

太陽熱深層地中加温システム

株式会社ソラール
副社長 杉浦武雄

概要

- ◎太陽熱の有効利用：日中潤沢な太陽熱を効率よく蓄熱→その熱の需要を考える。
- ◎ハウス栽培では気温・地温の温度管理が重要。我国では殆ど空気加温である。
- ◎地温に関する我国と米国の文献の検索。
- ◎本システムは日照豊富な地域での地中加温の熱源として開発。その市場性の考察。

- ◎寒冷期に生産される農産物の輸出は我国の有力な成長産業と期待できる。

ハウス加温方法（オハイオ州立大学の資料）

1) パイプ地中加温（エネルギー効率：90%）

ハウスで最も一般的な加温システム：パイプ加温による地中加温方法である。作物の頂部を温めるのに効果があり、このシステムの長所は床の広い伝熱面からハウス全体に均一に熱が伝わることである。

2) 空気加温（エネルギー効率：60%）

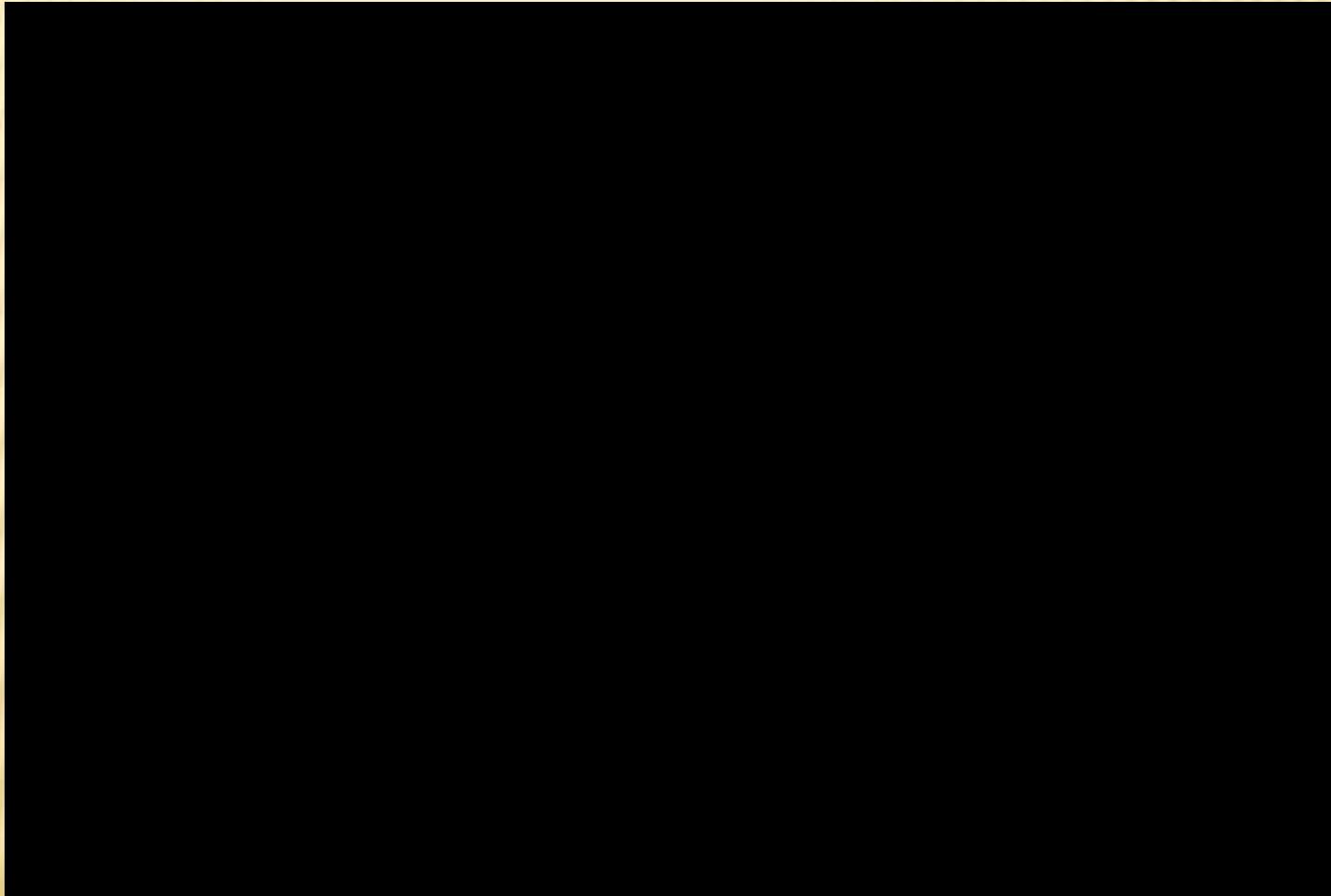
空気加温は制御動作が早い。加温器による熱はファン又は穴開きチューブによる熱分配方法。

空気加温の欠点：ファン設備と10%のエネルギーコスト増である。更に作物の頂部の温度が空気温度より低い→葉に結露が生じる。

結論：熱分配システムをハウスの下部に設置。→作物への熱伝達の改善→頂部の温度降下を防ぐ→結露防止。作物の頂部周辺的环境改善→大幅な省エネ効果。

加温面の作物近くの設置→エネルギー効率の大改善。

参考ビデオ（NHKテレビ放映）



太陽熱地中加温システム

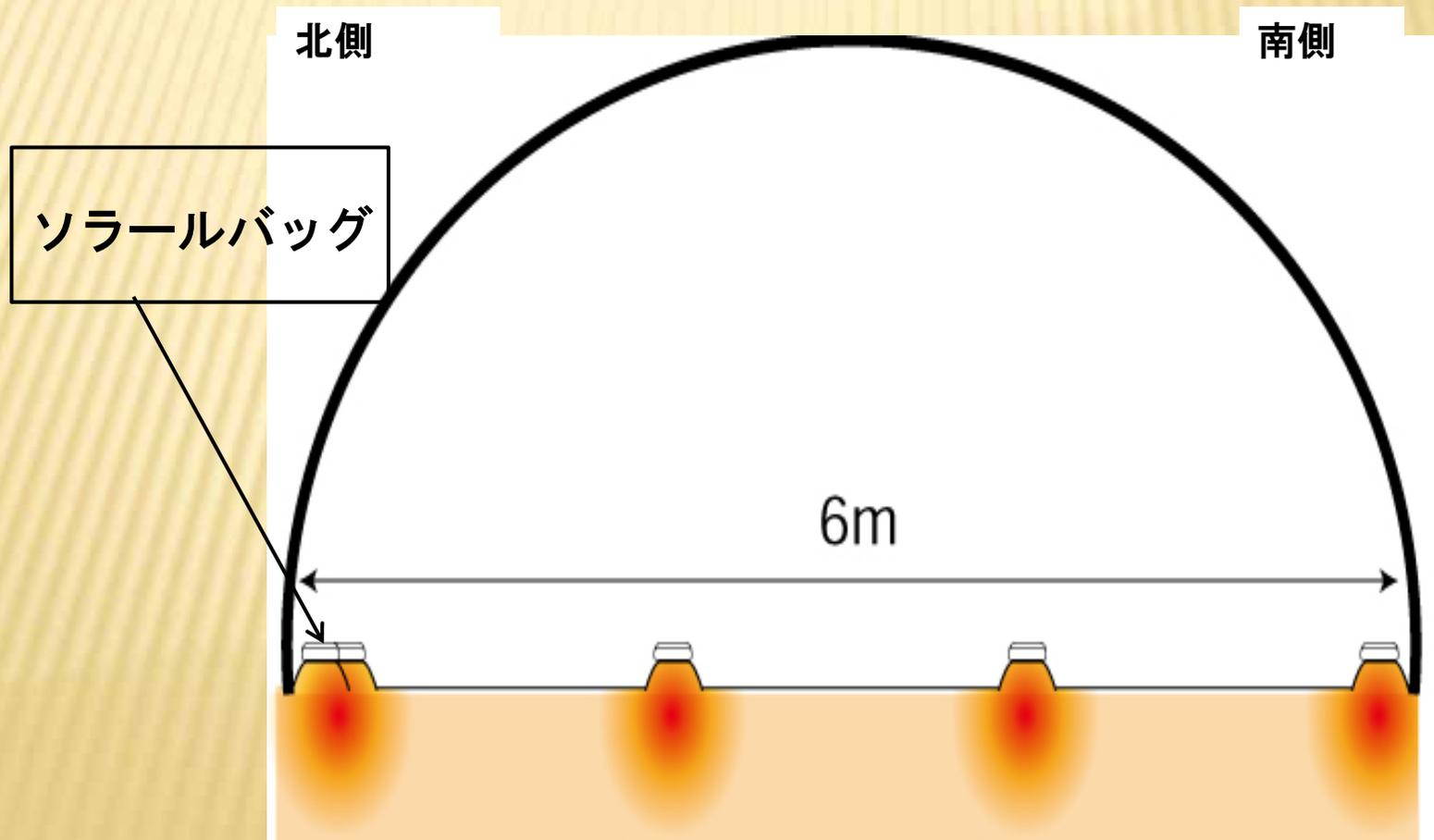
- × 日中余剰熱を土壤に蓄熱、夜その熱をハウス内の気温の補完エネルギーとする。
- × 日射量と外気温の関係から2システムを開発。

