

# セシウムボールに注目した 環境中の放射性セシウムの分布と形態の解明

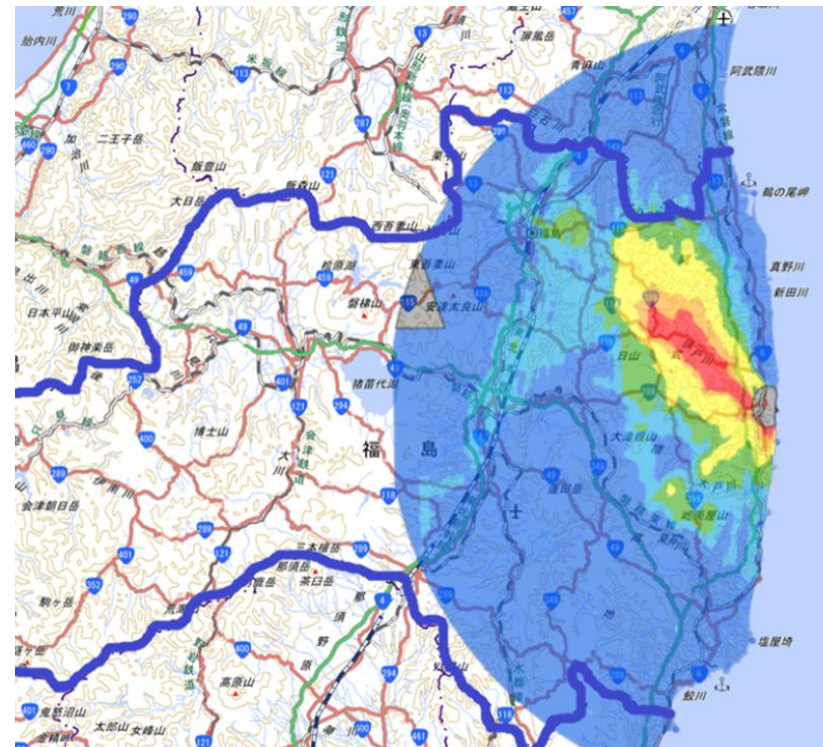
東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻  
修士1年 森井志織

# 研究背景

- 2011年3月11日、東日本大震災によって福島第一原発事故の発生  
発電用原子炉の水素爆発によって大量の放射性同位体が環境中に放出された
- 放出された放射性同位体：放射性ヨウ素、放射性セシウム
- 放射性セシウム ( $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ ) は半減期が長いため、現在も環境中に存在している

## < 放射性核種の半減期 >

$^{131}\text{I}$	8.04日
$^{134}\text{Cs}$	2.06年
$^{137}\text{Cs}$	30.2年



(MEXT)

# セシウムボールについての研究のはじまり

当初、事故由来の放射性セシウムはエアロゾル中に可溶体として存在していると考えられていた (Kaneyasu et al., 2012)



ところが・・・

初期の大きなプルーム時のエアロゾルサンプルフィルターから  
水に不溶である球形のセシウムの単体粒子  
Cs-bearing particle (通称：セシウムボール)  
の存在が明らかになった (Adachi et al., 2013)

# セシウムボールとは？

- ・  $\text{SiO}_2$ のアモルファス結晶をベースにCsやUなどの核分裂由来の放射性物質、FeやUなどの原子炉材料由来の金属などによって構成

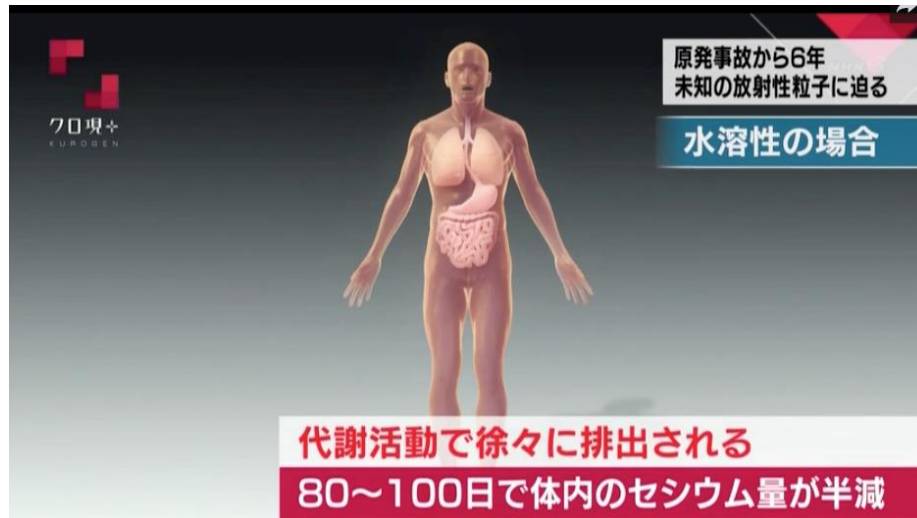
(Adachi et al., 2013、 Abe et al., 2014、 Furuki et al., 2014)

