

高温高压水からのインコネル壁を介した水素同位体透過

Hydrogen isotope permeation from high-temperature high-pressure water through Inconel

*松本 拓¹, 片山 一成¹, 一本杉 旭人¹, 岩田 将吾¹, 大宅 諒¹, 染谷 洋二²

¹九州大学, ²量研機構

インコネル管を介して、約 300℃、約 14MPa の条件下でトリチウム水から軽水に移行するトリチウム量を測定した。得られた結果に基づき、トリチウム移行速度を評価するとともに、高温高压水 - 金属間での水素同位体物質移動について議論した。

キーワード：トリチウム、透過係数、高温高压水、インコネル、同位体効果

1. 緒言

ブランケットから発電系へのトリチウム透過量の評価は、DT 核融合炉の安全性評価やトリチウム回収システムの設計において重要な課題である。我が国では原型炉の一次冷却材及び二次冷却材に加圧水を使用することを想定している。しかし、熱交換器における加圧水から加圧水へのトリチウム透過に関する実験データ^[1]は十分ではなく、物質移動現象についても明らかにされていない。そこで本研究では、熱交換器材料であるインコネルを介した、高温高压水からの水素同位体透過挙動を調べた。

2. 実験

九州大学アイソトープ総合センター内にて、トリチウム透過実験装置を構築した。装置は二重管構造になっており、内側の片端封止を施したインコネル 600 管 ($\phi 6.35 \times t 0.5 \times l 400$ mm) に約 0.1MBq/cc のトリチウム水を注入し、外側の SS316 管に蒸留水を注入し、両側をヘリウムガスで加圧した。ヘリウムガスと 300 °C の飽和蒸気圧の合計が約 15MPa になる状態を断続的に維持した。透過トリチウム濃度は、定期的にサンプリングした透過二次側の蒸留水を液体シンチレーションカウンターで計測することで定量した。実験終了後に、インコネル管の SEM-EDX 観察による表面酸化状態を調べた。

3. 結果及び考察

加熱開始約 17 日後に二次側へのトリチウム透過を検出した。透過挙動の把握のため、気相間での透過係数の文献値^[1-3]を用いて計算した透過フラックスと実験で得られた値を Fig.1 で比較した。実験で得られた透過フラックスは、同じ温度での文献値より求められた値と比較して約 5 桁小さかった。実験終了後に透過一次側気相中のトリチウム化学形を調べたところ、HTO に加えて HT が検出された。このことから、透過一次側インコネル表面における、HTO の還元反応による酸化膜形成と HT 発生が示唆された。また、透過実験後にインコネル管表面を SEM で観察したところ、内側表面には微小な粒子が堆積したような不均一で粗い層の形成が見られた。一方、外側表面には、粗い層に加えて結晶性粒子の析出が見られた。インコネルの水中での酸化反応に関する知見^[4-6]より、インコネルの主成分である Ni が $\text{Ni}(\text{OH})_2$ となる過程で、トリチウム水を還元したこと、SS316 の Fe 原子が Fe_3O_4 として析出したことが推察できる。

透過二次側への軽水素の透過を調べるため、同様の軽水素透過実験装置を構築中である。透過一次側を軽水で満たし、透過二次側をアルゴンガスでパージし、透過軽水素をガスクロマトグラフで計測することで定量する。本発表では、トリチウム実験の結果に加えて、軽水素実験の結果を報告し、高温高压水 - 金属界面での物質移動現象について議論をする。

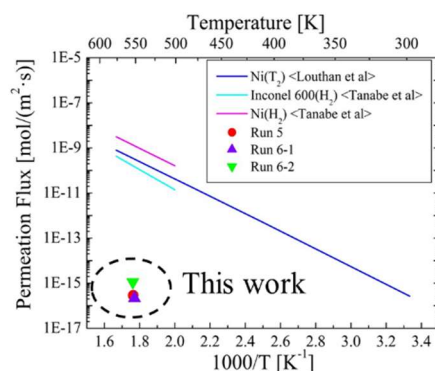


Fig.1 気相間と液相間における透過フラックスの比較

参考文献

- [1] S. A. Steward: UCRL-53441 ON: DE84007362, (1983).
- [2] M. R. Louthan, Jr., R. G. Derrick, Sci. Metall., 10 (1976), 53.
- [3] T. Tanabe, Y. Yamanishi et al., J. Nucl. Mater., 122-123 (1984), 1568-1572.
- [4] N.S. McIntyre, et al., J. Electrochem. Soc., 126 (1979) 750-760.
- [5] J.B. Ferguson, et al., Metall. Mater. Trans. A, 37A (2006) 2471-2479.
- [6] D.H. Lister, et al., Corros. Sci., 27 (1987) 113-140.

*Taku Matsumoto¹, Kazunari Katayama¹, Akito Ipponsugi¹, Shogo Iwata¹, Makoto Oya¹ and Yoji Someyama²

¹Kyushu Univ., ²QST