

海外のEVバス・ ワイヤレス充電システムの動向

早稲田大学
環境総合研究センター
高橋 俊輔

2016年9月30日

EVEX2016セミナー

東京ビッグサイト 東3ホール



WASEDA University



1. 充電での課題
2. 環境省プロジェクトでの海外調査
3. その他のWPTプロジェクト
4. 接触式超急速充電バスと走行中給電
5. まとめ



1.充電での課題

2. 環境省プロジェクトでの海外調査

3. その他のWPTプロジェクト

4. 接触式超急速充電バスと走行中給電

5. まとめ

接触式急速充電バスでの課題



すみりんちゃん
CHAdeMO 50kW
バス営業所



はむらん
JFE方式急速充電 50kW
ターミナル(1か所)



宇宙ばす
CHAdeMO 50kW
ターミナル(2か所)



京都急行バス
BYD急速充電 20kW×2式
バス充電所(夜間)



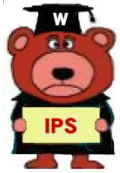
ELEMO-AKITA
CHAdeMO 50kW
ターミナル(1か所)



三菱重工バス
電池バンク切替急速充電 50kW
バス充電所(1か所)

急速充電では30分程度の充電時間を必要とし、給油並に短縮させる必要がある

接触式超急速充電装置の課題



ちいばす 東芝超急速充電 160kW

「ちいばす」搭載のバッテリー量	39.7kWh
1ルートでの電力消費量	約20kWh
CHAdeMO出力	50kW弱
満充電までの充電時間	25分以上
超急速充電システム出力	160kW
満充電までの充電時間	7～8分



超急速充電でないとディーゼルバスと同じ運行は困難

しかし、160kWのコネクタは女性が扱うのには非常に重い

コネクタヘッド	2.7kg
+ ケーブル	4.6kg/m
約10kg	

160kW型ワイヤレス給電ができれば利便性は非常に高まる

海外での大型車両への大電力充電の取り組み



	接触式	非接触式
静止中 充電	100kW~600kW 上海市/創新号 (2010) 	120kW~200kW Milton Keynes市/ IPT Technology (2014) 
	 Hamburg市/ Siemens (2015)	Braunschweig市/ Bombardier (2014) 
走行中 充電	 Bordeaux市 /Innnorail (2003)	Södertälje市/ Scania (2016) 
	Gävle市/ Scania(2016) 	亀尾市/ KAIST(2013) 



