

# 免疫のシステムとワクチンの働き



国立成育医療研究センター  
小児内科系専門診療部 感染症科  
松井 俊大

# 学習目標

1. 自然免疫と獲得免疫
2. 自然感染とワクチンの違い
3. ワクチンによる免疫誘導
4. 一次・二次免疫応答
5. ワクチン不全

# 学習目標

1. 自然免疫と獲得免疫
2. 自然感染とワクチンの違い
3. ワクチンによる免疫誘導
4. 一次・二次免疫応答
5. ワクチン不全

# 免疫

「自己」と「非自己」を見極めて

「非自己」を排除する防衛機構

自然免疫

獲得免疫

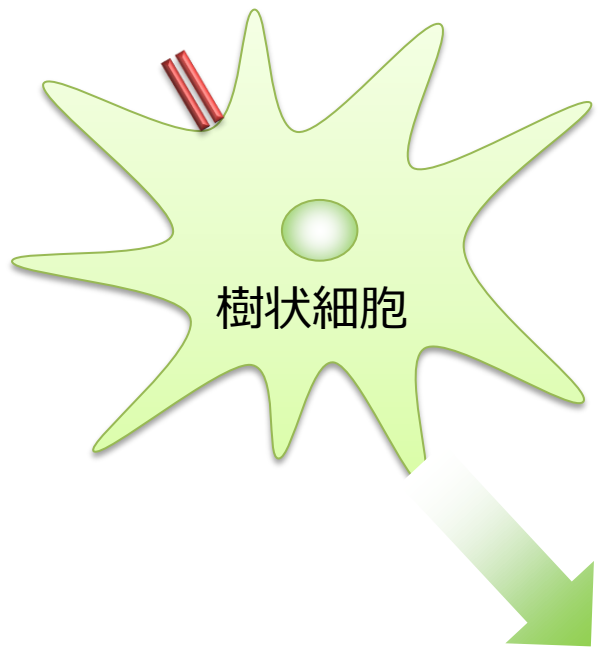
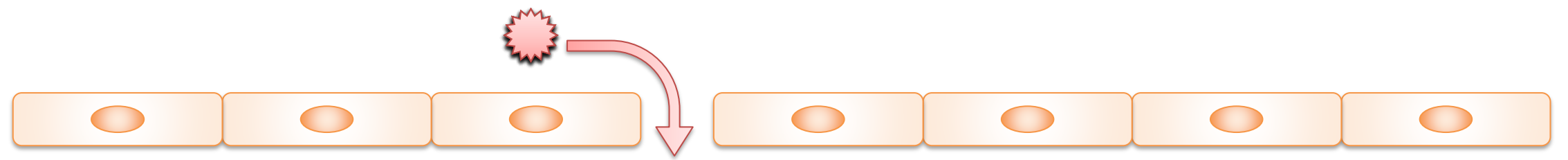
# 自然免疫

