

CMCの電磁波吸収特性

(財)豊田理化学研究所フェロー
(株)CMC総合研究所代表取締役

元 島 栖 二

バンド名	使用例
C バンド (5.6GHz～8.2GHz)	SAR*、地上のマイクロ波通信
X バンド (8.2GHz～12.4GHz)	SAR*、ESR 装置、オービス
Ku バンド (12.4GHz～18GHz)	固定衛星通信、無線 LAN
K バンド (18GHz～26.5GHz)	オービス
Ka バンド (26.5GHz～40GHz)	固定衛星通信
V バンド (50GHz～75GHz)	自動車の衝突防止レーダ(ITS)
W バンド (75GHz～110GHz)	ESR 装置

用途	具体例	電波吸収体の種類
レーダ偽像防止対策	<ul style="list-style-type: none"> ・ 船舶レーダの偽像防止 船舶マスト、橋梁など(9.4GHz) ・ 航空管制レーダの偽像防止 建造物(格納器庫他)、橋梁など 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ゴムフェライト系電波吸収体 ・ ゴムカーボン系電波吸収体 ・ 抵抗繊維系電波吸収体 ・ 金属繊維、フェライト多層型電波吸収体 ・ FRP系電波吸収体
無線障害防止対策	<ul style="list-style-type: none"> ・ テレビゴースト防止対策 建造物など ・ 移動無線障害対策 室内、列車など 	<ul style="list-style-type: none"> ・ フェライト系電波吸収体 ・ 抵抗繊維系電波吸収体 ・ 抵抗皮膜系ミリ波電波吸収体
電波暗室	<ul style="list-style-type: none"> ・ EMC 用電波暗室 ・ マイクロ波用電波吸収体 ・ ミリ波用電波吸収体 	<ul style="list-style-type: none"> ・ フェライト・カーボン系多層型電波吸収体 ・ カーボン系ピラミッド型電波吸収体 ・ フェライト・抵抗フィルム多層型床材電波吸収体

形状	構造	材料	周波数帯	特徴	用途
平坦形	単層型	フェライト焼結体	VHF-UHF	薄形(約 6mm)、広帯域	電波暗室 テレビ ゴースト対策
		フェライト混合材	1-20GHz	薄形、狭帯域、耐候性	レーダ
		カーボン混合材	1-20GHz	薄形、狭帯域、耐候性	レーダ
	二層型	金属繊維複合材	1-20GHz	薄形、帯域広い	レーダ
	多層型	カーボン混合材	数十 MHz ~	広帯域、吸収量大	電波暗室
ピラミッド形		プラスチック発泡材+カーボン	数十 MHz ~	広帯域、吸収量大	電波暗室

Carbon Microcoils

カーボンマイクロコイル

Electromagnetic Wave

電磁波

Generation of inductive electromotive force → electric current → Joule's Heat

ジュール熱が発生

Faraday's Law of Electromagnetic Induction

カーボンマイクロコイルに電磁波が当たるとコイル内に誘導起電流が流れジュール熱が発生し熱エネルギーに変わる

変動電磁場照射により誘導起電力を発生

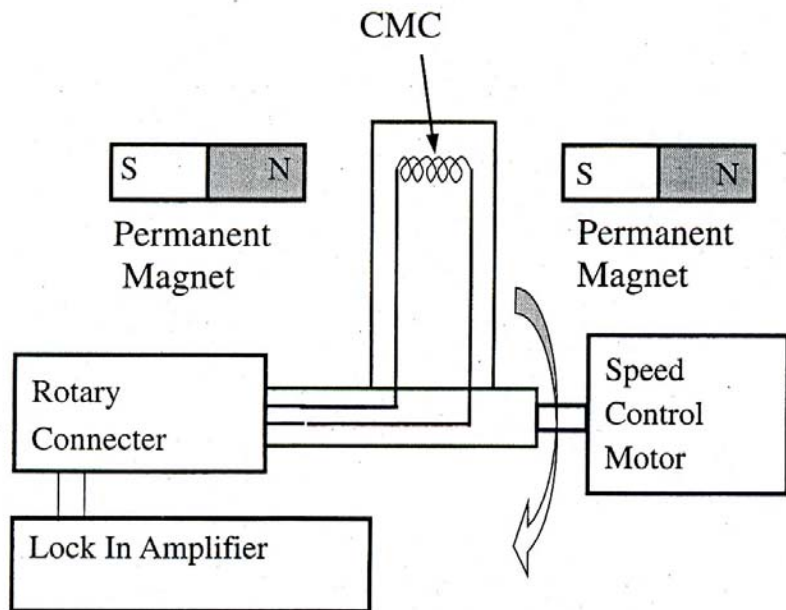


Fig. 2. Schematic of an apparatus used for the measurement of electromagnetic induction of the CMC in a static magnetic field.

Table I. Geometries and electric characteristics of CMC used.

Sensor No.	Electric resistance (k Ω)	Length (μm)	No. of Turns	Diameter (μm)	Resistivity (10^{-6} k $\Omega\cdot\text{m}$)
A	273	568	132	4	6.04
B	353	1114	202	5	6.22
C	1090	2300	534	4	5.96

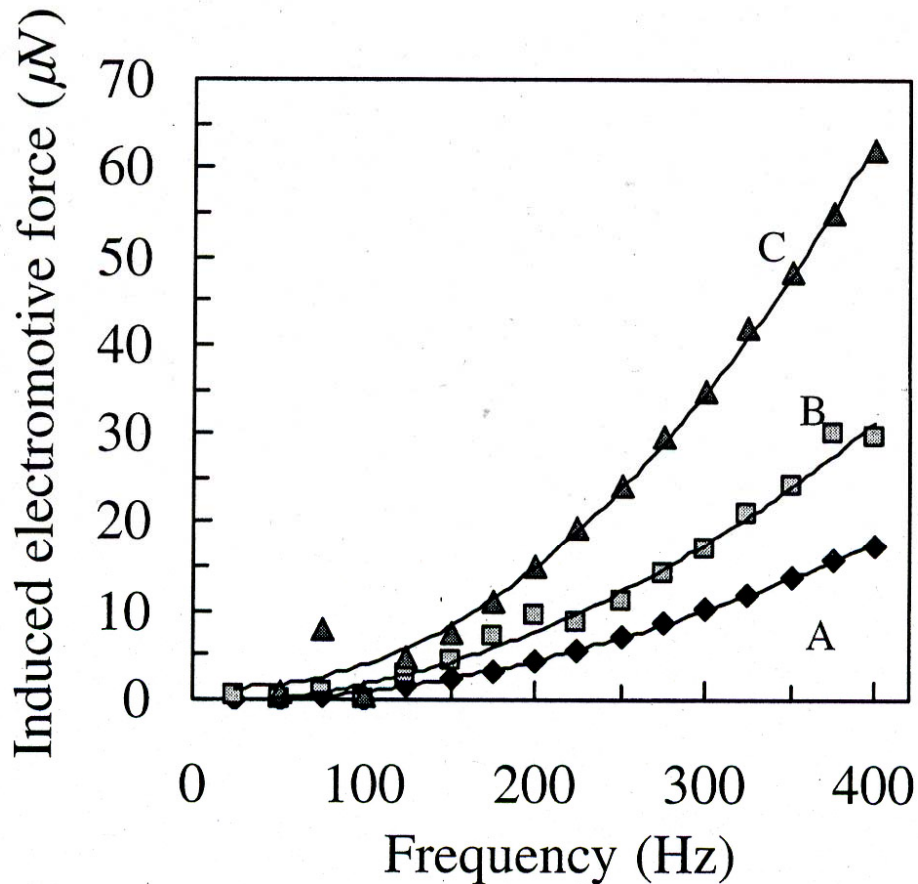
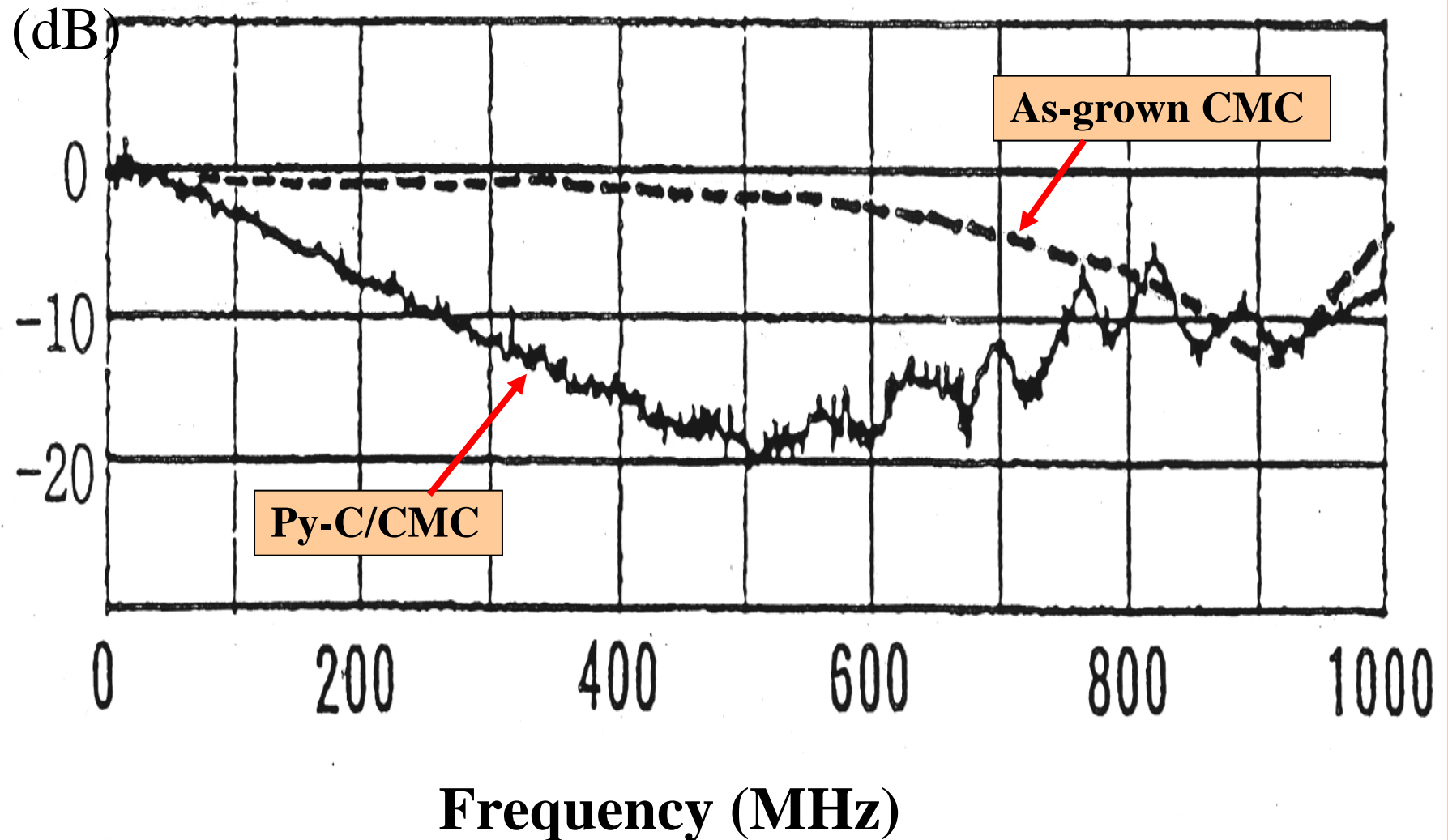


