

感染力について

最近の新型コロナウイルスでは、その**感染力の強さ**を良く耳にします。感染力の強さを現わす表現として**基本再生産数**、**最小発症菌数**、**倍加時間**などという言葉が利用されているかと思います。感染症の専門家ではないからこそですが、その感染力の指標について知りたいと思い、手元の資料やインターネット資料をもとに書いたのが今回のニュースになります。

1) 基本再生産数とは

『ある感染症に対して、その感染症に対する免疫を持たない集団に、その感染症を最初に持ち込んだ一人の感染者が、感染力を失うまでに、何人に感染(二次感染)させるかを数値化したもの』になります。ここで感染力を失うとは感染病原体に対して免疫を獲得したか死亡したかを現わします。

英語で表現すると **Basic reproduction number** で、 R_0 (R naught/アール・ノート)と表記されます。ここで β を感染率、 γ を回復率や隔離率とすると

$R_0 = \beta / \gamma$ で表現され、 $R_0 < 1$ ならば**感染減少**、 $R_0 > 1$ ならば**感染増加**を意味します。

計算式は意外に難しそうなので、ざっくりと表現すると『一人の感染症患者から何人に感染させるか』を現わす数字です。つまりこの数値が大きい感染症ほど感染力が強いというわけです。

資料によって多少の違いはありますが、感染症関連では下記のような具体的な数字が載っていました。

病原体	感染経路	R_0
麻疹ウイルス(はしか) ¹⁾	飛沫核感染(空気感染)	12~18
ジフテリア菌(産生毒素による)	唾液、飛沫感染	6~7
天然痘ウイルス	飛沫感染	5~7
ポリオウイルス	経口感染	5~7
風疹ウイルス(三日はしか)	飛沫感染	5~7
ムンプスウイルス(流行性耳下腺炎)	飛沫感染	4~7
COVID-19(新型コロナウイルス)²⁾	飛沫感染	1.4~6.6
エイズウイルス(HIV)	性的接触	2~5
百日咳菌(グラム陰性菌)	飛沫感染	5.5
SARS-CoV(重症急性呼吸器症候群)	飛沫感染	2~5
インフルエンザウイルス	飛沫感染	1.4~4
エボラウイルス(エボラ出血熱)	血液感染	1.5~2.5

1) 麻疹ウイルスの感染力の強さが際立っています。空気感染する影響もあるでしょう。

2) COVID-19の数値は報告により差があり本当の数値ははっきりしません。この数値では現在の世界的大流行の説明がつかみませんが、過去に同じコロナウイルスの変異種SARSやMARSでも存在した感染症をより多くの人に拡散させてしまう患者(**スーパースプレッダー**)の存在が関与しているとされています。飛沫などに含まれる**ウイルス量が通常の感染者より多い**ことが原因と考えられていますし、空気感染に近い**エアロゾル感染**の可能性が指摘されているのも関連があるかもしれません。

2) 最小発症菌数

調べたかぎりでは**食中毒**の分野でよく使われている用語のようでしたが、食中毒発症に必要な**最小の菌数**を示します。ウイルスの場合は**最小発症ウイルス数**と言い換えられます。

一般に食中毒病原体に感染して発症するのに必要な数は**10万個以上**とされていますが、一方で下表のように**大腸菌O157**は**10個**程度でも、**ノロウイルス**は**100個**程度からでも中毒を起こしうることになり感染力の強さというか**中毒発現力の強さ**が分かります。

発症必要数が10万個ですと食品を汚染した菌がその数に増殖するまでの時間が必要になります。また汚染だけで10万個を超えることは滅多にないとされ、調理ができれば直ぐに食べたり、食品を低温管理することで予防が可能になります。しかし発症必要数が100個ですとトイレに行った後で手をよく洗わずに調理しただけでも食べた人を感染させてしまいます。

この数値も報告により若干の誤差はありますが、下記に示したようになります。今回、調べた中ではコロナやインフルエンザ関連の最小発症ウイルス数はありませんでした。

食中毒病原体	発症必要数
腸管出血性大腸菌O157	10～1,000
赤痢菌	10～100万
ノロウイルス	100
カンピロバクター(グラム陰性菌)	100～1,000
チフス菌	1,000以下～10億
コレラ菌	100万
ウエルシュ菌	100万～100億

3) 倍加時間(Doubling Time)

何らかの数や量が**2倍**になるまでに**要する時間**になります。ここではウイルスや細菌などの数が倍になる時間ということになりますが、最近のコロナ感染関連のニュースを見てみると、ウイルスの数そのものではなく、**コロナ感染者数の数を倍加時間**で追っているようです。

直近のデータでは新型コロナ感染者数の推移として

500人から1,000人、そして1,000人から2,000人の倍加時間は**11日間**でしたが、2,000人から4,000人への倍加時間は**6日間**とほぼ半減と短くなっており、**感染拡大が加速**していることが示されています。ただコロナウイルス自体の体内での倍加時間は分かりませんでした。

私にとっての倍加時間はよく実験的な**培養細胞**の時に利用される言葉という印象があり、**世代時間**とも言われます。一般に**結腸**の上皮細胞は**39時間**、**小腸**の上皮細胞は**19時間**と細胞分裂の盛んな細胞の倍加時間は24時間程度のようなのですが、**細胞分裂を休止**している生体の細胞もあるので一概に倍加時間は語れません。培養条件が最適な状態であれば**大腸菌**の倍加時間は**18分**、人の癌細胞の培養細胞**HeLa細胞**の倍加時間は**25時間**、私が大学時代研究で利用していた培養細胞**マウス白血病由来L5178Y細胞**の倍加時間は**11時間**でしたが、これらは実際の人体の中では大腸菌は他の多くの腸内細菌の影響、癌細胞は種々の免疫系の妨害を受けて、**in vitro**の倍加速度よりは長くなるでしょう。

4) まとめ

感染力を示す最も**適切な指標**は今回の3つの中では**基本再生産数**と言えるかもしれませんが、**PCR検査数が極端に少ない日本**では疫学的な評価ができず外国の文献に頼らざるをえないでしょう。また感染者数推移の指標になる**倍加時間での評価**も絶対的な**PCR検査数の少なさ**と**潜伏期の長さ**も含めて結果が出るまでに時間がかかっているため、その評価の難しさが見え隠れしています。(終わり)