

大型磁場閉じ込め核融合研究施設の電磁環境と安全管理の検討 Electromagnetic compatibility in the magnetic confinement fusion test facility and its safety consideration

田中将裕¹, 平山 裕², 王 建青², 上村佳嗣³, 宇田達彦¹, 藤原 修²
Masahiro TANAKA¹, Hiroshi HIRAYAMA², Jianqing WANG²,
Yoshitsugu KAMIMURA³, Tatsuhiko UDA¹, Osamu FUJIWARA²

¹核融合研, ²名工大, ³宇都宮大
¹NIFS, ²NIT, ³Utsunomiya Univ.

1. 目的・背景: 超電導コイルを用いた大型磁場閉じ込め核融合装置では、数 Tの磁場環境があり、大容量の直流電源や大電力高周波発振器周辺で漏洩電磁場が存在する[1-3]。そのため、安全管理の観点から、電離放射線や粒子線だけでなく、機器周辺に存在する漏洩電磁場(非電離放射線)に対する作業従事者の防護を検討することが肝要である。本報告では、超伝導コイル用直流電源や高周波発振器周辺で観測された電磁環境を示すとともに、核融合施設の安全管理について考察する。

2. 測定対象・測定機器: 大型ヘリカル装置(LHD)を対象として、プラズマ実験中のコイル電源周辺で観測される低周波漏洩電波や、ICH用高周波発振器(38.5 MHz)やECH用発振器(77 GHz)周辺の電磁環境を調査した。コイル電源周辺はコイル励磁中に、高周波発振器はプラズマショット毎の時間的な変動を観測した。調査には市販の測定機器を

用いた。機器の仕様概略を表1に纏める。なお、指針値としてICNIRP1998ガイドライン及び電波防護標準規格(RCR STD-38 2.0版)を参照した。高周波の指針値は6分平均値であるが、ここでは時間平均をおこなわない測定値(実効値)を示す。

3. 測定結果と指針値との比較: コイル電源近傍では、指針値を超える漏洩磁場が観測された。また、FFT解析から60 Hzを基本周波数とする高調波成分の存在が確認された。ICH発振器では、最終段増幅器の上部で発振周波数にピークをもつ漏洩電磁波が観測された。磁場成分は指針値よりも数桁低い値であった。一方、漏洩電場成分は、発振電力や反射成分の増加により、指針値の50%(約31 V/m)に達する場合もあった。漏洩電場は発振器からの距離とともに低下し、数 m離れた場所では数 V/mまで低下した。ECH発振器は機器周辺で強磁場が存在しX線が発生することから、立ち入り禁止区域外から電場成分を測定した。観測された漏洩電場は、77 GHzを中心として、数 GHz離れた周波数帯にスプリアスも観測された。観測場所での電場強度は数 V/mであり、指針値の数桁低い値であった。電場の漏洩箇所は、発振器の絶縁部と推測された。また、発振器周辺の壁や天井で電磁波が反射し、複雑な挙動を示すことが示唆された。

4. 安全管理の検討: 大型核融合試験装置の放電時間は数秒から数分程度であり、時間平均に換算すると指針値よりも数桁低い値となる。しかし、核融合炉の実現に向けて、高周波発振電力の増大、運転時間の長時間化にともない、作業従事者の安全管理が必要となる。現在の調査結果を参考として、効果的な遮蔽設計や立ち入り制限区域の設定、非電離放射線の安全教育・理解が肝要である。

[参考文献]

- 1) T. Uda, *et al.*, in Proc. 20th Int. Zurich Symp. Electromagn. Compat., Zurich, Switzerland, Jan. 2009, pp. 457-460.
- 2) M. Tanaka, *et al.*, IEEE Trans. Plasma Sci., **49**, (2021), 1475.
- 3) 田中, 他, 信学論(B), Vol. **J105-B**, No. 8, (2022), [印刷中].

Table 1. Specifications of monitoring equipment

ELF (Extremely Low Frequency)		
Instrument	ELT-400 (narda S.T.S)	
Probe	Isotropic Coil (narda S.T.S)	
Frequency range	Low (Low cut: 30 Hz)	
Measurement range	> 80 mT (80 mT mode)	
HF (High Frequency)		
Instrument	Radman (narda S.T.S.)	
Probe	Electric field	Magnetic field
Frequency range	3 MHz ~ 7 GHz	3 MHz ~ 1 GHz
Measurement range	~ 77.7 V/m@38 MHz ~ 0.21 A/m@38 MHz	
Instrument	SRM-3000 (narda S.T.S.)	
Probe	3581/01 (Magnetic field, narda S.T.S)	
Frequency range	100 kHz ~ 250 MHz	
Measurement range	0.025 mA/m ~ 0.56 A/m	
EHF (Extremely High Frequency)		
Instrument	MS2762A-0110 (Anritsu)	
Probe	2000-1872-R (Hom Antenna, Anritsu)	
Frequency range	6 GHz ~ 110 GHz	
Measurement range	0.01 V/m ~ 31 V/m	