

新型コロナウイルス感染症への 感染制御のアプローチ

東京大学医学部附属病院 手術部 講師

齋藤 祐平 *Yuhei Saito*

1. はじめに

新型コロナウイルス感染症の流行は長期化の様相を見せている。最初の症例報告から1年が経つ2020年12月を前に第3波が到来し、感染者数の増加率がさらに上昇した。変異株の発生も報告され、終息も抑制もまだその兆しが見えない。

COVID-19 (coronavirus disease 2019) と命名されたこの感染症は、風邪の原因として確認されているコロナウイルスや、かつて新型コロナウイルス感染症と呼ばれた重症急性呼吸器症候群 (severe acute respiratory syndrome : SARS) および中東呼吸器症候群 (Middle East respiratory syndrome : MERS) の原因ウイルスとは異なるコロナウイルスによる感染症であることから、「新型コロナウイルス感染症」と呼ばれている¹⁾。SARS や MERS がそうであったように、次に新種のコロナウイルスが見つかるまでは「新型」の呼称が続くと予測される。

コロナウイルス感染症に限らず、新しく認知され、局地的にあるいは国際的に公衆衛生上の問題となる感染症は「新興感染症」として警戒される²⁾。前記のほか、鳥インフルエンザやエボラ出血熱、後天性免疫不全症候群 (HIV) などが一般的にも知られており、発生状況が監視されている。

新興感染症の中でも、認知されたばかりの感染症については、未解明な部分が圧倒的に多い。そのため、感染者の診断と治療、感染

予防について、既知の感染症への方針を準用しながら手探りで進む必要に迫られる。本稿では、新型コロナウイルスに対する感染制御のアプローチについて概説する。

2. 新型コロナウイルス感染症と行政の対応

現在流行中の COVID-19 は、2019年12月に中国武漢市にて報告された肺炎の症例に端を発すると言われている。その後2020年1月7日に新種のコロナウイルスを原因とすることが、また1月20日にはヒト-ヒト感染することが確認された。新型肺炎の発生は12月31日に WHO に報告され、1月23日には武漢市が閉鎖、さらに中国国務院が春節の延長と学校の開校延期を決め、感染拡大の抑制が図られたが、感染はその間に中国国外にも広がった。感染者が確認された国は1月中旬に25カ国に達し、日本でも1月16日に初めての症例が報告された。全世界での感染者数は2020年11月までに4,500万人を超え、死者数は120万人に迫っている。

日本国内の COVID-19 対策は、内閣に設置された新型コロナウイルス感染症対策本部が進めている³⁾。厚生労働省のみに委ねられる他の感染症対策と比較して、政府の方針が総合的かつ強力で推進される。厚生労働省も健康政策および医療と福祉を所掌する立場から感染拡大防止策に関する情報を発信し、保健所や医療施設の状況把握に努めている⁴⁾。国

立感染症研究所も、試験研究機関として新型コロナウイルス情報を発信している⁵⁾。

国を挙げての対策は外国においても同様である。例えば米国においては、感染症を含む疾病の研究と対策を担う疾病管理予防センター（Centers for Disease Control and Prevention：CDC）だけではなく、CDCを所管する保健福祉省（Department of Health and Human Services：HHS）、さらに大統領の下で執政を担うホワイトハウスがそれぞれに、あるいは連携して、COVID-19に関する情報を収集発信し、感染者への対応、感染拡大防止のための政策の立案と適用、研究の推進を図っている^{6)~8)}。日本と同様の行政組織の構造でありながら、それぞれに存在感と強い影響力が感じられるのは、各組織の職員数や予算規模、政策や方針の立案力と執行力、各組織の活動に関する報道の充実度と国民の認識度などに違いがあるためと考えられる。

