

人体に近接して使用される6GHz以上の無線設備の適合性評価方法に関する 諸外国の動向

MRI 三菱総合研究所

2022年12月26日

デジタル・イノベーション本部

本資料について

- 諸外国における、人体に近接して使用される6GHz以上の無線設備(6GHz無線LAN機器や5G携帯電話端末等)の人体安全性の適合性評価方法の検討状況について、以下の観点を踏まえた上で報告する。
 - 高周波における局所ばく露の制限値の状況(国際ガイドラインへの対応、局所ばく露の制限値の遷移周波数)
 - 各国の6GHz帯無線LANや5Gミリ波帯の利用状況
 - 電力密度(吸収電力密度を含む)の適合性評価方法の策定状況

諸外国における国際ガイドラインへの対応状況まとめ

- 諸外国において、近年改定された国際ガイドライン、特に2020年に改定されたICNIRPの高周波ガイドラインとの整合に向けた対応が進められている。

国・地域	基準・規制の動向
日本	2018年9月、6GHz以上の周波数で人体に近接して使用される無線設備について、当時改定中の国際ガイドラインの動向も踏まえて、 <u>局所吸収指針において新たに6GHz以上の入射電力密度の指針値を答申。</u>
カナダ	2021年1月、保健省(Health Canada)が、 <u>6-300GHzにおける局所ばく露の制限値に関する通知(Safety Code 6 Notice)を発行。ICNIRPガイドライン(2020)を一部のみ修正した内容となっている。</u> なお、既存の制限値を定めたSafety Code 6(2015)の本体は改定していない。
オーストラリア	2021年2月、放射線防護・原子力安全庁(ARPANSA)は、既存のばく露制限値を改定し、新たに「無線周波電磁界(100kHz-300GHz)へのばく露の制限に関する基準(RPS S-1)」を発行。 <u>ICNIRPガイドライン(2020)と整合した内容となっている。</u>
米国	連邦通信委員会(FCC)は、2013年～2019年まで電波ばく露制限の見直しプロセスを実施、 <u>2019年12月に既存の制限値を維持する決定を行った。</u> 2019年から開始された新しい見直しプロセスの中で、国際ガイドラインへの対応も含めて継続検討中。
欧州	2021年、欧州委員会は科学諮問機関SCHEERに対して、現行の欧州のばく露制限値の基準となっている欧州理事会勧告1999/519/EC及び職業ばく露に関するEU指令2013/35/EUの附属書を <u>ICNIRPガイドライン(2020)に基づいて改定する必要性について諮問。</u> 2022年8月、SCHEERは同諮問に対する予備的意見書を公開し、一般の意見募集が行われた。予備的意見書では、欧州理事会勧告1999/519/EC及び指令2013/35/EUの附属書の <u>ICNIRPガイドライン(2020)に沿った改定について積極的に助言している。</u>
韓国	ICNIRPガイドライン(2020)及びIEEE C95.1-2019が発行されたことを受けて、2020年から国立電波研究院(RRA)の「電波の人体保護委員会」の下に設置された「政策制度委員会」において、韓国 のばく露制限値を定めた「電磁界ばく露に対する人体の保護基準」の改定の検討を行っている。

