

総務省生体電磁環境研究

免疫システムの機能とその発達における 電磁環境の影響に関する研究

【受託機関】

明治薬科大学

名古屋工業大学

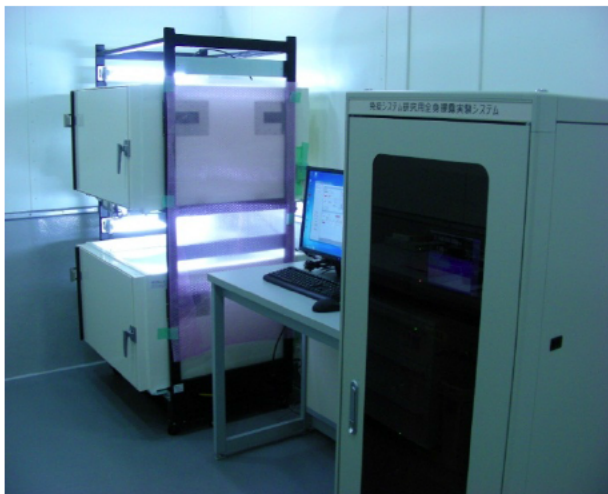
京都大学

研究の目的



- ▶ 免疫機能においても発達段階にある幼若な動物や培養細胞を用い、高周波電磁界をばく露した際の**免疫システムへの影響を機能的・形態的・分子的な指標により検討**すること
- ▶ 国際ガイドラインの策定・改定作業に寄与する基礎データを提供すること
- ▶ **以上をもって、国民の安全・安心を担保すること**

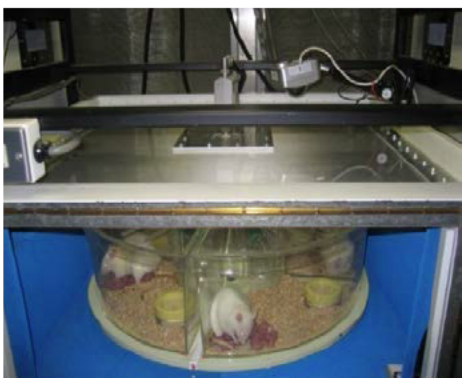
①2GHz帯全身ばく露装置の開発と評価



✓ばく露ステージ

Stage	Rats in Each Cage	Description
I	1 pregnant	1 - 3 weeks after pregnant
II	1 mother & 8 new-born	1- 3 weeks after birth
III	4 young	4 - 6 weeks after birth

✓各ばく露ステージにおけるラットの動きをリアルタイムに写真に収め、それを基にラット全身SARの統計値と変動幅を算出、ばく露量として設定



✓ラット全身平均SARの統計解析 [W/kg@1W]

Stage	Mean	Median	Mode	3 σ /Mean
I	0.034	0.033	0.036	28.9%
II	0.081	0.081	0.092	47.3%
III	0.062	0.060	0.065	30.7%

成果は論文掲載および特許取得:

- ① Statistical determination of whole-body average SARs in a 2 GHz whole-body exposure system for unrestrained pregnant and newborn rats, *Physics in Medicine and Biology*, vol.57, pp.143-154, 2012
- ② 電波の生体影響試験用動物全身曝露装置, 特許第4696241号

②反射箱型高レベルばく露装置の開発と評価

- ✓ 低コスト小電力で高い電界強度を作り出せる**反射箱**をばく露装置として採用
- ✓ MoMとFDTDのハイブリッド法によりSARを解析

設計指針:



平均電界強度の変動幅

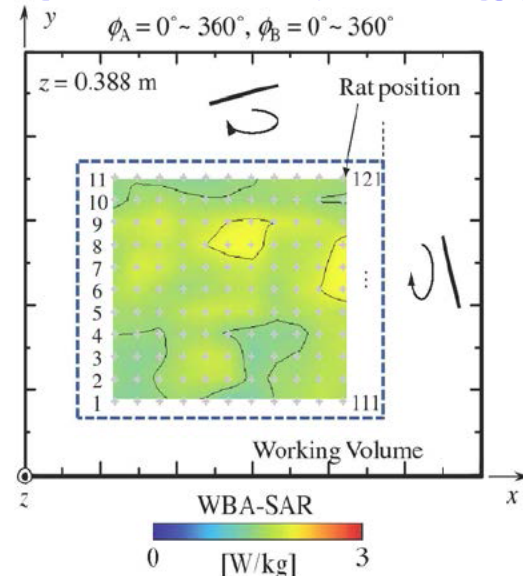
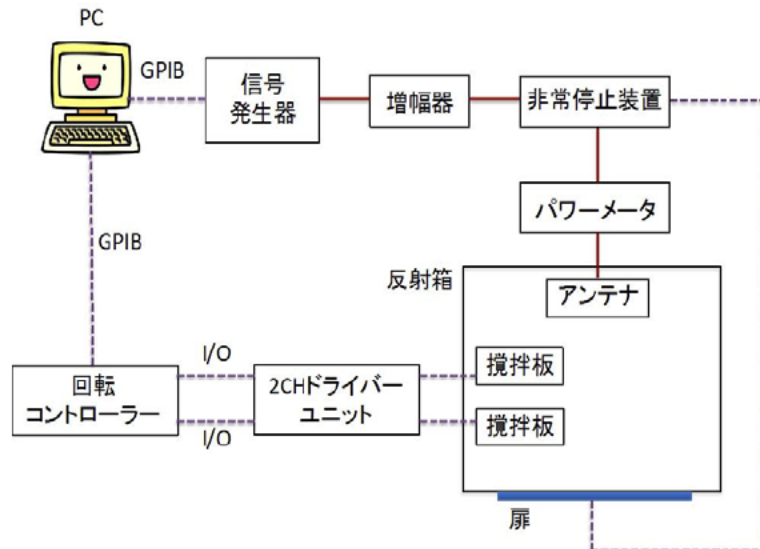
標準偏差が3 dB以下

