

2020 (令和二) 年度 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：スーパーカミオカンデを用いた宇宙素粒子研究
 英文：Astroparticle physics using the Super-Kamiokande detector

研究代表者 東京大学宇宙線研究所神岡宇宙素粒子研究施設・教授・中畑雅行

参加研究者 以下の大学・研究機関から総勢 208 名 (2021 年 3 月)

KEK、神戸大学、京都大学、岡山大学、東京大学、東京工業大学、名古屋大学、東海大学、宮城教育大学、岐阜大学、横浜国立大学、東京理科大学、福岡工業大学、静岡福祉大学、慶應大学、ボストン大学、カリフォルニア州立大学、デューク大学、ストーニーブルック大学、カリフォルニア大学アーバイン校/デービス校、ハワイ大学、ソウル大学校、全南大学校、光州科学技術院、成均館大学、National Center for Nuclear Research、ワルシャワ大学、BC 工科大学、トライアンプ研究所、トロント大学、ウィニペグ大学、プリティッシュコロンビア大学、清華大学、マドリード自治大学、インペリアル・カレッジ・ロンドン、キングスカレッジロンドン大学、リバプール大学、オックスフォード大学、シェフィールド大学、ラザフォード・アップルトン・ラボラトリー、ウォリック大学、INFN パドバ大学、INFN ナポリ大学、INFN ローマ支部、INFN バリ支部、エコールポリテクニーク

研究成果概要

本研究では、スーパーカミオカンデ (以下、SK) が観測する大気・太陽ニュートリノデータを用いて精密なニュートリノ振動研究をおこなうとともに、超新星ニュートリノの観測等を通して天体物理学の研究もおこなっている。また、陽子崩壊事象の探索をおこない、未知なる大統一理論の解明を目指す研究もおこなっている。

2020 年度の当初の予定では 4 月中旬からガドリニウムを導入する予定であった。しかし、新型コロナウイルス感染対策のため業者の作業員やシフトをとる研究者が神岡に来られなくなったために 7 月に延期

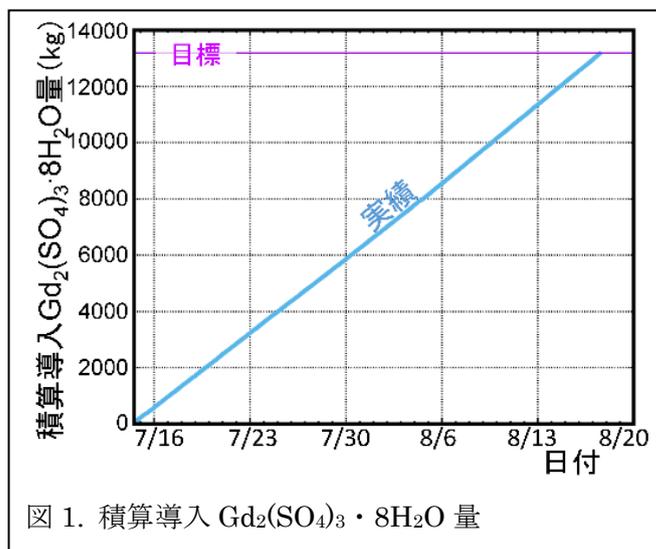


図 1. 積算導入 Gd₂(SO₄)₃ · 8H₂O 量

した。Gd の導入は 7 月 14 日にスタートした。導入方法はタンク上部から純水をガドリニウム導入システムへ送り、溶解した Gd を含む水をタンクの底部へ送ることとした。導入する前には純水装置を使用してタンクの水温を約 0.3°C 上昇させておき、Gd 水を給水する際には水温をタンク水に比べて 0.3°C 低い温度の Gd 水を供給することによってタンク底部から積み上げるように導入することをもくろんだ。これによって、タンク水をほぼ 1 循環させる時間 (約 35 日間) で導入することができる。図 1 は積算導入 Gd₂(SO₄)₃ ·

8H₂O 量を示すが、一本の直線になっており、システムが非常に安定してガドリニウムを導入したことが分かる。導入は8月17日に完了した。図2はタンク内の Gd 濃度が日々どのように変化していったかを示しているが、目論見通りタンク底部から上へ積みあがるようにして Gd がタンク内

