

研究室紹介

東海大学 内田 裕久 研究室

東海大学大学院工学研究科・工学部応用物理学教授
東海大学研究推進部部長 内田 裕久

1. はじめに

私が勤務する東海大学は、大学院11研究科、12学部から構成され、メインキャンパスは神奈川県平塚市と秦野市にまたがる湘南キャンパスで、約25,000人程の学生がいます。理学部と工学部の20学科の学生数が全体の65%を占め、第二工学部（東京代々木）、医学部（伊勢原市）、開発工学部（静岡県沼津市）、海洋学部（静岡県清水市）まで含めると、1942年の学園発足以来、東海大学は伝統的に自然科学・工学系中心の大学といえます。校旗の愛と正義を象徴する白十字が示す建学の思想は、キリスト教プロテスタント精神に基づく人道主義で、総合大学として人間と思想、科学、技術の調和を追求していることを意味します。

創立者松前重義は内村鑑三先生の弟子として、通信省の技術者時代から科学・技術と宗教との関係を追求し、内村氏の聖書研究会で、教師と学生の一体化した教育により、思想、人格、生活に密着した実践教育により特に疲弊したデンマークが再興した話を聴き、日本という国が独立国家として存在して行くためには、教育と人材の育成が鍵であると考え、自ら発明した国際電信電話用海底ケーブルの特許料で小さな私塾を1936年に武蔵野に設立し、聖書研究を中心に日本や世界の将来を論じ合う青年達の教育道場を開いたのが本学園の始まりです。

第二次世界大戦の開始前には開戦に反対し、東条英機内閣と激しく対立し、突如二等兵として南方戦線へ送られ、戦争終了直前には、広島に投下された原爆調査団長として「投下爆弾は通常兵器ではなく、原子力を利用した新型爆弾である」という報告書作成中に、軍部から「日本人は最後の一人まで本土決戦にて戦うものにて、絶対書くな。書けば殺す」と脅かされた事実があります。「殺すなら殺せ。科学・技術は隠せないものだ」と開き直る場面は昨年、松前重義の生涯を描いた「名利なき証言」というフジテレビ系ドラマで紹介されました。

1958年、代々木校舎の屋上から国内初のFM放送の送信を開始しました。当時FM東海とよばれた民放局は、現在TOKYO-FMとして受け継がれています。1974年に開設した情報技術センターは、地球環境の変動観測をはじめ、奈良薬師寺の壁画解析、キトラ古墳解析、古代ピラミッド発掘、地雷探査等、地球を周回する各種衛星情報を24時間熊本の宇宙センターで受信し、情報技術センターで画像解析を行っています。

このように、産学連携あるいは産官（公）学連携というスタイルで技術系に重点を置いた教育と研究で、社会に知的財産を還元するというスタイルは建学時からの伝統といえます。

1976年、法人組織に産官（公）学連携を扱う専門部署が置かれ、大学では私が兼任する研究推進部が全大学院専攻、学部、研究所の教員が関わる文部省科学研究費補助金、その他各省庁、財団、企業等の委託研究、研究寄付、研修員・研究員契約、知的財産に関する業務を担当しています。

2. 研究室の活動

私の研究室には現在、大学院生10名（修士）、卒研究生11名（内女子学生4名）がおり、チーム制で各テーマに取り組む一方、企業の研修員、研究員も7名程研究に携わっています。気体と金属の反応を熱力学的平衡・非平衡状態で扱う研究手法を中心に、エネルギー変換・貯蔵技術に関連した材料・デバイスの研究と、真空・プラズマ応用による表面反応機構・薄膜化プロセス・表面改質関連の研究を行っています。

対象としている研究は希土類系材料を中心としたエネルギー材料関連が多く、

(1) エネルギー変換・貯蔵を目的とした希土類系水素吸蔵合金（初期・再活性化表面反応機構、ニッケル水素電池電極の反応機構、動力用高容量型ニッケル水素電池の開発等）

(2) 窒化磁石材料 (状態図, 触媒反応機構, 超高压下での窒化反応: ポーランド科学アカデミーと共同研究)

(3) 超磁歪材料 (イオンビームスパッタ/マグネトロンスパッタ/電子ビーム蒸着/フラッシュ蒸着による薄膜化プロセス, ナノクリスタル薄膜・複合材デバイス)について研究を行っています。

希土類系金属間化合物は1965-70年代の同時期に生まれ, 研究開発の活動状況は, 希土類磁石→水素吸蔵合金→超磁歪材の順で低く, 逆にいけば最も大きな未知の可能性が隠されているのが室温以上でも磁場中では数1000ppmもの超磁歪を呈する超磁歪材料であるともいえます。

2.1. 超磁歪材

超磁歪材は水素との反応性も高く, 微粉体作製等に利用できます。超磁歪材料の薄膜化プロセスに関する系統的研究をイオンビームスパッタ, 電子ビーム蒸着, フラッシュ蒸着等を通して, 微視的構造の制御に関する研究から, 磁歪量, 低磁場応答性, 表面波伝播速度を著しく大きく可変できるナノクリスタルレベルの作製に成功しました。この超磁歪材薄膜は結晶格子中にアルゴン原子を含有し, この複雑なミクロな構造が低磁場での高い応答性に重要な役割を果たすことを見いだしました。

この薄膜化超磁歪材はイオンプレーティングマイクロマシンデバイスや磁気表面弾性波素子への利用, 宇宙光通信・精密機械制御デバイスへの利用へと可能性を拡大しながら, NASDA の新宇宙技術への期待も高まっています。複合化超磁歪材の人工臓器等へ利用する可能性もあります。

