

## (1)課題概要

### ①【課題の概要・目的】

従来の家庭用ロードヒーティングは電熱式、灯油ボイラー式が主流ですが、大量にエネルギーを消費するため、普及率の増加に伴うCO2排出量の増加が問題となっています。本事業では、夏の太陽熱と家庭内の浴室からの排湯熱を地下1mの浅層に蓄熱し地中温度を適切に保ちながら、循環液の熱交換のみ(ヒートポンプ)で最大限の融雪効果を得る、燃料ゼロの低温融雪技術を開発します。浅層からの採熱により工事費の低減を図るとともに、循環ポンプの消費電力のみで融雪することで従来の維持費を大幅に削減し、飛躍的な普及を目指します。CO2排出量は従来技術に比べて極めて少ないため、広く普及させることで民生部門の低炭素化を実現します。

### ②【技術開発の内容】

#### ○重要な開発要素

#### A1.【家庭内排湯熱利用技術の開発】

浅層からの採熱により融雪効果を得るため、地下に埋設した貯水管に排湯を供給し地温の向上を図る。融雪時の排湯供給前後の貯水管周りの地温変化、採熱量を検証。H29～30年度の実証により効果を確認。(実用化レベルに到達)

#### A2.【太陽熱浅層地中蓄熱技術の開発】

浅層からの採熱により融雪効果を得るため、夏期運転により路面の太陽熱を浅層に放熱・蓄熱し地温の向上を図る。夏場に試験運転を実施し地温変化や冬場の採熱量上昇効果を検証。H29～30年度の実証により効果を確認。(実用化レベルに到達)

#### A3.【熱エネルギーマネジメント技術の開発】

地温を適正に保ちながら安定した融雪効果を得るため、最適な制御方法を選定する。複数パターンの制御による試験運転を実施し地温変化や無駄な採熱の削減効果を検証。H29～30年度の実証により最適な制御方法を選定。(実用化レベルに到達)

#### その他の開発要素:

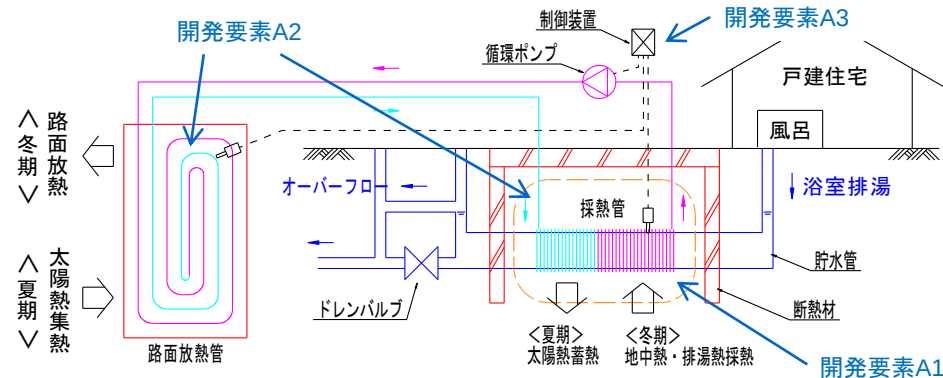
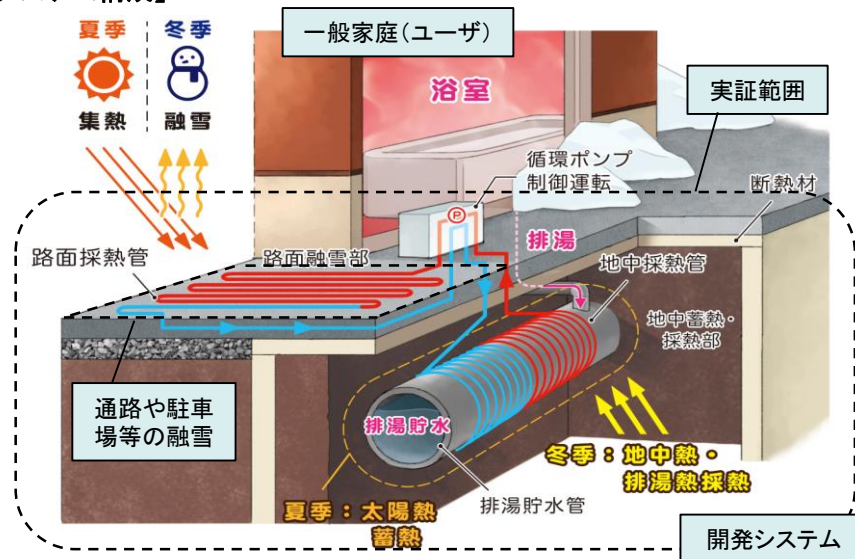
#### A4.【システムの製品化開発】、A5【他用途利用の検討】

