

日本—中国 国際共同研究「都市における環境問題または都市におけるエネルギー問題に関する研究」 平成 28 年度 年次報告書	
研究課題名（和文）	集光型太陽光システムとその排熱利用潜熱分離空調の研究開発
研究課題名（英文）	Research of Concentration Photovoltaic System Combined with Efficient Waste-Heat Driving Air-Conditioning System
日本側研究代表者氏名	党 超鋌
所属・役職	東京大学 大学院新領域創成科学研究科 准教授
研究期間	平成 28 年 8 月 1 日～平成 31 年 3 月 31 日

1. 日本側の研究実施体制

氏名	所属機関・部局・役職	役割
党 超鋌	東京大学 大学院新領域創成科学研究科 准教授	研究総括 冷却器の設計、実証実験実施
飛原 英治	東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授	コジェネレーションシステムの性能研究
高尾 幸来	福岡大学 工学部 教授	集光器の性能計算、実証実験実施
坂東茂	東京大学 大学院新領域創成科学研究科 客員准教授（電力中央研究所社会経済研究所 主任研究員）	デマンドレスポンスシステムの設計
齋藤 静雄	東京大学 大学院工学研究科 助手	伝熱実験の実施

2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

H28 年度の研究目標は、① 高倍率集光型太陽光・太陽熱利用システムの省エネ効果を明らかにする；② 熱流束 $100\text{W}/\text{cm}^2$ 条件の冷却手法を確立；③ 500 倍集光器の設計完了；④ 太

陽熱利用手法の確立

計画概要は下記の通りです：

- ① 高倍率集光型太陽光・太陽熱利用システムの全体設計と省エネルギー効果の評価を行う。適用地域の気象条件と電気・熱エネルギー使用実態を調査し、それに合わせた太陽光コジェネレーションシステムの構成を検討する。
- ② 高倍率集光発電モジュールの確実な冷却と熱回収方法の開発。熱流束を $20\text{W}/\text{cm}^2 \sim 200\text{W}/\text{cm}^2$ 条件（集光倍率 200 倍～2000 倍相当）において確実に冷却できかつ 110°C 程度の高温蒸気を回収するマイクロチャンネルと発泡金属を用いた冷却器を設計、実験する。
- ③ 集光倍率 500 倍以上のディッシュ型集光器を設計、製作する。
- ④ 太陽熱有効利用デシカント空調とエジェクタ空調の開発を行い、サイクル性能の試算と使用する吸着材の基本特性を実験する。

3. 日本側研究チームの実施概要

- (1) 太陽光発電および太陽光・太陽熱コジェネレーションシステムの研究開発動向を調査し、太陽光コジェネレーションシステムの構成を検討した。想定する太陽熱利用システムには、吸収冷凍機、デシカント空調とエジェクタ空調が含まれることとした。高倍率集光型太陽光・太陽熱利用システムの全体設計と省エネルギー効果の評価を行う。使用する気象データはNEDOの日射量データベースで、提案する太陽光コジェネレーションシステムと平板型太陽光発電、集光式太陽光発電および熱利用との各月毎の発電量と受熱量の比較を行い、各種熱利用手法を考慮した場合での提案システムの経済効果と省エネルギー性を明らかにした。投資回収年数としては5つの評価システムの中で唯一太陽光・熱同時利用システムにおいて10年以内での投資回収を達成する結果を得た。
- (2) 模擬太陽光源を用いて、実際の三接合太陽電池のI-V特性および発電効率の温度依存性の計測を行った。実測した温度係数が $-0.14(\%/^\circ\text{C})$ で、シリコン型太陽電池の1/3程度であることが明らかにした。さらに、マイクロチャンネル冷却器の設計と性能評価を行い、平均熱伝達率は $16 \sim 20\text{kW}/\text{m}^2\text{K}$ 程度得られ、熱流束が約 $500\text{kW}/\text{m}^2$ （おおよそ500倍の集光に相当）まで確実に冷却可能であることを確認した。
- (3) 東京大学柏キャンパス内の環境棟の屋上に集光・追尾システムの1次試作装置を設置し、集熱特性についての試験を行った。使用した集光器は $\phi 1.6\text{m}$ で、集光倍率は約150倍である。2016年5月～10月に行われた計測において、発電効率は最大33.1%、平均で25.6%であった。また、集熱器への入射量を基準とした集熱効率は最大88.2%、平均で61.5%であった。さらに、集光倍率500倍の新しい集光器を設計、製作し、環境棟の屋上に設置した。集光性能評価の準備を行っている。新しい集光器の集光面積は 3.8m^2 、焦点直径は10cm、公称最大集熱量は3.5kWである。
- (4) 太陽熱の有効利用システムとして、デシカント空調とエジェクタ空調のシステム設計と要素機器の性能評価を行った。デシカント空調に高分子吸着材を選定し、重量法計測装置を用いて、来流空気速度、温度および吸着剤塗布量による吸脱着性能の変化を解明した。また、デシカント塗布型熱交換器を応用した、廃熱駆動冷房システムの性能解析を行い、従来の吸収冷凍機と同程度の成績係数（0.6程度）を出すことができることを明らかにした。太陽熱駆動エジェクタ内部超音速駆動流と低速吸引流の混合特性の解明と性能向上を目指して、可視化計測、数値解析と実験検証など多角度から総合的な理論検討を行った。シュリーレン法を用いて運転条件、混合部の形状および可変スロート構造変化により発生する衝撃波の可視化計測を行い、そして特性曲線法により超音速駆動流と低速吸引流の相互作用により発生する衝撃波の解析モデルを構築し、吸引流量計算用有効流動面積の計算手法を提案した。さらに、数値計算より吸引流の速度分布特徴を抽出し、混合モデルの高性能化を行った。最後に、理論解析と実証実験を行い、太陽熱エジェクタ空調の実運転特性を明らかにした。