

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：57301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K03264

研究課題名（和文）全国高専における自然災害時の地表電位変動計測システムと防災教育への応用

研究課題名（英文）A Measurement System of Potential Fluctuation for Natural Disasters at KOSEN and Its Application to Disaster Prevention Education

研究代表者

川崎 仁晴（Kawasaki, Hiroharu）

佐世保工業高等専門学校・電気電子工学科・教授

研究者番号：10253494

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）：近年、地震、豪雨、落雷等の自然災害が大きな問題となっている。これらは、直接的な被害だけでなく、特に若者に精神的なダメージを与えることが知られている。自然災害による心理的ダメージの原因としては、災害の原因が理解されていないこと、予測が困難であることなどが挙げられる。一方、簡易な空間電位計測装置を用いることで、地震の発生を予測することが可能であることが示唆されている。本研究では、複数の高専に設置された簡易空間電位測定装置を用いて電磁気現象を測定し、自然災害の前に電位変化が発生すること明らかにした。また、この結果を応用して自然災害に関する教育装置を作成し、出前授業などに応用した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

簡易型の空間電位計測装置によって、地震予知にもつなげる電位変動の計測を行った。研究結果から次のことが判った。1) 地震前には、正の方向への優位な電位変化がある。これは、大地の剪断応力によって発生したイオンによるものと考えられる。2) 落雷や大雨をもたらす積乱雲の接近でも、電位変化が起こる。落雷時や降雨時には電位は負になることがある。3) 降雪時には負の方向への電位変化が起こる。これらの変化は、地震や降雨時前の積乱雲の接近で起こるが、電位変化のパターンからどのような気象変動が起こるかは確実に分かっていなかった。AI等で詳細に分析し、精度を上げれば、ある程度の精度の地震予知が可能だと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In recent years, natural disasters such as earthquakes, torrential rains, heavy snowfalls, and lightning strikes have become a major problem. These disasters are known to cause not only direct damage to infrastructure, but also psychological damage, especially to young people. The reasons for the psychological damage caused by natural disasters are the lack of understanding of the cause of the disaster, and they are difficult to predict. On the other hand, it has been suggested that it is possible to predict the occurrence of earthquakes by using a simple space potential measurement device. In this study, we will measure electromagnetic phenomena using a simple space potential measurement device installed at the KOSEN. As a result, it was found that potential changes occur before a natural disaster. We also applied the results to create an educational device on natural disasters and conducted a questionnaire survey on its effectiveness. As a result, meaningful answers were obtained.

研究分野：プラズマ工学

キーワード：地震予知 電位計測 教育装置

## 1. 研究開始当初の背景

令和6年度元旦に起こった能登地震や2011年の東北大震災、熊本地震からもわかるように近年増加しつつある大規模な地震は、建物やインフラに甚大な被害を与えるだけでなく、人間の生活に大きな影響を与える。例えば2018年の北海道胆振東部地震では、我が国初のブラックアウトを起こし、電気がない生活を余儀なくされた。能登地震でも、飲料水の確保が問題となった。また、地震は台風等と異なり、メカニズムが複雑でわかりにくいことや、予測が非常に難しいため、特に生徒や学生の精神面やその後の成長にも悪影響を及ぼすため、物心両面への負担を増大させている。学術分野でも、地震予知研究に力が入れられてきたが、現在では、その困難さから、方向性が変更されつつある。一方、**地震が発生する前には先行現象として大気から大地に流れる電流（空地電流）や大気電界が変化することが示唆されている<sup>[1], [2]</sup>**。地震により断層には引力斥力が加わるため、広い範囲で地表面電位に変化が生じると考えられており、それに伴い大気中に存在する荷電粒子（イオン）が増減し、大気電界や空地電流として存在する。これらは、極めて微小かつ局所的で短時間の前駆的地殻変動が引き起こす静電的現象である。通常これらの前駆的現象はひずみの蓄積と比較して非常に小さな時定数で起こるため、地殻に圧電性があれば観察可能な大きさの地表面電位の変化が生じる可能性がある。それに伴い大気中の電界が変化することから、大気イオン電流の変化として検出できると考えられる（図1）。

