

【公開版】

平成29年度
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業
戦略的基盤技術高度化支援事業

「新規冷却シートを使用した太陽光発電パネルの冷却技術の開発」

研究開発成果等報告書

令和2年5月

担当局 近畿経済産業局
補助事業者 公益財団法人わかやま産業振興財団

目 次

第1章 研究開発の概要	
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	
(1) 研究開発の背景	3
(2) 研究目標	6
1-2 研究体制	
1-2-1 事業管理機関及び研究機関	9
1-2-2 管理員及び研究員	11
1-3 成果概要	13
1-4 当該研究開発の連絡窓口	14
第2章 本論	
2-1 高耐久、高潜熱の冷却カプセルの開発	15
2-2 高含有率の冷却シートの開発	17
2-3 高強度、高耐久性の冷却シートの封止保護層の開発	19
2-4 高接着力、高耐久性の冷却シートの接着技術の開発	20
2-5 太陽光発電パネルでの実証	22
第3章 全体統括	
3-1 研究開発成果	30
3-2 研究開発後の課題	31
3-3 事業化展開	31
(1) 想定する用途や開発等	31
(2) 事業化に至るまでの遂行方法や今後のスケジュール	31

第 1 章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

(1) 研究開発の背景

太陽光発電システムにおいて、日射で太陽光パネルが高温になることによる発電効率の大幅な低下が問題となっているが有効な解決策がない（太陽電池は高温では効率が落ちてしまう）。現在までに行われてきた技術としては散水による冷却方法が試行されているが、大量の水を散水するために必要な機器類、貯水が必要となり普及していない。そこで、本研究は冷却カプセルを活用した冷却シートの開発を行い、自然吸熱によりパネル表面温度を下げ発電量の低下を防ぐことを目的とした。

太陽光発電は、太陽の日照に依存するため発電量の安定した供給は難しいものの、昼間の電力需要ピークを緩和し、温室効果ガス排出量を削減できる設備として知られている。開発当初は極めて高価であった設備も、技術革新による性能の向上に加えコストダウンも進み、特に日本では 2012 年に再生可能エネルギー普及促進策として全量買取制度が施行されると、当初 42 円/kWh という売電単価や補助制度の後押しもあり、特に産業向けを中心に爆発的な普及を遂げた。（図 1 参照）



図 1 太陽電池出荷量推移（出展：太陽光発電協会（JPEA）出荷統計資料）

全量買取制度施行後は、普及に伴い買取価格は年々低減されたため 2021 年以降の需要は一息つくと思込まれてはいるものの、その後も 2030 年までは堅調に推移する見通しで、太陽光発電協会によるとその累積の導入量は 2020 年までに 66GW、2030 年までに

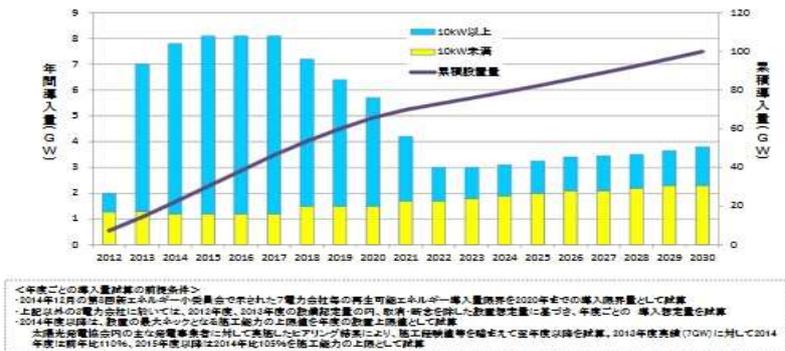
100GW が普及するという試算が出されている。(図 2 参照)

これは概算ではあるが、太陽光発電パネル 1 枚を 200W で換算すると 2020 年までにおよそ 3.3 億枚、2030 年までにおよそ 5 億枚のパネルが普及する計算となる。

JPEAによる2030年までの導入量試算



現在の設備認定量をベースに、今後様々な対策を実施する事を前提に太陽光発電協会として導入量を試算した結果 → 「2020年・66GW / 2030年・100GW」



Japan Photovoltaic Energy Association

図 2 2030 年までの導入試算量

(出展：太陽光発電協会 (JPEA) 出荷統計資料)

これまで順調に普及を続けている太陽光発電パネルであるが、太陽光発電パネルには温度が低くなると出力が上がり、高温になると逆に出力が下がるという特性を持っている。太陽光発電パネルは半導体の集合体であり、その半導体は熱に弱いことから性能に大きな影響を及ぼすものである。つまり同じ強さの光を、同じ性能のパネルで受けた場合でも、パネルの温度によって出力が変化し、温度が上がるにしたがってほぼ直線的に出力が低下するという現象が発生する。

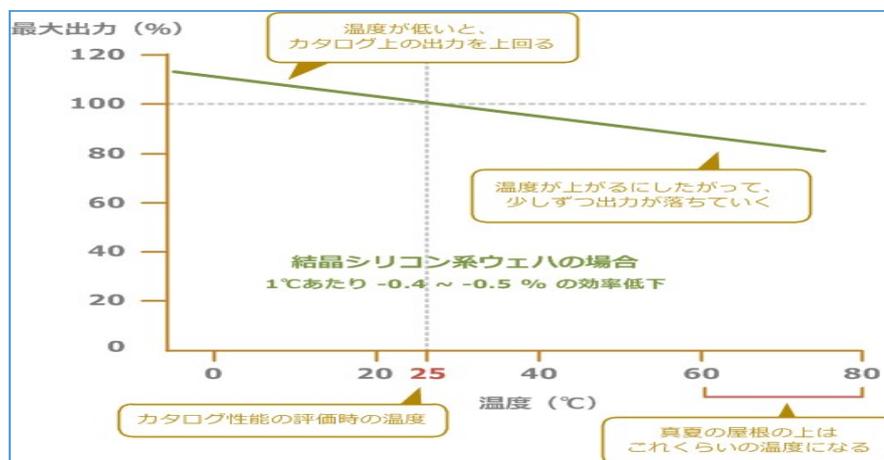


図 3 結晶シリコン系太陽電池の温度と出力の関係 (模式図)

【公開版】

上記記載の図3は一般論として温度と出力の関係を模式的にグラフにしたもので、実際の製品によって具体的なデータは異なるが、全体的な傾向としては温度が1度高くなると出力が0.5%程度低下するといわれている。

この問題に対してこれまでに取り組まれた事案としては、散水による冷却方法が試行されている。

【散水式冷却方式】（写真1 ※写真はイメージ）

散水式の導入事例は散見されるが、実際には大量の水が必要なうえに貯水層やポンプなどの設備も必要で、また水源（井戸水、雨水等）の確保や、水道水はカルキを含んでいるため固化すると発電に影響を及ぼす可能性があるため使用できないこと、また全体に均等に散水することが技術的に容易ではないこと、などの問題から、現実には散水式冷却の普及は進んでいないのが現状である。

株式会社パワーバンクシステムでは、三木理研工業株式会社の開発した「蓄熱マイクロカプセル」を活用した、新しい冷却シートの開発に取り組み、「PX3 パワーシート」（写真2）を開発していた。

