

木村正雄<sup>1,2)</sup>、武市泰男<sup>1,2)</sup>、丹羽尉博<sup>1)</sup>、君島堅一<sup>1)</sup>、渡邊稔樹<sup>1)</sup>、  
高橋由美子<sup>1)</sup>、平野馨一<sup>1,2)</sup>、石井友弘<sup>1)</sup>、兵藤一行<sup>1,2)</sup>、兵頭俊夫<sup>1,2)</sup>  
<sup>1)</sup>KEK-物構研・PF, <sup>2)</sup>総研大

## 概要

航空機用構造材料の耐熱性・耐環境性向上のため、破壊に伴う材料中の変化を、**空間**および**時間**の両方での**マルチスケール階層構造**から明らかにし (Fig.)、**強度・耐熱性・耐環境性向上のためのヘテロ構造因子**の解明に取り組んでいる<sup>1,2)</sup>。  
**繊維強化複合材料 (CFRP)** および **耐環境性セラミックスコーティング (EBC)** について、**ポイド生成→亀裂発生・進展→破壊**にいたる現象の解明に取り組み以下の結果を得た。

- |      |  |
|------|--|
| CFRP | (1) 応力印加下のCFRPのき裂進展のX-CTイメージング <sup>8)</sup><br>(2) STXMによるCFRPの化学状態イメージング <sup>6)</sup><br>(3) SiC/SiC, EBC材のX-CTイメージング (PF BL-14B,C)             |
| EBC  | (4) 酸化物中の金属元素の化学状態マッピング (PF BL-15A1) <sup>3,4,9,10</sup><br>(5) 高温 <i>in situ</i> XAFS装置の開発<br>(6) レーザによる金属の衝撃変形/破壊の動的観察 (PF-AR NW2A) <sup>5</sup> |
| 共通   | (7) 三次元化学状態ナノマッピングのためのXAFS-CT法の研究と装置導入 (PF-AR NW2A)<br>(8) 陽電子ビーム高強度化のためのパルスストレッチング (陽電子) <sup>7</sup>   |

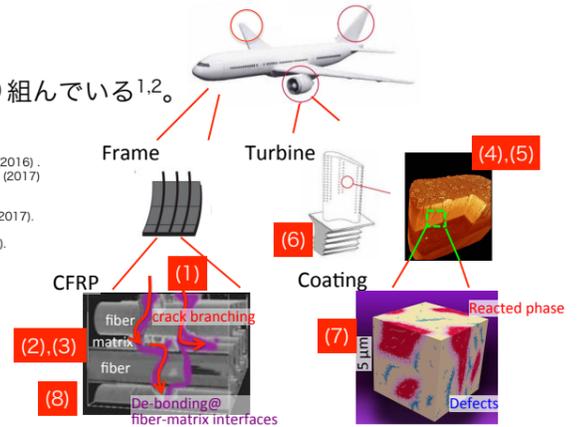
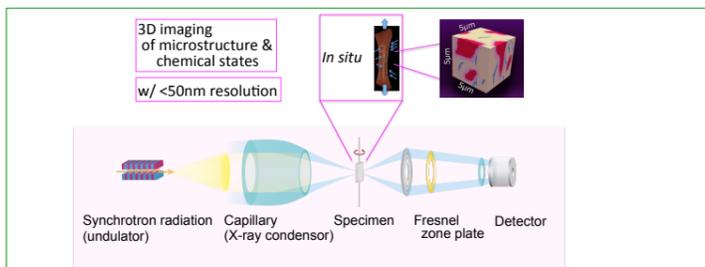


Fig. 航空機用の構造材料の開発に必要なマルチスケール階層構造

## 代表的結果

(7) 三次元化学状態ナノマッピングのためのXAFS-CT法の研究と装置導入 (AR NW2A) Y. Takeichi, Y. Niwa, and M. Kimura



