

低炭素社会の実現に向けた道路インフラの革新

走行中 EV にリアルタイムで給電できる無線給電道路の開発

新 藤 竹 文・遠 藤 哲 夫・久 野 晃 弘・
澤 口 実・大 平 孝・水 谷 豊

世界各国で地球温暖化対策が進む中、我が国においても「2050年カーボンニュートラルの実現」を宣言し、脱炭素社会の実現に向けた取組みが加速している。我が国全体のCO₂総排出量の内、運輸部門の排出量は20%近くを占め、その約86%は自家用乗用車や営業用貨物車など自動車からの排出である。国土交通省では、自動車関連の低炭素化に向けた国策の一つとして「EV等の次世代グリーンモビリティの普及促進とそれに対応した革新的な道路インフラの整備への取組み」を掲げ、自動車と道路インフラを両輪とする技術開発を推進している。このような社会の趨勢を鑑み、著者らは、道路インフラに着目し、走行中EVにリアルタイムかつワイヤレスで給電できる電界結合方式を基幹技術とする無線給電道路を開発し、現在、その高速道路への実装を目指している。本報では、ここに開発した無線給電道路を概説する。

キーワード：低炭素、道路インフラ、電界結合、無線給電、舗装、誘電率、誘電正接

1. はじめに

世界各国で地球温暖化対策が進む中、我が国においても「2050年カーボンニュートラルの実現」を宣言し、2030年度までに温室効果ガス46%の削減、さらには50%削減の高みに向けた取組みが進められている。

国土交通省の統計資料¹⁾によれば、我が国の2022年度のCO₂総排出量は約10.4億トンであり、その内、運輸部門の排出量は約1.9億トンと18.5%を占め、運輸部門の約86%は自家用乗用車や営業用貨物車など自動車から排出されている。このような自動車関連からのCO₂排出量の削減に向けて、国土交通省では国策として「地球温暖化緩和策の取組概要」²⁾を掲げ、その施策の一つとして「EV等の次世代グリーンモビリティの普及促進とそれに対応した革新的な道路インフラの整備への取組み」を推進している(図-1)。

自動車関連の低炭素化の実現は、次世代モビリティと道路インフラの双方からの技術開発とその連携が鍵となる。このような背景の下、著者らは道路インフラ技術の革新に着目し、ここに、道路を走行するEVにワイヤレスで電力を供給できる無線給電道路を開発した。

無線給電道路の実装イメージを図-2に示す。

本技術は、電界結合方式による給電を基幹技術とし、道路の一定区間全体にわたって、走行中EVにノンストップかつリアルタイムで電力を供給するのを特

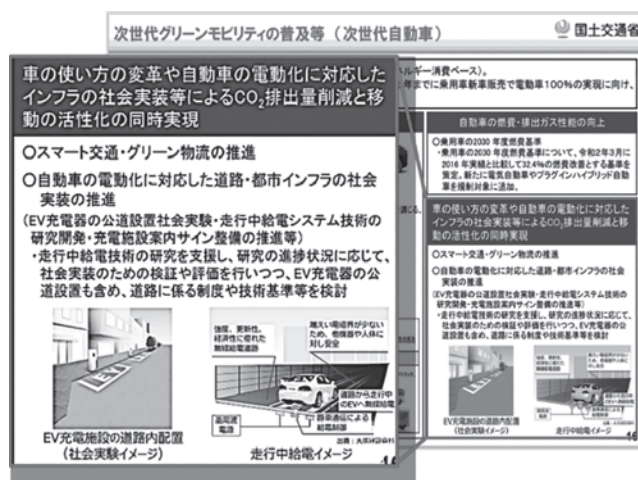


図-1 国土交通省「地球温暖化緩和策の取組概要」²⁾

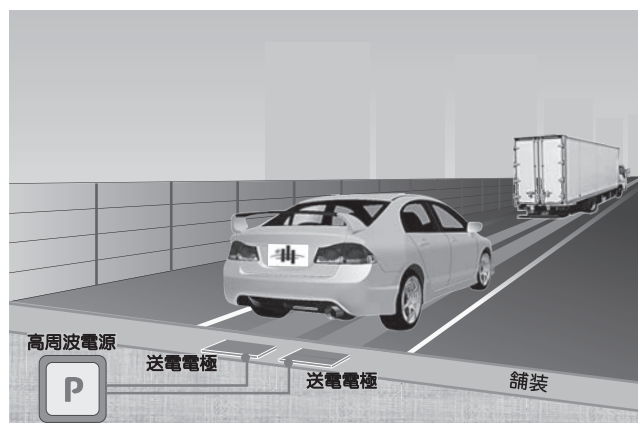


図-2 無線給電道路の実装イメージ

徴とする。

本報では、著者らが開発した電界結合方式による無線給電道路について概説する。

2. 電界結合方式による無線給電道路の特長

(1) 電界結合方式の基本原理解

電界結合方式の基本原理解を図—3に示す。

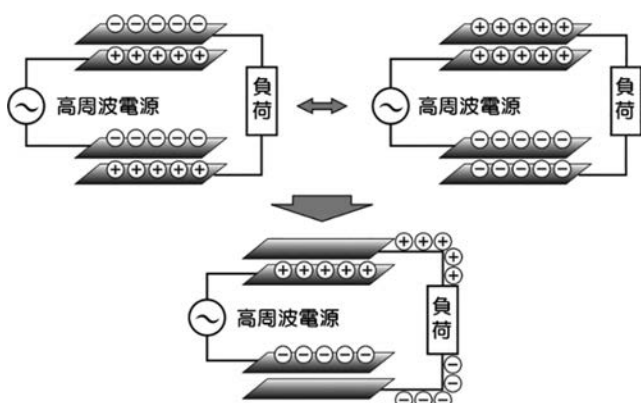
この方式は、送電側電極に電圧を印加し、電界を発生させ、対向する受電側電極に電荷を静電誘導させるもので、電源を高周波電源とすることで電荷の+/-が反転し、負荷に電力を伝送する原理である。このように、送電と受電の金属板を対向させることでコンデンサを形成する結合を電界結合と呼ぶ。

