

平成 19 年度

ノロウイルスの不活化条件に関する調査

報告書

国立医薬品食品衛生研究所

食品衛生管理部

山本 茂貴

野田 衛

I 背景

近年、ノロウイルスによる食中毒・感染症が増加し、注目されている。過去数年間の食中毒統計をみるとノロウイルスによる食中毒は、事例数ではカンピロバクターに次いで第二位、患者数では第一位を占めていたが、2006年末の未曾有の大流行により、2006年は患者数、事例数とも第一位となり、事例数で全食中毒事例の半数近く、患者数では3/4近くを占めた。このノロウイルスの大流行を受け、薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会食中毒部会において、平成19年10月12日に「ノロウイルス食中毒対策について(提言)」が取りまとめられるなど、ノロウイルス対策は食中毒、感染症の両面から厚生労働行政上重要な課題のひとつとなっている。

ノロウイルスによる食中毒・感染症の未然予防および発生後の拡大防止のためには、汚染環境等に存在するノロウイルスを加熱あるいは消毒・殺菌剤等により不活化(死滅)させることが極めて重要である。厚生労働省はノロウイルスを不活化させる方法として、85℃・1分以上の加熱および次亜塩素酸ナトリウムによる処理が有効であるとして、その適用を推奨している。しかしながら、すべての汚染物に加熱あるいは次亜塩素酸ナトリウムによる消毒が適用できるわけではなく、特に、次亜塩素酸ナトリウムは、金属に対する腐食作用、皮膚等に対する刺激作用、衣類に対する漂白作用等があるため、その使用が制限される場合が多く、次亜塩素酸ナトリウムに替わる有効な消毒剤の開発が強く求められている。また、次亜塩素酸ナトリウムの消毒効果は有機物の存在に影響を受けるとされているが、有機物存在下での次亜塩素酸ナトリウムの消毒効果に関するデータは少なく、他の消毒剤等についても同様にデータが不足している。また、近年、ノロウイルスに有効とされる消毒剤等が開発、販売されているが、それらについての有効性評価も必要である。さらに、ノロウイルスに有効な消毒剤に関するデータについての整理も必要とされている。

II 目的

以上の背景を踏まえて、ノロウイルスの不活化に関し実験的に各種消毒剤等の有効性を検証すること、およびこれまで得られている科学的データを取りまとめ、ノロウイルスの不活化条件等について情報を整理することを目的として、本調査を行った。

具体的には、下記の事項について実施した。

1. ①有機物存在下での各種消毒剤等の有効性、②市販消毒剤等の有効性評価を主な目的とした各種消毒剤等のノロウイルスの代替ウイルスであるネコカリシウイルスに対する不活化効果試験
2. ノロウイルス等の不活化等に関する文献情報の収集および取りまとめ

III 各種消毒剤等のネコカリシウイルスに対する不活化効果試験

1. 方法

(1) 供試ウイルス

ネコカリシウイルス (FCV) F9 株を CRFK 細胞に接種し、37°C、1 時間吸着、PBS(-) で 3 回洗浄後、血清不含イーグル MEM 培地で、37°C、CO₂ フラン器内で静置培養した。全ての細胞に細胞変性効果 (CPE) が生じた時点 (培養後約 2 日目) で、培養液および細胞を回収し、凍結融解を 3 回繰り返した後、3,000rpm、30 分、遠心分離した上清を試験用ウイルス原液とした。試験用ウイルス原液は少量に小分けし、使用時まで-80°C で保存した。

試験時に、試験用ウイルス原液を、PBS(-)、0.2% 牛血清アルブミン (Sigma A7979-50ML) 加 PBS(-)、あるいは 20% 牛血清アルブミン加 PBS(-) を等量加え、有機物を含まないウイルス液 (FCV-PBS(-))、有機物 (牛血清アルブミン) を 0.1% (FCV-0.1% Alb) あるいは 10% (FCV-10% Alb) 含むウイルス液の 3 種類のウイルス液を調製し、それぞれ不活化試験に供した。なお、供試ウイルス液は不活化試験時に等量の消毒剤等と混合されるため、不活化試験時に FCV-0.1% Alb は 0.05%、FCV-10% Alb は 5% の牛血清アルブミンを含むことになる。

(2) 供試消毒剤等

不活化試験に供した消毒剤等およびそれらの調整方法の概要を表 1 に示した。

(3) 不活化試験

3 種類のウイルス液各 25 μ l と各消毒剤等 25 μ l を混和し、室温で 3 分間静置した。その後、0.1N チオ硫酸ナトリウム 5 μ l を加え混合した後、速やかに反応液 20 μ l を血清不含イーグル MEM 培地 900 μ l で希釈混和した。なお、エタノール、1-プロパノールにおいて (表 1) は、ウイルス液 25 μ l に対し、99.5% エタノールは 58.3 μ l、99.5% 1-プロパノールは 37.5 μ l を加え、試験時の濃度がそれぞれ 70%、60% になる系についても実施した。不活化試験は消毒剤等ごとに 3 回繰り返した。

(4) 不活化試験後の生存ウイルスの定量

血清不含イーグル MEM 培地で希釈した反応液を、さらに血清不含 MEM 培地で 10 倍階段希釈し、各希釈液 25 μ l を 96 穴マイクロプレートに培養した CRFK 細胞に接種し (各希釈液につき 4 穴を使用)、2% 牛胎児血清加イーグル MEM 培地で 37°C、CO₂ 加フラン器内で培養した。接種後 7 日~8 日目に CPE の有無を観察し、50% 以上の細胞に CPE が認められた場合、CPE 陽性 (不活化されていない) とした。生存ウイルス量は不活化試験に供したウイルス液 25 μ l 中の生存ウイルス量 (TCID₅₀) で示した。定量試験の結果、生存ウイルスがまったく確認できない場合、70% エタノール (試験時濃度) の場合は 51TCID₅₀/25 μ l、60% 1-プロパノールの試験の場合は 39TCID₅₀/25 μ l、その他の場合は 32TCID₅₀/25 μ l 以下の生存ウイルス量となる。

2. 結果 (図 1)

(1) 不活化試験に使用したウイルス量と牛血清アルブミンの感染価に及ぼす影響

被検消毒剤等の代わりに PBS(-)を用いて同様に処理を行い、不活化試験に供したウイルス量(対照)を定量した。3回の平均値はFCV-PBS(-)が $10^{5.75}$ TCID₅₀/25 μ l、FCV-0.1% Albは $10^{5.84}$ TCID₅₀/25 μ l、FCV-10%Albが $10^{5.59}$ TCID₅₀/25 μ lであり、牛血清アルブミンの存在はウイルスの感染価に影響しなかった。なお、本不活化試験において不活化後生存ウイルスが確認できない場合、ウイルス量は $4\sim 5\log_{10}$ ($10^4\sim 10^5$)程度減少したことを示す。

(2) 次亜塩素酸ナトリウム

10,000ppm(試験時の濃度は5,000ppm)、2,000ppm(同1,000ppm)、400ppm(同200ppm)、200ppm(同100ppm)の次亜塩素酸ナトリウムの不活化効果を調べた。すべての試験でウイルスが完全に不活化されたのは10,000ppmの場合だけであった。2,000ppmではPBS(-)、0.05%牛血清アルブミン存在下で完全に不活化されたが、5%牛血清アルブミン存在下では $1\log_{10}$ の減少にとどまった。400ppmではPBS(-)、0.05%牛血清アルブミン存在下ではほぼ不活化されたが、5%牛血清アルブミン存在下ではほとんど不活化されなかった。200ppmでは、PBS(-)、0.05%牛血清アルブミン存在下で生存ウイルスが確認される場合が認められた。

(3) エタノール、1-プロパノール

エタノール、1-プロパノールは特級試薬(99.5%)を用い、エタノールは70%、1-プロパノールは60%の消毒効果が高いと報告(1)されていることから60%溶液を調整し、試験に供した。また、不活化試験時に試験液は2倍に希釈されることから、エタノール、1-プロパノールの各原液を反応液中の最終濃度がそれぞれ70%、60%になるように加えた場合についても行った。エタノールについては市販消毒用エタノール液(エタノール76.9~81.4%含有)についても実施した。

70%エタノール(試験時の濃度35%)はPBS(-)、0.05%牛血清アルブミン存在下で $1\sim 2\log_{10}$ の減少、5%牛血清アルブミン存在下ではほとんど不活化されなかった。試験時に70%になるようにエタノールを加えた場合、PBS(-)、0.05%牛血清アルブミン存在下で $2\sim 4\log_{10}$ 、5%牛血清アルブミン存在下で $2\log_{10}$ 減少した。1-プロパノールは60%1-プロパノールを用いた場合(試験時の濃度30%)も試験時の濃度が60%の場合も、PBS(-)、0.05%牛血清アルブミン存在下ではほぼ完全に不活化され、5%牛血清アルブミン存在下で $1\sim 2\log_{10}$ 減少した。市販エタノール消毒剤(試験時濃度:38.5~40.7%)では、PBS(-)、0.05%牛血清アルブミンでは $3\sim 5\log_{10}$ 減少したが、5%牛血清アルブミン存在下ではほとんど不活化されなかった。

(4) 市販消毒剤等

塩素系消毒剤および漂白剤、エタノール製剤、ヨード系殺菌消毒剤等9種類の市販消毒剤等について調べた。なお、塩素系消毒剤と漂白剤の2種類およびヨード系殺菌消毒剤を除き、各消毒剤等は使用時の濃度で販売されているため(2倍濃い濃度の液を得ることができない)、本試験ではすべての市販消毒剤等は使用に指示されている1/2濃度

で試験されている。

塩素系の消毒剤（市販品 A）と漂白剤（市販品 B）は、調理器具の消毒や漂白・除菌用に指示された濃度に希釈したものを試験液とした。いずれも、PBS(-)、0.05%牛血清アルブミン存在下で一部生存ウイルスがみられたもののほぼ不活化されたが、5%牛血清アルブミン存在下では不活化効果はあまりみられなかった。

瞬間消臭除菌用の安定化次亜塩素酸塩（市販品 C）では、PBS(-)、0.05%牛血清アルブミン存在下で $2\sim 4\log_{10}$ 程度減少したが、5%牛血清アルブミン存在下ではほとんど不活化されなかった。

