2026年9月18日（金）
予防接種基礎講座 2026

免疫のシステムとワクチンの働き

東京都立小児総合医療センター　感染症科
倉持　由

注意

- 厳密性よりメッセージ性を強調している部分があります
- 発表者の意見が含まれ、受講者が二次的利用される場合の責任は負いかねます

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. 有効率と一次・二次免疫応答
5. ワクチン不全
6. ワクチンの目的

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

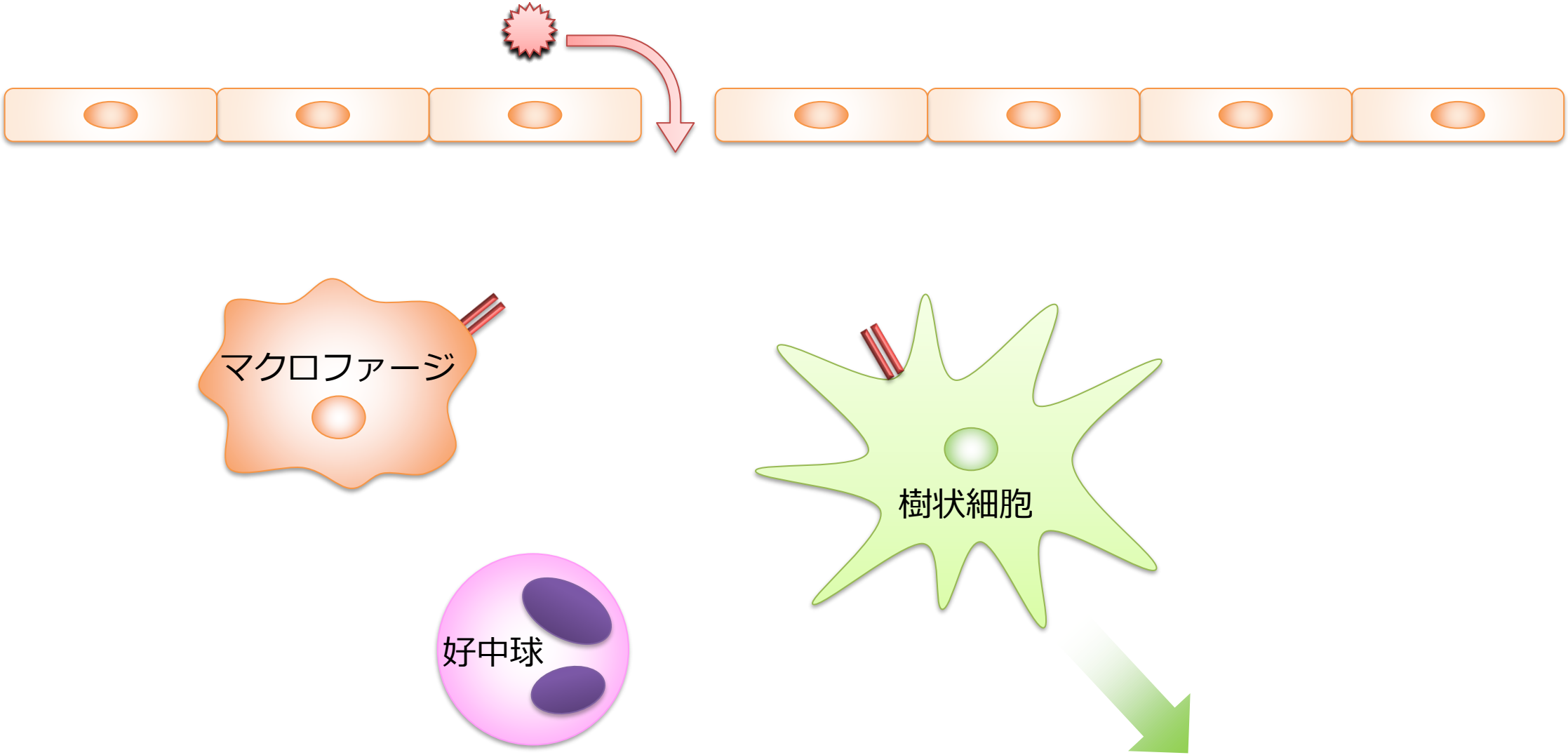
自然免疫

- 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



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」



「細胞障害性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

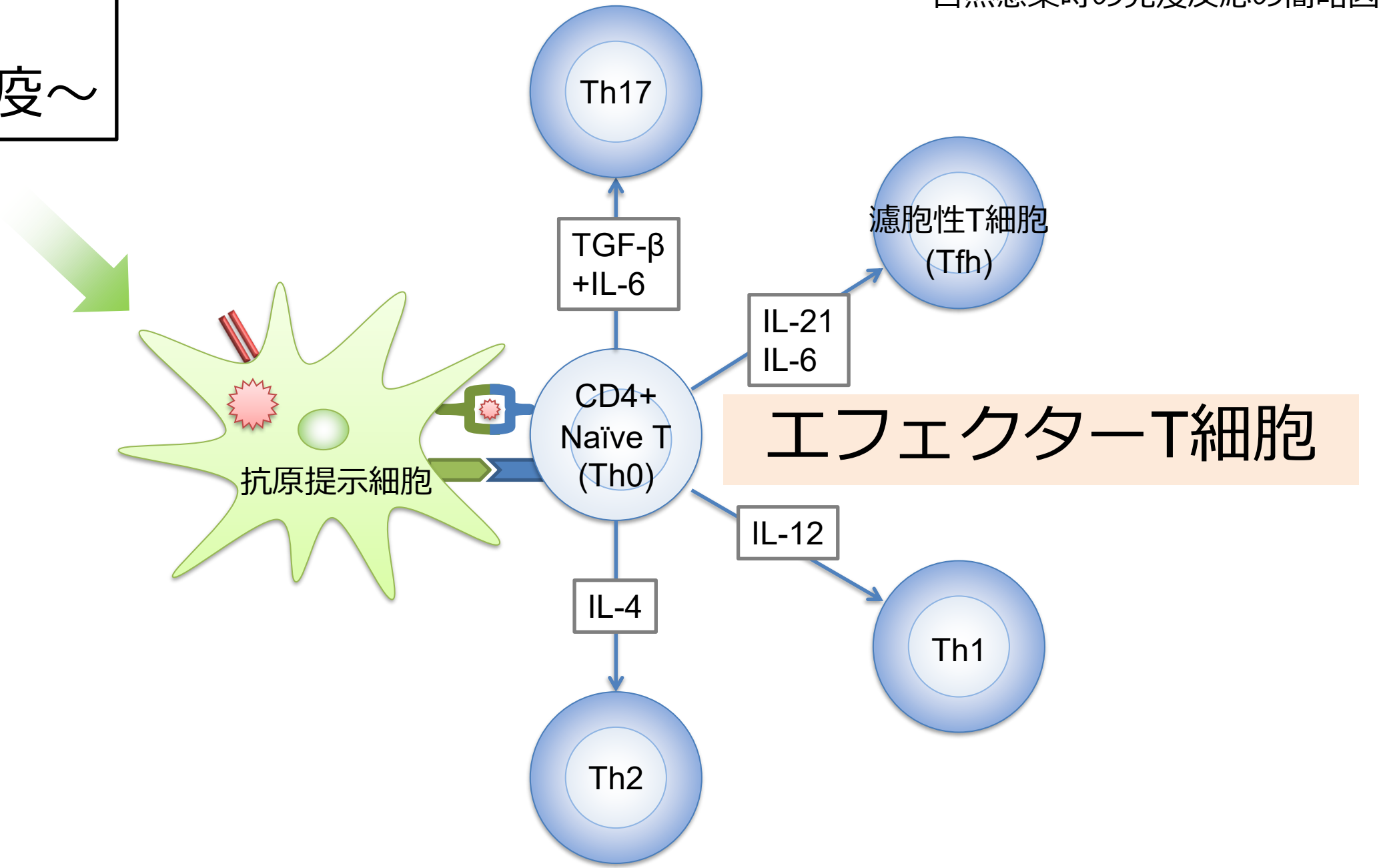




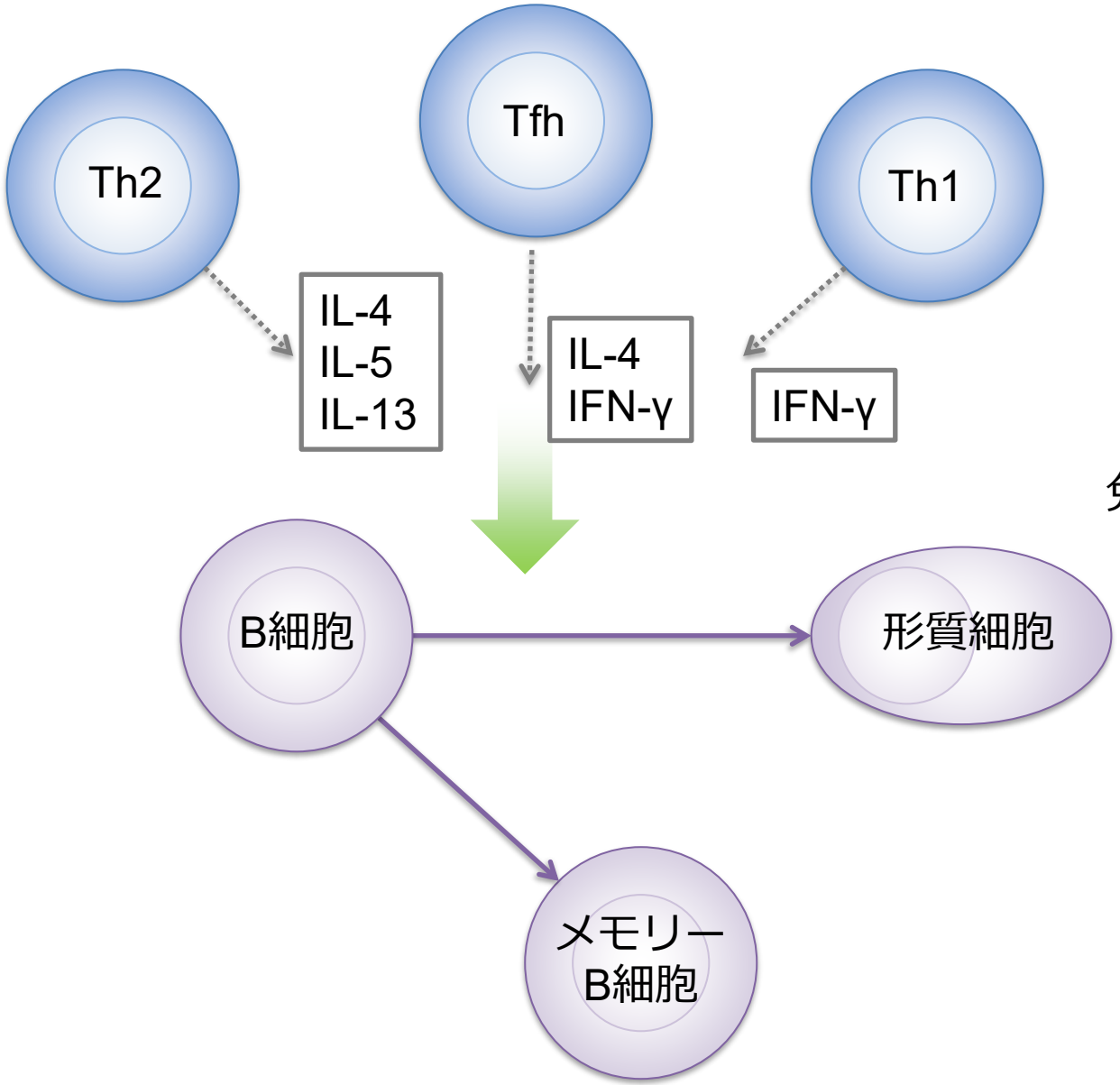
主な役割：抗体産生

獲得免疫
～液性免疫～

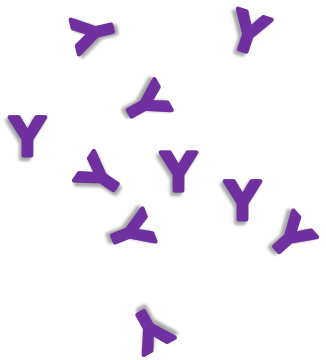
自然感染時の免疫反応の簡略図



