



## ワイヤレス電力伝送に関する動向と ITU-Rにおける検討状況



株式会社ドコモCS 法人営業本部 衛星サービス事業部長  
情報通信審議会 情報通信技術分科会 ITU部会 周波数管理・作業計画委員会主査

こばやし さとし  
小林 哲

### 1. 概要

ワイヤレス電力伝送 (WPT: Wireless Power Transmission) は1890年代に初期の実験が行われ、1960年代から本格的に研究されてきた歴史のある技術である。2007年にマサチューセッツ工科大学 (MIT) が新技術を発表してから関心が高まり、家電や携帯機器の充電用に実用化され、また、電気自動車 (EV: Electric Vehicle) への給電用にも有望視されている。

国際電気通信連合 (ITU) では、1970年代から主に無線ビーム技術を用いるWPTの研究が行われてきた。2012年頃から無線ビーム以外の技術を用いるWPTへの関心が高まり、2014年にITU無線通信部門 (ITU-R) で初のWPTに関するレポートが承認され、2015年春の会合ではWPTに関する暫定新勧告案 (PDNR: Preliminary Draft New Recommendation) が作成された。この急な進展を受けて、2015年11月の世界無線通信会議 (WRC-15) ではWPTの2019年世界無線通信会議 (WRC-19) 議題化の審議が行われ、無線通信規則 (RR: Radio Regulation) にWPTに関する規定を設けるかどうかの検討が開始された。

以下に、この数年関心が高まっているWPTについて、その概要、歴史、近年の動向、ITU活動及び今後の展望について説明する。

### 2. ワイヤレス電力伝送 (WPT) の概要

WPTにはいくつかのタイプがあり、1890年代から様々な分野で多様な技術が検討され、一部の技術は既に実用化されている。

WPTには権威のある定義がまだ無いが、本稿では、より広い範囲をカバーして、「電氣的接触なしに他の場所に電力を伝えること」としている。

日本語では、「ワイヤレス」、「無線」、「誘導」、「非接触」という用語と、「電力伝送」、「送電」、「充電」、「給電」、「集電」など用語の組み合わせで様々に呼ばれている。「誘導」は電磁誘導技術を用いるもの、「非接触」は物理的には接触状態でも絶縁物を介して電氣的接触がないものまたは接触に近い状態のもの、「集電」は鉄道用途に用いられており、利用の態様、機能、用途、分野などによって使い分けられている。本稿では、より一般的な「ワイヤレス電力伝送」を用いる。

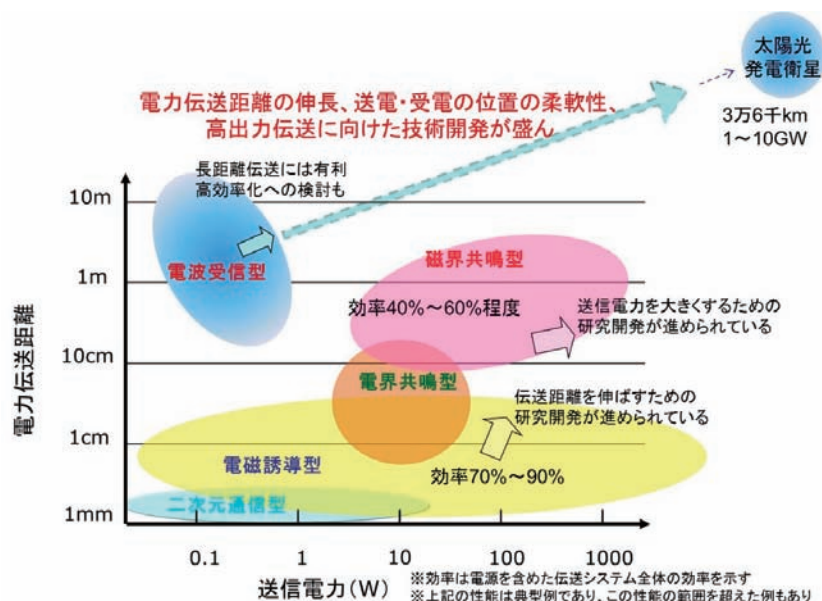
英語でも同様に多様な呼ばれ方をしているが、ITUでは検討の初期段階から主に電波の送受信による電力伝送が検討されてきた経緯があり、送信側の監視に重きを置いた「Wireless Power Transmission」が用いられてきた。一方、電磁誘導を用いる方式では、「送信」の概念よりも「結合による電力の移動」の概念から「Wireless Power Transfer」を用いることが多い。略語ではどちらも「WPT」なので、本稿では両方の意味を込めて「WPT」を用いる。

