



平成 24 年 7 月 20 日

報道関係者各位

筑波大学

## ナノ材料で放射線量を瞬時に 4000 分の 1 に低減

研究成果のポイント：放射性セシウム徐染の効果を実証

放射性セシウム徐染の切り札になりうる成果

放射性セシウムをジャングルジムに捕獲・除去

安価・簡便な徐染が可能に

国立大学法人筑波大学【学長 山田信博】(以下「筑波大学」という)数理物質系【系長 三明康郎】守友 浩教授とアイソトープ総合センター末木啓介准教授は、水溶液中の放射線量を瞬時に 4000 分の 1 に低減することに成功しました。これは、プルシャンブルー類似体が、水溶液中の Cs(セシウム)イオンを高効率で結晶中に捕獲する性質を利用したものです。

染料などとして広く使用されているプルシャンブルー類似体\*1 では、二種類の遷移金属がシアノ基に架橋されたジャングルジム構造をしています。このジャングルジムのナノ空間の中に、アルカリ金属イオンや水分子を収容することができます。

この性質が放射性セシウム除染に活用できる可能性については、4 月 13 日配布の報道資料でお知らせしました。しかしその時点では、放射性セシウムを用いた実際の実験は行っていませんでした。

このたび我々は、水溶液中に溶けている極微量の放射性セシウムイオンを、マンガンプルシャンブルー類似体を用いて高効率でジャングルジム構造の中に閉じ込め除去することに成功しました。今回の実験では、放射性セシウムイオンが低濃度(0.07 ppb\*2)で溶けている水溶液に、プルシャンブルー類似体の原料を 5mmol/L(1リットル当たり5ミリモル)混合して濾過することにより、放射線量が 2300 Bq/Kg から 0.57 Bq/Kg まで低減することが確認できました。

本研究で用いたプルシャンブルー類似体は、鉄、マンガン、亜鉛、炭素、窒素、といった安価な元素だけで構成されており、安価かつ簡便に水溶液中の放射能を低減することができます。今後、本研究グループでは、プルシャンブルー類似体の性能を活かした放射能低減技術を開発します。

## 1. 研究の背景

我が国では、放射性セシウムの除去がきわめて重要な問題の1つとなっています。水溶液中に溶解しているセシウムイオンを除去する方法には、沈殿法<sup>\*3</sup>、イオン交換法<sup>\*4</sup>、吸着法<sup>\*5</sup>、蒸発法、等があります。中でも、イオン交換法や吸着法は、簡便で高効率であるため最も多く利用されています。これらの方法では、多孔質なゼオライトやプルシャンブルー類似体が活物質<sup>\*5</sup>として利用されています。しかしながら、イオン交換法や吸着法ではセシウムイオンが活物質の表面付近に付着するだけなので、再溶解・再汚染の問題が生じます。そこで私たちは、既報の通り、セシウムイオンを結晶内部にしっかりと捕獲する沈殿法を検討してきました。

本研究グループは、これまでジャングルジム構造(図1)を有するプルシャンブルー類似体に着目し、系統的な研究を進めてきました。この化合物は、ジャングルジム内のナノ空間にアルカリ金属イオンや水分子を收容することができます。そこで、遷移金属イオンの大きさを利用してジャングルジムの大きさをセシウムイオンの大きさ(1.74 オングストローム)に合わせることにより、セシウムイオンを高効率で捕獲できないかと考えました。その結果、 $Mn^{II}$ と $[Fe^{III}(CN)_6]^{3-}$ を組み合わせることにより、100ppm<sup>\*6</sup>のCs濃度を十万分の1(0.001ppm)まで低減することに成功しました。

しかしながら、現在問題になっている放射性セシウムの濃度は、0.01 -0.1 ppb といった低い濃度です。そこで、プルシャンブルー類似体が、実際に極微量な放射性セシウムイオンを除去できるかどうかを確かめる実験を行いました。

## 2. 研究内容と成果

実験方法を図2に示します。

1. 水溶液中に一定濃度(初期濃度)の放射性セシウムイオンを溶解する。
2. プルシャンブルー類似体の原料の正イオンと負イオンを、それぞれ、5mmol/L 加える。
3. 沈殿物を除去する。
4. 処理前と処理後の放射線量を計測する。

放射性セシウムの溶解している水溶液(放射能 2300Bq/L)を準備(図3右)しました。この水溶液のセシウムイオン濃度は、0.07ppb となります。この水溶液に、負イオンとしてフェリシアンイオン( $[Fe^{III}(CN)_6]^{3-}$ )、正イオンとして二価のマンガンイオン( $Mn^{II}$ )を加えました。沈殿物を濾過・除去して水溶液の放射能を計測しました。その結果、放射線量が 2300 Bq/L から 0.57 Bq/L まで低減(図4)することがわかりました。

