平成 31 年度

特定復興再生拠点区域における大気放射能濃度調査事業

委託業務成果報告書

2020年3月

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

本報告書は、内閣府による平成 31 年度特定復興再生拠 点区域における大気放射能濃度調査事業の成果をとりま とめたものである。

| 1. | はじめ | りに | . 1 |
|----------|-------|-----------------------|-----|
| 2. | 調査力 | 方法 | . 3 |
| 2 | .1 | 調査地点 | . 3 |
| 2 | .2 | 調査期間 | . 4 |
| 2 | .3 | 試料採取 | . 8 |
| 2 | .4 | 前処理 | . 9 |
| 2 | .5 | 放射能分析 | 10 |
| 3. | 評価力 | 方法 | 11 |
| 3 | .1 | 再浮遊係数の評価 | 11 |
| 3 | .2 | 実測値に基づく吸入に伴う内部被ばく評価 | 12 |
| 3 | .3 | 確率論に基づく吸入に伴う内部被ばく評価 | 12 |
| | 3.3.1 | 評価モデル | 13 |
| 4. | 調査編 | 告果 | 15 |
| 4 | .1 | 放射能の測定結果 | 15 |
| 4 | .2 | 大気浮遊塵濃度の調査結果 | 19 |
| 4 | .3 | 大気放射能濃度の調査結果 | 21 |
| 4 | .4 | 浮遊塵放射能濃度の調査結果 | 23 |
| 5. | 評価編 | 告果 | 25 |
| 5 | .1 | 再浮遊係数の評価結果 | 25 |
| | 5.1.1 | 放射性セシウムの地表面沈着量 | 25 |
| | 5.1.2 | 再浮遊係数 | 29 |
| 5 | .2 | 実測値に基づく吸入に伴う内部被ばく評価結果 | 31 |
| 5 | .3 | 確率論に基づく吸入に伴う内部被ばく評価結果 | 33 |
| 6. | まとめ | 5 | 36 |
| 謝辞 | 辛 | | 37 |
| 参考 | 学文献 | | 37 |

目次

| 表 | 2-1 調查地点概要 | 3 |
|--------------------------------------|---|---|
| 表 | 2-2 試料採取期間 (1/4) | 4 |
| 表 | 2-3 試料採取期間 (2/4) | 5 |
| 表 | 2-4 試料採取期間 (3/4) | 6 |
| 表 | 2-5 試料採取期間(4/4) | 7 |
| 表 | 2-6 ダストサンプラーの仕様 | 8 |
| 表 | 4-1 放射能分析結果(1/4) | 15 |
| 表 | 4-2 放射能分析結果(2/4) | 16 |
| 表 | 4-3 放射能分析結果(3/4) | 17 |
| 表 | 4-4 放射能分析結果(4/4) | 18 |
| 表 | 4-5 2019 年 5 月から 2020 年 2 月における大気浮遊塵濃度の平均値 | 19 |
| 表 | 4-6 2019 年 5 月から 2020 年 2 月における大気放射能濃度の平均値 | 21 |
| 表 | 4-7 2019 年 5 月から 2020 年 2 月における浮遊塵放射能濃度の平均値 | 23 |
| 表 | 5-1 土壌深度ごとの放射能分析結果(1/2) | 26 |
| 表 | 5-2 土壌深度ごとの放射能分析結果(2/2) | 27 |
| 表 | 5-3 地表面の放射性セシウム沈着量の解析結果 | 27 |
| 表 | 5-4 2019 年 5 月から 2020 年 2 月における再浮遊係数の平均値 | 29 |
| - | | |
| 表 | 5-5 吸人に伴う内部被ばく評価結果 | 31 |
| 表 表 | 5-5 吸人に伴う内部被ばく評価結果 5-6 被ばく線量評価モデルのパラメータ | 31 34 |
| 表 表 | 5-5 吸人に伴う内部被ばく評価結果 5-6 被ばく線量評価モデルのパラメータ | 31 34 |
| 表 表 図 | 5-5 吸人に伴う内部被ばく評価結果 5-6 被ばく線量評価モデルのパラメータ 2-1 調査位置 | 31 34 3 |
| 表 表 図 図 | 5-5 吸人に伴う内部被ばく評価結果 5-6 被ばく線量評価モデルのパラメータ 2-1 調査位置 2-2 ダストサンプラーの設置状況 | 31 34 3 8 |
| 表表 図図図 | 5-5 吸人に伴う内部被ばく評価結果 5-6 被ばく線量評価モデルのパラメータ 2-1 調査位置 2-2 ダストサンプラーの設置状況 2-3 採取試料の放射能測定容器への封入作業 | 31 34 3 8 9 |
| 表 表 図 図 図 図 | 5-5 吸人に伴う内部被ばく評価結果 | 31 34 3 8 9 10 |
| 表 表 図 図 図 図 図 図 | 5-5 吸人に伴う内部被ばく評価結果 | 31 34 3 8 9 10 11 |
| 表表 図図図図図図 | 5-5 吸人に伴う内部被ばく評価結果 | 31 34 3 8 9 10 11 |
| 表表 図図図図図図 | 5-5 吸人に伴う内部被ばく評価結果 | 31 34 3 8 9 10 11 20 |
| 表表 図図図図図図図図 | 5-5 吸人に伴う内部被ばく評価結果 | 31 34 3 8 9 10 11 20 20 |
| 表表 図図図図図図図図 | 5-5 吸人に伴う内部被ばく評価結果 | 31 34 3 8 9 10 10 11 20 20 20 22 |
| 表表 図図図図図図図図図 | 5-5 吸人に伴う内部被ばく評価結果 | 31 34 3 8 9 10 10 11 20 20 22 22 |
| 表表 図図図図図図図図図図 | 5-5 吸人に伴う内部被はく評価結果 | 31 34 3 8 9 10 10 20 20 20 22 22 22 |
| 表表 図図図図図図図図図図図 | 5-5 吸人に伴う内部被ばく評価結果 | 31 34 3 8 9 10 10 20 20 20 22 22 22 24 24 |
| 表表 図図図図図図図図図図図図 | 5-5 吸人に伴う内部被ばく評価結果 | 31 34 3 8 9 10 11 20 20 22 22 22 22 24 24 28 |
| 表表 図図図図図図図図図図図図図 | 5-5 吸人に伴う内部被ばく評価結果 | 31 34 3 8 9 10 10 20 20 20 20 22 22 22 22 24 24 28 30 |

| 义 | 表 | 目 | 次 |
|---|---|---|---|
|---|---|---|---|

| 义 | 5-4 | 調査地点ごとの吸入に伴う内部被ばく評価結果 | 32 |
|---|-----|-----------------------------------|------|
| 汊 | 5-5 | 吸入に伴う内部被ばく評価結果の経時変化 | . 32 |
| 义 | 5-6 | 各自治体における特定復興再生拠点内への一時立ち入りによる被ばく線量 | (周 |
| | 辺 | 散策を想定した場合) | . 35 |

1. はじめに

東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所(以下「福島第一原子力発電所」 という。)の事故に伴って環境中に放出された放射性物質による被ばくのリスクを回避する ことを目的として、空間線量率の状況に応じた避難指示区域(避難指示解除準備区域、居住 制限区域、帰還困難区域)が設定された。このうち、避難指示解除準備区域や居住制限区域 では除染や復旧工事等が進められ、2017年春までに大熊町・双葉町を除く各市町村の両区 域は解除された。また、避難指示の解除に当たっては、放射線の健康影響等に関する不安に 答える対策を取りまとめた「帰還に向けた安全・安心対策に関する基本的考え方」(2013年 11月20日)¹⁾を踏まえた放射線防護対策が講じられてきた。

一方、長期にわたって居住を制限するとされていた帰還困難区域に対しても、"区域の見 直しは行わず、線量の低下状況も踏まえて避難指示を解除し、居住を可能とすることを目指 す「復興拠点」の整備を可能とする"との方針が、「帰還困難区域の取扱いに関する考え方」 (2016 年 8 月 31 日)²⁾で示された。この方針を受けて、福島復興再生特別措置法が改正 (2017 年 5 月 19 日公布・施行)され、帰還困難区域内についても概ね 5 年以内に避難指 示を解除し、居住を可能とすることを目指す「特定復興再生拠点区域」を町村ごとに定める ことが可能となり、帰還困難区域をもつ6町村(浪江町、双葉町、大熊町、富岡町、飯舘村、 葛尾村)において「特定復興再生拠点区域復興再生計画」が策定された。いずれの特定復興 再生拠点区域も 2022 年春頃から 2023 年春頃までに避難指示を解除することを目標に、区 域内の除染やインフラ等の整備が開始されたところである。

内閣府原子力災害対策本部原子力被災者生活支援チーム((以下「支援チーム」という。) は、こうした避難指示解除に向けた動きが進んでいることを踏まえ、2018 年 8 月から、特 定復興再生拠点区域への住民の帰還を現実のものとすべく、必要な放射線防護対策の検討 を開始した³⁾。具体的には、2013 年 11 月に示された「帰還に向けた安全・安心対策に関す る基本的考え方」を踏まえつつ、高線量地域を含む帰還困難区域の一部を特定復興再生拠点 区域として解除することに鑑み、これまで以上に住民の放射線に関する種々の不安にきめ 細かく対応するために以下のような対策を講じることが「特定復興再生拠点における放射 線防護対策について」(2018 年 12 月 12 日)⁴で示された。

