公益社団法人 化学工学会 http://www.scej.org/

ウイルスの種類とその感染経路

松永 早苗

1. はじめに

新型コロナウイルス感染症のような新興感染症，再興感染症は，歴史上繰り返されている[1)]。一般的に生物とは，①細胞で構成されている，②自己複製する，③代謝をおこなうと定義されている。この生物の定義からすると，細胞を持たず代謝をおこなわないウイルスは，生物ではなく物質であると学問的にみなされている。しかしながら，筆者は，ウイルスが単なる物質ではなく，地球上最小の生物だと考えている。なぜならウイルスは，生き長らえるための遺伝子情報を保有し，ウイルス自身の子孫を残すため他の生物に侵入して，その中で自己複製を繰り返す。そしてウイルスは，自己複製の途中に遺伝子情報が変化していき(変異)，新たな遺伝子情報を持つウイルスに置き換わる。2021年6月現在においても，新型コロナウイルスのパンデミックが収束せず，「変異株」が発生し続けるのは，生物の定義である②と言えるのではないか。ウイルスがこの世の中に存在する以上，私たち人類は，ウイルスと共に生きていくしかないのである。

本稿では，ウイルスの種類とその感染経路，ウイルス不活性化に効果的である代表的な消毒薬について紹介する。

2. ウイルスの種類

2.1 ウイルスの種類

ウイルスは，「核酸」と呼ばれる物質が「タンパク質」でできた殻で包まれた構造であることが，ウイルスがウイルスであるための「必要最低限の形」である[2)]。ウイルスを種類分けする場合は，「核酸」の種類で分ける分類，タンパク質の殻の周りにエンベロープと呼ばれる膜を持つウイルスとそうでないウイルスとで分ける分類，ウイルスが侵入した生物の種類で分ける分類がある。筆者が感染対策に関わる上でウイルスの分類として着目するのは，「核酸」の種類による分類とエンベロープを持つのか，そうでないのかの分類である。ここでは，「核酸」と「エンベロープ」による分類を紹介する。

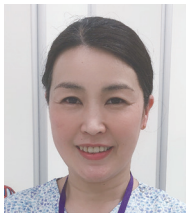
核酸を構成する代表的な物質として，遺伝子の本体であるデオキシリボ核酸「DNA」がある。DNAは遺伝子の本体である物質であり，遺伝子情報を細胞から細胞へ，子孫へ伝えていく。核酸には，リボ核酸「RNA」と呼ばれる物質もある。RNAは，DNAとよく似た働きをする。ウイルスは，DNAかRNAのどちらか一方しか持たず，大きくDNAを持つ「DNAウイルス」と，RNAを持つ「RNAウイルス」とに分類され，DNAやRNAの保有本数によりさらに細分化される。代表的なDNAウイルスは，天然痘ウイルス，単純ヘルペスウイルス，アデノウイルスなどがある。RNAウイルスは，インフルエンザウイルス，ポリオウイルス，レトロウイルスなどがある[2)]。

ウイルスは，DNAもしくはRNAをタンパク質でできた殻で包む共通した構造に加えて，殻の周囲に「エンベロープ」と呼ばれる脂質を有するウイルスと，脂質を有さない「ノンエンベロープ」とに分類できる。エンベロープは，ウイルスが生物に入り込んだ際に，生体防御機能を回避する役割を担っている。一方，エンベロープは脂質で構成されているため，熱や消毒薬により壊されてしまう特性を持つ。代表的なエンベロープウイルスは，インフルエンザウイルス，B型肝炎ウイルス，MERSコロナウイルス，SARSコロナウイルスなどがある。ノンエンベロープウイルスは，ポリオウイルス，ノロウイルス，ロタウイルスなどがある。

新型コロナウイルスは，RNAウイルスでありエンベロープを有するウイルスである。ウイルスによる感染症が発生した際には，これら分類を基に検査方法の選択，ウイルスを不活化させるために使用する消毒薬の選択をおこなう。

