

「第1回 CF(固体内核反応)研究会」
予稿集

JCF-1 ABSTRACTS

1999年3月29~30日

於: 大阪大学コンベンションセンター

CF(固体内核反応)研究会
Japan CF-Research Society

<http://fomcane.nucl.eng.osaka-u.ac.jp/user/jcf/>

JCF1:第一回 CF(固体内核反応) 研究会 プログラム

(大阪大学コンベンションセンター: 1999 年 3 月 29-30 日)

口頭発表 25 分 質問 5 分

[3 月 29 日]

9:50 オープニングアドレス 高橋亮人(阪大)

10:00 セッション-1: 軽水素系実験(座長: 岩村康弘(三菱重工))

(JCF1-1) 水溶液中グロー放電によって生ずる熱の測定と放射及び反応物の検出
水野忠彦、秋本正(北大工) 、大森唯義(北大触研)

(JCF1-2) タングステン/軽水素電解中に見出されたグロー放電現象と強度の過剰熱発生
大森唯義(北大触研) 、水野忠彦(北大工)

(JCF1-3) K_2CO_3 軽水溶液電解時における初期の“過剰熱”
岡部努、元平直文、神谷信行、太田健一郎(横国大)

(JCF1-4) プロトンによる熱中性子捕獲反応の観測
能登谷玲子(北大触研)

12:00~13:30 昼休み

13:30 JCF 設立総会

要項、幹事、行事、承認

<CB>

14:30 セッション-2: 重水素系実験-1(座長: 大森唯義(北大触研))

(JCF1-5) 仕事関数の低い物質を導入した多層構造電極によって誘発された固体内核反応の観測
岩村康弘、伊藤岳彦、坂野充、後藤信朗(三菱重工)

(JCF1-6) 薄膜による表面修飾を施した陰極を用いた電気分解における質量分析
藪田火峰、上田聡、高橋亮人(阪大)

(JCF1-7) 重水素ガスのパラジウム中への拡散により誘発された固体内核反応
坂野 充、伊藤 岳彦、岩村 康弘、後藤 信朗(三菱重工)

16:00 セッション-3: 重水素系実験-2(座長: 山田弘(岩手大))

(JCF1-8) 重水電気分解と核反応分析を用いた固体内核反応研究
磯部友司、川西好臣、高橋亮人(阪大)

(JCF1-9) Characteristics of [DS-cell]
Yoshiaki Arata and Yue-Chang Zhang(阪大)

18:00 懇親会: I 学部生協レストラン アペティ(地図参照)

[3月30日]

9:00 セッション-4: 真空及び放電実験(座長: 水野忠彦(北大工))

(JCF1-10) グロー放電法および真空法による重水素化パラジウムにおける放射性元素の生成
山田弘、河田信彦、中居倫宏、岩崎恭二、栗澤佳幸、李星国(岩手大)

(JCF1-11) 真空法による、Pd:D/Au ヘテロ構造からの過剰熱生成の分析
山口栄一(21世紀政策研)、杉浦浩(アイシン精機)

(JCF1-12) 純水及びアルカリ炭酸塩溶液中のカーボンアーク生成物 —蛍光 X 線分析—
塩輝雄(阪大)

10:30 セッション-5: ビーム実験(座長: 山口栄一(21世紀政策研))

(JCF1-13) イオンビーム注入による重水素化チタン中での固体内核反応の研究 —重水素イオンビーム注入—
落合謙太郎、表貴之、宮丸広幸、高橋亮人(阪大)、王鉄山(中国近代物理研)

(JCF1-14) イオンビーム注入による重水素化チタン中での固体内核反応の研究 —軽水素イオンビーム注入—
表貴之、落合謙太郎、宮丸広幸、高橋亮人(阪大)、王鉄山(中国近代物理研)

(JCF1-15) 重水素イオン照射下における薄膜重水素化チタン薄膜からの放出粒子スペクトル
久保田直義、竹内将勝、中島正隆、藤田宏紀、谷池晃、北村晃(神船大)

12:00~13:30 昼休み

13:30 セッション-6: 理論-1(座長: 小島英夫(静岡大))

(JCF1-16) 金属中水素同位体の過渡的凝縮運動のシミュレーション(1) —電子状態及び過渡的凝縮運動の機構—
太田雅之、高橋亮人(阪大)

(JCF1-17) 重水素化パラジウムの低温弾性異常と発熱
福原幹夫(東芝タンガロイ)、沼田博雄(東工大)

(JCF1-18) 低温における Pd 格子の4 面体/8 面体隙間間での重水素の動的相互作用の可能性
福原幹夫(東芝タンガロイ)

15:00 セッション-7: 理論-2(座長: 高橋亮人(阪大))

(JCF1-19) 中性子バンドと常温核融合
小島英夫(静岡大)

(JCF1-20) 固体内核融合の2種類の理論
藪内憲雄(高研)

16:00 クロージング

水溶液中グロー放電によって生ずる熱の測定と放射及び反応物の検出

Heat, radiation measurement and detection of reaction products induced by the glow discharge in electrolyte

Keywords: 金属水素系の異常発熱現象、核生成物検出、電気化学的刺激法、放電刺激法

○水野忠彦、秋本正、(北大院工)、大森唯義 (北大触研)

金属電極カソードとして各種塩類の水溶液中で電解すると、電流密度、温度等の条件によって通常の水素発生反応からグロー放電に移行し、発光現象が始まる。この反応にともなって電極近傍は 1000 度 C 以上にも加熱されることがある。この放電によって広い周波数領域にまたがる電磁波が放射され、また各種の中性子検出器で計数される現象も観測される。反応後の電極面には多くの析出物が生ずることがある。これらの各種の放射と生成物の検出について報告する。

(1) 中性子の検出

中性子の検出は放電下で測定するために、雑音に対する影響を考慮しなくてはならない。そのための対策をほどこした各種の He-3、BF-3 および NE312 等の検出器を使用し、中性子の検出を行った。その結果、使用する電極金属、溶液さらには軽水、重水等によって計数には大きなちがいがあることが分かった。

(2) 電極温度および熱の計測

グロー放電電解下の電極の温度は放射温度計によった。放電を開始した後、直ちに電極近傍はプラズマ状の薄い膜に覆われる。またその外側は水蒸気と水素の泡によって覆われる。このため電極は温度の変化が大きく、場所によるちがいも大きい。また溶液はこの反応によって主にカソード近傍の電位こうばいによって強く加熱される。熱測定は入力電流が大きく変化するために、連続的にデータを取り込み、計算を行った。発熱の較正方法としては同じ水溶液を使用し、通常の水素発生反応と比較した。また電解液中にヒーターを入れ較正を行った。その結果、入力に対して過剰な熱生成を継続的に観測した。この測定中、熱発生について時間的に減衰しないことから、この発生は長時間一定に継続するものと考えられる。熱発生量はカチオンについて差が認められるが詳細は検討中である。

(3) 電極表面の分析

放電実験を終えた電極表面の分析を、エネルギー分散型 X 線分析(EDX)、電子プローブ微小分析(EPMA)、さらには二次イオン質量分析(SIMS)等の方法で調べた。その結果、電極材料、溶液、放電実験などによって異なるが、各種の元素が不純物の量を越えて見いだされている。その中のいくつかは同位体存在比が自然のものとは大きく異なっている。この現象について理論的に未解明であるが、何らかの核的な作用がこのグロー放電に際して引き起こされるのではないかと推察している。

タングステン／軽水電解系で見出されたグロー放電現象と強度の過剰熱発生

大森唯義（北大触媒化学研究センター） 水野忠彦（北大工学部）

緒言

われわれはこれまでの研究から常温核反応は電極材質金属元素と陽子または重陽子の反応で誘起される核分裂反応が主要反応であると考えている。この観点に立つと、電極材質としては原子量の大きい、高融点の材質が有利である。そこでタングステンを電極材料に選び、軽水系で過剰熱発生を調べた。

実験

電解セルは 240 ml の石英製で、アルコール温度計、板状のタングステン電極 (0.5 cm²)、白金ネット (対極、7 cm x 1cm) を取り付けた。電解質溶液は 0.5 M Na₂SO₄, K₂CO₃, NaNO₃, KNO₃, および 0.25 M Rb₂CO₃, Cs₂CO₃, Ba(NO₃)₂, Ba(ClO₄)₂ 等を用いた。液量は 120-170 ml である。過剰熱測定は一部 50%W-50%Mo 合金電極や重水系でも行った。測定は 15-30 分間行った。電解後の電極表面層を EDX, EPMA, SIMS 等で解析することによって生成異種金属元素量、分布、同位体分布変化等を調べた。

結果

定電流で電解を行った。電流値が 2-3 A (15-20 V) に達すると電極は赤白色に輝きはじめ、赤紫色のグローを溶液中に放出した。溶液温度は急激に上昇を始め、1-2分で沸騰を開始した。そのさい強い電磁波が発生した。過剰熱は次式にしたがって求めた。

$$E = W_{\text{vap}} + W_{\text{sol}} + W_{\text{cell}} + W_{\text{wall}} - W_{\text{in}}$$

ここで W_{vap} は電解後の溶液の減少から算出した量の水 (または重水) の蒸発に要する熱量、 W_{sol} は電極が白熱状態になったときの液温から沸騰までの温度上昇に要した熱量、 W_{cell} は同様にセル容器自体が沸騰温度まで上昇するに要した熱量、 W_{wall} は熱量測定時間中にセル壁から外部に逃散した熱量、 W_{in} は印加した入力電力である。過剰熱は 31 の電解系で測定され 60 - 140 W、入力に対する熱効率率は 160 - 250 % に達した。発生した過剰熱量の電解質の種類や軽水、重水の違いにたいする顕著な変化は見られなかった。上記の過剰熱は 0.5 cm² の電極で得られたものであり、電極を単に 1m² にまで拡大するだけで 1000 KW 程度の過剰熱を生み出すことができることを示している。

電解後の電極表面は“溶岩状”であり高熱の熱発生があったことを示している。さらに表面にはクレーター状構造もありそこには C, Fe, Cr が高濃度で分布していた。この系では Fe, Cr の同位体分布は自然値とあまり違わなかったが同時に検出された Pb (0.6 %) Re (0.3%) は自然値と大幅にずれた同位体分布を示した。この電解で生じたグローは高エネルギーのプラズマが発生していることを示しているがこの正体はまだ不明であり、今後のスペクトル分光分析が待たれるところである。

K₂CO₃ 軽水溶液電解時における初期の“過剰熱”

