

医学物理士認定機構

放射線治療分野の医学物理教育カリキュラムガイドライン

目次

序文

1. 放射線治療分野の医学物理教育カリキュラムガイドラインの発行にあたって
2. 医学物理教育コースの基本的な考え方
3. 大学院教育課程
4. 臨床研修生課程
5. 生涯教育
6. 最後に

別紙 1 : 講義カリキュラムガイドライン

別紙 2 : 臨床カリキュラムガイドライン

Version 1.1 (2011. 4. 28)

Version 1.2 (2011. 10. 01)

序文

医学物理学とは、理工学の知識・成果を医学に応用・活用する学術分野である。医学物理学が他の物理学と異なるのは、患者、医療受給者、市民の健康に関与し責任を持つ点である。本邦では、医学物理学の系統立った大学院教育カリキュラムの整備が他の先進国と比して遅れていた。しかし、近年の技術革新に伴って、医学物理学がより広範で深遠な学問分野となった今日、その専門家を育成するのに必要な教育内容も広範囲になり、本邦独自の医学物理教育のためのガイドラインを設定する必要性が生じた。

医学物理には、放射線治療、放射線診断、核医学、保健物理の分野がある。放射線治療物理は、がんを主とした疾病に対する電離放射線を用いた治療と密接に関連する医学物理の専門分野であり、本邦ではこの分野の医学物理士の需要が高まっている。そこでまず、本ガイドラインは放射線治療分野での医学物理士についての教育内容を定めた。診断領域や核医学分野の医学物理士については別にガイドラインを定める準備が進められており、ここでは述べない。

放射線治療分野が急速に発展している状況において、この分野で修士あるいは博士を取得し、将来医学物理士として業務に従事することを目的とする学生にとっては、修めるべき教育内容の明確な指標が必要であり、大学院教育を行う指導者にとっては教育指針が必要となる。このガイドラインは、放射線治療分野で修士や博士を取得し、医学物理臨床研修を経て医学物理士を目指す大学院生に必要なカリキュラムを示した。また、理工系、放射線技術系の修士や博士を取得後に医学物理士を目指す者に対する医学物理臨床研修生として必要なカリキュラムを示した。本ガイドラインは、医学物理士認定機構による医学物理士認定を目指す者への教育ガイドラインであると共に、医学物理士認定を受けた者への生涯教育の内容も含んでいる。

なお、このガイドラインは、平成 23 年 5 月に当機構としての案を Version 1.1 として公表し一般のコメントをいただいた。Version 1.2 はコメントを受けて改訂したものである。詳細なコメントをいただいたことを感謝いたします。

平成 23 年 10 月 1 日
医学物理士認定機構
代表理事 山田 章吾

1. 放射線治療分野の医学物理教育カリキュラムガイドラインの発行にあたって

2007年、文部科学省は「がんプロフェッショナル養成プラン」を設定した。その目的は、質の高いがん専門医等を養成し得る内容を有する優れたプログラムに対して財政支援を行うことにより、大学院の教育の活性化を促進し、今後のがん医療を担う医療人の養成推進を図ることにある。これに対応するため、2008年2月に日本医学放射線学会（JRS）医学物理士委員会は、放射線治療分野の医学物理士の育成と資質の向上を目指した「医学物理大学院教育カリキュラムガイドライン」、「放射線治療物理レジデント訓練プログラムのガイドライン」を定めた。医学物理士の認定などに関する事業は、JRSが日本医学物理学会（JSMP）の協力のもとに行っていたが、2008年12月に新たに公益法人制度が開始されたことなどを契機として、JRSとJSMPが設立母体となって2009年3月に一般財団法人 医学物理士認定機構（JBMP）を設立し、医学物理士認定業務を移管した。JBMPは、まず制度の見直しなど認定事業の新たな基盤構築に力を注ぎ、医学物理士の育成と資質の向上のガイドラインについてはJRS医学物理士委員会が定めたガイドラインを継承し暫定的に使用してきた。

このたび、JBMPはJSMP教育委員会と連携協議を行い、ここに新たな「放射線治療分野の医学物理教育カリキュラムガイドライン」を定める。

2008年にJRS医学物理士委員会から発行された医学物理大学院教育カリキュラムガイドラインでは、カリキュラムを構築するにあたり、①医学物理士養成のための指導者の不足、②医学物理士養成のための施設・設備の不足、の2つを影響因子として挙げた。これらの影響の軽減のため、医学物理教育カリキュラムの段階的な整備・充実をガイドラインに盛り込み、10年後に目標水準を達成するように時間的配慮を行った。その計画において、初年度（2008年度）から5年目までの初期段階ではカリキュラム内容を厳選して教育することが望まれ、理学あるいは工学部の大学院との連携、医学部間での学科あるいは大学を超えた連携、医療施設との教育連携の重要性を示した。6年目から10年目までの中期段階では、初期段階のレジデント教育を受けた医学物理士を指導者に組み入れてカリキュラム充実を図り、最終段階においては、日本の現状に相応した基準を定め、このカリキュラム基準に適合した施設を医学物理士養成施設として認定し、目標水準に到達することになる。このような時間的配慮による段階的な整備・充実により、米国の医学物理教育プログラム認定委員会（CAMPEP）とほぼ同等の基準まで到達することを目標に定めたガイドラインであった。

これに対してJBMPが定めた本ガイドラインでは、がんプロフェッショナル養成プランに基づく各大学院教育施設からの要望などに配慮し、実施が可能な指針の提示を行っており、ここで定めたカリキュラムガイドラインが教育コースの認定基準となり得る。ただし、医学物理分野は広がりやその奥深さにおいて急速な進歩を遂げているため、3年毎にガイドラインの見直しを行う必要がある。

2. 医学物理教育コースの基本的な考え方

JRS 医学物理士委員会のガイドラインでは、ガイドラインに適合した医学物理士養成施設を認定するとしていたが、複数の大学などに跨る教育コースがあることなどを考慮し、ここで定めるガイドラインは施設認定ではなく教育コース認定を基本とし、複数の施設の複合団体での申請が可能な指針となるように配慮し定めた。医学物理士認定機構の設立とともに改定された医学物理士認定制度細則においては、これから高等教育を受け医学物理士を目指す人達には大学院修士課程のレベルが設定された。したがって、医学物理教育コース設定には、このレベルの教育が実施されるよう配慮されなければならない。JRS 医学物理士委員会のガイドラインで「臨床研修訓練」と標記されていた教育課程は「臨床研修生課程」と改めた。

以下に本ガイドラインにおける医学物理教育コースの基本的な考え方を示す。医学物理教育コースの種類は①修士号取得を目標とした大学院修士課程（2年）、②博士号取得を目標とした大学院博士課程（3～5年、修士・博士一貫課程を含む）、③修士または博士号保有者の臨床研修生課程（2年以上）の3つに大まかに分類することができる。限られた年限内で最大の教育効果を発揮させるためには、コース履修年限に応じて講義および臨床研修の履修のウエイトを変えたコース設定が必要である。ガイドラインでは、①大学院修士課程（2年）教育コースにおいては、講義は必修で臨床研修は選択、②大学院博士課程（3～5年、修士・博士一貫課程を含む）教育コースにおいては講義および臨床研修ともに必修、③臨床研修生課程（2年以上）教育コースにおいては、講義は選択で臨床研修は必修、のコース設定を推奨する。大学院修士課程では、カリキュラム設定上可能な範囲で臨床研修の一部を取り入れることは教育効果を高め、推奨される。医学物理士としての資質を維持するために講習会などでの座学および臨床研修での継続的生涯教育が必要である。

3. 大学院教育課程

3-1. 概説

修士及び博士課程の大学院課程は講義カリキュラムガイドラインを満たすことが推奨される。講義基準の詳細は別紙1「講義カリキュラムガイドライン」に記載されているが、基礎教育科目、必修科目、選択科目が設けられている。基礎教育科目は、それまでの教育課程で物理学的・医学的思考の基礎となる科目を選択してこなかった学生用に設定されており、これらを既に学部等で履修し、十分に習得した学生は履修しなくて良い。医学物理学は物理学の一分野であり、物理学とそれを実践するための数学が必要である。また、基礎医学科目には、解剖学、生理学、病理学がある。必修科目には、放射線物理学、統計学、保健物理学/放射線防護学、放射線診断物理学、核医学物理学、放射線治療物理学、放射線計測学、情報処理学/画像工学といった医学物理系科目の他、医学系科目として放射線診断学/核医学、放射線腫瘍学、放射線生物学、その他として放射線関連法規および勧告/医療倫理が設定されている。これらも、既に履修した者の履修は任意である。また、選択科目には、履修を推奨する科目として医療情報学、科学英語が設定されている。今後の医学物理士には、グローバルな視野と水準での活動が求められるため、科学英語を選択科目とした。実習・演習では、保健物理学/放射線防護学、放射線診断物理学、核医学物理学、放射線治療物理学のすべてを必修としているが、時間配分は各教育施設の裁量に任されている。

このガイドラインにより、現在の放射線治療分野の医学物理士に必要なとされている履修科目を再確認することができる。科目の設定にあたっては、各教育課程が望ましい教育目標に到達するように、トピックの統合や再配置、またその他の手段を動員して教育プログラムのカリキュラムを整備することが可能で、科目設定は各施設独自に行うことが望ましい。

講義カリキュラムガイドラインの他、博士課程では臨床カリキュラムガイドライン（別紙2）に基づく臨床研修を必修とし、特別研究（課程論文）の指導時間も修士課程よりも多く設定している。医学物理士になるためには、臨床環境での研修が必要である。しかし、修士課程では時間的制約から臨床研修を課程内に含むことは一般的に困難で、学位取得後に適切な臨床研修が必要である。また、大学院では研究論文作成による学位取得を目指すことが必須であるため、最新の臨床や研究での課題を学ぶ環境は欠かすことはできない。

このガイドラインに基づいた医学物理大学院課程修了により、①医学物理士として臨床業務に従事できる能力、②医学物理学教育者としての能力、③研究能力、④医療に従事する全職種への放射線教育の能力、などが培われるように設定されている。

3-2. 教育コース代表者

教育コース代表者は臨床研修生課程全体に対する責任をもつ。教育コース代表者の業務は以下の5つである。

- (1) プログラムに十分な時間を使って関与し、適切な方向に導く。
- (2) プログラムの編成と指針に責任をもつと共に、大学院生を教育・指導する。
- (3) 大学院生のために、設備、教育スタッフ、症例、教育的資料などを適切に用意する。
- (4) 大学院生の募集・採用に責任をもつ。
- (5) 大学院生が教育課程で成長することに責任をもち、万一十分な成長が成し遂げられない場合は適切な措置を適用する。

3-3. 課程の教官

博士課程の臨床カリキュラムは、臨床放射線治療物理学、臨床放射線腫瘍学、放射線生物学を教える適切な人数のスタッフを用意しなければならない。博士課程の教官は物理臨床研修を教育・指導するために割り当てられた当該分野の専門家を含まなくてはならない。また、教官は教育プログラムに十分な時間と労力を費やす必要がある。博士課程の教官が博士課程臨床カリキュラムに十分関与することが本プログラムの成功につながる。

博士課程には臨床研修責任者（JBMP 医学物理士認定を受けた医学物理士として5年以上の臨床経験を持ち、受入れ施設で臨床業務に携わっている常勤の医学物理士）の配置（注1）、専任の医学物理士2名以上（注2）、少なくとも1名の専任の放射線治療専門医が含まなければならない。望ましくは、さらに専任の放射線治療専門技師をスタッフに加えると共に、放射線治療品質管理士を有し、放射線生物学者から研修を受けられる手段を用意することである。

注1：2019年3月31日までの移行措置として3年以上の臨床経験

注2：2019年3月31日までの移行措置として専任の医学物理士1名以上

<博士課程の内容>

博士課程の臨床研修内容には以下を含める必要がある。

X線外部照射、電子線治療、密封小線源治療、CTシミュレーション、3次元治療計画、位置照合（IGRTを含む）、患者毎の治療QA（線量分布の検証など）、照射録（チャートチェック）、治療補助具の作成、治療装置と計画装置の受け入れ試験及びコミッションング（装置の立ち上げは必要なく、エッセンスの習得を行う）、治療装置等QA、放射線防護

研修内容の詳細は別紙2を参照されたい。教官は系統的なコースに基づいて臨床研修生を教育すると共に、各大学院生が単独で放射線腫瘍学の全ての分野で臨床物理の手順を実施できることを確認する必要がある。大学院生は各自が実践した臨床物理プロトコルの詳細なリストを所持しておくべきである。このリストは定期的に教育コース代表者とプログラムを運営する委員会によりチェックされ、プログラムの外部チェックのために利用可能な状態にしておくべきである。