これは特に屋外などで高温となる制御盤などのキャビネット向けの冷却シートとして開発したものであったが、この製品のマーケティングを行う中で、太陽光発電パネルの冷却に使いたいという要望が起こったものの、これを太陽光発電パネルで使用するためには、単位面積で考えた場合3倍以上大幅な冷却性能の向上と費用対効果を考慮し大幅なコストダウンが必要であることがわかった。しかしながら、太陽光発電パネルの冷却による様々なメリットや効果と、その市場規模を勘案し、専用の冷却シートの研究開発に取り組む価値があると考え本研究を実施した。



写真1 散水式冷却方式



写真2 PX3 パワーシート

(2) 研究目標

一般的に太陽光発電パネルは、冬場においても表面温度は60℃以上にまで上昇し、発電効率はほぼ年間を通じて15%程度低下しているのが現状であり、特に夏場はさらに高温となり発電効率も下がる。そこで、今回開発する潜熱蓄熱材の吸熱特性を利用する冷却シートをパネルの裏面に貼ることで表面温度を15℃程度低下させることが出来れば、発電効率をおよそ7%抑制することが可能となる。開発の目標は、川下のニーズとして太陽光発電パネルの表面温度を15℃低下(=出力低下を7%抑制)させることとし、試験等を行った。

＜冷却シート開発にあたっての課題＞

課題	従来技術	新技術への検討内容
潜熱蓄熱カプセルの吸熱量不足、 潜熱量向上	潜熱量 130~150 J/g 程度 だった。	潜熱蓄熱材の選定、膜厚/蓄熱材比 検討で 200J/g へ。
高温使用、野外使用、 耐久性の確立	カプセル自身は180℃の耐熱 性を有するが、建材、自動車用 開発品は常温での使用が前提 だった。	膜の強度向上剤の検討、耐熱性の 確認、高温使用に耐えるものへ。
潜熱蓄熱カプセルの冷却シートへの 含有率不足、 高潜熱の冷却カプセル含有率向上、 高濃度、均一分散法、強度保持	カプセル練込品の含有率は低く 塩ビ練込品 30% また PE 練込品 で 20% だった。練込み後の強度 が弱い。	練込条件を検討 EVA 等に 50% 以 上練り込む方法を検討。またマス ターバッチも検討。不織布含浸と 積層技術を再検討、高含率化を行 う。シートとしての強度は保護膜 で強化。
冷却シートの保護膜が未検討	冷却シートは新規なので新しい 開発となる。従来技術はない。	太陽光発電パネルの封止技術を参 考に EVA で保護を検討。接着性 を確認し、冷却シートの強度を補 う。
冷却シートの接着方法が未検討	冷却シートは新規なので新しい 開発となる。従来技術はない。	住宅建材など屋外で使用される接 着剤技術から検討。

研究開発の高度化目標および技術的目標値

これは特定ものづくり基盤技術高度化指針のうち、以下の項目に対応する。

(九) 複合・新機能材料に係る技術に関する事項

1 複合・新機能材料に係る技術において達成すべき高度化目標

(4) 川下分野特有の事項

2) 環境・エネルギー分野に関する事項

② 高度化目標

イ. 耐久性・耐熱性・耐食性・遮熱性・断熱性・遮光性・遮蔽性等を有する部素材
及び加工技術の向上

ウ. 電磁気的特性、熱・機械的特性、エネルギー変換効率の向上

【1. 高耐久、高潜熱の冷却カプセルの開発】

高耐久性については溶融混合押し出し成型や含浸積層乾燥など 2 次加工に対応しうる数値目標とし、高潜熱性の数値目標としては融解潜熱量を数値目標とした。耐久性については冷却シートとして評価することとした。

【1-1】メラミン樹脂系カプセルの開発

カプセルの耐熱性を 150℃ 1 時間での耐熱性重量減少として <5%、融解潜熱量を >200J/g とした。

【1-2】無機系カプセルの開発

カプセルの耐熱性を 150℃ 1 時間での耐熱性重量減少として <5%、融解潜熱量を >150 J/g とした。

【2. 高含有率の冷却シートの開発】

冷却シートとして高い冷却効果を発揮させるため重量当たりの冷却カプセルの含有率を上げる必要がある。高含有率化の数値目標として冷却シートへの冷却カプセルの混合率を上げた。冷却シートの冷却能力として融解潜熱量を測定する。m²当たりの必要潜熱量は予備試験を参考に 500KJ/ m² とした。

【2-1】不織布含浸積層系の冷却シートの開発

不織布へのカプセルの混合率を >50%として冷却シートとしたときの融解潜熱量を >500KJ/m² とした。冷却シートの耐久性はヒートサイクル試験と外観の経時変化で判断した。

【2-2】プラスチック樹脂系の冷却シートの開発

冷却シートとしてカプセルの混合率を >50%として融解潜熱量を >500 KJ/m² 耐久性は【2-1】と同様ヒートサイクル試験と外観で判断とした。

【3. 高強度、高耐久性の冷却シートの封止保護層の開発】

封止保護層は EVA などのプラスチック系樹脂シートからなり冷却シート表裏に貼り付けられ強度を保つことと使用環境から保護することが求められる。封止保護層の評価として、冷却シートに封止保護層を貼り付け、耐久性を検討する。

【3-1】冷却シートの封止保護層の開発

はく離強度 >9. 8MPa/cm² として耐久性は【2-1】と同様ヒートサイクル試験と外観

で判断とした。

【4. 高接着力、高耐久性の冷却シートの接着技術の開発】

封止保護層でシールされた冷却シートを接着剤や接着シートを用いて太陽光発電パネルの裏面に貼り付ける。接着後の強度や耐久性については【3. 高強度、高耐久性の冷却シートの封止保護層の開発】と同様の目標値とした。

【5. 太陽光発電パネルでの実証】

冷却シートを貼り付けた太陽光発電パネルの耐久性をヒートサイクル試験ならびに日光暴露下での冷却効果確認を行う。

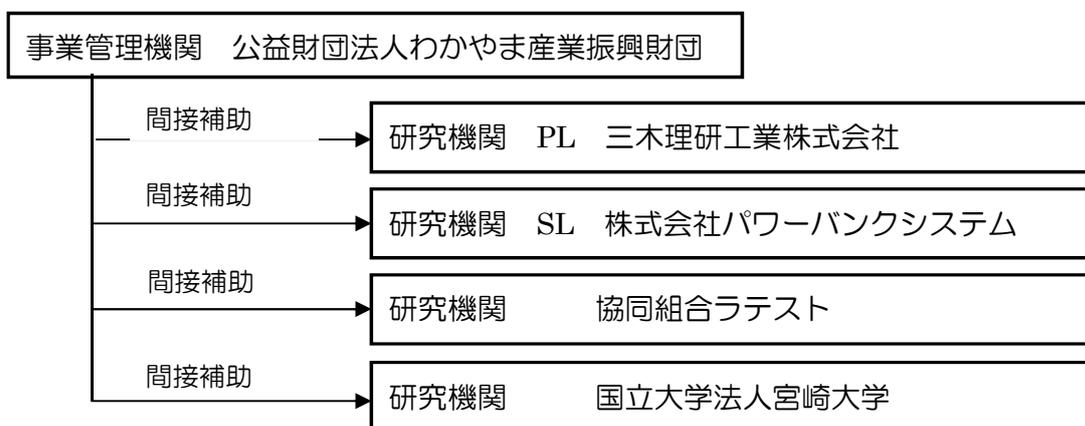
【5-1】性能試験 冷却効果確認

小スケール日光暴露試験および実証試験とも冷却効果の指標として冷却効果 $>15^{\circ}\text{C}$ とした。

1-2 研究体制

1-2-1 事業管理機関および研究機関

(1) 履行体制図



総括研究代表者 (PL)

