

Appendix 1 航空機モニタリング検討委員会

A1-1. 委員会目的

文部科学省の委託事業「広域環境モニタリングのための航空機を用いた放射性物質拡散状況調査」の実施に当たり、航空機モニタリングの方法の妥当性を検証するとともに、より最適な方法を検討する

A1-2. メンバー

	役職	氏名	機関・所属・役職
1	委員長	井口 哲夫	国立大学法人名古屋大学大学院 工学研究科 教授
2	委員	大平 智章	財団法人日本分析センター 放射能分析業務部 γ線解析グループ 上級技術員
3	委員	大原 利眞	独立行政法人国立環境研究所 地域環境研究センター長
4	委員	鈴木 敏和	独立行政法人放射線医学総合研究所 緊急被ばく医療研究センター 被ばく線量評価部 外部被ばく評価室
5	委員	長岡 鋭	財団法人高輝度光科学研究センター 安全管理室長
6	委員	難波 謙二	国立大学法人福島大学 共生システム理工学類 教授
7	委員	野上 道男	東京都立大学 名誉教授
8	委員	森内 茂	財団法人原子力安全技術センター 特別フェロー

A1-3. 開催経緯

- (1) 航空機モニタリング検討委員会第一回：平成 23 年 11 月 18 日 13：30 ～ 16：00
- (2) 航空機モニタリング検討委員会第二回：平成 24 年 5 月 28 日 13：30 ～ 16：00
- (3) 航空機モニタリング検討委員会第三回：平成 24 年 6 月 22 日 13：00 ～ 15：00

A1-4. 議事録

航空機モニタリング検討委員会 第一回			
件名	航空機モニタリング検討委員会 第一回		
日時	平成 23 年 11 月 18 日 13:30 ~ 16:00	場所	富国生命ビル 28 階第五会議室
出席者 (敬称略)	委員長：井口 委員：大平、大原、鈴木、長岡、野上、難波(欠席)、森内 オブザーバー：齊藤(文部科学省) 事務局：鳥居、眞田、杉田、田中、近藤	作成者名	近藤
		確認証	
欠席者	委員：難波		
項	記 事		
1.	<p>[配布資料] 資料 1-1：式次第 資料 1-2：委員会名簿 資料 1-3：航空機モニタリング検討委員会(説明資料) 資料 1-4：航空機モニタリングマップ</p> <p>第一回委員会の開催にあたって (1)事務局長の鳥居より、挨拶、および委員会設置の目的について説明が行われた。 (2)平成 23 年度「広域環境モニタリングのための航空機を用いた放射性物質拡散状況調査」の委託元である文部科学省航空機モニタリング担当者の齊藤氏より挨拶を頂いた。 (3)委員、その他、参加者の紹介が行われた。</p>		
2.	<p>第一回委員会内容 (1) 事務局より資料 1-3 に基づき「1.委員会の設置目的、2.航空機モニタリングの経緯、3.航空機モニタリングの実施体制、4.スケジュールと実績、5.1.航空機モニタリングの方法、5.2.測定システム、5.3.データ採取の方法」について説明が行われた。主な質疑は以下の通り。</p> <p>(長岡委員)全てグロスカウントで解析を行うのか。 (眞田)その通りです。 (長岡委員)70~80 ノットと言われたが、時速(km/h)では。 (眞田)130~220km/h。1 秒間に約 30~60m 位の距離を測定する。 (井口委員長)4 種類の測定システムを用いているが、定期的に性能チェックは行っているのか。また、4 システムで違う地域を分担して測定しているが、各データの整合性はどの様に担保しているのか。 (眞田)線源校正を一回実施します。データの整合性については、各県において、地上テストラインを設け換算係数を求めます。また、ウォーターラインとして水上での測定を実施しバックグラウンドの確認を行います。 (大原委員)測定間隔(測線の設定)の考え方を教えてください。何故 3km にしたのか。 (鳥居・眞田)時間的制約が大きい。基本的に、今回対象の広域を降雪前に測定し終える必要があった。今回の測定対象には含まれていないが、福島県内は 40km 圏内までを 1.8km、80km 圏内までを 2km 幅で測定している。その実績と時間的制限を勘案し、その周辺としては若干荒めの 3km を設定した。ただし、必要に応じて、1.5km 幅で計測を行っている場所もある。</p> <p>(2) 事務局より資料 1-3 に基づき「5.4.解析方法」について説明が行われた。主な質疑は以下の通り。 (森内委員)スペクトル主体の解析という考え方はないのか。グロスカウントでの評価は天然核種を含んでしまうため限界がある。低レベルの場所に行くほど問題が残る。 (鳥居)検討している。なお、現手法の改良としては、1 秒サンプリングの場合、Cs-134 の約 800keV ピークにおけるカウント数が非常に少なく、バラつきが多いため評価が難しいことから、移動平均をとりながら 10 秒毎のデータでマッピングする方法も検討している。 (長岡委員)測定間隔は 1 秒毎とのこと。高度補正も 1 秒毎にやっているのか。 (井口委員長)少なくとも 3 システムはレーザー高度計による実測ではない。300m 高度での飛行で対地高度にはどの位の精度があるのか。 (鳥居・眞田)1 秒毎に GPS から高度情報を取得。その後、数値標高モデル、90m メッシュの DEM データから差分で対地高度を算出する。ただし、地形は 3 次的に分布しているため、対地高度の精度については課題となっている。</p>		

(長岡委員)バックグラウンドを評価する一つの提案として、エネルギースペクトルを用いる。Kのエネルギーは高く、Csは低いため、Kがピークとなる計数率を押さえておくことでKによる線量率がある程度評価でき、場所毎での評価がきちんと行える。

(3)事務局より資料1-3に基づき「5.5.マッピング方法、6.結果の妥当性の確認」について説明が行われた。主な質疑は以下の通り。

(大原委員)マッピングに内挿する空間解像度の大きさ、加えて、マップ化手法IDWにおける乗数パラメータとして2.3に設定した理由を教えて欲しい。

(田中)空間解像度の大きさについては、第一次モニタリングにおいてDOEがIDWにより25mの空間解像度で初期マップを作成しており、これにより同じ解像度を保つという事で25mの解像度を採用している。また、乗数パラメータについては、一般的に0~3の間の値が適しており、今回、別なソフト(ArcGIS)の機能を用い実際の飛行軌跡から最適値を割り出し2.3に設定した。

(長岡委員)地上測定の場合は線量率がそもそも高いため天然核種があるかないかは問題にならないが、航空機では測定値が小さく、また、それを基に地上での値に換算するため、バックグラウンドの考え方が非常に重要になってくる。

(大原委員)航空機モニタリングの不確実性について、きちんと整理しその内容について国民にメッセージを発していくことが大事。

(4)事務局より資料1-3に基づき「6.現方法の課題」について説明が行われた。主な質疑は以下の通り。

(長岡委員)森林での測定においては、土を測っているのか、枝を測っているのかでは大きな差を生じる可能性がある。その点については、むしろどう測るかよりも、その様なデータをどう解釈するかについて考えておくことが現実的である。測定場所の条件によって、データに影響を及ぼす可能性があるという事を、一般論を基に説明しないと本当にそこがそういう値を持っていると誤解を生みかねない。

(井口委員)森林については、地上班は入れないのか。地上班が入った後、飛んで比較する事はできないのか。

(鳥居)地上班による森林測定については、別プロジェクトで検討しており、一部、実際に実施している。また、無人ヘリを用いた測定も予定しており、その結果を基に比較しようという話もある。無人ヘリは約50m上を飛ぶため、森林の上部の影響をかなり受けると考える。

(鈴木委員)航空機モニタリングの基本的な目的としては、どこが汚染されているか、領域が確定できればいいのであって、高精度で測る必要性が本当にあるのかは疑問。本当に高精度で測る必要があれば地上で測ればいいのであって、むしろ汚染されている場所の範囲や状況をいち早く把握することが重要。この辺の濃度が濃そうだよという事が、いろいろな補正を含めた問題もあると思うが、間違いのない形で可能性が示せれば良いと考える。

(5)事務局より資料1-3に基づき「参考(3D)、3D動画」について説明が行われた。主な質疑は以下の通り。

(井口委員)森林でCsが固定されているというのであれば、航空機モニタリングで測定した結果を3Dモデル化すれば、森林も含めて地形的にどの位、汚染されているか把握できる。

(鳥居)今後、取り組む予定。例えば、事故直後では、落葉樹はまだ葉っぱをつけておらず、一方、針葉樹は葉があった。そういう植生の違いや、土地利用の違いによってどの程度違うかという事を、今後、統計により考察していきたいと考える。

- (6)航空機モニタリングの西日本拡大について委員より意見を頂いた。主な意見は以下の通り。
- (大原委員)名古屋大学安成先生のシミュレーション結果では、中国・四国地方の山間部、北海道の東部で、沈着が多めだったとの事。シミュレーションの信頼性は別議論として、そう言うことが起こり得るという可能性があると言う意味において、ある程度、広域で且つ荒くて十分と考えるが航空機モニタリングは必要と思う。
- (大原委員)測定間隔については、汚染地域の有無確認が目的できあるため、今の測線幅(3km)よりは荒くて良いと考える。
- (井口委員長)汚染が確認できた場合等必要性に応じて詳細に測定すればよい。まずは、ラフな測定を実施し、今も疑問に思っている国民の皆様に対し、答えを出すという事が大事。
- (野上委員)西日本は東日本と異なり、花崗岩が表層に出ているところが多い。表層地質が分かる地質データを揃えておいて、花崗岩とそれ以外の相関をみる必要がある。
- (長岡委員)花崗岩があると線量率が高くなるため、東日本での手法をそのまま機械的に適用すると下手をするととんでもないデータになってしまう可能性があるため注意が必要。

3.

次回、委員会
1月中旬に予定。

以上

航空機モニタリング検討委員会 第二回			
件名	航空機モニタリング検討委員会 第二回		
日時	平成 24 年 5 月 28 日 13 : 30 ~ 16 : 00	場所	富国生命ビル 28 階第五会議室
出席者 (敬称略)	委員長：井口 委員：大平、長岡、野上、難波、森内 オブザーバー：齊藤(文部科学省) 事務局：鳥居、眞田、杉田、志風、高橋、田中、近藤	作成者名	近藤
		確認証	
欠席者	委員：大原、鈴木		
項	記 事		
1.	<p>[配布資料] 資料 1-1：式次第 資料 1-2：委員会第一回議事録 資料 1-3：第 2 回航空機モニタリング検討委員会(説明資料) 資料 1-4：無人ヘリモニタリングについて(補足資料)</p> <p>第二回委員会の開催にあたって (1)鳥居事務局長の挨拶に続き、井口委員長、および文部科学省航空機モニタリング担当者の齊藤氏よりご挨拶を頂いた。</p> <p>(井口委員長)航空機モニタリングについては、マスコミ等あるいは一般の方にも非常に期待されていると思います。前回の議論でもありましたが、どのくらい精度を頑張るかという事と、航空機モニタリングにどこまで期待するのかということ、この検討会で審議頂けるとよいかと思ます。</p> <p>(齊藤@文科省)広域航空機モニタリングとして東日本に続き、西日本についても実施していますが、徐々に西日本も解析結果がまとまっております。今後、更に精度の向上を目指していきたいと思ますので、皆様のご知見を頂けたらと思ます。</p>		
2.	<p>第二回委員会内容 (1)資料 1-3 に基づき「1.委員会の設置目的・第 1 回委員会のまとめと課題の整理、2.航空機モニタリングの経緯、3.航空機モニタリングの実施体制(西日本)、4.スケジュールと実績、および 5.航空機モニタリングの方法(西日本)」について説明が行われた。主な質疑は以下の通り。</p> <p>(井口委員長)今回の測定で降雪の影響等を調べていたと聞いているが、それはどこにあたるのか。 (鳥居)一部です。今年は雪が多くて、実際には評価できないところもあり、実質的にはマスクをかけて、評価しないという方法をとりました。例えば積雪の厚さが分かったとしても、地上では雪がマダラ状で均一ではないため、正確な線量評価は非常に困難でした。基本的に人が住むエリアについては雪がない条件で実施しましたが、季節的に一部積雪で評価が難しいところがありました。積雪状態での航空機モニタリング手法は今後の課題となります。</p> <p>(長岡委員)積雪だけではなく、積雪がつい最近まであったようなところは地表面の水分含有率が高く、積雪と同じ効果を持っている場合もあり評価はなかなか難しい。</p> <p>(鳥居)宮城県やその周辺で、今回一部積雪があったところは、今年度秋にも実施するので、それぞれのデータを確認しながら進めていきたいと思っています。また、原発 80km 圏内についても近々実施される予定ですので、その結果についても考察したいと思っています。</p> <p>(森内委員)影響が予想される場所では、ある程度繰り返し測定することで、影響がない時のデータとの差で評価が可能と考える。</p> <p>(2)資料 1-3 に基づき「6.西日本における解析方法(1)RSI の特性、および(2)解析方法」について説明が行われた。主な質疑は以下の通り。</p> <p>(長岡委員)資料 P19 の図について、似たような値とはいえバラつきがあるが、その原因は何か。 (眞田)一番バラつきが多いのは、RSI。この RSI での測定では、場所によって違うヘリコプタを使っています。当初は、自衛隊ヘリや防災隊のヘリといるいろいろなヘリコプタを使っていたため、その頃はバラついても仕方ないと思っています。後に、民間の同じヘリコプタを使うようになってからは、ある程度値が一定化されてきたと考えています。しかし、それでも若干のバラつきが見られるため、原因調査のために EGS(EGS5)で検出器の感度計算を行っています。</p> <p>(難波委員)BG の識別を DOE が使っている MMGC 法で行っているのは、この手法の特徴が西日本に合致しているということか。</p>		

