

科学する心と常温核融合現象

小島英夫

<http://www.geocities.jp/hjrfq930/>

1. 知の基礎としての自然科学

日本で最初の私立の理科系高等教育機関「東京物理学講習所」ができたのは、今から 125 年前の明治 14 年(1881 年)のことです。明治維新という日本の近代にとって最大の社会革命の中で、日本が健全な社会を形成するために最も必要なことは思考様式の革命だと感じた当時の自然科学者の卵たちが、心身を擲(なげう)って取り組んだ一大事業が、東京物理学校の創設だったのです。その後身の東京理科大学が 125 周年を祝ったのは、2006 年でした。[1] 東京理科大学は 2006 年 6 月 14 日に創立 125 周年の記念式典を開き、学内外の多くの教育・研究・技術関係者が参集し、日本の科学・技術の発展に寄与した大学の功績を称えたのは、当然のことでした。

その 2006 年 6 月に、G8(主要先進国首脳会議)が開かれました。日本は、1975 年の第一回会議以来の加盟国であり、日本が先進工業化社会のトップグループの一員であることを自他共に認めている証であって、国家としての日本が明治維新以後に、工業力、金融力、軍事力を順調に発展させてきたこと、世界の政治経済に関する重要事項に責任を持つ國に成長してきたことを示していると言えます。

しかし、125 年前に物理学講習所を自前で設立し、自ら教師として講壇に立った少壮気鋭の理学士たちが目指した社会の近代化は、果たして達成されたと言ってよいのでしょうか。彼らが理学普及にかけた情熱は、単に産業立国の基礎としての理学の必要性を考えてのことだったのでしょうか。その多くが当時の士族の出身で、幼少期に江戸時代のエリート教育を受けてきた若き理学士たちが、近代科学に触れたときに感じた驚きと喜びの質を想像すると、彼らの情熱には、人生観あるいは思考枠の根本的な変革を伴った、科学的思考による社会革命という大きな夢があったことが推測されます。

したがって、国家レベルで達成された産業と政治制度の近代化は、明治維新直後に西欧文明に触れた先覚者たちが目指した日本社会の近代化という理想の実現の、序章にしか過ぎないと考えるべきではないでしょうか。

現在の日本の社会は、一面では西欧文明を消化して工業生産システムを取り入れることに成功しましたが、多面では 125 年前に先覚者たちが目指した、社会に合理的思考を根付かせることには必ずしも成功していないと思わずにいられません。

近代国家としての歴史が日本より 100 年以上も長いアメリカについても、同じようなこ

とが言えるでしょうから、維新後 140 年しかたっていない日本が、西欧型の社会の長所を受け入れ、さらにそれを克服した理想社会に近づいていないと不満を持つのは、無いものねだりの最たるものかもしれません。

また、翻って考えると、西欧文明が必ずしも人間にとって理想の文明ではないことも明らかですから、日本の社会の現状認識にたつて、真の理想の実現に向けて、新しい心構えに基づいて、先覚者たちの志を受け継いだ努力を実践しなければならないと思うのです。東京理科大学が、今後の発展の目標の指導理念に”Conscience”を掲げたことの歴史的意味を、私はこのような文脈で把らえ、高く評価したいと思います。(コンセプト—Conscience ～21 世紀の「科学」は「良心」へ向かう～。

Cf. <http://www.tus.ac.jp/125/>)

世界のトップレベルに達したとされている日本の科学の先端でも、社会の成熟度の不十分さを測る事例には事欠きません。筆者が研究に携わっている常温核融合現象をめぐる科学者の対応(事実を知らず判断する)にもその例を見ることができます。

この現象の科学を説明すると共に、この現象をめぐる科学者(特に日米の)の対応を反面教師に、科学することが社会にとって不可欠な営みであることを訴えたいと思います。本来的に不完全で不安定な存在である人間にとって、よりよい社会を創るために必要なことは、英知を身につけることであり、科学することはその第一歩なのです。

2. 常温核融合現象(CFP)とは

1989 年 3 月の末から数ヶ月の間、新聞や科学雑誌の紙面を賑わした「常温核融合(Cold Fusion Phenomenon, CFP)」発見のニュースを覚えている読者も多いことでしょう。しかし、その現象が辿ったその後の不幸な運命は知られていないと思われます。それは、CFP が世界の学界で市民権を得ることが出来なかったことの結果です。この 17 年間の研究の推移と当初「常温核融合」と呼ばれた事象を含む常温核融合現象(CFP)が、いかに興味のある現象で、多大の科学的・技術的可能性を秘めているかを説明しましょう。

