参考１－３

# 特定帰還居住区域等における
# 一時立入を想定した被ばく評価結果について
# （双葉町）

2025/4/18

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
廃炉環境国際共同研究センター
環境モニタリンググループ

# 一時立入を想定した被ばく線量評価結果



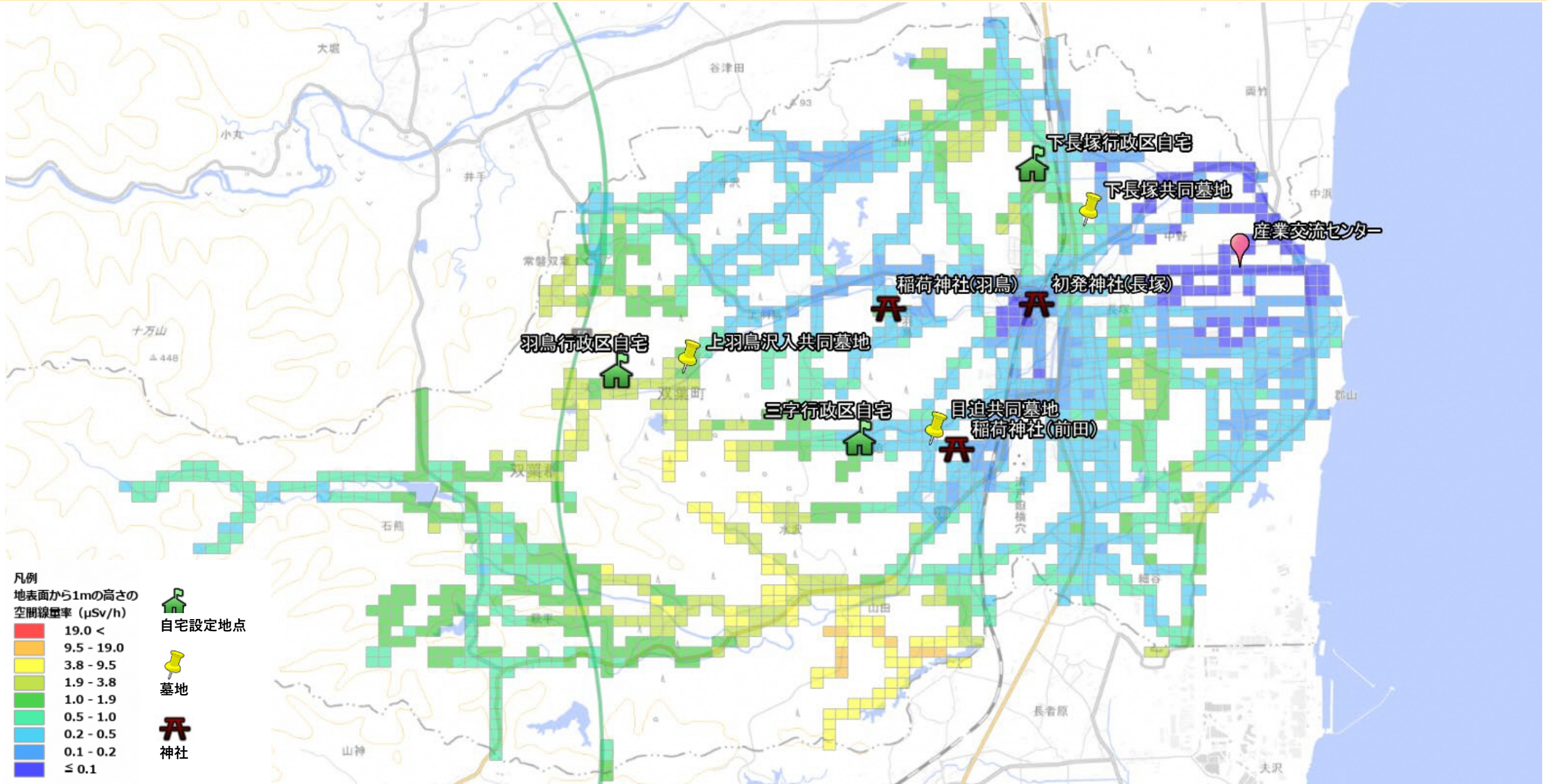
- 下長塚・三字・羽鳥行政区内の特定帰還居住区域等へ一時立入を想定した6パターンの外部被ばく線量の評価を実施しました。
- 一時立入(9時～16時10分)を想定した1回あたりの被ばく線量は、最小で2.0 μSv（三字行政区の任意地点）、最大で5.9 μSv（羽鳥行政区の任意地点）でした。
- 月に1度（年間12回）の立ち入りを想定した年間の被ばく線量は、最小で0.024 mSv （三字行政区の任意地点）、最大で0.070 mSv（羽鳥行政区の任意地点）でした。

| 行政区<br>自宅設定 | 対象者ID | 対象者 | 行動パターン | 立入1回あたりの<br>被ばく線量(μSv) | 月1回の立入を想定した<br>年間被ばく線量(mSv) |
|---|---|---|---|---|---|
| **下長塚行政区**<br>小字福田迫の任意地点 | 000037 | 大人 | 一時立入　下長塚共同墓地へ墓参りし、産業交流センターで食事、自宅の草刈り・片付けを行う | **4.4**　(4.0～4.9)※ | **0.053**　(0.049～0.058)※ |
| | 000038 | | 一時立入　初発神社(長塚)へ参拝し、産業交流センターで食事、自宅の草刈り・片付けを行う | **5.0**　(4.6～5.5) | **0.060**　(0.056～0.066) |
| **三字行政区**<br>大字目迫の任意地点 | 000039 | 大人 | 一時立入　目迫共同墓地へ墓参りし、産業交流センターで食事、自宅の草刈り・片付けを行う | **2.0**　(1.7～2.3) | **0.024**　(0.022～0.026) |
| | 000040 | | 一時立入　稲荷神社(前田)へ参拝し、産業交流センターで食事、自宅の草刈り・片付けを行う | **2.2**　(1.9～2.6) | **0.027**　(0.025～0.029) |
| **羽鳥行政区**<br>大字上羽鳥の任意地点 | 000041 | 大人 | 一時立入　上羽鳥沢入共同墓地へ墓参りし、産業交流センターで食事、自宅の草刈り・片付けを行う | **5.4**　(4.9～5.9) | **0.065**　(0.060～0.071) |
| | 000042 | | 一時立入　稲荷神社(羽鳥)へ参拝し、産業交流センターで食事、自宅の草刈り・片付けを行う | **5.9**　(5.4～6.4) | **0.070**　(0.065～0.077) |

