

土壌の放射能汚染の環境鉱物学的検討 (その3): バクテリアによる Cs 吸収の透過電顕観察

赤井 純治

1. バクテリアによる Cs 吸収の電顕観察

その2の報告で、バクテリアによる Cs 濃集がありうることを指摘しましたが、今回、それを、実験により確認できました。

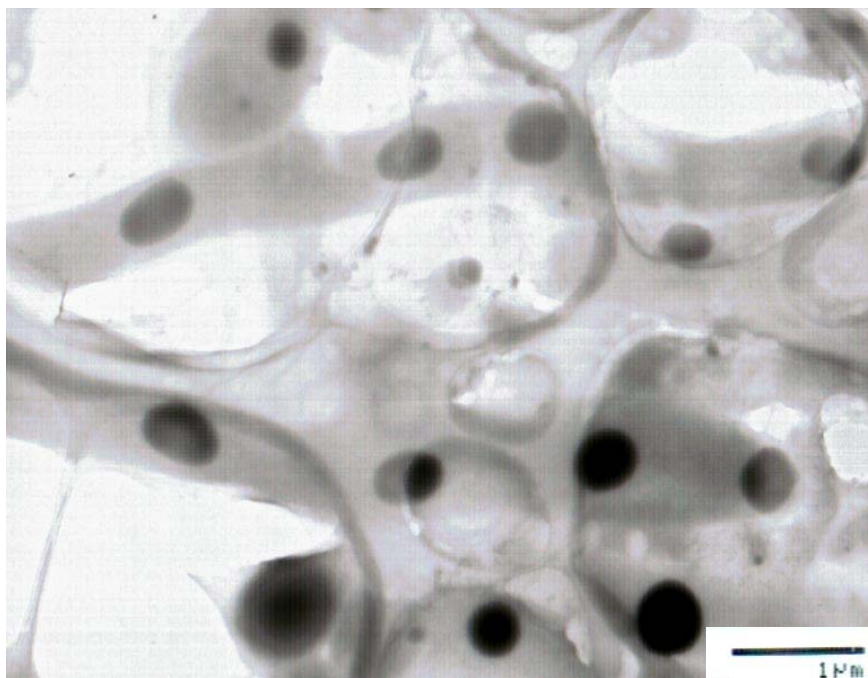
現地試料そのものにおいて確認を試みていますが、Cs 濃度としては極めて低い為か、透過型電子顕微鏡の EDS (元素分析の装置でエネルギー分散型スペクトロメータ) 分析では検出できていません。そこで、より高濃度の人工的な Cs 溶液を準備し飯館村の側溝ホットスポットのバクテリアを付加、さらに桜井培地成分を添加した条件で培養、Cs が濃集しているバクテリアの電子顕微鏡写真をとる事ができました。現地性バクテリアが Cs を吸収しうることを示したことになります。

実験条件は以下の通り。

- 1) 塩化セシウムの溶液を準備、セシウム濃度 1% の溶液 10cc
- 2) バクテリア源として、飯館村の側溝のホットスポットの泥の付着した枯葉を 1g 程度
- 3) 桜井培地成分を少量添加 (桜井培地はグルコース、ポリペプトン、イーストエクストラクトから成る)