() 型、浅層地中加温システム

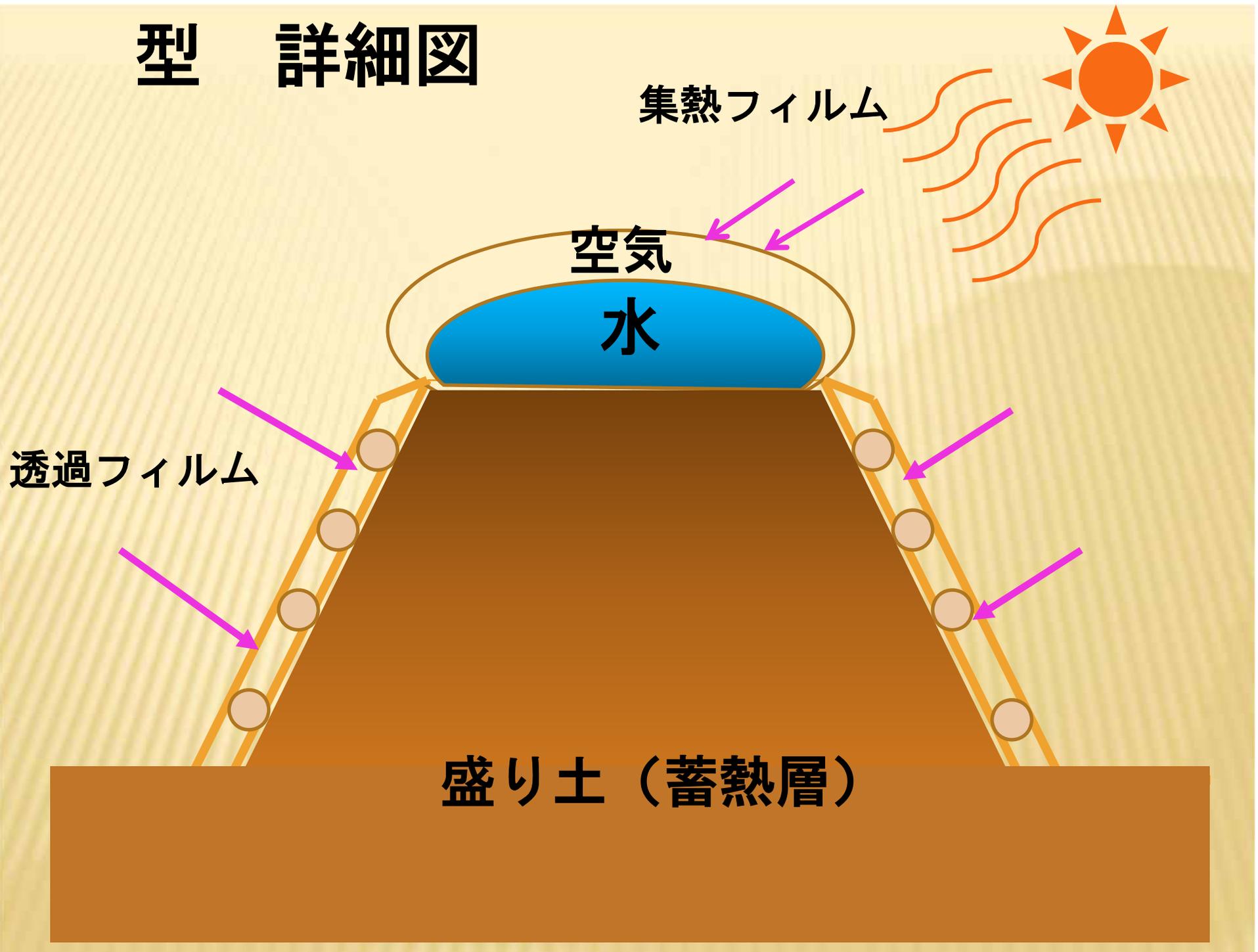
() 型、深層地中加温システム

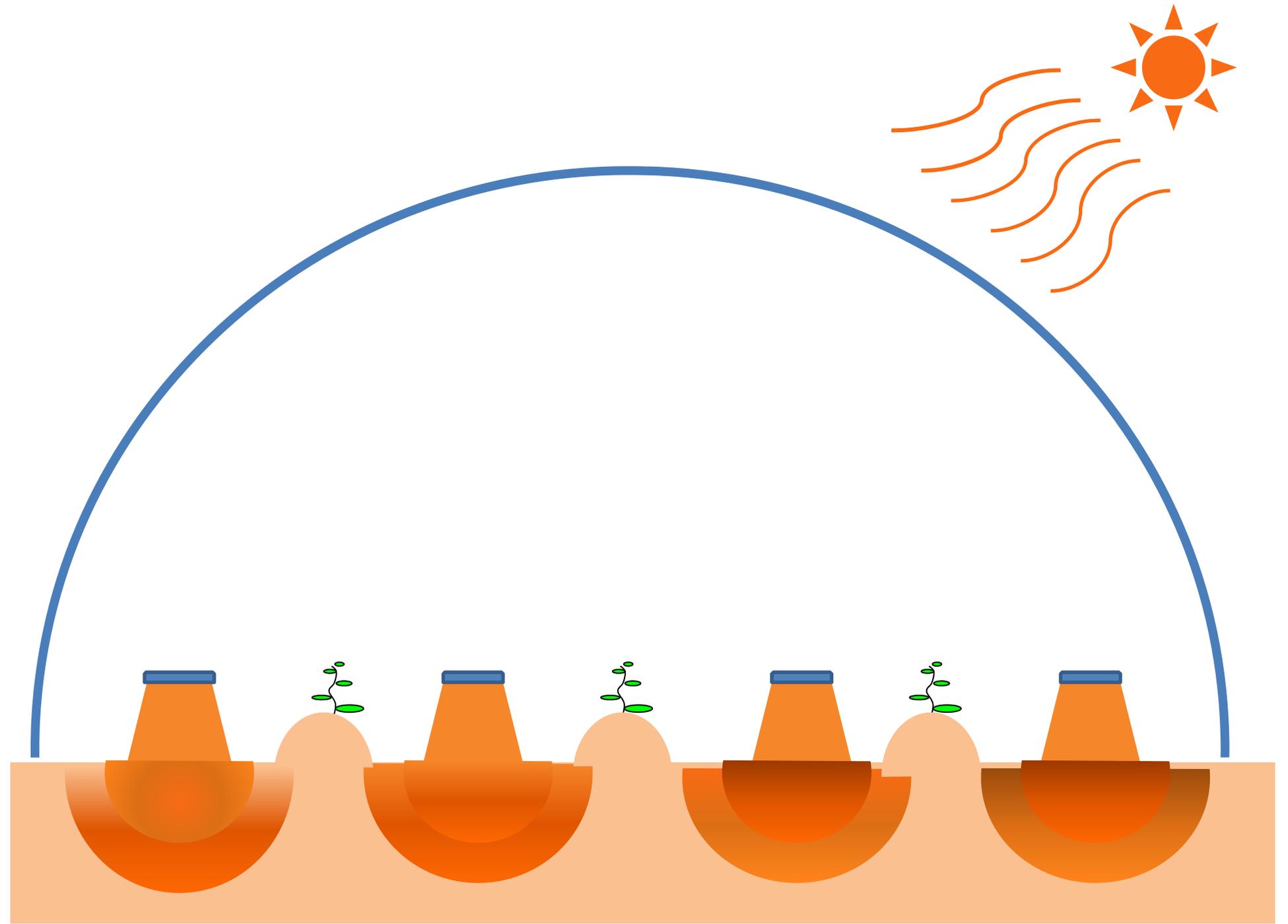
()型、浅層地中加温システム

外気温が -10 前後の地域で、背丈の低い作物（イチゴ、ホーレン草、レタス、チンゲン菜、スイカ、メロン等）に適した燃料費ゼロの加温方法：



