

航空機乗務員等の宇宙線被ばくに関する論点整理  
(平成 17 年 9 月 6 日)

論 点	科学的知見・事実関係等
<b>I. これまでの航空機乗務員等の宇宙線被ばくに関する知見</b>	
1. 宇宙線のメカニズム	
ア. 宇宙線の発生の源及びその成分はどのようなものか？	<p>宇宙線は、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である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1 次宇宙線：宇宙空間における陽子、アルファ粒子、重粒子</li> <li>・ 2 次宇宙線：大気圏内（高度 1 0 0 k m 以下）における陽子、中性子、電子、ガンマ粒子、パイ中間子、ミューオン</li> </ul> <p>航空機乗務に伴う宇宙線被ばくは、2 次宇宙線によるものである。</p>
イ. 太陽活動（フレア）に伴う地球での宇宙線の線量変化はどうなっているのか？	<p>太陽活動</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ フレア（太陽表面の爆発現象）</li> <li>・ コロナ質量放出</li> <li>・ フィラメント消失</li> <li>・ コロナホール</li> </ul> <p>フレア等に伴い突発的に高エネルギー粒子が放出される現象を太陽粒子現象といい、特に、フレアに伴い放出される粒子を太陽フレア粒子と呼ぶ。</p> <p><u>太陽活動には 1 1 年の周期があり、小規模の太陽粒子現象は 1 1 年に 5 0 回程度の頻度で発生し、それを超える規模の太陽粒子現象は 1 1 年に 1 回以下から 2 5 回程度の頻度で発生する。</u></p> <p><u>大規模の太陽粒子現象の場合、放出される粒子数はフレアやコロナ質量放出発生後 1 ー数時間後に上昇し、その後一定のレベルもしくは緩やかな減衰を見せる。さらにその 1 ー 2 日間後に増大し、放出される粒子数のピークとなることも多い。</u></p>

	<p>太陽活動が活発な時期は地球の磁場が圧縮され、地球で観測される宇宙線量の総和は必ずしも増加するとは限らず、逆に減少して観測されることもある（フォーブッシュ減少）。</p> <p>地球磁場が持つ <b>Cutoff</b> 効果のため、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。また、大気圏に侵入した太陽粒子も大気分子との <del>カスケード</del> 反応により、<del>エネルギーが減衰するため、低エネルギーの太陽粒子は大気中でエネルギーが減衰し航空機高度まで到達できない。</del>（太陽粒子のエネルギーが数百 <b>MeV</b> 以上の成分でないと航空機高度の被ばくに寄与しない。）</p> <p>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太陽フレア（11年に1回以下の発生頻度）に遭遇すると仮定した場合でも1回のフライトで被ばくする線量は数 <b>mSv</b> 程度（最大でも5 <b>mSv</b> 以下）であると推定される。</p> <p>参考：平常時 東京－ニューヨーク間（往復）0.2 <b>mSv</b></p>
<p>2. 放射線被ばくによる健康影響</p>	
<p>ア. 放射線のヒトへの影響はどの程度か？</p>	<p>1) 確定的影響</p> <p>しきい線量が存在し、しきい線量を超えなければ健康影響は現れない。また、被ばく線量の増加により、重篤度が増加する。</p> <p>&lt;全身被ばくに関するしきい線量&gt;</p> <p><b>200mSv</b> 以下 : 臨床症状は確認されない</p> <p><b>500mSv</b> : 末梢血中のリンパ球の減少</p> <p><b>1000mSv</b> : 悪心, 嘔吐 (10%の人)</p> <p><b>7000mSv</b> 以上 : 100%死亡</p> <p>2) 確率的影響</p> <p>被ばく線量の増加に伴い、健康影響（発がん、遺伝的影響）の発生率が増加すると考えられている。放射線リスク管理の観点からは、しきい線量が存在しないと仮定されている（<b>Linear-Nonthreshold (LNT)</b> 仮説）。</p>