自然感染時の免疫反応の簡略図



免疫グロブリン（抗体）

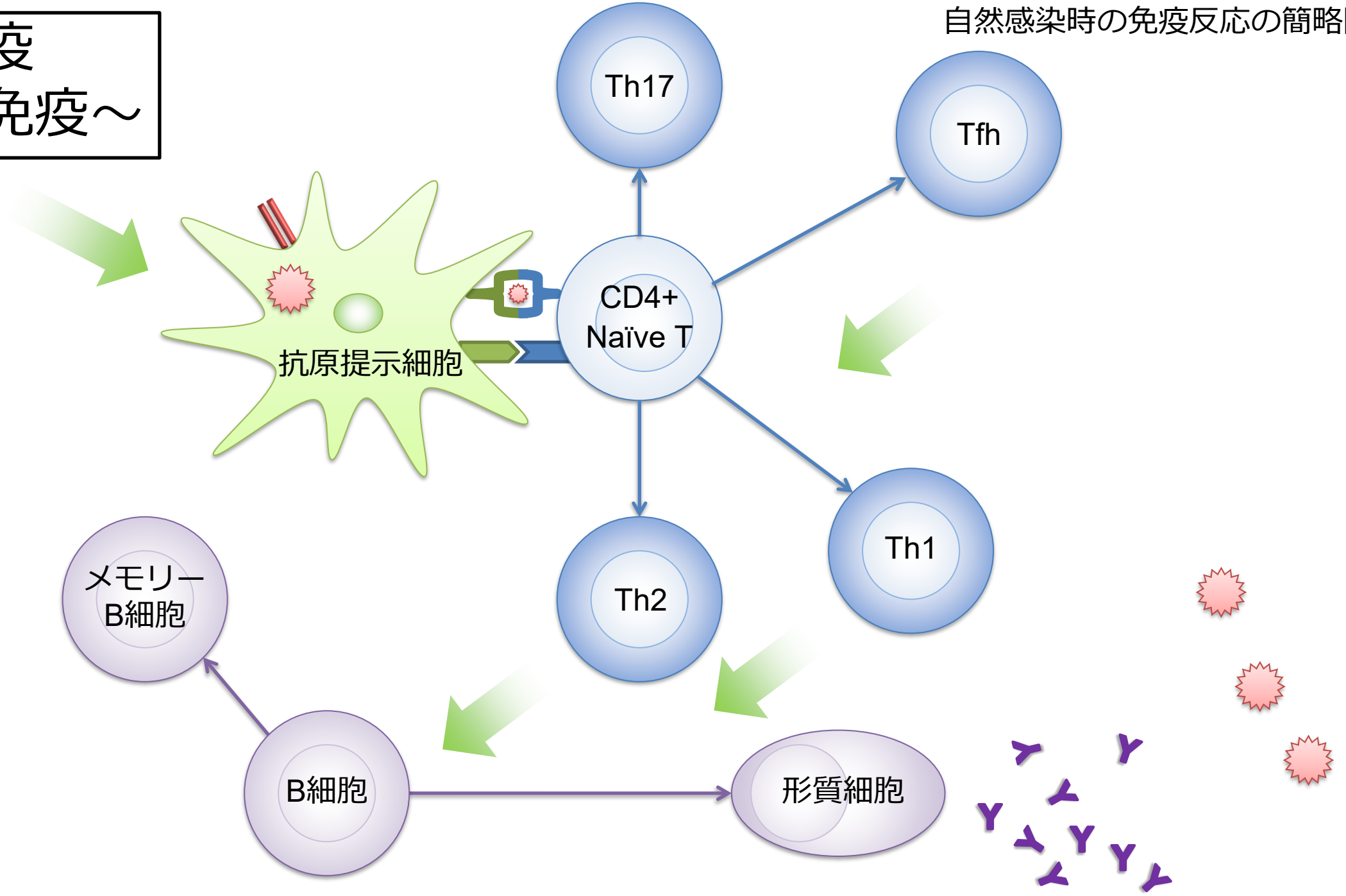


免疫グロブリンの役割

①中和抗体
②オプソニン化
③補体の活性化

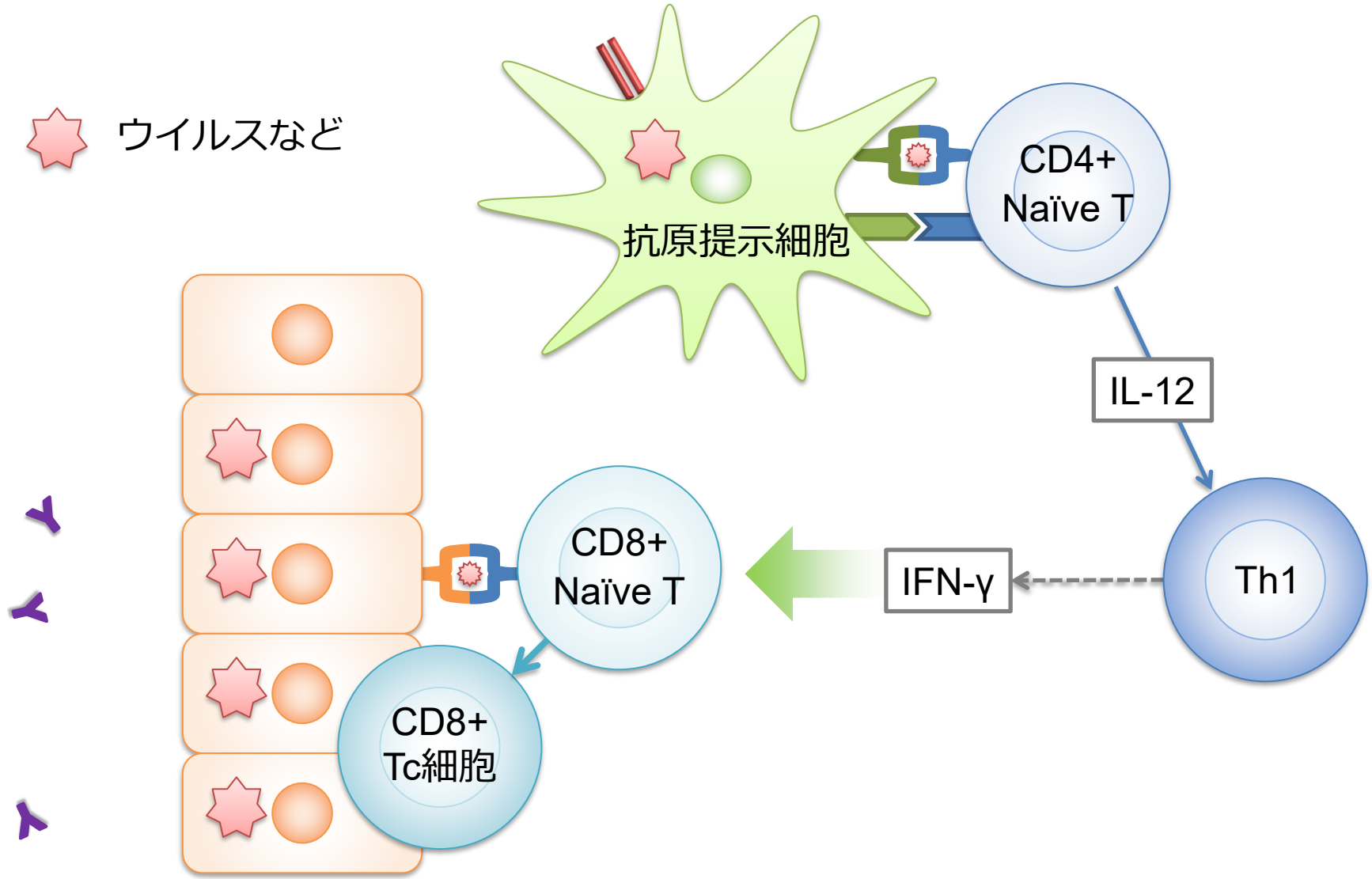
獲得免疫
～液性免疫～

自然感染時の免疫反応の簡略図



獲得免疫
～細胞性免疫～

自然感染時の免疫反応の簡略図



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

おたふくかぜ、2つの免疫獲得法

	ワクチンA	ワクチンB
耳下腺腫脹	60～70%	1～3%
精巣炎	20～40%	ほとんどなし
無菌性髄膜炎	1～10%	0.004～0.1
難聴	0.01～0.5%	不明

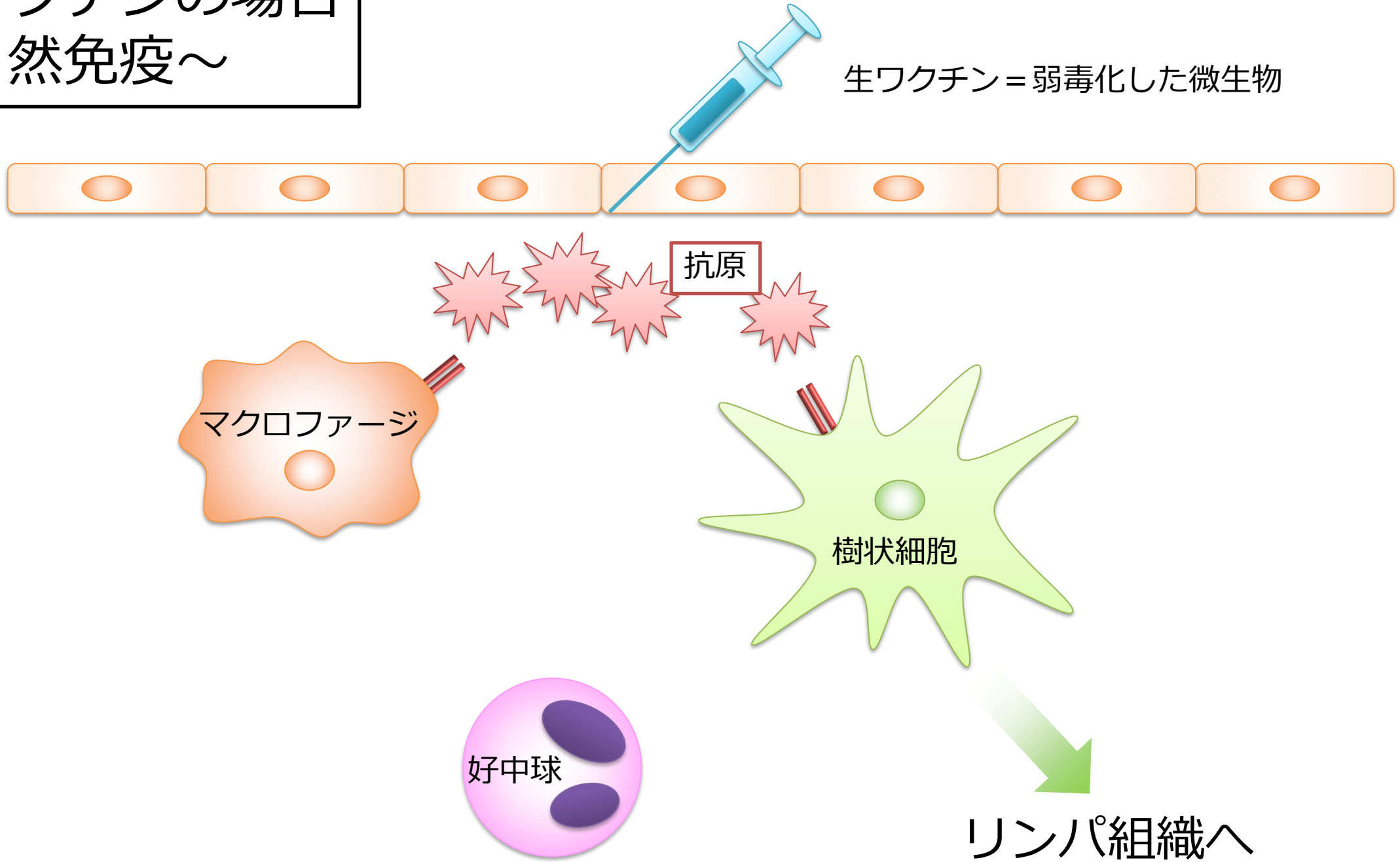
難聴は少なくない！

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	• 細胞性免疫が成立 • 免疫持続期間が長い • 局所免疫が可能	• 移行抗体の干渉を受けにくい • 免疫不全者・妊婦に安全
欠点	• 移行抗体の干渉を受けやすい • 免疫不全者・妊婦に接種不可 • 病原性の復帰・変異の可能性	• 細胞性免疫が誘導されにくい • 単回投与では免疫効果が弱い • 局所免疫の誘導が低い • アジュバントが必要 • （接種部局所の副反応が出やすい）

