

電波のラット胎児造血器への影響評価について

○室野浩司¹, 佐々木和人¹, 名川弘一¹, 北山丈二¹,
藤原 修², 王 建青²

1) 東京大学 腫瘍外科, 2) 名古屋工業大学大学院 工学研究科

○: 発表者

背景

- 近年、携帯電話が目覚ましい普及を果たし、それから発せられる高周波電波の生体への影響が関心を集めている。
- 2006 WHO Research Agenda for Radio Frequency Fields によれば、早急に検討すべき動物実験のひとつとして、未発達な動物に対する電磁波の影響、特に造血器、中枢神経、免疫に関する影響評価を検討すべきとされている。
- 胎児や子供に関する電磁波の影響に関しては社会的関心が高いが、それらに関する報告は少ない。

目的

- 胎児期電磁波ばく露の影響を評価する。

電波ばく露

- 局所ばく露； 携帯電話端末の使用。
- 全身ばく露； 基地局を想定した電波の全身ばく露。

～電磁波ばく露～

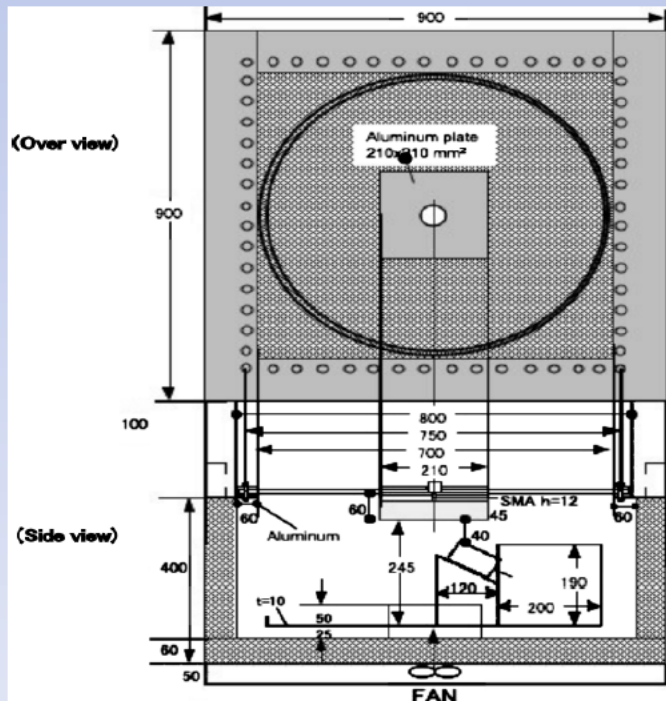
周波数: 2 GHz

システム: W-CDMA

アンテナ: 2/3波長ダイポールアンテナ

曝露動物: ラット(妊娠)

ばく露期間: 20時間/日



Takahashi S, Imai N, Nabae K, Wake K, Kawai H, Wang J, Watanabe S, Kawabe M, Fujiwara O, Ogawa K, Tamano S, Shirai T. Lack of adverse effects of whole-body exposure to a mobile telecommunication electromagnetic field on the rat fetus..Radiat Res. 2010 Mar;173(3):362-72.

測定方法①

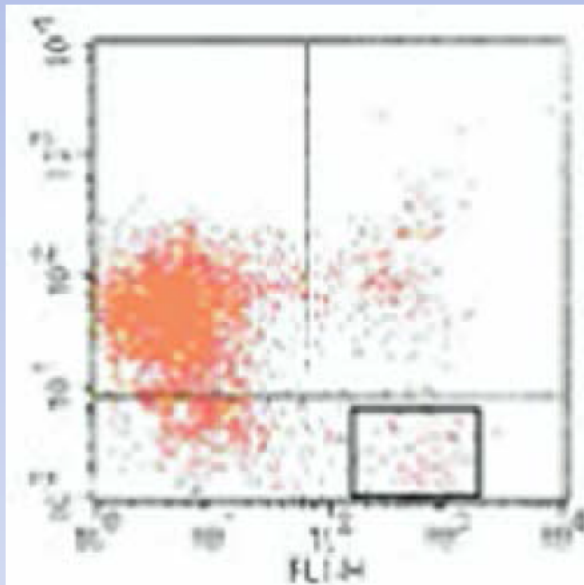
- ラット(照射された妊娠ラットの子)の末梢血分画測定
 1. ラット末梢血は、深麻酔下に心腔採血にて採取する。
 2. 自動血球計算機を用いて、末梢血の分画を測定する。

白血球数、赤血球数、血小板数

測定方法②

- ラット(照射された妊娠ラットの子)の骨髄幹細胞測定
大腿骨と脛骨を採取し、
リン酸緩衝液を還流してラット骨髄中の細胞を採取。

CD3
CD45



Thy

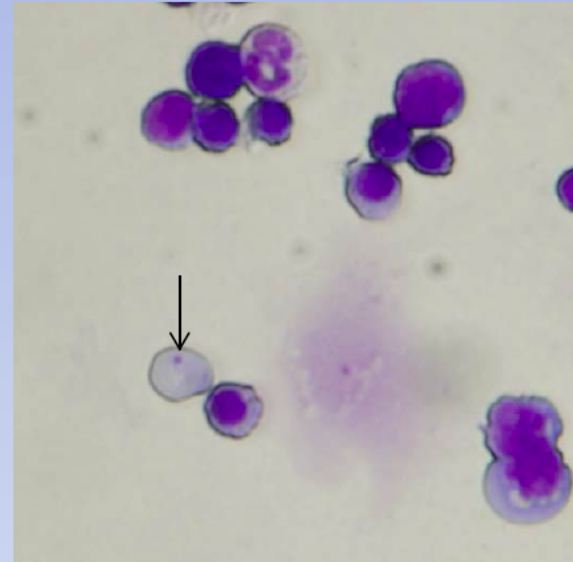
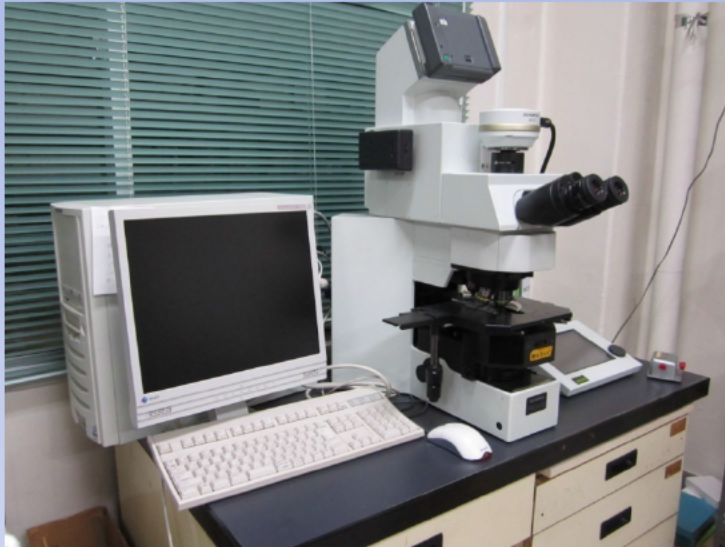
- ラット幹細胞に特異的な抗体(Thy)
- 血球分化抗原に対する抗体(CD3、CD45)

Zhan Y, Wang Y, Wei L, Chen H, Cong X, Fei R, Gao Y, Liu F. Differentiation of hematopoietic stem cells into hepatocytes in liver fibrosis in rats. *Transplant Proc.* 2006 Nov;38(9):3082-5.