型 詳細図





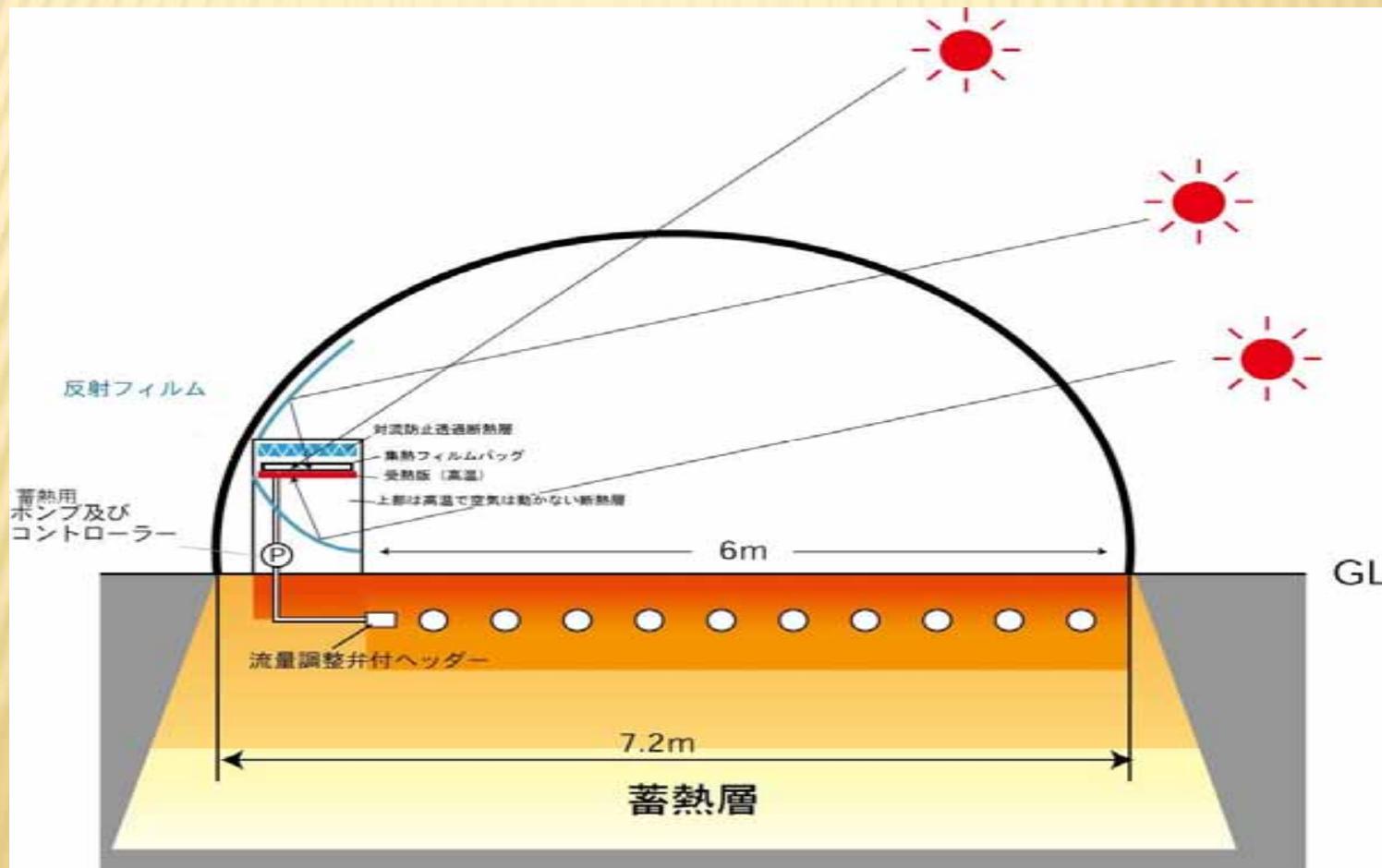
太陽熱ソーラーバッグ基礎データ（参考資料）



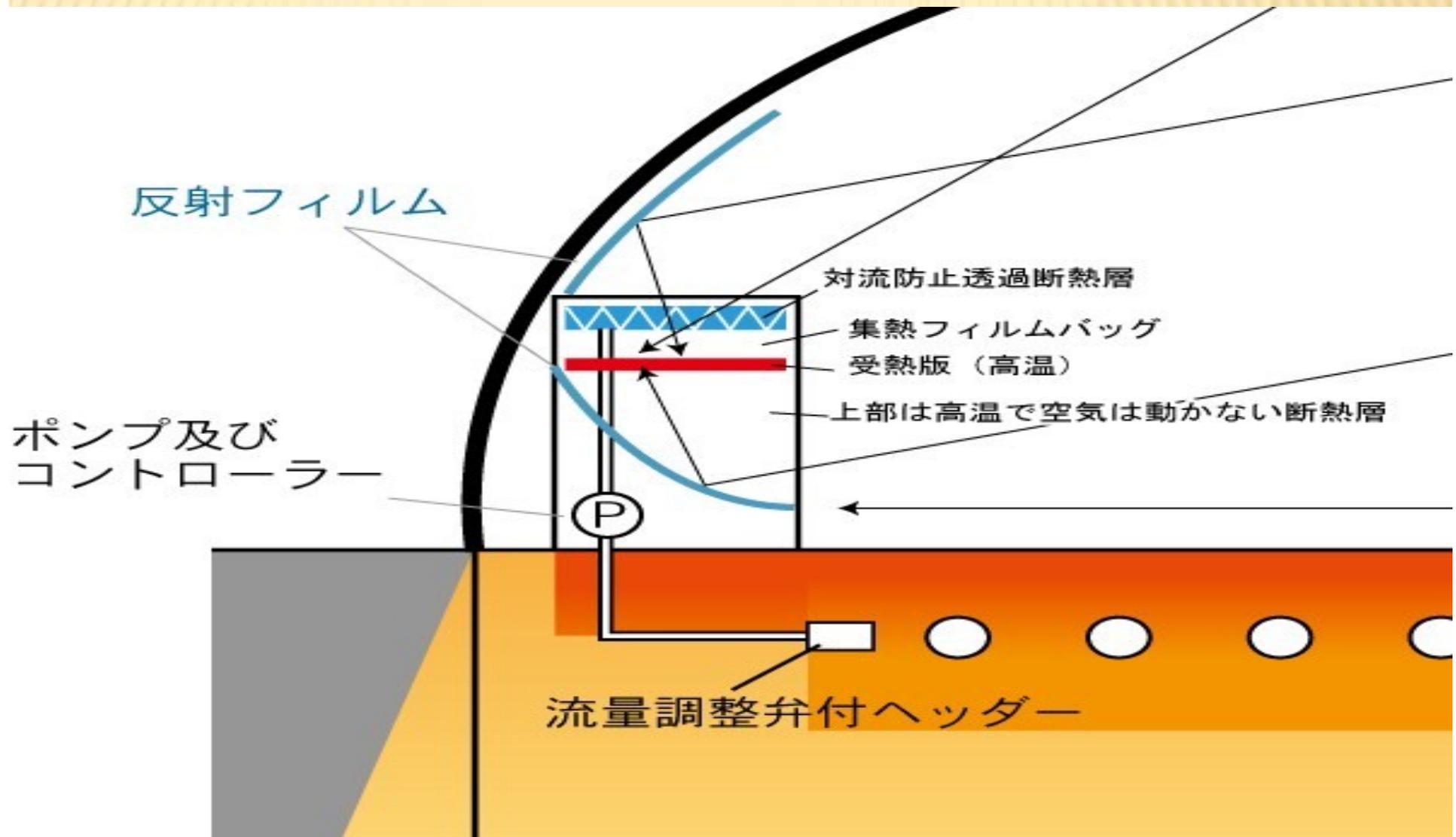
型式番号	SC - SS16 - 26
集熱器形式	汲み置
集熱板形式	フィルムバッグ
集熱板材質	特殊ポリプロピレン
集熱方式	蓄熱式
透過体種類	EIFEフィルム二層
