

科学研究費補助金 特定領域研究

「核融合炉実現を目指したトリチウム研究の新展開」

領域番号 476

(領域設定期間)

平成19年度 ～ 平成23年度

平成22年度報告書

平成23年6月

領域代表者

九州大学大学院・総合理工学研究院・教授

田辺 哲朗

目 次

	頁
(1) 研究領域の概要	・・・ 2
(2) 研究領域の設定目的	・・・ 3
(3) 研究領域内の研究の年度毎の進展状況及びこれまでの主な研究成果	・・・ 4
(4) 研究領域の研究組織と各研究項目の連携状況	・・・ 6
(5) 研究費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む）	・・・ 9
(6) 研究成果公表の状況	・・・ 10
(7) 総括班評価者による評価の状況	・・・ 21
(8) 研究領域の研究を推進する上での問題点と対応策	・・・ 23
(9) 今後の研究領域の推進方策	・・・ 24
(10) あとがき	・・・ 25
[添付資料]	
1. ニュースレター（11～19号）	・・・ 26
2. 研究実績報告書	・・・ 134
3. 各班の業績リスト（国内発表、国際発表、論文、著書）	・・・ 226
4. 出版済み論文集	・・・ 236
（各論文とも標題、要旨を含んだ1頁目のみ）	

(1) 研究領域の概要

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トリチウムは、平均約 6 keV の β 電子を放出して ${}^3\text{He}$ 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。

本領域が目指すのは、トリチウム(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、Tが放射性である故に、その放射性安全性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、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不純物を除去した上で、トリチウムを分離・再利用すること、(3)ブランケットによりトリチウムを増殖回収、利用すること、さらに(4)安全・高効率なトリチウムの燃料処理及び閉じ込めシステムの構築並びに制御を可能にするための技術開発をすること、である。またあわせて、トリチウムに関する正しい理解に基づいた新しい「トリチウム科学」ともいべき学問分野を打ち立てるとともに、トリチウムに対する正しい理解を社会に広めようとしている。

このため、次の研究項目について、「計画研究」により重点的に研究を推進すると共に、これらに関連する、一人又は少数の研究者による2年間の研究を公募する。また総括班を設置し、各研究計画の班長に加えて、これまでトリチウム研究に長年携わって来た我国の主だった研究者にも協力を仰ぎ、個々の研究班の個別の成果を評価検討して、全体的あるいは俯瞰的見地より、各研究班へのフィードバックをはかると共に、それらの成果を統括・連携して核融合炉全体としてのトリチウム安全対策を講じ、核融合トリチウムについての社会的受容性を高めるための活動を行う。

班名	研究課題	代表
総括班	核融合炉実現を目指したトリチウム研究の新展開	田辺哲朗
A01 班	核融合炉内複雑環境におけるトリチウム蓄積挙動の実験的研究	上田良夫
A02 班	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	大宅薫
A03 調整班	炉内へのトリチウムの蓄積と除去	上田良夫
B01 班	核融合炉ブランケット材中のトリチウム輸送現象解明と新規回収プロセス開発の研究	深田 智
B02 班	核融合炉ブランケット材料中のトリチウム-材料相互作用に関する研究	寺井隆行
B03 調整班	核融合炉ブランケットにおけるトリチウム共同解明	深田 智
C01 班	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	山西敏彦
C02 班	トリチウムの透過漏洩と汚染・除染	波多野雄治
C03 調整班	核融合炉におけるトリチウム安全閉じこめ、漏洩制御のための技術開	山西敏彦

(2) 研究領域の設定目的

本特定研究領域設置の目的は、トリチウム(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、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かつ経済的な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不純物を除去した上で、トリチウム分離・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技術開発をすること、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、トリチウム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。

南仏カダラッシュで建設が開始された国際熱核融合炉 ITER では、かつて経験したことのない多量のTが使用される。ITERでのT使用に関する最大かつ緊喫の課題は、どれだけのTをITER装置に供給し、どれだけが回収され、残りが装置内部のどこにどれだけ停留あるいは蓄積していくか、を明確にすることである。またその際の収支の不釣り合いは、例え計測の誤差範囲内であれ、T安全性の観点からは看過できない。さらに、実際にシステムからTが透過・漏洩することも避けられない。この透過・漏洩はT収支からみれば誤差範囲内に過ぎない極微量であっても、透過・漏洩してくる側から見れば、T汚染につながり、安全性の観点から重大な問題を引き起こす。

実際に核融合炉で燃料サイクルとして循環使用されるTの総量は、重さにすればわずか数kg程度であるが、放射能レベルでは 10^{17}Bq (=100PBq; 1秒間に 10^{17} 個の β 電子を発生させる)となっており、安全性の観点から定められている規制値に比べると10桁以上も多い。このためITERのような実験炉でも、わずか100回程度のDT放電でその立地での使用許可量を超えるトリチウムが真空容器内に蓄積されてしまい、頻繁にその除去作業を余儀なくされるとして、安全性・経済性の観点からの核融合炉の実現を危惧する声すらある。

このような多量のTを取り扱った経験は、日本はおろか世界にも(軍事研究を除けば)全く無く、その安全な取り扱い技術が確立されているとは言えない。またTの放射性同位元素としての特性、またその安全性についても十分理解されているとは言えない。一般社会や他分野の理・工学研究者はもとより、核融合研究者内においても、核融合の研究と称しながら、Tは怖いからとその使用をためらったり、あるいは核融合炉にかかわるTの放射線安全性についての正確な認識を欠いたまま、いたずらに安全性が喧伝されたりする。

Tの人体への放射線影響は他の放射性物質に比べ極めて弱い。しかし、一般には極微量でも非常に危険であると信じられており、安全性の観点において事実と一般的な認識の間に大きな乖離が見られる。この乖離を放置すると、一般社会と核融合研究者間の相互信頼性を欠くことになり、これからの核融合炉開発に社会的受容性が得られなくなる危険がある。かつて経験をしたことのない多量のトリチウムを使用する燃料サイクルの構築とその安全性確保、さらには社会受容性を得ることは、その挙動の理解と正確な予測なしにはあり得ない。Tに関する正確な知識、その取り扱いのための確かな技術を持った人材育成が国際的にも求められている。

学術的にも右図のように、取り扱うべきTの量、またそのエネルギー状態は10桁以上にも拡がっており、解明すべき物理・化学現象、あるいは新しい物理・化学過程が山積している。

学術的にも右図のように、取り扱うべきTの量、またそのエネルギー状態は10桁以上にも拡がっており、解明すべき物理・化学現象、あるいは新しい物理・化学過程が山積している。

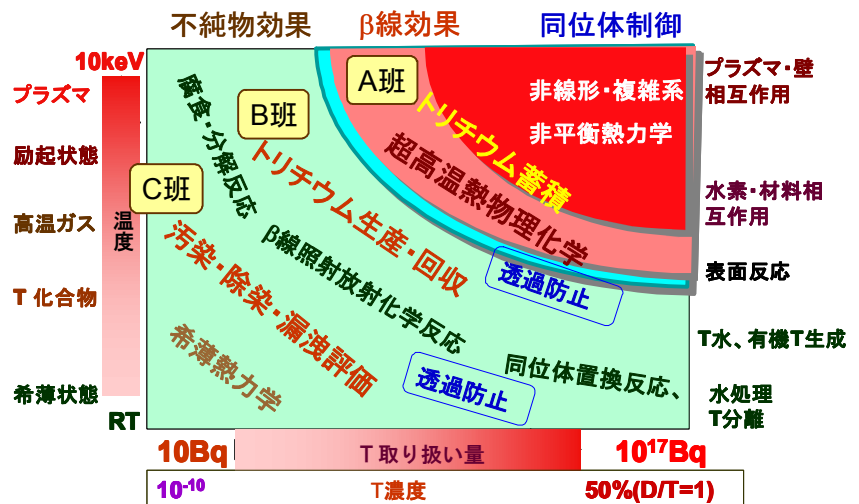


図 1 Tの取扱量、およびそのエネルギー状態に応じて出現する理解・解明すべき物理/化学現象、または学術的課題

(3) 研究領域内の研究の年度毎の進展状況及びこれまでの主な研究成果

本領域では、日本の主立った核融合トリチウムの研究者が加わっているだけでなく、ITER に深く関わっている研究者も多いので、ここで得られた成果は直ちに ITER あるいは、国際的成果・実績として、世界で利用される、または、世界をリードするようなものになっていると自負している。以下簡単に計画研究各班の初年度から現在までの研究成果をまとめた。これらの成果は数多くの学会発表(国内、国際)や学術雑誌論文として公開されている。計画研究班相互での研究成果の共用、今後の研究展開へのフィードバックは、ホームページ、ニュースレター等を通じて行われている。

		成果の要約(出版物等を除く)
総括班	19年度	ホームページを立ち上げ、維持・改良、4回の総括班会議、4回のニューレター発行、キックオフミーティング開催、2回の公開シンポジウムを通じて、領域分担研究者の相互研究紹介、等を通じて、すべて研究協力者に、その内容の理解をはかるとともに、共通の問題点抽出、各計画研究の進め方についての示唆を行ってきた。またテーマを縛ったワークショップを開催し研究内容の深化をはかってきた。
	20年度	各種シンポジウム、ワークショップ(別掲)を主催し、研究内容の深化および、領域外への情報発信をはかってきた。また2つの国際シンポジウム等および ITER 夏の学校に開催にも協力した。4回のニューレター発行を通じて、領域分担研究者の相互研究紹介、その内容の理解をはかるとともに、共通の問題点抽出、各計画研究の進め方についての示唆を続けている。目標の一つである、トリチウムマニュアルの作成に着手した。
	21年度	7回のシンポジウム、研究会等を主催し、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。また中間評価に先んじ、これまでの結果をプロジェクトレビュー「核融合炉を目指したトリチウム研究の新展開」として J. Plasma Fusion Res. (プラズマ・核融合学会誌)85(2009)pp680 にて出版した。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 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。またトリチウム国際会議を核融合科学研究所との共催にて開催するので、その準備作業を行っている。
	22年度	7回のシンポジウム、研究会等を主催し、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を成功裏に終了させたことは、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うなどにより、領域の活動に高い評価を得た。また同会議では若手研究者向きにチュートリアル講座を開催し、海外からの 35 名を含む 54 名の出席を得、好評を博した。
A01班	19年度	核融合炉壁複雑現象解明のための複合環境実現と壁材料中の水素同位体除去を目的とした、複合イオンビーム装置、高密度プラズマ生成装置、高エネルギーイオンビーム照射装置、グロープラズマ放電装置、パルスレーザー照射装置、JT-60U トカマク装置、及びプラズマ特性評価装置などの実験環境整備を行うとともに、現有データの総括と実験研究計画の策定、及び基礎実験データの取得を行った。
	20年度	複合環境(複数イオン照射、中性子損傷)でのトリチウム蓄積の基礎現象、ダスト影響、及びトリチウム除去法について、重水素・炭素同時照射、重水素・ヘリウム同時照射、高エネルギーイオン予照射による損傷形成、高密度プラズマ照射、グロー放電プラズマ照射等の実験により、基本的な現象の理解が大きく進展し、成果が見通せるようになった。JT-60U の炭素堆積層中の水素同位体蓄積分析はほぼ終了し、今後はデータの評価を行う。
	21年度	タングステン研究が大きく進展している。透過実験装置により、重水素・ヘリウム混合照射下での重水素透過挙動が明らかになりつつある。高エネルギーイオン照射損傷の重水素蓄積への影響評価もほぼ終わりつつある。さらに、高密度プラズマを用いたタングステンダスト形成過程の解明や、JT-60U におけるタングステンタイル中の重水素蓄積の詳細な研究が進んだ。これらの結果より、核融合炉におけるタングステンのトリチウム蓄積に関する多くの結果が得た。壁材料としての W の適正評価を今後行なう。
	22年度	混合イオンビーム(D/He, D/C)照射下での透過実験により、ヘリウムや炭素同時入射による表面改質層がタングステン中の重水素透過に与える影響を定量的に明らかにした。さらに、炭素堆積層について、実機(JT-60U や TEXTOR トカマク装置)と実験室装置(イオンビーム、マグネトロン成膜装置)での実験データの総合的な解析を進めており、生成条件とその構造、及び重水素蓄積の関係を明らかにしつつある。また、同位体交換による壁材料中のトリチウム除去についても、実機や実験室実験が進行中で既に多くの結果を得た。さらにタングステン材料について、重水素蓄積の総合的なデータベース構築を進めている。
A02班	19年度	周辺プラズマとプラズマ・壁相互作用コード開発者によるトリチウム炉内輸送の連携研究を立ち上げた。不純物輸送コード IMPGYRO とプラズマ・壁相互作用コード EDDY を結合し、実形状・実磁場配位での自己無撞着な不純物輸送評価が可能となった。グラファイトの化学スパッタリングと発生する炭化トリチウムの炉壁相互作用を模擬する分子動力学コードを開発した。第一原理計算によって水素同位体原子を多重捕獲した単原子空孔の挙動が明らかになった。
	20年度	炭化トリチウム発生と堆積機構の理解が進み、水素同位体拡散の分子動力学計算が可能となった。ダスト粒子挙動解析モデルを構築し、A01 班と連携してダスト生成機構、トリチウム蓄積解析に進展している。ダイバータコード SONIC の主プラズマコードとの統合化に向けたモジュール化、IMPGYRO-EDDY コードの周辺プラズマコード SOLPS との結合に成功し、総合コード作成の見通しを得た。EDDY コードで炭素壁ダイバータのトリチウム蓄積評価に着手した。
	21年度	炭素壁ダイバータの蓄積量評価を行った。ITER 実形状プラズマ中のダスト粒子挙動を解析した。分子動力学コードを拡張し、炭素材の炭化トリチウム放出の温度依存性などマクロ特性を評価した。コアプラズマから炉壁までの総合シミュレーションに、複数コードを結合する手法を開発した。タングステン評価に向けて、IMPGYRO-EDDY のプラズマ流体コード SOLPS との統合化を完了した。ACAT-DIFFUSE コードによる TDS 実験解析を進め、EDDY に DIFFUSE を追加して炉壁への注入・拡散・放出挙動解析に着手した。
	22年度	炭素、タングステン、ベリリウムの水素同位体蓄積・放出挙動を解析し、ITER 炉内トリチウム蓄積率を評価した。周辺プラズマ・不純物輸送・損耗再堆積の自己無撞着モデル IMPGYRO-EDDY-SOLPS の実験とのベンチマークによる妥当性検証、ダイバータコード SONIC とコアプラズマ輸送コード TASK との統合化に成功した。ダスト粒子挙動シミュレーションで ITER 炉内トリチウム蓄積量評価に着手した。プラズマ・壁相互作用コードと分子動力学コードとのハイブリッド化(ACAT-MD)に成功し、より現実的に対応した蓄積率の評価に進展させた。
B01班	19年度	固体や液体ブランケットのトリチウム挙動解明と回収装置設計をプロセス工学的観点から研究した。特に Li セラミック材の Li_2TiO_3 , Li_4SiO_4 , LiAlO_2 マクロ物質収支とミクロ吸着、反応、同位体交換速度式で解析し、実験結果と比較し、ITER-TBM トリチウム挙動を予測した。液体ブランケットでは、Li からの Y によるトリチウム回収を 1ppm 以下まで実証した。 $\text{Li}_{17}\text{Pb}_{83}$ の H と D 溶解度と拡散係数を求めた。溶融塩 Flibe から He への TF, HT 放出率をトリチウム拡散係数、同位体交換速度等と関係づけて整理した。
	20年度	X 線 CT 画像法でペブル充填状態の固体ブランケット微細構造を可視化し、mm 以下の精度で充填率を求めた。ガス、水蒸気との吸着、反応作用を数値モデル化し、既往のトリチウム放出実験結果と良好に一致した。先進的回収システムのプロトン導伝性セラミックによるトリチウム回収実験をし、物質移動係数等を使って解析した。Li-Pb の H_2 - D_2 間同位体効果を明らかにし、Li-Pb 成分比の違いを Li 活量係数で整理した。Li からの Y による水素同位体回収率を重量法で直接測定し、Y の HF 処理効果を明らかにした。

