

令和 4 年 5 月 27 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H01873

研究課題名(和文)核融合炉ブランケットにおける水素・腐食・照射相乗効果の解明と機能性材料設計

研究課題名(英文)Elucidation of the synergy among hydrogen, corrosion and irradiation in fusion blankets and functional material design

研究代表者

近田 拓未(Chikada, Takumi)

静岡大学・理学部・講師

研究者番号：20614366

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：核融合炉ブランケットにおける水素同位体の透過漏洩や液体金属による腐食といった深刻な課題を解決する機能性被覆の研究として、核融合炉実機で想定される水素、腐食、放射線照射が織りなす相乗効果を調べた。重イオン照射による腐食の加速や水素透過の減少、腐食や照射による水素透過への影響が明らかになり、水素透過、腐食、および照射を同時に検討することで、個別の検討では観測できなかった新たな現象を見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

核融合炉ブランケットにおけるトリチウムの透過漏洩は、炉の燃料効率と安全性の観点から解決すべき最重要課題の一つである。本研究では、核融合炉環境で実際に起こりうる水素、腐食、照射の相乗効果を機能性被覆を用いて解明するとともに、実際の核融合炉への適用に耐える被覆技術の検討を通して、核融合炉の効率性と安全性を格段に高められる可能性を示した。本研究をもとに、機能性被覆の実用化に向けてさらなる研究を進展させることで、燃料効率と安全性を両立する核融合炉の実現に貢献できると考えられる。

研究成果の概要(英文)：As a research of functional coatings to solve serious problems on hydrogen isotope permeation and liquid metal corrosion in fusion reactor blankets, the synergy of hydrogen, corrosion, and irradiation, which is expected in an actual reactor, has been investigated. It was found that heavy-ion irradiation accelerates liquid metal corrosion and decreases hydrogen permeation as well as the effects of corrosion and irradiation on hydrogen permeation, leading to the discovery of phenomena through the simultaneous experiments, which cannot observe in individual considerations.

研究分野：核融合炉工学

キーワード：被覆 水素 透過 腐食 照射

1. 研究開始当初の背景

DT 核融合炉において、天然の存在量がきわめて少ないトリチウムは、炉心プラズマの周囲に敷設したブランケットで生産し、再び燃料として炉心に注入される自己供給型の燃料サイクルを成立させる必要がある。一方、ブランケット運転温度範囲では、低放射化フェライト鋼などの核融合炉候補材料中を水素同位体が高速で透過することから、構造材料からのトリチウムの透過漏洩は、燃料回収率の著しい低下および放射性物質の安全性の懸念を招くほぼすべてのブランケット概念に共通して解決すべき最重要課題の一つである。さらに、トリチウム増殖材はリチウムを含むセラミックスペブルや液体金属であるため、炉の運転中に構造材料が腐食されることが想定されており、配管破断などの重大事故のリスクになりうる現象として対策が求められている。これらの課題を克服するために、ブランケット筐体および配管にトリチウム低透過性、および耐腐食性の被覆を施すことが検討されており、現在まで数十年、酸化物等のセラミックス材料が研究されてきた。しかし、水素同位体透過低減性能は研究毎に4桁程度ばらつき、腐食挙動についても同一被覆材料でも成膜手法で大きく異なることから、被覆材料、成膜手法ともいまだに確立されていない状況にある。そこで研究代表者は、化学的に安定な材料を用いて被覆の微細構造と水素同位体透過挙動との対応関係を詳細に調べ、透過機構の統一的理解に取り組んできた。詳細な透過機構の解明をもとに、高い透過低減性能を達成する他、近年では液体増殖材との共存性や放射線照射が水素同位体透過に与える影響が明らかにされた。さらに、被覆を多層構造にすることで、高い透過低減性能と高温液体リチウム鉛共存性の両立が可能であることが明らかになった。

2. 研究の目的

これまでの研究で機能性被覆の核融合炉ブランケットにおける諸性能や諸機構が明らかになってきた中、当該研究に残された重要な検討事項は、ブランケット実機で想定される高温、強還元性、流動、水素同位体、放射線といった複合的な環境下で、被覆の微細組織およびトリチウム透過挙動がどのように変化するかを明らかにすることである。そこで本研究は、核融合炉ブランケットの諸課題の解決に有望な機能性被覆について、実機環境で想定される水素・腐食・照射による相乗効果の解明と、実用に耐えうる被覆の設計を通して、核融合炉ブランケット材料開発に貢献することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究は、核融合炉ブランケット用機能性被覆に対する水素・腐食・照射の相乗効果の解明と、核融合炉実機に耐えうる機能性被覆の設計の二つの項目について研究を実施した。

