

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K05323

研究課題名（和文）腐食界面3次元ナノ分析法の開発と中性子照射欠陥による腐食促進効果の定量解析

研究課題名（英文）Developments of the three dimensional nanoscale analysis for acceleration effects on the interface corrosion of neutron irradiated steels

研究代表者

吉田 健太 (Yoshida, Kenta)

東北大学・金属材料研究所・准教授

研究者番号：10581118

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では放射化した原子力構造材料に対して、電気化学的に制御した腐食を導入できる反応槽および3次元的に伝播する界面腐食の構造と化学組成をナノメートルスケールで可視化・定量分析できる分析装置群からなる「腐食界面3次元ナノ分析法」を開発した。そして、所有する中性子照射材に「腐食界面3次元ナノ分析法」を適用し、腐食試験前後の転位ループのサイズを1nmの分解能で3次元定量解析し、その分布を腐食割れ先端からの距離で整理することで、照射誘起応力腐食割れにおける転位ループなどの照射欠陥と粒界腐食との複合的影響の有無を検証し、腐食中の溶質原子クラスターおよびナノボイドの挙動を3次元空間で定量解析した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我々が最近独自開発してきたウィークビーム走査型透過電子顕微鏡（WB-STEM）法の特徴を最大限活かし、「腐食界面3次元ナノ分析法」を開発することで、原子炉の安全に直結する構造材料の未だ理解されていない腐食機構を解明することを目的とした。具体的には、カソード分極試験を行い腐食生成物（ -FeOOH 、マグネタイト）の量や分布を3次元イオンビーム加工（3D-SEM-FIB）を用いた3次元ナノ分析によって評価した。この段階で数十ナノ～数マイクロの空隙と腐食生成物など、材料内部への腐食界面の侵食可視化し、本研究課題の目的であるナノスケールの照射欠陥と粒界腐食の複合的影響の確認は達成された。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed a "3D nanoanalysis for corrosion interface", which consists of a reaction tank that can introduce electrochemically controlled corrosion to activated nuclear materials and analytical instruments that can visualize and quantify the strain and chemical composition of interface corrosion in nanometer scale. The 3D nanoanalysis method was applied to neutron-irradiated materials such as F82H, ODS, low-activated steels, then the sizes of dislocation loops before and after corrosion tests were quantitatively analyzed in three dimensions with a resolution of 1 nm. The behavior of solute atomic clusters and nanovoids during corrosion was quantitatively analyzed in a three-dimensional space.

研究分野：ナノ材料化学

キーワード：電子顕微鏡 照射欠陥 腐食 転位

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

照射誘起応力腐食割れ (IASCC : Irradiation Assisted Stress Corrosion Cracking) において比較的小さな因子であった粒界腐食について、材料表面からの進入し内部に蓄積される腐食生成物 (サビ) の影響が無視できなくなっている。実際に、長い歴史で耐食性が確認されてきたオーステナイト系ステンレス鋼 (SUS304, SUS316L 等) でも、燃料被覆管固定ボルトや炉内構造物で不導態皮膜内部のサビ成長に起因する腐食割れが報告されてきている。現在、中性子照射で生じる粒界腐食と他の IASCC 因子との複合的影響について知見を得るための新しい実験手法が求められている。特に、ナノスケールの照射欠陥と粒界腐食の複合的影響はあるのか? を確認することが必要である。

2. 研究の目的

本研究では放射化した原子力構造材料に対して、電気化学的に制御した腐食を導入できる反応槽および3次元的に伝播する界面腐食の構造と化学組成をナノメートルスケールで可視化・定量分析できる分析装置群からなる「腐食界面3次元ナノ分析法」を開発する。そして、所有する中性子照射材に「腐食界面3次元ナノ分析法」を適用し、腐食試験前後の硬化要因 (マトリックス・ダメージ (MD: Matrix Damage) と呼称) のサイズ分布を腐食割れ先端からの距離で整理することで、転位ループなどのMDと粒界腐食との複合的影響の有無を検証する。さらに、腐食界面近傍の溶質原子クラスター (SC: Solute Cluster) の酸素組成および空孔クラスター (ナノサイズの空隙、ナノボイドと呼称) 分布の照射量依存性を定量解析することで、腐食中のSC、ナノボイドの挙動を解明することを目的とする。