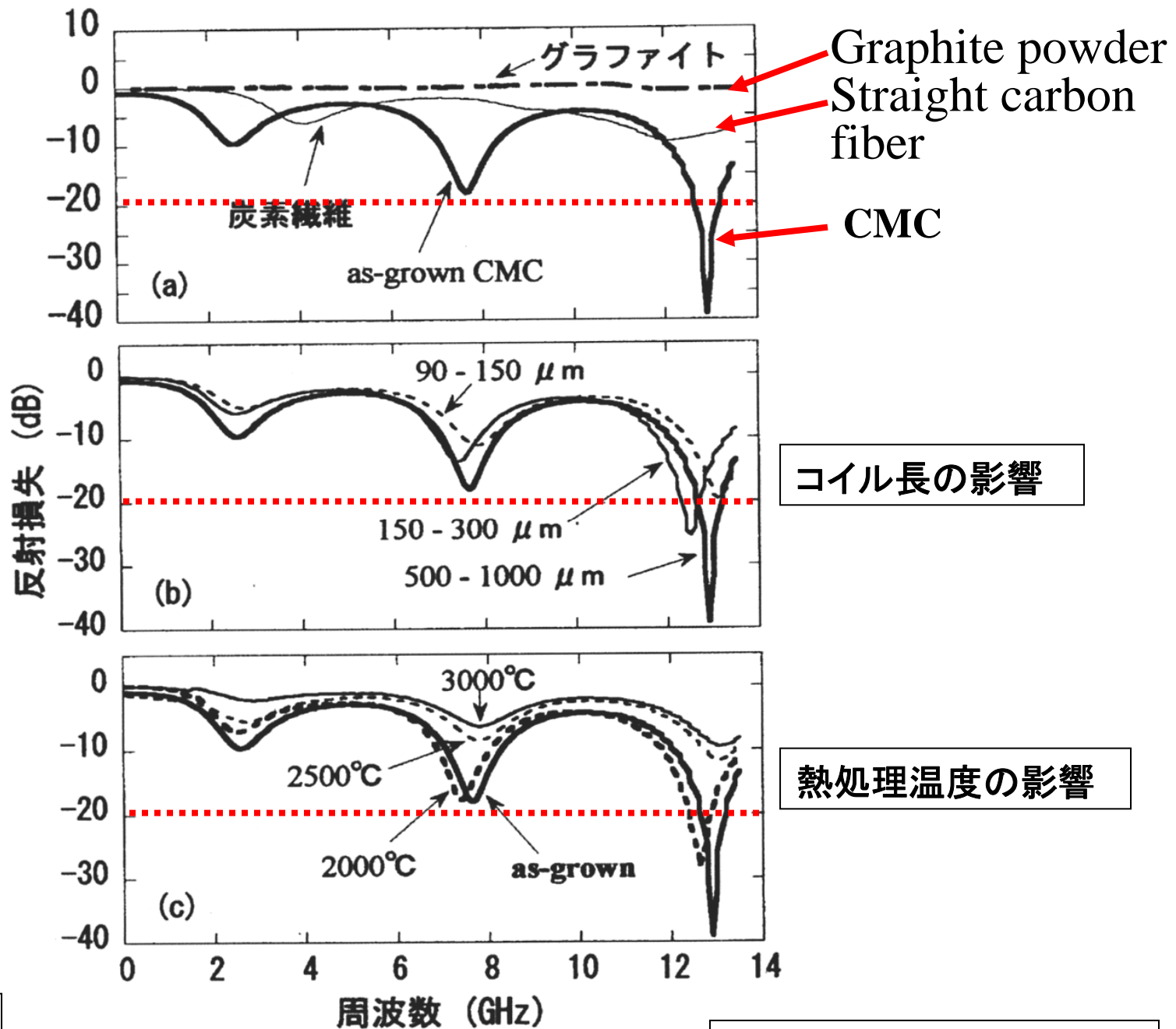
Fig. 3. Induced electromotive force of CMC generated by a dynamic magnetic field. Three different sensors, A, B, and C, were placed in a dynamic magnetic field generated by a pair of electromagnets, in which an alternating current was supplied. Magnetic flux density: 3.8 G.

熱分解炭素膜をコーティングしたCMC(Py-C/CMC)の電磁波吸収特性

Reflection Loss

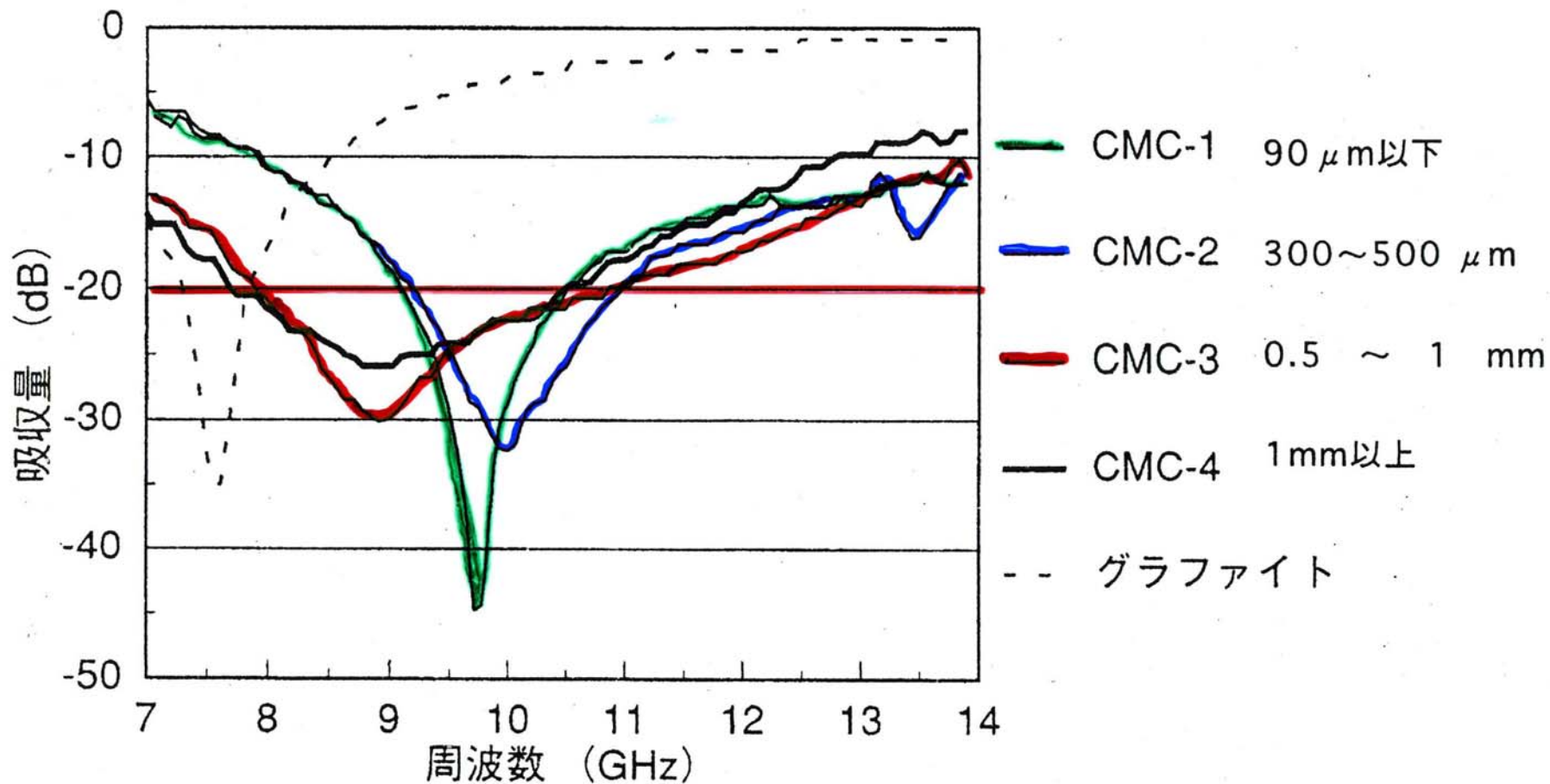
(20wt%/Epoxy)