3-4 博士課程の研修生数

博士課程の各年度の人数は施設が適切な教育経験を与えられる規模に依存して決めるべきであ

る。臨床カリキュラムの人数は、その施設の医学物理士の数を超えないことが望ましい。

3-5 博士課程臨床カリキュラムの評価

教育コース代表者はプログラムの継続的な評価および各博士課程大学院生の学習レベルと研修成績の文書化に対する責任をもつ。継続的に学習の進捗を確認するために、大学院生は少なくとも隔週に異なる指導教官と順次、面談することが望ましい。また、月に一度、博士課程大学院生は教育コース代表者と面談することが望ましい。面談結果を適切に文書化することにより、博士課程大学院生の評価基準を標準化できる。各指導教官による研修終了時に筆記試験を実施すべきである。さらに、少なくとも年に一度、教育コースを運営する委員会と教官による口頭試験を実施して、博士課程大学院生の成績と進捗を文書化すべきである。全ての評価結果を大学院生と議論し、議論の内容を記録すべきである。教育コース代表者は各大学院生の他施設における過去の研修内容を記録し、本博士課程の一部に充当することを検討すべきである。

4. 臨床研修生課程

本教育課程の目的は、医学物理士としての基本的臨床業務を単独で遂行できるレベルに到達することにある。そのために必要な知識を身に付けながら実務経験を積むことが必要になる。このプログラムで教育・研修を受けた後は、放射線治療の基本的医学物理業務を単独で遂行でき、必要な場合は経験ある医学物理士と協議して複雑な業務を遂行できなければならない。

4-1. 必要とされる知識

放射線治療の医学物理臨床研修生（医学物理レジデント）は、医学物理士認定機構（JBMP）認定医学物理大学院課程カリキュラム修了生であることが最も望ましい。なぜなら、臨床研修生のカリキュラムは、大学院で習得した知識を指導者のもとで実践し、単独で業務を行えるレベルに到達することを目的としているからである。ただし、認定博士課程で、在学中に臨床研修を修了している場合にはこの限りではない。認定されていない医学物理の大学院または放射線技術系あるいは理工系大学院の修了生の場合は、適切な医学物理の大学院や研究施設などのコースを受講するか、あるいはJBMPの放射線治療物理大学院教育カリキュラムに基づいて構成された段階的な自習プログラムに参加すること望ましい。

本プログラムの臨床研修生に対しては、定期的に医学物理の知識を評価することが極めて重要である。大学院や研究施設などのプログラムを受講している場合は定期試験に合格するように指導する必要がある。医学物理臨床研修生の応募資格は4-2に記載されている。本プログラムの臨床研修生が修了時までには必ず身につけるべき事項を別紙2に記載した。

4-2. 医学物理臨床研修生プログラムの構成と実施内容

<研修期間>

医学物理大学院修士課程修了後、あるいはそれ以外の大学院修了後、少なくとも2年間の臨床研修が必要である。臨床研修プログラムは臨床施設の放射線腫瘍部門にある程度依存することになるが、最初の1年間は臨床放射線治療物理を広く経験できるようにすべきである。1年目の研修の目的は、単独でまたは共同での管理や幅広い臨床物理業務を習得することにある。

2年目の研修では、1年目の経験の上に、責任レベルの向上と治療装置・治療計画装置のコミッションングなどの特別な項目などが追加される。強度変調放射線治療（IMRT）、定位手術的照射（SRS）、定位放射線治療（SRT）、全身照射（TBI）、電子線全身皮膚照射（TSET）、前立腺のシード線源治療（PSI）などの特殊治療法については、2年目に研修されることが望ましい。この2年の間に、臨床的な研究開発プロジェクトも研修プログラムの一環として用意されることも重要である。また、必要に応じて関連病院における適切な臨床研修が実施されるべきである。

<教育コース代表者>

教育コース代表者は臨床研修生課程全体に対する責任をもつ。教育コース代表者の業務は以下の5つである。

- (6) プログラムに十分な時間を使って関与し、適切な方向に導く。
- (7) プログラムの編成と指針に責任をもつと共に、臨床研修生を教育・指導する。
- (8) 研修生のために、設備、教育スタッフ、症例、教育的資料などを適切に用意する。
- (9) 臨床研修生の募集・採用に責任をもち、採用する研修生が 4-2 に記載された条件を満足することを確認する。
- (10) 臨床研修生が課程で成長することに責任をもち、万一十分な成長が成し遂げられない場合は適切な措置を適用する。

<臨床研修生課程の教官>

臨床研修生課程は臨床放射線治療物理学、臨床放射線腫瘍学、放射線生物学を教える適切な人数のスタッフを用意しなければならない。臨床研修生課程の教官は物理臨床研修を教育・指導するために割り当てられた当該分野の専門家でなければならない。また、教官は教育プログラムに十分な時間と労力を費やす必要がある。臨床研修生課程の教官が臨床研修生課程に十分関与することが本プログラムの成功につながる。臨床研修生課程の教官は下記の学術的な活動に関与すべきである。

- (1) 地域的、全国的な学会および海外での国際学会への参加
- (2) 自分自身の生涯教育プログラムへの参加
- (3) 論文投稿や学会発表

臨床研修生課程には臨床研修責任者（JBMP 医学物理士認定を受けた医学物理士として5年以上の臨床経験を持ち、受入れ施設で臨床業務に携わっている常勤の医学物理士）の配置（注1）、専任の医学物理士2名以上（注2）、少なくとも1名の専任の放射線治療専門医が含まなければならない。望ましくは、さらに専任の放射線治療専門技師をスタッフに加えると共に、放射線治療品質管理士を有し、放射線生物学者から研修を受けられる手段を用意することである。

注1：2019年3月31日までの移行措置として3年以上の臨床経験

注2：2019年3月31日までの移行措置として専従の医学物理士1名以上

<臨床研修生課程の内容>

臨床研修生課程の臨床研修内容には以下を含める必要がある。

X 線外部照射、電子線治療、密封小線源治療、CT シミュレーション、3次元治療計画、位置照合（IGRTを含む）、患者毎の治療QA（線量分布の検証など）、照射録（チャートチェック）、治療補助具の作成、治療装置と計画装置の受け入れ試験及びコミッションング（装置の立ち上げは必要なく、エッセンスの習得を行う）、治療装置等QA、放射線防護

研修内容の詳細は別紙2を参照されたい。教官は系統的なコースに基づいて臨床研修生を教育すると共に、各研修生が単独で放射線腫瘍学の全ての分野で臨床物理の手順を実施できることを確認する必要がある。研修生は各自が実践した臨床物理プロトコールの詳細なリストを所持しておくべきである。このリストは定期的に教育コース代表者とプログラムを運営する委員会によりチェックされ、プログラムの外部チェックのために利用可能な状態にしておくべきである。

<臨床研修生課程の研修生数>

臨床研修生の人数は施設が適切な教育経験を与えられる規模に依存して決めるべきである。2年の研修を受ける臨床研修生の人数は、その施設の医学物理士の数を超えないことが望ましい。

<臨床研修生課程の評価>

教育コース代表者はプログラムの継続的な評価および各臨床研修生の学習レベルと研修成績の文書化に対する責任をもつ。継続的に学習の進捗を確認するために、臨床研修生は少なくとも隔週に異なる指導教官と順次、面談することが望ましい。また、月に一度、臨床研修生は教育コース代表者と面談することが望ましい。面談結果を適切に文書化することにより、研修生の評価基準を標準化できる。各指導教官による研修終了時に筆記試験を実施すべきである。さらに、少なくとも年に一度、研修プログラムを運営する委員会と教官による口頭試験を実施して、研修生の成績と進捗を文書化すべきである。全ての評価結果を臨床研修生と議論し、議論の内容を記録すべきである。教育コース代表者は各臨床研修生の他施設における過去の研修内容を記録し、本臨床研修生課程の一部に充当することを検討すべきである。

<研修生の条件>

臨床研修生に応募するためには以下の要件を満たしている必要がある。

(1) 学位

以下のいずれかの修士号または博士号を取得していること。

- A. JBMP 認定の医学物理教育コース
- B. 機構未認定の医学物理教育コース
- C. 放射線治療技術教育コース
- D. 物理学に密接に関与する分野の教育コース

(注) 将来的には、A. が望ましい。

(2) 基礎知識

放射線技術分野の大学院コース、物理学またはそれに深く関係する分野の大学院コース修了者などで、講義カリキュラムガイドラインを満たした教育課程を修了していない者に対しては、臨床研修生修了までに講義カリキュラムガイドラインを満たすようなカリキュラムを組み立てる必要がある。

5. 生涯教育について

医学物理分野の知識は多岐に渡り、医療技術は急速に進歩している。そのため、医学物理士がその資質を維持し向上させるためには定期的な生涯教育の場が必要であり、その内容は、表3にあるような医学物理の実践に必要な知識と実務の再教育である。そのためには講習会などの座学と共に、臨床実務の研修が必要と考える。

JBMP は生涯教育に有用な講習会などを認定しその指針を示している。

6. 最後に

医学物理教育コース・放射線治療分野のゴールは、医学物理士としての教育を受けることにより、医学物理の3つの柱の1つの放射線治療分野において業務を一人で実践できる知識と能力を獲得することである。本邦では今までの医学物理士の臨床研修プログラムはなく、2008年になって初めてJRS医学物理士委員会により初めて日本における医学物理教育カリキュラムが示されたが、これは欧米の研修プログラムを基準に作成したものであり、日本の現状への配慮が不十分であった。本ガイドラインでは、がんプロフェッショナル養成プランに採択された教育施設からの意見を基に作成されており、日本の医学物理士が身につけるべき講義カリキュラムガイドラインと臨床カリキュラムガイドラインにより大学院教育課程と臨床研修生課程に最低限必要な要件を示した。まだまだ改善の余地はあるであろうが、それなりに過去の諸先輩のご努力と機構の成果を反映したガイドラインになったと思う。今後は、一定の条件を満たす教育課程には機構が認定を与え、これを医学物理士認定制度にも反映させることとした。さらに継続的に学習することが望ましい生涯教育について定めた。

本ガイドラインで特筆すべきは、理工系や技術系といった区別をなくした同一の基準の医学物理士ガイドラインを、日本独自の基準に基づき作成した点である。医学物理教育施設が本ガイドラインに述べられた最小限の必須要件を満足するプログラムを編成することにより、修了生が所定のレベルに到達することを信じるものである。複数の施設が協力してこれらの最小限の必須要件を満足させることも今後の日本の医学物理教育のために有効であると信じてやまない。

別紙1：講義カリキュラムガイドライン

表1に講義カリキュラムの科目、時間数、単位数のガイドライン一覧表を示す。次に履修科目の概要を示し、その科目ごとの具体的な内容は表2-1から2-20にまとめた。これらを一つの施設で必ずしも満たす必要はなく、他施設との連携により満たすことも推奨される。

表1：講義カリキュラムの科目、時間数、単位数ガイドライン

科目		最小時間数 (注1)	コマ数 (注2)	最小単位 (注3)	
基礎教育科目	力学（必修）	30	15	2	
	基礎物理学（選択から最低2科目選択、合計8単位）	電磁気学（必修）	30	15	2
	熱力学・統計力学（選択）	30	15	2	
	量子力学（選択）	30	15	2	
	原子核物理学（選択）	30	15	2	
	物理数学（選択）（注4）	15	8	1	
	解剖学（必修）	15	8	1	
	生理学（必修）	15	8	1	
	病理学（必修）	15	8	1	
放射線物理学（必修）		30	15	2	
統計学（必修）		15	8	1	
保健物理学/放射線防護学（必修）		30	15	2	
放射線診断物理学（必修）		15	8	1	
核医学物理学（必修）		15	8	1	
放射線治療物理学（必修）		30	15	2	
放射線計測学（必修）		30	15	2	
情報処理学/画像工学（必修）		15	8	1	
医療情報学（選択）（注4）		15	8	1	
放射線診断学/核医学（必修）		15	8	1	
放射線腫瘍学（必修）		15	8	1	
放射線生物学（必修）		15	8	1	
放射線関連法規および勧告/医療倫理（必修）		15	8	1	
科学英語（選択）（注4）		15	8	1	
実習・演習（保健物理学/放射線防護学、放射線診断物理学、核医学物理学、放射線治療物理学）（必修）		60	30	2	
臨床研修（修士選択、博士必修）		30（修士）	15（修士）	1（修士）	

	60 (博士)	30 (博士)	2 (博士)
特別研究 (課程論文) (必修)	60 (修士) 150 (博士)	30 (修士) 75 (博士)	2 (修士) 5 (博士)
日本の大学院設置基準に適合しなければならない。			
注1 : 時間とは1単位時間 (45分) に相当し、90分で1コマ換算である。			
注2 : 年間は前期、後期に分け、両期とも15コマが設定可能			
注3 : 授業科目における単位換算は15時間半期で1単位である。 実習・演習科目における単位換算は30~45時間半期で1単位である。			
注4 : 物理数学、医療情報学、科学英語は必修ではないが、強く履修を勧める。			
注5 : 学部あるいは修士課程において履修した科目は、履修を免除できるシステムが構築されていることが望ましい。			
注6 : 基礎教育科目の内容は、物理系 (応用物理系含む)、医学系の学部教育科目相当以上であることがのぞましい。			
注7 : 上記内容が履修されていれば、科目立ては各教育施設で独自に可能である。			
注8 : 各科目の詳細については、表2-1から表2-20を参照のこと。			

