



平成 20 年 9 月 25 日

独立行政法人 放射線医学総合研究所

放医研、個人向けの宇宙線被ばく線量計算プログラム
「JISCARD EX Personal Edition」を開発

任意の航空路線で受ける被ばく線量を精緻に計算可能に

【概要】

独立行政法人放射線医学総合研究所（米倉義晴理事長）放射線防護研究センターの保田浩志チームリーダーらは、任意の空港と空港との間を行き交う航空機に搭乗した際に受ける、宇宙線による被ばく線量を精緻に計算できる個人ユーザー向けのプログラム「JISCARD EX Personal Edition」の開発を完了し、9月25日から放医研の航路線量計算システム（JISCARD）^{*1}のウェブサイトから一般向けに公開・提供します。

これまで同サイトで公開しておりました JISCARD は、日本発着の国際線 63 路線について、代表的な飛行条件での被ばく線量の計算値だけを提供していましたが、今回新たに開発した JISCARD EX Personal Edition（以下「本プログラム」という。）では、JISCARD 利用者からの要望に応え、国内外の任意に選んだ空港間について被ばく線量が計算できるようになりました。

本プログラムには、最近国内で開発された大気中の宇宙線強度を精緻かつ迅速に計算できる最新の数学モデル（反応や発生現象を数式で表したもの）PARMA^{*2}を採用しています。また、国際放射線防護委員会（ICRP）^{*3}が 2007 年に刊行した新しい勧告をいち早く線量計算法に取り入れています。

本プログラムは、広く普及している表計算ソフトウェア Microsoft® Excel®上で動作するプログラムです。ダウンロードした Excel ワークブックのファイルを開き、航路データを入力して線量計算用ボタンを押すだけの操作で、宇宙線による被ばく線量（航路線量^{*4}）を計算し、結果をレポート形式のワークシートに表

示します。線量率や飛行高度等の時間推移を現したグラフや、世界地図上に飛行航路をプロットした画像も自動的に作成します。

航路データがお手元がない場合でも、Excel のワークシートから空港検索用のプログラム「AIRPORT SEARCH」を起動し、Google Map の画面上での簡単な操作で発着空港の位置情報を取得することができます。空港間の飛行時間も、大円軌道（球面上を直線で結んだ航路）の距離に基づいて自動的に算出します。

本プログラムの公開で、航空機の乗務員や頻繁に海外旅行する人など、宇宙線による被ばくに関心のある方が自分の受けた線量を知るために役立ちます。また、自然科学等を対象とした学習教育の一環として、放射線について理解を深める教材としての活用も期待されます。

本プログラム「JISCARD EX Personal Edition」は、以下の放医研サイトからダウンロードできます。

http://www.nirs.go.jp/research/jiscard/ex/index_ex.html

また、空港検索用のプログラム「AIRPORT SEARCH」は、以下のウェブサイト上で利用できます。

http://www.nirs.go.jp/research/jiscard/ex/index_aptsrch.html

【背景】

民間航空機が飛行する高度（10～12km）では、地表に比べて大気層が薄くなるため、宇宙から飛来する放射線（以下「宇宙線」という。）の強度が地上に比べて100倍近く高くなります。そのため、航空機搭乗中は、地上で日常的にあびている自然放射線よりも強い宇宙線に曝されます。例えば、日本から欧米の都市を飛行機で往復した場合に受ける被ばく線量は、胸部のエックス線診断1回で受ける線量を上回ります。また、搭乗時間が長ければ長いほどその量は大きくなることから、職業として国際線航空機に頻繁に搭乗するパイロットや客室乗務員が航空機搭乗時に受ける年間の被ばく線量は、一般公衆の線量限度として示されている1mSvを超えるケースが少なくなく、そのパイロットや客室乗務員達から、宇宙線による被ばくに対して不安の声が聞かれるようになってきました。