By 導波管法

By 長崎大学 岩永 浩教授



電波吸収材モデルの構成



金属板

フェライトシート厚さ1.0 mm
 スペーサー (ウレタンシート)
 CMCシート

Coil length

CMC-1

<90 μm

CMC-2

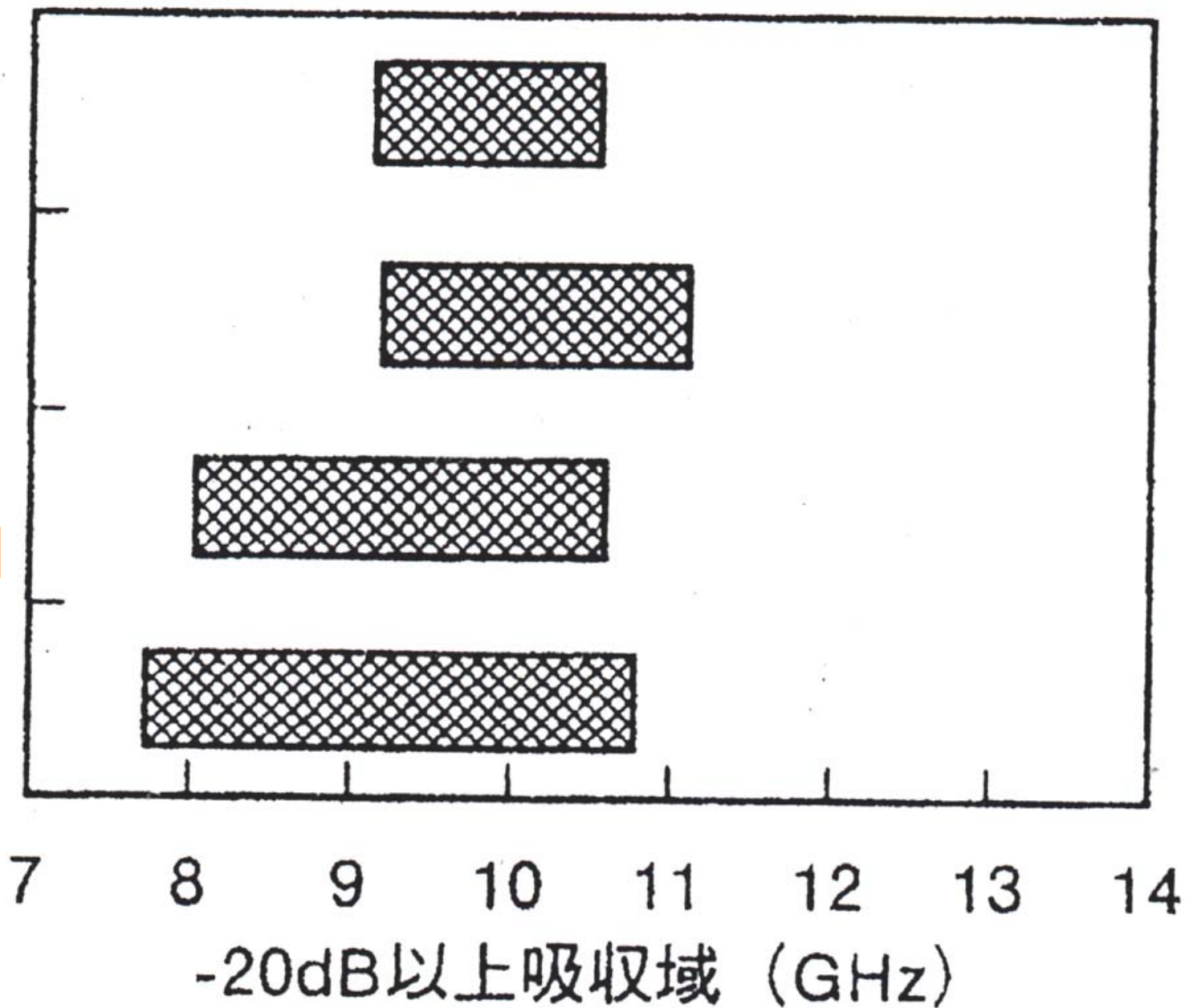
300-500 μm

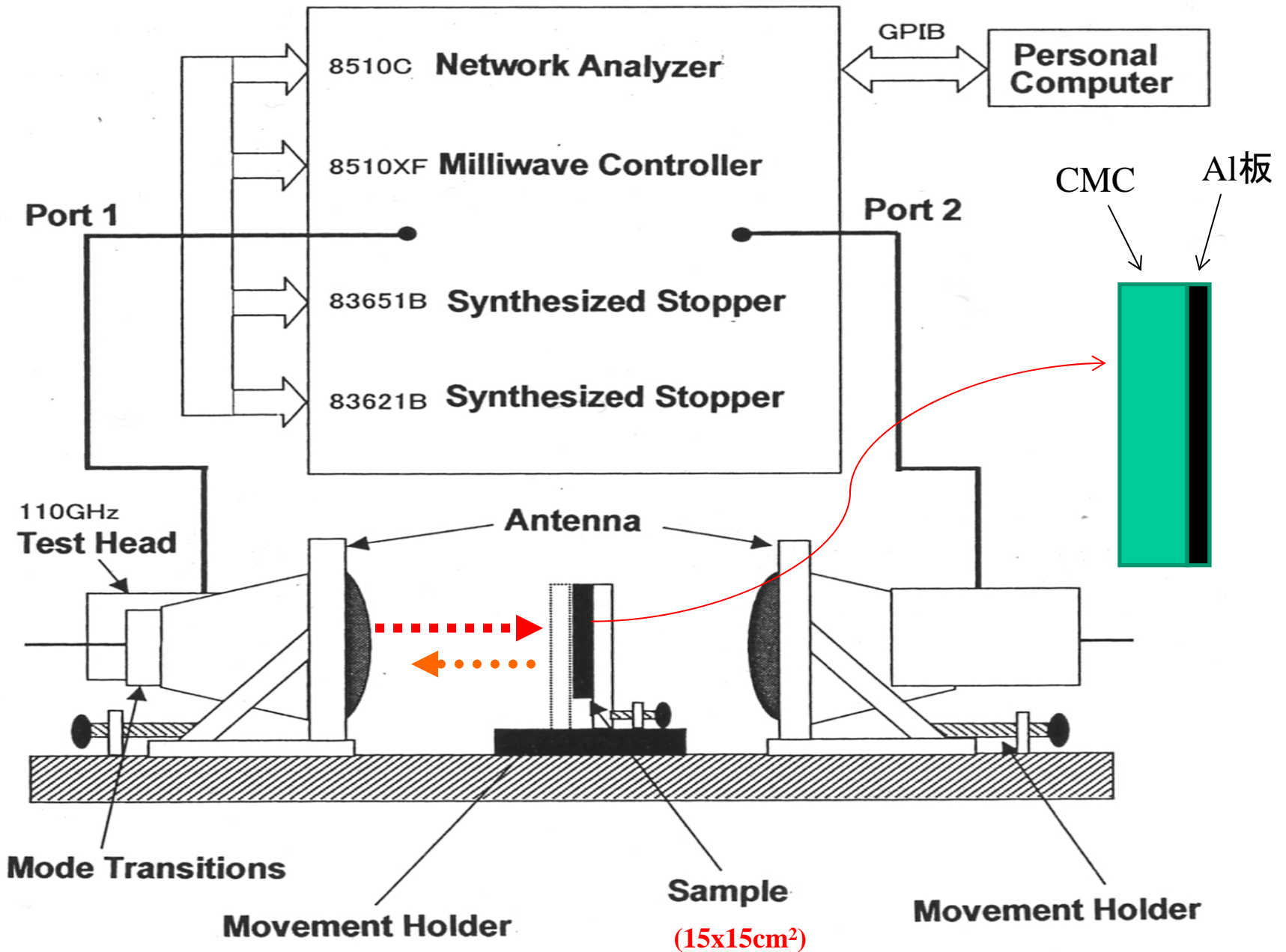
CMC-3

500-1000 μm

CMC-4

>1000 μm





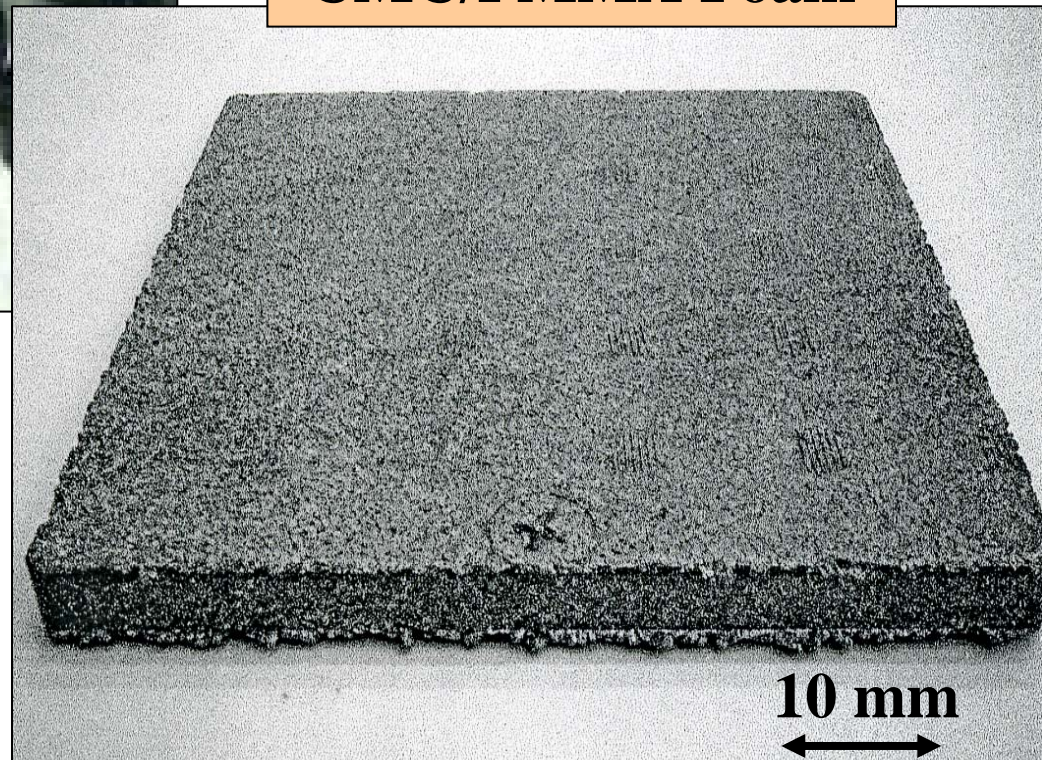
Free space microwave measurement system (JFCC-HVS)