○ 岡部努、元平直文、神谷信行、太田健一郎
横浜国立大学工学部

“Excess Heat” at the Beginning of Electrolysis in K₂CO₃ Light Water Solution

○ T. Okabe, N. Motohira, N. Kamiya and K. Ota

Chemical Energy Laboratory, Faculty of Engineering, Yokohama National University
e-mail : ota@ene.bsk.ynu.ac.jp

Keyword : Excess Heat, Nickel, Electrolysis

目的

常温核融合現象の発表以来、多くの研究は重水、あるいは重水素系でなされてきた。過剰熱に関しては重水系だけでなく、軽水系でも多くの報告があり、少なくとも同一グループによる再現性はよい。本研究は、Niカソードを用いたK₂CO₃軽水溶液の電解を行い、軽水系での過剰熱の発生を検証することを目的としている。

実験

熱収支測定には、電解セルを取り囲むクールジャケットに冷却水を流し、入口と出口における冷却水温の差から熱量を算出する「液流通型」の熱測定システムを使用した。気温の変動による影響を防ぐため、高精度断熱制御炉によって電解セルの周辺の気温を±0.005℃の精度で一定にした。円筒形のアクリルセルを用い、10×15×1 mmの多孔質Niのシートをカソードにし、φ1×25 mmのPtロッドをアノードとした。電解液には0.5M K₂CO₃軽水溶液を約50 ml用いた。電解は入力電力を一定とするため定電力電源を用いて行った。セル上部で再結合触媒によって電解で生じた酸素と水素を反応させる閉鎖型セルとした。

結果

電解を開始すると、液温は上昇し、ピークが見られた後に一定となった。ピークの温度は平衡温度より1~2℃で高かった。電解の入力電力だけからではこのピークは説明できず、電解の初期においてセル内で何らかの発熱反応が起こっていると考えられる。その一例をFig. 1に示す。過剰熱(ここでは入力電力に対して「過剰」という意味で)は5Wの電解入力に対して最大で0.2Wであった。過剰な発熱は徐々に減少しながらも5時間持続し、その間の過剰な発熱量は2000 Jあった。この発熱ピークは電極の最初の電解においてのみに現れ、電解を中止し冷却した後、再度電解を開始した場合には見られなかった。同様な現象はPtカソードを用いた電解においても見られた。

Niカソードを用いた電解では6回中3回、Ptカソードを用いたときでは8回中6回、同様な現象が観測されている。過剰な発熱はNi、Ptいずれの場合においても最大で0.2W前後、熱量として1000~2000 Jで2種類のカソード金属の違いによる大きな差はなかった。

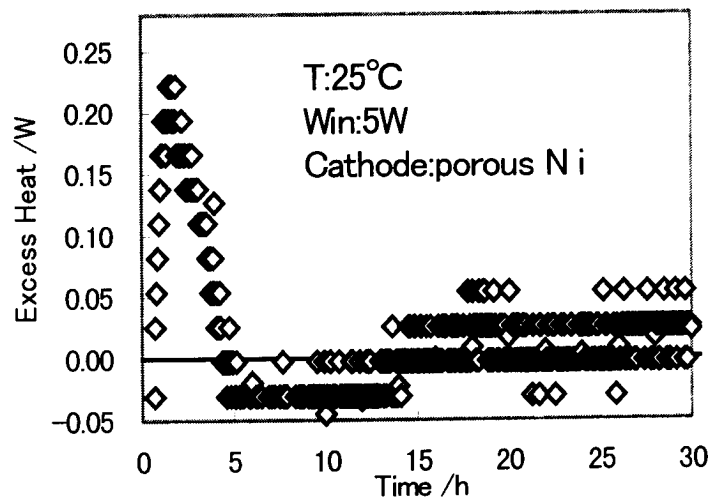


Fig.1 Excess Heat during Electrolysis of K₂CO₃ Light Water Solution.

プロトンによる熱中性子捕獲反応の観測

Observation of Thermal Neutron Capture by Proton

能登谷玲子(R. Notoya)

北海道大学触媒化学研究センター(Catalysis Res. Center, Hokkaido Univ.)

e-mail : rnotoya@cat.hokudai.ac.jp

address: kita-11, nishi-10, kita-ku, 〒060-0811, Sapporo, Japan

キーワード：熱中性子捕獲、ガンマー線、軽水电解

緒言：常温核融合における熱中性子が関する反応の内、最も可能と思われるものの一つが、次の様なプロトンとのそれである：
$$n + p \rightarrow d + \gamma (2.224 \text{ MeV}). \quad (1)$$

反応(1)により、 γ -線スペクトルの 2.22 MeV にピークが現れることは、大谷等の中性子照射の実験によって示されている。しかし単に軽水溶液の電解によるこのピークの出現の定量的な観測の例は、未だ知られていない。今回、白金黒付白金網の陰極を用いて得た、上記熱中性子捕獲を示す結果について報告する。

実験：用いた電解槽は、上述の陰極と白金線の陽極を備えたガラス製で、0.5M K_2CO_3 の軽水溶液 20ml を含む。 γ -線の測定器は鉛遮蔽の外側を水で遮蔽した。 γ -線の観測はエネルギー領域を固定して行われた。バックグラウンドは、二通りの状況において測定された。最初の測定(Background-1)において電解槽に取り付けた陰極は、白金黒付けする以前の白金網である。その後その白金網を槽から取り出し、白金黒付けを行った後電解槽に戻し、二度目のバックグラウンドを測定(Background-2)した。いずれの場合も γ -線の測定中は電解していない。電解液は測定毎に新しいものに替えた。Background-2の直後、Foregroundの実験を行った。これらの結果を Table 1 に示す。但し、先に Background-2 の直前に行った白金黒付けの方法に触れる。陰極基材は表面積 6.3 cm^2 の白金網(80mesh)で、王水と純水により洗浄した(Background-1 に使用後)、塩化白金酸塩の水溶液中で陰分極し、約 0.7g の白金を電着した。電着に要した電流と時間は夫々 0.3amp, 2時間である。その後、表面の吸着を除く為、稀硫酸中で陰分極と陽分極(0.3 amp, 30 min)を数回繰り返した。

結果及び考察：Background-2は、無電解とも関わらず、反応(1)が毎秒 15 回起きていることを示している。このことは、既に白金黒付け及び表面吸着の除去の為の電解起因して、陰電極に於いて中性子を発生する核反応等が進行していることを意味する。又、電解中の測定結果は、反応(1)が毎秒 12 回起きていることを示している。このことは、毎秒少なくとも 3 個の熱中性子が、他の核反応に消費されていることを意味する。

Table 1 The Counts of γ -peak at 2.224 MeV in 0.5M K_2CO_3 Light Water Solution by use of a Platinized Platinum Mesh Cathode and a Platinum Wire Anode.

Background-1*	Background-2*	Foreground
without electrolysis	without electrolysis	with electrolysis with 0.2 amp, 3.5 V
Counts/168hrs, dps**	Counts / 168hrs, dps**	Counts / 84hrs, dps**
$\leq 1.5,$ ≤ 0.02	$928 \pm 37.7,$ 15.3 ± 0.6	$370 \pm 25.3,$ 12.2 ± 0.8

*: refer to the text, **: the efficiency(cps / dps) = 10^{-4} .

謝辞： γ -線測定にご協力下さいました浅見博士、Dr. Lipson 始めNHE実証ラボの皆様へ感謝します。

仕事関数の低い物質を導入した多層構造電極によって誘発された固体内核反応の観測

Observation of Solid State Nuclear reactions Induced by the Multi-Layer Cathode with Low Work Function Material

三菱重工業(株) 基盤技術研究所

○岩村康弘、伊藤岳彦、坂野充、後藤言朗

IWAMURA Yasuhiro, ITOH Takehiko, SAKANO Mitsuru, GOTOH Nobuaki

iwamura@atrc.mhi.co.jp

キーワード: 重水素、パラジウム、仕事関数、多層構造電極、EINR モデル、同位体比

1. 諸言 当グループでは、Pd 板上に数 100 から数 1000Å の CaO を含んだ薄膜を形成した多層構造電極と重水素の連続拡散が可能な実験装置を用いると、ほぼ 100%の再現性で核反応が起きることを明らかにした[1]。我々は、この実験結果と EINR(Electron Induced Nuclear Reaction)モデル[1]から、CaO の仕事関数が 1.6eV と低く電子を放出し易いという性質が本質的であると考えた。そこで、仕事関数が低い物質を導入した多層構造電極を用いて実験を行った。
2. 実験 多層構造電極(図1)は、以下の手順で作成する。Pd 板(25mmX 25mmX1mm)を真空中900℃で10時間アニールし、その後重水で100秒エッチングする。この上に CaO(1.6eV)、Y₂O₃(2.0eV)、TiC(2.3eV)など、仕事関数の低い物質をアルゴンイオンビームスパッタ法によって Pd と同時に 1000Å 成膜し、これらの物質が溶解しないようにさらに Pd400Å を成膜した。この電極を、図2に示すテフロン製の実験装置にセットし電気分解を行う。電気分解された重水のうち、一部の重水素原子は Pd 電極内部を拡散して行き、真空側表面で重水素ガスとなり、ターボ分子ポンプによって排気される。実験装置の電解液側はリコンバイナーが設置されており、Pd 表面で発生し、Pd 中に拡散して行かなかった重水素ガスはこのリコンバイナーによって重水に戻される。過剰熱の計測はフローカロリーメリー法によって行う。また、X線については3系統あるいは4系統の NaI シンチレーションカウンター、中性子については He-3 カウンターを用いた。
3. 結果 実験を行った全てのケース(CaO:6回、Y₂O₃:4回、TiC:2回)で過剰熱・X線の発生が観測された。なお、過剰熱・X線の発生については、バックグラウンドの標準偏差の3倍以上の値が3回以上観測された時に、発生したと判定している。過剰熱の発生量は、入力電力は20W から40W に対して、1W から4.2W 程度であった。また、X線の発生量はバックグラウンドの標準偏差をσとして、4σ から16σ であった。また、実験後の多層構造電極の溶液側表面を EPMA によって分析すると Fe, Si, Cu, Au, Ti 等の元素が検出された。これらの元素の由来を調べるために、Fe, Cu 等を対象に SIMS 分析を行った所、自然界の同位体比に比べて一桁以上の差がある場合があり、不純物の電極表面への付着だけでは説明がつかないことが明らかになった。以上から、仕事関数が低い物質を導入した多層構造電極を用いることにより、ほぼ 100%の再現性で固体内核反応が誘発されることを示唆する結果が得られた。

[参考文献] 1.Y.Iwamura et al, *Fusion Technol.*, 33, 476(1998)

