

総 説

第三者から見た常温（低温）核融合論争

河 合 廣

Profile of the Cold Nuclear Fusion Fever

Hiroshi KAWAI

Kinki University Atomic Energy Research Institute

ABSTRACT

The profile of the researches on cold nuclear fusion which was initiated by Fleischmann-Pons and S. E. Jones on March 1989 is briefly introduced. A number of researchers in the world have tried to elucidate the "cold nuclear fusion" phenomenon, but systematic explanation has not been found until the end of 1990. A half of them are affirmative and other half negative. The phenomenon is that deuterium oxide (heavy water) is electrolyzed with a palladium negative electrode and after several hours produced and adsorbed deuterium on the palladium may make nuclear reactions $D + D \rightarrow {}^3\text{He} + n$ or ${}^3\text{H} + p$ or other. Fleischmann-Pons observed excess heat and γ -ray due to the nuclear reaction, while Jones observed only neutrons slightly above background. Staffs at many laboratories in the world, especially in Japan, endeavored to detect the weak neutrons which might be produced by deuterium nuclear fusion with their sensitive neutron detector newly devised. However, their results were not consistent with others'.

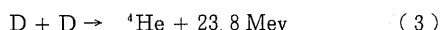
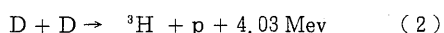
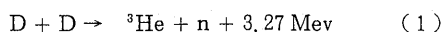
The author would like to suggest to make electrolysis experiment with graphite electrode or uranium one, both of which also adsorb a great amount of hydrogen. Neutron multiplication will be expected in case of electrolysis with (enriched) uranium electrode if it is surrounded by appropriate moderator, which may make easy to detect neutrons produced. Another suggestion is to use tritiated deuterium oxide DTO for the electrolysis, since the potential barrier of DT is one order lower than that of DD.

1989年3月23日アメリカユタ州ソルトレークシティにあるユタ大学の M. Fleischmann と S. Pons によって発表された¹⁾ 常温核融合 (Cold fusion, 低温核融合とも言う) は直ちに世界中の反響を呼び、多数の研究者による追試実験が行われました。同じユタ州のプロボにあるブリガムヤング大学の S. E. Jones により同様な実験が Fleischmann 等と連絡なく行われていて同時に発表され²⁾、しかも両者が全く異なる実験結果の発表になっていました。1990年末までの追試実験の報告とその経過についてはすでに多数の出版物

があるので、その専門でない筆者がここで解説する任ではありませんが、本学原子力研究所でも全く無関係のテーマでもないの、関心を持っていただくために敢て粗雑な紹介を試みました。

両大学の実験装置は共に小型な重水の電解装置で陰極にパラジウムを (Jones はチタンも) 使用しています。電解を開始すると陰極に生成した重水素は陰極のパラジウムに吸着蓄積されます。パラジウムもチタンも水素を大量に吸着できるので陰極金属中の重水素密度は次第に高くなり、数時間後遂にトンネル効果に

より重水素がポテンシャルバリアを越えてもう一つの重水素と核反応（核融合）を起します。その反応は⁹⁾



従来は DD 核反応は (1) と (2) がほぼ同じ頻度で起り、(3) は考えられていません。ユタ大学グループは核融合は $10^{12}/\text{s}$ で起り中性子は $4 \times 10^4/\text{s}$ 、トリチウムは $10^4/\text{s}$ 程度だから核反応は殆ど (3) と考えました。過剰熱（発生熱から電解に消費した投入エネルギーを差引いたもの）は投入エネルギーの4倍程度とされ、過剰熱は電極 1 cm^3 当り 4MJ で、最後の実験では発生した熱で電極が溶け、一部は気化したと報告しています。一方 Jones 等プリガムヤング大学グループの報告では中性子のみ観測しその発生は $0.4/\text{s}$ 程度とユタ大学より低いです⁴⁾。カリフォルニア州スタンフォード大学の R. A. Huggins 等はユタ大学グループの発表の1週間後から追試実験を開始しました。同年11月24日からの実験でパラジウム1モル当り46MJの過剰熱を閉鎖系で観測しました⁵⁾。用いたカロリメーターの校正には、1つは電気抵抗ヒーター、もう1つはパラジウムの代りにプラチナ電極を使って重水電解をしています。彼は熱測定だけで放射線は測定していません。

電解で核反応が起る理由は次のように説明されています。金属中に水素が入って表面から水素化合物が形成されてくると、水素化合物と金属では密度が違うのでその間に大きいひずみ応力が発生して、それが金属同士の結合力を上回るとき破壊が生じ金属内に割れ目（マイクロクラック、ひび割れ）が発生します。このとき新しく生れた金属面に電荷の不均一が生じ、それに伴ってクラック内部に強い電場が形成され数キロ〜数百キロ電子ボルトになります⁶⁾。これによる核反応を Fractofusion と言います。

