

研究論文

バナナ樹液による除錆および防錆効果の評価

田中 孝国^{1*}, 河井志竜¹, 出川 強志¹, 武 成祥¹, 桑原 敬司²

¹小山工業高等専門学校 物質工学科 (〒323-0806 小山市中久喜 771)

*tanakatakuni@oyama-ct.ac.jp

²長岡技術科学大学 物質生物系 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

Evaluation of Rust Removal and Rust Prevention Effects Using Banana Sap

Takakuni TANAKA, Siryu KAWAI, Tsuyoshi DEGAWA, Seisho TAKE
and Takashi KUWAHARA

National Institute of Technology, Oyama College

(771 Nakakuki, Oyama City, Tochigi 323-0806, JAPAN)

Nagaoka University of Technology, Department of Bioengineering

(1603-1 Kamitomioka, Nagaoka, Niigata 940-2188, JAPAN)

(Received January 27, 2026; Accepted March 20, 2026)

Banana trees contain more than 80% non-potable water as sap. Sap presents challenges, as it is resistant to decay and difficult to convert into fertilizer. While sap primarily contains oxalates and phosphates, its reuse has not been explored. This study investigated the effects of oxalate and other compounds contained in banana sap. In this experiment, the concentration of oxalate and other compounds in the sap was 2757 ± 831 [mg·kg⁻¹]. We investigated rust removal effects on iron rust samples using this sap and commercially available products. Although performance differences were significant, the sap was found to remove rust. Furthermore, the potential for rust prevention was confirmed. Analysis using EDS and SEM suggested the involvement of phosphorus, leading to results indicating that rust prevention effects through phosphate coating formation can be expected.

Key words: banana sap / oxalic acid / rust

1. 背景

バナナの樹液は、バナナの樹の伐採により年間約 10 億トンがそのまま廃棄されているのが現状である[1]。我々は前報[2]で、この廃棄されている樹液に着目し、有効活用を目的とした研究を実施した。まずバナナの茎を破碎後、

圧搾し樹液を得た。得られた樹液に対して、シュウ酸塩濃度等の測定を実施したところ、水酸化ナトリウムによる滴定では約 640 [mg·kg⁻¹]、過マンガン酸カリウムによる滴定では約 900 [mg·kg⁻¹] であることが判明した。粗精製した樹液へ錆サンプルを浸漬させたところ、樹液中に錆が溶出していることが目視および濁度の変化で観察するこ

とができたが、シュウ酸塩等による効果かどうかは不明であった。

本報告では、樹液の除錆および防錆効果を確認するため、除錆中のシュウ酸塩濃度変化を分析すると同時に、インピーダンス測定、EDS や SEM による除錆後のサンプル観察を実施したので報告する。

2. 実験

2-1 樹液の採取とシュウ酸塩等の濃度測定

前報[1]同様、提供先から届いたバナナの茎を約 1~2 [cm] の細片になるまで手動で破碎した。続いて、大型の手動圧搾器を用いて圧搾し、樹液を得た。続いて樹液を粗精製するために、吸引ろ過および遠心分離を実施した。その結果、分光光度計(O.D.660 [–], 以降濁度)により約 0.2 [–] の樹液を得た。この樹液を以降の実験に使用した。樹液の pH は 7.0~8.0 の中性であった。樹液中のシュウ酸塩等濃度の分析方法として、酸化還元滴定を用いた。硫酸を樹液に加え、過マンガン酸カリウムを用い、シュウ酸塩濃度等の濃度を測定した[3]。

今回実験に使用した樹液のシュウ酸塩等濃度は、前報[1]の 900 ± 190 [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$] よりも約 3 倍高い 2757 ± 831 [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$] であった。バナナの樹液は季節、果実の状態、施肥などにより成分を変えるため、このような差が生じたと考えられた。尚、樹液の分析結果に関するサンプル数は全て 5 である。

2-2 錆サンプルの作製と浸漬実験

前報[1]と同様、鉄片(純度 99.5%, ニラコ FE-223469)を入手し、3.0%の NaCl 水溶液を噴霧し、人工的に錆を生じさせた錆サンプルを作製した[4]。続いて、粗精製した樹液 100 [mL] を入れたビーカーに 25°C 下で錆サンプルを浸漬し、除錆を促進させるためマグネティックスターラーを用いて 200 [rpm] で樹液を 48 [hr] 攪拌した。48 [hr] 後、酸化還元滴定を用いて除錆前後のシュウ酸塩等の濃度を測定した。同時に、樹液浸漬前後の濁度変化についても分光光度計(O.D.660)を用いて測定した。前報[1]と同様、樹液は

