資料３－４

～細胞研究の動向～

京都大学・生存圏研究所
宮越　順二

2014年7月3日
総務省第3回　電波防護指針の在り方に関する検討作業班

～調査の概要～

1. 低周波電磁界の長期的影響について、これまでの細胞研究の論文検索を行う。

2. 周波数帯は、10KHz～10MHzの範囲に限定する。（極低周波や高周波は含まない）

3. 細胞研究で「長期ばく露」の定義はないが、一世代時間（（1周期）通常20～40時間）を参考に、半分程度の10時間以上を目安とする。

～これまでに行われている細胞研究の主な指標～

	評価指標
遺伝毒性	小核形成、DNA鎖切断、染色体異常、姉妹染色分体異常、突然変異など
非遺伝毒性	細胞増殖、DNA合成、遺伝子発現、シグナル伝達、イオンチャンネル、トランスフォーメーション、細胞分化誘導、細胞周期、アポトーシス、免疫応答など

～電磁界検索サイト～

1. PubMedデータベース
   (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed)
2. IEEE電磁界データベース
   (http://ieee-emf.com/index.cfm)
3. ARPANSA（豪州放射線防護・原子力安全庁）の電磁界研究サーベイ
   (http://www.arpansa.gov.au/RadiationProtection/EMR/literature/index.cfm)
4. EMF WIK News letter (ドイツインフラ・コミュニケーションサービス研究所(WIK)など

なお、今回は、情報量が最も多く、査読のある論文に絞って、PubMedデータベースのみによる検索方法にした。

～PubMedによる文献調査結果～

2014年6月5日現在

キーワード	該当文献数*
cell, electromagnetic	118,676
cell, electromagnetic fields	4,180
cell, EMF	759
cell, electromagnetic fields, long-term	145
cell, electromagnetic fields, MHz	309
cell, electromagnetic fields, kHz	106
cell, electromagnetic fields, kHz, MHz	21
cell, electromagnetic fields, intermediate	35
cell, electromagnetic fields, intermediate, long-term	0

*正確に対象となる文献は、この該当文献数の10～30%程度である。

～文献検索結果（その1）～

全ての条件（細胞実験、10KHz～10MHz帯および10時間以上のばく露）が当てはまる過去の論文発表は、PubMed検索では0件（なし）であった。従って、論文発表があっても、極めて少数と考えられる。

～文献検索結果（その2）～

（条件）

1. 細胞実験(大腸菌など菌株含む)
2. 10KHz～10MHz帯

論文タイトル	周波数（Hz）、出力（W）、磁界強度（μT）など	実験方法（含細胞種、ばく露時間）	内容	雑誌名	著者（国名）	発表年
Magnetic Fields Generated by an Induction Heating (IH) CookTop do not Cause Genotoxicity InVitro	23 kHz, 532±20μT	CHO-K1, ばく露時間：2時間	チャイニーズハムスター細胞の遺伝毒性試験を行ったが有意差のある影響はみられなかった。	Bioelectromagnetics	Junji Miyakoshi et al. （日本）	2007
Intermediate frequency magnetic fields do not have mutagenic, co-mutagenic or gene conversion potentials in microbial genotoxicity tests	2 kHz, 0.91mT 20 kHz, 1.1mT 60 kHz, 0.11mT	ネズミチフス菌(TA98,TA100,TA1535 and TA1537)と大腸菌(WP2 uvrA and WP2 uvrA/pKM101)の突然変異試験、イースト(XD83)遺伝毒性試験を行った。 ばく露時間：48時間	どのばく露群とコントロール群を比較しても遺伝毒性試験において統計的有意差はみられなかった。	Mutation Research	Satoshi Nakasono et al. （日本）	2008
Intermediate frequency magnetic fields generated by an induction heating (IH) cooktop do not affect genotoxicities and expression of heat shock proteins	23 kHz, 6.05 mTrms	CHO-K1, ばく露時間：2時間	コメットアッセイ試験、小核形成試験、HPRT突然変異試験、Hso27,70,105ストレスタンパクの試験を行ったが有意な影響は見られなかった。	Int. J. Radiat. Biol.	Tomonori SAKURAI et al. （日本）	2009
Alteration of gene expression by exposure to a magnetic field at 23 kHz is not detected in astroglia cells	23 kHz (2mT)	SVGp12 (astroglia cell) ばく露時間：2, 4, 6時間	電磁誘導（IH)クッキングからの電磁波が健康に影響しているか調査するため、アストログリア（神経膠）細胞を用いて、ばく露による遺伝子発現の変化を調べた。マイクロアレイによる遺伝子発現結果に影響は見られなかった。	Journal of Radiation Research	Tomonori SAKURAI et al. （日本）	2013

