



航空機乗務員等の宇宙線被ばく に関する検討について

第20回放射線安全規制検討会

平成17年11月29日

文部科学省 科学技術・学術政策局

経緯

ICRP1990年勧告

航空機乗務員の被ばくも他の3つの自然界の放射線源による被ばくと同様に職業被ばくとして扱う必要がある旨勧告

1996年放射線防護指令

EU加盟国に対し、2000年5月までに航空機乗務員の宇宙線被ばくに係る法令、規則等の必要な措置の導入を要求

平成10年6月 放射線審議会

宇宙線の被ばく線量の測定方法や線量評価等について調査・検討を行い、国際的動向も考慮しつつ対応するよう意見具申

その他

航空機乗務における宇宙線被ばくについて、これまでの研究成果や国際的な動向等を踏まえつつ、その実態を明らかにするとともに、基本的な考え方を取りまとめることを目的に、平成16年6月以来、「航空機乗務員等の宇宙線被ばくに関する検討ワーキンググループ」を開催し、計11回にわたり検討を行った。



経緯

ワーキンググループのメンバーには、放射線防護、宇宙線研究、放射線測定、航空医学、産業保健、放射線医学、自然放射線研究など様々な分野の専門家が参加。

検討に当たっては、宇宙航空研究開発機構や日本保健物理学会、ICRP委員、外国企業など、必要に応じて外部専門家による説明を依頼。実際の現場の状況について、定期航空協会及び日本乗員組合連絡会議(日乗連)からの意見聴取。

国土交通省や厚生労働省の協力。



ワーキンググループ委員

飛鳥田	一朗	日本宇宙航空環境医学会理事長
日下部	きよ子	東京女子医科大学医学部放射線科教授
小佐古	敏莊	東京大学大学院工学系研究科原子力専攻教授
笹本	宣雄	(独)日本原子力研究開発機構原子力研修センター教官
杉浦	紳之	近畿大学原子力研究所講師
津久井	一平	(財)航空医学研究センター所長
東	敏昭	産業医科大学産業生態科学研究所長
藤高	和信	前(独)放射線医学総合研究所 宇宙放射線防護プロジェクトリーダー
米原	英典	(独)放射線医学総合研究所放射線安全研究センター ラドン研究グループ第2チームリーダー

(平成17年11月1日現在)



検討会テーマ一覧(第1回～第5回)

- 第1回(平成16年6月23日)
 - ・宇宙線被ばくの実際(藤高委員)
 - ・ICRP勧告について(杉浦委員)

- 第2回(平成16年9月14日)
 - ・放射線防護の基本について(杉浦委員)
 - ・宇宙線の被ばく線量の測定方法について(笹本委員)
 - ・航空機乗務員の立場からの見解(日乗連)

- 第3回(平成16年11月4日)
 - ・諸外国の取組みについて(米原委員)
 - ・IRPA11で公表された最新の航空機被ばく線量値のまとめ(杉浦委員)
 - ・航空業界の実例(事業者)

- 第4回(平成16年12月7日)
 - ・宇宙線の実測の意義について(藤高委員)
 - ・宇宙線被ばく評価に関するNASAのデータの紹介(笹本委員)
 - ・宇宙線被ばく防護に関するデンマークの例(在京デンマーク大使館モンドーフ書記官)
 - ・宇宙放射線被ばく管理に関するNASDA報告書の紹介(JAXA矢部研究員)
 - ・国内運航と国外運航の割合等の勤務実態調査(日乗連)
 - ・太陽フレア時の被ばく線量に関する説明(事務局)

- 第5回(平成17年1月25日)
 - ・国内外における航空機乗務員等の疫学データ等の紹介及び産業医の視点からの見解について(飛鳥田委員)
 - ・宇宙線被ばくに関するISOの検討について(小佐古主査)
 - ・本ワーキンググループにおける航空機乗務員等の宇宙線被ばくに関する論点整理について(事務局)



検討会テーマ一覧(第6回～第11回)

○第6回(平成17年2月25日)

- ・国内外における航空機乗務員の疫学研究について(飛鳥田委員)
- ・自然放射性物質(NORM)の規制について(米原委員)
- ・本ワーキンググループにおける航空機乗務員等の宇宙線被ばくに関する論点整理について(事務局)

○第7回(平成17年5月30日)

- ・諸外国における航空機乗務員等の宇宙線被ばくへの対応について(事務局)
- ・太陽フレアと宇宙天気予報について(JAXA矢部研究員、放医研保田チームリーダー)
- ・低線量放射線の影響について(放影協金子理事)

○第8回(平成17年6月29日)

- ・航空機乗務員等の宇宙線被ばくに関する論点整理(事務局)

○第9回(平成17年9月6日)


- ・低線量放射線影響に関する文献(米科学アカデミー報告書、仏科学アカデミー報告書)の紹介(京大丹羽教授)
- ・「航空機搭乗者の宇宙線被ばくに関する専門研究会」(保健物理学会)における議論の紹介(琉球大古川教授)
- ・航空機乗務員等の宇宙線被ばくに関する論点整理(事務局)

○第10回(平成17年10月7日)

- ・航空機乗務員等の宇宙線被ばくに関する報告書案について

○第11回(平成17年11月1日)

- ・航空機乗務員等の宇宙線被ばくに関する報告書案について

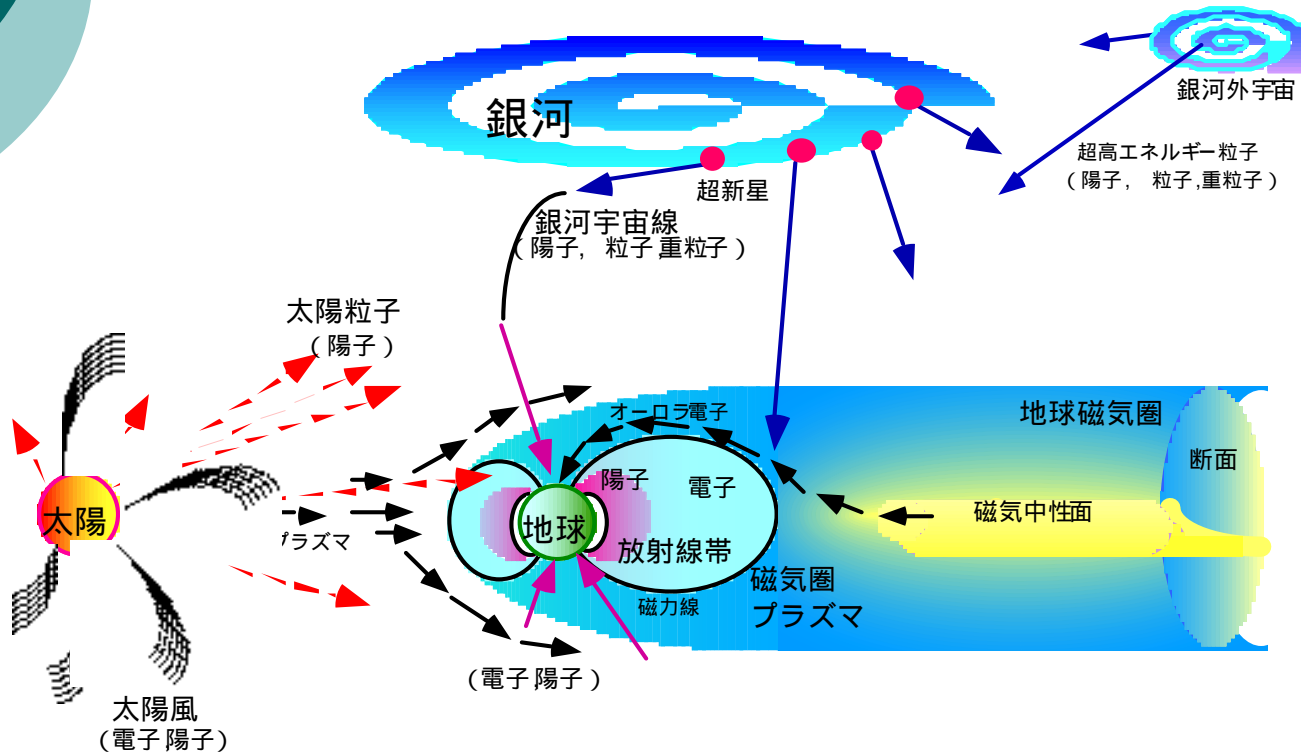


I 章 これまでの航空機乗務員の 宇宙線被ばくに関する知見

宇宙線のメカニズム

—宇宙線の発生の源—

宇宙線とは、太陽系外における超新星爆発や太陽活動の際に放出される高エネルギー粒子(陽子、アルファ粒子、重粒子等)の流れ。

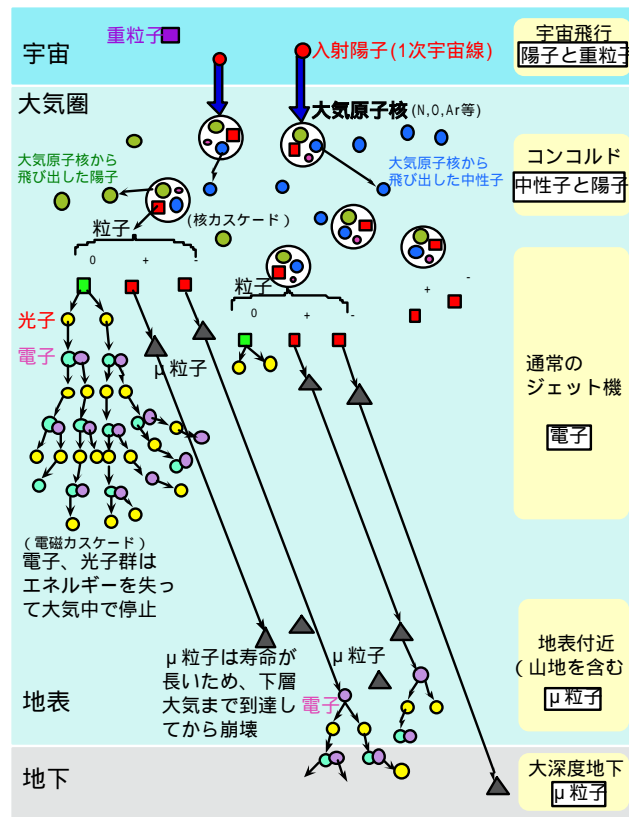


宇宙線の成分

高度と共に変化する宇宙線の線質(粒子種)

