

概要

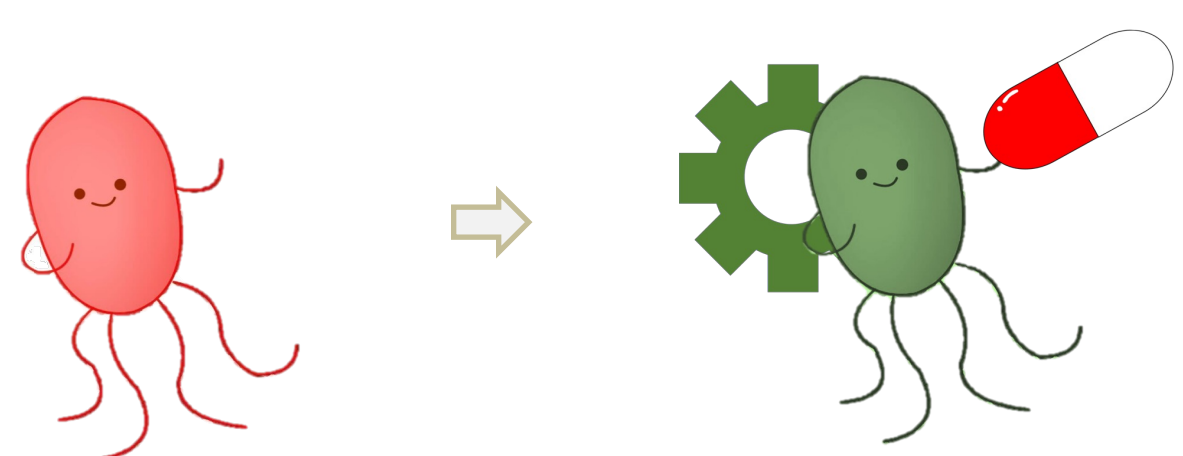
遺伝子組換え技術を使ってさまざまな製品を作る「合成生物学」。
毎年フランスのパリで、大学生の参加する合成生物学の大会が開催されています。京都大学のチーム*iGEM Kyoto*は、地元に着した問題から世界の共通の問題まで幅広く取り組み、研究を続けています。

合成生物学とは

遺伝子組換え技術やゲノム編集技術を使って遺伝子を部品のように組み上げ、新しい機能を持つ分子や生物を「合成」する学問。

20世紀に大きな発展をとげた分子生物学により、さまざまな生物の仕組みが明らかにされてきました。その中で得られた「使えるツール」や「役に立つパーツ」を活かして「役に立つ」ものをつくります。さまざまな産業に大きな影響を与えています。

合成生物学にはこのように「役に立つ」側面と、「生命現象を部品から組み立てて再現してみることで理解する」という学問的な側面があります。



大腸菌に、ヒトのインスリン遺伝子を導入して、インスリンを合成させます。ヒトの細胞を培養してインスリンを製造するよりはるかに安価にインスリンを作ることができます。インスリン以外にもさまざまな物質がこのような方法で合成されています。（例：芳香剤や洗剤の酵素など）

大学生の大会*iGEM*

2003年にアメリカのボストンで始まった、大学生チームによる合成生物学のコンテスト。「規格化」された遺伝子部品を作り、それらを組み合わせることで独創的な「遺伝子組換え生物」を作成し、その成果を競います。ボストン地区のわずか4チームによる大会として始まりましたが、その教育的効果の高さから、多くの大学の学生が参加を希望するようになり、現在では世界中から400を超えるチームが参戦する、世界最大の合成生物学の祭典となりました。



International Genetically Engineered Machine competition = *iGEM*
遺伝子組換え生物を使った「ロボットコンテスト」です

（左）2024年に参加した大会の様子

大会ではさまざまな能力が競われます

各チームが独自のプロジェクトを考案して、社会課題の解決や合成生物学の基礎的な技術の開発に取り組みます。評価にあたるのはボランティアとして審査員となった6名のプロの研究者です。以下のような審査基準が公開されています。

- ・ 研究計画がよく考えられているか
- ・ 実験結果は十分達成されているか
- ・ 利害関係者（作成したデバイスの想定顧客など）と対話をして、社会実装への取り組みがなされているか
- ・ 数理的モデリングを行い実験結果を十分検討しているか
- ・ Web論文や口頭発表で明快に成果を説明できているか
- ・ 安全面・法令遵守の面で適切に取り組まれているか

