

2013年1月23日

報道関係各位

～被災地・福島県いわき市久之浜町末続地区で実証～ 放射能汚染土壌改質に対する阿蘇黄土リモナイトの 放射線量低減効果の発見とその有用性

東京理科大学 科学技術交流センター (承認 TLO)

東京理科大学 理学部 応用化学科 矢島 博文 教授らの研究グループは、環境浄化作用等多様かつ有用な潜在能力をもつ鉄の酸化物を主成分とする阿蘇黄土リモナイト (LM、褐鉄鋼) が放射能汚染土壌における ^{134}Cs および ^{137}Cs 等からの γ -線に対し大きな遮蔽効果を有することを発見した。そして、それがリモナイトのもつコンプトン効果に基づくことを突き止めた。現在早急に解決しなければならない課題である「福島原発事故による汚染土壌改質」および「除染の際に出る放射性物質で汚染された土や原発ゴミの処理」、さらにはその先に予定されている「原子炉の廃炉処理」等において LM は非常に有用であり、LM の使用は、現行ならびに将来に向けての「東日本大震災からの復旧・復興計画」に寄与するとともにそのタイムスケジュールを早めさせるものと期待される。

1. 背景

矢島教授らの研究グループはこれまで、土壌改良剤として農作物や植物の生育、飼料添加剤として豚の健康維持や肉質改善、水質浄化剤として池・湖などの藻やアオコの除去、硫化水素やアンモニアガス等の有害物質に対し吸着剤の働き等多様かつ有用な潜在能力をもつ鉄の酸化物を主成分とする阿蘇黄土リモナイト (LM、密度約 3.5) の特性に注目し、その構造と機能に関する基礎研究を行ってきた。そのなかで、LM の地層下部の黒ボク土中に存在する有機物質である腐植物質 (HU) と LM の複合物質が環境有害物質の除染に対して有効な機能をもつとの知見を得た。このような LM の多機能かつ高密度 (通常土壌質の密度約 1.8~2.0 に比べ高い) の特性を踏まえ、LM の新たな機能発現を探るべく、放射能汚染土壌からの放射線量低減効果に対する応用を試みた。その実証実験を茨城県稲敷市の数か所のホットスポットにて放射能汚染された土壌に LM を散布し、空間線量の変化を数週間にわたり調べた。

原発事故が起きた 2011 年 3 月 15 日以後、放射性元素のうち、その放出量および放射線被ばくの面から、ヨウ素-131 (^{131}I , 半減期 8.0 日)、セシウム-134 (^{134}Cs , 半減期 2.1 年)、セシウム-137 (^{137}Cs , 半減期 30.2 年) が報道機関により取り上げられた。中でも半減期から ^{134}Cs および ^{137}Cs は

注目された。 ^{134}Cs からは605keVおよび796keVの γ -線、また ^{137}Cs からは662keVの γ -線が放射される。この知見を受け、空間線量の変化とともに γ -線のスペクトル測定を行った。また、放射線量に対するLM散布量の厚さの効果について調べた。

2. 成果

実証実験の結果、茨城県稲敷市のいずれの箇所においても、LMの散布前後において、空間線量は急激な低下を示し、その値は継続した。うち、中山地区においては、LMを 1m^2 に厚み2cmに散布し、地表測量の結果、 $0.58\ \mu\text{シーベルト}/\text{毎時}$ から国が定めた除染ガイドライン基準値($0.23\ \mu\text{シーベルト}$)以下の $0.15\ \mu\text{シーベルト}/\text{毎時}$ に低下し、現在も線量は安定している。

一般に、 γ 線と物質の相互作用には、下記の3つの効果が関与している。

- ① 光電効果：低エネルギーの γ 線が物質中で軌道電子に全エネルギーを与えて消滅し、代わりにその電子を放出させる過程
- ② コンプトン効果：光子と物質中の電子との弾性衝突による散乱過程で、電子の結合状態にほとんど左右されず、電子密度だけに依存する。
- ③ 電子対生成：高エネルギーの γ 線が原子核や電子のつくる電場の中で消滅して一対の e^+ と e^- を生成する過程

