

令和 6 年 5 月 14 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01205

研究課題名（和文）高温ランダムクリープ疲労負荷環境における耐熱合金残存寿命の定量的評価

研究課題名（英文）Quantitative Evaluation of residual life of heat-resistant alloy under random creep-fatigue loadings at elevated temperature

研究代表者

三浦 英生 (Miura, Hideo)

東北大学・工学研究科・教授

研究者番号：90361112

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000 円

研究成果の概要（和文）：高温変動負荷環境で使用される耐熱合金のクリープ疲労損傷の加速要因として、結晶粒界や異種材料界面の格子不整合に起因した、歪み誘起異方的増速拡散現象に基づく転位や原子空孔の発生集積による粒界割れ加速現象を定量的に予測評価する手法を開発した。原子拡散の活性化エネルギーの歪みエネルギー誘起減少過程を定式化し、電子顕微鏡により可視化された原子配列の秩序性の乱れに基づく破壊現象に至る過程を連成解析し、破壊の予測を可能にした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、耐熱合金の破壊機構が負荷条件により延性的結晶粒内破壊から脆性的結晶粒界割れに移行するメカニズムが定量的に解明され、構造の破壊を加速する粒界割れの発現を定量的に予測可能となったことは学術分野だけでなく産業における実機の信頼性設計や維持管理に大きく貢献するものと考えている。歪み誘起の異常増速拡散現象に基づく原子空孔の発生・集積から粒界割れに至る過程を定量的に解析する手法の開発が独創的な研究であることは米国機械学会賞受賞初め国内外の学会から高く評価されている。

研究成果の概要（英文）：The acceleration mechanism of the creep-fatigue damage of heat-resistant alloys under harsh condition at elevated temperature was quantitatively clarified from the viewpoint of strain-induced anisotropic diffusion of atoms and vacancies. Accumulation process of vacancies around grain boundaries and heterointerfaces was explained by the modified Arrhenius equation by considering the local decrease in the activation energy of the self-diffusion of component elements. The diffusion and accumulation of vacancies was found to be drastically accelerated by the local strain. The accumulation was quantitatively related to the orderliness of atomic alignment and thus, the strength of grain boundaries and thus, lifetime of intergranular cracking was successfully predicted.

研究分野：材料強度科学

キーワード：高温強度 クリープ疲労損傷 原子配列の秩序性 電子線後方散乱回折 粒界割れ

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化防止対策を推進する上で、CO₂排出の主要因であるエネルギー機器の熱効率の高効率化は必須課題であり、そのために動作環境の高温化と例えばタービン運転速度の高速化に伴う機器運転環境における力学的負荷の増加は避けられない。従来の構造機器の寿命設計では、材料強度は材料定数と考え機器の使用環境において生じる負荷を推測し、例えば疲労寿命曲線（材料定数）を用いて寿命評価を行う、あるいは想定寿命に基づき負荷が所定の値以下となるように運転環境を制御する、という考え方でなされてきた。しかし、使用環境の過酷化に伴い、機器の作動環境において構造材料内部で原子拡散が局所的に異常に活性化し、強化機構微細組織が消失、崩壊するという現象が研究レベルでは明らかにされ始めている。

例えば高速増殖炉配管材料として期待されている改良9Cr-1Mo鋼では動作温度となる500°C以上の温度領域の疲労試験環境で10⁸ サイクルまで疲労限が現れないという現象を申請者等は明らかにした。さらにこの原因が、高温負荷環境において製造時に作り込まれたマルテンサイト微細分散析出強化組織の消失に伴う材料強度の劣化によるものであることも電子線回折法による微細組織観察と電子顕微鏡内引張強度試験法による機械特性評価から明らかにした。この組織変化（強度劣化）により急速に亀裂が発生、進展し破断に至っている。同様な微細分散析出強化組織の消失（粗大層状化）は、ガスタービン機器で多用され始めているNi基超合金でも確認されている。今後高温高負荷環境で使用される各種耐熱合金では、その強化機構である分散析出強化組織がひずみ起因の構成原子の異方的増速拡散現象の加速により短時間で崩壊（消失）する危険性があり、その定量的な発生メカニズムを解明することは各種機器の長期信頼性保証、すなわち安全で安心な社会の構築には不可欠である。

