

原子力災害におけるドクターヘリ運航 -放射線防護の観点から-

福島県立医科大学 救命救急センター

長谷川有史、鈴木剛、大野雄康、阿部良伸、塚田泰彦、
池上之浩、島田二郎、田勢長一郎

中日本航空株式会社

川村孝広、高橋宏之、兵藤敬、児玉三直

はじめに

- ◆ 福島県ドクターヘリは震災後も変わらぬニーズを有し地域救急医療に必要不可欠な存在である
- ◆ 東日本大震災による原子力災害は現在も収束に至っていない
- ◆ 災害後に福島県内の放射線量が増加
- ◆ ヘリ運航に当たり搭乗者の一層の安全管理が求められる
- ◆ 原子力災害時ドクターヘリ運航の問題点とその対策を放射線防護の観点から考察する

福島県内放射線環境の現状

フォールアウト（1960年代大気圏内核実験による世界的放射性物質飛散沈着）に、新たに福島第一原発事故の放射性飛散物が積み重なった状態

- ◆ 地上に沈着した $^{134+137}\text{Cs}$ の γ 線影響が主
- ◆ 内部被ばくは同程度を1960年代に経験済
- ◆ 現在、住民が居住し社会生活を営んでいる

確定的影響はない

- ◆ 急性放射線障害はない

確率的影響には対策が必要

- ◆ 発がんリスクの種が一つ増えた（リスクの程度は低い）
- ◆ 他の発がん要因を減らす努力（減酒、減塩・煙、ほか）
- ◆ 個人の「被ばく線量」を正しく評価する努力
 - ◆ 情報収集：ダストサンプリング、食品中の放射線量
 - ◆ フィルムバッチ、個人線量計の正しい装着と解析
- ◆ 被ばくを減らす努力
 - ◆ 生活域の除染
 - ◆ 非流通食物への注意

ドクターヘリ運航時の放射線防護策

ドクターヘリ運航で想定される被ばく・汚染様式

- ◆ 外部被ばく
 - ◆ 地表に沈着した放射性物質からの放射線被ばく
 - ◆ 空間中の放射性物質による被ばく：原子雲（プルム）との遭遇
 - ◆ 汚染地帯での衣服等への核種付着による被ばく
- ◆ 内部被ばく
 - ◆ 放射性物質吸入
 - ◆ 空気中に浮遊
 - ◆ 土壌表面からの飛散
 - ◆ 外傷部位からの取り込み
 - ◆ 経口摂取（飲食）



