

鳥養祐二
Yuji Torikai

茨城大学大学院理工学研究科量子線科学専攻
Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University

核融合原型炉(DEMO)におけるトリチウム放出管理のあり方について検討するため、トリチウムの規制目標の調査と検討を行った。本報告では、原型炉のトリチウム管理基準を検討し、環境トリチウムの規制目標の策定に必要な社会的背景について報告する。

トリチウムに係る法規制

水素の同位体であるトリチウムは放射性同位元素であり、それを一定量以上扱う場合は放射性同位元素等の規制に関する法律(RI規制法)により規制される。現状のRI規制法では、トリチウムは数量 1×10^9 Bq、および濃度 1×10^6 Bq/gの両方を超えた場合に規制対象となる。RI規制法では、吸入・経口摂取した場合のトリチウム水の実効線量係数が定められており、その値は 1.8×10^{-8} mSv/Bqである。トリチウムはエネルギーの非常に低い β 線を放出する核種であるため、外部被ばくは考慮する必要が無く、内部被ばくのみが問題となる。内部被ばくの場合は、預託線量という考え方で被ばく線量を計算する。預託線量は将来にわたる線量を積算して計算する方法で、大人の場合は摂取後50年間、子供は摂取後70歳までの被ばく線量をその年に受けたと見なす。その計算法は、

$$\text{預託実効線量(mSv)} = \text{実効線量係数(mSv/Bq)} \times \text{年間の核種摂取量(Bq)}$$

となる。この計算式より摂取したトリチウム水の濃度から年間の被ばく線量を計算することができる。国際放射線防護委員会(ICRP)がこの濃度未満であれば人体に問題ないとする濃度は、60,000 Bq/Lとなっている。このトリチウム濃度は、水と食品から常にトリチウムを摂取すると仮定したときに、1年間生活したときの年間被ばく線量が一般公衆の実効線量限度であ

る1 mSv未満になる濃度として定められた。この値を元に、RI施設からの排水中のトリチウムの濃度限度が 60 Bq/cm^3 と定められている。

原子力施設からのトリチウムの放出

原子炉においては、トリチウムは主にウランの三体核分裂により生成する。原子炉で発生したトリチウムは燃料である酸化ウランのペレット中に閉じ込められるが、一部は冷却水中に溶出するため、原子力発電所は恒常的にトリチウムを排出する。図に日本の主要な原子力発電所における2008年度～2012年度の隔年のトリチウムの年間の放出実績と、日本国内全ての原子力発電所からトリチウムの放出量の総計を示す。トリチウムの放出量は、発電所により異なり、 10^8 Bqオーダー(数十 $\mu\text{g-T}_2$)から 10^{14} Bqオーダー(0.5 g- T_2)までのばらつきが存在する。これは、原子炉の型と発電所に建設されている原子炉の基数に依存しており、加圧水型原子炉を採用する発電所の排出量は、沸騰水型原子炉を採用する発電所の排出量比べて多い。日本全体の原子力発電所からのトリチウムの放出実績は、年度によりばらつきはあるが、2009年度実績で 3.9×10^{14} Bq(1.1g- T_2)というように、 10^{14} Bqオーダーとなっている。ただし、2010年以降は、福島第一原子力発電所の事故の影響で運転が止まっている原子炉が多く、これ以降の放出量は減少する傾向にある。

原子力施設では、放射性核種の環境への放出は、放出の管理目標値を保安規程に定めて管理している。この管理目標値は以下の手順で決められる。

- ① 原子力施設の放射性核種の全保持量が1年間で放出すると仮定した場合や、除去処装置等の処理量から年間の最大排出量を見積もる。
- ② 放射性核種がサイト周辺の気象条件などに

- より環境中を移行するが、人体までの移行経路を見積り、公衆の被ばく線量を評価する。
- ③ 公衆の被ばく線量の評価結果が線量限度である1 mSv/年を十分に下回っていることが確認できたら、原子炉設置の許可を得る。
 - ④ 許可を受けた年間の最大放出量を元に放出の管理目標値を設定する。