		不溶性放射性粒子		原発事故から6年 未知の放射性粒子に迫る
		Aタイプ	Bタイプ	
参考画像				
粒径		1~10マイクロメートル程度	数十~数百マイクロメートル	
放射能(1粒子)		1~数十ベクレル程度	数十~数千ベクレル程度	
形状		主に球形	主に非球形	
健康影響		肺に入る	皮膚などに付着	

セシウムボールの最大の特徴は水に不溶であること



体内に取り込まれた場合、  
鼻腔や肺などに吸着し長時間留まる  
局所的な内部被ばくの恐れ



放出された放射性セシウムがどのような形態であったか知ることは、  
地球科学的な観点からだけでなく、保健物理学的な観点からも重要

# 私の研究の概要

Ge半導体測定器を用いたマスクサンプルの  
放射性セシウム濃度の定量

↓  
イメージングプレートで放射性セシウム濃度の高い部分を探す

↓  
迅速分離法を用いたセシウムボールの単離

↓  
SEM-EDSによるセシウムボールの形状、構成成分の分析

↓  
セシウムボールを用いたその他の研究  
・放射光を用いたセシウムボールの分析  
・生体内への取り込みプロセスの研究

- ・ 2012年春に福島県在住の一般市民が日常生活で着用した不織布製マスクに付着した放射性セシウムを分析
- ・ 特にセシウムボールに注目する

<分析するサンプル>

- ・ 2012年春に福島県在住の一般市民が日常生活中に着用したマスクサンプル(Higaki et al, 2014)
- ・ 0.3  $\mu\text{m}$ 程までの粒子をフィルタリングすることができる
- ・ 1被験者あたり約56枚

# 研究の目的

## 事故から約1年後に使用されたマスクのサンプルを分析する

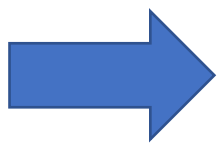
- ・ 過去のその時点で環境中に存在したセシウムボールについて知る
- ・ 事故から1年後の環境中の放射性セシウムの挙動や、再飛散の様子を知る

## マスク上の放射性セシウムを分析し、セシウムボールを単離する

- ・ 事故の際に放射性セシウムはどのような形態で放出されたのかを知る
- ・ 放出された放射性セシウムのうち、セシウムボールはどれほどの割合で含まれていたのかを知る

# 研究の特徴

- ・ 事故から約1年後の2012年春という、比較的早い段階の試料を用いている
- ・ 精度の高い着用記録が残されているマスクサンプルである
- ・ ただセシウムボールについて調べることができるだけでなく、着用者の実際の内部被ばく線量の評価に直結するデータを得ることができる



**将来的には避難区域の一時帰宅者のマスクの分析など  
室内汚染の分析等に応用することができる**

< 困難な点 >

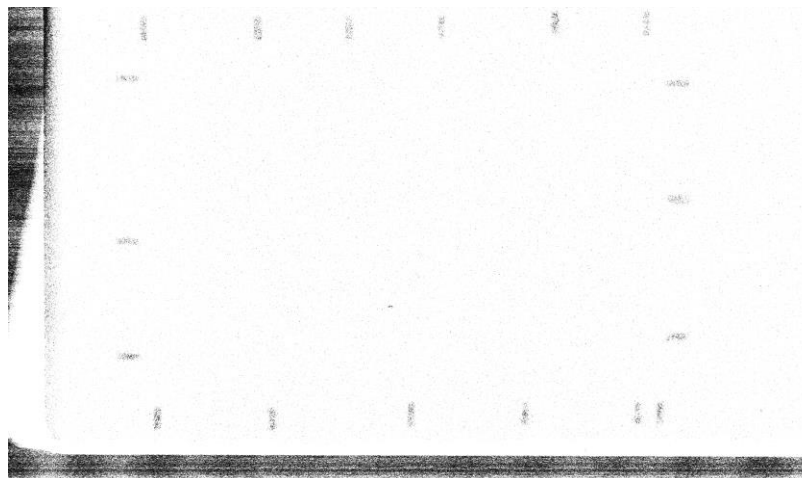
- ・ 放射エネルギーの多い土壌などと比べてセシウムボールが見つかりにくい  
だいたいマスク1枚当たり1 Bq以下