日射透過率	入射角0° = 0.09 (二層合計) 参考ガラス = 0.74 (二層合計)
外形寸法m/m	外寸 390×440 有効集熱面積330×380m/m

()型、深層地中加温システム

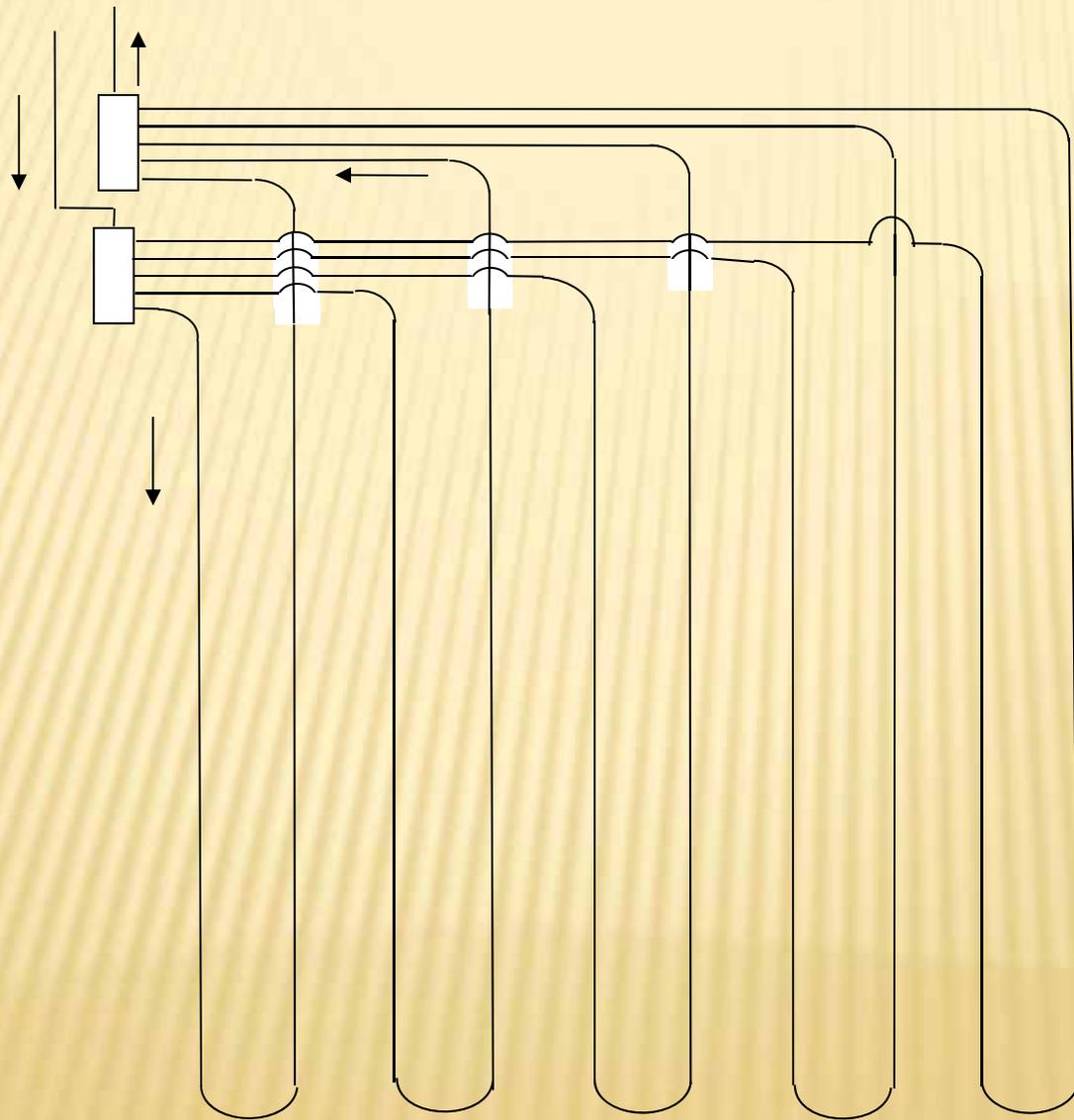
- × 外気温が -20 前後の地域で、背丈が1m以下の作物で夜のエネルギー需要の多い地域に適している。