履修科目の概要

1 基礎教育科目

医学物理学の基礎となる学問分野で、放射線技術系で基礎物理学を履修していない者、理工系で基礎医学系科目を履修していない者には必修とするが、それまでの課程で既に履修している者は履修する必要はない。

1-1 基礎物理学

物理学を理解する上で基本となる力学および電磁気学を必修とし、熱力学・統計力学、量子力学、原子核物理学の中から2科目を選択する。いずれの科目も、物理学を学習する上で基礎となる項目で構成される。内容の理解のみならず、これらの学習を通して物理的思考を身につけることが重要である。物理系 (応用物理系含む) の学部教育科目相当以上であることがのぞましい。

1-2 物理数学

医学物理を実践するための、線形代数、微分・積分学、フーリエ解析、特殊関数、微分・積分方程式、数値計算法などの物理数学の基礎と考え方を身につける。基礎物理学の一部として履修することも可能であるため選択科目とした。物理系 (応用物理系含む) の学部教育科目相当以上であることがのぞましい。

1-3 解剖学

医学の基礎は解剖である。医学系の学問ではまず、人体の解剖学的構造を認識して、主要な臓

器の構造を理解する必要がある。同時に、医師や他の医療人との共通言語となる医学用語を理解する。解剖学的構造は、画像診断に必要な知識と関連づけられるべきであり、CTなどの人体の横断面での解剖構造の理解も必要である。

1-4 生理学

医学物理学の対象は人体であり、人体の機能とその維持、生殖や成長に対する人体の生理学的機構を理解することで、医学物理学の求めるものが理解できる。生理学的機能も、画像診断に必要な知識と関連づけられるべきである。

1-5 病理学（腫瘍病理学）

疾病の成因と分類、疾病による組織学的変化を学習する。放射線治療の対象になる腫瘍については悪性と良性の差、特に悪性腫瘍については、分類、癌腫と肉腫の違い、臓器毎の種類、病理学的分類、分化度、悪性度などを理解する。代表的な悪性腫瘍についての概略を述べられるレベルに到達することが望ましい。

2 理工系科目

2-1 放射線物理学

放射線物理学は、放射線と物質の相互作用を扱い、医学物理の基本となるものである。物理量と単位から始まり、各種放射線と物質の相互作用を理解し、また放射性同位元素崩壊、エネルギー付与・吸収、各種核反応を学ぶ。ナローおよびブロードビームにおける指数関数的な減衰の違いを理解してから、遮蔽計算を学習する。すべての線量測定は荷電粒子平衡・放射線平衡・空洞理論の適用に基づいており、この理論を勉強した後に、実際的な線量測定器（電離箱、固体線量計）について学ぶべきである。

2-2 統計学

このコースでは統計学の数学的理論を理解し、データの客観的な評価の仕方、方法を学ぶ。これを基に、実験計画、調査、データ取得・編集・解析・解釈・発表・経験的研究に基づくデータの報告などを通じて、統計解析の実践的な能力を養う。また、医学統計に特徴的な生存時間解析にも焦点を当てる。医療統計用基本ソフトウェアの簡単なプレビューも含まれる。

2-3 保健物理学/放射線防護学

放射線防護学は医学に限らず、放射線の安全な応用には必要な学問である。放射線防護は医学物理学のどの領域でも必要である。それはミクロスコピックな相互作用と細胞レベルの反応の間を結びつける基礎となる。その結果として、広範囲なトピックが論じられる。特に重要な項目は、検出装置および遮蔽解析である。訴訟が増加している現代社会においては、広範囲な環境規制がなされている。完全な防護教育には、計測器、環境調査、生物評価、遮蔽などに関する一連の講義が必要である。この項では、放射線治療に関する放射線防護、個人レベルおよび治療施設に立ち入る一般人への放射線防護方法、関連法規、行動規範、記録保存などを中心に学習する。また、

患者防護の観点から小児放射線診断、CT、IVRなどにおける被ばく線量低減についても学ぶ。

2-4 放射線診断物理学

放射線診断物理学は電離放射線、超音波、核磁気共鳴など、おもに疾患による形態上の変化を画像化して診断に用いる医学の一分野である。その技術はX線撮影、CT、MRI、超音波検査、核医学検査など多岐に渡る。治療領域の決定、治療中の照射領域への誘導、治療中・治療後の病巣の変化等の経過観察等に有用とされる。これらの技術の原理を理解させる講義は正しい診断と判断を得る上で重要である。この項では、放射線診断物理学の物理的原理から臨床現場での応用について理解させ、それぞれの解析技術の定量性について講義を行う。また、画像診断領域は特に進化の目覚ましい分野である。この項で最新技術の情報・知識を提供する。

2-5 核医学物理学

この項では、核医学物理学の基本である放射性医薬品の物理的性質および生成法を学び、ガンマカメラ、PET システム、SPECT システム、PET/CT システムといった新しい測定システムも含め、その原理と性能評価、および管理について言及する。

2-6 放射線治療物理学

放射線治療における物理的性質を理解することを目指す。放射線治療の現場で起こる問題に対処するためには放射線治療に関わる物理について正しく理解していることが必要である。まず吸収線量に関係する物理量についての定義について説明する。様々な条件によって変わる線量分布の変化について、その物理的な原因を含めて理解することを目指す。また、小照射野、不均質な媒質中のような特殊な場合において線量分布がどのように変化するのか、その背後になる物理的過程を含めて説明を行う。現代の放射線治療において線量分布を正確に計算することは治療精度を考える上でもっとも重要な要素の一つである。補正係数に基づいた線量計算に始まり、現代的なペンシルビーム法、コンボリューション／スーパーポジション法について説明する。これらの方法について物理的な仮定、その限界について理解することを目指す。また、線量計算の基礎方程式である輸送方程式、それを正確に解く方法の一つで近年広く用いられ始めているモンテカルロ法についても概説する。小線源、陽子線、重粒子線についても説明を行う。最後に、放射線治療計画の基礎的な部分についての説明を行う。対向 2 門に始まり強度変調放射線治療のような複雑な照射までビームの配置によりどのような線量分布を得ることができるのか、ウェッジ、コンペンセータ、MLC が線量分布にどのような影響を与えるのか理解することを目指す。電子線治療、小線源治療、陽子・重粒子・中性子線治療についても概説する。

2-7 放射線計測学

放射線計測の基礎原理及び応用について学ぶ。線量計の種類と一般的特性、ICRU（国際放射線単位測定委員会）の線量測定の量と単位の定義、絶対線量測定と相対線量測定のテクニック、トレサビリティの概念と実行方法、線量測定の解釈から、熱量計、化学（フリッケ）線量計、空洞理論、電離箱、パルスモード検出器の各論について学ぶ。

放射線計測の基礎となる放射線と物質との相互作用を学び、そこから生じる物理量の定義と単位を理解する（ICRU（国際放射線単位測定委員会）を参照）。また、実際に放射線計測に用いられる様々な検出器（熱量計、化学（フリッケ）線量計、ガス検出器、シンチレータ、TLD、半導体検出器、フィルムなど）の動作原理と特徴を解説し、現場における放射線計測の理論と測定データの解析法について体系的に述べる。さらに、放射線計測の理解を通じて、放射線の安全管理についても理解を深める。

2-8 情報処理学/画像工学

医療現場では各種の医用画像が大量に取り扱われ、また、これらの画像は治療前の診断のためだけでなく、放射線治療計画の立案や治療後の経過観察にも使用される。医学物理士として工学的側面から医用画像を理解するためには、画像工学の基礎を学習することが必須である。具体的には、情報理論、信号理論を学び、続いて画像の数式表現、画像変換などを学ぶ。これらを基礎に画像解析や圧縮等について学習する。また、多くの医療現場ではすでに、様々な情報システムが稼働している。将来的には、すべての医療現場で電子カルテシステムが稼働し、遠隔医療も実用化されるであろう。医学物理士は部門管理者としてそれらの医療情報システムに関与する可能性が高いため、医療情報システムで行われている情報処理の基礎を身につけておく必要がある。この項では、これらについての概略を学ぶ。（医療情報システムについては、選択科目の医療情報学で詳細に扱われる）

2-9 医療情報学

現在の医療現場においてコンピュータとそのネットワークは必要不可欠である。医療現場における大量の情報を迅速に的確に処理するためのシステムを構築し、管理・運用していくためにはコンピュータ、ネットワーク、その上での情報処理について正しく理解しておく必要がある。また、病院間、部門間で情報を共有するためには情報の保存、交換に関する標準規格が必要になってくる。この科目においては医療現場における情報システムとそれに関する標準規格、関連法規を放射線治療に特有のものを含めて理解することを目指す。近年、情報のセキュリティ管理が非常に重要になってきている。情報の管理法についても関連法規を含めて正しい知識を身につけさせることを目指す。

3 医学系科目

3-1 放射線診断学/核医学

現代の医学は、画像診断学の進歩に裏打ちされており、放射線治療も例外ではない。精密な画像と腫瘍の広がり正しい診断により、放射線治療が組み立てられる。各種画像診断の方法、選択法、正常画像、異常像、悪性腫瘍による変化を学習する。

3-2 放射線腫瘍学

放射線治療の対象のほとんどは悪性腫瘍である。放射線治療の特徴、適応、方法と処方を理

解し、問題となる有害事象を理解する。放射線治療の方法は外部照射、小線源治療、内用療法に大別される。外部照射では、X線、電子線、粒子線などの放射線の選択と適応、処方 の原理などを理解し、小線源治療、内用療法それぞれの対象疾患と病態、適応と概要を理解する。各部位のがん治療における適応と役割、治療法を学習し、脳腫瘍、頭頸部癌、肺癌、乳癌、食道癌、前立腺癌、子宮頸癌、悪性リンパ腫など代表的疾患の治療の概略を理解する。

3-3 放射線生物学

放射線治療は放射線の生物的作用に基づいて発展を遂げてきた。放射線の生物作用は潜伏期間をもち、放射線による障害を引き起こす場合もある。医療で放射線を有効かつ安全に用いるためには、放射線による生物効果・障害に関する基礎的な理解は非常に重要である。電離放射線が生物に与える効果に対する研究が「放射線生物学」の分野であり、放射線を使う全ての従事者に必須な放射線生物学の基礎について講義を行う。特に、この放射線生物学の知識を活用した悪性腫瘍の放射線治療に対する照射方法の改良は現在も活発に行われており、これらの理解に必要な知識も提供する。この項では放射線治療分野の医学物理の基礎の理解に必要な放射線生物学について説明する。

4 その他の科目

4-1 放射線関連法規および勧告/医療倫理

医学物理士の業務に必要な放射線関連法規および勧告を学び、臨床医学と科学研究における、医療従事者としての心構えや倫理上の問題を取り扱う。倫理について文書化された行動規範を学ぶことに加えて、行動の選択が必要な場面を知っておく必要があり、授業の中でケーススタディを行うことを勧める。これにより、倫理的判断が難しい様々なケースについて学生自身に考えさせることができるし、教官も参加すれば、意見や類似するケースに関する過去の経験談を述べることもでき有用である。

4-2 科学英語

国際学会での発表と討論、英語の学術論文作成に必要な英語力を身につける。国際学会での発表と討論、英語の学術論文作成に必要な英語力を身につける。科学全般および医学物理学で必要とされる英語表現を学び、その上で論文やプレゼンテーションで用いる英語表現および構成を学ぶ。発表の構成要素のそれぞれが持つ役割を理解し、論文およびプレゼンテーションのそれぞれに応じた英語による表現方法を学ぶ。発表の構成は、論文の種類や読者、プレゼンテーションの種類、時間、聴衆に応じて多岐にわたるため、発表の目的に応じて構成を最適化する必要がある。準備から発表までの過程を、具体例をふんだんに交えながら学習することが望ましい。

5 実習・演習

講義での学習内容を身につけるための実習と演習。保健物理学/放射線防護学、放射線診断物理

学、核医学物理学、放射線治療物理学のそれぞれを必修とする。内容は、表2の講義内容に関連した実習・演習科目とし、それぞれの教育コースでの特色あるものが望ましい。例を表2-20に示した。

