

戦略的国際共同研究プログラム(SICORP) 日本－中国共同研究  
終了報告書 概要

1. 研究課題名：「電気自動車用電池における熱管理技術の研究開発」
2. 研究期間：2013年 4月～2016年 3月
3. 主な参加研究者名：

## 日本側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	秋山 友宏	教授	北海道大学大学院 工学研究院	研究総括
主たる 共同研究者	小野 直樹	教授	芝浦工業大学	熱移動技術 開発
主たる 共同研究者	谷川 完士	専務 取締役	安積濾紙株式会社	材料開発
主たる 共同研究者	原田 和人	主任 研究員	株式会社燃焼合成	材料開発
研究参加者	能村 貴宏	准教授	北海道大学大学院 工学研究院	材料開発
研究参加者	下農 健二		安積濾紙株式会社	材料開発
研究期間中の全参加研究者数			31 名	

## 相手側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Shuangfeng Wang	Professor	South China University of Technology, School of Chemistry and Chemical Engineering	研究総括
主たる 共同研究者	Peng Zhang	Professor	Shanghai Jiao Tong University, School of Mechanical Engineering	材料開発
主たる 共同研究者	Mengyan Zang	Professor	South China University of Technology, School of Mechanical and Automotive Engineering	熱移動技術 開発
研究参加者	Zhengguo Zhang	Professor	South China University of Technology, School of Chemistry and Chemical Engineering	材料開発
研究期間中の全参加研究者数			15 名	

## 4. 共同研究の概要

エネルギー高効率利用のため、高性能電池を搭載した電気自動車の普及が期待されている。近年リチウムイオン電池の開発が進み、電池の高出力化・高容量化が急速に進歩した。一方、電池特性の最適化、長寿命化、及び安全性の更なる向上には、高度な電池熱管理技

術の確立が必須である。そのキーテクノロジーとして、本研究では「相変化物質（Phase Change Material: PCM）利用型電池熱管理技術」の開発を目指した。

PCM は固液相変化潜熱を利用して、高密度かつ一定温度で蓄熱可能な材料である。そのため、リチウムイオン電池からの発熱を吸収し、モジュール内を一定温度に維持する熱バッファとして利用できる。しかし、一般的に PCM の熱伝導率は低く、電池からの発熱を迅速に吸収できないことが課題となっている。また、PCM 相から電池モジュール系外へ効率的かつ迅速に熱を除去する技術は未確立である。即ち、PCM 利用型電池熱管理技術の達成には、PCM 材料開発及び熱移動技術開発において課題があった。そこで本プロジェクトでは、これらの課題を解決し、実装可能な電池熱管理技術を開発すべく、大きく材料開発グループと熱移動技術開発グループに分かれて検討を開始した。

材料開発グループは、一貫して高熱伝導性 PCM 及び高熱伝導性 PCM 複合材の開発に取り組んだ。その結果、材料開発グループでは純 PCM の約 80 倍もの有効熱伝導率を持つ高熱伝導性 PCM 複合材の開発に成功した。熱移動技術開発グループでは、特に、ヒートパイプによる熱移動技術に着目して、開発した PCM 複合材とヒートパイプを搭載したハイブリット熱管理システムを構築し、その実用可能性を検証することができた。また、これらの実験結果と整合性のある数値モデルの開発に成功し、熱管理システム全体の伝熱性能予測に成功した。

## 5. 共同研究の成果

### 5-1 共同研究の学術成果

材料開発では、一貫して高熱伝導性 PCM 及び高熱伝導性 PCM 複合材の開発に取り組んだ。その結果、ホットプレス法に基づく画期的な PCM 複合材作成法、及び高熱伝導性 PCM 担持体を開発し、最終的に高熱伝導性 PCM 複合材開発に成功した。これらの知見をもとに開発した PCM 複合材群は、わずか 10~20 vol% 程度のフィラー量（炭素繊維）で、使用した有機系 PCM の最大約 80 倍の熱伝導率に到達した。

熱移動技術開発グループでは、特に、ヒートパイプによる熱移動技術に着目した。開発した PCM 複合材とヒートパイプを搭載したハイブリット熱管理システムを構築し、実際のラミネート型リチウムイオン電池を用いた発熱実証実験（通常発熱時）にてその効果を検証した。その結果、構築したシステムは負荷走行時においても、恒常的に電池表面温度を安全温度範囲である 43°C 以下に抑制できることを確認した。また、これらの実験結果と整合性のある数値モデルの開発に成功し、熱管理システム全体の伝熱性能予測に成功した。

### 5-2 国際連携による相乗効果

本研究チームは、国内国外グループ間で積極的に連携をとり、活発な技術ミーティング、研究交流を実施した。また、「電気自動車用次世代電池技術に関する研究開発」に関する別チーム（課題名：新エネルギー自動車電気化学エンジンとしての動力用電池の高性能化）と合同で国際ワークショップ（合計 4 回開催）を通して、材料科学、機械工学、化学工学という異分野にまたがる国際協力体制を整えることができた。

### 5-3 共同研究成果から期待される波及効果

本研究で開発した高熱伝導性 PCM、広くは複合化による熱伝導性向上法は、電気自動車の熱管理技術のみならず、太陽熱発電用蓄熱システムの伝熱促進や各種パワーデバイスの放熱基板開発への波及が期待できる。また、構築した熱管理技術により、電気自動車の電池特性の最適化、長寿命化、及び安全性が格段に向上し、電気自動車の普及促進が期待できる。