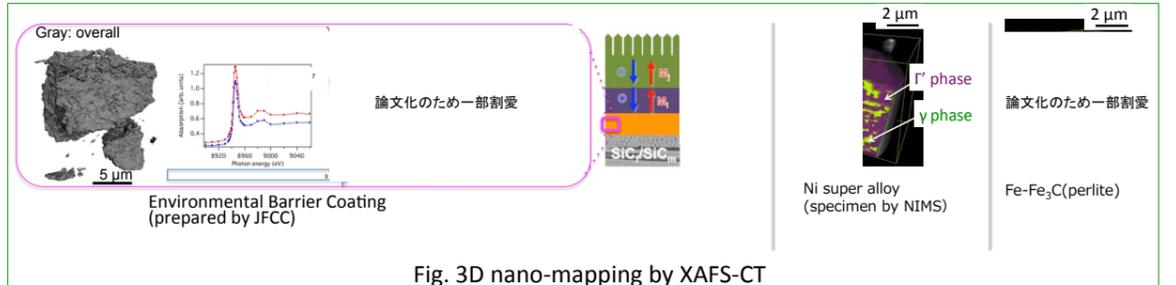
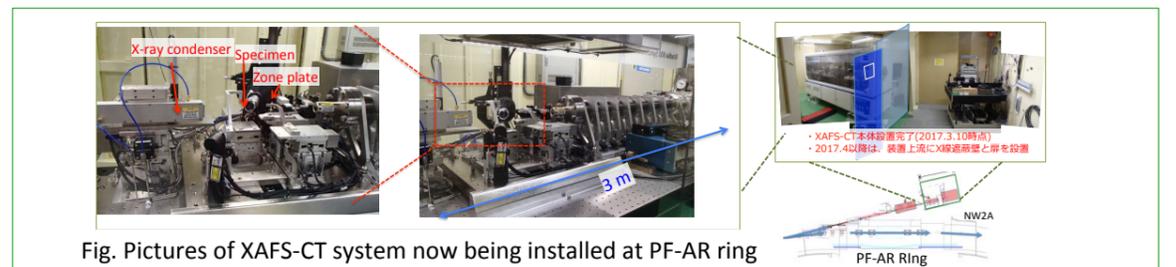
Content Mode	Energy (keV)	Field of View (mm)	Pixel size (nm)	2D Resolution (nm)
Absorption Contrast	5 - 8	20	10	30
Phase Contrast	5 - 8	40	20	60
Zemke	5	20	10	30
Phase Contrast	8	20	10	30

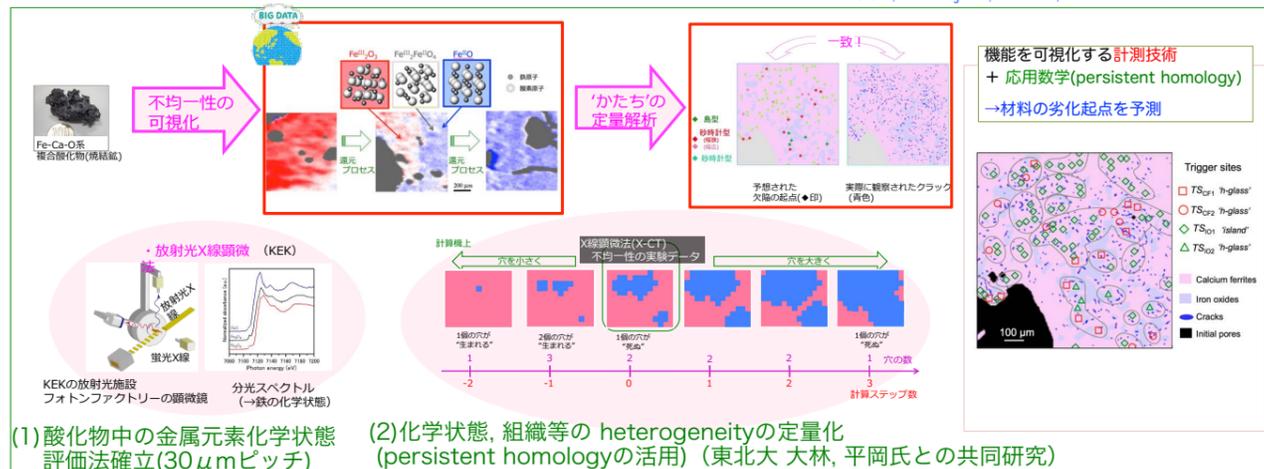
Outer Diameter	Outermost Zone	Zone Height	Efficiency
100 μm	30 nm	800 nm	6.7% (measured)
200 μm	30 nm	800 nm	6.8% (measured)
200 μm	30 nm	400 nm	3.0% (measured)

Diffraction limit  $d_0 = 1.22 DR_n$

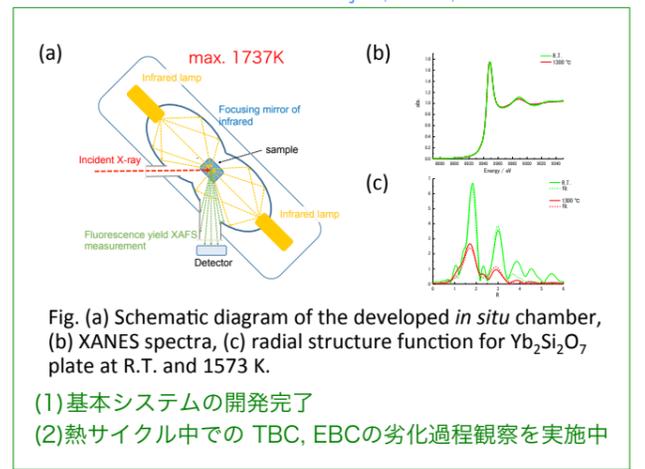
Fig. Design of Fresnel Zone plate for the XAFS-CT system.



