

平成 24 年度第 3 回低温生物工学会  
奨励賞  
「生物素材におけるガラス転移特性の解明」  
川井 清司 氏  
広島大学大学院生物圏科学研究科准教授



川井清司氏は、1999 年に東京水産大学 水産学部を卒業後、同大学院修士課程および博士課程を経て 2005 年に水産学の学位を取得後、食品総合研究所 食品工学領域 JSPS 特別研究員、2007 年東京工科大学 バイオニクス学部助教を経て、2008 年広島大学 大学院生物圏科学研究科の講師、2013 年から准教授を務めている。

川井氏は、生物素材におけるガラス転移特性の解明をテーマに研究を進めてきた。ガラス転移は生物や生物素材の冷凍及び乾燥保存において極めて重要な要素であり、低温生物工学会では様々な分野の研究者によって絶えず議論されているテーマである。同氏は本学会に 10 年以上にわたり、これまでに数多くの研究発表や論文発表を行うとともに、2010 年度からは低温生物工学会誌編集委員として本会の活動にも貢献してきた。

生物素材は一般に非晶質であり、これを結晶化させること無くガラス転移温度以下に冷却、或いはガラス転移温度以下となる水分含量まで乾燥すると、ガラス状態になる。ガラス状態では系の巨視的な分子運動性が凍結するため、様々な劣化速度が停滞する。したがって、生物や生物素材の冷凍及び乾燥保存では、対象をガラス転移温度以下に置くことが重要と認識されている。

一般に、非晶質材料のガラス転移温度は示差走査熱量計などの熱分析によって決定される。しかし、組成が複雑な生物素材を対象とした場合、ガラス転移に伴う熱容量変化が小さい、幅広い緩和時間分布のためブロードとなる、様々な熱応答がガラス転移を覆い隠す等の問題が発生し、ガラス転移温度の決定が困難となる。このような背景の下、氏は“熱応答が履歴に依存する”というガラスの性質に着目し、試料に任意の履歴を与え、得られ

たサーモグラムの変化からガラス転移特性を読み解く方法を採用した。これにより、これまで様々な生物素材のガラス転移特性を明らかにしてきた。また、ガラス状態は熱力学的非平衡状態にあり、その一定温度に保持しておくことで過剰エンタルピーが低下（緩和）することに注目し、物理化学分野などで培われてきた研究手法や解析モデルを適用並びに発展させることで、ガラス状態下での分子運動性の解析モデルを構築した。

上記の基礎研究と並行し、多成分系非晶質固体（還元糖-アミノ酸-ガラスマトリクス）のガラス転移温度とアミノ-カルボニル反応速度との関係を系統的に調べ、アミノ-カルボニル反応はガラス転移温度から予測されるよりも遥かに速い速度で進行することを明らかにした。これは、反応物となる還元糖とアミノ酸とが水素結合した状態でガラスマトリクス内に存在し、系の分子運動性が必ずしも反応速度に反映されないために起こる結果と結論付け、非晶質固体内での反応速度の不均一性を考慮した反応速度モデルの構築を行った。また、ガラスマトリクスのガラス転移温度とそこに包埋された酵素（乳酸脱水素酵素）の活性保持率との関係を系統的に調べ、マトリクスのガラス転移温度、酵素との水素結合性及び化学反応性が活性保持率に影響を及ぼすことを明らかにした。また、凍結乾燥によって著しく活性を損なう酵素（キサントキシダーゼ）を研究対象とし、ガラスマトリクスの組成を適切に調整することで、その常温安定化に成功した。これにより、魚肉の簡易鮮度試験技術を他者と共同開発することに成功し、国際特許を出願するに至った。

以上のように、川井氏は本学会で重要な生物素材のガラス転移特性の解明に尽力し、原著論文 22 報、研究報告 9 報、総説・解説 5 報、著書 5 報、特許出願 1 件等、顕著な業績を上げてきた。これらの業績に鑑み、川井清司氏を平成 24 年度第 3 回低温生物工学会奨励賞を授与するものである。