そこで、こうした状況を踏まえて国際放射線防護委員会(ICRP)^{*3}は、1990年の勧告等を通じ、ジェット機の運航や宇宙飛行等における宇宙線による被ばくを職業被ばくの対象として考える必要性を指摘しています。欧米諸国では、この指摘を受けて、航空機乗務員の被ばくを管理するための法令やガイドラインを整備してきました。我が国でも、文部科学省において航空機乗務員の被ばくの取り扱い等に係る審議が2004年から約2年にわたって行われ、2006年4月には、年間5mSvを管理目標値とした自主管理を行うこと等を航空事業者に求めるガイドラインを放射線審議会^{*5}が策定し、国より本邦航空会社に対し、このガイドラインに沿った措置を講じるよう通達されました。

こうした動きが世に知られるにつれ、乗務員だけでなく海外に出かける乗客の中にも、宇宙線による被ばくに対する関心を持つ人が増えてきました。放医研では、こうした社会的関心の高まりに放射線被ばく研究の専門家として応えるべく、放射線防護の観点から、必要と思われる最新の情報を国民に対し広くかつ確実に提供することを目的として、本プログラムを無償で提供することに致しました。

【航路線量の計算方法】

航路線量の計算は、飛行条件に関する3つの情報：航路、高度、時期に基づいて行っています。時期に関する情報から地球周辺の磁場環境（地球に入射する一次宇宙線のエネルギー分布）を評価し、飛行ルートの情報に沿って通過ポイントの大気中宇宙線線量率を解析的に求め、これらを台形時間積分して飛行全体で受けた実効線量を計算しています。

大気中宇宙線強度の計算には、原子力機構が中心となって放医研と共同で開発した最新の大気圏内の宇宙線エネルギー分布に関する予測数学モデル「PARMA」^{*2}を用いています。PARMAは、高エネルギー粒子に関して高精度でシミュレーションができるモンテカルロ計算コード「PHITS」による計算結果を基に、これと同程度の精度で、宇宙線を構成する中性子や水素原子等の粒子についてエネルギー分布の計算を短時間で計算できるようにしたものです。

大気中の宇宙線の分布に影響を及ぼし、太陽活動をその要因とする太陽磁場の変動については、地上の中性子モニタのデータに基づき太陽磁場の強さを表すForce Field Potential(FFP)を別途計算し、PARMAに取り込んでおり、太陽活動

変化まで含めた航空線量が計算できるようになっています。2008年8月から2012年までの期間については、太陽黒点数の変動パターンから太陽磁場の変動を近似予測して値を与えています。この部分については今後定期的に更新していく予定です。

地球に飛来する一次宇宙線の強度に影響を与える地磁気については、Bern大学の宇宙線グループ (<http://cosray.unibe.ch/~laurent/magnetocosmics/>) が開発・提供している高エネルギー粒子輸送シミュレーションに広く使われている計算コード GEANT4 ベースの粒子輸送計算コード” MAGNETOCOSMICS” の最新版(2010年まで保証) を同グループの認可を得てダウンロードして使用、計算結果をデータベース化して利用しました。

JISCARD EX では、ICRP が 2007 年に勧告した新しい放射線荷重係数 (w_R) を世界に先駆けて採り入れて線量計算を行っています。同勧告では、陽子の w_R 値が 5 から 2 に、中性子の w_R 値が全体に小さくなりました。したがって、宇宙線による被ばく線量を最新の科学的知見に基づき正しく評価すると、従来の JISCARD で用いてきた CARI-6 コードによる計算値よりも小さくなります。下図に、CARI-6 コードによる計算値と JISCARD EX の値との比較を示します。図から分かるように、JISCARD EX によって計算された線量値は、CARI-6 よりも 20~50% (平均で 30%) 小さくなり、中性子や陽子の割合が大きい宇宙線の特徴に照らして妥当な結果となっています。

