

放射性ヨウ素・セシウム安全対策アドホック委員会

福島第一原発事故による被服類の放射 放射性物質による汚染状況 および それらの洗濯等による除去効果

日本放射線安全管理学会

放射性ヨウ素・セシウム安全対策アドホック委員会 被服分析班

中里 一久¹⁾ 片岡 賢英¹⁾ 菊池 裕純¹⁾ 北 実²⁾ 木村 宏二²⁾ 西澤邦秀³⁾

1)慶応義塾大学医学部 放射線安全管理室

2)鳥取大学 生命機能研究支援センター

3)名古屋大学名誉教授

はじめに

日本放射線安全管理学会の放射性ヨウ素・セシウム安全対策アドホック委員会における被服分析班は、福島原発事故に起因した汚染被服に対する安全対策を検討するため、作業員等の着用被服の汚染状況を分析するとともに、一般住民の家庭等生活環境において平易に除染できる方法とその効果等について検討した。

試料および方法(1)

- 被服試料

- (1) T社社員: 事故発生直後に原発周辺にて作業した
 - 手袋, 防護衣, マスク他
- (2) A社社員: 事故時(3月11-12日)に福島県大熊町, その後3月13-14日に同町にあるオフサイトセンターに待機, 3月14日福島高専に避難。3月16日に同県広野町およびいわき市を經由し茨城県水戸市に移動した
 - 作業着および靴下等

- 測定

- GM式サーベイメータおよびWell型シンチレーションカウンタ, Ge半導体検出器, イメージングプレート(IP)および同解析用フルオロイメーシングアナライザ等を使用した。

試料および方法(2)

- 洗濯

- 市販の洗濯機(渦巻き反転式ならびに回転ドラム式)を使用した。
- 洗剤には, 粉末洗剤および液体洗剤を用いた。

- 環境測定

- 洗濯機およびその周辺を, 直接モニタリング法および間接モニタリング法により, 安全測定した。



汚染状況(1)手袋

測定日：
2011年4月11-
12日

| サーベイメータによる計測 | | | | | |
|--------------|--------|------|--------------|--------------|-------------------------------------|
| 品名 | 内訳等 | | 計数率 (cpm) | Net (cpm) | 備考 |
| 手袋 | 綿(作業用) | 1 | 185 | | |
| | | 2 | 2600 | | |
| | 同上(緑縞) | 1 | 1300 | | |
| | | 2 | 1500 | | |
| インナー手袋 | 白 | 白1 | 150 | | |
| | | 白2 | ND | | |
| | | 白3 | 200 | | |
| | | 白4 | 200 | | |
| インナー手袋 | 青 | 青1 | ND | | 親・人差・中指の各一部3.4g(GM2100cpm) →Ge測定 |
| | | 青2 | 3600 | | |
| インナー手袋 | 青緑縞 | 青緑縞1 | 1800 | | 親・人差・中指の各一部5.5g(GM3000cpm) →Ge測定 |
| | | 青緑縞2 | 3200 | | |
| | | 青緑縞3 | 2200 | | |
| | | 青緑縞4 | 2300 | | |
| ゴム手袋 | | 1 | 1600 | | 親・人差・中指の各一部4.4g(GM4000cpm) →Ge測定 |
| | | 2 | 2700 | | |
| | | 3 | 2300 | | |
| | | 4 | 4500 | | |

測定器:TGS-136(Aloka)