対策と予防措置

運航中

- ◆ NaIサーベイメーターによる機内空間線量モニタリングと情報共有
- ◆ 回避行動基準値の策定
- ◆ 機長が最終決定；離着陸・回避行動の要可否

着陸後

- ◆ 着陸地点空間放射線量の計測
- ◆ 高線量地域での活動
 - ◆ 防護服、マスク、ゴーグル装着
 - ◆ 滞在時間短縮

日常

- ◆ 個人被ばく線量管理
 - ◆ 外部：個人線量計、フィルムバッジ
 - ◆ 内部：ホールボディーカウンタ

ドクターヘリ運航時の汚染拡大防止策

搭乗者のための対策

- ◆ 機内装備（常備）
 - ◆ 防護服、足カバー、N95マスク、ゴーグル
 - ◆ 汚染患者搬送用シート



機材のための対策

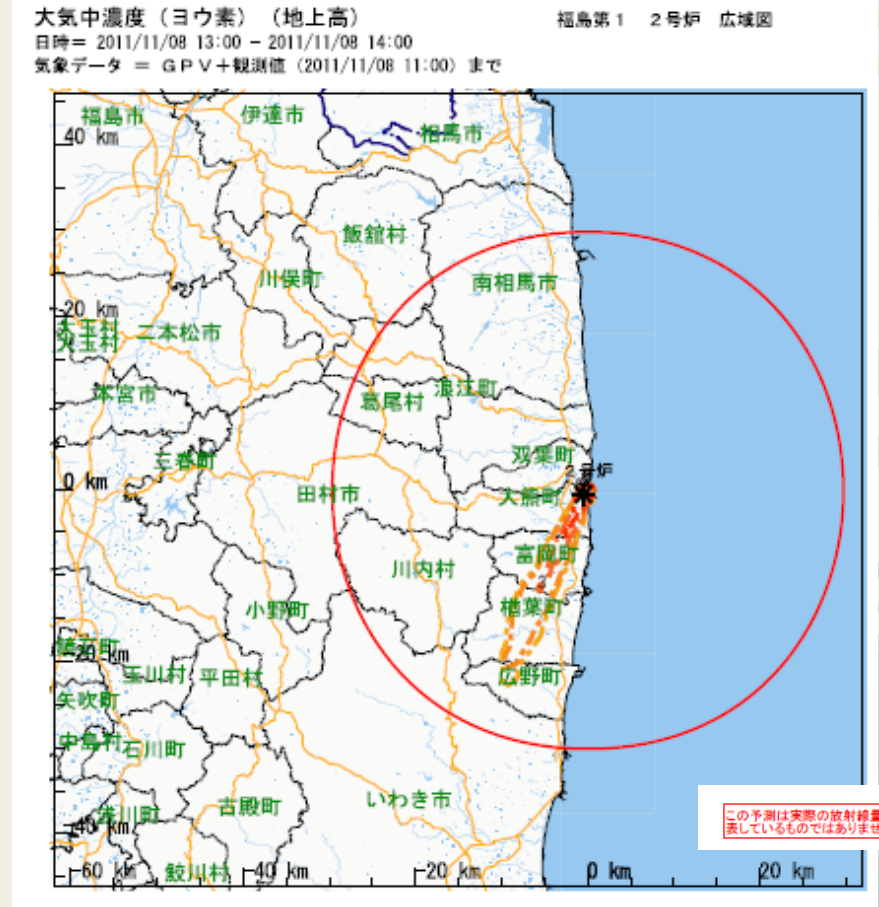
- ◆ 定期汚染検査
(~8月: 1回/日, 9月~: 1回/週)
- ◆ 着陸地点の放射線量計測
- ◆ 着陸時LZの地勢考慮
(土>芝>アスファルト)



ドクターヘリ運航中の突発する放射線 リスクへの対策

突然の放射性物質の放出（ベント・爆発）

- ◆ 回避行動基準値の策定 (> $30 \mu\text{Sv/h}$)
- ◆ 運航中の機内空間線量モニタリングと情報共有
- ◆ CSがweb上のSPEEDI、風向風速を監視し搭乗者に無線で提供
- ◆ 有事は東京電力（オフサイトセンター医療班）からCSに情報提供
- ◆ 幸いこれまでに原子雲との接触はなし

