

**CHEM BIO**

CHEMISTRY & BIOTECHNOLOGY

Department of Chemistry & Biotechnology  
School of Engineering, The University of Tokyo

化学×生命×工学



# 2025年度Aセメスター全学自由研究ゼミナール (化学・生命系3学科合同)

分子の世界に飛び込もう：  
化学と生命の最前線に触れる

有機化学と生命科学から10テーマのゼミを開講

# 分子の世界に飛び込もう：化学と生命の最前線に触れる

**CHEMBIO**

CHEMISTRY & BIOTECHNOLOGY

Department of Chemistry & Biotechnology  
School of Engineering, The University of Tokyo

有機／生命

酒井研：高分子ゲルをつくる・測る・理解する

有機

野崎研：触媒の力で再生可能資源の有効活用へ

生命

鈴木研：mRNAワクチンのしくみを学ぶ：  
RNAを細胞に入れてタンパク質をつくらせよう

有機／生命

岡本研：人工核酸を化学合成する

有機／生命

山東研：疾患診断を目指した分子プローブの開発実習：  
分子で生命現象を“見る”技術を学ぶ

有機／生命

工藤研：ペプチドを触媒として利用した有機合成

有機

フッ素有機化学研：高機能性フッ素系高分子を作り・測る

生命

津本・神経細胞生物学研：脳の中のシナプスを見る

生命

大澤研：がん細胞と正常細胞の違いを探ってみよう

生命

西増研：CRISPER-Cas9がゲノムDNAを切断するしくみを  
理解する

# 高分子ゲルをつくる・測る・理解する (化学生命工学科・酒井研究室)

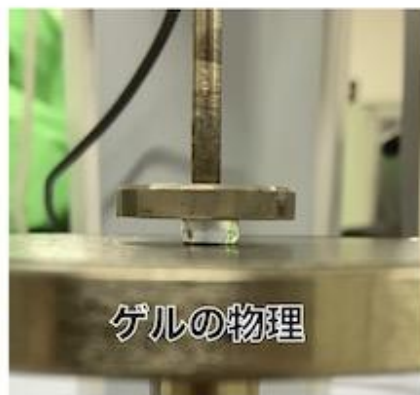
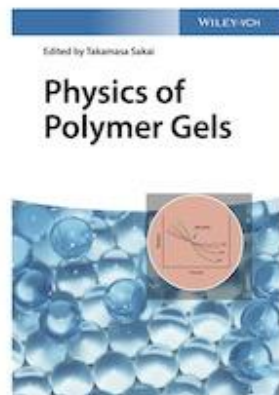
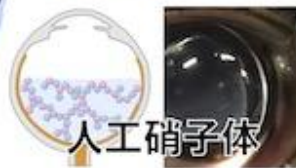
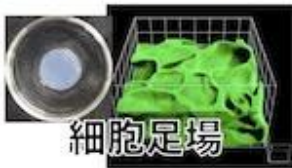
**実施場所** : 本郷キャンパス・工学部3号館・酒井研究室

**実施スタッフ** : 増田 造 (特任講師) ・ TA数名

**受け入れ人数** : 4人まで

**実施日** : 11, 12月中の土曜日午後 (受講生の決定後、日程調整)。計3回程度。

**実施実験概要** : 高分子ゲルは高分子網目が溶媒を含んだ物質の総称であり、様々な食品やソフトコンタクトレンズなど多岐にわたって身近に活用されるとともに医療材料としても注目されています。高分子ゲルを目的に合わせて設計するためには、その物性 (弾性率など) の支配法則を理解することが重要です。本講座では、ゲルの合成と物性評価を体験することで、高分子ゲル材料の設計を学びます。