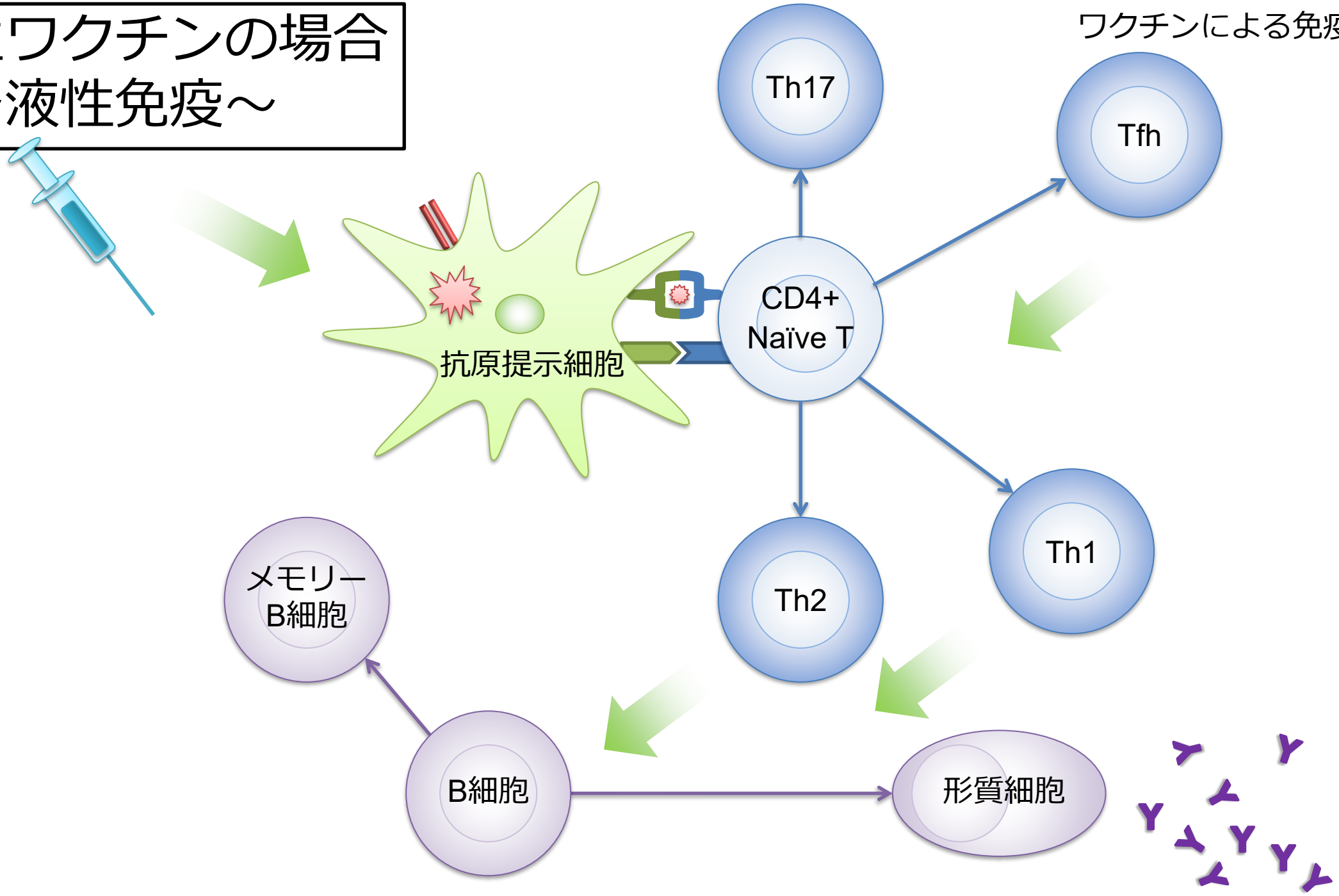
生ワクチンの場合
～自然免疫～

ワクチンによる免疫反応の簡略図



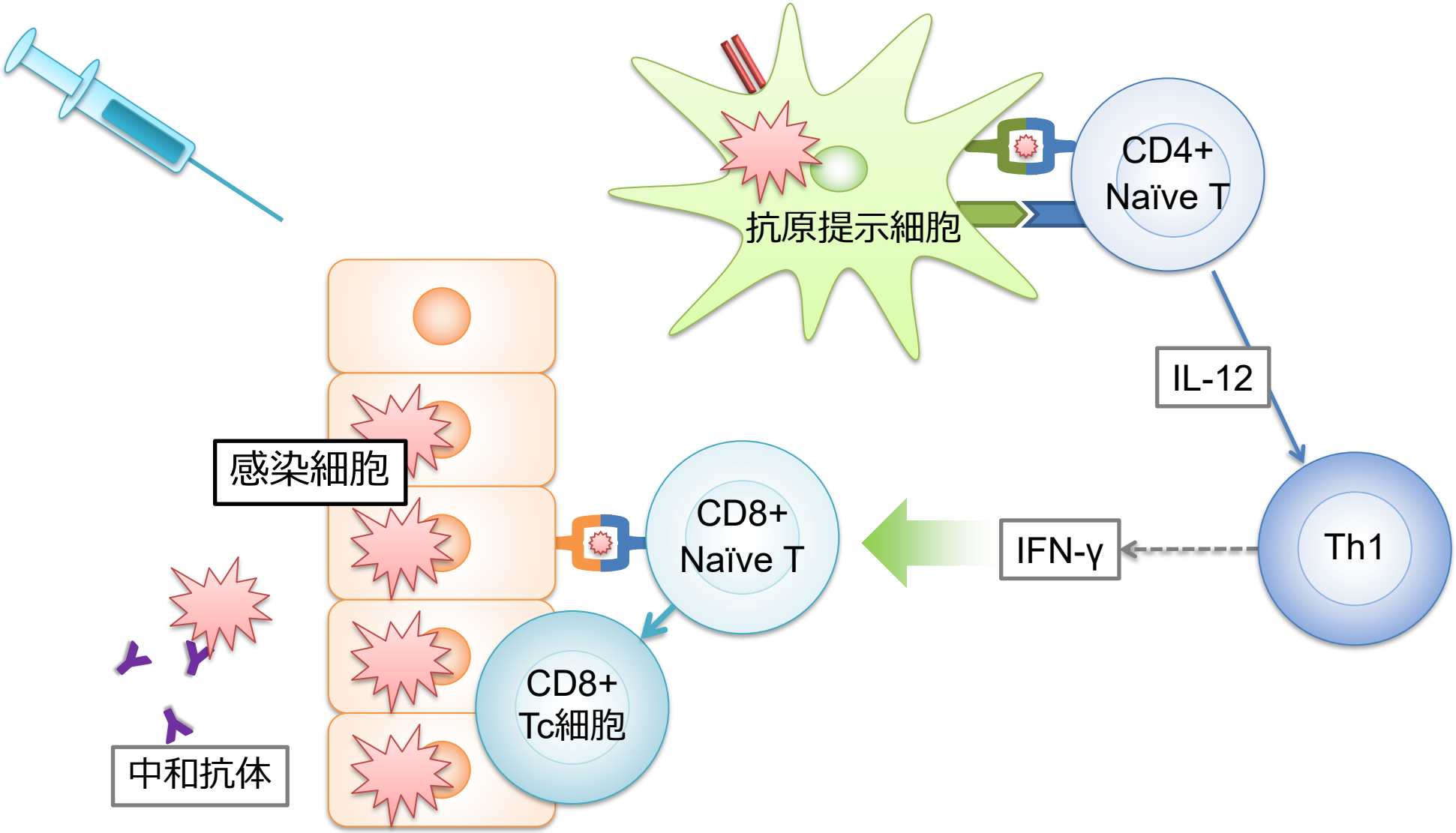
生ワクチンの場合
～液性免疫～

ワクチンによる免疫反応の簡略図



ワクチンによる免疫反応の簡略図

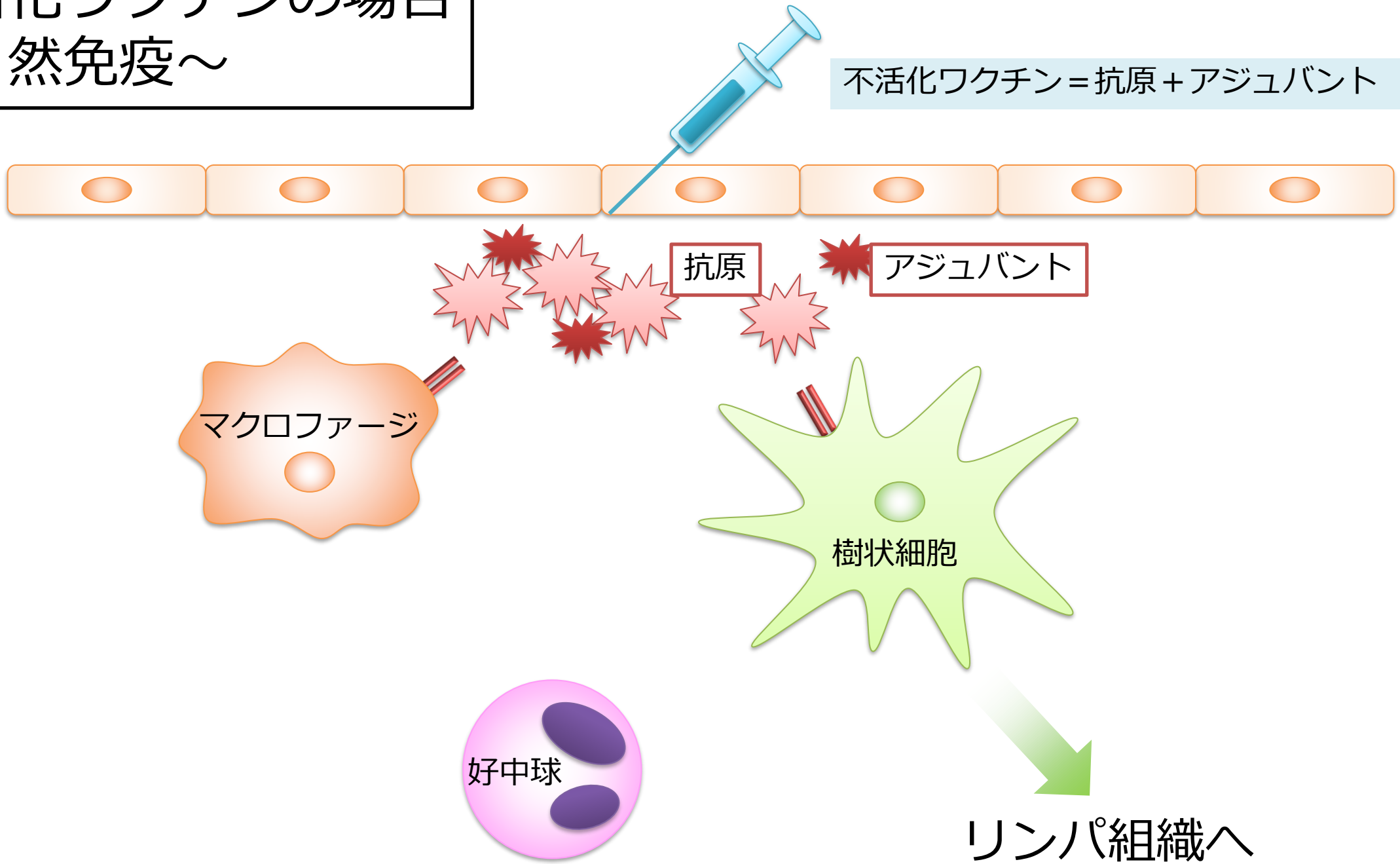
生ワクチンの場合
～細胞性免疫～



不活化ワクチンの場合
～自然免疫～

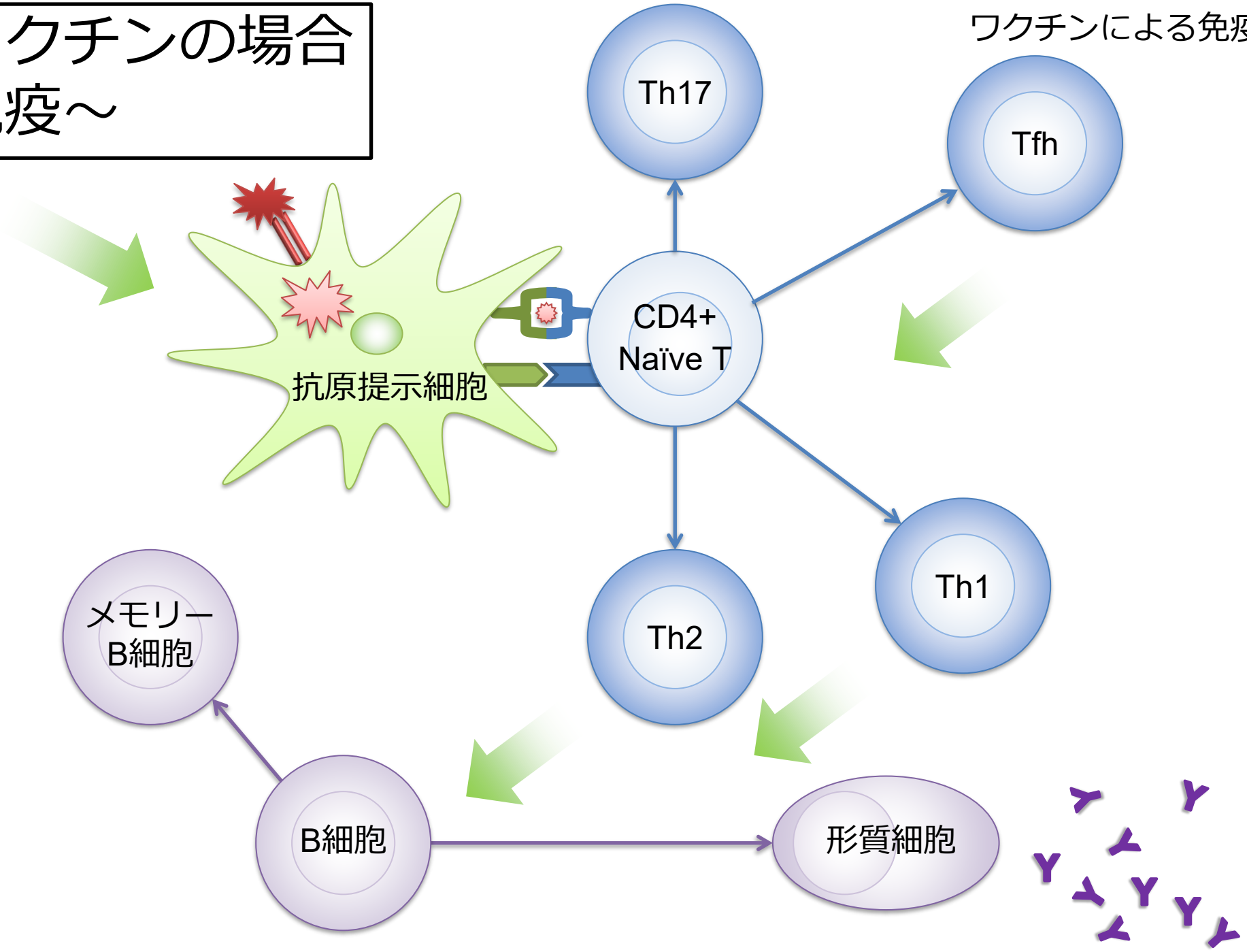
ワクチンによる免疫反応の簡略図

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



肺炎球菌ワクチン

Pneumococcal Polysaccharide Vaccine

- 多糖体ワクチン（PPSV）　23価

Pneumococcal Conjugate Vaccine

- 結合型ワクチン（PCV）　15、20、21価

Vaccine	Serotype																														
	1	3	4	5	6A	6B	7F	9V	14	18C	19A	19F	23F	22F	33F	8	10A	11A	12F	15B	2	9N	17F	20	15A	15C	16F	23A	23B	24F	31	35B	6C	7C
PPSV23	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■										
PCV13	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																					
PCV15	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																			
PCV20	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■														
