

2025/8/24 令和7年度 第1回 愛知県予防接種基礎講座

免疫のシステムと ワクチンの働き

安城更生病院 小児科

鈴木 道雄



愛知県厚生農業協同組合連合会
安城更生病院
ANJO KOSEI HOSPITAL

本日のテーマ

1. 免疫とは
2. 自然免疫
3. 獲得免疫（体液性免疫・細胞性免疫）
4. ワクチンによる免疫
5. ワクチン不全

免疫とは

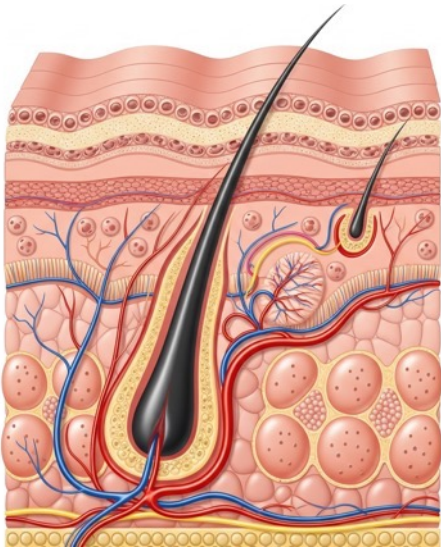
- 一度●●にかかったら●●に対する抵抗力が飛躍的にあがるという現象

休み時間の免疫学 第3版

- 「自己」と「非自己」を認識し、「非自己」を排除することで生体内の恒常性を保つ

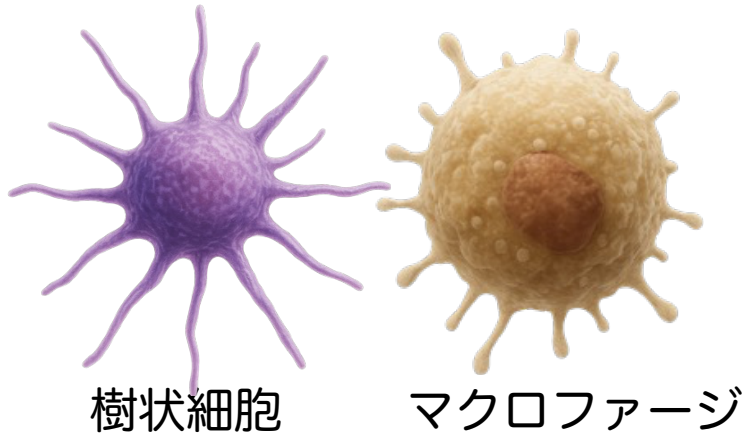
免疫の分類

物理的バリア



皮膚・粘膜

自然免疫



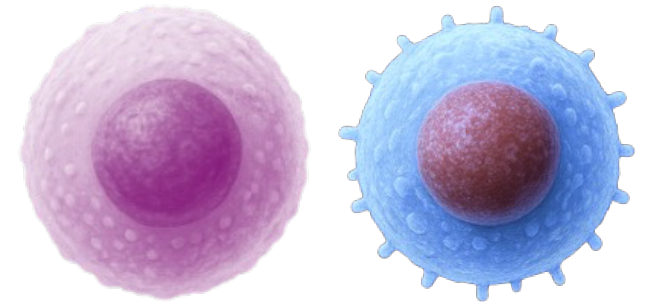
樹状細胞

マクロファージ



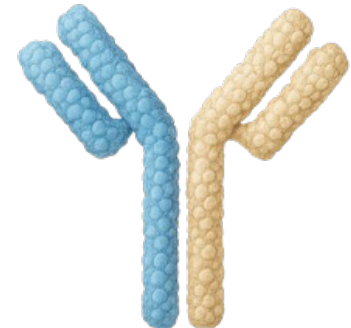
好中球

獲得免疫



B細胞

T細胞



抗体

本日のテーマ

1. 免疫とは
2. 自然免疫
3. 獲得免疫（体液性免疫・細胞性免疫）
4. ワクチンによる免疫
5. ワクチン不全

自然免疫 natural immunity???

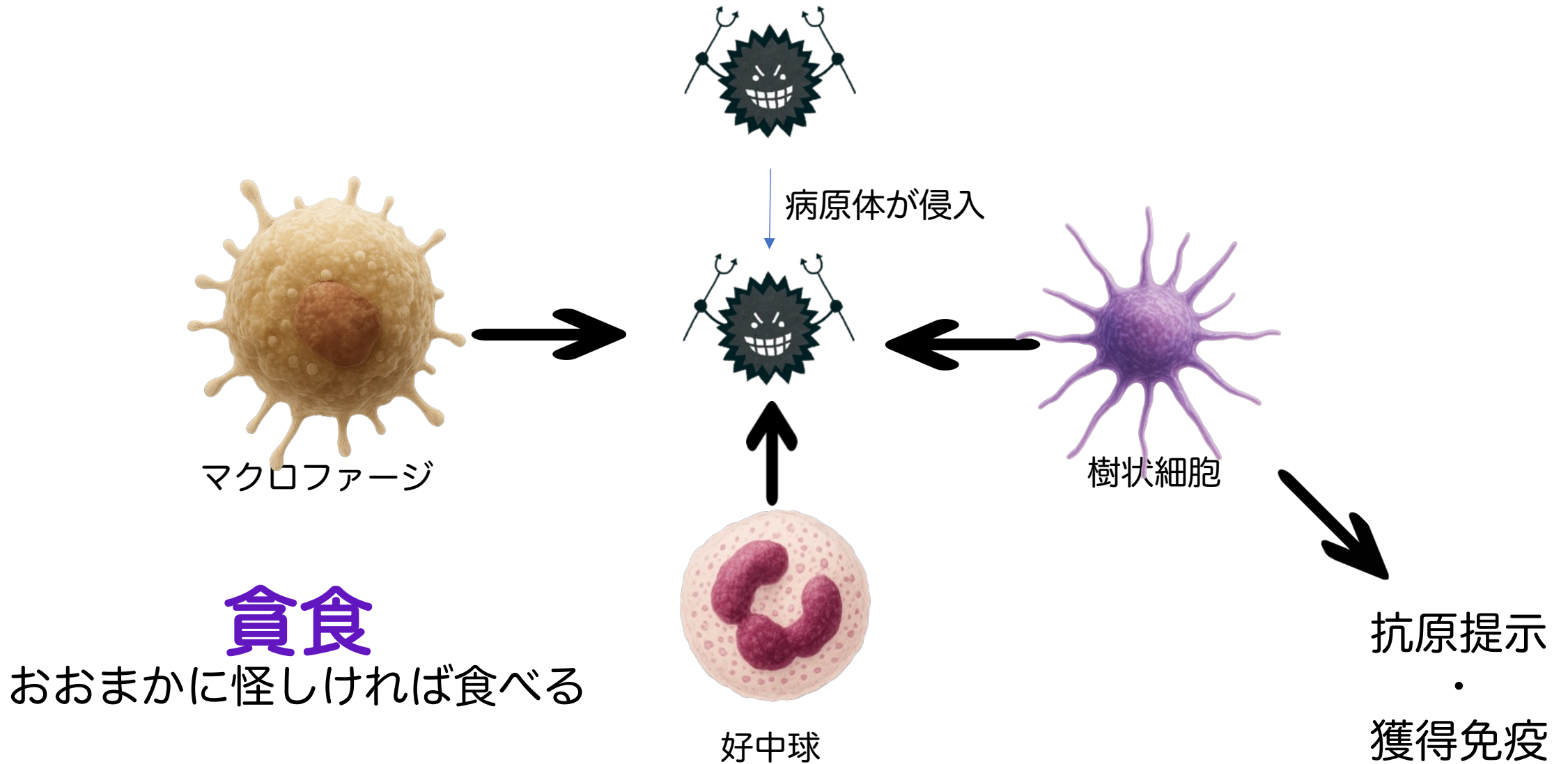
natural

- 人間の介入なしに、自然界に存在する、または発生するものを指す
- 特定の状況で典型的または予想される動作またはアクションを記述する
- 人工的または強制的ではなく、むしろ本物で本物の品質または特性について話す

innate

- 生まれてから存在する、または人や物に固有の品質または特性を説明する
- 生まれつきであり、学んだり獲得したりしていない能力または才能を指す
- 特定の行動や態度に対する自然な気質や傾向について話す

自然免疫 (innate immunity)



自然免疫 (innate immunity)

