京都工芸繊維大学

	くらはし　なおや
氏　　名	**倉橋　直也**
学位(専攻分野)	博　士（工学）
学位記番号	博甲第　５６８　号
学位授与の日付	平成 22 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科　先端ファイブロ科学専攻
学位論文題目	**繊維廃棄物の多孔質吸音材への応用に関する研究**
審査委員	(主査)教授　木村照夫 教授　藤井善通 教授　鋤柄佐千子 信州大学教授　倪　慶清

論文内容の要旨

我が国では繊維廃棄物が年間 220 万 t 以上排出されているが、再資源化率は 1 割程度に留まっている。従って、資源活用と廃棄物の減量化に対する社会的要求から、繊維廃棄物に関する再資源化技術の開発が急務となっている。

一方で、近年になり騒音が社会問題として認識され、その対策として防音技術開発が重要視されている。防音材の一種である繊維系多孔質型吸音材は軽量性と防音性を兼備する為に、現在では広範な製品に利用されている。しかし、繊維系多孔質型吸音材の大半がグラスウール等の無機繊維を素材として用いている為に、使用後の廃棄に伴う環境負荷が大きく、負荷を低減し得る環境調和素材への転換が期待されている。

そこで、本研究では、繊維廃棄物の再資源化技術開発と繊維系多孔質型吸音材料における環境調和素材への転換を目的に、特徴的な繊維廃棄物を対象として繊維系多孔質型吸音材料の素材としての再利用の可能性について検討した。ここで、繊維廃棄物は吸音材を目的に生産されたものでは無く、これを吸音材とする場合には成形加工技術が重要となる。従って、繊維廃棄物の成形加工性と素材構成や形状、構造が吸音特性に及ぼす影響を検討した。本論文は、6 章から構成されており、本論の主たる議論は 2 章から 5 章までの 4 つの章において行った。以下に、その概要を示す。

第 2 章では、繊維束の状態で排出される繊維廃棄物の多孔質吸音材への応用を考える為に、一例としてウォータージェット織機によるポリエステル製織物の製造時に工程屑として大量に排出されている「捨て耳」を対象素材として、繊維束状の繊維廃棄物を反毛化した場合に。その開繊状態が成形品の吸音特性に及ぼす影響について検討した。その結果、繊維束状で排出される繊維廃棄物であっても、反毛化を充分に行う事で繊維系多孔質型吸音材の素材として再利用する事が十分に可能である事が明らかとなった。

第 3 章では、粉体に近い形状で排出される繊維廃棄物の多孔質型吸音材への応用を吟味する為に、綿糸の紡績時に工程屑として飛散する風綿を対象素材とし、吸音性改善の添加材としての利用可能性を追求した。その結果、粉体状の繊維廃棄物は、その大きな表面積の効果により繊維系多孔質型吸音材の性能改善の為の添加剤として利用する事が可能である事が明確になった。また、風綿をより細かに分散し得る技術が開発出来れば、更なる性能の改善が得られる事が示唆された。

第 4 章では、繊維廃棄物の再資源化率低迷の大きな阻害原因となっている異種繊維混紡廃棄物の多孔質吸音材へ応用を考察した。素材としては、近年の繊維製品の高機能化への要求から消費量と排出量が急増しているポリウレタン/ナイロン交編生地廃材を対象として多孔質材の成形を試みた。その結果、ポリウレタン繊維のような粘弾性素材が含まれる場合には成形品は大きな吸音性能を示す事、及び制振性に優れるポリウレタン繊維が含まれる場合には衝撃音に対する遮断効果も得られる事が明らかとなった。すなわち、異種繊維混紡廃棄物であっても構成する繊維の特徴を利用する事で素材を分離する事無く特徴的な吸音特性を持つ吸音材を作製し得る事が明らかとなった。