工業社会に不可欠なエネルギー源としての原子力に、核分裂と核融合反応を用いる二つの方式があること、核分裂反応を用いた原子力の平和利用は、放射性廃棄物の処理という未解決の難問を抱えているにもかかわらず、その利用が推進されざるを得ない状況にあることは周知の事実です。他方で、核融合反応を用いた原子力の平和利用は、膨大な予算を使った 50 年余の真剣な努力にもかかわらず、各国での成功の可能性が危ぶまれ、国際共同計画ITERという形で一本化して、これから 50 年をかけてその実現可能性を明らかにしようという、遠大な計画に結実しました。2005 年、実験装置本体はEU主体に運営され、日本も主要な一翼を担うことで各国が合意に達し

ました。

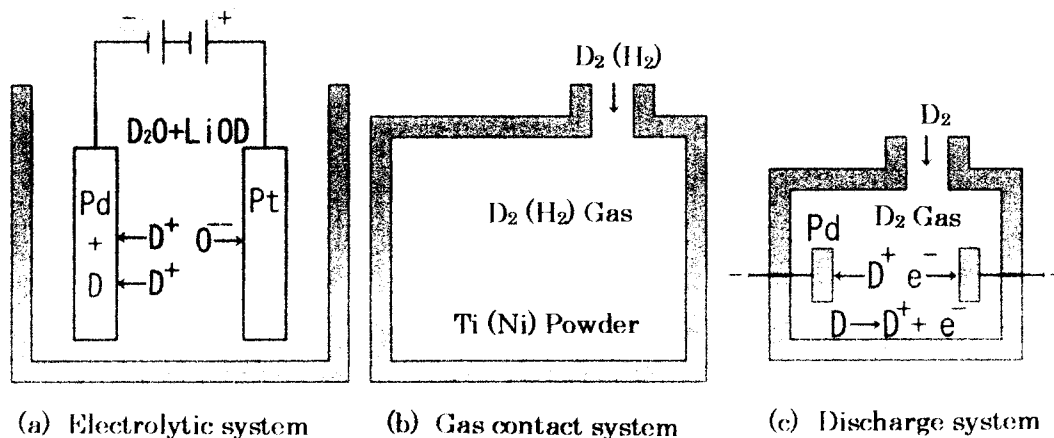
近代文明がエネルギー源の枯渇という危機に直面していることが真剣に議論されていた1989年の3月に、「常温核融合」という名で発見が報じられた常温核融合現象(CFP, Cold Fusion Phenomenon)は、エネルギー源としての可能な応用が予想されたために、かえって不幸なスタートを切ることになりました。その予想にからむ思惑は、その後の研究の展開に不幸な烙印を押してしまいました。現在もその影響は払拭されていません。科学とは無縁の、応用からんだそのような夾雑物を取り除いて、CFPに含まれる諸事象を科学的に考察すると、そこには核物理学と固体物理学の中間の未知の領域に関係した新しい科学が含まれていることが分かってきました。

2.1 実験装置

1989年3月に、フライシュマンとポンスは莫大な過剰熱を主とする、常温核融合現象に属するいくつかの現象を観測しました。

それらの現象を説明するために、彼らは「 $d-d$ 融合反応の起る確率が、 PdD_x 合金中では真空中に比べてとてつもなく(10^{50} 倍程度に)大きくなる」という彼らの予想(フライシュマンの仮定)に基づいた解釈をつけて、結果を発表しました。殆ど同時に発表されたジョーンズたちの中性子のエネルギー・スペクトルの測定も、同じ仮定に基づいて計画され、解釈されたのです。彼らの用いた実験装置は、図1に示した模式図の(a)電解型です。その後、これら三種の型の装置(図1)を使って多くの実験がなされ、多様な実験データが得られています。

図1. 実験装置の模式図 (a) 電解型, (b) 気体接触型, (c) 放電型.