○日乗連の意見

日乗連の試算では原子力発電所の放射線業務従事者の年平均被ばく線量の2～3倍となるので、生涯乗務期間（35年）の被ばく線量を考えると、果たしてどの程度の健康影響があるのか、不安を感じている。

○日乗連の意見

LNT仮説に基づいた日乗連の試算では、日本の全運航乗務員約6000名中、約30名が将来致命的な癌になるということになり、「航空乗務員等の年間宇宙線被ばく線量は多くても数mSvであり、健康上問題ない」と言う説明には疑問を抱いている。

1950年から実施されている広島・長崎原爆被害者12万人の調査データから、100～200mSv以下の低線量域では長期的な健康影響の発生の有きな差が認められていない。

LNT仮説は、低線量域の放射線防護基準を安全側に立って考えるための管理目標値を示すために作られたものであり、LNT仮説における確率係数を用いて致命的な癌になる人数を計算することは、本来正しい使い方ではない。

3) 放射線影響のリスクマネジメント

放射線誘発がんは、分子レベルの影響であるDNA損傷が個体レベルの影響まで進展して現れるものであり、その機構は完全に解明されているわけではない。遺伝的不安定性、バイスタンダー効果など、放射線生物学上、近年、研究対象となり盛んに研究されている事項も多い。放射線生物学上、低線量の影響は、①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、②アポトーシスがあることから低線量の放射線は影響がない、③適応応答があることから高線量被ばくに対する抵抗力をつけるなど、様々な考え方があり。このため、10mSv前後以下の低線量領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、上記①の可能性も考え、とりあえず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ものである。

大規模な原子力発電施設等の放射線業務従事者に対する疫学調査（10万人規模）やモナザイト産地など高自然放射線地域（数mSv/年程度）住民の疫学調査では、累積で100mSv程度の被ばく線量の差によっては、特にがん罹患率などに有きな差は見られない。これは、喫煙等のより健康影響に対する寄与の大きな交絡因子の影響が前面に出ってしまうため、作業者

	<p>に対する線量限度（50mSv/年）程度以下の放射線被ばく線量では、それら交絡因子の影響を排除して放射線のみによる有害な健康影響があったにしても、その検出は困難であることを示している。</p>
<p>イ. 運航路線（高度，緯度，巡航時間）により被ばく線量はどうか？</p>	<p>&lt;高度による変化&gt;          宇宙線は大気に入射すると、大気の原子核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んでくるので、より低い高度を飛行した場合は被ばく線量が減る。          長距離飛行で一般的な高度 <b>12,000m</b>：約 <math>5 \mu\text{Sv/h}^{*1}</math>          中高度 <b>8,000m</b>：約 <math>3 \mu\text{Sv/h}^{*1}</math></p> <p>&lt;緯度による変化&gt;          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、他の地域よりも被ばく線量が約 <b>3</b> 倍高くなる。  <b>1965</b> 年の太陽活動極小期（地球の磁場が弱まり、地上での宇宙線による影響が大きくなる時期）に高度 <b>12,000m</b> を <b>1,000</b> 時間飛行したと仮定して計算すると、          赤道付近を飛行した場合： <math>4 \text{mSv}/1000\text{h}^{*2}</math>          地磁気緯度の高い地域を飛行した場合： <math>12\text{mSv}/1000\text{h}^{*2}</math></p> <p>&lt;巡航時間による変化&gt;          巡航時間が長いと被ばく線量は増える。          年間 <b>200</b> 時間乗務：約 <math>5 \mu\text{Sv/h} \times 200\text{h} = \text{約 } 1 \text{mSv}^{*1}</math>          年間 <b>1000</b> 時間乗務：約 <math>5 \mu\text{Sv/h} \times 1000\text{h} = \text{約 } 5 \text{mSv}</math></p> <p>北極地区通過路線（以下、ポーラルルートという。）は、高度、緯度が高く、巡航時間も長いので、他の路線と比較して、航空機乗務員等の被ばく線量が大きい。</p>