高周波における局所ばく露の制限値の状況

各国の高周波電磁界の局所ばく露制限値まとめ

国		日本	米国	カナダ	オーストラリア	欧州	韓国
規制・基準 (制定機関)		電波防護指針 (総務省)	47 CFR(FCC規則) §1.1307, §1.1310, §2.1091, §2.1093 (FCC)	Safety Code 6 Safety Code 6 Notice (Health Canada)	無線周波電磁界(100 kHz - 300 GHz)へ のばく露の制限に 関する基準 RPS S-1 (ARPANSA)	1999/519/EC (公衆ばく露)及び 2013/35/EU(職 業ばく露)による各 国内法令	電磁界ばく露に対 する人体の保護基 準(科学技術情報通 信部)
ベース・参考ガイドライン		改定中のICNIRPガイドライン /IEEE規格	NCPR/IEEE規格	IEEE規格 /ICNIRP2020	ICNIRP2020	ICNIRP1998	IEEE規格 /ICNIRP1998
全身 平均 SAR W/kg	周波数範囲	100 kHz - 300 GHz	100 kHz - 6 GHz	100 kHz - 6 GHz	100 kHz - 300 GHz	職業:100 kHz - 6 GHz 公衆:100 kHz - 10 GHz	100 kHz - 10 GHz
	制限値<職業>	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
	制限値<公衆>	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
局所 SAR W/kg	周波数範囲	100 kHz - 6 GHz	100 kHz - 6 GHz	100 kHz - 6 GHz	100 kHz - 6 GHz	職業:100 kHz - 6 GHz 公衆:100 kHz - 10 GHz	100 kHz - 10 GHz
	制限値<職業>	10(10 g平均) 四肢:20(10 g平均)	8 (1 g平均) 四肢:20(10 g平均)	8(1 g平均) 四肢:20(10 g平均)	10(10 g平均) 四肢:20(10 g平均)	10(10 g平均) 四肢:20(10 g平均)	8 (1 g平均) 四肢:20(10 g平均)
	制限値<公衆>	2(10 g平均) 四肢:4(10 g平均)	1.6(1 g平均) 四肢・耳介:4(10 g平均)	1.6 (1 g平均) 四肢:4(10 g平均)	2(10 g平均) 四肢:4(10 g平均)	2(10 g平均) 四肢:4(10 g平均)	1.6(1 g平均) 四肢:4(10 g平均)
(6分間 以上の 局所 ばく露 に適用 する)	周波数範囲	6 GHz - 300 GHz	6 GHz - 100 GHz	6 GHz - 300 GHz	6 GHz - 300 GHz	職業:6 GHz-300 GHz 公衆: 10 GHz -300 GHz	10 GHz - (28GHz帯5G移動局等 個別に機器を指定)
	制限値<職業>	100 入射電力密度	50 電力密度	100 局所吸収電力密度	100 局所吸収電力密度	50 電力密度	50 電力密度
	制限値<公衆>	20 入射電力密度	10 電力密度	20 局所吸収電力密度	20 局所吸収電力密度	10 電力密度	10 電力密度
電力 密度 W/m ²	平均化面積	4 cm ² (6 GHz - 30 GHz) 1 cm ² (30 GHz超 - 300 GHz)	(4 cm ²) KDB447498 D04 暫定ガイドラインより	4 cm ² 30GHz超では、空間ピーク ばく露は、平均化面積4cm ² での制限値の2倍を超えて はならない。	4 cm ² 30GHz超では、体表面の正 方形1 cm ² 当りのばく露は、平均 化面積4cm ² での制限値の2倍 を超えてはならない。	20 cm ² 1 cm ² での空間平均値は 制限値が上記の20倍	20 cm ² 1 cm ² での空間平均値は 制限値が上記の20倍
電力密度値の位置づけ		管理指針/ 局所吸収指針	最大許容ばく露 (MPE)	基本制限	基本制限	基本制限	電磁界強度基準 2019基準改定時に平均化面 積の条件が追加された。

