

35. ナノスケール純銀担持体の放射性セシウム減弱効果の検証測定 <補足・付属資料付き>

岩崎信^A, 阿部宣男^B, 坂本圭磯^B, 綾部斗清^B

A 東北工業大学共通教育センター/元東北大学大学院工学研究科

B 東京都板橋区ホテル生態環境館 (“ホテル館”)

1. はじめに

飲料水浄化やホテル育成環境改善に有効なナノスケール(4~5nm)純銀(ナノ銀)担持体(骨炭+白御影石)が、福島県を中心に降下残留している放射性セシウムの減弱効果も有するとの実地試験の示唆(仮説)を受け、実験室レベルで調べてきている。家屋除染水にナノ純銀担持骨炭あるいは同白御影石、土壌にはナノ銀担持コラーゲン液の組み合わせで、U9 容器に試料(一部は密封)を作り、CsI(Tl)検出器+512ch.MCA で対照試料なども組み合わせながら、試料内の不均一(偏在)、試料自己遮へい、揮発等の影響を極力小さくする試料検体準備、測定幾何配置等に注意を払い、残留放射能 γ 線スペクトルを長期にわたり測定し、これらの不確かさの大きさにも注意を払いながら分析し、ほぼ“半減期”が約1~2カ月程度の減弱効果が存在するとの結論を得つつある。途上だが現状報告する。

2. これまでの経緯

もとより、放射性崩壊強度を人工的に変化させることはごく一部の特殊例¹⁾を除けば常識外れである。当効果(“阿部効果”と仮称)は、第二著者:阿部により、事故後、ナノ銀担持濾材のホテル生態環境保全の高い能力から、もしやホテル館周辺の放射能低減もとの発想から11年6月頃線量軽減試行過程で偶然発見された²⁾。その後、阿部グループが「被災地福島にホテルを再び」活動の延長線上で同年後半より複数の市町村の家屋除染水、土壌、焼却灰等の現場試験が実施され、その度にセシウム γ 線量減弱傾向が示唆された。しかし、現場での線量計測値や、計測業者依頼の一時点のゲルマ計測値だけでは、学術的背景不足を理由に除染審査専門家から断られた³⁾。

極めて偶然の共通知人の仲介で12年3月から第1著者が核工学・放射線計測学の立場から支援的に合流し、同グループの強い「福島を救う」思いに共感し、共同で“阿部効果”の検証を進めてきた。しかし、あまりにも複雑な試料検体と未経験事象で半年暗中模索だったが、同年11月頃から系統的データ取得が可能となった。検証の鍵は「適切なナノ銀とその担持体が真に有意な減少をもたらす; “効果”が真なら鍵物質はナノ銀で、これが欠けると事象が起らない」の二項目を高い再現性で示せるかであった。試料(対照試料を含む)準備、測定幾何体系、検出器系安定性、周囲測定環境、データ処理過程等々に忍び込む種々の系統的な外乱・錯誤・思い込み要因に注意を払った⁴⁾。

3. 試料検体と測定体系

ここでは、除染水+パウダー状骨炭ナノ銀担持体での阿部効果実験を中心に2ケースを説明する。屋根洗浄回収水(土埃等を含む)+ナノ銀担持体:ふるいで細かいパウダー状ナノ銀担持骨炭を得た。試料と測定:対照試料の非担持骨炭(A)と上記(B)をそれぞれ6gずつ用意。回収水を攪拌した後、10ccをそれぞれU9容器に入れて測定。さらにA、Bをそれぞれの容器に入れて混ぜ暫く置き測定。その後容器の蓋を開け自然乾燥させ骨炭を別容器に移して長期測定試料(共に6g)とした。各試料は毎回測定直前に匙で良く攪拌した後、全体を一定圧力で押し固め、厚さ一定(約4mm)の試料とした。検出器と

遮蔽体系試料容器と測定幾何体系: クリアパルス社 CsI(Tl)検出器(Mr ガンマ 2700)を 20cm 角箱状鉛遮蔽体 (壁厚 1cm~3cm) 内底部に上向き水平に設置し, 十字印上を中心に空 U8 容器(高さ 6.6cm)を挟んで上記 U9 試料を置いた. γ 線スペクトルは 512chMCA で得た. 通常計測時間は 3h/1 試料, またはその倍数(24h まで)とした. 「試料無し」等バックグラウンド(BG)など補助的データも何度も入念に取得した.

土壌+ナノ銀担持コラーゲン液試料 (C 試料): U9 容器内土壌(25g)に 20ppm ナノ銀担持コラーゲン液を(2.5cc)滴下密封したもの. まず 10 月 30 日汚染土壌のみ測定 (配置は A, B と同じ), 31 日ナノ純銀添加後攪拌密閉して初期測定, その後 2 カ月間据え置き翌年測定再開し 1 月 15 日まで継続.

4. 長期測定の簡易解析結果とまとめ

B 試料: B 試料の分離可能な 3 ピーク群(3P: Cs-134 の 604keV 他; Cs-137 の 661.6keV; Cs-134 : 795.7keV 他) の計数和と 3 ピークの下の連続成分(LC)計数和からそれぞれ BG 分を差し引いた時間変化が図 1. これらの初期減衰の“半減期”は~20 日で, 一昨年 12 月に阿部が測定した回収水処理機の骨炭+白御影石濾材の処理後の残留放射能の線量値変化と概ね整合する. 一方, 対照実験のナノ銀非担持 A 試料は初期変動(~10%)を除いて期間中安定しており, B 試料の種々の系統的不確かさの目安 (約 5%弱) を与えている. また, B 試料の大きな変化が止まったところで, 24 日目 (1 月 14 日)に純水 0.6cc を加え攪拌して測定をすると再び大きく減少し始めた. 同スペクトルの経時変化: 各ピークの相対変化をみると, 未確認だが 2 核種間に若干差がありそうである.

C 試料: 上記 3P

の計数和の相対強度は, 密封後の 10 月 31 日測定値を 1.0 として, 翌年 1 月 4 日に 0.667 ± 0.007 , 同 15 日に 0.472 ± 0.005 に変化した.

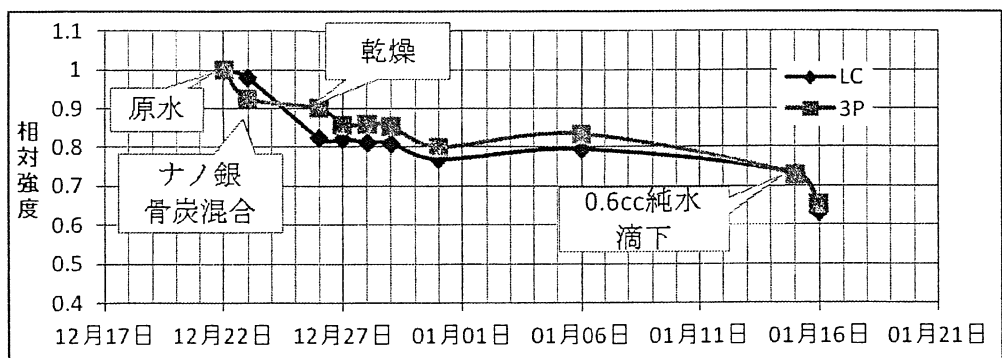


図1 B試料の強度経時変化

ヶ月半の 2 核種の放射性崩壊減衰率はまとめて 1 月 15 日で概略 0.96 と見積もられる.

他の実験結果も踏まえて, 現在の所, B 試料や C 試料の変化は担持しているナノ銀の働きによると判断する. 今後も再現性を含め検証を継続する. 上下反転可能で小容量の薄型円筒容器入りの試料について最初から最後まで完全密封を保つ究極的体系でも対照実験を進めている. 講演ではメカニズムについても可能なコメントをする. 高感度測定器を用いた精密な追試を歓迎する.

謝辞: 適切なナノ銀担持濾材を提供して頂いたアメックス・土居好弼氏に深く感謝する. ホタル館の運営を支える全関係者, 望月將地, 深田芳恵, 平木昭夫阪大名誉教授, 平野貞夫, 荻原政憲, 宮下研一の各氏に感謝の意を表す.

参考文献: 1)大槻勤:「放射化学ニュース」第 15 号 2007, 日本放射化学会, p.4., 2)&3) 阿部宣男: ホタルよ, 福島にふたたび ホタルの輝きは希望の光(アスペクト社, 東京, 2012) p.190 & p.194., 4) 岩崎信: γ 線減弱現象の検証方法, 私信(2012.4, 以後度々改訂).

著者注: オリジナル予稿印刷稿に 2ヶ所 (二重下線部) 追加した (2013-2-10).

付属資料: 試料, 計測, データ処置, 結果の補足説明

以下に, 上記 2 試料について得られた γ 線のスペクトルデータを抜粋して具体的に示しながら, 補足説明をする.