2.2 常温核融合現象の実験結果

1989年から18年間に得られたCFPの実験データを、表1に要約しました。この表に示された各種の事象は、「フライシュマンの仮定(固体中で $d-d$ 融合反応が起る)が

CFPの基本的反応ではない」ことを示しています。最も単純な事実は、重水素を含まない系(軽水系)でもCFPが起っていることです。

表 1: 母体固体、動作核、実験法、核反応の直接証拠と間接証拠、測定量 (物理量) の性質 (蓄積型と散逸型)。過剰熱を Q 、核変換を NT と略記。質量数4以下の核である重陽子 d 、トリトン t 、ヘリウム3 ${}^3\text{He}$ 、ヘリウム4 ${}^4\text{He}$ の発生はそれぞれの核種の生成として、その他の、質量数が5以上の核種が生成される核変換 (Nuclear Transmutation, NT) と区別している。

母体固体	Pd, Ti, Ni, KCl + LiCl, $\text{ReBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, Na_xWO_3 , KD_2PO_4 , TGS, $\text{SrCe}_2\text{Y}_b\text{Nb}_c\text{O}_d$
エージェント	$n, d, p, {}^6_3\text{Li}, {}^{10}_3\text{B}, {}^{39}_{19}\text{K}, {}^{85}_{37}\text{Rb}, {}^{87}_{37}\text{Rb}$ 、(イオン・ビーム)
実験法	電気分解、気体放電、気体接触、(高圧放電、イオン・ビーム照射)
直接証拠	ガンマ線 $\gamma(\varepsilon)$ 、中性子エネルギー・スペクトル $n(\varepsilon)$ 、NT 産物の空間分布 $\text{NT}(r)$ 、核崩壊定数の短縮、核分裂しきい値の減少
間接証拠	過剰熱 Q 、中性子数 N_n 系でのトリチウム量、核変換 $\text{NT}(\text{NT}_D, \text{NT}_F, \text{NT}_A)$ 、X線スペクトル $X(\varepsilon)$
蓄積型測定量	NT 核、系内の変換核量、密閉系内のトリチウム量とヘリウム量、
散逸型測定量	過剰熱 Q 、中性子数、ヘリウム量、発生粒子のエネルギー・スペクトル

この表で、母体金属は水素同位体(軽水素Hあるいは重水素D)を多量に吸蔵(吸収し、安定に維持)する性質をもつ金属/化合物で、代表的なものは *fcc* および *hc p*型遷移金属、および陽子伝導体とよばれる化合物です。エージェントは、母体金属に加えたときCFPを起こす条件を実現する原子・粒子で、重水素D、軽水素H(軽水素でもCFPが起る!)、Li-6, K-39, Rb-86などの原子、および熱中性子 n があります。

熱中性子の役割は単純でなく、確立していません。これは中性子自体が、単純には測定にかからない素粒子であるためでもあって、CFPの捉え方によって、研究者の間でもその役割の評価には意見が分かれています。しかし、熱中性子(とそれより少しエネルギーの高いエピ熱中性子)が存在しないところではCFPが起らず、熱中性子を入射的に照射するとCFPが増幅されることから、「熱中性子の存在はCFPの必要条件であると考えなければならない」というのが筆者の意見です。

この表は、「母体金属とエージェントからなる一種の複雑系で、核反応が起ると考えないと説明しようのない多様な事象が観測されている」ことを示します。その事象の全体をまとめて常温核融合現象(CFP)と呼ぶのですが、それらの事象は二つの観点から分類できます。一つは核反応との関係から、もう一つは測定との関係からです。

1) 核反応の直接および間接証拠

核反応との関係では、その事象に現れる物理量が核反応に直接関係するか、間接

的に関係するから、前者を核反応の直接証拠、後者を間接証拠と呼んでいます。

新しい核種の生成やガンマ線の発生は、核反応を直接的に示しており、新しい核種の空間的分布と時間的分布は、直接証拠の中でももっとも価値の高い情報を与えます。中性子のエネルギー・スペクトルも直接証拠と考えられます。

化学反応では説明できないほど大きな熱量の発生は、間接証拠と言えます。発生する中性子の総量も間接証拠に入れてよいでしょう。X線の発生は間接証拠です。

2) 蓄積型と散逸型物理量

測定との関係では、事象に関係した物理量が蓄積型か散逸型かによって、測定精度に大きな違いが出てきます。当然、蓄積型の物理量の測定精度の方が高いと言って良いでしょう。