2.2 ウイルスの増殖のステップ

ウイルスは，私たちが生活する環境の中のどこに潜んでいるのか，目に見えないため特定できない。ウイルスは，ウイルスのみで増殖できないという特徴を持っている。つまり，ウイルスが増殖するためには，ある生物の中に入り込み，その細胞内で増殖しなければならない。ウイルスは生物の中でウイルスの子孫を残そうとしており，常に私た



Types of Viruses and Mode of Transmissions
Sanae MATSUNAGA
2021年　宮城大学大学院看護学研究科　博士（看護学）
現　在　神奈川県立保健福祉大学実践教育センター　准教授
連絡先：〒241-0815　神奈川県横浜市旭区中尾1-5-1
E-mail　palausanae@gmail.com

2021年3月31日受理

著作権法により無断での転載等は禁止されています

ち生物に近づいてくるのである。ウイルスが子孫を残そうと入り込み，感染させようとする生物のことを「宿主」と言う。

ウイルスは，宿主の細胞に「吸着」する。しっかりと細胞に吸着したら，細胞内に「侵入」する。エンベロープを持つウイルスは，細胞に吸着するための専用タンパク質をエンベロープの表面に持つ。細胞内に侵入したらDNAやRNAを細胞内に放出するため，タンパク質の膜を「脱殻」させDNAやRNAを細胞内に解き放つ。そして，細胞内でたくさんの子孫を「合成」する。合成過程で作られた核酸とタンパク質を「成熟」させ，成熟した子孫が一つの細胞がいっぱいとなり「放出」される。こうして一連の増殖が繰り返される[2)]。詳細を知りたい方は，専門書を熟読いただきたい。

3. ウイルスの感染経路

3.1 感染成立の輪

図1は，感染が成立してしまうサイクルを示している。先にも述べたように，ウイルスは，ウイルス単体では増殖することができないため宿主に入り込み細胞に「吸着」する機会を狙っている。ウイルスは環境のあらゆるところに潜んでおり，「感染経路」を使い宿主内に侵入することを試みる。特に生物の体の傷や医療デバイスなどの人工物が挿入されている箇所は，生物の体の弱い部分としてウイルスが侵入を狙いやすい。新型コロナウイルスのような新興感染症においては，生物が初めて接するウイルスであるため，ウイルスが一旦生物に侵入すると，生物の免疫機能が追い付かない状態になる。そのため，ウイルスによる感染成立の輪がつながってしまい，宿主が感染をしてしまう。

私たち生物ができることは，感染成立の輪（図1）をどこかで断ち切ることである。感染成立の輪を断ち切るための方法を，図1の箱内に示している。新型コロナウイルス感染症対策においても，3密（密接・密集・密閉）を回避し，手洗い，マスクの着用，定期的な換気を感染対策の基本としている。これらの感染対策は，感染成立の輪の感染経路を断ち切る感染予防策の一つである。

3.2 感染経路

ウイルスが生物に侵入するためには，感染経路を使用する必要がある。ウイルスの感染経路を断定することは，非常に難しい。大抵のウイルスは，複数の感染経路を辿り生物へ侵入する。感染経路は，主に空気感染，飛沫感染，接触感染（経口感染を含む）に分けられる。空気感染と飛沫感染は，世界共通ではないが，ウイルスを媒介する物質の大きさによって定義づけられている。

図2に空気感染と飛沫感染の違いを示す。空気感染は，飛沫核である直径5 μm以下の大きさの粒子である飛沫核がウイルスを媒介する。飛沫核は軽いため長時間空気中を漂うことができる。飛沫感染は，直径5 μm以上の水分を含む湿った粒子である飛沫がウイルスを媒介する。飛沫核に比べ重いため遠くまで空気中を浮遊することができない。飛沫は，空気が乾燥すると飛沫周囲の水分が蒸発してしまい，飛沫核のように直径が小さくなり空気中を長く浮遊する可能性がある。新型コロナウイルスの感染経路においてはエアロゾル感染と考えられているが，空気感染であるか飛沫感染であるかは議論がある。接触感染は，感染した人の排泄物や嘔吐物，ウイルスが潜む環境表面に触れ，汚染した手から経口や粘膜を通して感染する経路である。エアロゾルは，ミスト状の粒子のことであり，ウイルスを含むエアロゾルを吸い込むと感染を引き起こす可能性がある。世界保健機関（WHO）は，飛沫核，飛沫どちらもエアロゾルであると考えている[4)]。これらのウイルスが宿主へ侵入するための感染経路の違いによって，ウイルスの感染力が高まるデータはない。感染成立の輪を断ち切るために私たちが生活の中でできることは，感染経路に応じた感染予防策である。

