

Introduction

OSL素子として利用可能なBeOセラミックス板は生体等価性が高いため、個人被ばく線量計や水吸収線量測定など医療分野で用いるドシメータとして理想的な素子である。しかしながら、BeOセラミックス板は感度不足やLET依存性などの課題があり、利用が限定されている。これまでにOkadaら¹は、X線を1 Gy照射したサンプルを250 °Cでプレ加熱するとOSL感度が大きく上昇することを報告した。これはOSLの高感度化に対して有用な知見であった。しかし、このプレ加熱処理によるOSL特性と線量との関係など、詳しい特性については明らかになっていない。そこで本研究では、線量を変化させてプレ加熱処理を行い、OSL特性に与える影響について調査した。

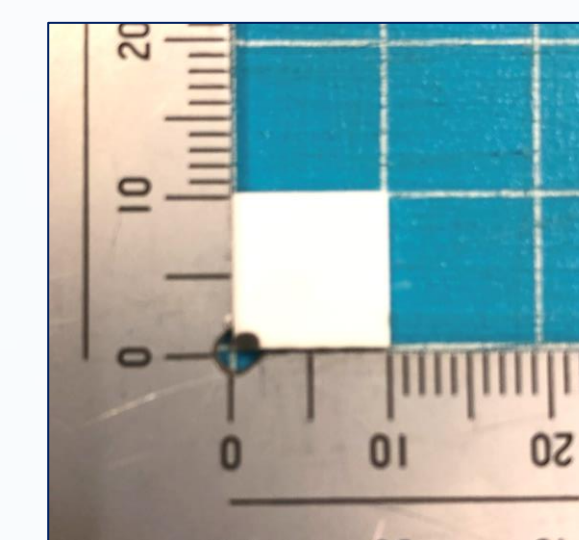


図1 BeOセラミックス板

Materials & Methods

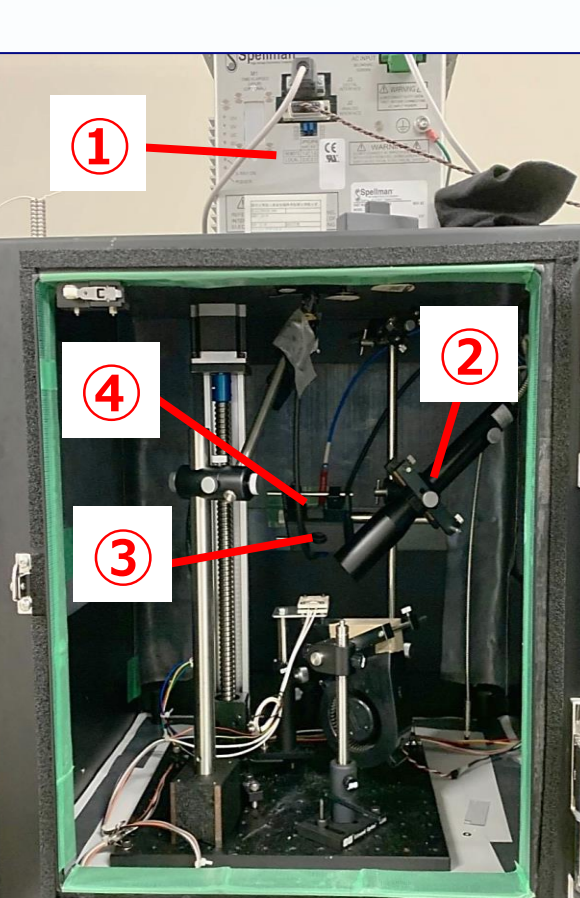
○ OSL素子: BeOセラミックス板

- 大きさ: 10 mm × 10 mm
- 厚さ: 1 mm
- 密度: 2.85 g/cm³
- 組成: 表1に示す

表1 素子の組成

| 組成 | BeO | Si | Mg |
|-----|------|--------|--------|
| wt% | 99.5 | 0.1861 | 0.0922 |

