

【参考】20・25mm 用メータますの電波透過性能試験方法例

1.1 本資料を使用する際の留意事項

本資料は、東京都仕様「メータます」における電波透過性能及び電波透過性能試験の策定に当たり、共同研究において実施した 20・25 mm 用メータますの性能検証試験の方法、使用機材及び試験条件等を参考として公表するものである。

本資料に記載する内容には、仕様の検討、供試体相互の比較、解析結果との照合及び性能基準の設定を目的として実施した研究上の試験条件が含まれている。具体的には、共同研究では、発信アンテナの位置をメータますふた上面から 180 mm 下及び 100 mm 下の 2 か所に設定したこと、700 MHz から 2600 MHz までを 1 MHz ピッチで計測したこと、鋳鉄製メータますのふたのスリットの有無、ふたなし、樹脂製メータます及びアンテナ単体を比較供試体として計測したこと並びに特定の試験施設及び測定機器を使用したことなど、東京都仕様に基づく製品試験とは異なる条件が含まれている。

このため、本資料に記載するすべての試験条件、比較供試体、使用機材及び分析方法を、東京都仕様に基づく製品試験において実施することを求めるものではない。また、本資料に記載する試験施設及び測定機器の製造者、型式等は、共同研究における使用実績を示すものであり、東京都仕様における指定品を示すものではない。

東京都仕様に基づく製品の試験及び適否判定に当たっては、試験実施時点における最新の東京都仕様を適用するものとし、本資料と東京都仕様の内容が異なる場合は、東京都仕様を優先する。

1.2 電波透過性能の検証

20・25mm メータますの電波透過性能の検証には、以下の項目を満足する試験を行うものとした。

- ① 試作品である鋳鉄製メータます蓋スリットありにより、電波透過性能の確認に必要なすべてのデータを計測していること。
- ② 試作品との電波透過性能の比較に必要な、すべての条件でのデータを計測していること。
- ③ 試験設備は、JIS C 61000-4-3 電磁両立性—第 4-3 部：試験及び測定技術—放射無線周波電磁界イミュニティ試験（以下、「EMC 試験」という。）の電波無響室とすること。
- ④ 試験の構成は、本共同研究による開発品の電波透過性能の評価に限定しない、メータます全般に対応可能な構成とすること。

1.2.1 検証試験条件

1.2.1.1 試験に使用するメータます

試験に使用するメータますの一覧を表 1 に示す。

表1 使用するメータます一覧

No	メータます	写真	材質
1	鋳鉄製メータます 蓋スリットあり		FCD
2	鋳鉄製メータます 蓋スリットなし		FCD
3	鋳鉄製メータます 蓋なし		FCD
4	樹脂製メータます		蓋 FRTP 本体底 ABS
5	アンテナ単体		-

No. 1 は、今回の研究にて開発した、蓋にスリットを設けることで電波透過性の向上を図った試作品、No. 2 は蓋のスリットの有無による電波透過性能の違いを比較するために、No. 1 と同じ本体、底にスリットのない蓋を組み合わせた試作品、No. 3、No. 4 は No. 1、No. 2 との比較用で、No. 3 は最も高い電界強度が得られると考えられる、蓋を取り外した鋳鉄製メータます、No. 4 は都内で最も多く設置されていると考えられる樹脂製メータますとした。

No. 5 のアンテナ単体は、発信器の周波数特性、異方性の除去を目的とした差分処理の初期値として使用する、メータますを取り除いた空間に発信器のみを配置したものである。

1.2.1.2 受信器位置

図 1 にメータますと受信器の位置関係を示す。受信器はメータます蓋中央から水平距離 3m とし、受信器高さはメータます蓋上面から 26 cm (5°)、140 cm (25°) とした。

受信器の固定は、図 2 に示すアルミ製固定治具により行った。この治具は受信アンテナが垂直移動できる構造になっており、電波強度・電界強度等の計測に影響を与えない形状になっている。