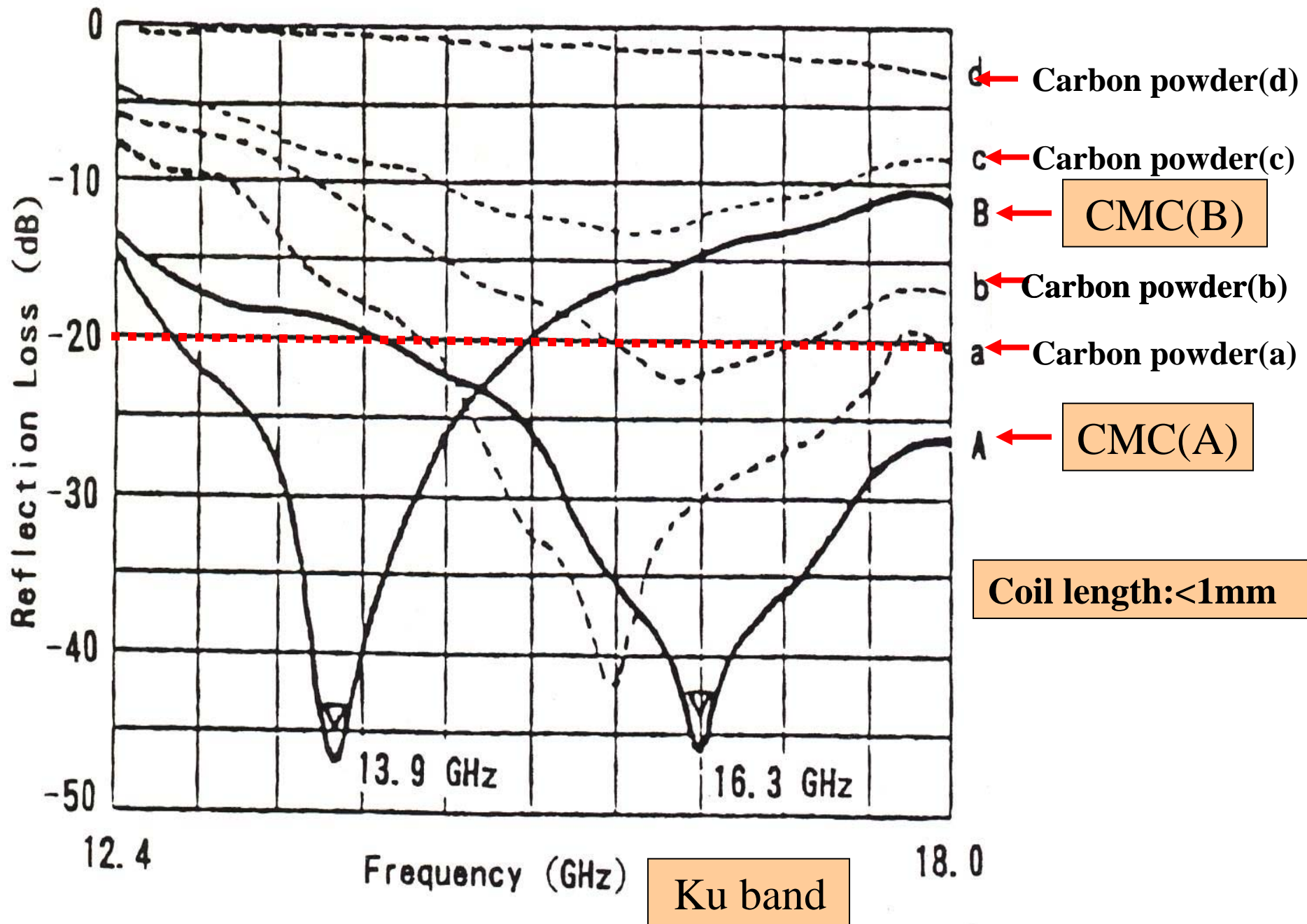
CMC(1wt%)/PMMA

Bead

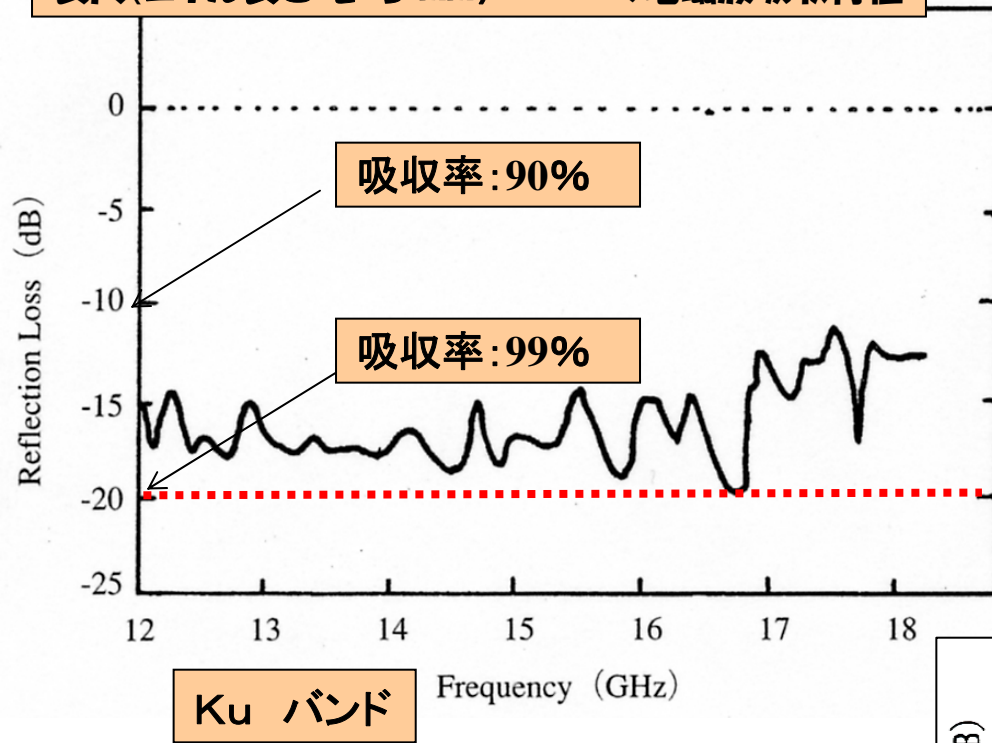


CMC/PMMA Foam





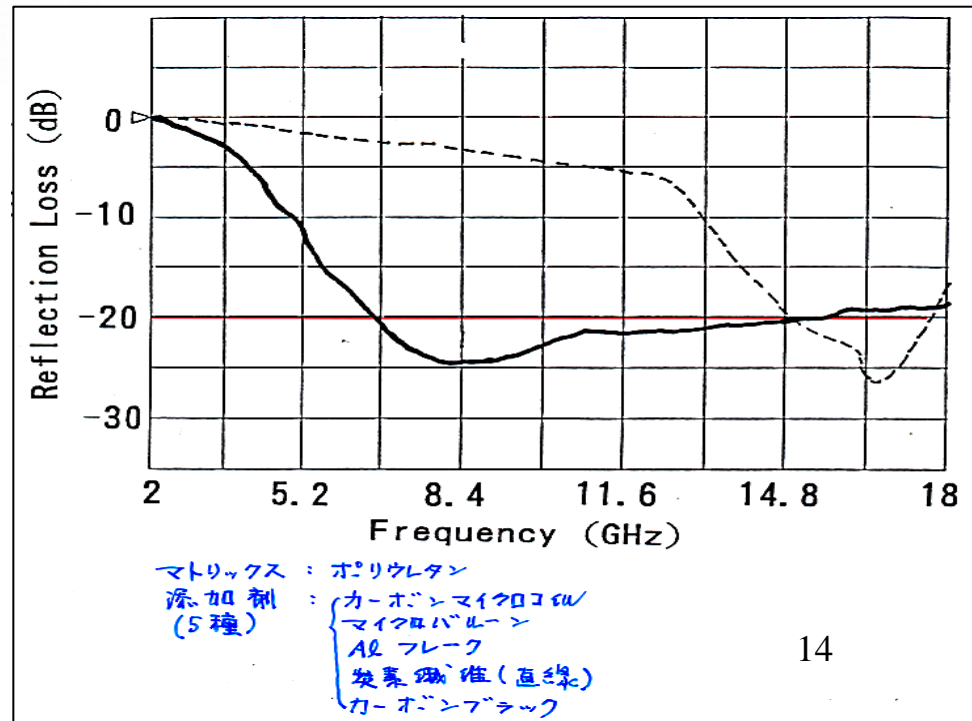
長尺(コイル長さ: 2-5 mm) CMCの電磁波吸収特性

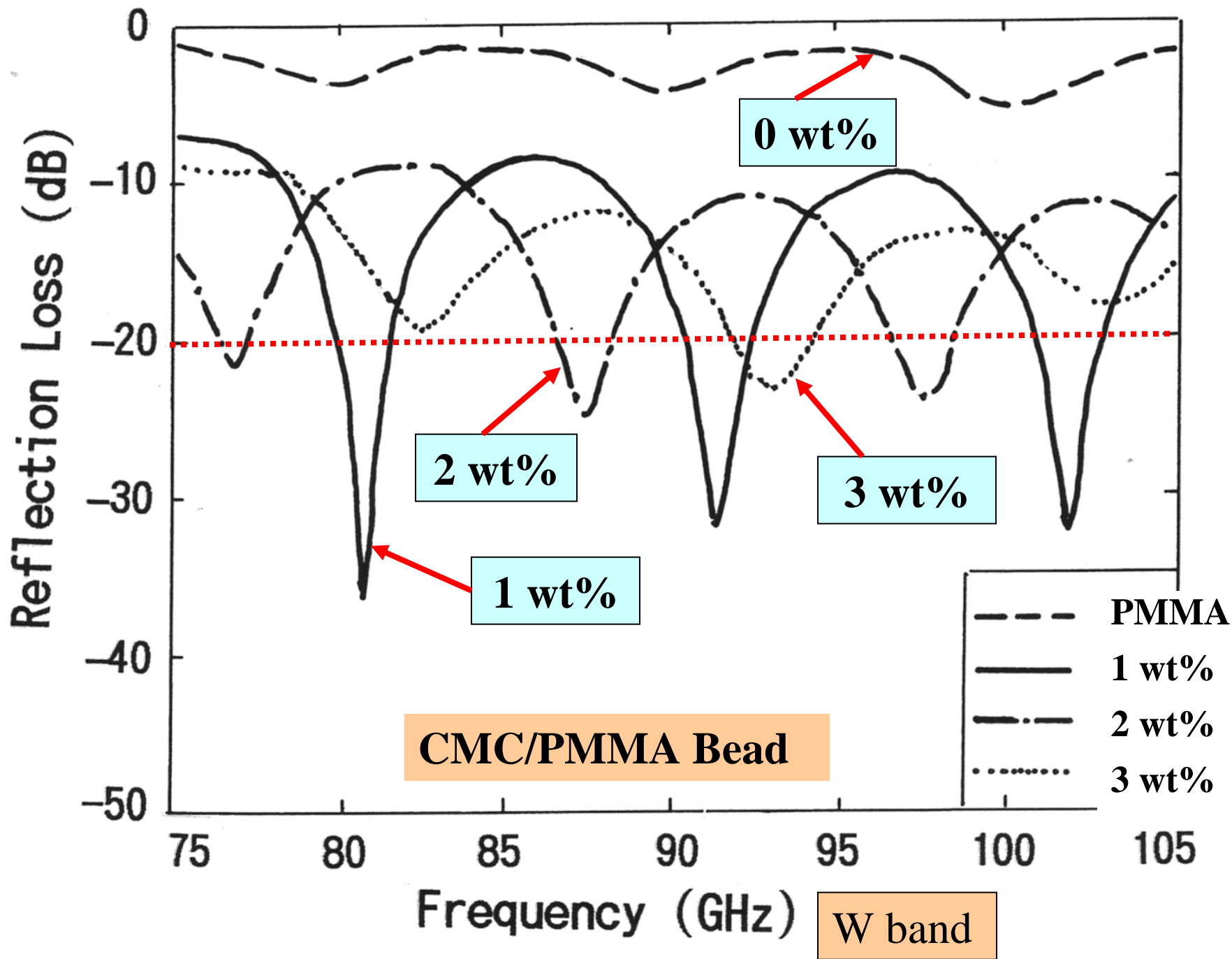


バンド名	使用例
C バンド (5.6GHz~8.2GHz)	SAR*、地上のマイクロ波通信
X バンド (8.2GHz~12.4GHz)	SAR*、ESR 装置、オービス
Ku バンド (12.4GHz~18GHz)	固定衛星通信、無線 LAN
K バンド (18GHz~26.5GHz)	オービス
Ka バンド (26.5GHz~40GHz)	固定衛星通信
V バンド (50GHz~75GHz)	自動車の衝突防止レーダ(ITS)
W バンド (75GHz~110GHz)	ESR 装置

