

宇宙環境における放射線防護材の遮蔽効果の研究

Study of Radiation Shielding by Materials for Radiation Protection in Space

量研¹, 三菱重工², 東北大金研³, 東北大 WPI-AIMR⁴ ○内藤 雅之¹, 小平 聡¹,
小川原 亮¹, 飛田 健次¹, 染谷 洋二¹, 楠本 多聞¹, 草野 広樹¹, 北村 尚¹, 小池 政宗¹,
内堀 幸夫¹, 山中 昌弘², 御子柴 稜², 遠藤 稔明², 清野 直樹², 萩原 裕介², 児玉 浩明²,
松尾 忍², 鷹見 保博², 佐藤 豊人³, 折茂 慎一^{3,4}

National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology.¹, Mitsubishi Heavy
Industries, Ltd.², Institute for Material Research, Tohoku Univ.³, WRI-Advanced Institute for
Material Research, Tohoku Univ.⁴ ○Masayuki Naito¹, Satoshi Kodaira¹, Ryo Ogawara¹,
Kenji Tobita¹, Yoji Someya¹, Tamon Kusumoto¹, Hiroki Kusano¹, Hisashi Kitamura¹,
Masamune Koike¹, Yukio Uchihori¹, Masahiro Yamanaka², Ryo Mikoshiba², Toshiaki Endo²,
Naoki Kiyono², Yusuke Hagiwara², Hiroaki Kodama², Shinobu Matsuo², Yasuhiro Takami²,
Toyoto Sato³, Shin-ichi Orimo^{3,4}

E-mail: naito.masayuki@qst.go.jp

宇宙は銀河宇宙線や太陽粒子線が直接降り注ぐ過酷な放射線環境である。現在、有人宇宙活動の拠点である国際宇宙ステーションに続く有人探査に向け、月周回ゲートウェイを拠点とした月面・火星・深宇宙の探査が構想されている。これまでに人類が宇宙滞在してきた地球低軌道では宇宙放射線の一部は地球磁気によって遮蔽されているため、乗組員はこれまでより高い線量率に曝されることになる。よって、宇宙放射線による被ばく量を効果的に抑えることは有人宇宙探査の実施期間の制約を緩和することにつながり、将来の宇宙探査において重要な要素である。本研究では、放射線防護材の物質を 2 つの物理的パラメータで評価するとともに、実験と数値シミュレーションによる実証を行った。

1 つ目のパラメータは物質の阻止能 S で、入射粒子の減速に寄与する。 S は Bethe-Bloch の式によって求められ、

$$S \propto NZ_T, \quad S/\rho \propto Z_T/A_T,$$

である。 N, Z_T, A_T, ρ はそれぞれ物質の単位体積中の原子数、平均原子番号、平均質量数、密度である。2 つ目のパラメータは破砕反応の断面積 σ であり、入射粒子の電荷減少と二次粒子の生成に寄与する。 σ は原子半径に依存するため、

$$\sigma \propto A_T^{2/3}, \quad \sigma/\rho \propto A_T^{-1/3},$$

である。 Z_T/A_T は水素を除く多くの物質では概ね 1/2 であり、 $A_T^{-1/3}$ は原子量に対して単調に減少する。よって、質量当たりの遮蔽効率は水素を多量に含む軽い物質ほど高い。高遮蔽効率で高密度の物質が存在すれば理想的だが、一般に水素に富む物質は密度が小さい。そのため、放射線防護に最適な素材は設置箇所の質量的・体積的な制限に依存するといえる。特に有人宇宙機ではこれらはともに制限されているため、最適な物質の選定は防護材以外の用途も勘案して慎重に行うべきである。

発表ではこれらのパラメータに実験と数値シミュレーションによる評価を加えて議論を行う。