



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2回）

令和3年2月18日

資料2-3

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」

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2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しての要領書—レシピの作成

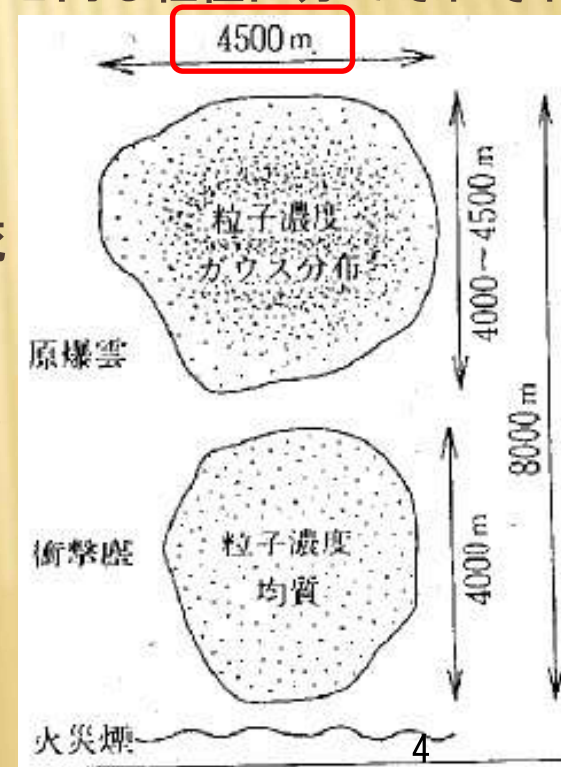
(2) 土壌の採取方法の検討及び調査の実施（五十嵐、高宮、福谷、遠藤（広島大）、松田、福田（長崎大）+役務業者）

- ・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

モデル再現－丸山&吉川(2005)より抜粋

- × 計算の初期条件として、**原爆雲**、**衝撃塵**および**火災煙**は、図に示す状況にあったとした。そして、原爆雲、衝撃塵および火災煙には、**大粒子**、**中粒子**および**小粒子**が**10,000 個ずつ存在**し、それらの粒子が地上に落下したものとする。
- × **原爆雲**は、最初にその**中心が爆心の上空 5,750m で半径 2,250m の球形内で粒子の数がガウス分布**をしていると仮定する。
- × **衝撃塵**は、その中心が爆心から 4,000m 上空までの爆心を中心とする半径 2,250m の円板状区域に均等に分布すると仮定し、原爆雲の粒子と同じ粒径区分でそれぞれが、10,000 個ずつ存在するとした。
- × **衝撃塵の全量**は 3.80×10^3 トンと推定されているため、粒径別に各粒子 1 個の平均重量も既知である。
- × **火災煙**は、火災メッシュの最下層メッシュから上流気流に応じて 5 時間にわたり放出され、総量として 1.55×10^5 トンが放出されたとする。粒子の大きさの分布は、原爆雲や衝撃塵と同じとし、粒子数の初期条件も各粒子について 10,000 個とした。**3 区分の粒子について乾燥沈着と雨による沈着を分けて計算**する。