- (真田)そうです。BG が少し高くても更に Cs が少ないような場所に適用しやすい手法です。
- (鳥居)MMGC は「man-made gross count」の略。もともとアメリカが殆ど汚染のないエリアでの測定において、汚染評価をするために開発した手法です。東日本の時は、初めから汚染したエリアでの測定が前提でしたが、西日本では距離が離れていることからこの手法を採用しました。
- (森内委員)空気減弱係数の算出について。人工放射性核種の蓄積した部分と、BG に少し人工の寄与が重なった部分については、同じ方法ではなく評価方法を変えないといけないのでは。
- (真田)同じ方法というよりは、各県ごとに attenuation factor を算出しそれを適用するという方法を用いています。
- (森内委員)純自然成分によるものと、人工を含んだものによる attenuation factor は別なもので、それを適用するという事は、差し引いても正確な人工放射性核種の線量率を算出していることにはならない。
- (鳥居)attenuation factor はグロスカウントで求めているため多少違います。つまり Cs 入りのものと天然のものでは多少違います。福島の内側だと Cs 成分が大きいことから減弱係数はかなり大きめに。それが Cs 成分が低くなると若干低めになります。実際に今回の西日本では天然核種のところですから、おそらく低めに出ているという事はそういう影響だと思います。ただ、線量に評価する段階では若干高めに評価することになります。そういう意味では、安全側というのと不適當かも知れませんが、高めの評価になるのかなと思います。
- (野上委員)AF と CD について、県別になっている意味は。
- (真田)可能であればできる限り多く測定するのがよい訳ですが、毎回高度を変えた測定を行うのは難しいため、県毎にテストラインを1つ設定し、1県1回の測定を行っています。
- (野上委員)それは地質とか地形の影響は全くないと考えてよいのか。
- (真田)それは場所によってあると考えます。
- (野上委員)そこがちょっと問題だと考える。例えば熊本と宮崎の比較では、地形も表層地質もかなり異なる。もし、地形や地質が影響するのであれば、地質単位、地形単位で集計して比較するべきと考える。また、現状であればそれぞれ県のこういった場所で測定したかを明示したら良い。
- (3)資料 1-3 に基づき「6.西日本における解析方法(3)結果の妥当性の確認、および考察 1.空気中のラドン壊変生成物及び宇宙線の影響」について説明が行われた。主な質疑は以下の通り。
- (長岡委員)ラドンの影響にはいろんな成分がある。真下の地上から来ているラドンもあり、それが日中の大気循環でいろんな分布をする。日本海側に行くときに特に冬の間は北西風による対流の影響もある。従って、正確に測定するためには、こまめに測定するのが望ましい。
- (森内委員)ラドンの影響はよく知られている。ウラン探査等ではサーベイ前後に近くの湖上を飛んで BG を測るといような方法が普通に行われている。汚染の無い地域等は、コースの中に湖なり海上での測定を必ず入れると良い。
- (鳥居)西日本では、可能な限り毎日のように BG を測定するようにしている。
- (野上委員)測定時の風向や風速は調べているのか。
- (鳥居)ノア等の気象データを用いて、別途、移流拡散の計算を予定しています。気象データに基づくシミュレーションで、実際にラドンがどの高度まで来ているかを調査したいと思っています。
- (4)資料 1-3 に基づき「考察 2.地質図との比較、次回会合、および H24 年度航空機モニタリングの方針と課題」について説明が行われた。主な質疑は以下の通り。
- (野上委員)どの位の層があると、下のものが遮断されるのか。
- (真田)放射線というとなら 1m 以内でしょうか。
- (野上委員)例えば、沖積層が 5m、10m とかあれば、完全に遮蔽されているとみて考えてよいのか。
- (森内委員)例えば、原研の近くの付近では、沖積層がむしろ高くて関東ローム層が低い。逆に、花崗岩の地帯であっても、堆積層、粘土層、ローム層があると、値が低くなるようなところがあるように、表層に 50cm か 1m の土が重なっていると、その土の性質だけを反映するような結果になる。
- (5)事務局より資料 1-3 に基づき「無人ヘリモニタリングについて(補足資料)」について説明が行われた。主な質疑は以下の通り。
- (長岡委員)地震の前に一度、静岡で原安センターの無人ヘリを見学したが、結構な測定器等も搭載可能でかなり期待できるなと感じた。無人ヘリというのは、どんなところでも入っていけるので、これは活用すべきと考える。
- (鳥居)警戒区域の中において、かなりの測定を行っています。H23 年度に河川敷調査を警戒区域の中で実施したのですが、今年度は更に広範囲に放射能移行調査も含めて実施したいと考えており、詳細については文科省と相談しながら進めていきたいと思っています。

(大平委員)有人ヘリは機体の中に NaI を積み込むため機体自体が遮蔽効果を生むため高線率でも入れるが、無人ヘリは機体外に取付け露出状態となることから、3km 圏内のような高線量下での測定は難しいと思うが、どのように対策を考えているのか。

(真田)今のところ、最大で 200 μ Sv/h 程度は測定可能と思っています。東電の測定結果では、敷地の外で最大が 500 μ Sv/h 程度。200 μ Sv/h はヘリの測定高度での値につき、なんとか測れるかと思っています。それが無理であれば、感度を低くしたような検出器を検討します。

3.

次回、委員会

平成 24 年 6 月 22 日 午後

以上

航空機モニタリング検討委員会 第三回

件名	航空機モニタリング検討委員会 第三回		
日時	平成 24 年 6 月 22 日 13:00 ~ 15:00	場所	航空会館 202 会議室
出席者 (敬称略)	委員長：井口 委員：大平、長岡、野上、難波、森内 オブザーバー：齊藤、栗崎(文部科学省) 事務局：鳥居、眞田、杉田、志風、高橋、田中、近藤	作成者名	卜部
	欠席者 委員：大原、鈴木	確認証	

項 記 事

1.	<p>[配布資料] 資料 1-1：式次第 資料 1-2：委員会第二回議事録 資料 1-3：広域環境モニタリングのための航空機を用いた放射性物質拡散状況調査(報告書案) 資料 1-4：第三回航空機モニタリング検討委員会(説明資料)</p> <p>第三回委員会の開催にあたって (1) 鳥居事務局長の挨拶に続き、井口委員長よりご挨拶を頂いた。</p> <p>(井口委員長)今回で本委員会は最終回ということではありますが、毎回非常にインプレッシブな結果を紹介して頂きました。また、今後も毎年継時変化を追跡する作業に進まれるということで、関係者皆様には本当に敬意を表したいと思います。今回の事業によって明らかになったことでもありますので、単に情報公開という格好で見せるだけではなく、解釈も含めて一般の方々に分かりやすくして頂けるよう、報告書等でも内容を詰めて頂けると良いかと思えます。</p>
2.	<p>第三回委員会内容 (1)資料 1-3 に基づき「報告書案の構成」について説明が行われた。主な質疑は以下の通り。</p> <p>(井口委員長)図(全国マップ)の中にどうして日付が入っていないのですか。これは平均したものでは無くある時点での結果ですよね。本文にはあると思いますが図にも入れておいた方がよろしいんじゃないかと思えます。</p> <p>(眞田)分かりました。基本的に北海道終了時点の 5 月 31 日時点で減衰補正をしています。</p> <p>(鳥居)全国版は各県ごとの測定が終了した時点の結果を当てはめているのではなく、そこから 5 月 31 日時点での Cs-134、Cs-137 の半減期補正した結果で表しています。</p> <p>(井口委員長)その注釈が入った方が良いでしょう。</p> <p>(2)資料 1-3 に基に、要点については資料 1-4 「1.報告書ドラフトの説明、2.懸案事項について」により説明が行われた。主な質疑は以下の通り。</p> <p>(井口委員長)使用したヘリコプタは 17 機種ということでしたが、機種の違いによる値のばらつきは実験的にチェックはされたんでしょうか。</p> <p>(眞田)機種ごとに全て行い、ヘリ底による取得線量寄与への効果、減弱係数を P18 の表に示しました。</p> <p>(井口委員長)実際に飛んだ時の結果に対してどれくらいの寄与があるのか、という評価はしているんですか。</p> <p>(眞田)それについてはリファレンスラインを設け、ヘリの機体が変わるごとにデータを取得しています。</p> <p>(森内委員)(地形の)急激に変化するところの補正ははたして正しく出ているのか、1 本のテストライン上で取ったデータを県内全域に適用するのは問題がある。</p> <p>(鳥居)実は我々自身もそこは悩んでいまして、テストラインを各県で 1 本設定してたんですよ。福島県では須賀川辺だけにしてたんですけど。低いところではほぼ同じかなと思いますけども、たとえば警戒区域に近いところだと、核種組成は変わらないにしても減弱係数に効いてくるところは多少違ってくる可能性があるかなと。</p> <p>(森内委員)減衰曲線について、Cs を 0 にした場合と U,Th,K を 0 にした場合ではかなり違いがある訳ですよ。ナチュラル成分と人工成分の割合が変わると、そのコンバージョンファクターも非常に違ってくるので、後々疑問が解けなくなってしまいます。</p>

(真田)実測データでも 30%程度違う値が取れる場合があります。場所によって、その割合によっても 30%程度コンバージョンファクターが変わる要因があると思います。

(野上委員)どういう物質として拡散したのか。粒の大きさですね、それも当然関係する訳ですが、そういうのは分かりますか？

(長岡委員)重力沈降が目立って大きいようなそんな粒ではないと思うんですよ。ほとんど空気の流れと同じ位のかかなり粒の小さなものであろうと。それが雨粒の核となって落っこちてくるというようなメカニズムだと思いますので、移流拡散だけではなくて雲の形成とか雨の材質だとかそういうことを含めて調べないとちゃんとした事は分からないだろうと。

(森内委員)その辺は、比較的、短距離の拡散沈着ですからね。速度を変えて、スピードの方で解析してみれば良いと思っているんですよ。Cs やヨウ素の場合、何 cm/s で沈降するという、そういう想定をデフォルトで最初から入っていますしね。もしそういう影響があるとすればそのパラメータを変えて計算してみると、影響があったかなかったかということははっきりすると思いますね。今までの経験から言うと航空機サーベイシステムというのは、ROI を定めて、そのデータを取り出すというのは、非常に充実しているんですよ。今回、ROI のデータ。所謂、P31 にあるようなエネルギーバンドに設定した、しておられていたんでしょうか。

(真田)リアルタイムに ROI の数字が出るようにしまして、最終的にデータを全部取り出します。

(森内委員)それが適切で ROI を設定していますとね、そのデータを使うだけで解析はできるんですよ。

(真田)できると思うんですが、ただ計数が低いんで。

(森内委員)低くても、かなり精度の高い分離はできるはずだと思います。それは平均時間とか、入射時間の秒単位のデータを取り出すとしたんであれば低いところでは、誤差がありますけども、5 秒や 10 秒、あるいはもう少し長くするとね。

(鳥居)別の事業でも我々やっているんですけど、やっぱり福島のとくに山間地で急激に高度が変わりますよね、我々としては GPS を使って下に DEM データを使って差分を取って高度を取っているんですけど急激に変わる訳なんです。そうすると飛行機のデータだけですね、評価するのは非常に危険であると、ということが計数率をたくさん採るがために、全体のグロスカウントで評価した訳なんです。ただ、今後の研究としてはですね、しっかりスペクトルの重みを入れた形でやっていき

ait と思っています。今回は所謂、DOE 流のやり方をマイナーにいろいろ変えながらやっただ。

(井口委員長)どっか領域を決めて長時間で測れるようなそういう測定をやって、すーっと走って行ってスキャンする場合とそうでない場合の違いというものが実験的にチェックできるといいですね。

(鳥居)例えば、移動平均取りながら計数率を稼ぎながらということもやったんです。そうすると時速 150~160 km位で走っていると 1 秒ごとのデータということになるとかなり位置が変わるんですね。そうするとその評価はなかなか難しいなど。

(野上委員)もう一つ、あの、高さによって変わるときの話で、地上の線源の場合ですね。地表面にべったりくっついていて、起伏のあるところでべったりくっついていてイメージで考えた場合、地形によって効果が変わるといのは、距離によって効果が出るということとはもしかすると地形補正するときの不完全さを示しているということにはなりませんか？たとえば、距離の二乗に反比例するという方法でやったんですよ。その距離の二乗をどの範囲まで測ったのかというのはどうなっていたんですか。

(鳥居)距離というか、真下方向の距離しか測っていませんので。

(野上委員)それを高さにしている訳？

(鳥居)ええ。

(野上委員)下の方に降りてくると横方向の距離が出てくるということですね。

(鳥居)斜め方向からのものだと真下にあるものと仮定してしまいますので、そういう意味では過大評価。

(野上委員)そうすると起伏の大きい、例えば中部山岳地域や他の地域ではその方法では非常に不完全ですよ。ちょっとしたビームのような範囲について、全部その、二乗に反比例するものの平均ですか、なんて言ったらいいんですか。距離の二乗に反比例するようなものの平均値でやるべきですよ、補正を。

(鳥居)実は、4 月に航空モニタリングの国際会議がありまして、私も出たんですけども、やはり各国とも地形効果について悩んでいまして、特にスイスとかあの辺なんか山岳地ですのだからかなり苦労しています。米国なんかは、スーパーコンピュータを使って解析しようとしています。やっぱりまだまだ、どこも一番いいソリューションは持っていないという感じでした。

(長岡委員)僕の感じだと、そういうものがかなり効いてくるのは、崖のような傾斜の強いところからせいぜい100m位までのところですよ。そんなところ飛行機飛ばせませんからね。そんなに気にするようなことはないと思うんですが。

(森内委員)スーパーコンピュータで解析するような価値はないと思いますよ。

(大平委員)根本的な問題というか、質問かもしれませんが、P40の日本地図を見せていただいて、おそらく福島から関東にかけておそらくCsの沈着量を見ても事故の影響だろうということで国民の方々は納得されると思うんですけど、これが例えば長野県南部から紀伊半島の南部、あと九州の南部ですね、こういったところも若干高めにしているということで、「これ本当にこっち来てんじゃないか？」という話になりかねないと思うんですね。おそらく今、高めにちょっと出ている、色が薄い0.1~0.2、0.5位のところが出ているところというのは、おそらく地形効果というのがあると思うんですけど、この辺の注釈を加えておかないと、ちょっとこの図だけが独り歩きしそうな気がするんですけど、何かしら手を考えた方がいいのではないかと、というのがあろうと思うんですがいかがでしょうか。

(齊藤@文科省)天然核種が含まれていますとか書いてあると良いと思います。

(鳥居)はい、そういうような文言を入れるように。

(井口委員長)今のところと関連して、プレゼンで地上との比較あったでしょう。0.5~1.5という。これはどう説明されるわけ？つまり航空機サーベイでの精度という問題では30%と仰っているんですけど、地上である意味精密にというか、よりちゃんと測った値と比べるとこの位の差がありますよ、という説明にする訳ですか？あるいは、我々が見るとよくあっているなど言いたいんだけど、一般の人が見ると結構幅が広いなと思いますよね。だから説明が非常に大変、重要だと思うんですが。

(鳥居)結局、下を広い範囲で見ている訳なんですよ。数100mのだいたい平均的な値を見ているのと地上ポイントのデータとは明らかに合わないところがありますし、地上によっても遮蔽効果がありますし。極小的に高いところもあるでしょうし。そういうところが何か表現できるようにはしたいですが。

(井口委員長)地上測定はポイントですが、航空サーベイは面、面で見ているというか、そういう説明をつけて、「これは妥当だ」というかね、「概ね合致する」でもいいんだけど、若干もう少し丁寧に説明を文章を、あるいはこの絵でもいいんだけど、どっか注釈で入れておいたほうが、もしこれを公開するんであればいいんじゃないかと思うんですけど。