# 触媒の力で再生可能資源の有効活用へ (化学生命工学科・野崎研究室)

**実施場所** : 本郷キャンパス・工学部3号館・野崎研究室

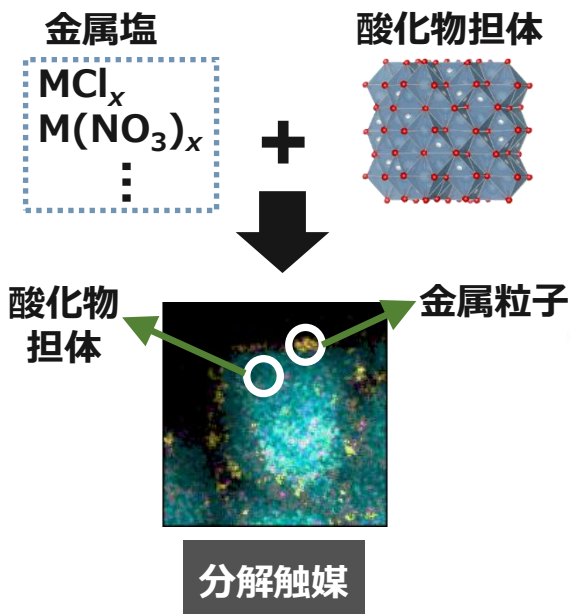
**実施スタッフ** : 関 凜 (助教)・TA数名

**受け入れ人数** : 6人まで

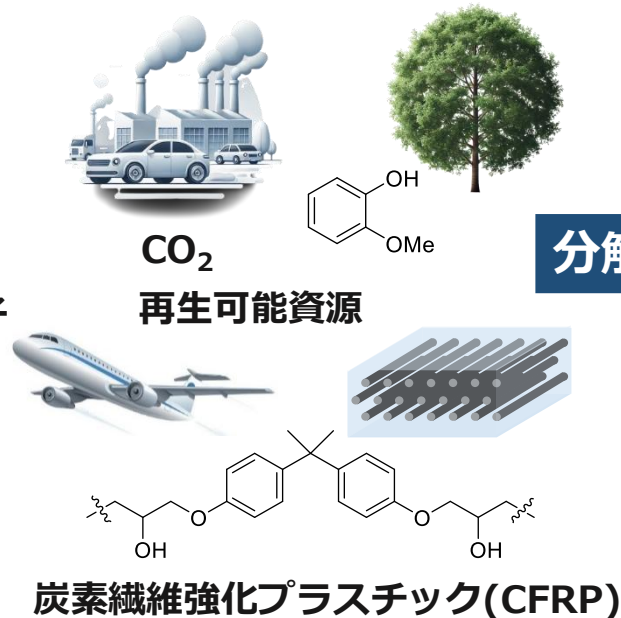
**実施日** : 11, 12月中の土曜日午後 (受講生の決定後、日程調整)。計3回。

**実施実験概要** : 化学産業は化石資源を有用物質に変換することを中心に発展してきました。しかし、化石資源は限りある資源であり、近年その枯渇が懸念されています。二酸化炭素やバイオマスなどの再生可能な資源の有効活用や使用済み廃材料の再利用によって、資源循環を構築することは、持続可能な社会確立のために必須です。このゼミでは、触媒を調製し、実際に化学反応に使用したのち、得られた化合物を様々な手法・装置を利用して分析することで、触媒開発の面白さを感じてみましょう。

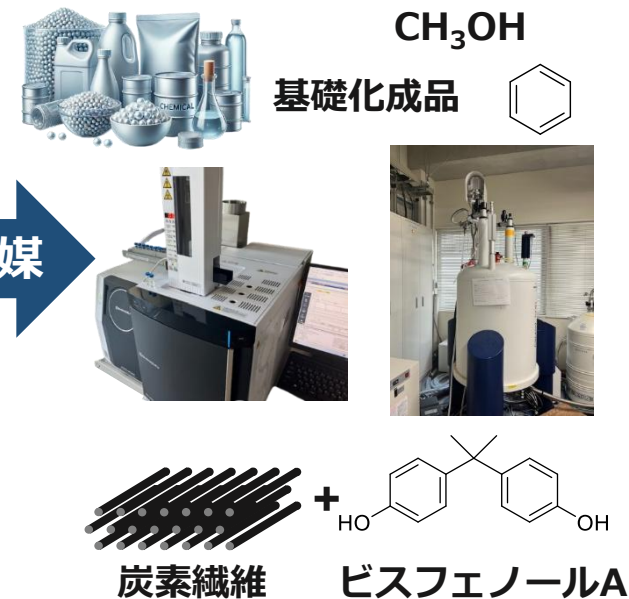
## 01 触媒を調製する



## 02 触媒反応の実施



## 03 得られた生成物を分析



# mRNAワクチンのしくみを学ぶ：RNAを細胞に入れてタンパク質を作らせよう (化学生命工学科・鈴木研究室)

**実施場所** : 本郷キャンパス・工学部3号館・鈴木研究室

**実施スタッフ** : 大平 高之（助教）・TA数名

**受け入れ人数** : 6人まで

**実施日** : 11月・12月中の土曜日を予定（受講生の決定後、日程調整します）。  
計4回。1回目はオンライン授業、2,3回目は実験、4回目はデータ解析（オンライン）の予定。

## 実施実験概要：

mRNAを細胞に導入し、タンパク質を作らせることで、mRNAワクチンのしくみを学びます。

新型コロナウイルス感染症(COVID-19)は世界的なパンデミックを引き起こしましたが、mRNAワクチンの迅速な実用化により、多くの命が救われました。一昨年のノーベル医学生理学賞がmRNAワクチンの開発に授与されたことは記憶に新しいところでしょう。本ゼミナールでは、mRNAを試験管内で合成、脂質ナノ粒子と複合体を形成、細胞に導入して、タンパク質の発現を蛍光顕微鏡で観察する一連の流れを体験することで、RNAの基本操作に加え、タンパク質合成のしくみやワクチンの作用機序について学ぶことを目的とします。

mRNAを作る

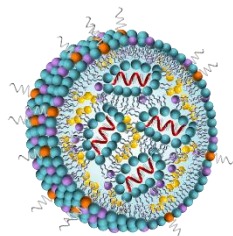
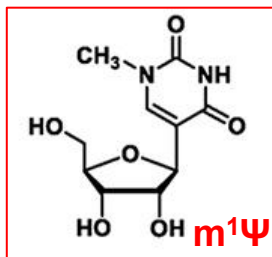
mRNAを細胞に入れる

