

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18H03848

研究課題名（和文）転位遮蔽理論に基づく水素脆化の階層的モデリングとその実験的検証

研究課題名（英文）Multi-scale modeling and experimental study for the mechanism of hydrogen embrittlement based on the theory of crack-tip shielding by dislocations

研究代表者

東田 賢二 (Higashida, Kenji)

九州大学・鉄鋼リサーチセンター・学術研究員

研究者番号：70156561

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 33,300,000円

研究成果の概要（和文）：水素脆化には、低温脆性とは異なる大きな特徴がある。それは、水素脆性の破壊様式が巨視的には脆性的であるにも拘らず、微視的には延性的であるという従来理論では理解困難な一見矛盾した現象が存在することである。本研究ではその原因として、結晶性材料の破壊靱性に本質的な影響を及ぼす転位遮蔽効果に着眼し、それに対する水素の影響を明確化した。それに際して、転位の長範囲応力場を赤外線を使い可視化出来るシリコン結晶を用いたことも、本研究の特徴である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水素脆化は、社会基盤となる構造用金属材料の安全を脅かす深刻な問題であり、その原因解明は今後の水素社会の確立に向けて解決すべき重要な社会的課題である。本研究の学術的意義は、その脆化機構として、転位内部応力への水素の影響が重要であることを明確化したことにある。

研究成果の概要（英文）：Hydrogen embrittlement has a major characteristic that distinguishes it from low-temperature embrittlement. The characteristic is that the fracture mode of hydrogen embrittlement is macroscopically brittle but microscopically ductile, and it is a contradictory phenomenon that is difficult to understand by conventional theories. In this study, we focused on the dislocation shielding effect, which has an essential influence on the fracture toughness of crystalline materials, and clarified the effect of hydrogen on the shielding effect. In addition, unique feature of this study is the use of silicon crystals, where the long-range stress field of dislocations can be visualized by using infrared light.

研究分野：工学とくに材料工学

キーワード：水素脆性 き裂 転位 遮蔽効果 破壊靱性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1)材料の破壊事故による損失はGDPの4%にのぼると言われており、中でも水素脆化による破壊は社会インフラの根幹をなす構造物金属材料を危険に晒し、構造物の効率化を阻害する大きな障害である。さらに水素エネルギーに関わる機器の安全性はその克服に懸かっている。

(2)水素脆性には、他の破壊様式とは異なる1つの難問が存在する。それは、巨視的な破壊様式は「脆性的」で破壊抵抗を大きく喪失しているにも拘らず、微視的には破壊抵抗を増大させるはずの塑性変形が生じ、「延性的」挙動の形跡を明確に残すという、従来理論では理解が困難な矛盾が存在することである。

2. 研究の目的

(1)材料の破壊はき裂の進展によって起こる。一般にき裂先端近傍で塑性変形が起こると、上記のように、その進展は抑制される。しかし水素脆性では、塑性変形が起こっているにも拘らず、鋭利なき裂が進展し、塑性変形が破壊抵抗に寄与していない。この一見して矛盾した現象が何故、水素環境下で起こるのか、それを解明することが本研究の第一の目的である。

(2)そこで本研究では、結晶性材料の破壊抵抗(破壊靱性)を担う基本的機構として、「転位によるき裂先端応力遮蔽効果」を想定し、この効果に対する水素の影響を明らかにすることを具体的な目標とした。すなわち破壊靱性の根幹を支えるものは、転位の内部応力にあり、水素の侵入は、その内部応力を低減させてしまうのではないかという考えのもとに、研究を進めた。

3. 研究の方法

(1)本研究では、転位内部応力の水素による減衰を証明するための結晶性材料としてシリコン結晶を採用したことが大きな特徴である。シリコン結晶では、その中の応力状態(弾性場)を、赤外光弾性法を用いて可視化することが出来る。また金属結晶に比べ極めて低い転位密度結晶を入手できるため、個々の転位に着目した観察が容易となる。その一方で、転位遮蔽効果という結晶の力学物性上の意味は、金属結晶と全く変わらない。また水素吸蔵も金属結晶と同様に起こる。