- 1次宇宙線: 宇宙空間を飛び交う高エネルギー粒子
- 2次宇宙線: 大気圏に突入し、大気を構成する原子の原子核とのカスケード反応により生じた陽子、中性子、電子、ミュオン

航空機の一般的な飛行高度(12,000m)における宇宙線被ばくは、2次宇宙線によるものを対象とすればよいとされている。



宇宙飛行
陽子と重粒子
30 μ Sv/h
陽子

コンコルド
中性子と陽子
通常の高層気圏
電子

3 μ Sv/h
電子

地表付近
(山地を含む)
 μ 粒子

大深度地下
 μ 粒子
0.03 μ Sv/h
 μ 粒子



太陽活動に伴う地球での 宇宙線の線量変化

太陽活動としては、

- ・フレア(太陽表面の爆発現象)
- ・コロナ質量放出
- ・フィラメント消失
- ・コロナホール など

宇宙線被ばくの観点
からはフレアが重要。

日本－欧米間の路線で高緯度地域を飛行中に、観測史上最大のフレア(11年に1回以下の発生頻度)に遭遇すると仮定した場合は、当該の飛行1回に被ばくする線量は数mSv程度(最大でも5mSv以下)であると推定。

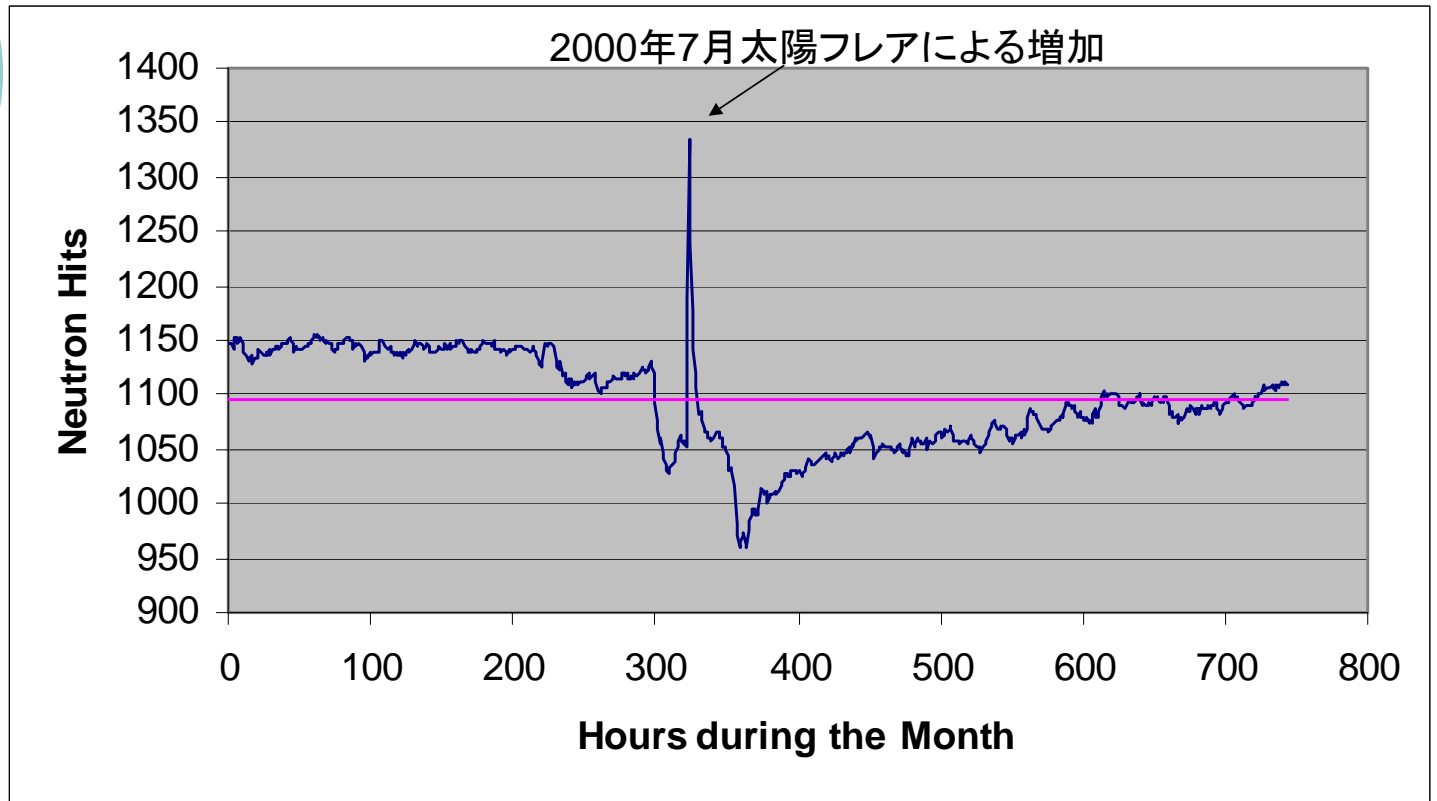
太陽フレアによる太陽粒子現象の規模と頻度

等級	分類	物理的測定 10MeV以上の粒子の数 (particles · s ⁻¹ · ster ⁻¹ · cm ⁻²)	11年の太陽 周期あたりの 平均発生頻度(回)
S5	Extreme	10 ⁵	1以下
S4	Severe	10 ⁴	3
S3	Strong	10 ³	10
S2	Moderate	10 ²	25
S1	Minor	10	50

