補う		冬期は、地下水180L/min を超える熱量をガスボイラ で補う

5-2 周辺井戸・さく井資料などの調査

サンプラザの新設の消雪パイプ井戸のさく井時（令和元年 10 月）に、揚水量試験などが実施されており、その結果を以下に示す。

- 新設消雪パイプ井戸のさく井時の揚水量試験では、適正揚水量は約 1,200L/min となっている。

※適正揚水量：それ以上取水すると水位の大幅な低下を招く限界揚水量の 70~80%の取水量と定義され、帯水層を壊さずに長期的に取水できる水量

項目	単位	数量
ケーシング管径	mm	φ 250
ケーシング深度	m	200
ケーシング種別	-	VP
ストレーナー種別	-	丸穴ストレーナー
ストレーナー長	m	36
自然水位	GL-m	5.6
適正揚水量	L/min	1,204
適正揚水位	GL-m	15.74
最大揚水量	L/min	1,800
最大揚水位	GL-m	22.61
透水係数	cm/S	9.97×10^{-3} cm/s
水温	℃	16℃

表 5-2 新設消雪パイプ井戸のさく井結果の概要→

※設置されているポンプは、定格出力 22kW、約 1,000L/min 程度。

5-3 導入する再生可能エネルギー設備の選定【最終選定】

5-3-1 経済性評価

(1) イニシャルコスト

設備導入の概算事業費を算出した結果を以下に示す。イニシャルコストについては、太陽光発電がない場合は 1.2 億円、太陽光発電設備を設置する場合は 1.4 億円程度となり、太陽光発電設備の設置有無以外では、大きな差はない。

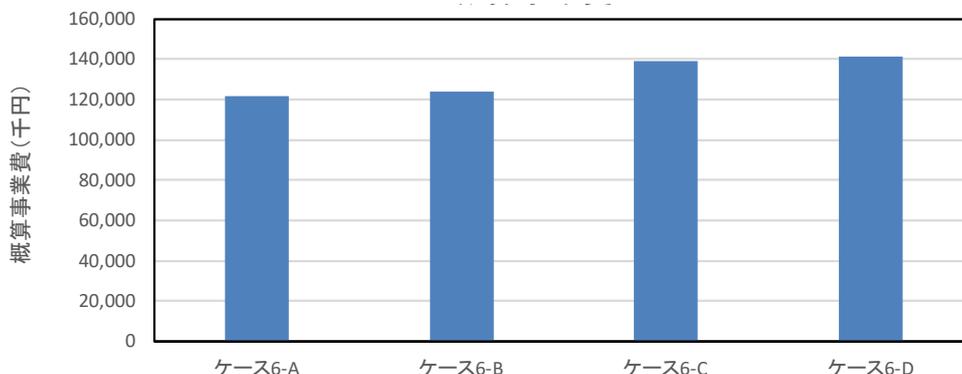


図 5-1 ケース毎のイニシャルコスト

(2) ランニングコスト※注釈11

以下に、ランニングコストの試算結果を示す。電力・ガスなどの燃料に要する費用は、地中熱ヒートポンプ（および補助熱源）のみのケース（ケース 6-A・6-B）であれば現状と同等程度となる。太陽光発電設備を設置するケース（ケース 6-C・6-D）では、燃料費は同等程度もしくは若干の減少となる。