さらに今後進展する再生可能エネルギーの導入により火力発電プラントには、安定した電力供給を保証するために激しい天候変動にも対応できる変動負荷運転が要求される。これまでの発電システムは定格出力運転、すなわち一定負荷環境での運転が前提であり、構造材料のクリープ損傷（高温で一定の機械的応力負荷が長時間作用する状態での損傷）が評価の対象であった。また振動負荷を受ける部材では疲労損傷が主たる評価項目であった。これらの損傷は構造材料内部での塑性変形に基づき引き起こされるものであることから、クリープ負荷と疲労負荷が重畳したランダム変動負荷環境における損傷は、それぞれの損傷を独立に評価し、その単純和で評価できるという線形損傷則に基づき評価されてきた。しかし火力プラント等で使用される耐熱合金では、この線形損傷予測結果と比較して大幅に短時間で破壊が生じることが米国機械学会を中心として行われた国際研究で明らかになり、実験で得られた破壊寿命は従来の予測寿命の数分の1以下で最悪予測値の1/10以下にまで低下することも明らかにされたが、その低下あるいは変動メカニズムは未だに不明である。したがって、ランダム変動負荷運転環境における定量的な余寿命評価は申請時点では事実上不可能である。

そこで申請者は寿命劣化が材料中の特定の結晶粒界近傍への転位と原子空孔の集積による粒界強度の著しい劣化により引き起こされること、その欠陥集積と強度劣化の状態を電子線回折法を応用することで定量的に可視化分析評価できることを明らかにし、今後の安定したエネルギー供給に不可欠な、実機に適用可能な高温ランダム負荷環境における構造材料劣化損傷の連続モニタリングを行い、微細組織の結晶品質劣化状況を定量的に評価することにより、当該材料の定量的な余寿命を評価する方法を構築できるという着想に至った。

2. 研究の目的

本研究では、高温ランダム変動負荷環境で使用される構造材料の劣化損傷状況を定量的に可視化するとともに、その観察結果からこれまで不可能であった余寿命を定量的に予測する技術の開発を目指す。応力依存の異方的増速原子拡散現象に基づき転位や原子空孔の発生や拡散、各種析出物の発生等を温度と機械的な応力の連成現象として捉え、材料組織の劣化機構を解明する。さらに、結晶粒界近傍や母相と析出物間の格子不整合に起因した局所歪み場の存在も局所応力場評価に取り込み、外力と内部歪み場による内力を統合した機械的応力場の解析も加え、クリープ疲労損傷を機械的な損傷に留まらず、化学的な組織変化に起因した応力歪み場との連成損傷と位置づけ、使用条件に依存した劣化進行の定量的な評価を可能にする。

3. 研究の方法

高温クリープ疲労負荷環境における劣化損傷の進行過程は、次式で示す応力依存の異方的増速原子拡散現象に基づき発生することを明らかにする。

$$D = D_0 \exp\left\{-\frac{Q - \sigma V}{kT}\right\}$$

ここで D は拡散定数、 D_0 は定数、 Q は熱力学的に定義される平衡状態での活性化エネルギー、 σ は作用する応力、 V は等価体積、 k はボルツマン定数、 T は絶対温度である。応力は引張応力を正の値、圧縮応力を負の値で示す。本式が適用される化学反応（核の発生や拡散）現象は引張応力の作用で活性化エネルギーが減少して加速され、圧縮応力の作用で逆に抑制されることになる。本式を転位や原子空孔の発生や拡散、各種析出物の発生等に適用し、温度と機械的な応力の連成現象として材料組織の劣化機構を解明する。特に、結晶粒界近傍や母相と析出物間の格子不整合に起因した局所歪み場の存在も局所応力場評価に取り込み、外力と内部歪み場による内力を統合した機械的応力場の解析も加え、クリープ疲労損傷を機械的な損傷に留まらず、化学的な組織変化に起因した応力歪み場との連成損傷と位置づけ、上式の応力を時間の関数とし、時間積分することで使用条件に依存した劣化進行の定量的な評価を可能にする。さらに分子動力学解析手法を応用し、電子線後方散乱解析から得られる結晶品質(IQ値)の物理化学的意味づけの解明も推進する。転位や空孔分布に依存した原子配列の秩序性の劣化と粒界強度の低下の相関関係を定量的に解明することでIQ値の定量的な物理化学的意味付けも明らかにする。

