

電磁界強度指針について

北海道大学大学院情報科学研究科

日景 隆

電波防護指針の構成(2015～)

刺激作用(10 kHz ~ 10 MHz)

熱作用(100 kHz ~ 300 GHz)

安全率(~10倍)

基礎指針

全身平均SAR(熱作用), 誘導電流密度(刺激作用), 接触電流(刺激作用・熱作用), 局所SAR(熱作用)

基本制限

体内電界(刺激作用)

管理指針(管理環境・一般環境(安全率~5倍))

電磁界強度指針

6分間平均値(10 kHz - 300 GHz)

瞬時値(10 kHz - 10 MHz)

注意事項

1. 接触ハザード
2. 非接地条件
3. 時間変動
4. 複数の周波数成分

補助指針

不均一又は局所的なばく露

接触電流に関する指針

誘導電流に関する指針

局所吸収指針

(100 kHz - 6 GHz)

全身平均SAR

局所SAR

接触電流(100 kHz - 100 MHz)

世界の防護指針・基準の年表

付表 1 (a) 諸外国の電波ハザード問題の経緯

1953年	米の H. P. Schwan	電力密度10mW/cm ² を勧告
1959年	ソ連	職業被曝制限制定
1961年	米ベル電話機	勧告
1961年	ポーランド	ソ連と同じ被曝制限を採用
1965年	モスクワの米大使館	微弱マイクロ波照射の噂 バンドラプロジェクト開始
1965年	チェコCSSR衛生相	被曝基準制定
1966年	米陸軍	規則制定, 10mW/cm ² を採用
1966年	米ANSI (米国規格協会)	安全指針勧告, 10mW/cm ² を採用
1966年	カナダ規格協会	安全規格
1968年	米労働省	規則としてANSI勧告を採用
1970年	ソ連保健省	被曝基準制定
1970年	チェコCSSR衛生相	被曝基準改訂
1971年	米AGCIH(米政府産業衛生学者会議)	安全基準勧告
1972年	ポーランド人民委員会議	職業被曝制限規則制定(マイクロ波)
1972年	東独	職業被曝基準制定
1974年	IRPA (国際放射線防護協会)	非電離放射線(電波)のWGを発足
1974年	米ANSI	安全指針勧告改訂
1975年	東独	職業被曝基準改訂
1976年	ソ連	職業被曝基準制定
1976年	スウェーデン労働者保護庁	職業安全規則制定
1976年	モスクワの米大使館	モスクワ・シグナル事件報告
1977年	米ジャーナリストの P. Brodeur	著書で警告, 住民運動が続発
1977年	IRPA	INIRC(国際非電離放射防護委員会)設置
1977年	ポーランド労働省・厚生省	職業被曝制限規則制定(RF帯)
1978年	米NIOSH(労働安全衛生協会)&OSHA(労働安全衛生局)	職業被曝基準を制定
1978年	ソ連	公衆被曝基準制定
1979年	米AGCIH	勧告改訂
1979年	カナダ厚生省	安全基準公布
1979年	豪州	規格案
1979年	ブルガリア	国定基準制定
1980年	カナダ厚生省	高周波ウェルダークの指針公布
1980年	ポーランド	公衆被曝制限規則制定
1981年	米ニューヨーク	マイクロ波照射による労災死の認定例
1981年	WHO/IRPA	指針案, 根拠の文書発行
1982年	米ANSI	安全指針勧告再改訂, 周波数によっては1 mW/cm ²
1982年	英NRPB(国家放射線防護局)	安全基準案
1983年	チェコの J. Musil	改訂案
1984年	IRPA/INIRC	暫定指針制定

