

Fig. 3. Shape of craters in the case of two free faces blasting with different n (ratio of two resistances)

These theoretical data are well coincident with experimental data of Peele's "Mining Engineers' Handbook" Vol. 1. p. (1950)²⁾. So, our new blasting theory may be considered as truthful one to be applied to industrial blasting problems.

Literature Cited

- 1) T. Murata and K. Tanaka; J. Ind. Explosive, Japan 15, No. 4, 294 (1954), 16, No. 1, 32 (1955), 17, No. 1, 19 (1956).
- 2) R. Peele; "Mining Engineers' Handbook", Vol. 1, p. 5~11 (1950).

石炭中に混入した不発電気雷管類の検出装置に就いて

昭和31年6月11日受理

馬場文夫** 山田正幸*

§ 1. ま え が き

木材、プラスチック、食料品を始め薬品、煙草等の諸物質内に混入した鉄並に非鉄金属を検出する要望は近時著しく増大して来た。物質内の浮遊金属がマグネチックで且物質から容易に分離出来る場合は磁気分離方式 (Magnetic Separation Method) に依つて極めて簡単に此の問題は解決される。採鉱された石炭中に混入した不発電気雷管類は通常銅製管体であり、又脚線の一部が附随して居る事が往々ある為上記の磁気分離方式を利用する事は不可能である。

茲に報告する金属検出方法はコンベアーで流れて居る石炭中に混在した電気雷管類が銅製、鉄製及びコーベニヤ製何れであつても、又脚線の有無に拘らず検出して警報を鳴らすとか、ソレーを作動して不発雷管類の混在した部分の石炭を流れの中から分離排除しよう

とするものである。

§ 2. 原理的考察

金属検出装置は戦時中地雷及び機雷の検出目的を以て研究されたが、戦後我が国では前項の諸目的の需要が増したに拘らず其の实用に供された国産機器の報告を見ない現状である。

金属検出装置の動作原理は安定な発振器で励起された共振コイルの近傍又は其の中を金属が通過する事に依つて、高周波磁場の擾乱 (Distortion) を起し、其の結果コイルの Q に変化を与え検出コイルに小さな電圧変化を誘起させるものと考えられる。検出金属が強磁性体であるか、非磁性体であるかに依つて Q の変化率が異り、又励磁周波数も影響する。第1図は金属検出装置の原理を表はすもので Three coil metal detecting 方式である。

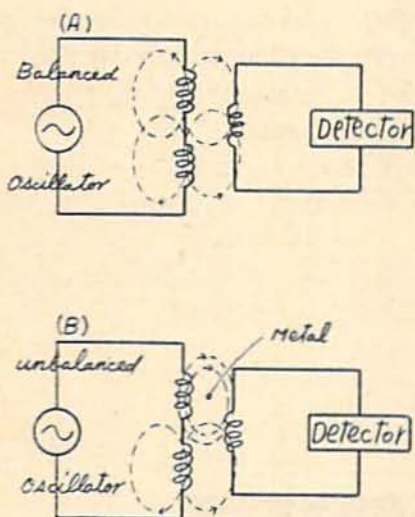
次に励磁周波数を決定する為に第2図に示す如き基本回路に於て、周波数可変の発振器出力を抵抗とイン

* 日本火薬株式会社 仁豊野作業所

** 三菱電機株式会社 無線機製作所

才1図

MD機の検出原理説明図



ダクタンスとの平衡回路に印加して第3図に示す測定コイル L_x に銅、鉄、コペニヤ製の管体を挿入して生ずる導磁率の変化に依るインダクタンスの変化を測定した。

第2図に於て R_A, R_B は純抵抗を、 L_S は固定コイルのインダクタンスを夫々示し、 L_x は被測定コイルの空心インダクタンスである。 R_A, R_B, L_S 及び L_x が平衡状態にある時は、次式が成立する。

$$L_x = \frac{R_B}{R_A} L_S \dots \dots \dots (1)$$

今 L_x のコイルに管体を挿入した為に生ずるインダクタンスの値を L_x' とすれば (1) 式は次式の様に変換出来る。

$$\frac{|L_x - L_x'|}{L_x} = \frac{|\Delta L|}{L_x} = \frac{|R_B - R_B'|}{R_B} \dots \dots \dots (2)$$