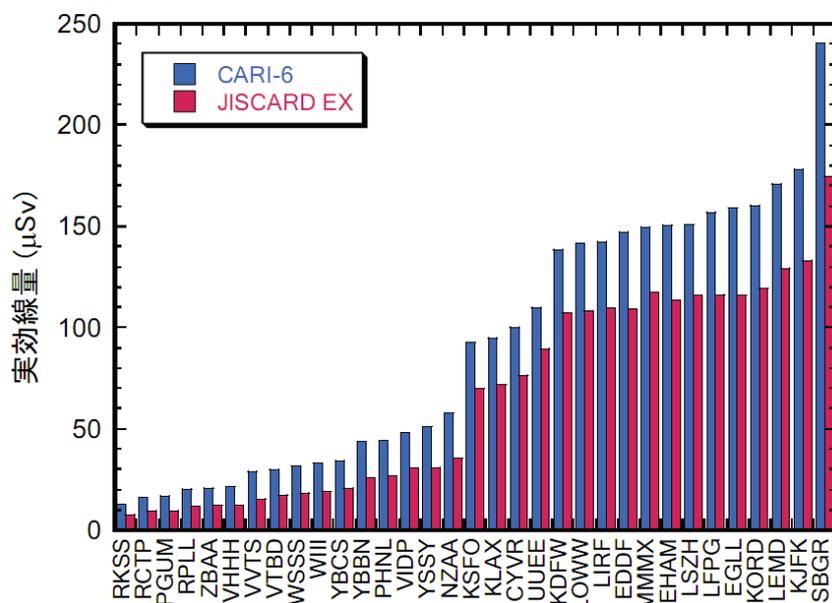


図 1. 成田発着の国際線 33 路線について計算した航路線量値の比較。太陽活動極小期、巡航高度 36,000ft の条件で計算。JISCARD EX による航路線量値は CARI-6 より 20~50%小さい。

【プログラムの操作方法】

まず、放医研の航路線量計算システム（JISCARD）のウェブサイト：

http://www.nirs.go.jp/research/jiscard/ex/index_ex.html にアクセスし、「ダウンロード」の文字をクリックして、圧縮ファイルをダウンロードしてください。

独立行政法人 放射線医学総合研究所 航路線量計算システム

JISCARD

航空機での宇宙線被ばく線量を計算表示するシステム
Japanese Internet System for Calculation of Aviation Route Doses

Home 航路線量計算 JISCARDについて 関連情報 用語集 お問い合わせ

航路線量計算

HOME > JISCARD EX (Personal Edition)

JISCARD EX (Personal Edition)

[English version](#)

プログラム一式 [更新日 2008.09.25] **ダウンロード** (ZIP形式、約 4MB)

※ JISCARD EX (Personal Edition) の起動には Microsoft Excel (2003以上) が必要です。

※ 空港検索機能を使うにあたり推奨されるブラウザは以下のとおりです。

- Internet Explorer 6.0 and more
- Firefox 2.x and more
- Adobe Flash 9.0.45.0 and more

ページの先頭に戻る

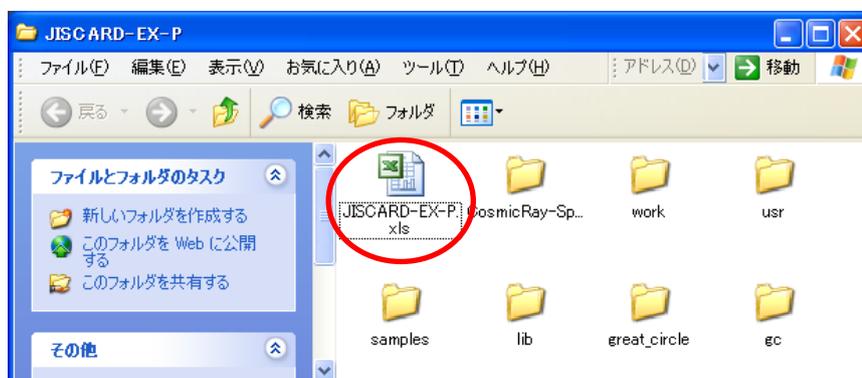
[サイトのご利用にあたって・個人情報の取り扱いについて](#) | [サイトマップ](#) | [お問い合わせ](#)

