

Valic B (12)	50Hz 100 μ T	人体	電流密度の計算値	現行の規制内であれば磁場への防御の必要ない、
Johansson O (13)	EMFs	免疫機能	レビュー	現行の規制では不十分
Mee T (14)	ELF MF	就業上の被曝	236人	職業的に大きく被曝(溶接, プリンター、電話使用)
Strasák L (15)	50Hz 2mT	マウス脳	ウエスタンブロット	c-Fosの発現の変化なし、c-Junの発現は減少
Vijayalaxmi (16)	ELF-EMF	a 'quantitative' estimate of the extent of genetic damage in mammalian somatic cells	a meta-analysis of data from 87 publications (1990-2007).	effect sizeが小さい研究が多い、genetic damageの有意な増加を示す評価項目あり、出版バイアスが認められる
Gaetani R (17)	ELF-EMFs	心臓幹細胞	心筋への分化	ELF-EMFsは、cardiac-specific 分化に有効である可能性あり
Li P (18)	ELF-MF	548 cases and 760 healthy controls (1980~2002、カナダの2地域)	個々の μ Tレベルの被曝を評価。	関連がある可能性(母親職業性被曝と子孫の脳腫瘍)
McNamee DA (19)	ELF-EMFs	心機能、脈拍の乱れ、微循環指標、血圧	レビュー	影響ある可能性
Hopper RA (20)	ELF-PEMF (15Hz, 1.8mT for 8 h)	血管内皮	エリーザ法	血管内皮成長因子変化なし
Capone F (21)	ELF-PEMF	ボランテア22人	皮膚の興奮性	皮膚の興奮性神経伝達を高める可能性
Zhao YL (22)	50Hz 100Hz	細胞膜	細胞内カルシウム振動パターン	影響ある可能性
Budak GG (23)	ELF	ウサギ(20、健康メス)	誘導耳音響放射	影響なし(聴力、蝸牛機能)
Di Loreto S (24)	50Hz, 0.1 and 1mT	ラット皮質神経細胞	ペルオキシダーゼ、グロースアクター、サイトカイン発現レベル	cell生育能への影響あり、アポトーシスの減少

表1 電磁場の影響 2010.1～2010.12

著者(文献)	電磁場	サンプル	研究方法	結果
1.Mayer-Wagner S	5mT EMF	human mesenchymal stem cells (hMSCs)	軟骨細胞の分化の程度	collagen type II 発現 and glycosaminoglycan 量の増大
2.Roux D	2.6 to 73 mW/kg (900 MHz carrier frequency)	Human keratinocytes	47000 のヒト遺伝子について大規模 microarray screening	有意な変化をすするgeneなし
3.Kumar G	2 W/kg 900-MHz continuous radiofrequency radiation	rats bone marrow cells	maturation rate, proliferation rate, DNA damage of lymphocytes	有意な変化なし (rats hematopoietic system)
4.Kumar G	2 W/kg	bone marrow cells	Proliferation rate of bone marrow cells, maturation rate of erythrocytes, proliferation rate of lymphocytes, DNA damage of lymphocytes	有意な変化なし
5.Lee HM,	ELF-EMF 1.8mT	human intervertebral disc (IVD) cell	aggrecan, collagen type I, and type II mRNA expression	有意な変化なし (no cytotoxicity)
6.Heredia-Rojas JA	8 and 80 μ T, 60 Hz	plasmid	hsp70 expression (luciferase assay)	INER-37 cellsでは有意差あり、RMA E7 cell linesでは有意な変化なし
7.Garaj-Vrhovac V	microwave radiation 3 , 5.5 and 9.4 GHz	(workers occupationally ; marine radars)	濃度 (glutathione and malondialdehyde) , comet assay and micronucleus test	有意差あり (oxidative stress)
8.Yang X	ELF-EMF	N9 microglial cells	immunoreaction, RT-PCR、ELISA、western blotting	有意な誘導あり (phosphorylation of JAK2 and STAT3)
9.Emre M	ELF-EMF	male Wistar rats liver, kidney tissue	percentage of apoptotic and necrotic cells , monitoring DNA degradation using gel electrophoresis, etc	有意差あり (oxidative stress, cell death)

10. Cuccurazzu B	ELF-EMF 1mT	C57BL/6 mice	hippocampal neurogenesis	in vivo neurogenesis増加(新たな治療法の可能性を示唆)
11. Kim J	ELF-EMF 6mT	human normal and cancer cells	apoptosis in cancer and normal cells	apoptosisの誘導を起こした
12. Collard JF,	ELF-EMF	epidermis cells	gene expression (microarray screening, real-time rtPCR)	発現量の増加 (DKK1, TXNRD1, ATF3, and MME)、発現量の減少(MACF1)
13. Jansen JH	15 Hz, 1 Gauss EM field, pulsed	human osteoprogenitor cells	Quantitative RT-PCR	mRNAの増加 (bone morphogenetic protein 2, transforming, osteoprotegerin, osteocalcin, and bone sialoprotein)
14. Sun W	ELF-MF 0.4mT	human chorionic villi	mRNA levels of apoptosis-related genes bcl-2, bax, caspase-3, p53, and fas (RT-PCR)	有意な変化なし
15. Garip AI	ELF-EMF (1mT, 50 Hz)	K562 human leukemia cell line	number of apoptotic cells	影響は細胞の状態により異なる
16. Chavdola ED	GSM-900MHz and DCS-1800MHz (Digital Cellular System) mobile phone	Drosophila melanogaster	insect's reproductive capacity	影響あり (decreases the reproductive capacity and alters the actin-cytoskeleton network of the egg chamber)
17. Ammari M	1.5 W/kg or 15 min/day	Sprague-Dawley rat brain	measuring the glial fibrillary acidic protein (GFAP) expression	増加 (GFAP levels)
18. Sollazzo V	PEMF	human osteoblastlike cells	Gene expression (DNA microarray analysis)	有意な変化あり (cell proliferation and differentiation)
19. Söderqvist F	890-MHz GSM 1.0 Watt/kg	41 persons (temporal area of the brain)	serum transthyretin (TTR)	有意な増加 (serum TTR)
20. Campisi A	10V/m 900MHz	rat neocortical astroglial cell cultures	ROS levels and DNA fragmentation	影響あり