施設・調理器具等の清浄用のエタノール、陽イオン系界面活性剤（市販品 D）は PBS(-)、0.05%牛血清アルブミン存在下で $1\sim 4\log_{10}$ 減少したが、5%牛血清アルブミン存在下ではあまり不活化されなかった。

食品添加物であり調理器具・機械、食品の衛生管理に使用するエタノール製剤（市販品 E）では PBS(-)、0.05%牛血清アルブミン存在下で、ウイルスは完全に不活化されたが、5%牛血清アルブミン存在下ではほとんど不活化されなかった。

手指・皮膚等に使用するポピドンヨード系殺菌消毒剤（市販品 F）は細胞毒性が観察されたため、効果判定が困難であったが、PBS(-)、0.05%あるいは5%牛血清アルブミン存在の3種類の条件で、すべて少なくとも $2\sim 3\log_{10}$ 程度減少した（図示せず）。

その他3種類の消毒剤等（市販品 G、H、I）は PBS(-)、0.05%あるいは5%牛血清アルブミン存在下の3種類の条件でいずれも、不活化効果はほとんど認められなかった。

3. 考察

嘔吐物、糞便等の有機物が多量に存在する場合のノロウイルスの不活化を想定し、5%牛血清アルブミン存在下での各種消毒剤等の有効性を調べた結果、完全にウイルスを不活化できたのは10,000ppmの次亜塩素酸ナトリウム（試験時濃度：5,000ppm）のみであった。2,000ppm次亜塩素酸ナトリウム（試験時濃度：1,000ppm）でも $1\log_{10}$ 程度の減少であったことから、嘔吐物、糞便等中のノロウイルスの不活化を目的とする場合、少なくとも5,000ppmの濃度が必要と考えられた。また、ポピドンヨード系殺菌消毒剤も正確な判定は困難であったが、牛血清アルブミンの存在に関わらず同程度ウイルスを不活化し、その有効性も報告(2,3)されていることから、有機物存在下での使用に適する可能性があり、今後試験法を替えて検討する必要がある。

次亜塩素酸ナトリウムを含め多くの消毒剤等は5%牛血清アルブミン存在下で不活化効果が減少したことから、消毒剤等の不活化効果は有機物の存在に影響を受けることが示唆される。このことから、ノロウイルスを有効に不活化するためには、洗浄等により有機物を減少させた状態で、消毒剤等を使用する必要がある。また、洗浄自体にはウイルス粒子数を減少させる効果もあり、仮に不活化効果が99.99%($4\log_{10}$)の場合、ウイルス粒子量が 10^4 個ではほぼ100%死滅するが、 10^9 個では 10^5 個のウイルスは生存する

ことになる。これらのことから、消毒・殺菌を行う前に、可能な限り洗浄等により有機物を減らすとともにウイルス粒子を物理的に除去することが極めて重要と言える。

70%エタノールと60%1-プロパノールでは、60%1-プロパノールの不活化作用が強く、既報(1)と同様の結果であった。1-プロパノールは試験時の濃度が30%の場合でも、PBS(-)、0.05%牛血清アルブミン存在下でほぼ完全にウイルスを不活化し、5%牛血清アルブミン存在下でも1,000ppm次亜塩素酸ナトリウム以上の不活化効果を示した。市販消毒用エタノールもかなりの不活化作用が認められ、次亜塩素酸ナトリウムの使用が困難な施設や器具、手指等を対象としたノロウイルスの不活化に、1-プロパノール、エタノールもある程度使用可能と思われた。

9種類の市販消毒剤等について調べた結果、いくつかの消毒剤等は200ppm次亜塩素酸ナトリウムとほぼ同等の不活化効果を示した。それらの消毒剤は有機物の存在が少ない条件下で、ネコカリシウイルスを4~5log₁₀程度減少させることができ、有機物の少ない環境でのノロウイルスの不活化に次亜塩素酸ナトリウムの代替え消毒剤として利用できると考えられた。一方、いくつかの消毒剤等はネコカリシウイルスに対する不活化効果がほとんど認められなかった。今回の実験では実際の使用濃度の1/2濃度で試験を行っているため、不活化効果がないとは判定できないが、少なくともその効果はあまり高くないものと思われる。

IV ノロウイルス等の不活化等に関する文献情報の収集および取りまとめ

1. 調査方法

インターネット等を通じて、ノロウイルスおよび関連ウイルス等に関する不活化、生存性等に関する論文を収集し、その情報を整理した。

2. 調査結果

(1) ノロウイルスの不活化条件等に研究の歴史と現状

ウイルスに対する熱や消毒薬に対する抵抗性や環境における生存性などを調べるためには、生きた(感染性のある)ウイルスを定量的に測定する必要がある。感染性を持つウイルスを定量する方法は、本来の宿主である動物あるいはそのウイルスに感受性のある実験動物を用いる方法、培養細胞を用いる方法があるが、一般に簡便で定量性の高い培養細胞を用いる方法が利用される。しかし、ヒトノロウイルスはこれまで培養細胞での培養が成功していないため、培養細胞による方法は実施することができない。そのため、これまでノロウイルスの不活化等に関する研究は、①ボランティアによるヒトの糞便由来ノロウイルスの感染実験、②ノロウイルスに近縁な代替えウイルスによる培養細胞での実験によりノロウイルスの結果を推定する方法より行われてきた。

ボランティアによる感染実験は、糞便由来のヒトノロウイルスを含むジュースを直接ボランティアに飲ませ、嘔吐、下痢等の胃腸炎症状の発症の有無を調べるもので主に米

国で行われてきた(4)。ノロウイルスの不活化条件等を直接的に知ることができるが、実験が手間である、定量性に欠けるなどの問題点がある。また近年個体によりノロウイルスに対する感受性に違いが認められることが明らかになっており、その発見以前の研究の実験結果には疑問が残る可能性がある。

一方、分類学的に近縁なウイルスは互いに類似した熱抵抗性や消毒薬に対する感受性を示すことが多いことから、培養できないノロウイルスに替わり、種々のウイルスによる不活化実験の結果からノロウイルスの抵抗性が類推され、またノロウイルスの抵抗性を知る目的で種々のウイルスが不活化実験等に利用されてきた。初期においては、同じヒトの腸管系ウイルスであり、エンベロープを持たない1本鎖RNAウイルスであるポリオウイルス、コクサキウイルスおよびエコーウイルスなどのエンテロウイルスが用いられていたが、1990年代後半になると、ノロウイルスと同じカリシウイルス科に属し細胞培養での培養が成功したネコカリシウイルスが主に利用されるようになった。現在のノロウイルスに対する加熱や消毒剤等に対する抵抗性は、主にこのネコカリシウイルスのデータに基づいており、US EPAのAntimicrobials Divisionの抗ウイルス効果試験法として、ノロウイルスの不活化試験としてネコカリシウイルスを用いるプロトコルが記載されている(5)。また、ノロウイルスと同様に二枚貝を介しての感染が示唆されているA型肝炎ウイルスに関するデータも利用される場合がある。

2004年、マウスノロウイルスが、ヒトノロウイルスと同じノロウイルス属に属するウイルスとして初めて培養細胞での分離・増殖が報告された(6)ことから、マウスノロウイルスを用いた不活化実験等が行われはじめた。また、ヒトノロウイルスはヒト以外ではチンパンジーしか感受性が報告されていなかったが、2006年にブタにおけるヒトノロウイルスの感染が報告(7)されたことから、今後ヒトノロウイルスのブタに対する感染性を指標とした実験も行われるものと思われる。

また、ヒト結腸癌由来株化細胞であるCaCo2細胞の3次元立体培養法によりヒトノロウイルスの増殖が確認されたとする報告(8)がなされたが、その後の研究報告はなく、他のグループの追試報告もみられない。しかし、本報告では、CaCo2細胞の3次元培養法はノロウイルスの感染性試験に有用と述べられており、今後の動向が注目される。

(2) ノロウイルスおよびその代替えウイルス等の不活化条件

① 加熱(表2)

- ネコカリシウイルスでは、56°C・60分、70°C・5分、煮沸・1分で、それぞれ検出限界(7.5log₁₀)以下となっている(2)。ネコカリシウイルスを用いた別の実験では、60°C・5分以上、65°C・3分以上の加熱で、70°C以上では設定温度到達時点で検出限界(4log₁₀)以下となったと報告されている(<http://www.metro.tokyo.jp/INET/OSHIRASE/2007/11/DATA/20hb1401.pdf>)。
- ネコカリシウイルスおよびイヌカリシウイルスは、20°C・1週間、37°C・24時間、

56°C・8分、71.3°C・1分で $3\log_{10}$ 減少し、4°Cでは2週間の観察で $1\log_{10}$ 以下しか減少しない(17)。

- マウスノロウイルスとネコカリシウイルスについて、 $1\log_{10}$ 低下に必要な時間を比較したデータでは、それぞれ56°Cで3.5分、6.7分、63°Cで25秒、25秒、72°Cで9.9秒、7秒と報告されており(10)、マウスノロウイルスはネコカリシウイルスと比較して、特に低温過熱(56°C)に対し抵抗性が強い傾向が示唆されている。
- 食品(スキムミルク等)に添加したA型肝炎ウイルスによる実験では、85°C・30秒以内で検出限界($5\log_{10}$)以下に、80°C・74.4秒(1.24分)で $5\log_{10}$ 減少すると報告されている(9)。
- ノロウイルスの構造タンパク質を発現して作製した疑似ノロウイルス粒子(VLP)の抗体に対する結合性をELISA法で調べた実験で、72°C前後の加熱で少なくとも 10^3 程度抗原性が減少すること報告されている(11)。
- 一方、煮沸水中の二枚貝(カキ)の中心温度変化をみた実験では、室温に戻したカキでは1分間で78°C、1分30秒で88°C(12)に達すると報告されている。また、湯温104°Cで中心温度が80°Cを超えるために必要な時間を冷蔵カキ、冷凍カキで調べた報告では、冷蔵カキは2分、冷凍カキは3~4分と報告されている(13)。

② 紫外線、 γ 線(表3)