タンパク質発現を確認する

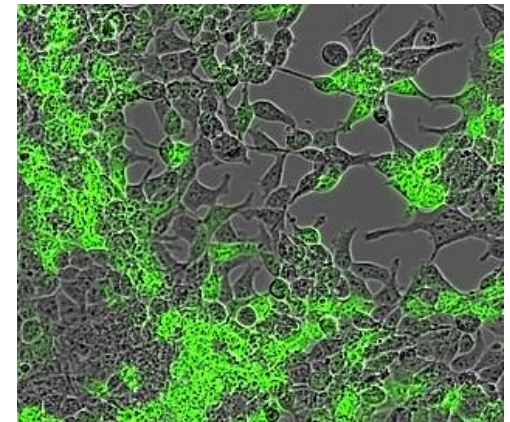
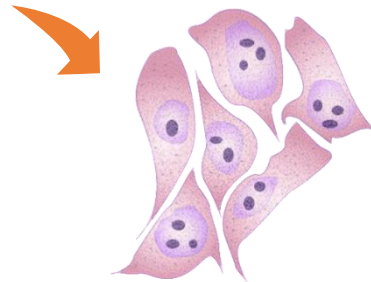
*in vitro* transcribed mRNA



- Adenosine (A)
- Guanosine (G)
- Cytidine (C)
- Uridine (U) or  
1-methyl-pseudo  
uridine (m<sup>1</sup>Ψ: ◆)



mRNAのに入った  
脂質ナノ粒子



# 人工核酸を化学合成する (化学生命工学科・岡本研究室)

**実施場所** : 本郷キャンパス・工学部5号館・岡本研究室

**実施スタッフ** : 古畑 隆史(助教)・TA数名

**受け入れ人数** : 6人まで

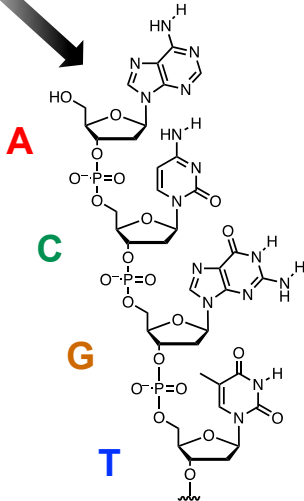
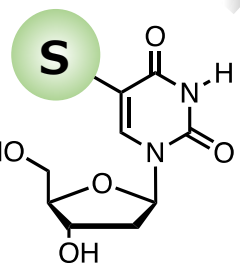
**実施日** : 11、12月中の土曜日(受講生の決定後、日程調整)。計3回。

**実施実験概要** : 非天然の機能を持つ人工核酸(人工DNA, 人工RNAなど)は、難治性疾患の治療やウイルスの高感度な検出を可能とする強力な分子素材として注目されています。しかし、人工核酸は生物に存在しない分子であることから、その開発には有機化学に基づいた分子設計と合成戦略が欠かせません。このゼミでは、(1) 人工核酸の化学合成、(2) 高速液体クロマトグラフィー(HPLC)と質量分析計を用いた人工核酸の精製と同定、(3) 人工核酸を用いた標的核酸配列の高感度検出、に関わる一連の実験を通し、人工核酸の合成法やその応用に向けた分子設計のポイントを学び、核酸合成化学が医療・創薬分野の未来に果たす貢献について考察を深めることを目指します。

