

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：63902

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25249133

研究課題名(和文) 溶融塩ブランケットの安全性と熱効率向上を目指した水素溶解度の積極的制御の実験研究

研究課題名(英文) Experimental study on active control of hydrogen solubility for improvement of safety and thermal efficiency of a molten salt blanket

研究代表者

相良 明男 (Sagara, Akio)

核融合科学研究所・ヘリカル研究部・教授

研究者番号：20187058

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,200,000円

研究成果の概要(和文)：核融合ブランケットの溶融塩冷却材(FLiBe、FLiNaBe、FLiNaK)に水素吸蔵Ti微粒子を0.1wt%添加することで、実効的な水素保持能力が最大で5桁以上向上することを確認した。また、従来、高温強度に優れるものの、水素吸蔵材料であるために、溶融塩冷却材と組み合わせての使用が難しいとされてきたV合金構造材料への水素蓄積を、Ti微粒子添加により抑制できることも実証した。これらの結果は、金属微粒子を添加する新概念が、より安全で高効率の発電に寄与できることを示している。さらに、金属微粒子に蓄積した水素を効率的に回収するための新提案であるマイクロ波加熱による金属微粒子の選択的加熱にも成功した。

研究成果の概要(英文)：Addition of 0.1 wt% Ti fine powder into molten salt coolants (FLiBe, FLiNaBe, FLiNaK) increased the effective hydrogen solubility by > 5 orders. The addition of Ti fine powder also suppressed hydrogen absorption into a vanadium alloy material immersed in a molten salt coolant. These experimental results indicate that the present new concept, i.e. active control of hydrogen solubility of molten salt coolants by addition of metal fine powders, enables safer and high-efficiency power generation with a molten salt cooled blanket system. In the present study, an idea of selective microwave heating of the metal fine powder in a molten salt coolant has newly been proposed for effective hydrogen recovery from the powder and successfully demonstrated.

研究分野：核融合炉工学

キーワード：溶融塩ブランケット 水素吸蔵金属 水素溶解度制御 強制循環ループ マイクロ波加熱

1. 研究開始当初の背景

本課題の研究代表者、及び、分担者は、大型ヘリカル装置 (LHD) 型核融合炉 FFHR の設計研究の一環として、炉心から熱と増殖燃料を同時にとりだす液体ブランケットに着目した設計及び実験研究を展開してきた。特に FLiBe (LiF-BeF₂、融点約 400°C) 等の熔融塩を冷却材として用いるブランケットは、化学的に不活性で発火しない、電気を通さないために強磁場下運転における MHD 圧損 (電磁ブレーキ効果) が無い、高プラントル数流体のため急激な温度変化が無い、等の長所を持つ一方、(1)容器材料の耐熱限界や、(2)水素溶解度が低いことに起因する高温壁からの水素透過漏洩等が課題となっていた。

(1)の容器材料については、核融合炉用低放射化材料であり使用限界温度が 700°C のバナジウム合金 (V 合金) が有望である。しかし、水素溶解度の低い熔融塩 FLiBe 冷却材と溶解度の高い V 合金を組み合わせて使用する際には、冷却材中に核融合燃料として含まれている水素が V 合金製容器に吸蔵されてしまい、回収することが困難となる。このため、FLiBe 冷却材と組みあわせる構造材料としてはフェライト鋼が候補となるが、使用限界が 550°C であるため、FLiBe の融点との温度差が小さく、発電熱効率を上げることができない。

(2)については、核融合炉の燃料は、三重水素 (トリチウム) であり、核融合炉の炉心プラズマで発生した中性子が FLiBe 冷却材を通過する際に、Li との核反応により冷却材中に生産される。しかし、熔融塩の水素溶解度が低いため、生産された水素燃料が、高温の金属容器や配管壁を透過して外部に漏洩してしまうことが、核融合炉の運転維持と安全性の観点から課題となる。

2. 研究の目的

熔融塩の水素溶解度が低いことに起因し、核融合炉の発電熱効率と安全性に直結する上記の2つの重要課題を解決するために、熔融塩に V、Ti、Zr 等の水素吸蔵金属微粒子を混合することによって、実効的な水素溶解度 (水素保持能力) を増加させる、全く新しい発想 (図 1) について、実験研究を行うものである。