無線給電道路は、この電界結合の原理を応用している。薄肉の金属板を対向させるシンプルで軽便な形式であることから、電極が長尺であっても比較的容易に敷設でき、物流倉庫や製造工場などの広面積の床、さらには距離の長い道路など、広く長い範囲を全体にわたって送電するのに極めて適した方式と言える。

(2) 無線給電道路の特長

電界結合方式による無線給電道路の概念を図—4に示す。

道路の線形や長さに合わせて、幅0.5～1m、長さ数十mの金属板（送電電極）を舗装内に埋設し、その送電電極の長さ区間毎に1基の送電装置（高周波電



図—3 電界結合方式の基本原理解³⁾



図—4 電界結合方式による無線給電道路イメージ

源、整合回路等）を接続する。送電装置から高周波電力を送電すれば、埋設した送電電極の長さ全体にわたって電界が発生し、送電電極上を走行するEVの受電電極に送電される。その電力は、車載の整合回路により直流電力に変換され、バッテリーの充電や駆動モータの動力となる。

以下、電界結合方式による無線給電道路の主な特長を述べる。

(a) 送電区間全体にわたる連続給電

前述のとおり、埋設した送電電極の長さ全体にわたって送電できることから、EVが充電のために停車する必要はなく、その区間を走行している間はリアルタイムかつ連続的に給電される。また、1基の電源設備で長さ数十mの範囲を賄えることから、送電装置や配線接続などの設置数も少なくなる。したがって、信号待ちや一時停止のない長距離の連続走行を前提とする高速道路への適用が特に有効と言える。

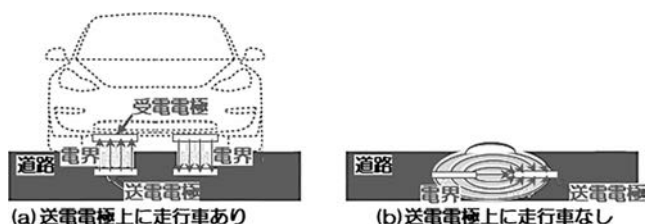
また、無線給電道路において安定した給電性能を得るためには走行時の直進性も求められるが、幅0.5～1mの幅広の電極板を使用した大きな対向面積を有することで、給電性能に影響する走行中の横移動や左右ズレの許容範囲が広いことも特長である。

(b) 漏えい電磁界の影響する範囲が小さい

電界結合方式では、送受電電極間の離隔が小さく、対向する電極間に電界が集中することから、発生する漏えい電磁界が小さく、近接する人体や電子機器等への影響が少ないことが大きな特長である。

図—5に、送電電極上にEVが存在する場合としない場合の漏えい電磁界の発生状態を示す。

送電区間上に車両がある場合、送電電極と車両に取り付けた受電電極の間で電界が発生し、EVへの供給電力に寄与する。車両がない場合は、舗装内に埋設した左右の送電電極間に電界が集中し、解放面である路面からの漏えいは小さい。また、送電中の電力損失分は熱エネルギーに変換されるが、漏えい電磁界が小さいことから、車両や周囲の金属、送電電極そのものの電磁界にともなう発熱も小さい。一般的にアスファルト舗装は温度60℃程度から軟化を生じるが、このよ



図—5 電界結合方式による漏えい電磁界の発生状態

うに送電電極が高温にならないことがアスファルト舗装内に支障なく埋設できる理由でもある。

(c) 路車連携による給電制御の容易性

無線給電道路において、走行中のEVに効率よく、安定して給電するためには、車両の走行位置を的確かつリアルタイムに検知し、無線給電区間への進入と通過に合わせて出力電源のON/OFFを制御する、所謂、路車連携システムが必要である。著者らは、無線給電区間の車両進入部（電源ON）と通過部（電源OFF）に磁気マーカ（磁石φ80mm, 厚さ10mm）を埋設し、車両に取り付けた磁気センサでEVの走行位置を検知し、その検知信号を出力電源に送信して電源ON/OFFを切り替える路車連携システムを開発した（写真—1）。

道路に埋設した磁石を検知するシンプルな方式であり、また、検知センサの数量も少なく済むことから、長い区間を走行する車両の位置検知と電源ON/OFFを制御するのに大変効率的な方法と言える。

(d) 舗装構成および施工方法

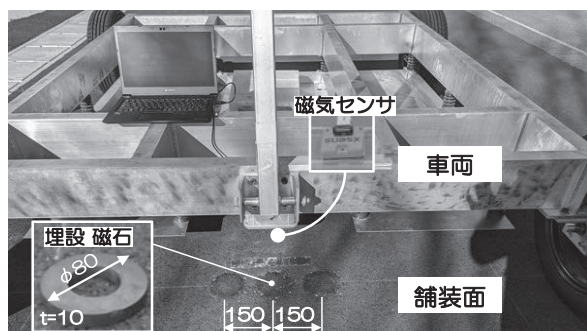
無線給電道路に敷設する送電電極や電源ケーブル等は全て舗装内に埋設されていることから、外観は一般的なアスファルト舗装の路面と同じであり、路面の平坦性や騒音性、すべり抵抗性等の走行性も通常のアスファルト舗装と同等の品質である。

また、施工面においては、埋設電極の敷設や排水性下層路盤層などの無線給電化特有の材料や作業はあるが、その殆どは一般的なアスファルト舗装と同じ施工手順であり、在来の舗装用建設機械を用いて施工できる。

さらに、わだち掘れの修繕や補修等の定常的なメンテナンスであれば、その修繕・切削深さよりも深部に電極が配置されているため、電極を痛めることなく一般的な切削オーバーレイ工法が準用でき、在来の維持管理手法の範疇で対応できる点も特長と言える。

