

薬剤師分科会	参考資料
平成21年12月16日	5

## 薬学教育モデル・コアカリキュラム合本

平成17年10月

日本薬学会

### 薬学教育モデル・コアカリキュラム

平成14年8月

日本薬学会 薬学教育カリキュラムを検討する協議会

### 実務実習モデル・コアカリキュラム

平成15年12月

薬学教育の改善・充実に関する調査研究協力者会議

薬学教育モデル・コアカリキュラム

日本薬学会

薬学教育モデル・コアカリキュラム

平成14年8月

日本薬学会 薬学教育カリキュラムを検討する協議会

# 目次

## 薬学教育モデル・コアカリキュラム

### A 全学年を通して：ヒューマニズムについて学ぶ

(1) 生と死	1
(2) 医療の担い手としてのこころ構え	1
(3) 信頼関係の確立を目指して	2

### B イントロダクション

(1) 薬学への招待	3
(2) 早期体験学習	4

### C 薬学専門教育

〔物理系薬学を学ぶ〕

C 1 物質の物理的性質	4
(1) 物質の構造	4
(2) 物質の状態I	5
(3) 物質の状態II	6
(4) 物質の変化	7
C 2 化学物質の分析	7
(1) 化学平衡	7
(2) 化学物質の検出と定量	8
(3) 分析技術の臨床応用	9
C 3 生体分子の姿・かたちをとらえる	9
(1) 生体分子を解析する手法	9
(2) 生体分子の立体構造と相互作用	10
	〔化学系薬学を学ぶ〕
C 4 化学物質の性質と反応	11
(1) 化学物質の基本的性質	11
(2) 有機化合物の骨格	12
(3) 官能基	12
(4) 化学物質の構造決定	14
C 5 ターゲット分子の合成	15
(1) 官能基の導入・変換	15
(2) 複雑な化合物の合成	15
C 6 生体分子・医薬品を化学で理解する	16
(1) 生体分子のコアとパーツ	16
(2) 医薬品のコアとパーツ	17
C 7 自然が生み出す薬物	18
(1) 薬になる動植物	18
(2) 薬の宝庫としての天然物	19
(3) 現代医療の中の生薬・漢方薬	19
	〔生物系薬学を学ぶ〕
C 8 生命体の成り立ち	20
(1) ヒトの成り立ち	20
(2) 生命体の基本単位としての細胞	21
(3) 生体の機能調節	22
(4) 小さな生き物たち	23

C 9 生命をミクロに理解する	24
(1) 細胞を構成する分子	24
(2) 生命情報を担う遺伝子	25
(3) 生命活動を担うタンパク質	25
(4) 生体エネルギー	26
(5) 生理活性分子とシグナル分子	27
(6) 遺伝子を操作する	28
C 10 生体防御	29
(1) 身体をまもる	29
(2) 免疫系の破綻・免疫系の応用	29
(3) 感染症にかかる	30
	〔健康と環境〕
C 11 健康	31
(1) 栄養と健康	31
(2) 社会・集団と健康	32
(3) 疾病の予防	32
C 12 環境	33
(1) 化学物質の生体への影響	33
(2) 生活環境と健康	34
	〔薬と疾病〕
C 13 薬の効くプロセス	36
(1) 薬の作用と生体内運命	36
(2) 薬の効き方I	37
(3) 薬の効き方II	38
(4) 薬物の臓器への到達と消失	39
(5) 薬物動態の解析	40
C 14 薬物治療	40
(1) 体の変化を知る	40
(2) 疾患と薬物治療 (心臓疾患等)	41
(3) 疾患と薬物治療 (腎臓疾患等)	42
(4) 疾患と薬物治療 (精神疾患等)	43
(5) 病原微生物・悪性新生物と戦う	45
C 15 薬物治療に役立つ情報	46
(1) 医薬品情報	46
(2) 患者情報	47
(3) テーラーメイド薬物治療を目指して	48
	〔医薬品をつくる〕
C 16 製剤化のサイエンス	49
(1) 製剤材料の性質	49
(2) 剤形をつくる	50
(3) DDS (Drug Delivery System: 薬物送達システム)	50
C 17 医薬品の開発と生産	51
(1) 医薬品開発と生産のながれ	51
(2) リード化合物の創製と最適化	52
(3) バイオ医薬品とゲノム情報	53
(4) 治験	53
(5) バイオスタティスティクス	54
	〔薬学と社会〕
C 18 薬学と社会	54
(1) 薬剤師を取巻く法律と制度	54
(2) 社会保障制度と薬剤経済	55
(3) コミュニティファーマシー	56

はじめに

近年の新しい医療技術、あるいは医薬品の創製・適用における先端科学技術の進歩は、信頼される薬剤師、良質な薬学研究者を遅滞無く養成することを薬学教育の現場に強く求めている。これからの薬剤師や薬学研究者は、現代の国際化、情報化社会に適應する能力を十分に備え、生涯にわたって自ら進んで研鑽し続ける姿勢を持つ必要がある。このような要請に対して、各薬系大学は、薬学教育の質を高め、それを一定水準以上に保持するよう努めることにより、社会的責任を果さなければならない。そのためには、これまで各大学あるいはそれぞれの科目担当教員の裁量に任されていた教育内容を、薬学教育全体の視野から見直し、進歩と時代の要請に合わせて厳選するとともに、「教員主体」から「学習者主体」の教育に編成し直す必要がある。

これらの事態に対応するためには、社会のニーズに応えることのできる薬剤師、薬学研究者の育成を目指し、従来の知識教育に偏ったカリキュラムに別れを告げ、知識教育に加えて新たに技能教育、態度教育を組み込んだ「統合的カリキュラム」を作成することが急務であると考えられる。

#### 薬学教育モデル・コアカリキュラムおよび薬学教育実務実習・卒業実習カリキュラム作成の経緯

平成 13 年 8 月に日本私立薬科大学協会薬剤師養成カリキュラム検討委員会から「薬学教育モデルカリキュラム(案)」が、同年 9 月には国公立大学薬学部長会議教育部会から「薬学モデル・コア・カリキュラム(案)」が、それぞれ作成され提示された。ついで、両案を統合する作業に際して、同年 12 月に日本薬学会が主催する「薬学教育カリキュラムを検討する協議会」(座長：市川 厚)が発足した。協議会では、先に提示された二案を基盤として、新たなコンセプトのもとに、学生に到達して欲しい教育目標(実務実習を含む)を明記した薬学教育モデルカリキュラム(案)を平成 14 年 4 月にまとめた。

