

## 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：超新星背景ニュートリノの研究

英文：Study of Supernova Relic Neutrinos

研究代表者 岡山大学自然科学研究科（理）小汐由介

参加研究者 岡山大学・作田誠、石野宏和、伊藤慎太郎、樹林敦子、徐辰原、萩原開人、高平康史、東大宇宙線研・中畑雅行、岸本康宏、関谷洋之、竹田敦、池田一得、Lluis Marti、大阪大学・久野良孝、宮城教育大学・福田善之、神戸大学・竹内康雄、鈴木州、矢野孝臣、東京大学数物連携宇宙研究機構・Mark Vagins、Univ. Autnoma Madrid・Luis Labarga、Pablo Fernandez、Univ・California Irvine・Hank Sobel、Michael Smy、William Cropp、Jeff Griskevich、Muhanmad Elnimr、Pierce Weatherly、清華大学・Shaomin Chen、Yang Zhang、Linyan Wan

### 研究成果概要

**研究目的：**太陽の 8 倍以上の質量を持つ恒星はその一生の最後に超新星爆発を起こす。その際、爆発の 99% 以上のエネルギーはニュートリノによって宇宙空間にばらまかれる。1987 年 2 月に人類史上初めてそのニュートリノが検出された。宇宙に最初の星ができて以来、超新星爆発は約 1 秒に 1 回の頻度で絶えず起きており、その都度ニュートリノや重元素物質が宇宙にまき散らされている。このことは現在の宇宙には超新星爆発背景ニュートリノ（Supernova Relic Neutrinos, SRN）が大量に存在することを示唆している。一方、ニュートリノは超新星の芯から外に直接出ることができる唯一の素粒子であるので、超新星爆発のメカニズムや中性子星・ブラックホール形成過程を「見る」唯一の手段であると期待されている。本研究は超新星ニュートリノの観測を目的とする。

**研究方法：**この研究を従来のスーパーカミオカンデ実験(SK)で行うと同時に、200 トンタンクを使った硫酸ガドリニウム入り水チェレンコフ装置を使った実証実験を行い、SK にガドリニウムを溶かす実験計画（SK-Gd 実験）に繋げる。ガドリニウムは反電子ニュートリノと水中の陽子との反応により発生する中性子の検出感度が高く、ガドリニウムの SK への導入により SRN 信号と雑音事象との識別能力が飛躍的に高まる。本研究では、SK-Gd 実験で世界初の SRN の観測を目指す。

**H29 年度の研究成果：**200 トンガドリニウム水チェレンコフ検出器(EGADS)に最終目標である濃度 0.2%の硫酸ガドリニウムを溶かし、水質の長期安定性を確認した。2015 年 4 月から 2017 年 9 月の約 2 年半の期間に渡り、現行 SK 実験と同様のレベルの水質を保っていること、またその濃度もタンクの場所によらず一定であることを確認した。(図 1) また、硫酸ガドリニウムに含まれる放射性不純物についても、ウラン、トリウムともに目標値まで削減することに成功した。SK-Gd 実験に向けた SK 改修工事の計画を策定し、2018 年 6 月より工事を開始することが決定した。実験で使用する純水装置の建設も進んでおり(図 2) SK-Gd 実験に向けて着々と準備が進んでいる。また EGADS は SK 改修工事の代替機としても重要な検出器である。例えばベテルギウスなどの超近傍の超新星が起これば、200 トン検出器でも十分なニュートリノ事象(数万事象)が得られることを示し、さらに新たな電子回路を導入することで検出効率の向上を図った。これらの成果を国内外での様々な会議で報告した。

