



京都大学複合原子力科学研究所  
Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science,  
Kyoto University

第一種健康診断特例区域等の  
検証に関する検討会（第3回）

資料6

令和3年3月18日

# 厚労省による「原子爆弾の投 下に伴う放射性降下物の拡散 状況等に関する調査等一式」

## 中間報告

京都大学複合原子力科学研究所  
原子力基礎工学研究部門 放射線管理学研究分野  
五十嵐 康人

2021年3月18日

第一種健康診断特例区域等の検証に関する検討会（厚労省）資料一五十嵐

# 原子爆弾の投下に伴う放射性降下物の拡散状況等に関する調査等一式 仕様書抜粋

1. 調達件名 原子爆弾の投下に伴う放射性降下物の拡散状況等に関する調査等一式
2. 契約期間 契約締結日～令和3年3月31日
3. 事業の目的 原子爆弾の投下後の気象状況の検証や原子爆弾に由来する放射性降下物の拡散状況に関する調査に資するよう、気象状況に関する文献調査や精度の高い気象モデルの検討、予測モデルを踏まえた効果的な土壌調査の実施方策等に関する検討を行う。
4. 業務内容 本業務を受託した事業者（以下「受託者」という。）は、以下の業務を厚生労働省健康局総務課担当者（以下「担当者」という。）と調整の上進めることとする。

## （1）文献調査及び数理モデルの作成

原子爆弾の投下後の気象状況の検証に当たり、核爆発による放射性物質の拡散状況、大規模な爆発や火災が気象に与える影響等を考慮に入れた気象モデルの検討及び、原子爆弾投下時の陸面データの作成が必要になると見込まれることから、当該気象モデルの検討や陸面データの作成に必要な、ヨーロッパ中期予報センター（ECMWF）全球データを活用した気象予測に関する論文や1945年8月の広島地方の天気図や精密な地形図などの文献調査を行い、得られた文献やデータに基づき数理モデルを作成する。

## （2）土壌の採取方法の検討及び調査の実施

原子爆弾投下に伴う放射性降下物の拡散状況を分析するため、これまで累次にわたり土壌調査が行われているが、これらの分析結果を踏まえるとともに、将来的には上記の気象モデルの予測結果を考慮に入れることを前提とした上で、新たに土壌調査を行うべき地域の特定や効率的・効果的な土壌の採取方法の検討（試掘を含む）を行う。

**納入期限 令和3年3月24日**

なお、令和3年3月31日までに担当職員による検査に合格すること。

# 提案計画概要

## 【業務実施事業者名】

事業者名	住所	業務の範囲
京都大学複合原子力科学研究所	〒590-0494 大阪府泉南郡熊取町朝代西2丁目	(0) 全体を俯瞰した取り組み (1) 文献調査及び数理モデルの作成 (2) 土壌の採取方法の検討及び調査の実施 (3) 調査報告書の作成
広島大学大学院工学研究科	〒739-8527 東広島市鏡山一丁目4番1号	(1) 文献調査及び数理モデルの作成 (2) 土壌の採取方法の検討及び調査の実施 (3) 調査報告書の作成
長崎大学 原爆後障害医療研究所	〒852-8523 長崎市坂本1丁目12-4	(2) 土壌の採取方法の検討及び調査の実施 (3) 調査報告書の作成

## 【業務実施者構成】

とりまとめ：五十嵐康人 京都大学複合原子力研究所・教授  
分担：高宮幸一 同上・准教授  
分担：福谷 哲 同上・准教授  
分担：遠藤 暁 広島大学大学院工学研究科・教授  
分担：松田尚樹 長崎大学 原爆後障害医療研究所・教授  
分担：福田直子 長崎大学 原爆後障害医療研究所・技術専門職員

