

中間周波磁界の生物影響評価 —小核試験および器官形成期の鶏胚試験の結果—

背景

近年、中間周波（300Hz～10MHz）磁界を利用した様々な電気機器が開発されているが、その健康影響評価のための生物影響研究が不足している。このため、遺伝子に損傷を与え、細胞のがん化を引き起こす遺伝毒性、および、胚・胎児の発生成長時の毒性指標である発生・生殖毒性などの一連の科学的知見の蓄積が望まれている。

目的

遺伝毒性については哺乳類培養細胞を用いた小核試験（図1）により、磁界の影響を明らかにする。また発生毒性については、発生過程のなかでも器官や骨格の成長が進む器官成長期の鶏胚を用いて、磁界の影響を明らかにする。

主な成果

1. 小核形成におよぼす磁界曝露の影響

チャイニーズハムスターの肺から樹立されたV79細胞株に、2kHzで0.91mTrms（ICNIRP参考レベル*1の146倍）、20kHzで1.1mTrms（同176倍）、あるいは60kHzで0.11mTrms（同18倍）の正弦波、垂直磁界を48時間曝露し、小核形成におよぼす影響を検討した。その結果、対照群と磁界曝露群で再現性のある統計学的に有意な変化は認められず、本実験で使用した中間周波磁界には小核形成に影響のないことが明らかとなった（表1上段）。

2. 遺伝毒性物質との複合曝露の影響

試験株に典型的な遺伝毒性物質であるマイトマイシンC（MMC）を添加し、上記3周波の中間周波磁界を48時間曝露した後、磁界曝露の影響について検討した。その結果、対照群と磁界曝露群の小核形成率には、いずれの周波数の磁界を曝露した場合も再現性のある統計学的に有意な差はみられず、本実験で使用した中間周波磁界は遺伝毒性物質の小核形成には影響しないことが明らかとなった（表1下段）。

3. 器官成長期の鶏胚を用いた発生毒性の評価

鶏胚に、20kHz正弦波、1.1mTrmsの垂直磁界を、胚発生開始から11日間連続曝露した。予め化学物質を投与して異常を誘発させた鶏胚にも、同様に磁界を曝露し、実体顕微鏡下で観察した総異常（形態異常と死亡）の出現率を評価した。その結果、対照群と曝露群間で統計学的有意差は認められず、本実験で使用した磁界には、器官形成期の鶏胚において発生毒性のないことが明らかとなった（図2、図3）。

今後の展開

哺乳類培養細胞における遺伝子変異について、また、ヒトに近いげっ歯類における生殖・発生毒性について検討し、中間周波磁界の生物影響評価に資するための科学的知見を提供する。

主担当者 環境科学研究所 電磁界環境領域 上席研究員 中園 聡
環境科学研究所 電磁界環境領域 上席研究員 西村 泉

関連報告書 「中間周波磁界の生物影響評価－哺乳類細胞を用いた小核試験による遺伝毒性評価」電力中央研究所報告：V06007（2007年5月）

「中間周波磁界の生物影響評価－器官成長期鶏胚を用いた発生毒性評価」電力中央研究所報告：V06006（2007年5月）

*1：国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）により定められた公衆への磁界曝露のレベルである。

