

二国間交流事業 セミナー報告書

令和5年4月7日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[日本側代表者所属機関・部局]

東京大学・工学系研究科

[職・氏名]

准教授・横関智弘

[課題番号]

JPJSBP 220217701

1. 事業名 相手国: インド (振興会対応機関: DST) とのセミナー

2. セミナー名

(和文) 革新的炭素繊維複合材構造: 材料・設計・アプリケーション

(英文) Innovative Carbon Fiber Polymer Composite Structures: Material, Design and Application

3. 開催期間 令和5年2月28日 ~ 令和5年3月4日 (5 日間)【延長前】 令和3年11月22日 ~ 令和3年11月26日 (5 日間)

4. 開催地(都市名)

東京(Tokyo)

5. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

National Physical Laboratory, Chief Scientist, Sanjay Rangnath Dhakate6. 委託費総額(返還額を除く) 1,425,000 円

7. セミナー参加者数(代表者を含む)

	参加者数	うち、本委託費で渡航費または 日本滞在費を負担した場合*
日本側参加者等	33 名	0 名
相手国側参加者等	8 名	8 名

参加者リスト(様式 B2)の合計人数を記入してください。該当がない箇所は「0」または「-」を記入してください。

* 日本開催の場合は相手国側参加者等の日本での滞在費等を負担した場合、相手国開催の場合は日本側参加者等の渡航費を委託費で負担した場合に記入してください。

8. セミナーの概要・成果等

- (1) セミナー概要(セミナーの目的・実施状況。第三国からの参加者(基調・招待講演者等)が含まれる場合はその役割とセミナーへの効果を記載してください。関連行事(レセプション、見学(エクスカーション)その他会合(別経費の場合はその旨を明記。))などがあれば、それも記載してください。各費目における増減が委託費総額の50%に相当する額を超える変更があった場合には、その変更理由と費目の内訳を変更しても計画の遂行に支障がないと考えた理由を記載してください。)

航空機や自動車といった輸送システムは燃費向上・環境適合性向上のため、構造部材の極限的な軽量化が求められている。これまで、軽量で高剛性・高強度特性を有する炭素繊維強化複合材料(CFRP)は、航空機や自動車の構造部材に適用することが試みられており、実用化に至っている。また、我が国は世界で使用される炭素繊維の約70%のシェアを誇り、CFRPの生産の中心拠点であり、世界を凌駕する材料技術を有している。そのため、CFRP等の複合材料の更なる高機能化やそれを用いた革新的構造に資する技術開発は、他国に追従を許さない世界的な先端技術の成長とその人材育成の観点からも次世代技術や産業に必要な有効な手段となる。

複合材料は繊維の優れた特性のため、軽量で高い力学的特性を有する一方で、電気的特性は従来の金属構造に比べると、導電性に劣り(炭素繊維を用いたとしても金属に比べると 10^3 - 10^4 倍以上の差がある)、また、エポキシなどの絶縁性樹脂との複合材料であるが故に不均質性も発現し、導電性のコントロールが難しい材料となる。航空機や自動車の構造部材においては、力学的特性と同時に、機能性(雷撃時の損傷低減や電流管理、電磁遮蔽性能の維持)発現のために、導電性などの多機能性が求められる。しかしながら、力学的には優れる複合材料でも、電気特性などの性能を考慮した設計を行う場合は、設計方針が確立しておらず、金属構造と併用(導電メッシュ等の使用)しているのが現状であり、重量や製造コストの増大につながり、複合材料の抜本的な軽量化や複合材オリジナルな革新構造の確立が求められている。

本セミナーは、「革新的炭素繊維複合材構造:材料・設計・アプリケーション」と題し、複合材の革新構造を実現するための材料、設計評価手法、用途に関するものである。特に、革新構造や多機能構造を実現するために必要な技術である、高電導性材料、及びそれを用いた炭素繊維複合材料(CFRP)などの複合材料をターゲットとした情報交換及び研究討議のために実施した。