○ 照射体系・測定装置



・構成

- ① X線発生装置: Spellman 型式: XRB80N100/CB
 - ② OSL刺激光源: 朝日分光 型式: LAX100-C
中心波長: 449.50 nm
半値幅: 43 nm
 - ③ 集光レンズ
 - ④ フィルタ: 朝日分光株式会社
透過波長帯: 340 ± 25 nm
 - ⑤ プレ加熱用ヒーター/サンプル台:
坂口電機 WALN-3H
- * フォトンカウンティングヘッド
浜松ホトクス 型番: H11890-210

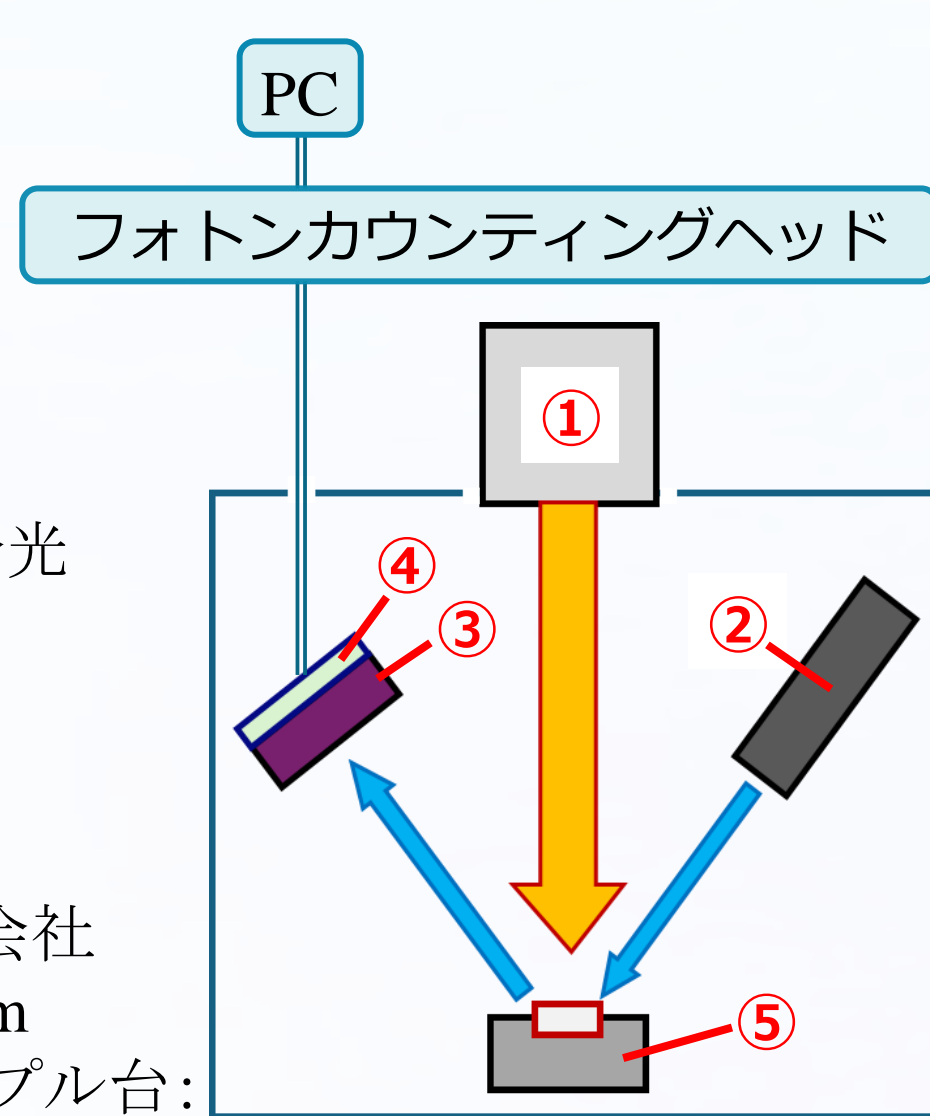


図3 内部構造 概略図

○ 実験方法

測定手順の概要をフローチャートに示す。

- 全ての測定において、**X線照射 → プレ加熱 → 冷却 → 測定**を繰り返した。
- 各線量にて、プレ加熱なし/プレ加熱ありで条件を変えながら計8回ずつ実験を行なった。(表2)
- 線量**1Gy, 5Gy, 10Gy**でそれぞれ実験を行なった。
- 1回の測定におけるOSLの励起時間は**1000秒**とした。
- **プレ加熱**は全て**40°C**から開始し、目的の温度まで昇温し、**100秒**保持したのち、**40°C**まで素子の温度が下がってからOSLの測定を開始した。
