

原子炉ニュートリノモニター開発に向けた PSD能力を有したLi含有液体シンチレータの発光特性評価

川端 孝弥* 増井 友哉* 中島 恭平** 玉川 洋一** 鈴木 耕拓***

The luminescence characteristics of Li loaded liquid scintillator for the development of Reactor neutrino monitor

Atsuya KAWABATA*, Tomoya MASUI*, Kyohei NAKAJIMA**, Yoichi TAMAGAWA**
and Kohtaku SUZUKI***

(Received September 30, 2021)

Reactor neutrino monitor is a technology that monitors the fuel composition inside the reactor by observing electron anti-neutrinos generated from the reactor. We developed a Li loaded liquid scintillator (LiLS) that has Pulse Shape Discrimination (PSD). In this paper, we reported the results of light yield, pulse shape discrimination and neutron capture measurement.

Key Words : reactor neutrino monitor, Li-loaded liquid scintillator, light yield, pulse shape discrimination

1. 緒言

原子炉ニュートリノモニターは原子炉稼働時に発生する反電子ニュートリノ事象を用いて、原子炉内部の稼働状況等のモニタリングを試みる技術である。反電子ニュートリノは物質との相互作用をほとんど起こさない。そのため、発現事象領域内のバックグラウンド (BG) 事象の削減が重要になる。

現在、原子炉ニュートリノモニター用反電子ニュートリノ検出器の候補として、液体シンチレータ (LS) とプラスチックシンチレータ (PS) の2種類が存在する。将来的に原子炉ニュートリノモニターはトラックの荷台に詰める可搬型を想定しているため、持ち運びがしやすく、形状の自由度が高い、液体シンチレータの開発に取り組んでいる。中でも、反電子ニュートリノ事象を効率よく検出するためにLiを含有させ、BGを削減するために波形弁別能力を有した液体シンチレータを開発する必要がある。

本論では、LSの構成物質である、LAB, PPO, Bis-MSB, UltimaGold-Fに天然のLiを界面活性剤によって添加し、波形弁別能力を有したLi含有液体シンチレータ (LiLS) の開発を行った。また、作製したLiLSの発光特性として γ 線源を用いた発光量、中性子線源を用いた波形弁別能力、中性子捕獲事象を評価した。

2. 背景

2.1 研究背景

原子炉ニュートリノモニターはニュートリノの特性を生かした技術の一つであり、反電子ニュートリノを用いた原子炉燃料内部の組成をモニタリングする技術である。従来の方法では原子炉を停止した後、燃料を取り出して、燃料を解体して調べることで内部がどのような組成になっているかを検証する。これは組成が判明するまでの時間がかかり、放射線による被ばくの観点からも危険が伴う。しかし、現在開発中の原子炉ニュートリノモニターで検出する反電子ニュートリノは、透過率が高いため原子炉建屋外から遠隔での監視が可能である。また、検出された反電子ニュートリノのイベント数とエネルギー分布から燃料内部の組成を割り出すことが出来る。これにより、リアルタイムで燃料内部の組成を知ることが出来る。

原子炉ニュートリノモニターという技術は、従来の時間と手間のかかる工程を省略するだけでなく、

* 大学院工学研究科安全社会基盤工学専攻

** 原子力安全工学講座

*** 若狭湾エネルギー研究センター

* System and Infrastructure Engineering for Safe and Sustainable Society, Graduate School of Engineering

** Department of Nuclear Safety Engineering, Faculty of Engineering

*** The Wakasa Wan Energy Research Center

本来の運転計画に対して運転状況が正しいかを判断することができ、これにより原子炉の兵器転用防止や、原子力発電所の事故防止に役立つことが期待されている^[1]。

2.1.1 反電子ニュートリノ

ニュートリノは、素粒子の一種である。素粒子とは、物質の構成要素の最小単位であり、大きく分けて三種類存在する。物質を作る物質粒子、力を伝えるゲージ粒子、質量を与えるヒッグス粒子である。ニュートリノは物質粒子に属するレプトンの一種である。

ニュートリノは表1のようにフレーバーと質量で分類される。フレーバーでは電子ニュートリノ、ミューニュートリノ、タウニュートリノに分類され、質量ではニュートリノ1、ニュートリノ2、ニュートリノ3に分類される。このフレーバーによる分類と質量による分類は一致せず、一つのフレーバーを選んだ際に、それは異なる質量のニュートリノの混ざり合いになっている。例えば、「電子ニュートリノ」と表記した際には、それはニュートリノ1、ニュートリノ2、ニュートリノ3が混合したものである。これを「ニュートリノ混合」という。

