

エネルギー工学研究室

核融合炉プラズマ対向壁材料の水素リサイクリング特性の研究

研究室人員：教員 1 名、学部学生 9 名
577-8502 大阪府東大阪市小若江 3-4-1
TEL: 06-6721-2332 内線 4367
FAX: 06-6723-2721
URL: http://www1.ned.kindai.ac.jp/~ene_eng/index.html

研究室紹介

本エネルギー工学研究室は、昭和60年に発足し、昭和62・63年には、3名のスタッフであったものが、退職により平成8年より渥美助教授1人が担当している。1学年の学部学生数が約70名ということもあって現在は、9名の学部学生が所属している。なお、近畿大学大学院の整備に伴って、平成13年度より、大学院総合理工学研究科物質系工学専攻原子力エネルギー工学分野に参加することになり、学生のうち1名が修士課程に進学する予定である。

現在の研究テーマは、主に「水素と材料」、「エネルギーの有効利用」、「原子力の安全性向上」をキーワードにしており、1)~5)の5つを掲げている。



写真1 エネルギー工学研究室平成12年度卒業研究生と

- 1) 核融合炉プラズマ対向壁材料の水素リサイクリング
- 2) 水素吸蔵合金開発と水素吸蔵に伴う構造変化
- 3) 高レベル放射性廃棄物固化に関する研究
- 4) 熱電変換材料に関する研究
- 5) 蒸気発生器細管の共振現象に関する研究

研究内容

具体的な研究内容について述べる。

- 1) 核融合炉プラズマ対向壁材料の水素リサイクリング
現行の大型核融合実験装置では、高融点あるいは高熱伝導度が要求される内部材料に黒鉛などの炭素系材料が使われ、ITERなどの次期核融合装置でも多くの部位で炭素系材料の適用が考えられている。しかし、炭素系材料は、大きなエロージョン、中性子照射による熱伝導度低下、スウェリングの問題と並んで、材料内部で高い水素リテンションを示すことから、特に長時間放電時に水素のリサイクリングが問題となる。

この研究では、主として炭素系材料を中心に、水素の吸収と放出について調べており、炭素系材料中の水素バルクリテンション、拡散機構について評価検討を行っている [1,2]。その結果、これまで拡散係数の文献値に同一温度で6桁もの違いがあった

原因や、水素の溶解・拡散についての新しいモデルなども得られている。また現在、東北大学金属材料研究所共同研究により原研材料試験炉 J M T R を用いた照射実験も実施している。



写真 2 水素吸収実験装置

2) 水素吸蔵合金開発と水素吸蔵に伴う構造変化

次世代のクリーンエネルギーとして水素が注目されているが、その輸送、貯蔵手段としては水素吸蔵合金が最も有力であると考えられる。このテーマでは、この水素の吸蔵を目的とした合金開発と、材料科学的な基礎物性について研究している。現在使用している材料は、希土類 - 鉄系の合金で、水素吸収に伴う構造の変化（特にアモルファス遷移）、PCT 特性、磁気的特性などを調べている [3,4]。現在、 $CeFe_2$ 、 $SmFe_2$ 、 $DyFe_2$ 、 $GdFe_2$ などにおいてアモルファス遷移条件、水素移動の活性化エネルギーなどの知見を得ている。この材料の用途については、現在の検討課題である。

3) 高レベル放射性廃棄物固化に関する研究

模擬廃棄物を用いたガラス固化と金属固化を検討している。特に金属固化体は、将来別の固化処理が望ましいと言う結論が出された場合に、再分離が容易で、100 年程度の暫定固化として利用できると考えられる。また、熱伝導度が高くとれることから

減容の点で有利で、その間の熱エネルギー利用も可能となる。

4) 熱電変換材料に関する研究

3) の研究と関連して、低質な熱源からの電気エネルギーへの変換を検討している。特に熱電発電は、可動部分がなく、メンテナンスフリーとなるため、高放射線環境下では有利な発電方法である。現在、Bi-Te、Co-Sb 系などで実験を行っている。

