

平成 21 年 6 月 24 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2007 ～ 2008
 課題番号：19760614
 研究課題名 (和文) 10.8MeVガンマ線対生成反応を利用した新しい測定原理に基づく地雷探査機の開発
 研究課題名 (英文) A Feasibility Study of a New Landmine Detector Based on Pair Creation Generated by 10.8MeV Gamma-Ray
 研究代表者
 天造 秀樹 (TENZOU HIDEKI)
 詫間電波工業高等専門学校 電子工学科・講師
 研究者番号：90353333

研究成果の概要：

本研究では検出器中の対生成反応に着目し、従来のように各イベントに対してエネルギースペクトルを測定することに加え、対生成による生じた e^- , e^+ の飛跡も捕らえることで入射 γ 線エネルギーと飛来方向を推定し、より正確に爆薬の有無や位置を探索する検出器を開発することにある。従来の方式とは異なり、様々な元素がある屋外でも真のイベントのみを測定できるので、土壌中の爆薬を速やかに正確に発見することが期待できる。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,100,000	0	2,100,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,900,000	240,000	3,140,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・原子力学

キーワード：原子力計測

1. 研究開始当初の背景

従来の地雷の探知には主に金属探知機が用いられているが誤探知が多く、地雷による反応は1000回に1回ともいわれている。また、地中レーダー方式では、土壌の湿度に大きく影響され、また対人地雷と似た形の石や異物が埋まっている場合では判別が困難となる欠点を持つ。近年、可搬型の強力な DD 核融合中性子源が開発されたことで地雷探査方式が大きく変化しつつある。現在は京都大学の吉川らの研究により 108n/s の 2.45MeV 中性子を生成できる。この中性子を熱化させ、

地雷爆薬中の窒素に照射することで、その爆薬中から $N(n, \gamma)$ 反応により放出される 10.8MeV γ 線を測定することで地中の地雷探査を行う。自然界に窒素は地雷のような形以外では土壌中において高い数密度で存在することは無い。また、自然核種が中性子捕獲により放出する γ 線のエネルギーも最大でも 5MeV 程度であることから窒素からの 10.8MeV 捕獲 γ 線を正確に測定することが地雷の位置を探索する上で非常に重要となる。

しかしながら、従来の方法では 10.8MeV

ードを対で配置し、各アノードで最も早くドリフトしてきた電離電子のドリフトタイムを計測する。

(4) シンチレータ S1, S2

同時計測用のシンチレータ S1, S2 のエネルギー・キャリブレーションは当研究室が持つ RI 線源を用いて行う。

4. 研究成果

研究では小型のドリフトチェンバーを開発し、プリアンプを介してパルスを観測することには成功したが、印可電圧上昇に伴うノイズパルスの影響が大きく、その原因はドリフトガスの不純物混入にあると考えている。その一方で、シンチレータの形状に工夫を凝らすことで土壤中の他の元素から生じる γ 線を弁別する技術も考案した。実験と並行して、 γ 線や電子・陽電子の散乱をシミュレーションできる EGS4 を用いて検出器の入射角度依存性を調べる研究を行った。また、図 4 に示すような近似体系に対して中性子輸送計算コード PHITS を用いて土壤中での中性子の散乱の影響を調査し、遮へい材や土壤水分を考慮した熱中性子の分布についての検証を行った。

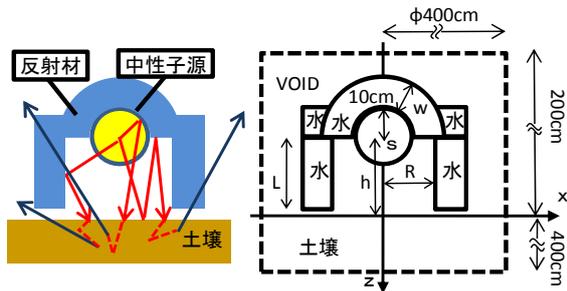


図 4 地雷探知で想定される中性子源と反射材を含む体系とその近似体系

(1) EGS4

EGS4 を用いて、Pair Track Spectrometer を構成する飛跡検出部内での電子・陽電子の散乱についてシミュレーションを行った。位置検出器を 3 層以上組み込むことを考え物理的なスペースの確保とドリフトガスの種類やガス層の厚さによる電子・陽電子の散乱を調査した。その結果、材質による散乱を小さくするために、ヘリウム、アルゴンの中で散乱が小さかったヘリウムをドリフトガスとした。ガスの厚さによる散乱では、物理的なスペースを確保しつつ、電子・陽電子の散乱の 70% 程度が位置検出器の測定誤差内であるのでガス層の厚さを 8cm とすることにした。また入射エネルギーが 1MeV の場合、ガス層

の厚さ 8cm を通過するときには散乱によって大きく方向を変化させてしまうことから本検出器での飛来方向の測定には難しいと考えられる。そのため、ガス層を 8cm にした場合の飛跡検出が可能な電子・陽電子の生成エネルギーは 3~7MeV であると思われる。

S2 のエネルギースペクトルと同時に通過した荷電粒子を考慮したがスペクトルの半値幅は 3.9MeV もあり、実用性には問題があった。そこで、S1 と S2 の付与エネルギーを合計することで改善されるのではないかと推測して EGS4 により検証を行った。S1 と S2 の全付与エネルギースペクトルを図 5 に示す。ドリフトチャンバーからの同時刻に通過した荷電粒子の個数を考慮しない場合が (A)、同時刻にドリフトチェンバー面を 400 μ m 以上離れて荷電粒子が 2 個通過した場合が (B) である。S1 と S2 のエネルギーを足し合わせることでより S1 内での散乱の影響を低減することができた。

