

令和 6 年 5 月 29 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K14505

研究課題名（和文）新たな膜内電圧制御に基づくイオンチャネル解析プラットフォームの創生

研究課題名（英文）Construction of a novel ion channel analysis platform based on intramembrane voltage regulation

研究代表者

小宮 麻希 (Komiya, Maki)

東北大学・電気通信研究所・特任助教

研究者番号：00826274

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：我々は人工細胞膜系において膜平行電圧という新たな入力パラメータを導入することにより、生体維持に必要な活動電位の発生に關与する膜タンパク質“イオンチャネル”の活性の向上に繋がることを発見した。さらに、膜平行電圧の作用原理を膜物性の観点から解明するべく、新たに人工細胞膜系と蛍光イメージング系を融合したシステムの構築に取り組み、その基盤を確立することに成功した。このシステムを用いることで、今後、膜平行電圧印加による膜物性への影響を可視化できると期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、イオンチャネルの機能測定においては膜貫通方向に電圧を印加することが数十年にわたり当然とされてきたため、膜平行電圧は今まで見落とされてきた概念であり、この新たな制御因子の導入はイオンチャネル機能解析に技術的革新をもたらす可能性を秘めている。膜平行電圧を導入したイオンチャネル電流測定系を確立・汎用化させるためには、その作用原理の解明は必須となるが、本研究によって人工細胞膜蛍光イメージングシステムの基盤を確立したため、膜平行電圧印加時の膜物性への影響を調査するための土台は整った。今後、膜平行電圧の作用原理を膜物性の観点から明らかとすることで、本系の汎用化・実用化が進むと期待される。

研究成果の概要（英文）：We discovered that the introduction of a new input parameter, membrane-lateral voltage, in an artificial cell membrane system could enhance the activity of the transmembrane proteins “ion channels”, which are involved in the generation of action potential essential for maintaining living organisms. In addition, to elucidate the mechanism of how membrane-lateral voltage acts on ion channels from the viewpoint of membrane properties, we developed a new system that integrates an artificial cell membrane system and a fluorescence imaging system, and succeeded in establishing the foundation of the hybrid system. This system is promising for visualizing the effects of lateral voltage application on membrane properties in the future.

研究分野：生体分析化学

キーワード：人工細胞膜 イオンチャネル 蛍光イメージング 膜物性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

細胞の内外を隔てる境界である細胞膜は、両親媒性のリン脂質の疎水部が向かい合うようにして配列した脂質二分子膜から形成される。この脂質二分子膜は、わずか4~5 nmという微小な厚さにも関わらず非常に高い絶縁性を有することから電子デバイス材料としても着目されており、人工的に細胞膜を模した測定系が様々に開発・改良されてきた。従来、こうした人工細胞膜系を用いた電気的特性の測定においては、膜に対し垂直な方向に電圧を印加して膜貫通電流を計測する手法が一般的であった。一方、我々は、全く新しいアプローチとして、膜垂直電圧に加えて膜に対し平行方向へも電圧を印加した場合の膜貫通電流への効果に着目した。半導体微細加工技術によって微小孔をあけたSiチップ上に電極を形成することで、脂質二分子膜内に膜平行電圧を印加可能な膜支持体を作製し、その微小孔中で有機太陽電池の材料であるフルーレン誘導体PCBMを含有させた人工細胞膜を形成後、膜平行電圧を印加したところ、PCBM由来の光誘起電流が大きく増幅される現象を見出した[1]。しかし、なぜ膜平行電圧を印加することで電流増幅が促されたのか、その作用メカニズムは依然として不明のままである。また、創薬において重要視されている膜タンパク質「イオンチャネル」へと膜包埋対象を展開した場合に、イオンチャネルによってイオンが膜輸送された際に生じる膜貫通電流(チャンネル電流)の測定において膜平行電圧が有効な入力パラメータとなるのか、その応用可能性も未知数である。