- Innate immunity=生まれ持った免疫
  - 体内に侵入した異物を直ちに察知し排除する非特異的システム



# 自然免疫

自然感染時の免疫反応の簡略図



リンパ組織へ

# 獲得免疫

各病原体の抗原に対して特異的に反応し、排除するシステム

## 細胞性免疫

### T細胞



「ヘルパーT細胞系」

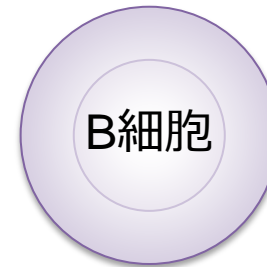


「キラーT細胞系」

主な役割：免疫の仲介・活性化  
感染細胞の破壊

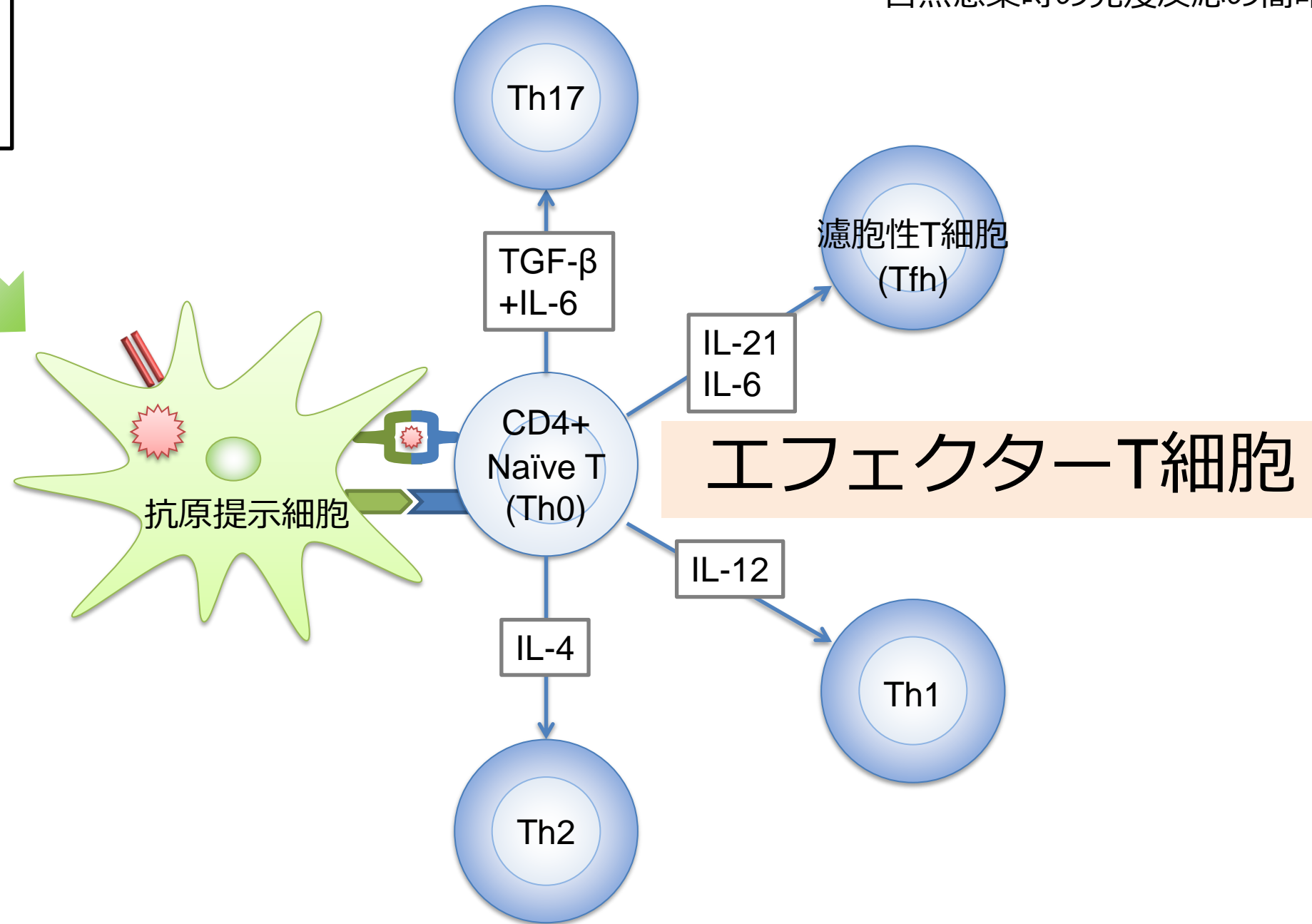
## 液性免疫

### B細胞



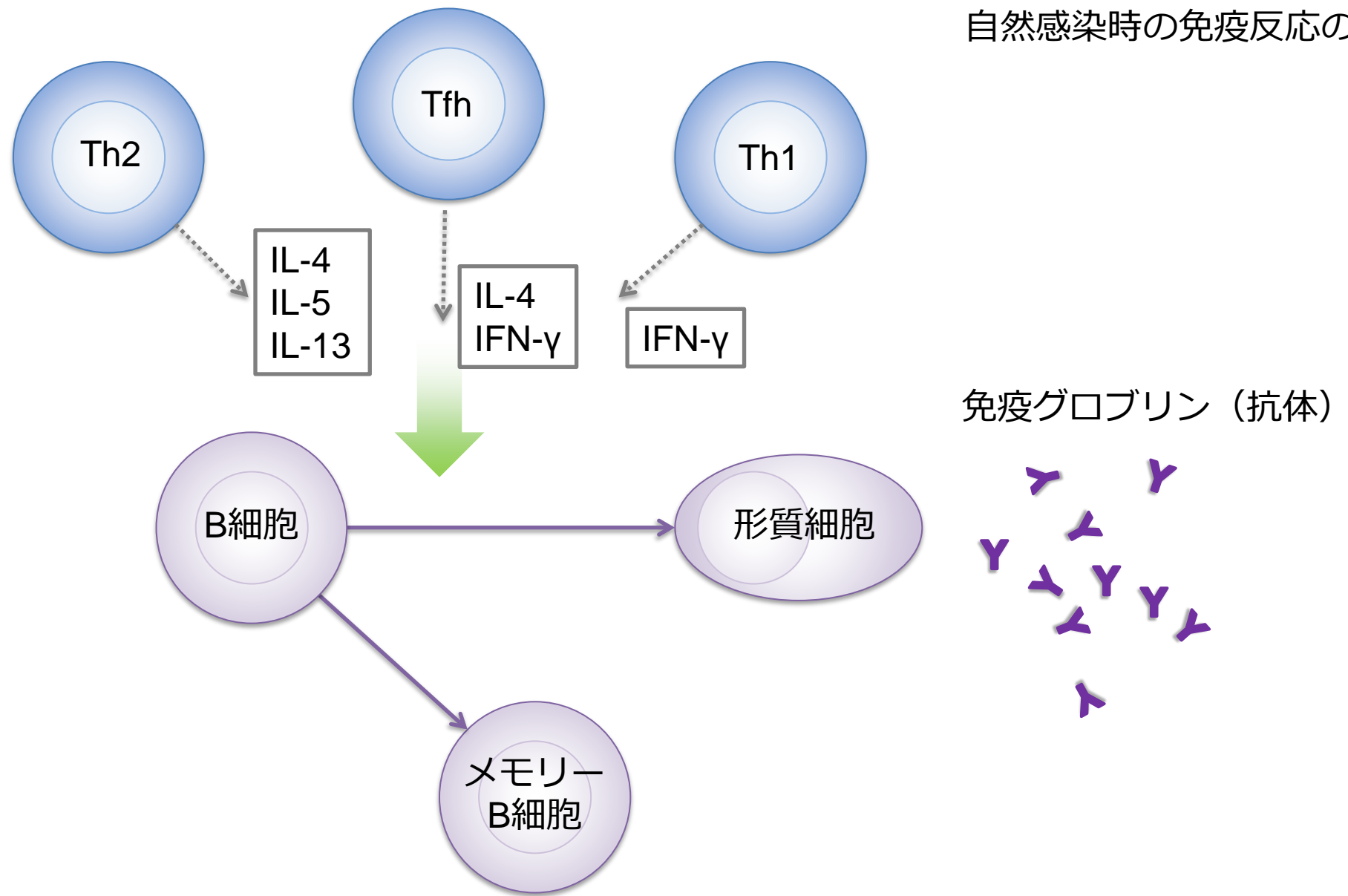
主な役割：抗体産生

獲得免疫  
～液性免疫～



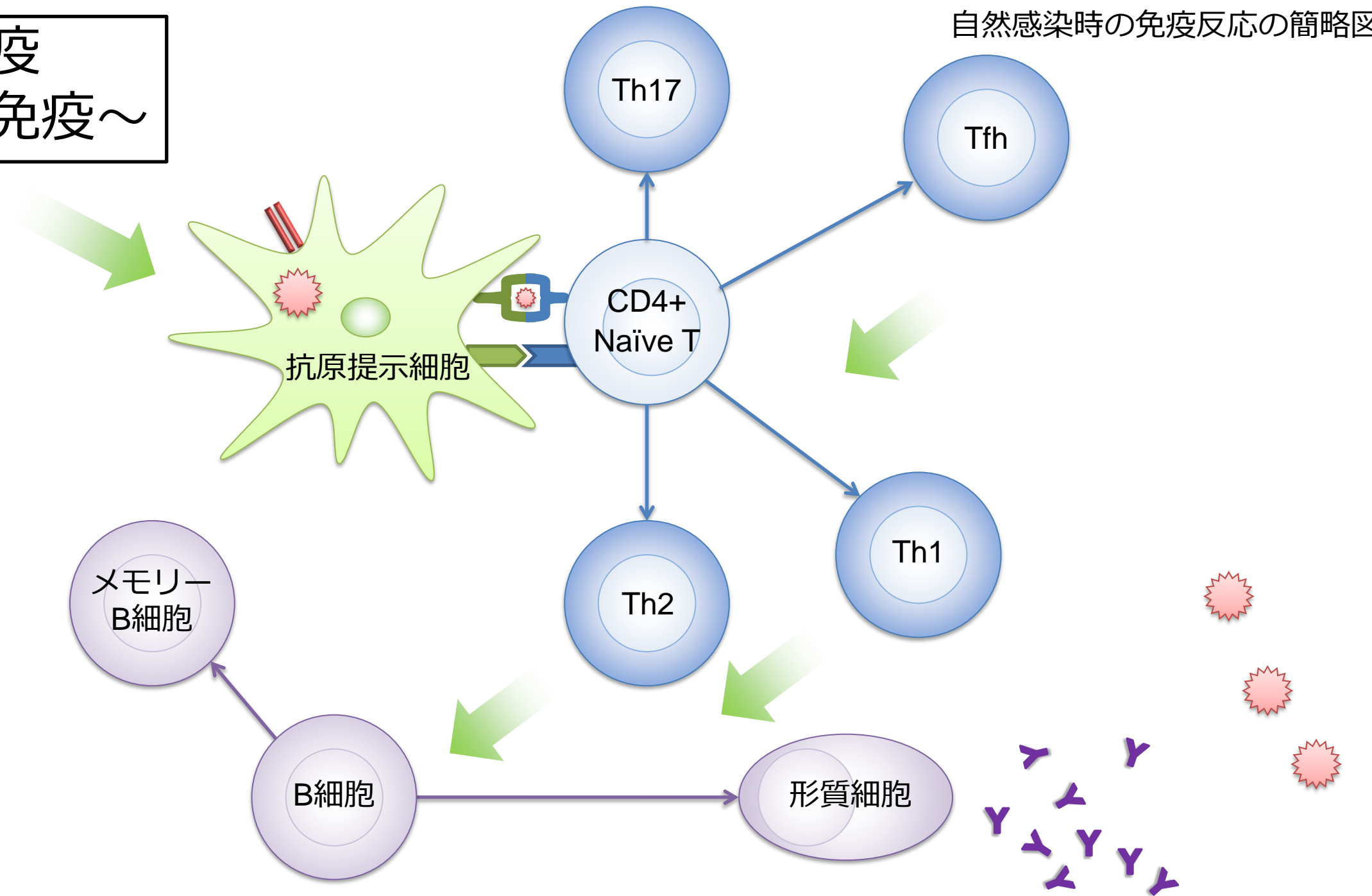


自然感染時の免疫反応の簡略図



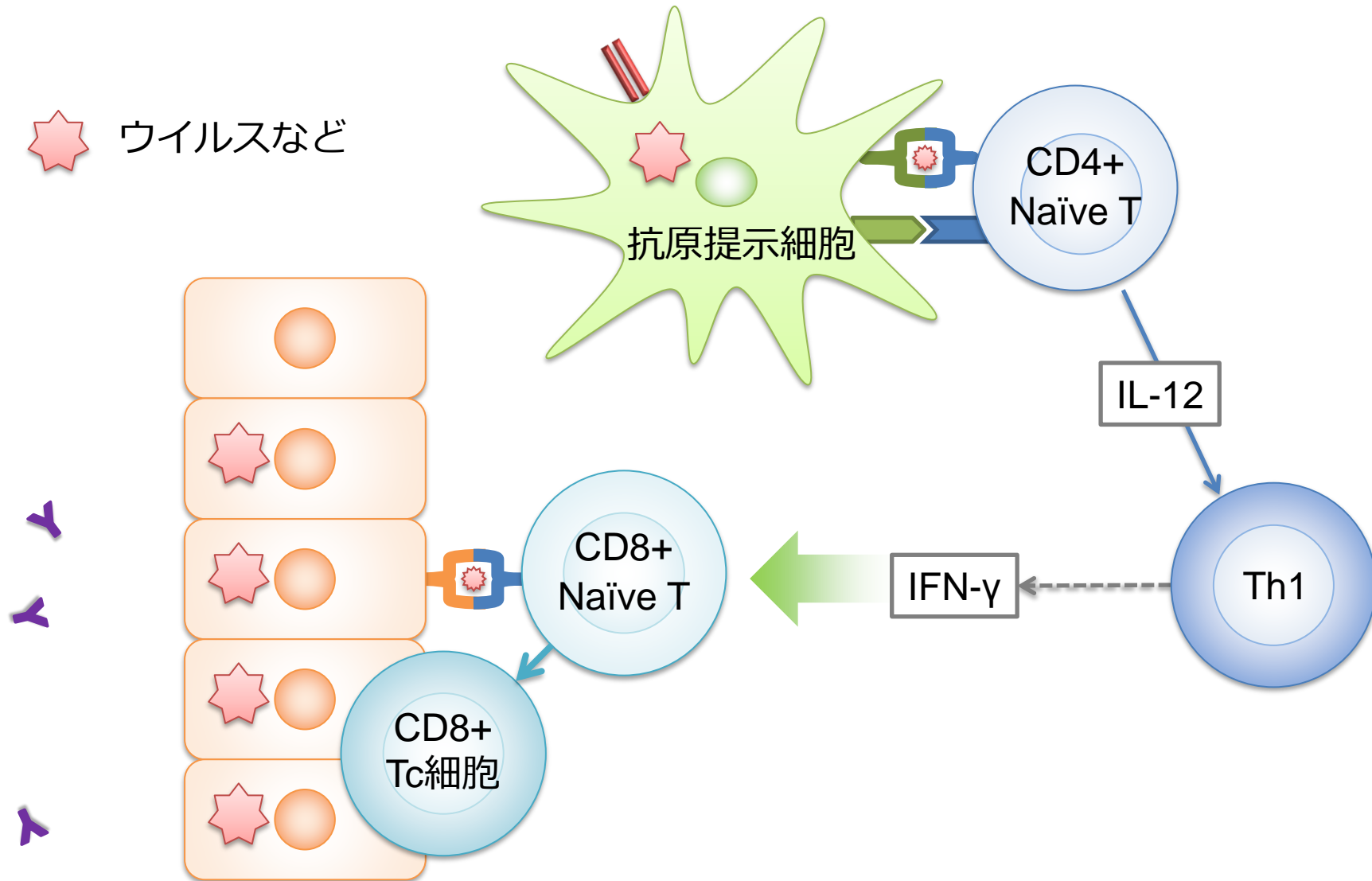
獲得免疫  
～液性免疫～

自然感染時の免疫反応の簡略図



# 獲得免疫 ～細胞性免疫～

★ ウイルスなど



# 学習目標

1. 自然免疫と獲得免疫
2. 自然感染とワクチンの違い
3. ワクチンによる免疫誘導
4. 一次・二次免疫応答
5. ワクチン不全

# 自然感染とワクチン接種の違い

自然感染	ワクチン接種
病原体そのものに感染	病原体の弱毒化、または、 病原体の抗原や毒素のみを抽出
疾患の発症と重症化のリスク	疾患の発症、重症化の予防
周囲への感染性	原則として周囲への感染性なし
強力な免疫反応	特異的な免疫反応の誘導

# 生ワクチンと不活化ワクチンの違い

	生ワクチン	不活化ワクチン
利点	<ul style="list-style-type: none"><li>細胞性免疫が成立</li><li>免疫持続期間が長い</li><li>局所免疫が可能</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>移行抗体の干渉を受けにくい</li><li>免疫不全者・妊婦に安全</li></ul>
欠点	<ul style="list-style-type: none"><li>移行抗体の干渉を受けやすい</li><li>免疫不全者・妊婦に接種不可</li><li>病原性の復帰・変異の可能性</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>細胞性免疫が誘導されにくい</li><li>単回投与では免疫効果が弱い</li><li>局所免疫の誘導が低い</li><li>アジュバントが必要</li><li>(接種部局所の副反応が出やすい)</li></ul>