(3) 無線給電道路の基本仕様

無線給電道路の要求性能には、EVへの無線給電に必



写真—1 路車連携システムの概要

要な電気的特性とともに、車両が走行する道路本来の舗装構造を満足させる必要がある。以下、これら主要な性能を満足するために設定した基本仕様を詳述する。

(a) 伝送周波数と送電電力

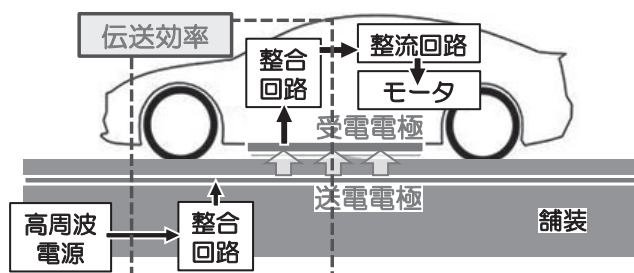
現在、総務省主管の情報通信審議会⁴⁾にて、工場や建設現場、物流拠点、ドローンポート等への利用を対象に、搬送用や建設用ロボット、ドローン駐機場等の無線給電化に向けて、周波数6.78MHz、送電電力4kW以下を基本仕様とした標準化が進められている。

ここに開発した無線給電道路においても、伝送周波数の仕様は6.78MHzを準用している。ただし、走行するEVへの無線給電を想定した場合には、さらに大きな電力が必要となる。そこで、出力10kWまで高めた高周波電源を新たに開発し、伝送周波数6.78MHz、送電電力10kWを基本仕様とした。

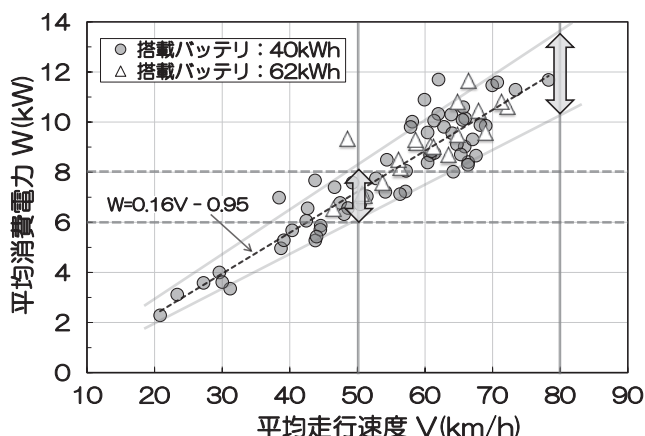
(b) 目標伝送効率

伝送効率とは、道路内の送電電極を伝搬した電力が車両に到達するまでに生じる電力の損失度合を示す指標である。ここでは、図—6に示すとおり、高周波電源側に設置した整合回路（入力側）を介した電力と車両側に搭載した整合回路から出力される電力との割合を伝送効率と定義する。

図—7に一般的な自家用EVの平均走行速度と平均消費電力の関係を示す。これは、自動車メーカーで紹介されているユーザードライブレポート等の公開情報を



図—6 伝送効率の定義



図—7 EVの平均走行速度と平均消費電力の関係

著者らが独自に整理・分析した調査結果である。

生活道路，高速道路，市街地，山岳地など，多岐にわたる走行条件が含まれるが，総体的には，平均走行速度 50 km/h の平均消費電力は 6 ～ 8 kW（平均 7 kW），速度 80 km/h の高速走行での平均消費電力は 10 ～ 14 kW（平均 12 kW）と見做せる。換言すれば，道路から電力 6 ～ 8 kW を EV に給電できれば，時速 50 km 走行の場合には航続距離を気にせずにノンストップで走行でき，さらに，時速 80 km の高速走行であっても，電力消費／給電のトレードオフによって，フル充電における標準的な航続距離の 2 倍程度，凡そ 1,000 km までノンストップで走行できることになる。

ここでは，時速 50 km で走行する EV に必要な消費電力を 6 ～ 8 kW（平均 7 kW）と推定し，送電電力 10 kW の場合の伝送効率の目標を 60 ～ 80%（平均 70%）と設定した。

なお，大型のバスやトラックのような車両重量 10 トン超クラスの EV が時速 50 km/h 以上で走行する場合の消費電力は自家用 EV クラスの 10 倍，100 kW 程度と試算される。現在，ここまで高出力の高周波電源は開発されていないが，世界的にこの種のパワーエレクトロニクスや半導体の開発スピードは目覚ましく，さほど時間を待たずに，大型車にも対応できる高周波電源が開発されると考えている。

表—1 アスファルト舗装の疲労破壊輪数の基準値⁵⁾
(日本道路協会：舗装設計便覧抜粋)

交通量区分	舗装計画交通量 (台/日・方向)	疲労破壊輪数 (回/10年)
N7	3,000 以上	35,000,000
N6	1,000 ～ 3,000	7,000,000
N5	250 ～ 1,000	1,000,000
N4	100 ～ 250	150,000
N3	40 ～ 100	30,000
N2	15 ～ 40	7,000
N1	15 未満	1,500

(c) 舗装耐力

電界結合方式による無線給電道路は，信号待ちや一時停止のない連続走行を前提とする高速道路への適用が特に有効である。高速道路に適用するためには，大型車両の走行に耐え得る舗装構造とする必要がある。ここでは，表—1 に示すとおり，アスファルト舗装の構造基準である大型車両（輪荷重 49 kN）の 10 年間の交通量区分 N7（3,500 万回/10年）の疲労破壊輪数⁵⁾を満足する舗装構造とした。