(1) 除染水+パウダー状骨炭ナノ銀担持体での阿部効果実験

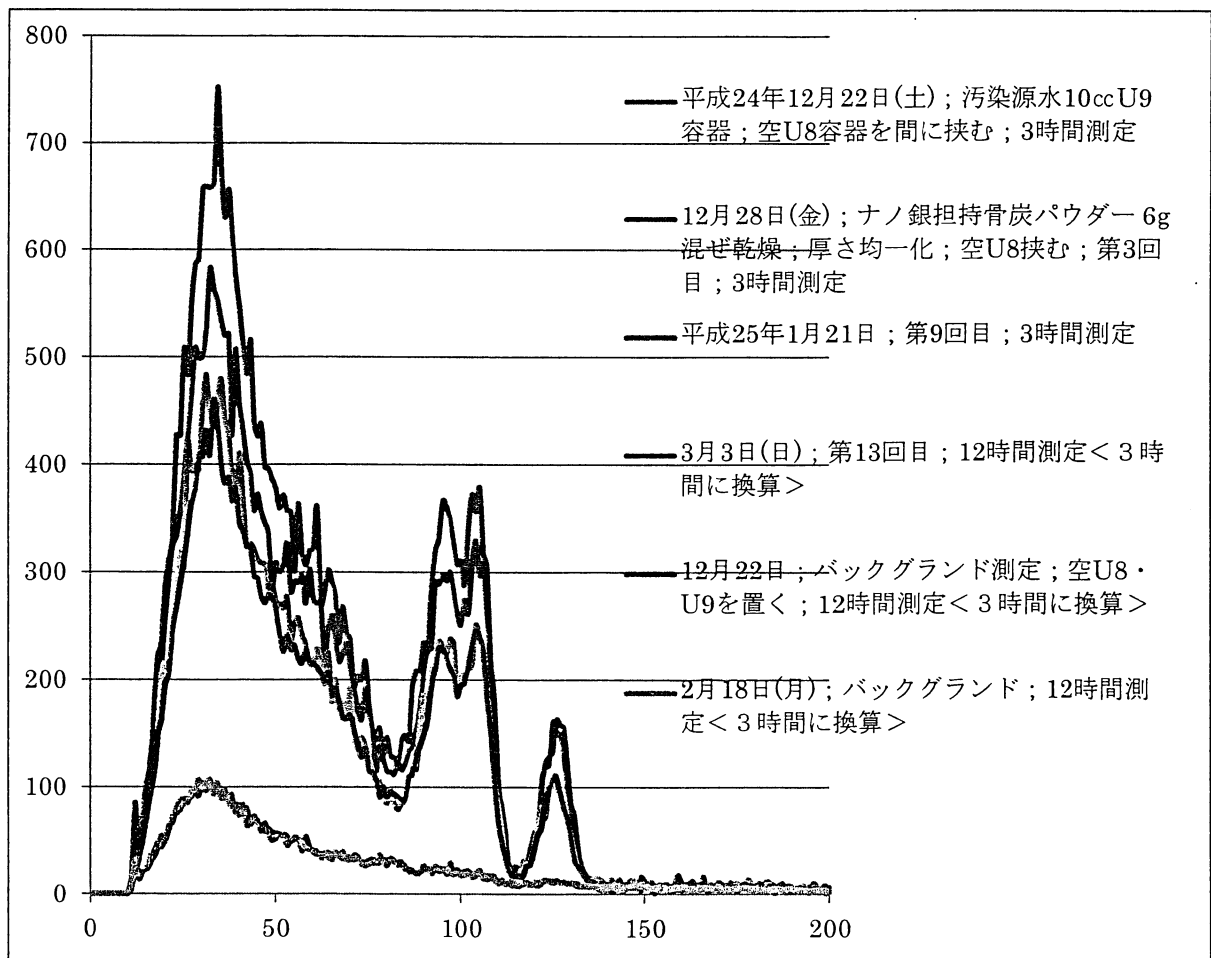
予稿記述再録:

B 試料: B 試料の分離可能な 3 ピーク群 (3P: Cs-134 の 604keV 他; Cs-137 の 661.6keV; Cs-134: 795.7keV 他) の計数和と 3 ピークの下の連続成分(LC)計数和からそれぞれ BG 分を差し引いた時間変化が図 1. これらの初期減衰の“半減期”は ~ 20 日で, 一昨年 12 月に阿部が測定した回収水処理機の骨炭+白御影石濾材の処理後の残留放射能の線量値変化と概ね整合する.

また, B 試料の大きな変化が止まったところで, 24 日目(1 月 14 日)に純水 0.6cc を加え攪拌して測定をすると再び大きく減少し始めた. **A 試料:** 対照実験のナノ銀非担持 A 試料は初期変動($\sim 10\%$)を除いて期間中安定しており, B 試料の種々の系統的不確かさの目安(約 5%弱)を与えている.

B 試料の結果のスペクトル

下の付図 1 に, 試料 4 例と BG スペクトル 2 例を示す. この図から判断できる特徴は以下の通り.

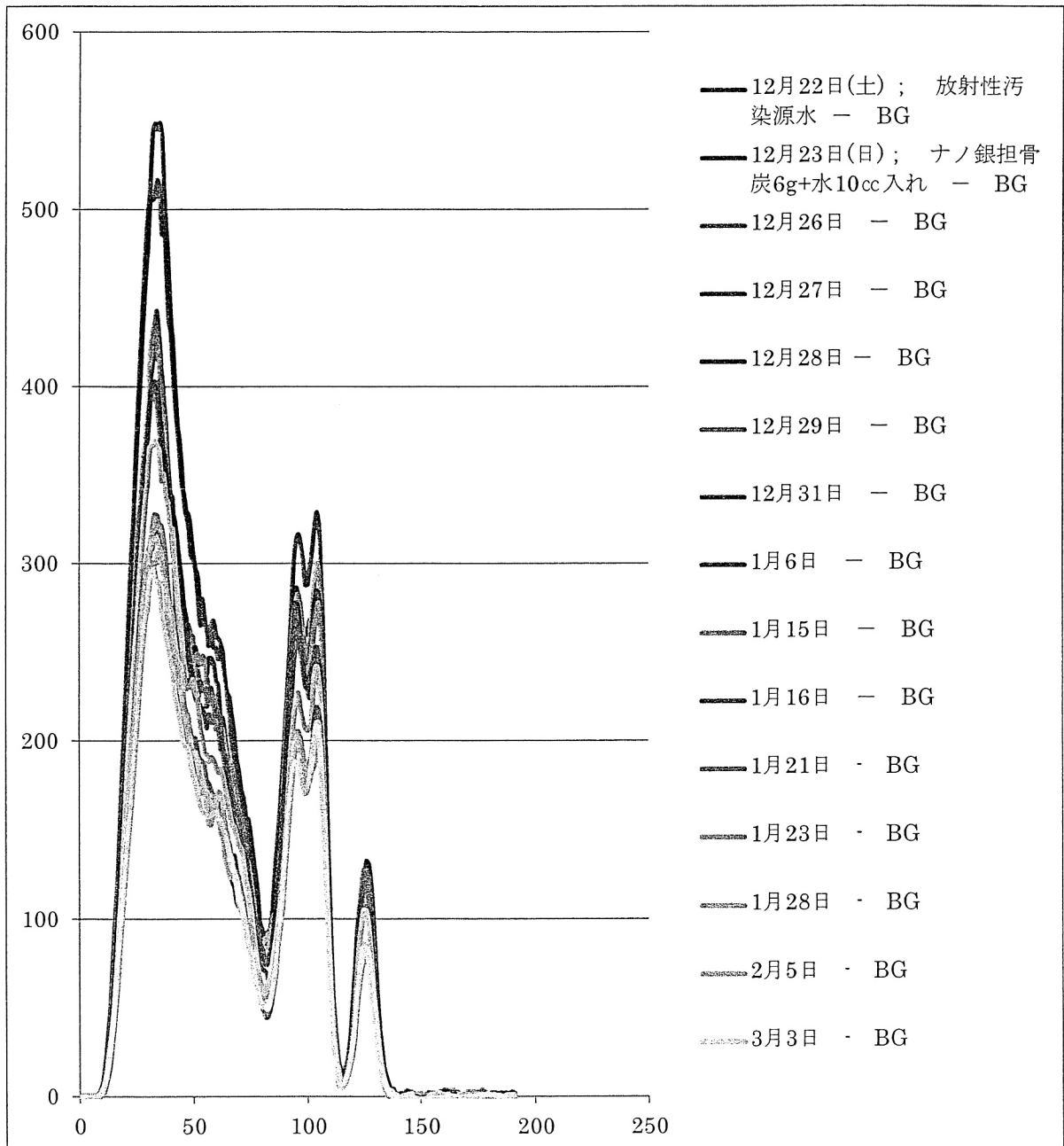


附図 1 汚染水 10cc + 6g 骨炭 (U9) 容器系の生スペクトル 4 事例と 2 バックグラウンドスペクトル. <注: いずれも 3 時間測定に換算; スペクトルの意味や見方については, 後の資料参照>

FG : セシウムを含んだ試料の 4 つの FG スペクトル (濃い青, 濃い赤, 緑, 濃い紫の各色のカーブ) は, この期間に大きく変化している. ただし, 1 月 21 日と 3 月 3 日はあまり大きな変化は見られない.

