

平成 20 年 3 月 28 日

平成 19 年度「高機能炭素系薄膜微粒子 WG」活動報告書

代表者所属 氏名 帝京科学大学 高木 喜樹

1. 構成メンバ

| 氏名 | 所属 |
|------|------------|
| 高木喜樹 | 帝京科学大学 |
| 阿部宜之 | 産業技術総合研究所 |
| 薄葉州 | 産業技術総合研究所 |
| 稲富裕光 | 宇宙航空研究開発機構 |
| 鈴木正昭 | 東京工業大学 |
| 森伸介 | 東京工業大学 |
| 須田吉久 | 三菱鉛筆 |
| 清水修 | 三菱鉛筆 |
| 平井隆之 | 山梨大学 |
| 加藤慶隆 | 帝京科学大学 |
| 島田将平 | 帝京科学大学 |
| 平賀慎治 | 帝京科学大学 |
| 山崎孝 | 帝京科学大学 |
| 八木克典 | 帝京科学大学 |
| 米久直幸 | 帝京科学大学 |

2. 本年度 WG 会合開催実績

(1) 第 1 回：平成 19 年 12 月 12 日

3. 活動目的

宇宙環境を利用し高機能の炭素系薄膜および微粒子を合成するWGを立ち上げた。構成員およびそれぞれの分担研究課題は、高木喜樹（代表者）：「ダイヤモンド薄膜合成」、阿部宜之「炭素系材料の合成」、薄葉

州：「擬似微小重力場を利用した新規気相合成プロセスの開発」、稲富裕光：「可視化実験および微小重力実験支援」、鈴木正昭、森伸介：「プラズマ物理および数値流体力学解析」、須田吉久、清水修「炭素材料の産業界でのニーズ調査および炭素材料素材の最適化」である。

4. 活動内容

高木はダイヤモンド気相合成特に、超短時間合成方法の確立および微小重力環境への応用のために宇宙実験用短時間ダイヤモンド合成装置の開発を行なっている。

阿部は過重力環境を利用して、自然対流の積極的促進、圧力・温度・質量勾配の人為的制御のもとで、炭素系材料をはじめとした気相合成を実施し、通常重力環境で得ることが困難な特異な材料の創成を試みている。

薄葉は遠心力とコリオリ力を利用して自然対流の発生を抑制する擬似微小重力環境の発生手法を、炭素系クラスターやダイヤモンド等の気相合成法に適用し、希少炭素クラスター物質の高効率合成やダイヤモンド薄膜の組織制御を目指した新規な気相合成プロセスの開発を行なっている。稲富は反応容器内の環境を主に干渉計、分光器など光学的計測手段を用いて可視化することで、反応の素過程の理解に必要なパラメータの数値化を行なっている。また、上記の宇宙実験用短時間ダイヤモンド合成装置の開発に向けて技術的検討を行う。鈴木と森は化学反応を伴うコンピュータシミュレーションの手法を用いて反応の素過程をふくめた高機能材料の気相合成を解析している。

須田と清水はグラフィットを中心とする様々な炭素材料開発の技術、経験、知識を高機能炭素材料合成に応用する支援を行っている。

上記の様にそれぞれの得意とする研究分野、実験手法を持ち寄って共同研究を推進

している。

会合での議論内容や研究により得られた結果

本年度第1回の研究会を2007年12月12日(火)に東京工業大学に代表者、分担者が集まって開催した。当日は、本年度の各研究者の分担研究および相互の共同研究の計画を論議した。また今年度の研究進捗状況の報告を行い、将来のWG計画などを討議した。そこで報告された各共同研究の内容を次の5. 成果で簡潔に紹介する。

5. 成果

阿部一高木共同研究: 過重力環境を利用して、自然対流の積極的促進、圧力・温度・質量勾配の人為的制御のもとで、炭素系材料をはじめとした気相合成を実施し、通常重力環境で得ることが困難な特異な材料の創成を試みている。本研究で用いる反応装置を過重力装置に組み込むとともにOES (Optical Emission Spectroscopy)を用いて気相種の解析に取り組んでいる。

薄葉一高木共同研究: 遠心力とコリオリ力を利用して自然対流の発生を抑制する擬似微小重力環境の発生手法を、炭素系クラスターやダイヤモンド等の気相合成法に適用し、希少炭素クラスター物質の高効率合成やダイヤモンド薄膜の組織制御を目指した新規な気相合成プロセスの開発を行った。上記の合成装置を擬似微小重力装置に組み込むための装置改造を行った。