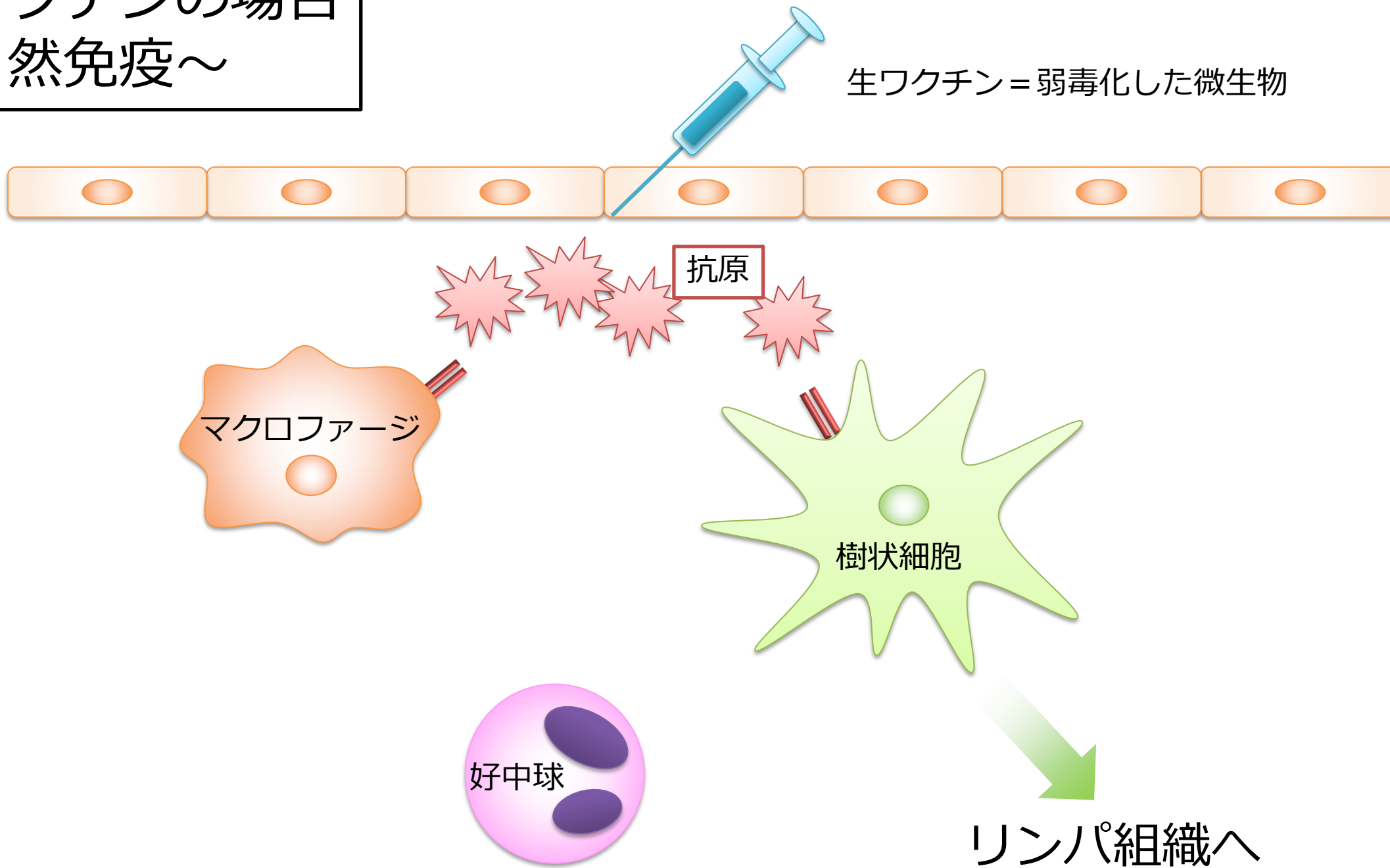
# 学習目標

1. 自然免疫と獲得免疫
2. 自然感染とワクチンの違い
3. ワクチンによる免疫誘導
4. 一次・二次免疫応答
5. ワクチン不全

生ワクチンの場合  
～自然免疫～

ワクチンによる免疫反応の簡略図

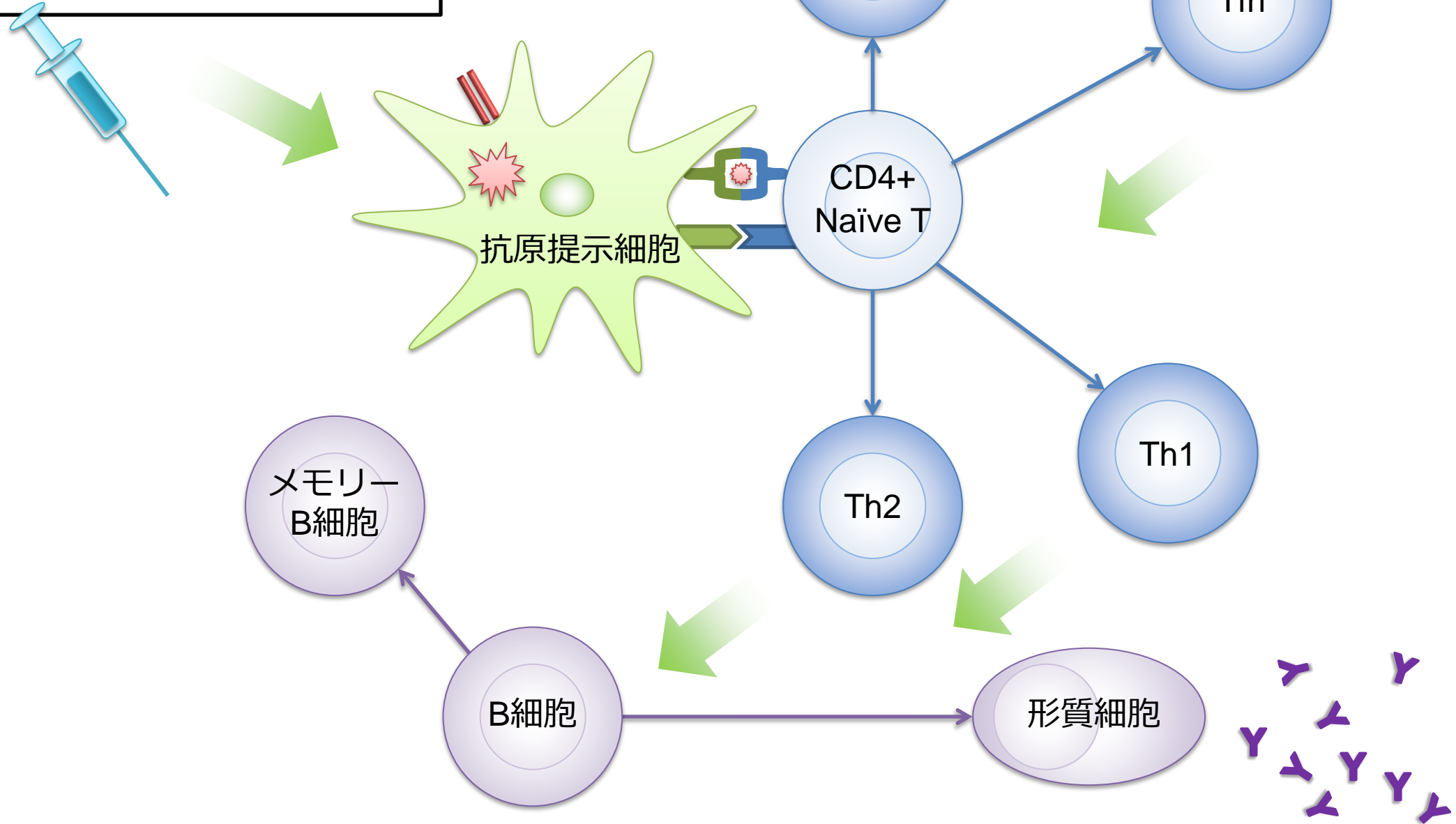
生ワクチン=弱毒化した微生物



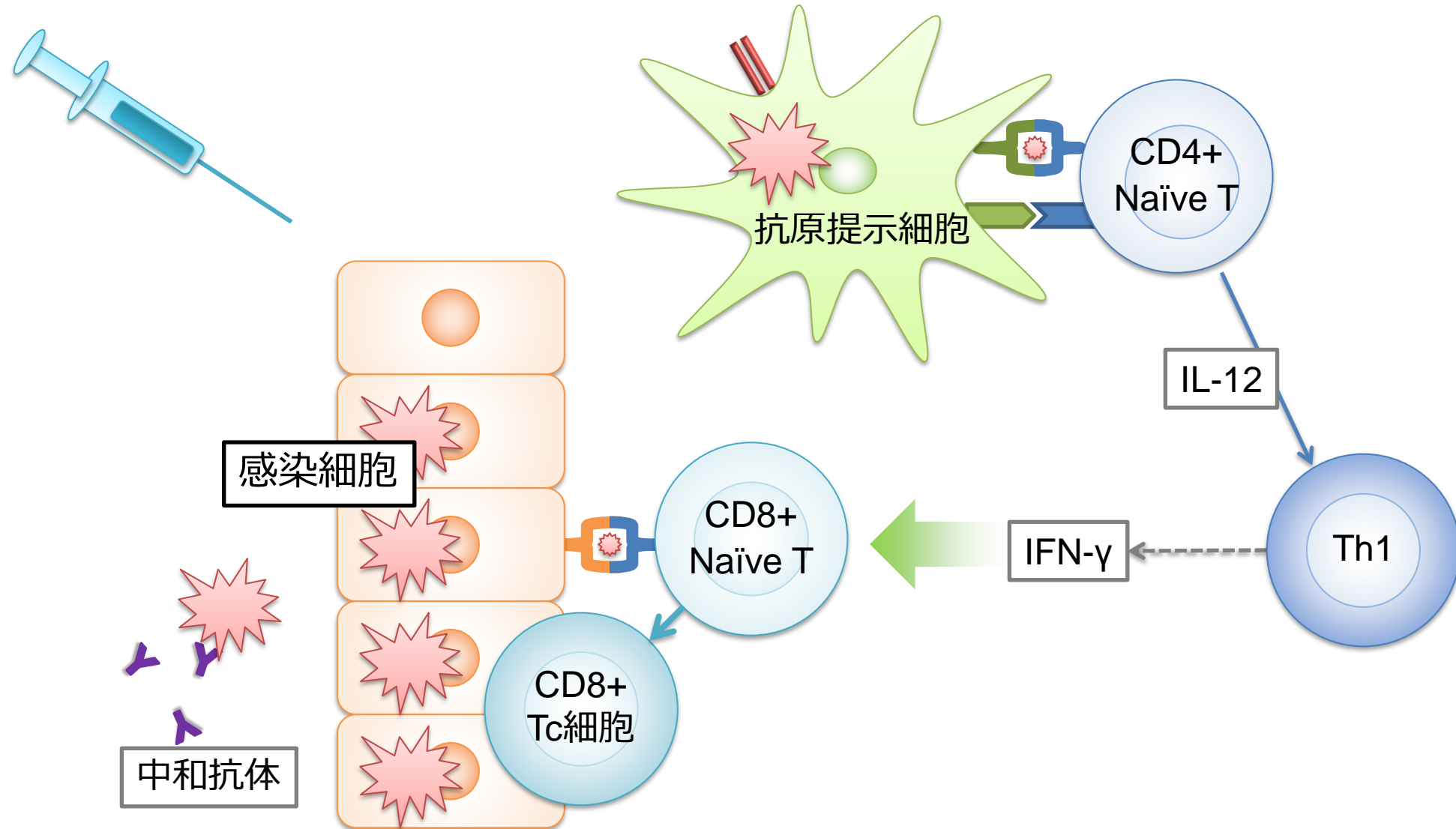


