

令和 4 年 5 月 23 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12643

研究課題名(和文) エッチング型飛跡検出器の検出閾値を記述する新しい物理的指標の確立

研究課題名(英文) A new physical parameter to describe the detection thresholds of Etched Track Detectors

研究代表者

山内 知也 (Yamauchi, Tomoya)

神戸大学・海事科学研究科・教授

研究者番号：40211619

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)：ポリアリルジグリコールカーボネート(PADC)とポリエチレンテレフラレート(PET)中における潜在飛跡構造と形成機構について研究した。プロトンと重イオンのトラック構造とサイズは赤外線分光法によって評価した。低LET放射線の実験から、PADC繰り返し構造内の放射線高感受性領域の電子ヒットによる多段階損傷機構が認められ、イオントラックの層構造が電子ヒットの数によって説明できるようになった。また、径方向に2つ以上の繰り返し構造が損傷を受けた場合にエッチピットが生じることも明らかにした。Geant4-DNAコードによるモンテカルロ計算を行い、検出閾値を記述する新しい物理的パラメータを提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

エッチング型飛跡検出器は、高エネルギーイオンの通り道をエッチング処理によって顕微鏡下で観察可能なエッチピットに拡大し、そのサイズや形状からイオンを同定する受動型放射線検出器である。特定のイオンのみが検出される固有の検出閾値を有することが一つの特徴であり、宇宙放射線や高強度レーザー加速イオンの検出等に利用されている。イオンが単位長さあたりに付与するエネルギーが大きいとエッチピットは形成されやすいが、本研究ではイオントラック内における2次電子のヒット数との関係で閾値が記述できることを示した。これにより閾値を制御し得る分子配列を議論する道が開かれた。DNAなどの生体高分子の損傷評価にも応用できる。

研究成果の概要(英文)：Modified structure along latent tracks and track formation process have been investigated mainly in poly (allyl diglycol carbonate), PADC, which is recognized as a sensitive etched track detector. This knowledge is essential to develop novel detectors with improved track registration property. The track structures of protons and heavy ions have been examined by means of FT-IR spectrometry. Through a set of experiments on low-LET radiations, multi-step damage process by electron hits was confirmed in the radiation-sensitive parts of the PADC repeat-unit. We unveiled the layered structure in tracks, in relation with the number of secondary electrons. We also proved that the etch pit was formed when at least two repeat-units were destroyed along the track radial direction. To evaluate the number of secondary electrons around the tracks, a series of numerical simulations were performed with Geant4-DNA. Therefore, we are proposing new physical criterions to describe the detection threshold.

研究分野：エッチング型固体飛跡検出器

キーワード：ポリアリルジグリコールカーボネート ポリエチレンテレフラレート イオントラック 固体飛跡検出器 検出閾値 赤外線分光分析 Geant4-DNA

1. 研究開始当初の背景

先行する科研費研究「高分子系エッチング型飛跡検出器の感度特性とトラック損傷構造の解明」において、ポリアリルジグリコールカーボネート (PADC) 検出器の検出閾値を記述する物理的指標として、イオントラック内径方向電子フルエンス (REFIT: Radial Electron Fluence around Ion Tracks) が適用できる可能性が指摘されていた。

REFIT は、イオントラックの軌跡とその軸を同一にする円柱の側面を通過する 2 次電子の密度として定義されるものであり、具体的な評価はモンテカルロコードである Geant4-DNA を用いて行われた。

伝統的な局所線量の考え方とは別に、電子フルエンスに着目したのは、PADC の繰り返し構造内の損傷形成が段階的に進むこと、及び、径方向に 2 つ以上の繰り返し構造に損傷が生じる場合にエッチピットが生成することが見出されたからである。

段階的に進む損傷形成過程は、低 LET 放射線 (28 MeV 電子線、Co-60 ガンマ線、1.6 keV 超軟 X 線) と紫外線 (222 nm) の実験によって認められた。研究報告は本科科研費研究の期間中に行われた。PADC 中の繰り返し構造の中央にあるエーテル基が損傷を受けると、隣接するカーボネートエステルの放射線化学収率 (G 値) が飛躍的に上昇し、損傷を受けやすくなる。カーボネートエステルの損傷には二酸化炭素の放出が伴われることが指摘されてきており、2 つのカーボネートエステルの挟まれた領域の低分子化による独特の損傷形成が 2 つの電子ヒットによって生じることになる。

