2021/12/12 令和3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

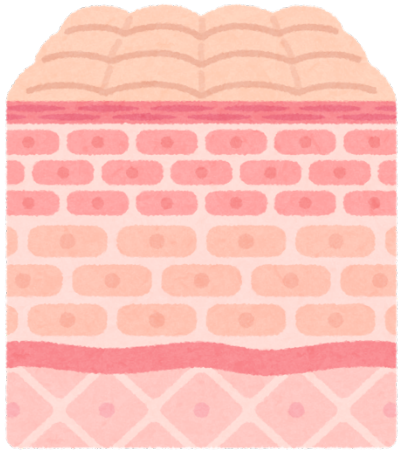
- 一度●●にかかったら●●に対する抵抗力が飛躍的にあがるという現象

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

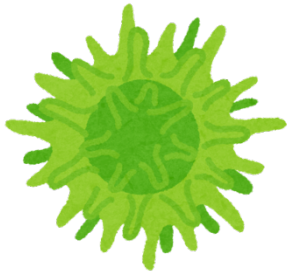
免疫の分類

物理的バリア

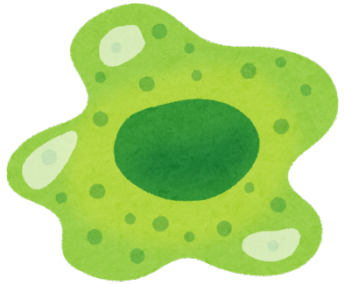


皮膚・粘膜

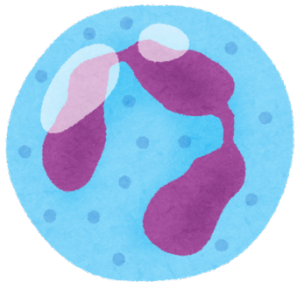
自然免疫



樹状細胞

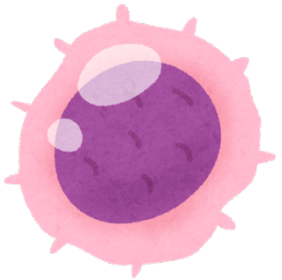


マクロファージ

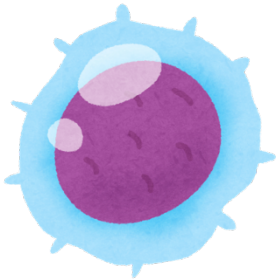


好中球

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

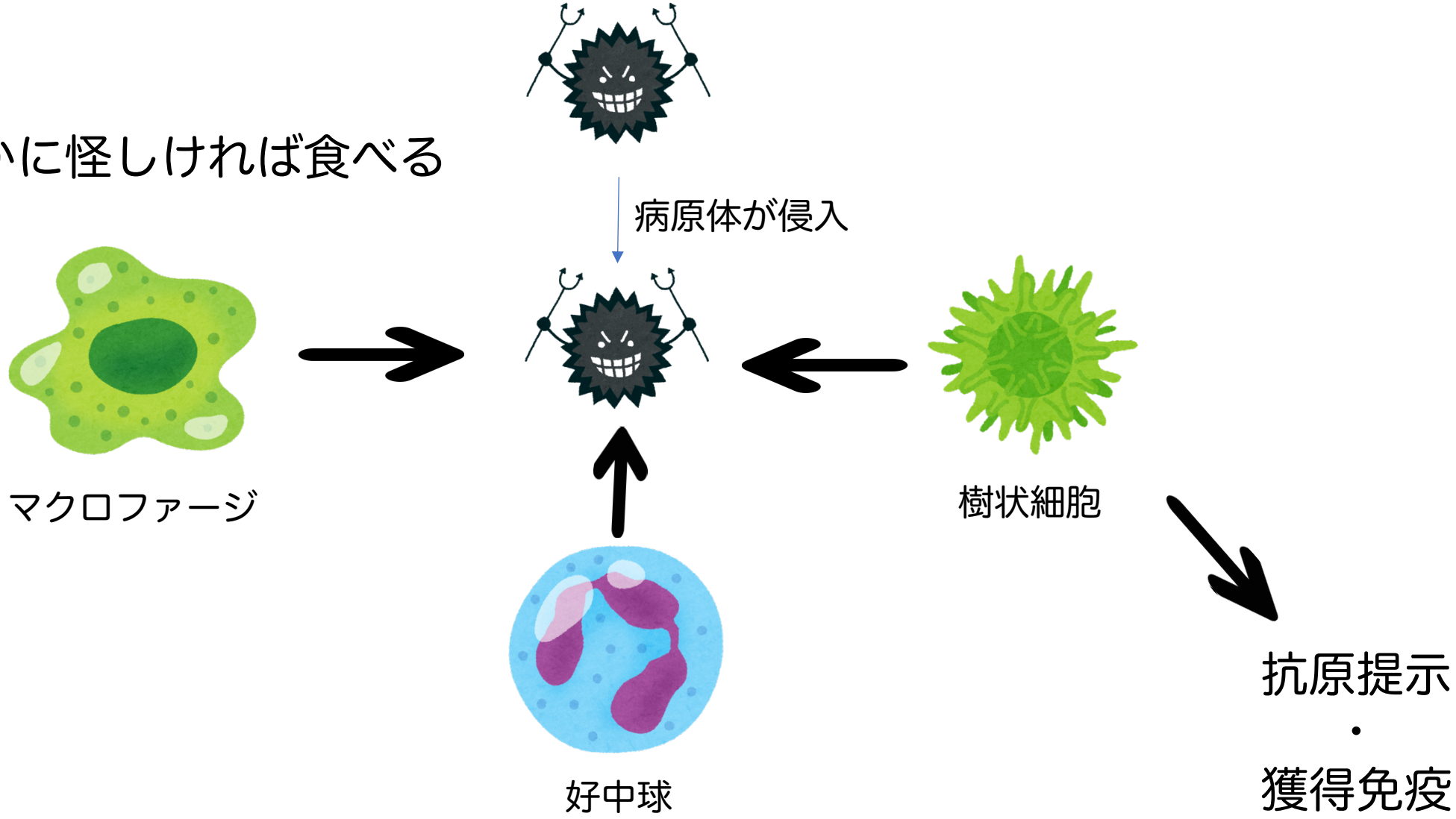
自然免疫