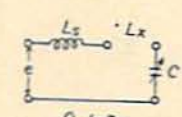
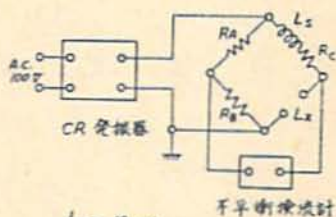
第3図に示した測定コイルの中に鉄製、銅製及びコペニヤ製の各種材質の管体を原寸の儘垂直に挿入して、印加周波数を変化せしめた時のインダクタンスの変化割合 $\Delta L/L$ (%) の変化を測定した結果は第4図

才2図

測定回路結線図

(i) $f \leq 20 \text{ kc}$

(ii) $f \geq 50 \text{ kc}$



$L_S = 10 \text{ mH}$
 $R_A = 1000 \text{ R}$

$L_S = 25 \text{ mH}$

$$L_x = \frac{R_B}{R_A} L_S$$

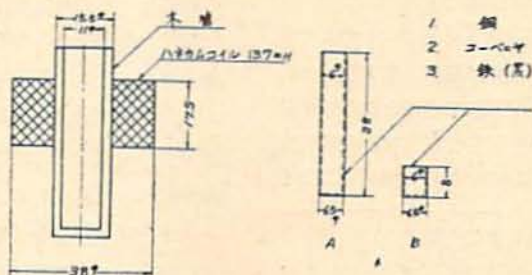
$$\frac{|\Delta L|}{L_x} = \frac{|L_x - L_x'|}{L_x} = \frac{|R_B - R_B'|}{R_B}$$

$$L_x = K \cdot \frac{C_1 - C_2}{f^2 \cdot C_1 C_2}$$

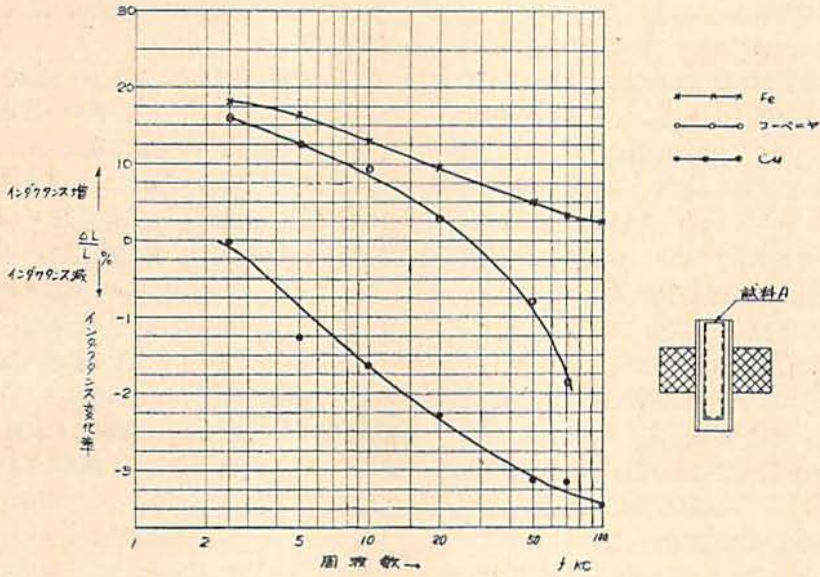
K : constant
 C_1 : L_S の場合の C の同値
 C_2 : $L_S + L_x$ の . . .
又 C_2 : $L_S + L_x$ の . . . とすれば