放置すると腐敗して濁度に影響を及ぼすため、実験開始前に樹液を 10 分間煮沸する処置を実施し、実験場所も無菌スペースで実施した。

2-3 インピーダンス測定

バナナ樹液による防錆効果の評価を行うために、除錆前後の錆サンプルのインピーダンス測定を行った。測定装置には Electrochemical Measurement Unit (Solartron 1280B) を用い、参照電極に Ag/Ag+電極、対極に白金、試験極に鉄錆サンプルを用いた。また、測定は 0.1 [Hz] から 20000 [Hz] の範囲で行い、振幅 10 [mV] の交流電流を用いた。

2-4 市販の除錆剤およびシュウ酸カリウム水溶液を用いた対照実験

市販の除錆剤(ラストリムーバー 呉工業株式会社) 50 [mL] に蒸留水 50 [mL] を加え、2-2 と同様に除錆実験を行った。その後、除錆実験後の錆サンプルに対して防錆剤(CRC 長期防錆スプレー 呉工業株式会社)を塗布し、1 [hr] 放置後に実験 2-3 と同様にインピーダンス測定を行った(除錆および防錆の操作はスプレー缶に記載している操作に従った)。

2-5 EDS および SEM による鉄錆サンプルの表面元素分析と表面観察

走査型電子顕微鏡(JEOL JSM-6510LV)を用いて、樹液による除錆後のサンプル表面の元素分析を実施した。同時に、サンプルの表面の電子顕微鏡写真(倍率 300 倍)を撮影した。尚、除錆真の錆サンプルの分析および撮影は、装置挿入前の前処理が錆サンプルの状態により困難であったため今回は実施していない。

3. 結果および考察

3-1 錆サンプルの作製と浸漬実験

含有シュウ酸塩等の濃度の上昇および、実験中の攪拌操作により、昨年(0.33 ± 0.04 [–])よりも除錆が進行し、樹液の濁度は除錆前と比較して 0.62 ± 0.17 [–]の上昇が見られ

た。この時、錆サンプルから除かれた錆は、沈殿および懸濁状態であることが確認された。同時に、除錆後に測定したシュウ酸塩等の濃度減少量の平均値は 409 ± 202 [mg · 100mL⁻¹] であり、除錆前の樹液と比較すると約 15%の濃度低下が見られた。シュウ酸塩等の濃度減少が見られたことから、鉄錆サンプルの除錆に樹液中のシュウ酸塩等が関与したことが示唆された。除錆後に付着していた黒色の物質は、蒸留水による洗浄を行ったのち水分をふき取ることによって大部分を除去することが可能であった(Fig. 1)。洗浄を行ったサンプルには黒錆状の物質だけが残った。この結果から、樹液が赤錆に作用し、錆が鉄の表面から剥離しやすい状態へ変化したことが確認された。尚、前報[1]で見られた実験中の樹液に観察されたカビは、煮沸処理及び無菌スペースでの実験実施により、今回は全ての実験条件で見られなかった。

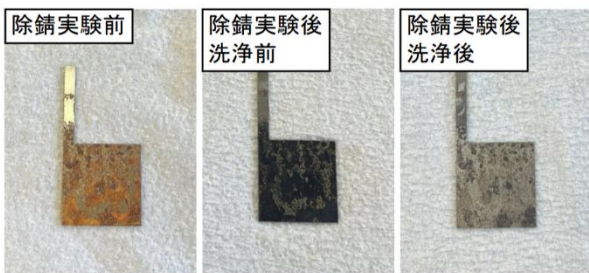


Fig. 1 錆サンプルの変化

3-2 インピーダンス測定結果

除錆実験前後の交流インピーダンス測定の結果を Fig. 2, 3 に示した。グラフ上の横軸は交流電流の周波数を示しており、縦軸は測定された抵抗を示している。低周波側の|Z|の値は試料の抵抗と溶液抵抗を合計した値であり、高周波側の|Z|は溶液抵抗のみを測定した値となっている。低周波側の|Z|の値から高周波側の|Z|の値を引くことで、試料の腐食抵抗を求めることができる[5]。除錆実験前の腐食抵抗の平均は 4.7 ± 0.4 [Ω] であり、除錆実験後の腐食抵抗の平均は 5.6 ± 1.5 [Ω] であった。除錆実験前後での腐食抵抗の変化量の平均は 1.4 ± 1.1 [Ω] であり、全てのサンプルで腐食抵抗が上昇し、変化量は小さいものの樹液による防錆効果が示唆された。