前者については、機能性被覆に関する水素同位体透過挙動、液体リチウム鉛 (Li-Pb) 腐食挙動、および中性子照射による損傷を模擬した重イオン照射挙動を主な研究対象とし、三項目中二項目の相乗効果の検討を行った後、三項目の相乗効果の検討を行った。具体的には、これまでの研究で高い水素同位体透過低減性能とLi-Pb耐腐食性能が得られている酸化ジルコニウム (ZrO_2) 被覆等を用い、照射試料の水素同位体透過挙動、腐食環境下水素同位体透過試験、照射試料の腐食試験、および照射試料の腐食環境下水素同位体透過試験を実施した。

後者については、これまでの研究で用いられてきた有機金属分解法で作製した ZrO_2 被覆の単層をはじめとして、酸化エルビウム (Er_2O_3) 被覆との二層試料、二回ずつ積層した四層試料を静置場および流動場 Li-Pb 曝露試験および水素同位体透過試験を実施することで、層構造の最適化を実施した。一方で、最外層に液体 Li-Pb 溶解度が低く、熱膨張率が被覆や基板に近い金属箔を用いたセラミックス - 金属複層被覆についても検討した。ホットプレス法を用いて種々の接合パラメータで ZrO_2 被覆上に鉄 (Fe) 箔を接合し、密着性試験、電気伝導度測定、熱伝導度測定、静置場および流動場 Li-Pb 曝露試験、水素同位体透過試験を行うことで、接合パラメータの最適化と実機環境への適用性を評価した。

4. 研究成果

機能性被覆における水素・腐食・照射の相乗効果の解明

相乗効果の理解に向けて、はじめに重イオン照射試料の静置場液体 Li-Pb 曝露試験を実施した。図1に、重イオン照射で16 dpaの損傷密度を与えた ZrO_2 被覆試料に対して、500℃、500時間のLi-Pb曝露試験後の断面透過型電子顕微鏡 (TEM) 像と、損傷密度とLi-Pb曝露後の膜厚の関係を示す。 ZrO_2 被覆の上部に炭素を主成分とした腐食生成物層が見られた。また、損傷密度が大きい被覆ほどLi-Pb曝露後の減肉が大きかったことから、被覆に導入された照射損傷はLi-Pbによる腐食を促進することが示唆された。照射後の高倍率のTEM観察によって、欠陥集合体が被覆の結晶粒界に偏析していることが明らかになったことから、欠陥集合体が偏析した結晶粒界からLi-Pbが浸入し、粒界腐食を引き起こしたと考えられる。