図5に、前回の結果と今回の結果をまとめました。マンガンプルシャンブルー類似体は、極微量の放射性セシウムであっても、極めて高効率で除去することがわかりました。

### 3. 今後の展開

本研究においては、マンガンプルシアンブルー類似体を用いて、水溶液中に溶けている極微量の放射性セシウムイオンを高効率で除去することに成功しました。今後、本研究グループでは、プルシアンブルー類似体の性能を活かした放射能低減技術の開発を目指します。

### 4. 参考資料

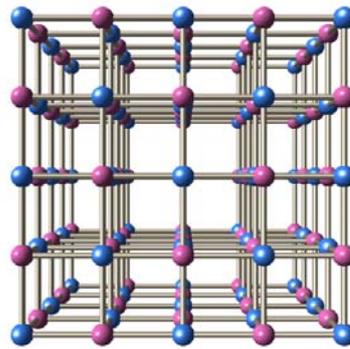


図1: プルシアンブルー化合物のジャングルジム構造。赤丸と青丸は遷移金属、棒はシアノ基を示す。

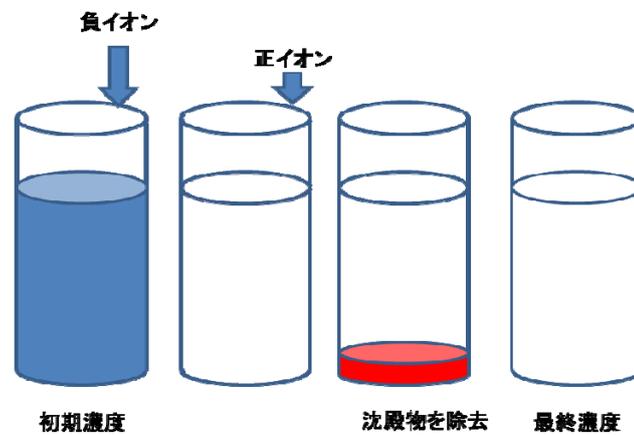


図2: 実験方法の概念図。水溶液中に一定濃度(初期濃度)の放射性セシウムを溶解する。プルシアンブルー類似体の原料の $[\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CN})_6]^{3-}$ と $\text{Mn}^{\text{II}}$ を、それぞれ、5mmol/L加える。Tiin 沈殿物を除去する。処理前と処理後の放射線量を計測する。

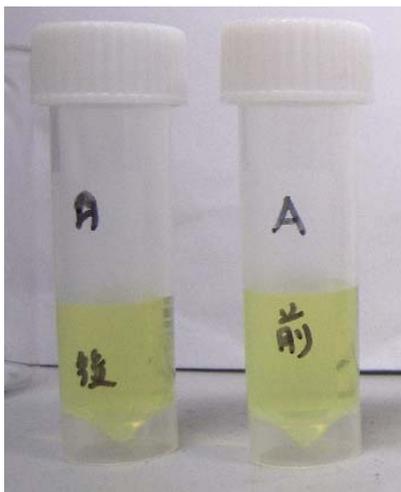


図3: 処理前(右)と処理後(左)の放射性セシウムイオン水溶液。黄色は、あらかじめ溶解させている $[\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CN})_6]^{3-}$ の色である。

