

実証評価が進む公共交通用ワイヤレス給電

高橋 俊輔

昭和飛行機工業(株) IPS・EV事業室
技師長

電磁誘導式ワイヤレス給電システムの概要

地域公共交通手段としての路線バスにおいて、省エネルギー、地球温暖化防止、乗車環境改善に寄与することを目的として先進電動バスWEB-1やIPSハイブリッドバスといった電動バスが開発されつつある。これらのバスでは、充電効率の良い電池充電技術が求められると同時に、運転者に作業負担を強いない簡便で、かつ感電などの危険を伴わないワイヤレス給電システムが採用されている。バリアフリーの観点から低床型のバスが求められている昨今、小型化の面では床下取り付け面積の少ない薄型の装置が望まれ、また、省エネルギーの促進のため車載重量軽減、効率のさらなる向上が望まれている。さらに、このようなバスシステムを普及させるために低価格化を実現しなければならないという課題もあげられている。これらを満足するものとしてInductive Power Supply (IPS) と呼ばれるシステムが開発された。

IPSは薄い円形平型の電磁誘導方式を採用し、図1に示すように地上側システムとして商用周波数から電磁誘導に必要な高周波を発生させる高周波電源装置、1次コイル、高周波電源装置から1次コイルまでの給電ケーブルとインピーダンス調整用のキャパシタボックス、それに車両側システムとしては2次コイルと高周波を直流に直す整流器、バッテリーマネジメントシステムと地上側の高周波電源との間で制御信号をやり取りする通信装置から構成される。高周波電源装置の内部は、商用電源を直流に変換するAC/DCコンバータ、高周波(方形波)を出力する高周波インバータ、方形波をサイン波に変える波形変換回路、安全対策のための絶縁トランスで構成されている。Waseda Electric micro Bus 1号機(WEB-1)に搭載

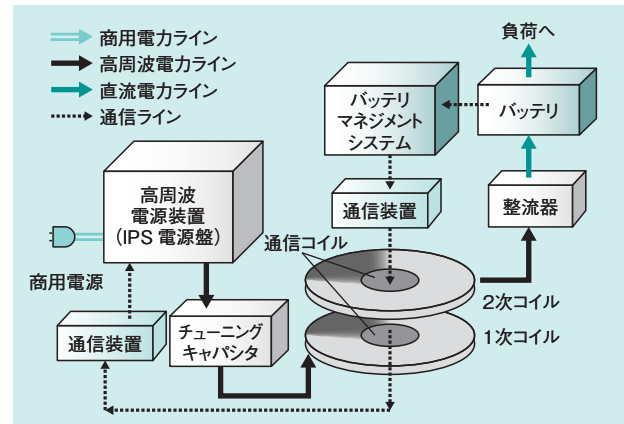


図1 IPSシステムの構成

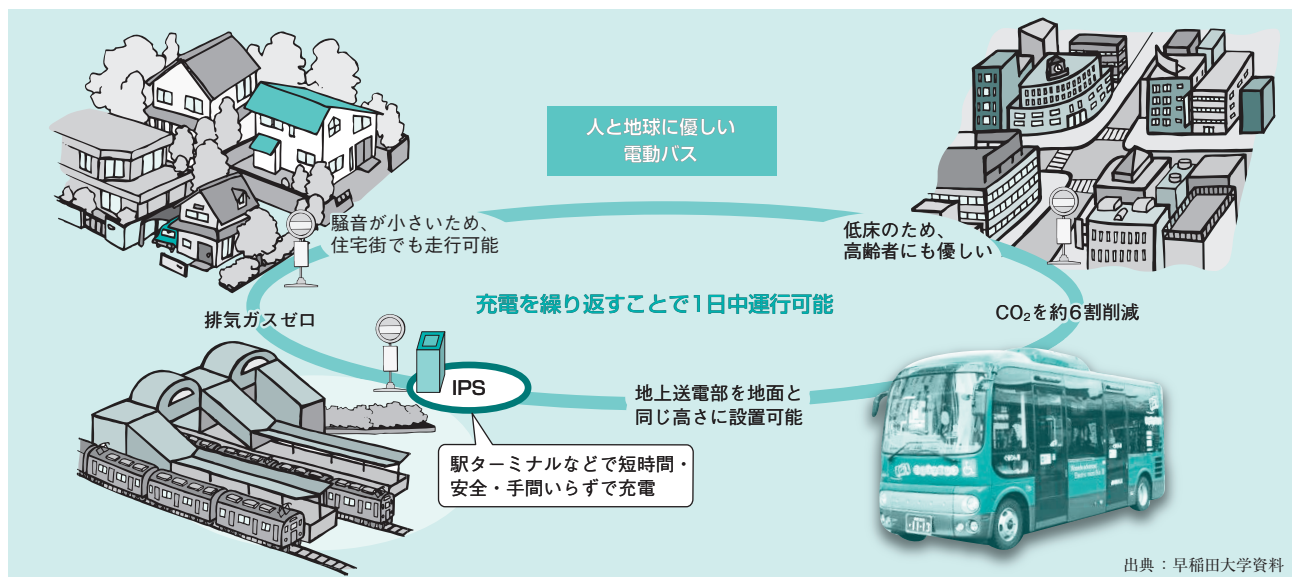
されたシステムの仕様は出力30kW、総合効率92%、コイル間ギャップ100mmである。