- リン酸緩衝液中のネコカリシウイルス、A型肝炎ウイルス、ポリオウイルス1型、大腸菌ファージMS2および大腸菌ファージ ϕ X174を用いた紫外線による不活化実験では、 $1\log_{10}$ 減少に必要な紫外線照射量は、それぞれ47.85、36.50、24.10、23.04、15.48(単位:mWs/cm²)で、ネコカリシウイルスは最も不活化されにくいと報告されている(14)。他の報告では、ネコカリシウイルス、イヌカリシウイルス、大腸菌ファージMS2の比較実験では $3\log_{10}$ 減少に必要な紫外線照射量は、それぞれ120、200、650(単位:J/m²)で、大腸菌ファージMS2、イヌカリシウイルス、ネコカリシウイルスの順に紫外線に耐性であり、ウイルスが含まれる溶液中の蛋白質の濃度には特に影響を受けなかったと述べられている(15)。また、滅菌済み下水二次流出水に添加したネコカリシウイルス、ポリオウイルス、大腸菌ファージMS2および大腸菌の $4\log_{10}$ 減少に必要な紫外線照射量は、それぞれ19.04、27.51、62.50、5.32(単位:mWs/cm²)で、ネコカリシウイルスが大腸菌に次いで、紫外線照射に感受性であったとする報告もある(16)。これらの結果の違いの原因は現時点では不明である。
- γ 線照射に関しては、ネコカリシウイルス、イヌカリシウイルス、大腸菌ファージMS2の比較実験で $3\log_{10}$ 減少に必要な γ 線照射量は、低濃度の蛋白質存在下で、それぞれ500、300、100(単位:Gy)でネコカリシウイルスおよびイヌカリシウイル

スは大腸菌ファージ MS2 より耐性であること、および高濃度蛋白質存在下ではいずれの微生物もほとんどγ線では不活化されないことが報告されている (15)。

③ pH(表 4)

- pH 安定性試験(感作時間 30 分)で、イヌカリシウイルスは pH5 以下および pH10 以上で、ネコカリシウイルスは pH2 以下および pH10 以上で検出限界($5\log_{10}$)以下に、ネコカリシウイルスは pH9、イヌカリシウイルスは pH6 で $4\log_{10}$ 程度感染価が低下し、ネコカリシウイルスはイヌカリシウイルスと比較して、アルカリ側で不安定、酸性側で安定している傾向が報告されている(イヌカリシウイルスおよびネコカリシウイルスの両方が検出限界($5\log_{10}$)以下になる条件は pH2 以下および pH10 以上) (17)。
- マウスノロウイルスとネコカリシウイルスを用いた実験(37°C、30 分間の感作)で、ネコカリシウイルスは pH2 以下および pH10 で $4\log_{10}$ 以上、pH3 で $3\log_{10}$ 以上、pH4 および pH7~pH9 で $2\log_{10}$ 程度不活化されるのに対し、マウスノロウイルスは pH2~pH9 で $1\log_{10}$ 以下、pH10 で $1.8\log_{10}$ 程度しか低下せず、マウスノロウイルスは pH2~pH10 の範囲で不活化されにくいと報告されている (10)。

④ 消毒剤

(a) 次亜塩素酸ナトリウム(表 5)

- ネコカリシウイルスを用いた実験では、5,000ppm 以上の次亜塩素酸ナトリウムで 1 分間の作用で検出限界($5\log_{10}$)以下に不活化されている (2)。100ppm から 1,000ppm の濃度では供試した製品あるいは報告により違いがみられ、1,000ppm・1 分間の作用で $2.5\log_{10}$ 程度しか不活化しないと報告から、200ppm・30 秒間の作用で $5\log_{10}$ 以上不活化されるとする報告もある (2, 3, 18)。
- ネコカリシウイルスおよびイヌカリシウイルスを用いた実験では、両ウイルスとも 10 分間の作用で 3,000ppm 以上では検出限界($5\log_{10}$)以下に不活化され、30ppm 以下では $1\log_{10}$ 以下の減少であったが、300ppm ではネコカリシウイルスは 10 分から 30 分の作用で $2\log_{10}$ 以下の減少に止まったのに対し、イヌカリシウイルスでは 10 分で $3\log_{10}$ 以上、30 分で $4\log_{10}$ 以上減少し、両ウイルスの次亜塩素酸ナトリウムに対する抵抗性に違いが認められている (17)。
- 下水処理時における塩素消毒を想定した不活化実験では、滅菌処理済下水一次流出水中におけるネコカリシウイルスは 30mg/L(ppm)・5 分間の作用で、 $4\log_{10}$ 以上感染価が低下したと報告されている (16)。ポリオウイルスは同じ濃度の次亜塩素酸ナトリウムを 30 分作用しても $2.85\log_{10}$ の低下にとどまっていることから、ネコカリシウイルスはポリオウイルスと比較して次亜塩素酸ナトリウムで不活化されやすいとしている。

- 飲料水中の次亜塩素酸ナトリウムによる不活化効果をノロウイルスのボランティア投与で調べた報告では、他のウイルス(ポリオウイルス、ロタウイルス)が 3.75~6.25mg/L・30 分の作用で検出限界($1\log_{10}$ ~ $4\log_{10}$)以下に不活化されるのに対し、ノロウイルスでは 10mg/L・30 分間の作用でも 8 名中 1 名が発症(抗体価上昇は 0 名)したことから、同条件で完全には不活化されず、ノロウイルスはポリオウイルス、ロタウイルスと比較して塩素に耐性であるとしている(4)。
 - A 型肝炎ウイルスを用いた低濃度の次亜塩素酸ナトリウムによる実験では、10mg/L・30 分の作用で、検出限界(約 $5\log_{10}$)以下に不活化されている(19)。
- (b) アルコール類(表 6)
- アルコール類のうち消毒・殺菌に最も一般的に利用されているエタノールでは、50%・3 分、70%・3 分、80%・5 分、75%・5 分の作用でネコカリシウイルスが $4\log_{10}$ 以上に不活化されている(1, 18)。一方、10%~100%の濃度、1、3、10 分間の作用で効果を比較し、すべての条件で $2.3\log_{10}$ (99.49%) 以下の減少しかなかったとする報告もみられる(20)。
 - ネコカリシウイルスおよびイヌカリシウイルスを用いて 70%エタノールの効果を経時的に調べた実験では、8 分で $2\log_{10}$ 以下、30 分で $3\log_{10}$ 、60 分で $5\log_{10}$ 以上の減少がみられ、エタノールの効果には時間が必要であることが報告されている。
 - 1 プロパノールは、50%・30 秒、70%・30 秒、80%・3 分で $4\log_{10}$ 以上の減少がみられる(1)。
 - 2 プロパノールは、50%・3 分、70%・5 分の作用で、 $4\log_{10}$ 以上の減少がみられる報告がある(1)一方、エタノールと同様に 10%~100%の濃度で、1、3、10 分間の作用で効果を比較し、すべての条件で $2.8\log_{10}$ (99.84%) 以下の減少しかなかったとする報告もある(20)。
 - エタノール、1 プロパノールおよび 2 プロパノールの最も効果的な濃度は、それぞれ 67%、60%、58%とされている(1)。ネコカリシウイルスに対する有効性は試験管内では 1 プロパノール>エタノール>2 プロパノールの順だが、指先に付着させたネコカリシウイルスに対する有効性は 70%エタノール>70%1 プロパノール>70%2 プロパノールの順と報告されている(1)。70%エタノールと 70%1 プロパノールの効果を指先に付着させたネコカリシウイルスを用いて比較した別の報告でも同様の結果が得られている(21)。
 - アルコール製剤では、有効性が認められるものとあまり認められないものが報告されている(18, 21)。
 - エタノールにアルカリ性のトリエタノールアミン、ジエタノールアミン、モノエタノールアミンを加えるとネコカリシウイルスの対する効果が増強することが報告されている(18)。

(C) その他の消毒剤等(表7)

- 重曹(炭酸水素ナトリウム)では、10%(pH8.3)の濃度で10分の作用により、ネコカリシウイルスは検出限界($4\log_{10}$)以下となったと報告されている(22)。また1%重層に1.3%グルタルアルデヒドまたは活性化ジアルデヒドを併用することにより、 $4\log_{10}$ 程度の不活化効果が観察されている(22)。
- 第四級アンモニウム塩はネコカリシウイルスに対し不活化効果はみられなかったと報告されている(2)。四級アンモニウム製剤のFormulation R-82は256倍希釈液で、ネコカリシウイルスに対し10分間の作用で $6\log_{10}$ 程度減少し、1,000ppmの次亜塩素酸ナトリウムと匹敵する不活化効果があったと報告されている(23)
- 過酢酸では、0.05~0.1%濃度で30秒の作用により、ネコカリシウイルスは $4\log_{10}$ 以上の減少がみられたと報告されている(18)。
- 二酸化塩素はネコカリシウイルスに対して不活化効果がみられ、 $15^{\circ}\text{C}\cdot\text{pH}8$ がその作用効果が高く、 $4\log_{10}$ の減少に必要な濃度は $0.18\text{mg/L}\times\text{分}$ 以下(15秒の作用で $4.15\log_{10}$ 以上の減少)であり、ネコカリシウイルスはアデノウイルス40型より二酸化塩素に対し耐性であると報告されている(24)。
- ヨード剤はネコカリシウイルスに対し不活化作用がみられ、0.8%濃度・1分間の作用で検出限界($5\log_{10}$)以下(2)に、10%ポピオンヨードで30秒以内に $3\log_{10}$ 以上減少したと報告されている(3)。
- グルタルアルデヒドはネコカリシウイルスに対し不活化作用を持ち、0.5%濃度・1分間の作用で検出限界($5\log_{10}$)以下となり(2)、3%グルタラルで30秒以内に $3\log_{10}$ 以上の減少を示したと報告されている(3)。
- オキシドール(通常3%の過酸化水素を含む)はネコカリシウイルスに対し効果がなかったとする報告(3)がある一方、1.5%過酸化水素水の20~40分の作用で4~ $5\log_{10}$ 程度感染価が減少したとする報告(25)もみられる。
- 炭酸ナトリウム(0.5%濃度、60秒作用)および過炭酸ナトリウム(1%濃度、40秒作用)で $4\log_{10}$ 以上のネコカリシウイルスの感染価の減少が認められているが、それぞれ他のネコカリシウイルス株と比較して耐性を示す株も認められている(25)。
- ネコカリシウイルス対し2~ $3\log_{10}$ 程度の感染価の減少が報告されている消毒剤等としては、強酸性電解水、クレゾール石鹼液、塩化ベンザルコニウム、中性洗剤などがある(3, 18, 26)。
- アルカリ性洗剤(pH11.7以上)や洗浄機洗剤(pH11.43)など、アルカリ性の洗剤にもネコカリシウイルスに対し不活化効果が観察されている(18)。