※ ( )内は95%予測信頼区間の下限値～上限値

# 自宅・墓地・神社設定地点

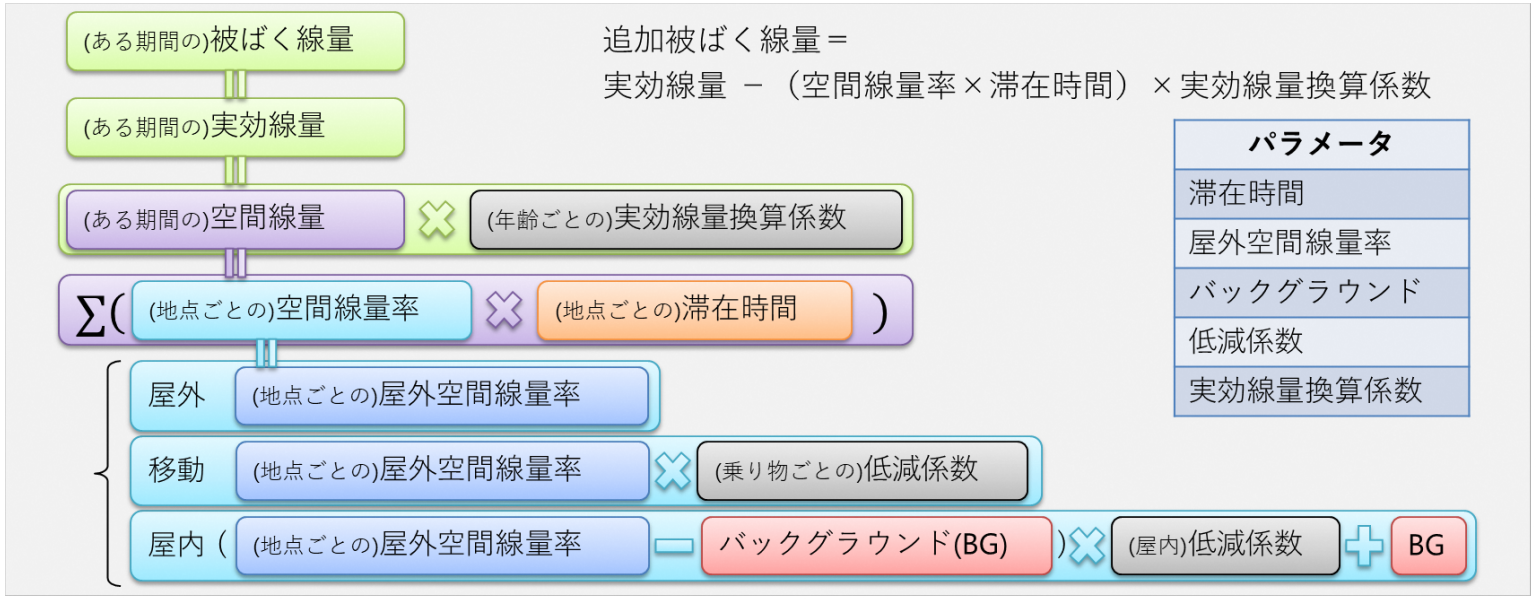



下長塚行政区自宅
下長塚共同墓地
産業交流センター
稲荷神社(羽鳥)
初発神社(長塚)
羽鳥行政区自宅
上羽鳥沢入共同墓地
三字行政区自宅
目迫共同墓地
稲荷神社(前田)
凡例
地表面から1mの高さの
空間線量率（μSv/h）
19.0 <
9.5 - 19.0
3.8 - 9.5
1.9 - 3.8
1.0 - 1.9
0.5 - 1.0
0.2 - 0.5
0.1 - 0.2
≦ 0.1
自宅設定地点
墓地
神社

# 被ばく線量評価：評価条件



- 外部被ばく線量の評価には以下の条件を用いました。
  - 屋外の空間線量率には、2024年度に原子力規制庁受託事業として原子力機構が測定した結果（走行サーベイ：6-11月、歩行サーベイ：5-10月）、および双葉町様が神社にて測定した結果（2024/11/25）を用いました。
  - 自宅においては、その行政区または地区内の"特定帰還居住区域内"かつ"双葉町都市計画区域内"で民家が確認できる場所のうち、最も空間線量率の高い場所としました。被ばく線量（実効線量）への換算係数には0.6を用いました。
  - 車両による低減係数は0.8としました。[1]
  - 屋内の低減係数は0.4としました。[2]




実測値があれば代用可能

[1]Takahara, S. et al., Dose-Reduction Effects of Vehicles Against Gamma Radiation in the Case of a Nuclear Accident, Health Physics, vol.114, no.1, 2018, p.64–72.
グランドシャインによる車両低減係数が0.64～0.73のため、安全側評価として0.8を採用した。

[2]Matsuda, N. et al. 2015. "Depth profiles of radioactive cesium in soil using a scraper plate over a wide area surrounding the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant, Japan.“
J. Environ. Radioact. 139: pp. 427–434.

# 結果：一時立入を想定したパターン(下長塚行政区①)



➢ 下長塚行政区へ一時立入し、墓参りや自宅の片づけを行う

○ 推定結果一覧(対象者ID： 000037)

| 生活行動パターン概要 | 年間の日数 | 立入1回の被ばく線量(μSv)(*1) | 立入1回の追加被ばく線量(μSv)(*2) |
|---|---|---|---|
| 一時立入(墓地、自宅) | 12 | 4.43 | 4.17 |

(*1) 被ばく線量(実効線量)への換算係数には0.6を用いた。
(*2) 双葉町における自然γ線に由来する空間線量率は0.061[μSv/h]とした。

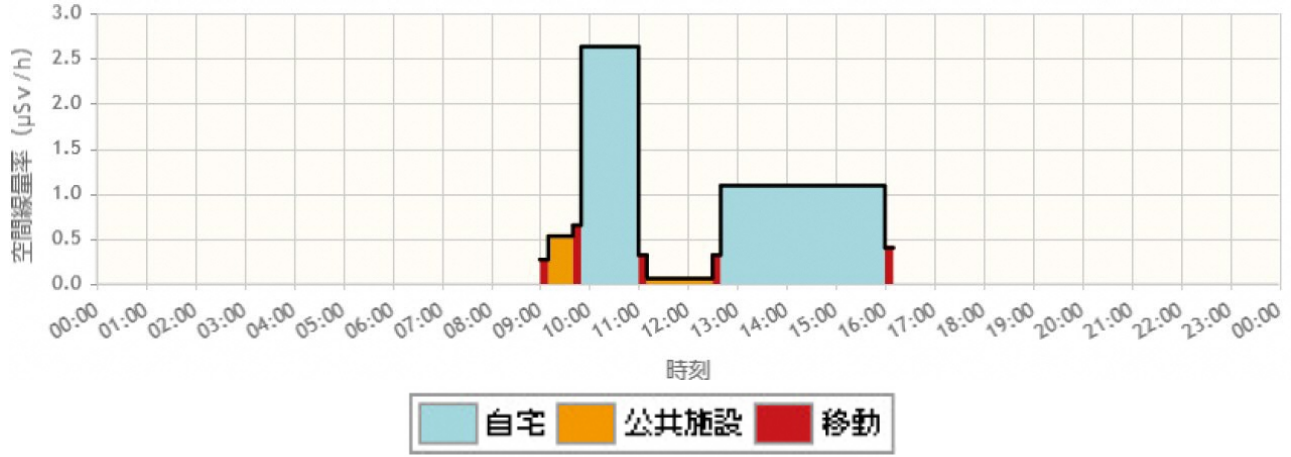
墓地は下長塚行政区内の下長塚共同墓地を想定し評価した。
➡ 平均空間線量率：0.53 μSv/h

