

# DAS 航空機実験および JAXA 観測ロケットを用いた微小重力環境下でのダイヤモンド合成実験 —「高機能炭素系薄膜微粒子 WG」活動報告—

帝京科学大学 高木喜樹、産業技術総合研究所 阿部宜之、薄葉州、宇宙航空研究開発機構 稲富裕光  
東京工業大学 鈴木正昭、森伸介、三菱鉛筆 須田吉久、清水修

Diamond synthesis under microgravity environment with parabolic flights by DAS and S520-24 rocket by JAXA -annual report of WG entitled "High Functional Thin Films and Fine powders of Carbon and Related Materials"

Yoshiki Takagi<sup>1</sup>, Yoshiyuki Abe<sup>2</sup>, Shu Usuba<sup>2</sup>, Yuko Inatomi<sup>3</sup>, Masaaki Suzuki<sup>4</sup>, Shinsuke mori<sup>4</sup>,  
Yoshihisa Suda<sup>5</sup> & Osamu Shimizu<sup>5</sup>  
Teikyo University of Science & Technology<sup>1</sup>, Uenohara 2525, Yamanashi 409-0193  
Advanced Industrial Science and Technology<sup>2</sup>, Umezono 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki, 305-8568  
Institute of Space & Astronautical Science<sup>3</sup>, JAXA, Yoshinodai, Sagami-hara, Kanagawa, 229-8510  
Tokyo Institute of Technology<sup>4</sup>, Ookayama 2-12-1, Meguro-ku, Tokyo, 152-8552  
MITSUBISHI PENCIL Co.,Ltd.<sup>5</sup>, Tatsuishi 1091, Fujioka, Gunma, 375-8501

E-Mail: takagi@ntu.ac.jp

Abstract: This working group was started for joint research for thin films and fine powders of carbon and related materials, specially aimed for the future microgravity environmental experiment for diamond or fullerene synthesis. For this year, we tried synthesize diamond particles under microgravity environment with parabolic flights by DAS and rocket by JAXA.

Key words; Diamond, Space Utilization, OES (optical emission spectroscopy)

本WGの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。それぞれ具体的には、高木、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う。阿部、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る。薄葉、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う。稲富、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う。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、森、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する。須田、清水、グラファイ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。という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する。2008年3月には、航空機実験(DAS)を用いて微小重力環境下でのダイヤモンド合成実験を実施した。また、8月にはJAXA/ISASの観測ロケットS-520-24にダイヤモンド合成装置を搭載し、より長時間での微小重力環境下での合成実験を実施した。航空機実験  
実験実施は2008年3月3日から13日であった。この間、放物飛行(PF)を合計4回実施(PF1-PF4)、

グラファイトの温度を PF1 で 1900℃、以下順次 2000℃、2100℃、2150℃と上昇して実験した。ただし、保安上の理由から今回はダイヤモンド合成の最適雰囲気である純水素中を用いての実験は実施できず、アルゴンガスをもちいて PF 中のグラファイトの温度制御、分光データ、基板温度、圧力等のデータの PC への取り込み確認を実施した。図 1 に搭載装置概略図を、図 2 に放物飛行中の重力変化の図を示した。

### 観測ロケット実験

鹿児島県内之浦宇宙空間観測所より打ち上げ、最高高度 293km に達し、473 秒の微小重力環境下で所定の条件で全ての装置が稼働し、合成実験中の分光器データほか全ての計画されたデータが地上局へ支障なく送信された。その結果、地上対照実験では確認が困難な活性種、 $H\beta$ 、 $H\gamma$  が微小重力環境下で確認され、熱対流が抑制された微小重力環境下では水素ラジカルが炭素源のグラファイトロッドと基板の間（分光測定点）に十分な濃度で安定して存在する事、またその結果、C、CH 系の多くの気相種が安定して発生している事が確認された。表 1 に結果を示す。

今年度の各研究室間の共同研究の概略を記す。

阿部一高木共同研究：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、ダイヤモンドの気相合成法に適用し、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ている。

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。

鈴木一高木共同研究：本年度はロケット搭載装置の熱解析を行い、反応容器周辺の温度上昇上限を算出した。

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、研究支援、情報交換、研究論議に参加している。

今後、航空機実験については水素-アルゴン混合ガスを用いた微小重力環境下でのダイヤモンド合

成に再度取り組みたい。

また、ロケットを用いた実験については、是非回収型ロケットに再度装置を搭載し、微小重力環境下で合成されたダイヤモンド試料を入手しモルフォロジ等について詳細に解析したい。

### 装置搭載図

- ①反応容器
- ②発光分光器
- ③放射温度計
- ④DC/DCコンバータ
- ⑤分光モジュール
- ⑥液晶モニター
- ⑦PC
- ⑧キーボード

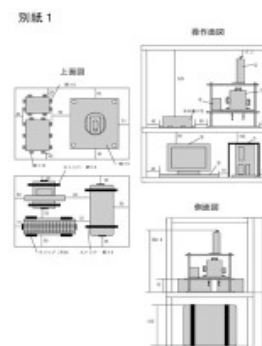


図 1、航空機搭載装置概略図

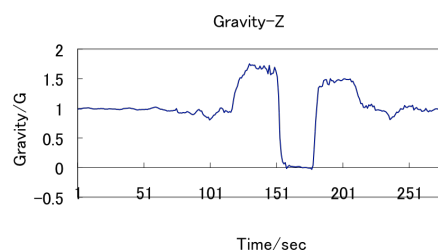


図 2、放物飛行中の G 値変化

	$H\alpha$	$H\beta$	$H\gamma$	$C_2$	$CH^+$	$C_3$
X-10sec	×	×	×	×	△	×
X+41sec	△	△	○	×	○	△
X+91sec	△	△	△	×	○	△
X+251sec	○	△	○	△	○	△
X+499sec	△	△	○	△	○	△

表 1 ロケット実験中の各種気相種の分光データ強度