1. 充電での課題

2. 環境省プロジェクトでの海外調査

3. その他のWPTプロジェクト

4. 接触式超急速充電バスと走行中給電

5. まとめ



欧州でのワイヤレス充電バス調査

欧州のワイヤレス充電バス



Milton Keynes



London



Bruges



s'Hertogenbosch



Södertälje



Berlin



Braunschweig



Mannheim



英Milton Keynes市EVバス実証事業①



三井物産とARUPが2014年1月から路線バス事業

2次コイルは昇降式



Route No.7
片道約30km



日本国内導入当時は昇降式は否定的

- ・ギャップを広げる方向への開発
- 昇降式の利点が見直されつつある
- ・大電力でも電磁波漏洩対策が容易
- ・コイルを小型にできる

バス：9.48m 46人乗りの中型バス8台で1路線運用

電池：Kokam社製150KWh

ワイヤレス給電システム：

IPT Technology社製電磁誘導式

60kWモジュール(30kW×2台)2式の計120kW

充電時間は両ターミナルバス停で10分間

ギャップは4cmで下降時間は2秒

地上コイルの耐荷重は6トン

冷却方式 1次側 水冷

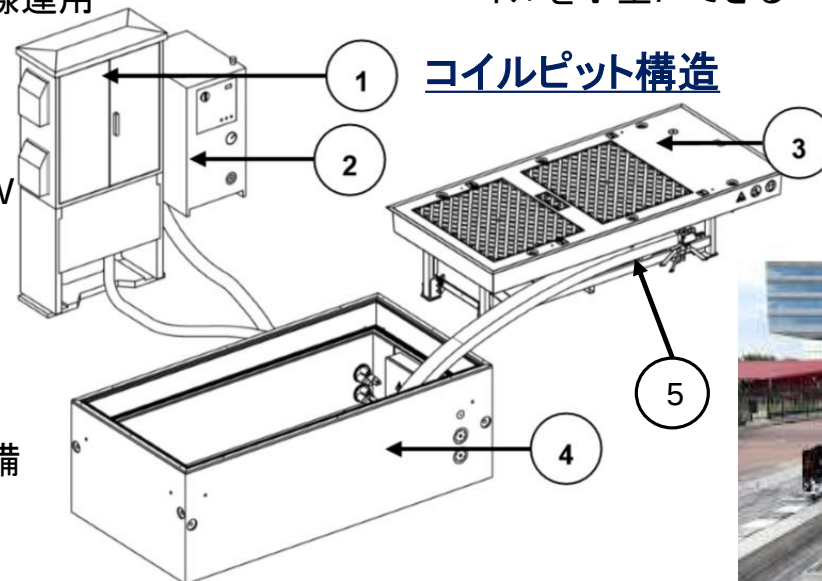
2次側 空冷

高周波電源装置はコイル下にある、ピットに装備

高周波ラインが短く、効率低下が少ない

設置性が良い

地上機器配置が容易で景観性が良い



コイルピット構造

- ① モニターユニット
- ② 冷却システム
- ③ コイル面
- ④ 地中筐体
- ⑤ 高周波電源装置



出典：<http://www.bbc.com/news/technology-25621426>

英Milton Keynes市EVバス実証事業②



地上コイル



2次コイルの設置状況



エア駆動昇降用チェーン



ワイヤレス給電システムと電気バスの配置 (Bletchleyストリートビュー)