4. 研究成果

本研究では各種高効率エネルギープラントで応用される最先端耐熱合金の高温クリープ疲労損傷の支配因子の定量的な解明を目的としている。この劣化損傷の進行過程を電子線後方散乱回折技術を応用し、図1のように可視化した。図中のカラーマップは結晶の方位分布を表している。図中央の結晶粒界（青色の結晶と緑色の結晶の境界）で初期の粒界割れが発生している。

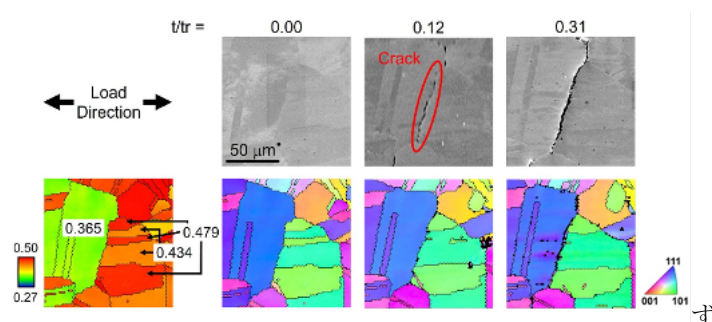


図1 電子線後方散乱回折技術による結晶品質劣化損傷過程の可視化例

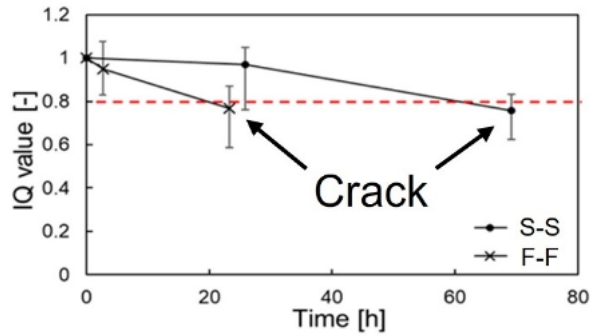


図2 結晶品質(IQ値)の劣化過程と粒界割れの発生条件

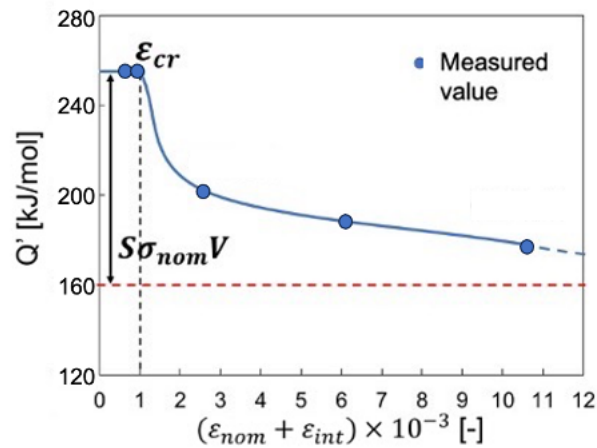


図3 原子拡散活性化エネルギーの局所歪み依存性

構造材料の高温高負荷環境における劣化損傷を本分析技術から得られる結晶品質 (IQ値) の劣化として定量的にモニタリングした例が図2である. 初期値の約80%に達した時点で粒界割れが発生することを解明した. このIQ値の劣化は, 材料中で構成する構成原子の応力依存の異方的増速原子拡散現象 ($D = D_0 \exp\{-(Q - \sigma V)/kT\}$) に基づき発生することを明らかにした. ここで D は拡散定数, D_0 は定数, Q は熱力学的に定義される平衡状態での活性化エネルギー, σ は作用する応力, V は等価体積, k はボルツマン定数, T は絶対温度である. この活性化エネルギーの減少は, 粒界において隣接する結晶間の結晶方位差に基づいて発生する格子不整合, 即ち歪みに依存して発生することを図3のように解明した. 本知見に基づき, 応力依存項を高精度化し, 劣化損傷の活性化エネルギーを

$$Q' = Q - (SF)\sigma_{nom} V [1 - \exp\{-\alpha(\epsilon_{nom} + \epsilon_{int} - \epsilon_{cr})\}] \quad \dots(1)$$

で表現することで粒界品質に依存した劣化の活性化エネルギーの多様性を定量的に把握できることを実証した. ここで SF は粒界を構成する結晶粒のSchmid因子の最大値, α は定数, σ_{nom} は公称応力, ϵ_{nom} は公称ひずみ, ϵ_{int} は結晶粒界を構成する結晶間や異種材料 (例えば母相と析出物) 間の格子不整合, ϵ_{cr} は弾性限界ひずみである. この局所的ひずみエネルギーに依存して粒界近傍で原子拡散の活性化エネルギーが減少し, 原子空孔や転位の発生, 集積が加速することで粒界品質が劣化し, 結果として粒界強度が減少することで粒界割れが急激に加速し破断寿命の著しい現象を引き起こすことを定量的に解明した.

