

Cold Fusion Research Laboratory (Japan) Dr. Hideo Kozima, Director

E-mail address; cf-lab.kozima@nifty.com

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

<http://web.pdx.edu/~pdx00210/>

News のバックナンバーその他は上記ウェブサイトでご覧になれます

常温核融合現象 **CFP** (The Cold Fusion Phenomenon)は、「開いた（外部から粒子とエネルギーを供給され、背景放射線に曝された）、非平衡状態にある、高密度の水素同位体(Hand/D)を含む固体中で起こる、核反応とそれに付随した事象」を現す言葉で、固体核物理学(Solid-State Nuclear Physics)あるいは凝集体核科学(Condensed Matter Nuclear Science)に属すると考えられています。

CFRL ニュース No.94 をお送りします。この号では、次の記事を掲載しました。

1. CFP 研究の歴史から (8) — Carbon-Hydrogen 系 (Hydrogen Graphite, XLPE and Microbial Cultures) における核変換—

1. CFP 研究の歴史から (8) — Carbon-Hydrogen 系 (Hydrogen Graphite, XLPE および Microbial Cultures) における核変換

常温核融合現象における核変換 nuclear transmutation (NT) は、先駆的な研究者たちの予想をはるかに超えた現象であったことは確かなことでした。しかし、実験結果を冷静に考察したとき、何かしら予想に反することが起こっていると感じたらしいことは、Fleischmann et al.が 1989 年の論文で表明している次の文章が明らかに示しています：

“The most surprising feature of our results however, is that reactions (v) and (vi) are only a small part of the overall reaction scheme and that the bulk of the energy release is due to an hitherto unknown nuclear process or processes (presumably again due to deuterons).”[Fleischmann 1989]

1.1 序論

核変換 nuclear transmutation (NT) は、常温核融合現象の諸事象の中でも、20 世紀の科学が解明した物質の常識を超えて、物質の新しい状態を開示する最も特異な事象であると言えるのではないかと思います。

この現象に関しては、すでに典型的な実験事実の概観とわれわれのモデル(TNCF モデル)による説明とを本や論文で与えてきました[Kozima 1998 (Chapter 9), 2006 (Section 2.5), 2014a]。また、包括的な実験事実の総合報告が E. Storms によって与えられています[Storms 2007 (Section 4.5)]。

さらに、核変換の実験事実から、常温核融合現象(CFP) における変換核の生成が安定性法則 *stability law* (安定性の高い元素が生成されやすい) に従うことを示し、CFP が複雑性現象であることを示唆しました[Kozima 2005, 2006 (Section 2.11)] [Suess 1954]。この法則は、鉄 Fe が生成核の中に最も多く存在することを明示しています[Kozima 2005 (Fig. 1), 2006 (Fig. 2.11)] [Storms 2007 (Table 8)]。

この安定性法則は、宇宙における元素の存在比との対比から導かれたものですから、当然のこととして、CFP における核変換が星の中で起きている核反応と密接な関係にあることを示しています。われわれが提起した現象論的なモデルは、このような核変換を含む常温核融合現象の全体を、定性的に、ときに半定量的に説明することに成功したと言ってよいでしょう。その成果は本[Kozima 1998, 2006] や論文[Kozima 2014a, 2014b]に示されています。

モデルの前提である捕獲中性子 *trapped neutrons* の特徴は、その波動性で表されており、ドゥブロイ波長 *de Broglie wavelength* が CF 物質の格子定数に近いことが CFP において本質的な役割を果たします[Kozima 1994]。

エネルギー E を持つ素粒子としての中性子はドゥブロイ波長 λ_D で特徴づけられます (非相対論近似) :

$$\lambda_D = h/p = h/(\sqrt{2m_n E}), \quad (1.1)$$

ここで m_n は中性子質量、 h はプランク定数 *Planck's constant* です。ドゥブロイ波長の大きさは、エネルギー $E = 0.098 \text{ eV}$ のとき

$$\lambda_D = 1 \times 10^{-8} \text{ cm} = 0.1 \text{ nm} = 100 \text{ pm} \quad (E = 98 \text{ meV} = 0.098 \text{ eV}),$$

$E = E_{th} \equiv 25 \text{ meV} = 0.025 \text{ eV}$ (温度 300 K のときの熱エネルギー)のとき

$$\lambda_D = 1.80 \times 10^{-8} \text{ cm} = 1.80 \text{ \AA} = 0.18 \text{ nm} = 180 \text{ pm} \quad (E = E_{th} \equiv 25 \text{ meV})$$

となります([Kozima 1998 (Section 12.2c)])。

関係式(1.1)を Fig. 1 にプロットしました。この図の示すように、中性子のドゥブロイ波長はエネルギー E の平方根に反比例し、 $E = 25 \text{ meV}$ のときの値 180 pm は、エネルギーが 1/4 の $E = (25/4) \text{ meV} = 6.25 \text{ meV}$ になると 360 pm になります。

次の節で示すように、CF 物質の格子定数は 180 pm と 360 pm の間にあります

から、熱中性子のドゥブロイ波長と重なっていることが分かります。

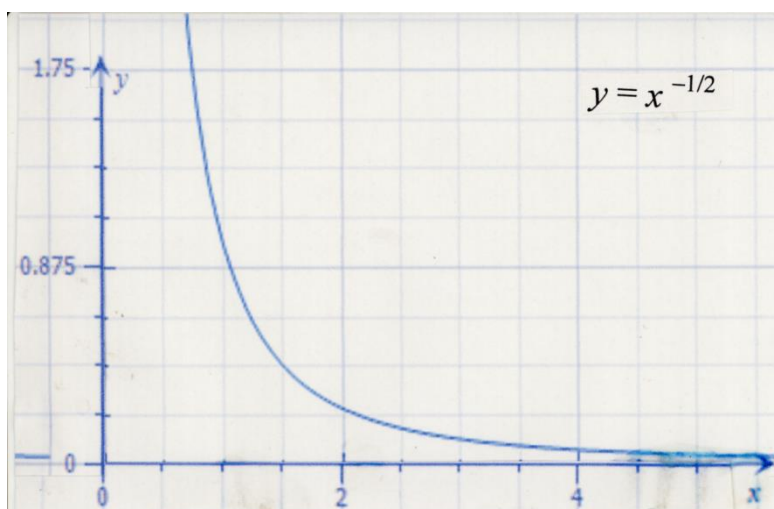


Fig. 1 Diagram of $x (= 2m_n E/h^2)$ vs. $y (= \lambda_D)$. Neutron energy $E = 25$ meV corresponds to the wave length $\lambda_D = 180$ pm. The more the neutron energy decreases, the more the de Broglie wave length lengthens.

ここで、最近の論文[Kozima 2014b]で概観した、代表的な CF 物質である水素化遷移金属における常温核融合現象の中から、この論文に関連のある事柄を振り返ってみましょう。Fig. 2 は典型的な CF 物質の一つである NiH の結晶構造を示します。NiH の格子定数 a は $3.731 \text{ \AA} = 373.1 \text{ pm}$ です。

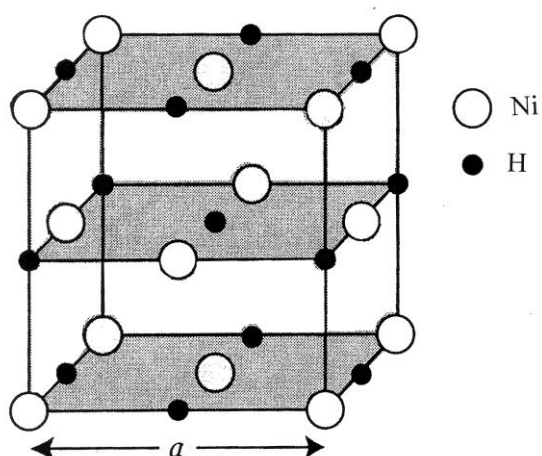


Fig. 2 Atomic arrangement in nickel hydride crystal. Ni(○) atoms locate at corners and centers of faces of a cube with an edge of length a . Hydrogens (●) locate at octahedral interstices (interstitial sites) surrounded by six Ni atoms in this case. (Another interstices surrounded by four Ni atoms are called tetrahedral sites.) The lattice constant a is $3.731 \text{ \AA} = 373.1 \text{ pm}$.