⑤ 静水圧処理(Hydrostatic Pressure Treatment)(表8)

静水圧処理は、液体中で 200～600MPa 程度の圧力を加えることにより殺菌する方法であり、種々の細菌やウイルスに対してその有用性が報告されている。本法の大きな特徴は、蛋白変性が起こりにくいことであり、食品中の微生物の殺菌や輸血用血液中のウイルスの不活化などへの応用が期待されている (27)。もう一つの特徴として、静水圧処理に対する抵抗性は分類学的な近縁性と必ずしも一致しないことが挙げられる (27)。このことは一般にウイルスは分類学的に近縁な場合、加熱や消毒剤等に対し類似した抵抗性を示す場合が多いことと対照的であり、静水圧処理に関しては代替えウイルスでの結果は必ずしもヒトのノロウイルスに当てはまらない可能性があることを念頭においておく必要がある。

- ネコカリシウイルスによる実験では、200MPa・4分(0℃以下、50℃)または 250Mpa・2分(0℃以下、50℃)の条件で $4\log_{10}$ 以上 (28)、275MPa・5分間(約 21℃)で $7\log_{10}$ 以上 (29) の感染価の低下が認められている。また、マウスノロウイルスによる実験では、350Mpa・5分(5℃)で $5.56\log_{10}$ の感染価の低下が認められ、またカキ中のマウスノロウイルスにおいても 400MPa・5分・5℃の条件で $4.05\log_{10}$ の減少が認められている (30)。
- A 型肝炎ウイルスでは、450Mpa・5分(約 21℃)で $7\log_{10}$ 以上での感染価の低下が認められ (29)、カキ中の A 型肝炎ウイルスでは、400MPa・1分(20℃以下)で $3\log_{10}$ 以上の感染価の低下が認められている (31)。A 型肝炎ウイルスの不活化を培地の替わりに海水中で静水圧処理を行うと不活化されにくくなることから、海水中の塩分がウイルスの保護作用を示すことが推察されている (29)。
- 以上のネコカリシウイルス、マウスノロウイルス、A 型肝炎ウイルスの結果は、他のポリオウイルスやコクサッキー A9 型ウイルスなどと比較して、静水圧処理に対する抵抗性は弱い傾向にある (29)。

⑥ マイクロバブル(表 9)

「マイクロバブル」とは、水中で発生する気泡のうち発生時の直径が 10 マイクロメートル～数十マイクロメートル以下の微細な気泡をいい、有害物質の分解除去技術や殺菌技術のひとつとして注目されている。

- ノロウイルスとネコカリシウイルスをそれぞれオゾンナノバブル水(電解質イオンを含む水中でオゾンのマイクロバブルに強制的に圧破して作成したもので、オゾンと同等以上の酸化力を長期間維持可能な状態にしたもの)と混合した後、マイクロバブル処理あるいはバブリングによるオゾンの追加供給を行うと、感染性ウイルスは検出されず(ネコカリシウイルス)、RT-PCR 法による遺伝子検出も陰性化する (32)。
- 人工的にネコカリシウイルスをカキに取りこませた後、オゾンナノバブル水中に入れ 6 時間処理すると、殻付きカキ、むき身カキともネコカリシウイルスの感染価は約 $2\log_{10}$ 低下し、カキ自体は生きたままで、白色化(体内の外来性有機物の分解除

去によると推定)した(32)。

3. 考察

加熱あるいは消毒剤等によるウイルスの不活化は様々な条件に影響を受ける。特に、実験に用いたウイルスの感染性粒子数(感染価)は重要な影響要因であり、感染価が高ければより厳しい不活化条件を必要とする。患者糞便中には $10^9\sim 10^{10}/g$ 程度のウイルス粒子が含まれており、汚染物等の不活化条件はその量のウイルスを用いて感染価の減少を観察する必要がある。しかし、その程度の感染価の減少を観察することは通常困難であり、一般的には $10^3\sim 10^5$ ($3\log_{10}\sim 5\log_{10}$)程度の減少しか測定することができない。また、ウイルスが不活化試験に供された状態(培養液中なのか食品中あるいは皮膚に付着した状態なのか、ウイルス以外に有機物は存在しているのか、またその量はどれくらいなのかなど)も実験結果に影響を及ぼす。これらのことから、実験データの比較や解釈あるいは実際に汚染物の殺菌・消毒への適用を考える場合、作用時間、消毒剤等の濃度等に加え、試験に供されたウイルスの量や状態などを把握しておくことが極めて重要となる。

現在厚生労働省は、加熱によるノロウイルスの不活化に関して $85^\circ\text{C}\cdot 1$ 分以上の加熱条件が必要であるとしている。A型肝炎ウイルスが $85^\circ\text{C}\cdot 30$ 秒で検出限界($5\log_{10}$)以下となっていることから、 85°C の温度における条件としては、感染価や安全性を考慮すればほぼ妥当な設定と思われる。一方、 85°C 以下の温度でより長時間の加熱あるいは 85°C 以上の温度でより短時間の加熱が望ましい食品や汚染対象物もあることから、各温度帯に必要な加熱条件をそれぞれ設定することも今後検討する必要がある。

pH に関してはネコカリシウイルス、イヌカリシウイルス、マウスノロウイルスで、その感受性が異なり、特にマウスノロウイルスはpH2~pH9でほとんど感染価は低下せず、pH10・30分の感作でも $2\log_{10}$ 程度しか減少しないことから、幅広いpH領域で安定であることが示唆されている。これまで、ネコカリシウイルス、イヌカリシウイルスの実験結果から強酸性あるいは強アルカリの条件で不活化されることから、特にアルカリ性洗剤等の有用性が述べられるケースもみられるが、ヒトのノロウイルスに関して有用であるとは現段階において言及することはできない。

現在、ノロウイルスに対し有効であると厚生労働省が広報している消毒剤は次亜塩素酸ナトリウムのみである。その有効性および経済性などから、次亜塩素酸ナトリウムが優れた殺菌剤であることに間違いはないが、重曹、過酢酸、二酸化塩素、過炭酸ナトリウムなど、有用性が認められる消毒剤等も散見される。特に、過炭酸ナトリウムは、比較的安価で人体や環境への影響も少ないことから、次亜塩素酸ナトリウムに替わる殺菌剤として有望である可能性がある。ヨード系の消毒剤は手指の消毒や嘔吐後の口腔内残存ウイルスの消毒への利用が可能と思われる。また、上述のようにアルコール(特に、1-プロパノール)も低濃度($100\sim 200\text{ppm}$ 程度)の次亜塩素酸ナトリウムに匹敵する効果

が認められることから、汚染の少ない施設環境等の清掃・消毒を目的として使用できるものと考えられる。

静水圧処理に対してマウスノロウイルス、ネコカリシウイルスおよびA型肝炎ウイルスは比較的抵抗性が弱く、二枚貝に含まれるノロウイルス等の不活化の手段として有望と考えられ、今後の研究の進展が期待される。マイクロバブルについても同様である。

V まとめ

研究の進展により加熱による不活化条件や各種消毒剤の有効性など、ノロウイルスの不活化に関するデータが蓄積されつつある。その一方で、ヒトのノロウイルスが培養できないことから、ヒトのノロウイルスを用いての直接的な実験できないという大きな問題は依然残されたままである。代替えウイルス等を用いての不活化条件に関する評価とともに、ノロウイルスの培養に関する研究の推進が必要である。

VI 参考文献

- 1 Gehrke, C et al: Inactivation of feline calicivirus , a surrogate of norovirus (formerly Norwalk-like viruses), by different types of alcohol in vitro and in vivo, J Hosp Infect (2004)46:49-55
- 2 Doultree, JC et al: Inactivation of feline calicivirus, a norwalk virus surrogate, J Hosp Infect (1999)41:51-57
- 3 山崎謙治 他: 各種殺菌・消毒剤によるノロウイルス不活化効果、第26回日本食品微生物学会講演要旨集 (2005)
- 4 Keswick, BH et al: Inactivation of norwalk virus in drinking water by chlorine Appl Environ Microbiol, (1985)50:261-264
- 5 Antimicrobials Division US EPA, Initial virucidal effectiveness test, using feline calicivirus as surrogate for norovirus, http://epa.gov/oppad001/pdf_files/initial_virucidal_test.pdf
- 6 Wobus, CE et al: Replication of norovirus in cell culture reveals a tropism for dendritic cells and macrophages, Plos Biol (2004)2:2076-2084
- 7 Cheetham, S et al, Pathogenesis of a genogroup II human norovirus in gnotobiotic pigs, J Virol(2006)80:10372-10381
- 8 Straub, TM et al: In vitro cell culture infectivity assay for human noroviruses, Emerg Infect Dis (2007)13:396-403
- 9 Bidawid, S et al: Heat inactivation of hepatitis A virus in dairy foods, J food Protect (2000)63:522-528
- 10 Jennifer, L et al: Surrogates for the study of norovirus stability and