生ワクチンの場合  
～液性免疫～

ワクチンによる免疫反応の簡略図

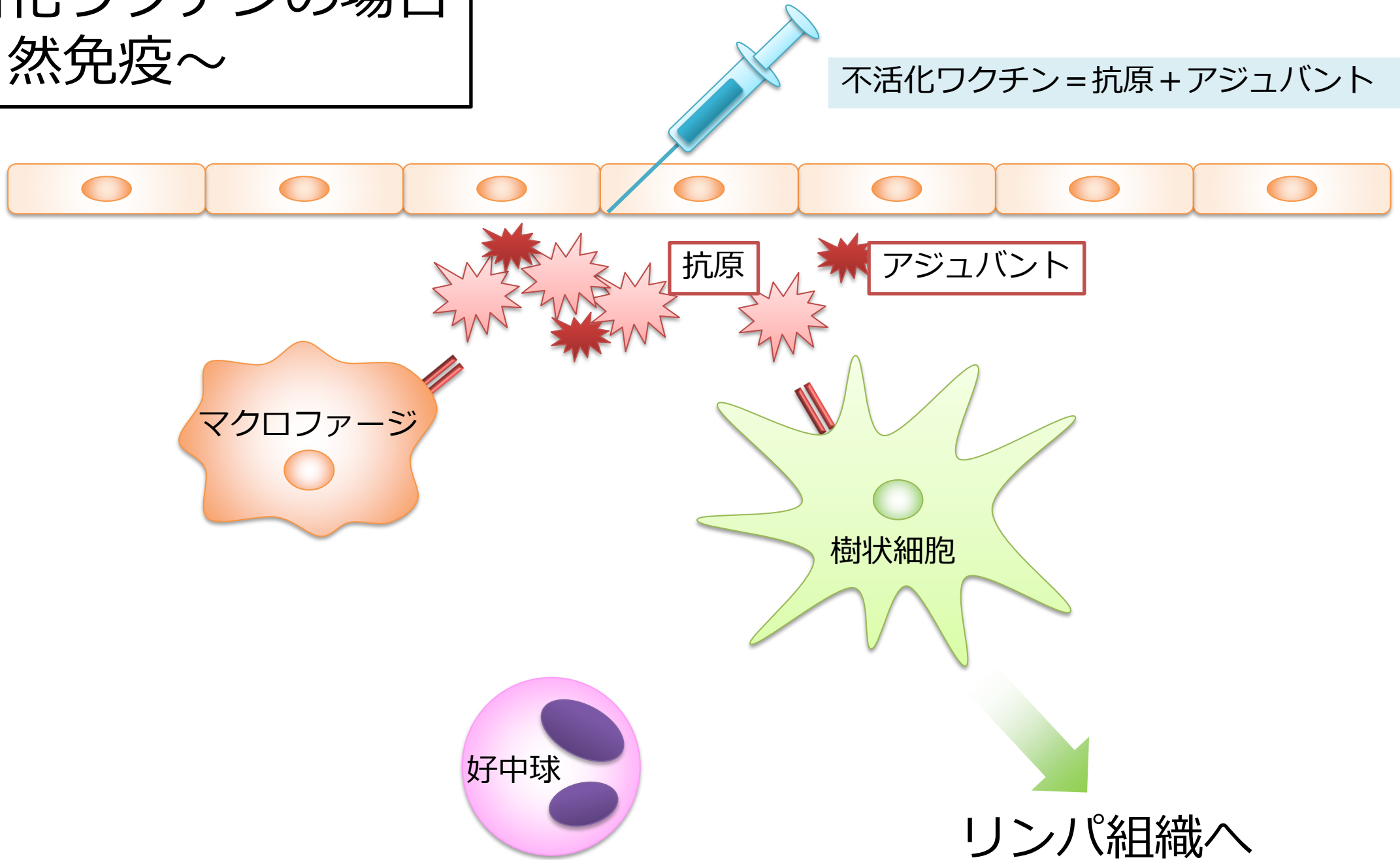


生ワクチンの場合  
～細胞性免疫～



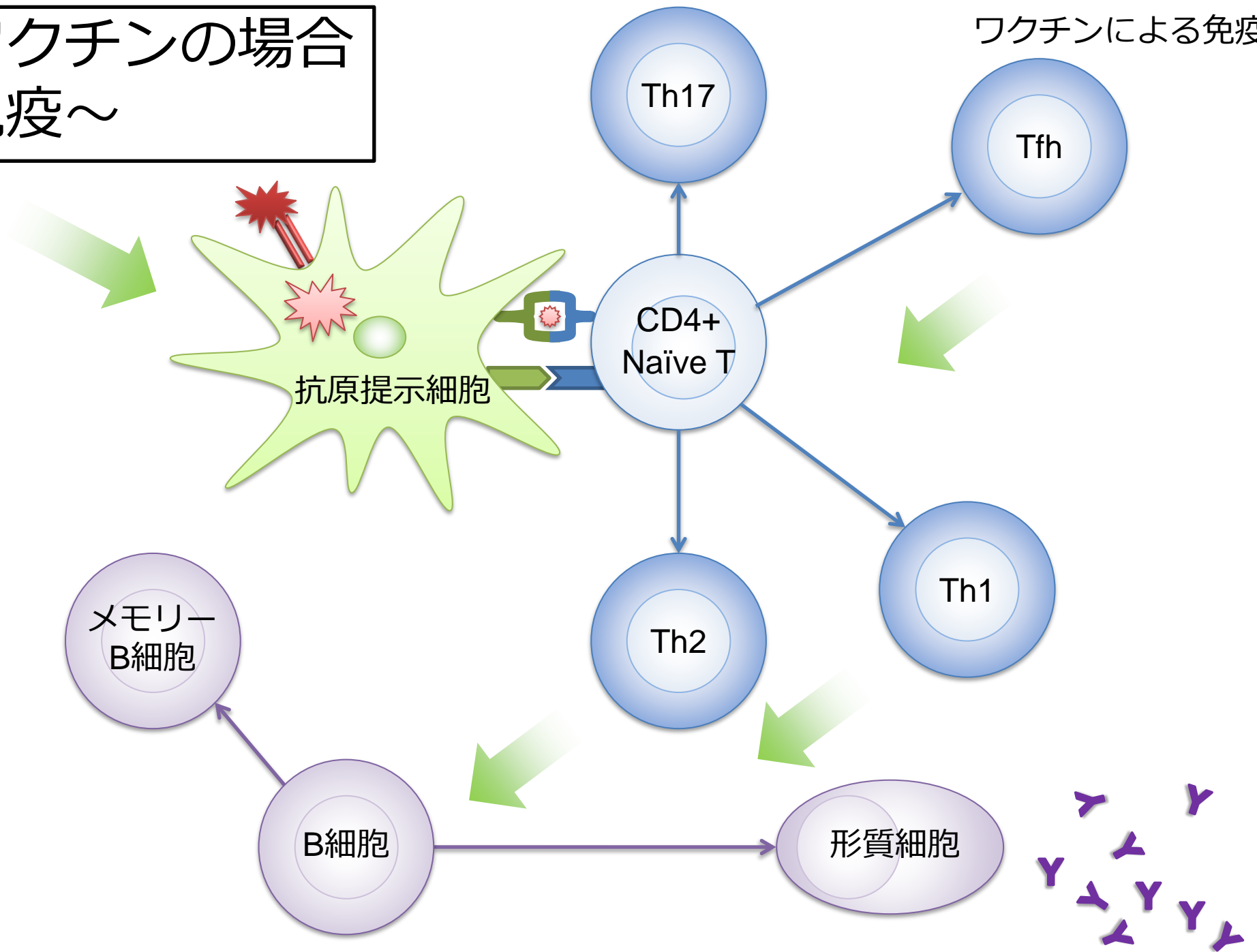
不活化ワクチンの場合  
～自然免疫～

不活化ワクチン = 抗原 + アジュバント



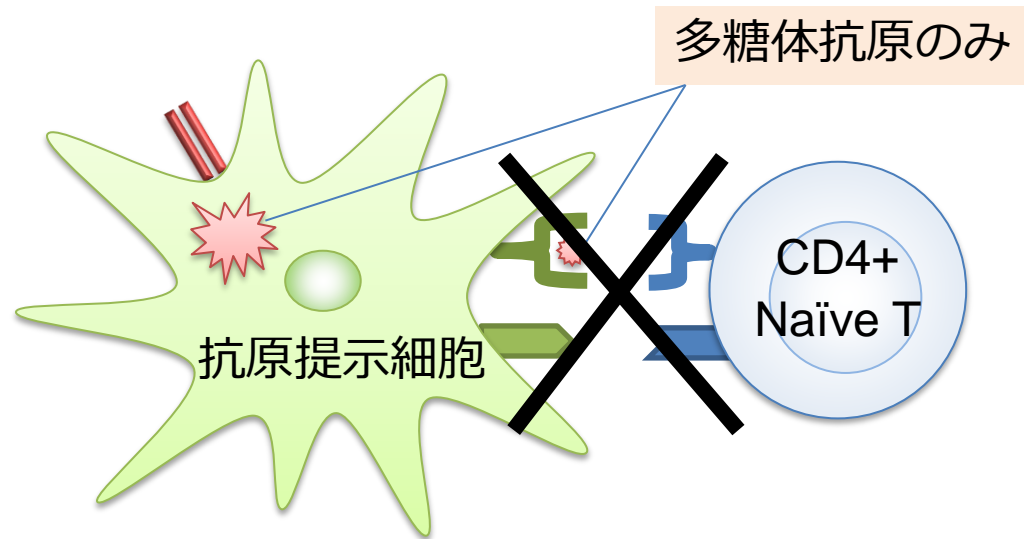