3. 個人の感染防止のためのアプローチ

感染症が伝播し感染するための必要条件には、感染症を引き起こす病原体、その貯蔵庫となる生物または環境、病原体が貯蔵庫から出て次の宿主に至るまでの伝播様式、病原体が次の宿主の体内に侵入する経路、そして病原体への宿主の感受性が挙げられる⁹⁾。これら一連の要因の関連性を感染の鎖と呼ぶ（図1）。個人の感染防止のための予防策は、これら要因を考慮して構成される。

また新型コロナウイルスへの対策は、初期には既知の感染症への対応に倣って進められる。これは多くの感染症の伝播と感染に共通の機序が存在する事実に基づいている。徐々に蓄積される情報

により解明される疾患の特徴や病原体の特徴に合わせて、感染の鎖の各要因に対応する修正が随時加えられる¹⁰⁾。COVID-19への対策も、当初はSARSやMERS、インフルエンザへの対応方針が準用された。

(1) 病原体 (agent)

感染症の原因となる微生物等を病原体という。病原体は宿主の体内で増殖し、または複製された後に外へ出て、人間や動物へ何らかの様式により伝播する。免疫との攻防を経て次の宿主に定着した場合には、特有の潜伏期間の後に発症する。狭義にはこの感染症の発症を「感染」と呼ぶ（図2）。

感染症の伝播を防ぐには、他の生物への病原体の移動防止を図る必要がある。感染者からの排出、移動、別の宿主の体内への定着が予防の要点となる。

(2) 貯蔵庫 (reservoir)

感染者の身体や、細菌等が増殖する環境は、病原体を供給する貯蔵庫として働く。感染者の咳やくしゃみ、あるいは病原体がいる環境への接触の際に、病原体は周囲の環境表面や手に移り、そこからさらに別の場所へ移動す

図1 感染の鎖

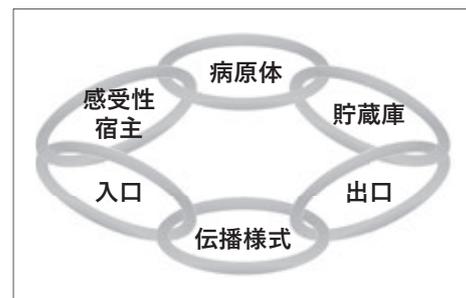
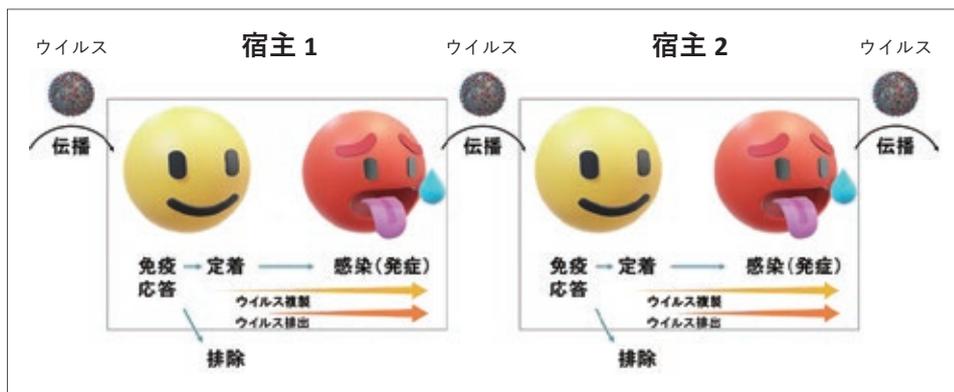


図2 伝播、定着、感染（ウイルス感染症における例）



る。一度の動作で必ず移動するわけではないが、咳嗽や手指の接触が高頻度であるときは、感染者周囲での病原体検出リスクは高い。また堆積した汚染物や水回りの環境では細菌が生息し増殖する。これらの場所から非感染者の粘膜への直接または間接的な接触の機会があると、病原体が次の宿主に移動する機会を与えることになる。