氏名： 角元 正人
所属組織名 三木理研工業株式会社
所属役職 開発技術部 部長

副括研究代表者 (SL)

氏名： 木下 雅章
所属組織名 株式会社パワーバンクシステム
所属役職 代表取締役

事業管理機関

●公益財団法人わかやま産業振興財団

所在地：〒640-8033 和歌山県和歌山市本町二丁目1番地

代表者役職・氏名：理事長 島 正博

研究機関

●三木理研工業株式会社

所在地：〒640-8441 和歌山県和歌山市栄谷13番地の1

代表者役職・氏名：代表取締役 三木 保典

●株式会社パワーバンクシステム

所在地：〒869-4202 熊本県八代市鏡町内田1572番地19

代表者役職・氏名：代表取締役 木下 雅章

●協同組合ラテスト

所在地：〒649-6261 和歌山和歌山市小倉411-33 木工団地内

代表者役職・氏名：理事長 中川 勝城

●国立大学法人宮崎大学

所在地：〒889-2192 宮崎県宮崎市学園木花台西1丁目1番地

代表者役職・氏名：学長 池ノ上 克

アドバイザー

●和歌山県工業技術センター

所在地：〒649-6261 和歌山県和歌山市小倉60

代表者役職・氏名：所長 四元 弘毅

※冷却層とマスターバッチ化において押出成型に関して

●株式会社日立システムズ

所在地：〒141-0032 東京都品川区大崎1-2-1

代表者役職・氏名：代表取締役 北野 昌宏

※太陽光発電システムの開発、設置実績を持つ企業として

●富士高分子株式会社

所在地：〒610-0121 京都府城陽市寺田大谷135-1

代表者役職・氏名：代表取締役 田代 加平

※不織布への含浸、積層技術、冷却シート化を行う企業として

1-2-2 管理員及び研究員

【事業管理機関】 公益財団法人わかやま産業振興財団

管理員

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
森田 彰郎	テクノ振興部 部長	業務管理
竹本 靖弘	テクノ振興部 テクノ振興班長	業務管理
山田 貴文	テクノ振興部 テクノ振興班 副主査	業務管理・経理管理
岡崎 純一	テクノ振興部 テクノ振興班 副主査	業務管理・経理管理

【研究実施機関】

研究員・管理員・補助員

三木理研工業株式会社

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
堀 公二	開発技術部 顧問	研究（1-1、2-1）
角元 正人	開発技術部 部長	研究管理（PL）
高岡 直樹	開発技術部	研究（1-1、2-1）
井口 誠	開発技術部	研究（1-1、2-1）
田村 朋也	総務部 係長	経理管理

株式会社パワーバンクシステム

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
木下 雅章	代表取締役	研究管理（SL）
木下 和子		研究補助（3-1、4-1、5-1）
松本 喜代美		研究補助（3-1、4-1、5-1）

協同組合ラテスト

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
前田 育克	技術開発課 参事	研究管理（1-2、2-2）
川上 大輔	技術開発課 係長	研究（1-2、2-2）
安田 一誠	事務局長	経理管理

国立大学法人宮崎大学

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
太田 靖之	キャリアマネジメント推進機構 テニュアトラック推進室 助教	研究（5-1）
前田 進行	大学院工学研究科 大学院生	研究補助（5-1）
森谷 尚之	大学院工学研究科 大学院生	研究補助（5-1）
柴田 梨瑛	大学院工学研究科 大学院生	研究補助（5-1）
名城 さおり	テニュアトラック推進オフィス 事務職員	経理管理

※実施内容（番号）はサブテーマに基づく。

1-3 成果概要

【1. 高耐久、高潜熱の冷却カプセルの開発】

【1-1】メラミン樹脂系カプセルの開発

三木理研工業株式会社

蓄熱カプセル粉末品として耐熱性と融解潜熱量は目的数値のものが得られ製法は確立された。メラミン樹脂系カプセルの融解潜熱量200 J/g 耐熱性重量減少<5%を達成した。

【1-2】無機系カプセルの開発

協同組合ラテスト

蓄熱カプセル粉末品として耐熱性と融解潜熱量は目的数値のものが得られ製法は確立された。無機系カプセルの潜熱量>150 J/g、耐熱性重量減少<5%を達成した。

【2. 高含有率の冷却シートの開発】

【2-1】不織布含浸積層系の冷却シートの開発

三木理研工業株式会社

高融点の蓄熱カプセルの融解潜熱量を200 J/g以上とし含浸加工方法を検討、500 kJ/m²以上の冷却シートを作成することが出来た。また富士高分子株式会社で実機による量産法も確立され、試作品は国立大学法人宮崎大学の太陽光発電パネルへ設置された。

【2-2】プラスチック樹脂系の冷却シートの開発

協同組合ラテスト

株式会社パワーバンクシステム

二軸押出機を導入し蓄熱カプセルのマスターバッチ化を検討しマスターバッチへのカプセルの混合率を50%以上とすることが出来た。シート化成形は株式会社パワーバンクシステムで溶融することにより行われた。作成した冷却シートは国立大学法人宮崎大学の太陽光発電パネルに設置された。

【3. 高強度、高耐久性の冷却シートの封止保護層の開発】

【3-1】冷却シートの封止保護層の開発

株式会社パワーバンクシステム

冷却シート封止保護層の開発としてシリコン、EVAシートを検討した結果、従来法にない真空パウチ法による冷却シートを開発した。封止保護層としてはEVAシートを使用し内部の蓄熱カプセル含浸不織布と十分な接着性と耐久性を得られている。はく離強度の測定は行われなかったが、試験品は外観の経時変化、変色、はがれなどなく良好である。

冷却シートの封止保護層の開発における太陽光発電パネルの冷却シートの作成方法は、計画当初は蓄熱カプセルを含浸させた不織布を作成し、含浸不織布を何層にも積層して熱ブレ

【公開版】

スで板状の冷却シート化し、さらに保護シートで覆うという計画であったが、株式会社パワーバンクシステムが真空パウチ法という手法で不織布を積層すると同時に保護シートで覆う技術を開発した。

【4. 高接着力、高耐久性の冷却シートの接着技術の開発】

【4-1】冷却シートの接着技術の開発

株式会社パワーバンクシステム

冷却シートの接着について各メーカーの接着素材を選定、粘着剤の選定を行った。また新しい方法として接着剤を用いずに固定できる治具が開発され太陽光発電パネルへの設置を行っている。太陽光発電パネルへの接着方法の検討では、熱伝導性向上策として新たに熱伝導性ゴムシートや熱伝導性両面テープの検討が行われている。