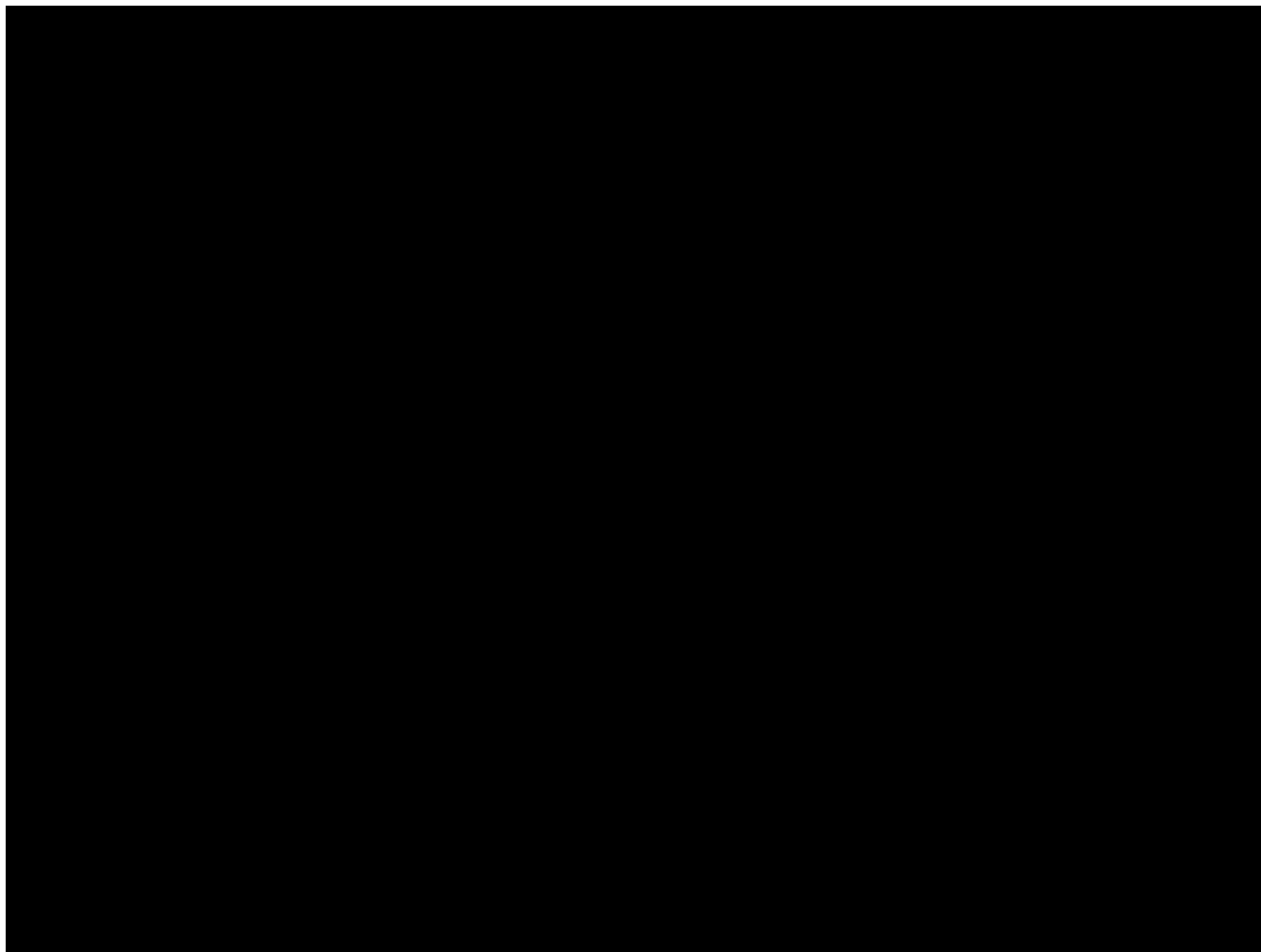


前後位置
合わせは
白線



地上シス
テム全景

2次コイルの昇降式WPTシステム(Milton Keynes市)



IPT Technologyの電動バス展開



s'Hertogenbosch (Den Bosch) /Netherlands(2012)

バス : Volvo 12m plug-in hybrid buses
走行距離 : 1日18時間で288km
充電方法 :
バス停で数分間の電磁誘導式ワイヤレス
給電 (120kW)
バスデポで夜間充電



Transport for London(2016)

バス : 3 × 12m plug-in hybrid buses
BYD2階建てバス
ルート : No.69
Canning Town~Walthamstow中央バス駅
ルート距離: 11km
走行時間 : 40~50分間
充電方法 :
両ターミナルで200kW(100kW×2)ワイヤレス給電
バスデポで夜間充電

London (UK)

FINAL TEST EN-ROUTE 3 ALEXANDER DENNIS

- plug-in hybrid
- double decker buses

Slow charging overnight at the bus depot

- plug-in

Fast charging at end stations

- induction



Braunschweig市のEVバス運行①



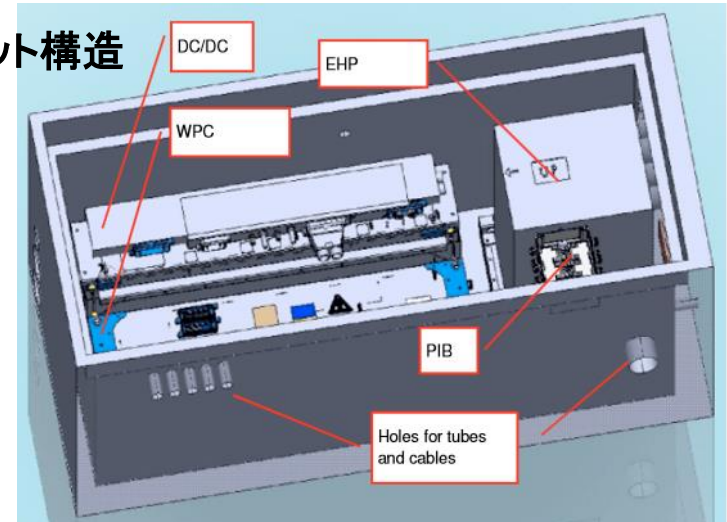
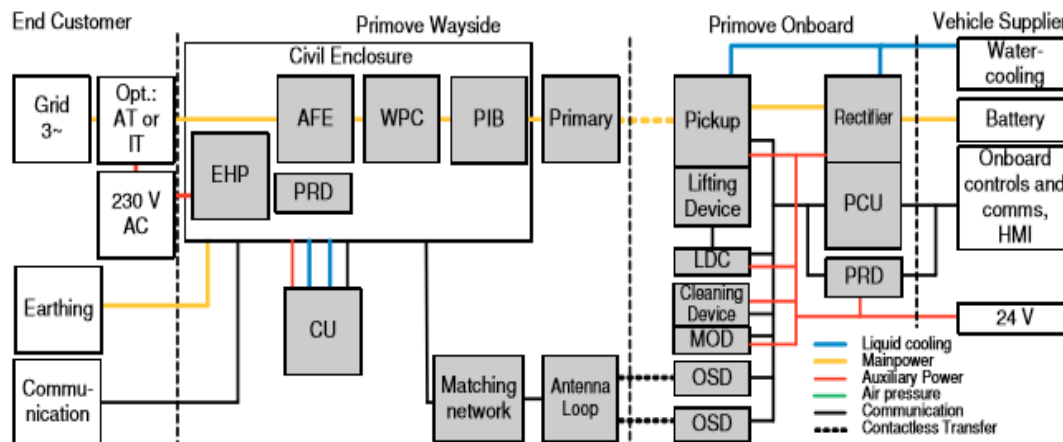
2次コイル昇降式