Strategic International Collaborative Research Program (SICORP)  
Japan – China Joint Research Program  
Executive Summary of Final Report

1. Project Title : 「Research and development of power battery thermal management for electric vehicles」
2. Project Period : April 1, 2013 ~ March 31, 2016
3. Main Participants :

Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role
PI	Tomohiro Akiyama	Professor	Hokkaido University, Faculty of Engineering	Project Manager
Co-PI	Naoki Ono	Professor	Shibaura Institute of Technology, Faculty of Engineering	Heat transport technology development
Co-PI	Kanji Tanikawa	Executive director	Azumi Filter Paper CO., LTD	Material development
Co-PI	Kazuhito Harada	Chief researcher	Combustion Synthesis CO., LTD	Material development
Collaborator	Takahiro Nomura	Associate professor	Hokkaido University, Faculty of Engineering	Material development
Collaborator	Kenji Shimono		Azumi Filter Paper CO., LTD	Material development
Total number of participating researchers in the project:				31

Partner-side

	Name	Title	Affiliation	Role
PI	Shuangfeng Wang	Professor	South China University of Technology, School of Chemistry and Chemical Engineering	Project manager
Co-PI	Peng Zhang	Professor	Shanghai Jiao Tong University, School of Mechanical Engineering	Material development
Co-PI	Mengyan Zang	Professor	South China University of Technology, School of Mechanical and Automotive Engineering	Heat transport technology development
Collaborator	Zhengguo Zhang	Professor	South China University of Technology, School of Chemistry and Chemical Engineering	Material development
Total number of participating researchers in the project:				15

#### 4. Scope of the joint project

A spread of the electric vehicle with a high-performing battery has been expected to accelerate high-efficiency energy utilization. Development of lithium ion battery has recently been remarkably pursued. Consequently, high output and high capacity battery were achieved. Meanwhile, the development of a high-performance thermal energy management technology for the battery is needed to optimize battery properties, longer lifetime, and safety enhancement. Under these circumstances, this project focused on developing a thermal management technology using a phase change material (PCM).

The PCM is typically based on the storage or release of latent heat during a solid-to-liquid phase transition. The use of latent heat allows the PCM to achieve higher heat capacities, which is the ability to convert intermittent heat sources to constant ones. Therefore, the PCM can be used as a heat-buffer for the lithium ion battery, which can absorb excess heat from the battery and keep the temperature constant. However, the low thermal conductivity of the PCM leads to a problem, where the PCM does not quickly absorb the battery excess heat. The heat transportation technology from the PCM to out of the battery modules has not yet been established. Accordingly, problems of developing noble materials and heat transport technology for a thermal management technology using the PCM have arisen. Under these circumstances, this study aims to solve these problems and develop the implementable high-performance thermal management technology for the battery.

#### 5. Outcomes of the joint project

##### 5-1 Intellectual Merit

This project team consisted of a material development group and a heat transportation technology development group.

The main purpose of the material development group is to develop an innovative PCM or PCM composites with high-thermal conductivity. This group developed a noble hot-press method through this project. A noble high-thermal conductivity porous material for supporting PCM was also developed. The resulting PCM composites, including only 10–20 vol% filler (carbon fiber) amount, reached 80 times as high thermal conductivity as the pure PCM, which is an innovatively high value as that of the PCM composites.

The heat transportation technology development group mainly focused on a hybrid thermal management system, including the developed PCM composites and heat pipes. The experimental studies were performed using real-scale Li ion batteries and a discharging/charging machine to investigate the hybrid system performance. Consequently, the hybrid system had a great advantage in suppressing the increase of the battery temperature. The battery temperature was constantly suppressed under 43 °C even in the case of the highly loaded operation. The numerical model, with calculation results that were in good agreement with the experimental value, was also successfully developed. As a result, the performance of the total thermal management system was successfully predicted.

##### 5-2 Synergy from the Collaboration

The project members actively and closely collaborated with each other through the technology meeting and researcher exchange. International workshops were held four times, with another group for the “Research and Development of Next Generation Batteries for Electric Vehicles” in this international collaborative project. We established an international cooperating structure over different fields of material science, mechanical engineering, and chemical engineering through the international workshop.

##### 5-3 Potential Impacts on Society

The developed high thermal conductivity PCM, or generally speaking, the thermal conductivity enhancement method for the composite material has great potential impacts for thermal management of electric vehicles and various power devices and a heat storage system for a solar power plant. In addition, a spread on the use of electric vehicles is naturally expected, thanks to the optimization of the battery properties, lifetime enhancement, and battery safety using the established thermal management system.