#### B. 開発要素のシステム統合と、C. その実証

開発要素A2、A3はA1の採熱効果及び融雪効果を向上させるための運用方法に関する開発であり、統合における課題は特にない。

実証においては、融雪効果、省エネ効果・CO2削減効果の観点からシステム性能を評価する。融雪効果については定点カメラにより融雪状況を観測し評価する。省エネ効果・CO2削減効果についてはA3により運転時間を測定し循環ポンプの消費電力を積算して評価する。

### ③【システム構成】



### ④【技術開発の目標・リスク】

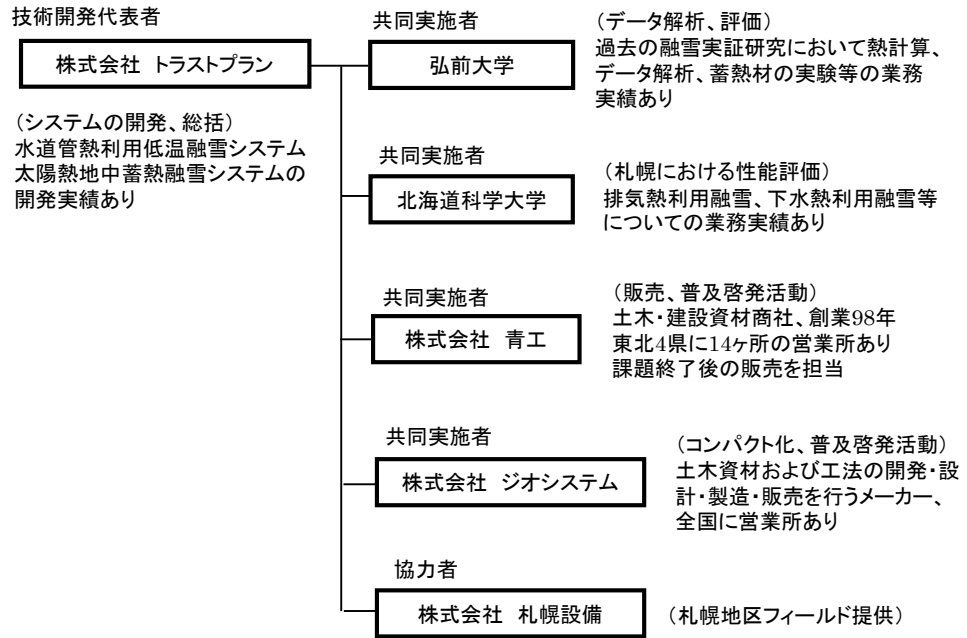
○想定ユーザ・利用価値: 積雪地域の一般家庭を想定。除雪作業からの解放、除排雪コストの縮減、それによる可処分所得の増加、除雪作業中の事故の減少、雪バリア解消による快適な雪国生活の実現。

○目標となる仕様及び性能: 融雪能力: 対象面積30m<sup>2</sup>(およそ乗用車2台分の駐車面積)、日降雪20cmに対応、熱流束(路面からの放熱量): 90W/m<sup>2</sup>、COP: 8以上。省エネルギー率: 90%以上(灯油ボイラー比想定)。