- 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

自然免疫

貪食

おおまかに怪しければ食べる



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

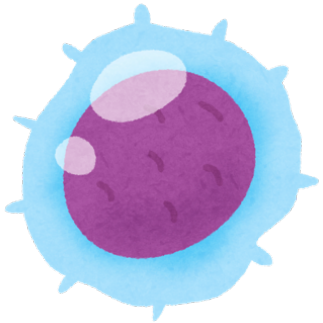
獲得免疫

- 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

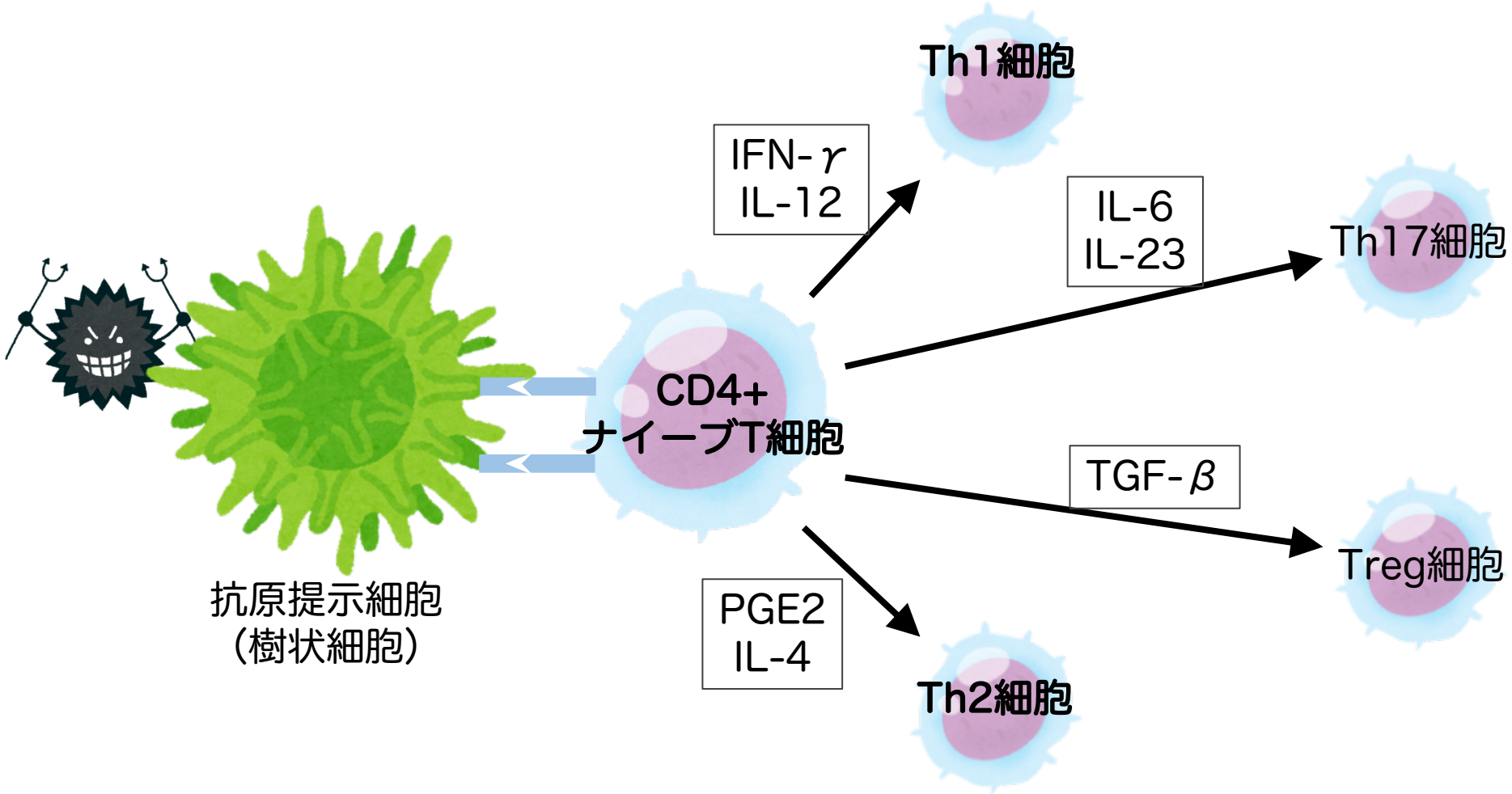
B細胞　抗体　T細胞

細胞性免疫



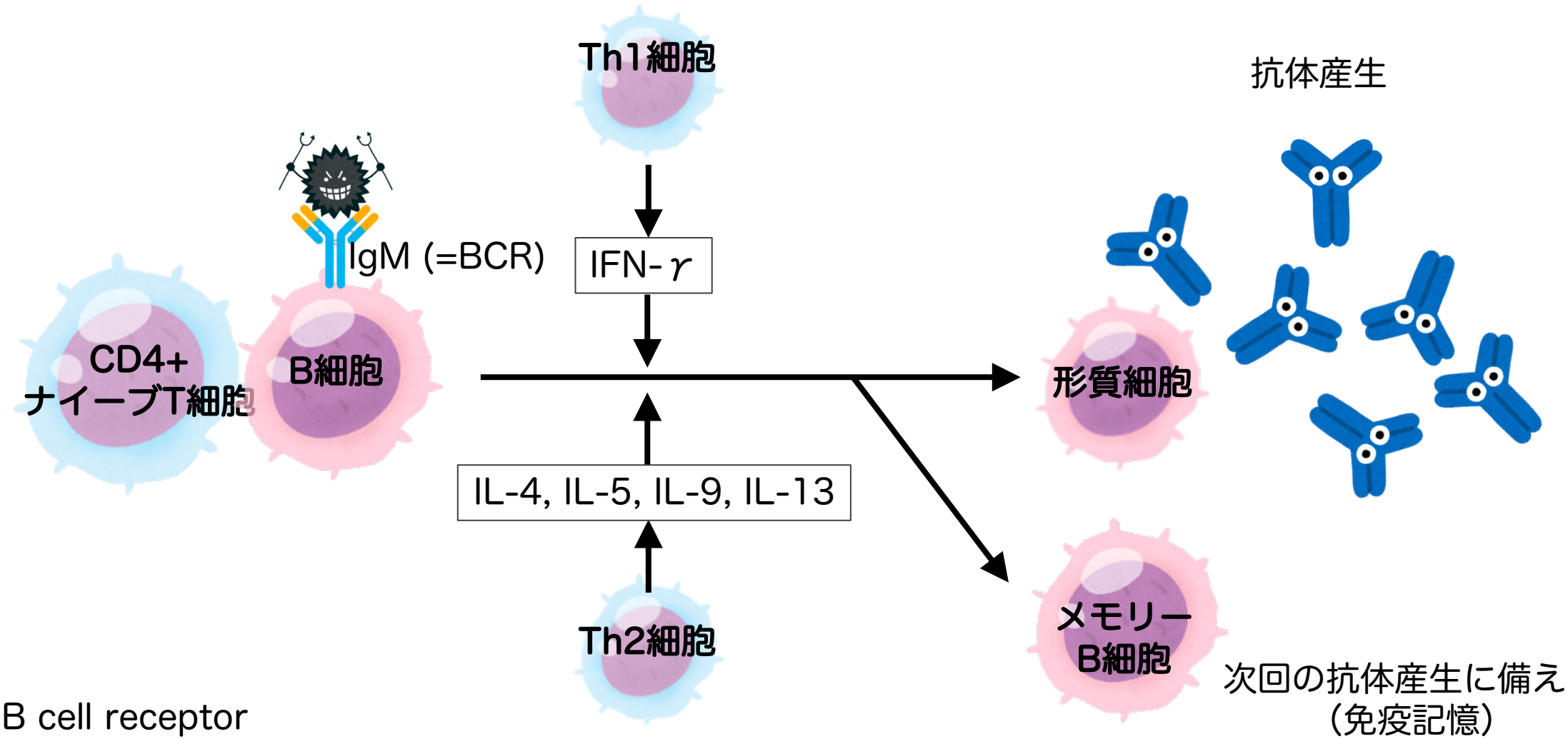
T細胞

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

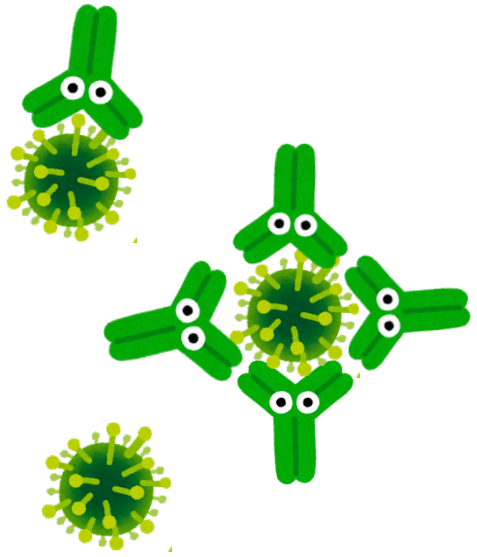
体液性免疫（抗体産生）



BCR: B cell receptor

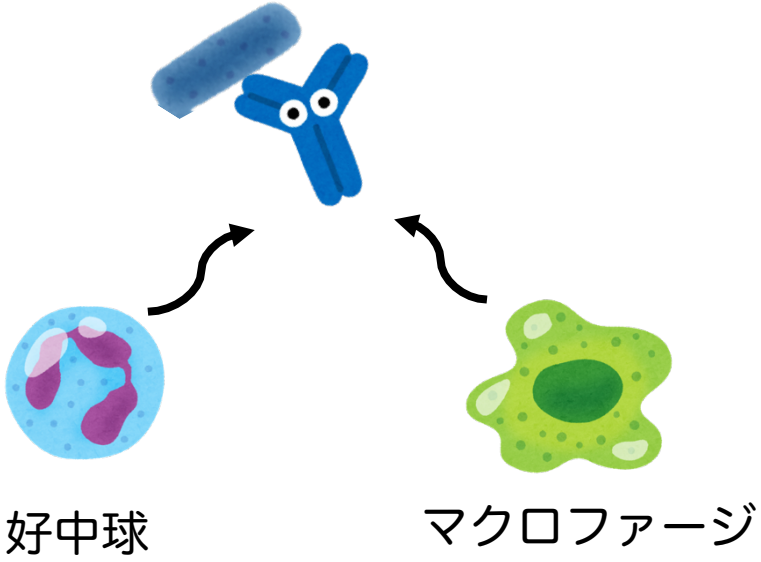
体液性免疫（抗体の役割）

中和抗体