- 感染への最初の防御機構
- 反応までの時間が短い (20–30分)
- 非特異的な反応 (すべての病原体に反応)
- 感染を繰り返しても強くならない

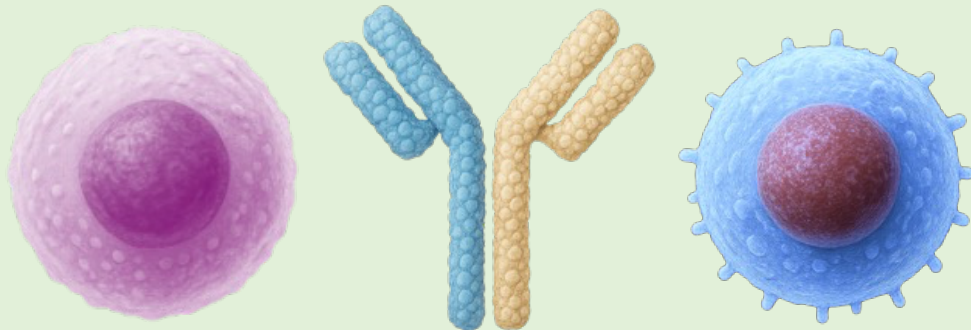
本日のテーマ

1. 免疫とは
2. 自然免疫
3. 獲得免疫（体液性免疫・細胞性免疫）
4. ワクチンによる免疫
5. ワクチン不全

獲得免疫（適応免疫）

- 各病原体に対して**特異的**に反応
- 獲得までに時間がかかる
- 免疫の記憶が残る

体液性免疫

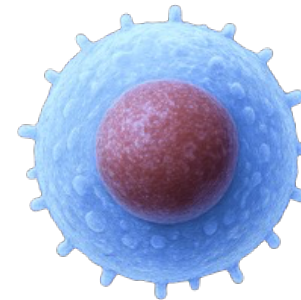


B細胞

抗体

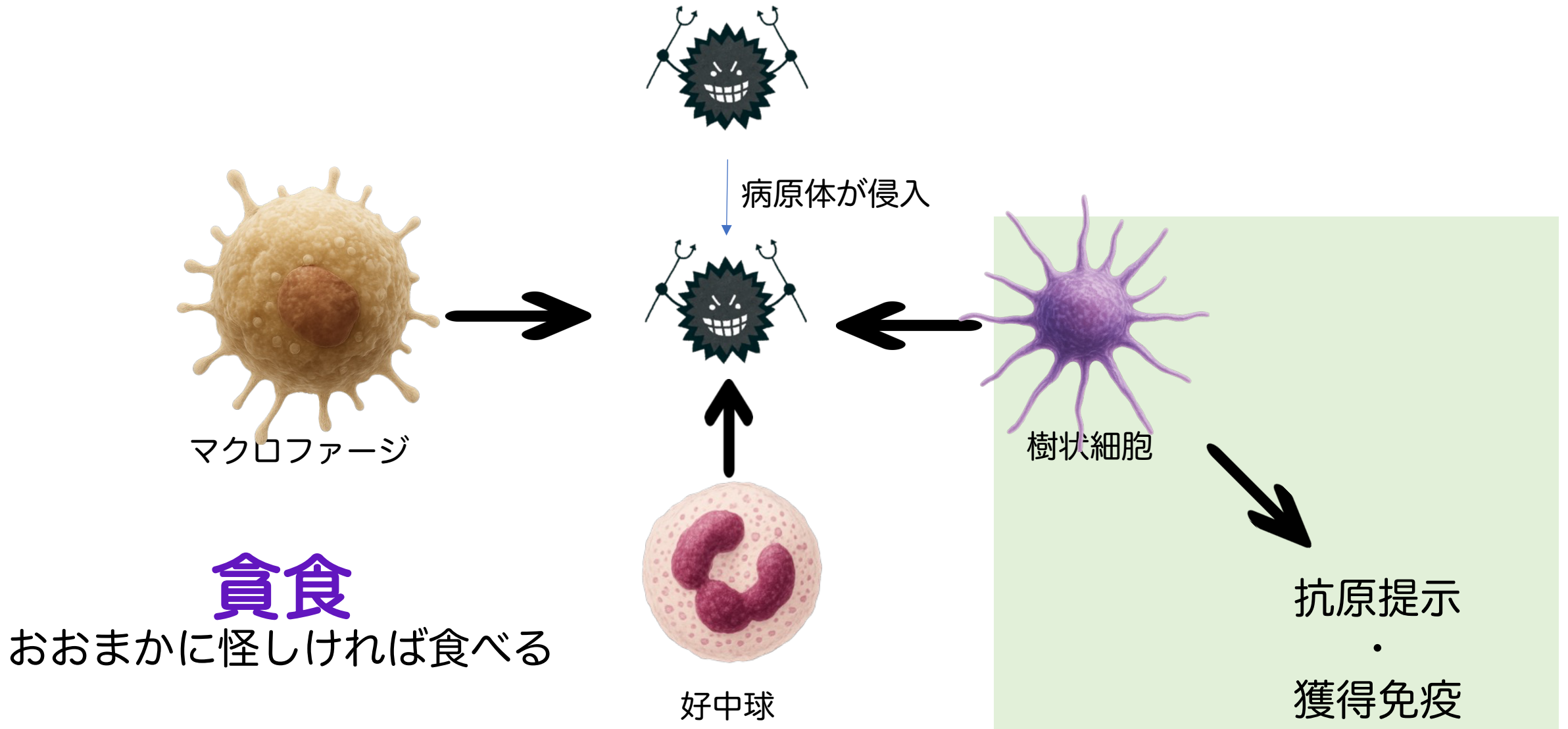
T細胞

細胞性免疫

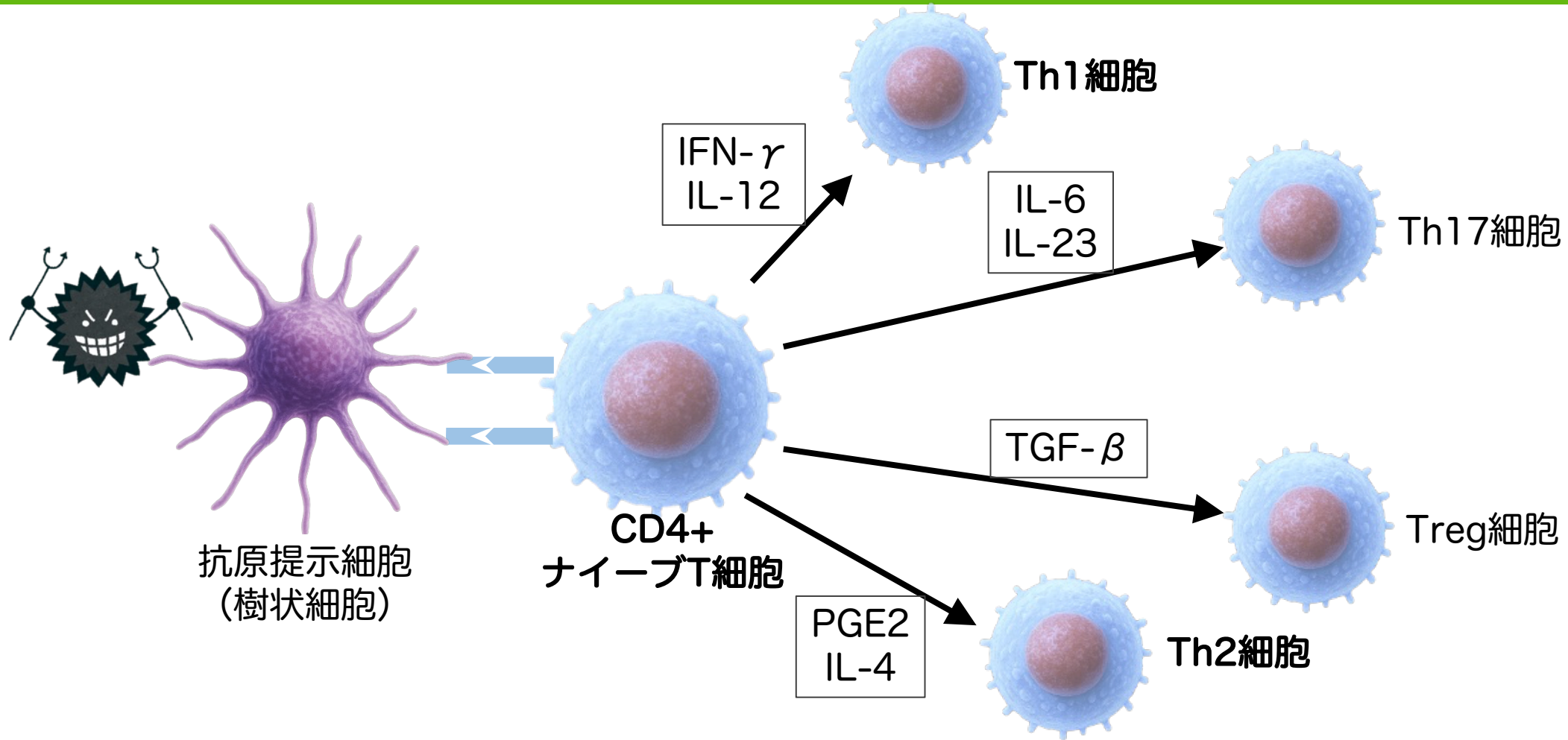


T細胞

自然免疫 (innate immunity)

