

磁性寒天の磁気特性および誘電特性に関する実験的検討

An Experimental Study on Magnetic and Dielectric Characteristics of Magnetic Agar

○坂本 高志, 岡 英夫

○Takashi Sakamoto, Hideo Oka

岩手大学

Iwate University

キーワード：磁性寒天 (Magnetic Agar), 磁性粉末 (Magnetic Powder), 磁気特性 (Magnetic Characteristic), 誘電特性 (Dielectric Characteristic)

連絡先：〒020 盛岡市上田 4-3-5 岩手大学工学部電気電子工学科 岡研究室 岡 英夫
Tel. & Fax. (019)621-6389, E-mail:hoka@msv.cc.iwate-u.ac.jp

1. はじめに

先に筆者等は、寒天^{(1),(2)}に磁性粉末または磁性流体を混合した磁性寒天の作製法および磁気・発熱特性などに関する実験的検討を行ってきた^{(3),(4)}。この磁性寒天はゼリー状で柔軟性・保水性を有する特徴があり、これは一般の強磁性体には持ち得ない性質を有する⁽³⁾。しかし、磁性寒天の誘電特性については計測手法を含め未だ十分に明らかにされていない。また、磁気特性においても、周波

数が MHz 帯域における特性解明についても種々の問題点を有している。

そこで、本研究ではこれらの事項を踏まえて、磁性寒天を構成している蒸留水・寒天・磁性粉末とそれらを混合して作製した磁性寒天それぞれについての磁気特性・誘電特性に関する測定を行い、これらの測定結果についての実験的検討を行ったので報告する。

2. 測定試料の作製

図1は本研究における磁性寒天の作製工程である。本研究では磁性寒天用磁性粉末として、耐腐食性および高周波でも高比抵抗を有することから Mn-Zn フェライトを用いた。表1に磁性寒天の作製成分を示す。

表1 磁性寒天の作製成分

品名	名称	重量	wt%
寒天	粉末寒天(伊那食品工業株式会社製)	3.2g	4%* ¹
磁性粉末	Mn-Zn フェライト 15000H(TOKIN製, 100[mesh])	60g	43%* ²

(注) *1: 蒸留水に対する wt% である。

*2: 寒天溶液に対する wt% である。

図2は磁気特性測定用試料および環状容器である。同図より、磁性寒天を環状容器に注入し、巻線 20[Turn]を施したものとした。また、図3に誘電特性測定用試料およびフィクスチャを示す。図示のごとく、磁性寒天溶液をフィクスチャへ注入することにより形成される円盤状試料とした。

