

結核菌の特徴から考える 感染予防対策

令和8年度 医療安全対策研修会

済生会飯塚嘉穂病院 呼吸器内科

高木陽一

「結核」と聞くと..



肺の病気

感染性がある

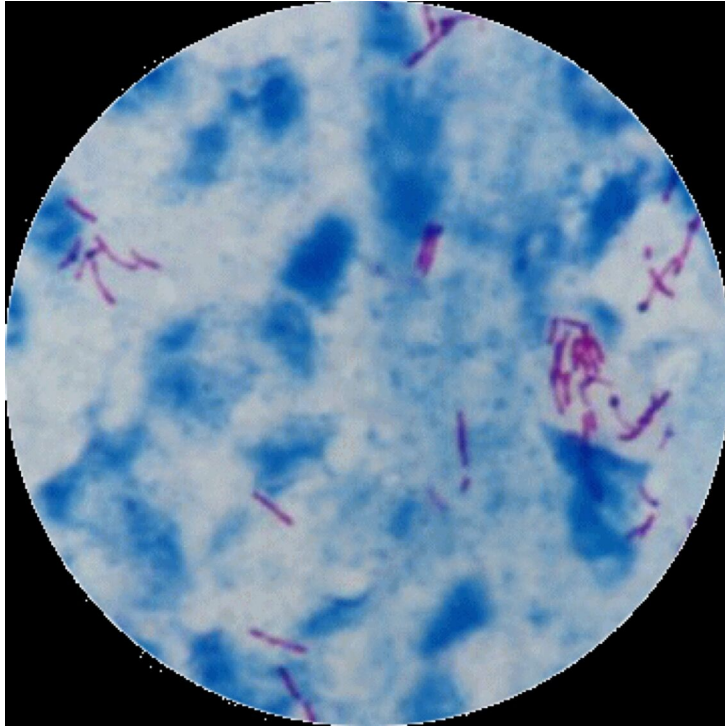
昔は不治の病 今は治療できる

罹患率が低下 低蔓延国の仲間入り

日本人では高齢者 若者では外国出生者

発熱(微熱が持続) 咳嗽 喀痰 血痰 体重減少

結核症とは



結核菌：喀痰のZiehl-Neelsen染色

結核菌による感染症である

肺結核が最も多く、感染性で問題となる
空気感染（飛沫核感染）

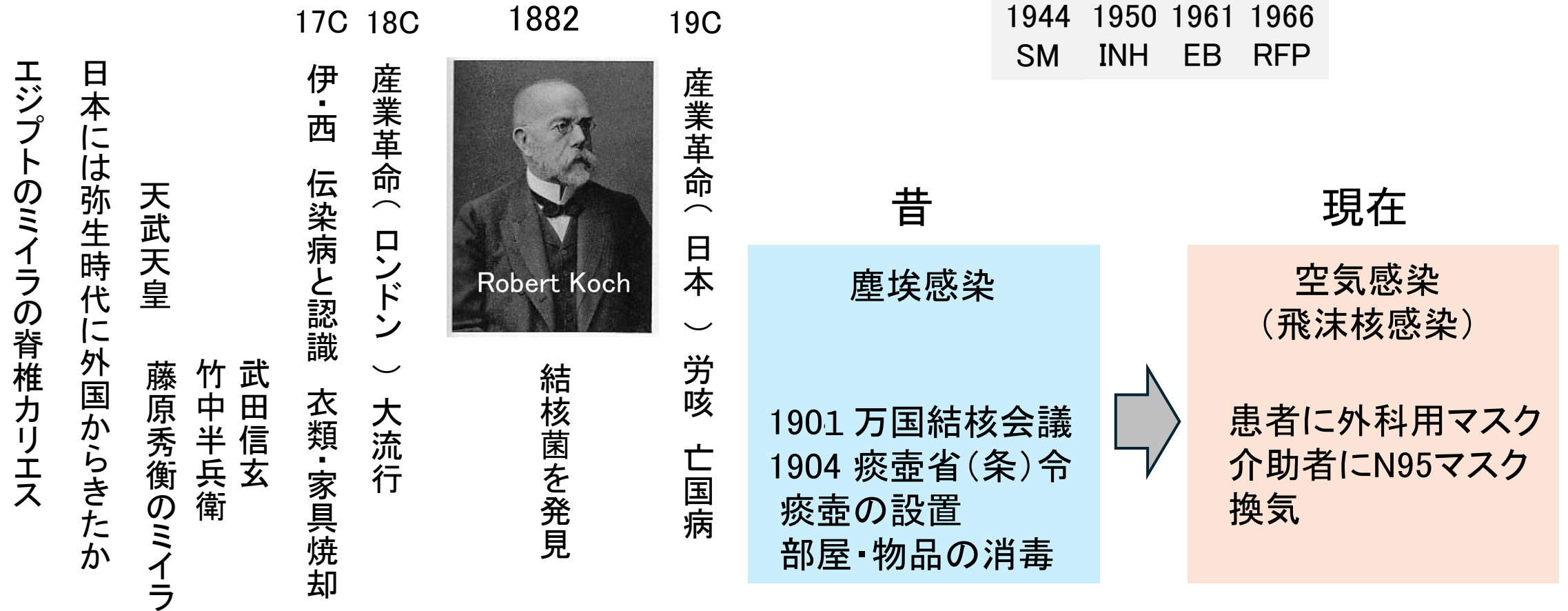
肺外結核

結核性胸膜炎、結核性リンパ節炎、粟粒結核、
結核性髄膜炎、結核性骨髄炎、腎結核、など

抗結核薬（最短でも6ヶ月）で治療

感染症法2類 診断したら保健所に発生届

結核の歴史



結核菌の感染経路

空気感染
(飛沫核感染)

~~飛沫感染 接触感染 経口感染 塵埃感染 他~~

内 容

- 1) 結核菌の特徴
- 2) 感染の成立と発病
- 3) 感染予防の考え方
- 4) 事例
- 5) まとめ

細菌学から見た抗酸菌

抗酸菌属 (genus *Mycobacterium*)

結核菌群 (TB complex)

人に病原性(少)ない菌

M. gordonae
M. gastri
他

人に病原性がある菌

M. avium
M. intracellulare
M. kansasii
M. abscessus
M. marinum
M. szulgai
M. chelonae
他

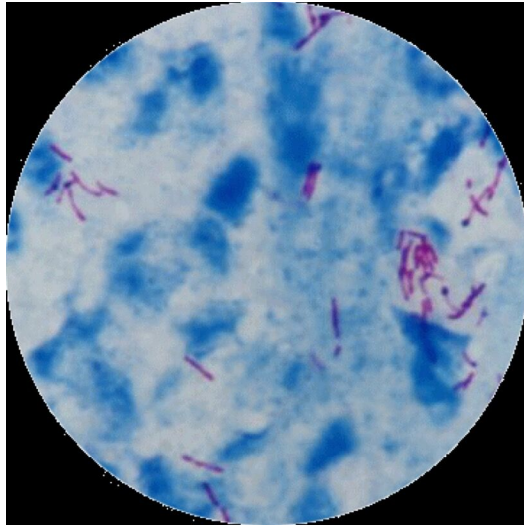
M. tuberculosis

M. bovis
M. orygis
M. microti
M. africanum
他

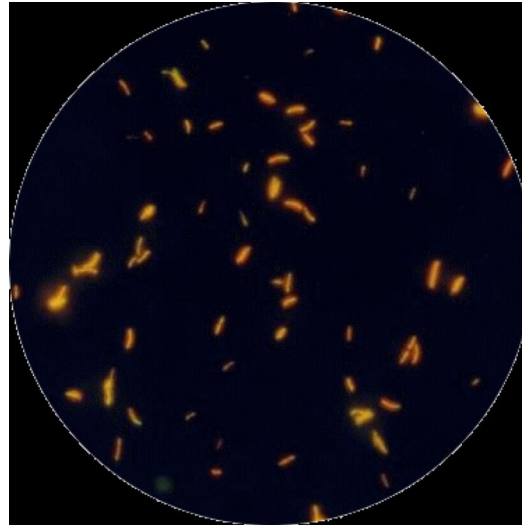
- 水や土壌内では生き延びれない
- 太陽光線中の紫外線では2-3時間で死滅
- 37℃、水分、酸素濃度が高い場所ではしか生育できない

結核菌

抗酸菌塗抹檢查



Ziehl-Neelsen 染色



螢光染色

小川培地(固形培地)



結核菌

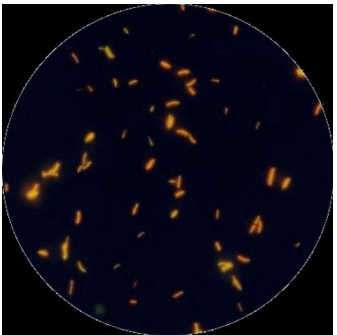


非結核性抗酸菌
M. avium M.kansasii

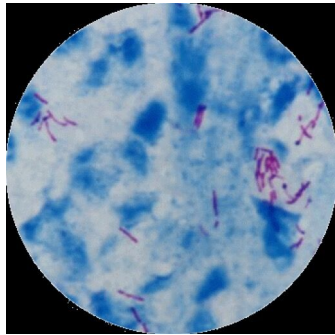


喀痰抗酸菌検査

抗酸菌塗抹検査



蛍光染色

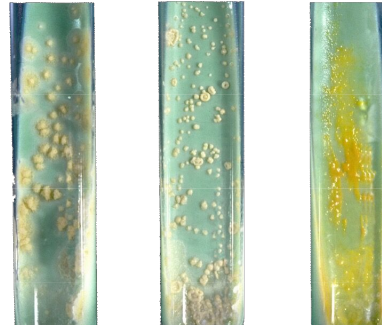


Ziehl-Neelsen 染色

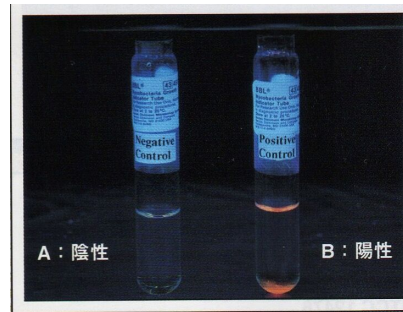
塗抹 (-) (±) (1+) (2+) (3+)
G0 G1 G2 G5 G9