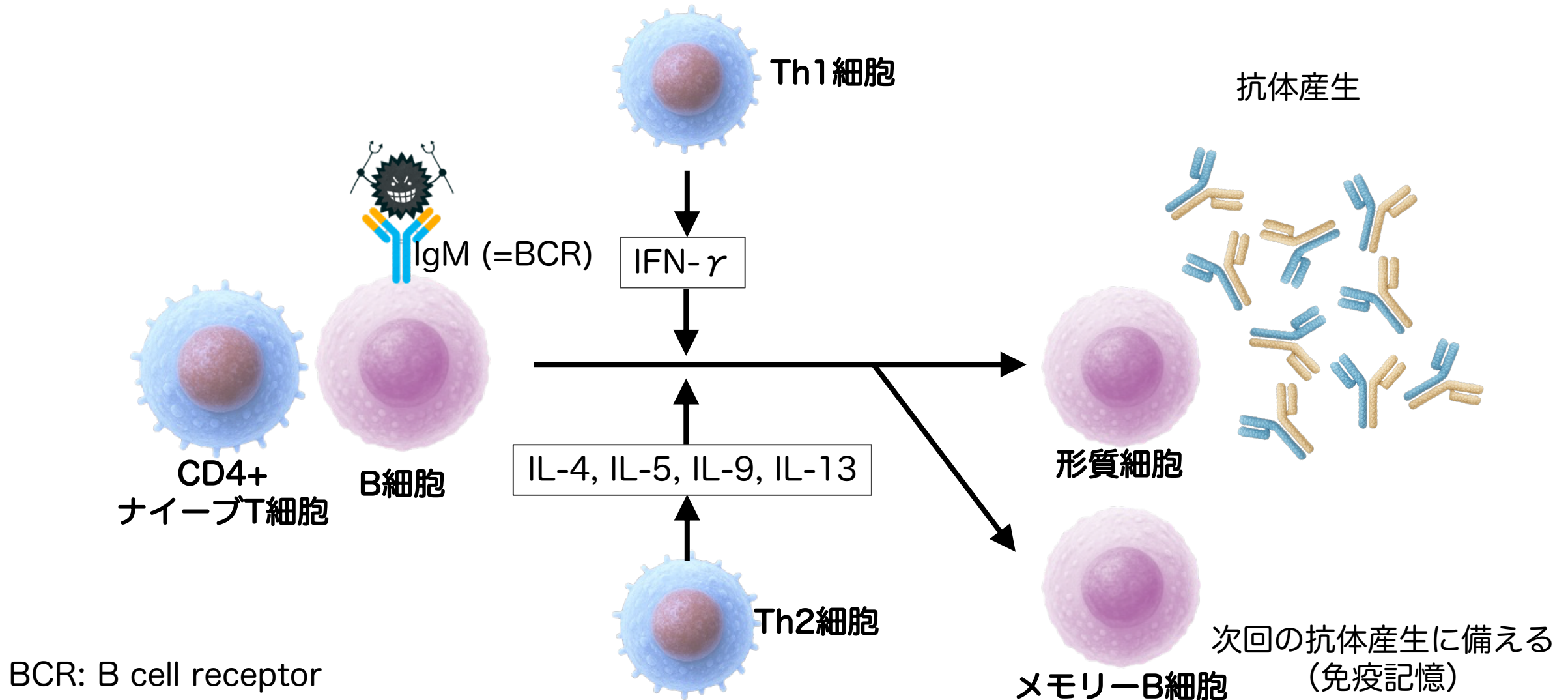


獲得免疫（T細胞の分化）



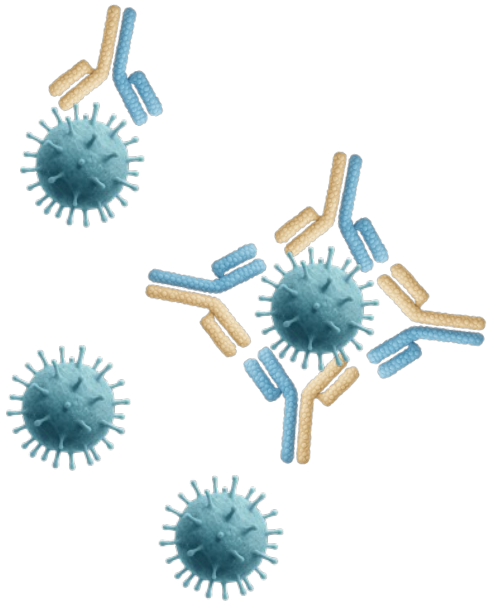
CD4+ ナイーブT細胞はどのサイトカインの状況にあるか、により分化が決まる

体液性免疫（抗体産生）



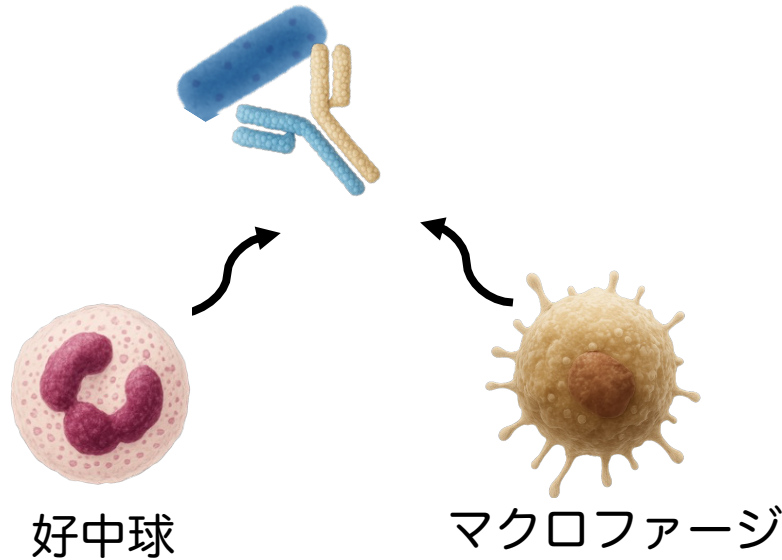
体液性免疫（抗体役割）

中和抗体



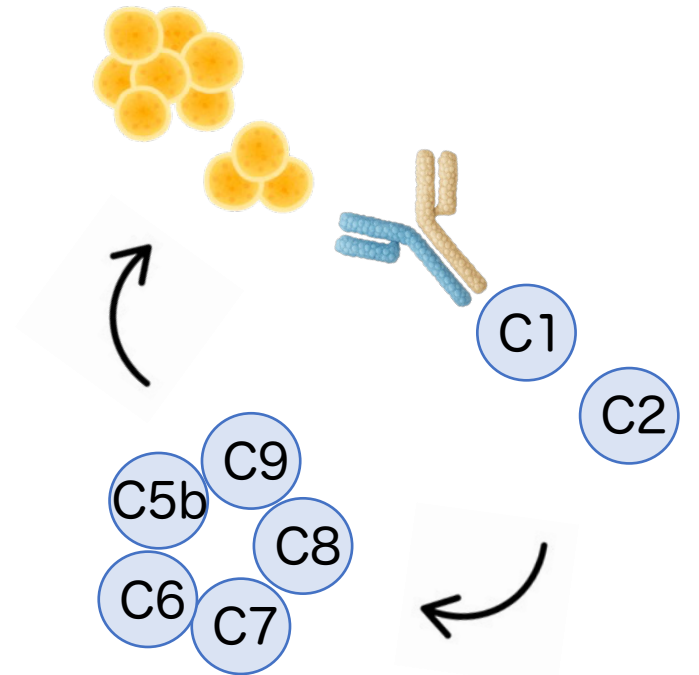
抗原に結合し
ウイルスを**無力化**
細胞に感染できなくする

オプソニン化



細菌に結合し
食細胞が**効率的に**
貪食できるようにする

補体の活性化



抗体が結合すると
補体系が活性化し
膜侵襲複合体を形成し細胞膜を壊す

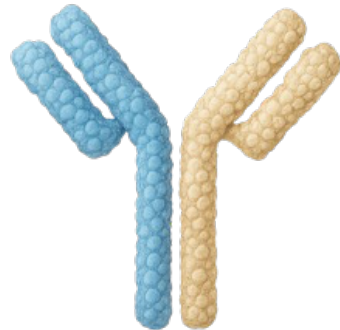
獲得免疫（適応免疫）

- 各病原体に対して**特異的**に反応
- 獲得までに時間がかかる
- 免疫の記憶が残る

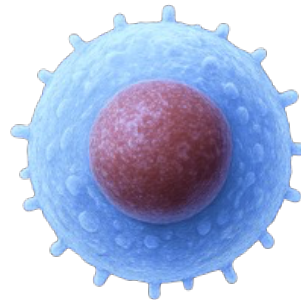
体液性免疫



B細胞

