

歯科治療用ジルコニア材の 表面改質による接着強度向上技術

東京医科歯科大学 大学院医歯学総合研究科
口腔医療工学分野 講師 佐藤 隆明

2023年12月14日

はじめに

東京科学大学(仮称)



東京医科歯科大学
TOKYO MEDICAL AND DENTAL UNIVERSITY



東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

教養部

生体材料工学研究所

難治疾患研究所

医学部

歯学部

東京医科歯科大学病院 2021.10-
(医学部附属病院・歯学部附属病院)

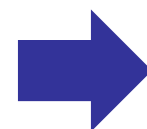
歯学科(6年制)
歯科医師

口腔保健学科(4年制)
口腔保健衛生学専攻
歯科衛生士

口腔保健学科(4年制)
口腔保健工学専攻
歯科技工士

むし歯科(う蝕制御学分野、歯髓生物学分野)
歯周病科
義歯科
口腔外科
矯正歯科

:



2023年6月
口腔医療工学分野

背景

歯科材料(歯冠修復用)

金属材

- ・貴金属コスト高騰
- ・審美的要求



- ・ジルコニア (ZrO₂)
- ・ポーセレン
- ・コンポジットレジン
- ・セメント



歯科材料としてのジルコニア

- ・ジルコニアはセラミックの1種
- ・機械的強度: ジルコニア >> ポーセレン > コンポジットレジン >> セメント
- ・イットリア (Y₂O₃) やアルミナ (Al₂O₃) の含有量を調整した高透過性ジルコニア ⇒ 審美性向上、奥歯から前歯まで

問題点

- ・化学的に安定
→ 他の歯冠修復材料と比較して、歯質との接着が困難

保険適応外
私費治療費は10万~20万/本が相場
脱離はクレームになりやすい

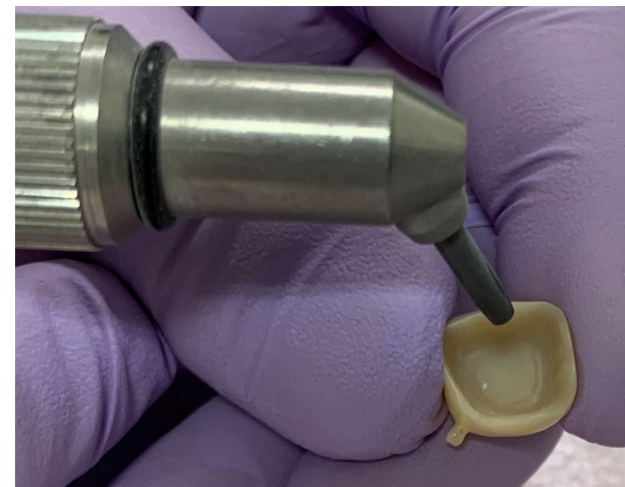
現在の臨床



アルミナ粒子で表面に微細な凹凸を形成



シリカコーティングした粒子でブラスト
熱エネルギー反応でシリカが焼き付いて
シリケート層を形成

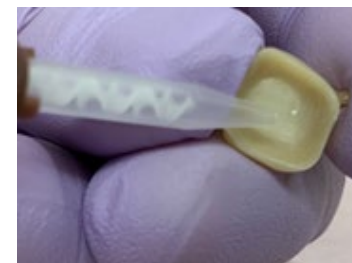
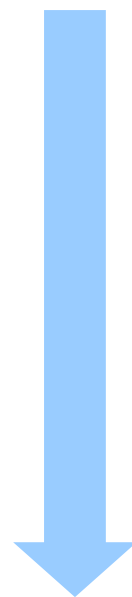
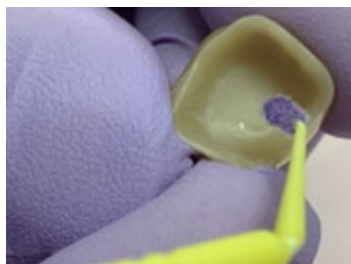


現在の臨床



機能性モノマー

MDP含有プライマーによる歯面処理



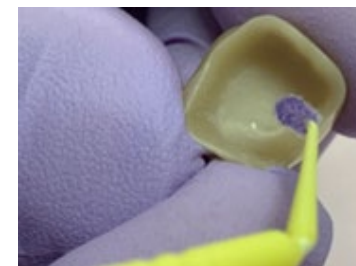
歯科用ジルコニア材料は接着が課題



機械的嵌合
(サンドブラスト)