3. 実験方法

3.1 磁性寒天の磁気特性

磁性寒天の磁気的な基礎特性として、複素透磁率の測定を行った。測定器としては、B-H/Z アナライザ HP E5060A

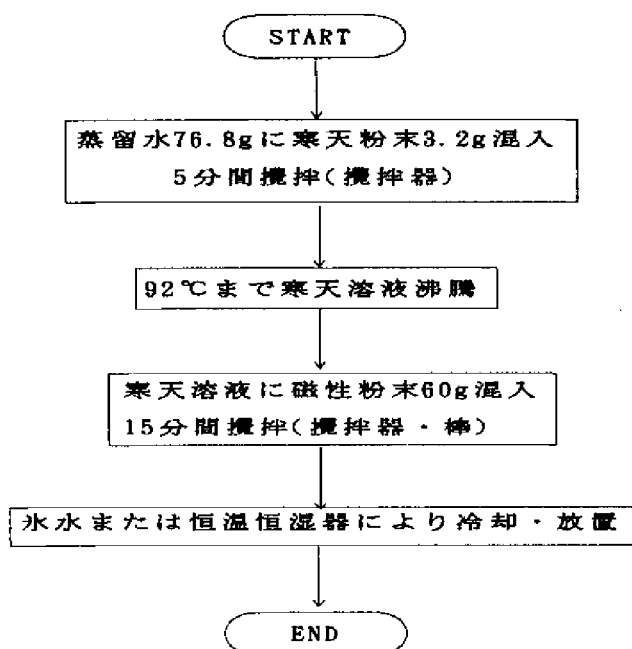


図1 磁性寒天の作製工程

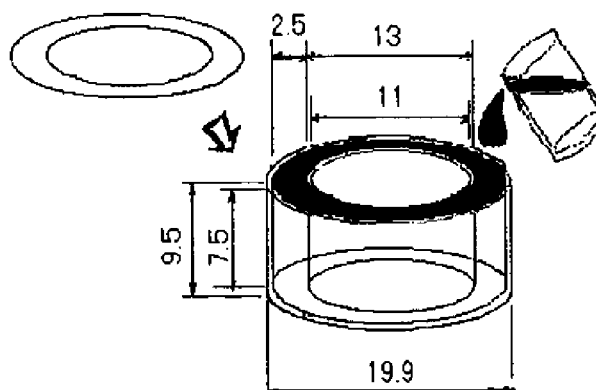


図2 磁気特性測定試料および環状試料

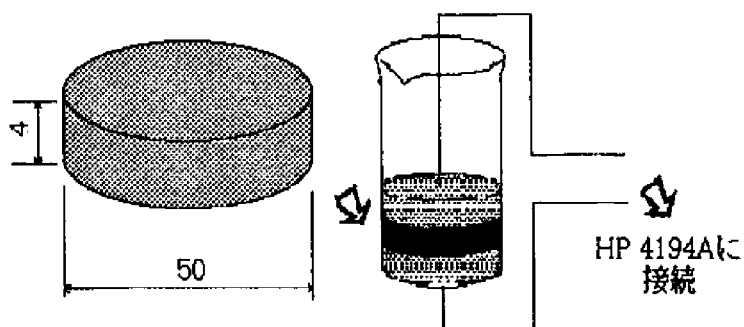


図3 誘電特性測定試料およびフィクスチャ

を用いた。表 2 に複素透磁率の測定条件を示す。また同測定器により保磁力・コア損失を測定した(測定条件は表 2 に同じ)。

表 2 複素透磁率の測定条件

条件	HP E5060A 設定
測定周波数	50[kHz]~2[MHz]
励磁電流	2[A] 一定
巻線数	$N_1=N_2=20$ [Turn]
温度	24℃
湿度	27%

3.2 磁性寒天の誘電特性

磁性寒天の電気材料的な特性として、複素誘電率の測定を行った。測定器として、インピーダンス・ゲイン・フェーズ・アナライザ HP 4194A および図 3 で示した自作のフィクスチャを用いた。表 3 に複素誘電率の測定条件を示す。

表 3 複素誘電率の測定条件

条件	HP 4194A 設定
測定周波数	1[kHz]~4[MHz]
OSC レベル	1[V] 一定
積分時間	medium
アベレーシング	64
温度	24℃
湿度	27%

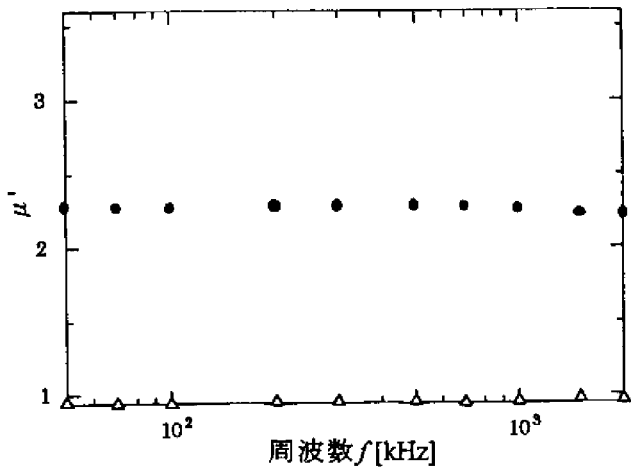
4. 実験結果・検討

図 4 (a), (b) はそれぞれ磁性寒天および寒天の複素透磁率実数部 μ' , 虚数部 μ'' である。図示のごとく, μ' においては寒天および磁性寒天双方ともに測定周波数

50[kHz]~2[MHz]の範囲では周波数に関係なくほぼ一定に推移していることがわかる。一方, μ'' については寒天および磁性寒天双方とも同測定周波数範囲ではほぼ同程度の値を示すことがわかる。また, 図 5 に磁性寒天および寒天の損失係数 $\tan \delta$ の周波数特性を示す。図示のごとく, μ'' とほぼ同様の傾向を示していることがわかる。