6 臨床研修

別紙2「臨床カリキュラムガイドライン」を参照。

表 2-1 基礎物理学

項目	内容
1. 力学	<p>(a) 質点の運動</p> <ul style="list-style-type: none"> i. デカルト座標と極座標 ii. ガリレイ変換 iii. 位置、速度、加速度 iv. 慣性の法則 <p>(b) 力と運動</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 運動方程式 ii. 作用・反作用の法則 iii. 運動量と力積 iv. 糸の張力の問題 <p>(c) 運動方程式の解法</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 等加速度運動 ii. 抵抗のある運動 iii. 調和振動 iv. 減衰振動 v. 強制振動 vi. ファン・デル・ポールの方程式 <p>(d) 力学的エネルギー保存則</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 仕事とエネルギー ii. 保存力 iii. 運動エネルギー iv. ポテンシャルエネルギー v. 力学的エネルギー 保存の法則が成立しない場合 <p>(e) 角運動量</p> <ul style="list-style-type: none"> i. ベクトル積 ii. 角運動量とモーメント <p>(f) 万有引力</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 万有引力 ii. 惑星の運動 <p>(g) 剛体の運動</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 平面運動 ii. 固定点周りの運動 iii. 運動方程式 iv. 歳差運動 <p>(h) 解析力学</p>

	<ul style="list-style-type: none"> i. 仮想仕事の原理 ii. 変分法 iii. ダランベール原理 iv. ハミルトン原理と最小作用の原理 v. ラグランジュ方程式 vi. 正準方程式 <p>(i) 特殊相対性理論</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 慣性座標系 ii. ローレンツ変換 iii. 4元ベクトル iv. 運動量, 質量, 力学的エネルギー v. 運動方程式 vi. 運動学
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>2. 電磁気学</p>	<ul style="list-style-type: none"> (a) 電場と電位 <ul style="list-style-type: none"> i. クーロンの法則 ii. 電場と電気力線 iii. 電荷に伴うエネルギー iv. ガウスの法則 v. 種々の電場とエネルギー vi. 電位 (b) 磁場 <ul style="list-style-type: none"> i. 磁場と磁力線 ii. ローレンツ力 iii. ビオ・サバールの法則 iv. アンペールの法則 (c) 電磁誘導 <ul style="list-style-type: none"> i. 誘導電場 ii. 電磁誘導の法則 iii. 起電力 (d) マクスウェル方程式 <ul style="list-style-type: none"> i. 電荷保存則と連続方程式 ii. 変位電流 iii. マクスウェル方程式 iv. 電磁波 (e) 電磁場のエネルギー <ul style="list-style-type: none"> i. 荷電粒子系のエネルギー ii. 静電場のエネルギー iii. 静磁場のエネルギー (f) 導体に伴う静電場 <ul style="list-style-type: none"> i. 導体と静電場 ii. 鏡像法 iii. 一意性の定理 iv. ラプラス方程式とポアソン方程式 (g) 回路 <ul style="list-style-type: none"> i. 抵抗とジュール熱 ii. Pelier 効果、Thomson 効果、Seebeck 効果 iii. 熱起電力と熱伝対とそれらによる温度測定法 iv. コンデンサとコイル v. 電気回路 vi. 交流と複素インピーダンス
----------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>(h) 誘電体と磁性体</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 誘電体と分極 ii. 分子電極 iii. 真電荷と電束密度 iv. 磁性体と磁化ベクトル v. 磁場と磁化電流 <p>(i) 接触電位と電極電位</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 接触電位差 ii. フェルミ準位
<p>3. 熱力学・統計力学</p>	<p>(a) 温度と状態方程式</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 単原子分子の理想気体 ii. エネルギーと圧力 iii. 状態方程式 <p>(b) 熱力学諸過程</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 可逆過程と不可逆過程 ii. 熱機関 iii. エントロピー iv. 熱力学第1法則および第2法則の数式化とそれらの応用 <p>(c) 平衡条件と巨視的状态量</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 平衡状態と状態数 ii. 等重率の原理 iii. カノニカル分布 iv. 状態数と熱平衡 v. 温度とエントロピー vi. 自由エネルギー vii. 熱力学第3法則 viii. 化学ポテンシャル <p>(d) 力学と確率</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 量子力学と確率 ii. エルゴートの仮定 iii. 統計力学的母集団と統計概念 <p>(e) ボルツマン分布と分配関数</p> <ul style="list-style-type: none"> i. ボルツマン分布 ii. 分配関数 <p>(f) 化学反応</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 化学反応 ii. 化学平衡

	<p>(g) 相転移</p> <ul style="list-style-type: none">i. 固体・気体の相転移ii. ファンデルワールス理論iii. 液体・気体の相転移iv. 潜熱v. 強磁性体の相転移 <p>(h) 超電導と磁場</p> <ul style="list-style-type: none">i. 超電導の基本的性質ii. 超電導相転移の熱力学iii. ロンドン方程式iv. 第2種超伝導体 <p>(i) 量子統計力学</p> <ul style="list-style-type: none">i. プランク分布ii. デバイ理論iii. フェルミ-ディラック統計iv. ボーズ-アインシュタイン統計
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4. 量子力学	<p>(a) 前期量子論</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 光量子 ii. 光電効果 iii. コンプトン散乱 iv. ボーアの原子模型 v. 角運動量の量子化とスピン vi. プランクの輻射法則 vii. ド・ブロイ波 <p>(b) シュレーディンガー方程式</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 不確定性原理 ii. 自由粒子 iii. 束縛状態 iv. 連続状態 v. 水素原子 vi. 調和振動子 vii. 散乱問題 viii. ハイゼンベルクの運動方程式 <p>(c) 近似解法</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 定常状態の摂動論 ii. 時間依存の摂動論 iii. 変分法 <p>(d) 散乱問題</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 断面積 ii. ボルン近似 iii. 部分波展開と位相のずれ <p>(e) 相対論的量子力学</p> <ul style="list-style-type: none"> i. クライン・ゴルドンの方程式 ii. ディラックの方程式 iii. パウリ表現
---------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5. 原子核物理学	<p>(a) 原子核の大局的性質</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 大きさと密度の飽和性 ii. 質量と結合エネルギー iii. 質量公式 iv. スピン・パリティ v. 電磁モーメント <p>(b) 核力と 2 体問題</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 重陽子 ii. 核子-核子散乱 iii. 中間子 <p>(c) 原子核構造</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 殻模型と魔法数 ii. 集団模型 iii. クラスタ模型 <p>(d) 原子核反応</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 反応断面積 ii. 弾性散乱と光学ポテンシャル iii. 直接反応とボルン近似 iv. 共鳴反応と複合核 v. 原子核反応の運動学 <p>(e) 原子核の寿命と崩壊</p> <ul style="list-style-type: none"> i. α 崩壊と強い相互作用 ii. β 崩壊と弱い相互作用 iii. γ 崩壊と電磁相互作用 <p>(f) 核分裂と核融合</p>
-----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

表 2-2 物理数学

項目	内容
1. 線形代数	<p>(a) 行列演算</p> <p>(b) 線形一次方程式</p> <p>(c) 固有値問題</p> <p>(d) ベクトル解析</p>
2. 微分・積分学	<p>(a) 常微分、偏微分</p> <p>(b) 一次元積分、多次元積分</p> <p>(c) 関数論基礎</p>
3. フーリエ解析	<p>(a) フーリエ級数</p> <p>(b) フーリエ変換</p>

	(c) ラプラス変換
4. 微分・積分方程式	(a) 常微分方程式 (b) 偏微分方程式 (c) 積分方程式
5. 数値計算法	(a) 常微分方程式の数値解法 (b) 偏微分方程式の数値解法 (c) 一次方程式の数値解法 (d) 行列固有値問題の数値解法 (e) 数値微分・積分

表 2-3 解剖学

項目	内容
1. 解剖学総論	(a) 解剖学的命名法 (b) 人体部位（頭部、頭頸部、胸部、腹部、骨盤、四肢） (c) 解剖学的な位置と方向（近位、遠位、水平、矢状、前額）
2. 脳神経	(a) 脳（大脳、小脳、脳幹） (b) 脳神経 (c) 脊髄（頸髄、胸髄、腰髄、馬尾） (d) 末梢神経
3. 感覚器	(a) 視覚器 (b) 聴覚器 (c) 平衡感覚器・内耳・嗅覚器 (d) 味覚器 (e) 体性感覚器
4. 呼吸器	(a) 肺 (b) 気管、気管支 (c) 胸膜、胸郭
5. 乳房	(a) 乳房 (b) 腋窩、鎖骨上窩
6. 循環器	(a) 心、大血管 (b) 縦隔
7. 消化器	(a) 口腔、咽頭食道 (b) 食道 (c) 胃、十二指腸、小腸 (d) 結腸、直腸、肛門 (e) 肝臓、胆道系 (f) 膵臓

8. 泌尿器	(a) 腎臓 (b) 腎盂、尿管 (c) 膀胱、尿道
9. 生殖器	(a) 男性生殖器（前立腺、精巣、陰茎） (b) 女性生殖器（子宮、卵巣、卵管）
10. 内分泌・免疫	(a) 脳下垂体 (b) 甲状腺 (c) 副腎 (d) リンパ管、リンパ節、脾臓
11. 骨軟部	(a) 頭蓋骨（後頭骨、蝶形骨、側頭骨、前頭骨） (b) 椎体（頸椎、胸椎、腰椎、仙骨） (c) 体幹骨（肋骨、胸骨） (d) 骨盤骨 (e) 四肢骨（上肢、下肢） (f) 筋肉

表 2-4 生理学

項目	内容
1. 細胞の一般生理	(a) 細胞の微細構造と機能 (b) 細胞環境
2. 神経と筋の生理	(a) 膜興奮性とイオンチャンネル (b) 筋肉とその収縮 (c) 興奮の伝達
3. 大脳の機能	(a) 大脳皮質と機能局在 (b) 大脳皮質活動とその調節、連合野の機能 (c) 学習と記憶、情動と動機づけ
4. 感覚機能	(a) 体性感覚 (b) 視覚 (c) 聴覚、平衡感覚 (d) 味覚、嗅覚
5. 運動機能	(a) 筋と運動ニューロン (b) 脊髄 (c) 脳幹 (d) 大脳皮質と大脳基底核 (e) 小脳

6. 自律機能	(a) 自律神経系 (b) 視床下部と辺縁系 (c) 総合機能
7. 血液	(a) 血液の組成と性状 (b) 赤血球、鉄の代謝、血液型、輸血 (c) 白血球、免疫 (b) 血液凝固
8. 循環	(a) 心臓の働き (b) 血液循環 (c) 循環系の調節
9. 呼吸	(a) 気道・肺胞の構造と機能 (b) 呼吸運動、肺気量、換気力学 (c) 呼吸反射、化学調節 (d) 肺循環、ガス交換、血液ガス
10. 消化と吸収	(a) 消化液の分泌 (b) 消化管の運動 (c) 消化管の吸収 (d) 消化管ホルモン、免疫機能
11. 体液調節と尿の生成、排泄	(a) 体液調節 (b) 尿の生成 (c) 尿の排泄
12. 内分泌	(a) 視床下部ホルモン (b) 下垂体ホルモン、成長ホルモン、プロラクチン (c) 副腎皮質ホルモン、副腎髄質ホルモン、ACTH (d) 性ホルモン (e) 甲状腺刺激ホルモン、甲状腺ホルモン (f) 上皮小体ホルモン、カルシトニン (g) 膵島ホルモン
13. 生殖	(a) 性の決定と分化、性の発育 (b) 男性の生殖機能 (c) 女性の生殖機能 (d) 妊娠と分娩

表 2-5 病理学（腫瘍病理学）

項目	内容
1. 病理診断	(a) 細胞診断 (b) 生体組織診断、術中病理診断 (c) 染色法
2. 疾病の分類	(a) 変性 (b) 循環障害 (c) 奇形（遺伝病と発生異常） (d) 炎症と免疫障害 (e) 腫瘍
3. 生命現象と病理	(a) 個体死、脳死と臓器死のずれ (b) 組織・細胞死 (c) 寿命と老化、老化に付随した病気、病変
4. 腫瘍病理総論	(a) 腫瘍の定義 (b) 良性腫瘍 (c) 悪性腫瘍（癌、肉腫）
5. 腫瘍の病理学的分類	(a) 形態的特性による分類 (b) 悪性度からみた分類 (c) 宿主反応の特性による分類 (d) 増殖・進展度による分類 (e) TNM 分類
6. 腫瘍の形態と構造	(a) 腫瘍の肉眼形態 (b) 腫瘍の組織形態
7. 腫瘍の発生と進展	(a) 腫瘍の発生 (b) 増殖と成長 (c) 悪性腫瘍における浸潤と転移 (d) 腫瘍の境界領域 (d) 重複癌

8. 腫瘍病理各論	<ul style="list-style-type: none"> (a) 脳腫瘍 (b) 頭頸部腫瘍 (c) 呼吸器腫瘍（肺癌） (d) 乳腺腫瘍（乳癌） (e) 消化管腫瘍（食道癌、胃癌、大腸癌、直腸癌） (f) 消化器腫瘍（肝癌、胆道癌、膵癌） (g) 泌尿器腫瘍（腎癌、膀胱癌、前立腺癌） (h) 婦人科腫瘍（子宮頸癌、子宮体癌、卵巣癌） (i) 骨軟部腫瘍（骨肉腫、軟部組織肉腫） (j) 造血器腫瘍（白血病、悪性リンパ腫、骨髄腫） (k) 小児腫瘍（神経芽細胞腫、ウイルス腫瘍）
-----------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

