

平成 26 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：ダブルハイパー核実験用原子核乾板の神岡地下施設の鉛ブロック箱内での保管
 英文：The storage of Nuclear Emulsion plates for the E07 experiment in the Kamioka mine.

研究代表者 仲澤 和馬

参加研究者 伊藤 宏紀、遠藤 陽子、金原 慎二、Myint Kyaw Soe

研究成果概要

通常の原子核より高密度な中性子星は、内部の chemical potential が Λ ハイペロンより高くなり、核子 (N) とハイペロン (Y) の混合状態が実現していると考えられている。この構造や性質を理解するには、 YN だけでなく YY 相互作用の理解が不可欠であるがその情報は、KEK-E373 実験で我々が発見した Λ 粒子を 2 個含んだダブルハイパー核 (${}_{\Lambda\Lambda}^6\text{He}$: Nagara event) と Ξ 粒子が深く束縛したグザイハイパー核 ($\Xi^{-14}\text{N}$: Kiso event) しかない。そこで今後実施予定の J-PARC E07 実験では、E373 実験の 10 倍の統計量でダブルハイパー核を検出し、核種構造に由来する不定性を除いて Λ 粒子間および Ξ 粒子と原子核との間の相互作用を決定する。

E07 実験は 2014 年 1 月よりビーム照射開始の予定であったが、2013 年 5 月に起きた J-PARC の放射能漏れ事故の再発防止のためのビームラインの改修により、ビーム照射は 2016 年度以降に延期となった。事故当時すでに発注済みであった原子核乾板の製作計画は 2014 年 1 月の照射予定に合わせており、2.1t におよぶ乳剤を冷蔵保管しておく場所が確保できなかったことから、納入された乳剤を乾板にすることが不可欠であった。しかし一方で乾板にするとその時点から大気や壁からのガンマ線被ばくによるコンプトン電子や、宇宙線の飛跡の蓄積が始まる。これらの蓄積量によっては照射するビーム量を抑えなければならず、当初予定したデータ量の取得が困難となる。そこで製作後の乾板の被ばくを最小限に抑えるべく神岡鉱山施設内に鉛ブロック箱の設置し、製作した乾板を保管させて頂いている。

現在、2 か月おきにモニター用乾板を取り出し、宇宙線とコンプトン電子飛跡の蓄積量を確認している。図 1 は宇宙線、図 2 はコンプトン電子の蓄積量である。表 1 にまとめるように、E373 実験においても同様に乾板を保管させて頂いており、異なる保管場所ではあるがその蓄積状況に大きな差はないため、おおむね良好に保管できていると判断している。