- ラット骨髄幹細胞を多く含む細胞群(Thy⁺、CD3⁻、CD45⁻)を同定する。

測定方法③

- ラット（照射された妊娠ラットの子）の骨髓微小核試験



- **ラット骨髓液の塗沫標本 (May-Giemsa染色) を作成し、多染性赤血球 2000細胞中の微小核保有比を解析する。**
 - Amâncio Romanelli Ferreira, Tanise Knakievicz, Matheus Augusto de Bittencourt Pasquali, et al. Ultra high frequency-electromagnetic field irradiation during pregnancy leads to an increase in erythrocytes micronuclei incidence in rat offspring. *Life Science*. 2006 80(1): 43-55.
 - Julie Hayes*, Ann T. Doherty, Deborah J. Adkins, Karen Oldman and Michael R. O'Donovan. The rat bone marrow micronucleus test—study design and statistical power. *Mutagenesis*. 2009 24(5): 419-424.

—頭部局所単回ばく露の胎児造血器への影響—

周波数: 1.95 GHz

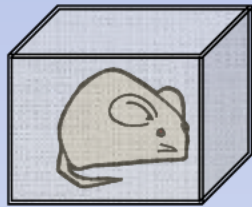
システム: W-CDMA

アンテナ: 1/4λモノポール

曝露動物: ラット(妊娠)

ばく露期間: 90分/回 (単回)

Cage Control
n=6



Sham exposure
n=6



Brain SAR 2W/Kg
n=6



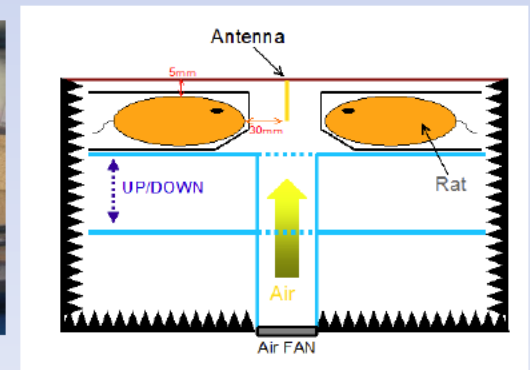
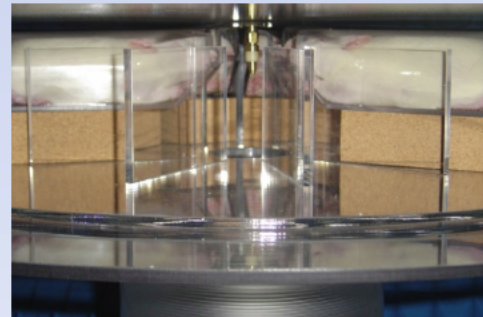
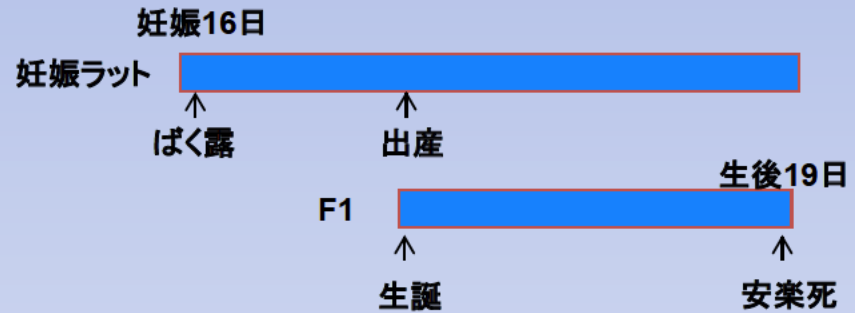
Brain SAR 6W/Kg
n=6