図 6 は磁性寒天および寒天の保磁力 H_c の周波数特性であり, 図 7 に単位体積当たりコア損失の周波数特性を示す。磁性寒天の保磁力においては周波数が高くなるにつれ増加する。コア損失においても, 通常のパルク材と比べれば値は低いものの周波数が高くなるにつれ上昇する。特に高周波で大幅に増加する傾向が見られたことが了解される。このことから磁性寒天のコア損失 P_w は保磁力 H_c による影響が大きいものと考えられる。

次に, 図 8 は蒸留水の誘電特性であり, 図 9, 図 10 にそれぞれ磁性寒天および寒天の複素誘電率の実数部・虚数部を示す。同図のごとく, 磁性寒天の複素誘電率実数部(比誘電率)は寒天のそれよりも高い値を示した。これは磁性粉末(Mn-Zn フェライト; 高誘電率を示し, $10^3 \sim 10^6$ オーダーを示す)を混入した影響によるものと考えられる。また, 周波数が高くなるにつれて磁性寒天・寒天の複素誘電率実数部・虚数部双方ともに大幅に減少し, 磁性寒天では約 500 [kHz]



(a) $\mu' - f$ 特性

●: 磁性寒天(Mn-Znフェライト43%混合)
 △: 寒天
 温度: 24°C
 湿度: 27%
 励磁電流: $I=2$ [A]
 巻数: $N_1=N_2=20$ [Turn]
 周波数: 50[kHz]~2[MHz]

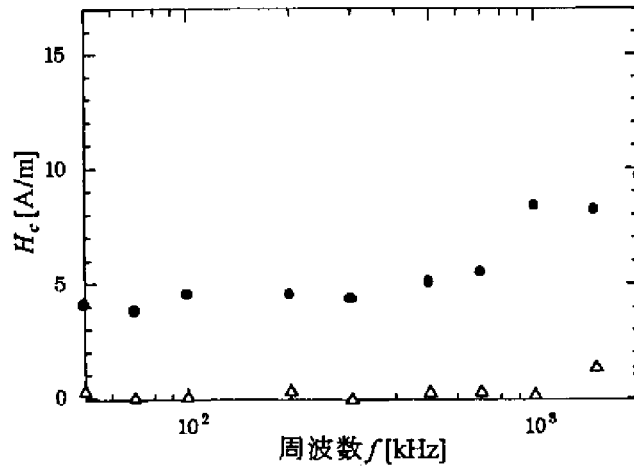
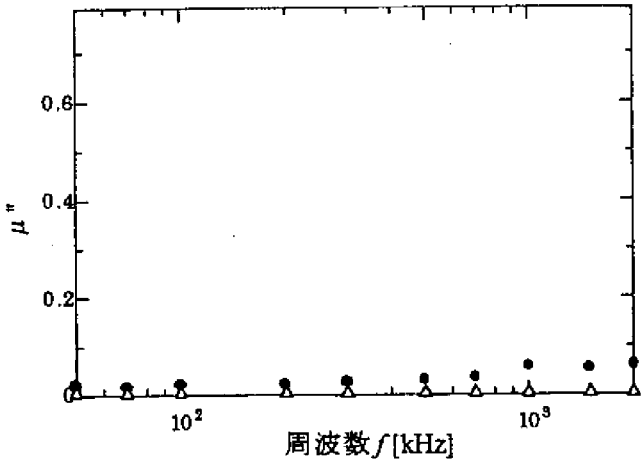


図6 $H_c - f$ 特性

●: 磁性寒天(Mn-Znフェライト43%混合)
 △: 寒天
 温度: 24°C
 湿度: 27%
 励磁電流: $I=2$ [A]
 巻数: $N_1=N_2=20$ [Turn]
 周波数: 50[kHz]~2[MHz]



(b) $\mu'' - f$ 特性

●: 磁性寒天(Mn-Znフェライト43%混合)
 △: 寒天
 温度: 24°C
 湿度: 27%
 励磁電流: $I=2$ [A]
 巻数: $N_1=N_2=20$ [Turn]
 周波数: 50[kHz]~2[MHz]