	21年度	水と屈折率の同じメクスフロン充填体を使って充填層透明化し、テストブランケットモジュール内の流動直接可視化に成功し、トリチウム増殖性能の mm オーダーでの評価、対流物質輸送挙動把握に成功した。新規プロトン導電性セラミックを使った連続ブランケットトリチウム回収実験を完了し、トリチウム物質移動課程把握をおこなった。DT 中性子源を使った Li_2TiO_3 のトリチウム生成から回収に至る全量回収に成功し、実ブランケットへの適用可能性を証明した。液体ブランケット Li-Pb では、 H_2+D_2 各種混合ガス条件のトリチウム透過、拡散、吸収の同位体効果を求めた。Flibe, Flnak 溶融塩ブランケットの水素同位体拡散係数、溶解度の物理的説明をおこない、トリチウム適用可能性を明らかにした。
	22年度	充填層内トリチウム挙動評価の高度化のため、透明度を上げたメクスフロンを使い充填層内流れを、詳細な空間分解で可視化することに成功した。核融合ブランケット環境を模擬するため、D-T 中性子を Be 体系中の Li_2TiO_3 に照射してトリチウムを製造し、不活性ガスバージと水素混入時のトリチウム放出の違いについて実験的に証明した。同様のブランケット材を用いて、水分吸着率と水素との反応によって生じた水分生成率を定量的に求めた。また液体ブランケット材において、LiPb 共融合金の H_2+D_2 混合状態の同位体効果を明らかにした。液体 Li の攪拌流動状態で水素の Y への溶解拡散挙動を調べ、トリチウム回収の定量化に必要なデータを取得した。
B 0 2 班	19年度	各種トリチウム増殖材料の内部、表面、及びその近傍におけるトリチウム挙動の素過程について研究した。溶融塩 Flibe 及び Li_2TiO_3 については東大原子炉「弥生」にて高温照射し、核変換により生成した T の放出挙動を精査する事により材料中でのトリチウム化学形変化や放出速度を明らかにした。溶融金属 Li については、純鉄壁の水素同位体の透過漏洩挙動を調べた。また、トリチウム透過防止被膜の試作と透過抑制能の測定を行った。
	20年度	溶融リチウム鉛合金について、トリチウム透過防止被覆候補材との高温共存性試験を行うとともに、弥生炉で照射可能な自然対流ループを設計製作した。液体 Li に接する純鉄壁の重水素透過試験を実施し、純鉄中の拡散が律速過程である事を見出した。 Li_2TiO_3 については、T 放出に深く関わる実環境下状態変化を模擬した試料の作製を進めた。ブランケット構造壁用の T 透過防止被覆について、作製した被覆の分析と特性試験を進めた。
	21年度	各種トリチウム増殖材料におけるトリチウム(T)挙動について研究を行った。液体リチウムについて東大原子炉「弥生」にて溶融状態で高温照射し、生成した T の純鉄壁を通しての透過挙動を測定し、炉外での重水素、軽水素透過試験結果との比較を行った。増殖材近傍の高温領域における T 透過防止用コーティング開発については、各種手法により被覆を作成して透過防止能の測定を実施し、透過の上流側と下流側の漏えいメカニズムが異なる事を示した。
	22年度	各種トリチウム増殖材料に対し中性子照射下でトリチウムを生成させ、トリチウム挙動の解明を進めた。液体金属リチウムについては水素雰囲気下での弥生炉照射によって高濃度水素がトリチウム挙動に及ぼす影響を明らかにした。Li-Pb については小型熱流動装置を弥生炉に設置し照射によって生成したトリチウムの動的挙動について研究を実施した。また、原子力機構の核融合中性子源(FNS)にて 14MeV 中性子照射により発生するトリチウム挙動を測定するための体系を構築整備した。
C 0 1 班	19年度	核融合炉でのトリチウムの安全閉じ込めを目標に、金属に対する水+水蒸気のトリチウム透過速度を測定し、閉じ込め障壁からのトリチウム透過量を、実際の系で評価することが初めて可能となった。化学交換法(電解セル+化学交換塔)によるトリチウム水分離法(トリチウムの機能的閉じ込め)開発に向け、高濃度トリチウムによる固体高分子電解セルの劣化データを取得し、ITER 及び核融合原型炉への適用見通しを得た。
	20年度	トリチウム水分離法に関しては、化学交換法に関して、トリチウム交換反応速度等トリチウム分離データを測定し、解析モデルを確立した。また化学交換法の前段に適用する、吸着法による先進的トリチウム水処理システムに関し、シリカアルミナ比の人為的選択により、新たな吸着材開発の見通しを得た。トリチウムの閉じ込め障壁からの透過量評価に関しては、トリチウム水の金属腐食挙動、金属表面酸化膜中の水素滞留挙動、有機材料のトリチウム透過挙動の基礎研究を行い、影響する主たる因子及びトリチウム濃度の特定に成功した。
	21年度	“トリチウム水処理用化学交換塔の電解システムに使用する高分子材の耐放射線性及び耐酸性データを取得した。高濃度トリチウム水中(GBq/cc まで)における金属(SUS304)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明らかにした。化学交換塔の「通り抜けモデル」の妥当性及び大きな分離係数を、トリチウム実験により実証した。ポリプロピレン中のトリチウム水の透過挙動及びトリチウム水の溶解量を測定し、基礎データを得た。水素同位体透過に及ぼす金属酸化膜の組成に対する膜形成温度及び成分の影響についてデータを取得した
	22年度	無機担体をベースとした疎水性白金触媒の研究開発を行い、雰囲気水蒸気濃度にかかわらず、高いトリチウム酸化効率を示すことを明らかにした。トリチウム水処理システム研究においては、高濃度トリチウム水に対する耐久性向上を目的に、フッ素系高分子電解膜の放射線架橋に成功した。また、トリチウム含有排水の処理に対し、二重温度二重圧力化学交換塔の適用を検討し、圧力が 1~10 気圧、温度が 20~140°C の条件において、処理すべきトリチウム水量を 1/10 に減容できることを、解析研究により示した。高分子材料に対するトリチウム水の透過挙動研究として、ポリイミド(PI)とセルロース(CE)中のトリチウム水の透過挙動を測定し、トリチウム水の溶解エンタルピーは -34kJ/mol、-36kJ/mol、拡散の活性化エネルギーは 29kJ/mol、41kJ/mol であることを明らかにした。
C 0 2 班	19年度	汚染・除染に関わる基礎データとしてステンレス鋼を中心にトリチウム放出挙動を調べ、室温においても表面のみならずバルク内部から拡散律速の下でトリチウム(T)が継続的に放出されること、主な放出化学形が内部被曝の危険性が高い水蒸気状であることを明らかにした。加えて、1/1000 の抑制効果を発現しえるトリチウム透過防止障壁膜の材質・成膜条件を検討した。
	20年度	昨年度の検討をもとに、T 透過障壁としてフェライト鋼上に湿式法で Au 膜および酸化物膜を成膜した。前者は 573K 付近で、後者はフェライト鋼の使用上限である 823K 付近で透過を 1/1000 程度に抑制した。また、汚染材料からの T 放出データの蓄積を継続すると共に、T の透過・脱離挙動を解析・予測するための量子力学・分子動力学計算等に基づくモデルの構築進め、拡散における同位体効果等を予測する見通しを得た。
	21年度	フェライト鋼上に形成した ZrO_2 透過防止膜について、金属硝酸塩溶液中での電解処理およびリン酸塩被膜との多層化により透過抑制能を著しく向上させた。汚染材料表面酸化膜中の水素同位体を赤外吸収法により分析し、水素同位体が多様な振動状態をとること、水蒸気との同位体交換を通した気相への脱離速度が振動状態に敏感に依存することを見出した。粒子線照射による表面形態変化がタングステントリチウム保持特性に及ぼす影響を明らかにした。また、材料中の水素同位体の溶解度や拡散係数に及ぼす応力場の影響等を理論的に予測する見通しを得た。
	22年度	ZrO_2 透過防止膜の成膜条件を改良することにより、フェライト鋼の使用想定温度全域において水素同位体透過速度を 1/1000 以下に抑制することに成功した。また、この膜には、昨年度まで見られていた高温での劣化も生じなかった。オーステナイト系ステンレス鋼について表面酸化膜中の化学組成がトリチウム濃度に及ぼす影響を調べ、 Cr_2O_3 膜の形成により OH 基濃度を低減することで表面トリチウム汚染の軽減と除染効率の向上が図れる可能性を見出した。また、プラズマ対向材料中のトリチウム蓄積に著しい影響を及ぼす中性子照射の効果を低線量域で調べると共に、空孔型欠陥と水素同位体の相互作用をマルチスケールモデルで予測することを試みた。

(4) 研究領域の研究組織と各研究項目の連携状況

(4-1) 研究組織

研究概要の所で述べたように、研究計画を遂行するため、総括班のもと3研究班、6計画研究組織体制を構築した。この際、協力研究者として、単に従来からトリチウムを取り扱ってきた研究者にとどまらず、軽水素、重水素をもちいて核融合研究を行ってきた研究者、水素-固体相互作用の研究者等を加え新たな組織化をはかった。以下に研究組織、代表者、分担者およびその役割分担を研究班ごとにまとめた。

A01班	氏名	所属	職名	役割分担
代表者	上田 良夫	大阪大学・大学院工学研究科	教授	研究総括・複合イオン照射実験
分担者	日野 友明	北海道大学・大学院工学研究科	教授	イオンビーム・プラズマ照射実験
分担者	大野 哲靖	名古屋大学・大学院工学研究科	教授	ダスト粒子・再堆積層実験
分担者	高木 郁二	京都大学・大学院工学研究科	准教授	高エネルギーイオンビーム照射実験
分担者	永田 晋二	東北大学・金属材料研究所	准教授	高エネルギーイオンビーム照射実験
分担者	仲野 友英	日本原子力研究開発機構・核融合研究開発部門	研究職	炉内不純物輸送実験と再堆積層評価
分担者	田辺 哲朗	九州大学・大学院総合理工学研究院	教授	炉内トリチウムの蓄積評価と除去実験