2. 研究の目的

本研究では、膜平行電圧がどのように膜内に包埋された物質に対して作用しているのか、そのメカニズムを解明する。また、イオンチャネル膜タンパク質を包埋した人工細胞膜に対して膜平行電圧印加による効果を検証することで、チャンネル電流測定における膜平行電圧の有用性を明らかとするとともに、薬剤スクリーニングなどの創薬応用へ向けて膜平行電圧を新基軸とした新たなイオンチャネル機能解析プラットフォームの構築を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、脂質単分子膜貼り合わせ法に基づく人工脂質二分子膜の形成方法をベースに用いた。この方法では、微細孔を有する膜支持体が垂直に配置されるようにチャンバーで挟み、膜支持体の両側において微細孔よりも下の位置までバッファーを加える。そのバッファーの水面上に脂質溶液を滴下することで、脂質単分子膜を界面において形成する。その後、水面を上昇させることによって、微細孔内において脂質単分子膜を貼り合わせることで人工的に脂質二分子膜を形成する、といった手法となる。

膜平行電圧印加によるイオンチャネルへの効果を評価するにあたり、イオンチャネルの膜への包埋のしやすさの観点から、人工細胞膜系において広く用いられている膜支持体材料であるテフロンフィルムを基板として、その表面に電極を付与した膜平行電圧印加デバイスの作製を行った。テフロンフィルム上において微細孔を電気スパークによって形成し、その微細孔にかかるようにしてTi電極をElectron Beam (EB)法により蒸着した。そして、膜平行電圧源との接触部である上部のTi電極を除く領域に対し、バッファー中への電流リークを防止するために絶縁物質であるSiO₂をEB蒸着することで電極を覆った。この電極を付与した膜支持体上において人工脂質二分子膜を形成後、標的とするイオンチャネルを含有したプロテオリポソームを滴下し、人工脂質二分子膜内に標的イオンチャネルを包埋した。膜支持体上部の露出したTi電極に膜平行電圧源である直流電源を接続することで、標的イオンチャネルを包埋した人工脂質二分子膜に対し膜平行電圧の印加を行い、そのチャンネル電流応答から膜平行電圧印加の効果を評価した。

膜平行電圧の作用メカニズムの解明を行うにあたり、膜平行電圧印加による膜物性への影響に着目し、膜物性変化を蛍光プローブを用いて可視化するべく、人工細胞膜系と蛍光イメージング系の融合系の構築を行った。脂質単分子膜貼り合わせ法によって形成した人工細胞膜は垂直方向に形成されているため、側面方向から脂質二分子膜を観察する必要がある。既存の正立・倒立顕微鏡システムを回転することは困難なことから、側面方向からの観察が可能な自作のイメージングシステムを設計し、構築した。このイメージングシステムを用いて人工脂質二分子膜を形成し、画像撮影を行った。

4. 研究成果

(1) 電位依存性ナトリウムイオンチャネル膜タンパク質を包埋した人工脂質二分子膜において、従来の膜垂直電圧のみではチャンネル活性の低下によって検出されなくなったチャンネル電流応答が、膜平行電圧を印加することによって頻繁に検出されることを確認した(図1)。さらに、この電流応答がナトリウムイオンチャネル由来であることの実証を得るべく、ナトリウムイオンチャネルの阻害剤であるテトロドトキシンを膜平行電圧印加条件下において添加する実験を行ったところ、頻繁に検出されていた電流応答が阻害剤添加によって抑制される様子が観測された。また、チャンネルを含まない脂質二分子膜に膜平行電圧を印加しても、電流値は変化しなかった。これらの結果は、膜平行電圧印加によって誘起された電流応答がナトリウムイオンチャネル由来であることを示唆している。以上より、膜平行電圧という新たな入力パラメータが生体維持