汚染状況(2) マスク/防護衣

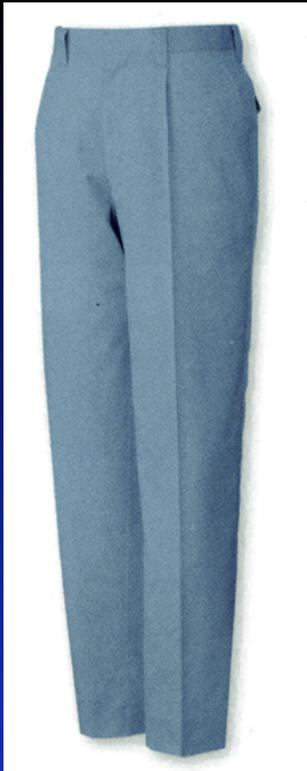


| サーベイメータによる計測 | | | | | |
|-------------------------------|------------|------|--------------|--------------|----------------------------------|
| 品名 | 内訳等 | | 計数率 (cpm) | Net (cpm) | 備考 |
| 防毒マスク | 防護面 | | ND | | |
| | 同上活性炭部(外面) | | 260 | | |
| マスク | 綿 | | ND | | |
| | グラスウール | | ND | | |
| 防護衣 (不織布製) (つなぎ一 体型) | I. 背面 | | | | 全体的に200-300cp mの汚染が認められ る。 |
| | 頭部 | | ND | | |
| | 全面 | | 200-300 | | |
| | 袖口 | 左 | 400 | | |
| | 背中 | ほぼ中央 | 400 | | |
| | 腰部 | 右 | 600 | | |
| | | 左 | 600 | | |
| | 上腿付根 | 左 | 450 | | |
| | | 裾部分 | 520 | | |
| | II. 表側 | | | | |

測定日:
2011年4月11-12日

測定器: TGS-136(Aloka)

汚染状況(3) 作業着



測定日：
2011年4月13-15日

測定器：TGS-136(Aloka)

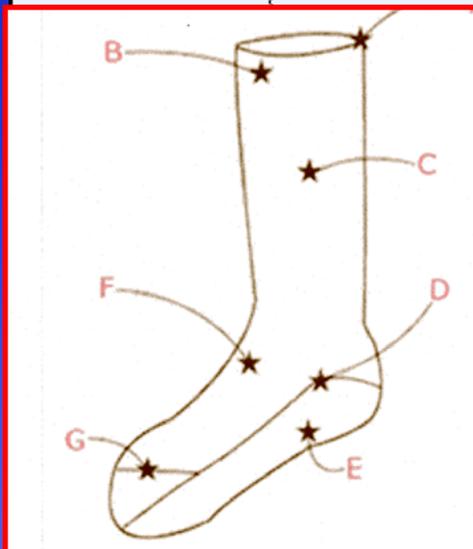
| 品名 | 内訳等 | | 計数率 (cpm) | Net (cpm) | 備考 |
|------|-----|------|--------------|--------------|---------------------------------|
| 作業着1 | 上着 | 薄緑 | ND | | 全面一様にわずかな 汚染あるも高濃度の 場所はない |
| | ズボン | | 200-250 | | |
| 作業着2 | 上着 | 茶色 | 200-250 | | |
| | ズボン | すそ | 1400 | | |
| | | 膝下部 | 320 | | |
| | | 上記以外 | 200-250 | | |

汚染状況(4)帽子 靴下



サーベイメータによる計測結果

| 品名 | 内訳等 | | 計数率 (cpm) | Net (cpm) | 備考 |
|----|-------|-------|--------------|--------------|---------------------------------|
| 帽子 | | | ND | | |
| 靴下 | 白 | 1-先端 | 2300 | | |
| | | 1-かかと | 1900 | | |
| | | 2-先端 | 3400 | | 先端一部切り取り2.7g (GM2600cpm) →Ge |
| | | 2-かかと | 2300 | | |
| | 黒 | 1-上部 | 150 | | |
| | | 1-かかと | 1900 | | |
| | | 1-先端 | 4200 | | 先端一部切り取り5.6g (GM3200cpm) →Ge |
| | | 2-上部 | 180 | | |
| | 2-かかと | 1800 | | | |