PCV21		■			■		■				■			■	■	■	■	■	■			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
VAX-24	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■										
Pn-MAPS24V	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■										
IVT PCV-25	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■			■		■			■		■	■	
VAX31	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■		■	■		■

■ Licensed
■ Ongoing clinical trials

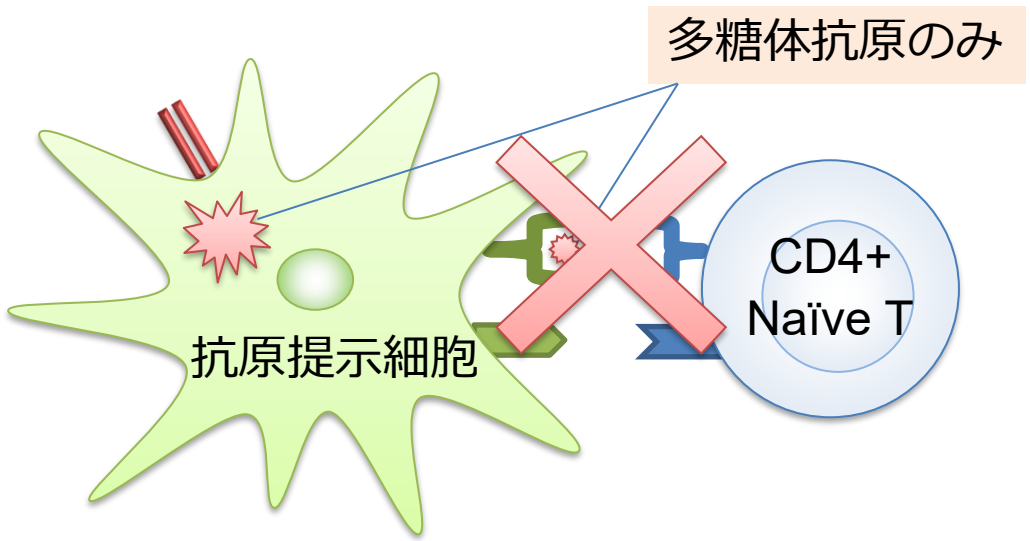
Vaccines 2025, 13, 498.

肺炎球菌ワクチンの変遷

1988年 3月	23価多糖体ワクチン	薬事承認	成人・高齢者など
1992年 8月	23価多糖体ワクチン	保険適用	脾摘患者
2009年10月	7価結合型ワクチン	薬事承認	小児
2013年 4月	7価結合型ワクチン	小児定期化	生後2～60か月未満
2013年11月	13価結合型ワクチン	小児定期で切替	生後2～60か月未満
2014年 6月	13価結合型ワクチン	適応拡大・任意接種	65歳以上
2014年10月	23価多糖体ワクチン	高齢者定期化	65歳、60～64歳基礎疾患
2022年 9月	15価結合型ワクチン	薬事承認	成人・高齢者
2024年 4月	15価結合型ワクチン	小児定期に追加	生後2～60か月未満
2024年 3月	20価結合型ワクチン	薬事承認	小児
2024年 8月	20価結合型ワクチン	薬事承認	成人
2024年10月	20価結合型ワクチン	小児定期の原則切替	生後2～60か月未満
2025年 8月	21価結合型ワクチン	薬事承認	成人
2026年 4月	20価結合型ワクチン	高齢者定期で切替	65歳、60～64歳基礎疾患