表 2-6 放射線物理学

項目	内容
1. 原子と原子核の構造	<ul style="list-style-type: none"> (a) 原子構造の基本的定義 (b) 原子のラザフォードモデル (c) 水素原子のボーアモデル (d) 多電子原子 (e) 原子核構造 (f) 放射能 (g) 放射性崩壊形式
2. 放射線の分類	<ul style="list-style-type: none"> (a) 放射線物理の基本物理量と単位 (b) 直接電離放射線と間接電離放射線の種類と線源 (c) 電離放射線場の概要
3. 放射線場の記述に用いられる量と単位	<ul style="list-style-type: none"> (a) フルエンスとフルエンス率 (b) エネルギーフルエンスとエネルギーフルエンス率
4. 電離放射線と物質の相互作用の記述に用いられる量と単位	<ul style="list-style-type: none"> (a) カーマ, 衝突カーマ, 放射カーマ (b) 吸収線量 (c) 放射能 (d) エネルギー転移、正味のエネルギー転移、付与エネルギー (e) 等価線量と線質係数 (f) 照射線量
5. 間接電離放射線光子ビーム	<ul style="list-style-type: none"> (a) X線遷移、特性X線、原子の電離と励起 (b) モーズリーの法則、X線の線スペクトル、多電子原子のハートリー理論 (c) 加速荷電粒子からの放射線と制動放射線の発生、ラーモアの関係

	<ul style="list-style-type: none"> (d) X線ターゲット、制動放射線場 (e) 線質とフィルタリング (f) 光子ビームによる組織内エネルギー付与
6. 指数関数的減衰	<ul style="list-style-type: none"> (a) 単純指数減衰 (b) 半価層、10分の1価層、減衰係数、相互作用断面積 (c) 細い線束と広い線束の減衰 (d) ビルドアップ係数 (e) 減衰のスペクトル効果、線質硬化と軟化 (f) エネルギー転移係数、エネルギー吸収係数 (g) 光子ビーム相互作用における吸収線量計算
7. 光子と物質の相互作用	<ul style="list-style-type: none"> (a) トムソン散乱 (b) レイリー散乱 (c) 光電効果 (d) コンプトン散乱 (e) 電子対生成、3電子生成 (f) 光核反応 (g) 個々の相互作用の相対的優位性 (h) 光子相互作用後の効果、蛍光放射、オージェ効果、 (i) 減衰係数、エネルギー転移係数、エネルギー吸収係数に対する個々の効果の寄与
8. 間接電離放射線中性子線ビーム	<ul style="list-style-type: none"> (a) 運動エネルギーによる中性子の種類 (b) 中性子線源 (c) 中性子線の性質 (d) 組織内の中性子線の付与
9. 中性子と物質の相互作用	<ul style="list-style-type: none"> (a) 組織要素内の中性子の相互作用 (b) 中性子カーマと吸収線量計算 (c) 人体ファントムにおける吸収線量 (d) γ線、中性子線混合場の線量測定 (e) 中性子の線質係数
10. 直接電離放射線	<ul style="list-style-type: none"> (a) 臨床に用いられる荷電粒子線の種類 (b) 荷電粒子線源 (c) 荷電粒子線による組織へのエネルギー付与
11. 直接電離放射線と物質の相互作用	<ul style="list-style-type: none"> (a) 阻止能（衝突阻止能と放射阻止能）、散乱能飛程、ゆらぎ (b) 制限阻止能、線エネルギー付与 (c) 軌道電子との相互作用 (d) 核との相互作用 (e) 荷電粒子相互作用の吸収線量計算

12. 放射性崩壊	<ul style="list-style-type: none"> (a) 全崩壊定数と部分崩壊定数 (b) 放射能の単位 (c) 平均寿命と半減期 (d) 親核種・娘核種の関係 (e) 過渡平衡と永続平衡 (f) 娘核種の抽出 (g) 原子核相互作用による放射化 (h) 照射線量率定数と空気カーマ率定数
13. 荷電粒子平衡と放射平衡	<ul style="list-style-type: none"> (a) 放射平衡 (b) 荷電粒子平衡 (CPE) (c) 荷電粒子平衡下における吸収線量、衝突カーマと照射線量の関係 (d) 荷電粒子平衡の条件と非平衡の原因 (e) 過渡荷電粒子平衡

表 2-7 統計学

項目	内容
1. 基礎	<ul style="list-style-type: none"> (a) 統計量 平均、最頻値 (モード)、中央値 (メディアン)、分散、標準偏差、共分散、相関係数 (b) 母集団と標本 (c) 信頼区間 (d) 相関と回帰 (e) 推定 (f) 帰無仮説 (g) 検定 <ul style="list-style-type: none"> i. パラメトリックな検定手法 ii. ノンパラメトリックな検定手法
2. 確率	<ul style="list-style-type: none"> (a) 標本空間 (b) 事象 (c) 確率変数と確率分布 (d) 平均値と分散 (e) 自由度 (f) 離散型確率分布 <ul style="list-style-type: none"> i. 二項分布 ii. ポアソン分布 (g) 連続型確率分布

	<ul style="list-style-type: none"> i. 正規分布 ii. χ^2分布 iii. t分布 iv. f分布
3. 多変量解析	<ul style="list-style-type: none"> (a) 基準変数 (b) 説明変数 (c) 重回帰分布 (d) 重判別分析 (e) 主成分分析（変数の合成） (f) 因子分析（因子の探索） (g) 線形/非線形モデル
4. 医学統計	<ul style="list-style-type: none"> (a) 人口統計 (b) 健康指標（生命表、指標） (c) 生存率 (d) 生存率算出規約 (e) 検定
5. ROC 解析	<ul style="list-style-type: none"> (a) 決定行列 (b) ROC 曲線 (c) 診断正誤率評価 (d) 制御率－条件評価 (e) 優位性の検定
6. 医療統計用ソフトウェア	<ul style="list-style-type: none"> (a) 医療統計用ソフトウェアに関する概説

表 2－8 保健物理学/放射線防護学

項目	内容
1. 序論及び歴史	<ul style="list-style-type: none"> (a) 電離放射線の発見 (b) 初期の利用 (c) 放射線障害の発生 (d) 放射線防護活動の始まり
2. 防護関連組織・機関	<ul style="list-style-type: none"> (a) 国際組織・機関（ICRP, ICRU, UNSCEAR, IAEA, OECD/NEA, WHO, FAO, IRPA など） (b) 各国組織・機関 (c) 国内組織・機関
3. 放射線の線源と利用	<ul style="list-style-type: none"> (a) 放射線源（自然放射線・人工放射線） (b) 利用分野（医学・理工学・産業）

4. 放射線の生物影響・リスク	(a) 影響の分類 (対象・発現時期・線量及び線量率) (b) リスク評価 (発がん・と遺伝的影響)
5. 放射線防護関連諸量	(a) 線量の分類 (物理量・防護量・実用量) (b) ファントム (ICRU 球・ICRU スラブ・MIRD・ボクセル・校正・画質評価)
6. 放射線防護体系	(a) ICRP (組織・1990年勧告と2007年勧告) (b) 被ばくの区分 (職業被ばく・医療被ばく・公衆被ばく) (c) 防護目的・方法 (d) 放射線影響・線量 (リスク・加重係数・実効線量) (e) 防護の流れ (正当化・最適化・線量限度)
7. 放射線防護・管理実務	(a) モニタリング (目的・場所別分類、環境モニタリング・個人モニタリング) (b) 外部被ばく評価 (周辺線量当量・個人線量当量) (c) 内部被ばく評価 (摂取量評価・実効線量換算係数) (c) 測定器 (個人線量計・サーベイメータ) (d) 教育研修 (e) 管理 (f) 遮蔽設計
8. 防護関連規制	(a) 法令 (b) 各種ガイドライン (国際・国内)
9. 医療放射線防護・管理	(a) 対象 (放射線診療従事者・患者・介護者・介助者・生物医学研究志願者・公衆) (b) 方法 (正当化・診断参考レベル・線量拘束値) (c) 被ばく線量評価 (d) 妊娠中・妊娠可能性のある患者
10. 環境の防護	(a) 環境への放出 (b) 線量評価 (c) 災害・事故による環境汚染対策
11. 非電離放射線	(a) 電磁波 (b) 測定 (c) 規制
12. 患者被ばく線量の低減	(a) 小児放射線診断 (b) CT (c) IVR

表 2 - 9 放射線診断物理学

項目	内容
1. X線撮影・透視	(a) 高電圧発生装置 (b) X線管球 (c) X線の線質（半価層、実効エネルギー） (d) 画像センサ <ul style="list-style-type: none"> i. フィルム/スクリーン系 ii. X線テレビ（II使用） iii. フラットパネルディテクタ (e) 画質の決定因子と向上対策 <ul style="list-style-type: none"> i. 検出量子効率（DQE） およびその他の因子 ii. フィルムとフラットパネルディテクタの比較 iii. ノイズ低減対策 (f) X線造影剤 (g) X線ファントム
2. X線CT	(a) 断層撮影法 (b) X線CTの原理 <ul style="list-style-type: none"> i. フーリエ変換 ii. 重畳積分法 (c) CT値 (d) X線CT装置の歴史と種類、特に検出器の進歩 (e) 線量プロファイルとCTDI、MSAD (multiple scan average dose) (f) 画質の決定因子と向上対策 <ul style="list-style-type: none"> i. アーチファクト ii. 高コントラスト分解能と向上対策 iii. 低コントラスト分解能と向上対策 iv. 時間分解能 v. 被曝線量と画質
3. 磁気共鳴	(a) 核磁気モーメント <ul style="list-style-type: none"> i. ラーモア周波数 ii. 磁気回転比 iii. NMR核種 (b) 磁気共鳴信号 <ul style="list-style-type: none"> i. RF パルス ii. FID iii. 縦緩和 iv. 横緩和 v. スピンエコー (c) 核磁気共鳴の画像化

	<ul style="list-style-type: none"> i. スライス選択 ii. 周波数エンコード iii. 位相エンコード iv. k空間 (d) ハードウェア <ul style="list-style-type: none"> i. 磁石（超電導磁石、永久磁石） ii. 傾斜磁場コイル iii. 送信コイル iv. 受信コイル (e) 基本的撮像法 <ul style="list-style-type: none"> i. スピンエコー法 ii. グラディエントエコー法 iii. 高速スピンエコー法 iv. MRハイδροグラフィ v. MRA (Magnetic resonance angiography) vi. 超高速撮像法（エコープラナー法とスパイラル技術） vii. 磁化率強調撮像法（SWI） viii. 拡散強調撮像法 ix. 心臓撮像法 (f) MRS (Magnetic resonance spectroscopy) <ul style="list-style-type: none"> i. 化学シフト ii. volume選択法 iii. CSI (chemical shift imaging) (g) 抑制技術 <ul style="list-style-type: none"> i. 領域抑制 ii. FLAIR iii. 脂肪抑制 (h) 造影剤 <ul style="list-style-type: none"> i. 常磁性造影剤 ii. 超常磁性造影剤 (i) 安全性 (j) アーチファクト (k) 性能評価 <ul style="list-style-type: none"> i. 装置性能の測定法 ii. 臨床画像評価の測定法 iii. 緩和時間の測定法
4. 超音波	<ul style="list-style-type: none"> (a) 音響インピーダンス (b) 反射率・透過率

	<ul style="list-style-type: none"> (c) 超音波画像診断装置 <ul style="list-style-type: none"> i. プローブとビームフォーミング ii. 圧電素子、圧電定数、圧電基本式 iii. 電気機械結合定数 iv. 音響レンズ (d) 超音波画像の表示 <ul style="list-style-type: none"> i. 基本表示モード ii. パルスドプラ法 iii. カラードプラ法 iv. 組織弾性イメージング法 v. アーチファクト (e) 超音波造影剤 (f) ハーモニックイメージング (g) 超音波治療用装置
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

表 2-10 核医学物理学

項目	内容
1. 放射性同位元素	<ul style="list-style-type: none"> (a) 定義 <ul style="list-style-type: none"> i. 原子 ii. 原子核 iii. 同位元素 iv. 放射性同位元素 (b) 壊変形式 <ul style="list-style-type: none"> i. α 壊変 (α 崩壊) ii. β 壊変 (β 崩壊) iii. γ 線放射 vi. 核異性体転移 v. 内部転換 (c) RI の製造 <ul style="list-style-type: none"> i. サイクロトロン ii. 原子炉 iii. RI ジェネレータ
2. 放射性医薬品	<ul style="list-style-type: none"> (a) 特徴 <ul style="list-style-type: none"> i. 医薬品としての特徴 ii. 放射性物質としての特徴 (b) 単光子放出核種の標識化合物 <ul style="list-style-type: none"> i. Tc-99m 標識化合物

