

令和 3 年 1 月 26 日

埼玉工業大学大学院工学研究科長殿

学位論文審査委員会

主 査 丹羽 修



副 査 田中睦生



副 査 長谷部靖



副 査 佐藤 進



副 査 矢嶋龍彦



## 学位（博士）論文及び最終試験の審査結果について（報告）

専攻名：博士後期課程 生命環境化学 専攻

学籍番号：1823004

院生氏名：張子鑫 (Zhang Zixin)

論文題目：Development of highly sensitive carnitine biosensor based on cathodic stripping voltammetry (陰極ストリッピングボルタンメトリーに基づく高感度カルニチンバイオセンサの開発)

上記の学位（博士）論文について、令和 3 年 1 月 26 日に審査および最終試験を行い、その結果を下記のとおり報告します。

### 記

#### 1 学位論文の内容の要旨

近年、唾液中のカルニチン量は、膵臓癌等のバイオマーカーとされ、ベンチャー企業などで一次スクリーニングに用いられ始めている。カルニチンの検出には、液体クロマトグラフィーや質量分析 (MS) など従来の分析機器が採用されている。しかしながら、装置が高価でかつ分析手順が複雑である。最近、カルニチン検出では電界効果型トランジスタ (FET) ベースのバイオセンサのみが報告されているが、その検出限界は、必要濃度をはるかに上回っている状況である。そこで本学位論文では、酵素 (カルニチンアセチルトランスフェラーゼ) を修飾した金電極を用いた陰極ストリッピングボルタンメトリー (CSV) 法により高感度のカルニチンバイオセンサを開発した。バイオセンサは、カルニチン、アセチル補酵素 A (アセチル CoA) とカルニチンアセチルトランスフェラーゼとの酵素反応によって生成された CoA を金電極に自己組織化反応により濃縮し、一度に電気化学的に還元するため大きな電流信号が得られ低い検出限界が達成できる。アセチ

ル CoA と CoA はどちらも金電極に吸着されるが、還元脱離の電位差により CoA が選択的に検出される。本研究では、まず市販の金電極をベースにバイオセンサを構築し、 $0.025\mu\text{M}$  の検出限界を達成した。また、共存物質に対して十分な選択性が得られることや、実試料に近い人口唾液中での測定が可能なことを示した。さらなる高性能化とより安価な電極を利用するため、カーボン薄膜電極を DC マグネトロンスパッタ法で形成し、それに金ナノ粒子を修飾した新たな電極を開発した。カーボン薄膜は、DC マグネトロンスパッタ法により形成し、スパッタ中のバイアス電圧を変えることで、膜内の  $\text{sp}^3$  比を変化させ電位窓を広くすることができた。また 4 種の活性種の測定により問題なく電気化学測定が可能なことを確認した。その後、カーボン膜上に電析法により金ナノ粒子を形成し、その表面の酸化還元波から金の表面積を決定した。その後、酵素を修飾しカルニチン測定が可能なことを実証した。

2 審査意見：本審査では、張子鑫氏は、上記 1 の要旨の内容について、3 年間研究を進め、博士（学位）論文として提出した。得られた結果は、センサ関係の世界的な雑誌を含む外部投稿論文（査読付き、英文）に 2 報筆頭著者として掲載され、共著者として他 1 報の英文誌へも掲載されている。1 月 26 日に行われた本審査では、これまでの研究成果について、成果の独自性、意義が明確に分かる様に説明し、研究内容に関する質疑に対しても十分に回答し議論することができたため、優れた結果であったと認められる。よって、張子鑫氏は、博士（工学）の学位を受けるのに十分な資格を有すると認められる。

3 学位に付記する専攻分野の名称（いずれかを○で囲む）

工学

学術

4 学位を授与できるか否かの意見

1) 審査結果（いずれかを○で囲む）

① 学位論文及び最終試験の判定

合格

不合格

2) 意見

審査委員会では、張子鑫氏より学位（博士）申請がなされた学位論文について、審査を行い、本学の学位（博士）審査基準に照らしても、博士の学位授与に十分値するものであるという結論に達し、全会一致で学位論文及び最終試験を合格と判定した。