本協議会では、このモデルカリキュラム(案)を薬系 46 大学ならびに関連諸団体(日本薬剤師会、日本病院薬剤師会、文部科学省、厚生労働省、日本製薬工業協会等)に提示し、広く意見を求め、社会の要請、学生の将来の進路の多様化、教育環境の整備等を視野に入れつつ、ここに、薬学教育モデル・コアカリキュラムおよび薬学教育実務実習・卒業実習カリキュラムを作成した。

#### 薬学教育モデル・コアカリキュラムおよび薬学教育実務実習・卒業実習カリキュラムの基本的な考え方

本カリキュラムの基本的な考え方として、①社会のニーズに合った薬剤師、薬学研究者を養成する、②教員が主体となって、「何を教えるか」を記載す

るのではなく、学習者が主体となって、「どこまで到達すべきか」について記載する、③学生の到達度を客観的に評価できるように配慮する、④基礎薬学教育科目と臨床薬学教育科目との適正なバランスをとる、⑤実務実習、卒業実習の実習教育科目を充実させる、ことがあげられる。具体的には、

- ☆ 何を学ぶかを学生がすぐに理解できるように、従来の「〇〇学」という表現を避け、平易な表現を採用した。
- ☆ 従来の、講座単位あるいは教官個々による個別の授業内容とせず、関連分野を統合的に整理し、内容を理解しやすいカリキュラムとした。
- ☆ 知識偏重の内容でなく、技能、態度ともにバランスよく学べるよう配慮した。

#### 薬学教育モデル・コアカリキュラムおよび薬学教育実務実習・卒業実習カリキュラムの基本的な使い方

薬系大学における教育は、教養教育、薬学導入教育、薬学専門教育からなる。ここに提示する薬学教育モデル・コアカリキュラムおよび薬学教育実務実習・卒業実習カリキュラムは、薬剤師、薬学研究者等をめざす学生が学んで欲しい内容を整理した薬学専門教育のガイドラインである。各大学がそれぞれの特徴を生かし、薬学専門教育の内容の過不足を考慮しつつ柔軟に適用されることを期待する。さらに、教養教育、薬学導入教育、高度な専門教育について各大学の教学理念に基づいた独自のカリキュラムを組み合わせることにより、それぞれの大学に特徴のある教育カリキュラムを作成することになる。なお、本協議会では、教養教育、薬学導入教育の例を「薬学準備教育ガイドライン」として、また、高度専門教育の例を「薬学アドバンスト教育ガイドライン」として示している。

さらに、本カリキュラムの内容が、近い将来に改訂が予定されている薬剤師国家試験出題基準に反映されることを強く希望する。

#### 薬学教育モデル・コアカリキュラムおよび薬学教育実務実習・卒業実習カリキュラムの構成

- (1) 薬学教育モデル・コアカリキュラムは、A 全学年を通して、B イントロダクション、C 薬学専門教育、からなる。薬学教育実務実習・卒業実習カリキュラムは、D 実務実習カリキュラム、E 卒業実習カリキュラムを含む。
- (2) 薬学専門教育は、「物理系薬学を学ぶ」「化学系薬学を学ぶ」「生物系薬学を学ぶ」「健康と環境」「薬と疾病」「医薬品をつくる」「薬学と社会」の 7 分野に分割されている。それぞれの分野は互いに密接に関連しあっているので、他の分野の進捗状況に充分配慮しつつ学習する必要がある。

- (3) 薬学教育モデル・コアカリキュラムは67のユニット(講義単位)から、薬学教育実務実習・卒業実習カリキュラムは14のユニットから構成されており、互いに関連している複数のユニットをコースとしてまとめてある。それぞれのコースおよびユニットには、一般目標(学習者が学習することによって得る成果)を示してある。
- (4) それぞれのユニットごとに、到達目標(一般目標に到達するために必要な具体的な行動)が記載してある。到達目標の総数は1,446項目であり、それぞれは知識、技能、態度の三領域に分類される。
- (5) 教育目標に到達するための教育の方法、および到達度を評価するための方法は記載していない。各大学で独自に工夫することになる。

平成14年8月

日本薬学会  
薬学教育カリキュラムを検討する協議会  
座長 市川 厚

## A 全学年を通して：ヒューマニズムについて学ぶ

一般目標：

生命に関わる職業人となることを自覚し、それにふさわしい行動・態度をとることができるようになるために、人との共感的態度を身につけ、信頼関係を醸成し、さらに生涯にわたってそれらを向上させる習慣を身につける。

### (1) 生と死

一般目標：

生命の尊さを認識し、人の誕生から死までの間に起こりうる様々な問題を通して医療における倫理の重要性を学ぶ。

【生命の尊厳】

到達目標：

1. 人の誕生、成長、加齢、死の意味を考察し、討議する。(知識・態度)
2. 誕生に関わる倫理的問題(生殖技術、クローン技術、出生前診断など)の概略と問題点を説明できる。
3. 医療に関わる倫理的問題を列挙し、その概略と問題点を説明できる。
4. 死に関わる倫理的問題(安楽死、尊厳死、脳死など)の概略と問題点を説明できる。
5. 自らの体験を通して、生命の尊さと医療の関わりについて討議する。(態度)

【医療の目的】

到達目標：

1. 予防、治療、延命、QOLについて説明できる。

【先進医療と生命倫理】

到達目標：

1. 医療の進歩(遺伝子診断、遺伝子治療、移植・再生医療、難病治療など)に伴う生命観の変遷を概説できる。

### (2) 医療の担い手としてのこころ構え

一般目標：

常に社会に目を向け、生涯にわたって医療を通して社会に貢献できるようになるために必要なこころ構えを身につける。

【社会の期待】

到達目標：

1. 医療の担い手として、社会のニーズに常に目を向ける。(態度)
2. 医療の担い手として、社会のニーズに対応する方法を提案する。(知識・態度)
3. 医療の担い手にふさわしい態度を示す。(態度)