## 01 人工核酸を化学合成する

### 化学的挿入

センサー

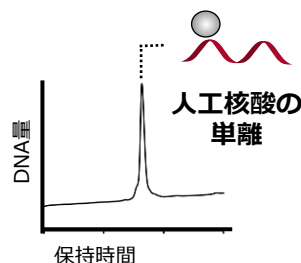


## 02 人工核酸を精製・同定する

### (1) 精製



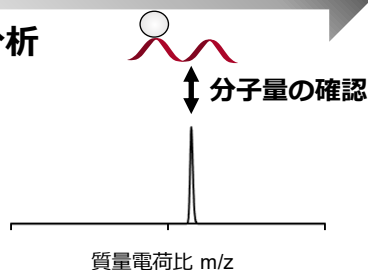
検出器付きHPLC



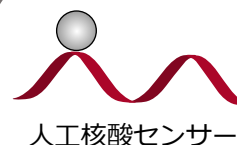
### (2) 質量分析



MALDI-TOF MS



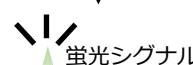
## 03 人工核酸を応用する



スイッチOFF

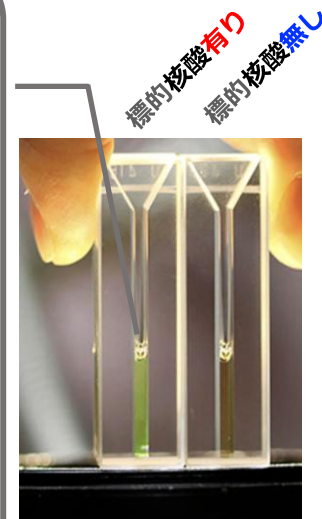


標的核酸



蛍光シグナル

スイッチON



標的核酸配列の検出!!

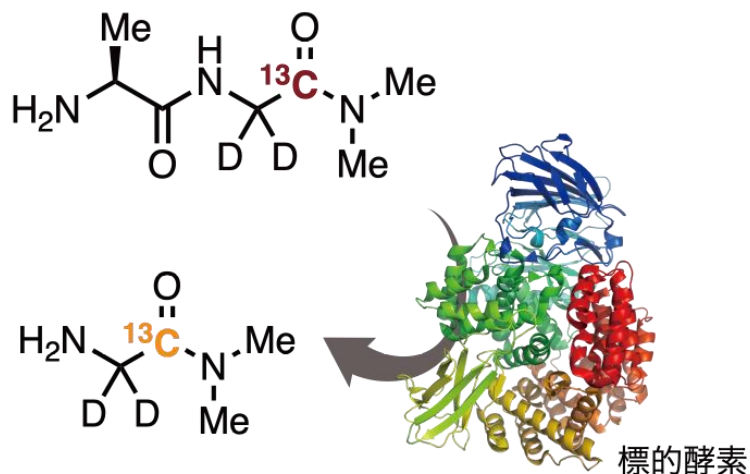
# 疾患診断を目指した分子プローブの開発実習： 分子で生命現象を“見る”技術を学ぶ（化学生命工学科・山東研究室）

**実施場所** : 本郷キャンパス・工学部3号館・山東研究室  
**実施スタッフ** : 谷田部 浩行（助教）・TA数名  
**受け入れ人数** : 4人まで  
**実施日** : 11月中の土曜日を予定（受講生の決定後、日程調整します）。  
計4回。1回目はオンライン授業、2-4回目は実験の予定。

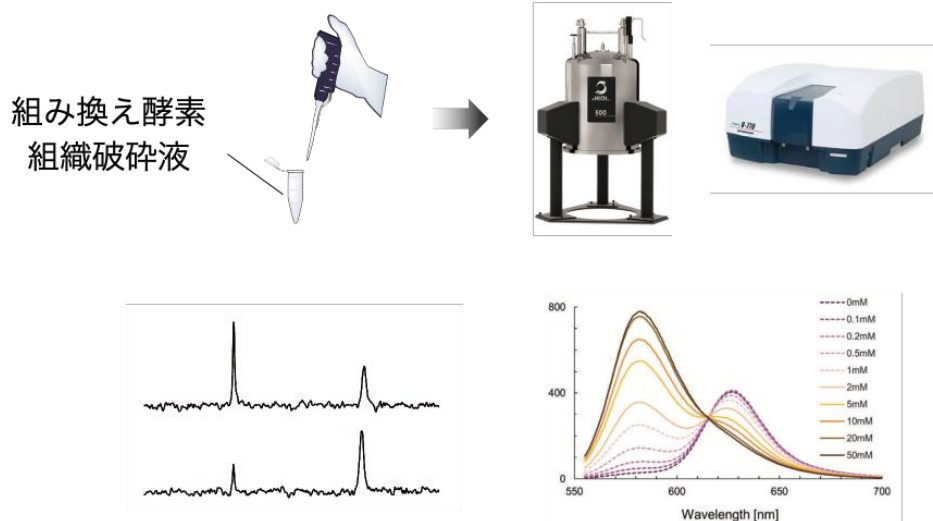
## 実施実験概要：

疾患の早期発見や薬剤の治療効果の判定には、体内で起きている変化を正確に捉えることが重要です。私たちの体内で代謝をつかさどる酵素の働きは、がんや炎症など様々な疾患において異常をきたすことが知られています。本ゼミナールでは、こうした体内の異常を鋭敏に検出する「分子プローブ」の設計・合成・評価を通じて、酵素活性を可視化するバイオセンシング技術の最前線を体験します。具体的には、標的酵素に応答して信号が変化する分子プローブの設計手法の学習に加え、組換え精製酵素や組織破碎液を用いた候補分子の評価実習を通じて、分子プローブ開発の一連のプロセスを学びます。

