

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 5 月 19 日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25660117

研究課題名(和文) 森林エアロゾルの正体を探る-クモの巣を用いたパッシブサンプリング-

研究課題名(英文) Search on aerosols in forests - a trial of passive sampling using spider net-

研究代表者

竹中 千里 (Takenaka, Chisato)

名古屋大学・生命農学研究科・教授

研究者番号：40240808

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：福島第一原発事故により、多量の放射性Csが森林に沈着し、それらが再拡散していること、さらには森林の樹冠からの放射性Csの飛散は土壌からの飛散とは異なるメカニズムであることが示唆されている。このような森林エアロゾルの実態を解明することを目的として、現場での捕集にクモの巣を利用することを検討した。その比較として、カスケードインパクタで粒径別エアロゾル捕集も行った。

その結果、クモの巣はエアロゾル捕集に適切でないことが示された。またインパクタで捕集したエアロゾルにはさまざまな形態のものが確認され、Csボールらしき粒子も見出されたことから、これらが放射性Csの再拡散に関与していることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：A large amount of radiocesium was deposited on forests by the accident of FDNPP and the re-dispersion of radiocesium has been observed. In order to clarify the mechanism of re-dispersion of radiocesium as aerosol, I tried to use the spider net to collect them accompanying with the collection by a Cascade impactors.

As a result, I found that spider net was unsuitable for the collection of aerosols. But, I observed various kinds of aerosols by collecting the impactors. I also found particles looks like the cesium ball. It was suggested these various aerosol particles might be related with the re-dispersion mechanism of radiocesium in forests.

研究分野：森林環境化学

キーワード：放射性セシウム エアロゾル クモの巣 再拡散 カスケードインパクタ

## 1. 研究開始当初の背景

2011年3月の福島第一原子力発電所事故により、多量の放射性セシウムが森林に沈着した。事故後、さまざまな調査研究が実施されており、文部科学省が行った平成23年度科学技術戦略推進費「放射性物質による環境影響への対策基盤の確立-放射性物質の分布状況等に関する調査研究-」の報告書(平成24年3月13日プレス発表)では、「スギ若齢林、及び広葉樹混合林は、その他の土地利用区画と土壌における放射性セシウムの沈着量は変わらないものの、大気浮遊塵中に含まれる放射性セシウムの放射能濃度が高い傾向が確認された。このことは、樹冠からの放射性セシウムの飛散は土壌からの飛散とは異なるメカニズムであることを示唆している」と報告されている。樹冠から飛散する大気浮遊塵(エアロゾル)には、揮発性有機化合物(VOC)由来の化合物、花粉、さまざまな菌類の孢子などが考えられる。揮発性有機化合物(VOC)由来のエアロゾルに関しては、研究例が多いものの、それらはテルペンやイソプレンなどを主体とした化合物であり、放射性セシウムの飛散との関わりは考えにくい。また、申請者らは森林総合研究所との共同研究においてスギ花粉について測定を行い、花粉中に放射性セシウムが含まれていることを確認し、林野庁のプレス発表により公表している(林野庁HP)。しかしながら、スギ花粉による飛散は3~4月の一時的な現象であり、放射性セシウムを含むエアロゾルの全貌ではない。このような**森林エアロゾルの実態を解明し、放射性セシウムを含むエアロゾルの生成メカニズムを明らかにすること**は、汚染された森林の除染や今後の管理に向けて、非常に有用な知見をもたらすものである。

## 2. 研究の目的

本研究では、クモの巣の観察を中心にエアロゾルの性状を明らかにしていくことを目的とした。あわせて、インパクターによる粒径別エアロゾル採取を行い、森林内エアロゾルの実態を明らかにすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1)クモの巣採取

2013年8月21日および2014年9月27日に、福島県伊達郡川俣町山木屋地区の民家裏、高太子山の二次林縁において、ジョロウグモの巣を採取した。採取方法としては、1年目は、2枚の紙皿(直径22cm)でクモの巣をさみとる方法で、2年目は黒い下敷きではさみとる方法で採取した。

### (2)カスケードインパクターによるエアロゾル採取

2013年8月21日、10月21日および2014年9月27日に、福島県伊達郡川俣町山木屋地区の民家裏にカスケードインパクター(PIXE Cascade impactors、MODEL I-1, USA)