- 1) 個人線量管理の着実な実施
- 2) 詳細な線量マップの提示
- 3) 区域内における代表的な行動パターンに基づく外部被ばく線量の推計値の提示
- 4) 内部被ばく調査のためのダストサンプリングの実施
- 5) 代表地点における区域内に残置された物の汚染度合いの調査
- 6) 実走による放射性物質の付着調査

1

7) 住民等を対象とした相談窓口の確保 等

本委託事業は、上記の方針に基づき、特定復興再生拠点区域において大気中の放射能濃度 を評価、内部被ばく線量を推定し、ひいては避難指示解除にあたっての住民の帰還の促進に 資することを目的としたものである。

2. 調查方法

2.1 調査地点

大気放射能濃度を測定するために、表 2-1 及び図 2-1 に示す調査地点にハイボリューム エアーサンプラー(以下「ダストサンプラー」という。)を設置し、大気浮遊塵を採取した。

| | 市町村 | 地点 | 緯度 | 経度 | 地面の状態 |
|-----|-----|-----------|----------|-----------|--------|
| F-3 | 双葉町 | 東京電力社宅 | 37.45562 | 141.00153 | 草地 |
| F-4 | 双葉町 | 東京電力社宅 | 37.45563 | 141.00127 | アスファルト |
| O-1 | 大熊町 | 保育所 | 37.40505 | 140.97693 | 土 |
| O-2 | 大熊町 | 老人福祉センター | 37.40499 | 140.97719 | アスファルト |
| T-1 | 富岡町 | 夜の森つつみ公園 | 37.36365 | 140.99696 | 草地 |
| T-2 | 富岡町 | 夜ノ森駅北側駐車場 | 37.36647 | 140.99252 | アスファルト |

表 2-1 調查地点概要



図 2-1 調査位置

2.2 調査期間

大気浮遊塵は 2019 年 5 月から 2020 年 2 月にかけて、表 2-1 に示す地点で定期的に採取 した。試料採取期間の詳細を表 2-2~表 2-5 に示す。

| 松田中市 | ∃£¥\ N。 | 松市胆小口 | が面効フロ | 採取期間 | 採取時間 |
|------|---------|------------|------------|------|--------|
| 採取地点 | 武什 INO. | 採取開始日 | 抹取於亅口 | (日) | (時間) |
| 双葉町 | | | | | |
| F-3 | F-3-01 | 2010/5/7 | 2010/5/10 | 4 | 20 |
| F-4 | F-4-01 | 2019/3/7 | 2019/3/10 | 4 | 20 |
| F-3 | F-3-02 | 2010/5/20 | 2010/5/21 | 10 | 50 |
| F-4 | F-4-02 | 2019/3/20 | 2019/3/31 | 10 | 46.55 |
| F-3 | F-3-03 | 2010/6/4 | 2010/6/17 | 12 | 315.06 |
| F-4 | F-4-03 | 2019/0/4 | 2019/0/17 | 15 | 315.02 |
| F-3 | F-3-04 | 2010/6/18 | 2010/7/1 | 13 | 312.33 |
| F-4 | F-4-04 | 2019/0/10 | 2019/1/1 | 15 | 312.29 |
| F-3 | F-3-05 | 2019/7/2 | 2019/7/16 | 1/ | 336.09 |
| F-4 | F-4-05 | 2019/1/2 | 2019/1/10 | 14 | 336.09 |
| F-3 | F-3-06 | 2019/7/17 | 2019/7/31 | 1/ | 337.32 |
| F-4 | F-4-06 | 2017/1/17 | 2017/1/51 | 11 | 337.32 |
| F-3 | F-3-07 | 2019/8/1 | 2019/8/15 | 14 | 336.37 |
| F-4 | F-4-07 | 2017/0/1 | 2019/0/13 | 14 | 336.36 |
| F-3 | F-3-08 | 2019/8/16 | 2019/9/2 | 17 | 408.23 |
| F-4 | F-4-08 | 2017/0/10 | 2017/7/2 | 17 | 408.23 |
| F-3 | F-3-09 | 2019/9/3 | 2019/9/17 | 14 | 337.12 |
| F-4 | F-4-09 | 2017/7/3 | 2019/9/11 | 14 | 337.11 |
| F-3 | F-3-10 | 2019/9/18 | 2019/10/1 | 13 | 312.34 |
| F-4 | F-4-10 | 2017/7/10 | 2019/10/1 | 15 | 312.34 |
| F-3 | F-3-11 | 2019/10/2 | 2019/10/16 | 14 | 336.06 |
| F-4 | F-4-11 | 2019/10/2 | 2017/10/10 | 17 | 336.06 |
| F-3 | F-3-12 | 2019/10/17 | 2019/10/31 | 14 | 336.16 |
| F-4 | F-4-12 | 2019/10/17 | 2017/10/31 | 17 | 336.15 |
| F-3 | F-3-13 | 2019/11/1 | 2019/11/14 | 13 | 312.02 |
| F-4 | F-4-13 | 2017/11/1 | 2017/11/14 | 10 | 312.00 |
| F-3 | F-3-14 | 2019/11/15 | 2019/12/2 | 17 | 409.55 |
| F-4 | F-4-14 | 2017/11/13 | 2017/12/2 | 1/ | 409.53 |

表 2-2 試料採取期間 (1/4)

| 松市山上 | т. г.ч.4-⊏ | 松市胆小口 | 必要のフロ | 採取期間 | 採取時間 |
|------|------------|------------|-------------|------|--------|
| 採取地点 | 試科 No. | 採取開始日 | 採取於「日 | (日) | (時間) |
| F-3 | F-3-15 | 2010/12/2 | 2010/12/16 | 10 | 312.07 |
| F-4 | F-4-15 | 2019/12/3 | 2019/12/16 | 13 | 312.05 |
| F-3 | F-3-16 | 2010/12/17 | 2010/12/26 | 0 | 217.27 |
| F-4 | F-4-16 | 2019/12/17 | 2019/12/20 | 9 | 217.24 |
| F-3 | F-3-17 | 2020/1/6 | 2020/1/20 | 14 | 336.17 |
| F-4 | F-4-17 | 2020/1/0 | 2020/1/20 | 14 | 336.15 |
| F-3 | F-3-18 | 2020/1/21 | 2020/2/2 | 12 | 313.18 |
| F-4 | F-4-18 | 2020/1/21 | 2020/2/3 | 15 | 313.18 |
| F-3 | F-3-19 | 2020/2/4 | 2020/2/18 | 1/ | 336.17 |
| F-4 | F-4-19 | 2020/2/4 | 2020/2/10 | 14 | 336.15 |
| F-3 | F-3-20 | 2020/2/10 | 2020/2/2 | 10 | 288.1 |
| F-4 | F-4-20 | 2020/2/19 | 2020/3/2 | 12 | 288.09 |
| 大熊町 | | | | | |
| O-1 | O-1-01 | 2010/5/7 | 2010/5/10 | 1 | 20 |
| O-2 | O-2-01 | 2019/3/7 | 2019/3/10 | 4 | 20 |
| O-1 | O-1-02 | 2010/5/20 | 2010/5/21 | 10 | 50 |
| O-2 | O-2-02 | 2019/3/20 | 2019/ 3/ 31 | 10 | 50 |
| O-1 | O-1-03 | 2019/6/4 | 2019/6/17 | 12 | 315.02 |
| O-2 | O-2-03 | 2017/0/4 | 2019/0/11 | 15 | 315.01 |
| O-1 | O-1-04 | 2019/6/18 | 2019/7/1 | 12 | 312.26 |
| O-2 | O-2-04 | 2017/0/10 | 2019/7/1 | 15 | 312.22 |
| O-1 | O-1-05 | 2019/7/2 | 2019/7/16 | 1/ | 336.02 |
| O-2 | O-2-05 | 2017/1/2 | 2017/1/10 | 14 | 336.03 |
| O-1 | O-1-06 | 2019/7/17 | 2010/7/31 | 1/ | 337.32 |
| O-2 | O-2-06 | 2017/1/11 | 2017/1/51 | 14 | 337.30 |
| O-1 | O-1-07 | 2019/8/1 | 2019/8/15 | 1/ | 336.40 |
| O-2 | O-2-07 | 2019/0/1 | 2019/0/13 | 14 | 336.40 |
| O-1 | O-1-08 | 2010/8/16 | 2010/0/2 | 17 | 408.22 |
| O-2 | O-2-08 | 2019/0/10 | 2019/9/2 | 17 | 408.23 |
| O-1 | O-1-09 | 2010/0/2 | 2010/0/17 | 14 | 337.12 |
| O-2 | O-2-09 | 2019/ 7/ J | 4019/9/11 | 1.4 | 337.10 |
| O-1 | O-1-10 | 2010/0/19 | 2010/10/1 | 12 | 312.24 |
| O-2 | O-2-10 | 2017/7/10 | 2019/10/1 | 13 | 312.24 |

