

様 式 Z - 7

平成 2 8 年度科学研究費助成事業 実績報告書 (研究実績報告書)

1. 機関番号

1	4	6	0	3
---	---	---	---	---

 2. 研究機関名 奈良先端科学技術大学院大学
3. 研究種目名 基盤研究(B) (一般) 4. 研究期間 平成 2 5 年度 ~ 平成 2 9 年度
5. 課題番号

2	5	2	8	8	0	7	7
---	---	---	---	---	---	---	---
6. 研究課題名 ハイブリッド人工細胞膜セラソームを用いる分子通信インターフェースの構築と情報伝達

7. 研究代表者

研究者番号	研究代表者名	所属部局名	職名
9 0 1 5 3 0 5 6	キクチ ジュンイチ 菊池 純一	物質創成科学研究科	教授

8. 研究分担者

研究者番号	研究分担者名	所属研究機関名・部局名	職名

9. 研究実績の概要

本研究では、生物が分子と電子の両者を情報キャリアに用いて優れた情報伝達を達成していることに鑑み、これまで我々が推進してきた分子を情報キャリアとする人工の情報処理システム、いわゆる「分子通信システム」において、分子情報と電子情報の相互変換が可能なインターフェースを人工細胞膜で構築し、高次情報伝達系を創出することを目指している。平成 2 8 年度は、以下の成果が得られた。

1. 分子通信インターフェースにおける情報変換の機能拡張： 分子通信インターフェースにおいてセラソームと複合化させるレドックス分子としては、西洋わさびペルオキシダーゼや疎水性ビタミンB12誘導体が有効であることを前年度までに明らかにしてきたが、ヘモグロビンやコレステロールオキシダーゼを集積化したセラソームを用いても、分子情報を電子情報に効率よく変換する分子通信インターフェースが構築できることを新たに見出した。また、レドックス分子として疎水性ビタミンB12を集積化したセラソームでは、セラソーム形成脂質の分子骨格中に導入する酸解離基の種類を変えることで、疎水性効果と静電効果にもとづくセラソームの分子認識特性を反映して、分子情報から電子情報への選択的増幅変換が達成された。

2. 分子通信インターフェースを構成する分子送受信機間の情報伝搬機能の制御： セラソームの高い構造安定性は、分子通信インターフェースにおける情報変換には極めて有効であるが、膜融合を伴う情報伝搬には不利にはたらく。このジレンマを解決するために、アミノ酸残基をもつ合成ペプチド脂質とセラソーム形成脂質をハイブリッド化することで、電極上への集積化が可能で且つ膜融合能をもつセラソームを新たに開発した。また、このハイブリッドセラソームにビリジンスクレオチドのレドックス分子ユニットを導入することで、分子情報伝搬にレドックス応答性を賦与できることを明らかにした。

10. キーワード

- (1) 人工細胞膜 (2) セラソーム (3) 分子通信 (4) 情報伝達
- (5) 分子認識 (6) (7) (8)

(注) ・印刷に当たっては、A 4 判 (縦長) ・両面印刷すること。

11. 現在までの進捗状況

(区分)(2) おおむね順調に進展している。

(理由)

平成28年度に計画していた、分子通信インターフェースにおける情報変換の機能拡張に関しては、セラソームに様々なレドックス分子を複合化したインターフェースの作製が可能であることを実証し、分子情報から電子情報への選択的かつ効率的変換に汎用性があることを明らかにした。さらに、セラソームの構造安定性をチューニングすることで、基板上でのベシクル形態を保ちつつも膜融合能を有するハイブリッドセラソームを新たに開発し、送受信機間の膜融合を伴う情報伝搬と分子通信インターフェースでの情報変換を連動できる分子システム構築の可能性を示した。以上のことから、本研究はおおむね順調に進展していると判断される。

12. 今後の研究の推進方策 等

(今後の推進方策)

最終年度にあたる平成29年度は、基本的には当初計画に従い、以下の観点から研究を推進する。

1. 分子通信システムにおける情報伝搬と情報変換の連動
人工細胞膜を用いる分子通信では、分子送信機からの膜分裂による分子情報の発信、分子送信機と分子受信機間の分子情報の選択的伝搬、分子受信機への膜融合による分子情報の着信、分子受信機を装着した分子通信インターフェースにおける分子情報から電子情報への選択的増幅変換、という個々のプロセスが動作可能であることをこれまで実証してきた。最終年度においては、これらのプロセスのさらなる機能向上に加えて、これら一連のプロセスを連動させるシステムの構築を行う。具体的には、前年度に開発したハイブリッドセラソームを送受信機及び分子カプセルに用いて、膜分裂や膜融合を伴った分子情報の伝搬を外部シグナルで制御し、これに分子通信インターフェースにおける分子情報から電子情報へ選択的増幅変換を連動できる分子システムの構築を目指す。
2. 分子通信と電子情報通信を組み合わせた次世代情報通信技術の開発指針の探求
本研究の成果をまとめて体系化し、分子通信という新たな情報通信パラダイムの有用性を明らかにするとともに、電子情報処理にもとづく現在の情報通信技術との融合によって次世代情報通信技術を開発するための設計指針を提示する。