表1.ニュートリノのフレーバーと質量

フレーバー	質量
電子ニュートリノ	ニュートリノ1
ミューニュートリノ	ニュートリノ2
タウニュートリノ	ニュートリノ3

ニュートリノは、「粒子」であると同時に「波」としての性質を持つ。そのため、それぞれ異なる質量を持つニュートリノ1、ニュートリノ2、ニュートリノ3は、それぞれ異なる振動数を持つ「波」として空間を伝搬する。

ニュートリノのフレーバーは、質量の決まった波の重ね合わせとなり、ニュートリノが空間を飛ぶ間に波の位相が変化し、フレーバーの種類が移り変わる。この現象をニュートリノ振動と呼ぶ。

反電子ニュートリノは電子ニュートリノの反粒子である。反粒子とは、質量とスピンの等しく、電荷などが逆の性質の粒子のことをいう。反電子ニュートリノの主な発生源は原子炉燃料の²³⁵Uの核分裂後のβ崩壊である。核燃料の1核分裂当たり約6個の反電子ニュートリノが発生し、熱出力3GWの場合、毎秒約 6×10^{20} 個発生している。しかし、ニュートリノは電氣的に中性で弱い相互作用でしか反応しないので物質との相互作用をほとんど起こさない。したがって、検出器にて検出されるイベント数が少ない

ため、関心領域でのバックグラウンド削減が重要となる。

2.1.2 シンチレーション検出器

物質を構成する原子内の電子が放射線のエネルギーによって励起準位や伝導帯に励起された後、基底状態に戻るときにそのエネルギー差が光（電磁波）として放出される。この光をシンチレーションと呼ぶ。シンチレーションを出す蛍光体をシンチレータという。シンチレータは主に、無機シンチレータと有機シンチレータがある。

無機シンチレータは、原子番号の大きい元素を用いられることが多い。代表としてNaI(Tl)シンチレータがある。無機シンチレータの特徴としてはγ線の全エネルギー吸収ピークを検出しやすく、高い発光量を得られるため、エネルギー分解能が良い。

有機シンチレータは、炭素や水素を多く含む物質で構成される。アントラセン、トランススチルベンゼンなどの結晶や液体、プラスチックなど多くの種類が存在する。主な構成元素が、炭素や水素等の原子番号が小さいので、γ線に対してほとんど光電効果を起こさないため、全エネルギー吸収ピークを形成しない。γ線のほとんどが有機シンチレータ内でコンプトン散乱を起こす。無機シンチレータとは異なり、減衰時間が数nsであるため高い計数率で使用できるのが特徴である。

本研究では、反電子ニュートリノを検出するために逆β崩壊反応を利用することから、陽子（水素）を多く含んだ有機シンチレータを使用する。有機シンチレータには主に液体シンチレータ（LS）とプラスチックシンチレータ（PS）があるが、本研究ではLSを使用する。LSのメリットは、液体なので添加物を添加しやすく必要な性能のシンチレータの開発が容易であること、PSに対して安価な点がある。しかし、使用する溶媒は油なので取り扱いに注意が必要である。

2.1.3 液体シンチレータの構成物質

液体シンチレータは、溶媒、溶質、添加物で構成される。

溶媒には以下のような性質が求められる。

1. エネルギー移行の効率が、溶媒・溶質間のみでなく溶媒・溶媒間でも大きいことが望ましい。芳香族化合物のゆるく結合したπ電子は一般にこの性質を持つ。
2. 溶質の発光波長域に吸収が無い。
3. 溶質の溶解度が大きい。
4. 純度が良い。
5. 引火点が高い。

このような性質を持つ代表的なものに、リニアアル

キルベンゼン (LAB), プソイドクメン (PC), フェニルキシリルエタン (PXE) がある. 本研究ではこの中でも引火点が 150°C と特に高い値を持つ LAB を使用する.

溶質には, 以下のような性質が求められる.

1. 蛍光量子効率が良い.
2. 純度が良い.
3. 発光スペクトルが光電子増倍管等の光センサの感度スペクトルに合う.
4. 発光波長域に溶質の吸収がない.
5. 蛍光の減衰時定数が短い.
6. 溶媒への溶解度が大きい.

これらを踏まえて, PPO, butyl-PBD, Bis-MSB などがよく用いられる. 本研究では, このような条件にあった PPO と Bis-MSB を使用する.

添加物は, 反電子ニュートリノを検出可能で波形弁別能を付与する必要がある. 反電子ニュートリノの検出に重要なのは中性子捕獲核種の添加である. 中性子捕獲核種の代表的なものに, Gd や Li が存在する. 今回は中性子を捕獲した際にバックグラウンドには少ない α 線・トリチウムを放出する Li を添加することにした. また, 波形弁別能を行うための代表的な添加物として, ナフタレンや UltimaGold-F (UG-F) がある. 本研究では UG-F を使用する.