表 2-3 試料採取期間 (2/4)

| 松市山上 | ⊐-Рил вт | 松护胆状口 | 松雨ぬフロ | 採取期間 | 採取時間 |
|------|-------------|--------------|------------|------|--------|
| 採取地点 | 採取地点 試料 No. | | 採取於丁日 | (日) | (時間) |
| O-1 | O-1-11 | 2010/10/2 | 2010/10/16 | 1/ | 336.07 |
| O-2 | O-2-11 | 2019/10/2 | 2019/10/16 | 14 | 336.06 |
| O-1 | O-1-12 | 2010/10/17 | 2010/10/21 | 1/ | 336.13 |
| O-2 | O-2-12 | 2019/10/17 | 2019/10/31 | 14 | 336.13 |
| O-1 | O-1-13 | 2010/11/1 | 2010/11/14 | 12 | 312.01 |
| O-2 | O-2-13 | 2019/11/1 | 2019/11/14 | 15 | 312.00 |
| O-1 | O-1-14 | 2010/11/15 | 2010/12/2 | 17 | 409.53 |
| O-2 | O-2-14 | 2019/11/13 | 2019/12/2 | 17 | 409.51 |
| O-1 | O-1-15 | 2010/12/2 | 2010/12/16 | 10 | 312.07 |
| O-2 | O-2-15 | 2019/12/3 | 2019/12/10 | 15 | 312.05 |
| O-1 | O-1-16 | 2010/12/17 | 2010/12/26 | 0 | 217.19 |
| O-2 | O-2-16 | 2019/12/17 | 2019/12/20 | 9 | 217.15 |
| O-1 | O-1-17 | 2020/1/6 | 2020/1/20 | 1/ | 336.19 |
| O-2 | O-2-17 | 2020/1/0 | 2020/1/20 | 14 | 336.17 |
| O-1 | O-1-18 | 2020/1/21 | 2020/2/2 | 12 | 313.03 |
| O-2 | O-2-18 | 2020/1/21 | 2020/2/3 | 15 | 313.04 |
| O-1 | O-1-19 | 2020/2/4 | 2020/2/18 | 14 | 336.06 |
| O-2 | O-2-19 | 2020/2/4 | 2020/2/10 | 14 | 336.04 |
| O-1 | O-1-20 | 2020/2/10 | 2020/3/2 | 19 | 288.05 |
| O-2 | O-2-20 | 2020/2/19 | 2020/ 3/ 2 | 12 | 288.05 |
| 富岡町 | | | | | |
| T-1 | T-1-01 | 2010/5/7 | 2010/5/10 | 1 | 20 |
| T-2 | T-2-01 | 2019/3/7 | 2019/3/10 | 4 | 20 |
| T-1 | T-1-02 | 2010/5/20 | 2010/5/21 | 10 | 48.53 |
| T-2 | T-2-02 | 2019/3/20 | 2019/3/31 | 10 | 50 |
| T-1 | T-1-03 | 2010/6/4 | 2010/6/17 | 12 | 315.04 |
| T-2 | T-2-03 | 2019/0/4 | 2019/0/17 | 15 | 315.03 |
| T-1 | T-1-04 | 2010/6/19 | 2010/7/1 | 10 | 312.19 |
| T-2 | T-2-04 | 2019/0/18 | 2019/1/1 | 15 | 312.13 |
| T-1 | T-1-05 | 2010 / 7 / 2 | 2010/7/16 | 1/ | 336.00 |
| T-2 | T-2-05 | 2019/1/2 | 2019/1/10 | 14 | 336.02 |
| T-1 | T-1-06 | 2010/7/17 | 2010/7/21 | 14 | 337.30 |
| T-2 | T-2-06 | 2019/7/17 | 2019/1/31 | 14 | 337.30 |

表 2-4 試料採取期間 (3/4)

| 松田山下 | 二十小小 九丁 | 松中田小口 | 松ҧ幼フロ | 採取期間 | 採取時間 |
|------|---------|------------|------------|------|--------|
| 採取地点 | 訊科 No. | 採取開始日 | 抹取於丁口 | (日) | (時間) |
| T-1 | T-1-07 | 2010/0/1 | 2010/0/15 | 1 / | 336.43 |
| T-2 | T-2-07 | 2019/8/1 | 2019/8/15 | 14 | 336.43 |
| T-1 | T-1-08 | 2010/0/17 | 2010/0/2 | 17 | 408.18 |
| T-2 | T-2-08 | 2019/8/16 | 2019/9/2 | 17 | 408.16 |
| T-1 | T-1-09 | 2010/0/2 | 2010/0/17 | 1 / | 337.03 |
| T-2 | T-2-09 | 2019/9/3 | 2019/9/17 | 14 | 337.19 |
| T-1 | T-1-10 | 2010/0/19 | 2010/10/1 | 10 | 312.23 |
| T-2 | T-2-10 | 2019/9/18 | 2019/10/1 | 13 | 312.21 |
| T-1 | T-1-11 | 2010/10/2 | 2010/10/17 | 1 / | 336.00 |
| T-2 | T-2-11 | 2019/10/2 | 2019/10/10 | 14 | 336.13 |
| T-1 | T-1-12 | 2019/10/17 | 2019/10/31 | 14 | 336.37 |
| T-2 | T-2-12 | 2019/10/17 | 2019/10/28 | 12 | 268.48 |
| T-1 | T-1-13 | 2010/11/1 | 2010/11/14 | 10 | 312.01 |
| T-2 | T-2-13 | 2019/11/1 | 2019/11/14 | 13 | 312.00 |
| T-1 | T-1-14 | 2010/11/15 | 2010/12/2 | 17 | 408.59 |
| T-2 | T-2-14 | 2019/11/13 | 2019/12/2 | 17 | 409.15 |
| T-1 | T-1-15 | 2010/12/2 | 2010/12/16 | 10 | 312.02 |
| T-2 | T-2-15 | 2019/12/3 | 2019/12/16 | 15 | 312.04 |
| T-1 | T-1-16 | 2010/12/17 | 2010/12/26 | 0 | 216.56 |
| T-2 | T-2-16 | 2019/12/17 | 2019/12/26 | 9 | 217.14 |
| T-1 | T-1-17 | 2020/1/6 | 2020/1/20 | 14 | 336.17 |
| T-2 | T-2-17 | 2020/1/0 | 2020/1/20 | 14 | 336.17 |
| T-1 | T-1-18 | 2020/1/21 | 2020/2/2 | 10 | 313.09 |
| T-2 | T-2-18 | 2020/1/21 | 2020/2/3 | 15 | 313.13 |
| T-1 | T-1-19 | 2020/2/4 | 2020/2/19 | 14 | 336.03 |
| T-2 | T-2-19 | 2020/2/4 | 2020/2/10 | 14 | 336.02 |
| T-1 | T-1-20 | 2020/2/10 | 2020 /2 /2 | 10 | 288.06 |
| T-2 | T-2-20 | 2020/2/19 | 2020/3/2 | 12 | 288.05 |

表 2-5 試料採取期間 (4/4)

2.3 試料採取

大気浮遊塵はダストサンプラーを用いて採取し、その放射性セシウム濃度の測定を行った。ダストサンプラーの仕様及び試料採取条件を表 2-6 に示す。

柴田科学株式会社製 HV-RW 製品名 標準吸引流量 1000 L min⁻¹ 100~1200 L min⁻¹ 設定流量範囲 設定流量に対し±5%以内 流量精度 ろ紙 203×254 mm 角形ろ紙 99.9 % 捕集効率 (0.3 µm DOP 粒子) 電源 AC100V 10A 寸法 (使用時) $575(W) \times 575(D) \times 1420(H)$ mm 重量 約 31 kg





図 2-2 ダストサンプラーの設置状況

2.4 前処理

所定量の大気を吸引したろ紙は、付着した塵を落とさないように注意し、電子天秤(ザルトリウス・ジャパン株式会社製、秤量下限 0.01 mg)で試料採取後重量を測定する。その後、 放射能測定用 U-8 容器(外形 ϕ 55 mm、高さ 65mm)に詰めるために、12 枚の円形に打ち 抜き容器に重ねて詰めて測定試料とする(図 2-3)。¹





図 2-3 採取試料の放射能測定容器への封入作業

¹ 試料 F-3-02 は、ろ紙表面に付着した塵に不均一性が生じていたため、全量を粉砕し分析 に供した。

2.5 放射能分析

放射性セシウム(以下「¹³⁷Cs」という。)の分析はゲルマニウム半導体検出器(ミリオン テクノロジーズ・キャンベラ株式会社製)を用いて行った。得られたガンマ線スペクトルデ ータはガンマエクスプローラで解析した。効率校正には放射能標準ガンマ体積線源(日本ア イソトープ協会)を使用した。放射能濃度は、測定期間の大気吸引流量で除した大気放射能 濃度(Bq/m³)と浮遊塵の質量で除した浮遊塵放射能濃度(Bq/kg)で示す。





図 2-4 ゲルマニウム半導体検出器を用いた放射能測定作業

3. 評価方法

3.1 再浮遊係数の評価

大気放射能濃度は、地表面へ沈着した放射性物質が再び大気中を輸送される再浮遊事象 に影響されている可能性があるため、それぞれの調査地点における再浮遊係数を評価する。 再浮遊係数は一般的に次式で算出する。

$$RF = \frac{C_{air}}{I_{dep}} \tag{1}$$

ここで、

RF:再浮遊係数(m⁻¹) *C_{air}*:大気放射能濃度(Bq/m³) *I_{dep}*:地表面の放射能濃度(Bq/m²)

地表面の放射性セシウム濃度は、ゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定法(引用)により算出した。また、in-situ 測定結果の解析のため、測定地点の土壌をスクレーパー プレートを用いて層別に採取し、放射性セシウムの土壌中における鉛直分布を求めた。



図 3-1 in-situ 測定作業風景



図 3-2 スクレーパープレートを用いた土壌試料採取風景

3.2 実測値に基づく吸入に伴う内部被ばく評価

放射性セシウムの吸入に伴う内部被ばく線量は、実測した大気放射能濃度に基づき、次式 を用いて評価する。

$$E = AR \times CF \times R \times T \tag{2}$$

ここで、

E:成人の場合の吸入による預託実効線量(将来 50 年にわたって受ける実効線量の積算値) AR:大気放射能濃度(mBq/m³)

