

走行中ワイヤレス給電のコイル埋設についての研究

1. 研究の背景

- EV大量普及後の社会 ⇒ 桁外れの大容量リチウムイオン電池の供給はコバルトやリチウムの生産量からして実現可能性は低い⇒代替案が必要。

解決策：走行中給電 (DWPT)



- 課題：従来の道路からすると大幅な変革が必要⇒知見を得るのは急務。海外勢に革新技术を独占されると日本の産業への大打撃となる。

- 走行中ワイヤレス給電 (DWPT) においては、道路側の送電コイル設計と埋込み技術確立が非常に重要な要素

- 大がかりな工事が必要であるため十分な研究がなされていない。

- DWPTの最大の課題は送電コイル数増加に伴うコストアップ (10~100万個のコイルが必要) ⇒低コストコイルが必要

① 研究の学術的背景

- 申請者は従来の1/10~1/3以下のコストのフェライトレスかつコンデンサレスコイル (低コストコイル) を提案している。電気特性と機械特性の両立は未だ達成できていない。これまで申請者らはFSにおいて下記結果と課題を得た (図1, 2, 表1)。

- 電気的特性として効率90%以上、電力は3kW (換算値) までは到達

- 電気的特性と機械的強度との両立、絶縁耐圧などの諸問題が未解決である。FSを通してアスファルト埋込み後の特性として熱による残留ひずみの課題が明確化した。

- そして、路面側機械的強度としては、コイルが埋め込まれたアスファルトは車輪間運用でN5交通量相当では10年以上だが、N6交通量相当では約6年は使用可能であることがFWD試験から導けたが、まだ不十分である。

- 電気的特性、機械的特性共に経年劣化の評価は出来ていない。

- 大電力印加実験と大型走行車両実験の評価はできていない。

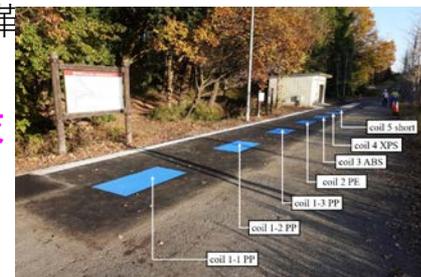


図1 埋設風景

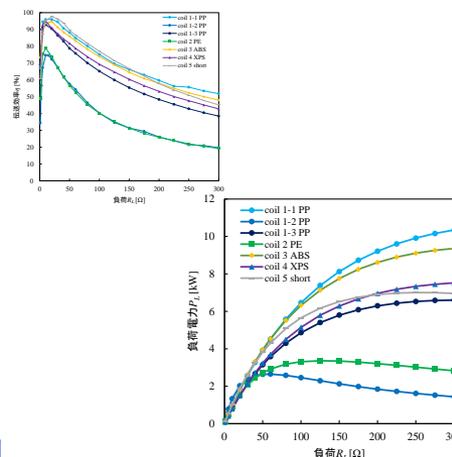


図2 効率と電力

表1 許容走行年数

	コイル1-1	コイル1-2	コイル1-3	コイル2	コイル3	コイル4	コイル5
許容載荷輪数 [回] (17kN)	3,423,500	698,600	3,925,500	1,668,100	4,642,900	711,500	3,925,500
許容走行回数 [回] (17kN)	140,026,472	28,573,826	160,559,052	68,227,883	189,901,827	29,101,456	160,559,052
許容載荷輪数 [回] (49kN)	77,800	36,900	71,200	46,100	72,300	15,800	30,500
許容走行回数 [回] (49kN)	3,182,141	1,509,267	2,912,191	1,885,562	2,957,182	646,245	1,247,497
許容走行年数 [年] (N5)	34.2	16.2	31.3	20.3	31.8	6.9	13.4
許容走行年数 [年] (N6)	6.8	3.2	6.3	4.1	6.4	1.4	2.7