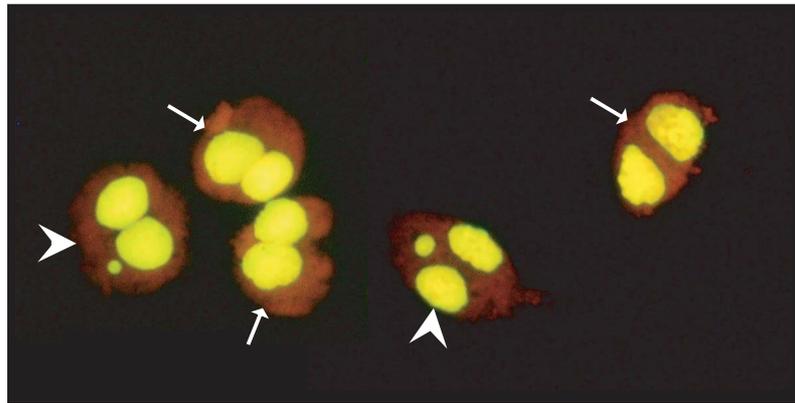


図1 小核試験の概要

- ・典型的な二核細胞および小核の蛍光顕微鏡写真。赤い蛍光が細胞質、黄緑の蛍光が核を示している。
- ・細胞質分裂を阻害しているため、通常の細胞（→）は二核細胞として観察できる。一方、小核が見られる細胞（➤）は染色体の分裂や分配に異常がおきている。
- ・この小核の見られる細胞の割合を小核形成率とし、遺伝毒性の指標とした。本試験では、1曝露条件につき5回以上の試験を行った。また、各試験はn=3とした。1サンプルにつき1000個以上の二核細胞を計数し、曝露群と対照群の小核形成率をt検定により評価した。

表1 小核試験の結果

条件	磁界曝露条件			
	無曝露	2kHz 0.91mTrms	20kHz 1.1mTrms	60kHz 0.11mTrms
変異原なし	0/7	0/5	0/5	0/5
変異原あり (MMC添加)	0/7	2/5(↑↓)	1/5(↓)	0/5

- ・分母に試験回数を示し、分子に小核のある二核細胞数が統計学的に有意 (P<0.05) に変化した回数を示した。() 内には、対照群と比較した変化の増減 (↑:増加、↓:減少) を示した。有意な結果が得られた場合もあったが、いずれも変化の方向性に一貫性がなく、再現性もないため磁界曝露が影響する証拠は得られなかった。

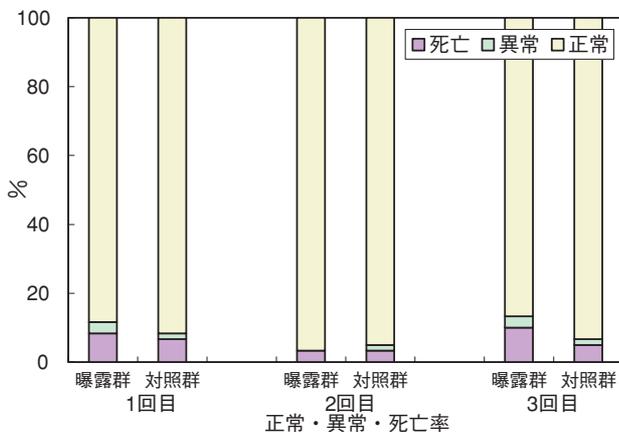


図2 通常の鶏胚を用いた磁界曝露実験

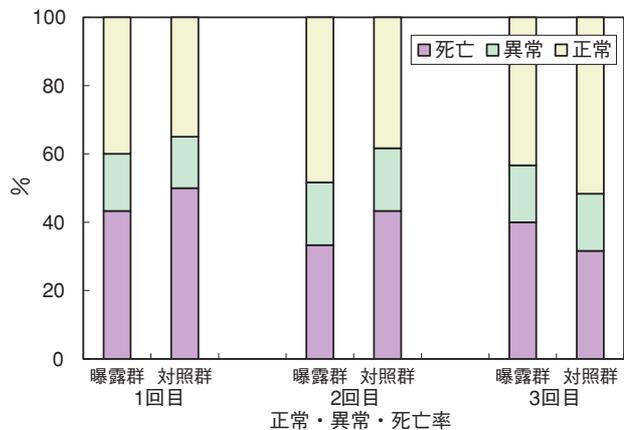


図3 化学物質で異常を誘発した鶏胚に対する磁界曝露実験

20 kHz、1.1 mTrms、正弦波磁界を、60胚ずつ、ふ卵開始から11日間曝露した。同じ実験を3回繰り返したが、磁界は通常の鶏胚の発生異常を増加させず、化学物質による異常誘発作用も増強しなかった。