2.2. 窒化磁石

90年代に, $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ 金属間化合物に窒素を吸収させると, キュリー温度が従来の $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ よりも高い, 異方性磁石ができそうだ, という発見がありました。ところが, 磁石は従来から組み合わせる元素を溶解する製法で母合金が造られており, 新型の窒化磁石のように金属に窒素を吸収させるプロセスは存在しなかったわけです。当然, 金属と気体の反応の研究を行っている私の研究室はこのテーマに取り組みました。まず, 合金と窒素の状態図を作成するために, 5年以上もかけて, ようやく $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_3$ 相は, 窒素固

溶体相ではなく, 独立した窒化物相であることを世界で初めて明らかにしました。

その外にも, 合金表面上で生じる窒素, 水素の触媒反応機構を, 超高真空条件下の吸着速度測定方で明らかにしました。

超磁歪材, 窒化磁石といった, 新しい希土類系金属間化合物の研究は, 神奈川県川崎市にある (財) 神奈川科学技術アカデミー (KAST) の超磁性材料プロジェクトとして採択され, 3年間, 集中した研究を外国人研究者も含め, 行いました。その結果, 興味深い研究成果を国際的な集会で皆で討論しようという企画を立て, 1994年6月の窒化磁性に関する国際会議 (ICN '94, Honolulu, Hawaii; J.Alloys & Compounds, Vol.222, complete) に続き, 1996年11月に超磁歪材に関する国際会議 ICGMM'96, Honolulu, Hawaii; J.Alloys & Compounds, Vol.258, complete) を主催しました。

2.3. 水素吸蔵合金

希土類系水素吸蔵合金は, 最も安定な, 信頼性のある水素吸蔵合金といえます。最近商品化された, トヨタのプリウスに搭載されたニッケル水素蓄電池の負極水素吸蔵合金も希土類系水素吸蔵合金です。私の研究室では, 超高真空から高压ガス条件まで, 幅広く合金表面上で生じる水素分子の解離, 表面酸化皮膜中の水素原子の透過, 合金中の水素の拡散等について, 反応速度論的立場から研究を行ってきました。ドイツのマックス・プランク金属研究所のフロム博士のグループとは, 反応機構についてかなり長期間の共同研究を行いました。

また, 平衡状態における, 金属-水素系の状態図作成, 熱力学的関数の測定・算出も行い, 希土類元素の水素化物については殆どすべて測定を終えています。

最近, 典型的な希土類系水素吸蔵合金である LaNi_5 の水素溶解度が, 合金粒度に著しく依存することを見だし, これは合金が水素原子を溶解したときに発生する内部応力が大きな影響を与えることも明らかにし, 昨年のゴードンリサーチコンファレンスでも講演しました。

研究室の屋上で20年以上稼働し続けていた太陽光電池-水素発生システム, 毎年秋田県で開催される国際ソーラーカーラリーに出場するソーラーカー試作と専用ニ

ッケル水素電池作製といった夢追い研究も学生たちとやっています。

以下に、研究室の学生達と行ってきた研究成果に対して、外部機関からいただいた評価例を記します。

- ① 1991年 4月 「水素貯蔵合金特別講演賞」 中華民国材料学会 (MRS)
- ② 1992年 8月 文部大臣賞「ソーラーカー試作とグランドソーラーチャレンジ能登92レース成績」
- ③ 1992年 8月 (財) エネルギー総合工学研究所・グランドソーラー推進会議「ソーラーエネルギー実用化賞」
- ④ 1997年 5月 日本希土類学会賞(塩川賞)「機能性材料としての希土類系金属間化合物に関する研究」
- ⑤ 1998年 6月 国際水素エネルギー協会 (IAHE, UKRAINE/USA) 「材料の水素処理分野における科学的功績と世界水素運動における活躍」に対する賞
- ⑥ 1998年 8月 98ワールドソーラーカーラリー秋田未来賞(ラリー実行委員会)

3 研究室の学生生活

学生生活の視点からみると、昼間授業があり、研究室で落ち着いた自分の装置で測定をする、あるいは試料作製、分析をするといった作業は、夕方以降になります。実態からみると、週7日制、日24時間体制がこの15年以上は続いています。指導教員としては、夜中に何かあっては困る(水漏れで何度階下の他学科の先生方に謝ったか数知れず)、都心からも離れた湘南校舎と家の往復も大変だろう

し、夜中に閉まっている門や壁を乗り越え、けがでもされては困る、等と思いつつも、今日も学生達もってくる徹夜届けに印鑑を押すことになるのです。夜も7時を回ると、廊下に電器釜が何台も出現し、湯気を立てます。そのうち、廊下に突然テーブルが現れ、常に10数名以上は滞在している学生達の夕食会が始まります。時には私も加わりながら(その時はアルコールが添加される場合が多い)、雑談をするなかで、教育というものは、口でいうだけでは理解してもらえないもので、教師の背中をみせながら育てるしかない、と思うこの頃です。

4. おわりに

水素エネルギー関連技術は、地球環境問題から再び注目を浴びるようになってきました。以前にも本誌で述べたように、今度こそ水素利用技術を社会に定着させたいものです。本協会はまだまだ小さい協会ですが、本協会の研究会に学生会員も参加させ、参加者数の多い活発な雰囲気をつくりたいと思います。また、韓国のみならず、諸外国の仲間とも連携しながら、水素を通じた地球環境問題への共通認識が形成されるような方向へと、本協会が少しでも役割を果たせるように発展することを願っています。

以上

E-Mail: huchida@keyakicc.u-tokai.ac.jp