CF:吸入の場合の預託実効線量係数(¹³⁷Cs: 3.9×100-5 mSv/Bq(引用)を採用)

R:呼吸率係数(46.32 m³/日 ⁵))

T:屋外滞在時間(10時間⁶⁾)

3.3 確率論に基づく吸入に伴う内部被ばく評価

実効線量は、(i)環境媒体中の濃度または被ばく率の特定に加えて、(ii)経路別の生活 習慣または行動パターンを特定し、これらの情報と線量換算係数を組み合せることで評価 することができる。これらの(i)及び(ii)に関する情報は、集められたデータの中から代 表値を選択して点推定に用いるか、またはデータの分布を用いることで、実効線量を評価す ることができる。3.2節では、代表値を用いた点推定(一般に決定論的評価と呼ばれる)を 行ったが、本節では、データの分布を用いてモンテカルロ解析を行って線量分布を評価した (一般的に確率論的評価と呼ばれる)。

ここでは、特定復興再生拠点区域での活動を再開した際に生ずる実効線量について、活動 範囲内の空間線量率のばらつきを元に確率論的な線量を行い、特定復興再生拠点区域内に 一時立ち入りすることによる潜在的な実効線量の範囲を評価する。

3.3.1 評価モデル

本稿では、住民グループ j に属する個人の再浮遊核種の吸入による内部被ばく実効線量 E_i^{RI} は以下の式 (3) で表される。

$$E_j^{res} = K \cdot B_j \cdot \left(RF_{res} \cdot p_{l,in,j} + p_{l,out,j} \right) \cdot A_{137}(0) \cdot \left(C_{134} \cdot k_{134}^{RI} + k_{137}^{RI} \right)$$
(3)

ここで、

| Κ | :再浮遊係数(m ⁻¹) |
|-------------------------|--|
| B_{j} | :住民グループ <i>j</i> の呼吸率(m ³ /h) |
| RF_{res} | : 建屋のフィルタリング効果による被ばく低減係数 |
| $p_{l,in,j}$ | :住民グループ <i>j</i> の場所 <i>l</i> の屋内における1日当たりの滞在割合 |
| $p_{l,out,j}$ | :住民グループ <i>j</i> の場所 <i>l</i> の屋外における1日当たりの滞在割合 |
| $A_{137}(0)$ | :空間線量率実測値に基づく ¹³⁷ Cs 地表面濃度(Bq/m ²) |
| <i>C</i> ₁₃₄ | : ¹³⁷ Cs 地表面濃度に対する ¹³⁴ Cs の地表面濃度の比(-) |
| $k_{134,j}^{RI}$ | :住民グループ <i>j</i> に対する ¹³⁴ Cs の吸入に関する線量換算係数(Sv/Bq) |
| $k_{137,j}^{RI}$ | :住民グループ <i>j</i> に対する ¹³⁷ Cs の吸入に関する線量換算係数(Sv/Bq) |
| である。 | |

空間線量率実測値Hに基づく¹³⁷Cs 地表面濃度
$$A_{137}(0)$$
は、以下の式(4)で表される。
$$A_{137}(0) = \frac{(H - H_n)}{C_{134} \cdot k_{134}^g + k_{137}^g}$$
(4)

ここで、

H :空間線量率実測値 (μ Sv/h)

 H_n :自然放射線の寄与 (μ Sv/h)

 k_{134}^{g} : ¹³⁴Cs 1Bq・m⁻²から空間線量率への換算係数 (μ Sv/h per 1Bq・m⁻²)

$$k_{137}^g$$
 : ¹³⁷Cs 1Bq・m⁻²から空間線量率への換算係数 (μ Sv/h per 1Bq・m⁻²)

¹³⁴Cs、¹³⁷Cs の存在割合に関しては、2011 年 3 月 15 日時点における比を C₁₃₄/C₁₃₇ = 1.0 として、物理減衰を考慮した空間線量率実測時点における存在割合を求めた。

住民グループ jの場所 lの屋内外における 1 日当たりの滞在時間 $p_{l,in(or out),j}$ は、その場所での平均的な滞在時間 $t_{l,in(or out),j}$ を用いて以下の式(5)で表される。

$$p_{l,in(or out),j} = \frac{t_{l,in(or out),j}}{10}$$
(5)

なお、通常、滞在割合は1日24時間に対する割合として表すが、今回は特定復興再生拠 点区域に滞在する8:00~18:00までの10時間に対する割合として定義した。また、建屋の フィルタリング効果による被ばく低減係数*RF*_{res}は本評価ではすべて屋外に滞在することを 想定することから1.0と設定した。また、再浮遊係数は、確率論に基づく評価では、双葉町、 富岡町、大熊町で測定された合計のデータに対して対数正規分布を仮定して再浮遊係数値 の分布形を決定し、時間に依存してないモデルとして評価した。

4. 調査結果

4.1 放射能の測定結果

¹³⁷Cs 濃度の測定結果を表 4-1~表 4-4 に示す。

表 4-1 放射能分析結果 (1/4)

| ≑++¥vl NT | 流量 | 浮遊塵濃度 | 大気 ¹³⁷ Cs 濃度 | 浮遊塵 ¹³⁷ Cs 濃度 |
|-----------|---------|------------|-------------------------|---------------------------|
| 武仲 INO. | (m^3) | (mg/m^3) | (mBq/m^3) | (mBq/kg) |
| 双葉町 | | | | |
| F-3-01 | 1199.2 | 0.058 | 1.114 ± 0.038 | $1.9E + 07 \pm 6.6E + 05$ |
| F-4-01 | 1199.6 | 0.052 | 0.981 ± 0.037 | $1.9E + 07 \pm 7.2E + 05$ |
| F-3-02 | 2998.0 | 0.060 | 1.154 ± 0.023 | $1.9E + 07 \pm 3.8E + 05$ |
| F-4-02 | 2813.3 | 0.077 | 0.721 ± 0.019 | $9.3E + 06 \pm 2.4E + 05$ |
| F-3-03 | 18906.1 | 0.021 | 0.151 ± 0.003 | $7.2E + 06 \pm 1.5E + 05$ |
| F-4-03 | 18902.8 | 0.021 | 0.149 ± 0.003 | $7.2E + 06 \pm 1.5E + 05$ |
| F-3-04 | 18753.0 | 0.018 | 0.221 ± 0.004 | $1.2E + 07 \pm 2.1E + 05$ |
| F-4-04 | 18748.0 | 0.018 | 0.223 ± 0.004 | $1.3E + 07 \pm 2.2E + 05$ |
| F-3-05 | 20169.0 | 0.017 | 0.186 ± 0.003 | $1.1E + 07 \pm 1.9E + 05$ |
| F-4-05 | 20169.0 | 0.017 | $0.175 \!\pm\! 0.003$ | $1.0E + 07 \pm 1.9E + 05$ |
| F-3-06 | 20252.0 | 0.024 | 0.280 ± 0.004 | $1.2E + 07 \pm 1.7E + 05$ |
| F-4-06 | 20252.0 | 0.023 | 0.285 ± 0.004 | $1.2E + 07 \pm 1.8E + 05$ |
| F-3-07 | 20197.0 | 0.027 | 0.377 ± 0.005 | $1.4E + 07 \pm 1.7E + 05$ |
| F-4-07 | 20197.0 | 0.028 | 0.264 ± 0.004 | $9.4E + 06 \pm 1.4E + 05$ |
| F-3-08 | 24503.0 | 0.021 | 0.248 ± 0.003 | $1.2E + 07 \pm 1.7E + 05$ |
| F-4-08 | 24503.0 | 0.021 | 0.208 ± 0.003 | $9.8E + 06 \pm 1.5E + 05$ |
| F-3-09 | 20233.0 | 0.026 | 0.276 ± 0.004 | $1.0E + 07 \pm 1.5E + 05$ |
| F-4-09 | 20231.0 | 0.026 | $0.285 \!\pm\! 0.004$ | $1.1E + 07 \pm 1.6E + 05$ |
| F-3-10 | 18754.0 | 0.024 | 0.279 ± 0.004 | $1.2E + 07 \pm 1.7E + 05$ |
| F-4-10 | 18754.0 | 0.023 | 0.225 ± 0.004 | $9.7E + 06 \pm 1.6E + 05$ |
| F-3-11 | 20166.0 | 0.022 | 0.138 ± 0.003 | $6.3E + 06 \pm 1.4E + 05$ |
| F-4-11 | 20165.0 | 0.022 | 0.141 ± 0.003 | $6.5E + 06 \pm 1.4E + 05$ |
| F-3-12 | 20176.4 | 0.023 | 0.150 ± 0.003 | $6.5E + 06 \pm 1.3E + 05$ |
| F-4-12 | 20175.4 | 0.022 | 0.139 ± 0.003 | $6.3E + 06 \pm 1.3E + 05$ |
| F-3-13 | 18722.0 | 0.027 | 0.134 ± 0.003 | $5.0E + 06 \pm 1.1E + 05$ |
| F-4-13 | 18720.0 | 0.033 | 0.152 ± 0.003 | $4.6E + 06 \pm 9.8E + 04$ |
| F-3-14 | 24595.0 | 0.018 | 0.105 ± 0.002 | $5.9E + 06 \pm 1.4E + 05$ |
| F-4-14 | 24593.0 | 0.019 | 0.100 ± 0.002 | $5.3E + 06 \pm 1.2E + 05$ |