WPTは、電力を伝送する方式によって大まかに図1の四つのタイプに分類される。

各方式について、想定されている送信電力と電力伝送距離の関係を図2に示す。送信電力は十ミリW程度から十ギガW程度まで、また、電力伝送距離はほぼ接触状態から3万6千kmまで想定されており、WPTは非常に範囲の広い技術である。

方式	電磁誘導型	共鳴型(共振型)	電波受信型	二次元通信型
概要				
	コイルの間を貫く磁束密度の変化によって生じる起電力を利用	電場又は磁場を共鳴させて電力を送信	電波を整流回路で直流に変換して利用	シートを介して伝搬する電磁波を接触面で電力エネルギーに変換して利用

■ 図1. 伝送方式によるWPTの分類



■図2. WPT技術の概観

なお、いかなる無線通信でも受信側では非常に小さい電力が受信されている。受信電力は上記のWPTより小さく、電力の伝送が目的ではないため、一般的には無線通信はWPTとは概念されていない。ただし、受動型無線タグ等は境界領域にある。

### 3. ワイヤレス電力伝送の歴史

WPTの初期の実験として、ニコラ・テスラが1899年に米国のコロラド・スプリングスで行った実験の写真が残されている。また、テスラは1901年～1917年に全世界向けのWPTを計画してロングアイランドに送電用のタワーを建てたが、計画は中断され、実験は行われなかった。WPTはすぐには実用化されなかったものの、無線通信の黎明期に既に検討が行われていたのである。

1968年に米国のピーター・グレイザーが提唱した宇宙太陽光発電システム (SSPS: Space Solar Power System) のコンセプトは、静止衛星軌道上の巨大な太陽電池で発電した電力を無線で地球上に送るもので、多くの科学者の関心を集めた。各国の学界や宇宙関係機関で研究が行われ、日本でも1992年に京都大学が小型無人飛行機から地上への電力伝送実験を行うなど活発な研究が行われた。

一方、電磁誘導方式の短距離 (あるいは非接触) のWPTは、1990年頃に米国カリフォルニア州で行われた2千台規模の電気自動車プロジェクトで、充電パドルを車体側の受電器に差し込んで非接触で充電する形で採用された。た

だし、プロジェクトは短期間で中断され、普及には至らなかった。その後、1993年頃から工場内の搬送システムに非接触給電技術が使われ始め、更に自動搬送機への非接触自動充電器などにも使われ、国内で既に数千システム以上が利用されている。

### 4. 近年の動向

#### (1) MITの実験

2007年6月、マサチューセッツ工科大学 (MIT) は磁界共鳴型ワイヤレス電力伝送装置により2.1m離れたコイルに電力を送って60Wの電球を点灯させた実験結果を発表した (写真)。この発表により、送受間距離や位置ずれの自由度が高い方式への関心が高まり、電気自動車等様々な