(2)主に{100}シリコンウエハーを用いて、そこにピッカース圧痕を付し、圧痕の角部から形成されたき裂とその周辺の内部応力分布を赤外光弾性法で観察した。これにより水素チャージの効果を確認した。さらにアルゴンガス中でも同様の実験を行い、これにより水素雰囲気の特異性を確認した。また水素プラズマチャージによる研究、そして分子動力学法による計算科学からのアプローチも行った。

4. 研究成果

(1)本研究では材料破壊に関する広範な成果が得られたが、本章では特に上記シリコン結晶の高圧ガス下で得られた水素脆化機構に関する研究成果について紹介する。

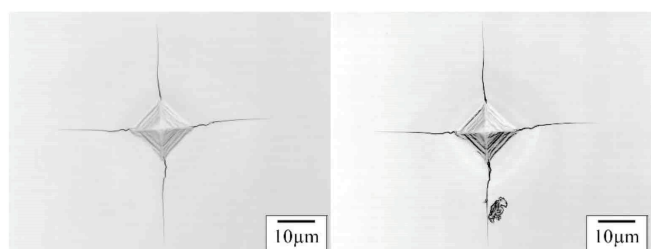


図 1(a)水素暴露前、 図 1 (b)水素暴露後(100MPa)

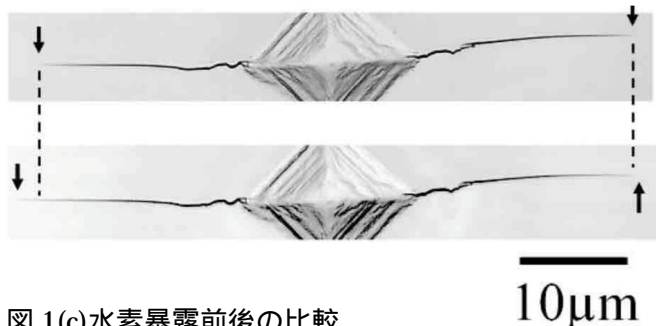


図 1(c)水素暴露前後の比較。

チョコラルスキー法で育成した結晶(直径300mm,抵抗率15 cm)から切り出した(001)シリコンウエハーにピッカース圧痕(4角錐状,圧痕荷重0.98N,1.96N)を付し、これによって形成された圧痕周辺の残留応力場、並びに圧痕4隅から発生したき裂を、レーザーラマン顕微鏡を用いて観察した。そして圧痕周辺の残留応力場とき裂に対する高圧水素ガス暴露(ガス圧力10MPa-100MPa 270 ,暴露時間 24hrs)の影響を観測した。

まず図 1 (a)(b)は水素暴露前後の圧痕(荷重1.96N)とき裂の様相を比較したものである。さらに図 1 (c)は、その中で、水平方向に伸びたき裂の拡大像であり、両者の比較から水素暴露によって、確かにき裂が進展していることが分かる。