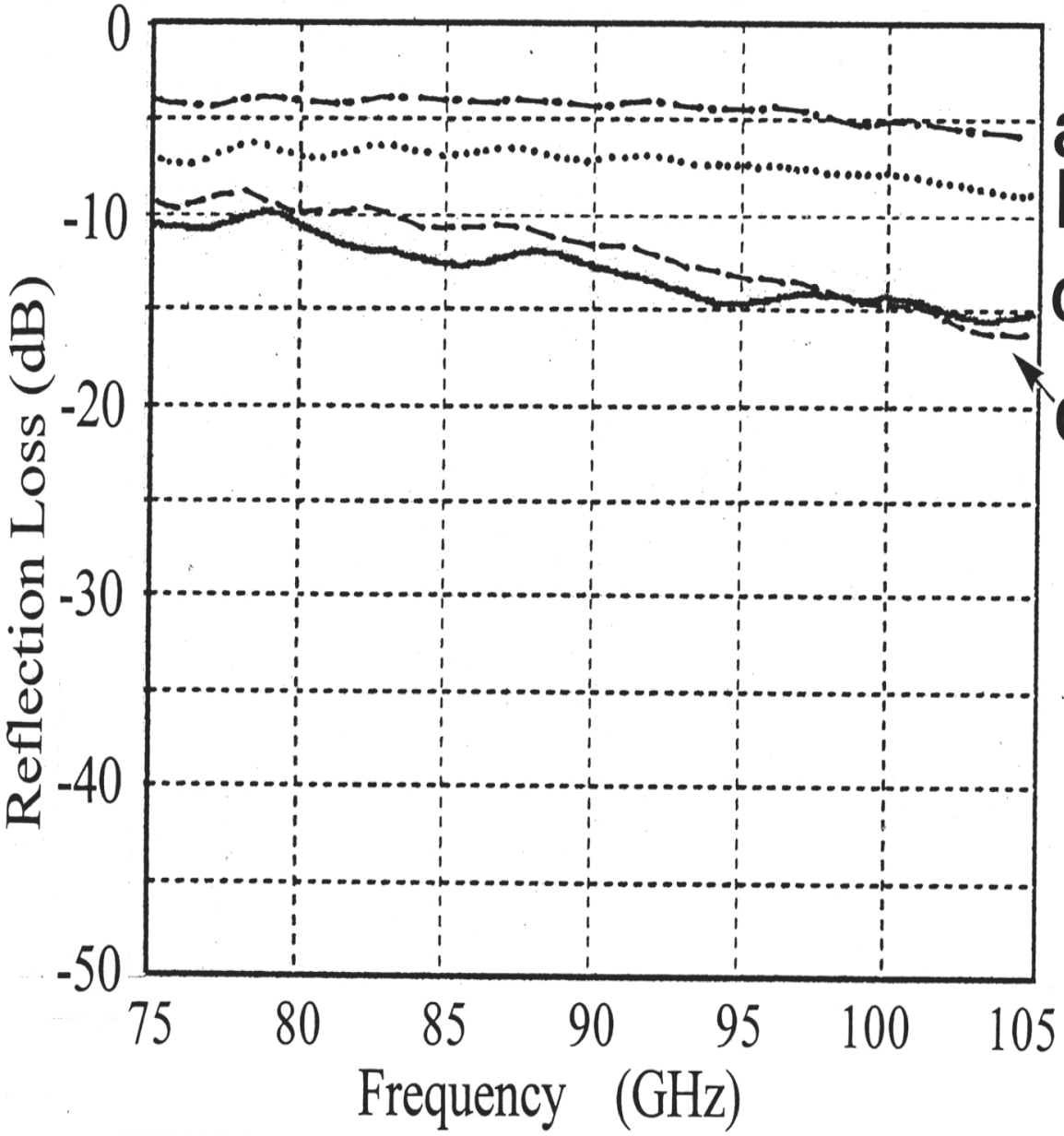
CMCのレーダー波吸収特性

突然アメリカより5トン
(現在価格500億円)の注文

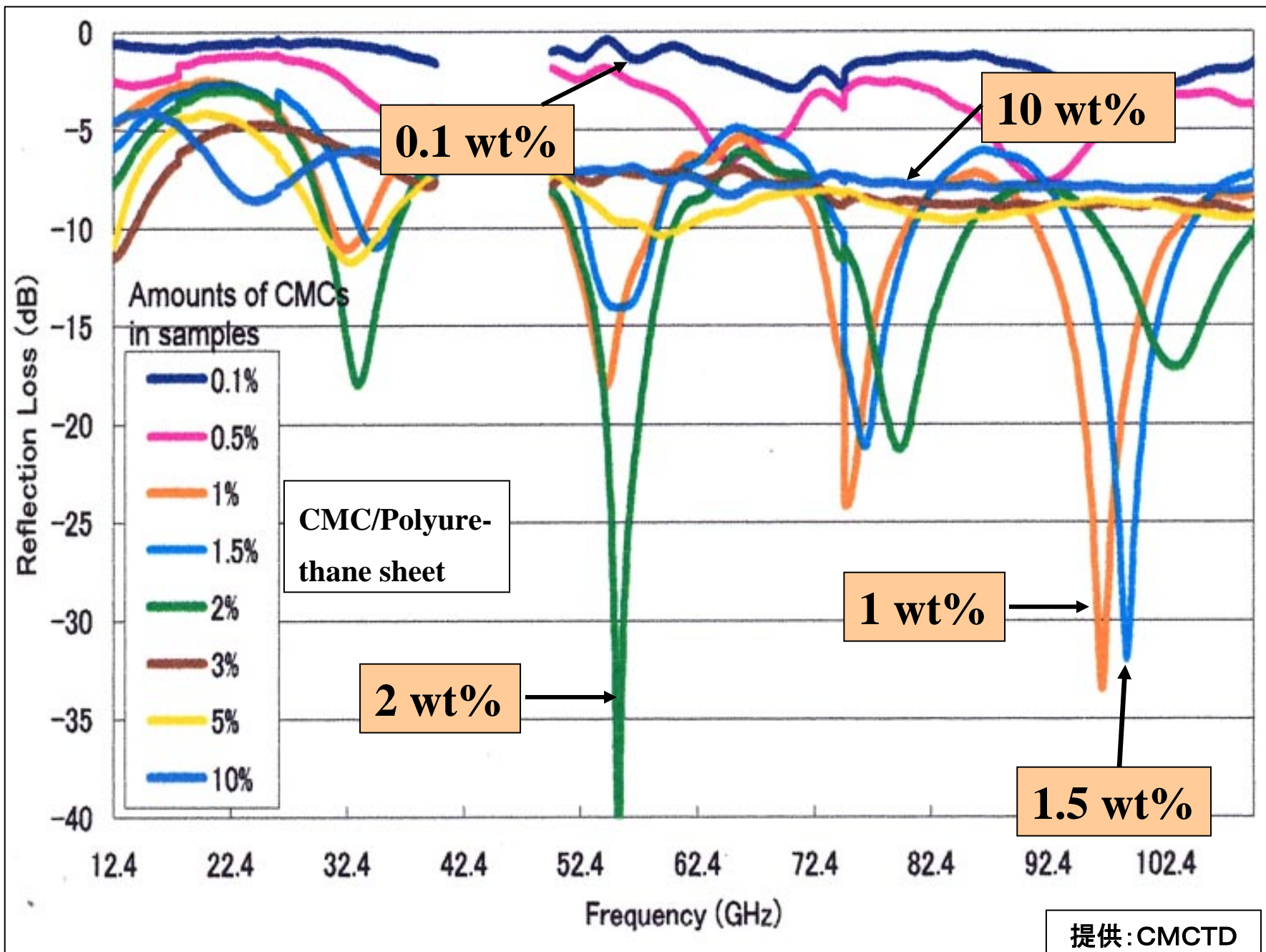


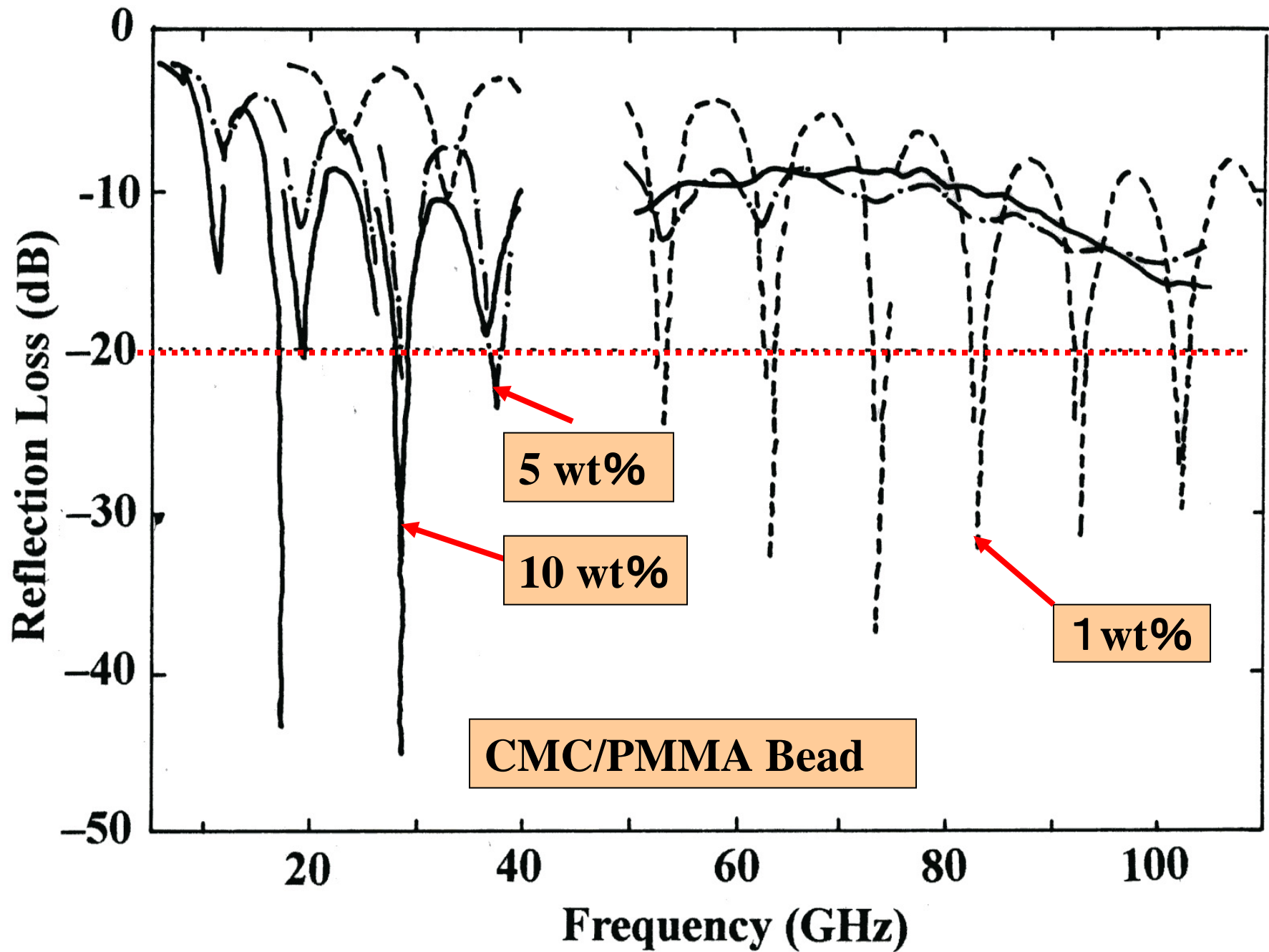