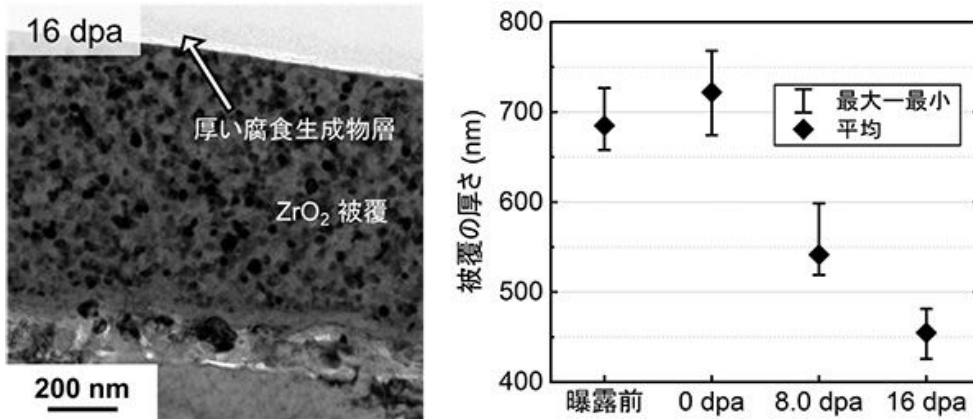


図1 鉄イオン照射後に500 °C、500時間の液体Li-Pb曝露試験を実施したZrO₂被覆試料の断面TEM像および損傷密度と膜厚の関係

次に、重水素透過、Li-Pb腐食、および重イオン照射の相乗効果を明らかにするために、重イオン照射したZrO₂被覆に対して、被覆表面が液体Li-Pbに接した状態で重水素透過試験を実施した。図2に、4.0 dpaの損傷密度を与えたZrO₂被覆試料のLi-Pb曝露環境下重水素透過試験結果として、重水素透過フラックスおよび遅れ時間法で計算した拡散係数のアレニウスプロットを示す。透過は固溶と拡散の積で表すことができることから、両者を比較することで透過挙動のどの過程に影響したか判定することができる。400~500 °Cにおいて、透過フラックスと拡散係数で傾向が異なったことから、固溶の過程、特に腐食生成物層の寄与が見られたと考えられる。特に450 °Cにおいては、重水素透過フラックスは未被覆試料の1/13000というきわめて高い透過低減性能を示した。さらに、450~500 °Cにおいては非照射試料と比較して高い透過および拡散の活性化エネルギーが得られたことから、照射欠陥による拡散障壁の寄与と、腐食生成物層への固溶障壁の寄与があらわれたと考えられる。さらに、600 °Cの試験以降は非照射試料と同様の活性化エネルギーを示したことから、照射欠陥の回復が示唆された。以上の結果から、水素透過、腐食、照射による相乗効果による機能性被覆の劣化は見られず、高い透過低減性能を示すと同時に、照射欠陥は主に拡散に、腐食生成物層は主に固溶の障壁としてはたらくことが示された。

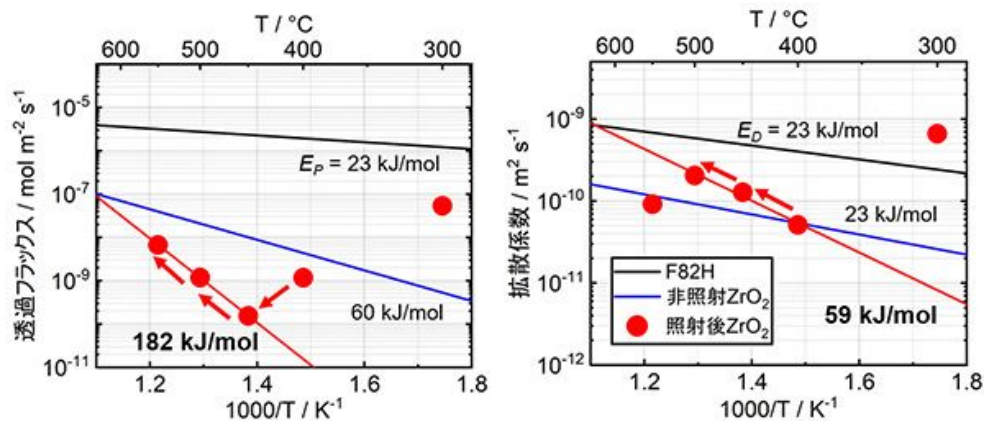


図2 4.0 dpaの照射損傷を与えたZrO₂被覆試料のLi-Pb曝露環境下重水素透過試験における重水素透過フラックスおよび拡散係数のアレニウスプロット

核融合炉実機に耐えうる機能性被覆の設計

諸性能の高度化と信頼性の向上をねらいとして、セラミックス層の多層化と特性評価を行った。図3に、Er₂O₃とZrO₂を交互に重ねた四層被覆試料の、600 °CにおけるLi-Pb曝露環境下重水素透過試験の経時変化と、試験後の断面SEM像を示す。セラミックス被覆の多層化は、透過の障壁を多く作り出す他、剥離や亀裂などを他の層で覆うことで高い性能を維持する意図があったが、試験途中に不連続的に透過フラックスが上昇する様子が確認され、劣化の発生を重水素透過でその場で検知することが可能になった。これより、従来曝露試験前後でしか被覆の状況が調べられなかったため、いつ劣化が起こったか判断できなかったが、今回初めて高温での曝露試験中に劣化が起こったことが示された。四層試料では、熱膨張率がEr₂O₃とZrO₂で異なるため、熱応力による劣化が起こったと考えられる。したがって、多層化による高性能化には限界があり、被覆の健全性とのトレードオフになることが示唆された。

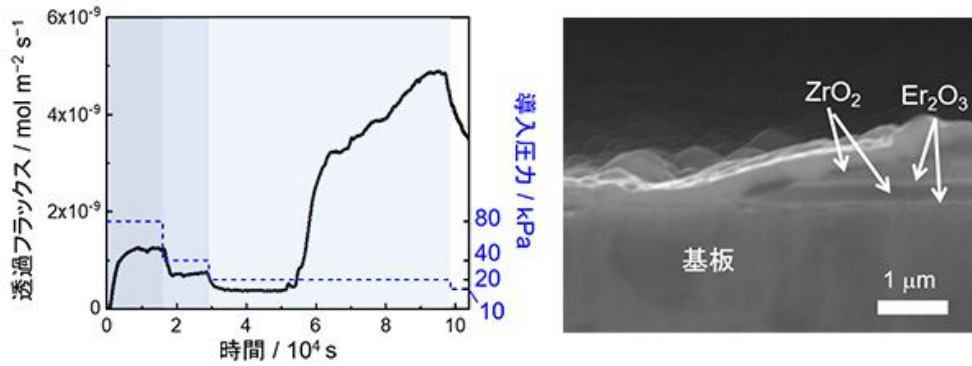


図3 Er₂O₃-ZrO₂-Er₂O₃-ZrO₂四層被覆試料の600 °CでのLi-Pb曝露環境下重水素透過試験における透過フラックスの経時変化および試験後の断面SEM像

