

実フィールドにおけるトロリ線の 摩耗形態調査結果

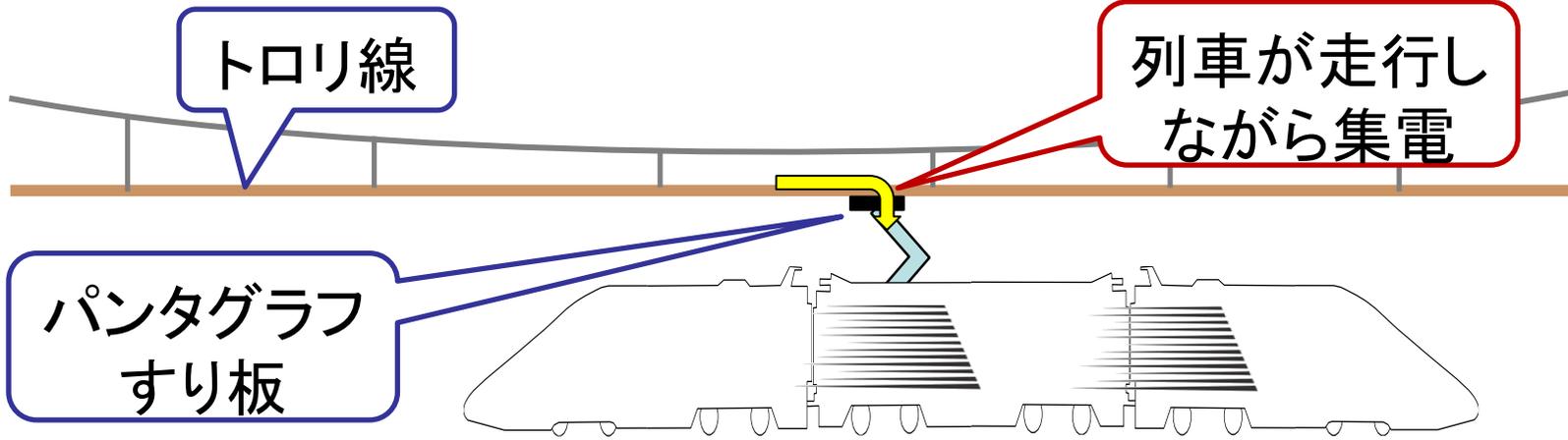
電力技術研究部 集電管理研究室

研究員 根本 公紀

本日の発表

1. 研究の背景および目標
2. 撤去トロッコ線の分析方法
3. 撤去トロッコ線の分析結果
4. まとめおよび今後の予定

背景



集電系摩耗研究の目的

集電材料の摩耗低減による、
メンテナンスコストの削減
⇒摩耗メカニズムの解明が必要

従来の摩耗の考え方

電氣的摩耗
(アーク放電)



⇒離線対策

機械的摩耗
(凝着摩耗)



⇒潤滑

未解明・未解決な摩耗起因の問題

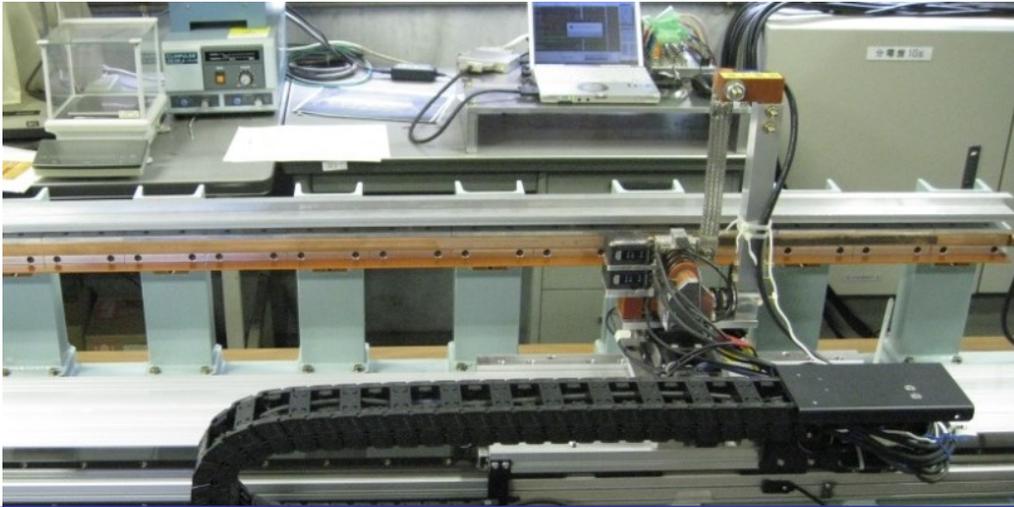
- ✓パンタグラフ停止箇所での著大摩耗
 - ✓変位過大箇所での著大摩耗
 - ✓波状摩耗
 - ✓バリの発生 etc...
- ⇒摩耗メカニズムの深度化が必要