3. 研究の方法

東北大学金属材料研究所量子エネルギー材料科学国際研究センター (通称: 大洗センター) では、1969年設立から十分な放射化試料の取扱いに関する知見、および強磁性体鋼および鉄合金の微細加工と顕微分析の学術的ノウハウが蓄積されている。申請者 (吉田) も2015年から様々な実機原子炉圧力容器鋼 (中性子照射材, ~0.2dpa 相当) 中の照射欠陥を分析しており、世界でも他に類を見ない独自のウィークビーム・走査透過電子顕微鏡法 (WB-STEM: Weak-Beam Scanning Transmission Electron Microscopy) の開発にも成功している (K. Yoshida et al. Microscopy 66 (2017) 120, Acta Mater. 155 (2018) 402)。本研究では、同じく強磁性体鉄合金の電子顕微鏡観察分野でイオンビーム加工装置 (FIB: Focused Ion Beam) と走査電子顕微鏡 (SEM: Scanning Electron Microscopy) を用いた3次元観察において専門領域を切り拓いている研究分担者 (嶋田) と協力して、複雑な腐食界面の3次元定量解析を実施する。

2019年度には、フェライト系ステンレス (SUS430, 未照射材) をモデル試料として、「腐食界面3次元ナノ分析法」を開発する。この3次元分析法 (図2) では、標準腐食促進試験 (SAEJ2334) 後に、カソード分極試験を行い腐食生成物 (γ -FeOOH, マグネタイト) の量を測定する。そして、3次元イオンビーム加工 (3D-SEM-FIB) を用いた3次元ナノ分析によって、材料内部への腐食界面の侵食を評価する。この段階で数十ナノ~数マイクロの空隙と腐食生成物は3次元空間で描画され空隙率やサイズ分布が定量解析される。同時に、腐食割れ先端位置からのサンプリングからTEM試料を作製し、腐食界面近傍の転位ループやナノボイドの分布と転位ループ-酸化物複合体の有無を1nmの空間分解能で定量解析する。初年度に取り扱う未照射のモデル試料中には転位ループが存在しないため、図1中に図示されるすべり面など偶発的に存在する転位界面 (D. Kuhlmann-Wilsdorf et al. Scr. Metall. Mater. 25 (1991) 1557) や転位組織が腐食割れに及ぼす影響について明らかにする。

2020-2021年度には、東北大学金属材料研究所永井康介教授の協力で、原子炉圧力容器鋼 (A533B, 未照射および中性子照射材) に確立した「腐食界面3次元ナノ分析法を適用」する (図1)。我々の研究グループでは、同一の試料部位からTEM試料と一緒に3次元アトムプローブ測定 (3D-AP: 3D Atom-Probe) 用の針試料を作製する技術を有しており、腐食界面近傍の溶質原子クラスター (SC) の酸素組成やその分布を問題なく3次元定量解析できるといえる。