セラミックス多層被覆と並行して、セラミックス - 金属接合被覆の検討を行った。腐食防止層として厚さ10 μmのFeを用い、ZrO₂被覆上にホットプレスで接合し、各種特性評価を行った。接合パラメータの最適化と、ZrO₂被覆とFe層の間にFe₂O₃の中間層を導入することで、Fe層に酸素を拡散させ、密着性を向上させることに成功した。これより、液体Li-Pb流がもたらすせん断応力を大きく上回る密着性を得た。さらに、接合後においても電気絶縁性に変化が見られなかったことから、ホットプレスによる接合時に被覆は損傷されないことが示された。この接合被覆を用いて、回転流動場Li-Pb曝露試験を実施した。図4に接合被覆試料の550 °C、1000時間の回転流動場Li-Pb曝露試験後の断面SEM像およびFe層厚さの曝露時間依存性を示す。試験初期に1 μm程度の減肉が見られたが、その後は2000時間に至るまで平均厚さに変化は見られなかった。これより、最表面に生成したLi-Fe-Oを主とする腐食生成物層が保護層となり鉄層の減肉を抑制したと考えられる。以上の結果から、金属保護層の接合によって実機に耐えうる機能性被覆が作製できる可能性が示された。今後、熱間等方加圧(HIP)法による管材などへの接合と特性評価を通して、実用化に向けた製作技術が進展することが期待される。