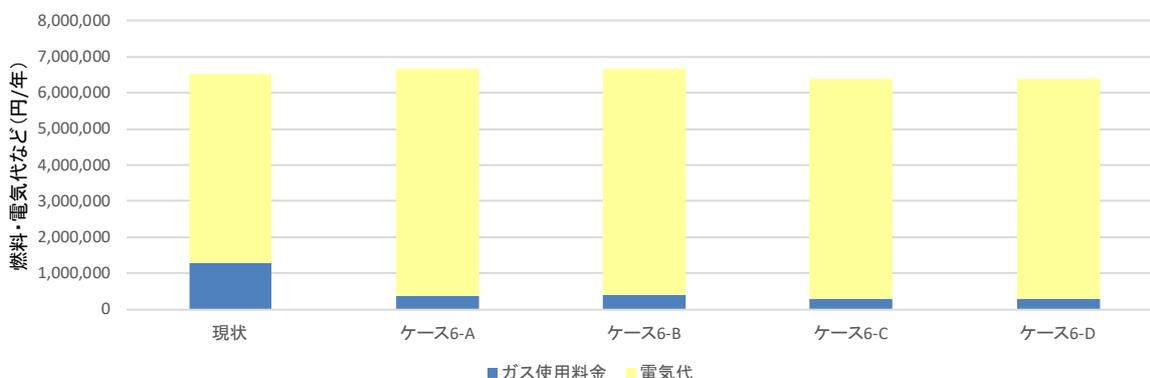


図 5-2 電力・都市ガスなどの燃料代

(3) 経済性のシミュレーション（ライフサイクルでのコスト評価）

コストを積み上げた経済性のシミュレーションを実施することとし、シミュレーションの期間は新たな設備が標準的な耐用年数を迎える 15 年とする。なお、新たな設備の初期投資は国の補助金（全額補助）を活用することし、設備の維持管理費・更新費などは以下の条件を考慮する。

○設備の維持管理費・更新費

■ 部品交換費用(5~7年毎)		■ 吸収式冷温水機 更新費(既設を法定耐用年数で更新)	
吸収式冷温水機	2,500,000 円	吸収式冷温水機 単価	11,600,000 円(積算資料より)
■ 補助熱源設置費用(ケース6-B・6-Dの初期費用)		設置コスト比率	1.2
ガスボイラ	2,000,000 円	吸収式冷温水機 概算事業費	13,920,000 円

(4) 経済性のシミュレーション結果

ケース 6-A・6-B では、累計で約 1,200~1,400 万円程度の費用軽減効果となり、15 年間の費用削減率は約 11~13%程度となる。また、太陽光発電設備を設置するケース 6-C・6-D では、新たな設備の耐用年数を迎える 15 年後において、累計で約 1,600~1,800 万円程度の費用軽減効果となり、15 年間の費用削減率は約 14~16%程度となる。

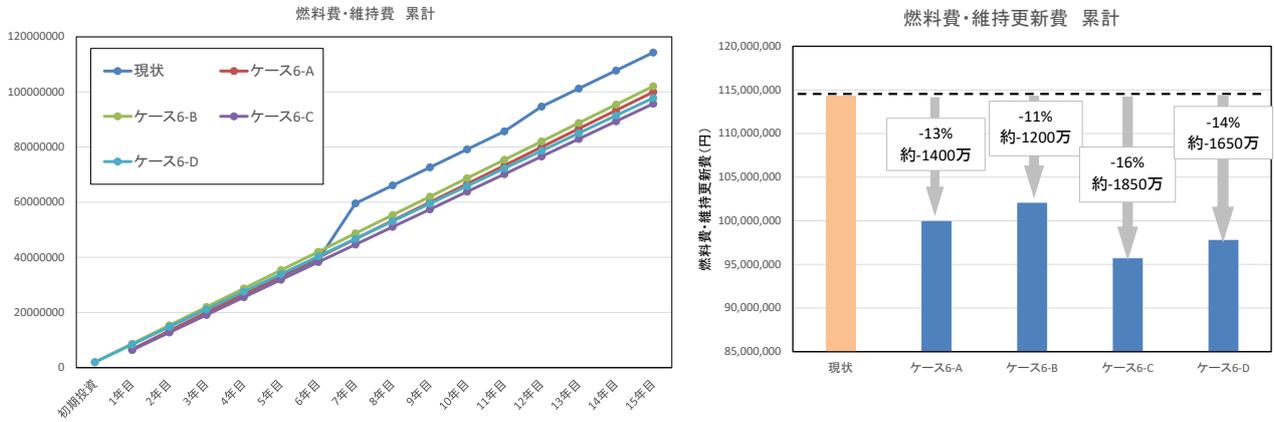


図 5-3 経済性のシミュレーション結果

5-3-2 環境性評価

新たな設備の導入により、現在の設備に比べて、6.2%の二酸化炭素の排出削減が可能である。また、将来的には、電力の二酸化炭素の排出係数の低減により、2030 年には 30%以上の削減が見込まれ、地球温暖化対策に貢献可能である。