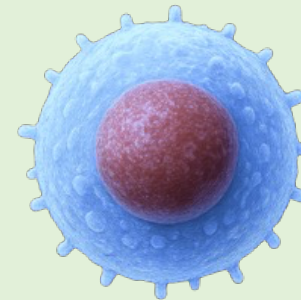


抗体



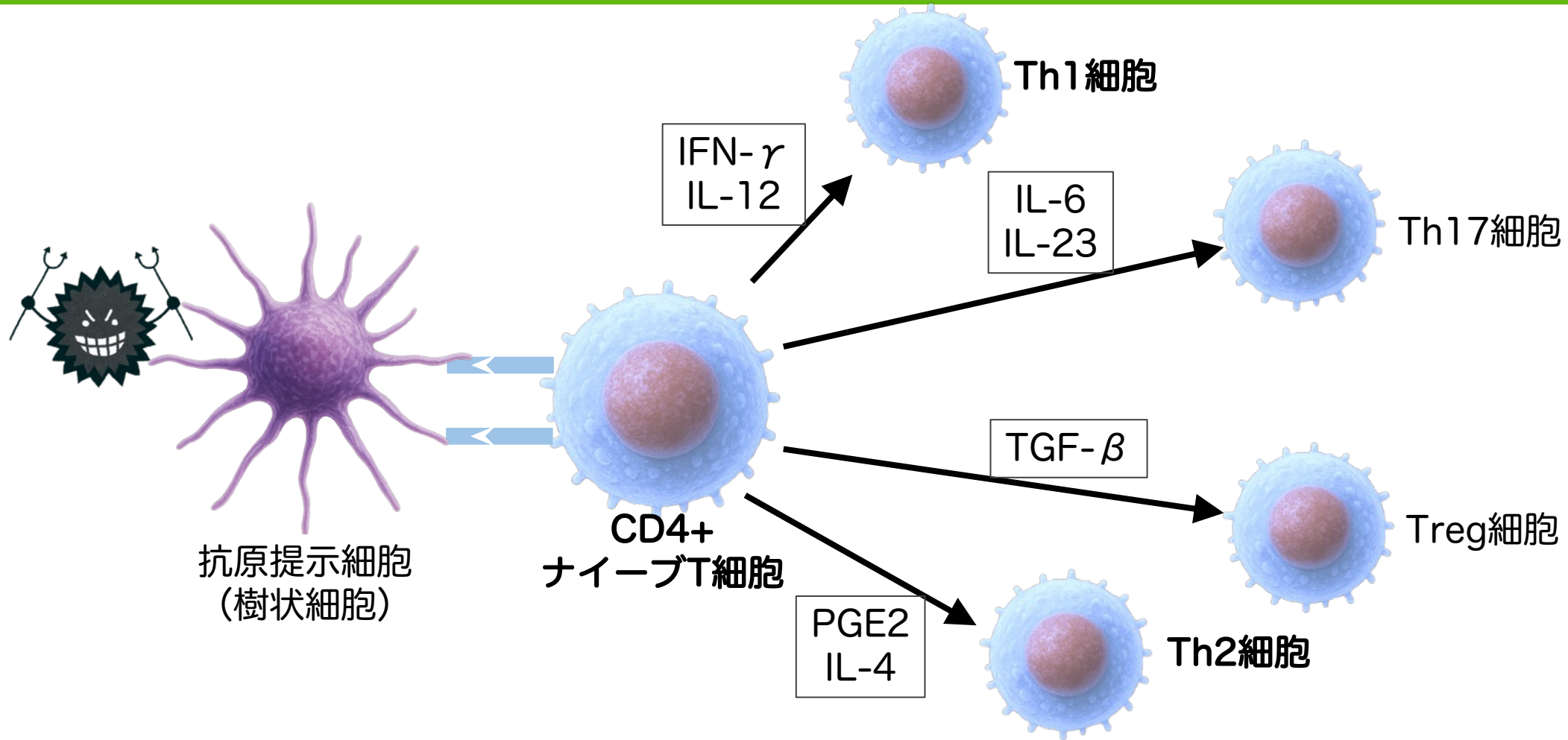
T細胞

細胞性免疫



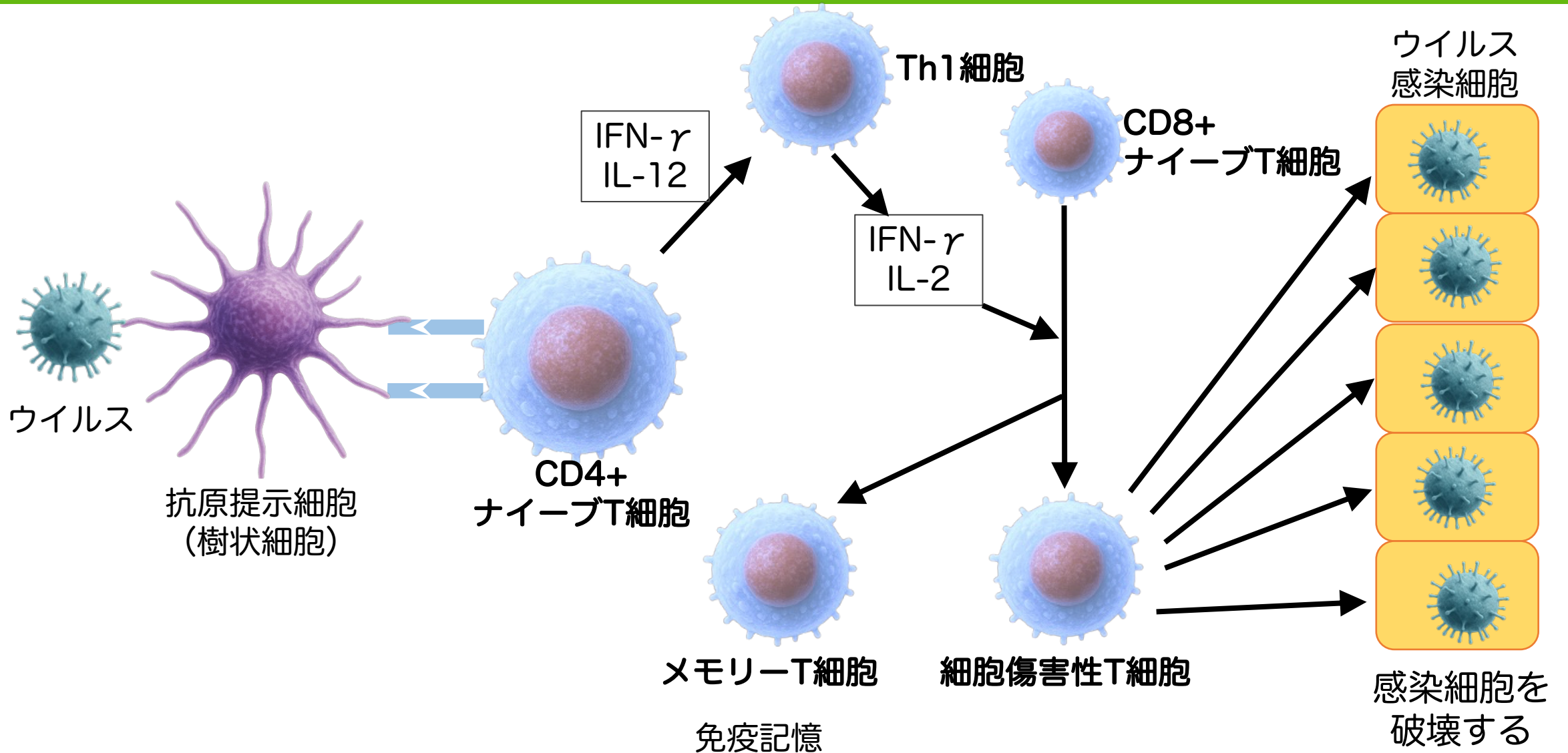
T細胞

獲得免疫（T細胞の分化）

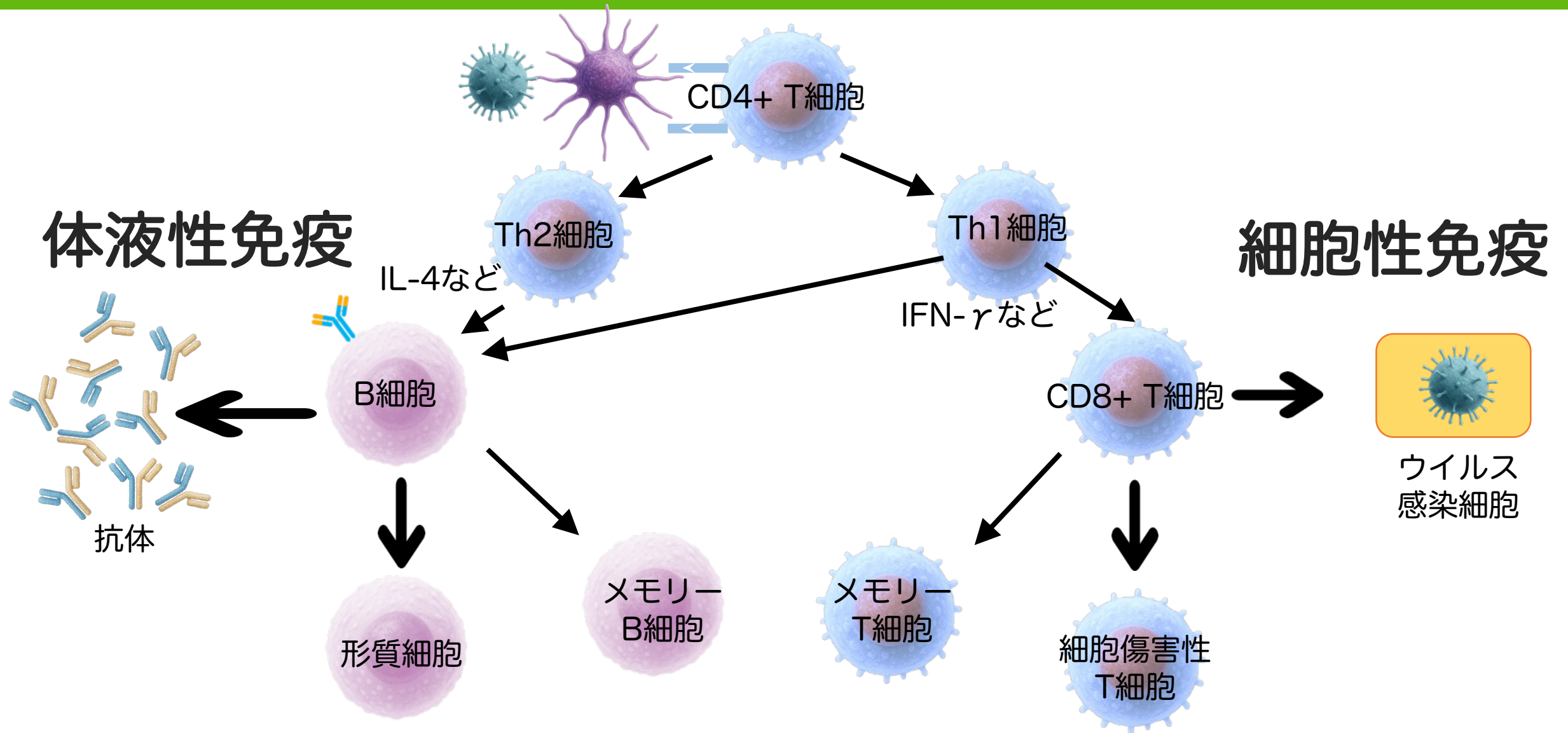


CD4+ ナイーブT細胞はどのサイトカインの状況にあるか、により分化が決まる

細胞性免疫



獲得免疫まとめ



本日のテーマ

1. 免疫とは
2. 自然免疫
3. 獲得免疫（体液性免疫・細胞性免疫）
4. ワクチンによる免疫
5. ワクチン不全

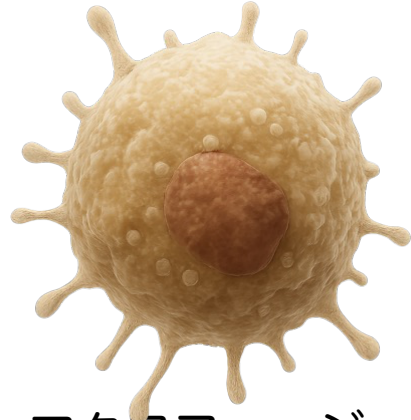
生ワクチンと不活化ワクチン

生ワクチン	不活化ワクチン
弱毒生ウイルス 弱毒生菌	不活化ウイルス 多糖体・結合型多糖体抗原
生体内で増殖する	生体内では増殖しない
自然感染に近い免疫が得られ、 長期に渡る効果が期待できる	基礎免疫として2回以上の接種と 追加接種が必要
体液性免疫および細胞性免疫が 獲得できる	主に体液性免疫が獲得できる
病原性の復帰、変異の可能性	アジュバントが必要