蓄積型の物理量には、核変換によって生じた原子核(核種)と密閉系でのトリチウムやヘリウム4の総量が属します。

散逸型の物理量には、系内で発生した熱量、中性子量などが属します。一般に、散逸型の物理量の測定精度を上げるのは蓄積型に比べて難しいものです。

たとえば、核変換によって生じた核種の同定とその空間分布の測定は、散逸型の物理量である過剰熱やヘリウム量を正確に測定することに比べて容易です。

表には書き入れてありませんが、核変換生成物の空間分布などから、CFPの核反応は試料の表面(あるいは境界面)で起ると考えられることは、重要な特徴です。

2.3 実験結果の解釈

フライシュマンの仮定が正しいかどうかは、いろいろな点で興味のある問題ですが、その科学的可能性を検討しましょう。

フライシュマンの仮定が正しいとすると、1フェムトメートル(10^{-15} m)程度の作用距離をもつ核力の作用に、10ナノメートル(10^{-9} m)程度の距離に存在する荷電粒子が影響を与えることとなります(6桁の違いを日常生活空間で想像してみてください)。多くの識者が指摘しているように、このような現象が起ったとすると、現代物理学の基礎原理が改変されなければならないこととなります。

次に、社会的・技術的な影響は、主にエネルギー源に関係したものです。殆ど無限に存在する重水素がエネルギー源として容易に利用できることとなりますから、エネルギー利用に一大革命をもたらすこととなります(海水中の重水の濃度は0.015%)。莫大なエネルギー(とそれに付随した利益)が簡単に手に入るだろうという予想は、科学には無縁の秘密主義と特許申請競争をもたらしました。

この二つの要因が、個人的(研究者による)および社会的(諸組織による)なCFPの評価を左右し、常温核融合現象研究を大きな社会問題にしました。

時代風潮も絡んで、CFPの研究者とその所属する組織は、フライシュマンの仮定が正しいことに大きなメリットを感じとり、その正しさを予測する傾向が強められました。逆

に、プラズマ核融合の研究者たちが条件反射的に感じたことは「寝耳に水」の有りえない現象ということで、強い拒絶反応を示しました。

科学的には、CFPの特性である次の二つの要因が、主な論争点であると考えていいでしょう。一つは実験結果の定量的再現性で、もう一つは現象の理論的可能性です。

再現性に関しては、不安定核の崩壊過程や高エネルギー粒子を用いた $d-d$ 反応でさえ確率法則に従うのです。したがって、複雑系でおこる、核反応を含むCFPには単純な定量的再現性が存在しないことは明らかです。CFPでは確率的あるいは定性的再現性しかないと考えるのが常識だと思えるのですが、定量的再現性の有無だけが論じられてきたのが実情です。

理論的可能性に関しては、フライシュマンの仮定に捉われた論争が、表 1 に示した多様な実験事実から離れた、不毛な議論であることは明らかでしょう。この仮定が実験結果と矛盾することは最初の実験データがすでに明らかにしていたことであり、その後得られた実験データが示すCFPの多様な事象は、この仮定とはかけ離れているのです。ですから、科学すること本来の立場からは、全体のデータを総括的に説明する理論的枠組みを模索することが要求されます。

CFP研究の歴史の教訓は、「世俗的な関心に惑わされてしまうと、科学者といえども科学する心を失ってしまう」ということです。科学する心が、科学研究においてだけでなく、日常生活においても大切なことを訴える意味で、CFPの発展期のエピソードは他山の石とすべき好例なのです。

3. 常温核融合現象の科学

表1に示したCFPの諸事象の特性は、非常に複雑です。とくに、重水素を含まない系(軽水系)でもCFPが起ることに注意してください。全体が複雑系で起る一つの現象の諸相であるか、それぞれ違った原因で起るいくつかの互いに無関係な事象群と考えるかによって、CFPにたいする科学的態度は違ってきます。われわれは、前者の立場に立って、CFPを統一的に説明する理論を探求することにします。

3.1 モデル—現象論的アプローチ

このように複雑な現象を科学するときのアプローチの仕方の一つに、現象論あるいはモデル理論があります。実験事実に基づいたいくつかの仮定を骨組みとし、一つの変数パラメータを含むモデル(TNCFモデル)が考案されました[参考文献2 - 5]。このモデルの基本は、荷電粒子間の直接の核反応を考える代わりに、固体中に捕獲された準安定的な熱中性子を仮定し、それが核反応を媒介すると考えたことです。