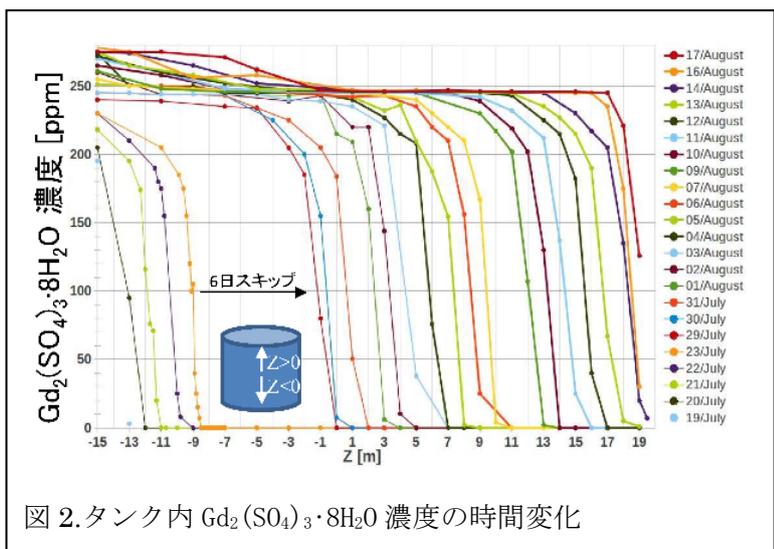


図 2.タンク内 Gd₂(SO₄)₃·8H₂O 濃度の時間変化

へ入っていったことが分かる。約 13 トンの Gd₂(SO₄)₃·8H₂O を導入したが、Gd の重量にして 5 トンになり 50000 トンの純水に 0.01%の濃度で Gd を導入したことになる。導入後、宇宙線による核破碎事象などを解析した結果、予定通り中性子の測定ができていることを確認している。また、Am/Be 線源を使い、中性子検出のキャリブレーションも行い、期待される時間差分布が得られている。

最近の発表論文

- (1) “A Search for proton decay into three charged leptons in 0.37 megaton-years exposure of the Super-Kamiokande”, M. Tanaka et al. (The Super-Kamiokande Collaboration), Phys. Rev. D 101, 052011 (2020), arXiv: 2001.08011
- (2) “Measurement of the radon concentration in purified water in the Super-Kamiokande IV detector”, Y. Nakano, T. Hokama, M. Matsubara, M. Miwa, M. Nakahata, T. Nakamura, H. Sekiya, Y. Takeuchi, S. Tasaka, R.A. Wendell, Nucl. Inst. Meth. A, 977 (2020) 164297, arXiv:1910.03823
- (3) “Indirect search for dark matter from the Galactic Center and halo with the Super-Kamiokande detector”, The Super-Kamiokande Collaboration, Phys. Rev. D 102, 072002 (2020), arXiv:2005.05109.
- (4) “Search for solar electron anti-neutrinos due to spin-flavor precession in the Sun with Super-Kamiokande-IV”, K. Abe et al. (The Super-Kamiokande Collaboration), submitted to Phys. Rev. D, arXiv:2012.03807
- (5) “Neutron-Antineutron Oscillation Search using a 0.37 Megaton·Year Exposure of Super-Kamiokande”, K. Abe et al. (The Super-Kamiokande Collaboration), submitted to Phys. Rev. D 103, 012008 (2021), arXiv:2012.02607.
- (6) “Search for Proton Decay via $p \rightarrow e^+ \pi^0$ and $p \rightarrow \mu^+ \pi^0$ with an Enlarged Fiducial Volume in Super-Kamiokande I-IV”, A. Takenaka et al. (The Super-Kamiokande Collaboration), Phys. Rev. D 102, 112011 (2020), arXiv:2010.16098.
- (7) “Recent results and future prospects from Super-Kamiokande”, Y. Nakajima for the Super-Kamiokande Collaboration, presentation in the XXIX International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics (Neutrino 2020), online, June 30, 2020.