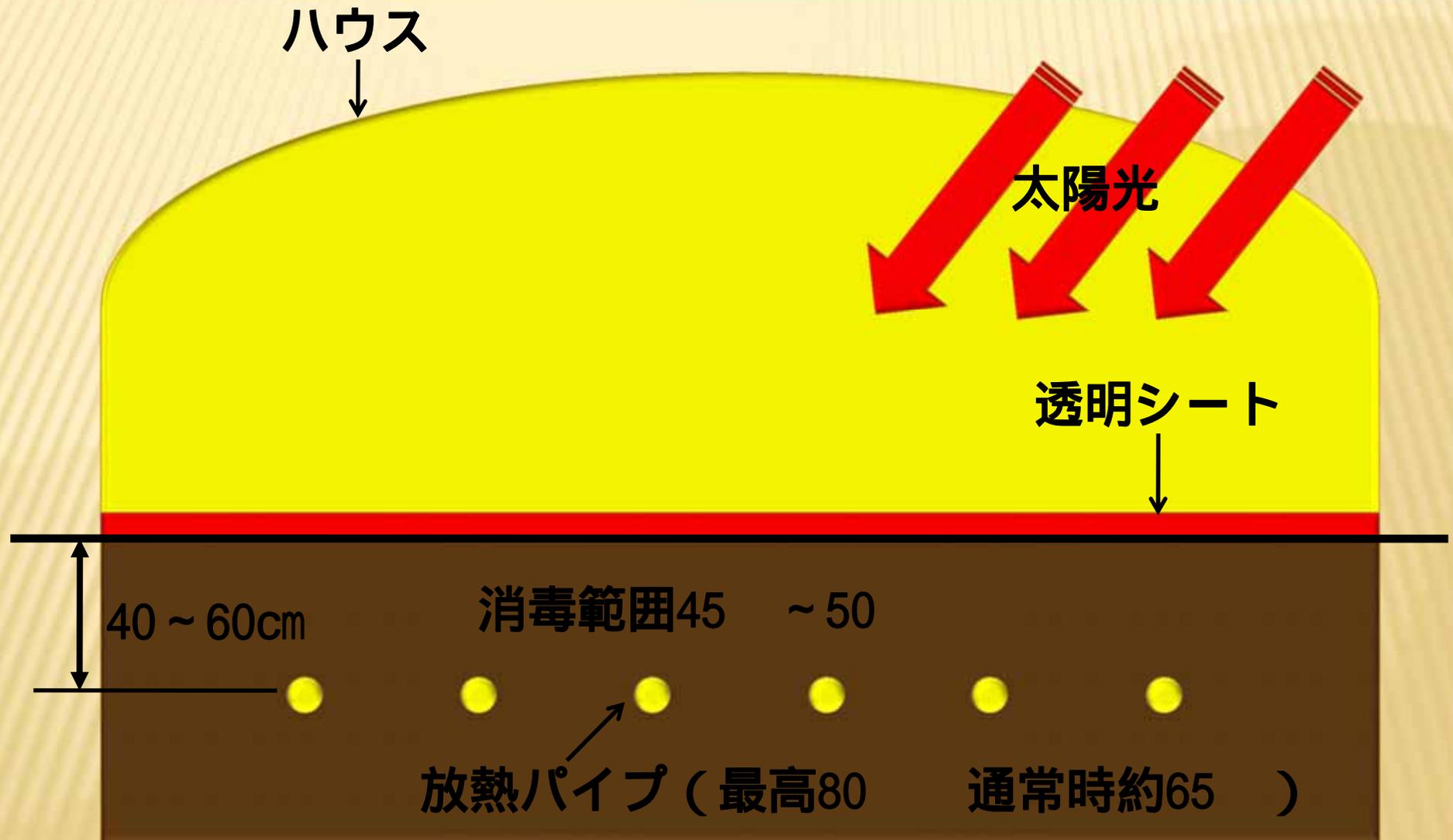
型、深層地中加温システム詳細図



地中配管平面图



土壌消毒のメカニズム



深層地中加温システム

- × 本システムは地中深さ40～60cmの埋設パイプに温水を循環させるシステムで、夏、ハウスを閉め切り太陽熱とパイプからの放熱との併用により農薬を使用せずに**土壤消毒**を行い、冬は40℃前後の温水循環により土壌をゆっくりに加温・蓄熱し作物の安定生産を図るシステムである。

深層地中加温システム

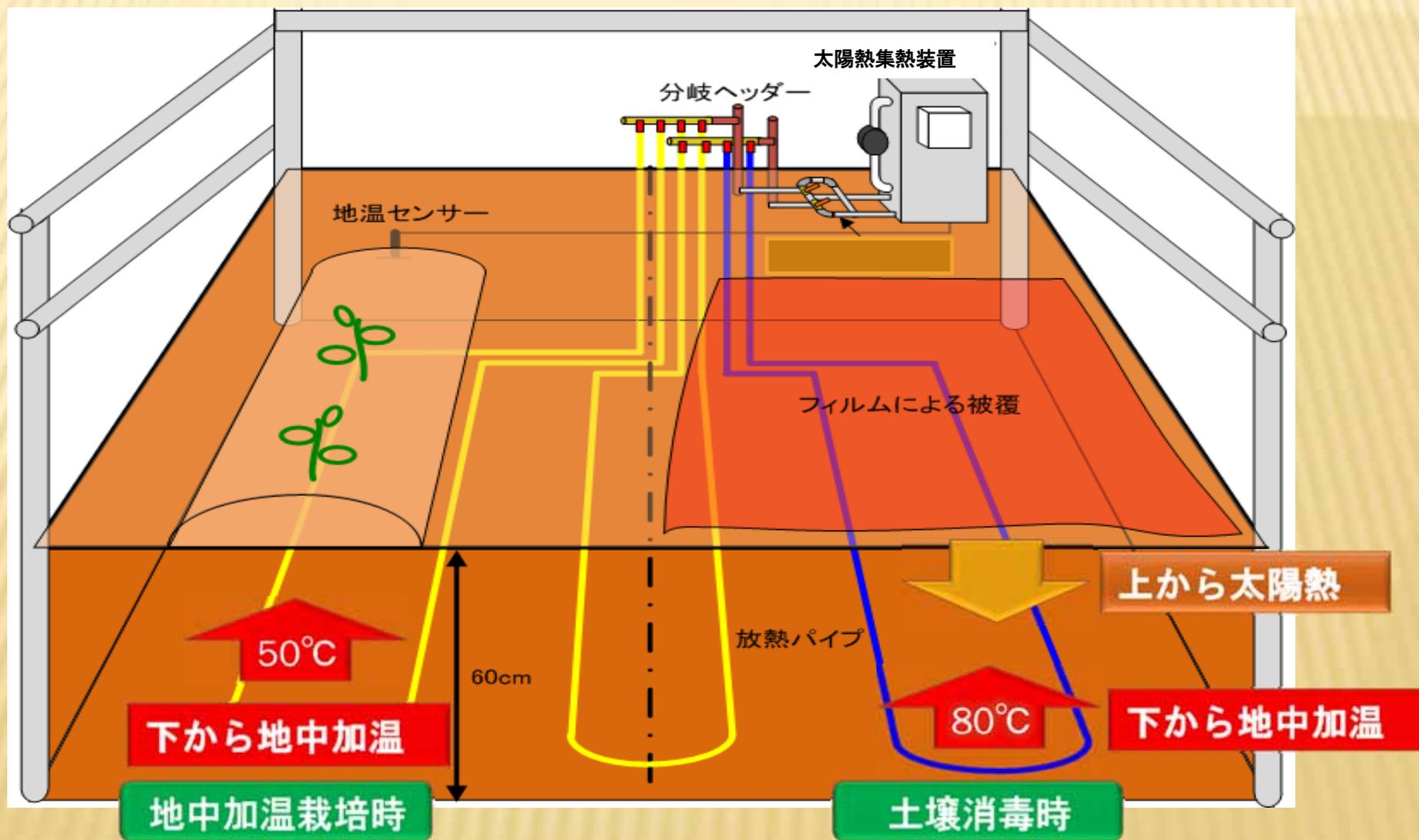
(特許 第3360816号、第3670551号)

ハウス栽培の地中深さ60cmに放熱パイプを埋設し温めた液を循環させ、土壌を加温します。



有機農法に絶大な効果を発揮します!!

