

# 液体シンチレーション測定法におけるシンチレータの検討

前田 高志 荒木 智徳 宮島 直人 藤波 直人 田村 義男

## A Study of the scintillator for liquid scintillation counting

Takashi MAEDA, Tomonori ARAKI, Naoto MIYAJIMA, Naoto FUJINAMI, Yoshio TAMURA

キーワード：トリチウム、液体シンチレーション測定

key words : tritium, liquid scintillation counting

### はじめに

液体シンチレーション測定法は、放射線の自己吸収がないために検出器までの減衰が少なく、低エネルギーのβ線やα線の計測に適しており、トリチウムや炭素14等の測定に用いられる。

トリチウムは、半減期が12.3年のβ線を放出する水素の放射性同位体である。自然界では水素と同様の挙動を示し、海水、陸水中などに広く存在している。トリチウムは、宇宙線と大気中の酸素や窒素との核反応により天然に生成されるほか、核実験や原子力施設から管理放出により環境に放出される。

京都府では、高浜原子力発電所周辺の放射線監視業務の一環として、昭和53年度から海水、陸水、空気湿分中に含まれるトリチウム濃度を液体シンチレーションカウンタにより測定してきた。この度、従来から使用してきた液体シンチレータであるシンチゾルが製造中止となり、液体シンチレータを変更することになったため、新たに2種類の液体シンチレータについて基本的特性、性能等の比較を行ったので、その結果を報告する。

### 実験方法

#### 1. 比較対象液体シンチレータ

検討した液体シンチレータは、水の保持量が多く、計数効率が高い次の2種類である。

○アクアゾルⅡ (パッカード社)

○ウルチマゴールド (パッカード社)

アクアゾルⅡは、溶媒としてキシレンが用いられており、ウルチマゴールドは、溶媒としてジイソプロピルナフタレンが用いられている。また、アクアゾルⅡでは試料を調製するときに加温する必要があるが、ウルチマゴールドでは加温する必要はなく振り混ぜるだけでよい。

#### 2. 測定

上記の2種類の液体シンチレータを用いて、種々の条

件でトリチウムを測定し、性能を比較した。

トリチウムの測定方法は、文部科学省マニュアル<sup>1)</sup>に準拠した。

トリチウムの測定は液体シンチレーションカウンタ(アロカ社製LSC-LB5)により、50分間測定を10回(計500分間)行った。クエンチング補正は外部標準チャンネル比法により行った。なお、それぞれのシンチレータでの測定ウインドウ設定は次のとおりである。

アクアゾルⅡ : LL=0.75keV UL=5.65keV

ウルチマゴールド : LL=0.70keV UL=5.75keV

#### 2.1 バックグラウンド計数率

含水量ごとのバックグラウンド計数率を求めるため、テフロン製バイアルを用いて各液体シンチレータに無トリチウム水を20mLから55mLまで段階的に加え、合計容量が100mLとなるよう調製することにより、含水量の異なる試料を7種類ずつ作製して測定を行った。

#### 2.2 計数効率

液体シンチレーションカウンタの計数効率を求めるため、トリチウムの添加実験を行った。テフロン製バイアルにそれぞれ約24,000dpmのトリチウム水を入れ、これに無トリチウム水を加えて20mL~55mLにした後、各液体シンチレータを加えて全量を100mLにして測定を行った。

### 結果及び考察

#### 1. バックグラウンド計数率

測定結果を図1に示した。ウルチマゴールドは、含水量が20~55mLの全ての範囲においてアクアゾルⅡよりも計数率が低く優れていた。

#### 2. 計数効率

測定結果を図2に示した。計数効率は、含水量が増えるに従って低下した。また、20mL~45mLの含水量ではアクアゾルⅡの計数効率の方が高いが、50mL~55mLの含水量ではウルチマゴールドの計数効率の方が高くなった。

(平成19年8月31日受理)