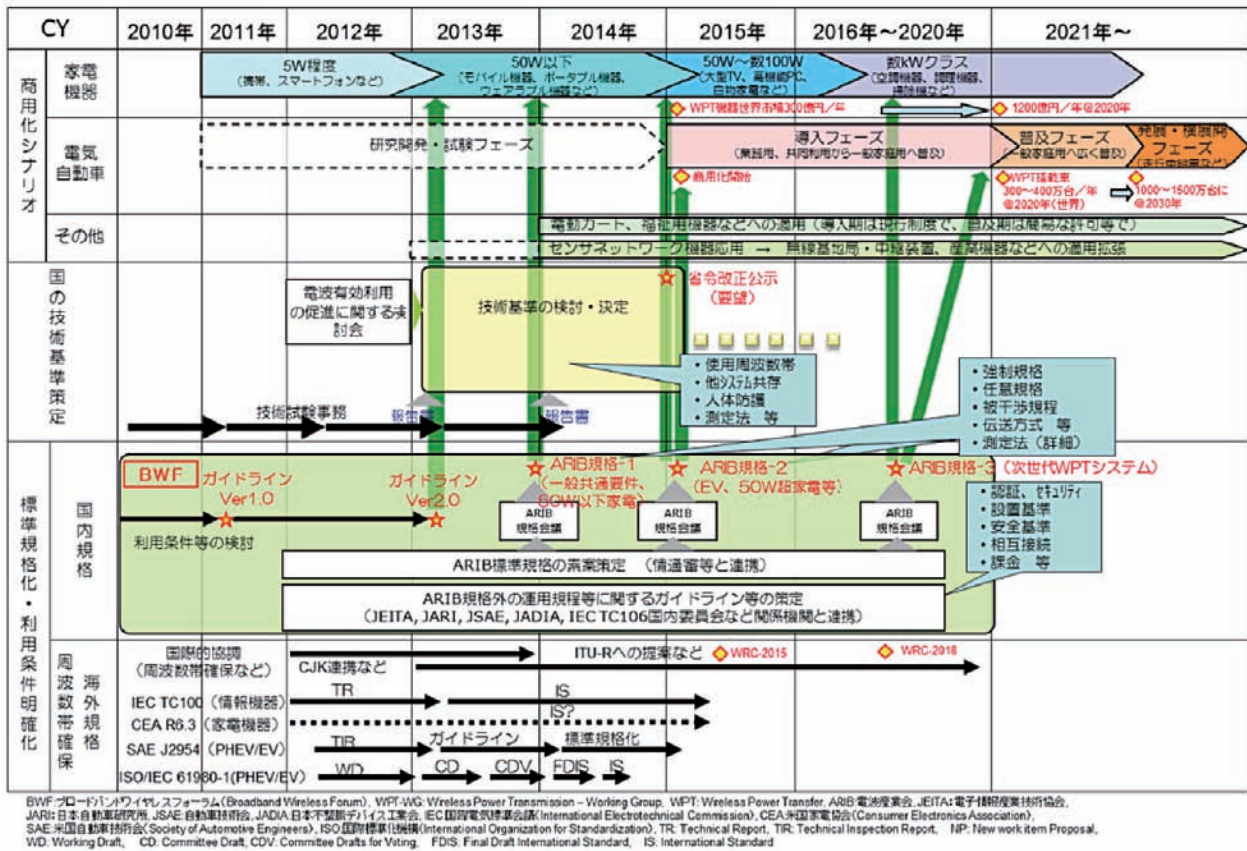
■写真. MITの発表 (2.1m離れた60W電球の点灯 2007年6月発表)  
(出典: [http://www.mit.edu/~soljagic/MIT\\_WiTricity\\_Press\\_Release.pdf](http://www.mit.edu/~soljagic/MIT_WiTricity_Press_Release.pdf))



作成:ブロードバンドワイヤレスフォーラム

YRP Broadband Wireless Forum

ワイヤレス電力伝送技術の実用化に向けたロードマップ



■図3. 日本のWPT技術の実用化に向けたロードマップ

機器へのWPTに期待が高まった。

(2) 電波新産業創出戦略とブロードバンド・ワイヤレス・フォーラム (BWF)

総務省の電波政策懇談会 (2008年10月〜) が、その報告「電波新産業創出戦略」においてワイヤレス電源供給を取り上げ、注目された (2009年7月)。

この報告を受け、2009年7月にブロードバンドワイヤレスフォーラム (BWF) が設立され、そのWPTワーキンググループが検討を開始し、現在も活発に活動中である。

