

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム
本格研究開発ステージ ハイリスク挑戦タイプ 事後評価報告書

研究開発課題名	： ナノカーボン材料を用いた軽量 X 線吸収繊維材料の開発
プロジェクトリーダー	： クラレリビング(株)
所属機関	： 金子 克美(信州大学)
研究責任者	： 金子 克美(信州大学)

1. 研究開発の目的

物質のX線吸収能は物質構成原子に依存し、構造には寄らないとされてきた。しかし、カーボンナノチューブと異原子ドーパカーボンナノチューブは、ナノ構造に由来するX線吸収能の増強効果が期待されるために、その効果を利用するX線吸収用の軽量な衣料材料開発のための基盤の検討を行う。まず性状が明確な多層カーボンナノチューブあるいは単層カーボンナノチューブ等を用いて広いX線エネルギー領域におけるX線吸収能を明らかにし、X線吸収能の構造依存性を明確にする。同時に、異原子ドーパしたナノチューブを創製し、その分散条件技術を開発して布帛創製を実施して、実用的な軽量で高度の X 線遮蔽繊維材料を開発する。

2. 研究開発の概要

①成果

研究開発目標	達成度
①: CNT の特異的な X 線吸収特性の機構の解明と理論予想の構築	①: 2773K にて加熱して結晶化度、純度などを制御した気相成長法により創製された多層カーボンナノチューブと調製法の異なる単層カーボンナノチューブについて、6-28keV におけるX線吸収測定から、高配向性熱分解グラファイトよりも 10-20%高いX線吸収能を見出した。それはX線吸収に対する双極子遷移よりも高次のモーメントを取り入れたX線吸収理論の予測に対応する結果である。また、高配向性多層カーボンナノチューブを用いると、ナノチューブに垂直方向のほうが、ナノチューブ長軸方向よりもX線吸収が 1.5 倍高い。ナノチューブにおいては酸化処理によってX線吸収係数が約 30%増大した。X線吸収に伴う温度変化は 40mK の範囲では検出できなかった。
②: X 線吸収特性の高い CNT ピーポッドの開発	②: Ag, Ba, W, Pb, I2, Fe, S, Au 等を金属あるいは化合物として二層カーボンナノチューブ(DWCNT)(一部のは単層カーボンナノチューブ(SWCNT))にドーパした MoK α (17.5keV)での X 線吸収で見ると、Au, Ag, Gd について SWCNT ではドーパによる増強効果が 30%~200%以上であったのに対し、DWCNT では明確なドーパによる増強効果は認められなかった。Au-SWCNT では約 1%の Auドーパでカーボンの 13 倍の吸収係数になる。ただし、Au-DWCNT の 6-28keV における広域なエネルギー領域のX線吸収測定からの検討では、Au の増強効果は 1.3 倍である。
③: 軽量で高度の X 線遮蔽繊維製品の開発	③: AuおよびBaドーパ処理した二層カーボンナノチューブを界面活性剤による強化水分散処理によって、単体分散しポリエステルへの良好な浸透性を有する安定した水分散剤を作成した。該分散剤を用い、ポリエ

	ステル系不織布への均一コーティングによる X 線吸収性布帛を創製した。MoK α の X 線で Au-DWCNT では 2 倍、Ba-DWCNT では 1.5 倍の X 線吸収増大が認められた。当初の目標である「厚み 5mm にて 75% の吸収率」に対し、Au-DWCNT 付与不織布では 5mm 厚相当にて 40% の吸収率を示し、約半分の達成となった。
--	--

②今後の展開

今回の研究で、金属以上の軽量な X 線遮蔽材の達成には至らなかったが、高度に X 線を吸収する重元素ピーポッドを創製できたこと、またピーポッドの水系分散技術も確立し、実際に手に取る評価サンプルを得たことは大きな成果である。高性能ピーポッドを担持した軽量な遮蔽材の量産の準備はできており、今後役立たい。X 線を含む放射線遮蔽のニーズは、今後数十年以上にわたり継続すると見られ、引き続き産学連携を保ち、社会ニーズにマッチした放射線遮蔽材の提供をもって社会に貢献したい。

3. 総合所見

一定の成果は得られているが、イノベーション創出の期待が低い。ナノ構造に由来する X 線吸収能の増強効果を、観測面および理論面から研究に取り組み、従来の常識を変える難易度の高い挑戦に敬意を表したい。しかしながら、実用的な軽量で高度の X 線遮蔽繊維材料を開発するとの本課題の目的は、残念ながら達成するに至らなかった。