BG : 上図の下の部分にある二つの BG スペクトル (空色と橙色のカーブ) は一ヶ月近く期間が離れているが, 重なっていて, ほとんど一つに見える程に極めて良く一致しており, これから BG 成分が安定していることが分かる.

次に, 簡単なデータ処理 (平滑化と BG 差引) をした後の全スペクトルを示す.



附図2 2012年12月22日~2013年3月3日までの15回の測定データ (FG) から3回のBGデータの平均値を各チャンネル毎に差し引きした全スペクトルを重ねて示した.

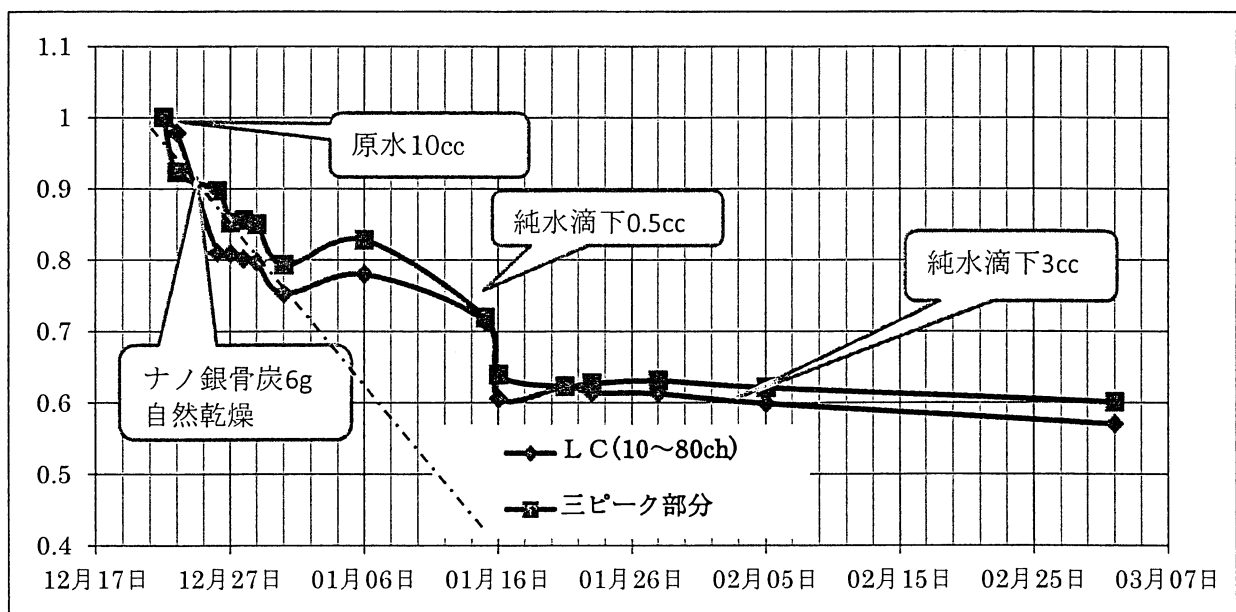
<注: 各チャンネル当たりの計数が十分には多くないので, 安定してスペクトルの変化を見るために, FGとBGデータ共に5チャンネル移動平均操作を行ってからチャンネル毎に差し引きしている>

前頁附図 2 で, 平滑化とは, 各チャンネル毎の計数値をその周りの 5 チャンネルの平均値に置き換える処理である。これは, 各チャンネル毎の計数値は必ずしも十分な統計量を得ていないので (例: 附図 1), 単純に BG スペクトルをチャンネル毎に差し引くと, 無意味に大きな統計的揺らぎを示すことになるので, それを避けるための手法である。

上の附図 2 を見ると, きれいに各成分がほぼ平等に減衰してきており, 2013 年 3 月 3 日現在で初期 (汚染原水) の約 6 割の強度になっていることが分かる。

なお, 上記予稿で, 「同スペクトルの経時変化: 各ピークの相対変化をみると, 未確認だが 2 核種間に若干差がありそうである」と述べた。これは, 3 P の所で, 一番下のピーク (Cs-134 のピーク) と中間のピーク (Cs-137 の有名な 606keV のピーク) の強度が大きく入れ替わっているように見えたことからの指摘である。同様の事は他の試料のデータでも見えたので, 上のような記述をしたが, 詳細にみると, あまり明確ではない。すなわち, 強度の揺らぎが途中に見えるが結局のところ, 二つとも似たような傾向で減少していくようである。

下の附図 3 は, 全期間の LC と 3 P の計数変化 (相対値) である。

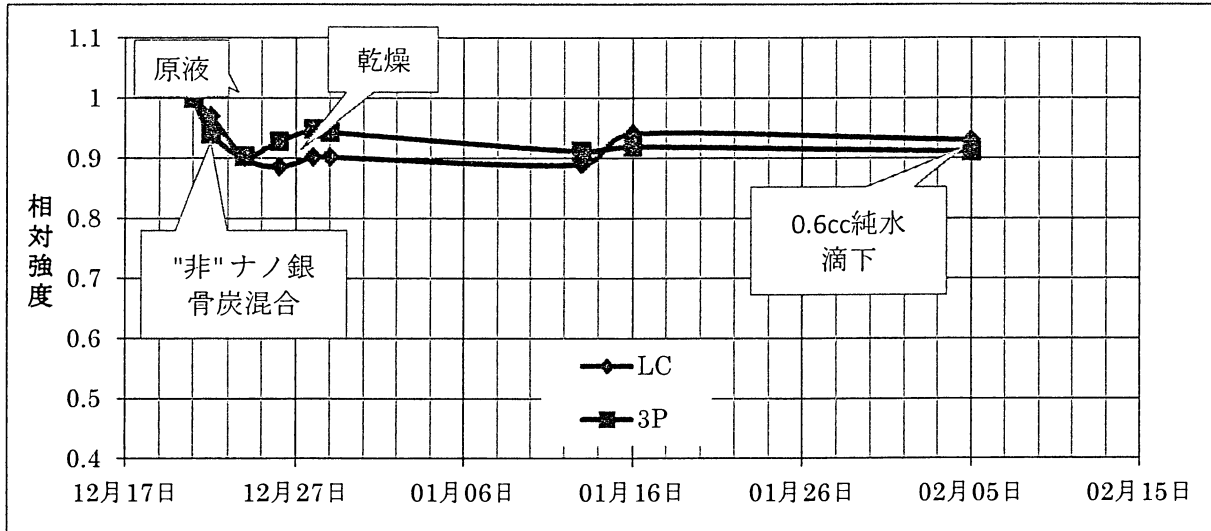


附図 3 全期間の LC と 3 P の計数の変化カーブ。初期の減少部分 (ナノ銀を滴下してから) の減衰率は大体 20 日の半減期であることを鎖線で示した。

上図は, 全期間の LC と 3 P の計数の変化カーブである。ナノ銀を滴下してから後の初期減衰部分の減衰率は大体 20 日の“半減期” <実効半減期>であることを示したのが鎖線である。実際には 1 月 6 日には一旦大きくなり, その後あまり下がらず, 1 月 16 日には, 試料が完全に乾燥をした為ではないか (後参照) との推測により, 純水 3 c c を加えたところ, その直後に急激に減衰した。しかし, その後は減衰するものの, 寧ろ平坦な傾向と言った方が当たっている。

予稿での, 「純水 0.6cc を加え」という表現の意味は, 何か流動物: 液体, あるいは, 水そのものが不可欠な存在であることを示唆しているように見える。後で少し議論する。

附図 4 は対照試料であるナノ銀非担持 A 試料の変化を示している。原液⇒非ナノ銀担持骨炭を混ぜ乾燥過程の初期変動(~10%)を除いて期間中比較的安定しており、B 試料の種々の系統的不確かさの目安(約 5%弱)を与えている。なお、この期間中の Cs-134 の放射性減衰の影響は数%と見積もられる。



