

木村正雄^{1,2)}、武市泰男^{1,2)}、丹羽尉博¹⁾、君島堅一¹⁾、渡邊稔樹¹⁾、
高橋由美子¹⁾、平野馨一^{1,2)}、石井友弘¹⁾、兵藤一行^{1,2)}、兵頭俊夫^{1,2)}
¹⁾KEK-物構研・PF, ²⁾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^{1,2)}。
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 ⁸⁾
(2) STXMによるCFRPの化学状態イメージング ⁶⁾
(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) ^{3,4,9,10}
(5) 高温 <i>in situ</i> XAFS装置の開発
(6) レーザによる金属の衝撃変形/破壊の動的観察 (PF-AR NW2A) ⁵
(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) |
| 共通 | (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) ⁷ |

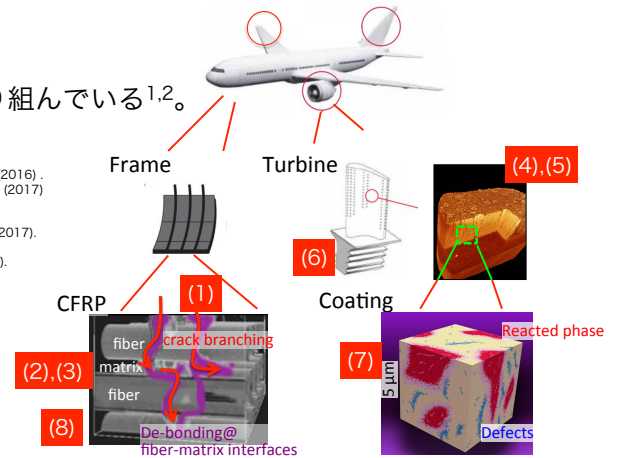


Fig. 航空機用の構造材料の開発に必要なマルチスケール階層構造

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

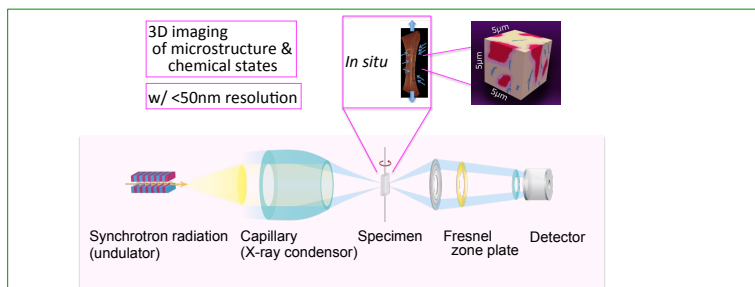


Fig. Outline of the system

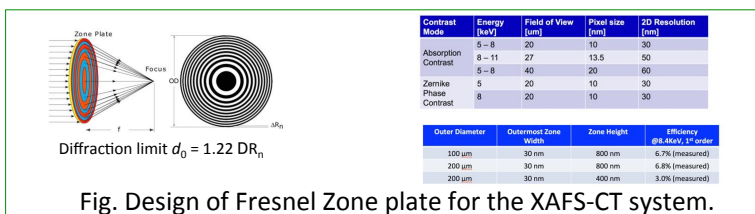


Fig. Design of Fresnel Zone plate for the XAFS-CT system.