このモデルを使うと、多様な実験事実が定性的に、あるいは半定量的に説明できます[2,3]。特に、いくつかの事象が同時に観測された 10 例ぐらいの場合に、それらの

データ間の量的関係が一つのパラメータを決めることによって説明できることが分かりました。これは、モデルの有効性を示していると考えられます。

そこで次の段階として、この優れたモデルで仮定している、「固体中に捕獲された準安定的に存在する中性子」の性質を量子力学的に探求することにしました[4,5]。

そのような視点でCFPに関する原子核と固体の性質を調べると、そこには次のような未知の領域が残っていて、CFPに深く関係していることが分かります。

3.2 核物理学と固体物理学の未開拓分野

1) 核物理学、

まず、原子核のエネルギー準位の中で、中性子の束縛エネルギーが非常に小さい励起準位 (evaporation levels) の性質には、未知の領域が広がっています。とくに、個別の核種についての研究は未開拓の状態にあります。次に、中性子数 N が陽子数 Z を大幅に超える超多中性子核 (exotic nuclei) が見つかり始めました。その例には、 $^{10}_2\text{He}$, $^{11}_3\text{Li}$, $^{11}_4\text{Be}$, $^{32}_{11}\text{Na}$ などがあり、中性子のはみ出した分布 neutron halo ができています。(図2)

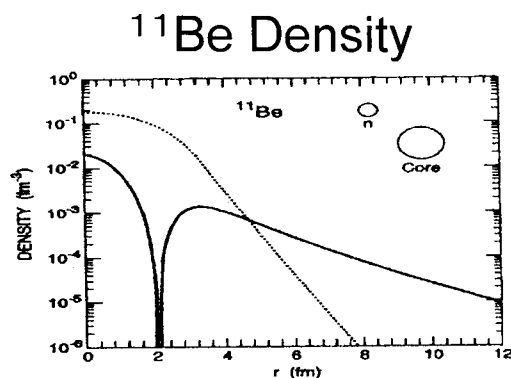


FIG. 1. Plot of the ^{11}Be density (after Sagawa, 1992). The upper right corner shows the simplified picture of a halo nucleus as a two-body system with an inert core and a halo neutron. Dotted line, core density as a function of radius; solid line, the density obtained in a Hartree-Fock calculation with the neutron in a $2s_{1/2}$ orbital and a single-neutron separation energy adjusted (to agree better with experiment) to 0.51 MeV. Note the very far-extended, dilute tail that is the characterizing feature of a halo.

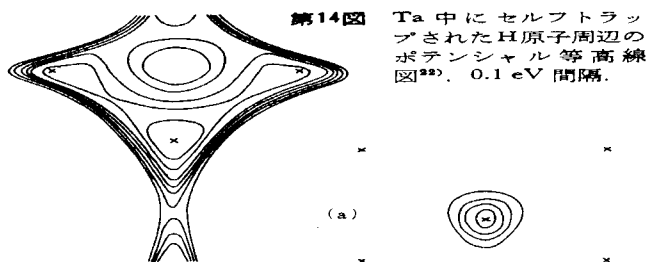
図2 超多中性子核の一例、 $^{11}_4\text{Be}$ における質量分布[A]。右上隅の図は、ハロー核がコア(Core)と中性子(n)とからできていると考えられることを示す。点線はコアの密度の中心からの距離(r)に対する依存性。実線は、実験データに合うようにパラメータを選んだときの中性子の密度の計算値。中性子密度が遠方まで延びていることに注意。

2) 固体物理学、

他方、水素化遷移金属にも未知の領域が広がっています。その不思議な性質の一つには、結晶型による物性の違いがあります。1) bcc (体心立方型)と fcc (面心立方型)お

よびhcp(六方稠密型)遷移金属とでは吸蔵された水素の物性(拡散、振動)が全く違います。1)では陽子 p あるいは重陽子 d の波動関数は局在していますが(図3)、2)では局在していません。他方、CFPは2)のNi, Ti, Pdでは起りますが、1)のV, Nbでは起りません。陽子 p と重陽子 d の波動関数が遷移金属によって違う特徴を持つことは、その物性とCFPとに深く関係しているようです。

当面の課題は、原子核と固体のこれらの性質を使って、CFPの諸事象を量子力学的に説明することです。その第一段階は最近のいくつかの論文に結実して、近著[4、5]にまとめられています。そこでは、実験データを整理して、CFPが複雑系の特徴を持つことも示しました。



第14図 Ta中にセルフトラップされたH原子周辺のポテンシャル等高線図²²⁾. 0.1 eV 間隔.