※米国海洋大気庁Space Weather Scaleより

※赤字:宇宙飛行士の線量に影響する可能性のある等級

太陽フレア発生時の被ばく線量



大規模太陽フレア発生時の被ばく線量

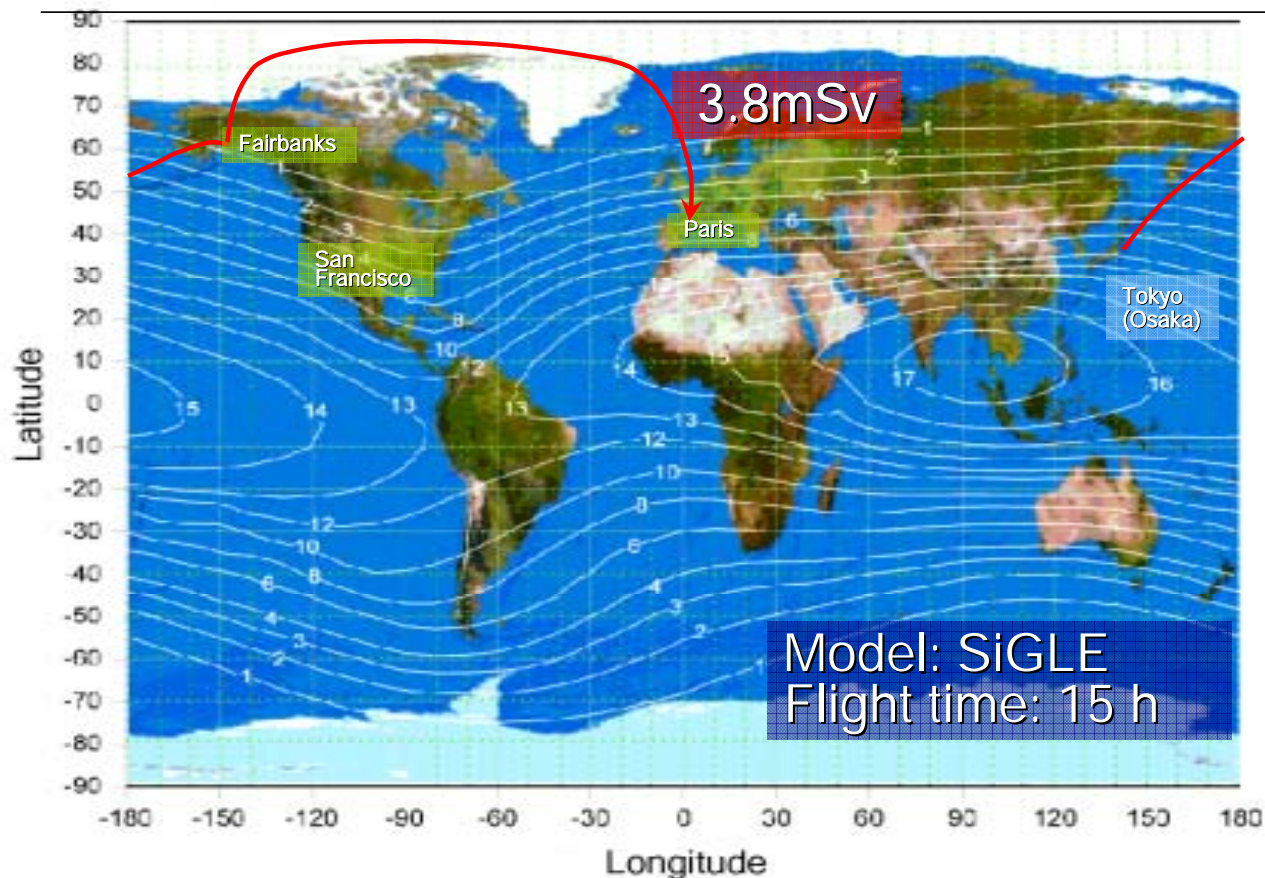
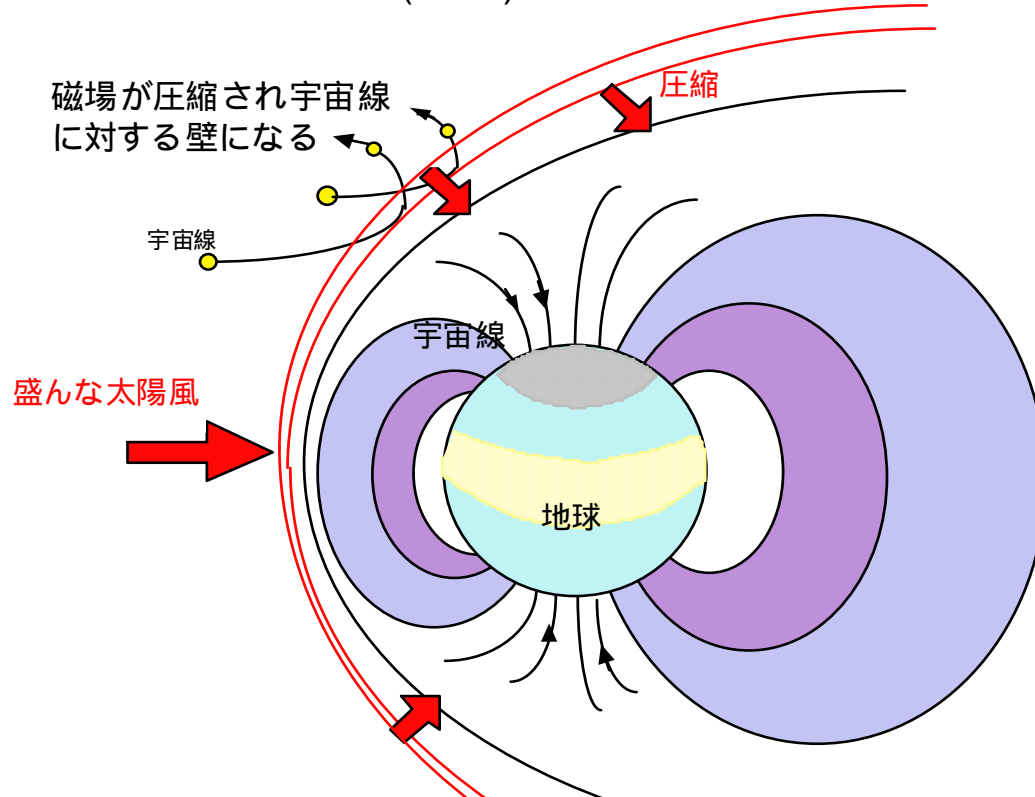


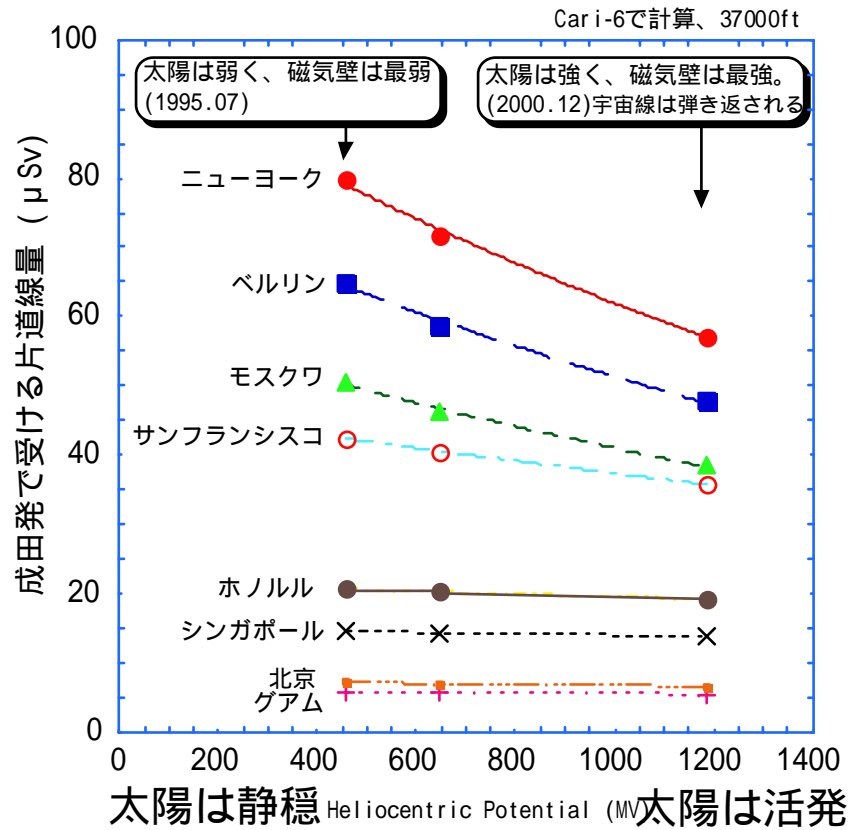
図. アラスカを経由するパリー東京間の航路と、同航路を民間機で飛行中に1956年2月の規模(S5規模)の太陽フレアに遭遇した場合に受け得る周辺線量当量の最大推定値(Lantos and Fuller, 2003) .