2.1.4 γ 線と物質との相互作用

光子とシンチレータの相互作用には, 光電効果, コンプトン散乱, 電子対生成の 3 種類が存在する.

光電効果とは, 光子が軌道電子にエネルギーを与え, 軌道電子が原子から飛び出す現象である.

コンプトン散乱は光子と電子の衝突で電子と散乱光子が生じる現象である. 衝突前後の光子のエネルギーを E_{γ} , E'_{γ} とし, 電子の質量を m , 光速を c とすると, 散乱された電子のエネルギー E_e は,

$$E_e = E_{\gamma} - E'_{\gamma} = \frac{E_{\gamma}}{1 + \frac{E_{\gamma}}{mc^2}(1 - \cos\varphi)} \quad (1)$$

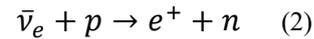
となる. シンチレータ内では散乱角 φ に依存するため, コンプトンエッジの形成をする.

電子対生成とは, 光子が原子核の強い電場に吸収され, 電子と陽電子を生み出す反応をいう. 電子と陽電子の質量を生成するために, 光子のエネルギーは電子の静止エネルギーの 2 倍の 1.022MeV 以上でないと起こらない.

2.1.5 反電子ニュートリノの検出方法

反電子ニュートリノは逆 β 崩壊を用いて検出する. 逆 β 崩壊は反応式 (2) のように反電子ニュートリノと陽子が反応し, 陽電子と中性子が発生する反応で

ある.



この反応で陽電子は電子と対消滅し, 511keV のエネルギーの γ 線を 2 本放出する (先発事象). 中性子は, 電氣的に中性であるため検出器で検出されにくい. そのため, シンチレータに Li を添加することにより検出器内で熱化した熱中性子を捕獲して合計エネルギーが 4.8MeV となる α 線・トリチウムを放出する (後発事象) (図 1).

先発事象と後発事象との時間差は約数十 μs あり, この時間相関を利用することでニュートリノ事象の同定を行う. この時間差を利用し, 時間相関のないバックグラウンド事象を削減する方法を遅延同時計測法という. この先発事象と後発事象の時間差は Li 濃度によって変化する.

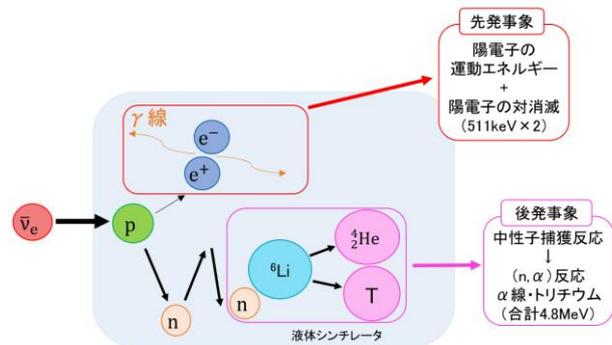


図 1. LiLS を用いた反電子ニュートリノの検出原理

2.1.6 中性子捕獲核種

2.1.5 で示したように反電子ニュートリノの検出には中性子捕獲反応を用いる. 中性子捕獲核種として主に表 2 のような Gd や Li などが用いられる.

本研究には中性子捕獲核種として中性子捕獲断面積がある程度大きい元素, またバックグラウンド事象に多い γ 線とは弁別ができるという観点より, ${}^6\text{Li}$ を用いることとした.

表 2 より Li には ${}^6\text{Li}$ と ${}^7\text{Li}$ の 2 種類の同位体が存在する. 中性子捕獲反応を起こすのは, ${}^6\text{Li}$ である. しかし, ${}^6\text{Li}$ は天然存在比が 7.6% と非常に少ない. そのため, ${}^6\text{Li}$ を 95% まで濃縮した Li 化合物が販売されているが, 非常に高価である. 液体シンチレータの大型化を目標としている本研究においてはコスト面からそれほど検出器にコストをかけることはできない. そのため, 本研究には濃縮した Li 化合物を使用するのではなく, 天然存在比の Li 化合物を使用することとした.