○ 「一時立入（墓地、自宅）」パターンの推定結果詳細

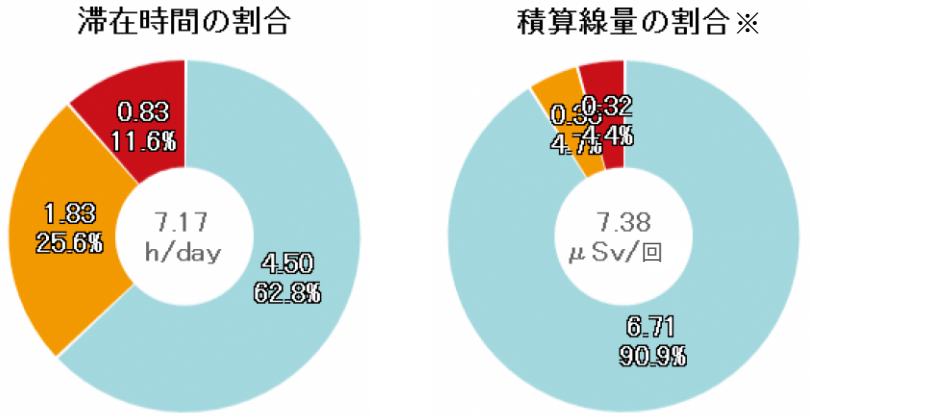
| 経路/場所ID | 地点(部屋) | 移動手段 | 開始時刻 | 終了時刻 | 屋外の空間線量率(μSv/h) | 換算係数 | 地点の空間線量率(μSv/h)(*) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | - | 車 | 09:00 | 09:10 | 0.34 | 0.8 | 0.27 |
| 2 | 墓参り | - | 09:10 | 09:40 | 0.53 | 1.0 | 0.53 |
| 3 | - | 車 | 09:40 | 09:50 | 0.81 | 0.8 | 0.65 |
| 4 | 自宅(庭) | - | 09:50 | 11:00 | 2.63 | 1.0 | 2.63 |
| 5 | - | 車 | 11:00 | 11:10 | 0.39 | 0.8 | 0.32 |
| 6 | 産業交流センター | - | 11:10 | 12:30 | 0.07 | 0.4 | 0.06 |
| 7 | - | 車 | 12:30 | 12:40 | 0.39 | 0.8 | 0.32 |
| 8 | 自宅(居間) | - | 12:40 | 16:00 | 2.63 | 0.4 | 1.09 |
| 9 | - | 車 | 16:00 | 16:10 | 0.50 | 0.8 | 0.40 |

(*) 線量率は小数点第三位を四捨五入した値を表示している。

○ 「一時立入（墓地、自宅）」パターンの1回の一時立入あたりの空間線量率の変化




○ 「一時立入（墓地、自宅）」パターンの場所ごとの滞在時間と1回の一時立入あたりの積算線量の割合




※ 積算した空間線量率
被ばく線量は、積算線量に実効線量換算係数0.6を掛けて求められる

# 結果：一時立入を想定したパターン（下長塚行政区②）



➢ 下長塚行政区へ一時立入し、神社参拝や自宅の片づけを行う

○ 推定結果一覧(対象者ID： 000038)

| 生活行動パターン概要 | 年間の日数 | 立入1回の被ばく線量(μSv)(*1) | 立入1回の追加被ばく線量(μSv)(*2) |
|---|---|---|---|
| 一時立入(神社、自宅) | 12 | 5.01 | 4.75 |

(*1) 被ばく線量(実効線量)への換算係数には0.6を用いた。
(*2) 双葉町における自然γ線に由来する空間線量率は0.061[μSv/h]とした。

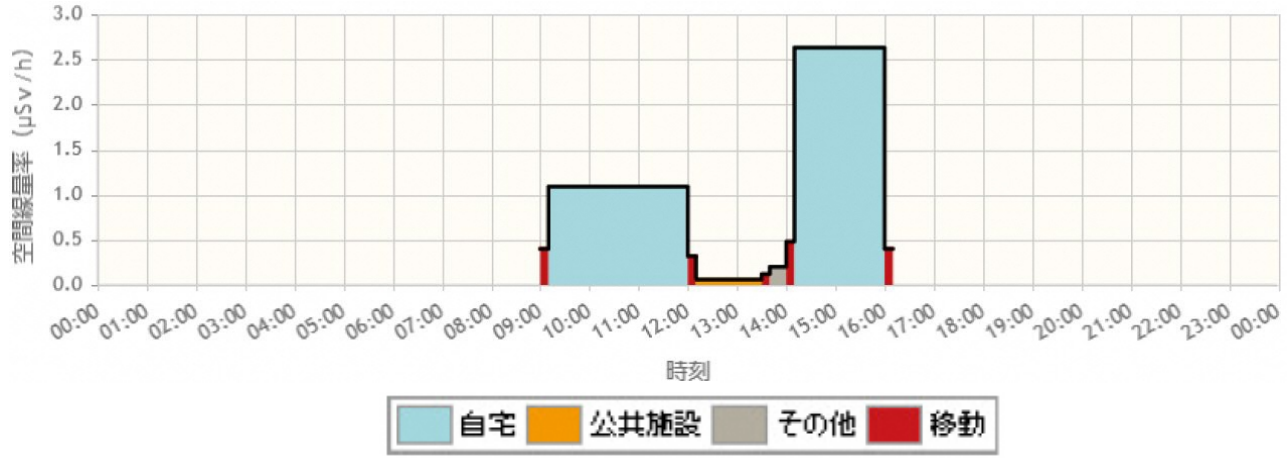
神社は下長塚行政区内の初発神社を想定し、実測値を用いて評価した。
➡ 実測値：0.20 μSv/h