A02班	氏名	所属	職名	役割分担
代表者	大宅 薫	徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部	教授	研究統括、炭化トリチウムの輸送と再付着、コードベンチマーク、トリチウム蓄積評価シミュレーション
分担者	小野 忠良	岡山理科大学・総合情報学部	教授	材料中でのトリチウム拡散係数評価のための分子動力学の応用
分担者	剣持 貴弘	同志社大学・生命医科学部	准教授	材料中でのトリチウム輸送係数の評価シミュレーション
分担者	富田 幸博	核融合科学研究所・シミュレーション科学研究部	准教授	ダスト粒子の周辺プラズマ中での挙動とトリチウム蓄積
分担者	中村 浩章	核融合科学研究所・シミュレーション科学研究部	准教授	トリチウム/炭化トリチウム・材料相互作用の分子動力学シミュレーション
分担者	加藤 太治	核融合科学研究所・連携研究推進センター	助教	トリチウムと炉材料相互作用の原子過程
分担者	清水 勝宏	日本原子力研究開発機構・核融合研究開発部門	研究主幹	トリチウムプラズマの熱・粒子輸送モデルと総合ダイバータコード
分担者	畑山 明聖	慶應義塾大学・理工学部	教授	SOL/ダイバータにおけるトリチウムプラズマの総合モデル

B01班	氏名	所属	職名	役割分担
代表者	深田 智	九州大学・総合理工学研究院	教授	総括的研究遂行と液体ブランケットトリチウム回収実験
分担者	片山 一成	九州大学・総合理工学研究院	助教	トリチウム回収実験と中性子照射実験の解析
分担者	西川 正史	九州大学・総合理工学研究院	名誉教授	トリチウム回収とブランケット設計計算
分担者	榎枝 幹男	日本原子力研究開発機構・核融合研究開発部門	主任研究員	ブランケット流動実験と解析
分担者	河村 繕範	日本原子力研究開発機構・核融合研究開発部門	主任研究員	トリチウム回収と中性子照射実験
分担者	相良 明男	核融合科学研究所	センター長	トリチウムと熱の移送シミュレーション

B02班	氏名	所属	職名	役割分担
代表者	寺井 隆幸	東京大学・大学院工学系研究科	教授	研究の統括
分担者	鈴木 晶大	東京大学・大学院工学系研究科	准教授	液体増殖材中性子照射とトリチウム挙動
分担者	田中 照也	核融合科学研究所・炉工学研究センター	助教	水素透過抑制コーティング試験
分担者	星野 毅	日本原子力研究開発機構・核融合研究開発部門	研究員	固体増殖材料のトリチウム挙動解明

C01班	氏名	所属	職名	役割分担
代表者	山西 敏彦	日本原子力研究開発機構・核融合研究開発部門	研究主席	研究計画の推進、トリチウム水処理に関する解析
分担者	林 巧	日本原子力研究開発機構・核融合研究開発部門	研究主幹	トリチウム水腐食に関する解析研究
分担者	岩井 保則	日本原子力研究開発機構・核融合研究開発部門	研究副主幹	トリチウム水同位体分離実験研究(吸着及び電解)
分担者	磯部 兼嗣	日本原子力研究開発機構・核融合研究開発部門	研究副主幹	トリチウム水と金属の相互作用実験(腐食に関する実験研究)
分担者	杉山 貴彦	名古屋大学大学院工学研究科	准教授	トリチウム水同位体分離実験及び解析研究
分担者	原 正憲	富山大学水素同位体科学研究センター	准教授	トリチウム水と高分子の相互作用
分担者	奥野 健二	静岡大学理学部放射化学研究施設	教授	トリチウムの金属表面酸化膜での挙動

C02班	氏名	所属	職名	役割分担
代表者	波多野雄治	富山大学・水素同位体科学研究センター	教授	研究の総括、トリチウム汚染材料分析、透過防止障壁膜材料の探索
分担者	鳥養 祐二	富山大学・水素同位体科学研究センター	准教授	汚染材料からのトリチウム脱離挙動
分担者	大矢 恭久	静岡大学・理学部	准教授	化学的表面状態がトリチウム脱離速度へ及ぼす影響
分担者	田中 知	東京大学・大学院工学系研究科	教授	トリチウムの表面化学反応のモデリング
分担者	小田 卓司	東京大学・大学院工学系研究科	助教	汚染材料からのトリチウム脱離および配管材料中のトリチウム透過のモデリング
分担者	中村 博文	日本原子力研究開発機構・核融合研究開発部門	研究副主幹	トリチウム透過速度低減化技術の探索
分担者	朝倉 大和	核融合科学研究所安全管理センター	教授	真空容器壁からのトリチウム脱離評価

総括班	氏名	所属	職名	役割分担
代表者	田辺 哲朗	九州大学・大学院総合理工学研究院	教授	領域代表 研究の取りまとめ、炉内トリチウム蓄積の制御と除去
分担者	上田 良夫	大阪大学・大学院・工学研究科	教授	調整班Aの研究方針策定と研究計画の取りまとめ
分担者	深田 智	九州大学・総合理工学研究院	教授	調整班Bの研究方針策定と研究計画の取りまとめ
分担者	山西 敏彦	日本原子力開発機構・核融合研究開発部門・トリチウム工学研究グループ	研究主席	調整班Cの研究方針策定と研究計画の取りまとめ
分担者	西川 正史	九州大学・大学院	名誉教授	トリチウム安全性確立のための戦略設定
分担者	山本 一良	名古屋大学・大学院・工学研究科	教授	経済的なトリチウムサイクルの確立への方策
分担者	田中 知	東京大学・大学院・工学研究科	教授	水素同位体としてのトリチウムの物理と化学の整理・体系化
分担者	朝倉 大和	核融合科学研究所・安全管理センター	教授	システム安全性の評価、広報および事務担当

評価委員

総括班に評価委員として、核融合研究を代表する3機関、即ち、核融合科学研究所、日本原子力研究開発機構、およびITERからそれぞれの指導的立場の先生方から、研究結果、研究の進め方等への、鋭い辛口の批評および評価をいただき、研究の質をより良くするとともに、研究の効率を上げていくこととした。

評価委員	本島 修	ITER 機構	機構長
評価委員	高津 英幸	日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門	副部門長
評価委員	嶋田 道也	ITER 機構、協力調整グループ	研究主幹

公募研究(平成 20-21 年度)

項目	研究課題名	氏名	所属機関	職名
A01	壁排気特性における臨界入射束の役割と同位体効果の解明	冨子 秀樹	九州大学応用力学研究所	教授
A01	高分解能質量分析装置を用いたJT-60Uの排気ガス分析	林 孝夫	日本原子力研究開発機構	研究職
A01	DTコイシデンス核反応分析法による固体表面トリチウム保持量の高精度測定	落合謙太郎	日本原子力研究開発機構	研究職
A01	核融合プラズマ中を運動するガスのその場測定と運動モデルの開発	朝倉 伸幸	日本原子力研究開発機構	研究主幹
A02	プラズマ対向壁近傍の不純物発光分布解析によるトリチウム・プラズマ壁相互作用の研究	河田 純	詫間電波工業高等専門学校	准教授
A02	トリチウム燃料注入と壁不純物挙動のシミュレーション解析	山崎 耕造	名古屋大学大学院工学研究科	教授
B01	低温吸着法水素同位体分離における減圧脱着挙動	古藤 健司	九州大学大学院工学系研究科	准教授
B02	液体プランケット用水素(同位体)センサー・ポンプの電極高度化研究	近藤 正聡	核融合科学研究所	助教
C01	近赤外分光法による新規トリチウム水蒸気検出法	小林かおり	富山大学理学部	准教授
C02	イメージングプレートを用いた制動放射線によるトリチウムの非破壊定量評価法の開発	大内 浩子	東北大学大学院薬学研究科	助教
C02	金属中のトリチウム吸放出挙動に及ぼす金属表面に偏析(吸着)したトリチウムの影響	大塚 哲平	九州大学大学院総合理工学研究院	助教
C02	材料表面におけるトリチウムの挙動及び効率的な除染方法に関する研究	小林 和容	日本原子力研究開発機構	研究副主幹

公募研究(平成 21-23 年度)

項目	研究課題名	氏名	所属機関	職名
A01	カーボンドストおよび中性子照射した炭素材中の水素蓄積とその低減化に関する研究	渥美 寿雄	近畿大学・理工学部	教授
A01	ミリ波を用いた核燃焼プラズマ中のD/T燃料比計測法の開発	徳沢 季彦	核融合科学研究所	助教
A01	核融合プラズマ閉じ込め装置における堆積ダストの分析と水素同位体吸蔵の評価	朝倉 伸幸	日本原子力研究開発機構	研究主幹
A02	トリチウム燃料消費の最適化と燃料システムの経済性評価	山崎 耕造	名古屋大学大学院工学研究科	教授
B01	DT中性子照射による増殖材中に生成したトリチウムの回収に関する研究	落合 謙太郎	日本原子力研究開発機構	研究職
C01	核の量子性を考慮したトリチウム化学反応過程の理論的研究	高柳 敏幸	埼玉大学・理工学研究科	教授
C02	イメージングプレートを用いた汚染材料中のトリチウム非破壊分布評価法の開発	大内 浩子	東北大学大学院薬学研究科	准教授
C02	トリチウムの環境挙動と生体影響の知見に基づく漏洩制御	登尾 一幸	京都大学・エネルギー理工学研究所	助教
C02	金属材料の表面および内部のトリチウム汚染・除染過程の解明	大塚 哲平	九州大学大学院総合理工学研究院	助教
C02	材料中へのトリチウム移行挙動及び効率的な除染方法に関する研究	小林 和容	日本原子力研究開発機構	研究副主幹

(4-2) 各研究項目の連携状況

本領域では、次頁図2に示すように、A班が「炉内へのトリチウムの蓄積と除去」、B班がそれを取り囲む「核融合炉ブランケットにおけるトリチウム挙動解明」、C班が「核融合炉におけるトリチウムの安全閉じ込め、漏洩制御のための技術開発」と全体を取り囲む形になっており、相互の緊密な連携無しには計画の進捗はあり得ない。

A班で課題とするのは、炉内のトリチウムインベントリの評価と蓄積、そして蓄積トリチウムの除去である。これらはPFMの材料や炉の温度、プラズマ条件等により大きく変化するが、これを基礎現象の積み重ねとして、理論およびシミュレーションによってモデル化し予測可能にするのである。実機はこのためのテストベッドと位置づけられる。その結果はB班およびC班に伝えられる。また特にA02班はA班にとどまらず、B班、C班の理論・シミュレーション研究に協力し相互の研究の調整、整合性を確保する役割を果たしている。

B班ではA班からのデータアウトプットにもとづいて燃料の供給と排出のバランスを考慮しなければならない。現時点で、実際の炉を念頭にTを循環させるシステムの設計は可能である。しかし現実のDD実験装置ですら供給したDは回収しておらず、炉に供給されたT燃料がどのような化学系でどれだけ排気されるかは不明であり、データの取得が必要不可欠である。また供給トリチウムの全量回収をどのように行うかも不明である。これを実機(LHDおよびT-60U/SA)および基礎実験で行っているA班との緊密な連携のもとで推進している。ブランケットにより回収できなかったトリチウムあるいは漏洩するトリチウムの情報はC班の研究に活かされる。

C班では透過・漏洩と汚染を課題としている。トリチウムの放射線としての計測から、PVT測定へのつなぎ、さらには熱量測定へのつなぎ、そしてその有効測定桁数の問題、および固体中に存在するトリチウムの絶対測定(熱量測定レベル以下での)、連続性を確保し、計測の完結をはかりつつ、A班が担当する主燃料循環系と、B班が担当する増殖トリチウム回収系から透過・漏洩してくるトリチウム量、およびその化学形に関する知見をベースに、従来のプラント外に移行するトリチウムを単純に回収除去する対策にとどまらず、核融合発電プラント内の作業環境中へのトリチウム漏洩をきめ細かく抑制するための技術開発を想定している。同時に環境安全を確保するために、最低限許容される透過・漏洩トリチウム量をA班、B班にフィードバックし、システムとしてのトリチウム安全が確保されたトリチウムシステムの設計に資する。

総括班では、これまでトリチウム研究に長年携わって来た我国の主だった研究者に協力を仰ぎ、個々の研究班の個別の成果を評価検討して、全体的あるいは俯瞰的見地より、各研究班へのフィードバックをはかると共に、それらの成果を統括・連携して核融合炉全体としてのトリチウム安全対策を講じ、核融合トリチウムについての社会的受容性を高めるための活動ができる研究組織とした。さらに、総括班には、一般社会へトリチウムの正しい理解が浸透するよう情報発信を行い、トリチウムの安全性、核融合の社会的受容性を高めると同時に、水素同位体理工学ともいうべき啓蒙書の発刊を行うことを目標にしている。

これらを実現するため、総括班主導のもと、(6-2)節で示すように、全体の関与するシンポジウムや研究会を開催すると共に、調整班により、複数の班間で互いに研究状況を知らせあうだけでなく、相互に、絞られた研究テーマや研究の進展について、意見交換や要望の交換を頻繁に行っている。