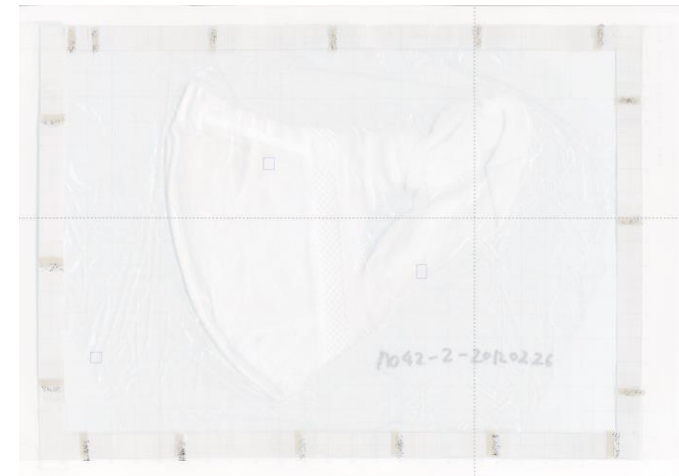
# イメージングプレート(IP)による スクリーニング



マスクサンプル



IPの画像

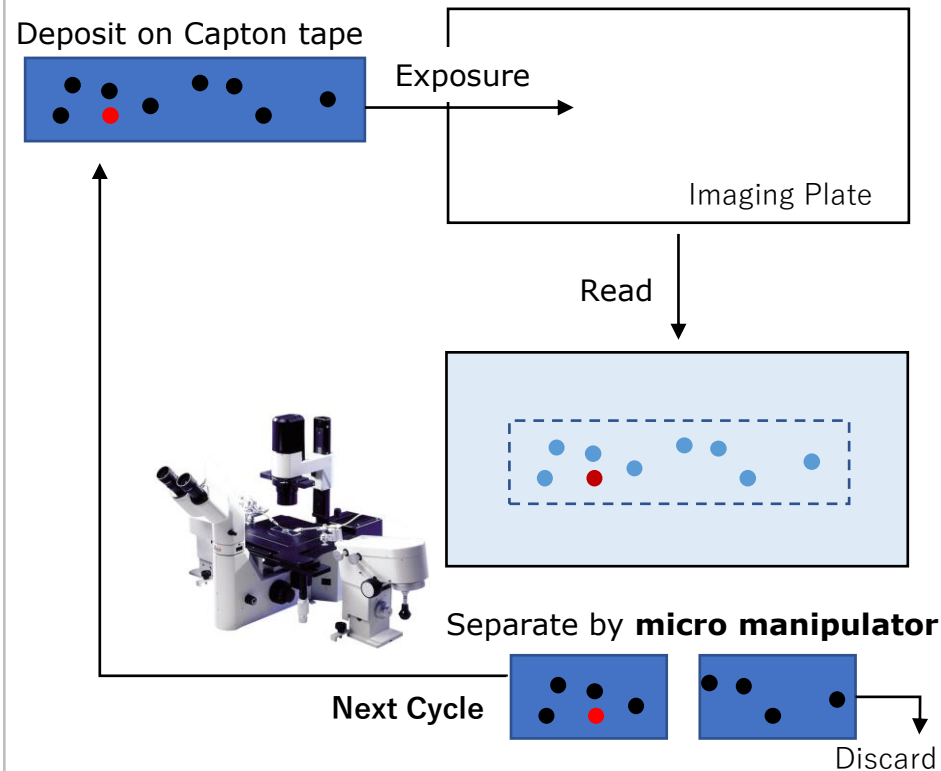


スキャンしたサンプルの画像と  
IP画像の重ね合わせ

# セシウムボールの単離作業

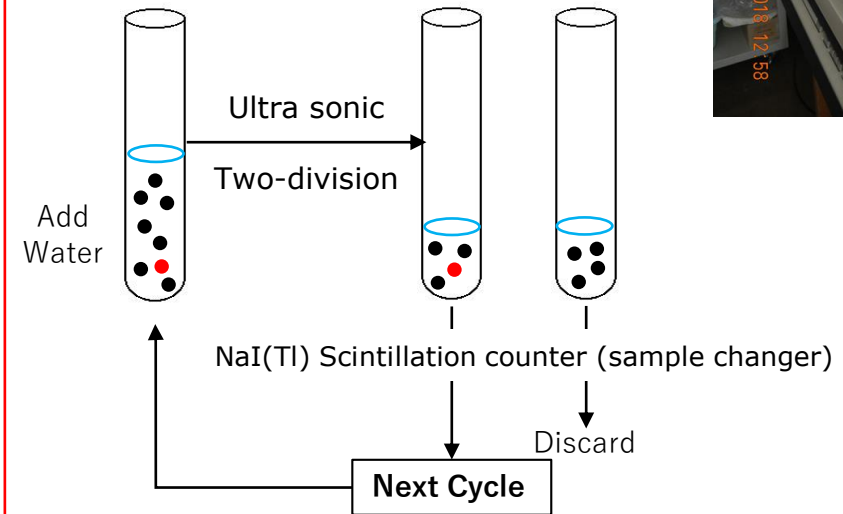
・ Radiocesium-bearing particles ・ Contaminated soil