*iGEM Kyoto*チームについて

*iGEM Kyoto*は*iGEM*に挑む、京都大学学部生の学生チームです。理学部、農学部、薬学部、工学部など、さまざまな学部から学生が参加しています（例年、約20名）。学生自ら資金集めからプロジェクトテーマの選定まで、自主的に活動しているところに特徴があります。

2008年に結成されて以降、継続的に活動を行い、今年で17周年を迎えます。これまでに金賞8回、部門賞ノミネート8回を獲得しています。



（左）*iGEM Kyoto*のロゴ。京都らしさ、日本らしさをアピールする扇子のアイコンに、DNAをあらわす3本の二重らせんと、遺伝子部品をあらわす歯車があしらわれています。

（右）2025年の*iGEM Kyoto*チーム。週に一度、金曜日の夕方に集まり進捗を共有します。（写真は医生物学研究所二号館一描い会議室でのミーティング）

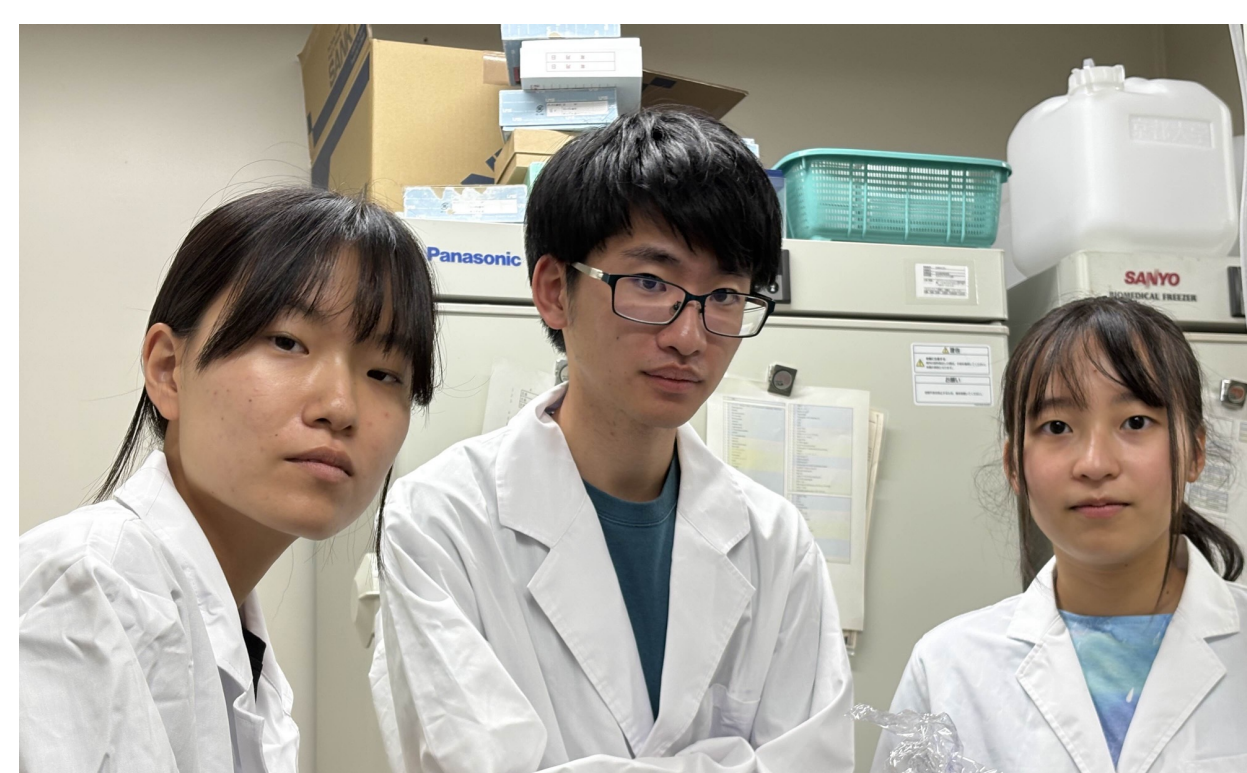
*iGEM Kyoto*の過去の研究テーマは、以下のようにさまざまです。

2008年	大腸菌でタイタニック号を深海から引きあげる！
2010年	遺伝子組換え大腸菌を死滅させるスイッチを作る
2011年	昆虫を引きつけて食べる「食虫大腸菌」
2012年	花を咲かせる「花咲か大腸菌」
2013年	「チューリングパターン」「RNA点滅スイッチの作成」
2014年	「磁石につく大腸菌」と「雨を降らす大腸菌」
2016年	大腸菌でノロウイルスとたたかう
2017年	大腸菌で松くい虫とたたかう
2018年	塩水の脱塩を行う酵母を作る
2019年	洗濯物の排水から出るマイクロプラスチックを回収
2021年	生け花を長期保存させる
2023年	鹿のいやがる匂いを長生き大腸菌が作る
2024年	農業で使われる肥料を削減するセンサー