あわせて、各会議での発表の総括、及び使用されたビューグラフ(非公開のものを除く)はホームページ、ニュースレター等で公開し、共通理解が持てるように

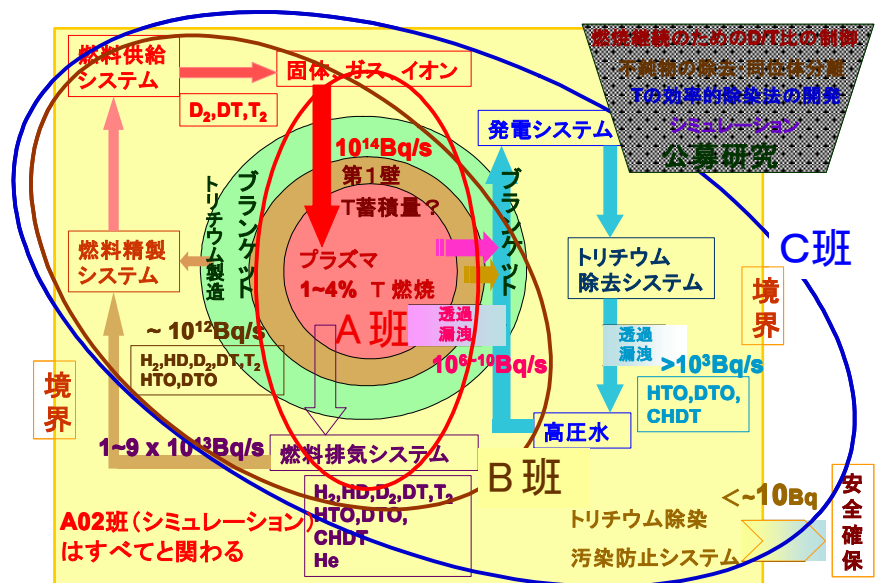


図2. 研究課題と班相互の関係

した。

(5) 研究費の使用状況(設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む)

備品の整備の際には、あらかじめ各研究計画班で打ち合わせを行い、大型の装置で重複する物はない。下記に整備した 150 万円程度以上の備品とその用途を示した。すべて順調に稼働し、研究の進展に寄与している。質量分析計、排気系等で重複整備されたものがあるが、水素を検出するための基本的計測器でやむを得ないか、またはT取り扱いのため管理区域に設置され共用できないものである。また、各班がどのような装置を所有しているかはすべてwebで公開し、装置の貸し借り、あるいは相互利用を可能にしている。備品以外には、消耗品、人件費(謝金等)および会議(招聘、出席)、発表(印刷)等に使用している。

班	備品名	製造会社・仕様	数量	価格(円)	設置場所と使用者	用途
A01班	ファインポリクロメータ	分光計器(株) MK-300 他	1台	2,263,380	原子力研究開発機構 仲野友英	JT-60U のエッジプラズマ中の炭化水素から発生する線スペクトルの測定に使用
	高分解能四重極質量分析器	日本エム・ケー・エス(株) 「Micro Vision Plus」 639-720-030	1台	2,226,000	上田良夫(阪大)	複数イオン照射環境下における水素同位体透過測定装置における透過ガス分析
	基板ヒーター	誠南工業(株) 型番:A7490 型改	1台	1,500,000	上田良夫(阪大)	混合粒子堆積膜製作のためのスパッタリング成膜装置における試料固定装置
	赤外線導入加熱装置	(株)サーモ理工 GVH198	1台	1,705,725	高木郁二(京大)	イオン照射損傷を与えた試料中の水素同位体測定時の試料加熱
	赤外線ゴルトイメーシ炉	三弘アルバック(株)	1式	1,522,500	大野哲靖(名大)	ダスト中の重水素吸蔵量測定用ダストの加熱に使用
	紫外可視分光光度計	日本分光	1式	1,396,500	田辺哲朗(九大)	堆積層のレーザーアブレーション実験において放出される励起原子からの発光を観察
	電子冷却 CCD 検出器	プリンスインストルメンツ	1式	3,818,310	田辺哲朗(九大)	レーザー脱離により発生した粒子からの微弱発光を検出
	四重極質量分析器	キャノンアネルバ	1式	1,160,250	日野友明(北大)	イオン注入試料から昇温脱離したガスの質量分析
A02班	高真空容器	(株)ヤシマ HVCH-350*	1式	1,180,000	上田良夫(阪大)	デュアルイオンビーム装置設置のための真空容器
	ハイパフォーマンス・コンピュータ	HPCシステムズ(株) BoxClusterML-SIP	1式	1,498,953	大宅薫(徳島大)	核融合炉内の炭化水素輸送と炉壁への再付着のシミュレーション解析
	ハイパフォーマンス・コンピュータ	HPCシステムズ(株) VASP 用ノードクラ	1式	9,948,750	加藤太治(核融合研)	材料中水素同位体挙動の第一原理分子動力学計算、および表面相互作用の量子力学計算
	DELL PCハードウェアおよび5ノードクラスター	HPCシステムズ(株) DEL PE1950 x5 等	1式	5,059,425	慶応義塾大学 畑山明聖(慶応大)	不純物コード IMPGYRO, プラズマ・壁相互作用コード EDDY, 背景周辺プラズマコード SOLPS の結合による総合シミュレーション
	ワークステーション	HPCシステムズ(株) HPC-ProServer	1式	1,153,950	大宅薫(徳島大)	炉壁材料への水素同位体の注入、拡散および再放出挙動のシミュレーション解析
BO1班	VAC 社製グローブボックス	VAC101965-OMNI-LAB(山八物産)	1台	6,825,000	深田智(九大)	反応性リチウム増殖材の取扱のため
	固体増殖ブランケット微小球充填体流動試験装置	アート科学	1台	2,610,993	原子力研究開発機構 榎枝幹男	固体ブランケット流動試験用
	マイクロメトリック自動比表面積計/細孔分布測定装置	ガス分析システム	1台	5,952,450	深田智(九大)	固体ブランケット材表面分析用
	ガス分析システム	アルバック	1台	4,092,900	深田智(九大)	液体ブランケット残留ガス分析用
	リチウム電磁ポンプ	助川電機	1台	3,675,000	深田智(九大)	液体ブランケット循環用ポンプ
	リチウム鉛電磁ポンプ	助川電機	1台	7,140,000	深田智(九大)	液体ブランケット循環用ポンプ
	水晶発音式水分計	ミッシェルジャパン	1台	2,940,000	深田智(九大)	固体ブランケットバージガス水分計測用
BO2班	ターボ分子ポンプ排気ユニット	アルバック	1台	2,279,550	深田智(九大)	固体ブランケットバージガス残留ガス分析用
	高速昇温電気炉	(株)モトヤマ NL-2025D	1式	1,995,000	寺井隆幸(東大)	固体増殖材試料焼結用電気炉
	四重極質量分析計	コスモ・テック(株) M-101QA-TDM(W)	1式	1,520,977	寺井隆幸(東大)	増殖材からの水素同位体放出の高精度測定装置
	クラスター計算機システム	(株)アート科学	1式	2,520,000	寺井隆幸(東大)	増殖材中の T 挙動についてのモンテカルロ計算の実施と MD 計算用ファイルを作成するための計算機システム
	増殖材用水素透過抑制試験装置	中山商事(株)	1式	5,670,000	寺井隆幸(東大)	増殖材と接する被覆材を通しての H,D,T 透過を高精度に測定しリチウム透過抑制能を試験する装置
	トリチウム化学形分離測定装置	(株)アート科学	1式	9,450,000	寺井隆幸(東大)	弥生炉照射下の T 増殖材から放出される T 放出速度について化学形を分離しながら連続測定する装置
	熱機械分析装置	(株)リガク TMA8310S	1式	2,919,000	寺井隆幸(東大)	水素同位体蒸発によるリチウムタイトネートの物性変化測定装置
CO1班	高温液体金属循環下水素透過測定装置	(株)アート科学	1式	4,499,250	鈴木晶大(東大)	照射下流動液体金属からのトリチウム放出を試験するための弥生炉で照射可能な小型液体金属流動装置
	トリチウム回収実験用新型キャプセル	(株)化研	1式	2,446,500	原子力研究開発機構 星野毅	FNS での照射実験でトリチウムを生成するための照射用キャプセル
	腐食・浸透測定装置	東陽テクニカ(株)製 腐食測定装置	1式	6,999,300	原子力研究開発機構 山西敏彦	高濃度トリチウム水腐食電位測定
	高性能EDX装置	キーエンス(株):G-XM2	1式	12,390,000	原子力研究開発機構 山西敏彦	既存電子顕微鏡に取り付けて、材料表面分析を行う高性能エネルギー分散型X線分析装置
	EDX 解析ソフトウェア	キーエンス(株):EDX 元素分析用	1式	4,410,000	原子力研究開発機構 山西敏彦	上記高性能エネルギー分散型X線分析装置駆動及びデータ解析用ソフト
	水素同位体挙動解析装置	アールデック社製	1式	8,295,000	奥野健二(静岡大)	金属酸化膜透過測定装置
	紫外線照射装置	(株)クオークテクノロジー製	1式	1,529,850	原子力研究開発機構 山西敏彦	紫外線照射による水中のラジカル発生装置
CO2班	バキュームブロー	ケザー社真空気密式	1式	2,856,000	原子力研究開発機構 山西敏彦	疎水性触媒実験において、ガス供給を行う装置
	高真空排気ポンプ	磁気軸受式ターボ及びユニット	1式	1,570,800	原子力研究開発機構 山西敏彦	実験に使用するトリチウム分取装置の高真空引きを行う装置
	フルオロ・イメージアナライザー	富士フィルム(株) FLA-7000IP	1台	8,223,600	波多野雄治(富山大)	汚染材料中のトリチウム分布を、イメージングプレート法で測定
	X線源パッケージ	アルバック(株) DAR400	1台	7,350,000	波多野雄治(富山大)	X線光電子分光法により、トリチウム汚染材料の化学的状態を分析
	可搬・高感度ファイバースコープ型分光装置	堀場製作所, 可搬型レーザーラマン分光装置	1台	15,991,500	小田卓司(東大)	水素同位体の透過・吸脱着実験時の試料表面状態の同定、透過防止障壁膜の同定
	分析用チャンバー	三和トレーディング特注品	1台	1,575,000	小田卓司(東大)	雰囲気制御下試料調製および材料表面吸着水素同位体の分光測定における雰囲気制御
	磁気軸受ターボ分子ポンプ	島津製作所 TMP-803	1台	1,869,000	大矢恭久(静岡大)	水素同位体滞留・脱離挙動解析装置の高真空排気
CO2班	水素同位体挙動解析装置用 in-situ 表面分析装置	アールデック社製・特注品	1式	13954500	大矢恭久(静岡大)	金属材料表面に吸着した水素同位体の振動状態分析
	加熱機構付き表面分析装置用準備室	アドキャップバキュームテクノロジー社製・特注品	1式	2,993,986	波多野雄治(富山大)	高濃度トリチウムに曝露したのち、そのまま大気に曝露せず試料を表面分析装置に導入
	表面分析装置用超高真空排気装置	アドキャップバキュームテクノロジー社製・特注品	1式	2,392,246	波多野雄治(富山大)	表面分析システムにトリチウムガスを導入するための溜め込み式超高真空排気装置
	質量分析計	キャノンアネルバ社製 M-101QA-TDM	1式	1,430,000	波多野雄治(富山大)	高濃度トリチウムガス中の同位体比および不純物濃度測定

(6) 研究成果公表の状況

(6-1) 学会発表、論文発表、取得特許等の状況

班名	年度	学会発表 (国内)		学会発表 (海外)		発表論文 (査読有) リスト添付	発表論文 (査 読無)	総説/解説 書籍等 リスト添付	特許等
			招待講 演		招待講 演				
A01	22年	84	2	57	2	28	2	2 (書籍 1)	
A02	22年	43	1	61	2	37	2	6 (書籍 3)	
B01	22年	24		23		14	3	2 (書籍 1)	
B02	22年	4		9		2	0		
C01	22年	12		18		9	0	1	
C02	22年	25		32		8	0		
総括班	22年	2		1	1	3	0	0	
小計	22年	194	3	201	5	101	7	10(総説 4)	

(6-2) 公開シンポジウム等の開催状況

平成22年度は総括班事業として4回の公開シンポジウムを企画・開催した。うち3回は19年度および20年度の成果報告会である。また領域をまたがった1つのテーマについて公開ワークショップ等を開催し徹底討論を行った。さらにも原子力学会やプラズマ核融合学会で特別シンポジウムを開催した。各シンポジウムのまとめ(総括)と概要はニュースレターで、また使用されたビュウグラフ等はホームページで公開している。