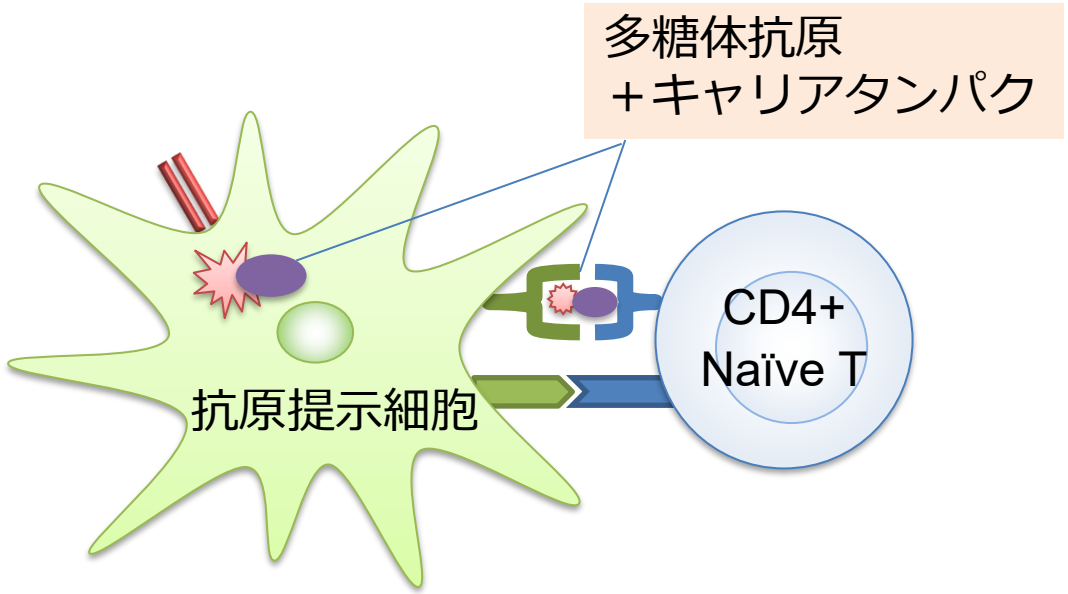
肺炎球菌ワクチン

莢膜多糖体ワクチン



CD4+T細胞が<u>反応しない</u>

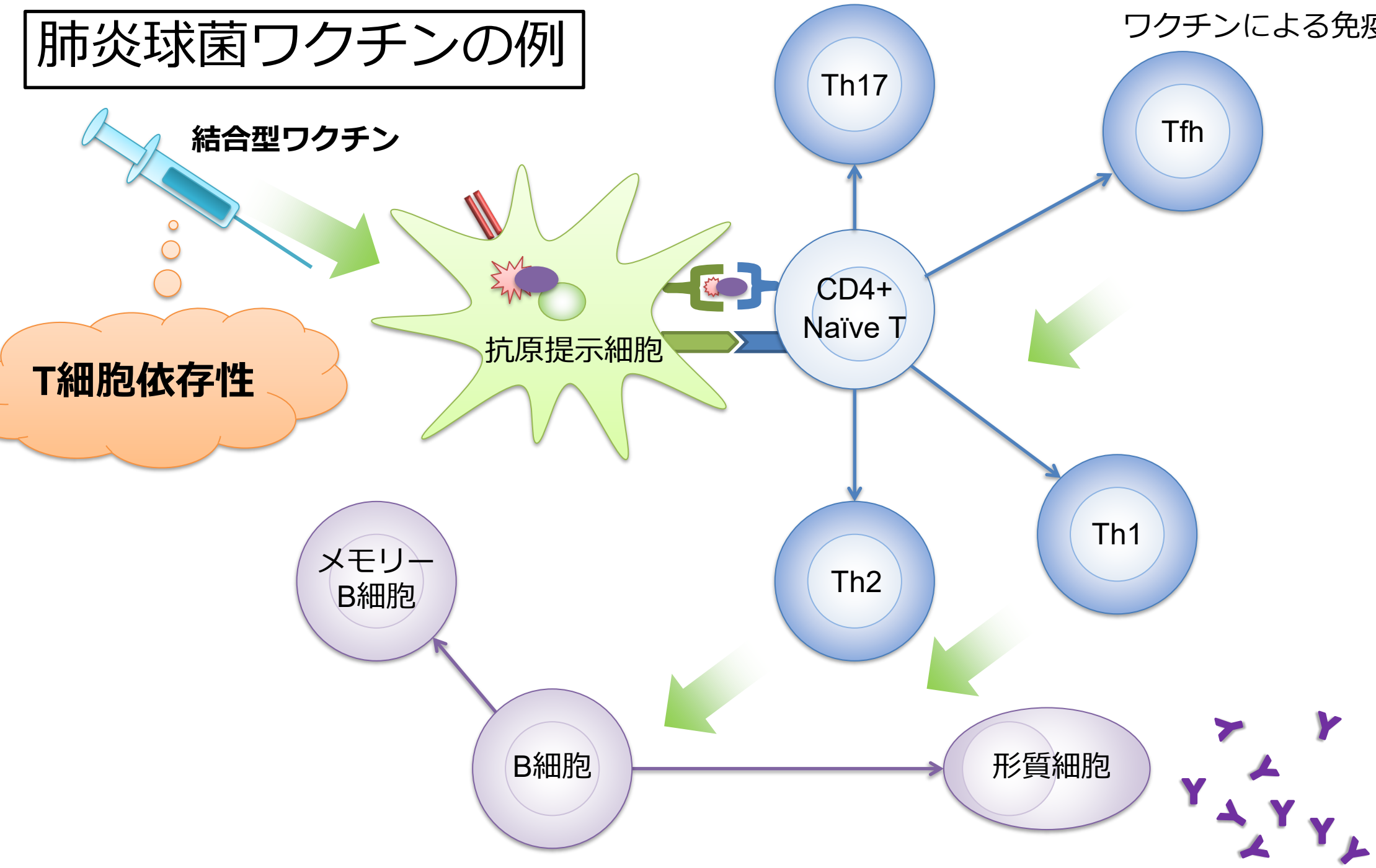
結合型ワクチン



CD4+T細胞が<u>反応する</u>

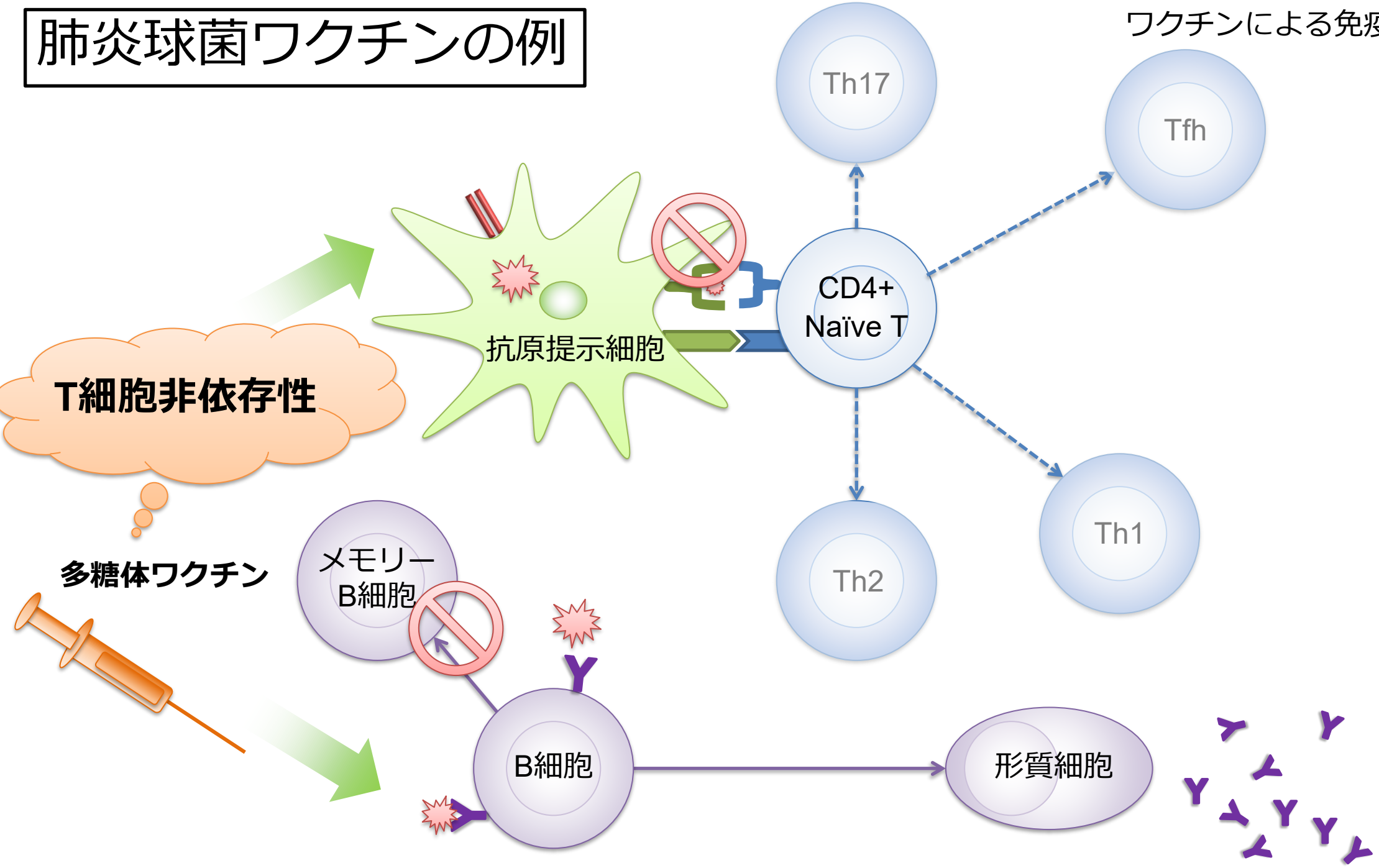
肺炎球菌ワクチンの例

ワクチンによる免疫反応の簡略図

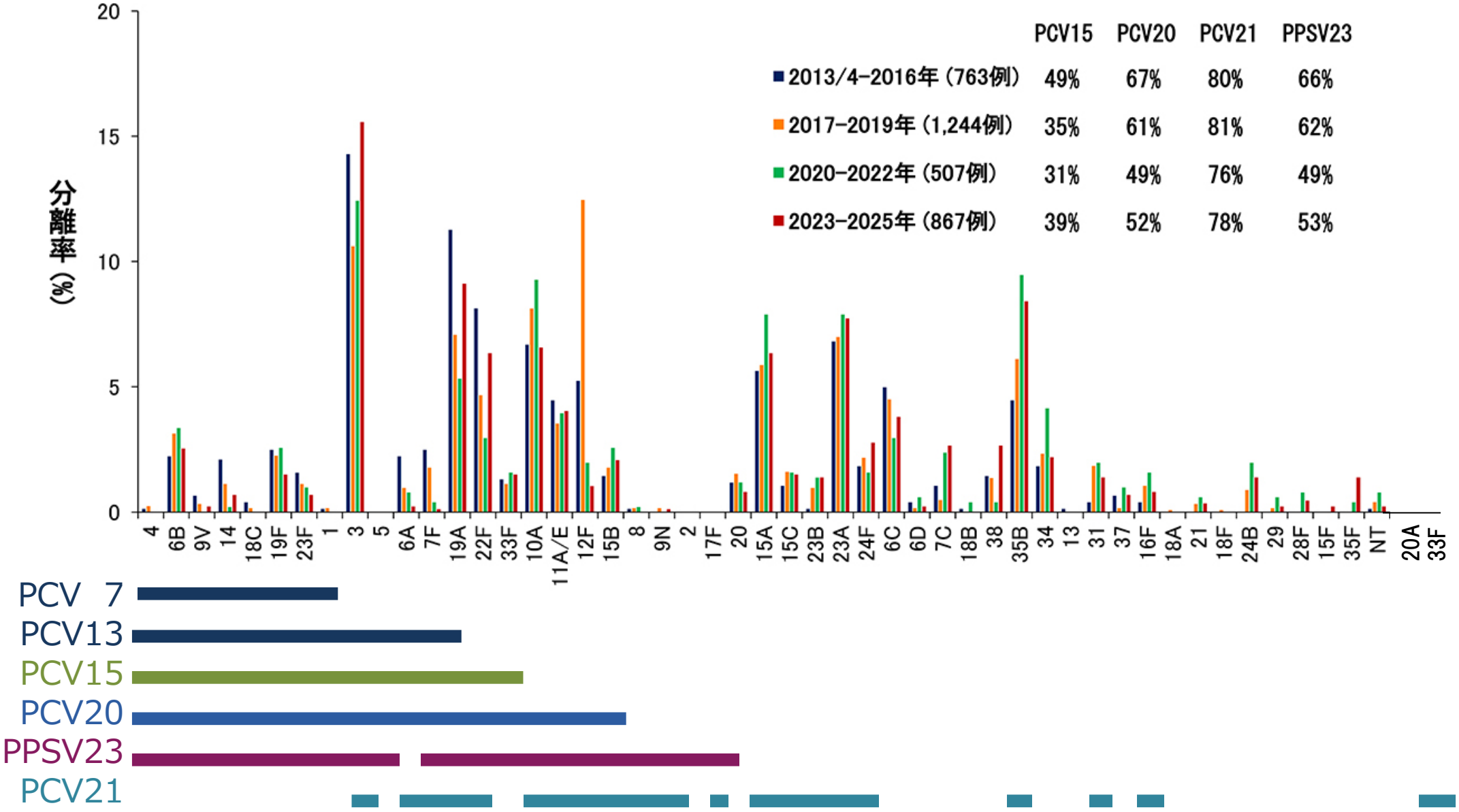


肺炎球菌ワクチンの例

ワクチンによる免疫反応の簡略図



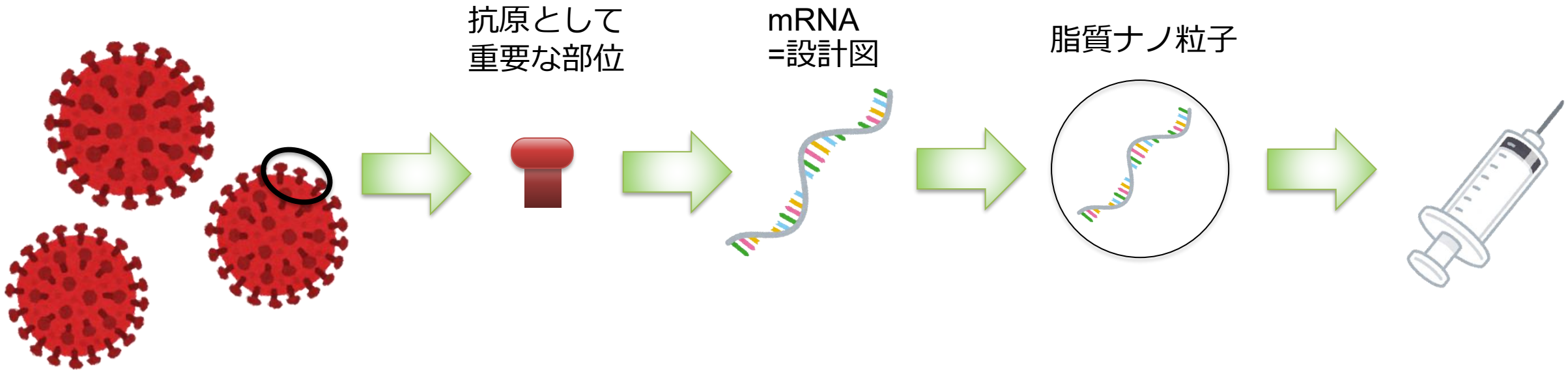