小動物の全身平均SAR

4 W/kg 以上



1W入力電力時の全身平均SARの
反射箱内における場所的依存性



成果は論文掲載:

Dosimetry of a reverberation chamber for whole-body exposure of small animals,
IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques, vol.61, pp.3435-3445, 2013

動物を対象とした実験

低SAR-長時間ばく露実験

高SAR-短時間ばく露実験

従前型



反射箱型(今回開発したもの)



ばく露周波数

2.1GHz, W-CDMA波

2.1GHz, W-CDMA波

最大全身平均SAR

0.2W/kg

4W/kg

ばく露条件

4週齢から
20hr/day
3週間ばく露

母親交配時から
20hr/day
9週間ばく露
(生後6週まで)

生後4週齢から
1hr/day
2週間ばく露

解析指標

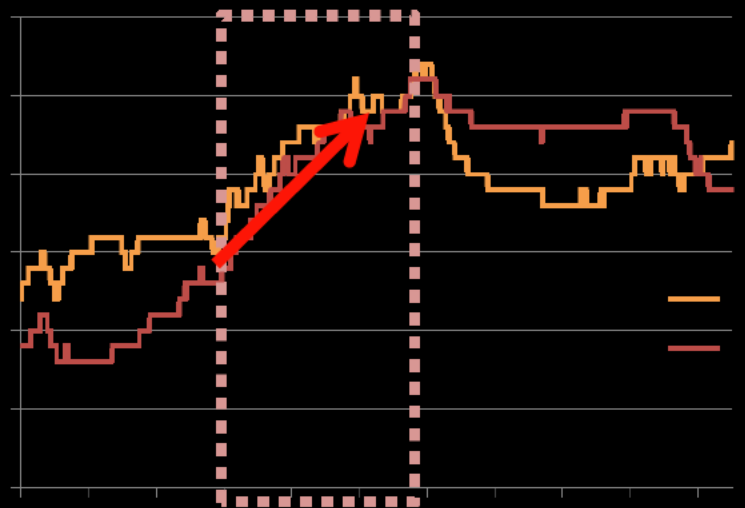
一般生化学検査・血液検査
好中球の遊走能・貪食能における影響
脾臓リンパ球のNK活性に対する影響
T細胞依存性抗体産生(TDAR)試験における影響
Th1/Th2バランスに対する影響

動物実験まとめ

どのばく露条件においても、検討した指標にばく露による影響は見られなかったことから、本研究の条件下においては、免疫系への影響はないと考えられる。

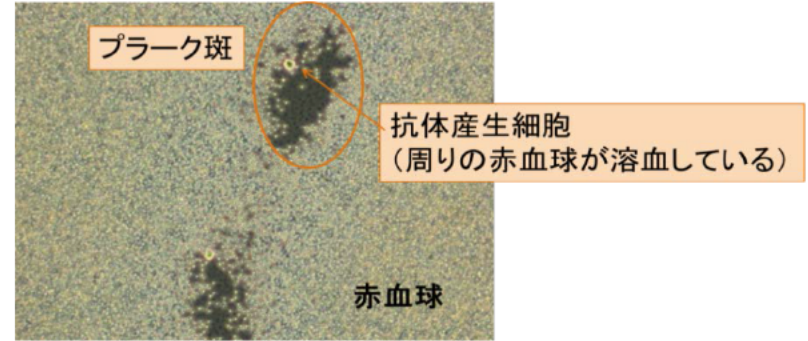
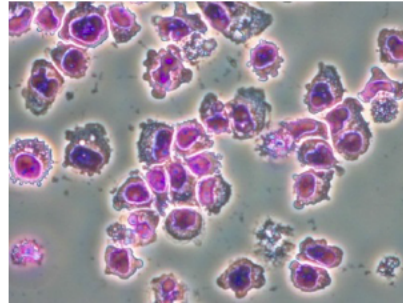
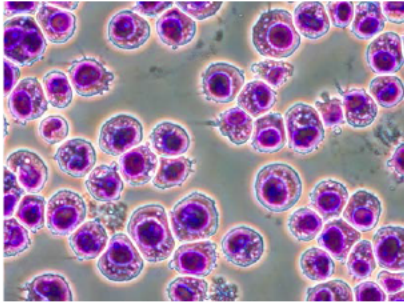
しかしTh1/Th2バランスにおけるIL-4のRT-PCRの変化(増加傾向:有意差なし)がみられるなど、対照群と異なる反応も見られた。