さらに, この粒界強度の劣化現象を分子動力学解析によって確認実証した. 粒界近傍に発生する局所ひずみ集中場は, 格子不整合に加えて, 隣接する結晶粒間の結晶方位差に基づく弾性率差によって公称応力負荷環境下で発生するひずみ差が重畳することで上記劣化損傷がさらに加速

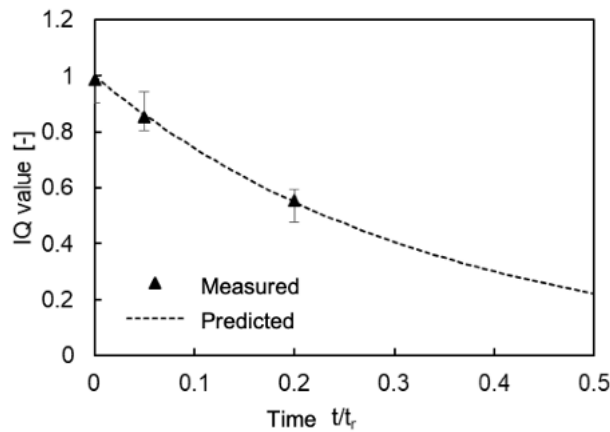


図4 結晶品質(IQ値)劣化過程の予測結果と実験結果の比較例

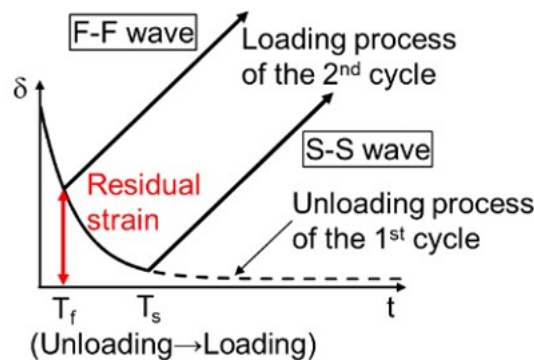


図5 粘弾性挙動発現に基づく繰り返し負荷環境における残留歪み蓄積過程概念図

することも明らかにした。

また、結晶粒界近傍や母相と析出物間の格子不整合に起因した局所歪み場の存在も局所応力場評価に取り込み、外力と内部歪み場による内力を統合した機械的応力場の解析も加え、クリープ疲労損傷を機械的な損傷に留まらず、化学的な組織変化に起因した応力歪み場との連成損傷と位置づけ、式(1)の応力を時間の関数とし、時間積分することで使用条件に依存した劣化進行の定量的な評価法を提案した。図4に結晶品質(IQ値)の劣化過程の予測結果と実験結果を比較した例を示す。初期の粒界割れの発生寿命が最大誤差15%以内で予測可能であることを確認実証した。

さらに、高温でのクリープ疲労負荷環境において、材料の粘弾性挙動の発現に基づき、環境温度における緩和時間と、負荷速度時間あるいは除荷速度時間の相対的な長短関係で、繰り返し負荷環境では残留応力や残留ひずみが蓄積することで破壊が加速する現象も発現することを世界で初めて確認実証した。図5にその蓄積過程を説明する概念図を示す。今後再生可能エネルギーの導入により、天候依存で生じる出力変動を補償するため火力発電では過酷な変動負荷運転が要求されるため、本知見は想定外の発電構造物(タービン翼等)の破壊を防止する上で必要な知見である。

以上の研究成果に基づき公表した論文の8報がSCOPUS評価のTop10%以内論文として、提案した結晶品質劣化予測式に関する論文はダウンロード数が2000件を超えている、またASME学会賞など国内外から6件の学会賞も受賞しているなど、研究の独創性や工学的有用性は世界的にも高く評価されている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件／うち国際共著 11件／うちオープンアクセス 17件）