核反応が起ったかどうかを判定するには 1. 中性子, 2. トリチウム, 3. 過剰熱が挙げられます。

Fleischmann and Pons（以下 F & P と略記）と Jones の結果については発表の直後から反対論が続出しました。たとえばコネチカット州エール大学の M. Gai 等は綿密な実験を行った結果観測した中性子は Jones の $1/50$ 、F & P の 10^{-6} だから、彼等の観測した中性子は宇宙線由来のものではないかと反論しています⁷⁾。同様な意見をラスベガスの環境保護局の S. H. Faller 等も述べています⁸⁾。CERN の実験物

理学者 D. Morrison は、これまでの実験結果を総合的に見れば、常温核融合は主観にもとづいた誤った実験の集りとしています^{9, 10)}。また F & P と同じユタ大学の物理部の M. H. Salmann 等は精密な67時間におよぶ追試実験をしたが出力、中性子の点で核融合は認められなかったと1990年3月発表しました¹¹⁾。

F & p と Jones の実験結果と、世界中の大学や研究所で彼等より優れた測定器で追試実験が行われた経過は吉川氏により岩波「科学」1989年7月号に簡単に紹介されています⁴⁾。1989年5月23-25日アメリカニューメキシコ州 Santa Fe で低温核融合ワークショップが開催されました。主催はロスアラモス国立研究所 (LANL) と米国エネルギー省との共催で開かれ内外から約500名集まりました。日本からは永嶺謙忠氏外数名出席しました¹²⁾。また同年ユタ大学内に新設された国立常温核融合研究所主催で1990年3月29-31日開催された常温核融合第1回年会の模様は池上氏により「科学」1990年6月号に紹介されています^{9, 13)}。それによると、この会議は常温核融合の中から肯定的な成果だけを上げたもので、アメリカを中心にしてインド、イギリス、イタリア、スイス、スペイン、台湾、韓国、日本などから2百数十人出席しました。

Jones 等の論文では常温核融合が地球の自然中に存在していることを示唆しています。火山などから高い ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ の比のヘリウムが放出されており、 ${}^3\text{H}$ の起源として地球内部で $p + D$ および $D + D$ 核融合が起っている可能性をあげています。この比は大気の値の280倍もあります¹⁴⁾。Jones の実験の目的はこの可能性を確めることにあったようで、更にミュオンを触媒とした常温核融合¹⁵⁾にも言及しています。

以上述べたことの総合的な詳細な紹介は F. D. Peat の著書「常温核融合」にあります¹⁶⁾。この本は科学書と言うより Cold fusion をめぐって活動する人間のドラマのようです。

さて日本国内での反響はどうだったでしょうか。一時は高温超伝導の時のさわぎの再来かと思われましたが、日本原子力学会の講演で見ますと、1989年秋の大会では15件、1990年春の学会では13件、秋の大会では6件と次第に減少しています。肯定否定はほぼ半々の印象で、結果が否定的の時は発表を控え勝ちと考えればアメリカ同様否定派が多いかも知れません。学会も1989年はトロピカルミーティングと210分の特別セッションを組みましたが、1990年春は指定テーマセッション、秋はプラズマ核融合セッション組入れとトーンダウンしてきました。そのほか学会特別講演では、

1990年7月の理工学における同位元素研究発表会で岡本眞実氏(東工大), 石岡俊也氏(神奈川大理), 中沢正治氏(東大工)が講演しました¹⁷⁾。原子力学会支部講演会では1990年6月7日高橋亮^{アキト}氏が大阪科学技術センターで講演し¹⁸⁾, その中で3D核融合仮説を発表しました(投稿中)。和田伸彦氏(名大理)は重水素をパラジウムに吸収させて12KV 60Hzの交番電圧をかけて真空放電させ核融合を起しています^{19, 20)}。名大核融合研の池上英雄氏を中心とする「常温核融合特別チーム」が1989年6月文部省科研費を取得して発足し, 1990年2月27, 28日阪大工学部で発表会を開催, 200人集って討議しました。印象は結論は得られずと言ったところ²¹⁾。

以上は現在(1990. 10)まで出版物に現れた常温核融合のサーベイです。筆者の第三者としての感想は, 奇妙な理屈を考えるより, まだまだこの「常温核融合」現象の実験事実を積み上げることが必要ではないかということです。

重水電解の陰極材料としては今まで主としてパラジウムとわずかにチタンしか使われていませんが, 水素吸蔵材の電気導体としては他に黒鉛²²⁾とかウラン²³⁾があります。ウランの場合は, 密度は金属ウランのときは $19\text{g}/\text{cm}^3$ であり最終水素化物になると $3\text{g}/\text{cm}^3$ と大きく変化するので内部的ひずみも大きく, Fracto fusionの可能性も大きいではないでしょうか。その上濃縮ウランを使い適当なモデレーターで囲めば生成した中性子の増巾により検出が容易になります。しかし水素化のとき $190\text{KJ}/\text{mol}$ の発熱があるので過熱の測定には注意が必要です。原子力学会1989年秋の大会での東大の山脇氏の発表では2gのウランチタン合金塊UT₂を電極に使用したが結果は否定的で有意な中性子は検出していません²⁴⁾。筆者は合金でなくウランだけを使用したら別の結果が得られるのではないかと期待しています。