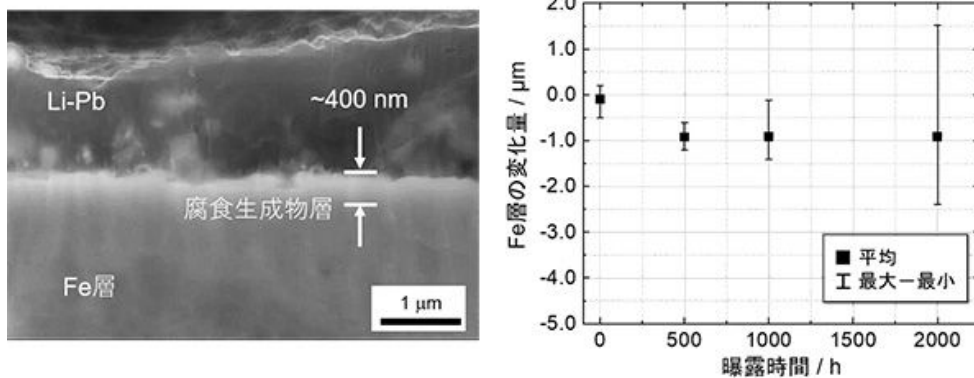


図4 セラミックス - Fe 接合被覆試料の550 °C、1000時間の回転流動場Li-Pb曝露試験後の断面SEM像および曝露時間とFe層厚さの変化の関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 5件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Endoh Riho, Nakamura Kazuki, Fujita Hikari, Matsunaga Moeki, Kimura Keisuke, Riesch Johann, Hishinuma Yoshimitsu, Chikada Takumi	4. 巻 157
2. 論文標題 Deuterium permeation behavior through yttria-stabilized zirconia coating fabricated by magnetron sputtering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fusion Engineering and Design	6. 最初と最後の頁 111769 ~ 111769
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fusengdes.2020.111769	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 Nakamura Kazuki, Fujita Hikari, Engels Jan, Tokitani Masayuki, Hishinuma Yoshimitsu, Yabuuchi Kiyohiro, Kano Sho, Terai Takayuki, Inami Wataru, Kawata Yoshimasa, Chikada Takumi	4. 巻 537
2. 論文標題 Effects of helium implantation with heavy ion irradiation on deuterium permeation in yttrium oxide coating	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Nuclear Materials	6. 最初と最後の頁 152244 ~ 152244
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jnucmat.2020.152244	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 Nakazawa Shota, Nakamura Kazuki, Fujita Hikari, Maier Hans, Schwarz-Selinger Thomas, Hatano Yuji, Ashikawa Naoko, Inami Wataru, Kawata Yoshimasa, Chikada Takumi	4. 巻 539
2. 論文標題 Gamma-ray irradiation effect on deuterium retention in reduced activation ferritic/martensitic steel and ceramic coatings	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Nuclear Materials	6. 最初と最後の頁 152321 ~ 152321
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jnucmat.2020.152321	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 Akahoshi Erika, Matsunaga Moeki, Kimura Keisuke, Nakamura Kazuki, Balden Martin, Hishinuma Yoshimitsu, Chikada Takumi	4. 巻 160
2. 論文標題 Corrosion tests of multi-layer ceramic coatings in liquid lithium-lead	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fusion Engineering and Design	6. 最初と最後の頁 111874 ~ 111874
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fusengdes.2020.111874	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 Chikada Takumi, Kolb Matthias H.H., Fujita Hikari, Nakamura Kazuki, Kimura Keisuke, Rasinski Marcin, Hishinuma Yoshimitsu, Mukai Keisuke, Knitter Regina	4. 巻 182
2. 論文標題 Compatibility of tritium permeation barrier coatings with ceramic breeder pebbles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Corrosion Science	6. 最初と最後の頁 109288 ~ 109288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.corsci.2021.109288	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 Endoh Riho, Nogami Shuhei, Hishinuma Yoshimitsu, Chikada Takumi	4. 巻 61
2. 論文標題 Submicron-thick yttria-stabilized zirconia coating as an advanced tritium permeation barrier	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nuclear Fusion	6. 最初と最後の頁 076015 ~ 076015
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1741-4326/ac044d	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 Norizuki Ryosuke, Tanaka Teruya, Akahoshi Erika, Kimura Keisuke, Nakamura Kazuki, Chikada Takumi	4. 巻 168
2. 論文標題 Fabrication and characterization of ceramic-iron joint coating for electrical insulation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Fusion Engineering and Design	6. 最初と最後の頁 112438 ~ 112438
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fusengdes.2021.112438	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 Akahoshi Erika, Matsunaga Moeki, Kimura Keisuke, Nakamura Kazuki, Saito Kazuki, Hishinuma Yoshimitsu, Tanaka Teruya, Chikada Takumi	4. 巻 189
2. 論文標題 Deuterium permeation through multi-layer ceramic coatings under liquid lithium-lead exposure condition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Corrosion Science	6. 最初と最後の頁 109583 ~ 109583
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.corsci.2021.109583	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 Miura Sota, Nakamura Kazuki, Akahoshi Erika, Kano Sho, Yagi Juro, Hishinuma Yoshimitsu, Tanaka Teruya, Chikada Takumi	4. 巻 170
2. 論文標題 Lithium-lead corrosion behavior of zirconium oxide coating after heavy-ion irradiation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Fusion Engineering and Design	6. 最初と最後の頁 112536 ~ 112536
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fusengdes.2021.112536	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 Fujiwara Hikaru, Norizuki Ryosuke, Miura Sota, Kano Sho, Tanaka Teruya, Inami Wataru, Kawata Yoshimasa, Chikada Takumi	4. 巻 30
2. 論文標題 Heavy-ion irradiation effects on electrical properties of yttrium oxide coatings	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nuclear Materials and Energy	6. 最初と最後の頁 101141 ~ 101141
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nme.2022.101141	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 Miura Sota, Nakamura Kazuki, Akahoshi Erika, Yagi Juro, Hishinuma Yoshimitsu, Tanaka Teruya, Chikada Takumi	4. 巻 30
2. 論文標題 The synergy of heavy-ion irradiation and lithium-lead corrosion on deuterium permeation behavior of ceramic coating	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nuclear Materials and Energy	6. 最初と最後の頁 101109 ~ 101109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nme.2021.101109	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45件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 24件)