日本の成人侵襲性肺炎球菌感染症由来菌株の血清型分布（n=3,381）



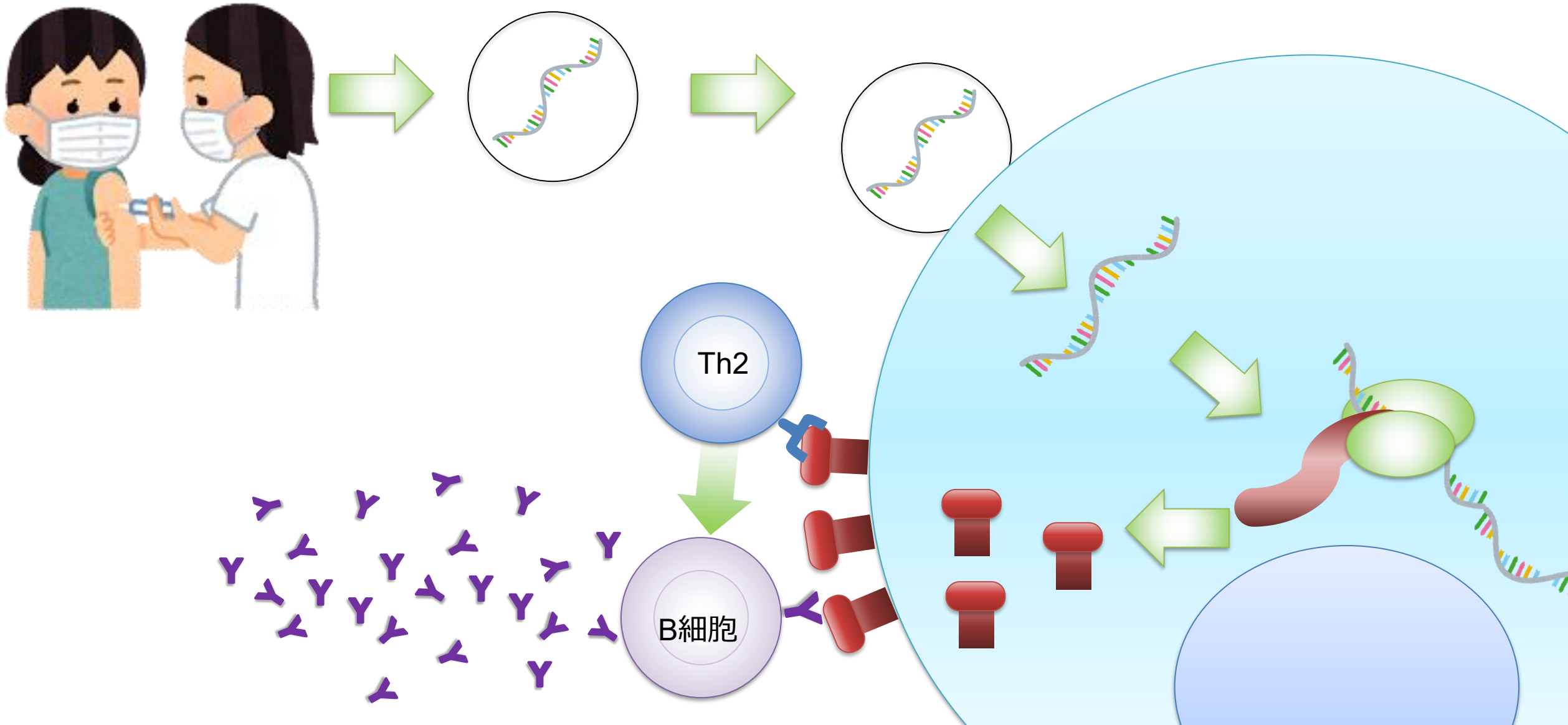
https://ipd-information.com/adult/overview/　　引用図を発表者改変

メッセンジャーRNA（mRNA）ワクチン

- 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



メッセンジャーRNA（mRNA）ワクチン

- 新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）
  - 初期（標準）型
  - レプリカーゼ配列組み込み型
  - 受容体結合部位・N-末端部位コード型

