

熊本大学工学部資源開発工学科 正員 〇井上正康

全助手 大見美智人, 大学院学生 柿野完治

1. 緒言

最近放射能の基盤工学への応用が活発になり, 例ば坑井を利用して地層の放射能を測定し地層の対比の手がかりとえらる放射能検層¹⁾³⁾や, 厚さ計の原理を利用した積雪計, ダム等の漏水や地下水の流速, 流路や河及び海の砂の移動の測定へ主としてトレーサーの形での R.I. の利用実施例が報告されて^{4,5)}る。筆者等は採炭の合理化, 坑内保安のため炭層中に存在する硬い松岩の予知についで, 松島炭鉱株式会社と共同研究をすすめる R.I. 利用の可探限界を見出す結果をえた⁶⁾。そこでより広い土木工学への R.I. の利用を考え, 2.3 の実験を試みた。その 1) は土砂の密度測定としての利用, 2) は異物の埋没位置の確認, 3) は変形・移動量の測定である。ここで実験室で行なった測定結果を述べる。

2. 実験方法及び結果

今強さ I_0 の γ 線が厚さ x の物体を通過した時の強さを I とすれば, 散乱 γ 線が検出部になるべく入らないうように注意して測定すると

$$I = I_0 e^{-\mu_m \cdot \rho \cdot x}$$

なる関係式が成立することが明らかにされてゐる。ここで μ_m は質量吸収係数と呼ばれる物質固有の定数, ρ は物質の密度である。 μ_m の値は照射源のエネルギーによって異なるが, 使用した線源 ^{60}Co の放出する γ 線のエネルギーは 1.17 と 1.33 Mev. であるので例ば 1.0 Mev. に対する物質の質量吸収係数或は全吸収係数を調べてみると, 空気 $\cdots 0.063 \text{ cm}^2/\text{g}$, 水 $\cdots 0.0706$, コンクリート $\cdots 0.0635$ 鉄 $\cdots 0.0598$, 鉛 $\cdots 0.070$ の如く大体 $0.06 \sim 0.07 \text{ cm}^2/\text{g}$ と大差がなく, 従つて透過した放射線の強さはそれが通過した物質の密度と厚さに左右されることになる。そこで厚さ x を一定とすれば密度 ρ の変化によつて透過放射線の強さが変化するので本実験の 1), 2) はこの原理を応用しようとして試みたものであり, 又厚さ計や積雪計は ρ は一定とし厚さ x が変化すれば放射線の強さも変化することを利用したものである。

測定器としては日立製作所の携帯用シンチレーション・カウンタ RDU-2 型, 線源は強い γ 線を出し半減期も 5 年余の ^{60}Co 約 3 mc を外径 6.5 cm で中央に 2.5 cm の孔を有する鉛容器中にあさめたものをを使用した。

1) 土砂の密度測定

測定方法の概要は ^{60}Co を入れた鉛容器の上に厚さ 5 cm の鉄板を置き (透過力が強すぎるのでこれを弱める目的), この上に密度測定容器としてコンクリート型枠 (15 cm ϕ $\times$ 30 cm) をのせ, この中に土砂を詰め表面を平らかにし更に薄り鉄板 (0.5 cm) をのせこの上に検出部を置いて透過強度を測定した。測定の度毎に変化する要素は型枠内につめられる土砂の性状, 密度だけであつて, 測定結果は第 1 表に示す如くである。

白川の砂では水による影響をみるため最初乾燥した砂を充填し, 次に 100 cc の水になるべく均一になるように表面から撒水し, 更に 200 cc を添加して 500 cc まで水を加えて測定したもの

第 1 表 土砂の性状の変化と透過γ線強度との関係

土砂の種類	白 川 の 砂				阿 蘇 回 の 目 黒 色 火 回 目 灰								
土砂の状態	乾燥 状態	水100 cc加え る	水300 cc加え る	水500 cc加え る	軽く つめる	つき 固める	つき 固める	つき 固める	つき 固める	軽く つめる	つき 固める	つき 固める	つき 固める
見掛密度 γ_m	1.253	1.269	1.301	1.333	0.782	0.913	1.022	1.207	1.376	0.817	1.016	1.192	1.432
放射線 の強さ cpm	3730	3730	3730	3430	7430	7230	5130	3830	3130	7730	5630	4130	3030

で見掛密度は水の添加量より計算して求めた値である。

この結果をみるとγ線の測定では水が存在してもたゞ密度が少しく大になるというだけで、密度の重率として測定値に影響を及ぼすに過ぎないのであつて、この点電気探査の場合土砂の含水量及び水質が、その固有抵抗に決定的な影響を及ぼすのと全く対照的である。阿蘇の「ヨナ」に於ては、つき固めによる密度変化と透過γ線強度との関係を調べたもので、密度が大になると強度は弱くなり、更にこの関係を詳細に検するため密度を普通目盛に、γ線強度を対数目盛の軸にとつてプロットすると殆ど直線となり、上述の基本式の関係が成立すること、γ線の透過強度を測定するだけで大体の密度の推定が可能ながうかがわれる。

