

||||||| やあ こんにちは |||||

新しい放射能低減技術への手掛かりか？ それとも——真夏の夜の夢なのか？

大阪大学先端科学イノベーションセンター 特任教授・招聘教授 大阪大学名誉教授 ^{ひらき}平木 ^{あきお}昭夫



平木昭夫 (ひらきあきお)
大阪大学 理学部 (卒業)
& 大学院 (修了) 理学博士
大阪大学 工学部 & 大学院
教授 & 名誉教授 & 特任
教授 & 招聘教授
高知工科大学 工学部 &
大学院 教授 & 名誉教授
カリフォルニア工科大学
客員教授
オークリッジ国立研究所
(米国) 客員研究員

目次	
01	やあ こんにちは 新しい放射能低減 技術への手掛かりか？ それとも——真夏の 夜の夢なのか？ 平木 昭夫
03	研究所紹介 くまもと有機薄膜技 術高度化支援セン ター 河北 隆生
05	研究トピックス エレクトロルミネッ センスを用いたシリ コン太陽電池評価技 術の進展 冬木 隆
07	To the Overseas Members of MRS-J

8月の酷暑にあえいでいる或る日の夜、友人の社長より次の話を耳にした。
「汚染水 (Cs とと思われる) をナノ金属粒子の担体カラムを通すと、数日間で確かに放射レベルが低減する。有力大学の某名誉教授もこの効果を確認しておられる」とのことであった。

この原因について考えられるのは、放射源 Cs の一部が何等かの理由で消失することである。物理的に消失することがなければ、Cs が放射能を持たない (または寿命の短い) 他の元素に転換したと考えざるを得ない!! 元素転換、すなわち核変換ですぐ思いつくのは加速器による方法である (我が国では計画段階)。1~1.5 GeV に加速された陽子を重い原子核のターゲットにぶつけ核をばらばらにする。この際に放出される中性子を核廃棄物の原子核に吸収させ、短い寿命の他の原子核に変換せしめる方法である。しかし、これは冒頭の話とは掛け離れた手段である。

別のアプローチは? ...と、調べてみると、日についたのが、1994 年に行われ、従来の科学常識からは理解し難い結果として、遥かに遅れて、2002 年に *JJAP* で受理、発表された三菱重工の岩村博士らの仕事である。「Pd (10 nm)/CaO (1000 nm)/Pd (1 mm) の多孔質 (?) の三層構造」の基盤上に Cs を塗布 (直径 2 cm) し、この面から 1 気圧の重水素 (D₂) ガスを真空にした反対面に透過せしめると、再現性 100% にて、Cs の 7 割が 130 時間で Pr に変換する。また、Cs の代わりに Sr にすると Mo に変わるとのことであった。正に元素変換である!! ——しかも、加速器からの超高エネルギー陽子や中性子を用いる変換法と比べれば遥かに優しい、そして恐らく低コストの方法である。ただし、本実験での Cs は、研究者の被曝を避けるため、非放射性的の Cs (133) と Sr (88) を使用していた——()内は質量数を示す。

もし、強い γ 線 (0.66 MeV) を発する Cs (137) ならば安全な Nd (145) になるだろうか? 何故、このような予想をするかといえば次の理由からである。すなわち、これら Cs \rightarrow Pr と Sr \rightarrow Mo の変換は共に原子番号 +4、質量数が +8 増加する、つまり後述の 2 個の α 粒子が Cs と Sr 核に侵入する反応と考えられるからである。「何故、侵入できるか?」が最重要問題で多くの研究 (とくに、原子核物理) 者が納得しないのだが…。とにかく、このような変換の規則 (または、予測) 性は、200 年程前から探究が始まり、フランスの Kervran 博士 (1901~1983) が体系化した「生体内転換」の研究と強く関連している。彼は「鶏に Ca を含まない雲母 (Si, Al と K が構成元素) のみを餌として与えても丈夫な殻 (Ca) の卵を産む (K \rightarrow Ca の変換のため)」を始め多くの事実を分析した。そして、生体 (生物や植物) 内での酵素やバクテリアなどを通しての原子変換の規則性をいくつかのカテゴリー (ループと呼んだ) にまとめた。すなわち「転換は単一又は複数の H, O, C の原子核、そして α 粒子 (陽子 2 個、中性子 2 個から成る He (4) の原子核) を介して起きる」と提案した (1962 年)。

彼は、当時の、原子核構造の理論で「原子核は α 粒子の集まり」とする α 粒子モデル (1937 年) の考えにも詳しくなかった。そのため、 α 粒子 = He の原子核と陽子 (これを H と記す) の 2 つの原子核のみに注目した一従って、電子状態 (中性原子かイオンか?) は考慮していない。この α 粒子モデルは現在に至り、 α -クラスターモデルに進展した。なお、 α 粒子を原子核構造の構造単位とするこのモデルは、原子核のみならず元素合成の研究者に受け入れられている (例えば、理研・船木博士の 2012 年 9 月のレクチャー参照)。C と O の原子核は α 粒子 3 個と 4 個に起源することから、上の提案を、筆者は、「変換は H (陽子) や α 粒子の原子核中への出し入れを介して起こる」と読み替えてよいと思っている。従って、鶏の卵は K + H \rightarrow Ca、つまり K 核中に陽子が侵入し Ca になるのである。