原爆雲+衝撃塵+火災煙の3つから
放射性降下物を計算



(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

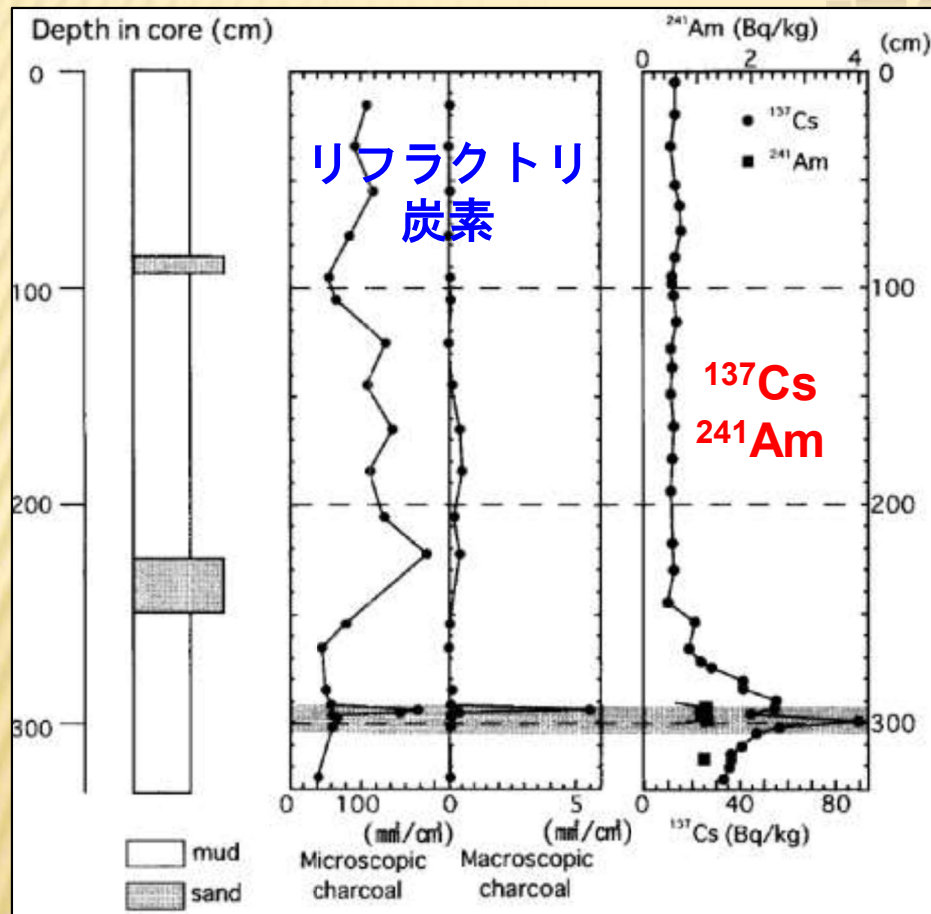
1) 爆発再現計算 取り組みの戦略

- ・工学分野における燃焼、爆発のシミュレーション技術を気象モデルにハイブリッドすることを想定し、爆発開始から火球形成、火球膨張終了、衝撃波霧散、爆発雲の形成までの再現を目指して実施する。また、気象モデルへ移行できる物理量を検証する。
- ・どの段階から爆発雲の上昇を気象モデル側に引き継ぐのかが最大の解決すべき課題。
- ・相似則にならって爆発のスケールダウンによる再現計算から開始することは可能かどうか、検討する。例えば15トンのTNT爆発を0.1気圧の条件で行うなど。

2) 雲形成・降雨再現計算 取り組みの戦略

- ・計算を複数のプロセスに分割して実施する。具体的には以下の4つに分割する。
 - (A) 原爆投下時の静的な（燃焼、爆発を伴わない）気象場の改善（ERA-20Cの利用、高解像度化・・・水平解像度100m程度←気象庁の現業天気予報の20倍の細かさ）、高解像度化に必須複数回ネスティング（粗いモデル場内部に詳細モデル場を設定）と高時間分解能化。爆発雲・衝撃塵・火災煙を仮定して計算する。
 - (B) 放射性物質の放出インベントリを数値モデルの中に加えて、湿性過程、乾性過程による放射性物質の沈着を計算する。
 - (C) 静的な気象場に対して、爆発雲と家屋火災による上昇流を加えて積乱雲と雨を発生させる。
 - (D) 雷雲プロセス等、現在の気象数値モデルでは考慮されていない部分のモデル改善。→レシピを作成へ。