また中性子の測定については, 肯定派も否定派も感度の向上に精力を傾けております。筆者は東大宇宙研究所の戸塚洋二氏が紹介した「カミオカンデ」という岐阜県神岡鉱山の地下1000mのbackgroundの非常に低い場所で常温核融合実験を行ったらもっとはっきりした結果が出ると思います²⁵⁾。戸塚氏はそのような示唆を1990年4月の年会でしたと思いますが, 同年10月の年会にはまだそのような報告は見当らず残念です。

核融合燃料としては専ら入手し易い重水が使用され

ていますが, ポテンシャルバリアーが1桁低いトリチウム重水DTOが使用できたら黒白がより早くはつきりするのではないのでしょうか。

最近本学理工学部原子炉工学科長辻良夫教授からFusion Technology誌²⁶⁾に掲載されたcold fusionの多数の論文(本学理工学総合研究所荒田吉明教授の論文を含む)を紹介されたことに謝意を表します。またcold fusion研究に水をさすようなnews²⁷⁾を教えて下さった慶応義塾大学環境情報学部の赤木昭夫氏に感謝します。

文 献

- (1) Martin Fleischmann and Stanley Pons : Electrochemically induced nuclear fusion of deuterium ; J. Electroanal. Chem. 261, 301-308 (1989).
- (2) S. E. Jones et al. : Observation of cold nuclear fusion in condensed matter : Nature, 338, 27, 737-740 (1989. 4).
- (3) 低温核融合論争 ; 化学 44, 641, 642 (1989).
- (4) 吉川允二 : 低温核融合—何が試みられたか ; 科学 59, 7, 435-436 (1989).
- (5) 最新核エネルギー論 16-25, 学習研究所(1990. 4).
- (6) ibid. 30.
- (7) Gai et al : Upper limits on neutron and γ -ray emission from cold fusion ; Nature 340, 6, 29-34 (1989).
- (8) S. H. Faller, R. W. Holloway, S. C. Lee : Investigation of cold fusion in heavy water ; J. Radioanal. Nucl. Chem., Letters, 131, 1, 9-16 (1989).
- (9) 「科学」編集部 : 常温核融合の盛衰, 科学 60, 395-397 (1990. 6).
- (10) D. R. O. Morrison : Cold fusion news No. 22 (1990).
- (11) M. H. Salamon, et al. : Limits on the emission of neutrons, γ -rays, electrons and protons from Pons/Fleischmann electrolytic cells ; Nature 344, 401-405 (1990. 3).
- (12) 低温核融合ワークショップ, 日本物理学会誌 44, 8, 615-618 (1989).
- (13) 池上英雄 : 第1回常温核融合国際会議, 科学 60, 6, 392-394 (1990).

河合：第三者から見た常温（低温）核融合論争

- (14) 野津憲治：低温核融合と地球科学；科学 59, 7, 435-436 (1989) .
- (15) Yu. V. Petrov : Muon catalysis for energy production by nuclear fusion ; Nature 285, 12 (1980.6).
- (16) F. D. Peat : 常温核融合, 吉岡書店(1990.5).
- (17) (講演資料) 第27回理工学における同位元素研究発表会 (1990.7) 特別講演.
- (18) (講演資料) 高橋亮人：常温核融合；原子力の夕, 原子力懇談会, 大阪科学技術センター (1990. 6.7).
- (19) 和田伸彦：Nuclear fusion in solid ; Jpn. J. Appl. Phys. 28, L2017 (1989).
- (20) 小山昇：常温核融合いまはどうなっているか；化学 45, 5, 296 (1990).
- (21) *ibid.* p. 298.
- (22) 高橋洋一；黒鉛層間化合物；トリチウムの化学 p. 229, 日本原子力学会 (1982.3).
- (23) 保坂明夫：トリチウムの貯蔵；*ibid.* p. 235-241.
- (24) (講演資料) 山脇道夫：実験の経過について；日本原子力学会1989年秋の大会トロピカルミーティング「低温核融合をめぐる諸問題」.
- (25) (講演資料) 戸塚洋二：陽子崩壊実験「カミオカンデ」日本原子力学会1990年4月年会招待講演.
- (26) Fusion Technology 16, 9, 229-275 (1989).
ibid. 17, 7, 667-724 (1990).
ibid. 18, 1.1-150 (1990).
- (27) Science, 9 Nov. 1990, p : 754-755.
ibid. 15 June 1990, p : 1299-1304.