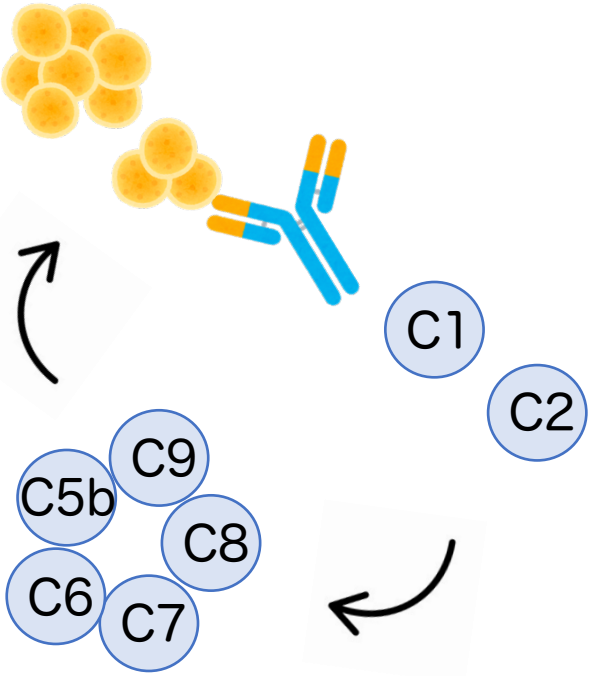
抗原に結合し
ウイルスを無力化
細胞に感染できなくする

オプソニン化



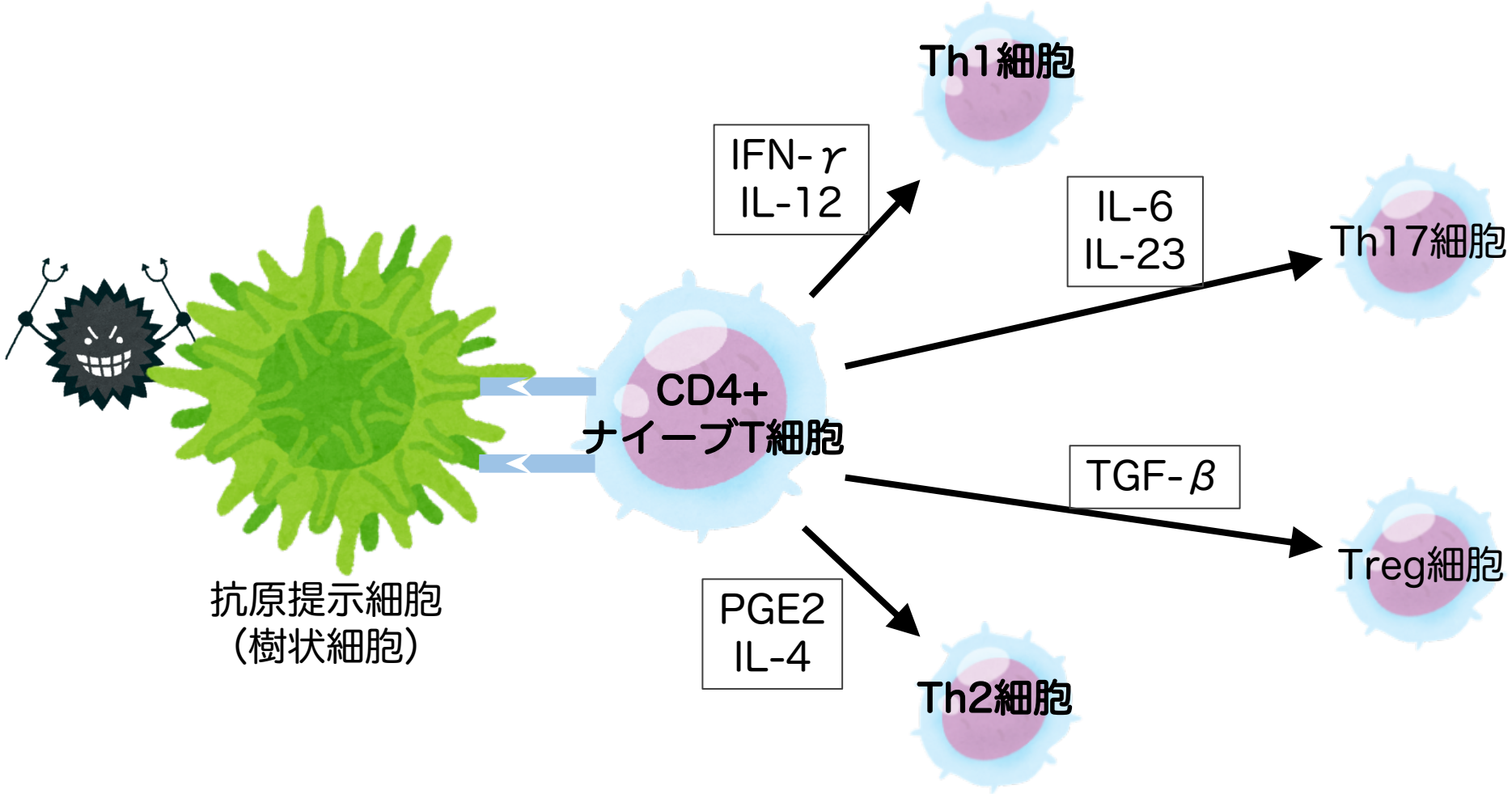
細菌に結合し
食細胞が効率的に
貪食できるようにする

補体の活性化



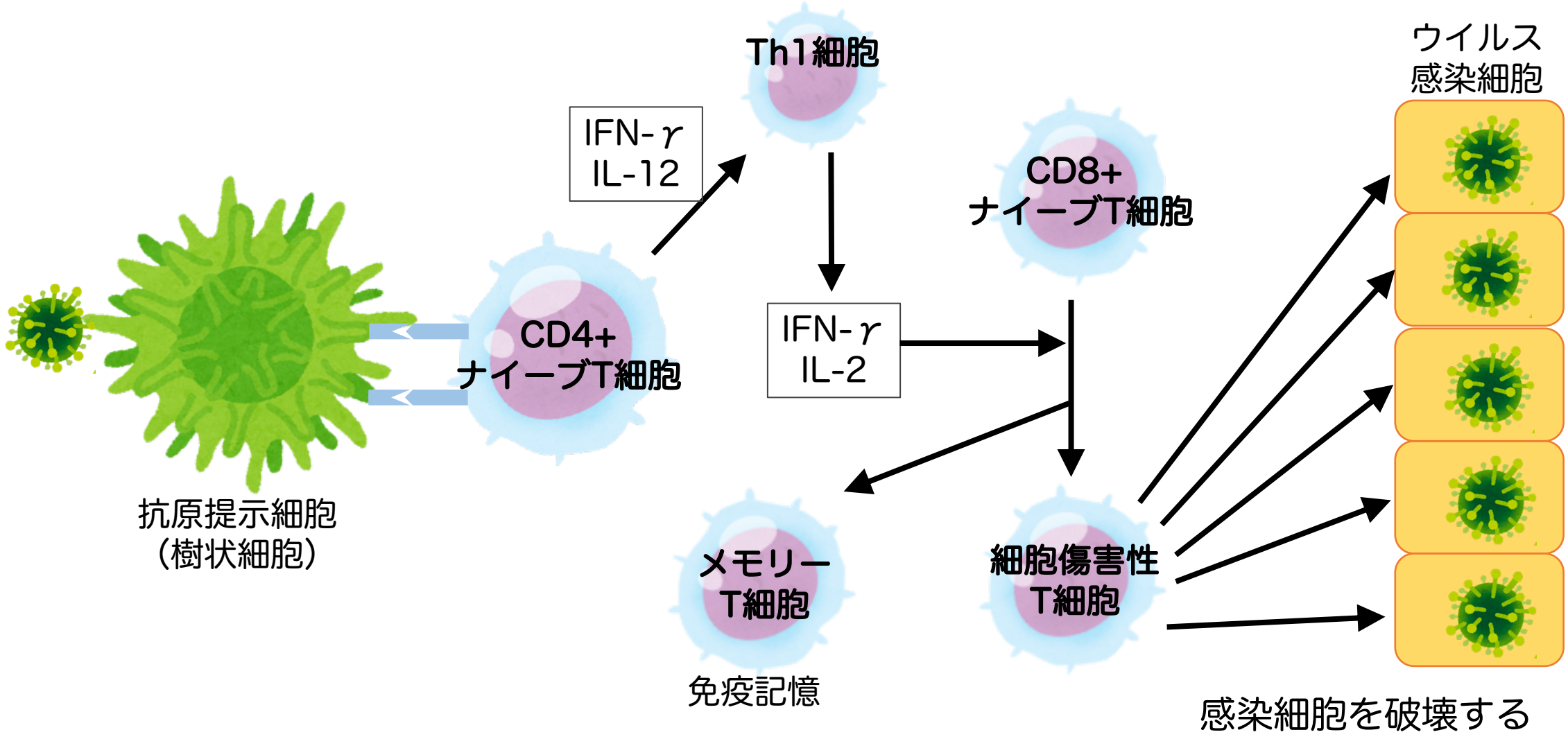
抗体が結合すると
補体系が活性化し
膜侵襲複合体を形成し細胞膜を壊す

獲得免疫（T細胞の分化）

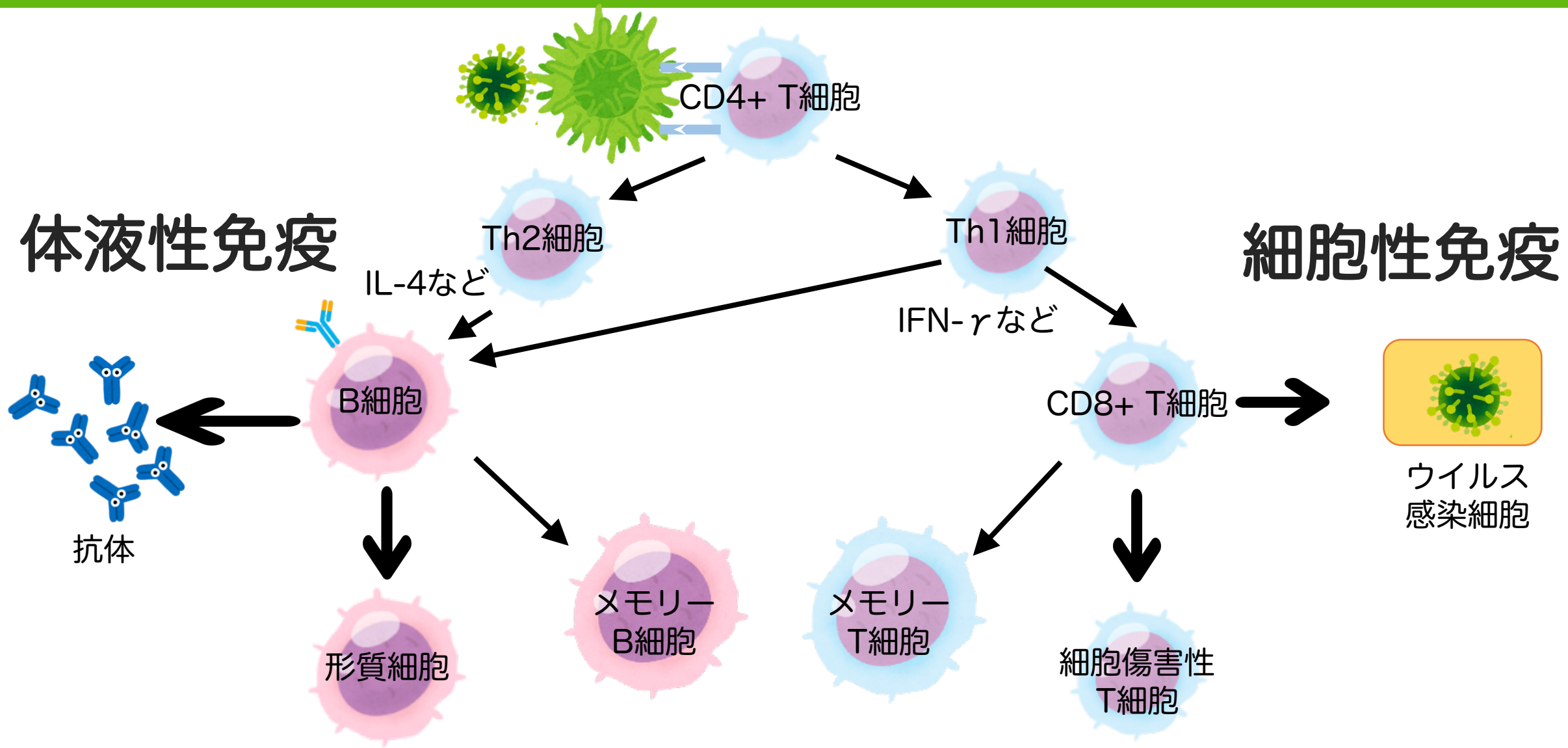


CD4+ ナイーブT細胞はどのサイトカインの状況にあるか、により分化が決まる

細胞性免疫


Th1細胞
IFN-γ
IL-12
CD8+
ナイーブT細胞
ウイルス
感染細胞
CD4+
ナイーブT細胞
IFN-γ
IL-2
抗原提示細胞
（樹状細胞）
メモリー
T細胞
細胞傷害性
T細胞
免疫記憶
感染細胞を破壊する

獲得免疫まとめ


CD4+ T細胞
Th2細胞
Th1細胞
体液性免疫
細胞性免疫
IL-4など
IFN-γなど
B細胞
CD8+ T細胞
抗体
ウイルス
感染細胞
形質細胞
メモリー
B細胞
メモリー
T細胞
細胞傷害性
T細胞