(2) 放射性降下物の分布調査—予備土壌調査



長崎市西山地区で採取された底質コアにおけるリフラクトリ炭素およびCs、Amの濃度分布（吉川ほか、2001）

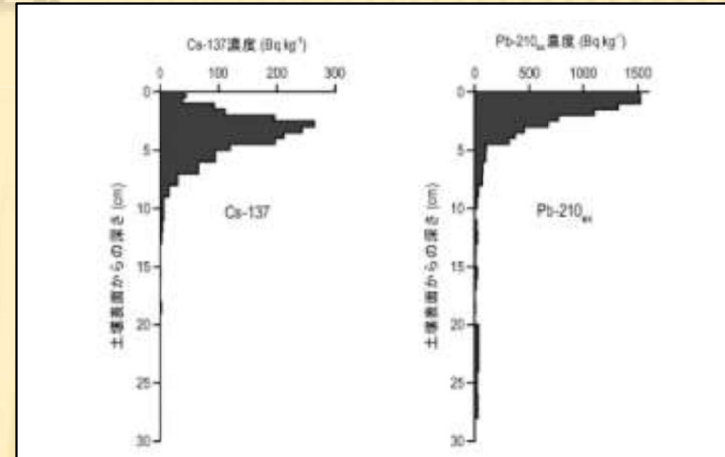
・ 広島型原爆では90%濃縮²³⁵U、およそ65kgが使用されたが、反応したのは数百gで残りは核分裂反応に関与せず、核爆発由来の熱により気化、その後の急激な断熱膨張と冷却でエアロゾル態（ウラン酸化物微粒子？）となって、飛散・輸送され、重力沈降と雲・降水過程によって地表面へ沈着したと考えられる。

・ 熱線照射によって木造が主体であった建造物は火災を生じ、黒煙を大量に発生させた。黒煙は衝撃塵—放射化物と混合しながら、ともに原子雲に取り込まれ、発生源は異なるものの共通したプロセスで地表面へ沈着したと考えられる。黒煙には多量のすすが含まれ、その一部は反応性の低い（酸化されにくく、アルカリにも溶解しない）リフラクトリな状態で存在すると推定される。

