

技術比較表（選定技術概要+選定技術の評価結果）

No	従来技術	1	2	3	4
応募者	-	日本地下水開発株式会社	株式会社 興和	株式会社 興和	ミサワ環境技術株式会社
技術名称	電熱線方式	地下水流熱消雪システム	自動出力可変ヒートポンプ融雪工法	高放熱性能地中熱ヒートパイプ融雪工法	地中熱利用路面融雪システム「BHES」
NETIS登録		■掲載期間終了技術（登録番号：TH-020004-A）	■NETIS未登録（登録申請中）	■NETIS未登録（登録申請中）	■掲載期間終了技術（登録番号：HR-990038-A）
システム概要図					
技術の概要	電気を熱源とし、舗装内部に電熱線を一定の間隔で適正な面積ごとに区画して埋設し、舗装内部から放熱する熱によって路面の雪や氷を溶かす。	地下水を汲み上げる事無く、井戸内に設置した熱交換器を介し地下水流との熱交換を行い、その熱のみで路面の消雪、凍結防止を行うシステムである。井戸内熱交換器と放熱帯を管路で結び、循環ポンプにより不凍液を循環させることで、地下水熱を効率的に採熱する。	地下水を熱源として出力（循環液の温度）が可変可能なヒートポンプを用い、必要に応じた融雪能力を確保する技術である。インバータ制御で循環液の温度を自動的に可変させることで、小雪時は低出力、通常時は設計出力で稼働できる。熱源は地下水とするが、地中熱・下水熱など他の熱源でも導入可能である。	採熱部を地中に、融雪部を舗装に配置したヒートパイプの蒸発・凝縮・蒸気移動・重力作用の動作原理により、融雪を行うシステムである。放熱部よりも採熱部の温度が高いときのみ熱を放熱部へ運ぶヒートパイプの特性を利用して融雪を行う。	年間を通して温度が安定している地中熱を道路融雪の熱源として使用する無散水融雪システムである。地下50~150mに設置した地中熱交換器と路面に埋設した放熱管を接続し、不凍液を循環させて地中の熱を路面に伝えることにより、路面をあたためて融雪を行う。
応募技術の特徴	特徴	<ul style="list-style-type: none"> 地下水を揚水せず、地下水熱で融雪する。 地下水流により熱供給されるため、供給温度が安定している。 地下水の揚水規制がされている地域で使用可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 地下水を揚水しヒートポンプにより採熱・熱交換され融雪する。揚水は地下に循環可能である。 地下水流により熱供給されるため、供給温度が安定している。 揚水しヒートポンプで熱交換後、揚水は地下に循環可能であるが、一部地域によっては揚水規制の適用となる場合があるため、事前調査が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 地下水を揚水せず、地中熱で融雪する。 地下水が無い地域でも、どこにでもある地中の熱を取り出して活用することを可能にした。 地下水の揚水規制がされている地域で使用可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 地下水を揚水せず、地中熱で融雪する。 地下水が無い地域でも、どこにでもある地中の熱を取り出して活用することを可能にした。 地下水の揚水規制がされている地域で使用可能である。
	先端技術	-	<ul style="list-style-type: none"> 融雪や凍結防止に必要な熱量に合わせたインバータによる自動運転。 降雪の強弱に合わせて自動運転するため、電気料金削減効果とCO2削減効果が高い。 	-	-
応募技術が画期的な点	独自の新技术	放熱管を対向配置とすることで路面温度を均一に整える。	<ul style="list-style-type: none"> 無段階または段階的な降雪検知と、データ配信が可能なセンサ、ヒートポンプ内のバイパス管、周波数制御の組み合わせによる効率運転制御が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 高熱伝導コンクリートと地中熱ヒートパイプを組み合わせることで、地中から舗装表面までの熱伝達がスムーズになり、適用できる地中温度や必要熱量が広がっている。 	<ul style="list-style-type: none"> 地下水を揚水することなく、地中熱交換器を介して地中の熱だけを取り出すため、地盤沈下や地下水汚染の恐れがない。また、地下水がない地域でも適用が可能。地中熱交換器に使用するパイプはポリエチレン製で、十分な耐久性を有する。