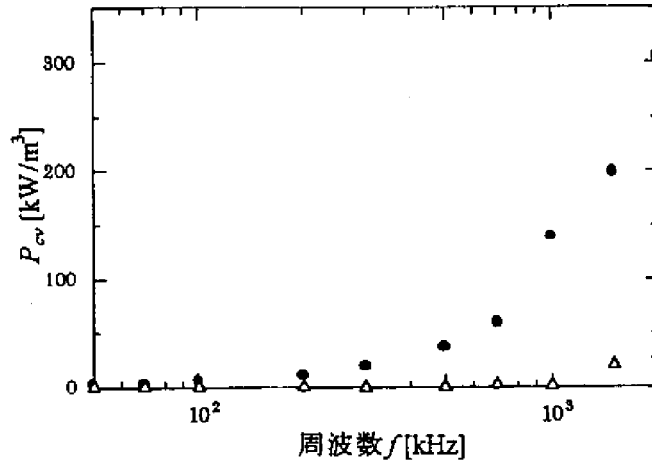


図7 単位体積当りコア損失の周波数特性

●: 磁性寒天(Mn-Znフェライト43%混合)
 △: 寒天
 温度: 24°C
 湿度: 27%
 励磁電流: $I=2$ [A]
 巻数: $N_1=N_2=20$ [Turn]
 周波数: 50[kHz]~2[MHz]

図4 磁性寒天の複素透磁率

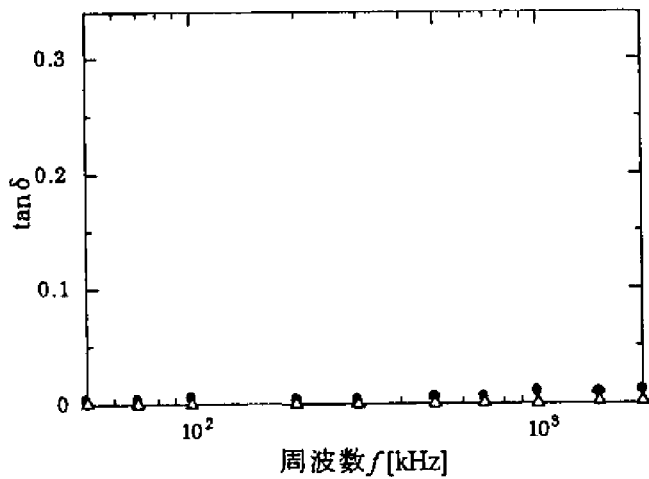


図5 $\tan \delta - f$ 特性

●: 磁性寒天(Mn-Znフェライト43%混合)
 △: 寒天
 温度: 24°C
 湿度: 27%
 励磁電流: $I=2$ [A]
 巻数: $N_1=N_2=20$ [Turn]
 周波数: 50[kHz]~2[MHz]

以降ではほぼ 0 に近い値を示すことが了解された。

従って、磁性寒天の電氣的・磁氣的特性は高周波帯域において誘電的な性質よりもむしろ磁氣的な特性に影響が現われるものと考えられる。

5. おわりに

- (1) 磁性寒天のコア損失においては、通常のバルク材と比較して低い値を示すものの、周波数が高くなるにつれて上昇し、特に高周波での増加割合が大きいことが了解された。
- (2) 磁性寒天の複素誘電率は周波数が高くなるにつれて大幅に減少する。従って、磁性寒天の電氣的・磁氣的特性は、高周波において誘電的な性質よりも磁氣的な特性（特にコア損失・保磁力）に影響が現われると考えられる。

【謝辞】

本研究を進めるにあたり、誘電特性測定用フィクスチャを作製していただいた本学電気電子工学科工場 技術官 徳田春男氏に、また材料を提供して下さった本学材料物性工学科 講師 簇福 寛先生に感謝致します。

