

副生フェライトを用いた
表面波線路の標識等への応用

准員 長瀬 章弘^{†*} 正員 岩波 保則[†]
非会員 石原 準一郎[†] 正員 池田 哲夫[†]

An Application of Ferrite By-Product Surface Waveguides
Akihiro NAGASE^{†*}, Associate Member, Yasunori IWANAMI[†],
Member, Jun'ichirou ISHIHARA[†], Nonmember and Tetsuo
IKEDA[†], Member

[†]名古屋工業大学電気情報工学科, 名古屋市
Nagoya Institute of Technology, Nagoya-shi, 466 Japan
*現在, NTT データ 通信事業本部

あらまし 工業排出物の低品質副生フェライトを表面波線路に加工し, 道路・階段・プラットホーム等での盲人の誘導や, 無人搬送車の誘導・標識等に利用することについて検討した。

1. まえがき

製鋼所のアーク炉から発生する工業排出物や重金属排水処理で発生する副生フェライト(主に Fe_3O_4)をフェライトの特性を生かして有効利用しようとする試みは 10 年程前から進められ, 現在までに GHz 帯用電波吸収体⁽¹⁾などへの利用法が検討されている。

しかし現在もなお, 多量の副生フェライトが有効に利用されずに単なる工業排出物として処理廃棄されている。本論文では, このような副生フェライトを表面波線路に加工し, 利用することを検討した。

2. 材料の電磁氣的性質

本論文では副生フェライトとして製鋼所のアーク炉中で発生するダストを用いた。ダストは金属酸化物の集合体で, その中には Fe_3O_4 が 20% 程度含まれている。ダストは直径数 μm 程度の微小粉末であるので利用するには適当な方法でこれを固形化する必要がある。固形化の方法としては焼結法等もあるが, ここでは強度と経済性を考えてセメントで固形化することを考えた。ダストとセメントの混合比については強度と作業能率の面から経験的にダスト:セメント:水=6:3:2の重量混合比を採用した。このような混合体の電磁氣的性質について以下に検討する。

2.1 透磁率

ダスト混合物をトロイダルコアに成形し周波数 7.9 MHz で, Qメータ法を用いて測定したところ, 比透磁率は 3.7 であった。表面波線路として使用する周波数は後に述べるように 100 MHz 以上であり, 測定周波数は低すぎる。しかし, 粉末マグネタイト混合体の

透磁率は 1 GHz 以下ではほぼ一定値をとると考えられるので⁽¹⁾, この値を使用する。

2.2 誘電率

前節で述べた混合体を同様に Qメータ法で測定した結果を図 1 に示す。図中で“dry”は製作後 6 カ月間乾燥した暗所に保管した混合体試料を測定した結果であり, “wet”はその試料を更に 15 時間水に浸した後で測定した結果である。この結果より, この混合物の誘電率は, 吸水性を持つセメントを固形材に用いているために周囲の湿度の影響を非常に受けることが確認され, 100 MHz で約 6~22 程度であることがわかった。従って, 今回は特に考慮しなかったが実用化に当たっては内部の水分コントロールを重要な問題として検討する必要がある。

3. 数値解析

先の媒質定数を用いて数値解析を行いダスト混合体表面波線路の特性を検討する。数値解析は、『一般化された伝送方程式による数値解析法』⁽²⁾を用いて行った。後に行う実験を考慮して図 2 に示すモデルを計算に用いた。この中で線路の媒質定数は前章の結果を参考に決めた。実験では芝生面上に線路を配しており, 大地は相当の水分を含むものと考えられるので, ここでは大地を導体で近似している。このような計算モデルによる低次 4 モードの分散特性解析結果を図 3 に示す。ここでモード名のスーパーSCRIPT X, Y は断面内主要電界の向きを表す。またサブSCRIPT はそれぞれ X, Y 方向に電磁界の極値が幾つあるかを表す。以上で数値解析上は表面波伝搬の可能性を示すことができたので, この点を実験で確認した。その結果を

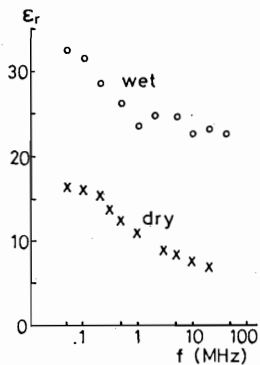


図 1 比誘電率の周波数特性
Fig.1 Frequency characteristics of specific dielectric constant.

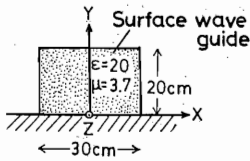


図2 計算モデル
Fig. 2 Model for calculation.

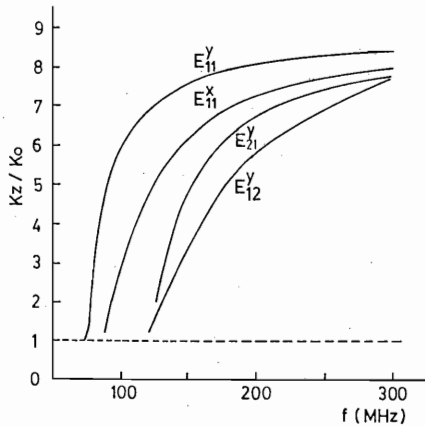


図3 分散特性
Fig. 3 Dispersion characteristics.