この論文では、炭素 C と水素 H とからなる CF 物質である、(1) 炭素アーク電極のグラファイト、(2) XLPE(cross-linked polyethylene) および (3) 微生物菌株 (microbiological or microbial cultures) における核変換を取り上げ、その機構を考察します。

複雑な微生物菌株における核変換を考える前に、グラファイト[Kozima 2012] と XLPE[Kozima 2010]における核変換を再考し、炭素 C が遷移金属元素と同様に CFP に深いかかわりを持っていることを示します。水素化グラファイトと XLPE は、炭素が第一の規則格子をつくり (遷移金属格子点の Pd や Ni と同様に)、水素原子が第二の規則格子状に配列した超格子構造になっていると考えられます。この構造が、水素化遷移金属と同様に、中性子バンドの形成をもたらし、常温核融合現象を可能とするものです。

1.2 炭素アーク電極の水素化グラファイトにおける核変換[Kozima 2012]

鉄 Fe を検出した常温核融合現象 CFP における実験の中でも、最も特異な CF 物質の一つは、炭素アークのカーボン電極です。1994 年の *Fusion Technology* に二つの論文 [Sundaresan 1994] [Singh 1994] が掲載されましたが、当時の同誌の編集長 G.H. Miley が特にコメントをつけているのが、当時の状況を表しています：

Comments by G.H. Miley (Editor of the *Fusion Technology*)

"The following two technical notes, "Anomalous Reactions during Arcing between Carbon Rods in Water" and "Verification of the George Oshawa Experiment for Anomalous Production of Iron from Carbon Arc in Water," are unique among the various papers that have been published in Fusion Technology in the area of cold fusion and nuclear reactions in solids. The first discusses experiments intended to prove or disprove earlier reports of anomalous production of iron in a carbon arc, while the second discusses a variety of possible related nuclear transmutations. Both studies are directly, or indirectly, related to the subject of nuclear reactions under non-hot-plasma conditions, i.e., closely related to the field of possible nuclear reactions in electrodes during electrolysis in materials like palladium with deuterium implanted by high gas pressure, plasmas, or electrical discharges. Both studies imply that reactions might occur under electron volt background conditions that are even further removed from hot-plasma reaction conditions than those encountered in electrolytic cells. (However, even in electrolytic cell, there have been sporadic reports of the measurement of various

product elements that imply nuclear transmutations can occur under these conditions. [See V.A. Tsarev and D.H. Worledge, "Cold Fusion Studies in the USSR," *Fusion Technol.*, 22, 138 (1992) and R.T. Bush, "A Light Water Excess Heat Reaction Suggests That 'Cold Fusion' May Be 'Alkali-Hydrogen Fusion,'" *Fusion Technol.*, 22, 301 (1992).])

By anyone's standards, these results seem bizarre - indeed, the authors themselves stress the need for much more work. Because of this, four referees, with widely varying backgrounds, were used to review each of these technical notes. The decision to publish came down to the fact that the referees were mostly "neutral" in their assessments, saying that they could find no egregious errors but that the studies were not definitive and, hence, may be premature. Still, based on the responsibility for a journal to disseminate information to the community in a timely way so that further work is fostered or that pertinent issues are raised, the majority recommendation was to publish these technical notes now. Readers should keep in mind the purpose of these technical notes, namely, to provide provocative observations about a possible new field involving fusion-like nuclear reactions." (*Fusion Technol.* 26. p. iii (1994))

我々はすでに炭素アークにおける核変換の実験データを解析し、それが常温核融合現象に属する現象として理解できることを示しました[Kozima 2012]。Biotransmutation とも関連して、水素化グラファイトにおける CFP を再考し、その特徴を改めて認識しておこうと思います。

水素化グラファイトにおける核変換の実験データの中で、次の三つの論文が最も信頼できるものです[Sundaresan 1994, Singh 1994, Hanawa 2000]。これらの論文でえられたデータは、変換核が安定性法則に従うことをはっきりと示しています[Kozima 2005, 2006 (Section 2.11)]。

1.2.1 H₂O (i.e. 酸素と水素の存在する) 中の炭素アークの残滓における鉄 Fe の検出 [Sundaresan 1994].

元の鉄は~2 parts per million (ppm) の炭素を含んでいたが、残滓 detritus は最大 286 ppm の鉄を含んでいた。増加した鉄の量と放電時間の間には、弱い相関があった。

著者たちは、系に存在する元素の間の核子数 A と陽子数 Z の算術から、次の関係式を作り、鉄の発生を説明しようとしている：



1.2.2 炭素アークでは Fe の他に Si, Ni, Al and Cr も発生する [Singh 1994]

超清浄な水の中での超純度のグラファイト電極間の直流放電を 1 h から 20 h 行い、残滓中に放電時間に依存した量の鉄を見出した。同じ条件での実験でも、検出された鉄の量には大きな差があった。

鉄の同位元素比は、ほとんど天然の同位体比と同じだった。残滓の中には、鉄の他に Si, Ni, Al, Cr などが存在することが確かめられた。

1.2.3 炭素アークでは Fe の他に Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, およびさらに重い元素が発生する可能性がある [Hanawa 2000].

分散 X 線分光法、X 線蛍光法(XRF)および粒子誘導 X 線放射法を用いて、軽水中の炭素アークの生成物を解析した。

次のような、多くの元素の増量あるいは発生を検出した: Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Co, Cu, Zn, およびさらに重い元素。

検出された元素の量は、元素ごとに違いがある。最大量が検出された Fe は、大きな残滓にしか見いだされなかった。

放電後の電極を XRF で調べた結果、陽極に金属元素が見いだされた。これは核変換が陽極表面で起こっていることを示すと思われる。

1.2.4 グラファイト - 水素系の理論的考察

1994 年以降に行われた実験で、炭素アークにおいて見出された核変換 NT の特徴は、水素化遷移金属の CF 試料で観測された NT に共通であることが明らかにされました。したがって、TNCF モデルを炭素アークでの実験結果に適用することが間接的に保証されたと考えてよいでしょう。

ここで上に紹介した実験データについて、一言のべておきます。反応式(1.2)は、実験データに適合するように核子数 A と陽子数 Z を調節して、著者たちが書き表したのですが、室温程度の固体中では、 $d-d$ 融合反応と同様に荷電核間の融合反応が起こることも考えられないことから、ここでは考えないことにします。

Singh et al. の文章 ;

“there were large variations in the iron concentration in the residue, although the experiments were performed under identical conditions.” [Singh 1994]

は、CFP の特徴の一つである定性的再現性 qualitative reproducibility を表しており、炭素アークでの核変換が CFP の一部であることの別の表現と考えられるでしょう。

Singh et al. and by Hanawa の実験で Fe 以外の元素が検出されたことは、炭素アークにおける核変換が他の CF 物質である水素化遷移金属などにおける核変換と同種のものと考えられることを示していると考えられます。

Hanawa の実験における核反応の場所の特定“*transmutation reactions take place on the anode surface*”は、水素化グラファイトにおける核反応の性質を示す重要な事実を示していると考えられます。

以上の特徴を踏まえて、水素化グラファイトにおける核変換について *Proc. JCF12* [Kozima 2012]での考察を補足する検討を加えたいと思います。

グラファイトと水素化グラファイトの構造

グラファイトは Fig. 3 に示すような、層状・平面構造をしています。各層内での炭素原子は原子間距離が $0.142\text{ nm} = 142\text{ pm}$ の蜂の巣状格子をつくり、面間距離は $0.335\text{ nm} = 335\text{ pm}$ です。

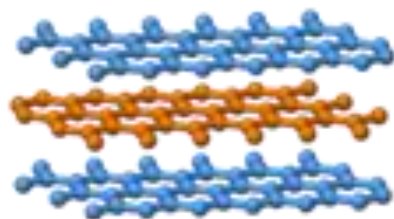


Fig. 3 Side view of layer stacking (after Wikipedia).