塗抹陽性→ 結核菌
or
非結核性抗酸菌

抗酸菌培養検査



固形培地(小川培地)



液体培地(MGIT)

PCR検査

結核菌-PCR

M.avium-PCR

M.intracellulare-PCR

培養陽性→同定検査(質量分析法)・薬剤感受性検査

喀痰抗酸菌検査

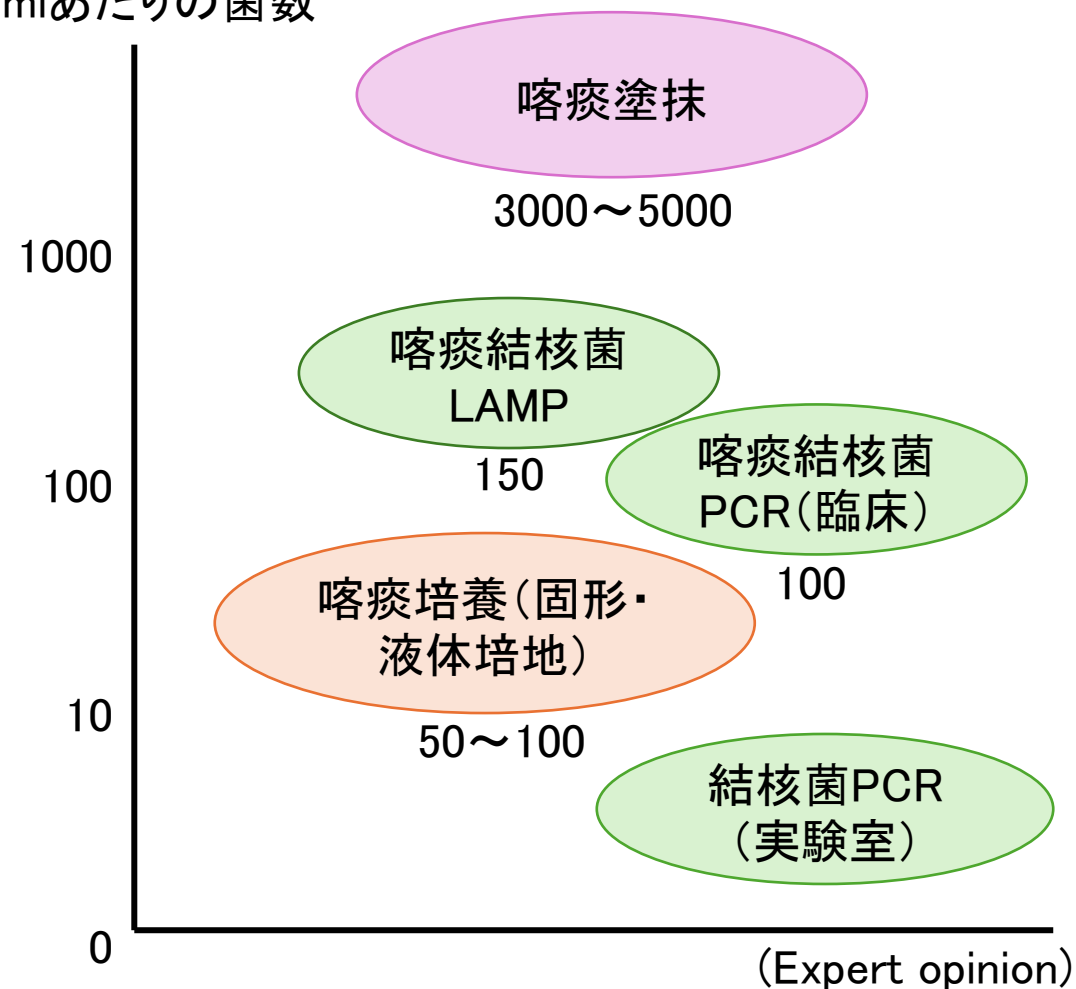
3連痰

3回喀痰抗酸菌検査を提出
出来れば 別々の日に

例)

- 1回目 喀痰抗酸菌塗抹・培養(液体)
喀痰結核菌PCR
- 2回目 喀痰抗酸菌塗抹・培養(液体)
- 3回目 喀痰抗酸菌塗抹・培養(固形)

痰1mlあたりの菌数



感染の有無（結核菌に対する免疫ができているかどうか）をみる検査

昔

ツベルクリン反応
（皮内注射：発赤と硬結径）

BCG接種の影響を受ける



今

Interferon Gamma Release Assay (IGRA)
（採血検査）

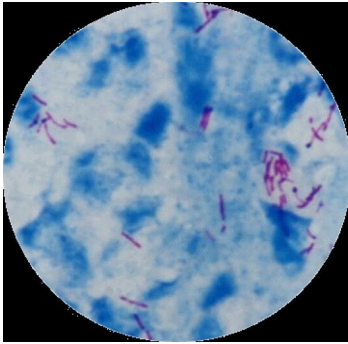
BCG接種の影響を受けない

- 1) QFT (QuantiFERON TB ゴールドプラス)
- 2) T-SPOT

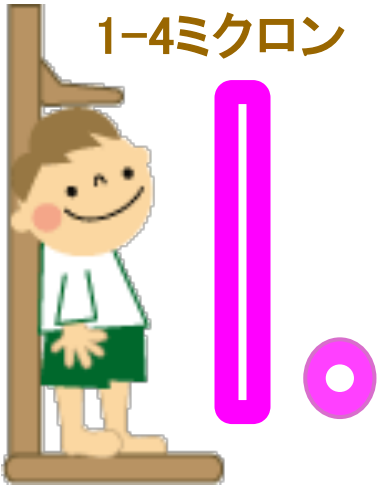
※QuantiFERONはQIAGENグループの登録商標です
※T-SPOTはOxford Immunotec Limitedの登録商標です

結核菌の特徴

(1) 大きさ



1-4ミクロン



空気感染(飛沫核感染)
治療スタッフはN95マスク

(2) 分厚い脂質でできた細胞壁 (ミコール酸を多く含む)