日本側の参加者らは、長らくナノカーボンを用いた複合材料の開発や導電性高分子を用いた熱硬化型の高導電性樹脂の開発を進めてきてきた。相手国側参加者もカーボンナノチューブ(CNT)やグラフェンといった、ナノカーボンの製造とそれを複合材料に適用することで、導電性・力学的特性の向上を示した数多くの研究実績を有している。そこで本セミナーでは、導電性高分子やカーボンナノ材料を用いた多機能材料の開発や複合材料への設計・利用可能性について、インドー日本の研究者間で情報交換及び交流を図ることで、力学的特性と機能性を両立する革新的複合材料部材の開発に資する研究の実現や新たな共同研究テーマの発掘を目指した。

ワークショップのプログラムを下記に示す。

日時:2023年(令和5年)2月28日(火)~3月4日(金)

場所:東京大学本郷キャンパス

February 28,2023

15:00 Registration

March1,2023

9:00-9:10	Opening address Dr.S.R.Dhakate (CSIR-NPL, Delhi) & Prof.T. Yokozeki (University of Tokyo)	
9:10-9:50	<u>Talk -1</u> Prof. Ryo Higuchi (University of Tokyo) Activities in aerospace innovative structural design laboratory: towards virtual testing in composite structures	
9:50-10:30	<u>Talk -2</u> Kotresh M Gaddikeri (Advanced Composites Division CSIR-National Aerospace Laboratories, Bangalore, India) Challenges in the development of cocured composite structures for aircraft applications	
Break (20min)		
10:50-11:20	<u>Talk -3</u> Dr. S.R. Dhakate (CSIR- NPL, Delhi India) Multifunctional carbon fiber/nanomaterial polymer hybrid composite	
11:20-11:40	Sho Kajihara (University of Tokyo)	Bird strike impact response analysis of aircraft CFRP composite fan blade using modal method
11:40-12:00	Masaya Kato (University of Tokyo)	Study on Crystallization Behavior and Mechanical Properties of Thermoplastic Resins and Thermoplastic CFRP
12:00-12:20	Saki Hasebe (University of Tokyo)	Impact damage and residual strength prediction in CFRP laminates using machine learning
Lunch (70min)		
13:30-14:10	<u>Talk 4</u> Prof. K.T. Tan (University of Akron) Designing composite adhesive joints using biomimicry and machine learning	
14:10-14:50	<u>Talk 5</u>	

	Prof. Tarun K. Mandal (Polymer Science Unit, Indian Association for the Cultivation of Science Jadavpur, Kolkata ,India) Responsive poly(ionic liquid)s: stimuli-sensitive dispersants for carbon nanotubes	
14:50-15:30	<u>Talk 6</u> Dr. B.P. Singh (CSIR-NPL, India) Carbon nanotubes macro assemblies embedded fiber reinforced polymer composite	
Break (20min)		
15:50-16:10	Yuma Fujiwara (University of Tokyo)	Deformation analysis of inflatable multi-cell structure
16:10-16:30	Yu Zhou (University of Tokyo)	Electrical conductive resin as a potential lightning strike protection strategy for aircraft
16:30-16:50	Tappei Aoki (University of Tokyo)	Stiffness analysis of short fiber CFRP considering adhesion condition at fiber-matrix interface
16:50-17:10	Liang-Jing Gooi (Tokyo University of Agriculture and Technology)	Open-hole compressive strength of thin-ply CFRP laminates with various kinds of stacking sequences
17:10-17:30	Xiawan Hua (University of Tokyo)	Research on light-weight ply drop-off utilizing thin-ply composites
17:30-17:50	Takayu Nishioka (University of Tokyo)	Numerical study on the effect of fiber waviness on mechanical properties of composite laminates
18:30-	Welcome Reception (Forest Hongo)	

March 2,2023

9:00-9:40	<u>Talk 7</u> Prof. Natsuki Tsushima (University of Tokyo, JAXA) Aerospace structures with advanced manufacturing: design and fabrication
9:40-10:20	<u>Talk 8</u> Prof. Chandra Sekhar Yerramalli (Aerospace Engineering Department, IIT Bombay) Effect of fiber arrangement on the compressive strength of hybrid composite
Break (20min)	
10:40-11:10	<u>Talk 9</u> Dr. Shamima Hussain (UGC-DAE Consortium for Scientific Research Kalpakkam)