- **プレ加熱なし**の実験では、測定終了まで実験開始温度**40°C**を維持した。
- 測定の合間にアニール処理は行わず、プレ加熱及びOSL測定により、捕獲電子が全て消失しているものとして実験を進めた。

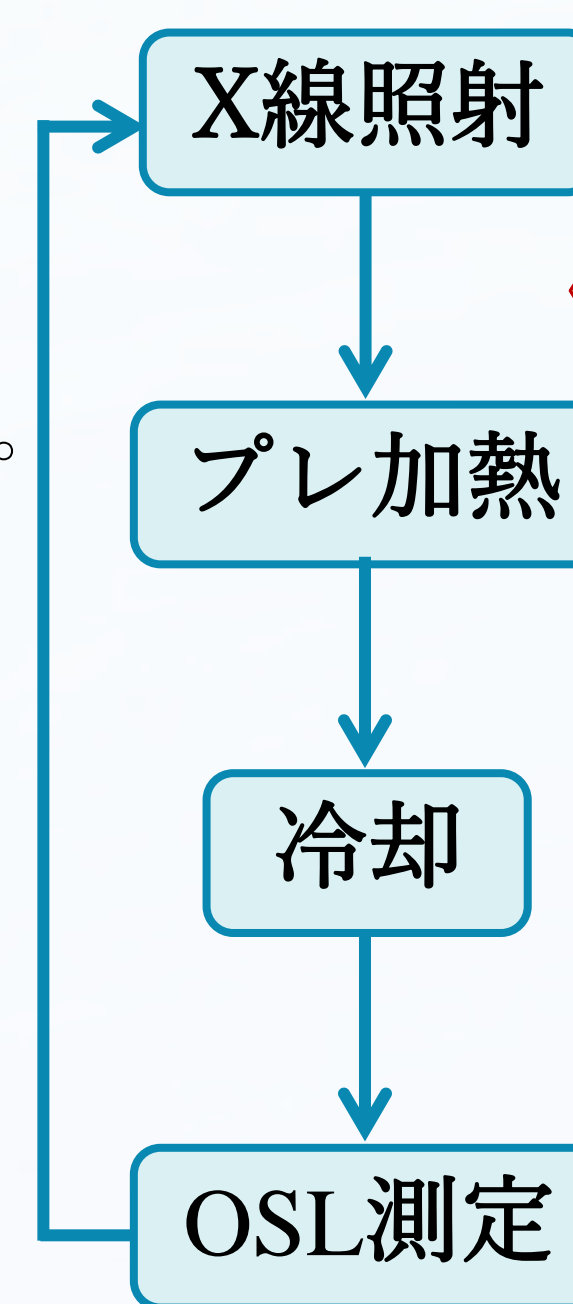


表2 測定条件一覧

| 線量 [Gy] | No. | プレ加熱 [°C] | 冷却 | OSL測定 |
|---------|------------------|-----------|-------------|-----------|
| 1 | ① | なし (40°C) | なし (40°C維持) | 1000 sec. |
| | ② | 100 | あり (40°Cまで) | |
| | ③ | 150 | | |
| | ④ | 200 | | |
| | ⑤ | 250 | | |
| | ⑥ | 300 | | |
| | ⑦ | 350 | | |
| | ⑧ | 400 | | |
| 5 | ①~⑧ (1 Gyの実験と同様) | | | |
| 10 | ①~⑧ (1 Gyの実験と同様) | | | |