（左）2021年に参加した際のプロジェクトFlowereverの表紙ページ。切り花をできるだけ長く保存したい、という思いからFlower + ForeverでFlowereverという造語を作りました。この年はコロナ禍でオンライン開催でしたが、さまざまな実験を行い金賞を獲得しました。

日々の活動



実験室で遺伝子組換えの様子



数理モデリングとソフトウェア開発



取材・社会活動



高校での実験教室



コラボレーション・広報



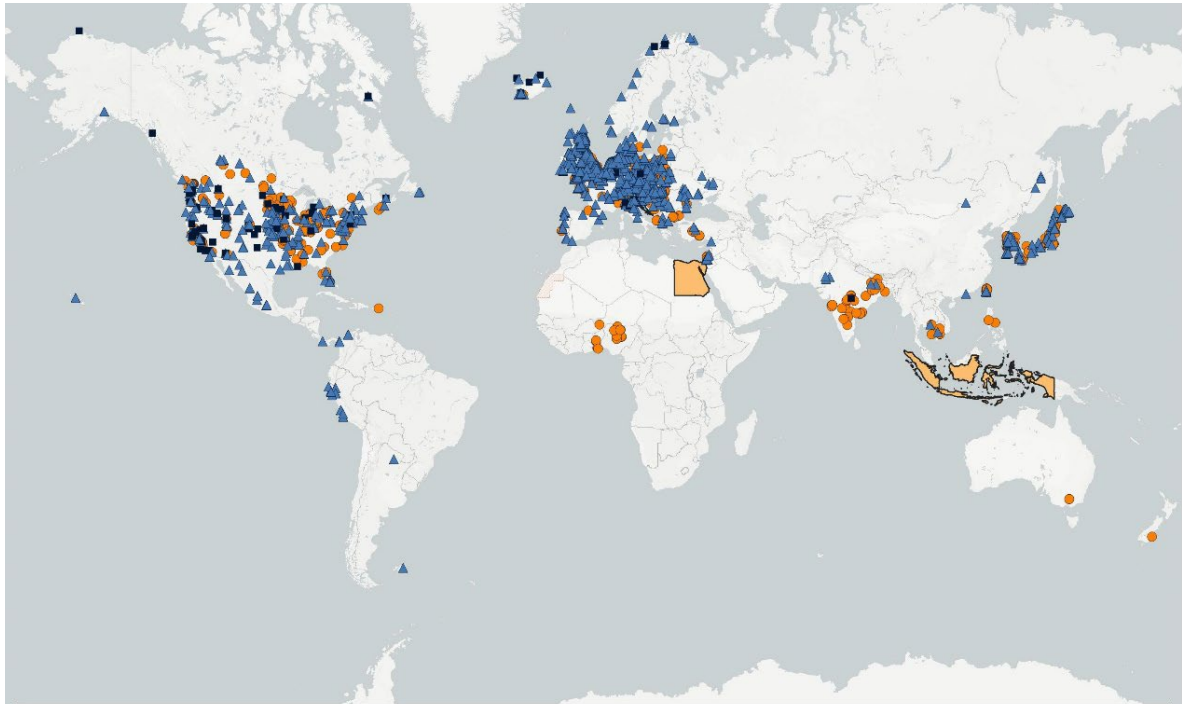
サイト作成・プレゼン

背景

ニワトリは、鶏肉や卵の形で世界の食料を支える重要な家禽です。しかし近年になって「高病原性鳥インフルエンザ」という感染症が広まり、多くの地域の養鶏場で深刻な被害が頻発しています。ニワトリ用のワクチンの開発など、さまざまな防御手段が開発されていますが、決め手に欠け、毎年大量の殺処分が行われニュースになっています。iGEM Kyoto 2025ではこの問題に合成生物学の力で取り組むことにしました。