に重要な役割を担う電位依存性イオンチャネルのチャネル電流応答の測定効率を大幅に向上させる可能性を見出した。これは、イオンチャネル電流測定系、ひいてはイオンチャネルを標的とした薬剤スクリーニング系の飛躍的な技術向上のための展開性・応用性を期待させるものである。この成果は、学術誌[2]にて発表した。

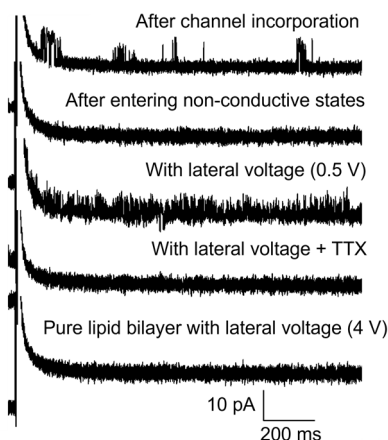


図 1. 膜平行電圧印加によるナトリウムイオンチャネルの活性向上の結果. 引用文献[2]より改変して転載. Copyright The Royal Society of Chemistry 2022.

(2) 膜平行電圧の作用メカニズムの解明に向けて、脂質単分子膜貼り合わせ法に基づく人工細胞膜系とイメージング系（明視野および蛍光観察）の融合システムの構築を行った。高輝度のLED照明を光学系に導入することにより、図2のように鮮明な人工脂質二分子膜の明視野画像を取得することに成功した。白い境界線で囲まれた楕円部分が人工脂質二分子膜である。膜形成の際には、脂質二分子膜の安定化のために有機溶媒のn-ヘキサデカンを微細孔周辺に塗布するが、n-ヘキサデカン領域と脂質二分子膜領域との境界線が、白く光って見えている。また、この脂質二分子膜中への蛍光プローブ分子の導入方法も確立し、蛍光観察を進めている。従って、膜平行電圧の作用メカニズム解明のための評価基盤システムを確立することに成功した。今後、種々の膜物性に応じた蛍光イメージングを適用することで、膜平行電圧印加による膜物性への影響を評価することが可能になると見込まれる。

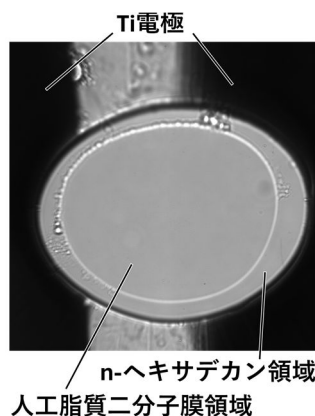


図 2. 人工細胞膜蛍光イメージングシステムを用いて撮影した人工脂質二分子膜の明視野画像.

(3) 研究遂行の中で、電極を付与した膜支持体において、膜平行電圧源との接触部であるTi電極部が膜平行電圧印加に伴って酸化し、接触抵抗が増大する問題が発覚した。接触抵抗が増大すると、膜平行電圧を脂質二分子膜内に印加することが困難となる。膜平行電圧印加による膜物性の経時変化を追跡するためには、膜平行電圧を長時間にわたり印加する必要があることから、酸化が生じないAuを電極材料に用いた新たな膜平行電圧印加デバイスの作製を行った（図3）。作製したAu電極を付与した膜支持体を用いて長時間にわたり膜平行電圧印加を行っても、接触抵抗値が増大しないことを確認し、また、問題なく人工脂質二分子膜を形成できることも確認した。従って、膜平行電圧印加デバイスにおける電極寿命の短さの問題を解決することに成功した。



図 3. Au電極を付与した膜支持体の外観写真.