一般細菌



結核菌

一旦染まると酸で脱色されにくい

自分では動かない: 纖毛鞭毛なし

Th1を主体とした
独特の免疫反応

(3) 発育の遅さ

分裂するのに
一般細菌: 30分
結核菌: 10-15時間

病気の進行は遅い
培養検査には時間がかかる

培養検査で前処理が必要

ツ反・QFT・T-SPOT陽性化→2から3ヶ月
発病→感染後2ヶ月から2年が多い

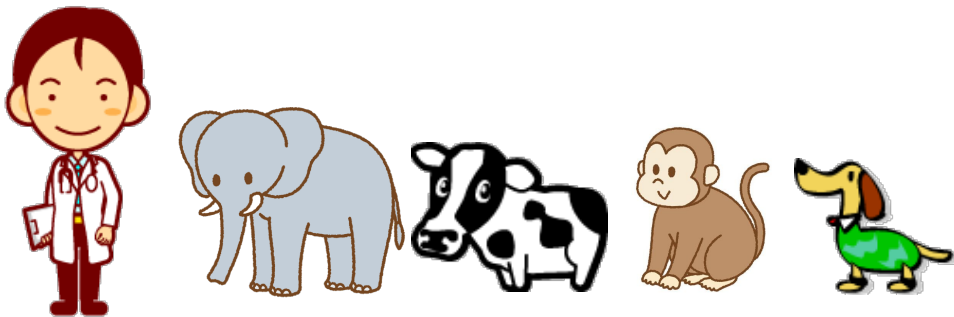
結核菌の特徴

(4) 繁殖に適した環境 温度

発育可能温度 $37 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$



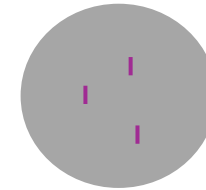
ヒトの肺の中の環境と偶然一致



人畜共通感染症

(5) 繁殖に適した環境 酸素が大好き

好気性(酸素への依存度高い)
5~10% 二酸化炭素濃度下で発育促進
酸素に接すると急激に増殖
環境が悪いと休止菌



直径2cmの結節で $10^2 \sim 10^4$ 個



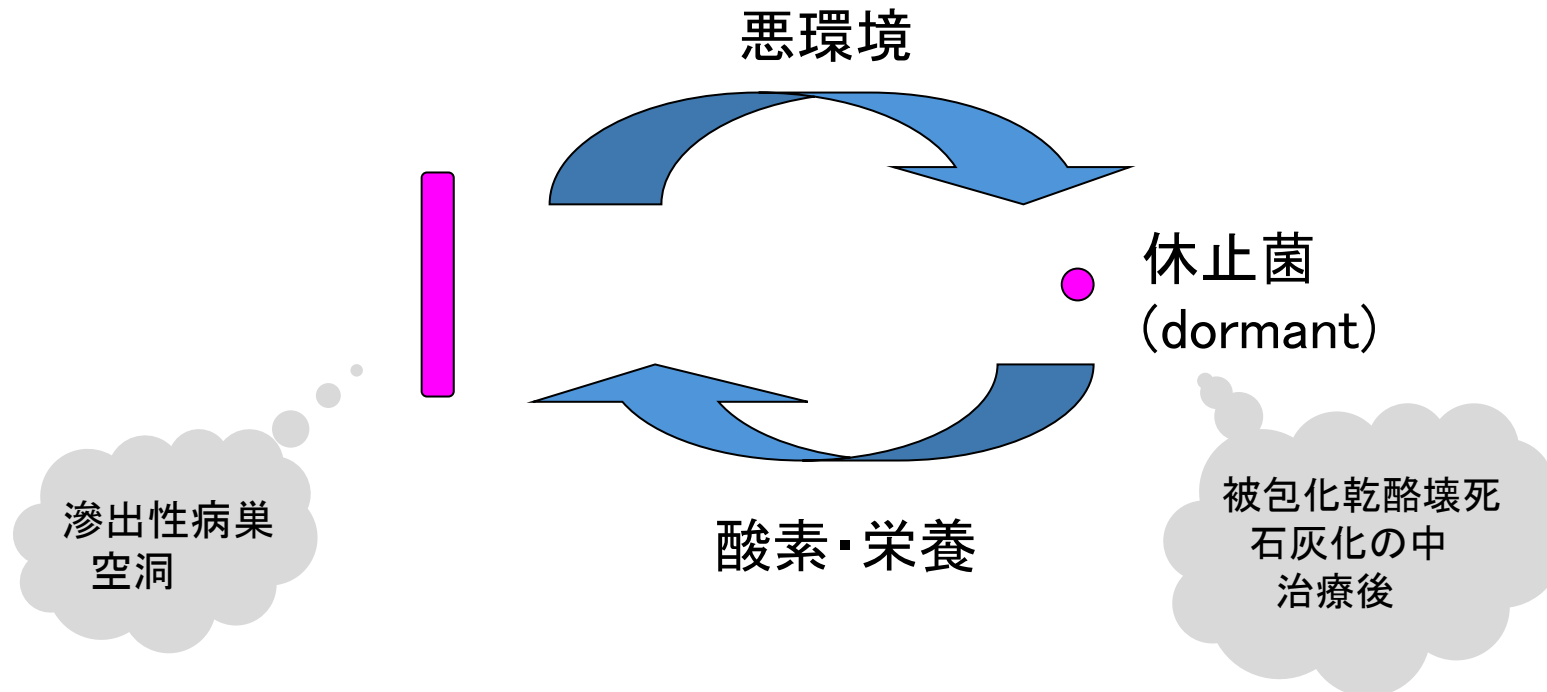
直径2cmの結節で空洞化すると
 $10^7 \sim 10^9$ 個

空洞病変になれば排菌多し

結核菌の特徴

(6) 低酸素・低栄養など生存環境が悪くなると休止菌

低栄養・低酸素下では休止菌(dormant)
化学療法後も、ごく僅か生残ることがある 持続生存菌(persister)
→ 分裂しない状態で生きている 代謝が低い 薬剤効きにくい



治療を終了したので
一生再発しないん
でしょうか？...



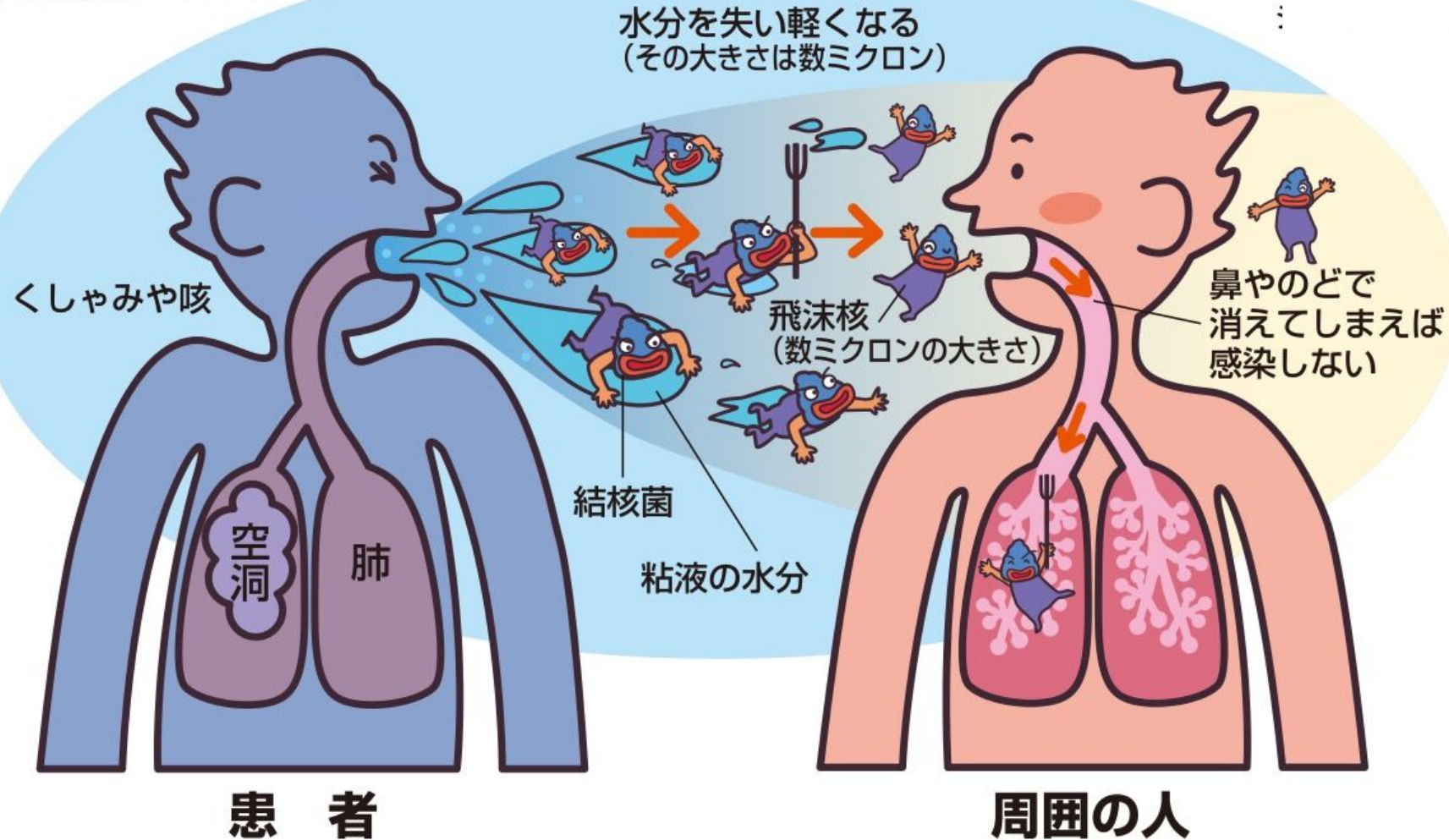
潜在性結核感染症
二次結核

内 容

- 1) 結核菌の特徴
- 2) 感染の成立と発病
- 3) 感染予防の考え方
- 4) 事例
- 5) まとめ

空気感染（飛沫核感染）

結核感染のしくみ



結核の感染と発病

感染 ⇄ 発病

結核菌に感染した患者で、発病する割合は

10%程度 排菌・活動性結核

30%程度 胸部XPで陰影 old TB

結核菌に感染するも発病していない状況 潜在性結核感染
(Latent tuberculosis infection: LTBI)

発病する時期は感染して2年以内が多い 約70%

感染から発病まで

感染の成立

潜在性結核感染

約2ヶ月でIGRAが陽性
この頃から発病・初期変化群

無治療自然軽快 陳旧性肺結核

発病

感染後2ヶ月～24ヶ月が多い

肺結核・粟粒結核(早期蔓延型)・結核性髄膜炎
結核性胸膜炎

無治療自然軽快
陳旧性肺結核

発病

肺結核
粟粒結核(晩期蔓延型)
結核性胸膜炎

一次結核

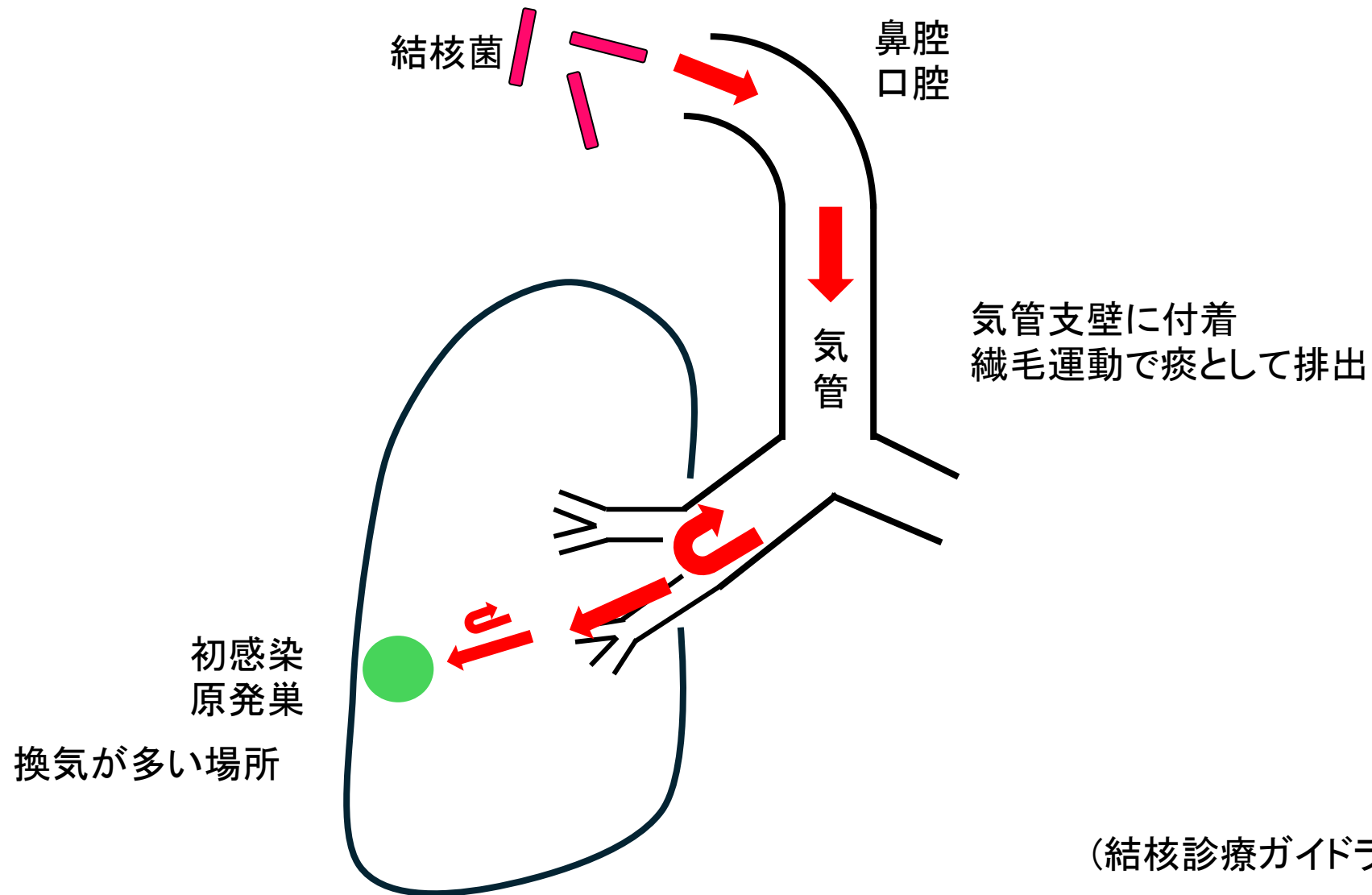
初感染に引き続き特異的免疫
の確立前に発症する結核
若者に多い
感染から数週～数ヶ月