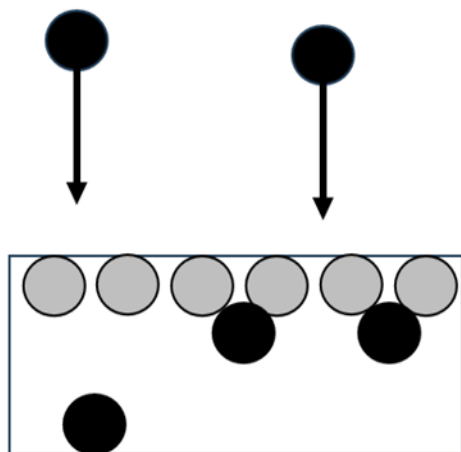
化学的前処理
(プライマー)



本研究テーマ

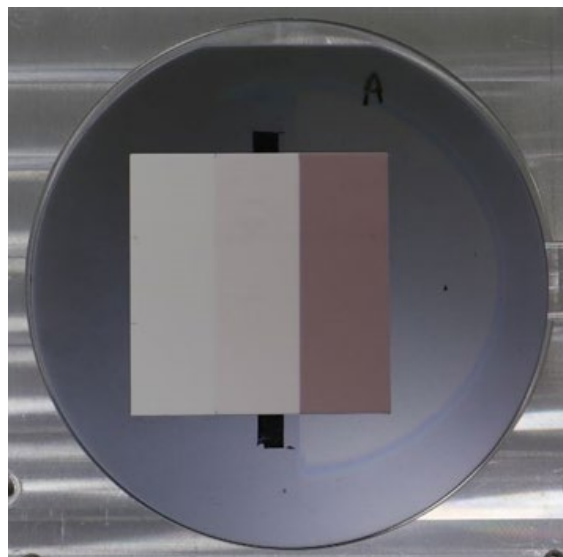
他のアプローチによる表面改質によって
歯科用ジルコニア材料の接着強さを向上させる

イオン注入法



イオン化された原子あるいは分子を加速して試料に打ち込む

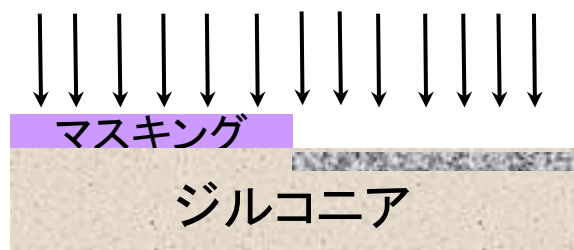
加速電圧(注入エネルギー)をコントロールすることで、イオンの注入深度を変えることができる



マスキングして注入することで、1つの試料で注入条件の異なる試料を作成

実験方法(引張試験)

イオン注入

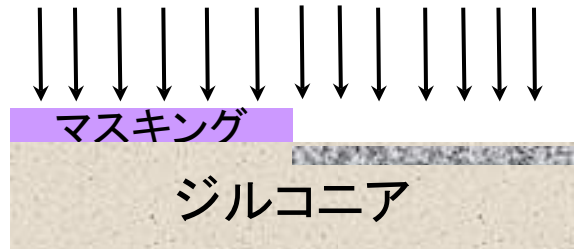


注入量: $1 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{16}$ 個/cm²

注入条件: 50KeV、100keV

実験方法(引張試験)

イオン注入



注入量: $1 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{16}$ 個/cm²

注入条件: 50KeV、100keV

イオン注入量: 0 (Control)

1E+13

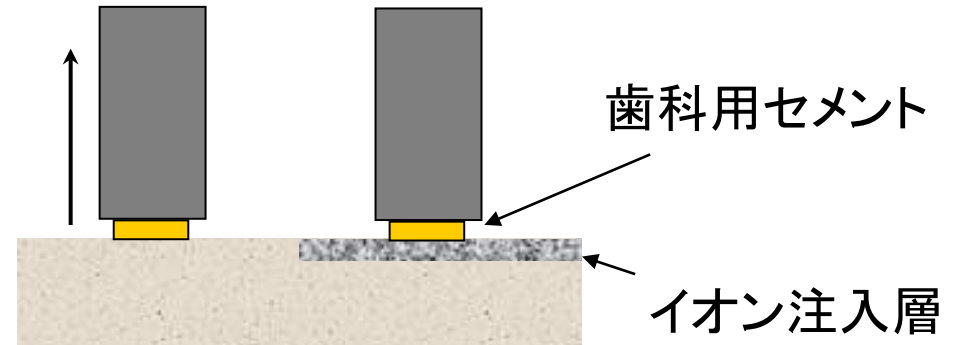
1E+14

1E+15

1E+16 (ions/cm²)