表 2. 主な中性子捕獲核種

物質名	天然存在比 [%]	中性子捕獲断面積 [barn]	反応
¹ H	99.985	0.33	(n, γ)
⁶ Li	7.6	940	(n, α)
⁷ Li	92.4	0.0454	-
¹⁰ B	19.9	3.835	(n, α)
¹⁵⁵ Gd	14.8	60900	(n, γ)
¹⁵⁷ Gd	15.65	254000	(n, γ)
Gd ave		48800	-

2.1.7. 時間相関のあるバックグラウンド事象

遅延同時計測法を用いることにより、遅延同時計測法を用いない場合に比べておおよそバックグラウンドを2桁程度除去することが可能である。しかしながら、この先発事象、後発事象の時間差数十 μ sという似た時間差で起こる背景事象が存在する。それが図2のような環境中の高速中性子事象である。

環境中の高速中性子が液体シンチレータ内の陽子と弾性散乱し、反跳陽子を生成する。これが先発事象である。弾性散乱後の中性子は液体シンチレータ内で熱化し、⁶Liに中性子捕獲され、 α 線・トリチウムを放出する。これが後発事象となる。この高速中性子事象による先発事象と後発事象も反電子ニュートリノ検出の際の先発事象・後発事象の時間差と非常によく似た時間差で発生するため、弁別が困難である。

そこで本研究においては反電子ニュートリノ事象と高速中性子事象を弁別するために液体シンチレータに後述する波形弁別能を付与した。波形弁別能を付与することで反電子ニュートリノ事象の先発事象である対消滅の γ 線と高速中性子事象の先発事象である高速中性子起因の反跳陽子を弁別が可能になる。

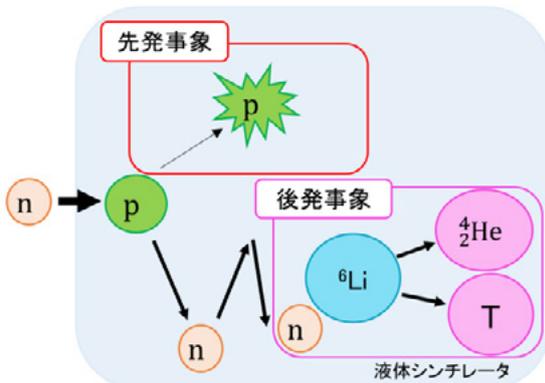


図 2. 環境中の高速中性子事象

2.1.8 波形弁別能

2.1.7 で示したように反電子ニュートリノ観測のためのバックグラウンド低減の観点から先発事象である γ 線と中性子（反跳陽子）を弁別する必要があ

る。波形弁別能とは図3のように波形の減衰時間を利用した弁別方法である。これを Pulse Shape Discrimination (PSD) という。

PSD の具体的な原理は観測した波形ごとに波形の全体積分の Q と波形の減衰部分の積分 Q_{tail} を計算し、積分値の比 Q_{tail}/Q を求める。この値をエネルギーに関しての分布を見ることで、図4のように γ 線の事象と中性子による反跳陽子事象の弁別を行うことが可能になる。

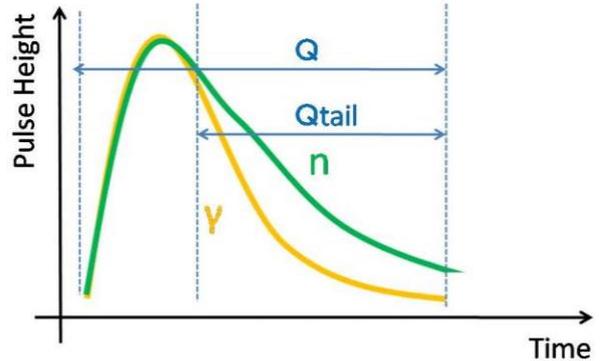


図 3. γ 線と中性子の波形

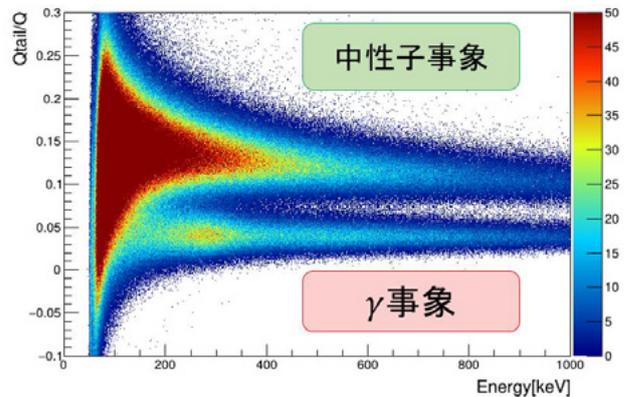


図 4. PSD 分布

2.2 先行研究

波形弁別能を有した Li 含有液体シンチレータの開発を行っているのが、アメリカの PROSPECT 実験である。[2][3][4]