現在、日本のみならず海外でもEV用のワイヤレス給電システムがいろいろ開発されているが、そのほとんどが普通充電用としての3.3kWのものである。IPSは1人乗りミニカー用の1kW、PHEVやEV用の10kWといった小型のみならず、マイクロバスなど中型車両用の30kW、IPSバスやトラックなどの大型車両用の50kWからLRTや新交通システム、連接バス用の150kWを超える大電力、大型のものまでラインナップされている。

運用試験から見える利便性と成果

グローバルな電気自動車(EV)に比べてローカルなコミュニティバスは、標準化の進展に関わらずワイヤレス給電システムの採用が容易なため、海外を含めいくつかの運用実績がある。ドイツのConductix-Wampfer社が開発したInductive Power Transfer (IPT)を搭載した電動バスがイタリアのトリノなどで2002年以降数十台使用されており、同社とコンソーシアムを組む三井物産が2013年夏から世界で初めて英国南部のミルトンキーンズ市の1路線・全8台をこのバスに置き換え、始発や終点など3か所のバス停で、乗客を待つ間などに10分間程度充電することで、充電のために運行を中断して車庫に戻すことなく電動バスを終日運行させる事業を開始すると発表している。

日本では早稲田大学が中心となり、2002年より図2のような「少量電池」、「高頻度充電」、「航続距離延長」コンセプトの先進電動バスWEBシリーズの開発と、それによる環境改善の研究を続けており、2008年から各地でワイヤレス給電システムを使った電動バスの運用実験を行っている。



出典：早稲田大学資料

図2 WEBの短距離走行・高頻度充電コンセプト

奈良県は、宿泊観光客の増加のため奈良市内における交通の利便性と環境向上に向け、パークアンドライド(P&R)と電動バスの導入を計画している。2008年に少量電池搭載のWEB-1+非接触式急速充電器(IPS)と大容量電池搭載の電動バス+接触式急速充電器の2台の電動バスを使い、県庁をP&Rの起点として充電装置を設置し、走行ルートとして1周5.5kmの春日大社を含む奈良公園一帯を巡回する観光用周遊バスの社会実験を実施した。実証走行試験の結果、どちらの電動バスでもCO₂排出削減効果は確認できたものの、充電の利便性の点ではワイヤレス充電システムに軍配が上がった。そこで2009年にはWEB-1のみを使い、再度、実証走行試験を行った。試験ではIPSを2か所設置した。1つはバスターミナルでの充電を意識して奈良県庁に、もう1つはバス停で乗客が乗降する間の充電用として春日大社に設置した。充電条件として、県庁では毎回必ずSOC(充電率)70%まで充電を行い、春日大社では、途中経路の渋滞度合いにより充電時間を「充電なし」、「1分間充電」、「2分間充電」の3パターン設定した。空調負荷については、空調なし、およびクーラー作動とした。春日大社1分間充電、空調なしの条件で試験を行った結果、1周5.5kmのルート周回に約30分を要し、春日大社での1分間充電でSOCが若干回復、県庁でSOC70%まで消費したSOCを回復するのに要した充電時間は約6分で、1周5.5kmのルートを約7分のIPS充電を行うことで連続的に走行可能であることが示された。WEB-1のLiイオン電池容量は、三菱自動車の4人乗りiMiEVの16kWhより少ない12kWhで、さらに3倍の車両重量と定員12名でありながら、充電は繰り返



