

水素貯蔵材料を無機材料化学の観点から追究する

西宮 伸幸

日本大学理工学部物質応用化学科

〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8-14

1. 人生の主役

脚本家のジェームス三木の講演会で聞いた「人生の主役」という言葉。「あなたは自分の人生で主役を演じていますか、自分の人生なのに通行人をやっていませんか」と問いかける話者を前に会場が静まり返ったのを覚えている。日常の雑用が混んでいたり疲れていたりすると、つい問題を先送りして惰性に流れる自分。「重要な問題を主人公が解決しなければ、ドラマにはならないのです」とたまたみかけるジェームス三木。私の人生は水素社会を作るためにあるのだ、決して通行人などを演じてはいない、とかんでみたが、時としてスローガンに安住している自分に気づき、暗然とした。今から7年ほど前のことである。その時から心を入れ替えて今に至っているが、まだまだ主役の登場シーンが少ないドラマが続いている。

2. とにかく水素を固形化する

1974年にサンシャイン計画が始まり、工業技術院の東京工業試験所（現在の産業技術総合研究所）に入って水素吸蔵合金の開発を始めてから30年以上が経過した。当時は、東京工業試験所がマグネシウムベース合金、大阪工業技術試験所が遷移金属ベースという仕分けがされていたため、Mg-Ni合金に関するReillyの実験の追試や、有機溶剤中で MgH_2 を合成するAshbyの方法の追試などから研究をスタートさせた。しかし、若気の至りで遷移金属にも手を出し、ZrMn₂などのAB₂型合金を幾つか開発して特許をとり、多少の軋轢をおこしてしまった。

その理不尽な仕分けの反動なのか、1996年以降は材料に境を設けず、水素の固形化に有望であれば合金に限定せず種々の材料を研究するようになった。2007年4月に日本大学理工学部に移ってから、水素貯蔵材料の一般的な4分類のうちの大半にかかわっている。(1) 水素吸蔵合金の分野では、水素貯蔵容量が6 mass%を超える新規合金の開

発、水分共存下でも性能が劣化しないカプセル合金の開発などを進めており、(2) 炭素系材料の分野では、金属修飾した単層カーボンナノチューブの水素吸着特性を調べている。(3) ケミカルハイドライドには未参入であるが、(4) 新規コンセプト材料については数々の試みを繰り返している。分野の性格上、顕著な材料が発見できるまでは発表もままならないが、スピルオーバー、ダングリングボンド、ナノ空間、クラスター、協同効果などをキーワードとしている。国際会議で、物理吸着と化学吸着の中間の水素とか、水素原子が複数個集まったクラスター陰イオンとか、怪しげな考察に時々遭遇するが、従来の理屈では説明できない実験事実が出現するワクワクする分野である。麻のように乱れたこの分野を快刀で切り裂いて見通しをつけるのが自分の人生であるとすれば、研究室の助演者には多くの苦勞をかけるかもしれない。

3. 無機材料化学研究室

研究室を共同して運営している小嶋芳行准教授および遠山岳史専任講師は、いずれもカルシウムの専門家で、研究室の伝統を今に伝えている。物質応用化学科の創始者が永井彰一郎先生で、その後延々とセラミックス科学の本流が受け継がれてきた中に二人は位置している。セッコウ、炭酸カルシウムなどの結晶の形態制御、中空水酸アパタイトの合成、赤色蛍光体の開発など、基礎から応用まで幅広く研究開発を進めており、とにかくカルシウムが関連することなら何でもござれという水準に達している。

筆者の水素貯蔵とこれらの研究とが無縁かということ、そんなことは全く無く、境界領域や複合領域に幾つでも研究課題がころがっている。例えば、形態制御に用いている二酸化炭素吹き込みや超音波照射などは、水素製造時に発生する二酸化炭素の回収や分類(1)の水素吸蔵合金のカプセル化反応の促進などと関連する。中空体合成の一手法である噴霧熱乾燥法は、分類(4)の新規コンセプト材料の合成

と関連する。また、赤色蛍光体は、希土類の電荷の制御という観点で分類(2)および(4)の材料調製と関連する。発散しすぎないシナリオをどう書いていくか、それが現在自分に課された課題だと考えている。

4. 研究環境と研究室の日常

現在、研究室は、修士2年が8名、同1年が7名、学部4年の卒論生が24名という大所帯である。その上、学部3年生の研究室配属が10月にあり、27名の新人が増えた。3年生は後期試験が終了するまでは週1回しか研究室に来ないが、試験が終わり、卒論生が論文発表する季節になると、引き継ぎと両方でてんやわんやの騒ぎとなる。