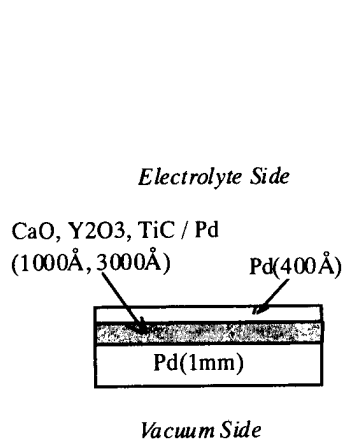


図1 多層構造電極

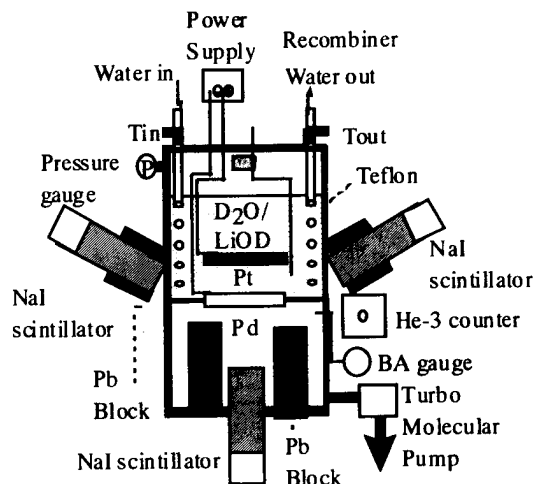


図2 連続拡散電解装置の概略

藪田 火峰

○上田 聡

高橋 亮人

K. Yabuta

S. Ueda

A. Takahashi

大阪大学 原子力工学

本研究グループでは密閉型電解セルにおいてパラジウム陰極を用いた電気分解を行っている。本実験ではパラジウムに対して表面修飾を行い、電解中のヘリウムの発生を有無を検証した。

ヘリウムに関してはその発生機構¹⁾は明らかにされていないが、いくつかの発生例²⁾が挙げられている。本実験では重水素起源の核反応により発生するヘリウムは電解セル内および試料中に存在すると仮定し、電解終了後のセル内部の気体と、陰極加熱時に放出される気体に対して分析を行った。分析には高分解能四重極質量分析計(HIRESOM-2SM:ULVAC/ $\Delta M=0.02$)を使用した。ヘリウムのピーク測定に妨害になる重水素は Sorb-AC Pump を用いて除去している。下図に気体分析のために用いたシステムを示す。

表面修飾に関してはPdに対してTiを $0.3\mu\text{m}$ 真空蒸着を行った。TiはPdと比較して水素(重水素)に対するポテンシャルが高く、水素(重水素)の拡散速度が抑制される。したがってPd表面にTiの薄膜を重ねることにより陰極からの水素(重水素)の放出を押さえることができ、電解時の高吸蔵率が期待できる³⁾。電極を高吸蔵率に保つことは固体内における核反応を促進するだろう。吸蔵率に影響を与えるパラメータとして試料中の電流密度を考え、Step-UpモードとLow-Highモードを組み合わせた電解を行っている。

実験では修飾を施したPdと施さないPdに対して同様の電解を行い、その比較を行った。電解時の吸蔵率の比較を行ったが、表面修飾による影響は現れているが明らかな吸蔵率の増加は見られなかった。電解終了後の薄膜修飾試料の加熱により発生した気体分析においてヘリウムのピークを観測した。通常のヘリウムのPdに対する溶解度を大きく上回るヘリウムを検出し核反応の可能性を示唆するものである。しかし、実験室大気のリークやその他の影響を探る必要がある。

Reference

- 1) A. Takahashi: Fusion Technology, 27(1995)
- 2) S. Ueda: Proceeding of ICCF-7(1998)p398
- 3) E. Yamaguchi: Frontiers Of Cold Fusion, Proceeding of ICCF-3(1993)

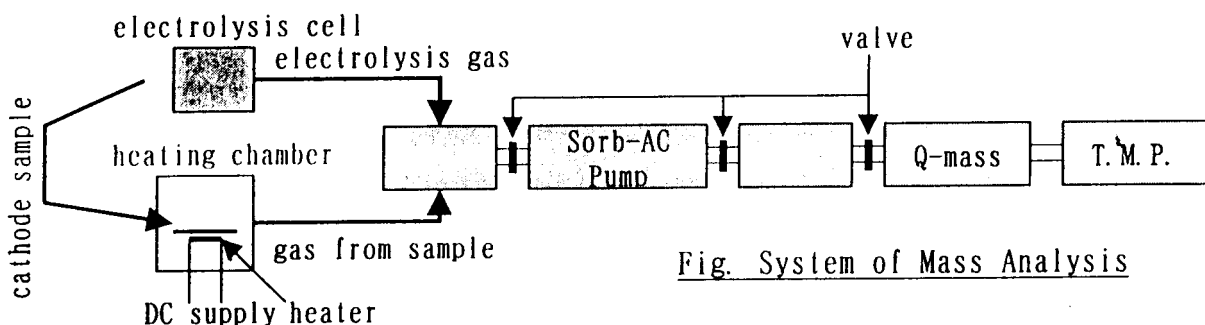


Fig. System of Mass Analysis

重水素ガスのパラジウム中への拡散により誘発された固体内核反応

Solid State Nuclear Reactions Induced by Continuous Diffusion of Deuterium Gas through Pd

三菱重工業(株) 基盤技術研究所

○坂野 充, 伊藤 岳彦, 岩村 康弘, 後藤 信朗

SAKANO Mitsuru, ITOH Takehiko, IWAMURA Yasuhiro, GOTOH Nobuaki

sakano@atrc.mhi.co.jp

キーワード: パラジウム, 重水素ガス, 連続拡散

1. 緒言 当グループでは、核反応を誘発するためには高 D/Pd とともに、Pd 内部での重水素の連続拡散条件が重要であると考えている。これまで重水の電気分解で重水素を Pd 中へ連続拡散させる実験を行い、核反応が誘発される事を見出してきているが、今回同じ条件を満たすようなガス系で行う実験法を開発した。本手法では Pd の片面を一定圧の重水素ガスで満たして重水素を吸蔵させ、もう一方の面を真空排気して重水素を放出させることにより、Pd 内部での重水素の一方向連続拡散条件を作り、核反応誘発を狙っている。本手法の特徴としては、重水素をガスとして吸蔵させることにより、Pd 表面への不純物の混入の可能性が極めて低くなった事と、拡散挙動の定量的評価が可能になった事があげられる。

2. 実験 実験装置の概略を図1に示す。真空排気側に設置した質量分析器や Ge 検出器により、重水素の拡散挙動の評価や γ 線の計測を行った。Pd 試料としては Pd 単結晶(10 ϕ \times 1mm, 面方位 (111),(100),(110)面)や核反応の再現性の高い多層構造電極(Pd/CaO/Pd)を用いた。多層構造電極は Pd 板(25 \times 25 \times 0.1mm)を真空中 900 $^{\circ}$ C で 10 時間アニールし、重水で 100s エッチング処理を施した後に、Ar イオンビームスパッター法で CaO と Pd を交互に 100 \AA ずつ、900 \AA 成膜した後に、最表面に Pd を 100~400 \AA 成膜して作成した。なお成膜を施した側を重水素ガス吸蔵側としてある。

3. 結果 実験で用いた Pd 単結晶全ての面で X 線の発生が観測され、どの面でも室温 (23 $^{\circ}$ C) での重水素の拡散定数は通常の Pd の拡散定数(4.0 $\times 10^{-7}$ cm 2 /s)とほぼ同じであった。また実験後、重水素ガス吸蔵側表面を EPMA \cdot XPS で分析したところ、重水素が透過していない部分では未検出の S, Si が重水素の透過部分から検出された(図2)。原子配列の揃った単結晶においても核反応が起こっていることから、表面欠陥で核反応が起きているわけではないと考えられる。また、単結晶の面方位による差は明瞭には見られなかったため、(111), (100), (110)面のような低指数面では面方位依存性はないと考えられる。

一方、多層構造電極(Pd/CaO/Pd)を用いて行った実験全てのケースで、室温(23 $^{\circ}$ C)での重水素の拡散定数が(1.7~9.5) $\times 10^{-6}$ cm 2 /s と通常の Pd の拡散定数(4.0 $\times 10^{-7}$ cm 2 /s)と比べて1桁大きく、X 線の発生が観測された。実験後、重水素ガス吸蔵側表面を EPMA \cdot XPS で分析したところ、重水素が透過していない部分では未検出の Fe, S, Si が重水素の透過部分から検出された。従来の、重水の電気分解系で重水素を連続拡散させる手法でも核反応が起こっており、重水の電気分解系、重水素のガス吸着系に関わらず、重水素を Pd 中へ連続拡散させると核反応が誘発されることを強く示唆する結果が得られた。

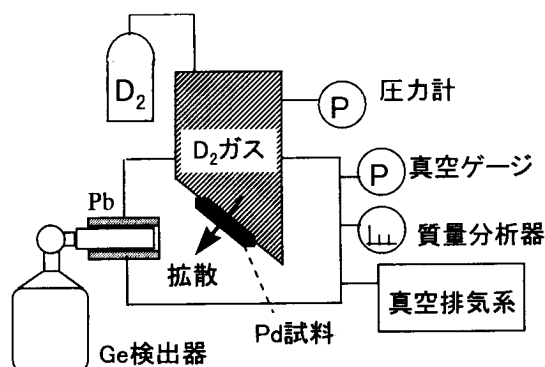


図1 実験装置

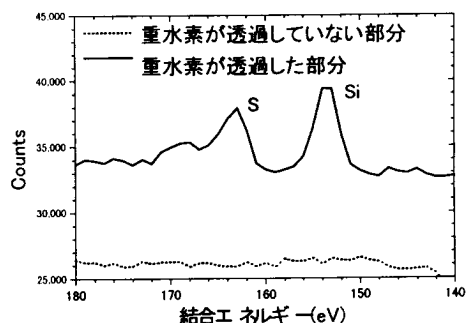


図2 吸蔵側表面XPS分析結果

重水電気分解と核反応分析を用いた固体内核反応研究
 Study of Fusion in Solid by Using D₂O Electrolysis Method
 and Nuclear Reaction Analysis

○磯部 友司 川西 好臣 高橋 亮人
 Yuji Isobe Yoshiomi Kawanishi Akito Takahashi
 大阪大学 工学研究科 原子力工学専攻 高橋研究室
 E-mail:yisobe@newjapan.nucl.eng.osaka-u.ac.jp