稲富一高木共同研究: 反応容器内の環境を干渉計、分光器などの光学的計測手段を用いて可視化することで、反応の素過程の理解に必要なパラメータの数値化を行う。宇宙実験用短時間ダイヤモンド合成装置の開発に向けて技術的検討を行う。本年度はファセット的セル状凝固過程のその場観察を行った。

鈴木一高木共同研究: 微小重力環境下での熱分布、気相種の動的挙動をコンピュータシミュレーションを用いて解析している。三菱鉛筆: 本研究に参加する以前から新規の炭素材料開発を実施し本研究を支えてきたが、昨年度より本格的に研究支援、情報交換、研究論議に参加している。

高木研では従来 of 超短時間合成装置を用

いてダイヤモンド合成時の前駆体探索を行っている。

航空機実験

本年度末(2008/3/3-3/14)にDASにおいて航空機を用いたPFを実施し、ダイヤモンド合成装置を搭載し微小重力環境下での制御装置の動作、分光装置を用いた気相種の解析、反応容器内部および周囲の温度分布等を測定した。現在、詳細の結果について鋭意解析中である。

本年度は安全のため反応容器には水素の導入を行わず、代わりに不活性気体であるアルゴンを導入し動作試験を行った。

来年度はダイヤモンド合成条件である水素雰囲気下における合成実験に取り組みたい。

図1に航空機に搭載した装置の概略図を、図2にGII機内の配置図を、図3にPF4で得られた試料のRaman分光結果を示す。このRaman結果からはグラファイトの合成のみ確認されているが、ダイヤモンドの合成は確認出来なかった。

原著論文

- 1) T. Hirai, Y. Kanno & Y. Takagi, "Effect of Water Contained in Acetone on Nanocrystalline Diamond Particles or Film synthesis", Japanese J. of Apply. Phys, pp.738-740, 47(1) (2008)
- 2) K. Yamazaki, K. Furuichi, I. Tsumura & Y. Takagi, "The large-sized diamond single-crystal synthesis by hot filament CVD", J. Crystal Growth, pp.1019-1022, 310 (2008)
- 3) T. Hirai, S. Hiraga, S. Shimada, Y. Takagi, Y. Suda, O. Shimizu & H. Kino, "Hydrogen-free CVD diamond synthesis with graphite rod heating", J. Crystal Growth, pp.1015-1018, 310

(2008)

学会発表

1) 高木喜樹、阿部宜之、薄葉州、稲富裕光、鈴木正昭、森伸介、須田吉久、清水修
「高機能炭素系薄膜微粒子WG活動報告」、
第23回宇宙利用シンポジウム/プロシーディング pp.51-52 (2007)

2) K. Yagi, N. Yonekyu, Y. Takagi, "Diamond film synthesis on glassy substrates", European Material Research Society spring meeting, Strasbourg, P168-Sym.Q, 28, May- 01, June 2007

3) K. Yamazaki, K. Furuichi, I. Tsumura & Y. Takagi, "The large-sized diamond single crystal synthesis by hot filament CVD", European Material Research Society spring meeting, Strasbourg, G-74, 28, May- 01, June 2007

4) S. Hiraga, K. Matsumura, S. Shimada, Y. Takagi, O. Shimizu & Y. Suda, "Hydrogen-free CVD diamond synthesis with graphite rod heating", European Material Research Society spring meeting, Strasbourg, G-75, 28, May- 01, June 2007

5) T. Hirai, Y. Kanno, Y. Takagi, "Effect of water in acetone for nano crystalline diamond particle or film synthesis", 2007 International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-MANO 2007), P1-64, 19-22, June, 2007,

Mielparque Nagano, Nagano, Japan

6) Takayuki Hirai, Yoshiki Takagi, Yuko Inatomi, Yoshiyuki Abe, Syu Usuba, Masaaki Suzuki, Shinsuke Mori, Yoshihisa Suda, Osamu Shimizu, Hitoshi Kino, Yoshinori Kanno, Yoshitaka Kato, Shouhei Shimada, Shinji Hiraga, Ko Yamazaki, Katsunori Yagi & Naoyuki Yonekyu , "Diamond synthesis in microgravity environment with sounding rocket "S-520-24"", ELGRA(European Low Gravity Research Association), Florence, Italy, p.183, 2007