以下に示す。

4. 表面波線路の実験

図4に実験システムを示す。表面波線路の近傍界強度を測定するための受信アンテナとして、電界測定用には全長6 cmの線状アンテナを、磁界測定用には直径3 cmのループアンテナを使用した。これは測定周波数でマッチングが取れていないので、電界強度測定器の入力電圧を用いて相対的に電磁界強度を表現した。

線路を140 MHzで励振し線路近傍の電磁界強度を測定したところ断面内主要電磁界は $H_x \cdot E_y$ の組み合わせであることがわかった。そこで、ここでは E_y に注目し、表面波の様子を測定した。

まず、長手方向の受信電界強度の変化を測定した結果を図5に示す。この図より電界は送信アンテナの近くでは非常に大きな値を持つものに対して、ある程度以上離れると一定の減衰量を持って伝搬するようになることがわかる。これは送信アンテナの近くにおいてはアンテナを含む送信系の近傍電磁界による影響などが大きく現れてくるものに対して、ある程度以上離れてく

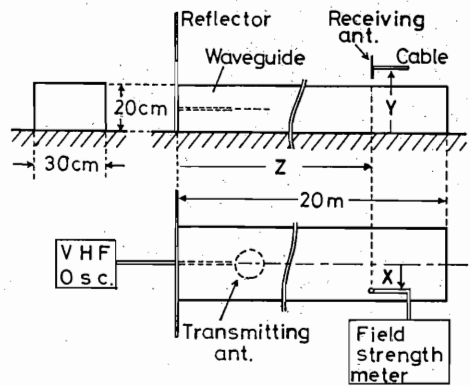


図4 実験系
Fig. 4 Experimental system.

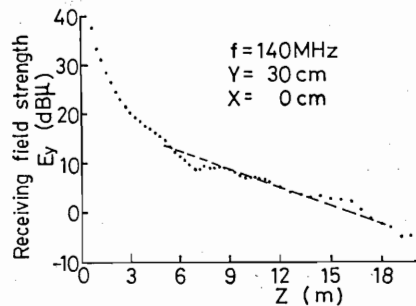


図5 伝搬方向の電界強度変化
Fig. 5 Electric field (E_y) vs. Z .

ると近傍界による影響が急激に減り、かわりに減少の速度の遅い表面波が主成分となるためと考えられる。また、減衰量がほぼ一定と考えられる $Z = 5 \sim 18$ mでの平均減衰量は1.25 dB/mである。

同様に横方向への変化を図6に、上下方向の変化を図7に示した。これによると受信位置 Z が変わっても強度パターンがほぼ一致しており、このことから表面波の存在が確認される。また界分布は左右には対称な山形になり、上下には大地上5 cm付近に谷を持つことがわかる。このことと、主要電磁界が $E_y \cdot H_x$ であることから、観測されているモードは E_{12}^y モードであると考えられる。

最後に、 $Z = 6.8$ mの地点の測定より実験的に求めた線路近傍のポインティングベクトル分布図を図8に示す。これからも線路近傍にエネルギーが集中していることが確認できる。

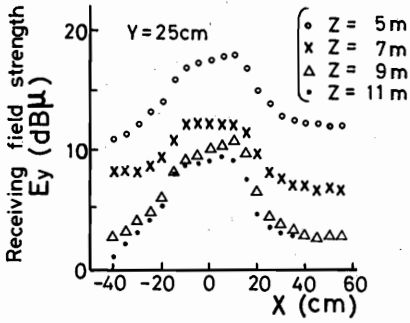


図6 横方向の電界強度変化
Fig.6 Electric field (E_y) vs. X.

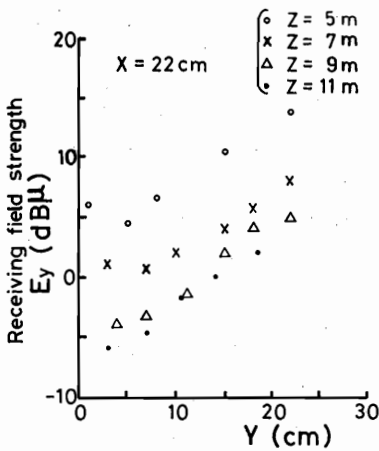


図7 上下方向の電界強度変化
Fig.7 Electric field (E_y) vs. Y.

5. むすび

以上、副生フェライト表面波線路について実験的、

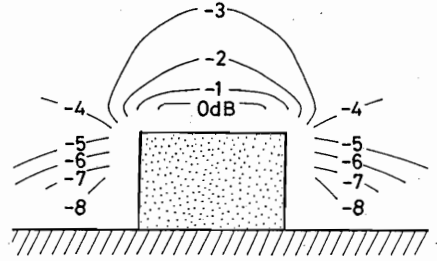


図8 エネルギー分布
Fig.8 Power distribution.

理論的に考察しその特性を明らかにした。線路減衰量は 1.25 dB/m 程度であり、比較的短距離の誘導線路、または誘導標識として利用できる可能性のある値といえる。また、誘導線路として利用するのに必要な線路近傍への電磁界の集中も実験的に確認できた。今後の課題としては、材料と線路形状の両面から線路減衰量を最小にする最適設計を行うことや、線路を地中に埋設した場合の特性を検討することなどが挙げられる。

謝辞 本研究を進めるにあたり種々協力頂いた大同特殊鋼株式会社に感謝する。

文 献

- (1) 乾, 島山, 原田, 霞内: "電波吸収体", NEC 技報, 37, 9, pp.2-13 (Sept. 1984).
- (2) K.Ogusu: "Numerical analysis of the rectangular dielectric waveguides and its modifications", IEEE Trans. Microwave Theory & Tech., MTT-25, 11, pp.874-885 (Nov. 1977). (昭和 61 年 3 月 31 日受付)