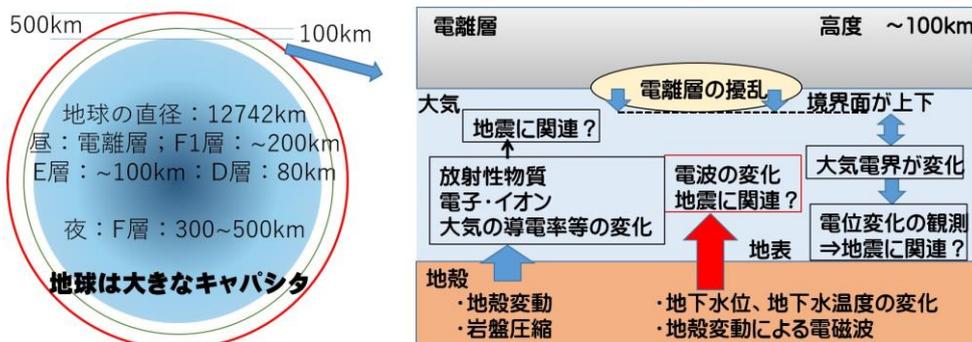


図1 大気中の電界と大気イオン電流の関係

国立高等専門学校機構（以下、「高専」と書く）は、北海道から沖縄まで全国に51校点在しているが、全体で1法人であるという大変特徴的な組織である。そのスケールメリットを利用して、各校に安価な「地表面電位変化計測装置」を設置できれば、地域的に分散したデータの収集が可能である。さらに各高専が提携している海外の教育機関（大学等）に依頼し、海外のデータも収集することができる（図2）。このような計測は、例えば九州の一部や山の付近で行われた例はあるが、広域で計測された例はない<sup>[3]</sup>。このデータ収集のために、日本全国（一部海外）の電気的情報（電波や地表面電位の分布）を全く同時刻にある程度長期間収集する安価な装置を開発し、多くの高専に設置する。この結果を即時表示・解析するシステムを開発できれば、新しい災害予知（防災教育）システムにも利用できる可能性がある。

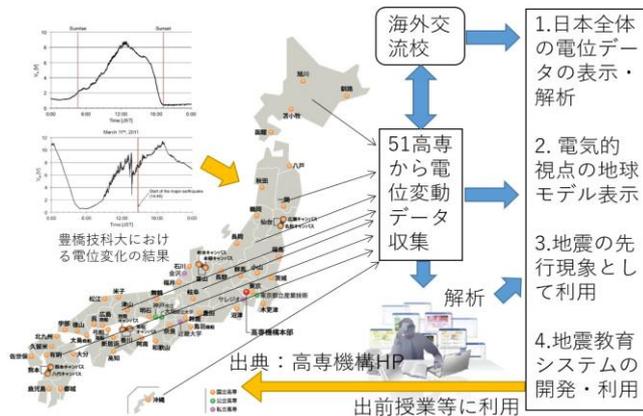


図2 本研究のスケールメリット<sup>[2]</sup>

## 2. 研究の目的と方法

本研究の目的は、極めて微小な前駆的地殻変動を電気的に検出する安価なシステムを開発し、それを全国の高専に依頼してできるだけ多くの地域に設置することで、日本全国（一部海外）の電気的情報（電波や地表面電位の分布）を、全く同時刻に収集・表示するシステムを開発することに

ある。これによって、地球（特に日本上空）を電氣的な側面で表現（可視化）できるシステムを構築し、防災教育に活かすことが目標となる。将来的には、このデータを駆使して、日本で頻発する大規模地震災害の予測に活かさないかを評価・検討する。実験の具体的な装置と方法を以下に列記する。

(1) 絶縁物(テフロン)製の支柱により支えられたステンレス電極および接地電極により構成される装置を作製する。ステンレス管は空き缶、絶縁棒は塩ビでも作ることが可能であるため、測定装置そのものは非常に安価に作製できる。

(2) ステンレス電極に同軸ケーブルを接続し、接地電極との間で発生する電圧をナノボルト電圧計で計測する。

(3) 計測したデータを一定時間毎に計測する。計測データをデータロガーに保存する。

(4) (1)～(3)を他高専の協力校に依頼し、できるだけ多くの地域でデータ収集する。

(5) 拠点校において各校のデータを収集し、日本を網羅する電位変化分布データを作製するとともにそれを表示（可視化）し、高専全体で電位変化を観測する。

(6) これらの結果に、地震のメカニズムや被害等に関する情報を加えた新しい工学教育システムを構築する。これを各校のカリキュラムや出前授業に加え、地震に関する工学的教育に利用する。また、可能であれば新しい災害予知(防災教育)システムとして利用できないか検証・検討する。

