

## 6-6. バイオ分野

### 6-6-1. はじめに

本報告書は、社会が求める実践的技術者教育における分野別のバイオ分野のカリキュラムに焦点を絞り、学士課程において修得すべき知識や理解およびこれらを具体的課題に適用する能力について、その範囲とレベルを示し、項目、到達目標、学修にあたっての配慮事項を具体的に提示するものである。

技術者教育において、バイオ分野は比較的新しい分野であり、かつ現在もその枠組みが拡大しつつある。日本においては、古くからは発酵工学という微生物利用分野があったが、1970年代に日本分子生物学会が設立されたのを皮切りに新たな潮流が生まれ、1980年代には遺伝子工学を利用した工業的物質生産技術が開発され、バイオという新たな分野の確立を見た。その後も、医学、農学、薬学やそれらの学際領域と連携し、他の工学分野の先端技術を取り込みながら、急激な技術の広がりを見せている。情報技術を取り込み、生物についての高速度解析を可能にするバイオインフォマティクスや、生物機能を模倣して構造物やデバイスに生かすバイオミメティクス、なども本分野の対象となるであろう。

これらの領域については将来的に組み込む必要があると考えるが、本報告では、最も共通性が高く、専門分野として確立している、有機・無機化学、物理化学、生化学、分子生物学、細胞・微生物学、生物化学工学、の6専門分野に焦点を当てている。これらについては、コア（必ず履修する）と要望（できれば履修させたい）に分けて、到達目標および学修にあたっての配慮事項とともに提示し、配慮事項についてはコアと要望に区別することなく記載する。コアの到達目標は、基礎概念をしっかりと理解し、それを課題解決に適用できること、要望の到達目標は、コアをさらに発展させて課題解決に向けた解析ができることである。

学士課程でのバイオ教育に求められる教育内容を、項目の関連性（教育順序）をある程度は考慮して列挙している。ただし、各大学の諸事情に応じて順序を変更することは当然あり得る。また、専門分野は教育科目を意味するものではない。教育科目への割り当て（すなわち、カリキュラムやシラバス作成）に際しては、必要に応じて分割、統合して割り当てることも可能である。どの学年に、どの専門分野をどの範囲まで割り当てるか、なども各大学の教育方針やスタッフなどの諸事情に応じて決まるものである。

当プロジェクトは、ここに記載する分野と項目を、いわば大学における技術者教育のバイオに関するコアカリキュラムとして定着させることを目指している。JABEEなどを「教育プログラムの認定組織」とすれば、本報告の内容は「具体的な教育コンテンツの基礎的な提言」という意味合いを有する。

本報告の分野と項目、到達目標などを共通ターゲットとした厳格な評価手法が確立されれば、日本の技術者のバイオ分野に関する質保証を強力に後押しすることができるものと考えられる。