(3)資料1-4に基づき「6.考察」について説明が行われた。主な質疑は以下の通り。

(野上委員)(地質との比較について)これ地質区分と対応させただけでなんだかわかりますかね？

(眞田)(地質)特徴と線量の分布が合うような部分があるかどうかを検討したというか。ま、定性的な話ですけども。

(野上委員)岩石の生成場所によって放射性物質。同位体を含めてなんですが、全てその種類の核物質が濃縮されやすいかどうかということだと思うんですけど。そのことに対する前置きがないとこれできないんで、それは応用地質さんがやられたのなら、それを求めたらどうでしょうか。

(眞田)はい、分かりました。

(野上委員)マグマの起源物質としてこういうマグマはこうとか。海洋底の堆積物、ま、付加体ですね、そういうやつだとどういのが濃縮されやすいとか。それが今どこに分布しているか、とか。半減期が何千万年とか何億年とかですから、そういうことで説明できるんだと。そういうのも必要だと思うんです。

(齊藤@文科省)図の話ですけども。線量があって、Csのマップがあって、地形図みたいな形にしてみると、差があるところについてはこうですよと説明して頂いて。

(長岡委員)聞き方によっては、線量率の高いところは地質の影響ですよという風に説明されているような気がしてしまうんでね。それはまずいですよね、やっぱり。高いところでも、例えば東北地方なんかにも(線量率の)高いところがあるんだけど、それは地質の影響の可能性がりますよ、というような言い方をしないと。ことさらに、(線量率が)小さいように見せているんじゃないかと変な言われ方をする。

(森内委員)U,Th,Kの全国の、土壌の分析結果というのは全国でやっていると思うんですよ。放医研では線量率分布図が出ていますよね。それと対比させる形でね。とした方が分かりやすいというか。過去にそういうデータが出ていますんでね。

(4)資料 1-4 に基づき「H24 航空機モニタリングの方針と課題」について説明が行われた。主な質疑は以下の通り。

(野上委員)時間がたてばたつほど地形の効果が出ているんですよね、移動によって。地形の効果を測定するような方法をクリエイティブというんですかね、長期的には重要になってくると思う。

地形によっては、たとえば除去、自然の力で除去されやすいところと、そうでないところが分かる程度の地形効果の判定ができると、そういう方向を目指すのかなあ逆に言えば。(鳥居)先ほどの絵ですね、測線幅が 1.8 km なんですが、もっと細かく取りたいんですが、細かくすればするほどヘリ代がかかりますので、たとえば河川とか影響が出てきそうなところは無人ヘリを使うとか、ほかの方法で調査はしていきたいと思います。

(野上委員)ですから 1.8 km じゃない細かいメッシュにして、地形効果、いわば地形効果ですね地形効果を計算しているので、それから逆に地形効果を出そうとしても循環論になってしまう。その循環論を断ち切るためには空間解像度、最初の測定の空間解像度を上げるのが重要ですよ。ですから、全部についてそれをやるのは無理かもしれませんが、どこかサンプリングとして非常に細かい幅の測定をやってみるというのも将来を見通すという意味ではいいんじゃないかなと思います。

(齊藤@文科省)一番効いてくるのは今のところ都市部が効いてくると思うんです。都市部に関しては植生抑えるのは簡単だと思うんですけども、一方で土壌の浸食の影響とかですね、もう一個の場合を考えると、結局ビルに沿って放射性物質が流れていく状況が判断しちゃうと思う。だから航空機にどこまでできるのかということがある。もしほんとうに移行の状況を詳細に抑えるということならば、無人ヘリでもいいですし、最低限航空機モニタリングでは都市部だけ詳細に取っておくというのはあると思います。

(長岡委員)そこはやっぱり、ヘリコプタだけにこだわるのではなくて、他のマップ作製でやっているようなデータと併せてやらないと難しいと思うんです。

(野上委員)それからあとはやっぱり集中してくるのは河川周辺だと思うんですよね。

(齊藤@文科省)河川は基本的にオーバーフローしてそれが一時溜りますけど、また雨が降ってしまえば戻ってきてしまいますし。それは別の事業で、我々がやってる別の事業の方で無人ヘリを使ってですね、連休飛んでもらって変化傾向を確認しようかなと。

(井口委員長)さっきもちょっと話が出たんですが、4 回実施するってありますよね。4 回の回数は何で決まったんですか、春夏秋冬...ということでしたかね。

(鳥居)そうです。24 年度の計画の中では、JAEA がすべてやるように見えますけども、これはまた事業体が変わりますので、24 年度は、80km 圏内は分析センターさんが実際にはやられます。

(井口委員長)3km 圏内は原子力機構さんがやるわけ？無人ヘリは原子力機構さんが担当してやるという格好での棲み分けをされると。

(齊藤@文科省)まだ進んでいないんであれなんですけど。

(井口委員長)いや、非常に興味があるっていうか。まさにやって欲しいという思いです。

(鳥居)3km 圏内はまだ白紙になっているという事と、地表の部分とスカイシャインの部分きちんと分別する必要がありまして。

(齊藤@文科省)できるかどうかを判断しています。

(鳥居)3km 圏内がちょうど飛行禁止区域になっていまして民間航空も近寄れない。近くに寄れない。そういう意味でも解除のための条件を探すためにもやりたいと思います。

以上

A1-5. 配布資料

(1)第一回会議資料

航空機モニタリング検討委員会

(独) 日本原子力研究開発機構
(財) 原子力安全技術センター
(財) 日本地図センター
応用地質株式会社

文部科学省の平成23年度放射能測定調査委託事業による委託業務として、日本原子力研究開発機構が実施した平成23年度「広域環境モニタリングのための航空機を用いた放射性物質拡散状況調査」の成果を取りまとめたものです。

委員会の設置目的

[目的]文部科学省の委託事業「広域環境モニタリングのための航空機を用いた放射性物質拡散状況調査」の実施に当たり、航空機モニタリングの方法の妥当性を検証するとともに、より最適な方法を検討する

役職	氏名	機関・所属・役職
1 委員長	井口 哲夫	国立大学法人名古屋大学大学院 工学研究科 教授
2 委員	大平 智華	財団法人日本分析センター 放射能分析業務部 7機検察グループ 上級技術員
3 委員	大原 利廣	独立行政法人国立環境研究所 地域環境研究センター長
4 委員	鈴木 和和	独立行政法人放射線医学総合研究所 緊急域ばく露健康研究センター 独立評価部 外部評価員
5 委員	長岡 誠	財団法人高輝度光科学研究センター 安全管理課長
6 委員	窪沢 謙二	国立大学法人福島大学 共生システム理工学類 教授
7 委員	野上 達男	東京都立大学 理学部名誉教授
8 委員	森内 茂	財団法人原子力安全技術センター 特別フェロー

航空機モニタリングの実施体制

総数：86人

(総括)	(JAEA)	(NUSTEC)
総括官 EOD/放射能監視 マップの公開 総括官/フェローの統括	放射能監視課 管理 データ解析 データ公開	放射能監視課 運用 放射能監視課 運用 放射能監視課 運用 放射能監視課 運用

(空機)	(地上機)
パイロットの研修 データの転送 機内作業	パイロットの研修 飛行データの取得 データの転送
(JAE) リーダー: 辻原 機内作業員(乗員1名): 各事業所主任技師 定山、山田、宮内、石原、長谷川、中村、遠藤、吉村、藤井、谷村、藤本、浅見、藤	(JAE) リーダー: 辻原 機内作業員(乗員1名): 各事業所主任技師 定山、山田、宮内、石原、長谷川、中村、遠藤、吉村、藤井、谷村、藤本、浅見、藤
(EOD) 定山 リーダー: 辻原 機内作業員: 定山、平田、松井	(NUSTEC) リーダー: 辻原、サブリーダー: 藤田 機内作業員: 二木、津野、上尾、小沢、西尾、丸野、吉田(監)、藤原、藤本、岡崎、西尾、藤村、津野、川村、松本、吉田、中山
(FUGRO) リーダー: 花明 機内作業員: Murray Johnston, John Stewart	(EOD) 押原: 地図センター
(NUSTEC) リーダー: 辻原 サブリーダー: 鈴木(監) 機内作業員: 山田、吉田(監)、丸野、長谷川、藤本、藤原、若山(監)、久野、木村、杉野	リーダー: 辻原 機内作業員: 辻原

EOD: 文部科学省 非常災害対策センター、FUGRO: オランダに本社を置く多国籍地質調査・物理探査企業

スケジュールと実績 (東日本全域(22都県)実績詳細(1/2))

実施県	担当(システム)	開始日	終了日	飛行時間	延べ人数	備考
青森県	NUSTEC (NUSTEC)	H23/10/9	H23/11/01	40:30	22	
岩手県	NUSTEC (NUSTEC)	H23/9/14	H23/10/13	61:00	68	県南一部は1.5km圏内で飛行
秋田県	JAEA (RS)	H23/9/14	H23/9/28	36:00	24	
福島県	NUSTEC+JAEA (NUSTEC+RS)					(参考データ) 第3次モニタリング実施
山形県	JAEA+NUSTEC (RS)	H23/8/9	H23/8/15	31:00	21	
新潟県	NUSTEC (NUSTEC)	H23/8/30	H23/9/23	57:30	33	
宮城県	JAEA+NUSTEC (RS)	H23/6/22	H23/6/30	20:00	15	(参考データ)
茨城県	JAEA+NUSTEC (RS)	H23/7/26	H23/8/2	11:30	16	(参考データ) 県南一部は1.5km圏内で飛行
栃木県	JAEA+NUSTEC (RS)	H23/7/12	H23/7/16	19:30	15	(参考データ)
千葉県	FUGRO (FUGRO)	H23/9/9	H23/9/12	20:00	12	
群馬県	JAEA+NUSTEC (RS)	H23/8/23	H23/9/8	21:00	27	

Outline

- 委員会の設置目的
- 航空機モニタリングの経緯
- 航空機モニタリングの実施体制
- スケジュールと実績
- 航空機モニタリングの方法
 - 航空機モニタリングの方法
 - 測定システム
 - データ採取の方法
 - 解析方法
 - マッピング方法
 - 結果の妥当性の確認
- 現方法の課題
 - 検出下限値と誤差要因
 - 山間部の測定
 - 減衰補正の方法
- まとめ

航空機モニタリングの経緯

- 平成23年 3月25日 文科省航空機モニタリング行動計画をプレス発表
- 平成23年 4月 5日 <第1次モニタリング> 原発60km圏内(DOE)+原発60-80km圏内(NUSTEC)
- 平成23年 5月17日 <第2次モニタリング> 原発80-100km圏内(NUSTEC)
- 平成23年 5月30日 <第3次モニタリング> 原発40km圏内(NUSTEC+JAEA※1)+原発40-80km圏内(NUSTEC)
 - ※1: DOE機を自衛隊ヘリに搭載
- 平成23年 6月21日 高城県、栃木県、茨城県(NUSTEC+JAEA※2)
 - ※2: DOE機を自衛隊ヘリに搭載
- 平成23年 8月 2日 文科省委託事業「広域環境モニタリングのための航空機を用いた放射性物質拡散状況調査」
 - ※: DOE機を自衛隊ヘリに搭載



DOE: 米国エネルギー省、JAEA: (独) 日本原子力研究開発機構、NUSTEC: (財) 原子力安全技術センター

スケジュールと実績(スケジュール表)

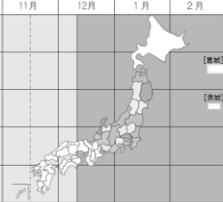
予定: □、実績: ■

1. 福島第一原子力発電所から80km圏内

	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
原発40km圏内(NUSTEC+JAEA) (RSシステム)			【実績】					
原発40-80km圏内(NUSTEC) (NUSTECシステム)				【実績】				

2. 東日本全域(22都県)

	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
JAEA+NUSTEC (RSシステム)	【実績】	【実績】						
JAEA (RSシステム)			【実績】	【実績】				
NUSTEC (NUSTECシステム)					【実績】			
応用地質 (OYOシステム)								【実績】
FUGRO (FUGROシステム)								【実績】



スケジュールと実績 (東日本全域(22都県)実績詳細(2/2))

実施県	担当(システム)	開始日	終了日	飛行時間	延べ人数	備考
東京都	FUGRO (FUGRO)	H23/9/14	H23/9/18	29:30	15	東京都北東部の一部は1.5km圏内で飛行
神奈川県	JAEA (RS)	H23/9/8	H23/9/12	16:00	19	
埼玉県	JAEA (RS)	H23/9/30	H23/10/4	17:00	15	
長野県	NUSTEC (NUSTEC)	H23/9/24	H23/10/7	51:30	28	
静岡県	FUGRO (FUGRO)	H23/9/23	H23/9/30	38:30	14	
富山県	JAEA (RS)	H23/10/7	H23/10/9	12:30	9	
石川県	応用地質 (OYO)	H23/10/19	H23/10/24	17:00	15	
福井県	FUGRO (FUGRO)	H23/10/17	H23/10/20	21:00	12	
岐阜県	FUGRO (FUGRO)	H23/10/5	H23/10/12	46:30	24	
愛知県	JAEA (RS)	H23/10/16	H23/10/20	18:00	16	

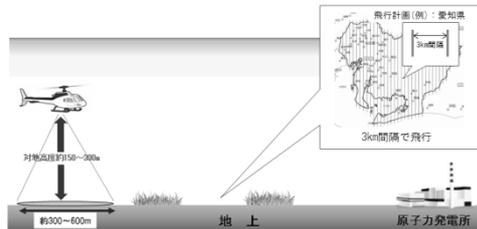
飛行時間: 約 585時間30分 延べ人数: 約 420人

航空機モニタリングの方法

1. 航空機モニタリングの方法
2. 測定システム
3. データ採取の方法
4. 解析方法
5. マッピング方法
6. 結果の妥当性の確認

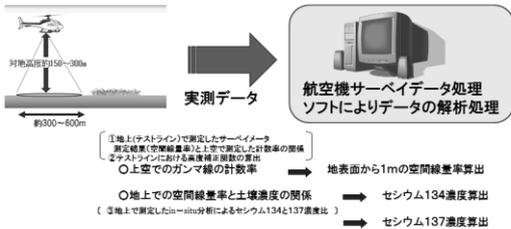
航空機モニタリングの方法（測定）

○高感度の放射線検出器(NaIシンチレータ)を搭載した航空機(ヘリコプター)で対地高度約150m~300m上空を3km間隔で飛行しながら地上からのガンマ線の情報を1秒間隔で連続して測定。