2) 異物の埋没位置の確認

筆者等が行なつてきた松岩探査もこれに属するもので、ここでは鉄筋コンクリート中の鉄筋の位置確認への応用を試みたものである。勿論この目的のためには磁気探査も考えられるが、近くに鉄管などの配管設備があつたり、直流配線があれば磁気探査は実施不能である。実験は市販のコンクリートブロックを1)の実験の型枠の代りに用いたもので、穴の中に砂だけを詰めた場合の透過γ線の強さと鉄筋を入れて砂を入れた場合との強さ(砂だけの位置と鉄筋を挟んだ位置での強さ)を調べたもので第2表にこれを示す。

第 2 表

条件	透過γ線強さ(CPM)		
	鉄筋なし	鉄筋あり	差
0.5cm φ 鉄筋	5800	5300	500
	5500	5000	500
	5700	5400	300
1.5cm φ 鉄筋	5400	4600	800
	5200	4200	1000
	5700	4700	1000

γ線の透過する線上にコンクリートの約4倍の密度を有する鉄棒が挟まってくると通過したγ線の強度がここで急に弱くなる。この現象を明確にキャッチするにはγ線の通路を充分絞つてやることが必要であつて、第2表は検出部の前面に厚さ4cm、外径6.5cm、中央に直径1cmの孔をもつ鉛円板を置き、この1cmの孔から入るγ線を主として利用し、他の鉛の部分で防止するようにして測定した結果であつて、これによりコンクリート壁中の鉄筋の有無や位置の予測に役立つ結果がえられる。

3) 変形、移動量の測定

これは例は軟弱地層の圧密沈下の地中における変態を調べる1方法として考えたもので、検出部は外径24cm、中央に径7cmの鉛製防止容器内におさめ、この容器に厚さ1.2cmの窓をもうけ一方適当な所に線源を置く。線源と検出部の窓とが一直線になつた時が最も強い放射能を示し、この位置より上下に線源がずれてくると検出部の窓から入る放射能の割合が減るので検出される放射能の値は弱くなる筈であつて、この結果は第3表に示す如くである。表中実験Aは線源を今まで通りに

鉛容器に入れ 2.5 cm の孔から照射させての実験であり、B は照射源を絞る目的でこの容器の孔の先に厚さ 4 cm、孔径 1 cm の鉛蓋をして行なつた実験である。この結果検出部も照射源とともに充分絞つて置つてはじめて、一直線になつた位置からずれると強度が弱まるといふ現象を敏感にとらえることが出来た。又線源が下方のずれた位置にある時、強度が殆ど弱まつていない結果を生じているが、これはコンクリート台による散乱の二次的放射能が影響を及ぼしているものと考えられる。

3. 結言

以上の実験に共通して考えなければならぬことは、線源の種類、測定器を選び読み易い強度の所で測定するようにしなければならぬといふことである。このためにはこの種の測定用線源としては強いエネルギーのγ線で半減期もかなり長い⁶⁰Coを使用する。オシロメーターに普通、シトメーター式になつてゐるので、

例は 1000 cpm の差を読むにはあまり強い場で 0.45×10^5 cpm と 0.44×10^5 cpm のレンジで測定することはさくばきで、一定の線源を使用するのであれば線源と検出部との距離を大にしたり、絞りも設けるなどしてγ線の強さを弱め 5000 と 4000 即ち 0.5 と 0.4 の 10^4 のレンジで読めば明確に指針の振れの変化が読みとれるのである。オシロに自然係数に近い場で測定することは、この目的では好ましくない。オシロにとくに 2), 3) の実験では二次的な放射能の影響が少なりように、検出部も照射源も窓を充分絞くして他の部分は鉛で厚くおつておくことが必要である。

このような注意をもつて行なえば、現場実験は室内実験とかなり異なる条件であつても一応の指針がえられ、ある程度の成果が期待されるものと考えられる。

最後に本実験は松岩探査に端を寄つたものであつて種々御援助をいただいた松島炭鉱株式会社、川上社長はじめ各位に厚く感謝の意を表するものである。

参考文献

- 1) 加藤宗彦; 物理探鉱 10 巻 3 号 昭和 32 年 9 月
- 2) 中村頼三, 太田一, 高橋淳; 物理探鉱 17 巻 1 号 昭和 39 年 3 月
- 3) 佐野澄一; 物理探鉱 17 巻 1 号 昭和 39 年 3 月
- 4) 落合敏郎; アイソトープ 研究利用総覧 昭和 31 年
- 5) 大西千秋: 全 上
- 6) 井上正康, 大見美智人; 熊本大学工学部研究報告 14 巻 2 号 昭和 40 年 11 月

第 3 表

実験	検出部の窓と線源との位置関係 (cm)	γ線強度 (cpm)
A	中心より下 2.8	0.16×10^5
	窓の下半分に入る	0.16 "
	窓の上半分に入る	0.15 "
	中心より上 2.2	0.12 "
B	中心より下 2.8	0.3×10^4
	窓の下半分に入る	0.31 "
	窓のほぼ中心	0.30 "
	窓の上半分に入る	0.29 "
	中心より上 2.2	0.27
	中心より上 3.7	0.22