ピックアップ仕様

- ・出力 200kW (ターミナルで11分、バス停で30秒充電)
- ・電圧 600~700VDC
- ・重量 320kg (整流器60kg)
- ・寸法 2200×900×100mm

電源ピット構造



Braunschweig市のEVバス運行②



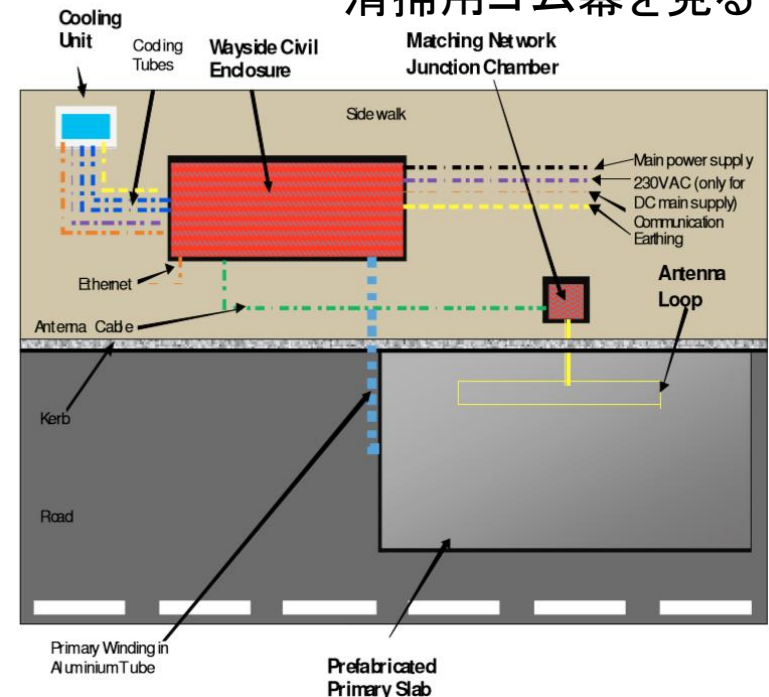
2次コイルの設置状況



コイル昇降システム



バス前方からコイル表面
清掃用ゴム幕を見る



2次コイルの昇降式WPTシステム(Braunschweig市)



Bruges市のEVバス運行



2015年10月17日運用開始、調査日10月9日



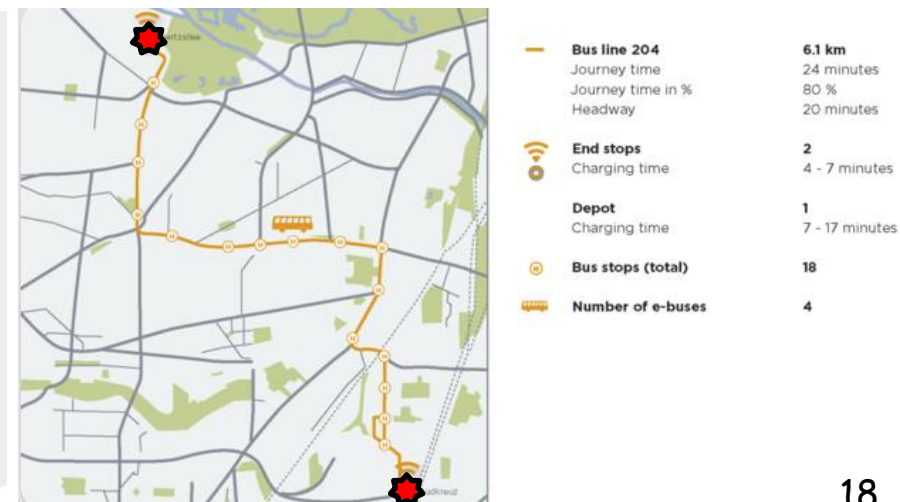
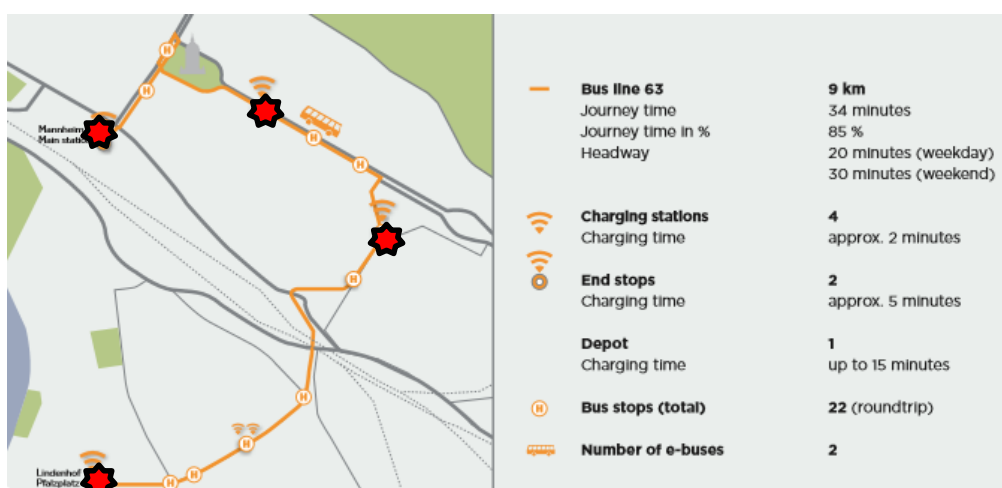
Bombardierの電動バス展開