写真1 WEB-3と1次側コイルの設置状況

すもののアップダウンの大きな奈良公園内を1日中運用できる。すなわち、WEBの短距離走行、高頻度充電コンセプトが実証された。

環境省チャレンジ25事業の補助を受け、2011年11月から2014年3月までの予定で、長野駅と善光寺間を結ぶ長野市街地循環バス「ぐるりん号」に新規に開発されたWEB-3とWEB-4が投入され、有料で運用されている。この電動バスに使われているIPSの仕様は出力30kW、総合効率92%、コイル間ギャップ140mmで、バリアフリーのためのバスのニーリング機能を利用して車体側のコイルを地表面から120mmまで下げることができるため、写真1のように1次側のコイルは地面と面一に設置することができ、充電における運用の利便性が上がっている。搭載しているLiイオン電池のタイプや、容量、電圧などの違う2台の電動バスが長野駅近くの駐車場に設置した1台のIPSにおいて、路車間通信を行うことで問題なく充電できることが確認されている。露地に置けるよ

うに全天候型にしたもう1台のIPSを長電バスの営業所に設置し、2012年12月からWEB-3が長野駅から市民病院を経由し、長電バスの営業所(柳原)を往復する路線で運用されている。この事業では電動バスの事業性検証のため、電動バスとワイヤレス給電システムのメンテナンス上の課題把握を行っており、ワイヤレス

給電システムでは共振用コンデンサの経年変化度合などを計測中である。このような長期間、電動バスを営業運行する例は日本初の試みであり、すでに電動バスは実用化の域に達したと言える。

EV用のワイヤレス給電システムの1次コイルを公道上に設置するにあたっては、道路法第32条、道路交通法第77条により道路管理者と所轄警察署の許可が必要であるが、コイルの耐荷重や表面のスリップ性、ケーブルの埋め込み深さなどの各種道路要件が明確に規定されていないため、現状ではすぐに道路設置できる状況ではなく、長野でも駐車場やバス営業所に設置せざるを得なかった。そこで国土交通省では、コイル全面を樹脂コンクリートで覆うなどの対策を施したコイルを使い、**写真2**のように2011年2月に東京駅南口バス停留所、2011年12月にビッグサイトバス停留所の道路上に1次コイルを設置してIPSハイブリッドバスにワイヤレス充電を実施し、道路上設置における課題の把握が行われた。



東京駅南口バス停留所



ビッグサイトバス停留所

写真2 1次側コイルの道路上設置例

れ磁束が大きな問題であった。

Bombardier社は、2010年にアウグスブルグ市で走行に成功したLRTの「PRIMOVE technology」を使った電磁誘導式ワイヤレス給電方式を応用して、2011年からベルギーのロンメル市で電気バスを使って0.6 kmの試験道路で実証を行っており、最終成果は2013年に発表される予定である。電源は、10kVの高圧ラインから高周波電源装置により周波数20kHz、200kWにして供給、ピックアップサイズは3.6m、電動バス搭載電池容量は60kWhである。実用化を目指し、コイルを埋設した道路の舗装材もコンクリートとアスファルトをそれぞれ敷き詰めて実験中である。韓国科学技術院(KAIST)が、2009年に韓国CT&T社の車やソウル市公園内の屋外アトラクション車両を使って、OLEV (Online Electric Vehicle) の公開実験を行い、2011年以降にソウル市またはセジョン市、ボストンのローガン空港で電気バスを走らせると発表している。200kHz、200kWのインバータから送電し、17cmのコイル間ギャップを介して15kWのピックアップ3台で受電し、総合効率は76%である。当初の給電線は、米国のPATHプロジェクトのように1本の連続したケーブルで、電磁波漏洩の点が懸念されていたが、今後の計画では、KAISTが「Segment Method」と呼んでいるBombardier社のPRIMOVE技術に似たスイッチングシステムを採用する見込みである。

原油価格の上昇の中、環境意識の高い欧州においてバス停での停車中充電だけでなく、走行中給電への取り組みも始まろうとしている今、早急に規制緩和をして、すでに実用化の域に達している日本発のワイヤレス給電方式の電動バスの普及を進めるべきであり、一層の地球環境保全に不可欠なEVの普及に向け、その利便性において大きな夢を持つワイヤレス給電システムのさらなる発展を望むものである。

今後の方向性

現状のターミナルやバス停で停車中に充電するシステムでは短時間充電になるため、充電量からWEBシリーズのようなマイクロバスサイズか、大型バスの場合はIPSハイブリッドバスのようなPHVを使用している短距離ルート運用にならざるを得ない。そこで、大型電動バスを長距離走行させる究極の給電機能は走行中給電となる。LRT(次世代型路面電車)のように道路下に埋め込んだ給電線から電磁誘導電力を受電するシステムの最初のものは1980年代に米国で行われたPATHプロジェクトで、1m間隔で設置された2本のケーブルからの高周波電力を、ミニバスの底面に設けたコイルを使ってエアギャップ7cmで6~10kWの電力を効率60%で受電できたが、漏