

## エアロゾル中のウイルス測定法の検討

## Measurement of virus in aerosol

0330107 黒岩暢子 大瀧雅寛

Yoko KUROIWA Masahiro OTAKI

お茶の水女子大学 環境工学研究室

## 1. はじめに

我々の生活環境には、噴水の水しぶきやトイレを利用した際の水の跳ね返りなど、エアロゾルとして水粒子が飛散する場所が多く存在する。近年そのエアロゾルの発生源となる水源に、下水の再利用水など病原微生物に汚染されている可能性のある水を利用している場合が多くみられる。その為エアロゾルを介した病原微生物の飛散と、それによる水系感染の危険性を考慮する必要がある。水系感染とは、病原微生物に汚染された飲料水や環境水によるヒトへの感染のことである。水系感染は主に飲用によって生じるが、呼吸や皮膚への接触などによっても生じる可能性がある。

以上のことから、水由来の病原微生物が液相から気相へ移動する際の挙動を把握すると共に、エアロゾル中の微生物測定方法を検討する必要があると考えた。

病原微生物の種類や生態は多様であり、気相中の挙動においても違いがあると考えられる。既存の研究では、大腸菌についての移動特性を調べており、本研究ではウイルスに着目することにした。ウイルスを含んだエアロゾルの測定方法についての検討を行うとともに、ウイルス及び細菌について気相への移動の際の挙動比較を行った。

## 2. 実験方法

## 2.1. エアロゾル発生装置と捕集方法の検討

ウイルスを含んだ溶液を用意し、溶液に空気を曝気させることにより液体が破碎分散され、小さな液滴が生じる。このようにして、模式的にウイルスを含んだエアロゾルを発生させた。ウイルスの代替微生物として大腸菌ファージQBを用いた。この高濃度溶液 ( $10^9$  PFU/mL) をリン酸緩衝液にて希釈したものをQB溶液とし、エアロゾル発生槽に用いた。ウイルス捕集槽には、リン酸緩衝液を用いた。

エアロゾルの捕集・測定方法の検討を行う際に、模式的に発生させたエアロゾル中の飛散ウイルス量がどの程度になるか把握する必要がある。その為、QB溶液濃度、曝気の際の総送気量、送風速度といった条件を変えて、エアロゾル中のファージ量について調べた。その際の実験装置をFig. 1に示した。また、同様の条件において指標微生物として大腸菌 (*E. coli* K12: NBRC3301) を用いた実験を行った。

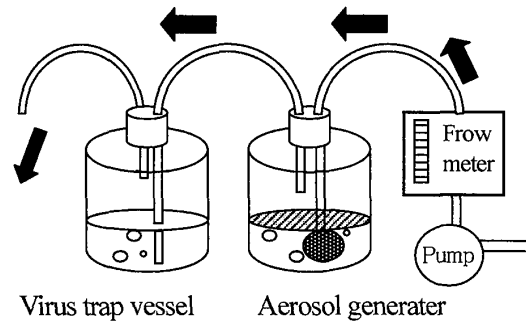


Fig.1 The experimental device of aerosol generation

## 2.2. エアロゾル捕集条件の検討

エアロゾルとは、「分散相は固体または液体の粒子からなり、分散媒は気体からなるコロイド系」と定義される。その粒径は、 $10^3 \sim 10^2 \mu\text{m}$ という範囲に及ぶ<sup>1)</sup>。大気中の粒子は、重力沈降、拡散沈着、降水への取り込みまたは洗浄などによって、地表へ移動する。重力沈降において、支配的な効果を及ぼすのは粒径である。Table. 1からも、粒径と重力沈降速度は比例していることがわかる。

Table. 1 比重1の粒子の重力沈降速度<sup>2)</sup>

粒径 ( $\mu\text{m}$ )	重力沈降速度 (cm/s)
10	$3.3 \times 10^{-1}$
1	$3.6 \times 10^{-3}$
0.1	$9.6 \times 10^{-5}$

※但し他の外的要因が無い場合

エアロゾルの分散相には金属や油滴など様々なものがあるが、本研究で対象とするエアロゾルは分散相が液体粒子、または生物粒子である。破碎分散によりエアロゾルを発生させるため、大きな液体粒子が生成されることもあるが、殆どは  $10^3 \sim 1 \mu\text{m}$ 程度の極小の液体粒子である。生物粒子は比重  $0.5 \sim 1.5$  (殆どが  $\leq 1.0$ ) で、その空気学的径はウイルス  $0.015 \sim 0.45 \mu\text{m}$ 、バクテリア  $0.3 \sim 15 \mu\text{m}$ であり、風に乗ってかなり遠方まで飛ばされ得ることがわかっている<sup>2)</sup>。したがって、エアロゾルを捕集する際において、風など他の外的要因が小さい場合、対象空気が捕集液中を通過する速度が重要な条件ではないかと考えられる。そこで、Fig. 2に示した装置を用いて、空気中に浮遊させたエアロゾルを、ウイルス捕集槽の吸引速度を変えて捕集する実験を行っ