Mannheim(June 22.2015)



Berlin(Sept.1.2015)



2次コイル昇降方式(最近の欧州事例)

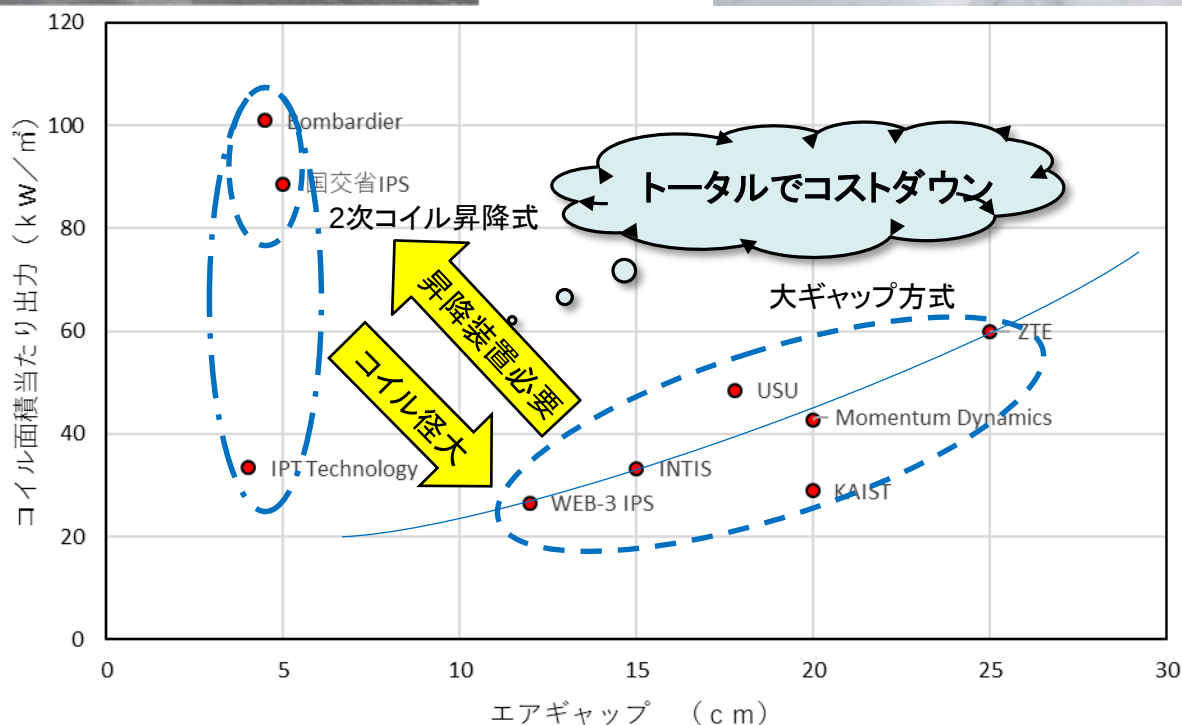


殆どが2次コイル昇降方式

英国Milton Keynes市IPTバス(2014)



ドイツBraunschweig市Bombardierバス(2014)



エアギャップとコイル単位面積当たりの出力



中国でのワイヤレス充電バス調査

ZTE(中兴通讯)のワイヤレス充電バス展開



ZTEが戦略的パートナーシップを結ぶ38市のうちe-BUSを導入した市(2015年)

赤字 2016年8月実施(環境省PJ)

緑字 2016年1月実施(別PJ)