○ 「一時立入（神社、自宅）」パターンの推定結果詳細

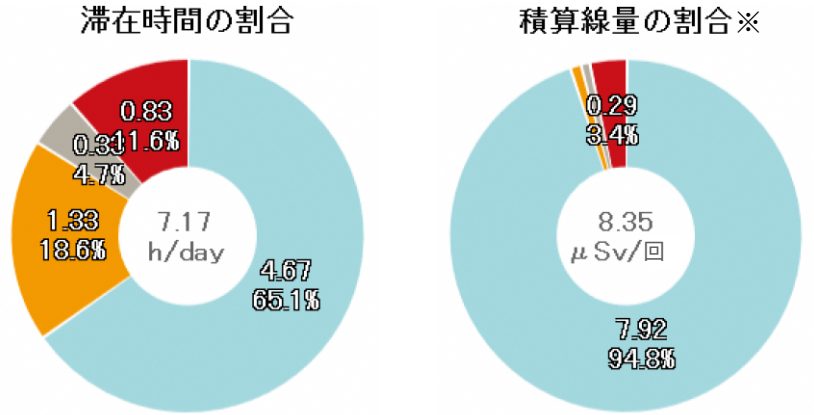
| 経路/場所ID | 地点(部屋) | 移動手段 | 開始時刻 | 終了時刻 | 屋外の空間線量率(μSv/h) | 換算係数 | 地点の空間線量率(μSv/h)(*) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | － | 車 | 09:00 | 09:10 | 0.50 | 0.8 | 0.40 |
| 2 | 自宅(居間) | － | 09:10 | 12:00 | 2.63 | 0.4 | 1.09 |
| 3 | － | 車 | 12:00 | 12:10 | 0.39 | 0.8 | 0.32 |
| 4 | 産業交流センター | － | 12:10 | 13:30 | 0.07 | 0.4 | 0.06 |
| 5 | － | 車 | 13:30 | 13:40 | 0.15 | 0.8 | 0.12 |
| 6 | 神社参拝 | － | 13:40 | 14:00 | － | － | 0.20 |
| 7 | － | 車 | 14:00 | 14:10 | 0.60 | 0.8 | 0.48 |
| 8 | 自宅(庭) | － | 14:10 | 16:00 | 2.63 | 1.0 | 2.63 |
| 9 | － | 車 | 16:00 | 16:10 | 0.50 | 0.8 | 0.40 |

(*) 線量率は小数点第三位を四捨五入した値を表示している。

○ 「一時立入（神社、自宅）」パターンの1回の一時立入あたりの空間線量率の変化




○ 「一時立入（神社、自宅）」パターンの場所ごとの滞在時間と1回の一時立入あたりの積算線量の割合




※ 積算した空間線量率
被ばく線量は、積算線量に実効線量換算係数0.6を掛けて求められる

# 結果：一時立入を想定したパターン（三字行政区①）



➢ 三字行政区へ一時立入し、墓参りや自宅の片づけを行う

○ 推定結果一覧(対象者ID： 000039)

| 生活行動パターン概要 | 年間の日数 | 立入1回の被ばく線量(μSv)(*1) | 立入1回の追加被ばく線量(μSv)(*2) |
|---|---|---|---|
| 一時立入(墓地、自宅) | 12 | 1.99 | 1.72 |

(*1) 被ばく線量(実効線量)への換算係数には0.6を用いた。
(*2) 双葉町における自然γ線に由来する空間線量率は0.061[μSv/h]とした。

墓地は三字行政区内の目迫共同墓地を想定し評価した。

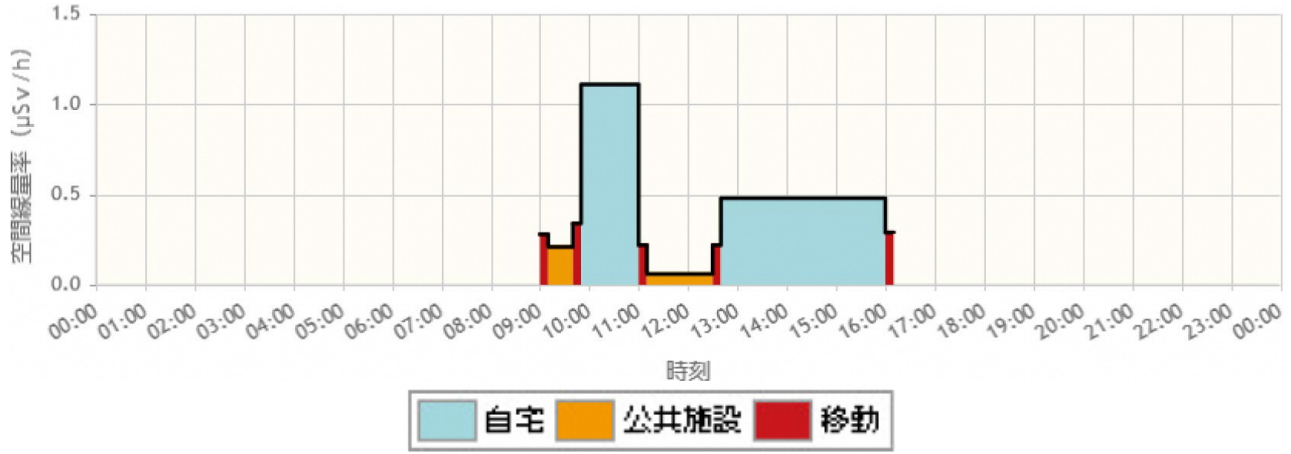
➡ 平均空間線量率：0.21 μSv/h

○ 「一時立入（墓地、自宅）」パターンの推定結果詳細

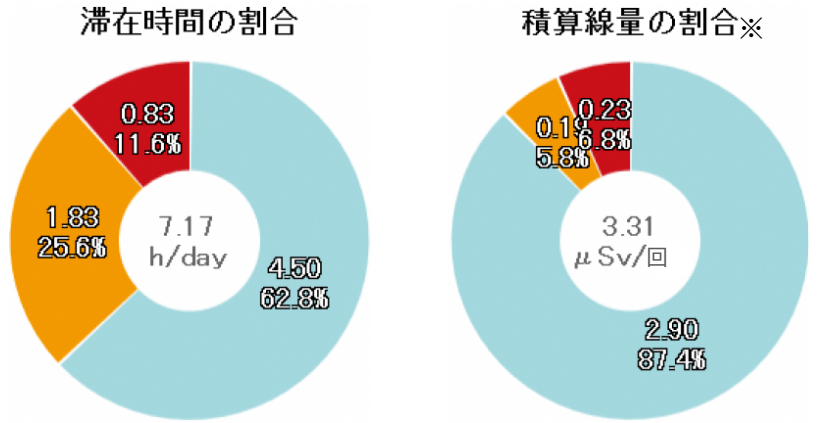
| 経路/場所ID | 地点(部屋) | 移動手段 | 開始時刻 | 終了時刻 | 屋外の空間線量率(μSv/h) | 換算係数 | 地点の空間線量率(μSv/h)(*) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | － | 車 | 09:00 | 09:10 | 0.35 | 0.8 | 0.28 |
| 2 | 墓参り | － | 09:10 | 09:40 | 0.21 | 1.0 | 0.21 |
| 3 | － | 車 | 09:40 | 09:50 | 0.43 | 0.8 | 0.34 |
| 4 | 自宅(庭) | － | 09:50 | 11:00 | 1.11 | 1.0 | 1.11 |
| 5 | － | 車 | 11:00 | 11:10 | 0.28 | 0.8 | 0.22 |
| 6 | 産業交流センター | － | 11:10 | 12:30 | 0.07 | 0.4 | 0.06 |
| 7 | － | 車 | 12:30 | 12:40 | 0.28 | 0.8 | 0.22 |
| 8 | 自宅(居間) | － | 12:40 | 16:00 | 1.11 | 0.4 | 0.48 |
| 9 | － | 車 | 16:00 | 16:10 | 0.36 | 0.8 | 0.29 |