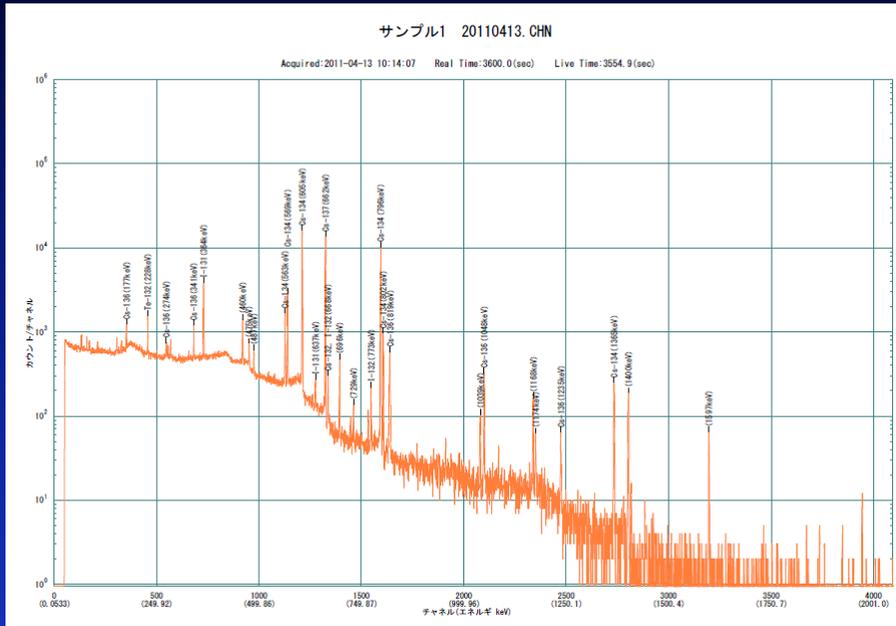
測定日:
2011年4月13-15日

測定器:TGS-136(Aloka)

スペクトル

手袋(インナ)T社

測定日:4月13日



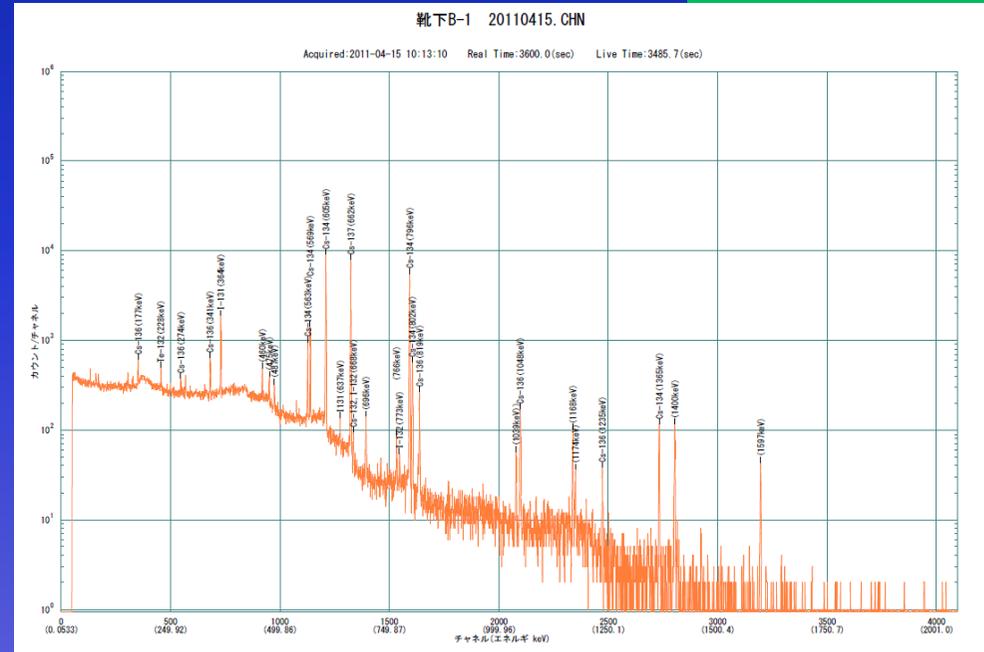
検出核種: I-131, Cs-134, Cs-137, Cs-136, Te-132, I-132 が確認された