日時	場所	会合タイトル	主な内容、招聘研究者
平成22年 5月12-13日	核融合科学研究所 研究1棟大会議室	公開シンポジウム 科研特定領域「核融合トリチウム」研究成果/計画報告会	計画研究および公募研究の成果発表および今後の研究計画について議論
平成22年 5月24-29日	米国 サンディエゴ	第19回プラズマ壁相互作用国際会議 (PSI 2010)	国際プログラム委員として、プログラム立案、招待講演2件を含め領域から多数参加成果報告
平成22年 5月31日- 6月1日	米国 リバモア	10th International Workshop on Hydrogen Isotopes in Fusion Reactor Materials	国際組織員として、企画立案 領域から多数参加成果報告
平成22年 6月10-11日	高山市民文化会館	第8回核融合エネルギー連合講演会 シンポジウム 5. 「トリチウム燃料サイクルの安全性と経済性」	連合講演会にて左記シンポジウムを開催、本領記の成果に基づいて、広く意見を伺い議論を加速
平成22年 8月31日	核融合科学研究所 研究1棟大会議室	トリチウム関連合同研究会	国内のトリチウム研究者が一堂に会して最近の研究動向を報告すると共に今後を議論
平成22年 10月24-29日	奈良 新公会堂	第9回トリチウム科学技術国際会議 (Tritium2010)	核融合科学研究所との共催 プログラム委員長として、プログラムの作成、領域から多数参加成果報告
平成22年 10月24-29日	奈良 新公会堂	Tutorial Lectures for Young Scientists and Students	トリチウム国際会議のサテライトプログラムとして海外および国内若手研究者に受けた公開講座、内外から54名が出席
平成22年 11月30- 12月3日	北海道大学	第27回 プラズマ・核融合学会 シンポジウムタイトルII 「核融合炉におけるトリチウム燃焼の経済性」	原子力学会にて左記シンポジウムを開催、本領記の成果に基づいて、広く意見を伺い今後の研究方向について議論
平成23年 3月4-5日	ニューウエルシテー湯河原	科研特定領域「核融合トリチウム」若手交流研究発表会	若手研究者の育成を目指した交流、研究発表会
平成23年 4月28-29日	ウインク愛知	公開シンポジウム 科研特定領域「核融合トリチウム」研究成果/計画報告会	計画研究および公募研究の成果発表および今後の研究計画について議論

(6-3) ホームページの設置と充実

総括班事業として、2007年9月にホームページを開設 (<http://tritium.nifs.ac.jp/>) し、以降、随時(月2回前後)更新を行ってきた。この間、研究会や各班会合の開催案内を「カレンダー」として掲載すると共に、最新の研究成果報告資料については「プロジェクト資料」として、議事録と共に、公開可能な報告資料はすべて公開している。次節で報告するニュースレターは、すべてホームページ上でも公開している。

(6-4) ニュースレターの発行

平成22年度は、第11号から第18号まで9号のニューズレターを発行した。ニューズレターでは、各研究班の研究紹介、シンポジウム等の概要等を掲載すると共に、総括班からの研究進展に関するコメント、要望を伝えた。また年度末には、評価委員の評価を掲載し、領域全体にその周知をはかっている。ホームページでも公開すると共に、原子力学会・核融合工学部会及び核融合ネットワークのメーリングリストを利用して広く送付している。またホームページ上で1号から現在号まですべて公開している。

No	発行日	主な内容
11	H22年 4月23日	1. 若手交流研究発表会成功裏に開催さる、2. 若手交流研究発表会に参加して(西川正史) 3. 何のための研究か、何を研究して何をみいだそうとしているのか?(田辺哲朗)、4. 若手交流研究会プログラム、5. 発表要旨および質疑、6. 今年度の活動予定
12	H22年 5月21日	第9回核融合工学国際シンポジウム(ISFNT-9)の報告
13	H22年 6月14日	1. はじめに(田辺哲朗)、2. 昨年度の研究状況評価(各評価委員)、3. 領域への期待と評価(Dr. M. Glugra)、4. 今後の研究に向けてのお願い(田辺哲朗)、5. 炉内・注入トリチウム総量規制への懸念
14	H22年 11月8日	1. 「TRITIUM2010」開催報告、2. サテライト会議報告(田辺哲朗)
15	H22年 12月8日	1. 「TRITIUM2010」開催報告-II
16	H22年 12月20日	1. プラ核学会 領域シンポジウム開催報告
17	H23年 1月20日	1年頭言(田中知)、2. ごあいさつ(田辺哲朗)、3. 研究交流発表会
18	H23年 2月24日	1. はじめに(西川正史)、2. 国際会議「19th PSI」の報告(上田良夫、大宅 薫)
19	H23年 4月1日	1. はじめに(田辺哲朗)、2. 研究発表・交流会に思うこと(滝塚知典) 3. 研究発表・交流会プログラム、4. 発表要旨および質疑

(6-5) 国際研究集会等の主催・共催・協力(領域メンバーが関与したもの)

開催年月	場所(国)	会議名(太字は国際的に広く認知されている会議)	役割	特記事項
平成22年 5月	San Diego (米国)	15th Inter. Conf. on Plasma Surface Interactions in Controlled Nuclear Fusion	国際組織委員 国際プログラム委員	招待講演1件
平成22年 6月20-23日	昆明, 中国	3rd China-Japan Workshop on the tritium and blanket technology	国際組織委員長	領域から多数発表
平成22年 6月	Livermore (米国)	10th Intern. Workshop on Hydrogen Isotopes in Fusion reactor Materials	国際組織委員	
平成22年 10月24-29日	奈良 新公会堂	9th Intern. Conf. Tritium Science and Technology	共催、国際組織委員 プログラム委員長	招待講演2件
平成22年 10月24-29日	奈良 新公会堂	Tutorial Lectures for Young Scientists and Students	主催	講師3名(全名2名は外国人) 出席54名
平成23年 9月	Portland (米国)	10th Intern. Symposium on Fusion Nuclear Technology.	国際組織委員	
平成23年 10月	Charleston (米国)	14th Inter Conf. Fusion Reactor Materials	プログラム委員	
平成23年 11-12月	日本	The 21 th International Toki Conference (ITC21)	実行委員 プログラム委員	

(6-6) 公表論文(査読付き論文のみに限る)および解説・総説等・特許一覧

A01班 22年度 発表論文リスト(査読有り論文のみ)						
班-年度-番号	題目	著者名	論文誌名	巻(号)	最初と最後の頁	発表年
A01-H22-1R	Deuterium Retention in Tungsten Coating on the CFC Tiles Exposed to JT-60U Divertor Plasmas	*M. Fukumoto <u>T. Nakano</u> K. Masaki K. Itami <u>Y. Ueda</u> <u>T. Tanabe</u>	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES	9	369-374	2010
A01-H22-2R	Multifrequency channel microwave reflectometer with frequency hopping operation for density fluctuation measurements in LHD	* <u>T. Tokuzawa</u> , A. Ejiri, K. Kawahata	Review of Scientific Instruments	81	10D906-1-4	2010
A01-H22-3R	Observation of Reversed Shear Alfvén Eigenmode Excited by Energetic Ions in a Helical Plasma Profile	*K. Toi, F. Watanabe, <u>T. Tokuzawa</u> 他 37 名	Physical Review Letters	105	145003-1-4	2010
A01-H22-4R	Removal of the deposition on JT-60 tile by nano-second pulsed-laser irradiation	*K. Sugiyama, Y. Sakawa, <u>T. Tanabe</u> , D. Watanabe, T. Shibahara, K. Masaki	J. Nucl.Mater	405	70-73	2010
A01-H22-5R	Fluid Mechanical Characteristics of Microwave Discharge Jet Plasmas at Atmospheric Gas Pressure	*S.Takamura, S.Saito, G.Kushida, M.Kando, <u>N.Ohno</u>	IEEJ Trans. FM	130(5)	493-500	2010
A01-H22-6R	Self-Affine Fractality of Bifurcating Arc Trail in Magnetized Plasma	*S. KAJITA, N. OHNO, Y. TSUJI, H. TANAKA, S. TAKAMURA	Journal of the Physical Society of Japan	79(5)	054501 (7pp)	2010
A01-H22-7R	2D Statistical Analysis of Non-Diffusive Transport under Attached and Detached Plasma Conditions of the Linear Divertor Simulator	*H.Tanaka, <u>N.Ohno</u> , Y.Tsuji, S.Kajita	Contrib. Plasma Physics	50 (3-5)	256- 266	2010
A01-H22-8R	Nanostructured Black Metal: Novel Fabrication Method by Use of Self-Growing Helium Bubbles	*S.Kajita, T.Saeki, N.Yoshida, <u>N.Ohno</u> , A.Iwamae	Applied Physics Express	3	085204 (3pp)	2010
A01-H22-9R	Compact Plasma Device for PWI Studies	*S.Takamura, T.Tsujikawa, Y.Tomida, K.Suzuki, T.Minagawa, T.Miyamoto, <u>N.Ohno</u>	J. Plasma Fusion Res. SERIES	9	441-445	2010
A01-H22-10R	Deepening of Floating Potential for Tungsten Target Plate on the way to Nanostructure Formation	*S.Takamura, T.Miyamoto, <u>N.Ohno</u>	Plasma and Fusion Research: Rapid Communications	5	039 (2pp)	2010
A01-H22-11R	2D Measurement of Edge Plasma Dynamics by Using High-Speed Camera Based on HeI Line Intensity Ratio Method	* <u>N.Ohno</u> , K.Miyamoto, K.Kodama, S.Kajita, K.Kitagawa	Contrib. Plasma Physics	50(10)	962- 969	2010
A01-H22-12R	Design study of the divertor Thomson scattering system for JT-60SA	*S. Kajita, T. Hatae, K. Itami, <u>N. Ohno</u> , <u>T. Nakano</u>	J. Plasma Fus. Res. Series	9	157-162	2010
A01-H22-13R	Formation of metallic nanostructure by helium plasma irradiation	*S. Kajita, T. Saeki, Y. Hirahata, <u>N. Ohno</u>	Jpn. J. Appl. Phys.	50(1)	01AH02 (4pp)	2011

A01-H22-14R	Formation Condition of Fiberform Nanostructured Tungsten by Helium Plasma Exposure	*W. Sakaguchi, S. Kajita, <u>N. Ohno</u> , et al.	Plasma Fusion Research	5	S1023 (5pp)	2010
A01-H22-15R	Enhancement of cross-field transport into the private region of detached-divertor in Large Helical Device	*H. Tanaka, <u>N. Ohno</u> , Y. Tsuji, S. Kajita, S. Masuzaki, M. Kobayashi, T. Morisaki, H. Tsuchiya, A. Komori, LHD Experimental Group	Physics of Plasmas	17	102509 (8 pp)	2010
A01-H22-16R	核融合プラズマ対向材料としての高融点金属材料の現状と課題	* <u>大野哲靖</u>	ケミカルエンジニアリング	55(12)	46-51	2010
A01-H22-17R	Recent progress in understanding the behavior of dust in fusion devices	*S.I. Krasheninnikov, A. Yu Pigarov, R.D. Smirnov, M. Rosenberg, Y. Tanka, D.J. Benson, T.K. Soboleva, T.D. Rognlien, D.A. Mendis, B.D. Bray, D.L. Rudakov, J.H. Yu, W.P. West, A.L. Roquemore, C.H. Skinner, J.L. Terry, B. Lipschultz, A. Bader, R.S. Granetz, C.S. Pitcher, <u>N. Ohno</u> , S. Takamura, S. Masuzaki, N. Ashikawa, M. Shiratani, M. Tokitani, R. Kumazawa, <u>N. Asakura</u> , <u>T. Nakano</u> , A.J. Litnovsky, R. Maqueda, LHD Experimental Group	Plasma Physics and Controlled Fusion	50(12)	124054 (13pp)	2010
A01-H22-18R	Practical selection of emission lines of He I to determine the photon absorption rate	*S. Kajita, <u>N. Ohno</u>	Review of Scientific Instruments	82	023501 (5 pp)	2011
A01-H22-19R	Molecular Dynamics Simulation of Hydrogen Injection onto Diamond Surfaces	*H. Nakamura, A.M. Ito, S. Saito, A. Takayama, Y. Tamura, <u>N. Ohno</u> , S. Kajita	JJAP	50(1)	01AB04 (4 pp)	2011
A01-H22-20R	Molecular Dynamics Simulation of Chemical Vapor Deposition of Amorphous Carbon: Dependence on H/C Ratio of Source Gas	*A.M. Ito, A. Takayama, S. Saito, <u>N. Ohno</u> , S. Kajita, H. Nakamura	JJAP	50(1)	01AB01 (6pp)	2011
A01-H22-21R	Status of Plasma Facing Material Studies and Issues toward DEMO	* <u>Y. Ueda</u>	Plasma and Fusion Research	5	S1009	2010
A01-H22-22R	Performance of inert gas discharges for reductions of fuel hydrogen retention and helium	* <u>T. Hino</u> , M. Kimura, Y. Yamauchi	Fusion Eng. and Design	85	974-978	2010
A01-H22-23R	Temporal evolutions of electron temperature and density with ELM in the JT-60U divertor plasma	* <u>T. Nakano</u> , H. Kubo, N. Asakura	J. Phys. B	43	144014	2010
A01-H22-24R	Ion irradiation effects on the optical properties of tungsten oxide films	* <u>S. Nagata</u> , H. Fujita, A. Inouye, S. Yamamoto,	Nuclear Instruments & Methods B	268 (19)	3151-3154	2010