	<p>&lt;太陽フレアによる変化&gt;</p> <p>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太陽フレア（11年に1回以下の発生頻度）に遭遇すると仮定した場合でも1回のフライトで被ばくする線量は数 mSv 程度（最大でも 5 mSv 以下）であると推定される。</p> <p><a href="#">* 1 : 出典 ICRP Pub.75</a></p> <p><a href="#">* 2 : 第4回 WG 配布資料 資料第 4-6 号</a></p>
<p>ウ. 我が国の自然放射性物質（NORM）及び技術的に濃度が高められた自然起源の放射性物質（TENORM）による被ばく線量はどの程度か？</p>	<p>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」による調査報告によれば、NORM 及び TENORM による被ばく線量は以下のとおりである。</p> <p>《産業利用における作業者の被ばく》 モナザイト、リン鉱石、チタン鉱石、酸化サマリウム等</p> <p>年間約 0.13～0.38mSv</p> <p>《一般消費財を利用する公衆の被ばく》 衣類、寝具、壁紙等</p> <p>年間約 0.01～0.22mSv</p>
<p>3. 航空機乗務員等の勤務実態</p>	
<p>ア. 我が国の主な航空機乗務員はどのような構成なのか？</p>	<p>乗務員等の集団数（特色として、客室乗務員の女性の比率が高い）</p> <p>客室乗務員数は運航乗務員数よりも 2.5～3 倍多く、ほとんどが女性である。</p> <p>○航空機乗務員等の集団数</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・日本航空（JAL） 約 8,800 人 運航乗務員：2,200 人、客室乗務員：6,600 人（うち男性 300 人）</li> <li>・全日本空輸（ANA） 約 5,900 人 運航乗務員：1,700 人、客室乗務員：4,200 人（うち男性 40 人）</li> </ul>

<p>イ. 飛行経路・乗務時間などの我が国の航空機乗務実態はどうか？</p>	<p>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が国内運航である。</p> <p>JAL においては、全航空機のブロックタイムの合計の約14%がポーラルートを運航している。ANA においては、それよりは少ない。</p> <p>航空会社の就業規程によりでは、年間最大乗務時間数が1,000時間を超えるケースはない未満に制限している。</p>
<p>4. 交絡要因（睡眠時間、飲酒、喫煙等）による健康影響はどうか？</p>	<p>原子力施設等で働く放射線業務従事者の疫学調査においては、生活習慣などの交絡要因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。</p>



<p>ウ. NASA において、宇宙線の測定・評価についてはどのような調査が行われてきたか？</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・太陽活動期の極小期と極大期の宇宙線強度について、地表面近くでは緯度及び太陽活動の依存性はほとんどない。</li> <li>・一般的な航空機の高度（10,000～12,000m）では、中性子線量の割合は約 60%であり、航路による差は小さい。</li> <li>・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。また、赤道をはさんだ広大な領域に低線量領域が存在する。</li> <li>・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、LUIN 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。ただし、スペクトルに線量換算係数を掛けてエネルギー積分して得られる線量と比較すると、両コードによる計算値に大きな差は生じないことが経験的に分かっている。</li> </ul>
<p>2. 航空機乗務員等の宇宙線被ばく線量の管理方法</p>	
<p>ア. 諸外国において、航空機乗務員等の宇宙線被ばくに対してはどのように取り組まれているか？</p>	<p>欧州放射線防護指令 (Council Directive 96/29/EURATOM, 13 May, 1996) 第 42 条</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・EU 加盟国に対し、2000 年までに、企業が搭乗員の被ばく線量が 1mSv/y（高度 8km）を超えそうな宇宙線被ばくについて検討するように体制を整えるように求めている。</li> <li>・企業に特に以下のような処置を要求している。 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 関係する搭乗員の被ばく線量を評価すること</li> <li>- 被ばく線量の高い搭乗員の線量を低減する観点から、勤務スケジュールを作成する際に、評価した線量を考慮すること</li> <li>- 勤務に関連するリスクについて、当該搭乗員に通知すること</li> <li>- 女性搭乗員については、以下の条項を適用すること  妊娠を申告し、胎児の線量を、申告後の妊娠の残りの期間における被ばく線量が 1mSv を超えないように、できる限り低く保つ。</li> </ul> </li> </ul>