2005-2024年の20年で6億3300万羽、ブロイラーへの単純計算だけでも約3000億円の被害が出ています。



過去1年間のアウトブレイク
(橙色: ニワトリ、青色: それ以外の野鳥)

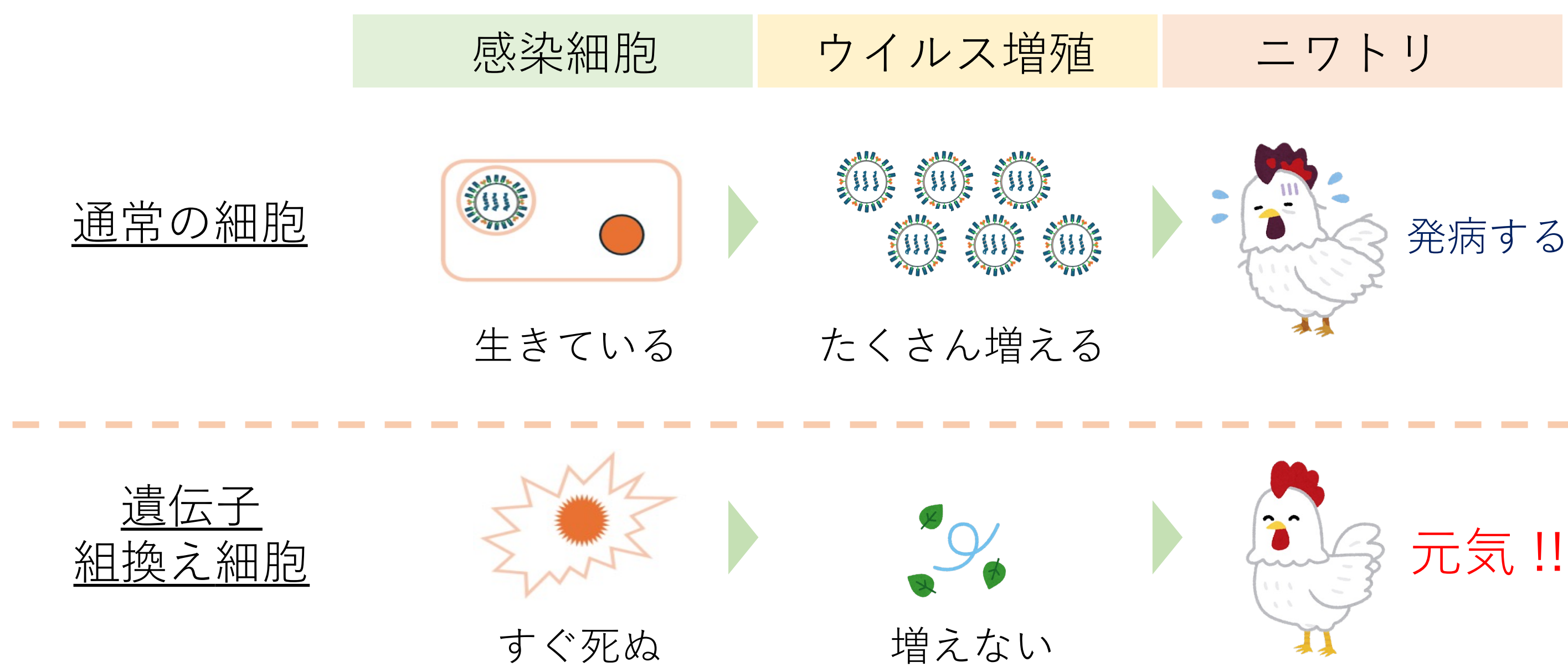
WOAH Situation Reportより

課題

