

フェムト秒電子線パルスによる超高速電子線回折装置の開発

Development of ultrafast electron diffraction using femtosecond electron beam

*浅川 稜¹, 楊 金峰¹, 近藤 孝文¹, 菅 晃一¹, 神戸 正雄¹, 谷村 克己¹, 吉田 陽一¹

¹ 阪大産研

我々は、タンパク質の結晶構造ダイナミクスの解析可能な超高速電子線回折装置の開発を行っている。タンパク質は格子定数の大きいため、回折点が凝集し、相対論的な電子線パルスでの測定が困難である。そこで本実験では、電子線パルスのエネルギー、カメラ長と回折図形の依存性を明らかにし、電子線回折測定が可能なタンパク質結晶を作製した。

キーワード : RF 電子銃、フェムト秒電子ビーム、電子線回折

1. 緒言

生体分子の構造ダイナミクスの解明は、タンパク質の構造と機能に関する基礎研究や創薬等の応用において非常に重要である。近年、超短パルス技術は急速に進展し、物質の構造ダイナミクスの解析手法は大きく変わってきた。その代表的な手法の一つに、相対論的フェムト秒電子線パルスによる超高速電子線回折装置がある。本研究では、この装置を用いたタンパク質結晶構造解析への応用展開を試みた。

2. 実験

本装置では、シリコンや金の単結晶のシングルショット観測が実現されている。図 1(a)にシングルショットによるシリコン単結晶の回折図形を示す。シリコンにおいては、コントラストが明瞭な回折図形を得られるが、タンパク質結晶に関して、格子定数はシリコンの格子定数(5.43 Å)に比べ 10 倍以上大きいため、回折点が明確に分離できないという問題が予想される。ブラッグの法則($Rd=\lambda L$)より、回折点間の距離(R)は、電子線パルスの波長(λ)とカメラ長(L)に依存する。本実験では、この問題を解決するために λ とLを変化させてRがどのくらい変化するかを調べた。

(1)電子線の波長依存性実験では、電子線のエネルギーを 1.5 MeV まで下げることで、センタースポットと 1 次の回折点の距離を $R=5.2$ mm に広げることができた。しかし、エネルギーを下げすぎると空間電荷効果によりエミッタンスが増大し、回折点が大きくなってしまう問題が生じるので、本実験では、最適なエネルギーは 2 MeV であった。

(2)次に、磁気レンズを用いてLを大きくし、回折図形の変化を測定した。図 1(b)に磁気レンズによる拡大したシリコン単結晶の回折図形を示す。その時の拡大倍率は約 5 倍であった。この結果より、今後さらに小さいしぼりを利用することで、今まで分離困難であった問題点を解決できると考えている。

(3)タンパク質の結晶化を試みた。実験ではニワトリ卵白リゾチームタンパク質を用いた。結晶化の時には、結晶核形成から 5 時間後、大きさが約 $90 \times 90 \mu\text{m}^2$ のリゾチーム結晶を得ることができた。この大きさは電子線回折測定に適用可能と考えている。

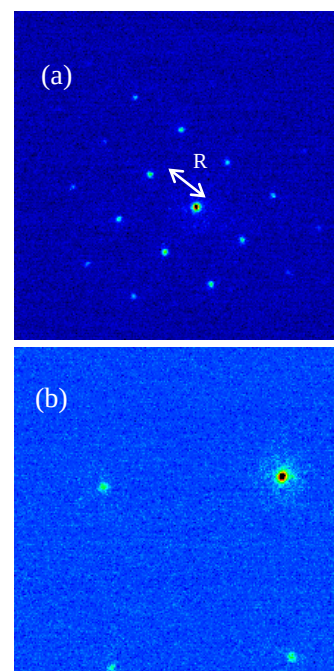


Fig.1 D.L.を用いた時(a)と用いなかった時(b)の回折図形
測定条件:2 MeV, ~1 pC

1 pulse

*Ryo Asakawa¹, Jinfeng Yang¹, Takafumi Kondoh¹, Koichi Kan¹, Masao Gohdo¹, Katsumi Tanimura¹ and Yoichi Yoshida¹

¹ISIR, Osaka Univ.