成都市のEVバス運行路(1058路)と充電場所



2016年3月運用試験終了、EVバスは運用中



40kW電源盤と冷却システムとコイルとの位置関係

大理市のEVバス運行路(支2路)と充電場所



2016年6月運用試験終了



貴陽市のEVバス運行路(4/5路)と充電場所



貴陽公共交通有限公司の入口と運用中の小型EVバス



2015年9月運用試験終了、
EVバスは運用中



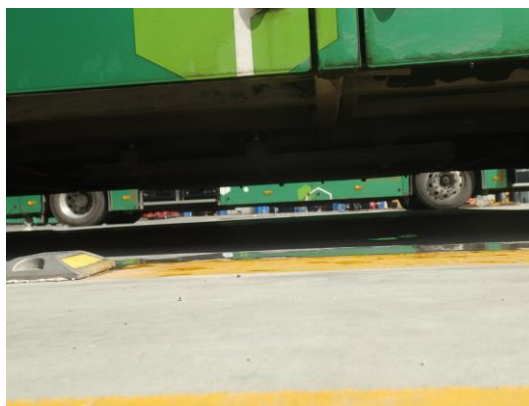
襄陽市のEVバス運行路(601路)と充電場所



120kW電源盤(2基)と冷却システム、
奥の高圧電源(160kVA)



鄭州市のEVバス運行路(B6路)と充電場所



120kW電源盤と冷却システム(5基)





1. 充電での課題

2. 環境省プロジェクト

3. その他のWPTプロジェクト

4. 接触式超急速充電バスと走行中給電

5. まとめ

カリフォルニア州Monterey市のEV Bus運用



2014年Q3
2016年6月

商用運用を計画
実運用開始

運用社

Monterey Salinas Transit

ルート仕様

- ・走行距離 7.2km

ワイヤレス給電システム仕様

- ・出力 50kW
- ・周波数 23.4kHz
- ・エアギャップ 17.8cm
- ・充電 30分間運用
10分間充電
- ・充電場所 1箇所

バス仕様

- ・タイプ コーチ型
- ・電池搭載量 213kWh
- ・台数 2台



地中に設置された1次コイル



2次コイルの設置状況

EVバスルート



EVバス用ワイヤレス充電システム



製造所	昭和飛行機工業	昭和飛行機工業	日立パワーソリューションズ	Utah State University	中興通信 (ZTE)	OLEV Technologies	INTIS	Momentum Dynamics	IPT Technology	Bombardier
型式名	SIPS30K	SIPS50K				OLEV			IPT Charge	PRIMOVE200
出力	30kW	50kW	50kW	50kW	30/60/120kW	100kW (20kWx5)	60kW	50kW	120kW (30kW × 2 × 2)	200kW
ギャップ	12cm	5cm	3cm	17.8cm	16~25cm	20cm	15cm	15~20cm	4cm	1.5~4.5cm
許容位置ずれ	±10cm	±5cm		20cm	±15cm		左右±5cm	40%の円内	左右±5cm 前後±5cm.	左右±10cm 前後±30cm
効率	92%	93%	85%	90%	90%	83%	90%	90~91%	93%	90%
	AC~DC	AC~DC	AC~DC	AC~DC	AC~DC	AC~DC			AC~DC	AC~DC
コイル形状	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular
2次コイル寸法	120x120 x 3.3cm	84.7x84.7 x3.3cm	100x100 x10cm	81cmφ	1m ²	125x69x11.7 cmx5	200x90x2.3cm	122cmφ	102.5x87.5x6cm x4	220x90x10cm
2次コイル重量	60kg	37kg				600kg (120kgx5)	60kg	22kg	280kg (70kgx4)	350kg
周波数	22kHz	22kHz	20~30kHz	23.4kHz	85kHz	20kHz	35kHz	23.5kHz	20kHz	20kHz
発表時期	2008/3	2011/9	2014/3	2012/11	2014/9	2014/9	2014/9	2013/9	2014/1	2014/3
備考		2次コイル昇降式	2次コイル昇降式		2次コイル昇降式もあり				2次コイル昇降式	2次コイル昇降式
写真										