PROSPECT 実験では⁶Liを濃縮した LiCl 水溶液を使用し、液体シンチレータを開発している。この液体シンチレータは、溶媒に DIN、溶質に PPO、Bis-MSB、添加物に濃縮 LiCl 水溶液、界面活性剤を用いている。

波形弁別能について調査しており、後述の FoM の値は本研究と同様の計算を行うと、4.11 となった。

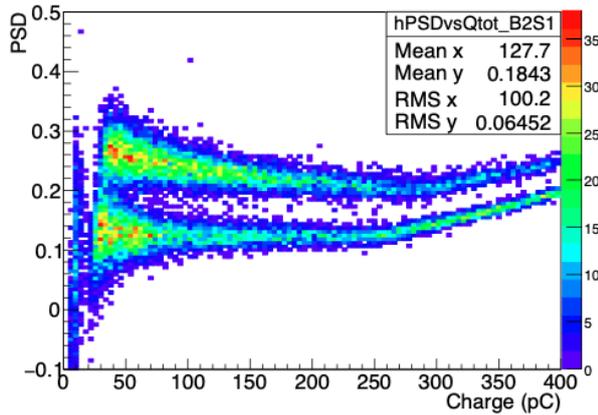


図 5. PROSPECT 実験において測定された PSD 分布

3. 本研究の目的

先行研究では、 ${}^6\text{Li}$ を濃縮した LiCl 水溶液を使用することで液体シンチレータの開発が行われていた。しかしながら、濃縮した LiCl 水溶液は非常に高価である。そのため、今回は天然の Li が含有している LiCl 水溶液を使用し、波形弁別能を有した Li 含有液体シンチレータ (LiLS) の開発を行った。

本研究では、Li 0.1wt% を含有した LiLS と Li を含有していない LS の 2 種類を作製することにより LiLS の発光特性として発光量、波形弁別能、中性子捕獲事象数の評価を行った。

4. 波形弁別能を有した Li 含有液体シンチレータの作製

4.1 材料の選定

通常の液体シンチレータは溶媒、溶質の 2 種類もしくは 3 種類 (溶質が 2 種類) で構成される。しかし、今回は液体シンチレータに Li を添加し、かつ波形弁別能を付与する必要があるため、溶媒、溶質に添加物を加えた。

今回の液体シンチレータの材料と役割は表 3 に示した。

表 3. 液体シンチレータに用いた材料

名称	材料名	役割
溶媒	LAB	発光体
第 1 溶質	PPO	発光剤
第 2 溶質	Bis-MSB	波長変換剤
添加物	LiCl 水溶液	Li の添加
添加物	IGEPAL CO-630	界面活性剤
添加物	UltimaGold-F	波形弁別能の付与

4.2 液体シンチレータの作製方法

液体シンチレータの開発の前段階として LiCl 水溶液を作製する必要がある。LiCl 水溶液は工業用純水 50ml に対して 10g の LiCl を混合し、攪拌することで作製した。

LiLS は表 3 の材料を 150ml サイズのバイアルに入れ、攪拌を行い、作製した。

5. 測定環境

測定系には NIM モジュールを用いた。用いたモジュールは高圧電源(HV)、入力信号を複数の信号に分配する Linear Fan in-out、入力信号を増幅し出力する Amplifier、入力信号が閾値以上の信号の場合、矩形波を出力する discriminator、入力信号をある一定の時間遅らせて矩形波を出力する gate&delay generator を用いた。

信号の取得装置として CAEN 製 FADC V1730 を用いた。この FADC は、14bit、500MS/s のデジタイザーである。

5.1. 反射材の選定

測定の際に、LS からのエネルギー分解能を向上させるには LS からの光量を大きくする方が良い。一般的にはサンプルにアルミホイルなどの反射材を巻くなどして光量を増やせるよう工夫を行う。今回はどのような反射材を用いると光量が一番大きくなるか評価を行い、選定をした。反射材の候補にはタイベックシート (Tyvek(Soft))、アルミを表面に蒸着したタイベックシート (Tyvek(Silver))、アルミホイル (Aluminum foil)、テフロンテープ (Teflon) を候補とした。 ${}^{137}\text{Cs}$ を用いて測定を行い、コンプトンエッジの位置が一番高いところに来る反射材の組み合わせを用いた。結果は図 6 の通りになった。図 6 よりテフロンテープとアルミホイルを反射材として用いることとした。

