

常温核融合実験の計測システム

北九州職業能力開発短期大学校

関谷 順太・仲野 洋

A Measurement System for Experiments of Cold Fusion

Junta SEKIYA・Hiroshi NAKANO

要約

重水をパラジウム等の水素吸蔵金属を陰極として電気分解する常温核融合の実験計測装置を作成し、実験を行っている。

計測項目は、電気分解の電流、電極間の電圧、陰極の抵抗比（電圧による）、容器内と室内の温度、ガンマ線のパルスである。センサの電圧レベルが、A/D変換の入力範囲に比べて小さいものは自作のボードで増幅し、逆に大きいものは分圧してA/D変換ボードに入力している。A/D変換後のデータ、パルスのカウント値をパソコンに取り込んで、表示とファイルへの記録を行っている。

電気分解の容器には試験管を使って、開放系で電気分解実験・計測を行っているが、まだ、明確な過剰熱やガンマ線のバックグラウンドを超える結果は出ていない。

I はじめに

試験管内での水素吸蔵金属Pdでの重水の電気分解による常温核融合の発表から5年が過ぎたが、まだ、評価がわかれている。大方の物理学者は否定的である。日本では、「新水素エネルギー実証研究センター」での実験が'94年2月下旬から始まっている。

従来の物理学での常温核融合か否かは別問題として、過剰熱が発生することを確認できれば、それはエネルギー問題に対して大変な影響がある。

北九州職業能力開発短期大学校での3科（電子技術科、情報技術科、情報処理科）の教員4名での共同研究として、平成5年度から、常温核融合実験をテーマとして取り上げた。情報処理科の学生（共著者）が、卒業研究として参加して、計測のインタフェースボードの作成などを担当した。

実験・計測装置を作成し、重水での電気分解の実験を開始しているので、現状を報告する。

II 常温核融合研究の概要⁽¹⁾

水素吸蔵金属⁽²⁾に、重水素を吸収させる。代表的な例として、パラジウムを陰極にして重水の電気分解を行うと、パラジウムはその原子密度と同じくらいにな

るほど多量の重水素を吸蔵し、水素は金属中にイオンの形で吸蔵され、存在する。

水素吸蔵に伴って溶解熱反応や固体形状の変化等⁽³⁾が見られ、その後、ある種の平衡状態が数時間または、数日にわたり持続されるが、やがて電気分解に投入している入力を上回る熱発生が観測される。この「過剰熱」は、数時間または数日にわたり観測される。

急激な熱発生の際はパラジウム1cc当たりKWという熱出力が観測され、化学の常識からは考えられない。

また、原子核反応の結果と考えられる中性子、トリチウム、ヘリウム、ガンマ線なども検出される。これら核反応生成物と過剰熱との組み合わせから「核融合」が連想された。しかし、従来のDD核融合の理論では、中性子検出の実験結果とまったく辻褃が合わない^{(4),(5)}。

再現性が悪かったが、より改良された実験条件のもとでも常温核融合現象が、世界の数十を越す研究グループで確認されている⁽⁶⁾。もちろん、肯定的な研究グループを上回る数のグループが、「常温核融合と呼べる何らの現象も観測できない」と主張している⁽⁶⁾。

過剰熱発生の条件として次の4つが挙げられている。

①パラジウム表面での電解の電流密度は
 $\geq 0.2 \text{ A/cm}^2$

②重水素吸蔵率は原子比でD/Pd ≥ 0.85

③ 適当なパラジウム表面修飾

④ 陰極への刺激

これらが不明で、闇雲に電気分解を行っていた初期の実験では、再現性が得られなかったのも当然である。

常温核融合材料は、Pd、Pd-Ce、Pd-Ag、Ti、V などであったが、ペロブスカイトなどのセラミックス系の固体電解質を用いた実験も行われている。

III 電気分解の機器とその作成

1. 全体の構成

この水素吸蔵金属を陰極とする重水の電気分解での実験は、フライシュマン・ボンズの実験⁽⁵⁾および大阪大学の高橋教授の実験⁽⁶⁾を参考にして計画した。水素吸蔵金属として、パラジウム (Pd) あるいはチタン (Ti) を使用する。電気分解で発生するガスの対照実験を行うため、重水と軽水での電気分解を行う。電解質としてはリチウムの (重) 水酸化物とする。