### 3. 研究成果

#### (1) 佐世保高専における実験結果

図3に佐世保高専で2020年7月2日の晴天時に計測された定常的な電位変化を示す。表1にはそのときの気象データ(下記時刻における3時間平均の天気、気温(°C)、湿度(%)、降水量(ml)、気圧(hPa))の概要を示す。長崎地区は2020～2022年度は比較的自然災害は少なく、この電位計測時期は、ほぼ一定の空間電位が計測された。自然災害のない時間帯における電位計測の結果から、この傾向は(2)石川高専、(3)崇城大学でも同様であることが確認されている。

図4は、2020年9月7日の台風接近時の電位変化を示す。表2にはそのときの気象データの概要を示す。表によると、午前0時から朝9時までの9時間に合計26.5mmの降雨があっており現地の気圧も966～992hPaと非常に低いことが分かる。このことは大きな積乱雲が検出器の上に長時間滞在し、通過したことを示唆している。実験結果は台風接近時には、電位が正に大きく振れており、検出器が正に帯電することが分かった。これも、図3と同様に、いわゆる誘電現象の効果によって、積乱雲下部のマイナス電荷によって正の電荷が引きせられたためだと考えられる。表示された電圧値は図3の降雨時などと比べてやや小さいことが分かる。これは、積乱雲の大きさや帯電量、および気圧などの気象情報が関連していると考えている。

ここには示していないが、降雪時にも電位変化が現れた。例えば佐世保での1月8日の気象データより、降雪時には全体として負に帯電することが分かった。この日は長崎県には珍しく午前6mmの雪が降っていることが分かっている。通常、雪は正に帯電することが知られており、冬期に電線が帯電することも知られている。米カリフォルニア大学ロサン

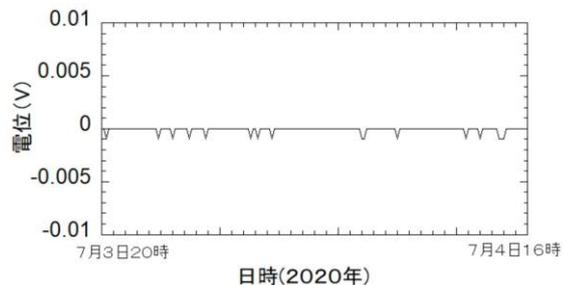


図3 佐世保高専で晴天時に計測された電位変化  
表1 図3の気象データ

7月2日(木)								
時刻	3	6	9	12	15	18	21	24
天気	晴	晴	晴	曇	晴	曇	曇	曇
気温	19.8	19.1	24.6	27.3	27.8	26.8	25.1	23.5
湿度	91	94	72	62	61	63	71	80
降水量	0	0	0	0	0	0	0	0
気圧	1009.5	1009.8	1011.4	1010.9	1010.1	1009.9	1011.4	1011.7

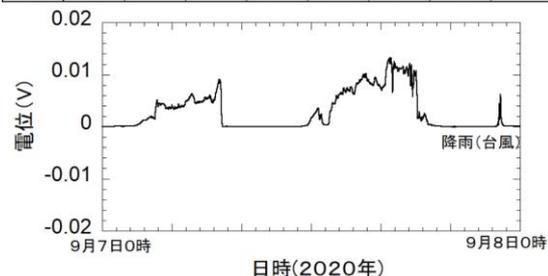


図4 佐世保高専で雨天時に計測された電位変化  
表2 図4の気象データ

9月07日(月)								
時刻	3	6	9	12	15	18	21	24
天気	雨	雨	雨	曇	雨	晴	晴	晴
気温	26.3	25.4	24.6	26.4	26.4	26	25.6	25.4
湿度	91	91	91	77	78	80	80	81
降水量	13.5	12	1	0.5	0	0.5	0	0
気圧	966.3	980.9	992.1	997.8	1002.2	1005.7	1008.5	1009.5

ゼルス校らの研究チームらは、これを利用した摩擦帯電型ナノ発電機が開発され、実用化に向けた研究が進んでいる。本結果は、帯電した雪が近づいたことによって負電荷が誘電された結果、このような結果が得られたと考えられる。

図5には石川高専において電位計測を行った結果を示す。2021年9月4日9時10分に、隣県（福井）で発生したM5.0の地震の前後の電位変化を示す。地震数日前から、正方向への電位変化が度々観測されている。この傾向は、豊橋技科大で計測された2011年の東北大震災前の電位変化にも酷似している。