FLiBe の他に、これまでに熔融塩の基礎特性の理解と冷却材循環技術研究のために用いてきた FLiNaK (LiF-NaF-KF)、及び、FLiBe よりも融点がさらに低く、より高効率の発電が期待できる FLiNaBe (LiF-BeF₂-NaF、融点約 300°C) を対象とし、(1)水素溶解度、水素拡散係数のより正確な評価、(2)熔融塩への Ti 微粒子添加により、実効的な水素溶解度が増加することの検証、(3)熔融塩の実効的な水素溶解度の増加が、ブランケット容器材料への水素蓄積を抑制することの検証、を目的としている。

金属微粒子に吸蔵された水素は、核融合炉の燃料であるため、効率よく金属微粒子から分離回収する技術も併せて求められる。本課題遂行中に、金属微粒子を添加した熔融塩にマイクロ波を照射することで、金属微粒子のみを選択的に加熱し、水素を高効率で回収する新手法の着想に至った。このマイクロ波加熱による水素回収手法の検証についても実験を行った。

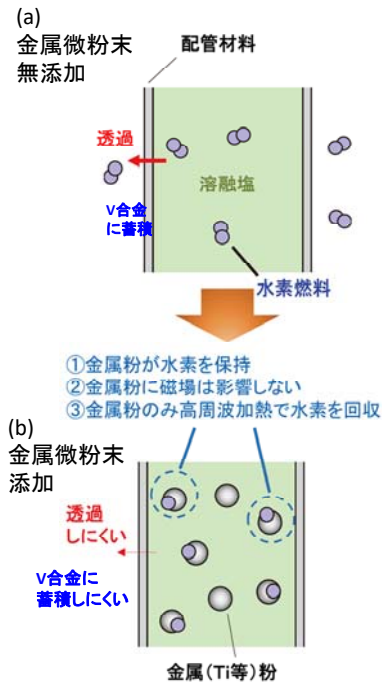


図 1. 金属微粉末添加による水素保持能力向上の模式図

3. 研究の方法

(1) 水素溶解度、拡散係数評価

FLiNaK に対する既存の水素溶解度、拡散係数測定手法では、装置内における FLiNaK の対流の影響が含まれている可能性があった。そこで、図 2 に示すように、対流の抑制が可能な厚み 0.5-1 mm の薄い FLiNaK 層を設け、ここを通過する水素挙動を評価する装置を製作した。チャンバー内に導入された水素は、Ni チェンバー壁、FLiNaK 層、Ni メッキが施されたステンレス管壁の順に透過する。一番内側の管壁を通過して放出される水素量の時間変化を QMS (四重極型質量分析器) により測定した。[学会発表①]

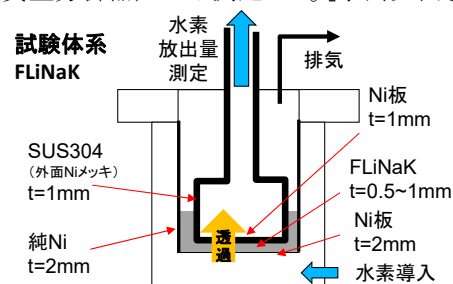


図 2. FLiNaK 中の水素挙動評価実験装置

FLiBe、及び、FLiNaBe 中の水素挙動評価については、図 3 に示すように、高純度の熔融塩を調製するための Ni 坩堝と水素透過挙動を測定する三重管測定部からなる装置を用いた。高純度の FLiBe、FLiNaBe を坩堝で調製した後、三重管部に移し、水素の透過挙動をガスクロマトグラフで測定した。三重管測定部の断面を図 4 に示す。[雑誌論文⑥]