γ 線の減衰係数 μ は、それぞれの過程に対応する減衰係数を足したものとして表される。すなわち光電効果、コンプトン効果、電子対生成の各過程に対応する減衰係数をそれぞれ μ_{ph} 、 μ_{comp} 、 μ_{pair} とすると、 μ は次のように表される。

$$\mu = \mu_{\text{ph}} + \mu_{\text{comp}} + \mu_{\text{pair}}$$

これら三つの相互作用のいずれの場合にも原子から電子が放出される。放出された電子はさらに物質と相互作用を起こして、もっていたエネルギーを失う。このとき起こる相互作用としては、電子と物質の相互作用がそのまま該当する。そのため、 γ 線と物質との相互作用に関わるこれら3つの効果の大きさは原子番号に依存する。

放射性元素のセシウムからの γ 線のエネルギーから、 γ 線の吸収過程はコンプトン効果が主要因であり、リモナイト中の金属成分のうち70%近くを占め、原子番号が最も大きい鉄成分が γ 線吸収効果に対し大きな役割を担っていると示唆される。

コンプトン効果に対する特性評価として、Ge半導体型 γ 線検出器を用いて、福島県相馬郡飯舘村より採取した土壌に対してLMの γ 線に対する質量吸収係数を評価するとともに、その理論解析により、LM散布量の厚み2cmに対する γ 線の減衰率は約65%となるとの定量的裏付けが得られた。

3. 今後への期待

大きな放射線量低減効果をもつLMの使用の最大の目的は、言うまでもなく「東日本大震災からの復旧・復興」にある。現行、放射能汚染土壌改質に向けては、セシウムの吸着に効果があると言われている「ゼオライト」が除染作業において使用されている。ゼオライトにより、農作物等へのセシウムの移行は相当量抑えられるものと予想されるが、ゼオライトによる放射線量の減衰の効果は認められていない。また、土壌に一旦吸着されたセシウムはゼオライト等では脱離し

にくく、そのように強く吸着されている状況では、セシウムによる除染効果はきわめて限定的だと考えられる。

そこで、一つの提案として、放射能汚染土壌改質に向け、現状で広く行われている「セシウム吸着土壌からの溶出・置換効果」および「セシウムの農作物等への移行抑制効果」は引き続きゼオライト散布およびカリウム施肥によることとし、加えて「セシウム放射線遮蔽効果」が高いリモナイトを散布する。これによって、いかなる場所でも年間 1mSv 以下の環境を直ちに実現できると確信する。さらに、LM と黒ぼく土（腐植物質）との複合化によるセシウムの固定化と肥沃化、および放射線量の劇的低減効果が期待できる。

今後の課題として、

- ① 焼成等により LM の特性改質（密度、酸化物組成、空孔サイズ等）を行い、遮蔽効率の向上を検討する。
- ② リモナイトのセシウム放射線遮蔽効果に対する理論的特性解析
- ③ リモナイトの散布方法と施工方法を検討する。ホットスポットの放射線量に適合した散布層の面積、厚み、場所、測量位置・高さの最適化を図る。
- ④ 以上の成果をもとに、除染による汚染土壌や原発ゴミ処理および今後予定されている「原子炉の廃炉処理」と「再生」に対して放射能の封じ込めを検討する。

【本件に関するお問い合わせは下記にお願いいたします】

●東京理科大学 理学部第一部 応用化学科
教授 矢島 博文
TEL:03-5228-8705, FAX : 03-5261-4631
Email: yajima@rs.kagu.tus.ac.jp

○東京理科大学 産学官連携課
TLO 企画管理部門
TEL:03-5228-8090 (1866), FAX:03-5228-8091