6GHz以上の周波帯で人体に近接して使用する機器の適合性評価方法

国・地域	6GHz無線LAN制度化	5Gミリ波利用	SAR評価対象周波数(公衆)	電力密度評価方法の規定	6GHz以上の適合性評価方法
日本	○ 5925-6,425MHz	○ 28GHz帯	～6GHz	○	2018年12月、6-300GHzにおける局所吸収指針の入射電力密度の指針値に対する携帯電話端末等の適合性評価に使用する標準的な評価方法を答申。2019年5月無線設備規則等改正。
米国	○ 5,925-7,125MHz	○ 24GHz帯 28GHz帯 37GHz帯 39GHz帯 47GHz帯	～6GHz	○ 暫定ガイドライン 吸収電力密度含む	6GHz以上のポータブル機器(人体から20cm以内で用いる機器)のばく露制限値への適合性評価に際しては、原則FCCへ事前承認ガイダンス(Pre-Approval Guidance)が必要。FCCが2019年4月及び2022年4月のTCBワークショップにおいて、ミリ波の携帯電話端末向けに数値シミュレーションと入射電力密度測定を組み合わせた暫定評価手順を提示。FCCが2020年10月及び2021年4月のTCBワークショップにおいて、6GHz帯無線LAN向けにSAR評価と入射電力密度/吸収電力密度評価による暫定評価手順を提示。
カナダ	○ 5,925-7,125MHz	× 2024年オー クション予定	～6GHz	○ 吸収電力密度含む	2019年にISED(イノベーション・科学経済開発省)が、60GHz帯のポータブル機器の適合性評価方法の補足ガイドライン*1を発行。IEC TR 63170に基づく入射電力密度の評価方法を規定。 2022年に6GHz帯無線LAN機器向け適合性評価方法の補足ガイドライン*2を発行。周波数帯に応じてSAR評価とAPD(吸収電力密度)評価を使い分ける。
オーストラリア	○ 5925-6,425MHz	○ 26GHz帯	～6GHz	○	2020年に人体から20cm以内で用いられる機器(6-100GHz)の適合性評価方法としてIEC TR 63170を指定。2021年に上記適合性評価方法を無線機器規則2021*3に組み込み。2022年11月～12月にIEC TR 63170をIEC/IEEE 63195-1, 2に置き換える改定の意見募集実施。改定により入射電力密度評価では測定に加えて計算も認められる。
欧州	○ 5925-6,425MHz	△ 一部のみ 26GHz帯	～10GHz	△ 整合規格に未掲載	人体に近接して使用する6GHz以上の無線機器の適合性評価方法は、欧州官報の無線機器指令(RED)の整合規格に掲載されていないため、認証機関(NB)が整合規格以外の規格も用いて型式審査を行う。(NBが関与しない形での認証取得はできない。)
韓国	○ 5,925-7,125MHz	○ 28GHz帯	～10GHz	○	RRAの「放送通信機器等の適合性評価に関する告示」の別表1において6GHz帯無線LAN機器はSAR評価、ミリ波の5G移動局は電力密度評価の対象とされている。 2018年にIEC TR 63170に準じた入射電力密度の評価方法を策定。

*1 SPR-003 - Supplementary Procedure for Assessing Radio Frequency Exposure Compliance of Portable Devices Operating in the 60 GHz Frequency Band (57-71 GHz)

*2 SPR-APD - Supplementary Procedure for Assessing Specific Absorption Rate (SAR) and Absorbed Power Density (APD) Compliance of Portable Devices in the 6 GHz Band (5925-7125 MHz)

*3 Radiocommunications Equipment (General) Rules 2021 Schedule 4—Standard in relation to human exposure to electromagnetic energy

適合性評価方法(6GHz帯無線LAN向け)

- FCCは、6GHz帯の無線LAN(U-NII6-7GHz)のポータブル機器の暫定的な適合性評価の手順を2020年10月及び2021年4月のTCBワークショップ(FCC機器認証の認証機関向けワークショップ、年2回開催)で提示。
- KDB388624 D02においても、6-8.5GHz帯のばく露評価方針として、同様の内容を規定。
- 暫定的な手順を導入する理由として、現状6-7 GHzのポータブル機器向けの、近傍界の入射電力密度試験用のソリューションで、低擾乱で測定不確かさが小さいものないため、としている。
- 適合確認では、**SAR試験データを入射電力密度の試験結果および入射電力密度／吸収電力密度の導出結果とともに、暫定的に受理する。試験データが6GHz未満のSAR制限値以下であれば適合とみなす。(SARによる評価はMPE電力密度制限値に保守的に準拠していることを示すものと考えられる。)**

<U-NII6-7GHz帯ポータブル機器向け暫定手順>

- IEC/IEEE 62209-1528:2020の6-7GHzのパラメータを用いたSAR評価を実施。
 - 製品に応じて、KDB447498, 248227, 648474, 616217, 941225を適用する。
 - 測定したSAR値から導出した推定吸収PD(システムが対応している場合*1、参考用で適合確認用ではない)および推定入射PDも報告する。
- SARの最大値の試験条件については、ミリ波近傍界プローブとトータルフィールド／電力密度再構築法*2を用いて入射PD(トータル)も測定する。
 - 測定面は最小の2mmの位置とする。
 - システムの製造事業者が指定する手順を使用する。
 - 測定の不確かさ*3が30%を超えるごとに測定結果を調整する(例:IEC 62479:2010の方法による)。