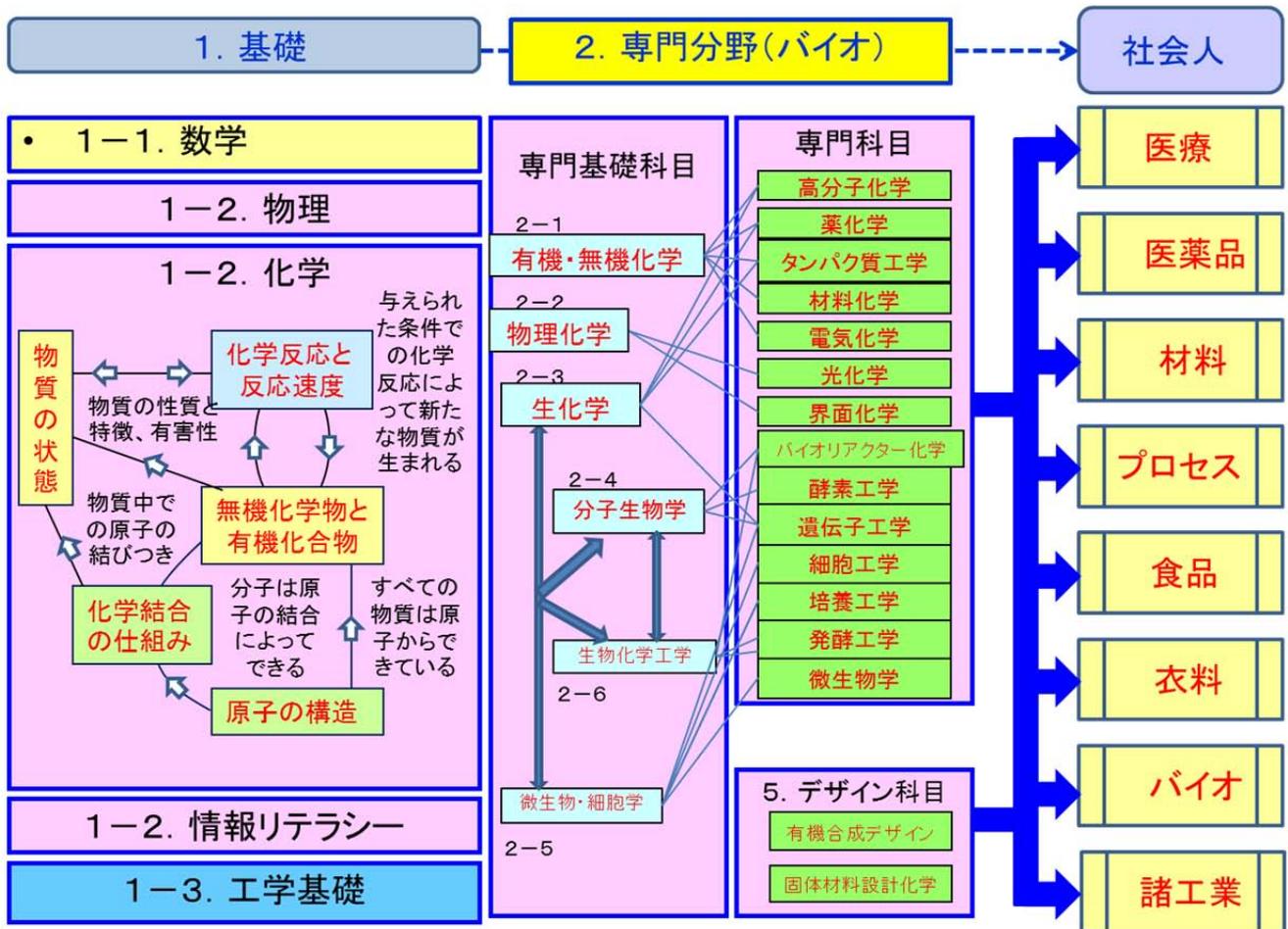


図6-6 バイオ分野の科目間関連図

6-6-2. バイオ分野一覧表 (技術者教育において育成すべき知識・能力と、その到達目標)