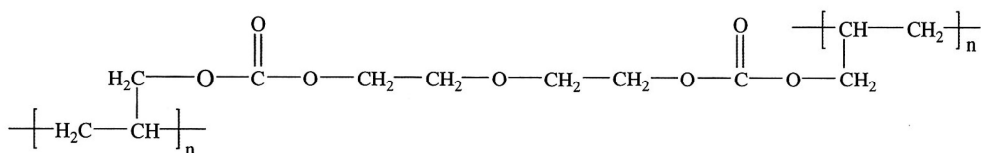


図 1 PADC の繰り返し構造。

図 1 に PADC の繰り返し構造を示す。中央にエーテルがあり、その左右の対称位置にメチレン基を介して 2 つのカーボネートエステルが存在している。これらは放射線感受性の高い領域として知られていた。エーテル基損失の G 値は、ガンマ線やプロトンに対して 20 scissions/100 eV に達しており、数 100 MeV/u の重イオンに対してはこれをさらに上回る値が報告されている。カーボネートエステルからの二酸化炭素の放出は脱カルボニル反応と理解されている。同図の両端にはポリエチレン状の 3 次元ネットワークが形成されていることが示されているがこれは高分子重合の結果として生まれており、比較的放射線に対して耐性を持つ領域になっている。高分子鎖の分岐点 (三叉路) を見るとメチン基がある。これ以外の水素は全てメチレン基であるが、エーテルとカーボネートエステルに挟まれているメチレン基は、それらの両端が損傷を受けやすいので、結果として放射線感受性が高くなる。

2. 研究の目的

本研究の大きな目的は、高分子系エッチング型飛跡検出器の検出感度と分子配列との関係を明らかにし、任意の応答特性 (検出閾値と感度) を有する新しい検出器を開発するための基礎的知見を得ることである。トラックエッチング速度が、それ以外の領域でのバルクエッチング速度より大きくなり、エッチピットが生れる閾値を決定している化学的な意味での実体とその形成機構の究明は、そのような検出器開発のためにはどうしても解く必要のある課題である。

より具体的には、REFIT を用いて PADC 以外的高分子系エッチング型飛跡検出器の閾値や感度の記述する可能性を研究の目的とした。さらに、REFIT 以外の物理的パラメータを利用する可能性についても検討することとした。

研究課題としては物理的指標の確立を目指すものであるが、同時に高分子系検出器中に形成されるイオントラック構造を系統的かつより詳細に理解するための分析的研究を行うこととした。特に、メチン基の定性・定量分析の可能性を検討した。

3. 研究の方法

イオントラック内の 2 次電子の挙動を計算するために、Geant4-DNA を用いた。

イオン照射はそれぞれの高分子材の薄膜とシートに対して行い、前者はイオントラックの損傷構造評価のために、後者は飛跡検出器としての応答特性を求めエッチングテストに用いた。量子科学技術研究開発機構 QST の重粒子線がん治療装置 HIMAC と大型サイクロトロン NIRS-930 をプロトンと He から Xe までのイオン照射に用いた。ガンマ線照射は、大阪大学産業科学研究所量子ビーム科学研究センターで実施した。

赤外線分光分析には FT/IR-6100S (JASCO) を用いた。計測に際しては、試料室を含めて検出器全体を真空にし、大気中の二酸化炭素や水分の影響を極力排除した。

エッチングテストには 70 °C に保持した KOH 溶液を用い、エッチピットの観察と計測は光

学顕微鏡下にて行った。

4. 研究成果

ポリエチレンテレフタレート (PET) の応答特性については、これまでに種々の素材に対してエッチングテストが行われてきた。製品によって互いに感度が異なることが知られており、本研究においてもそれを再確認することになった。一般的に言えることとして PET は、プロトンや He イオンに対して感度を持たない。本研究では、素材ごとの応答特性やその深さ依存性があまり見られないものとして、EPG 100 PET (住友ベークライト社製) を採用することとした。

