

令和3年3月3日

「河野研究室便り」

三連 CaF_2 フローセル トリチウム水連続測定装置

1. はじめに

排水に含まれるトリチウムの濃度測定には、多くの場合、液体シンチレーションカウンター（液シン）が使用されます。液シンがトリチウム感度に優れているためです。しかしその一方で、時間がかかる、連続測定が不可能、放射性有機廃液が生じる、などの問題があります。本研究では10年ほど前に、こうした問題を解決すべく、プロトタイプ装置を製作しました。この装置は、「河野研究室便り（2019.7.22）」で紹介しましたが、 CaF_2 シンチレーターにより、トリチウム水を連続的に測定することができます。しかしながら、法令に定められるトリチウム濃度限度（ 60 Bq/cm^3 ）の10分の1を検出するためには、10,000秒程度の時間が必要でした。測定現場を考えると、時間が、かかり過ぎです。そこで、さらに研究開発を進め、本報告で紹介させていただく、改良型装置に到達しました。

2. 改良型装置の概要

改良型装置の基本構成はプロトタイプと同じですが、光電子増倍管を含む検出部を、厚さ1cmの銅板で内張した厚さ3cmの鉛遮蔽容器に収納し、また三連フローセルを用いたところに、新たな工夫があります。なお、三連フローセルですが、棒状セル（内径5mm×長さ45mmのテフロンチューブ）3本を連結して製作したものです。

3. 性能評価試験と結果

改良型装置の性能を評価するため、濃度 10 Bq/cm^3 以下のトリチウム水を用いて、600秒と3000秒の測定を行いました。その結果、トリチウム濃度と計数率の間に、下限値として 6 Bq/cm^3 程度までの直線性が認められました。プロトタイプ装置ですと、直線性の下限値は600秒測定で約 50 Bq/cm^3 でしたから、10倍程度の高感度化に成功したといえます。これらの結果は、改良型装置が、排水中トリチウム濃度の連続モニタリングに使用できる、可能性を示しています。

謝辞

本装置の開発にあたって、多くの方々のサポートを頂きました。その中でも特に、株式会社アトックスの皆様方と、応用光研工業株式会社の皆様方には、心より、感謝申し上げます。

Tritium Water Consecutive Monitoring System Using Triple CaF₂ Flow-Cell

Japan Shield Technical Research
Co., Ltd. (SANGA Holdings)

Takao Kawano

1

三連CaF₂フローセル トリチウム水連続測定装置

株式会社日本遮蔽技研
(サンガホールディングス)

河野孝央

2

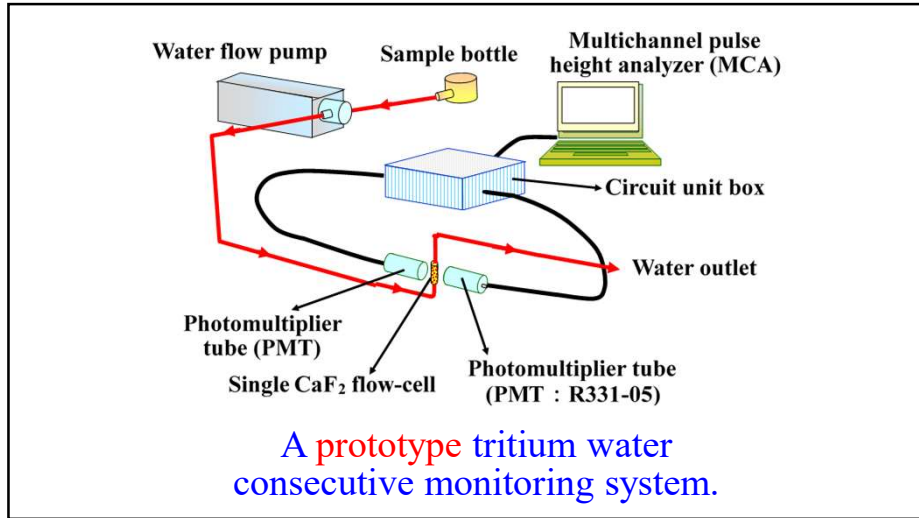
Introduction

A tritium water consecutive monitoring system was successfully developed to measure tritium concentrations in flowing water. This system does not use a liquid scintillation cocktail and does not generate radioactive organic liquid waste. A prototype monitoring system was first installed with a flow-cell fabricated using a granular CaF₂ solid scintillator. Performance tests confirmed a linear relation between the count rate and tritium concentration down to 10 Bq/cm³ in water flow for 10000 sec. This concentration was sufficiently low to detect the legal limit of tritium (60 Bq/cm³) in effluent water. However, the measuring time of 10000 sec was too long.