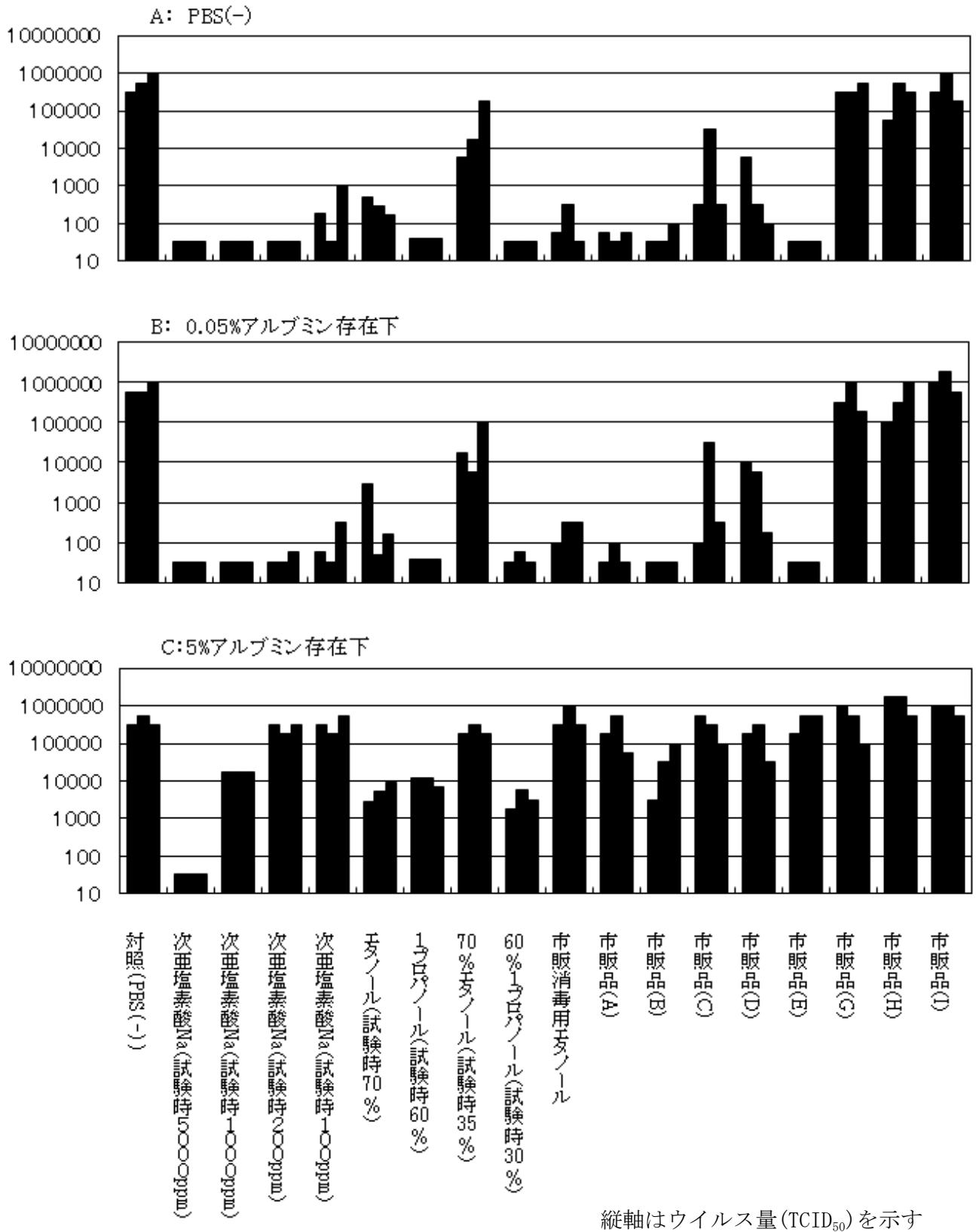
- inactivation in the environment: A comparison of murine norovirus and feline calicivirus, *J Food Protect* (2006)11:2761-2765
- 11 貞升健志他：模擬嘔吐物による飛散距離の推定と加熱処理に関する評価，*食品衛生研究*(2007)57：41-47
 - 12 Slomka, MJ and H Appleton: Feline calicivirus as a model system for heat inactivation studies of small round structured viruses in shellfish, *Epidemiol Infect* (1998)121:401-407
 - 13 小山田正 他：「カキ」調理上の SRSV 予防対策について-加熱条件の検討-、第 15 回生活衛生関係業績発表会演題集(平成 13 年度) (2002)
 - 14 Nuanalsuwan, S et al: Ultraviolet inactivation of feline calicivirus, human enteric viruses and coliphage s, *Photochemist Photobiol*, (2002)76:406-410
 - 15 De Roda Husman, AM et al: Calicivirus inactivation by nonionizing (253.7-nanometer-wavelength [UV]) and ionizing (gamma) radiation, *Appl Environ Microbiol*. (2004)70:5089-5093
 - 16 Tree, JA et al: Disinfection of feline calicivirus (a surrogate for Norovirus) in wastewaters, *J Appl Microbiol* (2005)98:155-162
 - 17 Duizer, E et al: Inactivation of caliciviruses. *Appl Environ Microbiol*. (2004)70:4538-4543.
 - 18 丸山 勉 他：ノロウイルス対策現場 幸書房 (2006)
 - 19 Li, JW et al: Mechanisms of inactivation of hepatitis A virus by chlorine, *Appl Environ Microbiol* (2002)68:4951-4955
 - 20 Malik, S et al: Comparative efficacy of ethanol and isopropanol against feline calicivirus, a norovirus surrogate, *Am J Infect Control* (2006)34:31-35
 - 21 Kampf, G et al: Efficacy of three ethanol-based hand rubs against feline calicivirus, a surrogate virus for norovirus, *J Hosp Infect* (2005)60:144-149
 - 22 Malik, YS et al: Virucidal efficacy of sodium bicarbonate on a food contact surface against feline calicivirus, a norovirus surrogate, *Int J Food Microbiol* (2006)109:160-163
 - 23 Jimenez, L: Virucidal activity of a quaternary ammonium compound disinfectant against feline calicivirus: A surrogate for norovirus, *Am J Infect Control* (2006)26-273
 - 24 Jeanette, A et al: Inactivation of enteric adenovirus and feline calicivirus by chlorine dioxide, *Appl Environ Microbiol* (2005)31:3100-3105
 - 25 高木弘隆 他：ネコカリシウイルス (FCV) を代替としたノロウイルス (NV) 不活化効果の検討-アリカリ剤、過酸化水素および過炭酸ナトリウムによる不活性化効果-、*医学と薬学*(2007)57:311-312

- 26 森 弘次 他: Norovirus の代替指標として Feline Calicivirus を用いた速乾性消毒薬、ウエットティッシュおよび機能水による手指衛生効果、感染症学雑誌 (2007)81
- 27 Grove, SF et al: Inactivation of foodborne viruses of significance by high pressure and other processes, J Food Protect (2006)69:957-968
- 28 Chen, H et al: Temperature and treatment time influence high hydrostatic pressure inactivation of feline calicivirus, a norovirus surrogate, J Food Prot (2005)68:2389-2394
- 29 Kingsley, GH et al: Inactivation of hepatitis A virus and calicivirus by high hydrostatic pressure, J Food Protect (2002)65:1605-1609
- 30 Kingsley, GH et al: Inactivation of a norovirus by high-pressure processing, Appl Environ Microbiol (2007)73:581-585
- 31 Calci, KR et al: High-pressure inactivation of hepatitis A virus within oysters, Appl Environ Microbiol (2005)71:339-343
- 32 高橋正好: 第3編第1章 マイクロバブルによるノロウイルスの不活化、微細気泡の最新技術 株式会社エヌ・ティー・エス (2006)43-49

表 1 供試消毒剤およびその調製法

消毒剤等	試験液の調整法	備考
次亜塩素酸ナトリウム 10,000ppm 次亜塩素酸ナトリウム 2,000ppm 次亜塩素酸ナトリウム 400ppm 次亜塩素酸ナトリウム 200ppm 次亜塩素酸ナトリウム	Milli Q 水で希釈した次亜塩素酸ナトリウム溶液を DPD 法で残留塩素濃度を測定後、原液の残留塩素濃度を求め、各濃度の次亜塩素酸ナトリウム溶液を調製。	試験時の濃度:5,000ppm 1,000ppm 200ppm 100ppm
エタノール エタノール 70% エタノール	99.5%エタノール原液を直接使用。 Milli Q 水で 70%エタノール溶液(V/V%)を調製。	試薬特級 試験時の濃度 70%(ウイルス液 25 μ l に対し 58.3 μ l 使用)。 試験時の濃度 35%。
1-プロパノール 1-プロパノール 60%1-プロパノール	99.5%1-プロパノールを直接使用。 Milli Q 水で 60%1-プロパノール溶液(V/V%)を調製。	試薬特級 試験時の濃度 60%(ウイルス液 25 μ l に対し 37.5 μ l 使用)。 試験時の濃度 30%。
市販消毒用エタノール	市販エタノール(エタノール濃度 76.9%~81.4%)を直接使用。	試験時の濃度 38.5%~40.7%。
市販品 A	ボトル原液(購入品)Milli Q 水で 300 倍希釈(調理器具消毒用に指示された希釈濃度。200ppm の次亜塩素酸ナトリウムを含む)して調製。	塩素系殺菌消毒剤。食品添加物。6%次亜塩素酸ナトリウム含む。
市販品 B	ボトル原液(購入品)を Milli Q 水で 100 倍希釈(まな板等の漂白・除菌用に指示された希釈濃度)して調製。	塩素系漂白剤(台所用)。界面活性剤、水酸化ナトリウム含む。アルカリ性。
市販品 C	タンク原液(試供品)を直接使用。	安定化次亜塩素酸塩。瞬間消臭除菌用。
市販品 D	スプレー原液(購入品)を直接使用。	エタノール、陽イオン系界面活性剤(弱アルカリ性)。施設・調理器具の清浄用。
市販品 E	スプレー原液(購入品)を直接使用。	エタノール製剤。食品添加物。エタノール 50.18%含む。調理器具・機械、食品の衛生管理。
市販品 F	ボトル原液(購入品)を直接使用。	ポピドンヨード系殺菌消毒剤(手指・皮膚用)。医薬品。ポピドンヨード 75mg(有効ヨウ素 7.5mg)/1ml 含有。
市販品 G	スプレー原液(購入品)を直接使用。	タケ抽出物製剤。食品添加物。酒精 51%含有。
市販品 H	スプレー原液(購入品)を直接使用。	施設環境・厨房設備の除菌、除ウイルス剤。陽イオン系(第 4 級アンモニウム塩系)界面活性剤
市販品 I	スプレー原液(試供品)を直接使用。	果物種子抽出液配合除菌・抗菌剤。

図1 各種消毒薬等によるネコカリシウイルスに対する不活化作用



(補足)