深層地中加温システム構成



土壤消毒無し（ネコブセンチュウ有）（千葉農試）



土壤消毒済み（ネコブセンチュウ無）（千葉農試）



慣行（地中加温ない）栽培

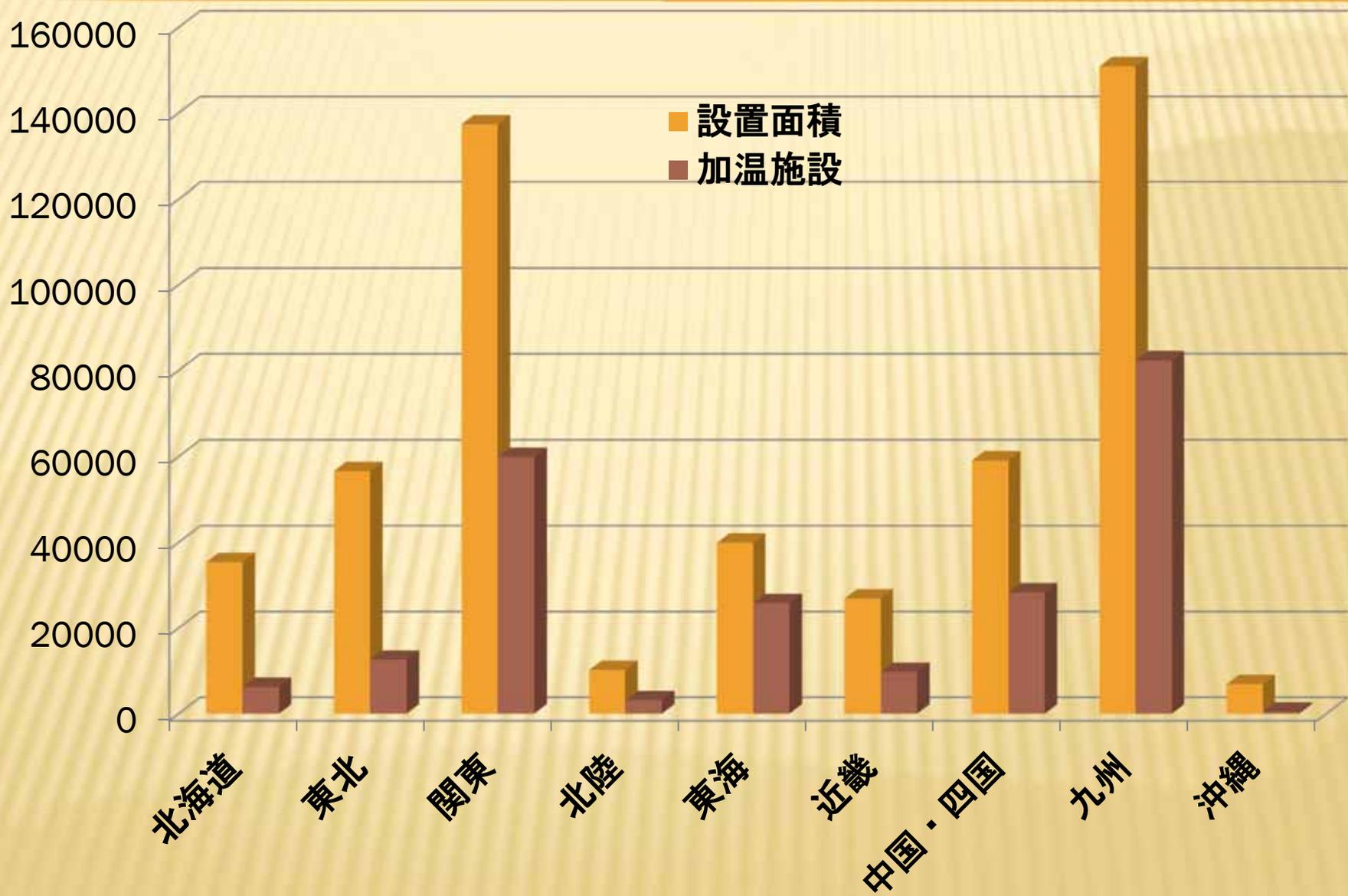
（5月末）（宮城農試）



土壌消毒および地中加温による効果 (5月末) (宮城農試)



市場規模



市場規模

1) 国内市場：平成15年6月30日現在の施設ハウスの加温施設状況

(農水省発表資料による)

(単位：千㎡)

地域	設置面積	加温施設のあるもの	設置率%
北海道	35,360	6,197	17.5
東北	56,572	12,591	22.2
関東	137,322	59,863	56.7
北陸	10,160	3,140	30.9
東海	39,871	25,826	64.8
近畿	26,857	9,670	36.0
中国・四国	59,024	28,283	47.9
九州	150,850	82,322	54.6
沖縄	6,877	387	5.6
全国	522,893	228,279	43.6

2) 海外市場

太陽熱が豊富な鉱物地下資源のある**モンゴル**、**カザフスタン**等では本システムで野菜栽培が可能となるのでODA(政府開発援助)案件としてハウスのプラント輸出による鉱物資源外交の対象プロジェクトになるものと考えている。半年前に在日カザフスタン大使館より本システムに関する資料請求を受けている。

自然エネルギー

我国の山林の年間成長量約1億 m^3 の山林資源の自給率20%を10年後50%が閣議決定され、更に昨年林野庁「施設ハウスの年間重油使用量47万KLをできるだけバイオマス燃料にしたい」との意向にバイオマスボイラの開発をすすめている。

- 1) 重油年間使用量47万KL 概略約300万 m^3 の森林の需要創出と年間1,200~1,400万トンのCO₂ガスの削減が期待される。

深層地中加温による省エネ効果が公的に承認されれば、排出権取引として大きな潜在マーケットとなる。

施設園芸省エネ新技術等開発支援事業 開発実証結果一覧

平成22年3月31日 (資料提供農水省)

名称	民間メーカー	公的試験研究機関	省エネ新技術		従来技術
			名称	技術内容	
兵庫県施設園芸用蓄熱式省エネ技術研究会	ヤノ技研 クボタシーアイ	兵庫県農林水産技術 総合センター	蓄熱装置	潜熱蓄熱材利用で暖房機の燃料費削減	灯油暖房機
施設園芸用新機能EHP開発協議会	ネポン	静岡大学 静岡県農林技術研究所	除湿機能付ヒートポンプ	ヒートポンプに除湿機能を持たせ暖房と湿度制御	重油温湯暖房
施設園芸省エネ照明協議会	スタンレー電気	東京農業大学	LED補光	栽培用高効率LED照明	水銀灯補光
イチゴ局所環境制御研究協議会	ナチュラルステップ	九州沖縄農業研究センター	株元温度制御	クラウン部温度制御 イチゴecoなりシステム	重油暖房機
省エネカーテン協議会	誠和	栃木県農業試験場	保温、湿度制御カーテン	アルミ箔と散乱光ホリリフィルの二層カーテン	一層LS
施設農業から炭酸ガスを減らす協議会	パールハート	愛知教育大学	鉢とその土壌の局所温調	鉢底面に加湿空気を送風して加温	エアコン+重油暖房機
山梨県農業地中熱利用推進協議会	荻原ボーリング	山梨県総合農業技術センター	地中熱ヒートポンプ	地下100m地熱を熱交換し極寒期でも能力維持	灯油暖房機
山口県施設園芸省エネ新技術実証協議会	サンポリ	山口県農林総合技術センター	移動式栽培バット局所加温システム	栽植株数を増やし株元培地を局所加温する	固定式バット下温風ダクト
高地木質ペレット暖房実証研究協議会	相愛	高知大学農学部	木質ペレット温風暖房機	4chバット制御で燃焼出力を自動調整	重油暖房機
HHK協議会	ネポン	静岡大学農学部	ハイブリット暖房機	温風暖房機にヒートポンプを内蔵	重油暖房機