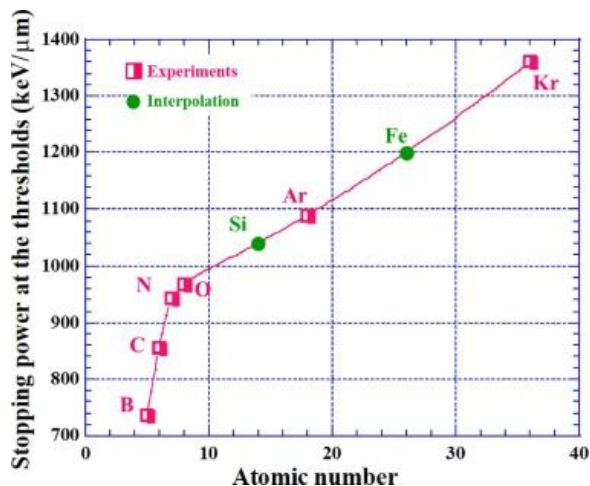


図2 PETの検出閾値における阻止能。

検出閾値はエッチピットの成長挙動から決定した。イオン照射した PET の表面にはエッチピットが生まれなくても、イオンの減速とともに阻止能が大きくなり、ある一定の深さで検出閾値に到達することになる。エッチピット成長の開始点を実験的に決定し、そこを検出閾値であるとした。図2中のBとC、N、O、Ar、そして、Kr イオンの閾値 (阻止能) はこのような手順で決定したものである。Si と Fe の閾値は、原子番号と阻止能との関係に基づいて、補間によって求めた。Si と Fe イオンは Geant4-DNA において計算可能である。

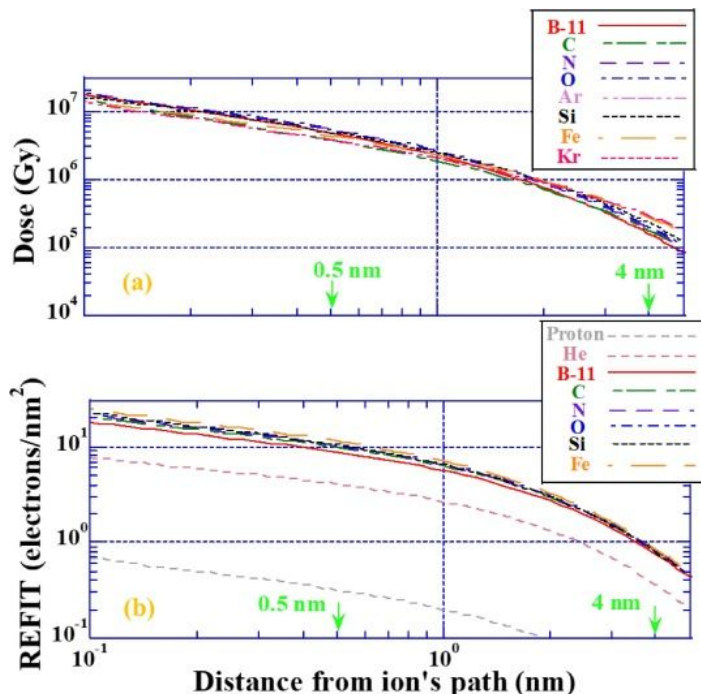


図3 検出閾値における局所線量と REFIT の径方向分布。

図3は検出閾値におけるそれぞれの重イオンに対する局所線量と REFIT の径方向分布である。局所線量分布の導出はカツモデルによる。同モデルではエッチング溶液の浸透が可能となるサイズ (半径) を設定し、そこにおける線量が一定以上になるとエッチピットが生まれると考える。0.1 から 5.0 nm までの距離において、局所線量が近い値をとる半径を見出すことはできなかった。REFIT については、比較的大きな値である 4 nm の半径でその値が互いに近い値をもつ。半径 4 nm での値が $REFIT_{4.0} = 0.8 \text{ electrons/nm}^2$ であり、0.5 nm における値が

REFIT_{0.5} = 10 electrons/nm²に達している場合にエッチピットが生まれることが示された。2つ以上の異なる半径における値を組み合わせることで、2次電子の飛跡構造を全体的に表現できる強みを REFIT は持っている。そのような目で見るとブラッグピークにおけるプロトンと He イオンの値がここに言う基準を下回っていることが顕著に示されていることが分かる。また、PADC の閾値における REFIT の値と比べると、PET のそれらは一桁以上高い値になっている。PADC の損傷形成には2回以上の電子ヒットが必要であったが、PET では一桁以上多い数の電子ヒットが必要であること理解できる。