## ▶ Old (Dry)

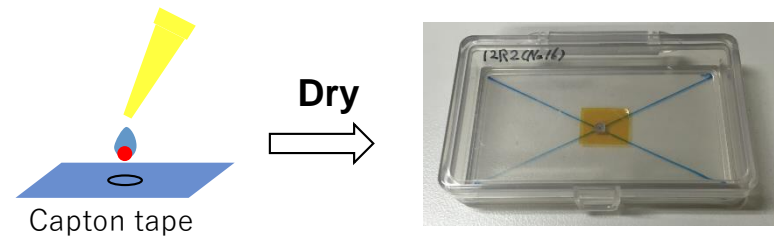


- IP exposure and reading: long time
- Handling micro manipulator is difficult

## ▶ New! (Rapid)



**Radiocesium-bearing particles is able to isolate shorter time than the old (dry) method**



# 現在の進行情報と今後の計画

Ge半導体測定器を用いたマスクサンプルの  
放射性セシウム濃度の定量



イメージングプレートで放射性セシウム濃度の高い部分を探す



迅速分離法を用いたセシウムボールの単離



SEM-EDSによるセシウムボールの形状、構成成分の分析



セシウムボールを用いたその他の研究  
・放射光を用いたセシウムボールの分析  
・生体内への取り込みプロセスの研究

**現在行っている段階**

3~4被験者のマスクについて分析したい