Copyright (c) National Institute of Radiological Sciences

ダウンロードのページには、JISCARD のトップページから、「ツールを使う」→「汎用計算プログラム」のボタンを選択して進むこともできます。



圧縮ファイルを展開し、フォルダの中にあるエクセルファイル JISCARD-EX-P.xls をクリックして立ち上げます。



起動時に、マクロを有効にするかどうかを尋ねるメッセージが出ます。JISCARD EX はマクロ機能を使いますので、「マクロを有効にする」のボタンを選択してください。

何もメッセージが出ない場合もしくはマクロが使用できないというメッセージが出た場合は、PC のセキュリティレベルが高く設定されており、そのままでは JISCARD EX の機能が使えません。この場合は、一度 Excel を立ち上げた後、「ツール」→「マクロ」→「セキュリティ」設定のウィンドウで、セキュリティのレベルを「中 (M)」に設定してから、ファイルを開いてください。

次に、パスワードの入力を求めるボックスが現れますので、プログラム開発者から通知のあったパスワードを入力して「OK」ボタンを押してください。

パスワードを入手するには、ご面倒ですが、JISCARD のサイトの問合せ用ページ (<http://www.nirs.go.jp/research/jiscard/contact/index.shtml>) から、質問欄に「パスワード希望」と入力の上、メールアドレスとともに送信くださるようお願いいたします。プログラム開発担当者から電子メールにてパスワードをお伝えします。

正しいパスワードが入力されると、画面に JISCARD EX のワークシート(以下「メインシート」と呼びます。)が表示されます。

①フライトデータがある場合

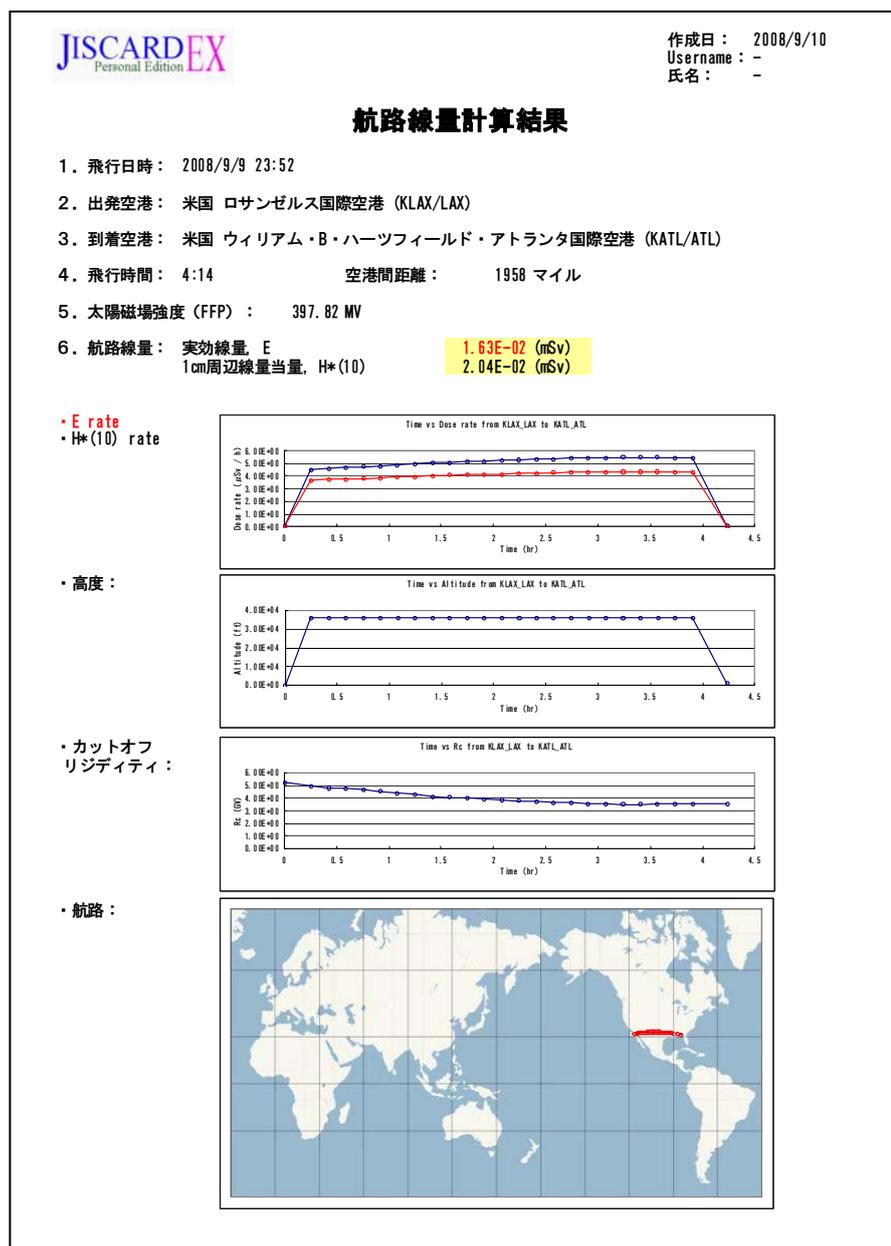
飛行航路・高度の詳しいデータがある場合には、入力例を参考に指定された書式でメインシートにデータを入力してください。また、2枚目の「Parameters」ワークシートに、空港や飛行日時等の情報を入力してください。空港の位置情報等は空港検索用プログラムを用いて取得することもできます(方法は後述)。