21. Gerner C	RF-EME 2 W/kg	cultured human cells	protein synthesis	増加あり (protein synthesis in Jurkat T-cells and human fibroblasts)
22. Reyes-Guerrero G	ELF EMF	adult female and male rats	olfactory bulb estrogen receptor- α mRNA and β -casein mRNA expression	影響あり (female adult rats), 影響なし (in male rats)
23. Hao Y	2.45 GHz EMF	N9 microglial cells	protein expressions, DNA binding activity	増加 (STAT3 DNA-binding ability), 活性化 (JAK1 and JAK2) など
24. Chen J	PEMF 3.8 mT, 8 Hz	ovariectomized rat osteoclast-like cells.	mRNA expression of the receptor activator of NF- κ B and carbonic anhydrase II	有意差あり (in the marrow culture system.)
25. Yang Y,	EMF 15 Hz, 1 mT	rat bone marrow mesenchymal stem cells	mRNA expression, 酵素活性	影響あり (osteogenic or adipogenic lineages)
26. Amara S	static magnetic field 128 mT	male rat brain	antioxidative enzymes activity malondialdehyde (MDA) concentration and DNA oxidation	保護作用を示唆 (protect probably DNA against oxidative damage)
27. Hintzsche H	mobile phone use	human oral cavity's mucosa cells	microscope	有意差なし
28. Di Campi E	ELF-EMF 50Hz 1 mT	Helicobacter pylori	effect on the cell adhesion and on the mature biofilm detachment	影響あり
29. Focke F	ELF-EMF 1 mT 50 Hz	human cells	Comet assay are dependent on cell proliferation	明らかかな影響なし
30. Giergert R	50 Hz EMF of 1.2 microT	breast cancer cells	Signal transduction of the melatonin receptor MT1	影響すること示唆
31. Xu S	1800 MHz radiofrequency (RF) radiation	primary cultured neurons	levels of 8-hydroxyguanine (8-OHdG), a common biomarker of DNA oxidative damage	mitochondrial DNAに影響する可能性

32.Sun LY	pulsed electromagnetic fields (PEMFs)	human bone marrow mesenchymal stem cells	cell proliferation, differentiation.	促進効果あり (cell proliferation)
-----------	---------------------------------------	--	--------------------------------------	-----------------------------

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
分担研究報告書

磁界の発がんへの影響とその機構の解明
磁界の生殖機能への影響とその機構の解明

研究分担者 久保田俊一郎 東京大学大学院教授
研究分担者 深津 晋 東京大学大学院教授
研究分担者 鹿児島誠一 東京大学大学院教授

研究要旨

低周波磁界曝露の健康影響については、白血病・発癌との関係が危惧されている。妊婦への曝露が、先天性奇形、流産、発達異常を惹起する危惧もある。発癌の機構に関与すると考えられている細胞増殖、増殖抑制、細胞死に関して十分な研究がなされていない。WHOの環境保健クライテリア 238 (2007)では、低周波磁界の影響として、細胞増殖、細胞死、細胞悪性化に関しては、一貫性がなく、決定的でない」と記載されている。そこで、本分担研究は、低周波磁界曝露による細胞増殖、細胞死、細胞悪性化に関して、実験的研究を行い、健康影響を明らかにすること、また、マウスの実験で、生殖系への影響を明らかにすることを目的とする。この目的を達成するために必要な磁界発生装置の作製を平成20年度に行なった。この装置を用いて、平成20年度は細胞を用いた予備的実験を行なった。平成21年度～22年度に、種々の培養細胞（神経系細胞、精巣細胞など）を低周波磁界(50Hz, 40 μ T および 400 μ T)に1～24時間曝露し、細胞増殖への影響を解析したが、顕著な影響はなかった。発癌の1つの要因と考えられている活性酸素発生の観点からも解析した。種々の培養細胞（血球系細胞、精巣由来細胞など）を低周波磁界(50Hz, 40 μ T および 400 μ T)に短時間曝露し、活性酸素発生への影響を過酸化水素発生を指標として解析した。活性酸素発生への影響はいずれの細胞でも見られなかった。生殖系への影響を明らかにするため、妊娠マウスを低周波磁界(50Hz, 40 μ T および 400 μ T)に16日間曝露し、胎児の生死、奇形の有無および母獣への影響で評価したが、影響は見られなかった。生活環境レベルを少し超える磁束密度(50Hz, 40 μ T)および、その10倍の400 μ Tの磁界曝露は、細胞増殖、活性酸素発生、生殖能(妊娠マウスと胎児)に関して影響はないと考えられる。