Pd-Ni, Pd-Ti 多層膜構造電極を陰極に用いて重水電気分解を行った。これは異種金属間ではフェルミエネルギーの違いにより電子密度の高い層ができている事が予想され、その電子による核反応時のクーロン障壁の遮蔽を期待したものであり、Miley らの提案の検証実験である。また、 $3D \rightarrow {}^6\text{Li} + (\text{格子エネルギー})$ [1] の反応による ${}^6\text{Li}$ の検出を目的として、電気分解終了後の試料を ${}^6\text{Li}(d,2\alpha)$ 反応により核反応分析 (Nuclear Reaction Analysis ; NRA) した。

電気分解中には熱量、X線、中性子を同時に測定し、試料の重水素吸蔵率の相対的变化をリアルタイムで観測する方法として電気分解中の試料の電気抵抗を同時測定した [2]。ここで、X線測定は、核反応により生成した荷電粒子が減速する過程で生じるX線（特にPdの特性X線、 K_{α} , K_{β} :約 22KeV）の検出を目的としている。X線測定にはCdTe検出器を用いたが、波形・波高の二次元分析を行う事により、電磁ノイズを取り除いた。中性子測定にはNE213有機液体シンチレーションカウンターを用い、波形・波高の二次元分析を行う事により、中性子と γ 線を弁別した。さらに中性子測定には二つの検出器を用い、検出器間での同期的信号相関を調べ、クロスチェックを行うことにより、個々の検出器の振動が原因であると考えられる信号の増加を取り除く事ができた。試料の形状は板状（25×25×1 mm）で、多層膜の各膜厚はおよそ 500Åとし、全部で五層重ねた。電解液には電気分解終了後の核反応分析において効率よく ${}^6\text{Li}$ が検出できるよう、NaOD+D₂O 溶液を用いた。

電解終了後の核反応分析には 300 keV の D⁺ビームを用いた。本実験の結果から、NRA における ${}^6\text{Li}$ 検出は電気分解実験において積算で数 MJ 以上の発熱があれば、検出の可能性があるとわかった。

Reference :

- [1] A.Takahashi et al. ; Fusion Technology 27 (1995)
- [2] M.C.H.McKubre et al. ; Proceedings of ICCF3 (1992)

Characteristics of [DS-cell]

Yoshiaki Arata and Yue-Chang Zhang

Both [D₂O-cell] and [H₂O-cell] are constructed with the same Double Structure Cathode (DS-cathode), and connected in series as a [Double-cell] to examine the energy generation under the same electrolytic current. [D₂O-cell] generates tremendously excess energy during a long period such as over several thousand hours, but any energy is never generated in [H₂O-cell] when the chemical energy is subtracted in both cells. [under the normal condition]

Furthermore, [Mixed-cell] blended with D₂O and H₂O electrolytes (D₂O/H₂O=2 in weight; D/H=1) also generates an excess energy, but with the considerably different characteristics from [D₂O-cell].

In order to examine the indispensable condition to induce the intense "deuterium-reaction" within solids under the same electrolyte (D₂O) and electrolytic current, both [DS-cell] and [Bulk-cell] having the same size of the "cathode" are connected in series as a [Double-cell] to keep the same experimental condition.

The former cell is constructed with "DS-cathode" (Double Structure Cathode with an inner cathode of fine powders) and the latter with "Bulk-cathode" made by a bulk solid. Both intense "excess-energy" and "helium" are induced as a reaction product in [DS-cell], but it becomes very hard in the case of [Bulk-cell].

In order to examine whether possible condition to induce "excess-energy" really exist or not in [DS-H₂O] cell with the "DS-cathode" in the H₂O-electrolyte, both [DS-H₂O] cell and [DS-D₂O] cell having the same "DS-cathode", however, in the D₂O-electrolyte, are connected in series as a [Double-cell] and examined under the same experimental condition. As a result, [DS-H₂O] cell also generates the "excess-energy", but it is permissible only under the extremely limited condition when it is compared with that of the [DS-D₂O] cell generating tremendous "excess-energy".

JCF1-10 グロー放電法および真空法による重水素化パラジウムにおける放射性元素の生成
Production of Radioactive Element in Deuterated Palladium
Induced by Glow Discharge and Decompression

○山田 弘 河田信彦 中居倫宏 岩崎恭二 栗澤佳幸 李 星国 (岩手大学工学部)

H. Yamada, N.Kawata, M. Nakai, K. Iwasaki, Y. Kurisawa and X. Li

e-mail: yamada@dragon.elc.iwate-u.ac.jp

キーワード: オートラジオグラフィー ガスグロー放電法 真空法 γ 線計測

1. まえがき 固体内核反応に伴う生成粒子の検出では多くの場合、計測系内に Pre-amplifier など電磁雑音の影響を受けやすい機器を含むため、反応の確認には電気信号を介さない検出法を併用することが望ましい。オートラジオグラフィーは特殊な装置と技術を必要とせず、経済的にも負担のない点でこの目的に適う手法の1つである。他方、実験後の反応生成物の検出では固体表面を対象とする方が容易である。表面は実験中に汚染を受けやすいが、ガスグロー放電法と真空法では、実験中の固体試料はガスとのみ接触するため、表面は比較的汚染されにくい。

以上の観点から、われわれは低圧ガスグロー放電法と真空法により反応誘起を試み、その際の中性子、荷電粒子、質量、 γ 線の諸計測を行うと共に、試行後に SIMS とオートラジオグラフィーを加え、反応機構の究明に寄与するデータの蓄積を計ってきた。

2. 実験方法 固体試料は Pd 線も用いているが、主に Pd 板である。ガスグロー放電法では直径 10mm 厚さ 0.1mm の Pd 円板、真空法では 12.5×25×0.3mm の板の片面の約 2/3 の面積に厚さ 20~40nm の MnOx 薄膜を装飾したものを用いている。共に王水処理、800°C のアニーリング後に 2~6 気圧 D₂ ガス中で吸蔵を行い、吸蔵率 0.3~0.7 を得ている。放電法では 3Torr の D₂ ガス中で 1 試行 1 時間で中性子計測と NaI シンチレーションカウンターによる γ 線計測を行う。真空法では 1 試行約 5 時間で四重極型質量分析計による質量分析、SSD による荷電粒子計測、試料の温度計測を行う。オートラジオグラフィーでは Pd 試料に対する露光時間は 3~7 日である。一般用高感度フィルムを用いて露光後に増感現像を行う。

3. 結果および考察 放電法では 105 試行中 4 試行で γ 線スペクトルに異常なピークが認められた。その位置は 2 試行で 70keV 付近、1 試行で 110keV 付近、1 試行で 70keV と 100keV 付近である。110keV のピークは比較的大きく、オートラジオグラフィーでは 0.1mm のチタン板を貫通する放射線によりフィルムが感光している。その Pd 試料に対する SIMS では測定場所により ⁵⁶Fe の検出量は変るが、放電を行わない Pd 板と比較して最大で 55 倍増加している。このような顕著な ⁵⁶Fe の増加は他の Pd 試料では観測できない。過剰中性子の発生は観測できない。

真空法の質量分析では質量数 6 のイオン電流の時間変化が興味深い。質量数 4 に対応する分子の大部分は D₂ と推測されるが、そのイオン電流の時間変化の様相は質量数 6 のそれとは異なる。このことから質量数 6 に対応する分子は T₂ の可能性が高い。オートラジオグラフィーでは Pd 板の両面に対向配置させたフィルムがどちらも感光する。しかし MnOx 薄膜と対向する部分は殆ど感光しない。修飾していない面と対向するフィルムにも MnOx 薄膜端部の形が現われる場合がある。このことは、MnOx 薄膜の端部から D が放出するときにかかる核反応において、その後の残留放射線には 0.3mm の Pd 板を貫通するものが含まれることを示す。このような MnOx 薄膜をもつ Pd は試行中に異常発熱を起こすことが希にある。また、真空法試行前の D 吸蔵直後のオートラジオグラフィーにおいても、Pd 板の形状と一致する感光部が得られることから、D 放出に先立ち D 吸蔵時に既に Pd 板全表面にわたり核反応が起きていると考えられる。

真空法による、Pd:D/Au ヘテロ構造からの過剰熱生成の分析
 Analyses of the excess heat generated from Pd:D/Au
 heterostructures by the 'in-vacuo' method

○山口 栄一¹、杉浦 浩²

Eiichi YAMAGUCHI and Hiroshi SUGIURA

IMRA Europe – Centre scientifique³

Sophia Antipolis, 06560 Valbonne, FRANCE

Email: ey@21ppi.keidanren.or.jp

キーワード：真空法、過剰熱、ヘテロ構造、核生成物

真空法による Pd:D/Au (Pd:H/Au)ヘテロ構造からの過剰熱生成と核生成物分析結果について、IMRA Europe においてなされた研究成果の詳細を報告する。実験は、あらゆるアーティファクトを除き得るように設計された超高真空(UHV)システム⁴ (RIBER 製)を用いてなされた。本 UHV システムは、試料導入室・電子ビーム蒸着室・重水素(水素)吸蔵室・解析室の 4 つの UHV チャンバーから構成され、これらは UHV ゲートバルブで接続されていて、マグネティック・トランスファーシステムで試料を自由に移送できるよう設計されている。これにより、一旦試料を導入すれば、これを大気に曝すことなくヘテロ構造を作成でき、疑義なく過剰熱および核生成物を分析することが可能となる。

前もって 1000°C で 24 時間アニールし再結晶化を促進させた Pd 板 (3.0x3.0x0.1cm³, 純度 99.9%) を試料導入室に導入し、重水素(水素)吸蔵室に移送したあと、UHV 下でこれを 2 時間 600 °C で熱処理し、吸着不純物を除去する。試料を室温に戻したのち重水素(水素)ガスを 630 – 650 Torr 導入して 3 – 5 日放置することにより平均 60%の吸蔵率で D(H)原子が Pd 試料に吸蔵される。その後、試料を電子ビーム蒸着室に移送し、片面に Au ないし Ag を 1500Å 程度の厚さで蒸着する。いくつかの試料に対しては、その後反対面に Si-O 膜を 100Å 程度蒸着した。

このヘテロ構造試料を解析室に移送し、マニピュレータでタングステン針を試料の中央に配して定電力条件 (0.1 W) で電流を試料に印加した。その後、試料および試料ホルダーの各点の温度をモニターするとともに、Si SSD (Canberra: PIPS)、CdZnTe SSD (eV 180)、He-3 中性子検出器、液体シンチレータ(10 インチ BC501A)、四重極質量分析装置(Balzers QMA410)で核生成物検出をリアルタイムで行なった。

種々の条件下で 95 回の実験を行ない、最終的に 100 %の再現性で過剰熱発生を観測した。最大生成過剰熱は 8 W。このときの生成エネルギーは 39 kJ であった。これは 1 重水素原子あたり 8 eV のエネルギーに等しい。この過剰熱発生は、2 軸性の歪を抑制することで増大することがわかった。非常に少ない例で He-4 を観測したものの、過剰熱生成と核生成物との相関は見られず、この再現性の高い過剰熱生成は、核反応起源ではないと結論された。また重水素と水素で、著しい差異は観測されなかった。発表の場で、詳しい過剰熱評価の方法および過剰熱生成の起源について議論する。

¹ 現勤務先：21 世紀政策研究所 (〒100-0004 千代田区大手町 1-6-1 大手町ビル 3F)

² 現勤務先：アイシン精機第 3 開発部 (〒448 刈谷市朝日町 2-1)

³ 1998 年 3 月をもって閉鎖された。

⁴ 1999 年 2 月に日本(横浜市)に移送した。現在、新たな実験場所を探している。

JCF1-12 純水及びアルカリ炭酸塩溶液中のカーボンアーク生成物-蛍光X線分析-

X-Ray Spectrometric Analysis of Carbon-arc Products in Water and alkali Carbonates Solution.