1. 発表者名 Khiem Do Duy, Ryosuke Norizuki, Hikaru Fujiwara, Kento Shirota, Teruya Tanaka, Takumi Chikada
2. 発表標題 Fabrication and characterization of zirconium oxide coating on tubular steel substrate by metal organic decomposition
3. 学会等名 日本原子力学会2022年春の年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤原 輝, 法月 亮介, 三浦 颯太, 叶野 翔, 田中 照也, 居波 涉, 川田 善正, 近田 拓未
2. 発表標題 機能的セラミックス被覆の電気特性と水素同位体透過挙動に与える重イオン照射影響
3. 学会等名 日本原子力学会2022年春の年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takumi Chikada
2. 発表標題 Science and technology of multifunctional ceramic coating for fusion reactor
3. 学会等名 14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology S29: Ceramics and Ceramic Matrix Composites for Next Generation Nuclear Energy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三浦 颯太, 中村 和貴, 赤星 江莉加, 八木 重郎, 菱沼 良光, 田中 照也, 近田 拓未
2. 発表標題 機能的セラミックス被覆の重水素透過挙動に対する照射 - 腐食相乗効果
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 松浦 航, 鈴木 亮権, Julia M Leys, 中野 優, 金 宰煥, 星野 毅, 中道 勝, Regina Knitter, 近田 拓未
2. 発表標題 低放射化フェライト鋼およびセラミックス被覆の固体増殖材ペブルとの共存性と重水素透過挙動に与える影響
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 法月 亮介, 田中 照也, 能登 裕之, 八木 重郎, 菱沼 良光, 芦川 直子, 近田 拓未
2. 発表標題 セラミック - 鉄接合被覆の重水素透過挙動およびリチウム鉛腐食挙動
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 Teruya Tanaka, Takumi Chikada, Tatsuya Hinoki, Takeo Muroga
2. 発表標題 Electrical insulation performances of ceramic materials developed for advanced blanket systems under intense radiations
3. 学会等名 20th International Conference on Fusion Reactor Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takumi Chikada, Motoki Nakajima, Akiyoshi Suzuki, Suguru Nakano, Jaehwan Kim, Teppei Otsuka, Masanori Hara, Takashi Nozawa, Tsuyoshi Hoshino, Masaru Nakamichi
2. 発表標題 Compatibility of tritium permeation barrier coatings in water cooled ceramic breeder blanket
3. 学会等名 20th International Conference on Fusion Reactor Materials (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sota Miura, Kazuki Nakamura, Erika Akahoshi, Juro Yagi, Yoshimitsu Hishinuma, Teruya Tanaka, Takumi Chikada
2. 発表標題 The synergy of heavy-ion irradiation and lithium-lead corrosion on deuterium permeation behavior of ceramic coating
3. 学会等名 20th International Conference on Fusion Reactor Materials (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryosuke Norizuki, Teruya Tanaka, Takumi Chikada
2. 発表標題 Compatibility of ceramic-iron joint coating in flowing liquid lithium-lead
3. 学会等名 20th International Conference on Fusion Reactor Materials (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hikaru Fujiwara, Ryosuke Norizuki, Sota Miura, Sho Kano, Teruya Tanaka, Takumi Chikada
2. 発表標題 Correlation between electrochemical properties and hydrogen isotope permeation behavior of heavy-ion irradiated ceramic coating
3. 学会等名 20th International Conference on Fusion Reactor Materials (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takumi Chikada
2. 発表標題 Recent advances in multi-functional coating research for fusion reactors
3. 学会等名 THERMEC'2021 (11th International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takumi Chikada
2. 発表標題 Development of ceramic coatings with hydrogen, corrosion, irradiation, and electrical resistance
3. 学会等名 SurfCoat Korea 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近田 拓未
2. 発表標題 先進ブランケットにおける機能性被覆の研究開発
3. 学会等名 第23回若手科学者によるプラズマ研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遠藤 理帆、野上 修平、藪内 聖皓、菱沼 良光、近田 拓未
2. 発表標題 有機金属分解法で作製したイットリア安定化ジルコニア被覆の作製と特性評価
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第37回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 赤星 江莉加、八木 重郎、向井 啓祐、小西 哲之、菱沼 良光、田中 照也、近田 拓未
2. 発表標題 液体リチウム鉛回転流動場における機能性セラミックス被覆の共存性試験
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第37回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中澤 章太、波多野 雄治、芦川 直子、居波 涉、川田 善正、近田 拓未
2. 発表標題 ガンマ線照射と同位体交換反応によるセラミック被覆からのトリチウムの除去