を設置し、それぞれ6時間、5.5時間および27時間、10L/minの吸引速度でエアロゾル採取を行った。空気の採取高は、地上1mとした。

### (3)観察

エアロゾルの観察は、デジタルマイクロスコブ(VHX-5000)およびSEM(HITACHI S-4200K)でおこなった。

## 4. 研究成果

### (1)クモの巣上のエアロゾル

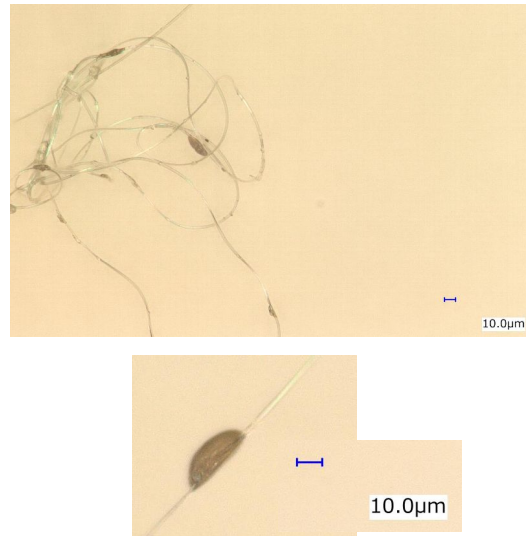


写真1. ジョロウグモの巣上の粒子

写真1に示すように、採取したジョロウグモの巣の糸上に見られる微粒子は、20~30µmほどの長さの紡錘形ものがほとんどであった。この正体は不明であるが、生物起源の物質のようである。また、放射能の測定をオートラジオグラフィにより試みたが、レベルが低すぎて測定できなかった。

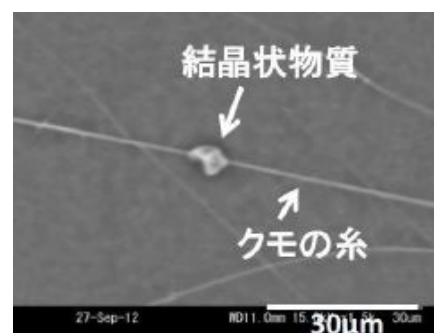


写真2. オニグモの巣上の粒子  
(名古屋大学キャンパス内で採取)

写真2に示すように名古屋大学のキャンパス内で採取したオニグモの巣上では、5µm程度の土壌粒子由来と思われる結晶状の物質が観察されているが、山木屋地区のジョロウグモの巣では認められなかった。

この原因としては、以下のことが考えられる。まず、ジョロウグモとオニグモでは、クモの巣の糸タンパク質が異なる可能性がある。タンパク質の種類によって、粘着性や強度などが異なることが知られているため (Brunetta & Craig, 2010)、糸に捕捉できる物質の選択性が異なることが推測された。また、名古屋大学キャンパスと、現在住民が避難している場の山林とは、かなり環境が異なるため、飛散している粒子の種類が異なることも理由として考えられる。

ジョロウグモの巣に捕捉されるクモのエサが、放射性セシウムを含んでいることは、Ayabe らの研究で明らかになっている。従って、巣の糸に付着している微小の粒子も放射性セシウムを含んでうる可能性も否定できない。

クモの巣で森林起源のさまざまな種類のエアロゾル採取ができるのではという仮説のもと観察を行ったが、結果、クモの巣はエアロゾル採取に適していないことが明らかとなり、以後、カスケードインパクターで採取したエアロゾルの解析を進めた。

## (2)カスケードインパクターで採取したエアロゾル

カスケードインパクターでは、次の7段階の粒子径におおよそ分けて採取することは可能である。Stage 7 : >16, Stage 6 : 16-8, Stage 5 : 8-4, Stage 4 : 4-2, Stage 3 : 2-1, Stage 2 : 1-0.5, Stage 1 : 0.5-0.25  $\mu\text{m}$ 。

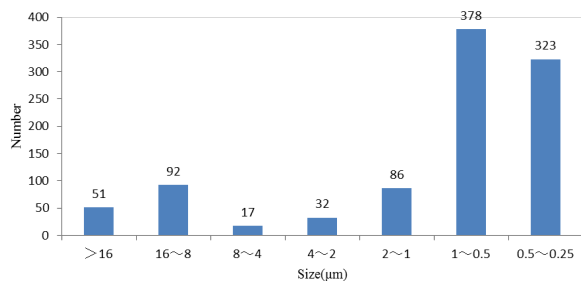


図1 .2013年8月に採取したエアロゾルの粒径分布

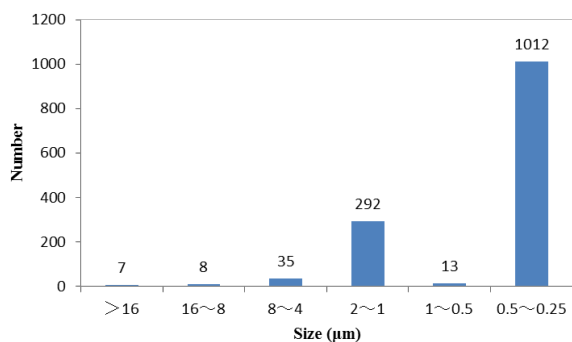
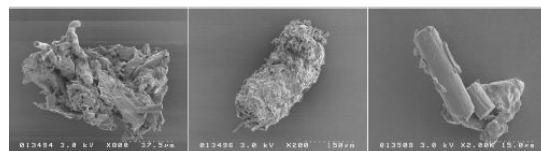
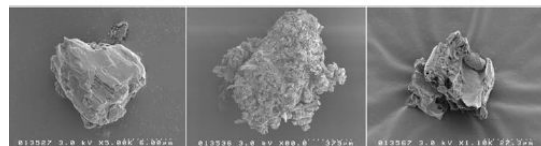