不活化ワクチンの場合  
～液性免疫～

ワクチンによる免疫反応の簡略図



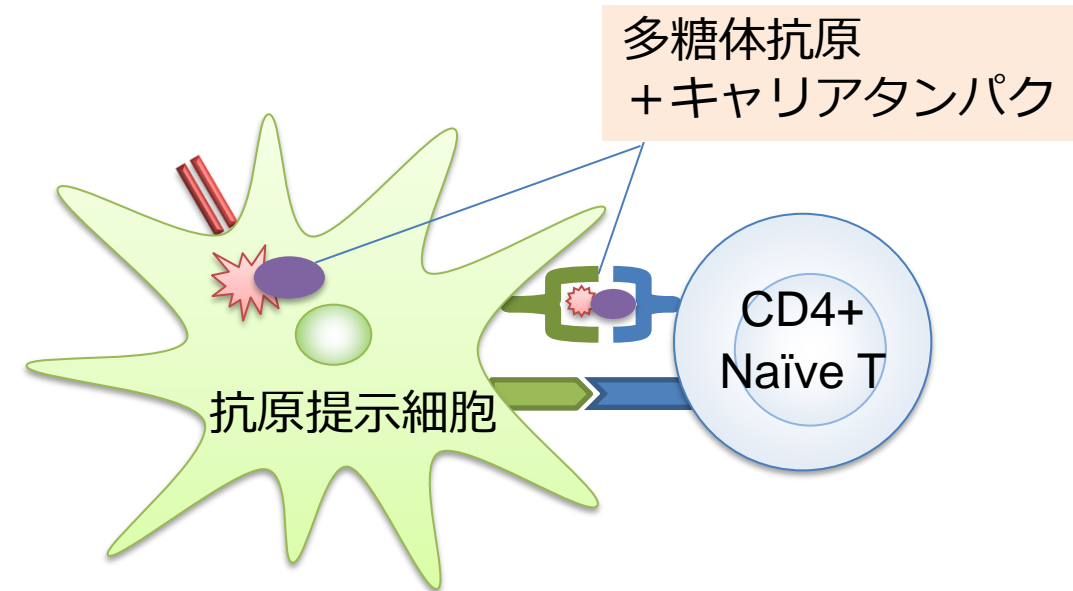
# 例) 肺炎球菌ワクチン

## 莢膜多糖体ワクチン



CD4+T細胞が反応しない

## 結合型ワクチン



CD4+T細胞が反応する

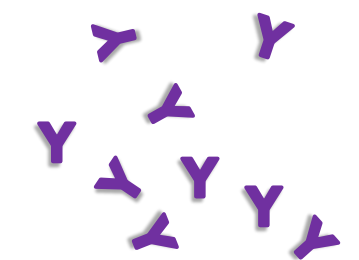
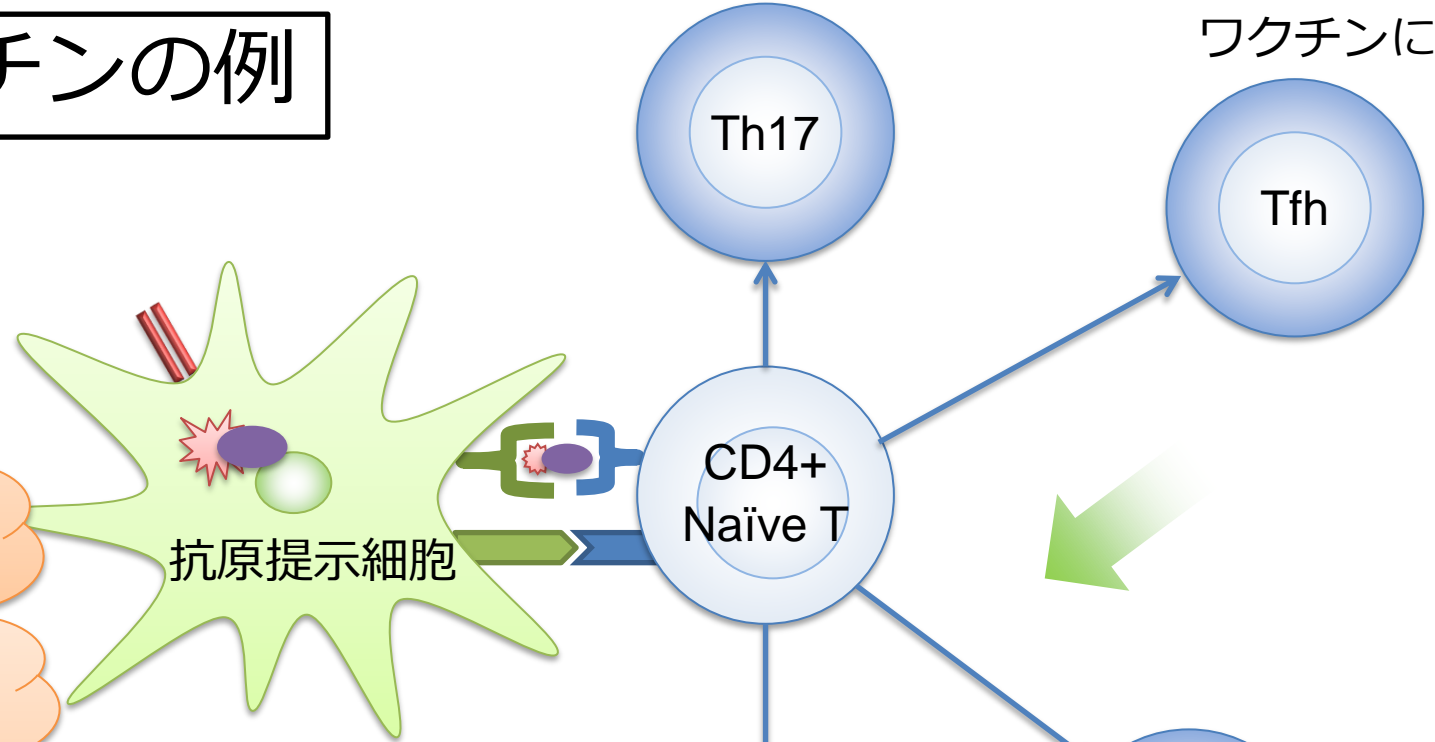
# 肺炎球菌ワクチンの例