(3) 民間規格化の動向

2008年8月に米国で電磁誘導方式の低電力WPTシステムのQi規格が公表され、同年12月にそれを発表した民間企業8社によりWPC (Wireless Power Consortium) が設立された。その後別の民間規格化活動を開始したA4WP (Alliance for Wireless Power) とPMA (Power Matters Alliance) は2015年に統合され、AirFuel Allianceとして活動を行っている。詳細は、後記の6章を参照。

(4) 総務省 電波有効利用の促進に関する検討会報告書 (2012年12月)

総務省の標記の検討会は、課題の一つとしてWPTを取り上げ、その報告書でBWFが原案を作成した制度化、実用化のロードマップ (図3) が公表された。

5. 情報通信審議会の動向

(1) 電波利用環境委員会

2013年6月、情報通信審議会の電波利用環境委員会が作業班を設置して「ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件」の検討を開始した。約1年半の検討の後、2014年12月に家電機器用の6MHz帯の磁界結合型及び400kHz帯の電界結合型WPTシステムの技術的条件を提案し (2015年1月、一部答申)、更に2015年5月にはEV用WPTシステムの技術的条件を提案した (2015年7月、一部答申)。

これらの一部答申に基づき、総務省は、2015年11月に電波法施行規則の改正を電波監理審議会に諮問して即日答申を得、更に制度化の手続きを進めて、2016年3月15日、その改正を公布し同日施行した。

■表1. WPTの標準化に関する海外動向

組織		内容
IEC	CISPR	CISPR SC-BがWPTをとり上げることとし、2014年6月にタスクフォースを設置して議論。他のSCは審議の要否を検討中。
	TC100	WPTに関するTechnical Reports について作業中 - 2012年7月にステージ0の調査を終え、Technical Reports 案を作成中。
	TC69/PT 61980	TC69 (電気自動車及び電動産業車両) のWG4において、ISO TC22 (道路車両) と共に自動車向けWPTについて議論 - IEC 61980-1: 一般要求条件 - IEC 61980-2: 通信 - IEC 61980-3: 磁界結合方式
ISO TC22/SC21 (ISO 19363)		ISO 19363: 自動車用磁界結合WPTの安全及びインタオペラビリティ要求条件を検討 (PAS) - IEC 61980 and SAE J2954と密接に協調
ISO/IEC JTC 1 SC6		WPT用のIn-band PHY レイヤ及び MAC レイヤのプロトコルを検討
CEA (Consumer Electronics Association)		CEA R6-TG1 において家電用のWPT について議論
SAE (Society of Automotive Engineers)		2010年からWPTの標準化を検討。2013年11月に、SAE International J2954™ タスクフォース (ライトデューティEV/PHEV用WPT) が85 kHz帯での運用と3つの電力クラスについて合意。
AirFuel Alliance		磁界共鳴方式WPTを検討したA4WPと誘導方式WPTを検討したPMAが2015年に統合。 - メンバー企業が2015年にFCC認証、中国のSRRC承認を取得。50W超のシステムも検討中。
WPC (Wireless Power Consortium)		2008年設立。15Wまでの強結合誘導方式WPTの仕様 (Qi規格) を公開。200社以上がQi規格をサポートし、アクセサリ、充電器、デバイスを含め約800の製品がQi規格を採用。
CJK WPT WG		CJK (中日韓) 情報技術会合のWPTワーキンググループ。小電力/大電力のWPTに関して調査研究を行うため、地域内で情報を共有。2013年以降CJK WPT Technical Reportを作成し更新。
APT/AWG		TG on WPTでSurvey Report, Technical Reportを作成し更新。APT勧告についても検討中。
ETSI/TG28		SDR規格をベースに、EV用の周波数帯、電磁界強度の限度値等について見直しを検討中。

