

平成 29 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：雷雲電場による電子加速の観測的研究：
海沿いの冬季雷雲と高山の夏季雷雲の比較
英文：Relativistic Electron Acceleration in Thunderstorm Electric Field

研究代表者 榎戸輝揚
参加研究者 和田有希、古田禄大、中澤知洋、土屋晴文、湯浅孝行、玉川徹、中野俊男、牧島一夫、松元崇弘、鈴木寛大、春日知明、樋口裕真

研究成果概要

本研究の目的は、小型で高性能な可搬型の放射線測定器を開発し、日本海沿岸や高山に設置することで、近年見つかってきた雷雲や雷にともなう高エネルギー現象の物理を解明することである。2017年度の高山観測は、7月13日から9月28日まで乗鞍岳宇宙線研究所で行った。和田、松元、樋口、中澤らを中心に、ガンマ線や熱中性子に感度をもつシンチレータを搭載した2台の装置を設置した。大有効面積の大型 CsI シンチレータ、Gd の中性子捕獲を狙った GSO/GAGG、大強度ガンマ線用 BGO、ノイズ判別用として参照用に結晶をつけない PMT などを利用した。残念ながら、現時点の解析において顕著なイベントは観測されていない。一方で、前年度の冬季観測において、2017年2月6日に柏崎で発生した雷に伴い放射線イベントが観測されていた。本年度はチームの総力をあげて、このイベントの詳細解析を行った。その結果、雷放電に伴って生じるガンマ線が大気中の窒素 ^{14}N と光核反応を起こし、不安定な放射性同位体 ^{13}N に壊変する現象の観測に成功し、論文として発表した(Enoto, Wada, Furuta, Nakazawa, Yuasa et al., Nature vol. 551, 481 2017)。雷放電の直後の数ミリ秒の間に、エネルギーの高い放射線が数多く到来し、測定器を飽和させた。これは、宇宙空間で検出されている Terrestrial Gamma-ray Flash (TGF) と呼ばれる雷に伴うガンマ線を地上で検出したものと考えられる。その後、40-60 ミリ秒の時定数で減衰する 10 MeV ほどまでのエネルギーをもつガンマ線残光が記録された。これは、光核反応によって大気中にばらまかれた中性子が、弾性散乱を繰り返しながら拡散し、大気中の窒素に吸収された時にでる即発ガンマ線として解釈できた。これらから 35 秒ほど遅れて、雷放電の発生地点の風下で 0.511 MeV の対消滅線が観測された。これは、光核反応で発生した窒素 ^{13}N がベータプラス崩壊するとき放出された陽電子が大気中で対消滅したものと考えられる。今回の成果は、雷が窒素や炭素の同位体を大気中で生成するという新しい知見を観測的に明らかにしたものであり、今後、同様の現象を日本海沿岸の冬季雷雲で調べることで定量的な議論が期待できる。今回の結果は、英国物理学会(IOP)の Physics World 誌が選ぶ Top Breakthrough 2017 に選ばれた。また、2017年12月8日に東京大学宇宙線研究所で行われた共同利用研究成果発表会では、和田が本成果の報告を行った。

整理番号 D05