附図 4 対照試料であるナノ銀非担持A試料の変化。

(II) 二本松土壌+ナノ純銀担持コラーゲン液の組み合わせ試料

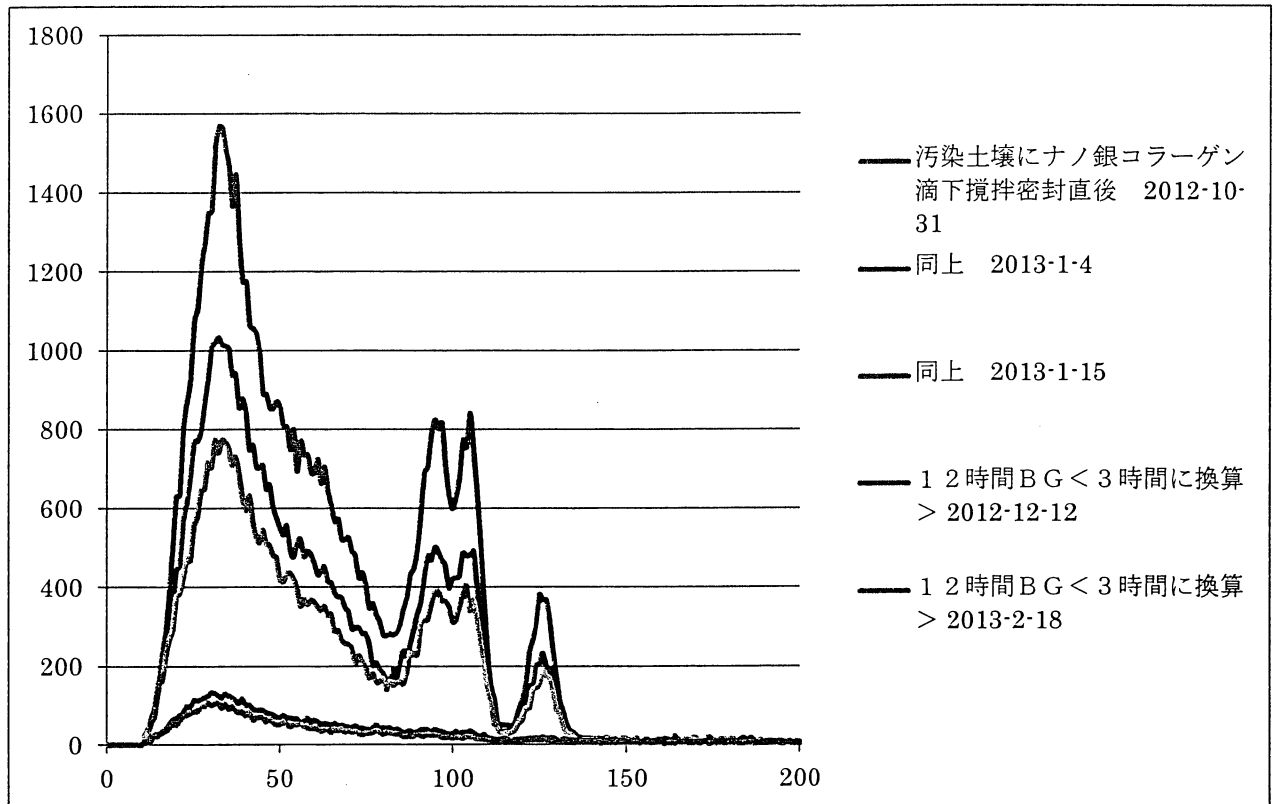
発表予稿記述再録:

土壌+ナノ銀担持コラーゲン液試料 (C 試料) <これは二本松市内で採取された土壌である>:

3P の計数和の相対強度は、密封後の 10 月 31 日測定値を 1.0 として、翌年 1 月 4 日に 0.667 ± 0.007 、同 15 日に 0.472 ± 0.005 に変化した。なお、この 2 ヶ月半の 2 核種の放射性崩壊減衰率はまとめて 1 月 15 日で概略 0.96 と見積もられる。<注: 2 核種の放射性崩壊減衰率とは、セシウム 134 の半減期約 2 年、セシウム 137 の半減期約 30 年の減衰のことであり、この場合は前者の減衰効果が大部分であるが、その減衰率では“阿部効果”の減衰率は全く説明不可能である>

C 試料の二本松市の土壌は、一般家屋玄関横で住人が採取した土 25 g²である。なお、予稿でこの土壌には試料準備中に“pH 値調整剤”を適量混ぜていることの記述漏れがあったので、ここに記す。ただし、pH 値調整剤(具体的には塩化カルシウム)を入れたのは、当初の土壌の測定 pH 値が 5 程度で、ナノ銀が担持体中での安定条件は中性 7 以上が望ましいとのメーカーの示唆を受けての判断で、ナノ銀の動きに直接的な関係があるとは考えていない。

次頁にこの 3 測定日の試料からの生のスペクトルと、その解析に用いた BG 成分 2 つを示す。図の通り、2012-12-22 以前とこれ以後では、すこし BG 成分の強度が異なるが、ナノ純銀担持コラーゲン液による阿部効果の判定にはほとんど影響がない事が分かる。すなわち、LC+3P の計数和で、2012-10-31 では ~75000 なのだが、2013-1-15 では ~40000 程度に減少しているのに対して、BG の計数和は 6000~5000 である。上記の、土の後の数字は統計的不確かさの大きさ(A タイプの不確かさ)である(後の説明参照)。



附図 5 二本松土壤+ナノ純銀担持コラーゲン液の組み合わせ試料の測定スペクトルと
同測定期間の代表的バックグラウンド (BG) スペクトル 2 例.

<注: 2012-12-12のBGと2013-2-18のBGで, 少し強度が異なるのは, 2012-12-22に鉛遮蔽体の
遮蔽能力を改善したことによるものである; 口頭発表では説明をしている>

◎「阿部効果」以外の各種変動要因の考察(予稿の参考論文⁴⁾参照)^{1, 2)}

(イ)「系統的不確かさ」<Bタイプ*の不確かさ¹⁾>をもたらす諸要因について

1) 試料自己遮蔽効果の影響について

試料の自己遮蔽とは、元素レベルでの試料の構成成分のあるものがセシウムから放出された γ 線が検出器に届く間で、その通過を妨げる効果をもたらす可能性のこと。一般物質のガンマ線の遮蔽効果は、その物質の減弱係数の大ききで決まり、物質の単位長さ(厚さ)当たりの減衰率は原子番号 Z で概ね決まる。簡単に言えば高原子番号の元素が、直感的には重い元素が大きな減衰率を有する。専ら鉛が遮蔽体に使われるのはその意味である。一般に、土壌の元素構成は様ではないが、通常高原子番号元素は含まれていない。参考として、一般的土壌の元素構成は、ケイ素Si, アルミニウムAl, 鉄Fe, カルシウムCa, カリウムK, ナトリウムNa, マグネシウムMgの順で多く含まれ、これらが酸素Oと結合した形で存在し、概ね、無機成分全体の99%を占める。その他マンガンMn, リンP, 硫黄S, チタンTiを含めて土壌の主成分元素で、有機物, 空気, 水を構成している酸素O, 炭素C, 窒素N, 水素Hがある。量としてはシリコンが圧倒的に多く、アルミ, 鉄が続く。土壌の場合、これ等が大きな鉱石や破片の形ではなく、概ね一様均質な状態で含まれていると考えられるので、あまり心配はいらない。しかし、何かがあることがあるとまずいので、念のため、A, B試料では計測時には攪拌を行っている。

また、ナノ銀の中の高原子番号の銀粒子の遮蔽効果であるが、濃度が20ppmで非常に低く、全く問題としなくて良いと考える。

2) 試料中のセシウム保持体の不均一性あるいは試料内移動の影響

おそらくこれが諸効果の中で一番の大きな影響をもたらすと考えている。1)の影響も重畳するので、この効果をゼロにすることは不可能である。特にA・B試料では、セシウムの大部分は土埃やゴミ、塗料破片などに付着しているものと思われ、これらが試料内では不均一で、偏在して移動することがあれば計数に影響を与えかねない。なるべくその影響が小さいように、毎回測定前に攪拌し、更に、その後、できるだけ薄くかつ一様な厚さの試料になるように、押し込み棒を使い一定荷重(~1kg)で圧している。

いずれにしても、これらの影響はゼロにはできず、揺らぎ成分として、 γ 線の計数の揺らぎ成分に重畳してくることになる。しかし、阿部効果がこれ等の揺らぎ成分以上に有意に大きいならば、このやり方でも十分検証可能と考えている。

3) 試料中のセシウム保持体の試料外への移動：揮発効果の影響について

今回の試料では、揮発効果の影響度合いについては、仮にこの効果があるとすれば、A・B試料の場合は、毎回計測時に試料U9容器の蓋を開けているので、逃げ出ることを防ぐことはできない。一方、C試料の場合は、U9容器の蓋は長期間開けることなく経過させた後、そのまま何もせずに計測している。U9容器自体は完璧密閉性は無いが、蓋をしっかりとしていたことで揮発効果は相当程度に抑えられており、実質的には無視できると考えている。なお、この効果については、予稿にもある通り、別途、密閉容器を用意して確認実験を行っているところである。

なお、「セシウムの揮発性」についての記述が、いくつかウェブ資料としてあるが、これはあくまでも原発事故時における高温の熔融核燃料体からの揮発性のことであって、通常の常温の自然環境下には