## 1. 標的酵素に応答する分子プローブの設計



## 2. 分子プローブの評価実習





# ペプチドを触媒として利用した有機合成 (化学生命工学科・工藤研究室)

**実施場所** : 駒場IIキャンパス・生産技術研究所・工藤研究室

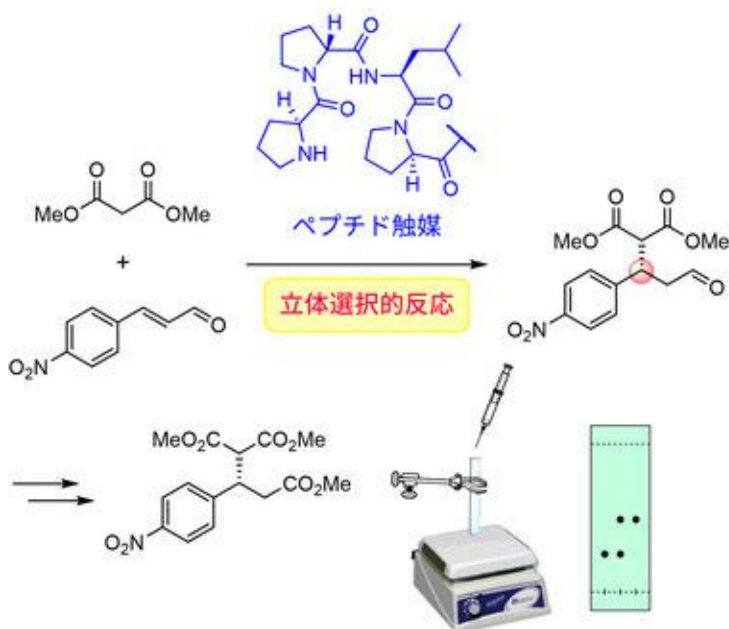
**実施スタッフ** : 坂間 亮浩 (助教)

**受け入れ人数** : 2人まで

**実施日** : 11, 12月中の平日または土曜日 (受講生の決定後、日程調整)。計4回予定。

**実施実験概要** : ペプチド触媒を用いた立体選択的反応を題材として、有機合成実験における基本操作や生成物の分析法を学びます。酵素は、生体内反応の触媒として優れた特性を発揮しますが、特定の反応以外への利用は難しいのが玉にキズです。アミノ酸が数個連結したペプチドは、酵素のようなタンパク質と比べて構造は柔軟である上、合成や構造改変が容易であることから、汎用性の高い触媒となることが期待できます。当研究室でも「ペプチド触媒ならではの」ユニークな反応を含め、様々な選択的反応を見出しています。本講座では、ペプチド触媒を用いた合成反応を行い、反応の追跡や生成物の単離・精製、 $^1\text{H}$  NMRやキラルHPLCでの分析を体験してもらいます。

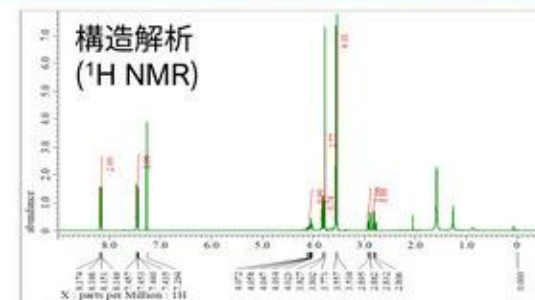
## 1. ペプチド触媒による不斉合成



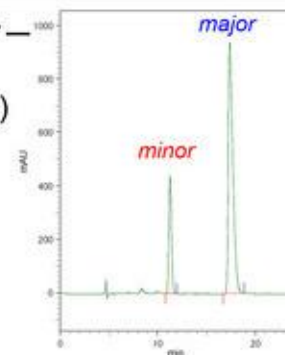
## 2. 生成物の単離・精製



## 3. 生成物の分析



エナンチオマー  
過剰率測定  
(キラルHPLC)





# 高機能性フッ素系高分子を作り・測る (化学生命工学科・フッ素有機化学研究室)

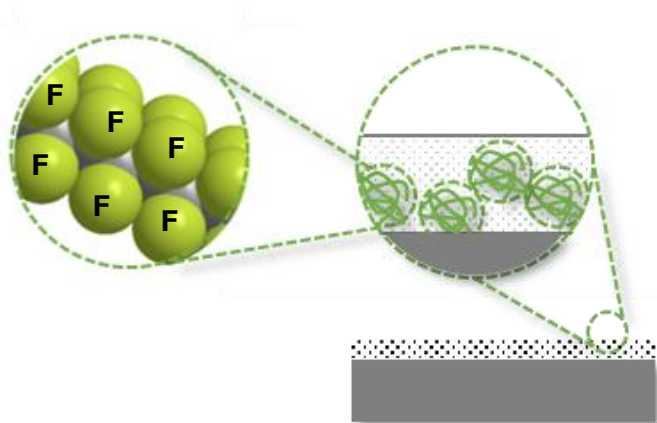
**実施場所** : 本郷キャンパス・工学部9号館・フッ素有機化学研究室  
**実施スタッフ** : 川口大輔 (特任教授)・松山真史 (特任助教)・TA数名  
**受け入れ人数** : 6人まで  
**実施日** : 11月中の土曜日を予定 (受講生の決定後、日程調整します)。  
計4回。1回目はオンライン授業、2-4回目は実験の予定。