Brain SAR 20W/Kg
n=3

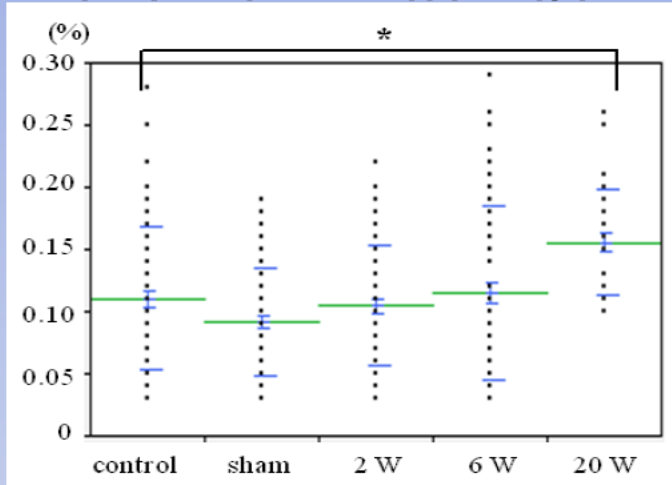


電磁波ばく露: 妊娠16日, 90分/日

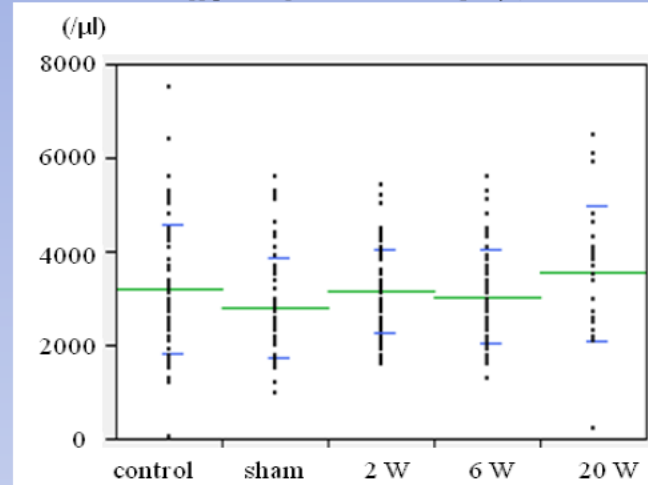


—頭部局所単回ばく露の胎児造血器への影響—

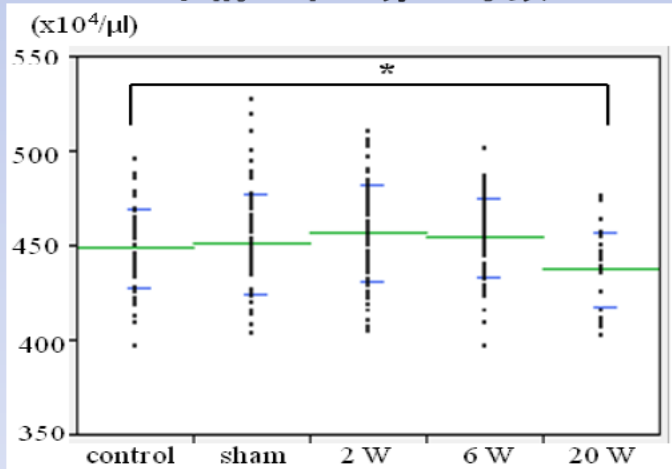
骨髓細胞中の造血幹細胞存在比



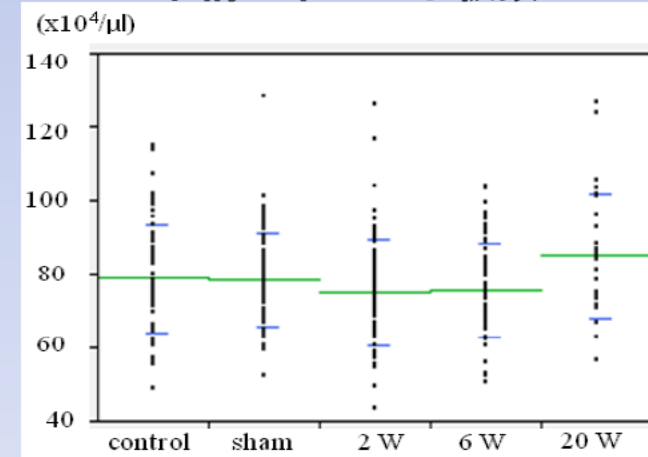
末梢血中の白血球数



末梢血中の赤血球数



末梢血中の血小板数

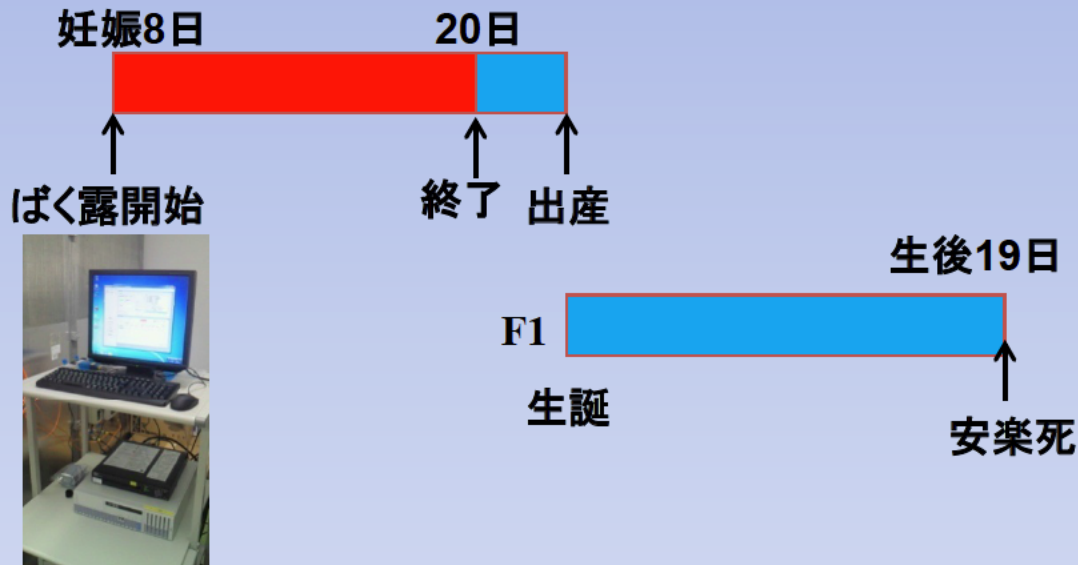


Long bar; mean value
Short bar; \pm SD
* p < 0.05

脳局所SAR 2W/KgならびにSAR 6W/Kgのレベルでは、胎児期電波ばく露による造血器の有意な変化は認められなかった。

—短期全身ばく露の胎児造血器への影響—

電磁波ばく露: 妊娠 8日-20日, 20時間/日



Sham exposure

n=8



Whole-body SAR

n=8

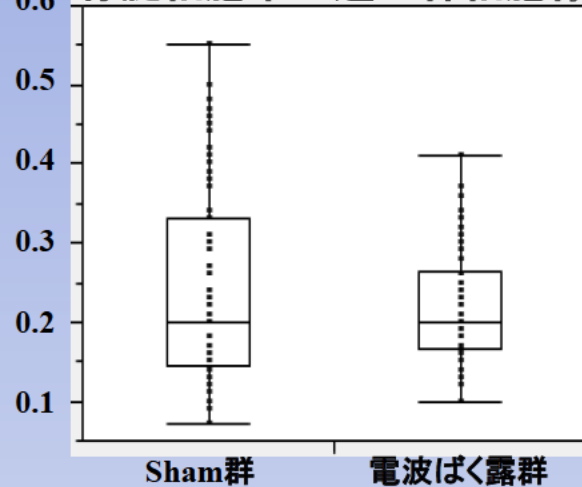
0.08 W/Kg



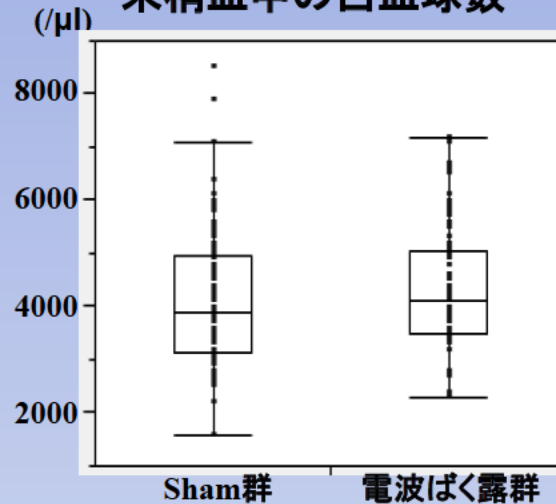
↳ 一般環境の防護指針

—短期全身ばく露の胎児造血器への影響—

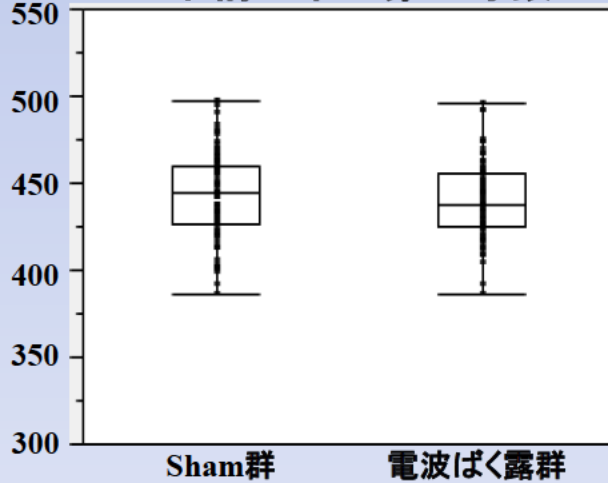
(%) 骨髓細胞中の造血幹細胞存在比



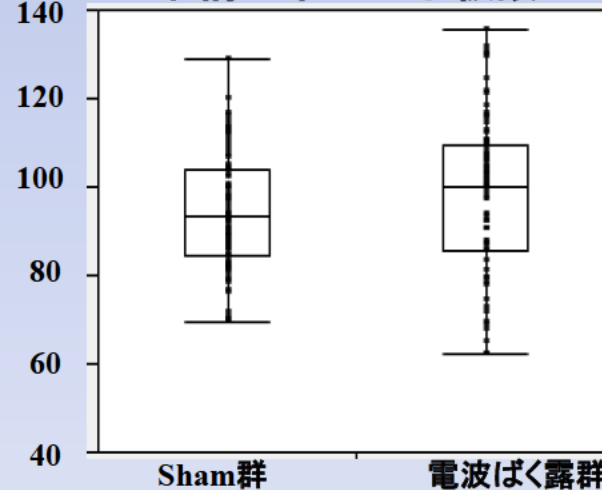
末梢血中の白血球数



($\times 10^4/\mu\text{l}$) 末梢血中の赤血球数



(万/ μl) 末梢血中の血小板数

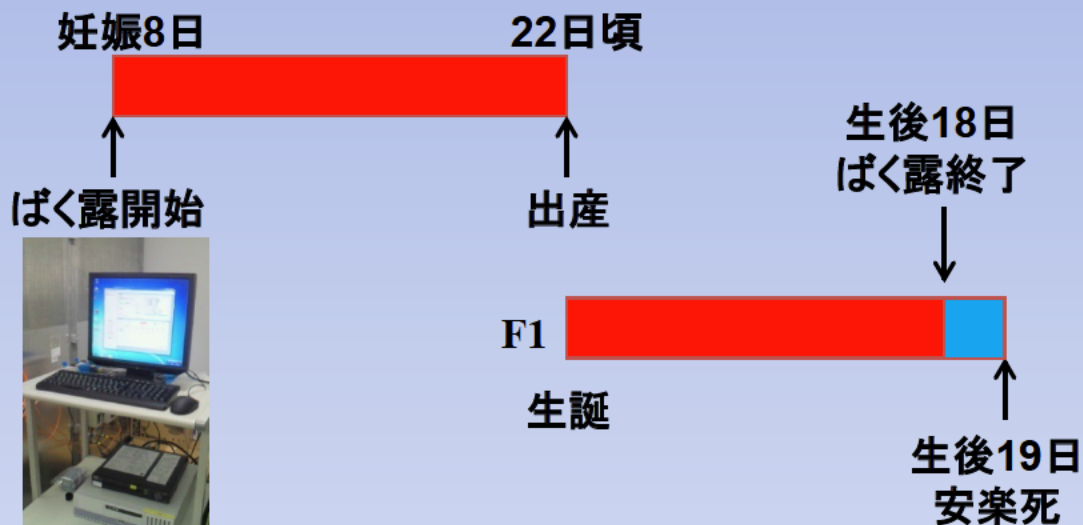


Long bar; mean value
Short bar; \pm SD
* $p < 0.05$

- 全身平均SAR0.08W/kgの短期照射では骨髓中の造血器に有意な変化は認められない。

～電磁波ばく露(平成24年度)～

電磁波ばく露: 妊娠 8日-出産(22日),
産子ラット1日-生後18日 20時間/日



Sham exposure

n=8



Whole-body SAR

n=8

0.20 W/Kg



結果 ばく露装置の保守及びばく露量のモニタリング

全身曝露実験「照射データ管理表」
照射データ管理表(東大)2011.09.20 説明用.doc

実験の開始/終了時間