自然免疫（再掲）

貪食

おおまかに怪しければ食べる



マクロファージ



病原体が侵入



好中球

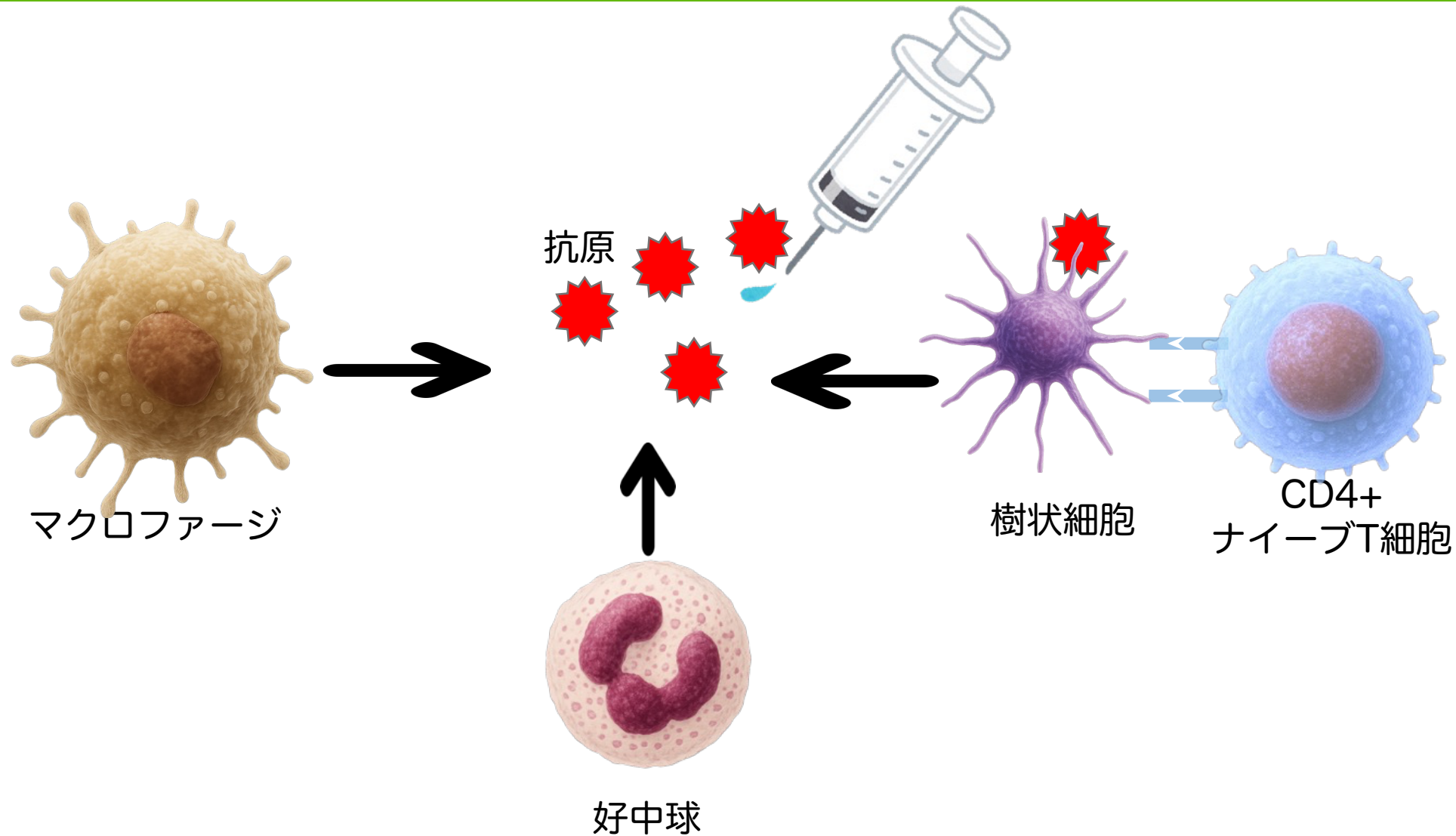


樹状細胞

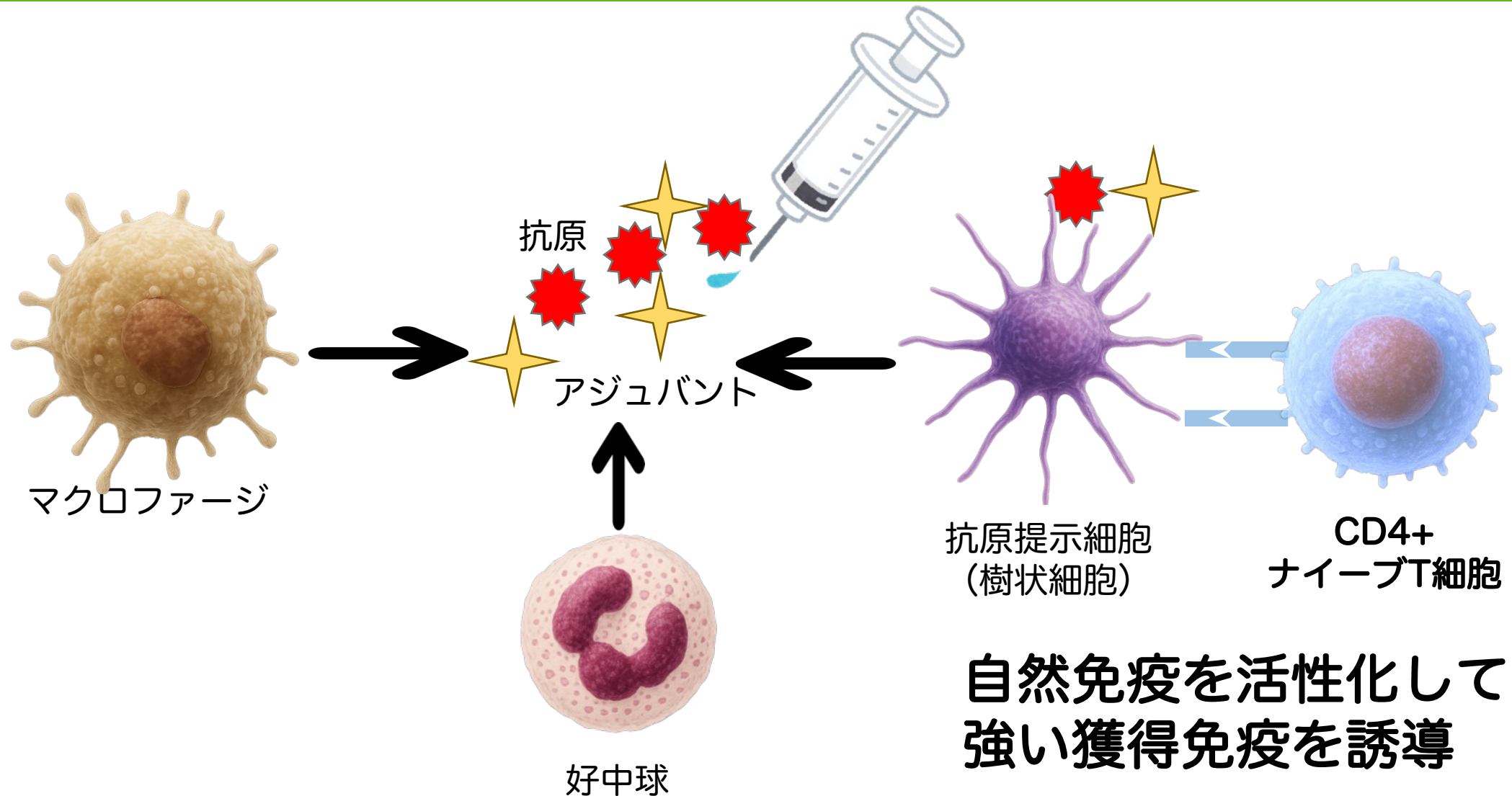
抗原提示

・
獲得免疫

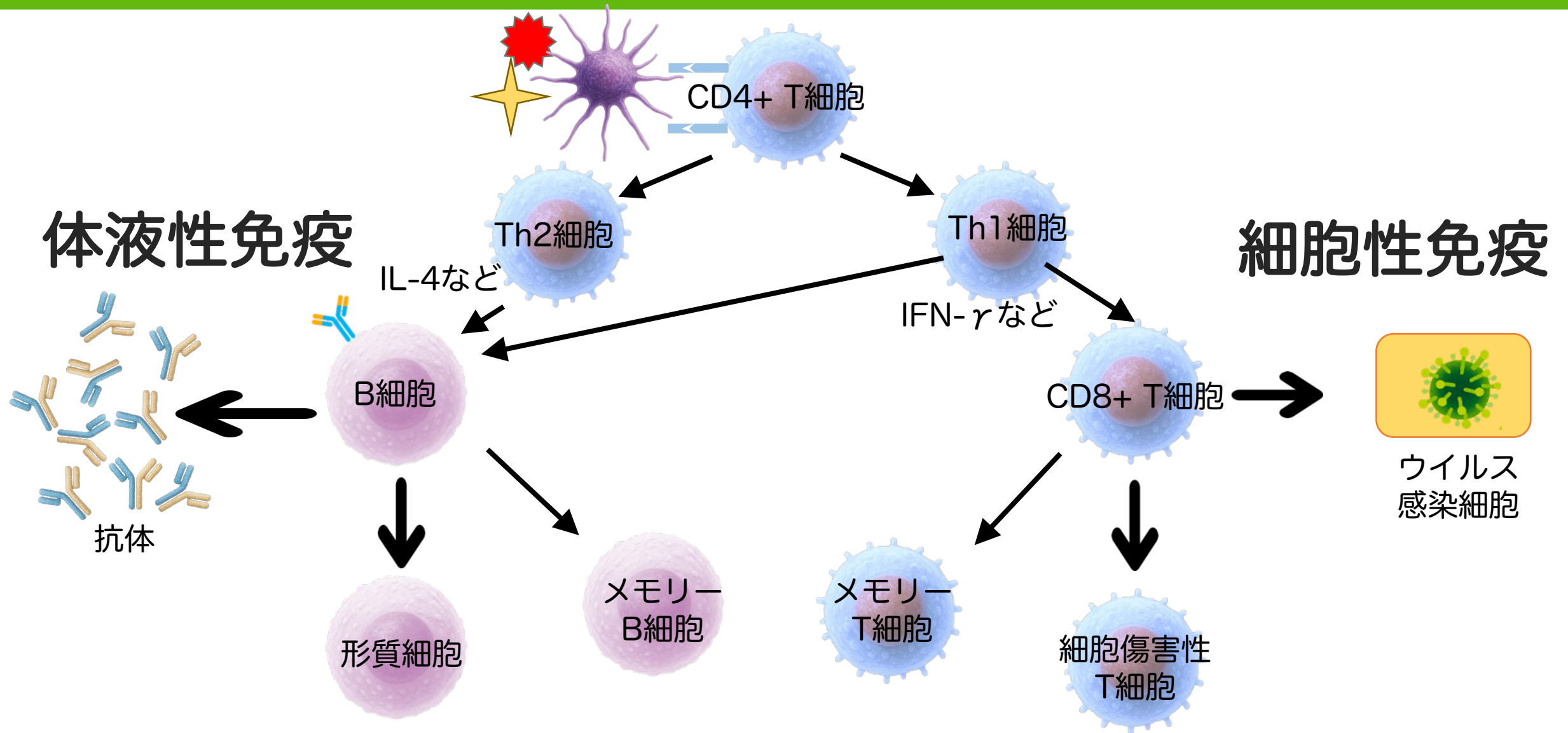
ワクチンによる抗原認識



アジュバントの作用



獲得免疫まとめ

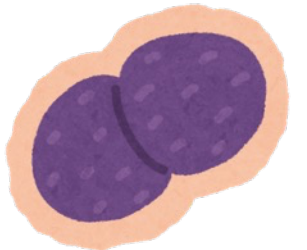
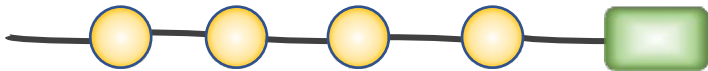