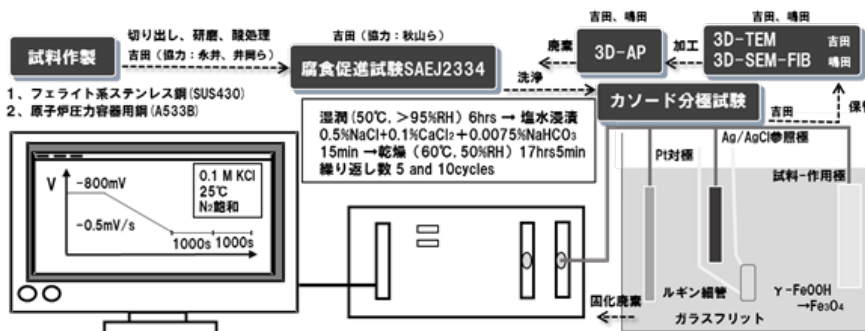


図1: 「腐食界面3次元ナノ分析法」の概要および役割分担

4. 研究成果

本研究では放射化した原子力構造材料に対して、電気化学的に制御した腐食を導入できる反応槽および3次元的に伝播する界面腐食の構造と化学組成をナノメートルスケールで可視化・定量分析できる分析装置群からなる「腐食界面3次元ナノ分析法」を開発する。そして、所有する中性子照射材に「腐食界面3次元ナノ分析法」を適用し、腐食試験前後の転位ループのサイズを1nmの分解能で3次元定量解析し、その分布を腐食割れ先端からの距離で整理することで、照射誘起応力腐食割れにおける転位ループなどの照射欠陥と粒界腐食との複合的影響の有無を検証する。さらに、腐食界面近傍の溶質原子クラスターの酸素組成および空孔クラスター分布の照射量依存性を定量解析することで、腐食中のSC、ナノボイドの挙動を3次元空間で定量解析することを目的とする。本年度は、フェライト系ステンレス(SUS430、未照射材)をモデル試料として、「腐食界面3次元ナノ分析法」を開発した。そして、3次元イオンビーム加工(3D-SEM-FIB)を用いた3次元ナノ分析を確立し、材料内部への腐食界面の侵食を評価した。数十ナノ～数マイクロの空隙と腐食生成物は3次元空間で描画され空孔率やサイズ分布が定量解析された。未照射のモデル試料中のすべり面など偶発的に存在する転位組織が腐食割れに及ぼす影響について明らかにした。計画通りに電気化学的に制御した腐食を導入できる反応槽を製作し、また、マルチスケールの3次元電子顕微鏡法を確立することができた。放射性同位体および核燃料物質を取り扱える東北大学の共同利用施設内に設置したため、英国・ベルギー・中国など海外との共同研究も進み、2019年度は9件の原著論文が発表できた。

図2には、欧州PWRの溶接材監視試験片(Low-Cu材、照射温度:283-288℃、中性子照射量: 1.2×10^{24} n/m²)にピッカース硬さ試験(荷重0.1-5N)によって歪み・応力を印可した。歪みを含む領域からTEM試料の3次元ナノ分析を示す。押し込み深さは独自のPythonコードを作成で位置合わせを行い定量した(図1(a))。断面のEBSD測定を行い結晶粒の微細化や残留ひずみの分布を確認した(図1(b))。ピッカース圧痕からFIBを用いて薄膜試料を作製しWB-STEM転位組織観察を行った(図1(c-d))。その結果、照射欠陥である微小な転位ループに加えて、転位や転位ネットワーク(不均一塑性変形帯)が多くなることが分かった。

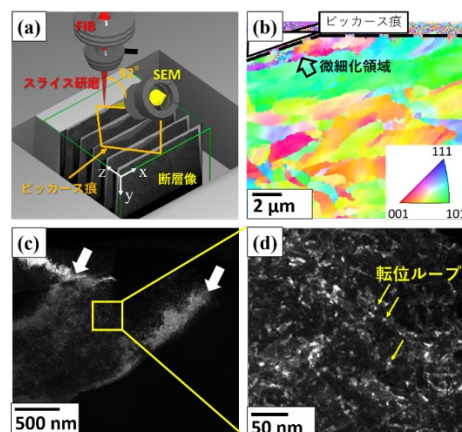


図2：監視試験片の3次元ナノ分析法

2020度は、暴風災害によって利用施設の放射線管理区域が停止する等の実験計画上の遅延要因が発生したが、オンライン上でできるモデルシミュレーションや非放射化試料での実験を積極的にすすめ、本年度は7件の原著論文が発表できた。フェライト系ステンレス(SUS430)に中性子照射するための海外炉利用照射の準備を行った。並行して、フェライト系合金鋼の中性子照射材に本課題で開発した「腐食界面3次元ナノ分析法」を適用し、炭化物や粒界の影響を3次元空間で定量解析した。