あり土壌類に付着しているセシウム(アルカリ金属元素で重金属)が, ナノ銀との相互作用等により揮発性を獲得して空中に移動することは, まずあり得ない。

しかし, 我々は油断することなく, ナノ銀の特異性を考慮して上記の確認実験を実施中である。

4) 試料容器全体の位置移動の影響度について

試料容器全体の移動効果の問題とは, 要するに, 測定する毎に, 試料容器と検出器の間の距離がどの程度一定性が確保されているかの問題である。我々は, この影響が無視できるように, U9試料容器と検出器の間に空のU8容器を検出器の十字印に中心を合わせて置き, それに接触させ, 中心を合わせてその上にU9試料容器を置く配置を基本的な測定の幾何学的配置としている。この方法によれば, およそ上下方向は $\pm 0.1\text{mm}$ 以内, 水平方向も $\pm 1\text{mm}$ 以内の再現性で設置できていると考えている。

この大きさは, 検出器の幾何学的な大きさ(体積 $\sim 3\text{cc}$; 厚さ $\sim 12\text{mm}$)や試料の大きさに比べて, また位置のその変動影響の大きさは, 試料の不均一性の変動影響と比べて十分小さい。

5) 検出器の不具合や機能の不安定性による影響度合いの見積もり

一般的には放射線検出器の性能が一定でない場合とは, 途中電源が切れたり, 電源の不安定性による検出性能の不安定性, 放射線強度が強すぎたりすることによって生ずるある種の窒息効果等(数え落とし等)があり得るが, これについては, 前述の通り, センサー部の結晶が小さいことと, 多数の計測経験からその安定度は十分なものであることは確認している。なお, 電源は 100VACが使えず, 乾電池方式なので, 測定の場合には途中で切れないように毎回電池を交換することを決まりとして注意を払った。

なお, 数え落としや同時計数ロス(コインシデンス・サム)なども原理的にはあり得るが, 検出器の体積が小さいため極めて小さい確率である。

6) 遮蔽体の性能変化とBGに影響を与える諸効果

用いている遮蔽体(後資料参照)はその壁厚さ(底部: 4cm ; 側面: 3cm ; 上面 1cm)から判断して決して十分な性能を有していない。特に周りにある測定済み試料類等の移動による変化には気をつけなければいけない。我々は, これらには十分注意をして, 可能な限りBG(土壌や汚染水とナノ銀担持あるいは非担持担体等, 試料以外のものは, すべて含まれている体系, すなわち, 空のU9, U8も含んでいる体系)を測定し, その揺らぎ幅を推定した。

結果としては, A・B試料では, この測定期間を含む長い期間において, (附図1)安定していることが分かっている。一方, C試料では, 試料作製時とその後の測定では, 遮蔽体系を改善させているために, BGの強度が変化している(附図5)が, これは, 説明にある通り, 擬似“阿部効果”の存在を説明するには全く不十分である。すなわち, BG成分の変動が減衰傾向を説明することは不可能なことが, 附図5のスペクトルから十分読みとれる。

7) B試料で, 途中で純水を滴下した意味

「阿部効果」が存在するとしてもそのメカニズムは不明である。2放射性セシウム含有試料にナノ銀担持体を混合したとき, セシウム原子とナノ銀粒子が近接し, ナノ銀粒子の原子群がセシウム原子に働きかけをして, 何らかの反応により, 例えば安定な元素に変換していると解釈すれば, とりあえず説明

可能である。しかし、セシウム原子とナノ銀粒子が接近するとしてもどんな状態かとなると、よくわからない。A, B, C 試料ともに共通している物質としてはナノ銀のほかに水(C 試料はコラーゲン水溶液)の存在がある。水は流動性を持っており、そうした働きをしている可能性はある。

B 試料で、途中で純水を滴下した意味は、試料が完全に乾燥して流動性が失なわれたため、変化がしなくなったと考えたからである。上記 2) の影響を与えた可能性もあるが、0.2cc は極めて少量であり「阿部効果」を復活に一部役立っていた可能性はなくはない。

なお、阿部効果のメカニズム(後の H 項参照)に関係するが、もし、LENR の場合には、実は水は欠かせない存在となる。

(ロ)「統計的不確かさ」<A タイプ*の不確かさ¹⁾>をもたらす要因について

これは、統計的な変動(揺らぎ)のことである。

放射性元素の β 崩壊と γ 崩壊、放出された γ 線が検出器の検出部の元素構成原子(の電子)と相互作用をし、電子(光電効果による電子、コンプトン散乱反跳電子が放出される過程、さらに構成原子と相互作用をする過程、相互作用の結果検出部が発光する過程、その光子が最終的に信号電子に変換増幅され電気信号に替わる過程などが、全て統計的な過程である。特に下線部の過程により、単位時間に検出される γ 線の数は本質的に統計的な変動(揺らぎ)を持ち、平均的な値の周りに変動をする。すなわち、全く同一の放射線放出線源を先述の A) の全項目が仮に理想的であったとしても、毎回得られる計数値は変動する。その変動分布、揺らぎの分布は多くの場合正規分布(Normal Distribution)で近似でき、その揺らぎの幅は、通常標準偏差(SD)で表現される。

単純には、ある時の計数値が N カウントだったとすると、その標準偏差(SD)は \sqrt{N} で近似できる。すなわち、 $N \pm \sqrt{N}$ となる。相対的な揺らぎ幅の目安はこれ等の比、すなわち、 \sqrt{N}/N で表され N が大きくなると、 \sqrt{N}/N は小さくなる。例えば、 $N=10000$ カウントとすると、 $\sqrt{N}=100$ なので、相対的な揺らぎの大きさ:不確かさは 1%となる。すなわち、与えられた現象の有無を 1% 以下の不確かさで判断する場合には、簡単に言えば、一回で行う場合には、総計数 10000 カウント以上を貯める必要がある。その代わりに複数回の測定をしても良い。その取り扱い方は省略する。

本実験の場合には、ほとんどのケースで、総計数 10000 カウント以上が得られている。

(ハ)「総合(統合)的不確かさ」の大きさ

イとロの項目を独立に扱い、それを総合することで当該検証実験全体の不確かさとなる。阿部効果で例えばある期間に、相対強度 1.0 から 0.5 まで減少、すなわち 50% 減少したとして、これが有意であるか否かは、総合的な相対不確かさが、少なくとも 50% より小さいこと、実際にはこれの例えば 1/5、すなわち 10% であれば、有意と判断できる。これを 5σ (シグマ) 判定という。通常、簡単な物理現象の検証では 1/3、すなわちおよそ 17% 程であれば“陽”と判定できる (3σ 判定) (予稿文献⁴⁾)。

しかし、極めてまれで、重大な新奇物理現象の検証では 5σ 判定、あるいは 6σ 判定が用いられる(例えば、素粒子領域での新粒子の発見等 <http://blogs.scientificamerican.com/observations/2012/07/17/five-sigmawhats-that/>)。阿部効果も極めてまれで重大な新奇物理現象であるから、その検証では 5σ 判定、あるいは 6σ 判定を用いるのが望ましい。因みに誤判定の確率は 5σ で 0.00003% である。

<注: A タイプ(A-type) 不確かさ, B タイプ(B-type) 不確かさ, それらの 統合的な(combined)不確かさという表現や、その評価の仕方、統合の仕方は国際的な計量関係の取り決めとなっている¹⁾>

(二) 繰り返し性 (repeatability) の判定

実際には、仮に、一度、新奇物理現象が 5 シグマ判定、あるいは 6 シグマ判定に合格したとしても、検証としては不十分である。いわゆる繰り返し性の判定に合格する必要がある (予稿文献⁴⁾)。すなわち、同じような事象が何度も起こることを確認する必要がある。同じ種類の試料、少し異なる試料や体系でも同じ程度の減少が毎回起こることが確認できれば、大体合格と言える。

我々の場合、予稿にもある通り、およそ大きく見積もって総合的に 10% 程度の不確かさがある。他にも様々の事例があるが、大きな場合で、50% を超える減少を示すデータが複数存在するので、概ね 5 シグマ判定には合格しているものと考えている。

(ホ) 誤解, ミス, 錯誤等の防止の努力

測定やデータ処理の段階で人間 (集団) に起り得る間違いを (意図的, 非意図的) 誤解や思い込み, 処理上のミス, 錯誤等の防止の努力に傾注することが求められることは言うまでもない。そのためには、一度だけの処理ではなく、複数人で複数回実施することが望ましい。同じ人物でも、時間をおいて再度実施する事がよいチェック・点検の機会となる。

なお、著名な間違い例として、1 年程前の CERN で実験した OPERA の「ニュートリノ超光速性の発見」が、追試により否定され、自らもその原因を特定して発表を取り下げたケースが記憶に新しい。一方、この後に同じ CERN で重力を担うとされるヒッグス粒子が見つかったというニュースがあった。追試がないので今のところ無事だが。