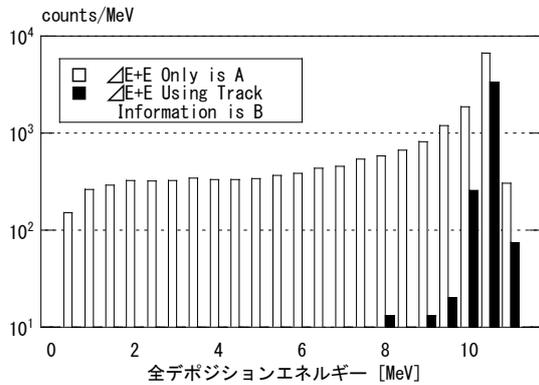


図 5 S1 でのエネルギー付与を考慮した検出器のエネルギースペクトル

(2) 試作したドリフトチェンバー

ドリフトチャンバー部の外装にはシールド対策、ガスケットがあり、アルミ材質という点から TAKACHI の BDN16-26-9 を使用した。これにガスバルブ (10x8-3/8)、BNC、Pre-AMP 電源端子をガスシールド加工して取り付けした。その他の端子も取り付け部からガスが漏れないように、エポキシ系接着剤のアラルダイトを使用して端子の裏側を固めた。

(3) PHITS を用いた土壌内熱中性子束分布のシミュレーション

PHITS を用いて土壌中の熱中性子分布を評価した。1keV 以下の中性子を熱中性子とみなし、地雷が埋設されている 20cm 以下の熱中性子を有効中性子として解析した。反射材 63% 厚さを 4.3cm と評価した。また、土壌中の水分量 1% につき約 0.4% 効率が増加し、50% の水分量で 20.3% 熱中性子が向上することが

わかった。等方中性子源の上部に反射材を設置し、反射材の厚みを変化させたときの土壤中の熱中性子の分布の変化を評価した。全方向に放出される中性子を考慮するため、中性子源の直下より x y 平面状において半径 30cm 以内、および深さ 20cm 以内の中性子の、入射数に対する割合を有効中性子率とする。反射材の厚さ w を 0 から 400cm まで変化させ計算を行ったときの有効中性子率を

に示す。指数関数でフィッティングしたとき、反射材 63% 厚さを 4.3 cm と評価した。

土壤中の水分量を 0% から 50% の間で推移させ、熱中性子の分布を評価した。反射板の影響は考慮せず、入射中性子は原点から Z 軸方向へのペンシルビームとした。ただしペンシルビーム中性子のみを考慮するため深さ 20cm 以内の熱中性子の入射数に対する割合を有効中性子率とする。

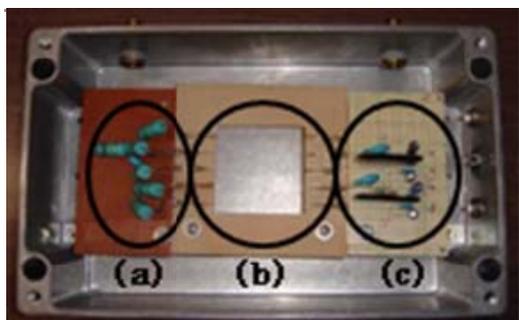


図 6 試作したドリフトチェンバー検出器

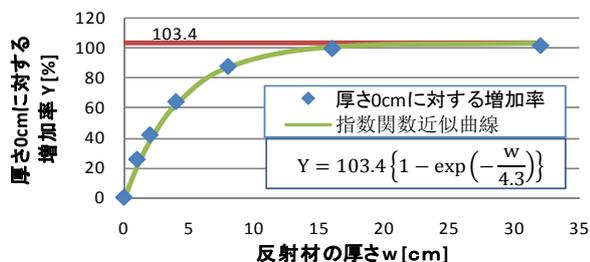


図 7 反射材の厚さに対する効率の関係

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 1 件)

①堀瀬友貴、天造秀樹、宮武巧、Phoswich 型地雷検出器の計測システムの開発、第 14 回高専シンポジウム in 高知、2009 年 1 月、査読無し

[産業財産権]

○出願状況 (計 2 件)

名称：窒素含有化合物の検知方法および装置

発明者：天造 秀樹、宮武 巧
 権利者：独立行政法人国立高等専門学校機構
 種類：特許
 番号：特願 2007-214103
 出願年月日：平成 19 年 8 月 20 日
 国内外の別：国内

名称：窒素含有物質検知
 発明者：天造 秀樹、宮武 巧、近藤 晃充
 権利者：独立行政法人国立高等専門学校機構
 種類：特許
 番号：特願 2008- 81960
 出願年月日：平成 20 年 3 月 26 日
 国内外の別：国内

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

①ホームページ等

<http://150.15.80.156/web/tenzou-lab>

②天造秀樹、新しい γ 線飛来方向検出技術による埋設爆薬等の短時間探知、国立高等専門学校における環境技術・研究事例集 No. 42、2008 年 10 月

③技術説明会における発表・展示
 天造秀樹、対生成反応を利用した爆薬の埋設位置探知技術、科学技術振興機構 (JST) 新技術説明会、2008 年 7 月 25 日

④展示会出展

天造秀樹、A Feasibility Study of a New Landmine Detector Based on Pair Creation、Korea Electronics Show 2007、2007 年 10 月 9 日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

天造 秀樹 (TENZOU HIDEKI)

詫間電波工業高等専門学校 電子工学科・講師

研究者番号：90353333