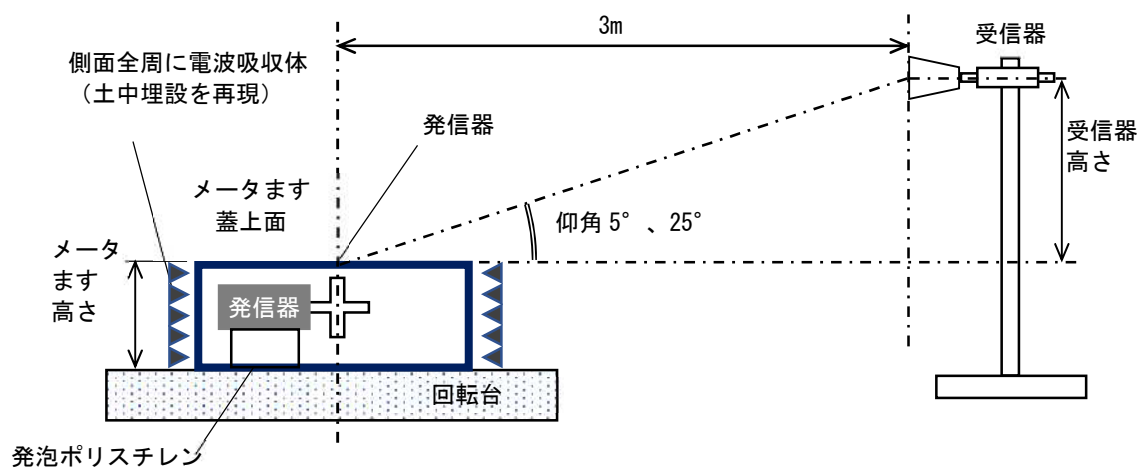


図 1 メータますと受信器の位置関係



図 2 受信器固定治具

1.2.1.3 発信器位置

発信器位置は、図3の座標空間にて表2の6種類の位置に配置して計測した。

No.1～No.5はFEM解析で設定した発信器位置（解析位置）で、発信器をメータますの底に置いた場合である。具体的には、メータます蓋上面を基準に平面方向中央、高さ方向-180mmの位置とした。

No.6、No.7は実際にスマートメータを設置した場合を想定した位置（仕様書位置）で、メータます蓋上面を基準に平面方向中央、高さ方向-100mmの位置とした。このため、計測対象は鋳鉄製メータますスリットありとアンテナ単体のみとしている。

なお、発信器の位置調整は、電波試験の際に一般的に用いられ、計測値に影響しないとされる発泡ポリスチレンと布テープを使用した。（図4）

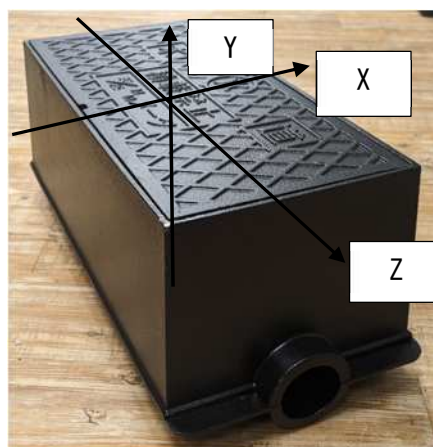


図3 座標空間

表2 発信器位置一覧

No	発信器位置座標	メータます種類
1	(0, -180, 0)	鋳鉄製メータます蓋スリットあり
2	(0, -180, 0)	鋳鉄製メータます蓋スリットなし
3	(0, -180, 0)	鋳鉄製メータます蓋なし
4	(0, -180, 0)	樹脂製メータます
5	(0, -180, 0)	アンテナ単体
6	(0, -100, 0)	鋳鉄製メータます蓋スリットあり
7	(0, -100, 0)	アンテナ単体