情報の入力を終わったら、メインシートに戻り、左の上から三番目にある「Route Dose Calculation」のボタンを押してください。

The screenshot shows the JISCARD EX (Personal Edition ver.1.0) interface in Microsoft Excel. The main window displays a spreadsheet with columns for Point, Time(h), Lat(Lat(N)°), Longitude(E)°, and Altitude(ft). The data is organized into two main sections: KLAX and KATL. The 'Route Dose Calculation' button is circled in red in the 'Functions' panel on the left. The spreadsheet data is as follows:

| Point | Time(h) | Lat(Lat(N)°) | Longitude(E)° | Altitude(ft) |
|-------|---------|--------------|---------------|--------------|
| KLAX | 0 | 33.943 | -118.408 | 126 |
| ---- | 0.25 | 34.188 | -116.428 | 36000 |
| ---- | 0.416 | 34.333 | -115.106 | 36000 |
| ---- | 0.582 | 34.464 | -113.781 | 36000 |
| ---- | 0.747 | 34.58 | -112.451 | 36000 |
| ---- | 0.913 | 34.682 | -111.118 | 36000 |
| ---- | 1.079 | 34.77 | -109.782 | 36000 |
| ---- | 1.245 | 34.842 | -108.443 | 36000 |
| ---- | 1.411 | 34.901 | -107.102 | 36000 |
| ---- | 1.577 | 34.944 | -105.759 | 36000 |
| ---- | 1.743 | 34.973 | -104.416 | 36000 |
| ---- | 1.909 | 34.987 | -103.071 | 36000 |
| ---- | 2.075 | 34.986 | -101.727 | 36000 |
| ---- | 2.241 | 34.97 | -100.382 | 36000 |
| ---- | 2.407 | 34.939 | -99.039 | 36000 |
| ---- | 2.572 | 34.894 | -97.697 | 36000 |
| ---- | 2.738 | 34.834 | -96.356 | 36000 |
| ---- | 2.904 | 34.759 | -95.017 | 36000 |
| ---- | 3.07 | 34.67 | -93.682 | 36000 |
| ---- | 3.236 | 34.566 | -92.349 | 36000 |
| ---- | 3.402 | 34.447 | -91.02 | 36000 |
| ---- | 3.568 | 34.314 | -89.694 | 36000 |
| ---- | 3.734 | 34.167 | -88.373 | 36000 |
| ---- | 3.9 | 34.006 | -87.057 | 36000 |
| KATL | 4.233 | 33.64 | -84.427 | 1026 |