## (2) 周波数管理・作業計画委員会

ITU-R部会の傘下の周波数管理・作業計画委員会は、毎年ITU-Rの第1研究委員会 (SG1: Study Group 1) 及び傘下のワーキングパーティ (WP) の会合への寄与文書、対処方針等を審議して承認している。WPTに関する研究課題がITU-R SG1に割り当てられており、WPTに関する日本の寄与はこの委員会が承認している。

## 6. WPTの標準化の動向

ITU以外の国際標準化機関、民間規格団体、地域標準化団体等のWPTの標準化に関する海外の動向の概要を表1に示す。

日本国内では、一般社団法人電波産業会 (ARIB) が2015年7月にARIB標準規格STD-T113「ワイヤレス電力伝送システム」を策定し、400kHz帯電界結合ワイヤレス電力伝送システムと6.78MHz帯磁界結合ワイヤレス電力伝送システムの2方式について規定した。また、同年12月にモバイル機器用マイクロ波帯表面電磁界結合ワイヤレス電力伝送システムの規定を追加する改定を行った。

## 7. ITUの動向

### (1) 概要

ITU-Rの前身の国際無線通信諮問委員会 (CCIR) は、1978年以前から太陽光発電衛星 (SPS: Solar Power Satellite) からのエネルギー伝送を研究し、1978年にCCIRレポートを承認し、1986年に改定したが、このレポートはその後廢

止された。

1997年には、新研究課題ITU-R 210/1 “Wireless power transmission” が承認され、SG1が研究を再開した。当初はSPS用等の無線ビーム技術を用いるWPT (Beam WPT) の研究が主で、米国の航空宇宙局 (NASA) と日本の宇宙開発事業団 (NASDA) が寄与して作業文書が作成された。しかし、レポートが承認されないまま年月が過ぎた。2010年前後からのWPTに関する国際的な環境変化を受けて、2012年には無線ビーム以外の技術を用いるWPT (Non-Beam WPT) も研究対象とするよう研究課題が若干修正され、2013年には、日本の提案により作業文書がBeam WPTとNon-Beam WPTの二つの作業文書に分割された。2014年には、日本から情報通信審議会での検討状況、技術データ等が入力され、その結果、Non-Beam WPTに関する新レポートITU-R SM.2303が承認され、公表された。

2015年6月のSG1会合では、他国からの入力も加筆して上記のレポートの改定が承認された。また、WPT担当のワーキングパーティ1A (WP1A) は、WPT用の周波数帯として6.78MHz帯を推奨することに合意し、暫定新勧告案 (PDNR) を作成して他のSGの関連WPに送付した。他のSGの了承が得られれば、今後SG1での採択、郵便投票を経てWPTに関する初のITU-R勧告が承認される見通しとなった。

この急な進展によりWPTへの期待が認識され、国内で急きょ WRC-15への提案が検討され、WPTをWRC-19の議題にする提案が同年7月のアジア太平洋電気通信共同体



(APT) のWRC-15準備会合 (APG15-5) に日本から提出された。その提案は同会合で精査され、APT加盟国22か国の共同提案としてWRC-15に提出された。

2015年11月のWRC-15では、WPTをWRC-19の新議題とすることは認められなかったが、EV用WPTをWRC-19向け緊急研究と決議し、WRC-19での検討の可能性を残した。直後の第1回WRC-19準備会合 (CPM19-1) では、EV用WPTをWRC-19向けCPM (会議準備会合) レポートの課題9.1.6とすることが決定され、WP1Bを主担当とするWRC-19までの検討体制が決定された。

## (2) ITUにおけるWPTの位置付け

無線通信規則 (RR: Radio Regulation) 及び研究委員会 (SG) 活動上のWPTの位置付けは以下のとおりであり、ITUにおいては、WPTは未確立の技術であると言える。このため、RRの改正によって位置付けを明確にすることが望まれる。

### ①規則上の位置付け

現行のRRには、WPTの規定は無い。通信を伴わないWPTは無線通信業務でないと考えられる。RRの拡大解釈により、RR 1.15に定義されている産業科学医療 (ISM) 応用の一部と主張されることがあるが、公共駐車場に設置されるEV充電用WPTはISM応用ではないと考えられるなど、異論がある。