5) 蒸気発生器細管の共振現象に関する研究

平成 11 年度開始のテーマで、高速の流体中における細管の振動と疲労について専用の実験装置を作製し、研究を行っている。

主要論文・著書

- [1] “Hydrogen Absorption Process into Graphite and Carbon Materials.”, J. Nucl. Mater. 283-287 (2000) 1053.
- [2] “Hydrogen Retention in Carbon-Contained Tungsten and Molybdenum.”, J. Nucl. Mater. 258-263 (1998) 896.
- [3] “Hydrogen-Induced Structural Changes of RFe_2 Intermetallic Compounds.”, Int. J. Hydrogen Energy 24 (1999) 129.
- [4] “Hydrogen Diffusion in $DyFe_2$ and Its Effect on Magnetic Properties.” J. Alloys and Comp. 231 (1995) 71.

スタッフ



渥美寿雄 (助教授,工学博士)

1989 年大阪大学大学院工学研究科
博士課程修了

核融合炉材料、水素エネルギー用材
料、原子力材料

E-mail: atsumi@ned.kindai.ac.jp

核融合プラズマに関わる 低速イオンの 電荷移行反応過程の解明

原子力応用学研究室

研究室人員：教員 1 名、学部学生 4 名

577-8502 大阪府東大阪市小若江 3-4-1

TEL: 06-6721-2332 FAX: 06-6723-2721

URL: <http://www.ned.kindai.ac.jp>

研究室紹介

本原子力応用学研究室は、昭和 61 年に旧原子炉物理学研究室から改名し発足した。最大時 4 名のスタッフがいたが、退職などで現在は日下部俊男助教授 1 名である。そして 4 名の学部生が所属し、広義の放射線・粒子線（量子ビーム）の物理と工学に関する研究に取り組んでいる。主テーマは、核融合プラズマに関わる低速イオンの電荷移行反応の断面積測定や反応機構の解明である [1,2,3]。また、各種のイオンを発生出来るようにするため、超小型の多価イオン源 [4] やスパッタリング型金属イオン源の開発にも取り組んでいる。旧原子炉物理学研究室時代の遺産として、シンチレーターや Ge 半導体検出器の検出効率の一般的性質に関する研究 [5] も行っている。

なお平成 13 年度からは、本学の大学院総合理工学研究科理学専攻の物理学部門原子分子物理学も担当する予定である。

研究テーマ

本研究室では上記のように大別すると、3 つの研究課題で活動を行っている。以下に、具体的な研究内容について順次述べる。

(1) 核融合プラズマに関わる低速イオンの電荷移行反応過程に関する研究

トカマクなどの大型磁気閉じ込め型核融合実験装置のプラズマ中には、燃料の水素や核融合反応生成物としてのヘリウム以外に、プラズマ対向壁・電極・ダイバータ板などを構成する元素のイオン・原子・分子が不純物として存在し、プラズマの性質や挙動に大きな影響を及ぼしている。種々の原子衝突過程が複雑に絡み合っているが、低温のエッジプラズマで主要なイオンの電荷移行反応断面積の測定とその反応機構の解明を行っている [1,2,3]。

