

二国間交流事業 共同研究報告書

令和5年4月10日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[日本側代表者所属機関・部局]
国立大学法人長岡技術科学大学・工学研究院・機
械系
[職・氏名]
准教授・溝尻 瑞枝
[課題番号]
JPJSBP 120204807

1. 事業名 相手国: ロシア (振興会対応機関: RFBR)との共同研究

2. 研究課題名

(和文) フェムト秒レーザー還元焼結を利用したフレキシブルバイオセンサの開発

(英文) Development of flexible sensors for bioanalytes using femtosecond laser reductive sintering

3. 共同研究実施期間 2020年4月1日～2023年3月31日 (3年 ヶ月)【延長前】 2020年4月1日～2022年3月31日 (2年 ヶ月)

4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

Saint Petersburg State University, Associate Professor, Ilya I.

Tumkin

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額	4,750,000 円	
内訳	1年度目執行経費	2,375,000 円
	2年度目執行経費	2,375,000 円
	3年度目執行経費	円

6. 共同研究実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	8名
相手国側参加者等	8名

* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目	0	0	(0)
2年度目	0	0	(0)
3年度目	0	0	(0)

* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣:委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。
受入:相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は委託費で滞在費等を負担した内数。

8. 研究交流の概要・成果等

(1)研究交流概要(全期間を通じた研究交流の目的・実施状況)

本申請研究の目的は、大気中で簡便にセンサ作製できるプロセスの実現にあり、これまで本国研究者(長岡技術科学大学, NUT)が培ってきたフェムト秒レーザー還元直接描画法を、相手国研究者(St. Petersburg State University, SPBU)が研究開発中のフレキシブルバイオセンサ作製へ適用する。新型コロナのため渡航ができなかったため、2020年度、2021年度は日本とロシア間でサンプルをやり取りして研究を遂行した。具体的には、日本ではフェムト秒レーザー還元焼結によりバイオセンサ用の電極を描画形成し、それをロシアに送付して電気化学的手法によりグルコースの検出特性を明らかにした。これらの成果を1ヶ月に1度程度、オンライン会議により進捗を共有した(図1)。2022年度は10月以降、本学の海外渡航が許可されたが、2022年2月のウクライナ侵攻のためロシアへの渡航は叶わず、サンプル送付も不可能になったため、電気化学特性評価法をロシア研究者からオンラインで実験作業を共有しながら修得した。



図1 オンライン打合せの様子

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

本国研究者がこれまで培ってきたCuOナノ粒子ペースト(CuOナノ粒子、還元剤、分散剤の混合溶液)調製の知見を基にNiO、Co₃O₄ナノ粒子ペーストを新たに調製し、Cu、Ni、Coとこれら合金を含む各種電極を大気中でガラス及びフレキシブルPolyethylene naphthalate(PEN)フィルム上へフェムト秒レーザー還元により描画形成した(@NUT)。基板へのダメージなく、Cu、Ni、Coの還元描画が

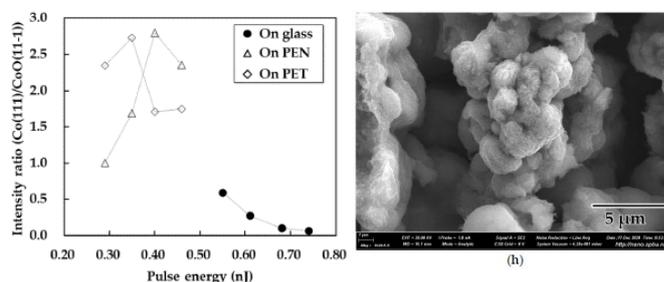


図2 パターンの還元度(左図)と表面(右図)

実現できた(図2, M. Mizoshiri, *et al.*, *Nanomaterials*, 11 (2021) 3356 にて公表)。雰囲気制御による高還元度化の可能性も明らかにした(吉富他, 電気学会令和2年度E部門総合研究会「マイクロマシン・センサシステム研究会」2020年7月7日発表)。

更に、CuOナノ粒子インクにおける、ナノ粒子の粒度分布を制御し、ガウス型と双峰型の2種類のインクを調製し、異なる焼結密度を有するCu系電極を作製した。その結果、焼結密度が低く比表面積の大きなガウス型粒度分布のインクを利用したほうがグルコース検出感度は向上することを明らかにした(K. Yoshidomi, *et al.*, *MHS2022*, 2022年11月29日発表)。また、Cu/Cu₂O混合比が検出感度に大きく寄与することも明らかにした(駒津他, 7th STI-GIGAKU2022 2022年11月18日発表。Best Research Award by Sumitomo Riko Company Limited 受賞。)

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学術交流することによって得られた成果)

我々の専門はフェムト秒レーザー還元焼結による金属・金属酸化物の直接描画プロセスであり、その一つの応用として、相手国研究者が研究開発中のフレキシブルバイオセンサ作製へ展開できた。本共同研究を通して、電気化学的な分析方法を習得し、新たにグルコース検出へ応用することができた。これらの成果は、我々の材料

加工と、相手国研究者の電気化学的測定方法の両面から論文執筆を行い、期間中に国際共著論文として2報、学会発表13件(国内9件、国外4件)として公表した。

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

新型コロナに加え、ウクライナ侵攻のため、本事業中には一度も渡航することができない状況の中で、国際共同研究を進め、国際共著の論文による成果を発表した。このような状況下においても国際社会の中において、日本の科学技術の発展を止めないように努めたことは、現在すぐに目に見える成果としては分からないが、将来的には社会貢献に資する活動ができたと考えている。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取組、成果)

新型コロナによって海外渡航による交流が途絶え、国際会議がオンライン開催になることで世界の研究者との議論が低調になった中、オンラインであるものの1ヶ月に1回程度の深い議論をこの3年間続けたことで、学生のコミュニケーション能力や研究意欲の向上につながったと考えられる。本研究に携わった学生からの博士進学者はいなかったが、本共同研究を超えた内容で相手国研究室とのオンライン交流も実施できた(年1回程度実施)。相手国研究室では多くの博士課程の学生が所属しており、進学への抵抗感が低下したためか研究室としては博士在学者が増加した(計2名)。1年延長した3年目(2022年度)は、ウクライナ侵攻のため、相手国研究者や学生のロシア国外への研究機関・大学への異動についても話すことがあった。学生共々、研究できる環境を享受できることを感謝しながら取り組んだ1年であり、私自身も一層真剣に取り組んだ1年間であった。

(6)将来発展可能性(本事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

相手国(ロシア)研究者がドイツの大学へ異動した。本事業後も、引き続き新所属研究室でも共同研究できるよう交渉し、ドイツのグループとの新たなつながりが生まれた。本事業の共同研究では、グルコース検出の原理確認までを実施したが、汗や血中からの検出への応用には至っていない。今後、実際に装着可能なフレキシブルデバイスの開発を目指し、不純物の多い生体物質中からのグルコース検出に展開する予定である。

(7)その他(上記(2)~(6)以外に得られた成果があれば記載してください)

(受賞) Hirokazu Komatsu, Kyohei Yoshidomi, Mizue Mizoshiri, "Cu electrodes for non-enzymatic glucose detection fabricated by green femtosecond laser reductive sintering", 7th STI-GIGAKU2022, 2022/11/18.

Best Research Presentation Award by Sumitomo Riko Company Limited