



# 学位論文審査結果の要旨

博士（工学）

申請者 齋藤章史

## 審査委員

主査 教授 有澤準二  
副査 教授 初田 健  
副査 教授 鈴木勝裕  
副査 教授 三澤顕次

## 病原性細菌の培養細胞への感染に及ぼす 静磁場の影響に関する研究

近年のめざましい科学技術の発達に伴い、現在は一般市民（健常者）だけでなく傷病者までもが人工磁場に曝される時代となりつつある。このように人工磁場が人々の身の回りに増えているにもかかわらず、磁場の生体に対する影響、特に人体に対する影響については不明な点が多く、統一的な見解が得られていないのが現状である。このことは人工磁場の被曝による不測の事態が、今後あり得る可能性を示唆している。

本論文はこのような状況に対して、これまでになかった全く新しい視点から、研究対象として2種類の生物間相互作用に対する磁場の影響を取り上げ、詳細な検討をはじめて行ったものである。具体的には、生物間相互の例として感染を取り上げ、これに対する磁場暴露の影響を検討した。また、感染に対する磁場影響を検討する場合には従来の単独細菌培養での栄養条件とは全く異なり、低栄養価の培養液を使用することから、その中での細菌増殖に対する静磁場の影響について基礎的な検討も行っている。本論文の成果は次のように要約される。

第1章では、本論文における研究の目的と意義ならびにその背景を示し、さらに論文の構成を述べている。

第2章では、現在用いられている磁場の暫定的な安全基準について整理し、さらに生体に対する磁場影響について従来の研究報告をまとめ、本研究の立場を明確にしている。

第3章では、本研究の被験生物である細菌について、その一般的な性状および病原性細菌の細胞への感染機序についてまとめている。

第4章では、実験の手順及び使用した機器について述べている。本研究では暴露磁場として150~450mTの静磁場に注目しているが、これは国連世界保健機関(WHO)が変動磁場暴露において50~500mTの磁場が興奮性組織に刺激を与え(健康ハザード)、500mT以上の磁場が心臓の期外収縮や細動を発生させる(急性健康ハザード)との見解を示しているにもかかわらず、静磁場については明確な判断基準がないためである。静磁場での検討に対して変動磁場の見解をそのまま適用できないものの、500mT以上の磁場による急性ハザードよりも、それ以下の強度による慢性的な健康ハザードの問題について検討する方が、より現実的に重要であると考え、450mTの磁場強度を発生する装置を製作し、実験を行っている。

第5章では、微生物としての性質が異なる3種類の細菌を用いて、これらの増殖に対する静磁場の影響について検討している。その結果、静磁場暴露によって細菌の増殖に影響が観察され、その程度が暴露される磁場の強度に依存すること、細菌の種類によって影響が異なることなどを明らかにしている。また、本研究では各測定時刻ごとの細菌数と、こ

れより算出される世代時間の2つの指標をはじめて使用し、細菌の増殖変化を検討している。この世代時間とは細菌数が2倍になるまでの時間として定義されるもので、この導入は本研究の新規性の1つである。この結果、従来から行われている測定時刻ごとの細菌数を直接比較する方法と世代時間を指標とする方法を併用することで、これまでよりも明確に変化を把握することが可能となった。またこの方法により、これまでに報告されている結果でも、未だ確認されていない新しい知見を得ることができた。

次に、大腸菌を培養する培養基の栄養条件を劣悪化させた状態で450mTの静磁場暴露を行っている。至適栄養条件の1/500に栄養価を低下させて細菌の増殖を抑制し、この状態で静磁場を暴露すると、細菌の増殖抑制がより顕著に認められた。このように悪化栄養条件で各種評価を行う手法は、生体への磁場影響を感染という視点から検討する際に、細菌に対して考慮すべき点があることを示したばかりでなく、細菌単体に対する磁場の影響を示した新たな結果として注目すべきものである。

第6章では、本研究の主目的である2種類の生物間に静磁場暴露が及ぼす影響を観察するために、具体的な対象として病原性大腸菌のHeLa細胞への感染について検討している。細胞と細菌の混合培養時に静磁場を暴露すると細胞への付着細菌数が増加し、この現象には200~450mTの間で磁場強度依存性が確認された。これにより、培養細胞と病原性細菌を混合培養する際に静磁場暴露を行うことで、病原性細菌の感染の割合を増加させることをはじめて見出している。また本章では、この静磁場暴露による付着細菌数の増加について、その要因を明らかにするために、培養液への粘性付与や変動磁場の暴露など、混合培養時の物理条件を人為的に変化させている。その結果、付着細菌数が増加したことから、この要因は感染細菌である病原性大腸菌や標的細胞であるHeLa細胞自体の生理的な変化によるものではなく、負電荷を有する病原性大腸菌の移動によって生ずるローレンツ力が加わることで大腸菌の移動距離が増加し、細胞表面に存在する受容体との接触機会が増すためであると推測している。

第7章では、前章で推測された付着細菌数増加の要因をさらに考察するために、ローレンツ力による移動の概算を行い、本現象が磁場の物理的な作用によって起こり得る可能性を示唆している。

第8章は本論文の結論であり、本研究で得られた諸結果を総括している。

これを要するに、著者は静磁場の人体への影響を明らかにするために全く新しい観点から2種類の生物間相互作用に着目し、磁場暴露が培養細胞に対する病原性細菌の感染を強めさせることをはじめて見出した。さらに、この現象の要因は被験生物に対する磁場の生理的な影響によるものではなく、ローレンツ力のような物理的作用によるものであることを示唆したこと、また細菌の増殖に対する磁場の微妙な影響評価を世代時間という新たな指標を導入することにより可能にしたことなど、磁場の安全性とその影響評価について貴重な知見を提供し、環境電磁工学、生体電子工学に貢献すること極めて大である。

よって、著者は博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。