(4) イオンチャネル活性の度合いをチャネル電流応答から定量的に評価するにあたり、電流値のベースライン変動やS/N比の低さ、及びチャネル電流応答であることを区別する閾値の設定の仕方によって出力結果に違いが生じてしまうことが問題となっていた。これらの問題を解決すべく、自動でノイズ除去レベルや閾値を設定してベースライン補正を行う解析アルゴリズムの開発を行い、学術誌[3]にて発表した。この自動解析アルゴリズムの開発により、今後、膜平行電圧印加によるイオンチャネル電流応答の増大の度合いを定量的に評価するための迅速な解析ツールが確立した。

<引用文献>

[1] *ACS Omega*, 4(19), 18299-18303 (2019)
 [2] *Faraday Discussions*, 233, 244-256 (2022)
 [3] *Biophysical Journal*, 122(19), 3959-3975 (2023)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Madoka Sato, Masanori Hariyama, Maki Komiya, Kae Suzuki, Yuzuru Tozawa, Hideaki Yamamoto, Ayumi Hirano-Iwata	4. 巻 122
2. 論文標題 Model-free idealization: Adaptive integrated approach for idealization of ion-channel currents	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Biophysical Journal	6. 最初と最後の頁 3959 ~ 3975
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bpj.2023.08.019	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 Teng Ma, Kaito Watabe, Maki Komiya, Kaoru Hiramoto, Xingyao Feng, Daisuke Tadaki, Ayumi Hirano-Iwata	4. 巻 -
2. 論文標題 Optical Properties of Ultrathin Biohybrid Membranes: Implications for Optoelectronic Applications	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 ACS Applied Nano Materials	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) 10.1021/acsnm.3c04080	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 Hironori Kageyama, Teng Ma, Madoka Sato, Maki Komiya, Daisuke Tadaki, Ayumi Hirano-Iwata	4. 巻 12
2. 論文標題 New Aspects of Bilayer Lipid Membranes for the Analysis of Ion Channel Functions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Membranes	6. 最初と最後の頁 863 ~ 863
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/membranes12090863	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 Teng Ma, Madoka Sato, Maki Komiya, Kensaku Kanomata, Takaya Watanabe, Xingyao Feng, Ryusuke Miyata, Daisuke Tadaki, Fumihiko Hirose, Yuzuru Tozawa, Ayumi Hirano-Iwata	4. 巻 233
2. 論文標題 Lateral voltage as a new input for artificial lipid bilayer systems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Faraday Discussions	6. 最初と最後の頁 244 ~ 256
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1FD00045D	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32件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 11件）