事故直後のI-131による汚染量は約17倍であった→S1:2000Bq, 靴下:816Bq

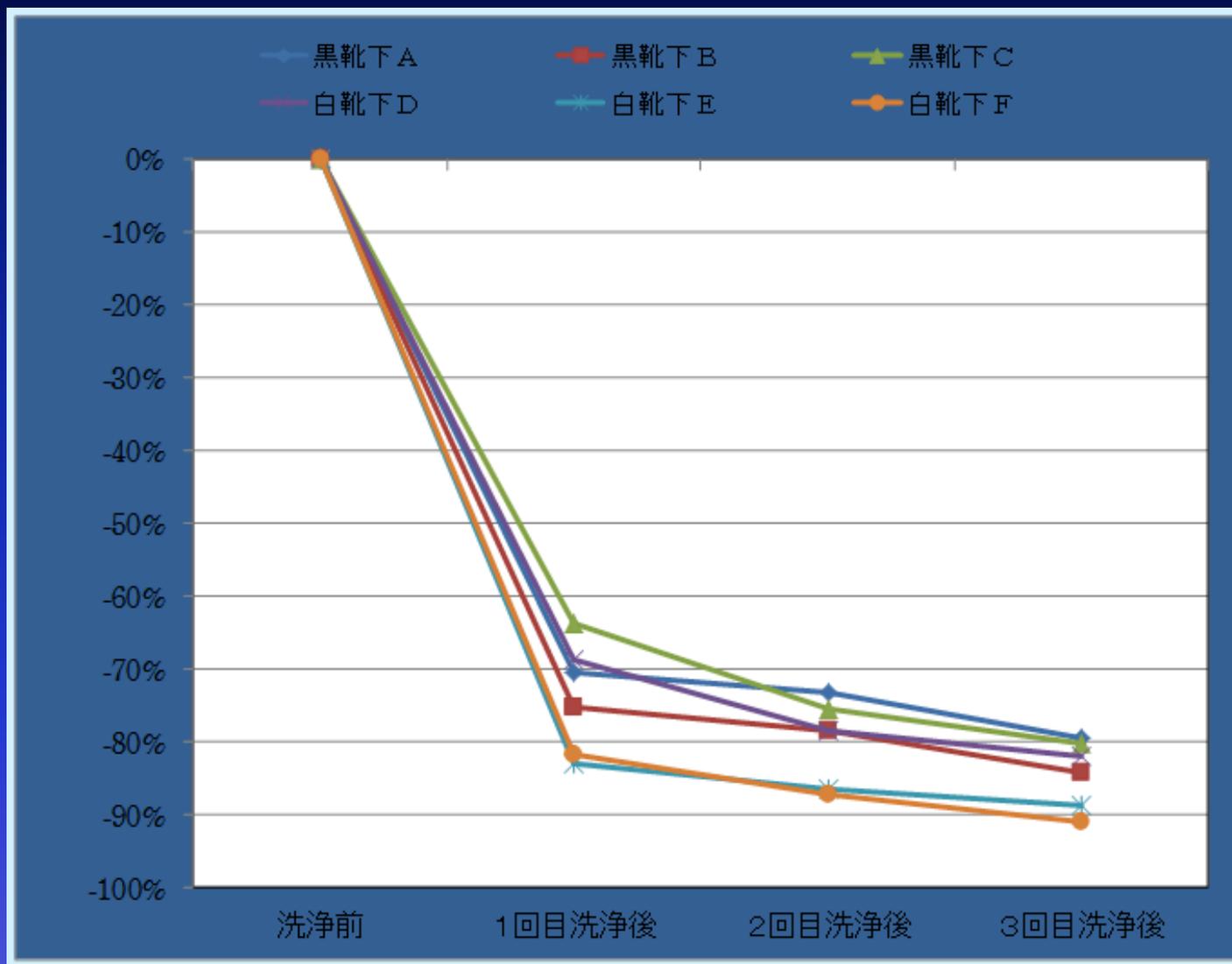
靴下(黒)A社

Ge半導体検出器による測定結果

| サンプル名 | 核種 | Net計測値 count | 計測値 cps | 放射能量 Bq | 測定日 |
|-------|--------|-----------------|------------|------------|-----------|
| サンプル1 | I-131 | 6,899 | 1.92 | 118.09 | 2011/4/13 |
| | Cs-134 | 46,837 | 13.01 | 1,115.84 | |
| | Cs-137 | 41,030 | 11.40 | 1,090.08 | |
| サンプル2 | I-131 | 9,591 | 2.66 | 164.17 | 2011/4/13 |
| | Cs-134 | 34,500 | 9.58 | 821.93 | |
| | Cs-137 | 30,543 | 8.48 | 811.46 | |
| 靴下B-1 | I-131 | 3,490 | 0.97 | 59.74 | 2011/4/15 |
| | Cs-134 | 24,850 | 6.90 | 592.03 | |
| | Cs-137 | 22,047 | 6.12 | 585.74 | |
| 靴下C-2 | I-131 | 2,818 | 0.78 | 48.24 | 2011/4/15 |
| | Cs-134 | 19,619 | 5.45 | 467.40 | |
| | Cs-137 | 17,210 | 4.78 | 457.23 | |



