

2023.5.31

京大複合原子力科学研究所

KUCA の重水について

1. 重水は照射物として扱うのか。

KUCA の設置申請書には重水は反射材として記載されておりますので、照射物としての取扱ではありません。(照射物は「炉心装荷物」の1つとして記載されている)

重水は反射材として使用するので中性子により放射化してトリチウムを生成しますが、後述の通り KUCA の運転出力は非常に低いためトリチウムの生成量はほとんど無視できると考えております。

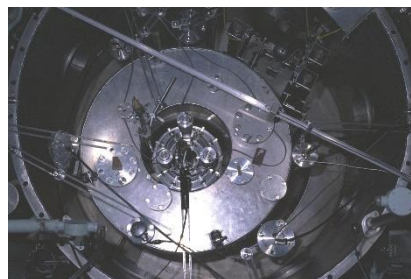
2. 保管されている重水の、炉規制法上及び保安規定上の扱い

重水は 1976 年と 1977 年に購入したもので、ノルウェー産のため国際規制物資の適用外で保障措置の対象外となります(2017 年に規制庁に確認済み)。そのため使用や所外施設への移転に際しても炉規制法上の制約はなく、計量管理上の報告等の取扱の必要はありません。

しかし保安規定には「重水の記録(別表第 29)」として「重水の相手方別の受渡数量及び受渡しの原因」、「重水の事故損失その他の損失の数量及び理由」、「重水の廃棄の数量及び方法」、「重水の在庫量」を重水保管記録に記帳することが定められており、重水の総量等の管理を行っております。

3. 未使用品と使用品による、性状の相違(放射化の有無)

KUCA で重水を用いた実験は主に 1990 年頃までに行っていたもので、ほとんどは彎曲燃料板を用いた炉心で重水タンクに入れて反射体として使用していました(右図は重水タンクの写真)。彎曲燃料板を用いた炉心の全積算出力は約 65Wh であり、それ以外に平板燃料板を用いた炉心で直方体の重水タンク(現在 KUCA に保管中)を用いて数回程度使用したことがあるので、それを含めて安全側に見積もって重水を使用した運転の全積算出力は 100Wh 程度です。



KUR では重水は KUCA と同様に反射体として用いられており、その重水中のトリチウムの生成量は $1.15 \times 10^3 \text{ Bq/cm}^3/\text{MWD}$ ($4.8 \times 10^{-5} \text{ Bq/cm}^3/\text{Wh}$) と見積もられています。KUR と KUCA は共に板状燃料を用いた軽水減速の熱中性子炉であることから重水反射体中のトリチウム生成量は大きく変わらないと考えられます。この係数を用いると KUCA の重水中

の全トリチウムの生成量は以下ようになります。

$$4.8 \times 10^{-5} \times 100 = 4.8 \times 10^{-3} \text{ (Bq/cm}^3\text{)}$$

また、トリチウムの減衰（半減期 12.3 年）を考えると KUCA の運転に伴って生成した現在のトリチウム量は 10^{-4} (Bq/cm³) のオーダーであり、6.にて述べる、KUCA の重水に元々含まれていたトリチウム量 (10^2 Bq/cm³) のオーダー) と比べて十分に低いため、KUCA で未使用の重水と反射体として使用した重水の性状の相違も無視できると考えております。

4. 保管量(未使用及び使用別)

現在の重水の在庫量は 4241 kg あり、ほとんどは使用済燃料室の地下にドラム缶（合計 22 缶）に入れて保管しております。そのうち 6 缶は未開封（封印付き）となっています。残りのドラム缶は開封済みで KUCA で重水タンクに入れて反射材として使用したのですが、具体的にどのドラム缶の重水をどの程度の炉心出力で利用したかの記録は残っておりません。

上述の通り、KUCA での使用に伴うトリチウム生成量は無視できるため、使用したものと未使用のもので性状の相違は無いと考えております。

5. 今後の使用予定

KUCA の設置申請書には、「低濃縮ウランの燃料要素を用いて軽水減速炉心を構築する場合、重水は反射材として使用しない。」と記載しておりますので当面は使用しませんが、今後、設置申請書を変更して重水を反射体に用いた炉心を構築して原子炉物理の研究目的で使用できるようにする予定です。

6. 漏洩した場合の、環境への影響と通報対象の有無等

KUR の重水タンク中の重水には大量のトリチウムが含まれております(2015 年の実測値で 3.4×10^6 (Bq/cm³))。そのため、重水が漏えいした場合には少量であってもトリチウムが空气中に拡散して大きな影響を及ぼす可能性があります。

一方、KUCA で使用した重水については、3.で述べたとおり、運転に伴って生成したトリチウムはほとんど無視することができますが、この重水については入手時より若干のトリチウムが含まれています。その詳しい経緯は判りませんが、購入先のノルウェーにおいて炉心で使用していた、もしくは炉心で使用された重水と混合された可能性はあります。1976 年の購入直後に一部の重水を取り出してトリチウムを測定したところ 0.12 (μ Ci/cm³) (4.4×10^3 (Bq/cm³)) でしたので、減衰を考えると現時点で 3.1×10^2 (Bq/cm³) となります。この値はトリチウムの周辺監視区域外の水中の濃度限度 (60 (Bq/cm³)) を超えるため、管

理区域である使用済燃料室地下に保管しています。当該施設の構造上、重水がドラム缶から流出して床面に漏えいした場合でも外部に漏えいする恐れはなく、また流出先の地下ピットに漏えい検知装置がついているため異常時の検出は可能です。さらにトリチウム濃度は非常に低いいため流失した場合の管理区域の表面密度 ($40 \text{ (Bq/cm}^2\text{)}$) を超える可能性は非常に低く、また空気中のトリチウム濃度が基準値 ($8 \times 10^{-1} \text{ (Bq/cm}^3\text{)}$) を超える可能性もほとんど無いと考えられます。

7. 今後の対応予定

現在、臨界集合体棟に KUCA で使用した重水約 100 リットルがステンレス製のドラム缶に入れて保管されており、この重水中のトリチウム濃度については今年 4 月に測定したところ $5.6 \times 10^1 \text{ (Bq/cm}^3\text{)}$ であり、周辺監視区域外の水中の濃度限度以下であることを確認しています。今後はこの重水入りドラム缶を使用済燃料室に移動し、複数のドラム缶をまとめてバンド等で縛ることにより転倒する恐れがないように処置して一緒に管理する予定で、現在行っている定期的な巡視を継続して実施して重水の保管状況を確認していきます。

(以上)

(参考資料) (規制庁へは提示しない予定)

宇根崎先生より

SF 室の図面から評価してみました。

1) SF 室内空間体積

・ 地下平面：117 m²

・ 1F 平面：238 m²

各階の高さを 10m として、総体積は 3550 m³。

面積が壁芯なのか室内なのかわからないことと、配置されている機器／設備が占めている体積を勘案して、実際の空間は総体積の 8 割と仮定すると (→かなり保守的だと思います)、実効空間体積は 2840 m³ = 2.84E+9 cm³。

2) 重水中の総トリチウム量

保守的に見積もって 3.1E+2(Bq/cm³) x 4241 (リットル：重水の密度を勘案すると実際はこれよりも少ない) = 1.31 E+9 Bq.

3) 全てのトリチウムが放出されて、室内に充満した場合の空气中濃度は

$1.31E+9 \text{ (Bq)} / 2.84E+9 \text{ (cm}^3\text{)} = 4.63 \text{ E-1 (Bq/cm}^3\text{)} < \text{基準値 } 8 \text{ E-1 (Bq/cm}^3\text{)}.$