二次結核

特異的免疫成立後に発症
主に管内性転移で進展
感染から数ヶ月～数十年

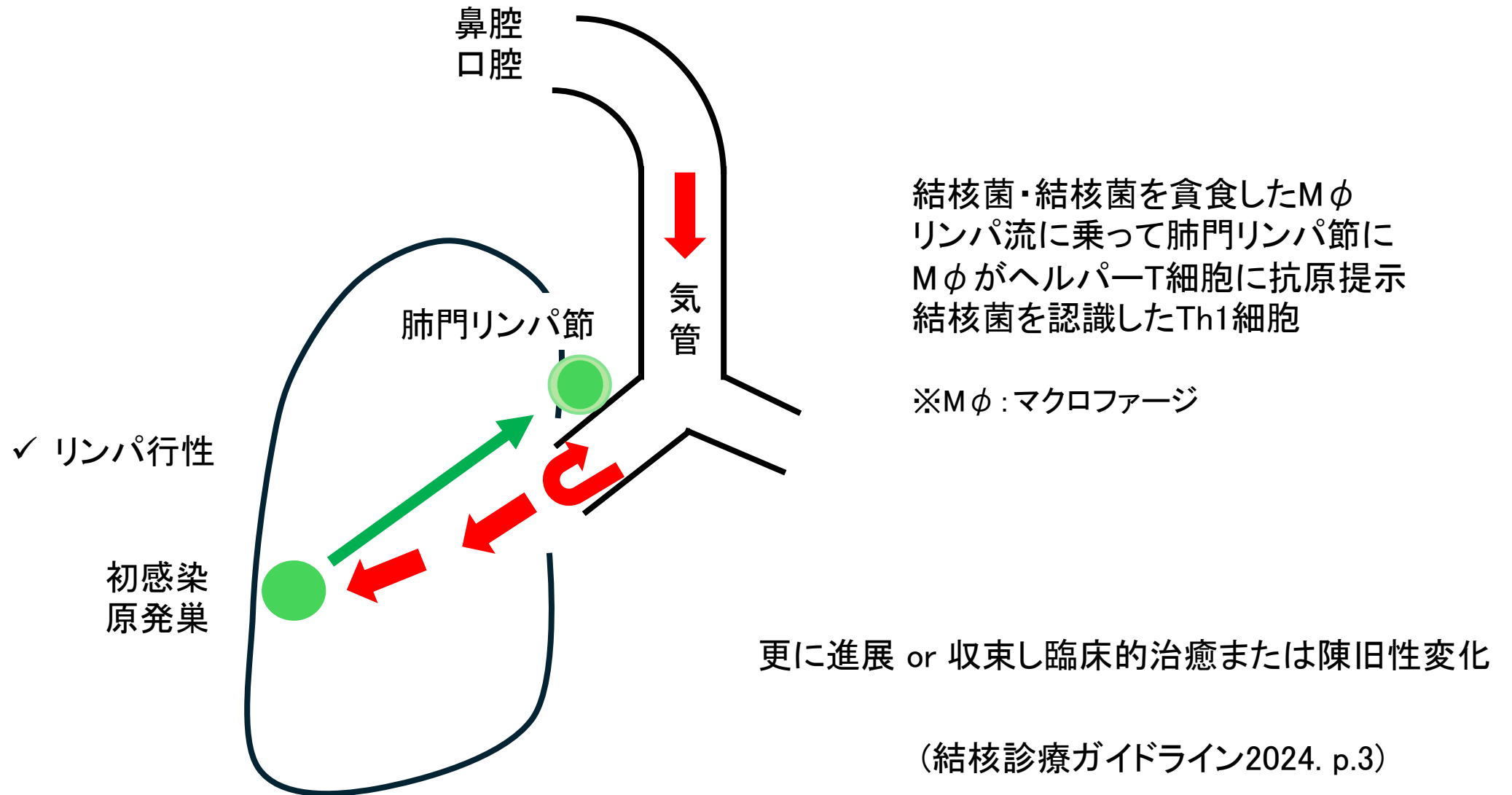
感染するも一生発病なし
約 90%

感染の成立

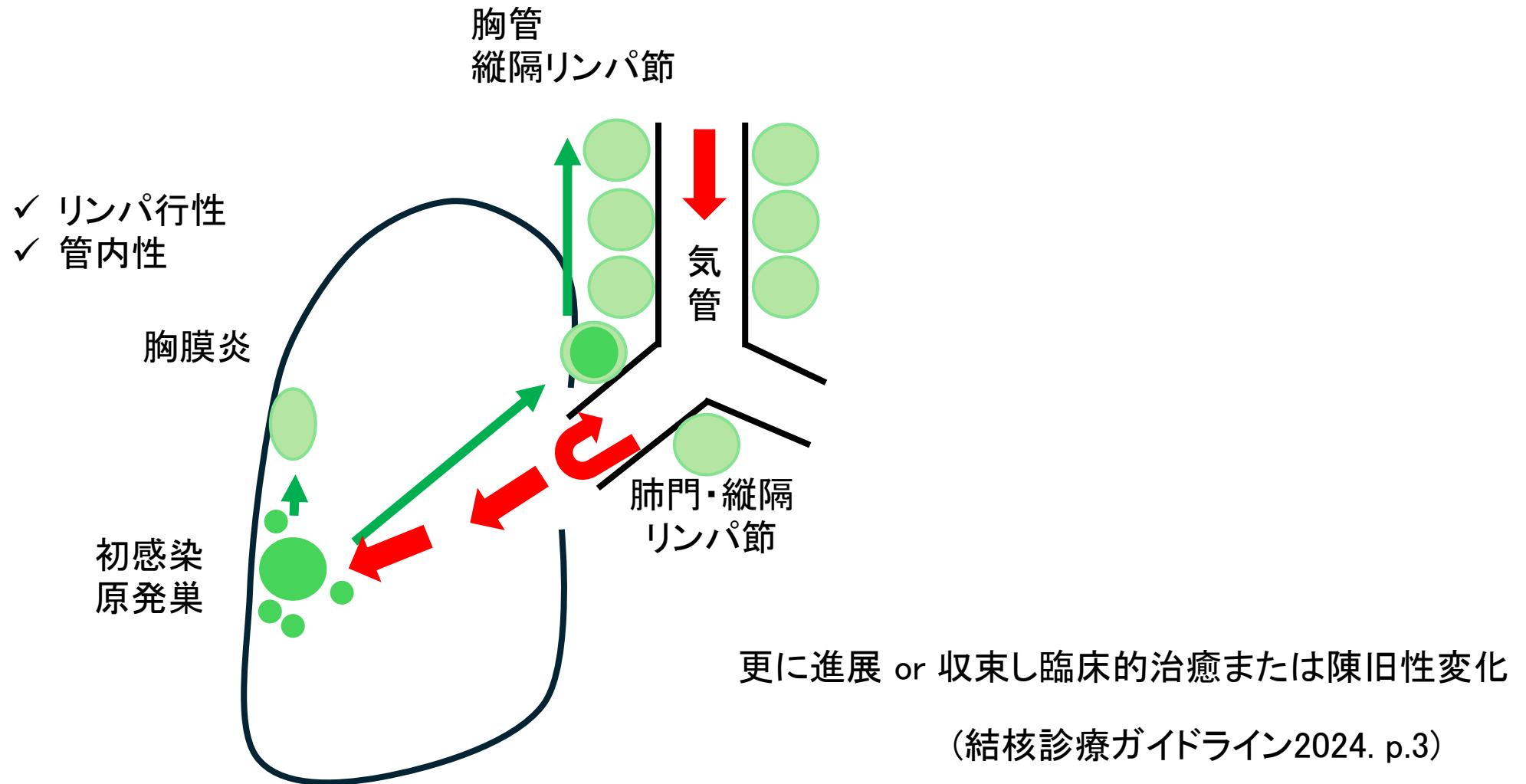


(結核診療ガイドライン2024. p.3)