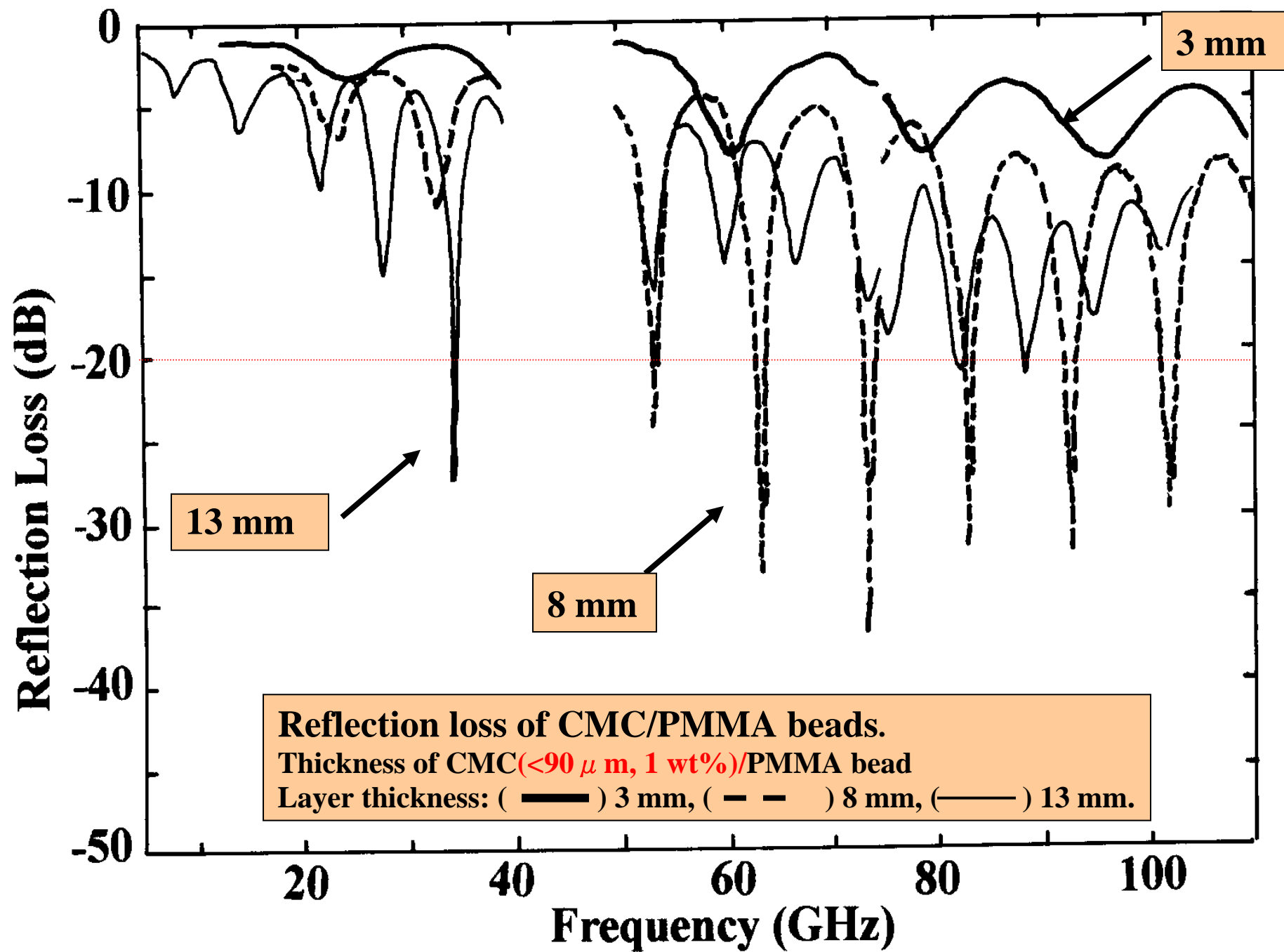
PMMA Bead

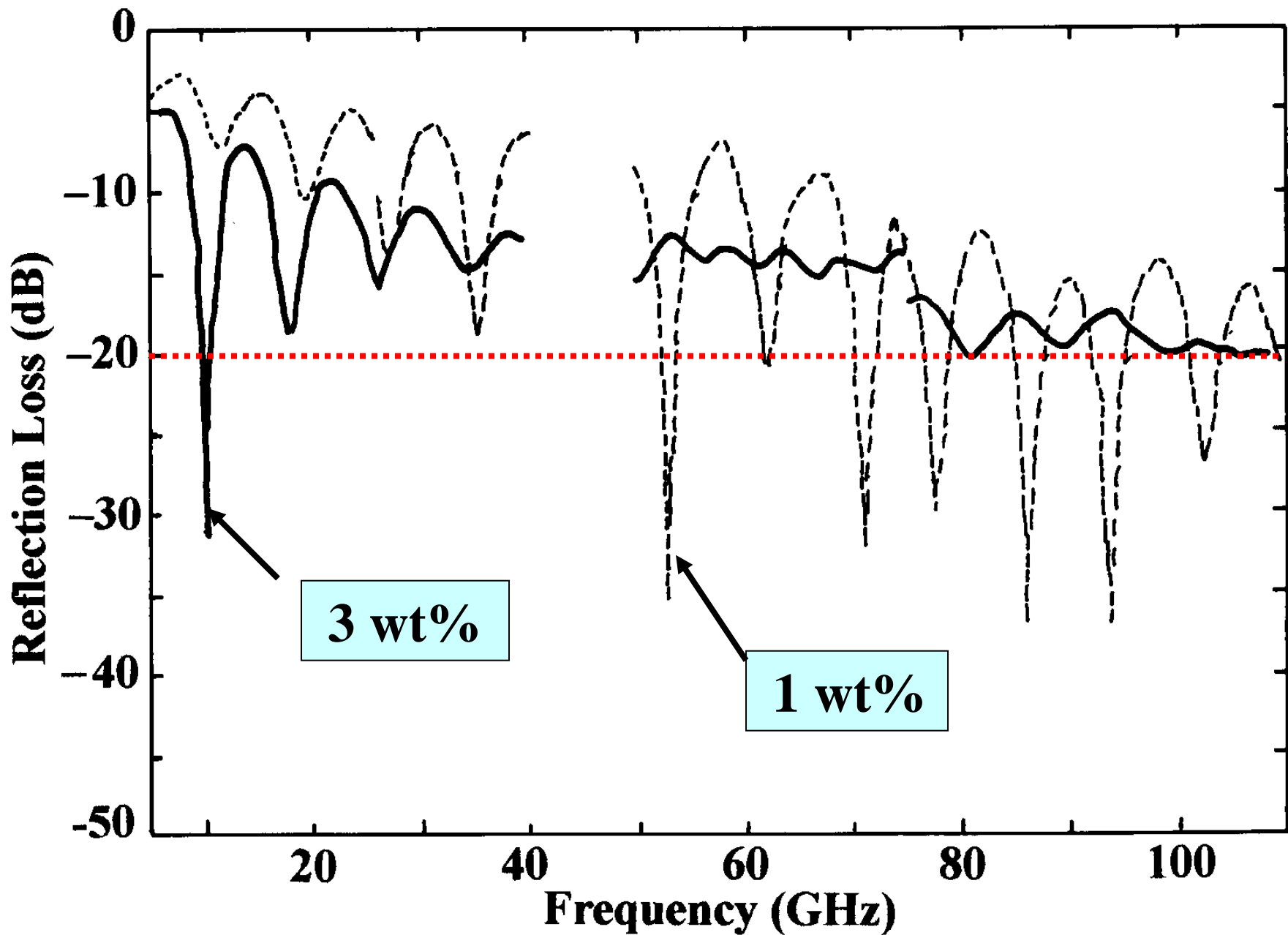


- a** ← (a) 炭素粉末
- b** ← (b) フェライト、
- c** ← (c) CMC (<90 μm、5wt%)
- d** ← (d) CMC (<90 μm、10wt%)

