

基礎指針4(b)に関して

平田 晃正

基礎指針4(b)について

「3GHz以上の周波数においては、眼への入射電力密度(6分間平均)が10mW/cm²以下とすること」

根拠：ウサギの角膜上皮に対する一過性の障害が、35GHz 及び107GHzの周波数で 10～50mW/cm²程度の照射で生じ、100mW/cm²程度を超えると一過性でない影響の可能性も考えられる(Rosenthal et al, 1976)。

Health Canada Safety Code 6 (1999年の記述) Although not a requirement of the Code, it is suggested that whenever possible, the organ-averaged SAR for the eye not exceed 0.4 W/kg

<https://publications.gc.ca/collections/Collection/H46-2-99-237E.pdf>

ICNIRPガイドラインにおける制限値設定について

1998年：兎眼球への局所ばく露に関する記述

2020年：附録において論文を引用（本文において明記なし）

- 「タイプ1」組織（33 °C未満から36 °C）

上腕、前腕、手、太もも、脚、足、耳介のすべての組織、**眼の角膜・前房・虹彩**、表皮・真皮組織、脂肪組織、筋組織、骨組織

「6 GHz から300 GHz の範囲における最大の温度上昇、すなわちワーストケースの温度上昇は皮膚表面に近くで見られるため、タイプ1組織の温度上昇を健康への悪影響の運用上の閾値（5° C）を下回るように制限するばく露はまた、タイプ2組織の温度上昇をも健康への悪影響の運用上の閾値（2° C）を下回るように制限」

低減係数2を適用：職業環境（防護指針における管理環境）下において、2.5 °C 以内の温度上昇

ICNIRP Appendix Bより

動物研究は、ウサギにおいて高周波電磁界ばく露の結果で生じる加熱が白内障の形成につながる可能性があることも報告しました。この発生には、低い周波数 (< 6 GHz) の非常に高い局所 SAR レベル (100 ~ 140 W /kg) により数 °Cの温度上昇を数時間維持する必要があります。ただし、ウサギモデルは霊長類よりも白内障形成の影響を受けやすく (霊長類はヒトの健康により強く関連する)、高周波電磁界のばく露を受けた霊長類において白内障は観察されていません。その他の眼の深部構造 (例えば、網膜または虹彩) に対する実証された影響は見出されていません。しかしながら、ウサギは、より高い周波数 (30 ~ 300 GHz) における眼の表層構造 (例えば、角膜) への損傷に適したモデルである可能性があります。角膜のベースライン温度は、眼の後部に比べて相対的に低いため、表面に傷害を引き起こすには非常に高いばく露レベルが必要です。例えば、Kojima ら (2018) は、角膜の健康への悪影響は、40 GHzから95 GHz までの周波数にわたり、1.4 kW/m² を上回る入射電力密度で生じる可能性があるとして報告しました。ここで、500W/m²以下では影響は見られませんでした。著者らは、ヒトのまばたき率 (3 ~ 10 秒に1回の範囲。それに対しウサギは5 ~ 20 分に1回) が、ヒトにおけるそのような影響を排除するのかもしれないと結論しました。

https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRP_RF_GL2020_Japanese.pdf