ワクチンによる免疫反応の簡略図

結合型ワクチン

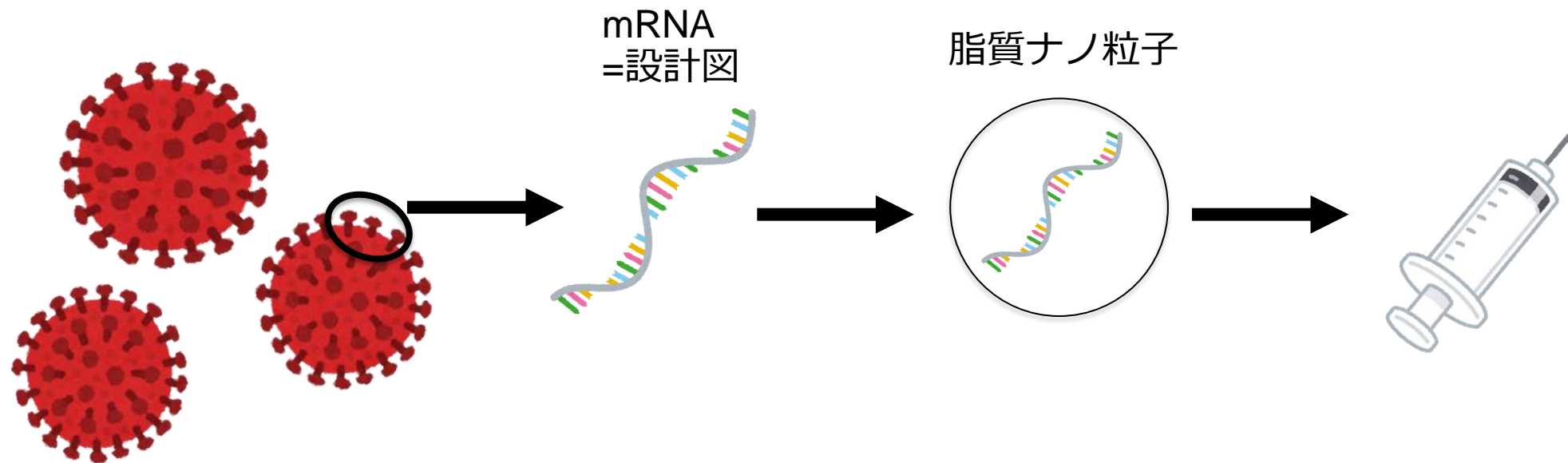
T細胞依存性  
T細胞非依存性

多糖体ワクチン



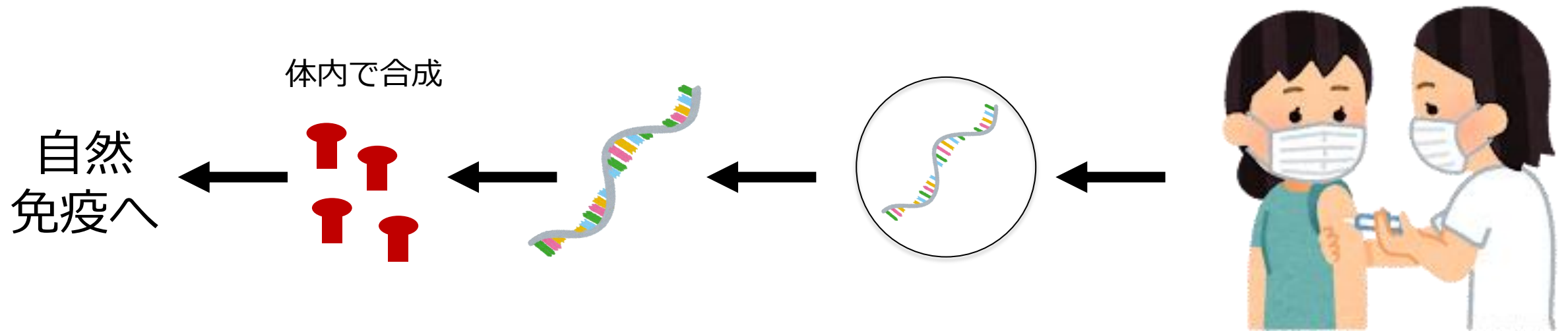
# メッセンジャーRNA (mRNA) ワクチンとは？

- 微生物やその一部そのものではなく、微生物の一部をコードする遺伝情報のみを用いたワクチン



# メッセンジャーRNA (mRNA) ワクチンとは？

- 微生物やその一部そのものではなく、微生物の一部をコードする遺伝情報のみを用いたワクチン



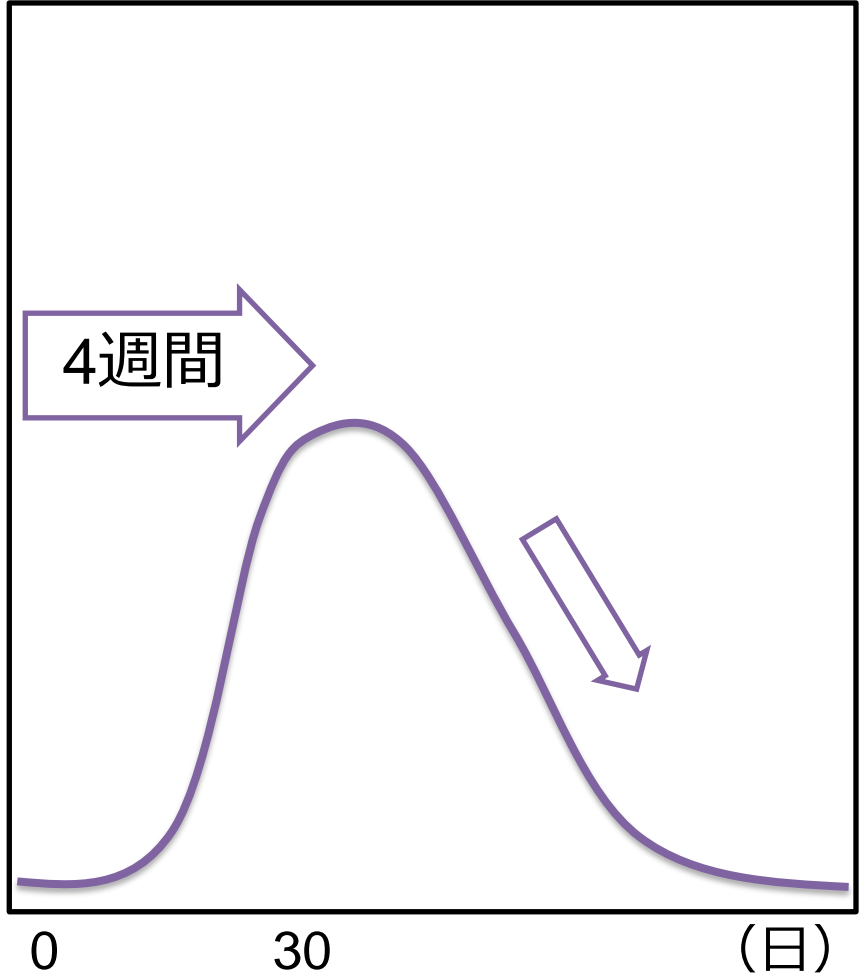


# 学習目標

1. 自然免疫と獲得免疫
2. 自然感染とワクチンの違い
3. ワクチンによる免疫誘導
4. 一次・二次免疫応答
5. ワクチン不全

# 一次免疫応答

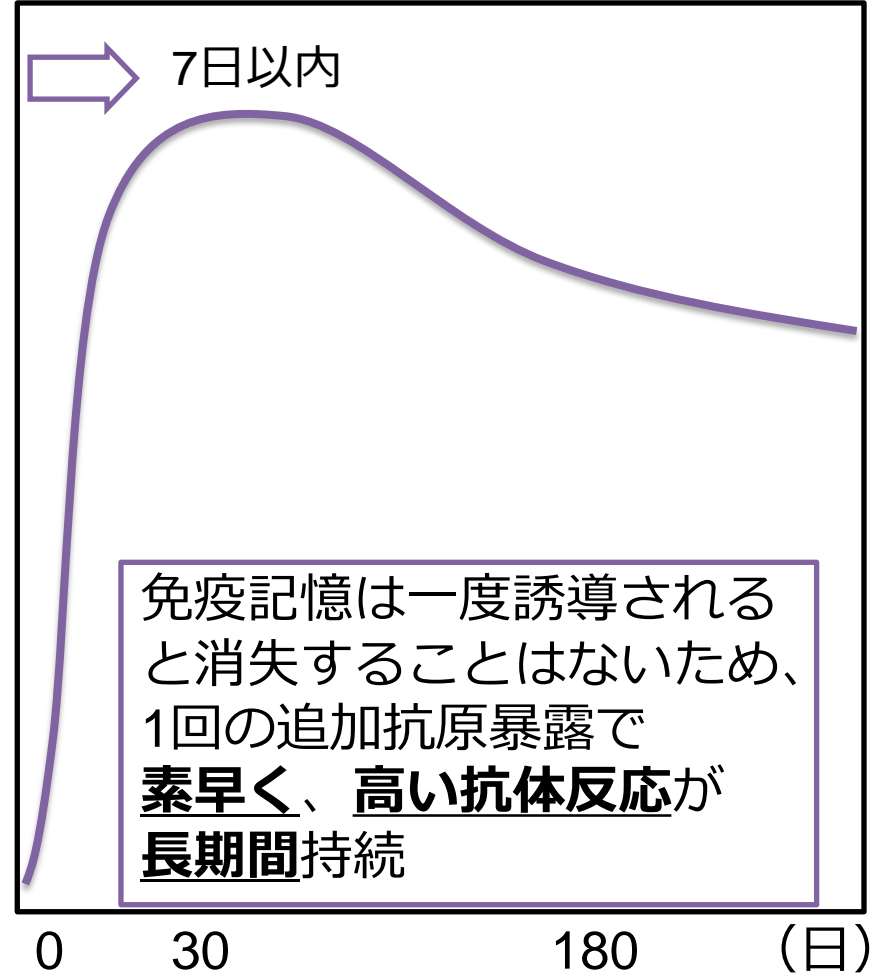
(IgG)



↑ 初回抗原暴露

# 二次免疫応答

(IgG)



↑ 追加抗原暴露

# 学習目標

1. 自然免疫と獲得免疫
2. 自然感染とワクチンの違い
3. ワクチンによる免疫誘導
4. 一次・二次免疫応答
5. ワクチン不全

# ワクチン不全

- 一次ワクチン不全 (Primary vaccine failure)
  - ワクチン接種後に有効な免疫の誘導なし
- 二次ワクチン不全 (Secondary vaccine failure)
  - ワクチン接種後の免疫の減衰

# ワクチン不全の原因

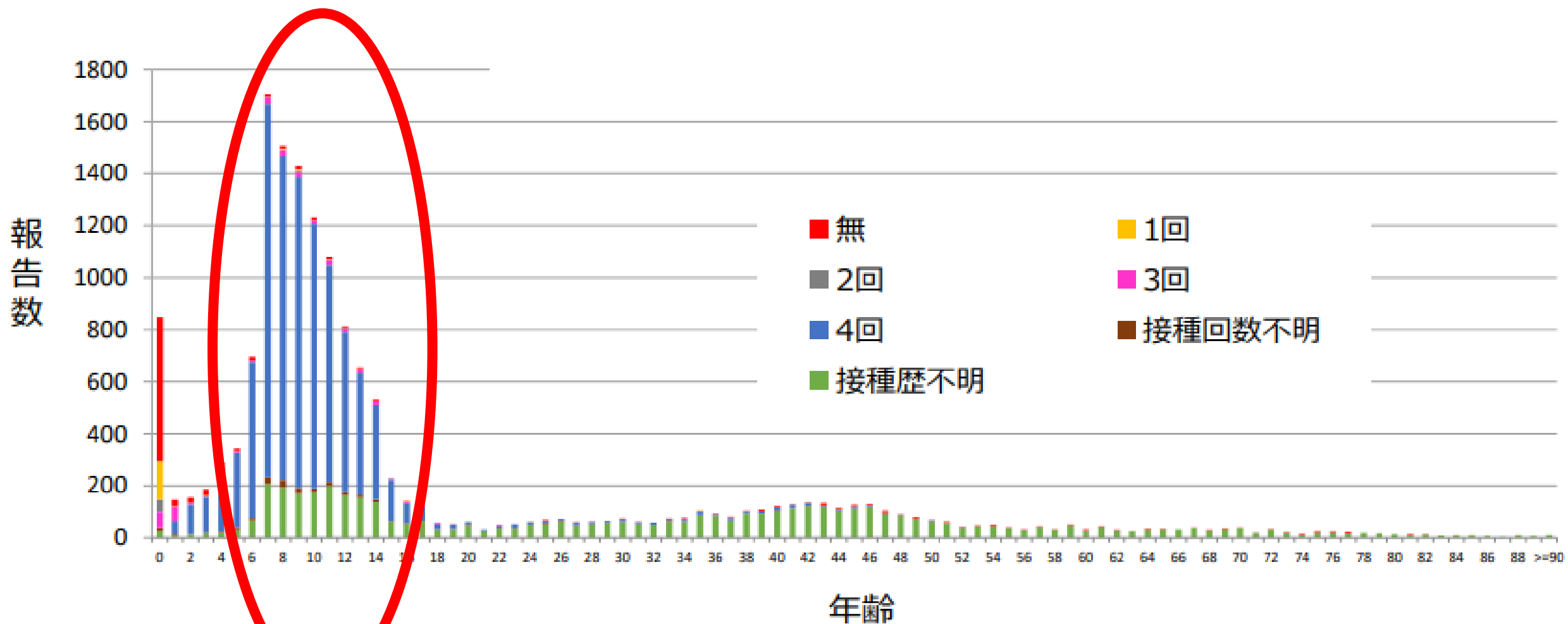
## ワクチン・投与の問題

- 投与間違い  
(投与経路、投与量など)
- 接種シリーズが未完了
- 不適切な保管
- 使用期限切れ

## 宿主の問題

- 免疫不全
- ワクチン関連抗原に対する免疫応答が不十分
- 年齢
- 基礎疾患や栄養状態の低下など
- 他の感染症による干渉
- 免疫学的干渉  
(移行抗体、免疫グロブリン)
- 潜伏期間中の接種

