

力学機能のナノエンジニアリング
2019 年度採択研究者

2020 年度 年次報告書

鈴木 凌

横浜市立大学 理学部
助教

タンパク質結晶の転位論に基づく力学特性の解明

§ 1. 研究成果の概要

2020年度は大きく分けて2つの研究成果が得られた。

1. X線トポグラフィによる変形のおその場観察の条件最適化

タンパク質結晶は結晶水を大量に含んでおり、乾燥してしまうことから大気開放系でのおその場観察は困難であった。また、湿度制御系の構築も行ったものの、湿潤ガスといえども結晶水への影響があるためか、結晶の品質劣化を防ぐことが出来なかった。そのため、結晶の品質を保ったままX線トポグラフィを用いて変形のおその場観察を行うことが依然として問題であった。さらには、結晶に応力を負荷するため、結晶の固定方法の探索も必要であった。様々な環境構築を行った結果、ガラス基板上に直接育成し、結晶化溶液を取り除かずにパラフィンオイル中に封じ込めることで、大気開放下でも結晶水が乾燥することなく、応力負荷の一連の過程を放射光X線トポグラフィによって観察することに成功した。

応力負荷後の結晶を取り出し、様々な反射指数の回折像の取得にも成功し、回折像の解析結果から、応力負荷によって結晶欠陥が発生していることが明らかとなった。その挙動はこれまで金属や無機結晶で予想される(説明できる)ふるまいだけでなく、モデルには当てはまらない結果も得られた。

2. 添加物を使用したタンパク質結晶の高強度化

水和ゲル中で育成したタンパク質結晶の圧縮試験により、通常の溶液成長結晶よりも延性と強度の両方を向上できることが明らかとなった。試料の切り出しなどが難しいため、応力ひずみ曲線は試料依存があったものの、ヤング率、ひずみ量、破壊応力などのおおよそ正確な数値の再現性の取得に成功した。これまで溶液成長結晶の特徴である純粋なタンパク質結晶のマクロな力学的性質に関する報告は初めてである。ハンドリングダメージでのみ壊れてしまう脆いと言われているタンパク質結晶であっても、弾性領域が明瞭に観察されることが初めて明らかとなった。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Evaluation of crystal quality of thin protein crystals based on the dynamical theory of X-ray diffraction”, IUCrJ, vol. 7, pp.761-766, 2020.
- 2) “Identification of grown-in dislocations in protein crystals by digital X-ray topography”, J. Appl. Cryst., vol. 54, pp.163-168, 2021.