	条件（注意）事項	<ul style="list-style-type: none"> 操作盤を設置するスペースを確保する必要がある。 面的な施工に関しては、熱源となる井戸が密集しないよう配置を計画する必要がある。（地中熱交換井戸の掘削間隔は、4m以上確保が必要） 採熱井戸の掘削が可能なこと。 地下水のある地域でかつ地下水の流動が認められる地域であること。 ポンプ動力として電力供給が得られる場所であること。 地質や地中温度により採熱能力が大きく変動するため事前の調査が必要。 採熱井戸の設置予定箇所には地下埋設物がないこと。 採熱井戸を設置する際に、さく井掘削機械の設置スペース（10×11m）程度が必要。 計画地の水質等を踏まえた適切な採熱管材質を選択のこと。 	<ul style="list-style-type: none"> ヒートポンプを設置するスペースを確保する必要がある。 採熱井戸が1箇所のため、面的な施工について制約条件（注意点）は特に無い。 採熱井戸の掘削が可能なこと。 所定の地下水揚水量が確保可能であること。 最大出力に応じた電力供給が得られる場所であること。 地質や地中温度により採熱能力が大きく変動するため、事前の調査が必要。 採熱井戸の設置予定箇所には地下埋設物がないこと。 採熱井戸を設置する際に、さく井掘削機械の設置スペース（5×20m）程度が必要。 - 	<ul style="list-style-type: none"> 屋外に機器類を設置する必要がない。 - 電源不要であるため、停電時も融雪することが可能である。 地質や地中温度により採熱量がことなるため、事前の調査が必要。 採熱孔の設置予定箇所地下埋設物がないこと。 ヒートパイプを設置する際に削孔機械の設置スペース（6×8m）程度が必要。 橋梁部に設置することは非対象とする。 	<ul style="list-style-type: none"> ポンプ室、制御盤を設置するスペースを確保する必要がある。 駐車場などの面的なエリアに設置する場合は、地中熱交換器を別のエリアに配置して、融雪エリアへ送水する方法がある。 採熱孔の掘削が可能なこと。 - ポンプ動力として電力供給が得られる場所であること。 地質や地中温度により採熱量がことなるため、事前の調査が必要。 採熱孔の設置予定箇所地下埋設物がないこと。 地中熱交換器を設置する際にボーリングマシンの設置スペース(10×20m程度)が必要。 -
技術の詳細	応募技術を使用する場合の条件（注意）等				
	ランニングコスト	<ul style="list-style-type: none"> 施設運転に掛かる費用は循環ポンプの電力料金のみであるため、従来技術に比べ、ランニングコストが小さい。 運転に必要なエネルギーは循環ポンプの電力のみであり、従来技術である電熱線方式と比較して消費電力量が1/8以下になる省エネなシステムである。化石燃料など枯渇性エネルギーを利用した熱を利用するシステムとは異なり、クリーンかつ省エネルギーなシステムである。 	<ul style="list-style-type: none"> 従来技術にはない、小雪運転時の降雪量に応じた循環液の送水温度の自動制御で消費電力が抑制（出力可変）されるため、ランニングコストが小さい。 小雪時は低出力での運転が可能でありエネルギーを効率良く活用できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 本技術は、路面が冷えるとヒートパイプの特性により自動的に動力なしで作動し融雪するので、ランニングコストがゼロである。 融雪時の化石エネルギー消費量がゼロである。 	<ul style="list-style-type: none"> 循環ポンプの電気料金のみであるため、従来技術に比べ、ランニングコストが小さい。 運転に必要なエネルギーは循環ポンプの電力のみであり、従来技術である電熱線方式と比較して消費電力量が1/10以下になる省エネなシステムである。
	環境	地下水を揚水せず井戸内で熱交換するため周辺環境負荷が小さい。	地下水は揚水し、ヒートポンプで採熱するが、地下水を還元する井戸を1本掘削すれば地中に循環できるため周辺環境負荷が小さい。	地中熱を利用するため、周辺環境負荷が小さい。	地中熱を利用するため、周辺環境負荷が小さい。
	CO ₂	地下水熱を熱源とし循環ポンプのみ使用し融雪するためCO ₂ 排出量が少ない。	地下水熱を熱源としヒートポンプで効率を高め出力可変で融雪するためCO ₂ 排出量が少ない。	融雪時のCO ₂ 排出量がゼロである。	循環ポンプのみ使用し融雪するためCO ₂ 排出量が少ない。
	維持管理	機器が少なく単純なシステムであるため維持管理の作業が軽減される。	ヒートポンプ1基と採熱井戸の維持管理が必要である。	点検の対象となる受電設備や制御盤等の機器がないので、維持管理作業が著しく軽減される。	機器が少なく単純なシステムであるため維持管理の作業が軽減される。