育成すべき知識・能力		到達目標	
		コ	ア
1.基礎	1-1.数学	微分・積分, 微分方程式, 線形代数, 複素関数の基礎知識や概念を数学的問題に適用できる。	微分・積分, 微分方程式, 線形代数, 複素関数の基礎知識や概念を工学問題に適用し, 問題解決に必要な分析をすることができる。
	1-2.物理学等自然科学 (物理, 化学, 情報リテラシー, 地学, 生物)	自然科学の法則を工学問題に適用し, 解くことができる。単位で表された数値が実感で理解できる。	力学, 電磁気学, 熱力学, 生化学等の自然科学の知識や概念を工学問題に適用し, 問題解決に必要な課題の構造を明らかにすることができる。単位で表された数値が実感で理解できる。
	1-3.工学基礎	基幹工学(機械工学概論, 電気・電子工学概論等), 工学基礎実験・計測, 数値解析等の基礎知識を工学問題の実験や解析に適用できる。	基幹工学(機械工学概論, 電気・電子工学概論等), 工学基礎実験・計測, 数値解析等の基礎知識を工学問題に適用し, 問題解決に必要な分析をすることができる。
2.専門分野	2-1.有機・無機化学	有機化学を構造と結合, 官能基と化学的性質との関係から理解し, それらの知識と概念を工学問題に適用できる。無機化学を元素毎に周期表を用いて理解し, さらに化学的性質との関係を体系的に理解すると共に, それらの知識と概念を工学問題に適用できる。	有機化学の知識を工学問題の解決に適用できるとともに, 高分子化学, 薬化学, 生化学等の専門分野の基礎知識を有し, 工学的課題の問題解決に必要な分析をすることができる。無機化学の知識を工学問題の解決に適用できるとともに, 材料化学, 電気化学等の専門分野の基礎知識を有し, 工学的課題の問題解決に必要な分析をすることができる。
	2-2.物理化学	熱力学と化学平衡論を理解し, さらに物質の三態と相変化について, 気体の状態方程式, 液体における分子間力および固体の結晶構造や界面現象の点から理解すると共に, それらの知識と概念を工学問題に適用できる。	物理化学の知識を工学問題の解決に適用できるとともに, 光化学, 界面化学等の専門分野の基礎知識を有し, 工学的課題の問題解決に必要な分析をすることができる。
	2-3.生化学	生命を構成する物質の構造と化学的特性を理解する。また, 生命活動における物質, エネルギー代謝の基本的原理を理解すると共に, それらの知識と概念を工学問題に適用できる。	重要な物質・エネルギー代謝に関わる分子や酵素を理解する。分子生物学, 生物工学, 細胞工学, 遺伝子工学等の専門分野の基盤となる生化学の知識を有し, 工学的課題の問題解決に必要な分析をすることができる。
	2-4.分子生物学	遺伝子の複製と転写, 翻訳までの一連の経路を理解し, それに基づく遺伝子組み換え技術の基礎を修得する。原核生物における, 遺伝子発現制御機構に関わる因子や配列を知る。さらに, 遺伝子解析技術の基礎を理解すると共に, それらの知識と概念を工学問題に適用できる。	真核生物における遺伝子発現制御機構とそれに関わる因子や配列を理解する。遺伝子組み換えによるタンパク質生産技術と様々な遺伝子解析技術を理解できる。知識を有し, 工学的課題の問題解決に必要な分析をすることができる。
	2-5.細胞・微生物学	生物の分類を細胞の構造等から理解する。産業に利用されている代表的な微生物を知る。細胞の増殖, 分化及び細胞間情報伝達機構の基礎に関する知識を与える。微生物の培養の基礎を理解すると共に, それらの知識と概念を工学問題に適用できる。	微生物の多様性とその特徴を理解する。動物, 植物細胞の構造をい理解し, 細胞内での物質の移動等に関する知識をあたえる。細胞の増殖, 分化, 及び細胞間情報伝達機構をそれらに関わるタンパク質や分子から理解し, 工学的課題の問題解決に必要な分析をすることができる。
	2-6.生物化学工学	バイオ化学プロセスで必要とされる物質やエネルギー収支の計算ができ, 流体や伝熱, 分離操作および蒸留手法等の単位操作, バイオリアクターの設計や酵素利用に必要な基礎知識を理解すると共に, それらの知識と概念を工学問題に適用できる。	生物化学工学の知識を工学問題の解決に適用できるとともに, バイオリアクター工学, 酵素工学等の専門分野の基礎知識を有し, 工学的課題の問題解決に必要な分析をすることができる。
3.汎用的技能 (応用的能力)	3-1.課題発見・解決力, 論理的思考力	日常生活の中にもバイオ化学に立脚する事は多い。課題発見, 情報の収集と分析, 課題解決, 等の手法を用い, バイオ化学分野の工学問題の課題を挙げ, その問題の構造を分析できる。	課題発見, 情報の収集と分析, 課題解決, 等の手法を用い, バイオ化学分野の工学問題の課題を挙げ, その問題の構造を分析し, 複数の解を提案し, その中から最良の解を選ぶことができる。
	3-2.コミュニケーション・スキル	他人の意見を分析・理解できるとともに, 自らの意見を論理的な文書や口頭説明として整理し, まとめることができる。英語等の外国語を用いて日常的な意見交換ができる。理工系作文技法を修得し, 適切な書式方法によって工学的プレゼンテーション資料を用意できる。	他人の意見を分析・理解し, 自らの意見を論理的な文書や口頭説明として整理し, これを相手の理解力を考慮して評価し, まとめることで, 相手に自分の意見を納得させることができる。英語等の外国語を用いて実務に関する意見・情報の交換ができる。英語等の外国語を用いバイオ化学分野の研究者と実務に関する意見・情報の交換ができる。
4.態度・志向性 (道徳的能力)	4-1.チームワーク, 自己管理能力, リーダーシップ, チャンスを活かす能力	自分に与えられた仕事を実行するために, やるべき事を分析し, 自己の体調・時間を管理できる。同分野の専門家であるチームメンバーと意見交換を行い, チーム内での自らのなすべき行動を分析し, これを実行することができる。	自分のやるべき事を評価・認識し, 自己の意欲・体調・時間・予算を管理することでこれを実行できる。同分野あるいは異分野の専門家のチーム作業において, なすべき行動を評価・実行できるとともに, リーダーとしてメンバーに働きかけることができる。
	4-2.倫理観	技術者倫理の基本原則を一般的な問題に適用できる。化学物質が持つリスクや法規制・知的財産権等の枠組みを理解すると共に生命に関する畏敬の念を持ち, 生命倫理の考え方を身に付ける。専門用語や理論を理解し, 一般論として, 環境・経済と工学の相反について考察・適用できる。	技術者倫理の基本原則を用いて実務の場ととるべき倫理的行動を考えることができる。バイオ化学とそれを生み出す化学技術が現代社会, 環境・経済に及ぼす影響を理解し, 技術者として倫理的判断能力に基づいて探るべき方策に適用できる。
	4-3.市民としての社会的責任	社会・健康・安全・法律・文化・環境等に関する知識を, 一般的な問題の解決の際に適用できる。現代社会, 環境・経済と工学との関連についての基礎知識を有し, エンジニアとして物質・プロセス等の安全性を理解・適用できる。	社会・健康・安全・法律・文化・環境等についての考慮を実務の場に適用し, とるべき行動を考えることができる。バイオ化学とそれを生み出す化学技術が現代社会, 環境・経済に及ぼす影響を化学技術者としての安全性, 信頼性に基づいて理解・適用でき, 化学記号をもとに専門家以外にも平易な解説ができる。
	4-4.生涯学習	バイオエンジニアとして自己認識が出来, 自主的に生涯にわたって学習する必要性と方法を理解している。	自主的に生涯にわたって学習する必要性と方法を理解し, それを実際の活動に適用し, 意欲を持って実行している。工業バイオ化学分野の継続的な深化と発展を理解し, その知識とスキルを適用できる。
5.総合的な学習経験と創造的思考力	5.創成能力(システム設計)	各種の外的・内的制約条件と, 問題解決のために解くべき課題を挙げ, この課題を整理・分析して, 制約条件下で課題を解決できる最適解を評価・提案できる。有機化合物及び無機化合物の合成手法の知識を修得し, 設計の目的と概念を理解・分析し, 適用できる。	各種の外的・内的制約条件と, 問題解決のために解くべき課題を挙げ, 制約条件下で課題を解決できる最適解を見出し, これに基づいて, 複合的な工学的問題の創造的解決を図ることができる。デザイン手法を理解・分析し, 実際の課題の要求に合致した有機・無機化合物の合成法を創造し, 化学実験装置を設計できる。

### 6-6-3. バイオ分野の到達目標と学修に当たっての配慮事項

バイオ分野の到達目標と学修に当たっての配慮事項は、次の6科目について示す。

1. 「有機・無機化学」
2. 「物理化学」
3. 「生化学」
4. 「分子生物学」
5. 「細胞・微生物学」
6. 「生物化学工学」

#### 1. 「有機・無機化学」

有機化学を構造と結合から理解し、官能基と化学的性質との関係を理解できるようにする。  
無機化学を元素毎に周期表を用いて理解し、化学的性質との関係を体系的に理解できるようにする。

##### 1) 混成軌道と共有結合及びアルカン・アルケン・アルキンの反応と反応機構

<キーワード>アルカン, シクロアルカン, 命名法, 混成軌, アルケン, アルキン, 求電子付加反応, 共役ジエン

###### 到達目標

###### 【コア】

- ・有機化学を学ぶ上で周期表や、他元素と14属である炭素原子との違いを理解する。
- ・アルカン, シクロアルカンの構造と立体化学がわかる。
- ・アルケンおよびアルキンの命名法および構造と反応性を理解でき、求電子付加反応の機構を理解できる。