大勢でいると大変なことも多いが、学生間で譲り合ったり助け合ったりすることを自然に覚え、社会に巣立つ準備ができるというメリットがある。写真1は新配属の3年生の試料合成実習のスナップであるが、せまいところで押し合いへし合いしながらも楽しげである。



写真1. 新配属3年生の実験風景

大勢なので、教員と学生のコミュニケーションを密にするのも一苦労である。現地・現物・現時点の三現主義を標榜していても、「現時点」を文字通り実行するのは難しい。そこで大きな役割を發揮するのが、研究室ネットワーク上の日報である。その典型例を図1に示す。型どおりのPlan-Do-See 日報である。大半を学生が書き、自らのデータにリンクを張り、それに対して教員がコメントを加える。毎日やるのはお互いに結構大変だが、習慣になると1年を通して実行できる。図1の例では「明日の予定」の欄が無いが、通常はそこも学生が書く。教員はなるべく指示をせず、アドバイスに徹するよう心がけている。CheckではなくSeeと言い、Plan-Do-Check-Action という言い方をあえて避けているのもその意味である。

研究内容 NaAlH₄ の水素吸蔵の可逆化 実験者 日大 太郎

実験日 2008年 11月 12日 水曜日

添付物(グラフ,表など)
 ポールミル不純物解析
[X線回折](#)
[IR測定](#)
[SEM観察](#)

その日のデータにリンクをはる

今日の実験内容
 PCT測定
 データ整理

その日の実験項目

今日の疑問,質問,発見
 Niピークの半値幅ですが、見た目にブロードしているだけで、半値幅は44.6°の位置において0.03°で同じでした。
 シフトもしていないことから、Ni単体とNaHの反応は起こっていないと考えられます。このことから、ポールミル2段階ということが実験結果に影響を及ぼしているものと思われまます。

ポールミルに試料を入れずに回すと、黒い試料が得られたので鉄などの混入物があるか調べました。
 X線回折では弱いピークがいくつか出ました。
 鉄のいくつかのピークと照らし合わせましたが、あまり一致しませんでした。
 試料台の磁石部分にNi単体を測定したときと同じ粉体がくっついていたり、Niのピークに似ていることから、Niの残留物が含まれていることが分かりました。

PCT測定は測定時間を長くしたので、明日結果が出ます。

結果と考察を簡潔に書く

先生からのコメントおよび今後に対する指示
ポールミル2段階が効いているのですね。
「試料を入れずに回すと、黒い試料が得られた」ということですが、カラで回したのですか？何か白い粉(クレンジー的なもの)をダミーで入れたのではないのですか？

教員のコメントやアドバイス

図1. 卒論学生が書く日報の例

学科の中でも珍しい存在だが、朝9時半から夕方6時までを実験時間と規定し、時間にだらしないように教育しているのも無機材料化学研究室の伝統である。今年の3月に卒業して銀行に就職した学生がゴールデンウィーク明けに訪ねてきて、「勤務が苦しい時でも、卒論を1年間頑張りとおせたことが自信になって、何とか続けられそうだ」と言ってくれた時、教師冥利につきたと思った。

写真2は研究室にあるX線回折装置と走査型電子顕微鏡である。筆者の居室はこのX線回折装置の右奥にあり、戦場で言えば前線のまっただ中ということになる。写真3には3台のTG-DTA装置、ガス透過測定装置、BET式比表面



写真2. 実験室にある汎用装置(1)

積測定装置などが写っている。3年生で研究室配属になると、この中のX線回折装置、走査型電子顕微鏡、TG-DTA装置および別室のFT-IRの操作を覚え、年明けの引き継ぎ時期から1年余り、装置を駆使した実験が開始される。この年明けの時期に卒論テーマも決まり、装置にもある程度なじんでいるため、就職面接も順調に進むことが多い。水素関連の設備としては、写真4の質量分析型昇温脱離実験装置、写真5の平衡測定(PCT)装置などがあり、一般機器の場合でも、写真3のTG-DTAの一つが水素気流対応で

あったり、別室のメカニカルリング装置がやはり水素雰囲気対応であったりというふうに、一工夫加えている。



写真3. 実験室にある汎用装置(2)