これまでの研究

定置試験での摩耗形態の細分化・遷移条件の特定によるメカニズムの解明

電気的摩耗

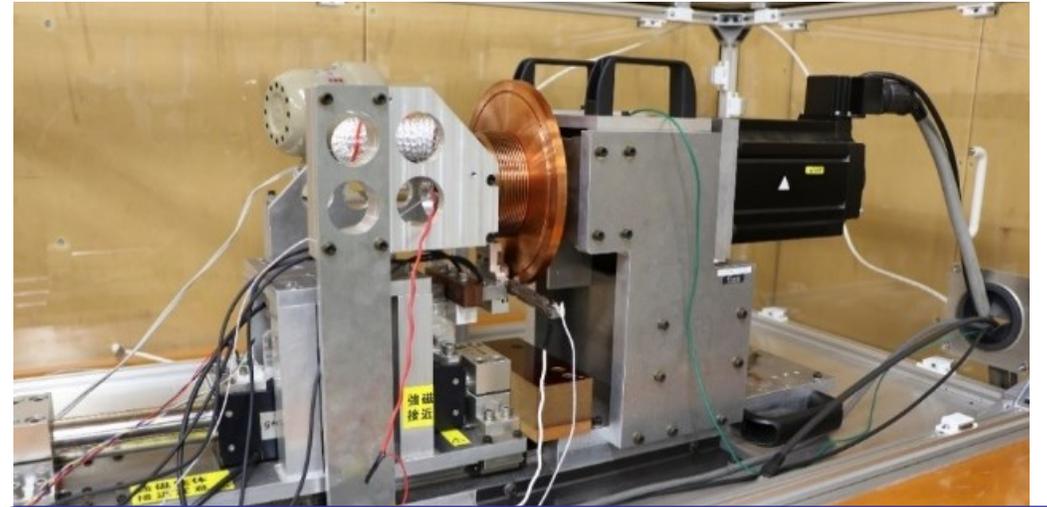
直動摩耗試験機



接触電圧を測定し、ジュール熱による
接点温度上昇を推定できる試験機

機械的摩耗

回転摩耗試験機



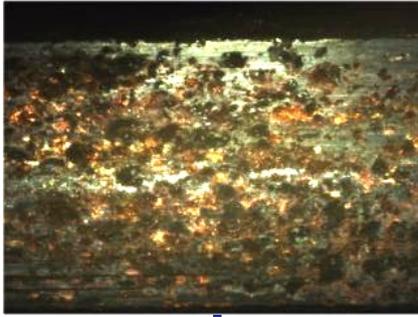
ゼーベック効果を利用し、摩擦熱による
接点温度上昇を推定できる試験機

現象解明を主目的とした試験機を作成

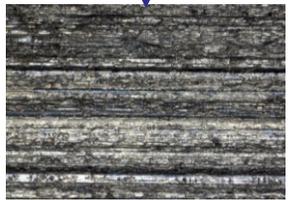
これまでの研究

定置試験での摩耗形態の細分化・遷移条件の特定によるメカニズムの解明

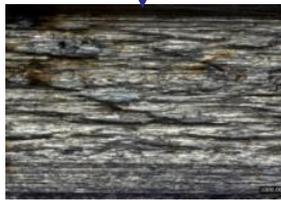
電氣的摩耗



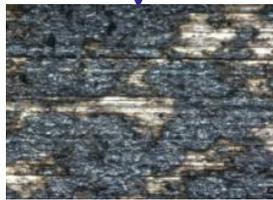
ジュール熱による材料の溶融



機械的摩耗



トロリ線
溶融摩耗

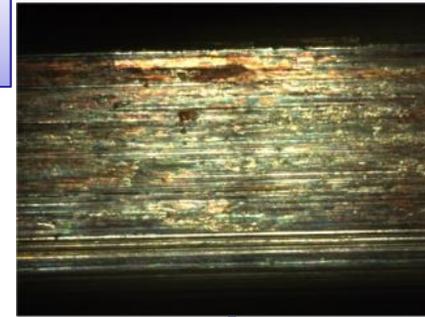


すり板
溶融摩耗



混合
溶融摩耗

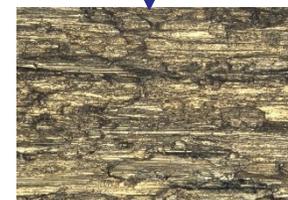
機械的摩耗



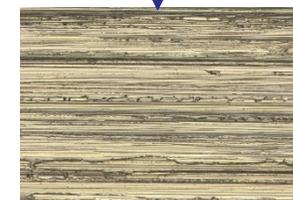
摩擦熱による材料の軟化



凝着摩耗



焼付き



アブレシブ
摩耗



軟化流動
摩耗