【医療行為に関わるこころ構え】

到達目標：

1. ヘルシンキ宣言の内容を概説できる。
2. 医療の担い手が守るべき倫理規範を説明できる。
3. インフォームド・コンセントの定義と必要性を説明できる。
4. 患者の基本的権利と自己決定権を尊重する。(態度)
5. 医療事故回避の重要性を自らの言葉で表現する。(態度)

#### 【研究活動に求められるこころ構え】

到達目標：

1. 研究に必要な独創的考え方、能力を醸成する。
2. 研究者に求められる自立した態度を身につける。(態度)
3. 他の研究者の意見を理解し、討論する能力を身につける。(態度)

#### 【医薬品の創製と供給に関わるこころ構え】

到達目標：

1. 医薬品の創製と供給が社会に及ぼす影響に常に目を向ける。(態度)
2. 医薬品の使用に関わる事故回避の重要性を自らの言葉で表現する。(態度)

#### 【自己学習・生涯学習】

到達目標：

1. 医療に関わる諸問題から、自ら課題を見出し、それを解決する能力を醸成する。(知識・技能・態度)
2. 医療の担い手として、生涯にわたって自ら学習する大切さを認識する。(態度)

#### (3) 信頼関係の確立を目指して

一般目標：

医療の担い手の一員である薬学専門家として、患者、同僚、地域社会との信頼関係を確立できるようになるために、相手の心理、立場、環境を理解するための基本的知識、技能、態度を修得する。

#### 【コミュニケーション】

到達目標：

1. 言語的および非言語的コミュニケーションの方法を概説できる。
2. 意思、情報の伝達に必要な要素を列挙できる。
3. 相手の立場、文化、習慣などによって、コミュニケーションのあり方が異なることを例示できる。

#### 【相手の気持ちに配慮する】

到達目標：

1. 対人関係に影響を及ぼす心理的要因を概説できる。
2. 相手の心理状態とその変化に配慮し、適切に対応する。(知識・態度)
3. 対立意見を尊重し、協力してよりよい解決法を見出すことができる。(技能)

#### 【患者の気持ちに配慮する】

到達目標：

1. 病気が患者に及ぼす心理的影響について説明できる。
2. 患者の心理状態を把握し、配慮する。(知識・態度)
3. 患者の家族の心理状態を把握し、配慮する。(知識・態度)
4. 患者やその家族の持つ価値観が多様であることを認識し、柔軟に対応できるよう努力する。(態度)
5. 不自由体験などの体験学習を通して、患者の気持ちについて討議する。(知識・態度)

#### 【チームワーク】

到達目標：

1. チームワークの重要性を例示して説明できる。
2. チームに参加し、協力的態度で役割を果たす。(態度)
3. 自己の能力の限界を認識し、必要に応じて他者に援助を求める。(態度)

#### 【地域社会の人々との信頼関係】

到達目標：

1. 薬の専門家と地域社会の関わりを列挙できる。
2. 薬の専門家に対する地域社会のニーズを収集し、討議する。(態度)

## B イントロダクション

一般目標：

薬学生としてのモチベーションを高めるために、薬の専門家として身につけるべき基本的知識、技能、態度を修得し、卒業生の活躍する現場などを体験する。

#### (1) 薬学への招待

一般目標：

薬の専門家として必要な基本姿勢を身につけるために、医療、社会における薬学の役割、薬剤師の使命を知り、どのように薬学が発展してきたかを理解する。

#### 【薬学の歴史】

到達目標：

1. 薬学の歴史的な流れと医療において薬学が果たしてきた役割を概説できる。
2. 薬剤師の誕生と変遷の歴史を概説できる。

#### 【薬剤師の活動分野】

到達目標：

1. 薬剤師の活動分野（医療機関、製薬企業、衛生行政など）について概説できる。
2. 薬剤師と共に働く医療チームの職種を挙げ、その仕事を概説できる。
3. 医薬品の適正使用における薬剤師の役割について概説できる。
4. 医薬品の創製における薬剤師の役割について概説できる。
5. 疾病の予防および健康管理における薬剤師の役割について概説できる。

#### 【薬について】

到達目標：

1. 「薬とは何か」を概説できる。
2. 薬の発見の歴史を具体例を挙げて概説できる。
3. 化学物質が医薬品として治療に使用されるまでの流れを概説できる。
4. 種々の剤形とその使い方について概説できる。
5. 一般用医薬品と医療用医薬品の違いを概説できる。

#### 【現代社会と薬学との接点】

到達目標：

1. 先端医療を支える医薬品開発の現状について概説できる。
2. 麻薬、大麻、覚せい剤などを乱用することによる健康への影響を概説できる。
3. 薬害について具体例を挙げ、その背景を概説できる。

#### 【日本薬局方】

到達目標：

1. 日本薬局方の意義と内容について概説できる。

### 【総合演習】

到達目標：

1. 医療と薬剤師の関わりについて考えを述べる。(態度)
2. 身近な医薬品を日本薬局方などを用いて調べる。(技能)

### (2) 早期体験学習

一般目標：

薬学生として学習に対するモチベーションを高めるために、卒業生の活躍する現場などを体験する。

到達目標：

以下の例示を参考にして、到達目標を設定し適切に実施する。

1. 病院における薬剤師および他の医療スタッフの業務を見聞し、その重要性について自分の意見をまとめ、発表する。(知識・態度)
2. 開局薬剤師の業務を見聞し、その重要性について自分の意見をまとめ、発表する。(知識・態度)
3. 製薬企業および保健衛生、健康に関わる行政機関の業務を見聞し、社会において果たしている役割について討議する。(知識・態度)
4. 保健、福祉の重要性を具体的な体験に基づいて発表する。(知識・態度)

## C 薬学専門教育

### 【物理系薬学を学ぶ】

#### C1 物質の物理的性質

一般目標：

化学物質の基本的性質を理解するために、原子・分子の構造、熱力学、反応速度論などの基本的知識を修得し、それらを応用する技能を身につける。

##### (1) 物質の構造

一般目標：

物質を構成する基本単位である原子および分子の性質を理解するために、原子構造、分子構造および化学結合に関する基本的知識と技能を修得する。

### 【化学結合】

到達目標：

- 1) 化学結合の成り立ちについて説明できる。
- 2) 軌道の混成について説明できる。
- 3) 分子軌道の基本概念を説明できる。
- 4) 共役や共鳴の概念を説明できる。