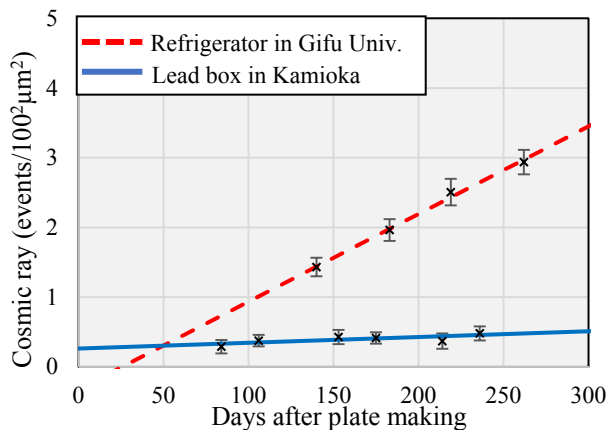


図 1. 宇宙線飛跡の蓄積量

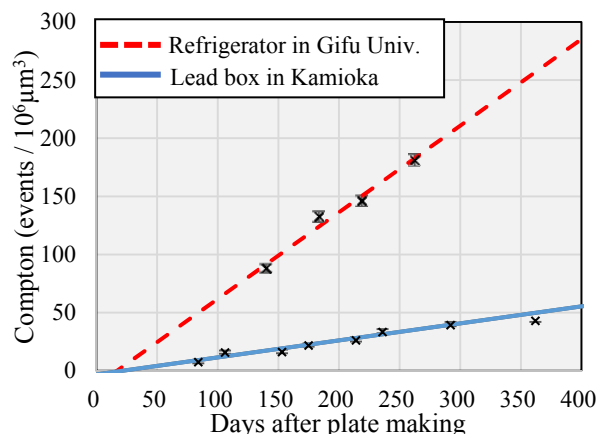


図 2. コンプトン電子飛跡の蓄積量

表1. 宇宙線とCompton電子の1日当たりの蓄積数の以前のものと比較

Location (day)		Cosmic ray (tracks/10 ⁴ μm ²)	Compton (tracks/10 ⁶ μm ³)
Refrigerator in Gifu Univ.		13.1 (±2.8)×10 ⁻³ Days	0.75 (±0.05) Days
Lead box at SK.	E07 (Jan. 2014~)	0.83 (±0.73)×10 ⁻³ Days	0.15 (±0.02) Days
	E373 (1999~2000)	0.45 (±0.01)×10 ⁻³ Days	0.14 (±0.01) Days

宇宙線は、大学内の冷蔵庫保管の場合には、その蓄積数が1年間で約4倍近くに増加するが、神岡鉱山内に保管すると地上での蓄積量の1割以下に抑えられる。コンプトン電子については、大学では1年間で約4倍に至るペースで蓄積が進むのに対して、神岡鉱山内の鉛箱内で保管した場合は大学の約2割程度まで蓄積量を削減できる。これらの増加傾向を観ると、鉱山内に保管中の乾板は2015年3月においてE373実験で使用した乾板の最大蓄積量の半分程度の蓄積量となっており、E07実験のビーム照射予定時(2016年4月ごろか?)にはE373実験と同程度の乾板性能が達成できると考えている。

原子核乾板の保管環境については、感度の低下などを引き起こさないために冷暗所であることが好ましい。鉛箱を設置させて頂いた部屋の室温は26°C前後とやや高めだったため、鉛箱の周囲を断熱剤で覆い冷風除湿機で温度を調節している。これにより鉛箱内部はE373当時と同様の17°C前後の温度を維持できるようになった。また冷風機の連続運転に不安があったことから、2015年2月6日より温度モニターを設置した。温度ロガーを鉛箱の上流(冷風機側)と下流に設置し、鉛箱内部と外部の計4か所で温度を測定し、温度ロガーから定期的送信されるデータはインターネットを通じて常時確認できる。これにより冷風機の故障による長期の稼働停止など、鉛箱内部の温度上昇に関わる問題に対して早急な対応が可能となった。なお、2月24日23時から翌日3時、25日9時から12時の2度にわたり表2に示すように温度ロガーの数値に変化が現れたが、その際は施設警備員の方から報告を頂き、復電後に電源を入れなおしていただき運転を再開していただいた。数時間の稼働停止による温度上昇に関しては致命的な影響を及ぼすまでには至らないが、異常時の早期対処のために定期的な温度変化の確認を継続する。

表2. 停電の前後における鉛箱内部及び外部の温度変化

power cut	Near side of the cooler		Far side of the cooler	
	Inside of the lead box	Outside of the lead box	Inside of the lead box	Outside of the lead box
Apr.23 at 11p.m.~3 a.m.	16.9 →17.3	14.8 →20.9	17.5 →18.2	16.5 →19.4
Apr.24 at 9 a.m.~12 a.m.	17.4 →17.7	15.0 →21.1	18.1 →18.6	16.8 →19.7

以上に見てきたように、神岡鉱山施設に保管をさせて頂くことが原子核乾板の性能維持にとって不可欠であります。原子核乾板はE07実験が成果を得るために極めて重要な検出器であり、このたび施設を利用して頂けることに感謝を申し上げます。

- 1) K. Nakazawa et al. "The first evidence of a deeply bound state of Xi⁻-¹⁴N system"
Prog. Theor. Exp. Phys. 033D02 (2015)
- 2) h. Itoh et al. "Mass Production of large-sized Nuclear Emulsion Plates for J-PARC E07"
The 2nd International Symposium on Science at J-PARC 2014. (in print)