はじめの実験 (モデル1と呼ぶ) では、Pd陰極のみでの重水と軽水の実験をした。次の実験 (モデル2と呼ぶ) では、Ti陰極の重水容器を追加している。

電気分解の機器と計測機器の全体の構成図は、図1を参照のこと。この図では、モデル2を表している。

なお、重水の電気分解ではなく、重水素ガスを吸蔵させての実験も行われている。その材料の一つ、固体電解質であるタングステン・ブロンズの作成を試みている。まだ3酸化タングステンから、タングステン酸塩が出来たところである。

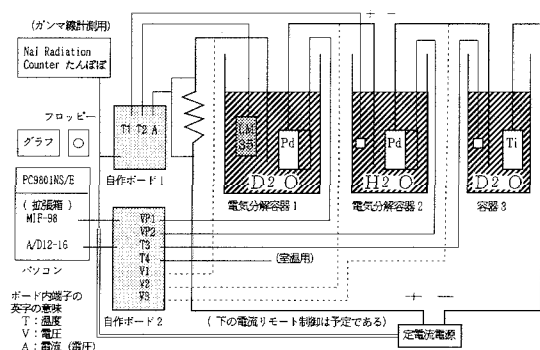


図1 電気分解による常温核融合の実験・計測システム図

2. 電気分解の容器

手元にあったガラスの試験管 (内径43mm、深さ180mm) を重水等の電気分解の容器に使用した。そのため、熱の出入りが、管の表面と上の外気との境界で自由に発生している。いわゆるオープンシステムであり、厳

密な熱の計算が難しい。

なお、電気分解後の重水素と酸素の再結合を行っていないので、重水が減少していく。ある程度減ったら、補充しなければならない。

ガラスの容器の利点は、手軽に使えて、電極やガスの発生状況が見れることに有る。

3. 陰極

水素吸蔵金属の陰極はパラジウムPd (純度99.95%、ニラコ) の板 (板厚は1mmで3mm平方) を約2ヵ月間使用した。(モデル1とする。) その後、Pd棒 (直径2mm、長さ10mm) を使い始めたばかりである。チタンの棒も、対照のため使用している (モデル2)。電極を小さくしたのは、電源の容量の制限と、時間当たりの重水の電気分解量を小さくしたかったためである。

陰極の表面は、特に加工していない。滑らかな表面であるが、切断後の稜線をやすりで面取りをしている。

陰極からのリード線はプラチナの直径0.5mmの線を半田付けしている。そして、テフロンチューブで溶液との絶縁を行っている。(チタンでは半田ができなかったので、深さ1mm程度の穴を開けてそれにプラチナ線を半田で留めている。)

Pd陰極の棒では、電極での重水素や水素の吸蔵率を電極の抵抗率から求めることにしている。そのために、両端にプラチナのリード線を半田付けをして、そこでの電位を測定している。

4. 陽極

アクリルの板で枠を作り、プラチナの線 (直径0.5mm) を5周ほど巻いて、陰極を囲む形にしている。各電気分解容器での電位差を求めるため、その電位を上部で測定している。

5. 電解質

電解質は、電気分解での電流を流れやすくする物であるが、リチウムLiが核融合に何らかの役割を果たしているのではないかとの意見もある⁽⁹⁾。金属リチウム粒0.35グラムを、重水または、軽水100gにそれぞれ投げ入れて、溶かしている。(表面に浮いた状態で、発熱しながら、溶けていく)。これは (重) 水酸化リチウムで0.5Mol/lになる。

アルミニウムの箔を少量、モデル1では溶かしていた。モデル2でも、その予定である。

6. 電源

可変直流定電圧・定電流電源(菊水 PAB18 - 3 A) または標準直流電圧電流 (YEW 2554) を使用している。前者は、将来、パソコンからのD/A 変換により、リモートでの電流の制御(数時間ごとの電流の変化)を予定している。

7. 実験装置の組立と接続

モデル1は、2本の電気分解容器(重水と軽水の対照実験のため、同じPd陰極で行う)を直列につないで実験した。モデル2では、3本目の電気分解容器(重水でチタンの陰極)を追加している。同じ水素吸蔵金属の中でも、TiはPdより水素を吸蔵しにくく、吐き出しにくい性質を持っているので、対照実験を行うためである。

IV 計測対象とその計測方法

電気分解の計測要因、水素吸蔵率、これらによって発生したり吸収される熱(温度)と放射線であるガンマ線の測定を行う。

1. 電気分解の電流の計測

電気分解の電流を測定することによって、電気分解の量が計算できる。そして、電極の表面当たりの電気分解の電流密度を、常温核融合の発生条件といわれる値とチェックする。なお、電気分解容器を複数個、直列につないでいても、各容器での電流は同じである。