KDB388624 D02では、参考情報として以下の手法を参照。

*1 T. Samaras et al., "Compliance Assessment of the Epithelial or Absorbed Power Density Below 10 GHz Using SAR Measurement Systems," Bioelectromagnetics, 42: 484-490 (2021)

*2 S. Pfeifer et al., "Total Field Reconstruction in the Near Field Using Pseudo-Vector E-Field Measurements," IEEE Trans. EMC, 61, (2): 476-486 (2019)

*3 IEC/IEEE 63195-1:2022

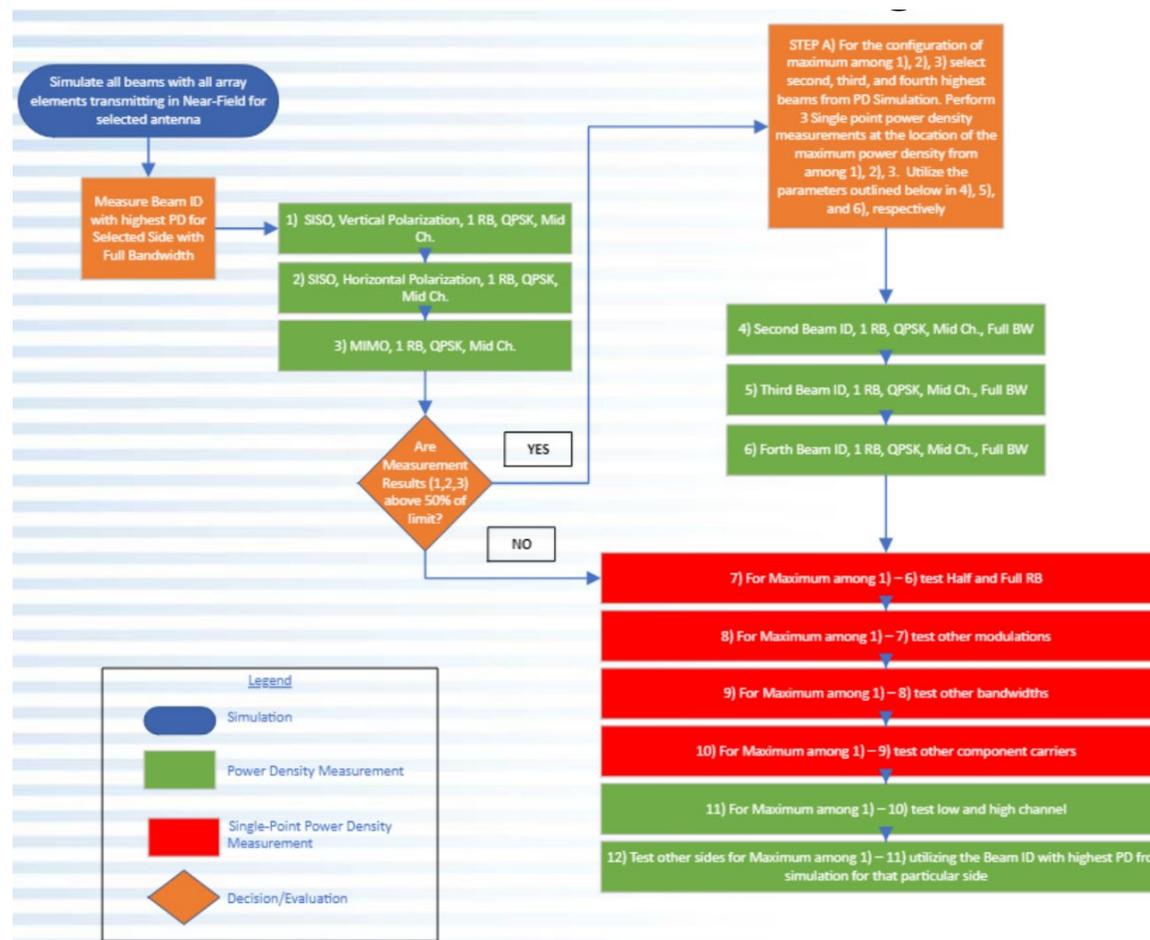
出所)FCC/OET, [Selected Mobile and Portable Device RF Exposure Policies and Procedures](#)(2021年4月)

