

## 常温核融合と熱測定

太田健一郎, 小林太一

(平成9年2月10日受理)

## Cold Fusion and Calorimetry

Ken-ichiro Ota and Taichi Kobayashi

(Received February 10, 1997)

8 years has passed since the announcement of cold fusion in 1989. During this period many works have been done and many reports have been published including both negative and positive results. In this paper these results were summarized mainly from the heat measurement or the calorimetry. Although many results showed that something happened especially for excess heat, the results can not be connected to fusion reactions. Further study is necessary for this phenomena.

### 1. 常温核融合と過剰熱

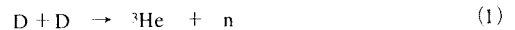
1989年3月米国のユタ州の二つの大学より、常温での電気分解中に核融合反応が起こっているかも知れないという実験事実が発表され、科学者はもちろん、マスコミ、経済界も含めて大騒ぎであった。それから8年になるが、この真偽はいまだ明確ではなく、これを信じない学者も多い。実験結果が現在の科学の常識からあまりにもかけ離れていることが大きな理由になっている。

当時ユタ大学に在籍していたFleischmannとPonsはパラジウムカソードを用いた重水電解において、過剰熱、中性子、 $\gamma$ 線、トリチウムの生成を確認したと報告をした<sup>1)</sup>。核反応の証拠も捉えたと彼らが判断し、常温核融合 (cold fusion は直訳では低温核融合となるが) と命名した。その後、中性子、 $\gamma$ 線については計測法の不備が指摘され、核反応の証拠の意味はなくなった。過剰熱については測定法よりは、そんなことは有り得ないとの判断で迎えられた。その点、プリンガムヤング大学のJonesは微量の中性子測定装置を

武器にした中性子計測の結果を発表した<sup>2)</sup>ので、核反応の直接的な証拠でもあるし、多くの科学者は有り得てもこのレベルであろうと判断した。

パラジウムは多くの水素を吸蔵することで古くから知られている。水電解のカソードとして用いることにより、パラジウムに簡単に水素が吸蔵される。この密度は熱核融合の行われるプラズマ状態、あるいは水素ガスに比べると格段に大きなものであるが、(重)水素間の距離が核融合が起こせるほど近づくわけではない。楽観的にみても、数十億年に1回起こる程度のものである。理論的にはまず起こり得ないものとの判断になる。

さらに、万一、核融合反応が起こったとしても、その生成物が、理論から予想されるものと桁違いに異なることである。重水素の核融合反応は次の3種類が考えられる。



ここで、(1)と(2)の反応はほぼ同じ確率で起こり、(3)

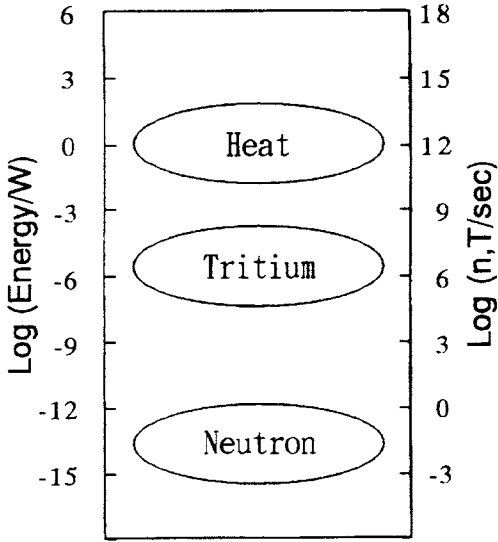


Fig.1 Production rates of neutron, tritium and heat.

の反応はほとんど起こらない (0.0001%以下)。すなわち、重水素の核融合反応が起こっているとすると、中性子 (n) とトリチウム (T) は同じ個数だけ生じなければならない。また、 $^4\text{He}$  はほとんど生じない。また、1W 程度の熱を得ようとするには、毎秒  $10^{12}$  回のイベント、すなわちそれだけの個数の中性子、トリチウムが発生することになるので、事実なら実験者が生きていられないと主張する向きもあざける。1989 年当時発表されていた、各成分の発生量をまとめると、Fig. 1 の通りになる。ここでも、理論から桁違いに異なることになる。

しかし、実験事実として異常現象を否定できないものも多くある。一例として、Fig. 2 には Fleischmann らが当初発表した過剰熱の発生を示す<sup>3)</sup>。ここで、急激に熱発生が増大しているバースト状のところでは、数十℃の温度上昇となっており、電源、計測機器が正常に働いていたとすると、なにがしかの異常、それも化学エネルギーでは説明のできない大きなエネルギーの発生があったと考えて良いはずである。