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

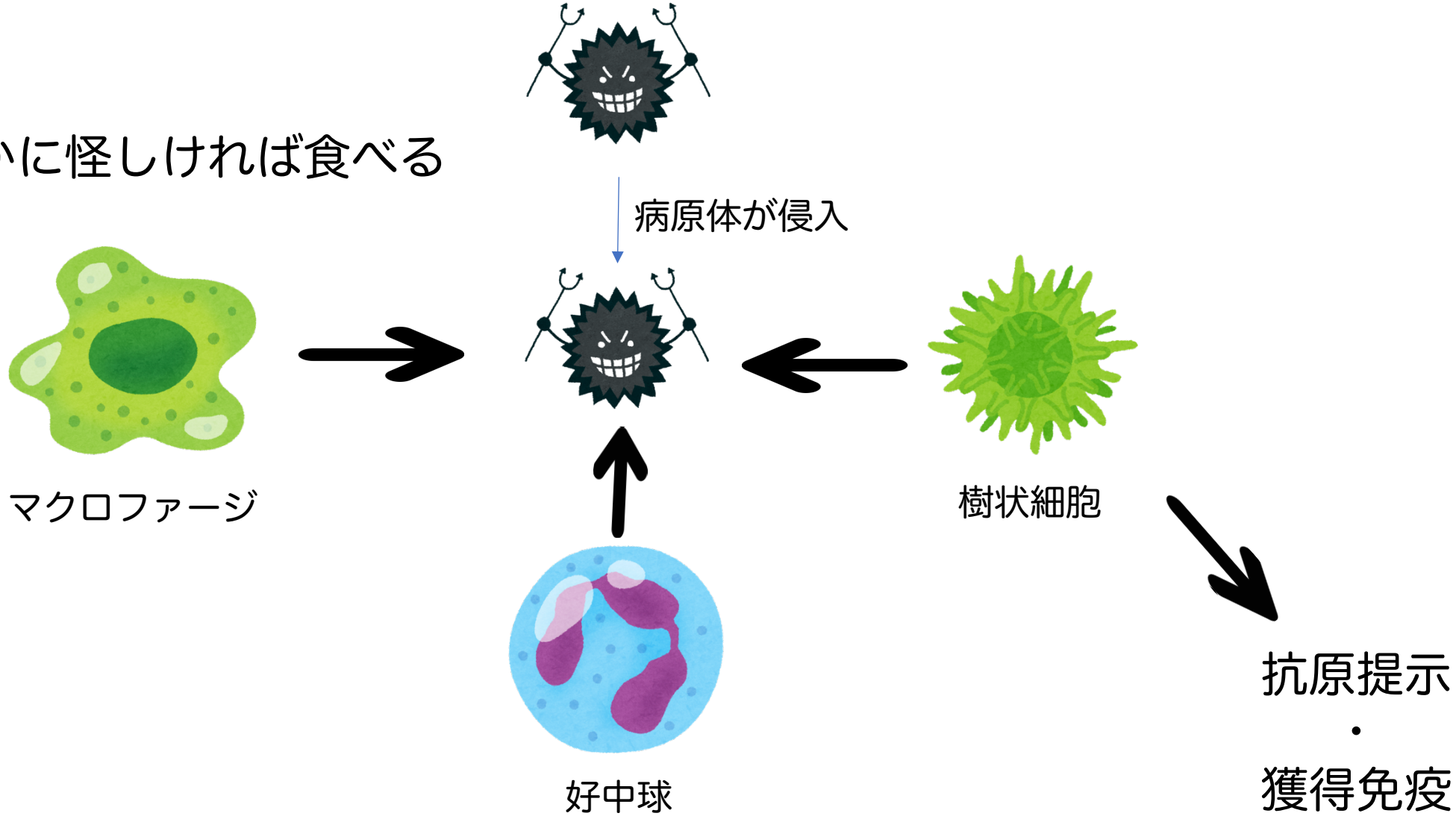
生ワクチンと不活化ワクチン

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

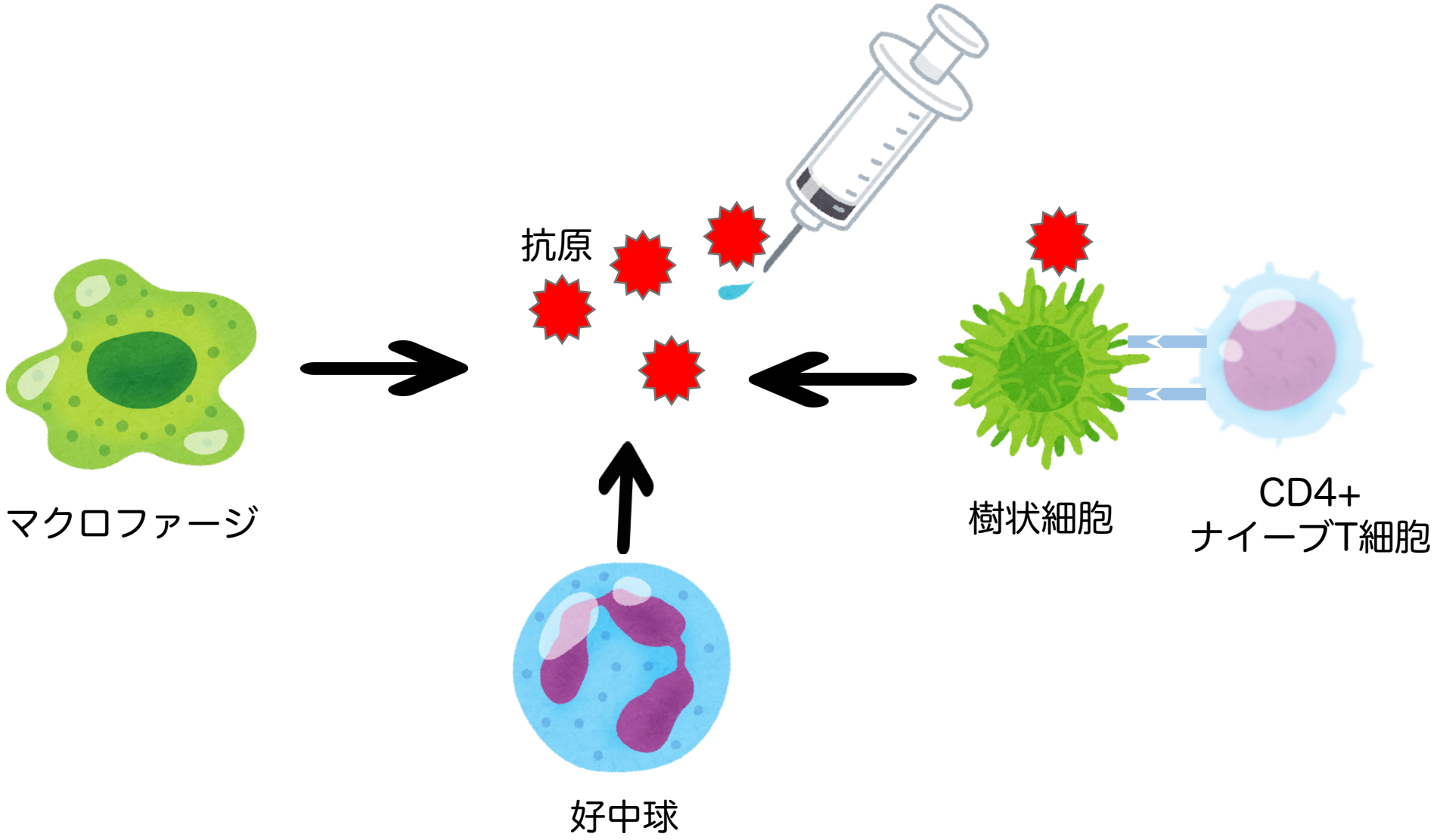
自然免疫（再掲）

貪食

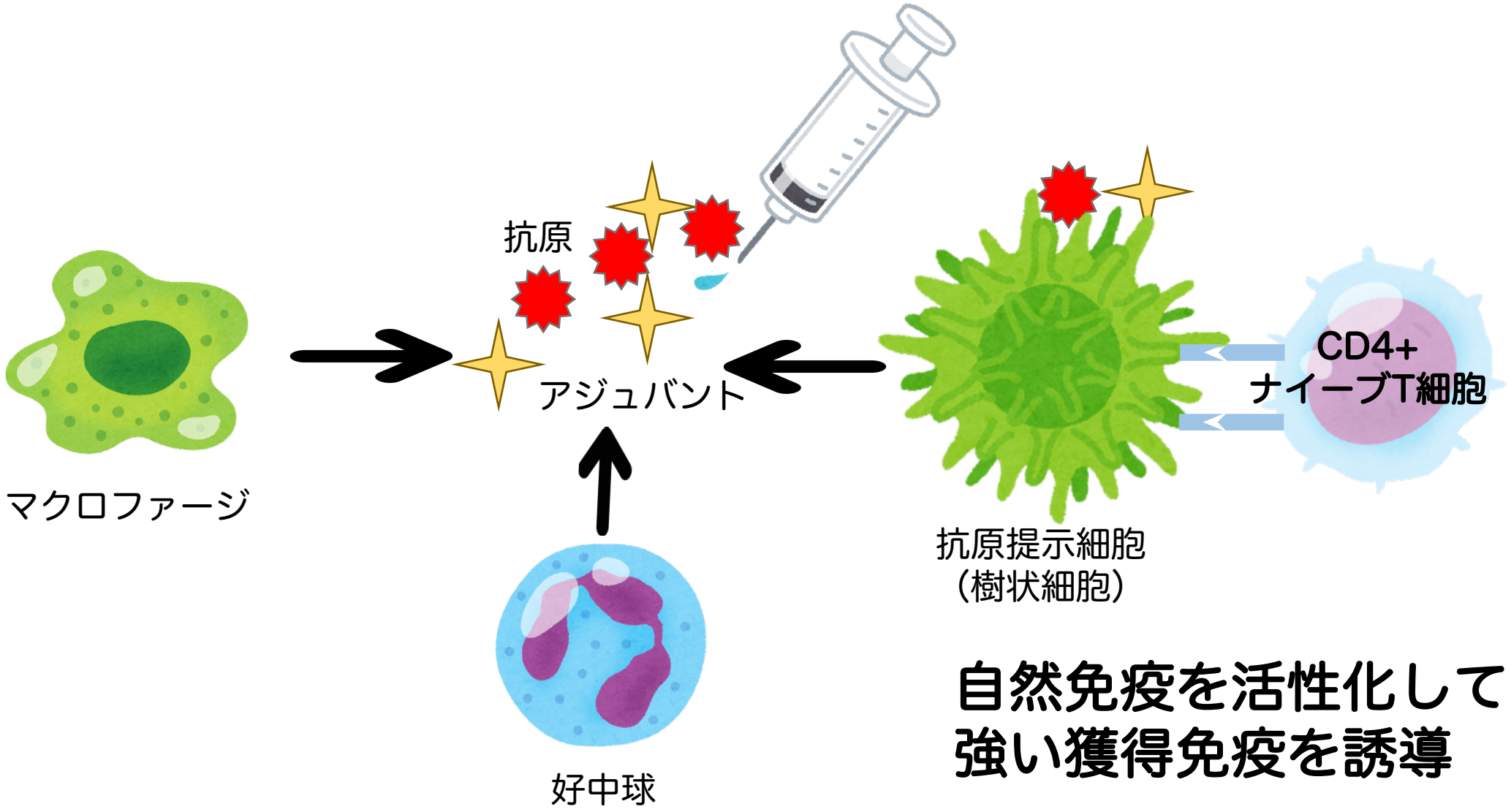
おおまかに怪しければ食べる



ワクチンによる抗原認識

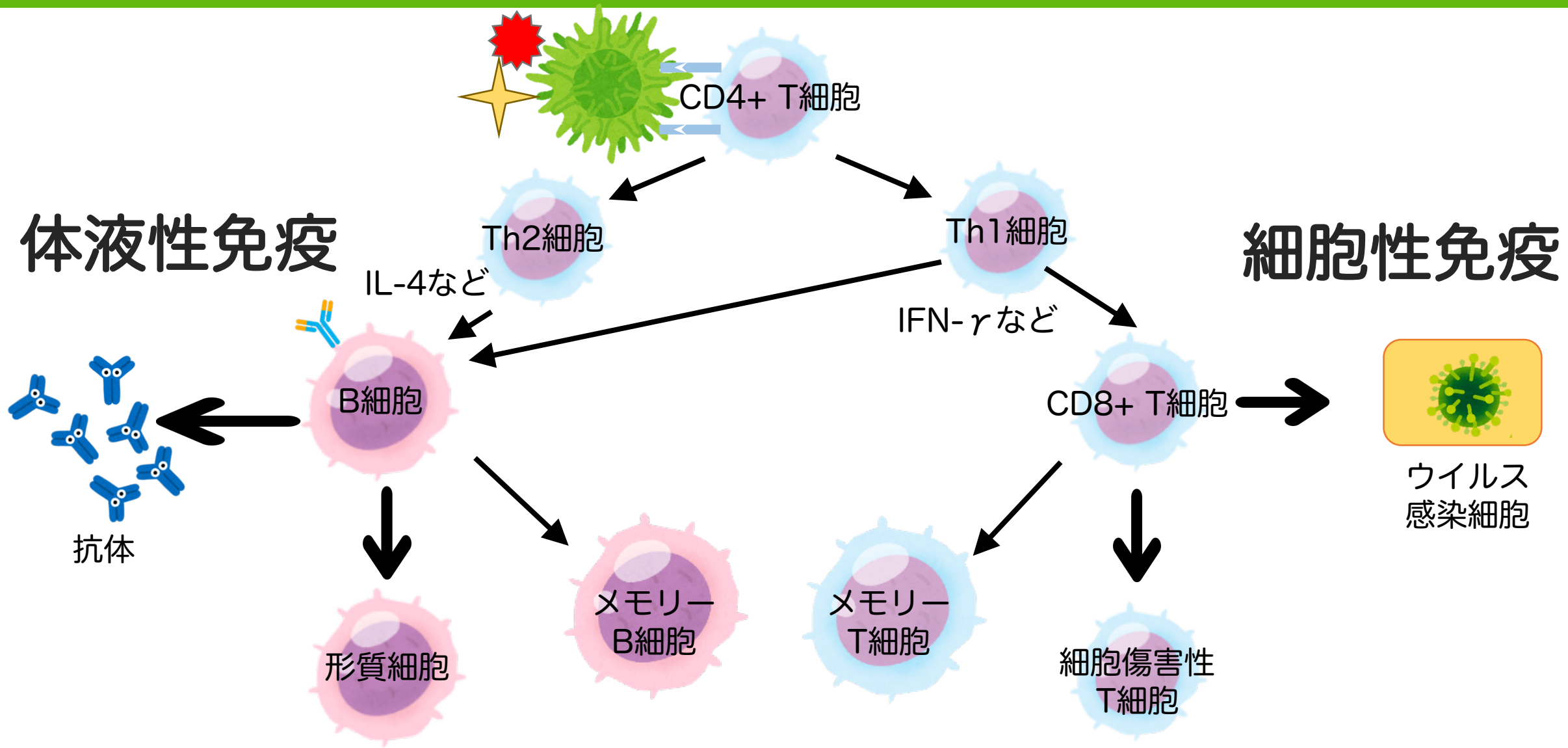


アジュバントの作用



自然免疫を活性化して
