



### 3. どこで使えるの？ トリチウム利用施設の紹介

## 3. Where Should We Handle Tritium? Information of Facilities and Laboratories

大塚 哲平, 波多野 雄治<sup>1)</sup>

OTSUKA Teppei and HATANO Yuji<sup>1)</sup>

近畿大学 理工学部, <sup>1)</sup>富山大学学術研究部理学系

(原稿受付: 2020年7月6日)

トリチウムを利用するうえで理解しておくべき法令について簡単にまとめ、国内の主要トリチウム実験施設である富山大学および量子科学研究開発機構、欧州および米国の実験室規模を紹介する。また、施設における共同研究利用の申請方法や、トリチウムを含む試料の購入方法について解説する。

#### Keywords:

radioisotope, tritium, facility, regulatory requirements

#### 3.1 トリチウム使用にかかる法令について理解しよう

トリチウムを利用した実験を始める際の一つのハードルは、使用にかかる法令の理解ではなかろうか。トリチウムが水素の放射性同位体元素 (Radioisotope, RI) である以上、これは避けては通れない。実際に、法令に定められた様々な制限の理解なしには、トリチウム利用実験の計画さえままならない。以下に、トリチウム使用にかかる法令の概略を述べる。

トリチウムは、放射性同位体元素等の規制に関する法律 (2019(令和元)年9月1日施行, 以下 RI 規制法) に定められた通り、その使用にあたっては放射線障害の防止や、公共の安全性の確保がなされなければならない。トリチウムから発せられる  $\beta$  線を検出することは容易であり、環境中に自然に存在するトリチウムを検出することも可能であるが、法規制を受ける放射性同位体としてのトリチウムは下限数量および濃度が存在する。RI 規制法に述べられている通り、原子力規制庁によって、トリチウムの下限数量は2000(平成十二)年科学技術庁告示第五号の放射線を放出する同位元素の数量等を定める件の別表第1に示されており、数量にして  $1 \times 10^9$  Bq (1 GBq, 2.7  $\mu$ g), 濃度にして  $1 \times 10^6$  Bq g<sup>-1</sup> (1 MBq g<sup>-1</sup>, 2.8 ppb) とされている。この下限数量および濃度以上のトリチウムを含有する化合物は、RI 施設で使用されなければならない。また、これらの下限数量以下であっても、上記の告示別表第2に定められているように空气中濃度限度や排気・排水中濃度限度は守られねばならない。このため、RI 施設以外で使用することは事実上不可能であることを強調しておきたい。詳しくは、原子力基本法、放射性同位体元素等の規制に関する法律、放射性同位体元素等による放射線障害の防止に関する

法律施行令、および放射性同位体元素等による放射線障害の防止に関する法律施行規則、および告示 (放射線を放出する同位元素の数量等を定める件) に定められているが、文献[1]の放射線主任者試験対策用テキストの [法令] に要領良くまとめられているので、トリチウム利用実験を始めようとするかたにお勧めしたい。

#### 3.2 どこでトリチウムが使えるのか

全国の多くの国公立・私立大学の理工系学部や医学部にはRIを使用することができる施設がある。トリチウムの使用にあたっては、他のRIと同様に、所属する大学、研究所および民間企業において、放射線等取扱業務従事者に登録されていなければならない。このためには各機関において、通常年度初めに実施されている新規教育訓練または継続のための再教育を所定の時間だけ受講しなければならない。各機関で従事者登録されていれば、他機関における使用の申し込みもスムーズにいくと思われる。まずは、各自の機関のRI施設の職員または放射線取扱主任者に相談していただきたい。

RI施設であれば、どこでもトリチウムが使用できるわけではない。トリチウムはそのほとんどの化学形が非密封線源に分類されるため、法令に定められた排気、排水、および貯蔵能力を有した施設および施設内の区域 (部屋) で使用されなければならない。また、トリチウムが取り扱える場合でも、一日最大使用数量、年間最大使用数量、貯蔵量には制限がある。