太陽活動に伴う地球磁場の変化

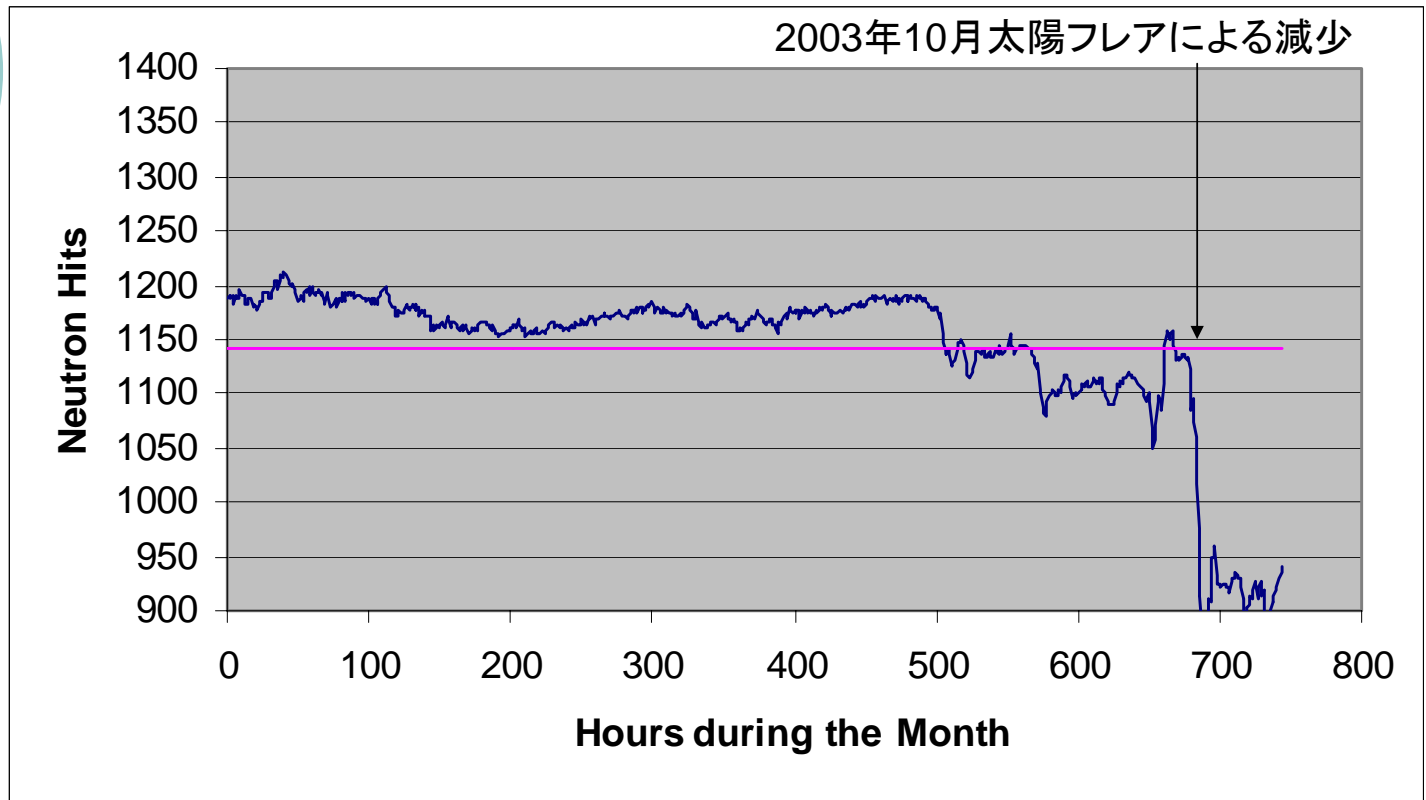
太陽ポテンシャル(磁場)が上昇すると宇宙線は減少



フォーブッシュ減少



フォーブッシュ減少





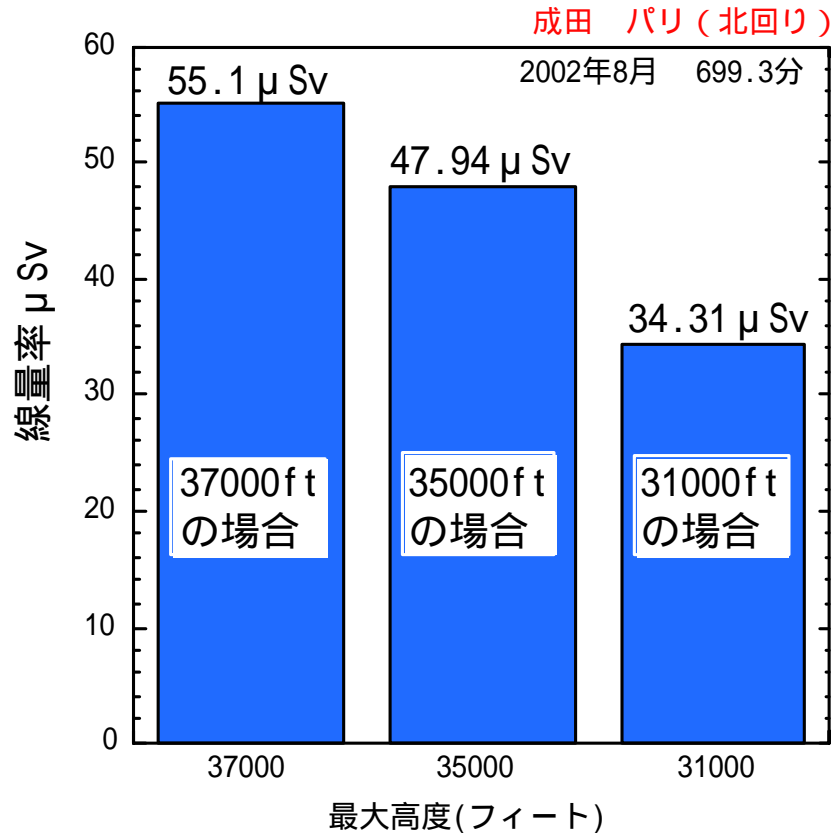
運航路線による被ばく線量の変化 —高度による変化—

大気に入射した宇宙線は、大気と相互作用を繰り返すことによりエネルギーを失いながら進むため、より低い高度での被ばく線量が減少する。

ICRP Publication 75(1997年)によれば、宇宙線の線量率は、高度12,000mでは約5 μ Sv/時、高度8,000mでは約3 μ Sv/時とされている。

運航路線による被ばく線量の変化 —高度による変化—

飛行する最高高度に如何に依存するか





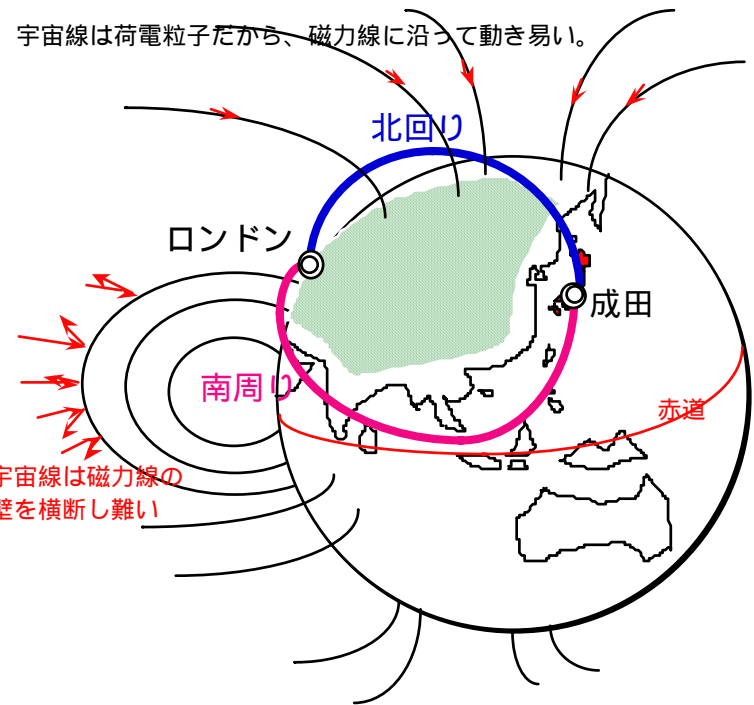
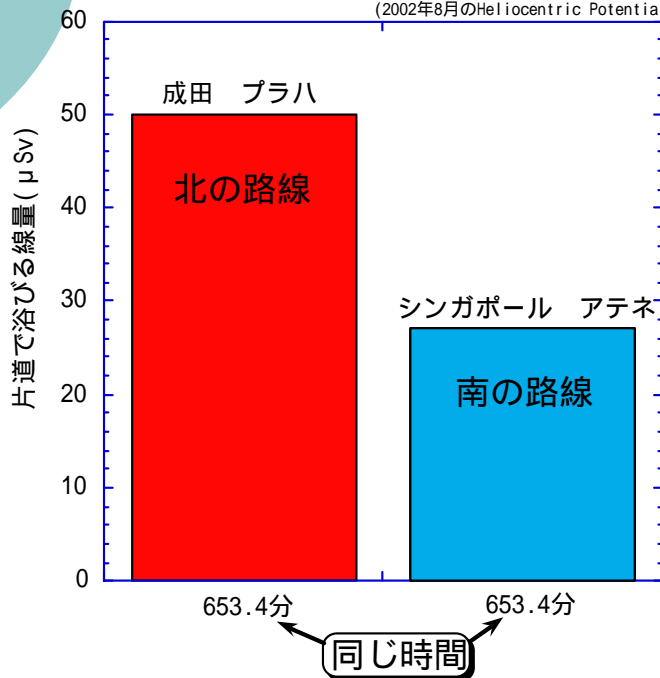
緯度による変化

磁力線に沿って宇宙線が入りやすい北極・南極に近い地域(地磁気緯度の高い地域)では、赤道付近よりも被ばく線量が約3倍高い。

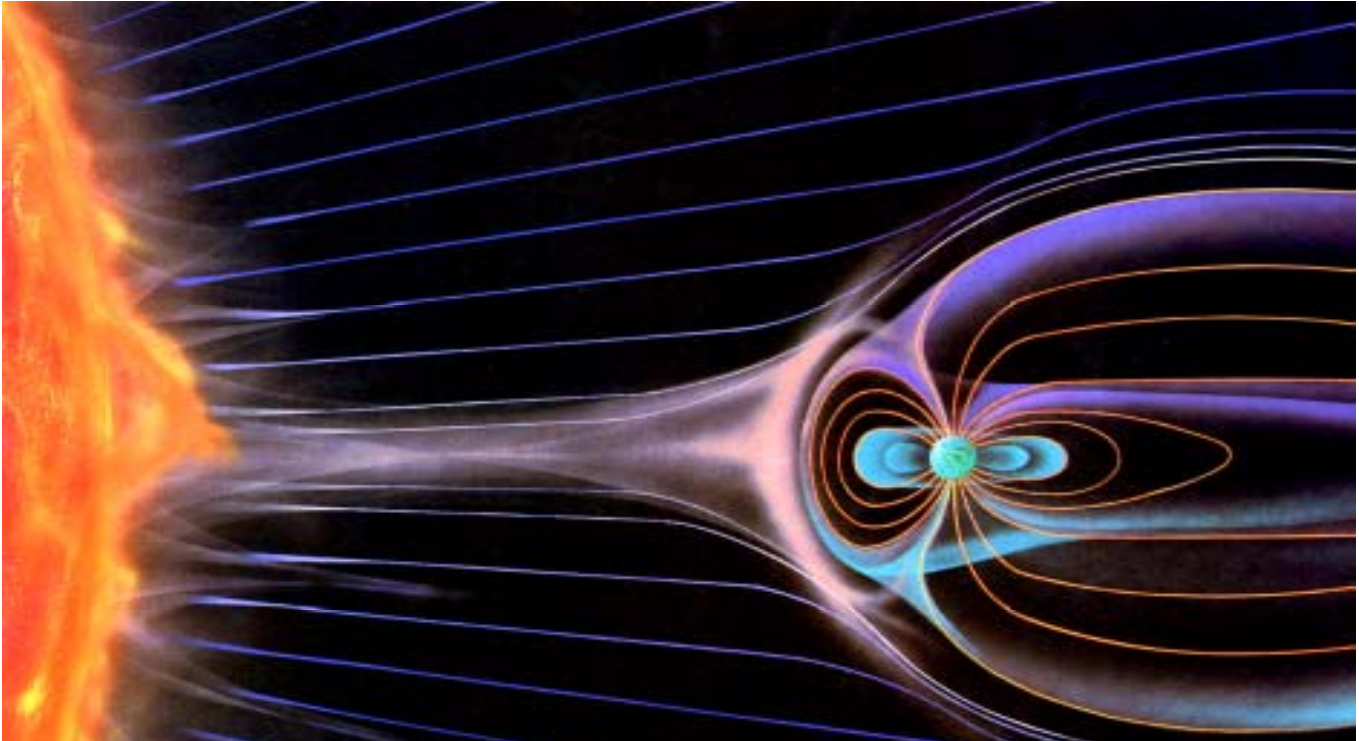
緯度による変化

モデル計算による南北路線の比較

Cari-6によるモンテカルロ計算
(2002年8月のHeliocentric Potential)