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第37回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takumi Chikada, Keisuke Kimura, Motoki Nakajima, Kazuki Nakamura, Kouhei Okitsu, Teruya Tanaka, Yoshimitsu Hishinuma, Teppei Otsuka, Masanori Hara, Yoshiteru Sakamoto, Youji Someya, Hirofumi Nakamura, Takashi Nozawa, The Joint Special Design Team for DEMO
2. 発表標題 Deuterium permeation through reduced activation ferritic steel F82H after exposure to high pressure water
3. 学会等名 3rd Asia-Pacific Symposium on Tritium Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Erika Akahoshi, Moeki Matsunaga, Keisuke Kimura, Kazuki Nakamura, Kazuki Saito, Yoshimitsu Hishinuma, Teruya Tanaka, Takumi Chikada
2. 発表標題 The effect of corrosion by liquid lithium-lead on deuterium permeation through ceramic multi-layer coating
3. 学会等名 3rd Asia-Pacific Symposium on Tritium Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takumi Chikada
2. 発表標題 Advances in tritium permeation barrier research: An overview
3. 学会等名 31st Symposium on Fusion Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sota Miura, Kazuki Nakamura, Erika Akahoshi, Sho Kano, Juro Yagi, Yoshimitsu Hishinuma, Teruya Tanaka, Takumi Chikada
2. 発表標題 Lithium-lead corrosion behavior of zirconium oxide coating after heavy-ion irradiation
3. 学会等名 31st Symposium on Fusion Technology (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryosuke Norizuki, Teruya Tanaka, Erika Akahoshi, Keisuke Kimura, Kazuki Nakamura and Takumi Chikada
2. 発表標題 Fabrication and characterization of ceramics-iron joint coating for electrical insulation
3. 学会等名 31st Symposium on Fusion Technology (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三浦 颯太、中村 和貴、赤星 江莉加、叶野 翔、八木 重郎、菱沼 良光、田中 照也、近田 拓未
2. 発表標題 液体ブランケット用機能性被覆の照射 - 腐食相乗効果
3. 学会等名 日本原子力学会 2020年秋の大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 法月 亮介、田中 照也、赤星 江莉加、木村 圭佑、中村 和貴、近田 拓未
2. 発表標題 セラミックス - 鉄接合被覆の作製と特性評価
3. 学会等名 日本原子力学会 2020年秋の大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takumi Chikada, Moeki Matsunaga, Kazuki Saito, Kazuki Nakamura, Keisuke Kimura, Hikari Fujita, Yoshimitsu Hishinuma, Teruya Tanaka
2. 発表標題 Simultaneous measurement of deuterium permeation and lithium-lead corrosion for tritium permeation barrier coatings
3. 学会等名 12th International Conference on Tritium Science and Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近田 拓未、Matthias H.H. Kolb、中村 和貴、木村 圭佑、Marcin Rasinski、菱沼 良光、Regina Knitter
2. 発表標題 トリチウム透過低減被覆の固体増殖材ペブル共存性試験
3. 学会等名 日本原子力学会2019年秋の大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤星 江莉加、松永 萌暉、木村 圭佑、中村 和貴、遠藤 理帆、Martin Balden、菱沼 良光、近田 拓未
2. 発表標題 トリチウム透過低減用多層被覆の液体リチウム鉛中腐食挙動
3. 学会等名 日本原子力学会2019年秋の大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中澤 章太、中村 和貴、藤田 光、Hans Maier、Thomas Schwarz-Selinger、波多野 雄治、芦川 直子、居波 涉、川田 善正、近田 拓未
2. 発表標題 低放射化フェライト鋼F82H及び水素同位体透過低減用セラミック被覆中の重水素滞留挙動に対するガンマ線照射効果
3. 学会等名 日本原子力学会2019年秋の大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠藤 理帆、木村 圭佑、中村 和貴、Michael Zielinski、Johann Riesch、藤田 光、菱沼 良光、近田 拓未
2. 発表標題 マグネトロンスパッタリング法で作製したイットリア安定化ジルコニア被覆の構造分析と水素同位体透過挙動
3. 学会等名 日本原子力学会2019年秋の大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takumi Chikada, Matthias H.H. Kolb, Kazuki Nakamura, Keisuke Kimura, Hikari Fujita, Marcin Rasinski, Keisuke Mukai, Yoshimitsu Hishinuma, Regina Knitter
2. 発表標題 Compatibility of tritium permeation barrier coatings under solid breeder blanket conditions
3. 学会等名 20th International Workshop on Ceramic Breeder Blanket Interactions (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Erika Akahoshi, Moeki Matsunaga, Keisuke Kimura, Kazuki Nakamura, Kazuki Saito, Hikari Fujita, Martin Balden, Yoshimitsu Hishinuma, Takumi Chikada
2. 発表標題 Corrosion behavior of multi-layer ceramic coatings in liquid lithium-lead
3. 学会等名 14th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takumi Chikada, Matthias H.H. Kolb, Hikari Fujita, Kazuki Nakamura, Keisuke Kimura, Marcin Rasinski, Keisuke Mukai, Yoshimitsu Hishinuma, Regina Knitter
2. 発表標題 Compatibility of tritium permeation barrier coatings with ceramic breeder pebbles