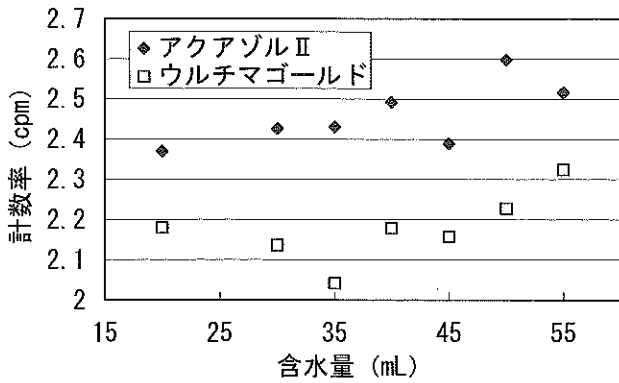


図1 バックグラウンド計数率

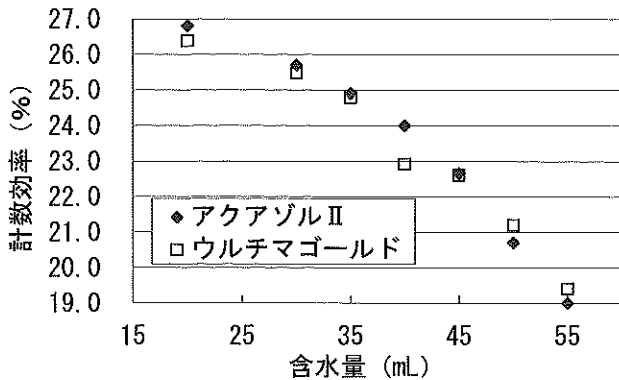


図2 含水量別計数効率

3. 性能指数に基づく最適条件の決定

環境試料のような低レベル放射能測定において測定装置の性能を示す指標として、FOM (Figure of Merit : 性能指数) が用いられる。液体シンチレーション測定法においては、計数効率をE (%)、含水量をV (mL)、バックグラウンド計数率をB (cpm) とすると、

$$FOM = E \times V / \sqrt{B}$$

で定義される。このFOMの値が大きいほど性能が良いとされている。

実験で得た測定データを使い、各含水量でのFOMの値を図3に示した。FOMの最高値は、アクアゾルIIでは含水量45mLの場合で660、ウルチマゴールドでは含水量50mLの場合で710であった。

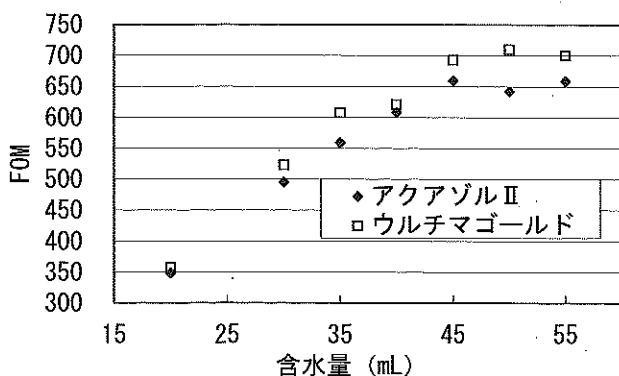


図3 FOM値の変化

以上のことから、液体シンチレータはウルチマゴールドを使い、含水量50mLで測定することが、高い計数効率と低いバックグラウンド計数率で測定できる最適条件であることが分かった。

4. 液体シンチレータの比較

シンチゾル及びウルチマゴールドを比較するため、通常測定している海水、陸水等の試料による測定を行った。なお、シンチゾルでの測定は、含水量が45mL、測定ウィンドウ設定がLL=1.00keV、UL=4.65keVという条件で行った。

測定結果及び相関図を表1、図4に示した。シンチゾルとウルチマゴールドでは強い相関を示した。測定値の平均値を検定したところ、表2に示したとおり両シンチレータに有意差は見られなかった。

表1 環境試料測定結果の比較

単位 : Bq/L

試料No.	シンチゾル	ウルチマゴールド
1	4.2 ± 0.18	4.2 ± 0.24
2	3.3 ± 0.17	3.0 ± 0.22
3	4.5 ± 0.19	4.6 ± 0.24
4	2.8 ± 0.17	3.0 ± 0.22
5	0.48 ± 0.14	0.70 ± 0.20
6	0.62 ± 0.14	0.64 ± 0.21
7	0.46 ± 0.14	0.64 ± 0.22
8	1.1 ± 0.15	1.1 ± 0.21
9	4.2 ± 0.19	4.3 ± 0.25

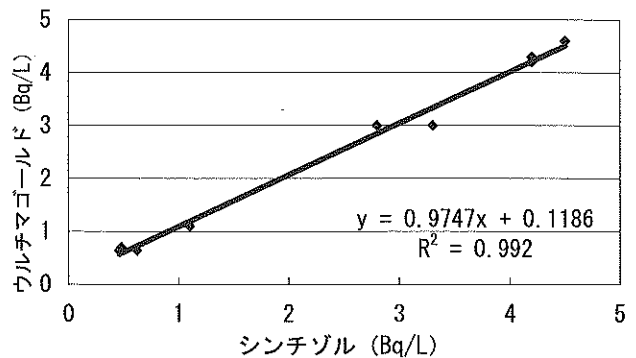


図4 シンチゾルとウルチマゴールドの相関性

表2 シンチレータの違いによる平均値の差の検定 (t検定)

	シンチゾル	ウルチマゴールド
平均	2.41	2.46
分散	3.02	2.89
観測数	9	9
自由度	8	
t	1.09	
t 境界値 両側	2.31	

t境界値 (0.05, 8) : 2.31 > t : 1.09...平均に差がない

## まとめ

従前から使用していたシンチゾルに替わる液体シンチレータ2種類について検討した結果、液体シンチレータはバックグラウンド計数率が低く、FOMが大きいウルチマゴールドを含水量50mLで使用することにより従前のシンチゾルに代替できることが分かった。ウルチマゴールドとシンチゾルによる測定結果からは、両者に有意差は見られなかった。

## 謝 辞

本実験を行うにあたって、トリチウムの添加実験において協力していただいた日本分析センターに感謝いたします。

## 引用文献

- 1) 文部科学省:放射能測定法シリーズ9 トリチウム分析法 (平成14年改訂)