

## 中間周波磁界の生物影響評価

### —ラットによる生殖発生毒性試験と哺乳類細胞による遺伝毒性試験—

#### 背景

中間周波磁界の利用が進んでいるが、その健康リスク評価に必要な生物影響の知見が不足している。これまで鶏胚の発生過程や哺乳類細胞の小核形成に磁界影響がないことを明らかにしており、哺乳類の胚や胎児の発生に与える影響や、哺乳類細胞の遺伝子への影響についての科学的知見の蓄積が望まれている。

#### 目的

中間周波磁界がラットの胚・胎児の発生に与える影響を、生殖発生毒性試験により明らかにする。また、磁界が遺伝子の点突然変異<sup>\*1</sup>や欠失等に与える影響を、遺伝毒性試験（マウスリンフォーマ試験）により明らかにする。

#### 主な成果

##### 1. ラット胚・胎児の発生に関する生殖発生毒性試験

20kHz、0.20mT (rms) (国際ガイドライン値<sup>\*2</sup>の32倍)の正弦波磁界を、1群25匹のCrl:CD (SD)ラットの妊娠7～17日の間 (図1)、毎日22時間曝露した。その後、胎児を摘出して生殖発生への影響を検査した。試験は、観察に偏りが生じないように実験条件を伏せた盲検法で実施し、2回繰り返して結果の再現性を確認した。

対照群と磁界曝露群の間で、雌親の各種血液検査や胚・胎児の死亡率、生存胎児の体重、性比、外表や内臓、骨格異常の出現率において、統計学的に意味のある違いが再現性を持って生じることはなかった (表1)。

##### 2. マウスリンフォーマ試験による遺伝毒性評価

2kHzで0.91mT (同<sup>\*2</sup>146倍)、20kHzで1.1mT (同<sup>\*2</sup>176倍)、60kHzで0.11mT (同<sup>\*2</sup>18倍)の磁界を、マウスリンパ腫細胞株に24時間曝露し、点突然変異などの遺伝子突然変異、遺伝子欠失や構造異常などの染色体異常、および、総遺伝子突然変異への影響を評価した。試験は5回以上繰り返して結果の再現性を確認した。

既知の化学変異原を添加しない細胞株の場合には、いずれの磁界でも、すべての評価項目において再現性のある統計学的に有意な変動はなかった。また、変異原で突然変異を引き起こした細胞株に磁界を曝露した場合でも、すべての評価項目に再現性のある統計学的に有意な変動はなかった (表2)。

以上の結果から、20kHz、0.20mT (rms)の磁界はラットの胚や胎児の発達過程に影響を与えないこと、また、2kHz、20kHz、60kHzの最大1.1mT (rms)磁界は、哺乳類細胞で点突然変異や遺伝子欠失、構造異常等の大きな遺伝子突然変異を引き起こさず、既知変異原の遺伝子突然変異作用にも影響しないことが明らかとなった。

#### 今後の展開

生殖発生への影響については、ラット受胎能及び初期胚の発生に関する試験により着床以前での磁界影響を、遺伝子への影響については、染色体構造の異常、形質転換や遺伝子発現に及ぼす影響を明らかにする。

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

関連報告書 「中間周波磁界の生物影響評価—20kHz磁界のラット胚・胎児の発生に関する生殖発生毒性評価—」 電力中央研究所報告：V07003 (2008年3月)  
「中間周波磁界の生物影響評価—マウスリンフォーマ試験による遺伝毒性評価—」 電力中央研究所報告：V07005 (2008年5月)

\*1：1個の塩基の欠損または置換または付加による突然変異のこと。

\*2：国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) が定める公衆への磁界曝露制限レベルで、0.8～150kHzでは6.25  $\mu$ T。この値には、神経刺激に基づき50倍の安全係数がかかっている。