(*) 線量率は小数点第三位を四捨五入した値を表示している。

○ 「一時立入（墓地、自宅）」パターンの1回の一時立入あたりの空間線量率の変化




○ 「一時立入（墓地、自宅）」パターンの場所ごとの滞在時間と1回の一時立入あたりの積算線量の割合




※ 積算した空間線量率
被ばく線量は、積算線量に実効線量換算係数0.6を掛けて求められる

# 結果：一時立入を想定したパターン（三字行政区②）



➢ 三字行政区へ一時立入し、神社参拝や自宅の片づけを行う

○ 推定結果一覧(対象者ID： 000040)

| 生活行動パターン概要 | 年間の日数 | 立入1回の被ばく線量(μSv)(*1) | 立入1回の追加被ばく線量(μSv)(*2) |
|---|---|---|---|
| 一時立入(神社、自宅) | 12 | 2.24 | 1.98 |

(*1) 被ばく線量(実効線量)への換算係数には0.6を用いた。
(*2) 双葉町における自然γ線に由来する空間線量率は0.061[μSv/h]とした。

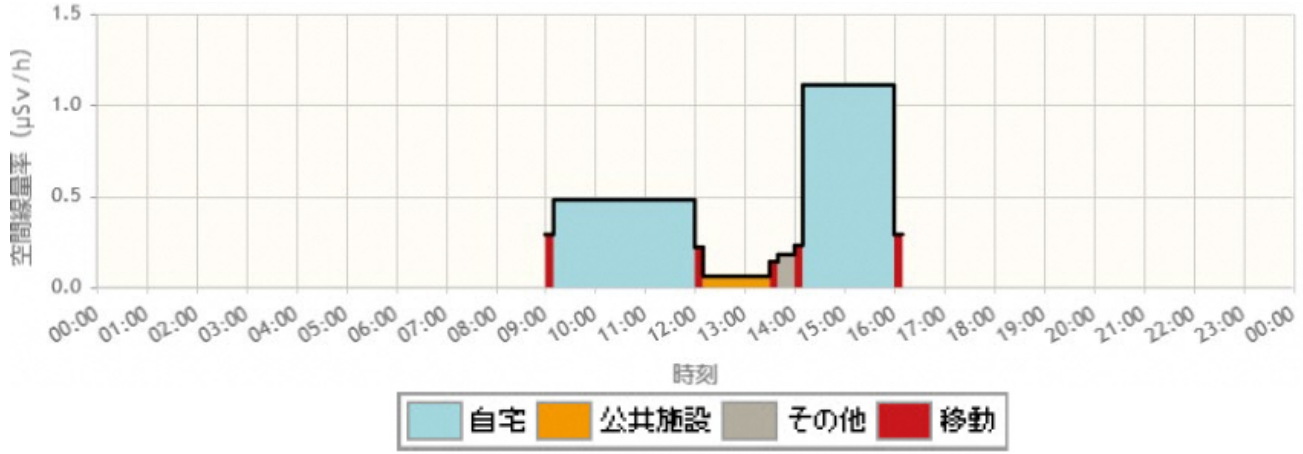
神社は三字行政区内の稲荷神社を想定し、実測値を用いて評価した。
➡ 実測値：0.18 μSv/h

○ 「一時立入（神社、自宅）」パターンの推定結果詳細

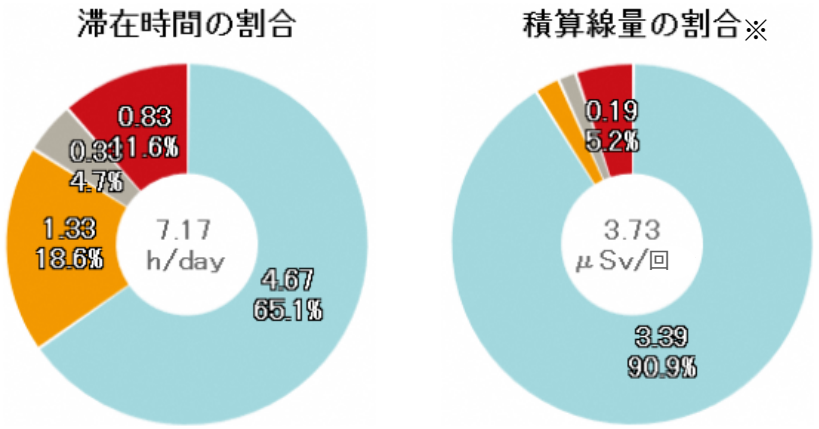
| 経路/場所ID | 地点(部屋) | 移動手段 | 開始時刻 | 終了時刻 | 屋外の空間線量率(μSv/h) | 換算係数 | 地点の空間線量率(μSv/h)(*) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | － | 車 | 09:00 | 09:10 | 0.36 | 0.8 | 0.29 |
| 2 | 自宅(居間) | － | 09:10 | 12:00 | 1.11 | 0.4 | 0.48 |
| 3 | － | 車 | 12:00 | 12:10 | 0.28 | 0.8 | 0.22 |
| 4 | 産業交流センター | － | 12:10 | 13:30 | 0.07 | 0.4 | 0.06 |
| 5 | － | 車 | 13:30 | 13:40 | 0.18 | 0.8 | 0.14 |
| 6 | 神社参拝 | － | 13:40 | 14:00 | － | － | 0.18 |
| 7 | － | 車 | 14:00 | 14:10 | 0.29 | 0.8 | 0.23 |
| 8 | 自宅(庭) | － | 14:10 | 16:00 | 1.11 | 1.0 | 1.11 |
| 9 | － | 車 | 16:00 | 16:10 | 0.36 | 0.8 | 0.29 |

(*) 線量率は小数点第三位を四捨五入した値を表示している。

○ 「一時立入（神社、自宅）」パターンの1回の一時立入あたりの空間線量率の変化




○ 「一時立入（神社、自宅）」パターンの場所ごとの滞在時間と1回の一時立入あたりの積算線量の割合




※ 積算した空間線量率
被ばく線量は、積算線量に実効線量換算係数0.6を掛けて求められる

# 結果：一時立入を想定したパターン（羽鳥行政区①）



➢ 羽鳥行政区へ一時立入し、墓参りや自宅の片づけを行う

○ 推定結果一覧(対象者ID： 000041)

| 生活行動パターン概要 | 年間の日数 | 立入1回の被ばく線量(μSv)(*1) | 立入1回の追加被ばく線量(μSv)(*2) |
|---|---|---|---|
| 一時立入(墓地、自宅) | 12 | 5.38 | 5.12 |