# 共同研究における研究成果リスト(日中共同研究 :秋山・Wang課題 )

## 1 論文発表等 Publication of Articles etc.

### 1. 1 原著論文(相手側研究チームとの共著論文)Original Publications (Articles co-authored with the Partner Research Teams)

年度	全著者名、題目、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年
2015	Luo R, Wang S, Wang T, Zhu C, Nomura T, Akiyama T “Fabrication of paraffin@SiO <sub>2</sub> shape-stabilized composite phase change material via chemical precipitation method for building energy conservation” Energy and Buildings, 108 (2015) 373-380
2015	Nomura T, Tabuchi K, Zhu C, Sheng N, Akiyama T, “High thermal conductivity phase change composite with percolating carbon fiber network” Applied Energy, 154 (2015) 678-685
2015	Jianga X, Luo R, Penga F, Fanga Y, Akiyama T, Wang S, “Synthesis, characterization and thermal properties of paraffin microcapsules modified with nano-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ”, Applied Energy, 137 (2015) 731-737
2015	Takahiro Nomura, Chunyu Zhu, Sheng Nan, Kazuki Tabuchi, Shuangfeng Wang, Tomohiro Akiyama “High thermal conductivity phase change composite with a metal-stabilized carbon-fiber network” Applied Energy, Vol. 179 (2016) Pages 1-6.

### 1. 2. 1 原著論文(相手側研究チームを含まない日本側研究チームの論文)

#### Original Publications (Articles by the Japanese Research Teams only, excluding the Partner Research Teams)

年度	全著者名、題目、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年
2015	Nomura T., Zhu C., Sheng N, Tabuchi K, Sagara A, Akiyama T, “Shape-stabilized phase change composite by impregnation of octadecane into mesoporous SiO <sub>2</sub> ” Solar Energy Materials and Solar Cells, 143 (2015) 424-429
2015	Nomura T., Zhu C., Sagara A, Okinaka, Akiyama T. “Estimation of thermal endurance of multicomponent sugar alcohols as phase change materials” Applied Thermal Engineering, 75 (2015) 481-486
2015	Zhu C, Saito G, Akiyama T, “A facile solution combustion synthesis of nanosized amorphous iron oxide incorporated in a carbon matrix for use as a high-performance lithium ion battery anode material” Journal of Alloys and Compounds, 633 (2015) 424-429
2015	Zhu C, Sheng N, Akiyama T, “MnO nanoparticles embedded in a carbon matrix for a high performance Li ion battery anode” RSC Advance, 5 (2015) 21066-21073
2015	Zhu C, Saito G, Akiyama T, “Urchin-like hollow-structured cobalt oxides with excellent anode performance for lithium-ion batteries” Journal of Alloys and Compounds, 646 (2015) 639-646
2015	Han CG, Zhu C, Saito G, Akiyama T, “Glycine/sucrose-based solution combustion synthesis of high-purity LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> with improved yield as cathode materials for lithium-ion batteries” Advanced Powder Technology, 26 (2015) 665-671.

### 1. 2. 2 原著論文(日本側研究チームを含まない相手側研究チームの論文)

#### Original Publications (Articles by the Partner Research Teams only, excluding the Japanese Research Teams)

年度	全著者名、題目、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年
2013	Chen JF, Wang SF, Me H, Cai S, Zhao Y, “Gas-liquid two-phase flow splitting at microchannel junctions with different branch angles” Chemical Engineering Science, 104 (2013) 881-890
2013	Wang S, Cheng S, Yu H, Rao Z, Liu Z, “Experimental investigation of Al-Cu composed tube-fin heat exchangers for air conditioner.” Experimental Thermal and Fluid Science, 51 (2013) 264-270
2013	Ling Z, Fang X, Wang S, Zhang Z, Liu Z, “Thermal management of lithium-ion batteries using phase change materials” Energy storage science and Technology, 15 (2013) 451-459
2013	Xiao X, Zhang P, “Morphologies and thermal characterization of paraffin/carbon foam composite phase change material” Solar Energy Materials and Solar Cells, 117 (2013) 451-461