過剰熱の発生は、エネルギー問題に関連して実用上から最も注目される場所である。システムとしても、重水-パラジウム系だけではなく、軽水-ニッケル、プロトン導電性酸化物-重水素等幅が広がりつつあるが、得られる過剰熱の値も、測定限界の 10% 程度からパターンセルの 1000 倍と大きな広がりを持っている。電解を行いつつ熱測定に関しては従来から正確な熱測定法が確立されておらず、不確かさが残っていることも確かである。次項ではこの熱測定の問題を中心にして常温核融合を考えてみること

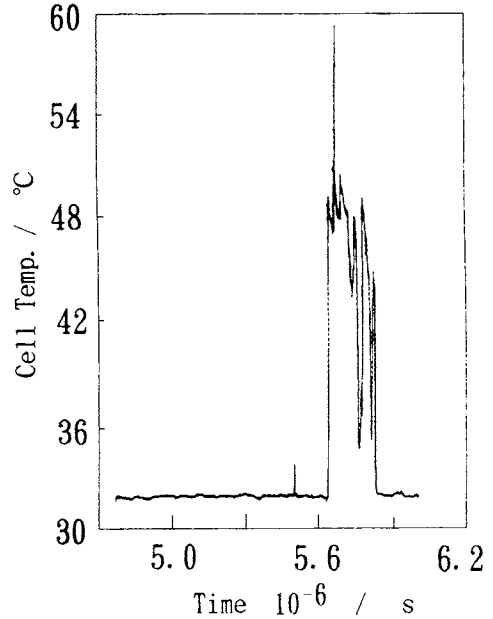


Fig.2 Heat burst during the heavy water electrolysis.<sup>3)</sup>

にする。

## 2. 重水電解における熱収支測定

### 2.1 重水電解のエネルギー収支

重水電解では電気エネルギーを投入することにより重水素と酸素が得られる。Fig. 3 にはその理論エネルギー変化を示す。重水素と酸素に分かれた状態の方が系の保有する化学エネルギーは大きく、25℃でその差は  $295 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ D}_2\text{O}$  となる。その中身は  $244 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ D}_2\text{O}$  の電気エネルギー (仕事) と  $51 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ D}_2\text{O}$  の熱エネルギーである。この値は、電圧に換算すると全体で 1.53 V (熱中性電圧)、必要な電気エネルギーで 1.26 V (理論分解電圧) となる。

通常の電解プロセスでは 2 V 以上の電圧で電解されるが、この熱中性電圧以上のものは、電解質の抵抗、電極反応抵抗 (過電圧)、電極自体の電気抵抗などによるもので、すべて熱エネルギーの形で放出されると考えられる。すなわち、電解槽のエネルギー収支を考えると、入力には電気エネルギーであり、出力は重水素と酸素の持つ化学エネルギーと熱エネルギーとなる。重水素と酸素が電解槽の中で再結合して重水に戻る場合には、その分が熱エネルギーに変化する。この再結合の割合は電気化学的に重水電解の電流効率として表される。また、重水素、酸素が気体で系外に放出される場合には、そこに含まれる重水蒸気の蒸発熱を考慮しなくてはならない場合もある。系内の変化もポイントであるが、この場合は、パラジウムが重水素化パラジウムに変化

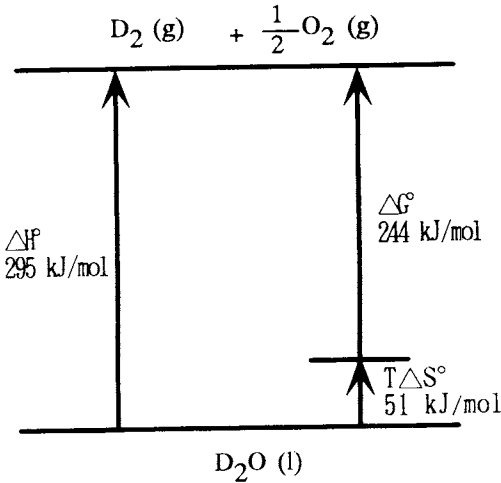


Fig.3 Theoretical energy of heavy water electrolysis.