	-	-	<ul style="list-style-type: none"> 本システムは制御設備が不要だけでなく、また、高放熱性能舗装を併用しているため、低コスト化と高出力化が図られる。 	<ul style="list-style-type: none"> 工事費のうち大きな割合を占める地中熱交換器はポリエチレン製で耐用年数が50年以上と長く、更新費用を含めたライフサイクルコストが非常に安価である。 	

技術比較表（選定技術概要 + 選定技術の評価結果）

No	従来技術		1		2		3		4			
応募者	-		日本地下水開発株式会社		株式会社 興和		株式会社 興和		ミサワ環境技術株式会社			
技術名称	電熱線方式		地下水流熱消雪システム		自動出力可変ヒートポンプ融雪工法		高放熱性能地中熱ヒートパイプ融雪工法		地中熱利用路面融雪システム「BHES」			
○条件	ケース①	ケース②	ケース①	ケース②	ケース①	ケース②	ケース①	ケース②	ケース①	ケース②		
熱源（エネルギー）種類	/		地下水熱		地下水熱（地中熱、下水熱なども可）		地中熱		地中熱			
熱源（エネルギー）の温度の適用範囲	/		13℃		13℃		15℃		15℃			
設計熱量	150W/m ²	60W/m ²	150W/m ²	60W/m ²	150W/m ²	60W/m ²	150W/m ²	60W/m ²	150W/m ²	60W/m ²		
設計気温	0.0℃	2.0℃	0.0℃	2.0℃	0.0℃	2.0℃	0.0℃	2.0℃	0.0℃	2.0℃		
融雪面積	1,000m ²		1,000m ²		1,000m ²		1,000m ²		1,000m ²			
事前に実施した試験方法の種類	/		現場試験結果、その他（机上シミュレーションによる）		室内試験結果、現場試験結果、その他（机上シミュレーションによる）		室内試験結果、現場試験結果、その他（机上シミュレーションによる）		現場試験結果、その他（机上シミュレーションによる）			
熱源井戸、採熱孔の規格 （参考）従来技術（電熱線）規格	（参考）高圧受電		採熱井戸		採熱井戸		採熱孔		採熱孔			
	発熱線種別=第4種（強化型） 電源種別=3Φ3W 400V 50Hz ヒータ管工事数=20工点	ヒータ管工事数=14工点	口径=150mm 削孔長=164m 本数=12本	口径=150mm 削孔長=62m 本数=16本	口径=250mm 削孔長=22m 本数=1本	口径=250mm 削孔長=22m 本数=1本	削孔径=146mm 削孔長=18.5m 削孔数=478本 ヒータ管本数=1,434本	削孔径=146mm 削孔長=10.5m 削孔数=358本 ヒータ管本数=1,432本	削孔径=127mm 熱交換器長=100m 本数=22本	削孔径=127mm 熱交換器長=100m 本数=10本		
応募技術の妥当性 ※1	/		○	○	○	○	○	○	○	○		
参考資料・参考図	参考資料5-1	参考資料5-2	参考資料1-1,1-3,1-4、参考資料6-1	参考資料1-2,1-3,1-4、参考資料6-1	参考資料2-1、参考資料6-1	参考資料2-1、参考資料6-1	参考資料3-1、参考資料6-1	参考資料3-2、参考資料6-1	参考資料4-1,4-3、参考資料6-1	参考資料4-2,4-3、参考資料6-1		
○結果	ケース①	ケース②	ケース①	ケース②	ケース①	ケース②	ケース①	ケース②	ケース①	ケース②		
先端技術	先端技術等による効果	先端技術等の使用による効果 ※2	-	-	・融雪や凍結防止に必要な熱量に合わせたインバータによる自動運転。 ・降雪の強弱に合わせて自動運転するため、電気料金削減効果とCO2削減効果が高い。 (注)参考資料2-2~2-5参照		-	-	-	-		
新技術	独自の新技术	融雪技術に関する独自の新技术 ※3	-	-	・放熱管を対向配置とすることで路面温度を均一に整える。 (注)参考資料1-5~1-6参照	・無段階または段階的な検知とデータ配信が可能なセンサとヒートポンプ内のパイプ管、周波数制御の組み合わせによる効率運転制御。(注)参考資料2-6~2-7参考	・高熱伝導コンクリートと地中熱ヒートパイプを組み合わせたことで、地中から舗装表面までの熱伝達がスムーズになり、適用できる地中温度や必要熱量が広がっている。 ・パイプ一本が破損しても施設の融雪効果はほぼ維持される。 (注)参考資料3-3~3-6参照	・地下水を揚水することなく、地中熱交換器を介して地中の熱だけを取り出すため、地盤沈下や地下水汚染の恐れがない。また、地下水がない地域でも適用が可能。地中熱交換器に使用するパイプはポリエチレン製で、十分な耐久性を有する。	-	-		
ネ省性工	融雪エネルギーの節約	エネルギー消費効率：COP	COP=1.0	COP=1.0	COP=16.7	COP=9.4	COP=3.6	COP=2.8	COP=∞	COP=∞	COP=34.1	COP=13.6