強い獲得免疫を誘導

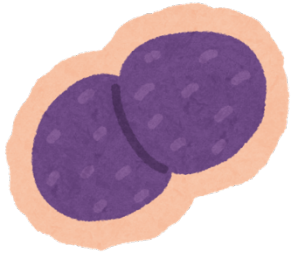
獲得免疫まとめ（再掲）


CD4+ T細胞
Th2細胞
Th1細胞
体液性免疫
細胞性免疫
IL-4など
IFN-γなど
B細胞
CD8+ T細胞
抗体
ウイルス
感染細胞
形質細胞
メモリー
B細胞
メモリー
T細胞
細胞傷害性
T細胞

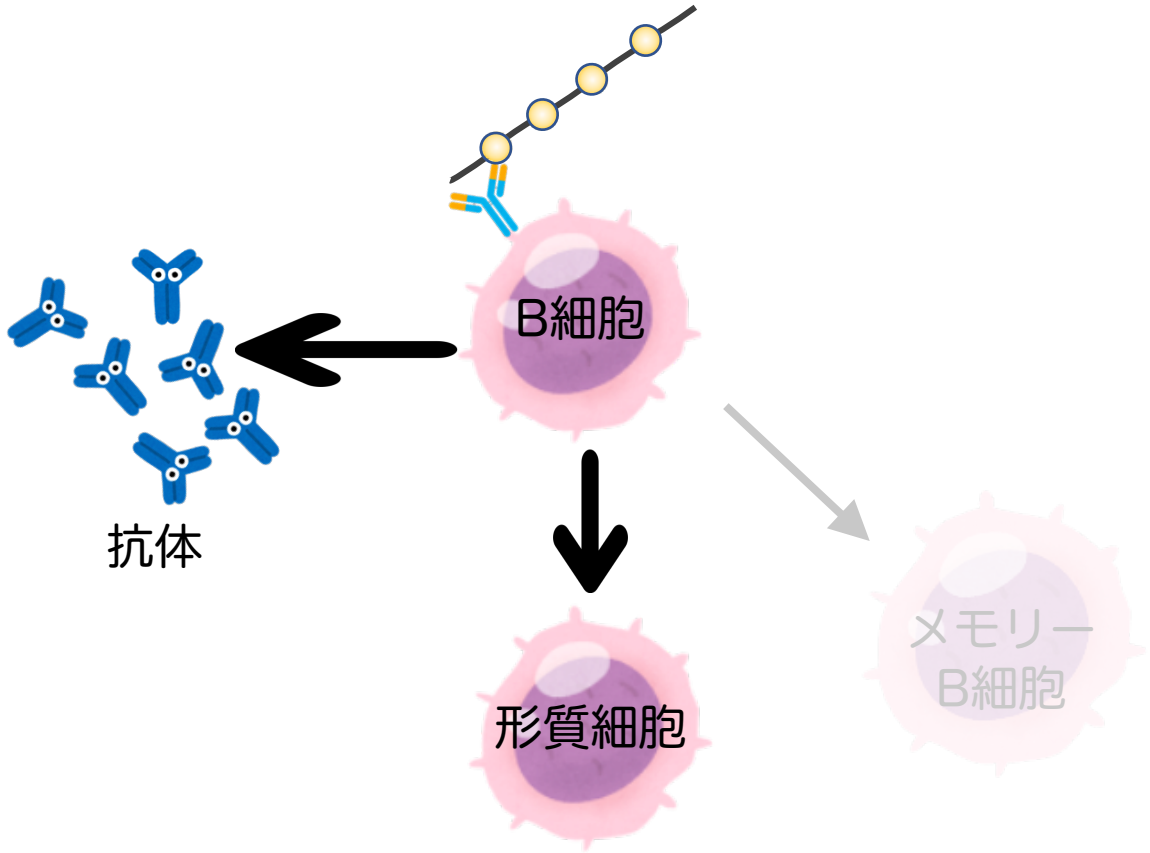
多糖体ワクチンと結合型ワクチン

- 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：13価肺炎球菌ワクチン（PCV13）
  - 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）