治具(ステンレスロッド)



セメントスペース: 直径4mmの円形

使用セメント厚さ: 約100 μm

品名: リライエックス アルティメット レジンセメント(3M)

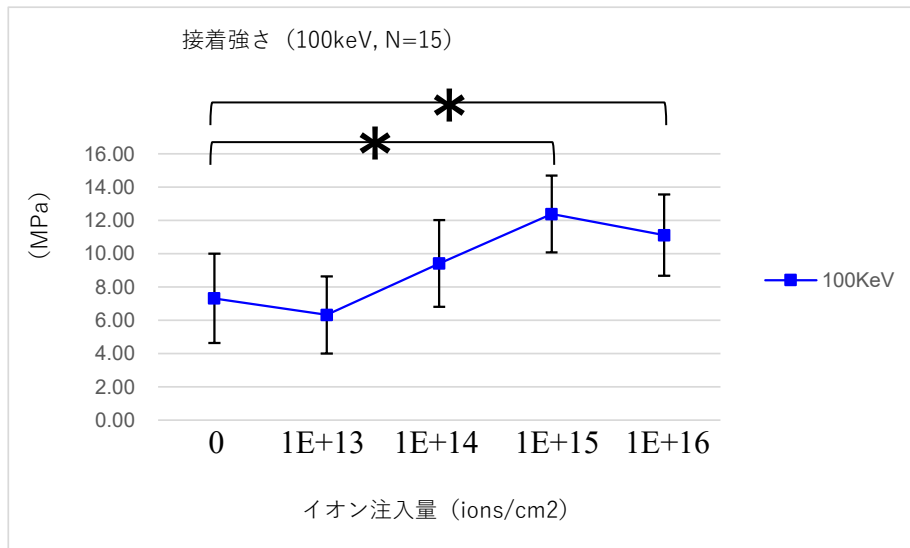
万能試験機: Autograph AGS-J(島津製作所)

クロスヘッドスピード: 2mm/min

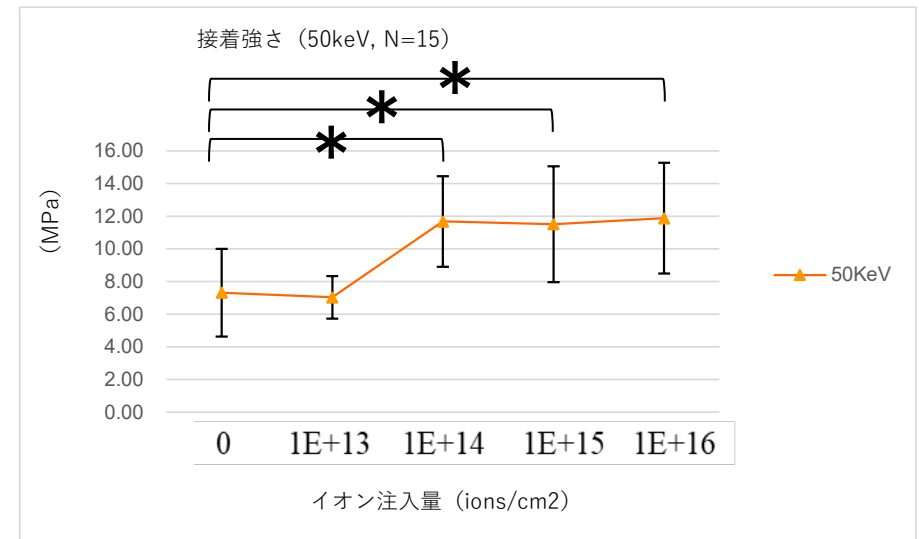
(Takahashi et al, Dental Materials Journal 2018)