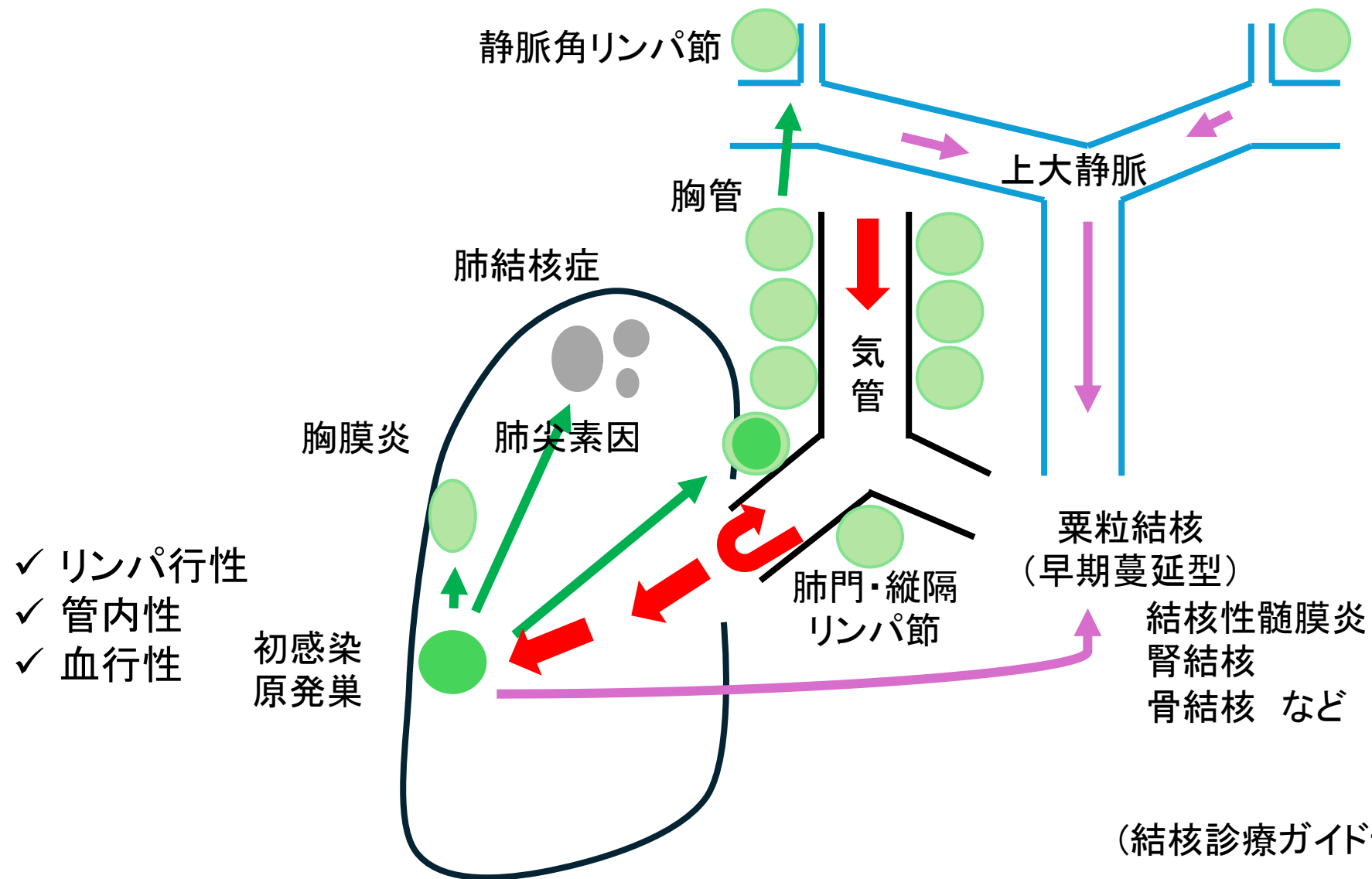
感染の成立・進展・発病



感染から発病への過程

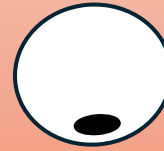


感染から発病



感染局所の反応

肺胞マクロファージ



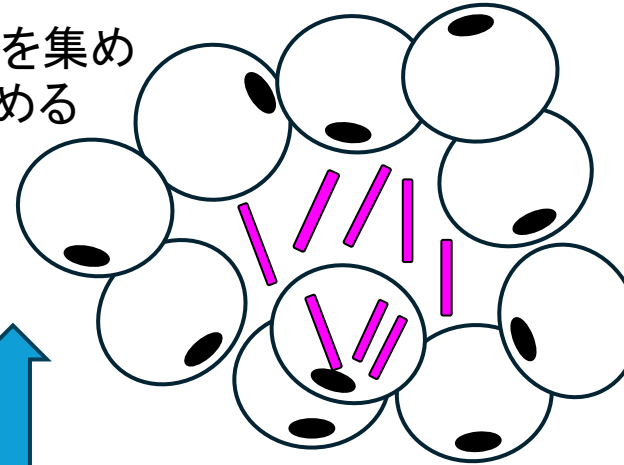
Th1細胞



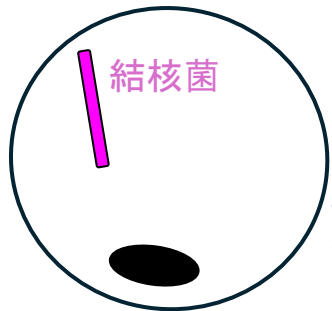
結核菌



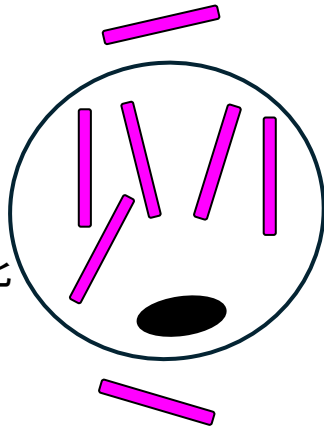
病変部にMφを集め
囲って閉じ込める



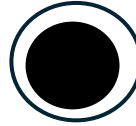
肺胞マクロファージ(Mφ)



うまく消化
できない

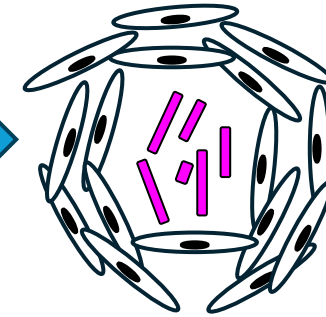
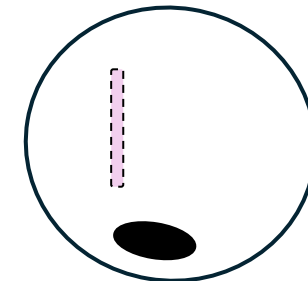
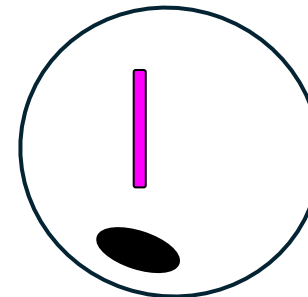