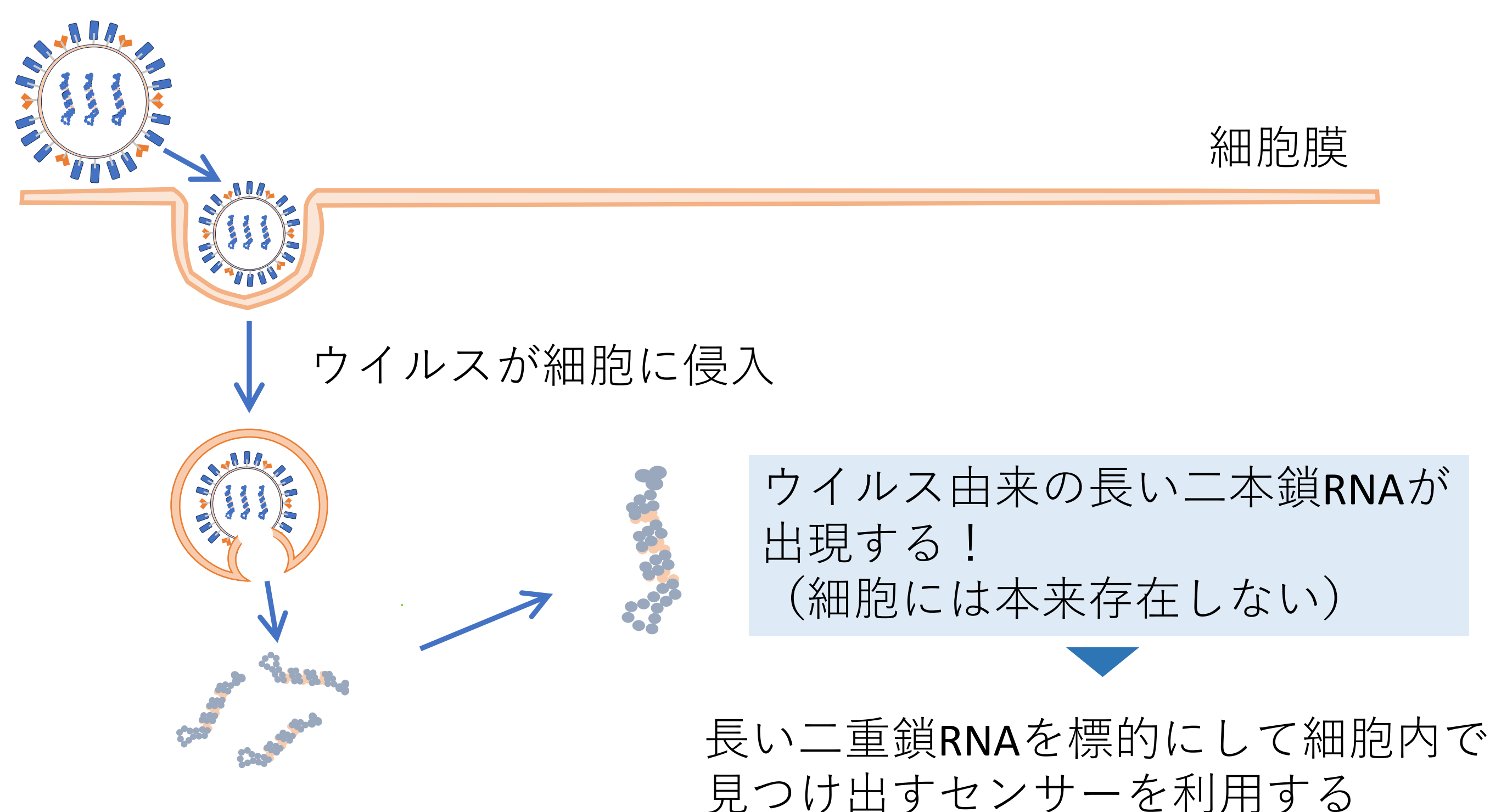
これまでも、ニワトリ用の予防接種の開発や、遺伝子組換えによりウイルスに感染しないニワトリを作るなど、感染防御のためのさまざまな試みが行われてきました。しかし「ウイルスに負けない」ニワトリを作ると、必ず「より強いウイルス」の変異株が発生してしまいます。