結果

Si+イオンの加速度100keVの場合

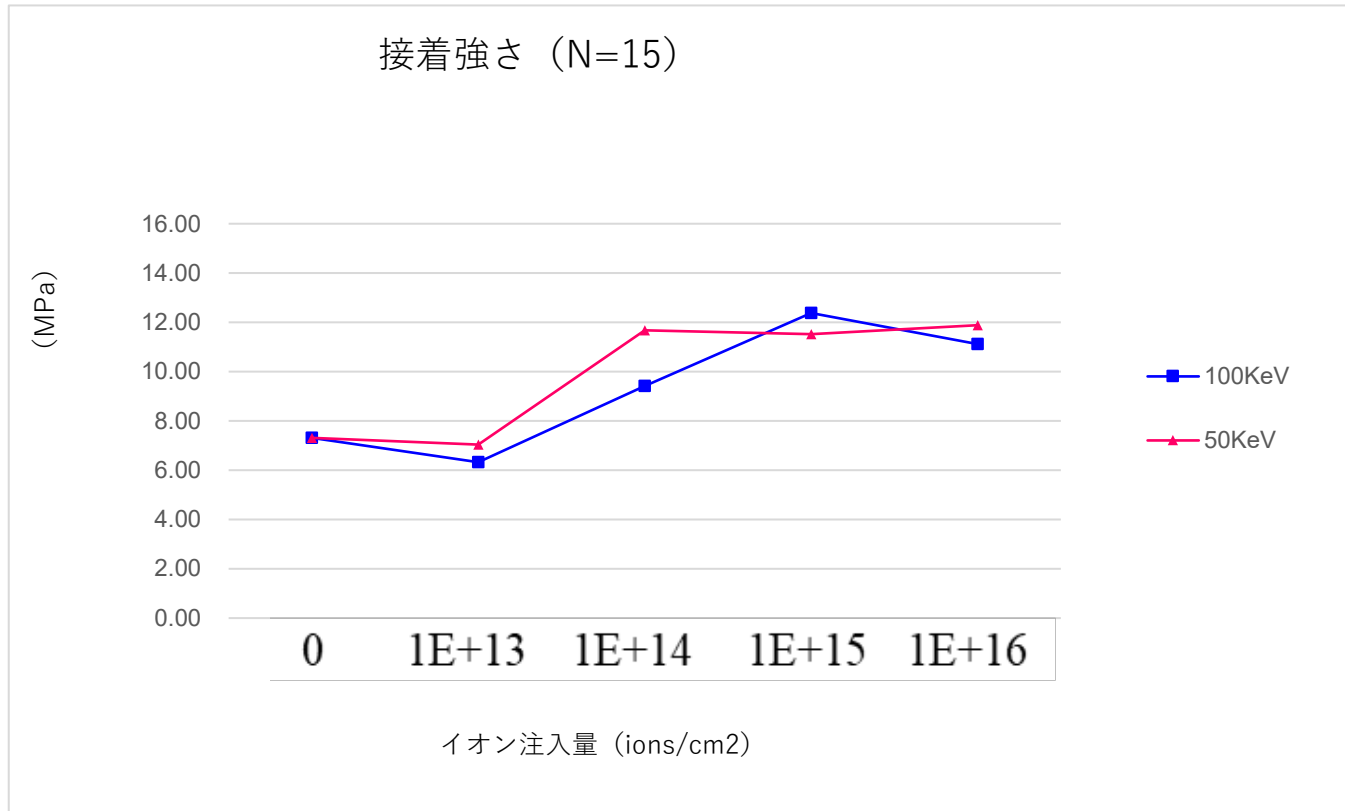


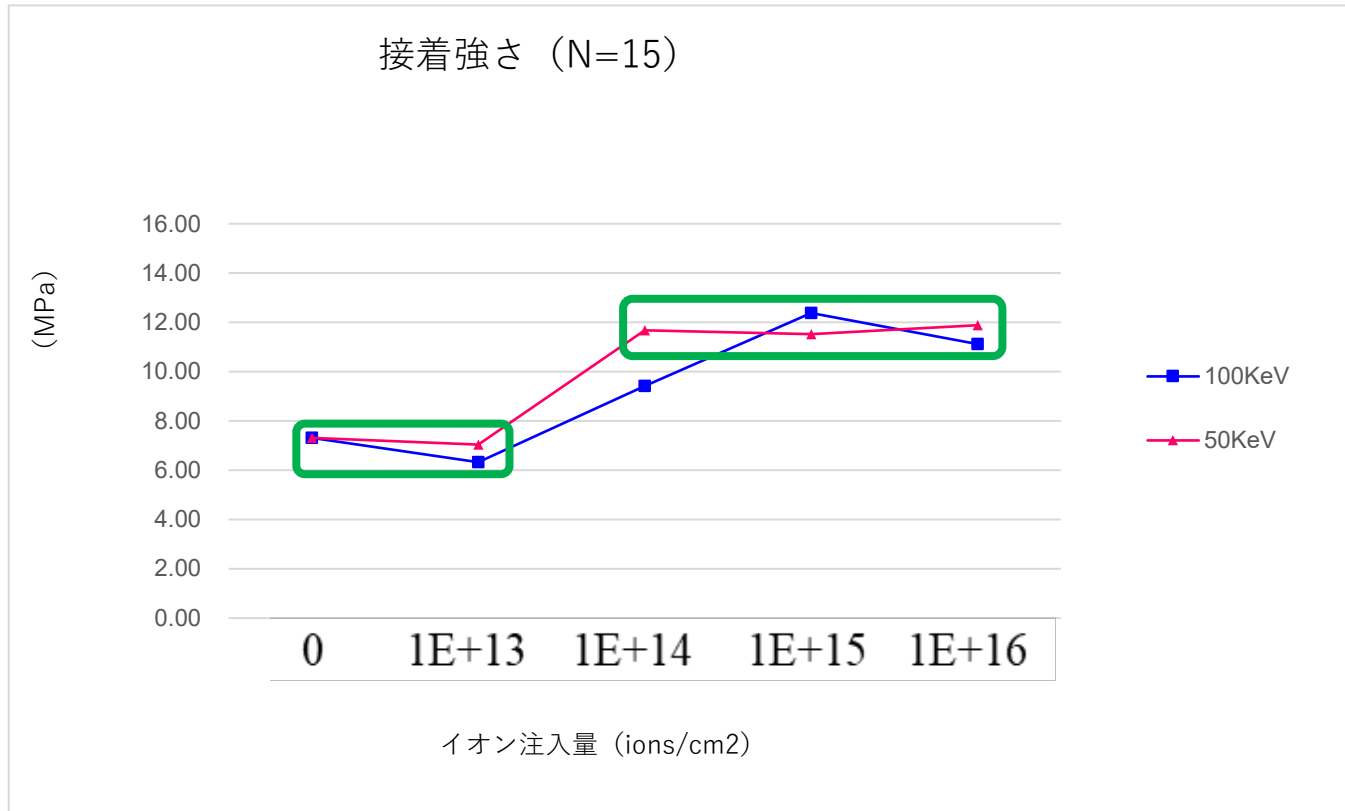
Si+イオンの加速度50keVの場合



* P<0.05