	<ul style="list-style-type: none"> ii. Tl-201 標識化合物 <p>(c) 陽電子放出核種の標識化合物</p> <ul style="list-style-type: none"> i. C-11 標識化合物 ii. F-18 標識化合物
3. 測定装置	<ul style="list-style-type: none"> (a) 核医学におけるイメージング (b) シンチレーションカメラ (c) SPECT 装置 <ul style="list-style-type: none"> i. カメラ回転型 ii. リング型 (d) PET 装置 <ul style="list-style-type: none"> i. 消滅放射線の同時計数 ii. 陽電子の飛程と消滅放射線の角度揺動 iii. 2D モード収集 iv. 3D モード収集 v. TOF
4. 画像処理	<ul style="list-style-type: none"> (a) フィルタ処理 <ul style="list-style-type: none"> i. 空間周波数 ii. バターワースフィルタ iii. ウィナーフィルタ (b) SPECT 像の構成 (c) 吸収補正 <ul style="list-style-type: none"> i. Sorenson 法 ii. Chang 法 iii. 外部線源法 (d) 散乱補正 <ul style="list-style-type: none"> i. Jaszczak 法 ii. TEW 法 (e) 核医学イメージングの画像再構成 <ul style="list-style-type: none"> i. 重畳積分法 ii. ML-EM 法 iii. FORE 法 (f) 統計解析画像 <ul style="list-style-type: none"> i. Z-score ii. SPM iii. SSP iv. eZIS
5. トレーサ動態・定量解析	<ul style="list-style-type: none"> (a) 代謝パラメータ・機能情報 <ul style="list-style-type: none"> i. 血流量

	<ul style="list-style-type: none"> ii. グルコース代謝 iii. 薬物代謝 iv. 受容体結合情報 <p>(b) コンパートメントモデル</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 1組織コンパートメント ii. 2組織コンパートメント iii. クリアランス iv. 代謝トラッピング <p>(c) 定量解析</p> <ul style="list-style-type: none"> i. SUV ii. グラフ解析法
6. 核医学イメージング装置の性能評価と保守管理	<p>(a) シンチレーションカメラの固有性能と総合性能</p> <p>(b) SPECT の性能</p> <p>(c) シンチレーションカメラの保守管理 (フォトピーク、均一性)</p> <p>(d) SPECT の保守管理 (回転中心、ガントリ安全性)</p> <p>(e) PET の保守管理 (空間分解能、散乱フラクシオン、感度、雑音等価計数率 (NECR))</p>

表 2-11 放射線治療物理学

項目	内容
1. 物理量の定義	<ul style="list-style-type: none"> (a) フルエンス (b) エネルギー・フルエンス (c) 吸収線量 (d) 照射線量 (e) カーマ (f) TERMA
2. 放射線の特性	<ul style="list-style-type: none"> (a) 放射線の種類 (b) 光子線 <ul style="list-style-type: none"> i. 光子線の特性 ii. 光子線と物質との相互作用 iii. 光子線治療への応用 (c) 電子線 <ul style="list-style-type: none"> i. 電子線の特性 ii. 電子線と物質との相互作用 iii. 電子線治療への応用 (d) 陽子線・炭素線

	<ul style="list-style-type: none"> i. 陽子線・炭素線の特性 ii. 陽子線・炭素線と物質との相互作用 iii. 陽子線・炭素線治療への応用 (e) 中性子線 <ul style="list-style-type: none"> i. 中性子線の特性 ii. 中性子線と物質との相互作用 iii. 中性子線治療への応用 (f) パイ中間子線 <ul style="list-style-type: none"> i. パイ中間子線の特性 ii. パイ中間子線と物質との相互作用 iii. パイ中間子線治療への応用
<p>3. 放射線治療関連装置・機器</p>	<ul style="list-style-type: none"> (a) 放射線発生装置 <ul style="list-style-type: none"> i. コバルト放射線発生装置 ii. リニアック加速器 iii. ベータトロン加速器 iv. マイクロトロン加速器 v. サイクロトロン加速器 vi. シンクロトロン加速器 vii. 小線源治療装置 (LDR・HDR) (b) 治療計画装置 <ul style="list-style-type: none"> i. X線治療計画装置 ii. 電子線治療計画装置 iii. 陽子線および炭素線治療計画装置 iv. 小線源治療計画装置 (c) 画像装置 <ul style="list-style-type: none"> i. 治療計画用 CT 装置 ii. 透視画像装置 iii. コーンビーム CT 装置 iv. インルーム CT 装置 (d) 放射線測定器 <ul style="list-style-type: none"> i. 熱量計 ii. 電離箱 iii. 半導体検出器 iv. パルスモード検出器 v. フィルム線量計 vi. 吸収素子型線量計 vii. 化学（フリッケ）線量計

4. 放射線測定	<ul style="list-style-type: none"> (a) 放射線測定器の線量校正 (b) X線 <ul style="list-style-type: none"> i. 吸収線量 ii. 減弱係数 iii. 線量分布 iv. 治療計画装置登録係数 (c) 電子線 <ul style="list-style-type: none"> i. 吸収線量 ii. エネルギー iii. 阻止能および飛程 iv. 線量分布 v. 治療計画装置登録係数 (d) 陽子線および炭素線 <ul style="list-style-type: none"> i. 吸収線量 ii. エネルギー iii. 阻止能および飛程 iv. 線量分布 v. 生物学的効果 (e) 中性子線 <ul style="list-style-type: none"> i. 吸収線量 ii. エネルギー iii. 減弱および吸収 iv. 線量分布 v. 生物学的効果 (f) γ線 (RI) <ul style="list-style-type: none"> i. 吸収線量 ii. 減弱係数 iii. 線量分布 iv. 治療計画装置登録係数
5. 吸収線量・線量分布計算	<ul style="list-style-type: none"> (a) 補正係数を用いた吸収線量計算 (b) 等価照射野の関係 (c) クラークソン法 (d) CT値と線量計算の関係 (e) ペンシルビーム法 (f) コンボリューション／スーパーポジション法 (g) 不均質補正 (h) 電子線ビームの線量計算 (i) 小線源の線量計算

	<ul style="list-style-type: none"> (j) 粒子輸送方程式 (k) モンテカルロ法を用いた線量計算 <ul style="list-style-type: none"> i. 分散低減法 (Variance Reduction Method) ii. EGS4 コードシステム iii. GEANT4 コード iv. カーネルを用いた計算 v. ボクセルモンテカルロ輸送コード (l) 陽子線・重粒子線・中性子線の線量計算 (m) 生物学的効果比
6. 治療計画手法	<ul style="list-style-type: none"> (a) 1 門照射 (b) 対向 2 門照射 (c) 4 門箱形照射 (d) 3 門照射 (e) 斜方入射ビーム (f) ウェッジ、コンペンセータ、ダイナミックウエッジ (g) MLC (h) 回転照射 (i) 定位放射線治療 (j) 強度変調放射線治療 (k) 電子線治療 (l) 照射野のつなぎ目 (マッチ・ライン) (m) 小線源治療 (LDR、HDR) (n) その他の特殊な治療 (TBI、TSET、温熱療法等) (o) 陽子線・重粒子線・中性子線治療 (p) 治療計画の品質管理

表 2-12 放射線計測学

項目	内容
1. 線量測定	<ul style="list-style-type: none"> (a) 線量計の種類と一般的特性 (b) ICRU (国際放射線単位測定委員会) の線量測定の量と単位の定義 (c) 絶対線量測定と相対線量測定 (d) 線量測定の解釈
2. 熱量計による線量測定	<ul style="list-style-type: none"> (a) 基本原理と測定法 (b) 熱量欠損と熱量平衡 (c) 熱電対とサーミスタ (d) 断熱, 等温および, 定温での温度技術

3. 化学（フリック）線量計	(a) 基本原理と測定技術 (b) G-値と放射化学収率 (c) 吸収スペクトロスコピー
4. 空洞理論	(a) ブラックグレイの空洞理論とその派生 (b) スペンサーアティックスとブーリンの空洞理論 (c) ファノの定理 (d) 阻止能の平均化 (e) 境界近傍の線量
5. 電離箱	(a) 電離箱の基本的構造 (b) 標準自由空気電離箱 (c) 空洞（指頭型）電離箱 (d) 外挿電離箱 (e) 電離電流と電荷の測定（微分モードと積算モード） (f) イオン対生成に必要な平均エネルギー (g) 電離箱の飽和特性、初期再結合と再結合、拡散損失
6. 電離箱線量計による光子、電子ビームの校正	(a) 空洞電離箱の校正空気中空気カーマと水中線量 (b) 線量測定プロトコル：標準測定法 01、AAPM TG-21、AAPM TG51、IAEA レポートシリーズ 398 (IAEA TRS-398) (c) 光子と電子ビームのためのファントム物質 (d) トレーサビリティの概念と実行方法
7. 相対線量測定技術	(a) 熱蛍光線量計（TLD） (b) フィルム線量測定とラジオクロミックフィルム (c) 半導体線量計ダイオード (d) 光刺激ルミネッセンス線量計（OSL） (e) MOSFET（金属酸化膜半導体フィールド効果トランジスタ）線量計とダイヤモンド検出器 (f) ゲル線量計
8. パルスモード検出器	(a) ガイガーミュラー計数管（GM 計数管）と比例計数管 (b) シンチレーション検出器 (c) 放射線サーベイメータ (d) 中性子検出器
9. 計数と統計	(a) 計数の標準偏差 (b) 統計モデル (c) ポアソン分布 (d) 誤差の表示と伝搬

表 2-13 情報処理学/画像工学

項目	内容
1. 情報理論	(a) 情報とは何か (b) 確率と情報量 (c) 分布関数 (d) 確率過程 (e) エントロピー (f) 通信路 (g) 符号化
2. 信号理論	(a) 信号 (b) スペクトル <ul style="list-style-type: none"> i. フーリエ級数 ii. 線スペクトル/連続スペクトル iii. シュワルツの不等式 iv. 標本化定理 (c) 波形伝送
3. 画像工学	(a) 画像の取扱い (b) 画像変換 (c) 画像強調 (d) 画像再構成 <ul style="list-style-type: none"> i. 2次元再構成 ii. 3次元再構成（ヘリカルおよびコーンビーム再構成） (e) 画像解析 <ul style="list-style-type: none"> i. 抽出と区分 ii. 閾値処理 iii. エッジ検出 iv. マッチング v. 整合フィルタ (f) 画像修復 (g) 画像圧縮 <ul style="list-style-type: none"> i. データ圧縮理論 ii. ハフマン符号化法 iii. 画像の可逆圧縮/非可逆圧縮
4. コンピュータ	(a) 演算の高速化 (b) ネットワーク (c) 次世代コンピュータ
5. 医療情報システム	(a) 病院情報システム (HIS) (b) 電子カルテ

	(c) デジタル画像通信規格 (DICOM) (d) PACS
6. その他	(a) 人工知能 (b) ニューラルネット (c) ファジイ理論

表 2-14 医療情報学

項目	内容
1. 医療における情報	(a) 医療における情報の特性と種類 (b) 医療における情報の役割 (c) 医療における情報ネットワーク (d) 電子保存の方法と原則 (真正性、見読性、保存性) (e) 関連法規
2. 医療情報システム	(a) 病院情報システム (HIS) (b) 放射線科情報システム (RIS) (c) 電子カルテ と放射線診断レポート (structured reporting) (d) デジタル画像通信規格 (DICOM およびその他の国際規格) (e) PACS (f) HIS/RIS/PACS 連携と IHE(integrating the health care enterprise)
3. 放射線治療における情報	(a) 放射線治療部門に特有の情報の種類とその役割 (b) 放射線治療情報システム (治療 RIS) (c) 他部門、他病院との情報の交換 (d) 異なるベンダーの機器間の情報の交換 (e) 治療 PACS (f) 放射線治療における情報に関する DICOM(-RT)、HL7、IHE-RO 等の標準規格とその意義
4. セキュリティ	(a) 電子フォーマット情報のセキュリティ管理 (b) ネットワークのセキュリティ管理 (c) 個人情報保護 (d) 安全管理ガイドライン (e) 関連法規

表 2-15 放射線診断学/核医学

項目	内容
1. 画像診断総論	(a) X線撮影 (b) CT (c) MRI (c) 超音波診断 (d) 放射性医薬品 (e) SPECT (f) PET
2. 脳神経	(a) 診断に必要な正常X線解剖と正常像 (b) 異常像の読影とその分析
3. 頭頸部	(a) 診断に必要な正常X線解剖と正常像 (b) 異常像の読影とその分析
4. 呼吸器	(a) 診断に必要な正常X線解剖と正常像 (b) 異常像の読影とその分析
5. 乳腺	(a) 診断に必要な正常X線解剖と正常像 (b) 異常像の読影とその分析
6. 消化器	(a) 診断に必要な正常X線解剖と正常像 (b) 異常像の読影とその分析
7. 泌尿器	(a) 診断に必要な正常X線解剖と正常像 (b) 異常像の読影とその分析
8. 婦人科	(a) 診断に必要な正常X線解剖と正常像 (b) 異常像の読影とその分析
9. 骨軟部	(a) 診断に必要な正常X線解剖と正常像 (b) 異常像の読影とその分析
10. 造血器	(a) 診断に必要な正常X線解剖と正常像 (b) 異常像の読影とその分析
11. 小児	(a) 診断に必要な正常X線解剖と正常像 (b) 異常像の読影とその分析

