

反射電子 (Backscattered electron)

1. 反射電子の放出

電子ビームが固体試料表面に照射されると、入射電子の多くは試料を構成する原子核や電子と衝突を繰り返しながら試料の内部にエネルギーを失いながら拡散し、最終的に試料内でエネルギーを失ってしまいます。しかし、入射電子の一部はエネルギーを失う前に試料表面から再び真空中に飛び出てきます。これを反射電子 (後方散乱電子、backscattered electron) と呼びます。入射電子が試料表面に照射されてから試料内部でエネルギーを失う過程や反射電子として再び真空中に飛び出す過程は、モンテカルロシミュレーションで知ることができます。図1は鉄 (Fe) 表面に 15kV の電子 100 個が垂直入射したときのモンテカルロシミュレーションの事例です。

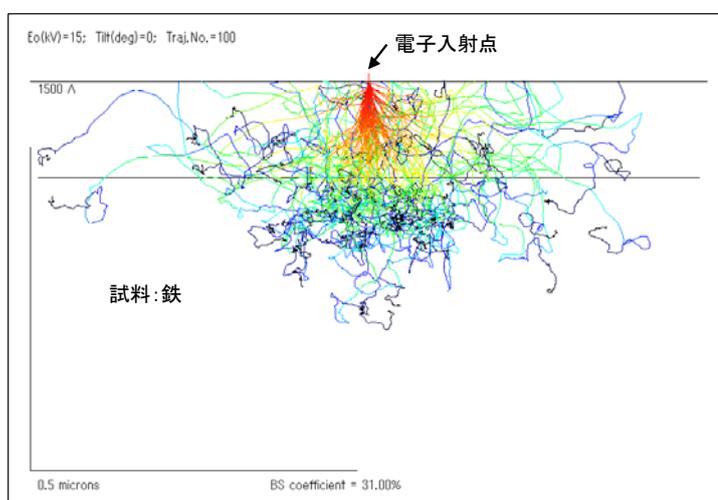


図1
モンテカルロシミュレーション事例
(15kV の電子 100 個を鉄に垂直
入射した場合)

2. 反射電子のエネルギー

反射電子のエネルギーは、試料に入射した直後にほとんどエネルギーを失わないで真空中に再放出したものと試料内部への拡散過程である程度エネルギーを失ったものがあるため、幅広いエネルギー帯を持ちます。図2に放出電子のエネルギー分布を示します。

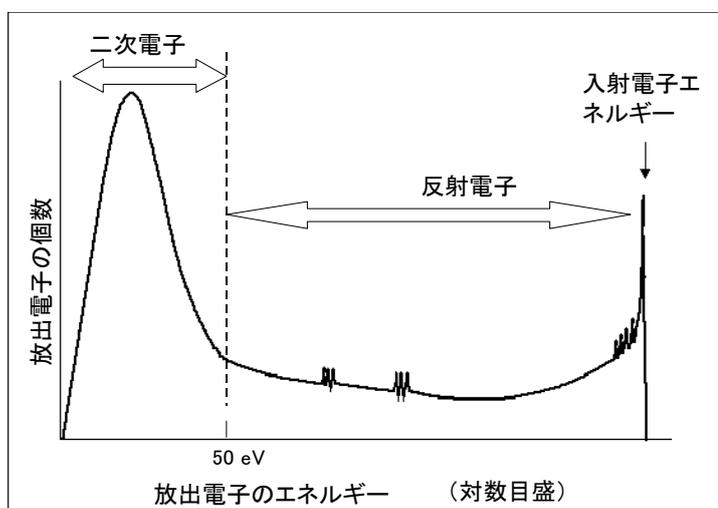


図2
入射電子による放出電子の
エネルギー分布

3. 反射電子が持つ試料情報とその利用

(1) 組成の情報

試料からの反射電子の放出は試料を構成する物質（平均原子番号）に依存し、図3に示すように、原子番号が大きいほど放出量は多くなります。したがって試料表面にさまざまな組成の違いがあれば、それぞれの平均原子番号に依存したコントラスト（組成コントラスト）が得られます。したがって、EDSなどによる元素分析の前に反射電子組成像を観察することによって、予め試料のどこに原子番号の大きい物質があるかなどの予測をすることができます。

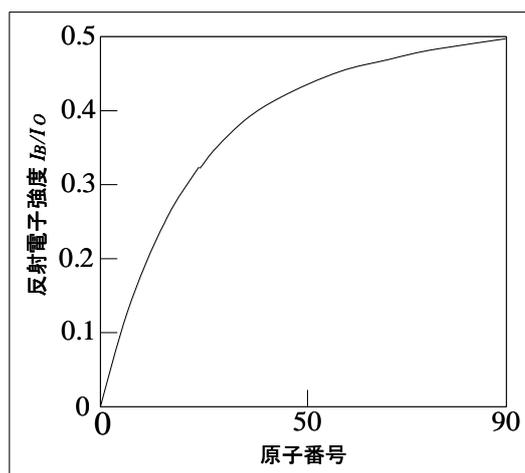


図3
原子番号と反射電子強度(放出率)の関係

(2) 凹凸の情報

図4に示すように、反射電子は試料表面に入射する角度の鏡面反射方向に放出されるという角度依存性を持っており、二次電子像では判別しにくい高低差の小さな凹凸にも敏感にコントラストを示します（凹凸コントラスト）。したがって、二次電子像では判断できないようなわずかな凹凸を観察したり、EPMA分析用に研磨した試料の研磨深さのわずかな違いを観察してどの部位がより硬質であるかなどの判断をすることができます。

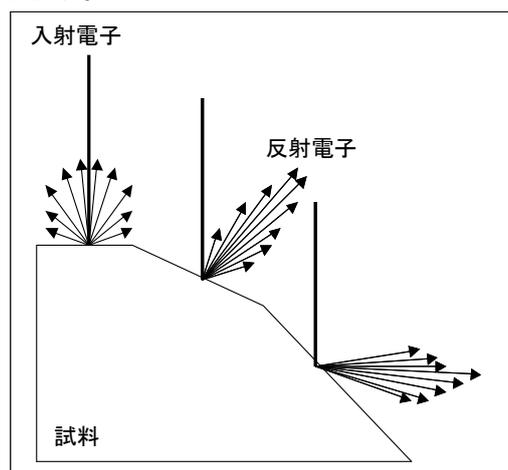


図4
反射電子放出の角度依存性

(3) 結晶の情報

反射電子の放出は固体試料が結晶の場合、反射電子の放出は結晶方位に対する電子の入射角によって大きく影響を受けます。多結晶試料では各結晶の傾きが異なるために、結晶ごとに異なったコントラストが得られます（チャネリングコントラスト）。したがって、多結晶試料の結晶粒の観察に有効です。