### 【分子間相互作用】

到達目標：

- 1) 静電相互作用について例を挙げて説明できる。

4

- 2) ファンデルワールス力について例を挙げて説明できる。
- 3) 双極子間相互作用について例を挙げて説明できる。
- 4) 分散力について例を挙げて説明できる。
- 5) 水素結合について例を挙げて説明できる。
- 6) 電荷移動について例を挙げて説明できる。
- 7) 疎水性相互作用について例を挙げて説明できる。

### 【原子・分子】

到達目標：

- 1) 電磁波の性質および物質との相互作用を説明できる。
- 2) 分子の振動、回転、電子遷移について説明できる。
- 3) スピンとその磁気共鳴について説明できる。
- 4) 分子の分極と双極子モーメントについて説明できる。
- 5) 代表的な分光スペクトルを測定し、構造との関連を説明できる。(知識・技能)
- 6) 偏光および旋光性について説明できる。
- 7) 散乱および干渉について説明できる。
- 8) 結晶構造と回折現象について説明できる。

### 【放射線と放射能】

到達目標：

- 1) 原子の構造と放射線について説明できる。
- 2) 電離放射線の種類を列挙し、それらの物質との相互作用について説明できる。
- 3) 代表的な放射性核種の物理的性質について説明できる。
- 4) 核反応および放射平衡について説明できる。
- 5) 放射線の測定原理について説明できる。

#### (2) 物質の状態 I

一般目標：

物質の状態および相互変換過程を解析できるようになるために、熱力学の基本的知識と技能を修得する。

### 【総論】

到達目標：

- 1) ファンデルワールスの状態方程式について説明できる。
- 2) 気体の分子運動とエネルギーの関係について説明できる。
- 3) エネルギーの量子化とボルツマン分布について説明できる。

### 【エネルギー】

到達目標：

- 1) 系、外界、境界について説明できる。
- 2) 状態関数の種類と特徴について説明できる。
- 3) 仕事および熱の概念を説明できる。
- 4) 定容熱容量および定圧熱容量について説明できる。
- 5) 熱力学第一法則について式を用いて説明できる。
- 6) 代表的な過程(変化)における熱と仕事を計算できる。(知識、技能)
- 7) エンタルピーについて説明できる。
- 8) 代表的な物理変化、化学変化に伴う標準エンタルピー変化を説明し、計算できる。(知識、技能)
- 9) 標準生成エンタルピーについて説明できる。

5

### 【自発的な変化】

#### 到達目標：

- 1) エントロピーについて説明できる。
  - 2) 熱力学第二法則について説明できる。
  - 3) 代表的な物理変化、化学変化に伴うエントロピー変化を計算できる。(知識・技能)
  - 4) 熱力学第三法則について説明できる。
  - 5) 自由エネルギーについて説明できる。
  - 6) 熱力学関数の計算結果から、自発的な変化の方向と程度を予測できる。(知識・技能)
  - 7) 自由エネルギーの圧力と温度による変化を、式を用いて説明できる。
  - 8) 自由エネルギーと平衡定数の温度依存性 (van't Hoff の式) について説明できる。
- △9) 共役反応について例を挙げて説明できる。

### (3) 物質の状態 II

#### 一般目標：

複雑な系における物質の状態および相互変換過程を熱力学に基づき解析できるようになるために、溶液および電気化学に関する基本的知識と技能を修得する。

### 【物理平衡】

#### 到達目標：

- 1) 相変化に伴う熱の移動 (Clausius-Clapeyron の式など) について説明できる。
  - 2) 相平衡と相律について説明できる。
  - 3) 代表的な状態図 (一成分子系、二成分系、三成分系相図) について説明できる。
  - 4) 物質の溶解平衡について説明できる。
  - 5) 溶液の束一的性質 (浸透圧、沸点上昇、凝固点降下など) について説明できる。
  - 6) 界面における平衡について説明できる。
  - 7) 吸着平衡について説明できる。
- △8) 代表的な物理平衡を観測し、平衡定数を求めることができる。(技能)

### 【溶液の化学】

#### 到達目標：

- 1) 化学ポテンシャルについて説明できる。
- 2) 活量と活量係数について説明できる。
- 3) 平衡と化学ポテンシャルの関係を説明できる。
- 4) 電解質のモル伝導度の濃度変化を説明できる。
- 5) イオンの輸率と移動度について説明できる。
- 6) イオン強度について説明できる。
- 7) 電解質の活量係数の濃度依存性 (Debye-Hückel の式) について説明できる。

### 【電気化学】

#### 到達目標：

- 1) 代表的な化学電池の種類とその構成について説明できる。
  - 2) 標準電極電位について説明できる。
  - 3) 起電力と標準自由エネルギー変化の関係を説明できる。
- △4) Nernst の式が誘導できる。
- 5) 濃淡電池について説明できる。
- △6) 膜電位と能動輸送について説明できる。

### (4) 物質の変化

#### 一般目標：

物質の変換過程を理解するために、化学反応速度論、および反応速度に影響を与える諸因子に関する基本的知識と技能を修得する。

### 【反応速度】

#### 到達目標：

- 1) 反応次数と速度定数について説明できる。
  - 2) 微分型速度式を積分型速度式に変換できる。(知識・技能)
  - 3) 代表的な反応次数の決定法を列挙し、説明できる。
  - 4) 代表的な(擬)一次反応の反応速度を測定し、速度定数を求めることができる。(技能)
  - 5) 代表的な複合反応 (可逆反応、平行反応、連続反応など) の特徴について説明できる。
  - 6) 反応速度と温度との関係 (Arrhenius の式) を説明できる。
- △7) 衝突理論について概説できる。
- △8) 遷移状態理論について概説できる。
- 9) 代表的な触媒反応 (酸・塩基触媒反応など) について説明できる。
  - 10) 酵素反応、およびその拮抗阻害と非拮抗阻害の機構について説明できる。

### 【物質の移動】

#### 到達目標：

- 1) 拡散および溶解速度について説明できる。
- 2) 沈降現象について説明できる。
- 3) 流動現象および粘度について説明できる。

### C2 化学物質の分析

#### 一般目標：

化学物質 (医薬品を含む) をその性質に基づいて分析できるようになるために、物質の定性、定量などに必要な基本的知識と技能を修得する。

### (1) 化学平衡

#### 一般目標：

水溶液中での物質の性質を理解するために、各種の化学平衡に関する基本的知識と測定の基本的技能を修得する。

### 【酸と塩基】

#### 到達目標：

- 1) 酸・塩基平衡を説明できる。
- △2) 溶液の水素イオン濃度 (pH) を測定できる。(技能)
- 3) 溶液の pH を計算できる。(知識・技能)
  - 4) 緩衝作用について具体例を挙げて説明できる。
  - 5) 代表的な緩衝液の特徴とその調製法を説明できる。
  - 6) 化学物質の pH による分子形、イオン形の変化を説明できる。