地球の磁場によるCut-offについて



地球磁場が持つCutoff効果のため、地磁気緯度の低い場所ほど大気圏に侵入する太陽粒子の数は少なくなる。大気圏に到達した粒子も大気分子とのカスケード反応を起こし、地上には殆ど到達できない。したがって、航空機等での被ばくを念頭に太陽フレアの規模を評価する場合、高緯度で観測される中性子の増加 (Ground Level Event: GLE) を見る。



飛行時間による変化

飛行時間が長ければ、当然ながら被ばく線量は増加する。

ICRP Publication 75によれば、ジェット機に年間200時間乗務した場合の被ばく線量は、約1mSvとされている。

1000時間(日本の航空会社での最大乗務時間は年間900時間程度)乗務した場合は、同様の計算により、約5mSvの被ばく線量が算出される。




我が国のNORMによる被ばく線量

放射線審議会基本部会報告書「自然放射性物質の規制免除について」(2003年)による調査報告

○産業利用による作業者の被ばく	○一般消費財による使用者の被ばく
モナザイト :0.3mSv/年	ラドン温泉浴素:110 μ Sv/年
リン鉱石 :0.28mSv/年	肌着 :220 μ Sv/年
チタン鉱石:0.27mSv/年	布団 :90 μ Sv/年
	壁紙 :10 μ Sv/年

いずれの場合も、それら自然放射線源による外部被ばく線量が公衆の線量限度である1mSv/年を超える、又は、それに近い線量になることはないと考えられている。



放射線被ばくによる健康影響

—放射線のヒトへの影響—

種類	影響の例	しきい線量	線量の増加に伴う変化
確率的影響	発がん 遺伝的影響	存在しない (と仮定)	発生確率
確定的影響	白内障 脱毛 不妊 など	存在する	症状の 重篤度

放射線被ばくによる健康影響

—放射線のヒトへの影響—

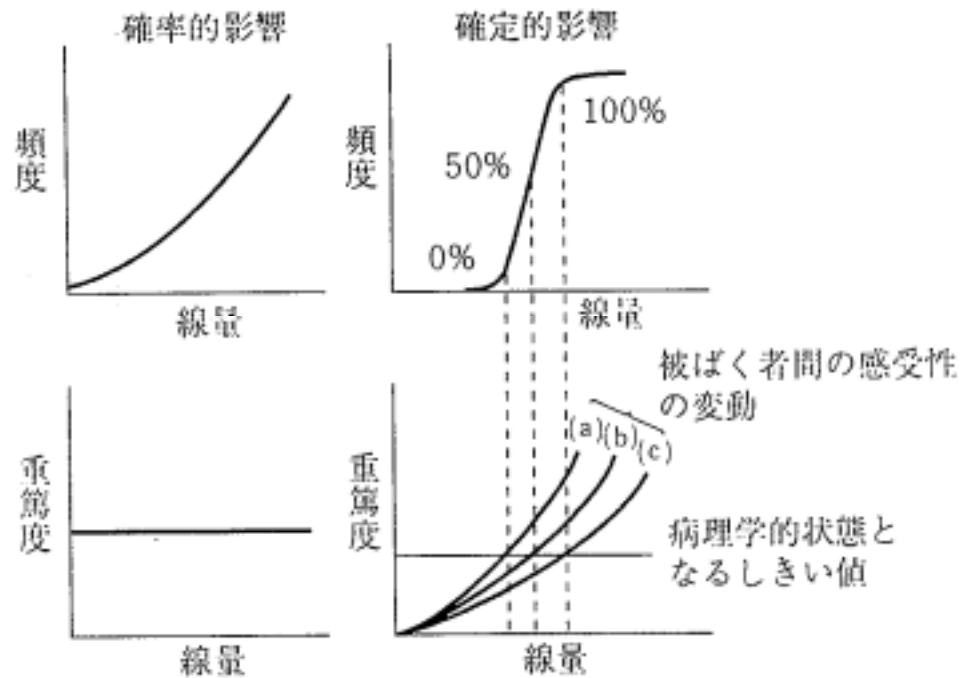
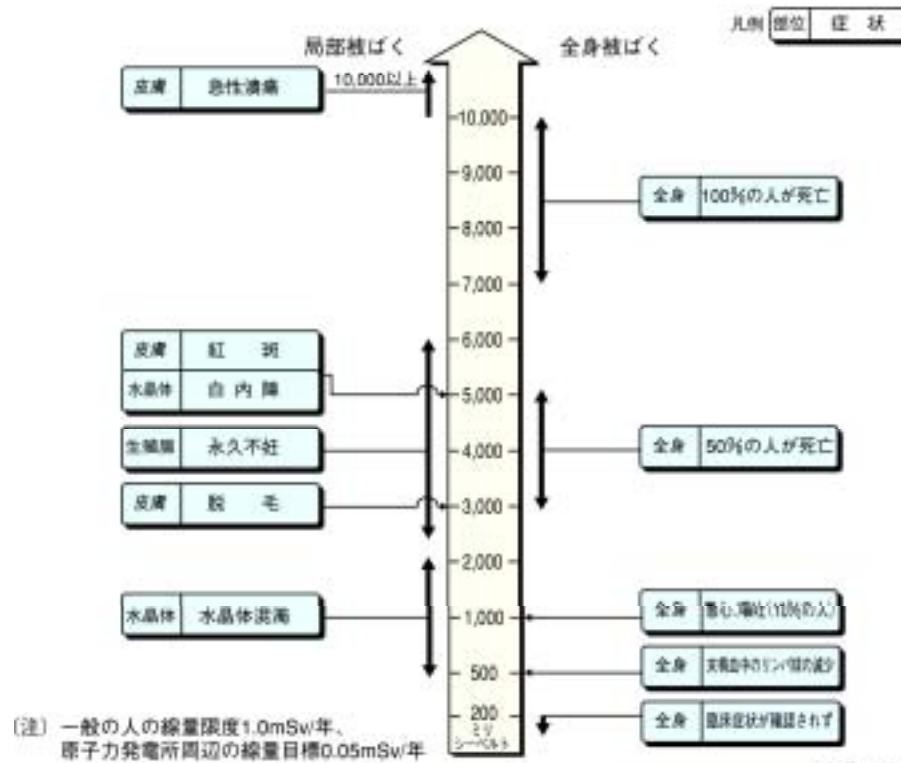


図1 確率的影響と確定的影響の分類と特徴

確定的影響

急性の放射線影響





確率的影響

- 確率的影響は、放射線による突然変異誘発である。
- 放射線による突然変異誘発は、被ばく線量に応じて確率的に起こると考えられているため、低線量被ばくであっても線量に見合ったがんや遺伝的影響などの発生リスクが増加するものと考えられている。
- しかしながら、近年の研究では、突然変異誘発についても極低線量と高線量とでは誘発の機構などが異なる可能性が明らかになりつつある。
- 疫学データについても、低線量では不確実性が大きいいため、確率的影響については、低線量でのリスクが未だ明確ではない。



放射線影響のリスクマネジメント

100mSv以下の低線量域での放射線防護については、具体的に存在する特定の確率的影響を念頭において対策を行っているのではなく、高線量被ばくで発がんするのだから低線量でも影響があるという可能性も考え、できるだけリスクを低くするという観点からリスクマネジメントを行っている。



我が国の航空機乗務員の勤務実態 — 航空機乗務員の構成 —

航空機乗務員： 運航乗務員、客室乗務員

客室乗務員数は運航乗務員数に比べて
2.5—3倍多く、客室乗務員においては女性の
比率が高い。



飛行経路・乗務時間

日本航空インターナショナル(JAL)においては、全航空機のブロックタイム(航空機が出発空港の駐機場から出発し、到着空港の駐機場に到着するまでの時間)の合計の4分の3が国際運航、4分の1が国内運航。

日本の事業者の就業規程による最大乗務時間数は年間900時間程度。



交絡因子による健康影響

発がんへの宇宙線の寄与が明確に示された調査報告はなく、宇宙線よりも社会経済的状況や生活習慣などの交絡因子の関与がより大きいのではないかと考えられている。

○調査報告例

1) スウェーデンの報告 (Occupational and Environmental Medicine 2003)

航空機乗務員は一般人よりも日光浴(生活習慣)の機会が多く、その日光浴が皮膚悪性黒色腫のリスク上昇に大きく関与していると指摘されている。

2) 原子力施設等で働く放射線業務従事者の疫学調査

生活習慣などの交絡因子の調査も実施しており、食道がんなど一部の消化器系臓器のがんによる死亡率に喫煙、飲酒などの影響が示唆されている。



Ⅱ章 航空機乗務員の宇宙線被ばく 線量の評価等について



航空機乗務員の宇宙線被ばく線量の評価方法 —宇宙線被ばく線量の評価方法—

- 各種放射線測定器を航空機に実際に設置して被ばく線量を実測
- 既に測定された多くのデータを基にいくつかの計算コードを用いて、これに飛行航路(緯度・経度・高度)、飛行時間等のパラメータを与えて被ばく線量を計算