# 提案計画概要

(0) 全体を俯瞰した取り組み（担当者五十嵐、高宮、福谷）

- ・ レビュー会議の開催 過去研究の総括

(1) 文献調査及び数理モデルの作成（五十嵐、遠藤（広島大）+ 役務業者） 国立試験研究機関、国立研究法人、大学法人等の協力を追求

- ・ 爆発シミュレーションについての調査

- ・ 気象シミュレーションについての調査

- ・ 爆発と気象シミュレーションの結合可能性についての調査

- ・ 具体的に利用可能なモデルと結合条件について、次年度以降の本格計算に関する要領書—レシピの作成

(2) 土壌の採取方法の検討及び調査の実施（五十嵐、高宮、福谷、遠藤（広島大）、松田、福田（長崎大）+ 役務業者）

- ・ 文献調査+調査地点を数か所を選定

- ・ 試掘、試料採取の実施

- ・ 酸化ウラン、リフラクトリ炭素、重金属成分などの分離方法と同定方法の検討—レシピの作成

- ・ 光学顕微鏡、電子顕微鏡、同位体測定、Fission Track法などの検討—レシピの作成

# (0) 俯瞰的な取り組みーレビュー会議

過去の研究のレビュー：振り返りと総括に向けて



<http://www.hisof.jp/index.html>

**第一回 2021年1月27日(水)**

**9:30-9:40 趣旨説明 五十嵐康人**

**9:40-10:40 「黒い雨研究の歴史」 星正治 先生  
(広島大学名誉教授)**

**10:40-11:40 「広島原爆の爆発過程と気象シミュレーションへの原爆雲の初期条件」**

**今中哲二 先生 (京大複合研)**

**11:40-12:40 「HiSoFでの調査と気象シミュレーションについて」 青山道夫 先生 (筑波大アイソトープ環境動態センター)**

**12:40-13:00 総合討論**

**第二回 2021年2月3日(水)**

**9:30-9:40 趣旨説明 五十嵐康人 (京大複合研)**

**9:40-10:40 「長崎でのPu調査について」**

**島崎達也 先生 (熊本大学生命資源研究・支援センター)**

**10:40-11:40 「長崎原爆による広範囲のフォールアウトの可能性」**

**高辻俊宏 先生 (長崎大学 水産・環境科学総合研究科)**

**11:40-12:40 「長崎原爆由来のプルトニウムの時間的及び空間的分布」**

**國分陽子 先生 (JAEA東濃地科学センター)**

**12:40-13:00 総合討論**

**実施済**

# (1) 気象モデルに関する調査・数理モデルー 長期的な戦略を踏まえたレシピの構築



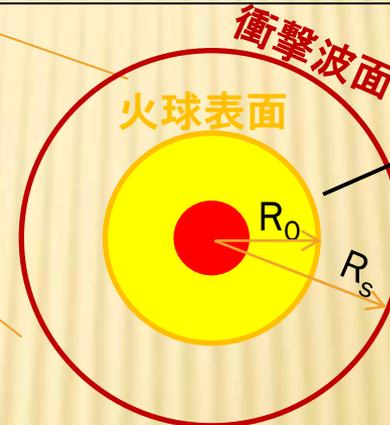
## 爆発モデル

Nevada test  
Buster-Jangle Charlie, 1950.10.30から引用

## レシピ構築中

①起爆前の周囲の密度、圧力、気温の分布  
⇒DS86, Vol.1, p.73, Table 2等を参照可能

②ある程度拡大した火球を初期値とした衝撃波伝播と火球の膨張・上昇のシミュレーション⇒LOS ALAMOSのBetheらによるLA-1020report(1947)等を参照



(10kt爆発の初期値例)

- ・密度=0.04kg/m<sup>3</sup>
- ・圧力37気圧
- ・温度49,000ケルビン
- ・速度は衝撃波前後の関係式で計算
- ・ $R_0=60\text{m}$ 、 $R_s=79\text{m}$  (LA-1020を参照)

④キノコ雲を形成する粉塵の追跡には、火山の噴煙のシミュレーション等で用いられる固気混相流の手法を用いる ⇒例えば鈴木“火山噴煙挙動の数値的研究”京都大学数理解析研究所講究録(2012)

③数値解法は、衝撃波を含む強い圧縮性と高温気体による実在気体効果を扱うため、高速流体の解析で多用される衝撃波捕獲法でシミュレーションを実施

⑤爆発モデルのアウトプットである、成長したキノコ雲における微粒子分布を気象モデルに受け渡し、雨雲の評価解析につなげる

# (1) 気象モデルに関する調査・数理モデルー 長期的な戦略を踏まえたレシピの構築

ECMWF ヨーロッパ中期予報センター

検索サイト...

ホーム 約 予測 コンピューティング 研究 学習

チャート | データセット | 予測の質 | ドキュメンテーション | 予測

ERA-20C

アーカイブデータセットへの  
アクセス

再分析データセット

- ERA5
- ERA-暫定
- ERA-暫定/土地
- CERA-SAT

ERA-20Cは、1900年から2010年までの20世紀におけるECMWFの最初の大気再分析です。これは、地表気圧と地表の海風のみ  
の観測を同化します。これはERA-CLIMプロジェクトの成果で  
す。

