

平成 28 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、樹林敦子、徐辰原、永田寛貴、東大宇宙線研・中畑雅行、岸本康宏、竹田敦、関谷洋之、池田一得、中野祐樹、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、Lluis Marti、Univ. Autonoma 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。爆発の 99% 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。本研究では、観測できる寸前になっている超新星背景ニュートリノ SRN を検出することを目指す。

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開発を行い、将来において反電子ニュートリノの史上最高感度観測を目指し、SRN の発見を目指す。この計画で中性子に感度のある大型水チェレンコフ検出器が機能することが実証できれば、SRN の世界初検出のみならず、将来の大型ニュートリノ実験に大きな改良をもたらす。ペ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が得られる。

H28 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。一年半以上の長期に渡り、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合によらず一定であることを確認した。(図 1) H27 年度に正式に SK にガドリニウムを溶解し、超新星背景ニュートリノの世界で初めての検出を目指す将来実験 SK-Gd 計画がコラボレーションに正式に承認された。今年度は水純化システムの構築を始めるとともに (図 2) SK 改修工事の計画策定も開始した。また硫酸ガドリニウム水中の放射性物質のうち、ウランについては目標値を達成、トリウムについては目標値まであと 3 分の 1 にすれば良いレベルにまで達成した。実験開始に向けて、着々と準備は進めており、これらの成果は国内外での様々な会議で報告した。

整理番号 A09

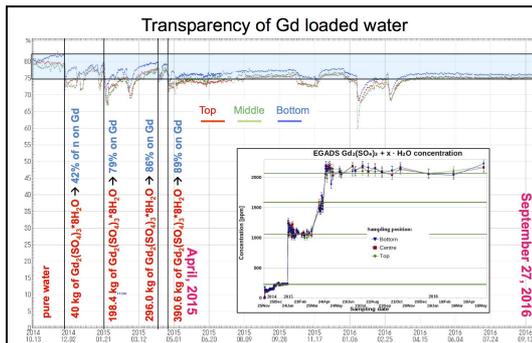


図1：EGADSにおける水の透過率。縦軸は15mでの減衰率を表す。青いバンドはSuper-Kamiokandeでの測定値。挿入図はEGADSタンク内でのガドリニウム濃度を示す。



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] Y. Zhang et al. (Super-K Collab), First measurement of radioactive isotope producti on through cosmic-ray muon spallation in Super-Kamiokande IV, Phys. Rev. D 93, 012004 (2016),
- [2] H. Sekiya, (Super-K Collab.) The Super-Kamiokande Gadolinium Project, Proceedings o f Science, PoS(ICHEP2016) 982 (2016)
- [3] L. Labarga, (Super-K Collab.) The Super-K gadolinium project, Proceedings of Scienc e, PoS(HQL2016) 7 (2016)

国際会議発表 (H28年度) 10件

- (1) Revealing the history of the universe with underground particle and nuclear research 2016, Tokyo, Japan, May 3, 2016, M.Nakahata, Supernova neutrinos and Supernova Relic Neutrinos using a Water Cherenkov
- (2) XIII Heavy Quarks and Leptons, Virginia Tech. USA, May 22-27, 2016, L. Labarga, Super-K Gadolinium project
- (3) NEUTRINO 2016, London, UK, July 4-11, 2016, H. Sekiya, Supernova neutrinos in SK-Gd and other experiments
- (4) NEUTRINO 2016, London, UK, July 4-11, 2016, C. Xu, Improved SRN search in Super-Kamiokande
- (5) NEUTRINO 2016, London, UK, July 4-11, 2016, P. Fernandez, Benefits of Gd for high energy neutrinos in Super-K Gd
- (6) ICHEP2016, Chicago, USA, Aug. 3-10, 2016, H. Sekiya, Super-Kamiokande Gd project
- (7) NNN2016, Beijing, China, Nov. 5, 2016, P. Fernandez, Gd-doping and the impact on SK and T2K
- (8) DBD2016, Osaka, Japan, Nov. 8, 2016, M. Nakahata, Neutrino experiments – 30 years at Kamioka –
- (9) 8th Symposium on Large TPCs for Low-Energy Rare Event Detection, Paris, France, Dec. 7, 2016, Supernova neutrino detection overview
- (10) The 3rd Toyama International Workshop on "Higgs as a Probe of New Physics 2017, Toyama, Japan, March 1-5, 2017, Neutrino experiments at Kamioka

国内会議発表

- (11) 日本物理学会、宮崎大学、2016年9月21-24日、7件
- (12) 日本物理学会、東北学院大学、2017年3月19-22日、6件