2. 研究の目的

② 研究期間内に何をどこまで明らかにしようとするのか

- **目的：低コストコイルの電気的特性と機械的強度を両立。コイルの性能向上とアスファルトへの埋込み技術確立。**
- **電気的特性（効率・電力など）と機械的特性（耐久性など）**を従来コイルと比較し、**経年劣化の評価**を行い、**埋込み深さの最適化、低コストコイルの可能性**を示す。
- 本格研究ではFSで抽出した課題に留意しながら大電力実験、大型走行車両を行い実用に耐えられるコイルと埋込み技術を確認する。

③ 当該分野における本研究の学術的な特色・独創的な点及び予想される結果と意義 等

- 埋め込んだコイルの電気的かつ機械的特性の両立を目指した研究が学術的に先駆的かつ独創的な研究。他に先んじて成果を量産可。世界に先駆けて一連の結果を得ることで**DWPTのコイルと埋込み技術で一体化したシステム提案**が可能⇒他国・他機関をリード可

従来：不必要に丈夫過ぎる高コストな停車中コイルをただ埋め込む



提案：低コストのDWPT特化型コイル。道路要件や設置技術と一体化した技術開発で実現可能性を目指す。

3. 研究により期待される具体的な成果及び成果による道路政策への貢献

- 走行中充電の導入に関し、コイル特性（電気特性）と道路の耐久性（機械特性）の知見を得ることで実現可能性を検証。
- 得られた知見⇒道路政策決定時の判断材料として貢献。
- 走行中充電の低コストコイルが道路に適応できる事を世に知らしめることができる。圧倒的な低価格のため成立すれば実用性については十分にあるが、コスト面含めたコイル特性と機械的強度含めた埋込み最適化作業が必要でありFS後の3年間で実施。

4. 研究の目標と達成時期

特定課題対応型

- 研究の目的：走行中充電におけるコイル埋込みの電気的かつ機械的特性の両立

【全体計画（3年間）】

- コイル自体の改良：コイル保持材の構造と素材の改良によって電気的特性の向上かつ機械的強度の向上を行う。
- 大電力印加実験、大型走行車両実験、経年劣化の評価も行う。
- 2回のコイルのコイル改良と施工方法改良を経て、3年目の大型車試験を経て実現可能性を示す。

【2021年度】目標：車輪間運用を考慮したN6交通量相当の達成と大電力コイル

更なる電気的特性（効率と電力）の向上かつ機械的特性（コイルの歪みと路面のたわみ）の向上を行い、車輪間運用を考慮したN6交通量相当をクリアするコイルの製作と施工方法を開拓する。コイルの埋込み深さ、コイルサイズなどの最適化を行う。

熱によるひずみの影響の課題克服をコイル設計側と流し込み保護材などの埋込み技術の改良で改良する。また、コイル設計課題としては耐電圧と耐電流を考慮した設計により大電力に耐えられるコイルの実現を行う。

【2022年度】目標：N6交通量相当の達成と大電力コイルの実現

N5交通量相当で使われる2層構造の路面とN6交通量相当で使われる3層構造の路面の比較を学内試験で行い、外部試験に備える。また、同様にN6交通量相当の舗装を想定し、それに耐えられるコイル設計と施工方法を開拓する。また次年度の本格実験に備え、大型走行車両に耐えられるコイルの設計と大型車による実車走行の一部データ取得を行う。2021年度評価で高い評価を得られたコイルを前提にプレキャスト工法を考案する。