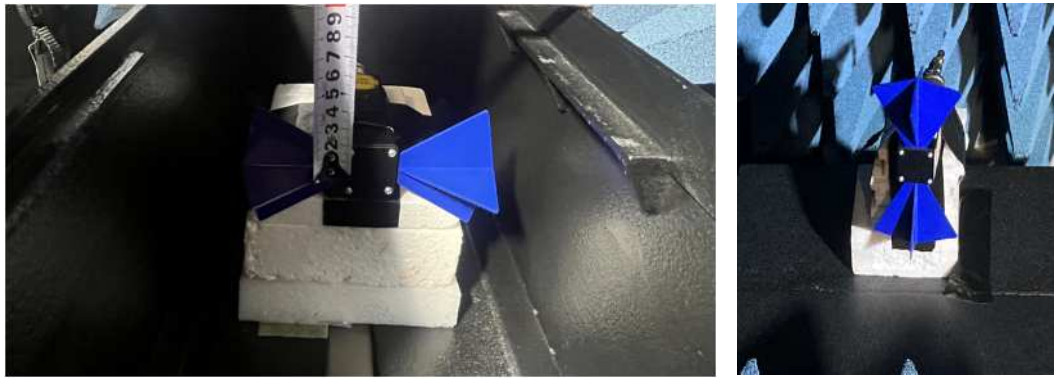


図 4 発信器の位置調整例(左: 鋳鉄製メータマス 右: アンテナ単体)

1.2.1.4 電波吸収体配置

電波吸収体は、メータますと接触しないよう 30mm 程度の間隙を開けて供試体側面の四面に平行になるよう設置した。今回使用した電波吸収体の場合、電波吸収体を構成する四角錐の頂点により構成される面が電波を吸収する範囲であるため、四隅の位置でこの面に隙間が発生しないように電波吸収体を配置した。また、高さ方向では、電波吸収体の四角錐の頂点とメータますの上面が一致するように配置した。図 5 電波吸収体とメータますの位置関係に試験時の設置状況写真を示す。