航空機モニタリングの方法（解析）

○上空で測定した地上からのガンマ線の情報と基準地点(テストライン)における地上のガンマ線情報(線量率、地表面の核種分析結果)を比較し、高度による減弱を考慮して、地上において、地表面から1mの高さの空間線量率及び地表面における放射性物質の濃度を算出。

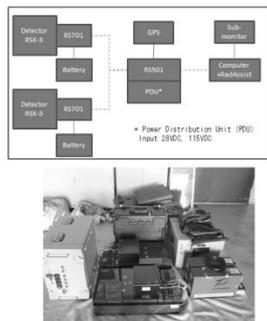


航空機モニタリングの方法

1. 航空機モニタリングの方法
2. 測定システム
3. データ採取の方法
4. 解析方法
5. マッピング方法
6. 結果の妥当性の確認

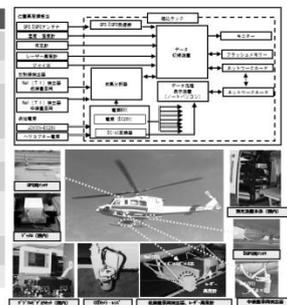
測定システム (JAEA/RSI)

項目	仕様
製造メーカー	RSI (Canada)
製造年度	2009年
検出器サイズ	2" x 4" x 16" NaI 3本でUnit x 2 (Unit: 6.3L x 2)
MCA ch	1024 ch
測定エネルギー範囲	0.02 ~ 3 MeV
ヘリコプター	・機内積み込み型であるため機体を選ばない ・底に燃料タンクのない機体を選定
サンプリングタイム	1秒
備考	DOEからの借り受け品



測定システム (NUSTEC)

項目	仕様
製造メーカー	関西電子株式会社 検出器 EXPLORAN (UM社)
製造年度	2001年度
検出器サイズ	低線量率用 4" x 4" x 16" x 4本 中線量率用 3" φ x 3" x 1本
MCA ch	256 ch
測定エネルギー範囲	0.05 ~ 3 MeV
使用ヘリコプター	検出器が機外取り付け型のため専用機 BELL412EP
サンプリングタイム	1秒
備考	



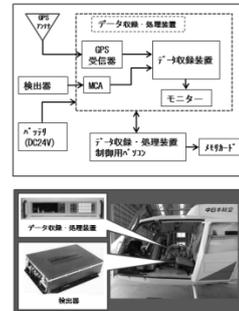
測定システム (OYO)

項目	仕様
製造メーカー	システム SINTEX社 放射線検出器 PIDDAG社 (カナダ製)
製造年度	1994年度
検出器サイズ	4" x 4" x 16" NaI (Tl) 下方検出器3本 (33.6L) 上方検出器1本 (4.2L)
MCA ch	256 ch
測定エネルギー範囲	0.2 ~ 3 MeV
使用ヘリコプター	検出器が機外取り付け型のため専用機 AS350B3 (専用機)
サンプリングタイム	1秒
備考	



測定システム (FUGRO)

項目	仕様
製造メーカー	EXPLORAN (UM社) (カナダ製)
製造年度	1996年度
検出器サイズ	4" x 4" x 16" NaI (Tl) 検出器4本 (容量計: 16.8L)
MCA ch	256 ch
測定エネルギー範囲	0.05 ~ 3 MeV
使用ヘリコプター	・機内積み込み型であるため機体を選ばない ・底に燃料タンクのない機体を選定 AS350B1 (エアロスペース社製)
サンプリングタイム	1秒
備考	

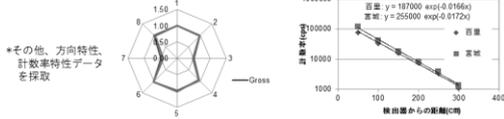


測定システム(線源レスポンス比較)

表面から1m地点における線量率が値付けされている線源を、検出器の中心から5点のデータを同心円状に採取

System	CF (Bq/m ²) / (μSv/h) (point source)①	CF (Bq/m ²) / (μSv/h) (measurement)②	D/D ₀	JAEA E-11に規格名
JAEA RSI	1.16x10 ² ±2.0x10 ³	1.93x10 ⁴	0.60	1.0
NUSTEC	7.04x10 ² ±3.8x10 ²	1.06x10 ⁴	0.66	0.61
OYO	7.85x10 ² ±7.7x10 ²	1.12x10 ⁴	0.70	0.68
FUGRO	7.74x10 ² ±4.7x10 ²	1.22x10 ⁴	0.63	0.67

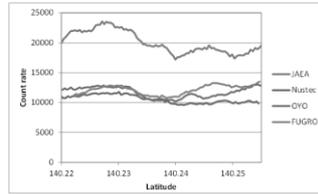
*須賀川テストラインデータと比較して、0.6倍。Cs-134や天然核種等の影響



*その他、方向特性、計数率特性データを採取

測定システム(テストライン比較)

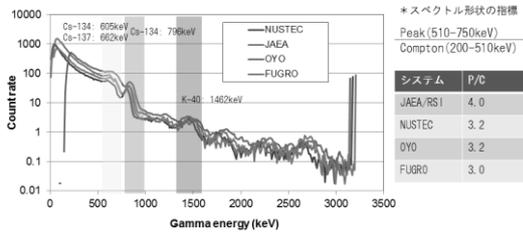
同時期に設定したテストラインを4システムでフライトし(1000ft)、計数率を比較
テストライン：須賀川国道18号沿い、平面、1.5μSv/h (サーベイメータ測定結果)



システム	cps/μSv/h
JAEA/RSI	1.33x10 ⁴
NUSTEC	1.06x10 ⁴
OYO	1.12x10 ⁴
FUGRO	1.22x10 ⁴

測定システム(スペクトル比較)

設定したテストラインを同時期に4システムでフライトし(1000ft)スペクトルを比較
テストライン：須賀川国道18号沿い、平面、1.5μSv/h (サーベイメータ測定結果)



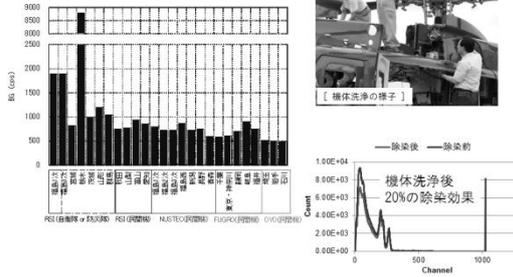
*スペクトル形状の指標
Peak (510-750keV)
Compton (200-510keV)

システム	P/C
JAEA/RSI	4.0
NUSTEC	3.2
OYO	3.2
FUGRO	3.0

OYO: LLDを180keV付近で設定

測定システム(機体のバックグラウンド計数率と汚染の確認)

高底3000ft or 水上の計数率=宇宙線+機体由来



測定システム(RSIシステム ヘリ底の遮蔽効果)

* Cs-137 (3.7MBq) ソースをヘリの底において、ヘリ底と燃料の遮蔽効果を確認

Helicopter	Measurement Area	Detector position *	Conversion factor at 1000ft(cps/μSv/h)	Fuel attenuation factor (Max)
UH-60	Fukushima 40km Area	Longi. config	1.83 E+04	No tank
BK117	Miyagi	Trans. config	1.40 E+04	0.43
Bel1412EP	Tochigi	Longi. config	1.50 E+04	No tank
BK117	Ibaraki	Trans. config	1.28 E+04	0.61
AS365	Yamagata	Trans. config	1.83 E+04	0.72
Bel1412EP	Guma	Longi. config	1.45 E+04	0.82
Bel1412SP	Akita etc.	Longi. config	1.81 E+04	No tank

*Detector position

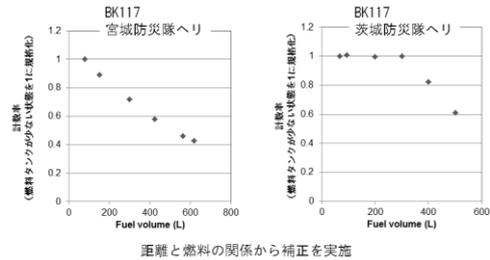
(1) Longitudinal configuration

(2) Transversal configuration



測定システム(RSIシステム ヘリ底の遮蔽効果)

* Cs-137 (3.7MBq) ソースをヘリの底において、ヘリ底と燃料の遮蔽効果を確認 (燃料量と遮蔽効果)
* 同タイプの機体であってもタンクの位置と検出器の位置によって遮蔽効果が変わる (下図参照)



距離と燃料の関係から補正を実施

航空機モニタリングの方法

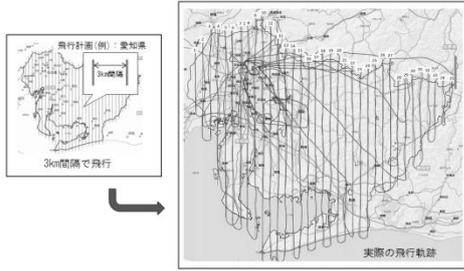
1. 航空機モニタリングの方法
2. 測定システム
3. データ採取の方法
4. 解析方法
5. マッピング方法
6. 結果の妥当性の確認

データ採取の方法

測定対象	Cs-134, 137の放出するγ線
フライト行程	県内全域3 kmメッシュ (陸上) ※1
フライト方法	サブモニタにメッシュ線を表示
高度	対地高度 約1000 ft (=300 m) ※2
速度	70-120ノット (=130 ~220 km/h)
評価フライト	(1)Water line (海上or海上 約3min間のホバリング) (2)Ground line (直線のラインを選択し、高度を変えてフライト(500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 ft))
モニタリング条件	雨天の場合は基本的には中止
人員	機器操作員2名

※1：福島県40km圏内は、1.8kmメッシュ、40-80km圏内は2kmメッシュでフライト
※2：目安として海拔2000m以上の測定は実施しない

データ採取の方法 (飛跡図 (例) 愛知県)



航空機モニタリングの方法

1. 航空機モニタリングの方法
2. 測定システム
3. データ採取の方法
4. 解析方法
5. マッピング方法
6. 結果の妥当性の確認

解析方法 (線量率とセシウム濃度の評価)

高さ1m線量率Dの評価

$D_{in} [\mu Sv/h] = e^{-\mu \cdot h} * (C_{\text{実測値}} [\text{cps}] - B_{\text{宇宙線}} [\text{cps}]) / CF [\text{cps}/(\mu Sv/h)]$

→ 換算係数CFと減弱係数μを用いて、上空で測定した計数率から高さ1mの線量率を算出

地表面でのCs-134/137濃度Vの評価

$V_{\text{Cs-134/137}} = CF [(kBq/m^2)/(\mu Sv/h)] * (D_{in} [\mu Sv/h] - B_{\text{天然核種}} [\mu Sv/h])$

→ 放射能濃度換算係数CFを用いて、高さ1mの線量率を地表面でのセシウム濃度に交換

解析方法 (高度換算方法)

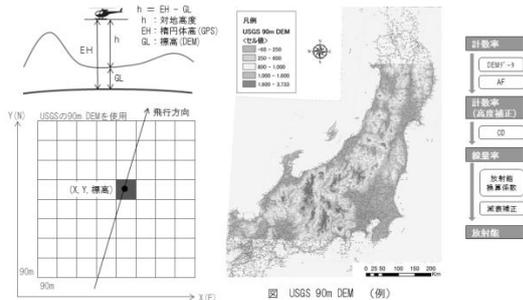
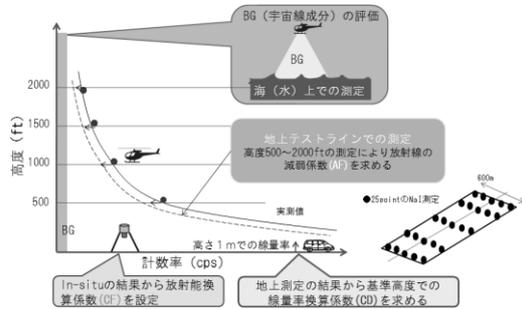


図 USGS 90m DEM (例)

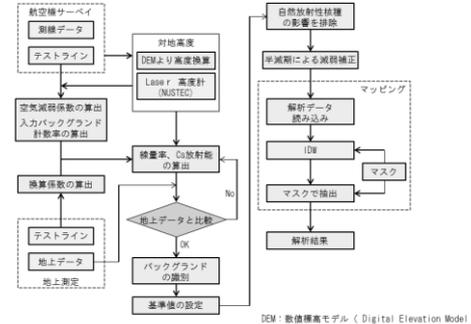
測定システムのまとめ

- ・4タイプのシステムの相互評価
 - γ線に対するレスポンス (効率)
 - RSIシステムの効率が良い (他のシステムの2倍, 検出器が2セット)
 - RSIシステムのP/Cが良い
 - 不感時間の影響: Deadtime補正 (数10μs程度)
- ・データ採取上の問題点
 - 機体の汚染 (BGの上昇は検出下限値を上げる)
 - モニタリング中に欠測する機器もあった (再測定)
 - 防災航空隊のヘリの中、底にタンクがあるものがあつた (飛行距離で補正)

解析方法 (キャリブレーションと換算係数)



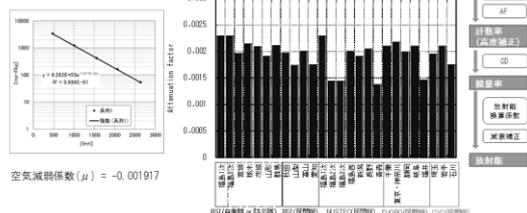
解析方法 (解析フロー)



DEM: 数値標高モデル (Digital Elevation Model)

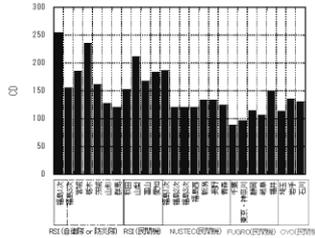
解析方法 (ハ²ラムタ 空気減弱係数 (AF) の算出)

対地高度500ft~2500ftにおける計数率の変動率から空気減弱係数を指数関数にあてはめて求める。この時、宇宙線や機体等からの影響による計数率分は除外している。



解析方法(ハ⁺ラメータ 線量率換算係数(CD)の算出)

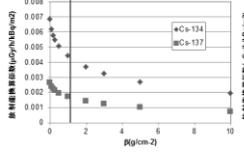
空気による減衰を考慮した計算で求めた地上1mの計数率と、テストラインの地上1mで測定した線量率から、テストラインの高度1000ftにおける計数率-線量率換算係数(CD)を求める



計数率
DEF→
AF
計数率
(高値補正)
CD
線量率
放射能
換算係数
調整値
放射能

解析方法(ハ⁺ラメータ 線量-放射能換算係数)