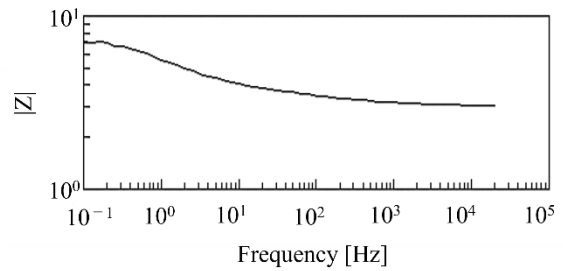


Fig. 2 樹液による除錆実験前のサンプルのインピーダンス測定結果

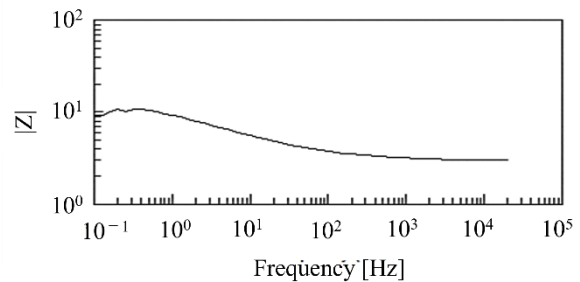


Fig. 3 樹液による除錆実験後のサンプルのインピーダンス測定結果

3-3 市販の除錆剤との比較

バナナ樹液を用いて除錆を行った場合と異なり、市販の除錆剤では錆が剥がれ落ちるような様子で除錆が進行した。また、樹液は懸濁しておらず、除かれた錆はビーカーの底に沈殿する様子が観察された。除錆実験直前の樹液の濁度の平均は 0.11 ± 0.11 [-] であり、除錆実験後の樹液の濁度の平均は 0.12 ± 0.07 [-] となり、濁度の上昇は確認されなかった。この結果より、樹液は錆を微碎片として除去していくために懸濁するのに対し、市販品は錆を沈殿させるようなサイズ片として除去する働きの違いが観察された。次に、除錆前のサンプルのインピーダンス測定結果および、除錆後に防錆剤を塗布した後のサンプルのインピーダンス測定結果を Fig. 4, 5 に示した。除錆前のサンプルの腐食抵抗の平均は 6.4 ± 2.5 [Ω] であり、除錆後に防錆剤塗布後のサンプルの腐食抵抗の平均は 968.0 ± 313.8 [Ω] となった。腐食抵抗の大幅な上昇が確認され、高周波側の|Z|の値も上昇している傾向が見られ、樹液よりも高い防錆性能が確認された。

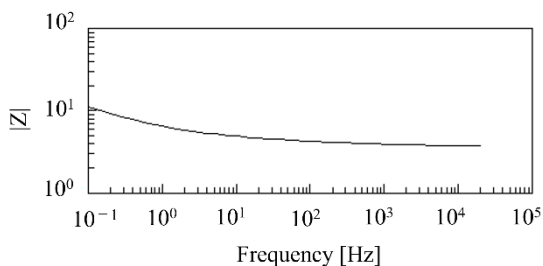


Fig. 4 市販品による除錆実験前のサンプルのインピーダンス測定結果

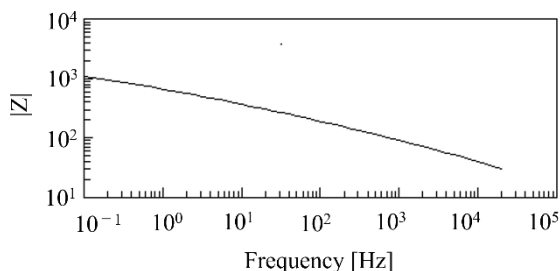


Fig. 5 市販品による除錆実験後のサンプルのインピーダンス測定結果

3-4 表面分析の結果

表面元素分析の結果を Fig. 6 に示した。表面元素分析の主要ピークは Fe (鉄), O (酸素) となったが、P (リン) のピークも確認することができた。続いて、表面の SEM 写真を撮影したところ、非晶質の形状が確認された (Fig. 7)。現状、表面物質の採取およびその分析は出来ていないが、この物質がリン酸被膜であるとする、樹液は除錆後の鉄サンプルと反応することで被膜を形成し、防錆効果を付与する可能性が示唆された。リン酸は植物内では、リン酸イオン (HPO_4^{2-} や H_2PO_4^-) ので吸収し樹液に溶解させて輸送されている。その際、リン酸形態となるため酸性を示す可能性が考えられるが、樹液自体の pH は中性であるため、樹液の pH を変化させるほどリン酸イオンは含有されていないと考えられる。