3. 無線給電道路の全体概要

以下，無線給電道路の全体構成を詳述する。

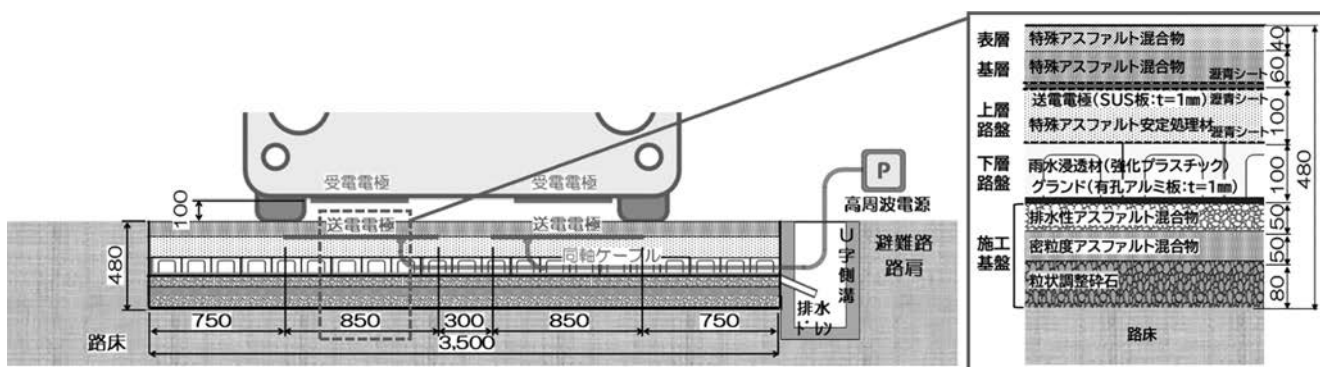
(1) 舗装構成

無線給電道路の舗装断面を図—8 に，舗装構成と各層の材質・電気的特性を表—2 に示す。

舗装断面は全厚さ 480 mm のアスファルト舗装であ

表—2 舗装構成および使用材料の特性

舗装構成		種別材質	電気定数		特記
区分	厚さ (mm)		比誘電率 ϵ_r	誘電正接 $\tan \delta$	
表層	50	アスファルト	4.97	0.01	セラミック 骨材使用
基層	50	混合物			
送電電極	—	SUS304 板 ($t=1$ mm)	3.54×10^7 (伝導率)	1.00 (透磁率)	上・下面 瀝青 シート 被覆
上層路盤	100	アスファルト 安定処理	4.05	0.012	セラミック 骨材使用
下層路盤	—	瀝青シート	1.99	0.011	シート厚 2 mm
	100	雨水浸透材	1.21	0.0003	硬質 プラスチック
グランド	—	アルミニウム板 ($t=1$ mm)	3.56×10^7 (伝導率)	1.00 (透磁率)	有孔径 ϕ 2 mm
施工基盤	50	アスファルト 混合物	—	—	排水性舗装
	50	アスファルト 混合物			密粒度
	80	粒状路盤			M-30



図—8 無線給電道路 舗装断面

り、深さ方向に、表層＋基層（アスファルト混合物、層厚 100 mm）、送電電極（ステンレス板、 $t=1$ mm）、上層路盤（アスファルト安定処理材、層厚 100 mm）、硬質プラスチック製の雨水浸透材を接合した下層路盤（層厚 100 mm）、電磁干渉を抑制するグラウンド（有孔アルミ板、 $t=1$ mm）、施工基盤（排水性アスファルト混合物＋密粒度アスファルト混合物＋粒度調整碎石：180 mm）の大きく 6 層で構成される。

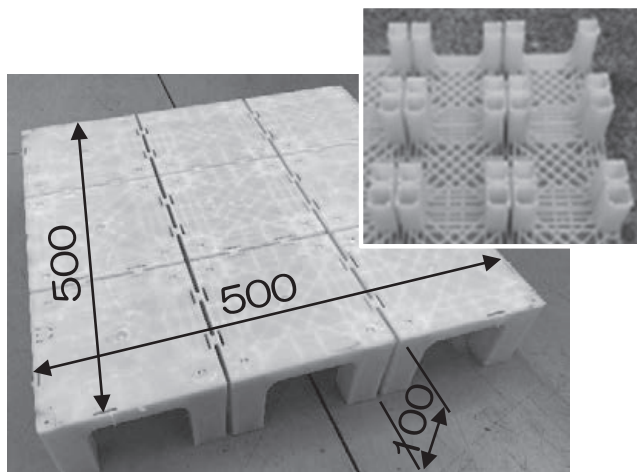
なお、送電電極（ステンレス）と雨水浸透材（硬質プラスチック）には、自着性があり低弾性の瀝青系シート（厚さ 2 mm）で被覆し、上下のアスファルト混合物層との一体性と目違い等による応力集中の緩衝を図っている。

図—8 に示すとおり、避難路や路肩、側溝を除く無線給電道路の幅員は 3.5 m（1 車線相当）であり、幅員中央位置に幅 850 mm の送電電極 2 連が深さ 100 mm に埋設されている。なお、車両底部に取り付ける受電電極は地上高さ 100 mm としており、アスファルト表層基層を挟んで送受電電極の離隔 200 mm の間でコンデンサを形成し、EV への給電がなされる。

無線給電道路の要求性能や設定仕様を満足する技術的なブレイクスルーとなったのは大きく 3 つある。

一つは、アスファルト舗装（表層・基層）および上層路盤に珪質系の焼成骨材（以下、セラミック系骨材と称する）を使用する材料面での改良、二つ目は、硬質プラスチック製の雨水浸透材（写真—2）を使用して排水性を有する下層路盤とした点、三つ目は、安定した伝送効率を確保するために埋設する送電電極に固有周波数帯の波長と電極長の関係で発生する反射波（定在波）対策を講じている点である。