Kruskal-Wallis test and Dunn's test

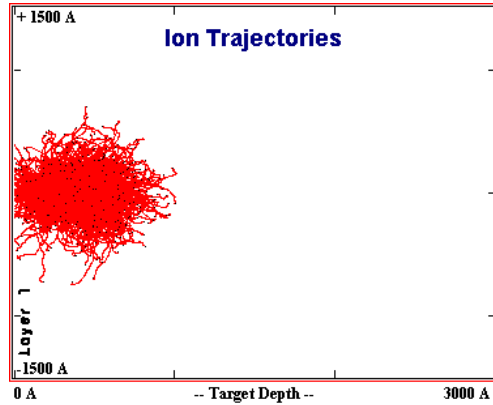




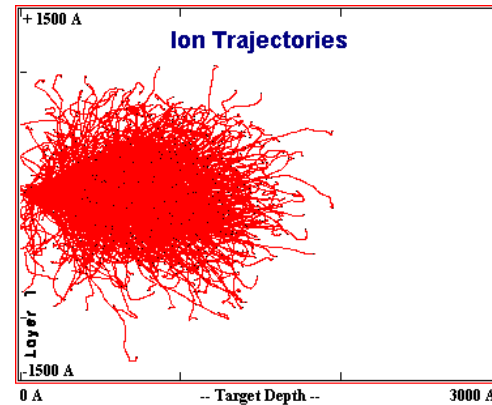
50keV、100keVのイオン注入シミュレーション(1000in)

