

『サイエンスカフェ』

主 催 : 日本学術会議
日 時 : 平成29年7月28日(金) 19:00~20:30
場 所 : 日本学術会議5階5-A(1)(2)会議室
テ ー マ : 宇宙における長期滞在と放射線防護
講 師 : 永松 愛子さん(宇宙航空研究開発機構(JAXA) 報道・メディア課長/博士(工学))
ファシリテーター : 渡辺 美代子さん(日本学術会議会員、国立研究開発法人科学技術振興機構副理事)
参加人数 : 13名

宇宙飛行士の軌道上での滞在期間は、宇宙放射線による被ばく線量によってのみ制限される。そのため、宇宙飛行士の長期滞在化を図るためには、宇宙放射線による被ばく線量の低減が最も重要な課題となる。宇宙飛行中の人体深部への被ばく影響は、国際宇宙ステーション(ISS: International Space Station)の滞在日数を制約するのと同様に、有人惑星探査ミッション期間をも定義するものになる。

地磁気圏外における宇宙放射線の構成成分の大半は、一次宇宙線源である太陽粒子線(SEP: Solar energetic particles)および銀河宇宙線(GCR: Galactic Cosmic Ray)由来の陽子の寄与による。また、これらの一次宇宙線源と船体や搭載物との相互作用から発生する二次宇宙線として中性子や低エネルギーの陽子が、全吸収線量の30~50%程度の寄与を占める。

2030年以降の月面および火星表面を想定した将来有人探査の安全な実現に向け、宇宙放射線に対する遮蔽・防護技術の取組(①宇宙飛行士の被ばく量の正確な計測・予測、②宇宙放射線の効果的な遮蔽防護技術の構築、③生涯実効制限値の緩和: 生体影響のリスク評価の見直し)について研究開発を行っている、将来有人探査における有人居住モジュールの遮蔽設計や宇宙飛行士の生涯被ばく線量制限値(滞在期間の設定制約となる)の設定に向け、地磁気圏内・外での線量実測とともに、地磁気圏外の被ばく線量予測の精度向上に向けた取り組みについて紹介する。

◎導入

ファシリテーターの渡辺さんより、講師の永松さんについての紹介があった。

続いて、進め方についての説明がなされ、活発に意見交換をしていきたいため、質問等についてはその都度ご発言いただいて構わない旨が伝えられた。

(以下、その時々発言を◆-参加者、○-講師として一部紹介)

その後、講師の永松さんより、改めて自己紹介があった。



(左：講師・永松愛子さん、右：ファシリテーター・渡辺美代子さん)

◎話題提供の主な事項

□JAXAについて

- 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構。
- 職員数は、1500名程度。
- 全国17か所の研究所・試験設備センターがあり、海外に5か所の拠点がある。
- 監督省庁は、主に3つ（内閣府・文部科学省・経済産業省）。

(ここで参加者より質問あり)

- ◆-私の記憶だと、最後の野田政権の時に宇宙基本法が変わって、戦略本部が内閣府の下に入った時に、防衛省がその下に入ったと思うが、JAXAと防衛省というのは今どういう関係なのか。
- いくつかの共同研究と、防衛省が持っているファンディングを使った基礎研究を行っている。ただし、基礎研究については、防衛目的ではなく、あくまでも航空技術に限った内容の基礎研究をしている。

◆-私が見た時には防衛省も監督省庁として入っていたように思うが。

○-現在の監督省庁としては、防衛省は入っていない状況。

□宇宙放射線について

-宇宙空間では、宇宙放射線が飛び交っている。

-非常に高エネルギーの放射線のため、船内にいても船壁を突き抜けて放射線が入ってくる。

(ここで参加者より質問あり)

◆-壁を突き抜けて、とおっしゃっていたが、突き抜けるということは γ 線のことを考えているということでしょうか。

○-X線・ β 線・ α 線とは全く違う放射線の線種がある。

-国際宇宙ステーションの特徴の1つとして、宇宙放射線環境下にあるということが挙げられる。

-国際宇宙ステーションには、銀河宇宙線・補足粒子線・太陽粒子線という3つの宇宙放射線源がある。

-3つの宇宙放射線源は、船壁と相互作用(核反応)し、より小さな粒子に変化する。

-宇宙放射線には、以下の3つの特徴がある。

・生物影響が高い高LET放射線を多く含んでいる。

・360度あらゆる方向から入射する。

・宇宙環境における線量率が、地上における線量率の数百倍となる。

(ここで参加者より質問あり)

◆-高LETとおっしゃったが、高LETとはどういうことか。

○-入った時にエネルギーをたくさん落としやすい線種のこと。

-宇宙放射線は、宇宙飛行士にとって生命線となる。宇宙放射線による被ばく線量が制限値に達すると宇宙飛行士は引退ということになるため、被ばく管理というのが非常に重要になる。