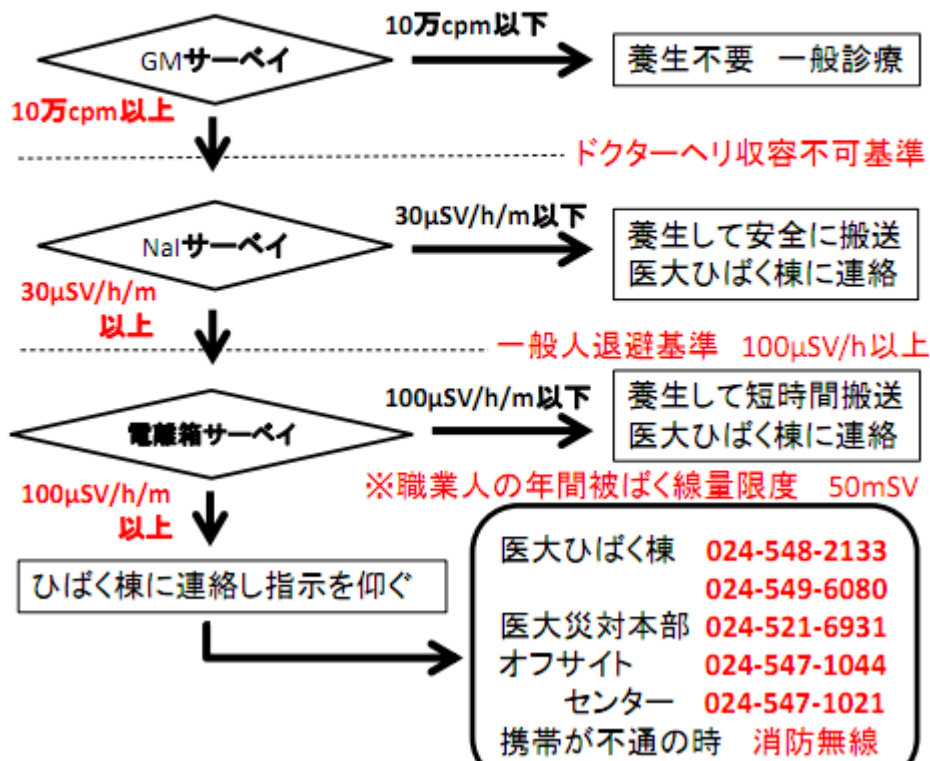


放出地点 : 141°02'08" - 37°25'18"
領域 : 92km × 92km
表示高度 = 1.00 m
【凡例】
大気中濃度等値線 (Bq/m³)
1 = 5.00×10^{-10}
2 = 1.00×10^{-10}
3 = 5.00×10^{-11}
4 = 1.00×10^{-11}
5 = 5.00×10^{-12}
計算モデル名 = PRM021
使用モデル名 = 通常モデル
【計算条件】
計算メッシュ幅 水平方向 = 1.00 km
放出高 = 10.0m
放出開始時刻 = 2011/11/08 11:00
放出モード = 単位量放出

「原発周辺で発生した、放射能汚染検査が施行されていない傷病者への対応手順」策定

放射線汚染未検査傷病者の評価手順

※ あくまでも暫定的手順、今後の変更あり



積算線量推定マップ
(平成24年3月11日までの積算線量)



2次被ばく

100kcpmの汚染があった場合

1cm²の汚染からの被ばく
 1mの距離で 0.000026μSv/h
 10cmの距離で 0.0026 μSv/h

1m²の汚染からの被ばく
 1mの距離で 0.26 μSv/h
 10cmの距離で 26 μSv/h

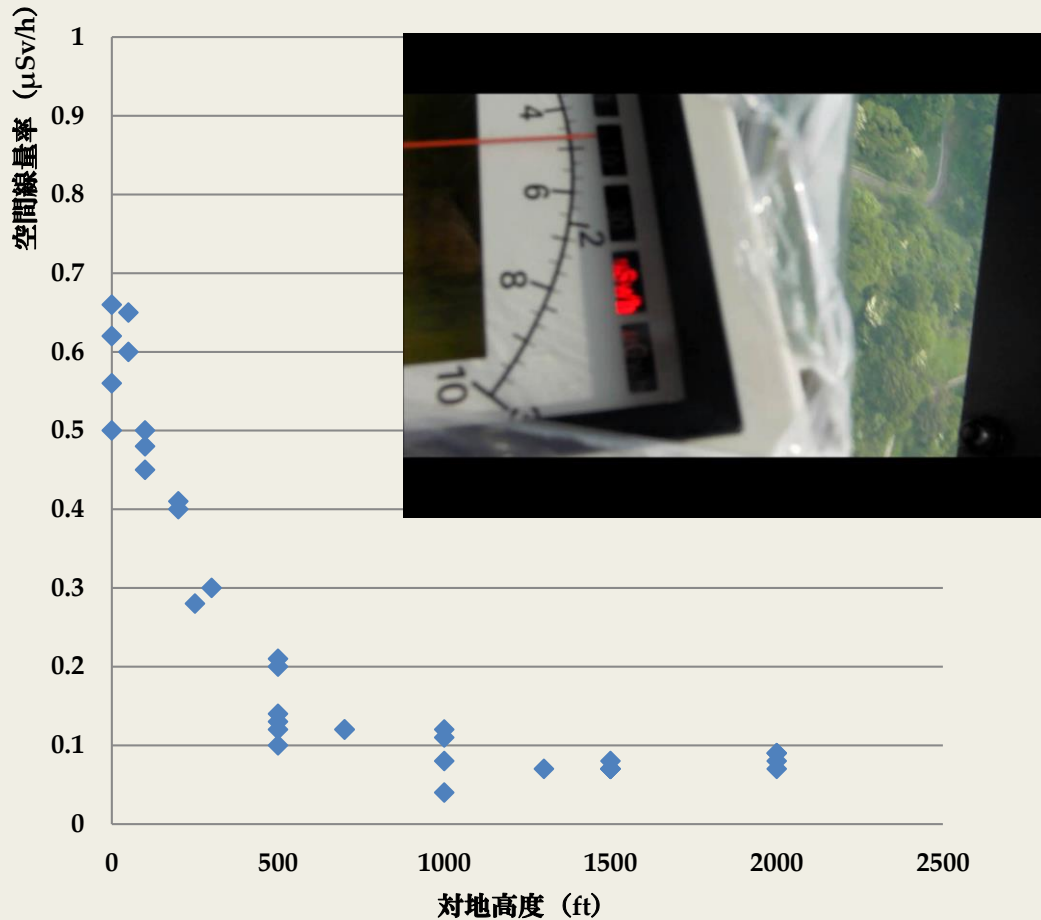
(汚染を点線源と仮定した場合)