岩村博士らの元素変換の実験は、1980 年代に強い注目を浴び、そして一時下火となったが、盛り返し、

2004年発足の凝集体核科学国際学会を中心として進められている、「常温核融合」分野に属する研究とされている。この学会は米国と共に、我が国の研究者が中心的な役割を担っている。その中で、直接的な核融合として有名なのは阪大・荒田名誉教授らの実験である。真空容器中にPd合金(ZrPd)のナノ粒子を投入し、これに重水素(D₂)ガスを吸収せしめると発熱と共に多量(大気中の1万倍)のHeガスの放出が認められた。固体(ナノ粒子)内でのD-D核反応の結果とされた——ZrPdの代わりにZrNiPdを使つての米国での追試では、さらに10倍の発熱とHeガス放出が認められている。この実験以外にも多くのD-D反応を示唆する研究がある。しかし、本稿では、水素(H₂やD₂)や水(H₂OやD₂O)を介しての元素変換について論じたい。すなわち、重水だけでなく、普通の(軽)水の電気分解、(重又は軽)水素ガスの放電、そして水素の接触だけでも、(電極)物質(Pd, Ni, Ti, Wなど)元素や溶液構成元素(H₂OとD₂Oも含む)が変換するとされる幾つかの研究を次に列挙してみる。

(イ)電気分解: ①Bush博士(米国)らはK₂CO₃とRh₂CO₃の軽水溶液においてNi電極上でCaとSrの生成と発熱を認めた(1992~94年に論文)。KからCa、及びRhからSrに変換する反応である。②北大の水野博士(1989年から、この分野の草分け的研究者)らは重水と軽水の電気分解で電極上に(それまで存在しなかった)Fe, Cu, Ni, Znなどが析出し、また溶液中に沈殿物——特にFeが大量に黒い沈殿として——の出現を観測した(これは次の(ロ)と関連する)。

(ロ)電気放電: Bockris博士(米国の著名な電気化学者)らは炭素(C)電極上に、水中でのアーク放電の際、Feが出現したと報告(1999年)。

(ハ)接触: 既述の岩村博士らと類似の仕事でいくつかの報告(しかも、多くは岩村氏を支持する結果)がある。

以上の結果を既述のKervran博士の表現法(筆者が少し書き換えた)を使って表わすと、(イ)の①はK+H→Ca, Rh+H→Sr、及び(ハ)は、Cs+2α→Pr, Sr+2α→Moとなり、正に「生体内で起こるのと同じ厳密な(陽子、中性子数を含めた核反応の)規則性を持つ反応が常温近くの元素変換でも起こっている」といえるであろう。

次は、(イ)の②と(ロ)についてである。すこし、大袈裟になるが、CとFeの起源から論じよう。宇宙の初期(ビッグバン)に、水素H(陽子)と単体の中性子が生まれ、両者が2つずつ合体しα粒子(質量数4のHe核)が生じる。さらに、3個のα粒子が結合してCに変換される(トリプルα高温(約1億度)熱融合反応)——このCから、さらに重い元素がα反応で作られる。しかし、この反応は(詳細を省く)Feで終わる。そのため、これら生成された核種の質量数は、すべて、4の倍数である。

一方、より重い他の元素(特に金属)への転換は別のメカニズムで起こる——これに関連してはKervran博士提案のメタル・ループが興味深い。すなわち、このループではFeが、α粒子やH(陽子)を介して、Ni, Zn, Cu, Co, Mn, Cr及びVと相互に転換し合うのである(Fe+α→Ni, Ni+α→Zr, Ni+H→Cu等々)。したがって、黒いFe沈殿物の原因、そして他の金属不純物の出現の原因も理解できそうである。

こんな具合で、(イ)、(ロ)そして(ハ)の結果については、生体核変換の提案やFeの生成を導いた宇宙内熱核融合論との類似性で現象論的には説明可能である。しかし、問題はこれらの元素変換が上記のトリプルα反応などに比べ、桁外れの低温(従って低エネルギー)で起きるということである。

元素(核)反応を起こすには、電荷を持つ陽子やα粒子がお互いに超接近(100万分の1nm程度)する必要がある。そのため、高いクーロン反発ポテンシャル(barrier)を越える(トンネリングを考慮しても)エネルギーを要するが、この低温では、圧倒的に不足している——そのためLENR(Low Energy Nuclear Reaction)とも呼ばれる。しかし、電荷を持たぬ中性子では、その必要はない。室温での(0.025eV)熱中性子が反応を起こすのは周知のことである。この意味で、地上で充分高い流れ密度(10~100/m²・s)を持つ、(背景)熱中性子が低温核融合のトリガーになり得るとする静岡大・小島名誉教授のTNCFモデルに筆者は注目している。これに関連して、「水素を吸蔵した金属(水素合金)の表面 plasmon-polariton (SPP)の強い電磁場により表面層のHやD原子核を中性子に変換できる」という理論がある。この中性子は表面に局在し表面層元素・原子核のbarrierを通り抜け、これを変換するというのである(米国:Widom-Larsen Theory, 2006)。

それから、(電極)金属中では、自由電子の遮蔽効果のため高い(barrier)ポテンシャルが軽減され、核反応の確率が増大するという理論もある。しかし、筆者が注目する「接触(上記の(ハ))でも起こる!!」という実験例をどう理解するのか? もっとも、「生体内で変換が起こるのであれば、上記の凝集体(液体や固体)内で起こっても不思議でないかも知れぬ!!」のだが。とにかく、解明への研究が待たれるテーマであるが、恐らく社長(友人の)は筆者に、例の汚染水についての意見を求められるであろう。これに対して、次の如くコメントしたい。

「もし、汚染水中のCs濃度が下がり、同時に、非放射性元素(もしかして、既述のNd?)が検出されたなら——真夏の夜の夢で終わらない、東京電力・福島第一原子力発電所の事故に役立つ、新しい「放射能低減技術」へのヒントになるかも——と。