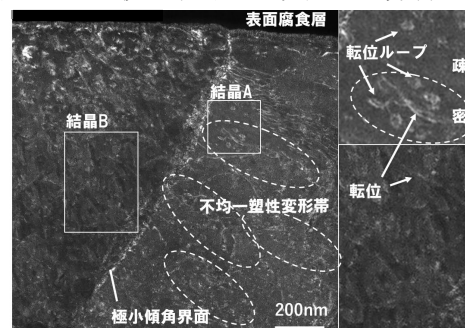


図3：不均一塑性変形帯の顕微分析

2021年1月に放射性同位体を取り扱える施設が再開してからの集中的な実験遂行で計画通りに、複数の実用鉄鋼材料(腐食済み、中性子照射材)のマルチスケール3次元電子顕微鏡分析を行い、図2に示すように本研究課題の目標であった腐食界面直下の不均一塑性変形帯を捉えることに成功した。最終年度は、低放射化フェライト鋼(F82H鋼)およびFe-Cr系酸化物分散強化鋼(ODS)の中性子照射材中の酸化物や粒界および転位組織を定量解析することに成功した。また酸化物分散強化銅合金の焼鈍実験にも本研究成果を活用した(図4)。

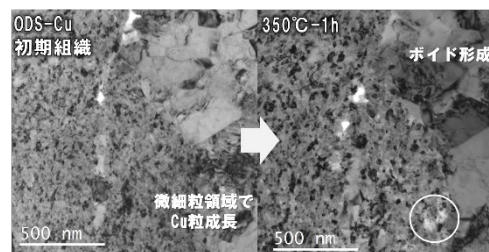


図4：酸化物分散強化銅合金の焼鈍実験

その結果、本基盤研究課題(19K05323)によって、腐食界面のみならず複雑な組織を有する様々な先端原子力材料(低放射化フェライト鋼やODS鋼、ODS銅合金など)の微細組織が従来よりも正確に分析できるようになり、国内外の研究者と協力して25件の原著論文(うち8件の国際共著論文)を発表した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計25件（うち査読付論文 25件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Du Yufeng, Yoshida Kenta, Shimada Yusuke, Toyama Takeshi, Inoue Koji, Arakawa Kazuto, Suzudo Tomoaki, Milan Konstantinovic J., Gerard Robert, Ohnuki Somei, Nagai Yasuyoshi	4. 巻 12
2. 論文標題 In-situ WB-STEM observation of dislocation loop behavior in reactor pressure vessel steel during post-irradiation annealing	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materialia	6. 最初と最後の頁 100778 ~ 100778
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mtla.2020.100778	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Ma Bing, Hishinuma Yoshimistu, Noto Hiroyuki, Shimada Yusuke, Muroga Takeo	4. 巻 161
2. 論文標題 Development of Y2O3 dispersion strengthened Cu alloy using Cu6Y and Cu2O addition through the MA-HIP process	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fusion Engineering and Design	6. 最初と最後の頁 112045 ~ 112045
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fusengdes.2020.112045	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Shimada Yusuke, Kazukawa Makoto, Hishinuma Yoshimitsu, Ikeda Ken-ichi, Noto Hiroyuki, Ma Bing, Takeguchi Masaki, Muroga Takeo, Konno Toyohiko J.	4. 巻 14
2. 論文標題 Multiscale structural characterization of yttria dispersed copper alloys fabricated by hot isostatic processing of mechanically alloyed powders	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materialia	6. 最初と最後の頁 100892 ~ 100892
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mtla.2020.100892	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tokuta Shinnosuke, Shimada Yusuke, Yamamoto Akiyasu	4. 巻 33
2. 論文標題 Evolution of intergranular microstructure and critical current properties of polycrystalline Co-doped BaFe2As2 through high-energy milling	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Superconductor Science and Technology	6. 最初と最後の頁 094010 ~ 094010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6668/aba545	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ma Bing, Hishinuma Yoshimitsu, Shimada Yusuke, Noto Hiroyuki, Kasada Ryuta, Oono Naoko, Ukai Shigeharu, Muroga Takeo	4. 巻 24
2. 論文標題 The size dependence of microstructure and hardness on the MA powders for the MA-HIP processed Cu-Y2O3 dispersion-strengthened alloys	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Materials and Energy	6. 最初と最後の頁 100773 ~ 100773
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nme.2020.100773	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshiie T., Inoue K., Yoshida K., Toyama T., Satoh Y., Nagai Y.	4. 巻 -
2. 論文標題 Iron nitride, -Fe16N2, around <100> interstitial type dislocation loops in neutron-irradiated iron	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Philosophical Magazine	6. 最初と最後の頁 1 ~ 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/14786435.2021.1891317	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Inoue Koji, Yoshida Kenta, Nagai Yasuyoshi, Kishida Kyosuke, Inui Haruyuki	4. 巻 11