付表 1 (a) つづき

1984年	西独	DIN/VDE規格制定
1984年	ソ連	被曝基準改訂
1984年	WHO	ELF基準の文書発行
1985年	米AGCIH	勧告再改訂
1985年	米FCC	規則に一部盛り込む
1985年	豪州	規格制定
1986年	米EPA(環境保護庁)	基準値の提案
1986年	英NRPB	安全基準勧告
1986年	西独	DIN/VD規格改訂
*1987年	IRPA/INIRC	指針改訂
1987年	米NIOSH	職業被曝基準改訂
1987年	カナダ厚生省	ガイドライン改訂案
1987年	スウェーデン	基準改訂
1987年	WHO	磁場指針, 根拠の文書発行
*1989年	IRPA/INIRC	50/60Hz暫定指針
1990年	スウェーデン	MPR-II (VDT基準)
1990年	米の P. Brodeur	“メドウ通りの災厄” ニューヨークに掲載
*1991年	米ANSI	ANSI勧告の改訂, 2種類的环境
1992年	米	携帯電話による脳腫瘍悪化の訴訟

これまでの他国の基準は以下の通り

「電磁界の生体効果と計測」コロナ社 1995年初版

- ・ 生体作用のいき値に安全係数をとって指針値を策定.
- ・ 指針値以下とするように各国で法的規制
- ・ 指針値は健康悪影響のいき値ではないが遵守が基本
- ・ 世界的な一元化には時間がかかりそう
- ・ WHOにおいて基準策定の動きがある

日本及び世界の電波防護指針/基準

日本

電気情報通信技術審議会答申 平成2年6月（1990年）
諮問第38号「電波利用における人体の防護指針」
諮問第2035号「電波防護指針の在り方」のうち「低周波領域（10kHz以上10MHz以下）における電波防護指針の在り方」 平成27年3月
基礎指針・基本制限、管理指針

欧州など

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) 1998

GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC, MAGNETIC, AND ELECTROMAGNETIC FIELDS (UP TO 300 GHz).

Basic restrictions

Reference levels for occupational exposure

Reference levels for general public exposure

北米など

IEEE Std C95.1-2005 (ANSI/IEEE C95.1B-2004)

Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to RF Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz.

Basic restrictions

Maximum permissible exposure (MPE) in controlled environments

MPE for the general public

熱作用に基づく指針値根拠と安全係数

270 / 16. MEDICAL APPLICATIONS

(1) 小動物の全身ばく露実験において**行動変化が4~8W/kg定常的SAのときに確認**.

この時深部温度上昇は約1°C.

約1°Cの体温上昇は人体で健康影響を生じるレベル（医学的知見）.

(2) 医学的判断から1/10の加熱エネルギーすなわち**144J/kg以下**であれば健康影響はない・・1/10の安全係数.

但し、6分又は30分間平均⇒

0.4W/kg (Specific Absorption Rate)

(3) 職業的ばく露と公衆ばく露の違い：
安全係数≒5

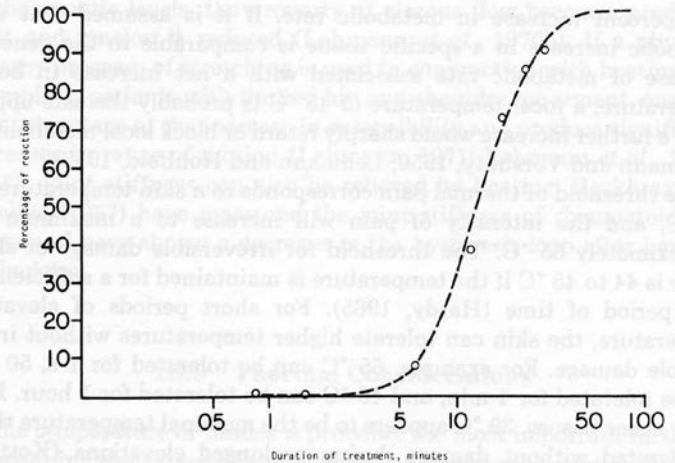


Fig. 16.6. Dependence (relative to maximal value) of hyperemia on duration of treatment. (From Lehmann, 1971.)