3.3 感染予防策

ウイルスの感染経路を断ち切る方法を，感染予防策と言う。感染予防策には，標準予防策と感染経路別予防策がある。標準予防策は，全ての患者や医療関連施設の利用者の血液，汗を除く体液，分泌物，排泄物，健常でない皮膚（傷口など），粘膜を感染の可能性があるものとして対応する（**図3**）。

標準予防策の概要（図3）から，医療関連施設において標準予防策を常日頃から守ることは大変難しいことである。すべての医療関連施設で働く職員は，標準予防策について正しい知識を得ているのみならず，全員が正しく実施できなければ施設内における感染拡大を食い止めることができない。

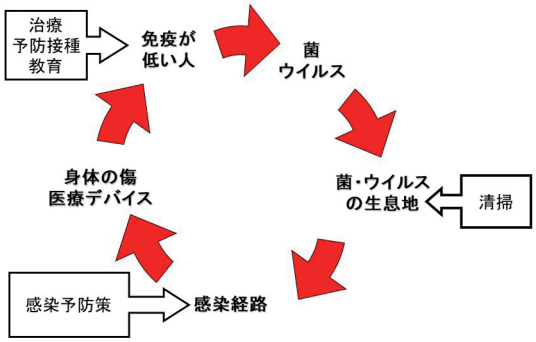


図1　感染成立の輪

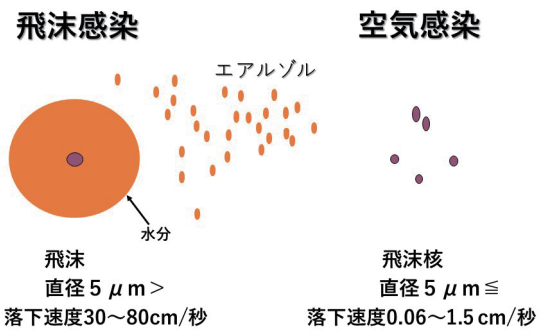


図2　飛沫感染・空気感染・エアロゾル

著作権法により無断での転載等は禁止されています

標準予防策の概要

- 手指衛生
- 個人防護具の使用
- 呼吸器衛生・咳エチケット
- 使用した器材・器具・機器の取り扱い
- 周辺環境整備およびリネンの取り扱い
- 患者や利用者の配置
- 安全な注射手技
- 腰椎穿刺時の感染予防策
- 血液媒介病原体の曝露防止

図3　標準予防策の概要

感染経路別予防対策の概要

- **空気感染予防策**
  陰圧個室への隔離・　N95マスク着用
  部屋の換気（HEPAフィルターを通す）
- **飛沫感染予防策**
  ベッド間隔を２m確保（人との距離を確保）
  １m以内に近づく時にサージカルマスク着用
  部屋の換気
- **接触感染予防策**
  手袋・ビニールガウンを着用

図4　感染経路別予防策の概要

感染経路別予防策は，空気感染，飛沫感染，接触感染の感染経路別に対応する（**図4**）。感染経路別予防策は，標準予防策に加えて実施する予防策である。新型コロナウイルスは，空気感染もしくは飛沫感染，そして接触感染の経路を辿り宿主に侵入する。図4における3つの感染経路別予防策を講じなければならない。しかしながら，高齢者施設や障害者施設などの医療関連施設においては，生活を主とする場であり，治療をおこなう医療施設に比べて換気システム等のファシリティーが揃っていない。よって，新型コロナウイルス感染症対策として，日常から一般の方でもできる感染経路を経ち切る方法として，三密（密接･密集･密閉）を呼び掛けているのである。ウイルスはどこに潜んでいるか分からないし，検査でウイルスの種類が断定されるまで感染経路別予防策は講じることができない。だからこそ医療関連施設においては，平常時から標準予防策を正しく実施することが求められる。