項目	単位	2020年(現況)		2030年(将来)	
		現況設備	地中熱HP	現況設備	地中熱HP
ガス使用量	Nm3	8,038	0	8,038	0
消費電力量	kWh	7,560	40,415	7,560	40,415
※消費エネルギーは、冷暖房・給湯に要するもののみ計上					
CO2排出係数(ガス)	kgCO2/Nm3	2.31		2.31	
CO2排出係数(電力)	kgCO2/kWh	0.521		0.37	
CO2排出量(ガス)	t-CO2/年	18.6	0.0	18.6	0.0
CO2排出量(電力)	t-CO2/年	3.9	21.1	2.8	15.0
CO2排出量(合計)	t-CO2/年	22.5	21.1	21.4	15.0
※2030年の排出係数は、国の将来目標値を採用					
削減率(2020年・現況設備に対する率)		6.2%		4.9%	33.3%

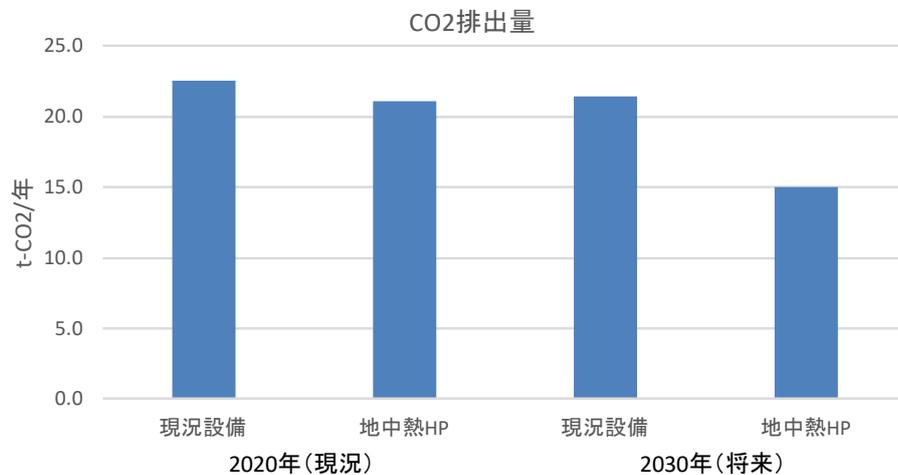


図 5-4 CO2 排出量の評価

5-3-3 総合評価【最終選定】

以下に、詳細な設備の方針を選定する総合評価の結果を示す。

- ケース 6-A および 6B の違いは、地下水の使用量および補助熱源の有無であるが、既設消雪パイプ井戸の揚水試験より、地下水量は確保できる見込みであり、初期投資も抑えることができるケース 6-A が推奨される。
- ケース 6-C・6-D について、錦鯉の里では立地上、高傾斜の太陽光発電設備の採用は困難であり、融雪機能付き太陽光発電についても、融雪に要する電気代を多く要するため、錦鯉の里での太陽光発電設備の採用は難しい。

表 5-3 総合評価の結果【最終選定】

ケース	ケース6-A	ケース6-B	ケース6-C	ケース6-D
設備①		地中熱ヒートポンプ 100kW×2台 (オープンループ式:揚水井・還元井を新設)		
設備②	—	ガスボイラ 100kW	—	ガスボイラ 100kW
設備③	—	—	融雪機能付き太陽光発電 約18kW	
地下水使用量	夏季:最大180L/min 冬期:最大454L/min	夏季:最大180L/min 冬期:最大180L/min	夏季:最大180L/min 冬期:最大454L/min	夏季:最大180L/min 冬期:最大180L/min
イメージ				
■総合評価				
経済性	インシヤルコスト	◎ 太陽光を設置しないため、比較的小さい 全て補助金を想定	○ 太陽光を設置しないため、比較的小さいが、補助熱源の初期投資が必要 初期投資 約200万円	○ 太陽光を設置するため、比較的大きいが、補助金活用可能 全て補助金を想定 初期投資 約200万円
	ランニングコスト削減率	○ 低減可能 13%	○ 低減可能 11%	○ 低減可能 16%
環境性	○ CO2を削減可能	○ CO2を削減可能	◎ CO2を比較的大きく削減可能	◎ CO2を比較的大きく削減可能
維持管理性	基本的にメンテナンスフリーで運用可能			
信頼性	○ 既存井戸の揚水試験から地下水は確保可能であり、他都市でも実績のあるシステムである	○ 既存井戸の揚水試験から地下水は確保可能であり、他都市でも実績のあるシステムである	△ 融雪機能付き太陽光発電の実績が乏しく、融雪に要する電気代の正確な把握が難しい	
総合評価	◎ シンプルな設備構成で経済性も確保可能	○ 経済性を確保可能であるが、補助熱源の一部初期投資が必要	△ 融雪機能付き太陽光発電の信頼性が乏しい	△ 融雪機能付き太陽光発電の信頼性が乏しい