表 2～表 9 の説明

略語は以下のとおり。

FCV : ネコカリシウイルス、CCV : イヌカリシウイルス、MNV : マウスノロウイルス、
NV : ヒトノロウイルス、HAV : A 型肝炎ウイルス

有効性の欄の◎、○、●はそれぞれ以下のことを意味する。

◎ : $4\log_{10}$ 以上の減少

○ : $2\sim 3\log_{10}$ の減少

● : 定性的に有効または有効だが減少量不明

表2 加熱による不活化

温度	時間	ウイルス検出の有無	生存ウイルス量(10の指数)	減少ウイルス量(10の指数)	有効性	評価方法	備考	文献
56℃	1分	検出	7.5	0		FCVの感染価		2
	3分	検出	7.5	0		FCVの感染価		2
	60分	非検出		7.5	◎	FCVの感染価		2
70℃	1分	検出	4.5	3		FCVの感染価		2
	3分	検出	1	6.5	◎	FCVの感染価		2
	5分	非検出		7.5	◎	FCVの感染価		2
煮沸	1分	非検出		7.5	◎	FCVの感染価		2
20℃	1週間			3	○	FCVの感染価 CCVの感染価		17
37℃	24時間			3	○	FCVの感染価 CCVの感染価		17
56℃	8分			3	○	FCVの感染価 CCVの感染価		17
71.3℃	1分			3	○	FCVの感染価 CCVの感染価		17
煮沸	1分	非検出			●	FCVの感染価	カキ中	12
煮沸	2分	非検出			●	FCVのPCR	カキ中	12
70℃ (66.6℃)	1分	検出		0		NV VLP(GII.4, GII.6)のELISA		11
75℃ (71.6℃)	1分	非検出		3程度	○	NV VLP(GII.4, GII.6)のELISA		11
85℃	30秒以内	非検出		5	◎	HAVの感染価	skim milk, homogenized milk(3.5% FAT), table cream(18% fat)中	9
80℃	40.8秒 (0.68分)	非検出		5	◎	HAVの感染価	skim milk, homogenized milk(3.5% FAT)中	9
80℃	74.4秒 (1.24分)	非検出		5	◎	HAVの感染価	table cream(18% fat)中	9
56℃	3.5分			1		MNVの感染価	56℃で有意差あり	10
63℃	25秒			1		MNVの感染価		10
72℃	9.9秒			1		MNVの感染価		10
56℃	6.7分			1		FCVの感染価		10
63℃	25秒			1		FCVの感染価		10
72℃	7秒			1		FCVの感染価		10

表3 紫外線、γ線による不活化

種類	照射量	生存ウイルス量 (10の指数)	減少 ウイル ス量 (10の 指数)	有効性	評価方法	備考	文献
UV	0(mWs/cm ²)	5.994±0.176			FCVの感染価	*:それぞれは各データから、生存ウイルス量を1/10に減少させる照射量として算出した値	14
UV	6.25	5.386±0.589			FCVの感染価		14
UV	12.5	4.980±0.714			FCVの感染価		14
UV	25	4.449±0.715			FCVの感染価		14
UV	50	4.312±0.411			FCVの感染価		14
UV	75	3.768±0.500		○	FCVの感染価		14
UV	100	3.241±0.933		○	FCVの感染価		14
UV	125	3.101±0.989		○	FCVの感染価		14
UV	47.85±12.61*		1		FCVの感染価		14
UV	0	5.720±0.274			HAVの感染価		14
UV	6.25	4.560±1.021			HAVの感染価		14
UV	12.5	4.371±0.449			HAVの感染価		14
UV	25	3.682±0.539		○	HAVの感染価		14
UV	50	3.186±0.665		○	HAVの感染価		14
UV	75	2.834±0.571		○	HAVの感染価		14
UV	100	2.174±0.548		○	HAVの感染価		14
UV	125	1.651±0.550		◎	HAVの感染価		14
UV	36.50±5.79*		1		HAVの感染価		14
UV	0	6.238±0.261			ポリオウイルスの感染価		14
UV	6.25	5.936±0.194			ポリオウイルスの感染価		14
UV	12.5	5.753±0.294			ポリオウイルスの感染価		14
UV	25	4.919±0.085			ポリオウイルスの感染価		14
UV	50	3.929±0.328		○	ポリオウイルスの感染価		14
UV	75	3.048±0.286		○	ポリオウイルスの感染価		14
UV	100	2.053±0.235		◎	ポリオウイルスの感染価		14
UV	125	1.010±0.666		◎	ポリオウイルスの感染価	14	
UV	24.10±1.46*		1		ポリオウイルスの感染価	14	
UV	0	7.272±1.236			大腸菌ファージMS2の感染価	14	
UV	6.25	7.085±1.209			大腸菌ファージMS2の感染価	14	
UV	12.5	6.378±1.129			大腸菌ファージMS2の感染価	14	
UV	25	5.771±1.492			大腸菌ファージMS2の感染価	14	
UV	50	4.311±1.459		○	大腸菌ファージMS2の感染価	14	
UV	75	1.85		◎	大腸菌ファージMS2の感染価	14	
UV	100	1		◎	大腸菌ファージMS2の感染価	14	
UV	23.04±0.09*		1		大腸菌ファージMS2の感染価	14	
UV	0	6.287±0.157			大腸菌ファージφX174の感染価	14	
UV	6.25	5.831±0.045			大腸菌ファージφX174の感染価	14	
UV	12.5	5.088±0.438			大腸菌ファージφX174の感染価	14	
UV	25	3.832±0.027		○	大腸菌ファージφX174の感染価	14	
UV	50	3.544±0		○	大腸菌ファージφX174の感染価	14	
UV	75	1		◎	大腸菌ファージφX174の感染価	14	
UV	15.48±1.20*		1		大腸菌ファージφX174の感染価	14	
UV(253.7nm)	120(J/m ²)		3	○	FCVの感染価	飲料水・高濃度蛋白質含有液・低濃度蛋白質含有液中	15
UV(253.7nm)	200(J/m ²)		3	○	CCVの感染価	飲料水・高濃度蛋白質含有液・低濃度蛋白質含有液中	15

UV(253.7nm)	650(J/m2)		3	○	大腸菌ファージMS2の感染価	飲料水・高濃度蛋白質含有液・低濃度蛋白質含有液中	15
UV(254nm)	19.04mW/cm2		4	◎	FCVの感染価	滅菌処理済二次放流水	16
UV(254nm)	5.32mW/cm2		4	◎	大腸菌生菌数	滅菌処理済二次放流水	16
UV(254nm)	27.51mW/cm2		4	◎	ポリオウイルス感染価	滅菌処理済二次放流水	16
UV(254nm)	62.5mW/cm2		4	◎	大腸菌ファージMS2感染価	滅菌処理済二次放流水	16
UV	34mJ/cm2		3	○	FCVの感染価		17
UV	34mJ/cm2		3	○	CCVの感染価		17
γ線	300(Gy)		3	○	CCVスの感染価	飲料水・低濃度蛋白質含有液中	15
γ線	500(Gy)		3	○	FCVの感染価	飲料水・低濃度蛋白質含有液中	15
γ線	100(Gy)		3	○	大腸菌ファージMS2の感染価	飲料水・低濃度蛋白質含有液中	15

表4 pHによる安定性

温度	時間	ウイルス検出の有無	減少ウイルス量 (10の指数)	有効性	評価方法	文献
pH5以下	30分(37℃)	不検出	5以上	◎	CCVの感染価	17
pH6	30分(37℃)	検出	4	◎	CCVの感染価	17
pH7～pH8	30分(37℃)	検出	0		CCVの感染価	17
pH9	30分(37℃)	検出	3	○	CCVの感染価	17
pH10以上	30分(37℃)	不検出	5以上	◎	CCVの感染価	17
pH2以下	30分(37℃)	不検出	5以上	◎	FCVの感染価	17
pH3～pH5	30分(37℃)	検出	4	◎	FCVの感染価	17
pH6	30分(37℃)	検出	2	○	FCVの感染価	17
pH7	30分(37℃)	検出	0		FCVの感染価	17
pH8	30分(37℃)	検出	1		FCVの感染価	17
pH9	30分(37℃)	検出	約4	◎	FCVの感染価	17
pH10以上	30分(37℃)	不検出	5以上	◎	FCVの感染価	17
pH2～pH9	30分(37℃)		1以下		MNVの感染価	10
pH10	30分(37℃)		1.8		MNVの感染価	10
pH2	30分(37℃)		4.4	◎	FCVの感染価	10
pH3	30分(37℃)		3.7	○	FCVの感染価	10
pH4	30分(37℃)		2.3	○	FCVの感染価	10
pH5～pH9	30分(37℃)		約1～2	～○	FCVの感染価	10
pH10	30分(37℃)		5.1	◎	FCVの感染価	10

表5 次亜塩素酸ナトリウムによる不活化

使用条件等	時間	ウイルス検出	生存ウイルス量 (10の指数)	減少ウイルス量 (10の指数)	有効性	評価方法	備考	文献
5,000ppm	1分	不検出		5	◎	FCVの感染価		2
1,000ppm	1分	検出～不検出		2.5～5	○～◎	FCVの感染価		2
500ppm	1分	検出		1.5～2.75	○	FCVの感染価		2
250ppm	1分	検出		0.75～2.75	～○	FCVの感染価		2
100ppm	1分	検出		1.75		FCVの感染価		2
5mg/L	10分		5.63	0.12		HAVの感染価		19
5mg/L	30分		5.33	0.42		HAVの感染価		19
5mg/L	60分		4.78	0.97		HAVの感染価		19
10mg/L	10分		4.5	1.25		HAVの感染価		19
10mg/L	30分		0	5.75	◎	HAVの感染価		19
10mg/L	60分		0	5.75	◎	HAVの感染価		19
20mg/L	10分		3.78	1.97		HAVの感染価		19
20mg/L	30分		0	5.75	◎	HAVの感染価		19
20mg/L	60分		0	5.75	◎	HAVの感染価		19
3.75mg/L	30分	8名中5名発症				NVのボランティア投与	飲料水中	4
10mg/L	30分	8名中1名発症			●	NVのボランティア投与	飲料水中	4
1000ppm	30秒			4.02以上	◎	FCVの感染価		18
200ppm	30秒			5.02以上	◎	FCVの感染価		18
100ppm/L以上	30秒以内			3以上	○	FCVの感染価		3
30mg/L	5分			4以上	◎	FCVの感染価	滅菌処理済下水一次流出水中	16
30mg/L	30分			2.85	○	ポリオウイルスの感染価	滅菌処理済下水一次流出水中	16
30mg/L	30分			1		大腸菌ファージMS2の感染価	滅菌処理済下水一次流出水中	16
8mg/L	5分			5以上	◎	大腸菌	滅菌処理済下水一次流出水中	16
300ppm	10分			3以上	○	CCVの感染価		17
300ppm	10分			2以下	～○	FCVの感染価		17
300ppm	30分			4以上	◎	CCVの感染価		17
3,000ppm	10分	不検出		5以上	◎	FCV,CCVの感染価		17