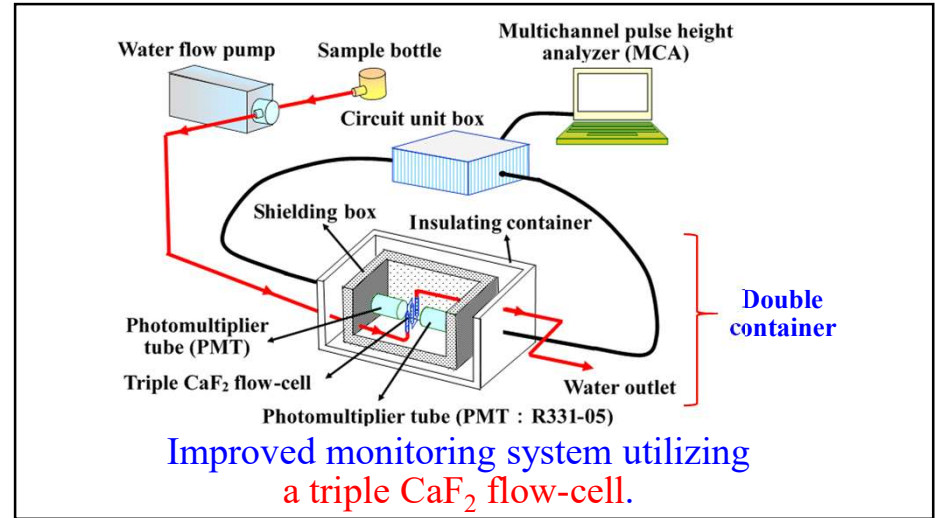
3

Consequently, preliminary experiments on background radiation shielding and more highly sensitive CaF₂ flow-cells were conducted to improve the measuring time and detection limit. Based on the data obtained in these experiments, the first system was altered, and thus improved system was manufactured with a triple-flow-cell placed in a 3 cm thick lead-shielded box lined with 1 cm thick copper plates. To examine performance of the improved system, four water samples with different tritium concentrations were prepared and tritium counts were measured for either 600 or 3000 sec.