高温における、酸化物表面層のあるグラファイトでの中性子バンドの形成

高温(700°C 以上の)におけるグラファイトは、酸素雰囲気中で酸化し、 CO_2 ができます。したがって、アーク放電のさいに 3600°C 以上の高温になったグラファイト電極の表面が CO_2 層で覆われることも考えられます。また、 H_2O の電解によって生じた水素 H がグラファイト内に吸収され、内位添加化合物 *intercalation compound* 水素化グラファイト HC_x ($x = 6 - 8 ?$) ができます。その構造は明らかではありませんが、カリウムグラファイト KC_8 あるいはカルシウムグラファイト CaC_6 に類似の構造であると考えられます。可能な水素化グラファイトの構造を考える参考に、 CaC_6 の格子構造を Fig. 4 に示します。

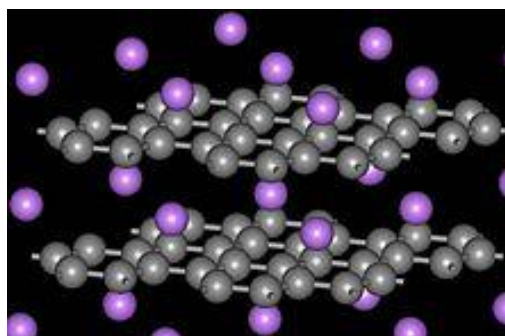


Fig. 4 Structure of CaC_6 (after Wikipedia): violet spheres represent Ca nuclei between layers of carbon nuclei (grey spheres).

水素化グラファイト HC_x ($x = 6 - 8$) が CaC_6 と同じような構造であるとする、格子間位置の陽子 p によって媒介された超核相互作用 super-nuclear interaction [Kozima 2006 (Section 3.7.2)] によってグラファイト格子上的炭素核 ($^{12}_6\text{C}$) の中の中性子が相互作用することが可能となります。その結果、中性子バンドが形成され、その中の中性子が常温核融合現象 CFP を引き起こすということで、アーク放電の際のグラファイト電極における核変換は説明できます。

1.3 XLPE における核変換 [Kozima 2010]

架橋ポリエチレン cross-linked polyethylene (XLPE) での核変換の詳細な実験データが、2004 年から 10 年以上にわたって、Kumazawa et al. によって得られました。この実験は、彼らも表明しているように、常温核融合現象とは無関係になされたことに特徴があります。

XLPE の原子配列を Fig. 5 に示します。この構造が 1.1 序論で説明した熱中性子の波長と同期する可能性を示していることが分かります。

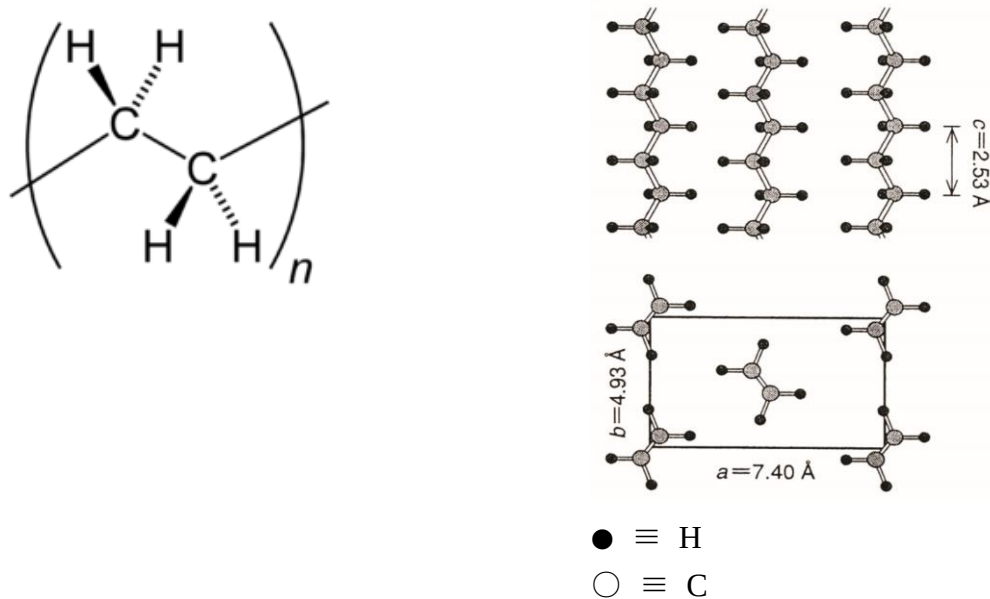


Fig. 5 Lattice structure of XLPE orthorhombic lattice with lattice constants, $a = 7.40 \text{ \AA}$ (740 pm), $b = 4.93 \text{ \AA}$ (493 pm), $c = 2.53 \text{ \AA}$ (253 pm) [Kozima 2010 (Fig. 5)].

われわれは、TNCF モデルを用いて Kumazawa et al. [Kumazawa 2005] によって得られた XLPE における核変換のデータを解析し、定性的に説明できること

を示しました[Kozima 2010]。この結果は、炭化水素系での常温核融合現象が、他の CF 物質におけるものと同じように扱うことができることを示しており、TNCF モデルを生物核変換 biotransmutation に適用することが可能なことを示唆しています。

1.4 生物核変換 Biotransmutation

生体系における核変換（生物核変換 biotransmutation）は、1799 年にフランスの Vauquelin によって発見されたことが、M. Kushi [Kushi 1994] によって示されています：

“A belief in the possibility of transmutation dates back to the origin of modern science. In 1799, a French chemist by the name of Vauquelin observed a large quantity of lime (CaO) in the daily excretion of chickens. He fed a captive hen a diet of nothing but oats in order to find out where the lime was coming from. He measured the amount of lime in the oats, and then fed the oats to the hen. He then measured the amount of lime in the excretion and the eggs of the hen, and discovered that it had increased by a factor of twelve. He hypothesized that lime had been created but was unable to explain how or why.” [Kushi 1994, Kozima 1998 (Section 10.1)]

われわれは、1998 年の段階で知られていた生物核変換についての説明を旧著 [Kozima 1998 (Section 10.1)] で次のように与えています：

“It might be not absurd if we consider that a living being create a structure feasible to trap thermal neutrons when necessity be felt to transmute potassium into sodium, or else.” (underlined at citation),

しかし、その後 20 年間の TNCF モデルの発展によって、一部の表現は次のように改善する必要があることを注意しておきます：

“It might be not absurd if we consider that a living being create a structure feasible to trap thermal neutrons or to form the neutron bands through the super-nuclear interaction between lattice nuclei mediated by protons at interstitials when necessity be felt to transmute potassium into sodium, or else.”