以下、それぞれの改良点について解説する。



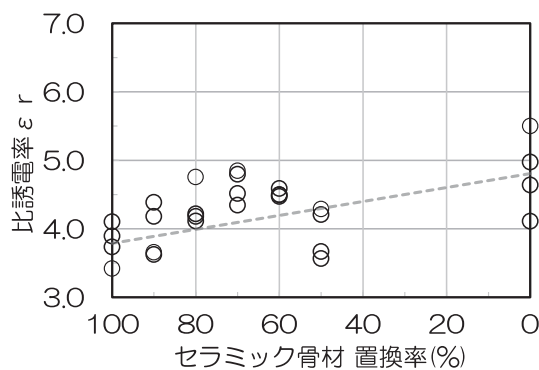
写真—2 雨水浸透材の形状（1 ユニット）

(a) セラミック系骨材の使用

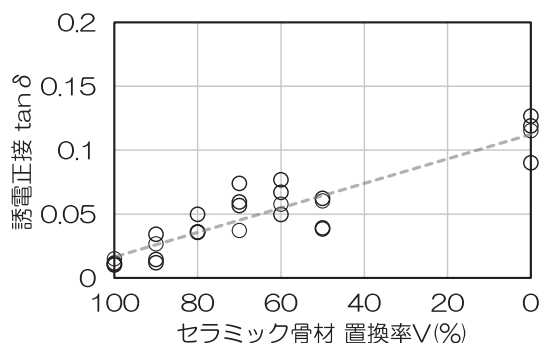
無線給電道路の舗装構成において、伝送効率に特に影響を及ぼすのはグラウンドから上部の各層に使用する材料の電気的特性である。ここでは、上層路盤とアスファルト舗装（表層・基層）にセラミック系骨材を使用し、伝送効率の向上を図っている。この材料は硬質磁器素地を焼成硬化した骨材（表乾密度 2.4 g/cm^3 、すり減り減量 17%、吸水率 1.8%）であり、路面のスリップ防止や遮熱性舗装等での適用実績がある。

伝送効率は、送受電電極間のアスファルト表・基層、および、送電電極～グラウンド間の上層路盤や下層路盤など中間材料の電気的特性である比誘電率 ϵ_r と誘電正接 $\tan \delta$ に大きく左右される。ここで、比誘電率 ϵ_r とは高周波電源の流れ易さの指標であり、誘電正接 $\tan \delta$ とは送受電電極間の電気エネルギーの損失の指標である。いずれも小さいほど伝送効率は大きくなる。なお、空気の比誘電率は 1、誘電正接は 0 であり、空気層は伝送効率にとって理想的な条件と言える。また、水の比誘電率は 80、誘電正接は 10 であり、水の存在は伝送効率を低下させる不利な環境条件と言える。

図—9 および図—10 は、アスファルト量 6～7%、骨材粒径 0.15～20 mm を標準粒度に混合した一般的な舗装用アスファルト混合物について、セラミック系骨材と一般的な道路用骨材との混合比率を変えた場合の比誘電率と誘電正接を示したものである。



図—9 セラミック骨材混合比と比誘電率の関係



図—10 セラミック骨材混合比と誘電正接の関係

図を見ると分かるように、一般骨材の混合割合の増加にともない比誘電率 ϵ_r 、誘電正接 $\tan \delta$ とも大きくなり、セラミック骨材の混合割合が大きいくほど伝送効率の向上に有効である。なお、これらアスファルト混合物の物理的強度については、骨材の混合比率との相関は特に認められない。いずれもマーシャル安定度は 12 ～ 15 kN の範囲であり、舗装用のアスファルト混合物の品質基準 (4.9 kN) を十分に満足する。

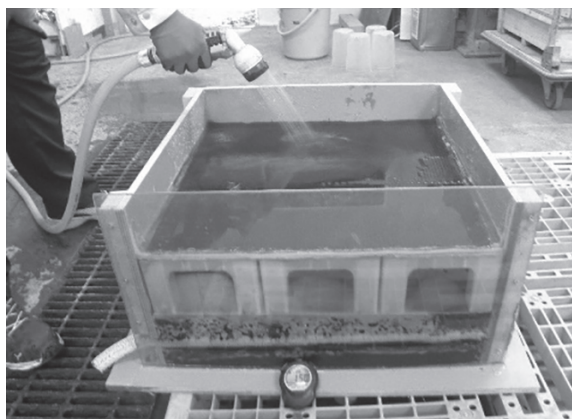
(b) 排水性を有する下層路盤 (雨水浸透材) の開発

前述したとおり、水の存在は無線給電道路の伝送効率に不利な環境となる。ここでは、所要の伝送効率を安定的に確保するために、降雨時に周辺地山からの流水や舗装目地やひび割れ部からの浸水などの舗装内の滞留水を速やかに舗装外に排水できる下層路盤とした。

より具体的には、先の写真—2 に示す雨水浸透材を組み合わせて下層路盤を構成している。雨水浸透材は、4 本の脚部を有する小型ブロック 9 個が合体した縦横 500 mm、高さ 100 mm を 1 ユニットとする硬質プラスチック製の型材である。雨水浸透材 1 層で単位面積当り 86 リットル / m^2 の貯水・排水量を賄う空洞を有する。なお、直近 10 年間の最大降雨量 (330 mm/h 程度) 相当の雨水が路面を流れずに全て舗装内に流入しても、速やかに舗装外に排出できる排水能力を有することを実験により実証している (写真—3)。

また、大型車両の走行荷重に耐える下層路盤とするため、雨水浸透材のプラスチック素材そのものを改良し、単位面積当りの許容載荷荷重 3,300 kN/ m^2 、空洞部を含む弾性係数 67 MPa の物理的強度を有する部材に強化した。

さらに、脚部を有する特殊形状であるため、脚部の塑性変形や施工基盤への応力集中による沈込み (写真—4)、雨水浸透材接合部のせん断にともなう段差の一体性への影響 (写真—5) など、構造部材として使用するための検証を重ね、高速道路の下層路盤材とし