2013	Xiao X, Zhang P, Li M, "Preparation and thermal characterization of paraffin/metal foam composite phase change material." Applied Energy 112 (2013) 1357–1366
2014	Ling Z, Chen J, Fang Z, Zhang Z, Xu T, Gao Z, Wang S, "Experimental and numerical investigation of the application of phase change materials in a simulative power batteries thermal management system" Applied Energy, 121 (2014) 104–113
2014	Ling Z, Zhang Z, Shi G, Fang X, Wang W, Gao X, Fang Y, Xu T, Wang S, Liu X, "Review on thermal management systems using phase change materials for electronic components, Li-ion batteries and photovoltaic modules" Renewable and Sustainable Energy Reviews, 31 (2014) 427–438
2014	Hu Y, Zhang, SL, Li XY, Wang SF, "Heat transfer enhancement mechanism of pool boiling with self-rewetting fluid." International Journal of Heat and Mass Transfer, 79 (2014) 309–313
2014	Hu Y Liu TQ Li X Wang S "Heat transfer enhancement of micro oscillating heat pipes with self-rewetting fluid." International Journal of Heat and Mass Transfer 70 (2014) 469–503
2014	Ling Z Chen J Xu T Fang X Zhang Z Gao X "Thermal conductivity of an organic phase change material/expanded graphite composite across the phase change temperature range and a novel thermal conductivity model" Energy Conversion and Management 102 (2014) 202–208
2014	Cheng S Wang S Liu ZM "Cycle performance of alternative refrigerants for domestic air-conditioning system based on a small finned tube heat exchanger." Applied Thermal Engineering 64 (2014) 83–92
2014	Xiao Z Zhang P Li M "Effective thermal conductivity of open-cell metal foams impregnated with pure paraffin for latent heat storage" International Journal of Thermal Sciences 81 (2014) 94–105
2014	Zang M Xie J Ouyang J Wang S Wu Z "Investigation of temperature performance of Lithium-ion batteries for electric vehicles" Transportation Electrification Asia-Pacific (ITEC Asia-Pacific) 2014 IEEE Conference and Expo. IEEE 2014: 1–8.
2015	Ling Z Zhang Z Fang X Wang S Gao X Xu T "Performances of a thermal management system using different phase change materials on a simulative electronic chips." Journal of Engineering Thermophysics 36 (2015) 147–150
2015	Ling Z Wang F Fang X Gao Z Zhang Z "A hybrid thermal management system for lithium ion batteries combining phase change materials with forced-air cooling." Applied Energy 148 (2015) 403–409
2015	Chen J Wang S Zhang X Ke H Li X " Experimental investigation of two-phase slug flow splitting at a micro impacting T-junction." International Journal of Heat and Mass Transfer 81 (2015) 939–948
2015	Wang S Liu Z Cheng S "Cycle performance of air conditioning system based on finned tube heat exchangers with different helix angles" Applied Thermal Engineering 78 (2015) 543–550
2015	Hong S Zhang X Wang S Zhang Z "Experiment study on heat transfer capability of an innovative gravity assisted ultra-thin looped heat pipe" International Journal of Thermal Science 96 (2015) 106–114
2015	Hu Y Zhang S Li X Wang S "Heat transfer enhancement of subcooled pool boiling with self-rewetting fluid" International Journal of Heat and Mass Transfer 83 (2015) 64–68
2015	Zhang P Z. N. Meng H. Zhu Y. L. Wang S. P. Peng. Melting heat transfer characteristics of a composite phase change material fabricated by paraffin and metal foam. Applied Energy 2015 Oct
2015	Xiao X Zhang P Li M "Experimental and numerical study of heat transfer performance of nitrate/expanded graphite composite PCM for solar energy storage." Energy Conversion and Management 105 (2015) 272–284
2015	Ma F Zhang P Xia Z Li M "How to enhance the effective thermal conductivity of composite material based on optimization method?" Energy 87 (2015) 400–411
2015	Xiao X Zhang P "Numerical and experimental study of heat transfer characteristics of a shell-tube latent heat storage system: Part I — Charging process." Energy 79 (2015) 337–350
2015	X. Xiao P. Zhang. Numerical and experimental study of heat transfer characteristics of a shell-tube latent heat storage system: Part II — Charging process. Energy 2015 80: 177–189
2015	Zhang P Xiao Z Meng Z Li M "Heat transfer characteristics of a molten-salt thermal energy storage unit with and without heat transfer enhancement." Applied Energy 137 (2015) 758–772
2015	Zhu H Zhang P Meng Z and Li Ming "Thermal Characterization of Lauric-Stearic Acid/Expanded Graphite Eutectic Mixture as Phase Change Materials." Journal of Nanoscience and Nanotechnology 15 (2015) 3288–3294

2015	Zijing G Mengyan Z Peng Y et al. Simulation analysis of lithium-ion battery pack for electric vehicle under air cooling condition. Machine Design and Manufacturing Engineering 44 (2015) 24-28
2015	Zhang P Xiao X Ma Z "A review of the composite phase change materials: fabrication characterization mathematical modeling and application to performance enhancement" Applied Energy 165 (2016) 472-510
2015	Hong S Zhang X Tang Y Wang S Zhang Z "Experiment research on the effect of the evaporator's configuration design of an innovative ultra-thin looped heat pipe" International Journal of Heat and Mass Transfer 92 (2016) 497-506
2015	Chen K Wang S Song M "Optimization of heat source distribution for two-dimensional heat conduction using bionic method." International Journal of Heat and Mass Transfer 93 (2016) 108-117
2015	Ling Z Wen Z Zhang Z Fang X Xu T "Warming-up effects of phase change materials on a lithium ion battery operated at low temperature" Energy Technology (2016)

### 1. 3 その他の著作物(相手側研究チームとの共著のみ)(総説、書籍など) Other Media, e.g. reviews, books (Co-authored with the Partner Research Teams)

年度	全著者名、題目、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年
なし	

#### 1. 4. 1 その他の著作物(相手側研究チームを含まない日本側研究チームの総説、書籍など)

Other Media, e.g. reviews, books (by the Japanese Research Teams only, excluding the Partner Research Teams)

年度	全著者名、題目、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年
2013	能村貴宏、秋山友宏「未利用熱有効利用のための潜熱蓄熱技術」化学工業 64 (2013) 38-47
2015	堤敦司(監修)、秋山友宏(分担執筆)「熱エネルギー高度有効利用と省エネルギー技術 第3章 蓄熱・熱輸送 1 蓄熱・熱輸送技術体系」フロンティア出版、2015年
2015	堤敦司(監修)、能村貴宏、秋山友宏(分担執筆)「熱エネルギー高度有効利用と省エネルギー技術 第3章 蓄熱・熱輸送 2 PCMを用いた潜熱蓄熱技術とその応用」フロンティア出版、2015年

#### 1. 4. 2 その他の著作物(日本側研究チームを含まない相手側研究チームの総説、書籍など)

Other Media, e.g. reviews, books (by the Partner Research Teams only, excluding the Japanese Research Teams)

年度	全著者名、題目、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年
なし	

2 学会等発表(セミナー、ワークショップ、シンポジウム等)Presentations at Academic Conferences etc. (Seminars, Workshops, Symposia)