堀 輝雄 大阪大学
Teruo Hanawa Osaka University

空気中における炭素電極間のアーク放電により鉄が発生することは1964年桜沢によって見いだされた¹⁾。水中アークの場合微細な炭素屑が水の中に分散する。小倉等²⁾は水のICPMSにより、Mg, Si, Ca, Fe等の増加を見いだした。炭素屑に関しては、Sundaresan, Bockris³⁾はFeの発生を確認し、さら投入電力以上の熱発生をも推算している。また Singh 等⁴⁾はFeの増加とSi, Ni, Al, Cr, Mnの発生を認め、さらにFeの同位体比が自然界のものと一致することを示した。本研究ではエネルギー分散型蛍光X線分析器(セイコーSEA2001)を炭素屑及び電極の元素分析に適用した。

実験

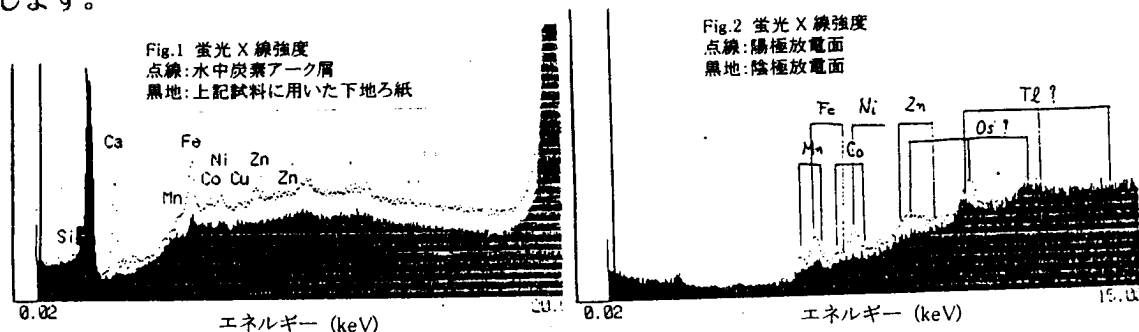
2本の分光分析用カーボン丸棒(6mm)の先端を液面下約5cmの位置で接触させわずかに引き離すことによりアークを発生させた。電源として直流溶接器(50A)を用いた。アークの電流変動は大きく(20-40A, 平均30A)しばしば消えたが、正味の放電時間は10数分程度であった。容器はテフロン製ビーカー(1L)、液量は900mL, 用いたアルカリ塩はLi₂CO₃, Na₂CO₃で、濃度は0.05モル/Lとした。放電後直ちに電極を外して保存し、液はPPビーカーに移してコロイド粒子が充分沈殿するまで保存する。この沈殿物をピペットで吸い上げ、蛍光X線分析用口紙に滴下し乾燥させる。電極は重量測定後、放電部付近を切断して分析試料にする。

結果と考察

- 1) 陽極重量は減少し、陰極は増加する。両極の側面の分析結果は同じであったので重量増は炭素微粒子の電気泳動によると思われる。
- 2) 水中の炭素放電屑にはCa, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Znが検出され重元素の可能性もある。Na, Li塩の場合も水と殆ど同じであったが、放電面にはCa, Co, Cuが欠けていた。なお、Na塩の場合陽極の方に多量の金属が認められた。
- 3) 蛍光X線法は短時間で多元素分析可能であるが、試料の作成に注意が必要で、結果に不確かさが伴う恐れもあるので他の分析法を併用することが望ましい。

謝辞

本研究は万溶工業株式会社でおこなった。社長 佐藤 亮拿 氏のご好意に深く感謝します。



- 文献(1) G.Oshawa, East-west Institute Magazine(Mar.1965) (non academic)
(2) I.Ogura, et al., Chemistry Express vol.7, no4, pp257-260(1992) Japanese
(3) R.Sundaresan and J.O.M.Bockris, FUSION TECHNOL. 26, 261 (1994)
(4) M.Singh, et al., FUSION TECHNOL. 26, 266 (1994)

イオンビーム注入による重水素化チタン中での 固体内核反応の研究

- 重水素イオンビーム注入 -

Studies of nuclear-reactions-in-solid in titanium-deuteride under ion beams implantation
- Experiments of deuteron beam implantation -

阪大・工 ○落合謙太郎 表 貴之 宮丸 広幸 高橋亮人
Ochiai Kentaro Omote Takayuki Miyamaru Hiroyuki Takahashi Akito
中国近代物理研 王 鉄山
Wong Tieshan

重陽子ビームを重水素化チタンに注入することで、固体内特有に発生すると考えられる（3 体核反応も含めた）固体内核反応の荷電放出粒子を測定し解析をおこなっている。本発表では、現在までに測定されている、未知の荷電粒子エネルギースペクトル収量のエネルギー依存性等を測定し、より詳細な固体内核反応の反応過程について考察し、発表する。

キーワード : 重陽子ビーム、重水素化チタン、固体内核反応、多体核反応、不純物

1.はじめに 重水素化チタン (TiD_x : $x = 0.8 \sim 1.4$) に重水素イオンビーム (100 ~ 300keV, 1~10 μ A) を注入することで、固体内で特有に発生する固体内反応の測定および解析を行なっている。試料および検出法の改善等により、昨年度から固体内反応率の異常促進（特に多体核反応 $3D \rightarrow t + {}^3He + 9.5MeV$ ）を示唆する荷電粒子が再現よく測定されている。現在も継続して、反応率の入射ビームエネルギー依存性の測定、陽子/重陽子ビーム注入による放出粒子スペクトルの比較から詳細な固体内核反応の検討をおこなっている。

2.実験結果および今後の予定 実験は阪大・原子力のコッククロフト・ウォルトン型加速器 OKTAVIAN を使用している。図1は、重陽子ビームのエネルギーを100~300 keV程度まで変化させ、3D 核反応による放出荷電粒子 3He に相当するスペクトルの収量のエネルギー依存性を示している (line-h)。通常、2 体衝突の核反応はクーロン遮蔽

により、line-p (D-D 核反応) の様にエネルギーの減少に対して指数関数的に減少するが、 3He のスペクトル収量のそれは150keV 以下で一定する傾向を示した。この結果はより低エネルギー領域において固体内核反応率の促進の可能性を示唆するため、今後、100keV 以下のビーム注入実験をおこなう予定である。一方、不純物による核反応も検討している。

軽水素ビーム注入の結果から、最も注意を払わなければならない不純物は、ボロン、窒素同位体 (${}^{11}B$, ${}^{15}N$) と考えられるため、今後、 ${}^{11}B+d$ 、 ${}^{15}N+d$ 核反応による、スペクトル測定もおこない、不純物の同定および不純物密度の評価もおこなう予定である。さらに中国近代物理研の王 助教授等もビーム注入によって作製した TiD_x サンプルで同様の実験をおこなっている。本発表では王 氏等のデータも併せて紹介し本研究のデータと比較、検討する予定である。

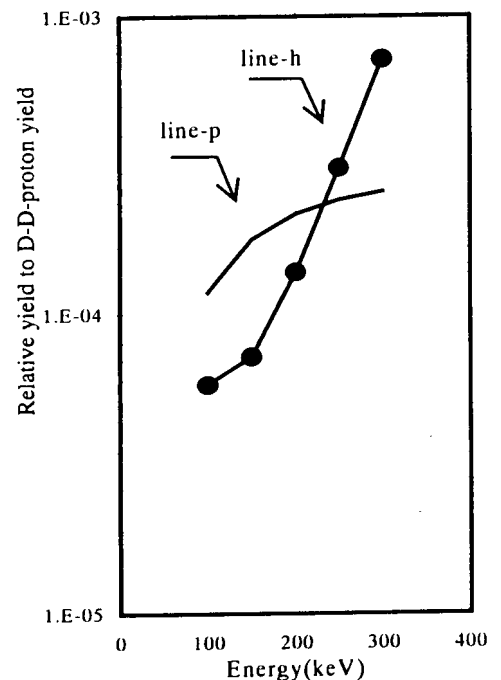


図1. Energy Dependence for the yield of 4.75MeV spectrum

イオンビーム注入による重水素化チタン中での固体内核反応の研究 —軽水素イオンビーム注入実験について—

Studies of nuclear-reactions-in-solid in titanium-deuteride under ion beam implantation

-About experiments with hydrogen ion beam implantation-

阪大・工 〇表 貴之 落合 謙太郎 宮丸 広幸 高橋 亮人 中国近代物理研究所 王 鈺山

Omote Takayuki Ochiai Kentaro Miyamaru Hiroyuki Takahashi Akiho

Wong Tieshan

低エネルギー水素イオンビームを重水素化チタン (TiD_2) に注入することによって、固体内で発生する核反応放出粒子の測定及び解析をおこなっている。現在まで水素イオンビーム注入による核反応粒子測定から、約 3.7MeV の α 粒子を放出する未知の固体内核反応を示唆するスペクトルが得られている。

キーワード：水素イオンビーム注入、固体内核反応、重水素化チタン、多体重水素核融合

1.はじめに 重水素化チタンに重水素イオンビームを注入することによって、重水素多体核融合反応が異常に促進される可能性があることが報告されている¹⁾。我々は不純物反応、二次反応などが比較的少ない、水素イオンビームを重水素化チタンに注入して、固体内核反応粒子を放出エネルギー角度依存性、収量の入射エネルギー依存性など測定した。実験結果より多体核融合反応の金属重水素化物内での異常増加現象について検討、検証することを目的とした。