第15図 Ta中にセルフトラップされたH原子の波動関数の等高線図²²⁾. 基底状態(a), 励起状態, (b) $\Delta E = 109$ meV, (c) $\Delta E = 158$ meV, (d) $\Delta E = 168$ meV. 実線: 0.2 間隔, 点線: 0.1 間隔.

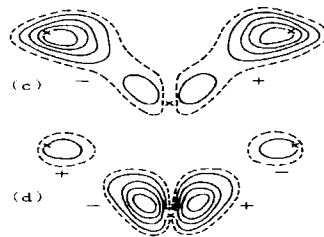


図3 bcc 遷移金属タンタル(Ta)での陽子波動関数の局在[B]。基底状態(a)では格子間位置に局在していることが分かる。励起エネルギー ΔE が (b) 109, (c) 158, (d) 168 meV (ミリ電子ボルト)と高くなると、隣の格子間位置まで分布するようになる。

3.3 CFPの起るメカニズム—理論的予測

水素化遷移金属における素粒子と原子核との量子力学的状態は、次のようにまとめられます: (1) fcc と hcp 型の水素吸蔵性遷移金属の中では、陽子(重陽子)波動関数が広がっていて、格子核(格子点にある原子核)の波動関数との重なりがある、(2) 吸蔵された水素同位体を介して格子核間に核力相互作用(超核力相互作用)が生ずる、(3) 超核力相互作用の結果、格子核の励起状態にある中性子が中性子バンド状態(固体内に広がった波動関数をもつ)に移行する、(4) バンド状態の中性子が表面で高密度の中性子媒質(CF媒質)を形成する、(5) CF媒質中の中性子が格子核および表面の異種原子核と相互作用してCFPを引き起こす。

複雑系の量子力学的問題を正確に解くことは困難なので、以上の筋書きは定性的にしか基礎付けられていませんが、可能性は示せたと思っています。

3.4 複雑系の現象としてのCFP

20世紀末の20年間に、これまでの自然科学観を一変させる、革命的な発見がありました。カオスを含む複雑系の科学の発展です。ガリレオやニュートンに始まる近代自然科学の成果は、対象を“解くことのできる現象”に限定して発展してきたのですが、手付かずの状態に取り残されてきた現象—三体問題から乱流まで—が、非線形ダイナミクスの対象として考察され、その特徴が調べられ始めました。自然の豊穡さが明らかにされ、力学的な複雑系から生命を含む超複雑な系までが、一つの視点で捉えられる可能性が示されたと言えるでしょう。

常温核融合現象(CFP)を複雑系の視点で捉えることによって、今まで「再現性がない」としてネガティブに見られてきた現象が、逆に複雑系の特徴を現す現象としてポジティブに見えてきたのです。その例が、次の三つの法則です。

- 1) 核変換生成核の安定性効果
- 2) 過剰熱発生の逆ベキ法則性
- 3) 過剰熱発生の分岐構造

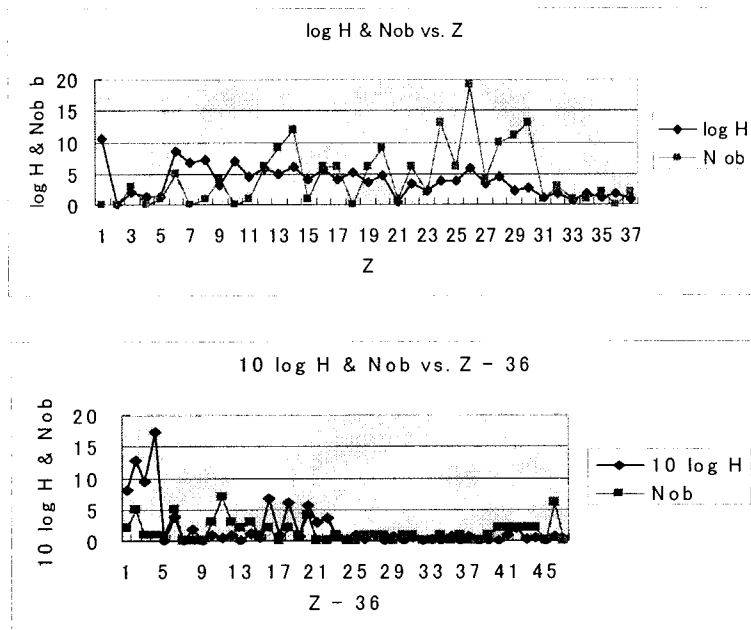


図4 安定性法則。元素の宇宙における存在比 H とCFPで観測された数 N_{ob} の対比 [5]。全般的によく対応しているが、著しくズレている箇所(特に測定値のない $N_{ob} = 0$ のところ)は、実験条件などによって説明できる。