2.1 学会発表(相手側研究チームと連名の発表)Conference Presentations (Joint Presentations with Partner Research Teams)

年度	言語	発表者、「題目」、学会等名、場所、月日	発表形式
なし			

2.2.1 学会発表(相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表)Conference Presentations (by Japanese Research Teams, excluding Partner Research Teams)

年度	言語	発表者、「題目」、学会等名、場所、月日	発表形式
2013	日本語 (Japanese)	神原圭佑、尾城拓哉、山田崇、小野直樹、“相変化材料の冷却用システムの考案”、日本機械学会関東支部第53回学生員卒業研究発表講演会(2014年3月14日)、講演番号1204.	口頭発表
2013	日本語 (Japanese)	工藤和宏、野中厚佑、山田崇、小野直樹、“相変化材料の冷却に関する熱流動状態の観察”、日本機械学会関東支部第53回学生員卒業研究発表講演会(2014年3月14日)、講演番号1207.	口頭発表
2014	日本語 (Japanese)	尾城拓哉、神原圭佑、山田崇、小野直樹、“電気自動車用電池のための相変化材料を用いた冷却システムの開発”、第51回日本伝熱シンポジウム(2014年5月21日～23日)、講演番号F321.	口頭発表
2014	日本語 (Japanese)	野中厚佑、工藤和宏、山田崇、小野直樹、“電気自動車用電池のために相変化材料を用いた冷却システムの熱流体測定”、第51回日本伝熱シンポジウム(2014年5月21日～23日)、講演番号F322.	口頭発表
2014	日本語 (Japanese)	田淵一希、“未利用熱回収のための高熱伝導性潜熱蓄熱体の開発”日本鉄鋼協会第168回秋季講演大会 学生ポスターセッション 名古屋大学(2014年9月25日)	口頭発表
2014	英語 (English)	T.Ojiro, K.Nonaka, K.Kudo, T.Yamada, T.Yamada and Naoki Ono, “Numerical modeling of heat transfer in the cooling system using phase change material and heat pipes for power battery of electric vehicles”, Eleventh International Conference on Flow Dynamics(Oct.8-10,2014,Sendai,Japan), Proceedings, GS1-13(USB Memory).	口頭発表
2014	英語 (English)	K.Nonaka, T.Ojiro, K.Kudo, T.Yamada, T.Yamada and N.Ono, “Experimental analysis of heat transfer in the cooling system using phase change material and heat pipes for power battery of electric vehicles”, Eleventh International Conference on Flow Dynamics(Oct.8-10,2014,Sendai,Japan), Proceedings, GS1-14(USB Memory).	口頭発表
2014	日本語 (Japanese)	山田達也、野中厚佑、尾城拓哉、工藤和宏、山田崇、小野直樹、“電気自動車用電池の冷却に関する伝熱計測と新システムの考案”、日本機械学会関東支部第54回学生員卒業研究発表講演会(2015年3月20日)、講演番号1006.	口頭発表
2014	日本語 (Japanese)	星洋輔、中村仁、山田崇、小野直樹、“電池冷却を想定した微細ヒートパイプ内の熱流動観察”、日本機械学会関東支部第54回学生員卒業研究発表講演会(2015年3月20日)、講演番号906.	口頭発表
2015	日本語 (Japanese)	工藤和宏、尾城拓哉、野中厚佑、山田達也、山田崇、小野直樹、“電気自動車向けの相変化材料を用いた冷却システムの開発”、第52回日本伝熱シンポジウム、福岡市(2015年6月3日～5日)、講演番号E124.	口頭発表
2015	日本語 (Japanese)	田淵一希、能村貴宏、朱春宇、秋山友宏、“ホットプレス法による高熱伝導性相変化複合材の開発”、第52回日本伝熱シンポジウム(2015年6月3日～5日)、講演番号SP109.	口頭発表
2015	日本語 (Japanese)	中村仁、星洋輔、山田崇、小野直樹、“ウイック式ヒートパイプの内部における熱流動のPIV観察”、第52回日本伝熱シンポジウム(2015年6月3日～5日)、講演番号E131.	口頭発表
2015	英語 (English)	K.Kudo, T.Yamada, T.Koshiyama, S.Tanabe, M.Yoshikawa T.Yamada and N.Ono, “Development of a new cooling system using phase change material and heat pipes for thermal management of power battery of electric vehicles”, Twelfth International Conference on Flow Dynamics(Oct.27-29,2015,Sendai,Japan), Proceedings, GS1-12(USB Memory).	口頭発表
2015	英語 (English)	H.Nakamura, Y.Hoshi, R.Ueno, T.Yamada and N.Ono, “Observation of fluid flow inside a heat pipe with wicks by PIV technique”, Twelfth International Conference on Flow Dynamics(Oct.27-29,2015,Sendai,Japan), Proceedings, OS11-3(USB Memory).	口頭発表
2015	日本語 (Japanese)	山田達也、工藤和宏、小野直樹、“電気自動車用電池のための新冷却システムの開発と伝熱計測”、日本機械学会熱工学コンファレンス2015年(2015年10月24日～25日)、講演番号A113、USBmemory.	口頭発表