3. 学会等名 14th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Riho Endoh, Kazuki Nakamura, Hikari Fujita, Moeki Matsunaga, Keisuke Kimura, Michael Zielinski, Johann Riesch, Yoshimitsu Hishinuma, Takumi Chikada
2. 発表標題 Deuterium permeation behavior through yttria-stabilized zirconia coating fabricated by magnetron sputtering
3. 学会等名 14th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近田拓未、寺井隆幸、叶野翔、藤田光、松永萌暉、中村和貴、木村圭佑
2. 発表標題 セラミックス被覆中の水素同位体透過挙動に関する重イオン照射効果
3. 学会等名 第14回先進原子力技術に関する連携重点研究討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuki Nakamura, Hikari Fujita, Jan Engels, Masayuki Tokitani, Yoshimitsu Hishinuma, Kiyohiro Yabuuchi, Sho Kano, Takayuki Terai, Takumi Chikada
2. 発表標題 Effects of helium implantation with heavy ion irradiation on deuterium permeation in yttrium oxide coating
3. 学会等名 19th International Conference on Fusion Reactor Materials (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takumi Chikada, Hikari Fujita, Kazuki Nakamura, Keisuke Kimura, Teruya Tanaka, Wataru Inami, Yoshimasa Kawata
2. 発表標題 Deuterium permeation mechanism in ceramic coatings under gamma-ray irradiation
3. 学会等名 19th International Conference on Fusion Reactor Materials (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shota Nakazawa, Kazuki Nakamura, Hikari Fujita, Hans Maier, Thomas Schwarz-Selinger, Yuji Hatano, Naoko Ashikawa, Wataru Inami, Yoshimasa Kawata, Takumi Chikada
2. 発表標題 Gamma-ray irradiation effect on deuterium retention in reduced activation ferritic/martensitic steel and ceramic coatings
3. 学会等名 19th International Conference on Fusion Reactor Materials (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近田拓未, 藤田光, 中村和貴, 木村圭佑, 田中照也, 居波涉, 川田善正
2. 発表標題 ガンマ線照射がトリチウム透過低減被覆に与える影響
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 法月亮介, 田中照也, 赤星江莉加, 木村圭佑, 中村和貴, 近田拓未
2. 発表標題 有機金属分解法で作製されたセラミックス被覆の電気絶縁性評価
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村圭佑, 中島基樹, 中村和貴, 沖津康平, 田中照也, 菱沼良光, 坂本宜照, 染谷洋二, 中村博文, 近田拓未, 原型炉設計合同特別チーム
2. 発表標題 高温高圧水に曝露した低放射化フェライト鋼F82Hの水素同位体透過挙動
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村和貴, 藤田光, Jan Engels, 時谷政行, 菱沼良光, 藪内聖皓, 叶野翔, 寺井隆幸, 居波涉, 川田善正, 近田拓未
2. 発表標題 酸化イットリウム被覆中の重水素透過に対する重イオン照射及びヘリウム注入効果
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩松尚杜, 向井啓祐, 近田拓未, 八木重郎, 小西哲之
2. 発表標題 固体増殖ブランケット構造材表面の酸化被膜の水素透過性
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 E. Akahoshi, M. Matsunaga, K. Kimura, K. Nakamura, M. Balden, Y. Hishinuma, T. Chikada
2. 発表標題 Corrosion Behavior of Multi-layer Ceramic Coatings in High Temperature Liquid Metal
3. 学会等名 Inter-Academia Asia The 6th Conference 2019, Young Researchers Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Endoh, K. Kimura, K. Nakamura, M. Zielinski, J. Riesch, H. Fujita, Y. Hishinuma, T. Chikada
2. 発表標題 Hydrogen Isotope Permeation Behavior Through Yttria-stabilized Zirconia Coating Fabricated by Magnetron Sputtering
3. 学会等名 Inter-Academia Asia The 6th Conference 2019, Young Researchers Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Norizuki, T. Tanaka, E. Akahoshi, K. Kimura, K. Nakamura, T. Chikada
2. 発表標題 Evaluation of Electrical Insulating Property of Ceramics Coatings Fabricated by Metal Organic Decomposition
3. 学会等名 Inter-Academia Asia The 6th Conference 2019, Young Researchers Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Takumi Chikada	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 10
3. 書名 Comprehensive Nuclear Materials 2nd Edition, 6.09 - Ceramic Coatings for Fusion Reactors	

〔産業財産権〕

〔その他〕

静岡大学教員データベース https://tdb.shizuoka.ac.jp/RDB/public/Default2.aspx?id=11119&l=0 researchmap https://researchmap.jp/takumichikada/ 近田研究室ホームページ https://wpp.shizuoka.ac.jp/chikadalab/

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	田中 照也 (Tanaka Teruya) (30353444)	核融合科学研究所・ヘリカル研究部・准教授 (63902)	
研究分担者	八木 重郎 (Yagi Juro) (70629021)	京都大学・エネルギー理工学研究所・講師 (14301)	
研究分担者	向井 啓祐 (Mukai Keisuke) (70807700)	京都大学・エネルギー理工学研究所・助教 (14301)	

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			
ドイツ	ユーリッヒ研究センター	カールスルーエ工科大学	マックスプランクプラズマ物理研究所	