【5. 太陽光発電パネルでの実証】

【5-1】性能試験・冷却効果確認

株式会社パワーバンクシステム、国立大学法人宮崎大学

室内での効果確認方法を確立、また野外での実証用設備を検討設置し、運用を行っている。太陽光発電パネルの冷却能力の効果確認のため熱流センサーによる測定法も確立された。冷却シートの評価では持続時間の不足、接着層の熱伝導性の向上の必要性が指摘され、太陽光発電パネルへの接着性の検討を含め、冷却シート内の熱伝導性、放熱性についても検討を行い冷却効果の向上を目指すこととし、シミュレーションでの検証も行った。野外での実証に関しては国立大学法人宮崎大学内に各種冷却シートの特性を継続して測定できる評価用の野外暴露装置を設置、長期にわたるデータ取得、評価が可能となった。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

事業管理機関

公益財団法人わかやま産業振興財団

テクノ振興部 テクノ振興班 岡崎 純一

〒640-8033 和歌山県和歌山市本町二丁目1番地

電話番号 : 073-432-5122

FAX 番号 : 073-432-3314

E-mail アドレス : okazaki@yarukiouendan.jp

第2章 本論

2-1 高耐久、高潜熱の冷却カプセルの開発

【1. 高耐久、高潜熱の冷却カプセルの開発】

平成 29 年度においては冷却カプセルの高性能化を行う方法としてカプセル内部に用いる冷却材に融解潜熱の高い有機物（パラフィンを想定）を選定し、さらに冷却材の含有量を上げることを検討した。また使用される温度域が 40℃以上でどの温度域が適切であるかを確認するため冷却材の融点と効果を検討した。

高潜熱性の数値目標としては融解潜熱量を数値目標とし耐久性については冷却シートとして評価することとした。

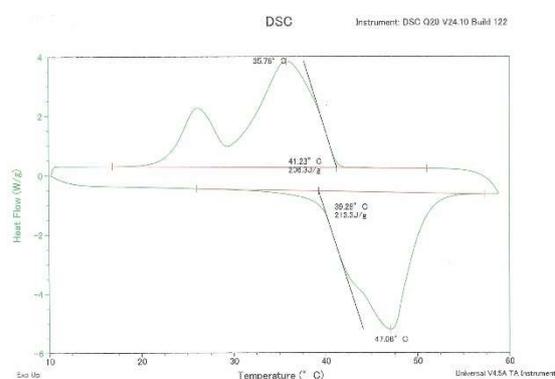
【1-1】メラミン樹脂系カプセルの開発

三木理研工業株式会社

平成 29 年度は高耐久性化と高潜熱化を行うため以下の検討を行った。有機系の冷却材としては 40℃付近に融点のあるパラフィンを中心に検討しパラフィンの含有量を 83%まで高めることでカプセル粉末として融解潜熱量を 200 J/g 以上とすることが出来た。マイクロカプセル化の方法としては冷却材としての芯物質を水中に強制分散させメラミン樹脂を添加し油滴界面でメラミン樹脂を硬化させる方法で行った。マイクロカプセルの壁材として使用したメラミン樹脂はメラミン/ホルマリンモル比を検討しモル比 3 未満で目的の耐熱性重量減少 < 5% (150℃ 1hr での重量減少) を有するカプセルを得ることが出来た。平成 30 年度からはさらなる改良としてカプセルの熱伝導性の向上を目指し熱伝導性フィラーをカプセル表面に付着させる検討を行ったがカプセルスラリーの状態が悪くカプセル表面の改質効果については今後の課題となった。



冷却カプセルのカプセル外観と DSC チャート



融解潜熱量 213 J/g

【1-2】無機系カプセルの開発

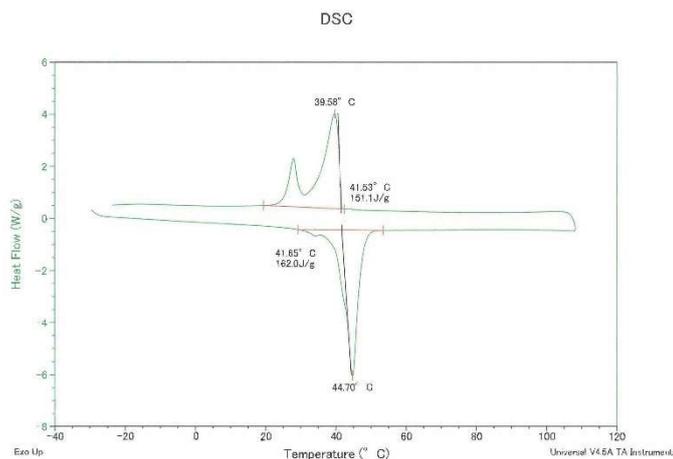
協同組合ラテスト

無機系カプセルは、多孔質材料に有機物（パラフィンなど）を包接して作られる。ポリエチレンに混合成型された実績があり本技術の検討項目とした。冷却シートに用いる場合のEVA（エチレン酢酸ビニル共重合樹脂）など耐久性のある樹脂との混合を踏まえ、メラミンカプセルと同様、冷却材の含有率の向上と冷却材の選定、動作温度域の最適化を行った。

冷却材は【1-1】と同じパラフィンを使用した。吸油量が高い多孔質材料（ケイ酸系）を用いて、パラフィン含有量を70%まで高めることで、融解潜熱量を150J/g以上とすることができた。

無機系カプセルを高温で加熱すると、パラフィンの一部が蒸気となってカプセル膜を通り抜けてしまうので、ガスバリアー性を有する成分を無機系カプセル表面にコーティングすることで、パラフィンの蒸気が外に漏れにくいように改良を行い、目標の耐熱性を有する無機系カプセルとなった。

無機系カプセルの パラフィン含有量	融解潜熱量	耐熱性 (150°C1h加熱時 の重量減少率)
70%	162J/g	3.8%



今後は、ガスバリアー成分のより均一なコーティング方法の検討を進める。

2-2 高含有率の冷却シートの開発

【2. 高含有率の冷却シートの開発】

冷却シートは冷却カプセルを含むシートである。冷却シートとして高い冷却効果を発揮させるため、重量当たりの冷却カプセルの含有率を上げる必要がある。高含有率化の数値目標として冷却シートへの冷却カプセルの混合率を上げた。

【2-1】不織布含浸積層系の冷却シートの開発

三木理研工業株式会社

高含有率の冷却シートを作成する方法として、不織布の含浸技術を用いて冷却カプセルを不織布に付着させ冷却シートとする開発を行った。プレス積層により不織布を積層し板状として冷却シートとした。アドバイザーとして富士高分子株式会社に協力を依頼、実機での含浸加工、プレス積層加工を行った。得られた積層板は DSC 内による昇温降温試験の繰り返しによっても耐久性が認められた。実機で作成した不織布 12 層積層板の性状を示す。

