



Title	Conformational Investigation of Water-Soluble Plant Cell Wall Polysaccharides in Polar Media: Arabinogalactan and Pectin
Author(s)	Huang, Hai
Citation	大阪大学, 2026, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/105668
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (H A I H U A N G)

論文題名

Conformational Investigation of Water-Soluble Plant Cell Wall Polysaccharides in Polar Media: Arabinogalactan and Pectin
(極性溶媒中における水溶性植物細胞壁多糖類のコンフォメーション解析：アラビノガラクトランおよびペクチン)

論文内容の要旨

This dissertation focused on the conformational properties of arabinogalactans (AGs) and pectins, two representative polysaccharides originating from plant cell walls, in polar media. Light scattering, small-angle X-ray scattering (SAXS), viscometry, and circular dichroism (CD) techniques were employed to explore chain dimensions and local conformational features in dilute solutions. The relationship between conformation and primary structure was investigated by controlling their structures through different sources, isolations, and chemical modifications.

In Chapter II, a linear type I AG (LG) and two branched type II AGs (LAG60 and JSP-1a) with different branching architectures were examined in polar solvents using SAXS, DLS, and viscosity measurements. The linear AG was well described by the wormlike chain model and showed high flexibility with a low Kuhn segment length of 2.80 nm, a measure of the chain stiffness, whereas the branched AGs exhibited typical hyperbranched polymer characteristics and were successfully described using a hyperbranched chain model under specific conditions.

In Chapter III, pectin samples with distinct primary structures were isolated and/or chemically modified. The results of CD, SAXS, and viscometry showed that linear polyGalA-series pectin had the stiffest main chain and exhibited a two-state conformational transition during heating in the highly protonated state. This two-state transition was suppressed by dissociation, methyl esterification, glucosamine substitution, or reduction on GalA residues, while the backbone became flexible when the rhamnose content increasing.

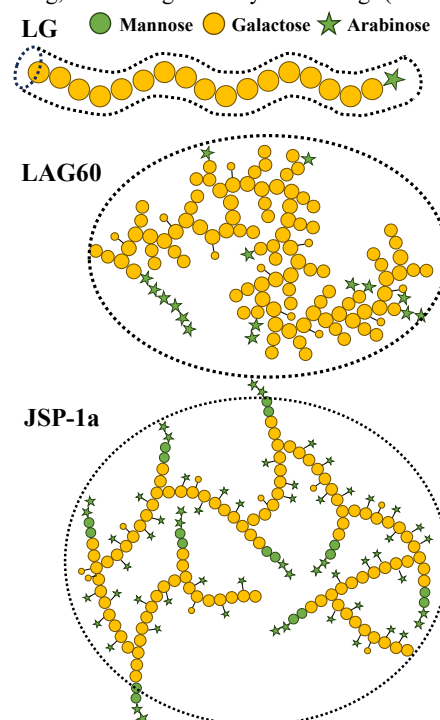


Fig. 1. Systematic illustration of AGs conformation

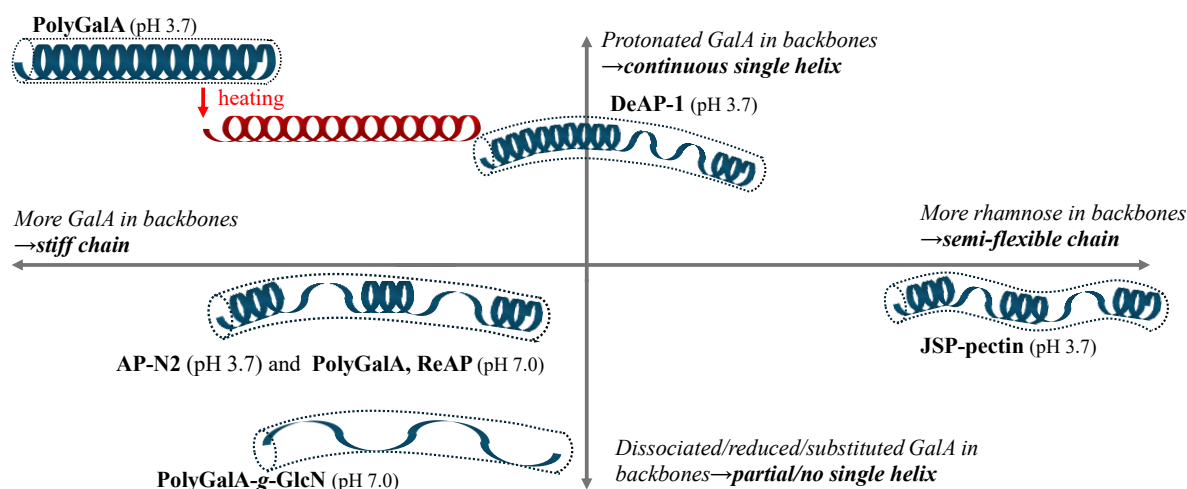


Fig. 2. Systematic illustration of pectins conformation

Overall, this work provides a systematic analysis of the solution conformations of AGs and pectins and clarifies how backbone architecture, branching, chemical modification, and external conditions such as pH and temperature govern polysaccharide conformation.

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (Hai Huang)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教授 寺尾 憲
	副 査	教授 今田 勝巳
	副 査	教授 松宮 由実
	副 査	准教授 高橋 倫太郎

論文審査の結果の要旨

植物細胞壁の主要な構成成分であるアラビノガラクトタン（AG）およびペクチンは、多種多様な単糖ユニットと複雑な分岐アーキテクチャを有する天然高分子であり、その溶液中における高分子鎖のふるまいを解明することは、高分子物理学および材料科学の観点から極めて重要である。しかし、これらの多糖類は一次構造が極めて複雑であるため、これまで分子鎖の剛直性や詳細な分岐構造については、定量的根拠を欠いた議論に留まっていた。

本研究では、動的光散乱法（DLS）、小角 X 線散乱法（SAXS）、粘度測定、および円二色性（CD）を相補的に活用し、極性溶媒中におけるこれら多糖類の構造・物性相関を詳細に解析した。まずアラビノガラクトタンの研究では、みみず鎖モデルによる解析より、線状の Type I AG（LG）が水溶液中で高い柔軟性を持つ高分子であることを定量的に示した。また、複雑な分岐構造を持つカラマツ由来の AG がハイパーブランチモデルで定量的に記述できることを明らかにした。さらに、ジャスミン茶由来の JSP-1 試料の解析においては、NMR 測定から推定されていた均一な分岐構造とは異なり、実際には高分子鎖の末端付近に高密度な短鎖分岐が局在化していることを、溶液散乱データの精密な解析により解明した。これにより、多分岐多糖類の構造解析において、化学的な解析手法である NMR と物理的な散乱法を組み合わせることの重要性と有効性を広く示した。

次いでペクチンを対象とした解析においては、精密な SAXS 測定を行うことにより、これまで測定が不十分であった局所らせん構造の温度変化を直接的に観測することに成功した。これにより、高度にプロトン化されたポリガラクトuron酸（polyGalA）が、加熱過程において形態転移を示すことを明らかにした。この精密な構造決定に基づき、従来困難であった分子鎖の剛直性の定量評価を可能にし、ラムノース導入やエステル化といった化学修飾が形態安定性に及ぼす影響を物理化学的な指標で示した点は、高い学術的価値を有する。

以上のように、本論文は植物多糖類の溶液中における分子形態を決定づけるメカニズムを体系的に解明し、高分子鎖の構造・特性に関する重要な知見を得たものである。この論文の内容は新規かつ学術的に重要であり、博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。