実験日	2011年9月20日	データ日	2011年9月20日
StartTime	2011年9月20日 09:38	EndTime	2011年9月21日 05:38

曝露群データと照射電力

	ID	照射レベル [W]	許容最小値 [W]	許容最大値 [W]	
sham	3	0.000	0.000	0.000	曝露箱#1(上側)の曝露条件
High	5	2.424	2.303	2.545	曝露箱#2(下側)の曝露条件と5%の値

今回の曝露では上記は変わりません。

以下は2時間毎の平均を示します。DEV1は曝露箱#1です。

照射データ

DEV1	2001	3									
(2h 毎の Ave)	+2h	+4h	+6h	+8h	+10h	+12h	+14h	+16h	+18h	+20h	total
平均温度[°C]	25.25	25.50	25.35	25.06	25.00	24.94	24.17	23.62	23.50	23.50	24.59
平均入射電力[W]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
平均反射電力[W]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
平均入力電力[W]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
平均誤差率[%]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

DEV2	2003	5									
(2h 毎の Ave)	+2h	+4h	+6h	+8h	+10h	+12h	+14h	+16h	+18h	+20h	total
平均温度[°C]	25.06	25.35	25.04	24.88	24.98	24.75	24.29	23.92	23.50	23.50	24.53
平均入射電力[W]	2.501	2.530	2.563	2.602	2.605	2.617	2.607	2.650	2.665	2.664	2.600
平均反射電力[W]	0.161	0.159	0.164	0.167	0.165	0.165	0.171	0.180	0.189	0.187	0.171
平均入力電力[W]	2.340	2.370	2.399	2.434	2.440	2.452	2.436	2.470	2.476	2.477	2.429
平均誤差率[%]	-3.47	-2.22	-1.03	0.43	0.65	1.15	0.48	1.89	2.14	2.20	0.22

OK OK OK OK OK OK OK OK OK OK OK OK

±5%以内に入っていればOKと表示します。

備考:

ここは、問題が発生した場合記入します。例えば、1回だけ5%超が発生した等。

✓ 毎日のばく露量をリアルタイムに観測・記録

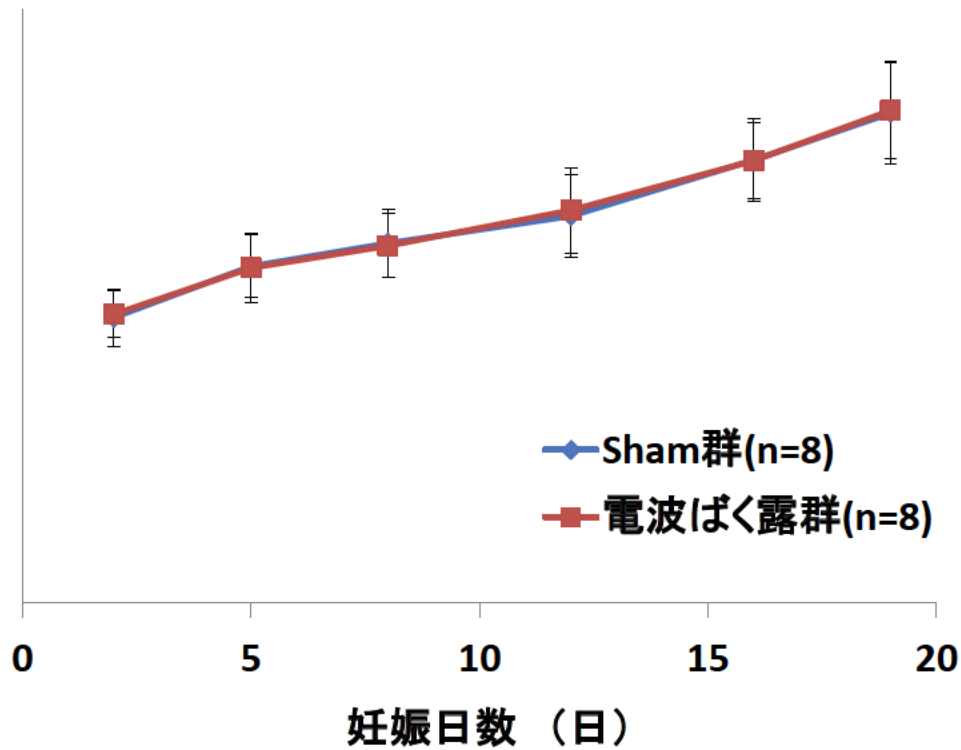
✓ ばく露量は設定値±5%以内に自動制御

✓ ばく露データは、毎日名工大に送り解析され、全実験終了後に影響評価にフィードバックする。

結果

妊娠SDラットの体重変化

体重(g)

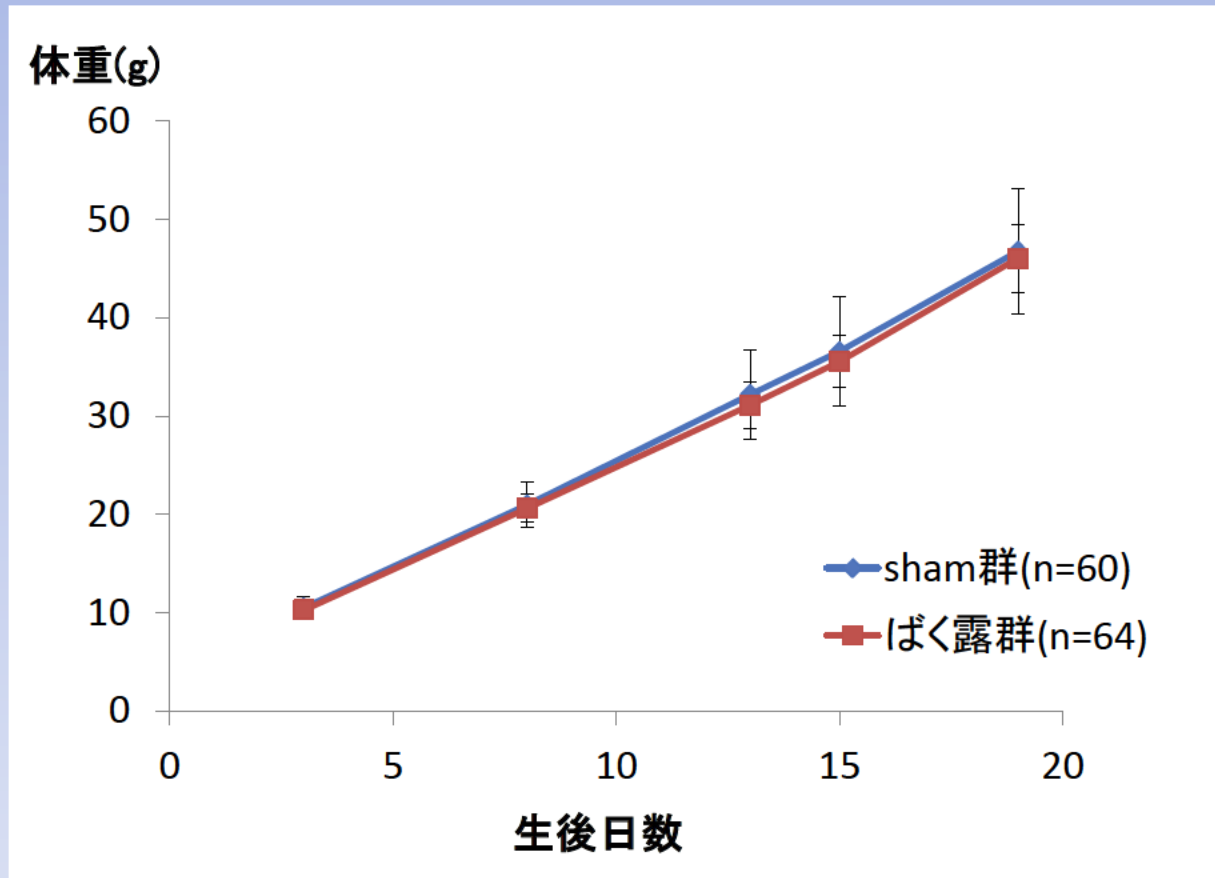


結果

	Sham群 (n=8)	ばく露群 (n=8)
妊娠日数	22.4 ±0.5	22.5 ±0.5
出産に伴う死亡	0	0
産子数	10.6 ±3.1	13.1 ±1.5
性比 (雄/全数) x100	55.0 ±13.8	59.3 ±14.6
奇形子	0	0