表2-16 放射線腫瘍学

項目	内容
1. 放射線腫瘍学総論	(a) 放射線治療の特色と基本構造 (b) 放射線治療施設の基準構造 (c) 放射線治療品質管理のあり方 (d) 放射線治療の有害事象

2. 放射線治療技術と方法	<ul style="list-style-type: none"> (a) 治療計画総論 (b) 小線源治療 (c) 原体照射法 (d) 強度変調放射線治療 (e) 術中照射 (f) 定位手術的照射 (g) 体幹部定位放射線療法 (h) 画像誘導放射線療法 (i) 呼吸性移動に対する対処 (j) 全身照射 (k) 全皮膚照射、全頭蓋照射 (l) 陽子線治療 (m) 重粒子線治療 (n) 中性子捕捉療法 (o) 内用療法
3. 脳神経	<ul style="list-style-type: none"> (a) 原発性脳腫瘍 (b) 転移性脳腫瘍 (c) 脊髄腫瘍
4. 頭頸部	<ul style="list-style-type: none"> (a) 口腔癌 (b) 咽頭癌 (c) 喉頭癌 (d) その他の頭頸部癌
5. 呼吸器	<ul style="list-style-type: none"> (a) 非小細胞肺癌 (b) 小細胞肺癌 (c) その他の胸部腫瘍
6. 乳腺	<ul style="list-style-type: none"> (a) 早期乳癌に対する温存乳房照射 (b) 進行乳癌 (c) 再発乳癌
7. 消化器	<ul style="list-style-type: none"> (a) 食道癌 (b) 局所進行膵癌 (c) 直腸癌 (d) 肛門癌 (e) その他の消化器腫瘍
8. 泌尿器	<ul style="list-style-type: none"> (a) 前立腺癌外部照射 (b) 前立腺癌小線源治療 (c) 膀胱癌 (d) その他の泌尿器腫瘍

9. 婦人科	(a) 子宮頸癌 (b) 子宮体癌 (c) その他の婦人科腫瘍
10. 骨軟部	(a) 原発性骨腫瘍 (b) 転移性骨腫瘍 (c) 軟部組織腫瘍
11. 造血器	(a) 悪性リンパ腫 (b) 骨髄腫 (c) 白血病（全身照射）
12. 小児	(a) 神経芽細胞腫 (b) ウイルムス腫瘍 (c) その他の小児腫瘍

表 2-17 放射線生物学

項目	内容
1. 生物学的作用	(a) 物理学的過程 i. 電離 ii. 励起 iii. LET iv. リニアエネルギー (b) 化学的過程 i. G 値 ii. ラジカル iii. 生成分子 iv. 水和電子 v. 酸素濃度 vi. 有機分子乖離 (c) 生物学的作用の発現 i. 時間スケール（物理的過程、化学変化、初期損傷、拡大過程、最終効果） ii. 大きさのスケール（原子・分子・細胞・臓器・個体レベル）
2. 生物学的基础過程	(a) DNA・染色体の損傷・異常・修復 i. 初期損傷（一本鎖切断、二本鎖切断、塩基損傷、塩基欠失、架橋形成） ii. 直接作用と間接作用（間接作用とフリーラジカル・生体高分子との反応・修飾要因） iii. 染色体異常 iv. 修復（HR 修復、NHEJ 修復、誤修復）

	<ul style="list-style-type: none"> v. 突然変異 vi. がん化 (b) 細胞に対する作用 <ul style="list-style-type: none"> i. 細胞死（間期死、増殖死、アポトーシス、ネクローシス） ii. 放射線効果モデル（標的-ヒットモデル、LQモデル） iii. 回復（分割照射効果、線量率効果、亜致死損傷回復、潜在的致死損傷回復、分裂異常・分裂速度・変性、増殖遅延） iv. 化学物質（酸素効果：OER、放射線増感剤、放射線防護剤） (c) 感受性 <ul style="list-style-type: none"> i. 分化形態 ii. 細胞種 iii. ベルゴニー・トリボンドの法則 (d) 生物学的効果比 <ul style="list-style-type: none"> i. 線エネルギー付与 ii. 線質係数
3. 人体への影響	<ul style="list-style-type: none"> (a) 組織・臓器に対する作用と機能維持 <ul style="list-style-type: none"> i. 感受性、耐容線量、 ii. 分裂組織・非分裂組織 iii. リスク臓器（パラレル臓器・シリアル臓器） iv. 組織構造（部分的照射、繊維化、機能低下） (b) 個体レベルの作用 <ul style="list-style-type: none"> i. 機能低下 ii. 発癌 (c) 放射線防護の生物学 <ul style="list-style-type: none"> i. 確率的影響・確定的影響 ii. 早期組織反応・晚期組織反応 iii. 放射性障害と回復（非回復性障害、回復性障害、ホルミシス）
4. 腫瘍・治療に関する因子	<ul style="list-style-type: none"> (a) 腫瘍・正常組織に対する作用 <ul style="list-style-type: none"> i. 悪性腫瘍の効果修飾要因（幹細胞の感受性、細胞動態） ii. 4R（回復、再増殖、細胞周期再分布、再酸素化） iii. 分割照射法（α/β比） (b) 放射線感受性修飾の物理的要因 <ul style="list-style-type: none"> i. 空間的線量分布・時間的線量分布 ii. 線質（LET、RBE） (c) 併用療法の生物学 <ul style="list-style-type: none"> i. 温熱療法 ii. 化学放射線療法

	iii. 分子標的治療薬 iv. 放射線防護剤 v. 修復阻害剤
--	----------------------------------------

表 2-18 放射線関連法規および勧告/医療倫理

項目	内容
1. 放射線障害防止法関係法令	(a) 法律 (b) 施行令 (c) 施行規則 (d) 告示 (e) 関係法令（原子力基本法、原子力委員会及び原子力安全委員会設置法、放射線障害防止の技術的基準に関する法律）
2. 医療法及び同施行規則	(a) 法律 (b) 施行規則
3. 労働安全衛生法及び電離放射線障害防止規則	(a) 法律 (b) 規則
4. その他の 関連法規	(a) 人事院規則
5. 勧告及び規格（報告及び規格）	(a) ICRP（報告）、ICRU（報告）、IEC（規格）、UNSCEAR（報告）、IAEA（報告）、NCRP（報告） (b) 日本規格協会、外部放射線治療装置の保守管理プログラム
6. 医療倫理	(a) 医の倫理（守秘義務、患者の権利と人格の尊重） (b) 生命倫理 (c) インフォームドコンセント (d) 利益相反の開示

表 2-19 科学英語

項目	内容
1. 英語表現	(a) 数量 (b) 数式、代数、微分・積分 (c) 物理量 (d) 医学物理専門用語
2. 発表の構成	(a) タイトル (b) アウトライン (c) イントロダクション (d) 対象と方法 (e) 結果および議論

	(f) 結論・要旨
3. 論文	(a) 論文の分類 (b) 論文の構成 (c) 原稿の準備と校正 (d) 投稿から出版まで
4. プレゼンテーション	(a) プレゼンテーションの種類 (b) プレゼンテーションの構成 (c) プレゼンテーションの準備 (d) 発表と討論

表 2-20 実習（演習）内容の例

項目	内容
実習（演習）	
1 保健物理学／放射線防護学	
1. シンチレーション検出器によるサンプル分析	(a) 検出器応答特性とエネルギー (b) 統計的な考察 (c) 関係法規と漏洩試験の必要条件 (d) 試料準備 (e) データ分析 (f) 結果の解釈
2. 個人線量計：光子、電子	(a) 検出器の型と特性 (b) ガンマ線のエネルギー応答 (c) 線量レスポンス (d) 安定度と再現精度
3. 個人線量計：中性子	(a) 検出器の型と特性 (b) 中性子エネルギー応答 (c) 線量レスポンス (d) 線量等価レスポンス (e) 安定度と再現精度
4. 線形加速器からの漏洩放射線	(a) 予想される放射照射場 (b) 検出器の型と校正 (c) AAPM 勧告 (d) 測定法と分析 (e) 漏れ中性子
5. 中性子サーベイ機器	(a) 線量当量レスポンス：ボナー球 (b) エネルギー非依存レスポンス：ロングカウンター (c) 校正：Pu-Be

	(d) 実効中心と中性子応答 (e) データ分析と解釈
6. トリチウム空気濃度－ 生物学的負荷定量	(a) 空気拡散とサンプル収集 (b) 生物サンプル収集 (c) 液体シンチレーションカウンター測定技術 (d) 誘導空気中濃度 (e) 誘導体内負荷
7. 遮蔽計算	(a) 特別に必要なものと線源の特性 (b) 既存の建築資材の使用 (c) 適切なレイアウトと人の動線 (d) 計算と解釈 (e) 結果のプレゼンテーション
8. 確率的サンプリングに よる粒子輸送	(a) 線源履歴の発生 (b) 断面積の準備 (c) 幾何学的準備 (d) 明確な輸送履歴 (e) 結果の採点
9. 線量評価	(a) 胎児の線量計算 (b) 小児の線量問題 (c) リスク評価
2 放射線診断物理学	
1. X線の発生と装置の出力	(a) 電離箱測定法 (b) kVp、mA、照射時間の影響 (c) ろ過の影響 (d) 半価層の測定
2. 写真（フィルム）のコントラスト	(a) ドジメトリーとセンシトメトリー (b) kv、mA、照射時間の影響 (c) H&D 曲線 (Hurter & Driffielddcurves) (d) プロセッサ
3. フィルム／スクリーン系	(a) 感度 (b) 分解能 (c) ノイズ (d) プロセッサ
4. 散乱X線の除去	(a) グリッド (b) エアギャップ (c) コリメーション
5. 撮影と透視の品質管理	(a) 焦点サイズ (b) 放射照射野／光照射野

	<ul style="list-style-type: none"> (c)再現性、直線性 (d)線量計算 (e)電圧測定 (f)断層撮影、 (g)透視撮影 (h)乳房撮影 (i)歯科撮影 (j)フラットパネルディテクタ <ul style="list-style-type: none"> i. 輝度特性のリニアリティ ii. 欠損ピクセルの検出とソフトによる補正
6. 画像記憶とディスプレイシステム	<ul style="list-style-type: none"> (a)ビデオシステム (b)ハードコピーカメラ (c)光ディスク (d)磁気記憶媒体 (e)画像情報処理 (f)ネットワーク Q. C. (g)ソフトコピーディスプレイ校正と Q. C.
7. 非電離放射線による画像形成技術	<ul style="list-style-type: none"> (a)サーモグラフィ (b)可視光線 (c)生体磁気、SQUID
8. イメージングシステムの性能評価	<ul style="list-style-type: none"> (a)MTF (b)ROC (c)性能指数
9. 超音波	<ul style="list-style-type: none"> (a)イメージング原理 (b)QC (c)強度の測定法、出力
10. 磁気共鳴イメージング(MRI)装置	<ul style="list-style-type: none"> (a)イメージング原理 (b)基本パルスシーケンスと一般的なイメージオプション (c)高周波と傾斜コイルの設計と仕様 (d)据付と安全性 (e)受入れ試験、QC と認可

11. コンピュータ断層撮影 (CT) 装置	(a) イメージング原理 (b) スライス層 (c) 高・低コントラスト分解能 (d) ビームプロフィール (e) 線量測定 (f) ヘリカルZ軸の特性 (g) 位置決め用光照準の配置 (h) QC と認可
3 核医学物理学	
1. Mo-Tc ジェネレータ	(a) 溶出とアッセイ (b) 品質管理
2. 放射性同位元素の放射能測定装置	(a) 品質管理：定常性、直線性、精度 (b) 放射性同位元素標準試料の拭取り試験
3. シンチレーションカウンタ	(a) 各構成部分のパルス出力特性 (b) 最適増倍型光電管電圧量の決定
4. ガンマ線スペクトロメータ (NaI)	(a) シングルチャンネルとマルチチャンネル分析システムの校正 (b) 直線性の測定 (c) 品質管理 (d) 二種類の放射性同位元素の計測
5. シンチレーションカメラ (アンガー型)	(a) 品質管理：均一性、空間分解能、均一性と結晶劣化を評価するための非対称エネルギーウィンドウなど (b) コントラストと空間分解能の波高分析ウィンドウサイズの影響 (c) 分解時間の測定法 (d) 固有空間分解能、総合空間分解能、散乱線体有りの総合空間分解能、MTF (e) 複数エネルギーウィンドウによる位置ずれの測定 (f) フラッドフィールド均一性の評価
6. 単一光子放出形断層撮像法 (SPECT)	(a) 品質管理：回転中心の校正、高計数率特性 (b) 投影画像と断層画像の空間分解能の比較 (c) 均一性、RMS (平均2乗偏差) ノイズ、吸収補正精度、コントラストの測定 (d) 均一性、RMS (平均2乗偏差) ノイズ、吸収補正精度、コントラストの測定
7. 陽電子放出形断層撮像法 (PET)	(a) 品質管理 (b) シングル計数率、RMS ノイズ、コントラストの測定
4 放射線治療物理学	