太陽熱利用暖房システム手作りソーラーグリーンハウスでの実証試験報告

(日本太陽エネルギー学会研究発表会講演論文集の要約)

グリーンハウス概要	<p>サイズ : 5.0m × 25m = 125m²</p> <p>集熱器 : 1.54m × 19.5m = 30m² 24%</p>
設置場所	北海道浦河郡浦河町 (積雪量の少ない地域)
試験実施期間	1981年12月～1982年3月
加温効果 (パイプ埋設深 : 25cm)	<p>集熱器出口水温 : 61.5</p> <p>集熱器戻り水温 : 55</p> <p>地温 : 地下20cm 34 地下10cm 24.5</p>
栽培実績	<ul style="list-style-type: none"> ・ 加温区 : 播種12月1日 収穫 (55日後): 1/24収穫開始 1/30収穫終了 収量 : 刈り付 1.55kg/m², 沓付 1.68kg/m² 赤レン草 1.1kg/m² ・ 無加温区 : 収穫 (75日後) 2/15収穫開始 2/26収穫終了 収量 : 沓付 1.68kg/m² ・ 加温区(2回目) : 播種 2月1日 収穫 (29日後) 3/1収穫開始 3/6収穫終了 収量 : 刈り付 1.55kg/m² 沓付 2.6kg/m² 赤レン草 2.2kg/m²

ご清聴ありがとうございました。

(I) 概要

太陽熱の有効利用とは日中潤沢な太陽熱を如何に効率よく集熱し何らかの蓄熱体に蓄え、必要時にその熱を如何に利用するかである。施設ハウス栽培では気温及び地温の温度管理が重要であるが、**我国では殆ど空気加温である**。太陽熱地中加温システム（本システム）は日中太陽熱を土壤に蓄熱、夜の暖房の補完する省エネシステムである。

地温に関し我国の「地中加温」「深層地中加温」、海外の「Root Zone Heating System」を検索する。更に我国の日照豊富な地域でのハウスの地温の熱源に本システムを活用しその市場を考察する。本システムにより**寒冷期に生産される農産物の輸出は我国の有力な成長産業と期待する所である**。

(II) 我国の「地中加温」及び「深層地中加温」

1) 地中加温：「地温と野菜の生育並びに地温管理」の資料に「生育への温度の影響は地温より気温

の方が大きいと多くの研究結果や栽培事例にみられ、**施設栽培では室温調節を優先する**。地温の温度分布状態から加温域はパイプの下方に広がっており、**放熱パイプは浅い方が良い**。又埋設や一作終了後のパイプの掘起しの作業を考慮しパイプの埋設の深さは**15 cm内外が適当である**と記載されている。従い我国では**気温優先の上、地中加温の場合は浅いパイプ埋設を奨励している**。

2) **深層地中加温**：平成 10 年より 5 年間（社）日本施設園芸協会は農林水産省（以下農水省）の助成を受け、先端技術の開発の現状と現場での利用状況を把握し、新しい施設園芸経営体の確立を資することを目的とする事業を実施、深層地中加温が「温・湿度制御検討会」にて取上げられた。その結果「深層地中加温法とは、従来から行われている、野菜・花等の栽培でその根域付近の比較的浅い（15～20 cm）土層に発熱体を埋設して地温を高める、**地中加温法に対して、格段に深い（50～90 cm）土層に発熱体を設置し、広範囲の土層を加熱しようとするものである**。本法はすでに平成 5(1993)年ごろから、地中にプラスチックパイプを埋設し熱媒体を循環させる方式により、厳寒期に凍結の懸念、あるいは埋設したまま耕運作業する場合の損傷の危険などを回避するねらいで、主に寒冷地などにおいて、地中加温として実用に供され始めたと言われる。その後、一部の花卉類の促成栽培において、**冬期の生育適地温を確保する**という本来の目的に加えて、**夏期の太陽熱利用と併用して土壤消毒法として利用することが考えられ、多目的利用による効果が上るようになり、その特徴の認識が高まるとともに、導入事例が次第に増加しつつある、新しい技術である**と事業報告書に記載されている。

農水省は「深層地中加温システム」を平成 12 年 9 月 12 日付で「**環境保全事業**」に認定し、更に「地中加温」を**物理的防除剤**として認定している。

(III) 海外文献

「Root Zone Heating System」にて検索した事例の主なものを列記する。()内は検索のタイトル名

- 1.地温は葉温よりはるかに重要である。 (Root Zone Heating For Green House Crops)
- 2.暖房の熱効率として**地中加温方式は 90%、空気加温方式は 60%**と評価し、空気加温の欠点は加温空気移動用ファン設備コスト及び**10%エネルギーコスト増**。更に空気加温は対流伝熱のた

め葉温は空気温度以上にはならない。太陽熱や土壌からの放射熱は葉温を空気温度よりあげることができる。ファン稼働の間、葉温は空気温度より涼しくなるので結露が生じる。(Greenhouse Condensation Control)

3.ハウスでは地中加温により土壌を温め気温を低くする利点は(1)根の生育が早まり、頂上部の呼吸が遅くなり (2) 所定期間での収穫が増え (3) エネルギー損失が少ない。即ち省エネとなる。

4.地中加温の主な長所は省エネである。土壌は空気を加熱して加温できる。併し同程度の土壌温度を直接加温すると燃料が少なくて済み、はるかに経済的である。空気温度が高いとハウスからの熱損失が生じる。地中加温との組合せにより空気温度を低下させることで燃料コストが大幅に削減できる。

以上の我国の資料、「地中加温」、「深層地中加温」及び外国文献資料より、ハウスでは「深層地中加温と低く設置したパイプ加温との組合」がハウス内温度管理にはベストに近いと判断する。

(IV) 太陽熱地中加温システム

本システムは日中余剰な熱を土壌に蓄熱、夜ハウス内の気温の補完とするものである。日射量の豊富な地域を限定とし、熱需要により I 型浅層地中加温システムと II 型深層地中加温を開発した。

I 型：浅層地中加温システム：

外気温が -10°C 前後の地域で東西に位置するハウスで、背丈の低い作物（葉菜類、イチゴ、メロン等）向けの加温方法：

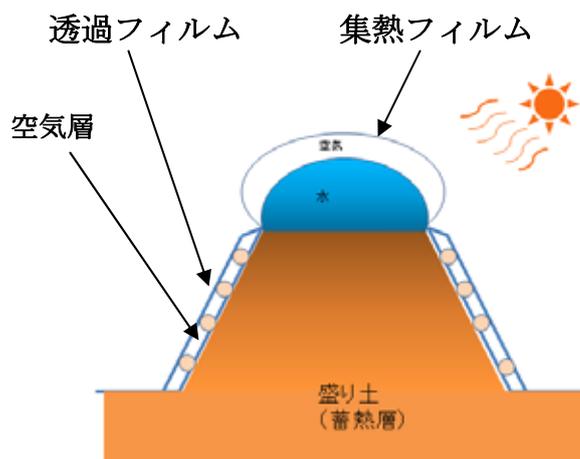
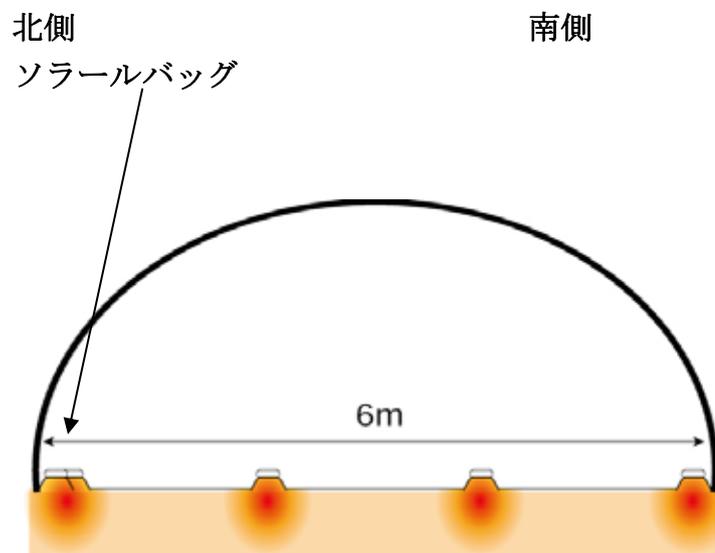
集熱時の対流熱損失が土壌加温用伝熱損失より小さいため、土壌を設定温度まで加温すると、加温しきれない熱量がバッグ内に蓄熱できるため、その余剰熱量が夜間の暖房として放熱する。