### 【各種の化学平衡】

#### 到達目標：

- 1) 錯体・キレート生成平衡について説明できる。



- 2) 沈殿平衡（溶解度と溶解度積）について説明できる。
- 3) 酸化還元電位について説明できる。
- 4) 酸化還元平衡について説明できる。
- 5) 分配平衡について説明できる。
- 6) イオン交換について説明できる。

## (2) 化学物質の検出と定量

### 一般目標：

試料中に存在する物質の種類および濃度を正確に知るために、代表的な医薬品、その他の化学物質の定性・定量法を含む各種の分離分析法の基本的知識と技能を修得する。

### 【定性試験】

#### 到達目標：

- 1) 代表的な無機イオンの定性反応を説明できる。
- 2) 日本薬局方収載の代表的な医薬品の確認試験を列挙し、その内容を説明できる。
- 3) 日本薬局方収載の代表的な医薬品の純度試験を列挙し、その内容を説明できる。

### 【定量の基礎】

#### 到達目標：

- △ 1) 実験値を用いた計算および統計処理ができる。(技能)
- 2) 医薬品分析法のバリデーションについて説明できる。
- 3) 日本薬局方収載の重量分析法の原理および操作法を説明できる。
- 4) 日本薬局方収載の容量分析法について列挙できる。
- 5) 日本薬局方収載の生物学的定量法の特徴を説明できる。

### 【容量分析】

#### 到達目標：

- 1) 中和滴定の原理、操作法および応用例を説明できる。
- 2) 非水滴定の原理、操作法および応用例を説明できる。
- 3) キレート滴定の原理、操作法および応用例を説明できる。
- 4) 沈殿滴定の原理、操作法および応用例を説明できる。
- 5) 酸化還元滴定の原理、操作法および応用例を説明できる。
- 6) 電気滴定（電位差滴定、電気伝導度滴定など）の原理、操作法および応用例を説明できる。
- △ 7) 日本薬局方収載の代表的な医薬品の容量分析を実施できる。(技能)

### 【金属元素の分析】

#### 到達目標：

- 1) 原子吸光光度法の原理、操作法および応用例を説明できる。
- 2) 発光分析法の原理、操作法および応用例を説明できる。

### 【クロマトグラフィー】

#### 到達目標：

- 1) クロマトグラフィーの種類を列挙し、それぞれの特徴と分離機構を説明できる。
- 2) クロマトグラフィーで用いられる代表的な検出法と装置を説明できる。
- △ 3) 薄層クロマトグラフィー、液体クロマトグラフィーなどのクロマトグラフィーを用いて代表的な化学物質を分離分析できる。(知識・技能)

## (3) 分析技術の臨床応用

### 一般目標：

薬学研究や臨床現場で分析技術を適切に応用するために、代表的な分析法の基本的知識と技能を修得する。

### 【分析の準備】

#### 到達目標：

- △ 1) 代表的な生体試料について、目的に即した前処理と適切な取扱いができる。(技能)
- 2) 臨床分析における精度管理および標準物質の意義を説明できる。

### 【分析技術】

#### 到達目標：

- 1) 臨床分析の分野で用いられる代表的な分析法を列挙できる。
- 2) 免疫反応を用いた分析法の原理、実施法および応用例を説明できる。
- 3) 酵素を用いた代表的な分析法の原理を説明し、実施できる。(知識・技能)
- 4) 電気泳動法の原理を説明し、実施できる。(知識・技能)
- 5) 代表的なセンサーを列挙し、原理および応用例を説明できる。
- △ 6) 代表的なドライケミストリーについて概説できる。
- 7) 代表的な画像診断技術（X線検査、CT スキャン、MRI、超音波、核医学検査など）について概説できる。
- 8) 画像診断薬（造影剤、放射性医薬品など）について概説できる。
- △ 9) 薬学領域で常用されるその他の分析技術（バイオイメージング、マイクロチップなど）について概説できる。

### 【薬毒物の分析】

#### 到達目標：

- 1) 毒物中毒における生体試料の取扱いについて説明できる。
- 2) 代表的な中毒原因物質（乱用薬物を含む）のスクリーニング法を列挙し、説明できる。
- △ 3) 代表的な中毒原因物質を分析できる。(技能)

## C3 生体分子の姿・かたちをとらえる

### 一般目標：

生体の機能や医薬品の働きが三次元的な相互作用によって支配されていることを理解するために、生体分子の立体構造、生体分子が関与する相互作用、およびそれらを解析する手法に関する基本的知識と技能を修得する。

### (1) 生体分子を解析する手法

#### 一般目標：

生体分子、化学物質の姿、かたちをとらえるために、それらの解析に必要な方法に関する基本的知識と技能を修得する。

### 【分光分析法】

#### 到達目標：

- 1) 紫外可視吸光度測定法の原理を説明し、生体分子の解析への応用例について説明できる。
- 2) 蛍光光度法の原理を説明し、生体分子の解析への応用例について説明できる。
- △ 3) 赤外・ラマン分光スペクトルの原理と、生体分子の解析への応用例について説明できる。
- △ 4) 電子スピン共鳴（ESR）スペクトル測定法の原理と、生体分子の解析への応用例について説明できる。
- 5) 旋光度測定法（旋光分散）、円偏光二色性測定法の原理と、生体分子の解析への応用例について説明できる。

△6) 代表的な生体分子(核酸、タンパク質)の紫外および蛍光スペクトルを測定し、構造上の特徴と関連付けて説明できる。(知識・技能)

#### 【核磁気共鳴スペクトル】

到達目標:

- 1) 核磁気共鳴スペクトル測定法の原理を説明できる。
- △2) 生体分子の解析への核磁気共鳴スペクトル測定法の応用例について説明できる。

#### 【質量分析】

到達目標:

- 1) 質量分析法の原理を説明できる。
- △2) 生体分子の解析への質量分析の応用例について説明できる。

#### 【X線結晶解析】

到達目標:

- 1) X線結晶解析の原理を概説できる。
- △2) 生体分子の解析へのX線結晶解析の応用例について説明できる。

#### 【相互作用の解析法】

到達目標:

- △1) 生体分子間相互作用の解析法を概説できる。

(2) 生体分子の立体構造と相互作用

一般目標:

生体分子の機能および医薬品の働きを立体的、動的にとらえるために、タンパク質、核酸および脂質などの立体構造やそれらの相互作用に関する基本的知識を修得する。

#### 【立体構造】

到達目標:

- 1) 生体分子(タンパク質、核酸、脂質など)の立体構造を概説できる。
- △2) タンパク質の立体構造の自由度について概説できる。
- 3) タンパク質の立体構造を規定する因子(疎水性相互作用、静電相互作用、水素結合など)について、具体例を用いて説明できる。
- △4) タンパク質の折りたたみ過程について概説できる。
- 5) 核酸の立体構造を規定する相互作用について、具体例を挙げて説明できる。
  - 6) 生体膜の立体構造を規定する相互作用について、具体例を挙げて説明できる。

#### 【相互作用】

到達目標:

- 1) 鍵と鍵穴モデルおよび誘導適合モデルについて、具体例を挙げて説明できる。
- △2) 転写・翻訳、シグナル伝達における代表的な生体分子間相互作用について、具体例を挙げて説明できる。
- 3) 脂質の水中における分子集合構造(膜、ミセル、膜タンパク質など)について説明できる。
- △4) 生体高分子と医薬品の相互作用における立体構造的要因の重要性を、具体例を挙げて説明できる。

## 【化学系薬学を学ぶ】

### C-4 化学物質の性質と反応

一般目標:

化学物質(医薬品および生体物質を含む)の基本的な反応性を理解するために、代表的な反応、分離法、構造決定法などについての基本的知識と、それらを実施するための基本的技能を修得する。

(1) 化学物質の基本的性質

一般目標:

基本的な無機および有機化合物の構造、物性、反応性を理解するために、電子配置、電子密度、化学結合の性質などに関する基本的知識を修得する。

#### 【基本事項】

到達目標:

- 1) 基本的な化合物を命名し、ルイス構造式で書くことができる。
- 2) 薬学領域で用いられる代表的化合物を慣用名で記述できる。
- 3) 有機化合物の性質に及ぼす共鳴の影響について説明できる。
- 4) 有機反応における結合の断裂と生成の様式について説明できる。
- 5) 基本的な有機反応(置換、付加、脱離、転位)の特徴を概説できる。
- 6) ルイス酸・塩基を定義することができる。
- 7) 炭素原子を含む反応中間体(カルボカチオン、カルバニオン、ラジカル、カルベン)の構造と性質を説明できる。
- 8) 反応の進行を、エネルギー図を用いて説明できる。
- 9) 有機反応を、電子の動きを示す矢印を用いて説明できる。

#### 【有機化合物の立体構造】

到達目標:

- 1) 構造異性体と立体異性体について説明できる。
- 2) キラリティーと光学活性を概説できる。
- 3) エナンチオマーとジアステレオマーについて説明できる。
- 4) ラセミ体とメソ化合物について説明できる。
- 5) 絶対配置の表示法を説明できる。
- 6) Fischer投影式とNewman投影式を用いて有機化合物の構造を書くことができる。
- 7) エタンおよびブタンの立体配座と安定性について説明できる。

#### 【無機化合物】

到達目標:

- 1) 代表的な典型元素を列挙し、その特徴を説明できる。
- 2) 代表的な遷移元素を列挙し、その特徴を説明できる。
- 3) 窒素酸化物の名称、構造、性質を列挙できる。
- 4) イオウ、リン、ハロゲンの酸化物、オキシ化合物の名称、構造、性質を列挙できる。
- 5) 代表的な無機医薬品を列挙できる。

#### 【錯体】

到達目標:

- 1) 代表的な錯体の名称、構造、基本的性質を説明できる。

- 2) 配位結合を説明できる。
- 3) 代表的なドナー原子、配位基、キレート試薬を列挙できる。
- 4) 錯体の安定度定数について説明できる。
- 5) 錯体の安定性に与える配位子の構造的要素（キレート効果）について説明できる。
- 6) 錯体の反応性について説明できる。
- 7) 医薬品として用いられる代表的な錯体を列挙できる。

## (2) 有機化合物の骨格

### 一般目標:

脂肪族および芳香族炭化水素の性質を理解するために、それぞれの基本構造、物理的性質、反応性に関する基本的知識を修得する。

### 【アルカン】

#### 到達目標:

- 1) 基本的な炭化水素およびアルキル基を IUPAC の規則に従って命名することができる。
- 2) アルカンの基本的な物性について説明できる。
- 3) アルカンの構造異性を図示し、その数を示すことができる。
- 4) シクロアルカンの環の歪みを決定する要因について説明できる。
- 5) シクロヘキサンのいす形配座と舟形配座を図示できる。
- 6) シクロヘキサンのいす形配座における水素の結合方向（アキシアル、エクアトリアル）を図示できる。
- 7) 置換シクロヘキサンの安定な立体配座を決定する要因について説明できる。

### 【アルケン・アルキンの反応性】

#### 到達目標:

- 1) アルケンへの代表的なシシ型付加反応を列挙し、反応機構を説明できる。
- 2) アルケンへの臭素の付加反応の機構を図示し、反応の立体特異性（アンチ付加）を説明できる。
- 3) アルケンへのハロゲン化水素の付加反応の位置選択性（Markovnikov 則）について説明できる。
- 4) カルボカチオンの級数と安定性について説明できる。
- 5) 共役ジエンへのハロゲンの付加反応の特徴について説明できる。
- 6) アルケンの酸化的開裂反応を列挙し、構造解析への応用について説明できる。
- 7) アルキンの代表的な反応を列挙し、説明できる。

### 【芳香族化合物の反応性】

#### 到達目標:

- 1) 代表的な芳香族化合物を列挙し、その物性と反応性を説明できる。
- 2) 芳香族性（Hückel 則）の概念を説明できる。
- 3) 芳香族化合物の求電子置換反応の機構を説明できる。
- 4) 芳香族化合物の求電子置換反応の反応性および配向性に及ぼす置換基の効果を説明できる。
- 5) 芳香族化合物の代表的な求核置換反応について説明できる。