・6mSv/y を超える被ばく線量を受ける個人に対しては、より詳細な医療監視を行うとともに、警告と個人被ばく線量測定を含む追加の要件が加えられる。

欧州放射線防護指令では、ドイツで開発されたものや米国(CARI-6)の計算コードなどいくつか紹介されており、どの計算コードを使っても、(線量で比較すると) 実測値と良い一致がみられると記述されている。そのため、EU 加盟国は計算による評価が一般的である。

< [諸外国における取り組み状況の例](#) : 英国、ドイツ、デンマーク、アイルランド、スペイン、米国、オーストラリア >

[資料第3-3号参照](#)

世界24カ国の対応状況を調査した結果、EU加盟国においては、欧州放射線防護指令 (Council Directive 96/29/EURATOM, 13 May, 1996) の中で、法令による対応が求められているため制度的な対応を行った国が多い。北米等その他の国においては、法令ではなく独自にガイドラインを示すこと等による対応を行っているか又は全く対応していない状況にある。なお、EU指令において法令化が求められている背景には、元々独立している国である各EU加盟国間で統一的な取り扱いを実施させるための必要性に基づいているものと思われる。

<p>イ. 我が国の航空会社において、妊娠中の女性の航空機乗務員等に対してはどのように対応されているのか？</p> <p>○日乗連の意見</p> <p>妊娠中の女性の航空機乗務員等について、胎児への放射線影響が最も大きいといわれる妊娠初期では、妊娠の自覚がないことが心配である。</p>	<p>航空法施行規則等により、妊娠中の女子運航乗務員の搭乗は許可されていない。</p> <p>また、JAL 及び ANA においては、運航・客室乗務員共に、妊娠確認（本人からの申告）から乗務復帰可能（産業医の判断）と認められるまでの間は、乗務資格が一時停止とされる。</p> <p><del>胎児に放射線影響の出る線量（100mSv 以上）*を被ばくするまでには、相当な時間を要し、それまでには妊娠に気付くと考えられる。</del></p> <p><del>※出典：ICRP Publication 60</del></p> <p><u>女性の航空機乗務員等に対して、胎児への放射線影響についての教育を行い、認識を持ってもらうことが重要ではないか。なお、ICRP Pub.60 では、胎児に放射線影響の出る線量は 100mSv 以上としている。</u></p>
<p>ウ. 日本人宇宙飛行士等の宇宙線被ばくはどのように管理されているのか？</p>	<p>&lt;被ばくの種類&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・宇宙飛行による宇宙線被ばく</li> <li>・地上における放射線業務による放射線被ばく</li> <li>・航空機による高々度飛行訓練における宇宙線被ばく</li> <li>・国際宇宙ステーション（以下、ISS という。）搭乗宇宙飛行士に特有の医学検査による放射線被ばく</li> </ul> <p>&lt;被ばく線量の制限値&gt;</p> <p>宇宙航空研究開発機構（JAXA）では生涯実効線量制限値が宇宙飛行開始年齢階層別に定められている。</p> <p>女性：600～1,100mSv、男性：600～1,200mSv</p> <p>ISS に参加する各宇宙機関によりまとめられた Flight Rules（ISS 飛行時の運用手順書）には、飛行中止レベルが暫定的に定められている。</p> <p>骨髄等価線量：0.25Sv/30day, 0.5Sv/y</p> <p>&lt;被ばく管理&gt;</p> <p>太陽地球圏の宇宙環境及び ISS 放射線環境を地上で連続監視。独立行政法人情報通信研究機構の宇宙天気予報も利用。<u>（米国では米国海洋大気庁(NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration)</u></p>