すること以外は考慮する必要はなさそうである。

入力測定は電圧、電流の測定であるので、信頼性のある計器を使用すればかなり正確な測定が可能である。しかし、出力は簡単ではなく、特に、生成する気体を系外に放出する開放系を用いると、化学エネルギーの評価が計算を複雑にする。いずれにしても、10から100 W程度の電気エネルギーを投入しつつ、出力エネルギーを正確に測定するのは簡単ではなく、現在の最も進んだシステムでも5%程度の誤差は含まれていると考えるのが妥当であろう。

電解槽の構造としては、大きく開放型と閉鎖型に分けられる。開放型はFleischmannらが用いているのが代表であるが、生成する気体を系外に放出し、その放出されるエネルギーを別途評価するものである。閉鎖型とは電解槽から気体が出ないように工夫したものである。ひとつには電解槽上部に重水素と酸素の再結合触媒を設置して、生成した気体を重水にして、電解液に戻すものである。もうひとつは、アノードでの酸素発生反応の代わりに、重水素の酸化反応を用いるもので、この場合アノードには燃料電池で用いられているガス拡散電極が用いられる。

開放型電解槽は単純、簡便で、多くの実験を同時にこなすのに向いているが、放出化学エネルギーにある程度の仮定をする必要がある。一方、閉鎖型は複雑にはなるが、入力の電気エネルギーが出力ですべて熱エネルギーに変化するのだから、システムがうまく運転できれば、正確な測定が可能となるはずである。

## 2.2 いくつかの熱測定法

10W以上の電気エネルギーを投入しつつ、電気分解を行い、長期にわたって正確な熱収支の測定を行うことは技術的に非常に難しい。ここでは常温核融合研究に用いられて

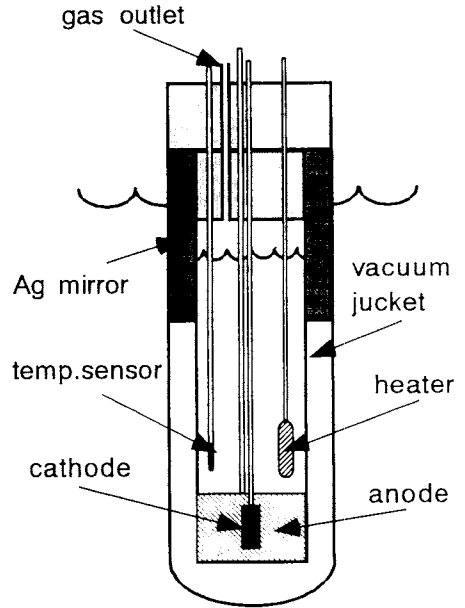


Fig.4 Structure of isoperibolic cell<sup>3)</sup>.

いる熱測定法のうち、いくつかを紹介することにします。

### 2.2.1 熱応答法

電解槽内に設置した温度センサーの変化を読みとり、発生している熱量を推定するもので、Fleischmannらが当初より採用している方法である。Fig.4にはその構造を示す<sup>3)</sup>。電解槽の中心には作用極としてのパラジウムがあり、その周囲を対極の白金線が取り巻いている。この電解槽が精密に制御された恒温槽中に設置されて熱計測が行われる。温度センサーは熱電対、あるいはサーミスタで、当初は電解槽中の1カ所で計測していた。(最近では熱量の校正は、電解槽内にある抵抗に既知の電流を流し、その2カ所の温度応答性から行っている。)

この方法は簡便であるが、いくつかの問題点も含んでいる。ひとつは、温度分布、あるいは熱の流れの把握である。発熱の主たる部分は電極の過電圧、電解液の抵抗に基づくものと思われるので、反応条件により発熱の状況が異なってくる。これらから発生する熱は、電解槽の壁を通しての放熱、電解槽上部よりの熱伝導と、気体の散逸の際に気体とともに放出され、系外に出される。これらの熱の流れの中で熱測定用の温度の計測点が最適であるかの検討はまず必要となる。特に、電解電圧を数Vとすると、大半の熱は電解液抵抗による発熱と考えられるので、両電極の間から出ることになる。このようなときに校正用の熱源が電極間からはずれた、外の抵抗体であるとしたら、均熱でない限り、正確な値にはならない。もちろん、ガスを含めた液の

攪拌の効果が大きく影響してくる。

Fleischmannらが用いた方法のもうひとつの欠点は、先ほども示した、系が開放系であることである。電解により生成した重水素と酸素は系外に逃げ出すことになるが、その際に散逸するエネルギーの評価が問題となる。生成した重水素と酸素が再結合すれば、その分は熱発生にカウントしなければならない。実際には、この再結合反応は白金等の触媒が気相中になれば簡単には進まないが、因子としては押さえておく必要がある。さらに、気体が系外に放出されるときに、重水も蒸気の形で、なにがしかは逃げ出すことになる。この、蒸発エネルギーの評価をどうするか。この蒸気の形の散逸は、蒸気圧が高くなる高温ほど影響が大きいはずである。