| | 流量 | 浮游塵濃度 | 大気 ¹³⁷ Cs 濃度 | 浮游塵 ¹³⁷ Cs 濃度 |
|--------|---------|------------|-------------------------|---------------------------|
| 試料 No. | (m^3) | (mg/m^3) | (mBq/m^3) | (mBq/kg) |
| F-3-15 | 18727.0 | 0.026 | 0.121 ± 0.003 | 4.6E+06±1.1E+05 |
| F-4-15 | 18725.0 | 0.026 | 0.126 ± 0.003 | $4.8E + 06 \pm 1.1E + 05$ |
| F-3-16 | 13047.0 | 0.017 | 0.121 ± 0.004 | $6.9E + 06 \pm 2.1E + 05$ |
| F-4-16 | 13044.0 | 0.017 | 0.115 ± 0.004 | $6.7E + 06 \pm 2.1E + 05$ |
| F-3-17 | 20177.0 | 0.019 | 0.121 ± 0.003 | $6.4E + 06 \pm 1.5E + 05$ |
| F-4-17 | 20175.0 | 0.018 | 0.128 ± 0.003 | $7.0E + 06 \pm 1.6E + 05$ |
| F-3-18 | 18798.0 | 0.023 | 0.160 ± 0.003 | $6.9E + 06 \pm 1.4E + 05$ |
| F-4-18 | 18798.0 | 0.023 | 0.127 ± 0.003 | $5.6E + 06 \pm 1.3E + 05$ |
| F-3-19 | 20177.0 | 0.023 | 0.370 ± 0.005 | $1.6E{+}07{\pm}1.9E{+}05$ |
| F-4-19 | 20175.0 | 0.020 | 0.358 ± 0.004 | $1.8E + 07 \pm 2.3E + 05$ |
| F-3-20 | 17290.0 | 0.038 | 0.230 ± 0.004 | $6.0E + 06 \pm 1.0E + 05$ |
| F-4-20 | 17289.0 | 0.031 | 0.189 ± 0.004 | $6.0E + 06 \pm 1.2E + 05$ |
| 大熊町 | | | | |
| O-1-01 | 1199.2 | 0.069 | $2.511 \!\pm\! 0.052$ | $3.6E + 07 \pm 7.5E + 05$ |
| O-2-01 | 1199.6 | 0.087 | 3.623 ± 0.060 | $4.2E + 07 \pm 6.9E + 05$ |
| O-1-02 | 2997.0 | 0.073 | 1.347 ± 0.023 | $1.8E + 07 \pm 3.2E + 05$ |
| O-2-02 | 2999.0 | 0.082 | 1.856 ± 0.027 | $2.3E + 07 \pm 3.2E + 05$ |
| O-1-03 | 18899.7 | 0.015 | 0.295 ± 0.004 | $2.0E + 07 \pm 2.9E + 05$ |
| O-2-03 | 18901.6 | 0.015 | 0.245 ± 0.004 | $1.7E + 07 \pm 2.6E + 05$ |
| O-1-04 | 18746.0 | 0.013 | 0.131 ± 0.003 | $9.9E + 06 \pm 2.2E + 05$ |
| O-2-04 | 18742.0 | 0.013 | 0.143 ± 0.003 | $1.1E + 07 \pm 2.4E + 05$ |
| O-1-05 | 20162.0 | 0.010 | 0.109 ± 0.003 | $1.1E + 07 \pm 2.7E + 05$ |
| O-2-05 | 20163.0 | 0.010 | 0.130 ± 0.003 | $1.3E + 07 \pm 2.8E + 05$ |
| O-1-06 | 20252.0 | 0.015 | 0.173 ± 0.003 | $1.2E + 07 \pm 2.2E + 05$ |
| O-2-06 | 20250.0 | 0.015 | 0.185 ± 0.003 | $1.2E + 07 \pm 2.2E + 05$ |
| O-1-07 | 20200.0 | 0.021 | 0.175 ± 0.003 | $8.3E + 06 \pm 1.5E + 05$ |
| O-2-07 | 20200.0 | 0.022 | 0.175 ± 0.003 | $8.1E + 06 \pm 1.5E + 05$ |
| O-1-08 | 24502.0 | 0.016 | 0.162 ± 0.003 | $1.0E + 07 \pm 1.8E + 05$ |
| O-2-08 | 24503.0 | 0.016 | 0.187 ± 0.003 | $1.2E + 07 \pm 1.9E + 05$ |
| O-1-09 | 20233.0 | 0.014 | 0.203 ± 0.003 | $1.4E + 07 \pm 2.4E + 05$ |
| O-2-09 | 20231.0 | 0.015 | 0.206 ± 0.003 | $1.3E + 07 \pm 2.3E + 05$ |
| O-1-10 | 18744.0 | 0.015 | 0.170 ± 0.003 | $1.1E + 07 \pm 2.2E + 05$ |
| O-2-10 | 18744.0 | 0.015 | 0.176 ± 0.003 | $1.2E + 07 \pm 2.2E + 05$ |

表 4-2 放射能分析結果 (2/4)

| | | K IO, | | |
|----------------------|-------------------|------------|-----------------------|---------------------------|
| 試料 No | 流量 | 浮遊塵濃度 | 大気 137Cs 濃度 | 浮遊塵 ¹³⁷ Cs 濃度 |
| ₽≁ \ /~ 110, | (m ³) | (mg/m^3) | (mBq/m^3) | (mBq/kg) |
| O-1-11 | 20167.0 | 0.014 | 0.141 ± 0.003 | $9.8E+06\pm 2.1E+05$ |
| O-2-11 | 20166.0 | 0.015 | 0.148 ± 0.003 | $1.0E + 07 \pm 2.1E + 05$ |
| O-1-12 | 20173.6 | 0.014 | 0.154 ± 0.003 | $1.1E + 07 \pm 2.3E + 05$ |
| O-2-12 | 20173.4 | 0.014 | 0.263 ± 0.004 | $1.9E + 07 \pm 2.8E + 05$ |
| O-1-13 | 18721.0 | 0.012 | 0.140 ± 0.003 | $1.2E + 07 \pm 2.6E + 05$ |
| O-2-13 | 18720.0 | 0.013 | 0.158 ± 0.003 | $1.3E + 07 \pm 2.6E + 05$ |
| O-1-14 | 24593.0 | 0.009 | 0.152 ± 0.003 | $1.7E + 07 \pm 3.2E + 05$ |
| O-2-14 | 24591.0 | 0.009 | 0.171 ± 0.003 | $1.9E+07\pm 3.2E+05$ |
| O-1-15 | 18727.0 | 0.010 | 0.399 ± 0.005 | $3.9E + 07 \pm 4.8E + 05$ |
| O-2-15 | 18725.0 | 0.011 | 0.442 ± 0.005 | $3.9E + 07 \pm 4.6E + 05$ |
| O-1-16 | 13039.0 | 0.014 | 0.503 ± 0.007 | $3.7E + 07 \pm 4.9E + 05$ |
| O-2-16 | 13035.0 | 0.015 | 0.509 ± 0.007 | $3.5E + 07 \pm 4.6E + 05$ |
| O-1-17 | 20179.0 | 0.013 | 0.761 ± 0.006 | $5.9E + 07 \pm 4.9E + 05$ |
| O-2-17 | 20178.0 | 0.013 | 0.569 ± 0.006 | $4.3E + 07 \pm 4.1E + 05$ |
| O-1-18 | 18783.0 | 0.011 | 0.404 ± 0.005 | $3.6E + 07 \pm 4.4E + 05$ |
| O-2-18 | 18784.0 | 0.012 | 0.381 ± 0.005 | $3.3E + 07 \pm 4.1E + 05$ |
| O-1-19 | 20166.0 | 0.013 | 0.346 ± 0.004 | $2.8E+07\pm 3.5E+05$ |
| O-2-19 | 20164.0 | 0.013 | 0.356 ± 0.004 | $2.7E + 07 \pm 3.4E + 05$ |
| O-1-20 | 17285.0 | 0.036 | 0.492 ± 0.006 | $1.4E + 07 \pm 1.6E + 05$ |
| O-2-20 | 17285.0 | 0.038 | 0.621 ± 0.006 | $1.6E + 07 \pm 1.7E + 05$ |
| 富岡町 | | | | |
| T-1-01 | 1199.2 | 0.058 | $0.975 \!\pm\! 0.036$ | $1.7E + 07 \pm 6.2E + 05$ |
| T-2-01 | 1199.6 | 0.075 | $2.515 \!\pm\! 0.051$ | $3.3E + 07 \pm 6.8E + 05$ |
| T-1-02 | 2930.8 | 0.055 | $0.705 \!\pm\! 0.108$ | $1.3E+07\pm 3.3E+05$ |
| T-2-02 | 2999.0 | 0.062 | $2.022 \!\pm\! 0.028$ | $3.2E + 07 \pm 4.5E + 05$ |
| T-1-03 | 18904.5 | 0.015 | 0.131 ± 0.003 | $9.0E + 06 \pm 2.1E + 05$ |
| T-2-03 | 18903.1 | 0.018 | $0.372 \!\pm\! 0.005$ | $2.1E + 07 \pm 2.7E + 05$ |
| T-1-04 | 18739.0 | 0.013 | 0.099 ± 0.003 | $7.8E + 06 \pm 2.1E + 05$ |
| T-2-04 | 18733.0 | 0.018 | $0.358 \!\pm\! 0.005$ | $2.0E + 07 \pm 2.6E + 05$ |
| T-1-05 | 20160.1 | 0.012 | 0.133 ± 0.003 | $1.1E + 07 \pm 2.4E + 05$ |
| T-2-05 | 20162.0 | 0.012 | 0.174 ± 0.003 | $1.4E + 07 \pm 2.6E + 05$ |
| T-1-06 | 20250.0 | 0.019 | 0.218 ± 0.004 | $1.1E + 07 \pm 1.9E + 05$ |
| T-2-06 | 20250.0 | 0.016 | 0.202 ± 0.003 | $1.2E + 07 \pm 2.1E + 05$ |