- RSウイルス-A F蛋白
  - 米国、欧州
- 季節性インフルエンザ
  - 米国
- インフルエンザ+新型コロナ混合
  - 欧州

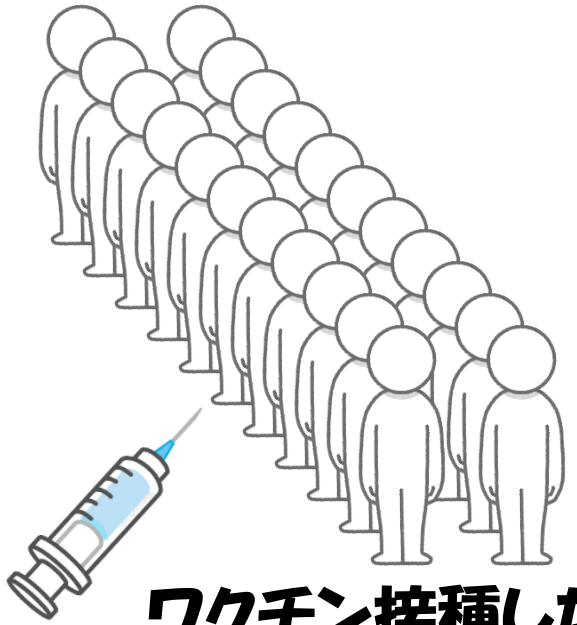
ワクチンの有効率

ワクチン効果のはかり方

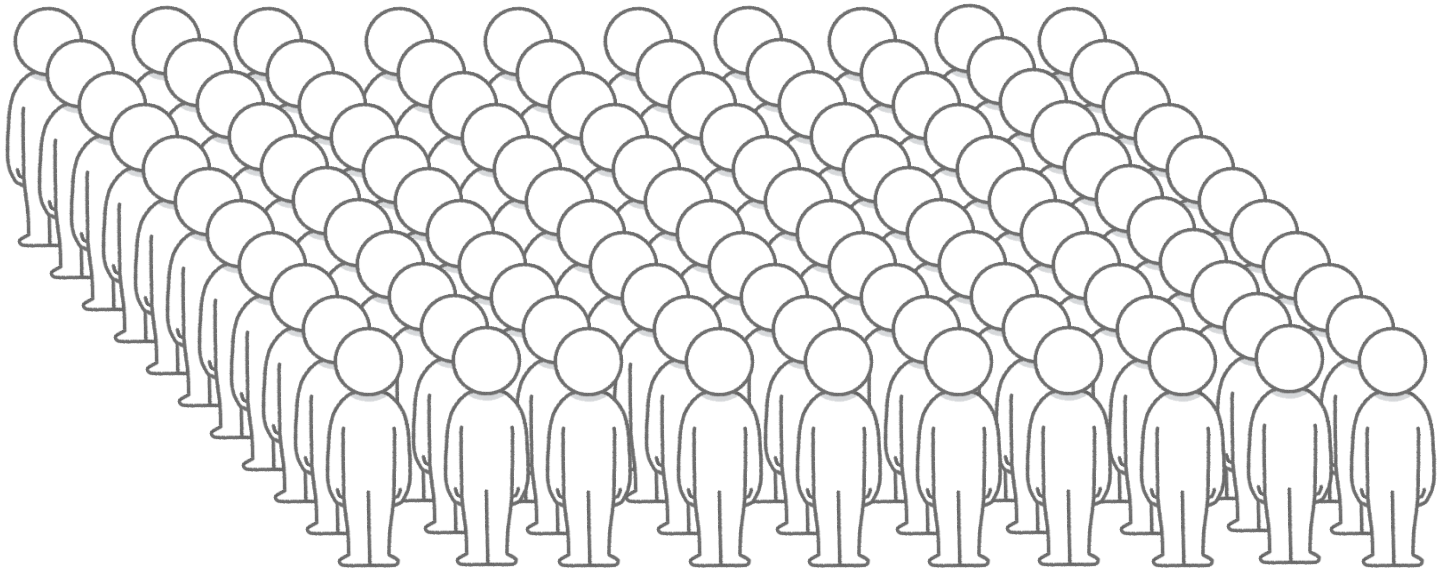
有効率 90%　　とは

接種していないひとたちの罹患率（発症/重症化率）よりも、
接種したひとたちの罹患率の方が９０%少ない

ということ



ワクチン接種した2000万人



ワクチン接種していない1億人

感染症を発症したのは



2万人（発症率0.1%）

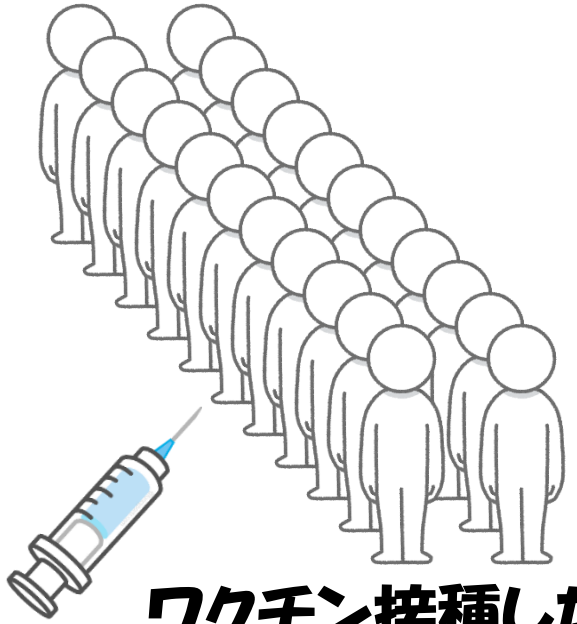


100万人（発症率1%）

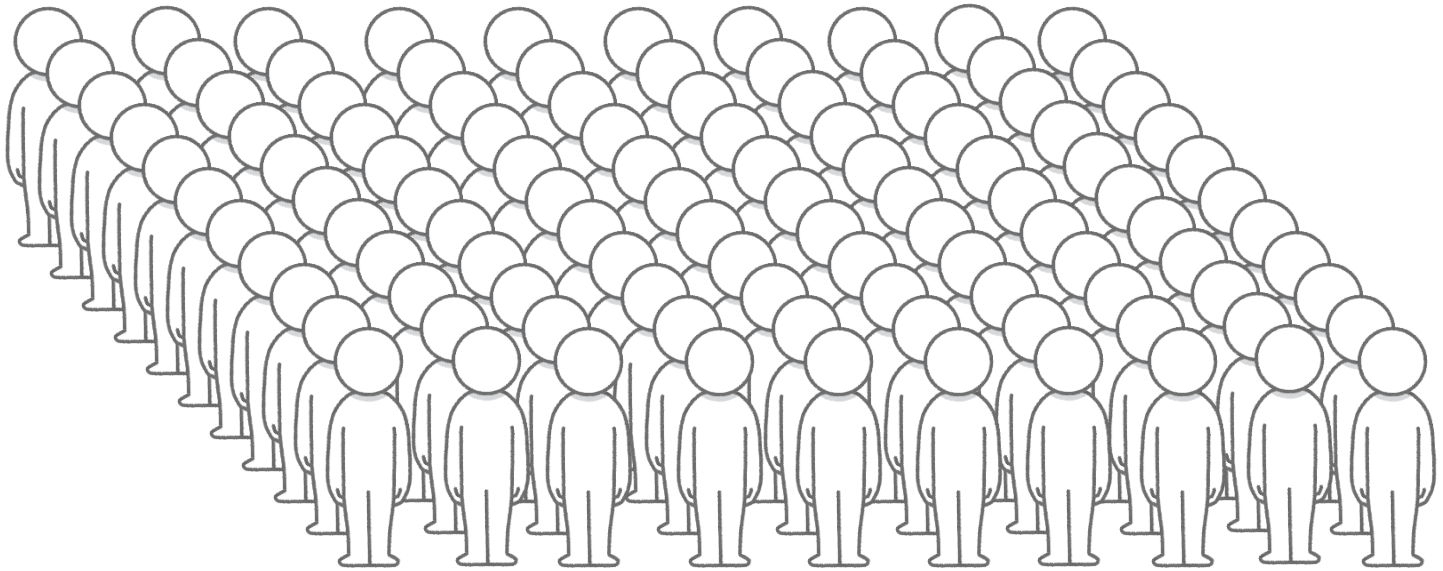
発症率を90%減少 ＝ 有効率90%

10万人：





ワクチン接種した2000万人



ワクチン接種していない1億人

感染症を発症したのは



2万人（発症率0.1%）



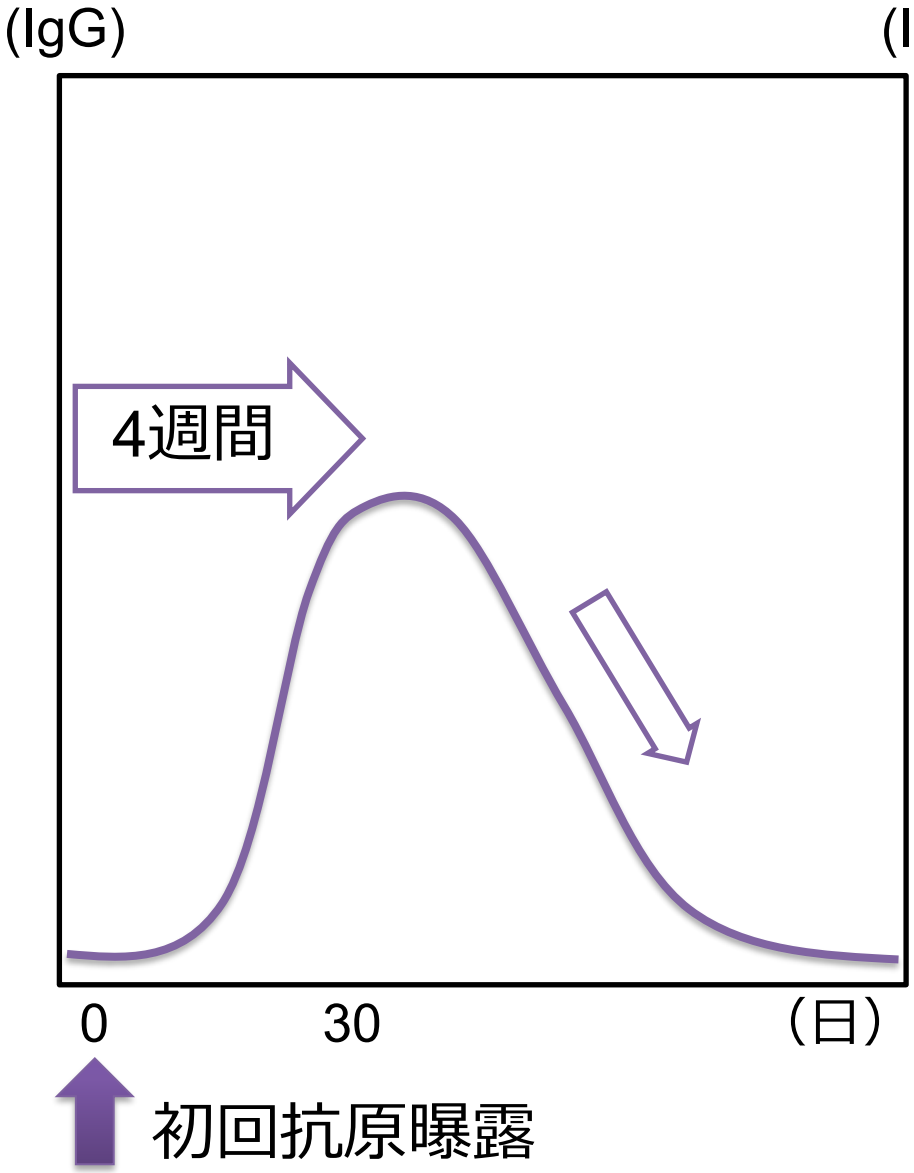
100万人（発症率1%）

発症率を90%減少 ＝ 有効率90%

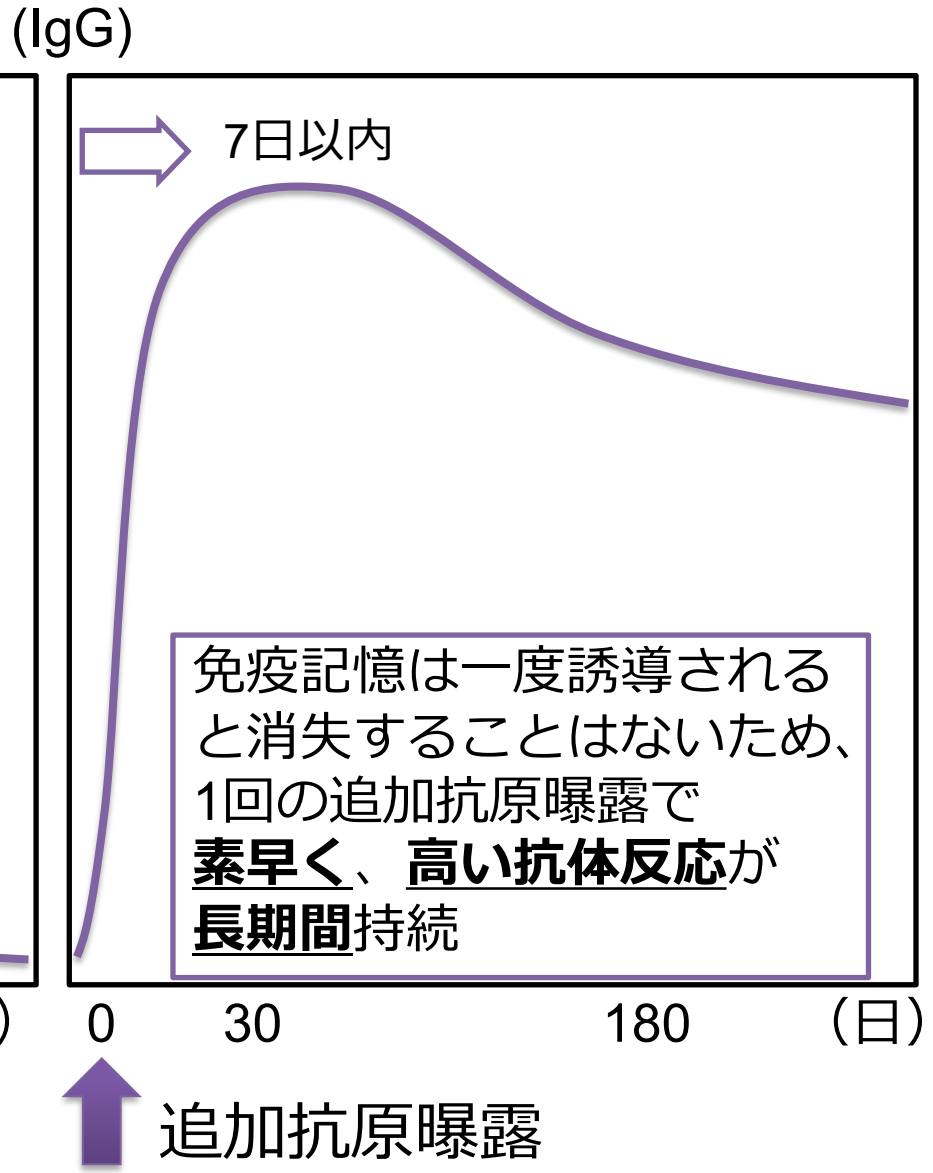
10万人：



一次免疫応答



二次免疫応答



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	宿主の問題
• 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	• 免疫不全 • ワクチン関連抗原に対する免疫応答不十分 • 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