全身平均4W/kgという条件は、生体への熱的影響の根拠となっている強さである。本研究では、1時間のばく露が、腹腔内温度で1.0~1.5°C上昇することを示した。近年の海外の報告では、「4W/kgでは動物(ラット・マウス)の体温上昇は見られない」とする結果と相反するものである。高SAR環境の研究において、重要な知見である。



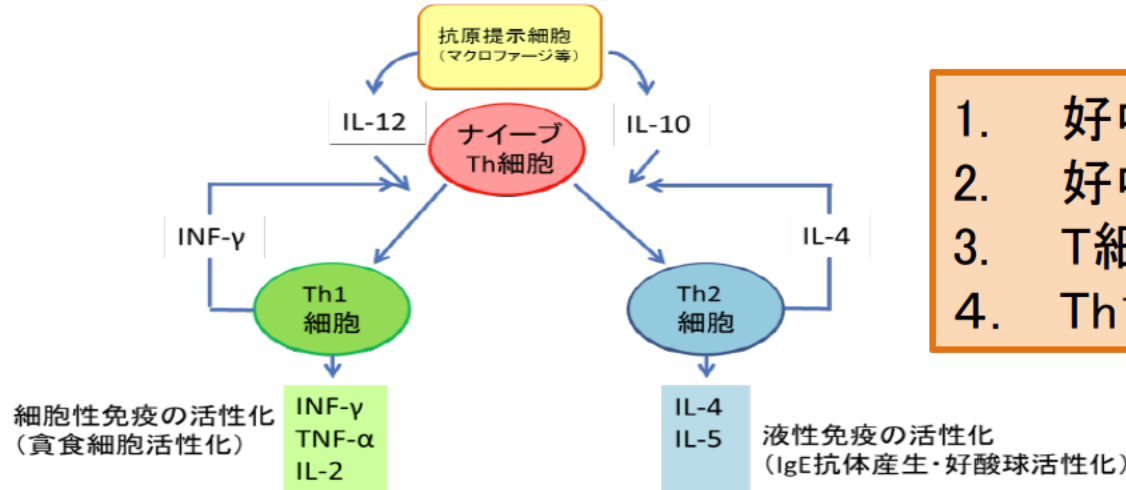
～細胞実験の研究目的～

免疫担当細胞に対して、周波数2.45GHz、2および10W/kgのSARで電波ばく露(4、24時間)を行い、高周波電磁環境が下記の4項目について影響を及ぼさないか研究を行い、携帯電話の電磁環境による免疫システムへの安全性に関して検討する。



好中球に分化誘導したHL60細胞 (左: 分化前、右: 分化後)

マウス抗体産生細胞のプラーク形成



1. 好中球遊走能
2. 好中球貪食能
3. T細胞依存性抗体産生能
4. Th1/Th2バランス

Th1/2バランスの概要図

～細胞実験の研究結果～

- 1. 電波ばく露による好中球遊走能と貪食能への影響に関する調査研究**
ヒト由来前骨髄球性白血病細胞(HL60細胞)を用いて、好中球へ分化誘導後、電波ばく露による細胞の遊走能、貪食能への影響を評価した。その結果、電波ばく露による有意な影響はみられなかった。
- 2. 電波ばく露によるインビトロT細胞依存性抗体産生(TDAR)への影響に関する調査研究**
マウス脾臓由来抗ヒツジ赤血球IgM抗体産生ハイブリドーマ細胞を用いて、電波ばく露によるインビトロT細胞依存性抗体産生(TDAR)への影響に関して抗体産生能への影響を評価した。その結果、電波ばく露による有意な影響はみられなかった。
- 3. 電波ばく露によるTh1/Th2バランスへの影響に関する調査研究**
ヒトT細胞性白血病細胞(Molt-4F細胞)を用いて、電波ばく露によるTh1/Th2バランスへの影響に関して、サイトカインのmRNAをRT-PCR法による相対定量により比較した。Th1由来のサイトカインとしてIFN- γ およびTNF- α 、Th2由来としてIL-4およびIL-5を測定した。結果、SAR 2 W/kg、4時間ばく露直後、INF- γ に有意な増加がみられた。さらに、SAR 2 W/kg、24時間ばく露直後、IL-4に有意な減少がみられた。この変化は24時間後に回復した。その他の解析条件においては、電波ばく露による有意な影響はみられなかった。

～細胞実験研究のまとめと考察～

電波の生体影響評価研究において、本研究で行った細胞実験による、種々の免疫担当細胞における遊走能、貪食能、インビトロ抗体産生(TDAR)、Th1/Th2バランスの、免疫能を指標とした研究は、細胞遺伝毒性の研究に比べて、極めて少ない。

本研究成果は、携帯電話や基地局からの電波の生体影響を評価する上で重要な基礎資料となり、社会的貢献は大きいと考える。また、Th1/Th2バランスにおける一部の陽性効果に関しては、さらなる研究を推進し、それらの研究成果を含めて、社会に発信する必要があると考える。