A. 研究目的

厚生労働行政の課題として、低周波磁界(送電線,家電など)曝露のヒトへの健康影響(発癌性、妊産婦とその児

への影響)が挙げられる。健康影響を明らかにして(安全域と危険域を明らかにする)、国民の漠然とした不安に回答を与え、かつその対策をとることが

求められている。低周波磁界曝露の健康影響については、発癌 (1, 2) との関連が報告されている。影響がないとの報告もある (3)。妊婦への曝露が、先天性奇形、流産、発達異常を惹起するとの危惧もある (4)。WHO の環境保健クライテリア 238 (2007) では、低周波磁界の影響として、細胞増殖、細胞死、細胞悪性化に関しては、一貫性がなく、決定的でないと記載されている (5)。WHO の国際電磁界プロジェクトで、2007 年に低周波電磁界への曝露による健康リスクに関して、環境保健クライテリア 238 (EHC238) を刊行した。評価対象となった文献は、商用周波 (50/60Hz) 磁界に関する研究であるが、細胞レベルでの実験的研究が少ないことから、本分担研究は、低周波磁界曝露による細胞増殖、細胞死、細胞悪性化に関して、実験的研究を行い、健康影響を明らかにすること、また、マウスの実験で、生殖系への影響を明らかにすることを目的とする。影響を認めた場合は、その機序を解明する。

B. 研究方法

1. 磁界発生装置の作製

磁界発生装置 (全ての細胞および動物の実験に使用)

・磁界発生装置を作製した。電流値を変化させることにより 50Hz 周波数で数 μT から 1mT の均一な磁場を発生することが可能である。磁場分布は、図「磁界発生装置および磁場分布」に記載した。

2. 低周波磁界の細胞増殖への影響

培養細胞を用いて解析した。生活環境レベルを少し超える磁束密度 (50Hz,

40 μT) および、その 10 倍の 400 μT の磁界曝露の影響を解析した。

平成 21 年度

培養細胞および曝露方法：種々の培養細胞、IMR32 (ヒト神経芽細胞)、LC540 (ラット精巣腫瘍細胞)、CPAE (ウシ血管内皮細胞)、HMY-1 (ヒト黒色腫細胞) E10 (ヒト中皮腫細胞) (愛媛大学医学部内科濱田博士よりご供与)、LK2 (ヒト肺癌細胞) を低周波磁界 (50Hz, 40 μT) に 1、2、4、8、16、24 時間曝露し、曝露時間を含めて 48 時間後に Cell Counting kit-8 (同仁化学) によって細胞数を測定して (マイクロプレートリーダーを用いて、吸光度 450nm で解析)、細胞死あるいは細胞増殖効果を triplicate で解析した。5 % 炭酸ガスインキュベーター内に設置した低周波磁界発生装置に 96 穴ディッシュを静置し、細胞を低周波磁界に曝露した。

平成 22 年度

種々の培養細胞、U251MG (ヒト神経膠腫)、U87MG (ヒト神経膠腫)、YKG-1 (ヒト神経膠腫)、KP2 (ヒト膵臓癌)、LC540 (ラット精巣腫瘍細胞)、CPAE (ウシ血管内皮細胞)、NSC34 (マウス神経細胞)、HMY-1 (ヒトメラノーマ)、LK2 (ヒト肺癌細胞)、U937 (ヒト白血病細胞) を低周波磁界 (50Hz, 400 μT) に 6、12、24、48 時間曝露し、曝露時間を含めて 48 時間後に Cell Counting kit-8 (同仁化学) によって細胞数を測定して (マイクロプレートリーダーを用いて、吸光度 450nm で解析)、細胞死あるいは細胞増殖効果を triplicate で解析した。5 % 炭酸ガスインキュベーター内に設置した低周波磁界発生装置に 96 穴ディッシュを静置し、細胞を低周波磁界に

曝露した。

3. 低周波磁界の活性酸素発生への影響

平成21年度

種々の培養細胞、LC540（ラット精巣腫瘍細胞）、HMY-1（ヒト黒色腫細胞）E10（ヒト中皮腫細胞）、LK2（ヒト肺癌細胞）、U937（ヒト白血病細胞）を低周波磁界（50Hz, 40 μ T）に15分間曝露し、細胞外へ放出された過酸化水素発生を解析した。細胞 2×10^6 を播種し、細胞接着後、PBS 3mlに培養液を交換後、磁界に曝露した。過酸化水素は、Luminolを基質として（PBS 0.5ml + 5.6mM Luminol / 5% NaOH）、ルミノメーター（ATTO Luminescencer 2200）を用いて、測定した。

平成22年度

種々の培養細胞、U251MG（ヒト神経膠腫）、U87MG（ヒト神経膠腫）、YKG-1（ヒト神経膠腫）、E10（ヒト中皮腫）（愛媛大学医学部内科 濱田泰伸博士よりご供与）、LC540（ラット精巣腫瘍細胞）、NSC34（マウス神経細胞）、HMY-1（ヒトマラノーマ）、LK2（ヒト肺癌細胞）、U937（ヒト白血病細胞）を低周波磁界（50Hz, 400 μ T）に15分間曝露し、細胞外へ放出された過酸化水素発生を解析した。細胞 2×10^6 を播種し、細胞接着後、PBS 3mlに培養液を交換後、磁界に曝露