30mSvの被ばくをするには10cmの距離で
 1000時間以上

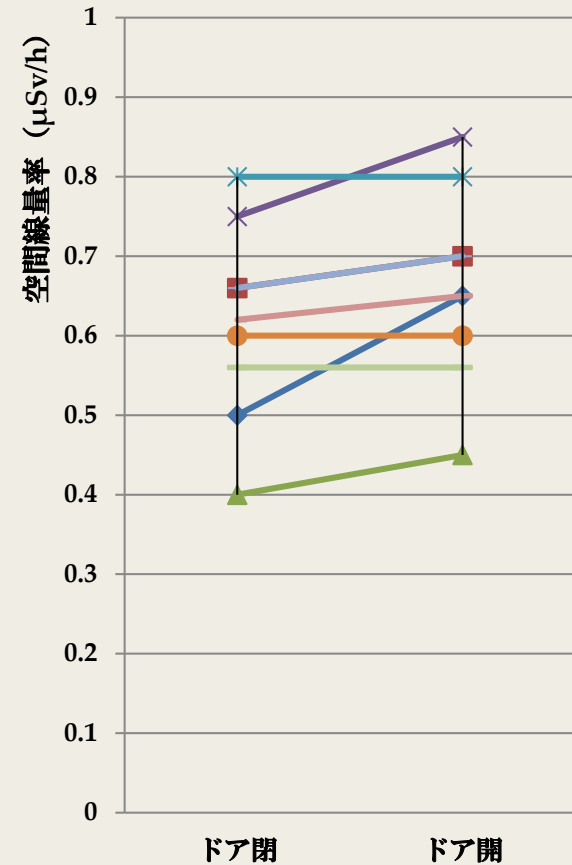


運航中の空間線量

空間線量率と対地高度 (二本松・松川・医大アプローチ)