7) Katsunori Yagi, Naoyuki Yonekyu, Shouhei Shimada, Shinji Hiraga, Yoshiki Takagi, Takayuki Hirai, " Diamond film synthesis on glassy substrates", 18th European Conference on Diamond, Diamond-Like Materials, Carbon Nanotubes, and Nitrides, Berlin, Germany, P1.01.01, 2007

8) Shinji Hiraga, Keiichi Matsumuri, Shouhei Shimada, Yoshiki Takagi, Osamu Shimizu & Yoshihisa Suda "Hydrogen-free CVD diamond synthesis with graphite rod heating", 18th European Conference on Diamond, Diamond-Like Materials, Carbon Nanotubes, and Nitrides, Berlin, Germany, P1.01.02 2007

9) Naoyuki Yonekyu, Shouhei Shimada, Yoshiki Takagi, Takayuki Hirai, Osamu Shimizu, Yoshihisa Suda "New

mechanism of spark for diamond deposition", 18th European Conference on Diamond, Diamond-Like Materials, Carbon Nanotubes, and Nitrides, Berlin, Germany, P1. 01.03 2007

10) Shouhei Shimada, Noriko Doi, Shinji Hiraga, Naoyuki Yonekyu, Takayuki Hirai & Yoshiki Takagi "Diamond deposition in CH₄ and Ar", ", 18th European Conference on Diamond, Diamond-Like Materials, Carbon Nanotubes, and Nitrides, Berlin, Germany, P1.01.04 2007

11) Takayuki Hirai, Yoshinori Kanno, Shouhei Shimada, Shinji Hiraga, Yoshiki Takagi & Toshiaki Suzuki, "Characterization of the interface between nano crystalline diamond and Silicon substrate", 18th European Conference on Diamond, Diamond-Like Materials, Carbon Nanotubes, and Nitrides, Berlin, Germany, P1.03.24 2007

12) S. Shimada, Y. Abe, S. Hiraga, Y. Takagi, "Diamond Deposition in High Gravity", Proceeding of International Symposium on Physical Sciences in Space 2007 (3rd ISPS), pp.279-280 (2007)

13) N. Yonekyu, Y. Takagi, T. Hirai, H. Kino, O. Shimizu, Y. Suda, "New mechanism of spark method for diamond deposition", Proceeding of

International Symposium on Physical Sciences in Space 2007 (3rd ISPS), p.281 (2007)

14) K. Yamazaki, K. Yagi, S. Usuba, Y. Takagi, " Study of Hot-Filament CVD Process Under A Reduced Convective Transports Condition", Proceeding of International Symposium on Physical Sciences in Space 2007 (3rd ISPS), p.282 (2007)

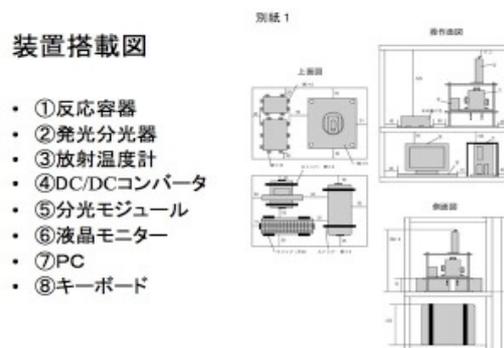


図1、航空機搭載装置概略図

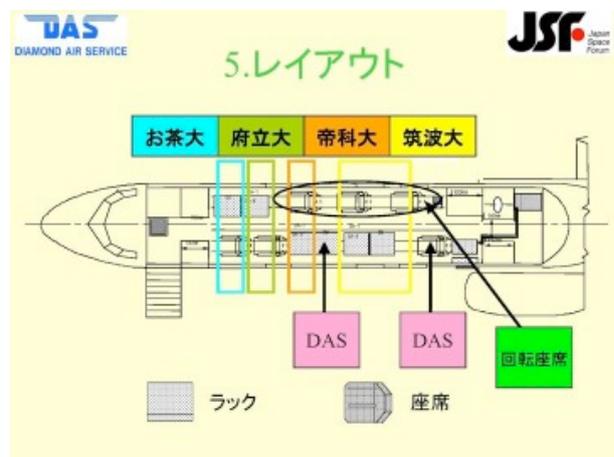


図2、航空機内のレイアウト

図 3、航空機実験（アルゴン雰囲気）で得られた試料の Raman 測定結果