(*1) 被ばく線量(実効線量)への換算係数には0.6を用いた。
(*2) 双葉町における自然γ線に由来する空間線量率は0.061[μSv/h]とした。

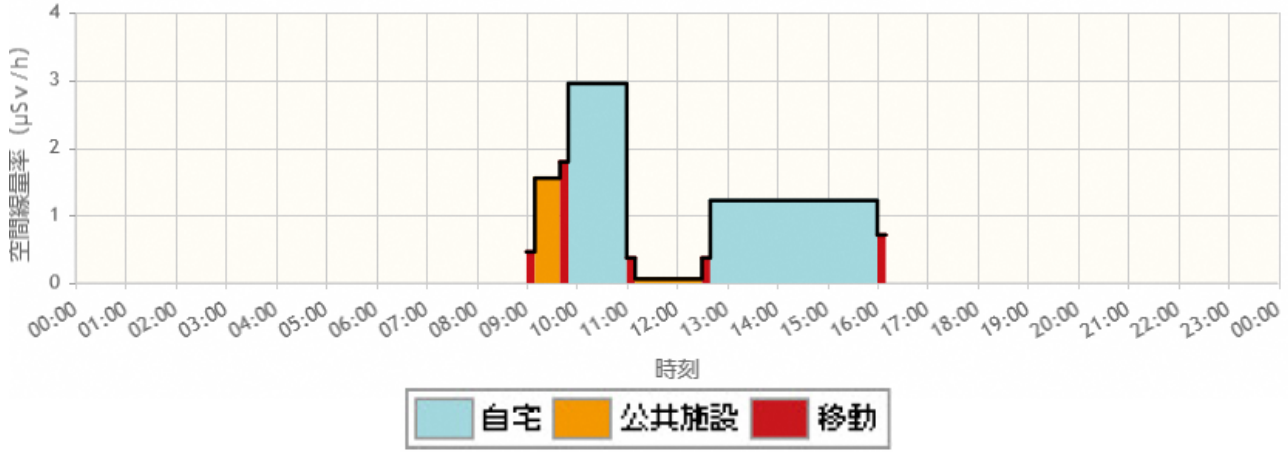
墓地は羽鳥行政区内の上羽鳥沢入共同墓地を想定し評価した。
➡ 平均空間線量率：1.5 μSv/h

○ 「一時立入（墓地、自宅）」パターンの推定結果詳細

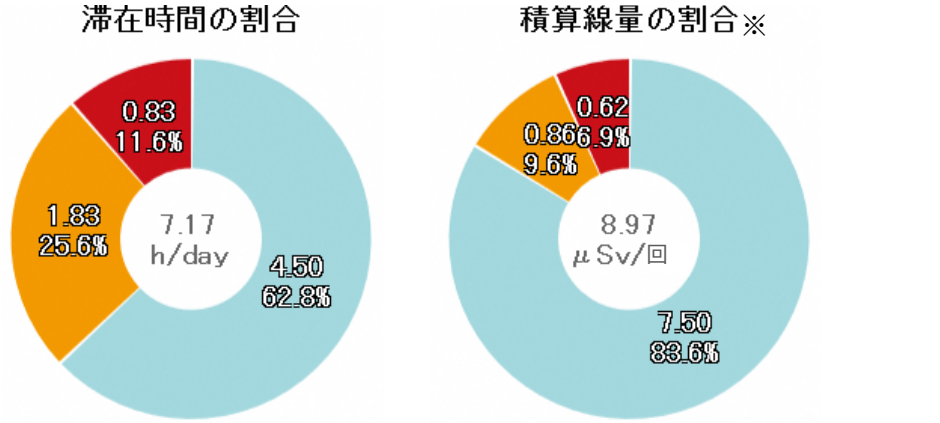
| 経路/場所ID | 地点(部屋) | 移動手段 | 開始時刻 | 終了時刻 | 屋外の空間線量率(μSv/h) | 換算係数 | 地点の空間線量率(μSv/h)(*) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | － | 車 | 09:00 | 09:10 | 0.58 | 0.8 | 0.46 |
| 2 | 墓参り | － | 09:10 | 09:40 | 1.55 | 1.0 | 1.55 |
| 3 | － | 車 | 09:40 | 09:50 | 2.23 | 0.8 | 1.79 |
| 4 | 自宅(庭) | － | 09:50 | 11:00 | 2.95 | 1.0 | 2.95 |
| 5 | － | 車 | 11:00 | 11:10 | 0.47 | 0.8 | 0.37 |
| 6 | 産業交流センター | － | 11:10 | 12:30 | 0.07 | 0.4 | 0.06 |
| 7 | － | 車 | 12:30 | 12:40 | 0.47 | 0.8 | 0.37 |
| 8 | 自宅(居間) | － | 12:40 | 16:00 | 2.95 | 0.4 | 1.22 |
| 9 | － | 車 | 16:00 | 16:10 | 0.89 | 0.8 | 0.71 |

(*) 線量率は小数点第三位を四捨五入した値を表示している。

○ 「一時立入（墓地、自宅）」パターンの1回の一時立入あたりの空間線量率の変化




○ 「一時立入（墓地、自宅）」パターンの場所ごとの滞在時間と1回の一時立入あたりの積算線量の割合




※ 積算した空間線量率
被ばく線量は、積算線量に実効線量換算係数0.6を掛けて求められる

# 結果：一時立入を想定したパターン（羽鳥行政区②）



➢ 羽鳥行政区へ一時立入し、神社参拝や自宅の片づけを行う

○ 推定結果一覧(対象者ID： 000042)

| 生活行動パターン概要 | 年間の日数 | 立入1回の被ばく線量(μSv)(*1) | 立入1回の追加被ばく線量(μSv)(*2) |
|---|---|---|---|
| 一時立入(神社、自宅) | 12 | 5.86 | 5.60 |