前章までの検討では繊維廃棄物を素材としての均質構造の成形を行い特性の評価を行ったが、近年では吸音性能の向上を目的に均質構造に変わる新たな構造が模索されている事から、第 5 章では、ウール繊維とバインダー繊維を用いて成形時の温度条件を制御する事で密度傾斜構造を有する多孔質吸音材の成形を試み、内部密度の傾斜度合いやバインダー含有量が吸音特性に及ぼす影響について検討を行った。その結果、密度界面を持たない密度傾斜構造体は多孔質型吸音材の吸音性能の向上に有効である事が示され、繊維廃棄物を素材とした多孔質型吸音材の成形において、密度傾斜構造とする事で性能改善が可能である事が明確となった。

第 6 章では本論文の総括として得られた結果をまとめ、種々の繊維廃棄物は成形手法を工夫する事によって繊維系多孔質吸音材の素材として十分に利用可能であり、本論文で得られた知見は繊維廃棄物の再資源化と吸音材の設計に対して非常に有効であることを述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文では有効な処理方法がなく、環境保護の観点から問題視されている繊維廃材の吸音材料としての応用について成形加工ならびに吸音特性の観点から研究している。繊維廃材は様々なところから排出され、またその種類も多岐にわたっている。本論文では代表的な繊維廃材として織物工場の織機から排出される「捨て耳」と呼ばれるポリエステル繊維廃材、紡績工場から排出される細かな綿粉体である風綿、および衣服としての消費量の多いポリウレタン/ナイロン交編生地廃材を対象とし、それぞれ反毛処理を行い、バインダー繊維を混合した後、加熱圧縮成形により吸音板を作成した。このとき板の吸音特性には反毛状態が大きく影響するものと考え、反毛条件を種々変化させて反毛状態と板の成形性ならびに吸音特性の関係を明らかにした。繊維束状態のポリエステル捨て耳の場合は、解繊を十分に行うことによって吸音特性の向上が得られ、周波数に対する特性は一般的な多孔質吸音材の特性と傾向を同じくすることを見出した。風綿は繊維が細かいためにそれ自身では多孔質体の成形は難しいがレーヨン繊維との複合化によって板材の成形が可能となり、また、風綿の繊維直径が小さく表面積が大きい利点により吸音特性の向上に大きく寄与することを明らかにした。粘弾性に富むポリウレタン繊維は振動による損失も加味されて大きな吸音率が得られ、さらには衝撃音の遮断にも効果的であることを見出した。以上のように吸音特性には繊維素材の性質が大きく影響を与えることは言うまでもないが、吸音特性は同じ素材であっても構造を考慮することによって向上できる可能性がある。そこで、本論文では構造面からも考察を加えている。すなわち、密度多層構造に着目し、独自の成形手法で板材内部に密度界面を持たない密度傾斜繊維構造体を作成し、その吸音特性を吟味した。その結果、密度傾斜

構造が吸音特性に有効であることを明らかにした。

以上のように、種々の繊維廃棄物は成形手法を工夫することによって繊維系多孔質吸音材の素材として十分再利用可能であり、本論文で得られた知見は繊維廃棄物の資源化と吸音材料の設計に大いに寄与するものと評価できる。

なお、本論文は以下に示すように、申請者を筆頭著者とする２編のレフリー制のある学術雑誌、投稿中の１編ならびに３編の国際会議論文を基に構成されている。

１．倉橋直也、木村照夫：Wool/PLA 密度傾斜繊維集合体の吸音特性、日本繊維機械学会誌、Vol.55、No.3、pp.91-98 (2009).

２．倉橋直也、木村照夫：廃棄ポリエステルコードを素材とする吸音材の成形と吸音特性、プラスチック成形加工学会誌（掲載予定）

３．倉橋直也、木村照夫：風綿を浮動子とする多孔質吸音材の開発、日本繊維機械学会誌（投稿中）

４．N.Kurahashi and T.Kimura : The acoustical absorptive properties of density gradated porous material, 1st International Symposium on Fiber Recycling 2007, pp.43-44 (2007.6)

５．N.Kurahashi and T.Kimura : Development of High Performance Sound Absorptive Composite by using Wool/PLA Bio-based Material, 7th Global WPC and Natural Fiber Composite Congress and Exhibition, pp.92-95 (2008.6)

６．N.Kurahashi and Teruo Kimura : Application of polyester fiber waste to sound absorbent, 2nd International Symposium on Fiber Recycling 2009, pp.113-115 (2007.6)