機械的摩耗・電氣的摩耗について、摩耗形態を細分化し、遷移条件を特定した

これまでの研究

速度の増加・電流の増加・離線
などにより上昇

トロリ線側の接点温度

温度高

融点

軟化点

温度低

トロリ線
溶融摩耗

混合
溶融摩耗

アブレシブ
摩耗

軟化流動
摩耗

すり板
溶融摩耗

凝着摩耗 焼付き

温度低

軟化点

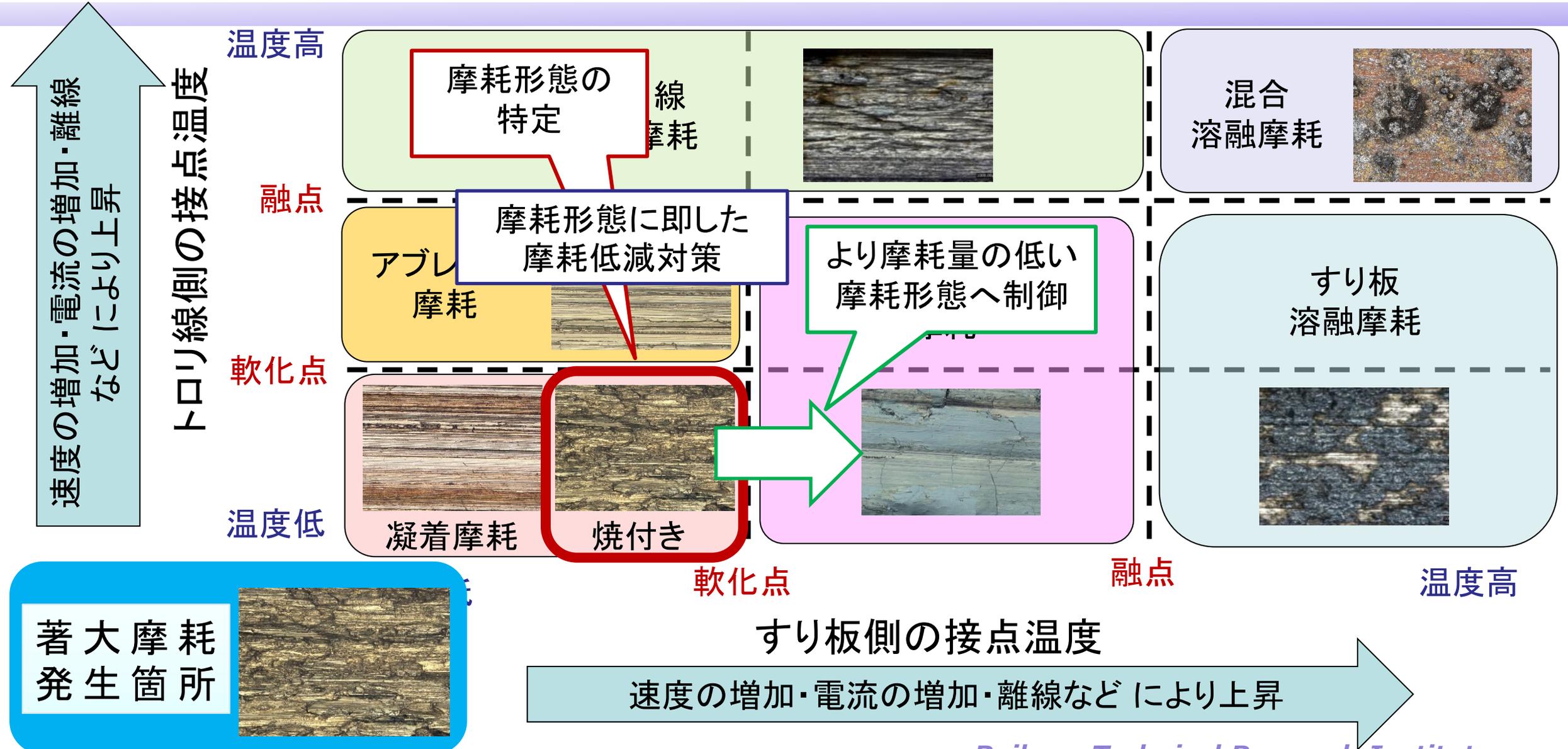
融点

温度高

すり板側の接点温度

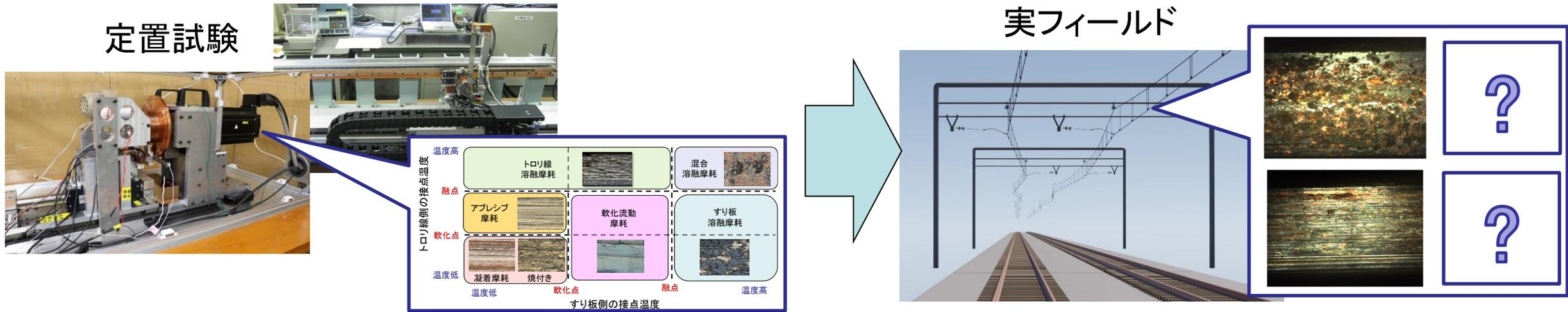
速度の増加・電流の増加・離線などにより上昇

これまでの研究の活用法



本研究の目標

定置試験の結果，摩耗形態を細分化・遷移条件を特定し，メカニズムを解明
⇒ 解明してきた摩耗メカニズムが実フィールドに対応しているかは未検証



目標：定置試験の結果と実フィールドの整合性を確認する

- ✓ 発現している摩耗形態の整合性を確認
- ✓ 摩耗形態発現条件の整合性を確認

本日の内容
実フィールドのトロッコ線分析

本日の発表

1. 研究の背景および目標
2. 撤去トロッコ線の分析方法
3. 撤去トロッコ線の分析結果
4. まとめおよび今後の予定

分析するトロリ線敷設箇所を選定

分析するトロリ線のドラムの選定条件

- ① 定置試験と同じ材料の組み合わせを用いている区間
- ② 多数の摩耗形態が発現すると考えられる、列車速度範囲が広いドラム
- ③ 複数のしゅう動条件が混在しない、折り返し列車や通過列車の少ないドラム