最後に2024年1月1日の能登地震に関して述べる。本年度が最終年度であったため、残念ながら最も近い石川高専では、装置を外しており計測できなかった。計測中であった群馬高専のデータを図6に示す。地震半月ほど前から、地震前に見られる電位変化が現れている。しかしながら、距離が離れているためか、大きい変化とはならず、予測までには至らなかった。また、同時期の冬の石川高専のデータから、この時期は、日本海側では冬期独特の電位変動が大きく、電位変化がやや埋もれてしまう傾向がある可能性が示唆された。

### (3) 教育装置への応用

これらの結果を基に、地震を電気的な観点から学ぶ装置の開発を検討した。まず、地震を模擬するために、プレートの接触と摩擦（剪断応力）を石と石をこすり合わせることで表現した。実際に石をこすり合わせたときの、計測装置の電位変化を図7に示す。結果から、こすり合わせることで、計測装置で計測できる程度の電位変化が起こることが分かる。この現象を小中学生に見せれば、今回のシステムがどうやって地震を予測できるのかを知ることができる。地震のメカニズムはいくつかの大陸に見立てた石をずらすことで再現できる。そこで簡易的ではあるが、地震発生とその時の電位変化を見せる装置を試作した。試作した装置による教育システムについて、佐世保高専の学生36名に説明し、簡易的ではあるが、アンケート調査を行った（図8）。(1)このシステムで説明する地震の原理はわかりやすいか、(2)このシステムで地震予知に役立つかと思うか、の2つのアンケート結果はいずれも良好なものであった。このことから、このシステムによって地震の原理がわかりやすいと感じている学生が多いことが分かる。一方において、このシステムで地震予知が可能であると感じた学生は半数程度であることが分かる。更にこのシステムに積乱雲と同じような、ある程度帯電した風船状の物体を利用できれば、積乱雲による電位変化が捉えられる教育システムを開発することができる。以上を考慮し、街の模型に今回開発した地震発

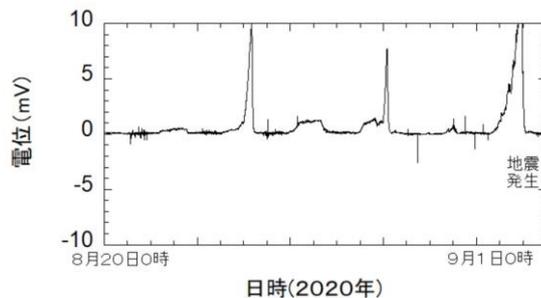


図5 石川における8月の電位データ

表3 図5の気象データ

時刻	3	6	9	12	15	18	21	24
天気	晴	晴	晴	雨	雷	曇	曇	雨
気温	26.5	26	30.9	28.6	25	26.1	25.4	25
湿度	79	78	64	75	88	85	88	92
降水量	0	0	0	0	10.5	2	0	0
気圧	1009.2	1010.1	1010.6	1009.9	1010.6	1010.3	1011.5	1010.5

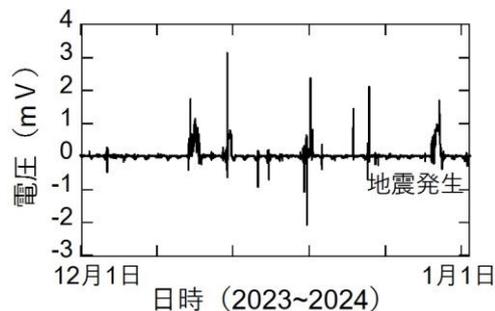
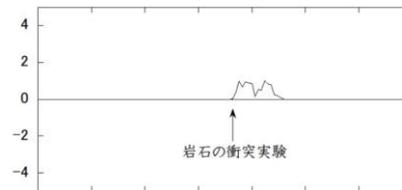


図6 能登地震前の群馬の電位変化



(c)計測データ

図7 地震教育装置のイメージ

生予知装置を取り付けた教育装置を考案した。現在までに完成していないが、地震に関する装置の作製には成功している。この装置に、これまでの筆者らが出前授業やオープンキャンパス事業で開発してきた人工落雷装置や人工降雪装置、人工オーロラ装置を組み合わせることによって、より好奇心を育むことができる装置作成を検討したい。

## 5. 結論および今後の課題

プラズマプロセス中のプローブ計測に近い、簡易型の空間電位計測装置によって、地震予知にもつながる電位変動の計測を行った。研究結果から明らかになった主な内容は以下の通りである。