経済性	コスト比率（初期投資） ※4	イニシャルコスト金額(千円)	121,000	121,000	369,000	270,000	150,000	136,000	386,000	223,000	140,000	102,000
		従来比 (%)			305.0%	223.1%	124.0%	112.4%	319.0%	184.3%	115.7%	84.3%
	コスト比率（運転） ※5 ※6	電気料金金額(千円)	51,600	14,800	3,060	1,700	14,300 ※3	5,410 ※3	0	0	1,610	1,210
		従来比 (%)			5.9%	11.5%	27.7%	36.6%	0.0%	0.0%	3.1%	8.2%
コスト比率（維持管理）	メンテナンスコスト金額(千円)	11,000	11,000	6,000	6,000	6,300	6,300	0	0	5,000	5,000	
	従来比 (%)			54.5%	54.5%	57.3%	57.3%	0.0%	0.0%	45.5%	45.5%	
トータルコスト/20年	金額(千円)	184,000	147,000	378,000	277,000	170,000	147,000	386,000	223,000	147,000	108,000	
	従来比 (%)			205.4%	188.4%	92.4%	100.0%	209.8%	151.7%	79.9%	73.5%	
工程	施工時における通行規制期間	一般交通への影響通行規制期間	規制：80日 (工期：80日)	規制：80日 (工期：80日)	規制：106日 (工期：135日)	規制：106日 (工期：124日)	規制：136日 (工期：136日)	規制：136日 (工期：136日)	規制：186日 (工期：186日)	規制：116日 (工期：116日)	規制：104日 (工期：162日)	規制：104日 (工期：154日)
施工性	道路の占用	各設備の占用面積	7.7m ²	7.7m ²	23.0m ²	30.4m ²	7.2m ²	6.0m ²	0.0m ²	0.0m ²	110.4m ²	50.4m ²
品質	屋外仕様の有無	屋外での適応性（屋外仕様対応）	○ 対象：高圧キュービクル	○ 対象：操作盤	○ 対象：熱源機	○ 対象：熱源機	○ 対象：無し	○ 対象：無し	○ 対象：無し	○ 対象：ポンプ室	○ 対象：無し	○ 対象：無し
環境	熱源設備の騒音	音響パワーレベル (A特性)(dB)	騒音対象機器無し	68.0dB	66.0dB	76.6dB	71.2dB	騒音対象機器無し	騒音対象機器無し	63.0dB	63.0dB	
その他	熱源設備の据え付けのやりやすさ	熱源設備の重量 (kg)	2,500	2,500	670	660	4,500	3,800	0	0	1,500	1,500
	CO ₂ 削減効果	CO ₂ 削減効果 (t-CO ₂ /年)	31.68 (排出量)	4.44 (排出量)	削減量=29.78 (削減率=94.0%)	削減量=3.97 (削減率=89.4%)	削減量=22.81 (削減率=72.0%)	削減量=2.86 (削減率=64.4%)	削減量=31.68 (削減率=100%)	削減量=4.44 (削減率=100%)	削減量=30.75 (削減率=97.1%)	削減量=4.11 (削減率=92.6%)

※1 本公募技術の妥当性は、応募者の施工実績に基づく結果より確認しており、比較表の値は施工実績に基づく結果であるが施工現場によっては採熱性能は変動する。なお実際の施工の場合は地盤の状況や現地で取得できる熱量に幅がある。
 ※2 先端技術等（AI降雪検知器、インバータ制御節電、段階的制御節電等）を使用し、気象状況に応じて熱量、融雪箇所等を制御する場合、申請者からの資料より具体的な機能を明示する。各項目に示す資料を参照すること。
 ※3 融雪技術に関する独自の新技术がある場合は、申請者からの資料より具体的な機能を明示する。各項目に示す資料を参照すること。
 ※4 電熱線融雪のイニシャルコストには、10年に1度断線による交換費用も含み計算する。また電熱線融雪のみアスファルト舗装とし、応募技術は全てコンクリート舗装である。なおイニシャルコストは、新潟県、2019年6月半値の条件を想定し算出されたものである。（消費税込み）実際の検討を行う際は地域条件等が異なるため、条件に応じ、再度見積り徴収することが必要である。
 ※5 電気料金は電熱線融雪のみ高圧受電、応募技術は全て低圧受電にて計算している。
 ※6 No.2の技術はインバータ制御にて申請しているが、今回の運転コスト評価は定常運転にて算出しているため、効果は反映されていない。