$$\frac{|\Delta L|}{L_x} = \frac{C_1 C_2' - C_2 C_1'}{C_2 (C_1 - C_2)}$$

才3図 測定コイル断面図 及び 試料挿入法

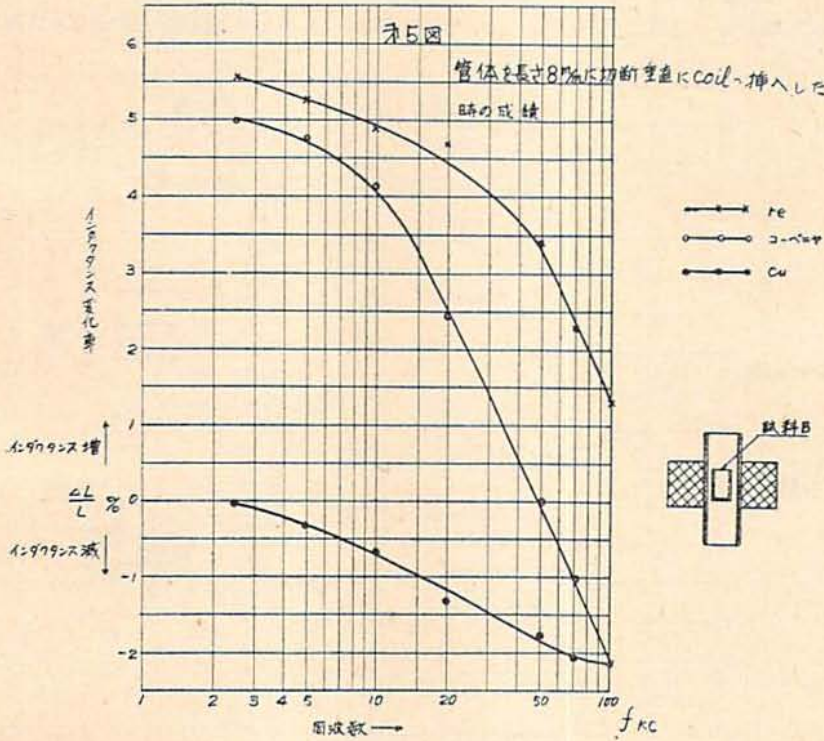


オ4図 管体を原寸法のまゝ垂直にCoilへ挿入した時の成績



オ5図

管体を長さ8割に切斷垂直にCoilへ挿入した時の成績



である。

即ち空心コイルに鉄材を挿入した場合はインダクタンスは増し、銅材を挿入した時は逆にインダクタンスは減少する。此のインダクタンスの増減の変化率は図示した如く印加周波数に依つて異なる。強磁性材料の場合は周波数が低い程変化率は大きくなり、周波数が高くなるに従い変化率は少くなり飽和状態となる。非磁性体の場合は周波数が高くなるに従つて変化率は次第に大きくなって居る。

此の実験結果を検討してみると、鉄管体の場合は商用周波数の如き比較的low周波電源を用うるのが得策であるがもし銅管体が混入した場合は検出が不可能である。又銅管体の如き非磁性体を検出しようとするれば100 K. C. の如き高い周波数電源を用いなければならない。然しより一層検出感度を高くする為に更に高周波数電源を用いれば前記とは逆に鉄管体は検出が不可能となる。コーペニヤの如き鉄と銅との組合せた材料であると図より判る様に周波数が27 K. C. に於てインダクタンスの変化率は0になつて、此の周波数では検出不能になる。斯る実験結果より該検出装置の設計に當つて次の仕様に分類される。即ち