(2) 放射性降下物の分布調査—予備土壌調査



スクレーパープレート



スクレーパープレートで採取した試料
のCs&Pb分布 和歌山の森林の事例

<https://www.tukahara-ss.co.jp/labo-stand/>

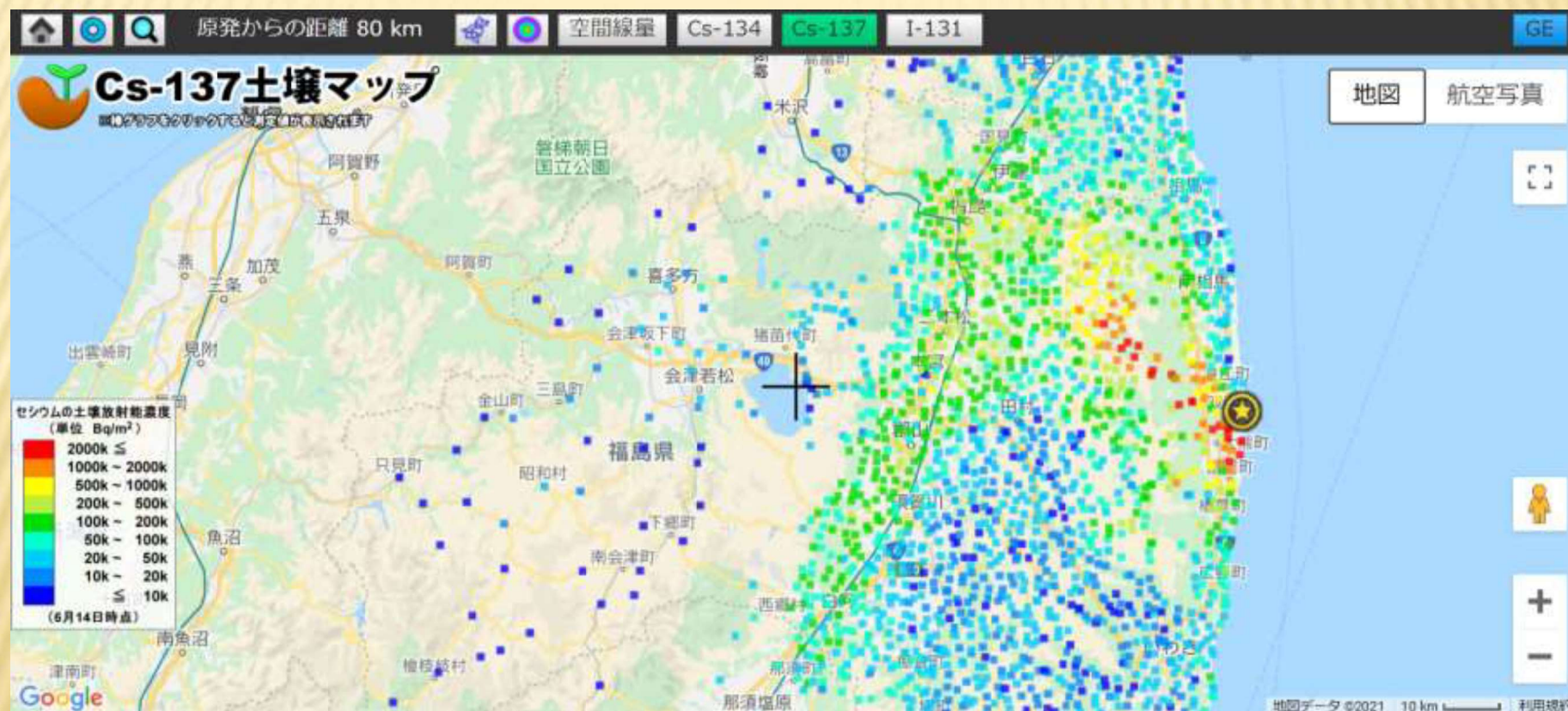
- ・ 広島市内、または長崎市内、および近傍の黒い雨地域において、当時の地層が残っていそうな地点を数か所選定する。候補地点としては、**社寺の境内、同庭園、旧城跡、ため池、社寺の庭園池**など。
- ・ 事前に調査許可を関係機関、利害関係者から得ておき、a)社寺境内などの地点では層序が地層として残っているかどうかを**トレンチ試掘**で確認する。B)ため池等については、柱状採泥器を用いて**堆積物コア**を採取する。
- ・ **スクレーパープレート**を用いて5 mmまたは10 mm程度の分解能で層序を崩さずに試料採取を行い、**被爆層**を放射能測定やイメージングプレート測定等で特定し、**リフラクトリ炭素微粒子やウラン酸化物微粒子の分離・同定**を進める→**モデル検証データ**

最終的に目指すものは地図－福島事例

福島土壌調査

～ Google earth、Google mapで見る放射線地図 ～

今年度は地図作成へむけての準備－予備調査を実施
大阪大学福島土壌調査 サイトより



文科省 EOCの環境モニタリング班の一事業として行われた、福島第一原子力発電所周辺の「放射線量等分布マップ作成」プロジェクトにおいて採集されたデータの一部を表示したもの。一本予備調査ではこのようなマップの作成にむけた下準備を行う。

https://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/dojo/GM_dose.php

計画線表

2021年月/研究項目	1月	2月	3月
(0)全体を俯瞰した取り組み(五十嵐、高宮、福谷)	レビュー会議	知見整理	
(1)文献調査及び数理モデルの作成(五十嵐、遠藤+役務業者)	文献調査実施	知見整理	
1)爆発再現計算	文献・事例調査	知見整理	
2)気象モデルによる雲形成・降雨再現計算	ECMWF ERA-20C調査 ネスティング検討	爆発モデルとのカップリング検討	
(2)土壌の採取方法の検討及び調査実施(五十嵐、高宮、福谷、遠藤、松田、福田+役務業者)	検討 実施	知見整理	
1)調査地点の文献調査、設定、試掘	文献調査、地点選定 事前交渉、試掘・採取	試掘・採取	
2)放射性降下物、火災煙由来物質の分離・測定可能性の検討	分離法の予備検討 試験的な分離 測定検討	測定継続	
(3)調査報告書の作成(全員)	作成準備	着手 検討	完成

レシピ
作成

最終
とり
まとめ

マニュアル化

マニュアル化

最終アウトプット： レシピ+マニュアル→将来の計画を支援。