2. 論文標題 Correlative atom probe tomography and scanning transmission electron microscopy reveal growth sequence of LPSO phase in Mg alloy containing Al and Gd	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-82705-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshida Kenta, Zhang Xudong, Shimada Yusuke, Nagai Yasuyoshi, Hiroyama Tomoki, Tanaka Nobuo, Lari Leonardo, Ward Michael R, Boyes Edward D, Gai Pratibha L	4. 巻 30
2. 論文標題 Influence of gas environment and heating on atomic structures of platinum nanoparticle catalysts for proton-exchange membrane fuel cells	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 175701 ~ 175701
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6528/AAFE1E	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shimada Yusuke, Yoshida Kenta, Inoue Koji, Shiraishi Takahisa, Kiguchi Takanori, Nagai Yasuyoshi, Konno Toyohiko J	4. 巻 68
2. 論文標題 Evaluation of spatial and temporal resolution on in situ annealing aberration-corrected transmission electron microscopy with proportional-integral-differential controller	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Microscopy	6. 最初と最後の頁 271 ~ 278
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jmicro/dfz010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Zhang Y.F., Zhan Q., Ohnuki S., Kimura A., Wan F.R., Yoshida K., Nagai Y.	4. 巻 517
2. 論文標題 Radiation-hardening and nano-cluster formation in neutron-irradiated 9Cr 2W low activation steels with different Si contents	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Nuclear Materials	6. 最初と最後の頁 1 ~ 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jnucmat.2019.01.053	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yi Xiaou, Zhang Lei, Han Wentuo, Chen Jiao, Liu Pingping, Lv Yanwei, Song Jiupeng, Xue Luwei, Geng Diancheng, Yoshida Kenta, Toyama Takeshi, Zhan Qian, Wan Farong, Ohnuki Somei, Nagai Yasuyoshi	4. 巻 85
2. 論文標題 Defect characterization, mechanical and thermal property evaluation in CVD-W after low-dose neutron irradiation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Refractory Metals and Hard Materials	6. 最初と最後の頁 105004 ~ 105004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijrmhm.2019.105004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shen Feihong, Zheng Yanyan, Miao Lei, Liu Chengyan, Gao Jie, Wang Xiaoyang, Liu Pengfei, Yoshida Kenta, Cai Huanfu	4. 巻 12
2. 論文標題 Boosting High Thermoelectric Performance of Ni-Doped Cu _{1.9} S by Significantly Reducing Thermal Conductivity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 8385 ~ 8391
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.9b18078	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hasegawa Akira, Miyazawa Takeshi, Itou Daichi, Hattori Takaya, Yohida Kenta, Nogami Shuhei	4. 巻 T171
2. 論文標題 Helium effects on recovery and recrystallization of powder metallurgically processed tungsten	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physica Scripta	6. 最初と最後の頁 014016 ~ 014016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1402-4896/ab408d	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Joo Soo Hyun, Bae Jae Wung, Park Won Young, Shimada Yusuke, Wada Takeshi, Kim Hyoung Seop, Takeuchi Akira, Konno Toyohiko J., Kato Hidemi, Okulov Ilya V.	4. 巻 32
