原子核乾板中の銀ナノ粒子の安定化による宇宙線 Imaging の向上

Enhancing Cosmic-Ray Imaging by Stabilization of Ag nanoparticles in Nuclear Plates

日本写真学会 [1]，名古屋大学 [2]、東京工芸大 [3]　○谷　忠昭 [1]，西尾　晃 [2]、内田孝幸 [3]、森島邦博 [2]

Soc. Photogr. Imaging, Jpn. [1], Nagoya Univ. [2],Tokyo Polytech. Univ.[3],

○Tadaaki Tani[1], Akira Nishio[2], Takayuki Uchida[3], Kunihiro Morishima[2]

E-mail: tadaakitani@mbr.nifty.com

＜緒言＞宇宙線イメージングは厚い物質を透過する muon を原子核乾板で捕えて大きい構造物の内部を撮像する [1)]。Muon は原子核乳剤中でゼラチンに懸濁された AgBrI 粒子上に銀ナノ粒子からなる像（潜像）を形成する。潜像が形成された AgBrI 粒子は現像で Ag 粒子（飛跡）となる。感度は粒子密度（N；飛跡 100μm 中の現像 Ag 粒子数）で表す。観測時間（t）が長い（数ヵ月）ので、その間に形成された潜像を安定に保つことが重要な課題である。前報に続き本報では潜像形成の機構に基づき退行の機構を提案し、ゼラチンと新規添加剤の効果を分析して機構を検証した。

＜理論＞潜像形成機構 [2)]によれば潜像中心は+1/2 価のサイトに形成され（$Ag_n^{+1/2}$ で表す）、電子過程①（$Ag_{n-1}^{+1/2} + e^- \rightarrow Ag_{n-1}^{-1/2}$）とイオン過程② ($Ag_{n-1}^{-1/2} + Ag^+ \rightarrow Ag_n^{+1/2}$) を経て生成する。この機構を基に前報で潜像退行はイオン過程③ ($Ag_n^{+1/2} \rightarrow Ag_{n-1}^{-1/2} + Ag^+$)と 電子過程④ ($Ag_{n-1}^{-1/2} \rightarrow Ag_{n-1}^{+1/2} + e^-$) の繰り返しで起こると提案し [3)]、潜像退行を抑制する添加剤 I （N ｱﾘﾙﾍﾞﾝｿﾞﾁｱｿﾞﾘｳﾑ塩）が Ag の耐酸化性を損なわずに強く吸着して③を抑制することを確認して機構を検証した。

④の過程においては、$Ag_{n-1}^{-1/2}$ が熱的に電子を AgBrI 粒子の伝導帯へ放出して潜像退行する場合には零次反応となり、N が t に対して直線性を示す。$Ag_{n-1}^{-1/2}$ が照射に依らずに存在する酸化剤と遭遇して電子を失い潜像退行する場合には一次反応となり、N の対数が t に対して直線性を示す。$Ag_{n-1}^{-1/2}$ が照射で AgBrI 粒子に発生した正孔から生成した Br_2 によって再ハロゲン化することにより潜像退行する場合には潜像退行は二次反応となり、1/N が t に対して直線性を示す。

＜実験＞乳剤膜は約 200nm の AgBrI 粒子からなり、感度向上のため粒子の体積比率を最大化した。最小電離粒子の Muon を simulate するために数十 MeV の電子線を照射した。現像液には XAA を用いた。Ag と AgBrI 粒子の物性測定には理研計器製大気中光電子分光器(AC-2)を用いた。

＜結果と考察＞AgBrI 粒子体積が 55％の場合には顕著な潜像退行が観測され、1/N は t に対して直線性を示し、潜像退行は照射で発生した正孔から生成した Br_2 による再ハロゲン化であることが分かった。この潜像退行は粒子体積比が 40％では著しく弱くなったことから、ゼラチンが Br_2 の再ハロゲン化を抑制することが分かった。粒子体積比 40％では N の対数と t は概ね直線関係で潜像退行が一次反応であることを示したが、数日以内の潜像退行には両者が混在した。ゼラチン最少化での潜像退行である。検証された機構に基づき潜像安定化への施策を考察し、提案する。

＜謝辞＞ I の開示の許諾に対して柳原直人氏（富士フイルム R&D 統括本部長）に感謝する。

【文献】[1)] K. Morishima et al., Nature, 552(2017)386-390, [2)] T. Tani, Photographic Science, Oxford Univ. Press, 2011, [3)] T.Tani et al., Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A 975 (2020) 164163.

© 2021年 応用物理学会