## 実施実験概要 :

高機能高分子として知られる含フッ素高分子を合成・評価する実習を行い、その機能について学習します。

フッ素は高校までの有機化学ではほとんど登場しない元素ですが、医薬品や高分子材料として身の回りで役立っています。特に高分子中に多数のフッ素原子を持ったフッ素系高分子は、類まれなる化学・熱的安定性、撥水撥油性を有していることから、各種コーティング剤などに幅広く利用されています。本ゼミナールでは実際にフッ素系高分子を合成・評価することで、その特徴を理解することを目的とします。具体的には高分子およびフッ素系高分子について学習した後、実際にフッ素系高分子合成を行いそのキャラクタリゼーションを行います。その後、フッ素系高分子の機能として撥水撥油性を評価することで実際の研究プロセスを体験します。高分子のキャラクタリゼーション・機能評価においては研究室の最先端機器を利用することで、世界トップレベルの研究環境を体験することが出来ます。

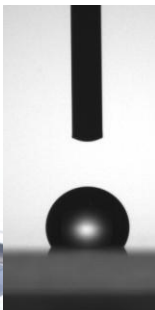
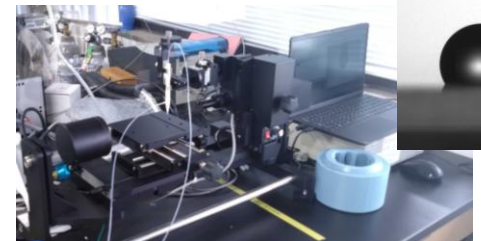
### 1. 撥水・撥油表面の設計



### 2. フッ素含有高分子の合成



### 3. 表面特性の評価



# 脳の中のシナプスを見る (化学生命工学科・津本研究室、神経細胞生物学的研究室)

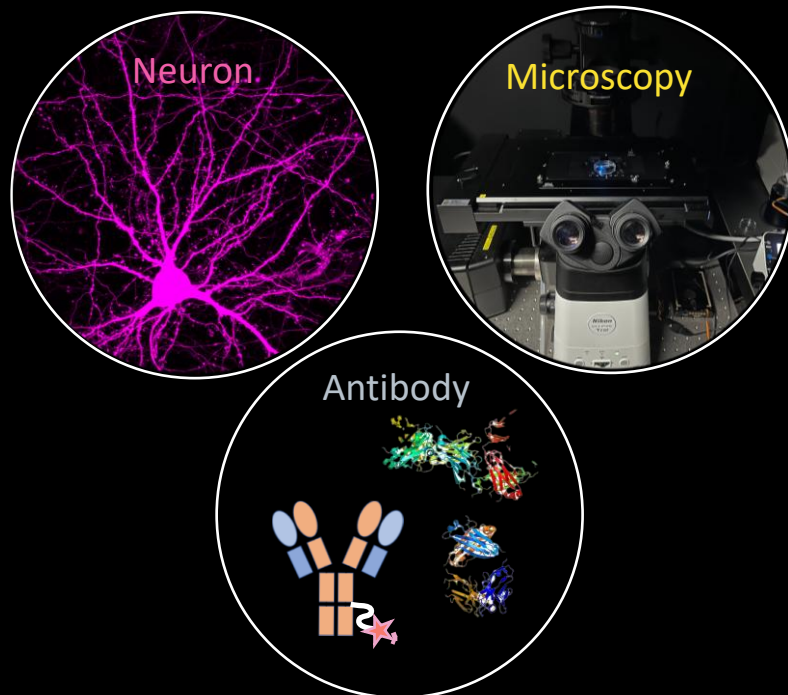
**実施場所** : 本郷キャンパス・工学部5号館・津本研究室、神経細胞生物学的研究室