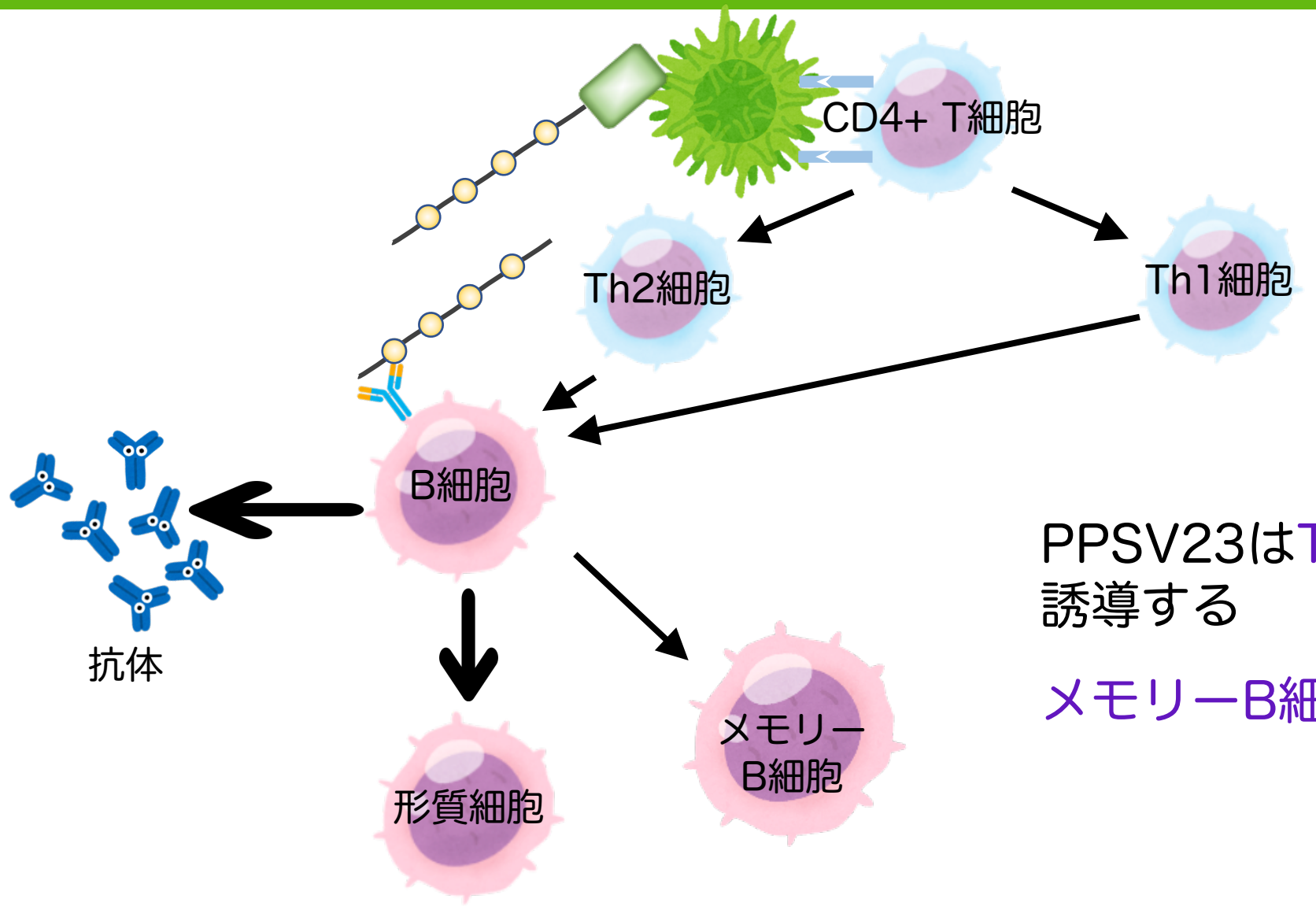


PPSV23はB細胞を介した免疫を誘導する

メモリーB細胞は誘導されない

追加接種の必要性

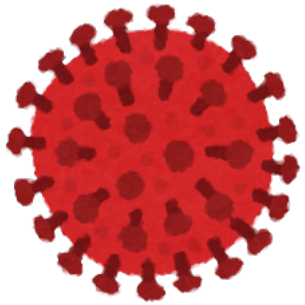
結合型ワクチン（PCV13）



PPSV23はT細胞も介した免疫を誘導する

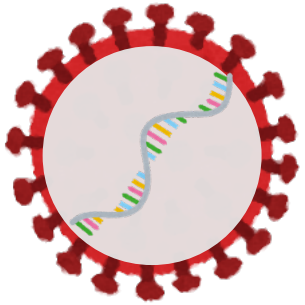
メモリーB細胞も誘導される

mRNAワクチン

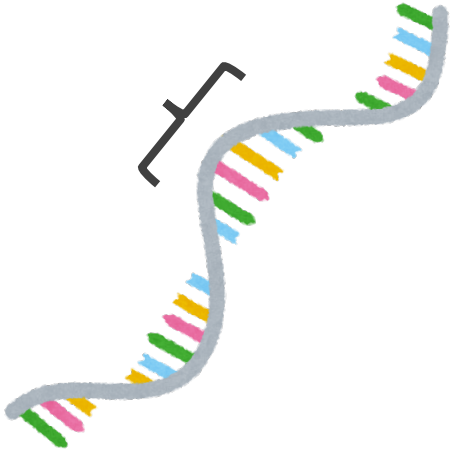


SARS-CoV-2

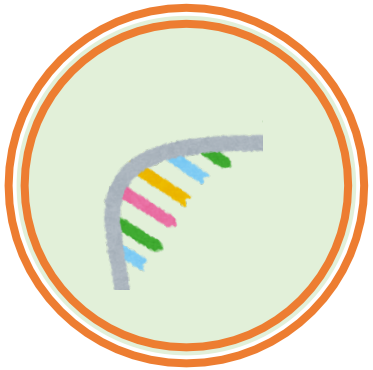
S蛋白：細胞に結合



