

Title	Measurement of charged particle emission rates and energy spectra after muon nuclear capture in Aluminium
Author(s)	Wong, Ming Liang
Citation	大阪大学, 2018, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/69332
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

Abstract of Thesis

Name (WONG Ming Liang)

Title

Measurement of charged particle emission rates and energy spectra after muon nuclear capture in Aluminium

(アルミニウム原子におけミュオン原子核捕獲反応 後の荷電粒子放出率とエネルギースペクトルの測定)

Abstract of Thesis

Precision measurement of the spectrum and rate of charged particle emission especially protons after nuclear muon capture in aluminium is necessary for muon normalization using proton counting in muon to electron conversion experiments like the COMET Phase-I experiment. This method compliments the muonic x-ray measurements and is less prone to being blinded by the beam flash. These protons also contribute to the noise signal hits of the COMET drift chamber as those with energy more than 2.5 MeV could reach the detector and cause difficulty in observing signal tracks created from the 105 MeV/c electrons.

In order to achieve those goals, the AlCap R2015b experiment was performed. We measured low energy charged particle emissions after nuclear muon capture in aluminium over a total measurement period of 25.7 hours. The emission rate per muon capture for protons is $3.33 \pm 0.20\%$, for deuterons $0.74 \pm 0.05\%$, and for tritons $0.15 \pm 0.02\%$. A total of 1.03×10^8 muons from the $\pi E1$ beamline in PSI, Switzerland were stopped in 100 μm thick aluminium target. The 2p-1s and 3p-1s transition signatures of the stopped muons were measured with a high purity germanium detector. The charged particle convoluted energy spectra measured by two counter telescopes are deconvoluted using the Bayesian iterative method. This work also confirmed the previous result (AlCap 2013) of the proton emission rate of $3.5 \pm 0.2\%$ besides reporting the first low energy (< 18 MeV) measurements of deuteron and triton emission rates and energy spectra from aluminium.

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (Ming Liang WONG)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	久野良孝
	副 査	教授	青井考
	副 査	教授	能町正治
	副 査	准教授	阪口篤志
	副 査	准教授	嶋達志

論文審査の結果の要旨

Ming Liang (Mark) WONG 君は、負電荷ミュオンがアルミニウム標的中で原子核捕獲した後に放出される荷電粒子（陽子、重陽子、三重陽子など）を測定する実験を行った。この実験は、スイスの Paul Sherrer Institute (PSI) 研究所で 2015 年に行われた。この実験は、AlCap (Aluminium Capture) 実験を称され、日米英の国際共同実験である。このミュオン原子核捕獲後の荷電粒子放出の測定は、弱い相互作用に関する原子核物理の意義のみならず、荷電レプトンフレーバー非保存であるミュオン電子転換過程探索において背景事象を作り出す過程としても知られているので、これを実験的に正確に測定しておく必要がある。特に、大阪大学グループは、J-PARC で COMET 実験を進めているので、この測定は非常に重要である。

Ming Liang WONG 君の本研究の目的は、2015 年の AlCap 実験データから陽子放出確率と運動量スペクトラムを評価し先行実験である 2013 年データと比較すること、さらに 2013 年のデータでは測定できなかった重陽子と三重陽子の放出確率と運動量スペクトラムを測定すること、そして、陽子放出確率を用いて COMET 実験での静止ミュオン数を評価できるかどうかを評価することである。2015 年の AlCap 実験では、25.7 時間のデータ収集時間から合計で 1.04×10^8 個の静止ミュオンを得た。これは 2013 年のデータの 10 倍である。AlCap 実験では、荷電粒子放出確率を算出する際に、アルミニウム標的に静止した負電荷ミュオン数を計測しないとイケない。今回、ミュオン原子からの複数の原子遷移に対する X 線放出を測定して無矛盾に決定することができた。これは今回初めて確認された。荷電粒子はシリコン半導体検出器で計測される。粒子識別のために、 dE/dx を測定する薄い検出器と全エネルギー E を測定する厚い検出器を組み合わせる。解析の最も困難な点は、荷電粒子のアルミニウム標的内で損失するエネルギーを補正することである。このために、2015 年の実験では負電荷ミュオンの標的での静止位置分布をより良く決められるように改善した。測定の実験結果として、陽子については、3MeV から 10MeV のエネルギー領域において、1 個の負電荷ミュオン原子核吸収あたり $3.54 \pm 0.09(\text{stat.}) \pm 0.31(\text{syst.})\%$ の放出確率を得た。これは 2013 年の結果と一致している。さらに重陽子については、3.5MeV から 15MeV のエネルギー領域において負電荷ミュオン原子核吸収あたり $1.27 \pm 0.02(\text{stat.}) \pm 0.31(\text{syst.})\%$ の放出確率を得た。三重陽子について、4MeV から 17MeV のエネルギー領域において、 $0.51 \pm 0.02(\text{stat.}) \pm 0.12(\text{syst.})\%$ の放出確率を得た。これらの解析はすべて Ming Liang WONG 君が独力でやったものである。また、彼は 2015 年に実験にも現地で出向き参加している。

この結果は、ミュオン原子核吸収の物理を理解する上で重要であり、また、COMET 実験での背景事象の評価、さらに COMET 実験で静止した負電荷ミュオン量を評価する新しい手段を確立することができ、大きな一歩を成し遂げたといえる。

以上より、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。