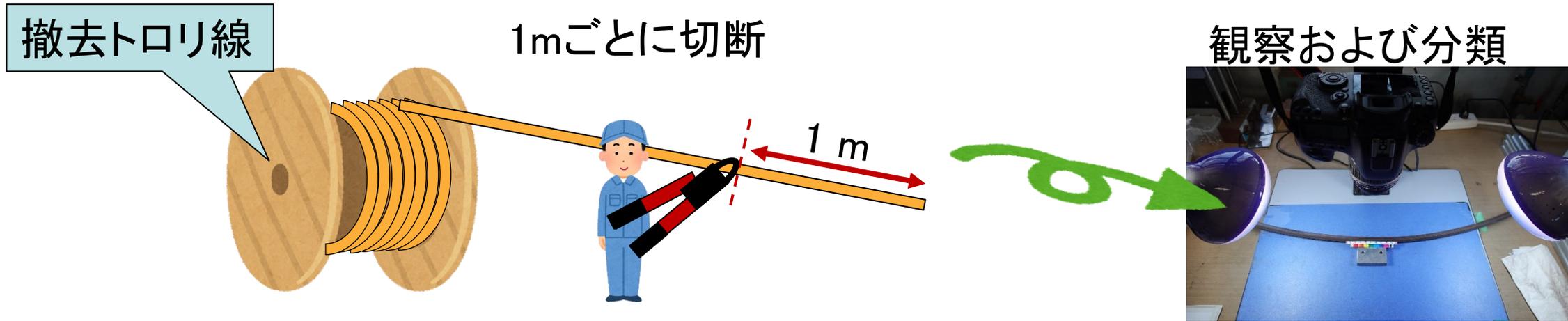
新幹線の駅構内を含むトロリ線敷設箇所を選定

線種 : CSTトロリ線
すり板 : 鉄系焼結合金
架線構成 : シンプル架線
速度条件 : 0 ~ 70 km/h
全長 : 約1,600 m



撤去トリリ線の分析方法

① 撤去トリリ線のしゅう動面の観察および分類



② トリリ線しゅう動面の詳細分析

実施項目

光学顕微鏡・走査電子顕微鏡

エネルギー分散型X線分析

ビッカース硬さ試験

分析項目

しゅう動面詳細観察

元素分析

硬さ

本日の発表

1. 研究の背景および目標
2. 撤去トロッコ線の分析方法
3. 撤去トロッコ線の分析結果
4. まとめおよび今後の予定

しゅう動面分類結果



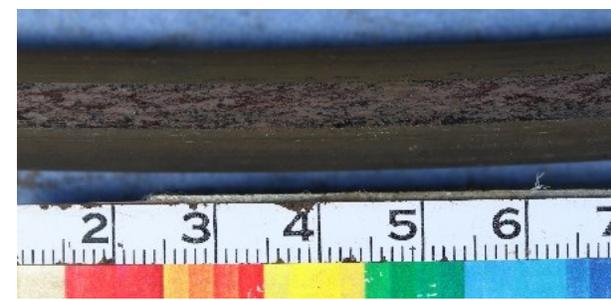
しゅう動面A



しゅう動面B



しゅう動面C



しゅう動面D



しゅう動面E
⇒わたり線箇所



しゅう動面F
⇒鋼芯露出箇所

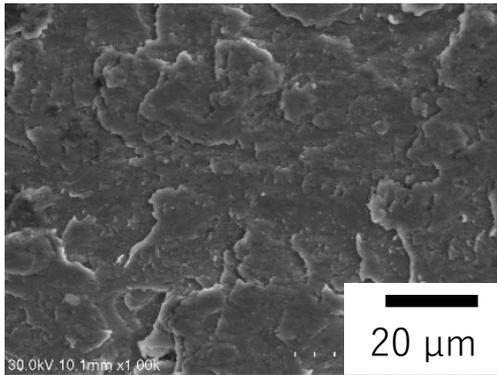
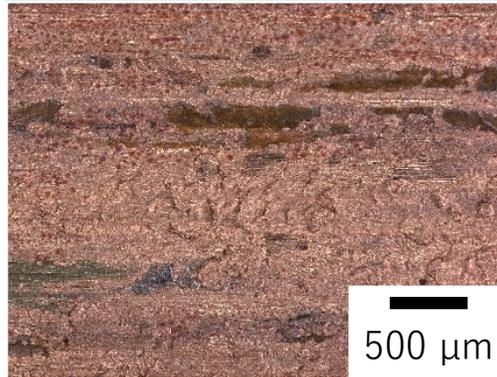


しゅう動面G
⇒波状摩耗箇所

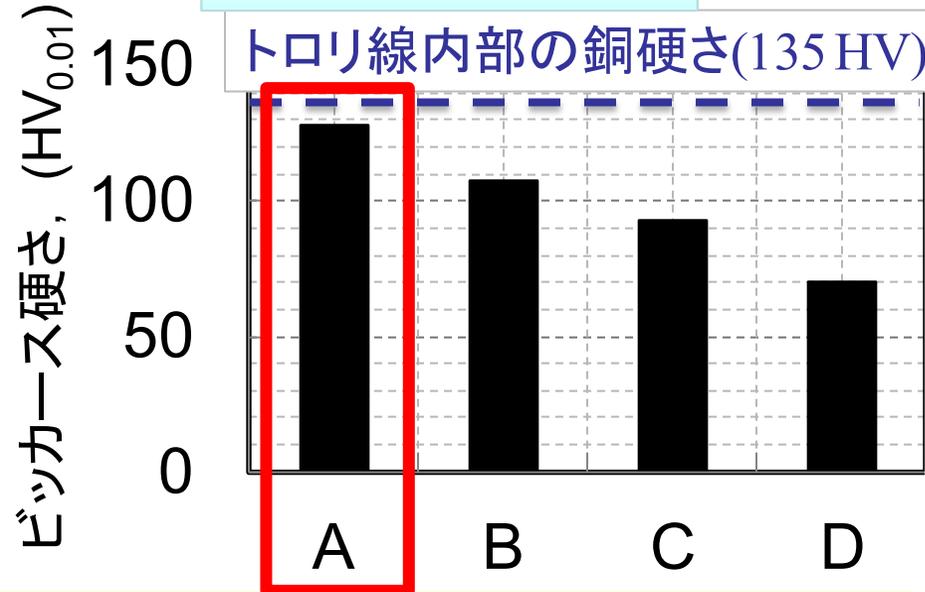
しゅう動面は大きく分けて7種類見られた

撤去トリリ線しゅう動面分析結果(しゅう動面A)