4. 低周波磁界の生殖系への影響

生活環境レベルを少し超える磁束密度（50Hz, 40 μ T）および、その10倍の400

μ Tの磁界曝露の生殖系への影響を解析した。

平成21年度

妊娠マウスを低周波磁界（50Hz, 40 μ T）に16日間曝露し、胎児の生死、奇形の有無および母獣への影響で評価した。ICR mice（妊娠マウス）（コントロール3匹、曝露群3匹）を馴化後、低周波磁界（50Hz, 40 μ T）に16日間曝露した。帝王切開で胎児を取り出して、生死および奇形の有無を観察した。母獣への影響は、行動観察および下痢の有無などで判定した。実験は2回実施した。

平成22年度

妊娠マウスを低周波磁界（50Hz, 400 μ T）に16日間曝露し、胎児の生死、奇形の有無および母獣への影響で評価した。ICR mice（妊娠マウス）（コントロール3匹、曝露群3匹）を馴化後、低周波磁界（50Hz, 400 μ T）に16日間曝露した。帝王切開で胎児を取り出して、生死および奇形の有無を観察した。母獣への影響は、行動観察および下痢の有無などで判定した。実験は2回実施した。

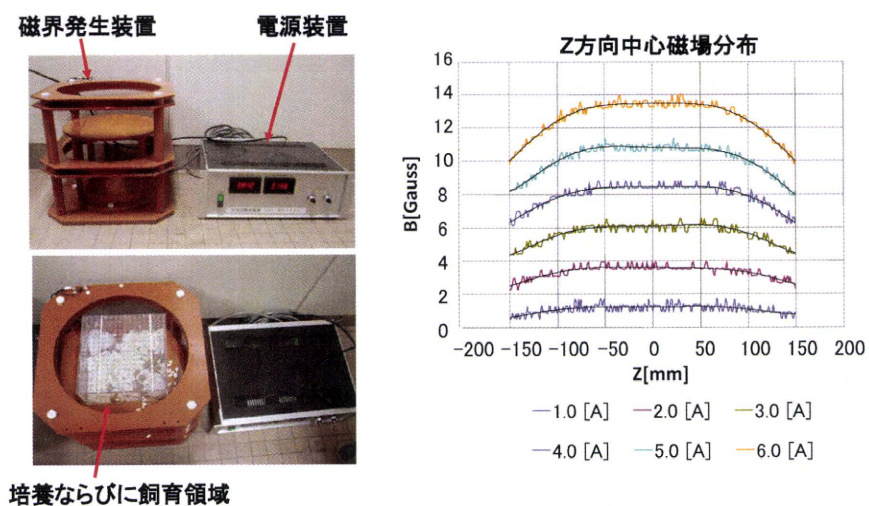
C. D 研究結果および考察

1. 磁界発生装置

電流値を変化させることにより 50Hz 周波数で数 μT から 1mT の均一な磁場を発生することが可能である。磁場分布は、「磁界発生装置および磁場分布」に記載した。

図《磁界発生装置および磁場分布》

電流値を変化させることにより50Hz周波数で数 μT から1mTの低周波磁界を発生



細胞レベルの実験結果と考察

1. 低周波磁界の細胞増殖への影響

低周波磁界 (50Hz, 40 μ T) に曝露し、曝露時間を含めて 48 時間後に Cell Counting kit-8 (同仁化学) によって生細胞数を測定した結果 (平均値でデータを示す) を図 1 に示す。

IMR32, LC540, CPAE, HMY-1, E10, LK2 のいずれの細胞に於いても、低周波磁界 (50Hz, 40 μ T) の増殖への影響はなかった。

低周波磁界 (50Hz, 400 μ T) に曝露し、曝露時間を含めて 48 時間後に Cell Counting kit-8 (同仁化学) によって生細胞数を測定した結果 (平均値でデータを示す) を図 3 に示す。

U251MG (ヒト神経膠腫), U87MG (ヒト神経膠腫), YKG-1 (ヒト神経膠腫), KP2 (ヒト膵臓癌), LC540 (ラット精巣腫瘍細胞), CPAE (ウシ血管内皮細胞), NSC34 (マウス神経細胞), HMY-1 (ヒトメラノーマ), LK2 (ヒト肺癌細胞), U937 (ヒト白血病細胞) のいずれの細胞においても、低周波磁界の細胞増殖への顕著な影響はなかった。