自動的に被ばく線量が計算され、別のワークシートに結果のレポートが下図のように作成されます。被ばく線量値以外にも、飛行時間や発着空港の情報、各通過地点の線量率・飛行高度・地磁気の時間推移グラフ、飛行航路を世界地図上にプロットした画像などを見ることができます。



なお、これらの計算結果を表示しているシートは自動保存されませんので、必要に応じてファイル保存の処理を行ってください。

②フライトデータがない場合

発着都市の情報ぐらいいかないような場合、JISCARD EX のワークシートからウェブプログラムを立ち上げ、空港等の情報を取得することができます。メインシートの「Airport Search on Web」ボタンを押してください。

自動的に JISCARD EX 用の空港検索性プログラム“AIRPORT SEARCH”がインターネットブラウザを介して起動します。推奨されるブラウザは、Internet Explorer 6 以上、Firefox 2 以上です。また、Adobe Flash (9.0.45 以上推奨) がインストールされている必要があります。



AIRPORT SEARCH の空港検索の入力欄に、目当ての空港の名称(全角)またはコード(半角)を入力して、検索ボタンを押してください。表示された空港名をクリックする

と右側の Google Map の画面上に、空港の内容を説明する吹き出しが現れますので、右下の「この空港を選択」のところをクリックします。

発着空港それぞれの空港を選択したら、左欄の一番下にある「チェック空港をクリップボードにコピー」をクリックします。

続いて、メインシートに戻り、左欄の「Parameter Settings」ボタンを押します。すると、選択した発着空港や計算条件に関する情報が一覧表示されます。飛行日時や大円航路の補間間隔など、必要に応じて変更してください。確認を終えたら、「ユーザーシートへの適用」ボタンを押します。

メインシートに、指定の発着空港間について、大円軌道に基づく航路データが表示されます。①の場合と同様に、「Route dose calculation」ボタンを押して、航路線量の計算を行ってください。線量計算結果が別のワークシートにレポート表示されます。同ボタンの下にある「Output Flux」ボックスをチェックすると、粒子ごとのフラックスに関するデータも取得できます。

なお、メインシート左欄の真ん中にあるプルダウンメニュー及び一番下にある「Read Datafile and Look Sample」ボタンは、別のワークブックファイル(”○○○_航路”)という名

称のシート)に保存している航路データを読み取る場合に使用します。プルダウンメニューは開いた状態のファイル、ボタンはディスク上のファイルから読み取ります。一度線量計算を行った航路について、同じデータで再計算をしたい時などに使用します。

その他、プログラムの使用にあたっての注意事項等については、ダウンロード用サイトに掲載されるユーザーズマニュアルをご覧ください。

【最後に】

宇宙線の粒子が人体に及ぼす影響については、人の疫学データがほとんどない高エネルギーの粒子が対象であるだけに、大きな不確かさがあります。本プログラムでは、新しい放射線荷重係数値を採用しましたが、今後の生物学的データの蓄積や生体機構に関する理論的考察を経て、線量評価の方法が再び見直される可能性は十分にあります。航空機搭乗に伴う、放射線以外のストレス要因との複合的な作用等も解明すべき課題として残されています。欧州で大規模で行われた疫学調査結果に関するいくつかの論文では、航空機乗務員には特定の疾病の発症率が高いことが報告されていますが、その発症は放射線被ばくだけでは説明が困難であり、他の要因との相乗効果の可能性が示唆されています。

日本から海外へ飛び立つ国際線航空機の数が高水準で推移している中、放医研では、本プログラムの高度化を含めて、宇宙線被ばく健康影響評価に関わる不確かさを低減するための調査研究に、引き続き堅実に取り組んで参りたいと考えています。