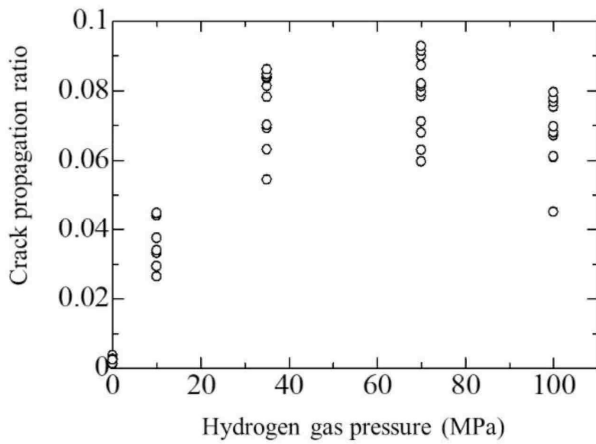


図2 水素ガス圧力とクラック進展率の関係。

(2)図2は、水素ガス圧とき裂進展率（初期き裂長さに対する進展長さの割合）の関係を示したものである。水素ガス圧が10～35MPaの範囲では、ガス圧の上昇に伴い、クラックの進展量が増加することが分かる。一方35MPa以上の水素ガス圧では、クラックの進展量は増加せず、き裂進展率の上限値である約9%に保持される。ジーベルツ則によれば、水素ガス圧と温度の上昇に伴い、材料に導入される水素の量は増加するはずであるが、水素ガス圧を上げてクラック進展比は変化せず、クラック進展比に限界があるか、水素量が飽和していると考えられる。また図2で水素ガス圧が0MPaの時、き裂進展比がゼロになっているが、こ

れは試験片を270のArガスに24時間暴露した実験から得られたものである。

図3は、ラマン分光法で観察した圧痕の周囲に生じた残留応力場（圧痕力は1.96N）を示している。これらは、4種類の水素ガス圧力（ $p=10、35、70、100\text{MPa}$ ）および270の条件で得られた結果である。ここで画像(I)および(II)は、それぞれ水素ガス暴露前後の応力場を示している。ここですべての圧痕の周囲に圧縮残留応力場（青色）が明確に観察されると共に、図では判別しにくい、き裂先端部に小さな引張残留応力場が確実に形成されている。

図3で水素暴露の効果により圧縮残留応力場の青い部分が減少していることが分かるが、この違いを明確に示すために、(I)の応力値から(II)のそれを差し引き、その差分を図3(III)に示した。ここで赤領域は圧縮応力の弱化又は引張応力の強化を示しており、逆に青領域は引張応力の弱化又は圧縮応力場の増加を示している。つまり図3(III)の圧痕周辺に観察される赤領域は、圧縮残留応力が全般的に減少していることを示している。Heガス中では同様の温度時間条件で全く変化は現れておらず、この結果は水素がき裂周辺の残留応力場を減少させることを示しており、これが水素脆化の原因と強く関連することを示唆している。

結晶性材料の破壊靱性は、ここで詳細は省くが、き裂先端近傍で生成された転位の応力遮蔽効果（転位による亀裂先端圧縮応力場）により維持されている。水素がき裂先端近傍に引き寄せられ、その結果、この転位遮蔽効果が減ぜられれば、破壊靱性は大きく損なわれることになるはずである。すなわち、き裂先端でいくら転位増殖を起こしても、水素によって遮蔽効果が失われるならば、き裂の進展を止めることが出来なくなる。水素脆性における大きな特徴である、多くの塑性変形が起きているにも拘らず鋭利なき裂が進展するという一見矛盾した事実は、水素による転位遮蔽効果の喪失というメカニズムによって理解できると結論する。