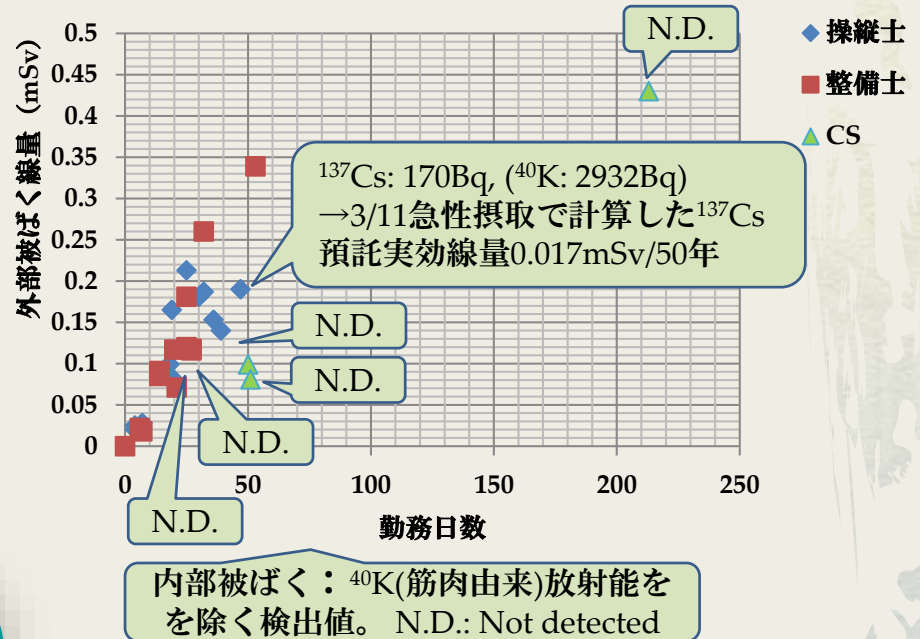
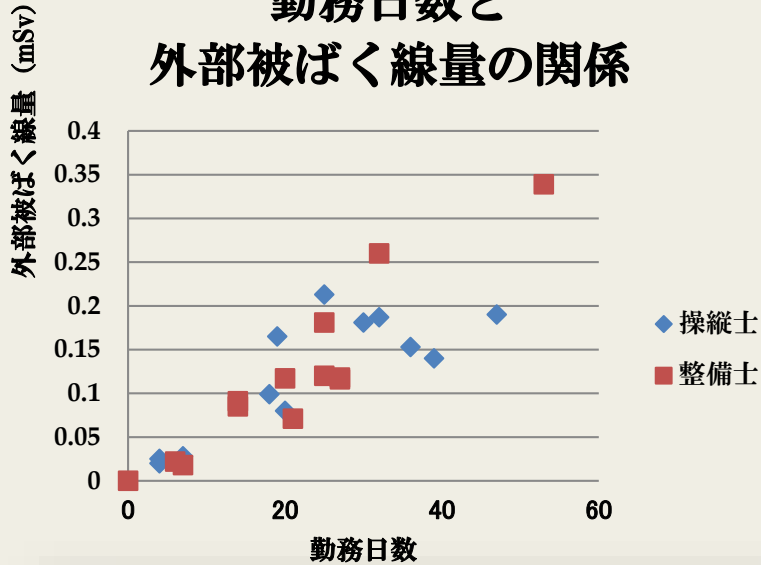


