

冬季の雷放電と同期したガンマ線フラッシュの定量評価

Evaluation of a Gamma-ray Flash coinciding with a Lightning Discharge during Winter Thunderstorms

*和田有希^{1,2}, 榎戸輝揚³, 中澤知洋⁴, 古田禄大⁵, 湯浅孝行,
中村佳敬⁶, 森本健志⁷, 松元崇弘¹, 牧島一夫^{1,2}, 土屋晴文⁵

¹東大理, ²理研, ³京大理, ⁴名大理, ⁵原子力機構, ⁶神戸高専, ⁷近大理工

衛星観測、および地上の放射線測定によって、雷放電に同期したミリ秒の「地球ガンマ線フラッシュ」が検出されている。原子力発電所のモニタリングポストも、北陸の冬季雷における放電に同期した線量の増加を検出している。我々は2017年11月に柏崎刈羽原子力発電所で観測された電離箱検出器の線量増加を解析し、我々の独自の検出器とモンテカルロ・シミュレーションを組み合わせることで、線量増加が地球ガンマ線フラッシュに由来するものであることを確認した。

キーワード：モニタリングポスト, 雷放電, ガンマ線フラッシュ

1980年代より雷活動に伴う放射線量の増大が観測されている。地球ガンマ線フラッシュ (Terrestrial Gamma-ray Flash: TGF) は雷放電に同期したミリ秒の高エネルギー現象で、ガンマ線天文衛星によって頻繁に検出されている[1]。一方で、我々は北陸地方で発生する冬季雷に由来した高エネルギー現象の地上観測を行っている[2]。2017年2月には柏崎刈羽原発にて、地上方向に放出されたTGFが大気中での光核反応 ($^{14}\text{N} + \gamma \rightarrow ^{13}\text{N} + \text{n}$ など) を誘発したことを観測した[3]。

日本海沿岸部に建設された原子力施設のモニタリングポストでも、冬季雷・雷雲に伴う線量増加が観測されている[4]。このうち放電に同期する増光では、NaI検出器に比べて電離箱のみが大きな線量増加を示す事例が報告されており、高線量によるNaI検出器での数え落としが指摘されている[5,6]。本研究では電離箱での線量増加がTGFに由来するという仮説をたて、他のTGF観測との比較を行った。

2017年11月24日には、柏崎刈羽原発に我々が設置した放射線検出器が、TGFによる飽和した信号と、光核反応によって生成された中性子に由来するガンマ線を検出した。同時刻に落雷が発生したことは、富山県入善町に設置した広帯域長波受信機とフランクリンジャンパンのJLDNによって確認された。この時刻帯には東京電力が柏崎刈羽原発内で運用する9箇所のモニタリングポストすべてで線量増加を捉えており、30秒線量率から計算した増加線量は電離箱で最大1.4 μGy 、IC検出器で1.6 $\times 10^4$ μGy であった。

モンテカルロ・シミュレーションにより、TGFで発生する電子とその制動放射の大気伝搬を計算して電離箱の観測結果と比較したところ、TGFによって10¹⁸–10¹⁹個の電子 (>1 MeV) が発生したと解釈できた。ガンマ線衛星で観測されるTGFでは10¹⁶–10¹⁹個の電子が発生すると推定されており[7]、今回の結果と整合する。このことから電離箱のみの増加は瞬間的でフラックスの大きいTGFに由来し、また冬季雷において地上方向へ放出されるTGFは、宇宙観測で検出されるものと同様の規模を有することが明らかとなった。

参考文献

- | | |
|---|--|
| [1] Fishman et al., <i>Science</i> , 264, 1313 (1994) | [5] 山崎ほか, 新潟県保健環境科学研究所年報, 第17巻, 94 (2002) |
| [2] Tsuchiya et al., <i>Phys. Rev. Lett.</i> , 99, 165002, (2007) | [6] 生田ほか, 放射能分析確認調査技術検討会 抄録集, 133 (2010) |
| [3] Enoto et al., <i>Nature</i> , 551, 481 (2017) | [7] Mailyan et al., <i>J. Geophys. Res.: Space Physics</i> , 121, 11, 346 (2016) |
| [4] Torii et al., <i>J. Geophys. Res.</i> , 107, 4324 (2002) | |

*Y. Wada^{1,2}, T. Enoto³, K. Nakazawa⁴, Y. Furuta⁵, T. Yuasa, Y. Nakamura⁶, T. Morimoto⁷, T. Matsumoto¹, K. Makishima^{1,2}, H. Tsuchiya⁵

¹U. Tokyo, ²RIKEN, ³Kyoto U., ⁴Nagoya U., ⁵JAEA, ⁶KCCT, ⁷Kindai U.