1. 発表者名 Hironori Kageyama, Madoka Sato, Maki Komiya, Teng Ma, Ayumi Hirano-Iwata
2. 発表標題 Construction of a novel evaluation system for specific capacitance of artificial bilayer lipid membranes
3. 学会等名 ACS Fall 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小宮麻希, 佐藤まどか, 陰山弘典, 馬騰, 但木大介, 山本英明, 平野愛弓
2. 発表標題 膜平行電圧を入力を導入した人工細胞膜に基づくイオンチャネル機能計測システムの開発
3. 学会等名 第5回生体膜デザインコンファレンス (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小宮麻希, 佐藤まどか, 陰山弘典, 馬騰, 但木大介, 山本英明, 平野愛弓
2. 発表標題 人工細胞膜を用いた膜平行電圧に基づくイオンチャネル機能計測
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤まどか, 陰山弘典, 小宮麻希, 鹿又健作, 馬騰, 但木大介, 廣瀬文彦, 平野愛弓
2. 発表標題 人工脂質二分子膜に対する膜平行電圧の作用機構の解明
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 陰山弘典, 安藤大貴, 佐藤まどか, 小宮麻希, 但木大介, 馬騰, 平野愛弓
2. 発表標題 膜タンパク質の新制御因子「膜平行電圧」の作用範囲の可視化
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tatsuya Nomoto, Maki Komiya, Shunsuke Nomura, Teng Ma, Daisuke Tadaki, Hideaki Yamamoto, Yuzuru Tozawa, Ayumi Hirano-Iwata
2. 発表標題 Development of an efficient fabrication process for more stable devices for the application of intramembrane lateral voltage to artificial cell membrane systems
3. 学会等名 2023年日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 野村駿介, 野本達也, 小宮麻希, 但木大介, 平野愛弓
2. 発表標題 絶縁ポリマー層を用いた新規膜平行電圧印加チップの作製と評価
3. 学会等名 化学とマイクロ・ナノシステム学会第48回研究会 (CHEMINAS48)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ayumi Hirano-Iwata, Madoka Sato, Teng Ma, Maki Komiya, Daisuke Tadaki, Hideaki Yamamoto
2. 発表標題 Lipid bilayers as nm-thick platforms for signal transduction
3. 学会等名 14th International Workshop on Nanostructures & Nanoelectronics (IWNN-14) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 野本達也, 小宮麻希, 野村駿介, 馬騰, 但木大介, 山本英明, 戸澤謙, 平野愛弓
2. 発表標題 人工細胞膜系における膜側方電圧印加デバイスの効率的作製プロセスの開発
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 小宮麻希, 佐藤まどか, 鹿又健作, 陰山弘典, 馬騰, 但木大介, 山本英明, 戸澤謙, 廣瀬文彦, 庭野道夫, 平野愛弓
2. 発表標題 膜平行電圧制御を導入した人工細胞膜系の構築
3. 学会等名 第3回生体膜デザインコンファレンス
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Madoka Sato, Maki Komiya, Kensaku Kanomata, Teng Ma, Daisuke Tadaki, Fumihiko Hirose, Ayumi Hirano-Iwata
2. 発表標題 Development of a novel planar lipid bilayer system that enables application of a lateral voltage as a new input for the functional analysis of ion channels
3. 学会等名 ACS Fall 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Madoka Sato, Maki Komiya, Kensaku Kanomata, Teng Ma, Daisuke Tadaki, Fumihiko Hirose, Ayumi Hirano-Iwata
2. 発表標題 Fabrication of a novel Teflon film that enables the application of the lateral voltage as a new input for the functional analysis of ion channels based on planar lipid bilayers
3. 学会等名 The 22nd International Vacuum Congress (IVC-22) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 島田佳和, 陰山弘典, 佐藤まどか, 小宮麻希, 馬騰, 平野愛弓
2. 発表標題 膜電位感受性色素に基づく人工細胞膜内電界の蛍光観察系の構築
3. 学会等名 第4回生体膜デザインコンファレンス
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野村駿介, 渡辺恭也, 佐藤まどか, 小宮麻希, 馬騰, 但木大介, 平野愛弓
2. 発表標題 膜平行電圧測定系の長寿命化とイオンチャネル機能評価への応用
3. 学会等名 第4回生体膜デザインコンファレンス
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Madoka Sato, Masanori Hariyama, Maki Komiya, Ayumi Hirano-Iwata
2. 発表標題 Development of an adaptive automatic analysis system for biological time-series binary signal
3. 学会等名 令和4年度共同プロジェクト研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ayumi Hirano-Iwata, Madoka Sato, Masanori Hariyama, Maki Komiya, Hideaki Yamamoto
2. 発表標題 An adaptive automatic system for analyzing single channel currents
3. 学会等名 The 11th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer (BFBC2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤まどか, 張山昌論, 小宮麻希, 平野愛弓
2. 発表標題 Kalman filterとGaussian Mixture Model clusteringに基づく単一イオンチャネル電流のための適応的自動解析アルゴリズムの開発
