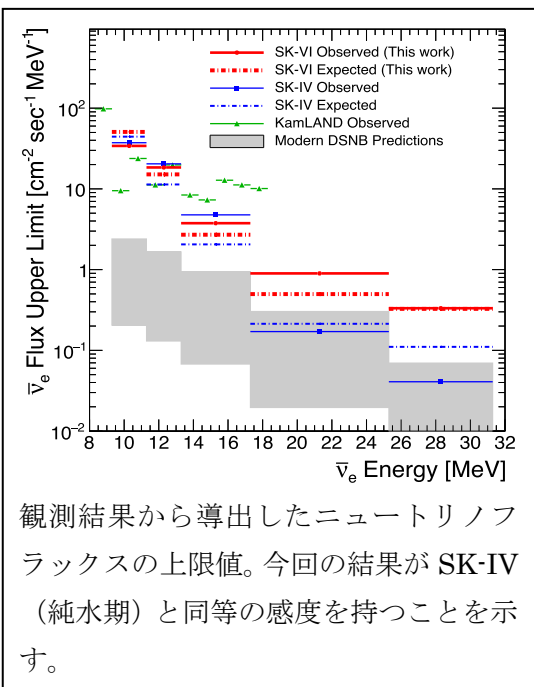
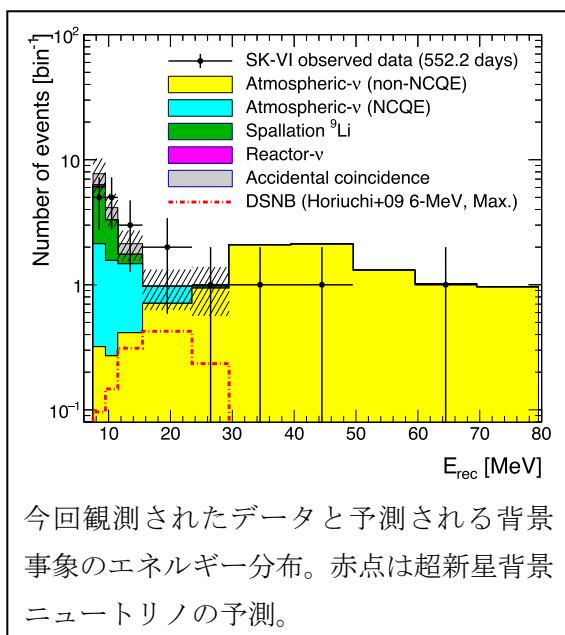


## 令和 5 年度 (2023) 共同利用研究・研究成果報告書

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	岡山大学環境生命自然科学学域 小汐由介
参加研究者	岡山大学・日野陽太、原田将之、酒井聖矢、中西史美、多田智昭、田野智大、東大宇宙線研・中畑雅行、関谷洋之、竹田敦、池田一得、矢野孝臣、東大理学部・中島康博、宮城教育大学・福田善之、神戸大学・竹内康雄、鈴木州、東京大学数物連携宇宙研究機構・Mark Vagins、Alexander Goldsack、横浜国立大学・南野彰宏、Lluís Martí Magro、Univ. Autònoma de Madrid・Luis Labarga、Nataly Ospina、Univ. California Irvine・Hank Sobel、Michael Smy、Shunichi Mine、Jeff Griskovich、Volodymyr Takhistov、清華大学・Shaomin Chen、Benda Xu
研究成果概要	<p><b>研究目的：</b>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。</p> <p><b>研究方法：</b>この研究を SK に硫酸ガドリニウムを溶かした SK-Gd 実験で行う。同時に、将来に向けた 200 トンタンクを使った検出器 (EGADS) での検証実験を継続する。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。</p> <p><b>2023 年度の研究成果：</b>2020 年夏に硫酸ガドリニウムを 13 トン (ガドリニウムの質量濃度で 0.01% に相当) SK に導入し、SK-Gd 実験が始まった。このフェーズ約 2 年分のデータを用いた超新星背景ニュートリノの探索を行った。その結果、世界初の発見には至らなかったが、SK 純水期の 5 分の 1 のデータで、同程度の感度を持つことを示し、フラックス上限値を与えた。(次ページの図) この結果は Astrophysical Journal Letters 誌に掲載された [2]。また同じデータを用いた主要な背景事象である大気ニュートリノ中性カレント準弾性散乱反応 (図 1 のマゼンダ) の断面積を測定して論文で発表した [1]。2022 年の夏には硫酸ガドリニウム 26 トンを追加で SK に導入した (ガドリニウムの質量濃度でトータル 0.03%)。順調にデータを取得しており、鋭意、データ解析を進めている。以上の成果は、国内外での研究会や、日本物理学会などで報告された。</p>
整理番号	A08



**発表論文 (2023 年度)**

[1] S. Sakai et. al., Measurement of the neutrino-oxygen neutral-current quasielastic cross section using atmospheric neutrinos in the SK-Gd experiment, Phys. Rev. D 109, L011101 (2023)  
 [2] M. Harada et al., Search for astrophysical electron antineutrinos in Super-Kamiokande with 0.01wt% gadolinium-loaded water, The Astrophysical Journal Letters, 951, L27 (2023)

**国際会議発表 (2023 年度)**

- (1) ICRC 2023, Nagoya, Japan, July 28 - August 3, 2023, Y. Hino, Status and prospect of the SK-Gd project. 他 4 件
- (2) NuFact 2023, Seoul, Korea, August 20 - 28, 2023, L. Marti, WIT: low energy and supernova neutrinos for Super-Kamiokande and SK-Gd phase.
- (3) TAUP 2023, Vienna, Austria, August 28 - September 1, H. Sekiya, Detection of supernovae, solar and geo-neutrinos. 他 6 件

**国内会議発表 (2023 年度)**

- (4) 原田将之、0.03%Gd 質量濃度の SK-Gd 実験における超新星背景ニュートリノ探索の展望、第 10 回超新星ニュートリノ研究会、岡山大学、2024 年 2 月 29-3 月 1 日
- (5) 酒井聖矢、SK-Gd 実験における大気ニュートリノ-酸素原子核中性カレント準弾性散乱反応断面積の測定および核子-原子核反応モデルの研究、第 10 回超新星ニュートリノ研究会、岡山大学、2024 年 2 月 29-3 月 1 日
- (6) 日本物理学会・年次大会・2024 年 3 月・オンライン・一般講演 7 件
- (7) 日本物理学会・秋季大会・2023 年 9 月・東北大学・一般講演 5 件