

総合報告の紹介

傾斜機能材料の概念を用いたラジオアイソトープ熱源の 構造最適化に関する研究

千田哲也、大橋厚人、植木紘太郎、天田重庚、遠藤 忠

ラジオアイソトープ (RI) を熱源とするエネルギー変換システムは、長期間メンテナンスフリーであるため海中作業船等の電源として有力な選択肢の一つと考えられています。熱源として β 崩壊するストロンチウム-90が想定されていますが、 β 線 (電子) 自身は容易に周辺の物質により遮蔽されるものの、周囲の原子核との相互作用により発生する制動X線と呼ばれる放射線は、人体や電子機器の保護のため遮蔽が必要です。この制動X線のエネルギーは相互作用する物質の原子番号に依存するため、軽元素物質を添加することによりエネルギーを抑制できると考えられます。本研究では、内部で組織が連続的に変化する傾斜機能材料 (FGMと呼ばれます) の概念を用いて、チタン酸ストロンチウム熱源の表面における線量の低減のための概念設計を行いました。添加する物質として軽元素セラミックスである窒化ホウ素を選びましたが、これは熱伝導率が高い物質であり、熱源表面温度の向上も期待できるものです。

熱源として円筒型複合セラミックスを想定し、内側にチタン酸ストロンチウム、外側に窒化ホウ素とした2層構造を基本としました。中間に両者の混合組成を配した多層構造 (ここではこれを傾斜構造と考えます) について、連続エネルギーモンテカルロ計算コードMCNP 4 Aを用いて、 β 線とその制動放射X線の挙動を推定しました。5層化したときの最適構造では、放射線線量は2層基本構造の78%に、また一様分布組成と比較すると約1/3に低下しました。1次元熱伝導方程式により熱源表面温度を計算したところ、5層構造では2層構造に比較して表面温度が350°C程度向上すると推定され、傾斜構造化による表面温度向上の効果も示されました。また、材料作製技術として複合セラミックスの焼結が可能であることを確かめました。最後に、このような熱源を用いるエネルギー変換システムの、海洋分野への適用についての調査結果をあわせて報告しています。