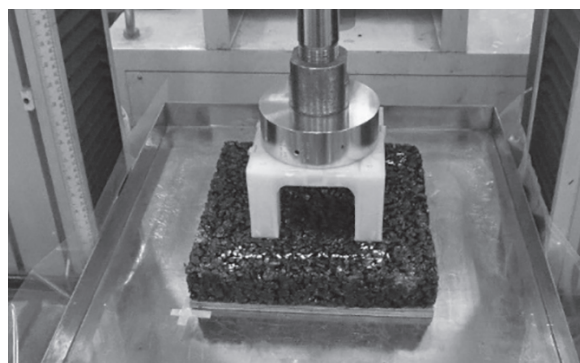
写真—3 下層路盤 (雨水浸透材) の排水能力の検証

て適用できるまでに改良した。

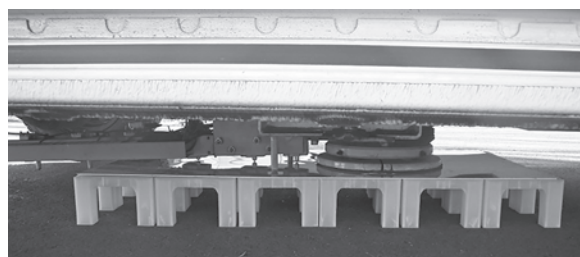
(c) 送電電極の定在波対策

送電電極が長尺になるほど、電極の延長方向には固有周波数帯の波長と舗装部の誘電率との関係によって定まる定在波と称する局所的な波動現象が生じる。その定在波節では反射波により送電電極の電力が相殺されるため、伝送効率が大幅に低下する。

この定在波対策として、写真—6 に示すように、送電電極の長さ方向に 2 m 間隔で進相コンデンサを組み込んだ。なお、進相コンデンサは、厚さ 1 mm の



写真—4 雨水浸透材脚部の塑性変形・沈下量の検証



写真—5 雨水浸透材接合部の一体性の検証



写真—6 定在波対策を施した送電電極の敷設

テフロンシート（実測値：比誘電率 $\epsilon_r=1.97$ ，誘電正接 $\tan \delta=0.002$ ）を送電電極でサンドイッチしただけのシンプルな構造である。

4. 実規模施工実験による全体システムの検証

先の図－8に示す幅員 3.5 m の無線給電道路について、図－11の平面図に示す道路延長 20 m の実規模の実証実験路を施工し、在来の施工機械と施工方法により円滑に施工できることを実証した。さらに、その実験路において、伝送効率や漏えい電磁界などの電気的特性と路車連携システムの適用性を検証するとともに、交通量区分 N7 の疲労破壊輪数を満足する舗装耐力であることを検証した。

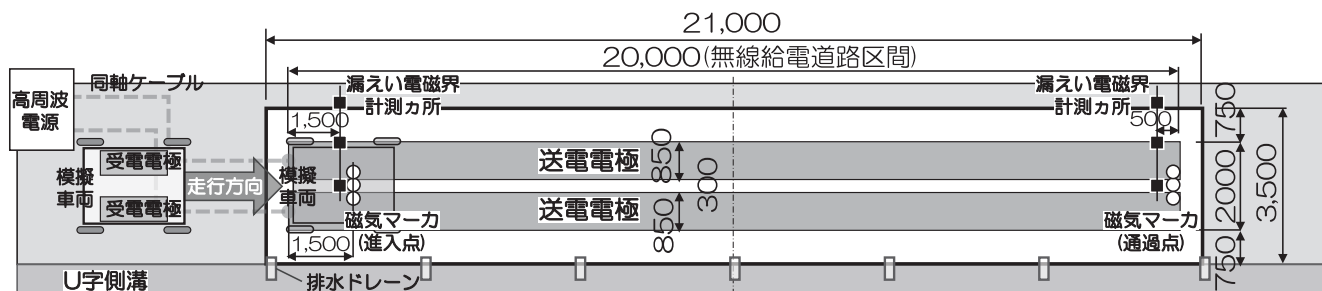
以下、それぞれの検証結果について詳述する。

(1) 施工性の検証

無線給電道路の施工フローを写真－7に示す。

グラウンドや埋設電極の敷設、雨水浸透材（下層路盤）の設置など、無線給電化に必要な作業は加わるが、全体的には在来の施工機械を使用した舗装工の範疇で施工できることを検証した。また、送電電極や出力電源からの配線は全て舗装内に埋設しているため、完成後の外観は一般的なアスファルト舗装と見分けが付かず、路面の平坦性や騒音性、すべり抵抗性などの走行性に関わる品質も同等であることを検証した。

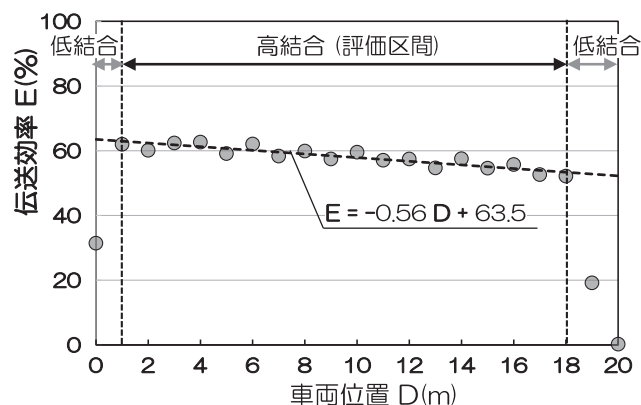
なお、無線給電道路特有の作業は人力による手作業であるため、その分、長い作業時間を要した。専用の施工機械の開発や作業手順の改良が課題であり、現在、これらの自動化施工に向けた技術開発に取り組んでいる。



図－11 無線給電道路実証路（平面）



写真－7 無線給電道路の施工方法・作業フロー



図一 12 車両位置と伝送効率の関係

(2) 伝送効率の検証

図一 12 は、実証実験路において、伝送周波数 6.78 MHz、送電電力 10 kW を送電した場合の伝送効率の結果である。

図中の低結合とは、車両の進入時と通過時に生じる送電電極と車両側の受電電極がずれている区間、高結合とは送電電極と車両の受電電極の対向面積が全て重なる区間である。評価は高結合区間で行い、走行状態を模擬した条件での伝送効率を検証した。

なお、現時点では、本給電システムに対応できる EV は開発されていないため、写真一 8 に示すように受電電極や試作の整合回路を搭載した模擬車両（トレーラ）を別車両で牽引することとした。