不織布積層板の性状

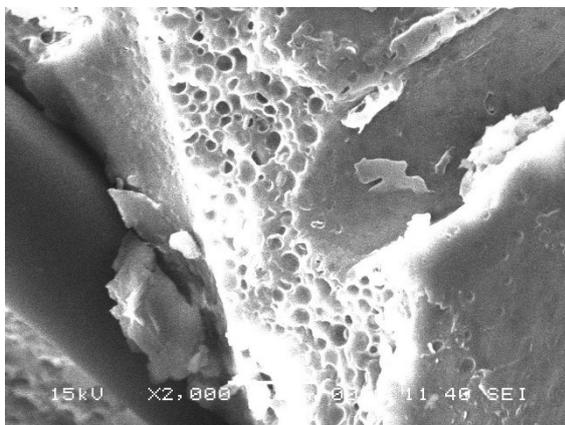
メラミン樹脂マイクロカプセルを PES 不織布に含浸 12 層プレス積層した白色板状

国立大学法人宮崎大学の太陽光発電パネルに設置

厚み 4.7mm 見かけ密度 0.82 重量 3.8 kg/m²

潜熱量 = (昇温過程 519KJ/m² 降温過程 515KJ/m²)

(一般財団法人 建材試験センター 測定)



カプセルを含浸した不織布



プレス積層した冷却シート（不織布積層板）

(富士高分子株式会社実施：不織布含浸加工およびプレス積層加工)

【2-2】プラスチック樹脂系の冷却シートの開発

マスターバッチ作成

協同組合ラテスト

シート化技術検討

株式会社パワーバンクシステム

プラスチック樹脂系の冷却シートを開発する方法として、押出成形機で冷却カプセルとプラスチック樹脂を熔融混合し、マスターバッチに成形して冷却シートに加工する方法を検討した。押出成形機により作成されたマスターバッチのシート化は、当初、協同組合ラテストで行う予定であったが、熔融シート化技術を有する株式会社パワーバンクシステムで検討された。押出成形に関してはアドバイザーとして和歌山県工業技術センターに紛体の混練、押出成型に関する助言を頂いた。

冷却カプセルのマスターバッチ加工

協同組合ラテスト

押出成形機として、二軸押出機（日本製鋼所株式会社製 TEX25 α Ⅲ-52.5CW-4V）を導入し、本事業で開発した冷却カプセルとEVA樹脂を二軸押出機にて混練し、マスターバッチに成形加工した。平成30年度からプラスチック樹脂系冷却シートの開発のために使用し、冷却カプセルとEVA樹脂の混合方法及び成形条件について検討した。



導入した二軸押出機



マスターバッチ試作品

試作したマスターバッチの融解潜熱量は、メラミン樹脂系カプセル含有マスターバッチが無機系カプセルより高く、シート化した際のコスト面も優位であることから、メラミン樹脂系カプセル含有マスターバッチで冷却シート化を行った。

	カプセル添加量	融解潜熱量
メラミン樹脂系カプセル+EVA樹脂	50%	85~90J/g
無機系カプセル+EVA樹脂	50%	70~75J/g

【公開版】

蓄熱カプセルのマスターバッチのシート化

株式会社パワーバンクシステム

協同組合ラテストで成形された蓄熱カプセルのマスターバッチを熔融し融着させることによりシート成形する方法を検討した。提供されたマスターバッチは当初蓄熱カプセルの濃度差が激しく均一性に乏しかったが改良品は均一性が向上した。冷却シートとして厚み5mm、4.4kg/m²として作成、国立大学法人宮崎大学の太陽光発電パネルに設置された。



マスターバッチ（左）と熔融して得られた冷却シート（右）

2-3 高強度、高耐久性の冷却シートの封止保護層の開発

【3. 高強度、高耐久性の冷却シートの封止保護層の開発】

封止保護層は、冷却シートの強度を保つことと使用環境から保護するものである。封止保護層は冷却カプセルを含有した冷却層の表裏に貼り付けられるプラスチック系シートのことで冷却層を粉塵、雨水などから保護する役割と冷却シートとしての強度を保持するために設けられる。優れた封止保護シートとするために冷却シートの組成にあった封止保護層の素材選定、冷却層との接着性を検討した。素材としては、太陽光発電パネルに用いられるEVAを中心に検討を行った。

【3-1】冷却シートの封止保護層の開発

株式会社パワーバンクシステム

シート化を行う材料として、シリコンとEVA（エチレン酢酸ビニル共重合樹脂）シートをピックアップし、メーカーの調査及び試作試験を実施した。併せてシート化にあたり造粒・製膜を委託する事業者の調査を行った。

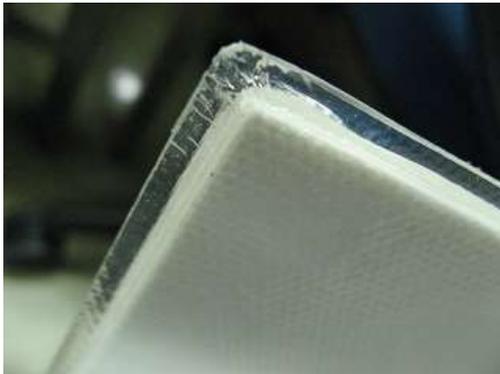
真空パウチ法による冷却シートの作成

株式会社パワーバンクシステム

含浸不織布のプレス積層品への封止保護方法の検討の中、従来の封止保護層を貼り付ける方

【公開版】

法とは別の方法として、真空パウチによる積層を行い、一体成型品として仕上げる方法が検討された。従来の不織布を積層する方法では含浸後プレス積層と封止保護を行う工程を行う2段法であったが真空パウチ法ではプレス成型工程なしで封止保護までを1工程で実施でき、耐水、耐候性のよい冷却シートとすることができる。



真空パウチ法により作成された冷却シート

その1



真空パウチ法により作成された冷却シート

その2

2-4 高接着力、高耐久性の冷却シートの接着技術の開発

【4. 高接着力、高耐久性の冷却シートの接着技術の開発】

冷却シートを太陽光発電パネルへ接着する技術を開発する。現行、常法とされるブチルテープ（建築材料として用いられる）による接着を含め接着技術の開発を行った。

また検討の中、専用の治具による取り付け方法も検討された。

【4-1】冷却シートの接着技術の開発

株式会社パワーバンクシステム

接着シートメーカーに依頼し、A4サイズ接着シートサンプルを15種類取り寄せ、実際に複合シートを製作し、模擬試験を行った。試験槽による温度試験をベースとした模擬試験を行った結果、15種のうち5種が適合、10種が不適合となる結果であった。



粘着シート（15種） 良品判定：赤枠 TH12,15,18,19,22 の5種類

接着シート、接着方法を検討する中で接着剤を用いずパネルへの設置を行う方法を検討した。新しい方法として新規な取り付け治具を開発し太陽光発電パネルの裏面に冷却シートを固定することを行った。現在、国立大学法人宮崎大学に設置されている太陽光発電パネルへの冷却シートの固定に用いられている。



2-5 太陽光発電パネルでの実証

【5. 太陽光発電パネルでの実証】

【5-1】性能試験 冷却効果確認

株式会社パワーバンクシステム、国立大学法人宮崎大学

小スケールでの日光暴露試験を株式会社パワーバンクシステムで行い、実証試験として複数メーカーの太陽光発電パネルについて冷却効果、発電電力の測定および比較を国立大学法人宮崎大学で行った。

冷却シートの冷却効果を屋外測定により実証するために、太陽電池パネル及び屋外評価装置を設置した。太陽電池パネル開放端電圧と動作温度を測定し、太陽電池パネルの動作温度依存性を明らかにした。また、小スケールの冷却シートサンプルを準備し、屋内測定により、冷却シートの冷却効果、熱伝導性などについて検討がなされた。