○開発工程のリスク・対応策: 開発工程に対するリスクは特にない。

(2)実施計画等

①【実施体制】



②【実施スケジュール】

|                        | H28年度    | H29年度    | H30年度    |
|------------------------|----------|----------|----------|
| A1.要素技術A1の開発           |          |          |          |
|                        | 7,074千円  | 10,228千円 | 12,058千円 |
| A2.要素技術A2の開発           |          |          |          |
|                        |          | 3,409千円  | 9,647千円  |
| A3.要素技術A3の開発           |          |          |          |
|                        | 2,359千円  | 6,820千円  | 4,823千円  |
| A4.製品化開発               |          |          |          |
|                        |          | 1,705千円  | 4,823千円  |
| A5.他用途利用検討             |          |          |          |
|                        |          | 1,705千円  | 2,414千円  |
| B.統合システムの最適化<br>及びC.実証 | 4,716千円  | 10,228千円 | 14,470千円 |
| その他経費                  | 2,017千円  | 3,126千円  | 5,436千円  |
| 委託事業費の総額               | 16,166千円 | 37,221千円 | 53,671千円 |
| 補助事業費の総額               |          | 13,692千円 | 8,530千円  |
| 事業費の総額                 | 16,166千円 | 50,913千円 | 62,201千円 |
| 環境省から受ける補助総額           | 16,166千円 | 44,067千円 | 57,936千円 |

③【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

|              |         |
|--------------|---------|
| 事業化を担う主たる事業者 | 株式会社 青工 |
|--------------|---------|

・2019年までに、低コスト化、コンパクト化を実施し、販売開始

○事業展開における普及の見込み

- ・対象市場規模:積雪地域9,200,000世帯(北海道、東北、北陸、中部地方)
- ・導入コスト目標:150万円/30m<sup>2</sup>(従来品の価格:100万円/30m<sup>2</sup>)
- ・運用コスト目標:7千円/年(従来品の価格:6万円/年)
- ・製品単純回収年数:10年程度(導入コスト差額÷年間運用コスト差額)

○年度別販売見込み

| 年度          | 2020  | 2022   | 2025   | 2030    |
|-------------|-------|--------|--------|---------|
| 目標販売台数(台)   | 5,400 | 11,400 | 12,000 | 69,600  |
| 目標累積販売台数(台) | 6,000 | 24,000 | 84,000 | 360,000 |
| 目標販売価格(円/台) | 150万円 | 150万円  | 150万円  | 150万円   |

○普及におけるリスク(課題・障害)

- ・普及の障害となる規制は特にない
- ・実証後は広く公表・PRし、ユーザーの信頼を得ることが最も大きな課題である。

④【エネルギー起源CO2削減効果】

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 開発品(装置/システム)1台当たりのCO2削減量(t-CO2/台・年) | 2.5 |
|-------------------------------------|-----|

| 年度                                                                          | 2020 | 2022  | 2025 | 2030 |
|-----------------------------------------------------------------------------|------|-------|------|------|
| CO2削減量(万t-CO2/年)                                                            | 1.3  | 2.8   | 3.0  | 17.4 |
| 累積CO2削減量(万t-CO2)                                                            | 1.5  | 6.0   | 21.0 | 90.0 |
| CO2削減コスト(円/t-CO2)(2020年度は不要)<br>=環境省から受ける補助総額(円)÷当該年度までの<br>累積CO2削減量(t-CO2) |      | 1,969 | 562  | 131  |

### (3)技術開発成果

#### ①【これまでの成果】

- ・融雪面積20～30m<sup>2</sup>の試作品を3台作成  
(水平採熱式:弘前1台、札幌1台、鉛直採熱式(コンパクト型):札幌1台)
- ・融雪能力:日降雪20cmに対応 ※日平均気温0℃の場合(目標達成)  
「対応降雪深=3.3×日平均気温+20」の式より地域別の対応可能頻度試算可能
- ・熱流束:運転開始時150W/m<sup>2</sup>(平均)、水温低下時75W/m<sup>2</sup>(平均)(目標達成)
- ・COP:運転開始時13(平均)、水温低下時6(平均)(目標達成)
- ・省エネルギー率:95%以上(灯油ボイラー比)(目標達成)