組織反応と加温処置時間

日本、ICNIRPは平均時間は6分。
職業と公衆の緩和係数は不確実性の理由から5倍。

熱作用以外の影響については、
閾値解明が困難なため、複数
ドース実験で問題の有無を確認

・全身平均SAR閾値(単位は本来[J]);

$$S_{WB} = \frac{\text{全身の吸収電力 } P_{total} [W]}{\text{体重 } W [kg]}$$
$$= 4W/kg$$

(約1°Cの深部体温上昇)

・全身平均SARの指針値;

$$S_{WB} \times 1/10 = 0.4 [W/kg] \text{ (0.08:一般環境)}$$
$$144J/kg$$

①局所SAR限度値の導出(IEEE1991)

管理環境:

$$0.4 [W/kg] \times 20 = 8 [W/kg]$$

at any 1g(測定可能な量)

一般環境:

$$\text{管理環境の} 1/5 = 1.6 [W/kg]$$

at any 1g

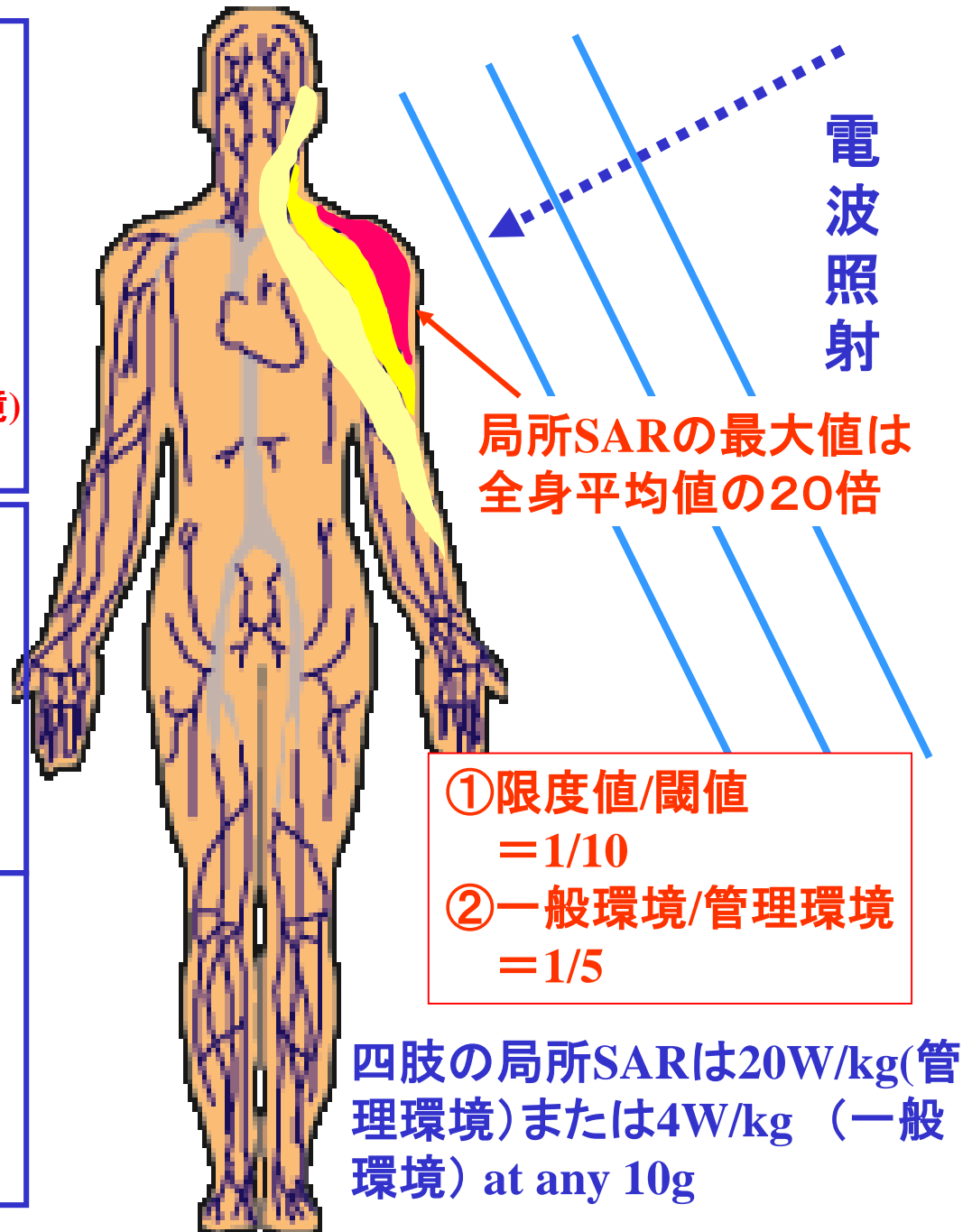
②局所SAR限度値の導出(ICNIRP, IEEE2005:世界標準)