- 測定用パワーコンディショナーの導入

株式会社パワーバンクシステム

最終完成した冷却シートを実際に太陽光パネルに貼り付け、太陽光パネルの発電効果を確認する為のデータ収集に使用した。平成30年度より実際に試作した冷却シートの発電効果の確認に使用した。



(ソーラーフロンティア社製 SPC2703)

- 小試験を実施し冷却効果を評価

国立大学法人宮崎大学

冷却シートの冷却効果を確認するために、16 cm×16 cmの冷却シートサンプルを株式会社パワーバンクシステムが作製し、その効果を屋内試験にて確認した。図5-1に、屋内試験の概略図を示す。冷却シートを太陽電池(K I S製)裏面に直接貼り付けた。太陽電池は直流安定化電源より直流電力を供給することで、動作温度の上昇を模擬的に再現した。不織布冷却シートサンプルの貼り付けには、接着力の異なる2種類の接着テープを用いて固定した。不織布冷却シートサンプルを貼り付けた太陽電池セルと貼り付けていない太陽電池セル中央部の温度を熱電対により測定した。直流安定化電源を用いて直流電力を太陽電池パネルに供給することで、太陽電池パネルの温度が一樣に上昇することを赤外線カメラにより確認した。

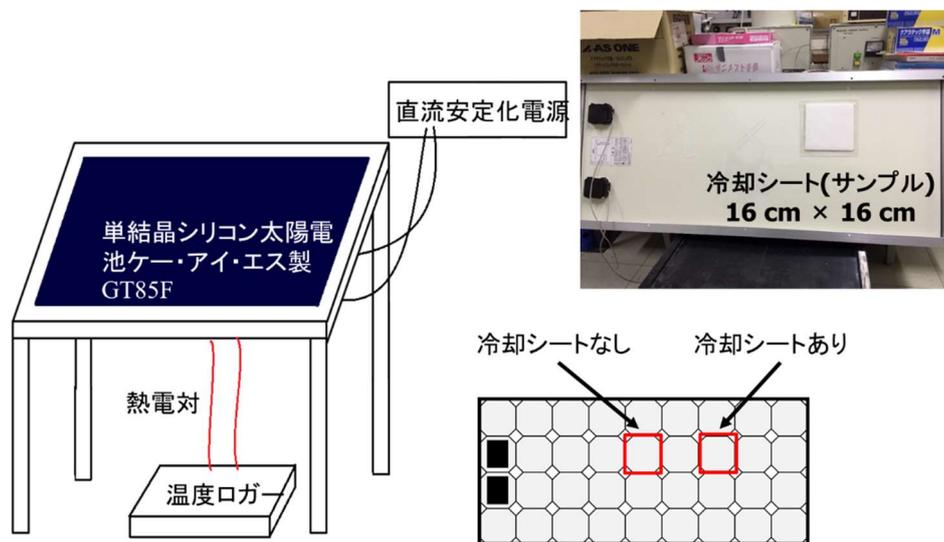


図5-1. 屋内試験の概略図

図5-2に、冷却シートの固定方式の違いによる冷却効果を示す。赤線は接着力が強い接着テープを用いて冷却シートを貼り付けた場所の太陽電池セルの温度、青線は接着力が弱い接着テープを用いて冷却シートを貼り付けた場所の太陽電池セルの温度、黒線が冷却シートを貼り付けていない太陽電池セルの温度を示す。測定は、1枚の太陽電池パネルに上記2種類の冷却シートを貼り付けて行った。温度上昇初期では、冷却シートサンプルを貼り付けた太陽電池セルの温度が貼り付けていない太陽電池セルの温度より低下したことで、冷却効果が確認できた。約30分後、冷却シート無しの太陽電池セルの温度より冷却シートを貼り付けた太陽電池セルの温度が大きくなったことから、冷却シートサンプルが断熱材の働きをした

ことが考えられる。直流安定化電源をOFFにし、太陽電池パネルの温度を減少させた。冷却シートを貼り付けた太陽電池セルの温度は冷却シート無しの太陽電池セルより、温度の低下が遅くなった。また、実験開始後約2時間で、潜熱の効果がわずかに見られた。

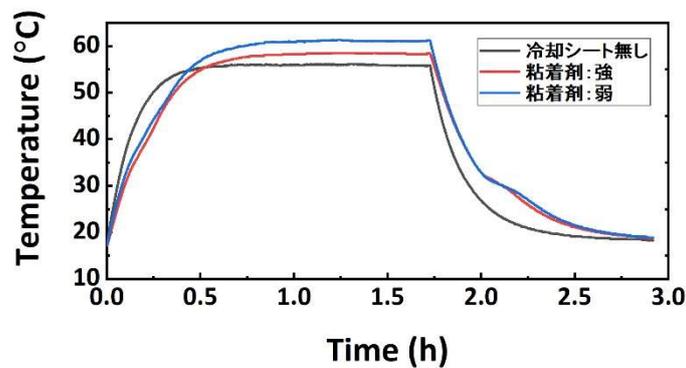


図5-2. 冷却シートの固定方式の違いによる冷却効果

不織布冷却シート間の粘着剤の熱伝導性を評価するため、シート間内部に温度センサーを挿入し温度変化を測定した。図5-3に、積層型冷却シート内に温度センサーの挿入位置を示す。太陽電池パネルの温度上昇は、直流電源により制御した。図5-4に、各温度センサーの温度変化を示す。粘着剤を挿入することにより各温度センサー間の温度差が減少していることから、粘着剤が冷却シート内の熱伝導率向上に寄与していることが分かった。