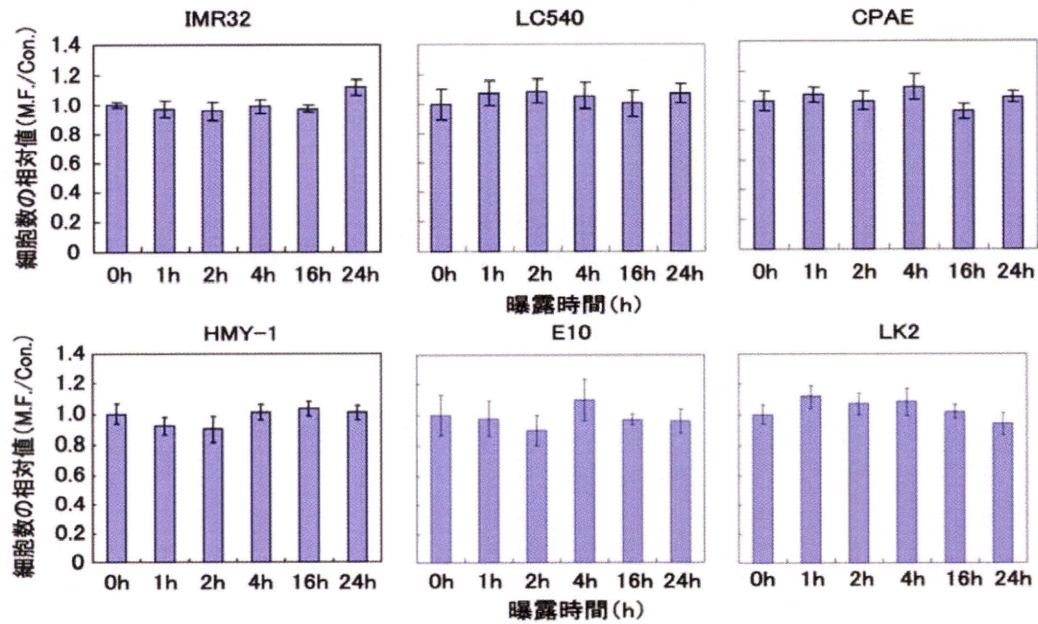
2. 低周波磁界の活性酸素発生への影響

種々の培養細胞を低周波磁界 (50Hz, 40 μ T) (50Hz, 400 μ T) に 15 分間曝露し、細胞外へ放出された過酸化水素発生を解析した結果を図 2 (50Hz, 40 μ T) と図 4 (50Hz, 400 μ T) に示す。U251MG (ヒト神経膠腫), U87MG (ヒト神経膠腫), YKG-1 (ヒト神経膠腫), E10 (ヒト中皮腫), LC540 (ラット精巣腫瘍細胞), NSC34 (マウス神経細胞), HMY-1 (ヒトメラノーマ), LK2 (ヒト肺癌細胞), U937 (ヒト白血病細胞) のいずれの細胞においても、低周波

磁界の過酸化水素発生への影響はなかった。活性酸素は、細胞の老化、動脈硬化のみならず、細胞の癌化に関与していることが知られている。

細胞レベルの実験結果 (50Hz, 40 μ T)

図1 低周波磁界による各種細胞の増殖への影響



いずれの細胞においても低周波磁場の細胞増殖への影響はなかった

図1の実験条件

使用細胞

IMR32(ヒト神経芽細胞)、LC540(ラット精巣腫瘍細胞)、
CPAE(ウシ血管内皮細胞)、HMY-1(ヒト黒色腫細胞)
E10(ヒト中皮腫細胞)、LK2(ヒト肺癌細胞)

培養条件

37°C 5%CO₂

曝露磁場

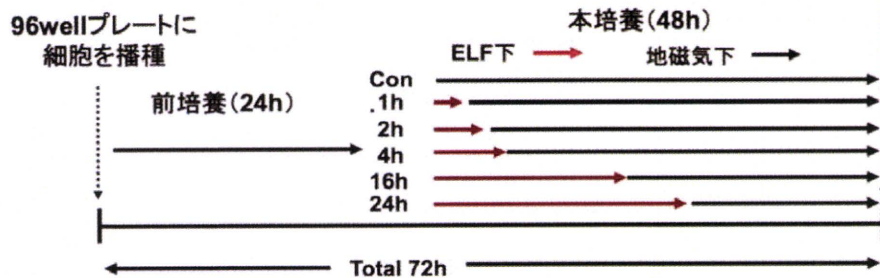
低周波磁場(40 μ T 50Hz)

曝露時間

1、2、4、8、16、24h

Cell Counting-kit8

(同仁化学)によって
細胞数を測定



細胞レベルの実験結果(50Hz, 40 μ T)