未照射およびプレ加熱を行わずにOSL測定した値をB.G.とした。



図4 素子の配置と刺激光照射時の様子

Results & Discussion

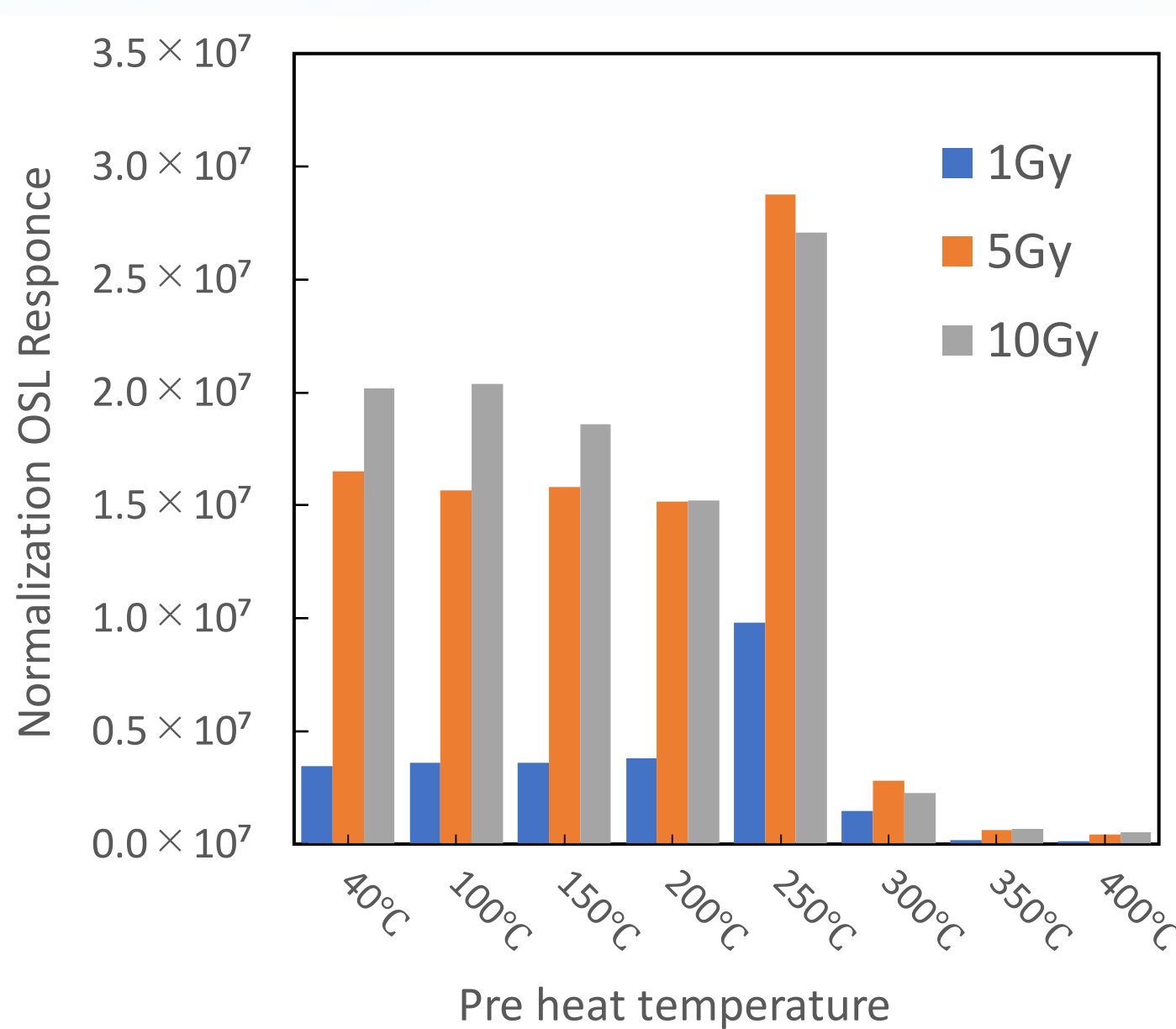


図5 プレ加熱処理とOSLの線量応答

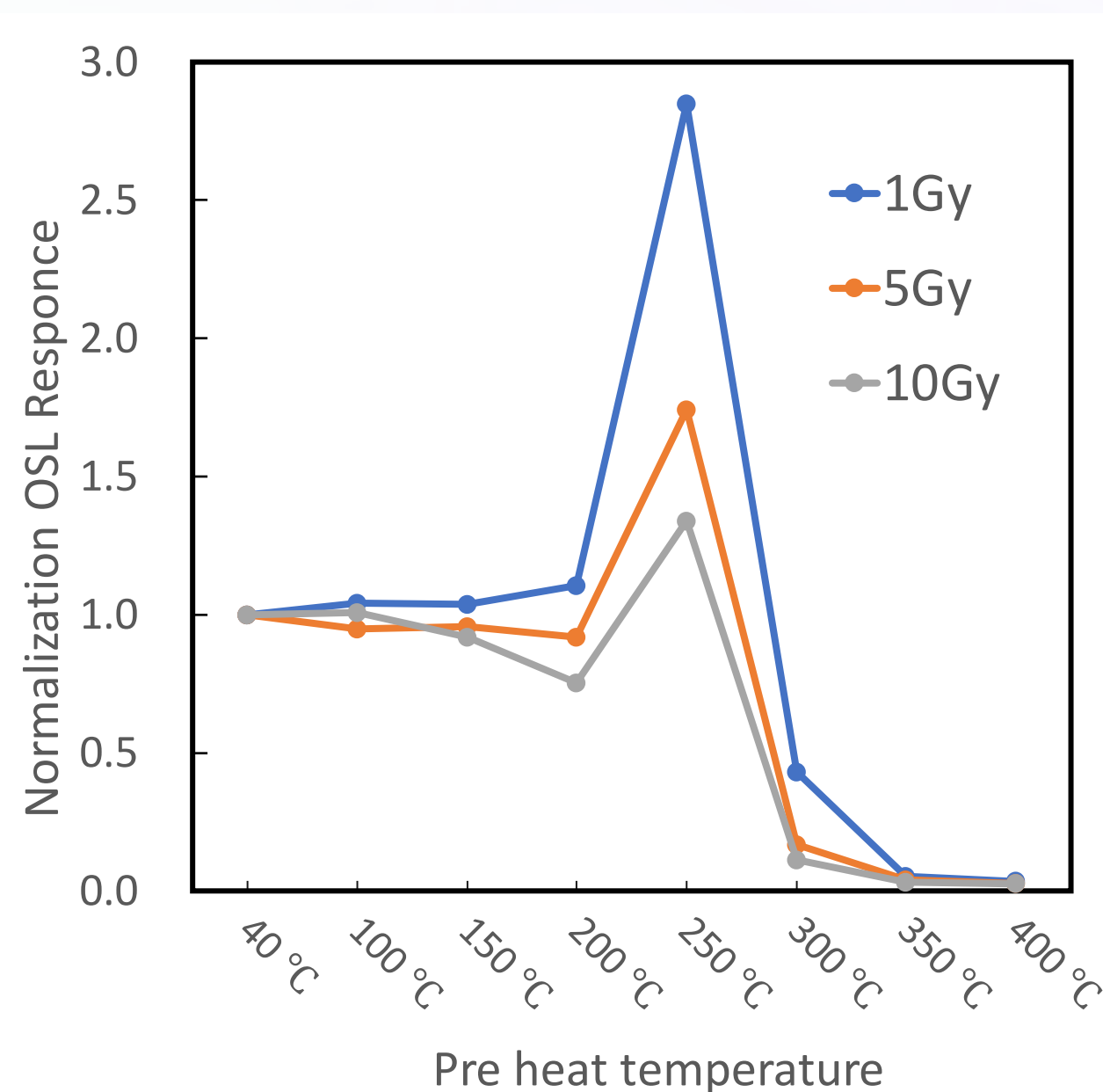


図6 プレ加熱温度に対するOSL強度の変化

結果

○ 1 Gy

- プレ加熱温度**40°C ~ 200°C** OSL強度に、大きな変化は見られない。
- プレ加熱温度**250°C** OSL強度は、プレ加熱なしのときの**約2.8倍**。
- プレ加熱温度**300°C** OSL強度は、プレ加熱なしのときの**約0.42倍**、250°Cのときの**約0.15倍**。加熱温度が上昇するほど、OSL強度は減少。

