Ⅱ—33　C_o^{60}のγ線を利用した密度計の試作

京都大学工学部　正員　松尾新一郎
日本國有鉄道公社准員　土屋　敬

1. 緒言

土の現場締め固め密度を簡単迅速に求めるために，アメリカ民間航空局，コーネル大学などでは数年来γ線を利用した土の密度計の研究を続けてきた。われわれはこれらを参考とし，図-1，写真-1のような土の密度計を試作し，これを用いてニ三の実験を行った。

2. 密度計の原理

土中におかれた点源からでるγ線は次の三つの作用によりしだいに吸收されていく。

(1)光電効果，　(2)コンプトン散乱，　(3)電子対創生

γ線のエネルギーが1~3 MeVのときには(2)に較べて(1)(3)の効果は無視できるほど小さい。コンプトン散乱とはγ光子が電子に衝突して，弾性的に散乱される現象をいう。一ケの電子がコンプトン散乱を起す確率はγ線のエネルギーによって一定しているから，電子の数が多いほど全体としての散乱の確率は大きくなる。一方単位体積の重量，すなわち密度は単位体積中の電子の数とほゞ比例関係を有する。この関係は　の元素構成によらず成立する。従って，図-1のようにγ線の検出部と線源部を一定間隔に保ったものを地中に挿入し土によって散乱されて検出器に入って来るγ光子のカウント数を測定することにより，土の密度を知ることができる。

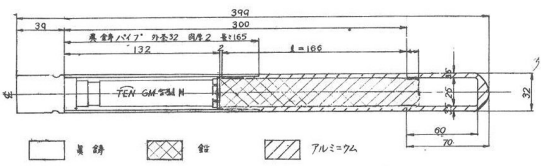

図-1

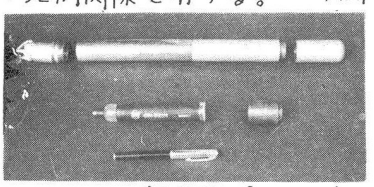
写真-1　密度計プローブ

3. 密度計の構造

プローブは図-1に示すとうりであり，検出器にはガイガー管TEN GM 531Hを，線源にはC_o^{60}の5^{mc}を用いた。C_o^{60}は図-2に示すように崩壊して1.17 MeVと1.33 MeVの二個のγ線を出し，半減期は5.2年である。このほかに要する高圧電源とスケーラーは図-3に示すような手持ちのものを使用した。従って，計器間の精度のバランスの統一は一応考慮外とした。

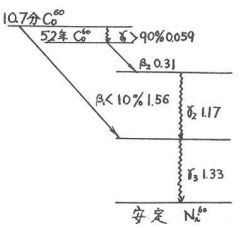

図-2　C_o^{60}の崩壊

4. 理論的解析

理論的解析も試みたが，この問題は原子炉の輸送理論と呼ばれる問題と同一となり，解析的に簡単に解を求めることができず数値積分によらねばならない。

5. 野外でのキャリブレーションテスト

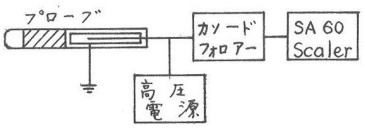

図-3

市販のソイルオーガーの先に外径34^{mm}の刃をつけ(写真-2)，地中に穴をあけ，この中にプローブを挿入しℓ=166^{mm}とℓ=205^{mm}の二つの場合について1分間のカウント数をとった。GM管(GM 531 H)の作動電圧としては630 Vを用いた。試料土には粘土，砂および京都大学構内のニ三の土を

用いた。密度とカウント数との関係は図-4のようになる。

6. 表面密度計

実験の結果，密度計の頭が地中に出ない程度の深さ，すなわち40cm以下では深さに関係なく同一カウントを示すことがわかった。地表面の密度を測定するには，写真-3のように鉛のブロックを組合せた。またこの鉛のブロックはCo^{60}の遮蔽容器としても利用できる。

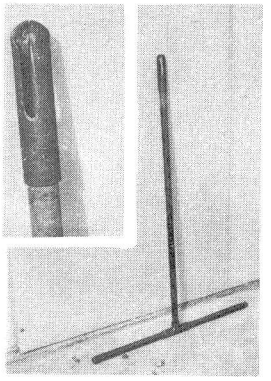

写真-2

7. 密度計の精度

本実験の数少ないデーダーから決定的な結論を下すことはむつかしいが，図-4によりわかるごとくℓ=16.5cmの場合のほうが，ℓ=20.5cmの場合より密度に対するカウント数の変化が大きい。湿潤密度が1.45g/cm³ 1.90g/cm³では密度とカウント数との関係はほぼ直線的となりその勾配は−750カウント/0.1g/cm³となる。本実験のように20,000カウント程度測定する場合，線源の強度の統計的変動による標準偏差は$\sqrt{20,000}$=140カウントだから±0.02g/cm³までは判別し得ることになる。本実験では5mcのCo^{60}を用いて1分間測定したが，2mcで2分間測定する方が人体に対する安全性の点で優れている。

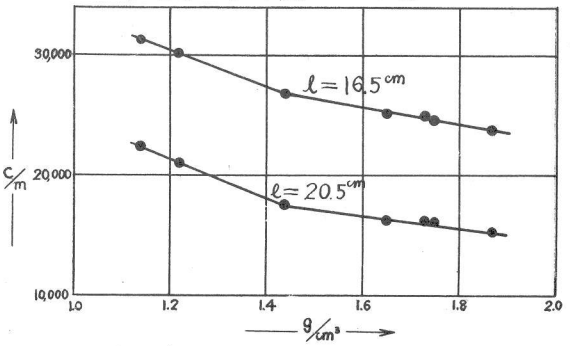

図-4 湿潤密度とカウント数との相関関係

8. 結言

この密度計を用いれば，土の種類に無関係に相当な精度まで土の湿潤密度を求めることができる。

この密度計を一週48時間用いても照射線は許容照射線量300mrem以下である。

なほ，我國においてもこの種の研究は土木研究所その他で行れている。

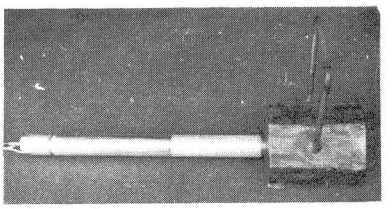

写真-3 表面密度計