FCC/OET, [KDB 388624 D02 Pre-Approval Guidance List v18r03](#)(2022年10月)

適合性評価方法(ミリ波帯向け)

- ミリ波帯の適合性評価方法は2019年4月及び2022年4月のTCBワークショップにおいてFCCからのプレゼンテーションの中で数値シミュレーション及び入射電力密度測定を組み合わせた暫定手順が示されている。

ミリ波の適合性評価方法



適合性評価方法(6GHz帯無線LAN)

- 2022年6月、ISEDは人体に近接して使用される無線機器の適合性評価方法を定めたRSS-102の補足ガイドラインとして、6GHz帯無線LAN(5,925-7,125MHz)のポータブル機器の向けのSAR及び**吸収電力密度(APD)**の適合性評価方法(SCR-APD)を規定。
- APDの評価方法として、SARからAPDを導出する方法に関する論文を参照し、**SAR評価システムがこのSARからAPDへの変換を可能にするアルゴリズムを実装していれば、APDの評価に用いることが可能としている。**

7.1. 測定システムの要件(SCR-APD抜粋)

- APDは、RSS-102および国際規格IEC/IEEE 62209-1528のすべての要件に準拠したSAR測定システムで評価されること。
- APDは、*Compliance Assessment of the Epithelial or Absorbed Power Density Below 10 GHz Using SAR Measurement Systems*※の式を用いて、測定されたSAR値から導出すること。
- APD評価は、SARに関してRSS-102および IEC/IEEE 62209-1528で定義されているのと同じ測定手順に基づくが、SARからAPDへの変換を考慮して、不確かさの評価(7.3参照)を修正すること。

※吸収電力密度(APD)の求め方について

- テッサロニキ・アリストテレス大学とIT'IS Foundationが2021年に発表した論文。
- 空間平均比吸収率psSARを用いて、空間平均吸収電力密度psS_{ab}を近似的に求める手法を提案。

SAR→APD変換に対応したSAR評価システムの例:
DASY8 Module SAR / APD (6-10 GHz)



出所)SPEAG

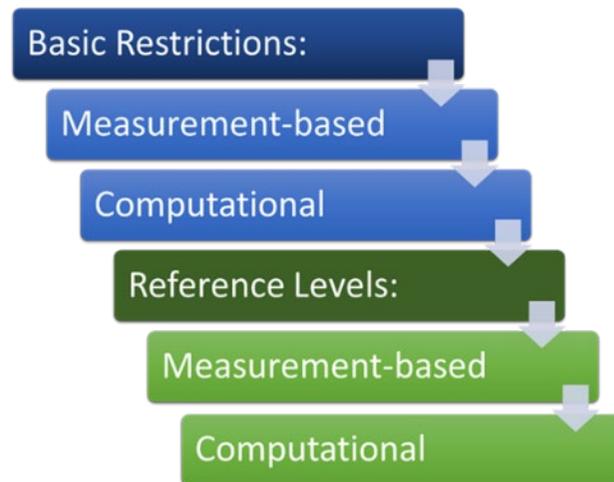
出所)ISED, [SCR-APD - Supplementary Procedure for Assessing Specific Absorption Rate \(SAR\) and Absorbed Power Density \(APD\) Compliance of Portable Devices in the 6 GHz Band \(5925-7125 MHz\)](#)

T. Samaras et al., "Compliance Assessment of the Epithelial or Absorbed Power Density Below 10 GHz Using SAR Measurement Systems," *Bioelectromagnetics*, 42: 484-490 (2021)

適合性評価方法(60GHz帯ポータブル機器)