2.実験 OKTAVIANの 20° ラインに取り付けられた実験用チェンバーを用いて行った。ガス吸蔵法によって製作した重水素化チタン (TiD_2 , $t=1mm$) 試料に、エネルギー100-300keV、電流約1-30 μA の水素イオンビームを注入した。この注入時に放出される核反応荷電粒子をゴニオメータに取りつけた回転可能なSi-SSD検出器(空乏層200 μm ,有感面積25 mm^2)で検出した。さらに固定型Si-SSD検出器(Ek検出器)(空乏層200 μm ,有感面積25 mm^2 ,検出角56度)を用いて、3体核反応($p+d+d$)によって放出されると考えられる15MeVから20MeVのプロトンを、スクリーンホイルを変化させることによって測定することを試みた。

3.実験結果 実験結果を図1に示す。 H^+ ビームの減速過程でのまじき出しDによるD-D核反応による、プロトンピーク (2.7MeV) 及びそれとは異なるピークを2.4MeV付近で検出した。更に、4.5MeVと5.2MeVに計数が少ないがピークが見られ、1MeVから3.5MeVにかけて連続スペクトルが見られた。2.4MeVのピークはE-AE検出器、及びスクリーンホイルの調整により、約3.7MeV程度の α 粒子であることを確認している。また、中国近代物理研究所の王鈺山氏も同じ実験結果を得ている。このピークは $p+d+d \rightarrow \alpha$ (4MeV) + p (19MeV) の α 粒子のエネルギーと一致する。しかし、この α 粒子は放出エネルギー角度依存性、及び収量エネルギー依存性から、不純物による2体核反応の放出粒子が支配的であると考えられる。4~5MeV程度に測定された荷電粒子パケツトは、このエネルギーに相当する通常の2体核反応および逐次的な核反応は存在しない。また、このスペクトルは放出エネルギー角度依存性がなかった。このスペクトルのエネルギーは3D多体核反応で放出される、トリトンの放出エネルギーに一致する。対に生成するHeは、3.8MeV程度の荷電粒子パケツトと一致する。 $p+d+d \rightarrow \alpha+p$ 反応における、もう一つの放出

粒子である、~19.1MeVのプロトン粒子の測定を行った所、約18MeV付近に荷電粒子信号が確認された。これらの結果より多体核反応が示唆される。また今後、試料の不純物についても神戸商船大学の加速器において、数MeV程度の入射粒子エネルギーによってNRA測定を行う予定である。

¹⁾ A.Takahashi et al : Anomalous enhancement of three-body deuteron fusion in titanium-deuteride under low-energy D^+ beam implantation, Fusion Technology,1998,Nov,Vol34

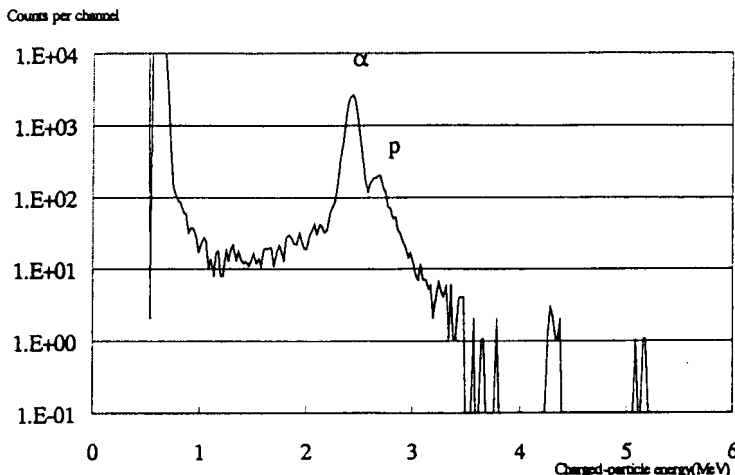


図1. Energy spectrum by movable detector from TiD_2 implanted with proton beam

金属中水素同位体の過渡的凝縮運動のシミュレーション (1)

—電子状態及び過渡的凝縮運動の機構—

Simulation of transient coherent motion for hydrogen isotope in metal

—Electron state and mechanism of transient coherent motion—

阪大工 ○ 太田雅之

高橋亮人

OHTA MASAYUKI

TAKAHASHI AKITO

金属中水素の電子状態計算を行うことから得られた結果と水素吸蔵金属の特性に基づき、固体内核反応を引き起こす過渡的凝縮運動の機構について検討した。

キーワード：固体内核反応、電子状態計算、水素同位体、コヒーレント

1. 緒言

重水素吸蔵金属における重水素イオンビーム注入や重水の電気分解による実験において、固体内核融合反応（多体核融合 $D+D+D$ 等を含む）を示唆する結果が得られてきている。そこで、我々は水素吸蔵金属中での水素の電子状態を計算し、その結果と水素吸蔵金属の物性から考えられる固体中での核融合反応の機構についての考察を行った。

2. 電子状態計算

電子状態計算は非経験的分子軌道法である DV- $X\alpha$ 法でプログラム SCAT⁹⁾を用いて行った。DV- $X\alpha$ 法はいわゆるバンド計算とは異なり、局所領域の電子状態をうまく表すことが可能である。この方法はスレーターの $X\alpha$ ポテンシャルを用いるため、ハートリー・フォック法と比べて計算時間が大幅に短縮でき、ハートリー・フォック法の問題点である電子相関を考慮した計算も可能である。

計算はクラスター法で行った。固体内核融合反応は、系全体で均一に起こるといよりも、むしろ局所的と考えられるため、主に周期対称性を有する結晶に対して適用されるバンド法よりも、クラスター法が有利であると考えられる。

右図は TiH について計算を行った電荷密度分布である。各分子軌道は原子軌道の一次結合 (LCAO, linear combination of atomic orbitals) で組み立てられており、Mulliken の population analysis により電荷密度を分析すると、TiH 中の H の有効電荷は、 -0.03 価程度のイオン性を持っており、電荷が Ti から H に流れ込んでいることがわかる。そのため、Ti 中の水素（同位体）の電荷は遮蔽されるため、固体内核融合反応において、遮蔽の効果が重要となることが予想できる。

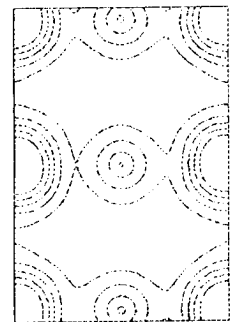


図1 TiHの電荷密度分布

3. 過渡的凝縮運動の機構の考察

水素の侵入が格子膨張をもたらすことから、水素—格子金属間に斥力が働いていることが分かる。この斥力相互作用によるポテンシャルは、fcc 格子においては O サイトと T サイトで谷となり、前者の谷の方が深いことが知られている。さらに格子間隔が広がると、ポテンシャルの山が急速につぶれ、O サイトと T サイトがつながった状態になり、これが固体内核融合反応の引き金になり得ると考えることができる。

参考文献 1) H. Adachi, M. Tsukada, and C. Satoko, *J. Phys. Soc. Jpn.*, 45, 875 (1978).

重水素化パラジウムの低温弾性異常と発熱¹⁾

Low-Temperature Elastic Anomalies and Heat Generation of Deuterated Palladium

○福原幹夫 (東芝タンガロイ (株))*、沼田博雄 (東京工業大学)

○Mikio Fukuhara (Toshiba Tungaloy), Hiroo Numata (Tokyo Institute of Technology)

I. 緒言

Fleishmann と Pons による室温核融合の発表²⁾以来、その再現性に対して多くの反対意見があり、その一方で理論的検討も行われてきた。再現性の悪さは電気化学的その場観察にあり、再現性の確証は固体物理的観点からの実験を必要とする。本研究では、縦波、横波超音波を用いて重水素化パラジウムの低温音速、弾性率 (ヤング率、剛性率、体積弾性率、ラーメパラメータ、ポアソン比等)、デバイ温度、縦・横内部摩擦等の 12 パラメータを同時測定し、得られた弾性異常と発熱現象を論じた。

II. 測定方法

試料 7mm Φx9mm とねじ切りした導波体 12Φx40mm が一体となった Pd (純度 99.95%, 粒径~65 μm, ニラコ) を 0.1M LiOD 液(576±5K)中に吊し、電流密度を 1~512A/m² の 10段階に 1ヶ月かけて電気分解させながら重水素を固溶させた。³⁾ 得られた β-PdD_{0.719} を用いて 1Pa の減圧下 0.1/K の速度で、4.9 MHz の周波数により 12 パラメータを同時測定した。⁴⁾

III. 実験結果と考察

116-190 K 間で弾性異常と発熱(6W)が観察された。重水素間の動的相互作用によると考えられる。

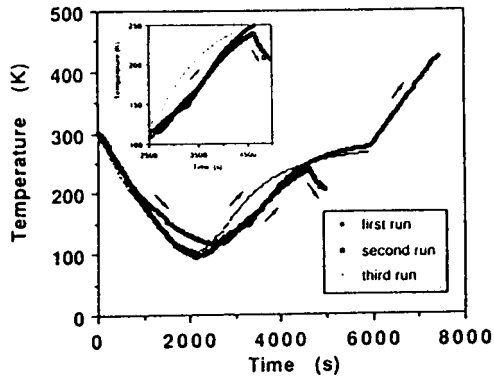


Fig. 1 Temperature of the sample as a function of time.

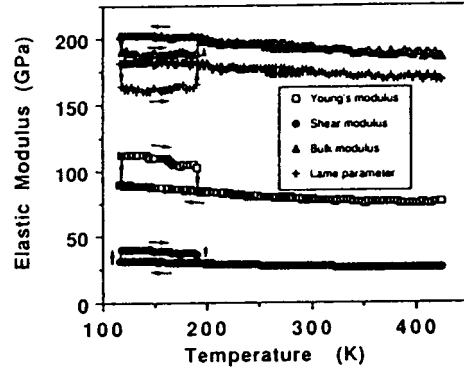


Fig. 2 Young's, shear, and bulk moduli and Lamé parameter of deuterated palladium as a function of temperature.

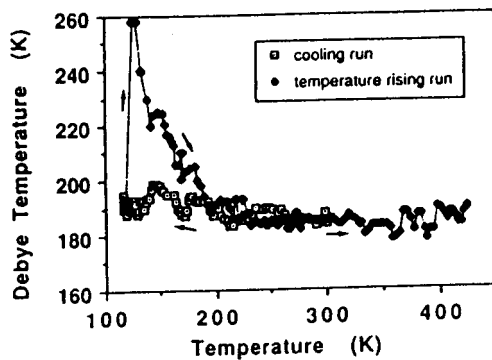


Fig. 3 Temperature dependence of the Debye temperature of deuterated palladium.