この 20 年の間に、生物核変換の実験的研究は著しく発展し、実験結果の解析は上記の見通しに従ってより定量的に行うことが可能になりつつあるようです。この節では、最近の実験データを紹介し、CF 物質としての微生物菌株 microbial cultures の構造を概観し、TNCF[モデルの適用可能性を示します。

1.4.1 Recent Experimental data sets by Vysotskii et al.

ここ 20 年間の生物核変換の実験データは、主に V.I. Vysotskii et al.によっていられています [Vysotskii 1996, 2000, 2009a, 2009b, 2013, 2015]。かれらの実験データの主な結果は、(1) $^{55}_{25}\text{Mn}$ の存在する系での $^{57}_{26}\text{Fe}$ の生成 [Vysotskii 1996, 2015] と (2) 放射性核種 $^{137}_{55}\text{Cs}$ の崩壊定数の短縮 [Vysotskii 2009b, 2015] です。読者の便宜のために、彼らの実験結果をまとめた最近の論文 [Vysotskii 2015] を、CFRL サイトの、このニュースの次に掲載しておきます：

<http://www.geocities.jp/hjrfq930/News/news.html>

Vysotskii et al. の実験は、数種の微生物菌株 microbial culture を使って行われています。それらはバクテリア (*Bacillus subtilis* GSY 228, *Escherichia coli* K-1, *Deinococcus radiodurans* M-1) とイースト *Saccharomyces cerevisiae* T-8 です。これらの菌株は、重水を含んだ媒質中で成長すること、および強力な放射線の存在する系で安定なこと (*Deinococcus radiodurans* M-1) を考慮して選ばれました [Vysotskii 2009a]。

これらの菌株は、次のような特徴があります：

S. cerevisiae (*Saccharomyces cerevisiae*) cells are round to ovoid (egg shaped), 5–10 micrometers (μm) in diameter.

B. subtilis (*Bacillus subtilis*) cells are typically rod-shaped, and are about 4–10 μm long and 0.25–1.0 μm in diameter, with a cell volume of about 4.6 fL at stationary phase.

D. radiodurans (*Deinococcus radiodurans*) is a rather large, spherical bacterium, with a diameter of 1.5 to 3.5 μm . Four cells normally stick together, forming a tetrad.

E. coli (*Escherichia coli*) is - - - . Cells are typically rod-shaped, and are about 2.0 μm long and 0.25–1.0 μm in diameter, with a cell volume of 0.6–0.7 μm^3 .

放射性核種 $^{137}_{55}\text{Cs}$ の崩壊係数の短縮の実験結果を Fig. 6 に示します。水素化遷移金属における崩壊時間短縮については、すでにわれわれの論文 [Kozima 2014c] で報告したことを注意しておきます。

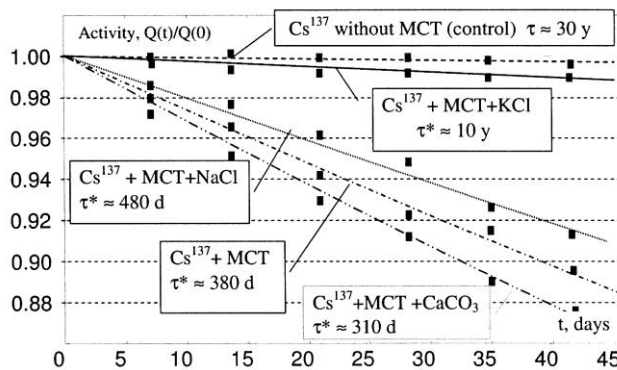


Fig. 6 Accelerated deactivation (accelerated decay) of $^{137}_{55}\text{Cs}$ isotope in “biological cells” with presents of different chemical elements [Vysotskii 2009b].

1.4.2 生物核変換に関係した微生物菌株の構造

生物学の対象としてのバクテリアの構造上の特徴は、そのサイズが小さいことです。原子物理学的には小さいとは言えないことに注意する必要があります。

その大きさの程度を理解するために、いくつかの例を取り上げてみます。

バクテリアの平均的な大きさをもつ大腸菌 *Escherichia coli* の細胞は、長さ 2 μm 、直径 0.5 μm で、体積は 0.6 - 0.7 μm^3 です。サイズが小さいことは、表面積/体積比が大きくなり、栄養の摂取と老廃物の排泄に有利となって、バクテリアの生存に不可欠な条件となります。しかし、上にも述べたように、このサイズは、常温核融合現象で知られている、局在した核反応の領域のサイズである数 μm と同程度の大きさであることに注意しておきます[Kozima 2006 (Section 2.5), 2011]。

微生物菌株の大きさが上述のように常温核融合現象との関連で興味深いことに加えて、その構造にはさらに注目すべき特徴があります。それは 1.3 節で簡単に触れた XLPE と同様に、組成の単位が規則配列していることです。これは TNCF モデルが仮定する、捕獲中性子の存在条件に深く関係した構造です[Kozima 1998 (Section 12.3), 2006 (Section 3.5.2), 2009]。

当然のことながら、微生物菌株の構造は非常に複雑で、株によつての違いも大きいので、現在実験で用いられている菌株についての詳しい構造を知ることにはできません。ここでは、一般的なバクテリアの構造について紹介し、他の CF 物質の構造との類似を確認するとどうじに、今後の研究の参考にしたいと思います。

まず、バクテリアはグラム陽性菌と陰性菌とに分類されますが、グラム陽性菌の細胞構造を Fig. 7 に、細胞壁の構成要素であるペプチドグリカンの網状構造を Fig. 8 に示します。

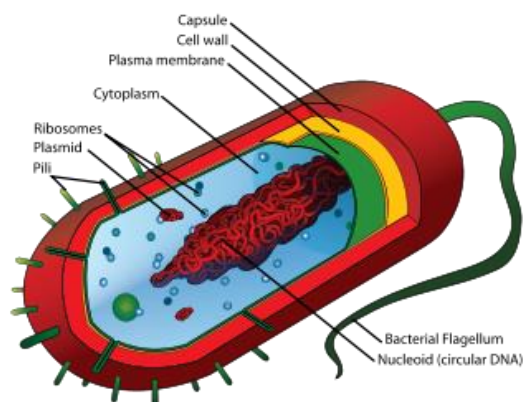


Fig. 7 Cell structure of a [gram positive bacterium](#) (after Wikipedia).

等量の N-Acetylmuramic acid (NAM) and N-acetylglucosamine (NAG) からなる多糖類を基幹としているペプチドグリカンは、Fig. 8 に示す網状構造をしています。

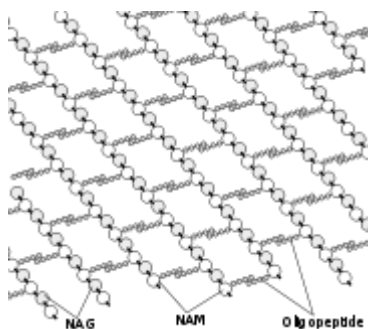


Fig. 8 The structure of [peptidoglycan](#) (after Wikipedia).