		B. Tsuchiya, T. Shikama				
A01-H22-25R	Radiation-induced luminescence of PET and PEN films under MeV ion and pulsed UV laser irradiation.[<u>*S. Nagata</u> , H. Katsui, K. Takahiro, B. Tsuchiya, T. Shikama	Nuclear Instruments & Methods B	268 (19)	3099-3102	2010
A01-H22-26R	Study on damage accumulation in LiAlO ₂ single crystal irradiated with deuterium and helium ions by ion-channeling.	*H. Katsui, <u>S. Nagata</u> , B. Tsuchiya and T. Shikama	Nuclear Instruments & Methods B	268 (17-18)	2735-2739	2010
A01-H22-27R	Study of the plasma driven permeation of hydrogen through a nickel membrane in RF and ohmic plasmas in the spherical tokamak QUEST	*S. K. Sharma, H. Zushi, <u>I. Takagi</u> et al	Journal of Plasma Fusion Research	9	142	2010
A01-H22-28R	Measurement of hydrogen permeation due to atomic flux using permeation probe in the spherical tokamak QUEST	*S. K. Sharma, H. Zushi, <u>I. Takagi</u> , Y. Hisano, M. Sakamoto, Y. Higashizono, T. Shikama, S. Morita, <u>T. Tanabe</u> , N. Yoshida, K. Hanada, M. Hasegawa, O. Mitarai, K. Nakamura, H. Idei, K. N. Sato, S. Kawasaki, H. Nakashima, A. Higashijima, Y. Nakashima, N. Nishino, Y. Hatano, A. Sagara, Y. Nakamura, N. Ashikawa, T. Maekawa, Y. Kishimoto, Y. Takase, QUEST Group	Fusion Engineering and Design	85	950-955	2010

A02班 22年度 発表論文リスト(査読有り論文のみ)						
班-年度-番号	題目	著者名	論文誌名	巻(号)	最初と最後の頁	発表年
A02-H22-1R	Molecular dynamics and dynamic Monte Carlo studies of mixed materials and their impact on plasma wall interactions	<u>*K. Ohya</u> N. Mohara K. Inai A. Ito <u>H. Nakamura</u> A. Kirschner D. Borodin	Fusion Engineering and Design	85	1167-1172	2010
A02-H22-2R	A coupled EDDY/PIC/ELECTRAN simulation of erosion and deposition in gaps	K. Inai <u>Y. Tomita</u> G. Kawamura <u>K. Ohya</u>	Fusion Engineering and Design	85	1416-1420	2010
A02-H22-3R	Hydrocarbon Redeposition on Plasma Facing Walls Intersecting	<u>K. Ohya</u>	Japanese Journal of Applied Physics	49	096201 (7pp)	2010

	Magnetic Field at Shallow Angles	K. Inai				
A02-H22-4R	Molecular Dynamics Study of Plasma Surface Interactions for Mixed Matyerials	<u>K. Ohya</u> N. Mohara K. Inai A. ito <u>H. Nakamura</u> Y. Ueda T. Tanabe	Journal of Plasma and Fusion Research Series	9	497-502	2010
A02-H22-5R	Modelling and observations of electron beam charging of an insulator/metal bilayer and its impact on secondary electron images in defect inspection equipment	<u>K. Ohya</u> K. Inai R. Kawasaki M. saito T. Hayashi J. Jau K. Kanai	Journal of Electron Microscopy	59	S189-S193	2010
A02-H22-6R	Electron Velocity Distributions at a Sheath edge in the Presence of Secondary Electron Emission from a Metal Surface	*K. Inai <u>K. Ohya</u> G. Kawamura Y. Tomita	Contributions to Plasma Physics	50	445-450	2010
A02-H22-7R	Secondary electron emission in scanning Ga ion, He ion and electron microscopes	*T. Ishitani T. Yamanaka K. Inai <u>K. Ohya</u>	Vacuum	84	1018-1024	2010
A02-H22-8R	Calculation of D/XB Values of Hydrocarbon Molecules in Tokamak Edge Plasma	*H. Kawazome <u>K. Ohya</u> K. Inai J. Kawata K. Nishimura T. Tanabe	Plasma and Fusion Research	5	S2073 (5pp)	2010
A02-H22-9R	An EDDY/Particle-in Cell Simulation of Erosion of Plasma Facing Walls Bombarded by a Collisional Plasma	*K. Inai <u>K. Ohya</u>	Japanese Journal of Applied Physics	50	026001 (7pp)	2011
A02-H22-10R	Modeling of Electron Beam Charging of an Insulating Layer on a Silicon Substrate	* <u>K. Ohya</u> H. Kuwada	e-Journal of Surface Science and Nanotechnology	9	112-116	2011
A02-H22-11R	Erosion of extraction electrodes of ion sources due to sputtering	* <u>T. Kenmotsu</u> N. Miyamoto M. Wada	AIP Coference Proceedings	325	325-328	2011
A02-H22-12R	Acceleration and Redeposition of a Dust Particle in SOL/Divertor Plasma of HL-2A Tokamak	* <u>Y. Tomita</u> G. Kawamura Y.D. Pan L.W. Yan	Contribution to Plasma Physics	50	426-431	2010
A02-H22-13R	Analysis of Carbon Deposition on the First Wall of LHD by Monte Carlo Simulation	*G. Kawamura <u>Y. Tomita</u> M. Kobayashi M. Tokitani S. Masuzaki A. Kirschner	Contribution to Plasma Physics	50	451-457	2010
A02-H22-14R	Dust Charging and Dynamics in Tokamaks	* <u>Y. Tomita</u> G. Kawamura Y. D. Pan L. W. Yan	Plasma Science and Technology	13	11- 14	2011
A02-H22-15R	Dependency of Tritium Retention in Graphite on Temperature Control of Molecular Dynamics	*A. M. Ito <u>K. Ohya</u> K. Inai <u>H. Nakamura</u>	<u>Contributions to Plasma Physics</u>	50	464-469	2010
A02-H22-16R	Examination of Temperature Dependence of Chemical Sputtering on Graphite by Comparing the Langevin and Berendsen Thermostats	*A. M. Ito H. Okumura S. Saito <u>H. Nakamura</u>	Plasma and Fusion Research	5	S2020 (4pp)	2010
A02-H22-17R	Comparison of Hydrogen Adsorption on Diamond and Graphite Surfaces	* <u>H. Nakamura</u> A. M. Ito S. Saito Y. Tamura S. Fujiwara	Plasma and Fusion Research	5	S2072 (4pp)	2010

		N. Ohno S. Kajita				
A02-H22-18R	Molecular Dynamics Simulation of the Incident Angle Dependence of Reactions between Graphene and Hydrogen Atom	*S. Saito A. M. Ito <u>H. Nakamura</u>	Plasma and Fusion Research	5	S2076 (4pp)	2010
A02-H22-19R	Molecular Dynamics Simulation of Chemical Vapor Deposition of Amorphous Carbon: Dependence on H/C Ratio of Source Gas	*A. M. Ito A. Takayama S. Saito N. Ohno S. Kajita <u>H. Nakamura</u>	Japanese Journal of Applied Physics	50	01AB01 (6pp)	2011
A02-H22-20R	Extension of Binary-Collision-Approximation-Based Simulation Applicable to Any Structured Target Material	*A. Takayama S. Saito A. M. Ito <u>T. Kenmotsu</u> <u>H. Nakamura</u>	Japanese Journal of Applied Physics	50	01AB03 (4pp)	2011
A02-H22-21R	Molecular Dynamics Simulation of Hydrogen Injection onto Diamond Surfaces	* <u>H. Nakamura</u> A. M. Ito S. Saito A. Takayama Y. Tamura N. Ohno S. Kajita	Japanese Journal of Applied Physics	50	01AB04 (4pp)	2011
A02-H22-22R	Linear polarization of photons emitted from excited hydrogen atoms formed above metal surfaces	* <u>D. Kato</u> <u>T. Kenmotsu</u> <u>K. Ohya</u> T. Tanabe	Contributions to Plasma Physics	50	445-450	2010
A02-H22-23R	Resonance charge exchange between excited states in slow proton-hydrogen collisions	*I. Yu. Tolstikhina <u>D. Kato</u>	Physical Review A	82	032707 (6pp)	2010
A02-H22-24R	Atomic Charge-Changing Processes in Plasmas	*V.P. Shevelko <u>D. Kato</u> H. Tawara I. Yu. Tolstikhina	Plasma and Fusion Research: Regular Article	5	S2012 (7pp)	2010
A02-H22-25R	The energy-deposition model: electron loss of heavy ions in collisions with neutral atoms at low and intermediate energies	*V.P. Shevelko <u>D. Kato</u> M.S. Litsarev H. Tawara	J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.	43	215202 (9pp)	2010
A02-H22-26R	Electron Parallel Heat Transport in the Scarape-off Layer Using a Particle-in-Cell Code	*A. Froese T. Takizuka M. Yagi	Plasma and Fusion Research	5	S1017 (4pp)	2010
A02-H22-27R	Modelling of Ion Kinetic Effects for SOL Flow Formation	*T. Takizuka K. Hoshino <u>K. Shimizu</u> M. Yagi,	Contributions to Plasma Physics	50	267-272	2010
A02-H22-28R	Effect of Source and Sink on Heat Transport in the SOL	*A. Froese T. Takizuka M. Yagi	Contributions to Plasma Physics	50	285-290	2010
A02-H22-29R	Accumulation Process of High-Z Impurity in Toroidal Rotating Tokamak Plasma	*K. Hoshino T. Takizuka T. Nakano	Contributions to Plasma Physics	50	386-391	2010
A02-H22-30R	Kinetic Particle Simulation Study of Parallel Heat Transport in Scrape-off Layer Plasmas over a Wide Range of Collisionalities	*A. Froese T. Takizuka M. Yagi	Plasma and Fusion Research	5	26 (1-15)	2010
A02-H22-31R	Particle Simulation Study of SOL Heat Transport to the Divertor Plate	*A. Froese T. Takizuka M. Yagi	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES	9	557-562	2010
A02-H22-32R	Modeling of JT-60U Detached Divertor Plasma Using SONIC Code	*K. Hoshino <u>K. Shimizu</u> T. Takizuka N. Asakura T. Nakano	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES	9	592-5972	2010

A02-H22-33R	Simulation of Power Exhaust in Edge and Divertor of the SlimCS Tokamak Demo Reactor	*N. Asakura <u>K. Shimizu</u> H. Kawashima K. Tobita T. Takizuka	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES	9	136-141	2010
A02-H22-34R	A New Framework for Integrated Simulation Model Using MPMD Approach	*A. Takayama <u>K. Shimizu</u> Y. Tomita T. Takizuka	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES	9	604-609	2010
A02-H22-35R	Modeling of Neutral Transport for Self-Consistent Transport Simulations in Tokamaks	*M. Honda T. Takizuka A. Fukuyama <u>K. Shimizu</u>	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES	9	529-534	2010
A02-H22-36R	Modeling of Anomalous Particle Transport for Dynamic Transport Simulations	*M. Honda T. Takizuka A. Fukuyama <u>K. Shimizu</u>	Nuclear Fusion	50	095012 (14pp)	2010
A02-H22-37R	Numerical analysis of electronegative plasma in the extraction region of negative hydrogen ion sources	*S. Kuppel D. Matsushita <u>A. Hatayama</u> M. Bacal	Journal of Applied Physics	109	13305-13316	2011

B01班 22年度 発表論文リスト(査読有り論文のみ)						
班-年度-番号	題目	著者名	論文誌名	巻(号)	最初と最後の頁	発表年
B01-H22-1R	Mixed desorption of He, H ₂ and CH ₄ adsorbed on charcoal maximally cooled at 10K	* <u>S. Fukada</u> , M. Terashita	Journal of Nuclear Science and Technology	47	1- 8	2010
B01-H22-2R	Exchange reaction of hydrogen isotopes on proton conductor ceramic of hydrogen pump for blanket tritium recovery	* <u>Y. Kawamura</u> K. Isobe, T. Yamanishi	Journal of Plasma and Fusion Research Series	9	358, 362	2010
B01-H22-3R	Effect of oxygen on hydrogen retention in W deposition layers formed by hydrogen RF plasma	*T. Fujiki, <u>K. Katayama</u> , S. Kasahara, <u>S. Fukada</u> , <u>M. Nishikawa</u>	Fusion Engineering and Design	85	1094-1097	2010
B01-H22-4R	Direct decomposition of methane using helium RF plasma	* <u>K. Katayama</u> , <u>S. Fukada</u> , <u>M. Nishikawa</u>	Fusion Engineering and Design	85	1381-1385	2010
B01-H22-5R	Effects of simultaneous transfer of heat and tritium through Li-Pb or Flibe blanket	* <u>S. Fukada</u> , Y. Edao, <u>A. Sagara</u>	Fusion Engineering and Design	85	1314-1319	2010
B01-H22-6R	Isotopic exchange between hydrogen and deuterium in the process of permeating through Li _{0.17} Pb _{0.83}	*Y. Edao, H. Noguchi, <u>S. Fukada</u>	Fusion Engineering and Design	85	1225-1228	2010
B01-H22-7R	Effect of surface water on tritium release behavior from Li ₄ SiO ₄	*T. Hanada, <u>S. Fukada</u> , <u>M. Nishikawa</u> , K. Suematsu, N. Yamashita, T. Kanazawa	Fusion Engineering and Design	85	998- 1001	2010
B01-H22-8R	Removal rates of hydrogen isotope from liquid Li by HF-treated Y plate	*Y. Wu, Y. Edao, <u>S. Fukada</u> , H. Nakamura, H. Kondo	Fusion Engineering and Design	85	1484-1487	2010
B01-H22-9R	Tritium removal by Y hot trap for purification of IFMIF Li target	*Y. Edao, <u>S. Fukada</u> , S. Yamaguchi, Y. Wu, H. Nakamura	Fusion Engineering and Design	85	53-57	2010
B01-H22-10R	Behavior of separative dsorption of hydrogen, helium and methane	* <u>S. Fukada</u> ,	Fusion Science and Technology	57	112-119	2010

	from cryosorption pump	M. Terashita				
B01-H22-11R	溶融塩ブランケットにおける水素同位体の挙動	*胡静波、 宮入嘉夫、 <u>深田智</u>	九州共立大学総合 研究所紀要	4	13-18	2010
B01-H22-12R	Packing experiment of breeder pebbles into water cooled solid breeder test blanket module for ITER	*T. Hirose, Y. Seki, H. Tanigawa, D. Tsuru, <u>M. Enoeda</u> , H. Serizawa, H. Yamaoka	Fusion Engineering and Design	85	1426-1429	2010
B01-H22-13R	Overview of the ITER TBM R&D activities in Japan	*M. Akiba, <u>M. Enoeda</u> , S. Tanaka	Fusion Engineering and Design	85	1766-1771	2010
B01-H22-14R	Study on tritium balance in a D-T fusion reactor	* <u>M.Nishikawa</u>	Fusion Science and Technology	57	120-128	2010