製品説明

ERA-20C再分析の構成は、Poli et al. に記載  
(2016)。

ERA-20CはIFSバージョンCy38r1で製造され  
ERA-20CMの最終バージョンと同じ表面お

レシピ構築中

気象場のデータ  
セット



1945年8月6日の  
地球全体の気象  
場を再現一数10  
km 程度の格子

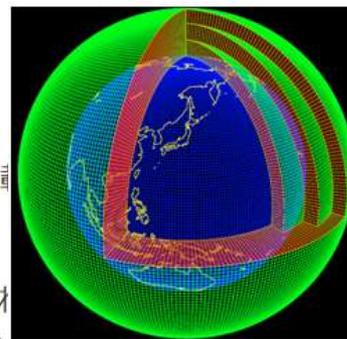


図1 数値予報に使う全球の格子

# (1) 気象モデルに関する調査・数理モデルー 長期的な戦略を踏まえたレシピの構築

## 気象庁メソモデル・局地モデル（非静力学モデル）

局地モデル： 水平格子間隔 5 km, 3時間ごと

メソモデル： 水平格子間隔 2 km, 毎時

粗い格子の中に細かい格子を置く=ネスティングと  
呼ばれる手法でより微小な領域を表現



SRFANL 2017/08/06 18:10Z FT= 0:00

RR10M

LEMFST 2017/08/06 18:00Z FT= 0:10

RR10M

MSMFST 2017/08/06 18:00Z FT= 0:10

RR10M

実際の観測

メソモデル

局地モデル

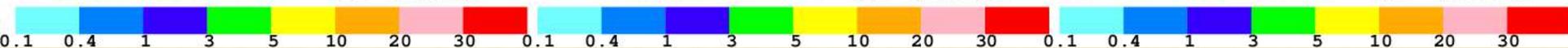
2017年8月7日の計算結果

気象庁ホームページより

RR10M CNT=0.1 0 1 3 5 10 20 30 MAX= 18.00 VALID= 08/07 03:10I

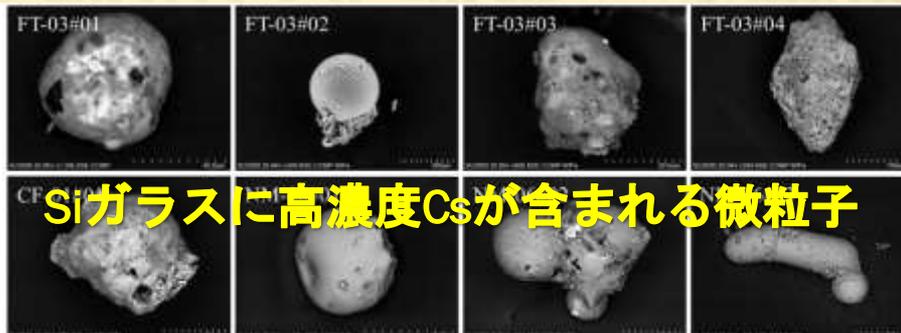
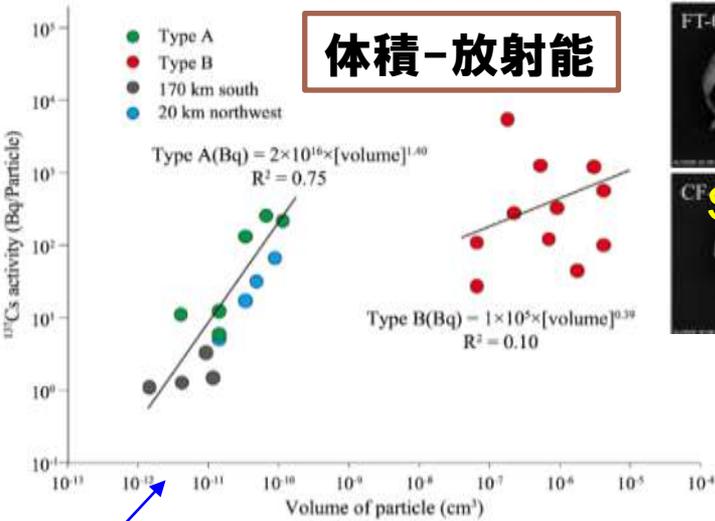
RR10M CNT=0.1 0 1 3 5 10 20 30 MAX= 36.75 VALID= 08/07 03:10I