家兎角膜表面における温度について

- ばく露時に瞬目の抑制をしない条件では、眼部の障害の閾値は皮膚障害の閾値に帰属する（資料番号14-1より）

→ 眼球(1cm²程度) のみに入射する場合（ビームなど）に限定

- ばく露なし時における家兎角膜表面温度

32.5°C程度（個体、環境による）

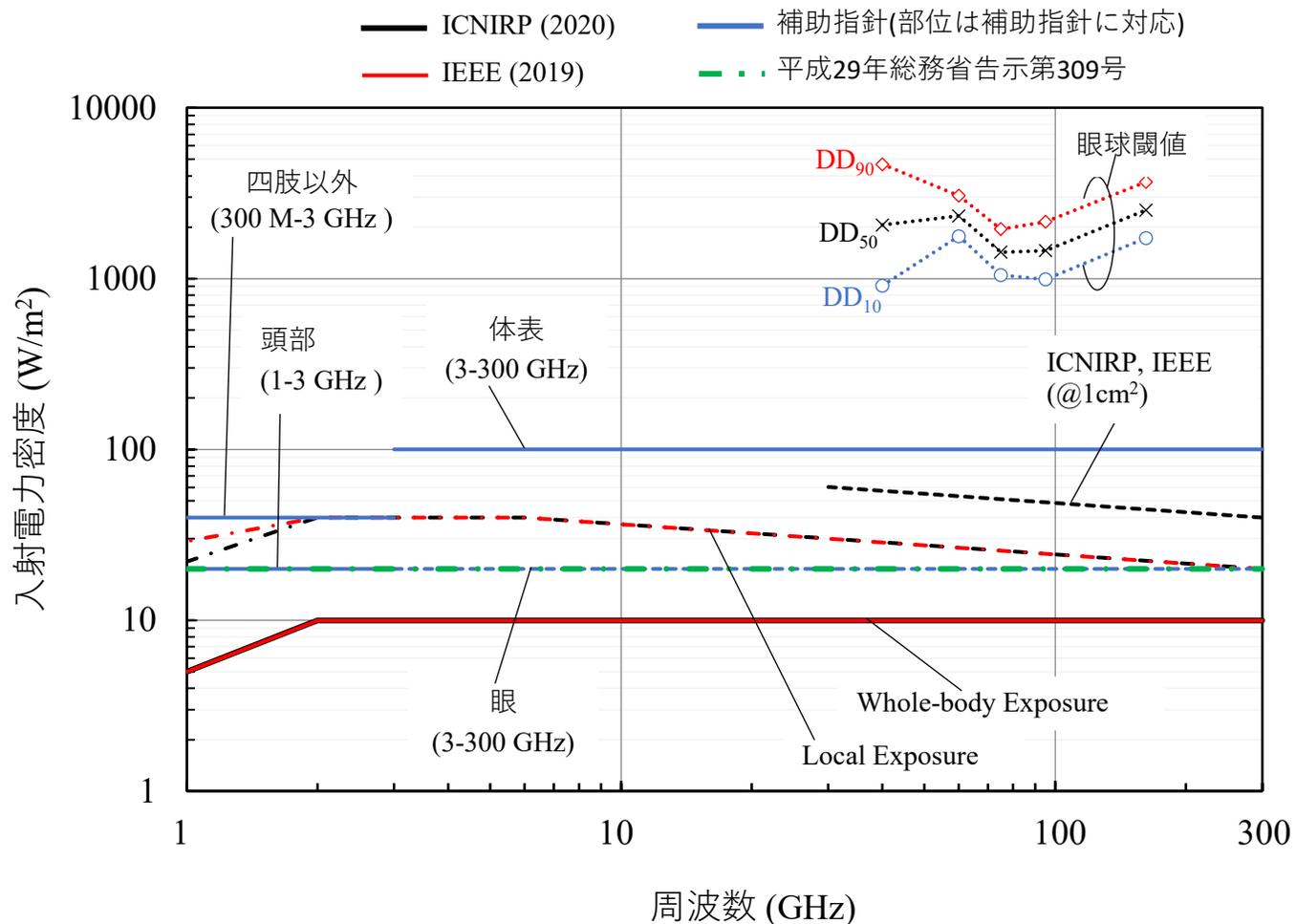
- 障害の閾値（瞬目抑制時）は、100-300 mW/cm²

- 60GHzの例

2.5°Cの温度上昇に相当する入射電力密度 50 mW/cm²

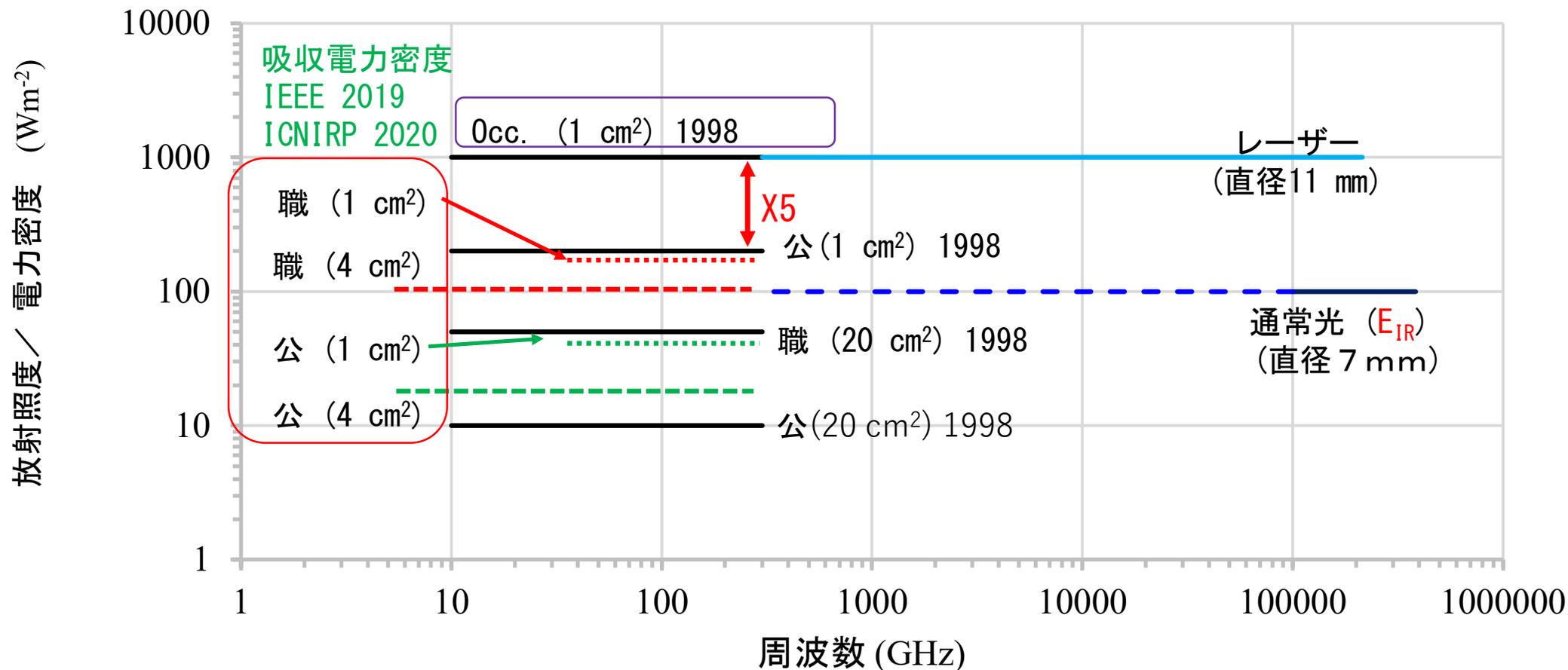
ICNIRP入射電力密度の参考レベル(1cm²) 5.3 mW/cm²

国際ガイドラインとの比較(補助指針)



- 管理指針 補助指針 (一般環境) 空間**最大値** 10cm以上離れた空間に適用
- ICNIRP 2020: Reference levels for local exposure for general public
- IEEE C95.1-2019: ERLs for local exposure persons in unrestricted environments

国際ガイドライン、光放射防護との比較



職：職業（管理された）環境、公：公衆（一般的な）環境

† ICNIRP. Guidelines on Limits of Exposure to Laser Radiation of Wavelengths between 180 nm and 1,000 μm . Health Phys. 2013; 105(3): 271-95.

†† ICNIRP. Guidelines on limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation. Health Phys. 2013; 105(1): 74-96.

留意点

- ICNIRP(2020)ガイドラインおよびIEEE国際規格(2019)において、眼球への記述は限定的となる
- 皮膚と角膜の閾値を同じ扱いとし、ICNIRP1998と比べて、低い入射電力密度を設定（1cm²の場合5倍差）
- 光放射ガイドラインに比べて、電波ガイドラインは安全側に設定されている。
- Health Canada Safety Codeにおいて、眼球に関する記述は削除
- 電波防護指針における補助指針4(b)は、眼球を対象としているため、改定された国際規格と同等、あるいはより安全側である