



Title	放射線照射法による金属ナノ粒子固定化技術の多孔質材料および樹脂材料への適用に関する研究
Author(s)	上垣, 直人
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/91964
rights	
Note	

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 (上 垣 直 人)

論文題名

放射線照射法による金属ナノ粒子固定化技術の多孔質材料および樹脂材料への適用に関する研究

論文内容の要旨

本論文では、放射線照射法による金属ナノ粒子固定化技術の多孔質材料および樹脂材料への適用に関する研究を行った。多孔質材料への適用については、細孔内といった微小空間内でも水の放射線分解が進行し、貴金属ナノ粒子が生成するかを検証することを目的とした。樹脂材料への適用については、金属イオン水溶液と樹脂材料が共存する空間に放射線を照射することで、金属種がどのような過程で樹脂材料に固定化されているかを明らかにすることを目的とした。また放射線照射法によって金属ナノ粒子を固定化した樹脂材料の無電解めっきへの応用を検討した。以下論文の構成を述べる。

第1章では、緒言として、本研究の意義および目的を論述した。既往研究における放射線を利用した金属ナノ粒子の合成における反応素過程および特徴について説明し、この合成法を材料合成に応用した研究の現状について要約した。それらと比較する形で、本研究で対象とする多孔質材料および樹脂材料を担体とする金属ナノ粒子固定化の意義について論述した。そして本論文の目的、研究の構成を提示した。

第2章では、放射線照射法において多孔質材料の細孔内部に貴金属ナノ粒子を担持析出可能であるか検討した。担体として用いる多孔質材料にはメソポーラスシリカを、貴金属種にはAu、Pt、Ag、Pdを用いた。TEM 観察より細孔内部に貴金属ナノ粒子が担持している様子が見られた。細孔内の貴金属の化学状態を評価したところ、貴金属イオンの還元量は照射線量と対応していたことから、細孔内であっても放射線化学反応は進行することがわかった。放射線照射により誘起される反応場を利用することで、多孔質材料の細孔内といった微小空間でもナノ粒子の担持析出が可能であることが示された。

第3章では、放射線照射法におけるPdナノ粒子のABS樹脂への固定化過程、および無電解めっきへの適用について検討した。放射線照射によってABS樹脂表面に生成した官能基がPdの固定化に寄与していることが示された。また、本手法によってABS樹脂に固定化したPdは、無電解Cuめっき触媒として作用することが示された。エッチング処理を行っていないにもかかわらず、生成したCuめっき膜の密着強度は実用強度を超える高い値を示したことから、本手法の無電解めっきへの応用可能性が示された。

第4章では、ABS樹脂以外の様々な樹脂基板へのPdナノ粒子の固定化について検討した。樹脂基板にはABS樹脂の構成成分のアクリロニトリル成分とスチレン成分からなるAS樹脂、スチレン成分のみからなるPS樹脂、エンジニアリングプラスチックとしてPPS、汎用プラスチックとしてPVC、PP、PEを用いた。ABS、ASおよびPSにおける結果の比較よりアクリロニトリル成分およびブタジエン成分に生成した官能基にPdが配位して固定化されていることが示された。また、樹脂基板の種類によらず、固定化したPdは触媒として作用し、無電解Cuめっき膜が析出した。析出した無電解Cuめっき膜の密着性は、樹脂基板の種類に依存することが示された。

第5章では、放射線照射法による無電解めっきの実用化に向けてPd/ABSに注目し、適用するPdの使用量低減と、Cuめっき膜が高い密着性を示す要因について検討を行った。適用するPdの使用量低減においては、第3章、第4章におけるサンプル調製法と比較して投入Pd量を1/500まで低減し、投入したPd量の90%以上がABS樹脂基板に固定化したという成果が得られた。Cuめっき膜が高い密着性を示す要因は樹脂基板の表面凹凸による物理的要因ではなく化学的要因であることが示された。

第6章において、本研究で得られた研究成果を総括した。

本論文の成果は、放射線照射法による金属ナノ粒子固定化技術の新たな産業分野への応用の可能性を広げるものである。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (上 垣 直 人)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	准教授	清野 智史
	副 査	教授	中川 貴
	副 査	教授	上西 啓介
論文審査の結果の要旨 本論文では、放射線照射により誘起される化学反応を利用した金属ナノ粒子固定化技術について、多孔質材料および樹脂材料を担体として適用した研究成果が報告されている。多孔質材料への適用においては、細孔内といった微小空間内でも水の放射線分解が進行し、貴金属ナノ粒子が生成するかの検証を目的としている。また樹脂材料への適用においては、金属イオン水溶液と樹脂材料が共存する照射反応場において、金属種がどのように担持固定化されるかの機構解明を目的としており、また得られた材料の無電解めっきへの応用可能性が検討されている。以下に論文の構成を述べる。 第1章では、緒言として、放射線を利用した金属ナノ粒子の合成における反応素過程についての説明がなされている。この合成法を材料合成に応用した研究の現状、および既存の研究に対する本研究の着想が述べられた後、本論文の目的および論文構成が提示されている。 第2章では、多孔質担体種としてメソポーラスシリカを対象とし、貴金属種として金、白金、銀、パラジウムを用いた検討が行われ、細孔内部に金属ナノ粒子が生成することが確かめられている。放射線照射により誘起される反応場を利用することで、多孔質材料の細孔内といった微小空間でもナノ粒子の担持析出が可能であることが示されている。 第3章では、放射線照射法におけるパラジウムナノ粒子のABS樹脂への固定化過程、および無電解めっきへの適用について検討がなされている。放射線照射によりABS樹脂表面に官能基が生成し、パラジウムの固定化に寄与していることが新たな知見として示されている。また、エッチング処理を行っていないにもかかわらず、銅めっき膜の密着強度が実用強度を超える高い値を示すことも報告されている。 第4章では、ABS樹脂以外の様々な樹脂基板へのパラジウムナノ粒子の固定化についての検討が行われている。樹脂基板としてAS、PS、PPS、PVC、PP、PEが用いられ、全ての樹脂に対しパラジウムナノ粒子が固定化できること、また無電解銅めっき触媒として機能することが報告されている。析出した銅めっき膜の密着性は、樹脂基板の種類に依存することが示されている。 第5章では、ABS樹脂板を対象とし、適用するパラジウムの使用量低減するための手法、および無電解銅めっき膜が高い密着性を示す要因についての検討が行われた。パラジウムの使用量低減においては、第3章および第4章におけるサンプル調製法と比較して投入量を1/500まで低減した新たな手法が提案され、投入量の90%以上がABS樹脂基板に固定化できること、また銅めっき膜の密着性が維持されることが報告されている。銅めっき膜が高い密着性を示す要因については、樹脂基板の表面凹凸による物理的要因ではなく、樹脂表面に生成した官能基に由来する化学的要因が支配的であることが示されている。 第6章は本論文のまとめであり、本研究で得られた研究成果を総括されている。 以上のように、本論文は放射線を利用したナノ粒子合成法およびその応用についての検討がなされており、同技術の新たな産業分野への応用の可能性を広げるものである。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。			