RR10M CNT=0.1 0 1 3 5 10 20 30 MAX= 16.49 VALID= 08/07 03:10I



# (2) 放射性降下物の分布調査—予備土壌調査

## 体積-放射能



## Type B

Satou et al., 2018

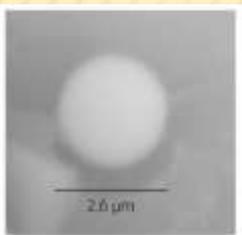
Siガラスに高濃度Csが含まれる微粒子



Miura, 2020

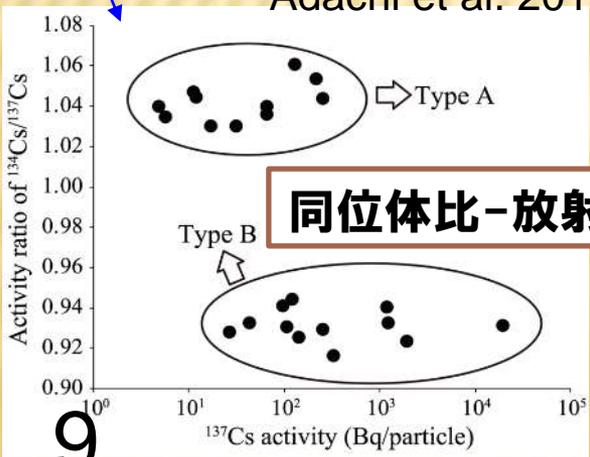
Satou et al. 2018

## Type A



Adachi et al. 2013

# 放射性微粒子の分離・観察技術を応用する



## 同位体比-放射能

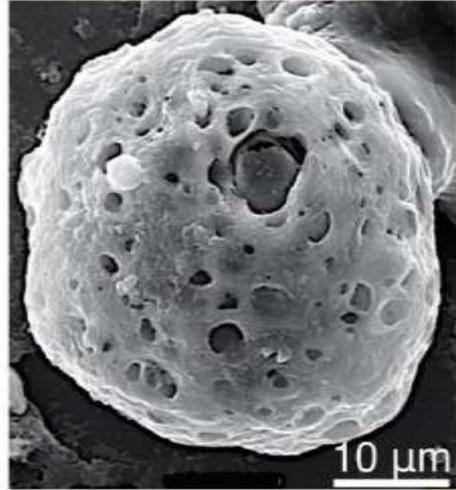
放出日	3月15日	3月12日
発生源	2号炉または3号炉	1号炉
比放射能	高い $10^{11}$ Bq/g	低い $10^8$ Bq/g
特徴的含有元素	Fe, Sn, Cl, Cs	Na, Mg, Ca, Ba
共通する元素	Si, O, Zn	Si, O, Zn

Satou et al. 2018 を一部改編 8

# (2) 放射性降下物の分布調査—予備土壌調査

酸やアルカリにも耐える炭素の微粒子

球状炭化粒子の電子顕微鏡写真



石炭・石油燃烧起源

大規模森林火災起源

堆積物中の微粒炭の光学顕微鏡写真

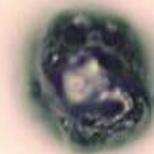
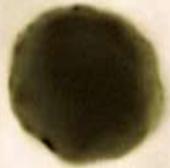


井上ほか、2014

## 炭素微粒子の分離・観察技術を応用する

井上、北瀬(村上)、2010

(a)