多糖体ワクチンと結合型ワクチン

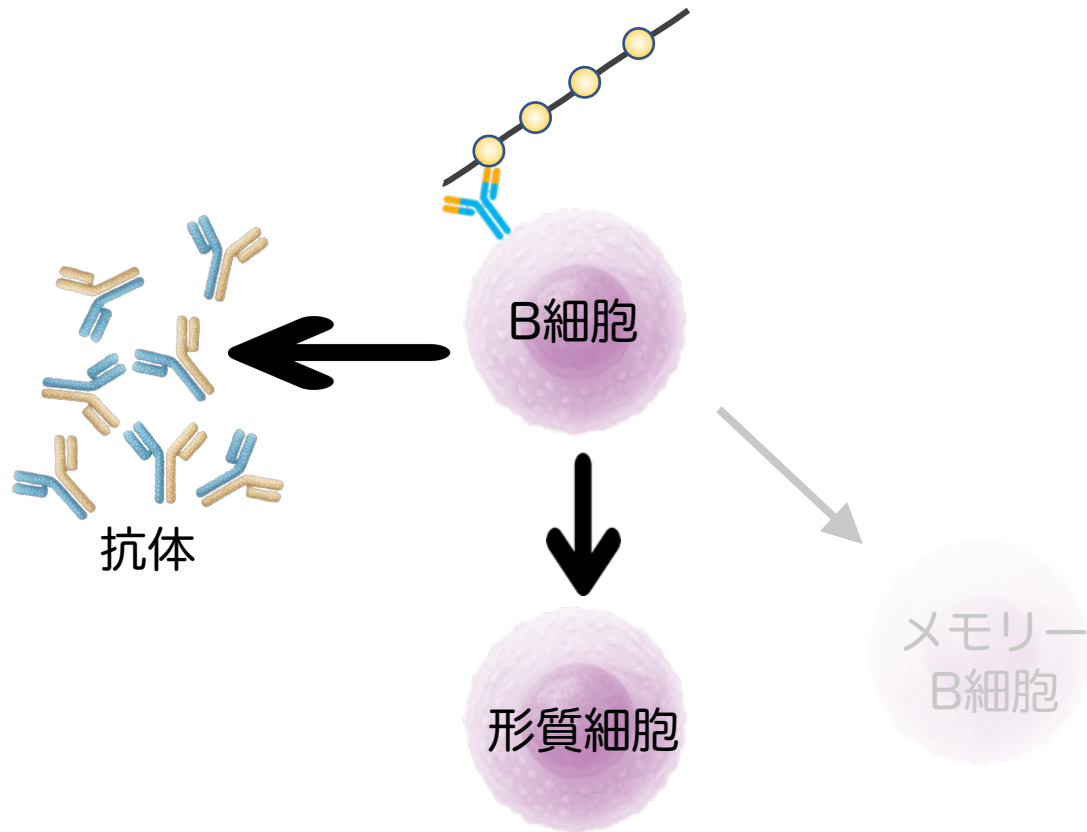
- 多糖体ワクチン：23価肺炎球菌ワクチン（PPSV23）
 - 多糖体（ポリサッカライド）



- 結合型ワクチン：15価/20価/21価肺炎球菌ワクチン（PCV15/PCV20/PCV21）
 - 多糖体（ポリサッカライド）＋キャリア蛋白（ジフテリア）



多糖体ワクチン (PPSV23)

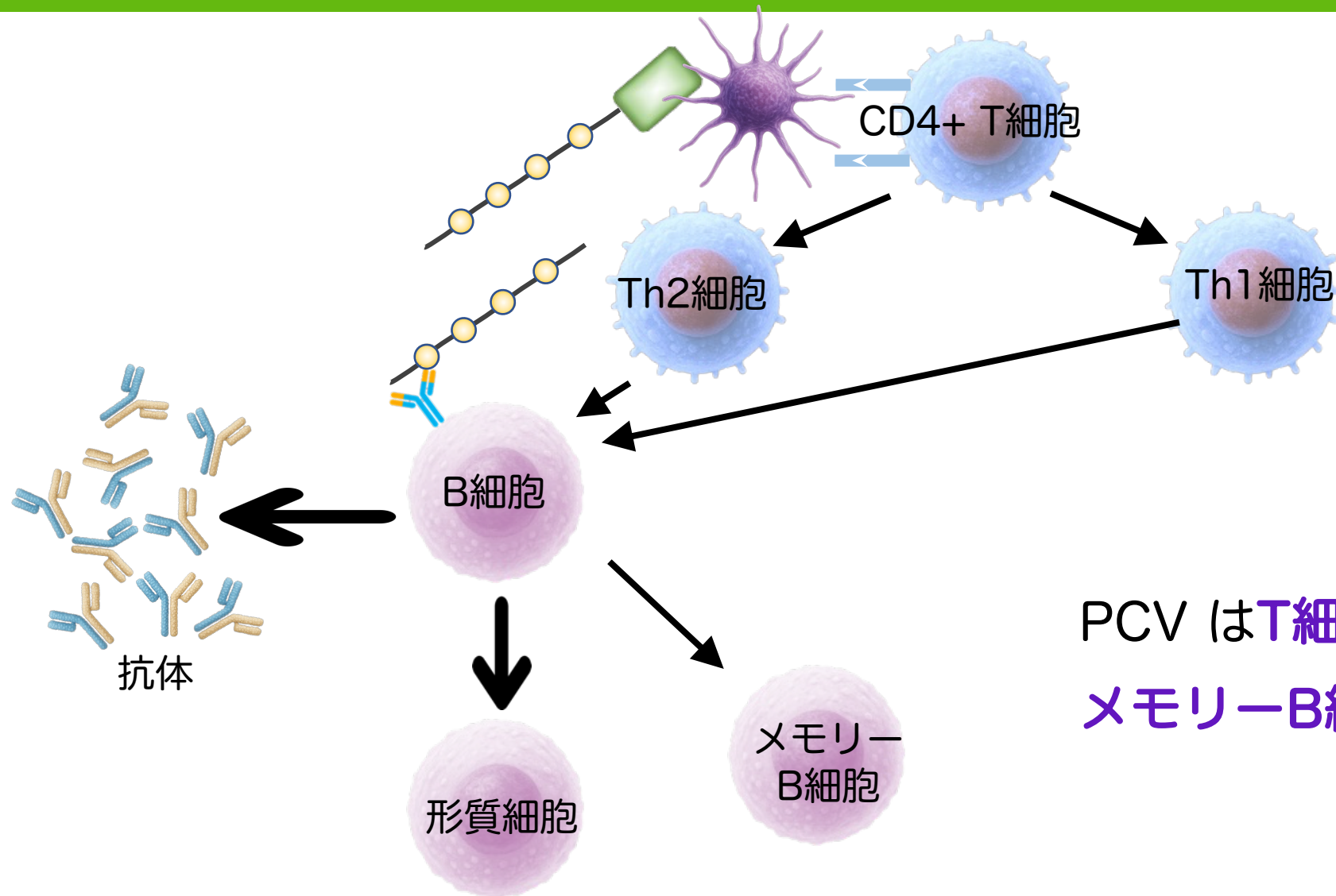


PPSV23はB細胞を介した免疫を誘導する

メモリーB細胞は誘導されない

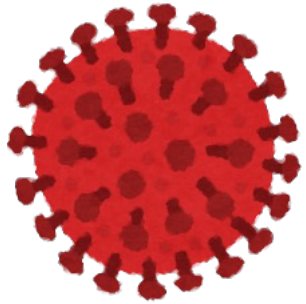
追加接種の必要性

結合型ワクチン (PCV15/20/21)