###### 【要望】

- ・ $sp^3$ ,  $sp^2$ ,  $sp$  混成軌道の概念および $\sigma$ 結合と $\pi$ 結合を理解する。
  - ・カルボカチオンの種類(第1級, 第2級, 第3級)と安定性の概念を理解でき、共役ジエンへの求電子付加反応を理解できる。

###### 学修に当たっての配慮事項

- ・有機化学を学ぶ上で周期表を理解し、他元素と炭素との違いを理解させる。 $sp^3$ ,  $sp^2$ ,  $sp$ の混成軌道の概念および共有結合の理解するよう配慮する。更にアルカン, シクロアルカンの構造と立体化学を理解するように配慮する。
- ・アルケン, アルキンの命名法と構造式との関連を理解し、さらに求電子付加反応の機構を理解し、カルボカチオンの種類(第1級, 第2級, 第3級)と安定性の概念を理解できるように配慮する。

##### 2) ハロゲン化アルキルと求核置換反応

<キーワード>立体化学, ハロゲン化アルキル

###### 到達目標

###### 【コア】

- ・有機化合物の立体化学の概念として、分子の対称性やキラリティー, ジアステレオマー, ラセミ体の概念を理解する。

###### 【要望】

- ・第1級, 第2級, 第3級ハロゲン化アルキルの違いを理解した上で、ハロゲン化アルキルを用いた $SN1$ ,  $SN2$ 反応の違いならびに脱離反応の概念を理解できる。

###### 学修に当たっての配慮事項

- ・有機化合物の立体化学の概念を理解する。第1級, 第2級, 第3級ハロゲン化アルキルの違いを理解した上で、ハロゲン化アルキルを用いた $SN1$ ,  $SN2$ 反応の違いならびに脱離反応概念を理解できるように配慮する。

##### 3) 芳香族化合物の性質と反応

<キーワード>芳香族化合物, 芳香族求電子置換反応, 求核アシル置換反応

## 到達目標

### 【コア】

- ・芳香族化合物の命名法および構造とヒュッケル則と芳香族性を理解できる，電子吸引性基と供与性基による置換基効果を理解できる。

### 【要望】

- ・芳香族求電子置換反応および反応機構を理解でき，求核アシル置換反応を理解できる。

## 学修に当たっての配慮事項

- ・芳香族化合物の命名法と構造式との関連を理解し，さらに求電子置換反応の機構を理解する。芳香族求電子置換反応に対する置換基効果を理解できるように配慮する。

## 4) 官能基の性質とその反応

<キーワード>アルコール，フェノール，アルデヒド，ケトン，エーテル，エポキシド，カルボン酸，カルボニル，アミン，チオール，スルフィド

## 到達目標

### 【コア】

- ・アルコール，アルデヒド・ケトン，エポキシド，カルボン酸およびアミン化合物の命名法および構造，性質を理解でき，アルコールとエーテルそしてアルデヒドとケトンの製造法及び反応を理解できる。

### 【要望】

- ・カルボン酸及び誘導体の酸性度に関する置換基効果及び反応性の大きさ並びに反応性，アミン及びアミン誘導体の塩基性及び製造方法を理解できる。
- ・チオールとスルフィドの合成と反応性，カルボニルの置換反応，縮合反応を理解できる。

## 学修に当たっての配慮事項

- ・様々な置換基の科学的な性質を理解し，他置換基への変換方法及び種々の反応の機構を理解できるように配慮する。

## 5) 電子配置と分子軌道，元素の周期性

<キーワード>化学結合，電子配置，分子軌道，元素の周期性

## 到達目標

### 【コア】

- ・無機化学を学ぶ上で周期表を理解し，原子状態の電子配置，殻および族の概念を理解し，化学結合を理解できる。

### 【要望】

- ・無機分子の分子軌道及び立体構造の概念を理解する。

## 学修に当たっての配慮事項

- ・無機化学を学ぶ上で原子の構造と元素の周期性を理解する。原子状態での電子配置の概念と K, L, M, N 殻の概念を理解し，更に VSEPR 則に基づいて無機分子の分子軌道及び立体構造について理解させる。

## 6) 酸・塩基，酸化還元，典型元素，結晶構造

<キーワード>酸・塩基の概念，酸化還元，結晶構造，格子エネルギー

## 到達目標

### 【コア】

- ・規定度，酸解離定数，水素イオン指数などを用いて酸および塩基の定義及び強さを理解でき，酸化・還元および属ごとに典型元素の性質を理解できる。

(要望事項)

- ・結晶構造の概念及び格子エネルギーを理解できる。

## 学修に当たっての配慮事項

- ・規定度，酸解離定数，水素イオン指数などを用いて酸塩基を理解させる。酸化・還元反応並びに酸化還元電位の十分に理解させる。典型元素について十分に理解するように配慮する。

## 7) 遷移元素と錯体と錯体の立体化学

<キーワード>遷移元素，錯体，配位子，錯塩

## 到達目標

### 【コア】

- ・無機化合物を学ぶ上で重要な遷移元素を理解し、錯体および配位子の概念を理解できる。

### 【要望】

- ・錯体の命名、結合様式や化学式の記述法を学び、その立体化学および錯塩を理解できる。

## 学修に当たっての配慮事項

- ・無機化合物を学ぶ上で重要な遷移元素を理解し、さらに錯体の命名や化学式の記述法を学ぶ。錯体の結合様式や立体構造を理解できるように配慮する。

## 2. 「物理化学」

原子、電子、エネルギーなどの基本概念に基づき様々な自然現象が物質の物理的な原理によって説明できることを学ぶ。熱力学と反応速度論を理解し、さらに物質の三態と相変化について、気体の状態方程式、液体における分子間力および固体の結晶構造や界面現象の点から理解する。