**実施スタッフ** : 中木戸 誠 (講師)・壺井 将史 (助教)・TA数名

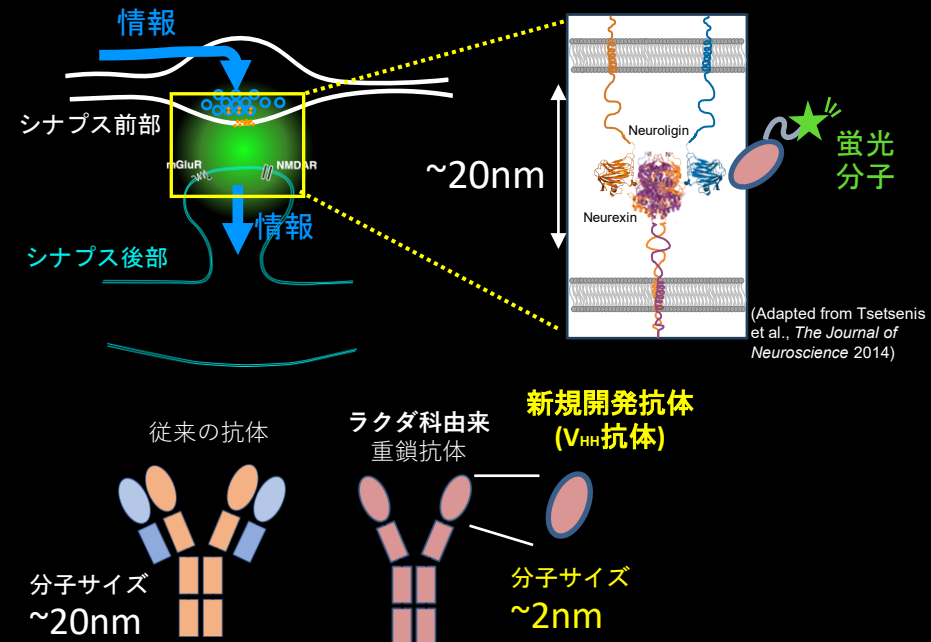
**受け入れ人数** : 5人まで

**実施日** : 11, 12月中の土曜日午後 (受講生の決定後、日程調整)。計4回。1~3回目は実験、4回目はデータ解析の予定。

**実施実験概要** : 生体内に存在する多種多様な抗体は目的のタンパク質に特異的に結合し、タンパク質工学により改変された抗体は様々な疾患の治療薬に用いられる。しかし、脳組織への抗体の透過性は極めて低く、中枢神経系の疾患においては未だ満足な治療効果が得られていない。本ゼミナールでは、私たちが新たに開発した従来の抗体よりも分子径の小さなV<sub>HH</sub>抗体を用い、神経伝達、記憶形成の場であるシナプスに存在するタンパク質を蛍光標識し、顕微鏡観察によるV<sub>HH</sub>抗体の組織透過性を評価する。



シナプス：神経伝達・記憶形成の場



# がん細胞と正常細胞の違いを探ってみよう (化学生命工学科・大澤研究室)

**実施場所** : 駒場IIキャンパス・先端研4号館・大澤研究室

**実施スタッフ** : 山形 一行 (特任講師)・TA数名

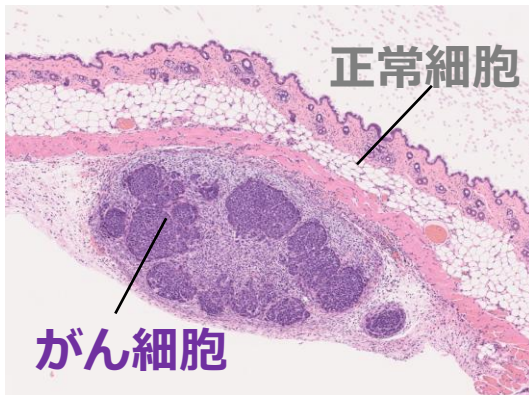
**受け入れ人数** : 5人まで

**実施日** : 受講生の決定後、日程調整

**実施実験概要** : がん細胞と正常細胞の違いを遺伝子発現や代謝物の変動で探ります。

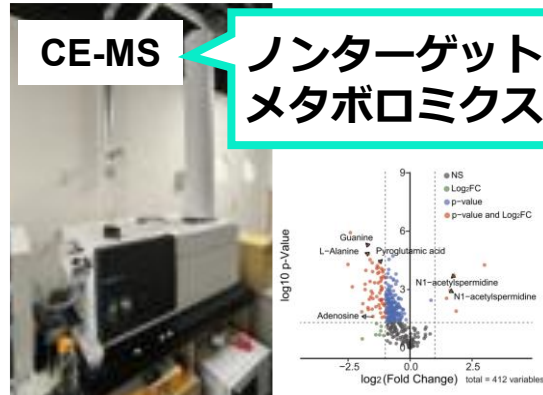
がん組織はがん細胞のみならず間質細胞や免疫細胞、血管内皮細胞など様々な細胞で構成されています。また、がん細胞は過酷な環境に適応し悪性化することがわかってきました。本ゼミナールでは、がん細胞と正常細胞の違いや環境適応機構を遺伝子発現や代謝物の変動から探っていきます。具体的には、RNAシーケンスやメタボロームデータを用いたインシリコ解析からがん細胞と正常細胞の違いを見出し、がん細胞や腫瘍組織からRNAの抽出を行い、実際にリアルタイムPCRでがん細胞と正常細胞で発現の違う遺伝子を検証することで、がんの病態の解明や新たな治療法につながる研究の基盤となる基礎的な知識や考察を深めることを目的とします。