*線量から放射能への換算には、文科省放射能測定シリーズ33「ゲルマニウム半導体検出器を用いたin-situ測定法」付表3を使用



放射線の照射時間(t)	放射線の発生率(μCi/m ²)	放射能分布を考慮した換算係数(β)
0-1	<3	0.1
0-1	>3	1.0
1-5	-	3.0
5-20	-	10

基準日を2011/4/10とし、Cs-134の減衰を計算
→県ごとに換算係数を設定

計数率
DEF→
AF
計数率
(高値補正)
CD
線量率
放射能
換算係数
調整値
放射能

解析方法(線量から放射能への換算方法)

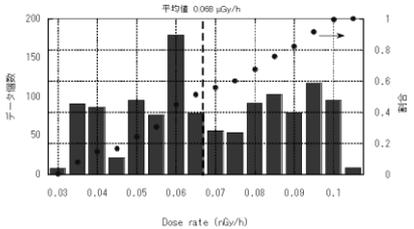
線量率から放射能への換算には、

- (1) バックグラウンド線量率を差し引き、人工放射性核種による線量率を算出
- (2) In-situマニュアルから計算した放射能換算係数によりCs-137放射能を算出
- (3) Cs-134濃度については、In-situ測定から求めたCs-137からCs-134への換算係数を使用して求める。

評価式
Cs-137濃度の算出
 $Cs-137 [kBq/m^2] = CF [(kBq/m^2) / (\mu Sv/h)] \cdot (D [\mu Sv/h] - D_{BG} [\mu Sv/h])$
Cs-134濃度の算出
 $Cs-134 [kBq/m^2] = C_{137/134} \cdot Cs-137 [kBq/m^2]$
CF [(kBq/m²) / (μSv/h)] : 線量率からCs-137濃度への換算係数 (半減期での減衰を考慮)
D [μSv/h] : 測定データより求めた地上1mの線量率
D_{BG} [μSv/h] : バックグラウンド線量率
C_{134/137} : Cs-137濃度からCs-134濃度への換算係数 (半減期での減衰を考慮)

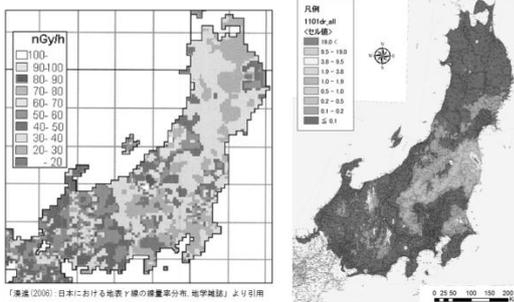
解析方法(天然のバックグラウンド)

*線量率から放射性物質濃度の換算時に、天然核種のバックグラウンドとして環境放射能水準調査(2005-2008)の東日本平均値を減算
0.068 μGy/h (σ=0.01)

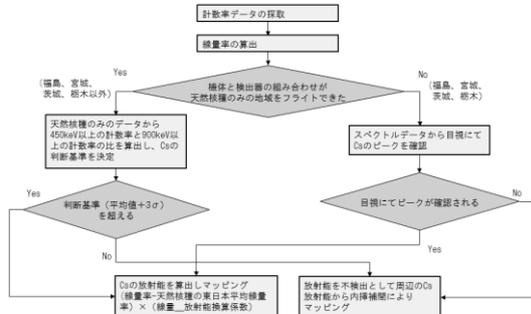


*Cs濃度が高く天然核種が東日本平均より高い場所→Csの過大評価
*Cs濃度が高く天然核種が東日本平均より低い場所→Csの過小評価

解析方法(天然のバックグラウンド)



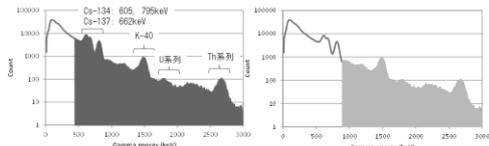
解析方法(バックグラウンドの識別方法)



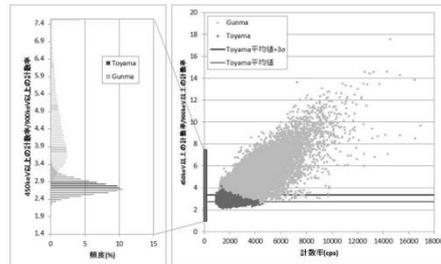
解析方法(バックグラウンドの識別方法)

- 線量率から放射能への換算時に、東日本全体の平均値を減算
→ 天然放射性核種の量によっては、マップ上で10 kBq/m²を超える地域
→ 航空機モニタリングの注目度を考慮すると、さらに天然核種とCsを識別する必要がある

- 方法の検討 (2案を検討)
 - Csの全吸収エネルギーピーク計数率で評価
→ 1s毎の計数であるため計数率が低い
→ 地上のサーベイメータとの比較が難しい
 - スペクトルインデックスを用いた定性的な識別



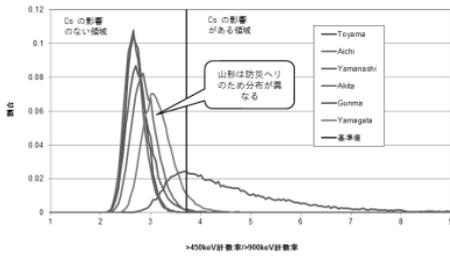
解析方法(基準値の設定方法)



Csがない地域の測定結果を元に、450keV以上/900keV以上の計数率比を算出
→ Csの寄与を判断する基準値として平均値の3σを設定
→ 基準を超えたものはマップに反映、超えないものは10kBq/m²以下とする

解析方法(解析例)

* JAEA/RSI 機器の各県の計数率比の分布 各県の計数率比をヒストグラム化



解析方法のまとめ

- 解析の基本方針**
 - 線量率は3 MeVの全計数率GCから線量評価→地上測定との比較のため
 - 地表面の放射性物質濃度はCsのみ
 - DOEの方法(第1次モニタリング)をできる限り踏襲
 - Cs沈着量が少ない低汚染地域で天然との識別が必要
- 解析方法**
 - 実測値から解析パラメータを求め、迅速な線量率評価方法を確立
 - 低汚染地域では、スペクトルインデックス法を応用し、Csと天然核種の定性的な弁別法を適用
- 解析方法の改善点**
 - 天然放射性核種の影響を精度よく減算できない
 - * Cs濃度が高く天然核種が東日本平均より高い場所→Csの過大評価
 - * Cs濃度が高く天然核種が東日本平均より低い場所→Csの過少評価
 - スペクトル情報から差し引く方法を検討

マッピング方法(マップの色分けの考え方)

(線量率)

- 天然核種を含む線量率
 - 0.1 μSv/h = 約0.5 mSv/年 相当
 - 0.2 μSv/h = 約1.0 mSv/年 相当
 - 0.5 μSv/h = 約2.5 mSv/年 相当
 - 1.0 μSv/h = 約5.0 mSv/年 相当
 - 1.9 μSv/h = 約10 mSv/年 相当
 - 9.5 μSv/h = 約50 mSv/年 相当

(セシウムの表面汚染密度)

- 50Bq/kgとなる土壌中の放射性セシウム濃度の上限値は、1キログラム当たり5000Bq/kg、このセシウムが、表土面から5cm深さまでに沈着していると仮定した場合において、放射性物質の蓄積量(Bq/m²)に換算すると、10000Bq/m²となる。
- 3000 kBq/m² = 10000 kBq/m²の約半減下(10^{-1.5})
- 600 kBq/m² = これらの中間値
- 100 kBq/m² = 1000 kBq/m² × 1/10
- 60 kBq/m² = 600 kBq/m² × 1/10
- 30 kBq/m² = 300 kBq/m² × 1/10
- 10 kBq/m² = 100 kBq/m² × 1/10

(参考2)

- 原子炉等規制法やR法における管理区域の設定基準: 表面汚染密度の値を放出しないもの: 40Bq/cm²の10分の1 (=40Bq/m²)

凡例

地表面から1mの高さの空間線量率(μSv/h)

(10分1秒間の平均値)

1.0 <
0.5 - 1.0
0.2 - 0.5
0.1 - 0.2
≦ 0.1

凡例

Cs-137の蓄積量 (Bq/m²)

[7月2日現在の値に換算]

3000 <
1000 - 3000
600 - 1000
300 - 600
100 - 300
60 - 100
30 - 60
10 - 30
≦ 10

マッピング方法(IDW法のパラメータ)

マスクデータ

- 行政界(面データ)
 - 国土交通省国土地理院 基礎地図情報データ
 - 縮尺レベル: 25000
- 湖沼(面データ)
 - 国土交通省国土計画院 国土数値情報
 - 縮尺レベル: 25000
- No Data(面データ)
 - 福島第一原子力発電所約8km 標高2000m以上の山岳地域

IDWによる補間

解析データ(ポイント) → IDWによる補間 → 広域版作成 → 県別版作成

入力パラメータ

- 乗数パラメータ: 2.3
- 近隣点の探索: 可変検索半径 180

*1 空間線量率、Cs134, Cs137 Cs134+137の合計の4セットを作成

*2 ArcGIS 10 及び Spatial Analyst を使用

計数率比から見たCs沈着地域の評価

県単位での450keV以上計数率/900keV以上計数率の平均値と標準偏差から放射性Csの沈着可能性を評価

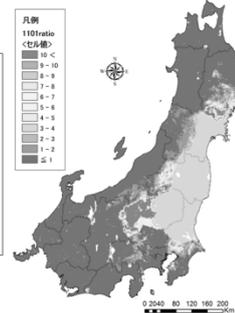
評価値(F)の計算式

$$F = (C_{450}/C_{900} - C_0) / \sigma_0$$

C_{450} : 測定点における450keV以上計数率
 C_{900} : 測定点における900keV以上計数率
 C_0 : 450keV以上計数率/900keV以上計数率の平均値
 σ_0 : 450keV以上計数率/900keV以上計数率の標準偏差

ただし、福島県、宮城県、栃木県、茨城県は C_{450}/C_{900} の評価をしていないので $F=4$ を設定した。

評価値(F)が大きいく程、放射性Cs沈着の可能性が高いことを示す。評価値(F)が3以下は放射性Cs沈着の可能性は少ない。



航空機モニタリングの方法

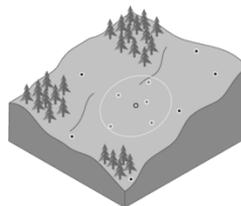
1. 航空機モニタリングの方法
2. 測定システム
3. データ採取の方法
4. 解析方法
5. マッピング方法
6. 結果の妥当性の確認方法

マッピング方法(IDW法の概要)

IDW: Inverse Distance Weighted (逆距離加重法)

→処理するセルの近傍にあるポイントの値を平均することにより、そのセル値を推定する方法

IDWの場合の重みは、距離に反比例(ポイントからの距離が遠くなるにつれて小さくなる)と仮定



- 推定するセル値
- 実際の最高値より大きくならない
 - 最低値より小さくならない
- 極値が、まだサンプリングされていない場合 正確な値の高低差を表現することができない
- 入力パラメータ
- 乗数パラメータ: 距離の逆数を乗算して影響力を制御
 - 大きい値: (近傍データの影響力が大きい)
 - 小さい値: (より遠くにあるポイントまで影響がおよぶ)
 - 近隣点の探索: 補間する点の選択方法
 - 可変検索半径 / 固定検索半径
- 複雑なパラメータ設定が不要

米国エネルギー省(DOE)がIDWを採用 第1次モニタリング(4月6日~29日)

マッピング方法(マッピング例)

マッピング例

入力パラメータ

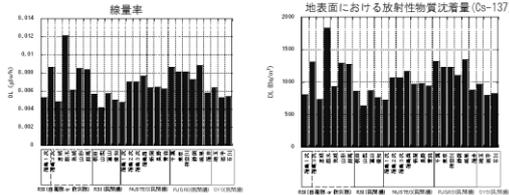
- 乗数パラメータ: 2.3
- 近隣点の探索: 可変検索半径 180

入力パラメータ

- 乗数パラメータ: 2 (デフォルト値)
- 近隣点の探索: 可変検索半径 12 (デフォルト値)

検出下限値と誤差要因

BG (2500ftにおける計数率)に対する3σを検出下限とする



実際には、線量率から天然放射線量の全国平均を引いている
 →0.0687±0.032 μGy/h = 10±4.8 kBq/m²-Cs137

本航空機モニタリング手法の表面における放射性物質沈着量の下限値は
 Cs-137:15kBq/m², Cs-134:15kBq/m², Cs-total: 30kBq/m²程度である

現方法の課題

1. 検出下限値と誤差要因
2. 山間部の測定
3. 減衰補正の方法

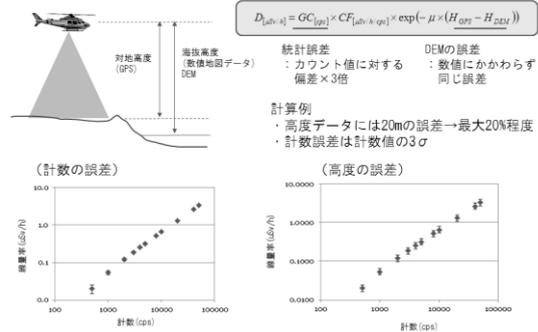
現方法の課題

1. 検出下限値と誤差要因
2. 山間部の測定
3. 減衰補正の方法

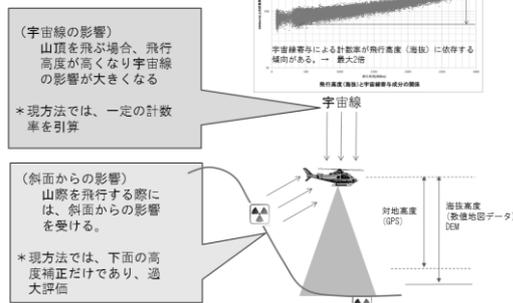
まとめ

- ・1都21県の航空機モニタリングを実施し、データ採取が完了
- ・下記条件で解析
 - DOEの手法を踏襲し、広域でのモニタリング評価手法を確立
 - 低汚染地域では、新たにスペクトルインデックス法を適用し、Csと天然核種の定性的な弁別法を実施
- ・解析方法の改善点
 - 汚染地域での天然核種の影響を定量的に精度よく差し引く。→BG評価の最適化、DOEのMMGC法との比較評価・・・
- ・課題
 - 解析パラメータの検証
 - 山間部の測定誤差評価 (DEMと飛行位置からの3次元的な測定有効箇所の検出)
 - Cs分布の評価、変動要因(空間・時間)の調査解析

