

平成 22 年 3 月 30 日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19592363  
 研究課題名（和文）プラズマイオンビームを用いたイオン注入法による矯正装置のナノ構造表面改質  
 研究課題名（英文）Nanostructure surface modification of the orthodontic appliance by a plasma immersion ion implantation  
 研究代表者  
 飯嶋 雅弘（IIJIMA MASAHIRO）  
 北海道医療大学・歯学部・准教授  
 研究者番号：20305915

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、プラズマを用いたイオン注入法を適用した矯正用ワイヤーの表面構造と耐食性を調べることである。窒素イオンを注入したNi-Ti合金ワイヤーと未注入のワイヤーを試料とし、アノード分極測定による耐食性試験とX線光電子分光法を用いた表面構造の解析を行った。アノード分極曲線の測定から、人工唾液と中性フッ素含有マウスリンス溶液では、イオン注入ワイヤーが低い電流密度を示した。低いpHを有するフッ素含有マウスリンス溶液中では、両ワイヤーの電流密度には差が認められなかった。X線光電子分光法の結果から、イオン注入ワイヤーの表層にはTiNが形成されていることが示唆された。イオン注入法は、人工唾液および中性のフッ素含有マウスリンス溶液中のNi-Ti合金ワイヤーの耐食性を向上させることが考えられた。

研究成果の概要（英文）：The purposes of this study were to investigate the corrosion properties and the surface structure of ion implanted nickel-titanium orthodontic wire. Ion implanted nickel-titanium wire and Non ion implanted nickel-titanium wire were used for a potentiodynamic polarization measurement and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). Ion implanted wire in artificial saliva and mouthrinse with neutral pH had a lower current density than non ion implanted wire. Both wires in mouthrinse with low pH showed similar corrosion properties. XPS results suggested that a TiN layer may be present on the top surface. Plasma immersion ion implantation might increase the corrosion resistance of nickel-titanium wire in a neutral environment because of a protective TiN layer on the top surface.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・矯正・小児系歯学

キーワード：イオン注入、矯正装置、耐食性

## 1. 研究開始当初の背景

マルチブラケット装置を用いた矯正治療において、ブラケットとアーチワイヤー間の摩擦抵抗は、治療期間の長さに大きく影響を及ぼすため、非常に重要な因子である。また、金属製のマルチブラケット装置は、ステンレス鋼、Ni-Ti 合金および Co-Cr 合金等の金属から作られており、これらは金属アレルギーの感作源となりうる Ni や Cr を含有するため、その生体親和性が問題視されている。イオン注入技術は、産業材料分野において、表面高高度化、耐摩耗性、耐食性（生体親和性）の向上に非常に有効であることが見出されてきた。近年、三次元イオン注入技術である Plasma Immersion Ion Implantation (PIII) が開発され、立体構造物へのイオンの均一注入が可能となった。したがって、複雑な形状を有する矯正材料においても、本イオン注入法の応用が理論的に可能なものと考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究課題の目的は、PIII を用いた表面改質法の矯正材料（ブラケット、ワイヤー）への応用の可能性を検討することである。具体的には、(1) 材料表面に形成されたイオン注入層のナノレベル構造解析、(2) ブラケットとワイヤーの摩擦試験、(3) 機械的試験、(4) 耐食性試験を行うことから材料の表層に形成されたイオン注入層が摩擦特性、機械的特性および耐食性に及ぼす影響を調べることである。

## 3. 研究の方法

窒素イオンを注入した Ni-Ti 合金ワイヤーと未注入の Ni-Ti 合金ワイヤーを試料とし、その表面構造と耐食性を調べた。

### (1) 耐食性試験

人口唾液、中性フッ素含有マウスリンズ溶液、2種類の濃度のフッ素含有マウスリンズ溶液（450 ppm, 900 ppm）中におけるアノード分極曲線の測定を行った。ワイヤー切断面はネイルバニッシュとエポキシレジンでコーティングした。ポテンショスタット（Model 2090、東方技研）を用いてアノード分極曲線をスキャン速度  $0.17 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$ 、Pt 対極と Ag/AgCl 飽和溶液の参照電極を用いて計測を行った。

### (2) 試料表面の走査型電子顕微鏡観察

アノード分極測定前後の試料表面を走査

型電子顕微鏡（SEM）（SSX-550、島津）を用いて観察した。試料の表面は Au で蒸着し、加速電圧 15kV で観察した。

### (3) 表面の構造解析

X線光電子分光法（ESCA-850、Shimadzu）は、表層の化学的構造を調べるために 1 kV、30 mA、 $1 \times 10^{-6} \text{ Pa}$  の条件で計測を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 耐食性試験

アノード分極曲線の測定結果において、人工唾液および中性のフッ素含有マウスリンズ溶液では、イオン注入 Ni-Ti ワイヤーが低い電流密度を示した（図 1、図 2）。一方、低い pH を有するフッ素含有マウスリンズ溶液中では、450 ppm、900ppm のいずれの濃度ともに両 Ni-Ti ワイヤーの電流密度には差が認められず、人工唾液中のものと比較して高い値を示した。従って、イオン注入 Ni-Ti ワイヤーは、人工唾液中と中性フッ素含有マウスリンズ溶液では高い耐食性を有するが、低い pH のフッ素含有マウスリンズ溶液中では、未注入のワイヤーと同レベルの耐食性を有するものと考えられた。

