



電動車 (EV) 用ワイヤレス電力伝送 (WPT) システムの規格化状況

トヨタ自動車株式会社 充電システム設計室

みき たかひこ
三木 隆彦



1. はじめに

地球温暖化防止や大気汚染防止に向けた脱炭素社会実現のための施策のひとつとして、世界的にEVへのシフトが加速している。

EVは電力を動力源とする自動車であり、ハイブリッドEV (HEV) や燃料電池EV (FCV) 以外は、車載の動力用電池を外部から充電する必要がある。

世界のどここの国でもどのメーカーの車でも安全にEVの充電が可能という市場環境を達成するためには、安全性、相互運用性、互換性の保証に向けた標準化が強く望まれる。

2. 国際標準化の体制

2.1 国際標準化体制

EV充電では、電源網等を含めた充給電設備 (充電インフラ) と車両の多岐にわたる分野が関連する。

充給電設備の標準化は、国際電気標準会議 (IEC) が担当しており、IEC/TC69 (電気自動車及び電動産業車用電力伝送システム) を中心に、IEC/SC121B、IEC/SC23H、

IEC/SC23E、IEC/TC64等の各委員会が連携して審議・作成が進められている。

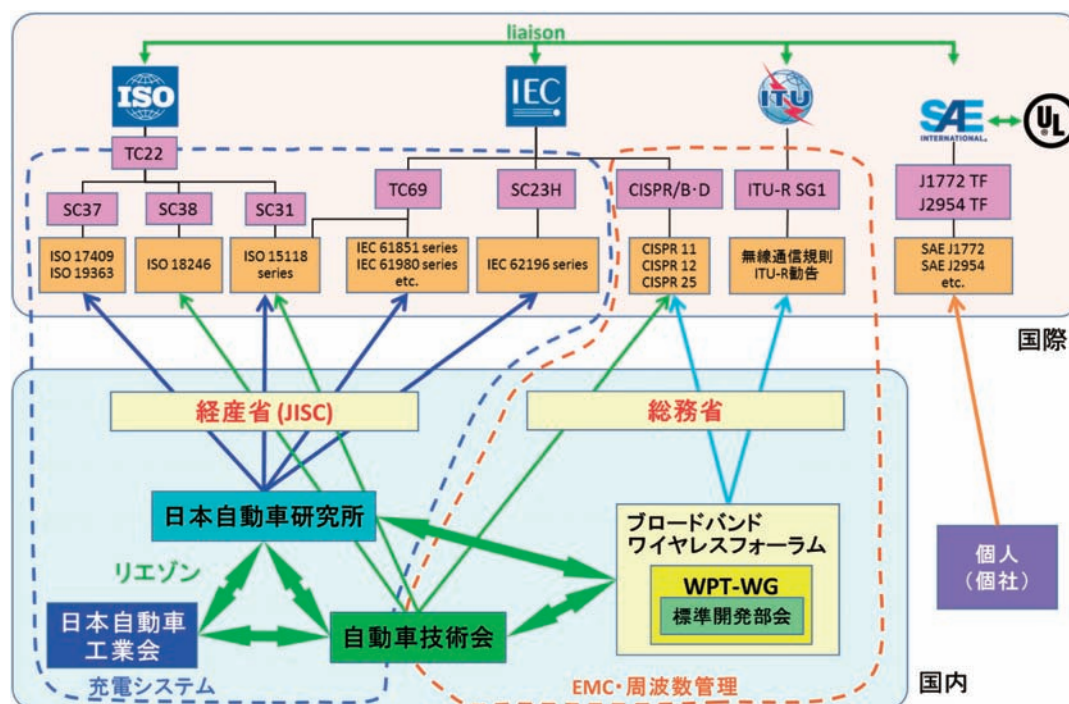
一方、充電時の車両要件に関しては、国際標準化機構 (ISO) の担当で、ISO/TC22/SC37 (電気自動車)、ISO/TC22/SC38 (二輪車) を中心に標準化が進められている。

また、電磁両立性 (EMC) 要件は、エミッション許容値が国際無線障害特別委員会 (CISPR) のB分科会 (ISM)・D分科会 (自動車) にて扱われているほか、ISO (自動車イミュニティ)、IEC/TC69 (充電器) で審議されている。

さらに、電磁波からの人体防護については、IEC/TC106 にてWPT装置のばく露評価の基本規格を策定中である。

WPTでは、システム作動周波数も標準化の対象である。電波利用システムに対する国際的な周波数割当勧告は国際電気通信連合無線通信部門 (ITU-R) が行っており、各国・団体からの提案をもとに国際的に調停している。