分流器(5Aで50mV)を電源(マイナス側)と電気分解容器との間につないで、その両端の電圧を90倍差動増幅して、A/D変換し、パソコンに取り込んでいた。しかし、使用電流が0.05アンペア以下では、オペアンプ(OP07)のオフセット電圧が大きいため、測定できなかった。チョップパ型のICL7650⁽¹⁰⁾に変更した。なお、増幅率も1000倍に変更して、微小電流も計測可能になった。

2. 陽極の電圧の計測

モデル2では、3個の陽極の上部の電圧を測定している。2種の抵抗(10kΩと5kΩ)を使って、1/3に分圧したものを、A/D変換して、パソコンに取り込んでいる。

3. Pd陰極の電気抵抗比の計測

水素吸蔵率と電気抵抗比の関係が分かっている⁽¹¹⁾ので、Pd電極の吸蔵率の計算を電気抵抗比から求め

る。その電気抵抗比は、両端の電位差を電気分解の電流の半分(長さ方向で平均の電流)で割ったもの(電気抵抗)の比である。

Pdは金属であり、電気抵抗率が小さい上に、そこを流す電流も小さいため、計測したい電位差が $10\mu\text{V}$ のオーダーと小さい。差動増幅するオペアンプは、オフセット電流の小さいものが必要であった。ICL7650のそれは $1\mu\text{V}$ 程度であり、まず、これで1000倍し、2段目にOP07で100倍してA/D変換を行い、取り込んでいる。図2増幅回路図を参照のこと。

ICL7650は、高精度であるが、電源範囲が18Vと小さく、外付けで2個のコンデンサを付けなければならない点が、普通のオペアンプと異なっている。また、電源の投入の順序が厳しい。(入力より先にこのアンプの電源を入れること。最後にこのアンプの電源を切ること。)

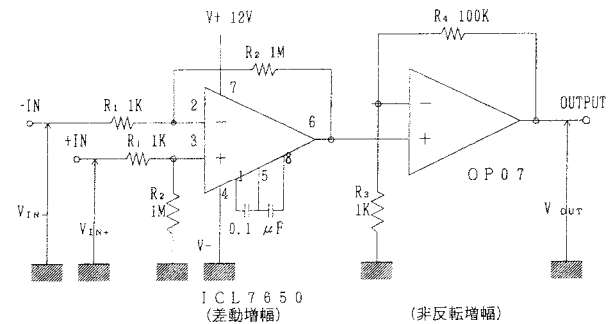


図2 Pd陰極の電圧増幅回路図

4. ガンマ線の計測

従来の核物理からの予想では、核融合では、中性子、陽子、ガンマ線などが、出るはずである。常温核融合での実験では、放射線は非常に少ないようである。それでも、若し、発生したとすれば、量によって危険となるかもしれない。中性子の計測は難しいが、ガンマ線は簡単に計測できるので、ガンマ線を計測して監視することにした。

この実験・計測では、ガンマ線の計測装置 NaIシンチレーション・カウンタ^{(12), (13)}(商品名『たんぼぼ』、タウ技研製)を使用している。バックグラウンドで、10秒当たり、80~100カウント程度である。この計器はマルチチャンネルアナライザを持っていないので、エネルギーレベルの測定は出来ない⁽¹⁴⁾。

このカウント値は表示部に表示されるが、外部出力端子もある。後者から、クロックとパルスデータとをそれぞれMIF98(後述)の2つのカウンタに入力して、クロックパルスのカウント値の変化後に、パルスデータのカウンタ値を取り込んでリセットする方法でパソコンに入力している。

5. 温度（溶液の温度、室温）

いろいろな温度センサーがあるが、使うのに便利なIC化温度センサーのLM35（10mV/°C）を使用した⁽¹⁵⁾。直線性等の精度が良い。このセンサーは、3本のリード線（出力、+電源、グラウンド）を持つ。電気分解の溶液の温度を測定するものでは、内径10mmの試験管に入れている。そこにはシリコン油を入れて、リード線間の絶縁を行っている。

6. 拡張インタフェース・ボード（購入品）

このインターフェース・ボードでは、センサーあるいは自作のボードを経由して、パソコンとの間で、A/D変換やパルスのカウントなどを行う。2種のボードを使用している。

①マイテック製のMIF-98ボード⁽¹⁶⁾

以下のように、多機能のボードである。

- 1) A/Dコンバータ 8ビット×3ch
- 2) プログラマブルインターバルタイマ
16ビットのカウント×3個
- 3) D/Aコンバータ出力 8ビット×1ch
- 4) パラレル入出力ポート 8ビット×2ch
- 5) 割り込み可能

