

科学的研究費補助金研究成果報告書

平成25年 4月 23日現在

機関番号：17102

研究種目：特定領域研究 総括班

研究期間：2007～2011

課題番号：19055008

研究課題名（和文）核融合炉実現を目指したトリチウム研究の新展開

研究課題名（英文）Tritium Science and Technology for Fusion Reactor

研究代表者

田辺 哲朗 (TANABE TETSUO)

九州大学・大学院総合理工学研究院・教授

研究者番号：00029331

研究成果の概要（和文）：

各計画研究班の研究成果を総括すると共に、様々な研究会や国際的な会合等を開催し、成果の取りまとめ、また総合化をはかると同時に成果についての評価も行うことにより、目標とする安全かつ経済的なトリチウム燃料システムの設計を視野に、必要な研究課題あるいは取得すべきデータ等を各研究班に提示し、研究のフィードバックを行った。

特に核融合研と共催したトリチウム科学技術国際会議は、世界各国の参加者から賞賛されただけでなく、本領域から2件招待講演および多数の発表をおこない、領域の活動に高い評価を得た。これらの情報はすべて本領域のホームページに掲載、常時 up date しながら、本領域で得られている情報の発信に努めた。若手の育成にも大いに貢献しており、本領域から、7名が、常勤研究者として核融合科学研究所や、大学、日本原子力研究開発機構にて同じような分野で採用されるに至った。

研究成果の概要（英文）：

“Sokatsu-han (Organizing committee)” organized open symposiums 8 times on Tritium Science and Technology for Fusion Reactor including 9th international conference on Tritium Science and Technology to present research results from 6 research projects and also to have public activity. Summaries of all symposiums were published in news-letters and published in the web site. Evaluation of research results were also made in every year and necessary recommendation and revision were given to each research group. Summary on the research results of the all groups were prepared and published in the web site in every year. Encouraging and promotion of young scientists were successfully done and doctor course students have been employed in various institutes and universities.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	5,900,000	0	5,900,000
2008年度	6,900,000	0	6,900,000
2009年度	6,100,000	0	6,100,000
2010年度	6,300,000	0	6,300,000
2011年度	7,100,000	0	7,100,000
総計	32,300,000	0	32,300,000

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、核融合炉、水素同位体、ブランケット、安全性

1. 研究開始当初の背景

核融合炉を実現する上で、安全な燃料（トリチウム）サイクルを構築することは、プラズマ閉じこめと並び立つ2本柱のひとつである。核融合炉では放射性同位元素であるトリチウム(T)を大量に取扱う必要があるにもかかわらず、放射能的にクリーンであると強調されすぎているきらいがある。核融合炉燃料として使用されるTは、平均約13 keVのβ電子を放出して³Heになる放射性同位元素であり、またDT反応で発生する中性子が材料を放射化するため、十分な放射線管理のもとで放射性安全性を確保して運転される必要がある。エネルギー発生装置としての実用核融合炉は、経済的に見合うものであると同時に、安全性の観点から社会的にも受容されるものでなければならない。Tと重水素(D)との核融合反応(DT反応)によりエネルギーを取り出す核融合炉を実現するためには、Tが放射性である故に、その放射性安全を確保しかつ経済的な核融合炉燃料システムを構築することが必要である。

2. 研究の目的

DT核融合炉を経済的に成立させるためTを含んだすべての水素同位体(H,D,T)に関連する様々な学問的分野を背景としている研究者を組織化し、Tが放射性である故に、その放射性安全を確保した上で経済的にも成立する核融合炉燃料システムを構築すること、即ち(1)炉内へのDとTの導入量を、核融合反応を継続するために制御しつつ供給すること、(2)それらを排気回収しTを分離・再利用すること、(3)ブランケットによりTを増殖回収、利用すること、さらに(4)安全なシステムの構築あるいは制御を可能にするための計測技術を開発すること、である。同時にTに関する正しい理解に基づいた新しいトリチウム科学ともいふべき学問分野を打ち立てるとともに、Tに対する正しい理解を社会に広めようとするものである。

3. 研究の方法

総括班では、各研究班の研究成果を総括すると共に、研究会、シンポジウム、国際会議等を開催し、成果の取りまとめ、また総合化をはかる。この際、各研究班の成果についての評価も行う。目標とする安全かつ経済的なトリチウム燃料システムの設計を視野に、必要な研究課題あるいは取得すべきデータ等を各研究班に提示し、研究のフィードバックを行う。また、核融合炉の社会受容性を高めるための啓蒙活動も行う。