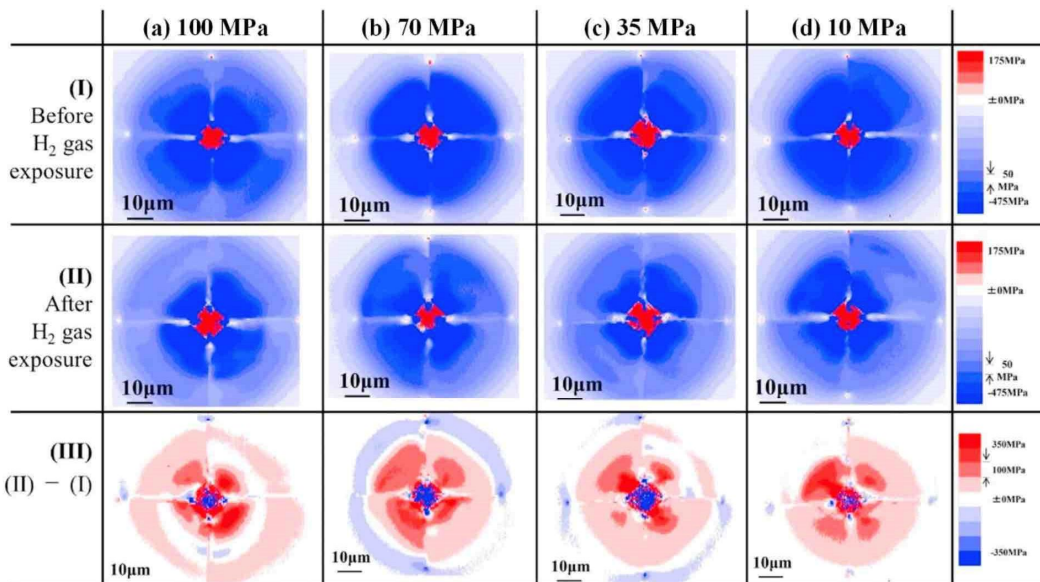


図3 水素圧を変化させたビッカース圧痕のラマンスペクトル画像(圧痕力:1.96kN)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 Hiroshi Nishiguchi , Masato Ino , Jun Fujise , Toshiaki Ono , Masaaki Tanaka, Kenji Higashida	4. 巻 42
2. 論文標題 Effects of High-Pressure Hydrogen Gas Exposure on the Residual Stress Fields and Cracks around Vickers Indentations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Procedia Structural Integrity	6. 最初と最後の頁 1442-1448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.prostr.2022.12.184	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 Kenji Higashida, Masaki Tanaka, Sunao Sadamatsu	4. 巻 62
2. 論文標題 Effect of Crack-tip Shielding by Dislocations on Fracture Toughness in Relation to Hydrogen Embrittlement	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 2074-2080
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2022-237	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 東田賢二	4. 巻 25巻ダイ号
2. 論文標題 材料の力学的性質に関する教育と研究 大学と高専を経験して	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 水曜會誌	6. 最初と最後の頁 416-424
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 T. Shimokawa, T. Oto, T. Niiyama	4. 巻 62
2. 論文標題 Molecular Dynamics Simulation of the Effect of Cementite Decomposition on Yield Phenomena in Pearlite Microstructure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 343-352
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2021-357	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 T. Shimokawa, K. Hara, T. Niiyama	4. 巻 63
2. 論文標題 Synergistic Effect of Different Plastic Deformation Modes: Molecular Dynamics Study on Strength of Crystalline/Amorphous Mixed Systems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 1224-1231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-Z2022007	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 Tahahiko Satake, Hiroharu Kawasaki and Shinichi Aoqui	4. 巻 21
2. 論文標題 Preparation of Ti and Fe Composition Gradient Thin Films by Sputtering with Mixed Powder Targets	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 e-Journal of Surface Science and Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1380/ejssnt.2023-021	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 Hiroharu Kawasaki, Tamiko OHSHIMA, Yoshihito YAGYU, Takeshi Ihara, Kazuhiko Mitsuhashi, Hiroshi Nishiguchi and Yoshiaki Suda	4. 巻 61
2. 論文標題 Preparation of functional thin films with elemental gradient by sputtering with mixed powder targets	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SA1019-1,1019-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac1488	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 川崎仁晴	4. 巻 97(6)
2. 論文標題 高専における放電プラズマネットワーク (小特集 高専における核融合および原子力に関する人材育成)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 プラズマ・核融合学会誌	6. 最初と最後の頁 313, 318
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 T. Shimokawa, T. Niiyama, T. Miyaki, M. Ikeda, K. Higashida	4. 巻 224
2. 論文標題 A novel work hardening mechanism of nanoscale materials by grain boundary transformation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Acta Materialia	6. 最初と最後の頁 117536(1-14)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.actamat.2021.117536	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 Tomotsugu Shimokawa	4. 巻 なし
2. 論文標題 Atomistic Study of Disclinations in Nanostructured Metals	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Plaston Concept: Plastic Deformation in Structural Materials	6. 最初と最後の頁 57-78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-16-7715-1_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 T. Suzuki, M. Tanaka, T. Morikawa, Y. Okuyama, J. Fujise, T. Ono	4. 巻 1016