現在は、A/Dコンバータ3CHで温度2種と電流計測のための電圧、タイマの2個でガンマ線のカウントをしている。今後は、D/A変換を使って、電流の時間的な変化をプログラムする計画である。

このボードは、1枚で5種の機能を持っているので、A/D変換の精度は良くないが、便利に使える。使い方についての分かりやすい参考書⁽¹⁷⁾がある。

②コンテック製のA/D12-16ボード⁽¹⁸⁾

A/D変換の専用ボードであり、12ビットの分解能があるので、信号がある程度の電圧レベルであれば、センサーの出力の増幅を必要としない。

現在は、温度2種、電圧3種、陰極の電圧2種（これのみ、2段の増幅）を取り込んでいる。

16チャンネルまで（差動では8チャンネル）、使用できるので、いろいろなセンサーのデータを取り込める。

電源ピンを持っていないので、①のボードからのケーブルをつないで電源とした。電源の投入の順序は、ICL7650と同様である。

7. 自作のインタフェースボード

センサーの電圧レベルの（差動）増幅、分圧、センサーへの電源供給などを行うために2種のボードを自作し

た。

①ボード1（ユニバーサル基盤による：MIF98用）

- 1) 2個の温度センサー（LM35）に電源を供給し、センサーの出力電圧を、OP07で4倍に非反転増幅している。
- 2) 電気分解電流値のセンサーとしての分流器の両端の電圧をICL7650を使って1000倍に差動増幅している。
- 3) このボード作成で苦労したのは、ボードとケーブルとのコネクタ部分である。NHコネクタ金属のケーブルへの取り付けは半田の量が多すぎると、確実な接続とならない。

②ボード2（プリント基盤による：AD12-16L用）

- 1) 陰極の電圧2CH（ICL7650Sで1000倍、OP07で100倍）
- 2) 陽極の電位を3CH（抵抗で分圧している）
- 3) 温度センサー（LM35）2CH
- 4) AD12-16ボードから電源線が外部に取り出せないで、MIF-98から、取っている。

8. パソコンとデータ収集プログラム

データの取り込みは、PC9801ns/eに、拡張ボックスを付けて、上記の拡張インタフェースボード2枚を取りつけた。

OSは、MS-DOS Ver. 3.1で、使用した言語は、N88BASIC-98（MS-DOS版）である。（ボードのサンプルプログラム⁽¹⁶⁾、⁽¹⁷⁾、⁽¹⁸⁾が、この言語で作られているため。）

データ収集プログラムは、サンプルプログラムを元にして段階的に作成した。始めに、MIF98でのカウンタのデータを取り込んで、バックグラウンドおよび標準線源でのガンマ線の計測を行った。次に、モデル1に対してA/D変換（3チャンネル）で約3か月計測した。最後に、モデル2用にAD12-16LでのA/D変換7チャンネルの取り込みを追加した。

データの取り込みのタイミングは、ガンマ線カウンタのクロックに依った。この周期は、スイッチで10秒から120秒まで変えられる。モデル1では、10秒、モデル2では、60秒毎に、データを取り込んでいる。

その取り込んだデータは、全数値をファイルに書きだし、画面に表示するとともに、カウンタ値と温度の2種はグラフを描いて変化を見れるように表示している。図3は、このデータ収集画面のハードコピーである。

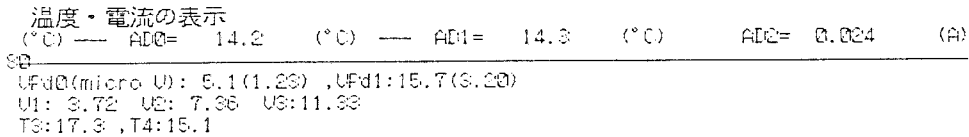
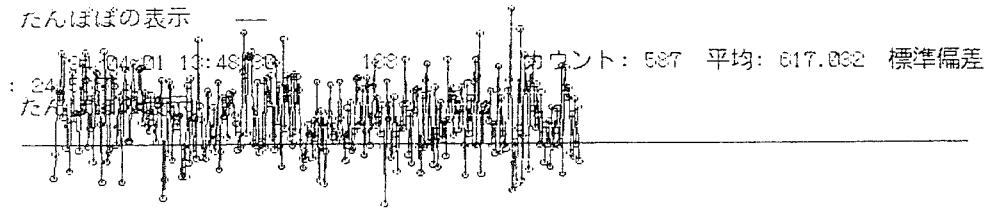