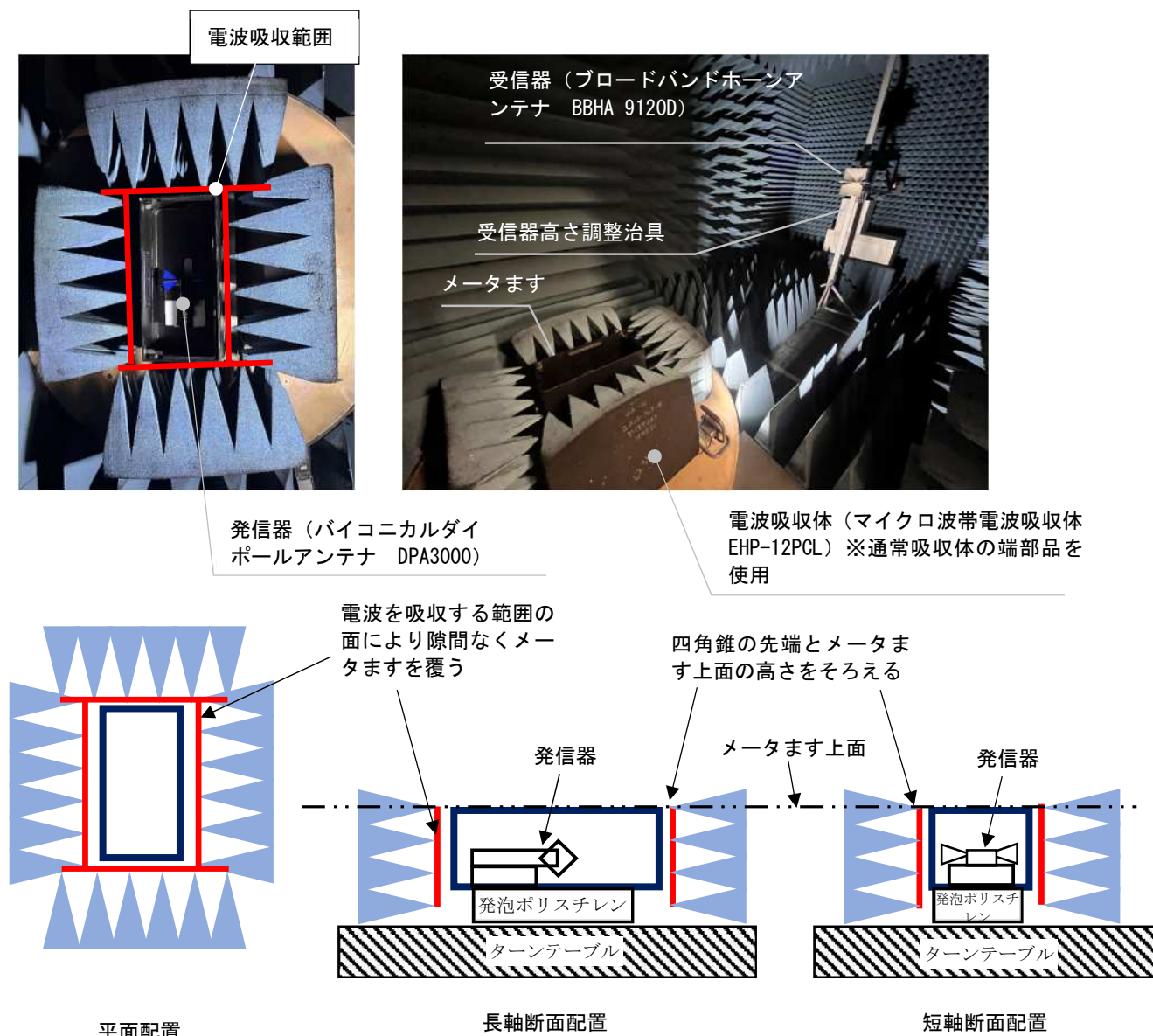


図 5 電波吸収体とメータますの位置関係

1.2.1.5 計測周波数

計測周波数は、700 MHz から 2600 MHz を 1MHz ピッチで計測するものとした。

1.2.1.6 計測偏波

電磁波は、進行方向に垂直な面内で電界と磁界が規則的に振動しており、その偏りを偏波という。偏波には直線偏波と円偏波があり、スマートメータに使用される LPWA では直線偏波のうち水平偏波（H）と垂直偏波（V）により通信が行われているため、今回の試験では水平偏波と垂直偏波の2種類の偏波を計測するものとした。

1.2.1.7 電波暗室

試験に使用する電波暗室は、（公財）社会システム実証センターが保有する電波強度測定装置 AMS-8500（メーカー：EST-Lindgren）とした。

表 3 AMS-8500 スペックシート

Frequency Range	400 MHz to 10 GHz
Test Methodology	Direct Far-Filed (DFF)
Compliance standard and Technology	CTIA
Rotation Axis	Combined-Axis
Path Length	4.9 m
Overall Dimensions	7.3 m×7.3 m×3.7 m

AMS-8500 は周波数 400MHz～10GHz を対象とする 6 面電波暗室である。

室内の有効寸法は W2.4 m×L6.3 m×H2.4 m で、内部には直径 1 m、耐荷重 100kg の回転台が設けられている。

この回転台の平板は木製となっており、電波の反射は発生しない。また、回転台下に配置された駆動用モーターや機構部は電波吸収体により遮蔽されており、これらによる電波の反射が発生しない構造になっている。

また、この回転台の回転速度については 8 段階の速度設定が存在する。

今回の計測では計測する周波数の範囲が広いことため、精度、計測時間、分析データ量を考慮して、社会システム実装センターの意見に基づき、回転台を最大速度で 5 度ずつ回転させ、停止してから計測を 72 回繰り返す操作とした。なお、この回転台の誤差は±0.25° である。