この研究の一部は、核融合科学研究所との共同研究や日本原子力研究所の委託調査研究として実施している。

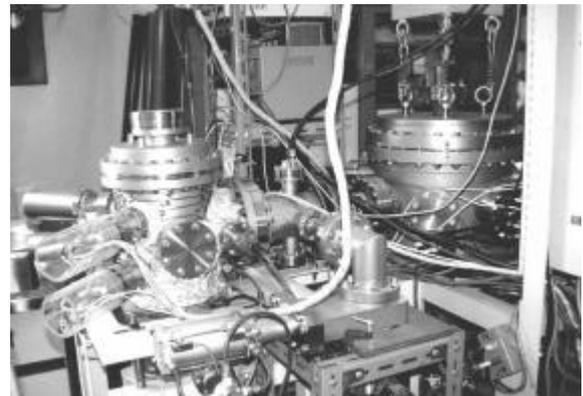


写真 1 低エネルギーイオン衝突実験装置

(2) イオン源の開発

上記の研究の領域を拡大するため、種々のイオン源を製作してきた。最近、永久磁石を用いた小型の電子ビーム入射型多価イオン源(micro-EBIS)の開発に成功し[4]、 Ne^{2-6+} および Ar^{2-9+} イオンの炭化水素分子との衝突における多電子移行反応断面積を測定してきている。なおマツダ財団の研究助成金を獲得したので、更にこのイオン源のアップグレードを図る。

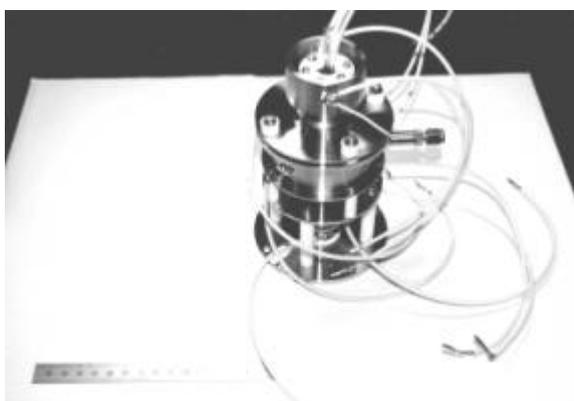


写真2 本研究室で開発された小型の電子ビーム入射型多価イオン源 (micro-EBIS)

一方、国際協力の次期核融合実験装置 ITER では、ダイバータ板に高融点金属の使用が検討されている。そこで低速金属イオンの電荷移行反応断面積を測定すべく、スパッタリング型の金属イオン源の開発も進めている。

(3) 各種ガンマ線検出器の効率特性に関する研究

ガンマ線検出器の種々の検出効率には、全エネルギー吸収ピーク効率、全検出効率、シングルおよびダブルエスケープピーク効率、 3×3 " NaI(Tl)シンチレーターに対する相対効率などが定義されている。これらの検出効率と検出器結晶の有効体積と

の間には、一般的な関係のあることが実験的に知られている。本研究室でも種々の形状と大きさを持つ各種のガンマ線検出器の検出効率を測定してきた。これらの測定データを検証すべく、現在 BGS 4 コードを用いてシミュレーションを行っている。

主要論文・著書

- [1] " Charge-transfer processes in collisions of ground-state C^+ ions with H_2 , D_2 , CO , and CO_2 molecules in the energy range from 0.15 to 4.5 keV ", Phys. Rev. A, 60, 344 (1999).
- [2] " Charge-transfer processes in collisions of H^+ ions with H_2 , D_2 , CO , and CO_2 molecules in the energy range 0.2 - 4.0 keV", Phys. Rev. A, 62, 062714 (2000).
- [3] " Charge-transfer processes in collisions of slow H^+ ions with hydrocarbon molecules: CH_4 , C_2H_2 , C_2H_6 , and C_3H_8 ", Phys. Rev. A, 62, 062715 (2000).
- [4] " Development of a Small and Versatile Electron Beam Ion Source Using a Permanent Magnet ", Physica Scripta, 73, 378 (1997).
- [5] " Calculation of Probabilities of Full Energy Absorption, Single- and Double-Escape Peaks for NaI(Tl) Scintillators by a Simple Phenomenological Method", J. Fac. Sci. Technol., Kinki Univ., 33, 81 (1997).

スタッフ



日下部 俊男(助教授、工学博士)

1979 年京都大学大学院工学研究科修士課程修了

原子物理学、量子ビーム理工学、放射線物理学、放射線計測学、プラズマ物理学

E-mail: kusakabe@ned.kindai.ac.jp