3. 学会等名 2022年度 電子部品・材料研究会 (CPM) 若手ミーティング
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 陰山弘典, 小宮麻希, 馬騰, 平野愛弓
2. 発表標題 人工細胞膜系と顕微鏡観察系の融合による特性膜容量評価手法の確立
3. 学会等名 2022年度 電子部品・材料研究会 (CPM) 若手ミーティング
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ayumi Hirano-Iwata, Madoka Sato, Masanori Hariyama, Maki Komiya, Hideaki Yamamoto
2. 発表標題 An adaptive automatic method for idealization of single-channel currents
3. 学会等名 13th International Workshop on Nanostructures & Nanoelectronics (IWNN-13) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤まどか, 張山昌論, 小宮麻希, 平野愛弓
2. 発表標題 単一イオンチャネル電流データに対する適応的自動解析システムの開発
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 陰山弘典, 小宮麻希, 馬騰, 平野愛弓
2. 発表標題 特性膜容量評価のための人工細胞膜イメージング系の構築
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 R. Miyata, D. Tadaki, D. Yamaura, S. Araki, M. Sato, M. Komiya, T. Ma, H. Yamamoto, M. Niwano, A. Hirano-Iwata
2. 発表標題 Solvent-free lipid bilayer microarray for parallel recordings of transmembrane hERG channel activities
3. 学会等名 2021 International Conference on Solid State devices and materials (SSDM2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤まどか, 小宮麻希, 鹿又健作, 馬騰, 但木大介, 廣瀬文彦, 平野愛弓
2. 発表標題 人工脂質二重膜内電界制御に基づく新規イオンチャネル機能評価システムの構築
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 小宮麻希, 佐藤まどか, 鹿又健作, 渡辺恭也, 安藤大貴, 陰山弘典, 馬騰, 横田滯央, 但木大介, 山本英明, 戸澤讓, 廣瀬文彦, 庭野道夫, 平野愛弓
2. 発表標題 膜内電圧制御に基づく新たな人工細胞膜イオンチャネル解析系の構築
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Sato, M. Komiya, K. Kanomata, T. Ma, D. Tadaki, F. Hirose, A. Hirano-Iwata
2. 発表標題 Development of a novel artificial lipid bilayer system that enables applying a lateral voltage as a new input for ion channel analysis
3. 学会等名 The 4th International Workshop on Symbiosis of Biology and Nanodevices (The 4th IWSBN) (The 174th Committee JSPS) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺恭也, 佐藤まどか, 小宮麻希, 鹿又健作, 馬騰, 但木大介, 廣瀬文彦, 平野愛弓
2. 発表標題 人工脂質二分子膜系の新入力としての膜平行電圧の導入
3. 学会等名 2021年日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小宮麻希
2. 発表標題 「膜貫通電圧」と「膜平行電圧」の制御に基づく人工細胞膜バイオ分析手法の開発
3. 学会等名 令和3年度東日本分析化学若手交流会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 R. Miyata, D. Tadaki, D. Yamaura, S. Araki, M. Sato, M. Komiya, T. Ma, H. Yamamoto, M. Niwano, A. Hirano-Iwata
2. 発表標題 Development of solvent-free lipid bilayer microarray for parallel recordings of transmembrane hERG channel activities
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science (ISSS9) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名	M. Komiya, R. Yokota, M. Sato, D. Tadaki, H. Yamamoto, Y. Tozawa, M. Niwano, A. Hirano-Iwata
2. 発表標題	Development of a bio-device for the analysis of ion channel activities based on artificial bilayer lipid membranes
3. 学会等名	The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2021) (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	M. Sato, M. Komiya, K. Kanomata, T. Ma, D. Tadaki, F. Hirose, A. Hirano-Iwata
2. 発表標題	Construction of novel ion channel analytical system using artificial lipid bilayer based on intramembrane electric fields
3. 学会等名	The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2021) (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	小宮麻希, 安藤大貴, 陰山弘典, 渡辺恭也, 佐藤まどか, 馬騰, 鹿又健作, 廣瀬文彦, 平野愛弓
2. 発表標題	脂質二分子膜内における電界測定のための蛍光イメージング系の構築
3. 学会等名	2021年度電子部品・材料研究会 (CPM)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	陰山弘典, 安藤大貴, 渡辺恭也, 小宮麻希, 馬騰, 平野愛弓
2. 発表標題	電位依存性イオンチャネルの動作機構解明を目指した人工細胞膜内電界の蛍光イメージング系の構築
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
--	---------------------------	-----------------------	----

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	Beijing Institute of Technology			