(*1) 被ばく線量(実効線量)への換算係数には0.6を用いた。
(*2) 双葉町における自然γ線に由来する空間線量率は0.061[μSv/h]とした。

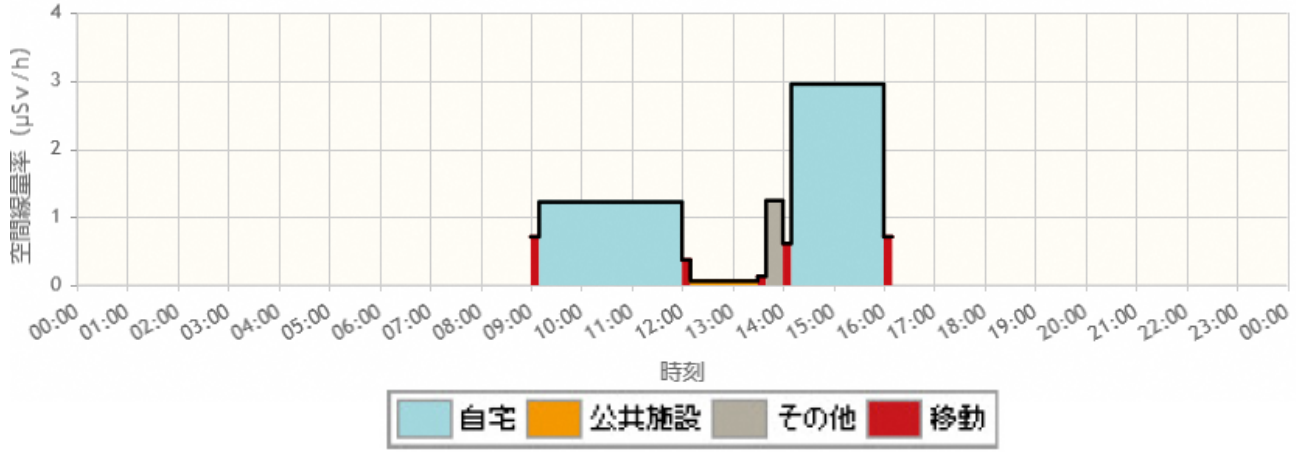
神社は羽鳥行政区内の稲荷神社を想定し、実測値を用いて評価した。
➡ 実測値：1.2 μSv/h

○ 「一時立入（神社、自宅）」パターンの推定結果詳細

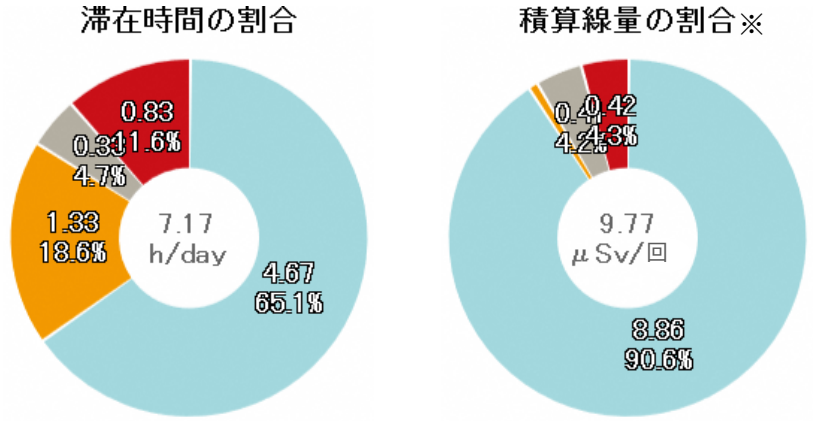
| 経路/場所ID | 地点(部屋) | 移動手段 | 開始時刻 | 終了時刻 | 屋外の空間線量率(μSv/h) | 換算係数 | 地点の空間線量率(μSv/h)(*) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | - | 車 | 09:00 | 09:10 | 0.89 | 0.8 | 0.71 |
| 2 | 自宅(居間) | - | 09:10 | 12:00 | 2.95 | 0.4 | 1.22 |
| 3 | - | 車 | 12:00 | 12:10 | 0.47 | 0.8 | 0.37 |
| 4 | 産業交流センター | - | 12:10 | 13:30 | 0.07 | 0.4 | 0.06 |
| 5 | - | 車 | 13:30 | 13:40 | 0.16 | 0.8 | 0.13 |
| 6 | 神社参拝 | - | 13:40 | 14:00 | - | - | 1.24 |
| 7 | - | 車 | 14:00 | 14:10 | 0.76 | 0.8 | 0.61 |
| 8 | 自宅(庭) | - | 14:10 | 16:00 | 2.95 | 1.0 | 2.95 |
| 9 | - | 車 | 16:00 | 16:10 | 0.89 | 0.8 | 0.71 |

(*) 線量率は小数点第三位を四捨五入した値を表示している。

○ 「一時立入（神社、自宅）」パターンの1回の一時立入あたりの空間線量率の変化




○ 「一時立入（神社、自宅）」パターンの場所ごとの滞在時間と1回の一時立入あたりの積算線量の割合




※ 積算した空間線量率
被ばく線量は、積算線量に実効線量換算係数0.6を掛けて求められる

# 参考：生活行動パターンを模擬した被ばく評価方法



☆ 滞在箇所の空間線量率を滞在時間だけ積算し、実効線量に換算して被ばく線量を算出
☆ 屋内の空間線量率は、屋外の空間線量率から低減係数を用いて推定
☆ バックグラウンド線量率を含んだ値（報告書では追加被ばく線量の計算も実施）

一日の実効線量

$$E = \Sigma (D_i \times t_i) \times CF$$

$D_i$ ; 滞在箇所 (i)の空間線量率

$t_i$ ; 滞在箇所 (i)での滞在時間

$CF$ ; 実効線量への換算係数

滞在箇所の空間線量率（$D_i$）

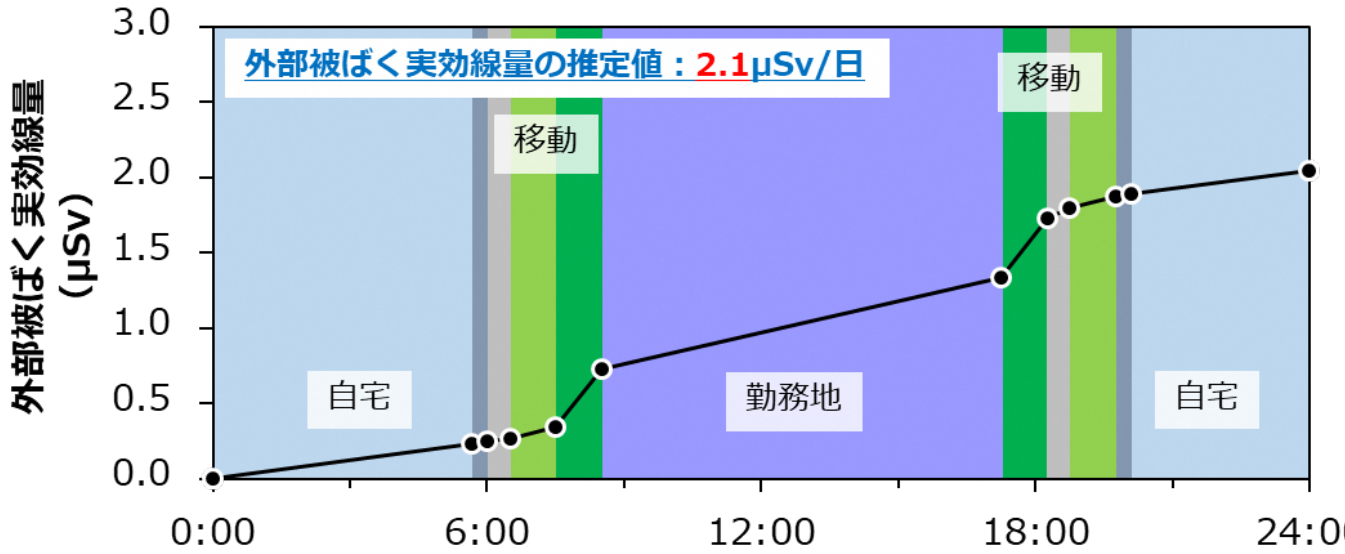
$$D_{in} = (D_{out} - BG_{in}) \times RF + BG_{out}$$