2015	日本語 (Japanese)	星洋輔、中村仁、上野凌、山田崇、小野直樹、「電池冷却用ヒートパイプ内部の熱流動観察」、日本機械学会熱工学コンファレンス2015年(2015年10月24日～25日)、講演番号A112、USBmemory.	口頭発表
------	----------------	---	------

## 2. 2. 2 学会発表(日本側研究チームを含まない相手側研究チームの発表) Conference Presentations (by Partner Research Teams, excluding Japanese Research Teams)

年度	言語	発表者、「題目」、学会等名、場所、月日	発表形式
2013	英語 (English)	Taro Kagaku、「Measurement of the thermal conductivities of open-cell metallic foams infiltrated with paraffin for thermal heat storage」、International Conference on Cryogenics and Refrigeration、Hangzhou, China、2013/4/10	口頭発表
2014	英語 (English)	Ziye Ling、Temperature-dependent thermal conductivity of RT44HC/expanded graphite composite phase change material for thermal management systems、6th International Conference on Applied Energy、Taipei、2014/06/02	口頭発表
2014	英語 (English)	Wang SF.Study on enhanced heat transfer performance of oscillation heat pipes.JSSUME 2014,Yokohama、2014/8/16	口頭発表
2014	英語 (English)	Hong SH.Enhancement of pool boiling heat transfer in self-wetting fluid.JSSUME 2014,Yokohama、2014/8/17	ポスター発表
2014	英語 (English)	Peng Zhang、「Phase change heat transfer characteristics of paraffin/metal foam composite in a rectangular cavity」、The Fourth Latent Heat Engineers Symposium、東京、2014/12/11	招待講演
2014	英語 (English)	Peng Zhang、「Experimental and Numerical Study of Heat Transfer Characteristics of a Paraffin/Metal Foam Composite PCM」、The 7th International Conference on Applied Energy、UAE、2015/3/30	口頭発表
2014	英語 (English)	Hong SH.Experimental Investigation on the Characters of Ultra-Thin Loop Heat Pipe Applied in BTMS. The 7th International Conference on Applied Energy、UAE、2015/3/30	口頭発表
2015	英語 (English)	Ge Zijing、「A study on the structure optimization and design of lithium-ion battery pack under air cooling and liquid cooling conditons」、International Conference On High Performance of Power Batteries as Electrochemical Engine of New Energy Vehicles、GuangZhou, China、2015/04/20	口頭発表
2015	英語 (English)	Ziye Ling、Optimizing a PCM-based battery thermal management system with response surface methodology、13th International Energy Agency Energy Storage Greenstock Conference、Beijing、2015/05/19	ポスター発表
2015	英語 (English)	Peng Zhang、「Energy Storage and Retrieval of a Latent Heat Storage System with Pure and Composite PCMs」、The Fifth Latent Heat Engineers Symposium、Kanazawa、2015/11/27	招待講演
2015	英語 (English)	Zhengguo Zhang、Preparation and thermal physical properties of composite PCMs、UK-China Thermal Energy Storage Forum、Beijing/2015/12/04	招待講演
2016	英語 (English)	Ge Zijing、「Research and Optimization on Power Battery Thermal Management System of Electric Vehicle with Air cooling and Liquid cooling」、International Conference On High Performance of Power Batteries as Electrochemical Engine of New Energy Vehicles、GuangZhou, China、	口頭発表

### 3 ワークショップ・セミナー・シンポジウム等の開催 Workshops, Seminars, Symposia and Other Events

#### 3. 1. ワークショップ・セミナー・シンポジウム

(日本側研究チームおよび/または相手側研究チーム主催) Workshops, Seminars, Symposia (Organized by the Japanese and/or Partner Research Teams)

年度	開催期間	主催者名	名称	場所 (国名、都市名、会場名)	参加人数 (チーム メンバー 含む)	概要
2013	2013/5/9	宇高義郎	JST-MOST日中共同研究課題スタートアップワークショップ 「自動車用電池の熱管理および燃料電池の熱物質伝達制御による高性能化」	日本、横浜、横浜市開港記念会館講義室	約40	
2013	2013/9/26 ～ 2013/9/28	Peng Zhang	北海道大学-上海交通大学研究交流会兼進捗報告会	中国、上海、上海交通大学	15	
2013	2014/1/6～ 1/7/	秋山友宏	北海道大学-上海交通大学研究交流会兼進捗報告会	日本、札幌、北海道大学	5	
2013	2014/1/12/ ～1/13/	Shuangfeng Wang	北海道大学-華南理工大学研究交流会兼進捗報告会	中国、広州、華南理工大学	20	
2014	2014/8/15	小野直樹	芝浦工業大学-華南理工大学研究交流会兼進捗報告会	日本、豊洲、芝浦工業大学	10	
2014	2014/8/21 ～ 2015/8/22	秋山友宏	JST-MOST日中共同研究課題第二回ワークショップ 「自動車用電池の熱管理および燃料電池の熱物質伝達制御による高性能化」	日本、札幌、北海道大学	31	
2014	2015/1/20	秋山友宏	「JST-MOST日中共同研究課題「エネルギー利用の効率化」「電気自動車用電池における熱管理技術の研究開発」秋山/汪チーム合同ミーティング	日本、札幌、北海道大学	30	
2014	2015/1/22	秋山友宏	エネルギーメディア変換材料フォーラム2015 ～電気自動車用電池の熱管理および燃料電池の熱物質伝達制御による高性能化に関する講演会～	日本、札幌、北海道大学	50	
2015	2015/4/19 ～ 2015/4/21	Shixue Wang	2015 Workshop of Strategic Japanese-Chinese Joint Research On High Performance of Power Batteries as Electrochemical Engine of New Energy Vehicles	中国、天津、天津大学	約40	
2015	2016/2/28 ～ 2016/2/29	Shuangfeng Wang	2016 Work Shop of Strategic Japanese-Chinese Joint Research on High Performance of Power Batteries as Electrochemical Engine of New Energy Vehicles	中国、広州、華南理工大学	約40	