トリチウムなどの非密封RI線源を扱うことができる実験室は、排風機設備により、その能力によって多少の違いはあるが、部屋の空気が1時間に数回以上入れ替わる頻度で排気され新しい外気が取り込まれるようになっている。

このため、部屋の内部は大気圧に比べて負圧になっているので、ドアは外開きであり、風圧により開きにくいことがある。排風機出口には高性能フィルタが備えられており、粉塵や化学物質が吸着除去される。排風機の排風能力や、空気中のトリチウム濃度は常にモニタリングされ、施設職員によって定期的に検査され、記録されている。実験室には実験器具の洗浄ができるように流し台が備えられているところがある。排水は、大容量の貯水槽タンクにいったん貯められたあと、水中トリチウム濃度が測定され、排水前に水中トリチウム濃度が下限値（告示別表第2）を十分に下回っていることがモニタリングされ、記録されている。排気および排水中のトリチウム濃度限度は、第2章で述べたようにトリチウム含有化合物の化学系によっても異なるが、水状のトリチウムの場合は、排気する空気中濃度限度は $5 \times 10^{-3} \text{ Bq/cm}^3$ 、排液中の濃度限度は $6 \times 10^1 \text{ Bq/cm}^3$ として定められている。また、次章で詳細を述べるが、濃度限度以上の無機物、有機物や化合物については公益社団法人 日本アイソトープ協会 (<https://www.jrias.or.jp/>) に引き取ってもらい、適切に処理されなければならない。

### 3.3 施設紹介

国内外にトリチウム利用が可能な多くのRI施設が存在する。国内で特に関連設備が充実しており大量(TBqオーダー)のトリチウム取扱が可能な施設としては、量子科学技術研究開発機構(QST)のトリチウムプロセス研究棟(日本原子力研究開発機構原子力科学研究所内)および六ヶ所核融合研究所原型炉R&D棟、大阪大学レーザー科学研究所、富山大学研究推進機構水素同位体科学研究センターなどがある。六ヶ所核融合研究所原型炉R&D棟では、後述する核融合原型炉の設計に関わる共同研究が実施されている。富山大学研究推進機構水素同位体科学研究センター(図1)は、核融合科学研究所双方向型共同研究(核融合分野)および同センター一般共同研究(水素エネルギー分野および核融合以外でのトリチウム利用)の枠組みの下で共同研究を受け入れており、一般ユーザーにとっては最もアクセスしやすい施設であろう。そこでまず、同センターの概要を紹介する。

富山大学研究推進機構水素同位体科学研究センター(図1)では、元素状(HT, DT, T<sub>2</sub>)、水分子状(HTO, DTO, T<sub>2</sub>O)など、様々な化学形の低濃度から高濃度に制御されたトリチウムを利用することができる。また、電離箱、比例計数管、液体シンチレーションカウンタ、イメージングプレート、β線誘起X線測定装置、熱量計など、多様なトリチウム計測装置が整備されている。上述の共同研究は毎年12月中旬から3月末に公募がなされている([http://www.hrc.u-toyama.ac.jp/joint\\_research/](http://www.hrc.u-toyama.ac.jp/joint_research/))。実験方法が必ずしも明確に確定していない場合でも、同センター事務室を窓口として相談が受け付けられている。また、個別の要望に応じて、トリチウムの安全取扱や計測に関わる実習なども実施している。施設の概要は[2]の文献に記載されている。

量子科学技術研究開発機構六ヶ所核融合研究所(青森県

## 共同研究と社会との連携 Collaboration

富山大学内での教育・研究における共同利用、国内の大学や研究機関および国外の諸機関並びに自治体や民間企業との共同研究、さらに学術講演や公開講座を通じた社会との連携を積極的に推進しています。



図1 富山大学における共同研究体制(富山大学水素同位体科学研究センターHPより)。

六ヶ所村)は、核融合原型炉の開発を目的として原型炉設計チームを立ち上げており、国内の研究機関および大学が参画して共同研究を展開している(図2)。同研究所では、国際熱核融合実験炉ITERの政府間協議で誕生した幅広いアプローチ(BA)共同研究の一環として、欧州のトカマク型核融合実験炉JETで用いられたITER模擬壁材料のトリチウム分析実験が行われている。