### 1) 熱力学

<キーワード> 熱力学第一法則、熱力学第二法則、内部エネルギー、エンタルピー、ギブス自由エネルギー

## 到達目標

### 【コア】

- ・エネルギーの保存について理解でき、熱力学の第一、第二と第三法則を理解でき、熱力学量変化について基本的な計算ができる。

### 【要望】

- ・内部エネルギーとエンタルピーの概念を身に付け、ギブスの自由エネルギーの概念を理解できる。

## 学修に当たっての配慮事項

- ・熱力学の基本項目の理解につとめ、熱から仕事、仕事から熱のようなエネルギー変換を取り扱う事が多い事を理解させるとともに、熱力学量変化について基本的な計算ができるように配慮する。

### 2) 化学平衡論

<キーワード> 相平衡、反応速度、速度定数

## 到達目標

### 【コア】

- ・化学反応が平衡に達する理由や反応における最終的な組成に関する理解を行い、相平衡について相転移と相図が理解でき、化学平衡の原理を理解でき、初歩的計算ができる。

### 【要望】

- ・反応速度の概念および速度定数とその温度依存性を理解できる。

## 学修に当たっての配慮事項

- ・化学反応が平衡に達する理由や反応における最終的な組成に関する理解をすすめて、相平衡、化学平衡について初歩的計算が出来るように配慮し、さらに速度定数についてその意味を把握できるように配慮する。

### 3) 気体の状態方程式

<キーワード> 状態方程式、平均自由行程、分子運動論

## 到達目標

### 【コア】

- ・理想気体と実在気体の違いについて把握すると共に、状態方程式や気体の分子運動論、気体の状態方程式が理解できる。

### 【要望】

- ・気体分子運動論を理解し、圧力と体積の関係を表す状態方程式や平均自由行程などの計算ができる。

## 学修に当たっての配慮事項

- ・液体や固体の状態と対比させながら、気体分子運動論を理解し、理想気体と実在気体の違いにつ

いて把握すると共に、圧力と体積の関係を表す状態方程式や平均自由行程などの計算が出来るように配慮する。

#### 4) 液体における分子間力

<キーワード>分子間力, 蒸気圧, 沸騰

到達目標

**【コア】**

・液体において分子間に働く凝集力などの分子間力とその特性, 蒸気圧や沸騰の概念が理解できる。

**【要望】**

・水を例に会合などの物理的状态を理解できる。

学修に当たっての配慮事項

・液体において分子間に働く凝集力とその特性について, 蒸気圧や沸騰, そして会合などの物理的状态を把握させながら理解するように配慮する。

#### 5) 固体の結晶構造

<キーワード>結晶構造, 界面現象, 固体の電氣的・磁氣的性質

到達目標

**【コア】**

・固体中の原子, 分子が三次元的に積み上げられた結晶構造を理解でき, その種類や性質を把握してX線回折法の内容を理解できる。

**【要望】**

・固体表面における界面現象, 固体の電氣的, 磁氣的性質を理解できる。

学修に当たっての配慮事項

・固体中の原子, 分子が三次元的に積み上げられた結晶構造について, その種類や性質を把握し, 結晶構造の測定法とそれに関連する諸特性の意味を理解し, 計算等の応用ができるように配慮する。

### 3. 「生化学」

生命活動を化学のことで解き明かす物質の化学について学ぶ。生体分子について生化学に基づいて理解し, 生化学が広い生命の科学の一部であることを理解し, 生化学とそこから生まれた生物工学の基礎を学ぶ。

#### 1) 核酸の構造と性質・機能

<キーワード>ヌクレオチド, ヌクレオシド, DNA, RNA, セントラルドグマ, 突然変異, リボザイム

到達目標

**【コア】**

・核酸の構造と性質がわかり, 関連して遺伝情報の流れであるセントラルドグマが理解できる。

**【要望】**

・突然変異の誘発を化学的に理解でき, DNAとRNAの様々な高次構造が理解できる。

学修に当たっての配慮事項

・DNAとRNAの化学構造と機能をベースにでセントラルドグマを学修し, 生命の物質性を意識させるように配慮する。遺伝的多型とその表現型としての個性の関連を理解させる。さらに, リボザイム, RNAiなどの非翻訳RNAの重要性についても理解させる。

#### 2) アミノ酸およびタンパク質の構造と性質・機能

<キーワード>アミノ酸, タンパク質, pI, 高次構造, 抗体

到達目標

**【コア】**

・アミノ酸の構造と性質, およびタンパク質の生体内での役割がわかり, タンパク質高次構造形成の推進力と特徴が理解できる。

### 【要望】

- ・ペプチドの固相合成法およびアミノ酸配列決定法を理解し、抗体やヘモグロビンなどの代表的タンパク質の構造と機能を理解できる。

#### 学修に当たっての配慮事項

- ・タンパク質の高次構造形成を主鎖、および側鎖間の相互作用の観点から理解できるようにする。ペプチドの固相合成、およびアミノ酸配列決定法の化学を理解させる。ヘモグロビンの酸素結合におけるアロステリック効果、抗体の Fab, Fc 領域などの構造的特徴を理解させる。