において、日本と同様の予報業務が行われている。)

個人被ばく線量の評価については、ISS 滞在中は常時 NASA の個人線量計を装着。

<教育訓練>

放射線防護の基礎及び実務の知識について教育訓練を行う。(6時間以上)

ISS 搭乗前には、飛行した場合の発がん等のリスクについて説明を行い、そのリスクがあっても搭乗するという意思を同意書により確認する。

<健康診断>

- ・宇宙飛行士に放射線障害が発生していないことの確認
- ・宇宙飛行士としての医学的適性の確認
- ・実際に線量制限値を超えるような被ばくがあった場合の情報提供

<p>Ⅲ. 一般的な放射線防護の考え方について</p>	
<p>1. ICRP 勧告における航空機乗務員等の宇宙線被ばくの取り扱い</p>	
<p>ア. ICRP の放射線防護体系の基本的な考え方はどのようなものか？</p>	<p>従来、通常レベルの自然放射線は放射線防護の対象外としてきたが、1990年勧告から、線源あるいは被ばくの管理の可能性に注目し、自然放射線であっても管理可能なものは放射線防護の対象とした。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・放射線防護の目的 <p>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であり、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するための、合理的な手段を確実に取ることを目指す</p> </li> <li>・行為 <p>放射線被ばくを増加させる人間活動のこと。行為に対する放射線防護体系には、①行為の正当化（放射線関係以外の損害も含めた全損害を相殺するのに十分な便益をもたらすよう行為を選択すること）、②防護の最適化（経済的、社会的要因を考慮に加えたうえ、被ばくの生ずる可能性を合理的に達成できるかぎり低く保たれることを確実にすること）、③線量限度（行為の結果生じる被ばくは線量限度に従うこと）の3つがある。</p> </li> <li>・介入 <p>放射線被ばくを減少させる人間活動のこと。介入に対する放射線防護体系には、①介入の正当化（提案された介入は、害より益の方が大きいものであること）、②防護の最適化（介入のかたち、規模等は線量低減の便益から介入による損害を差し引いたものが最大となるよう最適化）、の2つがある。</p> <p>なお、線量限度は行為の管理に使うことを意図したものであり、介入には適用されない。それは、線量限度を根拠として介入を決定した場合の便益と、「介入の正当化」の原則により、正味の便益が得られるよう選択された介入による便益とが釣り合わない場合が発生するためである。</p> </li> </ul>

	<p>ただし介入においては、事故と緊急時のあとの使用に備えて、介入レベルが定められている。</p>
<p>イ. Pub.60, Pub.75 において、航空機乗務員等の宇宙線被ばく防護はどのように記載されているのか？</p>	<p>&lt;Pub.60&gt;      委員会は、以下の場合にのみ、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必要があるべきであると、勧告する</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ジェット機の運航</li> </ul> <p>&lt;Pub.75&gt;      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路の典型的な線量率とから導かれるべきである。他に実地的な制御手段がないため、指定区域<sup>*</sup>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うる。</p> <p>※管理区域や監視区域のこと</p>
<p>ウ. 一般公衆の介入レベルはどのように記載されているのか？</p>	<p>&lt;Pub.82 長期放射線被ばく状況における公衆の防護&gt;</p> <p>100mSv <u>以上</u> : 介入が正当化されるレベル      10-100mSv : 介入が必要かもしれないレベル  <u>1-10mSv : 介入が正当化されそうにないレベル</u>      1 mSv <u>以下</u> : 介入免除レベル</p> <p>航空機に年間 1000 時間搭乗した場合の被ばく線量 (<u>約 5 <del>6</del> mSv</u>) は、公衆の介入免除レベル (1 mSv <u>以下</u>) よりは大きい、介入が必要かもしれないレベル (10-100mSv) より小さい。</p>