これらの標準化組織は互いにリエゾン関係を結んでおり、密接な連携をとって標準化を進められている (図1)。



■図1. EV電池充電に関連する主な国際標準化組織



2.2 国内の標準化審議体制

自動車業界では、日本自動車工業会 (JAMA) の電動車部会にてEV関連の標準化に関する自動車業界スタンスを策定しており、ここで審議・合意された方針が国際標準へ反映されるよう活動している。

標準化活動の実務面では、自動車関係の標準化は自動車技術会 (JSAE) がISO/TC22に対応する国内審議団体であるが、EVに関する標準化については、充電設備要件、自動車要件共に日本自動車研究所 (JARI) が国内審議団体となっている (電動二輪車の標準化はJSAEが国内審議団体)。

また、ワイヤレス電力伝送 (WPT) の作動周波数に関する国内外の関係機関との連絡調整は、ブロードバンドワイヤレスフォーラム (BWF) を中心に進められている。そのほか、日本電機工業会、電気学会、電気設備学会等の充電設備に関連する各種団体とも連携を取りながら標準化に取り組んでいる。

3. EV用WPTシステム標準化

3.1 EV用WPTのメリット

EV用WPTの最大のメリットは、充電時の利便性の高さである。女性やお年寄りでも、夜間でも、悪天候の状況下においても、迅速・容易に充電できることが期待される。

また、一次側装置 (地上側) と二次側装置 (車両側) の相対位置決めにおいては自動運転との親和性が非常に高く、これらを組み合わせた運転～駐車～充電を含通した全自動EVが近未来の車として期待される。

3.2 主なEV用WPTに関する規格・勧告

WPTに関連する国際規格群の主なものを表1に示す。

ISO/IECとSAEは緊密な連携をとって2020年から2021年にかけての国際規格発行を目指している。

また、ITUによる国際勧告を表2に示す。

3.3 標準化を進めているWPTシステム

3.3.1 電力伝送技術

磁界共振方式を利用したWPTシステム (MF-WPT) で、一次側装置 (電力供給側) は地面上に設置、二次側装置 (車両側) は車両床下に搭載することを前提とした規格化が進められている。

3.3.2 作動周波数

WPTのシステム周波数は、互換性・電力伝送コイルや高周波回路の設計の最も基本となるスペックである。

IEC・ISO・SAEでは2013年に79-90kHzをEV用WPT

■表1. WPTシステム関連主な国際規格 (2019年12月時点)

標 題	発 行 日	改訂見込日	担当委員会
IEC 61980-1 電気自動車用ワイヤレス電力伝送 (WPT) システム —第1部：一般要求事項	Jul-15 (IS 1st Ed)	Aug-20 (IS 2nd Ed)	IEC/TC69/WG7 議長国：日・米
IEC 61980-2 電気自動車用ワイヤレス電力伝送 (WPT) システム —第2部：磁界を用いた電力伝送システムの制御・通信要件	Jun-19 (TS)	Mar-21 (IS)	
IEC 61980-3 電気自動車用ワイヤレス電力伝送 (WPT) システム —第2部：磁界を用いた電力伝送システム要件	Jun-19 (TS)	Mar-21 (IS)	
ISO 19363 電気自動車—磁界を用いた電力伝送—安全要件及び互換性要件	Jan-17 (PAS)	Feb-20 (IS)	ISO/TC22/SC37/JPT19363 議長国：独・日
SAE J2954 Wireless Power Transfer for Light-Duty Plug-In Electric Vehicles and Positioning Communication	Nov-17 (RP)	2020 (IS)	SAE J2954TF

TS : Technical Specification, PAS : Publicly Available Specification, IS : International Standard, RP : Recommended Practice

■表2. EV用WPTの作動周波数割当てに関するITU-R勧告

標 題	発 行 日	改訂見込日	担当委員会
RECOMMENDATION ITU-R SM.2110-1 (ITU-R勧告) Guidance for the use of frequency ranges for operation of non-beam wireless power transmission for electric vehicles	Oct-19	—	ITU-R SG1



システムに最適な周波数帯域として選定し、標準化を進めている。

国内においては、2016年3月に電波法施行規則が改正され、最大11.1kVAまでのEV用のWPTシステム周波数帯として79–90kHzが規定された。

国際的には、ITU-Rを舞台に日本がけん引役となり活動が続けた結果、79–90kHzをEV用WPT作動周波数範囲と勧告するITU-R勧告が2019年10月に発効した。