（参考）

Autophagy and Enhanced Chemosensitivity in Experimental Pancreatic Cancers Induced by Noninvasive Radiofrequency Field Treatment	13.56MHz （600, 900 W)	Normal human pancreatic ductal epithelial (HPDE) cells, Pancreatic ductal adenocarcinoma cells (PDAC) ばく露時間：10分 ウエスタン、免染、自食作用、アポトーシス	膵管腺がん治療に用いられている試薬（ゲムシタビン）の効果が、RFにより増進するかを、膵管上皮細胞および膵管がん細胞を用いて調べたところ、がん細胞でのみ自食作用(オートファジー：細胞内タンパクの分解など）がみられた。このことから化学療法において、RFによる増幅作用が期待できる。	Cancer	Nadezhda V. Koshkina et al. （アメリカ）	2014

～文献検索結果（その3）～

（条件）

1. 動物実験→組織、細胞にて評価
2. 10kHz～10MHz帯

論文タイトル	周波数（Hz）、出力（W）、磁界強度（μT）など	実験方法（含細胞種、ばく露時間）	内容	雑誌名	著者（国名）	発表年
Acute Differential Modulation of Synaptic Transmission and Cell Survival During Exposure to Pulsed and Continuous Radiofrequency Energy	500 kHz グループ①パルス波（パルスレイト2Hz, 35-45 V, 38℃） グループ②パルス波（パルスレイト2Hz, 35-45 V, 42℃） グループ③定常波（42℃）	脳海馬切片組織のシナプス伝達、 皮質組織細胞 ばく露時間：120 秒	神経組織での治療において、痛み軽減の方法としては、定常波よりパルス波が有効であると考えられる。	The Journal of Pain	Alex Cahana et al. （スイス）	2003
Effects of low intensity static electromagnetic radiofrequency fields on leiomyosarcoma and smooth muscle cell lines	10 kHz-120 kHz	Wistar rat, 悪性腫瘍細胞、平滑筋細胞 ばく露時間：45分/日、ばく露後24時間および48時間で測定	24時間で差がないが、48時間でラット4の腫瘍細胞の細胞増殖、生存率が減少。さらにばく露を繰り返すことでアポトーシス誘導も見られた。しかし、腫瘍がない細胞ではばく露の影響は見られなかった。	Hell J Nucl Med	S. Karkabounas et al. （ギリシャ）	2006
Absence of reproductive and developmental toxicity in rats following exposure to a 20-kHz or 60-kHz magnetic field	20kHz (0.2mT), 60kHz(0.1mT)	ラット, ばく露時間：22 時/日 ×14日 精子形成	発情周期、交尾、妊娠、黄体、着床前後胚損失、精子数、精子運動能力、精子形態、睾丸重量、精巣上体および子宮、卵巣、精巣の肉眼所見、組織病理学的観察において、中間周波ばく露群とshamばく露群で差は見られなかった。妊娠前における中間周波ばく露による障害はないと考えられる。	Regulatory Toxicology and Pharmacology	Izumi Nishimura et al. （日本）	2012

～細胞研究動向のまとめ～

1. 10kHz～10MHzの周波数帯における長期ばく露の細胞研究実績は極めて少ない。
2. これまでの発表論文検索結果から、IHクッキングから発生する中間周波数帯電磁波の短期ばく露影響評価論文が我が国から発表されている。2kHz～60kHzで、主として細胞遺伝毒性に関するものである。結果は全てネガティブであった。
3. 米国、スイスなどから、がん細胞や動物個体ばく露による組織や細胞への影響で、治療に結びつく可能性の論文が少数報告されている。
4. 20kHz前後の特定周波数領域の論文発表はわずかにあるものの、本周波数帯における細胞研究は、ばく露期間の長短にかかわらず研究実積は極めて少ない。防護指針につながる成果は少ないと考えられる。

～ELF領域の細胞研究動向のまとめ～

1. 細胞研究は多くの細胞生物学的指標について研究が行われている。
2. 注目されているＥＬＦ磁界と小児白血病との関連性について、因果関係を検索する研究は、細胞レベルで極めて少ない。
3. さらに、静磁界に関しては、シャム・コントロールの欠如により、結果説明の可能な研究は少ない。

（「スウェーデン放射線安全庁(SSM)の電磁界に関する科学評議会からの報告」より）