#### ②【CO<sub>2</sub>削減効果】

##### (試算方法パターン B-a, I)

- ・国内潜在市場規模:92万台(従来システムのストック数(積雪地域総世帯数920万世帯(総務省統計)に10%普及(「融雪技術の展望について」衛工学シンポジウム論文集)と仮定))
- ・従来システムの年間フロー数:6万台/年(従来システムのストックが15年間で順次更新されていくと仮定)
- ・開発システム1台当たりのCO<sub>2</sub>削減効果:2.5t-CO<sub>2</sub>/年(灯油ボイラー比想定)

##### ○2020年時点の削減効果

- ・2020年度時点の従来システムのフロー数の累計値:12万台(2年間)
- ・2020年度に期待される最大普及量:0.6万台(開発システムの想定占有率5%)
- ・年間CO<sub>2</sub>削減量:1.5万t-CO<sub>2</sub>/年

##### ○2022年時点の削減効果

- ・2022年度時点の従来システムのフロー数の累計値:24万台(4年間)
- ・2022年度に期待される最大普及量:2.4万台(開発システムの想定占有率10%)
- ・年間CO<sub>2</sub>削減量:6万t-CO<sub>2</sub>/年

##### ○2030年時点の削減効果

- ・2030年度時点の従来システムのフロー数の累計値:72万台(12年間)
- ・2030年度に期待される最大普及量:36万台(開発システムの想定占有率50%)
- ・年間CO<sub>2</sub>削減量:90万t-CO<sub>2</sub>/年

#### ③【成果発表状況】

- ・帝国タイムス(全国版業界紙、2018年11月25日掲載)
- ・帝国ニュース(青森県版業界紙、2018年11月5日掲載)
- ・東奥日報(青森県地方紙、2018年9月29日掲載)
- ・イノベーションジャパン2018(会場:東京ビックサイト 会期:8月30日～8月31日)  
北海道科学大学ブースにて紹介
- ・第7回ふくしま再生可能エネルギー産業フェア REIFふくしま2018(会場:ビッグパレットふくしま 会期:11月7日～11月8日)株式会社ジオシステムブースにて紹介

#### ④【技術開発終了後の事業展開】

##### ○販売計画

- ・2019年までに更なるコンパクト化、低コスト化を推進する。更に中規模施設対応モデルを開発し販売対象の拡大を図る。
- ・2019年までに自社での販売を開始する。地元で実績を作り、普及拡大につなげる。※既に販売開始済、現時点で3件販売予定
- ・2020年までに協力会社の販売ネットワークを通じて販売エリアの拡大を図る。折込チラシやパンフレット等を配布し普及啓発を図る。
- ・2022年までに住宅メーカーに売り込み、さらなる販売エリアの拡大を図る。

##### ○事業拡大シナリオ

| 年度                 | 2019                                                                                  | 2020 | 2022 | 2030<br>(最終目標) |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------|------|----------------|
| コンパクト化、<br>低コスト化開発 |    |      |      |                |
| 中規模対応モ<br>デル開発     |    |      |      |                |
| 自社での販売・<br>宣伝活動    |  |      |      |                |
| 協力会社による<br>販売拡大    |  |      |      |                |
| 住宅メーカーに<br>よる販売拡大  |  |      |      |                |

##### ○シナリオ実現上の課題

- ・コンパクト化、低コスト化(安価な部品や施工性の改善等を検討)
- ・融雪規模拡大(地中熱併用、貯水槽連結タイプの試作品の作成、実証)
- ・積極的な宣伝活動(折込チラシやパンフレット、その他の情報発信)
- ・販売網拡大のための協力会社や住宅メーカーとの連携強化