結果

産子ラットの体重変化

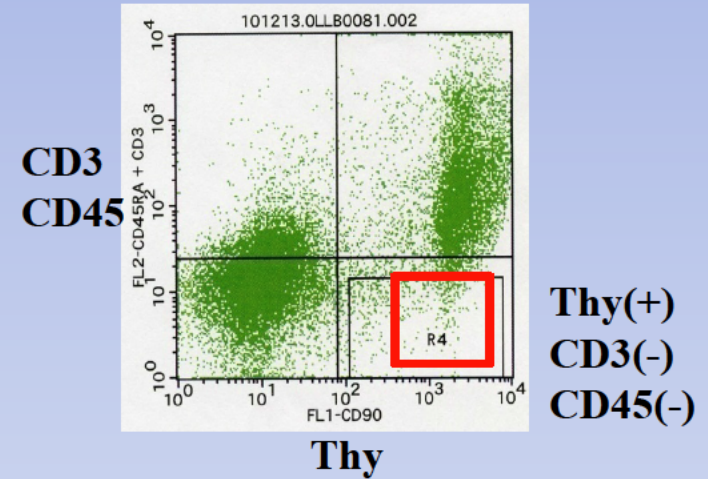
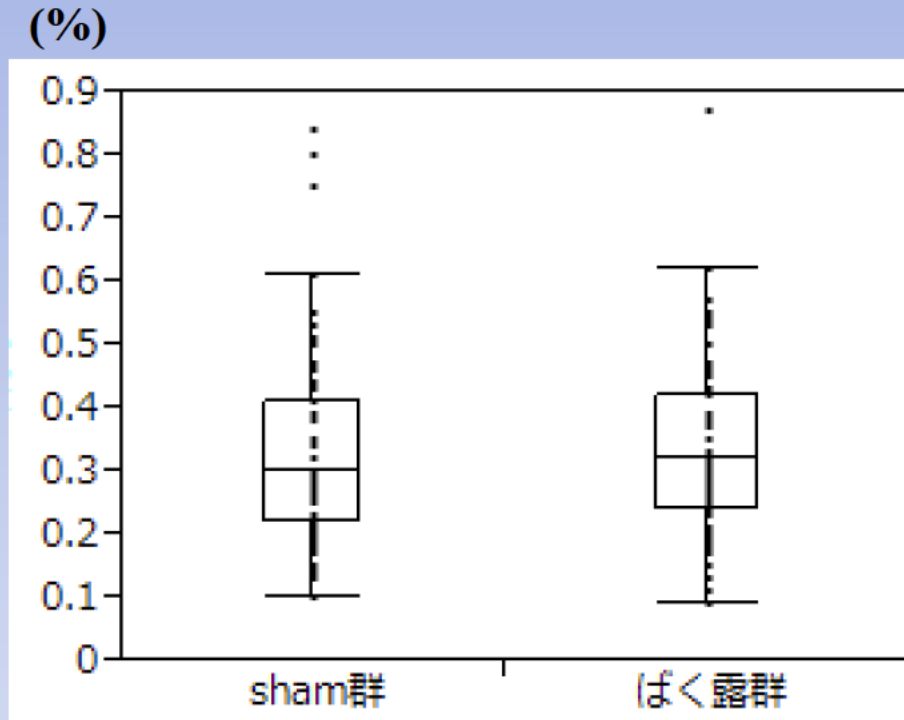


結果

産子ラット

	Sham群 (n=60)	ばく露群 (n=64)
体重 (19日齢)	46.8 ±6.4	46.0 ±3.4
肝臓重量 (g)	1.73 ±0.38	1.75 ±0.28
大腿骨 (片側、g)	0.12 ±0.02	0.12 ±0.02
内臓奇形	0	0