この過程を経て決められた放出の管理目標値は、福島第一原子力発電所で 2.2×10^{13} Bq/年(62 mg-T₂/年)、日本原燃六ヶ所村再処理工場では、大気中へ 1.9×10^{15} Bq/年(5.3 g-T₂/年)、海洋中へ 1.8×10^{16} Bq/年(50 g-T₂/年)となっている。日本における原子力発電所からの排出実績はこれらの値よりも低く抑えており、福島第一原子力発電所の2008年の実績は管理目標値の1/10以下の 1.6×10^{12} Bq(4.5 mg-T₂)である[3-4]。そのため原子力発電所からのトリチウム放出による実際の公衆の被ばくは、公衆の被ばく限度である1mSvの1/1000の1 μSv程度である[1]。

福島第一原子力発電所事故で生じたトリチウム処理水 [2]

福島第一原子力発電所(1F)では、事故により燃料中のトリチウムの一部が環境に放出されトリチウム処理水となった。トリチウム処理水の現実的な処分法としては、処理水中から他の放射性核種を取り除いた後に、環境中のトリチウム濃度が上昇しないように管理しながら海洋放出することである。そこで、令和5年を目処に海洋放出処分を行うことが閣議決定された。海洋放出処分では、年間のトリチウムの排出量を事故前に設定されていた管理目標値の 2.2×10^{13} Bq/年(62 mg-T₂/年)未満とし、排出濃度の上限を1,500 Bq/L未満と定めている。また、他の放射性核種についても告示濃度比総和の値が1よりも遙かに小さくなるように清浄化と希釈を行って放出する予定である。この放出計画による海洋放出は、3.11以前と比べて大きく異なることはなく、問題が起きることは考えられない。しかしながら、海洋放出処分に対して社会的な支持が得られているとは言いがたい。海洋放出処分の問題点を確認すると、福島県をはじめ漁業関係者は、風評被害が問題であると言っている。この風評被害の原因を考えるに、事故を起こした組織がどんなに安全を論じても、公衆はそれに耳を傾けはしない。事故を起こした東京電力に対する信頼が、トリチウム処理水への理解と風評被害の根底にあると考えられる。

DEMOにおけるトリチウムの放出

DEMOでは燃料の循環系から外れたトリチウムは最終的にはトリチウム水処理系(WDS)で回収されるが、WDSで回収されない低濃度のトリチウム水は海洋に排出することが検討されている。海洋に放出するトリチウム量の詳細は検討中であるが、定常運転時は年間 3.6×10^{14} Bq(1 g-T₂)を十分に下回ることを想定している。この量は、原子力発電所からの実際の放出と比較しても多くはない。

今後、DEMOからのトリチウムの排出量を、定常運転時、保守時や事故時の事象について詳細に詰め、トリチウム放出シナリオを作成し、DEMOにおける放出管理目標値を検討する予定である。

最後に、1Fにおいて処理水の海洋放出が社会的に受け入れられない場合には、DEMOにおいても低濃度トリチウム水の海洋放出が難しくなる。核融合トリチウムの専門家においては、トリチウム処理水の処理が速やかに進むように協力することはDEMO成功の鍵となる。また、DEMOの実施主体は、社会からの信頼を得る努力を常に行い続ける必要がある。

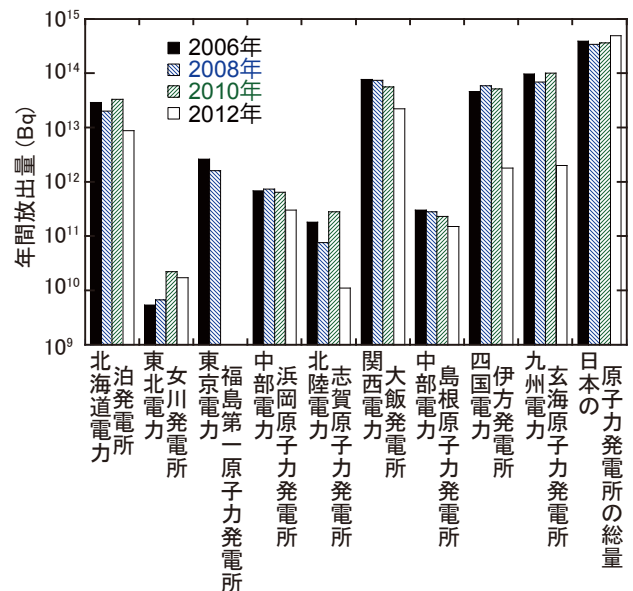


図 日本の原子力発電所からのトリチウムの海洋放出

[1] 平成 25 年度版 原子力施設運転管理年報

[2] 東電資料、タスクフォース資料