自動洗濯機による除染効果(1)



黒靴下:
回転渦巻き洗濯機
粉末石けん

白靴下:
ドラム式洗濯機
粉末粉石けん

共に洗濯した衣服:
実験防護衣2着

洗濯前測定:
2011年5月26-27日 → Total γ 測定

3回目洗濯後測定: 2011年06
月07日 (前測定から13日後)

自動洗濯機による除染効果(2)

Geによるスペクトル解析結果

Cs-137の除去率

| 試料 | 靴下(黒) | | 靴下(白) | |
|-------|----------|-----------|----------|-----------|
| | 濃度(Bq/g) | 除去率 | 濃度(Bq/g) | 除去率 |
| 洗濯 前 | 67.7±30 | 0 | 112.5±48 | 0 |
| 洗濯 1回 | 17.2±4.4 | 0.75±0.55 | 25.5±21 | 0.77±0.57 |
| 洗濯 3回 | 10.3±5.3 | 0.85±0.58 | 17.4±17 | 0.85±0.58 |

洗濯前測定: 2011年5月26-27日

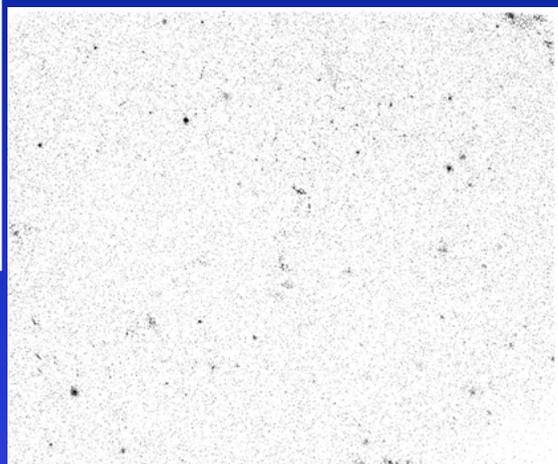
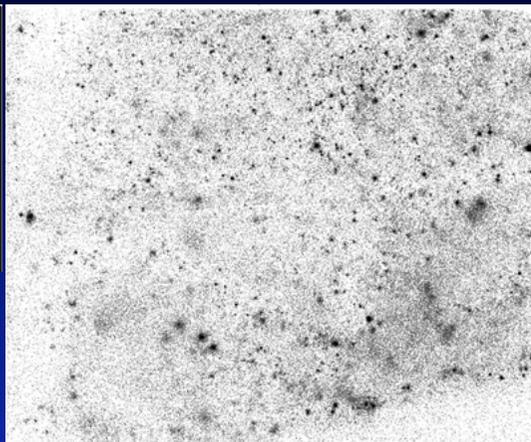
3回目洗濯後測定: 2011年06月07日 (前測定から13日後)

- ◆ Cs-134についても同様の除染効果が認められた。
- ◆ I-131は検出されなかった

作業着の洗濯による除染効果



腰部



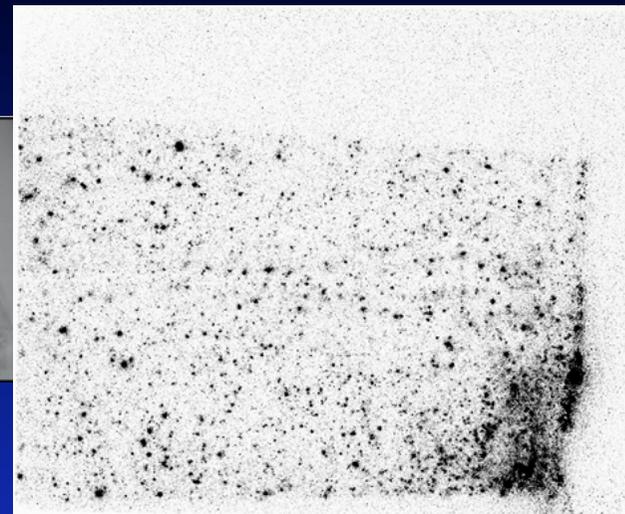
GMサーベイによるモニタリング値は高くないが、スポット状の汚染が顕著に認められた。