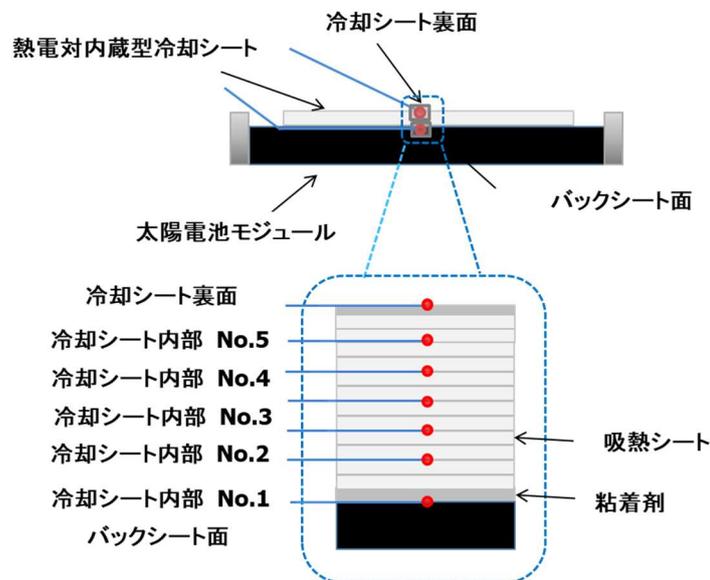


図5-3. 積層型冷却シート内に温度センサーの挿入位置

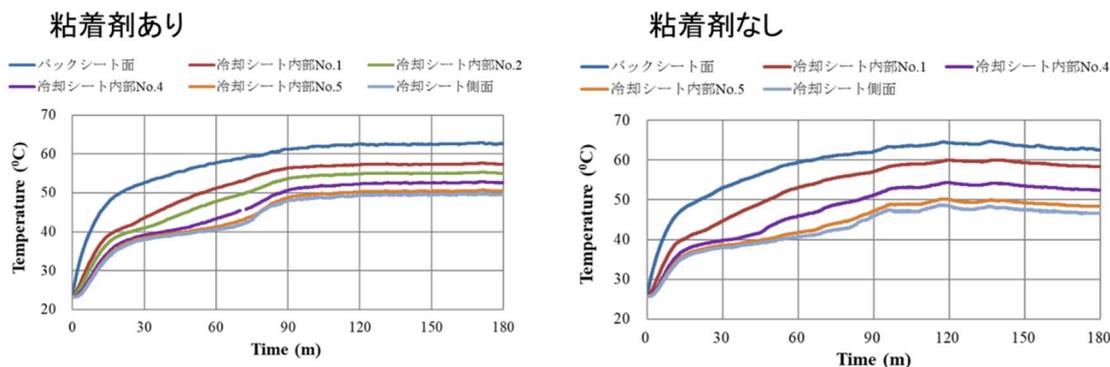


図5-4. 各温度センサーの温度変化

マスターバッチ冷却シートについて、熱流の屋内評価を行った。図5-5に示すように熱流は、熱流センサーを太陽電池モジュールと冷却シート間に設置し測定を行った。図5-6に、マスターバッチ冷却シートの外観を示す。マスターバッチ冷却シートは、それぞれ、冷却用マスターバッチ100%、伝熱性向上のため備長炭含有マスターバッチを30%混合したものの、備長炭含有マスターバッチ100%を用いた。図5-7に、それぞれのマスターバッチ冷却シートの熱流測定結果を示す。マスターバッチ冷却シート2種類（図5-7（a）及び（b））では、シートが吸収した熱を放出する過程が見られたが、備長炭含有マスターバッチ100%（図5-7（c））では、その過程が見られなかった。

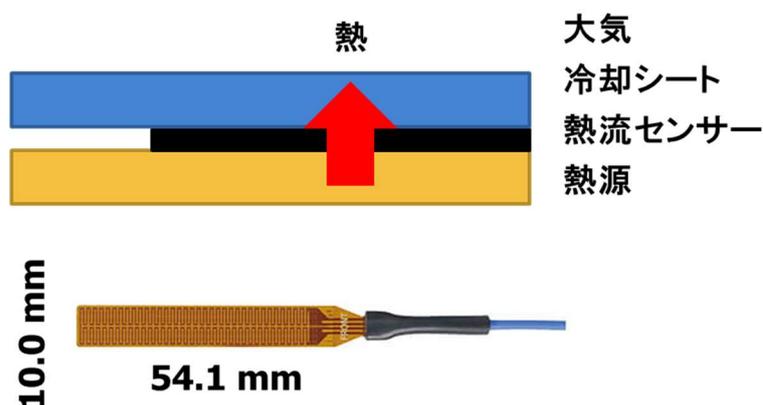


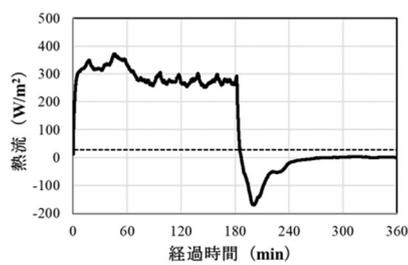
図5-5. 熱流センサー(下図)と熱流の測定方法(上図)。今回は、熱源として直流電源により加熱した太陽電池モジュールを用いた。

マスターバッチ 備長炭含有マスターバッチ
30%混合 備長炭含有
マスターバッチ

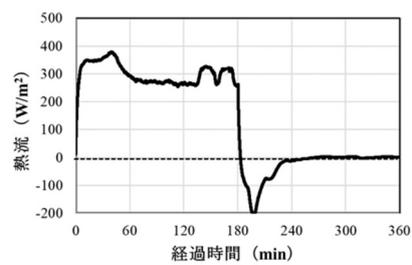


図5-6. マスターバッチ冷却シートの外観

(a) マスターバッチ



(b) 備長炭含有マスターバッチ30%混合



(c) 備長炭含有マスターバッチ 100%含有

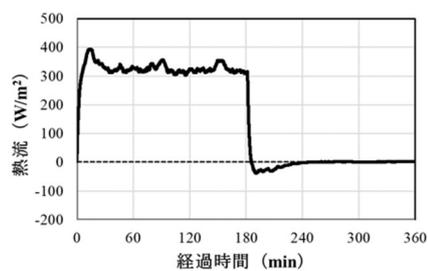


図5-7. (a) マスターバッチ、(b) 30%混合備長炭含有マスターバッチ、
(c) 備長炭100%含有マスターバッチの熱流測定。

● 屋外評価用冷却シートの評価

屋外評価にむけて、太陽電池モジュールサイズの不織布冷却シートとマスターバッチ冷却シート(30%備長炭含有)を作成し、評価した。図5-8に、12枚積層した不織布冷却シートの熱流の測定結果を示す。太陽電池モジュールの温度は直流電源により制御した。熱流は太陽電池モジュール加熱初期において上昇し、その後一定値を示した。太陽電池モジュールの加熱を停止すると、不織布冷却シート内に蓄熱された熱が放出された。

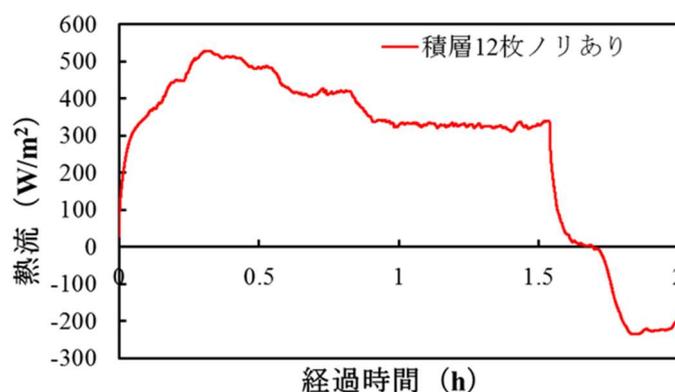


図5-8. 12枚積層した不織布冷却シートの熱流の測定結果。

12枚積層した太陽電池モジュールサイズの不織布冷却シートをモジュール裏面に貼り付け、天日下で屋外評価を行った。図5-9に、太陽電池裏面に張り付けた冷却シートの外観(貼り付けには株式会社パワーバンクが作製した治具を使用)、図5-10に、冷却シートを張り付けた太陽電池モジュールと張り付けていない太陽電池モジュールの開放電圧の1日の変化を示す。開放電圧は、太陽電池温度の影響を大きく受ける。太陽電池温度が上昇すると開放電圧は低下する。1日を通して、冷却シートを張り付けた太陽電池モジュールの開放電圧が小さいことから、十分な冷却効果が得られなかったことがわかる。