キャビンドア開閉と 空間線量率

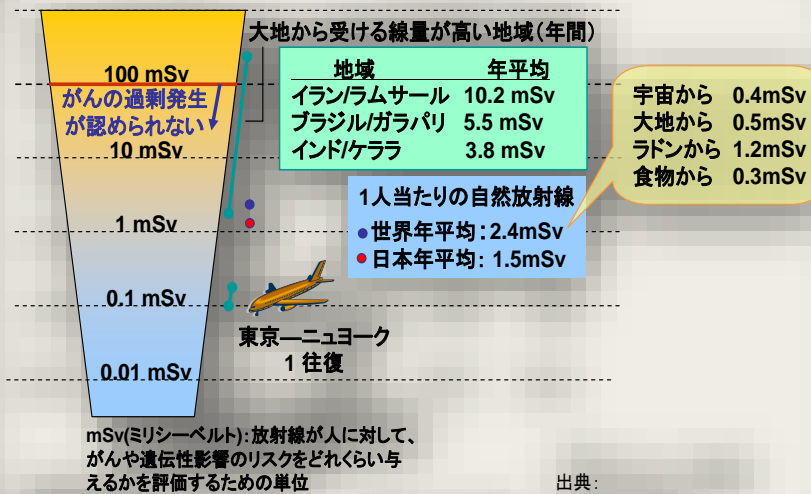


クルーの被ばく線量

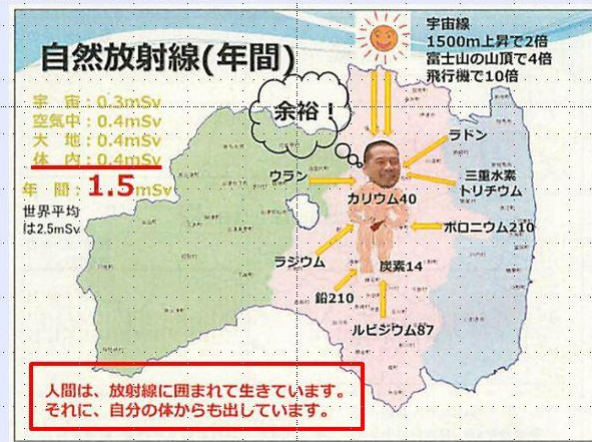
勤務日数と外部被ばく線量の関係



線量 自然放射線



福島医大被ばく医療班リスク資料より



ご注意
1) 数値は有効数字などを考慮した概数です
2) 目盛は対数表示になっています。目盛がひとつ上がるたびに10倍となります。

出典:
UNSCEAR2000年報告書、
ICRP2007年勧告、
などより

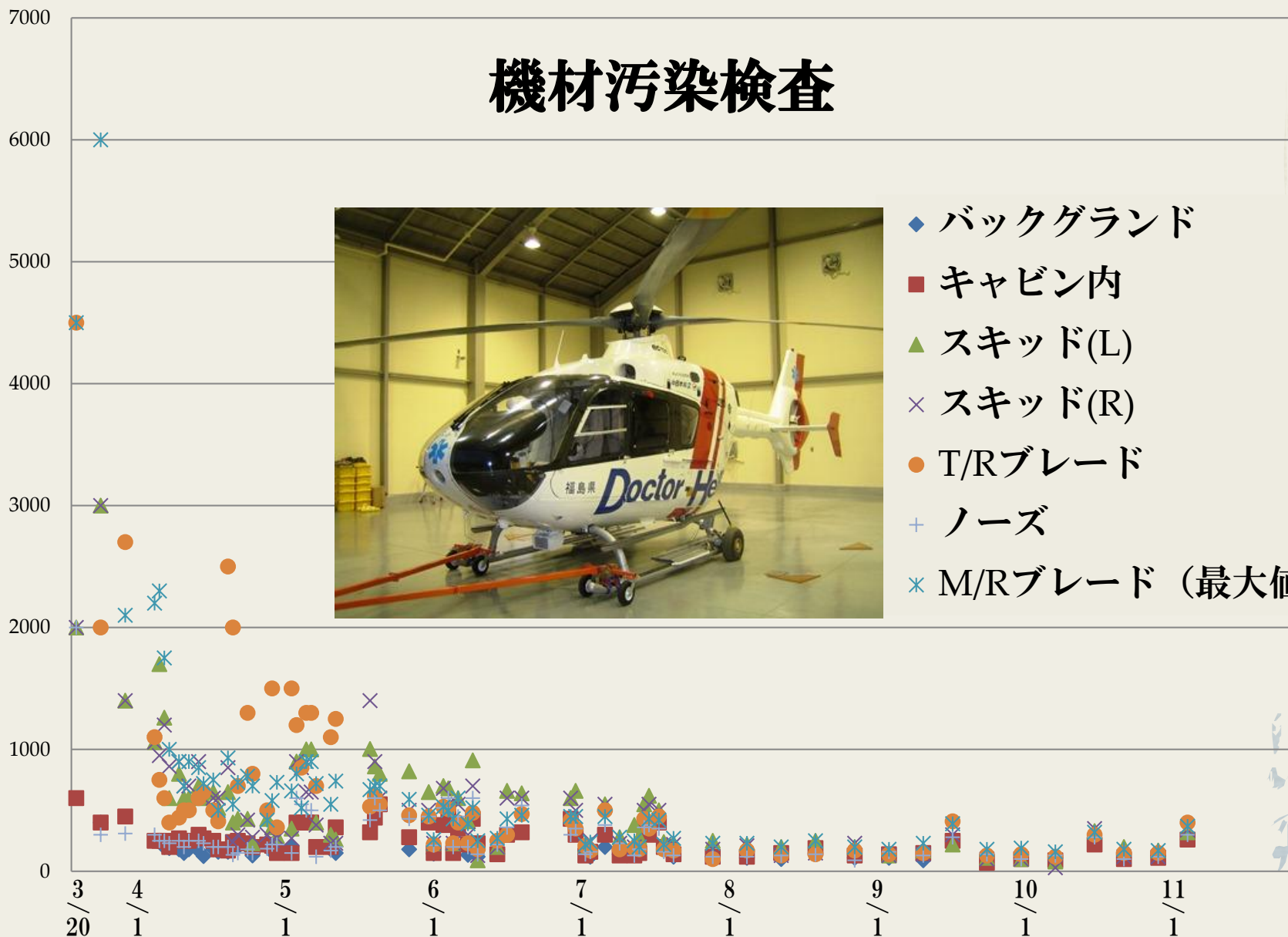
機材の汚染状況

表面汚染 (cpm)