洗濯だけでは除染しきれない汚染も認められた。

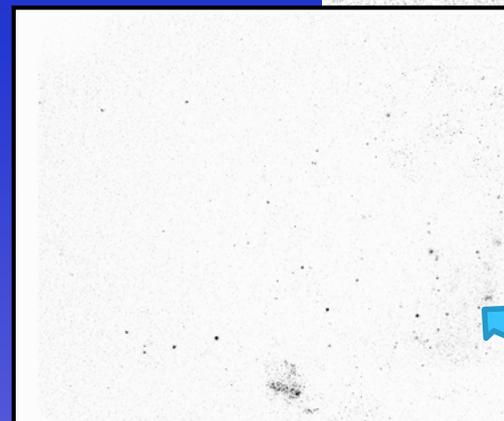
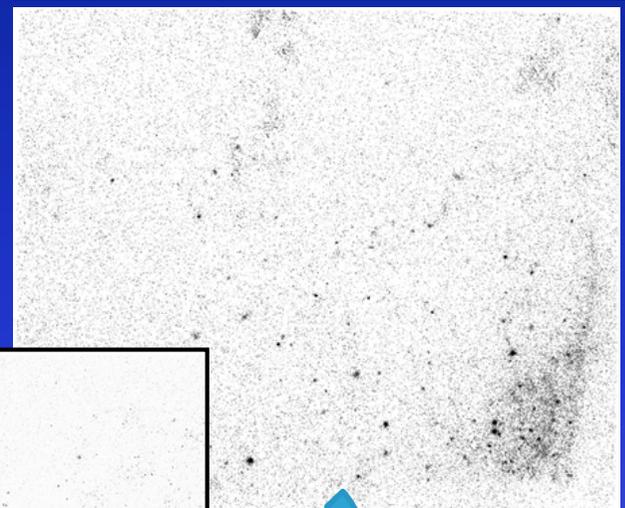
裾部



←洗浄前→



←洗浄後→



裾-漂白剤洗浄後

洗濯作業周辺の放射線安全

1. 洗濯後の洗濯槽内には汚染が検出されず、洗濯排水からガンマ線が検出されたが、すすぎ排水からは検出されなかった。
2. 洗濯機周辺および乾燥に使用したオーブン内の空気も汚染されていなかったことから、乾燥時に放射性物質が拡散する可能性も低いものと思われる。

考察(1)

- 原発周辺に滞在した一般人が着用している衣服のズボンおよび靴下に汚染が検出されたことから、大気中を浮遊していた放射性物質およびその落下集積物が付着したものと推察される。
- 作業ズボンに検出されたスポット状の汚染は、事故後福島県内その他での野菜における汚染形状と一致しているので、大気中の粒子状放射性ダストが衣服に付着した可能性が高い

考察(2)

- 市販の洗剤による洗濯において、汚染が約80%除去された。しかし、完全な除染には至らなかった。また、IP画像からスポット状の汚染が残存した。これらのことから、洗剤に溶けにくい汚染が存在したか、もしくは繊維の奥に入り、洗浄液に触れにくい汚染が存在した可能性が考えられる。
- 洗濯に際し、作業ズボンおよび靴下と共に洗濯した綿手袋および防護衣からは、汚染が検出されなかったことから、脱離した汚染は衣服に再結合しにくい汚染であったといえる。

結論

1. 福島原発事故に関わった作業員はもとより、原発周辺に居住している一般人が着用している衣服に、核分裂生成物の降下物による汚染がスポット状に発生していることがわかった。
2. 衣服を市販の洗剤により洗濯すると、汚染の約75%は容易に除染できたが、その後洗濯を繰り返しても約10%程度の除去が困難な汚染の残留が認められた。