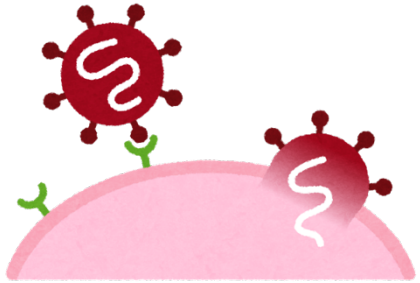
遺伝情報は
内部にRNAとして
含まれている



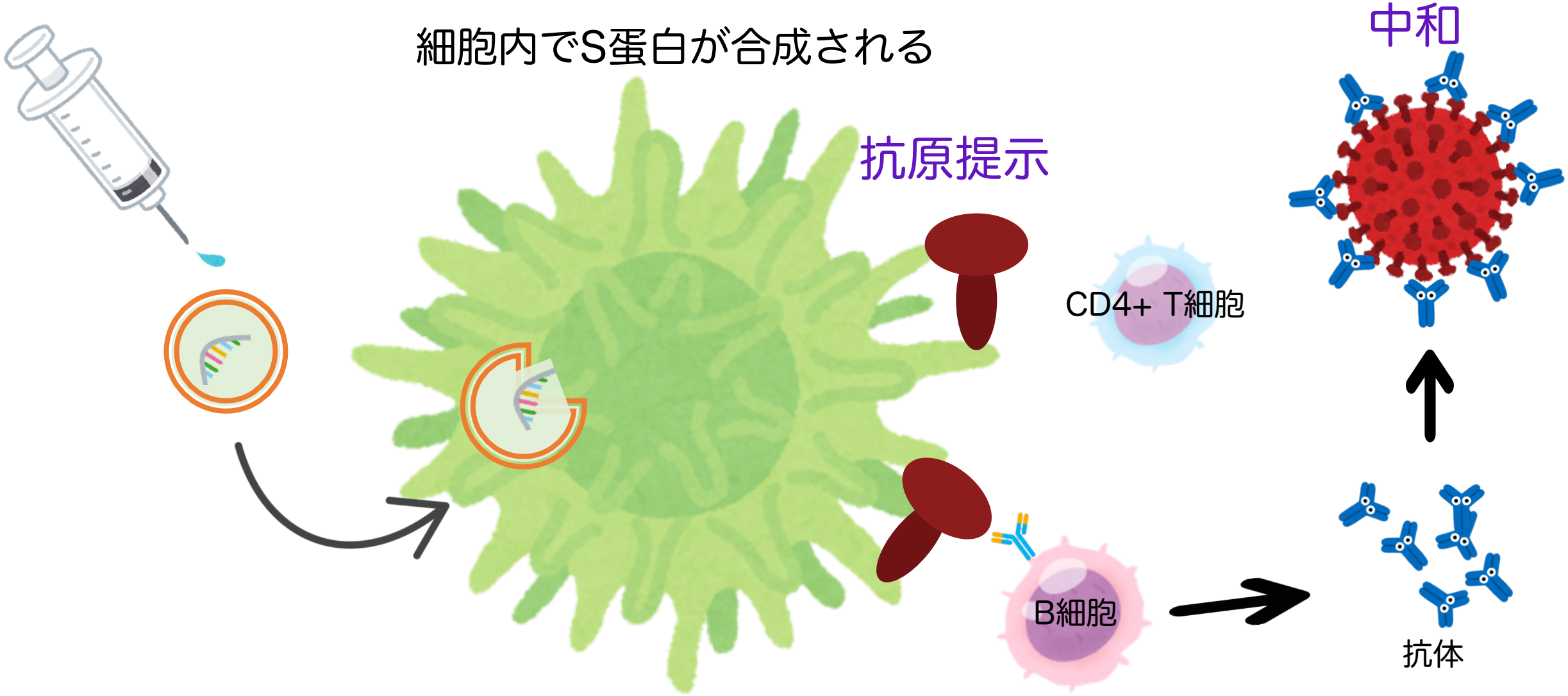
S蛋白についての
遺伝情報を持つ
部分のみ合成



脂質ナノ粒子に
収納

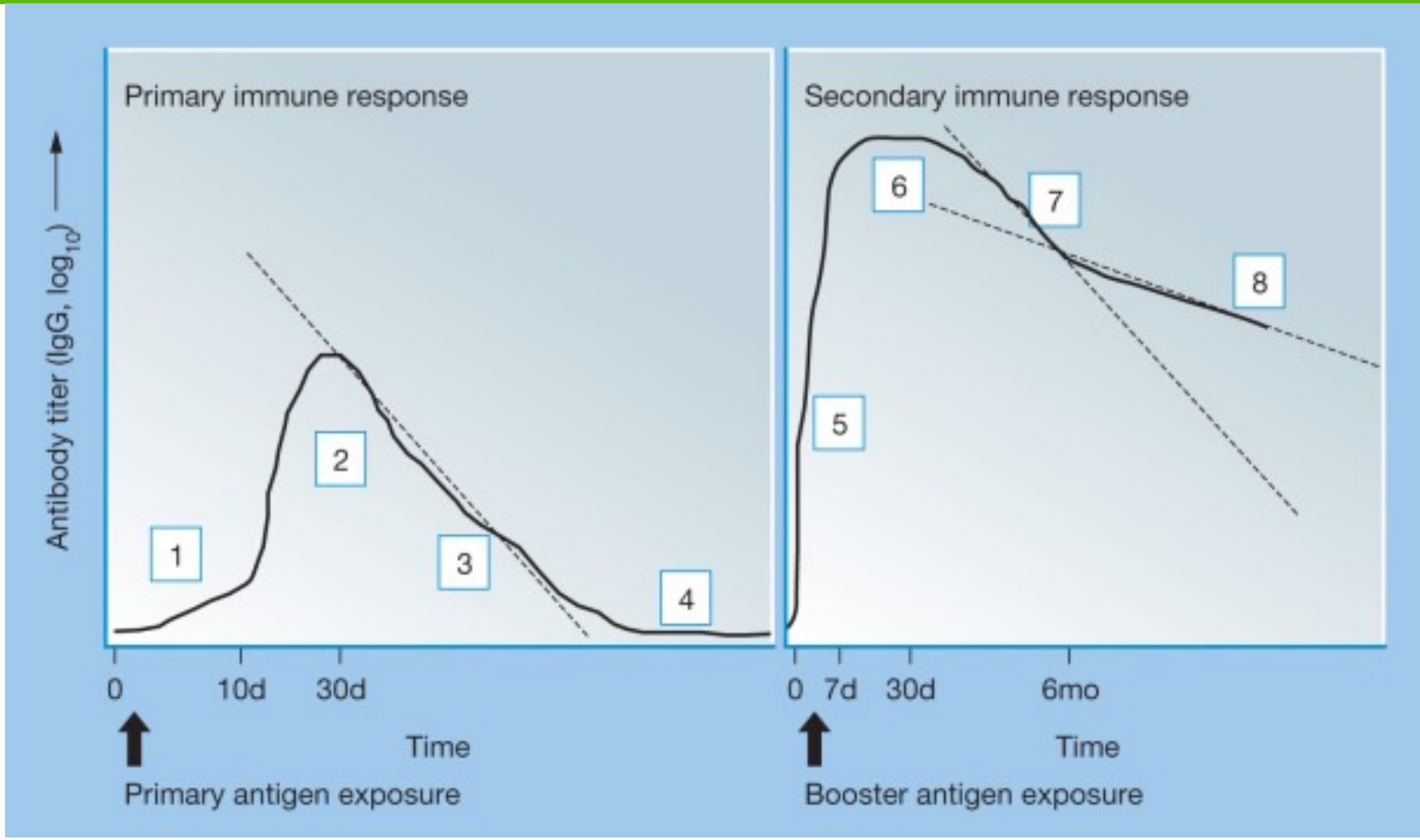


mRNAワクチンの作用機序



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, 2, 16-34.e7 Copyright © 2018 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