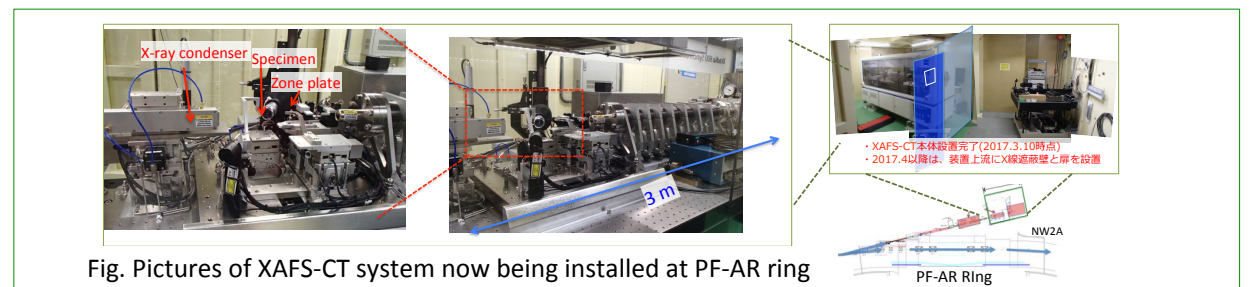
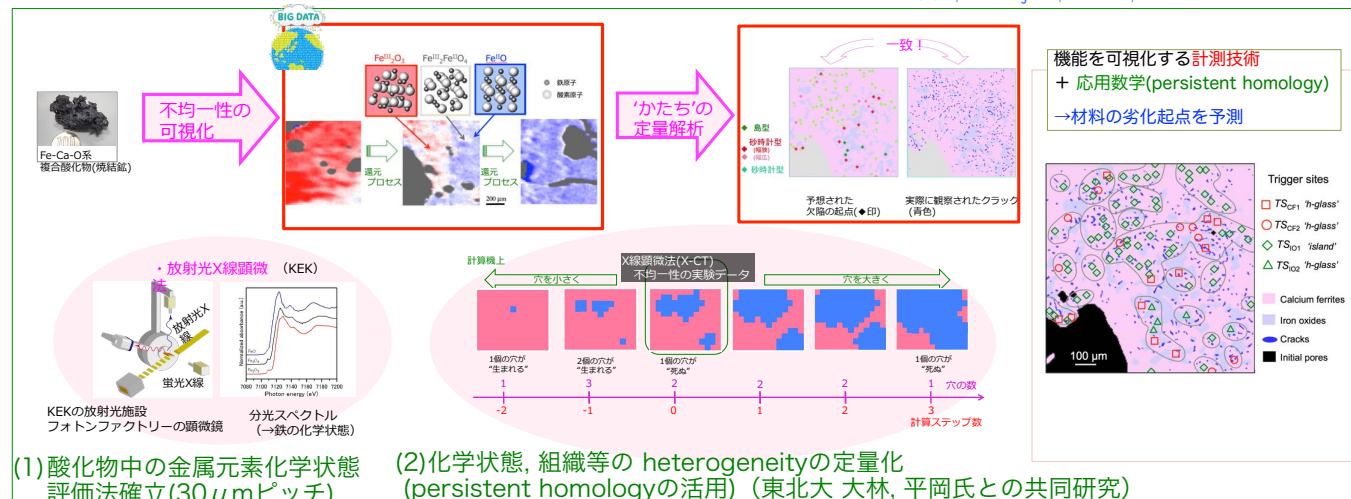


Fig. Pictures of XAFS-CT system now being installed at PF-AR ring



Fig. 3D nano-mapping by XAFS-CT

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



(1) 酸化物中の金属元素化学状態評価法確立(30 μmピッチ) (2) 化学状態, 組織等の heterogeneityの定量化 (persistent homologyの活用) (東北大大林, 平岡氏との共同研究)

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

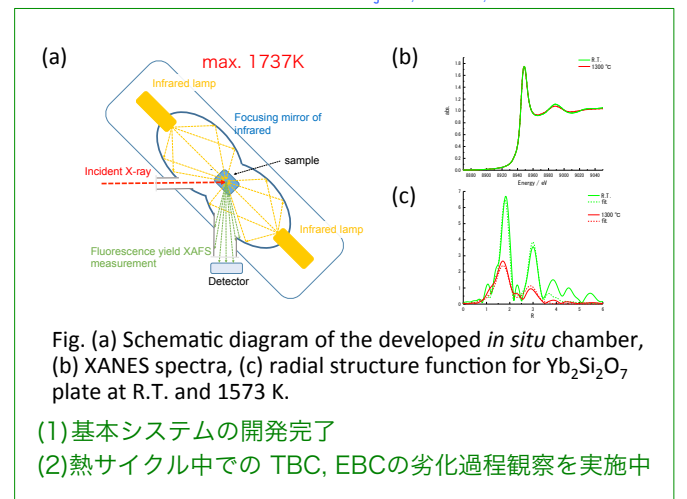


Fig. (a) Schematic diagram of the developed *in situ* chamber, (b) XANES spectra, (c) radial structure function for Yb₂Si₂O₇ plate at R.T. and 1573 K.