管理環境:

$$10 [W/kg] \text{ at any } 10g \text{ (眼球)}$$

一般環境:

$$\text{管理環境の} 1/5 = 2 [W/kg] \text{ at any } 10g$$



国際ガイドラインにおけるSAR値

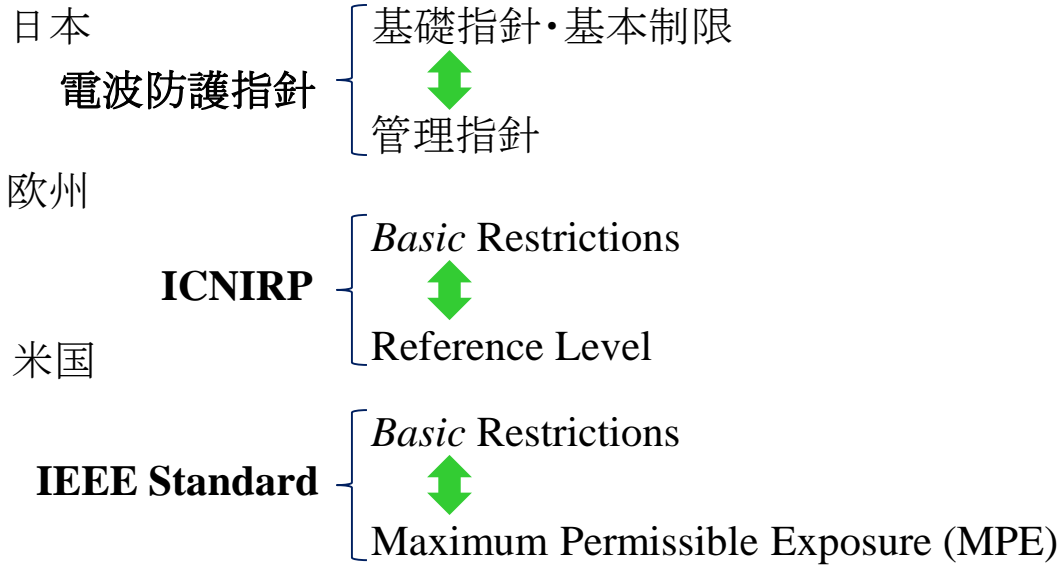
2006年IEEEは、ICNIRPと同じ値に指針値を変更

指針／規格	郵政省電気通信技術審議会 諮問第89号答申	米国連邦通信委員会 (FCC)	国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP)
公表／制定した年	1997年	1996年	1998年
周波数	100kHz～3GHz	100kHz～6GHz	100kHz～10GHz
全身平均SAR 上段は一般環境 下段は管理環境	0.08W/kg	0.08W/kg	0.08W/kg
	0.4W/kg	0.4W/kg	0.4W/kg
局所SAR 上段は一般環境 下段は管理環境	2W/kg (10g平均) 4W/kg (四肢10g平均)	1.6W/kg (1g平均) 4W/kg (四肢10g平均)	2W/kg (10g平均) 4W/kg (四肢10g平均)
	10W/kg (10g平均) 20W/kg (四肢10g平均)	8W/kg (1g平均) 20W/kg (四肢10g平均)	10W/kg (10g平均) 20W/kg (四肢10g平均)
SARを規定する 平均時間	6分	6分	6分
備考	10gは任意の組織	1g及び10gは任意の組織 (立法体)	10gは同質の組織

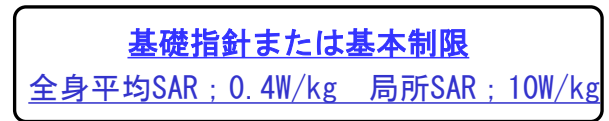
基礎指針となる全身平均SARは、各国際ガイドラインで同一

管理指針

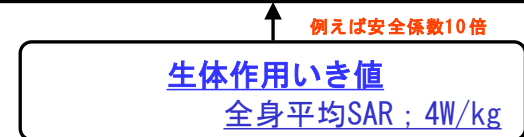
個体差
金属植込み
接地条件, etc.