加速電圧: 50keV

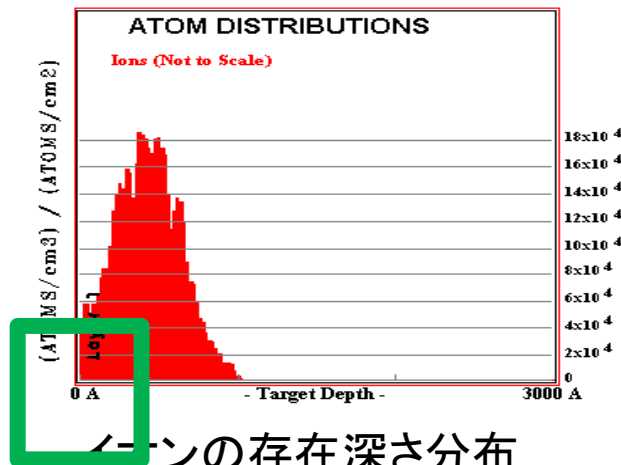
加速電圧: 100keV



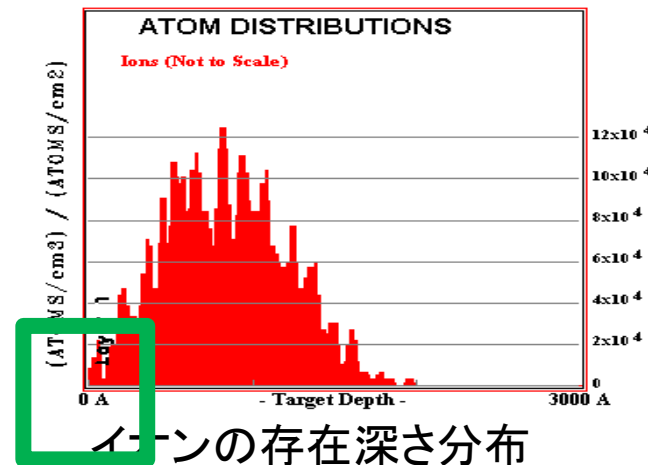
イオンの存在位置



イオンの存在位置



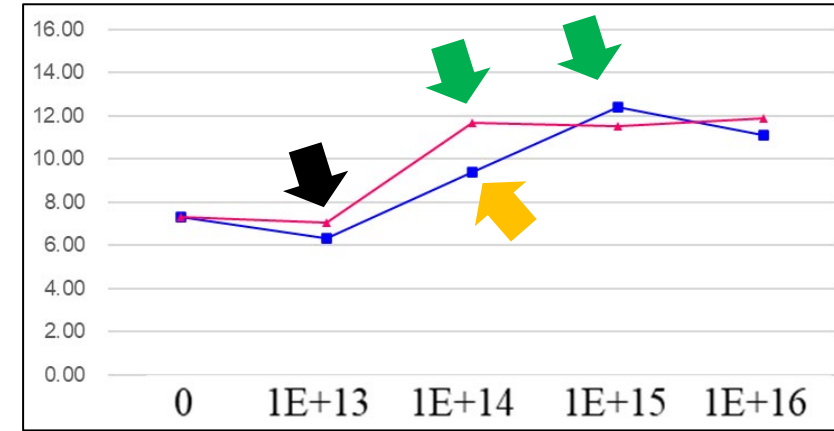
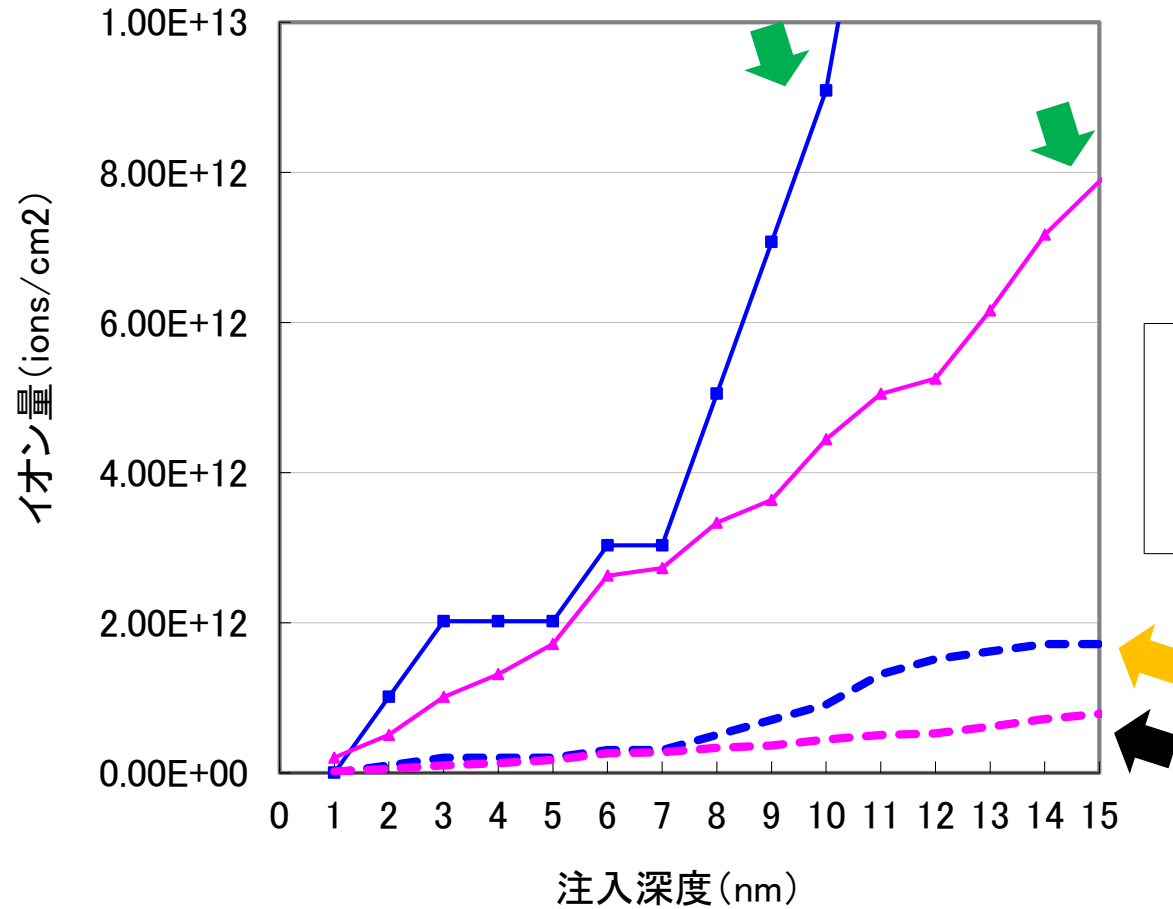
イオンの存在深さ分布
約40±20nm