(へ) 「阿部効果」の特徴からいえること

「阿部効果」とは、2 放射性セシウム含有試料にナノ銀担持体を混合して、そのまま放置すると、2 セシウムの γ 線放出量が時間とともに減少すると言う現象である。単純に、ある割合一度だけ減少するのでなく、時間とともに減少がすすんでいくことである。すなわち、あたかも 2 放射性セシウムとナノ銀間である種の相互作用 (反応) がゆっくりと進行しているという理解モデルが成り立つ。よって、以上で検討した 6 つの B タイプの不確かさの要因が、仮に無視できない大きさで存在したとしても、一つを除いて、このようなふるまいは説明できない。その例外的要因は、最も想定しにくい 3) の中の揮発性である。

(ト) 「阿部効果」の実効半減期について

最初に、「ほぼ “半減期” が約 1~2 カ月程度の減弱効果が存在するとの結論を得つつある」と記した。この、“半減期”と “_” を付けた表現は、通常の放射性物質の指数関数に従う厳密な半減期ではなく、実効的な半減期、すなわち、Cs-134 の 2 年、Cs-137 の 30 年の半減期に比べて、半分になるのが実質的にかなり短い期間で減衰をしていくことを表現したものである。まだ、メカニズムが不明なので、厳密な半減期は定義できないし、得られたデータでも実際の所明確ではない。

(チ) メカニズムについて

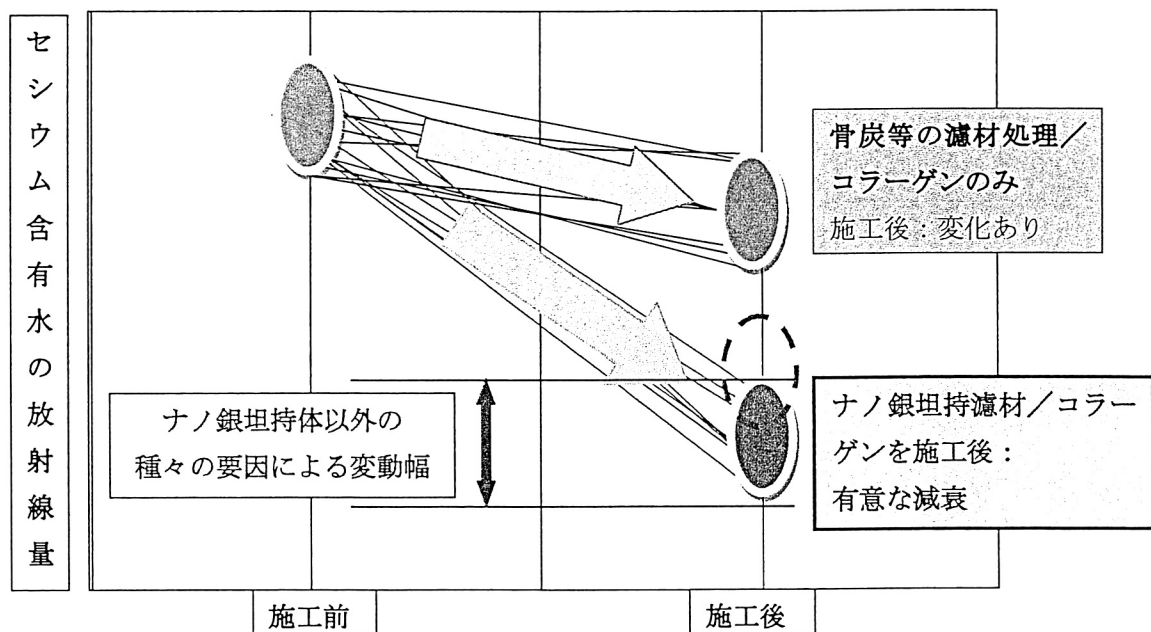
現在、凝集体科学(Condensed Matter Science)と称して、小さいながらも基礎物理・化学・技術のなかである意味では“最先端”の一研究分野が 20 年ほど前にいわゆる“常温核融合反応”騒ぎから生まれ、その中で「低エネルギー核反応(LENR)」という名称で呼ばれている特殊な核反応が今のところ一番有力

ではないかと推測している。なお、上記の騒ぎの直接要因は最初の実験の再現性が低いことにあった。しかし、これまで、この分野では、この 20 年で、世界、特に日本の研究者が小さな成果ながらも数々の実験的実績を残してきている^{3, 4)}。ナノサイズの金属、水 (水素/重水素)、別元素の出現と過剰エネルギーの存在が概ね共通である。阿部効果と比べると、ナノスケール金属、水あるいは水溶液は共通している。阿部効果では別元素の生成は未確認であるが、セシウムが無くなるならば別元素に替わっている可能性が高い訳で矛盾していない。また過剰エネルギーも測定していないが、概ねセシウムのβ線γ線の崩壊エネルギーに相当する分が、もっと“優しく”扱いやすい放射線、例えば X 線等に変換されている可能性は高い。そうでなければエネルギー保存則に矛盾するからである。裏返せば、我々は、これまでの LENR の頂上に別なルートから接近をしているのかもしれない。

◎改めて「阿部効果の検証」の意味 (予稿参考論文⁴⁾より)

阿部効果の検証とは:

まずは、上記の、1) ~ 6) の要因などによらないこと、あるいは、あったとしても本命の事象: 阿部効果に比べて十分小さい事を示す必要がある。以上の事を模擬的に表現したのが下の図である。楕円の縦の大きさが概ね数値の変動幅を示しているとする。図の場合、施工後の数値が、ナノ銀坦持体のみ (青楕円) では若干減少する傾向の推移をしている、すなわち本質的には減衰していないのに対して、ナノ銀坦持体を施した方 (赤楕円) が、それ以外の要因の幅を大きく超えて、ずっと減衰していることから、ナノ銀坦持体の施工の要因のみが大きな差を作っている事が検証されたと考える。

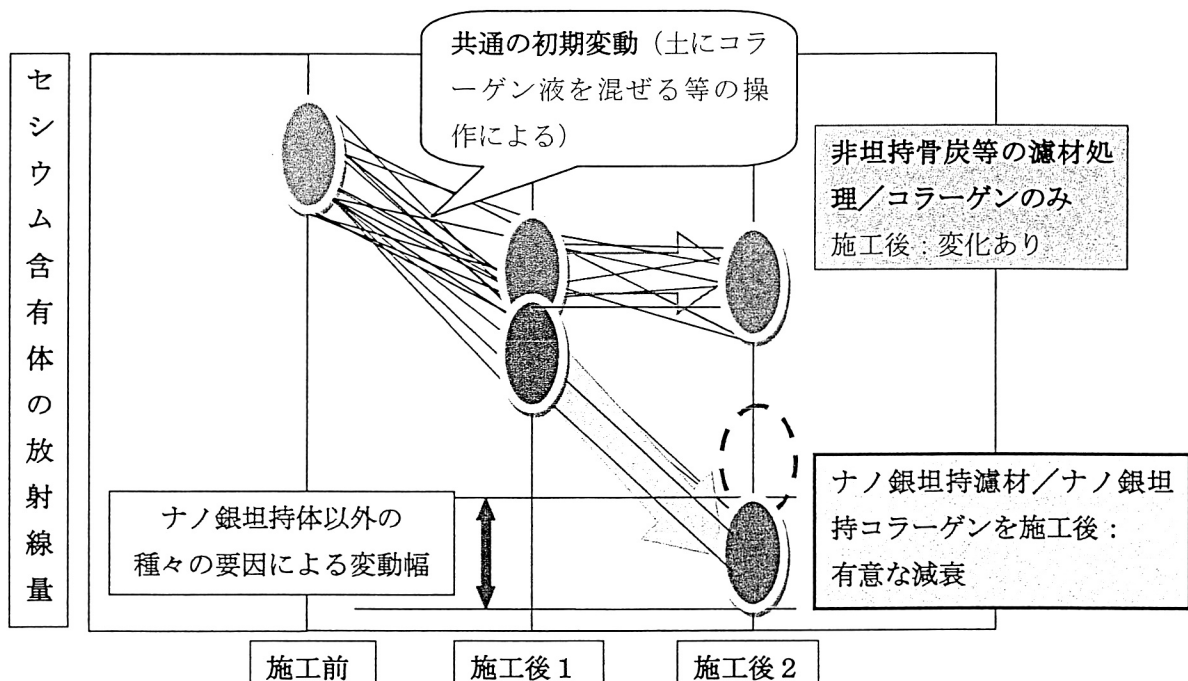


附図 6 減弱の検証実験における比較の概念図

なお、この変動の幅: 不確かさの大きさの約5倍から6倍以上の変動差を示すことで、新しい未知の物理現象の発見と主張できる*。<注: 素粒子物理学等の世界では「6σ (シックスシグマ)」と呼ばれている。σは1標準偏差である>

一方, 施行前と施工後で, 線量の値の変化の大きさに関わらず, 施工後の二つの検体の線量値が変動幅の範囲でお互いに重なりあうような場合には検証されたとは言い難い. もし, ナノ銀非担持体の施工後の線量値が, 附図 6 の青い点線楕円のような分布する場合には, 赤のナノ銀担持体施工後の場合と重なり合うので, ナノ銀担持コーラゲンの施工による減弱が検証されたとは言い難く, むしろ別の要因による減弱が大きな部分を占めている事を示している.