2. 論文標題 Tensile deformation of Si single crystals at high temperatures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Science Forum	6. 最初と最後の頁 1443-1447
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/www.scientific.net/MSF.1016.1443	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 H.Kawasaki, H. Nishiguchi, T. Ohshima, Y.Yagy, T.Ihara	4. 巻 60
2. 論文標題 Preparation of Ni-doped stainless steel thin films on metal to prevent hydrogen entry via sputter deposition with a powder target	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SAAB10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TPS.2020.3025306	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 H. Kawasaki, T. Ohshima, Y. Yagyu, T. Ihara, Y. Suda	4. 巻 49
2. 論文標題 Preparation of multi-elements mixture thin film by one-step process sputtering deposition using mixture powder target	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Plasma Science	6. 最初と最後の頁 48-52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TPS.2020.3025306	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 M. Tanaka, T. Manabe, T. Morikawa, K. Higashida	4. 巻 60
2. 論文標題 Mechanism Behind the Onset of Delamination in Wire-drawn Pearlitic Steels	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 2596-2603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2020-158	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 田中将己, 真鍋敏之, 森川龍哉, 東田賢二	4. 巻 105
2. 論文標題 伸線パーライト鋼におけるデラミネーション発生メカニズム	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 鉄と鋼	6. 最初と最後の頁 155-162
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2355/tetsutohagane.TETSU-2018-106	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 W. Sugimura, K. Takata, M. Tanaka, K. Higashida	4. 巻 60
2. 論文標題 Mechanism behind the Crack Formation in Hydrogen Doping Cz-Si Crystal Growth	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials Transaction	6. 最初と最後の頁 1936-1942
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.M2019046	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 Hiroshi Nishiguchi, Takayuki Fukuda, Masato Ino, Kenji Higashida	4. 巻 4
2. 論文標題 Effects of Hydrogen and Surface Cracks on Tensile Properties of Torsional Prestrained Carbon-Steels	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the Twenty-ninth (2019) International Ocean and Polar Engineering Conference	6. 最初と最後の頁 4161-4168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 田中将己, 真鍋敏之, 森川龍哉, 東田賢二	4. 巻 105
2. 論文標題 伸線パーライト鋼におけるデラミネーション発生メカニズム	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 鉄と鋼	6. 最初と最後の頁 155-162
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2355/tetsutohagane.TETSU-2018-106	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 奥山彫夢, 田中将己, 大橋鉄也, 森川達哉	4. 巻 1052
2. 論文標題 第二相粒子が不均一に分散する合金の力学負荷応答に関するモデリングと結晶塑性解析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 鉄と鋼	6. 最初と最後の頁 163-172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2355/tetsutohagane.TETSU-2018-098	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 西口廣志, 松田悠太, 福田孝之, 東田賢二, 山辺純一郎, 松永久生	4. 巻 67
2. 論文標題 炭素鋼のねじり予ひずみ材の水素侵入特性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 材料	6. 最初と最後の頁 723-729
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2472/jsms.67.723	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 T. Ohashi	4. 巻 98
2. 論文標題 Generation and multiplication of atomic vacancies due to dislocation movement and pair annihilation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Philosophical Magazine	6. 最初と最後の頁 2275-2295
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/14786435.2018.1478142	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47件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 20件)