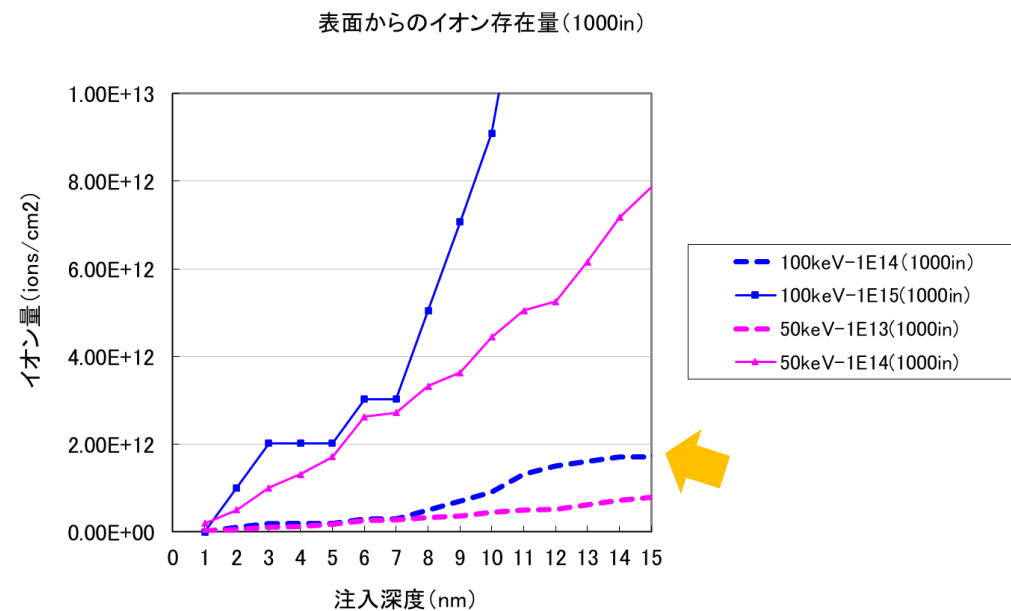
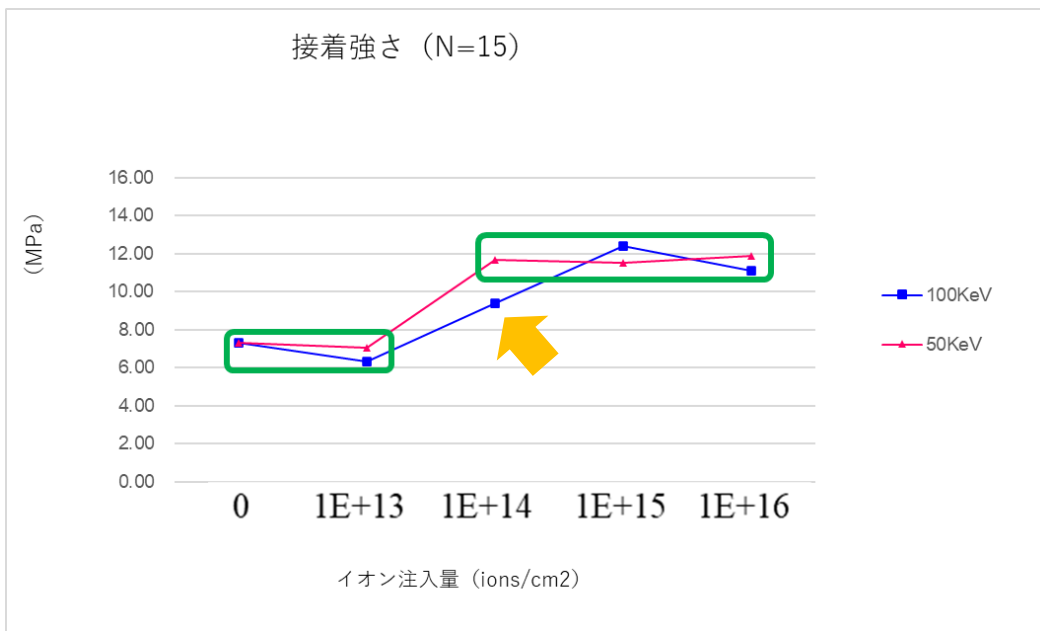