1. 充電での課題
2. 環境省プロジェクト
3. その他のWPTプロジェクト
- 4. 接触式超急速充電バスと走行中給電**
5. まとめ

欧州の接触式超急速充電バス



Münster
Luxembourg



Paris



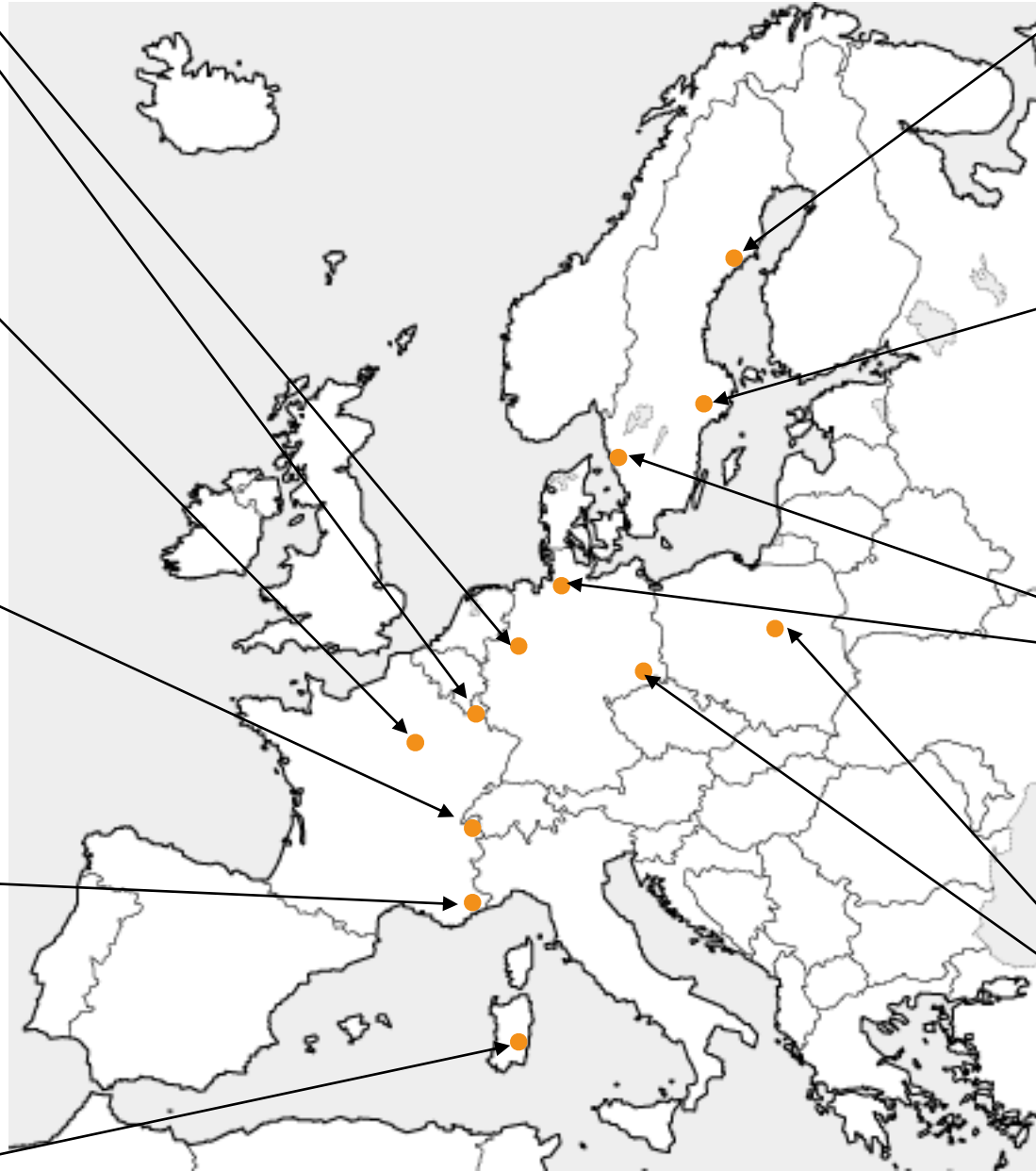
Geneva



Nice



Cagliari



Umeo



Stockholm



Gothenburg
Hamburg



Warsaw
Dresden



接触式超急速充電システム(Stocholm市)



接触式超急速充電システム(Nice市)