2. 論文標題 Beating Thermal Coarsening in Nanoporous Materials via High Entropy Design	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 1906160 ~ 1906160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.201906160	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shimada Yusuke, Yamamoto Akiyasu, Hayashi Yujiro, Kishio Kohji, Shimoyama Jun-ichi, Hata Satoshi, Konno Toyohiko J	4. 巻 32
2. 論文標題 The formation of defects and their influence on inter- and intra-granular current in sintered polycrystalline 122 phase Fe-based superconductors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Superconductor Science and Technology	6. 最初と最後の頁 084003 ~ 084003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6668/ab0eb6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Matsumoto Akiyoshi, Kitaguchi Hitoshi, Shimada Yusuke, Hata Satoshi	4. 巻 29
2. 論文標題 Transformation of Bi,Pb-2223 Phase From Multilayered Precursor Films	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 1 ~ 4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASC.2019.2907229	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Toyama T., Zhao C., Yoshiie T., Yamasaki S., Uno S., Shimodaira M., Miyata H., Suzudo T., Shimizu Y., Yoshida K., Inoue K., Nagai Y.	4. 巻 556
2. 論文標題 Radiation-enhanced diffusion of copper in iron studied by three-dimensional atom probe	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Nuclear Materials	6. 最初と最後の頁 153176 ~ 153176
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jnucmat.2021.153176	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yi Xiaou, Du Yufeng, Li Yihang, Han Wentuo, Liu Pingping, Yoshida Kenta, Toyama Takeshi, Chen Jiming, Zhan Qian, Wan Farong, Ohnuki Somei, Nagai Yasuyoshi	4. 巻 169
2. 論文標題 Neutron irradiation response of explosion-welded CuCrZr/316LN joints for ITER application	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Fusion Engineering and Design	6. 最初と最後の頁 112620 ~ 112620
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fusengdes.2021.112620	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Chen Jun-Liang, Yang Hengquan, Liu Chengyan, Liang Jisheng, Miao Lei, Zhang Zhongwei, Liu Pengfei, Yoshida Kenta, Chen Chen, Zhang Qian, Zhou Qi, Liao Yuntiao, Wang Ping, Li Zhixia, Peng Biaolin	4. 巻 13
2. 論文標題 Strategy of Extra Zr Doping on the Enhancement of Thermoelectric Performance for TiZrxNiSn Synthesized by a Modified Solid-State Reaction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 48801 ~ 48809
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.1c14723	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shimada Yusuke, Mizumoto Masataka, Hishinuma Yoshimitsu, Ikeda Ken-ichi, Yoshida Kenta, Noto Hiroyuki, Ma Bing, Muroga Takeo, Nagai Yasuyoshi, Konno Toyohiko J.	4. 巻 173
2. 論文標題 Microstructural changes of oxide dispersion strengthened copper powders fabricated by mechanical alloying	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Fusion Engineering and Design	6. 最初と最後の頁 112804 ~ 112804
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fusengdes.2021.112804	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kano Sho, Yang Huilong, McGrady John, Watanabe Yoshiyuki, Ando Masami, Hamaguchi Dai, Nozawa Takashi, Tanigawa Hiroyasu, Yoshida Kenta, Shibayama Tamaki, Abe Hiroaki	4. 巻 558
2. 論文標題 Radiation-induced amorphization of M23C6 in F82H steel: An atomic-scale observation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Nuclear Materials	6. 最初と最後の頁 153345 ~ 153345
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jnucmat.2021.153345	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kitagaki Toru, Yoshida Kenta, Liu Pengfei, Shobu Takahisa	4. 巻 6