以下に示すように、細胞の構造にはこのような周期構造が見られますが、その周期の大きさを理解するために、細胞の最小単位となる炭化水素の構造とサイズを見ておきましょう。エタン、エチレンおよびベンゼンの構造を Figs. 9 – 11 に示します。

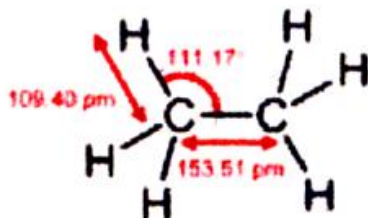


Fig. 9 Ethane molecule

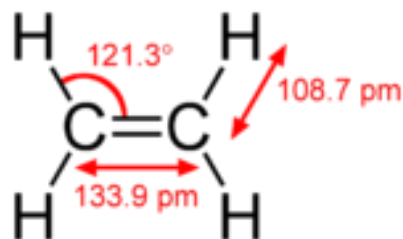


Fig. 10 Ethylene molecule

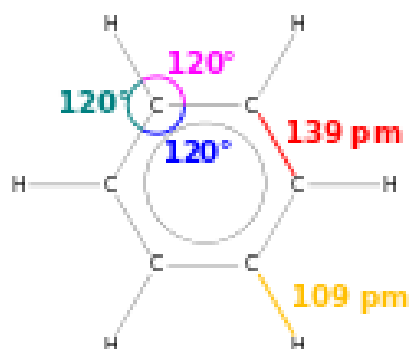


Fig. 11 Benzene molecule

これらの図が示すように、炭化水素分子の原子間距離は 108.7 pm から 139 pm であり、1.1 節で示した熱中性子のドゥブロイ波長 180 pm と同程度です。この事実は、熱中性子や熱外中性子 **epithermal neutron** がバクテリアなどの微生物菌株 **microbial cultures** と相互作用して、常温核融合現象を起こす可能性を示しています。

もちろん、微生物菌株の細胞の分子構造は非常に多様ですから、実験結果を定性的にしる TCNF モデルで説明するには、構造についての知識が不足しています。ここでは、一般的な分子構造を概観して、モデルの適用可能性を知ることと満足せざるをえません。

バクテリアの細胞壁には、グラム陽性菌とグラム陰性菌の細胞壁で大法される二つのタイプがあります。グラム陽性菌の構造は Fig. 7 に示しましたが、Fig. 8 には二つの細胞壁の構造を対比して示します。

グラム陽性菌のペプチドグリカン層は厚く、細胞壁のほとんど 50–80% を占めているのにたいし、グラム陰性菌では 1–5 % を占めるにすぎない。ペプチドグリカン層は、N-アセチルムラミン酸と N-アセチルグルコサミンが β -1, 4 で結合した糖鎖を縦糸にして、これにペプチド鎖がちょうど横糸のように結合し、シート状の膜を形成している (Figs. 13 and 14)。

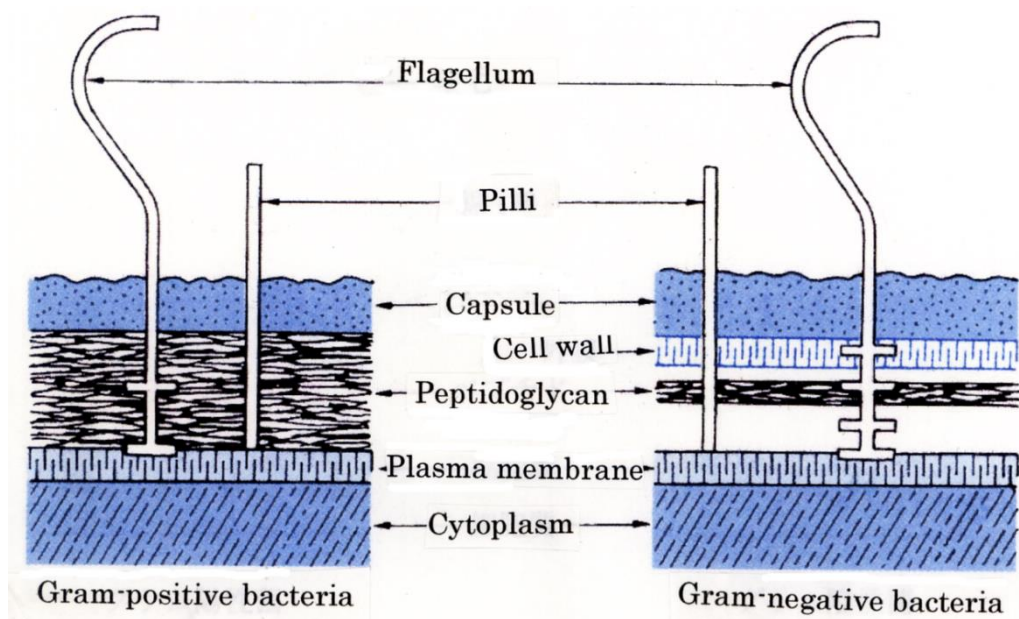


Fig. 12 グラム陽性菌とグラム陰性菌の細胞壁の構造 (After [Ohno 2008]).

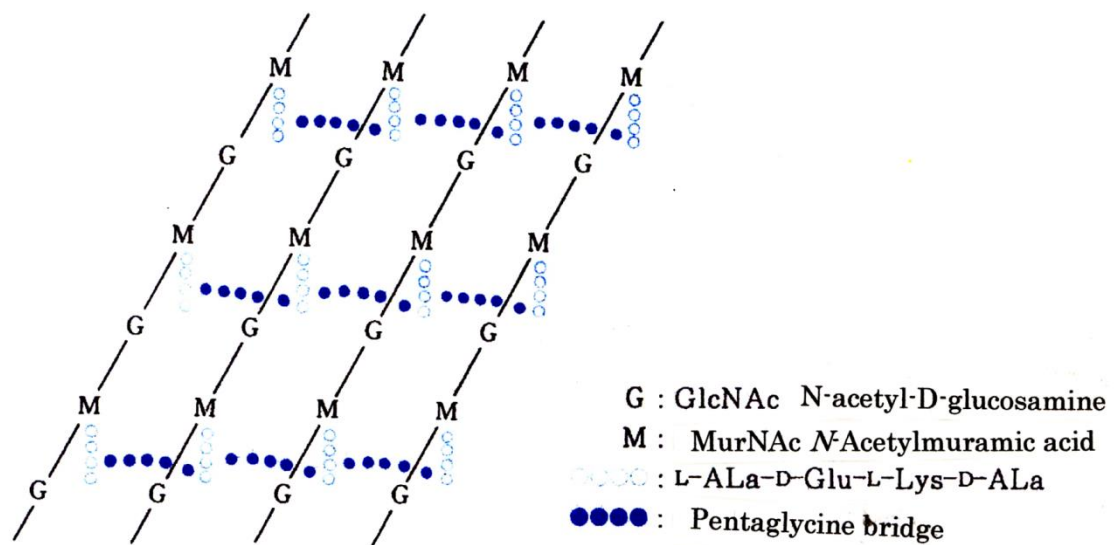


Fig. 13 ぶどう状球菌細胞壁ペプチドグリカンの構造 (After [Ohno 2008])

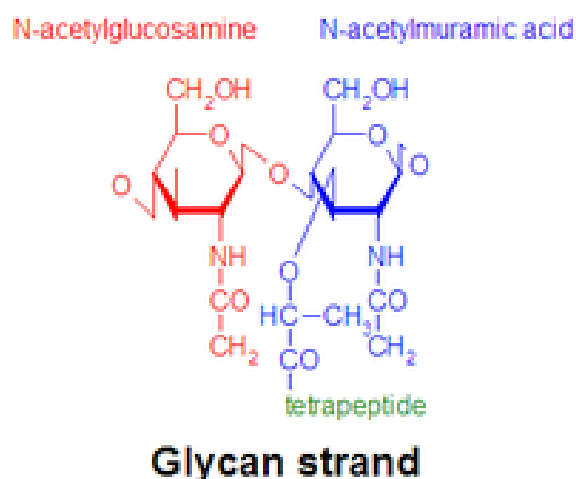
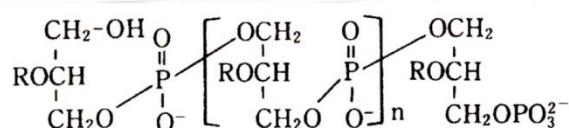


Fig. 14 グリカンストランドの分子構造 (After Wikipedia)

微生物菌株の構造に見られる規則構造のもう一つの例を S 層(surface layer)の場合に説明しましょう。S 層は多くのバクテリアや古細菌 archaea に見られる細胞表面タンパク層で、細胞壁の一部をなしています。すべての S 層はタンパク質の 2 次元配列からなり、結晶構造状に配列していますが、その対称性は種によって異なり、S 層の果たす役割は明らかではありません。

さらに、タイコ酸の分子構造の規則配列を Fig. 15 に示します。タイコ酸はグラム陰性菌の細胞壁に含まれていて、ペプチドグリカン層の表面まで達しています。

(1) Standard glycerol teichoic acid (Membrane teichoic acid)



(2) Standard ribitol teichoic acid (Cell wall teichoic acid)

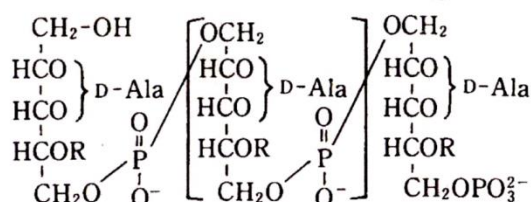


Fig. 15 Molecular structures of teichoic acids; (1) Membrane teichoic acid and (2) Cell wall teichoic acid (after [Ohno 2008]).