EVバス用接触式大電力充電システム



設置場所	Stockholm	Umeo	Hamburg	Nice	Geneva
超急速充電システム	Siemens	Opbrid Bûsbaar	Siemens	PVI WATT System	ABB TOSA
パンタグラフ方式	下降式	上昇式	下降式	横突き出し式	上昇式
昇降／挿抜時間	5秒以内	5秒以内	5秒以内	5秒以内	不明
出力	300kW	100kW	300kW	300～600kW	不明
充電時間	6分間	10分間	6分間	3～5分間@ターミナル 17秒間@バス停	不明
位置決め公差		進行方向5.8m以内 左右方向80cm程度		進行方向30cm 左右方向40cm	不明
送電用アーム高さ	4.5m程度 (アームの先端 道路との境界から 1.5m程度 出ている)	3.8m程度 (アームの先端 道路との境界から 1.2m程度 出ている)	4.8m (アームの先端 道路との境界から 1.4m程度 出ている)	3.5m (アームの先端 道路との境界から 27cm 引っ込んでいる)	不明
送電用アームベース 面積	0.36m ² (0.6m × 0.6m)	天井取り付けのため 地上側設置は無い	0.4m ² (0.4m × 1m)	0.7m ² (0.7m × 1m)	1.6m ² (0.65m × 2.5m)
電源設置面積	6.3m ² (1.4m × 4.5m)	12m ² (2.6m × 4.7m)	32m ² (3.9m × 8.1m) 2台の電源システム	21m ² (3m × 7m) 両ターミナルのみ	36m ² (4m × 9m)
特記		今後は下降型のVer.3 のシステムになる		バス停ではキャパシタ 搭載で電源容量が小 さくても良い	既に撤去済 今後は下降型のシ ステムになる
写真					

欧州の走行中給電プロジェクト



London

計画段階のものが多く、
なかなか実現しない

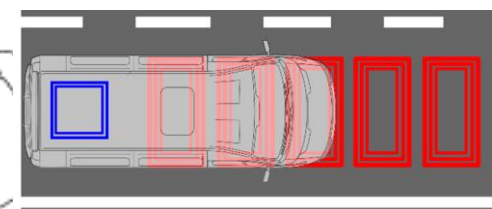
Gäyle



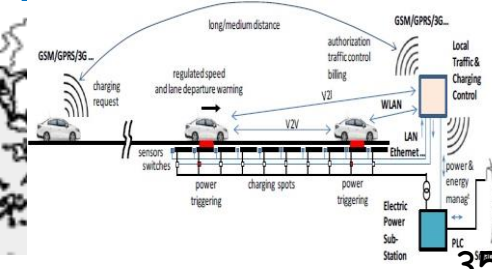
Lommel



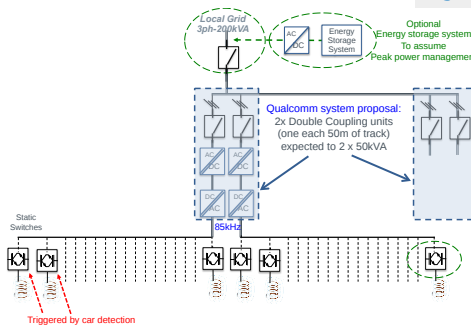
Torino / SAET



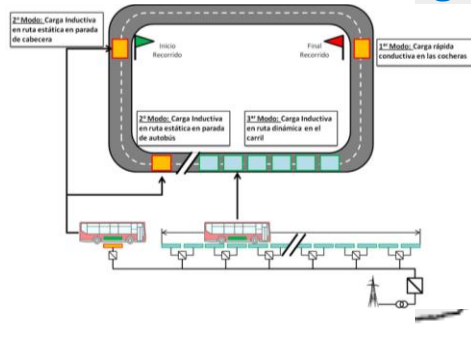
Torino / POLIT



Satory



Malaga





1. 充電での課題
2. 環境省プロジェクト
3. その他のWPTプロジェクト
4. 接触式超急速充電バスと走行中給電
- 5. まとめ**

まとめ



- ・電動路線バスにおける急速充電システムではディーゼルバス同等の運用は困難
CHAdemoなどの50kW級では30分近い充電待機が必要
- ・コネクタ式超急速充電システムは運転手へのコネクタハンドリングの負担が大きい
160kW超のコネクタ重量とケーブルハンドリングが大変
- ・ワイヤレス給電システムにより運転手への負担が大きく軽減される
運転手席でタッチパネルを押すだけで充電ができる
- ・大出力大ギャップのワイヤレス給電システムでは電磁漏洩の抑制が課題
大出力ではコイル間ギャップを小さくする方策がトータルではコストダウンになる
- ・接触式大電力充電システムは路線バス運用において課題の少ない方法である
道路上設置の課題があり、これからの検討がさらに必要
- ・走行中給電はコスト、電磁漏洩の課題の克服が困難
いろいろ計画されているが、コスト、規制の点からなかなか実現しない



ご清聴ありがとうございました

早稲田大学環境総合研究センター
高橋俊輔 stak@aoni.waseda.jp