欧州においては、英国のカラム核融合エネルギーセンター(CCFE)で大型トカマク装置JETにおけるITER模擬プラズマ対向壁を用いたトリチウム実験が、また第1章で述べたようにドイツのカールスルーエ工科大(KIT)ではトリチウムを用いたニュートリノの質量測定実験が進められている。フランスの原子力・代替エネルギー庁(CEA)サクレー研究所では、トリチウム標識化合物試料の製造[4]に加え、核融合装置内で発生するトリチウム含有ダストの研究がなされている[5]。加えて、英国原子力公社(UKAEA)では、CCFE内に大規模トリチウム取扱施設H3AT(Hydrogen-3 Advanced Technology Centre)の建設を計画している[6]。これらの施設における共同研究については、核融合科学研究所が取りまとめを行っているIEA PWI協定による共同研究を通じてアクセスできる可能性がある。

米国のアイダホ国立研究所(アイダホ州)では、日米科学技術協力事業核融合分野におけるトリチウム利用研究が十数年にわたって行われてきている。詳しくは第5章で紹介する。

# 原型炉設計合同特別チーム

- 原型炉総合戦略タスクフォースの方針に沿った原型炉概念の構築を目指す
- 産学協同のオールジャパン体制  
H31年1月時点でのメンバー数：105名  
(QST 32、大学 44、産業界 29)



図2 QSTにおける原型炉設計合同特別チームの取り組み[3].

## 3.4 施設におけるトリチウムを含んだ試料の購入について

第2章でも述べられているが、トリチウムは化学的には軽水素と変わらないので、水素分子(ガス)から始まり、兎にも角にも水素が結合している化合物(トリチウムトレーサー用標識化合物)まで多種多様な化学形の試料が存在する。これらのトリチウム含有試料は、日本では日本アイソトープ協会から購入することができる。購入したトリチウム含有試料は使用の許可を受けた施設でしか受け取ることができないので、必然、RI施設の職員が日本アイソトープ協会に発注することになる。トリチウムを使用したい研究者は、まず、トリチウム使用実験計画、安全対策、トリチウム含有廃棄物の化学系、量などを予め施設職員に十分に説明し、実験申請の可否およびトリチウム含有試料の使用の許可を得ておく必要がある。つぎに、施設に用途に適した既存の試料があるかどうかを確認し、なければカタログやホームページで試料を調べて、何を購入するかを決める。購入することになれば、施設の貯蔵能力、年間/一日使用限度に応じて、試料のトリチウム濃度、購入量を施設職員に報告し、管理・支払い義務者を決めなければならない。

### 参考文献

- [1] 柴田徳思 編：放射線概論，第1種放射線取扱主任者受験用テキスト，通商産業研究者，第11版(2018)，ISBN 978-4-86045-111-0.
- [2] 松山政夫，山西敏彦：プラズマ・核融合学会誌 86, 97 (2010)，波多野雄治 他：173-184.
- [3] 原型炉設計合同特別チームウェブサイト：[https://www.fusion.qst.go.jp/rokkasyo/project/reactor\\_document/download/TritiumWG\\_Introduction.pdf](https://www.fusion.qst.go.jp/rokkasyo/project/reactor_document/download/TritiumWG_Introduction.pdf)
- [4] [http://joliot.cea.fr/drf/joliot/en/Pages/research\\_entities/medicines\\_healthcare\\_technologies/scbm/lmt.aspx](http://joliot.cea.fr/drf/joliot/en/Pages/research_entities/medicines_healthcare_technologies/scbm/lmt.aspx)
- [5] C. Grisolia *et al.*, Nucl. Fusion 59, 086061 (2019).
- [6] [https://www.nuclearuniversities.ac.uk/wp-content/uploads/2018/11/Damian\\_Brennan\\_H3AT\\_NADM\\_2018.pdf](https://www.nuclearuniversities.ac.uk/wp-content/uploads/2018/11/Damian_Brennan_H3AT_NADM_2018.pdf)