

## 論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	乙 第 号	氏 名	中谷 正樹
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	Ph. D. 堀田 篤
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 鈴木 哲也
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 白鳥 世明
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 大村 亮
(論文審査の要旨)			
<p>学士（理学）、修士（理学）を有する中谷正樹君の学位請求論文は、「Application of gas barrier thin films to three-dimensional polymer packages」（ガスバリア性薄膜で被覆された立体樹脂製パッケージの研究）と題し、全7章からなる。本論文は、2018年12月より主査及び副査による専修予備審査が開始され、各審査担当者との個別ディスカッションも経て予備審査が終了し、専攻にて受理申請に至り承認された。さらに、2019年1月17日開催の公聴会および、その後の最終審査会にて行った論文審査と学識確認を経て、本報告に至った。中谷正樹君の研究成果につき、以下に概要を述べる。</p> <p>近年の樹脂製容器の用途拡大や環境問題への関心の高まりに伴い、薄膜の応用による樹脂製容器のガスバリア性向上が注目されている。そこで本研究では、持続的な社会・環境・経済システムの実現に向けて、薄膜形成と基板の両方の観点から、新しい薄膜応用技術の実用化に取り組んでいる。特に、使用拡大が続くポリエチレンテレフタレート（PET）樹脂製容器とポリエチレン（PE）樹脂製蓋を中心に、飲料食品分野の立体的なパッケージへの応用手段を研究対象としている。</p> <p>第1章では、飲料食品分野のパッケージの概略と、ガスバリア性向上技術がどのように持続的な社会・環境・経済システムの実現に寄与できるかの概要を述べている。</p> <p>第2章では、従来のPET容器のガスバリア性向上技術を概説している。さらには、PET容器への薄膜形成技術が目指す方向性について、薄膜性能と装置経済性の観点から、従来のプラズマCVD法による技術の改良だけでなく、新規成膜技術の研究の必要性に言及している。さらに、PE等の汎用樹脂に応用範囲を拡張する意義と課題があることを、測定データに基づいて提示している。</p> <p>第3章では、従来のPETボトルへのDLC成膜技術の改良として、プラズマを生成する電源出力周波数の変更に着目し、ボトル品質（ガスバリア性や呈色）を6.0MHzの周波数で最適化できることを見出している。また、この最適化の結果に対し、電源出力周波数によりプラズマの空間分布を制御できることを、陽電子消滅法等の薄膜解析法から考察している。</p> <p>第4章では、PETボトルに用いるPE樹脂製の蓋に、ガスバリア性DLC膜の形成を試みている。PE基板のDLC被覆によるガスバリア性向上が一般に困難という大きな課題がある。そこで本研究では、界面の影響が大きいことを見出した上で、3-アミノプロピルメトキシシラン塗布層をPE基板とDLC膜の中間に形成することで解決できることを明らかにしている。また、酸素の透過とd-リモネンの収着における挙動の差異から、界面や塗布層の果たす役割をモデル化している。</p> <p>第5章及び第6章では、上述の新しい成膜技術として、ホットワイヤーCVD法によるPETボトルの成膜装置を考案し、その実用化に取り組んでいる。薄膜性能や安全性および経済性を考察したホットワイヤー種と原料ガス種の選定を実施している。その結果、タンタルとビニルシランガスの組合せで、従来技術では得られなかった①高ガスバリア性、②無色透明性、③耐pH（水溶液中の薄膜の物理化学的安定）性を兼ね備えたSiOC膜の形成に成功している。また、高ガスバリア性が得られる原料ガス種の化学構造を一般化し、ホットワイヤーCVD法（またはCat-CVD法）の原理解明にも役立つ独自の成膜系となっていることを示している。</p> <p>第7章では、各章の結果に対して飲料食品分野の内外に広範な応用性があることを総括しつつ、本論文の結論を述べている。</p> <p>以上要するに、本論文の成果やその実用展開は、樹脂製容器分野やその環境問題の解決に寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があると認められる。</p>			
学識確認結果	<p>学位請求論文を中心にして関連学術について上記論文審査担当者で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。</p> <p>また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。</p>		