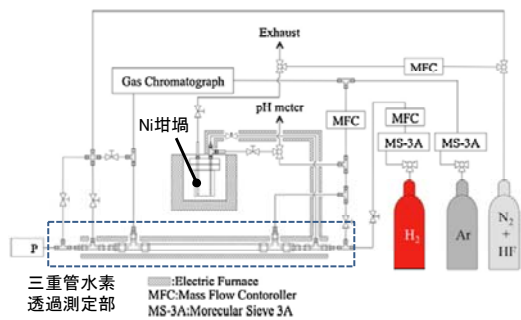


図 3. FLiBe、FLiNaBe 中の水素挙動評価実験装置

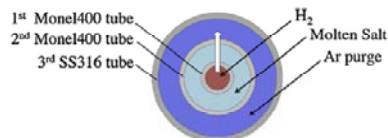


図 4. 三重管水素透過測定部の断面図

(2) チタン微粒子添加による実効水素溶解度増加の検証

溶融塩に添加する水素吸蔵金属微粒子のサイズは、沈降速度の予測から $10\ \mu\text{m}$ 程度もしくはそれ以下にすることが適していると評価した。そこで本検証実験では市販の粒径が $38\ \mu\text{m}$ 以下の TiH_2 微粒子を購入し、水素を脱離させることで Ti 微粒子とした。これを FLiNaK 中に 0.1 重量% (wt%) 添加し、Ti 微粒子添加の有無による FLiNaK の水素保持特性の違いを調べた。実験装置を図 5 に示す。FLiNaK は石英管に封入し、ヒーターで 525°C に加熱する。FLiNaK 中に差し込まれた細管から水素ガスを 1.5 時間以上吹き込み、FLiNaK に水素を飽和溶解度まで保持させた。次に、吹き込むガスを Ar ガスに切り替えて、その中に含まれる水素濃度の時間変化を QMS もしくはガスクロマトグラフにより測定した。Ar ガス中の水素は、FLiNaK に保持されていた水素が放出されたものである。[雑誌論文③、⑥]

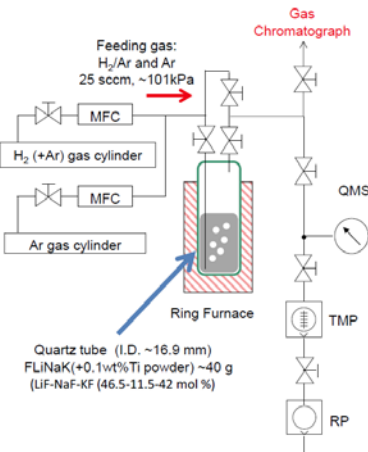


図 5. Ti 微粒子添加による FLiNaK の実効水素溶解度増加の検証に用いた実験装置

FLiNaBe に Ti 微粒子を添加した際の水素挙動に対する効果は、図 3,4 に示した三重管を用いた水素透過挙動測定装置を用いて評価した。

(3) Ti 微粒子添加によるブランケット容器材料への水素移行抑制効果の実証

溶融塩冷却材に Ti 微粒子を添加して実効的

な水素溶解度を増加させることにより、ブランケットの容器材料への水素移行を抑制できることを実証するための実験概略図を図 6 に示す。FLiNaK を入れた Ni のつぼを石英管内に設置し、ヒーターで 550°C に加熱する。FLiNaK 中には V 合金の板状試料を浸漬させている。この石英管内に水素ガスを導入し 1.5 時間保持して、FLiNaK 中に水素を吸収させた。その後、Ni のつぼを冷却して FLiNaK を固化させる。固化した FLiNaK は Ar ガスでパージしたグローブボックス内で粉砕し、内部の V 合金試料を取り出す。FLiNaK 中を移行して V 合金試料に蓄積された水素量は、真空中で 700°C まで加熱した際に脱離する水素量を QMS により測定して評価した。純 FLiNaK 中、及び、Ti 微粒子添加 FLiNaK に浸漬した V 合金試料中の水素量を比較することで、ブランケット容器材料への水素移行抑制の検証を行った。[雑誌論文②]

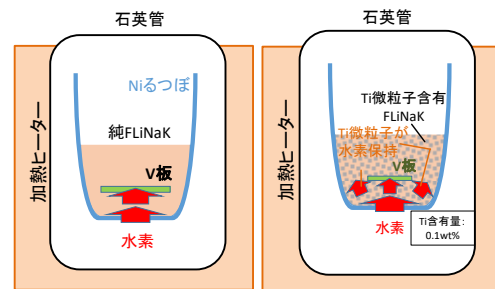


図 6. Ti 微粒子添加によるブランケット容器材料への水素移行抑制効果の実証実験概略図

(4) 金属微粒子の選択的マイクロ波加熱実証

マイクロ波を用いることで溶融塩の温度は上昇させず、金属微粒子のみを選択的に加熱する新しい提案の有効性を実証するために、図 7 に示すマイクロ波加熱装置を用いて、純 FLiNaK 及び Ti 添加 FLiNaK の加熱実験を行い、温度上昇の違いを調べた。FLiNaK を封入した石英管は、磁場振幅が最大、電場振幅が最小となる位置に置かれており、磁場定在波による金属微粒子の選択的加熱を利用する。[雑誌論文⑩]