## (3) 官能基

### 一般目標:

官能基が有機化合物に与える効果を理解するために、カルボニル基、アミノ基などの官能基を有する有機化合物について、反応性およびその他の性質に関する基本的知識を修得し、それらを応用するための基本的技能を身につける。

### 【概説】

#### 到達目標:

- 1) 代表的な官能基を列挙し、個々の官能基を有する化合物を IUPAC の規則に従って命名できる。
- 2) 複数の官能基を有する化合物を IUPAC の規則に従って命名できる。
- 3) 生体内高分子と薬物の相互作用における各官能基の役割を説明できる。
- △ 4) 代表的な官能基の定性試験を実施できる。（技能）
- 5) 官能基の性質を利用した分離精製を実施できる。（技能）
- 6) 日常生活で用いられる化学物質を官能基別に列挙できる。

### 【有機ハロゲン化合物】

#### 到達目標:

- 1) 有機ハロゲン化合物の代表的な性質と反応を列挙し、説明できる。
- 2) 求核置換反応（S<sub>N</sub>1 および S<sub>N</sub>2 反応）の機構について、立体化学を含めて説明できる。
- 3) ハロゲン化アルキルの脱ハロゲン化水素の機構を図示し、反応の位置選択性（Saytzeff 則）を説明できる。

### 【アルコール・フェノール・チオール】

#### 到達目標:

- 1) アルコール類の代表的な性質と反応を列挙し、説明できる。
- 2) フェノール類の代表的な性質と反応を列挙し、説明できる。
- 3) フェノール類、チオール類の抗酸化作用について説明できる。

### 【エーテル】

#### 到達目標:

- 1) エーテル類の代表的な性質と反応を列挙し、説明できる。
- 2) オキシラン類の開環反応における立体特異性と位置選択性を説明できる。

### 【アルデヒド・ケトン・カルボン酸】

#### 到達目標:

- 1) アルデヒド類およびケトン類の性質と、代表的な求核付加反応を列挙し、説明できる。
- 2) カルボン酸の代表的な性質と反応を列挙し、説明できる。
- 3) カルボン酸誘導体（酸ハロゲン化物、酸無水物、エステル、アミド、ニトリル）の代表的な性質と反応を列挙し、説明できる。

### 【アミン】

#### 到達目標:

- 1) アミン類の代表的な性質と反応を列挙し、説明できる。
- 2) 代表的な生体内アミンを列挙し、構造式を書くことができる。

### 【官能基の酸性度・塩基性度】

#### 到達目標:

- 1) アルコール、チオール、フェノール、カルボン酸などの酸性度を比較して説明できる。
- 2) アルコール、フェノール、カルボン酸、およびその誘導体の酸性度に影響を及ぼす因子を列挙し、説明できる。
- 3) 含窒素化合物の塩基性度を説明できる。

#### (4) 化学物質の構造決定

一般目標：

基本的な化学物質の構造決定ができるようになるために、核磁気共鳴 (NMR) スペクトル、赤外吸収 (IR) スペクトル、マスペクトルなどの代表的な機器分析法の基本的知識と、データ解析のための基本的技能を修得する。

#### 【総論】

到達目標：

- 1) 化学物質の構造決定に用いられる機器分析法の特徴を説明できる。

#### <sup>1</sup>H NMR】

到達目標：

- 1) NMR スペクトルの概要と測定法を説明できる。
- 2) 化学シフトに及ぼす構造的要因を説明できる。
- 3) 有機化合物中の代表的な水素原子について、おおよその化学シフト値を示すことができる。
- 4) 重水素効果による重水素置換の方法と原理を説明できる。
- 5) <sup>1</sup>H NMR の積分値の意味を説明できる。
- 6) <sup>1</sup>H NMR シグナルが近接プロトンにより分裂 (カップリング) する理由と、分裂様式を説明できる。
- 7) <sup>1</sup>H NMR のスピン結合定数から得られる情報を列挙し、その内容を説明できる。
- 8) 代表的化合物の部分構造を <sup>1</sup>H NMR から決定できる。(技能)

#### <sup>13</sup>C NMR】

到達目標：

- 1) <sup>13</sup>C NMR の測定により得られる情報の概略を説明できる。
- 2) 代表的な構造中の炭素について、おおよその化学シフト値を示すことができる。

#### 【IR スペクトル】

到達目標：

- 1) IR スペクトルの概要と測定法を説明できる。
- 2) IR スペクトル上の基本的な官能基の特性吸収を列挙し、帰属することができる。(知識・技能)

#### 【紫外可視吸収スペクトル】

到達目標：

- 1) 化学物質の構造決定における紫外可視吸収スペクトルの役割を説明できる。

#### 【マスペクトル】

到達目標：

- 1) マスペクトルの概要と測定法を説明できる。
- 2) イオン化の方法を列挙し、それらの特徴を説明できる。
- 3) ピークの種類 (基準ピーク、分子イオンピーク、同位体ピーク、フラグメントピーク) を説明ができる。
- 4) 塩素原子や臭素原子を含む化合物のマスペクトルの特徴を説明できる。
- 5) 代表的なフラグメンテーションについて概説できる。
- 6) 高分解能マスペクトルにおける分子式の決定法を説明できる。
- 7) 基本的な化合物のマスペクトルを解析できる。(技能)

#### 【比旋光度】

到達目標：

- 1) 比旋光度測定法の概略を説明できる。
- △ 2) 実測値を用いて比旋光度を計算できる。(技能)
- △ 3) 比旋光度と絶対配置の関係を説明できる。
- △ 4) 旋光分散と円二色性について、原理の概略と用途を説明できる。

#### 【総合演習】

到達目標：

- 1) 代表的な機器分析法を用いて、基本的な化合物の構造決定ができる。(技能)