Kunimatsuらは燃料電池型のアノードでの水素の酸化反応を用いて閉鎖系での電解を可能としている<sup>4)</sup>。ここでは、アノードで重水素が酸化され重水素イオンとなり、カソードで重水素イオンが還元されて重水素ガスになるので、電解初期を除いて余分なガス発生が伴わず、閉鎖系が可能となる。さらに、ガス圧から電解槽内の重水素量が求まるので、損失した重水素がパラジウム中へ吸蔵されたとすると、そこからパラジウムへの重水素吸蔵量が求まる。ガス拡散電極の使い方、耐久性を若干考えておく必要があるが、進んだやり方と言える。

熱応答型の熱測定では常に検量線の求め方、基準をどの様に設定するかが問題となる。従来の学問の延長で捉えられるのであれば、それなりに正確な測定も可能となるが、未知の現象、特に過剰熱発生がどんな時に起こって、どんな時に起こらないか未確定の場合には基準の状態（過剰熱がない状態）の設定が困難になる。

### 2.2.2 熱流束計測型

熱流束に注目して、2カ所での温度計測から熱流束を測定し、発生している熱量を推定するものである。Hugginsらが採用した方法であるが、Fig. 5にその概略を示すが、このシステムでは電解セルの上部と下部は断熱材で覆い、熱が横方向にしか拡散しない様になっており、この方向の移動熱量を2カ所の熱電対で計測するものである。熱の流れを把握できれば、100℃以上の温度にも適用できる。

常温核融合の熱測定においては、電気エネルギーが常に系に導入されている。この導入されたエネルギーがどのような経路で移動していくか知ることは正確な熱測定には欠かせない。この点、Hugginsらの提案したシステムはなかなか考えたシステムとなっている。エンゲルハルト社製のパラジウム板を用い、明らかに過剰熱と思われるいくつかの結果を発表しているが、事情によりこのグループの研究がわずかの期間で停止せざるを得なかったことは残念である。

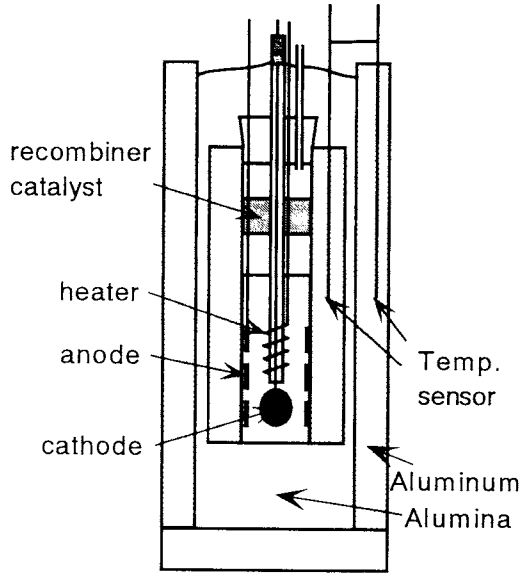


Fig.5 Structure of heat flux type cell<sup>5)</sup>.

### 2.2.3 液流通型

電解槽の周りに冷却水を流し、その温度上昇から内部の発熱量を求めるもので、フローカロリメーターとも呼ばれる。Fig. 6には我々が用いてきた熱量計の模式図を示す。電解槽の上部には、発生する重水素と酸素の再結合をさせるための触媒 (Pd) を設置し、これにより電解槽を閉鎖して運転が可能となる。再結合触媒の量にもよるが、4 A 程度の電流入力分までは、完全に再結合反応は進行させることができる。ここで完全に再結合反応が起これば、入力した電気エネルギーはすべて熱エネルギーに替わることになり、測定が容易となる。

この測定のポイントは、冷却液の熱回収率と、流量の安定性である。液流量は精度の良いポンプを使えばすむようだが、2から3ヶ月程度の運転では経時変化もおこる。精度の良い長期安定な流量計も必要となる。冷却液からの熱の散逸は原理的に避けることはできないが、かなり小さくすることも可能である。冷却液周辺の断熱条件を良くすれば、熱回収率を99%程度にすることは可能であるが、多くのグループでは96~98%程度の熱回収率で実験している。このような状態なら10%以上の過剰熱があれば、熱の校正なしに過剰熱と言い切ることができ、絶対測定に近いものになる。