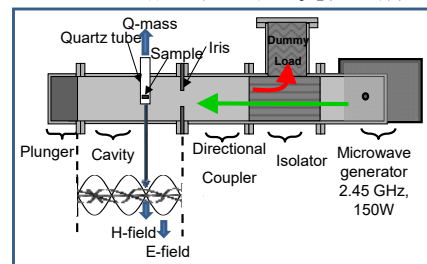


図 7. マイクロ波加熱装置の概略図

(5) 金属微粒子添加による流動特性変化

溶融塩に近い粘性を示す水の循環ループを構築し、金属微粒子を溶融塩冷却材に添加した際の流動特性変化を調べた。[学会発表②]

4. 研究成果

(1) 水素溶解度、拡散係数評価

図 2 に示した実験装置を用いて測定した、対流効果を抑制した FLiNaK 層を透過する水素量の時間変化を図 8 に示す。この時間変化のカーブに、水素透過の理論式をフィッティングすることで、水素溶解度、拡散係数、透過係数を求めた。求められた透過係数値は既存の報告値より

低くなっており、対流抑制の効果により、より正確な値が取得できたと考えられる。また、本測定では、既存の研究よりも低い水素圧力(核融合ブランケット条件に近い水素圧力)に対するデータの取得を行っており、得られたデータは熔融塩ブランケットにおけるトリチウム透過制御や回収系の設計に有用である。[学会発表①]

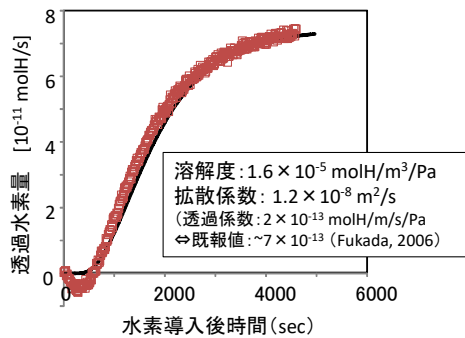


図 8. 対流効果を抑制して測定した FLiNaK を透過する水素量の時間変化と求められた溶解度、拡散係数、透過係数 (500℃、H₂:500Pa)

図 3、4 に示した装置を用いて測定した FLiBe 中の水素透過フラックスの時間変化を図 9 に示す。本実験においても、実験装置の管壁における水素透過挙動(既知)を考慮した時間変化の理論カーブとよく一致し、このフィッティングから FLiBe、FLiNaBe 中の水素拡散係数、溶解度の正確な評価を行うことができた。[雑誌論文⑥]

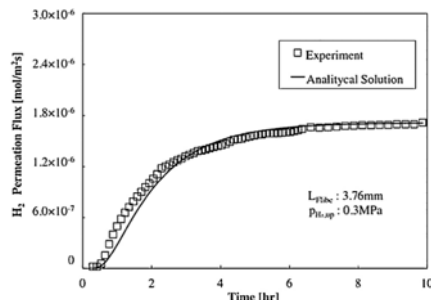


図 9. 三重管水素透過測定装置を用いて取得した FLiBe を透過する水素量の時間変化と理論式に基づくカーブフィッティングの例

(2) チタン微粒子添加による実効水素溶解度増加の検証

図 5 に示した実験装置を用い、FLiNaK に粒径 10-100nm の Ti 微粉末を 0.1wt% 添加した際の実効水素溶解度増加を調べた実験結果例を図 10 に示す。温度 580℃ で、1.02% の水素を含む Ar (水素分圧 1.03kPa) を純 FLiNaK 及び Ti 微粒子添加 FLiNaK に 3 時間吹き込んで水素を溶解させた後、吹き込むガスを純 Ar に切り替え、Ar 中に放出されてくる水素濃度の時間変化を測定している。図 10 の結果は、Ti 微粒子添加 FLiNaK から放出される水素量が純 FLiNaK と比較して著しく増加しており、このことは Ti 微粉末が FLiNaK の実効的な水素溶解度を増加させて、熔融塩の水素保持能力を高めていることを示している。最大粒径 38 μm 程度の Ti 微粉末についても同様の結果を得ている。水素保持能力の評価結果には、微粉末の表面状態に起因すると思われるばらつきがみられたが、最大で 5 桁以上の水素保持能力の向上(水素平衡分圧の低