- 1) 地震前には、正の方向への優位な電位変化がある。これは、大地の剪断応力によって発生したイオンによるものと考えられる。
- 2) 落雷や大雨をもたらす積乱雲の接近でも、電位変化が起こる。落雷時や降雨時には電位は負になることがある。
- 3) 降雪時には負の方向への電位変化が起こる。
- 4) 地震の時の地面の応力を模擬した、石の剪断（こすり合わせ）でも同じような電位変化が起こった。

これらの変化は、地震や降雨時前の積乱雲の接近で起こるが、電位変化のパターンからどのような気象変動が起こるかは確実には分からなかった。また、電位変化は災害の必要条件ではあるが、十分条件ではないため、確実な予測には単純には利用できない。今後は、電位変化のパターンや計測装置の形状変化を工夫することと、これらのデータを多く蓄積し、AI等でパターン解析することによって、予測装置としての精度を上げられるか、検討していく。

一方において、上記4)にも示すような簡単な装置をくみ上げることで、地震や豪雨、豪雪、落雷を学習する装置として利用できる可能性がある。このような学習装置への応用はこれまでまだ行われていない。今後はこの学習装置としての応用を進めていきたい。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 7 件／3 年：査読付きのみ：以下代表論文）

- 1) Hiroharu Kawasaki, Hiroshi Nishiguchi, Tamiko Ohshima, Yoshihito Yagyū, Takeshi Ihara, Preparation of Ni-doped stainless steel thin films on metal to prevent hydrogen entry via sputter deposition with a powder target, *Jpn. J. Appl. Phys.* 60 SAAB10 (2021).
- 2) 川崎仁晴、須田義昭、簡易型空間電位変動検出による自然災害予測とその教育への応用可能性の検討、電気学会論文誌A（基礎・材料・共通部門誌）、2021年 141 巻 8 号 p. 458-463. [doi.org/10.1541/ieejfms.141.458](https://doi.org/10.1541/ieejfms.141.458)
- 3) 川崎仁晴 粉体材料のスパッタリングによる各種機能性薄膜の作製 表面と真空 Vol.67, No.2 71-76 (2024). [doi.org/10.1380/vss.67.71](https://doi.org/10.1380/vss.67.71). 他 4 件

〔学会発表〕（計 33 件／3 年：以下代表発表）

- 1) 川崎仁晴、放電現象を考慮した異常気象予知に関する研究 II プラズマ核融合学会年会 24Ap03 2022年 11月 24日 富山国際会議場
- 2) 川崎仁晴、須田義昭、電磁氣的な視点から考えた異常気象予知装置の開発 II、応用物理学会 18a-A404-7、2023年 3月 18日(土) 上智大学
- 3) H. Kawasaki, Trial of elemental gradient functional thin films preparation by sputtering with mixed powder targets and their applications, ISPlasma/IC-PLANTS2024 Nagoya University (invited) March 4, 2024

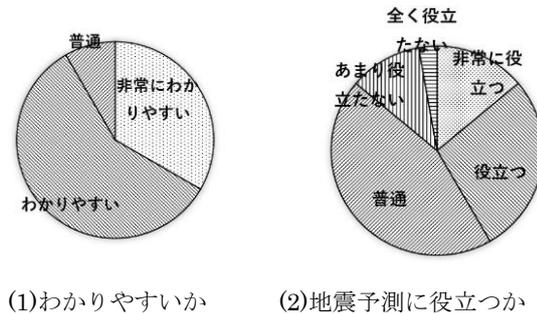


図 8 アンケート結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Takahiko Satake, Hiroharu Kawasaki and Shinichi Aoqui	4. 巻 -
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 21	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） 10.1380/ejssnt.2023-021	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 Takahiko Satake, Hiroharu Kawasaki and Shinichi Aoqui	4. 巻 -
2. 論文標題 Indium-gallium-zinc oxide thin-film preparation via single-step rf sputter deposition using mixed-oxide powder targets	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ARCHIVES OF ELECTRICAL ENGINEERING	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） 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 2)Hiroharu Kawasaki, Hiroshi Nishiguchi, Tamiko Ohshima, Yoshihito Yagyu, Takeshi 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 Jpn. J. Appl. Phys.	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） 10.35848/1347-4065/abba10	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 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 川崎仁晴、須田義昭	4. 巻 141
2. 論文標題 簡易型空間電位変動検出による自然災害予測とその教育への応用可能性の検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電気学会論文誌A (基礎・材料・共通部門誌)	6. 最初と最後の頁 458-463
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejfms.141.458	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 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 2022年
3. 雑誌名 10.35848/1347-4065/ac1488	6. 最初と最後の頁 SA1019
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 Hiroharu Kawasaki, Tamiko Ohshima, Yoshihito Yagyu, Takeshi Ihara, Yoshiaki 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 Hiroharu Kawasaki, Hiroshi Nishiguchi, Tamiko Ohshima, Yoshihito Yagyu, Takeshi 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 Jpn. J. Appl. Phys.	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) 10.35848/1347-4065/abba10	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