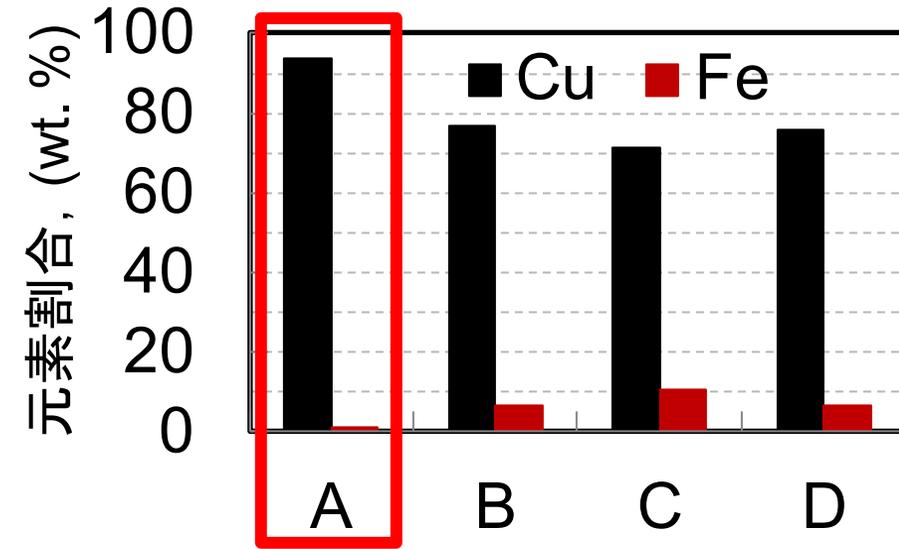
しゅう動面観察



ビッカース硬さ



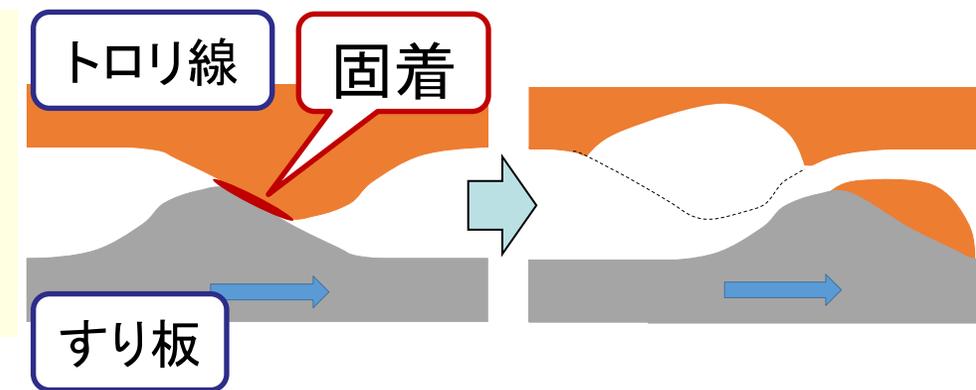
元素分析



しゅう動面Aの特徴

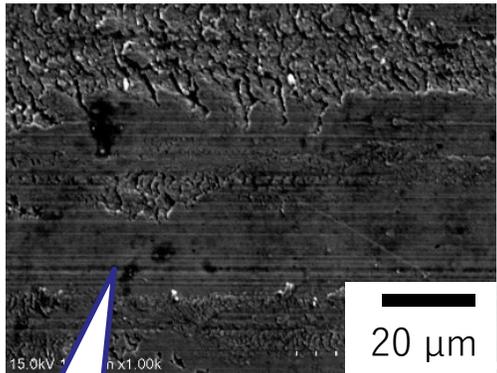
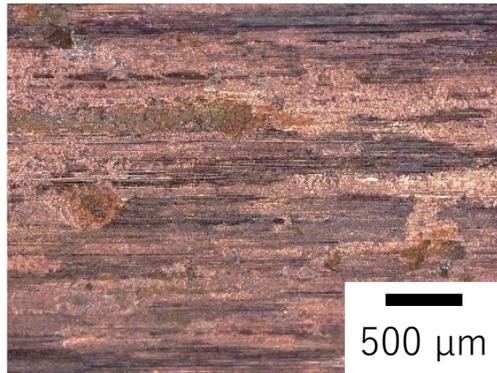
- ・うろこ状のむしられたような摩耗痕
- ・トリリ線の軟化は見られなかった
- ・トリリ線へのすり板の移着はない

⇒ 焼付き摩耗形態と同様



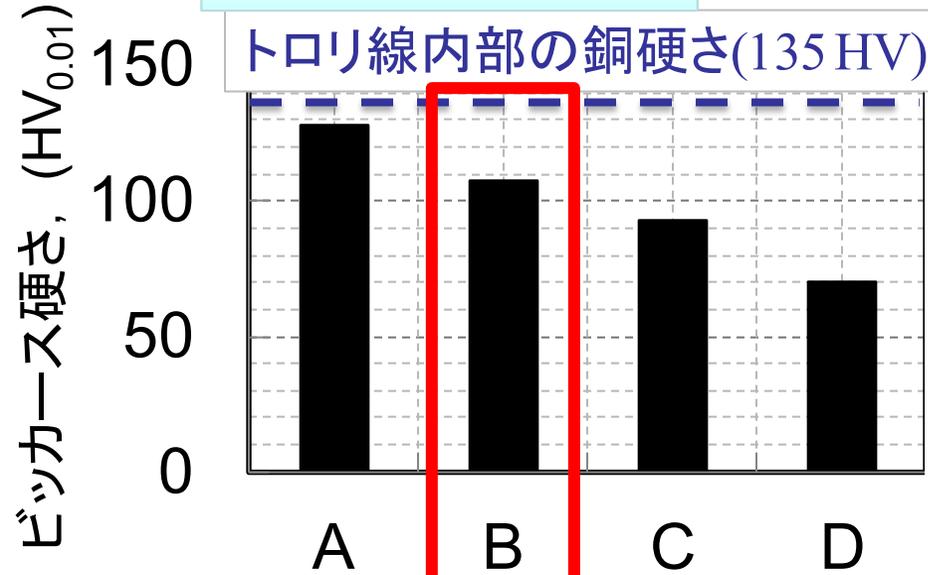
撤去トロリ線しゅう動面分析結果(しゅう動面B)