(次年度使用額が生じた理由と使用計画)

(理由)

今年度の研究は、当初計画に沿って順調に成果をあげることができたが、経費使用にあたっては、現有の消耗品等を有効に活用することで節約を行い、学術研究助成基金助成金については未使用額を次年度の研究経費に使用できるよう工夫した。

(使用計画)

本研究は4年目が終了したが、今後1年間継続する研究であるので、学術研究助成基金助成金の未使用額は、次年度の研究成果をさらに拡張するための新たな物品購入や、研究成果を広く世界に発信するための旅費等に充てる計画である。

(課題番号： 25288077)

(注) ・印刷に当たっては、A4判(縦長)・両面印刷すること。

(2 / 6)

13. 研究発表（平成 28 年度の研究成果）

〔雑誌論文〕 計（2）件 / うち査読付論文 計（2）件 / うち国際共著論文 計（2）件 / うちオープンアクセス 計（0）件

著者名		論文標題				
D. Liu, Q. Zhuang, L. Zhang, H. Zhang, S. Wu, J. Kikuchi, Z. Han, Q. Zhang, and X.-M. Song		Self-assembly of Novel Fluorescent Quantum Dot-Cerasome Hybrid for Bioelectrochemistry				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
Talanta	有	154	2016	31-37	該当する	
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）						
10.1016/j.talanta.2016.03.039						
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						

著者名		論文標題				
S. Wu, J. Chen, D. Liu, Q. Zhang, Q. Pei, L. Xia, Q. Zhuang, J. Kikuchi, Y. Hisaeda, and X.-M. Song		A Biocompatible Cerasome Based Platform for Direct Electrochemistry of Cholesterol Oxidase and Cholesterol Sensing				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
RSC Advances	有	6	2016	70781-70790	該当する	
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）						
10.1039/c6ra06368c						
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						

〔学会発表〕 計（7）件 / うち招待講演 計（1）件 / うち国際学会 計（0）件

発表者名		発表標題	
菊池純一		情報伝達機能をもつバイオミメティック超分子システムの創出に関する研究	
学会等名	発表年月日	発表場所	
第10回有機電子系シンポジウム（招待講演）	2016年12月16日～ 2016年12月17日	あうる京北（京都府京都市右京区）	

発表者名	発表標 題	
吉田伊織, 宋 溪明, 菊池純一	レドックス酵素を集積したハイブリッドセラソームの作製と機能	
学 会 等 名	発表年月日	発 表 場 所
第10回有機 電子系シンポジウム	2016年12月16日 ~ 2016年12月17日	あうる京北 (京都府京都市右京区)

発表者名	発表標 題	
中山 恵, 山川将弘, 安原主馬, 菊池純一	NAD活性をもつハイブリッドセラソームの作製と機能	
学 会 等 名	発表年月日	発 表 場 所
第10回有機 電子系シンポジウム	2016年12月16日 ~ 2016年12月17日	あうる京北 (京都府京都市右京区)

発表者名	発表標 題	
山川将弘, 山崎 拓, 田原圭志朗, 久枝良雄, 宋 溪明, 菊池純一	pH応答性セラソームの膜物性とレドックス挙動	
学 会 等 名	発表年月日	発 表 場 所
第10回有機 電子系シンポジウム	2016年12月16日 ~ 2016年12月17日	あうる京北 (京都府京都市右京区)

発表者名	発表標 題	
川中智香子, 田原圭志朗, 久枝良雄, 宋 溪明, 菊池純一	カチオン性セラソームによる分子通信インターフェースの構築	
学 会 等 名	発表年月日	発 表 場 所
第10回有機 電子系シンポジウム	2016年12月16日 ~ 2016年12月17日	あうる京北 (京都府京都市右京区)

発 表 者 名	発 表 標 題	
吉田伊織, 中山 恵, 安原主馬, 菊池純一	レドックス活性をもつハイブリッドセラソームの作製	
学 会 等 名	発 表 年 月 日	発 表 場 所
日本化学会第97春季年会	2017年03月16日 ~ 2017年03月19日	慶応義塾大学 (神奈川県横浜市港北区)

発 表 者 名	発 表 標 題	
山川将弘, 川中智香子, 宋 溪明, 久枝良雄, 菊池純一	セラソーム/ビタミンB12ナノハイブリッドによる選択的分子情報変換	
学 会 等 名	発 表 年 月 日	発 表 場 所
日本化学会第97春季年会	2017年03月16日 ~ 2017年03月19日	慶応義塾大学 (神奈川県横浜市港北区)

〔図書〕 計(0)件

著 者 名	出 版 社		
書 名	発 行 年	総ページ数	

14. 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

〔出願〕 計(0)件

産業財産権の名称	発明者	権利者	産業財産権の種類、番号	出願年月日	国内・外国の別

〔取得〕 計(0)件

産業財産権の名称	発明者	権利者	産業財産権の種類、番号	取得年月日	国内・外国の別
				出願年月日	

15. 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

国際研究集会名	開催年月日	開催場所

16. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

(1) 国際共同研究：国際共同研究である

共同研究相手国	相手方研究機関			
China	Liaoning University	Peking University	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-				

17. 備考

--