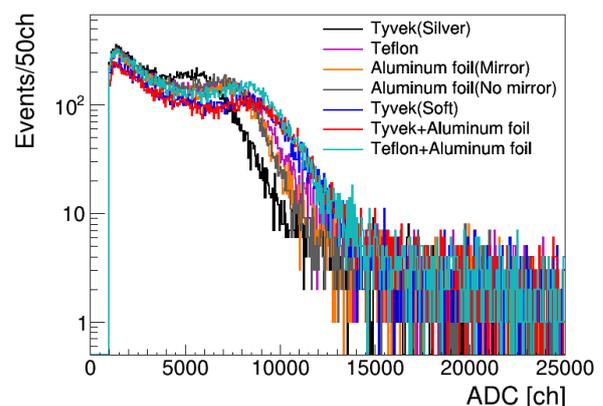


図 6. 反射材別による ${}^{137}\text{Cs}$ のコンプトンエッジ

6. γ 線源測定

γ 線源を用いて、発光量の評価を行った。 γ 線源として ^{137}Cs を使用した。液体シンチレータには全エネルギー吸収ピークのような明確なピークは存在しない。そのため、今回は ^{137}Cs のエネルギースペクトルよりコンプトンエッジを同定することによって、評価を行った。図7に各LSに対する測定で得られた ^{137}Cs のエネルギースペクトルを示した。Liが添加されることにより、発光量が減少していることが確認できる。

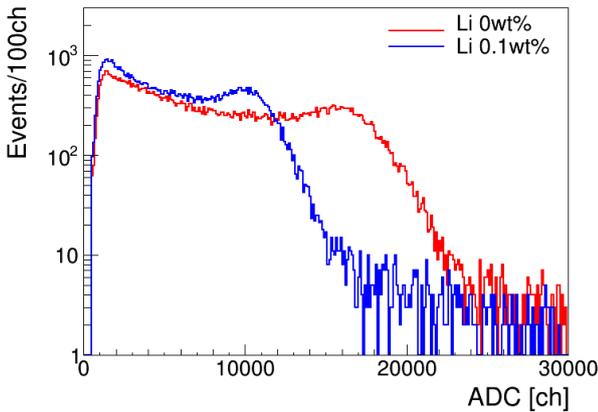


図7.各LSの ^{137}Cs のエネルギースペクトル

エネルギースペクトルにガウス関数(式(3))でFitを行った。そしてコンプトンエッジの位置を計算(式(4))し、評価を行った。結果は表4に示した。

$$\text{Gaussian function} = N \times \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

$$\text{C.E.} = \left(\mu + \frac{2.355}{2}\sigma\right) \pm \sqrt{\mu_{\text{err}}^2 + \left(\frac{2.355}{2}\sigma_{\text{err}}\right)^2} \quad (4)$$

表4.各LSにおけるコンプトンエッジの位置

サンプル	コンプトンエッジの位置 [ch]
LiなしLS	18449 ± 77
Li 0.1wt% LiLS	11865 ± 56

7. 中性子線源測定

7.1. 波形弁別能

中性子線源として、 ^{252}Cf を用いた。今回は図3で示したQの範囲を波形のピークより-20nsから+120ns, Q_{tail} の範囲を波形のピークより+36nsから+120nsとして Q_{tail}/Q を求めた。 Q_{tail}/Q をエネルギーに対してプロットしたLiなしLSのPSD分布を図8に示した。図8より、高速中性子事象と γ 事象が

明確に分離できていることが確認できる。

この範囲における300keV~700keVの区間をY軸射影した際に得られるPSDヒストグラムは図9である。式(3)で示したガウス関数でFitすることにより、ピークの位置と標準偏差を同定した。