(1) 基本システムの開発完了 (2) 熱サイクル中での TBC, EBCの劣化過程観察を実施中

(3) SiC/SiC, EBC材のX-CTイメージング (PF BL-14B,C) ¹ 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) ⁵ Y. Niwa, K. Takahashi, K. Ichiyagai and M. Kimura

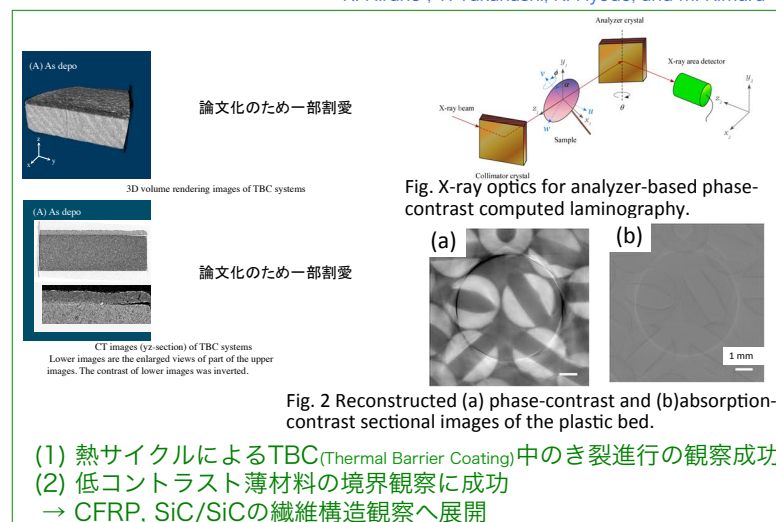


Fig. 2 Reconstructed (a) phase-contrast and (b) absorption-contrast sectional images of the plastic bed.

(1) 熱サイクルによるTBC(Thermal Barrier Coating)中のき裂進行の観察成功
(2) 低コントラスト薄材料の境界観察に成功
→ CFRP, SiC/SiCの繊維構造観察へ展開

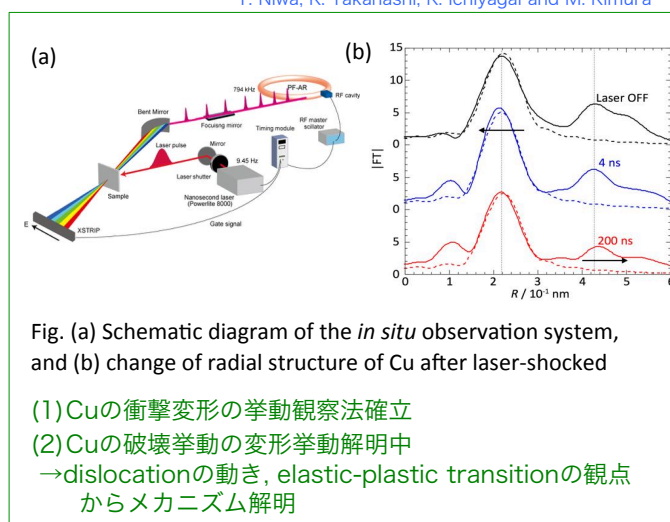
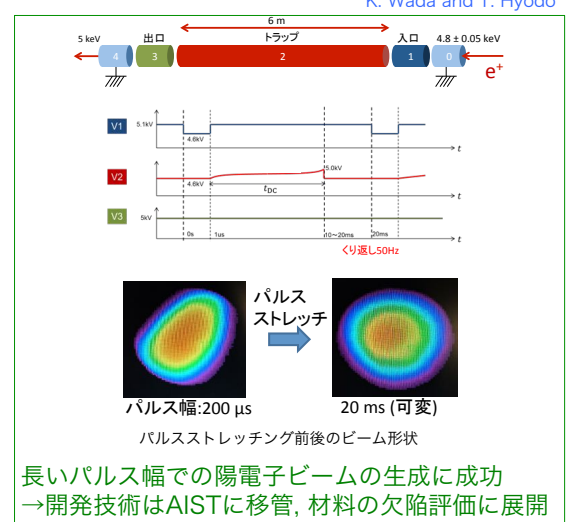


Fig. (a) Schematic diagram of the *in situ* observation system, and (b) change of radial structure of Cu after laser-shocked

(1) Cuの衝撃変形の挙動観察法確立
(2) Cuの破壊挙動の変形挙動解明中
→ dislocationの動き, elastic-plastic transitionの観点からメカニズム解明

(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) ⁵ K. Wada and T. Hyodo



長いパルス幅での陽電子ビームの生成に成功
→ 開発技術はAISTに移管, 材料の欠陥評価に展開

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。