表6 アルコールによる不活化

薬剤等	使用条件等	時間	減少ウイルス量 (10の指数)	有効性	評価方法	備考	文献
エタノール	75%	1分	1.25		FCVの感染価		2
エタノール	50%	30秒	2.19	○	FCVの感染価		1
エタノール	50%	1分	3.65	○	FCVの感染価		1
エタノール	50%	3分	4.44以上	◎	FCVの感染価		1
エタノール	50%	5分	4.50以上	◎	FCVの感染価		1
エタノール	70%	30秒	3.55	○	FCVの感染価		1
エタノール	70%	1分	3.83以上	○	FCVの感染価		1
エタノール	70%	3分	5以上	◎	FCVの感染価		1
エタノール	70%	5分	5.19以上	◎	FCVの感染価		1
エタノール	80%	30秒	2.19	○	FCVの感染価		1
エタノール	80%	1分	2.97	○	FCVの感染価		1
エタノール	80%	3分	3.88	○	FCVの感染価		1
エタノール	80%	5分	4.25以上	◎	FCVの感染価		1
エタノール	95%	30秒	0.76		FCVの感染価		18
エタノール	95%	60秒	1.135		FCVの感染価		18
エタノール	95%	300秒	1.82		FCVの感染価		18
エタノール	75%	30秒	1.45		FCVの感染価		18
エタノール	75%	60秒	3.01	○	FCVの感染価		18
エタノール	75%	300秒	5.07	◎	FCVの感染価		18
エタノール	50%	30秒	0.76		FCVの感染価		18
エタノール	50%	60秒	2.13	○	FCVの感染価		18
エタノール	50%	300秒	2.94	○	FCVの感染価		18
エタノール	10%	1分	0.9		FCVの感染価		20
エタノール	20%	1分	0.9		FCVの感染価		20
エタノール	30%	1分	0.9		FCVの感染価		20
エタノール	40%	1分	1.2		FCVの感染価		20
エタノール	50%	1分	1.8		FCVの感染価		20
エタノール	60%	1分	1.7		FCVの感染価		20
エタノール	70%	1分	2.1	○	FCVの感染価		20
エタノール	80%	1分	1.8		FCVの感染価		20
エタノール	90%	1分	2.2	○	FCVの感染価		20
エタノール	100%	1分	1.8		FCVの感染価		20
エタノール	10%	3分	1.1		FCVの感染価		20
エタノール	20%	3分	0.9		FCVの感染価		20
エタノール	30%	3分	0.7		FCVの感染価		20
エタノール	40%	3分	2.1	○	FCVの感染価		20
エタノール	50%	3分	1.6		FCVの感染価		20
エタノール	60%	3分	1.9		FCVの感染価		20
エタノール	70%	3分	1.8		FCVの感染価		20
エタノール	80%	3分	1.8		FCVの感染価		20
エタノール	90%	3分	1.6		FCVの感染価		20
エタノール	100%	3分	1.6		FCVの感染価		20
エタノール	10%	10分	1.3		FCVの感染価		20
エタノール	20%	10分	0.9		FCVの感染価		20
エタノール	30%	10分	0.9		FCVの感染価		20
エタノール	40%	10分	0.8		FCVの感染価		20
エタノール	50%	10分	1.0		FCVの感染価		20
エタノール	60%	10分	1.0		FCVの感染価		20
エタノール	70%	10分	1.3		FCVの感染価		20
エタノール	80%	10分	1.3		FCVの感染価		20
エタノール	90%	10分	2.3	○	FCVの感染価		20
エタノール	100%	10分	1.7		FCVの感染価		20
エタノール	70%	30秒	3.78	○	FCVの感染価	指先に汚染	1
エタノール	90%	30秒	2.84	○	FCVの感染価	指先に汚染	1
エタノール	80%	1分以内	3	○	FCVの感染価		3
エタノール	70%	8分	2以下	~○	FCV,CCVの感染価		17

エタノール	70%	30分	3	○	FCV,CCVの感染価		17
エタノール	70%	60分	5以上	◎	FCV,CCVの感染価		17
エタノール	70%	30秒	2.66	○	FCVの感染価	手に汚染	21
エタノール	70%	30秒	2.62	○	FCVの感染価	手に汚染 5%牛血清存在下	21
エタノール	70%	30秒	1.45		FCVの感染価	手に汚染 5%糞便乳剤存在下	21
1プロパノール	50%	30秒	4.13以上	◎	FCVの感染価		1
1プロパノール	50%	1分	4.31以上	◎	FCVの感染価		1
1プロパノール	50%	3分	5.13以上	◎	FCVの感染価		1
1プロパノール	50%	5分	4.73以上	◎	FCVの感染価		1
1プロパノール	70%	30秒	4.06以上	◎	FCVの感染価		1
1プロパノール	70%	1分	4.06以上	◎	FCVの感染価		1
1プロパノール	70%	3分	4.13以上	◎	FCVの感染価		1
1プロパノール	70%	5分	4.13以上	◎	FCVの感染価		1
1プロパノール	80%	30秒	1.9		FCVの感染価		1
1プロパノール	80%	1分	3.58以上	○	FCVの感染価		1
1プロパノール	80%	3分	4.13以上	◎	FCVの感染価		1
1プロパノール	80%	5分	3.98以上	○	FCVの感染価		1
1プロパノール	70%	30秒	3.58	○	FCVの感染価	指先に汚染	1
1プロパノール	90%	30秒	1.38		FCVの感染価	指先に汚染	1
1プロパノール	70%	30秒	1.53		FCVの感染価	手に汚染	21
1プロパノール	70%	30秒	1.56		FCVの感染価	手に汚染 5%牛血清存在下	21
1プロパノール	70%	30秒	0.95		FCVの感染価	手に汚染 5%糞便乳剤存在下	21
2プロパノール	50%	30秒	2.31	○	FCVの感染価		1
2プロパノール	50%	1分	3.22	○	FCVの感染価		1
2プロパノール	50%	3分	4.90以上	◎	FCVの感染価		1
2プロパノール	50%	5分	5.47以上	◎	FCVの感染価		1
2プロパノール	70%	30秒	2.35	○	FCVの感染価		1
2プロパノール	70%	1分	2.9	○	FCVの感染価		1
2プロパノール	70%	3分	3.92以上	○	FCVの感染価		1
2プロパノール	70%	5分	4.22以上	◎	FCVの感染価		1
2プロパノール	80%	30秒	1.35		FCVの感染価		1
2プロパノール	80%	1分	1.27		FCVの感染価		1
2プロパノール	80%	3分	1.88		FCVの感染価		1
2プロパノール	80%	5分	2.38	○	FCVの感染価		1
2プロパノール	70%	30秒	2.15	○	FCVの感染価	指先に汚染	1
2プロパノール	90%	30秒	0.76		FCVの感染価	指先に汚染	1
2プロパノール	10%	1分	1.3		FCVの感染価		20
2プロパノール	20%	1分	0.7		FCVの感染価		20
2プロパノール	30%	1分	1.0		FCVの感染価		20
2プロパノール	40%	1分	2.2	○	FCVの感染価		20
2プロパノール	50%	1分	2.4	○	FCVの感染価		20
2プロパノール	60%	1分	2.8	○	FCVの感染価		20
2プロパノール	70%	1分	1.6		FCVの感染価		20
2プロパノール	80%	1分	1.6		FCVの感染価		20
2プロパノール	90%	1分	1.6		FCVの感染価		20
2プロパノール	100%	1分	1.6		FCVの感染価		20
2プロパノール	10%	3分	0.9		FCVの感染価		20
2プロパノール	20%	3分	1.1		FCVの感染価		20
2プロパノール	30%	3分	1.0		FCVの感染価		20
2プロパノール	40%	3分	1.3		FCVの感染価		20
2プロパノール	50%	3分	2.3	○	FCVの感染価		20
2プロパノール	60%	3分	2.6	○	FCVの感染価		20
2プロパノール	70%	3分	2.0	○	FCVの感染価		20
2プロパノール	80%	3分	2.1	○	FCVの感染価		20

2プロパノール	90%	3分	1.7		FCVの感染価		20
2プロパノール	100%	3分	1.5		FCVの感染価		20
2プロパノール	10%	10分	0.9		FCVの感染価		20
2プロパノール	20%	10分	0.7		FCVの感染価		20
2プロパノール	30%	10分	0.8		FCVの感染価		20
2プロパノール	40%	10分	1.3		FCVの感染価		20
2プロパノール	50%	10分	2.1	○	FCVの感染価		20
2プロパノール	60%	10分	2.7	○	FCVの感染価		20
2プロパノール	70%	10分	2.3	○	FCVの感染価		20
2プロパノール	80%	10分	2.3	○	FCVの感染価		20
2プロパノール	90%	10分	2.4	○	FCVの感染価		20
2プロパノール	100%	10分	1.5		FCVの感染価		20
2プロパノール	70%	1分以内	3	○	FCVの感染価		3
アルコール製剤	高濃度	30秒	1.95		FCVの感染価		18
アルコール製剤	高濃度	60秒	2.07	○	FCVの感染価		18
アルコール製剤	高濃度	300秒	3.3	○	FCVの感染価		18
アルコール製剤	低濃度	30秒	2.26	○	FCVの感染価		18
アルコール製剤	低濃度	60秒	3.45	○	FCVの感染価		18
アルコール製剤	低濃度	300秒	3.38	○	FCVの感染価		18
アルコール製剤	エタノール 95%含有	30秒	1.63-2.17	~○	FCVの感染価	手に汚染 5%糞便乳剤存在 下	21
アルコール製剤	エタノール 80%含有	30秒	1.25~1.43		FCVの感染価	手に汚染 5%糞便乳剤存在	21
アルコール製剤	エタノール 75.1%含有	30秒	0.78~1.07		FCVの感染価	手に汚染 5%糞便乳剤存在	21