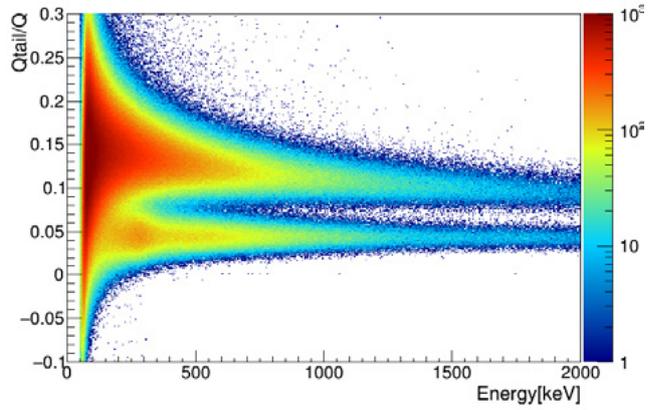


図8.LiなしLSの測定より得られたPSD分布

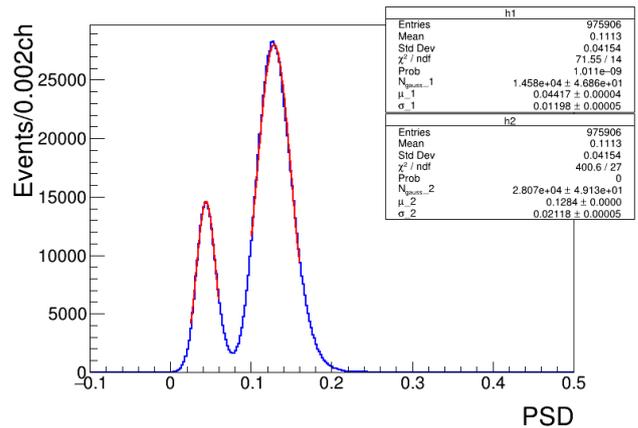


図9.LiなしLSの測定より得られたPSDヒストグラム

波形弁別能を評価するパラメータとしてFoM(式(5))を用いた。PSDヒストグラムをFitすることで得られたピークの位置と標準偏差より、FoMの値を求めた。得られたFoMの値は表5に示した。

$$\text{FoM} = \frac{|\mu_n - \mu_\gamma|}{\sqrt{\sigma_n^2 + \sigma_\gamma^2}} \quad (5)$$

表5.各LSのFoM

サンプル	FoM
LiなしLS	3.46
Li 0.1wt% LiLS	2.74

7.2. 中性子捕獲事象

遅延同時計測法を用いて、中性子捕獲事象を評価した。図 10 に今回遅延同時計測法を用いて評価を行う ^{252}Cf 由来高速中性子による中性子捕獲事象の模式図を示した。

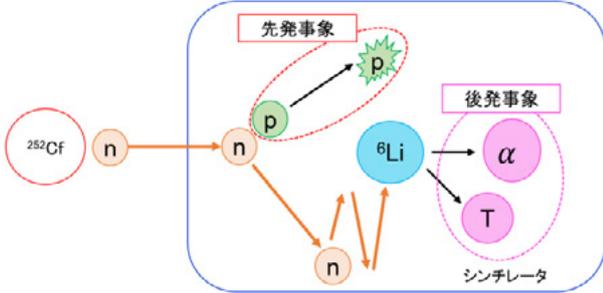


図 10. ^{252}Cf 由来高速中性子による中性子捕獲事象

図 11 に先発事象と後発事象の時間差 dT 分布を示した。今回は $5 \mu\text{sec} \sim 105 \mu\text{sec}$ を時間相関のある事象領域 ON time, $205 \mu\text{sec} \sim 305 \mu\text{sec}$ を時間相関のない事象領域 OFF time として選定した。

今回の関心領域は中性子捕獲が確認できる後発事象である。図 12 に ON Time, OFF time, ON-OFF time の後発事象のエネルギースペクトルを示した。ON-OFF time のエネルギースペクトルでは $400\text{keV} \sim 600\text{keV}$ 付近にピークが存在し、 ^6Li による中性子捕獲事象を確認することができた。

図 12 の中性子捕獲による事象数を確認するため、図 13 に示すようにピークに式 (3) で示したガウス関数で Fit した。ピークから前後 2σ の位置を積分し、事象数を計算した。また、Li なしの LS に関しては中性子捕獲による信号は確認できないので、 $400\text{keV} \sim 600\text{keV}$ の範囲を積分範囲として事象数を計算した。計算結果は表 6 に示した。

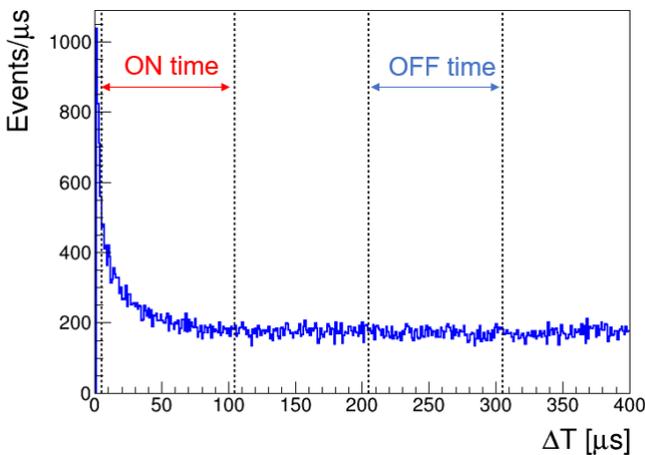


図 11. 先発事象と後発事象の時間差 dT 分布
 $5 \sim 105 \mu\text{sec}$ を ON time
 $205 \mu\text{sec} \sim 305 \mu\text{sec}$ を OFF time とした。