実測による評価方法について

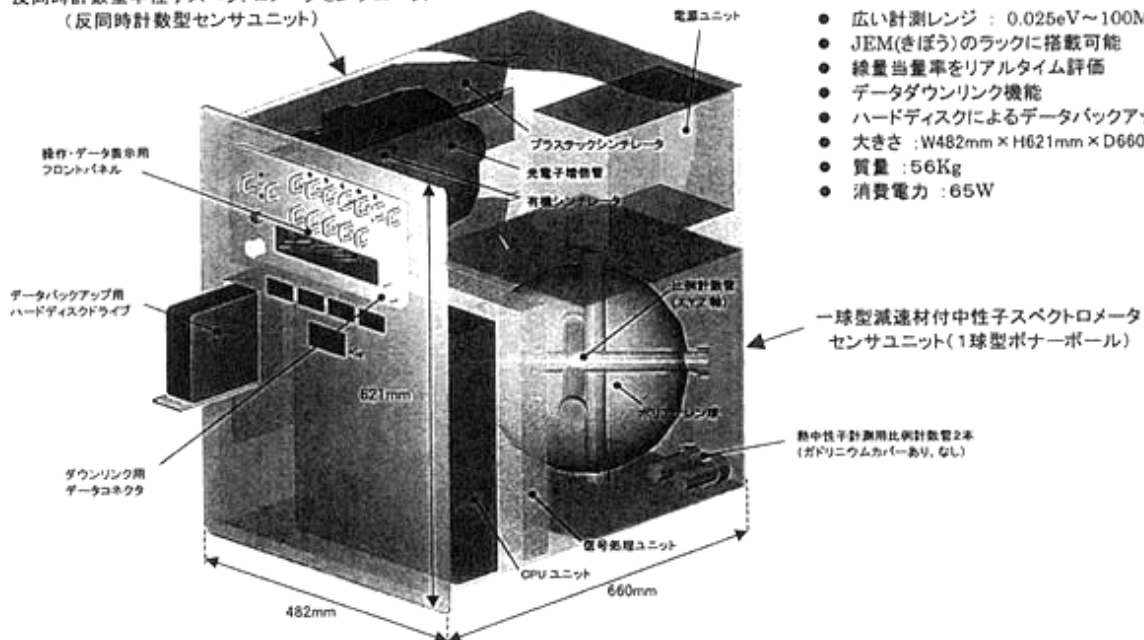
実測データから被ばく線量を得る過程には計算による推定も含まれており、測定者のデータ処理方法によって得られる被ばく線量の差が大きい。

航空機に簡易に設置できるような小型・軽量の測定機器は、現段階では研究開発の途上であり、その精度の信頼性の向上が望まれる。

放射線施設や病院等で用いられるポケット線量計やガラス線量計等の既存の市販されている簡易な個人線量計では、高エネルギー中性子に対する感度がほとんどないため、測定値をそのまま利用することはできない。

ボナーボールの例

反同時計数型中性子スペクトロメータセンサユニット
(反同時計数型センサユニット)




- 広い計測レンジ : 0.025eV~100MeV
- JEM(きぼう)のラックに搭載可能
- 線量当量率をリアルタイム評価
- データダウンリンク機能
- ハードディスクによるデータバックアップ
- 大きさ : W482mm × H621mm × D660mm
- 質量 : 56Kg
- 消費電力 : 65W



計算による評価方法について

航空機高度は構造物による宇宙線の遮へい等の影響がなく、航空機内の宇宙線環境は均一であると考えられる。このため、計算による評価方法では、飛行航路、飛行時間等のパラメータを変更することにより、様々なケースの被ばく線量評価に対応が可能。

また、計算により得られる被ばく線量は、計算コード間でもあまり大きな差がないことが知られており、諸外国では専ら計算による評価方法を用いることが一般的である。



国際放射線防護学会における、航空機乗務員の宇宙線被ばく線量の測定・評価に関する発表

- 1) 欧州では、航路線量あるいは年間線量を実測及び計算により評価していること。また、実測値と計算値との線量評価結果の比較では、大きな差はないこと。
(チェコの報告)
- 2) 太陽活動の影響は、通常の飛行高度の範囲内であれば大きくはなく、むしろ緯度(航路)による影響の方が大きく寄与すること。(イスラエルの報告)
- 3) 航空機乗務員の宇宙線被ばくへの対応が法令等により制度化されている例として、スペインの対応状況の紹介。

米国航空宇宙局における、宇宙線の測定・評価に関する発表

- 1) 太陽の黒点数と地上における中性子線量の相関を見ると、黒点数と中性子のカウント数が逆相関になっていること

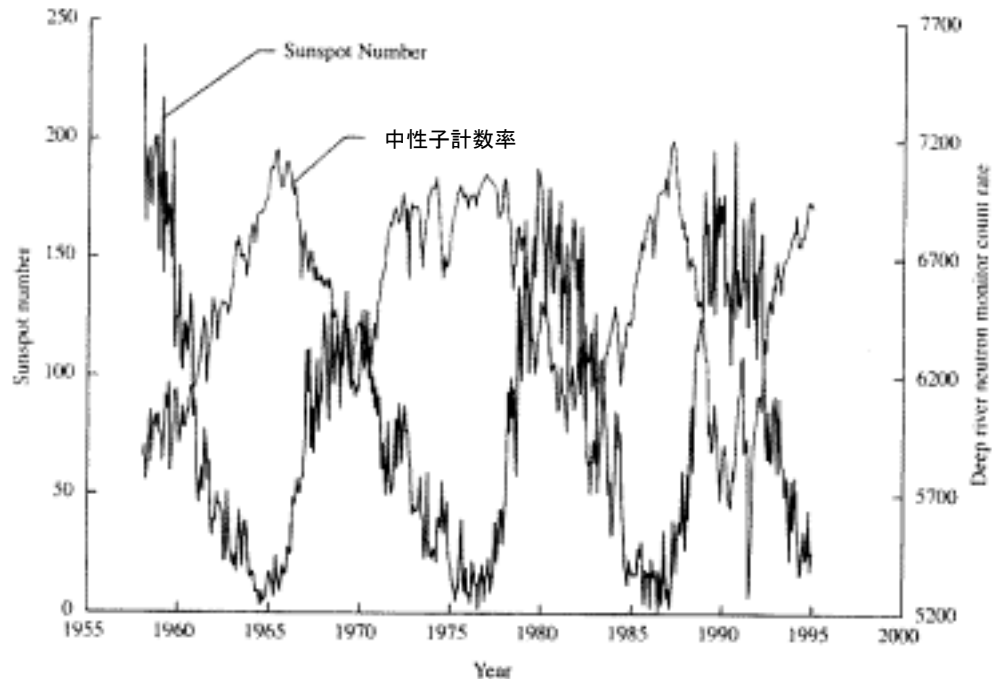


Figure 3. Sunspot number and Deep River neutron monitor count rate over the last few solar cycles.

米国航空宇宙局における、宇宙線の測定・評価に関する発表

- 2) 宇宙線量の緯度依存性は大きく、北極近傍では高線量領域が存在し、カナダ上空ルートは被ばくが最も多いルートと考えられること。また、赤道付近の広大な領域には低線量領域が存在すること

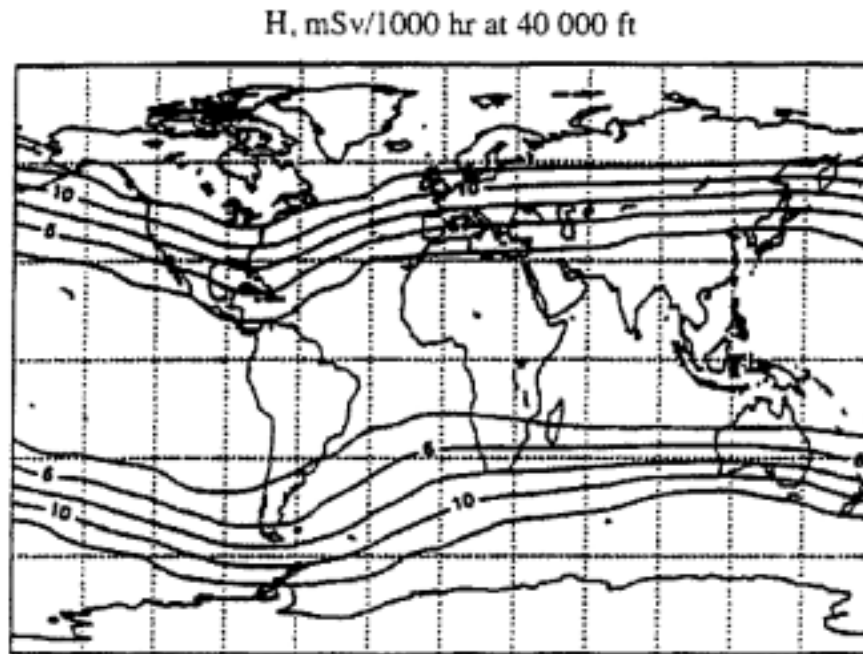


Figure 31. Background exposure levels in upper atmosphere at solar minimum (1965).