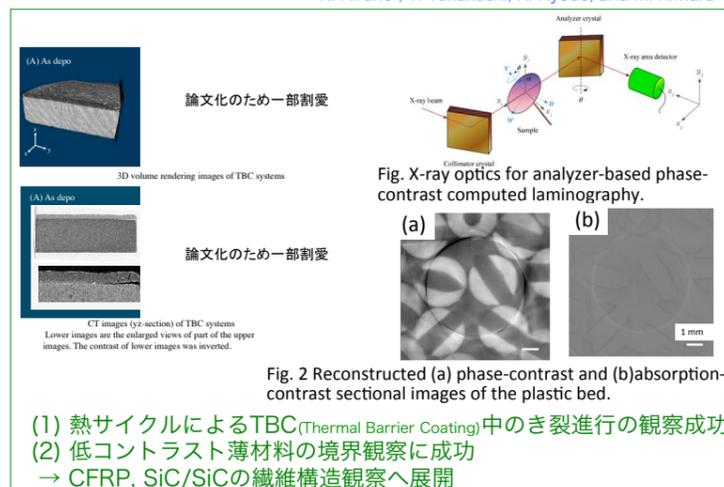
(4) 酸化物中の金属元素の化学状態マッピング (PF BL-15A1) <sup>3, 4, 9, 10</sup> Y. Takeichi, K. Kimijima, Y. Niwa, H. Nitani and M. Kimura



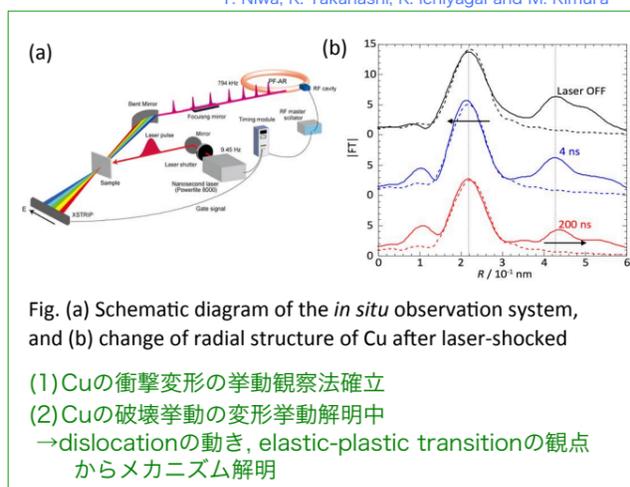
(5) 高温 *in situ* XAFS装置の開発 K. Kimijima, Y. Niwa, and M. Kimura



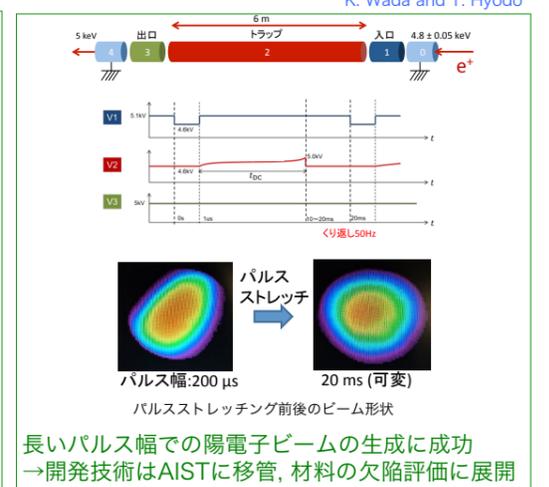
(3) SiC/SiC, EBC材のX-CTイメージング (PF BL-14B,C) <sup>1</sup> K. Hirano, Y. Takahashi, K. Hyodo, and M. Kimura



(6) レーザによる金属の衝撃変形/破壊の動的観察 (AR NW2A) <sup>5</sup> Y. Niwa, K. Takahashi, K. Ichiyagai and M. Kimura



(8) 陽電子ビーム高強度化のためのパルスストレッチング (陽電子) <sup>5</sup> K. Wada and T. Hyodo



**まとめ** (1) CFRP, EBC の典型的な材料系で、相補的な様々な手法を総合的に活用し、**microstructure**だけでなく**化学状態**の不均一がマイクロ亀裂の生成と関係することを確認。今後、SIPプロジェクトの材料研究開発チームと共同で、開発中の材料への展開を進める。  
(2) XAFS-CT設備の立ち上げ、計測技術の確立を早期に実現し(〜H29FY)、CFRP, EBC等の実材料への展開を加速する。

**謝辞** 本研究の放射光実験は、課題番号:2016S2-001で実施しました。本研究は、内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) 革新的構造材料の、ユニットD66 (SIP-IMASM) の一環として実施しました。