図3 データ収集画面

V 電気分解の実験と結果

1. モデル1での実験と結果

電流を0.14Aと0.02Aとで、93.12.21から94.3.26まで、通電しての実験を行った。電極の表面での電流密度としては、0.45A/cm²と0.07A/cm²となる。この切り替えは、日単位などの不定期であって、特に、時間を決めて行ってはいない。

この間で、過剰熱とわかる発熱は、発生しなかった。(オープンシステムであるため、熱の収支がつかみにくい。)

2. モデル2での実験と途中の結果

電流を0.03 Aで94.3.27の夜から、通電している。まだ、非常に小さな電流である。(電極の表面積あたりの電流密度では、0.037A/cm²である。これを過剰熱の発生の条件であるという0.2A/cm²以上とするには、0.16A以上となる。)

水素吸蔵率は、電極の抵抗率が短い周期で変動しているが、50%程度で飽和している模様である。

温度データを見てみると、特に、過剰熱は発生していない。

V おわりに

重水の電気分解による常温核融合実験の計測システムの作成を中心に報告した。パソコンによって自動的に、データの収集が行えるようになった。

今までの実験では、Pd陰極での過剰熱やガンマ線の発生は確認できていない。

この対策として、過剰熱等の発生の必要条件のうち、水素吸蔵率の推定と条件の満足の達成、電極への刺激を行うことなどが残っている。電流を変化させることは、パソコンによる電流の制御の応用例の一つとなる。

また、実験や理論的な面での研究の動向を引き続き調査して、この現象の深い理解を達成できるように努める予定である。

謝 辞

文部省核融合科学研究所池上教授、東京工業大学原子炉工学研究所岡本教授、九州大学理学部上村教授には、御指導をいただきました。宮城職業能力開発短期大学の櫛田先生には、ガンマ線の標準線源を貸与していただきました。当北九州職業能力開発短期大学校の下泉先生には、計測について指導していただきました。才田・東内・鷹尾先生には、共同研究者として指導・協力していただいています。これらの関係各位と丁寧に見ていただいた査読者に謝意を表します。

参考文献

- (1) 池上英雄、諸外国の研究状況、日本の科学と技術、1994年冬 (Vol.35, No.271)、特集常温核融合、1996、p10 - 17
- (2) 深井有、「常温核融合」昨今、日本物理学会誌、Vol. 48, No. 5、1993、p 354 - 360
- (3) Edited by H.Ikegami、Frontiers of Cold Fusion-Proceedings of the Third International Conference on Cold Fusion、Universal Academy Press、Inc.、1993、659P

- (4) 常温核融合の総合的研究、文部省科学研究費平成2 - 3年度成果報告書、常温核融合懇談会（研究代表者は池上英雄核融合科学研究所）、1992年3月、359P
- (5) 岡本真実、常温核融合 核エネルギーへの新たな可能性をさぐる、日刊工業新聞社、1989、122P
- (6) G.Taubes著、渡辺正訳、常温核融合スキャンダル、朝日新聞社、1994、624P
- (7) 朝日新聞、1992.2.19夕刊の記事、重水電気分解、投入の2倍発熱、中性子も発生 辻篤子、常温核融合、宗教から科学へ、アエラ、1992.6.16、pp.39 - 42
- (8) 大角泰章、水素吸蔵合金、アグネ技術センター、1993、566P
- (9) 深見輝明、常温核融合の最前線、TRIGGER、Vol.12、No.3、pp.12 - 15、1993
- (10) HARRIS、データシート ICL 7650S、p3.526 - 536
- (11) 坂本芳一、パラジウム中の水素（重水素）溶解からみた常温核融合、日本の科学と技術、No.271、1994、p39 - 44 ほか（SRIのグラフBaranowski、Hydro-gen in Metals II、Springer Verlag、1978 - を確認したものもある。）
- (12) タウ技研、NaI Radiation Counter使用説明書、1991
- (13) 櫛田 健、R-DAN放射線検出器による室内計測実験、報文誌、Vol.4、No.2、1992、p49 - 59
- (14) 小関英明他、NaI (TI) シンチレーションカウンタによる低レベル放射能の測定限界、報文誌、Vol.4、No.2、1992、p137 - 141
- (15) トランジスタ技術編集部編、温度・湿度センサ活用ハンドブック、CQ出版社、1988、p97
- (16) 株式会社マイテック、PC - 98用AD/IF BOARD取扱説明書、1991
- (17) 天良和男、知的実験ツールとしてのパソコン活用、東京電機大学出版局、1991、p75 - 101
- (18) 株式会社コンテック、積分型アナログ・デジタル変換モジュールAD12 - 16L (98) 解説書、1992