## 3) 酵素とそのはたらき

<キーワード> ビタミン, 補因子, 補酵素, 補欠分子族, 阻害反応, Michaelis-Menten の式

#### 到達目標

##### 【コア】

- ・触媒反応や所在による酵素の分類がわかり、酵素反応の基質特異性や補因子の作用を化学的に理解できる。

##### 【要望】

- ・酵素反応速度論と活性測定法がわかり、酵素阻害や触媒活性制御が理解できる。

#### 学修に当たっての配慮事項

- ・酵素反応を、求核反応、プロトン・電子移動反応などの連続した特定の化学反応として理解させる。さらに、反応速度論を理解し、その上で Michaelis-Menten 式を用いて酵素活性測定法を理解させる。

## 4) 糖質や脂質の構造と生体内での役割

<キーワード> グルコース, 単糖類, 二糖類, 多糖類, 貯蔵多糖, 構造多糖, 糖タンパク, リン脂質, コレステロール, リポタンパク

#### 到達目標

##### 【コア】

- ・糖類と脂質の基本構造と役割を理解し、それらがエネルギー源、生体構成成分、および生理活性物質として種々の生理機能に関わっていることがわかる。

##### 【要望】

- ・糖タンパク, 糖脂質の構造や役割が理解できる。

#### 学修に当たっての配慮事項

- ・脂質や糖質の多様な分子構造とそれぞれの機能的特徴を理解させる。糖がタンパク質や脂質に結合することでそれぞれの分子を安定化したり、糖鎖の関与する分子認識が、細胞間の情報伝達を担っていることを理解させる。

## 5) 物質代謝とエネルギー代謝

<キーワード> 高エネルギー化合物, 解糖, TCA サイクル, 酸化的リン酸化, 電子伝達系, 光合成

#### 到達目標

##### 【コア】

- ・生物に含まれる物質の代謝機構について理解し、糖質, 脂質からエネルギーを取り出す仕組みやアミノ酸の代謝機構などについて基本概念がわかり、解糖および発酵反応や TCA サイクルが理解できる。

##### 【要望】

- ・電子伝達と酸化的リン酸化, 脂肪酸やアミノ酸の代謝や分解が理解できる。

#### 学修に当たっての配慮事項

- ・生物が物質やエネルギーを代謝して、その生命活動を維持していることを定量的概念を含めて理解できるように配慮する。

## 6) 生化学実験法

<キーワード> 紫外・可視分光光度法, 赤外分光光度法, 蛍光分光光度法, 質量分析法, NMR, HPLC, ゲル電気泳動法, CE, DNA, ペプチド自動合成

#### 到達目標

##### 【コア】

- ・分光学的手法の基本原理を理解し、生体分子の分離・精製法としてのクロマトグラフィーとゲル電気泳動法の動作原理が理解できる。

**【要望】**

- ・分光学的手法、および分離・精製法の的確な選択ができ、分光学データを解析することができる。

学修に当たっての配慮事項

- ・種々の分光学的手法、および分離・精製の原理を理解させる。データチャートを正しく解析できるようにさせる。対象とする生体関連化学物質の構造、性質を考慮した上で適切な分離・精製、分析手法が選択できるようにさせる。

## 4. 「分子生物学」

生命の基本である遺伝の基礎を理解し、遺伝子の複製、転写、翻訳から機能発現までの一連のメカニズムについて勉強する。さらに遺伝子工学について、その原理を理解し、基本的な実験技術を修得する。

### 1) 遺伝とDNA

<キーワード> 遺伝とメンデルの法則、遺伝子、DNAの複製、DNAの修復、DNAの組換え

到達目標

**【コア】**

- ・遺伝の基本法則であるメンデルの法則を理解する。核酸の生化学の知識を基にDNAの複製の原理を理解する。

**【要望】**

- ・DNAの複製のメカニズムとそれに関わる分子（酵素）を理解する。DNAの修復と組換えを知る。

学修に当たっての配慮事項

- ・生命の基本である遺伝について、DNAの複製という視点から分子レベルで理解できるようにする。

### 2) 転写と翻訳

<キーワード> RNAの分類、遺伝暗号、転写、翻訳、エキソンとイントロン、タンパク質の翻訳後修飾と輸送、タンパク質分解

到達目標

**【コア】**

- ・遺伝子のDNA配列情報からタンパク質の合成までの一連の経路を理解できる。原核生物細胞における転写、翻訳のメカニズム及びそれに関与する分子を知る。

**【要望】**

- ・真核生物における転写、翻訳のメカニズム及びそれに関与する分子を知る。タンパク質の翻訳後修飾や輸送のメカニズムを理解する。

学修に当たっての配慮事項

- ・遺伝子という設計図から生命が構築される基本原理を理解できるようにする。細胞内におけるタンパク質合成と分解について学ぶようにする。

### 3) 遺伝子発現の調節

<キーワード> オペロン、プロモーター、転写制御因子、転写制御配列、翻訳調節

到達目標

**【コア】**

- ・原核生物細胞における遺伝子発現調節機構及び翻訳調節機構を理解する。

**【要望】**

- ・真核生物細胞における遺伝子発現調節機構及び翻訳調節機構を理解する。主要な転写制御因子、転写制御配列を知る。

学修に当たっての配慮事項

- ・様々な遺伝子が必要なときに必要なだけ転写、翻訳されるメカニズムを理解できるようにする。特に、遺伝子組換えによる物質生産の基盤となる知識を与える。

#### 4) 染色体とゲノム

<キーワード>染色体, クロマチン, セントロメアとテロメア, 遺伝子多型, エピジェネティクス, トランスポゾン

##### 到達目標

###### 【コア】

- ・染色体, クロマチンの構造と特徴を理解する. 細胞分裂に伴う染色体の分配機構を知る. トランスポゾンを知る.

###### 【要望】

- ・染色体, クロマチンを構成する要素を知る. 一塩基多型 (SNP) などの遺伝子多型を理解する. エピジェネティクスを知る.