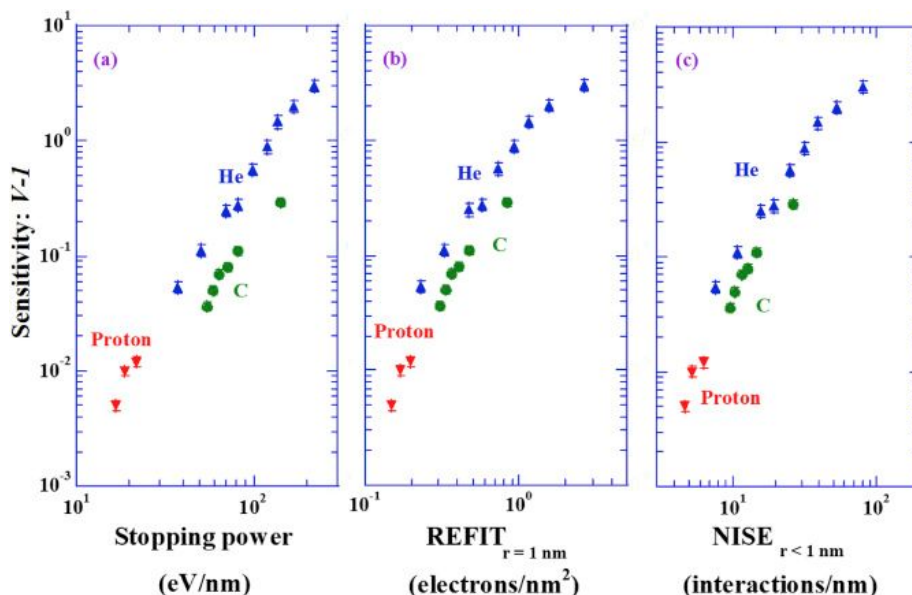


図4 PADC の応答特性と阻止能(a)と REFIT(b)、NISE(c)との相関。

REFIT よりも基本的な物理的指標として、ある半径内の相互作用の数を上げることが出来る。これを2次電子相互作用数 (NISE: Number of Interactions induced by Secondary electrons) と呼ぶこととし、相互作用の数は Geant4-DNA の計算様式において求めた。図4は、PADC の応答特性を、阻止能と REFIT、そして、NISE に対してプロットしたものである。AIC によるとこれら3つの物理的指標のうちで、NISE が最も良い相関を示した。

PADC 中に形成されるイオントラック構造に関する赤外線分光分析において、メチン基とメチレン基とを弁別して計測する見通しが得られた。2900 cm⁻¹ 付近の CH 伸縮振動に起因するピークのうち中央に位置するものが、重合後に現れ、重合度が高くなるとともに吸収が強くなることが判明した。このピークは1000 kGy 程度のガンマ線照射によっても変化しにくく、Kr イオン照射によってもイオントラックが重ならないフルエンス域では変化に乏しい。PADC の3次元ネットワーク構造を支える三叉路が放射線損傷を受け難いことを直接的に示すものである。放射線感受性の高い領域が分解的な損傷を受けた後も3次元ネットワーク構造が保持されることで、生成したラジカルの再結合が抑制され、結果として PADC の優れた検出特性が実現されていると考えられる。