- 1) 安定性効果。CFPにおける核変換で、新しい原子核(原子番号 Z)が生ずる頻度 $P(Z)$ (\propto 測定数 $N_{ob}(Z)$)が、宇宙に存在する原子核(原子番号 Z)の量 $H(Z)$ と正の相

関を持つことが分かりました。[4,5] 原子核の安定度が高いほど宇宙に存在する量は多いと考えられますから、この法則性は「CFPでの核変換が恒星で起る核変換に似た性質のものである」ことを示唆していると考えられます。(図4)

2) 逆べき法則は、複雑系での反応で起ることが知られている法則で、その一例は地震のエネルギー E とその地震の起る頻度 $P(E)$ の関係(グーテンベルク・リヒターの法則)です:

$$P(E) = AE^{-1.7} \quad (A: \text{定数})$$

筆者の解析では、CFPにおける単位時間当たりの過剰熱 P の生ずる頻度 $N(P)$ は

$$N(P) = A/P^b$$

で表わされ、この式のべき指数 b は 1 ~ 2 となります。(図5、6)

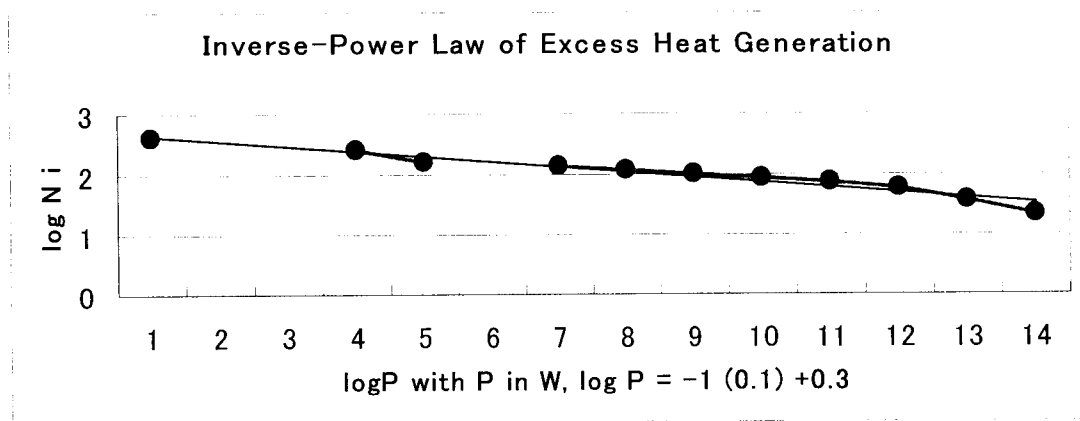


図5 単位時間当たりの過剰熱 P とその測定回数 $N(P)$ の両対数グラフ (McKubre のデータ) [5]。このグラフが直線になることは逆べき法則に従うことを意味し、勾配から $N(P) = A/P$ であることが分かる。

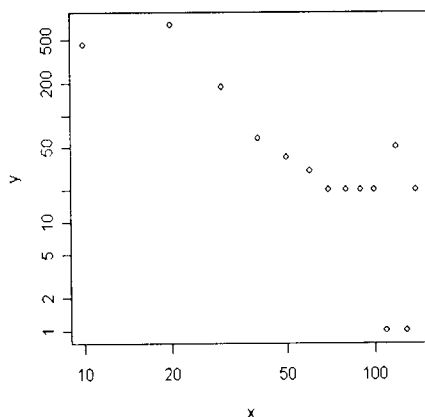


図6 単位時間当たりの過剰熱 $P(= x, x = 100$ は $P = 1$ W に対応)と測定回数 $N(P) (= y)$ の両対数グラフ (J. Dash のデータ)。 $x < 60$ で直線になっていて、勾配は -2 になる。 $x > 100$ では、図7で描いたように、分岐が起っていると解釈できる [6]。

3) 分岐構造は、単純な非線形ダイナミクス系で詳しく調べられている構造で、系のパラメータを変化させたとき、系の安定状態が分岐して倍加する現象です。CFPの過剰熱を精密に測定することによって、分岐構造に似た現象が観測されていることが分かったのです。(図7)