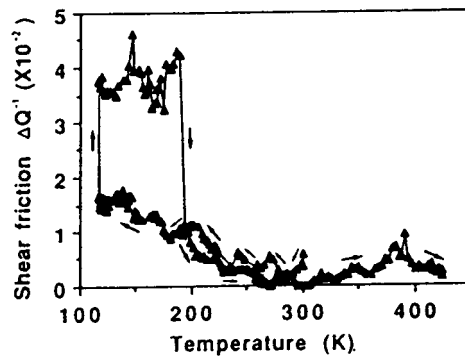


Fig. 4. Temperature dependence of internal friction for transverse waves of deuterated palladium.

IV. 参考文献

- 1). H.Numata and M.Fukuhara, Fus.Tech.31,300(1997).
- 2). M.Fleishmann and S.Pons, J.Electroanal.Chem.,261,301(1989).
- 3). R.Takagi, H.Numata, I.Ohno, K.Kawamura and S.Haruyama, Fus.Tech.,19,2135(1991).
- 4). M.Fukuhara and A.Sanpei, Phys.Rev.B.49,13099(1994).

*E-mail: a80010@tungaloy.co.jp

低温における Pd 格子の 4 面体/ 8 面体隙間間での重水素の動的相互作用の可能性¹⁾

Possible Dynamic Interaction of Deuterons between Tetragonal and Octahedral Interstices of Palladium Lattice at Cryogenic Temperatures

- 福原幹夫 (東芝タンガロイ (株))
- Mikio Fukuhara (Toshiba Tungaloy)

I. 緒言

PdD_{0.72} を減圧下室温から冷却中、116—190K 間において 6W の発熱現象が観察され、ヤング率、剛性率、体積弾性率、ラーメパラメータ、デバイ温度、横波内耗率が周期的に変化した。しかし中性子測定では中性子発生は観察できなかった²⁾。これらの原因は Pd 格子中の重水素の動的相互作用によるものと考えられるので、その機構を結晶学的、電子—原子核反応の観点から検討した。

II. 低温での重水素の局部転移

体積保存歪パラメータであるヤング率と剛性率が 116—190K 間で上昇することは Pd 格子中の爆発類似の収縮の発生を暗示している。しかし Pd 格子は破壊されていないので、例えば氷中の陽子のように重水素のジャンプが考えられる。幸いにも fcc-Pd 中において照射重水素の四面体隙間から八面体隙間への転移が 90K で観察されている³⁾。照射試料と電気分解試料共に応力下にある。

III. 集合共鳴と三次元 CDW

重い元素 Pd において 10 個の外層電子は集合電子としてあたかも静水圧場もしくは音響振動のように振る舞う (集合共鳴)。図 1 は亜化学量論 PdD_x 格子中の Pd、D、四面体隙間、八面体隙間の位置関係であり、<111> 方向に Pd-四面体隙間 D-八面体隙間空孔-四面体隙間 D-Pd が線上に並んでいる。このような一列の原子配列では電荷密度波(CDW)が発生しやすく、鎖 z 方向の波長 $2\pi/\xi q$ の電荷分布 $\xi u(z)$ と長距離クーロン力を生ずる。

$$u(z) = \sqrt{\frac{2}{\omega_{2k_F}}} \frac{\Delta}{g} \cos(2k_F z + \varphi(z)) \quad (1)$$

$$\xi u(z) = \frac{1}{\pi} \frac{\partial \varphi}{\partial z} \quad (2)$$

g = electron-phonon coupling constant

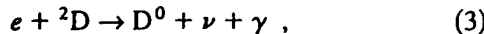
k_F = wave vector of Fermi level

ω_{2k_F} = phonon energy for the lattice of wavenumber $2k_F$

2Δ = energy gap at Fermi level.

IV. 熱の発生

Kenny⁴⁾は D⁺イオン間の引力が仮想パイオンの交換で 7 倍大きくなり、D は電子補足により次式に従って中性中間子 D⁰ となって熱エネルギーに崩壊することを提案した。



この式は PdD_x 格子中の動的相互作用において Pd が重要な役割を演じていることを示している。

V. 参考文献

- 1) M.Fukuhara, Fus.Tech., 34, 151(1998).
- 2) H.Numata, M.Fukuhara and R.Takagi, unpublished.
- 3) J.P.Bugeat and E.Ligeon, Phys.Lett.A, 71, 93(1979).
- 4) J.P.Kenny, Fus.Tech. 19, 547(1991).

* E-mail: a80010@tungaloy.co.jp

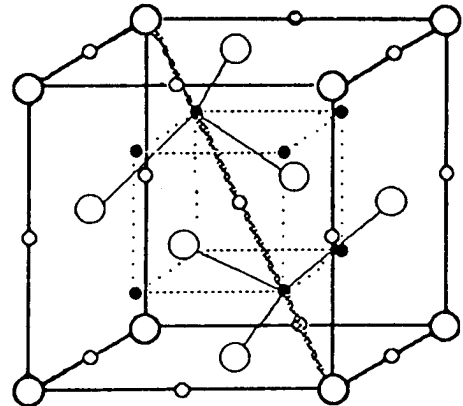


Fig. 1. Substoichiometric PdD_x crystal having all tetrahedral D sites (small darkened circles) and all octahedral vacancy sites (small white circles) in the palladium (large white circles) fcc lattice. The shadow line represents a chain (Pd-tetrahedral-site D-octahedral-site vacancy-tetrahedral-site D-Pd) along the <111> direction.

中性子バンドと常温核融合
Neutron Energy Band and Cold Fusion Phenomenon

小島英夫 (Kozima Hideo)

静岡大学理学部 and CF Research Laboratory (CFRL)

e-mail cf-lab.kozima@nifty.ne.jp, Tel/Fax 054-278-0327

中性子の波動性によって、固体中の熱中性子のエネルギーがバンド構造を持つために、自由空間とは異なる種々の特徴のある現象が生じ、その一つがいわゆる常温核融合現象であることを示す。

電子や光子のエネルギーが結晶格子中でバンド構造を持つことは周知の事実である。しかし中性子は、その寿命が 887.4 s と短く、制御も困難なために、結晶中の定常状態についての研究は殆どなされてこなかった。量子力学的には、電子、光子、中性子は全く同等な対象であり、その外界との相互作用には共通点が多い。

結晶中で中性子のエネルギーがバンド構造を持つ可能性は当然予測出来ることであつたが、これまでは実験にかかる現象に関係することが知られていなかったために、注目されなかったものであろう。われわれの計算によると¹⁾、格子核と中性子の相互作用の大きさが実際の値に近い適当な大きさのときには、中性子の最低エネルギーバンドの極小 E_B がブリュアン帯域の端 (波数 $k \sim \pi/a$) にある。端の近くでは、波数 k が変化してもエネルギー E_k は殆ど変わらず E_B に等しい。中性子同志の磁気相互作用によって、スピンの z 成分が $+\frac{1}{2}\hbar$ と $-\frac{1}{2}\hbar$ の中性子が、それぞれ殆ど同じエネルギーバンドを作ることになる。

バンド構造の異なる結晶 A と B の境界で、 A の許容帯と B の禁制帯とが同じエネルギーに対応しているときには、 A の許容帯に存在する中性子は境界で反射される。 B に囲まれた A に束縛された中性子は、境界付近に大きな確率振幅をもつ波動関数で表わされる。 $2N$ 個の中性子が一つのバンドに存在し、そのバンドが上記のような位置に極小を持つとき、境界付近における同じスピンの中性子の位相はコヒーレントになり、全確率振幅は一個の場合の N 倍に、反応断面積を決める確率密度は N^2 倍になる (局所的コヒーレンス²⁾)。局所的コヒーレンスの生ずる空間領域の長さは、中性子の波数の差が Δk のとき、 $\pi/\Delta k$ の程度になる。

中性子と他の原子核 (核子) との反応がこの領域で起こるときには、その反応確率はコヒーレンスのない場合に較べてとてつもなく大きくなり、中性子数が N のときその効果は N に比例する。これまで我々が TNCF model で実験データを解析した結果、捕獲中性子密度 n_n として $n_{n,free} = 10^8 \sim 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ という値を得ている³⁾。これらの解析では、表面層での相互作用の強さが自由空間におけるものに等しいと仮定しているが、局所的コヒーレンスが生ずる場合には、このパラメータの値は平方根になる $n_n = \sqrt{n_{n,free}}$ 。即ち、 $n_n = 10^4 \sim 10^6 \text{ cm}^{-3}$ 。

われわれは TNCF モデルを使って、種々の事象の起こる可能性と、多数の事象 x の数 N_x の間の定量的関係までを説明することに成功した。実験データから決めた任意パラメータ n_n の値は、捕獲中性子の波動関数の特徴による局所的コヒーレンスによって大幅に低下し、モデルの信頼性は高まった。説明した事象が、説明しやすいものを選んだもので、説明不可能な実験結果も多いことには不満が残るが、失敗した実験の原因を全て解明できる理論というものは、本来有りえないだろう。

1. H. Kozima, *J. Phys. Soc. Japan* **67**, 3310 ('98); *Elem. En. (CF)* **28**, 30 ('98).
2. H. Kozima, *Phys. Rev. Letters* (submitted in Dec. 1998).
3. H. Kozima, *Discovery of the Cold Fusion Phenomenon*, Ohtake Shuppan, 1998.

固体内核融合の2種類の理論

Two kinds of theories of nuclear fusion within solids.