しゅう動面観察



線状痕

ビッカース硬さ

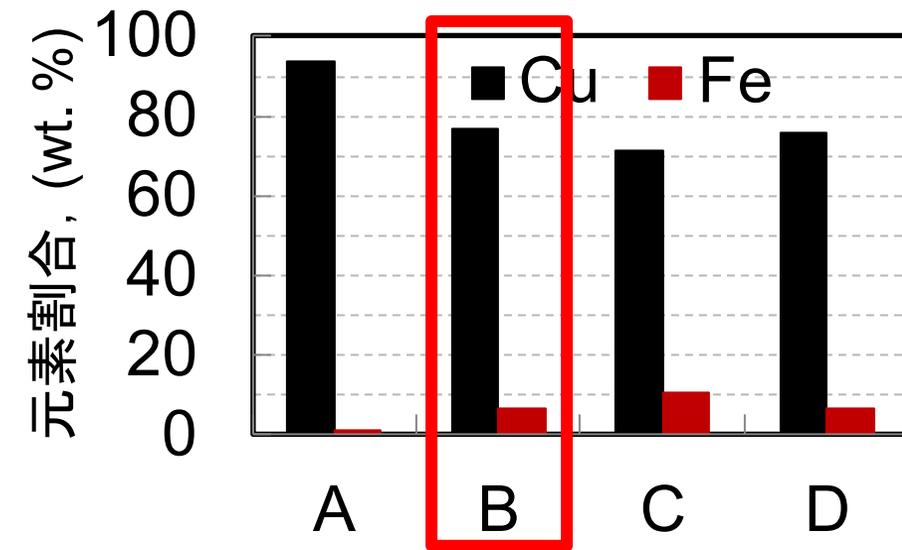


しゅう動面Bの特徴

- ・数マイクロメートル程度の線条痕
- ・トロリ線の軟化が見られた
- ・トロリ線へのすり板の移着は少ない

⇒アブレシブ摩耗形態と同様

元素分析



すり板がトロリ線を削る

トロリ線

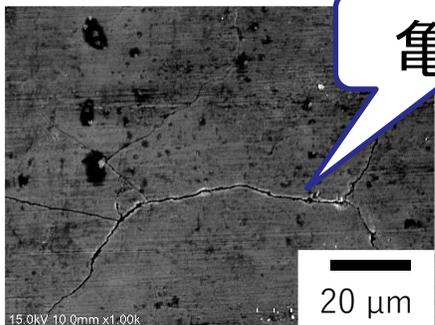
すり板

撤去トロリ線しゅう動面分析結果(しゅう動面C)