1. 著者名 Wang, Run-Zi, Gu, Hang-Hang, Liu, Yu, Miura, Hideo, Zhang, Xian-Cheng, Tu, Shan-Tung	4. 巻 240
2. 論文標題 Surrogate-modeling-assisted creep-fatigue reliability assessment in a low-pressure turbine disc considering multi-source uncertainty	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 RELIABILITY ENGINEERING & SYSTEM SAFETY	6. 最初と最後の頁 109550
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.res.2023.109550	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Xu, Le, Wang, Run-Zi, Wang, Yu-Chen, He, Lei, Itoh, Takamoto, Suzuki, Ken, Miura, Hideo, Zhang, Xian-Cheng	4. 巻 204
2. 論文標題 Microstructural evolutions and life evaluation of non-proportional creep-fatigue considering loading path and holding position effects	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 MATERIALS CHARACTERIZATION	6. 最初と最後の頁 113209
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.matchar.2023.113209	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Luo, Yifan, Takahashi, Yukako, Nakayama, Koki, Nakayama, Ayumi, Suzuki, Ken, Miura, Hideo	4. 巻 46
2. 論文標題 Acceleration mechanism of the degradation of the lifetime of Ni-based superalloys under creep-fatigue loading at elevated temperatures	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 FATIGUE & FRACTURE OF ENGINEERING MATERIALS & STRUCTURES	6. 最初と最後の頁 3043-3059
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/ffe.14013	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Sun, Li, Zhang, Xian-Cheng, Wang, Run-Zi, Wang, Xiao-Wei, Tu, Shan-Tung, Suzuki, Ken, Miura, Hideo	4. 巻 166
2. 論文標題 Evaluation of fatigue and creep-fatigue damage levels on the basis of engineering damage mechanics approach	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 INTERNATIONAL JOURNAL OF FATIGUE	6. 最初と最後の頁 107277
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ijfatigue.2022.107277	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 5)Hideo Miura, Ayane Yasumura, Takuma Yamawaki, Takuto Kudo, Hayato Matsuda, Le, Xu	4. 巻 11
2. 論文標題 Acceleration of Creep-Fatigue Damage of Ni-Base Alloy by Viscoelasticity at Elevated Temperature	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Mechanics of Solids, Structures and Fluids	6. 最初と最後の頁 V011T12A021
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1115/IMECE2023-112200	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Run-Zi Wang, Hang-Hang Gu, Kai-Shang Li, JI Wang, Xiao-Wei Wang, Miura Hideo, Xian-Cheng Zhang, Shan-Tung Tu	4. 巻 225
2. 論文標題 A data-driven roadmap for creep-fatigue reliability assessment and its implementation in low-pressure turbine disk at elevated temperatures	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Reliability Engineering & System Safety	6. 最初と最後の頁 108523
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.res.2022.108523	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Run-Zi Wang, Xian-Cheng, Zhang, Hang-Hang, Gu, Kai-Shang Li, Jian-Feng Wen, Hideo Miura, Ken Suzuki, Shan-Tung Tu	4. 巻 23
2. 論文標題 Oxidation-involved life prediction and damage assessment under generalized creep-fatigue loading conditions based on engineering damage mechanics	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J. of Materials Research and Technology	6. 最初と最後の頁 114-130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmrt.2022.12.094	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Yifan Luo, Yukako Takahashi, Koki Nakayama, Ayumi Nakayama, Ken Suzuki, Hideo Miura	4. 巻 46
2. 論文標題 Acceleration mechanism of the degradation of the lifetime of Ni-base superalloys under creep-fatigue loading at elevated temperatures	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures	6. 最初と最後の頁 14013
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ffe.14013	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Le Xu, Run-Zi Wang, Lei He, Xian-Cheng Zhang, Shan-Tung Tu, Hideo Miura, Takamoto Itoh	4. 巻 45
2. 論文標題 Establishment of unified creep-fatigue life prediction under various temperatures and investigation of failure physical mechanism for Type 304 stainless steel	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures	6. 最初と最後の頁 3086-3101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ffe.13794	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kai-Shang Li, Lv-Yi Cheng, Yilun Xu, Run-Zi Wang, Xian-Cheng Zhang, Shan-Tung Tu, Hideo Miura	4. 巻 154