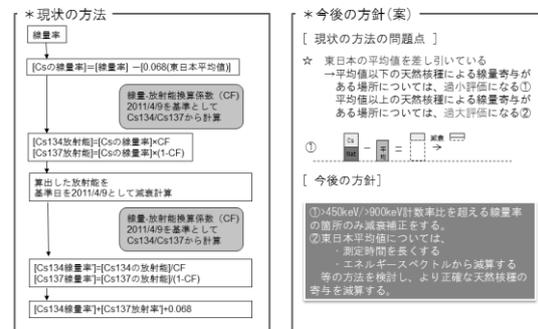
検出下限値と誤差要因



山間部の測定



線量率の減衰補正の方法



今後の予定

- [モニタリング]
 ・2-3月に、栃木、茨城、宮城を実施
 ・西日本・北海道のモニタリングを計画
- [解析]
 ・MC計算による測定器の応答特性の評価
 →地形効果等の3次元的な計数率影響評価
 ・天然核種の減算方法の確立
 →バックグラウンド評価法の検討
 ・植生・地域利用(住宅地、田畑等)によるCs沈着量の変動評価
 ・3Dマップを利用した放射性物質の移行解析

次回会合

1月中旬を予定

- ・ 今回の課題の回答
- ・ 原発100km圏内のモニタリング結果
- ・ 西日本・北海道モニタリング計画

スケジュールと実績(2/2)

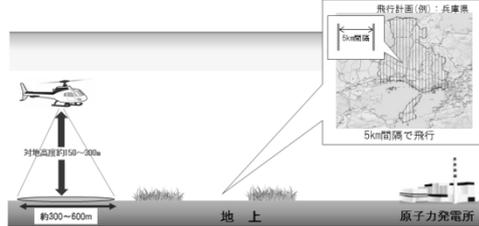
(西日本全域(1道2府22県)+発電所隣県(栃木、宮城、茨城、群馬、福島西部))

実施県	観測システム	開始日	終了日	フライト時間	備考
沖縄ブロック(沖縄)	JAEA (RSI)	H24/3/24	H24/3/29	11:00	
北海道ブロック(北海道)	JAEA (RSI) + NUSTEC (NUSTEC) + 応用地質 (OYO)	H24/5/9	測定継続中	測定継続中	測定エリアを4分割し、4機体制で測定
茨城県	NUSTEC (NUSTEC)	H24/4/2	H24/4/7	31:00	3kmメッシュで測定 80km圏内は測定対象外
宮城県	JAEA (RSI)	H24/4/10	H24/4/14	28:00	3kmメッシュで測定 80km圏内は測定対象外
栃木県	JAEA (RSI)	H24/4/2	H24/4/8	23:30	3kmメッシュで測定
群馬県	JAEA (RSI)	H24/4/2	H24/5/7	27:00	3kmメッシュで測定 障害により一時測定中断
福島県西部	JAEA (RSI)	H24/4/26	H24/5/1	22:00	3kmメッシュで測定 80km圏内は測定対象外

総フライト時間：約 511時間30分

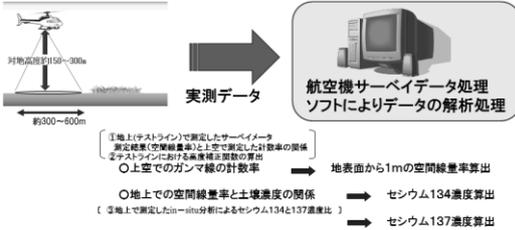
航空機モニタリングの方法(西日本)(測定)

○高感度の放射線検出器(NaIシンチレータ)を搭載した航空機(ヘリコプター)で対地高度約150m~300m上空を5km間隔で飛行しながら地上からのガンマ線の情報を1秒間隔で連続して測定。



航空機モニタリングの方法(解析)

○上空で測定した地上からのガンマ線の情報と基準地点(テストライン)における地上のガンマ線情報(線量率、地表面の核種分析結果)を比較し、高度による減弱を考慮し、地上において、地表面から1mの高さの空間線量率及び地表面における放射性物質の濃度を算出。

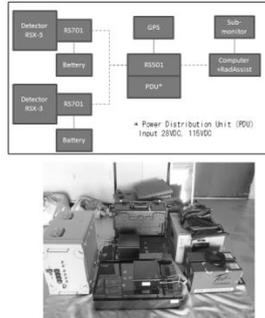


西日本における解析方法

1. RSIの特性
2. 解析方法
3. 結果の妥当性の確認

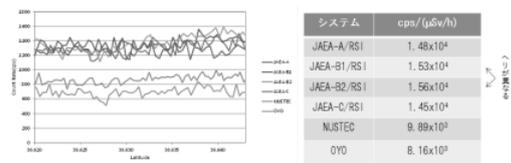
測定システム(JAEA/RSI)

項目	仕様
製造メーカ	RSI (Canada)
製造年度	2009年
検出器サイズ	2' x 4' x 16" NaI 3本でUnit x 2 (Unit: 6.3L x 2)
MCA ch	1024 ch
測定エネルギー範囲	0.02 ~ 3 MeV
ヘリコプター	機内積み込み型であるため機体を揺るばない - 底に燃料タンクのない機体を選定
サンプリングタイム	1秒
備考	DOEからの借り受け品



測定システム(テストライン比較)

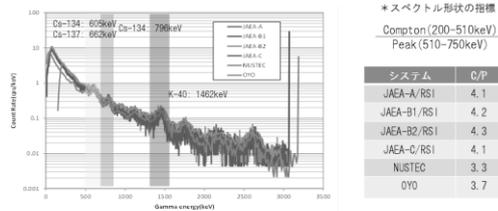
設定したテストラインを同時期に6システムでフライト(1000ft)し計数率を比較テストライン:
(栃木県下野花岡県道16号周辺、平面、0.09μSv/h(サーベイメータ測定結果))



計数率はバックグラウンド(3000frc)計数率の平均値を差し引き、1000frcに高度補正

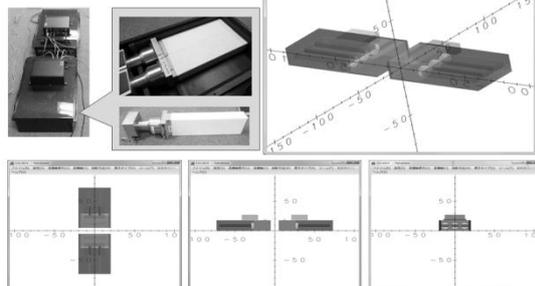
測定システム(スペクトル比較)

設定したテストラインを同時期に6システムでフライト(1000ft)し計数率を比較テストライン:
(栃木県下野花岡県道16号周辺、平面、0.09μSv/h(サーベイメータ測定結果))

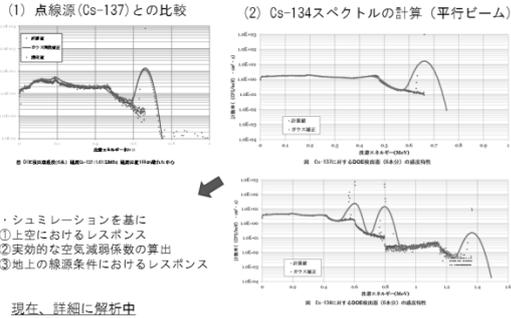


OYO: LLDを180keV付近で設定

検出器のモデル化

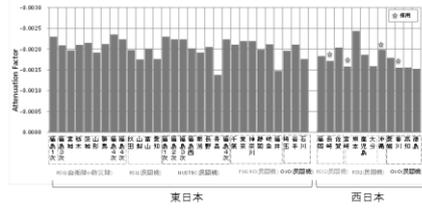


測定システム(線源レスポンス比較)



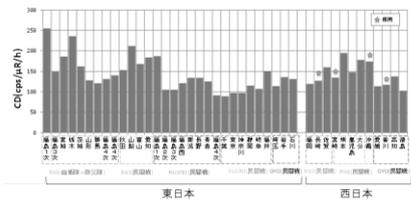
解析方法(パラメータ 空気減弱係数(AF)の算出)

東日本の航空機モニタリングの解析により、空気減弱係数は放射性Csの沈着量に係らず、測定器やヘリコプターの組み合わせにより概ね一定であることが確認された。そのため、西日本ではブロックごとに共通の空気減弱係数を使用した。



解析方法(パラメータ 線量率換算係数(CD)の算出)

計数率-線量率換算係数(CD)も空気減弱係数と同様に、測定器やヘリコプターの組み合わせにより概ね一定であることが確認された。そのため、西日本ではブロックごとに共通の計数率-線量率換算係数を使用した。



西日本における解析方法

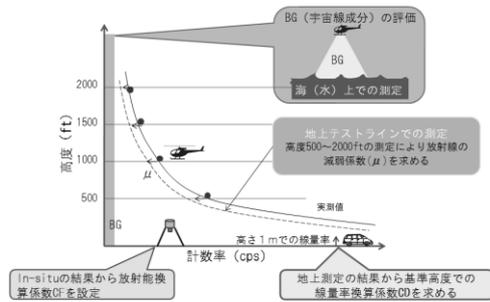
1. RSIの特性
2. 解析方法
3. 結果の妥当性の確認

データ採取の方法

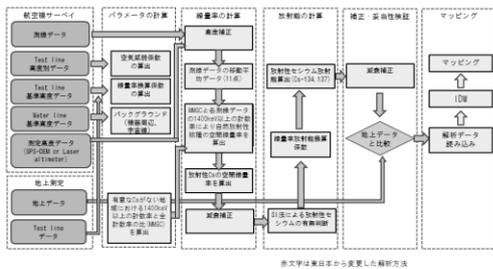
測定対象	Cs-134, 137の放出するγ線
フライト行程	県内全域 5kmメッシュ (陸上) ※1
フライト方法	サブモニタにメッシュ線を表示
高度	対地高度 約1000ft (=300m) ※2
速度	70-100ノット (=130 ~186 km/h)
評価フライト	(1)Water line (海上or海上 約3min間のホバリング) (2)Ground line (直線のラインを選定し、高度を変えてフライト(500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 ft))
モニタリング条件	雨天の場合は基本的には中止
人員	操縦操作員2名

※1: 福島県内40km圏内は、1.8kmメッシュ、40-80km圏内は2kmメッシュ、東日本は5kmメッシュでフライト
 ※2: 自空として海拔2000m以上の測定は実施しない

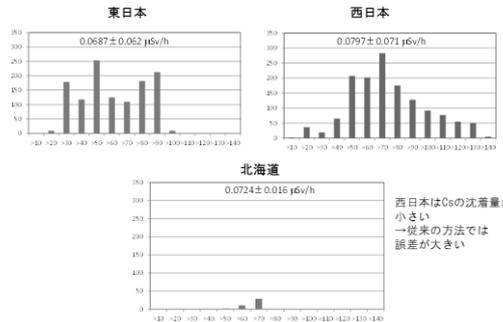
解析方法(キャリブレーションと換算係数)



解析方法(解析フロー)

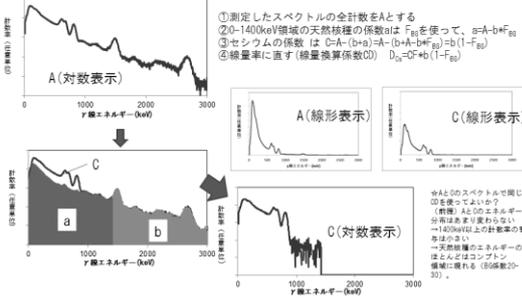


解析方法(天然のバックグラウンド)

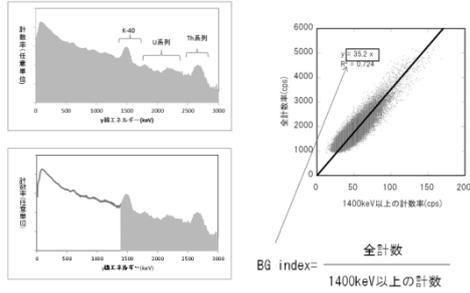


解析方法(バックグラウンドの識別方法)

DOEの開発したMMGC法を適用(Hendricks et al. DOE-NV-11718-324, 1999)

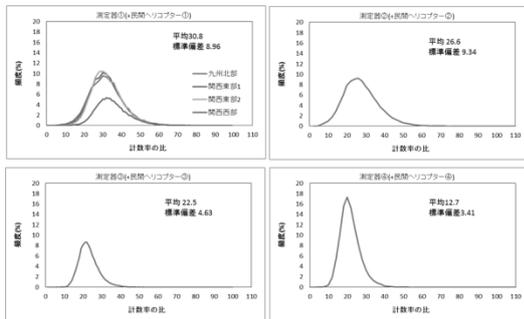


解析方法(BGインデックス)

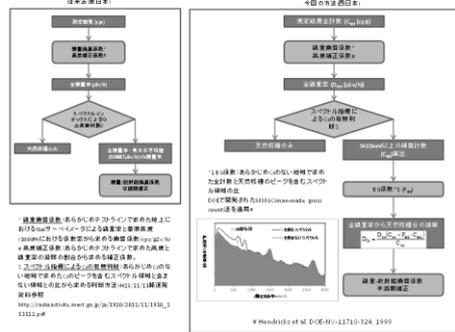


解析方法(BG index)

BG indexは地域に依存しない



まとめ



西日本における解析方法

- RSIの特性
- 解析方法
- 結果の妥当性の確認

マッピング方法(マップの色分けの考え方)

(線量率)
 * 天然核種を含む線量率
 - 0.1 μSv/h = 約0.5 mSv/年 相当
 - 0.2 μSv/h = 約1.0 mSv/年 相当
 - 0.5 μSv/h = 約2.5 mSv/年 相当
 - 1.0 μSv/h = 約5.0 mSv/年 相当
 - 1.9 μSv/h = 約10 mSv/年 相当
 - 9.5 μSv/h = 約50 mSv/年 相当

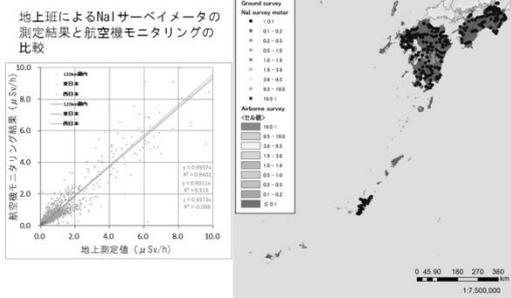
(セシウムの表面汚染濃度)
 ○玄米中の放射性セシウム濃度が食品衛生法上の暫定規制値(500Bq/kg)となる土壌中の放射性セシウム濃度の上限値は、1キログラム当たり5000Bq/kg。このセシウムが、地表から5cm深さまで沈着していると仮定した場合において、放射性物質の蓄積量(Bq/m²)に換算すると、1000kBq/m²となる。
 - 3000 kBq/m² = 10000 kBq/m²の約半折下 (10⁻⁴)
 - 600 kBq/m² = これらの中間値。
 - 100 kBq/m² = 1000 kBq/m² × 1/10
 - 60 kBq/m² = 600 kBq/m² × 1/10
 - 30 kBq/m² = 300 kBq/m² × 1/10
 - 10 kBq/m² = 100 kBq/m² × 1/10