- 2019年8月、ISEDはRSS-102の補足ガイドラインとして、60GHz帯(57-71GHz)で動作するポータブル機器の入射電力密度の適合性評価方法(SCR-003)を規定(2021年に改定)。評価方法はIEC TR 63170をベースとしており、さらに当時策定中のIEC/IEEE 63195-1, 2のドラフトも参考にしている。
- 本ガイドラインは、カナダの既存ばく露制限値を定めた **Safety Code 6(2015)の参考レベルの電力密度に対する適合性評価**となる。
- なお、カナダでは5Gのミリ波のオークションは2024年に予定されており、ミリ波帯携帯電話端末向けの適合性評価方法は別途検討中。ISEDの適合性評価方法の基本的な考え方として、**常に基本制限に対して直接測定可能な評価方法を優先する。**

適合性評価方法の考え方



適合性評価方法(6GHz以上の無線機器)

- 2022年11月~12月、オーストラリア通信メディア庁(ACMA)は無線機器の適合性評価方法を規定する無線機器規則の改定案について意見募集を実施。
- 改定案においては、現在6GHz以上の入射電力密度の評価方法として参照されているIECTR 63170の代わりに、2022年5月に発行したIEC/IEEE 63195-1または2を指定している。

EME基準のための測定方法、計算手順または評価方法

Item	Column 1	Column 2	Column 3
	利用方法	周波数範囲	測定方法、 計算手順 または評価方法
1	通常耳の直近のみで使われる	300MHz-6GHz	EN 62209-1の測定方法
2	通常人体(耳直近は含まない)から20cm以内で使われる	30MHz-6GHz	EN 62209-2の測定方法
3	通常人体(耳、頭部直近を含む)から20cm以内で使われる	4MHz-10GHz	IEC/IEEE 62209-1528の測定方法
4	通常人体(耳、頭部直近を含む)から20cm以内で使われる	600MHz-6GHz	IEC 62209-3の測定方法
5	通常人体(耳、頭部直近を含む)から20cm以内で使われる	6GHz-100GHz	(a)IEC/IEEE 63195-1の測定方法または、 (b)IEC/IEEE 63195-2の計算方法
6	通常人体から20cmを超える距離で使われる	100kHz-100GHz	(a)AS/NZS 2772.2; または (b)C95.3の評価方法

適合性評価方法(6GHz帯無線LAN/5Gミリ波帯)

- 韓国では、RRAの「電磁波強度および電磁波吸収率測定対象」及び「放送通信機器等の適合性評価に関する告示」の別表1によって無線設備の種別ごとに適用されるばく露制限値が指定される。
- 韓国のばく露制限値を定めた「電磁界ばく露に対する人体の保護基準」では、SAR制限値が適用される周波数帯が10GHzまでのため、6GHz帯無線LANに関してはSAR評価が適用される。
- 一方、28GHz帯の5G端末(移動局)に関しては、電磁界強度基準(ICNIRPガイドライン(1998)の参考レベル相当)が適用されるため、電力密度の評価となる。

別表1. 2022年3月追加分(6GHz帯無線LAN)

대상기자재	적합성평가기준 적용분야				적합성평가 유형			기기 부호	기타 사항	
	전자파 적합성	무선	유선	전자파 인체보호		적합 인증	적합등록			
				전자파 흡수율	전자파 강도		지정 시험 기관			자기 시험
라. 특정소출력 무선기기 5) 무선랜을 포함한 무선접속 시스템용 무선기기	가) 5150~5350MHz, 5470~5850MHz 주파수 대역	○	○		○			LARN5		
	나) 5925~6425MHz 주파수 대역	○	○		○			LARN5A		
	다) 5925~6425MHz 주파수 대역	○	○		○			LARN5D	지하철 내에서만 사용하는 무선기기	
	라) 5925~7125MHz 주파수 대역	○	○		○			LARN5B	건물 내에서만 사용하는 무선기기	
	마) 17700~17740MHz, 19260~19300MHz 주파수 대역	○	○		○			LARN5C		

