

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 30 日現在

機関番号：34104

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25560060

研究課題名(和文) 農海産物のセシウム濃縮機構解明と体内吸収制御

研究課題名(英文) Mechanism of cesium accumulation in agricultural materials and tissues

研究代表者

井上 正康 (Inoue, Masayasu)

鈴鹿医療科学大学・薬学部・客員教授

研究者番号：80040278

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：放射性セシウム(Cs)が玄米などの農産物及び海藻などの海産物に移行蓄積する事が知られている。Csはカリウムなどと同様に1価カチオンとして挙動するが、他のアルカリ金属よりも負荷電分子群と安定な錯体を形成しやすい。このような物理化学的性質がCsの農地への長期蓄積及び農産物や海産物への移行濃縮機構の重要な分子基盤であるとの作業仮説の基にCsと玄米や茸類でのCs結合状態を生化学的に研究した。Phytinaseを用いた生化学的解析の結果、セシウムが玄米のフィチン酸リン酸部位に結合する可能性が明らかになった。玄米を健康食として好む消費者も少なくないが、セシウム汚染の不安が有る場合には精米食が推奨される。

研究成果の概要(英文)：After the accident of the Fukushima atomic plant in 2011, huge amounts of radioactive materials were scattered in and around the Tohoku area and, hence, radioactive compounds with long life-time, such as cesium, contaminated in its environment. Although cesium has high affinity to anionic compounds in rice, mushrooms, and sea foods, and forms highly stable complexes with them, the mechanism of and the method to regulate the strong binding of cesium remains unknown. The present work was carried out to clarify the mechanism of and the method to regulate the strong binding of cesium to agricultural materials, such as rice and mushrooms. Biochemical and kinetic analysis revealed that cesium strongly bound to negatively charged phosphoric ligand in phytic acid in unpolished rice and suggested that it would be better to eat polished rice rather than unpolished one if contamination of cesium is highly suspected.

研究分野：生化学・分子病態学

キーワード：放射線障害 活性酸素 セシウム 原子力発電所 農産物汚染 魚介類汚染 健康被害 風評被害

## 1. 研究開始当初の背景

放射性セシウム(Cs)が粘土層状珪酸塩鉱物に強く結合する事や玄米などの農産物及び海藻などの海産物に移行蓄積する事が知られている。

前者から後者への移行濃縮機構及び人体への Cs 蓄積を抑制する制御法は不明である。Cs はカリウム(K)などと同様に 1 価カチオンとして挙動するが、極めて大きな原子量とイオン半径を有する Cs は他のアルカリ金属よりもファンデルワールス力が強く配位数が多い傾向により負荷電分子群と安定な錯体を形成しやすい。事実、本特性は大量の K イオン中から放射性 Cs を分離する方法に利用されている。このような物理化学的性質が Cs の農地への長期蓄積及び農産物や海産物への移行濃縮機構の重要な分子基盤である可能性が高い。本申請者は、放射性 Cs と安定な錯体を形成する食物中負荷電分子群の同定及びその結合動態の制御法開発が農産物や海産物(玄米、茸類、海藻等)への Cs 移行濃縮と人体への蓄積を抑制する為の基本戦略になるとの作業仮説を提唱してきた。

## 2. 研究の目的

2011 年の東日本大震災による福島原子力発電所の事故に伴う放射性物質の汚染は、被災地での実害や風評被害も含めて全国的に深刻な問題となっており、国家としての社会的経済的損失も極めて大きい。特に、農産物や海産物及び生活環境への放射性物質汚染は国民にとって大きな不安要因となっており、その実態を科学的に解析してリスクを回避する方法の開発と正確な情報に基づく適切な国民教育が緊急の課題となっている。本研究は、日本人の主食である米および常食される農産物や海産物への放射性セシウム(Cs)の移行濃縮機構を明らかにすると同時に、食物中 Cs の体内蓄積を抑制する方法を確立することを目的とし

