

別紙 4

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

主 論 文 の 要 旨

論文題目 Search for WIMP- ^{129}Xe inelastic scattering in the XMASS large low background liquid Xe detector
(大型低バックグラウンド液体キセノン検出器 XMASS を用いた WIMP- ^{129}Xe 非弾性散乱事象の探索)

氏 名 内田 裕義

論 文 内 容 の 要 旨

暗黒物質は銀河団の運動や銀河の回転曲線から存在が示唆され、最新の衛星観測の結果では宇宙のエネルギーの 26%程度を占めるとされている。しかし、通常物質との相互作用が極端に小さいことから直接観測が難しく間接的な存在証拠しかない。一方、素粒子物理学の分野から現在の素粒子標準模型の問題を解決するものとして超対称性理論が提唱されている。その理論から要請される超対称性粒子の最も質量の軽い粒子 (Lightest Supersymmetric particle) の混合状態のニュートラリーノが暗黒物質の有力な候補となっている。この粒子は数 GeV - 数 TeV 程度の mass があると考えられ、Weakly Interacting Massive Particles (WIMPs) と呼ばれる。

XMASS 実験は大型低バックグラウンド液体キセノン検出器 XMASS を用いてこの暗黒物質候補 WIMP の直接検出を目指す実験である。本実験は約 1ton の液体キセノンを用い、暗黒物質によってキセノン原子核が反跳されることで生じるシンチレーション光を 642 本の光電子増倍管で観測し、暗黒物質の信号を捕える。暗黒物質探索は数 keV から数十 keV の反跳エネルギーの微弱な信号を見るため、放射性核種の崩壊による β 線の連続成分がバックグラウンド事象となる。そのため、低バックグラウンドの物質を検出器材料とし、液体キセノンの純化 (クリプトンなどの除去) を行った。しかし、選定した検出器材料内の放射性物質が目標より多いことがわかり、現在は感度向上のための検出器改良が進んでいる。また、平行して収集データの解析が行われている。

本論文では、2010年12月から2012年10月までの XMASS- I データ用いた WIMP- ^{129}Xe 非弾性散乱事象を用いた暗黒物質探索を行った結果を報告する。非弾性散乱事象は ^{129}Xe 原子核が暗黒物質に反跳されるときに励起状態となり、そこから基底状態に落ちるとき、39.58keV のガンマ線を伴うものである。この事象では反跳されることで起こるシンチレーションもほぼ同時に発生するため、原子核反跳とガンマ線によるシンチレーションの足し合わせが観測される。このような非弾性散乱事象の信号を Geant4 を基とした検出器シミュレーションによって再現し、得られた実験データから有意な信号があるかどうか探索

を行った。このとき、バックグラウンド事象を低減するため、各 PMT の光量情報、ヒットタイミング情報、特徴的なバックグラウンド事象のパターンの情報を使い、データのリダクションを行った。その結果、実験データに有意な信号は見られなかった。そこで本探索における非弾性散乱事象の散乱断面積の制限をつけた。165.9 日、41kg の LXe を用いた探索で 50GeV の WIMP mass に対して 90%C.L. で 3.2pb となり、先行研究である DAMA グループと同程度の結果が得られ、特に WIMP mass が 80GeV 以上の領域ではこれまでで最も厳しい制限をつけた。DAMA グループは Xe の濃縮を行い 99.5% ^{129}Xe の target を 6.5kg 用い、さらに我々より長い 385 日の観測であるが、XMASS 側のバックグラウンドリダクションによりバックグラウンドレベルが DAMA グループより 2 桁よくなることで得られた結果である。この事は XMASS 検出器の優れた低バックグラウンド性能が発揮された結果と考えられる。