

研究種目：特定領域研究
研究期間：2007～2011
課題番号：19055005
研究課題名（和文）核融合炉のトリチウム蓄積・排出評価のための理論およびシミュレーションコードの開発
研究課題名（英文）Theory and code development for evaluation of tritium retention and exhaust in fusion reactor
研究代表者
大宅 薫 (OHYA KAORU)
徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・教授
研究者番号：10108855

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：核融合、トリチウム、プラズマ壁相互作用、周辺プラズマ、シミュレーション

1. 研究計画の概要

国内研究機関および大学の研究者が個人ベースで開発してきたプラズマ・壁相互作用とダイバータ・境界層プラズマを取り扱う先進的なシミュレーションコードを統合し、基礎実験データに基づくシミュレーションモデルの評価および実機実験データ解析によるシミュレーションコードの評価と性能向上を計りながら、トリチウムの炉内蓄積量と炉外への排出速度とを定量評価できるシミュレーションコードを開発する。これによって、本領域の目的であるトリチウムの安全性を確保し、経済的に成立する核融合炉の燃料システムの構築に貢献する。

2. 研究の進捗状況

本特定領域発足後いち早く、関連コードを開発している国内外の研究者による連携研究を立ち上げ、コード間ベンチマークによる素過程モデルの評価、実機実験データ解析によるコードの総合評価と性能向上、時間・空間発展および自己無撞着な炉内トリチウム蓄積評価のためのコードの結合と総合化、さらに必要な素過程データベースの構築を進めた。

(1) プラズマ・壁相互作用コード EDDY (徳島大) で炭素壁ダイバータのトリチウム蓄積評価を行うとともに、タイルギャップ、再堆積層、材料混合層での蓄積や、プラズマ中に飛散するダスト粒子の挙動 (核融合研) など核融合炉実環境を想定したコード開発に成功した。

(2) 炉内プラズマ対向壁のトリチウム蓄

積・放出挙動に関する研究 (核融合研、岡山理科大、同志社大) も着実に進展し、トリチウム・材料相互作用のマイクロ現象のシミュレーションから、実機複雑環境下の炉壁のトリチウム蓄積・放出挙動のマクロ現象が予測可能となった。

(3) 炭素ダイバータとタングステンダイバータを想定したダイバータプラズマ総合コード SONIC (原子力機構) とプラズマ不純物輸送コード IMPGYRO (慶應大) への EDDY コードの結合が完了し、統合シミュレーションコード開発もほぼ見通しを得た。

3. 現在までの達成度

当初の計画以上に進展している。

(理由)

(1) ダイバータ近傍のシミュレーションから炉壁とコアプラズマも含む巨視的なシミュレーションも可能となり、国産技術による総合コード開発の見通しを得た。

(2) モデリング手法の開発や新たな物理現象の発見などの学術的な成果を核融合の主たる国際会議や著名な学術論文誌に多数発表し、国際会議等で活躍する若手研究者も原子力機構、核融合研、名古屋大、慶應大、徳島大等で育っており、国内外のコード開発者の有機的連携による効果は大きい。

(3) 平成21年度実施された領域の中間評価に関わる意見 (炉内のトリチウムの除去・回収についての研究を進めることを強く期待する) に迅速に対応して、水素同位体除去に関わる物理過程をシミュレートするコー

ド開発にも成功し、炉壁中の水素同位体挙動の解析と除去・回収に係る研究を進めた。

4. 今後の研究の推進方策

(1) これまで開発した統合シミュレーションコードを用いて、JT60U や LHD 等の国内核融合装置および海外の主要大型装置の実験データ解析を進め、コードを評価しモデルを改良して ITER 等の炉内トリチウム蓄積量の評価精度の向上を図る。

(2) A01 班がこれまで基礎実験等で蓄積した膨大なデータから詳細モデルを構築し、プラズマ対向材料のトリチウム蓄積と放出挙動の評価精度向上を図り、精度の高いトリチウム蓄積・放出評価を目指す統合シミュレーションコードへフィードバックする。