### (2) 走査型電子顕微鏡観察

人工唾液および中性のフッ素含有マウスリンズ溶液中でのアノード分極曲線測定後の SEM では、ワイヤー表面に局部腐食は認められなかった（図 3）。しかしながら、低い pH を有するフッ素含有マウスリンズ溶液中でのアノード分極曲線後の表面には、局部腐食による深い溝やクラック等が多数認められた。

### (3) 表面の構造解析

X線光電子分光法の結果から、イオン注入ワイヤーの表層には Ti-rich な構造に加え、窒化物の強いピークが認められた（図 4、図 5）。従って、本ワイヤーの表面には TiN が形成されていることが示唆された（Fig. 4, Fig. 5）。

以上の結果から、窒素イオンを用いたプラズマイオン注入法は、人工唾液および中性のフッ素含有マウスリンズ溶液中の Ni-Ti 合金ワイヤーの耐食性を向上させることに加え、Ni-Ti 合金ワイヤーの局部腐食感受性を低くすることが考えられた。

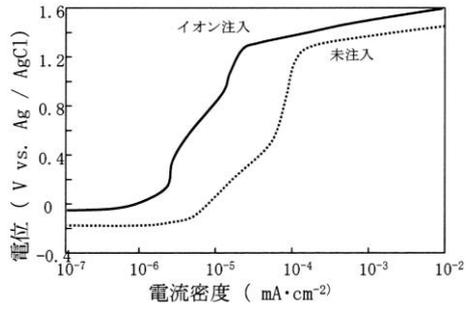


図1 人工唾液中のアノード分極曲線

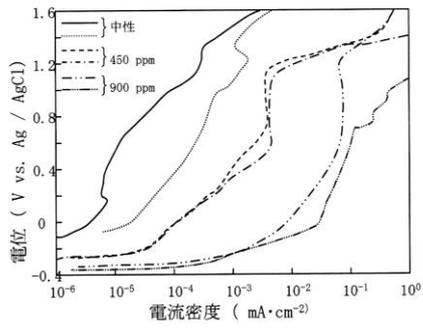


図2 フッ素含有マウスリンス溶液中のアノード分極曲線

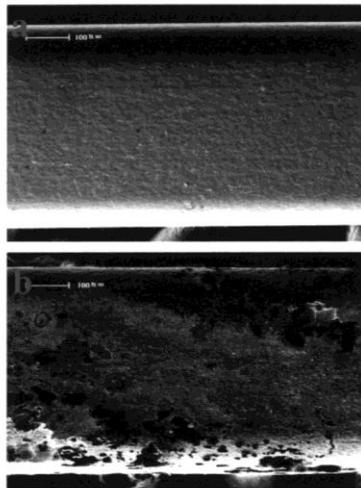


図3 SEM写真 (倍率:  $\times 240$ ) . a, アノード分極測定前のイオン注入ワイヤー; b, フッ素含有マウスリンス溶液 (900 ppm) 中でのアノード分極測定後のワイヤー.

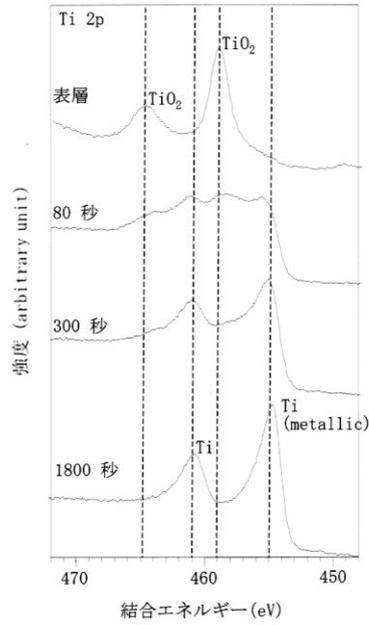


図4 XPSスペクトル (Ti 2p)

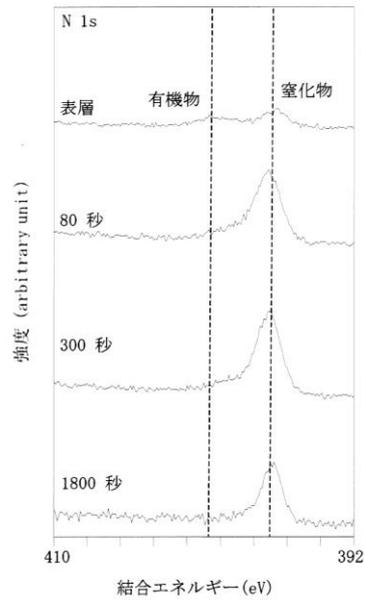


図5 XPSスペクトル (Ti 2p)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

Iijima M, Yuasa T, Endo K, Muguruma T, Ohno H, Mizoguchi I. Corrosion Behavior of Ion Implanted Nickel-Titanium Orthodontic Wire in Fluoride Mouth Rinse Solutions. Dental Materials Journal. 査読有 2010;29:53-58.

[学会発表] (計0件)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

飯嶋 雅弘 (IIJIMA MASAHIRO)

北海道医療大学・歯学部・准教授

研究者番号: 20305915

(2)研究分担者

溝口 到 (MIZOGUCHI ITARU)

北海道医療大学・歯学部・教授

研究者番号: 20200032

(3)研究協力者

William A. Brantley

Ohio State University

Chun-Pin LIN

National Taiwan University