6 錦鯉の里の設備導入基本計画

6-1 新たな設備の導入計画

冷暖房および給湯を賄っている吸収式冷温水機および温水ヒーターに代替し、新たな設備として地中熱ヒートポンプ 100kW×2 基を導入する。融雪のガス給湯器は、残置し利用する。

■現状の設備

用途	冷暖房	給湯（池の昇温）	融雪（屋根・館内路面）
外観			
種別	吸収式冷温水機	温水ヒーター	ガス給湯器
燃料種	都市ガス		
メーカー	日立アプライアンス	タクマ	リンナイ
製造年月	2013年10月	詳細不明（ただし、1989年の開館時より使用）	2018年10月



■新たな設備

用途	冷暖房	給湯（池の昇温）	融雪（屋根・館内路面）
外観			
種別	地中熱ヒートポンプ 100kW×2 基 揚水井 1 本・還元井 2 本		ガス給湯器（既存設備）
燃料種	電力		都市ガス

図 6-1 新たな設備導入の概要

6-2 事業のスケジュール

令和 3 年度に詳細設計・施工を完了し、令和 4 年度より運用開始予定である。

注釈 1：地中熱ヒートポンプシステム 1p

年間を通じて温度が安定している地中の熱を取り出し、それを熱源として加温に利用するシステム。

注釈 2：揚水量 1p

一定時間にポンプが吐き出す水の量です。揚水量、流量とも言われる。

注釈 3：吸収式冷温水機 2p

「蒸発」・「吸収」・「再生」・「凝縮」の4つ作用を経て、冷暖房を行う機器です。特定フロンや代替フロンを使用せず、「水」を冷媒とした環境にやさしい空調システムのこと。

また、吸収式は、多様な熱エネルギーを利用できるため、ガスコージェネレーションシステム（ガスコージェネ）の廃熱を利用して空調を行うジェネリンクというものもあり、さらなる省エネ・省CO₂を実現する。

注釈 4：クローズドループ式地中熱ヒートポンプシステム 3p

深度 100m 程度までの地中熱交換機に不凍液等を循環させ、ヒートポンプで熱交換するシステム。地下水をくみ上げないため、設置場所を問わない。

注釈 5：ボアホール 3p

地面などに垂直にボーリングで空けた穴。試錐孔。井戸や石油・石炭などの試掘、地質調査、地震計の設置、地中熱システムなどに用いられる。

地中熱利用システムにおけるボアホール方式とは、ボーリングマシンを用いて地中に掘削した穴（地中熱交換井）に熱交換器を挿入し、地中から採熱（または地中へ放熱）する方式をいう。

注釈 6：オープンループ式地中熱ヒートポンプシステム 3p

くみ上げた地下水と熱をやり取りし、地下水を地中に戻す（還元する）、または地上で放流するシステム。地下水が十分に供給される場合に適用され、クローズドループ方式よりも安価に導入が可能である。

注釈 7：消雪パイプ 3p

消雪用井戸から汲み上げた地下水を路面に設置した散水ノズルから湧出させ、地下水の熱で消雪を行うもの。

注釈 8：ガスコージェネレーションシステム 3p

都市ガスを燃料として、必要な場所で電気をつくり、同時に発生する熱を冷房・暖房・給湯・蒸気などに利用できるシステム。都市ガスは再生可能エネルギーではないが、灯油に比べてCO₂排出量が少なく、クリーンなエネルギーである。

注釈 9：イニシャルコスト 4p

新しく事業を始めたり、新しく機械や設備などを導入したり、新しく建築物を建築したりするときなどに、稼働するまでの間に必要となる費用のことである。初期費用ともいう。

注釈 10：太陽光発電 6p

太陽の光エネルギーを太陽電池により直接電気に変換する発電設備。

注釈 11：ランニングコスト 7p

機材やシステムを保守、管理するために必要となる費用のことである。総じて、運用のための維持費のこと。