抗原提示
結核菌を認識したTh1細胞



IFN- γ

肺胞Mφの貪食能を
パワーアップ



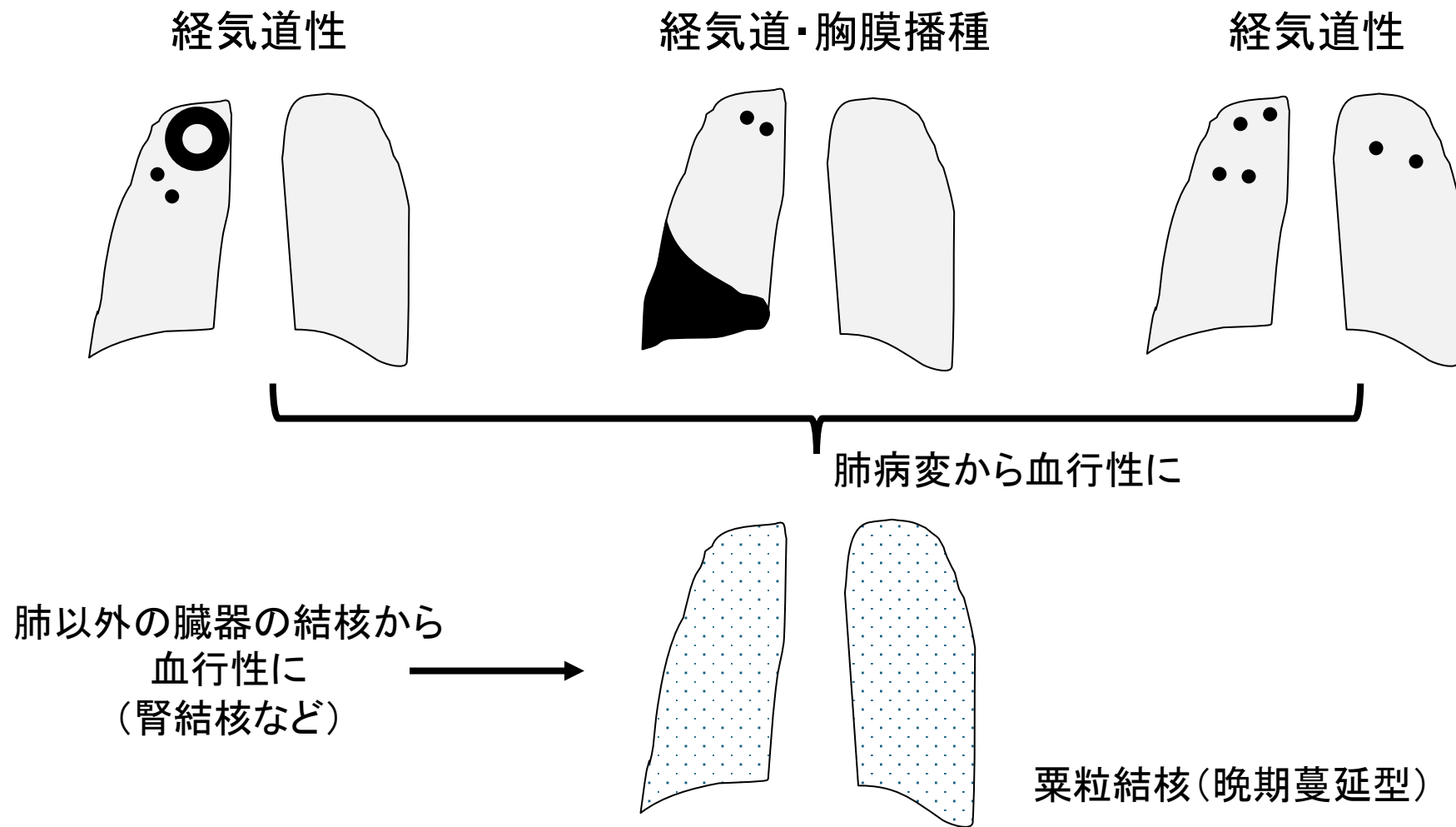
類上皮細胞肉芽腫



陳旧性病変
結核種
結節陰影
空洞を伴う結節

二次結核

最初の封じ込めは成功するも時間がたって再燃
肺尖部・S6より再燃する事が多い(肺尖素因)
結核菌に対する免疫が既に確立

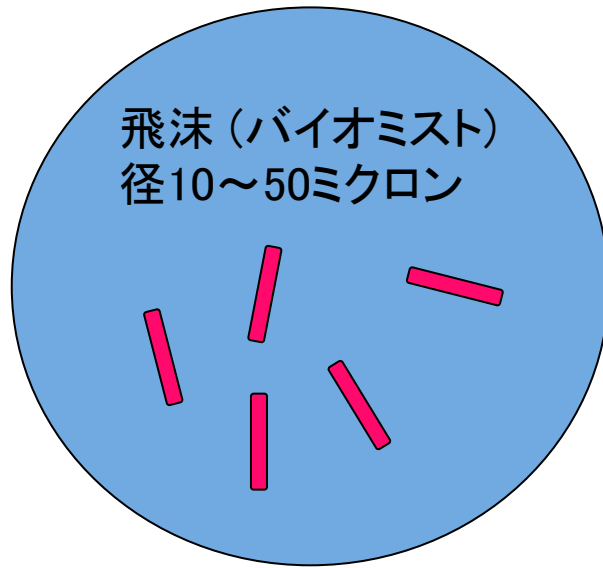


内 容

- 1) 結核菌の特徴
- 2) 感染の成立と発病
- 3) 感染予防の考え方
- 4) 事例
- 5) まとめ

飛沫・飛沫核とは

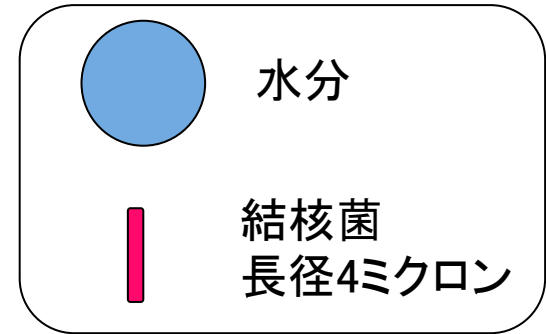
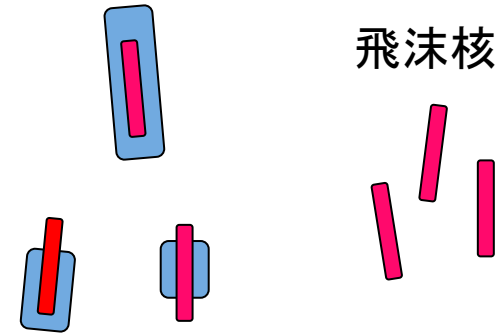
患者(うつす側)



サージカルマスク(外科用マスク)



周りの人(うつされる側)
飛沫核を吸い込む

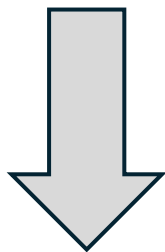


N95マスク: 0.3ミクロンの粒子を95%カット



感染のリスクが高い現場

排菌患者からの感染



喀痰抗酸菌検査を確認する姿勢

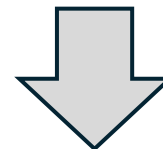
患者にサージカルマスク
医療従事者にN95マスク
患者の隔離
換気
紫外線(太陽光)



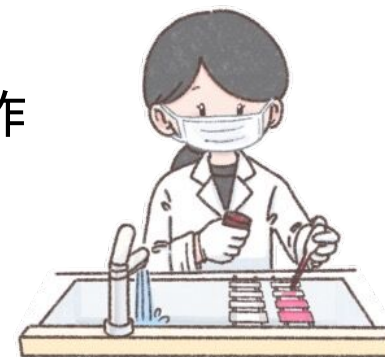
検体からの感染



キャップ操作
ピペット操作
白金耳を用いる操作
遠心操作



エアロゾルを抑える手技
N95マスク使用
安全キャビネット



感染性の考え方（症状・検査の視点から）

空気感染のみを考える



咳をしている

咳をしていない

喀痰抗酸菌塗抹(＋)

喀痰抗酸菌塗抹(－)

喀痰塗抹(＋)培養(＋)

喀痰塗抹(－)培養(＋)

喀痰塗抹(－)培養(－)

感染性の考え方（病態の視点から）

感染性あり



感染性なし

排菌のある肺結核（治療前）

喉頭結核

気管支結核

肺結核＋肺外結核

潜在性結核感染症

肺外結核のみ（胸膜炎、リンパ節炎等）

入院治療が終了し通院治療となった患者

排菌のない肺結核

有効な抗結核剤を2週間以上使用後

感染管理
「念の為」



人権侵害
スティグマ

感染リスク



狭い空間 換気が不十分
患者マスクなし、医療従事者マスクなし

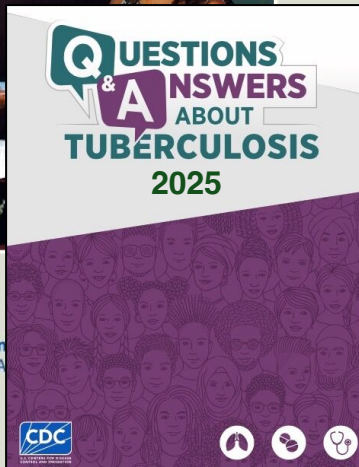


広い空間 換気できている
患者サージカルマスク 医療従事者N95マスク
日光(紫外線)

(ChatGPTによるイメージ)

TB

Get the Facts About Tuberculosis Disease



Centers for Disease Control and Prevention
National Center for HIV/AIDS
Viral Hepatitis, STD, and TB Prevention

コップ・食器では感染しない。
喫煙・タバコのまわし吸いでも
キスでも感染しない。

Learn how TB is spread

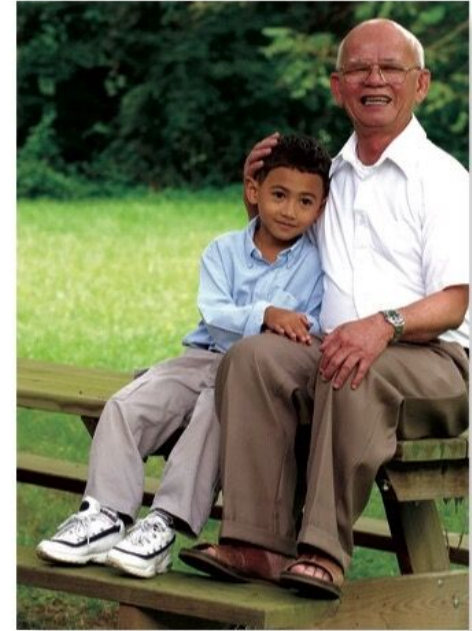
Did you know?

Babies, young children, and elderly people also have a much higher chance of getting TB disease if infected with TB germs. This is because their body defenses are not as strong.

You cannot get TB germs from:

- Sharing drinking containers or eating utensils.
- Smoking or sharing cigarettes with others.
- Saliva shared from kissing.

TB is NOT spread through shaking someone's hand, sharing food, touching bed linens or toilet seats, or sharing toothbrushes.



握手・食物・リネン・便座・歯ブラシ
では感染しない。

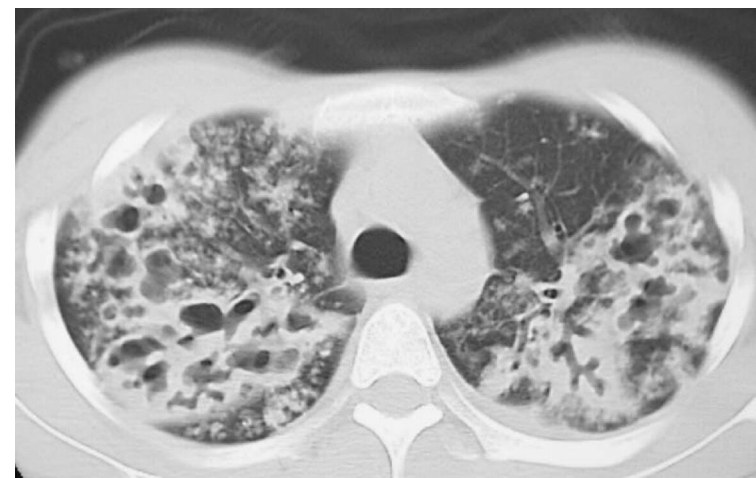


Remember, **TB is spread through the air.** People cannot get infected with TB germs through handshakes, sitting on toilet seats, or sharing dishes and utensils with someone who has TB.

