

平成 22 年 4 月 27 日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2007～2012

課題番号：19055009

研究課題名（和文） トリチウムの閉じ込めに関わる高濃度トリチウム水及び有機物の化学的現象の解明

研究課題名（英文） Studies on effect of high concentration tritiated water and organic compounds on tritium confinement

研究代表者

山西 敏彦 (YAMANISHI TOSHIHIKO)

独立行政法人日本原子力研究開発機構・核融合研究開発部門・研究主席

研究者番号：30354616

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学 核融合学

キーワード：トリチウム、水処理、材料、腐食、透過

### 1. 研究計画の概要

本研究では、核融合炉の真空容器から排出されるトリチウム (T) 閉じ込めに関わる高濃度トリチウム水及び有機物の化学的現象の解明を目的に、T 水及び有機 T の機能的閉じこめ技術に関する研究、T 水及び有機 T が物理的閉じこめ障壁に与える影響の解明、を通して、核融合炉への安全設計に資するデータベース構築を行う。

研究の具体的課題は、T 水及び有機 T 中から、環境放出レベルまで T を連続回収する、特に化学交換塔等による水処理技術開発、ステンレス等閉じ込め金属構造材への腐食、金属及び高分子への透過挙動の解明である。

### 2. 研究の進捗状況

平成19年度は、金属表面（純鉄）からの水蒸気へのトリチウム移行挙動を測定し、初期に水素として、時間の経過と共に水として移行する挙動を見出した。化学交換塔による水処理技術開発に関しては、ドイツ・カールスルーエ研究所において、大型（55 mm φ x 2 m）化学交換塔を用いたトリチウム分離実験を行いデータを得た。

平成20年度は、原型炉に必要な大量水処理が可能、ゼオライト系吸着材を用いたシステム開発の基礎研究として、吸着剤のシリカアルミナ比が、同位体分離性能及び脱水性能に与える影響を明らかにした。また「通り抜け段モデル」による化学交換塔の解析により、水-水素流下水のチャンネリングの効果が化学交換塔の分離性能に影響することを明らかにした。さらに、水-水素反応のための白金

触媒の性能を測定し、触媒の表面積率および平均滞留時間による反応効率の予測式を導出した。水素同位体透過に影響の大きい、金属表面酸化膜については、膜形成温度が高くなるに従って滞留量が増加すること、酸化膜として $Fe_2O_3$ と $FeO$ が形成しており、この化学状態が滞留挙動に大きく影響していることを示した。

平成21年度は、化学交換塔の高分子材につき、2年間にわたり高濃度硫酸に浸漬した結果、伸び率等の機械的特性に大きな変化が生じないことを明らかとした。加えて、1000kGyまでの電子線照射でも、電解膜のイオン伝導度及びOリングシールゴム材の柔軟性に大きな影響がないことを明らかにした。高濃度トリチウム水中（GBq/ccまで）における金属（ステンレス鋼）の腐食挙動の研究に関しては、防食上重要な金属表面の自然不動態化がトリチウム水によって阻害され、トリチウム濃度が高くなるほどその阻害が顕著に現れることを世界で初めて明らかにした。また軽水素とトリチウムによる化学交換塔の分離実験を実施し、高さ1 mの塔で、最大19200という非常に大きなトリチウム分離係数を実現した。有機とトリチウムの相互作用に関しては、ポリプロピレン（以下、PPとする）中のトリチウム水の透過挙動及びPPへのトリチウム水の溶解量を測定し、PP中の透過の活性化エネルギー、PPへのトリチウム水の溶解エンタルピー、拡散の活性化エネルギー等基礎データを得た。

### 3. 現在までの達成度

①当初の計画以上に進展している。

本研究成果の論文投稿及び学会発表は、平成19年度：0, 20、2008年度：17, 20、2009

年度:17,29と年々増加している。研究が年々加速されて、当初計画以上に進展していることが数字として示されている。

学術的には、研究の進展に伴い、高濃度トリチウム水の放射化学反応機構の解明等、当初計画にはなかった新たな課題に取り組むことも進めている。

本C01版は、特定領域研究の中間評価により追加資金を得たが、それは、上記研究成果が高く評価されたことに他ならない。当初の計画以上に進展していると自己評価する。

#### 4. 今後の研究の推進方策

平成22年度及び23年度において、T水の機能的閉じ込めを担う化学交換塔による水処理技術開発に関しては、これまでに得られた、電子線・ $\gamma$ 線照射実験で構築した固体高分子型電解セルの高分子材料耐放射線性データベースを元に、高分子材料を高濃度トリチウム水に長期間浸漬してデータを取得し、上記データベースと比較することで、トリチウム水の特異性の有無を検証する。化学交換塔の分離性能に関しては、解析モデルによる総合的な評価を行うと共に、核融合水処理システムへの適用を目指して、処理量を増大させるために必要な実験研究を行う。具体的には、疎水性充填物を充填したトリクルベッド型反応塔内の流れを測定し、塔径を増大させた場合にも流れが安定する条件を明らかにする。

Tが物理的閉じこめ障壁に与える影響の解明に関しては、金属材料(ステンレス鋼、低放射化フェライト鋼)、水質(トリチウム水のpH)、トリチウム水濃度等をパラメータに、トリチウム水の腐食データ(アノード分極測定)を実施する。

高分子へのトリチウム水蒸気透過研究に関しては、ポリプロピレン膜を隔てた液体の水と水の間での透過挙動の測定を行うと共に、絶縁材料として広く利用されているイミド基を持つカプトンについて水蒸気の透過挙動を測定する。これらにより、高分子とT水蒸気のデータベース構築を目指す。また、金属表面酸化膜のT透過への影響解明に関して、ステンレス及びタングステン材料表面酸化層内部における重水素の捕捉挙動に及ぼす重水素フルエンス依存性を評価し、重水素吸着・脱離挙動との関連を明らかにする。

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計5件)

- ① 山西敏彦、林巧、岩井保則、他6名, プロジェクトレビュー 核融合炉実現を目指したトリチウム研究の新展開6. トリチウム閉じ込めに関わる高濃度トリチウム水および有機物の化学的現象の解明, プラズマ・核融合学会誌, 85, 716-725, 2010, 無.
- ② Y. Iwai, A. Hiroki, T. Yamanishi, 他2名, Radiation deterioration of ion-exchange Nafion N117CS membrane, Radiation Physics and Chemistry, 83, 46-51, 2010, 有.
- ③ T. Sugiyama, M. Tanaka, Y. Asakura, 他6名, Performance tests of tritium separation by LPCE column at TLK facility, Fusion Sci. Tech., 56, 861-866, 2009, 有.
- ④ Y. Iwai, T. Yamanishi, Isotopic distribution coefficient of tritiated water adsorbed on faujasite-type zeolite, Fusion Sci. Tech., 56, 153-157, 2009, 有.
- ⑤ K. Isobe, H. Nakamura, T. Hayashi, 他3名, Observation of tritium distribution in iron oxide with tritium micro autoradiography, Fusion Sci. Tech., 54, 454-457, 2008, 有.

[学会発表] (計2件)

- ① M. Oyaidzu, K. Isobe, T. Yamanishi, 他2名, Permeation behavior of tritium through F82H stainless steel, 14th international Conference on Fusion Reactor Materials, September 6-11, 2009, Sapporo, Japan.
- ② M. Oyaidzu, T. Yamanishi, Preliminary study of electrochemical corrosion behavior of F82H, Fourth International workshop on Tritium-Materials Interactions, 14-15 September, 2009, Toyama, Japan

[図書] (計0件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計0件)
- 取得状況 (計0件)

[その他]