3.3.3 パワークラス

小型自動車用WPTシステムを視野に、一次側（地上側）装置への入力電力に応じて3.7kVA以下（WPT1）、3.7kVA～7.7kVA（WPT2）及び7.7kVA～11.1kVA（WPT3）の3つのパワークラスで規格化が進められている。そのほか、11.1kVA超かつ22kVA以下、22kVA超の2つのクラスが定義されているが、現時点では国際的な議論は始まっていない。

3.3.4 一次側装置と二次側装置の間隔（地上高クラス）

一次側コイルと二次側コイルの間隔については、100mm～250mmの範囲が想定されている。IEC61980-3では作動可能な二次側装置の地上高範囲によってZ1～Z3の3つの地上高クラスを設定し、カバーすべきコイル間隔の範囲を規定している。

なお、製品においては、Zクラスは一次側（地上側）装置のみに対して適用され、二次側（車両側）装置は、対応する地上高範囲を自動車メーカーが決定して明示する。

3.3.5 システム効率

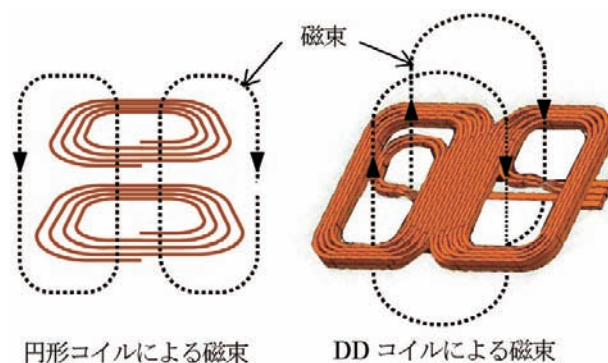
システム効率は、「二次側装置からの出力電力／一次側装置への入力電力」で定義され、一次側装置と二次側装置が同じパワークラスの場合のシステム効率は、一次側と二次側の装置が最適アライメントの状態において最低85%、位置ずれ許容範囲内において最低80%を求めている。

3.3.6 相互運用性

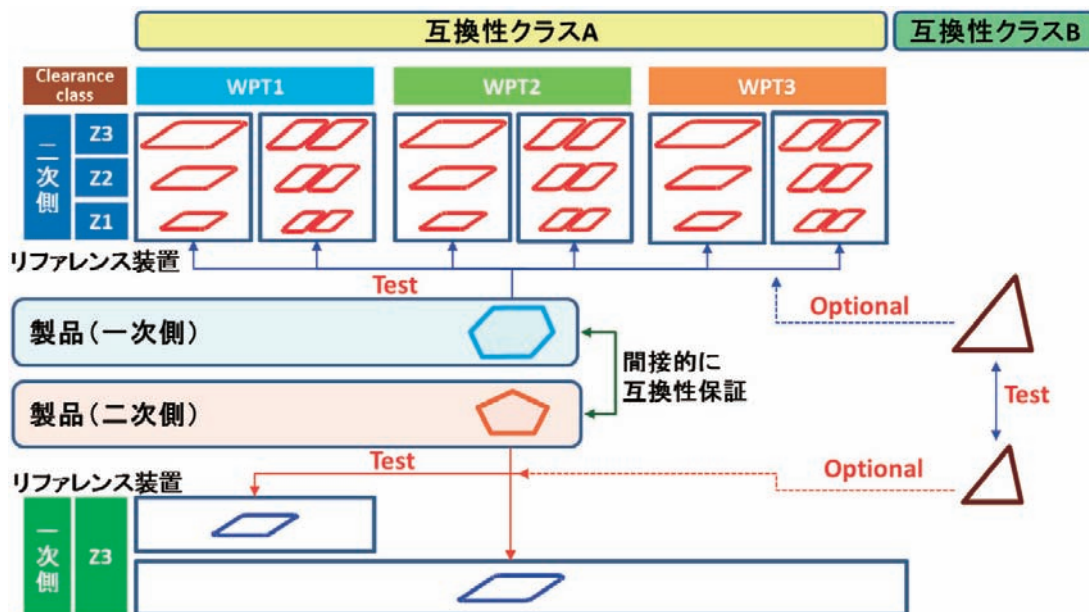
異なる製造者による一次側装置と二次側装置間のグローバルな相互運用性の確保は最重要課題である。

現在、大別して円形（実際は四角形に近いが）コイル方式とDDコイル方式（2つのコイルを接続した形状）の磁束形状が異なる二種類のコイル方式が提案されている（図2）。

異なる磁束形状や異なるメーカー間の相互運用性を確保



■図2. コイル形状と磁束



■図3. リファレンス装置



するため、IEC/ISOではそれぞれの仕様に基づき設計された装置を「リファレンス装置」として規格化し、製品はリファレンス装置に対して互換性を確認することとした(図3)。

