

日本海沿岸における冬の雷や雷雲に伴う放射線観測

Radiation measurements associated with lightning and thunderclouds in winter at the coastal area of the Japan Sea

*土屋 晴文¹, 榎戸 輝揚², 和田 有希^{3,4}, 古田 禄大³, 中澤 知洋³, 湯浅 孝行⁵, 奥田 和史³, 牧島 一夫⁴, 中野 俊男⁴, 楳本 大悟⁴

¹JAEA, ²京都大学, ³東京大学, ⁴理化学研究所, ⁵シンガポール

冬に雷が多発する日本海沿岸では、雷の発生や雷雲の通過に伴って高エネルギー放射線が観測されている。本発表では、これまでに明らかにした雷や雷雲における放射線発生メカニズムを解説するとともに、雷が光核反応を誘発し、中性子、陽電子及び酸素や炭素の放射性同位体を生成した事象についても報告する。

キーワード：雷, 雷雲, 粒子加速, ガンマ線, 中性子, 陽電子, 放射性同位体

1. 緒言

日本海沿岸地域にある原子力発電所や自治体が持つモニタリングポストにより、雷の発生や雷雲の通過に伴った放射線量の増大が観測されている。増大の原因は、雷や雷雲中の強電場により加速された電子が制動放射によってガンマ線を放出するためであると考えられていた。しかし、中性子や陽電子に由来すると考えられる信号を検出したという報告もあり、雷や雷雲の中で起こっている現象は、これまでの制動放射によるガンマ線の発生という単純な描像では全てを説明することが出来なかった。

2. 観測手段

2006年より、NaIやBGOシンチレータなどで構成された放射線検出器、大気電場計及び光検出器を柏崎刈羽原子力発電所構内の2地点に設置して観測を続けてきた。しかし、雷や雷雲の中で起こっている現象を解明するためには、観測データの品質化と観測地点の数を増やす必要があった。そのため、可搬性及び時間応答に優れた検出器システムを開発し、発電所構内の観測地点を2ヶ所増設するとともに金沢市と小松市などにも新たな観測拠点を構築した。

3. 結果と今後

2017年3月までの観測によって、放射線量の増大が数分ほど続くロングバーストと呼ばれる事象を27例、1秒程度かそれ以下のショートバーストを9例検出した。多くの場合、ロングバーストで観測されるガンマ線のエネルギーはおおよそ10~20 MeVであり、ガンマ線の大气伝播や検出器の応答を考慮したシミュレーションモデルとの比較により、観測されたエネルギースペクトルは相対論的なエネルギーにまで加速された電子の制動放射ガンマ線に由来するとして説明できる。一方、ショートバーストでは10 MeVのガンマ線が観測される事象は少なく、稀に511 keVの対消滅ガンマ線を伴うことがあった。2017年2月に観測されたショートバーストでは、対消滅ガンマ線に加えて、窒素の中性子捕獲ガンマ線も捉えることに成功した。捕獲ガンマ線と対消滅ガンマ線の同時観測は、雷が光核反応($\gamma + {}^{14}\text{N} \rightarrow \text{n} + {}^{13}\text{N}$)を引き起こし、中性子と短半減期核種である放射性同位体 ${}^{13}\text{N}$ を生成したと考えることで、うまく説明できる。この事象では ${}^{13}\text{N}$ に加えて、酸素や炭素の放射性同位体 ${}^{15}\text{O}$ や ${}^{14}\text{C}$ も生成されたと考えられる。今後は、どのような条件下で雷が光核反応を引き起こすのかを詳細に検証していく予定である。

参考文献

[1] Enoto et al, "Photonuclear reactions triggered by lightning discharge", Nature 551, 481-484 (2017)

*Harufumi Tsuchiya¹, Teruaki Enoto², Yuuki Wada^{3,4}, Yoshihiro Furuta³, Kazuhiro Nakazawa³, Takayuki Yuasa⁵, Kazufumi Okuda³, Kazuo Makishima⁴, Toshio Nakano⁴, Daigo Umemoto⁴

¹JAEA, ²Kyoto Univ., ³Univ. of Tokyo, ⁴RIKEN, ⁵Shingapore