iGEM Kyotoの取り組み

iGEM Kyotoでは逆転の発想で「ウイルスにすぐ負ける」ニワトリを作る、というプロジェクトを考えました。

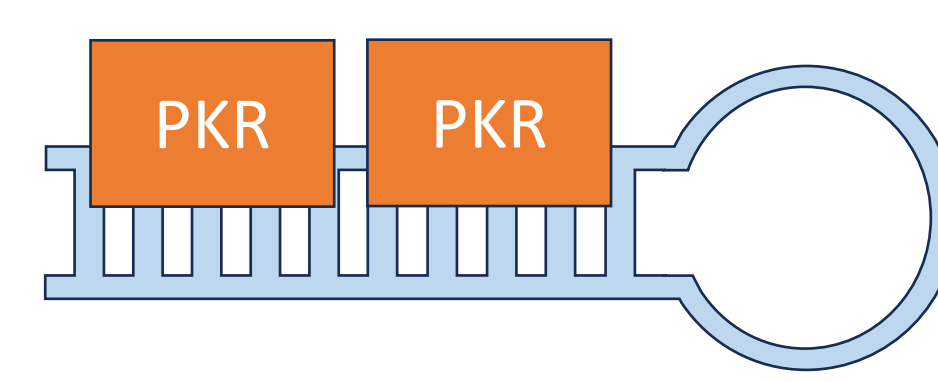


① ウイルスを検出するには

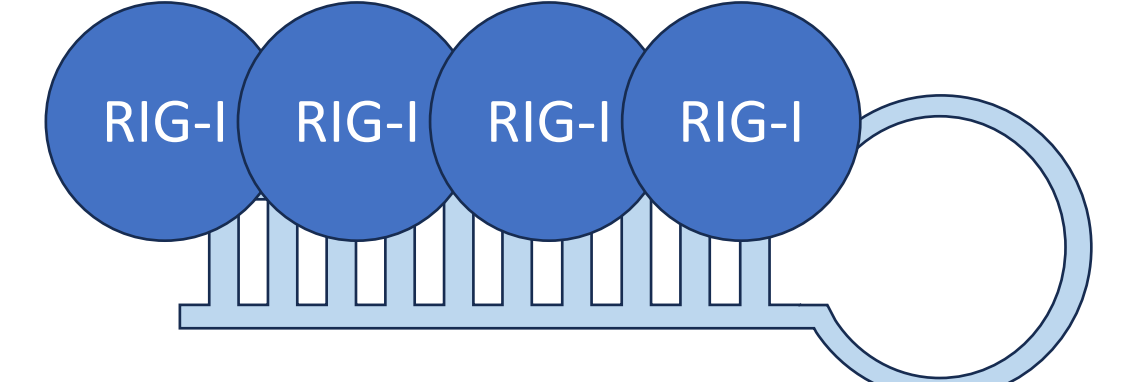


インフルエンザウイルスはRNAの一本の鎖でできた染色体を持っています。細胞に侵入すると、ウイルス粒子は解体してこの染色体が露出します。この際に出現する長い二本鎖RNAは、細胞には本来存在しないものです。これを標的にします。

② 二本鎖RNAのセンサー



30bp以上の二本鎖RNAに結合して二量体化
(PKR; Protein Kinase R)

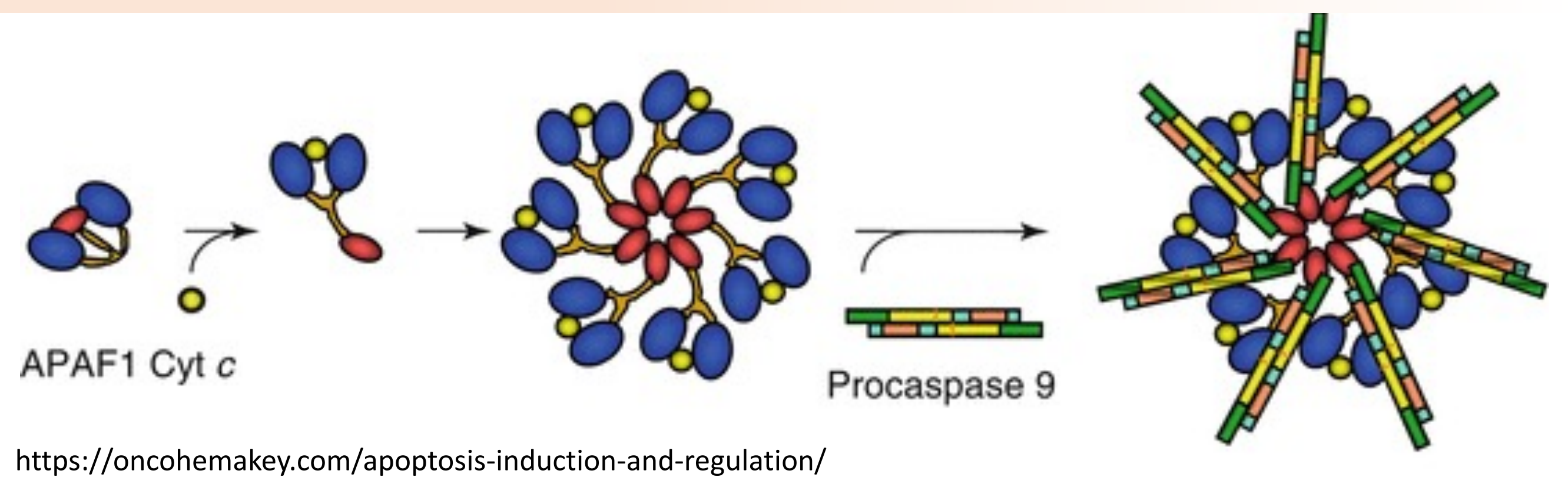


5'に3リン酸構造を持つ二本鎖RNAに結合して四量体化
(RIG-I; Retinoic acid inducible gene-I)