図2 低周波磁界曝露による過酸化水素発生への影響

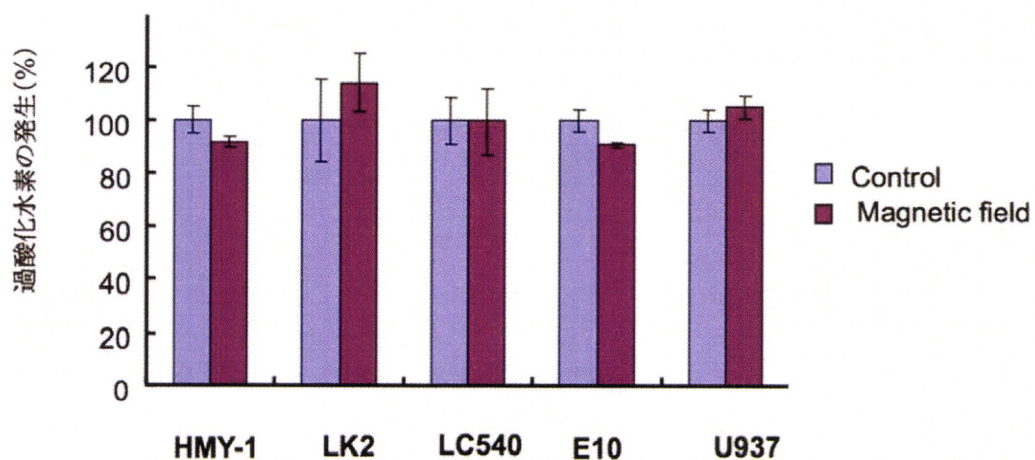
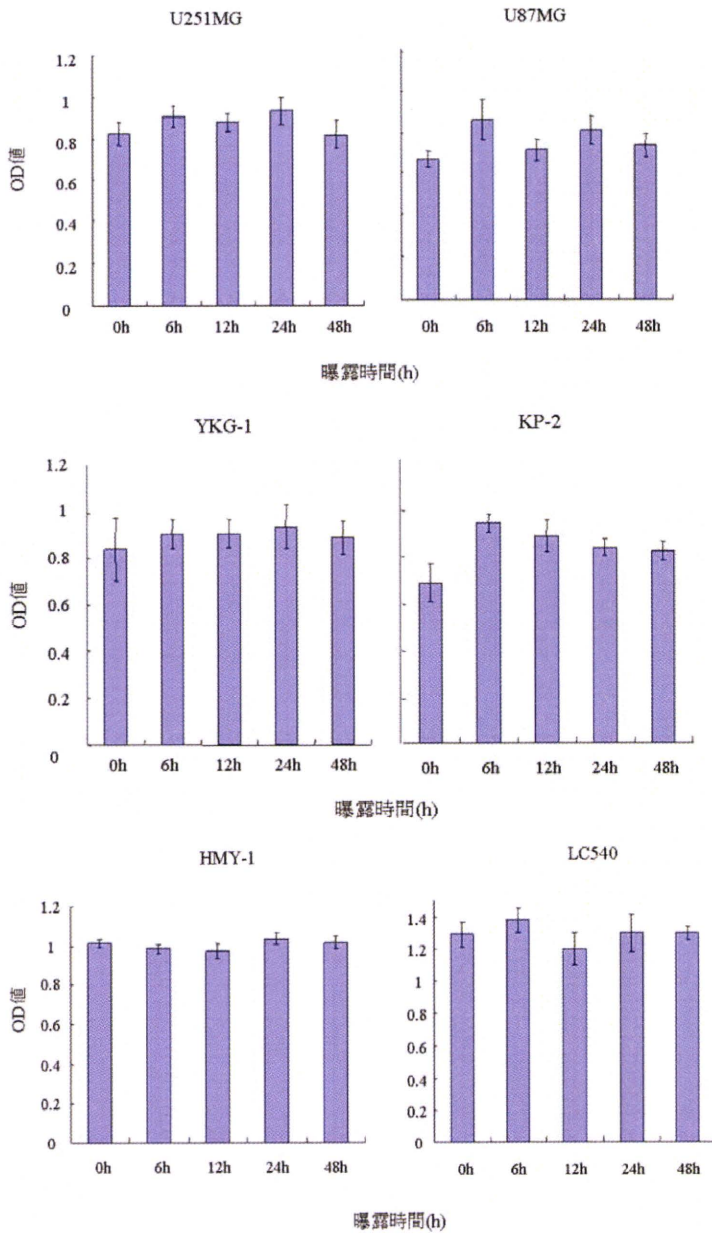


図3 低周波磁界曝露の細胞増殖への影響(50Hz, 400 μ T)