# ○参考資料1

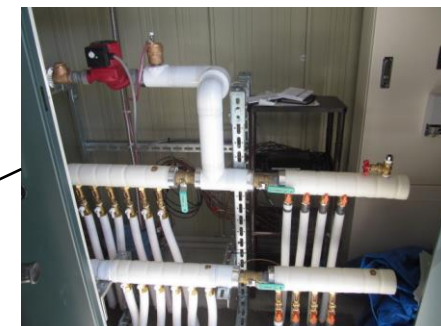
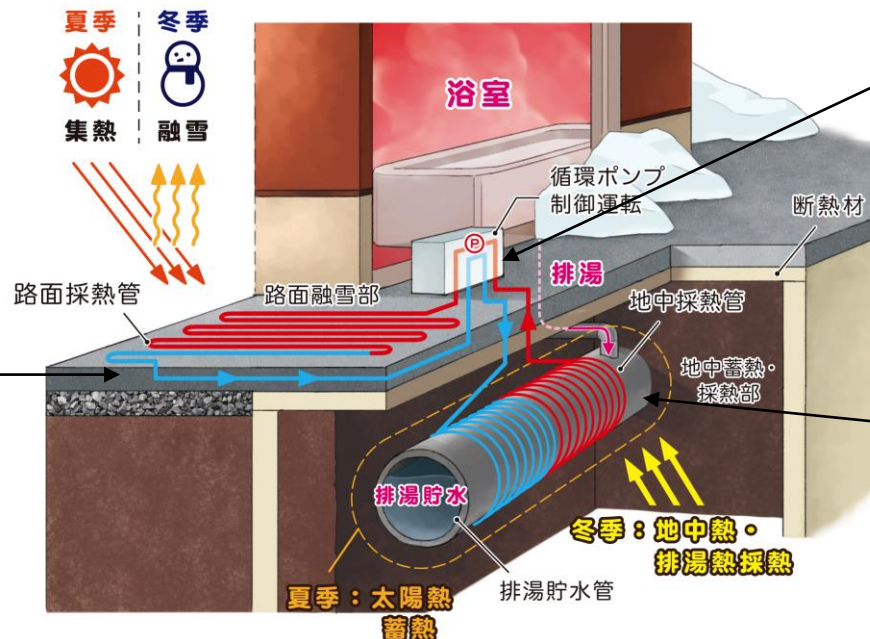
## 【水平採熱式】 貯水管を水平に敷設して採熱管を巻きつける方式