〔学会発表〕 計31件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Hiroharu Kawasaki
2. 発表標題 Ni and SUS mixture thin film preparation by sputtering using NiO <sub>2</sub> and SUS powder mixture target
3. 学会等名 ELMECO-2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroharu Kawasaki
2. 発表標題 Effects of Laser Ablation Plasma Irradiation on the Sterilization of Bacteria II
3. 学会等名 ISNTP-14
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川崎仁晴
2. 発表標題 PVを用いたエネルギー再利用に関する研究
3. 学会等名 教育フロンティア研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroharu Kawasaki
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
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川崎仁晴
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 2022応用物理学会全国秋
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroharu Kawasaki
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 / GEC 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroharu Kawasaki
2. 発表標題 Elemental gradient functional thin films preparation by sputtering with NiO and SUS304 mixed powder targets
3. 学会等名 7th STI-Gigaku2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroharu Kawasaki
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
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroharu Kawasaki
2. 発表標題 Preparation of elemental gradient functional thin films by using mixture powder targets III
3. 学会等名 MRSJ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroharu Kawasaki
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
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroharu Kawasaki
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 ISPlasma/IC-PLANTS
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroharu Kawasaki
2. 発表標題 粉体ターゲットを用いた3次元の元素空間分布を持つ傾斜膜の作製
3. 学会等名 応用物理学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroharu Kawasaki
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 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎仁晴
2. 発表標題 粉体ターゲットを用いたスパッタリング法による水素脆化防止膜の作製
3. 学会等名 2020年度共同研究成果報告会プログラム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎仁晴
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
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
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, 川崎仁晴
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
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
2. 発表標題 Niをドーピング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 プラズマプロセス研究会(SPP)/プラズマ材料科学シンポジウム(SPSM)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takahiko Satake, Hiroharu Kawasaki
2. 発表標題 Multi-elements mixture thin film preparation process by sputtering deposition using mixture powder target
3. 学会等名 ISPlasma2022/IC-PLANTS2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroharu Kawasaki
2. 発表標題 Trial of elemental gradient functional thin films preparation by sputtering with mixed powder targets I
3. 学会等名 ISPlasma2022/IC-PLANTS2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川崎仁晴
2. 発表標題 粉体ターゲットプロセスによるFe, Ni, Ti混合傾斜機能性膜の作製
3. 学会等名 2022年応用物理学会春期講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川崎仁晴
2. 発表標題 地球をコンデンサとして捉えた地震予知装置の開発II
3. 学会等名 令和2年 第81回 日本応用物理学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川崎仁晴, 須田義昭
2. 発表標題 電磁気的な視点から考えた異常気象予知装置の開発I
3. 学会等名 令和2年 応用物理学会九州支部
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川崎仁晴、須田義昭
2. 発表標題 放電現象を考慮した異常気象予知に関する研究
3. 学会等名 プラズマ核融合学会全国
4. 発表年 2020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
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 ISPlasma2021
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

〔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	高田 英治  (Eigi Takada)  (00270885)	富山高等専門学校・その他部局等・教授   (53203)	

6. 研究組織（つづき）

	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	吉木 宏之  (Hiroyuki Yoshiki)  (00300525)	鶴岡工業高等専門学校・その他部局等・教授    (51501)	
研究分担者	須田 義昭  (Yoshiaki Suda)  (20124141)	佐世保工業高等専門学校・電気電子工学科・特命教授    (53301)	
研究分担者	出口 米和  (Yonekazu Deguchi)  (20300535)	群馬工業高等専門学校・物質工学科・教授    (52301)	
研究分担者	河野 晋  (Susumu Kono)  (30270375)	有明工業高等専門学校・創造工学科・教授    (57102)	
研究分担者	上野 崇寿  (Takahisa Ueno)  (30508867)	大分工業高等専門学校・電気電子工学科・准教授    (57501)	
研究分担者	高比良 秀彰  (Hideaki Takahira)  (80249896)	佐世保工業高等専門学校・電気電子工学科・准教授    (57301)	

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