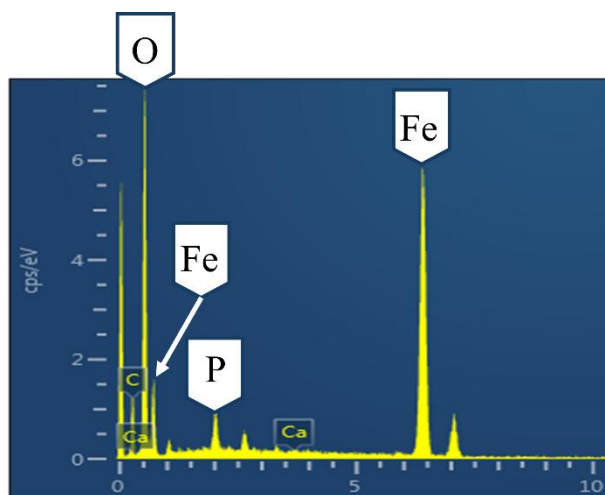


Fig. 6 樹液に夜除錆実験後のサンプル表面の元素分析

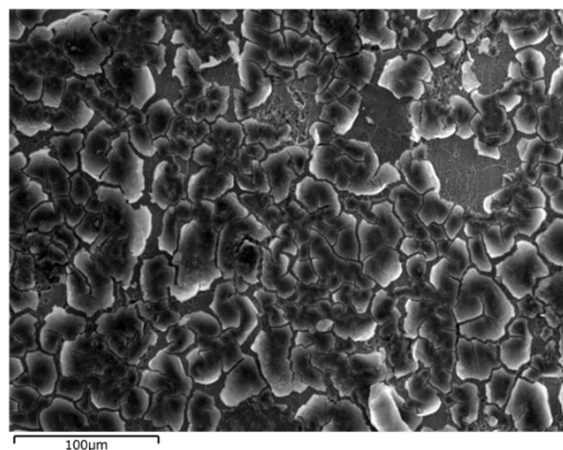


Fig. 7 樹液による除錆実験後のサンプル表面の SEM 写真

4. まとめ

本研究では、バナナの樹液中に含有されているシュウ酸塩等の効果について研究を実施した。その結果、今回実験に用いた樹液中のシュウ酸塩等の濃度は 2757 ± 831 [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$] であった。この樹液および市販品を用い、鉄錆サンプルの除錆について検討を実施したところ、性能差が大きかったものの、樹液は除錆効果を示すことが判明した。また、EDS や SEM による分析により、P の関与が考えられたことから、リン酸被膜形成による防錆効果が期待される結果となった。ただし、このリン酸被膜の耐久性や厚さなどの特徴については判明していないため、より詳細に検討する必要がある。

謝辞

バナナの切り株は、株式会社あやねからご協力を頂きました。また本研究は、R6, 7年度「高専—長岡技科大 共同研究」の助成を受けて実施されました。

参考文献

- [1] 梶山 哲人：天然繊維をフィルターへ活用, TIRI News, No.8, pp.4-5 (2018)
- [2] 田中孝国 他：バナナ樹液採取法の検討および樹液の除錆効果, 技術・教育研究論文誌, Vol.31, No.1, pp.7-

11 (2024.06)

- [3] 浅田 誠一 他：定量分析, 技報堂出版, pp.61-66 (2011)
- [4] 日本製鉄株式会社：さびを科学する, 季刊 新日鉄住金, Vol. 23 (2018.09)
https://www.nipponsteel.com/company/publications/quarterly-nssmc/pdf/2018_23_12_15.pdf (閲覧日 2026.01.21)
- [5] 片山英樹：電気化学インピーダンス測定による表面・界面の解析, 日本金属学会誌, Vol. 78, No. 11, pp. 419-425 (2014)