感染者から他者への病原体伝播を抑制する手段には、後述する「出口」「伝播様式」への対策のほか、状況に応じて個室隔離や接触制限などが採用される。病原体の貯蔵庫となる環境に対しては、環境表面の清拭（いわゆる拭き掃除）により、ある程度の病原体除去が可能である。界面活性剤を含む洗剤を使用すれば除去効率が向上するほか一部の病原体は不活化でき、また第4級アンモニウム塩や過酸化水素などの成分を含む洗剤を用いると消毒効果を付加できる。

(3) 出口 (portal of exit)

感染症の病原体は、宿主から排出されることで新たな宿主への伝播の機会を得る。そのため、感染者からの病原体放出を防止すると、感染症の伝播防止につながる。

病原体は主に体液や血液などの中に存在する。インフルエンザや結核などの呼吸器感染症を例にとると、病原体は咳やくしゃみの際に飛散する唾液や喀痰に含まれる。このとき感染者がマスクを着用しているとその放出量

が大幅に低減される。マスクがない場合でも、ティッシュペーパーやハンカチ、上着の袖で口を覆う「咳エチケット」を行うことで、咳やくしゃみの際の病原体放出量を抑えられる^{11)、12)}。

消化管で増殖するノロウイルスや腸管出血性大腸菌などを原因とする感染症では、感染性を持つ病原体が吐物や糞便中に存在する。これらを扱う際に手袋やエプロンなどの个人防护具 (personal protective equipment ; PPE) を利用することで、病原体の作業者の粘膜への到達を防止し、伝播を未然に防止できる。病原体隔離のための PPE にはガウンやシューカバーなどもある。

(4) 伝播様式 (mode of transmission)

感染症の伝播様式には、感染者との直接または間接的な接触に伴い病原体が移動する接触伝播、咳やくしゃみの際に発生するしぶきの中に存在する病原体が次の宿主に届く飛沫伝播、飛沫が乾燥して単独で浮遊する細菌やウイルスを吸い込むことによる空気伝播がある (表1)。また最近では、咳やくしゃみの際に放出された病原体が微量の気道分泌物を帯びた状態で浮遊するエアロゾルの存在が指摘されており、これを吸い込むことで起こるエアロゾル伝播の概念も提唱されている。

各様式を考慮した伝播対策として、接触伝播には PPE を用いた病原体隔離および多く

表 1 伝播様式

伝播様式	概要
接触伝播	感染者との接触で起こりうる病原体の伝播。直接の接触による場合と他の生物や媒介物を介した間接接触の場合がある。
飛沫伝播	感染者の咳やくしゃみの際に飛散する飛沫が未感染者の粘膜に届くことによって生じる伝播。病原体は飛沫中に存在して移動する。
空気伝播	飛沫が乾燥することで単独で浮遊するようになった細菌やウイルスを未感染者が吸い込むことにより生じる伝播。
エアロゾル伝播	咳やくしゃみの際に感染者から放出されたエアロゾルを吸い込むことで起こる伝播。病原体は微量の気道分泌物を帯びた状態で空気中に浮遊して移動する。

の人が触れる環境表面の清掃または消毒、飛沫伝播には咳エチケットの励行とマスク着用による病原体飛散の防止および PPE 着用による粘膜への病原体侵入の防止、空気伝播には新鮮外気の導入（換気）による病原体粒子濃度の低減や空調内部のフィルタを用いた空気濾過などが適用される¹³⁾。エアロゾル伝播対策に対しては、飛沫伝播対策と空気伝播対策の組合せが有効と考えられる。

(5) 入口 (portal of entry)

宿主体内への病原体の入口となりうるのは、主に粘膜や傷ついた皮膚である。感染防止のためには眼・鼻・口の粘膜への侵入防止を図る必要があり、健常な皮膚に病原体が付着した場合には、手洗いや手指消毒を行うことで感染防止が図れる。