1. 発表者名 Hiroshi Nishiguchi , Masato Ino , Jun Fujise , Toshiaki Ono , Masaaki Tanaka, Kenji Higashida
2. 発表標題 Effects of High-Pressure Hydrogen Gas Exposure on the Residual Stress Fields and Cracks around Vickers Indentations
3. 学会等名 23rd European Conference on Fracture (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 塩谷光平, 新山友暁, 下川智嗣
2. 発表標題 多元系合金における粒界移動抵抗の遷移メカニズムに関する原子論的検討
3. 学会等名 日本材料学会第7回マルチスケール材料力学シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 下川智嗣, 村山光宏, 辻伸泰
2. 発表標題 分子動力学法を用いた変形双晶核生成挙動の力学解析
3. 学会等名 日本金属学会 2022年秋期 第171回講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 秋山拓哉, 新山友暁, 下川智嗣
2. 発表標題 固執すべり帯を構成する転位組織の安定性に対する粒界の影響:分子動力学シミュレーションによる検討
3. 学会等名 日本金属学会 2022年秋期 第171回講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 下川智嗣
2. 発表標題 変形双晶の核生成条件に関する原子シミュレーション
3. 学会等名 日本機械学会第35回計算力学講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 秋山拓哉, 新山友暁, 下川智嗣
2. 発表標題 疲労現象に現れる転位壁と可動転位の相互作用に及ぼす 粒界の影響:原子モデルによる検討
3. 学会等名 日本金属学会2023年春季第172回講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 下川智嗣, Islam Mohammad Razzakul, 新山友暁
2. 発表標題 TWIP 現象における強度の最適双晶厚さに関する原子シミュレーション
3. 学会等名 日本金属学会2023年春季第172回講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 清田 湊斗, 新山友暁, 下川智嗣
2. 発表標題 調和組織材料の強度に対する転位パイルアップモデルによる考察
3. 学会等名 日本金属学会2023年春季第172回講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroharu Kawasaki, Tamiko Ohshima, Yoshihito Yagyu, Takeshi Ihara, Takahiko Satake, Yoshiaki Suda
2. 発表標題 Elemental gradient functional thin film production for hydrogen entry prevention using powder target
3. 学会等名 ICRP-11 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H. Kawasaki, T. Ohshima, Y. Yagyu, T. Ihara, Y. Hibino, T. Satake, Y. Suda
2. 発表標題 Elemental gradient functional thin film production for hydrogen entry prevention using NiO powder target
3. 学会等名 DPS2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H. Kawasaki, T. Ohshima, Y. Yagyu, T. Ihara, Y. Hibino, Y. Suda, T. Satake, and S. Aouki
2. 発表標題 Ni and SUS mixture thin film preparation by sputtering using NiO and SUS powder mixture target
3. 学会等名 ELMECO-2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroharu Kawasaki, Tamiko Ohshima, Yoshihito Yagyu, Takeshi Ihara, Yusuke Hibino, Yoshiaki Suda, Takahiko Satake and Shin-ichi Aouki
2. 発表標題 Ni and SUS mixture thin film preparation using NiO and SUS powder mixture target
3. 学会等名 IVC-22 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川崎仁晴, 大島多美子, 柳生義人, 猪原武士, 日比野祐介, 佐竹卓彦, 青木振一
2. 発表標題 粉体ターゲットプロセスによるFe, Ti混合傾斜機能性膜の作製
3. 学会等名 応用物理学会全国秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H. Kawasaki, T. Ohshima, Y. Yagyu, T. Ihara, Y. Hibino, T. Satake, Y. Suda
2. 発表標題 Preparation of elemental gradient functional thin films by using mixture powder targets III
3. 学会等名 MRSJ2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroharu Kawasaki, Tamiko Ohshima, Yoshihito Yagyu, Takeshi Ihara, Yusuke Hibino, Takahiro Satake, Yoshiaki Suda
2. 発表標題 Trial of elemental gradient functional thin films preparation by sputtering with mixed powder targets II
3. 学会等名 ISPlasma2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 K. Higashida, M. Tanaka
2. 発表標題 Crack-tip Shielding by Dislocations Analyzed by HVEM and Its Effect on Fracture Toughness and Hydrogen Embrittlement