学問としてトリチウム科学を完成させるた

め、教科書の編纂を行う。これらを実現するため、長期計画(含む公募研究計画)の策定と目標の明確化をはかると同時に評価者による研究計画及び進捗状況レビュー体制を確立する。

具体的には下記を実行する。

- ① ホームページの作成 更新、保守、充実
- ② 年間2~3回程度の総括班会議の開催
- ③ トリチウム国際会議等、本研究分野に深く関わる主要な国際会議で領域の成果報告を行うと共に、情報収集を行う。
- ④ トリチウムに関わる重要な横断的テーマについて、計画研究のグループの枠組みを超えて、ワークショップや研究会を開催し、集中的な議論を行う。
- ⑤ 年度末には進捗状況報告会を開催し報告書を作成する。

さらに随時、研究班の進捗状況を、適切にモニターし、指導と助言、総合調整を行う。一方得られた成果は随時国内外の委員会、学会、国際会議等で発表する。

4. 研究成果

各計画研究班の研究成果を総括すると共に、以下の会合等を開催し、成果の取りまとめ、また総合化をはかると同時に成果についての評価も行い、目標とする安全かつ経済的なトリチウム燃料システムの設計を視野に、必要な研究課題あるいは取得すべきデータ等を各研究班に提示し、研究のフィードバックを行った。

具体的な成果として

- (1) 日本原子力学会、プラズマ核融合学会、核融合エネルギー連合講演会等において、成果の公表を行うとともに、シンポジウム等を積極的に実施した。
- (2) 期間中5回のトリチウム関連合同研究会を共催し、本領域の研究者だけでなく、トリチウム生物影響など、日本のトリチウム関連の研究者との連携を深めた。
- (3) 第9回トリチウム科学技術国際会議(10月24-29日(於 奈良新公会堂))を核融合研と共催した。
- (4) トリチウム科学技術国際会議やプラズマ壁相互作用国際会議等、本領域に深く関わる国際会議等で招待講演をうけるなど、領域の成果の広報を行った。
- (5) 若手育成のため、若手研究発表・交流会を開催した。

その他、成果報告会を含め7回の公開シンポジウムを開催し、研究班の実験計画および成果発表、知識の共有化、情報の公開をはかるとともに、総括班としてA01, A02, B01, B02, C01, C02各班の研究活動を掌握し、研究に対する方向づけ、評価を行った。

特に核融合研と共催したトリチウム科学技術国際会議は、世界各国の参加者から賞賛されただけでなく、本領域から2件招待講演および多数の発表をおこない、領域の活動に高い評価を得た。これらの情報はすべて本領域のホームページ <http://tritium.nifs.ac.jp/> に掲載、常時アップデートしながら、本領域で得られている情報の発信に努めた。また来年度に全体の成果をとりまとめるだけでなく、トリチウムに関する啓蒙書、および教科書の発行を目指して準備を進めている。

若手の育成にも大いに貢献しており、本領域から、7名が、常勤研究者として核融合科学研究所や、大学、日本原子力研究開発機構にて同じような分野で採用されるに至った。

5. 主な発表論文等

(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 13 件)