B02班 22年度 発表論文リスト(査読有り論文のみ)						
班-年度-番号	題目	著者名	論文誌名	巻(号)	最初と最後の頁	発表年
B02-H22-1R	Chemical stability of LiYO ₂ as an insulating material	*Masaru Nagura, <u>Akihiro Suzuki</u> , Kazuya Sasaki, <u>Takayuki Tera</u>	Fusion Engineering and Design	85	1098-1101	2010
B02-H22-2R	Microstructure control and deuterium permeability of erbium oxide coating on ferritic/martensitic steels by metal-organic decomposition method	*Takumi Chikada, <u>Akihiro Suzuki</u> , <u>Teruya Tanaka</u> , <u>Takayuki Terai</u> , Takeo Muroga	Fusion Engineering and Design	85	1537-1541	2010

C01班 22年度 発表論文リスト(査読有り論文のみ)						
班-年度-番号	題目	著者名	論文誌名	巻(号)	最初と最後の頁	発表年
C01-H22-1R	Radiation-induced crosslinking of Nafion N117CS membranes	* <u>Y. Iwai</u> , A. Hiroki, M. Tamada <u>T. Yamanishi</u>	Journal of Membrane Science	369	397-403	2011
C01-H22-2R	Recent R&D results on polymeric materials for a SPE-type high-level tritiated water electrolyzer system	* <u>Y. Iwai</u> , K. Sato, A. Hiroki, 他3名	Fusion Engineering and Design	85	1421-1425	2010
C01-H22-3R	Verification of hydrogen isotope separation/enrichment by pressure swing adsorption process: Successive enrichment of deuterium using SZ-5A column	* <u>K. Kotoh</u> , M. Tanaka, S. Takashima, T. Tsuge, Y. Asakura, T. Uda, <u>T. Sugiyama</u>	Fusion Engineering and Design	85	1992-1998	2010
C01-H22-4R	Development of tritiated vapor absorbent applicable to the atmospheric detritiation system in a nuclear facility	* <u>Y. Iwai</u> , <u>T. Yamanishi</u>	Applied Radiation and Isotopes	68	1642-1649	2010
C01-H22-5R	Development of Pt/ASDBC catalyst applicable for hydrogen oxidation in the presence of saturated water vapor at room temperature detritiation system	* <u>Y. Iwai</u> , K. Sato, <u>T. Yamanishi</u>	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES	9	332-337	2010

C01-H22-6R	Permeation of tritiated water through polypropylene	<u>*M. Hara,</u> Y. Togashi	富山大学水素同位体科学研究センター 研究報告	29-30	61-64	2010
C01-H22-7R	Effect of ceria concentration in the electrode on water decomposition efficiency	<u>*K. Isobe,</u> <u>T. Yamanishi</u>	富山大学水素同位体科学研究センター 研究報告	29-30	51-54	2010
C01-H22-8R	Preliminary study on electrochemical corrosion behavior of F82H steel	*M. Oyaidzu, <u>T. Yamanishi</u> <u>T. Sugiyama,</u> 他 4 名	富山大学水素同位体科学研究センター 研究報告	29-30	45-49	2010
C01-H22-9R	Three-dimensional morphology of blister-like structures and deuterium retention in tungsten exposed to low-energy, high-flux D Plasma	*V.Kh. Alimov, S. Lindig, M. Balden, <u>K. Isobe,</u> 他 3 名	富山大学水素同位体科学研究センター 研究報告	29-30	71-81	2010

C02班 22年度 発表論文リスト(査読有り論文のみ)						
班-年度-番号	題目	著者名	論文誌名	巻(号)	最初と最後の頁	発表年
C02-H22-1R	Preparation of Mg and Al phosphate coatings on ferritic steel by wet-chemical method as tritium permeation barrier	<u>*K. Zhang,</u> <u>Y. Hatano</u>	Fusion Engineering and Design	85	1090-1093	2010
C02-H22-2R	Behavior of Tritium Accumulated on Materials Surface	<u>*T. Otsuka,</u> T. Tanabe	Fusion Engineering and Design	85	1437-1441	2010
C02-H22-3R	Release behavior of hydrogen isotopes thermally absorbed in lithium niobate	*K. Azuma, <u>T. Oda,</u> <u>S. Tanaka,</u>	Fusion Engineering and Design	85	1772-1776	2010
C02-H22-4R	Modeling of influence of lithium vacancy on thermal conductivity in lithium aluminate	*H. Tsuchihira, <u>T. Oda,</u> <u>S. Tanaka,</u>	Fusion Engineering and Design	85	1814-1818	2010
C02-H22-5R	Correlation between desorption of deuterium and recovery of irradiation defects in simultaneously deuterium and carbon ion-implanted tungsten	*R. Kurata, M. Kobayashi, S. Suzuki, W. Wang, N. Ashikawa, A. Sagara, N. Yoshida, <u>Y. Oya,</u> <u>K. Okuno</u>	Journal of Plasma and Fusion Research	9	193-196	2010
C02-H22-6R	Effect of Energetic Helium ion Implantation on Hydrogen Isotope Retention in Silicon Carbide	<u>*Y. Oya,</u> S. Suzuki, M. Hara, M. Matsuyama, K. Okuno	Journal of Plasma and Fusion Research	9	322-325	2010
C02-H22-7R	Vibration analysis of O-H stretching mode in Mg(OH) ₂ , Ca(OH) ₂ , LiOH, and NaOH by plane-wave pseudopotential DFT calculation	*K. Azuma, <u>T. Oda</u> <u>S. Tanaka,</u>	Computational and Theoretical Chemistry	963	215-220	2011
C02-H22-8R	Application of palladium coating on group 5 metals for vacuum permeator -possible problems and solutions-	*T. Nozaki, E. Yamakawa, A. Hachikawa K. Ichinose, M. Hara, <u>Y. Hatano</u>	富山大学水素同位体科学研究センター研究報告	29-30	55-60	2010

総括班 22年度 発表論文リスト(査読有り論文のみ)						
班-年度-番号	題目	著者名	論文誌名	巻(号)	最初と最後の頁	発表年
総括-H22-1R	Study on the fuel balance of a DT reactor	<u>*M.Nishikawa,T.Tanabe</u>	Fusion Engineering and Design	57	120- 128	2010
総括-H22-2R	Tritium issues in plasma wall interactions, Plasma Interactions in Controlled Fusion Devices,	<u>*T. Tanabe</u>	Proc. 3rd ITER International Summer School	85	987- 991	2010
総括-H22-3R	Tritium balance in a D-T fusion reactor	<u>*M.Nishikawa</u>	Fusion Science and Technology	59	350- 362	

解説・総説リスト(2010年4月～2011年3月)

班	題目	著者名	論文誌名	巻	最初と最後の頁	発表年
C01	大量トリチウム取り扱い技術開発30年の成果と今後の課題 1. 大量トリチウム取り扱い研究施設の建設 —日本でのトリチウム研究の曙と施設建設に向けて—	松山政夫、 山西敏彦	プラズマ・核融合学会誌	85	97-103	2010
C01&C02	大量トリチウム取り扱い技術開発30年の成果と今後の課題 2. 大量トリチウムの取り扱いに関わる研究成果(1) —トリチウムの閉じ込め, 安全取り扱い実績の積み重ね—	波多野雄治、 山田正行、 林巧	プラズマ・核融合学会誌	85	173-184	2010
A01	小特集「プラズマと微粒子」研究の諸分野における進展 5. 3 核融合プラズマ実験装置中での微粒子の生成と挙動の観察	大野哲靖、 朝倉伸幸	プラズマ・核融合学会誌	87	153-159	2011
A02	小特集「周辺プラズマからプラズマ対向壁材料までのシミュレーションコード・モデルの最前線」 2. 周辺プラズマシミュレーション	星野一生 藤間光徳	プラズマ・核融合学会誌	86	681-684	2010
A02	小特集「周辺プラズマからプラズマ対向壁材料までのシミュレーションコード・モデルの最前線」 3. 周辺プラズマにおける不純物輸送シミュレーション	藤間光徳 星野一生 河村学思	プラズマ・核融合学会誌	86	685-689	2010
A02	特集「周辺プラズマからプラズマ対向壁材料までのシミュレーションコード・モデルの最前線」 6. 連結シミュレーションによるアプローチ	星野一生 藤間光徳 河村学思 斎藤誠紀 伊藤篤史	プラズマ・核融合学会誌	86	698-705	2010
B01	セラミックストリチウム増殖材による核融合炉燃料の製造	河村繕範、 落合謙太郎、 星野毅	セラミックス	46	206-209	2011
C01&B01	核融合炉燃料システムにおける水素吸蔵合金によるトリチウム貯蔵と計量	山西敏彦、 林巧、 河村繕範	セラミックス	46	201-205	2011

(7) 総括班評価者による評価の状況

総括班事業として行ったミーティング、シンポジウム、研究会の後には必ず総括班会議を開催し、行った事業の総括を作成し、事業で使われたビューグラフを公開して、事業に参加いただけなかった評価者のみならず、第三者からの評価も可能なようにしてきた。研究報告会で総括班および評価委員より指摘された意見は次の通りである。(1)過去の研究結果やすでにわかっている物理/化学を十分 Refer し respect すること、(2)特定領域「核融合炉実現のためのトリチウム研究の新展開」の意義と目的に則ったものであること。(3)様々な物理、化学状態の水素同位体、トリチウムの挙動、材料との相互作用:学術研究と領域形成、充実をはかること。(4)“表面状態”、“交換反応”、“同位体効果”等 物理化学にのっとった共通の理解と、理解の深化をはかること。(5)シミュレーション、あるいは第1原理計算においては、特にその学術的な意義や新規性等について自問自答しながら進めること。(6)人材育成と維持を積極的に推進すること。

また以下に3名の評価者のそれぞれの22年度の本事業に対する評価を記す。

特定領域研究「核融合炉実現を目指したトリチウム研究の新展開」への評価意見

ITER 機構長

本島 修

本特定領域研究の平成22年度の研究成果報告を検討しその評価をここに述べる。

本年度は特定研究発足4年目の年度としていわば成熟期に来ており、実験研究においては前年度までに得られた成果の確認のための実験データの充足と応用性を検討するための解析を行う期間に入っているように見受けられる。一方解析研究においては計算手法を開発して得られた数値計算値を実験値と対比しようとする動きが盛んのものである。ROTHらは多くの大型プラズマ装置の実績を集約してITER条件における第一壁やダイバータへのトリチウムの捕捉量推測値を得たが、本特定研究ではA班を中心としてプラズマ挙動計算コードとプラズマ壁相互作用計算コードを接続して独自の複合コードを構築し数値計算によって得られた値をROTHらの値と比較しようとしている。グラフィックにおいては第一壁全体の再付着層へのトリチウム捕捉値が推定できる段階にまでモデル構築が進んできているようであるが、タングステンについてはまだ実験値不足が原因でトリチウム挙動モデルが確定していない様子である。ITERにおけるトリチウム捕捉量を学術的知見の集約とした数値計算法によって推測できる可能性が見えてきたことはうれしい限りである。

若手研究者中心に行われているようであるが分子動力学法等による数値計算で得られた特性値と実測値とのつき合わせも行われているようである。

また総括班ではA、BおよびC班の研究を総括して核融合炉におけるトリチウムバランスの検討を始めている。トリチウムを議論するためにプラズマの燃焼率やプラズマ壁相互作用の総合的解明が必要であるとのことはITERおよびそれ以降に向けてプラズマ研究と炉工学研究の相互理解の重要性を認識させるものである。

以上の研究活動はどちらかと言うと核融合炉内燃料システムのトリチウムにかかわる現象の理解を目的としているが、本特定研究で行われている炉内外におけるトリチウムの振る舞いの学術的把握を目的とした研究は核融合炉の放射線安全性確保の視点から見ても必要なことである。核融合炉の開発研究においても3月11日の福島県における軽水炉の不幸な事故を他山の石にしてはならない。