最近の常温核融合研究では、熱測定に関しては絶対測定に近いこの液流通型の結果の方が信頼されている。

### 2.2.4 双子型

この方法は参照側と測定側で二つのセルを用い、常にお

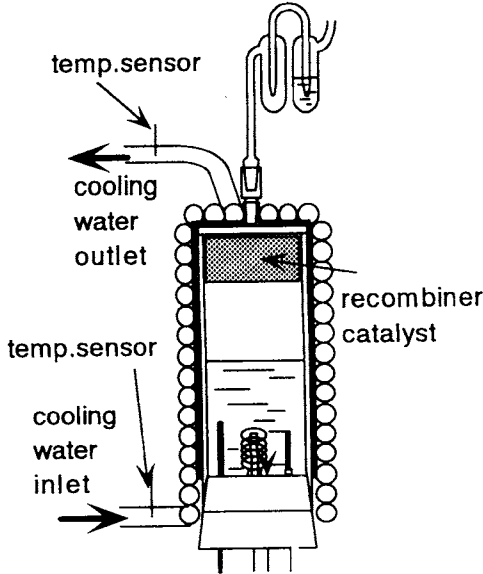


Fig. 6 Structure of flow calorimeter type cell.

互いを比較しつつ熱量を測定するものである。その熱量の検出は多くの場合ペルティエ素子を使用している。市販の熱量計に多くみられるものである。正確な測定は可能であるが、計測できる熱量に限りがあること、常温核融合研究の際には参照システムとして確立したものが無いことなどいくつかの点を考慮し、工夫しながら用いる必要がある。

この熱量測定の原理のペルティエ素子を利用して、参照システムを用いずに熱の絶対測定に近い方法を工夫しているグループもある。冷却水を使わない測定法として、特に高温系で今後必要になるかもしれない熱測定システムである。

### 3. 熱発生を中心とした常温核融合研究の現状

1989年に発表された常温核融合は8年近くを経た今日でも、万人が認めるものとはなっておらず、現象を否定する科学者が圧倒的に多いのが事実であろう。しかし、理論的にはあり得なくても実験事実として興味深いものはある。ここではそのいくつかを紹介してみたい。

#### 3.1 重水-パラジウム系

重水を用いた電解によるパラジウムカソードへの重水素吸蔵を用いるものは、現象が提案されたときの系であり、現在でも多くの研究者が従事している。電解質は多くのグループが重水素化した水酸化リチウムを用いている。過剰熱に関してはせいぜい20から30%程度であり、それも再現性が同一グループでもなかなか得られない。ことの真偽を一層解らないものになっている。

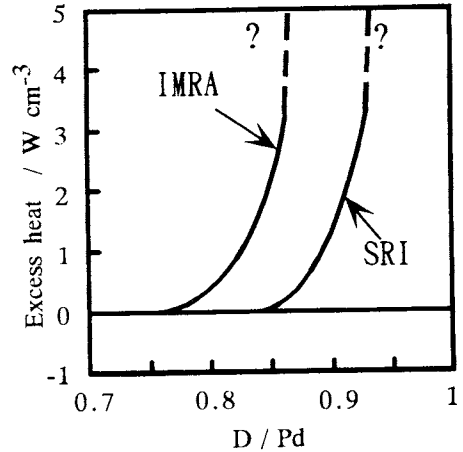


Fig. 7 Relation between absorption and excess heat.

我々のグループでは70回程度の実験のうち、3回の熱バースト現象を観測し、最大18.5 MJ cm<sup>-3</sup> Pdであった。しかしながら、これらのなかでは相関性がない。また、このほか多くの過剰熱らしき挙動もあるものの、実験誤差を明確に超えることはなく、過剰熱発生があると断言するには至っていない。このあたりが、現在常温核融合研究で熱測定を行っている多くのグループの現状ではないかと思われる。

過剰熱発生量はパラジウム中への重水素吸蔵量が大きく寄与していると考えられている。Fig. 7にはMcKubreらが報告している過剰熱量と重水素吸蔵量の関係を示す<sup>6)</sup>。この図を見る限りでは明らかな相関がある。この吸蔵比0.9以上は単に電解するだけでは簡単に得られない。電解法、表面処理等工夫が必要であると考えられているが、材料化学的にもパラジウム自身で解らないことが多い。さらに、重水素が0.9以上吸蔵されても過剰熱が得られない例も最近報告されており、この重水素吸蔵量の増大だけでは過剰熱は得られない。バースト的な熱発生の場合を考えると、非定常的な因子がここに関与している可能性がある。

この系での反応生成物として<sup>4</sup>Heが注目されている。重水素の通常の核融合反応を考えると、過剰熱に相当する中性子が観測されなければならない。ところが、中性子の発生は多くのところでははっきりせず、少なくとも熱に相当するものは出ていないと言える。ここで、<sup>4</sup>Heができる反応経路が注目されている。Milesらは<sup>4</sup>Heと過剰熱発生の相関を発表しているが<sup>7)</sup>、過剰熱、<sup>4</sup>Heともに測定限界に近く、定量的には断定できないと思われる。しかし、他の実験でも<sup>4</sup>He確認が報告された例もあり、今後注目しなくてはならない反応生成物のひとつである。