粘膜を経由した病原体の侵入防止のために、飛沫遮断のための PPE が利用される。ゴーグルやフェイスシールドは、眼粘膜への飛沫の到達を妨げる。サージカルマスクやフェイスマスクは、飛沫が口腔粘膜に入り込むのを抑止する。また N95 を用いると、飛沫だけでなく単独浮遊する病原体粒子が、鼻や口など気道内へ侵入するのを防止できる。なお N95 はマスクではなく呼吸器具 (respirator) であり、シールチェックにより辺縁が全周性に皮膚に接し、吸気のすべてを濾過する状態を保たなければならないことに注意が必要である (表2)¹⁴⁾。

手指や環境表面などを介する間接的な病原体の伝播もある。これを防止する方法として手指衛生がある。手指衛生のうち、手洗いは物理的に病原体を除去する効果があり、また石鹼等を利用すると界面活性剤の作用による除去効率の改善や消毒効果の付加が期待できる¹⁵⁾。手指消毒は、病原体を効率的に低減できるうえに流水が利用不可能な場所でも実施可能で、また頻回でも手荒れが起きにくい。

表2 サージカルマスクと N95

	サージカルマスク	N95
分類	マスク	呼吸器具
用途	飛沫の飛散防止 (周囲の人の保護)	吸気の濾過 (着用者の保護)
捕集粒子径 (目安) と濾過効率	>5 μm、>95%	>0.3 μm、>95%
皮膚との密着性	なし	あり
フィットテスト	不要	要

(6) 感受性宿主 (susceptible host)

伝播した病原体が宿主へ定着するか否かは、宿主免疫による排除の可否に依存する。ある病原体への感受性は、対象の病原体または類縁種への感染歴と予防接種歴に左右される。

予防接種は特定の病原体への感受性を抑制する方法である。感染症が生じないよう、あるいは症状が弱くなるよう、不活化ワクチンや弱毒生ワクチンが利用される。

(7) 対策多重化による伝播阻止率の向上

病原体の伝播防止の方法に完全なものはない。手指衛生の実施時期や PPE の着用状態など、常に注意していてもどこかに綻びが生じるものである。

そのため感染対策は、複数の手段が同時に実施される。多重化することで、病原体伝播の阻止率が向上する。スイスチーズモデルからの発想の転換ともいえる (図3)。

4. 地域社会での感染拡大防止のためのアプローチ

地域社会での感染拡大防止では、個々人の感染対策に加えて、感染者やリスク集団の隔離、外出制限、接触者の特定と追跡などの手段も検討される (表3)。個人の行動と、その集合としての集団の行動様式を、どのように制限し管理するかが感染流行の行方を左右する。