##### 学修に当たっての配慮事項

- ・真核生物の核内においてゲノムがどのように収納され, 転写翻訳にされているかの基礎を理解させる. 特に医療や細胞工学での基礎となる情報を与える.

#### 5) 遺伝子組換え技術

<キーワード>形質転換, 制限酵素と遺伝子修飾酵素, ベクター, クローニング, cDNA, 組換え蛋白質の生産, 動物細胞, 植物細胞の遺伝子組み換え

##### 到達目標

###### 【コア】

- ・遺伝子組換えの基本的な原理を理解し, 大腸菌を用いた有用タンパク質の生産方法が分かる.

###### 【要望】

- ・遺伝子組み換えに用いられる種々の酵素や技術を理解し, 動物や植物の遺伝子組換えが分かる.

##### 学修に当たっての配慮事項

- ・大腸菌を用いた遺伝子組換えタンパク質生産を理解できるようにし, 動物や植物の遺伝子組み換えに関する知識を与える.

#### 6) 遺伝子解析技術

<キーワード>電気泳動, DNAシーケンス, ハイブリダイゼーション, PCR, Real time PCR, DNAマイクロアレイ, 次世代DNAシーケンサー

##### 到達目標

###### 【コア】

- ・電気泳動, ハイブリダイゼーション, PCR, DNAシーケンスなどの基本的遺伝子解析技術を理解する.

###### 【要望】

- ・Real time PCR, DNAマイクロアレイ, DNAシーケンサーなどについて知り, 新しい遺伝子解析技術が理解できる.

##### 学修に当たっての配慮事項

- ・電気泳動, シーケンス, ハイブリダイゼーションといった遺伝子解析技術の基礎を理解できるようにし, 様々な応用技術に関する知識を与える.

### 5. 「微生物・細胞」

生物の分類とそれらの違いを生命の最小単位である細胞レベルで理解する. 微生物, 細胞の構造, 代謝, 増殖機構を学ぶ.

#### 1) 生物の分類と微生物の多様性

<キーワード>真核生物, 真正細菌, 古細菌, 二名法, 細胞の構造, ウイルスの特徴, 微生物の分類, 微生物の多様性と極限環境微生物, 工業利用微生物, 病原性微生物

##### 到達目標

###### 【コア】

- ・生物及び微生物の分類を理解し, 代表的な微生物 (大腸菌, パン酵母) とウイルスの特徴を知る. 真核生物と原核生物の違いを理解する.

### 【要望】

- ・工業的に利用されている種々の微生物の特徴を知る。様々な環境で生育する微生物の特徴を理解する。病原性微生物を知る。

#### 学修に当たっての配慮事項

- ・生命の最小単位である細胞から生物を理解できるようにし、構造や分子レベルでの分類方法を教える。さらに、様々な微生物の分類と特徴に関する知識を与える。

## 2) 微生物の構造と代謝

<キーワード> 微生物細胞の構造, 微生物の増殖, 微生物の培養, 微生物のスクリーニングと育種, 醗酵生産に関わる代謝

#### 到達目標

##### 【コア】

- ・微生物細胞の構造と増殖を理解し、微生物の培地や培養方法の基礎を知る。

##### 【要望】

- ・様々な発酵の代謝機構を知る。有用微生物の探索と育種方法を理解する。

#### 学修に当たっての配慮事項

- ・微生物の構造と増殖機構から培養方法の原理を理解する。さらに発酵生産に利用されている微生物の特徴と新規微生物のスクリーニング方法に関する基礎知識を与える。

## 3) 細胞の構造と特徴

<キーワード> 動物細胞の構造, 植物細胞の構造と代謝, 細胞内小器官, 細胞膜器官, 細胞内物質移動, 細胞骨格

#### 到達目標

##### 【コア】

- ・動物細胞と植物細胞の特徴と違いを知る。細胞を構成する細胞内小器官などの構成要素を理解する。

##### 【要望】

- ・植物細胞の2次代謝物生産を知る。細胞内の小器官や要素の間の関係や物質, タンパク質の移動などを理解する。

#### 学修に当たっての配慮事項

- ・動物細胞と植物細胞の構造的特徴を理解できるようにする。細胞内におけるタンパク質などの物質の移動などに関する知識を与える。

## 4) 細胞内, 細胞間情報伝達

<キーワード> ホルモンとインターロイキン, リガンドと受容体, セカンドメッセンジャー, タンパク質リン酸化, 神経情報伝達

#### 到達目標

##### 【コア】

- ・細胞内, 細胞間情報伝達の基本的メカニズムを理解する。細胞膜と細胞内の受容体を知る。セカンドメッセンジャーとタンパク質リン酸化の意味を理解する。

##### 【要望】

- ・代表的なホルモン, インターロイキン, 受容体, セカンドメッセンジャーを知る。神経情報伝達を理解する。

#### 学修に当たっての配慮事項

- ・細胞間の相互の情報伝達及びそれに続く細胞内の情報伝達のメカニズムを理解できるようにする。代表的な細胞間, 細胞内情報伝達に関わる分子について教える。

## 5) 発生, 分化, 細胞機能

<キーワード> 細胞周期, アポトーシス, 免疫, 血球細胞の分化, 生殖細胞, 組織, 器官, がん細胞の特徴

#### 到達目標

##### 【コア】

- ・細胞周期と細胞分化の基本的原理を理解する。アポトーシスを知る。がん細胞の特徴を知る。

### 【要望】

- ・細胞周期を制御する因子を知る。代表的な組織や細胞の機能を知る。

### 学修に当たっての配慮事項

- ・細胞の増殖から分化までの一連の基礎的なメカニズムを理解できるようにする。代表的な細胞や組織の機能に関する知識を与える。

## 6. 「生物化学工学」

バイオプロセスで必要とされる物質とエネルギーの収支について計算ができ、流体や伝熱さらに分離操作における気・液平衡や蒸留手法などの単位操作について学ぶとともに、バイオリクターの設計や酵素および微生物の工業的利用に必要な基礎知識について理解できるようにする。