1.2.1.8 使用機材

本試験で使用した機材を表 4、詳細を表 5 アンプ 30dB ゲインスペックシート～表 7 受信器ブロードバンドホーンアンテナ BBHA 9120D スペックシート、図 6 電波吸収体 EHP-12PCL に示す。

表 4 使用機材一覧

使用機材名	メーカー名	使用機材写真
ネットワークアナライザ Keysight N5245A	Keysight	
マルチコントローラ (テーブル制御、信号スイッチ)	EST-Lindgren	
アンプ 30dB ゲイン	COM-Power	
発信器 バイコンカルダイポール DPA3000	Teseq	
受信器 ブロードバンドホーン アンテナ BBHA 9120D	schwarzbeck	
電波吸収体 EHP-12PCL	EST-Lindgren	

表5 アンプ 30dB ゲインスペックシート

Frequency Range	500 MHz to 8 GHz
Gain	40 dB(typical)
RF Input/Output Impedance	50 Ω (nominal)
RF Input/Output Connectors	Precision N-type(female)
VSWR(Input/Output)	2.2:1(max)
Noise Figure	<3 dB(@25°C)
Pout@1dB comp	+12 dBm(min)
Reverse Isolation	40 dB(typical)
Battery Pack	6 Volts DC , 2 Ah NimH(rechargeable)
Battery Charge Time	8 Hours(typical)
DC Power Supply	+15 Volts DC, 500 mA(unregulated)
Size	184×156×77 mm
Weight	1.1 kg

表6 発信器 バイコニカルダイポール DPA3000 スペックシート

Antenna type	Biconical dipole antenna
Polarisation	Linear
Frequency range	800 MHz to 2800 (3000*) MHz
Antenna factor typ	30 dB/m to 38 dB/m(0.8 GHz to 2.5 GHz)
Isotropic gain typ	-2.0dB to +1.5 dB(0.8 GHz to 2.5 GHz)
VSWR type	≤ 2.5 (1.0 GHz to 2.5 GHz)
Symmetry typ	≤ 0.2 dB
Cross-power(CW)	>20 dB
Output impedance	50 Ω , nominal
Connector	N female
Max. power(CW)	10 W
Size(L×W×H)	155 mm×155 mm×75 mm
Support length	95 mm
Weight	180 g
Recommended tripods	BTP 6010+BAA 6001+CHA 9425A or BTP 6020A+BAA 6001
*)with VSQ 3000/3002	

なお、この発信器の帯域は800MHz～2800MHzであり、本研究の対象である700MHz帯(700MHz～799MHz)を含まないが、

- ①メータますの電波透過性能とは計測した電界強度から内部に配置した発信器の周波数特性、指向性を除去して取得する必要があるため、極端に出力が低下する場合を除いては周

波数特性の除去により周波数による出力差は消去されるので、メータますの電波透過性能の評価には影響しないと考えられること

- ②アンテナ実測値（1.2.1.7 の電波暗室によるアンテナ利得の測定値、測定帯域 400MHz～10GHz）における利得を確認すると、700MHz～799MHz の Gain(dBi)（＝アンテナ利得）の最小値は-2.5[dB]程度であり、0.8GHz～2.5GHz での Isotropic gain typ（＝標準等方性利得：アンテナ利得と同じ）-2.0[dB]～+1.5[dB]と大きく乖離していないため、この程度の値であれば周波数特性の除去により解消され则认为られること