3. 学会等名 TMS2022(The Minerals, Metals and Materials Society) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroharu Kawasaki, Kouki Sumoto
2. 発表標題 ELEMENTAL GRADIENT FUNCTIONAL THIN FILM PREPARATION BY SPUTTERING WITH MIXED POWDER TARGETS
3. 学会等名 The 5th International Symposium on Hybrid Materials and Processing(HyMap2021: Niigata:Nagaoka:Online) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎仁晴, 大島多美子, 柳生義人, 猪原武士, 日比野祐介, 須本航輝, 鷲淵梨花
2. 発表標題 粉体ターゲットプラズマプロセスによる傾斜機能性膜の作製I
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋期講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Kawasaki, T. Ohshima, Y. Yagyu, T. Ihara, Y. Hibino, Y. Suda
2. 発表標題 Multi-elements mixture thin film preparation process by sputtering deposition using mixture powder target
3. 学会等名 The 42nd International Symposium on Dry Process (DPS2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎仁晴, 大島多美子, 柳生義人, 猪原武士、日比野祐介、佐竹卓彦
2. 発表標題 粉体ターゲットプラズマプロセスを用いた傾斜機能性薄膜の作製
3. 学会等名 第38回プラズマ核融合学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 須本航輝, 篤淵梨花, 川崎仁晴, 大島多美子, 柳生義人, 猪原武士、日比野祐介
2. 発表標題 粉体ターゲットスパッタリングによる傾斜機能性膜の作製II
3. 学会等名 令和3年度応用物理学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroharu Kawasaki, Tamiko Ohshima, Yoshihito Yagyu, Takeshi Ihara, Yusuke Hibino, Yoshiaki Suda
2. 発表標題 Preparation of elemental gradient functional thin films by using mixture powder targets
3. 学会等名 MRM2021 Materials Research Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎仁晴, 大島多美子, 柳生義人, 猪原武士, 西口廣志, 佐竹卓彦, 青木振一
2. 発表標題 Niをドーブした金属表面への水素侵入防止傾斜機能性膜の作製
3. 学会等名 プラズマプロセッシング研究会(SPP)/プラズマ材料科学シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tomotsugu Shimokawa, Tatsuya Hasegawa, Tomoaki Niiyama
2. 発表標題 Lattice Defect Development in Harmonic Metals through Atomic Simulations
3. 学会等名 TMS2021(The Minerals, Metals and Materials Society) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 澤田健太郎, 新山友暁, 下川智嗣
2. 発表標題 粒界を起点とした変形双晶の発生・成長に関する原子シミュレーション
3. 学会等名 日本金属学会2021年秋期第169回講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 清田溪斗, 新山友暁, 下川智嗣
2. 発表標題 粒径勾配領域の塑性伝播挙動に関する転位論・原子論的研究
3. 学会等名 日本金属学会2021年秋期第169回講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 須田大貴, 新山友暁, 下川智嗣
2. 発表標題 様々な変形モードの順次起動による高延性化に向けた2元系モデリング
3. 学会等名 日本機械学会第34回計算力学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 澤田健太郎, 新山友暁, 下川智嗣
2. 発表標題 3粒界から変形双晶が形成する条件
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 田中將己
2. 発表標題 亀裂と転位の相互作用による破壊挙動の理解
3. 学会等名 日本鉄鋼協会183回春季講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中將己
2. 発表標題 亀裂先端のプラストン
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 Hiroharu KAWASAKI, Tamiko OHSHIMA, Yoshihito YAGYU, Takeshi IHARA, Hiroshi NISHIGUCHI
2. 発表標題 Thin film preparation for preventing hydrogen embrittlement using sputtering deposition method
3. 学会等名 MRSJ WEB B - P09-009 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川崎仁晴, 大島多美子, 柳生義人, 猪原武士、西口廣志
2. 発表標題 粉体ターゲットプラズマプロセスによる水素脆性防止膜の試作II
3. 学会等名 プラズマ核融合学会九州支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川崎仁晴, 大島多美子, 柳生義人, 猪原武士、西口廣志
2. 発表標題 Niをドーブした金属表面への水素侵入防止膜の作製
3. 学会等名 第58回プラズマプロセッシングシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 HIROHARU KAWASAKI, TAMIKO OHSHIMA, YOSHIHITO YAGYU, TAKESHI IHARA