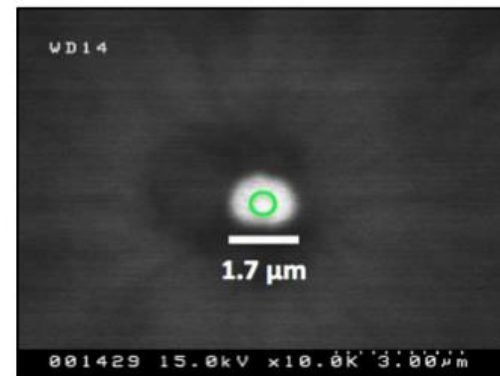
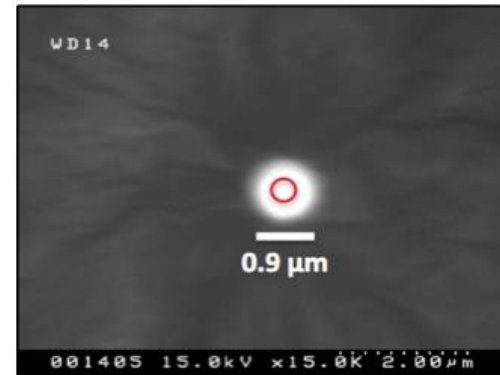
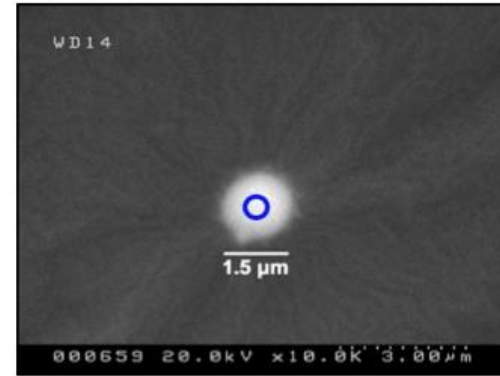
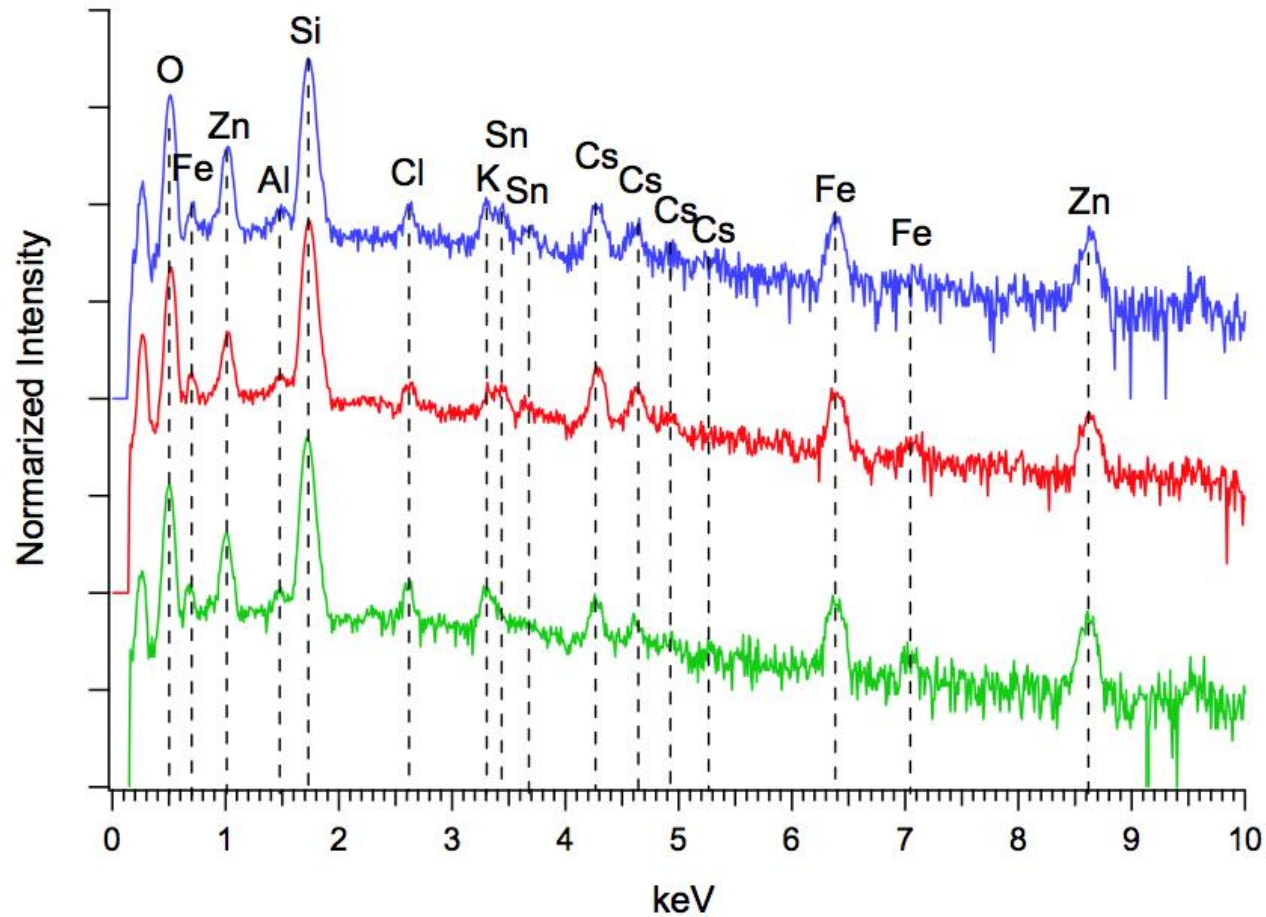
# 実例

- 2013年着用のマスクから発見されたセシウムボールの例

出典：桧垣ら、日本保健物理学会第50回研究発表会・日本放射線安全管理学会第16回学術大会合同大会(2017)



# 各粒子のSEM-EDS



# まとめ

- ・ 2011年3月の福島第一原発事故により、環境中に放射性セシウムが放出された
- ・ 放出された放射性セシウムの1つの形態として、水に不溶な粒子「**セシウムボール**」が存在することが判明した

研究では2012年春に福島県在住の一般市民が着用したマスクを

- ・ **放出された放射性セシウムの形態**
  - ・ **放出された放射性セシウムのうちどれほどの割合がセシウムボールであったか**
  - ・ **放射性セシウムによる内部被ばく線量の直接的な評価**
- 等に着目して分析する