から、試験実施施設である社会システム実証センターと相談し、700MHz～799MHz の計測についてもこの発信器を使用するものとした。

ただし、800MHz 未満での出力はそれ以上の周波数の場合より相対的に低いとされることから、計測値を直接使用している箇所については注意が必要である。

表 7 受信器ブロードバンドホーンアンテナ BBHA 9120D スペックシート

Nominal Frequency Range	1 GHz~18 GHz
Usable Frequency Range	800 MHz~18 GHz
Isotropic Gain	5~17 dBi
Antennen Factor	25~44 dB/m
nominal Impedance,	50 Ω
Standing Wave Ratio SWR typcal	=1.5
Front to Back Ratio	>25 dB(f>1.3 GHz)
Cross Polarisation	>25 dB(1 GHz~18 GHz)
3 dB Beamwidth typ. (E-Plane)	90° -8°
3 dB Beamwidth typ. (H- Plane)	60° -7°
Max. Input Powor	See diagram siehe Diagramm
N-Connector female	
Mount:22 mm Tube, Indexing Ring	
Width×Length×Thickness	250×195(408)×142 mm
Weight	1.4 kg

なお、この受信器の帯域は公称 1GHz～18GHz、有効 800MHz～18GHz であり、本研究の対象である周波数帯の内、公称であれば 700MHz 帯、800MHz 帯、900MHz 帯(700MHz～999MHz)が、有効では 700MHz 帯(700MHz～799MHz)がその範囲に含まれない。

この受信器により計測する場合、周波数が範囲外であることによる受信器位置での電波強度への影響が問題となる。試験実施施設である社会システム実証センターの見解は、アンテナ単体により得られた電界強度と、各メータますより得られた電界強度の差分により電波透過性能を判定するのであれば、これにより周波数特性が除去されるため、判定結果に大きく影響しないとのことであったため、すべての周波数帯に対してこの受信器を使用した。

ただし、発信器の場合と同じく、帯域範囲外の計測には受信器位置での電波強度への影響

が存在している可能性があるため、700MHz～999MHz の計測値を直接使用している箇所については注意が必要である。

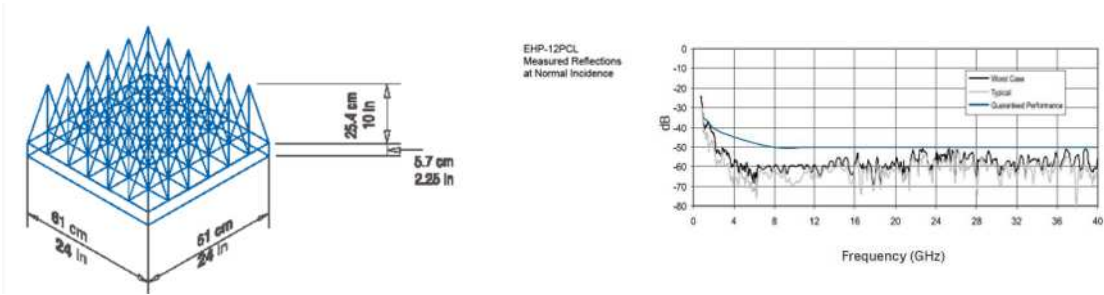


図 6 電波吸収体 EHP-12PCL

ネットワークアナライザの設定値は表 8 とした。

表 8 ネットワークアナライザ設定値

パラメータ	設定値
測定ポイント数(回転角)	72 ポイント (回転角 5°、0° ～355°) ※回転台の角度が測定開始と計測終了で一致することを確認するために-2.5° と 357.5° の測定を追加したため、測定ポイント数の合計は 74 ポイント。-2.5° と 357.5° の測定値は分析には使用しない。
周波数	700～2600
周波数ピッチ	1MHz
ターンテーブル速度	最大
パルス幅	High
パルストリガ	1.00 ms
トリガディレイ	25 ms
出力単位	dB μ V/m

1.2.1.9 全体構成

試験の全体構成は図7、供試体の取付手順を表9に示す。

同一のメータます・発信器位置・受信器位置・偏波での分析対象データ数は周波数 700×回転角 72=50,400 データとなる。

なお、発信器とネットワークアナライザの接続は、5D-2V 規格の 2m 同軸ケーブルを使用し、メータます短辺側の管口部、ターンテーブルの配線口を経由して接続した。