2. 発表標題 Trial of Ni-doped thin films production for preventing hydrogen embrittlement by sputtering deposition method with powder target
3. 学会等名 ISPlasma (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎仁晴, 大島多美子, 柳生義人, 猪原武士、西口廣志
2. 発表標題 粉体ターゲットを用いた傾斜機能性薄膜の作製I
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 猪原武士、柳生義人、大島多美子、川崎仁晴
2. 発表標題 気液混相流内ナノ秒パルス放電を用いた水素生成における生成エネルギー効率
3. 学会等名 応用物理学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中将己, 定松直,
2. 発表標題 応力遮蔽理論に基づく亀裂先端転位増殖機構
3. 学会等名 MRM Forum 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 B.R. Anne, T. Morikawa, M. Tanaka
2. 発表標題 Temperature dependence of fatigue crack propagation in Ti-6Al-4V at different stress ratios
3. 学会等名 日本金属学会2020年秋季（第167回）講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 東田賢二
2. 発表標題 超高圧電子顕微鏡法を用いた結晶格子欠陥の観察とその材料強度研究への応用
3. 学会等名 2019年度精密工学会九州支部・中国四国支部共済「佐世保地方講演会」（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenji Higashida
2. 発表標題 Effect of grain refinement due to severe plastic deformation on the behavior of brittle-to-ductile transition in a low carbon steel
3. 学会等名 10th Pacific Rim International Conference on Advance Materials and Processing (PRICM-10) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Nishiguchi, Takayuki Fukuda, Masato Ino, and Kenji Higashida
2. 発表標題 Effects of Hydrogen and Surface Cracks on Tensile Properties of Torsional Prestrained Carbon-Steels
3. 学会等名 The 29th International Ocean and Polar Engineering Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenji Higashida, Masaki Tanaka
2. 発表標題 Crack-tip dislocations and their shielding effect on fracture toughness
3. 学会等名 Hydrogen Materials Compatibility Research Division, 2019 Winter Retreat at I2CNER, Kyushu University (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenji Higashida
2. 発表標題 Crack-tip dislocations and their shielding effect on fracture toughness
3. 学会等名 The 4th Russia-Japan International Seminar on Advanced Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中将己
2. 発表標題 転位運動の熱活性化過程と降伏応力の温度依存性
3. 学会等名 第2回マルチスケール材料力学部門委員会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Kawasaki, T. Ohshima, Y. Yagyū, T. Ihara, Y. Hibino, T. Satake
2. 発表標題 Sputtering Deposition Using Several Kinds of Mixture Powder Targets for Elemental Graded Functional Thin Film
3. 学会等名 AFM2022 The Kyushu University, Centennial Hall, (国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大橋 欽也
2. 発表標題 塑性すべりに伴う原子空孔密度発展の結晶塑性解析
3. 学会等名 2018年度「水素脆化の基本要因と実用課題」フォーラム 第1回会合(招待講演) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Ohashi
2. 発表標題 Dislocation density-based crystal plasticity analysis for the evolution of atomic vacancies during plastic slip deformation
3. 学会等名 The 9-th international conference on multiscale materials modeling(国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	西口 廣志 (Nishiguchi Hiroshi) (00580862)	佐世保工業高等専門学校・機械工学科・准教授 (57301)	
研究分担者	川崎 仁晴 (Kawasaki Hiroharu) (10253494)	佐世保工業高等専門学校・電気電子工学科・教授 (57301)	
研究分担者	定松 直 (Sadamatsu Sunao) (10709554)	鹿児島大学・理工学域工学系・准教授 (17701)	
研究分担者	下川 智嗣 (Shimokawa Tomotsugu) (40361977)	金沢大学・機械工学系・教授 (13301)	
研究分担者	田中 將己 (Tanaka Masaki) (40452809)	九州大学・工学研究院・教授 (17102)	
研究分担者	大橋 鉄也 (Ohashi Tetsuya) (80312445)	北見工業大学・工学部・特任教授 (10106)	

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
---------	---------