# 例) 百日咳



国立感染症研究所「2019年第1週から第52週(\*)までにNESIDに報告された百日咳患者のまとめ」<https://www.niid.go.jp/niid/images/epi/pertussis/pertussis-200306.pdf>

# 百日咳含有ワクチン

	1回目	2回目	3回目	4回目	ブースター接種	
DPT-IPV-Hib (定期)	2か月	3か月	4か月	12-23か月		
DT (定期)						11-12歳
DPT (任意)					5-6歳	11-12歳
IPV (任意)					5-6歳	

小児科学会が推奨する予防接種スケジュール (2024年4月1日)

[https://www.jpeds.or.jp/uploads/files/20240401\\_vaccine\\_schedule.pdf](https://www.jpeds.or.jp/uploads/files/20240401_vaccine_schedule.pdf)

# 学習目標

1. 自然免疫と獲得免疫
2. 自然感染とワクチンの違い
3. ワクチンによる免疫誘導
4. 一次・二次免疫応答
5. ワクチン不全



# 付録：用語集

マクロファージ	白血球の中の単球から分化した細胞で、強い食作用により異物や死細胞を除去する。また、取り込んだ異物を抗原提示してT細胞を活性化させる。
樹状細胞	細胞表面に樹状突起を多く持つ血球。異物を取り込み、抗原を提示してT細胞を活性化する。最も強力な抗原提示能をもつ。
サイトカイン	免疫システムの細胞から放出され、細胞間のシグナル伝達に関連するタンパクの総称。IFN（インターフェロン）、IL（インターロイキン）など。
Naïve（ナイーブ） T細胞	抗原刺激を未だ受けていないT細胞。活性化していない状態。
Effector（エフェクター） T細胞	Naïve T細胞が抗原提示細胞などにより刺激を受け、分化活性化された状態。Th1（ヘルパーT細胞1）、Th2（ヘルパーT細胞2）、Th17、Treg（制御性T細胞）、Tfh（濾胞性T細胞）などに分けられる。
アジュバント	ワクチンの効果を増強する因子。