この仕組みは人為的な制御がないのが特徴である。素材はポリプロピレン製フィルムである。

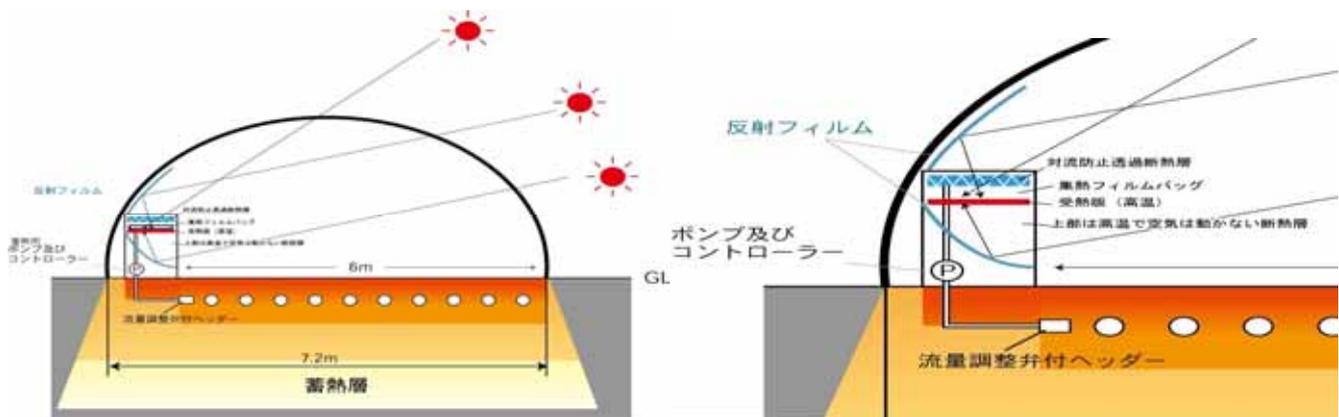
イ) 集熱フィルム、ロ) 透過フィルムは、何れも柔軟な 100°C 耐熱フィルムで (イ) は選択吸収膜を有し集熱効率 96%、(ロ) は耐候性の有る 92%の太陽光線透過率であり、本システムは南相馬市のイチゴ栽培ハウスに採用、今年 11 月末ソラールバッグ設置、加温開始の予定である。ハウス内暖房を配管なしの表層土壌伝熱加温システムである。

太陽熱ソラールバッグ

ソラールバッグ設置詳細図



II型：深層地中加温システム



外気温 -20°C 前後の地域で日中太陽熱を土壌に加温・蓄熱し夜、その蓄熱分がハウス内の補助熱源とする熱需要の多い地域向けである。これまでハウス内で最も集熱効率が高かった集熱器（集熱効率 **64.7%**）の改良型で、この特徴は散乱光線を熱化できることである。本システムの有効活用には、新たなパイプハウスの設計・施工の開発企業の参加を求めているところである。

(1) システム構成

1) ポリプロピレンブロックコポリマーシート集熱器

イ) 透過フィルム ロ) 対流防止透過断熱層 ハ) 集熱フィルムバッグ ニ) 受熱版（選択吸収膜） ホ) 反射フィルム ヘ) 架台

集熱システム詳細：

- (1) 太陽の輻射熱を固体（汲み置き方式）で受熱する。この方式は必要な水量を器に入れ、太陽に向けて設置するも、集熱と同時に輻射熱を放射する欠点があったが、新フィルムは放射を防止をする。（選択吸収膜）
- (2) その固体から伝熱して逃がさない。（伝導熱損失の減少）
- (3) その固体の周りの空気に伝熱しても空気の対流が起こりにくい構造。（対流熱損失の減少）

2) 蓄放熱埋設パイプ及び循環ポンプ

3) 制御機器

(V) 研究開発経緯

太陽熱エネルギー化の研究は、第1次オイルショック後昭和50年から「グリーンエネルギー計画」による農水省北海道農業試験場で黒田邦臣（現ソラール社長）が研究協力者として13年間研究に従事した。その後灯油価格の下落により、昭和63年事業は終了した。その後経済産業省の太陽熱集蓄熱方法の事業等に参画し、独自の研究の蓄積により本集熱効率の良い仕組みを開発した。

(VI) 市場規模

- (1) 国内市場：平成 15 年 6 月 30 日現在のハウスの加温施設状況は表 1.の通りで加温施設は約 43%、殆ど空気加温で、57%は全く加温なしである。

表 1. 施設ハウスの加温施設状況 (農水省発表資料による) (単位：千㎡)

	設置実面積	加温施設のあるもの	設置率 %
北海道	35,360	6,197	17.5
東北	56,572	12,591	22.2
関東	137,322	59,863	56.7
北陸	10,160	3,140	30.9
東海	39,871	25,826	64.8
近畿	26,857	9,670	36.0
中国・四国	59,024	28,283	47.9
九州	150,850	82,322	54.6
沖縄	6,877	387	5.6
全国	522,893	228,279	43.6

仮にこの無加温ハウス 300,000 千㎡ の 10%を市場とした場合、対象ハウス数は 30,000 棟/千㎡、単純に I 型浅層地中加温と II 型深層地中加温に 2 分した場合のマーケットは I 型が約 1000 億円、II 型が約 1500 億円の市場が期待できる。

(2) 海外市場

太陽熱が豊富な鉱物地下資源のあるモンゴル、カザフスタン等では本システムを組入れた新たなパイプハウスの設計・施工を開発し、暖房費ゼロで野菜栽培が可能となるので ODA(政府開発援助)案件としてプラント輸出対象プロジェクトになり得るものと期待できる。半年前に駐日カザフスタン大使館より本システムに関する資料請求を受けている。

(VII) 自然エネルギー

我国の山林、年間成長量約 1 億 m³ の山林資源の自給率 20%を 10 年後 50%とする閣議決定し、更に林野庁は「ハウスの年間重油使用量 47 万KL (300 億円) をできるだけバイオマス燃料にしたい」との意向対し、バイオガス専焼ボイラー開発チームは地域資源のエリアンサス又はジャイアントススキ等を燃料とするグラスボイラーの開発を進めている。特にバイオマスのエタノール化以前にカーボンニュートラルの暖房システムとして日本の農業の高付加価値化を前進させる有力なツールとして機能する事を目標とし、更に深層地中加温による省エネ効果が公的に承認されれば、排出権取引として大きな潜在マーケットとなるものと期待している。

以上