球状炭化粒子の光学顕微鏡写真

50 μm

湖底堆積物等には種々の燃烧起源炭素微粒子が存在

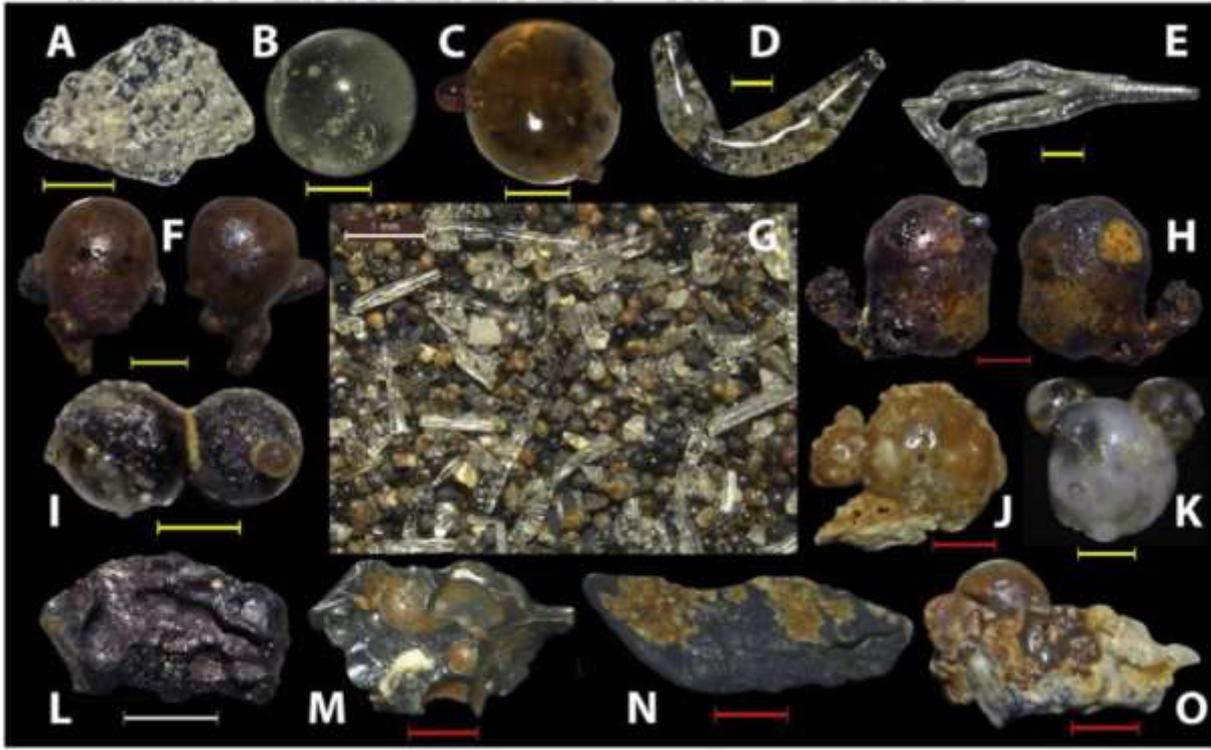
# (2) 放射性降下物の分布調査—予備土壌調査

## 熔融生成物微粒子に関する知見

球状のガラス、球状の鉄  
など金属、複雑な混合物



- 本当に原爆による熔融生成物なのか
- このような微粒子は他の地点でも見つかるのか



熔融して生成したと推定される微粒子の光学顕微鏡写真

Wannier, M. M., et al. Fallout melt debris and aerodynamically-shaped glasses in beach sands of Hiroshima Bay, Japan. Anthropocene, 2019.



元宇品の海岸線で採取した海砂から分離

# (2) 放射性降下物の分布調査—予備土壌調査

× 2021年3月4日 長崎



スクレーパープレートによる採取



西山水源地の近傍

水神宮

方法論検討中

× 2021年3月10日 広島



コアサンプラーによる採取



球状ガラス粒子

精査中



似島および元宇品の海岸

# (2) 放射性降下物の分布調査—予備土壌調査

長崎大学における過去に採取された試料の保管状況

一部試料を京都大学複合原子力科学研究所へ送付

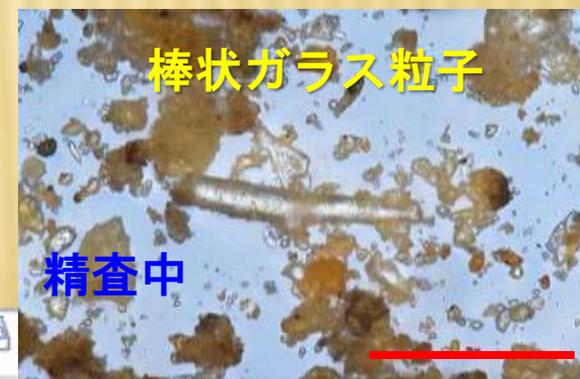
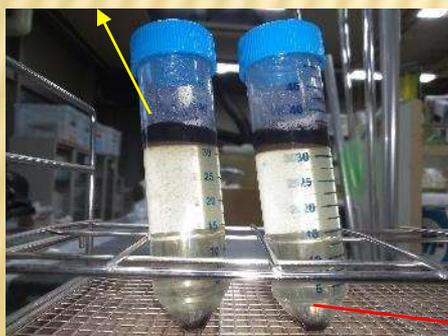


西山水源地付近で1960-70年代初期に採取

試料名	「長崎大学 節燻瓦」と記載のメモと同じ箱に入っていた瓦片の一つ	1970年6月採取 西山A地点、未耕地 0~2cm 7006 NAUL-01	1970年6月採取 西山B未耕地 2~5cm 7006 NAUL-02	1970年6月採取 西山B未耕地 0~2cm 7006 NBUL-01	1970年6月採取 西山B未耕地 2~5cm 7006 NBUL-02
Cs-137濃度 (021年現在)	不検出	39.3 Bq/kg	2.24 Bq/kg	55.9 Bq/kg	27.8 Bq/kg

レシピ構築中

(炭素粒子探索)



重液を利用した密度差による分離 (U&Pu粒子探索)

光学顕微鏡による観察