減)が確認できた。[雑誌論文③、⑥]

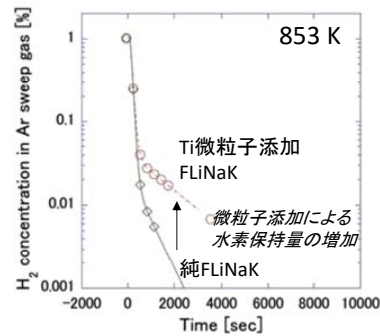


図 10. 水素放出量比較による Ti 微粒子添加 FLiNaK の実効水素溶解度増加の検証結果例

図 3、4 に示した装置を用いて、FLiBe に Ti 微粒子を添加した際の実効水素溶解度が増加していることを確認した実験結果を図 11 に示す。三重管測定部の第 2 層目に純 FLiBe と Ti 微粒子添加 FLiBe を満たした際の水素透過フラックスの時間変化を比較している。実験結果では、Ti 微粒子添加により、水素の透過が観測されるまでに約 70 時間の大きな遅れが生じている。これは、FLiBe 層に入った水素がすぐに Ti 微粒子に吸蔵されるために、反対側に透過して観測されるまでの時間が著しく伸びたためであり、FLiBe 層の実効水素溶解度が Ti 微粒子添加により増加していることを示している。[学会発表④]

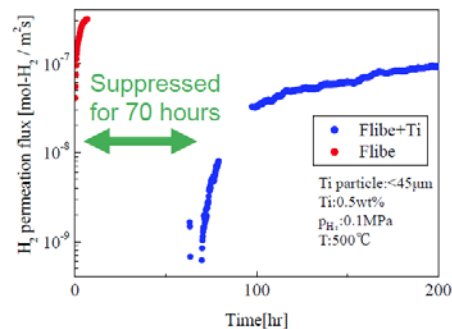


図 11. Ti 微粒子添加による FLiBe の実効水素溶解度増加の検証結果

(3) Ti 微粒子添加によるブランケット容器材料への水素移行抑制効果の実証

図 6 に示した実験装置を用いて、熔融塩 FLiNaK に Ti 微粒子を添加することで、ブランケット容器材料である V 合金への水素移行を抑制できることを実証した結果を図 12 に示す。V 合金試料板を浸漬させた温度 550℃ の FLiNaK を水素分圧 10Pa の雰囲気中に 1 時間置いた後、V 合金試料板を取り出して、水素の蓄積量を比較したものである。図 12 の結果は、純 FLiNaK と比較して、粒径 38 μm 以下の Ti 微粒子含有 FLiNaK (μ-Ti FLiNaK) 及び、粒径 10-100nm の Ti 微粒子含有 FLiNaK (n-Ti FLiNaK) では、水素蓄積量が抑制されている。このことから、添加した Ti 微粒子が FLiNaK に溶解してきた水素を吸蔵することで FLiNaK の実効的な水素溶解度を増加させるとともに、V 合金への水素移行を著しく遅らせることが分かった。従来、水素吸蔵金属でもある V 合金構造材料は、水素蓄積の観点から熔融塩冷却材と組み合わせて使用することが困難と考えられてきたが、Ti 微粒子を溶解

塩に添加することでV合金構造材をブランケット容器材料として使用できる見通しが得られた。熔融塩冷却材と低放射化フェライト鋼(使用上限温度:550°C)を組み合わせた従来のブランケット設計案よりも、より高効率の発電が目指せる熔融塩冷却材とV合金構造材(同:700°C)を組み合わせたブランケット設計を可能とする実証結果である。[雑誌論文②]