高研. 藪内 憲雄

Norio Yabuuchi

著者はいままで固体の中の核反応について、2種類の理論を発表してきた。一つはポーア型の複合核理論による核融合であり、もう一つはワイスコップ型の水晶球理論による核融合である。

複合核による核融合は、次の2とおりが考えられる。

一つは、ボーズ粒子としてのDが格子欠損の中で収縮したDがD，2D反応を起こし、Dと複合核 ${}^4\text{He}_2$ との核反応である。

この方程式は下記のとおりである。

$$\begin{aligned} & -\frac{\hbar^2}{2\mu_1}\nabla^2\Psi_{2d} - \frac{\hbar^2}{2\mu_3}\nabla^2\Psi_{d3} + U_1\Psi_{2d} + U_3\Psi_{d3} \\ & = -\frac{\hbar^2}{2m_n}\nabla^2\Psi_n - \frac{\hbar^2}{2m_{3He}}\Psi_{3He} + U\Psi_n + U\Psi_{3He} + 3.27\text{MeV} \end{aligned} \quad [1]$$

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

2-body reaction

This Ψ_{2d} is an included state.

$$\begin{aligned} & -\left(\frac{\hbar^2}{2\mu_1}\nabla^2 + \frac{\hbar^2}{2\mu_2}\nabla^2\right)\Psi_{2d} + (U_1 + U_2)\Psi_{2d} + w\Psi_{2d} - \left(\frac{\hbar^2}{2\mu_1}\nabla^2\right)\Psi_{d3} + (U_3)\Psi_{d3} \\ & = -\frac{\hbar^2}{2m_T}\nabla^2\Psi_T + U\Psi_T - \frac{\hbar^2}{2m_{3He}}\nabla^2\Psi_{3He} + U\Psi_{3He} + 9.5\text{MeV} \end{aligned} \quad [2]$$

This Ψ_{2d} is a kind of compound nucleus state.

3-body reaction

もう一つは、固体の中の格子欠損によるクラックの中で、超水素同位元素 ${}^n\text{H}_1$ が ${}^3\text{He}_2$ と中性子による共鳴結合をして、核融合をする理論である。

実験でも示されるように、超水素同位元素の過剰中性子はポーア半径の外に存在するから、陽子の反発の外に存在して、 ${}^3\text{He}_2$ の中性子軌道を共有して、結合して核融合することが予想される。

この方程式は下記の通りである。

$${}^4\text{H}_1^+ + {}^3\text{He}_2^- = {}^4\text{He}_2 + {}^3\text{H}_1^+ + \Delta E \quad (3)$$

$$E(1p3/2) \sim E(1s) = nh\nu \quad (4)$$

最後の水晶球による核融合は、鉄と中性子が固体の中で起こす反応である。

パラジウム金属に不純物として存在する ${}^{56}\text{Fe}_{26}$ の構造は図1の構造をしている。

Structural diagram of ${}^{56}\text{Fe}_{26}$ atomic nucleus based on Platonic philosophy

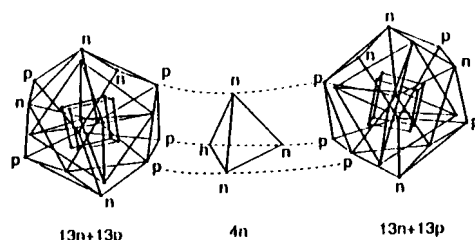


図 (1)

これに中性子が侵入すると、V. ワイスコップの核の水晶体模型によれば、原子量が11, 55, 155の付近の原子核は中性子の波長と核の半径との関係で共鳴して中性子を強く吸収することが論述されている。だから原子量55近くの ${}^{56}\text{Fe}_{26}$ が中性子を吸収して融合し、同位体の ${}^{57}\text{Fe}_{26}$ になることが推量される。これは三菱重工業の岩村達の実験が示唆している。

これが β 崩壊して、 ${}^{26}\text{Al}_{13}$ 、 ${}^4\text{He}_2$ 、 n 、 T の生成と熱の発生を結果することが、予測される。反応式は下記のとおりである。

$${}^{56}\text{Fe}_{26} + n = {}^{57}\text{Fe}_{26} = {}^{26}\text{Al}_{13} + {}^{26}\text{Al}_{13} + {}^4\text{He}_2 + n + \Delta E \quad (5)$$

$$\text{or} \quad \quad \quad = {}^{26}\text{Al}_{13} + {}^{26}\text{Al}_{13} + 2n + T + \Delta E \quad (6)$$

北大の水野が多くの ${}^{26}\text{Al}_{13}$ を特定して検出している。

そして今までに、 ${}^4\text{He}_2$ 、 n 、 T 、そして ΔE を特定していることは、承知のとおりである。

CF（固体内核反応）研究会設立趣意書（案）

本会は和名を「CF 研究会」、英名を「Japan CF-research Society」、略称：JCF、と称します。CF 研究とは、Condensed-matter(solid-state) Fusion, Coherently-induced Fusion, Cold Fusion, 等の意味での固体内核反応および関連する科学技術の研究を意味します。主に固体内特有の核現象の究明を行い、新エネルギーとしての新しい手法の開発を究極的にめざすものであります。

科学技術の健全な発達のために学協会が果たす重要な役割をいまさら繰り返す必要はないと思います。CF 研究に関する分野でも全く同じで、ここに学協会ができることが早くから関係者の関心事でした。それにも関わらず、今日まで「CF 研究会（学会）」なるものが誕生しなかった主な理由は、まず第一にいわゆる常温核融合研究が広く既存の学界で認知されにくかった状況により、CF 研究をメインジョブとして専攻する科学者・研究者が極めて少なかったことと、第二の理由として CF 研究の学際性のため関心のある研究者ならびに関連のある科学分野が多方面にわたっていることにあったと思います。

近年、重水素起源の固体内核現象が凝集体（固体）物理的または化学的条件が結合して、例えば Coherently-induced Nuclear Fusion のような、新しい現象として生ずるとする多くの実験事実が報告されるようになりました。これは、従来知られているランダムプロセスとしての核反応と本質的に異なる形での固体内特有の核融合・核反応の存在を示唆するものであります。またこのことに関連した、物理、化学、材料工学、原子力工学面などからの多彩な研究が勃興しつつあります。このような状況により、CF 研究は新しい学際・境界領域の研究として、多分野からの研究者が此の研究への参入を希望することとなっています。すなわち、ここに研究者の学術・技術交流を目的に学協会「CF 研究会」を発足する意義は大きいと考えます。この「CF 研究会」を日本の CF 研究の学術的昂揚の場として、また此の分野での国際協力・交流の窓口として、意義あらしめたいと思います。CF 研究会は任意団体として発足するのであります。

1999 年 3 月 29 日

1. 名称： 日本名を「CF（固体内核反応）研究会」とする。英文名を Japan CF-research Society とし、略称を J C F とする。
2. 目的： CF（固体内核反応）研究により学術および技術の進歩をはかり、会員相互の連絡・研修を行い、CF 研究の昂揚・発展に寄与することを目的とする。
3. 事業：
 - (1) CF 研究分野での学術および技術の研究、調査。
 - (2) 会員相互の調査研究の連絡、国際協力・研究の窓口。
 - (3) 年会、分科会、討論会、講演会、などの開催。
 - (4) 会誌、研究報告、資料の刊行。
 - (5) 学術および技術資料の収集。
 - (6) その他。
4. 会員： 正会員、賛助会員、推薦会員および学生会員。
 - (1) 正会員は、CF 研究に関する学術および技術に関与する者。
 - (2) 賛助会員は、本会の目的に賛同し、その事業を援助する企業または団体。
 - (3) 推薦会員は、CF 研究開発についての功績顕著の者、また本会の目的達成に多くの貢献をした者で、総会の議決によって推薦された者。
 - (4) 学生会員は、学生であって CF 研究に関連する研究・学習にあたっている者。
5. 会費： 正会員；年額 5,000 円、入会金 10,000 円
賛助会員；一口 50,000 円（1 件につき 1 口以上）
学生会員；年額 2,000 円（入会金なし）
6. 役員：
 - (1) 代表幹事 1 人、副代表幹事 1～2 人をおき、運営とりまとめと対外代表窓口をつとめる。
 - (2) 幹事数名をおき、学術調査、研究会企画、会誌・資料の編集発行、などの行事にあたる。
 - (3) 部門担当幹事のもとに、各種委員会（企画、編集、国際協力、など）をおくことができる。
 - (4) 幹事の任期は 2 年とする。
 - (5) 本会に顧問をおくことができる。
7. 分野： 分野としては、従来の単一学会では取り上げにくかった範囲にぞくするもので、実験・理論・技術開発の面で境界または学際的に、以下の既成分野が 2 つ以上融合または組み入れられたものが主体である。

核物理、核融合、放射線物理・工学、凝集体・固体物理、材料物性、表面物性、金属工学、水素吸蔵・放出、電気化学、熱測定、加速器ビーム科学、レーザー工学、原子力・量子工学、分子動力学、超音波工学、など。

設立発起人名簿（案）：（abc順）

*幹事候補者

* 浅見直人（エネルギー総研） : asami@iae.or.jp
朝岡善幸（電力中研） : asaoka@criepi.denken.or.jp
秋本正（北海道大） :
荒田吉明（阪大名誉教授） : yuec@jwri.osaka-u.ac.jp
延興三知夫（北大名誉教授） :
* 池上英雄（名大名誉教授） : ikegami@nifs.ac.jp
諫川 秀（KEK） :
* 岩村康弘（三菱重工） : iwamura@atrc.mhi.co.jp
鎌田耕治（若狭湾エネ研） :
北村晃（神戸商船大） : kitamura@cc.kshosen.ac.jp
小牧久時（小牧生物研） :
* 小島英夫（静大名誉教授） : cf-lab.kozima@nifty.ne.jp
松本高明（北海道大） :
松井一秋（エネルギー総研） : mac@iae.or.jp
* 水野忠彦（北海道大） : mizuno@hune.hokudai.ac.jp
難波菊次郎（テクノバ） :
能登谷玲子（北海道大） : notoya@pop.cat.hokudai.ac.jp
沼田博雄（東京工大） : numata@mtl.titech.ac.jp
大森忠義（北海道大） : tohmori@pop.cat.hokudai.ac.jp
* 太田健一郎（横浜国大） : ota@ene.bsk.ynu.ac.jp
* 高橋亮人（大阪大） : akito@nucl.eng.osaka-u.ac.jp
高橋良治（東大名誉教授） :
竹内康人（GE横河メヂカル） : take@rd.geyms.med.ge.com
藪内憲雄（高等学術研） : yabu333@liac.ocn.ne.jp
* 山口栄一（21世紀政策研） : ey@21ppi.keidanren.or.jp
* 山田弘（岩手大） : yamada@dragon.elc.iwate-u.ac.jp
大和春海（東芝） : yamato@eml.rdc.toshiba.co.jp

顧問： 荒山吉明（阪大名譽教授）、延與三知夫（北大名譽教授）
池上英雄（名大名譽教授）、小島英夫（静大名譽教授）

代表幹事： 高橋亮人（大阪大）

副代表幹事： 太田健一郎（横浜国大）

企画幹事： 水野忠彦（北海道大）、岩村康弘（三菱重工）

ニュース幹事： 山田弘（岩手大）、山口栄一（21世紀政策研）

会計幹事： 高橋亮人（大阪大）、浅見直人（エネルギー総研）、朝岡善幸（電力中研）