-線量制限値は、リスク計算に基づいて年齢・性別ごとに定められている。

-宇宙飛行士の線量は、物理的に測ることのできる吸収線量の他に、人体全体に換算するとどのくらいの線量になるのかといった実効線量・等価線量をもとに評価される。

□宇宙放射線環境の計測・予測について

- 各国のモジュールにおいて、被ばく管理担当が様々な線量器を使って宇宙飛行士の線量評価を行っている。
- PADLES (Passive Dosimeter for Life science Experiments in Space) の中には、CR-39 というプラスチックの板とTLD (熱蛍光線量計) という2つが入っている。この2つを組み合わせ、被ばく線量を測る。
- TLDは主に陽子を、CR-39は主に重粒子を測定する。

□有人探査における遮蔽防護の検討状況について

- JAXAでは、以下のような火星ミッションを想定している。
 - ・ 宇宙飛行士の人数：6名
 - ・ ミッションの期間：940日 (滞在500日、往復440日)
- ISSでの滞在期間 (約180日) に比べて倍以上の滞在期間であることに加え、宇宙放射線の影響がより高い地域であるため、どのようにして宇宙飛行士を安全に送り込むかということが重要な検討課題となる。
- 宇宙飛行士の被ばく線量の低減を図るため、以下の7つの項目を柱として検討・対策を進めていくことが重要である。
 - ・ 高速移動技術による飛行期間の短縮化
 - ・ 厚い壁 (パッシブな遮蔽) の使用
 - ・ 磁界を発生するようなアクティブシールドの使用
 - ・ 被ばく線量の制限値の見直し
 - ・ 各国宇宙機関ごとの被ばく線量制限値の一本化
 - ・ 計測機器の精巧化
 - ・ 宇宙天気と連携した線量予測シミュレーションモデルの構築

◎参加者からの質問

(↓質疑の様子)



(以下、◆-参加者、○-講師として一部紹介)

- ◆-太陽フレアの際に、壁の厚い部屋で皆で避難するという話を聞いたことがあるのだが、そういう部屋はあるのか。
- 国際宇宙ステーションでは、ロシアモジュールが船壁の厚い構造になっている。また、国際宇宙ステーションでは、いくつか緊急退避という事象がある。これまで何度か退避の警告が出たことはあるが、本当により緊急の際には、ソユーズを使って地上に戻ることが可能。ただ、実際に緊急退避システムが稼動したことはこれまで一度もない。
- ◆-国際宇宙ステーションには、現時点ではリアルタイムで放射線量を測れるものはないのか。
- 海外の装置としてリアルタイム線量計がある。ただ、測定精度が各国まちまちで、ブラインド実験をした時にどこかの国が損をし、どこかの国が得をするような線量計だったため、精度を高いものにするということが国際協力の中で行われてきている。
- ◆-先ほど、太陽フレア等の話で、緊急退避の仕組みはあるが実際に行われたことはないとおっしゃっていたが、壁の厚いところに逃げるといったことも行われたことはないのか。
- 実際に脱出して地上に戻ったことはないが、壁の厚いところに逃げるといったことはしたことがある。
- ◆-線量を半分くらいにできる厚い壁とかはあまり存在しないのか。
- 壁の厚いロシアモジュールでも20~30%ほどは減らせるが、ロシアモジュールの中でも窓が作られた場所があり、そこにはりついてしまうと線量が逆に高くなるということもある。そういう部分については現在シールド壁を貼る等対応を行っているが、場所による依存性がやはり非常に高い。

- ◆-現在国際宇宙ステーションは地球のところにあると思うが、火星や月に行く時は外の線量はざっくりどれくらい上がるのか。
- バンアレン帯を突き抜ける時に船外に線量計が置かれたことはなく、粒子カウンターしか置かれたことがないため、どれくらいかは分からないが、粒子個数としてはものすごい数がある。

- ◆-宇宙飛行士が生涯浴びられる線量の制限値は、初めて宇宙飛行を行った年齢や男女といった性別によって異なるという話があったが、男女で制限値が異なる根拠は何なのか。
- 男女で異なるのは、妊娠のリスクがあるということと、若い女性の方がリスク評価が高いということが根拠として挙げられる。
- ◆ (ファシリテーター：渡辺先生) -今の質問に関連してだが、女性の臓器の問題とかではないのか。
- 臓器だけではなかったと思う。モデルに何を使うかによって、ここも変わってきてしまう。

- ◆-年代が上がっていくことにつれて、男女間で生涯実効線量制限値の差が大きくなるのはなぜか。
- ◆-地上では、女性より男性の方ががん患者が多く、男性の方ががんになりやすいとされているため、男性の方が制限値は低くなるように思われるが、ここで逆に出ているのはなぜなのか。
- 疫学データから出てきたリスク評価表は既存のものを使っているため、分からない部分も多い。

- ◆-引退された宇宙飛行士の中で、今まで最大で何mSv浴びているかといったことは分かっているのか。
- 被ばく管理を行っているため、もちろん分かっているが、個人情報のためクルーについて申し上げることはできない。

- ◆-宇宙飛行士は人数が少ないため疫学調査ができるかは分からないが、月に行って帰ってきた方と国際宇宙ステーションまでしか行っていない方ががんの発症率の違いなどについての研究はあたりするなのか。
- 昨年、アポロの宇宙飛行士の疫学データを使って心臓病が多いという内容を記した論文があったが、それを否定する論文が出るなど、かなり論争になっている。