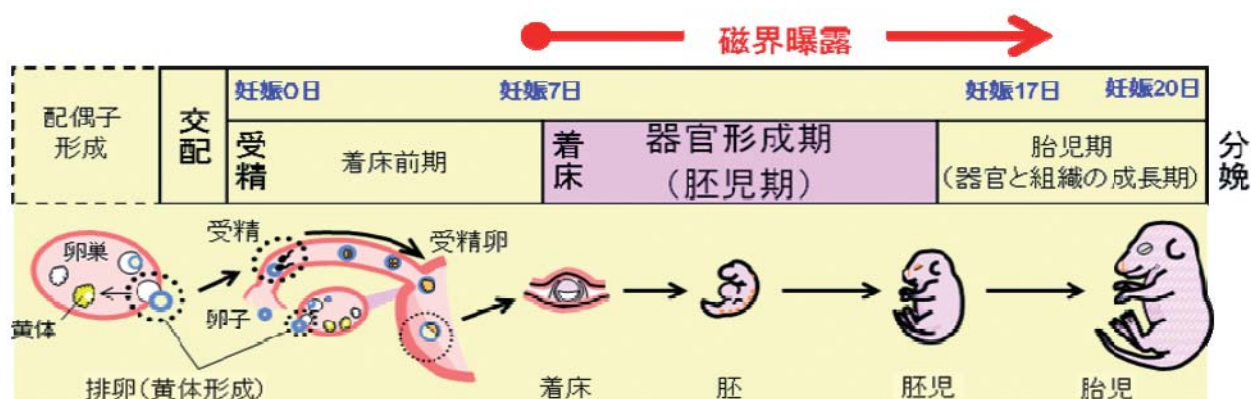


図1 ラット胚・胎児の発生に関する生殖発生毒性試験

表1 20 kHz、0.20 mT (rms) の磁界がラット胚・胎児の発生に及ぼす影響

評価項目	実験 1		実験 2	
	対照群	曝露群	対照群	曝露群
検査雌親数	25	25	25	25
生存胎児総数 (検査胎児数)	368	349	349	345
雌親あたりの生存胎児数	14.7±1.2 <sup>a)</sup>	14.0±1.6	14.0±1.5	13.8±1.8
死亡胚・胎児があった雌親数/検査雌親数	7/25	8/25	9/25	7/25
雌親あたりの胚・胎児死亡率 (%)	2.3±4.0 <sup>a)</sup>	2.8±4.5	2.7±3.9	1.9±3.1
低体重胎児 <sup>b)</sup> があった雌親数/検査雌親数	1/25	1/25	1/25	0/25
外表異常胎児があった雌親数/検査雌親数	0/25	2/25	1/25	0/25
内臓異常胎児があった雌親数/検査雌親数	1/25	4/25	3/25	1/25
骨格異常胎児があった雌親数/検査雌親数	0/25	1/25	0/25	0/25

a) 平均値±標準偏差； b) 2.5 g未満

いずれの評価項目においても、本実験で検討した20 kHz磁界による統計学的に有意な変化はなく、磁界はラット胚・胎児の発生に影響しなかった。

表2 2 kHz、20 kHz、60 kHzの磁界がマウスリンフォーマ細胞の突然変異頻度などに与える影響

変異原 添加条件	評価項目	磁界曝露条件 mT (rms)			
		無曝露実験 <sup>a)</sup>	2kHz, 0.91mT	20kHz, 1.1mT	60kHz, 0.11mT
	試験回数	6回 <sup>b)</sup>	5回	5回	5回
なし	点突然変異頻度	0	1 (↑ <sup>c)</sup> )	0	0
	染色体異常頻度	1	0	0	0
	総突然変異頻度 <sup>d)</sup>	0	0	0	1 (↓)
あり	点突然変異頻度	2	0	0	0
	染色体異常頻度	0	0	0	0
	総突然変異頻度	0	0	0	0

a) 対照群用と曝露群用の設備の同等性を確認するための、磁界を曝露しない実験

b) 1回の試験で3枚ずつ、計6枚の培養フラスコを使用

c) 遺伝子変異頻度が統計学的に有意に変動した試験回数、矢印は変動方向(↑:増加、↓:減少)を示す

d) 点突然変異と染色体異常の総計

いずれの評価項目においても、統計学的に有意な変動が再現性を持って現れることはなく、磁界は哺乳類細胞の遺伝子突然変異に影響せず、また遺伝毒性物質の作用を増強しなかった。