3.4　ウイルス不活化に効果的な方法と消毒薬

ウイルスの感染性を失わせることを，不活化と言う。標準予防策には，使用した器材などの正しい取り扱いや正しい環境整備の方法が含まれている。使用した器材や環境表面を，下記の方法や消毒薬を使用することで，ウイルスを不活化することが重要となる。

80℃10分の熱水に10分間さらすことで，ウイルスのタンパク質でできた殻が熱で破壊され不活化する。化学物質では，家庭用洗剤の主成分である界面活性剤が，ウイルスの膜を破壊するのに有用である。界面活性剤は，汚れを落とすために有用であり，使用した器材や環境表面につくウイルスも一緒に除去できる。アルコール（濃度70％以上95％以下のエタノール）は，エンベロープを持つウイルスに有用である。エンベロープは脂質で構成されており，アルコールの成分が脂質を破壊することで，ウイルスが不活化する。アルコールは，手の消毒にも使用するため日本の薬事法によりその濃度が決められており，70～80％の濃度が使用されている。一方，ノンエンベロープウイルスは，エンベロープ（脂質の膜）がなくても，生物に侵入して感染を成立させることができる。ノンエンベロープウイルスは，エンベロープウイルスより消毒薬に抵抗を示すためアルコールにより不活化されない。ノンエンベロープウイルスにも有効である消毒薬が，次亜塩素酸ナトリウムである。次亜塩素酸ナトリウムのウイルス不活化機序は，ウイルスのタンパク質の変性が関わっていると考えられている。タンパク質の酸化，塩素化による変性，それによるDNAやRNAの損傷が複合的に関わりウイルスを不活化させる[8]。

医療関連施設では，新型コロナウイルス感染症が流行する以前よりインフルエンザウイルスやノロウイルスによる施設内流行に警戒してきた。そのため，医療関連施設によっては，インフルエンザウイルスやノロウイルスが流行する冬場において，環境の高頻度接触面（人の手が良く触れる箇所）を次亜塩素酸ナトリウムにて清拭消毒している。これは，ウイルスの種類に関わらず，ウイルスを不活化させる効果が高い消毒薬を予防的に使用しているからである。しかしながら，次亜塩素酸ナトリウムは臭気も強いため使用時には十分な換気を要する。また，塩素を含むため環境表面の素材（ステンレスなど）を錆びさせる可能性があるため，使用上の留意が必要である。

4.　おわりに

私たちは，ウイルスと共に生きていくために，ウイルスの種類や感染経路を知り，生活の中でできる持続可能な感染予防策を実施していくことが求められている。本内容を参考に，私たちができるウイルスと上手く付き合うための感染予防策の一助としていただきたい。

引用・参考文献

1）Bloom, D. E. and D. Cadarette：*Front. Immunol.*, **10**, doi:10.3389/fimmu.2019.00549（2019）
2）武村政春：新しいウイルス入門，講談社（2013）
3）CDC：2007 Guideline for Isolation Precautions: Preventing Transmission of Infectious Agents in Healthcare Settings, Last update: July 2019, https://www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines/isolation-guidelines-H.pdf（閲覧日：2021年3月27日）
4）WHO Interim Guidelines：Infection prevention and control of epidemic- and pandemic-prone, https://www.who.int/csr/resources/publications/WHO_CDS_EPR_2007_6c.pdf（閲覧日：2021年3月28日）
5）nite：Final Report on Efficacy Assessment of Disinfecting Substances Alternative to Alcohol for Use Against Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2（SARS-CoV-2）https://www.nite.go.jp/data/000115863.pdf（閲覧日：2021年3月31日）
6）厚生労働省：新型コロナウイルスの消毒・除菌方法について（厚生労働省・経済産業省・消費者庁特設ページ），https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/syoudoku_00001.html（閲覧日：2021年3月31日）
7）NIID国立感染症研究所, https://www.niid.go.jp/niid/ja/multimedia/9368-2019-ncov.html（閲覧日：2021年5月16日）
8）CDC：Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities, 2008, https://www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines/disinfection-guidelines-H.pdf（閲覧日：2021年5月16日）

著作権法により無断での転載等は禁止されています