### 1) 収支と速度

<キーワード>物質収支, エネルギー収支, 反応速度, 移動速度

#### 到達目標

#### 【コア】

- ・多量の原料を生物機能により効率よく変換するための基礎として、単位と次元がわかり、収支と速度の概念を理解できる。

【要望】・物質とエネルギーの移動現象を理解するように物質やエネルギーの収支の計算ができ、反応速度と移動速度を理解できる。

#### 学修に当たっての配慮事項

- ・多量の原料を効率よく生物的に変換するための基礎として物質とエネルギーの移動現象を理解させる。化学反応式と化学量論を理解した上で、物質収支、エネルギー収支、反応速度と移動速度について理解できるように配慮する。

### 2) 流動と流体輸送

<キーワード>流量と流速, レイノルズ数, 流体輸送, 所要動力

#### 到達目標

#### 【コア】

- ・輸送管内の流動状態が理解でき、流量と流速の測定法がわかって流量と流速が計算でき、レイノルズ数から流動状態がわかる。

#### 【要望】

- ・流体輸送に関するエネルギー収支や流体輸送のための所要動力が計算できる。

#### 学修に当たっての配慮事項

- ・多量の原料を効率よく輸送するための基礎として、輸送管内の流動状態が理解でき、輸送時の物質が持つエネルギーがどのように損失するか理解でき、その損失量を計算ができるように配慮する。

### 3) 伝熱と熱交換器

<キーワード>伝導伝熱, 対流伝熱, 放射伝熱, 熱交換器

#### 到達目標

#### 【コア】

- ・伝導伝熱と対流伝熱および、熱に関するフーリエ式がわかり、管内層流および乱流における熱伝達が理解できる。

#### 【要望】

- ・物質が持つエネルギー（熱）を如何に効率よく回収できるかまたは損失しないように保温できるかのエネルギーの移動を理解でき、熱交換器の熱的設計ができる。

#### 学修に当たっての配慮事項

- ・多量の原料を効率よく処理するための基礎として、物質が持つエネルギー（熱）を如何に効率よく回収できるかまたは損失しないように保温できるかのエネルギーの移動を理解でき、収支計算ができるように配慮する。

#### 4) 物質分離と蒸留

<キーワード>単蒸留, 水蒸気蒸留, 減圧蒸留, 気液平衡

##### 到達目標

###### 【コア】

- ・反応物から生成物を効率よく得るための分離操作を理解するための基礎として, 単蒸留, 水蒸気蒸留, 減圧蒸留が理解でき, 分子の平衡関係を利用する平衡分離と移動速度の差を利用する速度差分離がわかる.

###### 【要望】

- ・蒸留における気-液平衡関係がわかり理論段数が計算できる.

##### 学修に当たっての配慮事項

- ・反応物から生成物を効率よく得るための分離操作を理解するための基礎として, 分子の平衡関係を利用する平衡分離と移動速度の差を利用する速度差分離に大きく分類できることを理解し, 蒸留では気-液平衡関係が理解でき, 理論段数を計算できるように配慮する.

#### 5) バイオリアクター設計

<キーワード>酵素反応速度式, 微生物反応速度式, バイオリアクター, 設計方程式

##### 到達目標

###### 【コア】

- ・バイオリアクターの分類と特徴, バイオリアクター内の物理現象および酵素や微生物反応プロセスがわかり, バイオリアクターの設計に必要な基礎知識がわかる.

###### 【要望】

- ・酵素や微生物を用いた均相系及び固定化系の反応速度論とバイオリアクターの設計方程式の基礎を理解できる.

##### 学修に当たっての配慮事項

- ・バイオリアクターの形式に応じて適用すべき設計方程式が選択でき, 各種バイオリアクターを用いて得られた反応データから設計方程式中のパラメータが決定できるように配慮する.

#### 6) 酵素工学

<キーワード>機能改変, 架橋反応, 固定化酵素

##### 到達目標

###### 【コア】

- ・酵素の抽出法・精製法や化学的改変の基本的原理や方法と固定化がわかる.

###### 【要望】

- ・酵素の架橋反応と分解や修飾, 酵素の固定化法および固定化酵素の性能変化と利用が理解できる.

##### 学修に当たっての配慮事項

- ・酵素の化学的改変方法に関する基本的原理と方法論および工業的利用について理解できるように配慮する.

#### 7) 微生物の工業的応用

<キーワード>発酵, バイオ製品, 微生物制御, 微生物的処理

##### 到達目標

###### 【コア】

- ・有機酸やアミノ酸の代謝, アルコール, 有機酸およびアミノ酸発酵がわかり, 種々の工業分野への応用を理解している.
- ・セルロースの糖化, アルコール発酵など, エネルギーや資源への応用について理解している.

###### 【要望】

- ・微生物を用いた廃水や汚染物質の処理工学, 発酵・腐敗・病原微生物を制御する技術を理解できる.
- ・微生物や酵素によるバイオマス資源変換の特徴と課題が理解できる.

##### 学修に当たっての配慮事項

- ・微生物機能を食品, 医薬品や化学製品製造分野および廃棄物処理分野へ応用した場合の有効性と問題点について理解できるように配慮する.