

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。** 海外勢に革新技術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**
- 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**
- 停車中ワイヤレス充電との**シームレスな互換性**を考慮して**磁界結合方式**を採用。

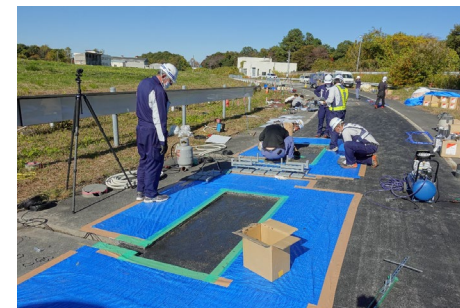


図1 土木研究所埋設 2022年



図2 土木研究所大型車走行 2022年

2. 課題

- 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)**を含む複数の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。
- アスファルトによる電気的特性の悪化の解明と解決策が必要。**
- 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。** 更なる大電力が必要。
- 電気的特性と機械的強度との**両立**、耐電流、絶縁耐圧などの諸問題が未解決。**FSを通してアスファルト埋込み後の特性として舗装後の残留ひずみ**の課題が明確化。
- 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**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、**10年**には満たず**不十分**。
- 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。

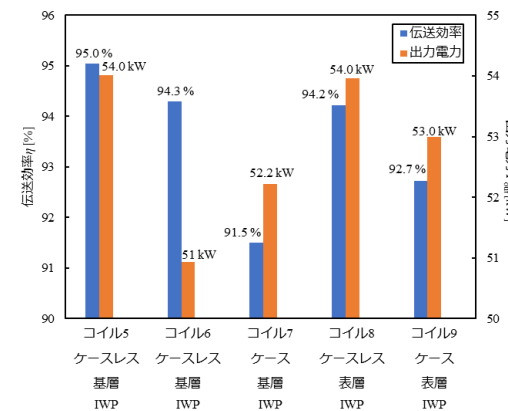


図3 50kW性能コイル 2022年

3. 研究の目的

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立する。

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。

4. 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。⇒**一般道（公道）実験へ** ⇒**高速道路での実験へ**
- 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出来る。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。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3年間で実施。

5. 研究の目標と達成時期

・ 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。
- ・ 複数回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。

【3年間の目標】

- ・ 電気的特性として効率90%以上と電力10kW以上を埋設時に達成。
- ・ 49kN載荷時のたわみ量0.6mm以下を実現。
- ・ N6交通量相当において耐久年数10年以上の舗装。

【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

- ・ 電気的特性の向上かつ機械的特性の向上を行い、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。ひずみの影響の課題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克服する。
- ・ 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。

【性能目標（2021年度）：①室内試験，③校内埋設試験】

効率：①90%以上、③85%以上
電力（ショート型）：①埋設前 10kW、③埋設後 5kW
電力（オープン型）：①埋設前 3kW、③埋設後 1.5kW
③道路使用年数（FWD試験）：8年

目標達成！

【2022年度】目標：次年度の耐久走行試験時に埋設するコイル選定と施工方法の確立

- ・ アスファルト舗装によるコイル特性悪化の原因特定とその対策について検討しコイル設計に反映する。コイルケース方式にとらわれない幅広い低コストコイルの可能性について検討する。次年度の耐久走行試験に向けての準備を行なう。大電力実験や経時変化の評価も行なう。
- ・ 型枠実験、校内埋設実験、土木研究所等大型車走行実験（課題抽出）を予定。

【性能目標（2021年度）：①室内試験，③校内埋設試験】

効率：①90%以上、③85%以上 **【目標達成】**
電力（ショート型）：①埋設前 10kW、③埋設後 5kW **【目標達成】**
電力（オープン型）：①埋設前 3kW、③埋設後 1.5kW **【目標達成】**
③道路使用年数（FWD試験）：8年 **【準備中】**

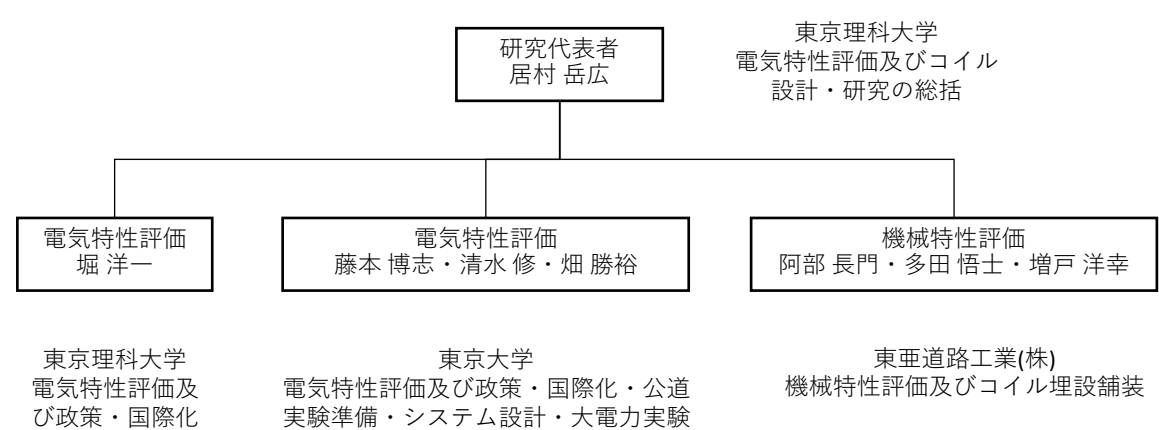
【2023年度】目標：大型車による実車走行による供用性劣化評価

- ・ アスファルト舗装によるコイル特性悪化の原因特定とその対策について検討しコイル設計に反映する。コイルケース方式にとらわれない幅広い低コストコイルの可能性について検討する。耐久走行試験を行なう。最終年度もコイルの進化は必要なため、改良を行い型枠試験と埋設試験を校内で行い、N6交通量相当の舗装を想定し、大型走行車両に対する供用性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する。大電力実験や経時変化の評価も行なう。その際に、3年間の目標も達成する。

6. 進捗状況

- ・ 大電力化に成功し、土木研究所の実験において、定格電流や絶縁破壊を考慮したりツ線をしっかり用いた上で、埋設時に50kWが可能となるコイルを製作できた。
- ・ アスファルトなど道路の影響を受けにくいコイル設計に成功した。埋設前後での特性悪化を非常に良くに抑えられている。
- ・ 指摘事項3点を受けて対応を反映済み。詳細は報告書側に記載。

7. 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

8. その他（研究の特徴・実績・スケジュールなど）

- 海外の他機関の研究は、コイル特性とコイル埋込みに関する耐久年数などの評価より**大規模デモンストラクション**に重点が置かれている。
- **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のみ
- 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。
- **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)

2022年度前半：N6交通量相当レベルの低コストコイル製作
 2022年度中盤：型枠試験
 2022年度後半：学内道路埋設実験と学外円形路埋設実験
 （課題抽出）

2023年度前半：公道実証に耐えられるコイル製作
 2023年度中盤：学外円形路埋設実験（10～40万回の載荷試験）
 2023年度後半：型枠試験と学内道路埋設実験