これらをシャーレに入れ、5日間、室温で放置。この溶液から一滴を吸い取り、マイクログリッド上に滴下、透過電子顕微鏡にて観察しました。

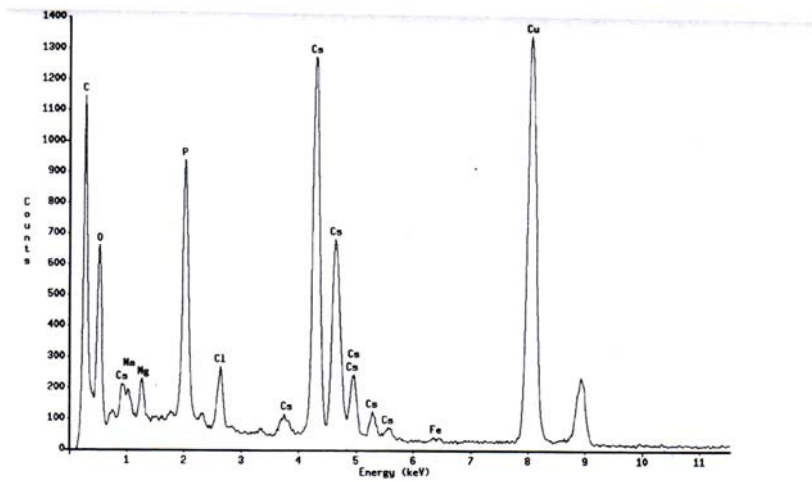
電子顕微鏡写真では、マイクログリッド上に多くのロッド状バクテリア (桿菌) がみられ、中に黒くみえるのは、バクテリア体内に含まれる顆粒状物質です。EDS 組成分析と付き合わせると、ここに特に Cs が濃集しています (EDS 分析スペクトル A)。顆粒の多くが $0.5\mu\text{m}$ 前後のサイズで、その成分として特に Cs と P のピークが強くて、恐らくセシウムのリン酸塩のようなものからできていると推定されます。



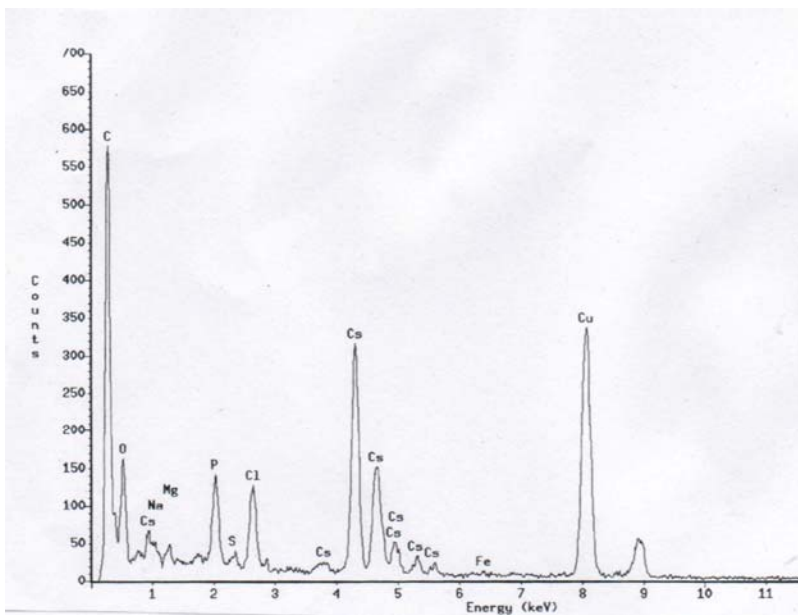
バクテリア本体にも Cs を吸収しています (B)。その他、の組成としていずれの場合も、S、Cl、Na、Mg 等もわずか含まれます。(ピークのうち Cu は、試料を載せるメッシュ素材の銅で試料とは関係ないものと考えられる)

培養液そのものから吸い取りバクテリアだけの洗浄はできていないものであること、溶液成分そのものも高濃度でそれが水の蒸発により濃集している可能性もあることから、マイクログリッドその