図を見ると分かるように、伝送効率は車両の進行方向に向かって 63 ～ 53% と徐々に小さくなるが、高結合区間の道路長 17 m の範囲における平均伝送効率は 60% 程度と言える。1 基の出力電源を中央に設置し、前後の送電区間に振り分けることを想定すると、無線給電の範囲は 17 m × 2 = 34 m となり、出力電源 1 基で長さ 34 m の区間を平均伝送効率 60% で給電できることになる。

なお、前述のとおり、EV の消費電力 6 ～ 8 kW（平均 7 kW）を得るためには、送電電力 10 kW の場合に必要伝送効率は 60 ～ 80%（平均 70%）が目標となる。

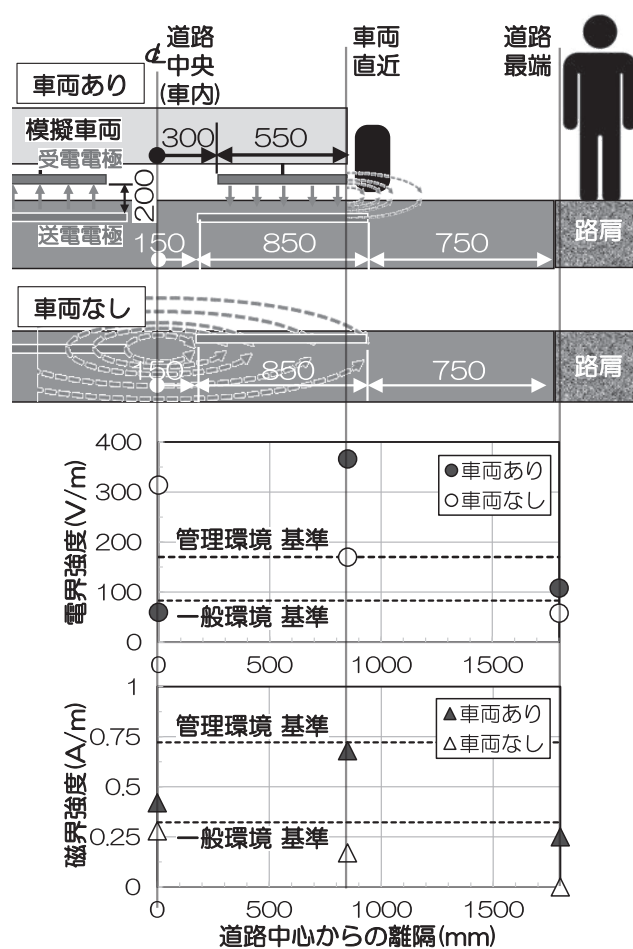
今後の実装に向けて、確実に安定的な走行中給電を実現するためには、伝送効率のさらなる改良が必要と言え、現在、大型車両に適用できる高出力化も合わせて、これらの課題解決に向けた改良に注力している。

(3) 漏えい電磁界の検証

図一 13 は、実証実験路において、伝送周波数 6.78 MHz、送電電力 10 kW で給電した場合に発生する漏えい電磁界強度を示す。先の図一 11 に示すように長さ方向に車両がいる個所と車両から離れた個所の



写真一 8 模擬車両（トレーラ）概要



図一 13 漏えい電磁界測定結果

2 箇所について、道路幅員方向の 3 測点（道路中央：車内想定、車両直近と道路端：車外想定）で計測した。なお、計測高さは走行車両がいる条件で地上高 500 mm、車両がいない条件では地上高 300 mm であり、埋設電極に至近の比較的厳しい条件での結果と言える。

総務省「WPT システムの電波防護指針への適合性確認を行うための評価方法」⁶⁾ に準拠し、以下の基準に対して近傍電磁界による人体への影響を評価した。

ここで、管理環境とは電波を取り扱う職業従事者を対象とし、一般環境とはそれ以外の一般人を対象とする。

①電界強度（刺激作用に関する指針）：

一般環境：83 V/m，管理環境：170 V/m

②磁界強度（熱作用 6 分平均に関する指針）：

一般環境：0.322 A/m，管理環境：0.722 mA/m

ここでは、ドライバーや歩行者等を対象としたより厳しい基準である一般環境について評価している。

車両がいる場合、車両ボディがシールドとなり、道路中央の埋設電極直上であっても、車内に居る人体への影響は僅かである。電磁界強度が最大となる個所は車体直近（車外）であり、電界強度と磁界強度のいずれも一般環境の基準を大きく越える。ただし、道路端まで離隔すると電界、磁界ともに小さくなり、基準を満足する。

車両がない場合、電界強度は道路中央の埋設電極直上をピークに道路端部に向かって減少して行き、道路端まで離隔すると基準を満足する。磁界強度についても道路端部に向かって減少するが、最大強度となる道路中央の埋設電極直上においても基準を満足し、磁界強度そのものが小さい結果である。

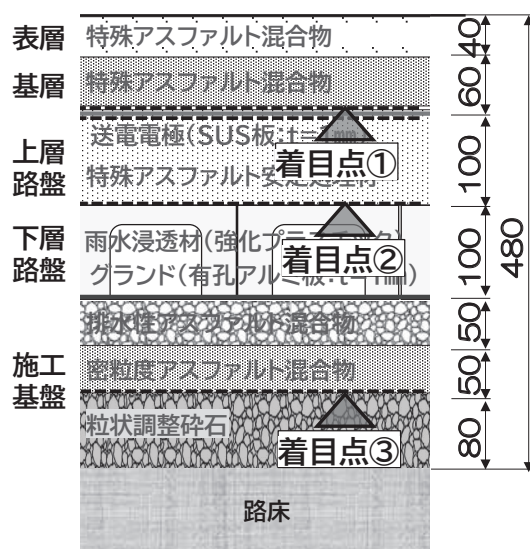
以上のとおり、送電中の無線給電道路において、予想どおり漏えい電磁界の発生は小さく、その影響は埋設された送電電極端から 0.8 m 程度離隔した道路端部までの範囲であり、路肩や安全帯などの無線給電道路の外側であれば人体安全性に関する基準を満足することが検証された。