さらに、規則構造の例を、リポ多糖類とプラズマ層の分子構造の場合に Fig. 16 and Fig. 17 に示します。

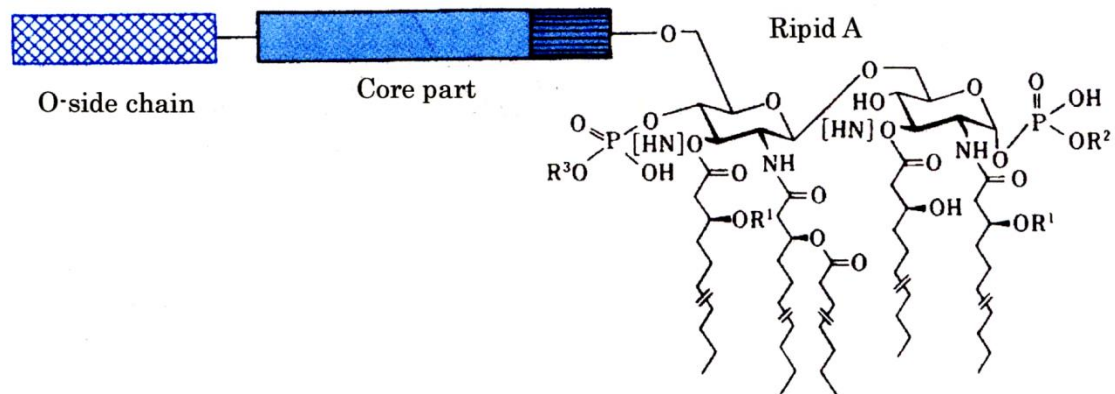


Fig. 16 多糖類の分子構造 (after [Ohno 2008])

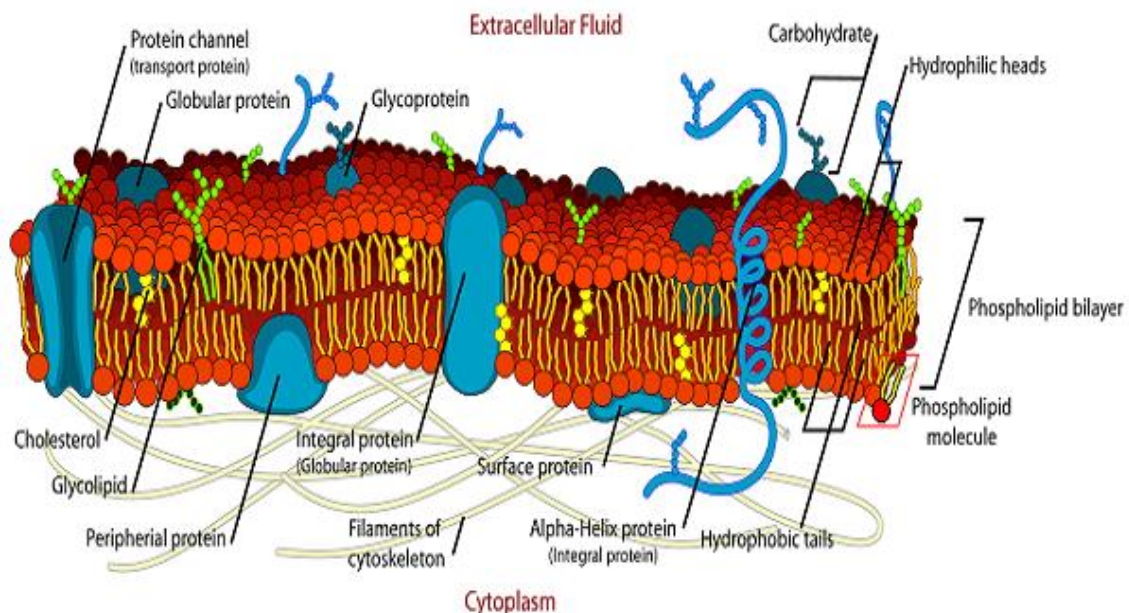


Fig. 17 プラズマ層の構造 Structure of plasma membrane

(<http://study.com/academy/lesson/plasma-membrane-of-a-cell-definition-function-structure.html>)

このプラズマ層の構造は、Fig. 5 に示した XLPE の分子構造を思い出させます。XLPE では Kumazawa et al. によって核変換が見いだされ、その結果を我々は TNCF モデルを用いて説明することができました [Kozima 2010]。

以上、簡単に示した多様な微生物菌株の構造は、多くの CF 物質で発見され、TNCF モデルを用いて説明された常温核融合現象を考えると、生物核変換が CFP の一種であり、TNCF モデルでの解析の対象となることを示しているようです。

また、微生物菌株の構造と性質の多様性は、そこで起こる CFP の応用においても、各種の可能性を示唆しているのではないのでしょうか。

1.4.3 微生物菌株における生物核変換の理論的考察

Vysotskii et al. [Vysotskii 1996, 2000, 2009a, 2009b, 2013, 2015] の用いた微生物菌株の構造は非常に複雑で、他の CF 物質である水素化遷移金属や XLPE の場合と同じレベルの取り扱い[Kozima 2014a, 2012] をすることはできません。しかしながら、上に述べたように、微生物菌株の構造が他の CF 物質と似ていることから、TNCF モデルを適用して実験結果を解析することにたいする間接的保証が得られていると考えることもできます。

ここで、M. Kushi が 1994 年に彼の本[Kushi 1994 (p. 25)]の中で引用している文章を思い出すのも、興味のあることです。U.S. Army Material Technology Laboratory が 1978 に出版した本 *Energy Development from Elemental Transmutations in Biological Systems*, の中に次のような文章があるそうです：

“The MgATP when place in layers one atop the other has all the attributes of a cyclotron in accordance with the requirements set forth by E.O. Lawrence, inventor of the cyclotron.” [Kozima 1998 (Section 10.1)].

1978 年までに見いだされていた実験事実に基づいて、生体細胞の中での核反応の可能性が考えられていることに注目すべきでしょう。

TNCF モデルを生物核変換に適用できるとすると、微生物菌株の表面に吸着あるいは吸収された原子核 A_ZX と菌株内の捕獲中性子 n とは、次の核反応を起こします：



この反応で生じた原子核 ${}^{A+1}_ZX$ の励起状態 ${}^{A+1}_ZX^*$ は、自由空間では次のいくつかのチャネルで崩壊します：



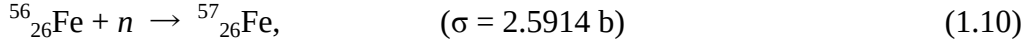
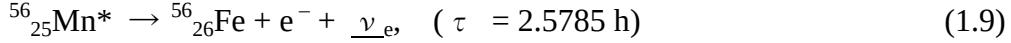
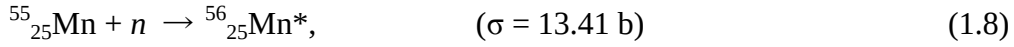
ここで、 $\underline{\nu}_e$ は電子ニュートリノ、 γ は光子 (in free space)、Y, Y' and Y'' は反応生成核です。

CF 物質中では、光子 γ は、中性子バンド中の中性子からなる cf 媒質に吸収され、最終的に CF 物質の熱エネルギーとなると考えられています [Kozima 2006 (Section 3.7.5)].