図2 .2013年8月に採取したエアロゾルの粒径分布

一般に、顕微鏡観察による形態と化学成分をもとに、エアロゾルの種類の判定(分類)が可能であり (Ebert et al., 2004)、各種エアロゾルのそれぞれの割合も計算することが可能である。次に各ステージの顕微鏡写真を示す。



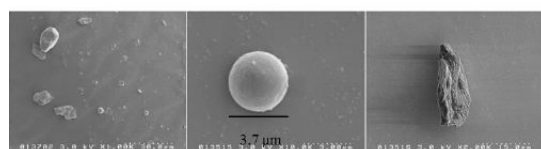
Stage 7



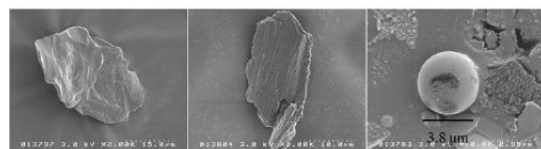
Stage 6



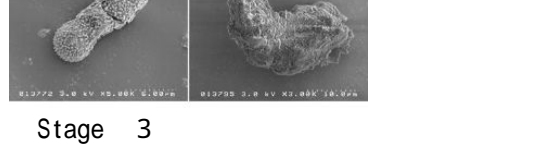
Stage 5



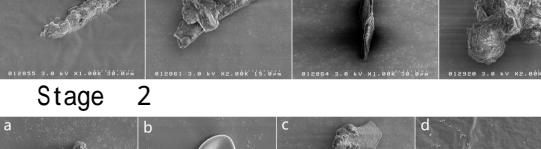
Stage 4



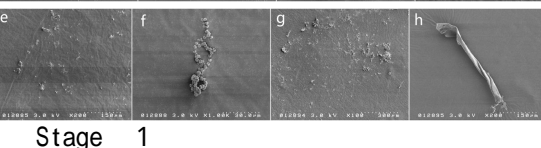
Stage 3



Stage 2



Stage 1



Stage 1

写真3 各ステージ上のさまざまな形状のエアロゾル

Stage 3, 4 に認められた球状の粒子は、Adachi et al (2013)で報告されている、通称セシウムボールと酷似している。今回のエアロゾル試料の球状物質についての元素分析は、現在、装置が故障中のためまだおこなっていないが、セシウムボールであることが判明すれば、事故直後に飛散したセシウムボールが再拡散していることになるため、なるべく早く結果を出したい。

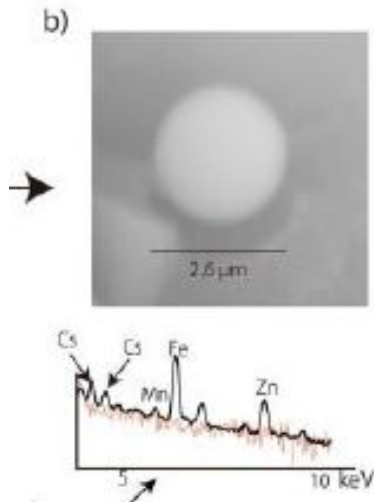


図4 . Adachi ら (2013) が報告しているセシウムボール

## 5 . まとめ

本研究での試みであったクモの巣でのエアロゾルの捕集は、適切な手法でないことが明らかとなった。しかしながら、カスケードインパクタで採取した森林内のエアロゾルには、さまざまな起源、形態のものが見出され、これらが放射性セシウムの再拡散の原因になっている可能性が示唆された。

個々の粒子は小さ過ぎて放射能の測定は不可能であるが、その起源をつきとめ、生態系内での循環を追跡することにより、森林からの放射性セシウム再拡散を抑止する手法を考えることが可能になるであろう。

## 参考文献

Adachi K, Kajino M, Zaizen Y, Igarashi Y (2013) Emission of spherical cesium-bearing particles from an early stage of the Fukushima nuclear accident. Scientific Reports 3 doi:10.1038/srep02554

Ebert, M., Weinbruch, S., Hoffmann, P., Ortner, H.M., 2004. The chemical composition and complex refractive index of rural and urban influenced aerosols determined by individual particle analysis. Atmospheric Environment 38, 6531-6545.

## 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 1 件)

1) Ayabe Y., Kanasashi T., Hijii N. and Takenaka C. (2014) Radiocesium contamination of the web spider *Nephila clavata* (Nephilidae: Arachnida) 1.5 years after the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident. Journal of Environmental Radioactivity 127: 105-110.

[学会発表](計 1 件)

綾部慈子、金指努、肘井直樹、竹中千里(2013) ジョロウグモ *Nephila clavata* への放射性セシウムの集積－微量元素との関係－日本森林学会

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

[その他]

ホームページ等

## 6 . 研究組織

(1)研究代表者

竹中 千里 (TAKENAKA Chisato)

名古屋大学・大学院生命農学研究科・教授

研究者番号：40240808