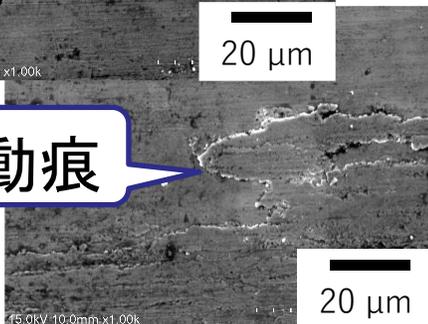
しゅう動面観察



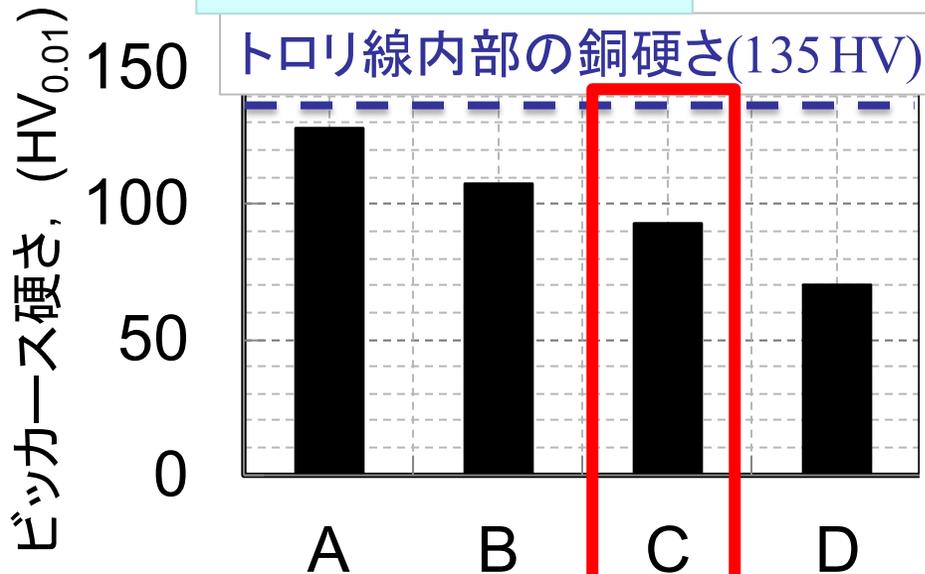
亀裂



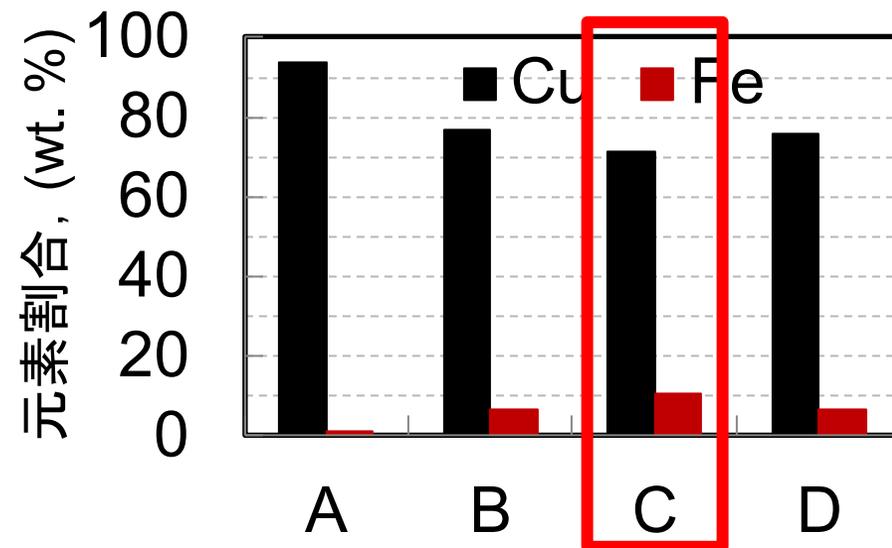
流動痕



ビッカース硬さ



元素分析

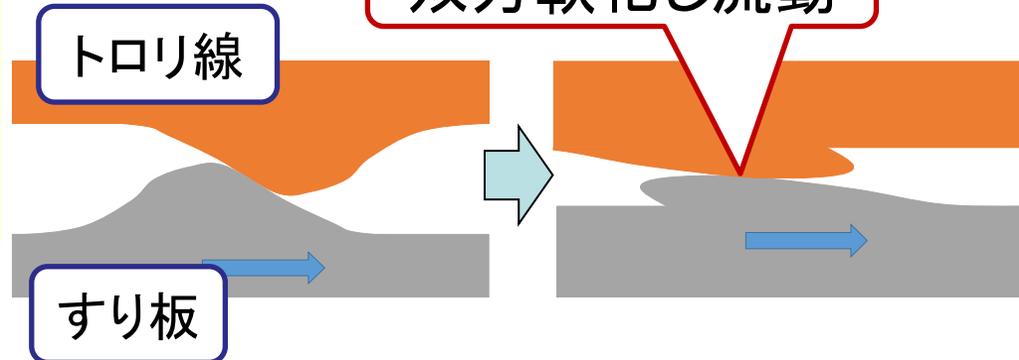


しゅう動面Cの特徴

- ・滑らかであり, 亀裂・流動痕あり
- ・トロリ線の軟化は見られた
- ・トロリ線へのすり板の移着あり

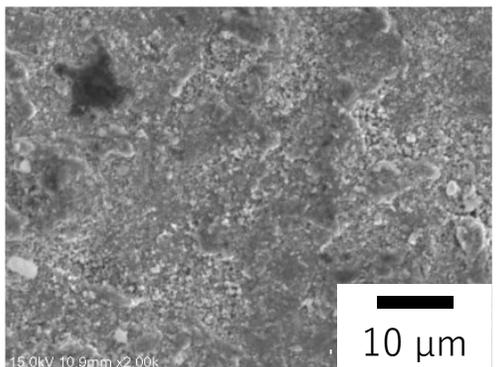
⇒ 軟化流動摩耗形態と同様

双方軟化し流動

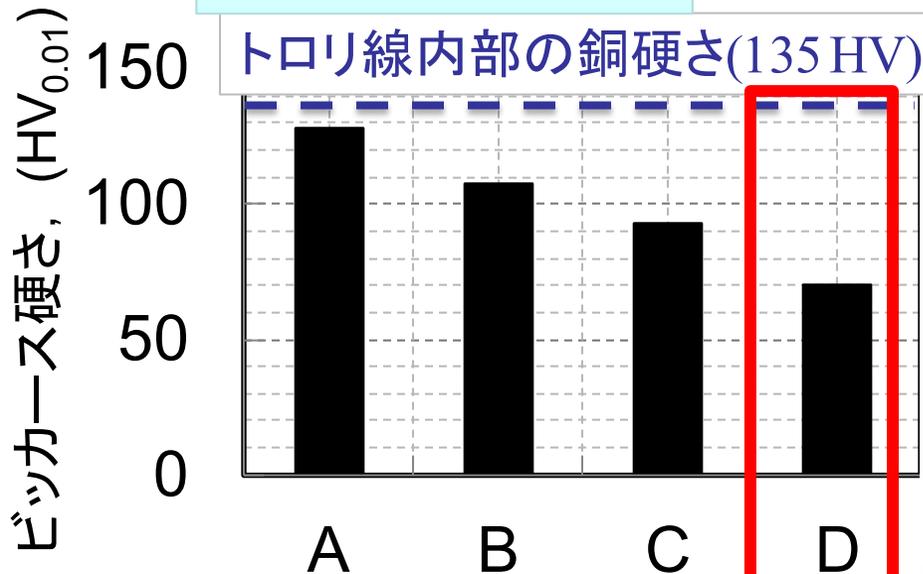


撤去トロリ線しゅう動面分析結果(しゅう動面D)

