

【令和元年度実績】

1. 極低放射能での宇宙素粒子研究の推進

No.19 ①-1 長期的視野に立脚した基礎研究の充実

No.20 ①-2 世界トップレベル研究の推進

No.21 ①-3 国際的ネットワークの構築による国際共同研究等の推進

No.25 ③-1 新たな研究フロンティアの開拓

No.33 ②-4 国際共同利用・共同研究拠点及び共同利用・共同研究拠点の機能強化

計画

「無から生じた宇宙に物質が存在する謎」を究明する「ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊の探索」において、二重ベータ崩壊核を倍量化した KamLAND-Zen 800 を推進し、未踏領域での探索による大発見を目指す。特に、主要なバックグラウンドである宇宙線起源の放射性物質を識別するための高速高機能の電子回路を設計し、次年度からの導入開始を目指す。また、人工知能技術によるバックグラウンド低減で、さらなる感度向上を実施する。世界をリードする感度での探索を継続しており、5年の探索で複数の理論が予測するニュートリノ質量感度に到達することができる。また H26-30 年度に領域代表として推進してきた新学術領域研究「宇宙の歴史をひもとく地下素粒子原子核研究」に続き、R01 年度からも領域代表として新たな新学術領域研究「地下から解き明かす宇宙の歴史と物質の進化」が採択されたことで、国内の地下宇宙素粒子研究コミュニティの活動を中核として推進していく。同時に、より効果的な共同利用を提供するための地下施設の整備を開始する。

実績報告

人工知能技術の導入によって、ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊探索に対するガンマ線を伴うバックグラウンドをおおそ半分にすることに成功し、KamLAND-Zen 400 フェーズ2での探索感度を約 15%向上することに成功した。順次フェーズ1や Zen 800 にも適用していく。

KamLAND-Zen 800 は順調にデータ取得を進め、宇宙線によるキセノンの原子核破砕で生じる長寿命放射性原子核の理解を深めて効率的に低減することでさらなる性能向上を実現し、単独で世界最高感度を達成するとともに、Zen 400 のデータも含めた統合解析では世界で初めて逆階層バンド構造領域にかかるマヨラナ有効質量に対する制限を与えた。目標に向けて順調に感度向上を行なっている。最新結果は、国際会議 TAUP2019 で発表し注目を集めた。

本研究に関連して 3 名が修士の学位、2 名が博士号を取得し、博士の 1 名は物理学専攻賞を受賞した。前年度に終了した新学術領域「宇宙の歴史をひもとく地下素粒子原子核研究」では事後評価で A 判定を得た。新たに採択された「地下から解き明かす宇宙の歴史と物質の進化」でより効果的な連携を実現するため、地下施設の整備を始め、第一純化装置の実験装置撤去・タンクエリアの防油堤の変更によって連携スペースの確保を進めている。

2. 地球ニュートリノ研究ネットワークの展開

No.19 ①-1 長期的視野に立脚した基礎研究の充実

No.20 ①-2 世界トップレベル研究の推進

No.21 ①-3 国際的ネットワークの構築による国際共同研究等の推進

計画

地球ニュートリノ観測による地球内部の直接観測精度をより一層向上させ、地球モデルの検証を通して、地球始原隕石の謎や地球内部ダイナミクスの解明を進める。バックグラウンド源となる国

内の原子力発電所の多くが停止していることで地球ニュートリノの観測精度は順調に向上しており、理論モデルの精度を凌駕する観測精度を目指す。同時に、東京大学地震研究所との部局間協定を含めて推進している、岩石学者・地震学者・地球物理学者・地質学者らと協働した地球モデルの高精度化も継続して実施し、地球ニュートリノ観測の意義をさらに高める。海外の地球ニュートリノ観測への参画が次々と期待されることから、大陸プレートの端に位置し、最も高精度での観測を行なっているという重要性を生かし、地球ニュートリノ観測世界ネットワークの中核として活動する。また、JAMSTEC と連携しマントルの詳細理解に適した海洋底での地球ニュートリノ観測計画の開発および設計を進め、東北大学発のニュートリノ地球科学の長期的な発展を目指す。

実績報告

原子炉停止期間のデータを蓄積し地球ニュートリノの観測結果を更新した。観測精度は 15.6% に達し、ついにモデル精度を凌駕することができた。放射性熱の多いモデルは明確に排除しており、今後の進展で地球始原隕石の特定など地球形成史に関わる情報を得ることができると期待される。この結果は Neutrino Geoscience 国際会議で発表した。海洋底地球ニュートリノ観測計画では JAMSTEC と共同で海洋掘削船「ちきゅう」での研究会を開催し、具体的なマイルストーンの定義と開発課題の特定を開始した。これにより JAMSTEC と協働のワーキンググループが形成され、具体的な開発研究に着手した。また、海洋工学・科学掘削・海洋生物学といった新たな分野にも連携も拡大した。