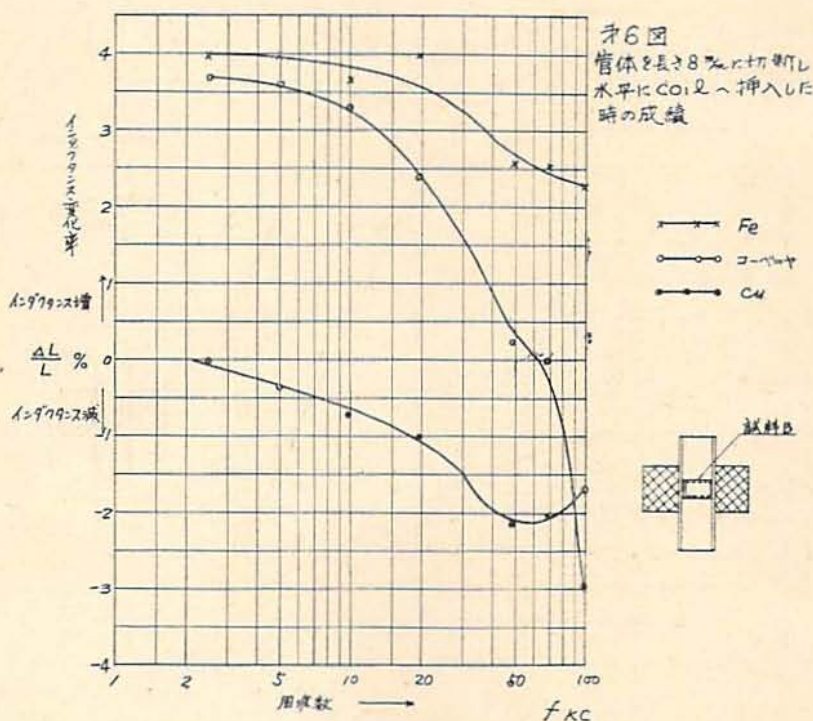
- (1) 鉄管体のみ検出出来る様にする場合。
- (2) 銅管体のみ検出出来る様にする場合。

(3) 鉄、銅及びコーペニヤ管体凡て検出出来る場合。

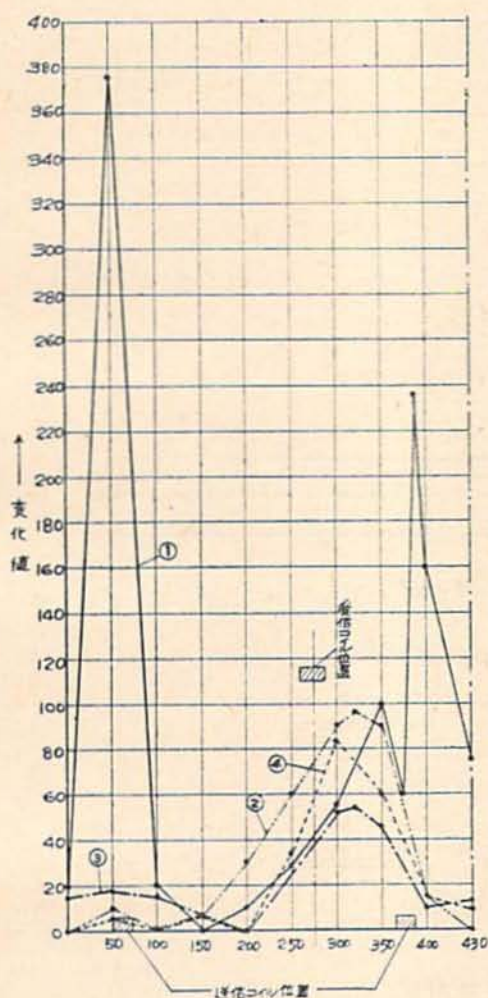
(1)の場合は前述の様に低周波数電源を用うれば容易に検出出来る。

(2)の場合は非常に高い周波数の電源を用うれば良いがインダクタンスの変化率が鉄材を用いた時0になる周波数がいくらかを決定する事は困難である。実際に(2)の場合を実現する為には、位相弁別回路と云う複雑な回路方式に依つて $+\Delta L/L$ と $-\Delta L/L$ とを区別しなければならぬ。第2図に示した平衡回路方式を用いて 50 K. C. ~ 100 K. C. 程度の周波数を電源にすれば、(3)の仕様を満足する。検出が比較的容易に実現出来る事が判明した。又石炭中に混入してくる電気雷管類は必ずしも原寸法の儘ではないので、第5図に管体の長さを8mmに切断した試料で印加周波数対インダクタンスの変化率の関係を示した。