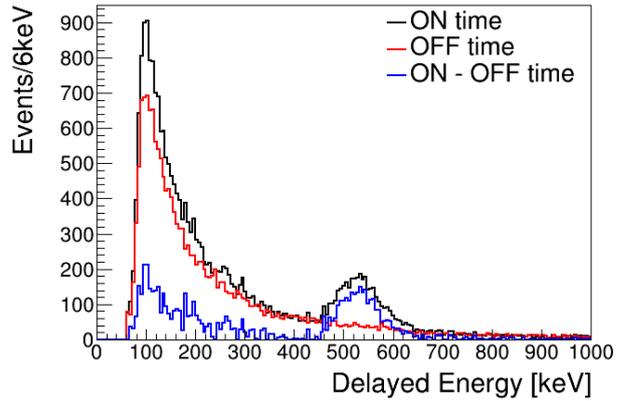


図 12. 後発事象のエネルギースペクトル

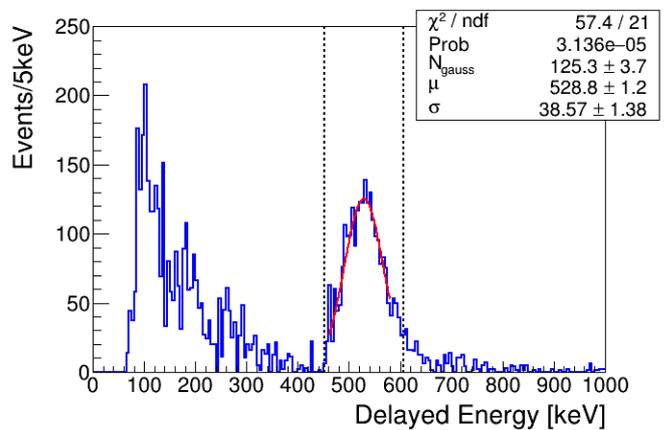


図 13. 中性子捕獲事象数計算のための積分範囲

表 6. 各 LS の中性子捕獲事象数

サンプル	中性子捕獲事象数
Li なし LS	105
Li 0.1wt% LiLS	2432

8. 結論

我々は、原子炉ニュートリノモニターの開発を進めている。原子炉ニュートリノモニターとは、原子炉稼働時に発生する反電子ニュートリノを観測することによって原子炉の稼働状況や U/Pu の燃料組成比をリアルタイムでモニタリングを試みる技術である。しかし、これまでに成功している例は、原子炉の稼働状況の確認までである。そのため、反電子ニュートリノのエネルギー分布を確認でき、燃料組成のモニタリングができる反電子ニュートリノ検出器の開発を行っている。

反電子ニュートリノの検出方法は、逆 β 崩壊を用いて観測を行う。この時、先発事象として陽電子の運動エネルギーと対消滅の際に発生する 2 本の γ 線が検出される。中性子は熱化し、液体シンチレータに添加した ^6Li によって吸収されることで、 α 線と

トリチウムを放出し、後発事象として検出される。この時間差を利用した遅延同時計測法を用いることで時間相関のないバックグラウンド事象を除去する。しかし、遅延同時計測法を用いても時間相関のあるバックグラウンド事象が存在する。それは環境中の高速中性子事象である。これは液体シンチレータには通常ない波形弁別能を付与することによって先発事象を弁別することが可能になり、ニュートリノ事象を同定しやすくなる。

本研究では、波形弁別能を有した Li 含有液体シンチレータを開発し、発光特性評価を行い、Li 添加による液体シンチレータへの影響を評価した。

^{137}Cs を用いた発光量評価では、Li を添加することにより、発光量が 36% 減少した。また、 ^{252}Cf を用いた波形弁別能評価では FoM が 21% 低下した。しかし、遅延同時計測法を用いた中性子捕獲事象の確認では、Li を添加することによって、中性子捕獲による明確なピークを確認することができた。関心領域内の事象数は 23 倍に増加した。

今後は、今回の結果を踏まえて、さらに液体シンチレータの Li 濃度依存性について調査を行い、反電子ニュートリノ検出に特化した検出器を開発していく予定である。

参考文献

1. Final Reports: Focused Workshop on Antineutrino Detection for Safeguards Applications, 28-30 October 2008 IAEA Headquarters, Vienna
2. J. Ashenfelter et al., (PROSPECT collaboration), "The PROSPECT Reactor Antineutrino Experiment", Nucl. Instrum. Meth. A, 922(2018) 287
3. J. Ashenfelter et al., (PROSPECT collaboration), "Lithium-loaded Liquid Scintillator Production for the PROSPECT experiment", 2019 JINST 14 P03026
4. J. Ashenfelter et al., (PROSPECT collaboration), "Performance of a segment ^6Li -loaded liquid scintillator detector for the PROSPECT experiment", Journal of Instrumentation, 2018 JINST 13 P06023