実証地

- ・弘前地区
- ・札幌市北区屯田地区



放熱管パイピング状況



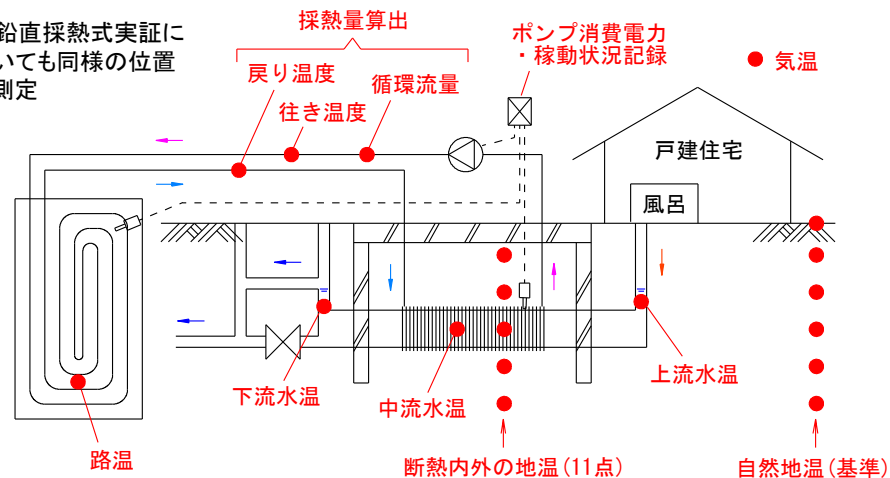
ポンプ、ヘッダー類設置状況



貯水管、採熱管、断熱材設置状況

## 【データ計測位置】

※鉛直採熱式実証においても同様の位置を測定





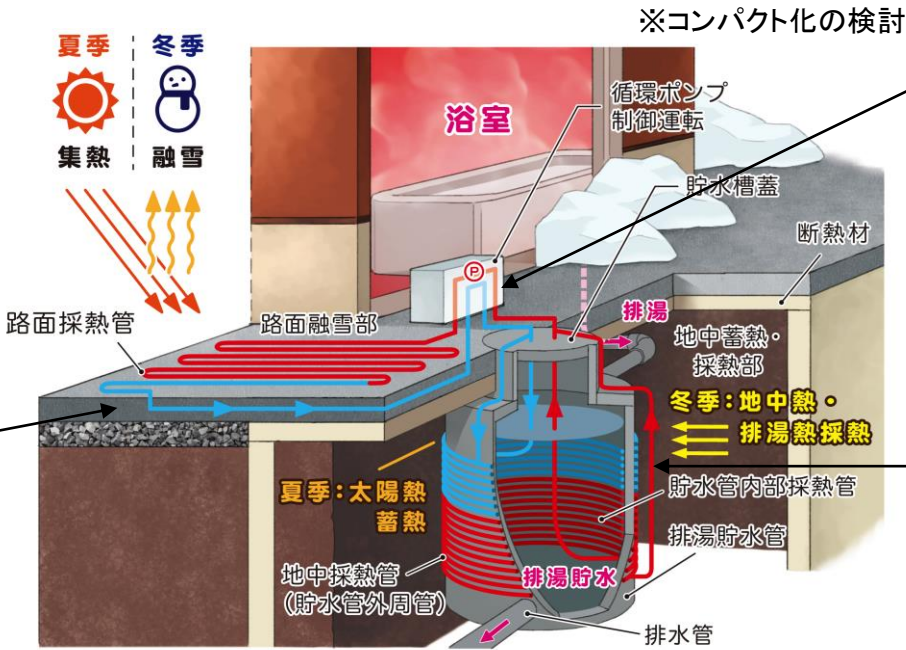
○参考資料2

【鉛直採熱式】 貯水槽を鉛直に据え付け採熱管を巻きつける方式

実証地  
・札幌市清田区平岡地区



放熱管パイピング状況



ポンプ、ヘッダー類設置状況



貯水槽、採熱管、設置状況

要素A2-②【太陽熱集熱器併用実証】

※熱供給量が不足する場合の対応策



太陽熱集熱器設置状況 (平岡地区のみ設置)