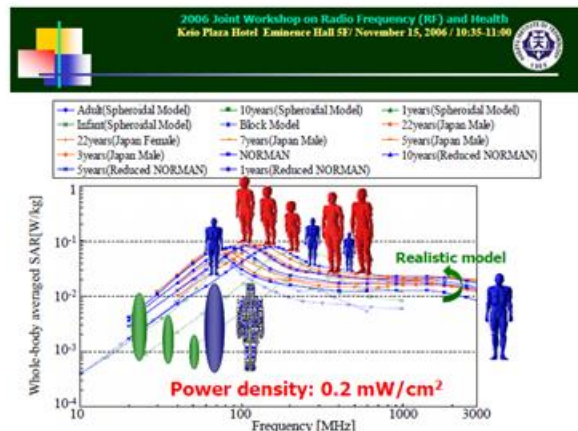
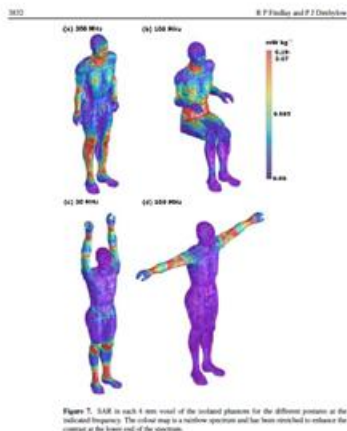
管理指針は、基礎指針又は基本制限から換算される数値に基づく



十分な安全率をとって規定
50倍



電磁界強度指針は基礎指針から計算で導出されており、その精度を高めるための詳細な計算推定が世界的に様々な研究機関で実施されている。子供は吸収面積が大で体重小⇒SAR大 (参考文献:[1], [2]他)



[1] J. Wang, et al., "FDTD calculation of whole-body average SAR in adult and child models for frequencies from 30 MHz to 3 GHz," Phys. Med. Biol. 51, p4119-4127 (2006)
[2] Sven Kühn, et al., "Assessment methods for demonstrating compliance with safety limits of wireless devices used in home and office environments," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Volume 49, Issue 3, pp. 519-525, August 2007.

電磁界強度規格 (条件G)