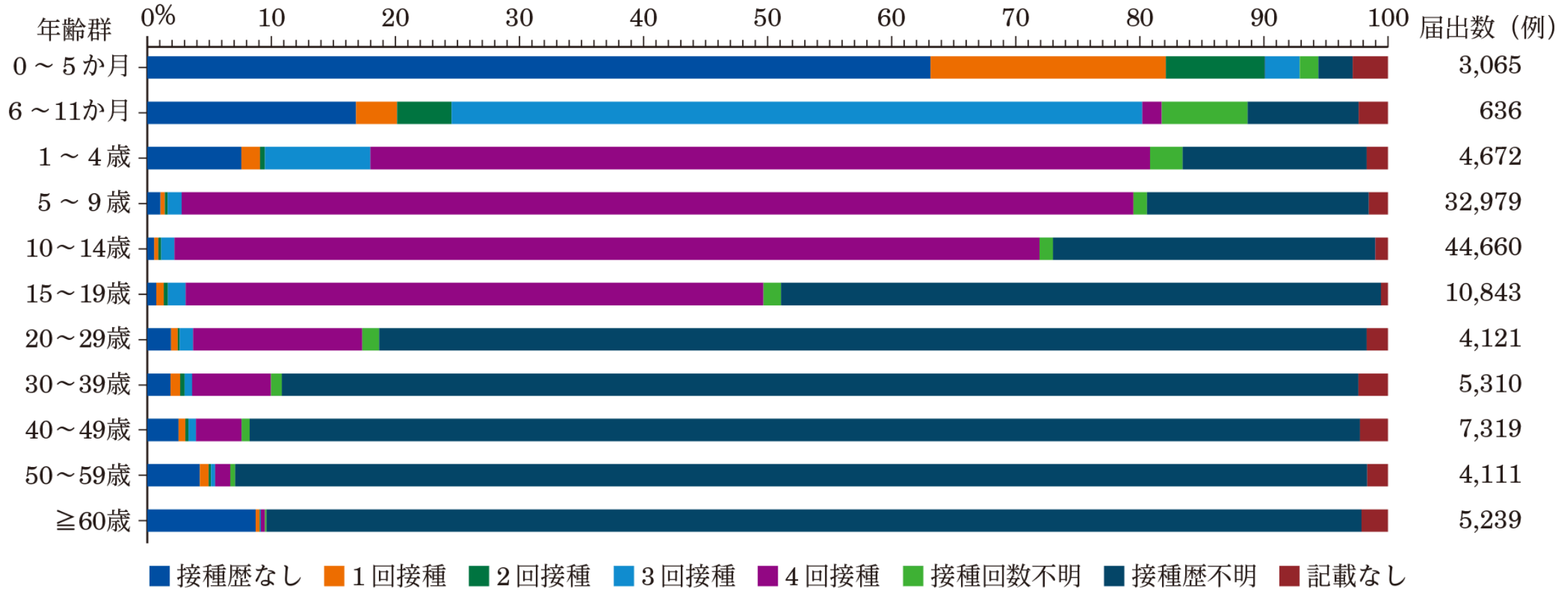
Vaccine 2012;30:1265-1268

百日咳


(人)
90,000
80,000
70,000
60,000
50,000
40,000
30,000
20,000
10,000
0
約89,000人
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
(年)

百日咳ワクチン接種者の発症

図3. 年齢群別・予防接種歴別百日咳患者届出数, 2018年第1週～2025年第44週（n＝122,955）



https://id-info.jihs.go.jp/surveillance/iasr/pathogens/vol47/551/551tf03.gif

（感染症発生動向調査：2025年11月18日現在届出数）

百日咳含有ワクチン

	母子免疫	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)	妊娠27 もしくは 28～36週					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（2026年4月1日） https://www.jpeds.or.jp/society-activities/pediatric-medical-care/vaccination/opinion/vaccine_schedule.html





ブレイクスルー水痘

水痘
- 250-500の病変
- 水疱形成
- 発熱

ブレイクスルー水痘
- 50以下の病変
- 水疱が少ないかない
- 無熱か微熱

https://www.cdc.gov/chickenpox/downloads/Fact-sheet-Breakthrough-Varicella-508.pdf







修飾麻疹



麻疹

修飾麻疹



Principles and Practice of Pediatric Infectious Diseases, 227, 1192-1201.e3

Infect Prev Pract. 2020 16;3(1):100105.

ワクチンの目的

個人をまもる

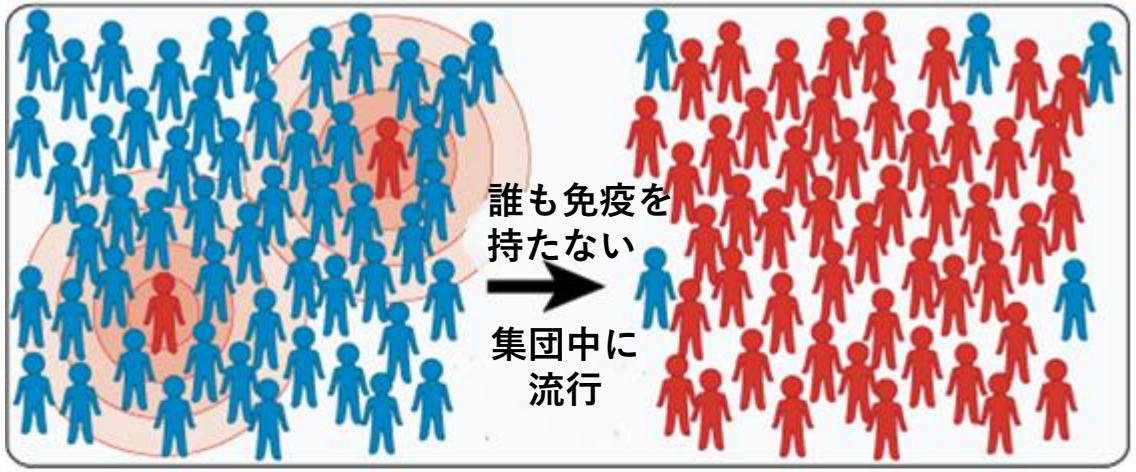
個人免疫　Personal immunity

社会全体をまもる

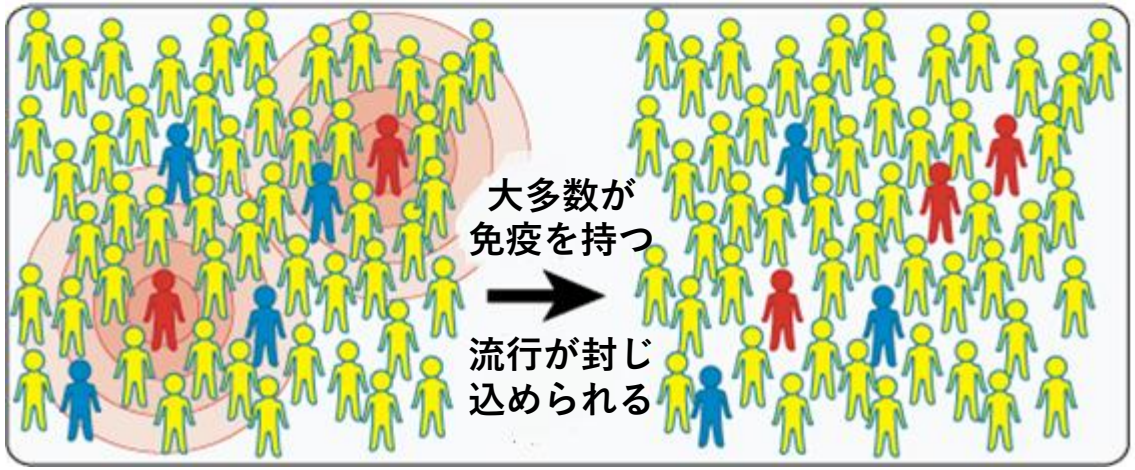
集団免疫　Herd immunity

Herd immunity
集団免疫

- 免疫なし・健康
- 免疫あり・健康
- 免疫なし・罹患し感染性







https://www.researchgate.net/figure/Herd-Immunity-When-a-sufficeintly-large-percentage-of-the-population-is-vaccinated_fig1_305735498 改変

“感染力”の指標と集団免疫

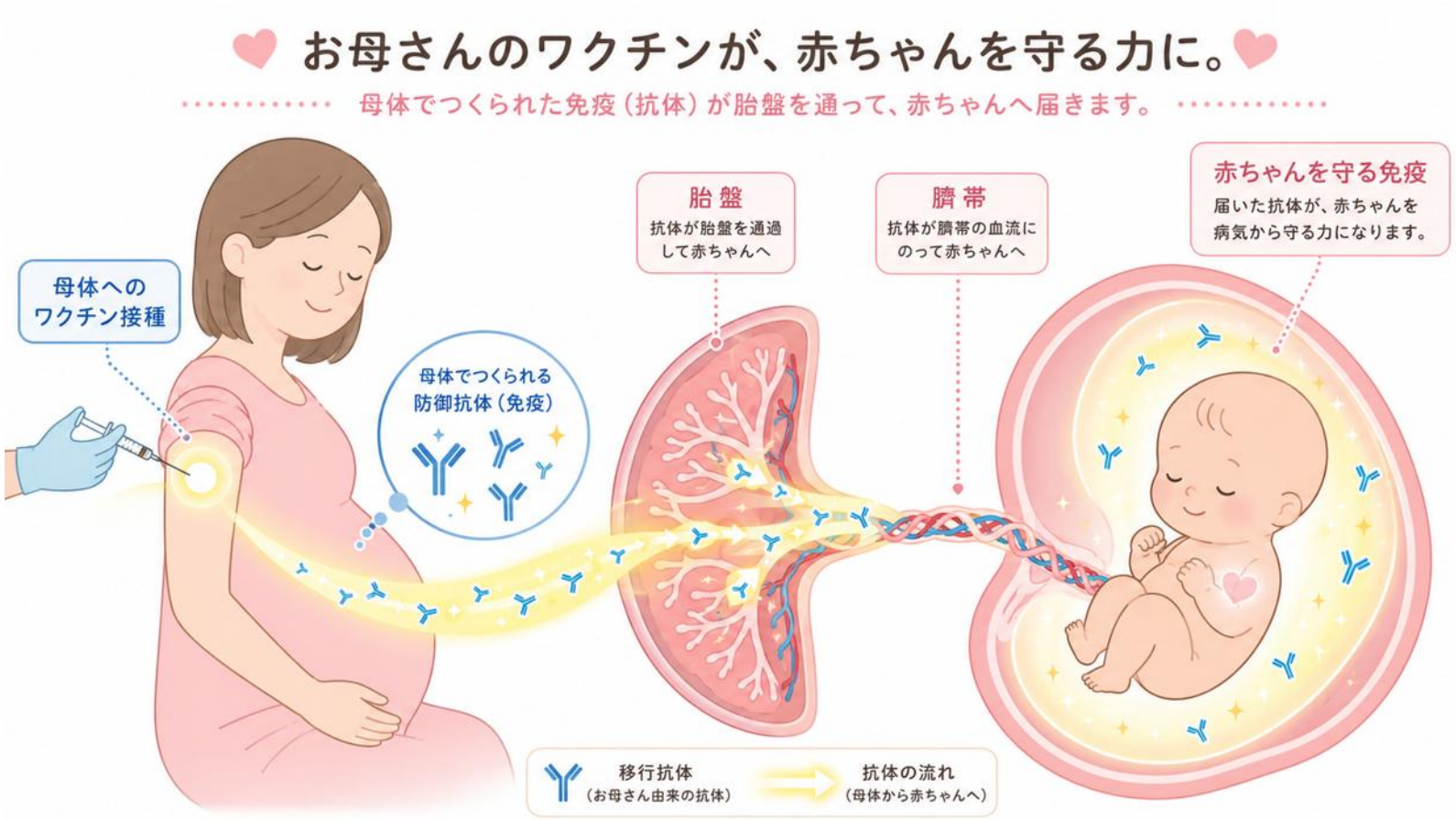
	基本再生産数R_0	集団免疫閾値H(%)
COVID-19	2.5～5	43～80
ジフテリア	6～7	83～85
インフルエンザ	1.4～4	30～75
麻疹	12～18	92～94
流行性耳下腺炎	4～7	75～86
百日咳	5～17	80～94
ポリオ	2～20	50～95
風疹	6～7	83～85
天然痘	5～7	80～85
破傷風	該当なし	該当なし
結核	不明	不明
水痘	8～10？	不明

Plotkin's Vaccines, Chapter 78, 1603-1624.e8

他者をも守るワクチン

- 集団免疫の行き着く先に
- かたや日本の肝炎政策は
- 妊婦をまもるための壮年男性へのキャッチアップ
- 胎児への移行抗体としてのワクチン

生まれてくる子への効果



■妊婦への接種で赤ちゃんの気道感染を防御

- **RSウイルス**
- 新型コロナウイルス
- インフルエンザ
- 百日咳

■妊娠前の接種が赤ちゃんにも恩恵

- 風疹
- ヒトパピローマウイルス

ChatGPT5.5で作図