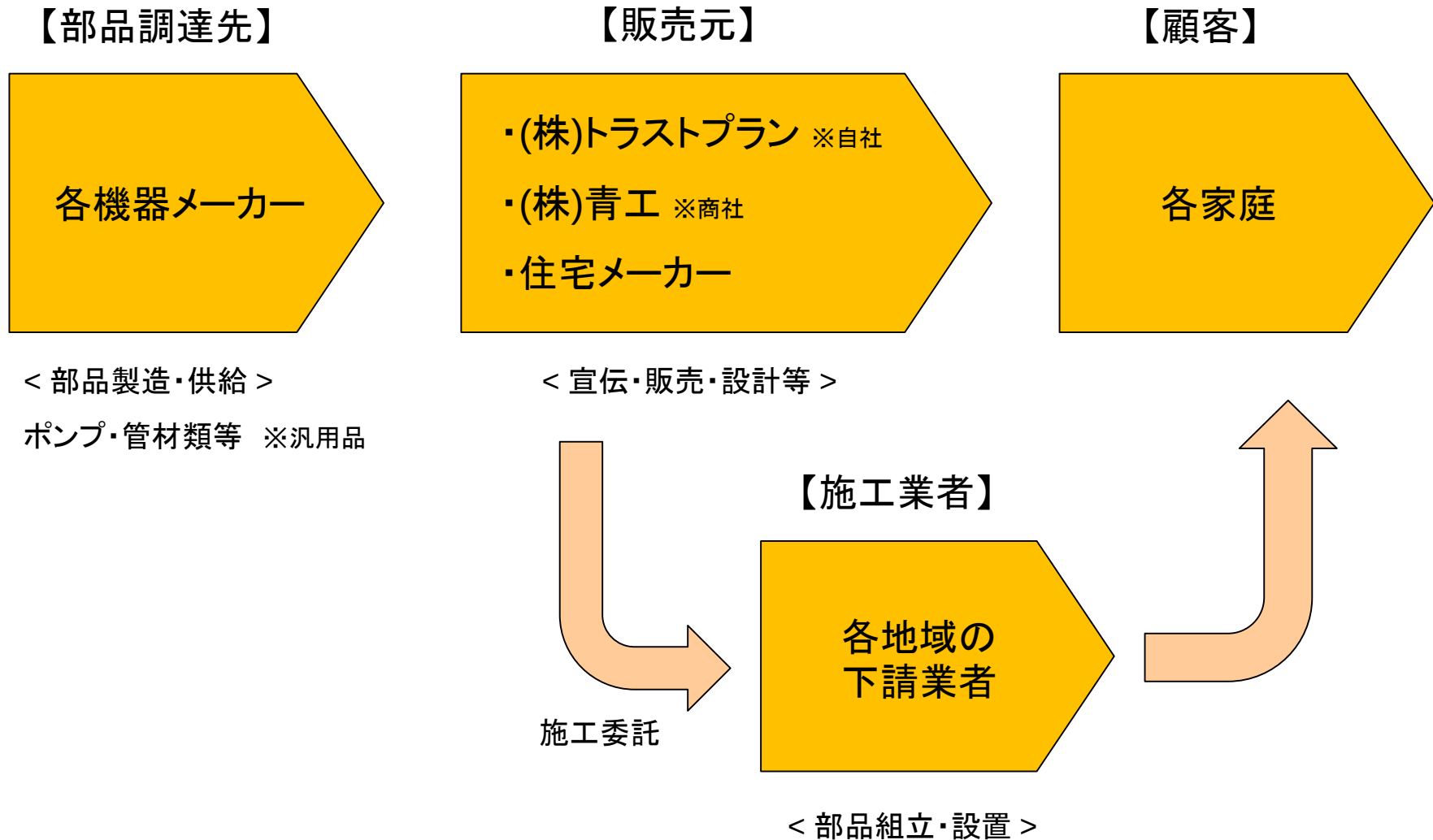
太陽熱を追加供給



融雪状況 (平岡地区、対象面積21m2、日降雪22cm/日)

## ○参考資料3

### 製造から販売までのロードマップ



## ○参考資料4

### < CO2削減効果の計算方法 >

#### 【開発システムにおけるエネルギー消費量】

融雪対象面積: 30m<sup>2</sup>

循環ポンプ消費電力: 250W/h

想定運転時間: 893時間/年(冬季稼働率30%)