#### 4 研究交流の実績Record of Research Exchanges

##### 4.1 日本側から相手国機関への訪問等の実績Record of Visits by the Japanese Side to Partner Institutions

##### 4.1.1 【日本→海外】(日本側研究チームメンバーのみ)(Japan→Overseas) Only those by Japanese Research Team Members

年度	出発日	帰国日	氏名	所属機関	役職	用務先(国名、都市名、研究機関名等)	用務の内容	出張日数
2013	2013/9/25	2013/9/29	秋山友宏	北海道大学	教授	中国、上海、上海交通大学	研究セミナー・研究室見学	5
2013	2013/9/25	2013/9/29	能村貴宏	北海道大学	准教授(当時はポスドク)	中国、上海、上海交通大学	研究セミナー・研究室見学	5
2013	2013/9/25	2013/9/29	谷川完士	安積濾紙株式会社	専務取締役	中国、上海、上海交通大学	研究セミナー・研究室見学	5
2013	2014/1/11	2014/1/13	秋山友宏	北海道大学	教授	中国、広州、華南理工大学	研究セミナー・研究室見学	3
2013	2014/1/11	2014/1/14	能村貴宏	北海道大学	准教授(当時はポスドク)	中国、広州、華南理工大学	研究セミナー・研究室見学	4
2013	2014/1/11	2014/1/14	朱春宇	北海道大学	ポスドク	中国、広州、華南理工大学	研究セミナー・研究室見学	4
2014	2014/11/16	2014/11/19	秋山友宏	北海道大学	教授	中国、北京	PI会議	4
2014	2014/11/16	2014/11/19	能村貴宏	北海道大学	准教授(当時は特任助教)	中国、北京	PI会議	4
2014	2014/11/16	2014/11/19	朱春宇	北海道大学	ポスドク	中国、北京	PI会議	4
2015	2015/4/19	2015/4/22	秋山友宏	北海道大学	教授	中国、天津、天津大学	日中共同ワークショップ	4
2015	2015/4/19	2015/4/22	能村貴宏	北海道大学	准教授(当時は特任助教)	中国、天津、天津大学	日中共同ワークショップ	4
2015	2015/4/15	2015/4/22	朱春宇	北海道大学	ポスドク	中国、天津、天津大学 中国、北京、清華大学	日中共同ワークショップ 研究打ち合わせ	8
2015	2015/4/19	2015/4/22	谷川完士	安積濾紙株式会社	専務取締役	中国、天津、天津大学	日中共同ワークショップ	4
2015	2015/4/19	2015/4/22	下農健治	安積濾紙株式会社	-	中国、天津、天津大学	日中共同ワークショップ	4
2015	2015/4/19	2015/4/22	小野直樹	芝浦工業大学	教授	中国、天津、天津大学	日中共同ワークショップ	4
2015	2015/4/19	2015/4/22	工藤和宏	芝浦工業大学	大学院生	中国、天津、天津大学	日中共同ワークショップ	4
2015	2016/2/28	2016/3/1	能村貴宏	北海道大学	准教授	中国、広州、華南理工大学	日中共同ワークショップ	3
2015	2016/2/28	2016/3/1	谷川完士	安積濾紙株式会社	専務取締役	中国、広州、華南理工大学	日中共同ワークショップ	3
2015	2016/2/28	2016/3/1	下農健治	安積濾紙株式会社	-	中国、広州、華南理工大学	日中共同ワークショップ	3

4. 1. 2 【日本→海外】（日本側研究チームメンバー以外）（Japan→Overseas）（Excluding those by Japanese Research Team Members）

