

素粒子ミュオンを用いた鉄中微量炭素の非破壊定量法の開発

(阪大¹・高エネ研²・京大³・国際基督教大学⁴・原子力機構⁵・歴史民俗博物館⁶) ○二宮 和彦¹・吉田 剛²・稲垣 誠³・工藤 拓人¹・邱 奕寰¹・篠原 厚¹・千徳 佐和子⁴・竹下 聡史²・反保 元伸²・下村 浩一郎²・河村 成肇²・Patrick Strasser²・三宅 康博²・髭本 亘⁵・齋藤 努⁶・久保 謙哉⁴

Development of non-destructive carbon contents identification method in metal iron using muon beam (¹Osaka University, ²KEK, ³Kyoto University, ⁴International Christian University, ⁵JAEA, ⁶National museum of Japanese history,)○Kazuhiko Ninomiya,¹ Go Yoshida,² Makoto Inagaki,³ Takuto Kudo,¹ I-Huan Chiu,¹ Atsushi Shinohara,¹ Sawako Sentoku,⁴ Soshi Takeshita,² Motonobu Tampo,² Koichiro Shimomura,² Naritoshi Kawamura,² Patrick Strasser,² Yasuhiro Miyake,² Wataru Higemoto,⁵ Tsutomu Saito,⁶ M. Kenya Kubo,⁴

The contents of trace amounts of carbon in iron has important meaning for determination of physical and mechanical properties of the iron. The amount of carbon in iron is generally in the order of 1% to ppm, and it is difficult to determine such low concentration carbon inside iron non-destructively. In this study, we focused on a muon as a probe of analysis, which is one of the quantum beams produced in a large accelerator facility. Due to negative charge of a muon, the muon can form atomic orbit like electrons around nucleus. After that, the muon decay into electron and two neutrinos. The lifetime of the muon varies by element; short in heavy elements and long in light elements. By examining the lifetime of muons in a material, elemental composition in the material can be clarified. We conducted feasibility study on non-destructive carbon quantification experiment in iron by measuring muon lifetime in J-PARC MUSE; the world's highest intensity pulse muon source. We demonstrated that carbon signal less than 1% contents in the iron was clearly clarified and in the current experimental system, the detection limit of carbon was estimated to be 120 ppm.

Keywords : *Non-destructive analysis; Muon; Light element analysis; Carbon in iron*

鉄中に含まれる炭素は、特に 1%~ppm オーダーの範囲において、鉄の物性を決めるうえで重要な意味を持っているが、その量を非破壊で決定することは極めて難しい。本研究では、この分析のために大型の加速器施設で作られる量子ビームの一つである、負ミュオンに注目した。負ミュオンは負電荷を持った粒子であり、電子と同じように原子軌道を形成する。捕獲された負ミュオンは、最終的には寿命により崩壊し高エネルギーの電子と2つのニュートリノに変換される。負ミュオンの崩壊寿命は原子によって異なり、原子番号の大きい元素ほど寿命が短い。このため、負ミュオンを分析したい物質に打ち込み、その寿命を電子測定により調べることで、負ミュオンがどの原子にどれだけ捕獲されたかの情報を得ることができる。我々は世界最高強度のパルスミュオン源 J-PARC MUSE において、負ミュオン寿命測定による元素分析法の実証実験を行い、鉄内部に含まれる 1%未満の炭素を非破壊で定量できることを示した。さらに負ミュオンの打ち込みエネルギーを調整することで、数ミリメートル深さの位置選択的な分析にも成功した。そして現状の実験システムにおいて、この手法の炭素の検出限界は 120ppm であると見積もられた。