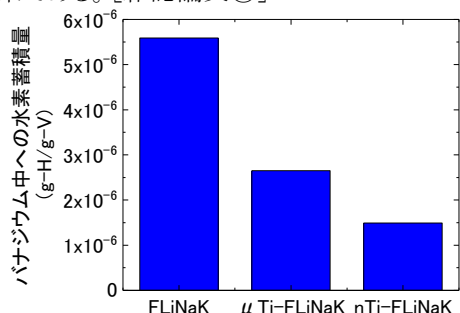


図 12. FLiNaK への Ti 微粒子添加による V 合金試験片への水素移行抑制の評価結果

(4) 金属微粒子の選択的マイクロ波加熱実証

図 7. に示したマイクロ波加熱装置を用いて、磁場定在波の位置で純 FLiNaK、及び、Ti 微粒子添加 FLiNaK の加熱を行った際の温度の変化を図 13 に示す。(a) の純 FLiNaK に対する結果では入力パワーの増加によらず温度は一定となったのに対し、(b) の Ti 微粒子添加 FLiNaK の温度は入力パワーの増加に伴って上昇した。この結果は、変動する磁場による誘導加熱により金属である Ti 微粒子を選択的に加熱できることを示している。また、水素を吸蔵した金属微粒子は、水素を吸蔵していない金属微粒子よりも電気抵抗が大きく、より効率的に加熱されることも分かった。これらの結果により、マイクロ波加熱により金属微粒子から効率的な水素燃料の回収できる見通しが得られた。[雑誌論文⑩]

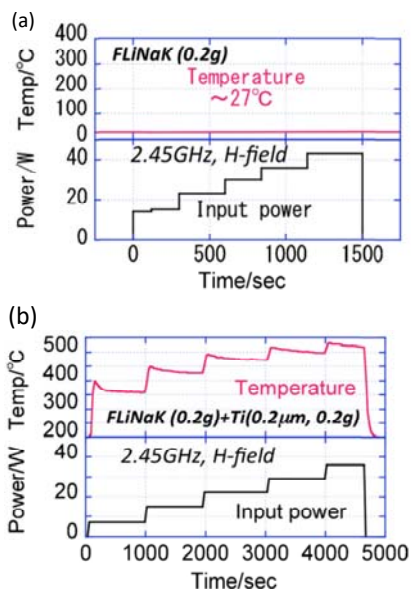


図 13. マイクロ波で加熱した (a) 純 FLiNaK、(b) Ti 微粉末添加 FLiNaK の温度変化

(5) 金属微粒子添加による熔融塩冷却材の流動特性変化

水循環ループを用いた金属微粉末添加による流動特性変化を調べる実験は、粒径 45 μm、

150 μm の Ti 微粒子、及び、より硬い粒径 1 μm、粒径 50 μm の Al₂O₃ 粉末を約 0.2wt% 添加して行った。流速 1.7m/s で 12 時間行った流動試験では、微粒子添加に伴うポンプ出力の上昇や流れの乱れは観測されなかった。また、循環ループの屈曲部に設置した低放射化フェライト鋼、Ni 試験片の表面状態を電子顕微鏡により観察し、損耗が生じていないことを確認した。永久磁石により 0.1T の磁場を印加したが、流速、流動挙動に変化は認められなかった。[学会発表②]

(6) まとめ

核融合ブランケットのフッ化物熔融塩冷却材 (FLiBe, FLiNaBe, FLiNaK) に水素吸蔵微粒子を添加して、実効的な水素溶解度を増加させることで、(1) より高温強度に優れたブランケット容器材料の使用を可能とする、かつ、(2) 配管からの水素燃料漏洩を抑制する、新概念について実験研究を進めた。Ti 微粒子を熔融塩に添加することで、実効的な水素溶解度を増加することを実証し、最大で5桁以上の水素保持能力向上を確認した。また、従来、高温強度に優れるものの、水素吸蔵材料であるために、水素溶解度の低い熔融塩冷却材と組み合わせ使用が難しいとされてきた V 合金構造材料への水素蓄積を、Ti 微粒子添加により抑制できることも実証した。これらの結果は、金属微粒子を添加する新概念が、より安全で高効率の発電に寄与できることを示している。さらに、金属微粒子に蓄積した水素を効率的に回収するための新提案であるマイクロ波加熱による金属微粒子の選択的加熱にも成功した。

本研究では、新概念による水素溶解度の積極的制御の基本要素を各種小型実験装置により個別に実証した。次のステップとして、核融合ブランケット循環システムを模擬したループ実験装置を構築し、循環する熔融塩への金属微粒子の投入と循環、実効水素溶解度の制御に影響すると考えられる微粒子表面状態制御、循環システム中でのマイクロ波加熱による連続水素回収、長期にわたる循環安定性の実証が、安全・高効率ブランケットシステムの実現に向けて重要になる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 10 件)