## 01 細胞の違いを探る



がん組織の中には、  
様々な種類の細胞が存在する

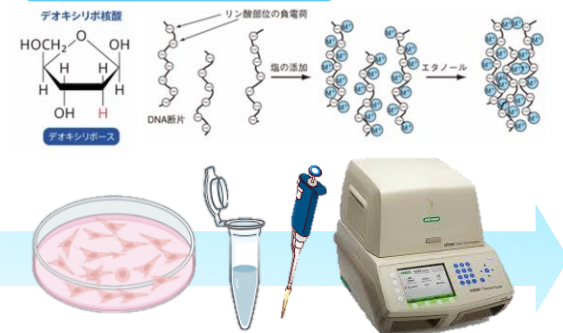
## 02 マルチオミクス解析



トランスクリプトームや  
メタボローム解析を行う

## 03 実験による検証

### RNA抽出



RNAを抽出してRT-qPCRを行い、  
オミクス解析の結果を検証する



# CRISPR-Cas9がゲノムDNAを切断するしくみを理解する (化学生命工学科・西増研究室)

**実施場所** : 駒場IIキャンパス・先端研4号館・西増研究室

**実施スタッフ** : 平泉 将浩 (助教) ・ TA数名

**受け入れ人数** : 5人まで

**実施日** : 2月の期末試験の後を予定 (受講生の決定後、日程調整します)。  
計4回。1回目はオンライン授業、2, 3回目は実験、4回目はデータ解析の予定。

## 実施実験概要 :

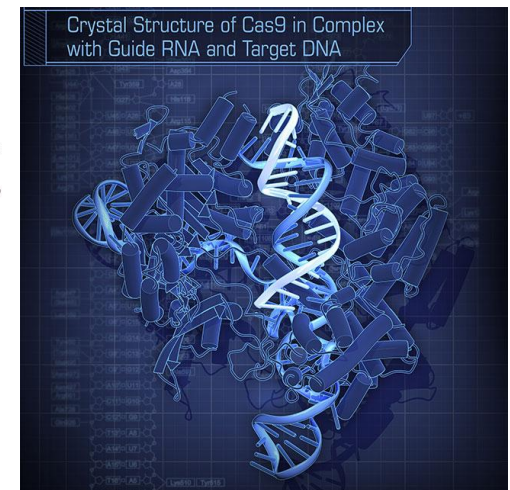
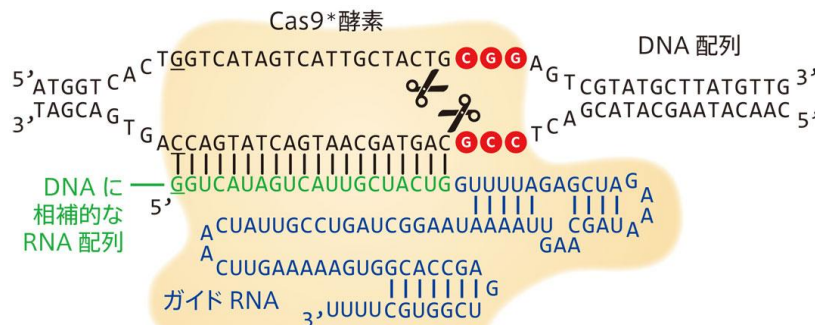
Cas9タンパク質を精製しDNA切断実験を行い、CRISPR-Cas9によるDNA切断のしくみを学びます。

原核生物のCRISPR-Cas9獲得免疫システムはゲノム編集技術に応用され、生命科学分野に革命を起こしました。Cas9タンパク質はガイドRNAと協働し、特定のDNA配列を切断する機能を持ちます。このユニークな性質を利用することにより、狙った遺伝子の改変が可能となりました。2020年のノーベル化学賞がCRISPR-Cas9の基礎研究に対して授与されたことは記憶に新しいことでしょう。本ゼミナールでは、Cas9タンパク質の精製、ガイドRNAの試験管内合成、Cas9-ガイドRNA複合体を用いたDNA切断実験、さらに、Cas9-ガイドRNA-標的DNA複合体の分子モデリングを通じ、CRISPR-Cas9の構造機能解析の基礎を学ぶことを目的とします。

Cas9を作る。

Cas9でDNAを切断する。

Cas9の構造をみる。



# 分子の世界に飛び込もう：化学と生命の最前線に触れる

## 申し込み方法

化学・生命系3学科合同全学自由研究ゼミナール  
申し込みフォーム

～ 10月7日(火) 14:00 (先着順)  
受講希望ゼミ(第1～5希望)を入力



Web申込フォーム

化学生命工学科に関する問合せ先

東京大学工学部化学生命工学科 正井 宏

e-mail: masai@chembio.t.u-tokyo.ac.jp



各ゼミの概要  
(本説明資料)