(参考2)
 ○原子炉等規制法やR1法における管理区域の設定基準: 表面汚染密度α線を放出しないもの: 40Bq/cm²の10分の1 (=40kBq/m²)

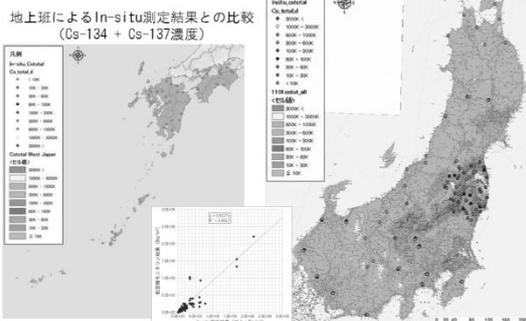
凡例
 地表から1mの深さの空間線量率(μSv/h) [10分間測定値の平均値]
 190 <
 95 - 190
 3.9 - 9.5
 1.9 - 3.9
 1.0 - 1.9
 0.5 - 1.0
 0.2 - 0.5
 0.1 - 0.2

凡例
 Cs-137の蓄積量 (Bq/m²) [7月2日現在の値に換算]
 3000K - 3000K
 1000K - 3000K
 600K - 1000K
 300K - 600K
 100K - 300K
 60K - 100K
 30K - 60K
 10K - 30K
 ≤ 10K

結果の妥当性の確認



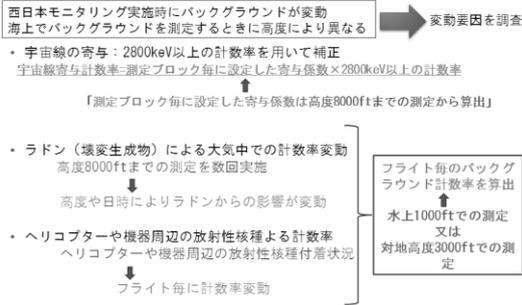
結果の妥当性の確認



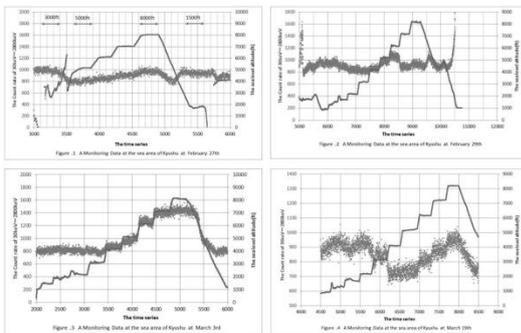
まとめ

- ・解析方法
 - 現在、九州・四国までの解析が終了
 - 関西、中国、東日本の測定が終了、北海道は実施中
- ・解析の基本方針
 - 西日本では、BGを詳細に評価するために、BGインデックスを使用
- ・解析方法の改善点
 - パラメータを標準化させるために、検出器のモデル化及びレスポンス計算を実施中

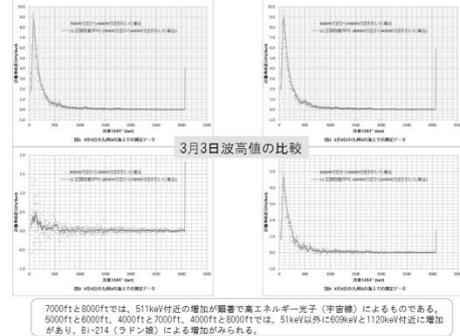
航空機モニタリングにおけるバックグラウンド変動要因の調査



海上での測定結果の例



ラドン壊変生成物の高度分布（測定結果例）

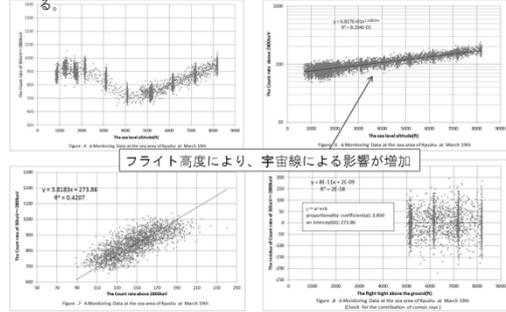


考察

1. 空気中のラドン壊変生成物及び宇宙線の影響
2. 地質図との比較

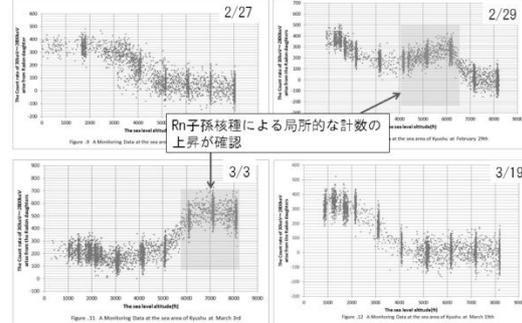
ラドン壊変生成物と宇宙線の寄与評価

5000ftまで地上の影響で減衰し、それ以上は宇宙線の影響で上昇する。



ラドン壊変生成物の高度分布（測定結果例）

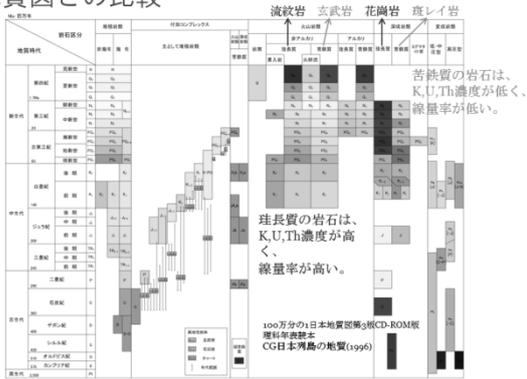
同地点における高度分布の結果の違い



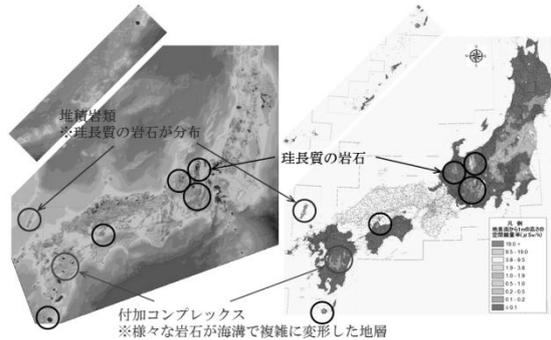
考察

1. 空気中のラドン壊変生成物の影響
2. 地質図との比較

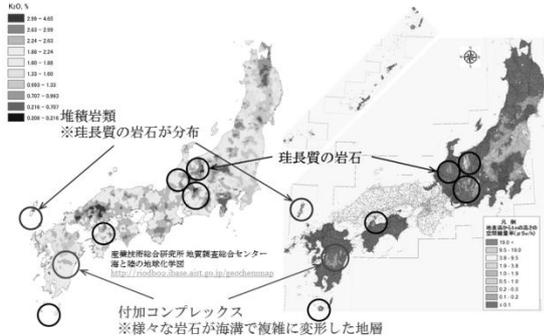
地質図との比較



地質図との比較



カリウム濃度



地質図との比較



まとめ

- ・ 日本全国の航空機モニタリングを実施し、データ採取が完了
- ・ 下記条件で解析
 - BGインデックスを用いて、西日本のバックグラウンドを詳細に減算
- ・ 課題
 - 解析パラメータの検証
 - MCNPを用いたパラメータ計算
 - ラドン子孫核種の影響評価、宇宙線の影響評価
 - 山間部の測定誤差評価 (DEMと飛行位置からの3次元的な測定有効箇所を検出)
 - Cs分布の評価、変動要因(空間・時間)の調査解析

次回会合

6月中旬を予定

- ・ 西日本・北海道モニタリング結果
- ・ 事業の御講評

H24年度航空機モニタリングの方針と課題

- ・ H24年度は文科省にて以下の航空機モニタリングを予定
 - 40-80km圏内を4回実施
 - 80km圏外で0.2μSv/hを超える地域を実施
 - ・ H25年度以降に3km圏内を航空機モニタリングするために、
 - 現在、3km圏内は測定データが少ないことを理由に飛行禁止区域に設定されている。
 - 一方、3km圏内の航空機モニタリングを実施する場合に、以下の影響を考慮しなければならない
 - (1) 原子炉からの直達線の影響
 - (2) スカイシャインの影響
- ➡ 3km圏内の無人ヘリモニタリングの実施

第2回 航空機モニタリング検討委員会補足資料 (無人ヘリモニタリングについて)

- (独) 日本原子力研究開発機構
- (財) 原子力安全技術センター
- (財) 日本地図センター
応用地質株式会社

次期科学省の平成23年度放射線測定調査委託事業による委託業務として、日本原子力研究開発機構が実施した平成23年度「広域除染モニタリングのための航空機を用いた放射線計測機試行調査」の成果を取りまとめたものです。

自律飛行型無人ヘリによる遠隔放射線モニタリングの特徴とシステム

福島原発事故による環境モニタリングを進める上で、

- ・ マッピング
- ・ 測定員と線源との距離確保
- ・ 人手のつかからない

除染効果の確認
・ 除染前後で同じ場所を測定できる



【特長】

1. 人が容易に入れない場所（高線量現場、森林、田んぼ等）での測定が可能
2. 地上局を安全な場所に設置できる（眺望の良いところ：数km）
3. 放射線の他、映像もリアルタイムで把握できる
4. 位置が正確に把握できる（GPS、自律飛行）
5. 事前に飛行プログラムが設定できる（定期観測が可能）— 除染前後、時間変化
6. 低高度（<300m）での観測が可能（航空法の対象外）
7. ホバリングも可能 *モニタリング場所の周辺には人がいないこと。

本研究の目的：無人ヘリによるモニタリング方法の確立と現場への適用

自律飛行型無人ヘリ及びマニュアルヘリ

ヤマハ空動機(株)自律飛行型無人ヘリコプター-RMAX G1

- ①機体全長及び重量
- ・ 全長：4m未満（ローター含む）
 - ・ 重量：100kg未満

②飛行性能

- ・ 最大速度：7.0 km/h以上（対気速度）
- ・ 連続時間：60分以上
- ・ 最高高度：150m以上
- ・ ホバリング精度：3m以下
- ・ 飛行範囲：3km以上
- ・ 制御信号途絶時に自動帰還可能

③制御性能

- ・ 座標指定によるプログラム飛行が可能
- ・ 姿勢が安定した状態で空中停止、前後、左右、上下に移動可能
- ・ 飛行用カメラを搭載していること

④搭載性能

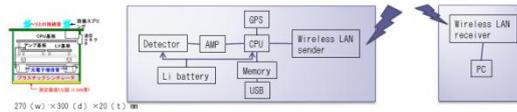
- ・ 搭載重量：10kg以上（標高0m）

⑤情報伝達性能

- ・ 3個以上の外部映像入力装置
- ・ 映像の切り替えが可能であり、スタビライズ機能を装備
- ・ ヘリの飛行制御用通信以外に機体と地上局の双方向の外部通信機能を備え、地上局にて表示可能



無人ヘリモニタリングシステム



(1) 自律型ヘリ用検出器



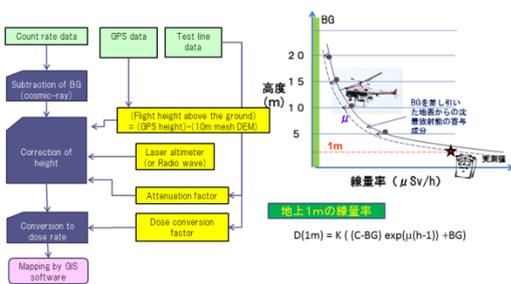
- ・ 検出器内部でのGPS/計数率データ保存
- ・ 位置情報は、機体制御情報からリアルタイムの位置表示
- 将来的にはダウンロードを検討中

(2) マニュアルヘリ用検出器

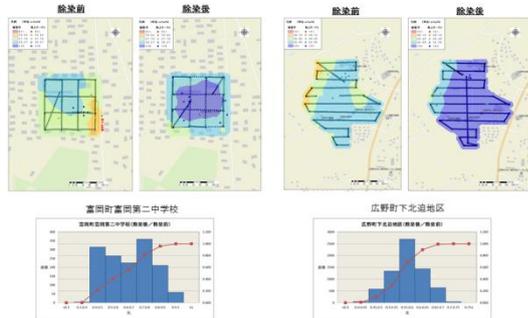


- ・ 独立した無線LANによりダウンロード
- ・ リアルタイムの位置表示
- ・ バッテリー駆動：Max 5hour

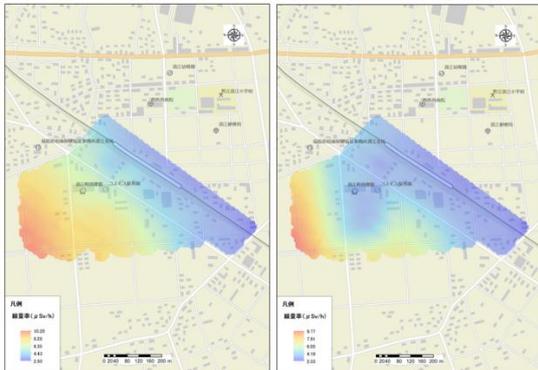
データの解析方法



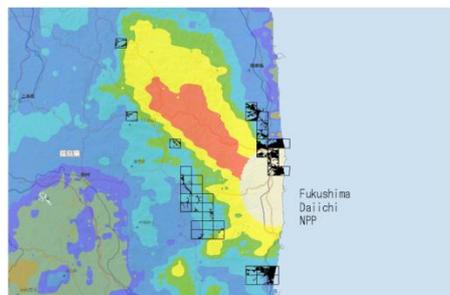
除染前後のモニタリング



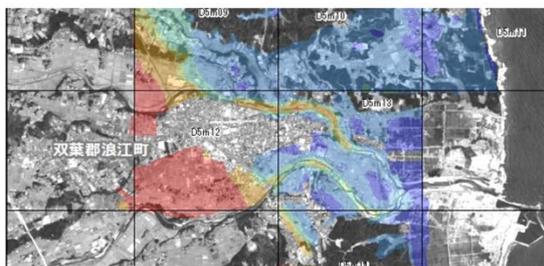
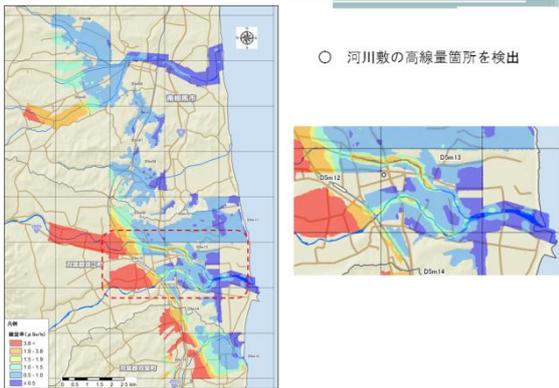
Before Decontamination / After Decontamination