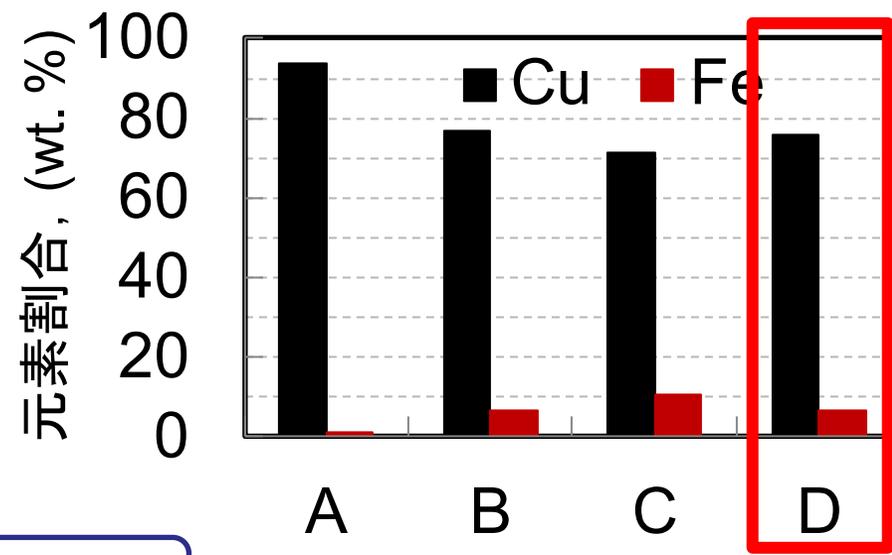
しゅう動面観察



ビッカース硬さ



元素分析



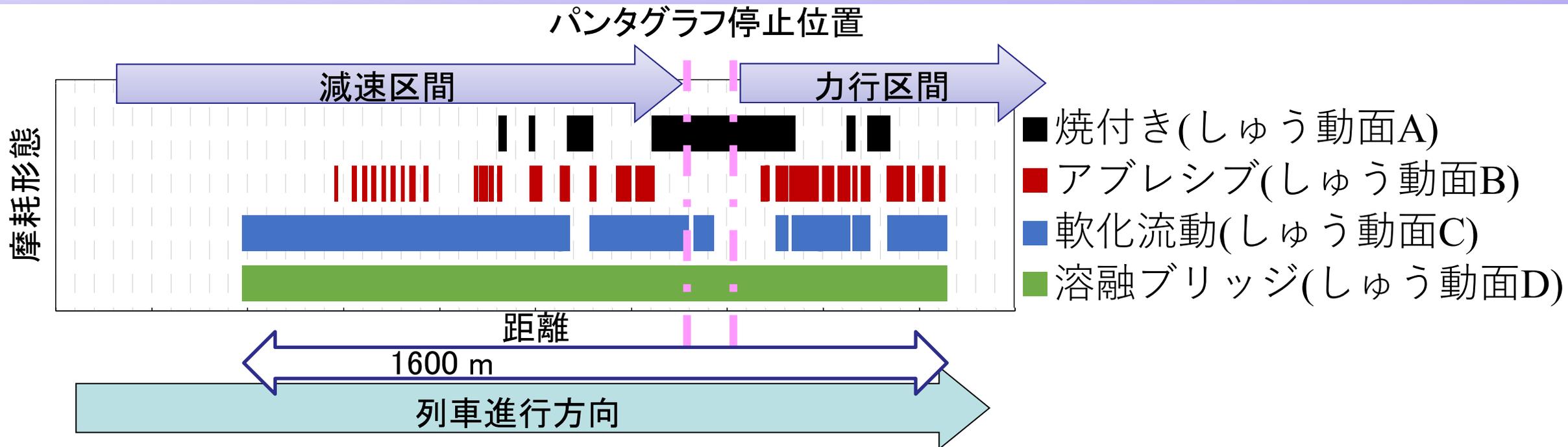
しゅう動面Dの特徴

- ・凹部があり, 凹部表面は溶融
- ・最も軟化が見られた
- ・すり板の移着は少ない



⇒溶融ブリッジ由来の摩耗形態(トロリ線溶融・混合溶融)と同様

摩耗形態としゅう動条件の関係



定置試験での機械的摩耗形態の遷移条件

速度：低速 ⇔ 高速
接点温度：低温 ⇔ 高温
摩耗形態：焼付き ⇔ アブレーション ⇔ 軟化流動

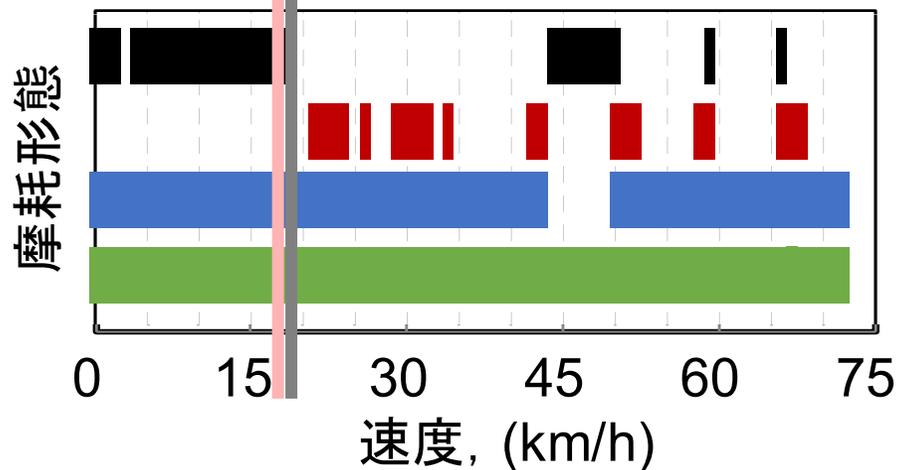
今回の調査結果と傾向は一致

⇒ 定置試験と実フィールドの摩耗形態の整合性を確認

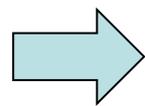
摩耗形態としゅう動条件の関係

■ 焼付き ■ アブレシブ ■ 軟化流動 ■ 溶融ブリッジ

減速側

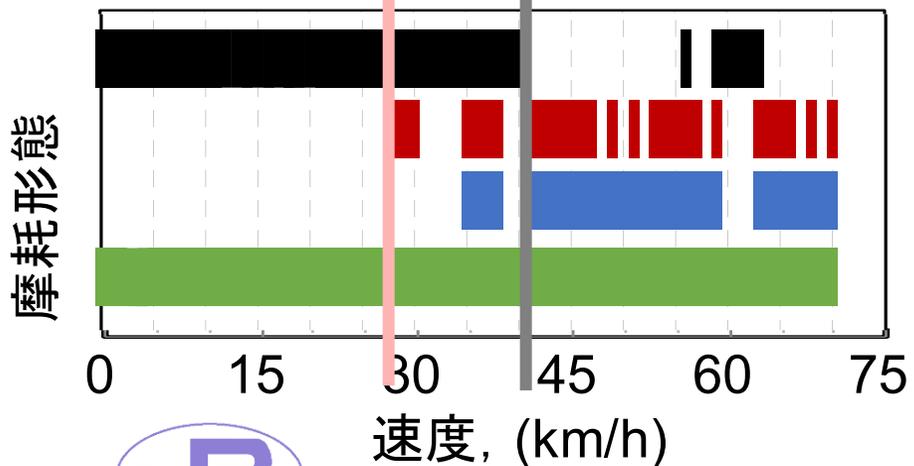


減速側と力行側で摩耗形態が発現する速度範囲が異なる



同じ速度でも減速側と力行側で接点温度が異なる

力行側



実フィールドでは・・・

すり板のバルク温度やしゅう動面状態などの
摩擦履歴を考慮する必要があると考えられる

本日の発表

1. 研究の背景および目標
2. 撤去トロッポ線の分析方法
3. 撤去トロッポ線の分析結果
4. まとめおよび今後の予定

まとめ

定置試験で解明してきた摩耗形態について、現場への適用を検討するため、
実フィールドのトロリ線の撤去トロリ線の分析を行った

✓ 発現する摩耗形態について

◆ 機械的摩耗形態：焼付き摩耗形態，アブレシブ摩耗形態，軟化流動摩耗形態

◆ 電氣的摩耗形態：溶融ブリッジ起因の摩耗形態

が、実フィールドでも確認され、**定置試験と実フィールドが整合**することを確認した。

✓ 機械的摩耗形態の発現条件について

◆ **実フィールドでも傾向が整合**することを確認した。

◆ 力行側と減速側で発生する速度条件が異なることが分かった。

成果の活用・今後の予定

成果の活用

- ✓ 実フィールドにおける，著大摩耗発生原因の特定・対策の検討

今後の予定

接点温度の推定方法の確立・深度化

バルク温度および摩耗面状態が接点温度に及ぼす影響の解明

⇒ 摩耗形態推定の深度化，摩耗形態の制御方法の検討

⇒ 材料開発・摩耗予測に活用

参考文献

- 山下主税:通電化における集電材料の摩耗メカニズム, 鉄道総研報告, Vol. 31, No. 2, pp. 35-40, 2017
- 山下主税ら:摩擦熱に起因するトロリ線とすり板の機械的摩耗形態の分類, 鉄道総研報告, Vol. 35, No. 12, pp. 11-16, 2022