なお、車両故障や事故など、不測の事態により道路内に人が立ち入ることは起こり得る。このような緊急時には、例えば、路車連携システムと人感センサにより、車両の停止と人の立入りを検知し、即時に給電を停止するなど、安全システムの導入により対応することとしている。

（4）舗装耐力の検証

先の図— 11 に示す幅員 3.5 m × 長さ 20 m 実証実験路の路面全体にわたる計 78 測点について、FWD (Falling Weight Deflectometer) による非破壊たわみ測定を行い、無線給電道路の舗装耐力を検証した。

通常のアスファルト舗装とは異なる無線給電道路特有の材料や層構造である図— 14 に示す 3 箇所（①送電電極上面、②雨水浸透材上面、③施工基盤中央）に着目し、FWD 実測たわみ量から算出した引張ひずみとアスファルト舗装交通量区分 N7（疲労破壊輪数：3,500 万回 / 10 年）の許容ひずみを比較した。その結果は表— 3 に示すとおりであり、各着目点の引張ひ



図— 14 舗装耐力評価における着目点

表— 3 各着目点の引張ひずみ算定結果

着目点	舗装構成	FWD 実測値		交通量区分 N7 (10 年間許容値)	
		引張ひずみ (μ)	弾性係数 (MPa)	許容ひずみ (μ)	弾性係数 (MPa)
①	表・基層	46	5,152	≤ 101	5,000
	上層路盤		3,407		3,000
②	下層路盤 (雨水浸透材)	199	34	≤ 229	35
—	施工基盤 (排水性 As)	—	5,004	—	5,000
③	施工基盤 (密粒度 As)	10		≤ 194	5,000
	施工基盤 (粒調碎石)				300

ずみは交通量区分 N7 (疲労破壊輪数: 3,500 万回 / 10 年) の許容ひずみを満足し、大型車両の走行に耐え得る舗装耐力を有することが検証された。

なお、この結果は解析的に検証した範囲であるため、実供用状態での耐久性評価が今後の課題と言える。無線給電道路の実装に向けては、大型輪荷重疲労実験や実車両による繰返し走行実験などによる実証が必要であり、現在、大型周回実験路や実道での高速走行条件での実証実験を計画中である。

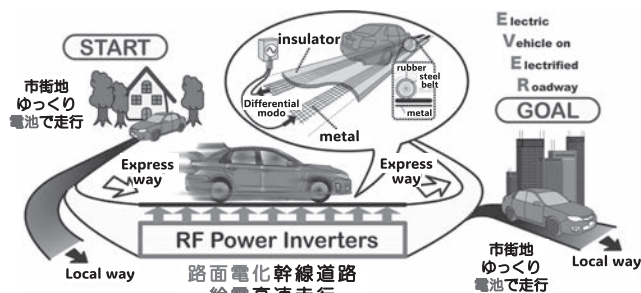
5. おわりに

無線給電道路の開発は、正にその名の通り、低炭素社会の実現というゴールに向かうための新たな道の開拓である。

現在、これまでの成果を踏まえて、材料～設計～施工～維持管理に至る一連の技術を体系化した設計施工



図ー15 次世代舗装実験走路

図ー16 道路インフラ将来像⁷⁾

ガイドラインとして纏め、社会実装に向けた準備を整えている状況にある。また、図ー15に示す総延長909m周回コースの一部に適用し、実車両による高速走行実験の計画を進めており、本技術の妥当性と実効性の最終検証を行うこととしている。

最後に、著者らの思い描く道路インフラの将来像を図ー16に示す。無線給電道路ネットワークで全国を繋ぎ、自動運転EVが休むことなく自由自在に人と貨物を運ぶ道路インフラの実現が大いに期待される。

謝 辞

本報は、国土交通省道路局「新道路技術会議」における委託研究「走行中の電気自動車に連続的にワイヤレス給電を行う道路の実用化システムの開発」の成果を含む。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省ホームページ、運輸部門における二酸化炭素排出量（令和6年4月更新）https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html
- 2) 国土交通省ホームページ、国土交通省における地球温暖化緩和策の取組概要 <https://www.mlit.go.jp/common/001386820.pdf> (mlit.go.jp)
- 3) 遠藤哲夫・崎原孫周：電界結合方式ワイヤレス給電による走行中給電

技術の開発、電気設備学会誌 2019 年 3 月号, pp.28-31

- 4) 総務省ホームページ、情報通信審議会「資料 13-5 検討対象の各ワイヤレス電力伝送システムの技術的要件と利用シーンについて(BWF)」, https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/denpa_kankyou/wpt/02kiban16_04000679.html
- 5) 日本道路協会、舗装設計便覧, 2006.2
- 6) 総務省ホームページ公開資料、情報通信審議会「資料 58-6」情報通信技術分科会 電波利用環境委員会報告（案）、諮問第 3 号、令和 6 年 4 月 5 日
- 7) 水谷 豊、横野翔勇、大平 孝、新藤竹文、遠藤哲夫、崎原孫周、城本政一、唐木健次、渡部敬史、“電界方式無線給電道路の実用化システム その 1：電界方式の無線給電道路への適用”，第 34 回日本道路会議，論文番号 3043, Tokyo, Nov. 2021.

【筆者紹介】

新藤 竹文（しんどう たけふみ）
大成建設㈱
技術センター
社会基盤技術研究部
荣誉研究員



遠藤 哲夫（えんどう てつお）
大成建設㈱
技術センター
先進技術開発部
次長



久野 晃弘（くの あきひろ）
大成ロテック㈱
技術本部 技術研究所
次世代舗装試験所長



澤口 実（さわぐち みのる）
大成ロテック㈱
北信越支社 技術室
課長代理



大平 孝（おおひら たかし）
豊橋技術科学大学
未来ビークルシティリサーチセンター
特任教授



水谷 豊（みずたに みのる）
豊橋技術科学大学
未来ビークルシティリサーチセンター
特任助手