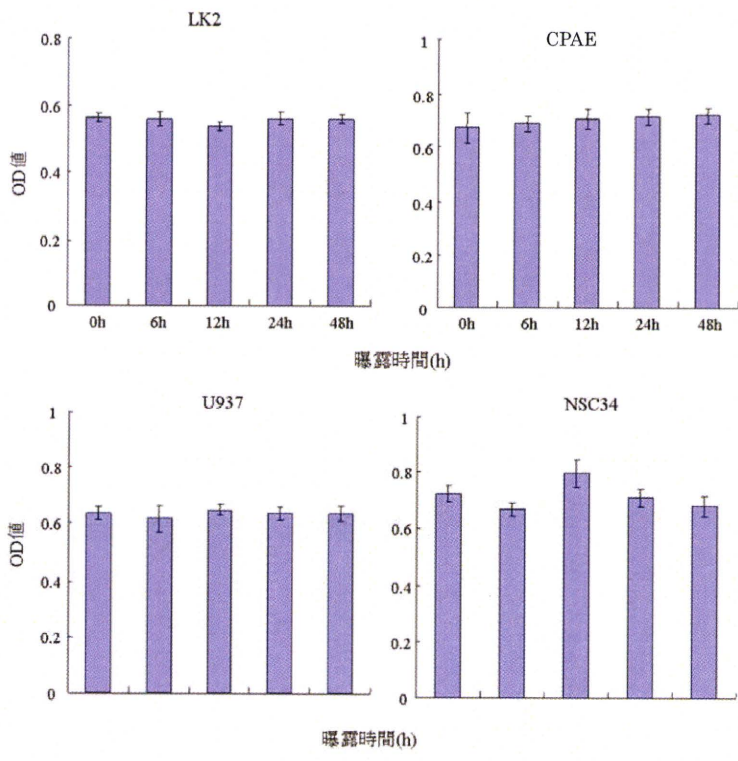
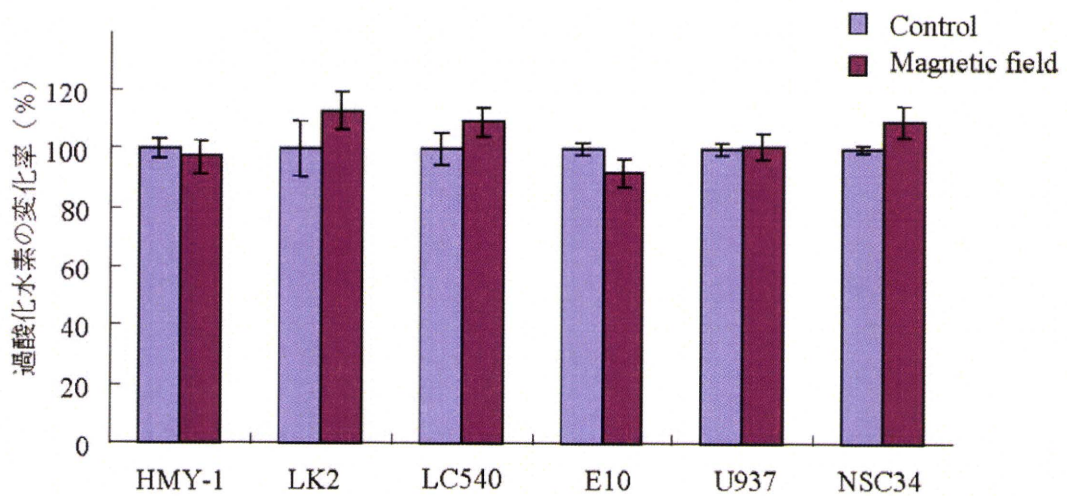
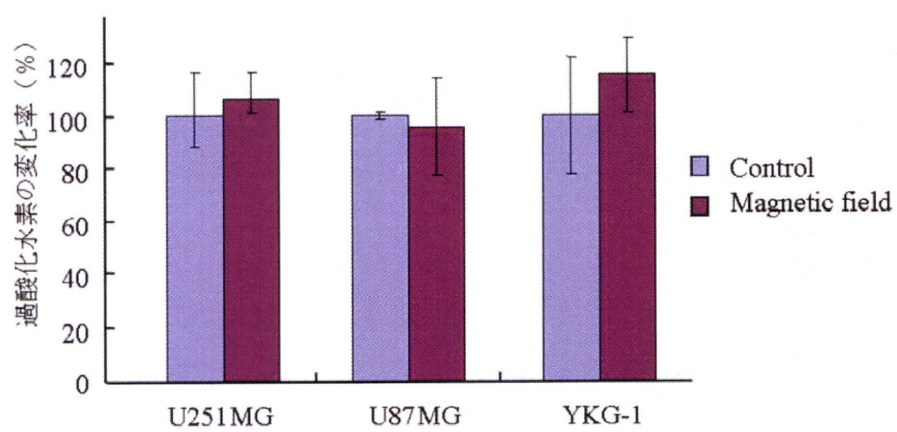


図4 低周波磁界曝露による活性酸素（過酸化水素）発生への影響
磁場(400μT)により細胞外過酸化水素の放出





3 低周波磁界の生殖系への影響

生殖系への影響を明らかにするため、ICR mice (妊娠マウス) (コントロール3匹、曝露群3匹) を低周波磁界(50Hz, 40 μ T あるいは 400 μ T) に 16 日間曝露し、胎児の生死、奇形の有無および母獣への影響で評価した。実験は2回実施した。その結果を表1に示す。

いずれも、磁界曝露とコントロールとの比較 (χ 二乗検定) で有意差はなかった ($p>0.05$)。奇形も見られなかった。母獣に下痢は見られず、行動異常も見られなかった。

以上のように、低周波磁界に曝露した妊娠マウス (母獣) 及び胎児には影響はなかった。

考察として、コントロール群および磁界曝露群の胎児に死亡例が見られたが、文献(9)にも記載されているように、自然の胎児死亡率の範囲内であり、問題はないと考えられる。

E. 結論

生活環境レベルを少し超える磁束密度(50Hz, 40 μ T)および、その10倍の400 μ T の磁界曝露は、細胞増殖、活性酸素発生、生殖能(妊娠マウスと胎児)に関して影響はないと考えられる

表 1 低周波磁界の妊娠への影響

		磁界			地磁気			カイ二乗検定 P-Value
		個体1	個体2	個体3	個体1	個体2	個体3	
40 μ T	生存	13	13	9	14	15	5	0.09
	1回目 死産	2	0	1	0	0	0	
	流死産率 (%)	7.9			0			
	生存	16	14	15	17	13	15	0.57
	2回目 死産	1	0	0	1	0	1	
	流死産率 (%)	2.2			4.3			
400 μ T	生存	14	12	14	15	8	9	0.88
	1回目 死産	1	0	0	1	0	0	
	流死産率 (%)	2.4			3.0			
	生存	13	12	14	9	18	12	0.28
	2回目 死産	0	1	1	1	1	3	
	流死産率 (%)	4.9			11.4			

