

論文審査の結果の要旨

氏名 徐木貞

本論文は4章からなる。第1章では研究の背景と目的、第2章では研究で用いた細胞の準備方法と測定手法、第3章では研究で得られた実験結果、第4章では研究の結論を述べている。以下に各章の概要を示す。

第1章では、本研究の背景として、工業廃水に含まれる重金属、その除去方法、特に微生物を用いた除去用法と、その中でも藻類を用いた除去方法に関して述べ、さらに微生物を用いた除去方法を発展させる方法として指向性進化法を概説するとともに、重金属除去効率の高い微生物を創出するために指向性進化法を使用する難しさが示されて、本研究で発見した形態インジケータの重要性が述べられている。

第2章では、本論文で用いられている材料および方法について述べられている。具体的には、ユーグレナ細胞の形状と銅イオン吸収効率の関係を調べるプロトコルに関して概説し、その後、細胞準備方法およびシングルセルに分けてクローンを作製する方法に関して述べられている。また、細胞の撮像に用いたイメージングフローサイトメトリーに関して述べられている。さらに、イメージングフローサイトメトリーにより得られた画像から機械学習を用いて形態的特徴量を抽出する方法と、各クローンの銅イオン吸収率の計測方法、細胞の成長速度と生存率と窒素消費量計測方法に関して述べられている。

第3章では、実験結果が示されている。具体的には、取得した銅イオンにさらされたユーグレナ細胞の画像、その画像から抽出した形態的特徴、銅イオン吸収率の測定結果、形態的特徴と銅イオン吸収率の関連性の解析結果、細胞の成長速度と生存率と窒素消費量の測定結果が示されている。さらに、これらの結果に関する考察について述べられている。これらの中で特に、機械学習を用いた細胞形態解析により、銅イオンにさらされたユーグレナ細胞の形状のアスペクト比の大きなものほど銅イオン吸収率が大きいことを明らかにしている。このことにより、細胞形態が銅イオン吸収率のインジケータとして機能することを示唆することが述べられている。

第4章は、結論であり、本論文の結論と展望が述べられている。

本論文で示された結果は、非侵襲かつ単一細胞レベルで細胞の重金属イオン吸収率を推定できる指標を世界で初めて発見したものであり、学術的意義の大きいものである。また、その発見に際して、世界最先端の高速画像取得装置を用いている点、また、機械学習を用いている点から、技術的にも高度な研究であると言える。

なお、本論文第2章および3章は、Jeffrey Harmon 氏, Dan Yuan 博士, Sheng Yan 博士（当時）, Cheng Lei 教授, 平松光太郎助教, Yuqi Zhou 氏, Mun Hong Loo 氏, 磯崎瑛宏 特任准教授, 合田圭介教授、蓮沼誠久教授との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。