附図 7 は, 施行試料と対照試料に共通のある変動等がある場合の結果の概念図で, 論文の A・B 試料の場合に該当する. また, 事例を示していないが, 特に初期段階の操作: 初期試料=汚染土壌だけから出発して, その後ナノ銀担持コーラゲン/ナノ銀非担持コーラゲンを混ぜる操作をすると, 共通の初期変動をすることがある. しかし, その後をフォローして行って, 有意な差が見えれば減弱が検証されたと言えるだろう.



附図 7 施行試料と対照試料共通の初期変動等がある場合の比較の概念図.

阿部効果の検証で注意すべきことは?

最後に, 注意すべきこととして, 我々が用いたナノ銀のサイズは 4~5nm であり, それ以外の種類のナノ銀ではどうかはある種の予測は可能だが, 実験をしていないのでノーコメントである.

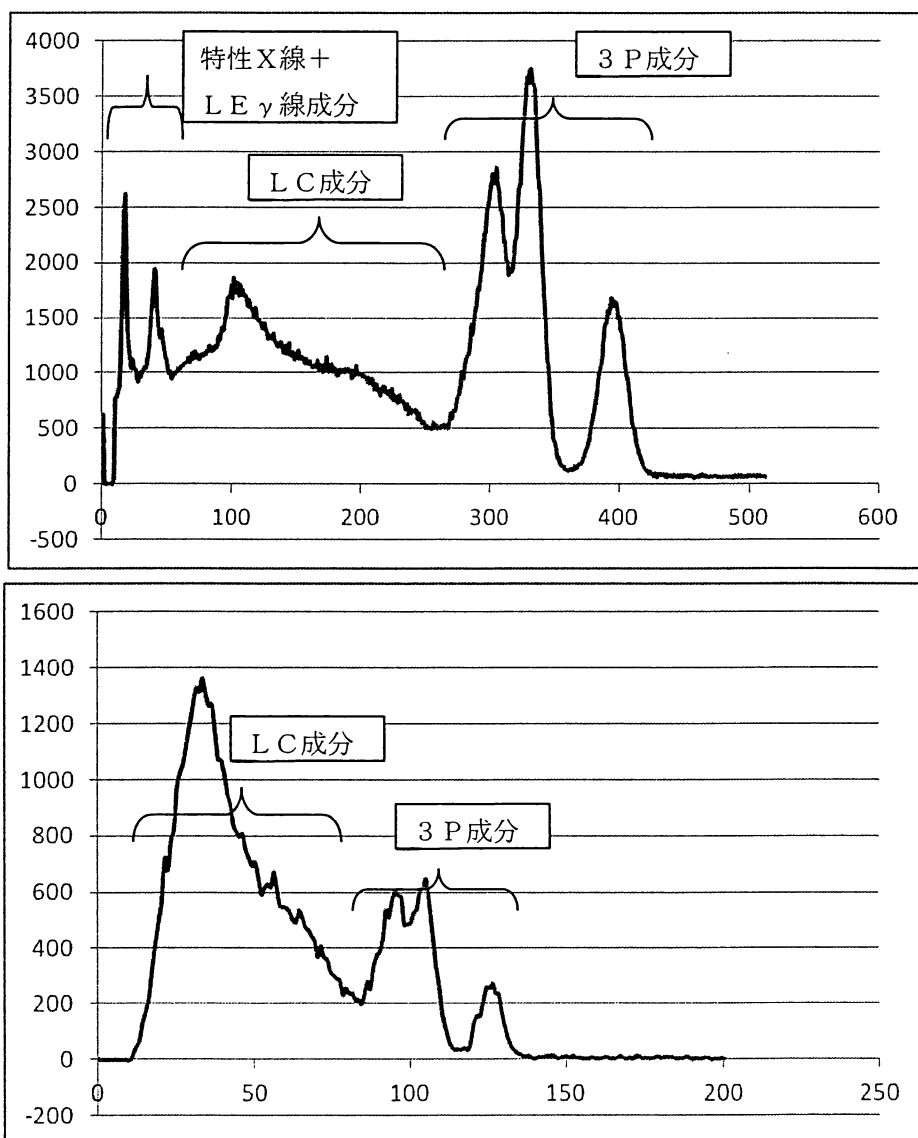
参考文献:

- 1) 岩崎信: 科学における「不確かさ」の概念とその取扱い — 今物理学教育にかけているもの —, 東北物理第 21 卷 (2011) pp. 35-38.
- 2) 岩崎信: 科学と技術・工学の間と人間・社会, そしてこれらの課題, 物理教育, 第 59 卷, 第 3 号 (2011) pp. 220-225.
- 3) 平木昭夫: 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? やあ こんにちは <巻頭言>, 日本 MRS ニュース, Vol24, No.4 (2012).
- 4) 田中栄一: 展望 低エネルギー核反応による新しい核エネルギーへの期待, Isotope News, No.705 (2012.1) pp.13-20.

附録集

1) スペクトルの見方

通常, 食品検査などでよく使われる NaI(Tl)検出器による二つのセシウムの γ 線を測定した時に得られるスペクトルと, 論文で用いられた CsI(Tl)検出器で得られるスペクトルを比較しながら示す. ここでスペクトルについて説明する. これらの検出器からの電気的信号, すなわち, 一個一個の γ 線が検出器のセンサー部 (検出部: NaI(Tl)や CsI(Tl)の結晶体) 入射して相互作用により結晶内電子にエネルギーを分け与えパルス的な発光する. それらが処理されて最終的に検出器からの非常に短時間継続する一個一個の電気信号 (パルスと呼ばれる) として出力される. ある時間間隔でのパルスの数は γ 線が検出器で検出された数に対応し, 各パルス信号の高さは, 上記の結晶体の電子が受け取ったエネルギーに対応する. 結晶体内電子が γ 線からエネルギーもらう過程に大きく二つある. 一つが光電効果過程で, もう一つがコンプトン散乱過程である. 光電効果過程では, 概ね γ 線のエネルギーの全部をもらい, コンプトン散乱過程では, 散乱なのでその一部をもらうことになり, 散乱角度によってももらう割合が異なるので, 一定にはならず連続的なものとなる.



参図1 NaI(Tl)検出器 (上) と用いたクリアパルス社 A2702 型 Mr. Gamma MCA 検出器で得られる (下) を比較したもの. <注: 中央の3ピーク群 (3P: Cs-134 の 604keV 他; Cs-137 の 661.6keV; Cs-134 : 795.7keV 他) と3ピークの下下部連続成分(LC)を示した; NaI(Tl)検出器で見える最下部の特性X線ピークや低エネルギー γ 線のピーク群の信号は電子回路的にカットされて見えない>

検出器からの各パルス信号を最高の高さ(電圧値:波高と呼ばれる)が,結晶が γ 線からもらったエネルギーの情報を持っている.検出器の後続の電気回路において,パルス信号の波高情報を 512 や 1024 個に等分割して(いわゆるゲルマニウム検出器では 4096 や 8192 個に等分割する)一個一個処理して集積していく.各分割をチャンネル(通り道)と呼び,これらの処理をマルチチャンネル波高分析(MCA)と呼ぶ.上記の例では,NaI(Tl)検出器の場合は 1024 チャンネル, Cs(Tl)の場合は用いている検出器系 Mr ガンマ 2702 は, 512 チャンネルである.集積された結果を(波高)スペクトルと呼ぶ.横軸が波高に対応するチャンネル(番号)で,縦軸の数値は各チャンネルに集積された γ 線の信号数となる.

上記 1 の NaI(Tl)検出器の場合は,1024 チャンネルの内の下部の 600 チャンネルまでのスペクトルを示し, Cs(Tl)の場合は同じく 250 チャンネルまでを示している.どちらも,中央部に見える 3 つのピークが, Cs-134 の主要 2 種類(二本)の γ 線と Cs-137 からの 1 種類(一本)の γ 線の計 3 個の光電効果過程に対応する.これ等の下(左側)にある連続的な部分は,先述のコンプトン過程に対応するものであり,連続的な波高分布となっている.なお,NaI(Tl)の 100 チャンネル付近と, Cs(Tl)の 35 チャンネル付近が少しとがっている.これは,後方散乱ピークと呼ばれるもので,試料からとび出した γ 線がまず周囲の遮蔽体などに入射し,そこで 180 度に近い散乱角度のコンプトン散乱をした後に検出器に入射し,そこで光電効果によって検出器に捕まったものである.この成分を後方散乱と呼ぶ.後方散乱過程では,概ね一定のエネルギーを持つ二次 γ 線に替わるので,あたかも別の γ 線が存在するようにピークを形成する.