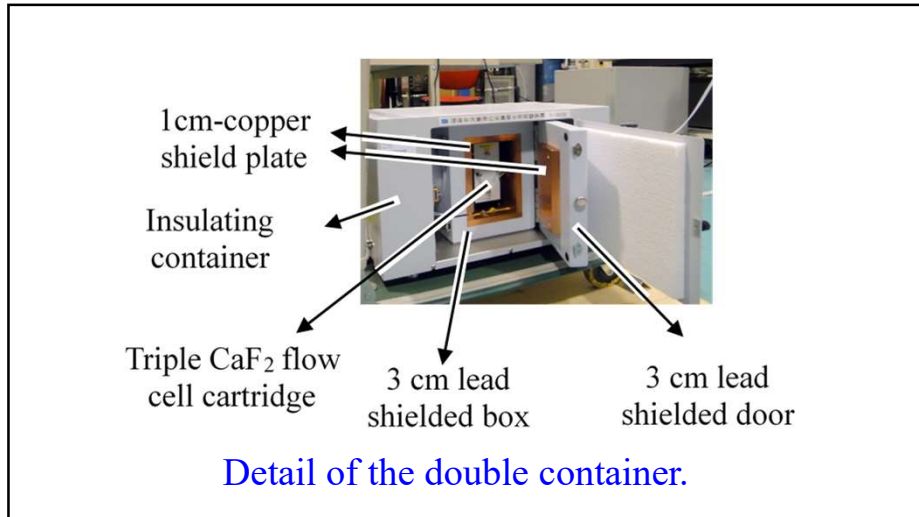
4



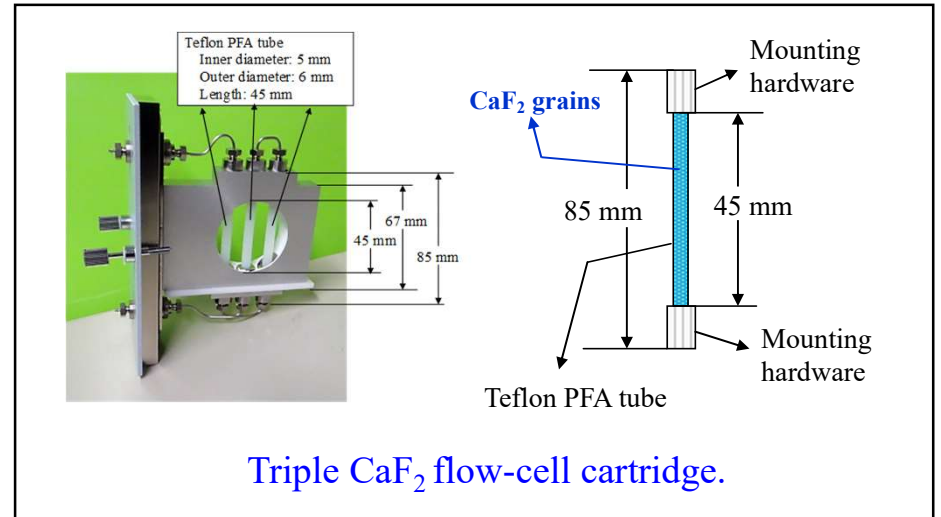
5



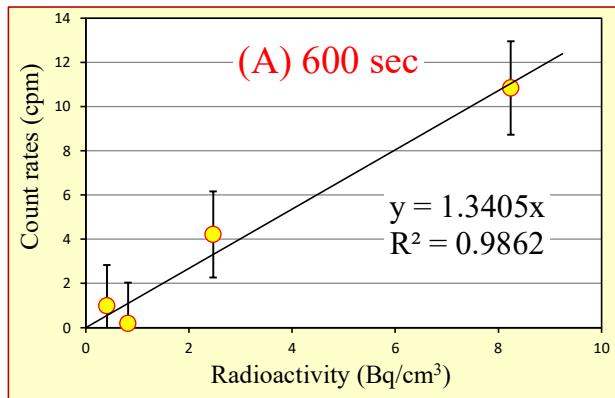
6



7

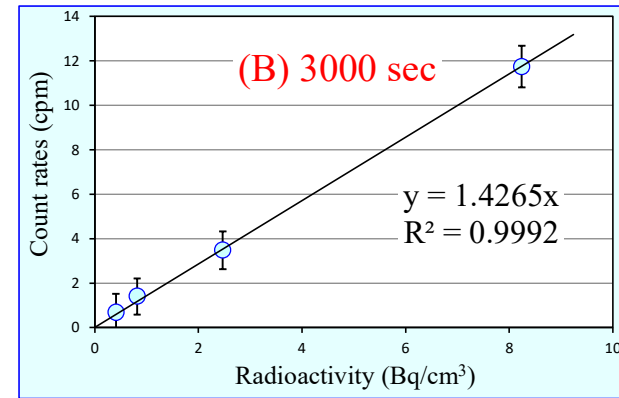


8



Linear relation between the tritium concentration (radioactivity) and count rates for 600 sec.

9



Linear relation between the tritium concentration (radioactivity) and count rates for 3000 sec.

10

Conclusions

In the present study, the tritium water consecutive monitoring system was improved with a triple CaF₂ flow-cell placed in a lead-copper shield box. To examine performance of the improved system, four water samples with different tritium concentrations were prepared. The results demonstrated that the detection limit of this system went down to around 6.0 Bq/cm³ or less for 600~3000 sec measurement. Thus, the tritium water consecutive monitoring system was successfully improved by lowering the detection limits and reducing the measuring time.

11

REFERENCES

1. T. Kawano, *et al.*
“Tritium Water Monitoring System Based on CaF₂ Flow-Cell Detector”, *Fusion Science and Technology*, **60**, 952 (2011).
2. T. Kawano, *et al.*
“Comparative Testing of Various Flow-Cell Detectors Fabricated Using CaF₂ Solid Scintillator”, *10th International Conference on Tritium Science and Technology TRITIUM2013*, Nice(France), Aug. 21-25 (2013).
3. T. Kawano, *et al.*
“Shielding Effect on Tritium Water Monitoring System Based on CaF₂ Flow-Cell Detector”, *NUCLEAR SCIENCE AND TECHNIQUES*, **25**, S010401 (2014).
4. 河野孝央, ほか
“CaF₂フローセル検出器を用いた通水型トリチウム連続測定装置の開発と改良”, *RADIOISOTOPES* Vol.69 No.5, pp.171-175(2020).

12