○ 5 Gy

- プレ加熱温度**40°C ~ 200°C** 加熱温度が上昇するほど、OSL強度はわずかに**減少**。
- プレ加熱温度**250°C** OSL強度は、プレ加熱なしのときの**約1.7倍**。
- プレ加熱温度**300°C** OSL強度は、プレ加熱なしのときの**約0.16倍**、250°Cのときの**約0.09倍**。加熱温度が上昇するほど、OSL強度は減少。

○ 10 Gy

- プレ加熱温度**40°C ~ 200°C** 加熱温度が上昇するほど、OSL強度は**減少**。
- プレ加熱温度**250°C** OSL強度は、プレ加熱なしのときの**約1.3倍**。
- プレ加熱温度**300°C** OSL強度は、プレ加熱なしのときの**約0.11倍**、250°Cのときの**約0.08倍**。加熱温度が上昇するほど、OSL強度は減少。

比較・検討

図7に捕獲電子・正孔のエネルギーバンド図を示す。
プレ加熱温度**250°C**において、

- いずれの線量においても、**OSL強度が上昇した**。

→ **OSLに活性がなかった捕獲電子が、プレ加熱によってOSLに活性のある準位に遷移した**可能性がある。

- **OSL強度の増感作用は線量に依存しており、線量が低いほど増感作用は大きかった**。

→ **プレ加熱温度40°C ~ 200°C**においても**1Gyから5Gy**の増感度に比べて**5Gyから10Gy**の増感度は小さかった。よって、プレ加熱温度に関わらず、**線量が大きくなるほどOSLに活性のある電子が飽和**してしまい、活性のない電子が遷移できなかったと考えられる。