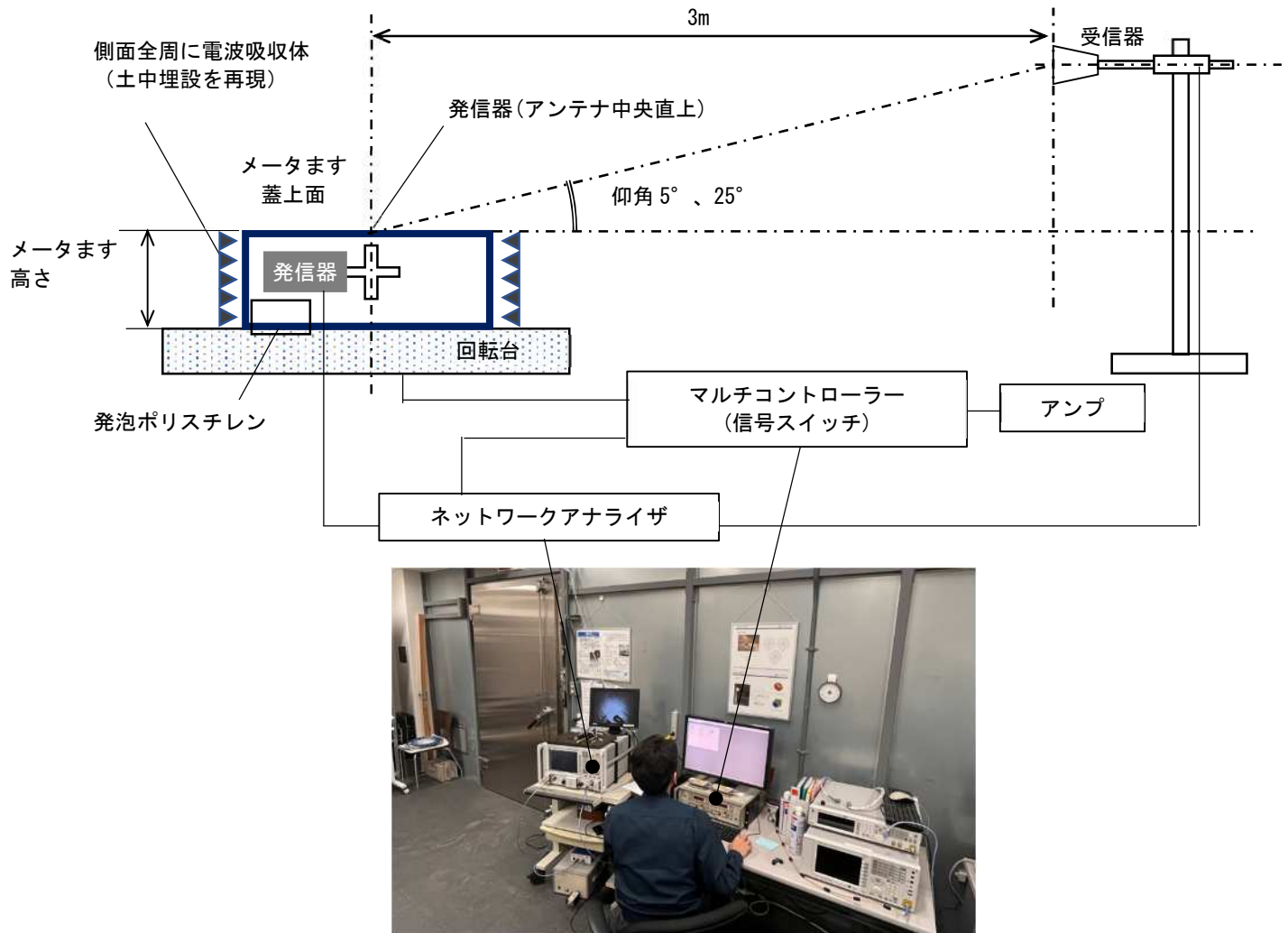
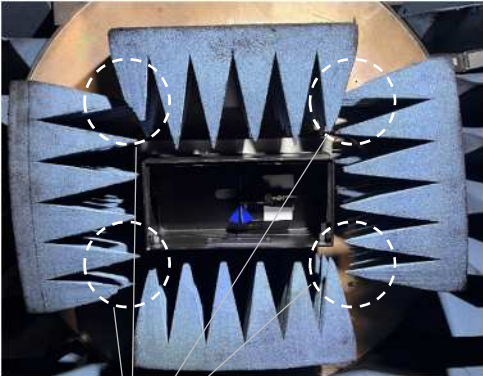
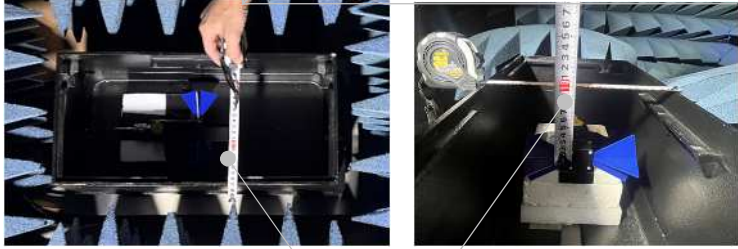