2. 論文標題 A dual-scale modelling approach for creep-fatigue crack initiation life prediction of holed structure in a nickel-based superalloy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Fatigue	6. 最初と最後の頁 106522
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijfatigue.2021.106522	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Koki Nakayama, Hideo Miura	4. 巻 12
2. 論文標題 Effect of Strain Rate on the Creep-Fatigue Damage of Polycrystalline Ni-Base Superalloy at Elevated Temperature	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. ASME IMECE2022	6. 最初と最後の頁 V009T12A046
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1115/IMECE2022-94282	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ayumi Nakayama, Runzi Wang, Hideo Miura	4. 巻 12
2. 論文標題 Change of the Effective Strength of Grain Boundaries in Ni-base Superalloy GH4169 (IN718) under Creep-Fatigue Loadings at Elevated Temperatures	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. ASME IMECE2022	6. 最初と最後の頁 V009T12A047
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1115/IMECE2022-94701	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Run-Zi Wang, Ken Suzuki, Hideo Miura, Xian-Cheng Zhang, Shan-Tung Tu	4. 巻 14
2. 論文標題 Creep-Fatigue Reliability Analysis Integrated with Surrogate Modelling: Application on Industrial Case Studies	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. ASME IMECE2022	6. 最初と最後の頁 V009T14A020
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1115/IMECE2022-94273	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Yifan Luo, Shogo Tezuka, Koki Nakayama, Ayumi Nakayama, Ken Suzuki, Hideo Miura	4. 巻 12
2. 論文標題 Creep-Fatigue Damage of Heat-Resistant Alloys Caused by the Local Lattice Mismatch-Induced Acceleration of the Generation and Accumulation of Dislocations and Vacancies	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Mechanics of Solids, Structures, and Fluids	6. 最初と最後の頁 V012T12A051
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1115/IMECE2021-68489	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yi-Xin Liu, Cheng-Cheng Zhang, Run-Zi Wang, Kai-Ming Zhang, Ji Wang, Shu-Lei Yao, Hao Chen, Xian-Cheng Zhang, Hideo Miura	4. 巻 77
2. 論文標題 Quantitative evaluations of improved surface integrity in ultrasonic rolling process for selective laser melted in-situ TiB2/Al composite	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Manufacturing Processes	6. 最初と最後の頁 412-425
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmapro.2022.03.026	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kai-Shang Li, Lv-Yi Cheng, Yilun Xu, Run-Zi Wang, Yong Zhang, Xian-Cheng Zhang, Shan-Tung Tu, Hideo Miura	4. 巻 154
2. 論文標題 A dual-scale modelling approach for creep-fatigue crack initiation life prediction of holed structure in a nickel-based superalloy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Fatigue	6. 最初と最後の頁 106522
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijfatigue.2021.106522	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Shujiroh Suzuki, Shogo Tezuka, Ken Suzuki, Hideo Miura	4. 巻 12
2. 論文標題 Molecular Dynamics Analysis of the Acceleration of the Degradation of the Strength of a Grain Boundary Under Creep-Fatigue Loads	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Mechanics of Solids, Structures, and Fluids	6. 最初と最後の頁 V012T12A053
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1115/IMECE2021-70628	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計21件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 Hideo MIURA
2. 発表標題 High Strain-Rate-induced Acceleration of Creep-Fatigue Damage in Ni-base Superalloys at Elevated Temperature
3. 学会等名 ESIA17 FESI/CSIC International Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hideo MIURA
2. 発表標題 Degradation of Integrity of Thin-Film Interfaces in Advanced Electronic Devices Caused by Point Defects and Strain
3. 学会等名 Advanced Technology in Experimental Mechanics 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Run-Zi WANG
2. 発表標題 Creep-fatigue crack nucleation criterion for crystallographic evolutions based on damage mechanics descriptions
3. 学会等名 13th International Fatigue Congress (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Le XU
2. 発表標題 Acceleration of Creep-Fatigue Damage due to viscoelasticity by considering local stress evaluation at elevated temperature
3. 学会等名 13th International Fatigue Congress (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ayane YASUMURA