本研究を通じて、高分子系エッチング型飛跡検出器中に形成されるイオントラックの形成機構と応答特性を。2次電子の飛跡構造や2次電子が媒質中にもたらず相互作用との関係で議論する方向性が示され、同時に克服すべき諸課題も明らかになったと考えている。また、ここまでに確立してきた研究手法は DNA 等を含む生体関連物質に対しても適用可能なものである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kusumoto Tamon, Barillon Remi, Okada Shogo, Yamauchi Tomoya, Kodaira Satoshi	4. 巻 138
2. 論文標題 Improved criterion of the mechanism for forming latent tracks in poly(allyl diglycol carbonate) based on the number of interactions induced by secondary electrons	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 106445 ~ 106445
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2020.106445	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 岡田智暉, 楠本多聞, 金崎真聡, 小田啓二, 小平聡, 山内知也	4. 巻 17
2. 論文標題 PADC検出器中高エネルギーイオントラックの構造と検出閾値	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 神戸大学大学院海事科学研究科紀要	6. 最初と最後の頁 67 - 75
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 Kusumoto Tamon, Okada Shogo, Kurashige Hisaya, Kobayashi Kazuo, Fromm Michel, Raffy Quentin, Ludwig Nicolas, Kanasaki Masato, Oda Keiji, Honda Yoshihide, Tojo Sachiko, Groetz Jean-Emmanuel, Ogawara Ryo, Kodaira Satoshi, Barillon Remi, Yamauchi Tomoya	4. 巻 170
2. 論文標題 Evidence for a critical dose above which damage to carbonate ester bonds in PADC appear after gamma ray and ultra soft X-ray exposures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Radiation Physics and Chemistry	6. 最初と最後の頁 108628 ~ 108628
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radphyschem.2019.108628	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 Kusumoto Tamon, Barillon Remi, Yamauchi Tomoya	4. 巻 461
2. 論文標題 Application of Radial Electron Fluence around ion tracks for the description of track response data of polyethylene terephthalate as a polymeric nuclear track detector	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms	6. 最初と最後の頁 260 ~ 266
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.10.007	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 Kusumoto Tamon, Ngono-Ravache Yvette, Balanzat Emmanuel, Galindo Catherine, Ludwig Nicolas, Raffy Quentin, Yamauchi Tomoya, Kodaira Satoshi, Barillon Remi	4. 巻 164
2. 論文標題 The role of molecular and radical mobility in the creation of CO2 molecules and OH groups in PADC irradiated with C and O ions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Polymer Degradation and Stability	6. 最初と最後の頁 102 ~ 108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymdegradstab.2019.04.007	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 Yamauchi Tomoya, Kusumoto Tamon	4. 巻 68
2. 論文標題 3.2.3 Modified Structure Around Ion Tracks in Polymeric Etched Track Detectors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 RADIOISOTOPES	6. 最初と最後の頁 247 ~ 258
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3769/radioisotopes.68.247	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 濱野拳、楠本多聞、金崎真聡、小平聡、小田啓二、山内知也	4. 巻 16
2. 論文標題 ビスフェノールAポリカーボネート薄膜中に形成されるイオントラック内損傷密度の初期吸光度及び核種依存性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 神戸大学大学院海事科学研究科紀要	6. 最初と最後の頁 56 ~ 61
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 千葉昌寛、楠本多聞、金崎真聡、小田啓二、小平聡、山内知也	4. 巻 16
2. 論文標題 飛跡検出器としてのポリエチレンテレフタレート中に形成されるイオントラックの検出閾値近傍の損傷評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 神戸大学大学院海事科学研究科紀要	6. 最初と最後の頁 46 ~ 55
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kusumoto Tamon, Kanasaki Masato, Ishikawa Ippei, Barillon R?mi, Honda Yoshihide, Tojo Sachiko, Kodaira Satoshi, Yamauchi Tomoya	4. 巻 147
2. 論文標題 Examining features of radiation-induced damage to PADC observed using FT-IR analysis: Radiation tolerance of methine groups at three-way junctions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 106645 ~ 106645
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2021.106645	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 Yamauchi Tomoya, Kanasaki Masato, Barillon R?mi	4. 巻 13