電流知覚から導出

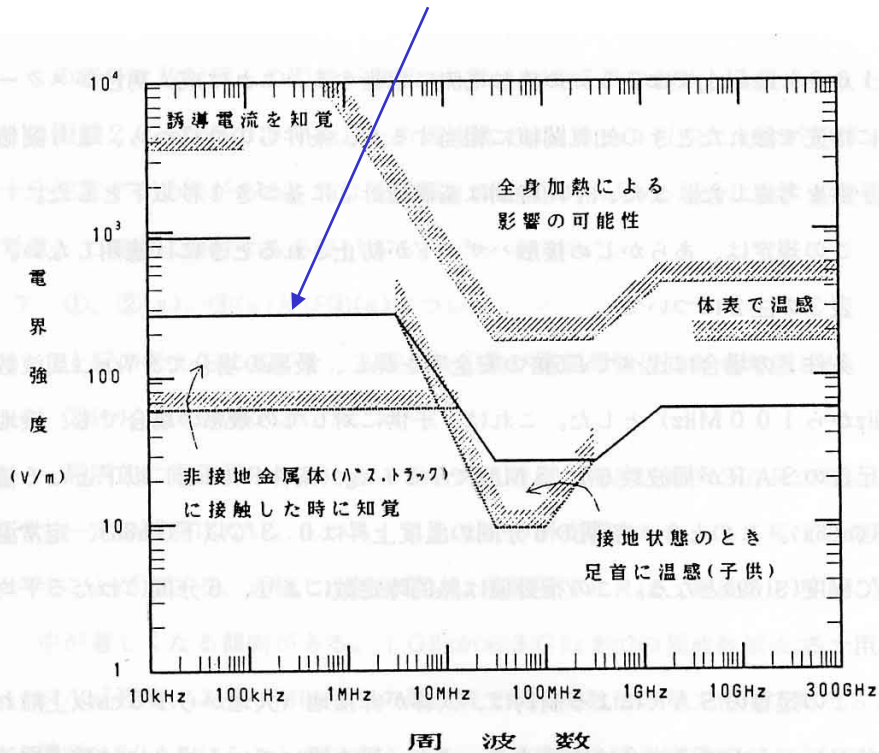


図8 電界強度指針値及び考慮した生体作用の閾値 (条件G)

//// 誘導電流を知覚

SAR基礎指針から導出 (全身ばく露の近似解析)

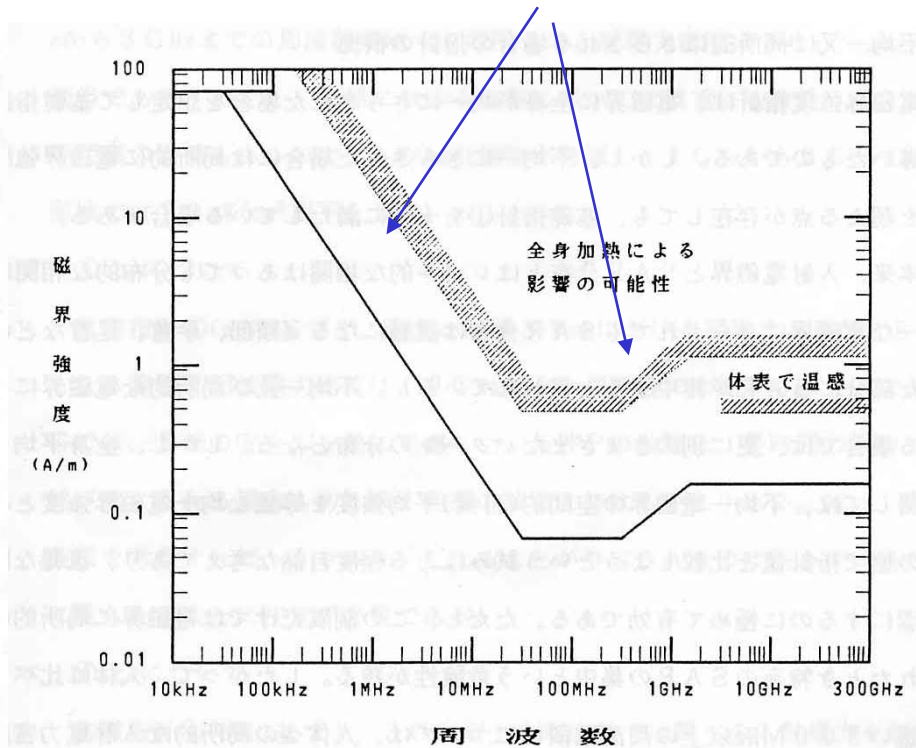
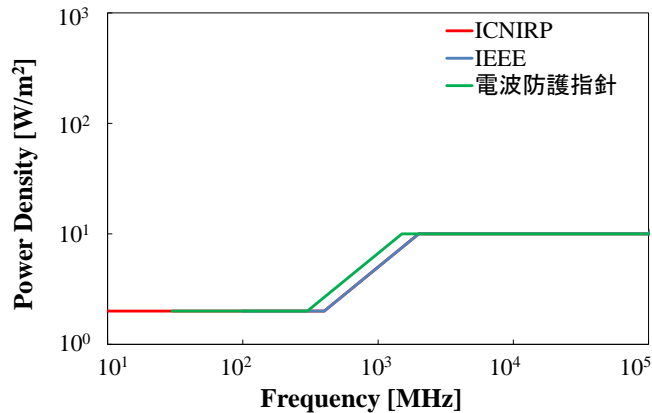


