

超臨界 CO₂ とステンレス鋼界面での物質移動に関する研究

Study on mass transfer at interface between supercritical CO₂ and stainless steel

*片山 一成¹, 久保 海斗¹, 高橋 勇斗¹, 大宅 諒¹, 芦川 直子^{2,3}, 田中 照也², 相良明男², 石山 新太郎⁴, 近田 拓未⁵, 中村 博文⁶, 八木 重郎⁷, 田口 明⁸, 鳥養 祐二⁹, 江原 真司¹⁰
¹九大, ²核融合研, ³総研大, ⁴弘前大, ⁵静大, ⁶量研機構, ⁷京大, ⁸富山大, ⁹茨城大, ¹⁰東北大

トリチウムの使用が可能な超臨界 CO₂ 曝露実験装置を作製した。SS304 製高压容器内に CO₂ ガスを密封し、250°C から 450°C まで 50°C ずつ段階昇温した。各温度にてガスの一部を放出し、ガスクロマトグラフで気相成分を測定したところ、CO、H₂、CH₄ が検出された。

キーワード：超臨界二酸化炭素、二次冷却系、トリチウム

1. 緒言

超臨界 CO₂ (sCO₂) ガスタービンシステムは、コンパクトで高い発電効率の発電システムとして開発されており、ヘリカル型核融合原型炉 FFHR-d1 では、熔融塩 Flinabe ブランケット / sCO₂ の、水を用いない発電システムが採用されている^[1,2]。しかし熱交換器での微量トリチウム移行が予想されるので、sCO₂ 環境下でのトリチウム挙動の理解が必要である。本研究では、トリチウム使用が可能な sCO₂ 曝露実験装置を九州大学アイソトープ総合センター内に作製し、加圧 CO₂ ガスの加熱により生成される気相成分を調べた。

2. 実験内容

図 1 に装置概略図を示す。真空置換型グローブボックス内に設置したステンレス鋼 (SS304) 製の直管 (外径 42.7mm, 厚み 3.6mm, 長さ 350mm, 内容積約 346 cm³) に CO₂ ガスを導入して密封し、電気炉を用いて昇温することで sCO₂ (超臨界条件：温度 31.1°C 以上, 圧力 7.38MPa 以上) を生成するしくみである。設計温度は 500°C、設計圧力は 11MPa である。温度は高压容器内部の中央に挿入した熱電対で制御する。

本研究では 4 回の加熱実験を行った。高压容器に CO₂ ガスを封入し、250°C から 450°C まで 50°C ずつ段階的に昇温し、各温度で 30 分および 90 分保持した後、ガスの一部を放出して、ガスクロマトグラフ (1, 2 回目) あるいは水分計 (3, 4 回目) で気相成分を分析した。1, 3 回目の実験では適宜ガスを排出することで超臨界圧以下となるように調整し、2, 4 回目ではできるだけガスを排出せず、臨界圧以上を維持した。

3. 結果及び考察

1, 2 回目の測定結果から、350°C 以上では CO, H₂, CH₄ が顕著に検出され、温度の上昇とともに濃度が増加する傾向が見られた。また 30 分保持よりも 90 分保持の方が濃度は高かった。1 回目と比べて、2 回目の方が成分とも濃度が低かった。図 2 に 1, 2 回目の 400°C で 90 分保持後の測定結果を示す。加熱 3, 4 回目の水分計による測定では、水分濃度は 20~30ppm 程度で温度、圧力による変化はみられなかった。熱力学的平衡状態では、観測された CO 濃度よりも高くなることから、2 回目の実験で CO 濃度が低下したのは、SS 表面での生成速度が低下したためと考えられる。H₂ は SS に溶存していた水素の加熱による脱離、CH₄ は CO 形成に伴い生じた炭素と脱離水素との反応によるものと考えている。

参考文献

- [1] A. Sagara et al., Fusion Sci. Technol., 68 (2015) 303-307.
 [2] S. Ishiyama et al., Fusion Sci. Technol., 75 (2019) 862-872.

謝辞 本研究は核融合科学研究所 LHD 計画共同研究 (NIFS17K0BF037) の支援のもとに実施された。

*Kazunari Katayama¹, Kaito Kubo¹, Yuto Takahashi¹, Makoto Oya¹, Naoko Ashikawa^{2,3}, Teruya Tanaka², Akio Sagara², Shintaro Ishiyama⁴, Takumi Chikada⁵, Hirofumi Nakamura⁶, Juro Yagi⁷, Akira Taguchi⁸, Yuji Torikai⁹, Shinji Ebara¹⁰

¹Kyushu Univ., ²NIFS, ³SOKENDAI, ⁴Hirosaki Univ., ⁵Shizuoka Univ., ⁶QST, ⁷Kyoto Univ., ⁸Univ. of Toyama, ⁹Ibaraki Univ., ¹⁰Tohoku Univ.

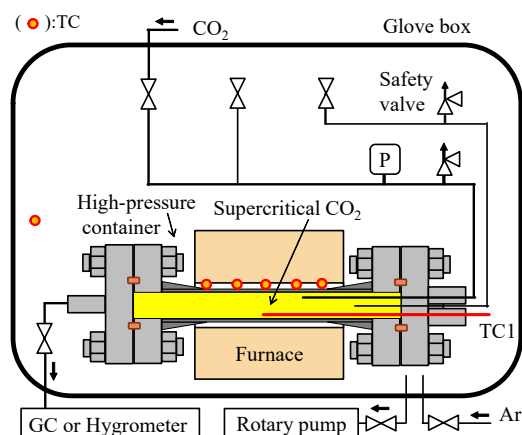


図 1 超臨界 CO₂ 曝露実験装置の概略図

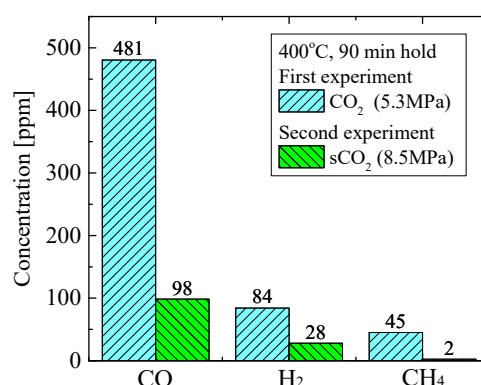


図 2 CO₂ 中に生成された気相成分濃度