また、プレ加熱**300°C**以上でOSL強度が減少したが、これは**OSLに関与する捕獲電子が300°C以上では消失してしまう**と考えられる。

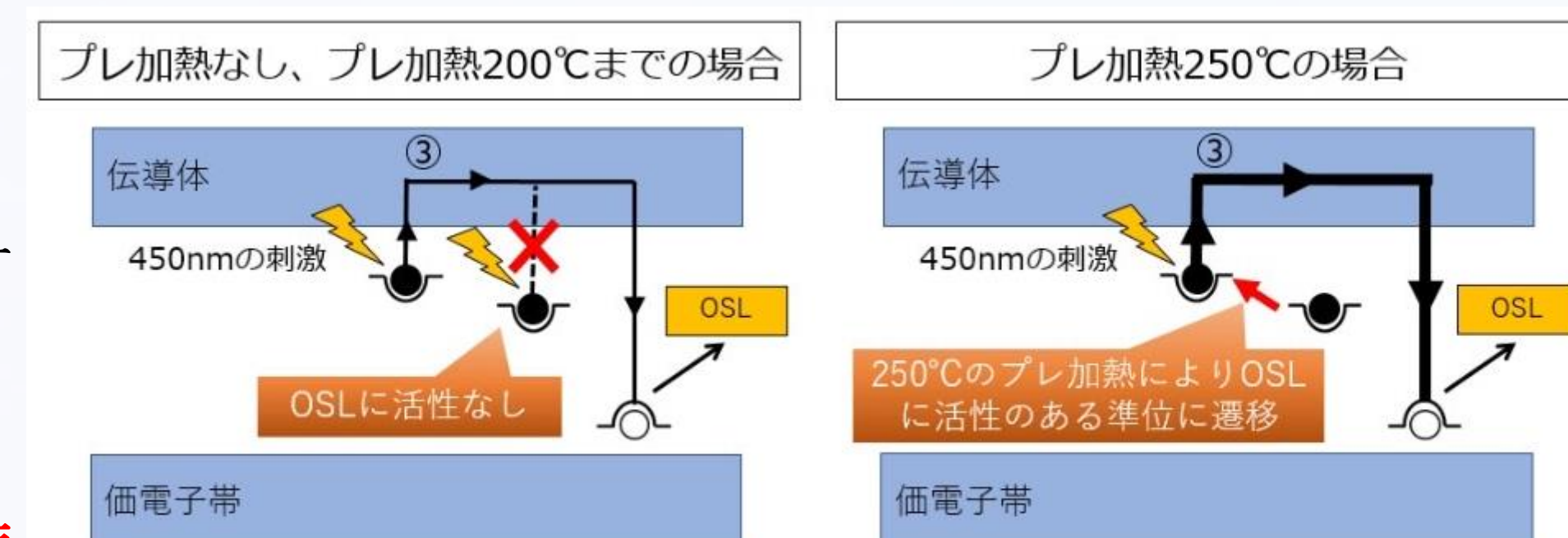


図7 エネルギーバンド図

TL特性との関連性

先行研究²⁾にて、BeOセラミックス板のTL-OSL同時測定の実験を行なったところ、同時測定時に**TLの高温側ピーク**は、OSL読み取り後でも**消失しない**ことを報告した。

今回おこなった、OSL素子のBeOセラミックス板のプレ加熱処理実験では、プレ加熱温度**250°C**のときに**OSL強度が大きく増加**することが明らかとなった。

○ 先行研究との類似点

TL-OSL同時測定では、**OSLに活性がなく、TLに活性がある捕獲準位**の存在が観測されている。

今回の結果で得られたプレ加熱処理とOSLの線量応答性の傾向と、その特異的な準位の特性が類似しているため、**250°Cのプレ加熱によって、その捕獲準位にトラップされていたOSLに活性のなかった電子が、OSLに活性のある電子に変化した**可能性がある。