内 容

- 1) 結核菌の特徴
- 2) 感染の成立と発病
- 3) 感染予防の考え方
- 4) 事例
- 5) まとめ

19歳 女性 発熱 咳嗽 全身倦怠感 体重減少

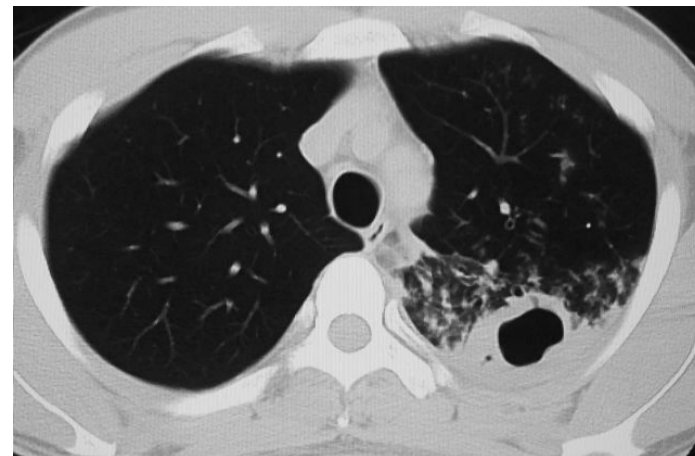


喀痰塗抹(2+) G6号 結核菌PCR(+)

診断) 肺結核 bII3

本人にマスク装着
保健所へ結核発生届
指定医療機関に入院

28歳 男性 2ヶ月前より微熱と咳嗽
タイよりQ大学に留学中

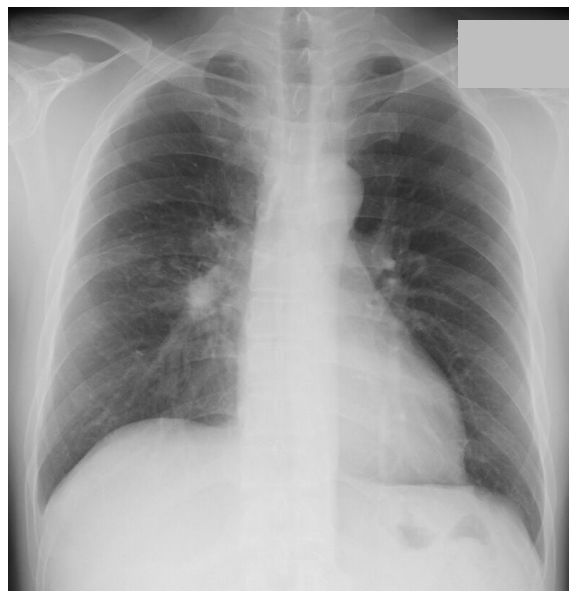


喀痰塗抹(2+) G8号 結核菌PCR(+)

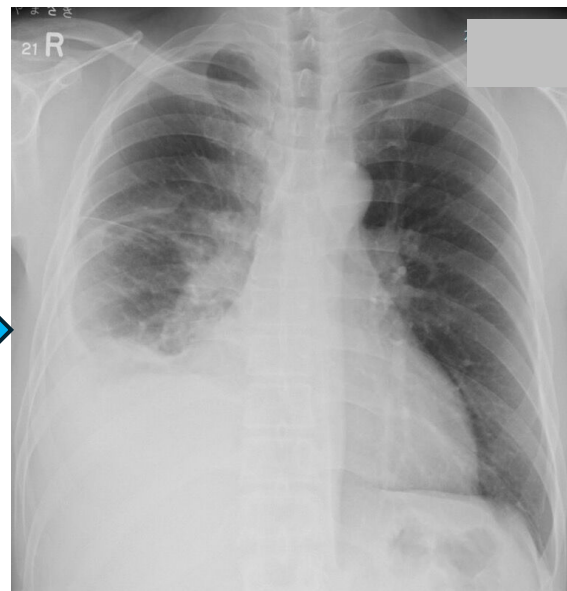
診断) 肺結核 III2

本人にマスク
保健所へ結核発生届
指定医療機関に入院

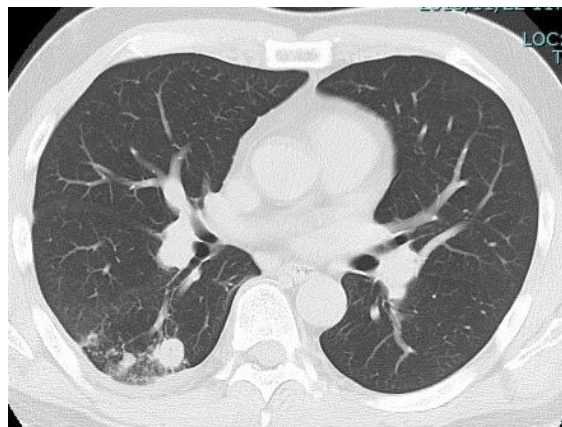
44歳 男性 発熱 14日後右胸痛



14日後



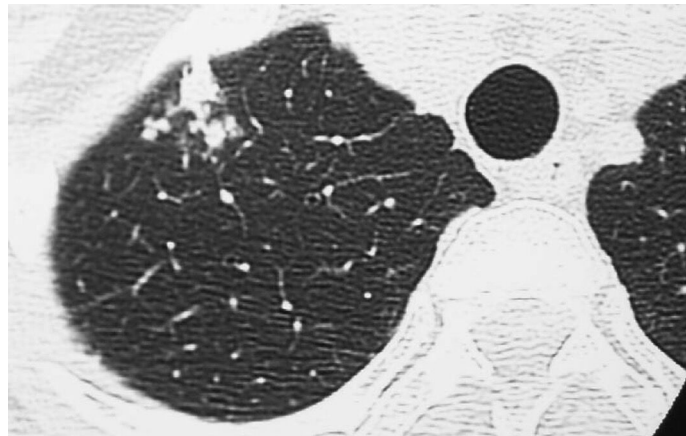
喀痰抗酸菌塗抹(-) 培養(-)
結核菌PCR (-)
胸水抗酸菌塗抹(-) 培養(-)
結核菌PCR (-)
胸水ADA 122.3U/Lと上昇
リンパ球優位.



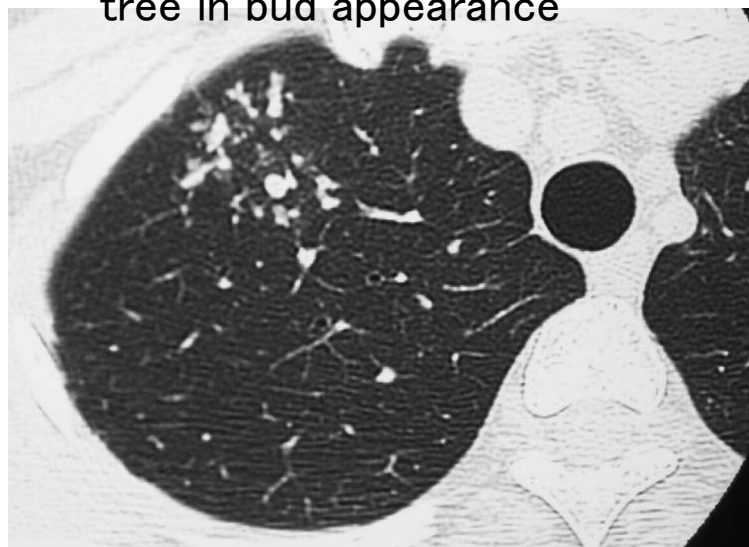
診断) 肺結核+右結核性胸膜炎 rIII1 rPI

排菌の有無がはっきりするまで、本人にマスク
保健所へ発生届(公費負担申請書・診断書)
外来で治療

40歳 女性 検診レントゲン異常 自覚症状なし 病棟クラーク



tree in bud appearance



喀痰抗酸菌塗抹(-)
気管支洗浄液結核菌PCR(+)

診断)肺結核 rIII1

排菌の有無がはっきりするまで
本人にマスク

保健所へ発生届
(公費負担申請書・診断書)

外来で治療

29歳 女性 日本語学校教師 自覚症状なし
生徒が肺結核となり接触者健診 胸部XP異常



T-SPOT(+)

誘発喀痰抗酸菌塗抹(-) 結核菌PCR(-)
診断)肺結核 IIII1

排菌の有無がはっきりするまで、本人にマスク
保健所へ発生届(公費負担申請書・診断書)
外来で治療

93歳 女性 食欲低下



喀痰抗酸菌塗抹(+) G2号
喀痰結核菌PCR(+)
喀痰抗酸菌培養(+)
質量分析:M. tuberculosis complex



診断) 粟粒結核 肺結核

本人にマスク
保健所へ結核発生届
指定医療機関に入院

HRE3剤
3ヶ月後 永眠

33歳 男性 左頸部のシコリと痛み ベトナムからの技能実習生



咳嗽や喀痰なし

CTで肺・縦隔に病変なし

QFT(+)

生検で乾酪壊死を伴う類上皮肉芽種

生検時の膿の結核菌PCR陽性

診断) 左頸部結核性リンパ節炎(瘰癧)

喀痰抗酸菌塗抹(-) 結核菌PCR(-)

排菌の有無がはっきりするまで、本人にマスク

保健所へ発生届(公費負担申請書・診断書)