#### C-5 ターゲット分子の合成

一般目標：

入手容易な化合物を出発物質として、医薬品を含む目的化合物へ化学変換するために、有機合成法の基本的知識、技能、態度を修得する。

#### (1) 官能基の導入・変換

一般目標：

個々の官能基を導入、変換するために、それらに関する基本的知識と技能を修得する。

到達目標：

- 1) アルケンの代表的な合成法について説明できる。
- 2) アルキンの代表的な合成法について説明できる。
- 3) 有機ハロゲン化合物の代表的な合成法について説明できる。
- 4) アルコールの代表的な合成法について説明できる。
- 5) フェノールの代表的な合成法について説明できる。
- 6) エーテルの代表的な合成法について説明できる。
- 7) アルデヒドおよびケトンの代表的な合成法について説明できる。
- 8) カルボン酸の代表的な合成法について説明できる。
- 9) カルボン酸誘導体 (エステル、アミド、ニトリル、酸ハロゲン化物、酸無水物) の代表的な合成法について説明できる。
- 10) アミンの代表的な合成法について説明できる。
- 11) 代表的な官能基選択的反応を列挙し、その機構と応用例について説明できる。
- 12) 代表的な官能基を他の官能基に変換できる。(技能)

#### (2) 複雑な化合物の合成

一般目標：

医薬品を含む目的化合物を合成するために、代表的な炭素骨格の構築法などに関する基本的知識、技能、態度を修得する。

#### 【炭素骨格の構築法】

到達目標：

- 1) Diels-Alder 反応の特徴を具体例を用いて説明できる。
- 2) 転位反応を用いた代表的な炭素骨格の構築法を列挙できる。
- 3) 代表的な炭素酸の pKa と反応性の関係を説明できる。

- 4) 代表的な炭素-炭素結合生成反応 (アルドール反応、マロン酸エステル合成、アセト酢酸エステル合成、Michael 付加、Mannich 反応、Grignard 反応、Wittig 反応など) について概説できる。

#### 【位置および立体選択性】

到達目標:

- 1) 代表的な位置選択的反応を列挙し、その機構と応用例について説明できる。
- 2) 代表的な立体選択的反応を列挙し、その機構と応用例について説明できる。

#### 【保護基】

到達目標:

- △1) 官能基毎に代表的な保護基を列挙し、その応用例を説明できる。

#### 【光学活性化合物】

到達目標:

- 1) 光学活性化合物を得るための代表的な手法 (光学分割、不斉合成など) を説明できる。

#### 【総合演習】

到達目標:

- 1) 課題として与えられた化合物の合成法を立案できる。(知識・技能)
- △2) 課題として与えられた医薬品を合成できる。(技能)
- △3) 反応廃液を適切に処理する。(技能・態度)

#### C・6 生体分子・医薬品を化学で理解する

一般目標:

生体分子の機能と医薬品の作用を化学構造と関連づけて理解するために、それらに関連する基本的知識と技能を修得する。

##### (1) 生体分子のコアとパーツ

一般目標:

生体分子の機能を理解するために、生体分子の基本構造とその化学的性質に関する基本的知識を修得する。

#### 【生体分子の化学構造】

到達目標:

- 1) タンパク質の高次構造を規定する結合 (アミド基間の水素結合、ジスルフィド結合など) および相互作用について説明できる。
- 2) 糖類および多糖類の基本構造を概説できる。
- 3) 糖とタンパク質の代表的な結合様式を示すことができる。
- 4) 核酸の立体構造を規定する化学結合、相互作用について説明できる。
- 5) 生体膜を構成する脂質の化学構造の特徴を説明できる。

#### 【生体内で機能する複素環】

到達目標:

- 1) 生体内に存在する代表的な複素環化合物を列挙し、構造式を書くことができる。
- 2) 核酸塩基の構造を書き、水素結合を形成する位置を示すことができる。
- △3) 複素環を含む代表的な補酵素 (フラビン、NAD、チアミン、ピリドキサル、葉酸など) の機能を化学反応性と関連させて説明できる。

#### 【生体内で機能する錯体・無機化合物】

到達目標:

- 1) 生体内に存在する代表的な金属イオンおよび錯体の機能について説明できる。
- 2) 活性酸素の構造、電子配置と性質を説明できる。
- 3) 一酸化窒素の電子配置と性質を説明できる。

#### 【化学から観る生体ダイナミクス】

到達目標:

- 1) 代表的な酵素の基質結合部位が有する構造上の特徴を具体例を挙げて説明できる。
- △2) 代表的な酵素 (キモトリプシン、リボヌクレアーゼなど) の作用機構を分子レベルで説明できる。
- △3) タンパク質リン酸化における ATP の役割を化学的に説明できる。

##### (2) 医薬品のコアとパーツ

一般目標:

医薬品の作用を化学構造と関連づけて理解するために、医薬品に含まれる代表的な構造とその性質に関する基本的知識と技能を修得する。

#### 【医薬品のコンポーネント】

到達目標:

- 1) 代表的な医薬品のコア構造 (ファーマコフォア) を指摘し、分類できる。
- △2) 医薬品に含まれる代表的な官能基を、その性質によって分類し、医薬品の効果と結びつけて説明できる。

#### 【医薬品に含まれる複素環】

到達目標:

- 1) 医薬品として複素環化合物が繁用される根拠を説明できる。
- 2) 医薬品に含まれる代表的な複素環化合物を指摘し、分類することができる。
- 3) 代表的な芳香族複素環化合物の性質を芳香族性と関連づけて説明できる。
- 4) 代表的芳香族複素環の求電子試薬に対する反応性および配向性について説明できる。
- 5) 代表的芳香族複素環の求核試薬に対する反応性および配向性について説明できる。

#### 【医薬品と生体高分子】

到達目標:

- 1) 生体高分子と非共有結合的に相互作用しうる官能基を列挙できる。
- 2) 生体高分子と共有結合で相互作用しうる官能基を列挙できる。
- △3) 分子模型、コンピューターソフトなどを用いて化学物質の立体構造をシミュレートできる。(知識・技能)

#### 【生体分子を模倣した医薬品】

到達目標:

- 1) カテコールアミンアナログの医薬品を列挙し、それらの化学構造を比較できる。
- 2) アセチルコリンアナログの医薬品を列挙し、それらの化学構造を比較できる。
- 3) ステロイドアナログの医薬品を列挙し、それらの化学構造を比較できる。
- 4) 核酸アナログの医薬品を列挙し、それらの化学構造を比較できる。
- 5) ペプチドアナログの医薬品を列挙し、それらの化学構造を比較できる。

#### 【生体内分子と反応する医薬品】

到達目標 (例示):

- 1) アルキル化剤と DNA 塩基の反応を説明できる。