

平成 22 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：エマルションチェンバーによる高エネルギー宇宙線電子の観測
 英文：Observations of high-energy cosmic-ray electrons with emulsion chambers

研究代表者 芝浦工業大学システム理工学部・教授・吉田健二

参加研究者 青山学院大学理工学部・講師・小林正、神奈川県立保健福祉大学・准教授・古森良志子、神奈川大学工学部・教授・立山暢人、ISAS/JAXA 大気球センター招聘研究員・河田二郎、東京大学宇宙線研究所・助教・大西宗博、東京大学宇宙線研・技術官・小林孝英、東京大学・名誉教授・湯田利典、東京大学・名誉教授・西村 純

研究成果概要

我々はエマルションチェンバー（ECC）を用いて、宇宙線源の同定や宇宙線加速・伝播機構の解明を行うために、1968 年から高エネルギー宇宙線電子の気球観測を行ってきた。ECC は、宇宙線源の解明にとって極めて重要な 1TeV 以上の電子直接観測で最も統計精度の高い観測結果を出している気球実験である（図 1）。

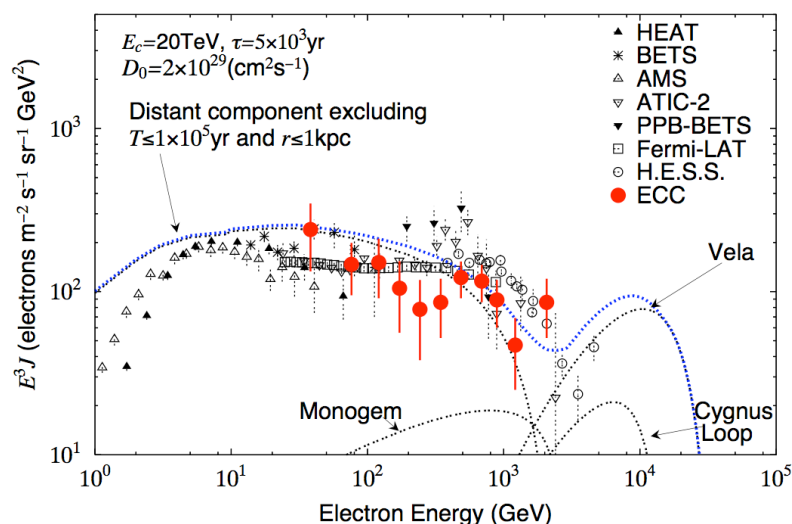
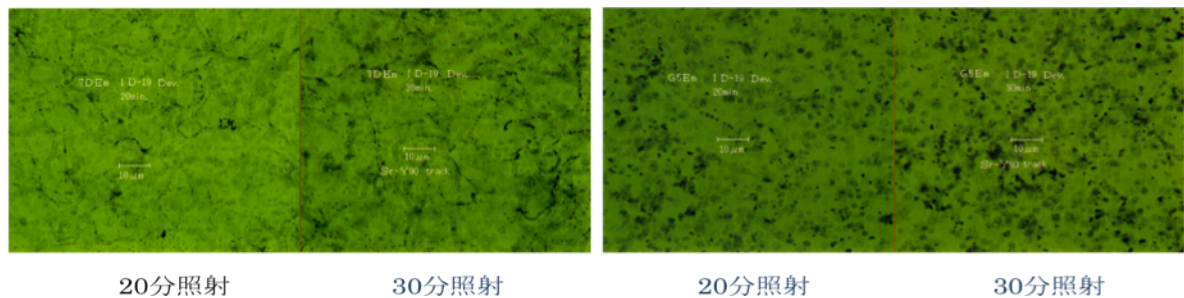


図 1：1968 年～1998 年までの ECC 気球観測データをまとめた電子エネルギースペクトル。

気球実験用の ECC については、富士フィルムが商業用の原子核乳剤の販売を中止したため使用を見合わせることにし、代わってイルフォード社製 G5 原子核乳剤 10（約 70 万円）を購入した。従来使用してきた富士フィルム ET-7D 原子核乳剤とイルフォード G5 原子核乳剤を用いて原子核乾板を製作し、 β 線源 Sr-Y90（最大エネルギー 2.28MeV）による電子照射テストを実施した。この性能評価テストで、従来使用してきた富士フィルム ET-7D では電子飛跡が記録されるが、イルフォード G5 では電子飛跡がほとんど記録されていないという結果を得た（図 2）。この結果から、イルフォード G5 は ECC 電子観測用には使用が不相当であると判断し、ECC による気球電子観測を終了することとした。



20分照射

30分照射

20分照射

30分照射

図 2 : 原子核乾板に記録された β 線源 Sr-Y90 による電子飛跡の様子。(左) 富士フィルム ET-7D、(右) イルフォード G5。それぞれ 20 分照射、30 分照射後の電子飛跡を示している。

これまで、ECC 電子観測のエネルギースペクトルは、1968 年から 1998 年までの解析結果を報告してきた (図 1)。今回、1999 年、2001 年に実施した ECC 気球電子観測の解析結果を新たに追加して、電子エネルギースペクトルを導出した。1999 年の ECC 気球電子観測は平均高度 $5.6\text{g}/\text{cm}^2$ で 14 時間 50 分の観測を行ったもので、2001 年の ECC 気球観測は平均高度 $5.5\text{g}/\text{cm}^2$ で 18 時間 26 分の観測を行ったものである。その結果、 SQT として 500GeV 領域で 38%、 1TeV 領域で 7% の増加になっている。また、気球実験による宇宙線電子エネルギースペクトルの導出では、バックグラウンドとなる大気電子スペクトルを差し引かなければならないが、前回報告したように、Dalitz decay ($\pi^0 \rightarrow e^+e^-\gamma$) まで取り入れて大気電子エネルギースペクトルを精密に計算した。そのため、数 100GeV 以上の領域で約 10% 大気電子スペクトルが増加している。なお、ECC では電子と同時に大気ガンマ線の観測も行っており、大気ガンマ線の観測データから大気電子フラックスを計算することから、M.C.シミュレーションの中で使用される核相互作用モデルや一次宇宙線 (陽子やヘリウム等) のフラックスに依存しないため、これらの不確定性の影響を受けずに大気電子フラックスを推定できる方法になっている。最終的な宇宙線電子エネルギースペクトルは、下記の power-law スペクトル

$$J_e(E) = (1.43 \pm 0.26) \times 10^{-4} \left(\frac{100\text{GeV}}{E} \right)^{3.26 \pm 0.11} / m^2 \cdot s \cdot sr \cdot \text{GeV}$$

で良く再現できることを確認した。この結果は従来とほぼ同様である。

2011 年度には、数 100GeV 以上の高エネルギー領域での LPM 効果を検証するため、乗鞍山頂での ECC の露出実験のデータ解析を行う予定である。従来の加速器を用いた LPM 効果の検証は 200GeV 程度までのエネルギーに限られており、一方過去の宇宙線を用いた LPM 効果の検証では入射粒子の識別が不十分である。我々の ECC による優れた入射粒子識別性能を用いることにより、世界に先駆けて TeV 領域の LPM 効果の検証を行うことが期待できる。また、高度 $730\text{g}/\text{cm}^2$ での 2 次宇宙線スペクトルの基礎データも提供することができる。

整理番号