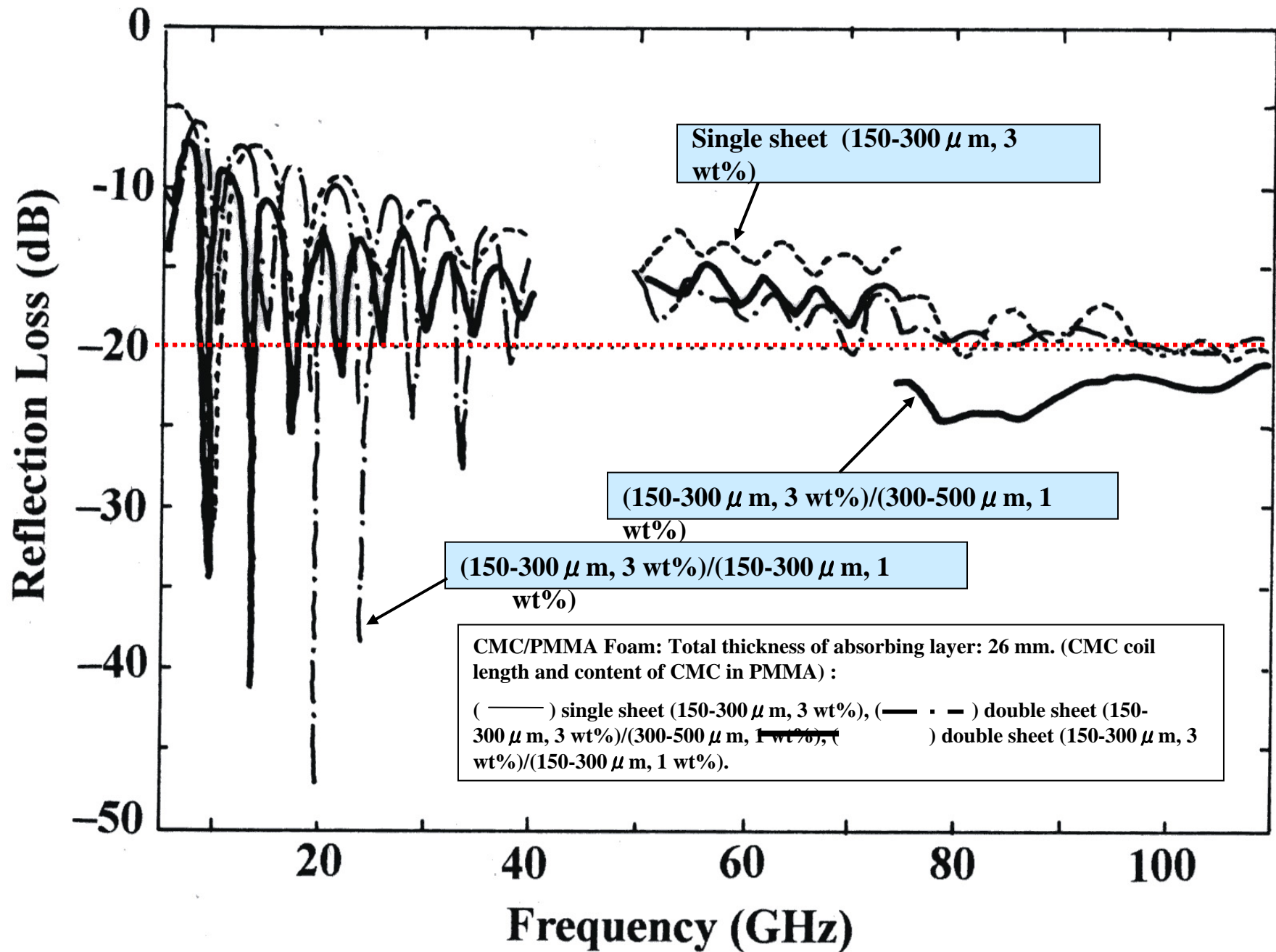




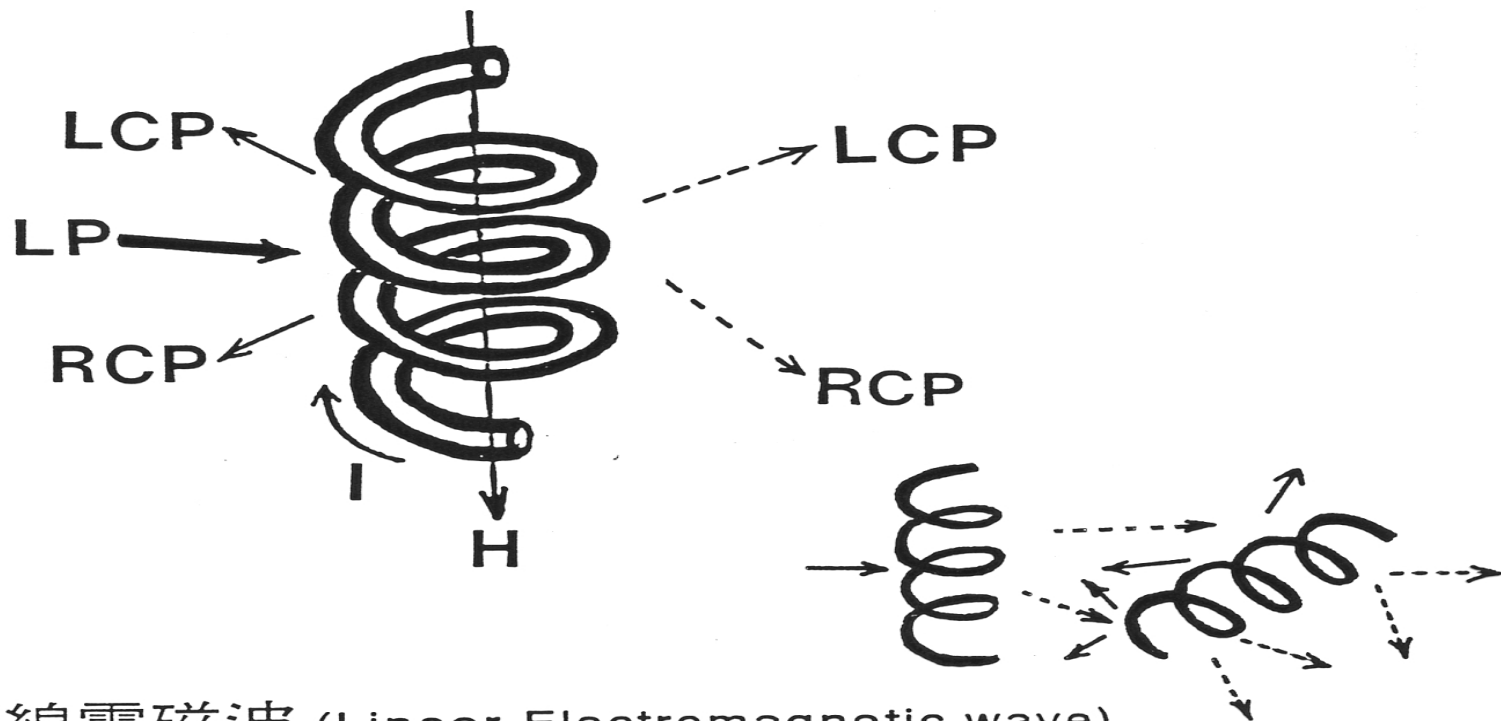




Reflection loss of CMC/PMMA foams (CMC:150-300 μ m)



変動磁界：回轉円磁界（右回り、左回り）
 楕円磁界
 直線磁界（水平磁界、垂直磁界）



LP: 直線電磁波 (Linear Electromagnetic wave)

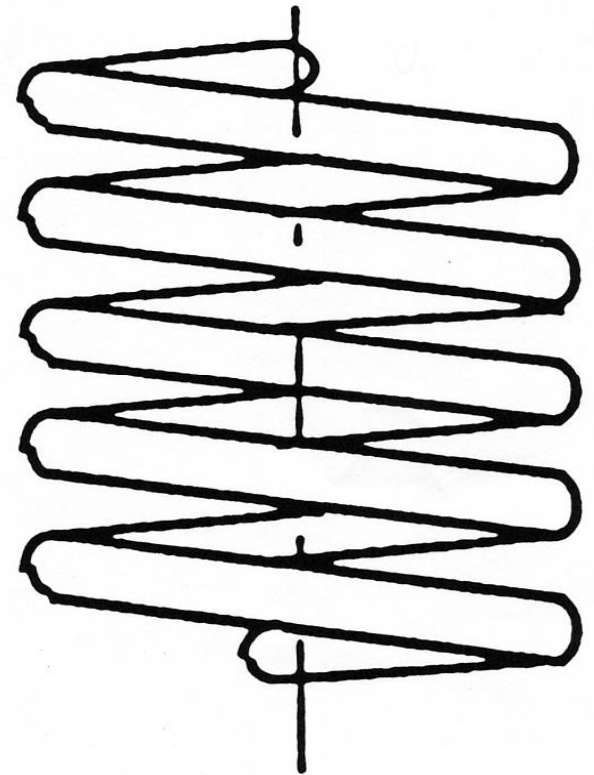
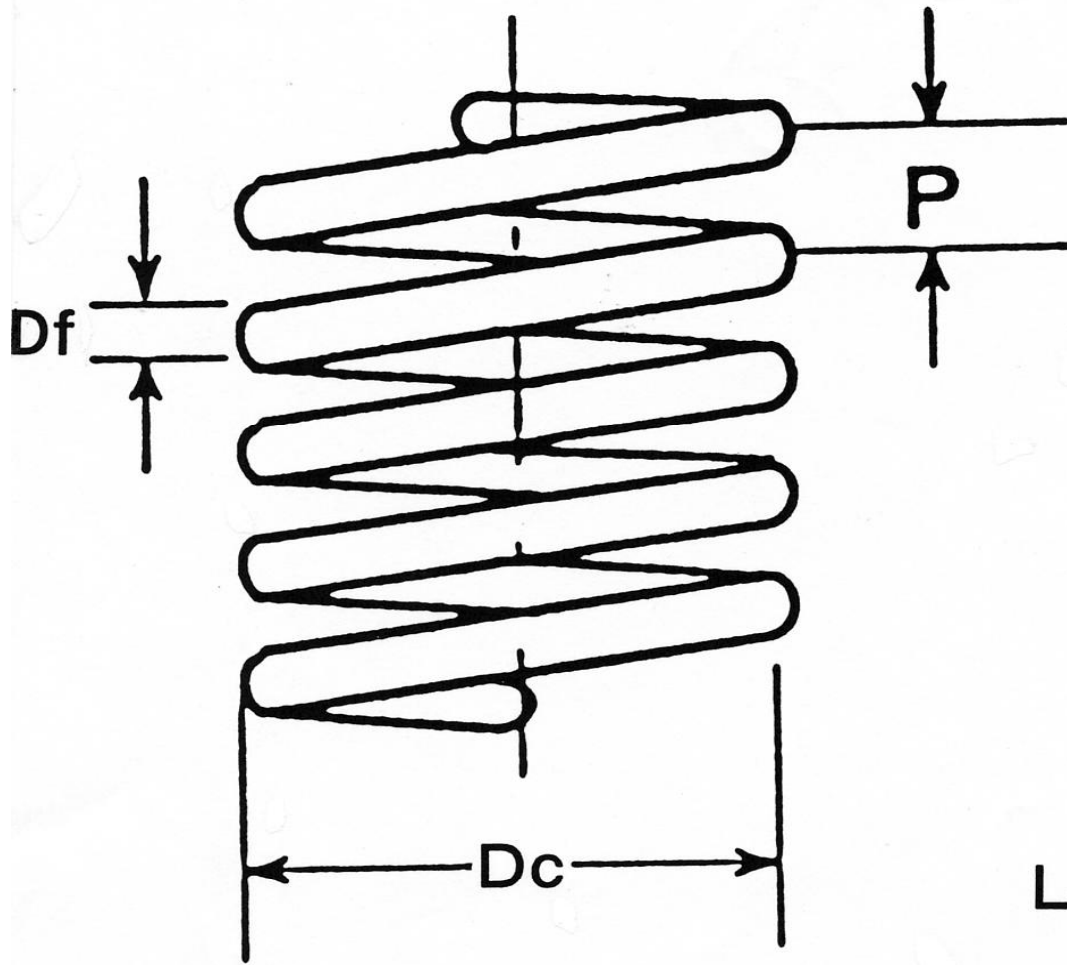
RCP: 右回り円偏波 (Right-handed circularly polarized wave)

LCP: 左回り円偏波 (Left-handed circularly polarized wave)