図3 感染対策の多重化による伝播阻止率の向上（呼吸器感染症における例）

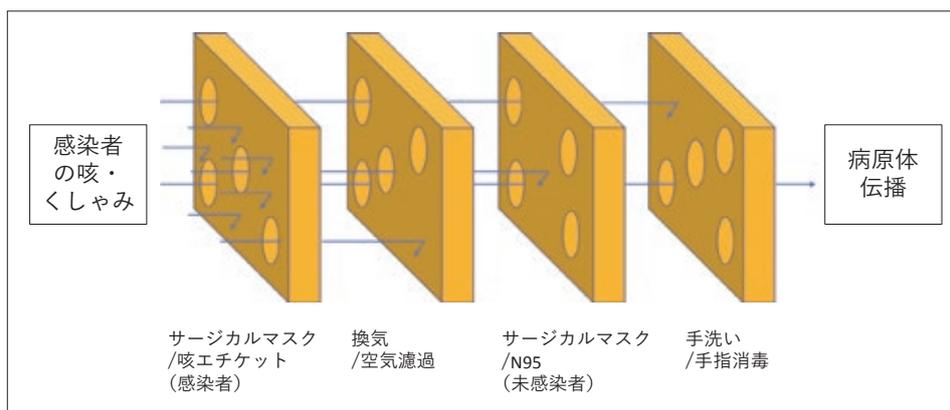


表3 種々の感染対策

対象	対策の分類	方法
個人	病原体の飛散防止	咳エチケット、マスク着用
	病原体隔離	PPEを利用した病原体への接触防止 手洗い、手指消毒
	環境中病原体の除去	清掃、環境消毒 換気、空気濾過
地域社会/集団	行動制限	感染者 / リスク集団の隔離 外出制限、接触制限
	サーベイランス (調査監視)	接触者の特定と追跡調査 感染リスク情報の共有

5. まとめ

新型感染症は、疾患の重篤性や伝播力によっては、社会に与える影響が非常に大きい。その流行は、地域社会の構成員の大多数が感染を経験するまで、あるいは治療法と予防法が確立されるまで続く。現在流行中のCOVID-19についても、ワクチンや治療薬の開発に期待がかかるが、そのときまで、伝播防止の手段を活用して、いかに感染者を少なく抑えるかが重要である。

参考文献

- (1) 国立感染症研究所：コロナウイルスとは。 <https://www.niid.go.jp/niid/ja/kansennohanashi/9303-coronavirus.html>
- (2) 国立感染症研究所：新興感染症。 <https://www.niid.go.jp/niid/ja/route/emergent.html>
- (3) 首相官邸：新型コロナウイルス感染症対策。 <https://www.kantei.go.jp/jp/headline/kansensho/coronavirus.html>
- (4) 厚生労働省：新型コロナウイルス感染症について。 https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000164708_00001.html
- (5) 国立感染症研究所：新型コロナウイルス感染症（COVID-19）関連情報ページ。 <https://www.niid.go.jp/niid/ja/diseases/ka/corona-virus/2019-ncov.html>

- (6) CDC：COVID-19。 <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/index.html>
- (7) HHS：Coronavirus（COVID-19）。 <https://www.hhs.gov/coronavirus/index.html>
- (8) The Whitehouse：COVID-19。 <https://www.coronavirus.gov/>
- (9) CDC Office of Workforce and Career Development：Principles of Epidemiology in Public Health Practice, 3rd. ed. 1-62, 2012。 <https://www.cdc.gov/csels/dsepd/ss1978/SS1978.pdf>
- (10) 館田一博，吉田正樹：新型コロナウイルス感染症（COVID-19）—水際対策から感染蔓延期に向けて—（2020年2月21日現在）。 http://www.kankyokansen.org/uploads/uploads/files/jsipc/covid19_mizugiwa_200221.pdf
- (11) 厚生労働省：咳エチケット。 <https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000187997.html>
- (12) CDC：Respiratory Hygiene/Cough Etiquette in Healthcare Settings。 <https://www.cdc.gov/flu/professionals/infectioncontrol/resphygiene.htm>
- (13) CDC：Guideline for Isolation Precautions：Preventing Transmission of Infectious Agents in Healthcare Settings（2007）。III. Precautions to Prevent Transmission of Infectious Agents。 <https://www.cdc.gov/infection-control/guidelines/isolation/precautions.html>
- (14) U.S.Food and Drug Administration：N95 Respirators, Surgical Masks, and Face Masks。 <https://www.fda.gov/medical-devices/personal-protective-equipment-infection-control/n95-respirators-surgical-masks-and-face-masks>
- (15) 経済産業省：新型コロナウイルスに有効な界面活性剤を公表します（第二弾）。2020。 <https://www.meti.go.jp/press/2020/05/20200529005/20200529005.html>

さいとうゆうへ

2001年東京大学卒業（保健学士）。その後感染制御学修士および医学博士の学位を取得。東京大学医学部附属病院看護部、同大学院医学系研究科（特任助教）、同医学部附属病院手術部（助教）を経て現職。手術室管理の実践とともに手術環境のありかたに関する研究に従事。