<p>エ. 妊娠中の女性乗務員の宇宙線被ばく防護はどのように記載されているのか？</p>	<p>&lt;ICRP Pub.75 5.1.3 節 ジェット機中の宇宙線&gt;</p> <p>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、胎児に対してさらなる防護手段を行使する理由はない。</p> <p>○3.3.6 節 女性の職業被ばく</p> <p>作業者が妊娠したとわかったときは、胎児についてもっと高度の防護基準を勧告する。</p> <p>妊娠申告後の妊娠作業者の作業条件は、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おおよそ 1 mSv を超えることがないようにすべきである。</p> <p>妊娠女性の被ばく条件は雇用主により注意深く観察されるべきである。とくに、彼女らが偶発的な高線量被ばく及び放射性物質摂取の可能性が少ない職種に就かせるべきである。</p>
<p>2. 我が国の既存の法令において、宇宙線被ばくはどのように扱われているのか？</p>	<p>&lt;放射線障害防止法&gt;</p> <p>自然放射線による被ばくは規制の対象から除外されているので（数量告示第 24 条）、宇宙線は規制対象外である。</p> <p>&lt;航空法&gt;</p> <p>宇宙線は規制対象外である。</p> <p>&lt;労働安全衛生法&gt;</p> <p>電離放射線障害防止規則で定める放射線業務には、宇宙線に係るものはないことから、規制対象外である。</p>
<p>3. 我が国において、自然放射性物質（NORM）による被ばくについてはどのように対応されているのか？</p>	<p>&lt;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」&gt;</p> <p>自然放射性物質による被ばくも放射線防護を目的とした規制の対象とすべきと考えられる。しかし、自然放射性物質は放射能濃度に大きな幅があり、免除レベル濃度を設定してそれを超えるものをすべて規制する</p>

という方法をとることは困難である。また、産業に利用される原材料に含まれる自然放射性物質は、放射性物質として作られたものではなく、その放射性を意図して用いられてはいない。

さらに、自然放射性物質を含む各種原材料は、過去から長く利用されており、「すでに被ばくの経路が存在している」と考えられるので、「介入」の対象としての要素が大きい。ICRPでは、「介入」の対象に対して、規制の規準も「行為」のそれとは異なるものが提案されている。より適切な規制を行うことにより、効果的なリスクの軽減が期待される。

以上の観点から、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規制の方法や免除又は介入免除について、被ばく線量に基づいた方法で対応する必要があると考えられる。

(参考)

自然放射性物質による被ばく線量が1 mSv/年を超える場合、法令に基づく規制は不要であるが、リスクマネジメントの観点から、ガイドラインを示して自主的な管理を促すような介入レベルの対応が必要である。