わたしたちは、動物の細胞がもともと持っている2つのRNA結合タンパク質に着目しました。

PKR ウイルス等の外敵が持つ二本鎖RNAを認識してタンパク質の合成を低下させる
RIG-I 二本鎖RNAにより自然免疫を活性化し、I型インターフェロンを産生させる

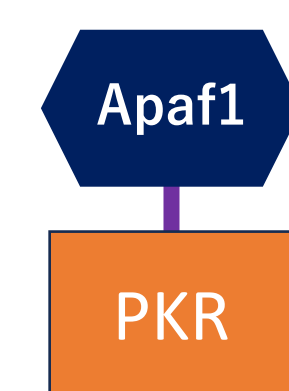
③ 細胞死を誘導するスイッチ



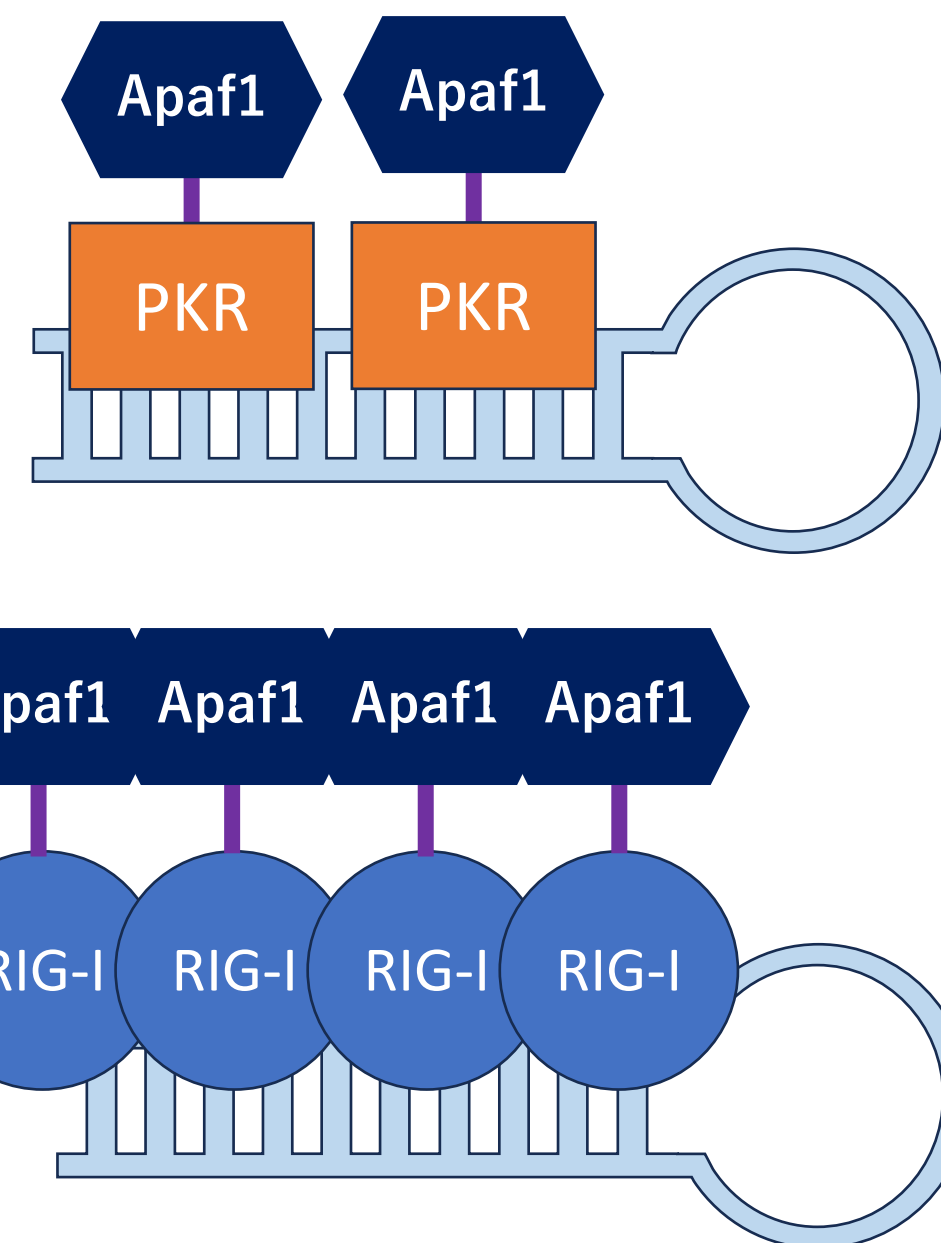
APAF1というタンパク質は、たくさん集まるとProcaspase 9というタンパク質を呼び寄せて活性化させ、細胞死を誘導することが知られています。この仕組みを二本鎖RNAセンサーと組み合わせたら...

