

LHD における堆積層分布評価に向けた第一壁色測定解析  
**Color measurement of first wall toward the systematic evaluation of the thickness distribution of deposition layer in LHD**

本島巖<sup>1</sup>, 吉田直亮<sup>2</sup>, 増崎貴<sup>1</sup>, 坂本隆一<sup>1</sup>, 時谷政行<sup>1</sup>, 田中宏彦<sup>1</sup>, 村瀬尊則<sup>1</sup>, 永田大介<sup>1</sup>, 松本謙司<sup>3</sup>, 宮本光貴<sup>4</sup>, 矢嶋美幸<sup>1</sup>, 坂本瑞樹<sup>5</sup>, 山田弘司<sup>1</sup>, 森崎友宏<sup>1</sup>, LHD experiment group<sup>1</sup>  
 G. Motojima<sup>1</sup>, N. Yoshida<sup>2</sup>, S. Masuzaki<sup>1</sup>, R. Sakamoto<sup>1</sup>, M. Tokitani<sup>1</sup> et al.

<sup>1</sup>核融合研, <sup>2</sup>九州大学, <sup>3</sup>本田技研, <sup>4</sup>島根大学, <sup>5</sup>筑波大学

<sup>1</sup>NIFS, <sup>2</sup>Kyushu Univ., <sup>3</sup>Honda R&D Co. Ltd., <sup>4</sup>Shimane Univ., <sup>5</sup>Tsukuba Univ.

本研究では、LHD におけるプラズマ対向壁の粒子吸蔵特性を理解することを目的として、壁の炭素堆積層の定量化を可能にする「色測定法」を提案し、測定を行った。その結果、真空容器大半径内側、外側で色の傾向が異なっており、場所による堆積・損耗過程の違いを示唆する結果を得た。また、長期設置試料を使って TEM 観察による堆積層の膜厚評価を行い、色と膜厚の関係性を明らかにし、数 nm から数百 nm までの堆積層の膜厚を色から評価できることがわかった。

LHD における ICH+ECH の長時間放電では壁の動的な粒子吸蔵特性が観測されている[1]。この壁吸蔵特性に炭素堆積層が重要な役割を担っていると考えている。この仮説検証のためには、堆積層の粒子吸蔵メカニズムの理解のほか、真空容器内部の堆積層の定量評価が重要となる。定量評価に関して、真空容器内部の長期設置試料がその威力を発揮するところであるが、試料の解析に時間を要すること、また、真空容器内には限られた枚数の試料しか設置できないことを考えると、試料を用いてすべての壁の堆積層の膜厚を評価することは現実的ではない。そこで、本研究では色測定による堆積層定量評価という新しいアイデアを提案した。計測には、ハンディカラーアナライザー（常陸金属株式会社製 DM-1）を用いた。このアナライザーは、積分球が内蔵かつ軽量(約 170 g)なため、真空容器内に持ち込んで、簡便にその場測定が可能である。

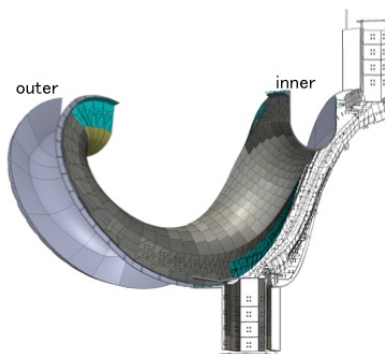


Fig. 1 CAD showing the color distribution of the measured stainless steel plates.

LHD のトロイダル 10 セクションの内、1 セクションのヘリカルコイル鞍部の保護板をカラーアナライザーで測定した (図 1)。大半径内側部で、保護板が白に近く(ダイバータ板近くを除く)、大半径外側で黒に近い傾向があり、場所の違いによる堆積・損耗過程の違いが示唆される[2]。色測定解析の次のステップとして、色測定の結果から堆積層の膜厚を評価することが必要になる。そこで、複数枚の長期設置試料を用いて膜厚と色の関係性を明らかにした。長期設置試料の堆積層の膜厚は TEM 観察から評価し、試料の色はハンディカラーアナライザーにより測定した。その結果、色と膜厚に関して、指数関数的な関係があることがわかった (膜厚が、色の強度に対し指数関数的に減少)。以上の結果を用いて、ヘリカルコイル鞍部の堆積層の膜厚分布を色測定結果から評価した。その結果を図 2 に示す。大半径内側の損耗優位領域ではほとんど堆積が見られていない一方で、ダイバータ板近くは堆積量が多く、数百 nm に及んでいる。また、大半径外側の堆積層の膜厚は 100 nm 程度であることがわかった。本講演では、色と膜厚の指数関数的な関係性について単層膜モデルを用いて議論する。

[1]G. Motojima et al., J. Nucl. Mater. **463**, 1080 (2015).

[2]G. Motojima et al., Plasma Fusion Res. **10**, 1202074 (2015).

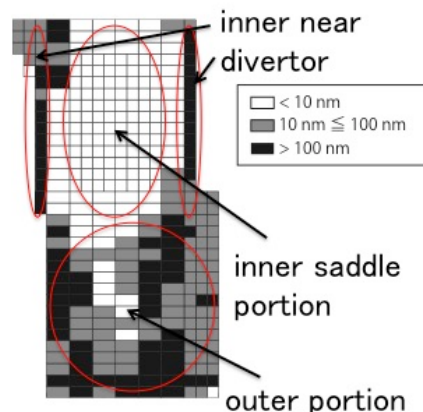


Fig. 2 Distribution of deposition layer in color analysis.