- ① T. Tanabe, Tritium fuel cycle in ITER and DEMO: Issues in handling large amount of fuel, Journal of Nuclear Materials, 査読有, in press <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnucmat.2013.01.284>
- ② T. Tanabe, Tritium issues to be solved for establishment of a fusion reactor, Fusion Engineering and Design, Fusion Engineering and Design, 査読有, Vol. 87, 2012, 722-727
- ③ 西川正史, 片山一成, プラズマ核融合学会誌, 査読無, Vol. 87, 2011, 505-511.
- ④ H. Matsuura, S. Kouchi, H. Nakaya, T. Yasumoto, Y. Nakao, S. Shimakawa, M. Goto, S. Nakagawa, M. Nishikawa, Performance of high-temperature gas-cooled reactor as a tritium production device for fusion reactors, Nuclear Engineering and Design, 査読有 Vol. 243, 2012, 95-101
- ⑤ M. Nishikawa, Tritium Breeding Ratio Required to Keep Tritium Balance in a D-T Fusion Reactor, Fusion Science and Technology, 査読有 Vol. 60, 2011, 1071-1076
- ⑥ M. Nishikawa, Tritium Balance in a D-T Fusion Reactor, Fusion Science and Technology, 査読有 Vol. 59, 2011, 350-362
- ⑦ T. Tanabe, K. Masaki, Y. Gotoh, K. Sugiyama, Y. Hirohata, K. Sibahara, Y. Oya, T. Hayashi, T. Arai, N. Miya, Review of retention of hydrogen isotopes (H, D, T) and carbon erosion/deposition in JT-60U, Atomic and Plasma-Material Interaction Data for Fusion 査読有, Vol. 15, 2011, 101-123
- ⑧ T. Tanabe, Tritium Handling Issues in Fusion Reactor Materials, Journal of Nuclear Materials, 査読有, Vol. 417, 2011, 545-550
- ⑨ M. Nishikawa, Tritium balance in a D-T fusion reactor, Fusion Science and Technology, 査読有, Vol. 59, 2010, 350-362
- ⑩ M. Nishikawa, T. Tanabe, Study on the fuel balance of a DT reactor, Proc. 3rd ITER International Summer School, 査読無, 2010, 987-991
- ⑪ M. Nishikawa, Study on Tritium Balance in a D-T Fusion Reactor Fusion Science and Technology, 査読有, Vol. 57, 2009, 120-128
- ⑫ T. Tanabe, K. Masaki, K. Sugiyama, Overview of recent erosion-deposition and hydrogen retention studies in JT-60U, Physica Scripta, 査読有, Vol. T138, 2009, 14006
- ⑬ 田辺哲朗, 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」, 1. 領域設置の目的と進め方, プラズマ・核融合学会誌, 査読無 Vol. 85, 2009, 680-683.
- ⑭ C. H. Skinner, V. Kh. Alimov, et al. T. Tanabe, Recent advances on hydrogen retention in ITER's Plasma-facing materials: Beryllium, Carbon and Tungsten, Fusion Science and Technology, 査読有, Vol. 54, 2008, 891-945
- ⑮ 田辺哲朗, 核融合炉実現を目指したトリチウム研究の新展開— 文科省科研費特定領域「核融合トリチウム」の紹介, 日本原子力学会誌, 査読無, Vol. 50, 2008, 716-720

[学会発表] (計 20 件)

- ① T. Tanabe, Revisiting carbon materials as plasma facing materials of a fusion reactor, 11th International Workshop on Hydrogen Isotopes in Fusion Reactor Materials, May 29 - 31, 2012
- ② T. Tanabe, Fuel cycle in ITER and DEMO, 20th Inter. Conf. Plasma Surface Interactions in Controlled Fusion Devices, May 21-25, 2012
- ③ T. Tanabe, Tritium issues relating to safety and economical aspects, Conference on Laser Inertial Fusion Energy (CLIFE 2012), April 25-27, 2012
- ④ 田辺哲朗, 核融合燃料としてのトリチウムの経済性と安全性に関わる理工学課題、