表7 その他の消毒剤等による不活化

薬剤等	使用条件等	時間	ウイルス 検出	生存ウイ ルス量 (10の指 数)	減少ウイ ルス量 (10の指 数)	有効性	評価方法	文献
重曹(炭酸水素ナトリウム)	1%(pH8.40)	1~3分	検出		1.6		FCVの感染価	22
重曹	1%(pH8.40)	10分	検出		1.9		FCVの感染価	22
重曹	2%(pH8.41)	1分	検出		1.6		FCVの感染価	22
重曹	2%(pH8.41)	3分	検出		1.7		FCVの感染価	22
重曹	2%(pH8.41)	10分	検出		2.4	○	FCVの感染価	22
重曹	5%(pH8.36)	1分	検出		1.6		FCVの感染価	22
重曹	5%(pH8.36)	3分	検出		2.2	○	FCVの感染価	22
重曹	5%(pH8.36)	10分	検出		2.7	○	FCVの感染価	22
重曹	10%(pH8.30)	3分以内	検出		4	◎	FCVの感染価	22
重曹	10%(pH8.30)	10分	不検出		4以上	◎	FCVの感染価	22
重曹	20%(pH8.37)	1分	検出		4	◎	FCVの感染価	22
重曹	20%(pH8.37)	3分以内	不検出		4以上	◎	FCVの感染価	22
重曹(1.0%) + グルタルアルデヒド(1.3%)		1分以上			4	◎	FCVの感染価	22
重曹(1.0%) + 活性化ジアルデヒド		3分以内			2	○	FCVの感染価	22
重曹(1.0%) + 活性化ジアルデヒド		10分			4	◎	FCVの感染価	22
重曹(2.5%) + 活性化ジアルデヒド		1分以上			4	◎	FCVの感染価	22
重曹(2.0%) + 過酸化水素(2%)		3分以内			2	○	FCVの感染価	22
重曹(2.0%) + 過酸化水素(2%)		10分			2.5	○	FCVの感染価	22
四級アンモニウム	最終濃度1:10	1分	検出		0		FCVの感染価	2
四級アンモニウム製剤(R82)	1:256希釈 (400ppm炭酸カル シウム含有)	10分			6以上	◎	FCVの感染価	23
過酢酸	0.1%	30秒			4.02以上	◎	FCVの感染価	18
過酢酸	0.05%	30秒			4.02以上	◎	FCVの感染価	18
過酢酸	0.01%	30秒			4.02	◎	FCVの感染価	18
過酢酸	0.01%	60秒			4.08	◎	FCVの感染価	18
二酸化塩素	5°C、pH6	>20.20~<30.30(mg/L×分)			4	◎	FCVの感染価	24
二酸化塩素	5°C、pH8	>0.68(mg/L×分)			3.6	○~◎	FCVの感染価	24
二酸化塩素	15°C、pH6	>4.20~<6.72(mg/L×分)			4	◎	FCVの感染価	24
二酸化塩素	15°C、pH8	<0.18(mg/L×分)			4	◎	FCVの感染価	24
ヨード剤	0.8%	1分	不検出		5	◎	FCVの感染価	2
ポピオンヨード	10%	30秒以内			3以上	◎	FCVの感染価	3
グルタルアルデヒド	0.5%	1分	不検出		5	◎	FCVの感染価	2
グルタラール	3%	30秒以内			3	○	FCVの感染価	3
アニオン系消毒剤	1%	1分	検出		0.5		FCVの感染価	2
クレゾール石鹼液	1%	1分以内			3	○	FCVの感染価	3
塩酸アリキルジアミノエチルグリ シン	0.1%				効果なし		FCVの感染価	3
オキシドール					効果なし		FCVの感染価	3
過酸化水素	1.5%	20~40分			4~5	◎	FCVの感染価	25
アクリノール	0.2%				効果なし		FCVの感染価	3
炭酸ナトリウム	0.5%	60秒			5以上	◎	FCV(F9,ITO,y m8,ym9,Gon株) の感染価	25
炭酸ナトリウム	0.5%	100秒以上			約3	○	FCV(ym3株)の 感染価	25
過炭酸ナトリウム	1%	40秒			4以上	◎	FCV(F9,Gon株) の感染価	25
過炭酸ナトリウム	1%	120~300秒			5以上	◎	FCV(ym3株)の 感染価	25
グルコン酸クロルヘキシジン	0.2%				効果なし		FCVの感染価	3
塩化ベンザルコニウム	0.2%	15分			3	○	FCVの感染価	3
塩化ベンザルコニウム	1000ppm	300秒			1.38		FCVの感染価	18
塩化ベンザルコニウム	100ppm	300秒			1.07		FCVの感染価	18

塩化ジデシルジメチルアンモニウム	1000ppm	300秒			3	○	FCVの感染価	18
塩化ジデシルジメチルアンモニウム	100ppm	300秒			0.38		FCVの感染価	18
洗浄除菌剤	300倍希釈	300秒			1.63		FCVの感染価	18
中世洗剤	400倍希釈	300秒			2.76	○	FCVの感染価	18
アルカリ洗剤A	1/20(pH12.32)	30秒		2.50以下		●	FCVの感染価	18
アルカリ洗剤B	1/20(pH11.70)	30秒		2.50以下		●	FCVの感染価	18
強アルカリ洗剤C	1	30秒		2.50以下		●	FCVの感染価	18
ふきん専用洗浄除菌剤	1/180(pH10.87)	300秒		5.5			FCVの感染価	18
洗浄機洗剤(常温)	0.2%(pH11.43)	30秒		3		●	FCVの感染価	18
洗浄機洗剤(常温)	0.2%(pH11.43)	60秒		2		●	FCVの感染価	18
洗浄機洗剤(常温)	0.2%(pH11.43)	300秒		1.63		●	FCVの感染価	18
洗浄機洗剤(60℃)	0.2%	30秒		1.5以下		●	FCVの感染価	18
手洗い石鹼液A	1(pH10.25)	300秒		5.63			FCVの感染価	18
手洗い石鹼液B	1(pH8.48)	300秒		5.63			FCVの感染価	18
野菜用洗浄処理液	1/100(pH2.4)	300秒		5.63			FCVの感染価	18
速乾性消毒剤(クロルヘキシジン、エタノール含有) 3回スプレー					0.3		FCVの感染価	26
速乾性消毒剤(第四級アンモニウム塩、エタノール含有) 3回スプレー					0.8		FCVの感染価	26
速乾性消毒剤(ヨード化合物、エタノール含有) 3回スプレー					2.5	○	FCVの感染価	26
ウエットティッシュ(クロルヘキシジン、エタノール含有)					0.8		FCVの感染価	26
ウエットティッシュ(第四級アンモニウム塩、エタノール含有)					1.1		FCVの感染価	26
ウエットティッシュ(安息香酸含有)					1.9		FCVの感染価	26
ウエットティッシュ(PHMB、エタノール含有)					2.3	○	FCVの感染価	26
強酸性電解水10秒(もみあらい)+水道水15秒(すすぎ)					1.6		FCVの感染価	26
強酸性電解水15秒(すすぎ)					2.8	○	FCVの感染価	26
ハンドソープ(10秒)+強酸性電解水15秒(すすぎ)					3.3	○	FCVの感染価	26

表8 静水圧処理による不活化

圧力	時間	ウイルス検出の有無	生存ウイルス量 (10の指数)	減少ウイルス量 (10の指数)	有効性	評価方法	備考	文献
0MPa	1分(20℃以下)		5.82			HAVの感染価	カキ中	31
300MPa	1分(20℃以下)		5.58			HAVの感染価	カキ中	31
325MPa	1分(20℃以下)		5.04			HAVの感染価	カキ中	31
350MPa	1分(20℃以下)		4.54	1以上		HAVの感染価	カキ中	31
375MPa	1分(20℃以下)		3.5	2以上	○	HAVの感染価	カキ中	31
400MPa	1分(20℃以下)		2.67	3以上	○	HAVの感染価	カキ中	31
200MPa	4分(-10℃)			5	◎	FCVの感染価		28
200MPa	4分(0℃)			約4.5	◎	FCVの感染価		28
200MPa	4分(10-40℃)			0~1		FCVの感染価		28
200MPa	4分(50℃)			4	◎	FCVの感染価		28
250MPa	2分(-10℃~0℃)			4~5	◎	FCVの感染価		28
250MPa	2分(10℃)			約3	○	FCVの感染価		28
250MPa	2分(20-30℃)			1~2	~○	FCVの感染価		28
250MPa	2分(40℃)			約3	○	FCVの感染価		28
250MPa	2分(50℃)			5	◎	FCVの感染価		28
450MPa	5分(20℃)			6.85	◎	MNVの感染価		30
350MPa	5分(5℃)			5.56±0.81	◎	MNVの感染価		30
350MPa	5分(10℃)			4.77±0.56	◎	MNVの感染価		30
350MPa	5分(20℃)			1.79±0.53		MNVの感染価		30
350MPa	5分(30℃)			1.15±0.33		MNVの感染価		30
400MPa	5分(5℃)			4.05	◎	MNVの感染価	カキ中	30
450MPa	5分(約21℃)	非検出		7以上	◎	HAVの感染価		29
275MPa	5分(約21℃)	非検出		7以上	◎	FCVの感染価		29
600MPa	5分(約21℃)	検出		効果なし		ポリオウイルスの感染価		29

表9 マイクロバブルによる不活化

処理	ウイルス検出の有無	減少ウイルス量(10の指数)	有効性	評価方法	備考	文献
オゾンナノバブル水	非検出		●	FCVの感染価		32
オゾンナノバブル水	検出			NVのRT-PCR		32
オゾンナノバブル + オゾンマイクロバブル処理(1時間)	非検出		●	FCVの感染価		32
オゾンナノバブル + オゾンマイクロバブル処理(1時間)	非検出		●	FCVのRT-PCR		32
オゾンナノバブル + オゾンガスバブリング(1時間)	非検出		●	NVのRT-PCR		32
オゾンナノバブル水(6時間)		2	○	FCVの感染価	殻付きカキ中	32
オゾンナノバブル水(6時間)		2	○	FCVの感染価	むき身カキ中	32
ナノバブル水10秒(もみあらい)+水道水15秒(すすぎ)		2.5	○	FCVの感染価		26