外来で治療

潜在性結核感染症の事例

接触者健診でIGRA陽性となり

胸部画像所見で異常を認めない場合

※感染している結核菌の薬剤感受性が判明している場合が多い

免疫抑制剤・生物学的製剤の使用前の検査でIGRA陽性となり

胸部画像所見で異常を認めない場合

※感染している結核菌の薬剤感受性が不明

保健所へ発生届（公費負担申請書・診断書）

外来で通院治療

感染症法第12条

医師は結核の患者を診断したときは、直ちに結核患者の発生について保健所長あてに届け出が必要



別記様式2-2

結核発生届

都道府県知事（保健所設置市長・特別区長） 殿

感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律第12条第1項（同条第10項において準用する場合を含む。）の規定により、以下のとおり届け出る。

報告年月日 令和 年 月 日

医師の氏名
従事する病院・診療所の名称
上記病院・診療所の所在地(※)
電話番号(※)

(※病院・診療所に従事していない医師にあっては、その住所・電話番号を記載)					
1 診断（検査）した者（死体）の類型	・患者（確定例） ・無症状病原体保有者 ・疑似症患者 ・感染症死亡者の死体 ・感染症死亡疑いの死体				
2 当該者氏名	3 性別	4 生年月日	5 診断時の年齢(虚は月齢)	6 当該者職業	
	男・女	年 月 日	歳 (か月)		
7 当該者住所	電話 () -				
8 当該者所在地	電話 () -				
9 保護者氏名	10 保護者住所	(9、10は患者が未成年の場合のみ記入)			
		電話 () -			

病 型		1 8 感染原因・感染経路・感染地域
1) 肺結核	2) その他の結核 ()	①感染原因・感染経路 (確定・推定)
・せき ・たん ・発熱 ・胸痛		1 飛沫核・飛沫感染 (感染源の種類・状況)
11 症	・その他 ()	
状	・なし	
12	・塗抹検査による病原体の検出	
診	検体：喀痰・その他 ()	
断	・分離・同定による病原体の検出	
方	検体：喀痰・その他 ()	
法	・核酸増幅法による病原体遺伝子の検出	
	検体：喀痰・その他 ()	
	・病理検査における特異的所見の確認	
	検体：()	
	所見：()	
	・ツベルクリン反応検査	
	(発赤・硬結・水疱・壊死)	
	リンパ球の著特異蛋白刺激による放出インターフェロンγ試験	
	・画像検査における所見の確認	
	()	
	・その他の方法 ()	
	検体 ()	
	結果 ()	
	・臨床決定 ()	
1 3 初診年月日	令和 年 月 日	
1 4 診断（検査）(※) 年月日	令和 年 月 日	
1 5 感染したと推定される年月日	令和 年 月 日	
1 6 発病年月日 (※)	令和 年 月 日	
1 7 死亡年月日 (※)	令和 年 月 日	

(1、3、11、12、18欄は該当する番号等を○で囲み、4、5、13から17欄は年齢、年月日を記入すること。
(※)欄は、死亡者を検出した場合のみ記入すること。(※)欄は、患者（確定例）を診断した場合のみ記入すること。
11、12欄は、該当するものすべてを記載すること。)

様式 結17号
(1面)

結核医療公費負担申請書

福岡県知事 殿

年 月 日

ふりがな
申請者の氏名

申請者の住所

患者との関係 電話 ()

第37条
第37条の2
感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律
の規定により医療費公費負担を申請します。

フリガナ	性 別	男・女	生年 月 日	明 昭 大 平 令	年 月 日	(歳)
患者氏名						
住 所	TEL ()					
個人番号						
保険者等の種類	健康保険（本人・家族） 国民健康保険（一般・退職者本人・退職家族） 生活保護（受給中・申請中） その他 ()			高齢者の医療の確保に関する法律 の後期高齢者医療制度の受給資格 有・無 年 月 日 から		
添付X線写真の枚数	CD 枚	X線 枚	CT 枚	性 別		

申請書添付書類
1 医師の診断書(別紙様式)
2 X線写真(申請前3か月以内のもの)
3 自己負担額認定に必要な書類(第37条申請で初回時と7月1日を基準とした継続時)
(1) 患者の属する世帯会員の住民票(続柄記載)
(2) 患者・患者の配偶者・患者と生計を一にする民法877条第1項に定める扶養義務者の市町村民税所得割額の証明書
※単身世帯等で住民税が非課税の場合は、個人番号の記載により省略が可能となります。
(3) 生活保護法による保護を受けている方は福祉事務所発行の保護証明書。

記入上の注意
該当する文字については、その文字を○で囲んでください。

※1 延長の場合は、前回申請時に添付したX線写真等、参考になるものがあれば添付してください。
※2 手続についてご不明な点がございましたら、お気軽に保健所にお尋ねください。

患者番号 (記入しない)	有効期限 (記入しない)	年 月 日
-----------------	-----------------	-------

様式 結17号(2面)

診 断 書

フリガナ	性 別	男・女	生年 月 日	明 昭 大 平 令	年 月 日	(歳)
患者氏名						
診断名	1	2	3			
合併症名	1 あり(塵肺 糖尿病 低肺機能 肝障害 高血圧症 その他())	2 なし				
化 学 療 法	1 初回治療 2 再治療 3 継続	1 抗結核薬 () 剤使用 2 副腎皮質ホルモン 1 肺虚脱療法 () 2 空洞直接療法 () 3 肺切除術 ()	1 薬品名 □INH、□CRFP、□RBT、□PZA、□SM □EB、□LVFX、□KM、□TH、□EVM □PAS、□CS、□DLM、□BDQ 2 1のうち局所療法に用いるもの ()	医療開始予定年月日 年 月 日 入院年月日 年 月 日 退院(予定)年月日 年 月 日		
外科的療 法	1 肺結核 2 結核性膿胸 3 骨関節結核 骨関節結核の装具療法	1 肺虚脱療法 () 2 空洞直接療法 () 3 肺切除術 () 4 泌尿器結核 5 その他 ()				
現 症	胸部X線写真略図 撮影日 年 月 日	学会分類 r i b I II III IV V 1 2 3 H pl OP	手術予定(実施)年月日 年 月 日 その他の所見(肺結核の場合は、そのX線写真略図及び胸膜炎の場合は、胸水等の所見)			
下記(1)、(2)の標準治療ができない場合は治療内容と、その理由(「結核医療の基準」をご参照下さい) ○標準治療(1)：□2HRZS(9)+4HR5又は□2=6月(180日) ○標準治療(2)：□PZA使用不可の場合 ① □2HR5(9)+7HR=9月(270日) ② □6HR5(9)+3HR=9月(270日) 標準治療以外の治療内容 左記の理由						
結核菌検査	検体採取日	月 日	月 日	月 日	月 日	月 日
検査	結果判明日	月 日	月 日	月 日	月 日	月 日
検査	検体	号	号	号	号	号
検査	結果判明日	月 日	月 日	月 日	月 日	月 日
検査	培養	個	個	個	個	個
結核菌検査	核酸増幅法(PCR)	+	+	+	+	+
結核菌検査	検体の種類	1. 喀痰 2. 胃液 3. 気管支洗浄液 4. その他 ()				
結核菌検査	年 月 ~ 年 月	INH	RFP	SM	EB	PZA
結核菌検査	年 月 ~ 年 月	INH	RFP	SM	EB	PZA
結核菌検査	年 月 ~ 年 月	INH	RFP	SM	EB	PZA
備考	(主治医の意見等)					
年 月 日 医療機関の所在地 医療機関の名称 TEL () 医 師 の 氏 名 印 (本人による署名の場合は押印は必要ありません)						

記入上の注意
該当する文字については、その文字を○で囲んで下さい。

指定医療機関での入院治療適応

喀痰抗酸菌塗抹(+) 結核菌PCR(+)

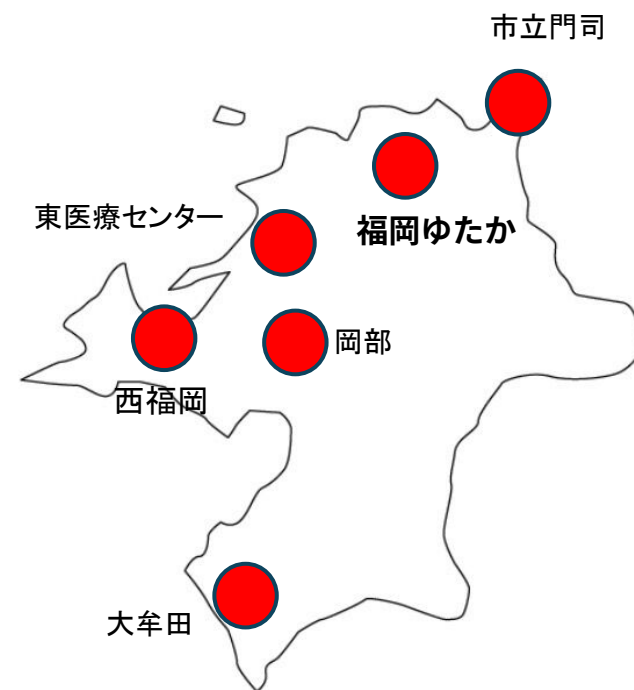
喀痰抗酸菌塗抹(-) 結核菌PCR(+) で 呼吸器症状あり and/or 画像所見

結核病床を有する指定医療機関で入院治療

喀痰抗酸菌塗抹(-) 結核菌PCR(-)

一般医療機関での治療もありうる

困った時は、保健所に相談



内 容

- 1) 結核菌の特徴
- 2) 感染の成立と発病
- 3) 感染予防の考え方
- 4) 事例
- 5) まとめ

まとめ

- $4\text{ }\mu\text{m}$ 、厚い細胞壁、発育遅い、 37°C 、酸素を好む、環境悪いと休止菌
- 結核は空気感染（飛沫核感染）する
- 物を介しての感染は原則しない
- 結核菌に感染した場合、感染者の約10%が発病する
- 感染源となるのは、喀痰より排菌している患者である
- 排菌患者は外科用マスク、医療関係者はN95マスクを装着する