- ① A. Sagara, J. Miyazawa, H. Tamura, T. Tanaka, T. Goto, N. Yanagi, R. Sakamoto, S. Masuzaki, H. Ohtani and The FFHR Design Group, "Two conceptual designs of helical fusion reactor FFHR-d1A based on ITER technologies and challenging ideas", Nuclear Fusion, 査読有、印刷中。
- ② J. Yagi, A. Sagara, T. Nagasaka, T. Tanaka, T. Goto, S. Takayama, Takeo Muroga, "Hydrogen inventory control for vanadium by Ti metal powder mixing in molten salt FLiNaK", Fusion Engineering and Design, 査読有、印刷中。
- ③ J. YAGI, Akio SAGARA, T. TANAKA, S. TAKAYAMA and T. MUROGA, "Hydrogen Solubility of the Molten Salt FLiNaK Mixed with Nano-Ti Powder", Plasma and Fusion Research, 査読有, 11(2016) 2405099. DOI; 10.1585/pfr.11.2405099.
- ④ H. Hashizume, T. Nishitani, S. Konishi, Y. Ueda, S. Fukada, A. Sagara, "Overview of the fusion engineering in Japan", Fusion Science and Technology, 査読有, 68(2015)201-210. DOI; dx.doi.org/10.13182/FST14-947.
- ⑤ R. Nishiumi, S. Fukada, A. Nakamura,

Kazunari Katayama, "Hydrogen permeation through Flinabe fluoride molten salts for blanket candidates", Fusion Engineering and Design, 査読有, 109-111(2016)1663-1668.
DOI:dx. doi. org/10. 1016/j. fusengdes. 2015. 10. 035.

⑥ J. Yagi, A. Sagara, T. Watanabe, T. Tanaka, S. Takayama, T. Muroga, "Hydrogen solubility in FLiNaK mixed with titanium powder", Fusion Engineering and Design, 査読有, 98-99 (2015)1907-4910.
DOI:dx. doi. org/10. 1016/j. fusengdes. 2015. 06. 124.

⑦ A. Nakamura, S. Fukada and R. Nishiumi, "Hydrogen isotopes permeation in a fluoride molten salt for nuclear fusion blanket", Journal of Plasma and Fusion Research SERIES, 査読有, 11(2015)25-29.
www. jspf. or. jp/JPFRRS/PDF/Vol11/jpfrs2015_11-025. pdf

⑧ A. Sagara, T. Tanaka, J. Yagi, et al., "First Operation of the Flinak/LiPb Twin Loop Orosh²i-2 with a 3T SC Magnet for R&D of Liquid Blanket for Fusion Reactor", Fusion Science and Technology, 査読有, 68(2015) 303-307,
DOI:dx. doi. org/10. 13182/FST15-126

⑨ S. Fukada, A. Nakamura, "Estimation of Melting Points of Mixed Fluoride Molten Salts, Flinabe", Fusion Science and Technology, 査読有, 66(2014) 322-336,
DOI: dx. doi. org/10. 13182/FST13-694.

⑩ A. Sagara, H. Tamura, T. Tanaka, N. Yanagi, J. Miyazawa, T. Goto, R. Sakamoto, J. Yagi, T. Watanabe, S. Takayama, et al., "Helical reactor design FFHR-dI and cI for steady-state DEMO", Fusion Engineering and Design, 査読有, 89 (2014) 2114-2120.
DOI: 10. 1016/j. fusengdes. 2014. 02. 076

[学会発表] (計 19 件)

① J. YAGI, A. Sagara, T. NAGASAKA, T. TANAKA, T. GOTO, S. TAKAYAMA, T. MUROGA, "Hydrogen inventory control for vanadium alloy by metal powder mixing in molten salt", 29th Symposium on Fusion Technology (SOFT 2016), 2016 年 9 月 5 日~9 月 9 日, Prague, Czech Republic.

② T. Goto, J. Yagi, T. Tanaka, A. Sagara, "Water Hydraulic Experiment as a Simulant for the Molten Salt Blanket with Metal Powders", 29th Symposium on Fusion Technology (SOFT 2016), 2016 年 09 月 05 日~2016 年 09 月 09 日, Prague, Czech Republic.