米国航空宇宙局における、宇宙線の測定・評価に関する発表

- 3) FLUKAコードによる中性子スペクトル解析結果は、実測値をほぼ再現しているが、LUNコードによるスペクトル解析結果は、実測値を再現していないこと。

ただし、スペクトルに線量換算係数を乗じてエネルギー積分し得られる線量での比較では、スペクトルの差による計算結果に大差が生じないことは、経験的に知られており、両コードの精度の差は実用上問題はないこと

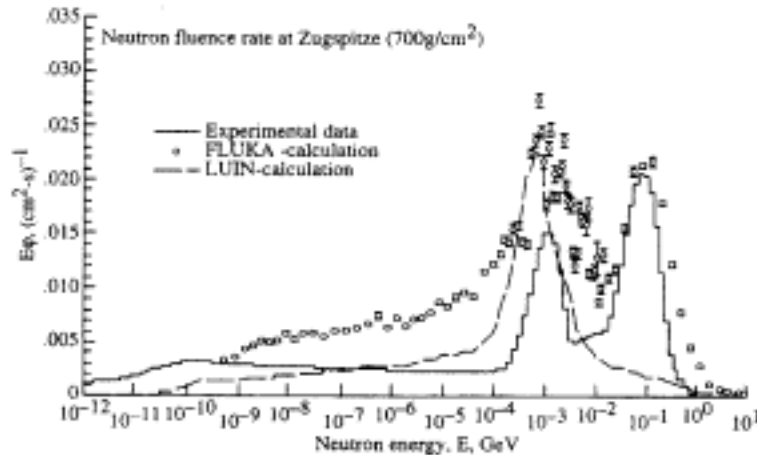



Figure 46. Spectral neutron fluence rate obtained by measurements and calculations on top of Zugspitze (permission of Schraube et al. 1998).



航空機乗務員の宇宙線被ばく線量の管理方法 — 諸外国における、航空機乗務員の宇宙線被ばくに対する取り組み —

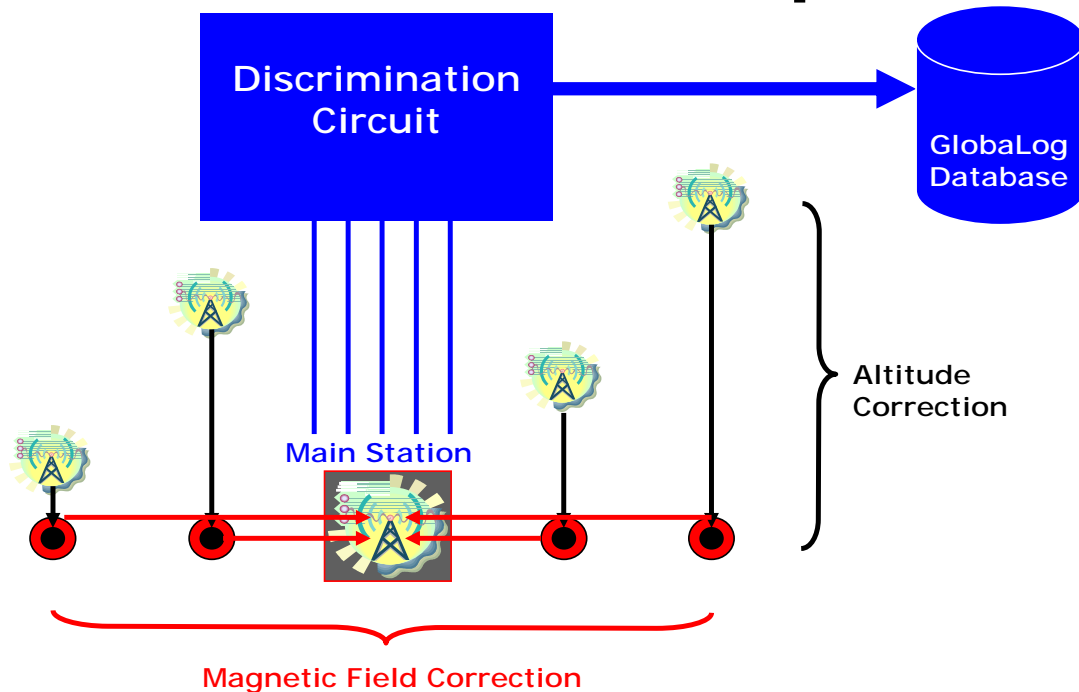
OEU加盟国では

1996年の欧州放射線防護指令の中で、『指令に従い、年間被ばく線量が1mSvを超える航空機乗務員の宇宙線被ばく対策を事業者が行うように、2000年5月までに法令、規則、管理規程等の必要な措置の導入』を要求。


→ 制度的な対応を行っている国が多い

統合的な宇宙線管理システムの例 (デンマーク)

Radiation Data Acquisition



世界5ヶ所の定点から宇宙線量の毎分データを集め、太陽フレアによる変動をリアルタイムで計測し、上空被ばく線量計算に反映。フライトログの登録情報のみにより、Web上で乗務員個別の被ばくを管理できるシステム。



航空機乗務員の宇宙線被ばく線量の管理方法 — 諸外国における、航空機乗務員の宇宙線被ばくに対する取り組み —

○北米、豪州では


法令による規制ではなく、独自にガイドラインを示す等によって対応。

米国

- ・ 航空機乗務員の放射線被ばくに関する助言（連邦航空局：Advisory Circular120-52）
- ・ 運航中の宇宙線被ばくに関する航空機乗務員の教育訓練についての助言（連邦航空局：Advisory Circular120-61）

豪州

- ・ 電離放射線の被ばくの制限のための勧告3022（豪州全国労働安全衛生委員会）
- ・ 事業者に対する指針を作成中（豪州放射線防護原子力安全庁）



航空機乗務員の宇宙線被ばく線量の管理方法 — 諸外国における、航空機乗務員の宇宙線被ばくに対する取り組み —

○アジア各国では

タイ、インドネシア、マレーシアなどでは、現在のところ全く対応がなされていない。

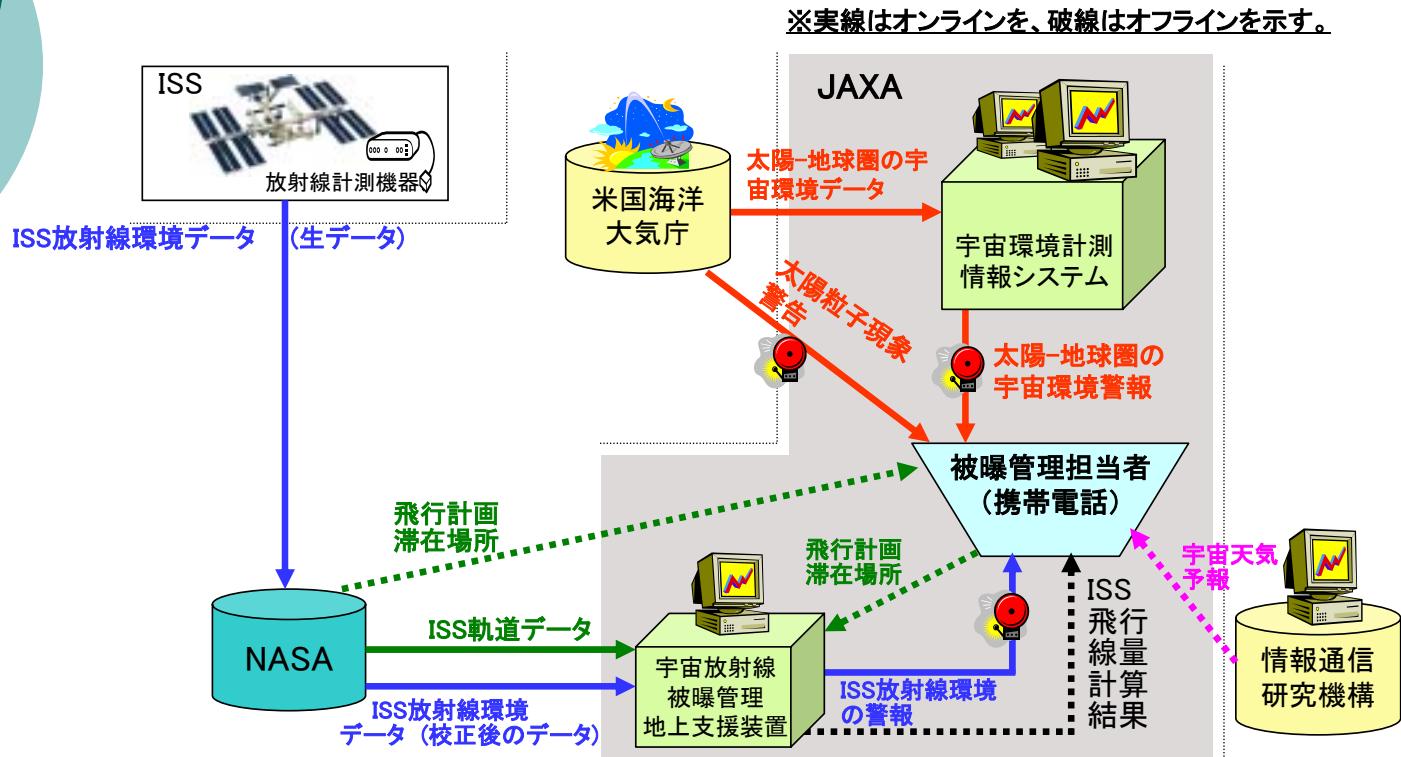
国が宇宙線の影響が小さい低緯度に位置することにも関係があると考えられる。



日本人宇宙飛行士の宇宙線被ばくの管理

- 宇宙航空研究開発機構により、地上で連続監視。
- 大規模太陽フレア発生時には、宇宙飛行士に対して国際宇宙ステーション(ISS)内の遮へいの厚い場所へ退避すること等の指示。
- 米国航空宇宙局の個人線量計を常時装着。
- 教育訓練は、放射線防護の基礎及び実務の知識について6時間。
- ISS搭乗前には、飛行した場合の発がん等のリスクがある旨を承知して搭乗するという意思を同意書により確認。

日本人宇宙飛行士の宇宙線被ばくの管理





Ⅲ章 一般的な放射線防護の 考え方について




ICRP勧告における航空機乗務員の 被ばくの取扱い

○ICRP Publication 60(1990年勧告)