WPT機器からの無線通信業務への有害な混信については、電気機器設備に関するRR 15.12の規定またはISM応用の機器に関する15.13の規定のいずれかが適用されると考えられる。主管庁は混信回避のために現実的かつ必要な全ての手段を講じなければならず、その際、最新のITU-R勧告によってガイドされるべきと規定されている。日本は、これらの規定では十分でないと主張している。

### ②Study Group活動上の位置付け

前記 (1) の活動以外に、ISM機器からの輻射限度に関する勧告ITU-R SM.1056-1に、将来のISM応用の研究例として太陽光発電衛星等が記載されている。しかし、例示に過ぎず、Non-BeamのWPTへの言及は無い。

## (3) 2015年6月のSG1/WP1A会合の結果

2015年6月のSG1/WP1A会合では、前述のITU-Rレポート及びITU-R勧告の検討のほかに、以下のことが決定され、研究の加速が図られた。

- ・日本からの入力に基づきBeam-WPTに関する作業文

書を全面改訂。

- ・次回会合までの間の活動の促進のために、ラポータグループ (RG-WPT) を設置 (コレスポンディンググループから格上げ)。
- ・ITU内の関連SG/WP及び外部団体にリエゾン文書を発出。
- ・SG1からCISPRへのWPTに関するラポータ (日本の久保田氏) を指名。
- ・2016年会合は、6月及びWRC-15の結果いかんで11月にも開催。

## (4) 2015年7月のAPG15-5会合の結果

WRC-15へのAPTの第5回準備会合 (APG15-5) に対して、日本から、WPT用の周波数の指定を検討することをWRC-19の議題とする提案を行った。議論の結果、「WPTのための周波数関連事項及び規制措置の検討」を提案することとなった。この提案は会合後の郵便投票により、22か国のAPT共同提案としてITUに提出された。

## (5) 2015年世界無線通信会議 (WRC-15) のWPTに関する結果

上記のAPT共同提案に対しては、時期尚早等の理由から、議題候補とすることに欧米諸国が強く反対した。反対意見とそれに対する反論は、表2参照。

議論の結果、議題候補とすることは無理との判断により、次善の選択として、対象を電気自動車 (EV) 用WPTに限定し、WRC-19の準備に必要な緊急研究の決議の1項目とすることで妥協が図られた。決議では、緊急研究のタイトルを“Studies concerning WPT for electric vehicles”とし、WRC-19の議題9.1の項目として無線通信局長に研究結果を報告するよう指示した。なお、議題9.1は、WRC-15以

■表2. WPTに関する提案への反対意見と反論

反対意見	反論
新議題は高優先順位の18項目程度以内に絞るべき。	WPTは22か国の共同提案であり、優先順位は低くない。
SG活動で十分なものは議題にすべきでない。	勧告、レポートも他機関の標準も法的拘束力がなく、同等。他機関が無線業務へのインパクト検討を十分に行わずに周波数を決める危険がある。
WPTは無線通信業務でなく、RRの対象外であり、WRCの議論は不要。	RR 15.12及び15.13に電気機器・設備及びISM機器からの有害干渉回避のための主管庁の義務の規定あり。検討対象。
電気機器・設備の周波数はITUの検討対象外。	無線通信業務への有害な干渉が危惧されるものについては、ITUがCISPRと協力して検討すべき。
小電力のWPTは各国国内制度で十分対応されており、国際制度は不要。	大電力のEV用は国際制度が望ましい。 ⇒ EV用WPTに限定
EV用充電器は移動しない。国境を越えないので、国際制度は不要。	車は国境を越えて移動する。移動先での充電を同じ周波数、標準で行うために国際制度が必要。
WRC-19の議題にするのは時期尚早	EV用WPTについて、IEC、ISO、SAEが標準承認過程にあり、緊急対応が必要。 ⇒ 緊急研究