③ A. Sagara, T. Goto, N. Yanagi, H. Tamura, J. Miyazawa, T. Tanaka, J. Yagi, et al., "Overview of Fusion Engineering Research in NIFS", Topical Meeting on the Technology of Fusion Energy (TOFE2016) (招待講演), 2016 年 8 月 22 日~8 月 25 日, Philadelphia PA, USA.

④ R. Nishiumi, S. Fukada, J. Yamashita, K. Katayama, A. Sagara and J. Yagi, "Hydrogen Permeation through Fluoride Molten Salt Mixed with Ti Powder", Topical meeting of Fusion Engineering TOFE2016, 2016 年 8 月 22 日~8 月 25 日, Philadelphia PA, USA.

⑤ S. Takayama, J. Yagi, T. Tanaka, A. Sagara, "Investigation of the selective heating of the metal powder with hydrogen in the molten salts using by microwave", 25th International TOKI Conference (ITC-25), 2015 年 11 月 03 日~2015 年 11 月 06 日, セラトピア土岐、岐阜県土岐市.

⑥ J. Yagi, A. Sagara, T. Tanaka, S. Takayama, T. Muroga, "Hydrogen solubility in molten salt

FLiNaK mixed with nano-Ti powder", 25th International TOKI Conference (ITC-25), 2015 年 11 月 03 日~11 月 06 日, セラトピア土岐、岐阜県土岐市.

⑦ R. Nishiumi, S. Fukada, A. Nakamura, K. Katayama, "Hydrogen Permeation through Flinabe Fluoride Molten Salts for Blanket Candidates", The 12th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT-12), 2015 年 9 月 14 日~9 月 18 日, Jeju Island, South Korea.

⑧ A. Sagara, T. Goto, N. Yanagi, H. Tamura, J. Miyazawa, T. Tanaka, J. Yagi, M. Tokitani and the FFHR design group, "The 3rd Round Design and R&D for the Helical Fusion Reactor FFHR", The 12th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT-12) (招待講演), 2015 年 9 月 14 日~9 月 18 日, Jeju Island, South Korea.

⑨ A. Nakamura, S. Fukada, "Hydrogen isotope behavior in a molten salt", 12th international workshop on hydrogen isotopes in fusion reactor materials, 2014 年 6 月 2 日~6 月 4 日, 富山市.

⑩ J. Yagi, Akio Sagara, T. Tanaka, S. Takayama, T. Muroga, "Hydrogen solubility in FLiNaK mixed with metal powder", 28th Symposium on Fusion Technology (SOFT), 2014 年 09 月 29 日~2014 年 10 月 03 日, San Sebastian, Spain.

⑪ 八木重郎、渡邊崇、田中照也、相良明男、室賀健夫, "FLiNaK 溶融塩薄膜を通じた水素透過測定"、プラズマ・核融合学会 第 30 回年回、2013 年 12 月 03 日~2013 年 12 月 05 日、東京工業大学.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

相良 明男 (SAGARA, Akio)

核融合科学研究所・ヘリカル研究部・教授
研究者番号: 20187058

(2) 研究分担者

八木 重郎 (YAGI, Juro)

核融合科学研究所・ヘリカル研究部・助教
研究者番号: 70629021

高山 定次 (TAKAYAMA, Sadatsugu)

核融合科学研究所・ヘリカル研究部・准教授
研究者番号: 40435516

深田 智 (GOTO, Takuya)

九州大学・総合理工学研究院・教授
研究者番号: 50117230

後藤 拓哉 (GOTO, Takuya)

核融合科学研究所・ヘリカル研究部・助教
研究者番号: 305095183

菱沼 良光 (HISHINUMA, Yoshimitsu)

核融合科学研究所・ヘリカル研究部・准教授
研究者番号: 00322529

長坂 琢也 (NAGASAKA, Takuya)

核融合科学研究所・ヘリカル研究部・准教授
研究者番号: 40311203

室賀 健夫 (MUROGA, Takeo)

核融合科学研究所・ヘリカル研究部・教授
研究者番号: 60174322

田中 照也 (TANAKA, Teruya)

核融合科学研究所・ヘリカル研究部・准教授
研究者番号: 30353444

(3) 連携研究者

なし