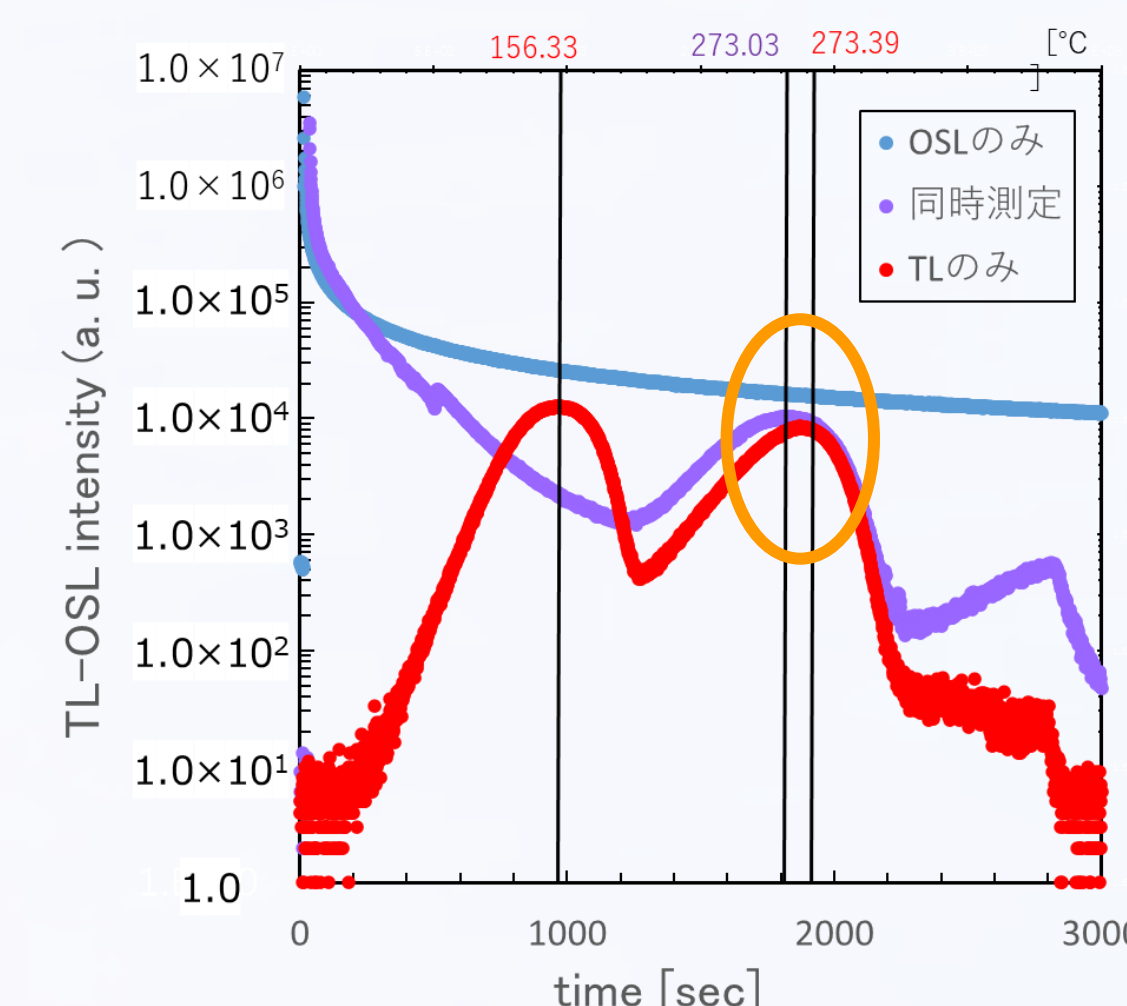


図8 TL測定・OSL測定・TL-OSL同時結果

先行研究 TL-OSL同時測定によるドシメータ特性

- 線量: 5 Gy, 使用素子: BeOセラミックス板
- **TL測定:** 400°C/50 min.で加熱
 - **OSL測定:** 50分間レーザー照射, 5.0 V
 - **TL-OSL同時測定:** 400°C/50 min.で加熱及び50分間レーザー照射

Conclusions

- OSL素子BeOセラミックス板のプレ加熱処理実験を行なうことにより、プレ加熱処理とOSLの線量応答性について調査した。
- プレ加熱処理温度**250°C**の時、1 Gy, 5 Gy, 10 Gy いずれの線量においてもOSL応答率の上昇が見られた。この上昇率は、線量が低いほど大きかった。
- プレ加熱温度に関わらず、線量が大きくなるほどOSLに活性のある電子が飽和してしまうため、OSLに活性のない電子が遷移できなかったと考えられた。
- OSL強度が上昇したプレ加熱温度**250°C**とTL測定の高温側ピークの温度には類似性があった。
- 今後は、プレ加熱によってOSL強度が高くなるメカニズムの解明を進める。