た。風などの外的要因を避ける為、送風を止めたドラフト内の閉鎖的空間に設置して実験を行った。捕集液中の吸引空気の通過速度は2 L/min, 4 L/min と設定した。エアロゾル発生槽、ウィルス捕集槽ともに、2.1の実験と同様のものを用いた。但し、エアロゾル発生槽は上部を開放し、捕集槽は捕集管を付けた。

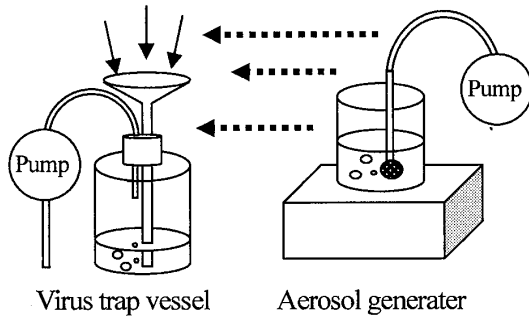


Fig.2 The devices for trapping virus in aerosol and aerosol generator

3. 実験結果

3.1. エアロゾル発生実験

Qβ溶液濃度と捕集個体数の関係を Fig. 3 に示した。発生源のファージ濃度が高いほどエアロゾル中に含まれるウィルス個体数も増加することがわかる。

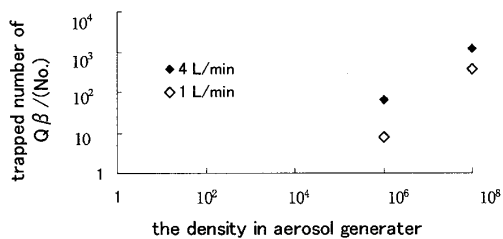


Fig. 3 the density and trapped number of Qβ in 3L air

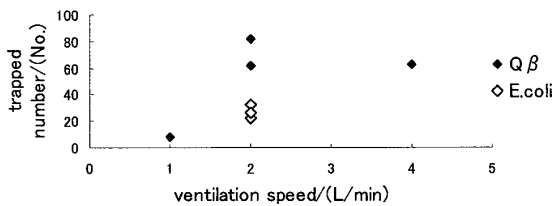


Fig.4 ventilation speed and trapped number in 3L air

Fig. 4 に合計 3 L の空気を捕集槽に通過した際の送風速度と捕集個体数の関係を示した。2 L/min と 4 L/min では、送風速度に関らず、個体数は近い値をとることが確認できた。1 L/min の送風では曝気時の気泡発生が極めて少なく、エアロゾルの発生量が少なくなった為、捕集個体数が少なかったと考えられる。Fig. 3 においても、1 L/min の個体数が 4 L/min の個体数より少なくなっている。

以上のことから、模式的にエアロゾルを発生させる際、送風速度は 2 L/min 以上に設定すると、ファージ溶液濃度

に応じた一定のエアロゾル発生が行えることがわかった。

また、大腸菌はエアロゾル発生槽中の濃度や送風条件をファージと同じに設定しても、ファージよりエアロゾルとして発散する個体数が少ないことが確認された。

3.2. エアロゾル中のウィルス捕集及び測定法の検討

捕集個体数を測定した結果を、Table. 2 に示す。

Table. 2 捕集個体数結果

吸引速度	捕集個体数
2 L/min	241
4 L/min	2

吸引速度によって、捕集個体数に差が生じた。1 L/min, 3 L/min などの速度条件においても調べてみる必要があるが、この差が生じた原因として、以下のことが挙げられる。

エアロゾル吸引時の捕集槽内は負圧となっており、特に吸引速度が高いときは、エアロゾルの発生しやすい状態にある為、再び気相中への移行が起こったと考えられる。また Fig. 2 の装置の捕集管径は、Fig. 1 の管径より大きく、エアロゾル吸引時に大きな気泡を伴っていた。この為、捕集液に捕集されずに気相中へ移行した可能性も考えられる。

以上のことから捕集槽へ空気を吸引する際に、適切な吸引速度と捕集管径の設定が必要であることが示唆された。

4. 結論

エアロゾルを模式的に発生させる際、曝気時の気泡発生率がエアロゾルの発生量に大きな影響を与えることがわかり、送風速度は 2 L/min 以上に設定すると、ファージ溶液濃度に応じた一定のエアロゾル発生が行えることがわかった。また、大腸菌はエアロゾル発生槽中の濃度や送風条件をファージと同じに設定しても、ファージよりエアロゾルとして発散する個体数が少ないことが確認された。

また、空気中に浮遊したエアロゾルを捕集する際、捕集液の破碎分散や気泡の大きさを考慮し、捕集槽へ吸引する際の、適切な速度設定が必要であることがわかった。

5. 参考文献

- 1) 高橋幹二 「エアロゾル学の基礎」 日本エアロゾル学会編 森北出版 (2003)
- 2) 高橋幹二 「応用エアロゾル学」 養賢堂 (1984)
- 3) 金子光美 「水環境工学」 技報堂出版 (1996)
- 4) 矢野一好 「エアロゾルと共に飛散させたウィルスの「セルロース吸着・凝集法」による捕集実験」 東京衛研年報 49 (1998)
- 5) 細川里美 「液相および固相より気相へ移動した浮遊微生物の測定」 平成 17 年度卒業論文