航空機乗務を含む以下の4つの自然放射線源による被ばくを職業被ばくの一部として含めるよう勧告。

- 1) 認定されたラドンに注意が必要な作業場所
- 2) 自然放射性核種を有意に含む物質を取り扱う
操業やその貯蔵
- 3) ジェット機の運航
- 4) 宇宙飛行



ICRP 1990年勧告 (Pub. 60) の国内制度等への取り入れについて (平成10年6月 放射線審議会)

「ジェット機の運航に伴う航空機乗務員の被ばくについては、これまで、航空機内の線量レベルに関するいくつかの調査が行われてきており、公衆の実効線量限度である年1mSvを超える被ばくの可能性も考えられる。乗務員の被ばくが一定の線量レベルを超えることがある場合には、適切な管理を行うことが必要である。なお、航空機内の線量レベルに関しては、測定方法、中性子線等に起因する線量評価等についてより詳細な調査・検討を行う必要があり、当面、乗務員等に対して放射線に関する知識の普及等を行うとともに国際的動向も考慮しつつ対応することが適当である。」



放射線防護の基本的考え方

ICRPにおける放射線防護の基本的考え方

a) 放射線防護の目的

放射線被ばくの原因となる有益な行為を不当に制限することなく、人を防護するための適切な標準を与えること

より具体的には、

確定的影響の発生を防止

確率的影響の誘発を制限

→ 合理的な手段を確実に取ることを目指す



放射線防護の基本的考え方

b) 行為と介入

①行為 (practice)

実行することにより放射線被ばくを増加させるような人間活動

②介入 (intervention)

放射線被ばくを全体として低減させるような人間活動



放射線防護の基本的考え方

放射線防護体系(行為)

- ① 行為の正当化:
正味の利益があることを確認すること
- ② 防護の最適化:
合理的に達成できる限り低く保つ
“as low as reasonable achievable”,
ALARA
- ③ 線量限度:
実効線量限度、等価線量限度



放射線防護の基本的考え方

放射線防護体系(介入)

- ①介入の正当化
- ②防護の最適化

- 行為と介入では、正当化や最適化において比較すべき指標が異なる。
- 線量限度は、介入については定義されていない

行為と介入と線量レベル

	行 為	介 入
100mSv	—	常に正当化
10mSv	—	介入を検討
1mSv	線量限度	介入免除レベル
100 μ Sv	最適化 線量拘束値	—
10 μ Sv	免除	—



航空機乗務員の宇宙線被ばく防護

○ ICRP Publication 75 (作業者の放射線防護に対する一般原則)

ジェット機乗務員の被ばくは職業被ばくとして扱うべきである。年間の実効線量は飛行時間と、該当する航空路の典型的な実効線量率とから導かれるべきである。他に実際的な制御手段がないため、指定区域の使用を考慮する必要はない。航空機乗務員の飛行時間について現在ある制限により被ばくが十分制御されることもありそうである。航空機乗務員のうち妊娠しているメンバーは、妊娠の終了より十分前もって搭乗任務を解かれるのが普通である。委員会は、3.3.6節に与えた目標がこの慣行によって十分達成できるであろうと信じており、またそれ故、受胎産物に対してさらなる防護手段を行使する理由を見出さない。



妊娠中の女性乗務員の宇宙線被ばく防護

- 1) 従事者の妊娠が判明した時は、胎児については従事者より厳しい防護基準を適用すること。
- 2) 妊娠申告後の妊娠した従事者の作業条件は、胎児に対する追加の等価線量が、妊娠の残りの期間中において約1mSvを超えることがないようにすべきであること。
- 3) 妊娠女性の被ばく条件は、事業主により注意深く観察されるべきであること。特に彼女らが偶発的な高線量被ばくや放射性物質を摂取する可能性が少ない職務に就かせるべきであること。

日本の事業者においては、妊娠中の女子運航乗務員は航空法施行規則により、また妊娠中の客室乗務員は社内規程により、それぞれ実質的に乗務できないような措置が以前から行われている。

→我が国においては妊娠中の女性乗務員の宇宙線被ばくについては、既にICRPの要件を満たしていると考えて良い。



我が国の既存の法令における宇宙線被ばくに関する現状


- 放射線障害防止に関する法令
 - 「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」
 - 「労働安全衛生法」並びに「電離放射線障害防止規則」
- 航空機の運航の安全に係る航空機乗務員の規制に関する法令
 - 「航空法」

現在、航空機乗務員の宇宙線被ばくは、いずれの法令においても、その規制対象とはなっていない。



我が国におけるNORMの規制の考え方

- 自然放射性物質の産業利用に伴う被ばくについては、既に規制対象となっているものや一般消費財などを除き、既存の被ばくに対する「介入の対象」である。
- 自然放射性物質の利用については、それぞれの特性に沿った方法で対応する必要がある。



IV章 航空機乗務員における宇宙線 被ばくの管理について



航空機乗務員の宇宙線被ばくへの 対応の必要性

- 航空機乗務員の宇宙線による被ばく線量は、航空機に年間1000時間乗務した場合、約5mSv
- 航空機乗務員の宇宙線被ばくは、その被ばく経路が既に存在しており、被ばく線量を管理することが可能。
- したがって、「介入」の対象としてとらえることができ、年間5mSvという被ばく線量は、ICRP Publication 82の介入のレベルから考えると、「介入が正当化されそうにない一般参考レベル」に相当。
- 被ばく経路が存在しているその他の自然放射線源（ラドン、精錬残渣等）による被ばくの管理方法との整合性を図る観点も重要



航空機乗務員の宇宙線被ばくへの 対応の必要性

○ 被ばく経路が存在しているその他の自然放射線源とほぼ同じレベルの被ばく線量で、かつ、管理可能な航空機乗務員の宇宙線被ばくについても、法令による規制対象とする必要はないと考えられる。

○ 航空機乗務員の宇宙線被ばくが規制の範疇外に置かれるとしても、放射線防護の精神は、合理的かつ実行可能な範囲で、できるだけ被ばくリスクを低く保つべきであるとの観点に立つものであることから、被ばく線量管理や宇宙線被ばくに関する教育が事業者により自主的にかつ適切に実施されることが望まれる。



航空機乗務員の宇宙線被ばくへの対応方法 —航空機乗務員の被ばく管理—

- 航空機乗務員の被ばく線量の管理については、事業者が自主的に管理目標値を設定し、被ばく線量を抑えようと努めることが重要。
- 航空機乗務に伴う付加的な被ばく線量の管理目標値としては、年間5mSvを設定し、これを目標に被ばく管理を行うことが適切ではないかと考えられる。
- 管理目標値は、航空機乗務員の被ばく線量を抑えるために、事業者が自主基準として定めるべきものであり、この値を超えても、健康影響が現れるレベルのものではないことに留意すべきである。



太陽フレアへの対応

- 付加的な線量増加も予想される太陽フレアについては、宇宙天気予報などの情報を利用することにより、太陽フレアによる線量変化に留意し、予め極大となる時期等を予測し、個々の航空機乗務員の勤務や航空機の運用を工夫することなどによって、航空機乗務員の宇宙線による被ばく線量を抑えることも重要。



航空機乗務員の宇宙線による被ばく線量の評価

- 諸外国の航空機乗務員の被ばく線量の評価においては、実測ではなく計算による評価が大半。
- 我が国における被ばく線量評価も、通常は、計算による線量評価を実施し、必要に応じて、校正の目的で実測を行って、その精度確保に留意することで十分。
- 個人線量計によるモニタリングなどの放射線業務従事者並の被ばく管理は必ずしも必要ないものと考えられる。



航空機乗務員への宇宙線被ばくに関する説明と教育

- 宇宙線被ばくに関する説明と教育を事業者が行うことについては、航空機乗務員が宇宙線被ばくに関する知識を正しく理解し、不安を払拭し、安心し、また、自ら納得して業務に専念するためにも有効な手段であると考えられる。
- 既存の職場教育プログラムの中に宇宙線被ばくに関する項目を盛り込む。
必要な場合には、産業医等による健康教育や健康相談の実施。
- 特に、女性の航空機乗務員に対しては、胎児への放射線影響についての教育も行い、宇宙線被ばくについての認識を持たせることが重要である。



航空機乗務員の宇宙線による被ばく線量の閲覧、記録及び保存

- 航空機乗務員自らが被ばく線量を把握することは、教育によって得られた知識を踏まえて、被ばくに関する意識を高めることから、被ばく線量の閲覧、記録、保存は重要。
- 事業者は航空機乗務員の乗務時間、航路等から被ばく線量を計算し、個々の航空機乗務員が必要に応じて、自分の被ばく線量や全体の傾向等を閲覧できるような工夫をするとともに、得られた結果の記録、保存を行うことが重要。



航空機乗務員の健康管理

- 既に労働安全衛生法に基づき、定期的に一般健康診断が行われていることを勘案すれば、放射線による健康影響の検知を目的として、新たに付加的な健康診断を行う必要はない。
- 被ばく線量の閲覧によって、各個人の被ばく線量がどの程度であるかを各個人が把握し、必要な場合には、産業医等による健康相談が速やかに受けられる体制を整えることが重要。



低線量における健康影響等の最新知見 に関する情報の扱い

- 低線量放射線が及ぼす健康影響については、専門家の間においても様々な考え方があり、特に、100mSv以下の低線量放射線の健康影響を直線で仮定することの科学的な評価については、専門家及び各国アカデミー報告書の間でも様々な意見があるため、今後とも関連する情報を適切に入手し、放射線防護の対応方法に役立てていくことは重要であると考えられる。