て行われた。

## 3. 研究の方法

1) 放射性 Cs と粘土粒子との結合乖離特性を解析し、それを制御する方法を探る。これにはゲル濾過法や遠心分離ビーズ法を用いた。

2) 放射性 Cs の玄米胚芽への移行濃縮を可能とする分子基盤を明らかにする。これは胚芽に多いフィチン酸のリン酸基と Cs との pH 依存性結合動態を解析し、前者の pK 値が結合に関与する可能性を検討した。この解析にはフィチン酸を特異的に分解するフィターゼを用い、リガンドの会合動態を解析した。

3) 放射性 Cs がどのような茸類のどの部位に蓄積されているかを解析し、Cs 分布動態とペクチンの分布特性との相関性を明らかにする。昆布やモズクに多いポリアニオンのペクチン、アルギン酸、及びフコダインと Cs との結合特性も解析した。

これには仙台周辺の里山や山林で採れる茸を用いる。又、亶理などの漁港で採れる魚介や海産物を分析対象とした。

4) 得られた結果を基に、土壤粘土層、玄米、茸類、海藻などに結合した Cs の結合動態を制御し、消化管からの吸収抑制と体外排泄を促進する方法の理論基盤を確立することを試みた。

## 4. 研究成果

1) 平成 23 年福島県産コシヒカリ(2 箇所)、同年同県産もち米(1 箇所)および平成 24 年同県産コシヒカリ(2 箇所)について、放射線量を測定した。放射性セシウムが検出された玄米は、平成 23 年産のコシヒカリ 1 箇所( $^{137}\text{Cs}$  32Bq/kg)および同年もち米( $^{137}\text{Cs}$  61Bq/kg)で、それ以外の玄米は検出限界以下であった。平成 24 年以降の玄米も全て検出限界以下であった。

2) もち米を精米したときの白米と米ぬかおよび玄米について  $^{137}\text{Cs}$  濃度を測定した結果、それぞれ 32.1, 196, 46.4 Bq/kg を示し、米ぬかに放射性セシウムが高濃度に蓄積していることが明らかとなった。

3) 米ぬかにおけるセシウムの蓄積状態を調べるために、pH, 温度およびフィターゼ処理の影響について調べた。pH3.0- 9.0 に調整したバッファーで米ぬかを一晩震盪し

たところ、pH 3.0 - 7.0 ではサンプルからバッファーに抽出される  $^{137}\text{Cs}$  割合( 57.0 - 58.2% )に変化は認められなかったのに対し、pH 9.0 では 45.2 %まで減少した。震盪温度を変化( 4~55 )させたときに抽出された  $^{137}\text{Cs}$  の割合は、温度上昇に伴って増加し、55 で最も高く( 78.7% )になった。さらに、米ぬかをフィターゼ添加バッファー( pH5.5、55 )で震盪したところ、バッファーのみと比較して抽出される  $^{137}\text{Cs}$  割合が 13.8%増加し、セシウムの一部がフィチン酸に結合して米ぬか中に蓄積していることが示唆された。

4 )平成 24 年に採取された 8 種類のキノコの放射性セシウムを測定したところ、ナメコ(  $^{137}\text{Cs}$  377 Bq/kg、 $^{134}\text{Cs}$  235Bq/kg )、ホテイシメジ(  $^{137}\text{Cs}$  286 Bq/kg、 $^{134}\text{Cs}$  185 Bq/kg )、ハツタケ(  $^{137}\text{Cs}$ 195 Bq/kg、 $^{134}\text{Cs}$  136Bq/kg )が高く、次いでサクラシメジ、オオモミタケ、オリミキ(  $^{137}\text{Cs}$  82 - 108 Bq/kg、 $^{134}\text{Cs}$  46 - 62 Bq/kg 以下)であり、最も低かったのはオオモミタケとハタケシメジ(  $^{137}\text{Cs}$  30Bq/kg 以下、 $^{134}\text{Cs}$  15Bq/kg 以下)であった。同キノコについて  $^{133}\text{Cs}$  濃度を測定したところ、オオモミタケ、サクラシメジ、ナメコおよびホテイシメジの  $^{133}\text{Cs}$  濃度が高く( 0.48-2.5 ppm、Iwabata, H.、オリミキ、ハツタケ( 0.05 - 0.12 ppm )、ハタケシメジ、ヤマブシタケ( 0.008-0.015ppm )の順に低くなり、放射性セシウムと安定同位体セシウムの間に関連は認められなかった。