【2023年度】目標：大型車による実車走行による経年劣化評価

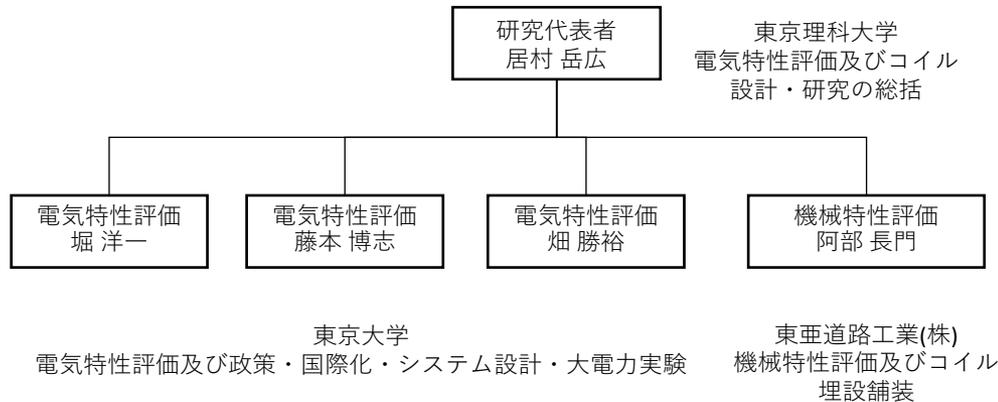
N6交通量相当の舗装を想定し、大型走行車両に対する経年劣化に耐えられるコイルの製作と施工方法を開拓し実施し、経年劣化を評価することで、真に実用化にふさわしいコイルを実現させる。

5. 研究（成果活用）の継続性、国際展開



- 研究期間終了後も、DWPTの研究は継続。道路側の電源制御と車体側の電力制御などを埋め込まれた現実に近いシステムでの検証が必要。敷設距離短縮に向けた100kW級の急速走行中ワイヤレス給電のシステム開発と漏洩磁界抑制など発展的課題に取り組む。
- CO2削減のために現状計画以上に大量導入したPVの負荷平準化にDWPTを使用する構想を打ち立てて研究を行っており、スマートグリッド（PV）とDWPTを融合させた研究へと展開し、道路業界、自動車業界だけでなく、電力業界も巻き込んでCO2削減に取り組む。
- SIPの後継プロジェクトで走行中充電が研究される予定であり、申請者らも共同研究機関として関わっている。そこでは、走行中給電の国際規格IECに成果をインプットする動きがあり、ここでの成果をそこに盛り込む。

6. 研究の実施体制



- DWPTの研究に長けている
- 申請者らは10kWを超えるWPTの実験かつ高周波利用申請には慣れている。
- アスファルト埋込み場所、DWPT用実験場など実験環境は整っている。
- 世界と戦い勝ち切れるメンバー

7. その他（研究の特徴・実績・スケジュールなど）

- 他機関の今までの研究は、コイル特性とコイル埋込みに関しては**ただ埋めた**という報告止まり。
 - **走行中給電に特化したフェライトレスかつコンデンサレスコイルという低コストコイルをアスファルトに埋め込む世界的に類のない研究を行っているのは我々だけ**
 - 埋設において電気的特性と機械的特性が**密に影響**しており、相互作用を踏まえた上での研究である。
- ⇒独創性、先導性は他の追随を許さない。
- **道路側の要求とDWPTの要求を満たす最適化**は本来は一番重要な研究課題

[1] Motoki Sato, G. Yamamoto, Daisuke Gunji, Takehiro Imura and Hiroshi Fujimoto, 2017 IEEE Power Electronics Transactions First Prize Paper Award, 2017.10

[2] Takehiro Imura, "In-Motion Charging Sequence in Sensorless System using Series-Series Topology via Magnetic Resonance Coupling", 5th Annual Conference on Electric Roads & Vehicles (CERV), USA, 2018.2 (invited)

2021年度前半：車輪間運用を考慮したN6交通量相当レベルのコイル製作

2021年度中盤：室内試験

2021年度後半：学内道路埋込み試験

2022年度前半：N6交通量相当レベルのコイル製作

2022年度中盤：室内試験

2022年度後半：学内道路埋込み試験と学外円形路埋込み試験

2023年度前半：N6交通量相当かつ経年劣化に耐えられるコイル製作

2023年度中盤：室内試験

2023年度後半：学外円形路埋込み試験