No chiral materials: $LP = LCP + RCP$

Coil chiral materials: $LP \neq LCP + RCP$

Speed \neq Speed



Left-handed Helical Coil

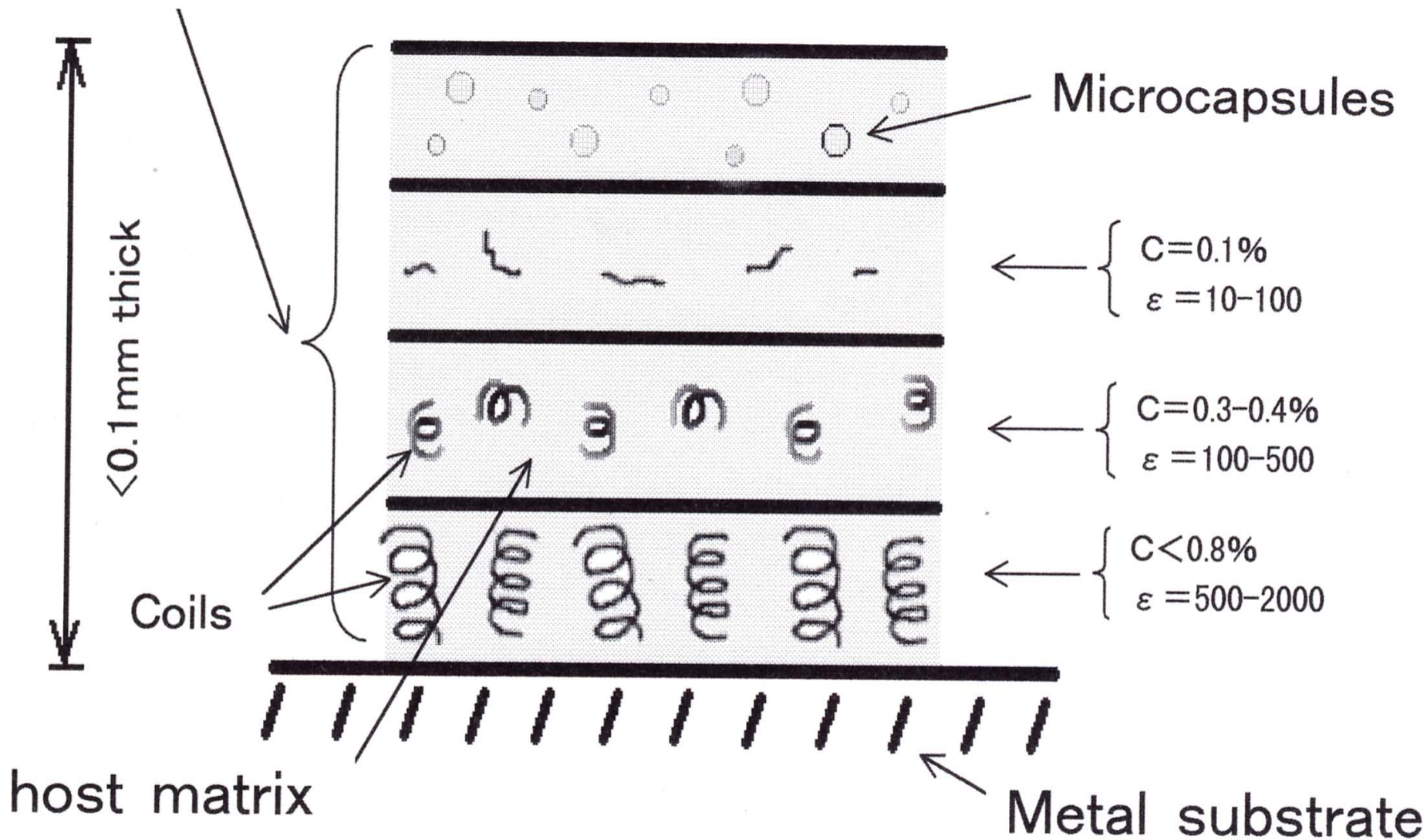
Right-handed Helical Coil

Optimum Coil Dimensions

$$Df/Dc = 1/5 - 1/10$$

$$P = 3Dc$$

Impedance matching layers



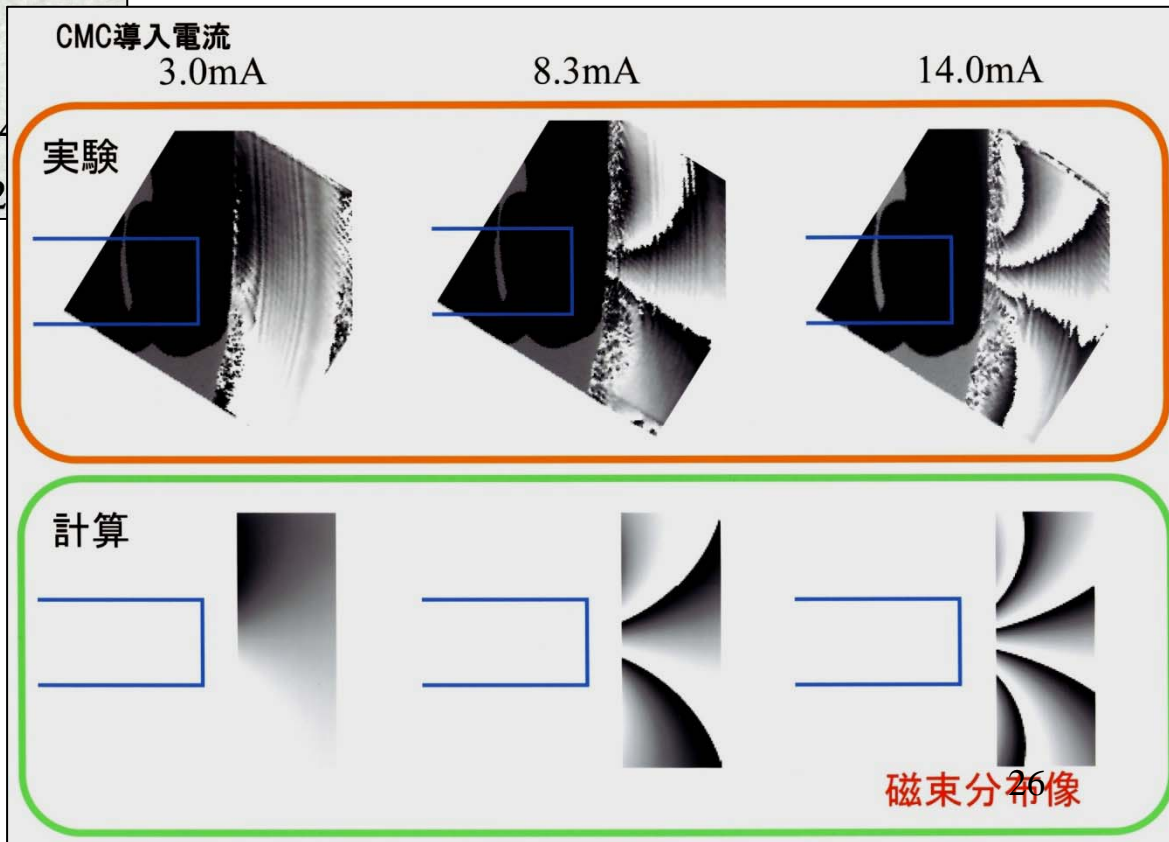
C = Coil concentration
 ϵ = Dielectric Constant

電子線ホログラフィーによる発生磁束の可視化

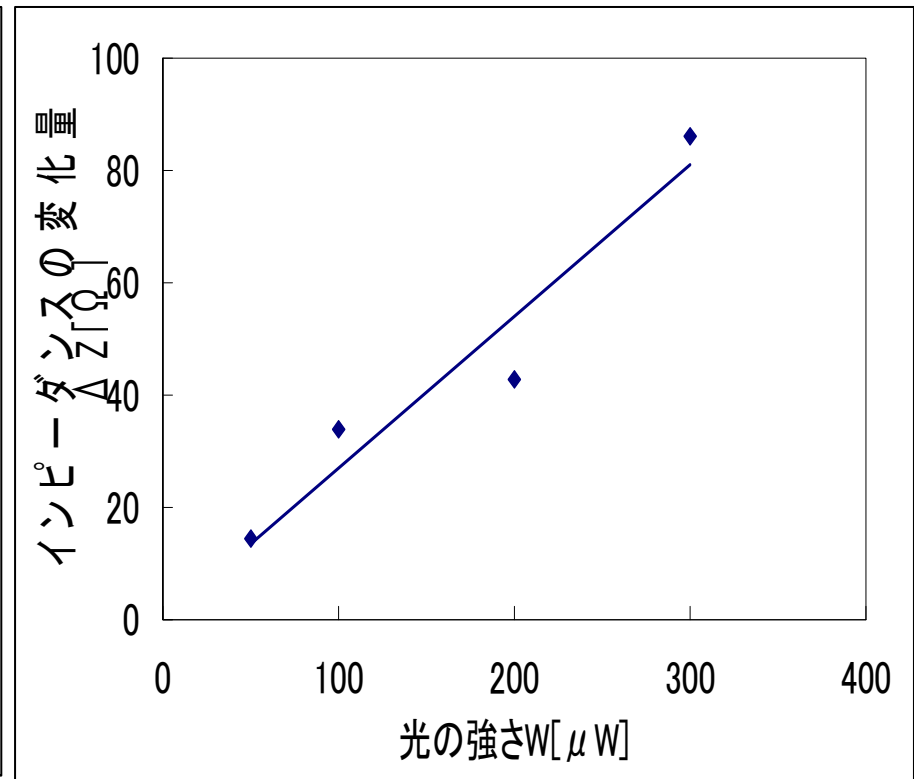
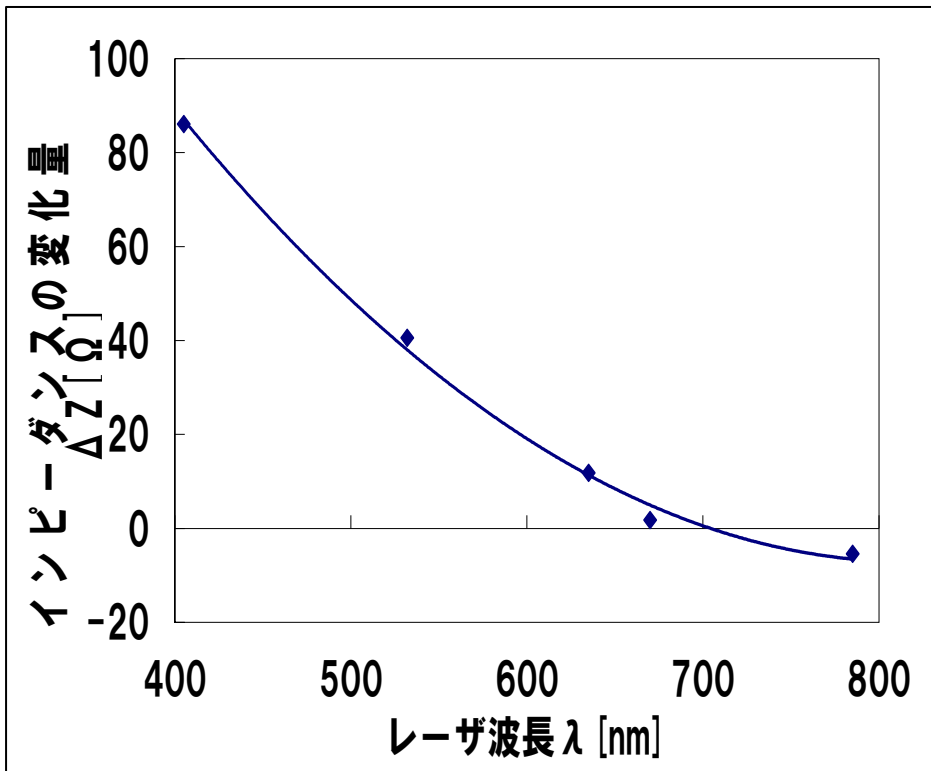
提供：山本ら(JFCC)



微小磁場と細胞との相互作用



CMCへのレーザー光照射(光学的特性)



光波長－インピーダンス変化特性
($f=1\text{kHz}$ 、光強度 $P=300\ \mu W$)

光強度－インピーダンス変化特性
($f=1\text{kHz}$ 、レーザー波長
 $\lambda=405\text{nm}$)