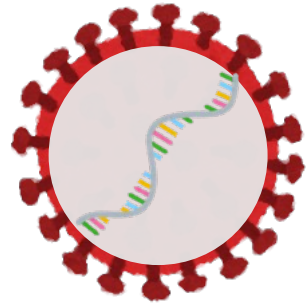
PCV はT細胞も介した免疫を誘導する
メモリーB細胞も誘導される

mRNAワクチン

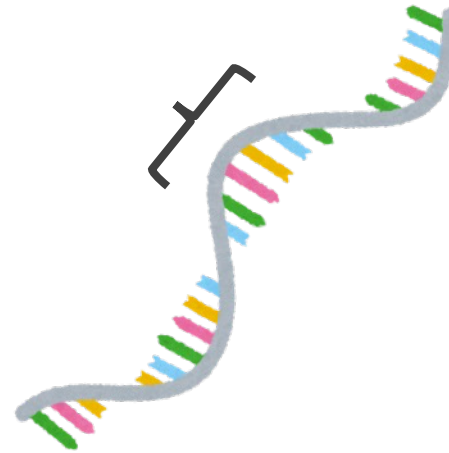


SARS-CoV-2

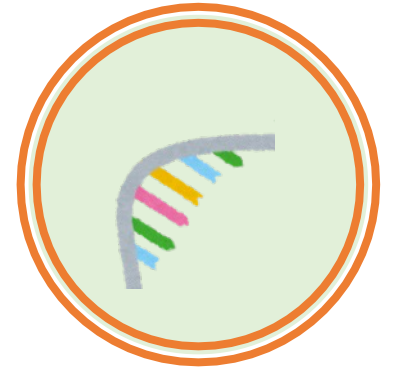
S蛋白：細胞に結合



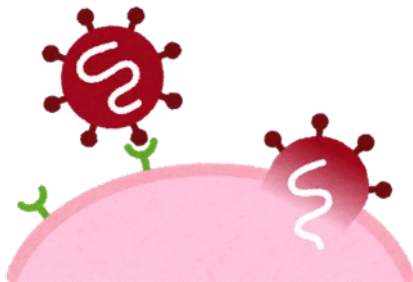
遺伝情報は
内部にRNAとして
含まれている



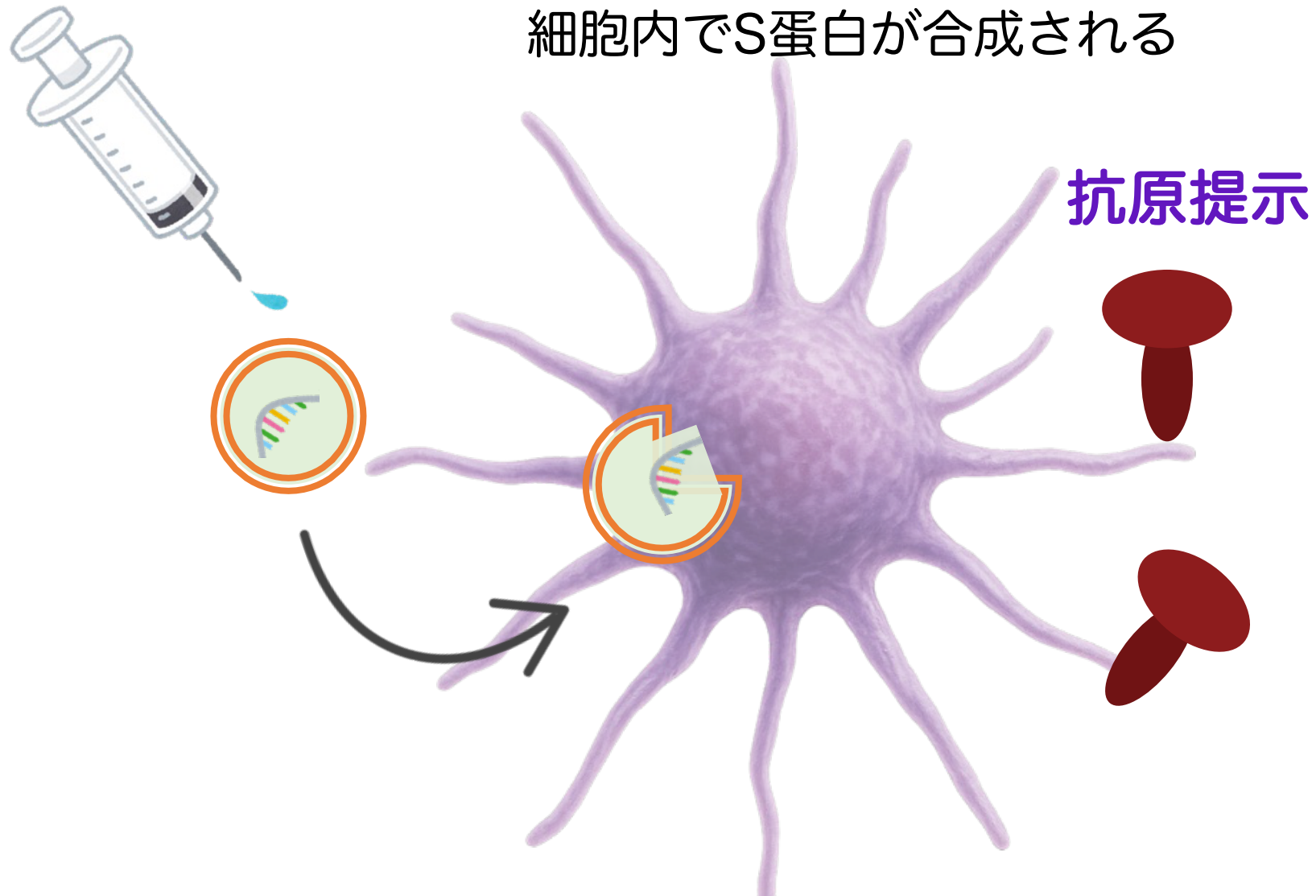
S蛋白についての
遺伝情報を持つ
部分のみ合成



脂質ナノ粒子に
収納

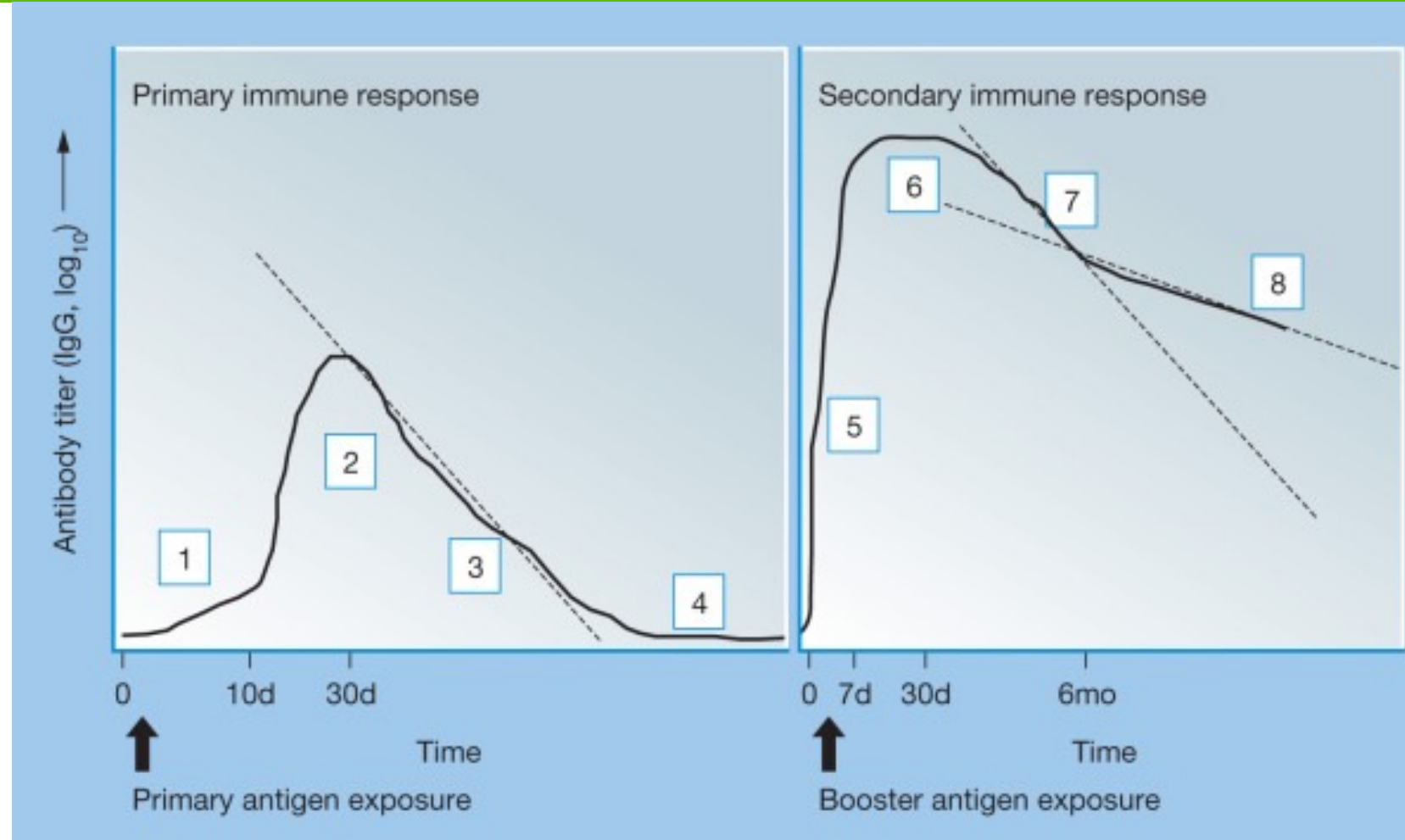


mRNAワクチンの作用機序



抗体反応の推移

免疫記憶により
早く増加
高い抗体反応
減衰はゆっくり



Vaccine Immunology. Plotkin's Vaccines, 8TH ed. Chapter 2, 17-36.e7
Copyright © 2023 by Elsevier, Inc. All rights reserved.

本日のテーマ

1. 免疫とは
2. 自然免疫
3. 獲得免疫（体液性免疫・細胞性免疫）
4. ワクチンによる免疫
5. ワクチン不全

ワクチン不全 (Vaccine failure)

- 一次ワクチン不全 (Primary vaccine failure)

- ✓ ワクチン接種後、感染防御レベルの**免疫の獲得ができない**こと
- ✓ ワクチンの**再接種を早期**に行うことで感染防御レベルの以上の免疫の獲得ができないものを減らすことが可能

- 二次ワクチン不全 (Secondary vaccine failure)

- ✓ ワクチン接種後、感染防御レベル以上の免疫の獲得後、時間の経過とともにその**免疫が徐々に減衰し、感染防御レベル以下になる**こと
- ✓ ワクチン接種から**一定期間後に再接種**を行う

一次ワクチン不全の原因

ワクチンの問題

- 製造工程の問題
- 不適切な保管
- 使用期限切れ
- 投与間違い
(投与経路、投与量、
投与種類)