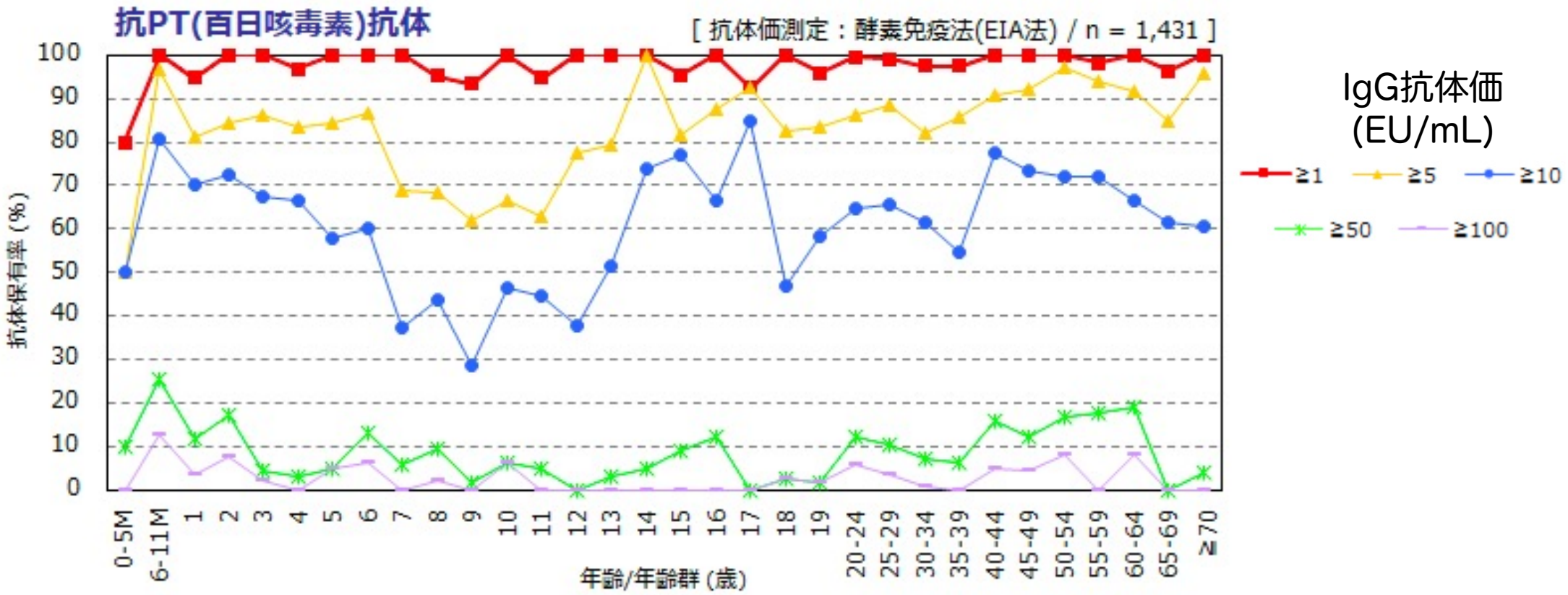
一次ワクチン不全の原因

ワクチンの問題	宿主の問題
• 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）	• 免疫不全 • 免疫応答が不十分 • 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）

二次性ワクチン不全の例

年齢/年齢群別の百日咳抗体保有状況 (2018年)

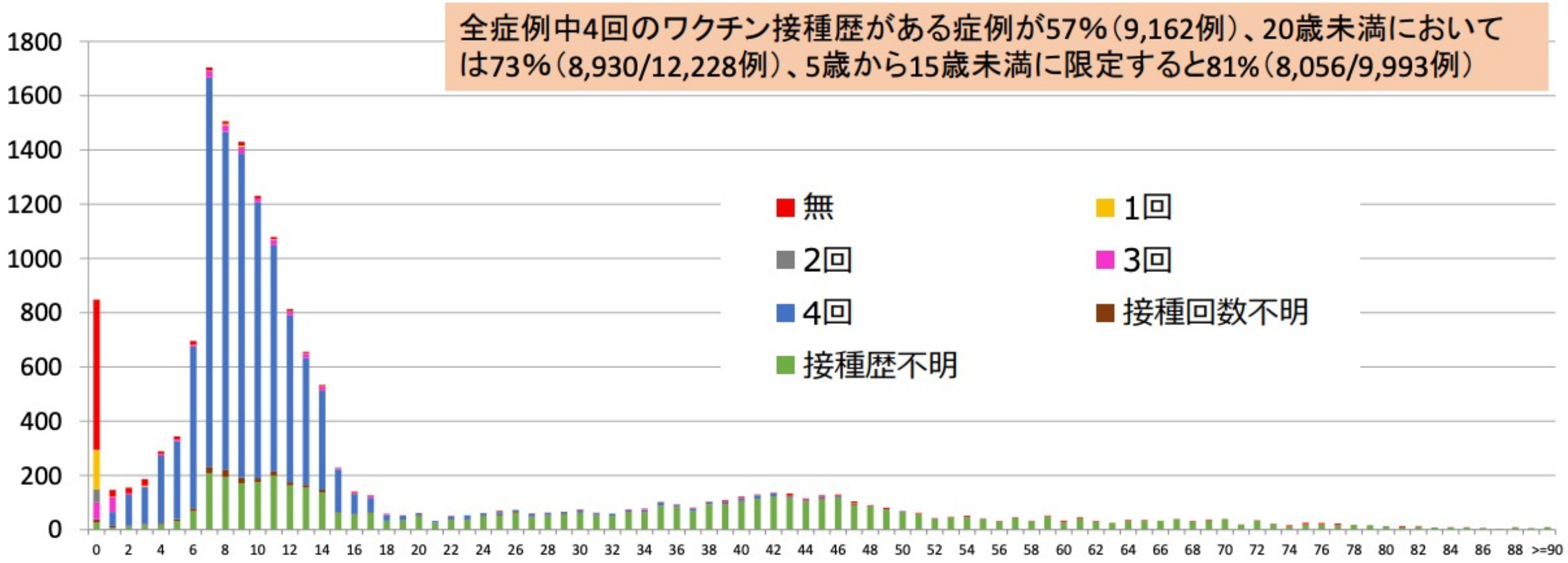
2018年度感染症流行予測調査より



https://www.niid.go.jp/niid/ja/y-graphs/8788-pertussis-yosoku-serum2018.html

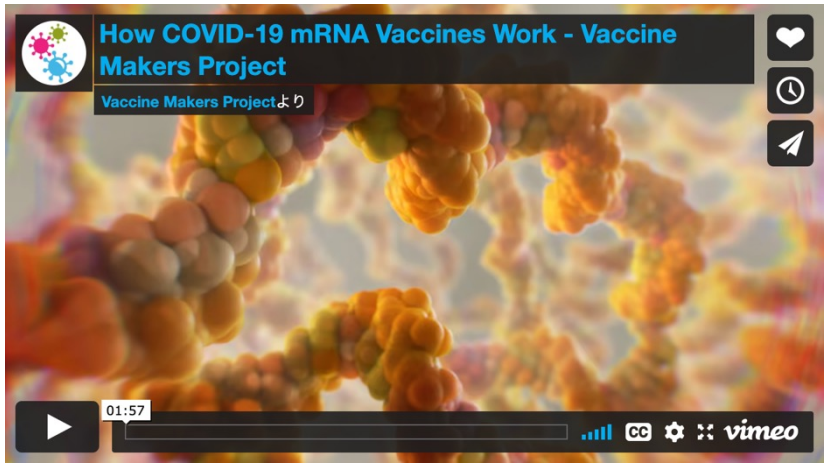
二次性ワクチン不全の例

2019年 百日咳患者症例 (n=15,974)の年齢分布



https://www.niid.go.jp/niid/images/epi/pertussis/pertussis-200306.pdf

参考資料



https://vaccinemakers.org/resources/videos/how-covid-19-mrna-vaccines-work

おすすめ文献：図だけみても勉強になる

A guide to vaccinology: from basic principles to new developments.

Pollard AJ, Bijker EM. Nat Rev Immunol. 2021 Feb;21(2):83-100. PMID: 33353987