2. 論文標題 Methodological and Conceptual Progresses in Studies on the Latent Tracks in PADC	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymers	6. 最初と最後の頁 2665 ~ 2665
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/polym13162665	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20件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 田中 俊裕, 楠本 多聞, 岡田 智暉, 林 勇利, 橋本 勇史, 金崎 真聡, 小田 啓二, 小平 聡, 山内 知也
2. 発表標題 検出閾値近傍におけるポリエチレンテレフタレートの損傷構造評価
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡田 智暉, 田中 俊裕, 橋本 勇史, 林 勇利, 楠本 多聞, 金崎 真聡, 小田 啓二, 小平 聡, 山内 知也
2. 発表標題 PADC 検出器に対する重イオンの検出閾値
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林 勇利, 岡田 智暉, 橋本 勇史, 田中 俊裕, 楠本 多聞, 金崎 真聡, 小平 聡, 山内 知也
2. 発表標題 PADC 検出器中高エネルギーイオントラックの構造分析
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋本 勇史, 岡田 智暉, 田中 俊裕, 林 勇利, 楠本 多聞, 金崎 真聡, 小田 啓二, 小平 聡, 山内 知也
2. 発表標題 固体飛跡検出器としてのポリカーボネートの検出閾値の決定
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋本 勇史, 岡田 智暉, 田中 俊裕, 林 勇利, 楠本 多聞, 金崎 真聡, 小田 啓二, 小平 聡, 山内 知也
2. 発表標題 固体飛跡検出器としてのポリカーボネートの検出閾値の決定 2
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林 勇利, 岡田 智暉, 橋本 勇史, 田中 俊裕, 楠本 多聞, 金崎 真聡, 小平 聡, 山内 知也
2. 発表標題 PADC検出器中の高エネルギーイオントラックの構造分析(2)
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中 俊裕, 楠本 多聞, 岡田 智暉, 林 勇利, 橋本 勇史, 金崎 真聡, 小田 啓二, 小平 聡, 山内 知也
2. 発表標題 検出閾値近傍におけるポリエチレンテレフタレートの損傷構造評価
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡田智暉、濱野拳、千葉昌寛、楠本多聞、金崎 真聡、小田啓二、小平聡、山内知也
2. 発表標題 PADC検出器中高エネルギーイオントラックの構造分析と検出閾値
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 千葉昌寛、楠本多聞、金崎真聡、小田啓二、小平聡、山内知也
2. 発表標題 赤外分光法とエッチングテストによるポリエチレンテレフタレートの検出閾値近傍の損傷評価
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 濱野拳、楠本多聞、岡田智暉、金崎真聡、小田啓二、小平聡、山内知也
2. 発表標題 異なる初期吸光度を有するポリカーボネート薄膜中イオントラック内損傷密度の核種依存性
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡田智暉、濱野拳、千葉昌寛、楠本多聞、金崎真聡、小田啓二、小平聡、山内知也
2. 発表標題 PADC中に形成されるイオントラック中の構造変化と検出閾値
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoya Yamauchi, Tamon Kusumoto, Shogo Okada, Satoshi Kodaira, Hisaya Kurashige, Ziad EL Bitar, Masato Kanasaki, Keiji Oda, Quentin Raffy, Abdel-Mjid Nourreddine, Remi Barillon
2. 発表標題 Radial Electron Fluence around Ion Tracks as a Physical Parameter to Describe the Detection Thresholds of Etched Track Detectors
3. 学会等名 19th International Conference on Solid State Dosimetry (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宗 晃汰, 橋本 勇史, 田中 俊裕, 林 勇利, 伊藤 大洋, 楠本 多聞, 金崎 真聡, 小平 聡, 山内 知也
2. 発表標題 二酸化炭素処理によるPADC検出器の重イオンに対する応答特性の向上
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林 勇利, 伊藤 大洋, 宗 晃汰, 橋本 勇史, 田中 俊裕, 楠本 多聞, 金崎 真聡, 小平 聡, 山内 知也
2. 発表標題 PADC 検出器中の高エネルギーイオントラックの構造分析3
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本 勇史, 田中 俊裕, 林 勇利, 伊藤 大洋, 宗 晃汰, 楠本 多聞, 金崎 真聡, 小平 聡, 山内 知也
2. 発表標題 固体飛跡検出器としてのポリカーボネートが持つ検出感度の深さ依存性
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤 大洋, 橋本 勇史, 林 勇利, 田中 俊裕, 宗 晃汰, 楠本 多聞, 金崎 真聡, 小平 聡, 石川 一平, 山内 知也
2. 発表標題 重合度を調整した PADC 検出器の重イオンに対する感度評価
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中 俊裕, 楠本 多聞, 林 勇利, 橋本 勇史, 宗 晃汰, 伊藤 大洋, 金崎 真聡, 小平 聡, 山内 知也
2. 発表標題 検出閾値近傍におけるポリエチレンテレフタレート of 損傷構造評価3
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山内知也
2. 発表標題 高分子系飛跡検出器中イオントラックの構造と形成機構
3. 学会等名 日本原子力学会2022年春の年会、固体飛跡検出器研究の進展と展望
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤 大洋, 橋本 勇史, 林 勇利, 田中 俊裕, 宗 見汰, 楠本 多聞, 金崎 真聡, 小平 聡, 石川 一平, 山内 知也
2. 発表標題 重合度を調整したPADC検出器の重イオンに対する感度評価2
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宗 見汰, 橋本 勇史, 田中 俊裕, 林 勇利, 伊藤 大洋, 楠本 多聞, 金崎 真聡, 小平 聡, 山内 知也
2. 発表標題 二酸化炭素処理による PADC 検出器の重イオンに対する 応答特性の向上 2
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022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	楠本 多聞 (Kusumoto Tamon) (90825499)	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・放射線医学研究所 計測・線量評価部・研究員 (82502)	

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		
フランス	University of Strasbourg		