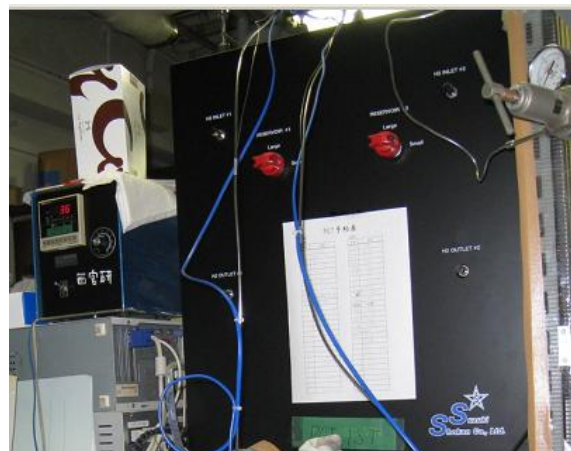


写真5. 平衡測定装置

5. ハイテクリサーチセンターと日大カラー

大型機器としては、NMR、ESR、ラマン分光装置、GC-MS、AFM、EDX-SEM、CHN分析器などがあり、ライセンスをとれば学生が自由に操作できる。多くはハイテクリサーチセンターの活動の中で整備されたものであるが、素晴らしいのは装置の囲い込みが無い点である。ハイテクリサーチセンターのメンバーであろうがなかろうが、学科の住人であれば誰にでもオープンになっている。一つの研究室が大型予算を獲得した場合でも、その研究室だけが突出するのではなく、学科全体が良い方向に向かう。

これは日大カラーだと思われるが、フットワークが抜群で、思いついたらすぐやってみる人が多い。学生の場合、すぐやってみてすぐ「失敗」するケースが多いが、それは失敗ではなく、思い通りにならなかった、というだけのことが多々ある。装置のシェアのほか情報のシェアも盛んで、「失敗」しても気にしないためか、教員同士のコラボも多い。相手が学科OBの企業の場合は気楽ではないが、アポなしで飛び込んでくる現場の課題を前にすると、脈絡無く水素貯蔵のアイデアが沸いたりして、ひとりハイテンションになってしまうことがある。

最近知ったことだが、戦後まもなく原子力平和利用の動きが出た時、日大は湯川秀樹博士を招いて研究施設を作ったらしい。その伝統が今に続いていて、理工学部船橋キャンパスには電子線利用研究施設があり、これを自由電子レーザーやパラメトリック発振によるX線発生に使用し

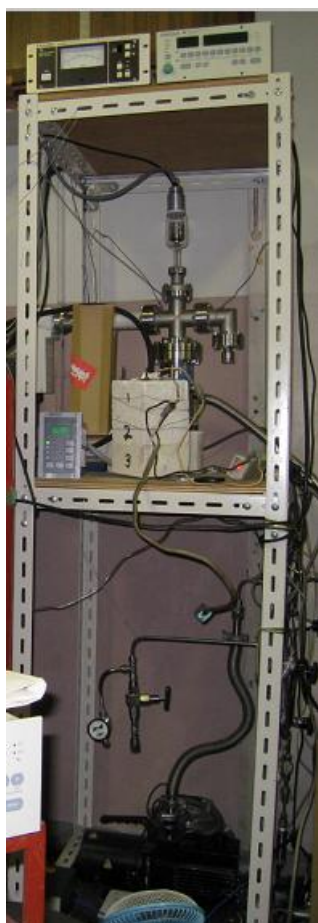


写真4. 自作の昇温脱離実験装置

ている。微細加工、イメージング、構造解析などの先端技術が開発されており、これを学内共同で活用するばかりではなく、例えば私学連合の共同研究の核にしようという構想も出てきている。

6. 日本の重心を動かす

日大の卒業生は100万人であり、種々のランキング調査によれば会社の経営者になっている数が極めて多い。日大が動けば日本の重心が動く、そんな気概を持っているOBが多数存在する。我々の研究室にもOBがよく訪ねてくる

ためか、学生のコミュニケーションスキルもいつの間にか向上している。

写真6は毎年の夏休み前に行っている合宿発表会の際の集合写真である。学会にももちろん出かけるが、全員がオーラルプレゼンテーションを行う合宿にはまた別の緊張感があり、これを契機に不連続な成長を遂げる学生も出てくる。冬にも合宿をやっているが、日程が12月25-26日なので若干評判が悪い。しかし、それに妥協せず、メリハリをつけた学生生活・研究生生活を通して、世界に通用する教育・研究を進めていきたい。



写真6. 箱根で合宿発表会を終えた朝