NaI(Tl)の 50 チャンネル以下に特徴ある 2, 3 のピークが見える.一番左の鋭いピークは, Cs-137 の崩壊先のバリウム(Ba)元素の特性 X 線(32keV)のピークである.基底状態にある Cs-137 が β 崩壊でバリウムの励起状態に遷移し,その後著名な 662keV の γ 線を一本出してバリウムの基底状態に遷移するが,この遷移は 100% γ 線放出ではなく,一部内部転換過程を経由する.その時に,特性 X 線が放出されるので,それが γ 線と同様に NaI(Tl)に検出されているものである.一方, Cs(Tl)のスペクトルに見えていないのは,電気信号処理の設定下限電圧が 150keV 相当なのでカットされているためである.

2) 試料について

A・B 試料: 福島県郡山市の家屋の屋根洗浄回収水(土埃等を含む) + ナノ銀担持体の補足説明:

ナノ純銀担持骨炭と非担持骨炭の準備: 通常のナノ純銀担持骨炭の場合は,粒が不ぞろいで,試料容器の U9 型を用いながら,試料の厚さをあまり厚くできない場合(後述のとおり約 4mm),試料内の一様性が若干懸念が出る.そこで,通常のナノ純銀担持骨炭を砕きふるいで細かいパウダー状ナノ銀担持骨炭 B を得た.対照試料の非担持骨炭 A も同様で,それぞれ 6g ずつ用意した.

回収水を攪拌した後, 10cc をそれぞれ U9 容器に入れて測定: この場合には,回収水の中の泥や土埃などが主なセシウム保持体であり,回収水の底に沈んでいたと思われる. A, B の骨炭をそれぞれの容器に入れて混ぜて暫く置いたので,多少平均化され上部に移動したと思われる.

その後容器の蓋を開け自然乾燥させ骨炭を別容器に移して長期測定試料(共に 6g)とした: 各試料を毎回測定直前に匙で良く攪拌したのは,試料内での一様性を確保するため.全体を一定圧力(～1 k g 重)で押し固め,厚さ一定(約 4mm)の試料としたのは,試料内のセシウム保持体の一部分が,攪拌したことで,検出器との距離において極端に突出した値を持たないようにするため.

C 試料: 土壌 + ナノ銀担持コラーゲン液試料の補足説明:

U9 容器内土壌(25g)に 20ppm ナノ銀担持コラーゲン液を(2.5cc)滴下密封したもの: 土壌は二本松市内の一般家屋の庭の土を適量バットに移し, pH 調性剤*(塩化カルシウム)を適量混入させ,良く攪拌後, 25 グラムを計量し U9 容器に入れた.一定圧力で押し,平均した厚さにして,まず土壌のみの試料で測定. ナノ純銀添加後攪拌密閉して測定: U9 の蓋をあけ, ナノ純銀が担持されたコラーゲン液(20ppm,)(2.5cc)滴下し,よく攪拌した後,蓋をした.<*注: pH 調性剤の使用 ナノ銀の抗菌作用とコラーゲンの安定性の点で,中性以上が望ましいという事で,土壌の pH 値が約 5 付近だったので,測りながら少しずつ加えて約 7 にした> その後 2 カ月間蓋をしたまま据え置き翌年測定再開し 1 月 15 日まで継続.

3) コラーゲン

(ドイツ語: Kollagen, 英語: Collagen) は,真皮,靭帯,腱,骨,軟骨などを構成するタンパク質のひとつで,多細胞動物の細胞外基質(細胞外マトリクス)の主成分である.体内に存在しているコラーゲンの総量は,ヒトでは,全タンパク質のほぼ 30%を占める程多い.また,コラーゲンは体内で働くだけでなく人間生活に様々に利用されている.ゼラチンの原料はコラーゲンであり,化粧品,医薬品などにも様々に用いられている.

4) 試料容器と測定時の遮蔽体内での配置について

大部分の検証実験の試料容器は次頁写真の U9 型(写真左)を用い, U8 型容器(右)は”測定台”として用いている.すなわち,次頁の参図 2 のように,内側が直方体の遮蔽体の底面に測定器を水平に置き,その上に空の U8 容器を重ね, U9 容器(試料入り,または, BG の場合は空のまま)設置する.これは,測定器と U9 容器との間に適切な一定距離空間を確保.水平方向の位置合わせ(軸合わせ)としても用いている.

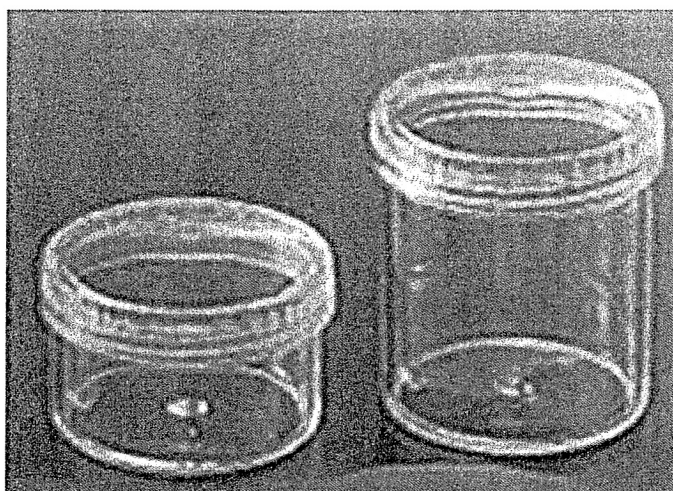
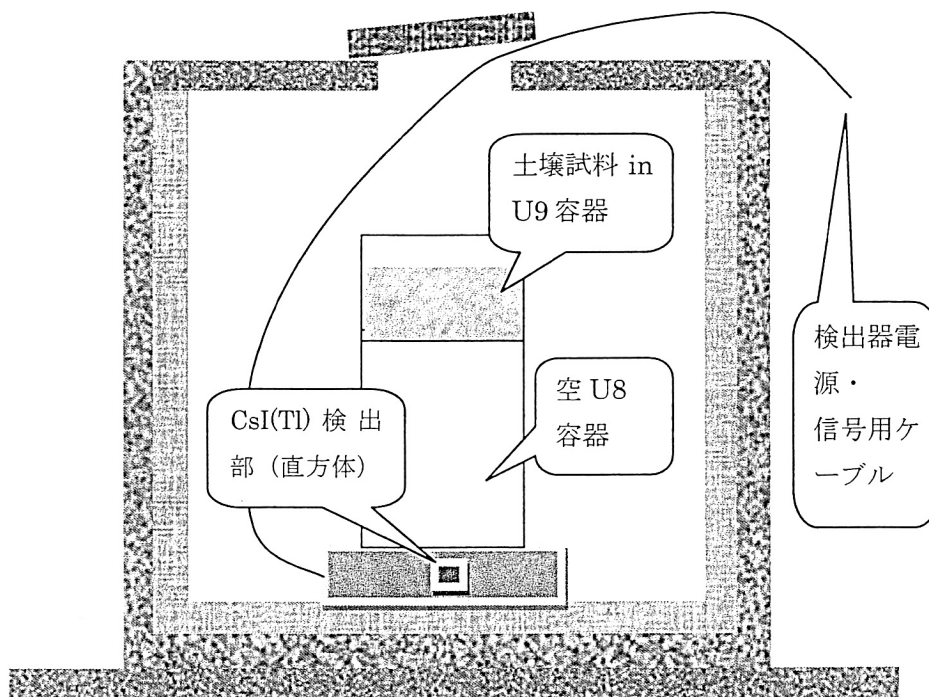


写真1 U8 & U9 容器カタログ ねじ口U型容器 (ポリスチレン) の写真
関谷理化株式会社HP*より <D24-365-080 PS-U8 100mL φ56mm×68mm
D24-365-090 PS-U9 50mL φ56mm×39mm>

*<http://www.sekiyarika.com/labo-ware/chemical-apparatus/products/marineri/marineri01.html>



参図2 用いた鉛遮蔽体断面図と測定器の配置

5) 用いた検出器

1) 環境放射線モニター-Mr. Gamma (ミスター・ガンマ) A2700 型
検出方式 シンチレーション式; 検出器 固体シンチレータ(CsI(Tl)) (本体は直方体形状で; 体積~3cc; 線源方向の厚さ 10 数 mm);

測定放射線 γ 線; 感度 $0.01 \mu\text{Sv/h}$ に対して毎分 10 カウント以上; エネルギー範囲 150keV 以上; 測定範囲及び表示 $0.001 \sim 9.999 \mu\text{Sv/h}$ デジタル 4 桁表示.

2) クリアパルス社 A2702 型 Mr. Gamma MCA: A2700 型 Mr. Gamma を γ センサーとして利用し, その出力を A2702 型で分析し, PC 上でスペクトルを表示. すなわち通常の MCA として働く.

<以上>