	Node, Kalpakkam) Freestanding composite films of polymers for advanced applications	
11:10-11:30	Kensuke Soneda (University of Tokyo)	Aeroelastic flight dynamics of active morphing aircraft
11:30-11:50	Yu Zusho (Tokyo Metropolitan University)	Characterization of mechanical properties for polymer coated porous ceramic composites as biocompatible hybrid scaffolds
11:50-12:10	Sen Wu (University of Tokyo)	Bayesian optimisation and its potential in novel aero structural design
12:10-12:30	Yu Fujisawa (Tokyo University of Agriculture and Technology)	Effect of nonlinear electrical conductive behavior of CFRP laminates on lightning strike damage simulation
Lunch (60min)		
13:30-14:00	<u>Talk 10</u> Prof. Sota Oshima (Tokyo Metropolitan University) Crack growth behavior in CFRP laminates under mode II loading characterized by high-resolution microscopy	
14:00-14:30	<u>Talk 11</u> Prof. P. K. Giri (Department of Physics and Center for Nanotechnology Indian Institute of Technology Guwahati) Carbon nanotube and graphene based hybrid structures for sensing applications	
14:30-15:00	<u>Talk 12</u> Prof. Mohammad Fikry (Tokyo University of Science) Application of cellulose nanofiber (CNF) reinforced resin to suppress damages in CFRP laminate	
Break (20min)		
15:20-15:50	<u>Talk 13</u> Dr. Sukanta Das (Space Walker Inc.) Liquid oxygen composite tank development	
15:50-16:10	Rong-Can Hong (University of Tokyo)	A numerical scheme for fatigue simulation of laminated composites using CZM-XFEM
16:10-16:30	Lea Lecointre (University of Tokyo)	Defects detection in CFRP composites using non-contact Lamb Waves propagation and wavelet analysis

16:30-16:50	Yuta Hayashi (University of Tokyo)	Evaluation of vibration cutoff characteristics of mechanical metamaterial structures
16:50-17:10	Kenji Asakawa (Tokyo University of Agriculture and Technology)	TBD
17:10-17:30	Eisuke Nakagawa (University of Tokyo)	Passive gust load alleviation with consideration of wing's mass and stiffness distributions
17:30-17:50	Xiaodon Li (University of Tokyo)	Lightning strike testing and damage repair for the CFRP protected by PANI/Phenol-DVB coating
18:30-	Banquet (Camellia, Ito International Research Center)	

March 3,2023 (Seminar Room, Ito International Research Center)

9:15-9:45	<u>Talk 14</u> Dr. Pawan Kumar Jain (Carbon Materials International Advanced Research Centre for Powder Metallurgy & New Materials (ARCI), Hyderabad) Synthesis of nanostructured carbon composites and their application in energy	
9:45-10:15	<u>Talk 15</u> Abhishek Pathak, Mitchell Olson, Dalmo Maeda (Boeing Research & Technology Japan) Challenges and advances in composites manufacturing	
Break (15min)		
10:30-10:50	Kakeru Yokoi (University of Tokyo)	Shape prediction of membrane by vibration
10:50-11:10	Shunsuke Mizukami (University of Tokyo)	Evaluation of crashworthiness of CFRP lattice structures
11:10-11:30	Ryota Kawakami (Tokyo University of Agriculture and Technology)	Mechanical properties and micro-scale simulation of carbon fiber / phenylethynyl-terminated polyimide composites
Lunch		
13:30-18:00	Lab visit to JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency)	

March 4,2023

10:00-11.00	Lab visit at UTokyo
11.00-	Discussion and closing session

ワークショップ開催中に、参加者の交流を図るため、ウェルカムレセプション、バンケットを開催し、3月3日にはJAXA調布航空宇宙センターの見学、3月4日には東京大学航空宇宙工学科内の実験設備見学を実施した。概ね、予定通りの計画・予算でワークショップを開催でき、活発な議論と交流が達成できた。