表 4-3 放射能分析結果 (3/4)

| 試料 No.(m3)(mg/m3)(mBq/m3)(mBq/kg)T-1-0720203.00.0430.487±0.0051.1E+07±1.2E+05 | |
|---|--|
| T-1-0720203.00.0430.487 \pm 0.0051.1E+07 \pm 1.2E+05 | |
| 1.101 = 0.003 = 0.013 = 0.003 = 1.101 = 0.003 | |
| T-2-07 20203 0 0.027 0.465 \pm 0.005 1.7E \pm 0.7E \pm 0.9E \pm 0.05 | |
| T-1-08 $244980 0021 0202 \pm 0003 95E \pm 0.6 \pm 1.5E \pm 0.5$ | |
| T-2-08 24496 0 0.018 0.242 \pm 0.003 1.3E \pm 0.5E \pm 0.5E \pm 0.5E \pm 0.5E \pm 0.5E \pm 0.5E \pm 0.5E \pm 0.5E \pm 0.5E \pm 0.5E \pm 0.5E \pm 0.5E \pm 0.5E \pm 0. | |
| T-1-09 202240 0.018 0.234 ± 0.004 $1.3E\pm07\pm2.0E\pm05$ | |
| T-2-09 20239.0 0.019 0.271+0.004 $1.4E+07+2.0E+05$ | |
| T-1-10 $187431 = 0.027 = 0.415 \pm 0.005 = 1.6E \pm 0.7 \pm 1.8E \pm 0.5$ | |
| T-2-10 $187410 0019 0202 \pm 0004 11E \pm 0.019 = 0.001 0000 00000000000000000000000000$ | |
| T-1-11 20160 0 016 0 147 \pm 0003 9 0E \pm 06 \pm 18E \pm 05 | |
| $T-2-11 \qquad 20173 \ 0 \ 018 \qquad 0 \ 122 \pm 0 \ 003 \qquad 6 \ 9E \pm 06 \pm 1 \ 6E \pm 05$ | |
| T-1-12 20197.4 0.015 0.103 ± 0.003 $6.7E+06\pm 1.7E+05$ | |
| $T-2-12 	 15830 	 0 	 013 	 0 	 115 \pm 0 	 003 	 8 	 7E \pm 06 \pm 2 	 4E \pm 05$ | |
| T-1-13 18721.0 0.017 0.228 \pm 0.004 1.3E+07 \pm 2.2E+05 | |
| T-2-13 18720.0 0.017 0.266 ± 0.004 $1.6E + 07 \pm 2.5E + 05$ | |
| T-1-14 24539.0 0.010 0.162 ± 0.003 $1.6E + 07 \pm 2.8E + 05$ | |
| T-2-14 24554.0 0.013 0.191 \pm 0.003 1.5E+07 \pm 2.4E+05 | |
| T-1-15 18722.0 0.015 0.332 ± 0.005 $2.3E+07 \pm 3.1E+05$ | |
| T-2-15 18724.0 0.010 0.093 ± 0.003 $9.7E + 06 \pm 2.8E + 05$ | |
| T-1-16 13016.0 0.011 0.208±0.005 1.8E+07±4.0E+05 | |
| T-2-16 13034.0 0.011 0.121±0.004 1.1E+07±3.4E+05 | |
| T-1-17 20177.0 0.017 0.282±0.004 1.6E+07±2.3E+05 | |
| T-2-17 20177.0 0.010 0.094 ± 0.003 $9.5E+06 \pm 2.6E+05$ | |
| T-1-18 18789.0 0.012 0.113±0.003 9.1E+06±2.3E+05 | |
| T-2-18 18793.0 0.011 0.097±0.003 9.0E+06±2.5E+05 | |
| T-1-19 20163.0 0.013 0.189±0.003 1.5E+07±2.6E+05 | |
| T-2-19 20162.0 0.016 0.561±0.006 3.5E+07±3.5E+05 | |
| T-1-20 17286.0 0.016 0.088±0.003 5.5E+06±1.7E+05 | |
| T-2-20 17285.0 0.021 0.165±0.003 7.9E+06±1.7E+05 | |

表 4-4 放射能分析結果 (4/4)

大気浮遊塵濃度は、双葉町の調査地点(F-3 と F-4)で大熊町及び富岡町の調査地点より やや高い濃度を示した(表 4-5 及び図 4-1)。また、いずれの町も舗装面と未舗装面とで大 気浮遊塵濃度については有意な濃度差は認められなかった。

大気浮遊塵濃度の経時変化を図 4-2 に示す。2019 年 5 月に採取した試料について、いず れの町もそれ以降の期間(2019 年 6 月以降の期間)に採取した試料よりも高い大気浮遊塵 濃度となった。2019 年 5 月については帰還困難区域内における除染や復旧工事作業などが 行われている日中のみ試料採取を実施し、一方で、2019 年 6 月以降については昼夜を問わ ず 24 時間連続で試料採取を実施したため、試料採取の時間帯の違いが大気浮遊塵濃度に影 響を与えたものと考えられる。

| | | 大気浮遊塵濃度(mg/m³) | | | | | |
|-----|--------|----------------|-------|-------|-------|--------|--|
| | | データ数 | 算術平均 | 標準偏差 | 幾何平均 | 幾何標準偏差 | |
| F-3 | 草地 | 20 | 0.027 | 0.012 | 0.025 | 1.412 | |
| F-4 | アスファルト | 20 | 0.027 | 0.014 | 0.025 | 1.446 | |
| O-1 | 土. | 20 | 0.020 | 0.018 | 0.016 | 1.762 | |
| O-2 | アスファルト | 20 | 0.022 | 0.022 | 0.017 | 1.826 | |
| T-1 | 草地 | 20 | 0.021 | 0.014 | 0.018 | 1.632 | |
| T-2 | アスファルト | 20 | 0.021 | 0.017 | 0.018 | 1.687 | |
| | 全地点 | 120 | 120 | 0.016 | 0.020 | 1.682 | |

表 4-5 2019 年 5 月から 2020 年 2 月における大気浮遊塵濃度の平均値







図 4-2 大気浮遊塵濃度の経時変化

大気放射能濃度は、いずれの調査地点も算術平均でおおむね 0.255~0.527 (mBq/m³) であり、調査地点及び地面の状況の違いによる濃度差はほとんど認められなかった (表 4-6 及 び図 4-3)。

大気放射能濃度の経時変化を図 4-4 に示す。2019 年 5 月に採取した試料については、前述の通り、日中のみ試料採取を実施しており、大気浮遊塵濃度が高いことにより大気放射能 濃度も高い値を示した。また、大熊町の採取地点については事故後 8.7 年以降(2019 年 12 月以降)、それ以前よりも大気放射能濃度がやや高い傾向が認められるが、現時点でその要 因は不明である。

| | | 大気放射能濃度(mBq/m³) | | | | | |
|-----|--------|-----------------|-------|-------|-------|--------|--|
| | | データ数 | 算術平均 | 標準偏差 | 幾何平均 | 幾何標準偏差 | |
| F-3 | 草地 | 20 | 0.297 | 0.290 | 0.225 | 1.928 | |
| F-4 | アスファルト | 20 | 0.255 | 0.214 | 0.206 | 1.783 | |
| O-1 | 土 | 20 | 0.438 | 0.555 | 0.284 | 2.274 | |
| O-2 | アスファルト | 20 | 0.527 | 0.802 | 0.312 | 2.354 | |
| T-1 | 草地 | 20 | 0.273 | 0.219 | 0.216 | 1.892 | |
| T-2 | アスファルト | 20 | 0.432 | 0.629 | 0.251 | 2.446 | |
| | 全地点 | 120 | 0.370 | 0.514 | 0.246 | 2.149 | |

表 4-6 2019 年 5 月から 2020 年 2 月における大気放射能濃度の平均値







図 4-4 大気放射能濃度の経時変化

浮遊塵放射能濃度(mBq/kg)は、双葉町の調査地点において、大熊町及び富岡町の調査 地点よりも低い濃度を示した(表 4-7 及び図 4-5)。また、いずれの町も舗装面と未舗装面 とで大気浮遊塵濃度については有意な濃度差は認められなかった。