④ わたしたちの開発している細胞

感染前



感染すると...



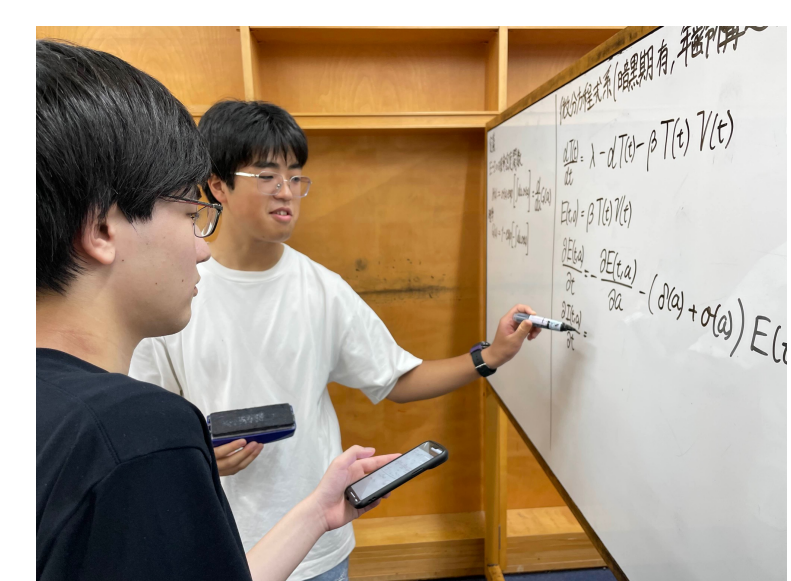
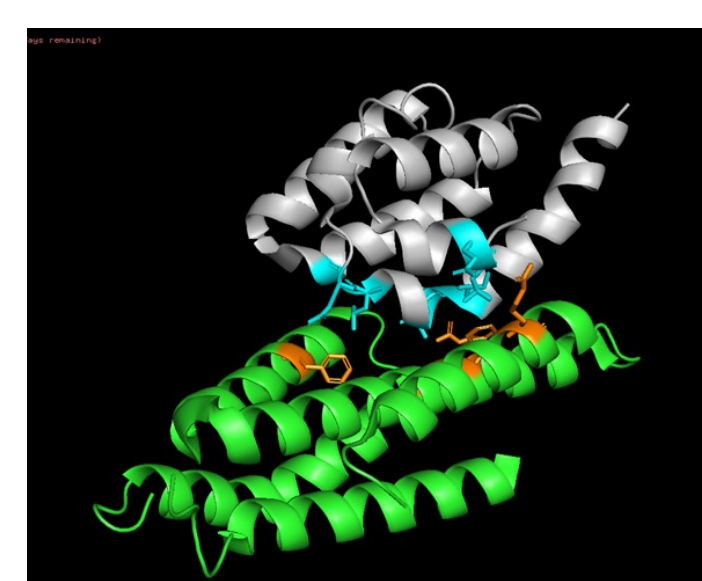
さまざまな取材活動と教育活動

活動にあたっては多くの方々・企業さまにアドバイスをいただいています。今年はこれまでに16件の取材を行いました。また、合成生物学についての教育活動にも積極的に取り組んでいます。



久留米大学附設高等学校における授業の様子
(2025年9月)

モデリング



AIや数学を駆使して、新たに設計したタンパク質の改善にも挑戦しています。左のタンパク質を中央のような形に配向するように改変します。右は、数式を前に真剣に議論するメンバーの様子。