<p><b>IV. 航空機乗務員等における宇宙線被ばくの管理について</b></p>	
<p>1. 航空機乗務員等の宇宙線被ばくへの対応の必要性及び対応方法（システムの運用方法）</p>	
<p>ア. 航空機乗務員等の宇宙線被ばくを新たに規制の対象とする必要があるのか？また、制限値を設定する必要があるのか？</p>	<p>航空機に年間1000時間（日本の航空会社の就業規程による年間最大乗務時間数は年間900時間程度）搭乗した場合に推定される最大被ばく線量（約5 mSv）は、ICRP Pub.82 の長期被ばくによる一般公衆に対する防護レベルの「介入免除レベル」（1 mSv）よりは大きい、「介入が必要かもしれないレベル」（10-100 mSv）よりは小さい。</p> <p>また、太陽フレアによる線量変化を考慮しても、<del>については、太陽フレア発生後に宇宙天気予報などの情報を利用することにより、予め極大となる時期等を予測し、航空機への乗務時間等を調整することによって乗務員等の宇宙線による被ばく線量を乗務員等の乗務時間を制限することによって、十分、年間5 mSv 程度までに抑えることも重要ではないか。</del><del>に被ばく線量を制御できる。</del></p> <p>さらに、宇宙線被ばくは自然放射線（<del>ラドン、NORM等</del>）によるものであり、すでに存在する被ばく経路である。他の自然放射線（<u>ラドン、NORM等</u>）からの被ばくの管理方法との整合性を図る必要もあり、法令による規制の対象とする、及び制限値を設定する必要はないのではないか。しかしながら、本WGの議論を十分踏まえた対応が事業者の自主的な取組み（例えば、自主基準として年間5 mSvを設定し、これを目標に管理を行う等）により、航空機乗務の現場に生かされることが重要ではないか。</p>
<p>イ. 航空機乗務員等への宇宙線被ばくに関する説明と教育はどうするか？（方法・内容・時期）</p> <p>○日乗連の意見</p> <p>飛行実績に基づいて、航空機乗務員がどの程度被ばくしているのかを常に知っておきたい。航空機乗務員に対する適切な教育・管理をして欲しい。</p>	<p>宇宙線被ばくに関する知見を教育訓練の中に盛り込み、乗務員等への説明に意を払うことが重要ではないか。</p> <p>被ばく防護のための航空機乗務員等への教育は必要ではないか。</p>

<p>ウ. 航空機乗務員等の宇宙線による被ばく線量の評価はどうするのか？</p>	<p>諸外国の被ばく線量の評価においては、計算による評価が多く実施されており、我が国における評価においても、<u>線量を計算により求め、通常は、計算による線量評価を行い、必要に応じて実測により校正を行うなど、その精度に留意すれば十分管理可能であると考えられるため、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に行われるような被ばく管理は必要ないと思われる。</u></p>
<p>エ. 航空機乗務員等の宇宙線による被ばく線量の通知、記録及び保存はどうするのか？</p>	<p>乗務時間、航路を管理することによって、被ばく線量管理が可能と考えられる。航空会社は航空機乗務員等の乗務時間、航路から被ばく線量を計算し、航空乗務員等がいつでも被ばく線量を閲覧できるようにするのが適当ではないか。その際、個人情報の保護にも適切な配慮が必要なことは言うまでもないこと。</p>
<p>オ. 航空機乗務員等の健康管理はどうするのか？</p>	<p><u>航空機乗務員等の被ばく線量は、健康影響が発生するレベルの被ばく線量ではなく、従前より定期的に一般健康診断も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のではないか。</u>しかしながら、各個人の被ばく線量がどの程度であるのかを各人が把握し、必要な場合にはコンサルテーションが受けられる体制が望ましい。</p>
<p>カ. 今後の航空機乗務員等の疫学調査は必要か？ ○日乗連の意見 航空機乗務員等の宇宙線被ばくに関する疫学調査等の調査研究をして欲しい。</p>	<p><u>関連する疫学調査を考慮に入れることは重要であるが、乗務員等の健康管理については、従前より定期的に健康診断が行われており、宇宙線被ばくについても、今後教育訓練等において十分な説明がなされるのであれば、今回の議論を機に航空機乗務員を対象とする疫学調査を新たに開始する意義及び必要性は低いのではないかと考えられるが、低線量の影響については、専門家の間でも様々な考え方があり、今後とも関連する情報を適切に入手することは重要ではないか。</u></p>
<p>2. 国際的整合性</p>	
<p>我が国の航空機乗務員等の宇宙線被ばくへの対応は、諸外国の対応と比較してどうか？</p>	<p>諸外国の対応はさまざまであるが、それらの実態を踏まえて、ほぼ同じレベルでの技術的基準を満たすようガイドラインを示すことにより、国際的な整合性に配慮することができるのではないかと考えられる。</p>