5 )平成 25 年に採取された 4 種類のキノコについて放射性セシウムを測定したところ、ヒラタケのカサおよびナメコのカサとジクに放射性セシウムが検出されたが、いずれも 50 Bq/kg 以下であった。同キノコについて  $^{133}\text{Cs}$  濃度を測定したところ、ナラタケが最も高く、ナメコ、ヒラタケ、シメジの順となった。また、ジクに比べカサ

で  $^{133}\text{Cs}$  濃度が高かった。

6 )0~1.0 mg/kg の  $^{133}\text{Cs}$  を添加した菌床で栽培したシイタケについて、 $^{133}\text{Cs}$  の蓄積について調べた。菌床への  $^{133}\text{Cs}$  添加により、シイタケ中の  $^{133}\text{Cs}$  濃度は増加した。部位ごとの  $^{133}\text{Cs}$  濃度では、0.1mg/kg  $^{133}\text{Cs}$  添加区でカサの方が高い傾向を示したが、1.0 mg/kg  $^{133}\text{Cs}$  添加区ではジクの方が高くなり、平成 25 年度産のキノコと異なる傾向を示した。

5 )その他、巨理や気仙沼近海で得られた魚介類( サバ、ホタテ貝、牡蠣など)の放射性セシウムを測定したが、何れも測定限界以下のサンプルしか得られず、それ以上の解析は行えなかった。塩竈近海で採取された買いそうでも同様の測定を行ったが、何れも測定限界以下であり、それ以上の解析は行えなかった。

#### 5 . 主な発表論文等

( 研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線 )

[ 雑誌論文 ] ( 計 2 件 )

T. Maezawa, M. Yamanaka, S. Hashimoto, A. Amo, A. Ohgaki, Y. Nakaoka, A. Fukuda, T. Ikeda, M. Inoue, Y. Morimoto. Possible selection of viable human blastocysts after vitrification by monitoring morphological changes. Journal of Assisted Reproduction and Genetics. 2014 ; 31: 1099-1104  
Hashimoto S, Inoue, M., Inoue, T, Ito K, Nakaoka Y, Suzuki N, Morimoto Y. Neonatal outcomes after the implantation of human embryos vitrified using a closed-system device. Journal of Assisted Reproduction and Genetics, 2015, 32:521-526.

[ 学会発表 ] ( 計 4 件 )

M Inoue et al., Free Radical Theory of Reproduction and Ovarian Aging  
アジアフリーラジカル学会 2013 年 11 月 13 日 Changun University (Taipei)

M Inoue et al., Mitochondrial Theory of Reproduction and Aging

1qqqqEWqqqWWWWW;

国際フリーラジカル学会  
2013年11月13日 国際会館(京都)

井上正康 生殖医療におけるミトコン  
ドリアとフリーラジカルの役割(特別講演)  
日本エンブリオロジスト学会 2014年1月  
12日 ライフサイエンスビル(大阪)

井上正康ら 生殖現象と卵子老化にお  
けるミトコンドリアの役割(基調講演)  
第9回日本生殖再生医学会 2014年3月  
16日 国際会議場(大阪)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等  
<http://www.inouemasayasu.com/>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

井上 正康(鈴鹿医療科学大学・客員教授)

研究者番号：80040278

##### (2) 研究分担者

森本 素子(宮城大学食産業学部・教授)

研究者番号：30250301

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：