なお、2019年2月にDDコイル方式を推進してきたQualcomm Halo社がEV用WPTから撤退、DDコイル方式の技術を移転されたWiTricity社は円形コイル方式の製品化に注力するとしたため、一次側のリファレンス装置は円形コイル方式のみとなる見込みである。ただし、二次側(自動車側)については現時点では円形コイル方式とDDコイル方式の全てをリファレンス装置として残しており、一次側製品はこれから全ての二次側リファレンス装置に対して相互運用性を確認・保証する必要がある。

上記のようにグローバルな相互運用性を目指す一方で、各社で開発が進むにつれ異なる設計の製品間の相互運用性確保は現実的には容易ではないことが顕在化してきた。そのため、IEC/ISOでは、相互運用性のレベルによって「互換性クラス」(Compatibility Class)を導入することで合意した。すなわち、グローバルな相互運用性を意図した「互換性クラスA」のほかに、特定のモデル専用設計を許容した「互換性クラスB」を設け、市場導入へのハードルを下げる(ただし安全性や作動周波数等の相互運用性以外の要件は互換性クラスAと同等)こととした。(SAEにおいても、同様のクラス分けを導入した。)

3.3.7 電磁界からの人体防護

電波ならびに電界・磁界による人体ばく露に関しては、「電波防護指針」や国際非電離放射線防護委員会(ICNIRP)のガイドラインなどを遵守することが基本となる。

ISO 19363では、一般人が通常アクセスする領域(車両まわり及び車室内)には、ICNIRP 2010の制限値を適用するよう規定している。車両床下領域に対しては、i) 床下へのアクセス制限、ii) 侵入を検知して遮断、iii) ICNIRP 2010制限値を満たす、のいずれかによる保護を求めている。

また、心臓ペースメーカーの保護のために、ペースメーカーがばく露され得るエリア(車両まわり及び車室内)ではISO 14117-1 Annex Mの制限値を適用している。

3.3.8 電磁両立性(EMC)

EV用WPTから放射される高調波に対する欧州(主として英国)における中波、短波ラジオ放送との共存やアマチュア無線との共存が議論されており、ITU-R及びCISPR/B分科会において審議されている。

4. 走行中WPT (Dynamic WPT: DWPT)

EV用WPTの将来技術として、交差点での停車中や低速走行中の車両へのDWPT、さらにはより高速で走行中の車両へのDWPTも研究が進められている。DWPTが実用化されれば、駆動用蓄電池の容量低減(=車両価格・重量低減)や航続可能距離の延長につながる可能性が高い。また、DWPTは自動運転との親和性も非常に高く、将来は路面より給電を受けながら全自動走行するEVも期待される。

欧州では2014年から2017年にかけて、欧州委員会のサポートを受けたFABRICプロジェクトとしてフランス及びイタリア、スウェーデンにてDWPTのリサーチが行われ、実現の可能性や将来に向けての課題等が提示された。さらに、スウェーデン運輸省が推進するERS (Electric Road System) プロジェクトにおいてイスラエルのElectreon社が公共の道路に設置する取組みを進めており、乗用車からバス・トラックを対象とした社会実装フェーズへとステップアップしていく模様である。そのほか、北米・中国においても積極的な研究が行われている。

一方、日本においては、東京大学を中心としたDWPTのリサーチがSIP(戦略的イノベーション創造プログラム)のテーマのひとつとして進められている。

また、2018年11月に韓国よりEV用DWPTシステムの標準化がIECに新規提案された。日本は時期尚早として反対したが、IECにおける投票で承認され、2019年6月のキックオフ会議より標準化活動が始動した。その後しばらく進展はなかったが、2020年3月に2回目の会合が予定されている。

DWPTは、EV社会実現のキーアイテムとなる可能性を秘めている。そのために、DWPTの技術的課題の解決はもとより、電力・道路のインフラの発展、エネルギー生産・活用及びそれらの経済的な合理性の成立解を得た上で関連法整備も含めた国家的な取組みが求められる。電動車普及の過渡期において、各国でエネルギー戦略が異なる以上、足並みをそろえるのは困難な点も予想されるが、上述のSIPでは、これらを包括的に捉えた取組みを目標に掲げている。

5. おわりに

EVの普及のためには、EV自体のイノベーションとともに、充電環境の整備が不可欠となる。今後も引き続き標準化活動へのご支援をいただければ幸いである。