浮遊塵放射能濃度の経時変化を図 4-6 に示す。大熊町の採取地点については 2019 年 12 月以降、それ以前よりも浮遊塵放射能濃度がやや高い傾向が認められるが、現時点でその要 因は不明である。なお、季節的な変動傾向や時間の経過に伴う濃度の減少傾向はほとんど認 められない。

| - | | 浮遊塵放射能濃度(mBq/kg) | | | | | |
|-----|--------|------------------|---------|---------|---------|--------|--|
| | | データ数 | 算術平均 | 標準偏差 | 幾何平均 | 幾何標準偏差 | |
| F-3 | 草地 | 20 | 9.9E+06 | 4.4E+06 | 9.1E+06 | 1.538 | |
| F-4 | アスファルト | 20 | 9.1E+06 | 4.0E+06 | 8.4E+06 | 1.490 | |
| O-1 | 土 | 20 | 2.1E+07 | 1.3E+07 | 1.7E+07 | 1.769 | |
| O-2 | アスファルト | 20 | 2.1E+07 | 1.1E+07 | 1.8E+07 | 1.661 | |
| T-1 | 草地 | 20 | 1.2E+07 | 4.2E+06 | 1.2E+07 | 1.416 | |
| T-2 | アスファルト | 20 | 1.6E+07 | 8.4E+06 | 1.4E+07 | 1.597 | |
| | 全地点 | 120 | 1.5E+07 | 9.7E+06 | 1.3E+07 | 1.729 | |

表 4-7 2019 年 5 月から 2020 年 2 月における浮遊塵放射能濃度の平均値







図 4-6 大気放射能濃度の経時変化

5. 評価結果

5.1 再浮遊係数の評価結果

5.1.1 放射性セシウムの地表面沈着量

再浮遊係数の算出に当たり、土壌中の放射性セシウムの鉛直分布を求めた。スクレーパー プレートにより深度ごとに採取した土壌中の放射性セシウムの分析結果を表 5-1~表 5-2 示す。

双葉町の調査地点では、表層部分から下層部分まで Cs 濃度がオーダーで同一となる鉛直 分布が確認された。大熊町の調査地点では、表層から 5 cmまでの Cs 濃度が低く、それ以降 の深度から Cs 濃度が増加する傾向が確認された(図 5-1)。この傾向は、大熊の調査地点に おいて 2018 年 1 月~2 月末日頃に実施された除染作業により表層土壌の入れ替えしたこと によるものと考えられる。また、双葉の調査地点についても、過去に除染作業または土壌の 攪乱があったものと考えられる。富岡の調査地点については、指数関数的に Cs 濃度が減少 していることが確認された。

各調査地点の未舗装面について、ISOCS 解析法の標準ジオメトリーに表 5-2 に示す深度 ごとの放射能濃度を与え、In-situ 測定の解析を行った。富岡については Cs の重量緩衝深度 (β (g/cm²):放射能濃度が地表面の 1/e (=1/2.7)になる深度)を算出したが、攪乱また は除染があったと考えられる双葉と富岡の調査地点については、 β の算出は実施しなかっ た。また、各調査地点の舗装面については、ICRU によって報告されているコンクリートの 場合の β 値である 0.1 を採用して沈着量を算出した⁷⁾。

それぞれの地点における地表面の放射性セシウムの沈着量を表 5-3 に示す。

25

| 採取地点 | 緩衝深度 | 土壤 ¹³⁷ Cs 濃度 | 検出限界値 |
|------|------------|-------------------------|----------|
| | (g/cm^2) | (mBq/kg) | (mBq/kg) |
| 双葉町 | | | |
| F-3 | 0.36 | $5.1E+04\pm4.9E+03$ | |
| F-3 | 1.10 | $3.4E+04\pm4.2E+03$ | |
| F-3 | 1.83 | $1.3E+04\pm 3.3E+03$ | |
| F-3 | 2.39 | $1.9E+04\pm 3.4E+03$ | |
| F-3 | 3.38 | $1.6E+04\pm 3.3E+03$ | |
| F-3 | 5.08 | N.D. | 9.6E+03 |
| F-3 | 6.91 | N.D. | 7.6E+03 |
| F-3 | 9.35 | N.D. | 8.6E+03 |
| F-3 | 12.36 | N.D. | 1.0E+04 |
| F-3 | 15.14 | $9.0E+04\pm7.1E+03$ | |
| F-3 | 17.62 | $1.9E+04\pm4.1E+03$ | |
| F-3 | 19.86 | N.D. | 1.1E+04 |
| 大熊町 | | | |
| O-1 | 0.66 | $1.1E+05\pm6.5E+03$ | |
| O-1 | 1.99 | $8.3E+04\pm5.9E+03$ | |
| O-1 | 3.56 | $2.9E+04\pm3.6E+03$ | |
| O-1 | 5.26 | $2.2E+04\pm3.3E+03$ | |
| O-1 | 6.92 | $3.4E+05\pm1.2E+04$ | |
| O-1 | 9.25 | $6.5E+06\pm5.0E+04$ | |
| O-1 | 12.28 | $2.1E+06\pm3.0E+04$ | |
| O-1 | 15.49 | $3.0E+05\pm1.1E+04$ | |
| O-1 | 18.71 | $2.2E+05\pm9.6E+03$ | |
| O-1 | 21.66 | $5.1E+04\pm5.1E+03$ | |

| 表 5-1 | 土壌深度ごとの放射能分析結果 | (1/2) |
|-------|----------------|-------|

| 採取地点 | 緩衝深度 | 土壤 ¹³⁷ Cs 濃度 | 検出限界値 |
|------|------------|---------------------------|----------|
| | (g/cm^2) | (mBq/kg) | (mBq/kg) |
| 富岡町 | | | |
| T-1 | 0.49 | $6.8E+06\pm4.9E+04$ | |
| T-1 | 1.59 | $2.0E+06\pm 2.8E+04$ | |
| T-1 | 2.93 | $6.2E$ +05 \pm 1.7E+04 | |
| T-1 | 4.44 | $4.1E+05\pm1.4E+04$ | |
| T-1 | 6.02 | $5.0E+05\pm1.6E+04$ | |
| T-1 | 8.33 | $3.2E+05\pm1.3E+04$ | |
| T-1 | 11.47 | $2.3E+05\pm1.1E+04$ | |
| T-1 | 14.73 | $1.1E+05\pm7.9E+03$ | |
| T-1 | 17.58 | $4.9E+04\pm5.5E+03$ | |
| T-1 | 20.14 | $4.4E$ +04 $\pm 5.4E$ +03 | |

表 5-2 土壌深度ごとの放射能分析結果(2/2)

表 5-3 地表面の放射性セシウム沈着量の解析結果

| | | β | 沈着量結果 |
|-----|--------|------------|------------|
| | | (g/cm^2) | (Bq/m^2) |
| F-3 | 草地 | _ | 6.9E+04 |
| F-4 | アスファルト | 0.1 | 3.9E+04 |
| O-1 | 土 | _ | 4.5E+05 |
| O-2 | アスファルト | 0.1 | 4.9E+05 |
| T-1 | 草地 | 4.74 | 1.0E+05 |
| T-2 | アスファルト | 0.1 | 1.2E+05 |



図 5-1 放射性セシウムの深度プロファイル

5.1.2 再浮遊係数

表 5-3 に示す沈着量と大気放射能濃度の測定結果から、それぞれの地点における再浮遊 係数を算出した。再浮遊係数は、大熊町の調査地点において、双葉町及び富岡町の調査地点 よりも低い濃度を示した(表 5-4 及び図 5-2)。また、いずれの町も舗装面と未舗装面とで 再浮遊係数については有意な濃度差は認められなかった。再浮遊係数の経時変化を図 5-3 に示す。再浮遊係数は大気放射能濃度(mBq/m³)から表 5-3 に示す沈着量を除した値であ るため、経時変化の傾向は大気放射能濃度に依存する。

| | | 再浮遊係数(m ⁻¹) | | | | |
|-----|--------|-------------------------|----------|----------|----------|--------|
| | | データ数 | 算術平均 | 標準偏差 | 幾何平均 | 幾何標準偏差 |
| F-3 | 草地 | 20 | 4.3.E-09 | 4.2.E-09 | 3.2.E-09 | 1.930 |
| F-4 | アスファルト | 20 | 6.5.E-09 | 5.5.E-09 | 5.3.E-09 | 1.783 |
| O-1 | 土 | 20 | 9.7.E-10 | 1.2.E-09 | 6.3.E-10 | 2.274 |
| O-2 | アスファルト | 20 | 1.1.E-09 | 1.6.E-09 | 6.4.E-10 | 2.354 |
| T-1 | 草地 | 20 | 2.7.E-09 | 2.2.E-09 | 2.2.E-09 | 1.892 |
| T-2 | アスファルト | 20 | 3.5.E-09 | 5.1.E-09 | 2.0.E-09 | 2.446 |
| | 全地点 | 120 | 3.2.E-09 | 4.2.E-09 | 1.8.E-09 | 2.971 |

表 5-4 2019 年 5 月から 2020 年 2 月における再浮遊係数の平均値







図 5-3 再浮遊係数の経時変化

5.2 実測値に基づく吸入に伴う内部被ばく評価結果

3.2節で示した式(2)から吸入に伴う内部被ばく実効線量を算出した(表 5-5)。内部 被ばく実効線量は、いずれの調査地点も算術平均でおおむね 1.9×10⁻⁴~4.0×10⁻⁴(µSv) であり、調査地点及び地面の状況の違いによる濃度差はほとんど認められなかった(表 5-5及び図 5-4)。内部被ばく実効線量の経時変化を図 5-5に示す。内部被ばく実効線量 は、大気放射能濃度や大気浮遊塵濃度と同様に、大熊町の採取地点については 2019 年 12 月以降、それ以前よりも大気放射能濃度がやや高い傾向が認められた。

| | | | 内部被ばく実効線量(μSv) | | | | | |
|-----|--------|------|--------------------|---------|---------|--------|--|--|
| | | データ数 | 算術平均 | 標準偏差 | 幾何平均 | 幾何標準偏差 | | |
| F-3 | 草地 | 20 | 2.2E-04 | 2.2E-04 | 1.7E-04 | 1.928 | | |
| F-4 | アスファルト | 20 | 1.9E-04 | 1.6E-04 | 1.6E-04 | 1.783 | | |
| O-1 | 土 | 20 | 3.3E-04 | 4.2E-04 | 2.1E-04 | 2.274 | | |
| O-2 | アスファルト | 20 | 4.0E-04 | 6.0E-04 | 2.3E-04 | 2.354 | | |
| T-1 | 草地 | 20 | 2.1E-04 | 1.6E-04 | 1.6E-04 | 1.892 | | |
| T-2 | アスファルト | 20 | 3.3E-04 | 4.7E-04 | 1.9E-04 | 2.446 | | |
| | 全地点 | 120 | 2.8E-04 | 3.9E-04 | 1.9E-04 | 2.149 | | |