1. 多領域にわたるがんカンファレンス/カンサーボードに出席	
2. 吸収線量確定	(a) 標準測定法 01 を使ったリニアック光子ビームの校正 (b) 標準測定法 01 を使った電子線の校正 (c) 必須の校正を含めて、2つの臨床の TLD 測定を行うこと (d) 電子深部線量の測定と電子ビームの平坦度と対称性の測定を行うためにフィルム測定法の使用
3. 放射線機器	
4. 光子線：基本的な線量記述用語	(a) GTV、CTV、PTV の定義 (b) 直接 PDD および TMR の測定の実施, PDD データから TMR を計算し測定値との比較 (c) すべての臨床症例に対して治療時間の計算 (d) リニアックの出力係数を測定 (e) TMR データから SAR (あるいは SMR) を計算 (f) 手作業とコンピュータの両者によって、1例のマントル照射野を含めて、不整形照射野 3例を計算 (g) 手作業とコンピュータの両者によって、回転ビームの平均 TMR を計算
5. 光子線：線量のモデルリング、外部ビームと IMRT	
6. 光子線：患者適用、外部ビームと IMRT	
7. 電子線治療	(a) シミュレーション、ブロックカット、治療計画および治療照射を含めたすべての治療活動に参加:チャートラウンド(カルテによる討議)と患者フォローアップに参加; (b) 外部放射線治療に対する線量モデルの実施
8. 小線源治療	臨床面での参加のほかに、LDR と HDR の双方に対して、手計算およびコンピュータによって、子宮頸部と平面インプラント計算
9. 放射線防護	リニアックのインストレーションに対してビームストップ装置が無い状態で要求される遮蔽を計算
10. 品質保証/品質管理	(a) すべての放射線源、ブロックカッターなどについてルーチンの品質管理テストを実行 (b) 個々のビームタイプ(コバルト、リニアック光子線、電子線、表在用/低圧シミュレータ装置)について完全な年一回の品質管理テストを実施

別紙2：臨床研修カリキュラムガイドライン

1 教育内容

- ① 研修期間2年以上（博士課程にあっては、並行して学位論文研究を行うことを可とする）
- ② 放射線治療に関連した医学物理に関わる研修
以下の照射に対して医学物理業務を習得する。

（照射の種類）

1. X線外部照射

1門照射	対向2門照射	非対向2門照射	3門照射
4門以上の照射	運動照射	原体照射	回転照射
原体照射	IMRT	定位放射線治療	全身照射

2. 電子線治療

3. 密封小線源治療

高線量率(HDR)腔内照射	高線量率(HDR)組織内照射
低線量率(LDR)組織内照射	

（業務の内容）

4. 治療計画（治療準備含む）
5. 治療（照射録チェック含む）
6. 治療装置 QA
7. 治療計画 QA（MU 計算含む）
8. CT シミュレータ QA
9. 位置照合装置 QA
10. 放射線防護

業務の内容の詳細は表3-1から表3-7に記載してある。

- ③ 臨床研究等のプロジェクト実施（望ましいが必須ではない）

2 実施方法

- ① 研修内容の各項目につき適切なローテーションを組むなどし、各項目の研修が行える体制がある。1年ごとに研修進捗状況を評価するため、口頭・実技・筆記などで試験を行い、終了時に臨床研修の成果の評価を行う。

・ローテーションの一例

1. 放射線治療基礎

2. 線量計算・線量測定
3. 密封小線源治療
4. 単純な外部照射治療計画
5. IMRT を含む複雑な外部照射治療計画
6. 照射録チェック
7. 治療装置、治療計画装置受け入れ検査、コミッショニング
8. 臨床に関わる研究プロジェクト、または新しい治療法の立ち上げプロジェクト

② 医学物理士の臨床業務に必要なカンファレンス・講義に参加する。

3 臨床研修生の教育課程に関する付帯事項

通常の臨床実習に加えて、臨床業務に必要な知識に関する講義などを実施することが望ましい。

・ 臨床講義などの一例

1. 放射線治療物理学
2. 画像診断物理学
3. 核医学物理学
4. 放射線生物学
5. 放射線治療に関わる解剖・生理・病理
6. 放射線治療に関する月 1 回程度のセミナー発表

医学物理臨床研修プログラムを実践するために、臨床施設は以下の設備を備える必要がある。

- (1) 10MV 以上の高エネルギー X 線を含む 2 つ以上のエネルギーの X 線、および電子線を発生することができる放射線発生装置。
- (2) 治療計画に用いることが可能な CT 装置
- (3) 密封小線源治療を行うために必要な装置・設備。
- (4) 3次元治療計画装置
- (5) 治療補助器具を作る設備
- (6) 線量の校正および測定のための装置・設備

もし、上記のいずれかが利用できない場合は、本プログラムは他の認定施設で当該装置に関する研修を実施する便宜を図らなければならない。

4 症例

放射線治療分野の医学物理臨床研修プログラムは臨床研修生の経験を深めるために、十分な数

とがん腫の症例を研修のために準備しなければならない。外部照射と小線源治療の種々の治療に関して臨床研修生が十分な医学物理臨床研修を受けられるように、年間の新規患者数は十分多い必要がある。外部照射に関する年間新規患者数は500名以上必要であり、5例以上のIMRT、1例以上のSRS、SBRT、TBIを含む必要がある。また、密封小線源治療を行っていることも必要である。これらの特殊な治療が当該施設で実施できない場合は、他施設での実施をアレンジする必要がある。

5 施設の支援

放射線治療分野の医学物理臨床検集プログラムを実施している施設は患者・教育資源に加えて、予算と研修場所に関して施設管理者の立場から支援しなければならない。会議室及び視聴覚設備が用意されなければならない。本プログラムを長期にわたり資金援助することが最も重要である。

6 教育環境

放射線治療物理の臨床研修は、同一施設の放射線腫瘍臨床研修プログラムに参加している放射線腫瘍医との間で、知識や経験について交流・交換できる環境で実施すべきである。

7 カンファレンス

カンファレンスや教育回診には研修が進んだ医学物理研修生も参加すべきである。カンファレンスの日時とカンファレンスに出席した医学物理研修生、放射線治療物理士、放射線腫瘍医、他のスタッフについて記録を残すべきである。部門内の新患カンファレンスを含む臨床腫瘍学カンファレンス、毎週のチャートレビュー、問題症例カンファレンス、物理・線量測定カンファレンスが必須である。がんの治療成績、放射線生物学、文献レビューのカンファレンスも含めなければならない。

8 図書館

放射線治療物理と関連する腫瘍学および基礎科学に関する雑誌、参考図書、関係資料が医学物理研修生の研究のために、容易にアクセスできるようにすべきである。医学物理研修生に必須の雑誌、参考図書、関係資料の全リストは、AAPMレポート197などに掲載されている。物理臨床研修は医学図書館に自由にアクセスできる必要がある。さらに、インターネット上の教育資源にもアクセスできる環境を準備しなければならない。

9 放射線腫瘍学に関わる医学物理士が必ず身に付けるべき専門能力

以下に記載された事項は放射線腫瘍学に関わる医学物理士が必ず身に付けなければいけない事項である。

専門能力は責任を任される以下の主要分野で示さなければならない。

- (1) 治療装置の校正
- (2) 線量測定および計算
- (3) 治療計画装置を用いた治療計画
- (4) 治療計画装置を用いない治療計画
- (5) 治療補助具の設計・製作
- (6) 計画および治療に用いるハードウェアとソフトウェアの受け入れ試験・コミッショニングを含む品質保証
- (7) 放射線治療全体の精度に関する不確定性の見積とリスク管理
- (8) 放射線腫瘍医、放射線腫瘍研修医、医学物理士、医学物理研修生、放射線治療品質管理士、技師、他のスタッフの研修
- (9) 保健専門家および一般人に対する放射線治療物理と放射線の影響に関わる啓蒙活動
- (10) 患者への治療内容の説明

放射線治療物理に関する臨牀的・基礎的な研究能力および新しい治療法・治療装置に対する対応能力も重要である。

表 3-1 治療計画（治療準備含む）

項目	内容
1. X線治療	(a) 1門照射 (b) 2門照射 (c) 多門照射 (d) ウェッジ・コンペンセータ (e) ノンコプラナー照射 (f) 強度変調放射線治療 (g) 定位照射 (h) マッチライン (i) 特殊な照射 (j) TBI
2. 電子線治療	(a) 単純1門照射 (b) 多門照射（マッチライン） (c) バーチャルSSD、実効SSD (d) TSET (e) 術中照射 (f) アーク照射
3. 陽子線・重粒子線治療・	(a) 陽子線治療

温熱治療	(b) 炭素線治療 (c) 温熱治療
4. 小線源治療	(a) 組織内照射 (HDR, LDR) (b) 腔内照射 (HDR, LDR) (c) 前立腺シードインプラント
5. 治療準備	(a) 治療計画用CT撮影 (b) 固定具作成 (c) 治療計画確認 (d) 治療計画転送 (e) 治療計画品質管理・品質保証

表 3-2 治療（照射録チェック含む）

項目	内容
1. 患者セットアップ	(a) 患者固定 (b) 位置照合
2. 安全確認	(a) 治療計画確認 (b) 患者確認 (c) タイムアウト
3. 品質保証・品質管理	(a) 照射録チェック
4. 治療技術	(a) X線治療 (b) 電子線治療 (c) 小線源治療

表 3-3 治療装置 QA

項目	内容
1. 受け入れ試験、コミッショニング ^{注)}	(a) 機械的性能試験 (b) 安全性試験 (c) 放射線防護試験 (d) 出力、線質試験 (e) ビームデータ取得
2. 校正	(a) 計測器 (b) ファントム (c) X線（線量測定 01） (d) 電子線（線量測定 01） (e) 陽子線等
3. 品質保証・品質管理	(a) 機械的項目 (b) 出力、線質に関わる項目

4. 治療装置の特性	(a) 放射線発生原理 (b) 機械的特性 (c) ビーム補正装置 (d) データの入出力
------------	--------------------------------------------------------

注) 装置の立ち上げは必要なく、エッセンスの習得を行う)

表 3-4 治療計画 QA (MU 計算含む)

項目	内容
1. 治療計画装置	(a) 受け入れ検査、コミッショニング ^{注)} (b) 線量計算アルゴリズム (c) ビームモデリング (d) ビームモデリングに必要な測定データ (e) 治療計画装置品質管理・品質保証
2. MU 計算	(a) MU 計算法 (b) MU 計算に必要な測定データ
3. 品質保証・品質管理	(c) 機械的項目 (d) 出力、線質に関わる項目

注) 装置の立ち上げは必要なく、エッセンスの習得を行う)

表 3-5 CT シミュレータ QA

項目	内容
1. 受け入れ試験、コミッショニング	(a) 機械的性能試験 (b) 安全性試験 (c) 放射線防護試験 (d) 線量、線質試験 (e) 画質性能試験 (f) 幾何学的試験
2. 校正	(a) CT 値電子密度変換テーブル
3. 品質保証・品質管理	(a) 幾何学的確度 (b) 画質 (c) CT 取得プロトコール

表 3-6 位置照合装置 QA

項目	内容
1. 受け入れ試験、コミッショニング	(a) 機械的性能試験 (b) 安全性試験

	(c) 放射線防護試験 (d) 線量、線質試験 (e) 画質性能試験 (f) 幾何学的試験
2. 校正	(a) C T 値電子密度変換テーブル (b) 幾何学的校正
3. 品質保証・品質管理	(a) 幾何学的確度 (b) 画質
4. 治療時の位置照合	(a) ポータル・イメージ (b) コーン・ビーム (c) 光学的方法 (d) その他の方法

表 3-7 放射線防護

項目	内容
1. 規則、勧告、許可	(a) 所轄官庁、都道府県、施設内 (b) 放射線安全委員会 (c) 放射性医薬品の製造及び取扱規則（薬事法） (d) 医療法施行規制（医療法） (e) 放射線障害防止法 (f) 国際放射線防護委員会 (ICRP) 勧告
2. 放射線計測装置	(a) 校正 (b) 定期的品質保証 (c) 特性
3. 個人線量モニタ	(a) バッジ（フィルム、TLD、OSL、蛍光ガラス線量計） (b) その他（ポケット、chirper、など） (c) レポートと評価
4. 治療技術	(a) X線治療 (b) 電子線治療 (c) 小線源治療