過剰熱が発生しているとする、その源が何であるかを

**Table 1** Excess energy release due to different chemical process.<sup>8)</sup>

Chemical explanation	Energy released (W cm <sup>-3</sup> )
Partial exposure of electrode	0.04
Gas phase recombination	0.29
Surface recombination	0.29
α-β phase transition	0.015
D/Pd ratio : chemical storage	0.30
PdD <sub>2</sub> dissociation	1.8
Pd-Li formation	0.16
Stress release	0.10
Total	3.00

追求する必要がある。熱バーストに関して最もありそうな解釈は、なにがしかの形で系内に貯えられたエネルギーが一気に噴出することである。しかし、そのエネルギーが1 MJ以上になると、どのような形でエネルギーが貯えうるか、見当もつかない。Table 1にはいくつかの考え得る反応と発熱量の値を示す<sup>8)</sup>。これらが同時に起こったとしても大きな発熱量は説明できない。化学エネルギーに関してでは、系内で起こりそうな最も大きな発熱反応のひとつに電解質であるアルカリ金属の酸化反応があるが、これでもせいぜい百kJ程度の大きさにしかならない。この反応にしても水溶液の存在下では考えられない。

このように過剰熱の熱源として、現段階では核反応、すなわち質量エネルギーしか考えられない。軽元素で構成されている系では、核分裂より核融合反応の方が考えやすいので、これを信じたいところであるが、核反応が起こっているという証拠、核反応生成物と発熱量との相関は定量的に確認できていない。特にこれまで多くのグループの実施してきた中性子計測については、少ないながらも生成しているという信頼できそうなデータも数多く公表されているが、これらにしても発熱量を説明できる量ではない。X線、γ線、トリチウム、いずれにしても核融合反応の結果として過剰熱を説明するに足るものはないと言って良い。核反応の証拠が提示できないことが、これを信じているものにとってもうひとつの弱点になる。ひとつの可能性が先ほど示した<sup>4</sup>Heであるが、これにしても、起こり難い反応ではある。だからといって、こう言った放射線の計測が無意味であることはない。わずかでも放射線が生まれるようであれば、それだけでも従来の学問がひっくり返るような大きなことである。

### 3.2 軽水系の過剰熱

Millsらは炭酸カリウム軽水溶液を電解質とし、ニッケルカソードを用いた軽水电解で大きな過剰熱が出ることを報告している<sup>9)</sup>。重水素でも起こらない反応が軽水素で起こることは、その道の専門家にとってはもっと信じられないことである。しかし、名古屋で行われた第3回常温核融合国際会議での能登谷による公開実験、モナコで行われた第5回常温核融合国際会議でのPattersonらのデモンストレーションを実際にこの目で見た筆者には、実験の誤りを指摘することはできない。公開実験の方法について、いくつかの批判も耳にするが当たっていないと思う。

軽水系の実験は当初はMillsらの用いた類似の方法で、アルカリ金属炭酸塩の水溶液を電解質に用い、ニッケルあるいはいくつかの金属カソードを用いた電解で過剰熱が生成するというものであり、熱測定法が電解液中に浸漬した温度センサーの応答をみるもので、正確な熱測定は困難であるが、数倍と言った大きな過剰熱の主張は十分にできるものと考えている。

最近の軽水系の報告で注目を浴びているものに、Patterson Cellがある。これは直径1 mm程度のビーズに1 μm程度のニッケル/パラジウム/ニッケルの複合メッキを施したのを作り、これをいくつか集めて固定相カソードにして、硫酸リチウム軽水溶液を電解質にして電解を行うものである。Fig.8にその構成を示す。この系で、1 Wの入力に対して1 kW、すなわち1000倍の熱出力が得られるとの主張がある。ビーズの作り方にノウハウがあるようだが、これが事実なら、すぐにも実用化が考えられるシステムである。この件については米国特許が認められており、常温核融合に関する認可された唯一の特許となっている<sup>10)</sup>。

これら軽水系の研究を実施してきた多くの研究者が最近電解現象の際に、電極界面で起こる原子核変換 (transmutation) に注目している。これは電解中にカソード電極表面で、新たな多くの核種が生成すると言うもので、にわかには信ずることはできない。しかし、新たな元素の生成だけでなく、同位体比の異常まで報告されているので、単なる不純物の効果とは考えにくい。ヘフナー効果<sup>11)</sup>や、どうして安定同位体しか出来ないか等、いくつか考えておかなければならない要因も多い。