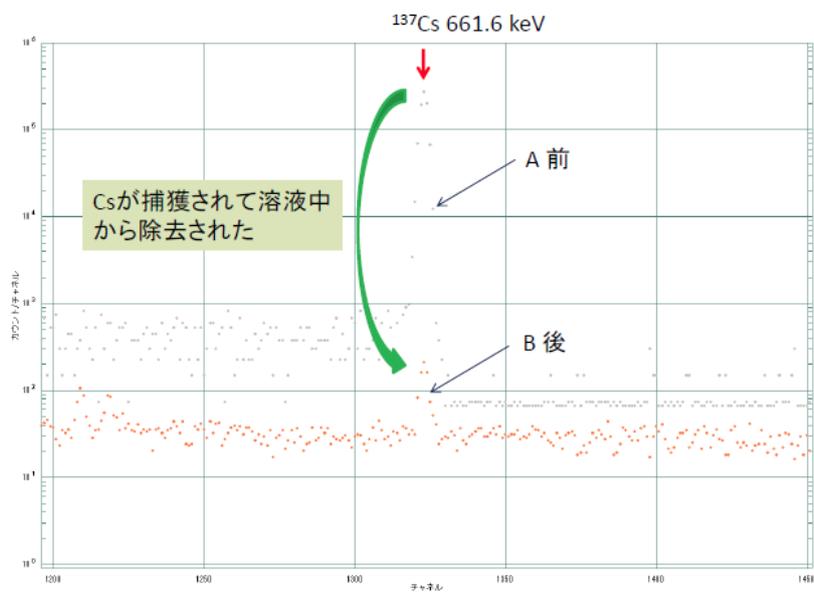


図4: プルシャンブルー類似体処理による放射能の低減。

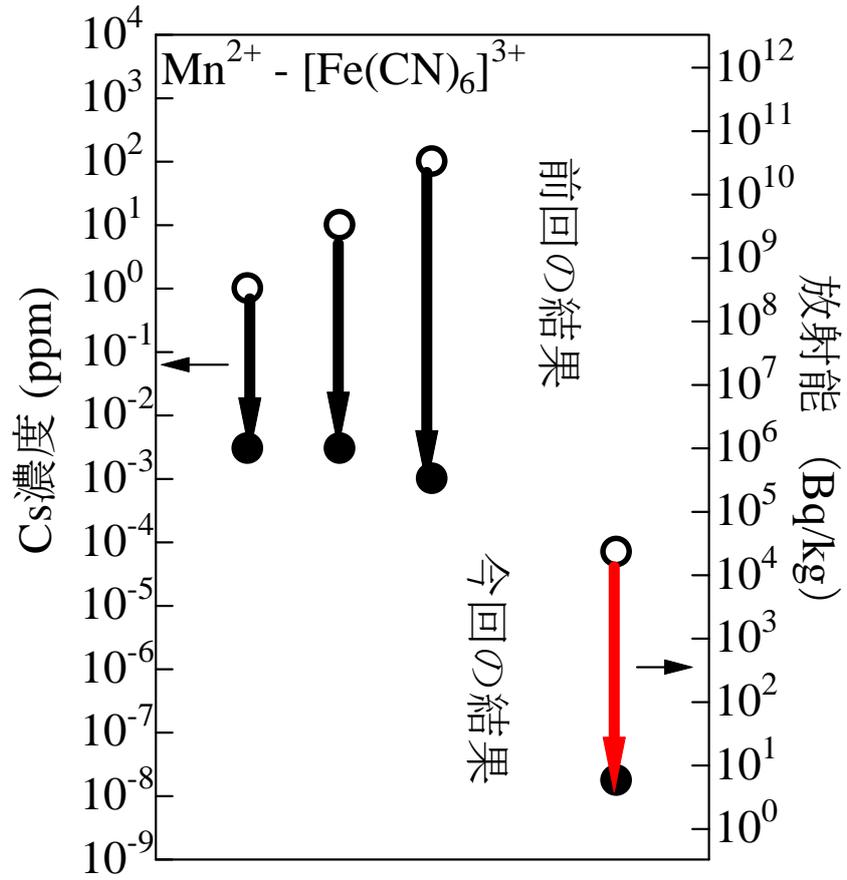


図5: 処理前(○)と処理後(●)のセシウム濃度。今回の実験により、我々の手法が現実の放射性セシウム汚染濃度に対して有効であることが実証された。

## 5. 用語解説

### ※1 プルシアンブルー類似体

プルシアンブルーは、金属イオンである $\text{Fe}^{\text{II}}$ イオンと $\text{Fe}^{\text{III}}$ イオンがCN(シアノ)基によって交互に架橋したジャンゲルジム構造をしている。この金属イオンを他の遷移金属イオンに代えたものがプルシアンブルー類似体と呼ばれている。

### ※1 ppb

1 リットル(1kg)の水溶液中にセシウムイオンが 10 億分 1( $1\mu\text{g}$ )溶けている濃度。本実験の場合は、セシウムは放射性( $^{137}\text{Cs}$ )なので、およそ 2300 Bq/Jg の放射能を示す。

### ※3 沈殿法

水に溶けないセシウム化合物を析出することにより、水溶液中のセシウムイオンを除去する方法。

### ※4 イオン交換法

セシウムイオンを別のイオンと入れ替えることにより、水溶液中のセシウムイオンを除去する方法。

### ※5 吸着法

セシウムイオンをナノ粒子の表面に付着させることより、水溶液中のセシウムイオンを除去する方法。

### ※6 ppm

1 リットル(1kg)の水溶液中にセシウムイオンが 100 万分 1(1mg)溶けている濃度。

## 6. 発表者

守友 浩(モリトモ ユタカ)

筑波大学・数理物質系 教授