表 5-5 吸入に伴う内部被ばく評価結果



図 5-4 調査地点ごとの吸入に伴う内部被ばく評価結果



図 5-5 吸入に伴う内部被ばく評価結果の経時変化

5.3 確率論に基づく吸入に伴う内部被ばく評価結果

(1) 確率論的評価に用いたパラメータセット

再浮遊核種の吸入による実効線量を確率論的に評価する際に用いたパラメータセット及び評価用いた空間線量率を整理してそれぞれ表 5-6 に示す。なお、空間線量率を利用して (4)式を用いて地表面濃度を求める際には、自然放射線の寄与*H_n*を 0.04 μSv/h とした。

(2) 特定復興再生拠点内への一時立ち入りによる被ばく線量

各自治体の特定復興再生拠点(以下、再生拠点)に一時立ち入りした場合に、再生拠点内 の空間線量率分布を踏まえて生じ得る被ばく線量の全範囲を評価した。表 5-6 からエリア 内移動の統計値を用いて、特定復興再生拠点内を散策した場合について、吸入に伴う被ばく の線量分布を評価した。

評価結果を図 5-6 に示す。確率論的評価の結果、双葉町、大熊町及び富岡町において、 双葉町、大熊町及び富岡町における吸入に伴う内部被ばくによる 1 日当たりの実効線量の 算術平均はそれぞれ 9.4×10⁻⁵ µ Sv、2.4×10⁻⁴ µ Sv、2.0×10⁻⁴ µ Sv 程度となった。

| 名称 | | 畄佉 | 宁粉体 | 統計值 | | | | | =º. 수 #日 ₩1 | |
|-----------|----------------------|----------------|---------|------|--------|------|---------|--------|--|--|
| | | 中区 | 化奴间 | 分布形 | GM | GSD | Min. | Max | ā又↓E 11× 17ℓ ⁶ | |
| | k_{134}^{g} | $\mu{ m Sv/h}$ | 8.50E-6 | _ | _ | _ | _ | _ | | |
| | - 0 | per | | | | | | | Saito et al [®] により示された β =0.0 に対する単位地表面濃 度から周辺線量当量への換算係数を用いた。 | |
| | k_{137}^{g} | Bq/m² | 3.15E-6 | | | — | — | | | |
| | k_{134}^{RI} | Sv/Ba | — | 一様 | — | — | 6.6E-9 | 2.0E-8 | ICRP Publication 71 ⁹⁾ に示された AMAD=1µm、 | |
| | k_{137}^{RI} | JV/ DQ | — | 一様 | — | — | 4.6E-9 | 3.9E-8 | Absorption Type F,M,S の範囲の最小値、最大値を設定 | |
| | 双葉町 | — | 0.075 | | — | — | — | — | 2011 年 3 月 15 日時点の ¹³⁴ Cs と ¹³⁷ CS の存在割合を 1:1 と | |
| C_{134} | 大熊町 | — | 0.074 | _ | — | _ | — | — | して、物理減衰を考慮して空間線量率測定時点における存 | |
| | 富岡町 | _ | 0.073 | — | — | _ | — | — | 在割合を求めた。 | |
| | $p_{l,in,j}$ | _ | 0.0 | — | — | _ | — | — | 河価時間 10 時間 一层 4 満 左 朝 今 1 0 と 1 た | |
| | p _{l,out,j} | _ | 1.0 | — | — | _ | _ | — | 計画時間10時間、産外滞在割日1.0とした。 | |
| | | | | | | | | | 2019 年 5 月から 2020 年 1 月までに測定されたデータを使 | |
| | K | /m | _ | 対数正規 | 1.7E-9 | 3.04 | 2.4E-10 | 2.5E-8 | 平均値、分散値は、双葉町、富岡町、大熊町の計6か所の全 データ全部に対して求めた。 | |
| | B_j | m³/h | 1.93 | _ | _ | _ | _ | _ | ラドン濃度測定・線量評価最終報告書(放射線医学総合研究 所,1998)に示された速やかな歩行の値とした。 | |
| | 双葉町 | | | | 0.52 | 2.27 | _ | _ | | |
| Н | 大熊町 | $\mu{ m Sv/h}$ | — | 対数正規 | 1.19 | 2.41 | _ | _ | 2019 年 6 月 12 日から 7 月 25 日までのそれぞれの地区に おける特定復興再生拠占区域内の歩行サーベイデータ | |
| | 富岡町 | | | | 1.15 | 1.94 | — | — | | |

表 5-6 被ばく線量評価モデルのパラメータ



図 5-6 各自治体における特定復興再生拠点内への一時立ち入りによる被ばく線量(周辺散 策を想定した場合)

6. まとめ

本事業では、双葉町、大熊町及び富岡町の特定復興再生拠点区域内で 2019 年 5 月から 2020 年 2 月にかけて採取された大気浮遊塵の放射能濃度の測定を実施するとともに、測定 結果をもとに内部被ばく線量の評価を行った。主な成果を以下にまとめる。

- 測定期間中の大気浮遊塵濃度は平均 120±0.016 mg であった。日中のみ試料採取を実施 した 2019 年 5 月の大気浮遊塵濃度は、昼夜連続で試料採取を実施した 2019 年 6 月以 降の試料に比べて、2 倍近い濃度となった。
- 2) 測定期間中の¹³⁷Csの大気放射能濃度は平均0.370±0.514 mg/m³、浮遊塵放射能濃度は 平均1.5×10⁷±9.7×10⁶ mBq/kg であった。町ごと及び地表面ごとの測定結果に有意な 差は認められず、また、季節的な変動等も確認されなかった。
- 3) 実測値に基づく内部被ばく線量の評価の結果、帰還困難区域内の屋外に 10 時間滞在すると仮定した場合の内部被ばく線量は平均 0.00028±0.00039µSvと推定された。また、確率論に基づく同様の活動の内部被ばく線量の推定値は双葉町、大熊町及び富岡町でそれぞれ平均 0.000094±0.00037、0.00024±0.00093 及び 0.0002±0.00075µSvとなり、実測値の評価と同程度もしくはそれよりも1オーダー低い推定結果となった。

特定復興再生拠点区域内は、2020年3月時点においても除染及び復旧工事が進行中であ り、今後、さらに空間線量率や地表面の¹³⁷Csの沈着量の低減が見込まれる。そのため、今 後も大気中の¹³⁷Cs 濃度及び濃度の測定結果に基づく内部被ばく線量の推定を行い、避難指 示解除や住民の帰還の促進に向けて、安全・安心に資する科学的根拠を蓄積していくことが 重要である。また、解除後の区域内での具体的な活動を想定しつつ、その活動に即した大気 浮遊塵の採取等を実施することでより確からしい評価を行うことが可能となるものと考え る。

謝辞

本事業に関しまして、双葉町役場、大熊町役場及び富岡町役場の皆様には、現場の測定に 関する調整等にご協力いただきました。ここに深く御礼申し上げます。

参考文献

- 原子力規制委員会,帰還に向けた安全・安心対策に関する基本的考え方、 http://www.env.go.jp/jishin/rmp/conf/10/ref04.pdf(2013年11月20日参照).
- 原子力災害対策本部復興推進会議,帰還困難区域の取扱いに関する考え方、 http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/kinkyu/pdf/2016/0831_01.pdf (2016年8月 31日参照).
- 3)内閣府原子力被災者生活支援チーム、特定復興再生拠点区域における放射線防護対策に 関する協力依頼について、
 - http://www.nsr.go.jp/data/000243080.pdf (2018 年 8 月 22 日参照).
- 内閣府原子力被災者生活支援チーム他、特定復興再生拠点区域における放射線防護対策
 について(案)、

https://www.nsr.go.jp/data/000255825.pdf(2018年12月12日参照).

- 5) 放射線医学総合研究所(1998): ラドン濃度測定・線量評価最終報告書,平成9年度.
- 6)内閣府原子力被災者生活支援チーム、特定復興再生拠点区域における放射線防護対策に 関する骨子案及び調査結果について、 https://www.nsr.go.jp/data/000254389.pdf(2018年11月28日参照).
- 7) International Commission on Radiation Units & Measurements (ICRU), 1994. Gammaray spectrometry in the environment. ICRU Rep. 53.K.
- Sato and N. Petoussi-Henss (2014): Ambient dose equivalent conversion coefficinets for radionuclides exponentially distributed in the ground, Journal of Nuclear Science and Technology, 51, 1274-1287.
- International Commission on Radiological Protection (ICRP) (1995): Age-dependent Doses to Members of the from Intake of Radionuclides: Part 4 Inhalation Dose Coefficients, ICRP Publ.71.