感度は第4図に比べて稍減少して居る。茲に注意すべきはコーペニヤの不感周波数が変化して居る事で、実際の検出装置では比較的大きい寸法のコイルの中で種々の寸法の管体が磁界に対して任意の方向に混入して来るので、一定周波数電源を用いた時検出しない場合が起る。該実験結果のみでは即断しかねるけれども100 K. C. 以上の周波数を用いれば、大概ね鉄、銅、



オ7図 銅雷管が送受コイル間を移動した時の感度変化



コーペニヤ何れの材質であつても検出出来る様である。

第6図は管体をコイルに対して水平に挿入した場合の実験結果である。

§ 3. 電気雷管類の検出測定結果

第1図の回路構成に依つて、銅、鉄、コーペニヤ各種材質の電気雷管類を、送受信コイル間に挿入して最も感度の高い検出出力を発信コイルからの高さを変え

て測定した結果は第7図に示す通りである。

即ち送信コイルに接近して移動した時最も高感度で中心部が最も低感度になる。然し乍ら此の低感度でも充分アラームを動作させるだけの出力があるから石炭中に混入した雷管がコイル中を移動した時、検出のミスを起こす事はない。第8図は銅雷管が第9図に示すコイルの関係位置で移動した時の送受信コイル間の相対位置による感度曲線である。

MD機の実験的な構成は第10図の通りであり又各材質に依る感度は表1に示す通りで、石炭、食塩水等の影響なく検出出来る事を表わして居る。

表1 MD機の感度

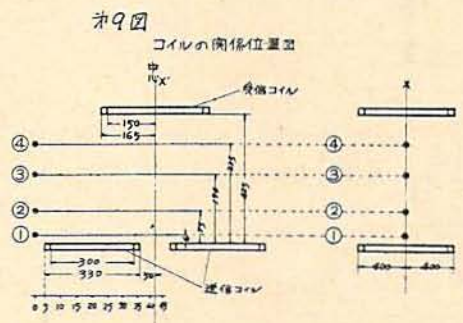
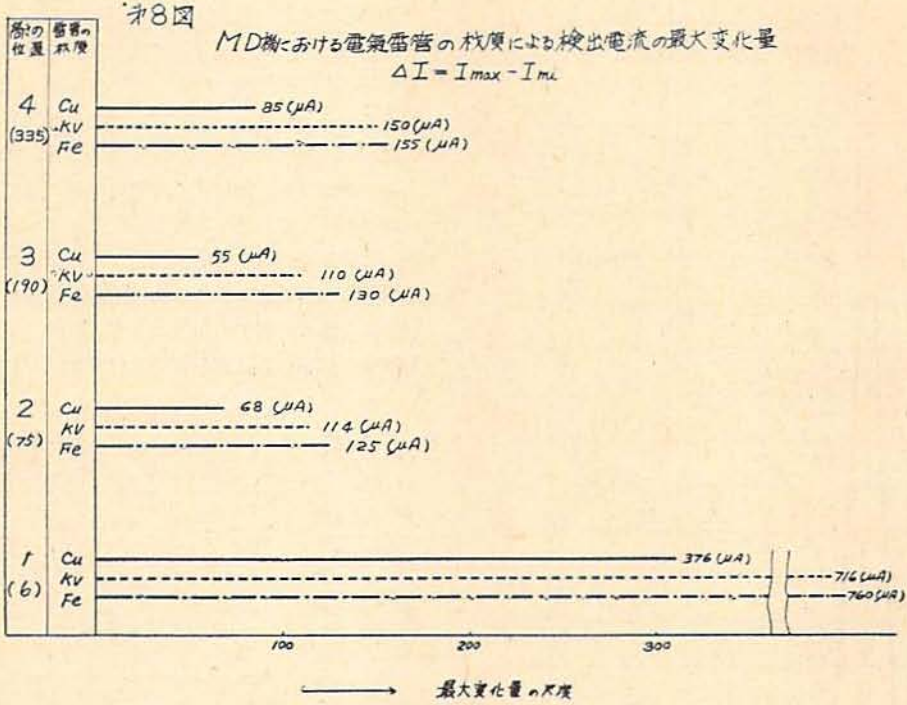
	重量	寸法	相対感度 (銅100%)
銅管体	1.4g	6.5φ× 38m/m	100%
コーペニヤ管体	1.1g	φ	180~200%
鉄管体	1.2g	φ	180~200%
石炭	450g	—	1%以下
食塩水	500g 濃度6%, 4%, 2%外割	—	1%以下
コータス	132.5g	—	100%