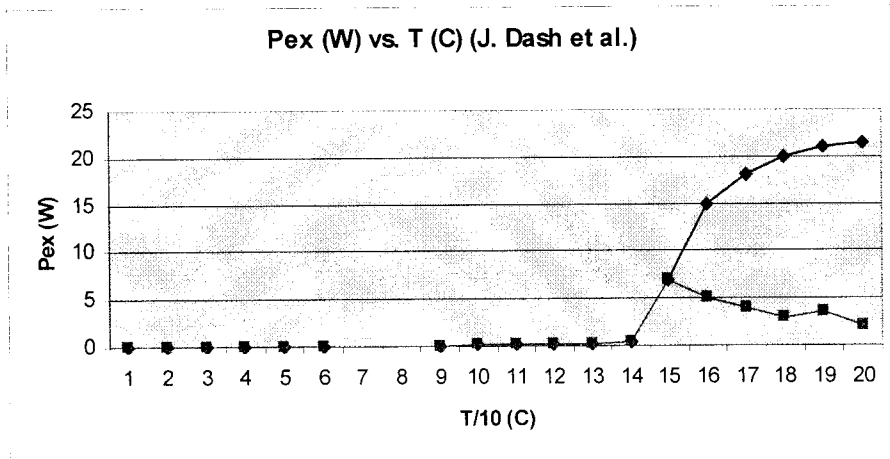


図7 $P_{ex}(W)$ の温度依存性. 図6のデータは、この図で示すような分岐を表していると思われる[6]. 系のパラメータの一つである、試料の温度 T が高くなると、いろいろな状態が現れるのが分かる。

元来、CFPの起る系は、開いた、非平衡状態にある、構成要素が非線形相互作用をしている系です。このような系は複雑系と呼ばれ、カオスや自己形成などのコンプレキシティ(複雑性)と総称される現象が起ることが知られています。上に述べた三つの法則性は、CFPが複雑性を示すことを実験データから明らかにしたと言えるでしょう。

したがって、CFPでは、定量的再現性が存在しないことは当然ですが、場合によっては定性的再現性も存在しない、カオス状態になることもありえるのです。

このような筋書きにしたがってCFPが起るとすると、「原子核物理学と固体物理学の境界領域における固体—核物理学と名づけられる学問領域を垣間見せてくれるのが常温核融合現象なのではないか」という期待が持てるのです。

可能な応用に簡単に触れると、1) 過剰熱のエネルギー源としての利用、2) 核変換による有害放射性廃棄物の処理(無害化)、3) 新しい有用核種の生成などは、最も容易に可能になるものでしょう。その際に必要な配慮は、確率は低いにしろ、核爆発に発展する可能性のある核反応であることを認識して、対応策を講じておくことです。いずれにせよ、常温核融合現象の科学が明らかになった段階で、応用についても考えるのが常道であることは、否定できない真理です。

事実を正確に求め、その事実に基づいて論理を展開し、得られた結論に従って意

思決定をするという科学的思考を身につけることによって、理性を与えられた人間の特権を生活に生かすことが、健全な地球社会を維持するために人類に課せられた義務なのだと思います。また、それが 125 年前に理学振興の熱意を持って結集した若き理学士たちの思いを継承する道でもありましょう。[1]

4. 参考文献

1. 馬場練成、『物理学校—近代史の中の理科学生—』、中央公論新社、2006.
 2. 小島英夫、「常温核融合現象の発見」、大竹出版、東京、1997. ISBN 4-8718-6038-8
 3. H. Kozima, *Discovery of the Cold Fusion Phenomenon*, Ohtake Shuppan, Tokyo, 1998.
 4. 小島英夫、「『常温核融合』を科学する」、工学社、2005. ISBN4-7775-1153-7
 5. H. Kozima, *The Science of the Cold Fusion Phenomenon*, Elsevier, London, 2006. ISBN 0-080-45110-1
 6. H. Kozima, W.-S. Zhang and J. Dash, "Precision Measurement of Excess Energy in Electrolytic System Pd/D/H₂SO₄ and Inverse-Power Distribution of Energy Pulses vs. Excess Energy" *Proc. ICCF13* (2007, to be published).
- A. K. Liisager, *Reviews of Modern Physics* Vol. 66, American Physical Society, 1994. 7. 1. p. 1106.
- B. 深井有、「固体物理」16巻5号、アグネ技術センター、1982年5月1日、260頁.