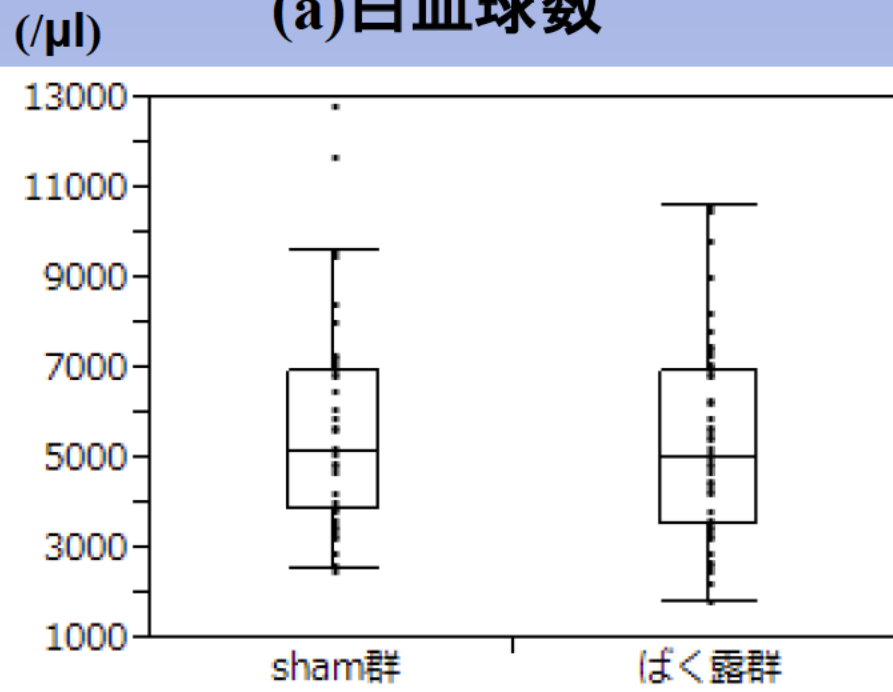
結果 ～骨髄造血幹細胞～



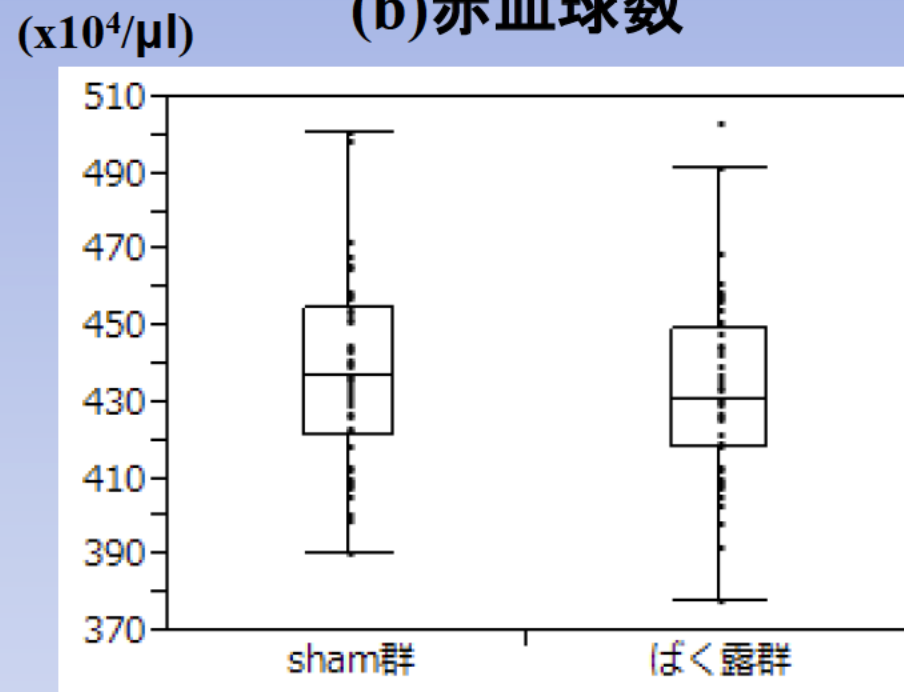
- 骨髄中の造血幹細胞数に電磁波ばく露による変化は認められない。

結果 ～白血球数、赤血球数～

(a) 白血球数



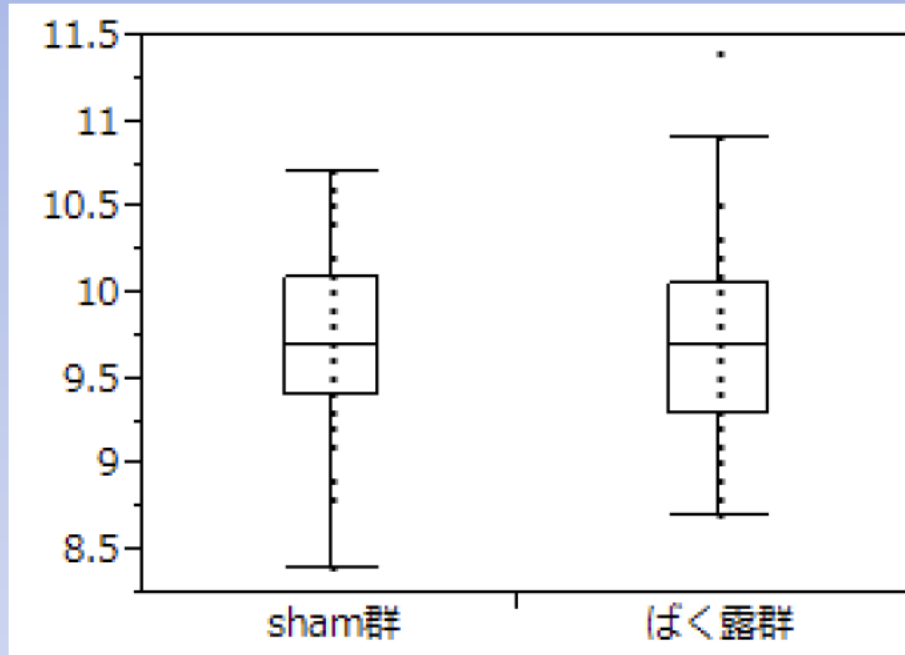
(b) 赤血球数



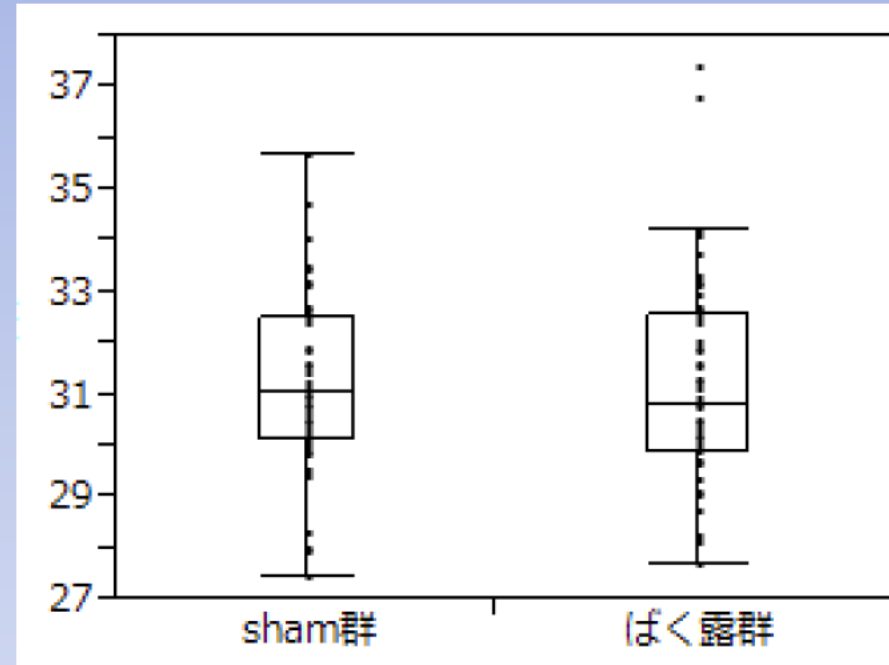
- 末梢血液中の白血球数、赤血球数に電磁波ばく露による変化は認められない。

結果 ～Hb, HT～

(g/dl) (a)ヘモグロビン値

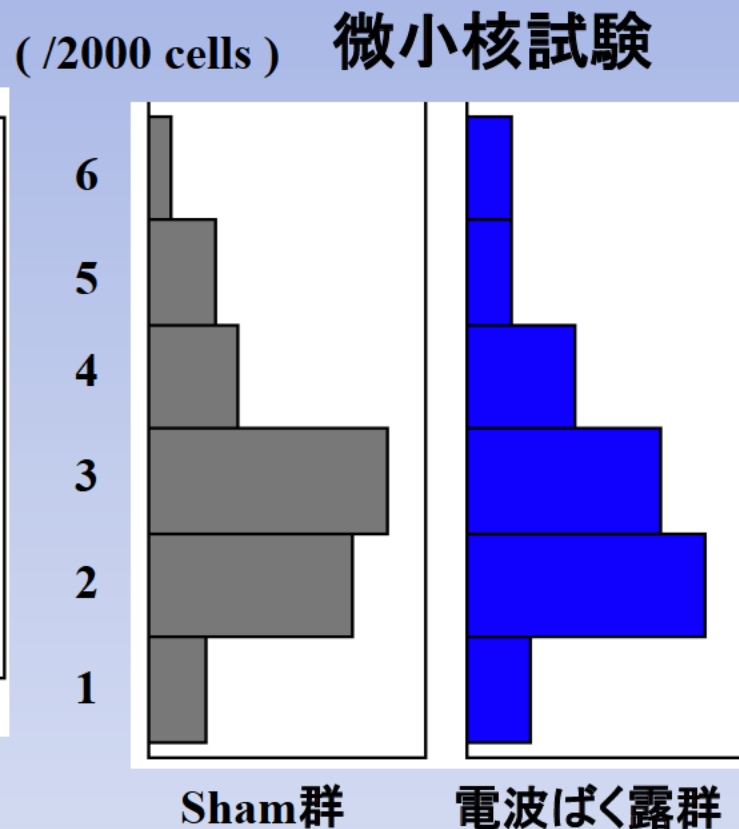
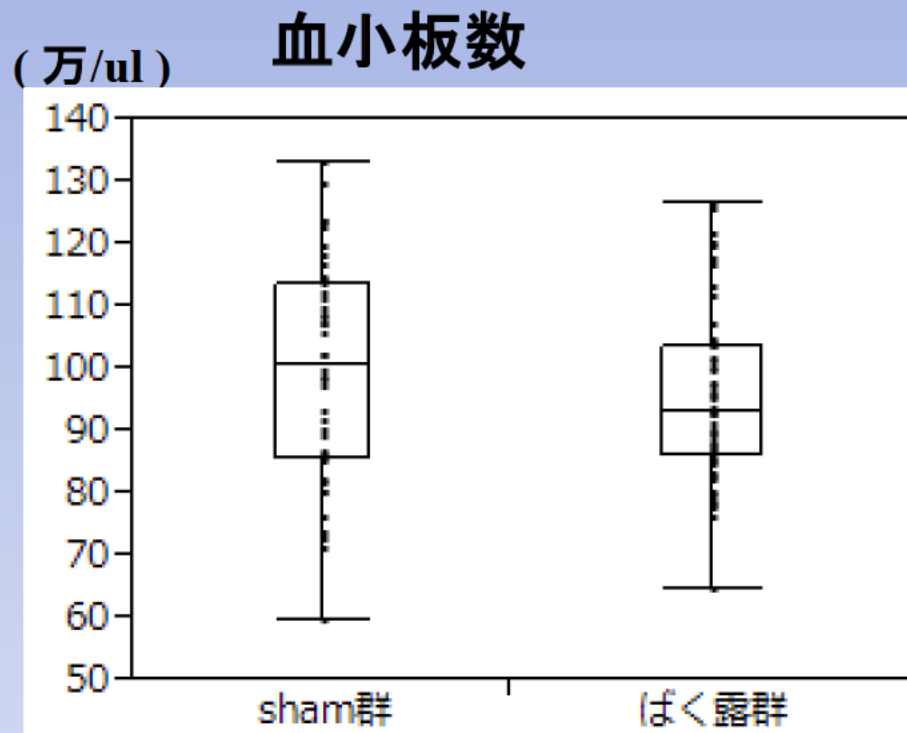