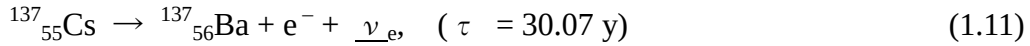
Vysotskii et al. の実験で見いだされた生物核変換を考えましょう。

最初の例は、微生物菌株を含む CF 物質に加えられた ${}^{55}_{25}\text{Mn}$ が ${}^{57}_{26}\text{Fe}$ に核変換

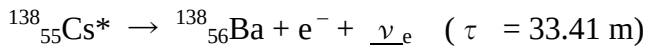
する現象です。この場合に対応する核反応は Eqs. (1.5) and (1.4)です。 $^{55}_{25}\text{Mn}$ から $^{57}_{26}\text{Fe}$ が生ずる反応は、次のように説明されます：



次の例は、放射性核種 $^{137}_{55}\text{Cs}$ の減衰時間短縮です。この核は自由空間では次のように崩壊します：



捕獲中性子が存在し、 $^{137}_{55}\text{Cs}$ と相互作用するときには、式(1.5)が適用できます；



このようにして、 $^{55}_{25}\text{Mn}$ の $^{57}_{26}\text{Fe}$ への核変換と $^{137}_{55}\text{Cs}$ の減衰時間短縮とは、TNCF モデルを使って、矛盾なく説明できることが分かります。

1.5 結語

このシリーズ“*From the History of CF Research*”も No.8 を迎え、核物理学の常識をはるかに超えた生物核変換に至りました。ここで、このシリーズのこれまでのテーマをまとめておきます。

- (1) DOE Report 1989 and DOE Report 2004, *CFRL News* No. 87 (September 1, 2014).
- (2) Detection of ^4_2He by Morrey et al. (1990), *CFRL News* No. 88 (November 20, 2014).
- (3) The First Observation of Nuclear Transmutation in a Protium System by R.T. Bush and R.D. Eagleton (1993, 1994), *CFRL News* No. 89 (January 10, 2015).
- (4) The First Measurement of the Energy Spectrum of Neutrons emitted in the CFP by S.E. Jones et al. (1989), *CFRL News* No. 90 (February 10, 2015).
- (5) The Most Extensive Measurement of Excess Energy by M.C.N. McKubre et al. (1993, 1994), *CFRL News* No. 91 (March 10, 2015).
- (6) The First Confirmation of Localized Nuclear Reactions in CFP by M. Okamoto et al. (1994), *CFRL News* No. 92 (April 10, 2015).
- (7) The First Reliable Measurement of Tritium in Pd/D/Li System by Packham et al. (1989), *CFRL News* No. 93 (May 10, 2015).
- (8) The Nuclear Transmutations (NTs) in Carbon-Hydrogen Systems, *CFRL News* No. 94 (July 10, 2015).

この号では、炭素アーク電極のグラファイト、XLPE および微生物菌株における核変換を取り上げ、TNCF モデルによる説明によって、それらの実験事実が他の CF 物質における常温核融合現象と整合的に理解できることを示しました。

微生物菌株の構造が複雑なこともあって、生物核変換に物理的な説明を与えることには、かなりの困難が伴います。それでも、1998 年に前著[Kozima 1998 (Section 10.1)]でこの問題を取り上げたときには、初期条件としての植物 (e.g. クレソン watercress) や動物 (e.g. 鶏 chicken) と、結果としてのある種の元素 (e.g. CaO or CaCO₃) の増加が知られていた段階に比べれば、解析の条件は大幅に改善されていると言えるでしょう。

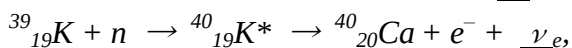
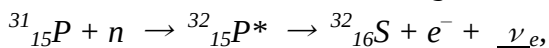
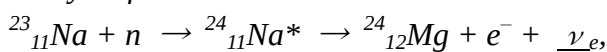
その主な原因は、V.I. Vysotskii と彼の共同研究者たちによって、生物核変換の起こる物質(CF 物質)が、微生物菌株として特定されたことです。それらはバクテリア *Bacillus subtilis* GSY 228, *Escherichia coli* K-1, *Deinococcus radiodurans* M-1 およびイースト菌(yeast culture) *Saccharomyces cerevisiae* T-8 です。それらの微生物菌株の構造の特徴から、生物核変換に TNCF モデルを適用することが正当化されたと考えてよいでしょう。

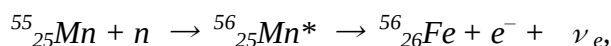
前節(1. 4. 3)で示したように、⁵⁷₂₆Fe の生成と ¹³⁷₅₅Cs の減衰時間の短縮は、これまでの常温核融合現象と同様に、TNCF モデルを使って説明できることが分かりました。

ここで、微生物菌株との関係が分かっていたいなかった 1998 年の段階で、生物核変換をどのように捉えていたかを振り返ってみると、当時の予想が的外れではなかったことが分かります。

“From our point of view, on which the excess heat generation and the nuclear transmutation in electrolytic and gas-loading systems are explained by nuclear reactions in them catalyzed by thermal neutrons, the biotransmutation described in the book and cited above should also be explained as follows.

A body of plants or animals is made of cells with regularity and fundamental elements of the cell are hydrogen (H), oxygen (O) and carbon (C). The ambient thermal neutron, which is plenty on the earth everywhere⁶⁹, can be trapped in the body of a living being by a structure with regularity, i.e. the layer structure of MgATP explained in the Kushi's sentence cited above. The trapped neutron can reacts with an element in the body. Such nuclear transmutation as Na → Mg, P → S, K → Ca and Mn → Fe are easily explained by nuclear reactions where occur a neutron capture and a successive beta decay as follows:





where $\underline{\nu}_e$ is the electron neutrino.” [Kozima 1998 (Section 10.1)]

バクテリアの構造と性質が極めて多様であることと Vysotskii たちの実験結果の TNCF モデルによる説明が定性的に過ぎることは、十分に認識しておくべきでしょう。しかしながら、バクテリアの性質を利用することによって、放射性廃棄物の処理に生物核変換を有効に使うことができるかもしれません。例えば、アルカリ金属元素を取り込む性質のバクテリアを使うと、放射性セシウム $^{137}_{55}\text{Cs}$ を選択的にとりだして、その放射能を処理できるでしょう。また、ハロゲン元素を取り込む性質のバクテリアを使うと、放射性ヨウ素 $^{131}_{53}\text{I}$ を選択的にとりだして、その放射能を処理できるでしょう。このように、無生物の CF 物質にない性質をもつ生物 CF 物質は、応用面での特別な利用価値が考えられます。

ここで与えた実験データの説明が、生物核変換を理解する最初の一步となり、それを広く応用する端緒となることを願っています。

謝辞

著者は、生物核変換に関する最近のデータを提供し、論文作成において貴重な意見をいただいた Dr. V.I. Vysotskii に心からの感謝の気持ちを捧げます。

参考文献

- [Fleischmann 1989] M. Fleischmann, S. Pons and M. Hawkins, “Electrochemically Induced Nuclear Fusion of Deuterium,” *J. Electroanal. Chem.*, 261, 301—308 (1989).
- [Hanawa 2000] T. Hanawa, “X-ray Spectrometric Analysis of Carbon Arc Products in Water,” *Proc. ICCF8*, pp. 147 – 152 (2000). ISBN 88-7794-256-8
- [Komaki 1993] H. Komaki, “Observations on the Biological Cold Fusion or the Biological Transmutation of Elements,” *Proc. ICCF3*, pp. 555 – 558 (1993), ISBN 4-946443-12-6.
- [Kozima 1994] H. Kozima, “Trapped Neutron Catalyzed Fusion of Deuterons and Protons in Inhomogeneous Solids,” *Trans. Fusion Technol.* 26, 508 – 515 (1994). ISSN 0748-1896.
- [Kozima 1998] H. Kozima, *Discovery of the Cold Fusion Phenomenon* (Ohtake Shuppan Inc., 1998), ISBN 4-87186-044-2.
- [Kozima 2005] H. Kozima, “CF-Matter and the Cold Fusion Phenomenon,” *Proc. ICCF10*, pp. 919 – 928 (2005), ISBN 981-256-564-7.
- [Kozima 2006] H. Kozima, *The Science of the Cold Fusion Phenomenon*, Elsevier Science, 2006. ISBN-10: 0-08-045110-1.