図7 試験機器の全体構成

表 9 供試体の取付手順

工程	工程写真／概要
1) 回転台への取付	 電波吸収体と供試体の頂面が同じ高さになる様に発泡ポリスチレンにて高さを調整
2) 電波吸収体の取付	 電波吸収体の 4 隅に隙間が無い目視確認
3) 発信器の取付位置調整	 ポリスチレン発泡体により取付位置を調整

また、ここまでに記載した試験パターンを整理すると、表 10 になる。

表 10 試験パターン

メータます		発信器位置		受信器位置	周波数[MHz]	偏波	備考
No.	名称	No.	名称				
1	鋳鉄製メータます蓋スリットあり	1	解析位置	5°	700~799	垂直	・ 50,400 データ×2(垂直偏波/水平偏波) (周波数 1MHz あたり 72 データ)
						水平	
					800~899	垂直	
						水平	
					900~999	垂直	
						水平	
					1500~1599	垂直	
						水平	
					1700~1799	垂直	
						水平	
					2000~2099	垂直	
						水平	
					2500~2599	垂直	
						水平	
		6	仕様書位置	25°	700~799	垂直	・ 50,400 データ×2
					～	～	
					2500~2599	水平	
				5°	700~799	垂直	・ 50,400 データ×2
					～	～	
					2500~2599	水平	
2	鋳鉄製メータます蓋スリットなし	2	解析位置	5°	700~799	垂直	・ 50,400 データ×2
					～	～	
					2500~2599	水平	
				25°	700~799	垂直	・ 50,400 データ×2
					～	～	
					2500~2599	水平	
3	鋳鉄製メータます蓋なし	3	解析位置	5°	700~799	垂直	・ 50,400 データ×2
					～	～	
					2500~2599	水平	
				25°	700~799	垂直	・ 50,400 データ×2
					～	～	
					2500~2599	水平	
4	樹脂製メータます	4	解析位置	5°	700~799	垂直	・ 50,400 データ×2
					～	～	
					2500~2599	水平	
				25°	700~799	垂直	・ 50,400 データ×2
					～	～	

5	アンテナ単体	5	解析 位置	5°	～	～	・ 50,400 データ×2
					2500~2599	水平	
					700~799	垂直	
				25°	～	～	
					2500~2599	水平	
					700~799	垂直	
		7	仕様書 位置	5°	700~799	垂直	・ 50,400 データ×2
					～	～	
					2500~2599	水平	
				25°	700~799	垂直	・ 50,400 データ×2
					～	～	
					2500~2599	水平	