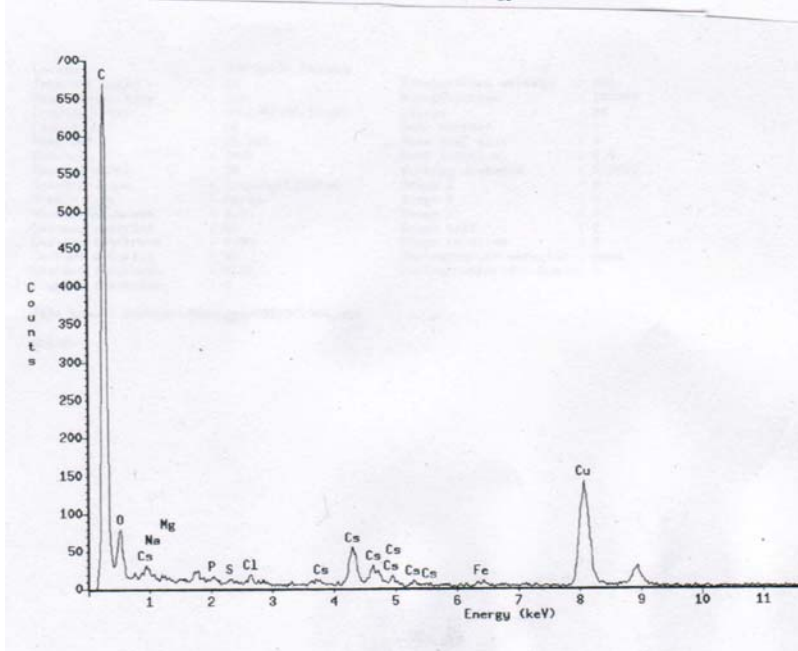
もの(C)に付着している塩化セシウムを確認すると、ここからはごく弱い検出で、バクテリア本体及び顆粒にCsが吸収されていることは明らかです。



A



B



C

考察:

今回は、人工的な Cs 溶液でしたが、現地試料そのものを使っての実験は継続中です。詳細な結果は続報しますが、現在のところ、現地試料そのものでも同様な顆粒をもつバクテリアがみられ、この顆粒は主に P と K、Ca 等を含む事が観察されています。この K の部分に、Cs が置き換わって入っていると考えることができ、今回の結果とは整合的です。

溶液状態で Cs が存在する環境場では、こういった現地性バクテリアが Cs を体内に吸収することが考えられます。枯葉他、有機物成分があるところに、より多く生育する可能性もあります。また、溶液状態でなく、鉱物に吸着している Cs をバクテリアが取り出す力があるかどうかは今後の検討課題となります。

そして、今回の結果は、現在もホットスポットの中にも、こういう形で Cs が保存され、存在している可能性があることを示唆しています。また、下水汚泥、浄水場凝集物の中にも存在している可能性もあります。

そうすると、フィルター等が大気中への放出を完全に防ぐなら別ですが、これらを焼却処理して燃焼によって、大気中に Cs が放散される恐れがないかどうか、検討が必要と思います。

焼却灰だけでなく、全体像のチェック、対処が必要と思いますので、関係各位に注意を喚起したいと思います。

下水汚泥処理の基準値が政府よりだされましたが、下水汚泥は毎日大量にでますし、焼却できないもの、焼却できるものも焼却灰に放射性物質が多く残ること、放射性物質を幾らかでも含む焼却灰でも引き取り先も少なくなると、これは、深刻な放射性物質の膨大な蓄積サイクル・再拡散サイクルになりうる可能性があります。

II. 付記:ホットスポットの捉え方

各所でホットスポットが問題となっています。広域ななかで捉えた高濃度領域と側溝などのごく局所でとらえた高濃度領域あわせて、ホットスポットと今は言われていますので、それにならってよぶこととします。

このホットスポットの理解のしかたについて、過日、新潟に福島から避難してきている人たちを対象にした学習講演会を行いました。そこででた質問等も踏まえての補足を、ここにまとめます。

ホットスポットをとらえ理解する上で、前回報告の(その2)に記したことが中心になります。つまり放射性物質、とくにセシウムについて、その不均一な分布をきめているのは、4つのプロセスです:①第一ステップ:原発から固体の微粒子として大気の流れによって拡散される過程(降雨の有無による不均分布も含む)、②第二ステップ:地上に降下して水に可溶性状態、水溶液として移動する過程、③第三ステップ:水溶液が鉱物(主に粘土鉱物/ふつうは粘土鉱物を多く含む土壌)に出会い、鉱物に吸着、蓄積される過程、④第四ステップ:その鉱物が自然の作用あるいは人為的要因で移動、変化、挙動する過程。これは主に、水、風、火の作用によります。水の作用とは、地質過程での運搬-堆積の過程として理解できます。