2. 発表標題 Acceleration Mechanism of Intergranular Cracking of Stainless Steel SUS316LN at Elevated Temperature Caused by Local Strain Energy Around Grain Boundaries
3. 学会等名 13th International Fatigue Congress (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hayato MATSUDA
2. 発表標題 Nondestructive Observation of the Change of Micro texture of Ni-base Superalloys under Creep-Fatigue Loading at Elevated Temperature in the Atmosphere
3. 学会等名 Advanced Technology in Experimental Mechanics 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takuto KUDO
2. 発表標題 Molecular Dynamics Analysis of the Acceleration Mechanism of the Degradation of Grain Boundary Strength in Alloy GH4169 Caused by γ -Phase Precipitation
3. 学会等名 13th International Fatigue Congress (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takuma YAMAWAKI
2. 発表標題 Molecular dynamics analysis of the effect of strain rate on accelerated degradation of grain boundary quality under high temperature fatigue loading molecular dynamics analysis
3. 学会等名 13th International Fatigue Congress (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hideo Miura
2. 発表標題 Strain-induced acceleration of the degradation of the crystallinity around grain boundaries in stainless steels under creep load at elevated temperature
3. 学会等名 2022 International Symposium on Structural Integrity (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shogo Tezuka
2. 発表標題 Molecular Dynamics Analysis on the Degradation Mechanism of the Crystallinity and Strength of Grain Boundaries in Heat-resistant Alloys under Creep-Fatigue Loading at Elevated Temperatures
3. 学会等名 ASME IMECE2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Koki Nakayama
2. 発表標題 Effect of Strain Rate on the Creep-Fatigue Damage of Polycrystalline Ni-Base Superalloy at Elevated Temperature
3. 学会等名 ASME IMECE2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ayumi Nakayama
2. 発表標題 Change of the Effective Strength of Grain Boundaries in Ni-base Superalloy GH4169 (IN718) under Creep-Fatigue Loadings at Elevated Temperatures
3. 学会等名 ASME IMECE2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hideo Miura
2. 発表標題 Prediction of the Generation of Intergranular Cracking in Stainless Steels under Creep Loading at Elevated Temperatures
3. 学会等名 ASME IMECE2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Runzi Wang
2. 発表標題 Creep-fatigue reliability analysis integrated with surrogate modelling: application on industrial case studies
3. 学会等名 2022 International Symposium on Structural Integrity (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hayato Matsuda
2. 発表標題 Nondestructive Detection of the Degradation of Crystallinity of Ni-based Superalloys Under Creep-Fatigue Loading at Elevated Temperatures by Visible Light Spectrum Analysis in the Atmosphere
3. 学会等名 17th Asia-Pacific Conference on Fracture and Strength (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hideo Miura
2. 発表標題 Acceleration Mechanism of the Degradation of the Strength of Heat-Resistant Alloys under Creep-Fatigue Loading at Elevated Temperatures
3. 学会等名 2021 International Symposium on Structural Integrity (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yukako Takahashi
2. 発表標題 Acceleration Mechanism of Intergranular Cracking of SUS316L Under Creep-Fatigue Loading at Elevated Temperatures
3. 学会等名 International Mechanical Engineering Congress & Exposition (IMECE 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yifan Luo
2. 発表標題 Creep-Fatigue Damage of Heat-Resistant Alloys Caused by the Local Lattice Mismatch-Induced Acceleration of the Generation and Accumulation of Dislocations and Vacancies
3. 学会等名 ASME International Mechanical Engineering Congress & Exposition (IMECE 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木秀司郎
2. 発表標題 劣・クリープ負荷環境において Ni 二結晶構造内粒界近傍に生じる局所的損傷加速因子の分子動力学解析
3. 学会等名 第6回マルチスケール材料力学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中山昂紀
2. 発表標題 Ni基耐熱合金の高温クリープ疲労損傷に及ぼすひずみ速度の影響の基礎検討
3. 学会等名 日本機械学会 M&M2021 材料力学カンファレンス
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中山歩美
2. 発表標題 Ni基超合金GH4169の高温粒界強度に及ぼすDelta相析出の影響
3. 学会等名 日本機械学会 M&M2021 材料力学カンファレンス
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東北大学 三浦・鈴木研究室 http://www.miura.rift.mech.tohoku.ac.jp
--

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

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			
中国	East China U. of Science and Technology	U. of Science and Technology Beijing	Tsinghua University	
中国	華東理工大学			
中国	華東理工大学			