降の無線通信セクターの活動に関する無線通信局長の報告を検討し承認する議題である。

WRC-15に引き続いて開催されたCPM19-1会合では、CPMレポートで課題9.1.6として扱うことが決定された。これにより、SG活動の進展がCPMレポートに記述されてWRC-19に入力される手続きが確定された。

上記の結果、WPTについては、今後のITU-R SG1の研究結果に基づく無線通信局長からの報告を、WRC-19で検討して承認することとなった。ただし、SG活動に関する無線通信局長報告には規制事項を含むことができないので、RRの改正が必要な場合、別途主管庁からの提案（望ましくは共同提案）が必要である。

## 8. 当面の課題

WPTの応用は多岐にわたり、その実用化の検討は多方面で行われている。

ITUのRRでの規定は、WPT（特に大電力のWPT）が無線通信業務に有害な混信を与えずに健全に発展する上で重要な役割を果たすと考える。

WRC-19において成果を得るためには、周到な準備が必要である。WRC-19が2019年前半になりCPM19-2が2018年半ばになる可能性があることを想定し、WPTの勧告化を進めるとともに、CPMレポートの文章を作成する必要がある。

まずは、2016年のSG1とそのWPの会合に向けて、以下のことが必要である。

- ・日本の技術検討と制度化の結果をレポートに盛り込むこと。
- ・WP1Aの技術検討に基づき、周波数管理手法担当のWP1Bで行われる周波数のカテゴリ（ISM帯か他か？）の議論の準備をすること。
- ・EV用に日本が提案してきた周波数帯（79-91kHz）がISM帯でないことから、WPT用周波数帯とISM帯との関係を整理すること。
- ・EV用周波数の勧告化のために、欧州等での周波数の検討を加速させること。
- ・EV用以外のWPTをWRC-19で扱うかどうか、方針を固めること。
- ・Beam WPTの各技術について勧告化目標時期等の方針を固めること。

- ・国際共通周波数帯の必要性を説明する強固な根拠を検討すること。
- ・IEC、ISO、SAEからWP1Aにリエゾンバックを受け取るよう努めること。
- ・CISPRとの円滑な連携のため、ラポータの久保田氏を支援すること。
- ・APT共同提案への準備として、日本の電波産業会（ARIB）、日中韓の標準化会合（CJK）、APTの無線通信グループ（AWG）を活用して地域的な情報共有と合意形成の可能性を探ること。
- ・RG-WPTを活用すること。

## 9. 今後の展望

WPTは周波数の新しい利用であり、幅広い応用に期待が高まっている。特にEVへの給電は、EV普及を促し地球温暖化対策につながると期待されている。また、関心が高まっているIoT用のセンサーネットワークの無線化への貢献も検討されている。それらの実用化・健全な普及には国際的な周波数のハーモナイゼーションが不可欠であり、国際的強制力を持つITUのRRの果たす役割は大きいと考える。

また、WPTは、電波利用のブロードバンド化により空きつつある低い周波数帯を有効利用する側面も持つ。

しかし、現行RR上のWPTのステータスは明確でなく、RRの規定は必要ないという主張もある。こうした状況下でのWPTのためのRR改正の提案は、周波数利用におけるWPTの「市民権獲得運動」とも言える。WPT用の周波数については、ITUが責任ある検討・決定を行うことができる唯一の国際機関であるとの主張はある程度受け入れられ、結果としてWRC-15での成果につながった。ITUがその役割を今後とも果たすよう、働きかけていきたい。

WPTから無線（通信）業務への有害な干渉の回避は必須であり、日本はそのための検討と関係国際機関への貢献をリードしてきた。それを継続するとともに、WPTについて日本と同様に積極的態度の中国、韓国、イスラエル、米国等と連携して国際的な合意を形成していくことが今後必要である。

これまでの関係の皆様のご尽力に感謝するとともに、その継続により、種々のWPTが実用に供され、健全な普及が図られることを切に望む。

（2016年1月21日 ITU-R研究会より）