理解を深めるための例:

1) 雨樋の下の土壌に高濃度のホットスポットが生じる例

これは屋根に降下してきたセシウム等が②の水に溶ける状態になって、③の最初にてあう鉱物/土壌のところで吸着、蓄積、濃集してゆきます。ここで、線量計で $100 \mu\text{Sv/h}$ とかも記録されることもあります。たとえば、ここに $10 \mu\text{Sv/h}$ (A 地域) と $100 \mu\text{Sv/h}$ (B 地域) の場所があったとします。一般的には、 $100 \mu\text{Sv/h}$ のほうが非常に高濃度汚染のホットスポットということはまちがいありません。しかし現場をよくしらべて、以下のような可能性もありえます。つまり、この A B 両地域とも全体に降下した放射性物質は同じくらいの量であったけれども、このような違いが生じうることも考慮に入れる必要があります。たとえば、A 地域ではかなり大量の雨がいきなり降って、鉱物と反応する十分な時間がないまま流れていって雨樋直下では $10 \mu\text{Sv/h}$ しか濃集しなかったが、 $10 \mu\text{Sv/h}$ 、 $5 \mu\text{Sv/h}$ とかの値が雨水流路にそって長くつづくことがあります。または、土壌を構成している粘土鉱物種とその量に違いがあつて、A 地域では吸着の弱い粘土鉱物が主、あるいは粘土鉱物の量がすくないと、一カ所に集中的に濃集することもないかもしれない。逆に B 地点では、一カ所に Cs を吸着しやすい粘土鉱物が多く存在していて且つ、雨量が粘土鉱物に吸着させる反応に相応しい程度(少ない量)だと、雨樋直下の土壌に集中的に濃集していきます。こういう可能性を頭に調査することが肝要です。

2) 下水汚泥

これは上に触れたように、極めて深刻な例となります。まず汚泥とはなにか、また土壌とはなにか、をとらえておくことが重要です。汚泥、土壌とも、鉍粒子と有機物、微生物からなります。これらのそれぞれに、セシウム、あるいは他の放射性鉍物がどう結合するのか、明らかにすることが必要です。このうちの鉍粒子については、すべてわかってはいないけれども、セシウムをよく吸着するものはわかってきております。

有機物はまだ詳しくわかりません。私が予備的に実験した一例では強くは結合してないようでしたがひまわり等に吸収するといわれることから、結合するかもしれません。いま、実験/検討中です。

下水汚泥は、下水の流路で以上のものをわずかづつとりこんで、最終処理の沈殿槽などに溜まると思います。つまりこの過程で、鉍物に強く吸着されていくと考えられます。この結合の強さは非常につよく、焼却処理をして焼却灰に残るとは、それによると思われます。しかし、鉍物へ吸着したセシウムが 800℃-850℃くらいの温度で全く分離、離脱しないのか、ここも研究課題です。

3) 学校等の除染、校庭の表土をはぎとる措置。

鉍物への結合が強いなかでは、さしあたりは校庭表土をはぎとるのも一案と思います。福島市の学校校舎およびその周辺の除染について、テレビ報道されていきました。雨樋の下等の汚染の土壌 汚泥をとりのぞき、その後を高圧の水で洗浄しているように報道されていきましたが、その洗浄水が別なところにホットスポットをつくる可能性もあるのではという視点も考慮にいれる必要もあると思います。逆に 人為的にあとで回収できる”ホットスポット”ができるように 水の流れを工夫設計して高圧洗浄したらよいのでは、とも考えます。これは現場の状況をとらえないと、それ以上は言えませんが、福島市の担当者の方には、以上のこと一情報として、ご連絡しています。