§ 4. 結 び

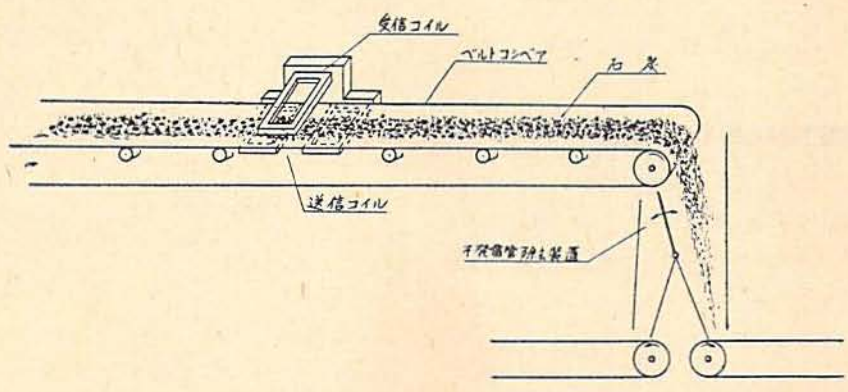
コンペアーで移送されて居る石炭に混入した不発電気雷管類の検出は雷管の材質が銅製、鉄製、コーペニヤ製何れの材質であつても可能である事が実証された又探鉱炭が電解質を帯びていても雷管を遠別検出可能である事も判明した。又本金属検出器 (Metal Detector) の検出出力は coil bridge の不平衡電圧から求められるもので、此の電圧は、薄磁性の無い金属に依つて生ずる抵抗コンポーネントと強磁性体に依つて生ずる誘導コンポーネントの複素数的な和として測定されるから、受信回路の終端に位相弁別回路を附する事により、此の二種のコンポーネントの何れか一方のみを出力として取出す事に依つて銅と鉄とを弁別する事も可能である。

以上

(昭和31年4月21日工業火薬協会研究発表会に於て講演)



オ10図 MD機の挿付状況説明図



**On electronic metal detector for detecting misfired
electric detonators mingled in coals.**

by Masayuki Yamada*

Fumio Baba**

We hereby beg to the results of fundamental experiments on electronic metal detectors for detecting misfired electric detonators mingled in coals by utilizing electronic circuits: when electric detonators made of copper, iron or "Koveneer" (steel gilding metal clad sheet) is inserted in the magnetic field of coil excited by oscillator of constant frequency, the induced voltage on receiving coil can be measured, as variation in impedance of exciting coil, or as that of mutual inductance of a pair of coils of mutual impedance, or as the voltage induced in their coils in the magnetic field.

We have specially experimented on the

normalization of oscillation. As the result, we have come to the conclusion that to detect either electric detonator of iron, or that of nonferrous metals, frequency over 100 K. C. is adequate. However, we are to report of the results obtained by our experiments done on 10 K. C. from the practical point of view that does not want licence for assigned frequency, controlling over the effect of electrolyte (conductive substance) nor movables near to stabilization of oscillation frequency, etc..

* Nippon Kayaku Co., Ltd-Nibuno Factory

** Mitsubishi Electric Mfg. Co., Ltd-Electronic Work.