(%) (b)ヘマトクリット値



- ヘモグロビン値、ヘマトクリット値に電磁波ばく露による変化は認められない。

結果 ～血小板数、微小核試験～



- 末梢血液中の血小板数、骨髄中の微小核頻度に電磁波ばく露による変化は認められない。

電磁波の胎児への影響

胎児奇形数

TABLE 4. Number of Fetuses With Visceral Abnormalities

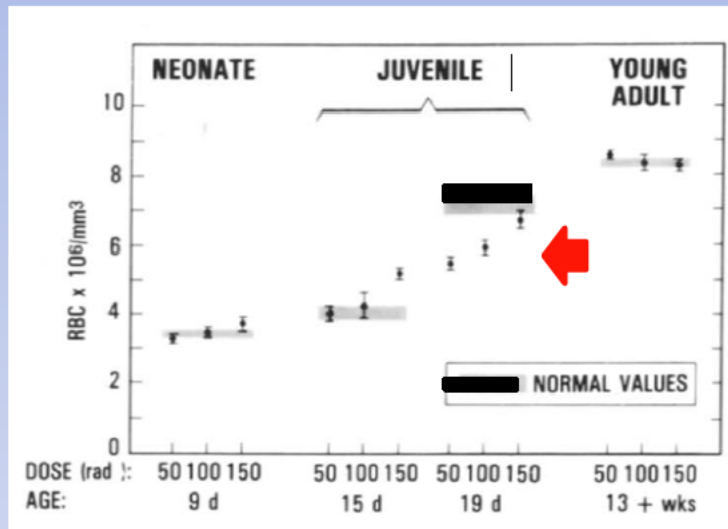
Findings	Group			
	1	2	3	4
	EMF -	EMF - (sham)	EMF + (low)	EMF + (high)
No. of dams	20	20	20	20
No. of fetuses examined	125	141	132	136
Abnormal fetus (%) ^a	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Fetuses with variations (%)	11 (8.8)	13 (9.2)	11 (8.3)	11 (8.1)
Thymic remnant in the neck (%)	11 (8.8)	13 (9.2)	11 (8.3)	11 (8.1)

^a% of fetuses examined.

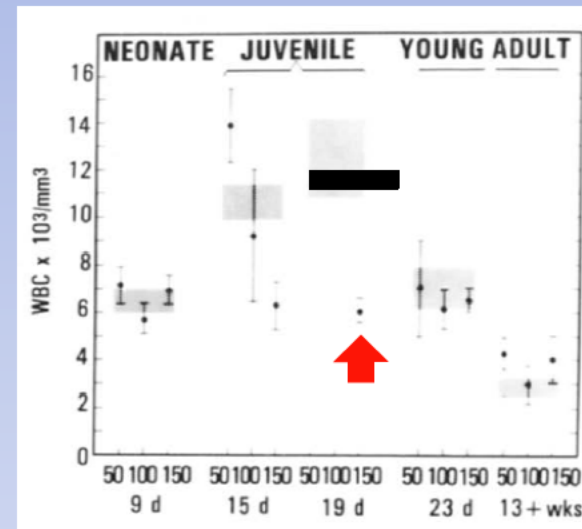
- 妊娠ラットに1.95GHz W-CDMA、脳局所SAR 0.67/2.0 W/kg のばく露（1日90分、妊娠7日から17日）⇒胎児毒性や胎児奇形に関して差はみられない。
- 電磁波の非熱作用としての胎児毒性や胎児奇形に関して、明確なエビデンスは得られていない
- Ogawa K, Nabae K, Wang J, Wake K, Watanabe S, Kawabe M, Fujiwara O, Takahashi S, Ichihara T, Tamano S, Shirai T. Effects of gestational exposure to 1.95-GHz W-CDMA signals for IMT-2000 cellular phones: Lack of embryotoxicity and teratogenicity in rats. *Bioelectromagnetics*. 2009 Apr;30(3):205-12.
- Heynick LN, Merritt JH. Radiofrequency fields and teratogenesis. *Bioelectromagnetics*. 2003;Suppl 6:S174-86. Review

電離放射線の胎児造血器への影響

末梢血液中の赤血球数



末梢血液中の白血球数



- 妊娠マウスにおいて、 γ 線照射((妊娠10日目、0.5-1.5Gy)
⇒生後19日目のマウス末梢血中の赤血球数、白血球数の減少
- Weinberg SR. Effects of prenatal irradiation on fetal, neonate, and young adult murine hemopoiesis. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1983 Dec;9(12):1825-31.

結語

妊娠SDラット(妊娠8-20日)および産子ラット(産後1-18日)の全身に対して、2GHz:W-CDMAの電磁波を、 $SAR = 0.20 \text{ W/Kg}$ (1日20時間)のばく露を行った。



長期間の電磁波全身ばく露群において、一般環境の防護指針である全身平均SAR 0.08 W/kg を超えるSAR 0.20 W/kg の電波ばく露では産子ラット(19日齢)の造血器への有意な変化を認めなかった。