参考文献

1. Kheifets L, Repacholi M, Saunders R, van Deventer E. The sensitivity of children to electromagnetic fields. *Pediatrics*. 2005 Aug;116(2): 303-13.
2. Schmiedel S, Brüggemeyer H, Philipp J, Wendler J, Merzenich H, Schüz J. An evaluation of exposure metrics in an epidemiologic study on radio and television broadcast transmitters and the risk of childhood leukemia. *Bioelectromagnetics*. 2009;30(2):81-91.
3. Merzenich H, Schmiedel S, Bennack S, Brüggemeyer H, Philipp J, Blettner M, Schüz J. Childhood leukemia in relation to radio frequency electromagnetic fields in the vicinity of TV and radio broadcast transmitters. *Am J Epidemiol*. 2008 Nov 15;168(10):1169-78.
4. Juutilainen J. Developmental effects of electromagnetic fields. *Bioelectromagnetics*. 2005; Suppl 7: S107-15.
5. WHO. Extremely Low Frequency Fields. Geneva, Switzerland: World Health Organization 2007.
6. Desai NR, Kesari KK, Agarwal A. Pathophysiology of cell phone radiation: oxidative stress and carcinogenesis with focus on male reproductive system. *Reprod Biol Endocrinol*. 2009 Oct 22;7:114.
7. Minelli A, Bellezza I, Conte C, Culig Z. Oxidative stress-related aging: A role for prostate cancer? *Biochim Biophys Acta*. 2009 Apr;1795(2):83-91.
8. Mena S, Ortega A, Estrela JM. Oxidative stress in environmental-induced carcinogenesis. *Mutat Res*. 2009 Mar 31;674(1-2):36-44.
9. Haque S.F., Izumi S., Aikawa H., Suzuki T, Matsubayashi H., Murano T., Kika G., Ikeda M., Goya K., Makino T. Anesthesia and acoustic stress-induced intra-uterine growth retardation in mice *J. Reprod. Dev*. 50, 185-190 (2004)

F. 健康危険情報 なし

G. 研究発表

学会発表

第 25 回日本生体磁気学会大会 さわやかちば県民プラザ

低周波磁界の妊娠マウスへの影響

堀内 新一郎, 郭 文智, 佐藤 清敏, 深津 晋, 奥野 誠, 梅景 正, 牛山 明, 村越 隆之, 久保田 俊一郎

日本生体磁気学会誌 Vol.23 No.1 July 2010(第 25 回日本生体磁気学会大会 論

文集) p.28-29.

第 25 回日本生体磁気学会大会 さわやか
ちば県民プラザ
低周波磁界の神経系への影響とその機
構の解明

郭文智, 大城博矩, 堀内新一郎, 梅景正,
牛山明, 奥野誠, 深津晋, 村越隆之, 久
保田俊一郎

日本生体磁気学会誌 Vol.23 No.1 July
2010(第 25 回日本生体磁気学会大会 論
文集) p.160-161.

H. 知的財産権 なし

謝辞

本分担研究は、厚生労働省リサーチレジ
デント 郭文智博士および東京大学総合
文化研究科 堀内新一郎博士、佐藤清敏
助教のご協力を得ました。

電磁界の辺縁系シナプス機能に対する影響 まとめ

分担研究者 村越 隆之

東京大学 大学院総合文化研究科 准教授／埼玉医科大学 医学部生化学 教授

研究要旨

前部帯状回皮質（ACC）および扁桃体における興奮性ならびに抑制性シナプス伝達機構に対する慢性均一磁場暴露の影響を検討した。ACCおよび扁桃体は統合失調症、大鬱病、ADHD、PTSD等、種々の精神疾患で病態に関係することが示唆されており、特にその神経回路に内在するGABA作動性抑制性機構の変化が重要であると考えられているが、この機能に対する電磁界の影響をシナプスレベルで検討した研究は見られない。そこで3年間にわたりラット生体を種々磁場条件下に急性あるいは慢性に暴露し、これらの動物から作成した帯状回および扁桃体皮質を含む脳スライス標本を用いて、同部位で観察される皮質神経回路シナプス伝達、特に抑制性機能の状態を電気生理学的に評価した。

種々の磁場暴露群において対照群との統一的な差は見られなかった。

A. 研究目的

脳を構成する個々のニューロン（神経細胞）においては、脂質膜が電解質溶液を隔絶する結果そこに容量性電位を形成する。脳の情報処理はこの容量性ならびにイオン流性の電流を媒介にした一過性の電位変化を空間的・時間的に処理する過程であると言える。ニューロンには樹状突起と軸索の位置関係により極性が生じており、大脳新皮質を始め多くの脳組織では、それらニューロン集団が一定方向に配位した状態で多数集簇し層構造を形成している。そのため、集団的な同期活動に際して集合的電場を形成することがあり、また外部の電場により膜の電位電流発生過程に影響が及ぶと考えられる（Bikson et al, 2004）。電場の時間的变化は磁場の変動を引き起こすことが予測されるが、これらは診断研究目的では脳磁図となって計測可能なレベルに至っている。

また、脳の高次機能にとって近年非常に重要な要素と考えられているメカニズムとして、同期律動性を背景とした振動現象（オシレーション）がある（Buzsaki 2006）。脳波は古くから診断に用いられている代表的な脳神経回路オシレーション現象であり、個体の意識活動状態に応じて、0.1～100 Hz に至る幅の広い周波数領域での律動的同期活動を頭蓋表面より記録するものである。その背景にある機序は、先述した配向するニューロン集団の一斉の電気的活動が電場電位を形成することであり、膨大な数の活動素子（ニューロン）が一定の時間区分をもって on/off を遷移することで超多次元情報空間内のどの状態に定位しているかが決定されると考えられる。

例えば一次感覚系皮質（視覚野、聴覚野、体性感覚野）では、 γ 帯域（50-100 Hz）での高頻度オシレーションが領域内の複数のカラムで発するこ