図5-9. 太陽電池裏面に張り付けた冷却シートの外観。貼り付けには株式会社パワーバンクが作製した治具を使用した。

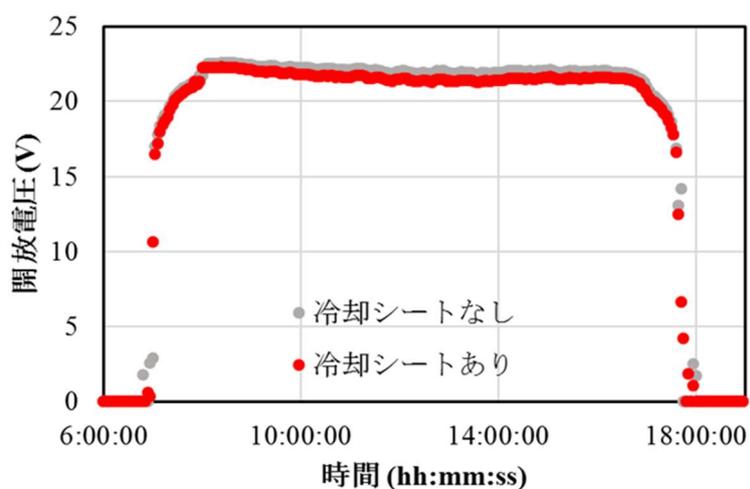


図5-10. 不織布冷却シートを張り付けた太陽電池モジュールと張り付けていない太陽電池モジュールの開放電圧の1日の変化。

同様に、マスターバッチ冷却シートを太陽電池裏面に貼り付け屋外評価を行った。図5-11に、マスターバッチ冷却シート(備長炭含有率30%)を張り付けた太陽電池モジュールと張り付けていない太陽電池モジュール開放電圧の1日の変化を示す。1日を通して、冷却

シートを張り付けた太陽電池モジュールの開放電圧が小さいことから、十分な冷却効果が得られなかった。

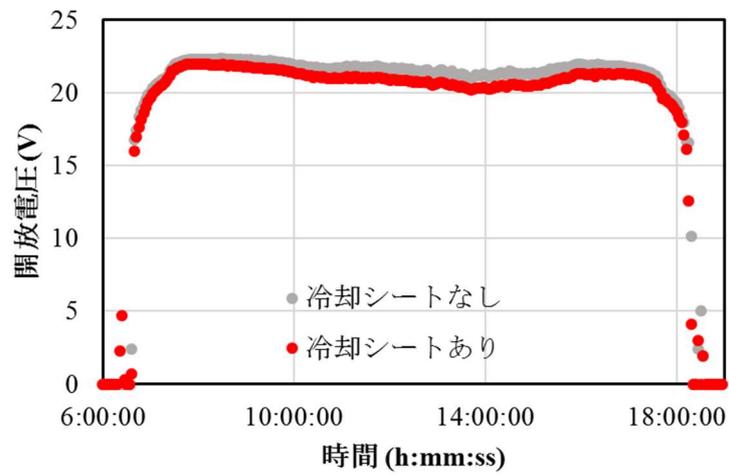


図5-1 1. マスターバッチ冷却シート(備長炭含有率30%)を張り付けた太陽電池モジュールと張り付けていない太陽電池モジュールの開放電圧の1日の変化。

第3章 全体総括

3-1 研究開発成果

平成29年度から令和元年度までの3カ年の研究開発の結果として冷却カプセルの開発においては高温域（40℃程度から上の温度）で作用する冷却カプセルの開発を行い、高温域で作用する冷却カプセルの吸熱量の不足（融解潜熱量）について、従来130～150J/gであった熱量を200J/g以上にすることができた。また、常温域用のカプセルでは問題とならなかった製造工程上の課題とカプセルの熱的特性上の課題解決を行い、高温域でも性能が発揮されるよう従来法からの改善を行った。不織布含浸積層系の冷却シートの開発ではメラミンマイクロカプセルを含浸させた不織布積層板の検討を行い、カプセルの含有量を目標以上として不織布含浸系の冷却シートとした。不織布含浸系の冷却シート積層技術としては従来のプレスによる積層板の製造方法以外に真空パウチ法による積層技術も確立した。この方法は冷却シートの封止保護層を検討する中で新しい製法として検討されたものである。含浸不織布の積層方法としては、真空パウチ法は初めての試みであった。マスターバッチを用いたプラスチック系冷却シートの開発においては無機系カプセル中で作用する冷却材（パラフィン類）の比較試験を実施し、導入した押出成型機（二軸押出機）でのプラスチック系への練り込み試験（樹脂成型品作成）を行いマスターバッチを熔融シート化し冷却シートを作成した。冷却シートの太陽光発電パネルへの接着方法に関しては、候補となる冷却シートの性状に合わせ種々の接着シート（方法）の検討と接着剤を使用しない専用治具による取り付け方法も開発された。国立大学法人宮崎大学では代表的な3種の太陽光発電パネルを屋外に設置し、種々データロガーによる記録とサーモカメラによる測定が行える設備を設置した。従来の潜熱蓄熱蓄冷分野での評価では小試験片でのDSC測定（示差走査熱量計）や恒温槽中での温度測定のみでの評価であったが太陽光発電パネルの自然環境下での効果検証が可能となっている。

3-2 研究開発後の課題

冷却シートの開発では不織布含浸積層系の冷却シートとマスターバッチを用いたプラスチック系冷却シートの開発を行ってきた。検討の中、不織布含浸系冷却シートでは融解潜熱量はプラスチック系冷却シートよりも優位であったが積層工程を要し成型時の自由度がないこと、また冷却シートとしての効力測定では理論熱量の数分の1程度の効果しか現れず、積層層間の熱伝導性などが検討課題となり今後は不織布含浸系冷却シートよりも成形性の自由度や連続生産時のコスト優位性のあるプラスチック系冷却シートに重点を置き開発を進める。

3-3 事業化展開

(1) 想定する用途や対策等

一時的に部分的に温度上昇を抑える必要がある場合で温度域が常温から80℃程度までの領域のものが対象となる。成型物とすることができるため自動車内装材、電気製品などの部材として使用されている押出成形品に適用が可能。本技術の冷却カプセルは従来のカプセルより高温で使用される。例えば、自動車内装材など高温となる部位の温度調節などにも使用の可能性がある。押し出し成型での技術開発によりプラスチックそのものに潜熱蓄熱性を付与することができるようになり従来は容器にカプセルを入れたり、壁材として塗りつけたりしていたがボード状、シート状として生産性の良い部材を提供できる。

太陽光発電パネルの冷却効果を検証することにより自動車、電気設備などの部分的な発熱部位を有するものに適用が可能となる。

一時的に部分的に温度上昇を抑える必要がある場合に貼り付けて使用出来る。コンピュータ、電気回路などの局所的な発熱部位の高温時ピークトップを抑える用途、エアコン外機や湯沸し器など日光にさらされる機械の電気基盤付近の冷却、公園ベンチの夏場のやけど対策などへの応用が期待できる。

(2) 事業化に至るまでの遂行方法や今後のスケジュール

開発された潜熱蓄熱性を有する真空パウチによる積層板、プレス積層板、プラスチック系シートは原料のマイクロカプセル、マスターバッチを含め商品化を行い一部商品は令和3年度から販売を開始する。