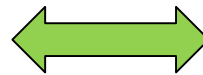
図9 磁界強度指針値及び考慮した生体作用の閾値 (条件G)

管理指針における電磁界強度指針 ~国際ガイドラインとの違い~

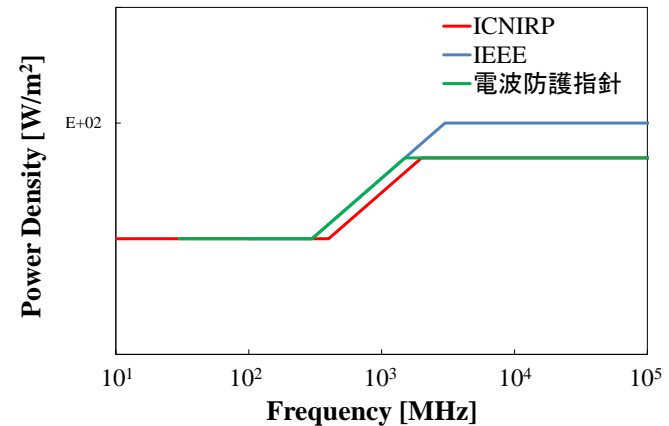
一般環境



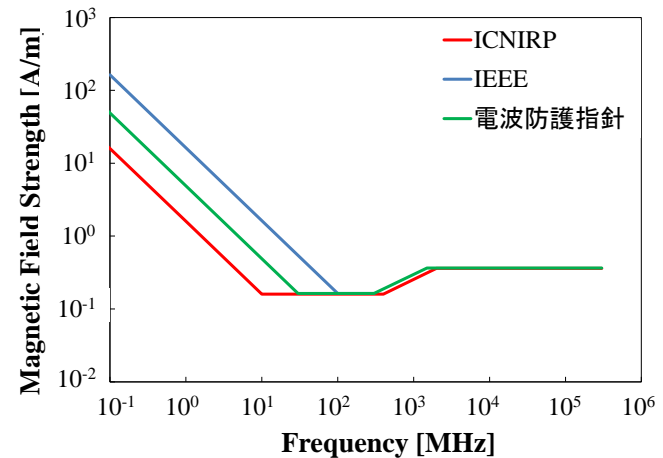
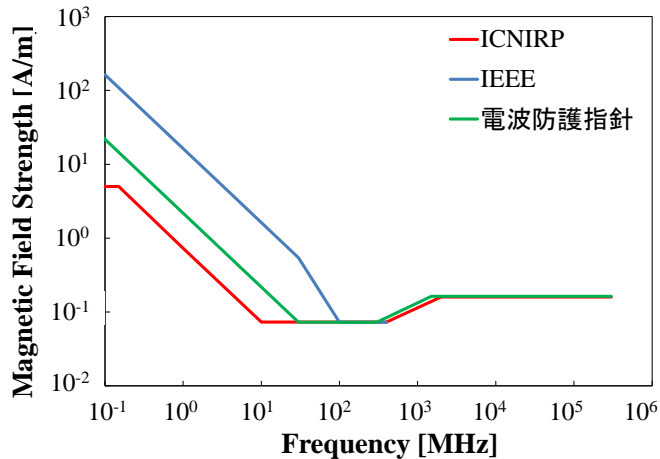
電力密度



管理環境



磁界強度
の実効値



※現在、ICNIRP、IEEE各ガイドラインの改定作業が進行中、
整合される可能性も高い

むすび

～電磁界強度指針の改定について～

- 現状の電波防護指針において、基礎指針となる全身平均SARは同一であるものの、全身ばく露に対する電磁界強度指針は、ICNIRPガイドライン、IEEE規格との比較では一部に相違がある。
- ただし、指針の“根拠”は現状変更されておらず、我が国のものと合致している
- 将来的には、ICNIRPガイドライン、IEEE規格は最新の研究成果に基づいた、より信頼性の高い電磁界強度指針値に相当する値が設定され、かつ整合される可能性が高いので、これらの国際ガイドラインの最新版と整合させることが望ましい
- 局所吸収指針の見直しが急務