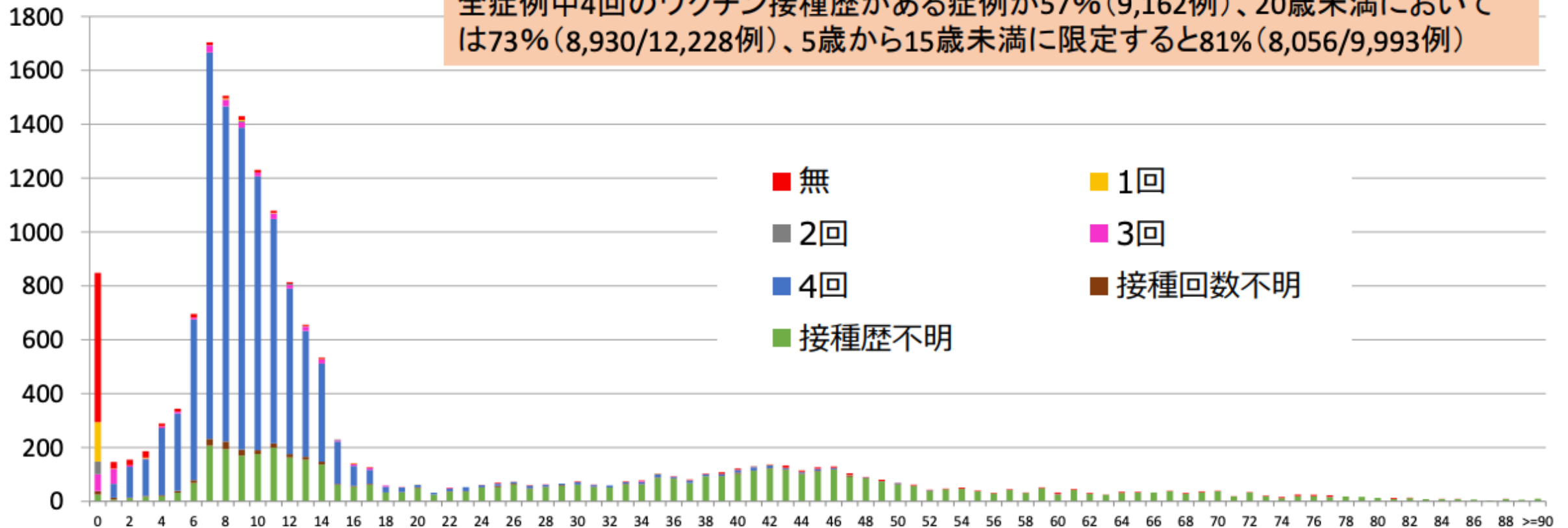
宿主の問題

- 免疫不全
- 免疫応答が不十分
- 加齢に伴う免疫応答の低下
- 栄養状態の低下
- 他の感染症による干渉
- 免疫学的干渉
(免疫グロブリン、移行抗体)
- 潜伏期間中の接種

二次性ワクチン不全の例

2019年 百日咳患者症例 (n=15,974)の年齢分布

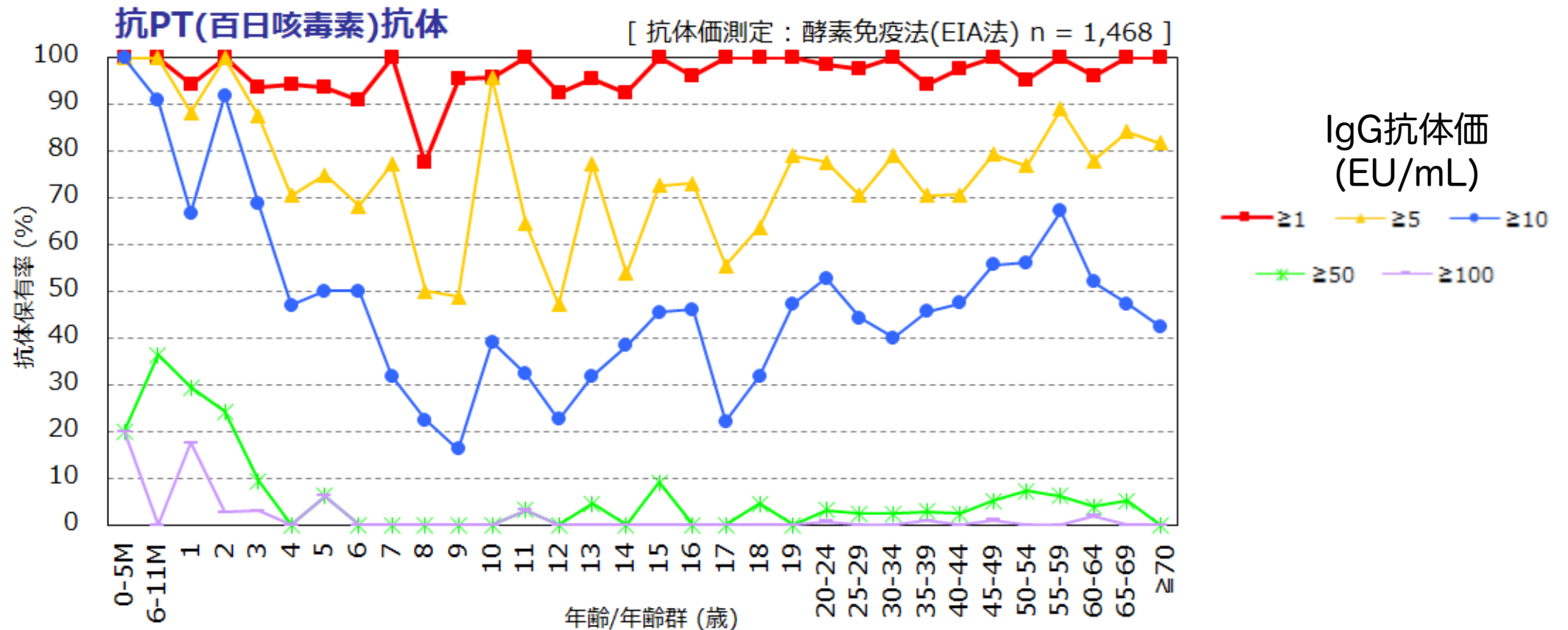
全症例中4回のワクチン接種歴がある症例が57% (9,162例)、20歳未満においては73% (8,930/12,228例)、5歳から15歳未満に限定すると81% (8,056/9,993例)



百日咳抗体保有状況 2023年

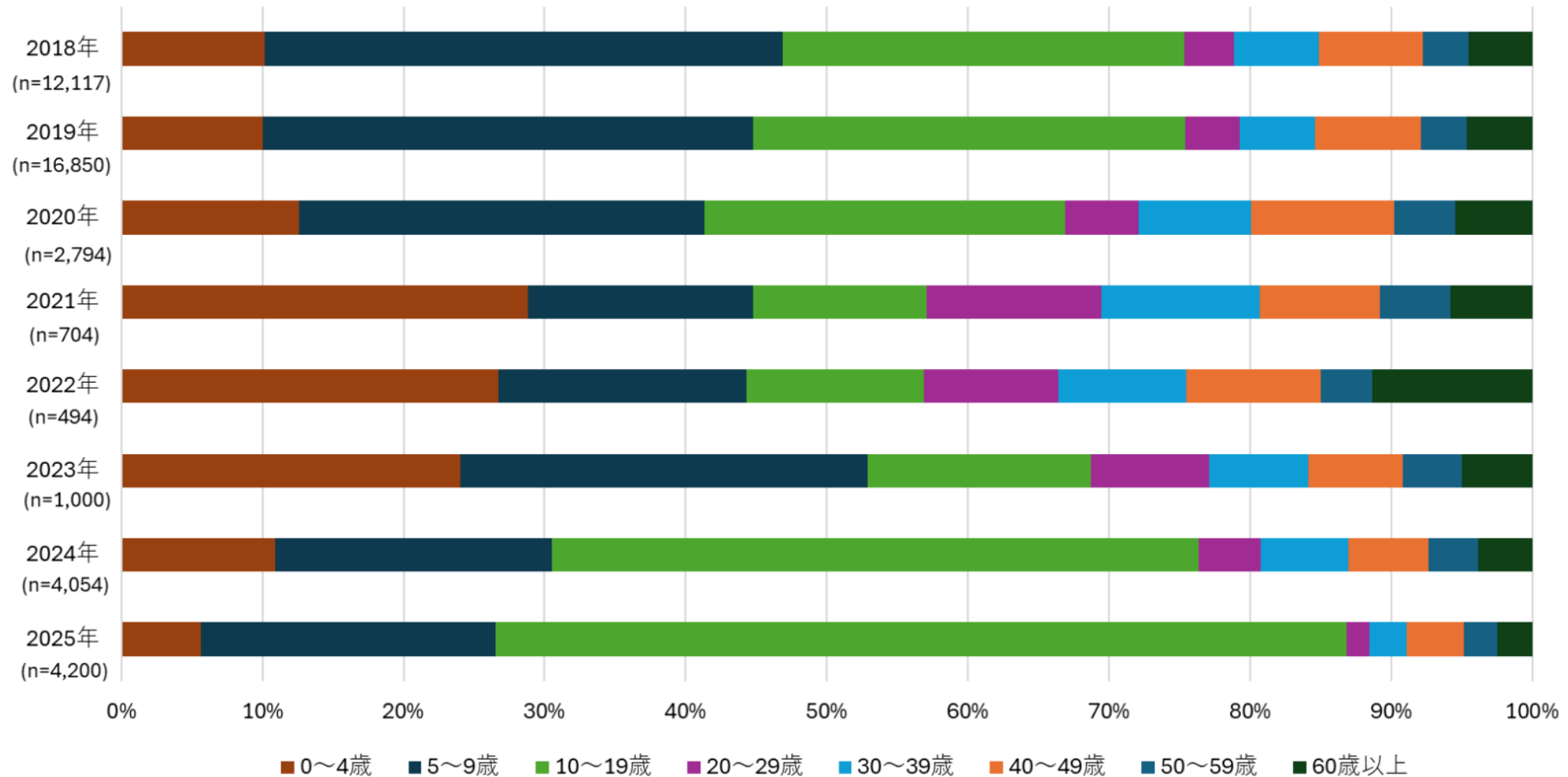
年齢/年齢群別の百日咳抗体保有状況 (2023年)

2023年度感染症流行予測調査より



<https://id-info.jihs.go.jp/niid/ja/y-graphs/8903-pertussis-yosoku-serum2023.html>

百日咳患者届け出例の年齢分布 (2018～2025年：2025年は12週まで)



参考資料



『免疫劇場 MEN-EKI BLACK』／東大医学部自主制作映画

https://youtu.be/rraUPjJfXpc?si=Qn_MVqlfvCzkd4j7