前年度にも指摘したが、本特定領域研究では若手交流研究発表会が企画され若手トリチウム研究者

の育成にも意が払われていることは心強い。班構成を越えて若手研究者相互の自発的研究交流が活発化していると聞いているが将来心強い成果である。

以上を総括すると、平成19年度に始まった本特定研究は基礎と応用両方の観点から見ても順調に成果をあげてきており ITER や実用炉に向けての学術研究の進展に寄与するところ大と判断される。

日本原子力研究開発機構、核融合研究開発部門副部門長

高津英幸

5年間の特定領域研究の活動も残すところ1年となり、これまでの4年間の活動において、各計画研究班における幅広い研究活動が計画的、有機的に進めてこられた結果として多くの貴重な成果が得られてきている。採択された公募研究の成果と共に、多くの論文発表や学会発表等に結実していることから、当初の想定以上の成果が挙げられていることと高く評価する。また、各計画研究班の枠を超えて融合した課題について大きな成果を挙げてきている。さらに、昨年度は、総括班の指導の下、活動の纏めに向けた議論も活発に行われていることから、纏めの成果物に関しても大いに期待するところである。4年間の成果を見て、特定領域研究による研究の推進の力強さを改めて強く認識するところである。世界の核融合計画の中核プロジェクトである ITER 計画においても、その建設活動が本格化してきており、世界の核融合研究開発は、nuclear facility の段階に深く入りつつあるが、本特定領域の研究は、まさにこの段階において最も重要な課題に取り組むものである。いわば国を挙げてトリチウム理工学に関連する幅広い研究を総合的に展開している事例は海外にも例が無く、世界的に見ても貴重な活動である。この活動が世界的にも高く評価されていることを、日本の核融合研究者の一人としても高く評価したい。

このように、これまでの4年間の特定領域研究の活動において、想定以上の研究成果が挙げられていると言えるが、その成果を踏まえ、総括班の指導の下、トリチウムの教科書及びデータ集の執筆等、纏めに向けた活動も着実に進んでいることも意義深いことである。我が国におけるトリチウム関連研究の質と量、さらに原型炉に向けた総合力として積み重ねの高さを示すものとして、その成果に強く期待したい。また、昨年度から顕著となってきた、各計画研究班の枠を超えて融合した課題、学際的な課題への取り組みの進展も高く評価したい。プラズマ対向材のトリチウム挙動を研究するA班、ブランケットのトリチウム挙動を研究するB班、燃料システムのトリチウム挙動を研究するC班の研究活動を横断的に連携し、具体的には、タングステンに対するトリチウムの透過、多様な方法による酸化膜被覆透過防止方法の研究に関して、研究会やワークショップが開催されて、幅広い研究者が研究成果や意見を交換することにより、互いの研究開発が加速されるシナジー効果を見ることが出来る。5年間の特定領域研究の総括として、各計画研究班の有機的連携が更に進展することを大いに期待したい。

東日本大震災による福島原発の事故を鑑みた場合、放射性物質であり燃料であるトリチウムの安全取扱いは、核融合炉を実現する上で、最も重要な工学かつ安全上の課題であることは疑いようがない。安全性研究に近道はなく、地道な基礎研究とデータ取得を積み上げていく活動こそ重要であり、本特定領域研究が ITER 計画やそれ以降の核融合研究開発に与える貢献は、ますます大きくなっていると

認識される。最終年度における研究の総括において、今一度、これまでに展開されてきた本特定領域研究の活動を顧みて、核融合炉の真の安全性をキーワードに、プロジェクト側との密接な議論と連携を図り、最終年度の活動の調整、得られた成果の総合化を進めるよう期待したい。

本特定領域が目標とするトリチウム取扱いの研究は、トリチウムの濃度として燃料としての高濃度から環境レベルまで、温度としてもプラズマ温度から液体水素温度まで、化学形としても、水素、水、有機物と、極めて多岐にわたるものであり、これまでの幅広い活動において多くの成果を上げ、また、若手を中心とする人材の育成にも大きな貢献を行ってきたことは間違いない。しかし、これらの活動や研究開発は5年間の特定領域の活動の終了を持って完了するものではなく、核融合炉の建設に向け、長い視点でのロードマップの中で、本特定領域の活動で育てられた若手の人材が、これらの成果を引き継いで発展させていくことを強く期待したい。そう言う観点から、総括班主催の若手研究者の研究報告会を見るに、多くの学生及び若手研究者が参加していること、また、これまで関わってこなかった理論化学の研究者も参加していることが分かり、本特定領域の活動が学際的にも活動の幅を拡げ、また、人材確保の面でも裾野が着実に広がっていることが伺える。また、本特定領域の活動グループが、本特定領域研究が終了後も当該研究開発の中核を構成し、外部資金獲得の芽となり、今は比較的低調となっている企業のトリチウムに関する研究開発活動へも拡大・継承されていくことを期待したい。不幸にも、今回の東日本大震災により、東北大、原子力機構等、特定領域研究の最終年度の活動に多大な影響を受け拠点もあると伺っている。本特定領域研究は、オール日本での活動を進めるものであり、このような時こそ、その被害を克服する力強い活動の展開に大いに期待するところである。

ITER 機構

嶋田道也

科研特定領域「核融合トリチウム」は、ITER 及び核融合炉実現に向けて不可欠であるトリチウム研究領域において世界に類例のない総合的な研究プロジェクトです。平成 22 年度も顕著な成果が上がっており、田辺先生をはじめとする諸先生のご努力と先見の明に敬意を表します。A01 班におきましては、多数イオン種同時照射環境において水素同位体の蓄積の複雑な挙動が明らかにされ、当初の目標の重要項目が達成されようとしております。特に、イオンによる叩き出しでは 10nm 程度の深さまでに吸蔵されているトリチウムしか回収できない、ということがこれまでの常識でありましたが、本研究によって、より深い層からも同位体置換によってトリチウムが回収できることが示されました。これが実証されると炉内のトリチウム吸蔵量制御に明るい見通しが開かれることとなります。A02 班におきましては、炉内トリチウムの大域的な流れを取り扱えるコード群の整備が進んでおり、「核融合炉トリチウムプラズマと核融合炉材料の相互作用理論を構築し、それに基づくトリチウムプラズマ・対向壁相互作用の総合的計算機シミュレーションコードを開発する」という当初の目標達成は確実と考えられます。平成 23 年度はいよいよ最後の年度であり、実験的研究とシミュレーション研究の協力によって精度の高い炉内トリチウム蓄積量の予測およびトリチウム除去法の評価が可能となれば、ITER や原型炉の建設及び運転シナリオ作成に多大なる貢献が期待できます。

(8) 研究領域の研究を進展する上での問題点と対応策

(8-1) 研究遂行上で生じた問題点等

これまでのほぼ4年間の研究により、領域設定年度内に当初の目標は達成できそうな見通しが得られているだけでなく、(8-2)に記したように中間評価による特に改めるべき点の指摘はなく、基本的には当初の計画通りすすめている。ただし新たな課題も現れている。特に、トリチウムは稀少資源であり、安全性の観点のみならず、経済性の観点からも、無駄なく回収する必要があることを明確にした。当初よりトカマク装置内(A班)、ブランケット(B班)、トリチウム燃料システム(C班)いずれにおいても、トリチウムの除去・回収は研究テーマになっていたが、従来の研究テーマにとどまらず、希少資源であることを念頭に新たな課題にも取り組んでいる。

また第4年度を終えるに当たって、それまでの研究の進行状況を総括し、領域発足当時すべての研究協力者が確認した以下の各点を、再認識し、改めてこれらを念頭に入れて研究を遂行していくこととした。

- (1) 研究のターゲットとその意義を特定領域研究の枠組みの中でしっかり位置づける。
- (2) トリチウム(T)の科学として、新しく何に寄与しようとするのか明確にする。
- (3) 多量のTを使うことが、HやDを使うことのように違うのかについて、科学・工学の両観点から明確にする。
- (4) 水素中に希薄に含まれたTを使った実験と、もともと超微量しか使わない(使えない)実験とを峻別する。
- (5) 個々の研究が扱っている系を正確に把握し、その系と核融合炉環境との関係を明確にする。
- (6) イオンや励起原子が入射する表面を扱う場合は、表面は非平衡状態であり、速度論的に扱わざるを得ないが、常に平衡状態との比較を念頭置く。また系は、常にエネルギー散逸過程であることも考慮する。
- (7) 水素を扱う場合は常にその中の不純物水分の把握が必要である。
- (8) 得られた成果のITERあるいは核融合炉への外挿性を常に念頭に置く。

東日本大震災により、東北大学、日本原子力研究開発機構では、建物、装置等に甚大な被害を被っており、共同研究者、協力研究者には、研究の遂行に支障を来している方が少なくからずいらっしゃる。研究期間の延長を文科省にお願いしているところではあるが、今年度最終報告に一部、未達成の部分が出る可能性がある。関係者一同、復旧につとめているだけでなく、これまでの研究進展蓄積があるので、領域としての研究目的達成には大きな支障にならないと考えている。

(8-2) 中間評価に係る意見を受けての対応

中間評価結果に係る意見は以下の通りである。

本研究領域は、国際的研究の一翼でもある核融合研究で重要なトリチウムの扱いに尽力しており、所期の予定どおり研究が進行している。採択当初には、開発的要素が大きく、学術的側面が希薄になるおそれが指摘されていたが、トリチウムの挙動の解析と炉内外の振る舞いについてのデータベース的な整理が進められる等、学術的な側面も進んでおり、今後の研究成果が期待できる。ITERへの適用も視野に入れており、これまでのところは順調と考えられる。今後、システムとしての研究成果を見込んでいるが、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。なお、世界トップレベルの学術的な研究成果を目に見える形で示すべきであり、基礎データを蓄積し、全体像を明確にして道筋を決め、戦略的に進めることが必要である。また、若手研究者の育成についての具体的な活動を進めることを希望する。さらに、シンポジウム等への一般の方の参加を増やす努力も希望する。

総括班では、全体像を明確にして道筋を決め、これを各班の研究に反映させる。また若手育成のための、横断的な研究会やシンポジウムを2年次以降、毎年開催している。これにより、特に採択の際に、一つの課題として要請された「シミュレーション分野の充実」において、若手研究者の育成が進んでおり、心強く思っている。情報発信、シンポジウム等への一般参加を増やす方法についても検討をおこない、様々な取り組みを行っている。学術的成果を目に見える形にするため、教科書あるいはトリチウムハンドリングマニュアル等を刊行予定であり、現在その準備をすすめている。

平成22年度の成果報告会において、次のようなメッセージ

「早くも、領域設定最終年度になり、残り期間も1年を切りました。しかし、本日の発表により、当初の研究目標達成は間違いないと確信いたしました。今後は目標達成にとどまらず、さらに高いレベルにまで研究を高めていただきたいと思います。目標は目に見えるものがわかりやすいので、どちらかというと工学的です。もちろん核融合炉実現が大目標ですから、当たり前といえば当たり前ですが、大目標達成は、まだまだかなり先です。本領域で皆様に研究していただいた成果が、先々どのように使われるによって、本当の意味での成果が答われたこととなります。今一度、長い目で見て、ご自分の研究が、学術的、あるいは工学的にどのように位置づけられるのかを思い、やり残した研究、あるいはさらに高めるための研究にいそしんでいただきますようお願い申し上げます。」

を研究代表者、分担者全員におくり、この一年間のより一層の努力を促した。

(9) 今後の研究領域の推進方策

領域が掲げた当初の目標は、数値目標も含めて、計画研究の設定年度内に達成できそうであることを確信しつつある。しかし、現在まで得られている結果は、総じて定性的であり、今後は、掲げた数値目標の根拠の明確化も含めて、定性的な評価や議論ではなく、定量的な評価や議論ができるように、データのまとめ、モデル化、予測等々が必要である。

今年度は最終年度として最終的な成果のとりまとめを行うが、その際

- ① 達成された目標の根拠を含めて明確化
- ① 未達成の目標を達成
- ① 新たな目標、あるいは問題点の明確化とその解決
- ① 未達の目標(もしあれば)と新たな問題点の抽出と、その解決への道筋策定

を行う。

この際、核融合炉実現のためのトリチウム研究の目標(目的)は大別すると、(1)トリチウムが放射性であるために要求される安全性の確保すること、(2)燃料としてのトリチウムは希少資源であるために要求される、核融合炉の経済性を満たすトリチウムの増殖、であることを念頭に、計画研究だけでなく、公募研究も含めて個々の研究が、どちら(両方でもよい)に対応しており、核融合炉実現のためにどのような寄与ができたのかを明確(具体的)にする。そのため、最終年度として、定量的な評価や議論ができるように、データのまとめ、モデル化、予測等々に重点を置き研究を進めていく。

特に、総括班では、研究会、シンポジウム、国際会議等を主催/共催し、成果の取りまとめ、また総合化をはかってきたが、加えて各研究班の成果についての評価を行い、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い、領域としての研究の完結を試みる。また、核融合炉の社会受容性を高めるための啓蒙活動を継続する。そして学問としてトリチウム科学を完成させるため、教科書の編纂を行い、来年度に本領域の成果として出版する予定である。