- 第9回核融合エネルギー連合講演会
2012年
- ⑤ M. Nishikawa, H. Yamasaki, H. Kashimura, S. Matsuda, Tritium trapped to re-deposition layer and tritium balance in a D-T fusion reactor, 15th Intern. Conf. on Fusion Reactor Materials, USA, Oct. 16-22. 2011.
- ⑥ M. Nishikawa, Overall burning efficiency of tritium and tritium balance in a D-T fusion reactor, 21st Intern. Toki Conf., Nov. 28 – Dec. 1, 2011.
- ⑦ T. Tanabe, Summary of the recent Japanese research on Tritium Science and Technology for Fusion Reactor, 21st Intern. Toki Conf., Nov. 28 – Dec. 1, 2011.
- ⑧ T. Tanabe, Tritium issues to be solved for establishment of a fusion reactor. 10th Intern. Symp. on Fusion Nuclear Technology, Sep. 11-16, 2011, Portland, Oregon, USA.
- ⑨ 田辺哲朗, Isotope effects in hydrogen recycling、(燃料リサイクルにおける水素同位体効果), プラズマ核融合学会 Plasma 2011, 2012年12月5-9日.
- ⑩ 田辺哲朗, Reminiscence of PWI studies performed under international co-operations and suggestions for future works. (国際協力によるPWI研究) プラズマ核融合学会, Plasma 2011, 2011年12月5-9日.
- ⑪ T. Tanabe, Hydrogen behavior at practical surface, IUUSTA Workshop Program-2010, WS-63, Sep. 14-19, 2010, Avila, Spain
- ⑫ 田辺哲朗, 核融合炉におけるトリチウム燃焼の経済性, 3. 炉内への蓄積率について, プラズマ・核融合学会第27回年会 2010年11月30-12月3日.
- ⑬ 田辺哲朗, トリチウム燃料サイクルの安全性と経済性, 核融合連合講演会平成20年6月10-11日.
- ⑭ 田辺哲朗, 核融合炉における燃料の給排バランスと炉内蓄積, 日本原子力学会 2009年春年会3月23-25日.
- ⑮ 田辺哲朗, 核融合炉燃料システムにおけるトリチウム透過量評価と透過防止技術の新展開-(1) 水素透過の抑制・侵入抑制(障壁)、拡散抑制、溶解抑制 それぞれの得失について-, 日本原子力学会 2009年秋9月16-18日
- ⑯ T. Tanabe, K. Masaki and K. Sugiyama, Overview of recent erosion-deposition and hydrogen retention studies in JT-60U, 12th Intern. Workshop on Plasma-Facing Materials and Components for Fusion Applications, May 11-14, 2009, Juelich, Germany
- ⑰ T. Tanabe, Tritium Handling Issues in Fusion Reactor Materials, 14th Intern. Conf. on Fusion Reactor Materials, Sep. 6-11, Sapporo, Japan
- ⑱ M. Nishikawa, T. Tanabe, On the Fuel Balance of a DT reactor, 19th Intern. Sympos. Fusion Nuclear Technology, Dailan, China, October 11-16, 2009
- ⑲ 田辺哲朗, タイルギャップへの炭素再堆積と水素の蓄積について, 日本原子力学会 2008年春年会3月26-28日
- ⑳ 田辺哲朗, 朝倉大和, 核融合炉実現を目指したトリチウム研究の新展開, 核融合連合講演会, 2008年6月19-21日
- 21 田辺哲朗, ITERのトリチウムインベントリ-評価について, 日本原子力学会 2008年秋年会9月4-6日.
- 22 田辺哲朗, 核融合炉におけるトリチウム計量管理の問題点, プラズマ核融合学会, 平成20年12月2-5日.
- 23 T. Tanabe, M. Yoshida, Y. Nobuta, T. Hayashi, K. Masaki, M. Sato, On the enhancement of hydrogen retention owing to energetic hydrogen implantation at eroded area of the first wall, 8th International workshop on Hydrogen Isotopes, Salamanca, Spain June 2-3.
- 24 T. Tanabe, Hydrogen retention in the first wall tiles of JT-60U, International Congress on Plasma Physics, 2008, Fukuoka, Japan, Sep. 8-12, 2008.
- [その他]
ホームページ等
<http://tritium.nifs.ac.jp/>
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
田辺 哲朗 (TANABE TETSUO)
九州大学・大学院総合理工学研究院・教授
研究者番号: 00029331
- (2) 研究分担者
上田 良夫 (UEDA YOSHIO)
大阪大学大学院・工学研究科研究院・教授
研究者番号: 30193816
深田 智 (FUAKDA SATORU)
九州大学・総合理工学研究院・教授
研究者番号: 50117230
山西 敏彦 (YAMANISHI TOSHIHIKO)
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
西川 政史 (NISHIKAWA MASABUMI)
九州大学・大学院総合理工学研究院・名誉教授
研究者番号: 90026229
山本 一良 (YAMAMOTO ICHIRO)

名古屋大学大学院・工学研究科・マテリアル理工学専攻・教授

研究者番号：50023320

田中 知 (TANAKA SATORU)

東京大学大学院・工学研究科・教授

朝倉 大和 (ASAKURA YAMATO)

研究者番号：00342642

(3)連携研究者

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

寺井 隆幸 (TERAI TAKAYUKI)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：90175472

波多野 雄二 (HATANO YUJI)

富山大学・水素同位体科学研究センター・教授

研究者番号：80218487