3. 先進の低温検出器の開発

No.19 ①-1 長期的視野に立脚した基礎研究の充実

No.25 ③-1 新たな研究フロンティアの開拓

計画

地下宇宙素粒子研究の高感度化、高性能化技術として注目されている低温センサーの開発を行う。物理的な目標として、低質量暗黒物質の直接探索、アクシオン探索、ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊の超高感度探索を設定し、超伝導フォノンセンサーである KID を中心とした複数の革新的な低温技術開発を実施する。KID センサーはテラヘルツ光観測のキーデバイスと考えられており、セキュリティや医療、自動運転、量子コンピューティング、初期宇宙観測などの多くの応用が期待されていることから、応用分野との連携も模索する。本センターでの技術開発は H30 年度の修士物理学専攻賞を受賞しているほか、新学術領域研究「地下から解き明かす宇宙の歴史と物質の進化」において、将来のための技術開発の中核に位置付けられている。

実績報告

AIMR、電気通信研究所と連携した FRiD プログラムが採択され、素粒子研究とデバイス・物性研究の連携を開始した。また、新学術領域「地下宇宙」による第一回低温技術研究会を開催し、新たな学際分野でのコミュニティ形成を開始した。ニュートリノ科学研究センターに 10mK に到達できる希釈冷凍機を導入し、軽い暗黒物質探索に適用する超伝導センサーの開発を開始し、フッ化物結晶に超伝導センサーを取り付けた放射線検出に成功した。アクシオン探索に用いる共振空洞の開発・研究では、従来の 28 倍の体積を持つ空洞 (5.7 GHz) を実現し、この独自の高周波共鳴空洞を使ったアクシオン探索を実施するための 9 テスラ超伝導磁石を導入した。新学術領域「地下宇宙」と連携して極低温センサー技術フロンティアを強力に推進する。2020 年 1 月 10,11 日には理研において低温技術研究会を開催し分野融合を加速した。

4. 宇宙創成物理学国際共同大学院(コース)の推進

- No.03 ②-2 大学院教育の充実
- No.07 ②-6 世界を牽引する高度な人材の養成
- No.46 ③-1 国際通用性の向上
- No.47 ③-2 先端的教育研究クラスターの構築

計画

俯瞰的な視野を持ち国際的な環境でプロジェクトをリードする人材を育成することを目標として設置した、宇宙創成物理学国際共同大学院(コース)を中心に推進する。特に、特徴的な事業として汎用的・先進的な実験・開発を実践する高度実験技術実践教育を実施する中で、9つの実験コースのうち4つをセンターで担当する。また、高度実験教育のための実験室の整備を行い、実験室の拡大と最新機器の実験への導入によって、高度実験教育のさらなる効率化を図る。

実績報告

宇宙創成物理学国際共同大学院(GPPU)プログラムにおける9つの高度実験コースのうち4つを担当した。GPPUプログラムでは第一期生の2名が修了し、10名を新規採用した。理学研究科物理学専攻の素粒子・原子核分野では博士課程進学者が増加しており、GPPUの活動が貢献していると考えられる。GPPUの高度実験にも活用する目的で、極低放射能測定用・極低温センサー開発用・アクシオン探索用の実験室をそれぞれ整備した。

5. ニュートリノ研究の多様化

- No.19 ①-1 長期的視野に立脚した基礎研究の充実
- No.20 ①-2 世界トップレベル研究の推進

計画

超新星ニュートリノネットワーク SNEWS や重力波観測と連携したマルチメッセンジャー天体観測 GW-Neutrino に参画するとともに、特徴的な超新星前兆ニュートリノ観測などを実施し世界に発信する。また、複数のヒントが示されている第4のニュートリノ探索に関連して、JPARCで実施する JSNS2 に参画するほか、神岡地下に大強度サイクロトロンを設置して究極の感度を目指す野心的な IsoDAR 計画の研究開発も行う。さらに、Hyper-Kamiokande にも貢献し、多様なニュートリノ研究においてセンターの存在感を高める。

実績報告

ペテルギウスの異常収縮が観測され爆発の可能性が考えられている状況で、現状世界で唯一超新星爆発前兆ニュートリノ観測による爆発アラームを発信できる装置としてカムランドの運転の高い稼働率を維持している。また、JSNS2 では1機目の装置が J-PARC MLF に完成し、令和2年度にはデータ収集を開始した。J-PARC MLF の静止崩壊ニュートリノを利用する低エネルギー電子ニュートリノ検出技術開発を東北大学が核となって企画し、令和2年度には開発予算が認められた。この開発によって、別モードのニュートリノ振動測定や超新星爆発ニュートリノの検出が可能となる。フランスで実施した Double Chooz 原子炉ニュートリノ実験では、クリーンな θ_{13} 測定と世界最高精度の原子炉ニュートリノフラックスの測定結果を Nature Physics(2020年4月)で発表した。Hyper-Kamiokande は本予算が認められニュートリノ科学研究センターからは低エネルギー物理研究への貢献を続けている。また、J-PARC からのニュートリノビームをカムランドで検出する研究に関して T2K 実験グループとカムランドグループの間で MoU を結び、ニュートリノ反応研究を新たに展開した。これに関連した修士論文が物理学専攻賞を受賞した。

6. 若手・女性研究者の活躍促進

No.28 ①-3 優れた若手・女性・外国人研究者の積極的登用

No.60 ②-3 男女共同・協働の実現

計画

若手人材の流動性を高めるとともに、女性研究者を積極的に登用し、研究の活性化、男女共同参画を促進する。

実績報告

特任助教(研究)に3名(内女性2名)、任期なし助教に3名(内女性1名)を新たに登用した。また、宇宙創成物理学国際共同大学院、学祭高等フロンティア研究所より助教各1名を新たに受け入れた。