出所) 国立電波研究院, 電磁波強度および電磁波吸収率測定対象
 国立電波研究院, 放送通信機器等の適合性評価に関する告示, 別表1適合性評価対象設備(第3条関連)

別表1. 2018年8月追加(5G移動局)

대상기자재	적합성평가기준 적용분야				적합인증 대상기자재 (제3조제1항 관련)	SAR 電磁界強度	
	전자파 적합성	무선	유선	전자파 인체보호			
				SAR			전자파 강도
대상기자재 陸上移動局の送受信装置							
58. 5G NR 이동통신용 무선설비의 기기(28 GHz 대역)	가. 육상이동국의 송수신장치	○	○			○	
	나. 기지국의 송수신장치 및 중계장치	○	○				
	다. 기타	○	○				
59. 5G NR 이동통신용 무선설비의 기기(3.5 GHz 대역)	가. 육상이동국의 송수신장치	○	○			○	
	나. 기지국의 송수신장치 및 중계장치	○	○				
	다. 기타	○	○				

適合性評価方法(5Gミリ波帯)

- 2018年に、「電磁波強度測定基準」の別表4として、6GHz以上の携帯電話用無線設備等で発生する電磁波が人体表面に吸収される量を測定するための入射電力密度測定手順を追加。IEC TR 63170に準じた内容となっている。
- また、2019年に「電磁界ばく露に対する人体の保護基準」の電磁界強度基準に10GHz以上の電力密度値に適用される平均化面積(20cm²)(ICNIRPガイドライン(1998)の10GHz以上の基本制限と同じ条件)が追加されている。



그림 1. 피시험기기의 전력밀도 측정표면 및 평가표면

被試験機器の電力密度測定表面及び評価表面

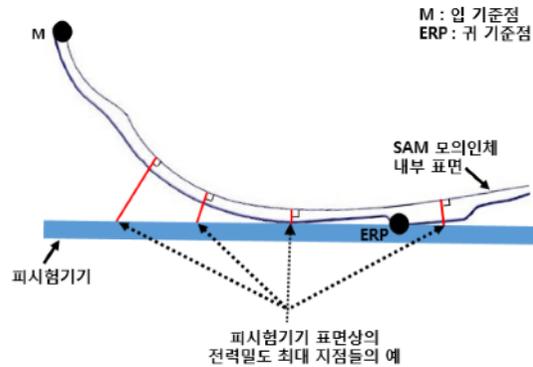


그림 2. 머리 전력밀도 측정시 평가표면의 이격거리 설정 예시

頭部電力密度測定時の評価表面の離隔距離設定例

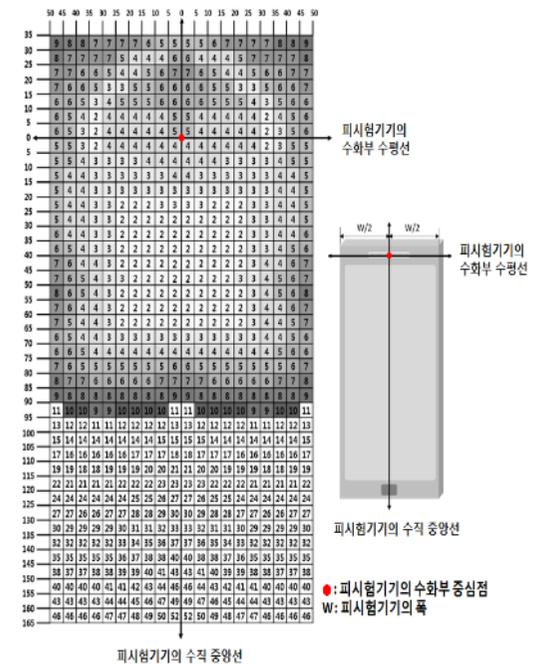


그림 3. 피시험기기의 앞면 표면에서 전력밀도 최대 지점 위치에 따른 평가표면의 이격거리

被試験機器の前面からの電力密度最大点位置による評価面の離間距離

出所) 国立電波研究院告示, 電磁波強度測定基準 別表4:6GHz以上の携帯用(送信)無線設備の電力密度測定方法(第3条4項関連)