$D_{out}$ ; 屋外の空間線量率（走行サーベイ測定結果）

$D_{in}$ ; 屋内の空間線量率

$RF$ ; 屋内低減係数（屋内・外の線量率の比）

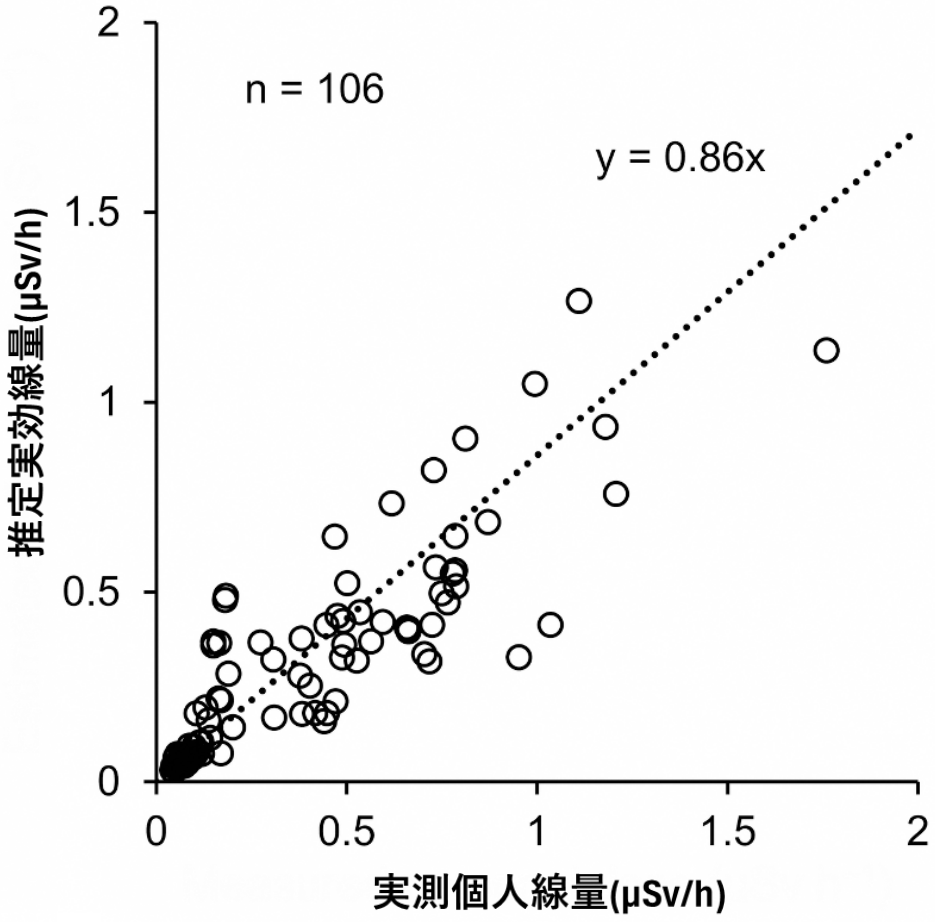
$BG_{in/out}$ ; 自然放射線に由来する屋内／屋外空間線量率



# 参考：評価方法の妥当性の検証（個人線量との比較）



今回の被ばく線量推定方法の妥当性は、これまでの研究により個人線量の実測値とモデル推計値を比較することで確認してきました。



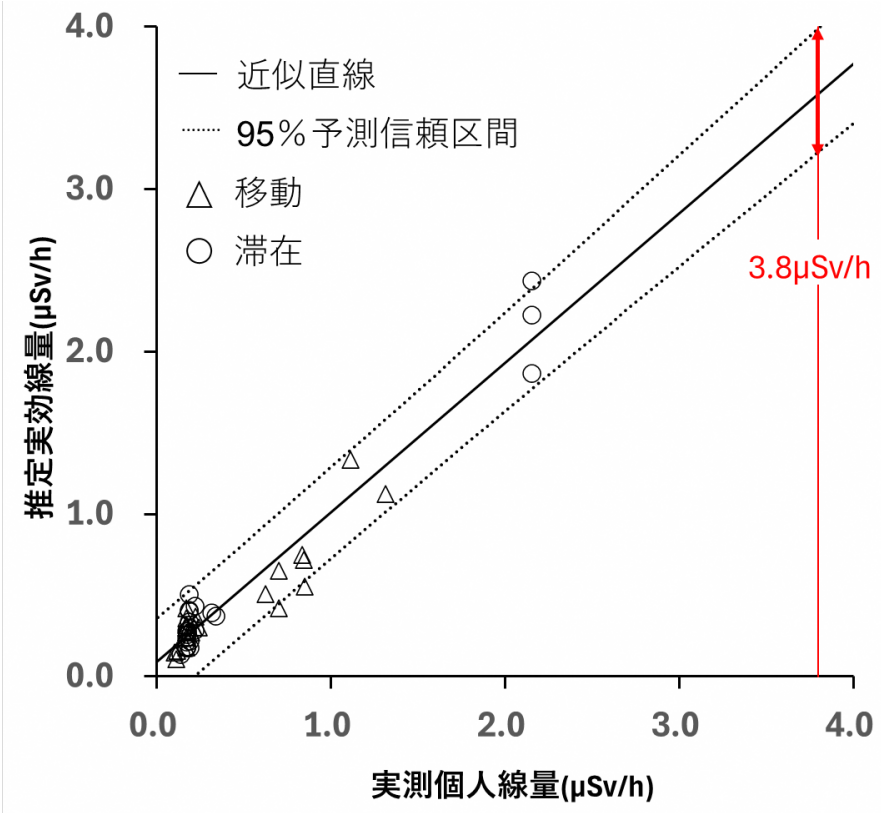

Kazuya Yoshimura. et al. 2024. "Assessment of individual external exposure doses based on environmental radiation in areas affected by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident
“ Environment International 194 (2024) 109148

# 参考：評価方法の妥当性の検証（個人線量との比較）



東電よりいただいた個人線量計の実測値と、JAEAによる推定値を比較し、妥当性を再度確認しました。

- 対象者：双葉町の特定帰還居住区域及び帰還困難区域内で作業に従事していた作業員
- 測定期間：2023年6月7日～2023年11月22日
- 測定機材：DOSEe nano(富士電機社製)
- 取得データ：個人線量、行動記録
- 検証方法：行動記録と空間線量率マップを基にモデルで推計した値と実測した個人線量を比較しました。
  実測値についてはシミュレーション可能な線量率マップのある滞在地及び経路のみ抽出し計算を行いました。




☆個人線量を避難指示解除の目安（3.8 $\mu$Sv h$^{-1}$）に外挿すると、95%予測信頼区間は近似直線の値に対しておよそ±11%