(3) A01 班が進める水素同位体除去法開発と連携し、除去に関わる物理過程を明らかにする。トリチウム除去量の評価は、トリチウムの回収・増殖、閉じ込めを扱う B 班や C 班との連携研究へと繋げる。これによって、本研究領域の設定目的である安全性と経済性の両面から整合性を確保したトリチウムシステムの設計に貢献する。

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 109 編)

① K. Ohya, Y. Kikuhara, K. Inai, A. Kirschner, D. Borodin, A. Ito, H. Nakamura, T. Tanabe, Simulation of hydrocarbon reflection from carbon and tungsten surfaces and its impact on codeposition patterns on plasma facing components, Journal of Nuclear Materials, Vol. 390-391, pp. 72-75, 2009, 査読有.

② Y. Tomita, G. Kawamura, R. Smirnov, T. Takizuka, D. Tskhakaya, Release conditions of dust particle from plasma-facing wall in oblique magnetic field, Journal of Nuclear Materials, Vol. 390-391, pp. 164-167, 2009, 査読有.

③ M. Toma, K. Hoshino, K. Inai, M. Furubayashi, A. Hatayama, K. Ohya, Coupled IMPGYRO-EDDY simulation of tungsten impurity transport in tokamak geometry, Journal of Nuclear Materials, Vol. 390-391, pp. 207-210, 2009, 査読有.

④ D. Kato, T. Kenmotsu, K. Ohya, T. Tanabe, Excited state distribution of reflected hydrogen atoms at metal surfaces - Development of theoretical models -,

Journal of Nuclear Materials, Vol. 390-391, pp. 498-501, 2009, 査読有.

⑤ T. Ono, T. Kenmotsu, T. Muramoto, T. Kawamura, Calculation of deuterium retention and reflection from a tungsten material under D+ ions irradiation with ACAT-DIFFUSE code, Journal of Nuclear Materials, Vol. 390-391, pp. 713-716, 2009, 査読有.

他 104 編

[学会発表] (計 237 件)

① K. Ohya, K. Inai, A. Ito, G. Kawamura, A. Kirschner, H. Nakamura, Y. Tomita, T. Tanabe, Integrated numerical simulations and modeling of erosion and deposition on plasma facing walls, ITER Summer School 2009 - Plasma Surface Interaction in Controlled Fusion Devices-, Aix en Provence(France), June 22-26, 2009, 招待講演.

② T. Takizuka, Modeling and simulation on SOL-divertor plasmas, ITER Summer School 2009 - Plasma Surface Interaction in Controlled Fusion Devices-, Aix en Provence(France), June 22-26, 2009, 招待講演.

③ A. Ito, Y. Wang, S. Irle, K. Morokuma, H. Nakamura, Molecular Dynamics Simulation of Chemical Sputtering of Hydrogen Atom on Layer Structured Graphite, 22nd IAEA Fusion Energy Conference, Geneva (Switzerland), October 13-18, 2008, 口頭発表.

④ K. Shimizu, T. Takizuka, K. Ohya, K. Inai, T. Nakano, A. Takayama, H. Kawashima, K. Hoshino, Kinetic Modelling of Impurity Transport in Detached Plasma for Integrated Divertor Simulation with SONIC (SOLDOR/NEUT2D/IMPMC/EDDY), 22nd IAEA Fusion Energy Conference, Geneva (Switzerland), October 13-18, 2008, 口頭発表.

他 233 件

[図書] (計 3 件)

① K. Ohya, T. Ishitani, Imaging using electrons and ion beams, Focused Ion Beam Systems: Basics and Applications, ed. N. Yao, Chap.4, pp. 87-125, 2007.

② T. Ono, T. Kenmotsu, T. Muramoto, Simulation of the Sputtering Process, Reactive Sputter Deposition, eds. D. Depla and M. Mahieu, Chap.1, pp.1-42, 2008.

③ 剣持貴弘, 他, トポロジーデザイン (新しい幾何学からはじめる物質・材料設計), エヌ・ディー・エス, 2009.