整理番号 A09

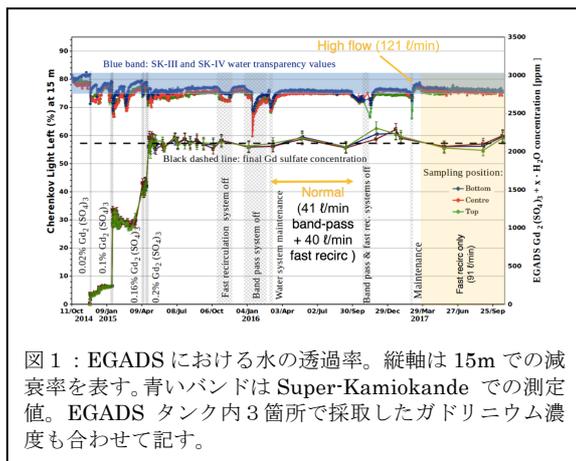


図 1 : EGADS における水の透過率。縦軸は 15m での減衰率を表す。青いバンドは Super-Kamiokande での測定値。EGADS タンク内 3 箇所所で採取したガドリニウム濃度も合わせて記す。



図 2 : 神岡地下施設内で建設中の SK-Gd 実験のガドリニウム水純化装置

発表論文 :

- [1] S. Ito et al., Determination of trace levels of uranium and thorium in high purity gadolinium sulfate using the ICP-MS with solid-phase chromatographic extraction resin. Prog. Theor. Exp. Phys. 113H01, 43 (2017)
- [2] H. Sekiya, (Super-K Collab.) Supernova neutrinos in SK-Gd and other experiments. Journal of Physics: Conference series, 888, 012041 (2017)

国際会議発表 (H29年度) 17件

- (1) Low Radioactive Techniques 2017, Seoul, Korea, May23-27, 2017, S.Ito, ICP-MS measurement.
- (2) International Session-Conference of SNP PSD RAS, Naichik, Russia, June 6-8, M.Nakahata, Results and prospects of underground physics research in Japan.
- (3) WIN2017, California, USA, June 19-24, Y.Takeuchi, Astrophysical neutrinos at Super-Kamiokande.
- (4) WIN2017, California, USA, June 19-24, M.Nakahata, 30 years after SN1987A.
- (5) EPS2017, Venice, Italy, July 5-12, L.Labarga, SuperK-Gd.
- (6) ICRC2017, Busan, Korea, July 12-20, L.Marti, SK-Gd.
- (7) ICRC2017, Busan, Korea, July 12-20, S.Ito, RI background reduction for SK-Gd.
- (8) ICRC2017, Busan, Korea, July 12-20, G.Pronost EGADS analysis
- (9) TAUP2017, Sudbury, Canada, July 24-28, H.Sekiya, SK-Gd and supernova neutrinos.
- (10) TAUP2017, Sudbury, Canada, July 24-28, K.M.Tsui, Gd enhanced SK MC.
- (11) TAUP2017, Sudbury, Canada, July 24-28, M.Murdoch, New technologies for Gadolinium loading Super-K.
- (12) Recent Development in Neutrino Physics and Astrophysics, Assergi and L'Aquila, Italy, Sep. 4-7, M.Nakahata, SN1987A and its heritage.
- (13) Kavli IPMU 10th anniversary, symposium, Kashiwa, Japan, Oct. 16-18, M.Nakahata, Observation of Supernova Neutrinos - Past and Now -
- (14) NNN17, Warwick, UK, Oct.26-28, Y.Nakajima, Gd loaded Super-K: Status and Plan.
- (15) IBS Conference on Dark World, Daejeon, Korea, Oct.30-Nov.3, M.Nakahata, Neutrino Physics at Kaimioka.
- (16) NuPhys2017, London, UK, Dec. 20-22, C.Simpson, Silicon burning neutrinos at Super-K with Gadolinium.
- (17) PACIFIC, Hokkaido, Japan, Feb. 13-19, Silicon burning neutrinos at Super-K with Gadolinium.

国内会議発表

- (18) 日本物理学会、宇都宮大学、2017年9月12-15日、8件
- (19) 日本物理学会、東京理科大学、2018年3月22-25日、6件