2. 論文標題 Dissolution and precipitation behaviors of zircon under the atmospheric environment	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 npj Materials Degradation	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41529-021-00214-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Chen Jiao, Yoshida Kenta, Suzudo Tomoaki, Shimada Yusuke, Inoue Koji, Konno Toyohiko J., Nagai Yasuyoshi	4. 巻 63
2. 論文標題 In Situ TEM Observation and MD Simulation of Frank Partial Dislocation Climbing in Al-Cu Alloy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 468 ~ 474
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.mt-m2021233	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kubota Takahide, Shimada Yusuke, Tsuchiya Tomoki, Yoshikawa Tomoki, Ito Keita, Takeda Yukiharu, Saitoh Yuji, Konno Toyohiko, Kimura Akio, Takanashi Koki	4. 巻 11
2. 論文標題 Microstructures and Interface Magnetic Moments in Mn2VAI/Fe Layered Films Showing Exchange Bias	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nanomaterials	6. 最初と最後の頁 1723 ~ 1723
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano11071723	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tokuta Shinnosuke, Hasegawa Yuta, Shimada Yusuke, Yamamoto Akiyasu	4. 巻 25
2. 論文標題 Enhanced critical current density in K-doped Ba122 polycrystalline bulk superconductors via fast densification	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 103992 ~ 103992
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2022.103992	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 吉田健太
2. 発表標題 透過電子顕微鏡を用いた照射欠陥評価法の進展：TEMからSTEMへ
3. 学会等名 格子欠陥フォーラム (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kenta Yoshida, Yufeng Du, Yusuke Shimada, Tomoaki Suzudo, Takeshi Toyama, Koji Inoue, Kazuto Arakawa, Konstantinovic J. Milan, Robert Gerard, Yasuyoshi Nagai
2. 発表標題 In-situ weak-beam STEM for quantitative dislocation analysis in nuclear materials during post-irradiation annealing
3. 学会等名 GIMRT REMAS 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田健太, 杜玉峰, 嶋田雄介, 鈴木知明, 荒河一渡, 外山健, 井上耕治, 大貫聡明, 永井康介
2. 発表標題 その場WB-STEM計測による中性子照射誘起転位ループの熱的安定性の評価
3. 学会等名 物理学会 令和2秋 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田健太
2. 発表標題 In-situ weak-beam STEM for quantitative dislocation analysis in nuclear materials during post-irradiation annealing
3. 学会等名 2019 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Yoshida, Y. Shimada, J. Chen, Y. Du, K. Inoue, T. Suzudo, K. Arakawa, Y. Nagai
2. 発表標題 Key designs on in-situ weak-beam scanning transmission electron microscopy for dynamic/atomic-scale quantitation of lattice defects in nuclear materials
3. 学会等名 THERMEC 2021 Virtual Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 嶋田雄介、中嶋優汰、菱沼良光、池田賢一、能登裕之、室賀健夫、吉田健太、今野豊彦、永井康介
2. 発表標題 MA-HIP法により作製したCu-Y化合物添加ODS-Cu合金の微細組織解析
3. 学会等名 日本金属学会2022年春季第170回講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 嶋田雄介、陳嬌、池田裕樹、吉田健太、井上耕治、Robert Maab、今野豊彦、永井康介
2. 発表標題 FeSi規則合金のFe原子拡散における電子線照射量の及ぼす影響
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田 健太、嶋田 雄介、杜 玉峰、宮田 穂高、北垣 徹、池田 篤史、渡邊 英雄、小無 健司、永井 康介
2. 発表標題 燃料デブリ分析のための超微量分析技術の開発 (8)模擬燃料デブリの TEMを用いたナノ構造解析
3. 学会等名 2021年原子力学会秋の大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

publons https://publons.com/researcher/2293929/kenta-yoshida/
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	嶋田 雄介 (Yusuke Shimada) (20756572)	東北大学・金属材料研究所・助教 (11301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
英国	ヨーク大学			
中国	北京科学技術大学			
ベルギー	SCK-CEN			