CO2排出係数: 商用電力 0.579kgCO<sub>2</sub>/kwh

年間消費電力=250W/h × 893h=223kW/年

年間CO2排出量=223kw/年 × 0.579=129kgCO<sub>2</sub>/年

#### 【従来システムにおけるエネルギー消費量】

従来システム: 灯油ボイラー式(30m<sup>2</sup>) ※市販のカatalog引用

CO2排出係数: 灯油2.49kgCO<sub>2</sub>/L、商用電力 0.579kgCO<sub>2</sub>/kwh

灯油使用料 1.21L × 0.97 × 893h/年=1,039L/年

循環ポンプ消費電力=0.123kW × 893h/年=110kW/年

年間CO2排出量=1,039L/年 × 2.49+110kw/年 × 0.579=2,650kgCO<sub>2</sub>/年

#### 【1システム当たりのCO2削減効果】

2,650kgCO<sub>2</sub>/年 - 129kgCO<sub>2</sub>/年 = 2.5t-CO<sub>2</sub>/年

#### 【累計CO2削減効果】

| 年 度  | 従来システム        |              | 開発システム        |              |            |                                |                               |
|------|---------------|--------------|---------------|--------------|------------|--------------------------------|-------------------------------|
|      | 年導入数<br>(台/年) | 累計導入数<br>(台) | 年導入数<br>(台/年) | 累計導入数<br>(台) | 占有率<br>(%) | 年削減量<br>(t-CO <sub>2</sub> /年) | 累計削減量<br>(t-CO <sub>2</sub> ) |
| 2019 | 60,000        | 60,000       | 600           | 600          | 1          | 1,500                          | 1,500                         |
| 2020 | 60,000        | 120,000      | 5,400         | 6,000        | 5          | 13,500                         | 15,000                        |
| 2021 | 60,000        | 180,000      | 6,600         | 12,600       | 7          | 16,500                         | 31,500                        |
| 2022 | 60,000        | 240,000      | 11,400        | 24,000       | 10         | 28,500                         | 60,000                        |
| 2023 | 60,000        | 300,000      | 21,000        | 45,000       | 15         | 52,500                         | 112,500                       |
| 2024 | 60,000        | 360,000      | 27,000        | 72,000       | 20         | 67,500                         | 180,000                       |
| 2025 | 60,000        | 420,000      | 12,000        | 84,000       | 20         | 30,000                         | 210,000                       |
| 2026 | 60,000        | 480,000      | 40,800        | 124,800      | 26         | 102,000                        | 312,000                       |
| 2027 | 60,000        | 540,000      | 48,000        | 172,800      | 32         | 120,000                        | 432,000                       |
| 2028 | 60,000        | 600,000      | 55,200        | 228,000      | 38         | 138,000                        | 570,000                       |
| 2029 | 60,000        | 660,000      | 62,400        | 290,400      | 44         | 156,000                        | 726,000                       |
| 2030 | 60,000        | 720,000      | 69,600        | 360,000      | 50         | 174,000                        | 900,000                       |

※年削減量 = 累計導入数(台) × CO2削減原単位2.5(t-CO<sub>2</sub>)

※累計削減量 = 年削減量 + 前年度までの累計削減量

# CO<sub>2</sub>排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- 評価点 6.8点（10点満点中）

- 評価コメント

〔評価された点〕

- ー 従来の電熱融雪・灯油ボイラー融雪におけるエネルギー消費を削減するため、夏の太陽熱および家庭内排湯といった未利用熱を積極的に利用し、循環ポンプのみで融雪できる簡易システムを開発し、所期の技術的目標を達成している点について評価できる。
- ー また、それらの開発成果を着実にメディアを通じて公表し、開発システムの販売も開始している点は評価できる。

〔今後の課題〕

- ー 業界紙や展示会だけでなく、論文投稿など技術的な成果の発表に努めること。
- ー 累積導入見込数については、その実現可能性やCO<sub>2</sub>削減効果を精査すると共に、コスト面含め引き続き検討を行うことが望まれる。
- ー 実家庭に整備した場合の課題について具体的に明らかにし、実証実験を通じてシステムの信頼性を向上させていくことが望まれる。
- ー 蓄熱材併用の有効性の実証及び太陽熱集熱器併用について、融雪が必要な時期に太陽熱が使えるかどうかについて引き続き検証し、明確にすることが望まれる。

〔その他特記事項〕

- ー 事業終了後の普及シナリオが不明確であり、より具体化する必要がある。
- ー 実家庭を対象にした事業展開における導入コストや運用コストの検討を十分に行い、事業化計画の実現に努めること。