(2) 学術的価値(セミナーにより得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

優れた機能性・導電性を有する複合材料を開発するために必要な技術である、高電導性樹脂の開発、及びそれを炭素繊維複合材料(CFRP)に適用するための研究開発や航空機や風車などへのアプリケーションをターゲットとした情報交換及び研究討議が活発に行われた。インド側から新たな材料技術の話題も多くあり、日本側からはアプリケーションのための設計技術に関する話題も提供し、相互にとって、新技術開発や実用化に向けた知見共有ができ、有意義なセミナーであった。また、新たな共同研究への話も交えながら、セミナー後もメール等でのやりとりが続いている。

(3) 相手国との交流(両国の研究者が協力してセミナーを開催することによって得られた成果)

今回のセミナーは、複合材分野を強みに持つ日本側と、ナノ材料技術を強みに持つインド側との共同実施にて行われた。複合材技術に一層の機能化を求めることにより国際競争力を高める開発を行いたい日本側と、個々のナノ技術には優れるが、複合材というアプリケーションを検討したいインド側にとってお互いが相補的な関係である研究者同士が集まって開催されたセミナーであり、今後の共同研究の可能性も話し合えた非常に有意義なセミナーであった。

また、日本側とインド側の研究者・学生間でも活発な議論が行われ、セミナーを通じて、お互いの生活文化、研究文化を垣間見ることができ、この交流がきっかけでインドの参加者の研究室から幾つかの留学の問い合わせもあった。このような人材交流の拡大も今回の共同セミナーの大きな成果であると考えられる。

(4) 社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

本研究により、複合材の高機能化を達成できる材料コンセプトの重要性和新技術の可能性を知ることができた。複合材は、航空機や自動車などの輸送システムの構造部材として適用が進みつつある。この構造部材の軽量化は、素材使用量の軽減の他、直接的に輸送システムの燃費向上・環境適合性向上につながるため、

CO₂などのエミッション低減、低コスト化、サーキュラーエコノミーに貢献する。インドでも産業振興と環境問題のジレンマで大きな悩みを抱えている状況であり、環境技術に繋がる新材料技術の重要性を改めて実感した。

(5) 若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取組、成果)

今回のセミナーでは、日本側から20名を超える大学院生の参画を得て、インドの研究者とのワークショップにより研究・文化交流を行った。ワークショップやレセプションの場で、お互いの研究状況を発表・議論しあうことで、研究理解が深まり、研究意欲も高まったとの感想を得た。コロナの状況で国際交流が希薄であったが、日本側の参加学生の1名は、このセミナーへの参加がきっかけとなり、博士課程での研究を志望することを申し出ており、この分野での研究を継続する意思をもってくれている。更に、インドの学生を日本へも派遣するための調整も開始した。本セミナーを通じ、博士課程の学生が増える傾向にあり、若手研究者の養成の観点からも大きな成果を上げつつある。

(6) 将来発展可能性(本事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

今回のセミナーを実施したことで、前述のように博士課程学生の増加、インドからの学生獲得につながる話など、すでに直接的に貢献しており、インドとの交流は拡大すると期待される。今回のワークショップを機に、より拡大したチームでの共同研究・学生交流に発展する可能性もある。具体的には、複数の大学・研究機関間での新たな共同研究枠組みの立ち上げ、サマープログラムやシンポジウム開催による学生交流の活性化について、検討を進めている。日本、インド以外の国との連携も含め、国際連携を拡大する場として発展可能性が認められる。

(7) その他(上記(2)～(6)以外に得られた成果(論文発表等含む)があれば記載してください)

今回のセミナーは、革新的炭素繊維複合材構造:材料・設計・アプリケーションに関するものであったが、日本側の参加者の数名が代表者として実施している別事業の研究(科研費)として、導電性樹脂及びその複合材の開発を行っており、その事業への新たな展開をもたらす可能性があることがわかった。今回のセミナーで知見を得た新素材と別事業で開発中の素材の組み合わせは新たな高機能複合材へつながることも考えられ、今後、検討を進めていきたいと考えている。