

科 目 名		放射線遮蔽	
学 期		A1A2 セメスタ	単位数 1.0 単位
曜日・授業時間		(原則的に不定期で) 月曜 1, 2 限	
場 所		原子力専攻講義室	
担当教員	工藤久明 (hkudo@tokai.t.u-tokyo.ac.jp) 笹本宣雄		
1. 本科目の目的と学習教育目標 放射線利用は原子力分野のみならず、分析化学から医療に至る幅広い分野に及ぶが、このような応用において放射線を制御する技術として、遮蔽工学は必要不可欠な学問である。本講義では、特に原子力分野で常に付随する放射線遮蔽の基本的考え方や理念について学習する。 まず、これらの理解の基礎となる放射線物理、線量、線束応答のうち関連する項目について学ぶ。ここでは中性子およびγ線と物質の相互作用、核データや吸収断面積、線量の概念等についての基礎的な内容を確認し、減衰係数、ビルトアップ係数等の概念を理解し、簡易計算手法について習得するとともに、放射線輸送計算コードの概略を学ぶ。 それらの基礎分野を元にして、現場で適用される実学としての放射線遮蔽の考え方を理解し、その具体的な解析方法として、Sn 法、モンテカルロ法について学ぶ。 そして、実在する放射線施設・原子炉施設を意識した遮蔽計算の例を系統的に整理するため、遮蔽設計の実例を学ぶ。ストリーミングおよびスカイシャイン現象並びに現在使用されている計算手法、計算コードを概説し、ベンチマーク実験との比較において、これらの計算精度について考察する。また、代表的な遮蔽ベンチマーク実験を紹介し、その解析を通して、Sn コード、モンテカルロコード計算の精度評価を考察する。そして放射線遮蔽の事例研究として軽水炉、高速炉、原子力船「むつ」等の遮蔽設計の実例を通して、放射線被ばく防止、環境への放射線漏洩の抑制、放射線の有効利用に係る諸問題の解決に通じる能力を養成する。			
2. 講義方法等 講義は放射線場、放射線と物質の相互作用といった基礎的内容から、γ線の遮蔽減衰、中性子の相互作用とその遮蔽について説明され、代表的な放射線輸送計算法の紹介、遮蔽計算特有の事象や遮蔽実験例を概説することで、基礎から実用までを一貫して講義する。スクーリング形式とし資料は講義ごとに当日配布する。 担当教員は、我が国の放射線遮蔽の分野において第一級の研究者を招くことにより、人材養成に最適なものとなっている。			
3. 専攻の学習・教育目標との関連 (1) 原子力技術分野に関する基礎的素養 (2)および(3)の知識、能力の取得のために必要な放射線物理、線量、線束応答の基礎知識(放射線と物質の相互作用、線量概念等)を習得する。 (2) 原子力技術分野に関する高度の専門的知識及びこれを実務に応用できる能力 (1)を踏まえて、原子炉主任技術者及び核燃料取扱主任者に必要とされる放射線管理、放射線防護、放射線遮蔽設計に関する実務レベルの知識を取得する。 (3) 原子力技術分野において、複合的な問題を分析し、課題を設定・解決できる卓越した能力 放射線の被ばくの防止、環境に放射線を漏らさない、さらに放射線の有効利用に係る様々な問題や課題について、(1)に基づいて論理的に分析、理解する能力を取得する。 (4) 継続的に学習できる能力 放射線遮蔽の理解を深める際「放射線安全学」「原子核と放射線計測」「放射線安全／放射線計測演習」の一部を基礎としている。そして「放射線利用」、「原子力実験・実習 1」、「原子力実験・実習 2」、「原子炉実習・原子炉管理実習」、「廃棄物管理工学」、「原子力危機管理学」、「福島学」のための基礎にもなっている。「原子力法規」と「原子力基本法」等に関連がある。			

(5) 原子力技術分野に関する実務を行うために必要な実践力、説明責任能力、コミュニケーション能力、協働力、マネジメント力など 原子炉主任技術者および核燃料取扱主任者の業務として必要な実践力を習得する。また、本科目で取得した知識は、放射線被ばくのリスクの低減、放射線の有効な利用を通してのコスト低減等の課題について、論理的に説明する能力の一助となる。 (6) 職業倫理、ならびにその倫理規範を守りつつ職務を果たす能力と態度 直接の関連は無い。
4. 講義日程及び講義内容 第1回 「1.放射線場、放射線源及び物質との相互作用」放射線、放射能、エネルギーの単位系、放射線束、カレントの定義の説明。放射線源とその線源強度の評価法の解説。放射線（光子）と物質の相互作用の概説。 「2.ガンマ線の遮蔽減衰計算法」γ線遮蔽計算：点減衰核法（簡易計算法）の解説。減衰係数およびビルドアップ係数の説明。 第2回 「3.中性子の相互作用とその遮蔽」中性子及び荷電粒子の相互作用および中性子遮蔽計算に必要な核データファイルの概説。中性子の遮蔽計算に用いた除去拡散法（簡易計算法）のアルゴリズムの解説。管理計算法適用上の問題点の説明。 「4.放射線輸送計算法の歴史」ボルツマン輸送方程式。光子および中性子の放射線輸送計算法の開発の歴史。遮蔽計算に用いる代表的な放射線輸送計算コードの概略。 第3回 「5.離散座標 Sn 法（決定論的手法）」ボルツマン輸送方程式から差分近似方程式の導出。Sn 法特有の利点と欠点等の説明。 「6.モンテカルロ法（確率論的手法）」モンテカルロの手法を用いて、ボルツマン輸送方程式を解く方法の解説。様々な検出器（エスティメータ）および分散低減化手法についての説明。 第4回 「7.遮蔽計算特有の事象及び遮蔽実験例とその精度評価」ストリーミングおよびスカイシャイン現象並びに現在使用されている計算手法、計算コードの概説。ベンチマーク実験との比較において、これらの計算精度についての考察。代表的な遮蔽ベンチマーク実験の紹介。解析を通しての Sn コード、モンテカルロコード計算の精度評価の考察。 「8.放射線施設・原子力施設における放射線遮蔽の実例」：放射線遮蔽の事例研究。実体系を例に、放射線施設における遮蔽設計の基本的考え方の説明。実効線量率定数、透過率データを利用した簡易計算法による光子、制動放射線、中性子の遮蔽計算についての説明。原子炉の遮蔽設計の基本的流れを説明。軽水炉、高速炉、原子力船「むつ」の遮蔽設計実例の紹介。 第5回 まとめ。
5. 教科書、参考書等 ●基礎学理に関係する書籍 教科書：原子力教科書「放射線遮蔽」 小佐古敏荘・笹本宣雄 共編（オーム社） ●専門技術分野および複合事象に関係する書籍 参考書：「遮へい設計実務マニュアル」（原子力安全技術センター）
6. 達成度の評価、成績評価の方法 原則として期末の筆記試験により評価する。期末試験は「放射線遮蔽演習」と合わせて行う。6 割以上。
7. 他の講義との関連 「放射線遮蔽演習」では、ここで学んだ考え方について演習する。 「放射線安全学」「原子核と放射線計測」「放射線安全／放射線計測演習」の一部を基礎とし、本講義の講義内容のうち放射線物理および線量概念の理解をより深めることに繋がる。 また、「放射線利用」、「原子力実験・実習 1」、「原子力実験・実習 2」、「原子炉実習・原子炉管理実

習」、「廃棄物管理工学」、「原子力危機管理学」、「福島学」等において、本講義での内容は基礎となる重要な考え方となる。