広域のモニタリング



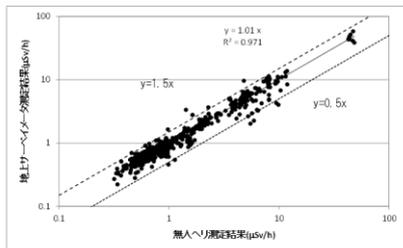
- ・ Around the boarder of 5 mSv/y.
- ・ Areas where the decontamination tests were carried out.
- ・ Around the rivers where the upstream areas were highly contaminated



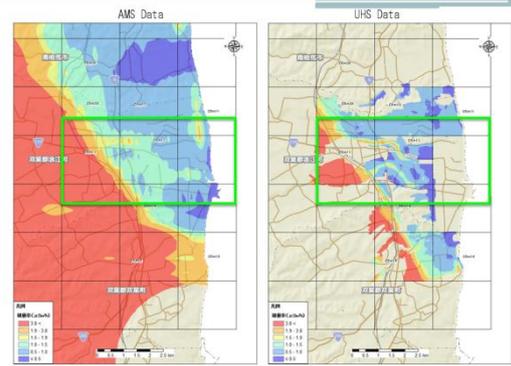
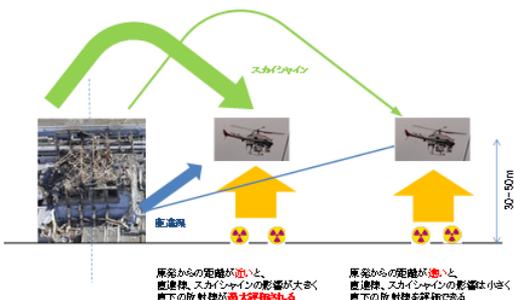
地上における測定値との比較

地上におけるNaIサーベイメータの測定値と比較

→ 0.5-1.5の範囲でよく一致した



3km圏内の状況調査



JST公募研究におけるJAEAの課題と方向性

*** データロギング及びダウンリンク**

- リアルタイムにデータを確認orマッピング
- 機器の健全性の確認
- フライト条件の最適化

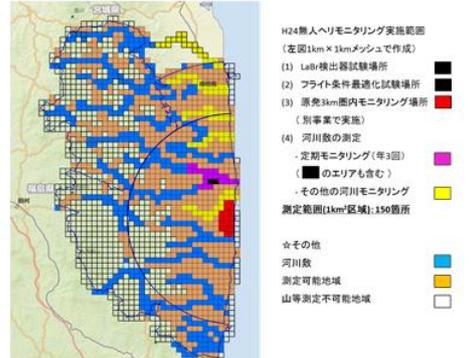
データ量と転送方法の最適化

- 無線 2.4GHz
- 無線 LAN

*** 地形情報の測定(レーザー距離計)**

SkEyes社: SkEyesBox

H24の無人ヘリモニタリング実施場所



(3)第三回会議資料

第3回 航空機モニタリング検討委員会

- (独) 日本原子力研究開発機構
- (財) 原子力安全技術センター
- (財) 日本地図センター
応用地質株式会社

文部科学省の平成23年度放射能測定調査委託事業による委託業務として、日本原子力研究開発機構が実施した平成23年度「広域環境モニタリングのための航空機を用いた放射性物質拡散状況調査」の成果を取りまとめたものである。

第1, 2回委員会のまとめと課題の整理

- ・第1回委員会での議題(詳細は別紙議事録参照)
 - 航空機モニタリング方法の紹介
 - 東日本の航空機モニタリングが終了
 - 3Dによる分布図の作成等、放射性物質の影響が見えやすいマップ
 - 横からの放射線の影響がある場合や宇宙線の影響など、課題を紹介
 - 西日本・北海道の実施を推奨
 - 原発周辺の影響の大きな地域での早期2回目の実施(12月にE-mailにて委員に意見を聴取)
- ・第2回委員会での議題(詳細は別紙議事録参照)
 - 換算で用いるCDやAFの求め方に問題はないか?
 - 航空機モニタリングの検出下限値や誤差の評価
 - H24年度の実施方針と課題の整理

委員会の設置目的

[目的]文部科学省の委託事業「広域環境モニタリングのための航空機を用いた放射性物質拡散状況調査」の実施に当たり、航空機モニタリングにおける手法の妥当性を検証するとともに、より最適な方法を検討する

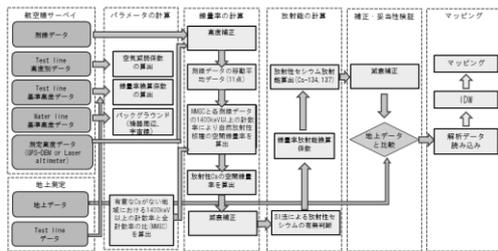
役職	氏名	機関・所属・役職
1 委員長	井口 哲夫	国立大学法人名古屋大学大学院 工学研究科 教授
2 委員	大平 智寛	財団法人日本分析センター 放射能分析業務部 3線分析グループ 上級技術員
3 委員	大原 利廣	独立行政法人国立環境研究所 地域環境研究センター長
4 委員	鈴木 勲和	独立行政法人放射線医学総合研究所 緊急被ばく医療研究センター 被ばく検査評価部 外部被ばく評価室
5 委員	長岡 誠	財団法人高輝度光科学研究センター 安全管理室長
6 委員	藤波 謙二	国立大学法人福島大学 共生システム理工学 教授
7 委員	野上 達男	東京理科大学 理学部名誉教授
8 委員	森内 茂	財団法人原子力安全技術センター 特別フェロー

Outline

1. 報告書ドラフトの説明
2. 懸案事項について
 - 2.1. 解析パラメータの考察
 - 2.2. 不確かさの要因と検出下限値
3. H24航空機モニタリングについて

■この資料は配布限定です。未公開資料もありますので取扱注意をお願いします。

解析方法(解析フロー)



解析方法と誤差要因

$$D = (C_{all} - BG_{Cos} - BG_{self}) \times CD \times \exp(-AF \times |H_{std} - H_m|)$$

全カウント
宇宙線のカウント
自己汚染-d×Bg index

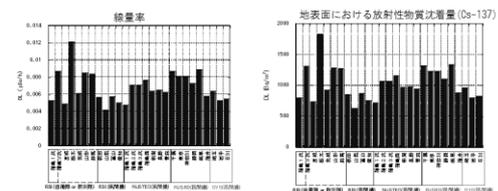
線量換算
高度補正
基準高度からの差

外乱要因: ラドン娘核種

計数誤差

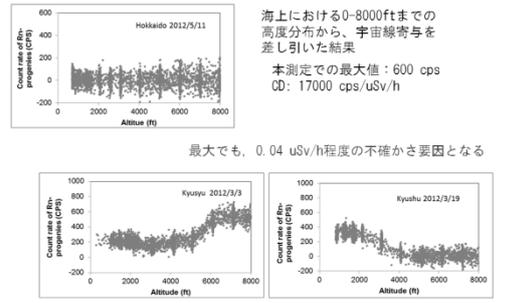
- ・テストラインデータの不備
- ・GPS高度計の誤差
- ・誤った係数を選択する
- ・DEMデータの誤差

解析方法と誤差要因(計数誤差)



(検出下限値)
線量率: 0.015 uSv/h
放射性セシウムの沈着量: Cs-137: 15kBq/m², Cs-134: 15kBq/m²
Cs-total: 30kBq/m²程度

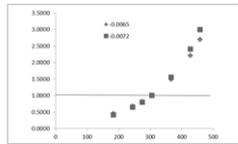
ラドンの子孫核種の影響



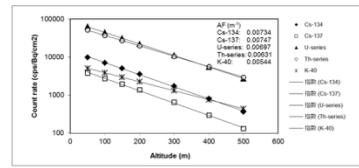
解析パラメータの考察

System	CD (cps/hSv/h)		Data number	AF (m/s)		Data number
	Average	Stdev. (2s)		Average	Stdev. (2s)	
RSI-1	17200	4800	9	-0.00634	0.00087	9
RSI-2+3	15900	4900	16	-0.00650	0.00083	16
RSI-2	17700	3800	8	-0.00661	0.00086	8
RSI-3	14200	3100	8	-0.00640	0.00095	8
NUSTEC	11000	6700	13	-0.00666	0.00092	13
OYO	11700	3200	9	-0.00569	0.00092	9
FUGRO	10900	4400	5	-0.00650	0.00083	5

- * 30%程度のばらつきがある
→30%程度の不確かさ要因
- ☆正確なパラメータを設定する必要がある
- 高度分布のデータを数多く採取する
- 効率の高い検出器を使う
- よいテストラインを選定する
(線量が一定、平坦)
- 地上測定を正確に行う
- なるべく基準高度を保持して飛行する



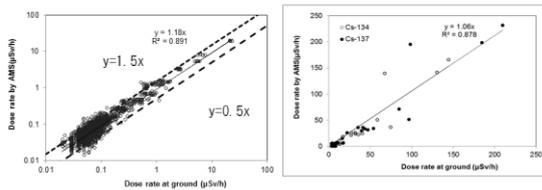
解析パラメータの考察



計算コードで求めたAF

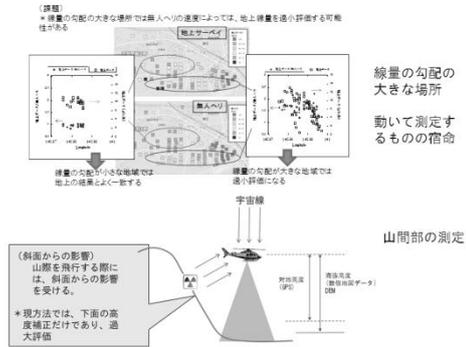
計算コードによるシミュレーション等を考慮して、パラメータを設定する

解析パラメータの考察



☆今までの経験上、地上の測定と0.5-1.5の範囲では概ね合致する。
精度向上に必要なものは、...

解析パラメータの考察 (特殊な場所)



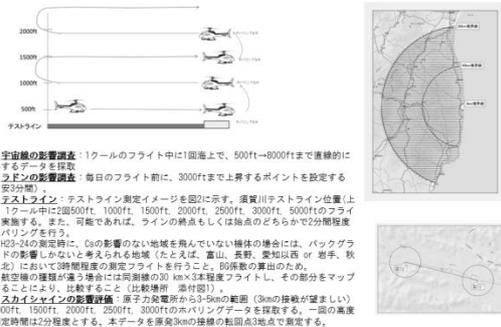
まとめ

- (検出下限値)
- ・線量率: 0.015 uSv/h
- ・放射性セシウムの沈着量: Cs-137: 15kBq/m², Cs-134: 15kBq/m², Cs-total: 30kBq/m² 程度
- 検出下限値を下げるには低くフライトするか、測定時間を長くする
- (不確かさの要因)
- ・よい解析パラメータの選択 (CDは30%の不確かさの要因になる)
- ・ラドン子孫核種の評価 (最大0.04uSv/hの過剰評価)
- ・線量の勾配の高い場所、山間部の測定には工夫が必要 (今後の課題)

H24航空機モニタリングの方針と課題

- ・H24年度は文科省にて以下の航空機モニタリングを予定
 - 40-80km圏内を4回実施 (本日よりフライト開始)
 - 6/21 文科省HPにてプレス発表
 - 80km圏外で0.2uSv/hを超える地域を実施
 - ・H25年度以降に3km圏内を航空機モニタリングするために、...
 - 現在、3km圏内は測定データが少ないことを理由に飛行禁止区域に設定されている。
 - 一方、3km圏内の航空機モニタリングを実施する場合に、以下の影響を考慮しなければならない
 - (1) 原子炉からの直達線の影響
 - (2) スカイシャインの影響
- ➡ 3km圏内の無人ヘリモニタリングの実施

H24航空機モニタリングの方針



- ① 宇宙線の影響調査: 1クルールのフライト中に1回地上で、500ft→8000ftまで直線的に上昇するデータを採取
- ② フロンの影響調査: 毎日のフライト前に、3000ftまで上昇するポイントを設定する (目安分厚)
- ③ テストライン: テストライン測定イメージを図に示す。須賀川テストライン位置 (上図)。1クルール中に2回500ft、1000ft、1500ft、2000ft、2500ft、3000ftのフライトを実施する。また、可能であれば、ラインの終点もしくは始点のどちらかで2分間程度のホバリングを行う。
- ④ H23-24の測定時に、Csの影響のない地域を飛ばさない機体の場合には、バックグラウンドの影響しかないと考えられる地域 (たとえば、富士、長野、愛知以西 or 岩手、秋田以北) において測程程度の測定フライトを行うこと。取得データの算出のため。
- ⑤ 航空機の種類が違えば同様の30 km×3本程度フライトし、その部分をマップ化することにより、比較すること (比較増補 添付図1)
- ⑥ スカイシャインの影響評価: 原子炉から30-80kmの範囲 (3kmの接線が望ましい) で1000ft、1500ft、2000ft、2500ft、3000ftのホバリングデータを採取する。一回の高度の測定時間は2分程度とする。本データを原簿3kmの接線の軸高点3地点で測定する。

H24航空機モニタリングの方針

項目	H24												備考	
	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4			
80km圏内 サーブレイ	航空機モニタリング(1回)													
	航空機モニタリング(2回)													
	地上測定													
3km圏内 サーブレイ	航空機モニタリング(1回)													
	航空機モニタリング(2回)													
	地上測定													

謝辞

本航空機モニタリングは、文部科学省の平成23年度放射能測定調査委託事業による委託業務として、日本原子力研究開発機構が実施した「広域環境モニタリングのための航空機を用いた放射性物質拡散状況調査」の成果を取りまとめたものであり、

日本原子力研究開発機構、(財)原子力安全技術センター、(財)日本地図センター、応用地質(株)をはじめ、各機関、企業から80余名がヘリコプターに搭乗しての測定、地上での空間線量率とIn-situ測定、さらにデータ解析とそのマップ化に取り組んだ。

また、発電所周辺での飛行では航空自衛隊百里救難隊に、宮城、山形、栃木、群馬、茨城の飛行では各県の防災航空隊に、そして朝日航洋(株)、中日本航空(株)にも協力を得た。

ここに本モニタリングに参加された皆様に謹んで謝意を表します。また、本モニタリングを企画し、督励していただいた文部科学省原子力災害対策支援本部モニタリング班・板倉周一郎班長、齋藤大地氏に深く感謝します。