機材汚染検査



- ◆ バックグラウンド
- キャビン内
- ▲ スキッド(L)
- × スキッド(R)
- T/Rブレード
- + ノーズ
- * M/Rブレード (最大値)



考察

- ◆ ドクターヘリ運航高度での放射線空間線量率は高高度ほど低値を示す
- ◆ 機体隔壁による遮蔽効果は認めない
- ◆ クルーの外部被ばく
 - ◆ 勤務日数に比例
 - ◆ 操縦士: 1.46 mSv/年 (365日間勤務と仮定した場合の概算予想)
 - ◆ 整備士: 2.19 mSv/年 (365日間勤務と仮定した場合の概算予想)
 - ◆ CS: 0.73 mSv/年 (365日間勤務と仮定した場合の概算予想)
 - ◆ <参考>日本の年間外部被ばく線量は1.1mSv (宇宙・空気・大地より)
 - ◆ <参考>実際は空間線量減衰により、実際にはさらなる低下を予想
- ◆ クルーの内部被ばく
 - ◆ 一名を除き検出感度以下 (^{137}Cs : 170Bq, ^{40}K : 1702Bq)
 - ◆ <参考>一年間に ^{40}K (筋肉) から受ける内部被ばくは0.17mSv/1年間
 - ◆ <参考>一年間に日本人が受ける内部被ばくは0.4mSv/1年間
- ◆ 機材の汚染検査
 - ◆ メインローターは5月半ば以降から汚染減少
 - ◆ スキッドは7月半ば以降から汚染減少

全身影響

危険の割合

特定部位影響

	10-	C型肝炎感染者：肝臓36 ピロリ菌感染既往：胃10
	2.50-9.99	⚡ 甲状腺650-1240mSv：甲状腺4.0 喫煙者：肺4.2-4.5 大量飲酒（300g以上/週）：食道4.6
⚡ 1000-2000mSv：1.8 喫煙者：1.6 大量飲酒（450g以上/週：ワイン一日4杯毎日）：1.6	1.50-2.49	⚡ 甲状腺150-290mSv：甲状腺2.1 高塩分食品毎日：胃2.5-3.5 運動不足男性：結腸1.7 肥満(BMI30以上):大腸1.5、閉経後乳腺2.3
⚡ 500-1000mSv：1.4 大量飲酒（300-449g/週): 1.4	1.30-1.49	⚡ 甲状腺50-140mSv：甲状腺1.4 受動喫煙（非喫煙女性）：肺1.3
⚡ 200-500mSv：1.19 肥満（BMI30以上）：1.22 やせ（BMI19未満）：1.29 運動不足：1.15-1.19 高塩分食品：1.11-1.15	1.10-1.29	
⚡ 100mSv未満：1.08 野菜不足：1.06 受動喫煙(非喫煙女性): 1.02-1.03	1.01-1.09	

⚡ 100mSv未満	検出不可能	国立がん研究センター 改変 (http://www.ncc.go.jp/jp/shinsai/pdf/cancer_risk.pdf)
------------	-------	--

まとめ

- ◆ 現行ドクターヘリ運航では、放射線防護の観点からは搭乗者の安全対策が図られていると考える。
- ◆ 現在の放射線モニター値からは、搭乗者への放射線生体影響は無視できるほど低いと考える。
- ◆ 運航会社の、業務への情熱と社会貢献に感動！
- ◆ 運航会社の払うリスクへの公的保障を提案したい！
- ◆ 救急医療分野での社会貢献を継続しつつ搭乗者の安全を確保するためには、継続した線量計測・評価とともに、搭乗者間での「コミュニケーション」と「エデュケーション」が必要不可欠と考える。
- ◆ 「賢く怖がる」（木下富雄先生：京都大学名誉教授）方法を共考したい。