- [Kozima 2009] H. Kozima, “Non-localized Proton/Deuteron Wavefunctions and Neutron Bands in Transition-metal Hydrides/Deuterides,” *Proc. JCF9* (March 28 – 29, 2009, Shizuoka, Japan), pp. 84 – 93 (2009), ISSN 2187-2260. And also *Reports of CFRL (Cold Fusion Research Laboratory)* **9-3**, pp. 1 – 10 (October, 2009); <http://www.geocities.jp/hjrfq930/Papers/paperr/paperr.html>
- [Kozima 2010] H. Kozima and H. Date, “Nuclear Transmutations in Polyethylene (XLPE) Films and Water Tree Generation in Them,” *Proc. ICCF14* (August 10 – 15, 2008, Washington D.C., U.S.A.) pp. 618 – 622 (2010), ISBN 978-0-578-06694-3. And also *Reports of CFRL (Cold Fusion Research Laboratory)*, 8-2, pp. 1 – 16 (August, 2008); <http://www.geocities.jp/hjrfq930/Papers/paperr/paperr.html>
- [Kozima 2011] H. Kozima, “Localization of Nuclear Reactions in the Cold Fusion Phenomenon,” *Proc. JCF11* pp. 59 – 69 (2011), ISSN 2187-2260. And also *Reports of CFRL (Cold Fusion Research Laboratory)* **11-2**, pp. 1 – 20 (January, 2011); <http://www.geocities.jp/hjrfq930/Papers/paperr/paperr.html>
- [Kozima 2012] H. Kozima and M. Tada, “The Cold Fusion Phenomenon in Hydrogen-graphites,” *Proc. JCF12*, pp. 77 – 92 (2012), ISSN 2187-2260. And also *Reports of CFRL (Cold Fusion Research Laboratory)* 12-3, 1 – 16 (April, 2012); <http://www.geocities.jp/hjrfq930/Papers/paperr/paperr.html>
- [Kozima 2014a] H. Kozima, “The Cold Fusion Phenomenon – What is It?” *Proc. JCF14*, 14-16, pp. 203 – 230 (2014), ISSN 2187-2260, and posted at JCF website: <http://jcfrs.org/file/jcf14-proceedings.pdf>. And also *Reports of CFRL* 14-4, 1 – 29 (March, 2014) which is posted at CFRL website: <http://www.geocities.jp/hjrfq930/Papers/paperr/paperr.html>
- [Kozima 2014b] H. Kozima, “Nuclear Transmutations (NTs) in Cold Fusion Phenomenon (CFP) and Nuclear Physics,” *Proc. JCF14:14-15*, pp. 168 - 202 (2014), ISSN 2187-2260; <http://jcfrs.org/file/jcf14-proceedings.pdf>. And also *Reports of CFRL (Cold Fusion Research Laboratory)* 14-3, 1 – 35 (March, 2014): <http://www.geocities.jp/hjrfq930/Papers/paperr/paperr.html>
- [Kozima 2014c] H. Kozima, “Nuclear Transmutation in Actinoid Hydrides and Deuterides,” *Proc. JCF14:14-6*, pp. 77 – 94 (2014), ISSN 2187-2260. And also *Reports of CFRL (Cold Fusion Research Laboratory)* 14-2, 1 – 18 (March, 2014); <http://www.geocities.jp/hjrfq930/Papers/paperr/paperr.html>
- [Kozima 2015] H. Kozima, “The First Observation of Nuclear Transmutation in a Protium System by R.T. Bush and R.D. Eagleton (1993, 1994),” *CFRL News* No. 89 (January 10, 2015): <http://www.geocities.jp/hjrfq930/News/news.html>
- [Kumazawa 2005] T. Kumazawa, W. Nakagawa and H. Tsurumaru, “A Study on

Behavior of Inorganic Impurities in Water Tree” *Electrical Engineering in Japan* 153, 1 – 13 (2005).

[Kushi 1994] M. Kushi, *The Philosopher’s Stone*, One Peace World Press, 1994.

[Ohno 2008] N. Ohno and M. Sasatsu Ed. *New Microbiology*, 3rd edition, Hirokawa Publishing Co., 2008 (in Japanese), ISBN 978-4-567-52055-3.

[Singh 1994] M. Singh, M.D. Saksena, S. Dixit and B. Kartha, “Verification of the George Oshawa Experiment for Anomalous Production of Iron from Carbon Arc in Water,” *Fusion Technol.* 26, 266 – 270 (1994), ISSN 0748-1896.

[Storms 2007] E. Storms, *The Science of Low Energy Nuclear Reaction*, World Scientific, 2007, ISBN-10 981-270-620-8.

[Suess 1956] H.E. Suess and H.C. Urey, “Abundances of the Elements,” *Rev. Mod. Physics* 28, 53 – 74 (1956).

[Sundaresan 1994] R. Sundaresan and J.O’M. Bockris, “Anomalous Reactions during Arcing between Carbon Rods in Water,” *Fusion Technol.* 26, 261 – 265 (1994), ISSN 0748-1896.

[Vysotskii 1996] V.I. Vysotskii, A.A. Kornilova and I.I. Samoylenko, “Experimental Discovery of the Phenomenon of Low-Energy Nuclear Transmutation of Isotopes ($^{55}\text{Mn} \rightarrow ^{57}\text{Fe}$) in Growing Biological Cultures,” *Proc. ICCF6*, pp. 687 – 693 (1996).

[Vysotskii 2000] V.I. Vysotskii, A.A. Kornilova, I.I. Samoylenko and G.A. Zykov, “Experimental Observation and Study of Controlled Transmutation of Intermediate Mass Isotopes in Growing Biological Cultures,” *Proc. ICCF8*, pp. 135 – 140 (2000).

[Vysotskii 2009a] V.I. Vysotskii and A.A. Kornilova, *Nuclear Transmutation of Stable and Radioactive Isotopes in Growing Biological Systems*, Pentagon Press, India, 2009.

[Vysotskii 2009b] V.I. Vysotskii and A.A. Kornilova, “Nuclear Transmutation of Isotopes in Biological Systems (History, Models, Experiments, Perspectives), *Journal of Scientific Exploration*, 23, pp. 496-500 (2009)

[Vysotskii 2013] V.I. Vysotskii and A.A. Kornilova, “Transmutation of Stable Isotopes and Deactivation of Radioactive Waste,” *Annals of Nuclear Energy* 62, 626–633 (2013).

[Vysotskii 2015] V.I. Vysotskii and A.A. Kornilova, “Microbial Transmutation of Cs-137 and LENR in growing biological systems,” *Current Science* 108, 142-146 (2015).