【用語解説】

*1) JISCARD

Japanese Internet System for Calculation of Aviation Route Doses (航路線量計算システム) の略。国際線航空機に搭乗した際に受ける宇宙線による被ばく線量を簡単な操作で取得することのできるウェブツール。宇宙線被ばくについての関連情報やリアルタイムの宇宙線マップなども掲載されている。保田らが平成 16 年 9 月 15 日にプレス発表した。URL は、

<http://www.nirs.go.jp/research/jiscard/index.shtml>。

*2) PARMA

PHITS-based Analytical Radiation Model in the Atmosphere の略。日本原子力研究開発機構（原子力機構）の佐藤らが中心となって開発した、大気中宇宙線強度の計算に用いる解析モデル。日本で開発されたモンテカルロコード PHITS で行った計算結果をよく再現する解析モデルを用いることにより、迅速な粒子エネルギースペクトルの導出を可能にしたもの。平成 19 年 5 月 29 日に原子力機構と放医研で共同プレス発表した。PARMA を取り入れた Excel ベースの計算プログラムは「EXPACS」として原子力機構のウェブサイト (<http://phits.jaea.go.jp/expacs/jpn.html>) から公開されている。

*3) ICRP（国際放射線防護委員会）

正式名称は International Commission on Radiological Protection。1928 年（昭和 3 年）に設立された国際 X 線・ラジウム防護委員会を継承して 1950 年に設立された国際的な放射線防護の専門家の委員会である。1956 年以降は世界保健機構（WHO）の諮問機関として放射線防護に関する国際的な基準を勧告してきた。ICRP は非政府組織であるが、その勧告は国際的に権威あるものとされ、我が国をはじめ、各国の放射線防護基準の基本として採用されている。現在は、1990 年に勧告（ICRP Publication 60）された放射線防護の基本体系が各国で取り入れられている。

*4) 航路線量

航空機の離陸から着陸までの間に受ける被ばく線量で、実効線量で示ことが多い。単位は Sv（シーベルト）。実効線量は、放射線防護に用いる線量の一つで、放射線の確率的影響（ガン、遺伝的影響など）に対応している。放射線が人体に与えたエネルギー量（吸収線量）が同じでも、放射線の線質（種類・エネルギー）や、照射された臓器・組織によって予想される確率的影響の程度は異なる。このため、全身が被ばくした時の確率的影響に相当する量として評価・比較できるよう、実効線量が定義された。

*5) 放射線審議会

「放射線障害防止の技術的基準に関する法律(昭和 33 年 5 月 21 日法律第

162 号) 」に基づき、放射線障害の防止に関する技術的基準の斉一を図ることを目的として文部科学省に設置されている諮問機関。事務局は文部科学省学術政策局原子力安全課放射線規制室が務める。関係行政機関の長は、放射線障害の防止に関する技術的基準を定めるときは、同審議会に諮問しなければならない。同審議会は、学識経験者からなる 20 名以内の委員で構成され、この他、専門的な事項の調査を行うため専門委員を選任することができる。

*6) CARI-6

米国連邦航空局 (FAA) の Friedberg 博士らが開発した、航路線量を計算するためのプログラム。FAA のウェブサイトから公開・提供されている (http://www.faa.gov/education_research/research/med_humanfacs/aeromedical/radiobiology/cari6/)。米国で開発された LUN という名称の解析モデルを用いて大気中宇宙線強度を近似的に計算している。短時間の計算で実効線量値を導出するが、各粒子のエネルギースペクトルには大きな誤差のあることが指摘されている。CARI-6 では、米国放射線防護測定審議会 (NCRP) の提言に従い、陽子の放射線荷重係数に 2 を採用している。

(問い合わせ先)

独立行政法人 放射線医学総合研究所 広報課

TEL : 043-206-3026 FAX : 043-206-4062

E-mail : info@nirs.go.jp

(研究開発に関すること)

独立行政法人 放射線医学総合研究所

放射線防護研究センター チームリーダー

保田浩志

TEL : 043-206-3233 FAX : 043-206-3542

E-mail : h_yasuda@nirs.go.jp