軽水系の実験では同一グループ内の実験の再現性はかなり良いといえる。この点、重水系のFleischmannら、SRIのグループ、我が国でもイムラグループ、我々のところを含めてほとんどが現象の再現性に苦慮している点とは異なる。軽水系では主張されている過剰熱量はかなり大きい。実用的には熱利用が最も容易であることも考え、理論はともかく、実験の面からより多くの研究者が過剰熱の有無についての徹底的に追求すべきであると考える。

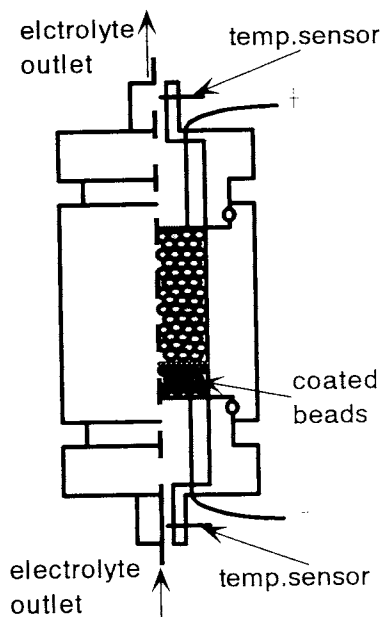


Fig.8 Structure of Patterson cell.

### 3.3 重水素—金属系 (気相)

金属水素化合物に気相から重水素を吸蔵させると、いくつかの異常現象が起こると報告された。当初はイタリアのグループから、チタンに重水素を低温で吸蔵後、室温に放置し、脱離反応を進行させる際、一定時間後に中性子が多くできると言うものである<sup>12)</sup>。この実験は米国ロスアラモス国立研究所でも同様な結果を発表してから、さらに有名になったものである。この気相法での実験でも、チタンではなく、パラジウムが用いられることが多い。パラジウムは室温付近で(重)水素を容易に吸蔵、脱離し、かつ空気中でも安定な不思議な金属である。Yamaguchiらは重水素吸蔵後のパラジウムからの離脱ガス中に<sup>4</sup>Heが多く含まれていることを報告している<sup>13)</sup>。Iwamuraらは同様な系でトリチウムが生成するとしている<sup>14)</sup>。

この系では過剰熱を厳密に測定した例はない。実験的には電解質溶液がないだけ、系が簡単であり、再現性も得られやすいと考えられる。一方、電解法と異なり、多量の重水素を吸蔵させるには、かなりの高圧が必要になり、実験の困難が伴う。吸蔵量の異なる二つの系(重水系と重水素ガス系)でともに異常が報告されているのは、結果の内容は異なるが、パラジウム中あるいは表面での重水素の物質移動が現象に大きく関与していると思われる。

### 3.4 高温系

常温核融合の対象は、(重)水溶液を用いる室温付近から、固体電解質、あるいは熔融塩を用いた高温にまで広がって

いる。

LiawはLiCl-KCl共晶熔融塩にLiDを添加した電解質中でパラジウムをアノードとして電解すると10倍を超える過剰熱が得られたと報告した<sup>15)</sup>。この電解質中では重水素は陰イオンとなっており、水溶液系と異なり、アノードで重水素吸蔵反応が起こる。400℃で大きな過剰熱が得られれば、直ちに実用化に結びつく話になるが、その後の実験で再現性が得られず、さだ止みとなっている。

ロシアのグループは固体電解質であるタングステンプロンズ単結晶を高温で重水素雰囲気下におき、電圧をかけると熱発生、放射線発生が起こると発表した<sup>16)</sup>。その後、ペロプスカイト型であるプロトン導電性の固体酸化物にまで系は広がり、そこでは過剰熱と中性子発生が主張されている。過剰熱の絶対値は、高温のこともあり、容易に決めることはできないが、水野らが主張するように、軽水素を吸蔵させると温度が低下し、重水素を吸蔵させると系の温度が上昇するのであれば<sup>17)</sup>、この差が同位体効果として説明できるか詰めておく必要はあるだろう。

高温で電気炉を動作させつつ、電解エネルギーを投入しエネルギーバランスを測定することはそれほど簡単なことではない。実用面からは、高温の方が質の高いエネルギーとなるので望ましい。高温でのしっかりした熱測定技術が要望される時代がくることを望みたい。