尚、本研究の一部は、文部省科学研究費補助金（基盤 B）（岡）による。

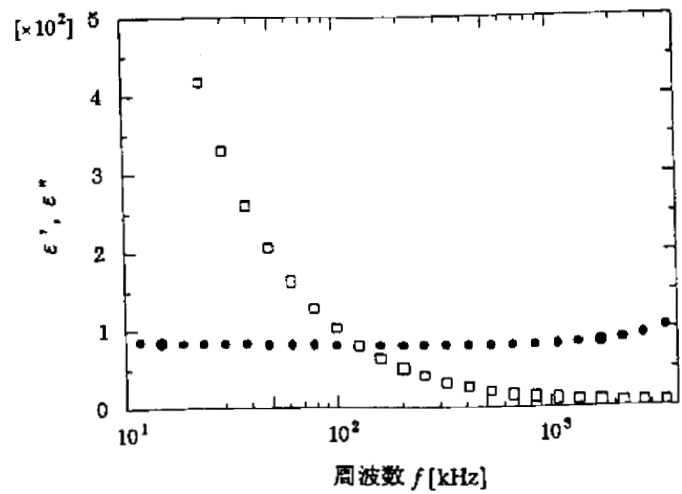


図 8 蒸留水の誘電特性

● : ϵ'
 □ : ϵ''
 温度 : 24°C
 湿度 : 27%
 励磁電圧 : $V=1$ [V]
 周波数範囲 : 10 [kHz] ~ 4 [MHz]

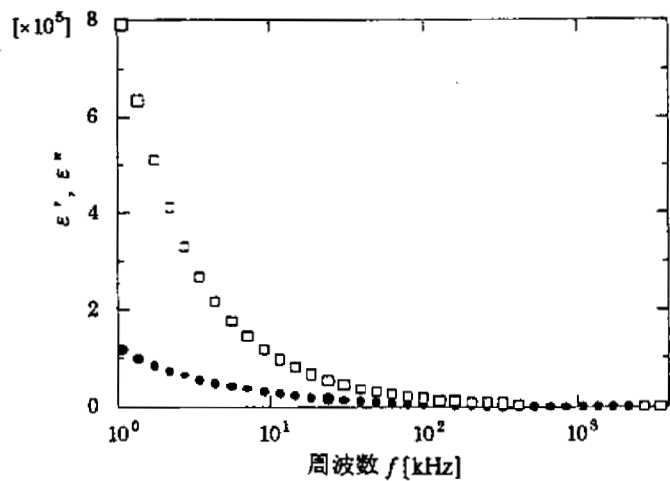


図 9 磁性寒天の誘電特性

● : ϵ'
 □ : ϵ''
 温度 : 24°C
 湿度 : 27%
 励磁電圧 : $V=1$ [V]
 周波数範囲 : 1 [kHz] ~ 4 [MHz]

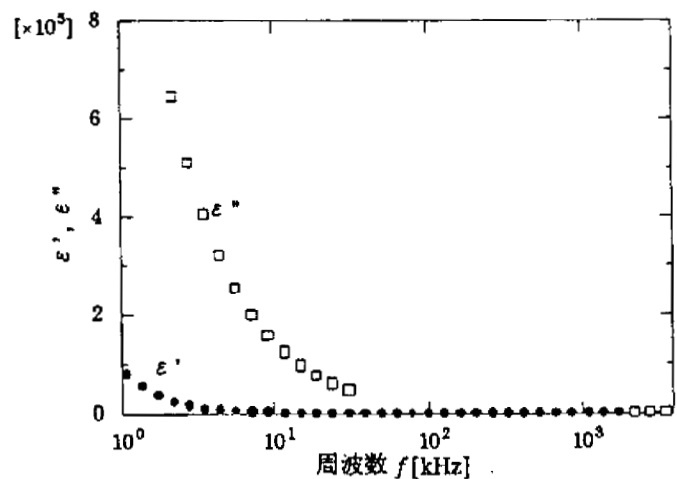


図 10 寒天の誘電特性

● : ϵ'
 □ : ϵ''
 温度 : 24°C
 湿度 : 27%
 励磁電圧 : $V=1$ [V]
 周波数範囲 : 1 [kHz] ~ 4 [MHz]

【参考文献】

- (1) 林・岡崎：「寒天ハンドブック」，光琳書院，p.236 (1970)
- (2) 岡：「磁性高分子材料による磁性糊の高周波磁束制御とその応用研究」，文部省科学研究費補助金試験研究 B 研究成果報告書(課題番号 04555091)，pp.1～23 (1994)
- (3) 岡：「磁性粉末を用いた磁性寒天の透磁率特性」，粉体及び粉末冶金第 42 巻第 4 号，pp.544～547 (1995)
- (4) 鹿又・岡：「磁性寒天の作製法とその磁気特性について」，磁性流体連合講演論文集，pp.65～67 (1995)