年度	出発日	帰国日	氏名	所属機関	役職	用務先(国名、都市名、研究機関名等)	用務の内容	出張日数
なし								

4. 2 相手国側から日本側への訪問等の実績

Record of Visits by Partner Reserach Teams to Japan

4. 2. 1 【海外→日本】（相手側研究チームメンバーのみ）

年度	出発日	帰国日	氏名	所属機関	役職	用務先(国名、都市名、研究機関名等)	用務の内容	出張日数
2013	2013/5/9	2013/5/11	Wang Shuangfeng	South China University of Technology	Professor	日本、横浜	日中共同ワークショップ <sup>o</sup>	3
2013	2013/5/9	2013/5/11	Zhang Zhengguo	South China University of Technology	Professor	日本、横浜	日中共同ワークショップ <sup>o</sup>	3
2013	2013/5/9	2013/5/11	Qian Yu	South China University of Technology	Professor	日本、横浜	日中共同ワークショップ <sup>o</sup>	3
2013	2014/1/6	2014/1/9	Zhang Peng	Shanghai Jiaotong University	Professor	日本、札幌、北海道大学	技術打ち合わせ	4
2014	2014/8/19	2014/8/22	Wang Shuangfeng	South China University of Technology	Professor	日本、札幌、北海道大学	日中共同ワークショップ <sup>o</sup>	4
2014	2014/8/19	2014/8/22	Hong Sihui	South China University of Technology	Student	日本、札幌、北海道大学	日中共同ワークショップ <sup>o</sup>	4
2014	2014/8/19	2014/8/22	Zhang Peng	Shanghai Jiaotong University	Professor	日本、札幌、北海道大学	日中共同ワークショップ <sup>o</sup>	4
2014	2014/8/14	2014/8/16	Wang Shuangfeng	South China University of Technology	Professor	日本、横浜、JSSUME 2014日本、豊洲、芝浦工業大学	国際会議及び芝浦工業大学との研究セミナー	3
2014	2014/8/14	2014/8/16	Hu Yanxin	South China University of Technology	Student	日本、横浜、JSSUME 2014日本、豊洲、芝浦工業大学	国際会議及び芝浦工業大学との研究セミナー	3
2014	2014/8/16	2014/8/18	Wang Shuangfeng	South China University of Technology	Professor	東京、東京大学	技術打ち合わせ	3
2014	2014/8/16	2014/8/18	Hu Yanxin	South China University of Technology	Student	東京、東京大学	技術打ち合わせ	3
2014	2015/1/5	2015/1/25	Wang Shuangfeng	South China University of Technology	Professor	日本、札幌、北海道大学	招聘教員	21
2014	2015/1/5	2015/1/25	Zhang Zhengguo	South China University of Technology	Professor	日本、札幌、北海道大学	招聘教員	21
2014	2015/1/5	2015/1/25	Zang Mengyan	South China University of Technology	Professor	日本、札幌、北海道大学	招聘教員	21
2014	2015/1/4	2015/3/31	Wang Shixue	Tienjin University	Professor	日本、札幌、北海道大学	招聘教員	87
2015	2016/1/20	2016/1/24	Wang Shuangfeng	South China University of Technology	Professor	日本、東京	PI会議	5



## 5 特許出願 Patent Applications

### 5. 1. 日本側の単独出願 Independent Applications by Japanese Research Teams

出願年度	出願番号	発明の名称	出願日	出願人	公開番号 (未公開は空欄)	発明者	出願国
2015	特願2016-030903	AINウイスキーの製造方法、及び、AINウイスキー	2016/2/22	国立大学法人北海道大学、(株)燃焼合成		秋山、中田、原田	日本

### 5. 2. "相手国"側の単独出願 Independent Applications by Partner Countries

出願年度	出願番号	発明の名称	出願日	出願人	公開番号 (未公開は空欄)	発明者	出願国
2014	201410156197.8	带液体冷却板的纯电动汽车动力电池冷却与加热装置	2014/4/17	South China University of Technology		Zang MY、Xie JH	中国
2014	201420189265.6	带液体冷却板的纯电动汽车动力电池冷却与加热装置	2014/4/17	South China University of Technology		Zang MY、Xie JH	中国
2014	CN 201420423616.4	一种具有超薄轻量级散热装置的动力电池	2014/7/29	South China University of Technology	CN204067519U	Wang SF, Hong SH, Zhang XQ, Hu YX, Zhou Y.	中国
2014	CN 201420422113.4	一种超薄轻量级环路热管	2014/7/30	South China University of Technology	CN203980981U	Wang SF, Hong SH, Zhang XQ, Hu YX, Zhou Y.	中国
2014	CN 201420565336	Power battery radiating device combining water cooling and composite phase change material	2015/3/21	South China University of Technology	CN102181270A	Zhengguo Zhang, Xiaoming Fang, Tao Xu, Xuenong Gao	中国
2015	CN 201520323902.4	一种改进型的超薄环路热管	2015/5/20	South China University of Technology	CN204649044U	Wang SF, Hong SH, Tang YL, Zhang XQ, Hao SJ.	中国
2015	201510939095.8	一种基于相变蓄热的发动机预热装置	2015/12/15	Shanghai Jiaotong University		Zhang P, Meng ZN	中国
2015	201610069850.6	一种装有散热片的多出口电动汽车电池空气冷却电池箱	2016/1/30	South China University of Technology		Zang MY、Ye P	中国
2015	201620100496.4	一种装有散热片的多出口电动汽车电池空气冷却电池箱	2016/1/30	South China University of Technology		Zang MY、Ye P	中国
2015	201610089162.6	一种动力电池循环流动风冷散热装置	2016/2/18	South China University of Technology		Zang MY、Ge ZJ	中国
2015	201620124752.3	一种动力电池循环流动风冷散热装置	2016/2/18	South China University of Technology		Zang MY、Ge ZJ	中国

### 5. 3. 共同出願 Joint Applications

出願年度	出願番号	発明の名称	出願日	出願人	公開番号 (未公開は空欄)	発明者	出願国
なし							

## 6 受賞等 Awards

### 6.1 受賞 Awards

年度	賞の名称	受賞日	受賞者	特記事項
2015	平成27年度日本エネルギー学会奨励賞(大会部門)	2016/2/26	能村貴宏	

### 6.2 新聞報道 Newspaper Reports

年度	賞の名称	受賞日	受賞者	特記事項
なし				

### 6.3 その他 Other

年度	賞の名称	受賞日	受賞者	特記事項
なし				