## 4. おわりに

1989年に発表され、8年を経過した常温核融合研究の現状を熱現象を中心にしてまとめてみた。この真偽ははまだ確定していないと言って良いと思うが、その大きな理由は実験の再現性の無さと、核反応を主張する際の反応生成物の矛盾になろう。むしろ、最も大きな理由は「理論的には有り得ないこと」になるかも知れない。ないしは、この現象を否定する研究者は、最近ではこの点のみを指摘するだけで、個々の実験法の誤りを指摘する例はない。

この研究は理論的に有り得ないことであるから、如何に確実な実験結果が得られたかの評価が最も大切である。現象の発表された当初は多くの実験的誤りがあり、その面でのこの現象の研究者として反省すべき点もあるが、研究会、学会での情報交換の中から、考え得る因子はすべて盛り込んだ研究が進められていると考えて良い。不純物の効果、ジュール熱、生成する重水素と酸素の再結合の影響、これらは通常の電気化学者は当初から織り込んでいた内容であるが、現在では、これに関与する他の分野の研究者にも常識になっている。

今世紀はじめに確立した現在の学問の基礎が永久に正しいとするのは誤りである。学問は進歩、変遷するものであり、そのきっかけは非常識な結果、確実な結果によりもた

らされるであろう。

文 献

- 1) M. Fleischmann, S Pons, *J. Electroanal. Chem.* **261**, 301 (1989).
- 2) S. E. Jones, E. P. Palmer, J. B. Czirr, D.L. Decker, G. L. Jensen, J. M. Thorne, S. F. Talor and J. Rafelski, *Nature* **338**, 737 (1989).
- 3) M. Fleischmann, S. Pons, M. W. Anderson, L. J. Ji, and M. Hawkins, *J. Electroanal. Chem.* **287**, 293 (1990).
- 4) N. Hasegawa, K. Kunimatsu, T. Ohi, and T. Terasawa, "Frontiers of Cold Fusion", (H. Ikegami, ed.), Universal Academy Press, Inc, Tokyo (1990) 377.
- 5) T. M. Gur, M. Schreiber, G. Lucier, J. A. Ferrante and R. A. Huggins, Proc. World Hydrogen Energy Cof., Hawaii, Jul. 22-27 (1990) 33.
- 6) M. C. H. McKubre, S. Crouch-Baker, A.M. Riley, S. I. Smedley and F. L. Tanzella, "Frontiers of Cold Fusion", (H. Ikegami, ed.), Universal Academy Press, Inc, Tokyo (1990) 5.
- 7) M. H. Miles, R. A. Hollins, B. F. Bush, J. J. Lagowski and R. E. Miles, *J. Electroanal. Chem.* **346**, 99 (1993).
- 8) R. C. Kainthla, M. Szklarczyk, L. Kaba, G. H. Lin, O. Velev, N. J. C. Packham, J. C. Wass, and J.O'M. Bockris, *Int. J. Hydrgen Energy* **14**, 771 (1989).
- 9) R. L. Mills, S. P. Kneizys, *Fusion Technology* **20**, 65 (1991).
- 10) James A. Patterson, U. S. Patent, 5494559.
- 11) E. Haeffner, *Nature* **172**, 775 (1953).
- 12) F. D'Amato, A. D. Ninno, F. Scaramuzzi, Proc. First Annual. Conf. Cold Fusion, Utah, Mar. 28-31 (1990) 170.
- 13) E. Yamaguchi and T. Nishioka, " Fontiers of Cold Fusion " ( H. Ikegami, ed.), Universal Academy Press, Inc, Tokyo (1990) 179.
- 14) T. Itoh, Y. Iwamura, N. Gotoh and I. Toyoda, Proc. 5th Int. Conf. Cold Fusion, Monaco, Apr 9-13 (1995) 189.
- 15) B. Y. Liaw, P-L Tao, P. Turner and B. E. Liebert, Proc. World Hydrogen Energy Cof., Hawaii, July 22-27 (1990) 49.
- 16) K. Kaliev, A. Baraboshkin, A. Samgin, E. Golikov, A. Shalyapin, V. Andreev and P. Golubnichiy, " Frontiers of Cold Fusion", (H. Ikegami, ed.), Universal Academy Press, Inc, Tokyo (1990) 241.
- 17) 水野忠彦, 大森唯義, 黒川一哉, 秋本 正, 北市雅敏, 猪田耕市, 安住和久, 下川重三, 延与三知夫, *電気化学* **64**, 1160 (1996).

要 旨

1989年に常温核融合が知られる様になって8年が過ぎた。この間に様々な試みが行われ、否定的な結果が多いものの、信頼できそうな肯定的な結果もある。エネルギー問題を考えると過剰熱現象は興味深いものの、核反応につながる信頼性のある報告はない。ここでは過剰熱発生の確認の要となる熱測定法の主なものをまとめた。