イオンの存在深さ分布
約80±40nm

シミュレーション条件: 注入イオン1000回、ZrO₂の密度: 5.68g/cm³

表面からのイオン存在量(1000in)





照射条件として、50KeV 1E+14ions/cm² または 100KeV 1E+15ions/cm²

恐らく

0-5nmではなく10nmより深い位置に注入されたイオンが接着強さ向上に寄与している
10nmに4E+12ions/cm²のイオン量が必要
と推測できる。

- 機械的強度および審美性からジルコニアは歯科において世界的に広く用いられている材料(日本では私費治療)
- 他の歯科材料と比較して、化学的に安定しており加工が難しいとされていたが、イオン注入法により改質・接着強さを向上させることに成功した
- イオン注入法はシリコンウエハーなど工業利用されている技術であるが、歯科医療で利用されるジルコニアは患者毎に異なる歯型に合わせて加工する必要がある(オーダーメイド)



【クリニック】

型取り(印象採得)

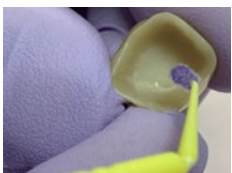
口腔内試適・調整
(唾液・血液付着)



内面処理
・サンドブラスト



・プライマー塗布



被せもののセット



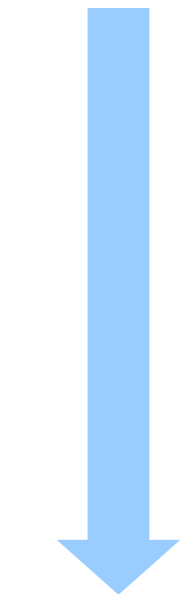
【技工所/院内技工室】

被せものの作製

イオン注入加工

- ・歯科技工所で利用できる機械サイズ
- ・受注サービス

この部分を共同で推進できる連携先



本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 歯科医療用部材とその製造方法
- 出願番号 : 出願準備中
- 出願人 : 東京医科歯科大学、東京都立産業技術研究センター
- 発明者 : 佐藤隆明、寺西義一

問い合わせ先 東京医科歯科大学
オープンイノベーションセンター 小河了一
e-mail openinnovation@tmd.ac.jp